

2023 年度・2024 年度 卒業研究論文集



関西大学 総合情報学部
松下研究室

目次

松下光範「2023年度・2024年度卒業論文集の発刊にあたって」・・・ 巻頭

卒業論文集

杉江直哉

「台本中の動作表現に基づくアニメーション原画検索システムの提案」・・・ 1

高橋りさ

「グルメサイト上の店舗情報に着目した器の印象推定」・・・ 17

野里慎太

「転倒動作検出を対象とした k-shape 法と B-LSTM の精度比較」・・・ 33

奥村優太

「ライフイベントに着目した社会問題の可視化インタフェースの提案」・・・ 49

井上梨々花

「ニュースに対するコメントの属性提示が意見形成に与える影響の調査」・・・ 63

岩脇朱梨

「理学療法初学者の患者情報収集支援を目的とした
患者情報収集支援ツールの提案」・・・ 79

小谷陽人

「器特徴の類似度に基づくユーザの嗜好に合う器の探索支援」・・・ 95

徳丸晴天

「街の能動的な観察を誘引するための
街歩き型物語鑑賞アプリケーションの設計」・・・ 111

永島陸

「地図上のランドマーク箇所に着目したユーザ行動への影響に関する分析」・・・ 127

野田樹希

「反省のタイプ分類に基づくチームスポーツの振り返り支援」・・・ 143

前田丈偉

「QR コードを用いた物理媒体管理システムの実用化に向けた検証と評価」・・・ 163

著者紹介・・・ 巻末

2023・2024 年度卒業研究論文集の発刊にあたって

今回の卒業研究論文集は、変則的に2023年度と2024年度の合併で発刊します。2023年度は在籍学生が少なく、卒業論文提出が3件だったためです。

関西大学総合情報学部松下ゼミは2009年にインタラクショナルデザインを学ぶゼミとして発足しました。2023年度の卒業生は14期、2024年度の卒業生は15期になります。この間、松下ゼミでは（１）インタラクティブ情報アクセス技術、（２）実世界指向インタラクショナル技術、（３）人の行動変容を促す技術、を中心に研究活動を行ってきました。インタラクショナルデザインという学問の特徴から、対象とする領域は広いですが、その根底には共通した問題解決の方法論があります。ゼミの卒業生はこの方法論を理解・実践し、社会に役立てていくことが期待されています。

2023年度は、Covid-19の影響も概ね解消し、以前の研究環境に戻ってきたように思われます。ただし、Covid-19によって研究の連続性に制約が生じた影響は小さいものではなく、同期や先輩との研究コミュニケーションのあり方や協同の体制など、学生の研究遂行に困難さを生じさせたと思います。また、この間の生成AIの急速な進歩と普及は、研究ゴールの設定にも少なからず影響を与えたのは明らかです。もちろん、プログラム開発や文章チェックの効率化といったプラスの側面もあったでしょうが、それ以上に早い技術変化のなかで研究を進める難しさを感じたのではないかと思います。このような変革期のさなかで、卒業論文を上梓された学生諸氏の努力に賛辞を贈りたいと思います。

現在、研究の高度化の速度はますます早くなっています。数年前であれば研究テーマとして一年かける価値のあった技術が、いまではツールとして提供され誰でも簡単に実現できる、といった状況にあります。今回、卒業研究で取り組んだ研究も、数年後には陳腐化してしまうかもしれません。けれども、様々な関連論文を読み解き、アイデアを発想し、それにもとづいてシステムを実装したり実験を計画したりすることで得た経験は、各々の人生の中で今後も生きるものだと確信しています。

14期生、15期生の皆さん、本当にお疲れ様でした。今後の大いなる活躍を期待しています。

2025年11月5日
関西大学 総合情報学部 教授

松下 光範

台本中の動作表現に基づく
アニメーション原画検索システムの提案

杉江直哉

台本中の動作表現に基づくアニメーション原画検索システムの提案

情 20-0214 杉江 直哉

指導教員 松下 光範

1 はじめに

アニメーションの原画は、キャラクターやオブジェクトの動きを指示する絵コンテを元に制作されるが、原画を描く制作者にとって、絵コンテの情報だけではキャラクターの特徴やシチュエーションといったコンテキストを考慮しながら動作を描くことは容易ではない。そのような場合、制作者は他の作品での動作の描かれ方を参考にするが、大量の原画の中から制作者が企図する動作に類似した動作が描かれた原画を探し出すことは困難である。必要な原画を効率的に探すことを支援するには動作を表す表現（以下、動作表現と記す）で原画を検索可能にするシステムの構築が有用であると考えられるが、現状の原画には動作で検索するためのメタデータが付与されておらず、その作業を人手で行う場合は膨大な時間と労力を要することが想定される。この問題を解決するために、本研究では、絵コンテで描かれている内容を説明する台本に記載された文章（以下、画面説明文と記す）に動作表現が含まれる点に着目した。この画面説明文から抽出した動作表現をメタデータとして対応する原画に機械的に付与することで、動作表現で検索可能なアニメーション原画の検索システムの構築を試みる。

2 動作表現に基づくアニメーション原画の検索

動作表現をキーワードとして原画を検索する場合、入力した動作表現とメタデータとして付与された動作表現が必ずしも一致するとは限らないため、類似した動作表現であれば検索できることが望ましい（要件 1）。また、提案手法では画面説明文から抽出した動作表現をメタデータとして機械的に付与するため、検索結果として提示された原画が検索者の企図する動作と異なる可能性がある。そのため、検索結果として提示された原画のコンテキストを理解し、企図する動作であるかを判断できることが望ましい（要件 2）。要件 1 については、動作表現を分散表現として扱うことで類似した動作表現による検索を可能にする。提案手法では、動作表現の分散表現に日本語 Wikipedia エンティティベクトル [1] を用いる。要件 2 については、画面説明文には画面切り替えの区切り（以下、カットと記す）ごとに原画の説明が書かれている点に着目した。提案手法では、検索結果として得られた原画の前後の画面説明文を読むことが原画のコンテキストの理解に有用であるという仮定の下、各カットに対応した画面説明文とその前後 2 カットずつの画面説明文を、原画をカットごとに短い動画にしたもの（以下、原画クリップと記す）と併せて提示することで、その原画が描かれたコンテキストの理解を容易にし、その原画に描かれている動作が検索者の企図した動作であるか判断できるようにする。これらの方針に基づいて試作したシステムのインタフェースを図 1 に示す。

3 実験

まず、類似した動作表現を検索対象に含めたことの有効性を確認するため、アニメ作品「リトルウィッチアカデミア」の制作で使用した素材一式をデジタル化したデータであるトリガーデータセット (<https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/trigger/>) を用いて、類似動作検索の検証を行った（実験 1）。20 歳以上の男女 14 名の実験協力者に、実際に放映された完成作品の中の異なる 3 つのカットの映像を提示し、提案システムを用いてそれらが描かれている原画を探索させた。画面説明文から抽出

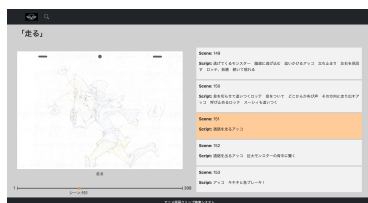


図 1 検索結果画面

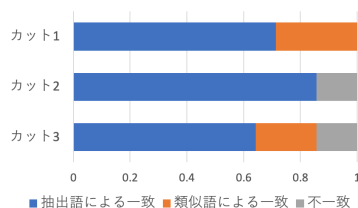


図 2 類似した動作表現の有効性

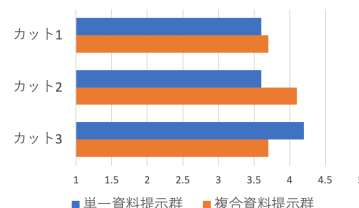


図 3 コンテキストの理解度

した語彙によって正しいカットを選択した場合を抽出語による一致，類似した動作表現によって正しいカットを選択した場合を類似語による一致，それ以外を不一致として評価した．その結果，抽出語による一致が 73.8%，類似語による一致が 16.7% であった（図 2 参照）．類似した動作表現から正しいカットを選択した実験協力者が確認されたことから，類似した動作表現を検索対象に含めることの有効性が示唆された．不一致と評価された検索キーワードには「びっくりする」という動作表現があった．この語は抽出語である「驚く」と同じ動作であるが単語分散表現の中に存在していなかったために検索できなかった．これは単語分散表現に含める語彙の拡充により解決できると考えられる．

次に，原画クリップと併せて画面説明文を提示することが原画のコンテキストの理解を促進するかを確認するため，原画に描かれた動作の意図を正しく理解できるか検証を行った（実験 2）．実験 1 とは別の 20 歳以上の男女 14 名を実験協力者とし，3 つのカットにおいて，原画クリップのみ，または原画クリップとそのカットの前後それぞれ 2 カットずつの画面説明文を見て，原画クリップで描かれる動作を具体的に記述させた．実験は，原画クリップのみを見て動作を記述する群（以下，単一資料提示群と記す）と，原画クリップと画面説明文を見て動作を記述する群（以下，複合資料提示群と記す）に無作為に 7 名ずつ振り分けて行った．その後，得られた回答が原画のコンテキストを妥当に反映した表現であるかを検証するため，各カットに対して 5 名の評価者に独立で 5 段階評価をもらった（図 3 参照）．実験の結果，2 群の平均値に有意差は認められなかった（ $p = 0.900$, $n.s.$, Wilcoxon の符号順位検定による）．回答後のインタビューで「画面説明文にある“PAN”や“なめ”といった専門用語がよく分からなかった」や、「断片的な文章で読みづらかった」といった意見があったことから，画面説明文の提示が原画のコンテキストの理解において十分ではない可能性が示唆された．画面説明文には，主にキャラクターの動作は記述されるが，キャラクターの心情や動作の経緯の記述が不十分であるため，原画のコンテキストの理解に寄与しなかったことが推察される．

4 おわりに

本稿では，アニメーションの台本中の画面説明文から抽出した動作表現を対応する原画にメタデータとして機械的に付与することで，動作表現を検索キーワードとして原画を検索できるシステムを試作した．実験結果から，類似した動作表現を検索対象に含めたことの有効性が確認された．一方で，原画クリップと併せて画面説明文を提示することは，原画のコンテキストの理解の促進に十分ではないことが示唆された．今後は，原画のコンテキストの理解を促進させるため脚本の利用を検討する．

参考文献

- [1] Suzuki, M., Matsuda, K., Sekine, S., Okazaki, N. and Inui, K.: A joint neural model for fine-grained named entity classification of wikipedia articles, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. 101, No. 1, pp. 73–81 (2018).

台本中の動作表現に基づくアニメーション原画検索システムの提案

情 20-0214 杉江 直哉

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: アニメーションの原画は、キャラクターやオブジェクトの動きを指示する絵コンテを元に制作されるが、原画を描く制作者にとって、絵コンテやレイアウトの情報だけではキャラクターの特徴やシチュエーションといったコンテキストを考慮しながら動作を描くことは容易ではない。そのような場合、制作者は他の作品での動作の描かれ方を参考にしながら、大量の原画の中から制作者が企図する動作に類似した動作が描かれた原画を探し出すことは困難である。必要な原画を効率的に探すことを支援するには動作を表す表現（以下、動作表現と記す）で原画を検索可能にするシステムの構築が有用であると考えられるが、現状の原画には動作で検索するためのメタデータが付与されておらず、その作業を手で行う場合は膨大な時間と労力を要することが想定される。この問題を解決するために、本研究では、絵コンテで描かれている内容を説明する台本に記載された文章（以下、画面説明文と記す）に動作表現が含まれる点に着目した。この画面説明文から抽出した動作表現をメタデータとして対応する原画に機械的に付与することで、動作表現で検索可能なアニメーション原画の検索システムの構築を試みる。

1 はじめに

本章では、本研究の背景と、解くべき課題を明確にし、本研究の目的及び提案を述べる。

1.1 アニメーションとその制作現状

日本では、アニメーションが重要なエンターテインメントの形態の1つとして位置づけられている。20世紀初頭から欧米で発展しているアニメーションは、明治40年代に日本に導入され、1916～17年には国内でのアニメーション制作が開始された。第二次世界大戦中には、戦意高揚を目的とした作品が多く制作され、これらの作品への膨大な予算の投入が技術進歩を促した。さらに、1963年からは手塚治虫が設立した虫プロダクションが『鉄腕アトム』の制作を開始し、これらのプロダクションは、宮崎駿や富野由悠季を含む後のアニメ界をリードする多くの人材を輩出した。インターネットの普及とストリーミングサービスの台頭により、日本で制作されたアニメーションが世界中で容易に視聴可能になった現在、アニメーション産業は急速に拡大しており、海外を軸に2011年から2021年で市場規模が1.3兆円から2.7兆円と2倍以上になった[16]。国内のテレビで放映されるアニメーションに限っても、2020年には278本の作品が制作されており一大産業となっている[13]。

アニメーション制作は、企画の立案から始まり、シナリオ、絵コンテ、レイアウト、原画、動画、撮影、アフレコ（音声録画）といった複数の工程で構成される。こ

れらの工程は、ベルトコンベア方式に準じて進行し、原則として一度完了した工程への逆戻りはできない。制作過程では、自然言語、静止画、動画、音響などのように扱うデータが多いことから、各作品に関わる人数が多い[2]が、予算と納期の双方の制約により、各工程において広範な時間の割り当てが困難である。初期のアニメーションは全てアナログ環境で制作されていたが[1]、デジタル時代が到来し、情報技術が飛躍的に進展した現在、幅広い業界におけるデジタル化と同様に、アニメーション産業においても予算と時間の確保の観点からデジタル技術の導入が始まっている[7]。これにより、作業効率の向上やエフェクトの表現の自由度が拡大している。一方で、デジタル化に踏み込めない工程も複数存在する。特に、アニメーションの品質に重要な影響を及ぼす原画制作の過程では、繊細なタッチが求められることから、紙と鉛筆等の物理的媒体を利用することが多い[12]。そのため、原画制作の過程は膨大な時間を要する。

1.2 アニメーションで使われる動作

アニメーションで表現される動作は、原画制作の段階で大きく決定される。原画はアニメーションにおける動きの要所を描いた素材であり、これを基にアニメーションが制作される。例として、人がジャンプするシーンを考えた場合、1) ジャンプする前の屈伸、2) 上昇途中、3) 最高点に達した瞬間、4) 降下途中、5) 着地の瞬間、のように5つの段階が原画として用意される。その後、

これらの原画の間に「中割り」と呼ばれる補助的な絵を挿入することで、動きに臨場感を与え、より滑らかな動作を創出することができる。

アニメーションの世界では、動作は複数の要因に基づき表現され、同一の動作であっても意味や描き方は異なることがある。この要因の例として、キャラクターや周囲の状況が挙げられる。同じ動作であっても、キャラクターの属性や性格によって描写方法が変化する。例えば、「活発的な少年が走る描写」と「女々しい少年が走る描写」は異なる。さらに、キャラクターが置かれている状況やキャラクターの感情に応じて、その動作の表現方法は大きく変わる。例えば、「嬉しそうに走る描写」と「悔しそうに走る描写」は異なる。このようなコンテキストに応じて描かれる動作の差を駆使して、アニメーションでは動作の違いを生み出し、物語を視覚的に語ることができる。

1.3 本研究で解くべき課題

原画を描く制作者にとって、原画制作の前工程である絵コンテやレイアウトの情報だけではコンテキストを考慮しながら動作を描くことは容易ではない。このような場合、制作者は他の作品を原画を参考にすることがあるが、大量の原画の中から制作者が企図する動作に類似した動作が描かれた原画を探し出すことは困難である。必要な原画を効率的に探すことを支援するには動作を表す言葉（以下、動作表現と記す）で原画を検索可能にするシステムの構築が有用であると考えられる。しかし、現状の原画には動作で検索するためのメタデータが付与されておらず、その作業を人手で行う場合は膨大な時間と労力を要することが想定される。

1.4 本研究の目的と提案

動作を対象とした原画の検索を可能にするために、本研究では、絵コンテで描かれている内容を説明する台本に記載された文章（以下、画面説明文と記す）に動作表現が含まれる点に着目した。アニメーション制作では、画面切り替えの区切り（以下、カットと記す）ごとに分けて管理しており、それぞれのカットには番号が与えられている。画面説明文から抽出した動作表現をメタデータとして同じカットの原画に機械的に付与することで、動作表現を検索キーワードとしたアニメーション原画の検索システムの構築を試みる。

2 関連研究

2.1 キャラクターの描写支援に関する研究

兼松ら [6] は、ロボットアニメ制作においてロボットをより制作者の意図どおりに見せるため、既存アニメ作品に登場するロボットのポーズから 678 のポーズを収集・分析し、ポーズの 3D データ化とライブラリ開発を行った。これにより、ロボットのポーズ設定も含めたショッ

トの設定やプレビズを効率的に行うことが可能になった。鈴木ら [8] は、既存亜人種キャラクターの特徴を部位ごとに調査し、パーツ分類を行った。その結果を基にパーツの 3D モデル化を行い、仮想空間上で入れ替え・変形・移動が可能なシステムを構築した。システムを使用してキャラクターの具体化が行えるかを確かめる評価実験を行った結果、イメージしたキャラクターが持つ特徴を概ね具体化することができた。これらの研究はそれぞれ、ロボット、亜人種などの特殊な設定を持つキャラクターの制作を行うことに対しては有用である。

永田ら [10] は、既存の身体に外見的特徴を持つキャラクターを調査・分析し、腕、足の部位ごとにパーツ分けしてパターン化を行い、3D モデルを作成した。加えて、人体のパーツを入れ替え、身体に外見的特徴を持つ人間キャラクターのデザイン制作のためのシステムを開発した。胴体と手の関節部分のパーツを分割することで、より多彩なポージングを付けることができた。これは、常に外見的特徴を持つキャラクターに限らず、怪我をして一時的にギブスをしているキャラクター等、アニメのストーリーやコンテキストによってキャラクターの容姿を変化させて描写する際に有用である。

2.2 類似検索に関する研究

古屋ら [11] は、同じベクトル空間上で表現される「単語」「フレーズ」「楽曲」といった歌詞の異なるレイヤーの分散表現を獲得し、それらの類似度を用いることで単語からフレーズ、フレーズから歌詞全体といった、歌詞のレイヤーを横断した検索を実現した。これにより、検索キーワードがメタデータと一致している場合だけではなく、検索キーワードの多義性を考慮した歌詞検索を可能にした。奥野ら [5] は、Web 上の FAQ サイトで大量にある FAQ からユーザが所望する FAQ を検索する際、検索語に類似する表現を含む FAQ にユーザの所望する内容が記載されやすいと仮定し、検索語に類似する表現を分散表現により獲得して検索キーワードに追加する手法を提案した。この手法の有効性を評価した結果、検索語よりも検索語に類似する表現が含まれる FAQ の方が検索者の所望する内容である確率が高く、より効率的な検索が可能になったことが示唆された。

これらの研究では、遠回しな表現や言い換え表現、表記揺れに対して単語の分散表現により獲得した類似表現を用いたことで、幅広い検索が可能になるとともに、検索者が所望する内容の検索が可能であることが示唆された。この手法は、本研究で提案するシステムにおいても有効であると考えられる。

2.3 画像検索に関する研究

Seguin ら [3] は、畳み込みニューラルネットを利用した特徴抽出により、絵画の一部を選択し、同様の部分を

持つ絵画を検索する手法を提案している。検索キーワードとなるテキストベースのメタデータを付与せず、画像自体が直接的な検索基準となっているため、作品間の視覚的な関連性を探るのに有効である。中村ら [9] は、開発した農業体験学習支援システムを用いて、農家に設置した Web カメラで年間 1 万枚以上の写真を撮影した。しかし、膨大な写真の中から授業に活用できる学習に有効な農作業写真を検索することが困難であることから、検索キーワードとなる 10 種類の作業項目を画像処理を用いて農作業写真に自動的に付与する試みを行った。

このように、画像を検索するには画像そのものを検索に用いる手法や、画像にメタデータを付与してキーワードを用いて検索する手法等がある。本研究で扱う原画はキャラクターやオブジェクトによる一連の動作を適当な間隔で切り分けた瞬間を描いた絵であり、1 枚の原画のみでは何の動作を表しているのかわからない場合があるため、原画に検索キーワードとなるメタデータを付与する手法が有効であると考えられる。

3 動作表現の抽出と原画への付与

3.1 使用する素材

本研究では、国立情報学研究所の IDR データセット提供サービスによりトリガー株式会社より提供を受けたトリガーデータセット¹を使用する。このデータセットは、文化庁若手アニメーター育成プロジェクト「アニメミライ 2013」の参加作品として劇場公開されたアニメ作品『リトルウィッチアカデミア』の制作で使用した素材一式をデジタル化したデータである。このデータセットには以下の素材が含まれている。

- LWA-01-Scenario: 脚本 (シナリオ)
- LWA-02-Storyboard: 絵コンテ
- LWA-03-Script: 台本
- LWA-04-BackgroundArt: 美術
- LWA-05-ModelSheet: 設定
- LWA-06-ColorSheet: 色彩
- LWA-07-Animation: 作画
 - － CutBag: カット袋
 - － TimeSheet: タイムシート
 - － Layout: レイアウト
 - － KeyFrame: 原画

- LWA-08-Coloring: 仕上げ

図 1 にこれらの一例を示す。この中から画面説明文が記述された台本と原画を使用した。台本は、声優がアフレコを行う時に使用する素材であり、以下の 3 つの情報がセットで含まれている。

¹<http://www.ss.iiij4u.or.jp/~sassano/ja/log/> (2024/1/18 確認)



図 1: データセットサンプル ([15] より図引用)

1. カット番号
2. 画面説明文
3. 音声文 (アフレコ用)

原画は動きのポイント (動き始め, 重要な中間ポイント, 動き終わり) が描かれた絵であり, カットごとにフォルダ化されている。

これらを用いて, カットごとの画面説明文から動作表現を抽出し, メタデータとして対応する原画に機械的に付与する。

3.2 動作表現の抽出

画面説明文から動作表現の抽出を行う。形態素解析ツールである MeCab を用いて, 各カットの画面説明文を形態素解析し, 抽出する動作表現を機械的に選定した。加えて, 不要な動作表現を排除するためにストップワードリストを独自に設定する。抽出条件は以下のように決定した。

- MeCab による形態素解析をした後, 動詞を抽出
- 「れる」や「せる」等の助動詞は除外
- (名詞 or 副詞) + サ変動詞「する」の複合語は抽出

ユーザが入力する検索キーワードは日本語の口語文法における動詞を想定し, 動詞の終止形で抽出する。そのため, 受け身や可能等の意味がある助動詞「れる」や使役の意味がある助動詞「せる」等は抽出対象から除外した。また, サ変動詞「する」と名詞や副詞が組み合わさった複合語 (e.g., “破壊する”, “ゴソゴソする”) はユーザが検索キーワードとして使用する可能性が高いと判断し, これらも抽出対象とした。抽出する際には, 後述する類似する動作表現を検索する際の処理を考慮し, 名詞または副詞の部分のみ抽出する。MeCab は最小の意味単位に分解するツールであるため, 複合語を抽出する際は検索キーワードとして想定外の単語に分解される可能性がある。このような場合は原画を確認し, 原画で中心的に描かれる動作として適切な動作表現のみをメタデータとして扱う。例えば, 「踊り出す」という動詞は「踊る」と「出す」に分解される。この場合, 検索キーワードとし



図 2: 欠損カットに対して挿入する画像

て想定される「踊る」を抽出し、「出す」を除外する。また、MeCab は非標準的な言葉使いや口語表現に対しては誤解析をすることがあるため、必要な動詞のみを抽出し、残りをストップワードとして除外する。例えば、「防いでる」は「防ぐ」、「い」、「て」、「いる」に分解されることが望ましいが、「防ぐ」と「でる」と誤解析したため、「防ぐ」を抽出し、「でる」を除外する。動作表現を抽出する際は各カットに1つの動作表現とは限らず、必要に応じて複数の動作表現を抽出する。

これらの処理により、ユーザの検索効率と精度の向上を図り、システムの有効性を高めることが可能となる。

3.3 データベースの作成

画面説明文から抽出した動作表現をメタデータとして対応する原画に付与するためにデータベースを作成する。データベースには、1) カット番号、2) 原画クリップ（4章で後述）、3) 画面説明文、4) 画面説明文から抽出した動作表現、を集約する。原画には17カットの欠損が確認されたが、これらのカットには図2に示す画像を挿入することで代替処理を行なった。作成したデータベースの一部を表1に示す。

4 動作表現に基づくアニメーション原画の検索手法

各カットに対して複数枚の原画が独立して検索結果として表示された場合、それらをコマ送りで見るときに、どのようなアニメーション効果が得られるかを想像することは困難である。そのため、検索結果として提示された原画がどのような動作の一部となるのかを視覚的に理解できることが重要である。また、動作表現をキーワードとして原画を検索する場合、入力した動作表現とメタデータとして付与された動作表現が必ずしも一致するとは限らない。言語には同じ意味を持つ言葉や似た意味を持つ言葉が存在することから、検索キーワードと類似した動作表現であれば検索できることが望ましい。さらに、提案手法では画面説明文から抽出した動作表現をメタデータとして機械的に付与するため、検索結果として

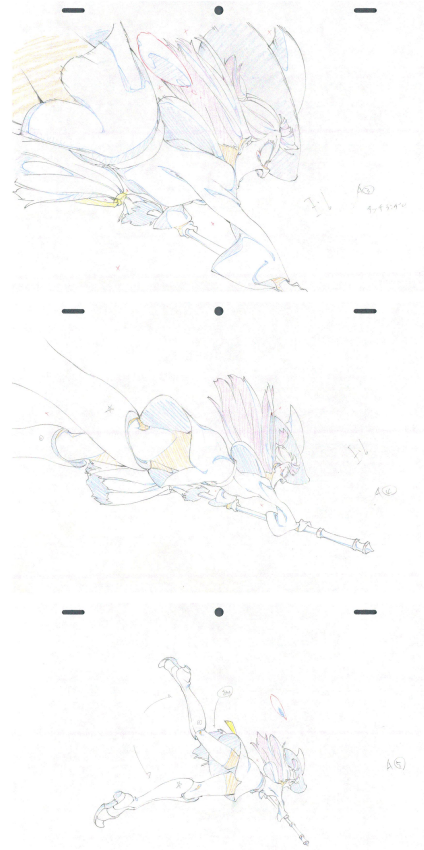


図 3: カット 92「真っ逆さまに落ちるアッコ」

提示された原画が検索者の描きたいキャラクターの特徴やシチュエーションといったコンテキストに応じた動作と異なる可能性がある。そのため、検索結果として提示された原画のコンテキストを理解し、企図する動作に応じているかを判断できることが求められる。これらの要件を踏まえて、制作者が企図するコンテキストに応じた動作が描かれた原画を動作表現により検索可能にするための本システムに必要な仕組みを以下の3点とした。

1. 原画クリップの作成
2. 類似した動作表現の検索
3. 画面説明文の提示

1では、それぞれのカットごとに原画を短い動画（以下、原画クリップと記す）にすることで原画で描かれる動作の視覚的な把握を可能にする。2では、動作表現を分散表現として扱うことで類似した動作表現による検索を可能にする。3では、原画と画面説明文を同時に提示することで原画のコンテキストの理解を可能にする。

4.1 原画クリップの作成

1つのカットは複数枚の原画で構成されており、それぞれの原画で描かれる動作の一部分を並べて見るだけでは、それらがどのような動作を創り上げるのかを想像することは困難である（図3参照）。そのため、動作が描

表 1: データベースの一部

Cut	Clip	Script	Verbs
1	1.gif	野外ライブステージ PD	□
～	～	～	～
309	309.gif	慌てて逃げるアッコ達 尖塔ドーム内に逃げ込む 猛スピードで外を横切るドラゴン	['慌てる', '逃げる', '逃げ込む', '横切る']
310	310.gif	ドーム内の 2 人なめ通過するドラゴン	['通過']
311	311.gif	床に叩きつけられるアッコ, ロッテ	['叩きつける']
312	312.gif	塔の上に降りるドラゴン	['降りる']
～	～	～	～
398	398.gif	一同から学校全景に TB T「おしまい」 FO 黒味	□

表 2: 「下りる」に類似した動作表現とその類似度

Similar Words	Similarity
降りる	0.780
登る	0.714
下る	0.634
抜ける	0.629
出る	0.616
下り	0.60193
降ろす	0.60190
向う	0.595
着く	0.593
飛び降りる	0.585

かれた複数枚の原画を実際に放映された完成作品と近い形である動画にして提示すると、検索者としては原画に描かれる動作を容易に理解することができる。提案手法では、それぞれのカットにおいて、カットを構成する複数枚の原画を一定間隔で切り替え、原画クリップにすることで、原画で描かれる動作の可視化を図る。実際に放映される完成作品では、原画と原画の間に中割りが挿入され、一般的に 1 秒間に 24 枚の原画と中割りを切り替えるため、中割りの存在も考慮し、166.66 ミリ秒の間隔 (1 秒間に 6 枚の原画を表示) で原画クリップを作成した。

4.1.1 原画合成の検討

原画制作において、前後の原画との微細なズレを排除するための手法として、直前の原画の上に新規に描く原画を重ね合わせ、下方から照明を当てながら作画を行う。これにより、上の原画を透視しながら描くことが可能となり、動作の連続性と一貫性を維持することができる。このプロセスでは、同じ動作を繰り返すシーンにおいては異なる部分のみを作画するため、特定の部分のみが原画に描かれていることがある。例えば、12 枚の原画で構成された走るカット (カット 151) において、カット 1 ～ 6 とカット 7 ～ 12 は同じ動作の繰り返しであるが、

カット 1 ～ 6 は口を動かしながら走っており、カット 7 ～ 12 は歯を食いしばって走っている。このカットではカット 7 ～ 12 は口元だけ描かれていた。このように、同じ動作を繰り返す場合は異なる部分のみが作画されるため、原画クリップになるとどのような動作を表しているのかを理解できなくなる。これを踏まえ、カット 151 の原画の合成を試みた。手順は以下の通りである。

1. 合成する 2 つの原画の透過度を下げる (全体が描かれている原画を 0.3, 差分のみが描かれている原画を 0.7 にする)
2. 2 つの原画を合成する
3. コントラストと彩度を上げる

原画合成は、全体が描かれている原画に差分のみ描かれている原画を貼り付ける様に行う。しかし、線の濃度を変更せずにそのまま貼り付けた場合、線と線の重なりが目立つことにより見るのが困難である。そのため、合成前に原画の透過度を下げることで比較的に見やすくなることができる。さらに、合成後の原画のコントラストと彩度を上げることで合成前の原画の濃度に近づけることを目指す。これらの操作をすることにより、原画クリップでの動作の連続性の維持を可能にした (図 4 参照)。

4.2 類似した動作表現の検索

メタデータとして付与した動作表現は台本中の画面説明文から抽出したものである。そのため、台本の作家が執筆した動作表現とユーザが検索時に入力する動作表現は必ずしも一致するわけではなく、相違が生じる可能性がある。この相違は、同義語や類義語の存在に起因する。例えば、物理的・空間的に下方へ移動する時に使用する「下りる」と「降りる」は同義語であり、文脈や使われる状況によって、微妙なニュアンスの違いが生じることがあるが、一般的にこれらの違いは微細であり、多くの場合互換的に使用される。また、「走る」と「駆け抜ける」は類義語であり、基本的に異なる動作を意味するが、文脈に応じて互換可能な場合もある。これらの同義語と類

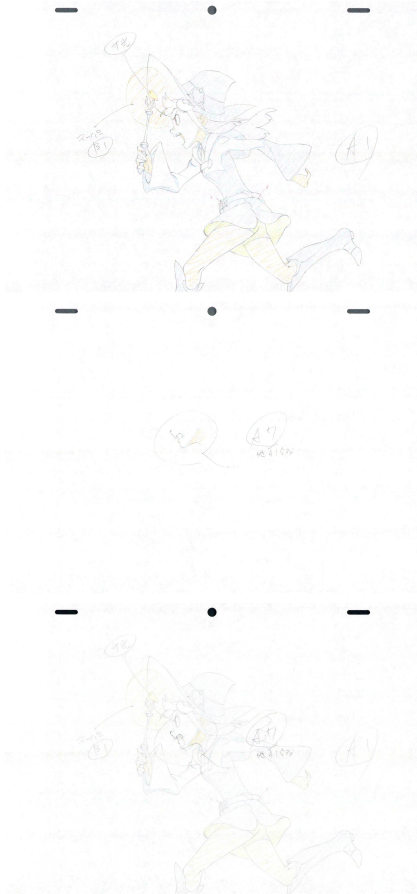


図 4: カット 151 の原画合成

義語を検索対象に含めることで、台本の作家とユーザ間の動作表現の相違を縮小することを試みる。提案手法では、動作表現を分散表現として扱うことで類似した動作表現による検索を可能にする。動作表現の分散表現は日本語 Wikipedia エンティティベクトル [4] を用いることで獲得し、検索キーワードと類似度の高い上位 10 単語 (表 2 参照) を検索対象に含めることで類似した動作表現の検索を実現する。

8	7	6	5	4	3	2	1	
客席の上をかすめて飛ぶ星々ステージに集まってくる	顔を手で覆う	光に照り返されるアッコ	夜空の星が落ちてくる	見上げたまま息を飲むアッコ	夜空に輝く星	客席の幼いアッコ キョロキョロ見回す 何かに気付く	客席の観客達	屋外ライブステージ PD

図 5: 台本中の画面説明文の一部

4.3 画面説明文の提示

検索結果で提示された原画から制作者が企図する動作と類似した動作が描かれている原画を選ぶには、それぞれの原画のコンテキストを把握する必要がある。しかし、提案手法では画面説明文 (図 5) から抽出した動作表現をメタデータとして機械的に付与するため、検索結果として提示される原画は検索者の企図するコンテキストに応じた動作と異なる可能性があり、検索結果として原画のみを提示する場合は選別が困難である。このことから提案手法では、検索結果として得られた原画の前後の画面説明文を読むことが原画のコンテキストの理解に有用であるという仮定の下、各カットに対応した画面説明文とその前後 2 カットずつの画面説明文を原画クリップと併せて提示した。これにより、原画が描かれたコンテキストの理解を容易にし、原画に描かれている動作が検索者の企図するコンテキストに応じた動作であるかを判断できるようにすることを目指す。これらの方針に基づいてシステムを実装する。

5 実装

本稿では、動作表現でアニメーション原画を参照できる検索システムを Web アプリケーションとして構築する。本システムは Python3.8.18 を用いて開発し、主要なフレームワークには Flask を採用した。

実装したシステムのインターフェースは検索画面、検索結果画面、原画クリップ詳細画面の 3 つの画面で構成される。

5.1 検索画面

検索画面はユーザからの言葉の入力を受ける最初の画面 (図 12 参照) である。中央に配置したテキストボックス内に日本語で動作表現を入力し、検索ボタンをクリックすると検索結果画面 (図 13 参照) に遷移する。ユーザが入力した動作表現以外にも、類似した動作表現の検索も同時に行う。本稿で使用した Word2Vec 学習済みモデルである日本語 Wikipedia エンティティベクトルでは、一般的に漢字で表記があるものは漢字で学習されているため、このような単語をひらがなやカタカナを用いた場合、分散表現を獲得することができず、類似度の計算ができない可能性がある。そのため、ユーザに対しては基本的に漢字が存在するものは漢字で書いてもらうよう指示する。

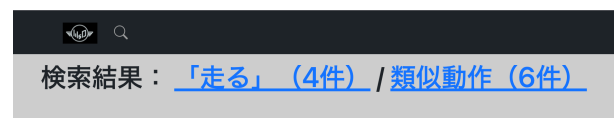


図 6: ヒット件数の提示



図 7: 原画の拡大表示

5.2 検索結果画面

検索結果画面は検索結果の一覧を表示する画面である。検索結果として、それぞれのカットごとに、1) 原画クリップ、2) シークバー、3) 画面説明文、をセットとして提示する。複数枚の原画から作成した原画クリップの下にはメタデータとして原画に付与した動作表現を提示する。原画クリップをクリックすると、クリップ詳細画面（図 14 参照）に遷移する。作品の最初のカット番号である 1 を左端に、最後のカット番号（本研究で使ったデータは 398 カット/話）を右端に配置し、線上における原画クリップのカット番号の位置にドットを配置した。これにより、ユーザはストーリー全体におけるカットの挿入位置をイメージすることができる。画面説明文は、各カットに対応した画面説明文とその前後 2 カットずつの画面説明文を提示する。

また、最上部には、検索キーワードと類似した動作表現のヒット件数を提示し、瞬時に件数を把握できるようにした（図 6 参照）。

5.3 原画クリップ詳細画面

原画クリップ詳細画面では、検索結果画面で選択した原画クリップとそれを構成する各原画を提示する。原画クリップの下には原画に付与した動作表現を提示する。各カットを構成する原画の枚数が一目で分かるよう、原画の合計枚数を提示するとともに、各原画にはカットの始まりから順に付与した番号を提示した。また、原画枚数が多い場合の対応方法として、横へのスクロール機能



図 8: 実際に提示した映像の一部

を加えた。さらに、原画をクリックすることによる原画の拡大表示機能を加えるとともに、キーボードの左右のボタンで前後の原画も拡大した状態で見ることを可能にした（図 7 参照）。

6 実験

提案システムを用いて実験を行うことは下記の 2 つである。

実験 1 類似動作検索の実験

実験 2 原画のコンテキスト理解の実験

実験 1 では、提案システムを用いて、類似した動作表現を検索対象に含めたことの有効性を検証する。実験協力者が動作表現を用いて原画を検索することが可能かどうか、またどのような動作表現を用いて原画を検索するか測る。実験 2 では、原画クリップと併せて画面説明文を提示することの有効性を検証する。前後のカットの画面説明文の提示が原画のコンテキストの理解を促進するか測る。

6.1 類似動作検索の実験

20 歳以上の男女 14 名の実験協力者を対象にユーザ実験を行った。実験では、まず、実験協力者にシステムの操作方法について説明した。システムの操作方法については、動作表現を検索キーワードとすること、検索結果画面の画面構成、類似した動作表現も検索対象であること、原画クリップ詳細画面での原画の拡大表示方法、画面遷移の方法を説明した後、自由にシステムを触ってもらった。次に、実験協力者に「実験協力者はアニメーターの職業を目指してアニメの原画を描く練習している」という内容のシナリオを聞いてもらった。これは、実験タスクを説明する際、実験者の表情や声のトーンの変化などの非言語情報により、実験協力者ごとの環境が異なることを防ぐため、説明文を事前に音声で録音して行った。最後に、図 8 のような実際に放映された完成作品の中の異なる 3 つのカットの映像を提示し、システムを用いてそれらが描かれている原画を探索してもらった。

6.1.1 実験結果

カットごとの検索結果を図 9 に示す。画面説明文から抽出した語彙によって正しいカットを選択した場合を抽出語による一致、類似した動作表現によって正しいカットを選択した場合を類似語による一致、それ以外を不一致として評価した。その結果、抽出語による一致が 73.8%、類似語による一致が 16.7%、不一致が 9.5%であった。

6.2 原画のコンテキスト理解の実験

類似動作検索の実験とは別の 20 歳以上の男女 14 名を実験協力者として実施した。実験協力者には、3 つのカットにおいて、原画クリップのみ、または原画クリッ

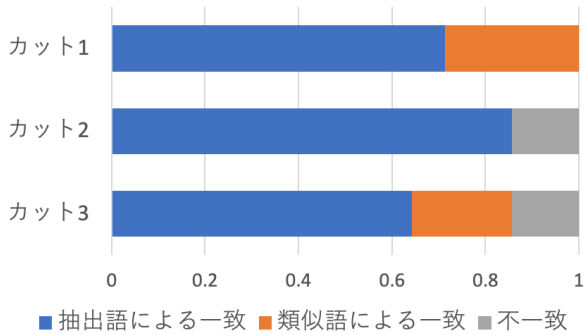


図 9: 類似した動作表現の有効性

ブとそのカットの前後それぞれ2カットずつの画面説明文を見て、原画クリップで描かれる動作を具体的に記述させた。原画クリップのみを見て動作を記述する群（以下、単一資料提示群と記す）と、原画クリップと画面説明文を見て動作を記述する群（以下、複合資料提示群と記す）に無作為に7名ずつ振り分けていった。回答後には、複合資料提示群の実験協力者を対象に、画面説明文の提示は原画のコンテキストの理解に有効的であったかを問うインタビューを行った。その後、得られた回答が原画のコンテキストを妥当に反映した表現であるかを検証するため、各カットに対して5名の評価者に独立で5段階評価をしてもらった。

6.2.1 実験結果

カットごとの単一資料提示群と複合資料提示群の評価の平均値を図10に、カットごとの単一資料提示群と複合資料提示群の回答と評価を表3~8に示す。実験の結果、カット1とカット2では、複合資料提示群の平均値が単一資料提示群の平均値を上回ったが、カット3では複合資料提示群の平均値が単一資料提示群の平均値を下回った。そのため、平均値の単純比較では大きな違いは確認されなかった。次に、単一資料提示群の平均値が複合資料提示群の平均値を上回っているという帰無仮説の下、2群の平均値に有意差があるかを Wilcoxon の符号順位検定により調べた。その結果、 $p = 0.900$ であり帰無仮説は棄却できず、2群の平均値に有意差は認められなかった。

6.3 考察

類似動作検索の実験では、類似した動作表現から正しいカットを選択した実験協力者が確認されたことから、類似した動作表現を検索対象に含めることの有効性が示唆された。不一致と評価された検索キーワードには「びっくりする」という動作表現があった。この語は抽出語である「驚く」と同じ動作であるが単語分散表現の中に存在していなかったために検索できなかった。これは単語分散表現に含める語彙の拡充により解決できると考えられる。

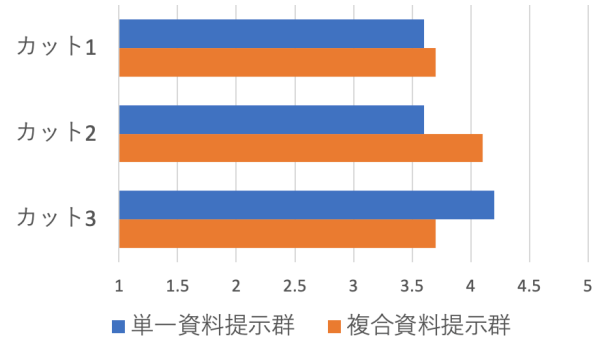


図 10: コンテキストの理解度

原画のコンテキスト理解の実験では、単一資料提示群の平均値と複合資料提示群の平均値に有意差は認められなかった。一方で、回答後のインタビューから「画面説明文にある“PAN”や“なめ”といった専門用語がよく分からなかった」、「断片的な文章で読みづらかった」といった意見があったことから、画面説明文の提示が原画のコンテキストの理解において十分ではない可能性が示唆された。画面説明文には、主にキャラクターの動作は記述されるが、キャラクターの心情や動作の経緯の記述が不十分であるため、原画のコンテキストの理解に寄与しなかったことが推察される。

7 展望

本稿で使用した台本に記載される画面説明文は、声優が各カットの内容を大まかに把握するためのものであるが、画面説明文を読むことによる原画のコンテキストの理解を促進するには不十分である。今後は、キャラクターの心情や動作の経緯を含んだ文章であり、断片的でなく全体的に構成された脚本（図11参照）の利用を検討する。画面説明文にはカットごとに管理されているためカット番号で原画と対応づけることができたが、脚本に記述されている文章はカットごとに管理されていないためカット番号が付与されていない。そのため、脚本をカットごとに区切り、それぞれにカット番号を付与する必要がある。

縮まったドラゴンが放出した魔力を再吸収して石化していく。
落下していく石を見ながら。(すでに箒の上)
アッコ「ドラゴンが石に？」
ダイアナ「なるほど、魔竜石とはよくいったものですね」
アッコ「そうかあれが」
ダイアナ、アッコの持つ弓が気になる様子。コホンと咳して。
ダイアナ「でも最後のシャイニーアルク、あなたには見事でしたね」
アッコ「え？ダイアナ、シャイニーアルク知ってるの？」
ハッとして急に顔が真っ赤になるダイアナ。
ダイアナ「ま、まあ、それくらいは有名なので・・・」
アッコ「そっか、(無邪気に笑い) そりゃそうだよね」
冷や冷やのダイアナ。
アッコ「でもダイアナって意外といい奴だね」
ダイアナ「(すまして) 意外は不要です」
思わず笑うアッコ、釣られて笑うダイアナ。

図 11: 脚本の一部

表 3: カット 1 の単一資料提示群の回答と評価

カット 1 の単一資料提示群の回答	評価者 A	評価者 B	評価者 C	評価者 D	評価者 E
不安そうに走る	4	5	5	1	5
何かに焦っているように走るシーン	2	5	4	3	4
焦りながら走っているシーン	2	5	4	3	4
急いでいるように走る	3	5	3	5	3
不安そうに走る	4	5	5	1	5
焦っているように走る	3	5	4	3	5
何かに向かってるように走っている、もしくは、目標に向かって走るように感じる	1	4	1	5	1

表 4: カット 1 の複合資料提示群の回答と評価

カット 1 の複合資料提示群の回答	評価者 A	評価者 B	評価者 C	評価者 D	評価者 E
足元を気にしながら走る	1	1	1	1	1
心配そうに走る	5	4	3	5	5
慌てて心配そうに駆け寄る	5	4	5	5	5
心配そうに走る	5	4	3	5	5
何かを急いで追いかけているように走る。	5	5	5	5	5
心配そうに走る	1	2	1	1	3
急いで駆け寄る。	5	5	5	5	5

る。また、本稿では動作表現を検索キーワードとして原画を検索し、原画と併せて提示した画面説明文を読むことで企図するコンテキストに応じた動作かどうかを検索者に判断してもらう手法を試みたが、データ数が増えれば画面説明文を読む量も増えることが考えられるため、原画探索に時間がかかる可能性がある。より効率的な検索を可能にするには、動作表現の他にもキャラクタの属性、性格、心情等もメタデータとして原画に付与し、検索条件を増やすことが必要である。

提案システムの想定するユーザは原画を描くアニメーターであるが、アニメーターを目指す人々への学習支援としての使用方法も考えられる。アニメーション制作の初学者教育という観点から見ると一般社団法人日本動画協会が原画の描き方の基礎を学習できる教材 [14] などを公開しているように、自発的な学びの素材に対するニーズは高い。既存作品の原画の蓄積と再利用がより柔軟に行えるようになれば、多様で「生きた」教材としてその用途に活用でき、より制作現場に沿った実践的な学びが可能になると期待される。

8 おわりに

本稿では、アニメーションの台本中の画面説明文から抽出した動作表現を対応する原画にメタデータとして機械的に付与することで、動作表現を検索キーワードとして原画を検索できるシステムを試作した。実験結果から、類似した動作表現を検索対象に含めたことの有効性が示唆された。一方で、原画クリップと併せて画面説明文を

提示することは、原画のコンテキストの理解の促進に十分ではないことが示唆された。今後は、原画のコンテキストの理解を促進させるため脚本の利用を検討する。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、多大なご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部の松下光範教授に心より感謝申し上げます。また、研究指導、論文の添削など、様々な面で力添えをいただきました、関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻の藤川雄翔氏、畑玲音氏、新川晴紀氏をはじめとする先輩方に深く感謝申し上げます。本研究では株式会社トリガー様より「リトルウィッチアカデミア」のデータを使用させていただきました。深く御礼申し上げます。研究を通して共に 2 年間で過ごしてきた、松下研究室 14 期の皆様に心より感謝申し上げます。最後に、これまでの学生生活を支えてくださった家族、友人に深く感謝し、謝辞とさせていただきます。

参考文献

- [1] Thomas, F. and Johnston, O.: *Disney Animation: The Illusion of Life* (1987).
- [2] Miki, U., Kiyohito, F. and Naoki, M.: Can Computers Create Comics and Animations?, *Computational and Cognitive Approaches to Narratology*, pp. 164–190 (2016).
- [3] Seguin, B., di Lenardo, I. and Kaplan, F.: Tracking transmission of details in paintings (2017).

表 5: カット 2 の単一資料提示群の回答と評価

カット 2 の単一資料提示群の回答	評価者 A	評価者 B	評価者 C	評価者 D	評価者 E
驚きながら落ちる	5	4	3	5	5
本人の意思とは不本意に落ちるシーン	5	5	5	5	4
底の見えない穴に落ちているシーン	1	1	1	5	1
吸い込まれて落ちるシーン	4	3	2	2	1
叫びながら落ちる	5	5	4	5	5
意図せず落ちている	5	5	5	5	5
アニメであるような異世界に吸い込まれて落ちていくようなシーン	1	2	2	3	1

表 6: カット 2 の複合資料提示群の回答と評価

カット 2 の複合資料提示群の回答	評価者 A	評価者 B	評価者 C	評価者 D	評価者 E
苦しそうに落ちる	1	3	1	1	3
勢いよく落ちる	5	5	5	4	5
恐怖を感じながら落ちている、何とかしなければいけないという気概も感じる	2	4	4	5	5
叫びながら落下	5	5	5	5	5
急に突き落とされ叫びながら落ちている。	5	5	5	5	5
パニックになりながら落ちる	4	5	3	3	4
凄いスピードで落ちる。	4	4	5	3	5

- [4] Suzuki, M., Matsuda, K., Sekine, S., Okazaki, N. and Inui, K.: A joint neural model for fine-grained named entity classification of wikipedia articles, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. 101, No. 1, pp. 73–81 (2018).
- [5] 奥野翔太, 荒木健治: 単語の分散表現により獲得した類似語を用いた FAQ 検索システムの評価性能, *ARG WI2 No.10*, pp. 23–24 (2017).
- [6] 兼松祥央, 竹本祐太, 茂木龍太, 鶴田直也, 三上浩司, 近藤邦雄: ロボットアニメーションにおけるポーズ制作支援システムの開発, *The Journal of the Institute of Image Electronics Engineers of Japan Vol.46 No.1*, pp. 165–169 (2017).
- [7] 神村幸子: アニメーションの基礎知識大百科, 株式会社グラフィック社 (2021).
- [8] 鈴木裕章, 兼松祥央, 茂木龍太, 三上浩司, 近藤邦雄: パーツ分類に基づく亜人種キャラクターの 3D モデリング手法, *ITE Technical Report Vol.39 No.14*, pp. 119–122 (2015).
- [9] 中村武道, 高木正則: 児童向け学習教材に活用する農作業画像へのメタ情報付与機能の開発と評価, *IPSJ SIG Technical Report Vol.2015-CLE-15 No.4*, pp. 1–5 (2015).
- [10] 永田幸, 茂木龍太, 兼松祥央, 鶴田直也, 三上浩司, 近藤邦雄: 身体に外見の特徴をもつキャラクターの原案制作のためのシミュレーションシステム, *ITE Technical Report Vol.40 No.11*, pp. 249–252 (2016).
- [11] 古屋翔大, 木村和哉, 山西良典, 西原陽子, 奥健太: 単語分散表現を用いた単語・フレーズ・楽曲を横断する探索的歌詞検索システム, *ARG WI2 No.11*, pp. 65–70 (2017).
- [12] 渡部秀雄: 日本の商業アニメーション制作に於けるデジタル化に関する研究, *湘南工科大学紀要 Vol.47 No.1*, pp. 91–104 (2015).
- [13] 一般社団法人日本動画協会: アニメ産業レポート 2021 (2021).
- [14] 一般社団法人日本動画協会人材育成委員会: アニメーターの課題集 –動きの法則を理解するための第一歩–, <https://aja.gr.jp/jigyoku/ikusei/workbook> (2021).
- [15] 国立情報学研究所: アニメ「リトルウィッチアカデミア」の絵コンテ等を研究に活用へ, <https://www.nii.ac.jp/news/release/2022/0315.html> (2024/2/14 確認).
- [16] 東洋経済新報社: 週刊東洋経済 アニメ熱狂のカラクリ (2023).

表 7: カット 3 の単一資料提示群の回答と評価

カット 3 の単一資料提示群の回答	評価者 A	評価者 B	評価者 C	評価者 D	評価者 E
呆れたように寝る	1	3	3	3	3
怒って不貞寝するシーン	5	5	4	5	5
投げやりになって寝るシーン	5	5	4	5	4
怒って投げやりになって寝るシーン	5	4	5	5	4
ふてくされて寝る	3	5	5	5	5
怒りながら寝ている	3	5	3	5	4
嫌になってふて寝している	5	4	4	3	5

表 8: カット 3 の複合資料提示群の回答と評価

カット 3 の複合資料提示群の回答	評価者 A	評価者 B	評価者 C	評価者 D	評価者 E
ふてくされてねる	3	5	5	5	5
諦めたように寝る	4	4	3	2	3
天井に頭をぶつけたことが怒りの勢いが緩み、不貞腐れたようにベッドに倒れる	4	4	4	2	5
痛みでベッドに倒れ込む	1	2	2	1	3
怒りながらふて寝をする。	4	4	4	5	5
不機嫌そうに眠る	4	4	4	2	4
ふてくされて寝転ぶ	3	4	5	4	5

図 12: 検索画面

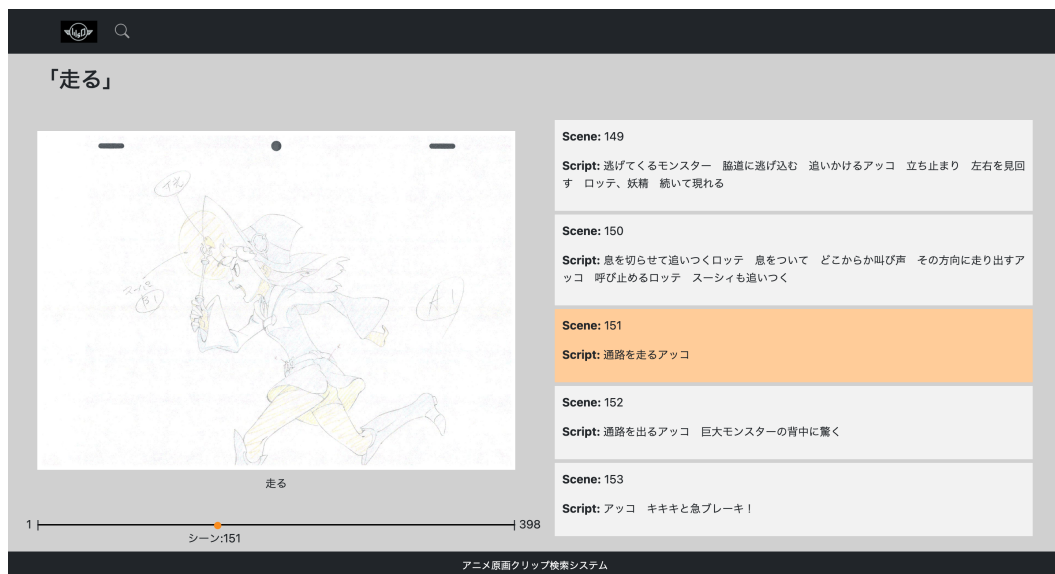


図 13: 検索結果画面

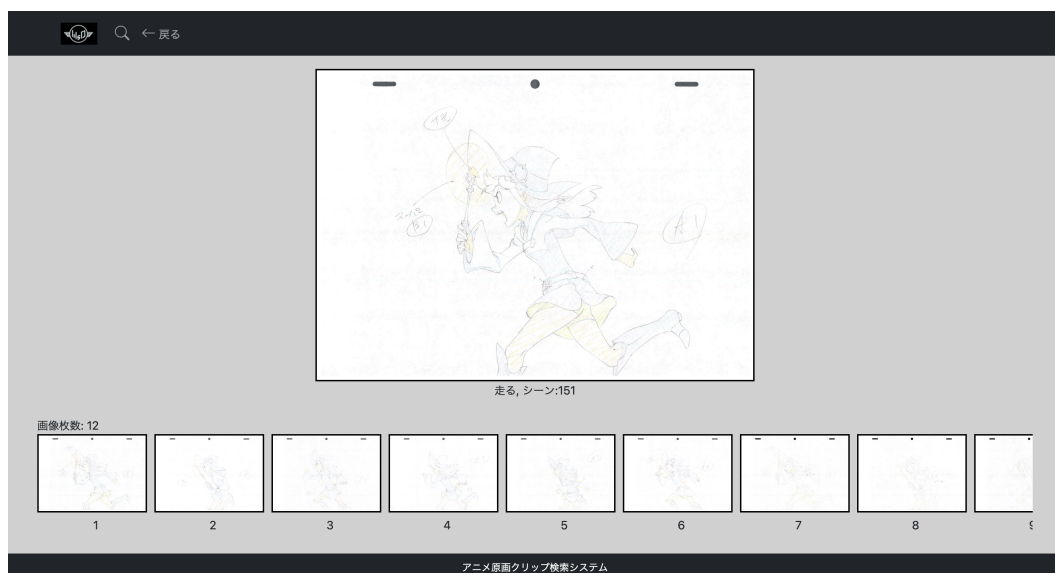


図 14: 原画クリップ詳細画面

グルメサイト上の店舗情報に着目した 器の印象推定

高橋りさ

グルメサイト上の店舗情報に着目した器の印象推定

情 20-0233 高橋 りさ

指導教員 松下 光範

1 はじめに

料理を盛り付ける器を選択する際、人は器のサイズや材質など盛り付けの可否に影響する「機能的側面」の特徴と、色や形状など料理を盛り付けたときの見た目に影響する「美的側面」の特徴のふたつを考慮して決定する。しかし、これらふたつの側面の特徴を考慮して適切な器を選択することは、料理や器の知識を持たない一般人には必ずしも容易ではない。特に、見栄えを意識した器の選択を行うには、美的側面の特徴と盛り付ける料理の関係を考慮する必要があり難しい。一般的に、ある料理に適した器の色や形状は評価者の感性に委ねられ、その料理を提供する状況や文脈によって変化する。同じ料理でも、提供する店の雰囲気や印象に応じて異なる器や盛り付け方が選択されるように、美的側面から見て唯一の正解となる器は存在しない。そこで本研究では、グルメサイトの店舗情報に記載されている店の印象とそのサイトに掲載されている料理画像に着目し、それらを活用して企図した印象に適した器を選択するための手法について検討する。

2 提案手法

演出したい食事の印象に応じて計算機が適切な器を推薦するには、各々の器について、その器の与える印象をメタデータとして予め付与しておく必要がある。しかし印象は一般的に器に付与されているものではなく、器の情報を得るリソースの一つである EC サイトの器の商品説明文にも印象に関する記載は必ずしも見られないため、その獲得は困難である。そこで本研究では、「料理の提供者が演出したい食事の印象」と「器が持つ印象」が一貫しているという仮定の下、グルメサイト上の店舗情報である口コミに記載されている店舗の内観や雰囲気に関する印象の語彙を、その店舗のサイトから獲得した料理画像にメタデータとして付与することで、印象推定の基準となるデータセットを作成する。このデータセットの中から、印象を付与したい器に類似した器が用いられている料理画像を探索し、マッチした料理画像に紐づけられた印象を付与する（図 1 参照）。対象とする印象語は、盛り付けの指南書に記載されていた料理の印象語の中から、「カジュアルな」「シックな」「涼しげな」「モダンな」「落ち着いた」「レトロな」の 6 種類を採用した。収集した画像は 640 × 480 ピクセルにリサイズした。収集した料理画像に写り込んでいる料理やテーブルといった器以外の物体を除去するため、Oneformer[2] を用いてセグメンテーションを行い、“plate” クラスが付与された領域部分をマスクとして元の料理画像から器部分のみを切り抜いた画像を作成した。この処理により 1 つの印象語あたり 200 件、計 1200 件の器領域画像が印象付与済のデータとして収集された。

提案手法では、印象を付与したい器画像と作成したデータセットの画像との類似度を測り、類似度が高かった印象付与済データの印象をその器の印象メタデータとして採用する。類似度の算出には、AugNet[1] の埋込空間上での画像間距離を測る関数である imgsims ライブラリを用いる。

3 実験と評価

料理の印象は料理・器単体がもたらすものではなく、料理と器の組み合わせ方や盛り付け方などの要素が複合的に影響して生じる。そのため、実験では料理や盛り付け方といった「器以外の条件」を

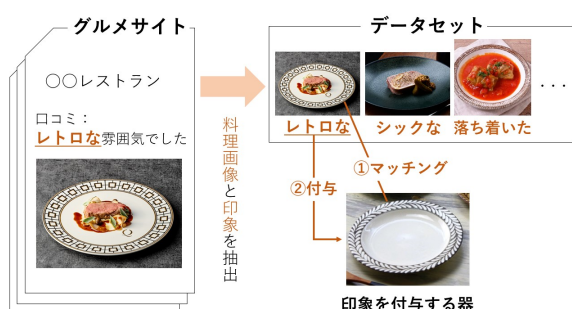


図1 印象付与の手法

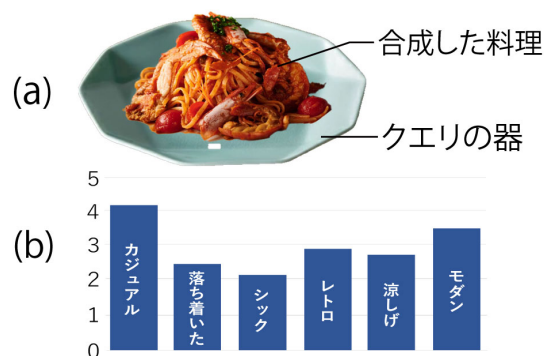


図2 “カジュアル”を付与した器の実験結果

揃えたうえで、グルメサイトから獲得した料理画像の器と、その画像を用いて印象を付与した器が同様の印象を料理にもたらすかを検証した。

印象を付与する対象であるクエリの器と類似度が高かった料理画像の料理の部分のクエリの器に合成し、その印象を評価してもらう実験を行った。2章で収集した印象付与済のデータセットから各クラスが同数になるように120件をランダムで選択し、実験で使用するデータセットとした。クエリの器画像として、料理が載っていない平皿の画像を、楽天市場から器の色、模様、形状、材質の多様性を考慮し20件収集した。収集した画像は640×480ピクセルにリサイズし、器部分のみの切り抜きを行った。これらのクエリの器画像に対し印象付与済データセットの器画像との類似度を算出し、クエリの器画像1件ごとに類似度の上位15件（計300件）を抽出した。抽出した器画像の中から6種類の印象語ごとに1件ずつ計6件を任意で選定した。選定した料理画像の料理領域を切り出して対応するクエリの器画像に合成し、評価対象の画像（2-(a)参照）とした。実験協力者には評価対象の画像に対し、6つの印象について5段階で評価をしてもらった。実験協力者は50人とした。

実験結果の一例を図2-(b)に示す。この例では、印象メタデータとして“カジュアル”が付与された料理（図2-(a)）に対する印象評価は、“カジュアル”の値が最も高い結果となっている。他の5件の評価画像も含め、それぞれのクエリの器に付与された印象の平均評価順位は2.33位であった。実験結果から、グルメサイトから獲得した料理画像の器と、その画像を用いて印象を付与した器が同様の印象を料理にもたらす傾向が確認された。

4 おわりに

本研究では、グルメサイト上の店舗情報である口コミから器に印象を紐づけ、その器に類似した器にも同様の印象語を付与することを試みた。実験の結果、提案手法により印象の付与が可能であることが示唆された。今後は、画像の切り抜き方法の再検討や使用する印象語の見直し、印象の評価方法の改善に取り組む。

参考文献

- [1] Chen, M., Chang, Z., Lu, H., Yang, B., Li, Z., Guo, L. and Wang, Z.: AugNet: End-to-End Unsupervised Visual Representation Learning with Image Augmentation, *arXiv preprint arXiv:2106.06250* (2021).
- [2] Jain, J., Li, J., Chiu, M. T., Hassani, A., Orlov, N. and Shi, H.: Oneformer: One Transformer to Rule Universal Image Segmentation, *Proc. CVPR*, pp. 2989–2998 (2023).

グルメサイト上の店舗情報に着目した器の印象推定

情 20-0233 高橋 りさ

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 料理の魅力を引き出す演出手段として、器の選択は大きな役割を果たす。演出したい食事の印象に応じた器の推薦に計算機を用いるためには、器が与える印象についての知識が各々の器に付与されている必要があるが、こうした知識の獲得は容易ではない。そこで本研究ではグルメサイト上の店舗情報に着目した。店舗の印象とその店舗で提供される食事の印象は整合しているという仮説の下、その食事で用いられている器との類似性を測ることにより、印象が付与されていない器に対して印象の付与を試みた。本稿では、画像特徴から器同士の類似性を測り、類似する器同士の印象の一致度について検証を行った。

1 はじめに

食事は単なる栄養摂取の手段ではなく、日々の暮らしを彩るコンテンツの1つである。特に日本は、国内のみならず世界各地の料理を食することができ、2024年には東京がミシュランガイドで最も星を多く獲得した都市となるなど¹、食事を楽しむ環境が整っている。

こうした食事の魅力は、料理そのものの美味しさだけに由来するものではなく、盛り付けや彩りといった見栄えにも大きく左右される [13]。料理をいかにおいしそうに見せるかを考慮して撮影 [9] し、それらを SNS に投稿する人が増えているなど、料理の見栄えに対する関心や興味は高まっている [4]。

料理や食卓の見栄えを構成する要素には料理の盛り付けや彩りだけでなく、箸やフォークといったカトラリー、料理を盛り付ける器があり、それらをどのように組み合わせるかで食卓に配置するか、どのような色や柄のテーブルクロスを用いるか、どのような照明効果を用いるかなどが複合的に影響する。その中でも、器は料理の見た目の魅力を引き立たせるのに中心的な役割を果たしている。

作成した料理を器に盛り付ける際、人は大きさや形状など、多様な観点を鑑みて器を選択する。福元らは器の特徴を機能的側面と美的側面の2種類に整理した [16]。機能的側面とは、「料理を盛り付ける」という器本来の役割を果たすために考慮すべき器の特徴であり、器のサイズや形状、材質などが該当する。これらは、料理の物理的特性 (e.g., 量, 形態, 相) によって制約される。例えば、ポトフのような汁物を器に盛り付ける際、深さのないプレート皿に盛り付けると料理があふれ出てしまい、器の機能を果たしていない。一方、深皿に盛り付ければ

料理はこぼれることなく収まり、器本来の機能を果たしていると言える (図1参照)。他にも料理に対して機能的側面を考慮した器の組み合わせ方として“オープンでの調理が必要となるグラタンを耐熱の器に盛り付ける”、“大量のおかずを大きな器に盛り付ける”といった例が挙げられる。機能的側面に対し、美的側面とは、料理を盛り付けたときの見た目に影響する器の特徴であり、器の色や模様、形状が該当する。例えば、食卓にある複数の器の色を低彩度のもので統一すればおしゃれな印象になり、反対にキャラクターのデザインが施されたものなら子供に提供する器として用いることで子供を喜ばせることができる。これらの機能的側面、美的側面は、料理との感性的調和 (e.g., 印象, 雰囲気) によって選択される。機能的側面と美的側面は必ずしも独立ではなく、両者に関わる項目 (e.g., 材質や形状) もある。

また、機能的側面は多くの場合、美的側面より優先される。たとえば、学校給食で出されるような薄いステンレスの器は、そのテクスチャの質感や色から、質素で冷たい印象を与えるが、軽量で落としても割れないという点や保温性が高いという機能的側面の特徴から、子供が大量に器を扱う学校給食での利用に適している。一方、美的側面が機能的側面よりも優先された器の使い方をする飲食店もある。例えば、立方体の陶器の上に料理を乗せて提供することで料理の芸術性を表現している高級料理店がある。この器へ盛り付けた料理は食べにくい印象も与えるが、その独創性から人々を魅了している。

料理にふさわしい器を選択するにはこういった機能的側面、美的側面の特徴を考慮する必要があるが、料理を物理的に盛り付けられるという条件を満たし、かつ見栄えも考慮して適切な器を選択することは、料理や器の知識を持たない一般人には必ずしも容易ではない。機能

¹<https://www.asahi.com/articles/ASRD55RXQRD5UTFLO13.html> (2023/12/14 確認)。

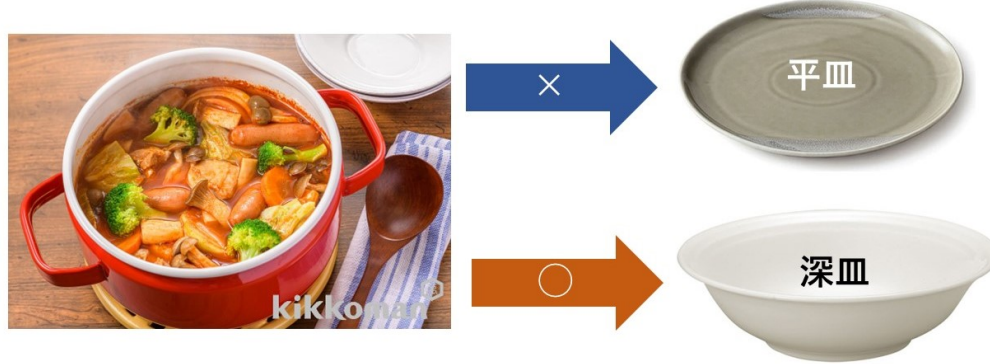


図 1: 器の機能的側面の例. 平皿に汁物を盛り付けることはできないが、深皿には盛り付けることができる。

的側面については計算機による支援が試みられている [6] もの、美的側面からの器選択支援の手法は確立されておらず、指南書 (e.g., [17], [12]) 程度の知見にとどまっている。

こうした背景の下、本研究では美的側面から器の選択支援を行い、器によって料理の見た目を引き立たせることを目指す。その端緒として、本稿では、店舗と料理・器とのコンセプトの調和という点に着目し、器がもたらす印象を自動的に推定・付与することの可能性について検証した。

2 器の印象

前章で述べたように、器の美的側面は定量化することが困難である。特定の料理に対して、どのような色や形状の器が好ましいと感じるかは評価者によって異なるため、通常、唯一の正解となる器は存在しない。そこで、色や形状といった器の特徴そのものではなく、それらの特徴が総合的に組み合わせることで生まれる、器の「印象」に着目した。

器の印象とは器を見た人に想起させたい感想であり、器の印象と盛り付け方の印象を整合させることで、料理全体の印象を決定づける。例えば、フードスタイリストによる料理の盛り付けに関する指南書 [17] では、「濃い目の色の皿を使うことで締まって見えるので、スタイリッシュな印象に」「オーバル皿に大胆に盛り付けてカジュアルに」など、料理の見た目の印象を「スタイリッシュ」「カジュアル」といった言葉で形容する記述が散見される。フードスタイリストの仕事は、料理の撮影の現場において、被写体である料理を「美味しそうに」見せることであり、料理を「いつ」「誰と」「どこで」「どのように」食べるかという食事の「テーマ」に応じて印象を定め、料理を演出する。例えば「友達」と「家」で食べるのであればカジュアルな印象の料理が適切であり、「夜」に「恋人」と食べるのであればシックな印象の料理が適している。これらの印象は、どのような器を用いるかという点や、どのように料理を盛り付けるかによって大き

く変化する。

本研究では、「料理を見た人に想起させたい感想と器が与える印象を一致させることで、料理をよりおいしそうに見せることができる」という仮説の下、「器が生み出す印象」を基準とし、料理を引き立たせる器を機械的に推薦することを目指す。演出したい料理の印象に応じて、計算機が適切な器を推薦するには、各々の器について、その器の与える印象が予め明らかになっている必要がある。しかし、こうした印象は一般的に器に付与されているものではなく、その獲得は容易ではない。そこで本研究ではグルメサイト上の店舗情報に着目し、店舗の印象とその店舗で提供されている器が持つ印象が一致しているという仮説の下、器の印象推定を試みた。

3 関連研究

料理に適した適切な器を選択する研究としては Takahashi らの研究 [5] や東らの研究 [6] が挙げられる。

Takahashi らは、料理と器の関係性に着目した器の探索的検索手法を提案している [5]。この手法では、EC サイトの器のページに記述されている「この器はカレーやパスタに最適」といった記述に基づき、器と料理を関係づけ、料理を起点とした器の検索と器を起点とした料理の検索の 2 つを渡りながら行えるようにすることで、探索的な器選択の支援を試みている。このとき、サイズや形状などの器の機能的側面の特徴を用いて料理と紐付ける器の候補を増やす処理を行っている。この手法では、器の美的側面に関する判断についてはユーザに委ねられており、システムが支援するには至っていない。

東らは、器のリムの深さ、材質、機能的側面から、料理カテゴリごとにその料理に使用される典型的な器の特徴を定量化し、料理の素材や調理法から計算機が器選択を行う手法を提案している [6]。この研究では、楽天レシピのレシピ文を形態素解析し、特定の料理名と器特徴を紐づけたデータセットを作成し、推定モデルとしている。料理のレシピ文からその料理の盛り付けに適切な器

の特徴を推定した結果、美的側面については器のテイスト（e.g., 和風, 洋風）については推定することが可能であったものの、器のうねりや角丸, 形については推定が困難であることが明らかになった。

印象推定についての研究としては栗田らの研究 [7] や笠原らの研究 [10] が挙げられる。

栗田らは、利用者の主観を反映させた印象語からの絵画データベースの検索を試みた [7]。この研究では、利用者に学習用の絵画に対して印象語を付けてもらい、その結果から印象語と画像特徴の相関関係を計算機に学習させ、絵画検索に利用した。この手法により、画像特徴として色彩特徴を用いた検索の有効性を示した。しかし、絵画以外の画像データについても同様に適用可能であるかについての検証は行われていない。

笠原らは、甘味の色が与える印象について明らかにした [10]。この研究では、甘味の例としていちごのショートケーキを使用し、生クリームの部分の着色に用いた赤色の明度と彩度を変えることで、甘さの印象がどのように変化するかを検証した。その結果、赤色の明度は低いほど、彩度は高いほど、見た人が甘さを強く感じるということが分かり、反対に高明度、低彩度の赤色は甘さの印象が低く、カロリーが控えめで親しみや安心感のある印象につながることが分かった。この研究は色彩情報が料理の印象に影響を及ぼすことを明らかにしている点で参考になるものの、器における色の明度・彩度が与える印象や、甘さという観点以外からの印象については考慮されておらず、本研究の課題を解決する手段としては十分ではない。

武井らは、パスタの画像に対して回帰分析を行い、「高級感」の印象を生み出している要因を明らかにした [14]。この研究では、片平らが提案した感性の階層構造 [11] を参考にしており、パスタ料理画像を用いて印象評価実験を行い主成分分析を行った結果、「華やかさ」「親しみのある」「しっとり感」「小盛り感」の4つが印象層にあたり、「高級感」に影響を与えていることが分かった。また、器の面積において料理が占める割合が低い、用いられている色数が少ない、黄色と緑色の割合が低いと高級感が高くなるという検証結果となった。この研究では、「高級感」という印象が生まれる要因となる印象や特徴量をさらに細かい粒度で構造化しているが、器についてや他の印象についての取り組みは行われていない。

3.1 本研究の立ち位置

先行研究では、サイズや形状といった器の機能的側面から組み合わせ探索手法の提案やデータセット作成が行われているが、器の美的側面からのアプローチはされていない。美的観点の一つである“印象”についての先行研究では、絵画や音楽といったコンテンツにおける印象を元にしたデータベース検索の手法が提案されているが、

料理や器における印象については特定の料理・印象カテゴリに関してのみにとどまっている。そこで本研究では、これらの研究成果を鑑みつつ、器の美的観点の一つである“印象”を考慮した推薦を行うために、印象語が付与されていない器に対して、あらかじめ印象語を付与した器との類似性を手がかりに印象推定を行うことでその実現を図る。

4 データ収集

本研究では2章で述べたように、グルメサイトから店舗の印象を獲得し、その印象とその店舗で用いられている器の印象が同一であるという仮定で、器の印象推定を行う。本節では、その推定に用いるデータセットの作成方法と印象推定の手法について説明する。

4.1 グルメサイトの店舗情報の活用

グルメサイト上には、飲食店の価格帯や営業時間、料理の写真、口コミといった様々な情報が掲載されている。特に、口コミ欄では、ユーザが投稿した食事体験の感想や店舗に対する評価を閲覧することができる。料理の味に対する口コミは多く見受けられるが、その料理の見た目に対して言及している内容は少ない [18]。

一方で、口コミの中には、「隠れ家のような落ち着いたカフェでした」「店内は90年代のアメリカを思わせるレトロで素敵な雰囲気でした」のように、店舗の外観や店内の雰囲気に対しての評価・感想が含まれていることは多い。

本研究では、飲食店の内観・外観の印象が、その店舗で提供される器の印象と近いものである場合が多い点に着目した。例えば、夜景の見えるビルにある洒落た雰囲気の高級レストランで提供される器は、同じように洒落ていて高級感のある印象を与えるものが選択されている。また、カジュアルなカフェでは、シャビーカラーの器や絵柄皿などが使われることも多く、店舗のコンセプトと調和している。特に、料理画像をSNSに投稿することが一般的になっている現在 [3]、店舗のコンセプトと調和した器の選択や料理の盛り付けは、料理店の関心事にもなっている [8]。

このことから、グルメサイト上の飲食店の口コミから獲得可能な、「落ち着いた雰囲気」「レトロな雰囲気」といった店舗の内観・外観の評価を用いることで、「落ち着いた」「レトロな」といったその飲食店の「テーマの印象」を推定することが可能であり、推定された印象は店舗のコンセプトと一貫する器の印象として利用できると考えた。提案手法の概要を図2に示す。提案手法では、予めグルメサイトに掲載されたレストランの料理画像と口コミを合わせて収集し、口コミに含まれる印象語彙を抽出して料理画像の印象とする。印象が付与されていない器と類似した器を用いている料理画像を類似検索し、

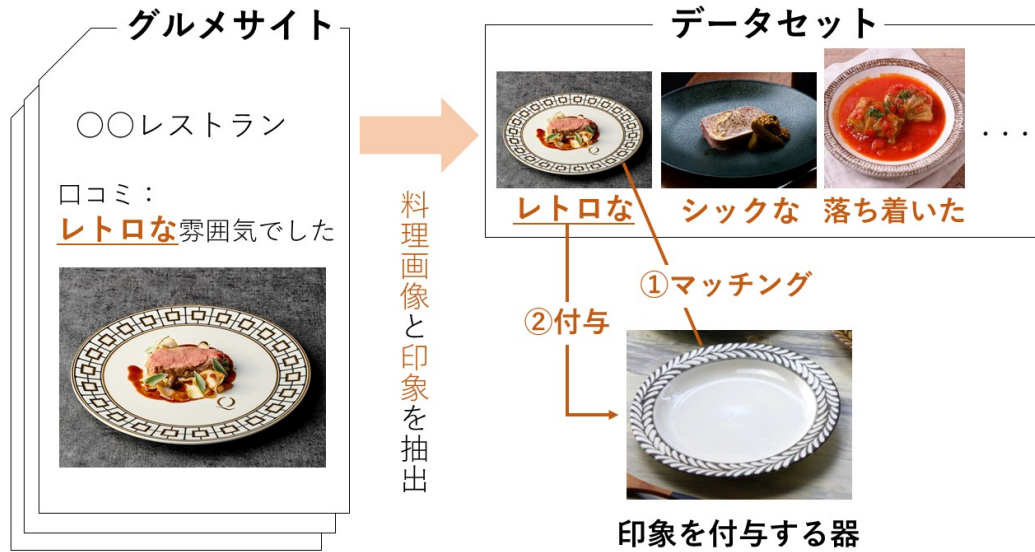


図 2: 提案手法の概要

類似度が高いと判定された料理に付与された印象語彙をその器の印象とする。

4.2 グルメサイト上の料理の画像収集

グルメサイト上の特定の店舗において、そこで提供されている料理の写真と、器の印象を表すキーワードの紐づけを行った。本稿では、代表的なグルメサイトのうち、店舗数、口コミの投稿件数が多い「食べログ」²の店舗情報を用いた。フードコーディネーターによる盛り付け解説の指南書に記載されていた料理の印象語の中から、多く用いられていた印象語として

- 「カジュアルな」
- 「落ち着いた」
- 「シックな」
- 「レトロな」
- 「涼し気な」
- 「モダンな」

の6つのキーワードを選び、本研究で取り扱う印象カテゴリとした。

食べログの口コミ検索機能を用いて、これらの印象カテゴリの言葉を口コミに含む店舗を絞り込み、各店舗のページに掲載されている料理画像を、1カテゴリあたり3000件ずつスクレイピングにより収集した。このとき、なるべく多数の店舗から幅広く画像を収集することが、その印象を持つ多様な器の画像を取得することにつながると考えたため、1つ当たりの店舗から収集する画像は3件とした。このとき、収集した全ての器画像に対して画像サイズを640×480ピクセルにリサイズし、画像サイズを統一した。

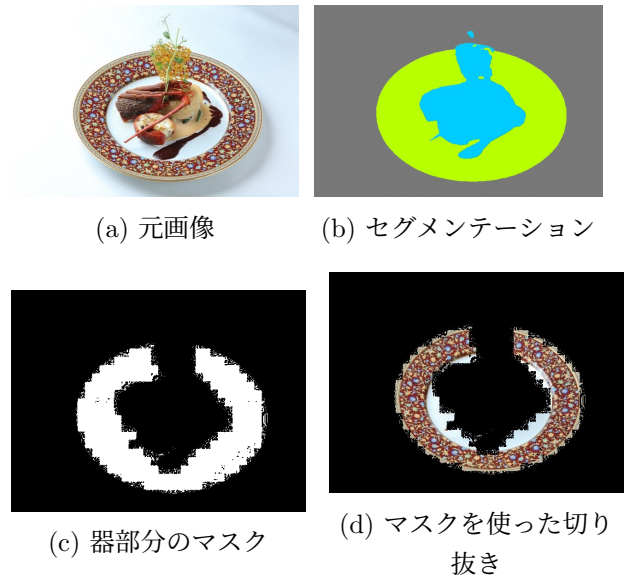


図 3: 料理画像からの器領域の抽出

次に、本実験で用いる画像として収集した画像の中から

- 「写真の中に1つの器が写っている」、もしくは「複数の器のうち一つが大きくフォーカスされている」
 - 「平皿である」
 - 「器が料理によって極端に隠れている画像は除く」
- という基準の下で目視により1カテゴリあたり200件の画像を選択した。

4.3 画像の切り抜き

次に、これらの画像から器の部分のみの切り抜きを行った。収集した料理画像には、器以外にも料理・カトラリーやテーブルが写り込んでいる。これらの料理画像

²<https://tabelog.com/> (2024/1/30 確認)



図 4: imgsim による算出結果の方が，クエリの器と同様の特徴を持つ傾向がみられた。

の各々に対し，セグメンテーションフレームワークである Oneformer[2] を用いて器のみの画像を作成した。まず，もともとなる画像（図 3-(a)）に対して，Oneformer でセグメンテーションを行い（図 3-(b)），得られた結果のうち “plate” クラスが付与されている領域部分をマスクとし（図 3-(c)），元の料理画像から器部分のみを切り抜いた画像を作成した（図 3-(d)）。この処理により，6 種類の印象語カテゴリの各々について 200 件，合計 1200 件の器領域画像が得られた。これを，データセットとして活用する。

5 類似度の測定

本章では，器同士の類似度測定の手法について提案する。提案手法では，任意の器について，前章で作ったデータセットとの類似度を図ることで，その器にどの印象ラベルを付与するかを決定する。

印象を付与する対象として，EC サイトである楽天市場から，料理が載っていない平皿の画像を，器の色，模様，形状，材質が多様になるように考慮し 30 件収集した。収集した画像は，4.2 節の処理と同様，画像サイズを 640×480 ピクセルにリサイズした。これらの器画像には背景のテーブルなどが写っているため，4.3 節と同様の方法で器部分のみの切り抜きを行った。このようにして得られた器画像 30 件をクエリとし，4 章で作成したデータセットの器画像との類似度を測定し，それらの印象を推定する。

クエリの器と 4 章で作成したデータセットの器画像との類似度の算出手法を決定するにあたり，python の imgsim³ ライブラリと sift 特徴量⁴の二種類を試した。

³<https://github.com/chenmingxiang110/AugNet> (2024/1/30 確認)

⁴http://labs.eecs.tottori-u.ac.jp/sd/Member/oyamada/OpenCV/html/py_tutorials/py_feature2d/py_sift_intro/py_sift_intro.html (2024/1/30 確認)

imgsim は AugNet[1] の埋込空間上での画像間距離を測る関数である。SIFT(Scale-Invariant Feature Transform) 特徴量は，画像のエッジや輝度の勾配からなる “特徴点” と，画像中に含まれる色の出現率である “特徴量” の抽出を行うアルゴリズムであり，拡大・縮小，回転，照明変化に強いという特徴を持つ。一件のクエリの器画像（図 4 左）に対し，100 件の器画像データセットに大して二つのアルゴリズムを用いて類似度算出を行い，類似度が高かったもの上位 5 件（図 4 右）を示す。クエリの器に対して高い類似度が算出された器のうち，クエリの器の特徴である “白色をベースに茶色の模様で縁取りされている” という特徴を持つ器は imgsim によって特に多く検出された。したがって本研究では，imgsim アルゴリズムを類似度算出の手法として採用した。

30 件のクエリの器との類似度がそれぞれ 1 位であった器に付与された印象は，「カジュアル」：3 件，「落ち着いた」：3 件，「シックな」：1 件，「レトロな」：5 件，「涼しげな」：12 件，「モダンな」：6 件であった，その中から，印象語ごとに 1 件ずつ，計 6 件を図 5 に示す。図 5-(a),(c),(d),(e),(f) では色，模様，形状，材質の類似した器が選択されている様子が伺える。図 5-(b) では器の色や形状が大きく異なるように見えるが，器の淵から中心に向かって切れ込みを入れるような形状特徴が部分的に類似している。これらの例から，本手法によりクエリの器と似た特徴の器を検索できることが示唆された。

一方，図 5-(d) においてシステムによって類似していると判断された器は，それ自体に模様が施されているのではなくチョコレートソースによって装飾された白い器であり，クエリの器との特徴が一致していない。計算機がその装飾を模様として認識し，類似していると見なしたと考えられる。フレンチ料理などではこのように装飾を施す場合があるため，4 章での画像セグメンテーションの際，料理と器をより正確に識別する手法を検討する必要がある。



図 5: 各印象カテゴリが付与された器のうち最も類似度が高かった器ペアの例. 各印象カテゴリにおいて左がクエリ画像, 右がその器と類似度が最も高いと判断された画像.

以上の処理により, 類似した器の組み合わせを抽出した. しかし, 計算機によって導かれた器が人の目から見ても類似しているかという点, 類似した器が本当に同様の印象を持つかという点については明らかになっていない.

6 実験 1: 器の類似度の妥当性に関する実験

器に対して算出された類似度の妥当性を測るため, ユーザ評価実験を行った.

6.1 実験手続き

クエリの器との類似度が上位 1 位, 5 位, 10 位, 15 位であった器を選出し, クエリの器と類似度 n 位の器 ($n=1, 5, 10, 15$) を 1 セットとした. クエリ A, クエリ B の 2 件の器に対し, この手法で計 8 組の比較用画像を用意した.

実験協力者には, 提示された比較画像を見て“総合評価”として「5: 類似している — 1: 類似していない」の軸で 5 段階評価することを求めた. また, 実験協力者が器のどのような特徴から類似度を判断しているのかを測るため, 類似性の評価の観点として“総合評価”のほかに“材質”“形状”“模様”“色”の 4 つの項目を設け, 観点ごとに類似度を 5 段階評価することを求めた.

本実験では, Yahoo!クラウドソーシングを用いて 200 名の実験協力者を対象に実施した.

6.2 実験結果

分析では, すべての設問に対して同一の回答をした被験者による回答 2 件を不適切なデータとして除外し, 198 件の回答を用いて行った.

クエリ A の器に対して計算機が示した類似度の値は, 類似度が高い順に器 a: 13.30, 器 b: 13.61, 器 c: 16.15, 器 d: 16.57 (図 6 参照) であった. 値が大きいほど類似度の評価が高いことを意味する. 次に, 実験協力者が行った「5: 類似している — 1: 類似していない」の 5 段階評価の平均値は, 器 a: 3.02, 器 b: 2.88, 器 c: 3.30, 器 d: 3.34, であった. 評価の値が大きい順に並び変えると, 器 d, 器 c, 器 a, 器 b となった.

クエリ B の器に対して計算機が示した類似度の値は, 類似度が高い順に器 e: 12.8, 器 f: 14.6, 器 g: 15.6, 器 h: 16.4 であった. 実験協力者が行った 5 段階評価の平均値は, 器 e: 2.44, 器 f: 1.60, 器 g: 2.60, 器 h: 1.70 であった. 評価の値が大きい順に並び変えると, 器 g, 器 e, 器 h, 器 f となった.

いずれのクエリにおいても, 人と計算機の類似度評価の順序が一致しない結果となった.

次に, 実験協力者が総合的な類似度評価を行う際, どのような観点から類似度を判断しているのかについて述べる. 図 7 の右側に示す器は, クエリとなる左側の器に対して算出した 1200 件の器のうち類似度の値が上位 15

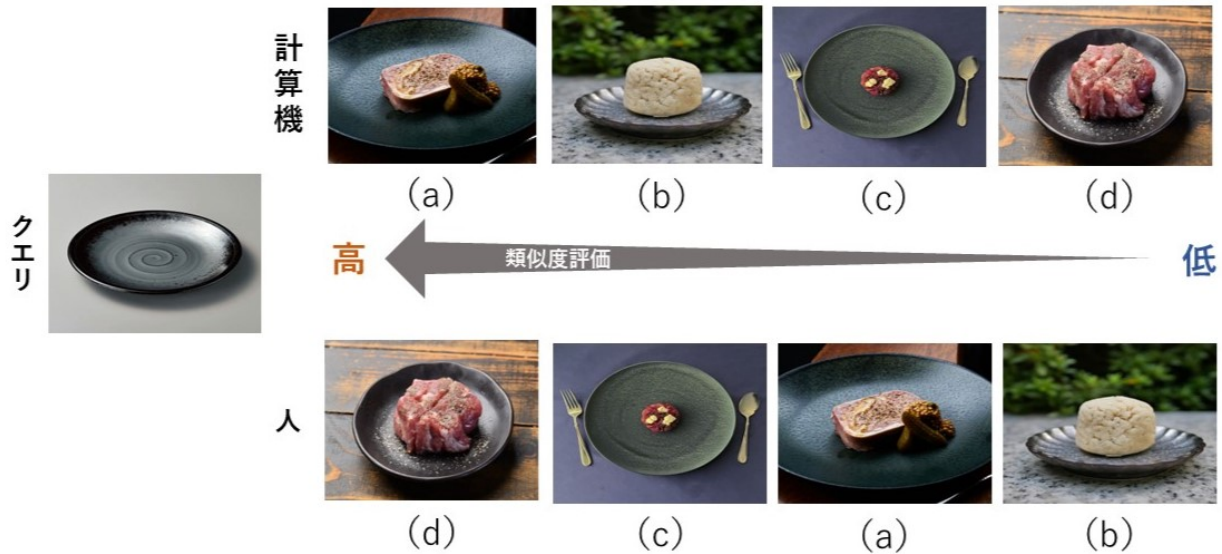


図 6: 計算機と人による総合評価の比較（クエリ A の器の場合）



図 7: 人の類似度判定が割れた例（左：クエリの器，右：類似度上位 15 位の器）

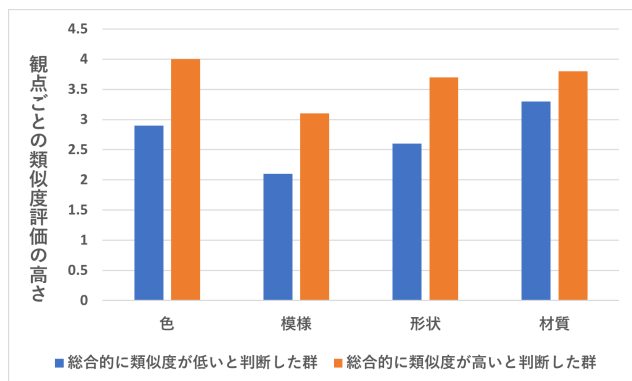


図 8: 実験協力者の評価観点

位であった器である，これらの器を総合的に見て類似していると評価した実験協力者と類似していないと評価した実験協力者の，観点ごとの評価の内訳を図 8 に示す。

総合的に類似度が低いと判断した群では，模様の観点から類似度が低い（i.e., 1 ないし 2 を選択）と回答した傾向があった。このことから，総合的に類似度が低いと評価した実験協力者は，類似度評価において器の模様を重要視しているということが分かる。

総合的に類似度が高いと判断した群では，色，形状，材質の観点から類似度が高い（i.e., 4 ないし 5 を選択）と回答した傾向があった。つまり総合的に類似度が高いと評価した実験協力者は，類似度評価において器の材質，形状，色を重要視しているということが分かる。

この実験結果から，総合評価について類似度が低いと評価した実験協力者と類似度が高いと評価した実験協力者の間で，類似度評価の際に注目している器特徴の観点が異なることが分かる。これは，どのような器特徴を見て“類似している”とみなすかが評価者によって異なることを意味している。また，“模様”の特徴が類似していない場合，他の器特徴の類似度に関わらず総合的にも類似していないという評価につながりやすいことが示唆された。

今回は，類似度算出対象の器のうち，類似度順位が上位（i.e., 1, 5, 10, 15 位）のものをういたため，それらの間の違いが相対的に小さく，人と計算機の順序が一致しなかった可能性がある。今後はより下位の器を含めて再検証する必要があると考える。

7 実験 2：器に付与された印象の妥当性に関する検証

5 章の処理によってクエリの器に付与された印象の妥当性について検証を行った。

料理の印象は料理・器単体がもたらすものではなく，料理と器の組み合わせ方や盛り付け方などの要素が複合的に影響して生じる。料理や盛り付け方など「器以外の条件」を揃えたうえで，グルメサイトから獲得した料理画像の器と，その画像を用いて印象を付与した器が同様の印象を料理にもたらすかのユーザ評価実験を行う。

7.1 実験手続き

ユーザ評価の対象となる画像の作成過程を、図 9 に示す。クエリ（図 9-(a)）に対して計算機が算出した類似度の値が上位 15 位以内であった料理画像のうち、本研究で取り扱う 6 種類の印象語が紐づけられているもの（図 9-(b)）を 1 つの印象語あたり 1 件ずつ計 6 件、任意で選定した。料理画像の料理に該当する部分のみを AdobePhotoshop を用いて切り抜き、クエリの器画像に合成（図 9-(c)）することで、料理・盛り付け方といった“器以外の要素”が統一された評価画像を用意した。

実験協力者には評価画像に対し、6 種類の印象が該当するかどうか「5：そう思う — 1：そう思わない」の 5 段階で評価してもらった。評価対象の 6 種類の印象のうち、グルメサイトから紐づけられた 1 種類の印象が該当しやすい傾向になると期待される。

本稿では、提案手法の基礎検証として、4 章で収集した器データセットから 120 件、5 章で記した手法で収集したクエリ画像から 20 件を、クラスごとの数がバランスするようにランダムで選択し、実験協力者 50 人を対象に実施した検証結果を記す。

7.2 実験結果

提示された画像が 6 つの印象に該当しているかという設問に対して「5: そう思う — 1: そう思わない」の 5 段階で評価してもらい、その回答の平均値を評価画像における印象の妥当性とした。

印象語を付与した 6 件の画像の評価結果を図 11、12 に示す。“カジュアル”が付与された器に対する印象評価（図 11-(a)）と“涼しげ”が付与された器に対する印象評価（図 11-(c)）では、それぞれ付与されている印象である“カジュアル”（4.12），“涼しげ”（4.16）の値が最も高い結果となった。

“モダン”が付与された器に対する印象評価（図 12-(d)）では、“落ち着いた”（4.69），“シック”（4.50）の値が、本来付与されているはずの印象である“モダン”（3.22）の値を大きく上回った。

“シック”“落ち着いた”“レトロ”が付与された器に対する印象評価（図 11-(b), 図 11-(e)(f)）では、印象語間に大きなばらつきは見られなかったものの、器にそれぞれ付与された印象が 6 つの印象の中で 2~4 番目に高い値を示した。

全 6 件の評価画像において、それぞれのクエリの器に付与された印象の評価の平均順位は 2.33 位であった。

以上のことから、クエリの値に対して適切な印象の付与が一定程度できたと考えられる。

図 11-(b), 図 12-(d)(e)(f) において付与した印象が人による評価でも最も高い値を示す結果とならなかった理由として、グルメサイトから収集した画像の器が本来もつ印象と、その器が提供されている店舗の口コミから取

得した印象語が一致していなかった可能性が考えられる。そのため、今後クエリの器へ付与した印象の妥当性評価だけでなく、グルメサイトから取得した器画像に対して口コミ情報から付与した印象の妥当性についても検証する必要があると考える。

8 展望

今回行った二つの実験を踏まえ、大きく以下の点を検証する必要があると考えた。

8.1 付与する印象語彙の見直し

7.2 節の実験結果では、(a), (b), (f) において“落ち着いた”という印象が高い傾向があった。これは、“落ち着いた”が“シックな”“モダンな”といった他の印象語の意味にも含まれていることが原因であると考えられる。器に付与する印象語同士の関係や内包性についても再検討する必要がある。独立した印象語を採用する基準として、

- 「カジュアルな」 - 「フォーマルな」
- 「涼し気な」 - 「温かい」
- 「レトロな」 - 「モダンな」

のように、対称となる印象語の組み合わせを用いることで印象の違いを正確に測れるのではないかと考える。

また、「シックな」を「病気」という意味でとらえてしまった実験参加者がいた。印象語の意味が実験参加者に正しく伝わっていない可能性があったことも改善点として挙げられる。

本研究で使用したもの以外の印象語彙を新たに収集するために、食べログの口コミ検索機能を用い、“な雰囲気”という言葉を含む口コミの検索を行った。結果、

- 「粋」
- 「高級」
- 「和やか」
- 「クラシック」
- 「ムーディ」
- 「陽気」
- 「アットホーム」
- 「バブリー」
- 「接待向き」

といった、料理や器の印象としても使用できる語彙と、

- 「賑やか」
- 「静か」
- 「隠れ家的」

といった、店舗に対する印象であるが器に対しては使用できない語彙が見受けられた。これらの印象語彙の中から、“ある程度汎用性が高く”“口コミ投稿文にも頻繁に散見される”という条件を満たす語彙を選定するため、印象語彙同士の近さについて検討を行いたいと考えている。



図 9: クエリの器への料理の合成

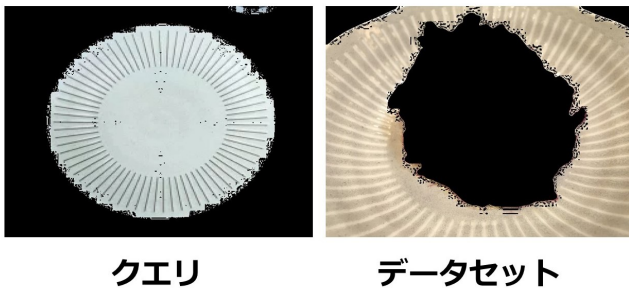


図 10: 右の器のみ中心部分が欠損している

8.2 料理画像の選定と切り抜き手法の見直し

本研究ではグルメサイトで収集した料理画像に対する処理として、中心の料理の部分の切り抜いているため、器の中心部分が欠損している画像となっている（図 10 参照）。対して、今回の実験で用いたクエリの器画像にそのような欠損はないため、欠損の有無の違いが類似度算出に影響を与えている可能性がある。したがって、切り抜いた器画像の中心部分を補完する必要がある。その手段として、画像生成 AI を用いた欠損部分の生成を検討している。

また、Web スクレイピングを用いて収集した料理画像から 4.2 節の条件を元にデータセットとして使用する画像を選定したが、条件との照らし合わせが正しくできておらず器が画面外にフレームアウトしている画像を多数含めてしまった。これにより器画像の画像内における大きさが統一できなかったことが、類似度算出に影響を与えた可能性がある。今後は複数人でのチェックを経た選定を行う。

8.3 印象評価の手法の見直し

今回の実験では、評価画像に対して印象を「そう思う」-「そう思わない」の 5 段階で評価してもらい、その評価の順位を以てその器の印象を測った。しかし、クラウドソーシングを用いた回答では特に「どちらでもない」の回答の割合が多い結果となったため、「どちらでもない」を除いた 4 段階の評価をするとより顕著に印象の

違いが表れると考えられる。また、8.1 節で述べた印象語の内包性の話も考慮すると、印象語一つずつに対して評価するよりも、「どの印象が最も該当するか」という質問の仕方を取るべきだと考えられる。

8.4 盛り付け方による印象の違いの分析

同じ料理を同じ器に盛り付けたとしても、両者の料理の盛り付け方が異なれば印象も異なるものになる。例えば、パスタを盛り付ける際、平皿の大きさに合うように平らに盛り付けるのが一般的な盛り付け方である [15] が、平皿の中心の身に収まるように高さを出して盛り付けると、器自体に高級感がなかったとしても、コース料理で出てきそうな高級な印象を与えることができる。このように、器、料理、盛り付け方それぞれに印象があると仮定すると、それらが調和していると見た目が魅力的になるのか、異なる印象を組み合わせても魅力的に見える相性のようなものがあるのかといった点も明らかになりそれが器選びや盛り付けの際に考慮できるようになれば、より多様な料理・器選択ができるようになると思う。

8.5 料理と器のジャンルについての検討

器の印象を構成する要素として大きい器の「ジャンル」についての検討を行っていきたい。例えば洋食であるパスタを和皿に盛り付けて提供しているカフェなどが見受けられるが、中華皿に洋食を盛り付けるケースはあまり見られない。そのようにどのジャンルの料理にも対応できる器のジャンルとそうでないものの違いなども考察の余地があると思う。

仮説として、器には漆の御椀のように“完全に和”や、リムの大きいフレンチ皿のような“完全に洋”に大別できるものと、形状は洋皿の特徴を持つが和柄の模様が施されている器といった和と洋の要素が複合している器があると思う、それらの割合は器によって異なっており、その割合によってその器が和食に合うか洋食に合うかも異なるのではないかと考える。

8.6 料理と器の組み合わせのシミュレーション技術の検討

店頭で器を購入する際や、自宅のキッチンで作った料理をどの器に盛り付けるか決める際、我々は料理が器に盛り付けられたものを想像することで組み合わせを決定する。また、一部の陶器店では器の販売とカフェを併設しており、実際に料理や甘味が盛り付けられて提供された器を購入することができる。このような体験を通して、客は具体的なイメージを持って購入する器を選ぶことができるだけでなく、“あの店で出てきた器”という愛着を購入した器に大して持つことにもつながる。このようにユーザが具体的なイメージを持って器選択を行うために、器に料理を盛り付けた画像を用いたシミュレーションを行うことを検討している。

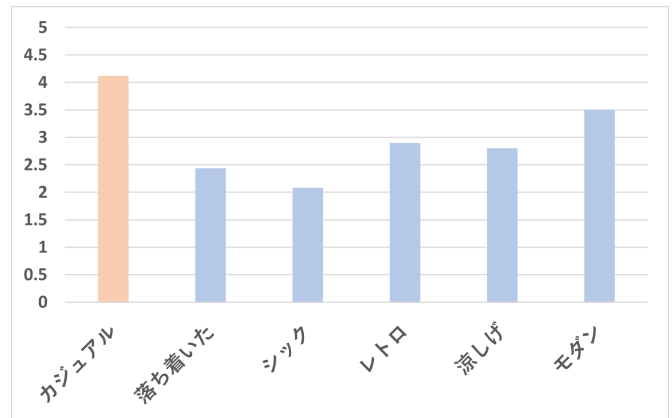
また、料理と器の組み合わせだけでなく、器同士の組み合わせをシミュレーションすることも検討したい。

9 おわりに

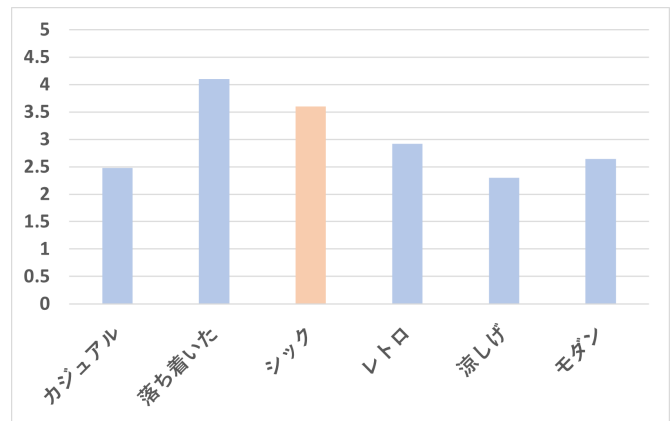
本研究では、器が持つ見た目の印象を、印象語として推定・付与することを試みた。グルメサイト上の店舗情報の口コミにおいて、店の内観や雰囲気に対する印象評価が、その店舗で提供される器にも同様に該当するという仮説を立てた。グルメサイト上にある器と、印象を付与したい対象の器の類似度を計算機を用いて測り、類似した器にも同様の印象語を付与した。付与した印象語の妥当性について実験を行った結果、上記の手法での印象の付与が可能であることが示唆された。今後は、8章で示した展望を中心に、再検討・改善に取り組む。

10 謝辞

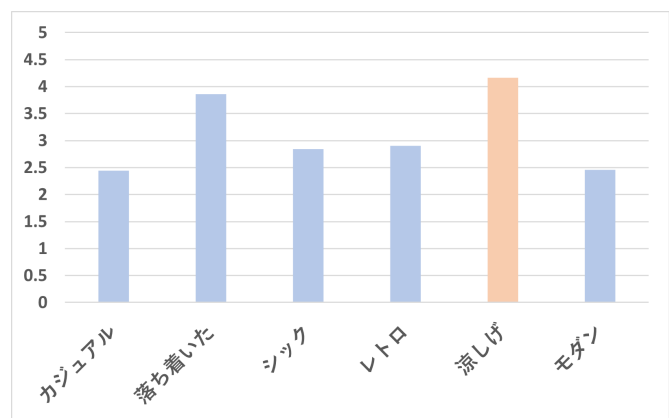
本研究の遂行にあたり、カカクコムグループが運営するグルメレビューサイト「食べログ」(<https://tabelog.com/>)の画像データを利用させていただきました。深く感謝申し上げます。本研究をまとめるにあたり、多大なご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部 of 松下光範教授に心より感謝申し上げます。また、研究指導、論文の添削など、様々な面で力添えをいただきました、松下研究室の先輩方に深く感謝し、謝辞とさせていただきます。



(a) カジュアル

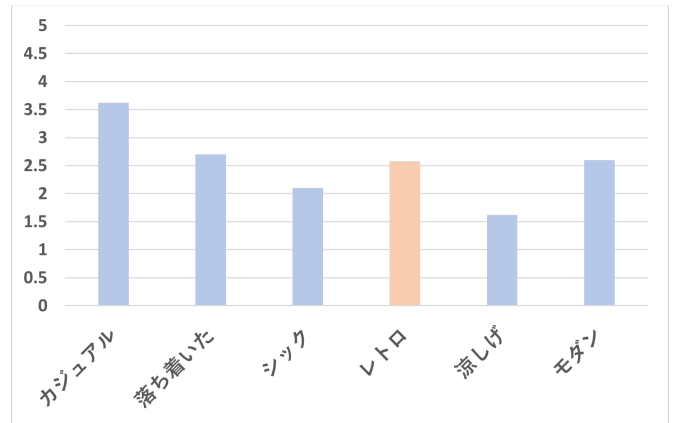


(b) シック

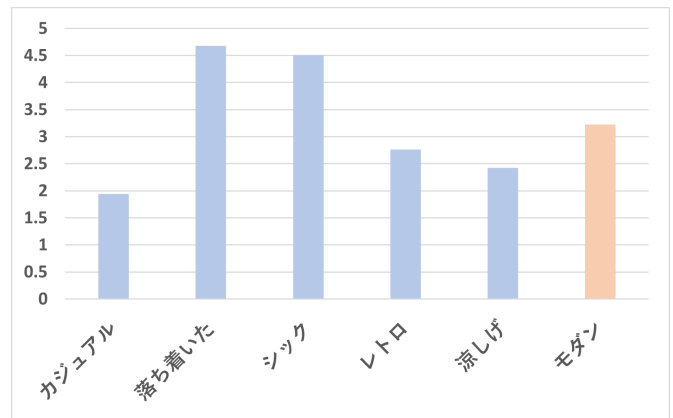


(c) 涼しげ

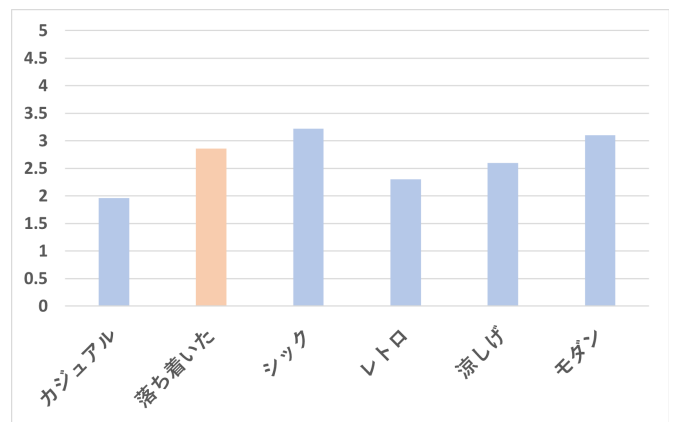
図 11: 人が評価した印象の分布（棒グラフ全体）とシステムが付与した印象（着色された棒）の比較



(d) レトロ



(e) モダン



(f) 落ち着いた

図 12: 人が評価した印象の分布（棒グラフ全体）とシステムが付与した印象（着色された棒）の比較

参考文献

- [1] Chen, M., Chang, Z., Lu, H., Yang, B., Li, Z., Guo, L. and Wang, Z.: AugNet: End-to-End Un-supervised Visual Representation Learning with Image Augmentation (2021).
- [2] Jain, J., Li, J., Chiu, M. T., Hassani, A., Orlov, N. and Shi, H.: 2023, *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2989–2998 (2023).
- [3] Javed, M., Malik, F. A., Awan, T. M. and Khan, R.: Food Photo Posting on Social Media while Dining: An Evidence using Embedded Correlational Mixed Methods Approach, *Journal of Food Products Marketing*, Vol. 27, No. 1, pp. 10–26 (2021).
- [4] Peng, Y. and Jemmott, J. B.: Feast for the Eyes: Effects of Food Perceptions and Computer Vision Features on Food Photo Popularity, *International Journal of Communication*, Vol. 12, p. 24 (2018).
- [5] Takahashi, C., Matsushita, M. and Yamanishi, R.: Exploration cycle finding a better dining experience: a framework of meal-plates, *Procedia Computer Science*, Vol. 225, pp. 2902–2911 (2023).
- [6] 東奈穂, 高橋知奈, 松下光範, 山西良典: レシピの手順に着目した複数の器特徴の推定, 情報処理学会研究報告, Vol. 2023-EC-67, No. 18, pp. 1–5 (2023).
- [7] 栗田多喜夫, 加藤俊一, 福田郁美, 坂倉あゆみ: 印象語による絵画データベースの検索, 情報処理学会論文誌, Vol. 33, No. 11, pp. 1–11 (1992).
- [8] 飲食店デザイン研究所: 飲食店の美味しい料理の見せ方! 料理とお皿とテーブルのコーディネート, <https://r-designlab.com/design-knowhow/food-dishes/> (2020).
- [9] 柿森隆生, 岡部誠, 柳井啓司, 尾内理紀夫: 料理写真撮影におけるおいしそうな構図決定および撮影支援モバイルアプリ, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 115, No. 493, pp. 85–90 (2016).
- [10] 笠原優子, 斉藤格子, 庄山茂子, 坂倉あゆみ: 明度と彩度の異なる赤に対する甘味の印象～女子大生を対象として～, 日本食生活学会誌, Vol. 31, No. 3, pp. 167–176 (2020).
- [11] 片平建史, 武藤和仁, 橋本翔, 飛谷謙介, 長田典子: SD 法を用いた感性の測定における評価の階層性—EPA 構造の評価制因子の多義性に着目して—, 日本感性工学会論文誌, Vol. 17, No. 4, pp. 453–463 (2018).
- [12] 畑耕一郎: 日本料理 基礎から学ぶ器と盛り付け, 柴田書店 (2009).
- [13] 高安啓介: 現代社会における嗜好品のデザイン, 嗜好品文化研究, No. 4, pp. 4–12 (2019).
- [14] 武井友美: 料理画像に対する感性評価のモデル化に関する研究, 大学院研究年報 理工学研究科編, Vol. 50 (2020).
- [15] 中村真務, 川西康友, 道満恵介, 平山高嗣, 井手一郎, 出口大輔, 村瀬洋: 料理の種類に応じた盛り付けに関する典型度評価, 一般社団法人 電子情報通信学会 (2019).
- [16] 福元颯, 松下光範, 山西良典: 盛り付け支援のための料理と器の関係性の分析: 色ヒストグラムに着目した特徴分析, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2020 論文集, A-5-2 (2020).
- [17] まちやまちほ: 料理が美味しくなる美しい盛りつけのアイディア, 朝日新聞出版 (2022).
- [18] 山西良典, 藤岡寛子, 西原陽子: 擬似コーパスを用いた飲食店レビューの観点の自動分類, 人工知能学会論文誌, Vol. 36, No. 1, pp. WI2-A.1 (2021).

転倒動作検出を対象とした
k-shape 法と B-LSTM の精度比較

野里慎太

転倒動作検出を対象とした k-shape 法と B-LSTM の精度比較

情 20-0334 野里 慎太

指導教員 松下 光範

1 はじめに

高齢者の転倒は骨折などの大怪我に繋がりがやすく、要介護状態の原因となるため、転倒後の早急かつ適切な対応が重要になる。特に独居高齢者による転倒は長時間発見されないことが懸念され、機械的に転倒の検知を行うことに加え、詳細な転倒時の状態を把握することが必要である。この問題を解決するために、大井らはウェアラブルセンサから取得した加速度、角速度（各 3 軸）の時系列信号をもとに、転倒動作と転倒に似ている動作（e.g., 膝をついて臥位になる動作。以下、非転倒動作と記す）の識別、及び転倒方向の検出を同時に行う手法を提案している [2]。この手法では、歩行→転倒/非転倒→静止の順で取得した歩行データを対象に、13 種類の動作（歩行/前転倒/後転倒/左転倒/右転倒/前非転倒/後非転倒/左非転倒/右非転倒/前静止/後静止/左静止/右静止）のラベルを付与した転倒動作データセットを作成し、それを k-shape 法を用いて学習することで、転倒動作の検知と動作方向の識別を行う分類器を作成した。大井らはこの分類器を用いることで、加速度情報から転倒と非転倒動作を 0.9 を超える精度で識別可能であること、ならびに角速度情報から動作方向を 0.9 を超える精度で識別可能であることを主張している。しかし、大井らの研究では被験者 1 名の時系列センサデータに基づいて分類器が作成されているため、その被験者特有の動作傾向を過学習している懸念がある。また、k-shape 法は時間的な依存関係が考慮されていないため、歩行データの時系列特徴が十分に反映されていない懸念もある。そこで本稿では、大井らの転倒動作データセットと同様の手順で作成した別の被験者の転倒動作データセットを併せて用いることで、k-shape 法による転倒検知の識別精度を検証するとともに、時系列データの予測に優れた性能を示す Bidirectional LSTM [1]（以下、B-LSTM と記す）を用いた分類器を作成し、k-shape 法との精度差を比較する。

2 大井らが作成した分類器の識別精度の検証

被験者 1 名を対象に、歩行中に転倒動作を行いそのまま静止した場合と、歩行中に非転倒動作を行いそのまま静止した場合の 2 種類の歩行データを各々 10 回取得した。転倒動作と非転倒動作の両者を異常動作と見なし、この歩行データから異常動作発生時刻を基準に前 5 秒、後 8 秒の区間（13 秒間）を抽出することによりテストデータを作成した。大井らが作成した分類器に対して、本稿で作成したテストデータを用いて、歩行動作、転倒動作、非転倒動作、静止状態の 4 動作の識別、および前後左右の 4 方向の検出を行った。定常動作（歩行動作/静止状態）と異常動作の識別正解率を求める際は歩行開始から静止終了までを対象とし、転倒と非転倒動作の識別正解率を求める際は異常動作部分を対象とした。また、動作方向の識別正解率を求める際は異常動作開始から静止終了の部分を対象とした。転倒動作と非転倒動作の識別において、大井らのテストデータでは加速度に着目した場合は 0.950、角速度に着目した場合は 0.675 の正解率であるのに対し、本稿で作成したテストデータでは加速度に着目した場合は 0.463、角速度に着目した場合は 0.275 の正解率であった。また、転倒方向の識別において、大井らのテストデータでは加速度に着目した場合は 0.657、角速度に着目した場合は 0.974 の正解率であるのに対し、本稿で作成したテストデータでは加速度に着目した場合は 0.211、角速度に着目した場合は 0.390 の正解率であった。本稿で作成したテストデータの結果が大井らが作成したテストデータの結果に比べて、正解率が大きく低下していることから、大井らが作成した分類器は被験者特有の傾向に依存していることが確認できた。

3 分類器の作成のためのデータセット構築

特定の被験者に過学習することを防ぐため、別の被験者のデータを加えることで、2 名分のデータを学習させた分類器を構築する。歩行データとして iPhone を専用のベルトで胸部中央に固定し、iPhone アプリケー

表 1: 加速度に着目した動作分類の平均正解率

手法	k-shape	B-LSTM
定常/異常動作**	0.574	0.657
転倒/非転倒動作	0.450	0.356
動作方向**	0.230	<u>0.590</u>

** 手法間の平均値に 5% 水準の有意差あり

表 2: 角速度に着目した動作分類の平均正解率

手法	k-shape	B-LSTM
定常/異常動作**	<u>0.706</u>	0.555
転倒/非転倒動作**	<u>0.450</u>	0.206
動作方向**	0.217	0.476

** 手法間の平均値に 5% 水準の有意差あり

ションである ZIGSIM(<https://zig-project.com/>) により加速度と角速度の時系列信号を各々取得した。その際、歩行動作については 200 回、その他の 3 動作については方向ごとに 50 回ずつ (計 200 回) の合計 800 回の歩行データを取得するとともに、それらの動作時に撮影した映像から動作開始時刻、異常動作発生時刻、動作終了時刻を記録した。大井らの使用したセンサ (Vitalgram) のサンプリング周波数は加速度が 26Hz、角速度が 13Hz であるのに対し、本稿で使用した iPhone のサンプリング周波数は加速度、角速度共に 30Hz である。そのため、iPhone で取得したデータについては Vitalgram のサンプリング周波数と一致するように線形補間により調整した。線形補間を行ったセンサデータから学習用データを作成する際、歩行動作と静止状態については各々の開始時刻から終了時刻の間を 3 秒間ごとに分割し抽出した。また、異常動作については異常動作発生時刻を基準とし、前 1 秒から後 2 秒までの区間を抽出した。抽出したデータについては、特徴量の平均が 0、標準偏差が 1 になるように各々標準化した。標準化したデータに対して、上述した 13 種類の動作のラベル付けを行うことで、転倒動作データセットを作成した。本稿では、大井らの転倒動作データセットに以上の手順で作成した転倒動作データセットを追加し、2 名の被験者の転倒動作データセット (計 1600 回) を対象とすることで特定の被験者に過学習することを避け、k-shape 法及び B-LSTM を用いた分類器を構築する。

4 k-shape 法と B-LSTM の精度比較

本稿で作成した歩行データと大井らが作成した歩行データを併せたデータをテストデータとし、2 章で作成した各々の分類器を用いて、歩行動作、転倒動作、非転倒動作、静止状態の 4 動作の識別、および前後左右の 4 方向の検出精度の検証を各 3 条件 (定常/異常動作、転倒/非転倒、動作方向の識別) で行った。加速度に着目した動作分類の平均正解率を表 1 に、角速度に着目した動作分類の平均正解率を表 2 に示す。検証の結果、加速度に着目した場合の転倒/非転倒の識別を除き、k-shape 法と B-LSTM の平均正解率に有意差が認められた ($p < .05$, 対応のある t 検定による)。k-shape 法と B-LSTM の両手法を比較すると、定常/異常動作、転倒/非転倒の識別においては角速度に着目した場合の k-shape 法の方が正解率が高く、動作方向においては加速度に着目した場合の B-LSTM の方が正解率が高い結果となった。これらの結果から、動作種類の識別には加速度に着目した k-shape の分類器が、動作方向の識別には角速度に着目した B-LSTM の分類器が各々適している可能性が示唆された。

5 おわりに

本稿では、大井らの転倒動作データセットと同様の手順で作成した別の被験者のテストデータを用いて k-shape 法の転倒検知における信頼性を確認するとともに、時系列データの予測において優れた性能を示す B-LSTM を用いた分類器を作成し、k-shape 法との精度差を検証した。今後は、2 つの分類手法の組み合わせ方を検証し、より精度の高い動作識別について検討する。

参考文献

- [1] Graves, A. and Schmidhuber, J.: Framewise phoneme classification with bidirectional LSTM and other neural network architectures, *Neural networks*, Vol. 18, No. 5-6, pp. 602-610 (2005).
- [2] 大井健矢, 松下光範, 堀寛史, 高岡良行: ウェアラブルセンサによる歩行データからの転倒動作検出の試み, 人工知能学会第 28 回インタラクティブ情報アクセスと可視化マイニング研究会予稿集, pp. 1-8 (2022).

転倒動作検出を対象とした k-shape 法と B-LSTM の精度比較

情 20-0334 野里 慎太

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本研究の目的は、センサ情報に基づく転倒動作検出の精度向上である。先行研究ではウェアラブルセンサから取得した加速度と角速度の情報から k-shape 法を用いて歩行データからの転倒動作検出を行った。k-shape 法は事前の時系列パターンとの一致を測る手法であるため、テンプレートパターンに精度が左右される、ならびに歩行データの時系列特徴が十分に反映されていない可能性がある、などの問題点があった。本稿ではこれを踏まえ、B-LSTM を用いた転倒動作検知器を作成し、k-shape 法との精度比較を試みた。その結果、先行研究で作成した分類器は被験者特有の傾向に依存していることが確認できた。また、動作種類の識別には加速度に着目した k-shape 法の分類器が、動作方向の識別には角速度に着目した B-LSTM の分類器が各々適している可能性が示唆された。

1 はじめに

本章では、本研究に至った背景と、解くべき課題について述べる。

1.1 高齢者の増加

我が国の高齢化の進行は深刻な状況にあり、高齢者の数は年々、増加傾向にある。令和 5 年 9 月の時点で 65 歳以上の人口を表す高齢者人口の割合は 29.1%と過去最高を更新し、75 歳以上の人口が初めて 2000 万人を超えた。その結果、日本の高齢者人口の割合は世界で最高（200 の国・地域中）となり、少子高齢化が進んでいることが分かる¹。

1.2 介護難民問題

介護保険制度における要介護又は要支援の認定を受けた人は、令和 2 年度で 668.9 万人となっており、平成 22 年度（490.7 万人）から 178.1 万人増加している。また、要介護者等は、第 1 号被保険者の 18.7 %を占めている²。第一号被保険者（65 歳以上）の要介護度別認定者数の推移を図 1 に示す。また、要介護（要支援）認定者数の増加に伴い、介護に従事する職員数は増加傾向にあり、令和 3 年度は、214.9 万人となっていることから介護に従事する職員の需要が高まっていることが分かる。介護を必要とする可能性が高い、一人暮らしの高齢者の数は男女共に増加傾向にあり、令和 2 年時点では男性約 231 万

人（65 歳以上人口の 15%）、女性約 441 万人（65 歳以上人口の 22.1%）となっている。一人暮らしの高齢者数の増加傾向は今後も続くとされ、令和 22 年（2040 年）には男性約 356 万人（65 歳以上人口の 20.8%）、女性約 540 万人（65 歳以上人口の 24.5%）となることが予測されている³。

1.3 一人暮らしの高齢者の問題

一人暮らしの高齢者は助けを必要とする緊急時に発見者が周りにおらず、長時間発見されない可能性がある。日本少額短期保険協会の第 7 回孤独死現状レポートによると、孤独死発生から発見まで平均 18 日かかっている（図 2 参照）⁴。また、東京消防庁の救急搬送データからみる高齢者の事故の資料によると、平成 29 年からの 5 年間で、事故発生時の動作分類では、「その他」や「不明」を除くと、「転倒」事故が全体の 82.8%を占め、次いで「転落」事故が多く発生している。日常生活の中での「転倒」や「転落」による事故が多く発生しており、この 2 つの事故だけで 5 年間に 30 万人以上の高齢者が医療機関に救急搬送されている⁵。

1.4 本研究で解くべき課題

1.1, 1.2, 1.3 節で述べた背景のもと、大井らはウェアラブルセンサから取得した加速度、角速度（各 3 軸）の時

¹https://www.stat.go.jp/data/topics/pdf/topi138_summary.pdf (2023/12/21 確認)

²https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2023/html/zenbun/s1_2_2.html (2023/12/21 確認)

³https://www.soumu.go.jp/main_content/000892181.pdf (2023/12/21 確認)

⁴<https://shougakutanki.jp/general/info/2022/kodokushi.pdf> (2023/12/21 確認)

⁵<https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/life/topics/nichijou/kkhansoudeta.html> (2023/12/21 確認)

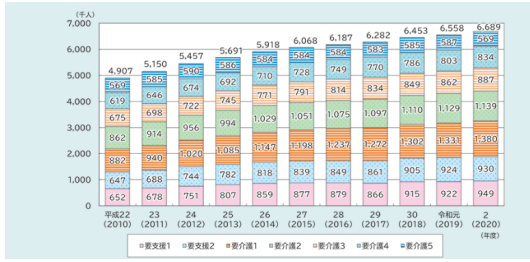


図 1: 第一号被保険者 (65 歳以上) の要介護度別認定者数の推移

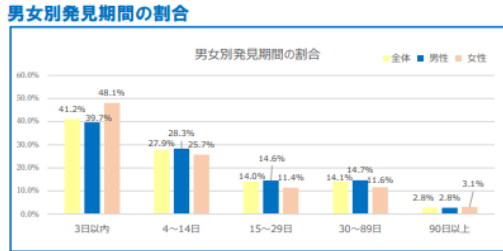


図 2: 孤独死から発見までの日数 (レポートより図引用)

系列信号をもとに、転倒動作と転倒に似ている動作 (e.g., 膝について臥位になる動作. 以下、非転倒動作と記す) の識別、及び転倒方向の検出を同時に行う手法を提案している [11]. この手法では、歩行→転倒/非転倒→静止の順で取得した歩行データを対象に、13 種類の動作 (歩行/前転倒/後転倒/左転倒/右転倒/前非転倒/後非転倒/左非転倒/右非転倒/前静止/後静止/左静止/右静止) のラベルを付与した転倒動作データセットを作成し、それを k-shape 法を用いて学習することで、転倒動作の検知と動作方向の識別を行う分類器を作成した. k-shape 法とは、事前に学習した時系列パターンとの一致を測る機械学習の手法である. 大井らは作成した分類器を用いることで、加速度情報から転倒と非転倒動作を 0.9 を超える精度で識別可能であること、ならびに角速度情報から動作方向を 0.9 を超える精度で識別可能であることを主張している. しかし、大井らの研究では被験者 1 名の時系列センサデータに基づいて分類器が作成されているため、その被験者特有の動作傾向を過学習している懸念がある. また、k-shape 法は時間的な依存関係が考慮されていないため、歩行データの時系列特徴が十分に反映されていない懸念もある. そこで本稿では、大井らの転倒動作データセットと同様の手順で作成した別の被験者の転倒動作データセットを併せて用いることで、k-shape 法による転倒検知の識別精度を検証するとともに、時系列データの予測に優れた性能を示す Bidirectional LSTM [3] (以下、B-LSTM と記す) を用いた分類器を作成し、k-shape 法との精度差を比較する.

以降、2 章で関連研究、3 章で動作の定義、4 章で使用するセンサ、5 章でテストデータの作成、6 章で識別精度の検証方法、7 章で大井らが作成した分類器の識別精

度の検証、8 章で分類器の作成のためのデータセット構築、9 章で分析について述べる.

2 関連研究

本研究に関連する一人暮らしの高齢者に関する研究、センサを用いた状態推定に関する研究、転倒動作検出に関する研究を複数挙げる.

2.1 一人暮らしの高齢者に関する研究

一人暮らしの高齢者に関する研究は多数行われている. 鄭は一人暮らしの高齢者のセルフ・ネグレクトに影響する要因とそのプロセスを明らかにした [12]. セルフ・ネグレクトとは「健康、生命および社会生活の維持に必要な、個人衛生、住環境の衛生若しくは整備又は健康行動を放任・放置していること」である. セルフ・ネグレクトの事例の中には、支援を必要とするにもかかわらず、支援者からの援助や他者との接触さえ頑固に拒否する場合があります. 孤立死との関連性が認められていることから、セルフ・ネグレクトに対する予防的介入が重要であり、そのためにはセルフ・ネグレクトに至った背景を明確にする必要があった. 65 歳以上の一人暮らしの高齢者 9 名に対し半構造化面接を行い、セルフ・ネグレクトを構成する「個人衛生」「健康行動」「居住環境」の 3 因子を抽出したうえで、作成した「セルフ・ネグレクトの状態を示す 10 項目」に関する対象者の評価を考察した. その結果、セルフ・ネグレクトは【素因 (アルコールなどの行動抑制機能の低下)】+【危機的ライフイベント (離婚、家族の死など)】+【社会・環境要因 (社会的孤立)】+【無気力・生活機能低下 (セルフケア意欲の低下など)】という一連のプロセスの中で生じることが明らかとなった.

清田は一人暮らしの要介護後期高齢者が、ADL が低下していくなかでどのようなことを日常生活上の困難と捉え、どのように対処しようとしているのかを明らかにした [10]. ADL とは日常生活活動度 (Activities of daily living; ADL) の略で、人が生活を送るために行う活動の能力のことである⁶. 要介護 2~4 の後期高齢者 3 人に対し、訪問看護師による参加観察と、半構造化面接を行った. その結果、3 人の困難は自身の身体の変化に起因するものとしては思いどおりに活動ができない困難、思いどおりに体調をコントロールできない困難、生きる意味を見出せない困難が見いだされ、他者の介入に起因するものとしては考えが異なっても支援を受け入れざるを得ない困難が見いだされた. これらの困難への対処は、あきらめたり妥協したりするものが多かったが、できる範囲を調節し、試したり工夫したりするなど、よりよい状況を見いだす対処もみられた. 一方で、身体に負担をかけるといった対処もとっていた.

⁶https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/tool/tool_03.html (2023/12/25 確認)

福井は一人暮らしの高齢者に対する行政のあり方に関して検討した [15]。人口規模、地域の高齢化率の推移が同レベルにある東京都世田谷区議会と福岡県北九州市議会の議事録データをテキストマイニングで比較し、一人暮らしの高齢者が増加する中で行政がこれまでどのような取り組みをしてきたか、今後いかなる取り組みが求められるか検討した。考察の結果、住居をはじめとした多様な支援策が析出されると同時に、一人暮らしの高齢者数をはじめ孤独死者数などの関連する調査が行われていないことが明らかとなった。

これらの研究では、一人暮らしの高齢者に関する問題を示している。これらを踏まえても、一人暮らしの高齢者を対象として研究を行うことの重要性が分かる。

2.2 センサを用いた状態推定に関する研究

藤井らはスマートフォンのセンサを用いて集めた加速度データを用いて路面状態の推定を行った [13]。対象とする路面状態は平坦、段差、坂の 3 種で、歩行者の各ステップに対応する特徴量を抽出した。得られた特徴ベクトルに SVM を用いて学習を行い、識別器を作成した。実験の結果、前後の歩行データを用いることで精度を向上できた。

樋山らは加速度、角速度を用いた高齢者の下肢筋力推定を行った [14]。50 歳から 75 歳の下肢の障害のない健康な 26 名を対象として、ロコモスキャンを用いた下肢筋力の計測と 10m の歩行実験を行った。ロコモスキャンは測定部の内部に荷重を電気信号に変換する装置であるロードセルを内蔵した、測定部に膝を載せて押し込んだ際に発揮される力を測定するものである。それを用いて、計測した下肢筋力の値を被験者の歩行データから算出した標準歩行波形を表す 360 種類の歩行特徴量を用いて推定する。推定には重回帰モデル、CNN を用いたモデルを利用した。その結果、下肢筋力が弱い人ほど地面の蹴り出しが弱く、膝関節伸展動作の柔軟性が低いことが示唆された。

高橋らはセンサを杖に装着し、歩行動作の検出を試みた [7]。歩行リハビリテーションを行っている高齢者の歩行能力を計測、評価するため、杖に取り付けたセンサの値から対象の歩行状態を推定し、歩行検出については 95.6%、歩行距離については 88.06% の精度で各々推定可能であることを示した。

Vahid らは加速度計を用いて健康に関する日常的な動作の識別を試みた [2]。加速度計を装着した被験者にウォーキング、サイクリングなど健康的な活動をしてもらい、機械学習を用いて分類した結果、88% の精度で識別可能であることを示した。

磯らはアンビエントセンサを用いてテレワーク作業者の状態推定を行った [5]。この研究では、距離センサを部屋に複数設置し、そこから得られるデータとマイクから

得られるデータを k-means 法を用いて分類し、会議中とその他の作業を分類可能であることを示した。

Jennifer らはスマートフォンの加速度計を用いて日常的な行動の認識を行った [4]。29 人のユーザに対してウォーキング、ジョギング、登山などの日常的な活動を行わせ、歩く、ジョギングする、階段を昇降する、座る、立つについての予測を行った。その結果、階段を昇降する動作のみ 77.6% だったが、ほかの動作についてはすべて 90% を超える精度で認識できることを示した。

Debraj らはウェアラブルセンサを用いて複雑な動作の区別を試みた [1]。複雑な動作として、床に座る、ソファに座る、ソファに横になる、トイレに座るなどの 19 動作を対象にデータを集め、それらを機械学習を用いて分類した。その結果、自宅での 19 動作について 80% の精度で分類できることを示した。

これらの研究では、センサを用いて状態推定を行った。状態推定を行なった動作には非転倒動作が多く含まれていることから、転倒と非転倒動作の識別を行う転倒検知においても有効であると考えられる。しかし、転倒検知において詳細な転倒時の状態を把握するために動作方向の識別は必要である。そのため、本稿では動作方向の情報を含めた転倒動作データセットを作成した。

2.3 転倒動作検出に関する研究

柴らはマイクロ波ドップラセンサを用いて周波数の分布を算出し、HMM を活用することで転倒のダイナミクスを考慮に入れたモデルを構築し、転倒を検知できるシステムを開発した [8]。システムを評価する為に被験者を 20 名設け、実験としてそれぞれに 3 種類の転倒動作 (躓き・滑り・気絶)、4 種類の非転倒動作 (歩行・物を拾う・座る・立つ) を行ってもらいデータを計測した。計測したデータを用いて交差検証による評価を行ったところ正解率が 0.95、陽性的中率が 0.94、陰性的中率が 0.97 となることを確認した [8]。

小川らは放射温度センサを用いた転倒検出方法を提案した [9]。機械学習のアルゴリズムを選択するために複数のアルゴリズムを用いて分類を行うことにより、高精度の分類手法の比較を行った。機械学習のための学習データは、2 秒間の行動を天井に設置された放射温度センサから 0.1 秒毎に取得した温度分布を使用する。2 秒間の行動は転倒・歩く・寝ている・何もない状態の 4 種類からなる。4 種類の行動内容に対して 500 個の学習データを準備することにより、複数のアルゴリズムを用いて分類を行い精度を求めて比較をした。その結果、適切なアルゴリズムを選択することにより、96% 以上の認識率を実現可能であることを示した。

丸茂らは三軸加速度計を用いて取得した身体情報と転倒時の加速度データを分析することで転倒時の合成加速度の閾値を定める等の提案を行い、日常生活において高

精度で転倒を検知できるアルゴリズムを提案した [6]。提案した転倒検知アルゴリズムは、立位から転倒し、転倒後にしばらく身動きがとれないような比較的重篤な場合を対象とし、それを用いて連続した長期にわたる日常生活の中での精度検証を行った。その結果、20代から70代の5名の被験者に対して得られた328時間の日常生活の中で、若年者被験者の実測2日間において1回ずつ誤検知を確認した。

これらの研究では、マイクロ波ドラップセンサ、放射温度センサ、三軸加速度計といった本研究で使用したiPhone(センサ)とは異なるセンサを用いた転倒検知の手法を用いてデータを取得した。これらの手法は、転倒検知において有効な手法であるが本研究ではより日常的に使用できるようiPhoneを使用し、データを取得した。

3 動作の定義

転倒とは、意図せずに地面や床などの低い位置へ倒れたり、ひっくり返ったりすることである。転倒は以下のように分類できる。

- つまずきによる転倒
- 滑ったことによる転倒
- バランスを崩したことによる転倒
- 意識を失ったことによる転倒

本稿では、その中でもつまずきによる転倒を対象とし、「歩いている途中で、転倒あるいは転倒に似た動作を行って、そのまま静止した」という行動を想定する。この一連の行動に含まれる動作のうち、定常動作は歩行動作と静止状態の2種類からなるものとし、異常動作は歩行から静止に至る際のきっかけとなる動作として、つまずいて転倒する動作(転倒動作)と、膝をついて意図的に臥位になる動作(非転倒動作)の2種類とし、センサ情報からそれらの識別を行う。

4 使用するセンサ

大井らはアフォードセンス社の Vitalgram⁷を使用した。Vitalgramは日常生活を送りながら生体情報や環境情報を計測できる小型のワイヤレス生体センサである。しかし、Vitalgramは価格が高額であるため、日常的に使用することは難しい。そのため、本稿ではiPhoneのアプリケーションである1→10(ワントゥーテン)社のZIGSIM⁸を使用する。ZIGSIMとは、スマートフォンを「センサとwifiモジュールを取り付けたフィジカル・プロトタイピングデバイス」とすることで、「センサ受信プログラム」のみでのプロトタイピングを制作可能にしたものである。iPhoneを専用のベルトで固定し、身体に巻き付けて装着することでデータを取得する。取得でき



図 3: Vitalgram (公式パンフレットより図引用)



図 4: 専用のベルトで固定した iPhone

るデータ項目は以下の通りである。その中で、今回は加速度&角速度を使用する。

- 共通
 - － 加速度 (accel)
 - － 角速度 (gyro)
 - － 重力加速度 (gravity)
 - － スマホの向き (quaternion)
 - － 方位磁石 (compass)
 - － 気圧 (pressure)
 - － 緯度・経度 (gps)
 - － タッチ座標 (2d touch)
 - － タッチ圧力 (3d touch)
 - － 近接センサ (proximity monitor)
- iPhone のみ
 - － タッチ半径 (touch radius)
 - － 位置測定 (beacon)
 - － 入力音量 (miclevel)
 - － イヤフォン (remotecontrol)
- Android のみ
 - － 明るさ (light)

5 テストデータの作成

被験者1名を対象に、歩行中に転倒動作を行いそのまま静止した場合と、歩行中に非転倒動作を行いそのまま静止した場合の2種類の歩行データを各々10回取得し

⁷<https://www.affordsens.com>(2023/01/21 確認)

⁸<https://zig-project.com/>(2023/02/14 確認)

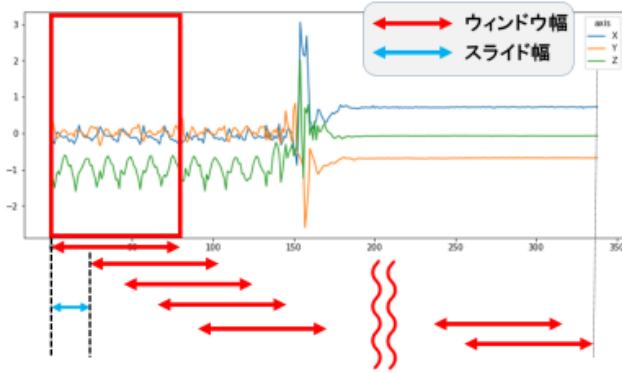


図 5: スライディングウィンドウ方式のイメージ

表 1: 定常/異常動作の正解率算出方法

		実際の動作		
		歩行範囲	異常範囲	静止範囲
予測動作	歩行動作	一致	不一致	不一致
	異常動作	不一致	一致	不一致
	静止状態	不一致	不一致	一致

た。またその際、歩行データは怪我のリスクを抑えるため、布団の上に敷いたクッションに向かって転倒及び非転倒動作を行うことにより取得した。目視で動作の開始時間を確認し、時間を記録した。この歩行データから異常動作発生時刻を基準に前5秒、後8秒の区間(13秒間)を抽出した。抽出した歩行データに対して、X, Y, Z軸の順に横方向に統合し、特徴量の平均が0, 標準偏差が1になるように各々標準化した。標準化した歩行データを分割する際は、スライディングウィンドウ方式で処理を行った(図5参照)。スライディングウィンドウ方式とは定められた範囲のウィンドウを連続して移動させることで時系列データなどの動的なデータを分析する際に、局所的な特徴を効率的に捉えるための有効な手法である。本稿では、ウィンドウ幅を3秒間とし、スライド幅を加速度については5データ分、角速度については2データ分とした。

6 識別精度の検証方法

転倒を検出する上で、歩行動作/静止状態といった定常動作と転倒動作/非転倒動作といった異常動作の識別を必要がある。次に、異常動作発生時においては、転倒動作と非転倒動作の識別ができない場合、転倒していない時に誤って「転倒」と判別してしまったり、転倒をした時に「転倒」と判別されなかったりするため、転倒と非転倒動作の識別も行う必要がある。それに加えて転倒時の詳細な状況を把握するため、歩行以外の各動作については動作方向の識別もする必要がある。5章で作成したテストデータに対して、歩行範囲、異常範囲、静止範囲を設定し、それに基づいて転倒動作と非転倒動作、転倒と非転倒動作、動作方向の識別精度の検証を行う。

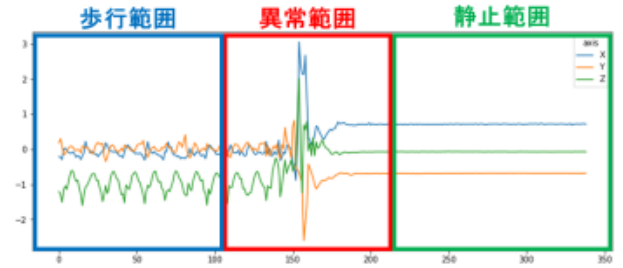


図 6: 範囲決定のイメージ

定常/異常動作の識別では、各範囲に対する正解率を表1に基づいて算出する。転倒動作と非転倒動作の識別では、異常範囲における転倒と非転倒動作の識別に対する正解率を算出する。動作方向の識別では、異常範囲、静止範囲における動作方向の識別に対する正解率も算出する。

以上3つの識別に対する各々の平均正解率からどの程度の精度で動作の種類、動作方向の識別ができたかを確認し、それに基づいた上で考察をする。

6.1 範囲決定の手順

テストデータを歩行範囲、異常範囲、静止範囲の3つに分類する(図6参照)。動画撮影時に目視で異常範囲開始を設定していたため、その開始部分から前後2秒付近のX, Y, Z軸の2乗和を計算し、最大値を求めることで異常動作のピークを算出した。範囲の分類方法は以下の計算式で定義した。

$$\text{異常範囲開始} = \frac{\text{異常動作のピーク} - 3 \text{ 秒の長さ}}{\text{スライド幅}} \quad (1)$$

例えば5章で作成したテストデータの加速度の場合、異常動作のピークが162、加速度はサンプリング周波数が26Hzであるため3秒間ではデータ数が78である。ここでは加速度の3秒間のデータ数を77と設定したので、調整を行う。また、スライド幅が5、異常動作の範囲が75であるため、異常範囲と静止範囲の開始ウィンドウ番号は以下のようになる。

$$\text{異常範囲開始} = \frac{(162 * 77 / 78) - 77}{5} = 16.6 \div 17 \quad (2)$$

$$\text{静止範囲開始} = 17 + \frac{75}{5} = 32 \quad (3)$$

このとき、小数点以下は切り上げとした。したがってそれぞれの範囲におけるウィンドウ番号は、歩行範囲が0から16、異常範囲が17から31、静止範囲が32から最後までである。

6.2 定常/異常動作識別の手順

テストデータにおける歩行範囲、異常範囲、静止範囲を識別の対象として、動作の識別精度を検証する。識別対象のウィンドウにおける動作の正解率を以下のように算出した。

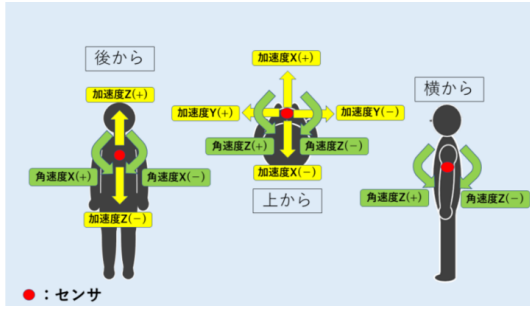


図 7: Vitalgram の軸設定

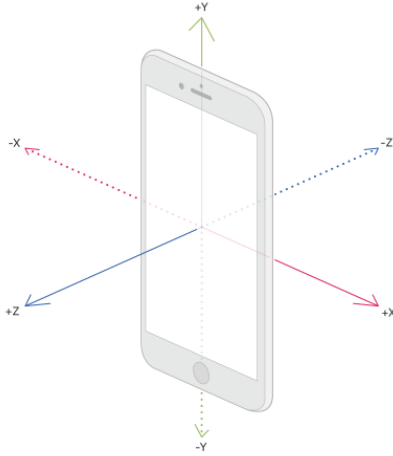


図 8: iPhone の軸設定

$$\begin{aligned} & \text{定常/異常動作の正解率} \\ = & \frac{\text{実際の動作と予測動作が一致しているウィンドウ数}}{\text{識別対象とするウィンドウ数}} \end{aligned} \quad (4)$$

6.3 転倒/非転倒動作識別の手順

テストデータで設定した異常範囲における、転倒動作と非転倒動作の識別精度を検証する。転倒時の時系列信号では、大きく動いているのが転倒した瞬間だけであることから、転倒/非転倒動作の識別は信号の動きが激しい部分である転倒時の衝撃を対象として行う。本稿では目視にて信号を確認した。転倒時の衝撃が確認できるデータの範囲は加速度が約 20 データ、角速度が約 8 データだったため、スライド幅で除算するとどちらも 4 となる。したがって異常範囲における最初の 4 ウィンドウ分を識別の対象とした。識別対象のウィンドウにおける動作の正解率を以下のように算出した。

$$\begin{aligned} & \text{転倒/非転倒動作の正解率} \\ = & \frac{\text{実際の動作と予測動作が一致しているウィンドウ数}}{\text{識別対象とするウィンドウ数}} \end{aligned} \quad (5)$$

6.4 動作方向識別の手順

異常動作発生時の動作方向の識別精度を検証する。異常範囲、静止範囲を識別対象とする。本稿で作成したテストデータはすべて前方向への動作をしているため、前方向と判別された結果を正解とし、判別結果から動作方向の正解率を算出する。正解率の算出方法は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{動作方向の正解率} \\ = & \frac{\text{実際と予測の動作方向が一致しているウィンドウ数}}{\text{対象範囲のウィンドウ数}} \end{aligned} \quad (6)$$

7 大井らが作成した分類器の識別精度の検証

大井らが作成した分類器を本稿で作成したテストデータで検証を行った。転倒/非転倒動作識別精度の結果を表 2 に、動作方向識別の結果を表 3 に示す。転倒動作と非転倒動作の識別において、大井らのテストデータでは加速度に着目した場合は 0.950、角速度に着目した場合は 0.675 の正解率であるのに対し、本稿で作成したテストデータでは加速度に着目した場合は 0.463、角速度に着目した場合は 0.275 の正解率であった。また、転倒方向の識別において、大井らのテストデータでは加速度に着目した場合は 0.657、角速度に着目した場合は 0.974 の正解率であるのに対し、本稿で作成したテストデータでは加速度に着目した場合は 0.211、角速度に着目した場合は 0.390 の正解率であった。本稿で作成したテストデータの結果が大井らが作成したテストデータの結果に比べて、正解率が大きく低下していることから、大井らが作成した分類器は被験者特有の傾向に依存していることが確認できた。

8 分類器の作成のためのデータセット構築

本章では、分類器を作成するために用いたデータセットの作成手順を詳細に説明する。以下の手順で構築したデータセットを k-shape 法と B-LSTM の各々の手法を用いて学習させることで分類器を作成した。

8.1 データの収集

被験者 1 名を対象とし、鳩尾上部の高さの胸部中央位置に iPhone 専用のベルトで固定し、iPhone アプリケーションである ZIGSIM により加速度と角速度の時系列信号を各々取得した。本稿では、歩行時に異常動作（転倒動作/非転倒動作）を行いそのまま静止した、という状況を想定した。そのため、収集したデータは、歩行動作、転倒動作、非転倒動作、静止状態の 4 種類から構成される。歩行動作については 200 回、その他の転倒動作、非転倒動作、静止状態については前後左右の方向ごとに 50 回ずつ（計 200 回）の合計 800 回の歩行データを取得した。

表 2: 転倒/非転倒動作の識別正解率

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
加速度	0.500	1.000	0.000	0.250	0.750	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000
角速度	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.750	0.000	1.000	0.000
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
加速度	1.000	0.250	0.500	0.750	0.250	0.250	0.000	0.000	0.750	1.000
角速度	0.750	0.500	0.000	0.000	0.000	0.750	0.500	0.000	0.250	0.000
加速度の平均 0.463					角速度の平均 0.275					

表 3: 転倒方向の識別正解率

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
加速度	0.239	0.234	0.000	0.000	0.046	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
角速度	0.035	0.035	0.056	1.000	1.000	0.091	0.017	0.887	0.400	0.377
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
加速度	0.400	0.667	0.148	0.220	0.643	0.644	0.143	0.000	0.349	0.465
角速度	0.351	0.147	0.351	0.297	0.600	0.565	0.500	0.079	0.500	0.513
加速度の平均 0.211					角速度の平均 0.390					

それらの動作時に撮影した映像から動作開始時刻, 異常動作発生時刻, 動作終了時刻を記録した. 歩行動作はセンサを装着した状態で平坦な道を歩くことで取得した. 異常動作は, 実験時の怪我を予防するためテストデータ作成時と同様, 布団の上に敷いたクッションに向かって動作を行った. 転倒動作については 5 秒程歩いた際に, つまづいて転倒した. 非転倒動作については同様に 5 秒程歩き, 床に膝をついて臥位になった. なお, 後ろ方向に非転倒動作をする際は膝ではなく臀部を床につけた. 異常動作時は動画を撮影し, 映像から動作開始時刻, 異常動作発生時刻, 動作終了時刻を記録した. 静止動作は転倒した後そのまま静止した状態を想定しているため, 転倒動作後, 布団の上でそのままの姿勢で静止した. この時, 静止開始時刻, 静止終了時刻を記録した.

8.2 データの前処理

取得したデータは大井らの研究で使用したセンサである Vitalgram と異なるため以下の要素を揃える必要がある.

- 軸方向
- 1 秒間当たりのサンプリング数

Vitalgram では加速度の前後方向を X(前が正), 左右方向を Y(左が正), 鉛直方向を Z(上が正) となるように軸を設定している. 一方, 本稿で使用した iPhone では加速度の前後方向を Z(前が正), 左右方向を Y(左が正), 鉛直方向を X(下が正) となるように軸を設定している. そのため, 使用するテストデータと軸方向, 各軸の正負の向きが一致するように調整した. また, 大井らの使用したセンサ (Vitalgram) のサンプリング周波数は加速度が 26Hz, 角速度が 13Hz である. 一方, 本稿で使用した

iPhone のアプリケーション (ZIGSIM) ではサンプリング周波数は加速度, 角速度共に 30Hz である. ZIGSIM はサンプリング周波数を 1Hz, 10Hz, 30Hz, 60Hz と選択することが可能であるが, リサンプリングしたことによる結果への影響を最小限に抑えるため, Vitalgram のサンプリング周波数に近い 30Hz を選択した. iPhone で取得したデータについては Vitalgram のサンプリング周波数と一致するように線形補間により, 加速度を 30Hz から 26Hz, 角速度を 30Hz から 13Hz となるように調整した.

8.3 転倒動作データセットの構築

歩行→転倒/非転倒→静止の順で取得し, 軸方向と 1 秒間当たりのサンプリング数を調整を行った歩行データに対して, 記録した時間から動作の時間を確認し, 歩行動作と静止状態については各々の開始時刻から終了時刻の間を 3 秒間ごとに分割し抽出した. また, 異常動作については異常動作発生時刻を基準とし, 前 1 秒から後 2 秒までの区間を抽出した. 抽出したデータの X, Y, Z 軸それぞれに 13 種類のラベル付けを行い, クラスタリングを行う際にデータのばらつきを抑えるため, 特徴量の平均が 0, 標準偏差が 1 になるように各々標準化処理を行うことで転倒動作データセットを構築した.

9 分析

はじめに, 分類器を評価するため, 分類器を作成するために用いた転倒動作データセットをクラスタリングした結果を確認する. 次に, 5 章で作成した歩行データと大井らが作成した歩行データを併せたデータをテストデータとし, 8 章で作成した k-shape 法と B-LSTM 各々の分

類器を用いて、歩行動作、転倒動作、非転倒動作、静止状態の4動作の識別、および前後左右の4方向の検出精度の検証を定常/異常動作、転倒/非転倒、動作方向の識別の各3条件で行う。次に、各3条件に基づいて算出した識別正解率に対して、対応のあるt検定を行い、有意差を確認した。最後に、t検定の結果から効果量 r を算出することにより各々の手法における平均正解率の効果の程度を確認した。効果量とは、サンプルの数によって変化することのない絶対的な数値である。以下は、効果量 r の数値において変動する割合を説明したものである。

- $r = 0.10$ (効果量小) - 説明できる変動の割合は1%
- $r = 0.30$ (効果量中) - 説明できる変動の割合は9%
- $r = 0.50$ (効果量大) - 説明できる変動の割合は25%

9.1 分類器の評価

転倒動作データセットを用いて、動作と動作方向の予測を行う分類器をk-shape法とB-LSTMの両手法で各々作成した後、テストデータを用いた動作の識別精度を分析する。転倒動作データセットを用いてクラスタリングを行った結果を表4, 5, 6, 7に示す。数値は各クラスに含まれる動作ごとの学習データ数を示しており、括弧内はクラス内における動作の占有率を示す。占有率が高いほど、当該クラスが示す動作である可能性が高い。本稿ではこれをもとに、動作、方向ごとの占有率を集計し、最も高いものを当該クラスが示す動作、方向と判別し、占有率を確信度として示した。

9.2 定常/異常動作識別の結果

k-shape法を用いて作成した分類器の結果を表8に、B-LSTMを用いて作成した分類器の結果を表9に示す。定常/異常動作識別において加速度に着目した場合は40個のデータ各々に対して、k-shape法とB-LSTMの間に大きな差はなかった。角速度に着目した場合は40個のデータの内29個のデータがk-shape法の方が正解率が高い結果となった。

9.3 転倒/非転倒動作識別の結果

k-shape法を用いて作成した分類器の結果を表10に、B-LSTMを用いて作成した分類器の結果を表11に示す。転倒/非転倒動作識別においては加速度、角速度共に40個のデータ各々に対して、加速度、角速度共にk-shape法の方が少し正解率が高いデータが多い結果となった。

9.4 動作方向識別の結果

k-shape法を用いて作成した分類器の結果を表12に、B-LSTMを用いて作成した分類器の結果を表13に示す。転倒方向識別においては加速度に着目した場合は40個のデータの内に対し27個のデータがB-LSTMの方が正解率が高い結果となった。角速度に着目した場合は40

個のデータの内32個のデータがB-LSTMの方が正解率が高い結果となった。

9.5 k-shape法とB-LSTMの精度比較

定常/異常動作、転倒/非転倒、動作方向の識別の各3条件におけるk-shape法とB-LSTMの正解率の平均のみを抽出した表を作成した。加速度に着目した動作分類の平均正解率を表14に、角速度に着目した動作分類の平均正解率を表15に示す。各3条件に基づいて算出した識別正解率に対して、対応のあるt検定を行った結果、加速度に着目した場合の転倒/非転倒の識別を除き、 $p < 0.05$ であったことからk-shape法とB-LSTMの平均正解率に有意差が認められた。最後に、t検定の結果からt値と自由度の値を基に、効果量 r を一般社団法人日本理学療法学会連合で推奨されているエクセルで作成した効果量の計算シート⁹を用いて以下のとおり算出方法した。

$$\text{効果量 } r = \sqrt{\frac{t \text{ 値の 2 乗}}{t \text{ 値の 2 乗} + \text{自由度}}} \quad (7)$$

各々の手法における平均正解率を基に算出した効果量 r を表16に示す。定常/異常動作、転倒方向の識別においては $r > 0.5$ となり、効果量が大いことを確認した。

以上のことを踏まえて、定常/異常動作、転倒/非転倒の識別といった動作種類の識別には加速度に着目したk-shape法の分類器が、動作方向の識別には角速度に着目したB-LSTMの分類器が各々適している可能性が示唆された。

10 おわりに

本稿では、センサ情報に基づく転倒動作検知の精度向上を目指した。一人暮らしの高齢者は、転倒時に助けを必要とする場合でも周囲の人から発見されるまで時間がかかる。先行研究では独居高齢者の転倒を検出し、他者への救助要請を行うことを目的とし、ウェアラブルセンサから取得した加速度と角速度の情報からk-shape法を用いて歩行データからの転倒動作検出を行った。k-shape法は事前の時系列パターンとの一致を測る手法であるため、テンプレートパターンに精度が左右される、ならびに歩行データの時系列特徴が十分に反映されていない可能性がある、などの問題点があった。本稿ではこれを踏まえ、B-LSTMを用いた転倒動作検知器を作成し、k-shape法との精度比較を試みた。その結果、定常/異常動作、転倒/非転倒の識別においては角速度に着目した場合のk-shape法の方が正解率が高く、動作方向においては加速度に着目した場合のB-LSTMの方が正解率が高いことを確認した。今後は、複数の分類手法において精度が高

⁹<http://web.uccs.edu/lbecker/Psy590/escal3.htm>(2023/02/14 確認)

表 4: Vitalgram の軸に合わせた転倒動作データセット (加速度)

クラス	前転倒	後転倒	左転倒	右転倒	前非転倒	後非転倒	左非転倒	右非転倒	歩行	前静止	後静止	左静止	右静止	最大値
0	20(0.157)	43(0.339)	1(0.008)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	17(0.134)	7(0.055)	0(0.000)	0(0.000)	11(0.087)	17(0.134)	11(0.087)	0.339
1	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	53(1.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1.000
2	33(0.159)	3(0.014)	1(0.005)	0(0.000)	1(0.005)	0(0.000)	20(0.097)	0(0.000)	3(0.014)	34(0.164)	15(0.072)	37(0.179)	60(0.290)	0.290
3	0(0.000)	1(0.005)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.005)	3(0.014)	0(0.000)	200(0.948)	0(0.000)	0(0.000)	6(0.028)	0(0.000)	0.948
4	1(0.009)	0(0.000)	1(0.009)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	3(0.026)	0(0.000)	0(0.000)	50(0.435)	35(0.304)	1(0.009)	24(0.209)	0.435
5	16(0.078)	49(0.238)	1(0.005)	4(0.019)	2(0.010)	46(0.223)	18(0.087)	50(0.243)	0(0.000)	14(0.068)	0(0.000)	6(0.029)	0(0.000)	0.243
6	0(0.000)	0(0.000)	16(0.225)	0(0.000)	47(0.662)	3(0.042)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	5(0.070)	0(0.000)	0.662
7	1(0.012)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.012)	49(0.576)	1(0.012)	13(0.153)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	3(0.035)	14(0.165)	3(0.035)	0.576
8	0(0.000)	2(0.013)	48(0.316)	48(0.316)	1(0.007)	0(0.000)	16(0.105)	4(0.026)	2(0.013)	0(0.000)	29(0.191)	2(0.013)	0(0.000)	0.316
9	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	91(1.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1.000
10	29(0.192)	2(0.013)	1(0.007)	1(0.007)	0(0.000)	49(0.325)	7(0.046)	39(0.258)	0(0.000)	2(0.013)	7(0.046)	12(0.079)	2(0.013)	0.325
11	0(0.000)	0(0.000)	31(0.388)	46(0.575)	0(0.000)	0(0.000)	3(0.038)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0.575
12	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	51(1.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1.000

表 5: Vitalgram の軸に合わせた転倒動作データセット (角速度)

クラス	前転倒	後転倒	左転倒	右転倒	前非転倒	後非転倒	左非転倒	右非転倒	歩行	前静止	後静止	左静止	右静止	最大値
0	8(0.067)	0(0.000)	18(0.150)	0(0.000)	2(0.017)	7(0.058)	11(0.092)	16(0.133)	2(0.017)	13(0.108)	14(0.117)	19(0.158)	10(0.083)	0.158
1	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.011)	0(0.000)	90(0.978)	1(0.011)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0.978
2	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	51(0.911)	4(0.071)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.018)	0.911
3	2(0.010)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	191(0.979)	1(0.005)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.005)	0.979
4	25(0.111)	1(0.004)	52(0.231)	1(0.004)	0(0.000)	0(0.000)	59(0.262)	7(0.031)	4(0.018)	2(0.009)	36(0.160)	14(0.062)	24(0.107)	0.262
5	12(0.095)	47(0.373)	0(0.000)	49(0.389)	0(0.000)	6(0.048)	1(0.008)	2(0.016)	4(0.032)	3(0.024)	0(0.000)	0(0.000)	2(0.016)	0.389
6	0(0.000)	0(0.000)	7(0.084)	50(0.602)	0(0.000)	1(0.012)	1(0.012)	4(0.048)	1(0.012)	13(0.157)	0(0.000)	0(0.000)	6(0.072)	0.602
7	0(0.000)	5(0.023)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	3(0.014)	8(0.037)	50(0.228)	50(0.228)	50(0.228)	53(0.242)	0.242
8	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	49(1.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1.000
9	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	48(0.750)	0(0.000)	2(0.031)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	14(0.219)	0(0.000)	0.750
10	5(0.026)	8(0.041)	23(0.118)	0(0.000)	2(0.010)	86(0.441)	0(0.000)	58(0.297)	0(0.000)	9(0.046)	0(0.000)	3(0.015)	1(0.005)	0.441
11	11(0.167)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	48(0.727)	0(0.000)	0(0.000)	6(0.091)	0(0.000)	1(0.015)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0.727
12	39(0.355)	37(0.336)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	25(0.227)	4(0.036)	0(0.000)	3(0.027)	0(0.000)	0(0.000)	2(0.018)	0.355

表 6: iPhone の軸に合わせた転倒動作データセット (加速度)

クラス	前転倒	後転倒	左転倒	右転倒	前非転倒	後非転倒	左非転倒	右非転倒	歩行	前静止	後静止	左静止	右静止	最大値
0	1(0.007)	0(0.000)	43(0.291)	45(0.304)	0(0.000)	0(0.000)	25(0.169)	3(0.020)	2(0.014)	7(0.047)	22(0.149)	0(0.000)	0(0.000)	0.304
1	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	91(1.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1.000
2	3(0.035)	0(0.000)	2(0.024)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	44(0.518)	0(0.000)	0(0.000)	33(0.388)	0(0.000)	2(0.024)	1(0.012)	0.518
3	0(0.000)	0(0.000)	3(0.043)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	15(0.214)	12(0.171)	40(0.571)	0(0.000)	0.571
4	34(0.358)	50(0.526)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.011)	2(0.021)	8(0.084)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0.526
5	48(0.226)	28(0.132)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	49(0.231)	19(0.090)	40(0.189)	0(0.000)	2(0.009)	4(0.019)	16(0.075)	6(0.028)	0.231
6	2(0.014)	19(0.130)	7(0.048)	5(0.034)	50(0.342)	1(0.007)	3(0.021)	7(0.048)	0(0.000)	0(0.000)	24(0.164)	23(0.158)	5(0.034)	0.342
7	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	104(1.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1.000
8	11(0.157)	0(0.000)	9(0.129)	0(0.000)	50(0.714)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0.714
9	0(0.000)	3(0.038)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	3(0.038)	16(0.203)	0(0.000)	19(0.241)	38(0.481)	0.481
10	1(0.008)	0(0.000)	34(0.262)	48(0.369)	0(0.000)	0(0.000)	7(0.054)	40(0.308)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0.369
11	0(0.000)	0(0.000)	2(0.013)	2(0.013)	0(0.000)	47(0.309)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	26(0.171)	26(0.171)	0(0.000)	49(0.322)	0.322
12	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	2(0.009)	0(0.000)	2(0.009)	200(0.917)	1(0.005)	12(0.055)	0(0.000)	1(0.005)	0.917

表 7: iPhone の軸に合わせた転倒動作データセット (角速度)

クラス	前転倒	後転倒	左転倒	右転倒	前非転倒	後非転倒	左非転倒	右非転倒	歩行	前静止	後静止	左静止	右静止	最大値
0	37(0.463)	38(0.475)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.013)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	3(0.038)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.013)	0.475
1	0(0.000)	2(0.011)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	180(0.968)	2(0.011)	0(0.000)	0(0.000)	2(0.011)	0.968
2	7(0.046)	0(0.000)	8(0.053)	0(0.000)	44(0.289)	10(0.066)	5(0.033)	13(0.086)	1(0.077)	15(0.099)	10(0.066)	30(0.197)	9(0.059)	0.289
3	12(0.115)	0(0.000)	3(0.029)	0(0.000)	48(0.462)	0(0.000)	0(0.000)	37(0.356)	1(0.010)	1(0.010)	0(0.000)	1(0.010)	1(0.010)	0.462
4	1(0.011)	0(0.000)	7(0.076)	50(0.543)	0(0.000)	6(0.065)	0(0.000)	11(0.120)	1(0.011)	11(0.120)	0(0.000)	0(0.000)	5(0.054)	0.543
5	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	50(1.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1.000
6	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	52(0.963)	1(0.019)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.019)	0.963
7	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	87(0.989)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.011)	0.989
8	15(0.071)	1(0.005)	50(0.238)	0(0.000)	5(0.024)	0(0.000)	45(0.214)	6(0.029)	4(0.019)	5(0.024)	40(0.190)	18(0.086)	21(0.100)	0.238
9	3(0.020)	8(0.053)	23(0.152)	0(0.000)	1(0.007)	80(0.530)	0(0.000)	25(0.166)	0(0.000)	9(0.060)	0(0.000)	1(0.007)	1(0.007)	0.530
10	0(0.000)	9(0.143)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	0(0.000)	50(0.794)	1(0.016)	0(0.000)	2(0.032)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.016)	0.794
11	25(0.187)	45(0.336)	0(0.000)	50(0.373)	0(0.000)	4(0.030)	0(0.000)	0(0.000)	4(0.030)	1(0.007)	0(0.000)	0(0.000)	5(0.037)	0.373
12	0(0.000)	6(0.025)	0(0.000)	0(0.000)	1(0.004)	0(0.000)	0(0.000)	7(0.030)	20(0.085)	50(0.212)	50(0.212)	50(0.212)	52(0.220)	0.220

表 8: 定常/異常動作識別正解率 (加速度)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k-shape	0.673	0.654	0.385	0.596	0.615	0.615	0.462	0.558	0.577	0.404
B-LSTM	0.750	0.712	0.385	0.539	0.596	0.596	0.462	0.558	0.423	0.500
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k-shape	0.231	0.250	0.500	0.346	0.308	0.308	0.269	0.192	0.442	0.423
B-LSTM	0.500	0.481	0.635	0.539	0.539	0.500	0.462	0.615	0.423	0.596
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
k-shape	0.712	0.712	0.731	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712
B-LSTM	0.885	0.558	0.904	0.904	0.885	0.865	0.885	0.923	0.885	0.904
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
k-shape	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.654	0.712	0.712	0.712	0.673
B-LSTM	0.692	0.712	0.712	0.712	0.692	0.615	0.712	0.692	0.712	0.635

表 9: 定常/異常動作識別正解率 (角速度)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k-shape	0.662	0.923	0.600	0.139	0.108	0.385	0.692	0.277	0.077	0.292
B-LSTM	0.092	0.031	0.539	0.292	0.308	0.292	0.200	0.523	0.523	0.446
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k-shape	0.446	0.800	0.492	0.692	0.523	0.523	0.769	0.708	0.754	0.800
B-LSTM	0.308	0.400	0.323	0.277	0.200	0.108	0.277	0.215	0.508	0.262
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
k-shape	0.970	0.939	0.955	0.939	0.970	0.924	0.955	0.803	0.924	0.970
B-LSTM	0.833	0.788	0.833	0.712	0.879	0.818	0.788	0.864	0.864	0.864
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
k-shape	0.849	0.939	0.894	0.788	0.818	0.849	0.939	0.742	0.697	0.727
B-LSTM	0.682	0.773	0.773	0.833	0.803	0.803	0.788	0.803	0.758	0.803

表 10: 転倒/非転倒動作識別正解率 (加速度)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k-shape	0.000	0.000	0.000	0.750	0.500	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250
B-LSTM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.250	0.000	0.000	0.000	0.750
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k-shape	0.500	1.000	1.000	0.750	1.000	0.750	1.000	1.000	0.750	1.000
B-LSTM	0.000	0.000	0.000	0.250	0.000	0.250	0.000	0.750	0.000	0.000
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
k-shape	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B-LSTM	0.250	0.000	0.500	0.000	0.000	0.250	0.250	0.500	0.250	0.750
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
k-shape	0.750	0.750	0.750	0.750	1.000	0.000	0.750	0.750	0.750	1.000
B-LSTM	1.000	1.000	0.750	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000

表 11: 転倒/非転倒動作識別正解率 (角速度)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k-shape	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.250	0.000
B-LSTM	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k-shape	0.750	0.250	0.000	0.250	0.000	0.000	0.500	0.500	0.250	0.250
B-LSTM	0.000	1.000	0.500	1.000	0.750	0.000	0.500	1.000	0.000	0.000
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
k-shape	0.750	0.750	0.750	0.750	1.000	1.000	1.000	0.500	0.750	1.000
B-LSTM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
k-shape	0.000	0.000	0.000	1.000	0.250	0.250	0.000	1.000	0.500	0.750
B-LSTM	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 12: 転倒方向識別正解率 (加速度)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k-shape	0.283	0.298	0.000	0.000	0.046	0.067	0.000	0.000	0.000	0.000
B-LSTM	0.217	0.404	0.000	0.442	0.477	0.000	0.051	0.046	0.341	0.000
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k-shape	0.475	0.769	0.259	0.707	0.405	0.622	0.667	0.533	0.628	0.488
B-LSTM	0.200	0.308	0.407	0.415	0.238	0.400	0.238	0.333	0.535	0.442
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
k-shape	0.000	0.000	0.316	0.000	0.000	0.139	0.000	0.000	0.000	0.351
B-LSTM	0.919	0.702	0.947	0.974	0.973	0.944	0.917	0.971	0.838	0.919
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
k-shape	0.212	0.216	0.189	0.171	0.324	0.200	0.194	0.200	0.243	0.212
B-LSTM	0.970	0.973	0.973	0.857	0.971	0.778	0.889	0.771	0.892	0.939

表 13: 転倒方向識別正解率 (角速度)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
k-shape	0.000	0.000	0.000	0.688	0.700	0.000	0.000	0.491	0.580	0.340
B-LSTM	0.155	0.103	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.680	0.396
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k-shape	0.054	0.118	0.351	0.108	0.229	0.242	0.000	0.053	0.100	0.051
B-LSTM	0.108	0.412	0.297	0.243	0.200	0.403	0.263	0.316	0.150	0.333
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
k-shape	0.375	0.354	0.000	0.396	0.326	0.083	0.404	0.318	0.375	0.000
B-LSTM	0.854	0.833	0.729	0.771	0.761	0.854	0.681	0.796	0.792	0.702
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
k-shape	0.083	0.063	0.122	0.283	0.196	0.167	0.021	0.333	0.347	0.348
B-LSTM	0.771	0.646	0.612	0.891	0.870	0.875	0.833	0.356	0.551	0.783

表 14: 加速度に着目した動作分類の平均正解率

手法	k-shape	B-LSTM
定常/異常動作**	0.574	0.657
転倒/非転倒動作	0.450	0.356
動作方向**	0.230	<u>0.590</u>

** 手法間の平均値に 5%水準の有意差あり

表 15: 角速度に着目した動作分類の平均正解率

手法	k-shape	B-LSTM
定常/異常動作**	<u>0.706</u>	0.555
転倒/非転倒動作**	<u>0.450</u>	0.206
動作方向**	0.217	0.476

** 手法間の平均値に 5%水準の有意差あり

い条件の組み合わせ方を検証し、より精度の高い動作識別について検討する。

11 謝辞

本研究をまとめるにあたり、多大なご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部の松下光範教授に心より感謝申し上げます。また、研究指導、論文の添削など、様々な面で力添えをいただきました、関西大学大学院総合情報学研究科知識総合情報専攻の先輩方に深く感謝申し上げます。研究を通して共に二年間を過ごしてきた、松下研究室 14 期の皆様に心より感謝申し上げます。最後に、これまでの学生生活を支えてくださった家族、友人に深く感謝し、謝辞とさせていただきます。

参考文献

- [1] De, D., Bharti, P., Das, S. K. and Chellappan, S.: Multimodal wearable sensing for fine-grained activity recognition in healthcare, *IEEE Internet Computing*, Vol. 19, No. 5, pp. 26–35 (2015).
- [2] Farrahi, V., Niemelä, M., Kangas, M., Korpelainen, R. and Jämsä, T.: Calibration and validation of accelerometer-based activity monitors: A systematic review of machine-learning approaches, *Gait & posture*, Vol. 68, pp. 285–299 (2019).
- [3] Graves, A. and Schmidhuber, J.: Framewise phoneme classification with bidirectional LSTM and other neural network architectures, *Neural networks*, Vol. 18, No. 5-6, pp. 602–610 (2005).
- [4] Kwapisz, J. R., Weiss, G. M. and Moore, S. A.: Activity recognition using cell phone accelerom-

表 16: 効果量 r

	加速度	角速度
定常/異常動作	0.560	0.510
転倒/非転倒動作	0.200	0.350
動作方向	0.630	0.590

eters, *ACM SigKDD Explorations Newsletter*, Vol. 12, No. 2, pp. 74–82 (2011).

- [5] 磯和之, 白井蘭隆也ほか: テレワーク環境におけるアンビエントセンサを用いた作業者の状態推定に関する実験, 研究報告グループウェアとネットワークサービス (GN), Vol. 2018, No. 19, pp. 1–7 (2018).
- [6] 丸茂壮加, 樋口佳樹, 金政秀: 三軸加速度計による高齢者を対象とした転倒検知アルゴリズムに関する研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 83, No. 753, pp. 913–920 (2018).
- [7] 高橋雄太, 音田恭宏, 藤本まなど, 荒川豊ほか: センサ装着杖を介した歩行動作検出手法の提案, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス & システム (CDS), Vol. 8, No. 2, pp. 43–55 (2018).
- [8] 柴和彰, 鎗木崇史, 栗原陽介ほか: マイクロ波ドップラセンサを活用した転倒検知, 研究報告高齢社会デザイン (ASD), Vol. 2017, No. 3, pp. 1–8 (2017).
- [9] 小川裕也, 内藤克浩ほか: 放射温度センサを用いた温度分布による転倒検出, 研究報告モバイルコンピューティングとパーベシブシステム (MBL), Vol. 2019, No. 4, pp. 1–6 (2019).
- [10] 清田明美: 独居の生活を継続している要介護後期高齢者の日常生活上の困難と対処, 老年看護学, Vol. 22, No. 2, pp. 79–87 (2018).
- [11] 大井健矢, 松下光範, 堀寛史, 高岡良行: ウェアラブルセンサによる歩行データからの転倒動作検出の試み, 人工知能学会第 28 回インタラクティブ情報アクセスと可視化マイニング研究会予稿集, pp. 1–8 (2022).
- [12] 鄭熙聖: 独居高齢者のセルフ・ネグレクトに影響する要因とそのプロセス-当事者の語りに着目して-, 社会福祉学, Vol. 59, No. 1, pp. 56–69 (2018).
- [13] 藤井海斗, 羽田野真由美, 西田京介, 戸田浩之, 澤田宏, 鹿島久嗣: 歩行者クラウドセンシングによる路面状態の推定, *DEIM Forum* (2016).
- [14] 樋山貴洋, 佐藤佳州, 小林吉之, 小澤順: 歩行中の加速度・角速度を用いた高齢者の下肢筋力推定, 生体医工学, Vol. 57, No. 1, pp. 27–34 (2019).
- [15] 福井弘教: 独居高齢者に対する行政のあり方に関する検討-世田谷区と北九州市の比較を通して-, 人間生活文化研究, Vol. 2021, No. 31, pp. 52–61 (2021).

ライフイベントに着目した
社会問題の可視化インタフェースの提案

奥村優太

ライフイベントに着目した社会問題の可視化インタフェースの提案

情 20-0088 奥村 優太

指導教員 松下 光範

1 はじめに

我々の生活に大きな影響を与える社会問題は、様々な事象が絡み合っている構造的な問題であり、それらが自分にどのように関係するか理解し、関心を持つことは重要である。しかし、社会経験の乏しい若年層にとって、それらを自分に関連する問題（以下、「自分ごと」と記す）として認識するのは容易ではない。社会問題を理解するアプローチとして、対象となる問題に関連する事象が客観的に整理された記事を読むことが有効である。しかし、社会問題は様々な事象が複雑に絡み合っているため、自身でそれらの事象同士の複雑な関係性を整理し、膨大な記事の中から自分に関連する社会問題を探し、理解することは容易ではない。このような問題に対して、本研究では、若年層が社会問題を自分ごととして捉えるために、若年層にとって将来の目標や現実的な課題として身近に感じられる「就職」「結婚」など人生に影響する大きな出来事（以下、ライフイベントと記す）と社会問題との関係性を提示することで解決を目指す。本稿ではその端緒として社会問題からライフイベントに至るまでの関係性を可視化するインタフェースを提案する。

2 提案手法

社会問題は様々な要因が絡み合った構造的な問題であるため、ライフイベントと社会問題をつなげて理解するインタフェースには、(1) 要因間の関係を包括的に把握できる、(2) ライフイベントから社会問題に至るまでの要因間の関係性を把握できる、(3) 要因間の関係性を理解するための根拠となる記事を閲覧できる、という3つの要件が必要だと考えた。これらの要件に基づき図1に示すインタフェースを施策した。このインタフェースは、社会問題とライフイベントの関係を表示する相関関係表示部（図1-A）と、ライフイベントから社会問題に至るまでの因果関係を表示する因果関係表示部（図1-B）で構成される。相関関係表示部では、出生率と高齢化率などの過去10年間のデータをもとにコリレーション分析を行い、各社会問題とライフイベントの相関を赤（負の相関）と青（正の相関）の放射上に配置したグラフで示し、中心からの距離で相関の強さを示した。ユーザは気になるライフイベントを選択することで、選択したライフイベントが社会問題とどの程度関係しているかシステムによって可視化される。因果関係表示部では、原因および結果となる事象をノード、ノード間の因果関係を有向エッジとするネットワーク形式で因果関係を示した。さらにエッジをクリックすることで対応する記事を閲覧できるようにした。ノードの選定には、総務省などの情報をもとに因果関係（e.g., 増税 → 手取りの減少）を設定し、選定したノードに関する記事の選定にはエッジの両端のノードの語句を含む記事を毎日新聞社のデータから64件抽出した。ただし、抽出した記事の中に因果関係が明記されているとは限らないため、因果関係を示す手掛かり表現（e.g., 「ためだ」）をもとに、坂地ら[1]の手法を用いて原因表現と結果表現を抽出し、これら64件が要因間の根拠となる適切な記事かを検証した。例えば、「日本の賃金が上がらないのは、物価が下がり続けるデフレが続くためだ」という文では、「物価が下がり続けるデフレが続く」を原因表現、「日本の賃金が上がらない」を結果表現に該当するため、この文を含む記事を因果関係が明記された記事として判断した。その結果、明記されている記事は10件であることが確認された。

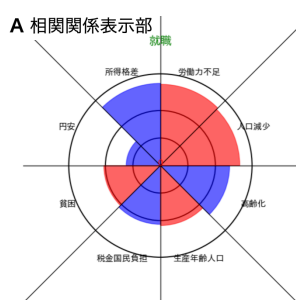


図1 提案インタフェースの外観

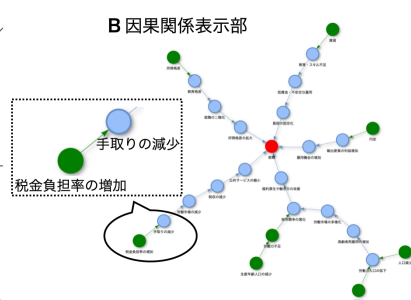


図2 非使用群のインタフェースの外観

3 実験

本実験では、提案するインタフェースが社会問題との関係性を理解しやすくなり、自分ごととして捉えることを促進する効果があるかを検証するため、実験を行った。18歳～23歳の実験協力者20名を、提案するインタフェースを使用する群（以下、使用群と記す）と因果関係を示すエッジを削除し、各ノードに関する情報を単独で表示したインタフェース（図2参照）を使用する群（以下、非使用群と記す）に各々10名ずつランダムに振り分けた。実験では、被験者に興味のあるライフイベントを選択させインタフェースを使用させた。その後、社会問題を自分ごととして捉えられたかを評価するため、三代らの研究[2]を参考に「自分ごとと捉えられるか」に関する8問の問い(e.g., 社会問題が自身の経験とどのように関係しているか考えることが可能になった)を作成した。回答には7段階のリッカート尺度(1: 非常に低い, 7: 非常に高い)を用い、さらに各質問に対して自由回答形式で理由を回答させた。実験の結果、使用群の8つの問いに対する回答の各群の中央値はそれぞれ、使用群が4.00～6.00、非使用群が3.00～5.00の範囲内に分布していた。また、使用群の中央値の平均は5.00、非使用群の平均は3.90であり、Hedgesの効果量 g は1.50であった。この結果から、提案インタフェースが社会問題との関係性を理解しやすくなり、自分ごととして捉えることに一定の効果を持つ可能性が示唆された。使用群での自由回答では「就職活動の際に企業選びに役立たい」などの回答があり、「就職活動の際に」など自身の経験と社会問題を結びつける記述が確認された。一方、非使用群では、「将来、結婚や出産にどのような課題があるか漠然と考えた」といった回答があったことから、社会問題を自分ごととして捉えさせるには十分でない可能性が示唆された。非使用群は関係性を示す可視化表現がなく、根拠となる記事も少ないことから、それらの関係性が理解し難く、自分ごととして捉えることを促進するのに寄与しなかったことが推察される。

4 おわりに

本稿では、若年層が社会問題を自分ごととして捉えるため、ライフイベントとの関係性を可視化するインタフェースを提案した。結果から、関係性を可視化することにより、自分ごととして捉えることを促進することの有効性が示された。一方、根拠となる記事が少ないことも自分ごととして捉えるには十分ではないことが示唆された。今後は対応する記事の抽出数を増加させるための方法を検討する。

参考文献

- [1] 坂地泰紀, 竹内康介, 増山繁, 関根聡: 構文パターンを用いた因果関係の抽出, 言語処理学会第14回年次大会論文集, pp. 1144–1147 (2008).
- [2] 三代純平, 神吉宇一, 米徳信一: 社会課題を「自分ごと」にするプロセス—CCBIに基づく日本語教育実践としての産学連携プロジェクトにおける学び—, 言語文化教育研究, Vol. 21, pp. 111–132 (2023).

ライフイベントに着目した社会問題の可視化インタフェースの提案

情 20-0088 奥村 優太

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 我々の生活に大きな影響を与える社会問題は、様々な事象が絡み合って生じる構造的問題であり、それらが自分にどのように関係するか理解し、関心を持つことは重要である。しかし、社会経験の乏しい若年層にとって、それらを自分ごととして認識するのは容易ではない。また、自身でそれらの事象同士の複雑な関係性を整理し、膨大な記事の中から自分に関連する社会問題を探し、理解することは容易ではない。このような問題に対して、本研究では、若年層が社会問題を自分ごととして捉えるために、若年層にとって将来の目標や現実的な課題として身近に感じられる「就職」「結婚」などライフイベントと社会問題との関係性を提示することで解決を目指す。本稿ではその端緒として社会問題からライフイベントに至るまでの関係性を可視化するインタフェースを提案する。

1 はじめに

1.1 背景

現在の日本で問題となっている、高齢化、少子化、都市と地方における問題などのさまざまな社会問題¹は、様々な事象が絡み合って生じる構造的問題である。例えば、高齢化ではこれらの問題は若年層である自分自身の生活にも影響を及ぼすため、それらが自分にどのように関係するか理解し、関心を持つことは重要である。しかし、これらの問題は若年層に直接影響がある問題は少なく、自分に関連する問題（以下、「自分ごと」と記す）と捉えることは容易ではない。例えば、高齢化が進むことで医療費や年金負担が増大し、結果的に若年層の負担が増える可能性があるが、このような問題の具体的な影響は将来に関わることであり、現状では関係しないことが多いため、日常生活における実感が得にくい。そのため、若年層がこれらの問題を自分ごととして認識することは容易ではない。一方、中高年齢層は増税による金銭的負担が増えるといった実際に社会問題による影響を体験しており、自身の生活と関係しているため若年層と比べると社会問題を自分ごととして認識しやすい。

高齢化や少子化などの社会問題は、社会保障制度の維持困難といった経済的・社会的課題を引き起こすため、多くの場合その解決には税制改革や社会保障制度の見直しなど、政府による政策的な介入が必要になる。しかし、その政策を実行するための意思決定は政治によって行われるにもかかわらず、若年層の政治への興味・関心は低

く、特に投票率の低さが問題視されている。令和4年に行われた参議院議員通常選挙における年代別投票率²によると、20歳代が最も投票率が低く33.99%、続いて10歳代の投票率が34.42%と若年層の投票率は40%を下回る投票率である（図1）。また、選挙で高齢者層の投票率が高いことにより、政策が高齢者優遇に偏りがちであるという現状がある³。これにより、若年層は「政治は自分たちにとって有益な変化をもたらさない」と感じやすくなり、さらに政治への無関心を助長しており、若年層が社会問題を自分ごととして捉えられない一因として挙げられる。日本国籍を持つ日本在住の18～29歳男女5,000人を対象として実施された参議院議員通常選挙（2022年6月）のU30世代の政治意識、投票行動等の把握の調査⁴によると、投票しない理由として「選挙にあまり関心がないから」が最も多く、「投票所に行くのが面倒だから」「忙しい、時間がないから」「私一人が投票しても世の中は変わらないから」「選挙によって政治は良くなれないと思うから」がそれに次いで挙げられており、若年層が政治へ関心を寄せていないことが投票率の低下につながっている。

NPO 法人学生ボランティア学会⁵によると、有権者の

²https://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/news/sonota/nendaibetu/ (2024/12/4 確認)

³<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=58222?site=nli> (2025/1/30 確認)

⁴<https://www.jri.co.jp/company/release/2022/0701/> (2024/12/4 確認)

⁵<https://www.ivusa.com/dv7/wp-content/uploads/2013/07/155f30a02d4775f9a2c1f3e4ebf6c29c.pdf> (2024/12/4 確認)

¹<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd131100.html> (2025/1/27 確認)

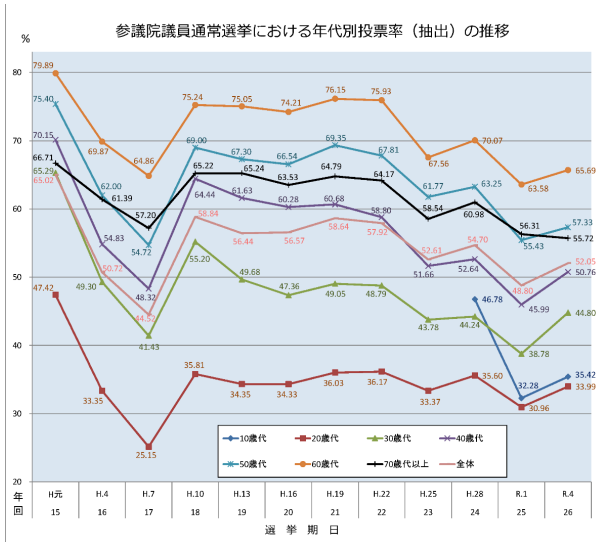


図 1: 参議院議員通常選挙における年代別投票率



図 2: 有権者の世代別人口構成

世代別の人口構成に差があることにより(図2), 票の重さが他の世代に比べ若年層が軽くなり, 世代別に対立するような政策に関して, 若者の意見を政治に十分に反映させづらくさせると言われている⁶. 実際, 中位年齢の高齢化や数的優位を背景として政策決定権を握った高齢者が, 優遇政治を助長すると言われており, 若年層の意見が反映し辛くなっている.⁷ 電通総研⁸によると, 政府が選定した「当事者意識を持つべきだと思うこと」の回答では年代が上がるにつれて当事者意識を持つべきと思う割合が増加しており, 年代平均との差は10%程度低くなっている. また, 18歳から29歳の若年層の20%前後の人が「わからない」と回答しており, 60代以上の年代が10%を下回っていることから若年層の社会問題に対する当事者意識の低さが確認できる.

⁶[https://www.nli-research.co.jp/report/detail?id=40411?site=nli\(2025/1/30 確認\)](https://www.nli-research.co.jp/report/detail?id=40411?site=nli(2025/1/30 確認))

⁷[https://www.esri.cao.go.jp/jp/esri/archive/bun/bun205/bun205e.pdf\(2024/12/4 確認\)](https://www.esri.cao.go.jp/jp/esri/archive/bun/bun205/bun205e.pdf(2024/12/4 確認))

⁸[https://qos.dentsusoken.com/articles/2670/\(2025/1/16 確認\)](https://qos.dentsusoken.com/articles/2670/(2025/1/16 確認))

1.2 課題

社会問題は自身の生活に大きな影響を与えるため, それらが自分にどのように関係するか理解し, 関心を持つことは重要である. しかし, 社会問題は様々な事象が複雑に絡み合っている「構造的問題」であるため, 自身でそれらの事象同士の複雑な関係性を整理し, 膨大な記事の中から自分に関連する社会問題を探し, 理解することは容易ではない. 社会問題を理解するためには情報収集が必要不可欠であるが, 社会問題は構造的問題であるため, 全体像を包括的に理解するのは容易ではない. 構造的問題の様々な要因が複雑に絡み合っている性質上, 関連するニュース記事や情報の量が膨大であるため見るべき量が多くなってしまふ. 情報収集の手段としてインターネットの活用が一般的になる中, 多くのニュースがオンライン上で閲覧できるようになり, 利用者は多様な情報にアクセスしやすくなった. かつてニュースを閲覧する方法としては新聞や雑誌などの紙媒体が主流であったが, 現在ではパソコンやスマートフォンの普及に伴い, 電子化されたニュース記事をブラウザやアプリケーションを通じて手軽に閲覧できるようになっている. ニュースの情報源についてのアンケート調査⁹によると, Z世代(本記事では1996年~2010年生まれ)のニュースの情報源としては「テレビ」が最も多く, 「SNSやニュースアプリ, サイト」「新聞」「ラジオ」がそれに次いで挙げられている. Z世代では新聞やラジオといった情報源が利用されなくなりつつあり, インターネットを利用した情報収集が一般化していることがわかる. 例えばYahoo! ニュース¹⁰では1日で約6,000本のニュース記事が配信される¹¹. インターネットに一度公開されたニュース記事は残り続けるため, ユーザが閲覧可能なネットニュースの記事数は増加していく. そのため, 大量のニュース記事にアクセスが可能になるメリットがある一方で, ユーザが得る情報量が増えてしまう. その結果, ユーザが関心を持つニュースに関する情報を効率よく収集することや, 全体を俯瞰しながら整理することには時間がかかってしまうという問題が発生する. そのため, 大量にあるニュース記事からユーザが必要な情報を容易に理解することが必要になる.

ユーザは必要な情報を集める際に主にネット記事を利用するが, ネット記事は検索ボックスから検索したいキーワードを入力することで関連性の高い記事や新しく更新された記事が上位に表示されるようになっており, 最新の知識を簡単にインプットできるという特徴がある. その反面, ニュース記事を理解するために前後にある背

⁹[https://career-research.mynavi.jp/column/20230307_40341/\(2023/11/24 確認\)](https://career-research.mynavi.jp/column/20230307_40341/(2023/11/24 確認))

¹⁰[https://news.yahoo.co.jp/\(2024/12/4 確認\)](https://news.yahoo.co.jp/(2024/12/4 確認))

¹¹[https://news.yahoo.co.jp/newshack/pr/infographics/index.html\(2024/12/4 確認\)](https://news.yahoo.co.jp/newshack/pr/infographics/index.html(2024/12/4 確認))

景や過去の出来事を知ることが重要であるが、普段からニュースを閲覧していなければ、理解するのは簡単ではなく、どのような社会問題が原因になっているかまで辿るのは容易ではない。例えば、日本の低賃金の原因を辿ると高齢者の増加という社会問題に繋がる。しかし、検索ボックスでの「日本の低賃金 原因」と検索を行った場合、最終的な原因は出力されず、直接的に関係のあるデフレーションの問題が検索結果として出力されやすい。そのため、ユーザの関心がデフレーションの問題で終わってしまい、根本となる原因に高齢化という問題にまで意識が向かない。そのため、ユーザが社会問題についての理解をする場合、日本の低賃金から高齢化に至るまでの関係性を知るのが有効であるという考えが、現在のネット検索の手法だと記事の中から因果関係となる部分を読み、原因となる部分を再度検索バーで検索するという繰り返しを何度も行う必要がある。また、記事には自分が意図している内容とは異なる情報が記載されている記事が該当記事として表示される可能性もあり、ニュースの内容理解に必要な因果関係を知るのも容易ではない。そのため、ユーザは自分の関心のある出来事がどのような社会問題と結びついているかを検索サイトから調べる必要がある。しかし、これには多大なる労力が必要となり、社会問題との関係性を理解することは困難である。そのため、社会問題との関係性を理解するためには、普段からニュースを閲覧しないユーザでも必要とする知識を得ることができ、ニュース記事間の因果関係を把握できることが重要になる。また、因果関係を理解する上で相関関係は様々な要因の関係性を直感的に把握でき、因果関係の仮説形成が可能になると考えられ、社会問題のような様々な要因が原因の構造的問題の場合、相関関係の提示は因果関係理解のアプローチになるため必要になると考えられる。

1.3 本研究の目的と提案

1.1 節で述べたように、若年層は社会問題が自身に直接影響がないことから自分ごとと捉えることが容易ではなくなっている。そこで本研究では、社会問題を自分ごとと捉えることを目的とし、若年層にとって将来の目標や現実的な課題として身近に感じられる「就職」「結婚」「出産」など人生に影響する大きな出来事（以下、ライフイベントと記す）と社会問題との関係性を可視化するインタフェースを提案する。

2 関連研究

ニュース記事の理解を目的とした研究は、自然言語処理や情報可視化などの研究分野で様々な視点から行われており、政治家の活動内容に着目した政治への関心度を高める研究も行われている。

2.1 ニュース記事の理解支援を目的とした研究

福井ら [16] は、大規模データの可視化手法として、拡張された Sequence-based SOM（以下、SBSOM と称す）を使用し、クラスタの時間的推移を示した。SBSOM によって生成されたマッピングから、トピックごとに報道のホットさをグレースケールで表示することで、トピックの派生や収束が観察された。しかし、複数の可視化を組み合わせることで関係を理解する必要があるため、ニュースを普段から閲覧しないユーザにとって適切な可視化ではないと考えられる。

堀江ら [18] は、ニュース記事の効率的な理解のために、具体的要素を含まないニュース記事に対応する具体的な事象を抽出し、関係事象の組織化を行うことでニュースの理解支援を行った。関連記事から SVO タプルの抽出を行い具体事象の抽出を行った。堀江らの研究の場合、特定のキーワードを主語とした SVO タプルの抽出ができなかったため、抽出された具体事象の類似語を用いて主語と具体事象が関連しているかを検証する実験を行った。その結果、30 % 程度の正解率を得られた。

河田ら [7] は、情報変化グラフと重要情報グラフの 2 つを作成し、時系列情報に関する理解を支援した。これらのグラフでは、ニュース記事から抽出された形態素をノードとし、情報変化グラフでは単語の前区間での存在を色で示し、時間の経過に伴う単語の変化を可視化した。一方、重要情報グラフでは報道された日時ごとに重要なノードを計算し、高頻度の単語と低頻度の情報を色で表現し、情報を確認できるようにした。しかし、使用したニュース記事は 1 つの話題に関連し、記事数も 14 記事と少ないため、長期的に報道されるニュースを包括的に理解するには不十分であると考えられる。

鈴木ら [12] は、経済や政治などの分野で長期に渡って報道されるニュースでは、記事に登場する人物や組織が話題の推移に伴って変化する点が内容の理解を妨げていると指摘し、ニュース記事に掲載されている人物名や組織名を相関図として可視化することで、ニュースの内容理解の促進を試みている。この手法は、あるトピックに関わる個人や団体を把握することは容易になるものの、トピックの時間的な推移を包括的に理解するには十分でない。

齋藤ら [8] は、長期間報道されるニュースに対しての理解支援を行った。長期間にわたり報道されるニュースは局面の経時的変化が起こるため、報道の初期段階から注意してニュースを閲覧していないと、そのニュースの推移を遡って理解することは困難である。そこで、話題ごとにクラスタリングを行い、話題ごとの記事数を時系列で可視化することでユーザへ長期間報道されるニュースの理解支援を行った。しかし、可視化をすることでトピック間の関連性を把握し難く、ノードに付与するラベ

ルは単語ではわかりにくいという問題点がある。

田中ら [15] は、ニュース記事から、ニュース記事の本文中に現れる人物、組織、出来事、場所、建造物など（以下、エンティティと記す）を抽出し、文書の特徴をグラフで表現することで、文書の構成要素をランキング付けするアルゴリズムである TextRank に類似する手法を用いて、文章の構成要素が高いとされたエンティティを重要度が高いとした。その重要度でランキング付けを行い、背景知識が記事の理解にどの程度有用であるかを確認した。その結果、提案手法によるエンティティのランキングはいくつかの場合において有効であるが、エンティティのみでは有用な背景知識を取得することが困難であることがわかった。

2.2 政治への関心度や政治とニュース記事に関する研究

竹中ら [13] は、多岐にわたる議員活動の内容を可視化することによる理解支援を行った。ニュース記事から議員名を含む記事を抽出し、記事のカテゴリーを SVM で分類した。そして、議員ごとに関連カテゴリーの出現分布を可視化し、さらにニュースの扱い方から特徴的な活動を強調表示した。結果、提案手法が議員の関連カテゴリーの違いや特徴的な活動の把握に有用であることが確認された。一方で、記事数が少ない議員の特徴を捉えるのが難しいことも判明した。議員情報を統合して補完的に表示する手法や、記事記載箇所の情報を詳細に反映させる手法などの改善、他のテキスト情報との関連付けも課題としてあげられる。

田中ら [14] は、新聞社が公共事業に対して行った批判報道の傾向を時系列で分析した。新聞記事の見出しや本文に含まれる公共事業に関連する単語の掲載回数から、公共事業に対するポジティブやネガティブと捉えられる報道がされた時期の推移やその背景について考察している。特に、公共事業関係費が増加した際にネガティブな報道が増加していることが明らかになった。

細貝ら [17] は、新聞記事を用いてマスメディアが政治に与える影響力を調査した。特に、新聞記事で報道される内閣に関する内容が内閣支持率の変動に影響を与えるかを検証し、新聞社説のテキストの文末表現に焦点を当ててポジティブ・ネガティブを定量化した。結果、新聞記事の報道が内容がポジティブの場合は内閣支持率が上昇し、ネガティブの場合は下降するとの考察している。

今井ら [5] は、2003 年と 2005 年の衆議院議員総選挙のデータを用いて、有権者が持つ政治的知識量が投票行動にどのように影響を及ぼすかの分析を行った。分析は、政治的知識量とその他の独立変数（政党好感度、争点態度、保革自己定位、内閣業績評価、景気向上感、暮らし向き向上感）との交互作用を考慮して行った。分析の結果、政治的知識の低い人ほど自民党（候補）に投票する

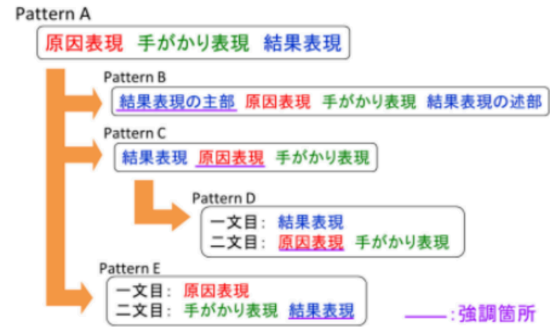


図 3: 各パターンの関係図（文献 [9] より引用）

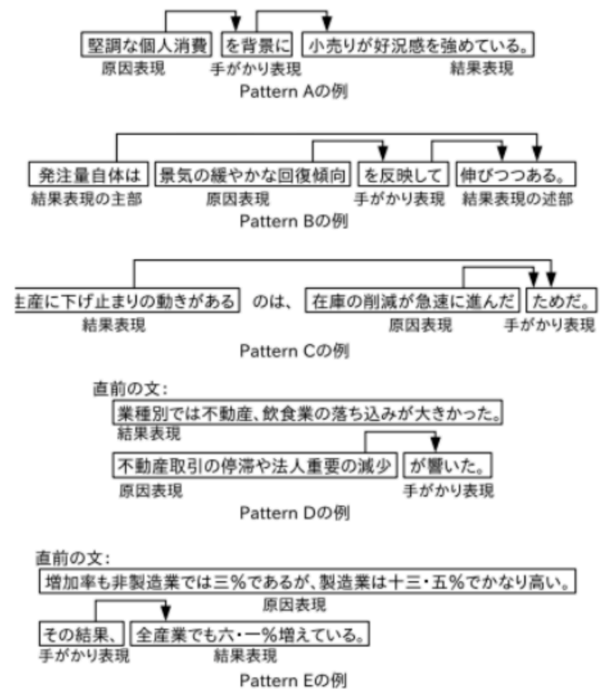


図 4: 各パターンの因果関係列（文献 [9] より引用）

確率が有意に高いという傾向が確認された。また、さらに、投票行動を説明する各要因の規定力が、どの程度政治について知っているかによって異なるという、政治的知識量の「条件付け効果」の存在が確認された。

2.3 主体的に捉えることや考え方に関する研究

三代ら [19] は、CCBI(Critical Content-Based Instruction)に基づき、日本語教育を通じて社会問題を自分ごと化するプロセスを解明することを目的とした。学生と企業が協働してインクルーシブな社会を創造する活動取材し、社会課題の解決へ向けたオンラインイベントを開催し学生が何を学んだのか考察を行った。考察の結果、過去の自分の経験とテーマを結びつける段階と現在の自分の経験を拡張する段階の 2 つのプロセスがあることがわかった。

加藤 [6] は、社会文化理論の視点より、日本語教室にお

ける学習者の主体性に基づく自発的発話の生起要因を明らかにすることを目的とした。実習生を対象に、授業録画・録音データを基に談話を分析し、発話を「参加的」、「詮索的」、「自律的」、「専心的」の4種類に分類した。その結果、学習者は教師の待ち時間やリヴォイス（発話の再構築）、他の学習者の発話、非言語的の手がかりといった媒介手段を利用することで、自発的に発話する主体性を発揮していることが示された。また、これらの要因が、教室内での学習者の主体的な行動や発話を促進する役割を果たしていることがわかった。

Deci ら [1] は人間がどのようにして動機づけられるかの要因を調べるため何を達成したいかの目標と何で達成したいかの動機との関係性を明らかにした。自己決定理論という心理学の理論に基づき人間の行動を分析し、研究の結果、人間の行動は、内発的な動機づけと外発的な動機づけという2つの動機づけが必要ことがわかった。また、学習においては自己決定感が高まると、内発的な動機づけが促進され、より深い学習が期待されることがわかった。

Dweck ら [2] は成長マインドセットという概念を提唱し、成長マインドセットが個人の成長や成功にどのように影響するかを研究した。結果、成長マインドセットを持つ人は失敗を成長の機会と捉え、積極的に課題に取り組み、新しいことを学ぶことに意欲的で、学習過程を楽しむ傾向があることがわかった。成長マインドセットという概念を持っている人は内発的な動機が生まれ個人の成長に重要な役割を果たすことが示唆された。

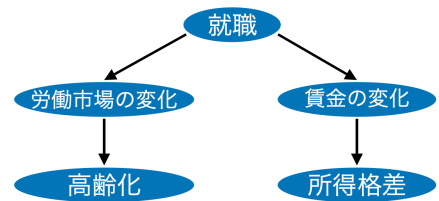
Flavell ら [3] は、自分自身の思考や認知プロセスを意識し、客観的に捉え、それを制御する概念であるメタ認知が学習などのどのように関係しているかを研究した。メタ認知が高い人は学習に対して、計画、調整、強みや困難性を理解し、適切な学習方法を選択できると示唆され、「なぜ学んでいるのか」、「なぜこの方法を選択したのか」など自問自答することがメタ認知の発育を向上できることが提唱された。

2.4 因果関係の取得方法に関する研究

坂地ら [9] は、文章から因果関係を抽出する手法として、新聞記事から因果関係を含む文を自動的に抽出する手法を提案した。手掛かり表現に基づいた因果関係を含む文の抽出を行った後、それらの文を5パターンに分類した（図3参照）。それぞれのパターンごとに原因表現と結果表現を抽出した（図4参照）。その結果、高い精度で因果関係を有する文章を取得した。

坂地ら [10] は、新聞記事から因果関係を含む文を自動的に抽出する手法を提案した。因果関係の存在を示す手掛かりとなる表現（以下、手掛かり表現と記す）に基づいた因果関係を含む文の抽出を行った。その結果、高い精度で因果関係を有する文章を取得された。

気になるライフイベントを選択
● ○ ○ ○ ○
就 出 結 転 退
職 産 婚 職 職



.....
・労働市場の変化と高齢化の記事
https://.....
・就職と賃金の変化の記事
https://.....

図 5: 想定する可視化インタフェース

坂地ら [11] は、企業の決算短信 PDF から業績要因に関する原因・結果表現を自動抽出する手法を開発することを目的とした。企業の Web ページから収集した決算短信 PDF を対象に、機械学習 (SVM) と構文情報を用いた手法を適用した。その結果、決算短信特有の Prefix Pattern を活用することで従来手法よりも高精度な原因・結果関係の識別が可能であることを明らかにした。

2.5 本研究の位置付け

2.1 節では、ニュース記事の理解にはクラスタリングによるグループ分けや時系列によって変化する記事をトピックごとに分けて可視化することが有効であることを挙げた。

2.3 節では、物事を主体的に考えるには自分の経験や環境と照らし合わせて考えること、自分の経験を拡張することなど、それぞれのプロセスが必要であることや動機づけを行うことで深い学習ができることを挙げた。

本研究では若年層に対して、社会問題と自分ごとと捉えることを目的とした社会問題と自身の関係性の可視化インタフェースの実現を目指す。その端緒として、社会問題と自身の関係性が可視化されるインタフェースを提案し、若年層が社会問題を自分ごとと捉えられるかについて検証する。

3 デザイン指針

本章では、システムを作成するにあたり、システムが満たすべきデザイン指針を定義し、そのデザイン指針を満たすシステムの作成手法について述べる。

3.1 システム要件

本研究で対象とするユーザは、ニュースを普段から閲覧することのない若年層を対象としている。対象ユーザが自分に関係する社会問題について理解を深めたいと感じた時、自分に関係してくるニュースを閲覧することが

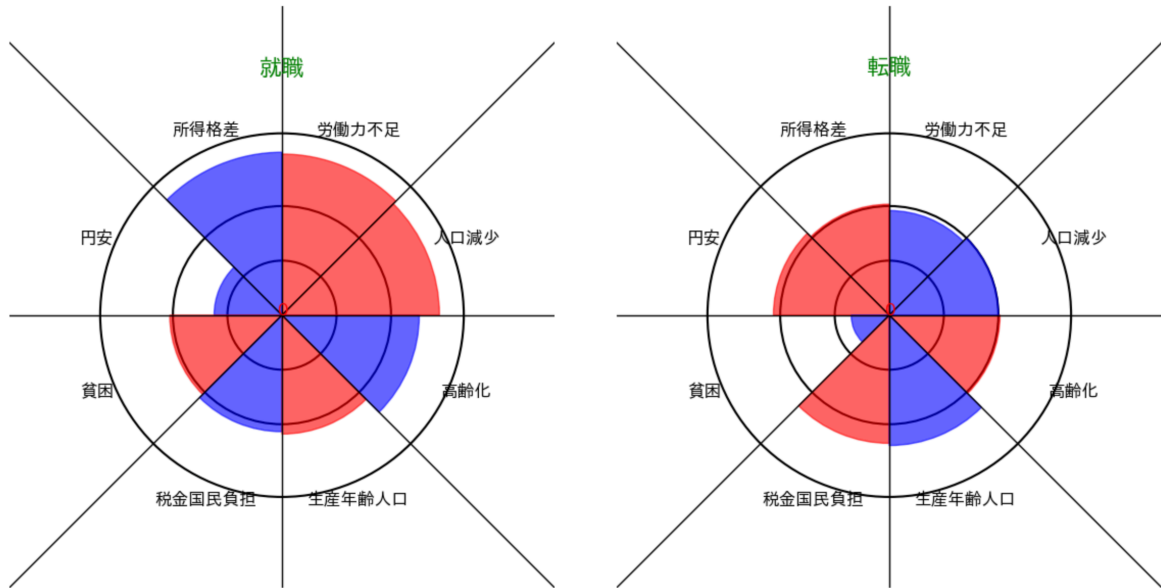


図 6: 提案システムの外観 (相関関係)

考えられる。その際、対象ユーザは知識不足により、自分に関係してくる出来事がどのような社会問題と関係しているのか把握することや、自分にどのような影響が起るかを理解することは容易ではない。1.2 節のように、構造的問題は様々な因果関係が交わり合っているため自身にどのような関係があるのか理解し難い。そこで本研究では社会問題を自分ごとと捉えるためには、社会問題との関係性を提示することが必要だと仮定し、ユーザと社会問題との関係性を相関関係や因果関係を可視化させることで支援を行う。本研究で扱う構造的問題を以下に示す。

構造的問題

”円安”，”貧困問題”，”高齢化”，”労働力不足”，”人口減少”，”生産年齢人口”，”税金負担”，”所得格差”

社会問題は様々な要因が絡み合った構造的問題であるため、対象ユーザは自分にどのような構造的問題が関係しているのかわからず、構造間の関係性を理解するのは容易ではない。そのため、若年層にとって将来の目標や現実的な課題として身近に感じられる「就職」などのライフイベントと社会問題をつなげて理解するインタフェースには要因間の関係を提示し、関係性を把握できる必要がある。

以上より、システムが満たすべきデザイン指針を以下の3点に集約した。

- 要因間の関係を包括的に把握できる
- ライフイベントから社会問題に至るまでの要因間の関係性を把握できる
- 要因間の関係性を理解するための根拠となる記事を

閲覧できる

3.2 使用するライフイベント

本研究で使用するオリックス銀行のライフプランに関する記事¹²などを参考に選定し、本研究で使用するライフイベントを以下に示す。

ライフイベント

”就職”，”転職”，”結婚”，”出産”，”退職”，”起業”

3.3 想定する可視化表現

社会問題の関係性を理解し、ある問題が起こる原因を見つけ、再検索を行い根本となる原因を見つけ出すには多大な労力を必要とする。そのため、提案するインタフェースではユーザが社会問題からライフイベントまでの要因間の繋がりを理解でき、社会問題が自身のライフイベントとどのように関係しているかを容易に理解することが必要である。また、ユーザが気になるライフイベントが社会問題とどの程度関係しているか可視化され、要因間の関係性を包括的に把握することを可能にする。想定するインタフェースを図5に示す。

4 実装

本章では提案手法を実装するために行った処理について述べる。

¹²<https://www.orixbank.co.jp/column/article/280/> (2024/12/5 確認)

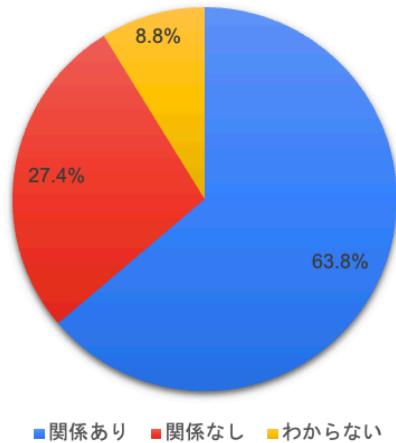


図 7: 因果関係のノードの有効性

4.1 社会問題とライフイベントの相関関係

社会問題の関係性を包括的に把握するために相関関係の可視化を行った。システムのインタフェースを図 6 に示す。相関関係には 2010 年から 2020 年までの 10 年間の高齢化率などのデータを用いた。ライフイベントのデータと社会問題のデータを以下に示す。

ライフイベントのデータ

”出生率”, ”就職率”, ”転職率”, ”婚姻率”, ”離職率”, ”開業率”

社会問題のデータ

”高齢化率”, ”人口減少率”, ”労働力人口”, ”所得のジニ係数”, ”為替レート”, ”貧困率”, ”税金負担率”, ”生産年齢人口率”

それぞれのデータをもとに相関分析を行い、各社会問題とライフイベントの相関を赤（負の相関）と青（正の相関）の放射上に配置したグラフで示し、中心からの距離で相関の強さを示した。

4.2 社会問題とライフイベントの因果関係

次に因果関係の可視化を行った。提案するシステムのインタフェースを図 8 に示す。因果関係の可視化には vis.js¹³ を使用し原因及び結果となる事象をノード、因果関係の繋がりを有効エッジで表現し、有効エッジをクリックすることで対応する記事を閲覧できるようにした。まず、ノードの選定には総務省や NHK ニュースなどのネット記事の情報をもとに因果関係（e.g., 税金の増加 → 手取りの減少）を「税金の増加によって起こる問題」のようにして検索を行い、ライフイベントに関係するまで選定した。同様の方法でライフイベントまで検索を行い「税金の増加 → 手取りの減少 → 生活コストの増加 → より良い収入の必要性 → 転職」のように社会問題とライフイ

ベントの間にある流れを選定した。選定した因果関係のノードの有効性を検証するため、ランダムに選定した 10 個の選定したノードの関係性を「関係あり」、「関係なし」、「わからない」の 3 択で選択してもらう実験をクラウドワークス¹⁴のクラウドソーシングを利用し、204 人に対して実施した。結果を図 7 に示す。選定したノードに関する記事の選定にはエッジの両端のノードの語句を含む記事を毎日新聞社の 2016 年の 1 年間分（83,668 件）の新聞記事のデータから抽出した。ただし、抽出した記事の中に因果関係が明記されているとは限らないため、坂地らの手法を用いて原因表現と結果表現を抽出した。本研究で使用した手がかり表現を以下に示す。

手がかり表現

”よる”, ”ため”, ”から”, ”背景”, ”受ける”, ”きっかけ”, ”要因”, ”原因”, ”理由”, ”影響”

このうち、「よる」は品詞が動詞であった場合、「から」は接続助詞であった場合、因果関係があるとした。それ以外の手掛かり表現には、形態素解析を行った後に形態素をレンマ化し、得られた見出し語が設定した手掛かり表現に一致している場合に因果関係があるとした判断する手法を採用している。抽出した因果関係を持つ文章から、坂地らの手法を用いて原因表現と結果表現を抽出した。例えば、「出費がかさむ原因には、お金の流れを把握できていないことが挙げられる」という文章では、「原因」が手がかり表現となり、「お金の流れが把握できていない」が原因表現、「出費がかさむ」が結果表現となる。その結果、税金の増加 → 手取りの減少のような場合、原因に税金の増加、結果に手取りの減少のように明記されている記事は 10 件であることが確認された。

5 実験

本実験では、提案するインタフェースが社会問題との関係性を理解しやすくなり、自分ごととして捉えることを促進する効果があるかを検証するため、18 歳から 23 歳の若年層を対象に実験を行った。

5.1 自分ごとと捉えられるかの実験

実験協力者 20 名を、提案するインタフェースを使用する群（以下、使用群と記す）と因果関係を示すエッジを削除し、各ノードに関する情報を単独で表示したインタフェース（図 9 参照）を使用する群（以下、非使用群と記す）に各々 10 名ずつランダムに振り分けた。実験では、被験者に興味のあるライフイベントを選択させインタフェースを使用させた。システム使用後、自分ごととして捉えられていつかのアンケートに回答してもらい両システムを比較した。その後、社会問題を自分ごととして捉えられたかを評価するため、三代らの研究 [19] を参考に

¹³<https://visjs.org/> (2024/12/5 確認)

¹⁴<https://crowdworks.jp/> (2025/1/27 確認)



図 8: 提案インタフェースの外観（因果関係）

「自分ごとと捉えられるか」に関する 8 問の問い (e.g., 社会問題が自身の経験とどのように関係しているか考えることが可能になった) を作成した。作成したアンケート項目を表 1 に示す。回答には 7 段階のリッカート尺度 (1: 非常に低い, 7: 非常に高い) を用い, さらに各質問に対して自由回答形式で理由を回答させ, 7 段階の評価アンケートを補完するための定性的評価として, 各質問に対する自由記述形式の回答を併用した実験を実施した。アンケートの結果を表 2 に示す。

5.2 ユーザ実験の結果

実験の結果, 使用群の 8 つの問いに対する回答のうち使用群の中央値の平均は 5.00, 非使用群の平均は 3.90 であった。結果を表 2 に示す。使用群と非使用群を比較するため Hedges の効果量 [4] による検定を行った。効果量用の標準偏差は算出式 (1) で求める。

$$s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (1)$$

ここで, n_1 は使用群のサンプル数, n_2 は非使用群のサンプル数, s_1 は使用群の標準偏差, s_2 は非使用群の標準偏差を示す。効果量は算出式 (2) で求める。

$$g = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_d} \quad (2)$$

ここで, $\bar{x}_1$ は使用群の中央値の平均, $\bar{x}_2$ は非使用群の中央値の平均, S_d は, 効果量用の標準偏差 s を示す。結果 Hedges の効果量 g は 1.50 であった。この結果から, 提案インタフェースが社会問題との関係性を理解しやすくなり, 自分ごとと捉えることを促進することに一定の効果を持つ可能性が示唆された。使用群での自由回答では「就職活動の際に企業選びに役立てたい」, 「自分の周りの環境と学歴や教育の違いがわかった」などの回答があり, 「就職活動の際に」, 「自分の周りの環境」など自身の経験や環境と社会問題を結びつける記述が確認された。一方, 非使用群では, 「将来, 結婚や出産にどのような課題があるか漠然と考えた」などの回答があったことから, 社会問題を将来の出来事と捉え, 自分ごとと捉える指標である自身の経験とどのように関係しているかを混同させて考える事ができないような記述が確認された。

6 考察

本章では実験結果から考えられる課題や考察について述べる。

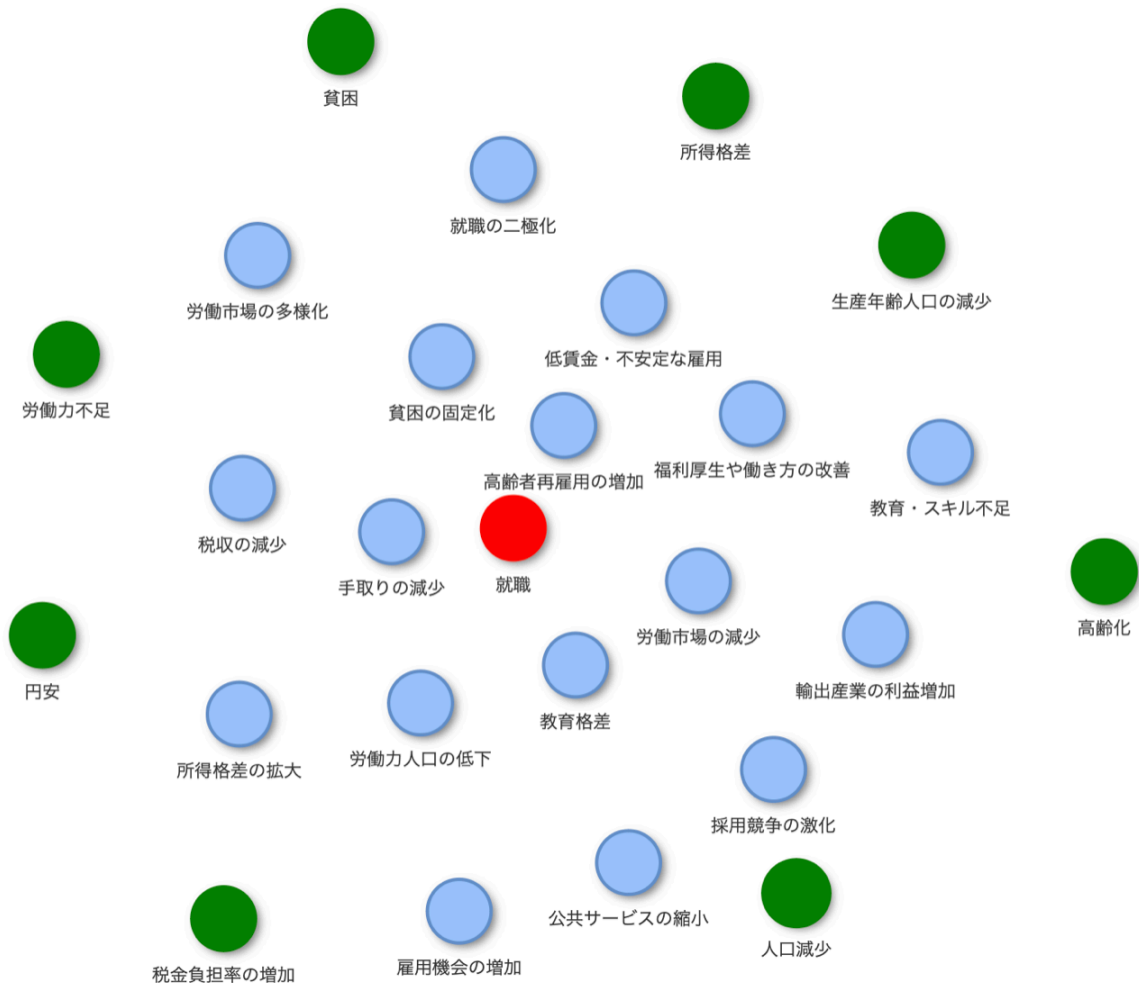


図 9: 非使用群のインタフェース

6.1 記事の抽出

4.2 節で、ノード間の適切な記事は 10 件であることを挙げた。ノードの語句を含む記事が 64 件に対し、適切な記事が 10 件であったことから、適切な記事数が少ないことにより、ノード間の因果関係に関する理解が難しく、自分ごととして捉えることを促進することに寄与しなかったと考えられる。適切な記事数が少ないことにより、ノード間の因果関係に関する理解が難しく、自分ごととして捉えることを促進することに寄与しなかったと考えられる。この問題を解決するためにはノードの語彙を類似語などを使用することで拡張させ、該当する記事件数を増幅させることが必要であると考えられる。

6.2 ノードの選定

4.2 節で自身で選定した因果関係を示すノードの有効性は 64%であることを挙げた。「高齢化 → 労働力人口」の減少のように公的なサイト¹⁵に記載されているノード

¹⁵<https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/roudou/11/d1/01-1-3.pdf> (2025/1/30 確認)

は、高い割合で「関係あり」と判断された。しかし、「採用競争の激化 → 福利厚生や働き方の改善」など一般的に議論される機会が少ない内容の場合、詳細を理解していないと「関係なし」と判断されることが考えられる。社会問題を自分ごとと捉えるためにはノードによる情報が関係性を包括的に理解するために重要な情報源であるため、ニュースで報道されたりするような一般的に認知されている事象が記載されているノードが必要になると考えられる。

6.3 社会問題を自分ごとと捉える

2 節で社会問題を自分ごとと捉えられているかのアンケートの結果使用群と非使用群には効果量による差があり、自分ごとと捉えることを促進するのに一定の効果が見られることを挙げた。使用群では自身の経験と照らし合わせた記述が確認されたが非使用群ではそのような記述は確認されず、自分ごととして捉えさせるには十分でない可能性が示唆された。非使用群は関係性を示す可視化表現がなく、原因と結果となるノードみの表示されているため、ノード間の関係性が理解し難しく、社会問題と

表 1: アンケート項目

①	この社会問題が自身の経験とどのように関連しているかを考えることが可能になったか
②	この社会問題が自身の価値観にどのように関係しているかを考えることが可能になったか
③	この社会問題を解決するために自身ができることを考えることができたか
④	この社会問題について自身にも責任があると感じたか
⑤	この社会問題が自身にとって重要であると考えられたか
⑥	この社会問題に取り組むことが自身にとって有意義であると考えられるか
⑦	この社会問題を解決するプロジェクトがあれば参加したいと思ったか
⑧	この社会問題について自ら行動を起こそうと思ったか

表 2: 7 段階評価アンケートの結果

アンケート項目	使用群	中央値	非使用群	中央値
①	5.7	6.0	5.1	5.0
②	5.1	5.0	3.9	4.0
③	4.7	5.0	4.0	3.0
④	3.3	5.0	3.6	3.5
⑤	6.2	5.0	5.4	5.0
⑥	5.9	5.0	4.5	4.0
⑦	5.1	5.0	3.8	4.0
⑧	3.9	4.0	3.0	3.0

ライフイベントがどのノードと対応してつながっているかを理解できないため、自分ごとと捉えることを促進するのに寄与しなかったことが推察される。また、根拠となる記事も少ないことから、可視化表現によって得られない情報も得ることができず、それらの関係性が理解するのが困難であったことも要因の 1 つと考えられる。

7 終わりに

本稿では、若年層が社会問題との関係性を理解し、自分ごととして捉えられることを促進するため、ライフイベントとの関係性を可視化するインタフェースを提案した。結果から、社会問題との関係性を可視化することにより、それらの関係性を理解しやすくなり、自分ごとと捉えることを促進することの有効性が示された。一方、根拠となる記事が少ないことも自分ごとと捉えるには十分ではないことが示唆された。今後は対応する記事の抽出数を増加させるための方法を検討する。

8 謝辞

本研究を進めるにあたり様々なご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部の下田光範教授に厚く感謝を申し上げます。また、多大な助言をいただきました、松下研究室の大学院生の先輩方に心より感謝申し上げます。

研究や議論を通して共に過ごしてきた、同期である松下研究室 14 期生、15 期生の皆様に心より感謝いたします。

最後に、大学生活を見守り支えてくださった両親と兄に深く感謝し、謝辞とさせていただきます。

参考文献

- [1] Deci, E. L. and Ryan, R. M.: The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior, *Psychological inquiry*, Vol. 11, No. 4, pp. 227–268 (2000).
- [2] Dweck, C.: Carol Dweck revisits the growth mindset, *Education week*, Vol. 35, No. 5, pp. 20–24 (2015).
- [3] Flavell, J. H.: Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry., *American psychologist*, Vol. 34, No. 10, p. 906 (1979).
- [4] Hedges, L. V.: Estimation of effect size from a series of independent experiments., *Psychological bulletin*, Vol. 92, No. 2, p. 490 (1982).
- [5] 今井亮佑: 政治的知識と投票行動, 年報政治学, Vol. 59, No. 1, pp. 1.283–1.305 (2008).
- [6] 加藤伸彦: 教室内における学習者の主体性 社会文化理論から見た自発的発話の分析, 言語文化教育研究, Vol. 19, pp. 175–196 (2021).
- [7] 河田裕成, 赤石美奈, 細部博史: 事象情報グラフの操作による時系列情報の可視化, 人工知能学会全国大会論文集 第 32 回 (2018), p. 2O103 (2018).
- [8] 齋藤藍, 松下光範: 長期間報道されるニュース記事を対象とした話題推移の可視化による内容理解の支援, 情報処理学会研究報告, Vol. 2022, No. 8, pp. 1–8 (2022).
- [9] 坂地泰紀, 竹内康介, 増山繁, 関根聡: 構文パターンを用いた因果関係の抽出, 言語処理学会第 14 回年次大会論文集, pp. 1144–1147 (2008).
- [10] 坂地泰紀, 増山繁: 新聞記事からの因果関係を含む文の抽出手法, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 94, No. 8, pp. 1496–1506 (2011).
- [11] 坂地泰紀, 酒井浩之, 増山繁: 決算短信 PDF からの原因・結果表現の抽出, 電子情報通信学会論文誌 D,

Vol. 98, No. 5, pp. 811–822 (2015).

- [12] 鈴木聖乃, 岩崎有基, 松下光範: 人物関係の可視化におけるニュースストリームの理解支援, 第 17 回情報科学技術フォーラム予稿集, pp. 283–284 (2018).
- [13] 竹中未来, 松下光範: ニュース記事の分類に着目した議員活動可視化手法の提案, pp. 9–15 (2021).
- [14] 田中皓介, 中野剛志, 藤井聡: 公共政策に関する大手新聞社説の論調についての定量的物語分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 69, No. 5, pp. I.353–I.361 (2013).
- [15] 田中祥太郎, 田中克己ほか: ニュース記事の理解支援のための背景知識抽出と補完, 研究報告データベースシステム (DBS), Vol. 2014, No. 17, pp. 1–6 (2014).
- [16] 福井健一, 斉藤和巳, 木村昌弘, 沼尾正行: クラスタのダイナミクスを可視化する Sequence-based SOM に関する一考察, 人工知能学会第二種研究会資料, Vol. 2007, No. DMSM-A701, p. 04 (2007).
- [17] 細貝亮: メディアが内閣支持に与える影響力とその時間的変化: 新聞社説の内容分析を媒介にして, マス・コミュニケーション研究, Vol. 77, pp. 225–242 (2010).
- [18] 堀江伸太郎, 切通恵介, 馬強ほか: 関係事象の組織化によるニュース記事の理解支援, 研究報告情報基礎とアクセス技術 (IFAT), Vol. 2015, No. 15, pp. 1–6 (2015).
- [19] 三代純平, 神吉宇一, 米徳信一: 社会課題を「自分ごと」にするプロセス CCBI に基づく日本語教育実践としての産学連携プロジェクトにおける学び, 言語文化教育研究, Vol. 21, pp. 111–132 (2023).

ニュースに対するコメントの属性提示が 意見形成に与える影響の調査

井上梨々花

ニュースに対するコメントの属性提示が意見形成に与える影響の調査

情 21-0052 井上 梨々花

指導教員 松下 光範

1 はじめに

オンラインニュース記事におけるコメントは、記事の補足情報や投稿者の体験に基づく意見などが含まれ、多様な観点を提供する役割を担う。コメントを閲覧することにより、新しい考え方や情報に触れる機会が増え、より多角的な観点からの意見形成が可能となる一方で、コメントの文体や表現によっては、閲覧者が内容を十分に理解しないまま読み飛ばしたり、注目しなかったりする場合もある。特に、難読なコメントや感情的なコメントには注意が向き難いことが指摘されている [1]。難読なコメントは認知的負荷が高く読むのに時間を要すること、感情的なコメントは強い感情表現が不快感を誘発することが、読み飛ばしの原因とされる。しかし、読み飛ばされやすいコメントの中にも有益な情報を含むものもあるため、それらを読み飛ばさないような提示の工夫が重要である。

そこで本研究では、コメントの内容把握の手がかりとなる属性情報ラベルを付与し、閲覧者に提示する仕組みを提案する。これにより、コメントの意図や目的が明確になるため、閲覧者がコメントの有益性を直観的に判断できるようになり、認知的負荷の軽減が図られる。その結果、従来注目されにくかった意見にも目が向けられ、より多角的な観点からの意見形成につながると期待される。本稿ではその端緒として、属性ラベルの提示が閲覧者の意見形成や情報選択に与える影響を検証する。

2 提案手法

本研究ではコメントの内容把握に資する属性情報ラベルとして、「対象」「態度」「役割」の3つのラベルを付与する。「対象」はコメントが何に対して言及しているのかを示す属性であり、問題、発言者、世論、メディアのカテゴリに分類する。これにより、意見の焦点が明確になり、情報の解釈が容易になる。「態度」はコメント投稿者の記事に対する立ち位置を示す属性であり、賛成、反対、中立、混同、言及無のカテゴリに分類する。これにより、コメントの全体像が把握しやすくなり、認知的負荷を軽減する効果が期待できる。「役割」はコメントが記事に対してどのような意図や目的を持つかを示す属性で、提案、考察、補足、疑問のカテゴリに分類する。これにより、閲覧者はコメントが自分の求める情報に合致しているかを直感的に見極められ、その有益性を判断する手助けとなる。

ラベルの付与については、ChatGPT4-o を用いて行った。3つの属性の各カテゴリの定義を定め、プロンプトを生成し、その定義とニュース記事、その記事に対するコメントを入力とすることで、各コメントに対して定義に沿ったラベルを出力させ、それをラベルとして採用した。

3 実験

各コメントに付与したラベルが情報選択及び意見形成に与える影響を検証するため、記事とコメントをもとに意見形成を行わせる実験を行った。実験参加者は Yahoo!クラウドソーシングを用いて集められた 200 人とした。このとき、年齢や性別などの制限は設けなかった。この実験参加者をラベル付きコメントを提示した群（以下、ラベルあり群と記す）とコメントのみを提示した群（以下、ラベルなし群と記す）に 50 人ずつ割り当て、意見形成を行わせた。まず、全参加者にニュース記事を提示し、それに対する立場（賛成、反対、中立）の選択と、その理由を記述させることで意見形成させ

表 1 ラベルの有無による立場変化率の比較

記事	ラベル	変化数	参加者数	変化率
1	有	4	39	10%
	無	5	36	14%
2	有	3	34	9%
	無	8	35	23%

表 2 立場変化あり群の選択コメントの「態度」分布平均

記事	ラベル	賛成	反対	中立	混同	言及無
1	有	20%	9%	18%	45%	9%
	無	31%	5%	12%	25%	28%
2	有	16%	7%	15%	40%	21%
	無	27%	35%	8%	18%	12%

た。その後、ラベルあり群にはコメントとラベルを、ラベルなし群にはコメントのみを提示し、「参考になったコメント」を全て選択させた上で再度意見形成を行わせた。提示する記事は、多様な態度のコメントが含まれる 2 つの記事を選定した。対象記事に投稿されたコメント全てを提示すると、態度の比率の偏りやコメントの多さによって上位のコメントにしか目を通さない可能性があるため、提示するコメントを態度の各カテゴリから 5 個ずつ、計 25 個に絞り込んだ。「役割」は、1 つのコメントに対して複数ラベルが付与される場合や分布の偏りにより完全な均等化が困難であったため、各カテゴリが 5 個以上になるよう選定した。「対象」は、コメントの大半が記事中の「問題」に言及していたため、「問題」に焦点を当てたコメントのみを選定した。

ラベルによる意見形成への影響を確認するため、コメント提示前後で立場が変化した参加者の割合を比較することで検証した。なお、不真面目な回答は除外した。その結果、いずれの記事においてもラベルなし群が立場の変化率が高いことが確認された（表 1 参照）。また、情報選択への影響については、選択されたコメントの「態度」と「役割」の分布を比較することで確認した。「態度」の分布については、各参加者の選択コメント数に対する各カテゴリのコメントが占める割合を算出し、その平均から確認した。その結果、2 つの記事で共通して、ラベルあり群で「反対」の割合が 7～12 ポイント高く、「賛成」の割合が 1～4 ポイント低いことが確認された。これは、ラベルあり群がいずれの記事においても一度目の意見形成で「反対」を選択した参加者が多かったためと考えられる。また「中立」もいずれの記事においてもラベルあり群で 4 ポイント高いことが明らかとなった。「役割」については、1 つのコメントに対して複数ラベルが付与されることから、「態度」と同様の分析方法は困難であったため、参加者全体の選択コメント数における各カテゴリのラベルが占める割合を比較することで確認した。その結果「疑問」のみいずれの記事においてもラベルあり群の割合が 2～5 ポイント高いことが明らかになった。さらに、立場に変化があった群となかった群で分け、情報選択の違いを分析した。その結果、「態度」の分布について、ラベルあり群かつ立場変化があった群が、いずれの記事においても「混同」を選ぶ割合が高いことが明らかになった（表 2 参照）。このことから「混同」ラベルの付与されたコメントが閲覧者の立場に変化を促すきっかけになっている可能性が示唆された。

4 おわりに

本稿では、多角的な観点からの意見形成を支援するため、コメントに属性ラベルを付与する手法を提案し、ラベルの有無が意見形成及び情報選択に与える影響を検証した。その結果、ラベルあり群では特定の態度のラベルが立場変化を促す可能性が示唆された。今後は、実験参加者の属性を考慮した設計を行い、ラベルの有無による効果をより詳細に検証することを目指す。

参考文献

- [1] Ziegele, M., Weber, M., Quiring, O. and Breiner, T.: The dynamics of online news discussions: Effects of news articles and reader comments on users' involvement, willingness to participate, and the civility of their contributions, *Information, Communication & Society*, Vol. 21, No. 10, pp. 1419–1435 (2018).

ニュースに対するコメントの属性提示が 意見形成に与える影響の調査

情 21-0052 井上 梨々花

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本研究の目的は、オンラインニュースにおいて他者のコメントが閲覧者の意見形成に与える影響を明らかにすることである。コメントは閲覧者に多様な視点を提供する一方、その文体や用いる表現によって読み飛ばされたり注目されなかったりすることがあり、閲覧者の多角的な観点からのニュース理解を阻害する恐れがある。そこで本研究では、コメントに内容の手がかりとなる3つの属性情報（対象、態度、役割）ラベルをLLMを用いて付与することで、閲覧者の内容理解の支援を試みる。実験では（1）LLMを用いて付与したラベルの妥当性、および（2）ニュースの閲覧の際にラベルの有無を操作したコメントを提示することによる意見生成への影響、の2点について検証した。その結果、（1）については、全ての属性で60%以上の部分一致率が得られ、一定の妥当性があることが示された。（2）については、ラベルなし群では意見の立場に変化が起こりやすく、ラベルあり群では特定の態度のラベルが意見の立場に変化を促す可能性が示唆された。

1 はじめに

インターネットの普及に伴い、SNSやオンラインニュース記事など、インターネットを利用したメディアが情報取得手段として広く浸透している。総務省が行った、「主なメディアの利用時間と行為者率」についての調査¹によると、各年代のインターネットの平均利用時間は年々増加しており、行為者率については、10代から40代で「インターネット利用」が「テレビ（リアルタイム）視聴」を上回っている（図1参照）。この結果からも、主な情報取得手段がテレビやラジオなどのマスメディアからインターネットを利用したメディアへと推移していることがわかる。

オンラインニュース記事には、読者が自身の感想や意見を投稿できるコメント欄が設けられている場合があり、記事の閲覧者はコメント欄も併せて閲覧することが想定される。閲覧者は記事だけでなく、その記事に対する他者の考えを知ることができ、紙媒体のニュースに比べて自らの意見形成により多くの情報を反映させることが可能となっている。コメントには、記事の補足情報や投稿者の体験に基づく意見などが含まれており、閲覧者に多様な視点を提供する役割を担っているため、コメントを閲覧する

ことで、新しい考え方や情報に触れる機会が増え、より多角的な観点からの意見形成が可能となる。特に社会問題のように意見が分かれやすいテーマでは、コメント欄が議論の場となり、閲覧者が新しい視点を心得、自分の考えを深めるきっかけとなることが期待される。

一方でコメントの文体や表現によっては、閲覧者が内容を十分に理解しないままコメントを読み飛ばしたり、注目しなかったりする場合もある。特に、難読なコメントや感情的なコメントには注意が向き難いことが指摘されている[11]。難読なコメントは認知的負荷が高く、読むのに時間を要すること、感情的なコメントは強い感情表現が不快感を誘発することが、読み飛ばしの原因とされる。しかし、読み飛ばされやすいコメントの中にも有益な情報を含むものもあるため、それらを読み飛ばさないような提示の工夫が重要である。

そこで本研究では、コメントの内容把握の手がかりとなる属性情報ラベルを付与して閲覧者に提示する仕組みを提案する。これにより、コメントの意図や目的が明確になるため、閲覧者がコメントの有益性を直感的に判断できるようになり、認知的負荷の軽減が図られる。その結果、従来注目されにくかった意見にも目が向けられ、より多角的な観点からの意見形成につながることが期待される。本稿ではその端緒として、属性ラベルの提示が閲覧者の意見形成や情報選択に与える影響を検証する。

¹主なメディアの利用時間と行為者率, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd242510.html> (2025/1/29 確認)

(平日1日)

	平均利用時間 (単位: 分)					行動者率 (%)				
	テレビ(リアルタイム)	テレビ(録画)	ネット利用	新聞閲覧	ラジオ聴取	テレビ(リアルタイム)	テレビ(録画)	ネット利用	新聞閲覧	ラジオ聴取
全年代	168.0	18.7	99.8	10.3	17.2	82.6	17.8	83.2	28.0	8.3
2016年	159.4	17.2	100.4	10.9	16.6	88.8	15.9	78.0	30.8	6.2
2017年	156.7	20.3	112.4	8.7	13.0	79.3	18.7	82.0	26.8	6.5
2018年	161.3	20.3	126.2	8.0	12.4	81.0	19.9	89.9	26.1	7.2
2019年	163.2	20.2	168.4	8.5	13.4	81.8	19.7	87.8	25.0	7.7
2020年	89.0	13.4	30.2	0.3	3.5	69.3	13.2	28.9	2.1	2.1
10代	106.4	12.8	63.9	0.3	1.5	60.4	12.7	68.5	3.8	1.4
2016年	71.8	12.7	167.5	0.3	0.2	53.1	15.2	89.0	2.5	1.1
2017年	69.0	14.7	167.9	0.3	0.1	51.6	19.4	92.0	2.1	1.8
2018年	73.1	12.2	224.2	1.4	2.3	59.9	14.8	90.7	2.5	1.8
2019年	112.8	17.9	155.9	1.4	16.6	70.3	18.9	92.6	6.7	5.8
2020年	91.8	13.9	161.4	1.4	2.0	53.2	14.4	85.1	2.4	3.0
20代	105.9	18.7	149.6	1.2	0.9	67.5	16.5	91.7	2.3	0.7
2016年	101.8	15.6	177.7	1.8	3.4	65.9	14.7	93.8	5.3	3.3
2017年	88.0	14.6	255.4	1.7	4.0	55.7	13.6	96.7	6.3	3.1
2018年	147.5	18.6	115.3	3.8	15.4	79.9	18.7	88.4	18.2	5.1
2019年	121.6	15.3	120.4	3.5	4.3	65.5	15.5	90.7	16.8	2.3
30代	124.4	17.4	110.7	3.0	9.4	84.1	19.1	93.8	13.0	4.3
2016年	124.2	24.5	154.1	2.2	5.0	86.7	19.9	91.7	10.5	2.2
2017年	135.4	19.3	88.6	1.9	8.4	78.2	19.4	95.0	8.8	6.0
2018年	160.5	23.2	97.7	8.0	17.2	88.4	23.3	78.4	27.6	9.3
2019年	150.3	19.8	108.3	6.3	17.0	83.0	17.3	83.5	28.0	7.9
2020年	150.3	20.2	119.7	4.8	16.6	79.2	18.8	83.0	23.1	7.4
40代	145.9	17.6	114.1	5.3	16.6	86.0	19.6	91.7	23.6	7.4
2016年	151.0	20.3	160.2	5.5	11.7	86.9	23.0	92.8	24.0	6.0
2017年	180.6	17.0	85.5	14.4	19.9	89.9	14.8	88.5	41.0	6.5
2018年	150.8	19.1	77.1	16.8	19.5	81.7	16.1	86.6	48.1	9.1
2019年	117.9	20.8	104.3	12.9	17.2	88.5	20.6	82.0	43.0	9.3
2020年	201.4	22.5	114.0	10.7	8.5	81.9	20.9	89.2	38.0	12.4
50代	235.6	23.4	130.0	11.9	26.9	91.8	20.7	89.0	39.4	13.4
2016年	259.2	18.4	46.6	25.8	23.4	92.2	15.0	41.7	55.4	17.5
2017年	288.7	20.0	38.1	25.8	17.8	91.7	16.6	46.6	59.0	17.5
2018年	288.7	27.3	60.9	23.1	22.8	91.6	19.7	59.0	52.6	11.4
2019年	288.8	19.9	69.1	23.1	22.8	91.6	19.7	59.0	52.6	11.4
2020年	321.4	25.7	195.5	23.2	18.5	92.9	22.3	21.1	53.7	12.1

図 1: 主なメディアの利用時間と行為者率(総務省: 主なメディアの利用時間と行為者率より引用)

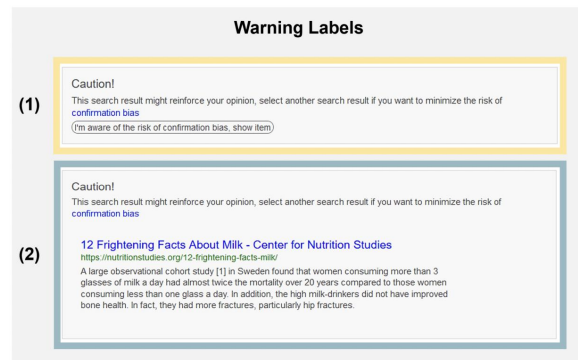


図 2: 警告ラベルの表示(文献[5]より図引用)

2 関連研究

本章では、情報の提示の工夫によって、閲覧者の情報選択に与える影響を調査した研究と、コメントの分類についての研究を紹介し、本研究の立ち位置について述べる。

2.1 情報提示の工夫が情報選択に与える影響の研究

Rieger らは、情報選択の偏りを防ぐため、ナッジ(行動誘導)の効果を検討し、ウェブ検索中に多様な視点の閲覧を促進する方法について探求した[5]. 具体的には、検索結果の一部を隠すばかりと、図2のような異なる視点に誘導する警告ラベルの影響を調査した。その結果、どちらの手法も情報選択における偏りが軽減されることが示された。しかし、ぼかしはユーザ行動に直接的な影響を与える一方で、ユーザの情報選択の自主性が低下する可能性がある。また、警告ラベルは結果を制限するばかりとは異なり、ユーザが自らの選択を再考する余地がある一方、直感的思考のユーザには効果が弱い場合があることや、繰り返し警告ラベルが表示されることで、それが習慣化し、無視されるリスクが考えられる。

Schweiger らは、図3のようなタグクラウドが視覚的に「人気」や「支持」を暗示することによるユー

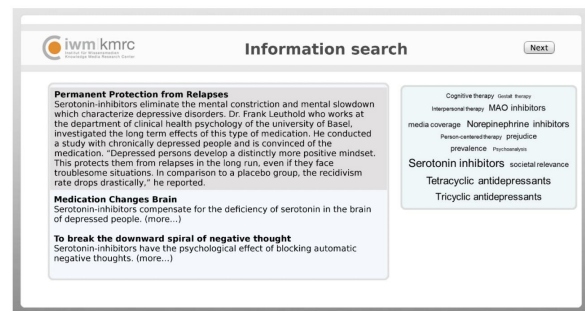


図 3: タグクラウドの表示(文献[6]より図引用)

ザの認知の影響を調査した[6]. ユーザの先入観と異なる人気タグを表示することで、偏った情報検索や評価を減少させ、より中立的な情報理解を促進する可能性が示唆された。しかし、この手法は検索行動を一時的に変化させることは可能であるが、ユーザが不足している視点を自覚し、より多角的に判断できるようにするには不十分であると考えられる。

Schwind らは、レコメンダーシステムがユーザの信念に一致しない情報を推奨することで、情報選択の偏りを軽減できるかの調査と、ユーザがその推奨をどのように評価するか調査を行った[8]. 結果、信念に一致しない情報の推奨により、参加者はより幅広い視点にアクセスし、情報選択の偏りが有意に軽減されることが示唆された。しかし、一致しない情報の推奨は参加者にとって認知的負荷が高く、評価が低くなることが確認された。加えて、Schwind らは、信念と不一致な推奨の効果の詳しい調査と、ユーザ評価の低下の問題を解決するため、効果を条件ごとに詳しく分析し、情報選択の偏りの軽減がどのような状況で有効、無効になるかを明らかにした[7]. 結果、不一致推奨の効果は、参加者の事前知識や、協力的・競争的な心構えといった条件によって異なることがわかった。特に競争的な心構えの条件では、自分の信念と異なる情報に注意は向けるが、その情報を低く評価する傾向が強まることがわかった。この提案では、競争的な心構えでは、情報が自己の立場を強化する道具として使用されやすく、矛盾する視点の本質的な価値を認識することが困難となる可能性があると考えられる。そのため、競争的な状況でも多様な視点を公平に認識させることが可能になるような提示の工夫が必要であると言える。

2.2 コメント・レビュー分類に関する研究

レビュー分析においては、多くの研究が行われている。Hu らは、オンラインで販売されている製品に対する顧客レビューを対象に、製品の特徴ごとの意見を抽出し、肯定的・否定的な評価を分類する手法を提案した[2]. この研究では、意見の極性を考慮した要約を行うことで、ユーザがより効率的に情

報を把握できることを示した。このことから、意見の極性を分類することが、閲覧者の意思決定の際に手助けとなると考えられる。

Ramnani らは、ユーザレビューから直接的に製品やサービスの改善点を抽出する手法を提案した [4]。この研究では、ユーザの意見には単なる肯定・否定の感情だけでなく、製品改善のために有益な情報が含まれていることに着目し、それを抽出するための手法を導入した。これにより、製品やサービスの提供者は、ユーザレビューからより具体的な改善点を把握可能となり、サービスの改善につながる発見が得られる可能性が示唆された。意見の極性分類では、単なる肯定・否定の項目だけでなく、様々な観点からの意見分析が重要であることがわかる。

社会問題やニュースに関連するコメントの分析には「賛成/反対」や「肯定/否定」など、投稿者の立場を分類する手法が多く用いられる。

埴らは、賛否分類においてトピックに関する外部知識を利用する新たな手法を提案した [13]。wikipedia から獲得した外部知識を使用する提案手法は、外部知識を使用しないものよりも高い精度で賛否の予測ができることが明らかとなった。

Addawood らは、Twitter のデータを用いて、論争に関連するトピックについてユーザが取るスタンスを自動的に分類するタスクを行った [1]。スタンス分類のための独自の特徴セットを利用して、手動でアノテーションされたツイートのデータセットを構築した。分析の結果、語彙と議論性の特徴を組み合わせた SVM 分類器が、ソーシャルメディア上で表明されたさまざまなトピックに対するスタンスを最もよく捉えることが明らかとなった。しかし、この研究で選択した論争トピックでは高い分類精度を達成したが、この結果が他のドメインに一般化できるかどうかについてはさらなる調査が必要であると述べている。

そこで Lan らは、複数の LLM ベースのエージェントを使用して、スタンス検出を行う新しい手法を提案した [3]。多次元テキスト分析段階、推論強化ディベート段階、スタンス結論段階の 3 つの段階を導入することで、高い精度、効果、説明可能性、および汎用性を持ち、その適用可能性を示した。

これらのような投稿者のスタンスの検出及び分類に関する研究を応用した研究として、石塚らは、賛否を分類し、議論での少数派の立場の人の意見を補強する内容が書かれている文章を投稿する bot を提案することで、議論における意見の偏りを少なくし、止揚が起こりやすい状況を作ることを目指した [12]。議論実験の分析結果では、根拠となる情報の多さが合意案の止揚らしさを高める働きをするとい

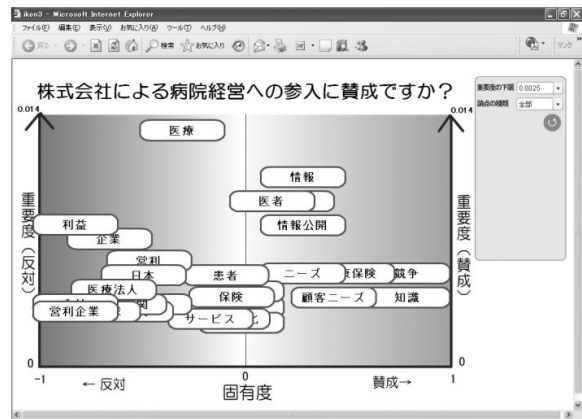


図 4: 主観情報の論点分布の可視化 (文献 [14] より図引用)

う仮説の妥当性を支持する結果が得られた。さらに、議論での発言から、一つの議論の中でも賛成意見・反対意見以外の多くの種類の発言が存在することが分かった。この結果から、意見は賛成意見・反対意見だけでなく、複数観点での分類が有効であることが言える。

Verma らは、オンラインの政治ポータルに投稿されたユーザのコメントを分析し、コメントの感情分類だけでなく、コメント内に提案やフィードバックが含まれる場合、それらを抽出する手法を提案した [9]。その結果、従来研究が苦手としていた社会問題に対する感情分類や提案の抽出が高精度で可能となり、政治的意思決定に貢献する可能性を示した。

藤井らは、時事問題に対する賛成意見と反対意見が対立する構図を可視化する際に、賛否両論の根拠となる名詞句と動詞句を「論点」として抽出する手法を提案した [14]。論点の性質に基づいて、「固有度」と「重要度」の二次元平面上に論点の分布を図 4 のように可視化した。さらに、各論点に関する意見の順位付きリストを生成することで、ユーザが論点の分布によって議論の概要を把握し、各論点について重要な意見を読み、理解を深めることができる。この研究では賛否を分類した上で、論点ごとに意見を整理し、提示することによって閲覧者の意思決定の支援を行った。

2.3 本研究の立ち位置

2.1 節で述べた情報選択の偏りの減少を目的とした研究は、どれもユーザの情報選択を誘導する手法であり、ユーザの自主性を損なう可能性が指摘されている。また、誘導によって取得する情報が偏ることで、ユーザが本当に必要としている情報にアクセスできない可能性がある。

さらに 2.2 節で述べた、製品のレビューや社会問題・ニュースに対するコメントに関しては、感情・ス

表 1: 「対象」のカテゴリと定義

カテゴリ	定義
問題	記事に書かれている政策や提案についての意見
発言者	記事で政策や提案を発言した人についての意見
世論	一般の人々の反応についての意見
メディア	記事を書いたメディアについての意見
その他	上記どれにも当てはまらないもの

表 2: 「態度」のカテゴリと定義

カテゴリ	定義
賛成	賛成, 肯定的な態度を示している意見
反対	反対, 批判的な態度を示している意見
中立	賛成でも反対でもなく, どちらかに決めかねている意見
混同	賛成, 反対, 中立, 複数の態度が含まれている意見
言及なし	賛成や反対などについて言及せず, 情報や質問だけで構成されている意見

タンスの分類や提案・論点の抽出などを通じて, 閲覧者の意思決定を支援する研究が行われている。しかし, 全てのコメントに適用可能な体系的な分類はスタンス分類が中心でありそのほかの分類手法は十分に研究されていない。また, 提案・論点の抽出手法は, コメントの内容を整理し議論の全体像を把握するのには有効であるが, 各コメントの持つ意図を閲覧者に伝えることは困難である。閲覧者がコメントの持つ意図を正しく理解し意思決定を行うには, より多様な観点からの分類が必要である。

そこで本研究では, コメントをいくつかの観点から分類し, それに基づくラベル付与によって, コメントの持つ意図・内容の把握及び有益性の判断を容易にする。これによりユーザにとって有益な情報の見逃しを防ぎ, ユーザの自主性を損なうことなく, 多様なコメントに注意を向けるきっかけを作ることを目指す。

3 デザイン指針

コメントの内容把握に資する属性情報ラベルとして, 「対象」「態度」「役割」の3つを定め, それぞれについてラベル付与を行う。本章では, 各属性がどのような意義を持ち, どのような効果をもたらすのかについて述べる。

3.1 コメントの「対象」

「対象」はコメントが何に対して言及しているのかを示す属性である。ニュース記事に対するコメントは, 特定の問題だけでなく, 発言者や社会の反応, メディアの報道姿勢など, さまざまな側面について論じられることが多い。そのため, これらを明示することで閲覧者は直感的にそのコメントが何に対して言及しているのかを把握でき, 情報を整理しやす

くなる。本研究では「対象」を, 問題, 発言者, 世論, メディアのカテゴリに分類する。どのカテゴリにも分類できないコメントは「その他」に分類することとした。各カテゴリの定義を表1に示す。また, 1つのコメント内で複数の対象について言及している場合もある。例えば, 「この政策自体はいいが, それを発表した政治家は信用ならない」のようなコメントは, 「問題(政策)」と「発言者(政治家)」の2つの対象に言及している。このようなコメントも対応可能にするため, 複数ラベルの付与を許容する設計とした。これにより, 閲覧者はコメントが何に對して言及しているのかを直感的に把握でき, 意見の焦点が明確になることで, 情報の解釈が容易になる効果が期待される。

3.2 コメントの「態度」

「態度」はコメント投稿者の, 記事に対する立ち位置を示す属性であり, 賛成, 反対, 中立, 混同, 言及無のカテゴリに分類する。各カテゴリの定義を表2に示す。また, コメントの中には, 明確に賛成・反対を表明するものだけでなく, ある対象には賛成しつつも別の対象には反対するような, 複雑な意見も存在する。例えば, 「この政策はいいと思うが, それを発表した政治家には不信感がある」のようなコメントは「問題」に対しては賛成, 「発言者」に対しては反対と読み取れる。このようなコメントは, 異なる態度を1つのコメント内で表現しているが, この場合に複数ラベルを付与すると, コメント全体の態度が不明確となり, かえって読み手の混乱を招く可能性がある。そのため, 複数の態度が含まれる場合は「混同」に分類することとした。また, 態度を示さず, 情報の提示だけをしているような意見は「言及無」に分類することとした。これらのラベル

表 3: 「役割」のカテゴリと定義

カテゴリ	定義
提案	新たな案や、理想、元の案の改善案を提示する意見
疑問	疑問や質問の形を取り、答えや情報を求めている意見 ※疑問の口調ではなくても、知りたい、気になるという趣旨のコメントであれば「疑問」に分類
補足・解説	基本的な知識や背景知識、関連・類似事例、実体験などを用いた解説、記事の理解に繋がる意見
考察	分析・推測・考察している意見、自分なりの結論や見解を示している意見

表 4: 対象記事

タイトル	ニュースサイト
石破氏「核共有や持ち込み検討」アジア版 NATO の枠内で	共同通信
デジタル相、保険証廃止「堅持」政府、マイナカードに原則一本化	共同通信
石破茂氏、国政選挙などの投票義務化を提起 自民党総裁選候補そろったネット番組で	産経新聞
連合、年金の 3 号廃止を正式提起「年取の壁」で働き控え招くと批判	毎日新聞
立民・野田代表、金融所得課税「25%に上げもありえる」	日本経済新聞
【独自】住民税非課税世帯に 3 万円検討 子 1 人 2 万円上乗せも、物価高で	共同新聞
【速報】立憲・野田代表 選択的夫婦別姓導入へ「自民党あぶり出す意味でも採決したい」【衆議院選挙 2024】	TBS NEWS DIG

により、コメントの全体像が把握しやすくなり、認知的負荷を軽減する効果が期待される。

3.3 コメントの「役割」

「役割」はコメントが記事に対してどのような意図や目的を持つかを示す属性である。コメントには、単なる意見表明だけでなく、補足情報の提供や、新たな提案、疑問の提示など、様々な意図が含まれることがある。そこで、それらのようなコメントが持つ「役割」を、提案、考察、補足・解説、疑問のカテゴリに分類する。どのカテゴリにも分類できないコメントは「その他」に分類することとした。各カテゴリの定義を表 3 に示す。また、1 つのコメント内に複数の役割が含まれる場合が多く存在する。例えば、「この政策は過去に失敗した政策に類似しているから、実施方法を変えた方が良いと思う」というコメントの場合、「補足・解説（過去の政策）」と「提案（実施方法）」の 2 つの役割が含まれる。このような場合を考慮し、「役割」についても複数ラベルの付与を許容することとした。これらのラベルより、コメントの持つ意図や情報の種類が明確になることで、閲覧者はコメントが自分の求める情報に合致しているかを直感的に見極められ、その有益性を判断する手助けとなる。

これら 3 つの属性についてラベルを付与することで、コメントの意図や焦点、立ち位置が明確になり、閲覧者がコメントの内容を直感的に把握可能となる。これにより、閲覧者の認知的負荷を軽減し、有益な情報を見落とすことなく取得できる環境を提供することが期待される。

4 データセット

本研究で使用するデータは、「はてなブックマーク²」に投稿されたニュース記事のコメントを収集したものである。「はてなブックマーク」は、ユーザがインターネット上の記事やウェブページをブックマークし、その記事に対するコメントを投稿できるソーシャルブックマークサービスである。今回の実験では「はてなブックマーク」に投稿されたニュース記事の中から、政治に関するニュース記事を対象に選定した。対象記事の選定基準として、以下の条件を設定した。

1. 記事に政治家による提案や意見表明が含まれていること。
2. コメント数が 90 件以上であり、多様な意見が含まれていること。

これらの条件のもと選定したニュース記事は、2024 年 9 月から 12 月までに掲載された 7 件であり、それらの記事に付随するコメント総数は 1204 件であった。対象記事を表 4 に示す。

4.1 データクレンジング

データセットの構築にあたり、以下のデータクレンジングを行った。

不要な情報の削除 テキストから URL、特殊文字、絵文字を削除し、分析対象のテキストの統一化を行った。

短文コメントの削除 短すぎるコメントは具体性に欠ける場合が多く、内容が不明瞭であり、分類や分析には適さないと判断したため、5 文字以下のコメントを削除した。さらに、5 文字以上

²[https://b.hatena.ne.jp/guide\(2025/1/29確認\)](https://b.hatena.ne.jp/guide(2025/1/29確認))

10 字以下かつ、「役割」のラベルがつけられないような内容が不明瞭なコメントも削除した。
不適切なコメントの削除 誹謗中傷コメントは分析の目的において有用な情報を含まないため、データセットから除外した。

取り除いたコメント総数は 24 件であり、最終的なコメント数は 1180 件であった。以下に、取り除いたコメントを示す。

いいぞ、賛同、はよやれ、はよ、はよはよ、ついに、踏み絵、うーむ、セコい無能、しょぼ、ゴミオブゴミ、増税おじさん、はよやれ、ナイス、ほうふうろう (2 件)、良いと思う、どうするんだろーね、良い話だ、ないわー、どれ、クレイジー、はやっ、ファッキュー 超伝導クローン相撲ロケットを配備すべきです、貧者の武器

5 提案手法

5.1 ラベルの付与手法

ラベルの付与を手で行うには、膨大な時間と労力がかかる。そのため、本研究では大規模言語モデル (Large Language Model, LLM) を用いてラベルの付与を行った。使用した LLM は、文脈を踏まえた高度な意味理解が可能である、OpenAI API³ の GPT である。今回のラベル付与では、コメントの文脈を正確に解釈する能力が求められる。そのため本研究でも用いたモデルとして、長文の意味理解や暗示的な表現の解釈に優れた [10]GPT-4o を用いた。

3 つの属性の各カテゴリの定義を基にプロンプトを生成し、その定義とニュース記事、その記事に対するコメントを入力として各コメントに対して定義に沿ったラベルを出力させた。プロンプト例を表 5 に示す。ラベル付与の精度を向上させるため、各コメントについて 3 回同じ作業を行い、2 回以上一致したものを正解ラベルとして採用した。2 回以上一致するラベルがなかった場合、そのコメントは分析の対象外とした。

5.2 LLM の出力によるラベルの妥当性検証

LLM の出力によるラベル付与が、コメントの属性情報を表すラベルとして成り立つ妥当性を検証するため、人手でのラベル付与と比較する予備実験を行った。ラベルの付与は Yahoo!クラウドソーシング⁴を用いて集められた 531 人の作業者によって行われた。この際、作業者の年齢や性別などの制限は

設けなかった。また、こちらも LLM 同様、ラベル付与の精度向上のため、1 つのコメントに対し 3 人の作業者にラベル付与を行わせ、そのうち 2 人以上で一致したラベルを正解ラベルとして採用した。2 人以上一致するラベルがない場合、そのコメントは分析の対象外として取り除いた。取り除いた後の、人手と LLM における各属性のコメント数を表 6 に示す。

こうして得られたラベルを正解データとして、提案手法との一致率を算出した。「対象」と「役割」については、複数ラベルの付与を許容していたため、完全一致率と部分一致率を算出した。

その結果、全ての属性で 60% 以上の部分一致率が得られた (表 7 参照)。「役割」の完全一致率が低い原因としては、コメントが複数要素を含む場合が多く、その内容が多様であるため、完全に一致させるのは困難であったと考えられる。一方で、部分一致率が 70% であることから「役割」についても一定の妥当性のあるラベルが出力されていることが示された。

5.3 各属性におけるカテゴリの妥当性検証

さらに、提案したカテゴリでコメントを適切に分類できたかを確認するため、全体のコメント数における各カテゴリのコメント数の割合を算出した。これによって、コメントが特定のカテゴリに極端に偏ることなく適切に分配されているかどうかと、提案したカテゴリによる分類の網羅性を検証した。

5.3.1 「対象」の検証

「対象」の各カテゴリにおけるコメント数の割合を表 8 に示す。人手・LLM の両方において、「その他」に分類されたコメントの割合は全体の 10% 以下であり、90% 以上のコメントは提案したカテゴリで網羅できることが示された。しかし、「メディア」に分類されたコメントは人手・LLM の両方で 1% と少ない一方で、「問題」に分類されたコメントは 70% 以上と多く、カテゴリの分布に偏りが見られた。この結果を踏まえ、カテゴリの種類の見直しが必要となる可能性がある。例えば、「メディア」はラベルが付与される頻度が低く削除を検討できる。一方で、「問題」に分類されるコメントが大多数を占めていることから、さらに細分化することで分類の精度を向上させることも考えられる。しかし、コメントのカテゴリの分布は記事のテーマなどによって異なる可能性がある。また、「問題」を細分化する場合、新たなカテゴリを設定する必要があるが、細分化したカテゴリについても記事によって異なると考えられる。例えば、選挙制度に関する記事では「問題」を

³[https://openai.com/index/openai-api/\(2025/1/29 確認\)](https://openai.com/index/openai-api/(2025/1/29 確認))

⁴[https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/\(2025/1/29 確認\)](https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/(2025/1/29 確認))

表 5: ラベル付与のプロンプト例

属性	プロンプト
共通部	ニュース記事とそれに対するコメントをもとに、コメントが [CATEGORY] のうちのどのラベルに該当するかを判定してください。 コメントが複数のカテゴリに該当する場合、該当するカテゴリを全て選択してください。 出力形式は ([NEWS], [COMMENTS], [LABEL]) で出力してください。
対象	[CATEGORY] 問題：記事に書かれ... 発言者：記事で政策や... メディア：記事を書いた... 世論：一般の人々の... その他：上記いずれの...
態度	[CATEGORY] 賛成：賛成, 肯定的... 反対：反対, 批判的... 中立：賛成でも反対でも... 混同：賛成, 反対... 言及無：賛成や反対など...
役割	[CATEGORY] 提案：新たな案や... 疑問：疑問や質問... 補足・解説：基本的な知識... 考察：分析・推測... その他：上記いずれの...

表 6: 分析対象のコメント数

	人手	LLM
対象	1062	1175
態度	895	1146
役割	992	1178

表 7: LLM と人手のラベル一致率

	完全一致率	部分一致率
態度	0.60	
対象	0.61	0.82
役割	0.37	0.70

細分化すると、「選挙率低下」、「不正投票」、「期日前投票」などのカテゴリが考えられる。一方で、経済政策に関する記事では、「税制改革」、「物価高対策」、「最低賃金の引き上げ」など、全く異なるカテゴリが想定される。このように、記事の内容によって適切な細分化の基準が異なるため、一律の基準で細分化することは困難である。そのため本研究では統一的な分類を維持し、実験を進めることとした。

5.3.2 「態度」の検証

「態度」の各カテゴリにおけるコメント数の割合を表 10 に示す。態度については、必ずどれかの立ち位置をとるか、「言及無」に分類されるため、全てのコメントがどこかに分類される構造となっている。「賛成」や「反対」と比べると「中立」や「混同」の割合は少なかったが、特定のカテゴリに極端な偏りは見られなかった。

5.3.3 「役割」の検証

「役割」の各カテゴリにおけるコメント数の割合を表 8 に示す。人手・LLM の両方において、「その

他」に分類されたコメントの割合は全体の 20% 以下であり、80% 以上のコメントは提案したカテゴリで網羅できることが示された。また、人手・LLM の両方で「考察」に分類されるコメントが多いことが明らかとなった。特に LLM においては、全体の約 7 割のコメントに「考察」のラベルがつけられた。一方で 10% 未満のカテゴリが存在しなかったことから、すべてのカテゴリが一定の役割を果たしていると考えられる。この結果を踏まえ、「考察」を細分化することも検討したが、カテゴリの種類が増えることで情報量が過多となり、かえって閲覧者の負担が増し、認知的負荷を高めてしまうリスクがあると判断した。そのため、本研究では全ての属性において現行の分類を維持し実験を進めた。

6 ラベルの提示が意見形成及び情報選択に与える影響の調査

ラベルが付与されたコメントを提示することによる情報選択及び意見形成への影響を検証するため、記事とそのコメントをもとに意見形成をさせる実験を行った。コメントの提示による影響を測るため、コメント閲覧時のラベルの有無を操作することにより影響を測った。実験参加者は Yahoo!クラウドソーシングを用いて集められた 200 人とした。このとき、年齢や性別などの制限は設けなかった。

6.1 提示する記事の選定

提示する記事については、予備実験を行った 7 件の記事（表 4 参照）の中から、多様な態度のコメントが含まれる記事を 2 件選定した。具体的には『石破氏「核共有や持ち込み検討」アジア版 NATO の枠内で』というタイトルの記事（以下、格共有記事

表 8: 「対象」の各カテゴリにおけるコメントの割合

対象	人手	LLM
問題	76%	82%
発言者	18%	15%
世論	9%	14%
メディア	1%	1%
その他	3%	9%

と記す)と、『石破茂氏、国政選挙などの投票義務化を提起 自民党総裁選候補そろったネット番組で』というタイトルの記事(以下、投票義務化記事と記す)を選定した。

6.2 提示するコメントの選定

選定した記事に投稿されているコメント全てを提示すると、態度の比率に偏りが生じたり、コメントの件数が多く、上位のコメントしか読まれない可能性がある。それらが意見形成に与える影響を防ぐため、提示するコメントを、態度の各カテゴリから5個ずつ、計25個に絞り込んだ。各カテゴリからコメントを5個ずつ選定する際、「役割」と「対象」のカテゴリにも考慮して選定を行った。「役割」に関しては、態度と同様、全カテゴリが均等になるよう目指したが、1つのコメントに対して複数ラベルが付与される場合や分布の偏りにより完全な均等化が困難であった。そこで、各カテゴリが少なくとも5つ以上含まれるように選定した。「対象」は、コメントの大半が記事中の「問題」に言及していたため、「問題」に焦点を当てたコメントのみを選定した。ただし、「問題」と共に他の対象のラベルが付与されているコメントについては、それらも提示対象とした。

6.3 実験手順

核共有記事、投票義務化記事の2つの記事を用意し、それぞれの記事ごとに、実験参加者を二分した。一つはラベル付きコメントを提示した群(以下、ラベルあり群と記す)、もう一方はコメントのみを提示した群(以下、ラベルなし群と記す)にわけ、各50人割り当て、意見形成を行わせた。まず、全ての参加者に対しニュース記事を提示し、それに対する立場(賛成、反対、中立)の選択と、その理由を記述させることで意見形成させた。その後、ラベルあり群にはラベルが付与されたコメントを、ラベルなし群にはコメントのみを提示し、「意見形成をする際に参考になったコメント」を全て選択させた上で再度意見形成を行わせた。ラベルあり群に提示した、ラベルが付与されたコメントの例を図5に示す。また、コメントの選択基準を明らかにするため、どのようなコメントをなぜ選択したかを記述させた。

「高齢者向けのスマートフォン利用補助政策を発表」
政府は、高齢者のデジタルデバйдを解消するために、スマートフォン利用の補助政策を発表した。この政策では、高齢者がスマートフォンを購入する際に最大2万円の補助金を提供するとともに、地域の図書館や公民館で無料のスマートフォン講習会を実施する予定だ。

コメント

「スマートフォン講習会は素晴らしい提案だと思います。特に地方ではオンラインでの参加も可能にするべきではないでしょうか。」

対象:問題 態度:賛成 役割:提案

「スマホ講習会は必要だと思うけど、大臣が具体的な計画を示していないのは不安。以前も曖昧な発言だけで進展がなかったケースがあった。」

対象:問題, 発言者 態度:混同 役割:補足, 考察

「私の祖母もスマホの使い方に困っていました。こうした政策があれば、デジタル機器を活用するきっかけになると思います。」

図 5: 提示コメントの例(ラベルあり群)

表 9: 「態度」の各カテゴリにおけるコメントの割合

態度	人手	LLM
賛成	30%	27%
反対	27%	5%
中立	12%	4%
混同	6%	10%
言及なし	25%	15%

6.4 結果と考察

実験の結果からラベルの提示による意見形成及び情報選択への影響についての分析を行った。ただし、以下に当てはまる回答は、不真面目な回答として分析対象から除外した。

- 開始から4分以内で終了している回答
- 記述欄が全て同じ文章の回答
- 記述欄が意味のない文字の羅列だけの回答

6.4.1 意見形成への影響

ラベルの提示による意見形成への影響を確認するため、コメント提示前後で立場が変化した参加者の割合を比較した。その結果を表11に示す。核共有記事及び投票義務化記事のいずれにおいても、ラベルあり群に比べ、ラベルなし群の立場が変化した参

表 10: 「役割」の各カテゴリにおけるコメントの割合

役割	人手	LLM
提案	27%	39%
疑問	18%	14%
補足・解説	10%	12%
考察	38%	72%
その他	14%	6%

表 11: ラベルの有無による立場変化率の比較

記事	ラベル	変化数	参加者数	変化率
核共有記事	有	4	39	10%
	無	5	36	14%
投票義務化記事	有	3	34	9%
	無	8	35	23%

表 12: ラベルの有無による支持意見・反対意見・他意見選択率の比較

記事	ラベル	支持	反対	他意見
核共有記事	有	35%	9%	56%
	無	30%	5%	65%
投票義務化記事	有	45%	7%	48%
	無	36%	12%	52%

表 13: 平均選択コメント数

記事	ラベル	ave
核共有記事	有	7.2
	無	4.3
投票義務化記事	有	4.7
	無	5.9

加者の割合が高いことが確認された。この結果から、ラベルの提示によって参加者は自身の意見を強化するコメントを閲覧しやすくなる可能性が示唆された。これはラベルの提示により、参加者が自身の意見に近いコメントを選択しやすくなったことが影響していると考えられる。

6.4.2 情報選択への影響

ラベルあり群が、より自身の意見に近いコメントを選択する傾向があったかを検証するため、1度目の意見形成時の立場と、選択したコメントの態度の関係进行分析した。具体的には、支持意見選択率・反対意見選択率・他意見選択率の3つの指標を算出することで分析した。以下に各指標の定義と算出方法を示す。1度目の意見形成で「賛成」または「反対」を選択した参加者が選択したコメントを以下の3つに分類した。

- 支持意見：1度目の参加者自身の意見と同じ態度のコメント（賛成なら賛成、反対なら反対）
- 反対意見：1度目の参加者自身の意見と反対の態度のコメント（賛成なら反対、反対なら賛成）
- 他意見：中立・混同・言及無に分類されるコメント

各参加者が選択したコメントのうち、それぞれに該当するコメントの割合を算出し、その全体平均を求めることで分析を行った。なお、1度目の意見形成で中立を選択した参加者については、支持・反対の明確な分類が困難であったため、本分析からは除外

した。その結果を表12に示す。分析の結果、ラベルあり群では、いずれの記事においても支持意見を選択する割合がラベルなし群に比べて多いことが明らかとなった。このことから、ラベルの提示が情報選択の際に参加者の判断に影響を与え、より自身の意見に近いコメントを選ぶ傾向を強めた可能性が示唆された。

さらに、1度目の意見形成で中立を選択した参加者も含めたラベルの有無による情報選択の違いを分析するため、全体における選択されたコメント数の平均と、選択されたコメントの「態度」と「役割」の分布を比較することで確認した。各記事におけるラベルの有無での選択されたコメント数の平均を表13に示す。この結果から、核共有記事ではラベルあり群の方が選択コメント数の平均が多く、投票義務化記事ではラベルなし群の方が多いことが明らかとなった。2つの記事に共通したラベルの有無による差は見られなかったことから、ラベルの有無が選択コメント数に一貫した影響を与えるとは言えない。

「態度」の分布については、各参加者が選択したコメント数に対する「態度」の各カテゴリのコメントが占める割合を算出し、その平均から確認した。その結果を表14に示す。2つの記事で共通してラベルあり群で「反対」の割合が7～12ポイント高く、「賛成」の割合が1～4ポイント低いことが明らかとなった。これは、ラベルあり群がいずれの記事においても1度目の意見形成で「反対」を選択した参加者が多かったためと考えられる。また「中立」もいずれの記事においてもラベルあり群で4ポイント高いことが明らかとなった。

「役割」については、1つのコメントに対して複数のラベルが付与されるため、「態度」と同様の分析方法を適用することが困難であった。そのため、「役割」については、参加者全体の選択コメント数における各カテゴリのラベルが占める割合を比較するこ

表 14: 全体における選択コメントの「態度」分布平均

記事	ラベル	賛成	反対	中立	混同	言及無
核共有記事	有	25%	18%	17%	25%	15%
	無	28%	6%	21%	23%	22%
投票義務化記事	有	21%	30%	17%	18%	14%
	無	22%	24%	21%	20%	13%

表 15: 立場変化あり群における平均選択コメント数

記事	ラベル	ave
核共有記事	有	8.6
	無	6.2
投票義務化記事	有	6.7
	無	5.1

とで確認した。その結果「疑問」のみいずれの記事においてもラベルあり群の割合が2~5ポイント高いことが明らかになった。他のカテゴリについては2つの記事に共通した差は見られなかった。

6.4.3 立場変化があった群における情報選択への影響

さらに、立場に変化があった群に着目し、ラベルの有無による情報選択の違いを分析した。選択されたコメント数の平均について表 15 に示す。この結果から、2つの記事で共通してラベルあり群の方が選択するコメントが多い傾向にあることが確認された。また、立場変化があった群における「態度」の分布について、表 16 に示す。この結果から、いずれの記事においてもラベルあり群が「中立」と「混同」を選ぶ割合が高いことが明らかとなった。特に「混同」については核共有記事で20ポイント、投票義務化記事で22ポイント差があり、「混同」ラベルの付与されたコメントが、閲覧者の立場に変化を促すきっかけとなっている可能性が示唆された。

7 展望

7.1 個人要因を考慮した実験設計の検討

本稿では、ニュース記事のコメントに「対象」「態度」「役割」の属性情報ラベルを付与する手法を提案し、ラベルの有無が意見形成及び情報選択に与える影響を検証した。しかし、意見形成や情報選択には、ラベル以外の要因も影響を及ぼした可能性がある。特に、参加者の個人要因は意見形成や情報選択に大きな影響を与えた可能性が考えられる。例えば、記事の内容について事前知識が豊富な参加者は、ラベルの有無にかかわらず自身の視点を持ってコメントを解釈し、ラベルの影響を受けにくかった可能性がある一方で、知識量が少ない参加者にとっては、ラベルが情報の取捨選択の手がかりとなり、意見形

成に与える影響が相対的に大きくなった可能性が考えられる。また、記事のテーマへの関心度が高い参加者は、ラベルの有無に関係なく積極的にコメントを読み、多様な意見に触れた可能性がある一方で、関心度の低い参加者はラベルの有無に関係なくコメントを真剣に読まなかった可能性が考えられる。そのため今後は、これらの個人要因を考慮した実験設計を行い、ラベルの影響をより詳細に分析する必要がある。具体的には、事前アンケートなどを用いて参加者の知識量や関心度を測り、これらの要因がラベルの有無による意見形成や情報選択にどのような影響を及ぼすのかを検証することで、ラベルの効果をより精密に評価することを目指す。

7.2 より適切なラベル設計の検討

また、本研究では表 1, 2, 3 のカテゴリと定義に基づいてラベル付けを行ったが、これらのカテゴリの妥当性についてはさらなる検討が必要である。具体的には、5.3.1 項, 5.3.3 項で述べたように、分類されるコメントが多かったカテゴリに対して細分化を行うことや、新たなカテゴリを追加することが考えられる。「対象」の「問題」については、細分化したカテゴリが記事ごとに異なることが考えられるため、記事やコメントの内容に応じて適切なカテゴリを生成し分類することで、より詳細な分類が可能となり、閲覧者の情報解釈がより容易になることが期待される。また、「役割」の「考察」については、「実現可能性の考察」や「効果の考察」、「政策意図の考察」など、具体的なカテゴリに細分化することで、よりコメントの意図の把握が容易になることが考えられる。

さらに、実験では「どのようなコメントをなぜ選択したか」について記述させたが、その回答を踏まえて、どのようなカテゴリが新たに必要となるかについて考察する。多くの回答は「賛成の立場にあるので賛成意見を選択した」のように、態度を基準としてコメントを選択したというものであった。しかし、それ以外の基準でコメントを選択したという意見も見られた。例えば、「もしも実施に至った場合に考慮すべき問題」や「義務化することによって生じる問題」、「核を持つことで戦争に近づく可能性をコメントした内容」、「現在より未来を見据えた立場」

表 16: 立場変化あり群における選択コメントの「態度」分布平均

記事	ラベル	賛成	反対	中立	混同	言及無
核共有記事	有	20%	9%	18%	45%	9%
	無	31%	5%	12%	25%	28%
投票義務化記事	有	16%	7%	15%	40%	21%
	無	27%	35%	8%	18%	12%

などのように、記事中で提案されている政策が実施された場合に、将来起こり得る問題などについて書かれたコメントを基準として選択したという意見がいくつか見られた。そのため、「将来の推測」や「長期的な影響」などといったカテゴリを導入することで、未来への影響を議論するコメントを分類できるようになると考える。また、「現実的な意見、冷静な意見」、「現実が見えていると判断できた意見」、「迷いや重責などリアリティが感じられるコメント」など、現実的なことが書かれている意見を基準として選択したという意見も見られた。そのため「事実に基づく意見」や「実体験に基づく意見」などといったカテゴリを導入することで、現実的なことを述べているコメントを分類することが可能になると考える。しかし、ラベルの種類を増やしすぎると、情報量の増加によって閲覧者の負担が大きくなり、かえって閲覧者の認知的負荷を高める可能性や、ラベルが無視されてしまう可能性もある。そのため、閲覧者にとって負担にならない範囲で適切な詳細度を設定することで、コメントへの関心を高め、閲覧者の意見形成を手助けするようなラベル付けが必要である。

今後の研究では、上述したようにカテゴリの見直しを行い、ラベルがより閲覧者の情報選択を支援できるような設計を検討する。その上で実験参加者の個人要因を考慮した実験設計を行い、ラベルの効果のより詳細な検証を行う。

8 おわりに

本研究では、多角的な観点からの意見形成を支援するため、コメントに「対象」「態度」「役割」の属性ラベルを付与する手法を提案し、ラベルの有無が意見形成及び情報選択に与える影響を検証した。その結果、ラベルなし群では立場変化が起こりやすく、ラベルあり群では特定の態度のラベルが立場変化を促す可能性が示唆された。今後は、コメントに付与するラベルの種類や詳細度についてさらなる検討を行い、コメントの特性をより適切に分類できる仕組みを構築することが課題となる。また、参加者の知識量や関心度といった個人要因を考慮した実験設計を行い、ラベルの有無が意見形成に与える効果をより詳細に検証することを目指す。

謝辞

本研究の遂行にあたり、様々なご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部の松下光範教授に深く感謝を申し上げます。また、研究指導や論文添削、日々の笑いの提供など、様々な面でお力添えをいただきました、関西大学院総合情報学研究科知識情報専攻の畑玲音氏をはじめとする先輩方に深く感謝を申し上げます。さらに、研究相談や論文添削、プログラム、精神面など様々な面でお力添えをいただきました松下研究室の同期である15期生の皆様に深く感謝を申し上げます。最後に、大学生活を送るにあたって支えてくださった家族や友人に深く感謝し、謝辞とさせていただきます。

参考文献

- [1] Addawood, A., Schneider, J. and Bashir, M.: Stance classification of twitter debates: The encryption debate as a use case, *Proceedings of the 8th international conference on Social Media & Society*, pp. 1–10 (2017).
- [2] Hu, M. and Liu, B.: Mining and summarizing customer reviews, *Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pp. 168–177 (2004).
- [3] Lan, X., Gao, C., Jin, D. and Li, Y.: Stance detection with collaborative role-infused llm-based agents, *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, Vol. 18, pp. 891–903 (2024).
- [4] Ramnani, R. and Sengupta, S.: From Opinion Mining to Improvement Mining : Understanding Product Improvements from User Reviews, *Proceedings of the 13th Annual Meeting of the Forum for Information Retrieval Evaluation, FIRE '21*, p. 52–57 (2022).
- [5] Rieger, A., Draws, T., Theune, M. and Tintarev, N.: Nudges to mitigate confirmation bias during web search on debated topics: support vs. manipulation, *ACM Transactions on the Web*, Vol. 18, No. 2, pp. 1–27 (2024).

- [6] Schweiger, S., Oeberst, A. and Cress, U.: Confirmation bias in web-based search: a randomized online study on the effects of expert information and social tags on information search and evaluation, *Journal of medical Internet research*, Vol. 16, No. 3, p. e94 (2014).
- [7] Schwind, C. and Buder, J.: Reducing confirmation bias and evaluation bias: When are preference-inconsistent recommendations effective—and when not?, *Computers in Human Behavior*, Vol. 28, No. 6, pp. 2280–2290 (2012).
- [8] Schwind, C., Buder, J. and Hesse, F. W.: I will do it, but i don't like it: user reactions to preference-inconsistent recommendations, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 349–352 (2011).
- [9] Verma, S. and Ramamurthy, A.: Analysis of Users' Comments on Political Portal for Extraction of Suggestions and Opinion Mining, *Proceedings of the International Conference on Advances in Information Communication Technology & Computing*, AICTC '16, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery (2016).
- [10] Xing, F.: Designing heterogeneous llm agents for financial sentiment analysis, *ACM Transactions on Management Information Systems* (2024).
- [11] Ziegele, M., Weber, M., Quiring, O. and Breiner, T.: The dynamics of online news discussions: Effects of news articles and reader comments on users' involvement, willingness to participate, and the civility of their contributions, *Information, Communication & Society*, Vol. 21, No. 10, pp. 1419–1435 (2018).
- [12] 石塚光, 白松俊, 小野恵子: Web 議論における対立意見の止揚を促進するための意見の偏り解消手法の試作, 人工知能学会全国大会論文集 第36回 (2022), 一般社団法人 人工知能学会, pp. 1P1GS1003–1P1GS1003 (2022).
- [13] 塙一晃, 佐々木彬, 岡崎直観, 乾健太郎ほか: Wikipedia から獲得した外部知識を用いた賛否分類, 研究報告自然言語処理 (NL), Vol. 2018, No. 6, pp. 1–9 (2018).
- [14] 藤井敦: OpinionReader: 意思決定支援を目的とした主観情報の集約・可視化システム, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 91, No. 2, pp. 459–470 (2008).

理学療法初学者の患者情報収集支援を目的とした 患者情報収集支援ツールの提案

岩脇朱梨

理学療法初学者の患者情報収集支援を目的とした患者情報収集支援ツールの提案

情 22-2003 岩脇 朱梨

指導教員 松下 光範

1 はじめに

理学療法士は、処方箋や電子カルテの確認、患者本人からの聞き取りや観察を通じて得られた情報をもとに、問題点の抽出や治療プログラムの立案に必要な検査・測定項目を決定する。理学療法士が患者の問題点を抽出し、適切な治療プログラムを立案するためには、アセスメントに必要な情報を効率的に収集する能力が不可欠とされている。しかし、理学療法初学者は情報収集に多くの時間を要する傾向にあるにもかかわらず、アセスメントに必要な情報を十分に集められていないことが報告されている [1]。そのため、患者の状態を十分に把握できていないまま問題点の抽出や治療プログラムの立案を行ってしまう可能性がある。この課題に対処するため、本研究では、理学療法プロセスの情報収集段階に着目し、理学療法初学者の情報収集を支援する患者情報収集支援ツールを提案する。

2 提案手法

臨床現場の情報収集では、各理学療法士がノート等のアナログ媒体や Excel 等の汎用ソフトウェアを使用して個別に行っているため、記録手段や記録形式が人によって異なる（課題 1）。加えて、理学療法初学者は基礎的な知識や経験が不足しているため、アセスメントに必要な情報を把握し的確に収集することが困難である（課題 2）。さらに、限られた時間内での情報収集や記録は、特に理学療法初学者にとって大きな負担になる（課題 3）。これらの課題に対して、本研究では、(1) 記録形式を統一し、携帯端末での入力を可能にする、(2) 症状毎に必要な項目を分類して提示する、(3) 規定値を予め用意し、選択形式での入力を可能にする、という 3 つを満たす支援ツールを作成する。

このデザイン指針に基づき、試作したツールを図 1 に示す。本ツールは、評価項目 (図 1-a) と、その項目の入力欄 (図 1-b) から構成される。評価項目とは、患者の状態を客観的に把握するために設定される観察や測定項目のことである。評価項目の分類は理学療法士養成校にて学ぶ内容に準拠しているが、評価項目数が多いため、各項目がどの情報に分類されるのかを理解し、的確に判断することは難しい。そこで本ツールでは、評価項目を基本情報、医学的情報、社会的情報、理学療法評価の 4 つの観点に分類し、これを切り替えながら評価項目を選択できるようにする (図 1-c)。例えば、“医学的情報”という観点を選択すると、関連する評価項目が一覧表示される (図 1-d)。また、理学療法初学者の負担を減らすため、効率的で手間のかからない記録を実現させる必要がある。そこで、評価項目にはスライドボタン、評価値にはプルダウンメニュー (図 1-e) を事前に用意することで、ワンクリック操作での記録を可能にする。このとき、BMI や体重区分等、他の評価値によって値が定まる評価値は、関連する評価値を入力することでシステム側で計算し出力されるようにすることで、手間の軽減を図っている。また、“住環境”という評価項目であれば、階数やエレベーターの有無、バリアフリーの詳細等の評価値が存在するが、従来手法では記録する評価値やデザイン、配置が人によって異なる。本ツールでは、これらが統一された記録形式に基づいているため、記録における属人性の軽減が期待できる。これらの機能を組み合わせることで、理学療法初学者の効率的かつ見落としの少ない情報収集を可能にし、アセスメントに必要な十分な情報を集められるようになり、適切な治療プログラムの立案に貢献すると期待される。

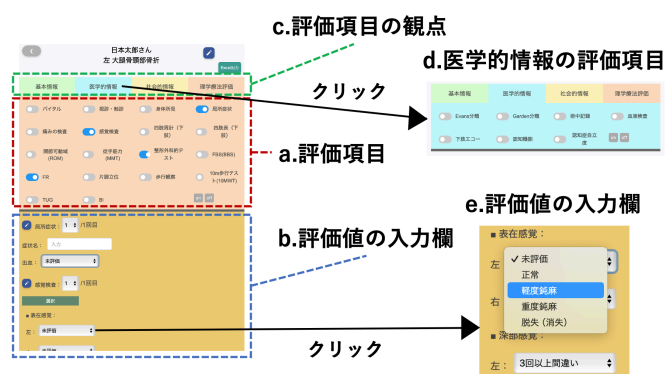


図 1 患者情報記録画面

表 1 従来手法と提案手法の平均記録項目数、括弧内は平均記録時間(分)。

	学生	現職者
従来手法	68.4 (37.9)	59.9 (29.3)
提案手法	161.3 (24.1)	154.1 (19.3)
差分	92.9 (13.8)	94.2 (10.0)

3 実験

患者情報収集支援ツールの有効性を検証するため、理学療法士養成校に所属する学生 7 名と入職後 3 年目までの理学療法士 15 名を対象に、従来の記録手法と提案手法の比較実験を実施した。実験は関西大学総合情報学部倫理審査委員会の承認を得て実施した。被験者には、模擬患者情報として大腿骨頸部骨折と変形性股関節症の 2 症例の情報(診断名、患側、年齢、手術法)を提示し、各症例における具体的な問題点抽出やプログラム立案に必要な評価項目とその評価値を記録させた。2 症例のうち 1 症例は従来の記録媒体である用紙を用いて記録させ、もう 1 症例は提案ツールを用いて記録させた。この際、順序効果を排除するため、対象者ごとに記録方法の順序をランダムに割り当てた。評価項目数および記録時間を比較し、記録後にはシステム使用感についてインタビューを行った。

実験の結果、提案ツールを使用した場合、学生と現職者の双方において、記録項目数の増加と、記録時間の短縮が確認された(表 1)。インタビューでは、「タイムパフォーマンスが高くなる」、「気付かなかった項目を補えた」、「経験年数関係なく必要情報が取れる」等、従来の手法に比べスムーズに記録できたことや、情報の取りこぼしが減ったことを示す肯定的な意見が得られた。また、「選択形式だから楽で使いやすい」、「用紙への記録はかなり疲れたが、システムを用いた記録では疲れを感じなかった」等、従来の手法に比べ労力を使わなかったことを示す意見も得られたことから、作業負担も軽減されることが示された。さらに、「用紙への記録だと人によって書き方や字体が異なり、人によっては読みにくさを感じるが、システムの方では統一され、直ぐに患者の状態を把握できる」等、記録形式を統一したことによる肯定的な意見が得られた。一方、評価項目が提示されていることから、ツール頼りになり、自身で考える力が身に付かなくなるリスクが指摘された。この課題に対処するため、今後、症状毎の重要な情報を自身で考えさせるための仕組みについて検討する必要がある。

4 おわりに

本研究は、理学療法初学者の情報収集支援ツールを開発し、従来手法との比較実験を通じてその有効性を検証した。ツール使用により、効率的かつ見落としの少ない情報収集を実現できることが示唆されたが、ツール依存によるリスクも指摘された。今後、記録情報を重要度に応じて選別させる機能の実装が求められる。

参考文献

- [1] 窪田愛恵, 矢野義孝, 関進, 高田香織, 作間未織, 森本剛, 平出敦: 薬学 OSCE における情報収集能力の評価に関する検討, 医学教育, Vol. 41, No. 4, pp. 273-279 (2010).

理学療法初学者の患者情報収集支援を目的とした患者情報収集支援ツールの提案

情 22-2003 岩脇 朱梨

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 理学療法の治療プログラムの立案においては、患者情報を適切に収集する必要があるが、理学療法初学者はその情報収集に多くの時間を要するだけでなく、患者情報を見落とすこともしばしばある。そのため、不十分な情報に基づいて問題点の抽出や治療プログラムの立案を行う可能性がある。これを解決するために、本研究では携帯端末で利用可能な患者情報収集支援ツールを提案する。本ツールでは、患者情報の各評価項目を「基本情報、医学的情報、社会的情報、理学療法評価」の4つの観点に分類し、どの情報を収集すべきかを理解しながら効率よく患者情報を収集できるようにしている。提案ツールの有効性を検証するため、理学療法士養成校に所属する学生7名と入職後3年目までの理学療法士15名を対象とし、従来の記録手法と提案ツールでの比較実験を行った。その結果、評価項目数及び記録時間において提案ツール使用群の方が従来の記録手法よりも優れた効果を示すことが示唆された。

1 はじめに

昨今、日本の総人口に対する高齢化率は一貫して増加しており、今後も高齢化率は増加することが予想されている。厚生労働省¹が発表した、人口構造の変化をみると、2020年は1人の高齢者を約2.5人で支えている社会構造になっているが、2070年には1人の高齢者を約1.6人で支える社会構造になると想定されている。また、2070年には総人口が9,000万人を割り込み、高齢化率は39%の水準になると推計されている。治療技術の進歩などにより、今後も平均寿命が伸びることが予想されている中で、高齢者が自立した生活を長く送るための健康寿命²の延伸が重要な課題となっている[5]。このような背景から、高齢社会における高齢者の自立した生活の支援に向けて、運動機能の維持・改善のための物理的手段を用いた治療を行う、理学療法士の需要が高まっている[15]。

理学療法士には、患者個々の状態に応じた治療プログラムを創造的に設計し、実践する能力が求められる[12]。患者の問題点を抽出し、適切な治療プログラムを立案するためには、必要な情報を効率的に収集する能力が不可欠とされている[7]。しかし、初学者は情報収集に多くの時間を要する傾向にあるほか[11]、記録内容が不十分であることから、患者の状態を十分に把握できていない事例が報告されている[9]。現在、こうした記録にはノー

トなどのアナログ媒体やExcelなどの汎用ソフトウェアが用いられることが多い。しかし、情報収集についての明確な基準が存在しないため、ノートテイキング手法が属人的になり、収集する情報や記録内容は、理学療法士個々の経験や判断に依存する傾向が強くなっている[14]。これらが患者情報の見落としにつながり、不十分な情報に基づく問題点の抽出や治療プログラムの立案を行ってしまう可能性がある。実際に、理学療法分野の症例報告において、患者情報の記載が不十分な事例が散見され、必要情報の欠落により読み手の誤解を招く表現が用いられていることが示唆されている[8]。この課題に対処するため、本研究では、理学療法士の情報収集を支援する患者情報収集支援ツールを提案する。

2 理学療法プロセス

一般的な理学療法の流れ（以下、理学療法プロセスと記す）を図1に示す。理学療法プロセスの情報収集とは、患者に関する情報を得る一連のプロセスを指し、処方箋や電子カルテの確認、患者本人からの聞き取り・観察が含まれる（表1参照）。理学療法士は、これらの活動を通じて得られた情報を基に、問題点の抽出や治療プログラムの立案に必要な検査・測定項目を決定する。しかし、前章で述べたように、情報収集は属人的かつ非効率的であることから、初学者にとって困難が伴う。本研究では、理学療法士養成校に所属する学生や入職後3年目までの理学療法士（以下、理学療法初学者と記す）に対する情報収集支援を目的として、理学療法プロセスの情報収集

¹我が国の人口について、https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_21481.html (2025/01/19 確認)

²日常生活に制限のない期間

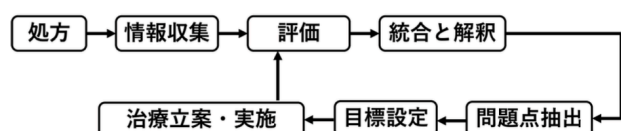


図 1: 理学療法プロセス（文献 [16] より引用）

表 1: 「処方」から「統合と解釈」前までの流れの一例

	内容
step 1	処方に記載された情報を見る
step 2	電子カルテに入力された情報を見る
step 3	患者情報を記録する
step 4	患者との会話や観察から情報を得る
step 5	患者情報を記録する
step 6	評価を行う
step 7	患者情報を記録する
step 8	これまで得た情報を電子カルテに入力する

段階に着目する。

3 関連研究

臨床現場において、限られた時間内で的確に患者情報を記録することは理学療法士にとって重要な能力の1つである。前章で指摘したように、情報収集力が欠如している場合、患者の問題点を正確に把握できず、不十分な情報に基づく問題点の抽出や治療プログラムの立案が行われる可能性がある。そのため、ノートテイキング手法は情報収集の正確性と効率性を両立させるために大きな役割を果たす。以下では、ノートテイキングに関する研究を概観する。

3.1 ノートテイキング手法の改善

他者のノートテイキング状況の可視化は指導者と学習者双方に有益な影響を与える可能性がある。近藤ら [10] は、指導者と学習者の共同体意識やノートテイキング量の向上、授業中の指導改善を目的として、他者のノートテイキング状況を可視化できるツールを開発し、その有効性を検証した。この研究から、ノートテイキングの可視化は学習者間の相互作用を促進させ、共同体意識とノートテイキング量の向上につながる事が明らかとなった。ノートテイキングで学習者の理解や進捗状況を可視化することで、理学療法の教育現場における指導者と学習者双方の意識向上と行動変容に有効に働くことが期待できる。

Salem[4] は、ノートテイキングの最も効果的な手法を明らかにするため、手書きのもの、構造化されたもの、カメラで撮影したものの3つの異なるノートテイキング手法を比較し、構造化されたノートテイキングが学業成績の向上や学習満足度に最も効果的であることを明らか

にした。理学療法の教育現場では手書きでのノートテイキングが一般的であるが、構造化されたノートテイキング手法を用いることで従来に比べ高い学習効果を得ることが期待できる。

May ら [2] は、理学療法士の初学者教育を改善するため、肩の問題を抱える患者を対象に、理学療法初学者がどのようなスキルを用いてその患者を評価・管理し、その過程でどのような課題に直面するのかを調査した。調査の結果から、複雑な症状の評価や要因の考慮において、基礎的な知識と経験の不足が自信の欠如を招き、意思決定プロセスにおいて不安定さをもたらしていることが明らかになった。このことを鑑みると、理学療法初学者の基礎的な知識と経験不足を補うサポートを効果的に組み合わせることで、情報収集の有効的な支援が可能になると考える。その一方で、医療分野の指導者の数には限りがあり、教育環境によっては理学療法初学者一人一人へのサポートが難しい。そのため、教育現場にデジタルツールを用いることで学生をサポートすることが肝要である。

3.2 デジタルツールを活用した教育支援

初学者教育に対する支援に向けて、現在までに様々なツールが開発されている。井口ら [6] は、救急外来における作業の効率化を目指し、治療に関するアドバイスを提供する臨床診断意思決定支援システムの有用性について調査した。その結果、システムの利用によって医療の質的向上が認められ、若手医師に対する救急医療の教育に有用であることが示唆された。Pyorala ら [3] の研究でも、医療分野の教育現場におけるデジタルノートテイキングの有効性が示唆されており、実際の医療分野において指導者の役割を果たすツールが存在し、理学療法教育においてもデジタルノートテイキングが有効に働くことが期待できる。

吉田ら [16] は、理学療法の教育現場における知識や思考の外在化の必要性を示し、理学療法初学者が患者の問題点を見落とさないために、どのような ICT 教育支援が必要かを調査した。この研究から、獲得した情報を重み付けし、着目すべき情報の提示を行うことで、患者の問題点を的確に把握できることが明らかとなった。ただし、吉田らの研究の知見は、一定程度の患者情報が集まっている場合には有効に働くことと推察されるが、そもそも十分な患者情報が獲得できていない場合に関しては有効に働きにくいと考える。つまり、そもそも問題点の抽出や治療プログラムの立案に必要な情報を理解し、獲得できていなければ、情報の重み付けを行ったところで適切な治療プログラムの立案を行うことは難しく、根本的な解決には至らない。これを可能にするには、情報収集段階からの支援が必要であるが、現状ではそのようなツールは存在しない。

3.3 本研究の位置付け

関連研究から、教育現場におけるノートテイキング手法の改善やデジタルツールが一定の効果をもたらすことが示された一方で、情報収集段階に特化した支援が欠如していることが課題として浮き彫りになっている。理学療法士においては、患者情報を適切に収集する必要があるが、基礎的な知識や経験が不足しているために情報の取捨選択に時間を要し、必要な情報を適切に記録できない場合が多く、不十分な情報に基づく問題点の抽出や治療プログラムの立案につながってしまう。そこで、本研究では情報収集の属人性を軽減し、理学療法初学者が臨床現場でより効率的かつ見落としの少ない情報収集ができる患者情報収集支援ツールを開発し、その有効性を検証する。

4 デザイン指針

本研究は、情報収集時に行う記録に焦点を当て、臨床現場における理学療法士の業務効率化を図るものである。適切な問題点の抽出や効果的な治療プログラムの立案を実現するためには、記録における属人性を軽減させることが重要である。特に理学療法初学者は、基礎的な知識や経験が不足していることが多いため、これを補完するための仕組みを構築する必要がある。さらに、短期間で膨大な患者情報を扱う臨床現場において、効率的かつ簡便に患者情報を入力・管理できるツールが実現できれば、業務時間の短縮や業務負担の軽減が期待できる。以上を踏まえ、本研究では、理学療法初学者の知識・経験不足を補完しつつ、患者情報を簡便に入力・管理できるツールの設計を目的とする。本ツールは、情報収集プロセスを支援することで、初学者が的確かつ網羅的な記録を行えるようにすると同時に、臨床現場全体の効率化にも貢献することを目指す。以下では、本ツールの具体的な要件を整理し、設計におけるアプローチや実装すべき機能の要素について明確化する。

4.1 記録手段と記録形式の統一化

2章で述べたように、情報収集プロセスでは、処方箋や電子カルテの確認、患者本人からの聞き取りや観察といった、様々な場面から患者情報を獲得し、記録していく必要がある。一方で、従来の臨床現場における情報収集では、記録手段や記録形式が統一されておらず、各理学療法士が独自に用紙などのアナログ媒体やExcelなどの汎用ソフトウェアなどを使用して個別に行っている。この属人性が、情報収集力の継承を難しくしている要因の1つであると考えられる。そのため、記録形式を統一し、携帯端末での入力を可能にすることで、情報収集における属人性の軽減と情報収集力継承の促進を図る。

4.2 評価項目の分類と提示

前章で指摘したように、理学療法初学者は、症状の評価や要因の考慮において、基礎的な知識と経験が不足しているため、アセスメント³に必要な情報を把握し的確に収集することが困難である[2]。この課題に対処するため、症例毎の評価項目⁴を、「基本情報、医学的情報、社会的情報、理学療法評価」の4つの観点に分類し提示する。評価項目の4分類は理学療法士養成校にて学ぶ内容に準拠しており、これを理解することで、患者が抱える問題の本質や背景を正しく理解し、観点毎の情報の関連性を見極めた適切な治療方針を導き出すことができるようになる。例えば、患者が歩行困難を訴えている場合、この症状を理学療法評価のデータのみで捉えようと、筋力低下や関節可動域の制限といった身体的要因に注目しがちになるが、医学的情報を照らし合わせると糖尿病による末梢神経障害が隠れた原因として存在している可能性に気付くことができる。これに社会的情報を加えると、患者が日常的に歩行補助具を使用しておらず、さらに家庭内で十分な介助を受けられない環境であることに気付くことができる。このように、観点毎の情報をつなげて考えることで、より包括的で適切な治療方針を導き出すことが期待できる。しかし、評価項目数が多いため、各評価項目がどの観点に分類されるのかを理解し、的確に判断することは難しい。そこで、予め評価項目を4つの観点に分類させておくことで、本ツールを使用していく過程で、症状毎にどのような評価項目があり、各項目がどの情報に該当するかについて理解し記憶させることが肝要である。

4.3 記録の簡易化

従来の患者情報の記録において、アナログ媒体が用いられていることやフォーマットが統一されていないことが、記録作業の手間を増やす要因となっている[14]。項目名や単位など、ある程度記録内容が統一されているものであっても、患者や項目毎に記入する必要がある。計算が必要なBMIやFBSの合計値などは、患者毎に自身で計算を行う必要がある。また、厚生労働省⁵が発表した、リハビリテーションの対象患者像や病床別の平均担当患者数・単位⁶数を見ると、理学療法士の1日の平均単位数は概ね18~20単位であり、限られた時間内で多くの患者情報の記録を行う必要があるため、特に理学療法初学者にとっては大きな負担になる。さらに、患者情

³患者の状態や今後起こりうる課題・問題の分析

⁴患者の状態を客観的に把握するために設定される観察や測定項目

⁵厚生労働省: 理学療法士を取り巻く状況について、<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10801000-Iseikyoku-Soumuka/0000122672.pdf>(2025/01/19 確認)

⁶リハビリテーションを実施する時間

ログイン画面のスクリーンショット。タイトル「ログイン」の下に「ID:」と「パスワード:」の入力欄があり、緑色の「ログイン」ボタンが配置されている。

図 2: ログイン画面

選択してください画面のスクリーンショット。緑色の「新規作成」ボタンと「既存情報」ボタンが配置されている。

図 3: 選択画面

報の記録は間接業務にあたるが、この間接業務時間の長さが、情報収集力を含む経験値向上の機会を阻害していることが報告されている [13]。間接業務量と患者 1 人あたりの単位数には有意な相関があり、間接業務量を削減することで、患者を診る時間や担当する患者数が相対的に増え、より多くの経験値獲得につながることも示唆されている [13]。そのため、効率的で手間のかからない記録を実現させることが肝要である。そこで、規定値を予め用意し、選択形式での入力を可能にすることで、より効率的で労力がかかりにくいツールの提供を目指す。

5 実装

本研究では、理学療法初学者の効率的かつ見落としの少ない情報収集を可能にするため、“記録手段と記録形式の統一化”と“評価項目の分類と提示”、“記録の簡易化”の 3 つの要件を満たす患者情報収集支援ツールを実装した。また、携帯端末や PC を用いた記録を想定しているため、Web アプリケーション開発に特化した Flask を用いて、本ツールの環境を整えた。以下では、実装したツールの画面構成と、情報収集プロセスにおける記録の肝となる患者情報記録画面の概要について説明する。

5.1 ツールの画面構成

実装したツールは図 2 から図 6 の 5 つの画面から構成される。ログイン画面を図 2 に示す。情報収集プロセスで獲得する患者情報は全て機密性の高い個人情報であるため、本ツールではセキュリティ対策として、各理学療法士に個別の ID とパスワードを付与することを想定し設計している。ログイン画面では、理学療法士が自身の ID とパスワードを入力することで、ツールへのアクセスが許可される仕組みとなっている。ログイン後は選択画面へ移る。

選択画面を図 3 に示す。厚生労働省⁷が発表した、リハビリテーションの対象患者像や病床別の平均担当患者

⁷厚生労働省: 理学療法士を取り巻く状況について、
<https://www.mhlw.go.jp/file/>

患者登録画面のスクリーンショット。タイトル「患者登録」の下に「患者名:」の入力欄、症状名を選択するプルダウンメニュー（現在は「肩関節損傷」が選択されている）、患側を選択するプルダウンメニュー（現在は「左」が選択されている）、そして緑色の「登録」ボタンが配置されている。

図 4: 患者登録画面

数・単位数をみると、1 日あたりの平均担当患者数は、一般病床・療養病床で約 11～13 人、回復期リハ病床で約 7 人である。そのため、本ツールでは、担当患者の数に制限なく記録できる環境を整えた。選択画面では、新規作成を選択すると、患者登録画面へ移り、新規患者の登録が可能となる。一方、選択画面で既存情報を選択すると、既存患者情報画面へ移り、これまで記録した患者情報の閲覧と再記録が可能となる。

患者登録画面を図 4 に示す。患者登録画面では、各患者の情報を整理・管理しやすくするため、簡単な患者登録を行う。この画面では、患者名、症状名、患側といった基本情報を入力する。これらの情報は、図 1 の理学療法プロセスにおける処方プロセスにて獲得できる情報である。該当項目を入力後、登録ボタンを押すことで患者情報記録画面へ移り、より詳細な情報を記録する準備が整う。

患者情報記録画面を図 5 に示す。この画面は、情報収集プロセスにおける肝となる部分であり、本ツールの中心

図 5: 患者情報記録画面

図 6: 既存患者情報画面

的な役割を担う。従来の臨床現場では、自身で用意した用紙などのアナログ媒体や Excel などの汎用ソフトウェアに患者情報を記録し、管理しているが、従来の記録手法では記録内容の統一性が欠けるだけでなく、情報の取り漏れや記載間違いが発生する可能性が高い。本ツールでは、症状毎に必要な項目を提示し、選択形式での記録を可能にすることで、記録における属人性を軽減し、より網羅的に記録させることを図る。また、完了ボタンを押すことで記録内容が保存され、後から見返したり追加記録を行うことが可能となる。

既存患者情報画面を図 6 に示す。現時点で未完成であるが、登録済みの患者情報がリスト形式で表示され、それぞれの患者に対応する URL を選択することで、該当患者の記録内容の確認や情報の追加を可能にすることを検討している。特に、追加入力機能を用いて、理学療法

図 7: 追加項目欄

プロセス中に見つかった新たな情報や補足データを記録することで、情報の質の向上が期待できる。

これらの画面を組み合わせることで、患者情報の記録と管理が可能なツールを実装した。

5.2 患者情報記録画面の概要

図 5 に示した患者情報記録画面は、従来の情報収集に比べ効率的かつ見落としの少ない情報収集の実現を図り、設計している。ここでは、実装した患者情報記録画面の概要について説明する。

5.2.1 評価項目の選択

患者情報記録画面を図 5 に示す。この画面では、評価項目と、その項目の評価値の入力欄から構成される。記録したい評価項目のスライドボタンをオンにすることで、該当項目の入力欄が下に表示される仕組みになっている。また、この画面の上半分には、症状毎に設定された評価項目が「基本情報、医学的情報、社会的情報、理学療法評価」の 4 つの観点に分類されて提示される。本ツールでは、これらの観点を切り替えながら評価項目を選択できるようにした。例えば、「医学的情報」という観点を選択すると、関連する評価項目が一覧として表示される。項目が分類されていることにより、理学療法士は膨大な評価項目の中から必要項目を素早く見つけることができる。また、理学療法初学者の知識や経験不足を補い、情報収集や治療プログラムの立案に貢献することが期待できる。さらに前章で述べたように、予め評価項目を 4 つの観点に分類させておくことで、本ツールを使用していく過程で、症状毎にどのような評価項目があり、各項目がどの情報に該当するかについて理解し記憶できるようになることも狙っている。

本ツールでは、1. 観点を選択する、2. 記録したい評価項目のスライドボタンをオンにする、3. 入力欄に評価値を記録する、という流れで記録を行う。また、この画面の下半分では選択された評価項目の入力欄のみ表示させることで、画面が煩雑になることを防ぐ。

記録したい評価項目が患者情報入力画面で提示されていない場合、スライドボタンがある評価項目欄の右下にある on ボタンを押すことで、新しい項目の追加入力・表示が可能になる（図 7）。具体的には、入力欄に追加したい評価項目名を入力し、左側にあるスライドボタン

図 8: 評価値の選択欄の一例

を押すことで、追加した評価項目の入力欄が下に表示され、記録可能となる。

このように、評価項目の選択機能は、理学療法士が必要な情報を的確に収集できるように設計されており、効率的かつ情報収集の網羅性を高める効果が期待できる。

5.2.2 評価値の記録

評価項目を選択した後、該当する項目の評価値の記録に移る。前章で指摘したように、従来の記録手法では記録形式が人によって異なる。例えば、“住環境”という評価項目であれば、階数やエレベーターの有無、バリアフリーの詳細などの評価値が存在するが、従来手法では記録する評価値やデザイン、配置が人によって異なる。本ツールでは、それらが統一された記録形式に基づいているため、記録における属人性の軽減が期待できる。主訴や合併症など、患者によって記録内容が様々である場合は自由記述形式の入力欄が表示される。一方で、性別や表在感覚などある程度入力する内容が限られる評価項目には評価値の選択欄が表示される。評価値の選択欄の一例を図 8 に示す。このように、入力内容が限られている評価値についてはプルダウンメニューを用意し、そこから選択させることで、記録の手間や誤入力を軽減させるほか、統一性のあるデータ記録を行えるようにした。

また、患者の評価は 1 度だけとは限らず、評価項目によっては期間を空けて複数回実施することが多いため、複数回評価を行う可能性のある評価項目については該当項目の右側に評価回数欄を用意した (図 9)。この欄を開き、プラスボタンを押すことで次の評価回数の入力欄が表示される。評価回数を増やした場合、その入力欄には予め前回の評価値が入力されている状態で表示される。これは、前回と異なる値のみ再入力することで、入力の手間を軽減させることを企図している。確認の際は、前回と異なる値のみ赤色で表示し、評価値の変化を把握しやすくしている。

図 9: 評価回数欄の一例

図 10: 自動出力の一例

さらに BMI や体重区分など、他の評価値によって値が定まる評価値は、関連する評価値を入力することでツール側で計算し出力されるようにした (図 10)。このような自動計算の機能により、記録を効率的にするほか、計算間違いの防止も期待できる。

以上のように、項目毎に適切な入力形式 (記述式、選択式、自動計算式) が適用されるため、評価値の記録が効率的になることに加え、一貫した操作性の中での記録が可能となる。

5.2.3 評価値以外の記録

理学療法士が情報収集を行う際、単に評価値を記録するだけでは不十分であることが多い。例えば、評価時の状況や患者の反応、評価値から得た気づきなど、評価値以外の内容を記録することも重要である。これらの情報は問題点の抽出や治療プログラムの立案に役立つが、異なる媒体を用いて個別に記録されることが多い。異なる媒体に記録することの属人性や管理のしにくさ、持ち運ぶ手間などを軽減させるため、評価値以外の内容に関しても本ツールで記録できるようにした。評価値以外の記録の一例を図 11 に示す。各評価項目の左に配置された

図 11: 評価値以外の記録の一例

メモ一覧

バイタル：血圧、体温ともに高め

関節可動域（ROM）：右は全て正常に動作している

閉じる

図 12: メモ一覧

徒手筋力（MMT）： 1 /1回目

徒手筋力（MMT）

【5】完全に可動域を動かし、最大抵抗に対して終点の可動域を維持できる
 【4】重力に抗して可動域全般にわたり、運動を完全に行うことができるが、最大の抵抗に対しては位置を保持することができない
 【3】抵抗が重力だけであれば可動域を完全に終わりまで動かすことができる
 【2】重力の影響を最小にした肢位でならば、可動域全体にわたり完全に動かすことができる
 【1】検査の運動に参加する一つあるいはそれ以上の筋群に、なんらかの筋収縮活動を目で確認するか、手で触知できる
 【0】触知によっても視診によっても、まったく無活動のもの

図 13: 評価値の意味表示の一例

青色のボタンを押すことで、該当する評価項目の自由記載欄が表示され、評価値以外の内容を記録することが可能となり、同じボタンを再度押すことで表示が消える。また、記録した場所や記録したこと自体を忘れる可能性を考慮し、自由記載欄に記録すると該当する評価項目の青色のボタンの枠が赤色に変化するようにした。これにより、追加情報の記録箇所を一目で把握可能にし、見返し時の見落としも防止する。

一方で、複数の自由記載欄の見返しを行う際に1つずつ再表示させることは面倒であり、手間もかかる。そこで、患者情報の見返しの手間を減らすことを企図して、これまで記録した評価値以外の記録を一覧として表示するメモ一覧ボタンをヘッダー部分に用意した（図 12）。

5.2.4 その他補助機能

理学療法初学者が本ツールを使用することを考慮した際、評価して記録したものの、記録した評価値の意味を適切に捉えられていない可能性がある。例えば、徒手筋力検査であれば、評価値が0から5の段階に分類されていることは理解しているが、各評価値がどのような意味を持つのかということや、患者がどのような状態であれば徒手筋力が3なのかがわからないということが起こり得る。実際に、臨床現場では、評価値の意味を調べるために参考書を持ち歩く理学療法初学者が散見される。こうした現状を踏まえ、一部の評価項目の左に評価値の意味が表示されるボタンを用意した。ボタンを押した際の表示の一例を図 13 に示す。同じボタンを再度押すことでその表示が消える仕組みであり、必要時のみ確認できるよう配慮されている。この機能により、参考書を持ち

A	B	C	D
○理学療法評価			
【視診・触診】	視て皮膚が赤い		
【身体所見】	眼瞼結膜の	薄い赤	
【身体所見】	チアノーゼ	あり	
【身体所見】	頻脈	なし	
【痛みの検査】	NRS	安静時	3
【痛みの検査】	NRS	運動時	6
【痛みの検査】	NRS	夜間	9
【四肢長（下肢）】	棘果長	左	15cm
【四肢長（下肢）】	棘果長	右	14cm
【四肢長（下肢）】	大腿長	左	17cm
【四肢長（下肢）】	大腿長	右	16cm
【四肢長（下肢）】	下腿長	左	22cm
【四肢長（下肢）】	下腿長	右	20cm
【四肢長（下肢）】	転子果長	左	16cm
【四肢長（下肢）】	転子果長	右	18cm
【TUG】	10秒		

図 14: 出力した Excel データの一例

歩かなくとも本ツール1つで評価値から患者の状態を容易に調べることが可能になる。

なお、ネットワークを介した情報の一括管理が進んでいない施設も多いこと、本ツールの用途の1つとして現場での入職前実習の際の利用を想定していることから、電子端末を用いて記録したデータを Excel に出力する機能を追加した。出力した Excel データの一例を図 14 に示す。これは理学療法士養成校で扱われるレポート形式に基づいて設計されている。学生にとっては、実習中に記録した情報を簡単に整理してレポートに反映させることができるため、作業効率の向上が期待できる。また、現職者にとっては、症例報告や電子カルテの記載、患者情報の見返し、共有などに有用であり、臨床業務負担の軽減に有効に働くことが期待できる。さらに、長期的な記録管理や患者間の比較分析が容易になる効果も期待できる。

これらの機能を組み合わせることで、理学療法初学者の効率的かつ見落としの少ない情報収集の実現を図る。

6 実験

情報収集プロセスにおける提案ツールの有効性を検証するための実験を行った。実験は関西大学総合情報学部倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：関総倫第 2024-20）。

実験では、理学療法士養成校に所属する学生 7 名（4 年生）と入職後 3 年目までの理学療法士 15 名（平均年数:2.2）を対象に従来の記録手法と提案手法の比較実験を実施した。着目するのは記録した評価項目数と記録時間、ツール使用感の 3 点である。

実験では、股関節疾患 2 症例（大腿骨頸部骨折、変形

表 2: インタビューにおける質問 ID と質問事項

質問 ID	質問事項
1	ツールの使いやすさ, わかりやすさについて
2	携帯端末での利用可能性について
3	病院以外での利用可能性について
4	情報収集時の自身の考えに与えた影響について
5	患者情報の記録の順番に与えた影響について
6	記録終了までの体感時間の差について
7	評価項目名や単位の提示について
8	評価値の意味表示機能について
9	評価項目毎の自由記載欄について
10	Excel 出力機能について
11	情報収集において希望する手法について
12	提案ツールを用いた記録のメリットについて
13	提案ツールを用いた記録のデメリットについて
14	用紙を用いた記録のメリットについて
15	用紙を用いた記録のデメリットについて

性股関節症) に対しての情報収集を行う。被験者には、臨床現場で働く理学療法士として、担当する 2 人の患者の各症例に対する具体的な問題点の抽出や治療プログラムの立案に必要な患者情報の記録をさせる。例えば、「脳卒中」による症状の患者であれば、運動麻痺や歩行能力を評価したり自宅環境や運転の必要性の有無などを調べたりする必要がある。このように、模擬患者 2 名の症例(診断名, 患側, 年齢, 手術法)を提示し、その症例の具体的な問題点の抽出や治療プログラムの立案に必要な患者情報を自身で考え、評価項目や評価値を記録させる。2 症例のうち 1 症例は従来の記録媒体である用紙を用いて記録させ、もう 1 症例は提案ツールを用いて記録させた。この際、順序効果を排除するため、対象者毎に記録媒体の順序をランダムに割り当てた。従来手法での記録を行う際には、記録形式の指定はせず、他職員との共有を想定した記録を行うことのみ指示した。提案手法での記録を行う際には、画面共有を通じて、予めツールの使用方法の説明を行った。また、どちらの手法においても臨床現場での業務であり、他の業務も抱えている状態であることを想定させ、できる限り早めに仕上げることを指示した。評価値はこちらが指定したものを記録させるが、従来手法においては、同上を表す「//」を用いることを、提案手法においては、コピー・アンド・ペーストを行うことを禁止とした。なお、評価値以外での使用は許可している。

評価項目数および記録時間を比較し、記録後にはツール使用感についてインタビューを行った(表 2 参照)。実験は全てオンライン上で行った。

7 結果

結果を表 3~6 に示す。学生の平均記録項目数をみると、従来手法では 68.4 個だが、提案手法では 161.3 個

であり、約 93 個の増加が確認された(表 3 参照)。また学生の平均記録時間をみると、従来手法では 37.9 分だが、提案手法では 24.1 分であり、約 14 分の短縮が確認された(表 5 参照)。現職者の平均記録項目数をみると、従来手法では 59.9 個だが、提案手法では 154.1 個であり、約 94 個の増加が確認された(表 4 参照)。また現職者の平均記録時間をみると、従来手法では 29.3 分だが、提案手法では 19.3 分であり、約 10 分の短縮が確認された(表 6 参照)。これらの結果から、提案ツールを使用した場合、学生と現職者の双方において、記録項目数が増加し、記録時間が短縮される傾向にあることが示された。なお、学生と現職者の評価項目数や記録時間に大きな差は生まれなかった。ツール使用感についてのインタビュー(表 7 参照)では、「タイムパフォーマンスが高くなる」、「気づけなかった項目を補えた」など、従来手法に比べスムーズに記録できたことや、情報の取りこぼしが減ったことを示す意見が得られた。また、「選択形式だから楽で使いやすい」、「用紙を用いた記録ではかなり疲れを感じるが、ツールを用いた記録では疲れを感じなかった」など、作業負担が軽減されたことを示す意見が得られた。さらに、「用紙を用いた記録では人によって書き方や字体が異なり、人によっては読みにくさを感じるが、ツールを用いた記録ではそれらが統一され、直ぐに患者の状態を把握できる」といった、記録形式を統一したことによる肯定的な意見が得られた。これらの結果から、ツール使用により、記録項目数の増加、記録時間短縮、属人性の軽減などの効果が確認され、提案ツールが効率的かつ見落としの少ない情報収集を実現できることが示唆された。また、補助機能の有用性や携帯端末での利用可能性なども示された。以上のように肯定的な意見が得られた一方で、評価項目が提示されることから、ツール頼りになり、自身で考える力が身に付かなくなるリスクがあることも指摘された。なお、ツール使用時の不具合は確認されなかった。

8 考察

8.1 評価項目数の増加効果

学生と現職者のいずれに対しても、本ツールを使用することで、記録可能な評価項目数が増加する傾向にあることが明らかとなった。特に ID10 の被験者においては、従来手法に比べ約 6.8 倍もの評価項目が記録された。インタビューでは、ツールの提示により自分では気付けない評価項目を補えることや、経験年数関係なく必要な情報が取れることなどを示す肯定的な意見が見受けられた。本研究は理学療法初学者を対象としているが、経験豊富や理学療法士にとっても本ツールが有用である可能性も示唆されている。例えば、高齢患者や複数の合併症を抱えた患者に対しては、通常よりも多岐にわたる情報を収集する必要があり、本ツールが項目を提示し網羅的に記

表 3: 従来手法と提案手法の評価項目数 (学生)

ID	A	B	C	D	E	F	G	平均
従来手法 (項目)	39	98	91	70	58	85	38	68.4
提案手法 (項目)	138	194	150	164	188	136	159	161.3
評価項目数の差 (項目)	99	96	59	94	130	51	121	92.9

表 4: 従来手法と提案手法の評価項目数 (現職者)

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均
従来手法 (項目)	94	86	55	75	93	102	39	82	27	24	44	39	73	25	40	59.9
提案手法 (項目)	206	140	151	168	159	155	168	181	112	164	154	133	127	139	155	154.1
評価項目数の差 (項目)	112	54	96	93	66	53	129	99	85	140	110	94	54	114	115	94.2

録させることで、より適切な問題点の抽出や治療プログラムの立案につながると考える。忙しい臨床環境では常に情報の取り漏れが発生するリスクがあるため、本ツールによる支援は、情報収集の質を向上させる一助となることが期待できる。評価項目数の増加効果に関して肯定的な意見が得られた一方で、必要のない情報まで記録される懸念も示された。この課題に対して、ツールに情報過多や取り漏れを検出する機能を組み込むことで、単に評価項目を網羅的に記録させるだけでなく、収集すべき情報の優先度を明確に示し、理学療法士に適切なフィードバックを与える設計が求められる。そうすることで、理学療法初学者が単に項目を埋める作業に終始せず、各項目の意義を理解・記憶しながら記録を進めることが可能となる。このような改良を通じて、ツールの実用性と教育的効果を高めることが求められる。

8.2 記録時間短縮の検証

記録時間の短縮効果についても明確な結果が得られた。ツール使用時には、すべての被験者が非使用時よりも5～25分早く記録を完了できた。インタビューでは、提案ツールの方がスムーズに記録することができたことや、業務全体の効率化につながるなどの肯定的な意見が得られた。さらに、従来手法に比べ記録が楽になり、労力をあまり感じなかったなどの意見も散見され、記録時間の短縮に加え、労力の軽減の面に関しても優れた効果が示された。これらは特に多忙な臨床現場において重要な利点である。今回の実験では2症例のみを対象としたが、実際の臨床現場では1日に10名以上の患者を担当する場合も多い。例えば、5章で述べたように、理学療法士1人の1日あたりの平均担当患者数は、一般病床・療養病床で約11～13人、回復期リハ病床で約7人である。1回の記録で5分以上の記録時間の差が生まれているため、仮に1日に10人の患者を担当すると、情報収集プロセスにおける記録時間を50分以上削減できる可能性がある。加えて、患者1人あたり50項目以上多く記録できることを踏まえると、従来より1日に500項目以上の評価値を得ることができる可能性がある。記録時間を短縮

させることで、余った時間を他の業務に充てたり、担当患者数を増やしたりすることができ、より多くの経験値獲得につながると考える。また、理学療法士1人あたりの担当患者数を増やすことができれば、人材不足問題を抱えている病院の一助になると考える。今後は、より多様な条件下での実証実験を通じて、その実用性をさらに検証することが求められる。

8.3 属人性軽減の可能性

従来の記録手法においては、記録形式や記録内容の属人性が確認された。また、評価項目名の省略や記載ミスが散見された。他職種連携が推進される臨床現場において患者情報の共有は肝要であるが、従来の記録方式のままでは十分な共有が難しいことが指摘されている。インタビューからも、用紙による記録は他者にとって読みにくい可能性があるといった意見が多く得られた。本ツールでは、各評価項目を予め分類分けし、選択形式の記録を実現させたことで、記録形式や内容、字体が統一され、属人性の軽減が確認された。これにより、他職員が記録内容を容易に読み取ることが可能となり、情報共有がより円滑になることが期待できる。これは、特に多職種連携を重視する医療現場において重要な役割を果たす。このような機能の導入により、従来では主観的であった情報収集が、より客観的かつ標準化されたものへと移行することが期待できる。

8.4 補助機能の有用性に関する評価

評価値の意味表示機能については、参考書を持ち歩く手間がなくなるといった意見が得られ、本ツールが参考書としての役割も果たすことが示唆された。この機能により、評価値に基づいた患者の状態の把握が容易になるため、記録の効率化という点でも有効に働く。また、情報収集の正確性が向上する効果も期待できる。

メモ機能に関しては、評価値だけでは説明しきれない状況や所見を記録できる点が評価された。インタビューでは、他職員との情報共有が容易になることや、変化を感じやすくなるといった肯定的な意見が得られた。また、

表 5: 従来手法と提案手法の記録時間 (学生)

ID	A	B	C	D	E	F	G	平均
従来手法 (分)	23	42	41	41	50	50	18	37.9
提案手法 (分)	16	29	24	21	29	37	13	24.1
記録時間の差 (分)	7	13	17	20	21	13	5	13.8

表 6: 従来手法と提案手法の記録時間 (現職者)

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均
従来手法 (分)	53	31	25	28	28	35	22	39	21	18	53	24	27	16	19	29.3
提案手法 (分)	28	21	18	23	17	22	17	22	15	12	37	18	18	10	12	19.3
記録時間の差 (分)	25	10	7	5	11	13	5	17	6	6	16	6	9	6	7	10.0

今回の実験では検証していないが、本ツールでは記録したメモを一覧表示させる機能も搭載しており、これが情報を見返す際の利便性を向上させることも期待できる。今後の改良点としては、音声入力機能や動画記録機能の搭載が挙げられる。音声入力機能を用いることで、両手が塞がっている中での記録が可能になり、記録がより効率化することが期待できる。動画記録機能を用いることで、動作観察や患者のリハビリ経過を視覚的に記録でき、静的なデータのみでは捉えきれない動態情報を補足することが可能となる。この機能は、患者の状態変化をより正確に記録し、他職員との情報共有において高い効果を得ることが期待できる。

Excel 出力機能に関しては、学会発表や症例報告時、経過を把握したい際に役立つほか、患者情報の見返しや管理のしやすさを示す意見が得られ、情報収集以外の場面でも有用性があることが確認された。また、デジタルノートを活用する学生は、データ出力によって自ら記録を振り返ることで、より多くの経験値獲得につながることを示されている [1]。そのため、Excel 出力機能は、指導者の数に限りがある医療現場において、特に重要な役割を果たす。

以上を踏まえると、補助機能の有用性は、単なる情報収集の効率化に留まらず、情報収集における質の向上や情報共有、教育現場での活用など、多岐にわたる効果をもたらすと考える。

8.5 携帯端末での利用可能性

今回の実験はノートパソコンを用いて行ったが、実際の臨床現場では、多くの患者に対応するために移動を伴うことが多く、常に持ち運び可能な携帯端末での利用が望ましい。携帯端末でのツール利用については、現場での即時入力が可能であることや、持ち運びにおける利便性が高いといった肯定的な意見が多く得られた。さらに、介護老人保健施設や訪問リハビリテーションなど、病院外での利用価値も示唆された。特に訪問リハビリテーションにおいては、必要に応じて過去のデータを見返すことや、患者宅で評価を行いながらその場で記録するこ

とが可能であるため、情報共有における利便性を高めるほか、業務の効率化に大きくつながるとの意見が得られた。一方で、携帯端末での利用においては、操作性や画面の見やすさといった課題も存在する。特に、画面サイズが小さい場合に記録内容の全体像が把握しにくくなる可能性があるため、UI 設計における工夫が求められる。また、携帯端末の使用に伴うセキュリティ面の課題も指摘された。患者情報というセンシティブなデータを扱う以上、データの暗号化や端末紛失時のリモートロック機能など、より強固な情報セキュリティ対策が必要である。

総じて、携帯端末での利用可能性はあるものの、本ツールが実際の臨床現場で広く普及するためには、携帯端末での利用を前提とした更なる設計が求められる。

8.6 情報選別機能の必要性

本ツールが患者情報の収集において優れた効果を示した一方で、ツール頼りになり、自身で考える力が身に付かなくなるリスクが指摘された。この課題に対処するためには、収集した情報を重要度に応じて選別する機能を搭載することが肝要である。吉田ら [16] の研究から、収集した情報の重要度の提示が問題点の抽出に有効に働くことが示されている。吉田らの研究では重要度の分類をシステムが行っているが、本研究では、この分類を理学療法初学者自身にさせ、ツールがフィードバックする仕組みに改変する。そうすることで、単なる情報の記録にとどまらず、患者の治療に重要な情報を選び出す思考力を育まさせ、該当症状の治療プログラム立案を考慮した記録をさせることが期待できる。さらに、分類後に重要な情報が十分に獲得できているかをツールが判断し、不十分な場合には不足情報を提示する機能を付与することも肝要である。この機能により、各症例において重要な情報を理解し、収集した上で問題点の抽出や治療プログラムの立案を行うことが可能となる。これらの機能を組み合わせることで、各症例における重要な情報を学ぶ教育ツールとしての役割も果たすことが期待できる。

表 7: インタビューにおける質問 ID と回答 (一部抜粋)

質問 ID	回答
1	選択形式だから楽で使いやすい/項目が色分けされているのがわかりやすい
2	情報共有の面でも使える/持ち運びしやすい/即時入力できるところが便利
3	介護老人保健施設や訪問リハビリテーション/統計が取れるため学会発表や症例報告に使える
4	気付けなかった項目を補えた/取り漏れの多さに気付かされた/頭の中で整理しやすくなった
5	特に影響なし/普段は記録の順番に迷うが、タブ分けにより迷うことなく順序通りに記録できた
6	ツールの方が早く、タイムパフォーマンスも良くなる/用紙は書き出しに時間がかかる
7	記録が楽になる/書く手間や調べる手間が省ける/記載ミスがなくなる
8	参考書を持ち歩く手間がなくなる/評価値の意味がわからないことが多いから助かる
9	評価値以外の状況説明ができるため便利/変化を感じやすくなる/他の職員に共有する際に助かる
10	症例報告や見返しに役立つ/経過を追えるため便利/患者や疾患毎の比較ができるため便利
11	情報収集の質が上がるためツールの方が良い/情報共有しやすくなると感じたためツールの方が良い
12	業務の効率化につながる/取り漏れが減る/情報を管理しやすい/経験年数関係なく必要情報が取れる
13	ツール頼りになる/自分で考える力がなくなる/動画としても残せたらさらに良い
14	自分なりにまとめられる/自分の考えが整理できる/重要な情報に色付けや線引きができる
15	時間がかかる/労力を感じる/取り漏れが多くなる/記録する人によって読みやすさが変わる

9 おわりに

本研究は、理学療法初学者の情報収集プロセスを支援するツールを開発し、従来手法との比較実験を通じてその有効性を検証した。ツール使用により、記録項目数の増加、記録時間短縮、属人性の軽減などの効果が確認され、提案ツールが効率的かつ見落としの少ない情報収集を実現できることが示唆された。また、補助機能や携帯端末での利用可能性についても高い評価を得た。特に、記録項目数が増加したことは、理学療法初学者がこれまで意識していなかった重要な評価項目にも目を向けるきっかけとなり、学習効果を高める一助になったと考えられる。記録時間の短縮については、短縮された時間を他の業務に充てることができるため、経験値向上に寄与する可能性がある。一方で、本研究で明らかとなった課題として、情報過多やツール依存によるリスクが挙げられる。特に、ツール利用により、理学療法初学者の思考力を育む機会が減少する可能性が示唆された。この課題に対応するためには、記録された情報を重要度に応じて分類させる機能や、不足している情報を提示する機能を効果的に組み合わせることが肝要である。これらの機能を通じて、理学療法初学者の思考力を養い、記録内容の質を向上させる仕組みを構築することが求められる。さらに、音声入力機能や動画記録機能を搭載させたり、症例毎に提示する評価項目を変化させたりすることで、柔軟性の高いツールの実現を目指す。本研究が、理学療法士の情報収集および業務効率化に寄与し、高齢化社会におけるリハビリテーションの質向上の一助となることを期待する。

謝辞

本研究の一部は 2022 年度関西大学医工薬連携研究費の支援を受けた。本研究の遂行および本論文の執筆にあたり、松下光範教授（関西大学）、堀寛史氏（甲南女子大学）には様々なご指導ご鞭撻を賜った。本研究の実施にあたり、高岡良行氏（一般社団法人 PMDs）、吉田龍洋氏（岸和田徳洲会病院）、畠山駿弥氏（兵庫県立尼崎総合医療センター）、櫛力輔氏（関西大学）、高橋可奈恵氏（東大阪病院）には、本研究の方向性や理学療法の知識をご教授いただいた。また、本実験の実施にあたり、杉本明文氏（藍野大学）、中谷知生氏（宝塚リハビリテーション病院）の協力を得た。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Calamlam, J. M. M.: Digital note-taking: An effective self-regulation tool in increasing academic achievement of Filipino students in a business mathematics online learning course, *Asian Journal for Mathematics Education*, Vol. 2, No. 1, pp. 91–115 (2023).
- [2] May, S., Withers, S., Reeve, S. and Greasley, A.: Limited clinical reasoning skills used by novice physiotherapists when involved in the assessment and management of patients with shoulder problems: a qualitative study, *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, Vol. 18, No. 2, pp. 84–88 (2010).
- [3] Pyörälä, E., Mäenpää, S., Heinonen, L., Folger, D., Masalin, T. and Hervonen, H.: The art of note

- taking with mobile devices in medical education, *BMC Medical Education*, Vol. 19, No. 96 (2019).
- [4] Salem, R. R.: Conventional, Structured and “Camera-Captured” Note-taking Methods: A Comparative Analysis, *The Normal Lights*, Vol. 14, No. 2, pp. 62–89 (2020).
- [5] 阿部山徹: 健康寿命の延伸に向けて, 共済総研レポート, No. 180, pp. 12–19 (2022).
- [6] 井口竜太, 佐藤元, 中村謙介, 松原全宏, 軍神正隆, 石井健, 中島勸, 矢作直樹: 米国の救急外来における電子カルテシステムと臨床診断意思決定支援システム, 保健医療科学, Vol. 62, No. 1, pp. 88–97 (2013).
- [7] 板場英行: 理学療法士の臨床能力をいかに高めるか—生涯学習のすすめ—臨床実践家として必要な能力は?—, 理学療法学, Vol. 37, No. 8, pp. 538–539 (2010).
- [8] 浦田龍之介, 鈴木満里乃, 山本真生, 伊藤将円, 鈴木皓大, 伊藤梨也花, 伊藤晃洋, 飯島進乃, 屋嘉比章紘, 鈴木彬文, 井川達也: 本邦理学療法分野の症例報告における情報の欠落, 理学療法科学, Vol. 38, No. 3, pp. 188–192 (2023).
- [9] 窪田愛恵, 矢野義孝, 関進, 高田香織, 作間末織, 森本剛, 平出敦: 薬学 OSCE における情報収集能力の評価に関する検討, 医学教育, Vol. 41, No. 4, pp. 273–279 (2010).
- [10] 近藤孝樹, 横山喬一, 御園真史, 稲葉利江子, 渡辺雄貴: 他者のノートテイキング状況の可視化が授業中の相互作用に与える影響, 日本教育工学会論文誌, Vol. 47, No. 1, pp. 13–25 (2023).
- [11] 中西永子, 高見美樹, 石垣恭子: ベテラン看護師と新人看護師の勤務前情報収集に関する電子カルテ利用による情報探索行動の差異—視線計測機を用いた注視エリアからとらえた情報収集時間, 範囲, 量の違い—, 医療情報学, Vol. 42, No. 6, pp. 249–262 (2023).
- [12] 奈良勲, 高橋哲也, 内山靖: 理学療法概論 [第 7 版], 医歯薬出版株式会社 (2021).
- [13] 成瀬友貴, 乾由明: 業務量調査から見た急性期リハビリテーション部門における業務効率化, 日本医療マネジメント学会雑誌, Vol. 16, No. 2, pp. 87–91 (2015).
- [14] 久野智彦: 連載第 3 回 リハビリテーションにおける効果的な情報共有と記録について, 理学療法学, Vol. 39, No. 5, pp. 338–343 (2012).
- [15] 宮本誠人, 松下光範, 高岡良行, 堀寛史: 理学療法初学者の支援を目的とした動作分析テキストの構造の可視化, 第 36 回人工知能学会全国大会論文集, No. 1I1OS604 (2022).
- [16] 吉田龍洋, 畠山駿弥, 杉本明文, 堀寛史, 佐々木恭志郎, 高岡良行, 松下光範: 医療情報における着目点提示による理学療法初学者の臨床推論支援, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2023 予稿集, No. B-2-2 (2023).

器特徴の類似度に基づく
ユーザの嗜好に合う器の探索支援

小谷陽人

器特徴の類似度に基づくユーザの嗜好に合う器の探索支援

情 21-0189 小谷 陽人

指導教員 松下 光範

1 はじめに

人は料理を盛り付ける適切な器を選択する際、料理との相性や提供場面の雰囲気などに加えて、自らの好みを考慮しながら器の探索を行う。しかし、料理や器の知識が乏しい人々にとって、自らの好みを顕在化させながら器を探索することは容易ではなく、一度で明確な解にたどり着くことは難しいため、器同士の比較を繰り返し行うことで、より好みにあった器を判断する試行錯誤を行う必要がある。そこで本研究では、ユーザが逐次的かつ対話的に器の特徴を変化させながら、納得のできる器を探すことを支援するシステムを提案する。提案システムでは器の特徴類似度に着目し、ユーザが少しずつ基準となる器を変化させながら探索を行うことを可能にする。

2 システム設計

ユーザが、ある料理を盛り付ける器を選ぶ際には、(1) 物理的にその料理を盛り付けられること、(2) ユーザ自身が料理や提供場面に合うと感じること、の 2 つの要求を満たす器を発見するための試行錯誤を行う。本研究では、ユーザの器の探索に伴うこれらの試行錯誤プロセスを踏まえて、料理に対して盛り付ける選択肢となり得る器を提示すること（要件 1）、ユーザ自身が少しずつ自らの好みを顕在化させながら、器に反映させられること（要件 2）、の 2 つをデザイン要件としたシステムを実装した。図 1 にシステムのインタフェースを示す。

要件 1 については、文献 [1] の提案手法に基づき、一種類の料理に対して、物理的にその料理を盛り付けることが可能な器の画像を複数枚紐づけることで満たした。要件 2 については、器の特徴をユーザが操作可能なパラメータとして定義付けすることで、ユーザの器に対する要求を顕在化しやすくした。まずパラメータは、文献 [1] の器の形体情報分類方法を参考に、深さ、取手、器の形状、材質、無地部分の色、模様の 6 種類のカテゴリとして定義した（表 1 参照）。次に、システムに登録する器の画像から GPT 4-o を用いて特徴を抽出し、それぞれに対して各特徴カテゴリ内のクラスを割り当てた。ただし、抽出された特徴が人の解釈と一致するとは限らないことから、器特徴抽出の妥当性を人手で検証するために、Yahoo!クラウドソーシングを用いて、抽出された特徴の精度に関する調査を行った。調査では 1 枚の器の画像に対して、調査協力者 3 名が器の特徴クラスを割り当て、そのうち 2 名以上の回答が一致したものを正解データとした。その結果、模様カテゴリは、幾何学模様やチェック柄など、見る人によって解釈が異なるクラスが多いことから、他の特徴の抽出精度（Accuracy > 0.9）に対して、相対的に抽出精度が低い（Accuracy < 0.7）という結果が得られた。このことから、器の模様を一概にクラスとして定義することは容易でないことが確認された。そこで、器の模様に関しては表 1 で定義したクラスは採用せず、探索の基準となる器との類似度に着目した。テキストチャプタンを画像の特徴量として扱うために、器の画像に前処理としてウェーブレット変換を適用した上で、画像の高周波成分からエッジ画像の抽出を行い、Local Binary Pattern (LBP) を用いてベクトル化した。このベクトルに対するユーザの段階的な調節を可能にするために、コサイン類似度を用いて序列化し、「似ている、やや似ている、あまり似ていない、似ていない」の 4 つのカテゴリに数が均等になるように振り分けた。

表 1: 定義した器の特徴クラス [1]

カテゴリ	クラス
深さ	浅皿, 深皿, ボウル皿
取手	ある, ない
器の形状	楕円形, 長方形, 円形, 正方形, 花形, 三角形, その他
材質	陶磁器, ガラス, 金属, 木, その他
無地部分の色	黒, 白, 透明, 赤系, 青系, 黄系, 緑系, 茶系
模様	無地, 花柄, チェック柄, 斑点, 波, 縞, 幾何学, その他



図 1: 器の探索画面

3 実験

本研究では, 提案システムを用いて器の探索を行うことで, 従来の探索手法に比べて, ユーザが料理や提供場面に対してより好みだと感じられる器の選択が可能であるかについて検証を行った. 実験協力者は情報系および理系の大学に通う大学生 20 名であった. 実験では, 提案システムの比較対象として, 料理を選択するとその料理に紐づけられた器を逐次的に提示するシステム (以下, ベースシステム) を実装し, 提案システムとの比較を行った. 実験協力者に対する器の抽象的な要求 (e.g., パーティに用いる, タマーレに合う) を 3 種類設定し, その要求を満たす器をそれぞれのシステムを用いて選択させた. この際, 順序効果を排除するために, システムの使用順序はランダムに振り分けた. また, 2 種のシステムそれぞれの使用後にアンケートおよび半構造化インタビューを行った.

実験の結果, 提案システムを用いて選択した器に対する平均満足度がベースシステムと比べて有意に高いことが確認された ($p = 0.01 < 0.05$). インタビューからも「ベースシステムでは, 複数の器を異なる観点で比較する必要があったが, 提案システムでは気になる器の特徴を整理し, リスト化しながら探索できた」のように, ユーザが器に対する自身の要求や好みを細かく反映してクラスの選択を行ったことを示す回答が複数得られた. これらから, 提案システムにより, ユーザはより好みの器を選択することが可能であることが示唆された. また, 提案システムを用いたユーザの探索時間が, ベースシステムに比べて有意に長いことが確認された ($p = 0.01 < 0.05$) のに対して, ユーザがシステムを用いて閲覧した器の枚数には有意差が認められなかった ($p = 0.87, n.s.$). 加えて, 提案システムではインタビューで「黒は高級感が出すぎるから白に変えようと思った」のような, ユーザが器に対して特定の特徴のみを変えながら試行錯誤を行ったことを示す回答が複数得られた. これらのことから, 提案システムを用いた探索ではユーザが 1 枚の器に対してより長い時間思索し, 特徴の調節を行うことで, より好みの器を選択するための試行錯誤を行う傾向があることが示唆された.

4 おわりに

本稿では, 器特徴の類似度に着目して, ユーザの嗜好に合う器の探索手法を提案した. 結果, 提案システムを用いることで, 従来の手法に比べてより好みの器の選択ができることが示唆された. 今後はインタフェースの改良を行い, 対話的かつユーザの直感に基づく探索システムの実現を目指す.

参考文献

- [1] Takahashi, C., Matsushita, M. and Yamanishi, R.: Exploration cycle finding a better dining experience:a framework of meal-plates, *Procedia Computer Science (27th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems)*, Vol. 225, pp. 2902–2911 (2023).

器特徴の類似度に基づくユーザの嗜好に合う器の探索支援

情 21-0189 小谷 陽人

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 器の選択は、盛り付ける料理や提供場面に応じて、様々な特徴（e.g., 色, 模様, 形状）を調整し、自らの嗜好に合った選択を行うという意味決定問題である。各器特徴とそれに基づく印象は複雑に関係するため、この意思決定においては、一度で明確な解にたどり着くことは難しく、試行錯誤しながら、その特徴を段階的に調整していく必要がある。そこで本研究では、器特徴の類似度に基づいた器の段階的探索システムを提案する。提案手法では基準となる器として料理を盛り付けることが可能な器の推薦を行い、その器の特徴ごとの類似度を算出し、ユーザが少しずつ特徴を変化させることを可能にする。これにより、器特徴を調整しながら自らの嗜好に合った器を探索することが可能になる。

1 はじめに

1.1 料理の演出方法としての器

日本は国内外の様々な料理を手軽に楽しむことのできる国であり、人々の食事体験に対する関心も高い傾向にある。2020 年のコロナ禍の影響による外出規制によって人々が外食を楽しむ機会は大きく減少したが、近年では The Tabelog Award 2023¹で「2023 年は飲食業界にとって復活の兆しを感じた年」と述べられているように、コロナ禍の収束に伴って、人々の外食に対する需要も回復傾向にある。

人々が外食をする目的の 1 つとして、家での食事と比べて食事体験の質が高いと感じられる点が挙げられる。これは、食事体験の質には料理の美味しさだけではなく、料理の外観（e.g., 盛り, 彩り）や調理法の新奇さなど様々な要因が関係 [10] し、外食ではこれらの演出を通じて料理そのものの以外の楽しみが提供されるからである。近年の SNS の普及により、食事体験は単なる食事の場を超えて、自己表現や他者との交流を行う手段として重要性を増している。これに伴い、料理の盛り付けや彩り、調理法の工夫など、料理の見映えに関する世間の関心が高まりつつある [7]。

料理の見映えは、料理を華やかに仕上げること（e.g., 料理に対するソースのかけ方、料理の盛り付け方）に加えて、そのテーブルセッティングによっても構成される。テーブルセッティングは、器やフォーク、ナイフなどのカトラリーを、食事の形式や目的に応じて適切に選択・配置することで料理を演出する行為である。

カトラリーの中でも器は、料理の見映えに特に寄与す

る要因である [23]。器の本来の用途を考れば、料理を“乗せる”ことができれば十分であり、器の色や模様こだわらなければならない。しかし、世の中には多種多様な器が存在し、盛り付ける料理や使う場面に応じて器の持つ様々な特徴（e.g., 色, 模様, 形状）を使い分けることで、料理を“彩る”ことが日常的に行われている。加えて、このように器を用いて料理を彩ることによって、盛り付けられている料理を食すユーザの味覚 [3] や食欲 [17] にも影響することが明らかになっている。これらのことから、料理の味のみに焦点を当てるのではなく、食事の演出に応じた適切な器を選択することは、料理の提供者にとって重要な要素である。

1.2 料理に適した器選択のための試行錯誤

1.1 節で述べたように、料理を彩るには適切な器の選択が求められる。しかし料理や器の知識を持たない人々にとって、このような器の選択は必ずしも容易ではない。ユーザの意図した料理の演出をするために適切な器を選択する際には、ユーザ自身の好みだけではなく、器の持つ様々な特徴や料理との相性、提供場面なども考慮する必要がある。また、器に対する好みを明確に言語化することも多くの人にとっては難しく、多くの場合漠然としているため、明確な探索要求に基づいて器を選択することもまた容易でない。そのため、人の持つ潜在的な好みを理解しつつ器の選択を支援するシステムには需要が生じると予測される [20]。

料理や提供場面に適した器を選択するための試行錯誤は、ユーザの過去の記憶やユーザ自身の感性に基づく推論的なプロセスであることが想定される。この際、まずユーザは料理や提供場面にに基づき、適切な器を大まか

¹<https://award.tabelog.com> (2025/1/21 確認)

に想像する。次に、想像した器を基準として、器の持つ特徴のなかでも、サイズや深さといった料理を盛り付けるのに必要な特徴（以下、器の機能的側面）が類似した器を探索することで、料理を物理的に盛り付けることが可能な器を選択する。また、器選択の際にユーザが考慮する器の特徴は必ずしも器の機能的側面だけではない。例えば与えられた料理や提供場面に対して、ユーザが葉状パターンの器を想像したとする。実際の選択肢として提示された器の中に「葉状パターン」のものが存在しない場合でも、器に対してユーザの抱く視覚的または感覚的な類似性を基準に、「花の柄」や「緑色の柄」などの器を代替的に選択することが考えられる。このようにユーザは器の機能的側面ではなく、模様など器の見た目に影響する特徴（以下、器の美的側面）も考慮して器の選択を行う。これらのことから、ユーザが料理や提供場面に対して適切な器を選択する際には、基準となる器に対して似た器を選択肢とした探索を行うことが想定される。この時、基準となる器と選択肢となる器のそれぞれについて、名義尺度での表現が可能な機能的な特徴（e.g., 浅皿、深皿）の一致度と、器の領域において模様の占める割合や模様のパターンなどの類似度に基づいて似た器同士の比較を行う。

本研究ではこのようなユーザの探索工程に着目し、ユーザが基準となる器に対して少しずつ器特徴を変化させるというインタラクションを通じて、ユーザがより好みだと感じられる器を探すことを支援するシステムを提案する。このインタラクションによって、ユーザが器の特徴やその組み合わせに対する好みを少しずつ理解し、料理や提供場面に適切な器の中からより好みの器を発見できるようになることが期待される。その実現の端緒として、本稿では器の特徴類似度に着目し、その類似度に基づいて少しずつ器の特徴を変化させ逐次的に器の提示を行う手法を提案する。

2 関連研究

1章で述べたように、器の探索行為は唯一解や最適解が明確に得られるものではなく、人間の感性的な判断基準によって評価が変動するという性質を持つ。加えて、ユーザ自身の探索要求が初めから明確であるとは限らないため、器の探索行為は、探索を進める中で徐々にその探索要求を具体化していく流動的なプロセスであると言える。このような探索のプロセスに適した従来の手法として、探索的検索 [9] というアプローチが提案されている。これは、探索の初期段階で明確な目標が設定されていない場合に、試行錯誤を重ねながらユーザが自身の曖昧な情報要求を明確にしていき、徐々に目的の情報に近づく過程を表現したモデルである。探索的検索には、Exploratory Browsing（発散的検索）と Focused Searching（収束的検索）という2つの段階がある。Exploratory Browsing

は探索の初期段階として探索範囲を広げる役割を果たし、このときユーザの情報要求は漠然としていることが多い。そのためこの段階では、ユーザが多様な情報を俯瞰的に捉えながら、検索対象への理解を深めることを目的としている。Focused Searching は、探索空間を絞り込む段階である。この段階では、ユーザは探索に対して明確な目的を持ち、それを達成するための具体的な手がかりを活用する。例えば、ユーザは検索結果を詳細に調査したり、Exploratory Browsing によって得られた仮説の検証を行う。ユーザは Exploratory Browsing と Focused Searching を交互に行い、探索空間を拡大、縮小させながら目標を明確にしていく。本章では、このような探索的検索モデルに関する研究と、本研究における目的の類似点について整理し、本研究の立ち位置を明らかにする。

2.1 探索モデルに関する研究

Athukorala らは、探索的検索とルックアップ検索の違いを調査し、情報検索システムがこれら2つのタスクをどのように識別しサポートできるかを評価した [2]。結果として、探索的検索では目標が曖昧で複雑なタスクが多いため、検索システムの設計においていくつかの課題が挙げられた。その中でも最も大きな課題は、検索において明確な目標が設定されていない場合でも、ユーザが探索を続けられるようなインタフェースが求められることである。この課題を解決するインタフェースとして、検索結果のリコメンデーションや動的クエリを用いた絞り込み機能が考えられる。

Mahdi らは、ファセット検索エンジンの設計とその可能性についてのレビューを行い、情報検索手法における改善の必要性について検討を行った [6]。ファセット検索とは、データやコンテンツを複数の属性ごとに分類し、ユーザがその属性を効率的に絞り込みを行う検索手法であり、探索的検索と異なり明確なクエリに基づいてユーザの目的に応じた検索が可能であることから、EC サイトの商品検索やデジタルライブラリといった様々な用途で用いられている。この研究で行われたファセット検索に対する調査の結論では、ファセット検索エンジンはユーザが興味のある情報に迅速にアクセスするための効率的な手法であるが、一方でユーザのコンテンツへの曖昧な要求を反映することが容易でないことが示唆された。このようなユーザの曖昧なニーズに応じた検索を可能にするには、インタラクティブかつ直感的なインタフェースを採用した探索的検索エンジンを用いることが必要である。

2.2 探索のクエリに関する研究

williamson らは、不動産情報検索システムにおいて、動的クエリを用いた検索インタフェースを提案した [13]。このシステムではクエリをスライダーやボタンで操作可

能にすることで、ユーザのコンテンツに対する逐次的かつ可逆的な探索過程を実現した。結果として提案されたインタフェースがユーザの探索に対する満足度を上昇させることが示唆された。

Kenan らは、ファッション検索のためのシステムを提案し、クエリ画像とその属性を用いた柔軟な検索を実現した [1]。この検索手法では、衣服の持つ特定の属性 (e.g., 丸袖, V ネック) を操作可能にすることで、不要な特徴を無視した検索を可能にした。結果として、基準となる衣服に対する類似性の高い衣服の抽出において、特定の衣服属性に基づいたユーザのニーズにより応えられるという結果が示唆された。

enkhbat らはヘアスタイルに関する明確なイメージやキーワードを持たないユーザが、直感的なインタラクションを通じて好みのヘアスタイルを発見できるシステムを提案した [15]。このシステムではドラッグ&ドロップなど直感的な操作を用いて、ユーザの好みに基づくヘアスタイルの探索を実現している。結果として、ヘアスタイルに詳しくないユーザでも、自身の好みを理解し適切な選択が可能になることが示唆された。

これらの研究では、動的クエリを活用した探索手法として、コンテンツ特徴をユーザが操作可能なパラメータにすることで、ユーザの探索要求をよりコンテンツに反映しやすくなることが明らかになっている。

2.3 器選択の支援を試みる研究

高橋りさらは適切な印象を持つ器選択の支援を目的として、印象が付与されていない器に対して機械的に印象推定を行う方法を提案した [21]。グルメサイトに掲載される店舗情報と器の関連性に着目し、そこから店舗の雰囲気や内装を表す印象語 (e.g., 落ち着いた, モダンな, カジュアルな) を抽出することで、店舗で使用される器への付与を試みた。この手法を用いて推定した印象は、一定の精度で評価者が評価した印象と一致することが示唆された。この手法では器の特徴を付与する手段として器の持つ印象に焦点を当てているが、器の持つ具体的な特徴 (e.g., 深さ, 材質, 形状) に焦点を当てて抽出を試みる研究はまだなされていない。

Takahashi らは料理と器の双対的探索を通じて、ユーザの適切な器選択の支援を行う手法を提案した [11]。提案手法では、EC サイトの器のページに記述されている「この器はカレーやパスタに最適」といった記述に基づき、器カテゴリの商品説明欄から 266 種類の料理となる語を Conditional random field (CRF) [5] を用いて取得している。器とその商品説明欄に記載される料理の紐付けを行い、それを用いて料理を起点とした器の検索と器を起点とした料理の検索の 2 つを渡りながら行えるようにすることで、探索的な器選択の支援を試みている。このとき、サイズや形状などの器の機能的側面の特徴を用

いて料理と紐付ける器の候補を増やす処理を行っている。この手法では器と料理の紐づけに基づいた探索手法を提案している一方で、ユーザの選択行動に基づいてユーザが好みの器を見つけられるような提案はされていない。

2.4 本研究の立ち位置

先行研究から、ユーザの曖昧な探索要求に対して、動的クエリを用いた探索的検索モデルが有効であることが示された。上述した通り器の選択において、料理や提供場面に對して唯一解となる器は存在しないため、与えられた場面に適した器の中から、ユーザが自身の好みの器を探索することが求められる。そのため探索的検索モデルを用いたインタラクションを通じてユーザが試行錯誤を行うことで、料理や提供場面に適した器の中から、より好みな器を選択することができるようになることが期待される。本研究では、ユーザの嗜好に合った器の選択を、試行錯誤を繰り返す探索行為により実現することを目指す。試行錯誤の過程では、器の持つ複数の特徴に着目し、器の特徴類似度に基づいた提案を可能にすることで、ユーザが器の特徴を少しずつ変化させられる器の探索の実現を目指す。

3 デザイン指針

3.1 対象ユーザとユースケース

ユーザ自身が料理の提供場面に對して適切だと考える明確な器のイメージを所有している場合、探索による試行錯誤よりもユーザのイメージに沿った絞り込み検索の方が適していることが想定される。このことから本研究では、対象となるユーザとして、料理や提供場面に對して、唯一解となる具体的な器のイメージを持たないユーザを定めた。また、本研究ではこの対象ユーザが新しい器を購入する場面を想定する。器の購入の際には、器に對して盛り付ける料理や使用場面などを考慮し、これらの要素を器の選択基準とすることが考えられる。

3.2 システムが満たすべき要件

1 章で示した現状の器選択における困難性をもとに、器の選択を支援する機能として以下の 2 点を定めた。

1 点目は、料理に對して、盛り付けられる選択肢となり得る器を複数枚提案することである (要件 1)。料理や提供場面が与えられた際、ユーザはまず器の深さや材質などに基づいて、その料理を盛り付けられる選択肢となる器を絞り込むことが想定される。そのためシステムでは、料理に對して物理的にその料理を盛り付けることが可能な器を複数枚提案することで、ユーザがその中から好みだと感じた器を探索の基準として設定することを可能にする。

2 点目は、ユーザが少しずつ自らの好みを顕在化させながら、器に反映させられることである (要件 2)。ユー

ずは料理に対して物理的に盛り付けられる器の中から基準となる器を設定し、提供場面やユーザ自身の好みに合う器を探索する。この探索ではユーザは、基準となる器に対して似た器同士の比較を逐次的に行うことで、より良い器を繰り返し見つけるような試行錯誤を行う。そのためシステムでは、基準となる器の持つ特徴の類似度に基づいて似た器の提示を行うことで、ユーザが器同士の比較を行い納得できる器を探すことを可能にする。

本研究では、これら2つの要件を勘案した器の探索システムを提案する。

また、これらのシステム要件を満たすにあたり、本稿では基準となる器が持つ特徴に対する、他の器の持つ特徴の類似度に着目する。要件1については、料理に対してその料理を物理的に盛り付けられる器を基準として、その器の持つ特徴に基づき機能的な特徴の類似度の高い器を算出することで、その料理を盛り付けるのに必要な特徴 (e.g., 汁物には深皿またはボウル皿) を持つ器の提案を可能にする。要件2については、基準となる器に対して模様の類似度の高い器を定義することで、器の機能的な特徴に依存せず、模様パターンが近い器の提案を可能にする。

4 データセット

3章で定めたシステムのデザイン要件を満たすにあたり、ユーザの器に対する要求を顕在化しやすくするために、器の特徴をユーザが操作可能なパラメータとして定義付けした。まずパラメータは、先行研究 [19] の形体情報分類方法を参考にして、器の見た目を決定付ける特徴として色、模様を加えることで、「深さ、取手、器の形状、材質、無地部分の色、模様」の6種類のカテゴリを定義し、そのカテゴリごとに選択肢となるクラス (e.g., 浅皿、深皿、ボウル皿) を設定した (表1)。次に、システムに登録する器の画像から特徴を抽出し、それぞれに対して定義した各特徴カテゴリ内のクラスを割り当てた。この際、人手でクラスの割り当てを行うには労力がかかるため、器の持つ特徴の抽出には、OpenAI²の提供する ChatGPT 4-o を使用した。ChatGPT 4-o は Generative Pre-trained Transformer (GPT) を基盤とする大規模言語モデル (Large Language Model, LLM) であるが、近年では画像認識や画像からの特徴抽出にも応用されている [8]。加えて、画像処理タスクの際 GPT 4-o に対して、明確な役割付与を行うことでその精度が上昇することが明らかになっている [12]。このことを踏まえ、GPT 4-o に対してタスクを課す際には「あなたは器の特徴を抽出する画像処理システムです。」と先に役割を明記するようなプロンプト設計にした。

一方で、GPT 4-o が抽出する器の特徴が必ずしも人

²[https://platform.openai.com/apps\(2025/1/21確認\)](https://platform.openai.com/apps(2025/1/21確認))

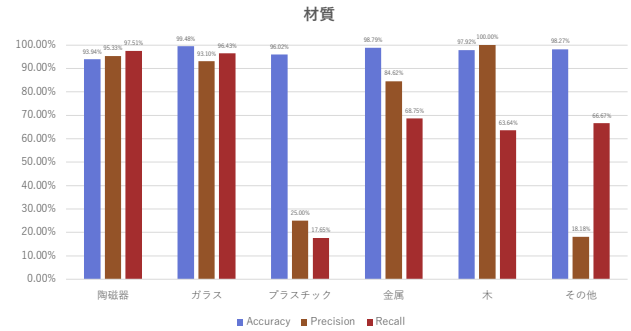


図 1: 「材質」カテゴリの抽出結果

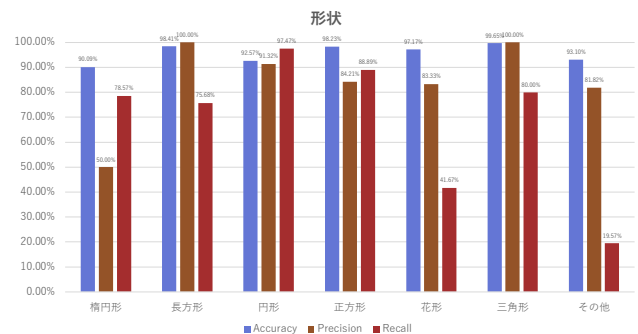


図 2: 「形状」カテゴリの抽出結果

間の解釈と一致するとは限らないため、器特徴抽出の妥当性を人手で検証した。検証は、Yahoo!クラウドソーシング³により収集した3名のデータを用いて行った。検証では、1件の器の画像に対して調査協力者3名が器の特徴クラスを割り当て、そのうち2名以上の回答が一致したものを正解データとし、GPT 4-o の回答に対する Accuracy, Precision, Recall を算出したものを評価指標とした。また、検証には先行研究 [11] で用いられた 5754 件の器の画像のうち、510 件の器の画像をデータセットとして使用した。ここで使用した器の画像は、検証に用

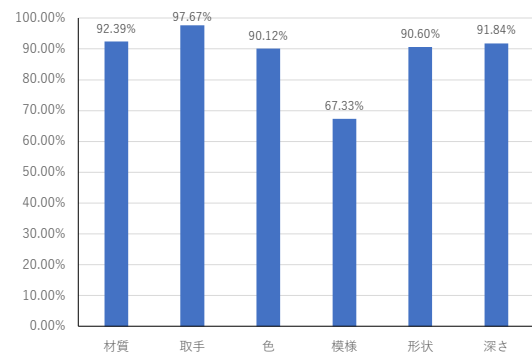


図 3: カテゴリごとの抽出精度検証結果

³[https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/\(2025/1/21確認\)](https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/(2025/1/21確認))

表 1: 抽出した器の特徴クラス

カテゴリ	クラス
深さ	浅皿, 深皿, ボウル皿
取手	ある, ない
器の形状	楕円形, 長方形, 円形, 正方形, 花形, 三角形, その他
材質	陶磁器, ガラス, 金属, 木, プラスチック, その他
無地部分の色	黒, 白, 緑系, 透明, 茶系, 赤系, 青系, 黄系
模様	無地, 花柄, チェック柄, 斑点, 波, 縞, 幾何学, その他

いるデータセット内の器が表 1 で定義した特徴を網羅的かつ偏りなく持つことを条件として選定した。妥当性の検証結果として、色、形状、材質、取手の有無、深さの 5 種カテゴリに属するほとんどのクラスで Accuracy が 0.9 を超える水準、Precision, Recall がともに 0.8 を超える水準であることが分かった。しかし、材質カテゴリ（図 1）のプラスチックと形状カテゴリ（図 2）の花形について、Recall が 0.42 を下回るという結果が得られた。その理由としてプラスチックは陶磁器、花形は円形に誤って分類されていたことが挙げられる。このことから、器に対する光の反射具合のみが陶磁器との判断基準であり、分別が困難であると判断したプラスチックのクラスは陶磁器に統合した。花形はプロンプト内でクラス指定をする際、「花の形」とすることで Recall が 0.8 を超える水準になるという結果が得られた。また、模様カテゴリは GPT 4-o を用いた抽出精度において Accuracy が 0.7 を下回る水準であり、模様以外のカテゴリの抽出精度（Accuracy < 0.7）に比べて相対的に抽出精度が低いという結果（図 3）や、約 17% の割合で同一の器をクラス分けした 3 人の回答が一致しないという結果が得られた。このことから、器の模様を一概に 1 つの模様クラスとして定義することは容易でないと判断した。

器の模様抽出では、基準となる器との模様の類似度に着目した。器の画像に前処理としてウェーブレット変換を行い、画像の高周波成分からエッジ画像の抽出を行った（図 4）。これにより、色情報に依存しない特徴の抽出が可能になる [16]。次に、テクスチャパタンを画像の特徴量として扱うために、文献 [4] に倣い、抽出した線画を Local Binary Pattern (LBP) を用いてベクトル化した。このベクトルに対するユーザの段階的な調節を可能にするために、コサイン類似度を用いてベクトルを序列化し、「似ている、やや似ている、あまり似ていない、似ていない」の 4 つのカテゴリに数が均等になるように振り分けた。このようにして、器それぞれの持つ複数の特徴を定義して抽出を行った。

5 実装

3 章で定めたデザイン指針をもとに、器の特徴を少しずつ変化させて、器同士の類似度をもとに探索を行うこ

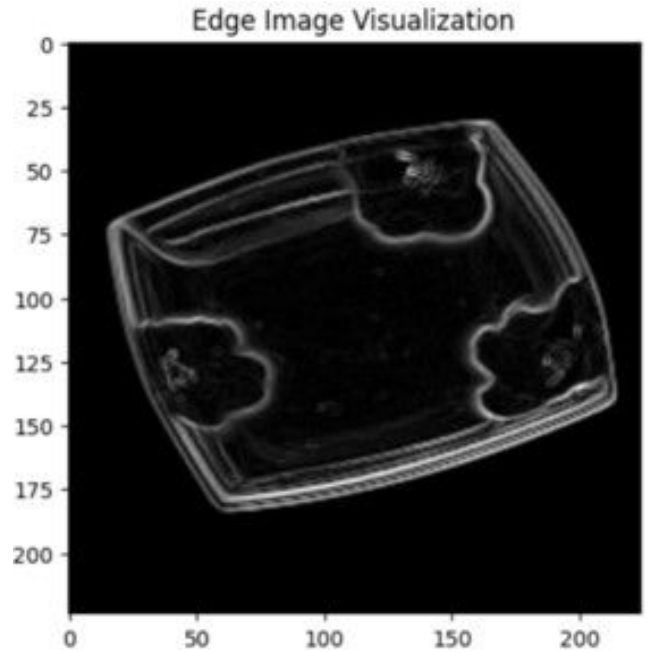


図 4: ウェーブレット変換を施した器の画像

とができるシステムを Web アプリケーションとして実装した。本システムの探索フローを図 5 に示す。

5.1 料理に対して盛り付ける選択肢となる器を提案する機能

器を用いるシチュエーションがユーザに与えられた際、ユーザがシチュエーションに応じて探索基準となる器を必ずしも選択できるとは限らない。そこでユーザは、Takahashi らの手法 [11] でタグ付けされた 266 種類の料理の中から 1 つをクエリとした探索を始める（図 6）。料理をクエリとすることで、シチュエーションに適した料理を試行錯誤により選択し、それに応じた器を選定するという一連の意思決定プロセスを実現する。

この画面でユーザが料理を選択すると、探索の基準となる器の設定画面に遷移する（図 7）。器の設定画面では、ユーザの選択した料理に対してその料理を物理的に盛り付けることが可能な器が複数枚提案されるため、ユーザは上下のボタンを操作することでそれらを逐次的に閲覧することができる。料理と器を紐づけた Takahashi らの

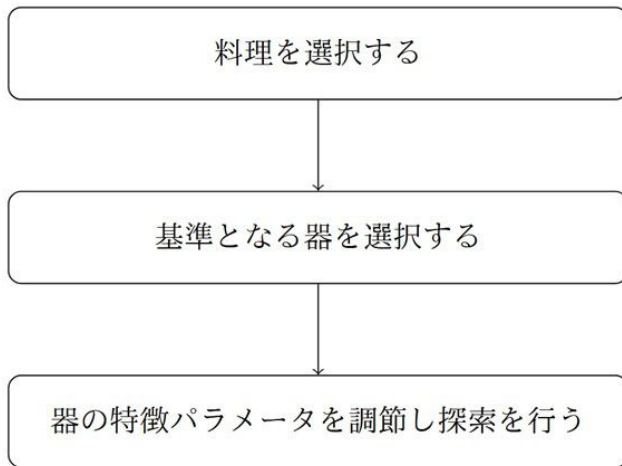


図 5: 探索フロー

料理リスト											
餃子	炸肉餅	和風パスタ	和風スープ	和風サラダ	和え物	冷盤	冷凍	揚げ出し豆腐	揚げパン	野菜スープ	野菜サラダ
冷奴	冷製パスタ	冷製スープ	冷やし中華	冷やしうどん	冷しゃぶサラダ	餅どし	餅スープ	白和え	白ご飯	肉じゃが	肉うどん
餅しやぶ	湯豆腐	煮込み	天丼	天津飯	天ぷら	中華丼	中華スープ	煮しやぶ	煮込み	煮込み	煮込み
煮しやぶ	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み
煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み
煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み
煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み
煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み
煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み
煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み	煮込み

図 6: 料理の選択画面

手法 [11] を用いることで、料理に対してデータセット内にある 5754 枚のうちその料理を盛り付けることが可能な器の提案を可能にした。この画面でユーザは、選択した料理に紐づけられた器の中から最も好みだと感じた器を探索基準の器として設定することができる。

探索の基準となる器をユーザが設定すると、器の探索画面に遷移する (図 8)。この画面では、ユーザが探索の基準として選択した 5 つの器特徴「深さ、取手、器の形状、材質、無地部分の色」を参照した類似度に基づいて、データセット内から類似度の高い器、およびその器の持つ特徴を表示する。この時提示する器の絞り込み条件を、基準となる器とすべての特徴が等しい器とした場合、提示される器がデータセット内で極端に制限されてしまうことが想定される。そこで提示する器の条件は、ユーザが最初に基準として設定した器に対して、模様を除く 5 つの特徴が 3 つ以上同じであり、かつその模様ベクトルが、基準となる器の模様ベクトルと最も類似度の高いクラスに分けられている器に定めた。このようにして料理に対してその料理を物理的に盛り付けられる器の提案を行うことで、その器を基準とした探索を可能にした。



図 7: 探索の基準となる器の設定画面



図 8: 器の探索画面

5.2 ユーザが少しずつ自らの好みを顕在化させながら、器に反映させられる機能

4 章内で言及した手法に基づき器の特徴を抽出することで、その特徴を用いた可変パラメータの機能を実装した (図 10)。この画面でユーザは表示されている器の特徴に対して、その特徴ごとに操作することができる。プルダウンメニューを開くと、クラス分けされた特徴の中から 1 つを選択することができるため、ユーザは基準となる器の特徴を変更することができる。特徴を変更して再検索ボタンを押すことによって、再度基準となる器の変更後の特徴に対して機能的な特徴の類似度に基づいた類似度の高い器が提案される。このアルゴリズムを用いることで、ユーザは器の持つ機能的な特徴を少しずつ調節することが可能である。また、ユーザが画面内にある



図 9: 保存した器の確認画面

深さ:	ボウル皿
取っ手:	ない
形状:	円形
材質:	木
無地部分の色:	茶系
模様オプション:	似た模様

再検索

前の画像 次の画像

図 10: 特徴の可変パラメータ

「次の画像へ」および「前の画像へ」のボタンを押すことで、基準となる器の持つ模様を参照した模様の類似度に基づいて序列化された器が逐次的に提示される。このようにしてユーザは、機能的な特徴をパラメータを用いて調節した後、その器の持つ模様を料理の提供場面やユーザ自身の好みを考慮しながら調節することが可能である。

5.3 探索過程の器同士を比較できる機能

ユーザの器の探索過程では、必ずしも似た器同士を比較繰り返すとは限らず、最初に良いと思った器と次に良いと思った器について、別々の観点から器の比較を行うことが想定される。そこで探索過程の器同士を比較する機能として「いいね」機能を実装した。探索画面内器の画像の下部に配置されるいいねボタンを押すことで、ユーザは提示された器を保存することができる。画面右上の「いいね一覧」ボタンを押すことで、それまでに保存した器の一覧を表示する画面に遷移する（図 9）。この機能により、ユーザは探索の基準となる器とそこから少しずつ自らの好みを反映させた器を比較を行うことで、器の特徴やその組み合わせに対する自身の好みを理解することが可能になる。加えて、ユーザは自身の探索過程において好みだと感じた器同士を比較しながら試行錯誤を行うことができる。

以上の機能とインタフェースにより、3 章で述べたデザイン指針におけるシステム要求を満たした器の探索システムを実装した。



図 11: タマール（メキシコや中央アメリカの伝統料理）

6 実験

本実験では、提案システムを用いて器の探索を行うことで、従来の探索手法に比べて、料理や提供場面に対してより嗜好を反映した器の選択が可能か検証を行った。実験協力者は情報系および理系の大学に通う大学生 20 名を対象とした。本実験では、提案システムの比較対象として、提案システムから器特徴の可変パラメータの機能を除き、料理を選択するとその料理に紐づけられた器を逐次的に提示する機能のみを持つシステム（以下、ベースシステム）を実装し、提案システムとの比較を行った。また、器を選択する動機となると考えられる場面を想定して、ユーザに与える探索要求として以下の 3 つのシチュエーションを設定した。

- (A) あなたは家に知人を集めパーティを開きます。そこで、パーティに用いる器を購入します。
- (B) あなたは飲食店を経営しようとしています。新規ビジネスとして「タマール」に目を付けたあなたはタマールの専門店を開くことを決めました。そこで、顧客の食事体験の質を向上させるために、タマールに最も似合う器を購入します。
- (C) あなたは最も大切な知人へのプレゼントとして、器をプレゼントすることを決めました。あなた自身が最も気に入った器を 1 枚購入します。

これらのシチュエーションは 2 つの観点をもとに作成した。

1 点目は、「器に対する要求が抽象的」という点である。例えば「日本料理店で焼き魚を乗せる器を選択する」というシチュエーションを設定した場合、多くのユーザがシチュエーションを与えられた段階で、石でできた長方

形の浅皿を思い浮かべることが想定される。料理の提供場面に対する適切な器の具体的なイメージをユーザが持つ場合、本システムの機能が逆に負担になる可能性がある。そのため本実験では、「パーティで用いる器を選択する」や「知人へのプレゼントとなる器を選択する」など、想定される食べ物やその場の印象が一意に定まらないシチュエーションを設定した。加えて、料理に対してその料理を盛り付ける器を選択するタスクとなるシチュエーションを設定するために、タマーレ（図 11）を器に盛り付ける対象となる料理として選択した。タマーレはメキシコや中央アメリカの伝統料理であるが、一方で日本ではあまり知られておらず、専門店や一部のイベントで提供される程度にとどまっている。そのためこの料理を盛り付けることが器を選択するシチュエーションとして与えられた際、ユーザはタマーレを食べた際の記憶を想起して器を選択するのではなく、初見の印象に基づいて選択を行う必要があるため、その選択は個々の感性に依存することが考えられる。

このように、器に対する抽象的な要求を具体化するタスクをユーザに課すことで、ユーザが料理や提供場面に適した器を探索を通じて選択することを意図した。

2 点目は、「要求する場面において重要となる観点が異なる」という点である。器の選択において、ユーザは料理の提供場面、盛り付ける料理、自身の嗜好といった抽象的な要求を満たすかどうかを考慮して器を選択することが想定される。このことから、シチュエーション A では料理の提供場面、B では盛り付ける料理、C ではユーザ自身の嗜好を重要視して器の探索を行うシチュエーション設定とした。

実験協力者には、上述したシチュエーションに合う器をベースシステムと提案システムそれぞれを用いて 1 枚ずつ選択するというタスクを課した。この際、順序効果を排除するために、提案システムを先に使用する群と後に使用する群をランダムに振り分けた。また、2 種のシステムそれぞれの使用後にアンケートおよび半構造化インタビューを行った。

7 実験結果

本章では、検証結果について「提案システムを用いた探索を通じて選択した器は、ベースシステムのものに比べて、よりユーザの嗜好を反映したものになっているか」「提案システムによる器の探索では、ベースシステムに比べてユーザがより器に対する試行錯誤を行い、適切な器の発見に近づけているか」の 2 つの観点から考察する。

7.1 選択した器に対する満足度

実験協力者に対するアンケート内において、2 種のシステムを用いて選択したそれぞれの器の満足度について 5 段階のリッカート尺度で回答を求めた（表 2）。

その結果、提案システムを用いて選択した器に対する平均満足度（4.65）はベースシステムを用いて選択した器に対する平均満足度（3.94）に比べて有意に高いことが確認された（ $p = 0.01 < 0.05$, Wilcoxon の符号順位検定による）。また、この有意差についてシステムの使用順序×選択した器に対する満足度の 2 要因分散分析を行った。その結果交互作用は、提案システム（ $F(1, 18) = 2.74, p = 0.12$, n.s.）とベースシステム（ $F(1, 18) = 1.16, p = 0.30$, n.s.）それぞれで認められなかった。このことから、提案システムを用いて選択した器に対する満足度は、ベースシステムを用いて選択した器に対する満足度に比べて上昇するという結果が得られた。

この結果の理由として、ベースシステムを用いた器の選択では、「完全に納得できるものではなかったが、それに近いものを選べた」「器の選択肢に対して、自分の好きな器を全部網羅できていない感じがした」という意見が複数得られた。これらの回答から、ユーザが自身の選択した器に対して満足感は抱いているものの、まだまだもう少し良いものがあるのではないかと、という懸念を抱いた選択をしていることが示唆された。一方で提案システムを用いた器の選択では、「器に対してこだわりがいくつかあったが、それに基づいて徐々に理想に近づけていった感じ」や「ベースシステムでは、これもいいけどなど思った複数の器を全くの別物として比較しなければならなかったが、提案システムでは気になった器の特徴を整理、リスト化しながら探せた」など、自身の器に対する要求や好みを細かく器に反映して選択を行ったという回答が得られた。

また、提案システムを用いた器の選択に対する満足度が従来のものに比べ上昇したことの他の要因として、いいね機能による器同士の比較が可能であった点が挙げられる。ユーザが提案手法を用いた器の探索工程において、平均で約 8.3 枚の器に対していいねをしており、2 枚以上の器に対していいねをしたユーザは全体の 95%であるという結果が得られた。半構造化インタビュー内でいいねをした理由について言及した際、「候補となる器を保存して、探索の後半はいくつかの候補の中から絞っていけるのが良かった」「優柔不断だからいくつか候補を挙げるために一旦いいねした感じ」のような、最終的な選択をするために比較の指標としていいねの機能を活用したような意見が複数挙げられた。このことから、提案システムを用いたほとんどのユーザが複数枚の器に対していいねを行い、その中の器で比較をしながら器を選択していたことが示唆された。

以上のことから、提案システムを用いた探索を通じて選択した器は、ベースシステムを用いた探索を通じて選択した器に比べて、よりユーザの嗜好を反映したものになっていることが示唆された。

表 2: ベースシステムと提案システムそれぞれに対する器の選択満足度

ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	平均
ベースシステム	4	3	4	3	4	5	4	5	3.7	5	4	4	3	4	4	5	4	3	3	4	3.94
提案システム	5	5	5	4	5	5	5	4	4.5	5	5	5	4	4.5	5	3	4	5	5	5	4.65

表 3: ベースシステムと提案システムそれぞれを用いた探索時間 (秒)

ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	平均
ベースシステム	359	164	408	190	474	150	201	190	316	308	306	331	555	433	496	331	321	443	296	443	335.7
提案システム	272	460	434	403	498	277	253	202	573	616	583	376	526	557	291	578	423	468	460	474	436.2

7.2 器選択過程における試行錯誤

ユーザが器の探索を開始してから、シチュエーションに合うと感じる器を選択し探索を離脱するまでの時間を収集した (表 3)。提案システムでの探索を開始してから離脱するまでの平均時間 (7 分 16 秒) は、ベースシステムでの探索を開始してから離脱するまでの平均時間 (5 分 35 秒) に対して有意に長いことが確認された ($p = 0.01 < 0.05$, Welch の t 検定による)。この有意差について、システムの使用順序と選択した器に対する満足度についての 2 要因分散分析を行った。その結果交互作用は、提案システム ($(F(1, 18) = 2.67, p = 0.12, \text{n.s.})$) とベースシステム ($(F(1, 18) = 0.56, p = 0.47, \text{n.s.})$) それぞれで認められなかった。

このことから、提案システムにおける探索離脱までの時間が、ベースシステムにおける探索に比べて長くなる傾向が得られた。

また、ユーザが探索内において器を決定するまでに閲覧した器の枚数 (表 4) について、それぞれのシステム間で有意差は認められなかった ($p = 0.87, \text{n.s.}$, Wilcoxon の符号順位検定による)。ユーザの器探索時間に有意差が生じたのに対して、その探索時間内で閲覧した器の枚数に有意差が生じなかったことから、ベースシステムにおける探索に比べて、提案システム内の探索ではユーザが 1 枚の器に対して考える時間が延びていることが示唆された。この理由として、ユーザが器の特徴パラメータや、器の模様類似度に基づく器の提案機能を用いて試行錯誤を行っていたことが原因であると考えられる。半構造化インタビュー内においてパラメータの操作理由について言及した際、「模様は良かったけど陶磁器が少し堅苦しいと思ったから、模様はそのまま透明感のあるガラスに変えようと思った」や「浅皿、長方形、陶磁器、取手無しまでは確定して。黒は高級感が出すぎるから白がいいなと考えた」といったように、ユーザが器に対して気に入らなかった特徴のみを変更するために器の特徴パラメータを用いたと捉えられる回答が複数得られた。また、半構造化インタビューで得られた「次へ」「前へ」のボタンを押して探索を行った理由として、「最初に出てきた模様の主張が激しかったので調節しようと考えた」や「透明の斑点模様が出てきたとき、自分の想像したよ

うな感じではなかったのていろいろ試してみようと思った」といったように、ユーザ器の特徴の中でも「模様」に焦点を当てて調節を行うために試行錯誤を行ったと捉えられる回答が複数得られた。

以上のことから、提案システムによる器の探索は、ベースシステムに比べて、ユーザがより 1 枚の器に対して試行錯誤を行うことができることが示唆された。

8 考察

本章では、実験を通じて明らかになった提案システムの限界点と改善点について、半構造化インタビュー内で得られた意見をもとに考察を行う。

8.1 探索内におけるセレンディピティの考慮

システムを用いて選択した器に対する満足度と半構造化インタビューの回答から、提案システムがユーザに対するセレンディピティを考慮できないという課題が挙げられた。セレンディピティとは、何かを探している途中で偶然予期していなかった価値ある発見をする事象を指し、推薦システムにおけるフィルタバブルを解決する手法として注目されている [14]。加えて、システム内でセレンディピティを考慮した提案を行うことで、ユーザの選択に対する満足度が上昇することが示唆されている [18]。本システムを用いた器の探索では、探索の過程で基準となる器に対して、類似度の低い器を見つけられる機会は非常に限られている。これは、器をユーザ自身の好みに近づけていく探索過程を損なわないために、その探索過程に依存しない器の提案を行う必要は無いと考えたからである。しかし、ベースシステムを用いて選択した器が、提案システムを用いて選択した器よりも満足度が高かったユーザから得られた回答として、「偶然発見したキャラクターの柄が思いのほか良かった」のような意見が見受けられた。これにより、ベースシステムにおいてセレンディピティがもたらす、器の選択に対する満足度の上昇が見受けられた。そのためユーザに対して、基準となる器とは別に、その器との類似度を参照して最も異なる器を表示するインタラクションを採用することで、器に対する偶然の発見を促し選択の満足度を向上させられる可能性がある。

表 4: ベースシステムと提案システムそれぞれで閲覧した器の枚数

ID	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	平均
ベースシステム	113	80	88	80	60	14	31	84	64	87	66	89	120	165	58	66	43	78	49	100	76.8
提案システム	36	54	110	57	127	42	20	53	127	41	23	93	125	24	109	128	132	209	26	62	79.9

表 5: インタフェースに対するユーザの要求（一部抜粋）

ID	回答内容
(1)	基準となる器を決定する際に、料理をカテゴリから選択したい。
(2)	柄の色という特徴のクラスが欲しい。
(3)	探索クエリとなる料理の数を減らす代わりに、画像で表示してほしい。
(4)	特徴のパラメータに対して、画像で特徴の例などがあるとわかりやすい。
(5)	器の画像がすべて同じ画角から撮影されたものだとわかりやすい。
(6)	器の特徴に洋食用、和食用などのカテゴリがあれば良かった。
(7)	再検索のボタンが、次の画像へ、前の画像へのボタンと類似していてわかりづらい。
(8)	柄がカテゴリに分けられていると良かった。
(9)	いいねした器を拡大して見たい。

8.2 ユーザの直感に基づいた探索

実験内で行った半構造化インタビューの回答から、システムを用いた探索過程において、ユーザの直感に基づいた器の提案が十分でなかったという課題が挙げられた。半構造化インタビュー内でシステムの改善点を収集した際、「属性パラメータを与えられたとき手間取った。違うものを何も考えず押している方が楽」という回答が得られた。提案システムではユーザが自身の嗜好に基づき特徴を変化させるため、直感的な探索ではなくユーザが試行錯誤できるような探索過程であったと言える。

直感性を考慮した料理と器間における探索手法として、Takahashi ら [11] の提案したシステムが挙げられる。このシステムでは料理と器の双方をクエリとした探索が可能であるため、ユーザが自身の好みを反映するための試行錯誤を行わず、直感に基づいて探索を行う。そこで、本研究における提案システムをこのシステムと組み合わせることで、料理と器の直感的な探索を基盤としながら、必要に応じてユーザの好みに合う器の探索に移ることのできるシステムが実現可能である。

8.3 インタフェースに対する要求

半構造化インタビュー内でシステムの改善点を収集した際、インタフェースに対するユーザの様々な要求が得られた。その中でも複数の回答があった要求を表 5 に示す。

特にインタフェースに対する表 5- (1) の要求が他に比べて多く見受けられた。現在のインタフェースでは、ユーザの興味のある料理を選択する際、料理カテゴリや名称で絞り込んで検索することができない。そのため複数のユーザが、266 種類の料理をすべて確認したうえで料理を選択し、基準となる器を設定することに対して手間だと感じたという意見が得られた。また、ユーザが料

理の提供場面を想定し器を選択するにあたって、提供場面の雰囲気と合致する料理カテゴリを定め、そこから料理を絞った後に料理を乗せる器を考えるという過程が想定される。

以上のことから料理に対して共通の指標を設け、それに基づいたカテゴリ分けを事前に行うことで、提供場面に対して具体的な提供料理が定まっていなくても、探索の端緒となる料理が見つかりやすくなることが想定される。

ユーザのインタフェースに対する表 5- (2) の要求を満たすには、事前に器の領域に対して「模様」となる部分を定義付けするような手法が必要である。提案手法では器の「主要な色」を「器領域の中で最も占める割合の高い色の系統」として定義したが、「模様の色」は 1 枚の器に対して 1 色に定まるとは限らない。そのため、器の模様について明確な定義付けを行い、その定義に基づいて模様の領域抽出を行うことで、「模様の色」をカテゴリとして扱うことが可能になることが想定される。また、器同士の持つ模様パターンの類似度だけでなく、模様の色の類似性も考慮した器の提案を行う手法として、高橋りさらの提案したシステム [22] が挙げられる。この研究では、スマートフォンで撮影された器の画像に対して類似した器の画像を検索、提示するシステムを提案しているが、類似度算出の際に器の色情報を RGB から HSV に変換して抽出を行っている。HSV 空間を使用することで、照明条件や角度の違いに対するロバスト性を高めている。このシステムは *imgsim* をベースとしてより高い解像度で器同士の模様及び形状の類似度を算出することが可能であるため、本稿の提案システムを組み合わせることで、器同士の機能的な特徴の類似度に基づいた提案も可能になることが期待される。

また、表 5- (3) , 表 5- (4) , 表 5- (5) のような、ユー

ザの器と料理の想起を促す手法として画像を用いたインタフェースの改善点が複数確認された。ユーザは器を購入するシチュエーションが与えられた際、購入を決断するために器の使用場面や、その器に盛り付ける料理を可能な限り明確にしようと試行錯誤することが想定される。そのためシステムでは、ユーザの視覚情報にアプローチするためにテキストによる表示を画像に変えることや、画像同士の比較をより行いやすいようなものをデータセットとして選択する必要があることが示唆された。

9 おわりに

本研究では、ユーザの器の探索工程に着目し、ユーザが基準となる器に対して少しずつ器特徴を変化させるというインタラクションを通じて、料理や提供場面に適した器の中からより好みな器を探すことを支援するシステムを提案した。提案システムは器同士の持つ特徴の類似度に基づいた器の提示を可能にした。結果としてユーザは提案システムを用いた探索において、料理や提供場面に応じた適切な器を選択するための試行錯誤を行い、従来の探索手法に比べてより好みの器を選択できるようになることが示唆された。しかし、提案システムを用いた探索手法ではユーザの探索に対する直感性やセレンディピティを損なうという結果が得られたため、ユーザの探索過程に依存しない器の提案ができるシステム設計が求められる。加えて、ユーザに対して与えられた料理や提供場面に適した器の使用場面の想起を促すために、システムのインタフェースについて様々な改善点が挙げられた。今後は器の選択を支援する従来のシステムとの組み合わせを検討し、対話的な探索と直感に基づいた探索の双方を両立可能なシステムの実現を目指す。

10 謝辞

本研究の遂行にあたり、さまざまなご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部松下光範教授に厚く感謝を申し上げます。松下研究室への参加を迷っていた際に、親身に相談に乗ってくださり、参加後も丁寧に研究指導をいただいた高橋知奈氏や、研究指導、論文添削などでお力添えいただきました畑玲音氏、高橋りさ氏をはじめとする先輩方に厚くお礼申し上げます。さらに、議論の場を通じて互いに切磋琢磨した15期の同期である井上梨々花氏、岩脇朱梨氏、徳丸晴天氏、永島陸氏、野田樹希氏、前田丈偉氏、松村匠馬氏の全員に厚く感謝を申し上げます。最後に、毎日美味しい夜ご飯を準備してくれた母親をはじめとした家族の全員に感謝の意を表すとともに謝辞と致します。

参考文献

[1] Ak, K. E., Kassim, A. A., Lim, J. H. and Tham, J. Y.: Learning Attribute Representations

With Localization for Flexible Fashion Search, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, IEEE, pp. 7708–7717 (2018).

- [2] Athukorala, K., Glowacka, D., Jacucci, G., Oulasvirta, A. and Vreeken, J.: Is exploratory search different? A comparison of information search behavior for exploratory and lookup tasks, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, Vol. 67, No. 11, pp. 2635–2651 (2016).
- [3] Harrar, V., Piqueras-Fiszman and Spence, C.: There 's more to taste in a coloured bowl, *Perception*, Vol. 40, No. 7, pp. 880–882 (2011).
- [4] Khaleefah, S. H., Mostafa, S. A., Mustapha, A. and Nasrudin, M. F.: Review of Local Binary Pattern Operators in Image Feature Extraction, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, Vol. 19, No. 1, pp. 23–31 (2020).
- [5] Lafferty, J., McCallum, A. and Pereira, F. C.: Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data, *Proceedings of the 18th International Conference on Machine Learning*, pp. 282–289 (2001).
- [6] Mahdi, M. N., Ismail, R., Ahmad, A. R., Thambiratnam, K. and Mohammed, M. A.: A Design of Faceted Search Engine – a Review, *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 7, No. 3, pp. 489–493 (2018).
- [7] Peng, Y. and Jemmott, J. B.: Feast for the Eyes: Effects of Food Perceptions and Computer Vision Features on Food Photo Popularity, *International Journal of Communication*, Vol. 12, pp. 313–336 (2018).
- [8] Ren, Y., Guo, Y., He, Q., Cheng, Z. and Yang, Q. H. L.: Exploring whether ChatGPT-4 with image analysis capabilities can diagnose osteosarcoma from X-ray images, *Experimental Hematology & Oncology*, Vol. 13, No. 1, p. 71 (2024).
- [9] Ryen W. White, R. A. R.: Exploratory Search: Beyond the Query-Response Paradigm, *Morgan & Claypool Publishers* (2009).
- [10] Spence, C. and Piqueras-Fiszman, B. M. C. and Deroy, O.: Plating manifesto (II): the art and science of plating, *Flavour*, Vol. 3, No. 1, pp. 1–12 (2013).
- [11] Takahashi, C., Matsushita, M. and Yamanishi, R.: Exploration cycle finding a better dining experi-

- ence:a framework of meal-plates, *Procedia Computer Science (27th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems)*, Vol. 225, pp. 2902–2911 (2023).
- [12] Wang, Z. M., Peng, Z., Que, H., Liu, J., Zhou, W., Wu, Y., Guo, H., Gan, R., Ni, Z., Yang, J., Zhang, M., Zhang, Z., Ouyang, W., Xu, K., Huang, S. W., Fu, J. and Peng, J.: RoleLLM: Benchmarking, Eliciting, and Enhancing Role-Playing Abilities of Large Language Models, *arXiv preprint* (2023).
- [13] Williamson, C. and Shneiderman, B.: The Dynamic HomeFinder: Evaluating Dynamic Queries in a Real-Estate Information Exploration System, *15th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, ACM Press, pp. 338–346 (1992).
- [14] Wissam, A. J., Khoury, B., Miriam, E., Abou Jaoude, C., Bou, A. J., Jacques, D. and Abdallah, M.: Serendipity-Aware Noise Detection System for Recommender Systems, *Proceedings of the International Conference on Information and Knowledge Engineering (IKE'19)*, CSREA Press, pp. 107–113 (2019).
- [15] ダワースレンエンクバト, 岩淵志学, 益子宗, 田中二郎: つながり X-HairStyles: 直感的なヘアスタイル発見支援システム, *インタラクシオン 2014*, pp. 321–325 (2014).
- [16] 呉君錫, 金子邦彦, 牧之内顕文: Wavelet-SOM に基づいた類似画像検索システムの設計・実装と性能評価, *情報処理学会論文誌データベース (TOD)*, Vol. 42, No. SIG01 (TOD8), pp. 1–11 (2001).
- [17] 川嶋比野, 数野千恵子: 皿色に占める青色の割合が心理的なおいしさに与える影響, *日本家政学論文誌*, Vol. 60, No. 6, pp. 553–560 (2009).
- [18] 佐藤史盟, 大瀧篤, 服部聖彦, 佐藤寛之, 高玉圭樹: セレンディピティに基づく推薦システム: カテゴリ横断推薦による真の好み発見支援, *第 24 回人工知能学会全国大会*, 3C3-3 (2010).
- [19] 高橋知奈, 福元颯, 松下光範: 料理をひき立たせる器の選択を目的とした器と料理の相性の定量化～形体的観点から～, *HCG シンポジウム 2021*, B-3-1 (2021).
- [20] 高橋知奈, 東奈穂, 松下光範, 山西良典: 食事の魅力を高める器推薦の実現に向けて, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2022-EC-65, No. 32, pp. 1–7 (2022).
- [21] 高橋りさ, 高橋知奈, 松下光範: グルメサイト上の店舗情報に着目した器の印象推定, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2024-HCI-206, No. 37, pp. 1–6 (2024).
- [22] 高橋りさ, 高橋知奈, 松下光範: 器画像撮影による料理との組み合わせ提示システムの開発– 画像欠損の影響を考慮した類似度検索の精度評価 –, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2025-HCI-211, No. 24, pp. 1–6 (2025).
- [23] 高安啓介: 現代社会における嗜好品のデザイン, *嗜好品文化研究*, Vol. 2019, No. 4, p. 4–12 (2019).

街の能動的な観察を誘引するための
街歩き型物語鑑賞アプリケーションの設計

徳丸晴天

街の能動的な観察を誘引するための街歩き型物語鑑賞アプリケーションの設計

情 21-0314 徳丸 晴天

指導教員 松下 光範

1 はじめに

街歩きイベントでは、スタンプラリーやオリエンテーリングなど課題の達成を動機づけとして来訪者に地域内を巡らせる手法が一般的に用いられる。しかし、これらの手法ではスタンプや景品などの副次的な要素に関心が集中し、その場ならではの視覚的な魅力や雰囲気といったスポットの価値が十分に体験されず、地域の魅力が来訪者に伝わりづらいという課題がある。この課題に対し、特定の場所に行くに関連する物語やコンテンツを体験できる仕組みである Location-Aware Multimedia Story（以下、LAMS）が活用されている。LAMS では、物語を通じて来訪者を特定のスポットに誘導しながら、その背景や価値を伝える効果が確認されている [1]。しかし、多くの先行研究では、特定のスポットへの注目を集めることに重点が置かれており、その結果、他のスポットや街全体の魅力が見過ごされる懸念があるため、街全体を一つの体験空間として捉える仕組みの設計にはさらなる工夫が求められる。本研究では、来訪者が街を能動的に観察することを企図して、LAMS の「位置情報をもとに物語を展開する仕組み」を基盤としつつ、(1) 街全体の連続性を感じさせながら、(2) スポットなど街の細部にも注目を向けさせる、という 2 つの設計要件を両立する街歩き支援システムを提案する。本稿ではこのシステムの実装として、大阪市の十三地区を対象とした街歩き型ストーリーリーダー「TokoTokoBanashi」について述べる。

2 デザイン指針

「TokoTokoBanashi」は、来訪者が十三地区に点在する「淀壁」と呼ばれる壁画アートを巡る物語を読みながら、主人公と同じ行動を取ることを通じて、十三地区に対する理解を深めることを企図したスマートフォン向け Web アプリケーションである。街全体の連続性を意識させるために、物語の内容に十三地区の景色や実在するスポットに関する描写を組み込んでいる。これにより、来訪者は街全体を物語の舞台として捉えやすくなり、単なる移動体験に「街を探索する楽しみ」や「物語への没入感」が加わることが期待される。また、街の細部にも注目を向けさせるために、淀壁の模様やモチーフなどの視覚的特徴、コンセプトや作者の意図などの背景情報を記述したり、来訪者に立ち寄る店舗を複数の候補から選ばせる展開を組み込んだりすることで、来訪者が物語との主体的な関わりを強めることを試みる。これらの情報を通じて、来訪者が物語と現実を結びつけながら街を深く観察し、新たな発見や解釈を楽しむ行動を引き出すことを企図している。

3 ユーザ実験

「TokoTokoBanashi」の設計指針の妥当性を評価するため、Wizard of Oz 法を用いたユーザ実験を実施した。実験は大学生 6 名を対象とし、十三地区で実施した。実験では、実験参加者を物語あり群と物語なし群に二分し、十三地区に点在する淀壁を巡ってもらった。この時、物語あり群にはデジタルマップと紙媒体の物語を提供し、物語なし群にはデジタルマップのみを提供した。さらに、ユーザ実験中は参加者に発話思考法を用いて観察を行ってもらい、参加者の様子を動画形式で記録した。

両群のカテゴリごとの発話の割合を図 2 に示す。発話数は発話の対象・要素が切り替わるたびに区



図 1: TokoTokoBanashi のインターフェース

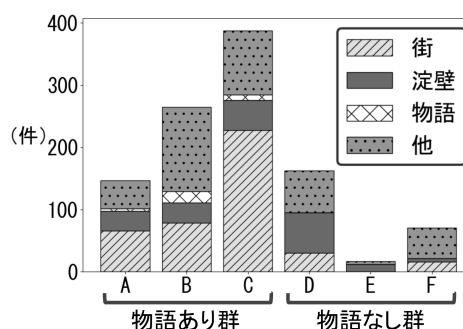


図 2: カテゴリごとの発話数

切って計測した。物語あり群では、街に関連する発話は平均 124 件（最大：228 件，最小：66 件）で全発話の 47% を占めた。さらに、「新しい家と昔ながらの家が混在している」「この辺りには喫茶店が多い」など、街全体のつながりや連続性を意識した内容が多く含まれていた。一方、物語なし群では、平均 15 件（最大：30 件，最小：0 件）で全発話の 18% にとどまり、「住宅街」「自転車が多い」といった表面的かつ断片的な内容が中心であった。これにより、物語あり群の参加者の方が街を連続的な空間として捉え、物語の文脈を通じて街の構造や特徴を探る姿勢が促進されたことが示唆された。

さらに、淀壁に関連する発話を比較すると、物語あり群では平均 37 件（最大：48 件，最小：32 件）で全発話の 14% が淀壁に関連しており、「ナイチンゲールがモデルらしい」「安土桃山時代の絵巻がモチーフ」といった視覚的な情報と物語に関連づけたスポットの背景への考察が確認された。一方、物語なし群では、平均 28 件（最大：65 件，最小：6 件）で全発話の 33% と割合的には物語あり群より多く、一部で「髪の艶感がきれい」「虎が白い柵から飛び出しているのが印象的」といった視覚的な特徴の評価が見られたものの、「絵のテイストが同じ」などの全体的な評価に終始する傾向があった。

4 実装

ユーザ実験の結果を受けて実装した「TokoTokoBanashi」のインターフェースを図 1 に示す。本システムは十三地区で使うことを想定しており、ユーザは 5 つの物語（推理，恋愛，ホラー）のいずれかを選択し（図 1-a），物語を読み進めていく（図 1-b）。その際、物語の展開に沿って主人公と同じ淀壁を訪れるよう促される。ユーザがマップ（図 1-c）を用いてひとつの淀壁に到着すると、物語の次の章が閲覧可能になる。物語の後半には店舗訪問の展開があり、ユーザは選択肢の中から立ち寄る店舗を選択すると、物語内で主人公が訪れる店舗として反映される（図 1-d）。各物語は 3 つから 4 つのスポットを巡るように構成されており、ユーザは決められた順序で複数の淀壁を巡ることで、物語を体験しながら十三地区全体を探索できるようになっている。

5 おわりに

ユーザ実験の結果，来訪者の街全体を連続的に捉える視点を促進し，観察行動を深める効果を示したことから，「TokoTokoBanashi」の設計要件の妥当性が確認された。今後は，本稿で実装した「TokoTokoBanashi」を用いて実地検証を行い，具体的な利用効果やユーザ体験の改善に取り組む。

参考文献

- [1] Dionisio, M. and Nisi, V.: Leveraging Transmedia storytelling to engage tourists in the understanding of the destination's local heritage, *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 80, No. 26, pp. 34813–34841 (2021).

街の能動的な観察を誘引するための 街歩き型物語鑑賞アプリケーションの設計

情 21-0314 徳丸 晴天

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本研究では、大阪市淀川区十三地区を対象として、物語体験と街歩きを融合させたアプリケーション「TokoTokoBanashi」を提案した。このアプリケーションは、位置情報を基に物語を進行させる仕組みにより、来訪者が街を能動的に観察し、スポットの背景や街全体の魅力を深く理解することを目指して設計した。ユーザ実験の結果、「TokoTokoBanashi」が来訪者の観察行動を促進し、街全体への興味を喚起する効果が確認された。特に、物語を通じて街の連続性を感じさせ、スポットの背景に対する理解を促進することが示された。

1 はじめに

近年、地域活性化への取り組みが全国的に注目されており、各地でその地域特有の魅力を活用した観光支援やイベントが実施されている [12] [14]。その一環として、地域のスポットを巡りながら魅力を再発見することを目的とした街歩きイベントが、観光客や地域住民の関心を引きつける手段として広く採用されている [16]。街歩きイベントでは、スタンプラリーやオリエンテーリングなど課題の達成を動機づけとして来訪者に地域内を巡らせる手法が一般的に用いられる。しかし、これらの手法ではスタンプや景品などの副次的な要素に関心が集中することが懸念される。その結果、参加者がスポット自体の魅力に注意を向けづらくなり、観光名所に設置されたスタンプ台だけに注目し、その周囲の歴史的建造物や自然の風景を見逃してしまう可能性がある。また、参加者が景品を求めて急いでスポット間を移動することで、その場の雰囲気や独自性を十分に感じ取る機会が損なわれる。こうした状況では、その場ならではの視覚的な魅力や雰囲気といったスポットの価値が十分に体験されず、地域の魅力が来訪者に伝わりづらいという課題がある [4] [8]。

この課題に対し、特定の場所に行くに関連する物語やコンテンツを体験できる仕組みである Location-Aware Multimedia Story（以下、LAMS）が活用されている。LAMS では、物語を通じて来訪者を特定のスポットに誘導しながら、その背景や価値を伝える効果が確認されている [1]。しかし、多くの先行研究では、特定のスポットへの注目を集めることに重点が置かれており、その結果、他のスポットや街全体の魅力が見過ごされる懸念がある。そのため、街全体をひとつの連続的な体験空間として捉える仕組みの設計にはさらなる工夫が求められる。街全体の魅力を効果的に伝えるためには、個々のスポッ

トを単独で魅力的に見せるだけではなく、それらを有機的に結びつけ、訪問者が街全体を探索する楽しさを感じられるよう工夫する必要がある。

本研究では、来訪者が街を能動的に観察することを企図して、LAMS の「位置情報をもとに物語を展開する仕組み」を基盤としつつ、(1) 街全体の連続性を感じさせながら、(2) スポットなど街の細部にも注目を向けさせる、という 2 つの設計要件を両立する街歩き支援システムを提案する。本稿ではこのシステムの実装として、大阪市の十三（じゅうそう）地区を対象とした街歩き型ストーリーリーダー「TokoTokoBanashi」について述べる。

2 関連研究

2.1 街歩きと地域活性化の実践

街歩きは、地域活性化の有効な手段として注目されており、地域の歴史や文化、景観の再発見を促進するイベントが多く実施されている。長野市松代町での街歩きイベントでは、地域の評価向上が確認され、地域ブランドの形成に寄与する可能性が示されている [16]。また、大阪市福島区で開催されたバルイベントでは、地域住民と来訪者の交流が地域活性化に貢献する重要な要素として評価されている [12]。さらに、瀬戸内国際芸術祭のような大規模アートイベントは、地域に新たな価値を提供し、来訪者と住民の関係性を強化する効果が報告されている [14]。これらの実践は、街歩きイベントが単なる観光ではなく、地域の価値を体験する機会として機能することを示唆している。

一方で、スタンプラリーや景品付きイベントなどでは、来訪者の関心がスポットそのものではなく、スタンプや景品といった副次的な要素に集中してしまう問題が指摘

されている [18] [10]. このため、スポットそのものの価値や背景に来訪者の関心を向ける仕組みの必要性が議論されている。

2.2 物語を活用した観光行動の誘発

物語を活用した観光は、来訪者が特定のスポットに感情移入し、地域の価値を深く体験する手法として広く研究されている。秋田らは、ウォーキングツーリズムの促進を目的として、訪問地の人や物への愛着を持続的に喚起する機会を提供するために、旅行体験から物語を生成するアプリを提案している [9]. このアプリは、観光客の再訪を促進するために、訪問地の歴史や文化に触れる機会を提供し、訪問後の記憶を想起させるオリジナルの物語を生成する。アプリを提案するにあたり、三重県をモデル地域として調査を行い、ウォーキングツーリズムが地域愛着の形成に寄与することを確認している。提案されたアプリは、ユーザの旅行体験を基に物語を生成し、再訪を促進することが期待される。一方で、巡られるスポットはユーザに委ねられるため、巡られるスポットが限定される懸念がある。

また、安尾らは、ユーザが軽度で逸脱したルートを取るよう促すことで周辺環境に対する新たな気づきを獲得させることを目的とし、ユーザの位置情報を利用して特定の場所へ誘導し場所と紐づいた物語コンテンツを提供するモバイルアプリケーションを提案している [20]. 位置情報を活用したコンテンツは周遊行動の誘発に有用であるとした一方で、単なる位置情報を用いたアプリケーションでは、人の意識はあくまでアプリケーションに終始する可能性があるため、物語コンテンツによる実環境に対する理解の誘引に着目した。しかし、実際に物語コンテンツによる誘引が回遊行動をどのように影響を及ぼすかについての評価は行われていなかった。

Dionisio ら [1] は、ポルトガルのマデイラ島を対象に、トランスメディアストーリーテリング (TS) を用いた「Fragments of Laura」を提案している。このプロジェクトでは、地域の自然遺産や文化遺産を物語に組み込み、訪問者が島の歴史や価値を深く体験できる設計となっている。評価の結果、訪問者が地域に対して共感を持ち、持続可能な観光への意識が高まる効果が示された。

さらに、アニメや文学を活用した観光事例も数多く報告されている。例えば、埼玉県鷲宮町の「らき☆すた」聖地巡礼では、アニメファンが地域を訪問することで地域経済に大きな影響を与えたことが示されている [21] [5]. こうした物語を中心とした観光体験は、来訪者に深い感情的結びつきを提供し、スポットや地域全体への関心を高める重要な手段とされている。

2.3 行動変容による回遊行動・観察の誘引

人の行動パターンはしばしば固定化され、新しい発見や気づきを得る機会を逃す原因になっている。この固定化された行動を変容させ、普段訪れない場所に立ち寄らせたり、従来とは異なる経路を辿らせたりすることで、新たな気づきを促進するきっかけになる。こうした人々の行動変容を企図して、普段訪れない場所に誘導する研究が行われている [19]. 例えば、スタンプラリーやチェックイン機能を備えたアプリケーションを用いることで、来訪者の回遊行動に働きかけ、地域内の複数のスポットを巡る動機づけになることが報告されている [17] [11]. また、物語を用いて観光行動を促進する試みも行われている [3]. この研究では、物語がスポットの観察行動を促進し、来訪者が現実と物語を結びつけて体験できるようにしている。

松村らの研究では、視覚的工夫やゲーム要素を取り入れた“仕掛け”が地域の魅力を来訪者に効果的に伝えることが示されており、自然な行動誘発のための環境設計が提案されている [19].

回遊行動の変容の結果、観察行為や周辺環境認知に効果を及ぼすことが明らかになっている。大杉らの研究では、クイズとルートガイドを仕掛けとして用いることで、特定の人気動物舎に偏らない回遊行動の誘引を試みている [15]. この研究では、ユーザ観察の結果、観察行動の質を高める仕掛けの有効性が実証されており、特定の対象への注目や理解を深める仕組みが観察行動の深化につながることが確認されている。また、歴史的地域での街歩きが来訪者に与える影響を示す研究 [6] では、街歩きが地域の文化的価値や歴史的背景を体験させる重要な手段であることが確認されている。

2.4 本研究の位置づけ

本研究は、これらの先行研究の知見を鑑み、物語を仕掛けとして活用することで来訪者の能動的な観察行動を促進する仕組みを提案する。具体的には、LAMS の「位置情報を基に物語を展開する仕組み」を基盤としつつ、街全体の連続性を感じさせながら、スポットなど街の細部にも注目を向けさせる、という 2 つの設計要件を両立する街歩き支援システムを提案する。特に、物語体験と現実の観察行動を連動させ、物語の進行を通じて来訪者にスポットの背景や歴史を意識させることを試みる。このように、地域の魅力を再発見する機会を提供し、その価値を体験的に理解する仕組みを設計する。本研究は、物語の内容とスポットの歴史や文化を密接に結びつけ、スポットへの関心を喚起すると同時に、来訪者の能動的な街全体の観察行動を誘発することを目指す。

3 対象とする地域「十三地区」について

本研究では、十三地区を対象地域として選定した。十三地区は、大阪市淀川区の北部に位置し、淀川を挟んで大阪市中心部の梅田と隣接している。十三駅は阪急電鉄の神戸本線、京都本線、宝塚本線が交差する主要なターミナル駅であり、京都や神戸方面へのアクセスが良好で、大阪市内外を結ぶ重要な交通拠点として機能している。この交通の便の良さにより、十三地区はかつてから大阪市北部の物流や商業の中心地として栄えてきた。駅周辺には複数の商店街が形成されており、特に「十三駅前通商店街」や「十三フレンドリー商店街」などが有名である。これらの商店街は、昭和の情緒を感じさせるアーケード街が特徴であり、地域に根付いた飲食店や店舗が多く集まっている。また、たこ焼きやお好み焼きといった大阪のソウルフードを提供する店も多く、地元の人々や観光客に親しまれている。

しかし、「歓楽街」や「治安が悪い」といったマイナスイメージが一部で根強く残っている。特に、十三は西日本最大級のキャバレー「グランドサロン十三」¹をはじめとする歓楽街があり、大阪における大人の街として知られてきた。一方で、これらの施設は地域経済の一端を支える役割を果たしてきたが、近年ではその影響から治安面での懸念が指摘されている。また、地域外から訪れる人々の中には、十三に対して「風俗」「治安」「悪い」といった偏ったイメージを抱いている人も少なくないことが調査結果からも明らかになっている²。また、中心部である梅田との地理的近接性が影響し、十三地区は観光客にとって通過点として扱われることが多い。乗降客数が多いにもかかわらず、地域内での滞在時間が短く、独特な文化的価値や地域資源が十分に発信されていない現状がある。

これらのマイナスイメージに対して、地域ではブランドイメージの刷新を目指す取り組みが進んでいる。その代表例が、「淀壁」³（図1）プロジェクトや「十三アートフェス」⁴といった文化的イベントである。淀壁は、地域の壁面を活用して国内外のアーティストが制作した壁画を展示するプロジェクトであり、地域住民や訪問者に親しまれている。十三アートフェスは、地域のアーティストによる多様なアート作品が街中で展示されるイベントで、訪問者が地域を巡りながら新たな魅力を発見する場として定着しつつある。これらの活動は、十三の新しい一面を発信し、地域外からの偏ったイメージを払拭するための重要な試みといえる。

本研究では、このような地域の特性を物語体験を通じ



図1: 淀壁（左：kuua 作、右：BAKIBAKI 作）

て再構成し、来訪者に十三の多面的な魅力を伝える街歩き支援システムを提案する。このシステムを通じて、地域資源の新たな価値を発見し、ブランドイメージの刷新に寄与することを目指している。

4 デザイン指針

「TokoTokoBanashi」は、来訪者が十三地区に点在する「淀壁」と呼ばれる壁画アートを巡る物語を読みながら、主人公と同じ行動を取ることを通じて、十三地区に対する理解を深めることを企図したスマートフォン向けWebアプリケーションである。

「TokoTokoBanashi」は、来訪者が淀壁を訪れることで物語の続きが閲覧可能になる仕組みにより、主人公の行動と来訪者の体験を連動させる。この設計によって、来訪者の主体的かつ持続的な街の観察行動の動機付けを試みる。これにより、来訪者に淀壁の背景情報や街全体を体験や街に関する新たな発見の機会を提供する。

スポットとして設定された淀壁は、来訪者が特定の順序で訪問するよう設計し、移動範囲が限られることを防ぐ。この設計により、街全体を均等に巡る動機づけを提供し、地域の隅々にまで目を向けさせることを目指す。淀壁のスポットでは選択肢を設けず、物語の導線に基づいて順序通りに訪問するため、来訪者は街全体をまんべんなく探索することが求められる。この設計によって、偏りのない地域資源の活用を促進し、街全体の魅力を伝える手助けとなることが期待される。

来訪者に街全体を包括的に体験してもらうためには、街を単なる移動経路ではなく、一貫した物語の舞台として感じてもらうことが重要である。また、個々のスポットの魅力だけでなく、その背景や細部にも注目を向けることによって、街の隠れた魅力を発見させることが求められる。そのため、本アプリケーションの設計では、(1) 街全体の連続性を意識させ、物語を通じて地域全体を舞台として捉えさせる視点、(2) スポットの細部に注目を向けさせることで、街の新たな魅力を発見する視点の2つの視点に基づいた工夫を行っている。以下に、各々の

¹<https://juso13.net/> (2025/1/15 確認.)

²https://urban-ii.or.jp/download/save/04061646_642e78c620b04.pdf (2025/1/15 確認.)

³<https://www.yodokabe.net/> (2025/1/15 確認.)

⁴<https://bit.ly/3YAJE10> (2025/1/15 確認.)

詳細について述べる。

(1) 街全体の連続性を意識させるために、物語の内容に十三地区の景色や実在するスポットに関する描写を組み込む。例えば、「十三地区が大人の街として知られている」ということに関して「なぜ大人の街として知られる十三に誘おうと考えていらっしゃるのですか」という描写を物語に組み込む。これにより、来訪者は街全体を物語の舞台として捉えやすくなり、単なる移動体験に「街を探索する楽しみ」や「物語への没入感」が加わることで、来訪者に包括的な地域体験を促進する。

(2) 街の細部にも注目を向けさせるために、淀壁の模様やモチーフなどの視覚的特徴、コンセプトや作者の意図などの背景情報を記述する。例えば、「淀壁に共通する模様」に関して「ここにもさっきと同じ特徴的な幾何学模様がある。確か「BAKI 柄」だっけ」という描写を物語に組み込む。これらの情報を通じて、来訪者が物語と現実を結びつけながら街を深く観察し、新たな発見や解釈を楽しむ行動を引き出すことを企図している。また、来訪者に立ち寄る店舗を複数の候補から選ばせる展開を組み込むことで、来訪者が物語との主体的な関わりを強めることを試みる。例えば、物語内で主人公がカフェを訪れる際に、来訪者は複数の候補から店舗を選び、その選択内容が物語の描写に組み込まれる。これにより、「訪れたカフェのエピソード」や「購入した商品」が物語の一部となり、来訪者に自ら物語を作り上げる感覚を与える。このように、来訪者は単に指示に従うのではなく、能動的に行動することで、街全体の魅力を発見する。

5 設計指針の評価実験

「TokoTokoBanashi」の設計指針の妥当性を評価するため、Wizard of Oz 法を用いたユーザ実験を実施した。実験は大学生 6 名を対象とし、十三地区で実施した。実験では、実験参加者を物語を読みながら街を巡る群（以下、物語あり群）と物語を用いずに街を巡る群（物語なし群）の 2 群に分け、両群の参加者に十三地区に点在する淀壁を巡ってもらった。この時、物語あり群にはデジタルマップと紙媒体の物語を提供し、物語なし群にはデジタルマップのみを提供した。さらに、ユーザ実験中は参加者に発話思考法を用いて観察を行ってもらい、参加者の様子を動画形式で記録した。

5.1 発話内容

両群のカテゴリごとの発話の割合を図 2 に示す。発話数は発話の対象・要素が切り替わるたびに区切って計測した。物語あり群では、街に関連する発話は平均 124 件（最大：228 件，最小：66 件）で全発話の 47% を占め、「新しい家と昔ながらの家が混在している」「この辺りには喫茶店が多い」など、街全体のつながりや連続性を意識した内容が多く含まれていた。一方、物語なし群では、

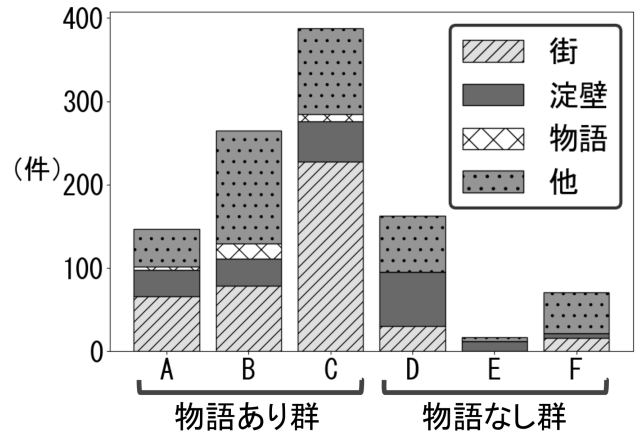


図 2: カテゴリごとの発話数

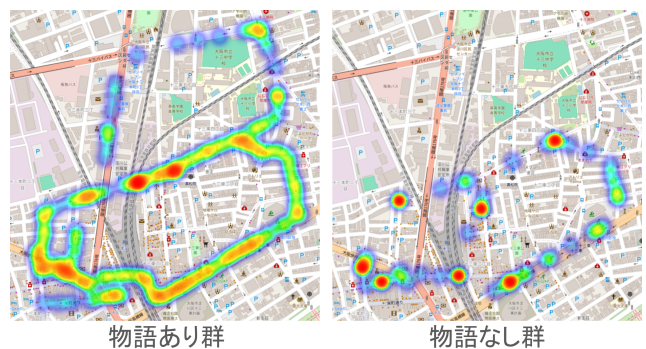


図 3: 街についての発話位置のヒートマップ

平均 15 件（最大：30 件，最小：0 件）で全発話の 18% にとどまり、「住宅街」「自転車がが多い」といった表面的かつ断片的な内容が中心であった。さらに、街についての発話を行った位置を地図上にプロットした結果、物語あり群の発話位置は連続的であったことが確認された一方で、物語なし群は発話位置が非連続的であることが確認された（図 3）。これらのことから、物語あり群の参加者の方が街を連続的な空間として捉え、物語の文脈を通じて街の構造や特徴を探る姿勢が促進されたことが示唆された。

さらに、淀壁に関連する発話を比較すると、物語あり群では平均 37 件（最大：48 件，最小：32 件）で全発話の 14% が淀壁に関連しており、「ナイチンゲールがモデルらしい」「安土桃山時代の絵巻がモチーフ」といった視覚的な情報と物語に関連づけたスポットの背景への考察が確認された。一方、物語なし群では、平均 28 件（最大：65 件，最小：6 件）で全発話の 33% と割合的には物語あり群より多く、一部で「髪の艶感がきれい」「虎が白い枠から飛び出しているのが印象的」といった視覚的な特徴の評価が見られたものの、「絵のテイストが同じ」などの全体的な評価に終始する傾向があった。これにより、物語あり群の参加者の方が淀壁を安定して注意深く観察し、淀壁の背景情報を踏まえて考察したことが示唆された。

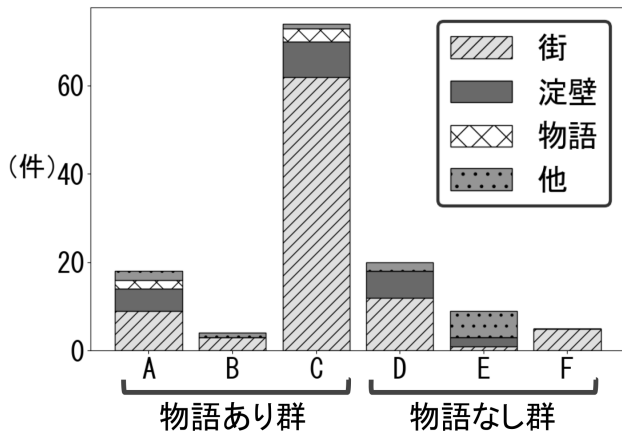


図 4: カテゴリごとの記憶していた要素数

5.2 記憶内容

アンケートでは、実験中の記憶について可能な限り回答してもらった。回答内容を記憶している要素ごとに区切り、その数をカウントした。例えば、「氷屋に古書店と言った物が特徴的であった」という回答は「氷屋」と「古書店」で要素が2つとしてカウントした。また、記憶している要素を3つのカテゴリ（街、淀壁、その他）に分類し、その数をカウントした。

両群のカテゴリごとの発話の割合を図4に示す。物語あり群では、記憶していた要素の数は平均32件（最大：74件，最小：4件）であった。その内街に関するものは平均24件（最大：62件，最小：3件）で、全記憶の約75%を占めた。その内容としては、「学校が多い」「居酒屋が多い」といった街並みに関するもの、「氷屋に古書店と言った物が特徴的であった」「十三区役所と市民プール」といった街のスポットに関するもの、「民度がそれほど宜しくもなく、赤信号無視などあり」「キャバクラとか大人の遊び場って感じがする」といった街全体の印象に関するもの、「住宅街で二人で喋る女性たち」「電話で大声で喋る外国人」といった街にいる人物に関するものなど、多様な記憶内容が確認された。一方で、淀壁に関するものは平均4件（最大：8件，最小：0件）で、全記憶の約13%を占めた。

物語なし群では、記憶していた要素の数は平均11件（最大：20件，最小：5件）であった。その内街に関するものは平均6件（最大：12件，最小：1件）で、全記憶の約55%を占めた。その内容としては、「最初のラーメン屋のところでUターンする車に遭遇した」「出発地点に向かい、途中でマクドナルドやフィットネスジムの前で信号を待った」「住宅街の中を進んだ」「商店街を2つ通った」といった自身の移動や行動に関するものが7割を占め、「狭い道と広い道の差が激しかった」「踏切長過ぎ、踏切が開く時間短過ぎ」といった街の印象に関するものが2割を占めた。一方で、淀壁に関するものは平均3件（最大：6件，最小：0件）で、全記憶の約27%

を占めた。

これらの結果は、物語の有無が参加者の記憶形成や観察行動に与える影響を示唆している。物語あり群の参加者は、記憶している要素の総数が物語なし群に比べて多く、街全体を多面的に捉えていることが明らかとなった。特に、街並みやスポットに関する具体的な記述に加え、街全体の印象やそこにいる人々に関する観察が含まれており、物語が参加者に多様な視点で街を観察させる役割を果たしていると考えられる。一方で、物語なし群の参加者は、記憶の大部分が自身の行動や移動体験に関連する内容に集中しており、街全体の要素に関する記憶が断片的かつ表面的である傾向が見られた。また、物語あり群では街全体への観察が広がる一方で、淀壁への注目度が物語なし群に比べて低い割合を占めている。しかし、淀壁に関する記憶している要素数は物語なし群と同程度であったことから物語が淀壁への注目を減らすわけではなく、物語あり群では街全体への興味が拡大した結果、観察対象が分散し、淀壁への注目が相対的に割合として低下したと考えられる。以上のことから、物語が単に特定のスポットを観察させるだけでなく、街全体の文脈的理解や多面的な記憶形成を促進したことが示唆された。

5.3 設計指針の評価

ユーザ実験の結果から、本稿で提案した設計指針について評価を行う。物語あり群の方が、街に関連する発話が多く、具体的かつ多様な記述が含まれており、街全体の連続性を意識した発言が多く観察された。また、発話の位置が地図上で連続的であったことから、物語が参加者に街全体をひとつの連続した空間として捉えさせる役割を果たしていたことが示唆された。

記憶内容の分析からも、物語あり群の参加者の方が街並みやスポット、印象など多様な要素を記憶しており、記憶の内容が広範かつ具体的であることが明らかとなった。一方で、淀壁への注目度は物語なし群に比べて割合として低かったものの、記憶されている淀壁の要素数自体は両群でほぼ同等であった。この結果は、物語が淀壁への注目を損なうのではなく、街全体への興味が拡大させ、観察対象が分散することで相対的な割合が低下したことを示している。

また、物語あり群の方が、淀壁に関する発話や記憶が視覚的特徴に留まらず、背景情報や文脈を踏まえた考察が多く見られた。この結果は、物語が参加者に深い観察を促し、記憶の質を向上させる要因となることを示唆している。以上のことから、「TokoTokoBanashi」の設計指針が妥当であったことが示唆された。

6 実装

5章で述べたユーザ実験の結果を基に実装した「TokoTokoBanashi」のインタフェースを図5に示す。本アプ



図 5: TokoTokoBanashi のインターフェース

リケーションは十三地区で使うことを想定している。

6.1 体験フロー

「TokoTokoBanashi」は主に a. 物語選択, b. 物語鑑賞, c. 地図閲覧, d. 店舗選択の 4 つのフェーズに分けられる。物語選択フェーズ (図 5-a) で、ユーザは 5 つの物語のいずれかを選択する。ただし、物語ごとに内容や巡る淀壁が異なる。今回は、物語のタイトルの代わりに主人公の名前とジャンル (推理, 恋愛, ホラー) を表示する。これは、自分がどの主人公になるかを選ぶイメージであり、主人公になり切って物語を鑑賞することで、物語内の体験と現実の体験に繋がりが発生することが期待される。なお、ジャンルは選択の手がかりとして表示する。5 つの物語の中から、読み進める物語を 1 つ選択すると、「あらすじの内容」と「選択している物語において訪れる淀壁の写真」が表示され、確認が終わると物語鑑賞フェーズに移行する。

物語鑑賞フェーズ (図 5-b) では、物語の本編を読み進めていく。その際、物語の展開に沿って主人公と同じ淀壁を訪れるよう促される。

物語の主人公が淀壁を鑑賞する展開を迎えると、ユーザも主人公が見ている淀壁を見に行くために、地図閲覧フェーズ (図 5-c) に移行する。地図閲覧フェーズでは、地図に記された目的地 (淀壁または店舗) に向かう。地図には、ユーザの現在地と目的地をピンで表示する。ユーザが目的地に到着することで、再び物語鑑賞フェーズに移行し、物語の次の章が閲覧可能になる。

物語の後半には店舗訪問の展開があり、店舗選択フェーズ (図 5-d) に移行する。店舗選択フェーズで、ユーザが選択肢の中から立ち寄る店舗を選択すると、店舗の詳細な情報を確認する画面が表示される。選択肢として表示

される店舗はすべてカフェなどの飲食店であり、店名や住所などの情報、店舗の外観や内装、商品などの写真が 1 店舗につき 5 枚表示される。店舗の選択が完了すると、ユーザに店舗への訪問を促すために、地図閲覧フェーズに移行する。選択した店舗は、物語内で主人公が訪れる店舗として反映される。

以上のように、物語が終了するまで物語鑑賞フェーズと地図閲覧フェーズ (及び店舗選択フェーズ) を繰り返す。

6.2 巡る淀壁

本アプリケーションで提供される各物語は 2 つから 4 つの淀壁を巡るように構成されており、ユーザは決められた順序で複数の淀壁を巡ることで、物語を体験しながら十三地区全体を探索できるようになっている。各物語 (1 から 5) で巡る淀壁を図 6 に示す。巡る淀壁の選定については、公平性を考慮し、物語作成当時に存在した淀壁のすべてをいずれかの物語に取り入れた。また、物語内で巡る淀壁の組み合わせは、地域の魅力発見の機会を最大化するために十三地区を広範囲に巡らせることと、移動に関する負担による離脱を防ぐために移動距離が短くすることを意識して決定した。

6.3 提供する物語

本アプリケーションで提供する物語は、実際に十三を歩き、淀壁を確認して回った本稿の著者らが作成したものである。各物語の概要を表 1 に示す。これらの物語は、著者らの現地体験を基に、地域の雰囲気や特性を物語に反映させることで、ユーザが探索を通じて新たな発見を得られるよう設計されている。例えば、ある淀壁を訪れるシーンでは、その特徴的な模様や背景に言及し、「バクの首元の模様に人の絵が描かれている」といった具体的

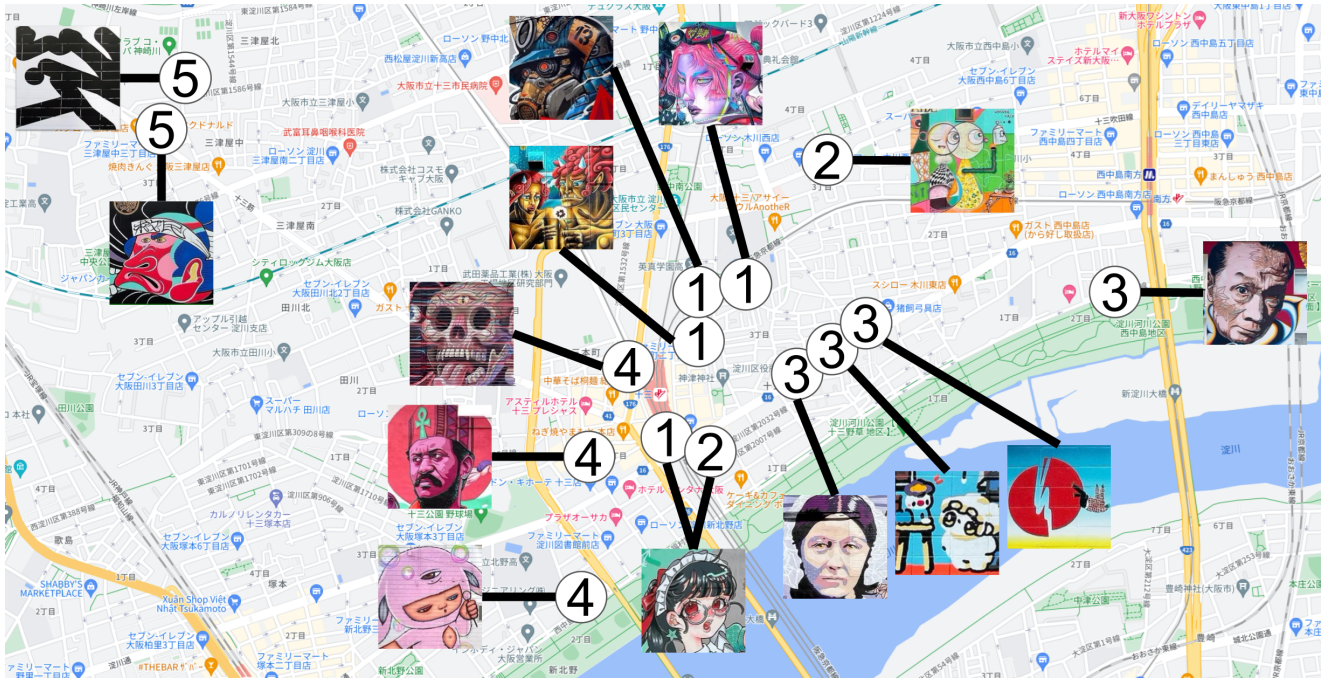


図 6: 巡る淀壁の位置 (横: 約 4km, 縦: 約 2km)

表 1: 各物語の概要

物語名	内容の概要
1: 村上十和	落書き事件を解決しようと十三の街にやってきた名探偵気取りの女子高生・十和とその世話係・鮫薔薇が「淀壁」を巡りながら真相にたどり着き、さらなる冒険へと踏み出す物語
2: 床村太郎	素直になれない僕と無邪気な彼女が淀壁を巡りながら、アートの楽しさやお互いの価値観の違いを共有し、何気ない会話の中で少しずつ心を通わせていく物語
3: 西中島叶	十三駅での偶然の立ち往生をきっかけに、親友・乙十葉と共に商店街や淀壁アートを巡り、無邪気な彼女の笑顔とともに特別な思い出を作った一日を描く物語
4: 例江益男	アート巡りで恋を叶えようとするも、独特すぎる例え話と空回りで散々な結果に終わるコンビニ店長・例江益男の滑稽で切ない恋物語
5: 木川結翔	電車での通学中、誰もいない異世界に迷い込んでしまった主人公が、淀壁の精霊たちに導かれ、全てのアートを巡らなければ元の世界に戻れないことを知り、孤独な旅を始める物語

な観察を通じて、淀壁が持つ独自の魅力を伝えている。また、「巨大な虎の絵が今にも飛び出してきそうな勢いを感じる」といった表現を用いることで、淀壁がもたらす迫力を物語の中で描写している。

淀壁を鑑賞した後、主人公と恋人が訪れるカフェのシーンでは、二人の会話を通じて淀壁を見た感想や相手への思いが自然に表現している。例えば、彼女が「さっきの巨人の絵、何を見ていたんだろう」と問いかける場面では、主人公が淀壁の面白さを改めて感じる様子が描かれ、単なる移動の合間としてではなく、淀壁が二人の絆を深める要素として機能している。

また、十三地区特有の風景も物語に組み込んでいる。「阪急電車がすぐ横を走ったため、声が届かなかった」という描写では、地域特有の賑やかな雰囲気が伝わり、ユーザーに実際にその場にいるような感覚を与える。また、実

在する店舗や屋内プールといった具体的なスポットにも言及し、物語が地域のリアルな要素を反映していることを強調している。これらの描写を通じて、物語はユーザーに十三地区の新たな魅力を発見させるだけでなく、淀壁や街の体験を深く味わえるよう工夫している。

さらに、物語と現実の行動の連動感を高めるために、「2人は駅前の魅力的な飲食店が立ち並ぶ商店街を歩いて次の目的地の淀壁へと向かった」や「淀川区役所と駐車場との間の細い路地を歩いて次の淀壁へと足を運ぶことにした」といったスポットへ向かう記述も物語に組み込んでいる。この記述によって、主人公たちが通るスポットまでの道のりを明確にし、より物語に沿った体験するためのヒントを提供している。

表 2: 各物語の各話のアクセス数

物語名	あらすじ	1 話	2 話	3 話	4 話	5 話	6 話
1: 村上十和	23	13	5*	5*	4*	4*	2**
2: 床村太郎	15	11	2*	2**	2*	1**	
3: 西中島叶	12	7	2*	2*	2*	1*	1**
4: 例江益男	9	7	2*	2*	1*	1**	
5: 木川結翔	10	4	2*	2*	1**		

* : 淀壁に行かないと読めない話

** : 店舗に行かないと読めない話

6.4 アプリケーションの構成と技術的詳細

本アプリケーションは、フロントエンド、バックエンド、データベースの3つの主要コンポーネントで構成されており、物語進行と探索行動を統合したユーザ体験を提供するため、それぞれが緊密に連携する設計となっている。

フロントエンドは、HTML、CSS、JavaScript を用いて構築されており、ユーザインターフェースを担う。探索行動を支援するために、地図描画には Leaflet ライブラリを用いており、目的地のピンとユーザの現在地をリアルタイムで表示する仕組みとなっている。現在地は JavaScript の Geolocation API によって取得され、スポットの座標から半径約 30 メートル以内で「到達」と判定される。この設計により、ユーザは直感的に目的地を目指しやすくなっている。

バックエンドは Python を用いて実装されており、Django フレームワークによって物語データやスポット情報の管理を担当している。フロントエンドからのリクエストに応じてデータベースから必要な情報を取得し、ユーザの進行状況に基づいて適切な物語データを返す仕組みを持つ。また、スポットごとの座標や背景情報、写真データも管理されており、ユーザが次に訪れるべきスポットについての情報が的確に提供されるよう設計されている。

データベースには PostgreSQL を採用しており、物語のテキストデータ、スポット情報、ユーザ進行状況を一元的に管理している。物語データは章ごとに構造化され、特定のスポットに関連付けられている。また、スポット情報には座標データのほかに淀壁の写真や背景情報が含まれており、これらが物語進行や探索行動に緊密に統合されている。さらに、ユーザ進行状況は訪問済みスポットや現在の章情報を記録しており、ユーザごとに個別化された体験の基盤を提供している。

これらの3つのコンポーネントは、各自の役割を果たしつつも相互に連携することで、スムーズで一貫したユーザ体験を実現している。例えば、フロントエンドでは現在地の取得や目的地への到達判定が行われる一方、バックエンドは物語進行に必要なデータをデータベース

から取得して提供する。この設計により、ユーザの探索行動が円滑に進行し、物語体験と探索体験がシームレスに結びついている。

開発には Visual Studio Code が用いられており、Python, JavaScript, HTML, CSS といった技術スタックが採用されている。Leaflet を用いた地図描画によるインタラクティブな探索体験と、Django による柔軟なバックエンド管理を組み合わせることで、ユーザが物語進行と探索行動を直感的かつスムーズに行える設計を実現している。

7 実環境におけるシステム検証

実環境における「TokoTokoBanashi」の有効性を検証するため、実装したアプリケーションを配信し、検証を行った。実施場所は2023年11月18日から11月26日に十三で行われたイベントである「十三アートフェス2023」であり、配布されたチラシに「TokoTokoBanashi」へのアクセス用のQRコード及び説明を記載した。現地でのアプリケーション利用を担保するため、十三アートフェスに訪れ、「TokoTokoBanashi」へアクセスした人を対象に、データを収集し、アクセスデータを集計した。ただし、不審なアクセス（ストーリーの閲覧順序がおかしい、複数の淀壁の鑑賞が1分以内に行われているなど）が多く見られたため、海外のIPアドレスによりアクセスされたデータは除外した。また、「TokoTokoBanashi」による淀壁体験と回遊への効果を確認するため、途中で物語を読むのをやめた人と物語を読み終えた人を対象に、Google form を用いてアンケートを実施した。

各物語における各話ごとのアクセス数を表2に示す。物語のあらすじを読んだ人は46人で、そのうち物語の本編を読み始めた人は26人（約57%）、物語を読了した人は3人（約7%）であった。閲覧時の現在地に制限の無い第1話から、淀壁に行かないと読めない第2話に進む際のアクセス数がすべての物語で半減しており、特に第2話以降の話が特定のスポットや店舗の訪問を必要とする設計が進行のハードルとなった可能性が示唆された。また、店舗訪問の直前での離脱が多く見られ、移動の負担や店舗への動機づけが十分でなかった可能性が

あった。しかし、離脱そのものが必ずしも否定的な意味を持つわけではない。途中で物語を読むことをやめた参加者が興味を失ったのではなく、別の要素やスポットに関心を持ち、自発的に探索行動へと移行した可能性も考えられる。この場合、システムの目的である「街全体の能動的な観察行動の誘発」という観点からは、参加者の主体的な行動を促進したポジティブな結果とも捉えることができる。

アンケート回答者は3人であり、全員が物語を読了した。回答内容から淀壁に関する物語の情報が参加者の気づきに寄与していることが示された。具体的には、「十和さまがメイドの壁画にもバキ柄があることに気づいて落書きでないことがわかった」や「共通の幾何学模様が描かれていた」といった感想が得られており、物語を通じた鑑賞が淀壁の細部への注目を促したと考えられる。

以上の結果から、「TokoTokoBanashi」は物語を通じて参加者の興味を喚起し、街の観察行動や探索行動を促進する有効な手段であると考えられる。一方で、離脱が多かったことから、進行の負担を軽減し、物語を最後まで楽しめるような工夫も併せて求められる。ただし、離脱については街の別の要素に関心を持ち、自発的に探索行動へと移行した可能性があるため、これを考慮した分析を行うことで、より多様な体験を引き出すシステムを設計することが求められる。

7.1 十三アートフェス運営へのインタビュー

「十三アートフェス 2023」の開催後、十三アートフェスの運営である NPO 法人「淀川アートネット」⁵ 牟田麻希氏にインタビューを行った。

システム面に関して、「特に高齢の方には、アプリケーション使用の敷居が高いと感じる方が多い（QR コードを読み込み、Web アプリケーションを開くところまではやってくれた人が多かったが、システム自体の使い方が難しかったという人が多かった）」というシステム使用の敷居の高さを示す回答が得られた。十三アートフェスは幅広い年齢の人が参加するため、より多くの人にアプリケーションを使用してもらうには、UI デザインの改善が求められていることが明らかとなった。

また、「より簡単に使用できる、より街にリンクしたシステムが作れたら良い」や「店舗とのコラボレーションがあれば良い」という街とアプリケーションの連動に関する回答が得られた。このことから、街を歩かせることにとどまらず、地域の店舗での消費や地域との交流のきっかけとなるアプリケーションが求められていることが明らかとなった。

物語に関しては、「学生らしい文章で続きを読みたいと思った」という回答が得られたが、今回は素人が物語を

作成したため、能動的な観察を促すには十分でなかったと考えられる。そのため、能動的な観察を促す物語や、街に興味を引き付ける物語の作成手法の構築が必要である。

8 議論

本章では、「TokoTokoBanashi」の発展可能性について議論する。「TokoTokoBanashi」は、特定のスポット到達を物語進行の条件とする仕組みを採用しており、物語と現実には「場所の接点」を持たせていた。「場所の接点」とは、物語に登場する場所が実在する場合に、その場所を実際に訪れることで、物語と現実が結びつき、ユーザが物語とのつながりをより強く感じる点を指す。現実の風景や建物を目にするすることで、物語のシーンが現実に浮かび上がり、物語世界への没入感が一層高まることが確認されている [13]。このように、物語の舞台やテーマが現実と関連している場合、物語と現実の接点は一層明確に認識され、ユーザの体験が豊かになることが期待される。そのため、物語を体験する人々がフィクションの世界と現実の世界を結びつけ、物語を単なるフィクションにとどまらず、個人にとって深い意味を持つものへと変容させることを企図して、「TokoTokoBanashi」は物語と現実の接点を組み込んだ設計にしていた。

この形式は、ユーザに街を探索させる動機付けとして一定の効果を発揮しているものの、物語とユーザの体験が場所にのみ関連付けられていたため、物語への没入感やユーザの能動的な観察行動をさらに高める余地がある。具体的には、物語と現実の接点を「場所の接点」だけでなく、他の接点へと拡張し、物語と現実の結びつきをさらに強化することが可能と考える。これによって、物語への没入感が向上し、物語の舞台となる場所に対するユーザの関心が高まることが期待される。

例えば、ユーザにスポットを訪れるだけでなく、物語の登場人物と同じ行為を現実で模倣することを促すことで、ユーザの行為と物語の進行が密接に関連付けられるようにする。これにより、物語と現実新たに「行為の接点」を持たせることが可能である。「行為の接点」とは、登場人物が体験する行為を現実で模倣することで、物語のキャラクターと感情的につながることができる点である。例えば、キャラクターが訪れた場所を自分も訪れたり、同じ物を食べたり、同じ行為をすることで、物語に対する共感や理解が深まることが示唆されている [13]。以上のように「TokoTokoBanashi」の改良においては、「行為の接点」も考慮した設計を取り入れることで、ユーザの能動的な観察行動をさらに促進できると考えられる。

「行為の接点」として、物語の主人公の行為は多岐にわたるが、その中でアプリケーションがユーザの行為を管理可能であるのは、「見る」「聞く」「動く」「書く」「選ぶ」などがある。「TokoTokoBanashi」の改良指針とし

⁵<https://www.npo-homepage.go.jp/npoportal/detail/113001565> (2025/1/15 確認。)

て、例えば「見る」という行為に着目することが考えられる。これは、「見る」という行為が特定のスポットに関心を向けるために不可欠であるためである。視覚的に対象を捉えなければ、ユーザがそのスポットに対して関心を持つことは期待できない。物語の流れに沿ってユーザにスポットを「見せる」ことで、関心を持つ機会を提供できるように設計することが目指される。

ユーザの「見る」という行為は、物語に主人公がスポットを撮影するという設定を導入し、ユーザにも同様の撮影行為を行わせる仕組みが考えられる。このアプローチにより、アプリケーション上でユーザの行為を管理可能になることが期待される。AR技術を用いるアプローチも検討可能であるが、ARではユーザがスマートフォンを対象に掲げて視覚情報を得る動作が中心となる一方で、物語内の主人公が同様の行為を取るわけではない。そのため、物語と現実の行為が乖離し、没入感が損なわれる可能性がある。例えば、物語の主人公が撮影するという行為をユーザが現実で追体験することで、物語への没入感が増し、リアリティが感じられるようになることが期待される [7] [2]。これを踏まえ、現段階ではカメラを用いた撮影行為を採用する方が適切であると考えられる。

8.1 展望

今後の提案として、ユーザにカメラを使用してスポットを撮影してもらうことで、物語の主人公と同様の行為を現実世界でも行わせ、物語と現実の行為に一貫性を持たせる設計が考えられる。このような設計により、物語の主人公の行為と現実のユーザの行為を一致させ、ユーザが物語の登場人物と同じ体験をすることで、物語と現実の接点を強化することを目指す。

撮影行為を導入した「TokoTokoBanashi」の実装案を図7に示す。例えば、主人公がスポットで写真を撮る瞬間に、スマートフォン画面がカメラモードに切り替わり、ユーザが実際に撮影する設計が考えられる(図7-a)。この際、撮影された写真にスポットが正しく写っている場合のみ物語の続きを閲覧可能とする仕組みが検討できる(図7-b)。閲覧可能となった物語の内容は、撮影したスポットで進行するものにする事で、「場所の接点」も持たせられる。また、撮影した写真は物語閲覧画面の背景に挿絵のように表示し、ユーザの撮影行為が物語に反映される感覚を与える設計にすることが考えられる。さらに、訪問するスポットの順序を固定せず、ユーザが自由に街を歩きながら偶然の発見を楽しめる体験を提供する設計や、撮影した淀壁や訪問行動に応じて物語の結末が変化する仕組みを検討する。これらの設計により、物語内の主人公の行為と現実のユーザの行為を密接に結びつけ、物語への没入感を深めることで、能動的な観察行動を促進することが期待される。これにより、物語への没入感やユーザの能動的な観察行動の促進を図り、街の魅

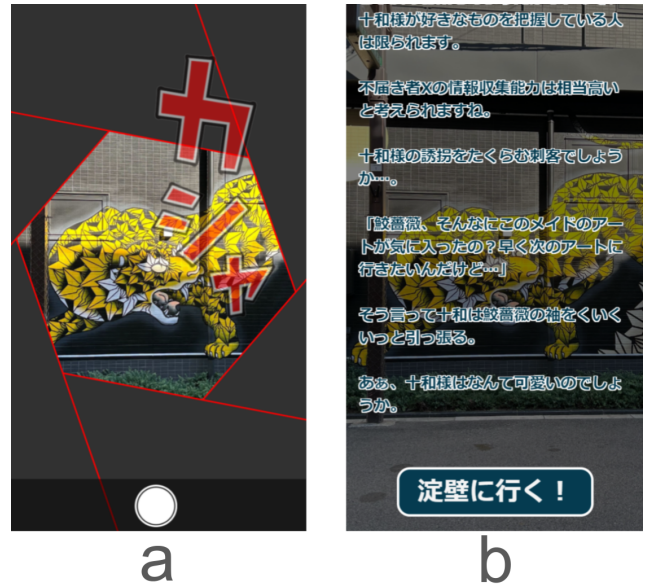


図7: 撮影行為を導入した「TokoTokoBanashi」の実装案

力発見の支援手法の確立を目指す。

9 おわりに

本研究では、大阪市淀川区十三地区を対象に、物語体験と街歩きを融合させたアプリケーション「TokoTokoBanashi」を設計し、その効果を検証した。来訪者が街全体を能動的に観察し、各スポットの背景や価値を体験的に理解することを目指したこのアプリケーションは、ユーザ実験を通じて、来訪者の観察行動や街全体の観察を促進する効果を一定程度確認した。特に、物語を通じて街の要素や背景に対する理解を促進できることが示唆された。これらのことから、「TokoTokoBanashi」は地域の魅力を発信し、来訪者に街全体を包括的に体験させるための効果的なアプローチであるといえる。

一方で、物語の進行中における高い離脱率や移動の負担、特定のスポットや店舗への訪問を促す仕組みの課題が確認された。これらの結果は、アプリケーションの利用体験を向上させるために、ユーザの興味や動機を持続させる設計への改善が必要であることを示している。ただし、離脱行動が必ずしもネガティブな結果ではなく、参加者が街の他の要素やスポットへの自発的な関心に転じた可能性も考慮すべきである。

今後は、離脱した参加者の動機やその後の行動について詳細に調査することで、「TokoTokoBanashi」が参加者にどのような影響を与えたかを包括的に評価するための検証を行う。具体的には、アプリケーション側で頻繁に位置情報を取得できるようにし、離脱位置や離脱前の移動履歴を分析する予定である。特に、「十三アートフェス」の期間中は街中でアートの展示が行われているため、展示場所での離脱が予測される。

また、物語への没入感やユーザの能動的な観察行動を

さらに高めるために「TokoTokoBanashi」に「行為の接点」を導入したものを実装し、ユーザ実験を通じてその効果の検証を行う。

謝辞

本研究を進め論文を執筆し、その成果を発表することができたのは松下光範教授のご指導のおかげです。また、自分が開発したアプリを一般の方に向けて配信し、その結果を外部で発表するという貴重な経験をさせていただきましたことを深く感謝申し上げます。松下研究室の先輩である畑玲音さんには、研究の進め方について指導していただき、相談に乗っていただきました。温かいご助言に心から感謝いたします。物語の執筆にご協力いただいた藤川雄翔さんには、アプリケーションの完成度を高めるためにご尽力いただきましたことに感謝いたします。さらに、松下研究室同期のみなさんには、共に切磋琢磨しながら、励まし合い、支え合った日々感謝しています。本研究に関わってくださった全ての方々に、改めて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Dionisio, M. and Nisi, V.: Leveraging Transmedia storytelling to engage tourists in the understanding of the destination's local heritage, *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 80, No. 26, pp. 34813–34841 (2021).
- [2] Ono, A., Kawamura, S., Nishimori, Y., Oguro, Y., Shimizu, R. and Yamamoto, S.: Anime Pilgrimage in Japan: Focusing Social Influences as Determinants, *Tourism Management*, Vol. 76, p. 103935 (2020).
- [3] Paay, J., Kjeldskov, J., Christensen, A., Ibsen, A., Jensen, D., Nielsen, G. and Vutborg, R.: Location-based storytelling in the urban environment, *Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat*, OZCHI '08, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 122–129 (2008).
- [4] Pasca, M. G., Renzi, M. F., Di Pietro, L. and Guglielmetti Mugion, R.: Gamification in tourism and hospitality research in the era of digital platforms: a systematic literature review, *Journal of Service Theory and Practice*, Vol. 31, No. 5, pp. 691–737 (2021).
- [5] Seaton, P., Yamamura, T., Sugawa-Shimada, A. and Jang, K.: *Contents Tourism in Japan: Pilgrim-ages to "Sacred Sites" of Popular Culture*, CambriaPress (2017).
- [6] Svensson, M.: Walking in the historic neighbourhoods of Beijing: walking as an embodied encounter with heritage and urban developments, *International Journal of Heritage Studies*, Vol. 27, No. 8, pp. 792–805 (2021).
- [7] Vasalou, A., Joinson, A., Bänziger, T., Goldie, P. and Pitt, J.: Avatars in social media: Balancing accuracy, playfulness and embodied messages, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 66, No. 11, pp. 801–811 (2008).
- [8] Xu, F., Tian, F., Buhalis, D., Weber, J. and Zhang, H.: Tourists as Mobile Gamers: Gamification for Tourism Marketing, *Journal of Travel & Tourism Marketing*, Vol. 33, No. 8, pp. 1124–1142 (2016).
- [9] 秋田美蘭, 菅沼玲奈, 山口颯太, 岡本純也: 「ウォーキングツーリズム × 物語」で地域活性化-地域への愛着形成と再訪を目指して, スポーツ産業学研究, Vol. 34, No. 2, pp. 179–182 (2024).
- [10] 飯塚重善: スタンプラリーのエンターテインメント性向上のためのスマホアプリ導入事例, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2016 論文集, pp. 202–207 (2016).
- [11] 伊賀尚美, 松村耕平, 若尾あすか, Lopez-Gulliver, R., 野間春生: デジタル宝探しゲームはショッピングモールにおける親子の買い物行動にどのような影響を与えるか?, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 21, No. 1, pp. 31–46 (2019).
- [12] 石原肇: バルイメントの継続開催とそれに伴う他の地域活性化事業への展開—大阪市福島区の事例—, 大阪産業大学論集 人文・社会科学編, No. 39, pp. 71–101 (2020).
- [13] 今井信治: アニメ「聖地巡礼」実践者の行動に見る伝統的巡礼と観光活動の架橋可能性: 埼玉県鷲宮神社奉納絵馬分析を中心に, 北海道大学文化資源マネジメント論集, Vol. 11, pp. 1–22 (2009).
- [14] 王倚竹, 坂本優紀, 付凱林, 川添航, 薄井晴, 鈴木修斗, 中山玲, 劉逸飛, 綾田泰之, 杉谷大樹: アートイベントを通じた地域活性化が住民に与える影響: 瀬戸内国際芸術祭 2022 を事例に, 筑波大学人文地理学研究, Vol. 41, pp. 1–9 (2023).
- [15] 大杉隆文, 仲西渉, 多井中美咲, 井上卓也, 伊藤悠, 岩井瞭太, 香川健太, 松下光範, 堀雅洋, 荻野正樹: 動物園における自発的な観察の促進を目的とした園内回遊行動のデザイン, 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 11, pp. 1765–1775 (2017).
- [16] 兼井聖太, 佐々木邦博, 上原三知: 長野市松代町におけるまち歩きイベントと地域の評価との関連性, ランドスケープ研究, Vol. 74, No. 5, pp. 689–692

(2011).

- [17] 長尾聡輝, 加藤福己, 浦田真由, 安田孝美: スマートフォンを用いた観光支援システムの開発, PCカンファレンス論文集, pp. 321-324 (2013).
- [18] 藤田美幸: デジタルとアナログの融合による地域活性化プラットフォームモデルの開発—「ふるまちクエスト」を事例として—, モバイル学会誌, Vol. 7, p. 1 (2017).
- [19] 松村真宏, 松下光範: 仕掛学的アプローチによる交通に関わる行動変容の促進, *IATSS Review*, Vol. 48, No. 1, pp. 6-12 (2023).
- [20] 安尾萌, 宮本誠人, 樋口友梨穂, 三溝俊介, 松下光範: 実環境と紐づいた物語コンテンツの提示による周遊行動の誘発, 電子情報通信学会第2回コミック工学研究会, pp. 41-45 (2019).
- [21] 山村高淑: アニメ聖地の成立とその展開に関する研究: アニメ作品「らき☆すた」による埼玉県鷲宮町の旅客誘致に関する一考察, 国際広報メディア・観光学ジャーナル, Vol. 7, pp. 145-164 (2008).

地図上のランドマーク箇所に着目した ユーザ行動への影響に関する分析

永島陸

地図上のランドマーク箇所に着目したユーザ行動への影響に関する分析

情 21-0349 永島 陸

指導教員 松下 光範

1 はじめに

近年、街歩きイベントを開催する際に、スマートフォンでの利用を前提としたデジタルマップの活用が進められている。地図がデジタル化されることのメリットとして、現在地に対応した即時的かつインタラクティブな情報提示ができることなどが挙げられる。しかし、同じ地図でも読み手のスキルや既有知識によって伝達される情報は異なる可能性が高く、地図を閲覧する環境やユーザの行動特性によって利用方法は大きく異なる場合があると指摘されている [1]。たとえば、地図の設計者がユーザに特定のランドマークを参照する行動や目的地までの経路を意図的に促すようデザインしたとしても、地図のデザインや情報量が適切でなければユーザの行動が設計者の意図から外れる可能性がある。そこで、地図の構成や情報の特性がユーザ行動に与える影響を解明することは重要である。

本研究では、地図の要素がユーザの行動に与える影響を明らかにすることを目的とし、その端緒として同じイベントを対象に作成された 2 つの異なる地図を使用したユーザの移動軌跡データを用いて、ランドマークが存在する道の滞在時間や使用・中断時間の割合から、使用傾向の違いを分析する。加えて、文化的な背景の違いにより、既有知識や行動特性が異なると考えられる日本人と外国人について、地図の使用傾向にどのような差異が生じるのかを検討し、地図利用の特性を考察する。

2 分析設定

2024 年 7 月 14 日から 16 日に開催された祇園祭前祭において strolly 社が提供する祇園祭宵山ガイド前祭（以下マップ A と記す）(<https://gionmatsuri.strolly.com/saki/ja>) および京都新聞と strolly 社、もりゆかが共同で作成した前祭祇園祭宵山ガイド 2024（以下マップ B と記す）(<https://strolly.com/viewer/1655178288>) を使用しながら移動したユーザの GPS データをもとに地図利用の特性に関する分析を行った。マップ A は、地図上に描かれている道や情報量が多く地図としての機能が重視されているのに対して、マップ B は様々な動物や鉾がデザインされた和風の絵柄になっており、マップ上の情報量も少なくシンプルなデザインとなっている（図 1 参照）。地図上にはランドマークを示すアイコン（以下、アイコンと記す）が配置され、タップすると詳細情報を閲覧できる。ユーザの移動軌跡は、GPS 情報が変化するごとに記録されるセッションデータとして収集された。各セッションデータには位置情報、時刻、行動情報が含まれており、総セッション数はマップ A が 101,086 件（1 ユーザあたり平均 28 件、最大 583 件、最小 1 件）、マップ B が 144,60 件（1 ユーザあたり平均 28 件、最大 511 件、最小 1 件）であった。なお、セッション間の経過時間や位置情報をもとに、明らかに異常な移動速度や交通機関の利用が疑われるデータは除外した。

本研究では、アイコンが存在する道の滞在時間とマップの使用・中断時間の割合をもとに、行動や使用傾向の違いを分析した。滞在時間はユーザがその場所を認識し、関心度を示す指標となり、マップが意図した行動誘導の効果を評価する上で重要である。使用・中断時間の割合は、マップが連続的または断続的に利用されているかを示す指標であり、利用方法を把握する手がかりとなる。また、マップ間だけでなく、日本人と外国人間での使用傾向の違いを分析することで、利用行動の差異を明らかにし、地図の使われ方や情報量がユーザ行動に与えるデザインの影響について検討する。

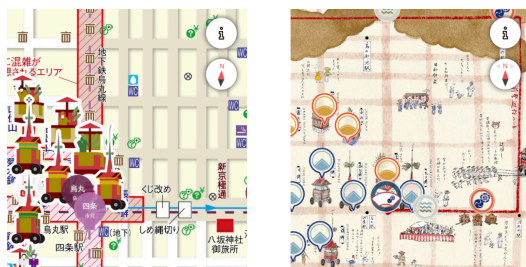


図 1: 祇園祭前祭のために作成された地図
(左: マップ A, 右: マップ B)

表 1: アイコンが存在する道の滞在割合と中断割合

マップ名	属性	滞在時間割合	中断時間割合
マップ A	日本人	0.492	0.861
	外国人	0.371	0.886
マップ B	日本人	0.559	0.754
	外国人	0.361	0.922

3 結果

本研究では、地図の構成やデザインがユーザ行動にどのような影響を与えるかを明らかにするため、使用中断回数、マップ上の道通過率、アイコンが存在する道の滞在時間および使用・中断時間を分析した。また、日本人と外国人の間で見られる傾向の違いについても検討した。

まず、使用中断回数について分析を行った。一度だけ地図を開いた後に離脱した使用中断回数 0 回のユーザは、マップ A, B とともに全体の 47 % を占めていた。一方、1~4 回中断を挟みながら使用を続けたユーザは約 50 % であり、どちらの地図でも短時間の利用にとどまる傾向が見られた。

次に、ユーザが通過した道のうち、マップ上に描かれている道を通じた割合（マップ上の道通過率）を比較した。マップ A では 69.4 %, マップ B では 77.2 % であり、マップ B の方がマップ A よりも通過率が高い結果となった。このことは、マップ B のデザインがユーザにとって分かりやすく、地図上に表示された道を優先的に利用しやすい可能性を示唆している。

さらに、アイコンが存在する道の滞在時間と使用・中断時間の割合について分析した。日本人の利用においては、アイコンが存在する道の滞在時間の割合がマップ B でマップ A より 6 ポイント高かった。また、使用と中断時間の割合では、マップ B の中断時間が 10 ポイントほど低く、マップ B の方が利用されやすい傾向が確認された。一方、外国人の場合、アイコンが存在する道の滞在時間はマップ A, B 間で大きな差が見られなかったが、中断時間ではマップ B がマップ A に比べて 16.8 ポイント高く、利用されにくい傾向が明らかになった (表 1 参照)。

これらの結果から、日本人はマップ B のようにランドマークが明確で情報量が少ない地図の方が、利用しやすく、ランドマークに集中しやすいことが示唆された。一方、外国人は、マップ A では日本人との差がほとんど見られなかったものの、マップ B では中断時間が顕著に長くなる傾向が見られた。原因として、マップ B ではインターフェースが外国語対応していないため、ユーザが利用の対象外と感じた可能性や、外国人が地図利用において情報量や機能性を重視する傾向が考えられる。

4 おわりに

本稿では、同じイベントを対象に作成された異なる地図を対象に、滞在時間や使用・中断時間を基にユーザ行動への影響を分析した。また、日本人と外国人を比較し、地図デザインや情報量が行動に与える要因を検討した。今後はユーザの画面操作イベントを含むインタラクションログを活用し、移動行動と地図上の操作を統合的に分析する。

参考文献

- [1] 若林 芳樹: 地理空間の認知における地図の役割, 認知科学, Vol. 15, No. 1, pp. 38-50 (2009).

地図上のランドマーク箇所に着目した ユーザ行動への影響に関する分析

情 21-0349 永島 陸

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 近年、街歩きイベント等を開催する際に、スマートフォンを利用したデジタルマップが広く活用されているが、利用者の特性に対して地図の設計が適切でない場合、行動が設計者の意図と異なる場合がある。そのため、利用者の特性に応じて、地図の特性（e.g., 地図のデザインや情報量）が与える影響を解明することは重要な課題である。そこで、本研究では地図の要素がユーザの行動に与える影響を明らかにすることを目的とする。その端緒として、2024 年の祇園祭前祭を対象に作成された 2 つの異なるデジタルマップ（マップ A、マップ B）を使用し、ランドマークが存在する道の滞在時間や使用・中断時間の割合を指標に、地図の構成やデザインがユーザ行動に与える影響や日本人と外国人間で見られる使用傾向の違いについて分析を行った。その結果、日本人はマップ B のようにランドマークが明確で情報量が少ない地図を利用することで、目的地への集中度が高まり、地図の利用が効率的であることが示唆された。一方で、外国人においては、マップ A では日本人との利用傾向に大きな差が見られなかったものの、マップ B では中断時間が顕著に長くなる傾向が確認された。

1 はじめに

近年、街歩きイベントや観光イベントを開催する際に、スマートフォンを利用したデジタルマップが広く活用されるようになってきている。デジタルマップの普及は、紙媒体の地図にはない利便性を提供している。たとえば、現在地に対応した即時かつインタラクティブな情報提示が可能であり、ユーザの状況に応じた適切なナビゲーションを実現することができる。さらに、地図上にランドマークや経路情報を表示することで、利用者が効率よく目的地に到達する支援を行っている。しかし、同じマップであっても、その効果は様ではない。若林は、地図が伝達する情報は、読み手のスキルや既有知識によって大きく異なる可能性があることを指摘している [11]。さらに、地図を閲覧する環境やユーザの行動特性、文化的背景によって、利用方法や行動パターンが大きく変化することも考えられる。たとえば、設計者が特定のランドマークを参照する行動や目的地までの経路を意図的に促すようデザインした地図であっても、情報量の多寡やデザインの特徴が適切でなければ、ユーザの行動が設計者の意図から外れる可能性がある。また、文化的背景や既有知識が異なる日本人と外国人では、地図の利用方法や情報の捉え方にも違いが生じると考えられる。たとえば、日本人は地域のランドマークに対する知識や背景をもとに地図を利用する一方で、外国人は地図のインターフェースや情報量により多く依存する可能性がある。このような違いを理解することで、より多様な利用者層に適した地

図デザインを提案する手がかりを得ることができる。さらに、街歩きイベントにおいては、ユーザが地図をどのように利用し、どのように移動するかを分析することが重要である。イベント主催者が地図を利用して来場者を効率的に誘導したいと考えた場合、地図の構成やデザインがユーザの行動に与える影響を解明することは、イベント設計における重要な課題となる。特に、地図上に表示されるランドマークの配置や情報量の違いがユーザ行動にどのように影響するのかを把握することは、効果的な地図設計に不可欠である。

本研究では、地図の要素がユーザの行動に与える影響を明らかにすることを目的とする。その端緒として、2024 年の祇園祭前祭を対象に作成された 2 つの異なるデジタルマップを使用し、ユーザの移動軌跡データをもとに分析を行う。具体的には、ユーザの移動軌跡データをクレンジングし、そのデータをもとにマップ上の道が通られた割合、マップサイトの中断回数、ランドマークが存在する道の滞在時間や使用・中断時間の割合の 4 つを指標として、地図のデザインや情報量の違いがユーザの使用傾向に与える影響を検討する。さらに、日本人と外国人間で見られる使用傾向の違いを明らかにし、地図利用の特性について考察する。

本論文は以下のように構成される。まず 2 章で既存研究について検討する。3 章で用いるデータや地図の説明、地図を分析するための前処理、クレンジングの手法などについて説明する。さらに 4 章では、3 章においてクレ

レンジングしたデータをもとに、マップ上の道が通られた割合、マップサイトの中断回数、ランドマークが存在する道の滞在時間や使用・中断時間の割合の4つの指標より、それぞれの結果から地図のデザインや情報量の違いがユーザの使用傾向に与える影響を検討する。4章でそれらの結果をもとに考察し、5章で本研究のまとめを述べる。

2 関連研究

この章では、データクレンジングにおけるノイズ除去と移動手段の判別、地図のデザイン、文化的背景と地図利用行動、以上の3点における関連研究を紹介する。

2.1 データクレンジングと移動手段判別に関する研究

長尾ら [8] はノイズを含む GPS ログデータから適切に周遊型観光における基本行動情報を抽出することを目的に、移動や滞在の判別、測定誤差による誤抽出を抑制し、観光における主動線を推定している。滞在判別の時間設定を5分と設定した結果、精度の高い行動抽出が可能であることが示された。

Witayangkurn ら [6] は、低データレート GPS データを対象に、移動軌跡のクレンジングと交通手段の分類手法を提案した。外れ値は速度や加速度、位置情報の連続性を基に検出し、「初期点外れ値」「内部点外れ値」「終点外れ値」に分類して修正を行った。また、滞在地点の抽出には、空間距離 (196m 以内) と時間間隔 (14 分以内) を基準とし、ユーザの行動パターンを解析可能にした。さらに、ランダムフォレスト分類器を用いて、徒歩、自転車、車両、鉄道、滞在の5つの交通手段を分類し、高精度 (87.80%) な識別を実現した。

Chen ら [1] は、GPS データを用いた移動行動解析において、外れ値の検出と修正を効率的に行うための「トレンド-残差デュアルモデリング (TRDM)」手法を提案した。この手法では、キュービックスムーズスプラインを用いて軌跡のトレンドを抽出し、残差を解析することで外れ値を特定する仕組みが採用されている。このアプローチにより、従来の閾値法やカルマンフィルターベースの手法と比べて、低サンプリングレートや小規模な外れ値にも対応可能であり、外れ値検出の精度が向上したことを明らかにした。さらに、修正後のデータを用いて移動軌跡の全体的なトレンドを可視化し、交通手段 (徒歩、自転車、車両など) の分類精度を高めることが可能であることを示した。

これらの結果から、時間間隔や空間距離を基に滞在時間を判別する定義を構築し、観光における主動線やトレンドを推定する手法が有効であることが示唆された。さらに、分類器や残差解析を用いて外れ値を特定し、交通手段を分類することで高い精度を実現できることが確認

された。本研究でも、同様に時間間隔や空間距離を基準として滞在時間の判別基準を作成し、データの分析を進める。

2.2 地図のデザインに関する研究

Ikeda [3] は、道に迷いやすいと自覚する幅広い年齢層を対象に、現場での行動観察を通じて、地図デザインが移動の容易さに及ぼす影響について考察している。具体的には、地図のデザインの違いによって移動のしやすさが変化するか、道に迷いやすい人でも分かりやすい地図デザインの要素や特徴が存在するか、の2点を検討した。その結果、地図デザインの違いにより目的地への移動のしやすさが変化し、特定のデザインが移動を困難にする場合があることが確認された。また、色調、俯瞰角度、リアルさの度合い、情報の煩雑さといった要素が、地図の分かりやすさに大きな影響を与えることが示された。さらに、実空間における実験では、「方向定位」、「経路移動」、「地図の利用」といった行動が、地図デザインの表現によって異なる影響を受けることが示唆された [4]。

加藤ら [7] は、地図に記載する目印の表記方法と個数が認知地図の生成に与える影響を明らかにした。研究結果として、目印をアイコンで表記することが認知地図の生成に有効である一方、目印の個数を増やしすぎると認知地図の生成が抑制される可能性が示された。さらに、アイコン表記により目印を配置した箇所だけでなく地図全体の再生率を向上させる効果が確認された。

Nina ら [5] は、スマートウォッチを利用した歩行者ナビゲーションにおいて、視認性の高い「グローバルランドマーク」を活用することで、従来のターンバイターン方式を改善する手法「Pharos」を提案した。結果、Pharos を利用した場合、ユーザのナビゲーション中の自信が向上し、ランドマークの視認性によって、ランドマークの位置を正確に記憶する認知地図の精度が高まることが確認された。

これらの結果から、地図のランドマークのアイコンの数や大きさ、デザインの表現の違いによって異なる影響を受けることが確認された。

2.3 地図の違いによる影響

鈴木 [15] は、平面図型と鳥瞰図型の試作地図を用い、地図の視点の違いがナビゲーション課題の成績に与える影響を調査した。その結果、鳥瞰図型のキャンパスマップを使用した群の成績が有意に良い課題が見られ、地図視点が課題遂行能力に影響を与えることが確認された。

Liao ら [2] は歩行者ナビゲーションにおける2D地図と3Dジオブラウザの違いを調査するため、視覚的注意、空間知識の獲得、意思決定への影響を比較する実験を行った。結果として、3Dジオブラウザはランドマークを活用して効率的な意思決定を可能にし、空間知識の記憶に

も優れていることが示されたが、情報過多により全体の認知負荷が増加することも明らかになった。

これらの結果から、地図のデザインや地図の視点の違いによってユーザの行動や意思決定、認知地図の生成に違いが現れることが確認された。

2.4 文化的背景と地図利用行動

佐野ら [12] は、空間把握の文化的差異を明らかにすることを目的に、地図および経路案内文を用いた経路探索実験を実施し、以下の3点を示した。(1) 経路案内文は北米出身の探索者にとって役立つ一方、日本人探索者には効果的な地理情報ツールとは言えない。(2) 地図上の道路形状は、北米出身者に不安を与える傾向がある一方で、日本人探索者には安心感をもたらす傾向が見られた。(3) 空間情報の確認場所として、北米出身者はすべての交差点を利用するのに対し、日本人探索者は方向転換を行う交差点に限定する傾向があった。

鈴木 [9] は、観光案内書における地図情報伝達の表現スタイルが文化的背景によってどのように異なるかを分析し、その結果、表現スタイルに明確な文化的差異が存在することを明らかにした。また、若林ら [10] は、東京を対象とした日本語および英語圏の旅行者向け案内書を分析し、観光名所の分布パターンに基づいて観光行動の違いを比較した。その結果、英語圏の案内書は日本の案内書に比べて掲載地点の分布範囲が狭く、鉄道駅への近接性が高い傾向があることが分かった。これにより、旅行者の社会的・文化的背景が観光行動に与える影響の重要性が示唆された。

さらに、松井ら [13] は訪日外国人消費動向調査の個票データを用いて、訪問地傾向と観光活動を組み合わせて分析を行った。その結果、観光活動の指向性は国別に異なることが明らかになり、観光目的や重視する要素が文化的背景によって大きく異なることが示された。

これらの結果から、ユーザの出身や文化的背景によって、与える影響や地図の利用の仕方、観光において重視する要素が異なることが確認された。

2.5 本研究の位置づけ

地図デザインや情報量がユーザ行動に与える影響については、これまで多くの研究が行われてきた。しかし、これらの研究は主に地図の視覚的要素や全般的な利用傾向に焦点を当てたものであり、同一イベントを対象に設計された異なる地図の情報量やデザインの違いがユーザの移動や行動特性に具体的にどのような影響を与えるかについては十分に検討されていない。特に、ランドマークに関連する滞在時間や中断時間といった詳細な行動指標を用いた分析や、文化的背景の異なる日本人と外国人の行動特性を定量的に比較する研究は限られている。本研究では同一イベント（祇園祭）を対象に作成された異

なるデザインの地図を用いて、ランドマーク箇所の滞在時間、マップの使用・中断時間、マップ上の道の通過率といった指標を基に、デザインと情報量の違いがユーザ行動に与える影響を定量的に分析する。また、日本人と外国人の文化的背景に基づく利用傾向の差異を明らかにし、地図利用の特性を考察する。

3 データの概要と前処理について

この章では、今回用いるデータや地図の説明、地図を分析するための前処理、クレンジングの手法などについて説明する。

3.1 地図データについて

2024年7月14日から16日に開催された祇園祭前祭においてstroly社が提供する祇園祭宵山ガイド前祭¹（以下マップAと記す）および京都新聞とstroly社、もりゆかが共同で作成した前祭祇園祭宵山ガイド2024²（以下マップBと記す）を使用しながら移動したユーザのGPSデータをもとに地図利用の特性に関する分析を行った。マップAは、地図上に描かれている道や情報量が多く地図としての機能が重視されているのに対して、マップBは様々な動物や鉾がデザインされた和風の絵柄になっており、マップ上の情報量も少なくシンプルなデザインとなっている（図2、図3参照）。地図上にはランドマークを示すアイコン（以下、アイコンと記す）が配置されており、タップすることで詳細情報を閲覧できる。2つのマップでは共通して23個の山や鉾を示すアイコンが配置されているほか、駅や市役所を示すアイコン、および祇園祭に関する詳細な説明を提供するアイコンが含まれている。ユーザのGPSデータはCSVファイル形式で記録されている。CSVファイルには計17個の項目があり、以下の項目になっている。

- map-id：地図ID
- map-title：地図タイトル
- timestamp-ja：イベント時間
- url：URL
- client-id：端末ID
- session-id：セッションID
- event-action：イベント名
- event-label：イベント値
- lat：緯度
- long：経度
- accuracy：GPS精度
- inmap：絵地図の中か
- landmarkid：スポットID

¹祇園祭宵山ガイド前祭,<https://gionmatsuri.stroly.com/saki/ja>

²前祭祇園祭宵山ガイド2024,<https://stroly.com/viewer/1655178288>

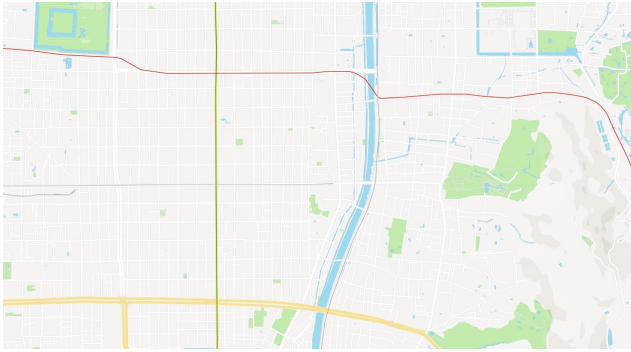


図 1: 白地図

- **device-locale-code**: ブラウザ言語設定
- **device-platform-name**: ユーザエージェント
- **referrer**: 参照元

上記の 17 項目が各セッションに記録されている。さらにイベント名では以下の項目に分かれている。

- **location-found**:
GPS ログが発信された
- **landmark-open**:
スポットが開かれた
- **landmark-close**:
スポットが閉じられた
- **landmark-start_intersect**:
該当スポットの一定範囲内 (20m) にユーザが入った
- **landmark-end_intersect**:
該当スポットの一定範囲内 (20m) からユーザが出た

上記の項目では、セッションが送られた際にユーザがどのようなアクションを行ったのかがわかるようになっている。総セッション数はマップ A が 101,086 件 (1 ユーザあたり平均 28 件, 最大 583 件, 最小 1 件), マップ B が 144,60 件 (1 ユーザあたり平均 28 件, 最大 511 件, 最小 1 件) であった。データについてはマップ A, B のそれぞれの日本人と外国人の移動軌跡データが存在している。

3.2 road_id の付与

すべての道に **road_id** を付与する。目的としては道を離散的に扱うことであり、ユーザの通った道を示す場合や、各道の滞在時間を示す場合に id があることで、データを効率的に集計し、ルート選択や利用傾向をより詳細に分析することを可能とするためである。さらに、id があることで異なる地図のデザインによる影響を定量的に評価することが容易になり、特定の条件下でのユーザ行動の偏りを明らかにすることが期待できる。**road_id** を使用する場合と使用しない場合では以下のメリット・デメリットが挙げられる。

road_id を使用せず、既存の緯度経度やスポット情報のみをを用いた場合、



図 2: マップ A



図 3: マップ B

1. 緯度経度の問題

緯度経度は連続的な値であり、道単位でデータを区切ることが困難。例えば、交差点で複数の道が交わる場合、緯度経度だけではどの道を利用したのかを特定するのが難しい。

2. スポットの問題

スポット情報は特定の地点やエリアを示すものであり、道全体をカバーするわけではない。そのため、スポットが設置されていない道路については分析対象から漏れてしまう可能性がある。

一方、**road_id** を付与することで、道を一意に識別できるようになり、以下の利点が得られる、

1. 効率的なデータ集計と分析:

道ごとにデータを集計することで、移動頻度の高い道や人気のルートを簡単に特定できる。これにより、ユーザのルート選択の傾向や行動パターンの把握が

可能となる。

2. 異なる地図間の比較が容易：

異なる地図デザインや構成による影響を定量的に評価できる。たとえば、同じ場所でも地図のデザインが異なることで、ユーザの道選択や移動範囲にどのような差異が生じるかを明らかにすることができる。

3. ユーザ行動の精緻な分析：

緯度経度やスポットでは難しい、道単位での偏りや利用パターンの詳細な分析が可能となり、特定の条件下での行動特性を定量的に捉えられる。

これらの理由から、road_id を付与することは、地図を基にした移動データの解析において不可欠なプロセスである。

マップ範囲内のすべての道に road_id を付与する。(白地図 id と称す) 具体的には東西に向かって進む道の先頭に H をつけ、H001, H002 という順にすべての道に付与した。続いて南北に通る道には先頭に V をつけ、V001, V002 という順に road_id を付与した。範囲としては、緯度 34.9976° ~ 35.01256°, 経度 135.7504° ~ 135.7763° の範囲内の道である。地図は Mapbox というサイトから引用し、元となっているのは OpenStreetMap³ である。(図 1 参照)。OpenStreetMap とは、2004 年に英国で始まったサービスであり、金杉らは Google マップや公的な地図データで用いられている Digital Road Map と概ね同程度の位置で整備されていることを示している [14]。

3.2.1 2つのマップにおける road_id 付与

マップ A では白地図 id と同じく東西に向かって進む道に先頭に H をつけるが、白地 id とは異なり、H の前に T1 という頭文字をつけ、T1H001, T1H002 という順にすべての道に付与した。続いて南北に通る道も同様に先頭に T1 をつけ、T1V001, T1V002 という順に road_id を付与した。

マップ B においては頭文字に T2 をつけ、東西に向かって進む道には T2H001, T2H002, 南北に通る道には T2V001, T2V002 という ID を付与した。それぞれのマップによって異なるアルファベットをつける理由としては、他のマップの id と混成しないようにすることが目的である。

road_id を付与するにあたって、それぞれのマップにおいて、デザインの影響により道が見えていない箇所(地図上の設計や注意書きによって道が見えない箇所)は、本来道が存在している箇所であっても、ID をつけないものとする。

3.2.2 それぞれの road_id の対応箇所について

2つのマップのそれぞれの id が、白地図上のどこに対応するのかまとめられているファイルを作成する(図 4

白地図 ID	白地図名	白地図 ID	白地図名
T1H01	H01	T1H01	H01
T1H02	H02	T1H02	H02
T1H03	H03	T1H03	H03
T1H04	H04	T1H04	H04
T1H05	H05	T1H05	H05
T1H06	H06	T1H06	H06
T1H07	H07	T1H07	H07
T1H08	H08	T1H08	H08
T1H09	H09	T1H09	H09
T1H10	H10	T1H10	H10
T1H11	H11	T1H11	H11
T1H12	H12	T1H12	H12
T1H13	H13	T1H13	H13
T1H14	H14	T1H14	H14
T1H15	H15	T1H15	H15
T1H16	H16	T1H16	H16
T1H17	H17	T1H17	H17
T1H18	H18	T1H18	H18
T1H19	H19	T1H19	H19
T1H20	H20	T1H20	H20
T1H21	H21	T1H21	H21
T1H22	H22	T1H22	H22
T1H23	H23	T1H23	H23
T1H24	H24	T1H24	H24
T1H25	H25	T1H25	H25
T1H26	H26	T1H26	H26
T1H27	H27	T1H27	H27
T1H28	H28	T1H28	H28
T1H29	H29	T1H29	H29
T1H30	H30	T1H30	H30
T1H31	H31	T1H31	H31
T1H32	H32	T1H32	H32
T1H33	H33	T1H33	H33
T1H34	H34	T1H34	H34
T1H35	H35	T1H35	H35
T1H36	H36	T1H36	H36
T1H37	H37	T1H37	H37
T1H38	H38	T1H38	H38
T1H39	H39	T1H39	H39
T1H40	H40	T1H40	H40
T1H41	H41	T1H41	H41
T1H42	H42	T1H42	H42
T1H43	H43	T1H43	H43
T1H44	H44	T1H44	H44
T1H45	H45	T1H45	H45
T1H46	H46	T1H46	H46
T1H47	H47	T1H47	H47
T1H48	H48	T1H48	H48
T1H49	H49	T1H49	H49
T1H50	H50	T1H50	H50
T1H51	H51	T1H51	H51
T1H52	H52	T1H52	H52
T1H53	H53	T1H53	H53
T1H54	H54	T1H54	H54
T1H55	H55	T1H55	H55
T1H56	H56	T1H56	H56
T1H57	H57	T1H57	H57
T1H58	H58	T1H58	H58
T1H59	H59	T1H59	H59
T1H60	H60	T1H60	H60
T1H61	H61	T1H61	H61
T1H62	H62	T1H62	H62
T1H63	H63	T1H63	H63
T1H64	H64	T1H64	H64
T1H65	H65	T1H65	H65
T1H66	H66	T1H66	H66
T1H67	H67	T1H67	H67
T1H68	H68	T1H68	H68
T1H69	H69	T1H69	H69
T1H70	H70	T1H70	H70
T1H71	H71	T1H71	H71
T1H72	H72	T1H72	H72
T1H73	H73	T1H73	H73
T1H74	H74	T1H74	H74
T1H75	H75	T1H75	H75
T1H76	H76	T1H76	H76
T1H77	H77	T1H77	H77
T1H78	H78	T1H78	H78
T1H79	H79	T1H79	H79
T1H80	H80	T1H80	H80
T1H81	H81	T1H81	H81
T1H82	H82	T1H82	H82
T1H83	H83	T1H83	H83
T1H84	H84	T1H84	H84
T1H85	H85	T1H85	H85
T1H86	H86	T1H86	H86
T1H87	H87	T1H87	H87
T1H88	H88	T1H88	H88
T1H89	H89	T1H89	H89
T1H90	H90	T1H90	H90
T1H91	H91	T1H91	H91
T1H92	H92	T1H92	H92
T1H93	H93	T1H93	H93
T1H94	H94	T1H94	H94
T1H95	H95	T1H95	H95
T1H96	H96	T1H96	H96
T1H97	H97	T1H97	H97
T1H98	H98	T1H98	H98
T1H99	H99	T1H99	H99
T1H00	H00	T1H00	H00

図 4: id 対応ファイル

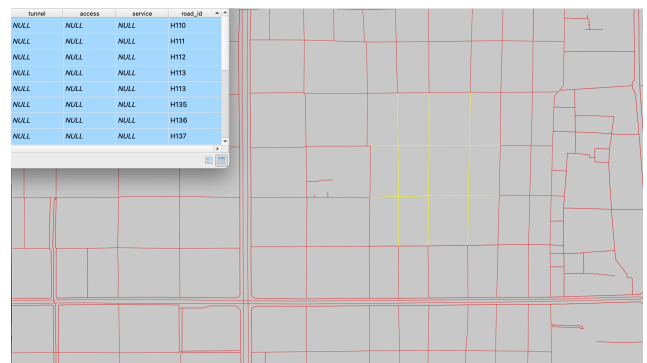


図 5: GeoJSON ファイルの選択した箇所と ID

参照)。このファイルを作成した意図として、今回行う分析はすべて白地図 id を元に分析するため、各地図の道を一意の番号で識別し、地図間の対応関係を明確にするためである。特徴のある動きや移動がみられる道があった際にマップ A, マップ B のどこの道が対応しているのかを容易に判断することができる。

3.2.3 白地図に存在しない道について

先ほど作成した白地図 id を実際にデータとして扱うため、QGIS を用いて範囲内の道全てに id を付与した。道を選択することで、その道の road_id を参照することができる(図 5 参照)。元となっているのは、先ほどの白地図同様に OpenStreetMap であり、形式としては GeoJSON ファイルとなっている。このファイル内にはすべての道に緯度と経度が全てデータとして入っている、白地図では存在しない道が、GeoJSON ファイル上では存在する場合、該当する道には VV,HH,FF といった 2 文字連続する文字列を付与することにする。経路などを分析する際はこれらの文字列の場所を無視して分析するものとする。

3.3 マッピングについて

stroly 社の移動軌跡データの CSV データと GeoJSON ファイルのマッピングを行った。CSV 形式で保存された GPS データと GeoJSON 形式の道路データを使用して、GPS ポイントごとに最も近い道路 ID をマッピングしその距離を計算した。具体的な手法として、まず CSV

³OpenStreetMap, <https://www.openstreetmap.org/#map=15/35.00404/135.76748&layers=N>

ファイルにおける GPS データの緯度・経度情報を元に geometry 列を作成し、GeoDataFrame 形式に変換。両データセットにおいて初期座標系を EPSG:4326（緯度・経度）に設定し、距離計算に適した平面直角座標系である EPSG:6677 に変換した上で正確な距離計算を可能とした。

次に、道路データ内のすべての道路との距離を計算し、最短距離をもつ道路を特定し、その道路の ID (road_id) を取得。距離計算の結果を用いて、GPS データに新たな列として最も近い道路 ID (road_id_mapped) と最短距離 (distance_to_road) を追加した。座標系を EPSG:4326 から、EPSG:6677 で行うことに変更した目的として、EPSG:4326 は地球全体を対象とした標準的な地理座標系であり、GPS データや地球全体を扱う地図で使用されるが、EPSG:6677 は、日本の測量法に基づいた座標系となっており、日本国内の地理情報を扱う際に精度が高いという理由が挙げられる。

3.3.1 マッピングの可視化

マッピングにおいて、軌跡データのポイントが最も近い道路 ID が付与される手法をとったが、それぞれのポイントがどの道路 ID が付与されているのか可視化、検証した。手法として、選定された道路 ID ごとに matplotlib ライブラリのカラーパレット (TABLEAU_COLORS) を利用して異なる色を割り当て、ターゲット道路 ID に対応する道路と GPS ポイントが一目で識別可能なようにした (図 6 参照)。道路データ全体を灰色で描画し、その中で特定の道路 ID に該当する道路を対応する色で強調表示するとともに、GPS データから該当する道路 ID に関連するポイントを抽出し、それぞれの色でプロットした。

さらに、道路と GPS ポイントの両方の境界を考慮した描画範囲を設定するために、データ全体の境界ボックス (total.bounds) を計算し、適度なバッファを追加して視覚的に適切な地図範囲を設定、道路と GPS ポイントの対応関係を明確に示した。この手法により、特定の道路における GPS データのポイントがどの道として扱われるかを可視化し、ユーザ行動の傾向分析やルート選択の特性を明確にするための基盤を構築することができた。

3.3.2 マッピングにおける検証

マップ内においてどの道路 ID (road_id) にも割り当てられなかった GPS ポイントを特定し、その数を算出する手法を実施する。具体的にはまず道路データからすべての道路 ID を取得し、GPS データにマッピングされた road_id がそのリストに含まれていないポイント (未マッチポイント) を抽出した。その後、未マッチポイントの数を算出し、それらの緯度・経度およびタイムスタンプを確認できるよう出力した。

可視化の手法として、地図上に全体の道路を灰色で描画し、未マッチポイントを赤い×印でプロットすること

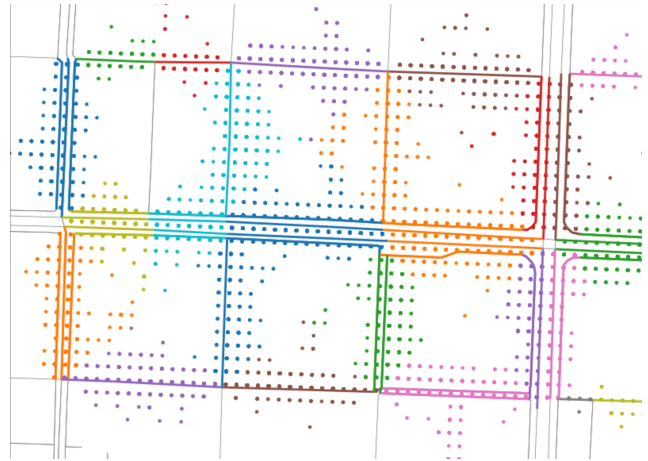


図 6: マッピングの可視化

で、未マッチポイントがどのエリアに存在するのかを視覚的に把握できるようにした。この手法により、どの道路にも対応しない GPS データがあるのかを特定した。結果、マップ内の道路に対応しない GPS のポイントはなく、全ての GPS のポイントがマップ範囲内のものとして扱われていることを確認することができた。

3.4 生データにおける分析と問題点

先ほど行ったマッピングを元に、マップ間でのユーザの行動の差異を明らかにするためさまざまな分析を行った。しかし結果として、それぞれのマップ特有で見られる行動の傾向というものは見ることができず、2つのマップ間でユーザの動きに違いはあるものの、マップ間でユーザの数が大きく異なってしまうという問題からそれが地図によるものなのか、または偶発的にその動きをするユーザがいたのか判別できないという結果が確認された。

そこで、GPS の異常値を検知し、除外または修正することでデータ自体のクレンジングを行い、セッション間の時間や移動距離、速度を考慮することでユーザの正確な経路や動きを再現することが可能にした上で改めて分析を行なった。以下はユーザの移動軌跡データをどのような手法を用いて異常値を検知し、修正・除外したのかを記す。

3.5 データのクレンジングについて

本章では、ユーザの移動軌跡データから外れ値を除外・修正し、合理的なデータを抽出する手法を考案し、本章で提案したクレンジング手法を用いたデータをもとに分析を行う。具体的には GPS による不具合を記録するセッション間の速度を修正、交通機関を使用している可能性の高いユーザの除外である。

3.5.1 リストの作成

ユーザのイベント時間の差分と、その差分における移動距離をリスト化する。ここで用いるイベント時間は、ユーザの位置情報が変わるたびに GPS ログが発信される

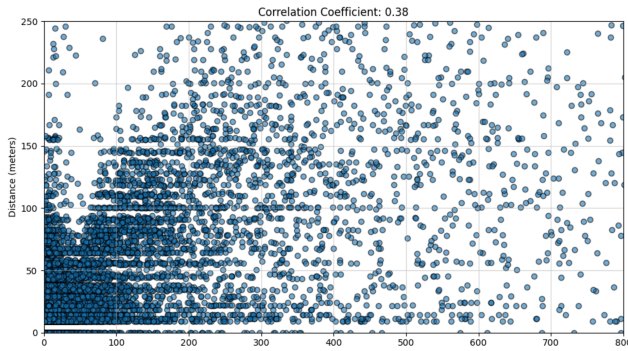


図 7: 生データにおける時間と距離の相関図

session_id	time_diff	distance	lat_before	long_before	lat_after	long_after	speed_rounded
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	6.613	35.23065081648430	35.0037	135.7592	35.0035	135.7595	5.33
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	1.291	0.0	35.0035	135.7595	35.0035	135.7595	0.0
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	145.677	59.00065781116980	35.0035	135.7595	35.0037	135.7589	0.41
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	1.655	14.373631738997100	35.0037	135.7589	35.0038	135.759	8.68
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	696.278	212.12677454340500	35.0038	135.759	35.0035	135.7567	0.3
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	2.771	0.0	35.0035	135.7567	35.0035	135.7567	0.0
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	2.003	9.108165528397100	35.0035	135.7567	35.0035	135.7568	4.55
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	3.001	0.0	35.0035	135.7568	35.0035	135.7568	0.0
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	6.002	11.11949264825000	35.0035	135.7568	35.0034	135.7568	1.85
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	3.024	11.119492664034900	35.0034	135.7568	35.0033	135.7568	3.68
00147d891362ddf12529f529fc7fdb0	1.948	0.0	35.0033	135.7568	35.0033	135.7568	0.0

図 8: リスト

location-found イベントを使用する。ユーザが移動した距離の算出には、各セッションで記録された緯度・経度の情報を使用し、地球を球面モデルとして扱う Haversine formula（ハーバサイン公式）を適用する。この公式を用いて 2 つのセッション地点間の緯度と経度の差分から移動距離をメートル単位で計算する。

上記のリストを用いて全てのセッション間における移動速度（メートル毎秒）を算出、得られた移動速度は小数点第 3 位で四捨五入した。図 7 はセッション間の時間（秒）とセッション間の距離の相関をグラフにしたものである。相関係数は 0.38 となった。

歩行速度を主とするデータセットの場合、本来時間と距離の間には高い正の相関が期待されるため、相関係数が 0.7 以上であることが望ましい。しかし、今回のデータでは相関係数が 0.38 という低い値を示しており、これはデータ全体に外れ値や異常値が多く含まれている可能性を示唆している。

3.5.2 外れ値の定義

先ほど作成したリストに、新たにスピード、各セッション名、移動前の緯度・経度、移動後の緯度・経度を追加した新たなリストを作成した（図 8 参照）。

まず、移動データから外れ値を除外するためには、「外れ値」とみなす速度の基準を定義する。

1 つ目の基準として、人間が移動できる限界スピードを挙げる。2009 年の世界陸上ベルリン大会において、ウサイン・ボルト選手が 100m 決勝で記録した秒速 12.35 メートル（時速 44.46 キロ）は、人間の最高速度とされている。このため、秒速 12.35 メートルを超えるスピードは、通常の人間の移動では記録されないものとする。

一方で、タクシーやバイク、電車などの交通手段を利

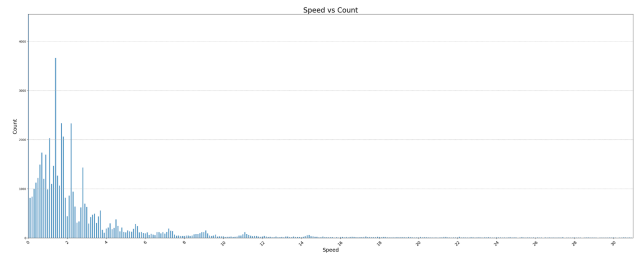


図 9: 各スピードを記録するカウント数

用した場合、人間の限界スピードを超える速度が記録される可能性がある。たとえば、バイクやタクシーの移動速度は、法定速度を考慮して時速 30km~60km と推定される。これは秒速 8.33 メートル~16.67 メートルに相当する。

さらに、マップ内を走行する電車（阪急京都線、地下鉄東西線、京阪本線）の最高速度はそれぞれ約 115km/h、約 75km/h、約 110km/h であり、これを秒速に換算すると 31.94m/s、20.83m/s、30.56m/s となる。上記の交通手段を考慮し、地図内における秒速 31.94 メートル以上の移動は、非合理的な速度（外れ値）とみなすことが適切である。

図 9 に示すように、データ上のすべてのセッションの移動速度とその出現頻度をプロットした結果、秒速 12 メートル以上を記録するデータポイントが一定数存在することが確認された。これらの値は、交通手段を利用した移動である可能性が高く、GPS の不具合のどちらかということが予想される。

以上の基準から、次のように移動データを分類する

1. 秒速 12.35 メートル以下の場合：
人間が出すことのできる合理的な移動スピード
2. 秒速 12.35 メートル以上 31.94 メートル未満の場合：
人間ではなく、交通手段を利用した移動または GPS の不具合。
3. 秒速 31.94 メートル以上の場合：
地図内では出すことが不可能な速度とみなし、外れ値として除外。

1. の秒速 12.35 メートル以下の値を記録するセッションは除外や修正を加えることなくそのままの値を使用する。2, 3 の値を記録するセッションは除外または修正する必要がある。

3.5.3 31.94m/s 以上を記録するセッションの修正手法

3. の 31.94m/s 以上の値を記録するセッションにおける修正方法として、同一ユーザの他セッションの記録する速度を平均した値を当てはめるという手法を用いる。具体的には以下の手法を用いる。

1. 外れ値が出たセッションから 2 セッションは元の値をそのまま使用する。

2. 外れ値が出たセッション後の3,4,5セッションの速度を平均し、その平均値を外れ値の箇所に当てはめる.
3. 外れ値が出たセッション後に3,4,5セッションが存在しない場合や、ユーザが使用をやめている場合は、外れ値が出るセッション前の3,4,5セッションの平均を当てはめる.

上記の手法を可視化したものが、図10である。この図における異常値とは31.94 m/s以上の速度値のことを指している。

また、上記の手法を適用できないユーザが10人いることが判明した。理由として、ユーザの全セッションが1〜3回しか存在せず、異常値の直後3, 4, 5セッション後または直前3, 4, 5セッションの平均速度を適用する手法が使用できないことが挙げられる。これらのユーザは、同一ユーザ内での平均値で修正することも不可能なため、一度データセットから除外する方針を採用した。

3.5.4 12.35-31.94m/s セッションの修正手法

はじめに、同一のユーザにおいて2連続以上のセッションで12.35-31.94m/sを記録するユーザを交通機関を使用している可能性の高いユーザとして抽出する。抽出されたユーザは計107人おり、107人のそれぞれのセッション間の速度、セッション間の時間(秒数)を元にグラフを作成した。結果、交通機関を使用している可能性の高い2人のユーザを特定することができた。(図12参照)。2人のユーザは共通して12.5 m/s付近の速度で一定の時間間隔、一定のスピードで移動しており、データ上では40セッション以上連続して7.0 m/sから25 m/sの速度を記録している。同時にセッション間では不規則に速度が低下しており、速度0を記録しているセッションも見られた。この特徴から、タクシーや車などの交通機関を利用しているユーザは、信号機や停車による減速や一時的な停止によって間のセッションの速度が低下し、定期的に速度が0になるという可能性が示唆された。

残りの105人については、同一ユーザの速度において12.5 m/s以下であるセッションの平均速度を異常値に適用する手法を採用した。

3.5.5 異常値を記録するセッションの特徴

異常な速度を記録するユーザは、グラフ分析の結果、大きく分けて2つのパターンが見られることがわかった(図11参照)。

1. 突然速度が速くなり、その後すぐに12.5m/s以下に戻るパターン
2. 定期的に速度が12.5m/s以上を記録しているパターン

前者のパターンは、GPSの突発的な不具合やエラーによるものと推測される。一方で、後者のパターンについて、どのような要因が存在するのか、グラフとの照合を行った結果、移動速度が12.5m/s以上を記録するセッ

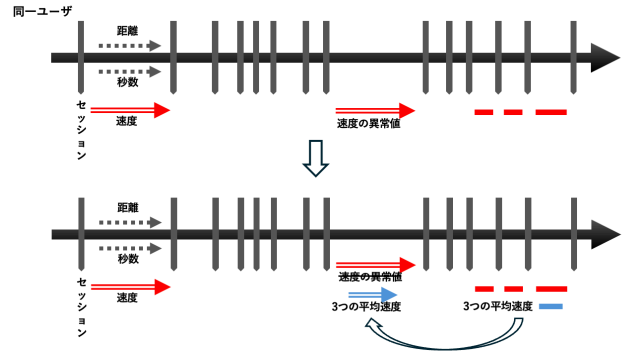


図10: 異常値の修正方法

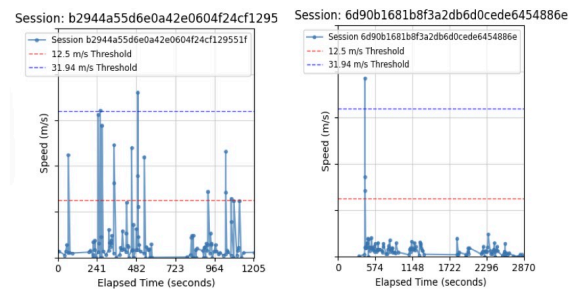


図11: 異常値が出る時の2つのパターン

ションでは、直前3セッション以内のセッション間の経過時間が10秒以上となるケースが69.74%確認され、異常な速度を記録する直前、通常よりもセッション間の記録間隔が大きくなる傾向が明らかとなった。なお、この割合は2連続以上で12.5m/s以上31.94m/sを記録したセッションに限定している。

さらにこの傾向は、異常な速度を記録する2つのパターンのうち、後者の定期的に速度が12.5m/s以上を記録するパターンだけでなく、前者の突然速度が速くなり、その後すぐに12.5m/s以下に戻るパターン(図11参照)においても同様に確認された。これらの結果は、速度の異常値が記録されるセッションの直前には共通して、GPSの信号取得や記録の異常が影響していることを示唆している。

3.5.6 残りの外れ値

現時点で速度が12.5 m/s以上を記録しているデータは157行確認された。これらは単一セッションでのGPSのエラーなどによる外れ値であると考えられる。そのため、速度が12.5 m/sから31.94 m/sの範囲で記録されたセッションの速度値を、同一ユーザの12.5 m/s以下で記録されたセッションの平均速度に置き換える手法を適用した。

この処理の結果、データセット内で速度が12.5 m/s以上を記録しているセッションはすべて修正され、外れ値の修正が完了した。

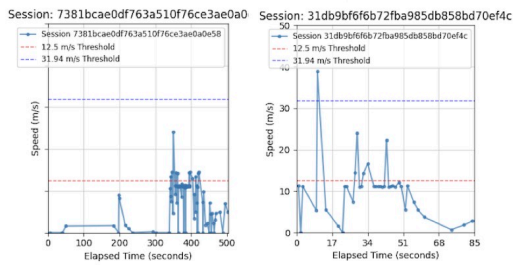


図 12: 交通機関を使用している可能性が高いユーザ

3.6 平均速度

クレンジングが完了したデータにおけるユーザの平均速度を計算した結果、2.05m/s であった。クレンジングする前のユーザの平均速度は 3.57m/s であった。成人男性の歩行における平均速度は約 1.4m/s となっており、平均よりもやや高い数値となった。

3.7 考察

マップにおけるユーザの平均速度は 2.05m/s となり、成人男性の歩行時の平均速度よりもやや高くなった要因として、外れ値として設定した 12.5m/s であると考察する。12.5m/s という基準は人類が出すことのできる最高速度であり、一般の人間が走っても容易に出せるタイムではない。また、交通機関を使用しているであろう 2 人のユーザの交通機関使用時の平均速度も 11m/s ほどであり、車やタクシーに乗っていても 11m/s という値になっていることから、外れ値の基準を下げることを検討する必要がある。

そこで、外れ値として設定した 12.5m/s を基準を 8.33m/s に置き換え、一連の手法を実行した。その結果、平均速度は 1.78m/s となり、成人男性の歩行時の平均速度約 1.4m/s に近い数字となった。

4 分析

クレンジングを行ったデータをもとに、2 つのマップにおけるサイトの中断回数、マップ上の道が通られた割合、アイコンが存在する道の滞在時間、マップの使用・中断時間の割合、の計 4 つを指標として、2 つのマップ間で比べ、地図のデザインや情報量の違いがユーザの使用傾向に与える影響を検討する。

加えて文化的な背景の違いにより、既有知識や行動特性が異なると考えられる日本人と外国人について、地図の使用傾向にどのような差異が生じるのかを検討し、地図利用の特性を考察する。

滞在時間はユーザがその場所を認識し、関心度を示す指標となり、マップが意図した行動誘導の効果を評価する上で重要である。中断回数、使用・中断時間の割合は、

表 1: アイコンが存在する道の滞在割合と中断割合

マップ名	属性	滞在時間割合	中断時間割合
マップ A	日本人	0.492	0.861
	外国人	0.371	0.886
マップ B	日本人	0.559	0.754
	外国人	0.361	0.922

マップが連続的または断続的に利用されているかを示す指標であり、マップがどのように利用されたかを把握する手がかりとなる。

しかしこれらの分析には、マップサイトの使用中断を一つの指標とする必要がある。既存のデータから使用の中断や再開を直接判断することは難しいため、本研究では以下の基準を設け、中断を定義した。

- セッション間で 180 秒開くこと。
- セッション間で 50m 以上離れた道に移動してること

上記のいずれかの条件を満たした場合、ユーザがマップサイトの使用を中断したとみなす。本研究で 180 秒を基準値とした理由は、全ユーザのセッション間経過時間の累積寄与率が 99 % を超える点に基づいている。この設定により、一般的な利用傾向を考慮しながら、中断の基準を合理的に構築することを目指した。

4.1 中断回数

マップ A, B を使用したユーザ（日本人と外国人）において、先ほど設けた中断の基準を用いてサイトマップの中断回数ごとにどのくらいの割合のユーザがいるのかを示した（表 2 参照）。

日本人では、一度だけ地図を開いた後に離脱した使用中断回数 0 回のユーザはマップ A, B ともに全体の 47.1 % を占めた。1～4 回の中断を挟みながら使用を続けたユーザは、マップ A で 45.1%, マップ B で 47.4% となり、短期間での利用が多いことがわかった。

外国人では、使用中断回数 0 回のユーザはマップ A で 41.6%, マップ B で 42.3%, 1～4 回中断を挟みながら使用を続けたユーザはマップ A で 50.6%, マップ B で 54.6% であった。

これらの結果は、日本人では短期間の一時的な利用が多く、外国人では中断を挟みながらの継続的な利用が多いことを示している。また、マップ A と B の間で、中断回数の割合に大きな違いは見られなかったが、日本人と外国人の間で使用傾向に若干の差異が認められた。

4.2 マップ上の道が通られた割合

マップ A と B では、マップ上に道が表示されているが、そのマップ範囲内のすべての道が可視化されているわけではない。マップ A では、範囲のうち可視化されている道が 488 本、マップ B のにおいては 425 本となって

表 2: 各マップの中断回数ごとのユーザ割合 (%)

マップ名	属性	0 回	1-4 回	5-9 回	10 回-
マップ A	日本人	47.13	45.08	6.20	1.58
	外国人	41.60	50.57	6.68	1.15
マップ B	日本人	47.10	47.44	4.10	1.37
	外国人	42.27	54.64	3.09	0.00



図 13: 2つのマップ同じ箇所

いる。マップ A と B においても両者に差があり、マップ A の方がより詳細なマップとなっていることがわかる (図 13 参照)。それぞれのマップにおいて、ユーザがマップを使用しながら通られた道のうち、地図上の道はどのくらいの割合を示すのかを算出した。

それぞれのマップにおける、すべてのユーザの経路を時系列順に road_id で示した。ユーザが通過したすべての road_id のうち、マップで可視化された road_id を通った割合を示したものとなっている。

結果としてマップ A における、マップ上の道を通った割合は 69.37%(376/542)、マップ B では 77.17%(169/219) となった。一方外国人では、マップ A の割合は 75.33%(284/377)、マップ B では 76.36%(126/165) となった。

これらの結果から、マップ A に比べてマップ B の方が全体的にマップ上の道が利用されやすい傾向が示された。特に日本人の利用では、マップ B の方が 8 ポイント近く高い割合を示し、シンプルなデザインや情報量の少なさがユーザにとって分かりやすく、道案内として効果的であった可能性が考えられる。一方、外国人ではマップ A と B の差が小さく、両マップで類似した利用傾向が見られた。

4.3 使用時間と中断時間の割合

ユーザの中断回数および使用時間と中断時間の割合をマップごとに算出した。日付をまたぐセッションについては、使用の中断ではなく使用の中止とみなし、そのセッション間の経過時間を除外した。

先ほどの中断の定義を用いて、当てはまるセッション間を中断時間としてカウントした。次に、マップごとに中断回数に基づいてユーザをグループ化し、各グループ

内での使用時間と中断時間の平均値と中央値を算出した。例えば、中断回数が x 回のグループについては、1 回目から x 回目までのそれぞれの使用時間と中断時間の平均値と中央値を算出、これらを基に各グループの全使用時間と中断時間の割合を計算し、地図利用行動における中断や連続利用の特徴を明らかにした。結果として日本人ユーザにおいては、マップ B の中断時間の割合がマップ A よりも 10 ポイント低く、マップ B の方が利用されやすい傾向が確認された。一方、外国人ユーザでは、マップ B の中断時間の割合がマップ A に比べて 4 ポイント高く、マップ B が利用されにくい傾向が明らかになった。これらの結果から、地図のデザインや情報量が、ユーザの使用継続性や中断に与える影響が異なることが示唆された (表 1 参照)。

4.4 ランドマーク箇所の滞在時間の割合

中断と滞在の基準を用いて、マップごとの全ユーザの道の滞在時間から、アイコンが配置されている道の滞在時間の割合を算出した。この分析は、マップ A およびマップ B に加えて、外国人ユーザのデータについても同様に実施した。

本研究では、2つのセッションで同じ道に連続して滞在している場合、そのセッション間の経過時間をその道の滞在時間とし、2つのセッションで異なる道に連続して滞在している場合は、滞在時間ではなく、移動時間とした。

まず、全てのユーザの経路と、各経路における road_id ごとの滞在時間を算出した。このデータをもとに、各 road_id ごとの滞在時間を合計し、マップ全体の中で各 road_id が占める割合を算出した。さらに、鉾や山のアイコンが存在する箇所に対応する road_id をリスト化し、これらの箇所の滞在時間がマップ全体の滞在時間に占める割合を求めた。これにより、ランドマーク箇所がユーザの行動においてどの程度の重要性を持つかを明らかにした。

結果としてマップ B では、アイコンが存在する道の滞在時間の割合がマップ A より 6 ポイント高い結果となった。一方、外国人ユーザにおいては、アイコンが存在する道の滞在時間の割合に関して、マップ A とマップ B の間で大きな差は見られなかった。

また、鉾や山のアイコンが存在する道の数は、マップ A では全道のうち 4.7%、マップ B では 5.4% を占めていた (表 1 参照)。この結果から、両マップにおいてランドマーク箇所が目的地としての価値を有しており、ユーザ行動において一定の役割を果たしていることを示唆している。

5 考察

日本人は、マップBのように情報量が少ないマップの方が、ランドマーク箇所滞在する割合が高く、中断せずに利用を継続する傾向がみられた。また、マップ上の道を通る割合についても、道が省略されている方がマップ上の道を通る割合が高いことが確認された。これにより、マップ上の情報量を少ないことで、特定の経路を利用させる誘導効果がある可能性が示唆された。

一方、外国人は、マップの情報量に関わらず、2つのマップにおいて共通して、ランドマーク箇所滞在する割合が日本人と比べて顕著に低く、マップ上の道を通る割合が高い傾向がみられた。また、情報量が多いマップAの方が、中断せずに使用する時間が長いことが確認された。

これらの結果から、日本人はランドマーク箇所サイトで参照する割合が高く、情報量の少ないマップの方がより活用される傾向があることが示唆された。一方で、外国人はランドマーク箇所以外でサイトを参照する割合が高く、情報量の多いマップの方がより活用される傾向がみられた。また、マップ上の道の通行割合について、日本人は道が省略された方がマップ上の道を通る割合が高い一方で、外国人は道の省略に関係なく、マップ上の道を通る割合が高いことが明らかとなった。

ランドマークのアイコンは、タップすることで当該ランドマークの説明や歴史を参照することが可能である。そのため、訪れたランドマークの情報をその場で閲覧することが想定される。これを踏まえると、日本人はランドマークが存在する箇所でこれらの情報を参照し、イベントマップを「イベントをより楽しむためのツール」として利用している可能性が高いと考えられる。一方、外国人はランドマーク箇所以外での利用が多く、情報量の多いマップを好む傾向があることから、ランドマーク以外の情報も参照している可能性が高い。これは、日本人に比べて外国人がマップを「実用的なナビゲーションツール」として利用していることを示唆している。

6 おわりに

本研究では、祇園祭前祭を対象に、異なるデザインと情報量を持つ2種類のデジタルマップを用いて、ユーザのセッションデータを分析した。分析に先立ち、セッション間の移動速度や位置情報から外れ値や交通機関を使用している可能性の高いユーザを除外するデータクレンジングを行い、信頼性の高いデータセットを構築した。その上で、ランドマークが存在する道の滞在時間や使用・中断時間の割合を指標に、地図の構成やデザインがユーザ行動に与える影響を明らかにするとともに、日本人と外国人間で見られる使用傾向の違いについても検討した。

一方、本研究にはいくつかの課題が残されている。本研究の分析は祇園祭前祭という特定のイベントと地図

に限定されており、他のイベントや地図デザインにおける適用性を検証する必要がある。さらに、ランドマーク以外の地図要素がユーザ行動に与える影響や、長期間のデータを用いた行動パターンの変化を分析することも課題として挙げられる。

今後は、画面操作イベントやクリックログを含むインタラクションデータを統合的に活用し、移動行動と地図利用の関連性をより詳細に分析する。これにより、地図デザインの最適化や多様なユーザ層への対応に向けた指針を示すことが期待される。また、セッションデータを用いたクレンジング手法をさらに改善し、ノイズの除去精度を向上させることで、より信頼性の高い分析を実現する。

参考文献

- [1] Chen, X., Cui, T., Fu, J., Peng, J. and Shan, J.: Trend-Residual Dual Modeling for Detection of Outliers in Low-Cost GPS Trajectories, *Sensors*, Vol. 16, No. 12 (2016).
- [2] Hua Liao, Weihua Dong, C. P. and Liu, H.: Exploring differences of visual attention in pedestrian navigation when using 2D maps and 3D geobrowsers, *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 44, No. 6, pp. 474–490 (2017).
- [3] IKEDA, C.: Research on Map Designs and Accessibility in Large Spaces, *Transactions of Japan Society of Kansei Engineering*, Vol. 16, No. 3, pp. 259–269 (2017).
- [4] IKEDA, C.: Research on Graphic Design Expression and Usability of Maps for Large Spaces, *Transactions of Japan Society of Kansei Engineering*, Vol. 17, No. 4, pp. 415–424 (2018).
- [5] Wenig, N., Wenig, D., Ernst, S., Malaka, R., Hecht, B. and Schöning, J.: Pharos: improving navigation instructions on smartwatches by including global landmarks, *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '17*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery (2017).
- [6] Witayangkurn, A., Horanont, T., Natsumi, O., Yoshihide, S. and Shibasaki, R.: Trip Reconstruction and Transportation Mode Extraction on Low Data Rate GPS Data from Mobile Phone, *The 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM2013)* (2013/07/01).
- [7] 吉村啓, 田中孝治, 加藤隆: 認知地図の生成を促進する地図表記方法の実証的検討, ヒューマンインタ

- フェース学会論文誌, Vol. 14, No. 2, pp. 219–226 (2012).
- [8] 長尾光悦, 川村秀憲, 山本雅人: GPS ログからの周遊型観光行動情報の抽出, 情報処理学会研究報告 = IPSJ SIG technical reports, Vol. 2005, No. 78, pp. 23–28 (2005).
- [9] 鈴木晃志郎: 観光案内図の空間表現から見た地図情報伝達の異文化比較, 地図, Vol. 39, No. 3, pp. 10–17 (2001).
- [10] 鈴木晃志郎, 若林芳樹: 日本と英語圏の旅行案内書からみた東京の観光名所の空間分析, 地学雑誌, Vol. 117, No. 2, pp. 522–533 (2008).
- [11] 若林芳樹: 地理空間の認知における地図の役割, 認知科学, Vol. 15, No. 1, pp. 38–50 (2008).
- [12] 佐野由有, 伊藤香織: 経路探索行動からみる都市空間把握の文化的差異, 都市計画論文集, Vol. 45.3, pp. 427–432 (2010).
- [13] 松井祐樹, 日比野直彦, 森地茂, 家田仁: 訪日外国人旅行者の個人行動データを用いた訪問地および観光活動に着目した観光行動分析, 土木学会論文集 D3, Vol. 72, No. 5, pp. 533–546 (2016).
- [14] 金杉洋, 瀬戸寿一, 関本義秀, 柴崎亮介: オープンストリートマップ道路データとデジタル道路地図の比較, GIS-理論と応用, Vol. 27, No. 1, pp. 43–48 (2019).
- [15] 鈴木洋太郎: 地図の視点はナビゲーションにどのように影響するのか, 地図, Vol. 61, No. 1, pp. 1–16 (2023).

反省のタイプ分類に基づく
チームスポーツの振り返り支援

野田樹希

反省のタイプ分類に基づくチームスポーツの振り返り支援

情 21-0376 野田 樹希

指導教員 松下 光範

1 はじめに

チームスポーツにおける試合の振り返り手段は、ミーティングでの口頭指摘やノートへの反省点の記録が一般的である。しかし、現行の振り返り手段では他の選手の位置や動きなど考慮すべき要素が多岐にわたるため、振り返りの際に要素を的確に理解し言語化して反省に繋げることが容易ではなく、選手の負担になっている。この問題を解決するためには、試合後の振り返り行為を体系的に整理し、選手の反省の言語化を容易にする仕組みが求められる。そこで本研究では、選手の位置やプレーの選択といった考慮すべき要素を分類・整理し、その項目ごとに振り返りの言語化を促す手法を提案する。この手法により、選手は複数の観点から自己のプレーを分析できるようになり、自身の行動について深く理解した上で具体的な反省点を言語化することが可能になる。

2 提案手法

現状の一般的な試合の振り返りでは、選手はまず振り返る場面を特定してその場面におけるプレーの分析を行い、その後、分析に基づいて反省点を言語化し記入する。本研究ではこの一連の振り返り行為について、分析を行うまでの段階を準備段階、実際に反省を記入する段階を反省記入段階とし、段階ごとに課題を整理して振り返りを支援するためのインタフェースを設計する。

準備段階では、振り返る場面を特定する際の負担や複雑なプレー状況を分析する際の負担が課題として挙げられる。振り返る場面の特定に関する課題に対しては、重要なプレーや判断が行われた瞬間を効率的に整理・記録する仕組みを提供することで解決を試みる。具体的には、インタフェース上で試合動画内の振り返る場面を分割・登録できるようにする。これにより、振り返り場面の特定が容易になり、動画全体を繰り返し確認する手間や過去に振り返った場面を探す手間を軽減する。また、複雑なプレー状況の分析に関する課題に対しては、動画内のプレー状況を視覚的に整理する仕組みを提供することで解決を試みる。具体的には、動画内の選手の位置やプレーの選択といったプレー状況の全体像を一目で把握可能にすることで、動画では確認しにくい細部の情報を効率的に整理できるようにする。これにより、動画内におけるプレー状況の情報量を減らし分析の負担軽減を図る。図 1 に、準備段階の支援を行うインタフェースを示す。

反省記入段階では、プレーミスの本質的な原因の見落としや反省内容が曖昧化してしまうことが課題として挙げられる。この課題に対しては、自己のプレーを多角的な視点から分析し詳細かつ整理された反省の記入を促す仕組みを提供し解決を試みる。振り返りの型の提示が振り返り視点の拡充を促すという先行研究の知見 [1] を参考に、反省内容を「技術的な反省」「身体的な反省」「戦術的な反省」「心理的な反省」の 4 つのタイプに分類することとした。このタイプをユーザに提示することで多角的な視点からの自己分析を促す。この際、「状況」「反省点」「原因」「課題」「改善法」「目標設定」の 6 つの反省項目を設定し、項目に沿った記入を促すことで具体的かつ整理された反省内容を記入できるようにする。あわせて、各項目に反省タイプ別に変動する質問文（以下、変動質問文と記す）を提示することで各々のタイプに沿った反省内容を容易に記入できるようにする。これにより、プレーミスの本質的な背景や原因の見落としを防ぎ、反省内容の具体化をできるようにする。



図 1: 準備段階の支援インターフェース

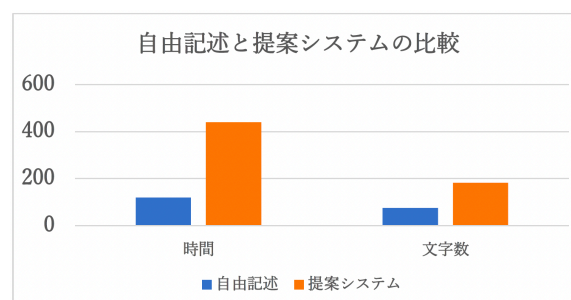


図 2: 自由記述と提案システムの比較結果

3 実験

サッカー経験者 6 名を対象に、自由記述と提案システムの 2 条件下で反省文章を記述させ、提案システムの有用性と反省記入段階を支援する仕組みの妥当性を検証する実験を行った。各参加者には始めに準備段階を支援するインターフェースを用いて動画内の振り返る場面を全て分割させ、その後 20 分の時間を設けて可能なだけ反省を記入するよう指示した。順序効果を確認するために、自由記述から記入開始する群（以下、自由記述開始群と記す）3 名と提案システムから記入開始する群（以下、システム開始群と記す）3 名に振り分けた。結果については提案システムが反省の言語化に影響を与えるかと反省タイプ、反省項目、質問文が妥当であるかの 2 点から考察する。

反省の言語化への影響を調べるため、反省文章の文字数と記入時間を算出し自由記述と提案システム間で比較を行った（図 2）。提案システム全体の平均文字数は自由記述平均よりも 2.4 倍増加し、平均記入時間は 3.6 倍増加した。システム開始群の平均文字数は群の自由記述平均よりも 3.6 倍増加し、平均記入時間は 6.9 倍増加した。自由記述開始群の平均文字数は群の自由記述平均よりも 1.6 倍増加し、平均記入時間は 2.7 倍増加した。文字数の増加は提案システムが反省内容の具体化に影響を与えている可能性が示唆された。記入時間の増加は参加者の思考を深め、具体的な反省の記入を促す可能性がある一方で、負担増加の可能性を示唆しているため主観的負担についての検討が必要である。また、システム開始群は自由記述開始群と比べ、自由記述での記入時間の短縮が確認され、提案システムが反省の記入のしやすさに影響を与える可能性が示唆された。一方で、記入文字数が減少する傾向も確認されており、これが反省の言語化にどのような影響を与えるかについてはさらなる検討が必要である。また、インタビューでは「もう少し細かくタイプを分けてほしい」、「『原因』と『課題』に書く内容が被った」、「質問文の内容に囚われて書きにくかった」という意見が見られた。このことから反省タイプ、反省項目、質問文の設計について再検討の必要性があることが示唆された。

4 終わりに

本研究では、提案システムを使用することで反省記入時間や反省文章の文字数が増加することから、ユーザの反省の言語化に一定の影響を与える可能性が示唆された。その一方、システムデザインの再設計やシステムによる記入の負担に関する検討の必要性が課題となった。今後はシステムデザインを改善し反省の言語化への影響のさらなる検討を行う。

参考文献

- [1] 木村明憲, 渡邊文枝, 宗實直樹: メタ認知を促し学習を自己調整する手立てとしての「振り返りの型」の効果, 教育メディア研究, Vol. 30, No. 2, pp. 41-53 (2024).

反省のタイプ分類に基づくチームスポーツの振り返り支援

情 21-0376 野田 樹希

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: スポーツにおいて、試合後の振り返りは選手のパフォーマンス向上において重要である。現状では、プレー動画を閲覧しながらの言語化やノートへの記入による反省が行われているが、明確な問題点の指摘や複雑な状況の整理は容易ではなく、選手の負担となっている。特に、チームスポーツでは展開に応じた位置取りや選手同士の連携などの考慮すべき項目が多いため、系統だった反省は容易ではない。そこで、振り返りプロセスを整理することで反省のタイプ分類を行い、それに基づいて選手が自らの反省点を言語化する際の支援を行うシステムを実装した。実験では、提案システムの有用性を検証した結果、システムが反省の言語化に一定の影響を与える可能性が示唆された。

1 はじめに

サッカーやバスケットボールなどの集団競技では、試合の展開に応じて瞬時にプレー状況を把握し、その状況に適した行動を瞬時に判断し実行することが選手に求められる。村川らは、熟練選手は瞬間的な判断における意思決定が非熟練選手に比べて優れている傾向があること、意思決定能力の高い者は潜在的なパターン知覚に優れている可能性があることを指摘している [16]。こうした意思決定能力を獲得し、自らの行動に繋げるには、試合中の瞬時の判断を時間をかけて分析することで、選手自身がその意思決定の背景にある認知的プロセスを再評価して自らの課題を特定し、それに基づいた改善点を明確化することが重要である。

その手段のひとつとして試合後のプレーの振り返り行為が推奨されている [2]。自身のプレーの振り返りは、意思決定の精度向上や選択肢の幅を広げ、優れた意思決定力を身につける一助になるだけでなく、自身の成長を実感することによる競技意欲の向上や自身を客観視するメタ認知能力の向上にもつながるとされている [1][4][14]。

このように、振り返りは単なる過去の反省にとどまるものでなく、瞬間的な判断力の向上に加え、その判断に至るまでの思考プロセスや選択肢の多様化を促す手段として有効な手段と認識されている。

現在、動画を視聴しながらの口頭による振り返りや、ノートへの記録が一般的な振り返り手段である [9][13][18]。しかし、動画視聴と記録のみによる振り返りでは、考慮すべき要素が多岐にわたり、特に複雑な戦術や短時間での急激な状況変化が求められるチームスポーツにおいて、自分以外の選手の動きや戦術に基づく選手間の連携といった要素を的確に理解し反省に繋げることが困難である [12][16]。加えて、これらの状況を言

語化することも容易ではなく、振り返りが選手の負担となっている。

こうした背景の下、本研究では、試合後の振り返り行為を体系化し、選手の反省の言語化を容易にする仕組みを構築することを目指す。本稿では、選手が自身の行動を振り返る際に、考慮すべき要素を分類し、その観点ごとの振り返りを支援する枠組みを提示する手法を提案する。この手法により、複数の観点から自己を分析し、振り返りの視点を広げることで、自身の行動への深い理解と具体的な反省記入を促進し、選手の振り返りの質の向上を図る。その端緒として、今回は、定めた反省観点の分類に基づく枠組みが多角的かつ具体的な反省を促進するかを検証する。

2 関連研究

本章では、既存の振り返りを支援する取り組みについて紹介し、現状の限界について述べ、本研究の立ち位置を明らかにする。

2.1 映像とデータの提示による振り返り支援システム

スポーツにおける振り返りを支援する研究には、身体知の獲得を目的として、映像処理や選手のトラッキングデータをもとに分析を行い、振り返りを行うシステムを開発して研究を行っているものが多数存在する。本節ではいくつかの研究を紹介する。

向井ら [15] はスポーツの練習の効果的な振り返りを行うために、複数の高速カメラを使用して練習の様子を自動的に撮影するシステムを提案した。野球におけるスイングやテニスストロークのフォームを自動的に撮影できるため、撮影の手間を省くことができ、動画分析ソフト

と合わせれば効果的な振り返りが可能になることが示唆された。

浦谷ら [5] はボウリング初心者の身体知獲得を支援するために自身の成功時と失敗時の投球フォームを比較できるシステムを開発した。自身のそれぞれの投球フォーム映像を比較することによってフォームの誤りに気づき、新たな視点からの振り返りを促した。自身の動きの差異を理解することはスポーツをする上でも重要であるとされ、身体知を獲得する上では映像の提示が有効であることが示された。

時兼ら [10] は、モータースポーツの1分野であるジムカーナにおける身体知の獲得を支援するための振り返りツールを開発した。このツールは、車両の走行データと映像を同期させ、ドライバーが走行データを確認しながら映像を視聴できる仕組みとなっている。これにより、ドライバーは自らの体感と実際の挙動とのギャップを認識し、客観的な視点からドライビング技術の改善点を発見することが可能となる。

Kleinman ら [3] はプロセス可視化 (PV) が自己反省とパフォーマンスに与える影響を調査した。MOBA ゲームの1種であり、世界規模でeスポーツの大会が開催されている「League of Legends」において、プロセス可視化を使用したプレイヤーが集約型可視化を使用したプレイヤーと比較し、パフォーマンスが有意に向上したことが明らかとなった。さらに、プロセス可視化を用いたプレイヤーは、自己評価の方法にも顕著な違いを示した。これらの結果は、プロセス可視化がプレイヤーに行動の因果関係を明示し、自己反省を促進することを示唆している。

これらの研究は自身のフォームやパフォーマンスデータを提示することで、自己を客観視させ、今後のパフォーマンスの向上や身体知の獲得を支援するシステムを開発した。しかし、ただ映像やデータを提示するのみでは、反省を言語化し、改善すべきことを導出するためには個々の思考力に依存するため、パフォーマンスが向上するかどうかは本人の言語化能力に委ねられるといった問題が発生する。

2.2 他者と振り返りを共有することによる競技モチベーションの向上支援

北澤ら [6] は中学生のバスケットボール選手を対象に「SPLYZA Teams」を用いて、インターネットを介した共同動画分析による振り返りが個人の思考力と競技意欲に及ぼす影響を検証した。チームメイトと共同で振り返りを行うことによって協調性を高めることができるが思考力には有意差は見られなかったという結果となった。

振り返りの SNS アプリ「growin」¹では、振り返りや

¹growin, <https://getgrowin.app/> (2024/11/24 確認.)

練習の記録を他者と共有することで、競技者同士が切磋琢磨し、相互に競技能力を向上させることや、日々の練習後に課題を振り返り、次の練習で解決策を実践するという改善サイクルを習慣化させることを支援している。しかし、振り返りの記入は自由記述であり、振り返りが習慣化されていない人にとって、反省の記入方法が分からず、反省内容が曖昧になり、パフォーマンスの向上に繋がらないことが懸念される。

これらの研究やアプリでは、他者と振り返りを共有し、切磋琢磨し合うことによって競技モチベーションの向上を支援している。また、他者と振り返りを共同で行うことによって新たな気づきの取得を支援している。しかし、自身の反省は自由記述であり、振り返りが習慣化されていない人にとっては反省の記入方法が不明瞭であり、反省内容が曖昧になってしまう恐れがあるため、パフォーマンス向上につながらないことが懸念される。

2.3 学習分野において体系的に振り返り記入を支援する研究

木村ら [7] は、低学年の児童に対して、振り返りの型を提示することによる、振り返りの記入内容への影響を検証した。結果としては、型を用いた振り返りが学習者のメタ認知的知識を引き出し、学びの深まりを促進することが示された。また、型の提示にもとづき振り返りを記入することで視点を広げることができ、自らの学習を振り返るだけでなく、それを次の学習や行動にどのように活用するかを具体的に考えるプロセスの促進の可能性が示唆された。

中尾 [11] は、振り返りの記入を支援するツールとして、学習者の思考を引き出すことを目的とした「LEAD カード」を作成した。この研究では、小学校5年生の算数の授業において記述項目が設定された振り返りシートである LEAD カードを用い、児童の数学的思考を長期的に把握する試みが行われた。その結果、LEAD カードを用いることで授業時間ごとの思考を記録し、さらに長期的な視点から思考の変容や思考の軸を明らかにすることが可能であることが示唆された。また、中尾は振り返りの記入において記述項目を設定し視点を定めると、教師が評価したい数学的思考を把握しやすくなったり、記述が苦手な学習者でも思考を表しやすかったりする反面、設定項目が記述に影響を及ぼす可能性もあることを指摘した。

これらの研究では、学習において、振り返りを体系化することにより、学習者の思考やメタ認知を促進する効果が確認された。しかし、中尾の研究において、記述項目を設定し、提示する形式では、設定された項目が学習者の記述内容にどのような影響を与えるのかについては明らかにされておらず、十分な検証が必要であると指摘されている。さらに、スポーツの分野においては、振り

返りを体系化し、その結果として振り返りの質や内容がどのように向上するのかを検証した研究はこれまでに見られない。例えば、スポーツ特有の課題や状況に対応した振り返りの方法論を提示することで、選手の戦術理解や自己分析能力がどの程度向上するのかといった観点についての知見は未開拓である。

2.4 本研究の立ち位置

スポーツにおける振り返り支援の研究では、身体知の獲得を目的として、映像を用いて自己のプレーを客観的に捉えさせることや、新たな気づきを得るための視覚的な提示を行うことが重視されている [3][5][10][15]。また、他者と振り返りを共有することによって、競技モチベーションの向上や他者からの新たな気づきの取得を支援する試みも存在する [6]。これらの取り組みの多くは映像やデータの提示にとどまり、ユーザが自己のプレーを振り返る際に具体的な枠組みを提供するという点においては課題が残されている。その結果、振り返りが曖昧で主観的なものになりやすく、具体的な改善や成長に直結する反省を十分に促進できない懸念がある。

これに対して、学習の分野では、振り返りの型や記述項目を提示することで、学習者の反省内容を具体化し、メタ認知的知識を引き出す効果が報告されている [7][11]。これにより、振り返りを継続的に行う中で視点が広がり、自己の学びを振り返りながら次の行動へ繋げるプロセスが促進されることが確認されている。しかし、スポーツの分野では、こうした振り返りの観点を明示的に提示し、それに基づいて振り返りを支援する研究はほとんど行われていない。

こうした背景を踏まえ、本研究では反省の言語化に焦点を当て、ユーザが自身の行動を多角的かつ具体的に振り返ることを支援する枠組みを構築することを目指す。具体的には、振り返りにおける要素を明確に分類し、それぞれの観点に基づいて反省を体系的に反省の記入ができるシステムを提案する。今回は、近年ではよりチーム戦術が重要視され、個々のプレーが複雑化しているサッカーを対象としてシステムを構築する [17]。

3 デザイン指針

システムを開発するにあたって、反省の言語化を支援する機能を実装するために、振り返りの流れを整理する。振り返りプロセスを図1に示し、以下にその説明を記す。ここでの振り返りは試合後に行うことを想定している。

- **試合後に振り返るシーンの想起と決定**

まず、選手は振り返りの際に、振り返る場面の記憶を想起し、決定する。このプロセスでは、「どの場所」で「どういった時間帯」で自分がプレーをしたのかを具体的にする。

- **プレー状況の整理**

決定された振り返り場面内のプレーの背景や状況を明確に整理することで何が起こったのか、どのようにプレーしたのかを客観的かつ具体的に把握する。この段階は次に行う反省の基盤となる。

- **反省点と課題の導出**

反省の対象となるプレーを明確にし、何が問題だったのか、なぜそうなったのかを思考する。これにより自分自身の課題や改善すべき点を見出すことができる。

- **課題へのアプローチの決定**

導出された課題に対してどのように改善できるかを具体的に思考し、次回以降のプレーに活かす方法を模索する。このプロセスにおいて、課題や解決策を言語化することは、思考を整理し、課題の本質を明確にするうえで重要である。特に、抽象的な問題や感覚的な改善点を具体的な行動や技術に落とし込むことで、再現性の高いアプローチを行えることが期待され、以前のミスを繰り返すことなくより高いパフォーマンスを目指すことができる。

振り返るシーンでの状況整理の段階では、試合中のプレーが非常に高速かつ複雑に展開されるため、その状況を正確に言語化することが難しいという問題がある。例えば、サッカーの試合では、ボールを奪われた瞬間に攻撃から守備へと切り替わる状況や、敵チームのボールを奪いにくる守備に対応するために味方選手と即座にポジションを入れ替えるような状況が多く見られる。これらの瞬間的な状況変化に応じた行動は、プレー中には直感的に行われることが多く、後からその一つ一つを詳細に振り返り、言語化するのは困難である。例えば、「なぜその場でドリブルを選択したのか」や「どうして特定の選手にパスを送らなかったのか」といった判断は、試合のテンポに追われて瞬間的に下されたものであり、その判断の理由や背景を詳細に説明するには多くの要素を考慮しなければならない。さらに、選手は試合中に多数の情報を処理しており、周囲の選手の動き、ボールの位置、相手チームの戦術など、膨大な情報が同時に目の前で展開される。そのため、プレー後にその全てを正確に再現し、自己の行動を振り返って言語化することは困難である。

選手は試合後に動画を視聴しつつプレーを振り返るが、動画をもとにノートへ反省を記入する方法は、プレーに関する情報量が膨大であることや、反省内容の記述が自由であるため、反省内容が曖昧になることがある。このため、反省プロセスが論理的に整理されず、反省の記録が後の振り返りに活用しづらいものになってしまうことがある。こうした問題を解消するために支援システムが提供すべき機能要件について以下で整理する。

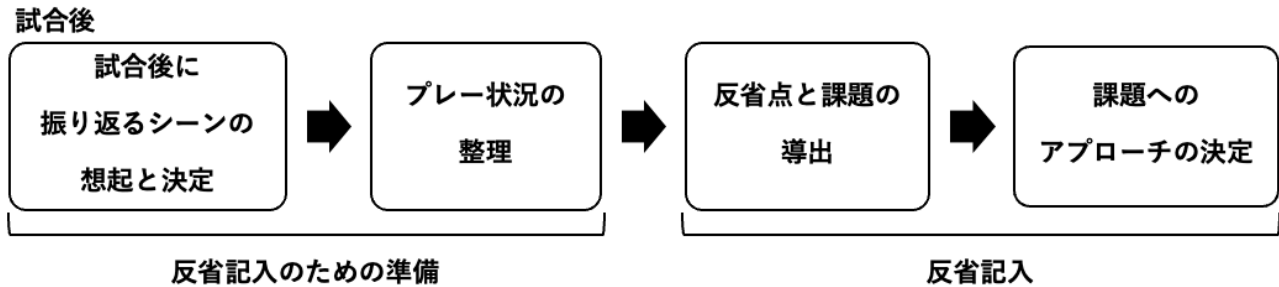


図 1: 振り返りプロセス

3.1 振り返り対象シーン選出のための試合映像の整理

選手が試合後に自身のパフォーマンスを精査するためには、試合映像の特定のシーンや重要な瞬間を迅速かつ正確に記録・参照できる機能が必要である。現状では、選手が試合後の振り返りにおいて、映像の一部の覚えている場面を基に行うことが多く、その記憶の曖昧さから具体的なプレーの詳細を見落とすケースが見受けられる。特に、試合映像全体を始めから順に見返すことは、振り返りたい場面にとどり着くまでに多くの時間と労力を要し、効率的な振り返りを妨げる可能性がある。例えば、ミスをしたシーンを振り返りたいと思っても、記憶だけに頼ると正確な振り返りたい場面を探すために長時間かけて試合映像全体を確認しなければならないことが多い。そのため、重要なプレーや判断が行われた瞬間を効率的に整理・記録し、直感的な操作で振り返りを行うための機能が必要である。これにより、試合映像全体を見返しながら振り返る負担を軽減することが可能になる。例えば、上記の例において、心当たりのあるミスに該当するシーンの映像が流れた時に、個別にシーンを分割することで、後々見返す手間を省くことが可能になる。

3.2 選手の振り返り状況の整理における情報処理の軽減

試合中のプレーにおける選択やポジショニングなど、動的かつ複雑な情報を抽象化して整理する仕組みが求められる。現状では、選手が試合後に自分のプレーを分析する際に、考慮しなければならない要素が多く、特に守備の場面や攻撃時のボールを保持していないような場面では、ポジショニングの修正点の把握に時間がかかることが多い。例えば、自身のポジショニングを振り返ろうとするが、他の選手やボールの動きも同時に確認しなければならず、全体像を把握するのに時間がかかり細部まで分析しきれない懸念がある。この分析には、選手がプレー状況の分析の際に選手やボールの動きがどのように遷移したかや、遷移したことによってプレー状況がどのように変化したかといった情報を映像から確認する作業を繰り返し行い、選手の脳内で整理する必要がある。こ

の際、試合に関係ない背景情報や自身のプレーに関与していない選手の動きなどを排除する必要がある、自身のプレーに関与している情報を選択しなければいけない。そのため、ミスが起こった場面の映像を何度も視聴し、映像内の膨大な情報を整理した上で必要な情報を選択するといった工程が発生するため、選手は効率的な振り返りを行いにくい現状にある。機能としては、映像内の複雑な情報を抽象化し、視覚的かつ概念的に整理されたデータを提供することで、選手が直感的に状況を把握できることが望ましい。例えば、上記の例において、選手が自身のポジショニングを振り返る際に、映像内の情報を簡易化することで、他の選手の配置やボールの動き、攻守の流れが視覚的に整理され、選手は全体像を短時間で把握しやすくなる。このように、選手のプレーの意図や選択肢を可視化することで、選手は映像では捉えにくかった状況の変化を直感的に一目で理解できるようになり、不要な情報を排除することで、自身のプレーの分析に焦点を当てやすくする。これにより、選手は動画では把握しにくい細部を効率的に整理し、自己分析を深めることが可能となる。

3.3 多角的な自己分析の促進

反省内容を複数の視点から体系的に分類する仕組みの導入は、選手の振り返りをより深く、多角的に行うために重要である。これは、学習の場でも多角的な自己分析を促進する効果があると示唆されている [7]。選手が振り返りを行う際に、偏った観点から反省を行うと、本質的なミスの背景や原因を見落としてしまい、改善を行ったとしても、繰り返し同じミスをしてしまう懸念がある。例えば、失敗した場面に対して、「ドリブルの練習が足りなかった」といった反省を行うと、ドリブル時のポジショニングが悪いなどのその他の要因が原因の可能性が存在していた場合、次のドリブルでも同じミスをしてしまう恐れがある。このような状況を改善するために、反省を整理・記述する際に多角的な視点から自己分析を促す仕組みが必要である。これにより、選手が技術、戦術、心理、体力といった複数の観点から自身の課題を把握しやすくなり、反省の質を向上させることができる。例えば、上記の例において、ドリブル時のボールを扱う技術からの

観点のみに焦点を当てるだけでなく、ドリブル時の戦術的なポジショニングや心理的な要因などについての要素を考慮できる視点を持つことが期待される。自己の課題に焦点を当てた具体的かつ継続的な分析を可能にするため、この仕組みは選手が直感的かつ簡便に振り返りを行えるような設計であることが望ましい。さらに、反省データが一貫して蓄積されることで、長期的なパフォーマンス向上を支えるデータ基盤が形成され、選手の成長プロセスを支援する効果的なフィードバックが可能となる。

3.4 反省の言語化

反省内容の言語化を容易にするため、反省のプロセスを体系化し、枠組みを提供する仕組みが必要である。現状では、選手が反省を書く際にどのように具体的に書けばよいのかが分からず、「もっと頑張る」や「集中する」といった漠然とした表現が多用される傾向がある。例えば、特定のプレーのミスについて振り返る際に、「もっと冷静に対処すればよかった」という表現にとどまり、具体的な技術的または戦術的な改善点まで掘り下げて言語化することが少ない。そのため、プレーの具体的な改善点が不明瞭になり、振り返りの質が低下する可能性がある。機能としては、選手が自身のパフォーマンスを詳細に振り返り、具体的な改善点を明確にするための反省項目の体系化と、その項目に沿った文章記入を誘導する要素が提示されることが望ましい。例えば、上記の例において、「冷静に対処すればよかった」という反省に至るまでの過程をさらに掘り下げるために、「どの場面で」「どのような判断を」「なぜ行ったのか」について段階的に記述するように促す枠組みを提供することで、具体的な改善策の導出を支援する。これにより、選手は効率的かつ効果的に反省内容を記述し、長期的なパフォーマンスの向上が期待される。

4 実装

本稿ではデザイン指針に照らし、選手が試合後に自らのプレーを振り返る際のプロセスを支援するための振り返り支援システムを実装した。実装は主に Python を使用し、インターネット環境さえあれば、デバイスの制約に依存しない Web アプリケーションでの開発を行った。今回は Web アプリケーションのフレームワークとして Django を採用した。また、フロントエンドには HTML, CSS, JavaScript を用いてユーザインターフェースを構築し、動的な機能を実現した。動画処理には moviepy ライブラリ²を活用し、選手のプレーを録画した映像をクリッピングする機能を実装した。また、データベース管理には SQLite を利用し、選手の反省内容や動画のメタデータを効率的に保存・管理するシステムを整備した。

²<https://zulko.github.io/moviepy/>
(2024/7/17 確認。)



図 2: システム使用画面



図 3: タイムスタンプ機能

さらに、選手の位置情報やボールの動きを描画するために、HTML5 の Canvas 要素を使用して視覚的なフィードバックを提供している。これにより、選手は自らのプレーを直感的に振り返ることが可能となる。プロトタイプシステムのインターフェース画面を図 2 に示す。

4.1 タイムスタンプ機能による振り返り対象シーンの整理

3.1 節で述べたデザイン指針を満たすために、選手が試合の重要な瞬間や特定のプレーシーンを簡単に記録し、後から効率的に振り返ることができるタイムスタンプ機能を実装した。この機能は、試合映像内の振り返るシーンの開始点と終了点をそれぞれのボタンを押し、どういったことを反省するのを入力することで、開始点と終了点間の範囲を切り抜いて保存することができる。切り抜いたシーンはクリップ動画として保存され、視聴が可能である。これにより、試合全体を振り返る必要がなく、直感的に振り返りたい範囲を分割することで、時間をかけずに重要なシーンを素早く特定できるため、選手の振り返りの負担を軽減することができる。例えば、選手がシュートの場面やミスの場면을試合動画の視聴中に記録することで、そのシーンを後から正確に見返し、反省を行うことができる。

また、振り返るべきシーンを体系的に蓄積することで、長期的なパフォーマンスの向上に役立てることができる。タイムスタンプ機能のインターフェース画面を図 3 に示す。この機能を用いることで、選手は単にシーンを見直すだけでなく、シーンごとに反省内容を整理しやすくなり、

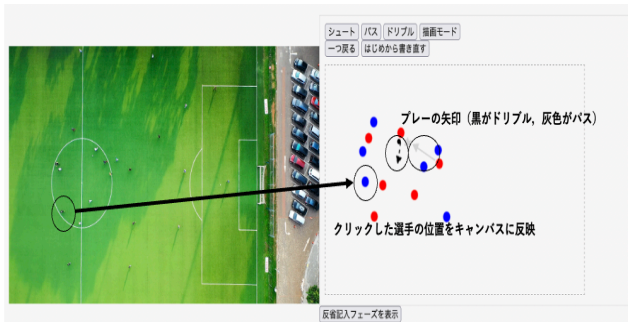


図 4: スケッチ機能画面

より深い分析が可能になる。

4.2 スケッチ機能による選手とプレーのオブジェクト化による反省シーンの簡易化

3.2 節で述べたデザイン指針を満たすために、選手が試合中のポジショニングやプレーの流れを視覚的に記録するスケッチ機能を実装する。具体的には、振り返り対象のシーンにおいて、選手の動きやボールの流れを矢印や線で描画し、それに基づいた戦術的な反省を行う。タイムスタンプした範囲のシーンがスケッチの左側にクリップとして表示される。クリップ上の選手をクリックして味方か敵を選択するとスケッチ上に選手が描画される。また、プレー（シュート、パス、ドリブルなど）の種類に応じて異なる線を使用することで、試合中の選択肢の可視化を実現する。さらに、実際に選んだプレーと振り返りによって導き出された最適なプレーを色分けして表示することで、選手が自分の判断ミスを具体的に理解し、次回以降の改善に繋げることができる。スケッチ機能のインタフェース画面を図 4 に示す。このように俯瞰的に選手の位置やプレーを描画することで、振り返り場面の全体像の把握が可能となる [8]。

この機能によって複雑な状況を簡易的に把握でき、状況の整理を行う際の情報量が減少され、反省がより効率のかつ効果的に行える環境が整う。

4.3 反省タイプの選択

3.3 節で述べたデザイン指針を満たすために、反省の内容を事前にタイプ別に分類し、分類されたタイプをチェックボックス形式で選択・記入できる機能を実装した。各反省タイプを選択してから反省を記入する形式を採用することで、複数の反省タイプにまたがる課題を的確に捉え、多角的な自己分析を促進する。さらに、複数の反省を個別に保存できるため、1つの反省に複数のタイプが含まれている場合でも、それぞれのタイプに応じた内容を記入・記録することができる。

反省タイプは、著者が所属するサッカーチームに所属する選手が記入した反省記入例を参考に「技術的な反省」、「体力的な反省」、「戦術的な反省」、「心理的な反省」、

「どれにも該当しない」の 5 つに分類した。この分類項目を決定するにあたって参考にした反省記入例とそれぞれの反省タイプの対応を表 1 に示す。

技術的なミスには 2 種類あり、技術不足によるミス (e.g., [反省 1] ではシュートがゴールを大きく超えたことによる技術不足のミスが示されている) と技術を使う判断のミス (e.g., [反省 2] ではカウンターの場面でのフェイントを多用したため速い攻撃が求められる場面で時間をかけた攻撃をしてしまうという判断のミスが示されている) がある。また、ポジショニングについての反省や環境に応じた戦い方についての反省も見られた (e.g., [反省 5] での中盤のセオリーを守る重要性)。この反省は技術・身体・心理のどれにも該当せず、思考についての反省であり、戦術的な反省であるという結論に至った。「どれにも該当しない」タイプは、ユーザが反省タイプを選択するときに意図しないタイプを選択する恐れがあるため設定した。

これらのタイプ分類に基づき反省を記入することによってユーザは自分自身の反省の傾向やパターンを明確に意識することが可能になる。例えば、技術的な反省を頻繁に行っている選手は、自身のスキルに対する課題をより明確に認識し、技術向上に向けた具体的な対策を講じることができる。[反省 1] や [反省 2] に見られるように、技術的な問題を意識することで具体的な改善策が導かれる。心理的な反省が多い選手はメンタル面の改善が求められていることを自覚し (e.g., [反省 6] ではミスを引きずった結果が示されている)、メンタルトレーニングやコーチとの対話を通じて問題解決に取り組むことが期待される。さらに、体力的な反省が多い場合には (e.g., [反省 3] では体力配分についての気づきが挙げられている)、フィジカルトレーニングや体調管理の必要性を強く認識し、それに基づいたトレーニングプランを見直すことが可能となる。このように、定めた反省タイプをチェックボックス形式で選択させ、それぞれの観点からの反省を記入させることで、ユーザは自分の成長を促すために必要な課題を具体的に把握することができ、多角的な自己分析を可能にする。

4.4 反省項目と質問文の提示による言語化支援

3.4 節で述べたデザイン指針を満たすために、反省項目と各項目に質問文を生成し、これらに沿った反省記入を促す機能を実装した。3 章で述べた振り返りプロセスに基づいて反省項目を定め、ユーザがそれに従って記入できるようにすることで、こういった流れで反省を記入すべきかを示し、反省の記入を容易にする。以下に反省項目とその定義を表 2 に示す。

表 1: 反省タイプとその具体事例

反省タイプ	具体的な反省例
技術的な反省	[反省 1] 自分がペナルティエリア内のボールを持った場面で、シュートをしたが、シュートがゴールを大きく超えた。自分の感覚ではボールが蹴りにくくて力がいらなかった。動画を見るとボールが足元に近かった。自分の最大限の力がボールに乗る位置を今後は模索する。 [反省 2] カウンターの場面ではフェイントを多くしてしまったため、相手が守備に帰ってくる時間を作ることになったので結局後ろに下げることとなった。次からは状況を考慮して速い攻撃か時間を作る攻撃かを判断する。
身体的な反省	[反省 3] 試合の後半でバテていたため、そこを突かれて失点してしまった。走る必要のないところで走りすぎているため、次からは体力配分を考える。 [反省 4] 左サイドのドリブルの場面で相手に当たり負けして体制を崩し、相手ボールになった。相手の方が体格が上で先に当たられてしまったため体勢を崩された。体格が違ってもブレないように、色々な人の動画を見ながら体幹トレーニングを行う。
戦術的な反省	[反省 5] 相方の中盤が上がっているカウンターの場面で相手の攻めのボールホルダーにアプローチしてしまってフリーの選手にパスを出され、ディフェンスとの間にスペースができ、相手に危険なエリアでボールを持たれてしまった。中盤のところで数的不利を作られてしまったため、ディフェンスに負担がかかる形になった。
心理的な反省	[反省 6] 自チームが押している状況で、自分のバックパスのミスで点を取られてしまった。その後もミスを引きずってしまい、消極的なプレーになった。そのまま試合の流れが悪いまま試合が終わった。キャプテンなのでミスをして堂々とプレーしなければいけない。ミスをして積極的にプレーして、チームを支えるような選手になる。

表 2: 記述を促す反省項目の定義

反省項目	定義
状況	自身が直面したプレーや試合中の状況を整理し、反省すべき具体的な場면을特定するための項目
反省点	反省すべきプレーや判断について、改善すべき点を下記の原因を通じて明確化するために列挙する項目
原因	反省すべきプレーや状況に至った原因を分析し、同じミスを繰り返さないためにその要因を明確にする項目
課題	反省点とその原因を踏まえ、今後改善すべき具体的な行動や判断を特定するための項目
改善	導出された課題に対しての具体的なアプローチを明確にし、どのようなトレーニングや行動を取るべきかを思考する項目
目標設定	課題と改善点を基に、達成可能かつ具体的な目標を設定し、それに向けた行動を計画する項目
自由記述	反省項目に関係ないが記録しておくべきことや新たな気づきなどを記入するための項目

これらの反省項目はそれぞれの項目に関連しており、上の項目から順に記入させることによってユーザは自身のプレーを段階的に振り返りながら課題点や改善策を明確にしていくことが可能である。まず「状況」を記入することで、振り返るシーンの具体的な背景を言語化し、その後の反省や原因の分析に係る認知的コストを削減する。続いて「反省点」を記入し、どのプレーが問題であったかを特定し、「原因」によってそのミスや問題が起こった理由を探る。「課題」では、原因をもとにどの部分を重点的に改善すべきかを挙げ、「改善」では挙げられた課題に対する具体的なアプローチを思考し、次回以降のプレー時の意識に繋げる。さらに、「目標設定」では、反省に基づいて具体的で現実的な目標を設定し、自己改善の方向性を定める。これにより、ユーザは次の試合やトレーニングに向けた明確な行動計画を持つことができる。また、「自由記述」では、反省項目に含まれない気づきや質問を自由に書き留めることで、自身の考えをさらに深めることができる。

また、これらの反省項目に基づいて効果的に振り返りを促進するために各項目に対応した具体的な質問文を設定した。例えば「状況」については「どの時間帯でどういう場面でどういうプレーをしましたか？また、反省の対象となる選手は誰ですか？状況を具体的に記入して

ください。」というような質問を提示し、プレーの背景を明確に振り返ることを支援する。

このような包括的な質問文は、特定の観点に基づいた反省を深めることが難しい。異なる反省タイプにおいて求められる思考の方向性が異なるため、画一的な質問ではユーザの振り返りが十分に深まらない可能性がある。そのため、前節で述べた反省タイプごとに質問文を適宜変更するアプローチを採用した。以下に反省タイプごとに設定した質問文を示す。

● タイプ: 技術的な反省

- [状況] どの時間帯でどのようなプレー状況でしたか？誰が関連するプレーでしたか？試合の状況は？(例: 前半 15 分, ゴール前での 1 対 1, 相手 DF との対決, チームは 1-0 でリード中など)
- [反省点] スキル不足によるミス (シュート精度, ボールコントロールなど) ですか？スキルを使う判断 (ドリブルをすべき状況ではなかったなど) についてのミスですか？
- [原因] 何故そのようなミスが起きましたか？スキルは完全に身についていますか？あなたの判断は正しかったですか？
- [課題] スキル不足の場合, 具体的にどの技術を伸ばす必要がありますか？判断ミスの場合, どのようにその判断を改善できますか？
- [改善] 課題を踏まえて, 今後同じミスを避けるために, どのようなことを意識して今後プレーをしますか？
- [目標設定] その改善を通じて達成したい技術的な目標は何ですか？

● タイプ: 身体的な反省

- [状況] どの時間帯でどのようなプレー状況でしたか？誰が関連するプレーでしたか？試合の状況は？(例: 後半 30 分, スプリント中, 1 対 1 の競り合い, 試合は 0-0 など)
- [反省点] 身体の限界 (体力不足など) についての反省ですか？身体能力の使い方 (ボディコンタクトの仕方など) の反省ですか？
- [原因] 具体的な原因は何ですか？体力やスピード, 筋力など, どの部分が不足していましたか？あなたの身体の強みを最大限発揮できていましたか？
- [課題] トレーニングで解決できる点はありますか？また, 日常生活で改善すべき点はありますか？
- [改善] 課題を踏まえて, どういったことを改善しますか？どういったトレーニング法を行いますか？

- [目標設定] 目標として具体的にどういった身体能力を身につけたいですか？例えば 10km を走りきれるようになるなど。

● タイプ: 戦術的な反省

- [状況] どの時間帯でどのようなプレー状況で戦術的なミスが発生しましたか？誰が関連するプレーでしたか？試合の状況は？(例: 前半 20 分, セットプレー時のポジショニングミス, 相手カウンターへの対応, 試合は 1-1 で拮抗など)
- [反省点] ポジショニングミス (セットプレー時の立ち位置など) についての反省ですか？あなたはチームの方針 (その状況に応じたチームの決める) に沿ったプレーをしていましたか？あなたのコーチングは間違っていないでしたか？
- [原因] あなたはそのプレーに対してどういう認識を持っていたか？どういう認識のズレが生じたのですか？あなたのプレーが試合に与える影響は？あなたのチームでの役割は？
- [課題] チームの戦術理解や試合における自分の役割認識をどう向上させるべきですか？
- [改善] 戦術面でどのような意識を持ってプレーすればよいですか？また, どうやってチームに貢献するかを考えていますか？
- [目標設定] その意識を持つことで, どのようにチームに貢献しますか？具体的な目標を設定してください。

● タイプ: 心理的な反省

- [状況] どのような状況でメンタル的な問題が発生しましたか？試合の状況は？(例: 試合前の準備不足, 重要なシュートシーンで緊張, 1-1 で拮抗している状況など)
- [反省点] 試合中のメンタル (相手に怖気付いて消極的なプレーをしたなど) の反省ですか？試合に関係しないこと (日常で嫌なことがあったなど) を試合に持ち込んでいないですか？
- [原因] 具体的にどういった心理的要因があなたのプレーに影響を与えましたか？しっかりと試合の準備をして集中できていましたか？
- [課題] 原因を踏まえてあなたの課題は？
- [改善] 心理的要因に影響されないためにあなたはどのようにメンタルコントロールしますか？
- [目標設定] どういったメンタルを持った選手になりたいですか？

反省タイプごとに質問文を調整することによってユーザはより具体性を持った枠組みに沿って自己評価を行うことが可能となり, 自己のプレーやメンタリティに対す

反省タイプ:
☒ 技術的な反省
☐ 身体的な反省
☐ 戦術的な反省
☐ 心理的な反省
☐ ... どのタイプにも該当しない

状況:
 どの時間帯でどのようなプレー状況でしたか？誰が関連するプレーでしたか？試合の状況は？（例：前半15分、ゴール前での1対1、相手DFとの対決、チームは1-0でリード中など）

反省点:
 スキル不足によるミス（シュート精度、ボールコントロールなど）ですか？スキルを使う判断（ドリブルをすべき状況ではなかったなど）についてのミスですか？

原因:
 何故そのようなミスが起きましたか？スキルは完全に身についていますか？あなたの判断は正しかったですか？

課題:
 スキル不足の場合、具体的にどの技術を伸ばす必要がありますか？判断ミスの場合、どのようにその判断を改善できますか？

図 5: 反省記入フォーム

る深い洞察を得ることができる。また、質問文の設計においてはユーザの課題と具体的な改善策を導出するプロセスを支援することを意図している。これにより振り返りの質を高め、個々のユーザの成長を促す体系的な支援が実現する。

これらのことを考慮し、反省タイプの選択によって質問文が変化する反省項目の記入とデータベースへの保存を行う反省フォームを作成した。反省タイプに基づく枠組みのインタフェース画面を図5に示す。

このように、反省項目を設け、各項目に質問文を生成し、反省記入の指針を提示することで、反省記入を容易にし、より深い反省を行うことができる。

5 プレ実験

実験手法を確立させるために、サッカー経験者1人を対象としてプレ実験を行った。使用した試合映像は、自己がプレーした試合映像を用いると、主観的バイアスによって、タイムスタンプが自チームのみの分析に偏ってしまうことにより、十分なデータ量を取得できない恐れがあることや、長時間の動画であると、見返しなどの負担がかかることから、他者がプレーしている1分程度の試合動画を使用した。実験参加者のポジションはセンターミッドフィルダーで経験年数は8年であった。タイムスタンプ数は6で、反省するタイムスタンプはスローイン時にボールを受けた時のトラップミスとスローイン時の選手へのマークの譲渡についての場面が選択された。自由記述での反省文章は215文字で提案システムを使用した文章は876文字であった。反省記入時間として自由記述は5分、提案システムは17分であった。

これらの結果から、自由記述では負担は少なく、感覚的に書きやすいものの、情報の散逸や具体性の欠如が起りやすく、提案システムを使用した場合は、負担は自由記述よりは大きいものの、文章量が多く、次回以降でのプレーで意識をすることについて具体的に記述されて

いた。215文字で5分にに対し、約3倍の時間で4倍の文字数となった。プレ実験の結果から、本実験ではユーザの負担と反省の記入にかかる最低限の時間を考慮し、各条件での反省記入時間を20分に設定する。

6 提案システムの反省の言語化への影響に関する検証

本章では、提案システムを用いた反省記入が内容を具体化し言語化を容易にするという仮定のもと、提案システムを用いた反省内容と自由記述での反省内容を比較し、提案システムが反省の言語化にどのような影響を与えるかを分析する。

6.1 実験手続き

実験では、提案システムが反省内容を具体化するかや、反省を記入しやすくするかをサッカー経験者6名に対して実験を行い、検証した。順序効果を確認するために提案システムと自由記述での記入の順番は無作為に変更し、自由記述に先に反省を記入する群（以下、提案システム終了群と記す）3名と提案システムに先に反省を記入する群（以下、提案システム開始群と記す）3名に振り分けた。以下に実験の手続きを記す。

1) 振り返る場面の選出

参加者がプレーしていない試合動画を使用し、4.1節のインタフェースを用いて、動画内の振り返る場面を全て分割してもらった。この方法は、参加者個々の体験や感情が介入する可能性を抑制し、客観的な視点から試合の分析や振り返りを促進する環境を整えることが期待される。具体的には、参加者が関与していない試合動画を使用することで、映像から得られる情報に基づいた純粋な分析を促す。これにより、振り返り支援システムが幅広い状況で有効であるかを検証しやすくすることを試みる。また、参加者の負担や試合の全体像を容易に把握させることを考慮して1分間の画角が真上からの動画を用いた。

2) プレー状況のスケッチ

反省記入を行う前に4.2節のインタフェースを用いて、動画内のプレー状況をスケッチしてもらった。実際に起こったプレーの状況をスケッチするか理想のプレー状況をスケッチするかなどといったスケッチの方法は参加者に委ねた。

3) 反省の記入

スケッチをした後に以下の条件で反省を記入してもらった。

提案システム終了群： 20 分間でできるだけ Google フォームに自由記述で反省を記入し、その後 20 分間でできるだけ提案システムを用いて反省を記入する。

提案システム開始群： 20 分間でできるだけ提案システムを用いて反省を記入し、その後 20 分間でできるだけ Google フォームに自由記述で反省を記入する。

20 分の制限時間を設ける理由としては、時間の制約が異なる場合、反省の量や質に悪影響を与える可能性と参加者の負担を考慮したためである。なお、各条件での制限時間はプレー状況のスケッチに要した時間も含まれている。

4) 半構造化インタビュー

定性的にシステムの有用性を分析するために、半構造化インタビューを行った。インタビューでは主に、書きやすかった記入媒体、反省タイプの選択基準、記入しにくい反省項目、質問文が反省記入をやすくしていたかといったことを聞き出した。

6.2 実験結果・考察

提案システムが反省の言語化に与える影響を検証するために、自由記述と提案システム使用時での反省文章の文字数と記入時間に焦点を当てそれぞれ比較する。結果を表 3、表 4 に示す。

提案システムに記入された反省文章と比べて、自由記述に記入された反省文章の平均文字数は 3.1 倍増加し、記入時間は 5.1 倍増加した。文字数の増加から、提案システムへの反省記入が反省内容の具体化を促す可能性が示唆され、記入時間の増加から、参加者が提案システムへの反省記入の内容についてより深く思考し具体的な改善法の考察を促す可能性が示唆された。しかし、記入時間の増加は提案システムを使用した記入の負担が増加し、返って反省を書きにくくしていると捉えることもできる。

また、順序効果については、各群を比較すると、提案システム終了群の文字数の平均増加率は 3.6 倍となり、提案システム開始群は 1.6 倍となった。提案システム終了群の記入時間の平均増加率は 6.9 倍となり、提案システム開始群は 2.7 倍となった。提案システムを用いて反省記入をしたあとに自由記述での記入を行うことで文字数と記入時間の差が小さいことから、提案システムが反省記入の指針を提供している可能性が示唆された。これらのことから、提案システムは反省の言語化に一定の影響がある可能性が示唆された。どのような影響を与えたかとその要因をより詳細に調べるために、文字数と記入時間の増加幅において特徴的な傾向が確認された参加者を各群で 1 名ずつ取り上げ、考察する。

6.2.1 提案システム終了群：id1 の考察

id1 は枠組みでの文字数が自由記述と比べて 5.4 倍増加し、記入時間は 10.1 倍増加した。自由記述に比べて枠

組み使用時の反省文章の文字数が 5 倍以上増加した一方で、記入時間も大幅に増加していた。自由記述では「中が数数的有利の状況で、あえてマークされている外の選手にパスを出しているのがダメ。中に出せば一点もの。」と記入した。この文章では「ダメ」といった曖昧な表現を用いており、なぜその選択を悪いと感じたか、今後はどのようにして改善していくべきなのかといった点で具体性に欠けていることが確認された。一方で提案システムでは心理的な反省と技術的な反省の 2 つのタイプを選択しており「選択肢がいくつかある中で、1 番最悪な判断。自分ならその難しいパスコースを通せるだろうという過度な自信が失敗を引き起こした。」という文章や「今後の練習で、キックフォームを意識する。ゴールキックでハーフェイラインまでノーバンで飛ばす。」という文章を記入し、ミスの原因や今後のプレーについてのことが記入され、上記の自由記述と比べ、曖昧な表現は減ったことが確認された。これらのことから、提案システムが多角的な分析と反省記入の具体化を促進する可能性があることが示唆された。一方で、インタビューでは「内容が被る反省項目がある」と述べており、「原因: キック力不足。課題: キック力向上。」と記入されていたことや、「質問文を見過ぎて何を書けばいいか逆にわからなくなった」と述べていたことから、定められた項目に反省を記入させることがユーザに負担を与える可能性があることが示唆された。

6.2.2 提案システム開始群：id5 の考察

id5 は文字数と記入時間の倍率が自由記述と比べ、0.9 倍に低下していることが確認された。自由記述では「サイドから攻められている時に、マークにいけていない」と書き始めていることや、インタビューでは、「システムでの書き方を参考にした」と述べていた、「状況」の項目から書き始めるという影響を受けた可能性がある。提案システムでは「反省点: ワイドに広がっている選手がいるのに狭い方向にドリブルしている。原因: 視野が狭い。課題: ボールウォッチャーになっていること」と記入したことや、「システムを用いた方が思考が段階的に整理されるため書きやすい」と述べていたことから、反省項目が反省記入の際の思考を段階的に整理させていることが示唆された。これらを踏まえると、提案システムの増加率が低下した要因は、提案システムから先に記入することにより、どのように反省を書けば良いかが明確化され、効率的かつ効果的に自由記述が行えたからだと考えられる。さらに、1 つの反省につき 2 つの反省タイプを選択し記入した反省が 2 つあったことから、反省タイプが多角的な分析を促している可能性も示唆され、提案システムが反省の言語化に有効に作用している可能性が示唆された。

これらの結果から、提案システムが反省の具体化を促進し、記入時間の増加とともに深い思考を引き出す効果

表 3: 自由記述と提案システムの反省文章の文字数

	提案システム終了群			提案システム開始群			全体平均
ID	1	2	3	4	5	6	
自由記述 (文字数/反省記入数)	43.0	77.7	52.3	107.6	140.2	29.2	75.0
提案システム (文字数/反省記入数)	234.0	118.0	286.0	206.5	133.6	112.0	181.6
倍率 (自由記述/提案システム)	5.4	1.5	5.4	1.9	0.9	3.8	3.1

表 4: 自由記述と提案システムの反省記入完了時間

	提案システム終了群			提案システム開始群			全体平均
ID	1	2	3	4	5	6	
自由記述 (秒/反省記入数)	114.5	110.0	174.3	120.6	145.5	51.4	119.3
提案システム (秒/反省記入数)	1162.0	278.2	1323.0	414.0	142.2	332.5	608.6
倍率 (自由記述/提案システム)	10.1	2.5	7.5	3.4	0.9	6.4	5.1

がある可能性が示唆された。また、提案システムを先に使用することにより、反省記入の指針が提供され、自由記述が書きやすくなる可能性があることが示唆された。インタビューでは「項目ごとに書くことで整理されるため、後から見返しやすい」という意見や、「どの項目を見とどのような事が書いてあるかがわかりやすい」という意見から、過去の振り返りを見返す際に枠組みが有効であることが示唆された。ただし、提案システムを用いた記入には時間的な負担を増加させる可能性があり、主観的な負担について検討する必要がある。また、「個人的な反省は自由記述で、チームについての戦術などの反省は枠組みがあった方がよい」という意見や「局所的なミスや考え方を考えるだけで改善できるミスはシステムで、試合を通して悪かったことや長期的な改善が必要な場合は自由記述の方がよい」という意見があったことから、場合によって自由記述と枠組みを使い分けることで、効果的な反省の記入が促進される可能性が示唆された。

7 反省タイプ別に変動する質問文の反省の言語化への影響に関する検証

本章では、4.4 節の反省タイプ別に変動する質問文（以下、変動質問文と記す）での反省内容と、反省タイプ別に变化しない質問文（以下、固定質問文と記す）での反省内容を比較し、変動質問文が反省の言語化にどのような影響を与えるかを分析する。

7.1 実験手続き

実験では、変動質問文が特定のタイプに基づいた反省を促進させるのか、また反省の記入を容易にし、反省内容をより具体化させるかを検証するために、6 章の実験参加者とは別のサッカー経験者 6 名を対象に、変動質問文を提示する参加者と固定質問文を提示する参加者に分けた。順序効果を確認するために提案システムと自由記述での記入の順番は無作為に変更し、自由記述に先に反

省を記入する群（以下、固定質問文終了群と記す）3 名と固定質問文に先に反省を記入する群（以下、固定質問文開始群）3 名に振り分けた。実験手順は 6 章と同様に行い、変動質問文を固定質問文に変更した。その際、以下の固定質問文の内容を全参加者共通で提示した。

- [状況] どの時間帯でどのようなプレー状況でしたか？誰が関連するプレーでしたか？試合の状況は？（例：前半 15 分、ゴール前での 1 対 1、相手 DF との対決、チームは 1-0 でリード中など）
- [反省点] 自分のプレーについて、何もうまくいかなかったと思いますか？その場面で改善すべきだった点はどこでしょうか？
- [原因] プレーミスが起きた原因は何だと思いますか？技術的な問題、判断ミス、体調など、どの要因が影響したと考えますか？
- [課題] 反省点やその原因を元に、今後改善すべき具体的な行動や判断は何ですか？どのような点を強化したり改善したりする必要がありますか？
- [改善] 同じミスを繰り返さないためには、どのように改善すべきだと感じますか？次に同じ状況があった場合、どう対処するべきですか？
- [目標設定] 今後同じような状況で成功するためには、どのような目標を立てるべきだと思いますか？

7.2 実験結果・考察

変動質問文が反省の言語化に与える影響を検証するために、固定質問文を用いた場合の結果と 6.2 節における提案システムを用いた場合の結果を各群で比較する。固定質問文を用いた場合の結果を表 5 と表 6 に示し、各群の結果の比較を表 7 と表 8 に示す。

提案システム終了群の平均文字数は自由記述の平均文字数と比べ 3.6 倍増加し、平均記入時間は 6.9 倍増加した。提案システム開始群の平均文字数は 1.6 倍増加し、平均記入時間は 2.7 倍増加した。固定質問文終了群の平

表 5: 自由記述と固定質問文の反省文章の文字数

	固定質問文終了群			固定質問文開始群			全体平均
ID	7	8	9	10	11	12	
自由記述 (文字数/反省記入数)	32.2	27.6	38.6	67.4	294.0	94.2	92.3
提案システム (文字数/反省記入数)	155.5	163.0	128	112.0	435.0	138.0	188.5
倍率 (自由記述/提案システム)	4.8	5.9	3.3	1.6	1.4	1.4	3.1

表 6: 自由記述と固定質問文の反省記入時間

	固定質問文終了群			固定質問文開始群			全体平均
ID	7	8	9	10	11	12	
自由記述 (秒/反省記入数)	64.8	29.6	129.0	152.0	337.0	93.0	134.2
提案システム (秒/反省記入数)	383.5	270.0	383.5	313.0	694.0	168.7	368.7
倍率 (自由記述/提案システム)	5.9	9.1	2.9	2.0	2.0	1.8	3.9

均文字数は 4.5 倍増加し、平均記入時間は 4.6 倍増加した。固定質問文開始群の平均文字数は 1.5 倍増加し、平均記入時間は 2.0 倍増加した。このことから、固定質問文の条件においても、提案システムが平均文字数と平均記入時間を増加させることが確認された。変動質問文を用いた提案システム終了群の文字数は固定質問文終了群と比べると、増加幅が小さく、記入時間の増加幅は大きいことが確認された。このことから、変動質問文を提示することによって、より具体的な反省内容の記入と反省内容を記入する際の思考に時間を費やすことを促す可能性が示唆された。また、順序効果に関しては、提案システム開始群と固定質問文開始群を比較すると、変動質問文の文字数と記入時間の両方の増加幅が大きいことが確認された。このことから、順序を変更した場合でも、変動質問文が具体的な反省内容の記入と反省内容を記入する際の思考に時間を費やすことを促す可能性が示唆された。変動質問文が反省の言語化にどのような影響を与えるかを詳細に調べるために、4 群からそれぞれで参加者を 1 名ずつ取り上げ、条件ごとに比較し考察する。提案システム終了群と固定質問文終了群では、変動質問文が具体的な反省内容を促すかを調べるために、反省タイプと反省場面が同じ参加者を選定し、比較する。提案システム開始群と固定質問文開始群では、変動質問文を使用したあとの自由記述への影響を調べるために、自由記述の平均文字数の差が小さく、反省場面が同じ参加者を選定し、比較する。

7.2.1 提案システム終了群 (id3) と固定質問文終了群 (id8) の比較

id3 と id8 は「戦術的な反省」を選択し、ゴール前のエリアでの場面において反省を記入した。id3 の平均文字数は 286 文字であり、id8 は 163 文字であり、id3 は id7 よりも詳細に反省を記入し、具体的な目標設定まで導出していたことが確認された。さらに、id3 は反省の記入に 1323 秒かかっており、反省の言語化の際に、深

く思考した可能性がある。例えば「原因」の項目に関しては、id3 は「内側にフリーな選手がいるため、その選手へパスをすることや、自分でシュートをする選択の方が得点に繋がりがやすいが、パスをしたサイドの選手にスルーパスをして、結果的にボールを失っている。」というようにミスが起こった原因を理想のプレーを挙げた上で原因を記入した。id8 は「相手やゴール、自分の位置を把握できていなかった」と文章が短く、端的にプレーミスの原因のみを記入した。「目標設定」の項目に関しては、id3 は「1 試合あたり 20 回以上首を振る。1 試合あたり 3 回以上シュートする。」というように具体的な回数を設け、次の試合で達成可能な目標を設定した。それに対し、id8 は「必ず受ける前にゴールの位置と近くの敵の位置は見られるようになっておく」と記入し、いつ達成できるか不明瞭である目標を設定した。また、id3 はミスをした選手だけではなく、その周りの選手も関係しているといった内容の反省を記入した。これらのことから、変動質問文が具体的な反省内容の記入を促し、文章の質を高める可能性が示唆された。一方で、id3 の記入時間が長いのに比べ、id8 が 270 秒で 163 文字記入したことから、効率性の点では固定質問文の方が有効である可能性が示唆された。また、インタビューでは、id3 は「質問文の内容を参考にしたが、それに囚われて書きにくかった」と述べたことから、変動質問文がユーザの負担となる可能性が示唆された。

7.2.2 提案システム開始群 (id4) と固定質問文開始群 (id12) の比較

id4 の自由記述での平均文字数は 107.6 文字であり、id12 は 94.2 文字でその差は 13.4 文字であり、両参加者はほとんど同じ文字数である。変動質問文への記入を先に行うことで、自由記述にどのような影響があるかを調べるために、自由記述の記入内容を比較する。両者はサイドでボールを持っている選手が後ろにパスをしたという場面についての反省を記入した。id4 は「サイドでの 1

表 7: 群ごとの平均文字数の比較表

群	変動質問文		固定質問文	
	提案システム終了群	提案システム開始群	固定質問文終了群	固定質問文開始群
自由記述 (文字数/反省記入数)	57.6	92.3	32.8	151.8
提案システム (文字数/反省記入数)	212.6	150.7	148.8	228.3
倍率 (自由記述/提案システム)	3.6	1.6	4.5	1.5

表 8: 群ごとの平均記入時間の比較表

群	変動質問文		固定質問文	
	提案システム終了群	提案システム開始群	固定質問文終了群	固定質問文開始群
自由記述 (秒/反省記入数)	132.9	105.8	74.4	194.0
提案システム (秒/反省記入数)	921.1	296.3	345.6	391.9
倍率 (自由記述/提案システム)	6.9	2.7	4.6	2.0

対1の場面で、斜め後ろのサポートの選手にパスを出した場面。パスを受けた選手の周りには味方が4人守備が4人と圧倒的攻撃側が有利なのに、視野を確保していないために、ワンツールの選択肢しかない。逆を見れば、クロスやシュートを狙える場面である。」と記入した。「サイドでの1対1の場面で」と書き始めていることから、反省項目の「状況」に影響を受けたと思われる。また、その後に続いて「反省点」と「原因」の内容を記入した。インタビューでは「反省項目の記入の仕方を参考にした」と述べており、「質問文の内容に沿ったことは意識して記入してない」と述べた。id12は「縦に抜けに行けばチャンスでパスに逃げてしまっただけでチャンスは逃してしまった。パスに逃げずに自分でドリブルで縦に切り込んで行けばシュートかクロスに持っていけるので挑戦するようにする。」と記入した。「縦に抜けに行けばチャンスでパスに逃げてしまっただけでチャンスは逃してしまった。」と記入したことから、「状況」に続き、「反省点」を記入したことが確認された。その後こうすべきだった理想のプレーについて記入した。インタビューでは「特にシステムでの書き方を真似たとかはなく、自分の書きたいように書いた」と述べた。これらのことから、変動質問文が反省記入の指針を提供しているわけではなく、反省項目が影響を与えている可能性が示唆された。しかし、長い期間でシステムを使用した場合に影響を与える可能性もあり、変動質問文が反省の言語化に与える影響についてはさらなる検討が必要である。

これらの結果から、変動質問文を用いることで、反省内容がより具体的で深いものになることが確認された。しかし、固定質問文の方が短い時間で記入できたこととインタビューの結果から、変動質問文の内容が詳細でユーザに多くの情報量を与えるため、変動質問文の提示は反省記入における心理的な負担を増加させる可能性が示唆された。また、変動質問文が反省記入の指針を提供し、自由記述を書きやすくする影響はなく、反省項目が反省を記入しやすくしている可能性が示唆された。この

ことから、変動質問文の設計をさらに最適化し、ユーザの負担を軽減しつつ、効果的かつ効率的に反省の言語化を促進する方法を模索する必要がある。

8 反省タイプ・反省項目・質問文の妥当性に関する検証

本章では、定めた反省タイプ、反省項目、質問文の妥当性を検証し、これらの要素が反省の言語化支援に適切な設計であるかを考察し、必要に応じて再設計の必要性を議論する。

反省タイプが妥当であるかを明らかにするために、6章と7章で行った実験で参加者に記入してもらった反省文章をSentenceBERT³を用いてベクトル化し、階層的クラスタリングを行った。どのような基準で分類されるのかを調べるために各クラスに分類された反省文章に含まれる単語を抽出した。反省文章の前処理として、参加者が同一の場面をタイムスタンプした場合に「状況」に記入される文章が類似し、それを基準としてクラスタリングされる恐れがあったため、反省文章内の「状況」に関する記述を削除した。参加者が選択した反省タイプとクラスタリング結果で分類された文章の対応を表9に記す。

反省項目に関してはインタビューの結果から、質問文に関しては7章で行った実験結果とインタビューの結果から妥当性を検証する。

8.1 反省タイプの妥当性

クラスタリング結果については、シルエットスコアが最も高かったクラス数は9個であった。この要因を調べるために、参加者が選択した反省タイプとクラスタリング結果の整合性と各クラスに含まれる単語を取り上げ考察する。

³<https://huggingface.co/sonoisa/sentence-bert-base-ja-mean-tokens-v2>
(2024/12/20 確認.)

クラスタ1では、実験参加者によって選択されたタイプのうち「技術的な反省」が3つ、「戦術的な反省」が4つ、「心理的な反省」が3つ分類された。「位置」「判断」「ポジショニング」といった単語が含まれていることが確認され、選手がボールを保持している時の判断・選択と立ち位置の悪さについての反省が分類されたと考えられる。クラスタ2では、実験参加者によって選択されたタイプのうち「技術的な反省」が3つ分類された。「精度」「逆足」「スキル」といった単語が含まれていることが確認され、ボールを蹴る技術やボールコントロールの技術などの攻撃時にボールを扱うスキルの不足についての反省が分類されたと考えられる。クラスタ3、クラスタ9では、実験参加者によって選択されたタイプのうち「戦術的な反省」が6つ分類された。「ディフェンスライン」「組織」「守備意識」といった単語が含まれていることが確認され、チームとしての約束事を守れていないことや戦術の共有不足などの複数人で行う守備についての反省が分類されたと考えられる。クラスタ4では、実験参加者によって選択されたタイプのうち「戦術的な反省」が1つ、「心理的な反省」が1つ分類された。「声かけ」「コミュニケーション」「意思疎通」といった単語が含まれていることが確認され、プレーミスをした選手に対して他の味方選手が指示すべきなどのチーム内でのコミュニケーションや声かけについての反省が分類されたことが考えられる。クラスタ5、クラスタ6、クラスタ7では、実験参加者によって選択されたタイプのうち「技術的な反省」が4つ、「戦術的な反省」が3つ分類された。「パスコース」「プレスのかけ方」「守備の技術」といった単語が含まれていることが確認され、パスコースの切り方についてや、相手選手にプレスをするタイミングについてなどの個人の守備技術についての反省が分類された。クラスタ8では、実験参加者によって選択されたタイプのうち「身体的な反省」が1つ分類された。「体力」「疲れ」「走る」といった単語が含まれていることが確認され、身体能力の不足についての反省が分類された。インタビューでは「判断」についての反省で選択したタイプが参加者ごとに違っており、「チームか個人かを基準として「技術的な反省」か「戦術的な反省」か選択する」といった意見が確認された。これらのことから、チームか個人か、攻撃か守備かという観点が今回定めた反省タイプの上層に選択肢として設け、階層的な反省タイプを設計することで、ユーザがより多角的かつ詳細に反省記入を行える可能性が示唆された。

8.2 反省項目と質問文の妥当性

反省項目については、インタビューを行ったところ実験参加者12名中9名が「反省点」と「課題」に書く内容が被ってしまって書きにくい」と述べ、1名が「改善法」は具体的な練習法を書くのか認知的な改善法を書くのか、どっちを書こうか迷った」と述べた。また、「改善法」の

項目だけを設定し、それ以外の項目は自由記述で良い」という意見や「戦術的な反省は反省項目ありで、それ以外の個人に関する反省は自由記述で良い」という意見も見られた。これらのことから、反省項目については、反省タイプによって項目を減らしたり、特定の項目を削除することで反省記入時の負担を軽減する必要がある。

質問文に関しては、変動質問文を使用することで、反省文章の文字数や記入時間が増加したことから、反省を言語化に費やす思考時間を増やし、具体的な反省を記入する影響があることが示唆された。しかし、変動質問文を用いた参加者6名中5名が「質問文の内容に囚われてしまって書きにくかった」や「質問文の情報量が多く、それに沿った文を書くのが難しかった」という否定的意見を述べた。一方で、固定質問文に囚われたと述べた参加者が1人だったということや固定質問文では変動質問文より短い時間で記入されたが確認されたことから、具体的すぎる内容の質問文を提示することは返って反省を書きにくくし、効率性の低下や負担がかかる可能性が示唆された。このことから、提示する質問文の情報量を削減することで、ユーザの思考を整理しやすくする設計にする必要がある。

これらのことから、反省タイプ、反省項目、質問文の設計については再検討する必要があることが示唆された。

9 本システムの限界

今回はサッカーを対象として、本システムを構築した。本システムは、他競技での応用が可能な部分があるが、サッカーに特化した部分もあるため、競技間において機能拡張の限界が生じる懸念がある。例えば、競技時間が短いスポーツ（e.g., 短距離走、水泳）では、プレーを細かく区切るタイムスタンプ機能の意義が薄まる可能性がある。その場合、フォーム分析や反復練習に特化した機能が必要となる。スケッチ機能の適用は、選手間の位置やボールの動きが重要なスポーツで有効であるが、これが明確でない競技（e.g., 格闘競技、体操）では別のアプローチが求められる。インタビューでは、「サッカーはどこからどこまでが一つのプレーであるかが曖昧で、このシステムで切り取るのは難しいので、ハンドボールやフットサルなどプレーの区切りが明確なスポーツで使用する方が向いている」や「サッカーは平面的なスポーツなので、バレーやバスケなど、立体的な動きが多く求められるスポーツでは使いにくいかもしれない」といった意見が見られた。さらに、「野球などのターン制のスポーツは流動的でなく、個人のバッティングフォームや最初の立ち位置が重要になってくるので、動画ではなく、静止画を用いた反省をすることが多い」といった意見も見られた。これらのことから、本システムでは、他競技での応用が可能な部分はあるが、競技の特性によっては限界があると考えられる。

表 9: クラスタリング結果

	クラスタ 1	クラスタ 2	クラスタ 3	クラスタ 4	クラスタ 5	クラスタ 6	クラスタ 7	クラスタ 8	クラスタ 9
技術的な反省	3	3	0	0	0	2	2	0	0
身体的な反省	0	0	0	0	0	0	0	1	0
戦術的な反省	4	0	4	1	2	0	1	0	2
心理的な反省	3	0	0	1	0	0	0	0	0

10 おわりに

本研究では、チームスポーツにおける振り返りプロセスを整理し、各段階での問題の解決を試みるシステムを構築した。実験では反省タイプ・反省項目・質問文で構成された枠組みの有用性を検証した。検証の結果、文字数と記入時間を増加させることから、他者がプレーした試合動画の振り返りにおいても、枠組みが反省記入の際の思考時間を増やし、反省内容を具体化させる影響があることが示唆された。また、複数の反省タイプを選択し、それぞれのタイプで反省内容を具体化した参加者がいたことから、反省観点の分類と提示が多角的なプレー分析を促す可能性があることが示唆された。しかし、反省タイプ、反省項目、質問文の設計に関しては、反省タイプの細分化・階層化の可能性や反省項目、質問文の内容が返って反省を記入しにくくしている可能性があり、再設計を検討する必要性が示唆された。今後の展望として、反省タイプとその反省内容などの蓄積されたデータを機械学習モデルに学習させることにより、ユーザの言語化能力に合わせた振り返りを対話的行えるようにする機能や自身と類似した他者の反省内容を提示する機能などを追加することによって、さらに反省の言語化をしやすくすることが考えられる。このような機能を実装する際に、本研究で構築したシステムを反省データの収集システムとして活用することで、追加機能を効果的に実装できることが期待される。また、本提案では真上からの画角で撮影された試合動画を用いた実験を行ったが、この撮影方法は多くの場合困難であり、実際にユーザがシステムを使用する際は観客席から画角の動画を用いることが想定される。そのため、スケッチ機能では斜めや横からの画角での動画内の選手の位置を俯瞰視点に変換する必要がある。これを実現するためには射影変換を用いたスケッチ機能を実装する必要があり、射影変換の精度について検証する必要がある。これらのことを考慮し、より実践的な状況でシステムの有用性を検証し、システムデザインの改善を行う。

11 謝辞

本研究を行うにあたり、サッカーについての研究をやりたいという意味を尊重し、さまざまなご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部松下光範教授、研究に行き詰まったときに手助けしていただいた畑玲音氏をはじめとする先輩方に厚く感謝を申し上げます。さらに、

互いに切磋琢磨しあい、精神的な支えとなってくれた松下研究室 15 期生全員に厚く感謝を申し上げます。最後に、大学生活を送るにあたって支えてくれた両親に深く感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] Alt, D. and Rachel, N.: Reflective journaling and metacognitive awareness: insights from a longitudinal study in higher education, *Reflective Practice*, Vol. 21, No. 2, pp. 145–158 (2020).
- [2] Ellis, S., Mendel, R. and Nir, M.: Learning from successful and failed experience: The moderating role of kind of after-event review., *Journal of Applied Psychology*, Vol. 91, No. 3, pp. 669–680 (2006).
- [3] Kleinman, E., Xu, J., Pfau, J. and Seif El-Nasr, M.: "Trust the Process": An Exploratory Study of Process Visualizations for Self-Reflection in League of Legends, *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, Vol. 8, No. CHI PLAY, pp. 1–28 (2024).
- [4] Price, A., Collins, D., Stoszkowski, J. and Pill, S.: Strategic Understandings and Education: A Study on Player Decision-Making and Tactics, *International Sport Coaching Journal*, Vol. 6, No. 2, pp. 123–135 (2019).
- [5] 浦谷成敏, 竹川佳成, 平田圭二: なげれる君: ボウリング初心者のための投球フォームリフレクション支援アプリケーションの設計と実装, *情報処理学会論文誌*, Vol. 63, No. 1, pp. 250–256 (2022).
- [6] 北澤武, 二田貴広, 土井寛之, 平澤実, 小村俊平: CSCCL システムを活用したバスケットボール競技の振り返りの効果—中学生の活動記録・思考力・部活動に対する意識に着目して—, *AI 時代の教育論文誌*, Vol. 267, No. 8, pp. 46–51 (2019).
- [7] 木村明憲, 渡邊文枝, 宗實直樹: メタ認知を促し学習を自己調整する手立てとしての「振り返りの型」の効果, *教育メディア研究*, Vol. 30, No. 2, pp. 41–53 (2024).
- [8] 工藤真也, 長岡鼓太郎, 梶並知記: プレイヤーの移動と射撃に基づくサバイバルゲームの振り返り支援インタフェースの試作, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2020-CDS-27, No. 10, pp. 1–4 (2020).

- [9] 田村達也, 堀野博幸: 全日本大学サッカー男子選抜チームにおける映像を用いたサポートの実践と検証, スポーツパフォーマンス研究, Vol. 12, pp. 408–424 (2020).
- [10] 時兼隆祐, 渡部丈, 中小路久美代: ジムカーナ走行における Heat 間での振り返りを支援する RoG ツールの構築, 第 38 回人工知能学会全国大会論文集, 1N3GS902 (2024).
- [11] 中尾真也: 振り返りに着目した数学的思考の把握に関する研究, 日本数学教育学会誌, Vol. 102, No. R116, pp. 17–29 (2021).
- [12] 夏原隆之, 中山雅雄, 加藤貴昭, 永野智久, 吉田拓矢, 佐々木亮太, 浅井武: サッカーにおける戦術的判断を伴うパスの遂行を支える認知プロセス, 体育学研究, Vol. 60, No. 1, pp. 71–85 (2015).
- [13] 西山修一, 種子島尚志: 高校高校陸上選手を対象とした練習日誌の心理的効果について, 日本大学大学院総合社会情報研究科紀要, Vol. 22, pp. 239–245 (2021).
- [14] 橋本公雄, 荒井久仁子, 下舞祐介: 競技パフォーマンス発揮と自己成長を図るセルフモニタリング: 目標設定法とポジティブ心理学介入を援用して, 健康科学, Vol. 46, pp. 29–40 (2024).
- [15] 向井稜, 武藤駿嗣, 井尻敬: スポーツ練習支援のための複数高速度カメラを用いた多視点自動撮影システム (2021).
- [16] 村川大輔, 幾留沙智, 高井洋平, 小笠希将, 森司朗, 中本浩揮: サッカー選手における意思決定能力と潜在的パターン知覚の関係, スポーツ心理学研究, Vol. 47, No. 2, pp. 57–74 (2020).
- [17] 村川大輔: サッカーにおける効果的な戦術ミーティングの実施に向けた作戦ボードの使用方法に関する提言, スポーツパフォーマンス研究, Vol. 14, pp. 177–183 (2022).
- [18] 山崎健多, 丸山浩平, 佐藤隼明, 森本康彦: 部活動における e ポートフォリオを活用した練習ノートの効果検証, 日本教育工学会論文誌, Vol. 43, No. Suppl., pp. 169–172 (2020).

QRコードを用いた物理媒体管理システムの 実用化に向けた検証と評価

前田丈偉

QR コードを用いた物理媒体管理システムの実用化に向けた検証と評価

情 21-1001 前田 丈偉

指導教員 松下 光範

1 はじめに

ペーパーレス化が進展しているにもかかわらず、紙の使用が依然として続く背景には、電子媒体と比べて紙媒体には読む際の「扱いやすさ」に優位性があることが挙げられる [1]。その一方で、作業の管理はデジタル上で行う方が適している。電子媒体を対象とした作業の場合、ログ収集を自動化でき、記録時間の短縮や入力ミス等の記録漏れの削減が可能になるのに対し、紙などの物理媒体を対象とした作業ではその管理に人手や時間が必要になり非効率である。この課題を解決するために、作業のログを電子媒体（PC）と物理媒体（紙の資料）の両方で管理可能にする手法が提案されている [2]。この手法では、物理媒体に対して行う作業の前後に作業員自身が登録処理を行うことで、いつ誰によって利用が開始/終了されたか、といった作業のログがデジタル上に記録されると同時に、機械読取が可能なコードが発行される。このコードを作業員自身が物理媒体に添付することで物理媒体上でも記録されるようになる。作業の履歴は、デジタル上ではログから確認可能であり、物理媒体上では利用される度に連鎖的に添付されるコードから目視で確認可能である。

この手法を実際のタスクに適用する際には、想定通りに運用されとは限らず、意図せぬ問題が発生する可能性がある。そこで本研究では、実作業を対象としたシステムを作成し、実装した際に生じる影響や課題を明らかにする。

2 実装対象とする作業

システムは、アニメーション作成素材の目録作りの作業を対象に実装した。作成したシステムの概観を図 1 に示す。目録作りは、原画やレイアウト用紙などの様々な資料が入った封筒（カット袋）ごとに、その中身の詳細をデジタル上に記録する作業であり、システムは、作業員がカット袋を処理するタイミングで利用されることを想定している。予め、作業員やカット袋には各々 ID を設定し、その情報が紐づけられた QR コードとして各々に与える。作業員は、作業の開始/終了時に作業対象のカット袋と自身の ID を読み取り、新たに発行される QR コード（図 2 参照）をカット袋に添付する。発行される QR コードは、作業員の名前、作業の開始/終了時刻の情報が紐付けられているとともに、視覚的にその情報を確認できるようになっている。なお、カット袋の破損を防ぐために QR コードを直接添付せず、粘着性のない付箋の上に添付を行うようにする。このシステムに対し、本研究では（1）作業員による正確な手順でのシステム利用、（2）システム導入による作業への影響、（3）QR コード添付及びデジタルによる記録の有用性、の 3 点について検証を行う。

3 ユーザ観察

システムを実環境に導入した際の影響や課題を検証するために、2 章で述べた 3 つの検証事項に基づいて観察を実施した。実験協力者は、目録作りの経験者 2 名、未経験者 2 名を対象にした。経験者 2 名は、カット袋ひとつに対して 2 名で 270 分間作業を行ってもらい、その様子を観察した。未経験者 2 名には、それぞれに目録作りの作業に慣れるための 90 分間の事前タスクを課し、その後システムを導入した作業に移行してもらった。未経験者のうち 1 名には 270 分間、もう 1 名には 90 分間の

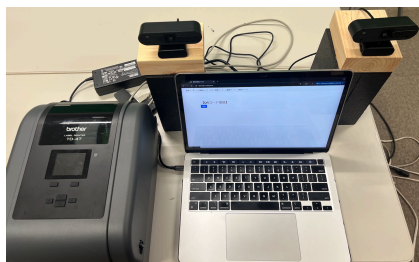


図 1: システム概観



図 2: QR コード

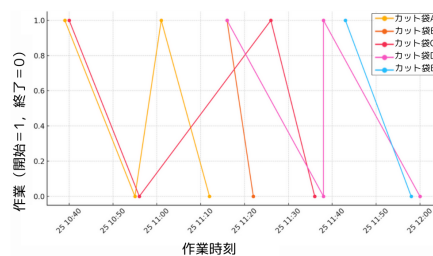


図 3: タイミング図

作業を行わせ、作業過程の観察を行った。ユーザ観察終了後には、システムについての半構造化インタビューを実施した。

(1) の作業によるシステム利用の観点では、観察記録からシステムが想定通りの手順で利用されていることが確認された。しかし、QR コード読み取り手順において、QR コードを添付する付箋の粘着性が低いことから頻繁に付箋が剥がれ落ちており、貼り直しを行う様子が確認された。インタビューから、貼り直しの過程がストレスであったとの意見があり、心理的な負担の要因ともなっていたため、付箋の代替媒体を再考する必要がある。(2) のシステム導入による作業への影響の観点では、ひとつのカット袋に対するシステム自体の使用時間は作業前後合わせて最短 37 秒、最大 62 秒に収まっており、作業への影響は確認されなかった。システム使用時には、QR コードの読取が時間を要する場面が見られたため、システムの使用時間はカメラの読取精度を向上させることで短縮可能であることが示唆された。デジタルでの記録によると、1 人で作業を行った未経験者が資料 1 枚に対する平均時間は 78 秒であり、2 人で分担して作業を行った経験者の平均時間は 42 秒であった。この記録によって、作業を分担することで効率的に作業を行うことが示唆された。(3) のデジタルによる記録の有用性の観点では、デジタルに記録されたログを確認することで作業者がどのような頻度、時期にカット袋を使用し、どのタイミングでのトラブルなのか確認可能となり、有用性が示された。図 3 は、一部のカット袋ごとの作業頻度を示したタイミング図である。大多数のカット袋は一定の周期で使用されてるが、カット袋 C においては使用時期の周期が大きく外れていた。これは作業中に誤りが判明し、作業をやり直す必要があった時期と一致している。一方、QR コードによる記録は、QR コードに記載されている情報を用いて判断を行う場面はなかったことから有用性を確認することはできなかった。これは QR コードから視認される情報が限定的であったことが原因と推察される。そのため、視認される情報については再考の余地がある。

4 終わりに

本稿では、提案された物理媒体管理システムの実用化に向けたシステムの検証と評価を目録作りの作業に対して行った。ユーザ観察では、システム実装による実作業への影響は示唆されず、デジタル上の記録から作業記録の分析が可能となり、システムの有用性が示された。今後は、QR コードに視認される情報の改善・検証を行い、システムの利便性を高めることを目指す。

参考文献

- [1] 柴田博仁, 大村賢悟: 紙と電子メディア, 画像電子学会誌, Vol. 40, No. 6, pp. 975–981 (2011).
- [2] 山西良典, 松下光範, 秋山剛: コードシステム、コンピュータ実装方法、及びコンピュータプログラム, 特願 2024-143480 (2024).

QR コードを用いた物理媒体を対象とした作業管理システムの実用化に向けた検証と評価

情 21-1001 前田 丈偉

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本研究では、提案されている手法である QR コードを用いた物理媒体への作業の管理システムの実用化に向けた検証と評価を行った。本システムは、物理媒体と作業者にそれぞれ QR コードを付与し、作業履歴をデジタルで記録・管理する仕組みを構築している。予備実験では、QR コードの正確な読み取りや履歴の可視化が実現できることを確認し、システムの基本的な動作の有効性を検証した。ユーザ観察では、アニメーション制作現場における目録作りの作業を対象にシステムを導入し、作業プロセスの効率や記録の有用性を評価した。結果、提案システムは作業時間の短縮および履歴データの活用可能性において一定の有用性を示した。一方で、QR コードの読み取り精度や付箋の耐久性など、運用上の課題も明らかとなった。本研究の成果は、物理媒体管理における効率化およびデジタル記録の活用を示すものであり、今後の改善を通じて、さらなる実用性と汎用性の向上が期待される。

1 はじめに

近年、日本において Digital Transformation（以下、DX と記す）が社会的関心を集めている。DX とは、企業や組織がデジタル技術を基盤として業務プロセスや価値創造の枠組みを再定義し、競争優位性の確立を目指す取り組みを指す。この取り組みは、単なる業務効率化にとどまらず、企業文化や組織構造を変革し、持続可能なイノベーションを促進することを目指している¹。企業においては DX を推進する動きが顕著であり、デジタル技術を活用した業務プロセスの効率化や新たなビジネスモデルの構築が進められている。DX の推進によって生じる効果は、企業単体に限定されず、地域経済や国家全体の競争力向上にも影響する可能性がある。こうした動向は、技術革新や消費者ニーズの多様化という社会的要因に加え、グローバル市場における競争環境の激化を背景としている。労働人口の減少や経済成長の停滞といった課題に直面する日本においては、DX が競争力強化と持続可能な成長を実現するための不可欠な戦略であると位置づけられている。日本国内で DX が注目を集める一方で、国際的な視点から見るとその取り組みは遅れていると評価されている。スイスの国際経営開発研究所（IMD）が発表した「2023 年世界デジタル競争力ランキング」において、日本は 63 か国中 32 位という結果にとどまっており、他の主要先進国と比較して依然として後塵を押し

ている状況が浮き彫りとなった²。この順位は、日本における DX 推進の課題と遅延が依然として顕著であることを示している。こうした状況は、いわゆる「2025 年の壁」と呼ばれる課題に直結しており、この問題が解決されない場合、2025 年以降には年間最大 12 兆円規模の経済損失が生じる可能性があることが指摘されている³。

DX の一環として、多くの企業や組織がペーパーレス化を推進している。ペーパーレス化とは、紙の使用を削減し、電子データの活用による業務効率化やコスト削減を図る取り組みを指す。この取り組みによって、文書の検索性や情報共有が飛躍的に向上し、業務プロセス全体の効率性が向上することが期待されている。具体例として、オンライン文書管理サービスやクラウド勤怠管理システムの導入が挙げられる。これらのシステムは、紙を電子化するだけでなく、データベースを活用した情報の集約や分析を可能にするため、経営判断の迅速化を行うことができる。

しかし、ペーパーレス化が進展している一方で、紙は依然として広く利用されている。例として、多くの取引で発生する請求書や領収書などの伝票類、タイムカード

¹<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd112210.html> (2025/1/28 確認)

²<https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking> (2025/1/28 確認)

³https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/pdf/20180907_01.pdf (2025/1/28 確認)

や交通費精算書、休暇届といった社内申請書類が、未だに紙で運用されている場合が多い。また、過去に作成された膨大な紙媒体の書類や写真、大型図面などが、官公庁や企業の倉庫に大量に保管されている現状も無視できない。このような状況は、紙が情報管理の現場で依然として高い市場占有率を維持していることを示している⁴。さらに、アニメ業界のような特定の分野では、制作過程で紙が不可欠な存在となっている。アニメ制作ではデジタル技術が普及しているものの、紙にペンで描く伝統的な手法も根強く残っており、中間制作物として紙ベースの資料が多量に発生する。このように、紙が多くの場面で使用されている理由として、紙が読むためのツールとして優れていることが挙げられる。紙は電子媒体と比較して、複数の文書を相互参照することや注釈付き文書の読みといった、文書への操作が頻繁に発生する場面で優位性が示されている [11]。紙は、こういった利点があることから使用されているが、物理的媒体である特性上、紙への作業を対象とした管理を行う際に欠点を伴う。物理媒体に対する作業の管理は、PC に作業記録を打ち込むことや紙に記録を残すといった直接的に管理を行う必要があり、人手や時間が必要となり非効率である。一方、電子媒体を対象とした作業の場合、作業のログは自動的に PC に記録されるため、記録時間の短縮や入力ミス等の記録漏れの削減が可能となり、作業の管理を効率的に行うことができる。

この課題を解決するために、作業のログを電子媒体 (PC) と物理媒体 (紙の資料) の両方で管理可能にする手法が提案されている [14]。この手法では、物理媒体に対して行う作業の前後に作業者自身が登録処理を行うことで、いつ誰によって物理媒体に作業が開始/終了されたか、といった作業のログがデジタル上に記録されると同時に、機械読取が可能なコードが発行される。このコードを作業者自身が物理媒体に添付することで物理媒体上でも記録されるようになる。作業の履歴は、デジタル上ではログから確認可能であり、物理媒体上では利用される度に連鎖的に添付されるコードから目視で確認可能である。

この手法を実際のタスクに適用する際には、想定通りに運用されとは限らず、意図せぬ問題が発生する可能性がある。そこで本研究では、実作業を対象としたシステムを作成し、実装した際に生じる影響や課題を明らかにする。

2 関連研究

2.1 紙媒体が使用される背景

紙媒体が、いまだに多くの場面で使用されている理由としていくつかある。面谷は、紙には「見やすさ」や「疲れにくさ」、「扱いやすさ」といった利点を兼ね備えていると述べている [8]。矢口は、紙とデジタルメディアの表示面積や解像度を比較し、紙メディアは多くの点で優位性を持つことを示した [12]。そのため、紙メディアを完全に代替できるデジタルメディアが登場するのは当面難しいと述べている。また、紙書籍と電子書籍の指定ページを開く動作にかかる時間を比較する実験を行い、電子書籍の方が細かいページ操作において紙書籍より時間を要するという結果を得ている。柴田らは、紙媒体を使用する際には、手の感覚や視覚的な位置把握が優れているため、電子媒体に比べて速く作業を進めることができる」と述べている [11]。奥田は、大学の講義やゼミにおける電子端末の利用に伴う問題点を調査した [5]。その結果、電子出版物はメールや検索など、他の作業を並行して行う傾向が強いことが明らかになり、「熟読して深く理解する」には紙出版物の方が適していると報告している。田原は、所有意識に着目し、消費者が紙書籍に対して最も強い「自分のもの」という意識を持つ一方で、電子書籍リーダーや電子書籍データに対する所有意識はそれより有意に低いことを示した [10]。ただし、電子書籍データに対しても一定の所有意識を持つことが確認された。岩崎らは「紙書籍」と「電子書籍」を対象に、両者の使い分けに関する行動を分析した [13]。その結果、紙書籍は「好きだから」という感情的な理由で選ばれるメディアであることが示唆された。一方、電子書籍は「かさばらず、手軽で便利」といった利便性を重視して利用されるメディアであることが示唆されている。

2.2 物理媒体のデジタル管理

物理媒体をデジタルにて管理する例はいくつかある。Person らは、大学図書館の歴史的な資料を保存し、それをデジタルアーカイブを通じてアクセス可能とした [3]。Karakaya らは、従来の図書館の貸出方法に代わり、DRM を考慮して電子書籍の貸出を安全かつ効率的に行うためのメカニズムを提案している [1]。プロジェクトでは、印刷された資料をスキャンし、デジタル化されたコンテンツを収集し、検索可能なメタデータを付加する作業が行われた。デジタルアーカイブの作成により、歴史的保存だけでなく、大学全体の文書保持方針の策定に貢献した。谷内らは、里山二次林における広葉樹立木の管理のために NFC タグを用いる手法を提案した [15]。樹木の根元に NFC タグを取り付け、クラウドサーバーに樹種や写真を登録することで、各地域での資源量やサイズ分布のデータを蓄積した。このシステムにより、森林所有者、仲介業者、購入者の間での情報共有が容易にな

⁴<https://www.cnbc.com/2019/09/19/physical-books-still-outsells-e-books-and-heres-why.html> (2025/1/28 確認)

り、少量多樹種の資源利用が可能となった。中島らは、鋼構造躯体の施工において、IC タグを用いた品質管理支援技術を開発した [7]。IC タグを活用して検査業務の許可管理や情報の記録、トレーサビリティの確立を実現した。この技術は施工現場で有用性が確認され、施工管理や生産履歴の把握に寄与したが、従来の方法と比較してデータベース準備やタグ設置に追加の作業が必要である点も指摘された。このメカニズムでは、ユーザ固有の暗号化、ウォーターマーキング、クラウドシステム、QR コードによるデバイス間の同期を行うことで、QR コードを使用して異なるデバイス間での利用が可能となる。Wormser らは、従来の紙、ファックス、電話での処方箋を、電子処方箋を用いて処方を行い、その特徴について述べた [4]。利点としては、電子処方箋は読みやすいため、従来の処方箋に比べて処方ミスが減少する可能性があることが示唆された。

2.3 QR コードの活用

本研究では、提案手法で用いる機械読取可能なコードを、QR コードを使用してシステムを作成する。QR コードは紙に直接印字できるため、現場作業で使用する内容明示票に品番や品名を同時に表示可能である [9]。これにより、現場で発生する情報をリアルタイムにモノから直接取得できる点が特徴である。QR コードは、2次元構造を活用することで従来のバーコードよりも多くの情報をコンパクトに記録できる高密度かつ大容量の情報記録が可能であると述べている [6]。また、コードの向きに関係なく全方向から読み取ることができ、多方向読み取りに対応している。実際に QR コードを活用した例として、Mersini らは、医療情報の管理に QR コードを使用することで、病院間の連携が容易になり、より効率的な管理を可能とした [2]。

2.4 本研究の位置付け

本研究は、紙といった物理媒体を対象とする作業の管理を、物理媒体と電子媒体の両方において管理を可能とする提案手法を用いたシステムを作成し、そのシステムを用いての検証を目的とする。この目的を達成するために、紙媒体がいまだに多くの場面で使用され続けている背景とその利点、物理媒体をデジタル管理するための既存技術の活用例、そして QR コード技術の特性と可能性について検討した。2.1 節においては、紙媒体が使用され続ける理由についていくつか述べた。紙媒体が持つ「見やすさ」や「疲れにくさ」、「扱いやすさ」などの感覚的な利点に加え、紙メディアが視覚的・物理的な位置把握に優れていることが多くの研究で指摘されている点を取り上げた。紙媒体は熟読や深い理解が求められる場面において優位性を持つことや、感情的な所有意識が高いことが利用継続の背景として挙げられる。これらの特性が、

デジタル媒体が急速に普及する中でも、紙媒体が完全に代替されることなく使用され続ける理由を裏付けている。2.2 節では、物理媒体をデジタル化して管理する技術の活用例について紹介した。この中で、RFID タグや NFC タグの活用による効率的な管理システムや、電子文書管理システムの導入による業務効率化の事例が挙げられている。これらの技術は、物理媒体にタグを付与することで、リアルタイムの情報共有や検索を可能にし、データの正確性とトレーサビリティを向上させる効果があることが示されている。また、医療情報や歴史的な文書の管理、電子書籍の貸出における技術の応用例も取り上げられており、これらの事例から、物理媒体とデジタル情報の間にあるギャップを埋める技術がさまざまな分野で応用されていることが明らかになった。2.3 節では、QR コードを利用した情報管理の特性とその活用可能性について言及した。QR コードは紙媒体に直接印字することが可能であり、その 2 次元構造により高密度かつ大容量の情報を記録できるという特徴を持つ。これにより、従来のバーコードでは実現できなかった多方向からの読み取りや、視覚的な情報提示が可能となる。また、QR コードは紙媒体の持つ物理的特性とデジタル技術を結びつける重要な役割を果たしている。これにより、物理媒体で情報を視覚的に提示しつつ、デジタル上への情報の受け渡しを可能としている。

3 提案手法

本章では、山西らの提案している手法 [14] の構造について示す。この手法では、人とモノ、人と人、さらにはモノとモノの間に存在する関係性を明確に定義し、その関係性を蓄積していくことで物理媒体に対する作業の管理を目指している。具体的には、各関係性を操作やフローとして定義し、それらをネットワーク構造として表現する。これにより、システム内での情報管理が体系的かつ包括的に行えるようになる。図 1 に示す Action Network は、職掌（職務や職種のグループ）と物理オブジェクトとの関係性をネットワーク状に表現したものである。このネットワークでは、たとえば「WorkerG-1」という職掌に属する人物が「Envelope（封筒）」に対しての作用は、作業開始を表す「Start」と作業終了を表す「Finish」である。一方、「Manager」という職掌に属する人物が「Envelope」に対しての作用は「Check」である。これらの関係性は、職掌と物理オブジェクト間の作用を予め決定することで、管理プロセスを体系化する役割を果たしている。さらに、モノとモノの関係性も同様に定義されており、図 1 では「Envelope」と「Cabinet」間の収納関係を示しており、物理オブジェクト間の格納といった関係性を表現している。また、「Deleter」は物理オブジェクトを処分する際に用いる。このようにして、人とモノ、モノとモノの関係性を包括的に定義・管理す

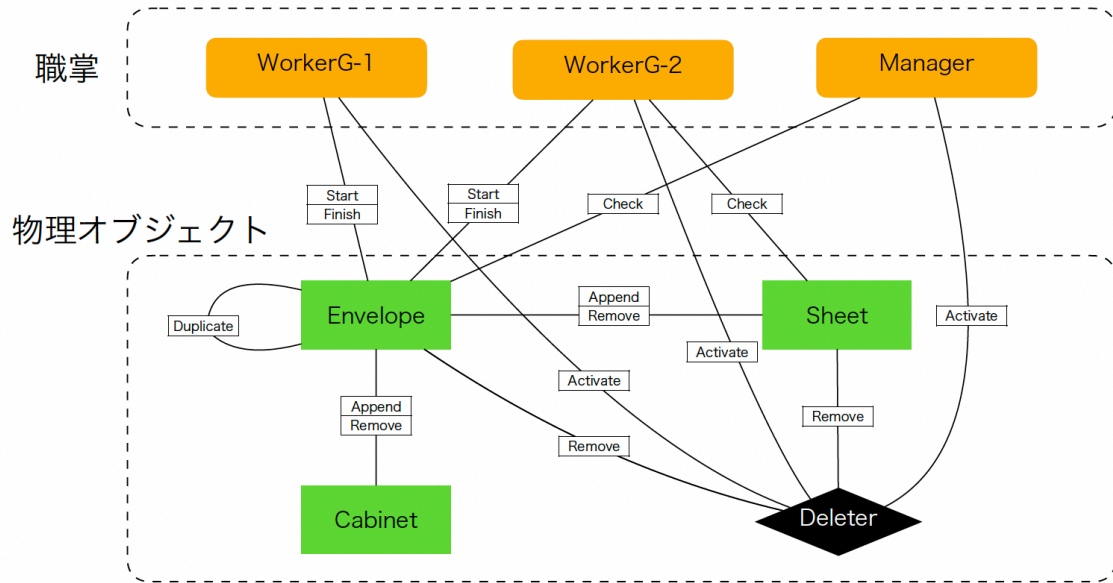


図 1: Action Network: ノードは人、物理媒体を示し、エッジはノード同士の作用を表す

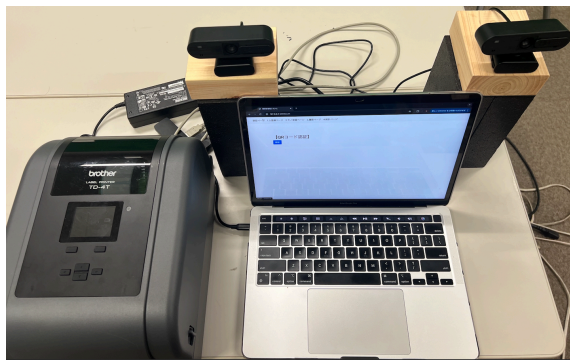


図 2: システム概観

ることで、操作やフローの全体像を可視化し、物理媒体に対する作業を網羅的に管理できるシステム構造を構築している。

4 実装

本稿では、提案手法に基づき、QRコードを用いた物理媒体を対象とした作業の管理システムを実装する。システム開発には主に Python3.12.3 を用い、フロントエンド部分では HTML, CSS, および JavaScript を使用してユーザインターフェースを構築した。また、データベース管理には SQLAlchemy を用いて構築を行なった。

4.1 システムの流れ

図 2 はシステムの概観を示しており、以下の機材を使用する。

- システムを起動するための PC
- QRコード読み取り用カメラ 2 台
- ラベル印刷機

- ユーザ用 QRコード
- 物理媒体用 QRコード
- QRコード添付用の付箋

システムの利用シナリオとしては、物理媒体に対する作業を開始する場合と終了する場合が主となる。それぞれの場面において、ユーザおよび物理媒体に固有の ID として付与された QRコードが使用される。ユーザには ID カードケースに QRコードを添付し、物理媒体には専用の QRコード添付用紙に QRコードを貼り付ける。カメラはそれぞれ、人 ID 読み取り用の QRコード 1 台、物理媒体 ID 読み取り用が 1 台となっている。これらのカメラは、それぞれ同じ高さの台の上に配置されている。

物理媒体に対して作業を開始する際および終了する際の具体的なフローは以下の通りである。

1. システムの認証ボタンを押し、カメラを起動する
2. カメラにユーザの QRコードを読み取らせ、もう一方のカメラに物理媒体の QRコードを読み取らせる
3. 2つの QRコードの読み取りが終了すると、新たな QRコードがラベルプリンターから印刷される
4. 印刷された QRコードを専用の QRコード添付用紙筒に添付する

フロー 1 では、システムの操作画面上で認証ボタンを押すことで、QRコード読み取り用のカメラが起動する。フロー 2 では、2 台のカメラを用いて、1 つ目のカメラでユーザの QRコードを、もう 1 つのカメラで物理媒体の QRコードをそれぞれ読み取る。これにより、ユーザと物理媒体の関係性が特定される。フロー 3 では、読み取りが完了すると、ラベルプリンターから新たな QRコードが印刷される。この QRコードには、作業を行ったユーザの名前、作業開始または終了の時刻、作業の種



図 3: 印刷される QR コード

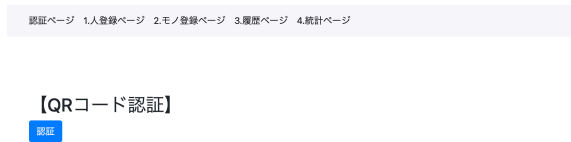


図 4: システム認証画面

類（開始または終了）が記録されている（図 3 参照）。フロー 4 では、印刷された QR コードを専用の QR コード添付用紙に貼り付ける。この用紙には、作業履歴として新しい QR コードが順次追加されていくことが想定されており、履歴の視覚的な追跡が可能となる。作業開始および終了時に印刷される QR コードには、ユーザや物理媒体の情報、作業履歴が時系列順に記録される。これにより、物理媒体に対して行われた一連の操作を視覚的に把握することが可能となる。また、印刷された QR コードを再度読み込むことで、ログ ID、ユーザ ID、モノ ID が取得される。ログ ID は QR コードが生成されるたびに時系列順に割り振られるため、記録の正確性と透明性が担保される。

4.2 システム画面

本システムにおいてユーザが操作する画面は、以下の 5 種類に分類される。それぞれ、システム認証画面、人 ID 登録画面、モノ ID 登録画面、履歴画面および使用回数表示画面である。



図 5: 人 ID 登録画面



図 6: モノ ID 登録画面

図 4 に示されるシステム認証画面は、物理媒体の作業を開始する場合、または作業を終了する場合に使用される。この画面では、ユーザは認証ボタンをクリックすることでカメラを起動し、QR コードの読み取り操作を開始する。カメラのうち 1 台目はユーザの QR コード（人 ID）を読み取り、読み取りが完了すると、2 台目のカメラが物理媒体の QR コード（モノ ID）を読み取る仕様となっている。2 つの QR コードの読み取りが完了すると、ラベルプリンターから QR コードが生成・印刷され、画面には認証内容が表示される。この認証内容画面では、



図 7: ログ表示画面

【モノIDの使用回数ランキング】

モノID	使用回数
10011	2
10010	2
10008	2
10012	1
10009	1
10004	1

【人IDの使用回数ランキング】

人ID	使用回数
20001	4
20002	3
20011	1
20008	1

※使用回数＝終了された回数

図 8: 使用回数表示画面

ログID, ユーザID, モノID, 操作日時が視覚的に提示され, ユーザは登録された情報をその場で確認できる仕組みとなっている。

図5に示される人ID登録画面は, ユーザ情報の登録・管理することが可能である。この画面では, ユーザが自身の名前, 役職, 所属を登録することが可能である。また, 検索機能を備えており, 登録された名前, 役職, 所属を検索クエリとして入力することで, 必要な情報を迅速に検索できる仕組みとなっている。登録済みの人IDをQRコードとして出力する機能も備えており, ユーザは「QRコード印刷ボタン」をクリックすることで, 人IDが付与されたQRコードを印刷することができる。また, ページ内には作成済みの人IDを削除する機能があり, 削除したいIDを入力すると, 該当するIDを削除することができる。

図6に示されるモノID登録画面では, 物理媒体の情報を登録・管理することが可能である。この画面では, 物理媒体の名前, 種別, 帰属先を登録できる。また, 検索クエリを使用して, 登録済みの名前, 種別, 帰属先を条件として検索することができる。この画面にもQRコード出力機能が備わっており, 「QRコード印刷ボタン」をクリックすることで, 物理媒体に関連付けられたQRコードを印刷できる。また, ページ内には作成済みのモノIDを削除する機能があり, 削除したいIDを入力すると, 該当するIDを削除することができる。この削除機能が, 「Deleter」の役割を担う。

図7に示されるログ表示画面は, 認証内容を時系列順に表示する画面である。この画面には, ログID, ユーザID, モノID, 作業状況（開始または終了）, および操作日時が一覧として表示される。これにより, ユーザは過去の操作履歴を容易に追跡することができる。また, 検索クエリを使用して, ログID, ユーザID, モノID, 作業状況, 操作日時を条件に絞り込むことも可能である。

図8に示される使用回数表示画面は, モノIDおよび人IDがシステム内で使用された回数を記録する機能を持つ。この記録は, 履歴データにおける操作状況が「終了」

として登録された回数を基準にカウントされ, 画面上に表示される。これにより, 物理媒体の利用頻度やユーザの作業量を定量的に把握することが可能となり, 業務の分析や効率化に役立てることができる。

4.3 内部処理

図9は, 構築したシステムにおける内部処理のフローを示している。システムへの入力, 人および物品それぞれに付与されたQRコードである。このQRコードはカメラを介してデータとして読み取られる。読み取られたQRコードから抽出された人IDおよびモノIDの情報は, データベース内に事前に作成された「人IDリスト」および「物品IDリスト」と照合される。これらのIDリストには, ユーザが「人ID登録ページ」および「物品ID登録ページ」を通じて登録した情報が格納されている。照合が成功した場合, それぞれのIDに関連付けられた追加情報がデータベースから取得される。この追加情報は, モノIDに対して特に重要であり, 現在の使用状況や履歴情報を含むログデータが参照される。具体的には, 物品が「未使用」状態であるか, 「使用中」状態であるかを判定するための処理が行われる。この判定結果は, 人IDおよび物品IDとともに新たなログとして記録される。記録されたログからは, QRコードに新たに記載すべき情報が抽出される。

5 予備実験

予備実験の目的は, 提案したシステムの基本的な動作を確認し, ユーザがその使用用途を理解して適切に操作できるかを検証することである。また, 実験を通じてシステムの改善点を特定し, ユーザ観察に向けた改良を行うことも目指している。予備実験では, 以下の機能に焦点を当てた検証を行った。

- システムを起動し, QRコードを正確に読み取れるか
- 印刷されたQRコードを指定された場所に正確に貼付できるか
- QRコードに記載された情報を正確に取得し, 作業内容に反映できるか

5.1 実験手続き

実験で使用した装置および道具は以下の通りである。

- 色ペン3色（赤, 青, 黒）
- システムを起動するパソコン
- QRコード読み取り用カメラ（2台）とその設置台
- ラベルプリンター
- QRコードを貼付するための用紙付き封筒（封筒内には1枚の紙を封入）
- 実験協力者用のカードケース（3つ）

実験は, 3名を対象に行なった。実験に向けて事前準備として, システムの「人ID登録」機能を用いて, 実験

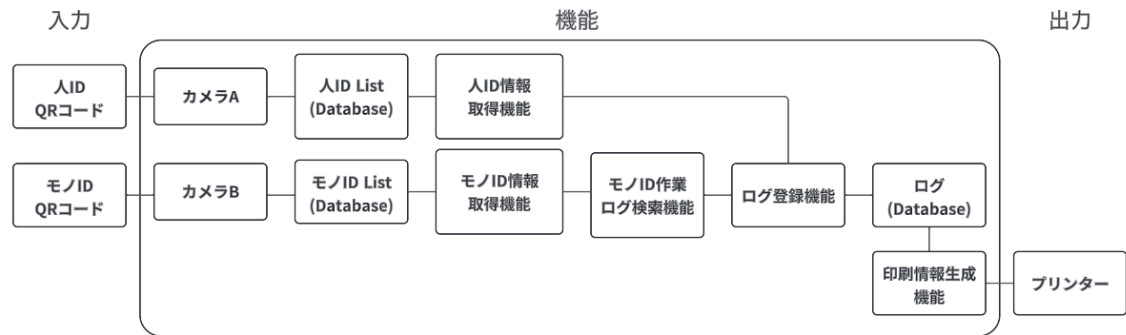


図 9: 内部処理

協力者 3 名それぞれの ID を登録し、QR コードを発行した。その QR コードをカードケースに貼付して実験協力者に配布した。また、システムの「モノ ID 登録」機能を使用して、封筒に登録し QR コードを発行し、封筒の右下隅に QR コードを貼付した。実験協力者には、実験手順およびシステムの使用方法の説明を行なった。

実験では、提案したシステムを使用し、指定された条件の下で実験協力者に絵しりとりを行ってもらい、システムの使用性や情報取得の正確性を検証した。実験条件として、協力者 3 名それぞれに異なる色を指定し、他の実験協力者がそれぞれの色を把握する（例：実験協力者 A = 黒、実験協力者 B = 赤、実験協力者 C = 青）。自分が描く際には、直前に描いた人が指定された色のペンを使用して描く。たとえば、実験協力者 A（黒）が描いた後に、実験協力者 B が描く場合、実験協力者 B は黒のペンを使用する。また、実験協力者それぞれには、互いの行動が見えない別々の場所で待機してもらう。観察者は完全にランダムな順序で協力者に連絡し、絵しりとりを進行する。終了条件は、絵しりとりを 20 回行った時点で実験を終了とする。実験は以下の手順で進められた。

1. 観察者からの連絡を受けた協力者が、指定された場所に移動する
2. システムの認証画面から認証ボタンを押してカメラを起動
3. 封筒に添付された QR コード（モノ ID）およびカードケースの QR コード（人 ID）をそれぞれカメラで読み取る
4. プリンターから印刷された QR コードを封筒の用紙に貼付
5. 封筒に貼付された QR コードから、直近に作業を行った協力者の名前を確認する
6. 封筒から紙を取り出し、指定された色のペンを使用して絵しりとりを描く。初回の描画は「り」から開始する
7. 作業後、紙を封筒に戻し、再度 QR コードを読み取って記録する。その後、封筒に貼付された QR コードを確認して戻る

8. 指定された場所に戻り、次の連絡を待つ

実験では、以下の 3 種類のデータを収集した。

- 実験中の実験協力者の行動を観察し、システム操作における課題を記録
- 実験終了後に実験協力者への半構造化インタビューを実施し、操作性や改善点について意見を収集
- システムに記録された履歴データ

5.2 結果と考察

実験中の観察結果について述べる。システムを起動し、QR コードを読み込む際に一部の実験協力者がカメラで QR コードを認識させるまでに時間を要する場面が見られた。特に、QR コードをカメラの視野に正確に合わせる操作に手間取る傾向が確認された。一方で、印刷された QR コードを指定された場所に正確に貼付する操作については、全ての実験協力者が想定通りに遂行したことが確認された。さらに、QR コードに記載された情報を正確に取得するといった機能については、QR コードに記載された名前を基に使用する色ペンを判断し、絵しりとりの色順が正確に守られていたことから、期待された機能が十分に果たされていると判断できる。また、20 回連続で行われた絵しりとりにおいて、全ての描画が規定の色順に従って実施された。QR コードが添付された用紙においても、全ての QR コードが正しい位置に貼付されていたことが確認された。実験終了後に実施した半構造化インタビューにおいても、QR コードをカメラに読み込ませる際に手間取る場面が多いとの指摘があった。この問題は特にカメラの位置や QR コードの配置方法によるものであると考えられる。一方で、システム全体の操作性や使用手順については、「分かりやすい」と評価する意見が 2 人から得られた。また、QR コードの情報表現について、役職や作業種別に応じた色分けを導入することで視覚的な分かりやすさが向上するとの意見があった。システムに記録されたログデータを分析では、実験協力者それぞれの作業時間に関するデータが得られた。絵しりとり作業において、実験協力者全体の平均作業時間は 1 分 36 秒であり、個人ごとの作業時間には一定の

ばらつきが見られた。一番長く時間をかけた実験協力者の平均作業時間は1分43秒であり、最も短時間で作業を終えた実験協力者の平均作業時間は1分22秒であった。

5.3 実装改善

予備実験において、QRコードの読み取りに関しては課題が見られた。カメラにQRコードを認識させる際、複数回試行する必要がある、結果として実験協力者が操作に時間を要していた。これにより、「システムを起動し、QRコードを読み取れるか」といったシステムの機能に改善の余地があることが明らかとなった。この課題の要因として、QRコードのサイズが適切でないことが挙げられ、ユーザ観察に向けてQRコードのサイズを読み取りやすい大きさに調整することが必要である。インタビューの結果では、QRコードに色の情報を追加することで、システムの操作性や視認性が向上するといった意見が得られた。たとえば、作業種別や進捗状況に応じてQRコードを色分けすることで、ユーザが直感的に情報を判断しやすくなるという利点が考えられる。しかし、どの情報に色を適用するかについては、予備実験の結果から明確な結論を得ることができなかった。このため、ユーザ観察ではQRコードの色分けを実施せず、色分けの有用性については別途検証が必要である。システムに記録されたログデータには、各実験協力者が絵しりとりを開始した時刻および終了した時刻が記録されており、これを基に作業に要した時間を計測することができた。このデータは、作業時間の分析や効率性の評価に有用であることを示している。また、これを基に作業者ごとのパフォーマンスの評価や改善点の抽出が可能となると考えられる。たとえば、作業速度のデータを活用して個別の作業指導を行うといったことが期待される。

6 ユーザ観察

6.1 実装対象とする作業

ユーザ観察では、紙を多く使用する作業であるアニメーション作成素材の目録作りを対象にシステムを実装した。目録作りは、原画やレイアウト用紙などの様々な資料が入った封筒（カット袋）ごとに、その中身の詳細をデジタル上に記録する作業である。目録作りの基本的な流れは以下の通りである。

1. 倉庫内のダンボールから、その日に作業するカット袋を選び出す
2. 作業場にカット袋を移動させ、個別のスキームを用意する。スキームには、資料ごとの識別ID、紙の役割、色、種類などを記録する項目が含まれている
3. カット袋を開封し、資料を1枚ずつ取り出し、それぞれに番号を記入した付箋を貼付する。同時にスキームの各項目を埋める

4. 作業対象がなくなるまで、上記のプロセスを繰り返す
5. すべての資料の記録が完了したら、カット袋を元の場所に戻す

6.2 目的

ユーザ観察では、このシステムに対して実装後に生じる影響や課題を明らかとするため、以下3点の検証を行う。

1. 作業による正確な手順でのシステム利用
 2. システム導入による作業への影響
 3. QRコード添付及びデジタルによる記録の有用性
- (1) 作業による正確な手順でのシステム利用は、システムを作業者が想定通りの手順で使用を遂行するかの観察を行う。作業者が想定通りの手順を踏まないと仮定した場合、システムが意図した利用がされていないといった課題を観察でき、システムの改善を行う必要があると判断可能である。(2) システム導入による作業への影響は、システム導入により作業の効率が上がり、作業時間の短縮が図れるか、逆に作業時間が増加してしまうのか、などの観察を行う。(3) QRコード添付及びデジタルによる記録の有用性は、作業がシステムに記録されることで、それらが有益な情報になりえるのか、の観察を行う。

6.3 実験手続き

ユーザ観察では以下の装置および道具を使用した。

- システムを起動するパソコン
- QRコード読み取り用カメラ2台とそれを固定する設置台2台
- ラベルプリンター
- 資料が封入された封筒（封筒には表面に用紙を貼付）
- 赤および白の付箋（QRコード貼付用、識別用）
- 実験協力者用のカードケース（人ID QRコードを貼付）

実験協力者は、目録作りの経験者2名、未経験者2名を対象にした。未経験者には、山西研究室で作成された目録作りマニュアルを基に、システムなしでの作業に習熟した後、ユーザ観察を実施した。事前準備として、システムの「人ID登録」機能を使用し、各実験協力者のIDを登録する。発行されたQRコードをカードケースに貼付し、実験時に実験協力者へ配布した。また、実験協力者にはシステムの基本的な使用方法を説明し、想定手順に従って作業を行えるように準備を行なった。ユーザ観察では、目録作りの手順にシステムを導入し、作業プロセスの観察を通じて、実験協力者がシステムをどのように使用するかを記録した。実験協力者には事前にシステムの使用方法と作業内容を伝えた上でユーザ観察を開始した。観察中は観察者が干渉することなく、実験協力者の操作を記録する形で進行した。このような観察を

実施した理由は、既存作業にシステムを導入した際の操作方法や使用上の課題を特定することにある。実験協力者が行った作業は以下の手順に従う。

1. 実験協力者は倉庫内のダンボールから作業対象となるカット袋を選び、作業場に移動する
2. 作業場でカット袋ごとのスキームを準備する。スキームには資料の識別 ID、役割、種類、色などの項目が含まれる
3. システムの「モノ ID 登録」ページにアクセスし、カット袋を登録する。モノの情報は、名前：カット袋の表記 ID、種別：カット袋、帰属：山西研究室といたように登録する
4. 登録後、生成された QR コードを付箋に貼付してカット袋に添付する
5. システムの認証ページに移動し、認証ボタンを押してカメラを起動する
6. 白の付箋に貼付されたカット袋の QR コード（モノ ID）を 1 台目のカメラで読み取る
7. 実験協力者のカードケースに貼付された QR コード（人 ID）を 2 台目のカメラで読み取る。認証が成功すると、履歴情報を含む QR コードがラベルプリンターで印刷される
8. 印刷された履歴 QR コードを赤の付箋に貼付し、カット袋に添付する
9. カット袋から資料を取り出し、それぞれに識別番号を付箋で貼付する。同時にスキームの項目を埋める
10. 全ての資料に識別番号である付箋を貼り、スキームの項目を埋め終わったら資料をカット袋に戻す
11. システムの認証ページに移動し、認証ボタンを押してカメラを起動する
12. 白の付箋に貼付されたカット袋の QR コード（モノ ID）を 1 台目のカメラで読み取る
13. 実験協力者のカードケースに貼付された QR コード（人 ID）を 2 台目のカメラで読み取る。認証が成功すると、履歴情報を含む QR コードがラベルプリンターで印刷される
14. 印刷された履歴 QR コードを赤の付箋に貼付し、カット袋に添付する
15. 指定された時間まで、3～10 の手順を繰り返す

ユーザ観察では、アニメーション作成素材の目録作りの経験がある 2 名の実験協力者に対し、従来の作業プロセスを再現する形で観察を実施した。この 2 名は、過去の目録作りにおいて 1 つのカット袋を分担して処理する手法を採用していたため、まず同様の条件下で作業を行ってもらった。分担内容は、片方がスキームの一部を担当するとともに、資料の裏面に番号を記入した付箋を貼付する作業を行う。もう片方が、残りのスキーム項目（たとえば、資料の役割や色の記入）を埋める作業を担当する。この作業を 1 時間 30 分間のセッションで 2 回

実施した。分担作業を終えた後、経験者 2 名には 1 人でカット袋の目録作りを行う条件で観察を実施した。この変更は、分担作業において「1 人でも十分対応可能である」との意見が実験協力者から得られたことを受けて追加されたものである。1 人での作業では、スキームの全項目を埋めるとともに、資料の裏面に番号を記入した付箋を貼付する作業を一貫して行った。未経験者 2 名に対しては、システムを用いずに目録作りの基本手順を習得させた後、ユーザ観察を実施した。未経験者 A には、1 時間 30 分間の作業を 1 回実施してもらった。未経験者 B には、1 時間 30 分間の作業を 2 回にわたり実施してもらった。また、ユーザ観察後には、実験協力者それぞれに半構造化インタビューを実施した。

ユーザ観察では以下の方法でデータを収集した。

- 観察者が実験協力者のシステム使用時の操作の流れや作業者の反応を記録
- システムが想定通りの手順で使用されているかを確認するため、チェックリストを用いて手順の遂行状況を記録（表 1 参照）
- システムログ
- 半構造化インタビュー結果

6.4 結果

観察者の記録から、提案システムの運用においていくつかの課題が明らかになった。モノ ID を読み取る際には、カット袋全体をカメラの近くに移動させる必要があり、作業者にとって負担となっていた。この作業は、カット袋を頻繁に動かす必要があるため、作業効率を低下させる要因となっていた。一方、人 ID を読み取る際には、QR コードを首から下げたカードケースに貼付していたため、スムーズに操作が行われており、この方法は現行の運用でも問題がないと考えられる。QR コードを貼付するために使用した付箋についても課題が見られた。付箋は作業中に剥がれやすく、その結果、作業者が再度貼り直す必要が生じていた。この問題は、作業の中断を引き起こし、効率の低下だけでなく、作業者の心理的負担をも増大させる要因となった。チェックリストの項目では、QR コードを適切に読み取るための順序が分かりにくく、またカメラに対して適切な位置にかざすのが難しい場面があった。加えて、PC のキーボード配列が作業者にとって慣れないものであったため、入力作業中に戸惑いが生じていたことが確認された。半構造化インタビューの結果からは、QR コードに記載される情報の不足が指摘された。現在の QR コードには「作業開始」や「作業終了」といった基本的な情報しか記載されておらず、作業者が次に取るべき行動や進捗状況を把握するための情報が不足していると感じるとの意見が得られた。システムに記録された操作ログの分析では、作業時間に関する具体的なデータが得られた。未経験者 A は 2 回

表 1: チェックリスト

カテゴリ	チェック項目
モノ登録	スムーズにモノを登録できたか
モノ登録	登録したモノの情報が正しいか
モノ登録	スムーズに QR コードが印刷できたか
モノ登録	印刷した QR コードが正しいか
モノ登録	QR コードを貼る用の付箋をカット袋の表に貼っているか
モノ登録	スムーズに QR コードをカット袋の表の付箋に貼れたか
認証 (開始)	スムーズにカメラ 1 に QR コードを読み込ませられたか
認証 (開始)	スムーズにカメラ 2 に QR コードを読み込ませられたか
認証 (開始)	印刷した QR コードが正しいか
認証 (開始)	QR コードを貼る用の付箋をカット袋の裏に貼っているか
認証 (開始)	スムーズに QR コードをカット袋の裏の付箋に貼れたか
認証 (終了)	スムーズにカメラ 1 に QR コードを読み込ませられたか
認証 (終了)	スムーズにカメラ 2 に QR コードを読み込ませられたか
認証 (終了)	印刷した QR コードが正しいか
認証 (終了)	QR コードを貼る用の付箋をカット袋の裏に貼っているか
認証 (終了)	スムーズに QR コードをカット袋の裏の付箋に貼れたか

の作業で合計 3 つのカット袋を処理し、1 枚の資料にかかる平均作業時間は 1.5 分であった。未経験者 B は 1 回の作業で 1 つのカット袋を処理し、1 枚あたりの平均作業時間は 1 分であった。一方、経験者 2 名は合計 7 つのカット袋を処理し、1 枚あたりの平均作業時間は 0.7 分という結果が得られた。このデータから、作業経験が作業効率に影響を与えることが考えられる。

6.5 考察

(1) の作業によるシステム利用の観点では、観察記録からシステムが想定通りの手順で利用されていることが確認された。しかし、貼り直しの過程がストレスであったとの意見があり、心理的な負担の要因ともなっていたため、付箋の代替媒体を再考する必要がある。(2) のシステム導入による作業への影響の観点では、ひとつのカット袋に対するシステム自体の使用時間は作業前後合わせて最短 37 秒、最大 62 秒に収まっており、作業へ

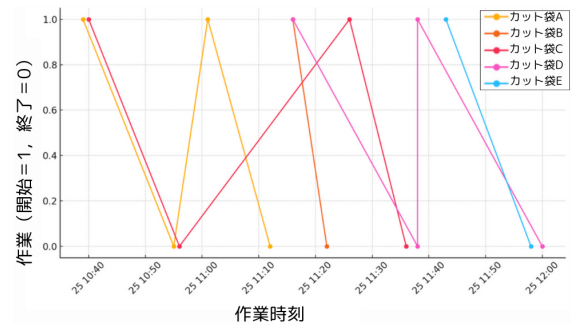


図 10: 経験者 2 名で作業した際のタイミング図

の影響は確認されなかった。システム使用時には、QR コードの読取が時間を要する場面が見られたため、システムの使用時間はカメラの読取精度を向上させることで短縮可能であることが示唆された。デジタルでの記録によると、1 人で作業を行った未経験者が資料 1 枚に対する平均時間は 78 秒であり、2 人で分担して作業を行った経験者の平均時間は 42 秒であった。この記録によって、作業を分担することで効率的に作業を行うことが示唆された。(3) のデジタルによる記録の有用性の観点では、デジタルに記録されたログを確認することで作業者がどのような頻度、時期にカット袋を使用し、どのタイミングでのトラブルなのか確認可能となり、有用性が示された。図 10 は、一部のカット袋ごとの作業頻度を示したタイミング図である。大多数のカット袋は一定の周期で使用されているが、カット袋 C においては使用時期の周期が大きく外れていた。これは作業中に誤りが判明し、作業をやり直す必要があった時期と一致している。一方、QR コードによる記録は、QR コードに記載されている情報を用いて判断を行う場面はなかったことから有用性を確認することはできなかった。これは QR コードから視認される情報が限定的であったことが原因と推察される。そのため、視認される情報については、「作業途中」や「作業完了」といった情報や、役職によって QR コードに色を付与するといった変更を加え、再度検証を行う必要がある。

6.6 おわりに

本稿では、提案された物理媒体管理システムの実用化に向けたシステムの検証と評価を目録作りの作業に対して行った。ユーザ観察では、システム実装による実作業への影響は限定的であることが示唆され、デジタル上の記録を活用した作業記録の分析が可能であることから、提案システムの有用性が確認された。一方で、QR コードの読み取りに要する時間や付箋の剥がれやすさなど、運用上の課題が浮き彫りとなり、さらなる改善の必要性が明らかとなった。

今後は、QR コードに記載される視認情報の拡充を図り、作業者が直感的に情報を把握できるシステムの設計を目指す。また、カメラの読み取り精度や付箋の材質・

形状についても再検討を行い、システムの操作性および耐久性を向上させる。さらに、異なる業務プロセスや利用現場への適用可能性を検証することで、提案システムの汎用性を高めることを目指す。

謝辞

本研究を進めるにあたり様々なご指導ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部の下光光範教授と、山西良典教授に厚く感謝を申し上げます。また、多大な助言をいただきました、松下研究室の大学院生の先輩方、同期の方に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Karakaya, A., Akleyek, S., Erzurumlu, K. and Kılıç, E.: A Novel Model for E-Book Borrowing Management System, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, Vol. 6, pp. 49–57 (2018).
- [2] Paschou, M., Sakkopoulos, E. and Tsakalidis, A.: APPification of hospital healthcare and data management using QRcodes, *International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, pp. 1–6 (2013).
- [3] Person, D. A. and Plumb, T. K.: Digital archives from the ground up, *Digital Library Perspectives*, Vol. 33, pp. 253–263 (2017).
- [4] Wormser, G., Erb, M. and Horowitz, H.: Are Mandatory Electronic Prescriptions in the Best Interest of Patients?, *The American journal of medicine*, Vol. 129 3, pp. 233–234 (2016).
- [5] 奥田隆史: 電子書籍用端末の大学講義での利用の検討, 第 73 回全国大会講演論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 325–326 (2011).
- [6] 川中孝章: 社会を変えた QR コード, 横幹連合コンファレンス予稿集, Vol. 2023, pp. A–4–2 (2023).
- [7] 中島史郎, 多葉井宏, 中川貴文, 浜田耕史, 平出務, 染谷俊介, 渡辺徳明, 伊藤弘: 鋼構造躯体の施工における IC タグを利用した品質管理支援技術の開発, 日本建築学会技術報告集, Vol. 17, No. 35, pp. 21–26 (2011).
- [8] 面谷信: 電子ペーパーと紙文化, 画像電子学会誌, Vol. 40, No. 6, pp. 969–974 (2011).
- [9] 野村政弘, 澤田善次郎, 星野裕, 増澤洋一, 藤本義治: QR コード (2 次元バーコード) の開発と生産管理, 生産管理, Vol. 8, No. 2, pp. 107–112 (2002).
- [10] 田原静: デジタル・コンテンツ提供サービスに対する消費者の所有意識-電子書籍を例として-, 日本経営診断学会論集, Vol. 17, pp. 48–54 (2017).
- [11] 柴田博仁, 大村賢悟: 紙と電子メディア, 画像電子学会誌, Vol. 40, No. 6, pp. 975–981 (2011).
- [12] 矢口博之: 読みやすさとユーザビリティの観点から見た紙メディアとデジタルメディアの比較, 日本印刷学会誌, Vol. 49, No. 4, pp. 252–257 (2012).
- [13] 岩崎邦彦, 渡部和雄: 紙書籍と電子書籍の“使い分け”に関する消費者分析, 日本印刷学会誌, Vol. 58, No. 1, pp. 12–17 (2021).
- [14] 山西良典, 松下光範, 秋山剛: コードシステム、コンピュータ実装方法、及びコンピュータプログラム, 特願 2024-143480 (2024).
- [15] 谷内廉, 東若菜, 吉岡鷹彦, 黒田慶子: 里山二次林における NFC タグを用いた広葉樹立木の質・量的記録と管理手法の開発, 森林応用研究, Vol. 32, No. 1, pp. 11–19 (2023).

著者紹介



関西大学総合情報学部 松下研究室

.... 14期生

杉江直哉



台本中の動作表現に基づく
アニメーション原画検索システムの提案

- ・動作表現で原画を検索
- ・類似語検索と文脈提示の検証

高橋りさ



グルメサイト上の店舗情報に着目した
器の印象推定

- ・器画像に印象語を付与
- ・印象付与手法の妥当性検証

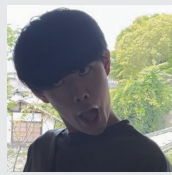
野里慎太



転倒動作検出を対象とした
k-shape 法と B-LSTM の精度比較

- ・転倒検出の 2 手法を比較
- ・新規データで精度を検証

奥村優太



ライフイベントに着目した
社会問題の可視化インタフェースの提案

- ・社会問題可視化 UI を設計
- ・自分ごと化促進を検証

.... 15期生

井上梨々花



ニュースに対するコメントの属性提示が
意見形成に与える影響の調査

- ・コメントに属性ラベルを付与
- ・意見形成への影響を検証

岩脇朱梨



理学療法初学者の患者情報収集支援を
目的とした患者情報収集支援ツールの提案

- ・理学療法初学者向け情報収集支援ツールの設計と開発
- ・記録効率と情報網羅性に関する比較実験を実施

小谷陽人



器特徴の類似度に基づく
ユーザの嗜好に合う器の探索支援

- ・器特徴で好み探索支援
- ・特徴調整で嗜好反映

徳丸晴天



街の能動的な観察を誘引するための
街歩き型物語鑑賞アプリケーションの設計

- ・街歩き型ストーリーリーダーを設計・実装
- ・物語の有無による街の観察行動と発話を比較

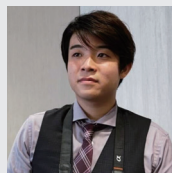
永島陸



地図上のランドマーク箇所に着目した
ユーザ行動への影響に関する分析

- ・地図デザインが行動に与える影響を分析
- ・日本人と外国人の地図利用傾向の違いを比較し分析

野田樹希



反省のタイプ分類に基づく
チームスポーツの振り返り支援

- ・スポーツの反省観点をタイプ分け
- ・反省タイプに基づく振り返り支援システムを実装

前田丈偉



QR コードを用いた物理媒体管理システムの
実用化に向けた検証と評価

- ・QR 活用の管理システム実装
- ・実作業での有用性を検証



Comic
Computing



Real-World
Interaction



Information
Compilation



Shikake-
ology



Visualization

<https://mtstlab.org/>

