

2022 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「2021 年度卒業論文集の発行にあたって」.....	巻頭
卒業論文集	
東奈穂	
「レシピの手順に着目した複数器特徴の推定」.....	1
櫛力輔	
「ルールベース手法による動作分析テキストからの PBPU の自動抽出」.....	17
岩本駿平	
「跳躍高の左右差に着目したスポーツ損傷潜在リスクの推定」.....	33
新川晴紀	
「果樹農業における農業体験の再来訪促進要因に関する調査」.....	49
杉原昂紀	
「話題間の因果関係に着目したニュース可視化手の提案」.....	65
田中瑠慧	
「複数の質感を複合的に提示可能な触感提示デバイスの提案」.....	81
堤悠太	
「実世界を介したリレー小説執筆ツールの提案」.....	99
畑玲音	
「皮肉文検出のための皮肉状況の検出」.....	115
林沙也加	
「階層性に着目したレビューコーパスの特徴可視化ツールの構築」.....	131
藤川雄翔	
「イベント特徴後に基づくコミックのイベント推定」.....	147
著者紹介.....	巻末

2022 年度卒業研究論文集の発刊にあたって

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。2022年度の卒業生は、13期生になります。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。

2022年度は、Covid-19の影響がようやく落ち着き、ゼミ活動や学会発表が完全ではないものの徐々に平常化してきたと実感する1年でした。まだ研究交流会やゼミ旅行が元通りになるには至っていないものの、研究をすすめることが困難な状況からは脱し、学会や研究会もオンラインだけでなく、ハイブリッドでの開催が多くなってきたように思います。必然的にプレゼンテーションや研究遂行に求められるスキルも以前より高いものが求められるようになり、ICTツールの使いこなしが今後の研究活動、ひいては社会に出てからの活動に大きな影響を及ぼすであろうことが実感されるようになってきたのではないのでしょうか。このような環境の下、無事に卒論を完成させた学生の皆さん、お疲れさまでした。

世の中を鑑みると、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、手軽に入手可能なツールとして提供され誰でも簡単に利用できる状況にあります。特に2022年度は画像生成系AIや大規模言語モデルが社会に大きなインパクトを与えた年でした。人工知能を始めとする情報学の研究分野はその進歩が加速しているように思います。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活きるものだと確信しています。

13期生の皆さんの今後の活躍を期待しています。

2023年11月22日
関西大学 総合情報学部 教授

松下 光範

レシピの手順に着目した 複数器特徴の推定

東奈穂

レシピの手順に着目した複数の器特徴の推定

情 19-0011 東 奈穂

指導教員 松下 光範

1 はじめに

食事において、料理の見映えは食事体験の向上に大きく貢献する要因のひとつである。料理の見映えを引き立たせるには、料理に対して適切な器の選択が求められる。器の選択は、料理の種類に応じた機能的な制約（e.g., スープなどの汁物には深皿が適切、熱い料理には耐熱皿が適切）を満たした上で、配色や形状等の美的観点を考慮して行われる。これには、膨大な種類の料理や器の組み合わせを検討する必要があるが、人手による器の推薦には多大な労力がかかるため、計算機での推薦が望ましい。計算機による器の選択支援を実現するには、料理と器それぞれの特性と両者の適切な組み合わせを理解し、ユーザの嗜好を反映した器を提案する機能が求められる。この課題に対して福元らは料理の材料や調理工程が器の選択に影響すると考え、レシピ文に記述された材料と調理動作を元に料理特徴ベクトルを作成し、それを用いて器特徴を推定した。しかし福元らの手法では、「麺」や「ごはんもの」といった抽象度の高い料理ジャンルをもとにベクトルを作成しており、「スープパスタ」や「鍋焼きうどん」といった具体的な料理名は扱えず、推定対象も器の深さといった機能的側面に留まっている。この問題を解決するために、本稿では具体的な料理名を対象とし、レシピ文から複数の器特徴が推定可能かを検証する。

2 提案手法

料理特徴から器特徴を推定するために、レシピから各特徴を対応付けたデータセットを作成した。本稿では、クックパッドデータセット (<https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/cookpad/>) と楽天データセット (<https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/rakuten/>) 中のレシピ文を扱う。対象とする料理は、楽天レシピで用いられている料理カテゴリの分類方法を参考にする。料理カテゴリは大中小の3つの階層で構成されており、「ごはんもの」、「麺」などが大カテゴリに相当する。「麺」の子階層である「パスタ」、「うどん」などが中カテゴリに相当し、「パスタ」の子階層である「スープパスタ」などの具体的な料理名が小カテゴリに相当する。本稿で扱う大カテゴリは、多くの人々が調理する機会が多いという観点から「人気メニュー」カテゴリとし、そのカテゴリに含まれる小カテゴリのレシピを取得した（表1参照）。各レシピは、画像情報である料理画像とテキスト情報であるレシピ文で構成されている。本稿では、料理画像から器特徴を、レシピ文から料理特徴をそれぞれ取得する。器特徴は深さ（平/深）、形（丸、楕円など6クラス）、うねり（あり/なし）、テイスト（和風/洋風）、角丸（あり/なし）、材質（土/ガラス/木）、取手（取手2つ/取手なし）の7項目を選定した。このうち、深さ、材質、取手は機能的側面、うねり、角丸、形、テイストは美的側面にあたる。器特徴のクラスは料理画像から人手で判断した。深さとテイストは画像からの判定が困難であるため、1画像を3人で評価し、多数決によってクラスを決定した。

レシピ文における器特徴の決定要因として、レシピ手順後半の味付けや仕上げについて記載がある文が考えられる。例えば、肉じゃがとカレーは材料の多くが共通し、レシピ前半の下準備に関する手順（e.g., 材料を切る、煮込む）は同じであるが、後半の味付けや仕上げに関する手順では料理ごとに違いが現れる。レシピ手順前半の共通点の多さに関わらず、それぞれの料理に適した器特徴が異な

表 1 対象とした料理カテゴリの例

中カテゴリ	小カテゴリ
揚げ物	かき揚げ, チキンカツ, メンチカツ
餃子	揚げ餃子, 水餃子, 焼き餃子
カレー	キーマカレー, チキンカレー, 野菜カレー
豆腐料理	揚げ出し豆腐, 豆腐ステーキ, 冷奴

表 2 各器特徴ごとの fastText の判別モデルによる正解率

	機能的側面			美的側面			
	深さ	材質	取手	うねり	角丸	形	テイスト
チャンスレベル	0.50	0.33	0.50	0.50	0.50	0.17	0.50
全文	0.67	0.59	0.88	0.52	0.57	0.23	0.82
後半 1/3 文	0.67	0.58	0.78	0.52	0.65	0.21	0.68

ることから、レシピの後半の手順に器特徴の決定要因が集中的に現れる可能性があるとして推測した。そこで本稿では、レシピ文の全文とレシピ後半 1/3 文の 2 条件で学習・推定を行い、結果を比較する。

3 実験と結果

作成したデータセットに基づいて、各器特徴ごとに fastText の Text Classification [1] を用いた判別モデルを作成し、レシピ文から器特徴を推定可能かを検証した。各々の器特徴の推定結果を表 2 に示す。機能的側面の 3 項目（深さ、材質、取手）と美的側面のテイストは、チャンスレベルより 0.17-0.38 ポイント程度上回っていた。機能的側面で判別に失敗した事例のレシピ文を確認すると、誤判定を生みそうな器特徴に関連する単語が出現していることが確認された。例えば、判別に失敗した豆腐料理のレシピの場合、“水気を切ってから～”や“煮詰める”という水に関する文章が含まれていた。このレシピ文の正解値は平皿であったが、判別モデルは深皿と推定していた。これは、判別モデルが“水気”や“煮”等の語句から水分が多い料理と判断した可能性が示唆される。

一方、テイストを除く美的側面の 3 項目（うねり、角丸、形）はチャンスレベルと同程度に留まり、器特徴の推定は困難であった。美的側面の各項目の推定ができなかった理由として、レシピ投稿者の器選択の基準が個人ごとに異なるためと考えられる。例えばデータセット中の揚げ出し豆腐カテゴリに属している料理を確認すると、機能的側面は全項目で一致していたが、美的側面である形は正方形、丸、花など複数の異なる形状が混在していた。このことから、美的側面については調理者の嗜好による選択結果の幅が広いことが推察される。

またレシピ全文と後半 1/3 文で器特徴を推定した結果については、いずれのクラスについても両者の正解率は同程度であった。このことから、レシピ手順後半の仕上げや味付けが器特徴の決定に貢献していると考えられる。

4 おわりに

本稿では、各料理に適した器選択支援を目指して、料理特徴のレシピ文から器特徴を推定できるかを検証を行った。機能的側面はレシピ文からの推定が可能であることと手順後半の仕上げや味付けが器特徴の決定に貢献していることが示唆された。また、美的側面は調理者によって決定されるためレシピ文からの推定は困難であることが明らかとなった。今後は、美的側面の推定が可能となる新たな料理特徴について検討する。

参考文献

- [1] Joulin, A., Grave, E., Bojanowski, P., Mikolov, T.: Bag of Tricks for Efficient Text Classification, *Proc. 15th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, Vol. 2, pp. 427–431 (2017).
- [2] 福元颯, 高橋知奈, 山西良典, 松下光範: 料理レシピ特徴に基づく料理-器関係の獲得, 人工知能学会全国大会 (第 36 回) 論文集, 4J1-OS-25a-02 (2022).

レシピの手順に着目した複数の器特徴の推定

情 19-0011 東 奈穂

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 食事において、料理の見映えは食事体験の向上に大きく貢献する要因のひとつである。料理の見映えを引き立たせるには、料理に対して適切な器の選択が求められる。器の選択は、料理の種類に応じた機能的な制約 (e.g., スープなどの汁物には深皿が適切, 熱い料理には耐熱皿が適切) を満たした上で、配色や形状等の美的観点を考慮して行われる。これには、膨大な種類の料理や器の組み合わせを検討する必要があるが、人手による器の推薦には多大な労力がかかるため、計算機での推薦が望ましいが、計算機による器の選択支援を実現するには、料理と器それぞれの特性と両者の適切な組み合わせを理解し、ユーザの嗜好を反映した器を提案する機能が求められる。本稿では具体的な料理名を対象とし、レシピ文から器特徴が推定可能かを両者を対応付けたデータセットを用いた fastText の Text Classification による判別モデルで検証した。検証の結果、機能的側面の 3 項目 (深さ, 材質, 取手) と美的側面のテイストは、チャンスレベルより 0.17-0.38 ポイント程度上回っていた。一方、テイストを除く美的側面の 3 項目 (うねり, 角丸, 形) はチャンスレベルと同程度に留まり、器特徴の推定は困難であることが確認された。

1 はじめに

1.1 料理の見映えに貢献する器

食事体験の向上に貢献する要因には、美味しさや見た目、料理を提供する場所や誰と食べるのかといった環境等がある。その中でも食事において、料理の見映えは食事体験の向上に大きく貢献する要因のひとつである。

これまで、家庭で調理した料理は第三者へ公開されることなく、限定された空間で料理を楽しむものであった。しかし、昨今では Twitter, Instagram, Facebook などの SNS の普及により、世界中の不特定多数の人々に自身が調理した料理の画像を共有することが可能となった。味覚情報としての料理の美味しさは伝えることができないため、見栄えなどの視覚情報を工夫して美味しさを伝える必要がある [21]。そのため、料理の見栄えに対する関心や興味は増加傾向にある [4]。

料理の見映えは料理自体が持つ食欲をそそるような魅力 (e.g., 色とりどりのベビーリーフを使ったサラダの鮮やかさ, オムレツを縦半分に切ると黄身が溶け出すオムライスの見た目のインパクト) だけでなく、テーブルセティングからも構成される。テーブルセティングには、器やフォークやスプーンなどのカトラリー等の要素が含まれている。

中でも料理を盛り付けている器には、料理を盛り付けるといった役割に留まらず、料理の見栄えに影響を及ぼすことが先行研究によって確認されている。辻 [12] によ

ると、食事を豊かにおいしく食べるには、歯や口腔機能が良好である以外においしい料理がその料理にあった食器具で供与される必要があると述べている。特に高齢者では、機能的で美しさを感じさせる食器具で食事することは、食が進み健康を呼び起こすことにつながり、おいしさを感じさせる食器具は「食」の原点であるといっても過言ではないと主張している。また、今日における食器具の状況として「中食」における家庭食器への盛替え事例について、図 1 にあるように、中食をその料理にあった家庭の食器具に盛りなおすと、場面問わず「食」を豊かにすると示した。

枝窪ら [17] は、料理の楽しさを定量的に測定するため、アンケートの回答をもとに因子分析を行い、7 因子からなる料理気分高揚尺度を作成した。因子の 1 つである「見映え」因子中にはワンプレート、インスタ映えといった項目の他に、「良い食器」の項目がある。

近年では、一般消費者をターゲットとした器のサブスクリプションサービス (例えば、「うつわの、」¹や「CRAFTUTAL」²) も複数展開されていることから、家庭で料理を作る際でも料理をより魅力的な見映えにしたいというニーズがあると考えられる。

これらから料理に適した器で食事をとることは、食事体験の向上に貢献する。

¹<https://utsuwanoten.com/>

²<https://craftal.jp/customer/>



図 1: プラスチック製皿の料理と食器への盛り替え (文献 [12] より図引用)

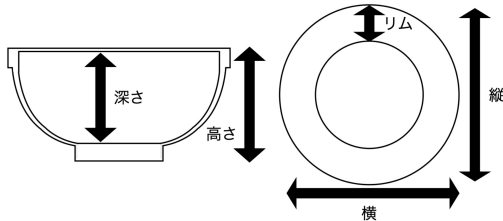


図 2: 福元ら [22] によって定義された器のサイズの低位属性

1.2 料理に適した器選択の難しさ

各料理に適する器の選択は、器の機能的側面と美的側面の 2 観点を考慮する必要がある。本節では機能的側面と美的側面について説明する。

1.2.1 器の機能的側面

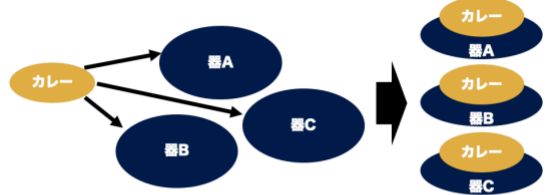
器の機能的側面とは、料理を物理的に盛り付けるために必要不可欠となる器の特徴を指し、サイズ (e.g., 深さ, 縦, 横, 高さ, リム) や材質 (e.g., 土, ガラス, プラスチック) などの要素で構成される。例えば、平皿にラーメンを盛り付けようとするとき、スープが器から溢れてしまうため、料理特徴として水分を多く含む料理は深皿に盛り付ける必要がある。このように、盛り付ける料理の量や性質 (e.g., 固体, 液体, 固体+液体) に合わせて器を選択する必要がある。

1.2.2 器の美的側面

器の美的側面とは、器のデザイン性に関する器特徴のことを指す。これは、配色, 柄, 形状 (e.g., 唐草, 牡丹, 網目), (e.g., 丸, 楕円, 正方形) 等の要素で構成される。美的側面は、調理者の嗜好や料理を提供する環境等をもとに判断するため、同じ機能的側面を持つ料理であっても適切な器は変化する。

器と料理の間には唯一解があるわけではなく、一つの器/料理に対して複数の料理/器が候補となりえる。これは「料理と器は多対多の関係である」ことを意味する [13]。例えば、器 A に適した料理はカレーしか存在しないというわけではなく、カレー以外にもパスタ, 炒飯など多くの解が存在する。反対に、1つの料理に適する器も 1つではない。例えば、カレーには器 A 以外にも器 B, 器 C など多くの解が存在する。

一つの料理 対 複数の器



一つの器 対 複数の料理

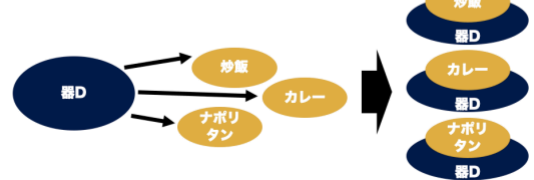


図 3: 料理と器の多対多の関係性の例 (文献 [13] より図引用)

また、料理と器の組み合わせは、料理の特性のみを考慮するだけで良いのではなく、料理を提供する TPO についても考慮する必要がある。例えば、インド料理で和食器が使われていたり、フレンチのフルコースでプラスチックの器に料理が盛り付けられていることに違和感を抱く。一方、料亭で和食器が使われていたり、キッチンカーで販売されているお弁当でプラスチックの容器が使用されていても違和感を抱かないだろう。このように、料理特徴に限らず、TPO にも合わせて器を選ぶ必要がある。よって、料理に適した器の選択肢は様々であり、料理提供に関する付帯状況 (e.g., 料理を提供する人物, 料理を提供する目的) を考慮した上で料理に適した器選択をしなければならない。

各料理に適する器の選択は、料理の種類に応じた機能的な制約 (e.g., スープなどの汁物には深皿が適切, 熱い料理には耐熱皿が適切) を満たした上で配色や形状等の美的観点を考慮して行われる。これには、膨大な種類の料理や器の組み合わせを検討する必要があり、人手による器の推薦には多大な労力がかかるため、計算機での推薦が望ましい。

1.3 先行研究での問題点

計算機による器の選択支援を実現するには、料理と器それぞれの特性と両者の適切な組み合わせを理解し、ユーザの嗜好を反映した器を提案する機能が求められる。

この課題に対して、福元ら [18] は料理の材料や調理工程が器特徴に影響すると考え、レシピ文に記述された材料と調理動作を元に料理特徴ベクトルを作成し、それを用いて器特徴を推定した。しかし、福元らの手法では、「麺」や「ごはんもの」といった抽象度の高い料理ジャンルをもとにベクトルを作成しており、「スープパスタ」や「鍋焼きうどん」といった具体的な料理名は扱えず、推

定対象も器の深さといった機能的側面に留まっている。

この問題を解決するために、本稿では具体的な料理名を対象とし、レシピ文から複数の器特徴が推定可能かを検証する。

2 先行研究

2.1 料理の魅力を高める器についての研究

饗庭ら [8] は、高齢者の QoL の向上のために、高齢になるとどのような色が識別しにくくなるのか、またどのような調理方法や盛り付けが食欲を喚起させるのか、など高齢者の視覚に焦点をあてた検討を行い、高齢者の食物認識が、食材の切り方や盛り付ける食器の色によっても影響を受けることを明らかにした。

このように、器は単に料理を盛り付けるための道具としての役割を果たしているだけではなく、食事体験を向上させるための役割も担っている。

2.2 料理画像に着目した研究

柿森ら [21] は、写真撮影に関する知識や経験がない素人でもおいしそうな料理の写真が撮影できるモバイルアプリを提案した。料理写真の構図である「料理の数」、「皿の形」、「皿と料理の大きさ」を取得し、システムに登録された構図データを基に適切な構図ユーザーに提示する。構図データでは、「メイン料理」や「サブ料理」を対象とし、適切な皿の形や料理のサイズ等の情報が含まれている。

佐藤ら [20] は、料理を美味しそうに撮影する支援技術の開発の端緒として、撮影された写真が美味しそうに見える度合いを定量的に分析するために、畳み込みニューラルネットワーク（以下、CNN）を用いて料理の魅力度を推定した。図 4 よりも図 5 の方が、写真全体に占める大きさや構図の点で料理が美味しそうに撮影されている。このように、被写体の大きさや撮影構図、色合いなどの違いによって料理写真に対する美味しさの印象が変わると佐藤らは考えた。CNN を用いた魅力度推定には、料理画像に魅力度を付与したデータセット「NUFOOD360 × 101」 [9] に格納されている 10 種類の料理画像を用いた。評価実験により、CNN を用いた提案手法が料理の魅力度を推定できることが明らかとなった。

岡本ら [10] は、食事画像から正確な食事量やカロリー量推定のために必要な食事領域分割に向け、食事画像データセットを用いて画素ごとに料理のアノテーション付与を行った。食事画像データセットの UECFood-100 [3] のうち 1 万枚の画像に GrabCut [5] を用いて画素単位のアノテーションを付加しマスク画像を作成することで、領域分割モデルの学習データセットとして利用可能にした。さらに、555 枚のラーメン画像には、食器やトッピングを考慮し詳細にアノテーションを行い、ラーメン画



図 4: 魅力に欠ける構図で撮影された料理写真



図 5: 魅力的な構図で撮影された料理写真

像に対して細かな領域分割および領域マスクからの食事画像生成することで、食事マスク画像における活用例を示した。

柿森らは、料理画像に着目し、料理全体の魅力度の推定を試みているが、料理と器の相性についての研究ではなく、料理名が抽象的であることと器情報は器の形や大きさのみであることから各料理に適した器選択の基準には利用できない。また、岡本らは、料理画像から器を認識することは実現できているが、深さや材質といった器の特徴や料理に適した器であるかの判断はできないため、本研究の目的とする料理に適した器選択には利用できない。

2.3 器と料理の相性に関する研究

伊藤ら [19] は、盛り付けを行う際の指標となり得る具体的な表現や数値、指標を導くための方法の開発を目的とし、一汁三菜の食事で用いる食器の大きさおよび形、料理の適切な盛り付け面積を明らかにした。5 段階評価法で最も評価が高かった食器の大きさの組み合わせは、飯碗・汁椀を 1.0 としたとき主菜 2.5: 副菜 1.5: 副副菜 1.0 の大きさで、盛り付け面積割合は標準値とした主 26%、副菜 50%、副副菜 27% であった。一対比較評価法で最も評価が高かった食器の形の組み合わせは、主菜は縦 1: 横 1.6 の焼物皿、主菜は円形の鉢、副副菜は多角形の鉢の組み合わせであることが分かった（図 6 参照）。

川嶋ら [16] は、染付皿において部分柄の数や皿を囲う青枠の有無が見た目のおいしさや食欲にどのように影響するのか調査を行った。また、和食の小皿料理に対して、総柄と部分柄の絵柄皿のどちらが相性が良いかの比較調



図 6: 食器の形評価で評価平均値がもっとも低かったパターン（左）ともっとも高かったパターン（右）（文献 [19] より図引用）

査も行った。実験結果から、青杓が料理の色を引き締め、盛り付けや彩りのバランスを整える効果があるため、青杓有りの方が好ましいという傾向が確認された。部分柄の数は 2 つあった方が好まれる傾向にあったが、絵柄が料理によって隠れてしまう場合には、評価が下がる傾向にあった。また、小皿料理に対しては、部分柄の方が相性が良く、食欲を増進することが明らかになった。

高橋ら [15] は、料理をひき立たせる器の組み合わせを支援するシステムの実現のため、器の形体情報に着目し、器と料理の相性の定量化を試みた。提案手法では、図 7 のように、EC サイト上にある器の商品説明文中の料理名の記述を利用し、「 Pasta 」、「煮物」、「シチュー」の料理に対して形体情報ごとに分布を生成することで相性の選好を合致度として算出した。実験の結果、サイズでは相性分布が料理ごとに正しく生成されていることが確認された。形状と材質では、料理ごとに突出したカテゴリが確認されなかったため、分布の精度は 50.0~66.7% にとどまっていた。

これらの研究では、料理に適した器特徴の発見を試みているが、献立や和食といった抽象的な料理を対象としており、個々の料理に適した器特徴の発見には至っていない。高橋らの研究では、3 種類の料理にそれぞれ適した器の形体情報の定量化を行っている。しかし、「 Pasta ）」には「スープ Pasta ）」や「冷静 Pasta ）」等があり、それぞれの料理特徴は異なるため、それぞれに適した器選択が求められる。本研究では、各料理の料理特徴に適した器特徴の推定を目指す。

2.4 レシピ文に着目した研究

山崎ら [11] は、構造化された情報であるフローグラフから自然言語文を自動生成するために手順書のドメインとしてレシピを用い、レシピフローグラフを生成した。レシピフローグラフはレシピ文中の各単語と各単語列役

表 1: レシピ固有表現の種類（文献 [11] より表引用）

タグ	意味	備考
F	食材	中間・最終生成物を含む
T	道具	調理道具や器など
D	継続時間	概数表現を含む
Q	分量	概数表現を含む
Ac	調理者の動作	語幹のみ
Af	食材の動作	語幹のみ
Sf	食材の状態	
St	道具の状態	

割を表すレシピ用語タグが組になった情報が含まれている（図 8 参照）。例えば、F タグは、食材を指し、材料リストに記載されているような材料名に加えて、「タネ」「生地」といった中間食材名や料理の完成品が該当する。Ac タグは、調理者の動作を指し、調理者が主語となる単語が該当する。

福元ら [18] は、料理と器の関係性を獲得するため山崎らのレシピフローグラフ中の食材タグと調理動作タグから器の深さが推定可能か検証を行った。結果、食材と調理動作の単語は器の深さを推定可能であることが明らかになった。また、一般家庭にある器 104 種類を撮影し、サイズ（長辺・短辺・高さ・リム）・形状（底面・全体）・材質（主素材・副素材）・模様といった属性値の記録を人手で行った。

これらの研究では、レシピ文に着目した研究であり、レシピ文内にある料理特徴と器の深さには関係があることが確認されたことから、本研究ではレシピ文を用いて、料理に適した器推定を行う。先行研究では、対象とする料理は料理カテゴリであるため具体的な料理に適した器推定には対応できていない。本研究では、レシピ文に着目し、各料理に適した器特徴を推定する。



商品説明

北欧フィンランド風の雑貨を思わせるオシャレなオーランドシリーズ♪
光にすかすと柄が透けて見える程透明感のある白でとっても軽く洗い物
も楽ちんです♪
辺縁の欠けを防ぐために玉淵形状になっている心遣いも嬉しいポイント
ですね♪
手に取って分かる驚きの薄さと軽さは美濃焼が誇る伝統技術と最新鋭の
技術が活かされています。
こちらの大皿は深さがあるのでパスタやカレー、天津飯によく似合う♪

図 7: 器商品説明文中に料理名が記載されている例 (文献 [15] より図引用)

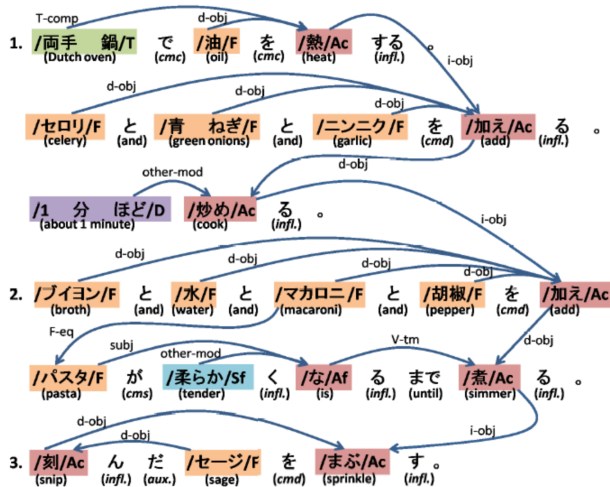


図 8: レシピテキストのフローグラフの例 (文献 [11] より図引用)

2.5 fastText の Text Classification を用いた研究

Maliheh ら [2] は, GitHub リポジトリのトピックを自動的に予測するために fastText の Text Classification を利用し, トピック推定提案モデルを作成し, それを基にトピックの自動予測が可能な「Repository Catalogue」オンラインツールシステムを開発した. 提案モデルの推定結果は, R@5 と LRAP のスコアがそれぞれ 0.890 と 0.805 であり, ユーザーの評価で, 提案手法は正しいトピックを推薦可能であることがわかった.

Suresh ら [7] は, ネット上にある攻撃的なコメントの毒性レベルを fastText と Word2Vec[1] の Text Classification を用いて自動で分類する手法を提案した. 毒性レベルのラベルは toxic, severetoxic, obscene, threat, insult, identity-hate の 6 種類とし, fastText と Word2Vec の手法間比較を行った結果, fastText の方がより正確で, スラング, 専門用語, 入力ミス, 使用されている短い形式を扱う際に, より正確であるという結論が得られた.

Yesir[6] らは, マルウェアを自動検知するために API

呼び出しシーケンスから fastText と BERT を用いてマルウェアの自動推定を行った. F 値と正解率で fastText と BERT でモデルの手法間評価をした結果, fastText モデルは分類と検出タスクにおいて, BERT モデルよりも高い性能を発揮したことが明らかになった.

これらの研究では, fastText の Text Classification を用いて, 文章からその文章の内容に適したクラスを推定することを行っている. 推定結果から, Text Classification の有効性が示されている. 本稿では, 料理特徴であるレシピ文からその料理に適した器特徴が推定可能かを検証するため, 器特徴をクラスとした場合にも, fastText の Text Classification の適用が可能と考えた.

3 提案手法

3.1 データセット作成

3.1.1 データセットの対象とするレシピ

料理特徴から器特徴を推定するために, レシピから各特徴を対応付けたデータセットを作成した (図 11 参照). レシピ情報を提供している媒体として, 非ユーザー投稿型メディア (e.g., レシピ本や自社の商品を扱ったレシピを企業側が提供しているレシピサイト) とレシピサイトを使用するユーザー自身がレシピを投稿することができるユーザー投稿型メディアの 2 種類がある. 本稿では, 機械学習を行うため, 膨大な量のレシピデータが必要となる. よって, 数多くのレシピが存在するユーザー投稿型メディアをデータセット作成に利用する. 本稿では, クックパッドデータセット³と楽天データセット⁴中のレシピ文を扱う.

対象とする料理は, 料理カテゴリ分類方法を参考にする. 料理カテゴリは大中小の 3 つの階層で構成されている. 「ごはんもの」, 「麺」などが大カテゴリに相当する. 「麺」の子階層である「パスタ」, 「うどん」などが中カ

¹<https://recipe.rakuten.co.jp/recipe/1800033032/>

³<https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/cookpad/>

⁴<https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/rakuten/>

例．器の深さの場合

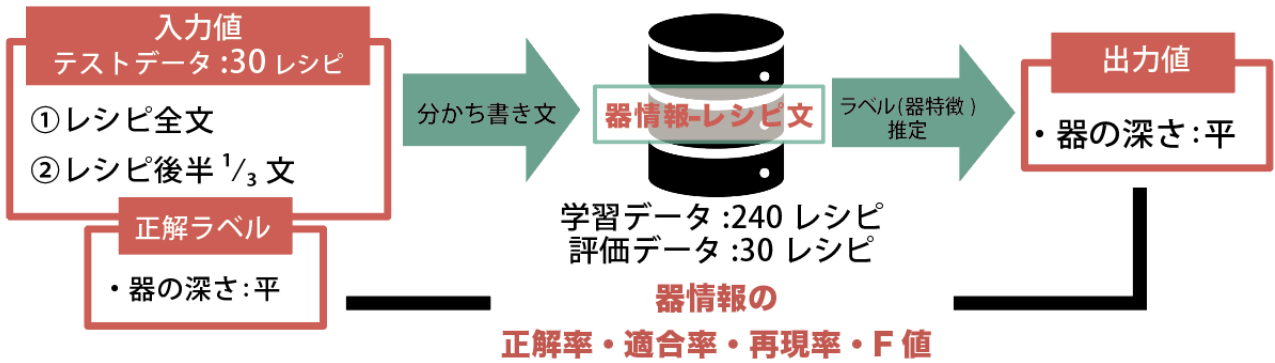


図 9: 提案手法の流れ

白飯がすすむ!! 極厚和風ハンバーグ〜玉ねぎ添え レシピ・作り方



材料 (2人分)

図 10: 楽天レシピ中の料理画像の一例¹

テゴリに相当し、「パスタ」の子階層である「スープパスタ」などの具体的な料理名が小カテゴリに相当する。

クックパッドデータセットのデータ分類方法は、大カテゴリに「野菜のおかず」や「魚介のおかず」等が、中カテゴリに「さつまいも」や「鮭・サーモン」等が含まれており、料理に用いられている食材でレシピをまとめる考え方を採用している。この分類方法であると、例えば中カテゴリである「さつまいも」には、「さつまいものスイートポテト」と「さつまいものお味噌汁」が一緒になって含まれていることになる。このような料理カテゴリ分類方法であると、用いられている材料は同じでも、完成する料理の種類が異なる場合があり、本稿で材料を基準とした料理カテゴリの分類手法を用いることは適切ではない。

一方、楽天データセットのデータ分類方法は、例えば大カテゴリに「定番の肉料理」等がその中の小カテゴリに「焼きそば」等が、その中の小カテゴリに「あんかけ焼きそば」等が含まれている。この料理カテゴリ分類手法は、材料から料理を分類する手法ではなく、完成した料理の種類に応じた分類をしている。対象とする料理は、楽天レシピで用いられている料理カテゴリの分類方法を

参考にする。

本稿で扱う大カテゴリは、多くの人々が調理する機会が多いという観点から「人気メニュー」カテゴリとし、中カテゴリからレシピ数の多かった上位3件の小カテゴリのレシピを取得した(表3参照)。

各レシピは、画像情報である料理画像とテキスト情報であるレシピ文で構成されている。本稿では、料理画像から器特徴を、レシピ文から料理特徴をそれぞれ取得する。例えば、料理画像は図10のようにレシピの最上部に掲載されている、レシピ投稿者が掲載したハンバーグの写真のことを指す。レシピ文では12のように作り方の欄に掲載されている手順のことを指す。図10の場合、手順が複数記載されており、データ取得にはすべての手順におけるレシピ文を抽出する。

器特徴は深さ(平/深)、形(丸、楕円など6クラス)、うねり(あり/なし)、テイスト(和風/洋風)、角丸(あり/なし)、材質(土/ガラス/木)、取手(取手2つ/取手なし)の7項目を選定した。このうち、深さ、材質、取手は機能的側面、うねり、角丸、形、テイストは美的側面にあたる。器特徴のクラスは料理画像から人手で判断した。深さとテイストは画像からの判定が困難であるため、1画像を3人で評価し、多数決によってクラスを決定した。

3.1.2 レシピ文全文と後半 1/3 文

レシピ文における器特徴の決定要因として、レシピ手順後半の味付けや仕上げについて記載がある文が考えられる。例えば、肉じゃがとカレーは材料の多くが共通し、レシピ前半の下準備に関する手順(e.g., 材料を切る、煮込む)は同じであるが、後半の味付けや仕上げに関する手順では料理ごとに違いが現れる。レシピ手順前半の共通点の多さにも関わらず、それぞれの料理に適した器特徴が異なることから、レシピの後半の手順に器特徴の決定要因が集中的に現れる可能性があると推測した。そこで本稿では、レシピ文の全文とレシピ後半 1/3 文の2条

- 1 `_label_depth_1` 豆腐はよく水切りしておく。ほうれん草、にんじんは3センチぐらいの長さの切ってゆで、水気をしっかりきっておく。すり鉢に¹ゴマを入れてよくすりつぶし、水切りした豆腐をくわえてさらになめらかになるまでよくすりつぶし、調味料を全て加えてよく混ぜ合わせる。③にほうれん草、にんじんを加えてあえ、器に盛る。
- 2 `_label_depth_1` きゅうりは薄切り輪切りし塩少々（分量外）を加え揉んで、水で流し、きつく絞る。豆腐は塩少々（分量外）を加えた湯で沸騰したら手でちぎって加え2分煮てザルにあげ、そのまま冷やす。人参はせん切りし1分湯がき、ザルにあげ冷ます。ボールに冷めた（1）（2）を入れ²で混ぜ合わせる。
- 3 `_label_depth_1` ねっとりするまで白ごまを擦る。水切りした豆腐、砂糖、醤油を入れ滑らかに擦り混ぜる。にんじん、ほうれん草、しめじを軽く茹でて水気をきる。豆腐に茹でた野菜を軽く混ぜる。
- 4 `_label_depth_1` ひじきは多めの水と鍋にいて火にかける。沸騰したら蓋をして火を止め、3～4分置いて戻し、ザルにあげる。ひじきの水を絞り、ちくわ、リンゴとボウルに入れる。○を加えてよく混ぜる。
- 5 `_label_depth_1` 人参と赤ピーマンは千切り。木綿豆腐はクラッシュさせておく。☆を良く混ぜておく。■と☆を良く混ぜて完成♥

図 11: データセットの中身一部抜粋

表 2: 対象とした器特徴

	器特徴								
機能的側面	深さ	平	深						
	材質	土	ガラス	木					
	取手	取手2つ	取手なし						
美的側面	うねり	あり	なし						
	角丸	あり	なし						
	形	丸	楕円	正方形	長方形	花	その他		
	テイスト	和風	洋風						

件で学習・推定を行い、結果を比較する。本稿でのレシピ後半1/3文とは、手順単位で考えた後半1/3の手順のレシピ文のことを指す。

3.2 fastText の Text Classification で学習するための前処理

各器特徴ごとに300レシピを集める。次に、300レシピを訓練データ、検証データ、テストデータに8:1:1の割合で無作為に選別する。本稿で扱う機械学習は、fastTextのText Classificationである。fastTextとは、Facebook AI Research (FAIR) が開発した、単語の埋め込みと分類を学習するためのオープンソースである。このモデルでは教師なし学習や教師あり学習のアルゴリズムを作成し、単語のベクトル表現を得ることができ、モデルの評価も可能である。

fastTextでは単語ごとにベクトルを生成する仕組みが使われているため、学習と推定にはレシピ文を予め単語ごとに分割する必要がある。レシピ文を分かち書きするために、形態素解析器はMeCab(ver. 0.996)を、辞書はmecab-ipadic-NEologdを利用した。

4 実験と結果

本章では、fastTextを用いたモデルの作成方法とそのモデルを用いた器特徴の推定結果について述べる。

4.1 実験

作成したデータセットに基づいて、各器特徴ごとにfastTextのText Classificationを用いた判別モデルを器特徴の7項目それぞれレシピ全文とレシピ後半1/3文で2種類、合計14種類作成し、レシピ文から器特徴を推定

作り方

- 1 大きめのボウルを冷凍庫で冷やす。
※肉を練ることができるサイズ



- 2 玉ねぎ1個は、中心の太い部分を横に2枚分輪切りにする（1枚当たり1.5cm厚さを2枚）。
※残った玉ねぎはあとでみじん切りにする。
しめじは小房にほぐす。
青ねぎは小口切りにする。



- 3 玉ねぎ（2で輪切りにしたときに残った玉ねぎを含む。）はみじん切りにする。
フライパンにバター15gを溶かし、玉ねぎを入れ、色付くまで強火で5分炒める。



- 4 炒めた玉ねぎをバットに取り出し、バット全体に広げる。
同じサイズの別のバットに氷水を入れる。
玉ねぎが入ったバットを氷水が入ったバットの上にのせ、玉ねぎを十分に冷やす。

図 12: 楽天レシピ中のレシピ文一部抜粋¹

表 3: 対象とした料理カテゴリ

中カテゴリ	小カテゴリ
ハンバーグ	ハンバーグステーキ, 煮込みハンバーグ, 豆腐ハンバーグ
グラタン	マカロニグラタン, ポテトグラタン, ミートグラタン
コロッケ	ポテトコロッケ, クリームコロッケ, かぼちゃコロッケ
煮物	かぼちゃの煮物, 大根の煮物, ひじきの煮物
和え物	白和え, ほうれん草の胡麻和え, ほうれん草のおひたし
揚げ物	かき揚げ, チキンカツ, メンチカツ
餃子	揚げ餃子, 水餃子, 焼き餃子
カレー	キーマカレー, チキンカレー, 野菜カレー
豆腐料理	揚げ出し豆腐, 豆腐ステーキ, 冷奴

可能かを検証した。モデル学習時の設定は、dim300 と統一し、その他のパラメータは、検証データを用いてオートチューンにより決定した。推定結果には、正解率、再現率、適合率、F 値を用いた。

4.2 結果と考察

レシピ文から器特徴を推定した結果を表 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 に示す。4.2.1 節では、機能的側面と美的側面で器特徴を推定した結果を正解率を用いて比較する。4.2.2 節では、レシピ文全文とレシピ後半 1/3 文で器特徴を推定した結果を正解率を用いて比較する。

4.2.1 機能的側面と美的側面の推定結果比較

各々の器特徴の推定結果の正答率を表 4 に示す。機能的側面の 3 項目（深さ、材質、取手）と美的側面のテイストの正解率は、チャンスレベルより 0.17-0.38 ポイント程度上回っていた。

機能的側面で判別に失敗した事例のレシピ文を確認すると、誤判定を生みそうな器特徴と関連する単語が出現していることが確認された。例えば、判別に失敗した豆腐料理のレシピの場合、「水気を切ってから～」や「煮詰める」という水に関する文章が含まれていた。このレシピ文の正解値は平皿であったが、判別モデルは深皿と推定していた。これは、判別モデルが「水気」や「煮」等の語句から水分が多い料理と判断した可能性が示唆される。また、深皿と推定できるような料理特徴のある料理であるにも関わらず、実際の画像は平皿という事例も確認された。例えば、あんかけ料理のレシピで学習器は深皿と推定したが、正解ラベルは平皿であった。今後は、レシピ文のみから人はどのような器を推定するのかといった Human Computation の実施を行い、レシピサイト上の料理画像に盛り付けられた料理と器の組み合わせがふさわしいかの検証を行う予定である。

一方、テイストを除く美的側面の 3 項目（うねり、角丸、形）はチャンスレベルと同程度に留まり、器特徴の推定は困難であった。美的側面の各項目の推定ができな

かった理由として、レシピ投稿者の器選択の基準が個人ごとに異なるためと考えられる。例えば、データセット中の揚げ出し豆腐カテゴリに属している料理を確認すると、機能的側面は全項目で一致していたが、美的側面である形は正方形、丸、花など複数の異なる形状が混在していた。このことから、美的側面については調理者の嗜好による選択結果の幅が広いことが推察される。

4.2.2 レシピ全文とレシピ後半 1/3 文の推定結果比較

またレシピ全文と後半 1/3 文で器特徴を推定した結果については、いずれのクラスについても両者の正解率は同程度であった。レシピ 1/3 文でも全文と同程度の推定精度が得られることから、レシピ手順後半の仕上げや味付けが器特徴の決定に貢献していると考えられる。ただし、全文のときと後半 1/3 文のどちらかに有意差が現れなかった理由は、2 つあると考えている。1 つ目は、全文では最初の「人参を切る」や「玉ねぎを用意する」といった下準備などの器特徴の決定に影響を及ぼさない手順が含まれていたからだと考える。2 つめは、レシピ後半 1/3 文の中には、「器に盛り付けて完成」などの調理後手順しか抽出できていない事例が確認され、器特徴の決定が難しかった可能性が示唆される。レシピ手順が少なかったり、「切る」や「煮込む」等、本来は複数の手順に分割して記述することが望ましい文章が 1 つの手順まとめてに書いている場合におこったものと考えられる。

5 活用事例

今後、本稿の提案手法を用いて器の推薦システムの実現に活かすことを想定している。具体的には以下の 3 つでの活用が可能だと考えられる。

5.1 各料理に対して適した器の提案

1.2 章で各料理に対して適切な器は、唯一ではなく複数存在すると述べた。推薦システムでは、料理に適した複数の器を提案し、調理者自身が料理を盛り付ける器を最終的に 1 枚決定することで、調理者自身の嗜好が反映

表 4: 各器特徴ごとの fastText の判別モデルによる正解率

	機能的側面			美的側面			
	深さ	材質	取手	うねり	角丸	形	テイスト
チャンスレベル	0.50	0.33	0.50	0.50	0.50	0.17	0.50
全文	0.67	0.59	0.88	0.52	0.57	0.23	0.82
後半 1/3 文	0.67	0.58	0.78	0.52	0.65	0.21	0.68

表 5: 形のマルチクラス推定結果

(a) レシピ文全文で学習

全文	再現率	適合率	F 値
丸	0.47	0.40	0.43
楕円	0.22	0.20	0.21
正方形	0.18	0.20	0.19
長方形	0.26	0.35	0.30
花	0.60	0.45	0.51
その他	0.19	0.20	0.20

(b) レシピ文後半 1/3 文で学習

後半 1/3 文	再現率	適合率	F 値
丸	0.13	0.15	0.14
楕円	0.38	0.25	0.30
正方形	0.20	0.20	0.20
長方形	0.17	0.15	0.16
花	0.15	0.20	0.17
その他	0.22	0.20	0.21

表 6: 材質のマルチクラス推定結果

(a) レシピ文全文で学習

全文	再現率	適合率	F 値
土	0.36	0.40	0.38
ガラス	0.56	0.50	0.53
木	0.65	0.65	0.65

(b) レシピ文後半 1/3 文で学習

後半 1/3 文	再現率	適合率	F 値
土	0.40	0.30	0.34
ガラス	0.55	0.60	0.57
木	0.61	0.70	0.65

表 7: 器のテイストのマルチクラス推定結果

(a) レシピ文全文で学習

全文	再現率	適合率	F 値
和風	0.81	0.83	0.82
洋風	0.83	0.80	0.81

(b) レシピ文後半 1/3 文で学習

後半 1/3 文	再現率	適合率	F 値
和風	0.70	0.63	0.67
洋風	0.67	0.73	0.70

表 8: 取手のマルチクラス推定結果

(a) レシピ文全文で学習

全文	再現率	適合率	F 値
取手 2 つ	0.85	0.93	0.89
取っ手なし	0.93	0.83	0.88

(b) レシピ文後半 1/3 文で学習

後半 1/3 文	再現率	適合率	F 値
取手 2 つ	0.81	0.73	0.77
取っ手なし	0.76	0.83	0.79

表 9: うねりのマルチクラス推定結果

(a) レシピ文全文で学習

全文	再現率	適合率	F 値
あり	0.51	0.67	0.58
なし	0.52	0.37	0.43

(b) レシピ文後半 1/3 文で学習

後半 1/3 文	再現率	適合率	F 値
あり	0.52	0.50	0.51
なし	0.52	0.53	0.52

表 10: 角丸のマルチクラス推定結果

(a) レシピ文全文で学習

全文	再現率	適合率	F 値
あり	0.56	0.67	0.61
なし	0.58	0.47	0.52

(b) レシピ文後半 1/3 文で学習

後半 1/3 文	再現率	適合率	F 値
あり	0.67	0.60	0.63
なし	0.64	0.70	0.67

表 11: 深さのマルチクラス推定結果

(a) レシピ文全文で学習

全文	再現率	適合率	F 値
平	0.69	0.60	0.64
深	0.65	0.73	0.69

(b) レシピ文後半 1/3 文で学習

後半 1/3 文	再現率	適合率	F 値
平	0.68	0.63	0.66
深	0.66	0.70	0.68

された器選択が実現可能と考える。複数の異なる器から調理者に選択させるシステムは、利用者側が器に関心はあり、自分の好みや提供する場面ごとに合わせた器選択を行いたいと考えているものの、器の種類が膨大なため料理に適した器を1つに絞れない場面において有効であると考え。機能的側面とテイストは、レシピ文からの推定が可能であることが確認されたため、器推薦システムとして、これらの器特徴の値を提案することやそれらの値を満たした具体的な器を複数提案することが可能である。また本稿では、具体的な料理を対象とし、器特徴を推定したことにより、「パスタ」でも「スープパスタ」と「冷製パスタ」でそれぞれの料理に対応した適切な器特徴を提案することが可能となる。

5.2 各器に対して適した料理の提案

1.2 章で各器に対して適切な料理は、唯一ではなく複数存在すると述べた。推薦システムでは、1つの器に対して1つの料理だけでなく、複数の料理を提案することが可能になると考えられる。また、様々な料理を盛り付けられる器を発見することができるため、汎用性が高い器の推薦も可能と考えられる。汎用性が高い器は、一人暮らしで多くの器の所有が困難な人やあまり物を持たない暮らしをしている人をターゲットとし、調理者の好みをよりも使い勝手の良さを優先した場面において有効で



図 13: ブランデーグラスに盛られた洋スイーツ ([14] より)

あると考えている。

5.3 意外性がある器の提案

ここでの意外性がある器とは、個々の料理に対して、本稿で適切な器特徴として提案されなかった器特徴をもつ器を指す。美的側面の観点では料理を提供する状況に合わせて料理と器の組み合わせを考慮するため、あえて盛り付ける料理には用いない器を使用することで、料理の見映えが向上する事例もある。例えば、つけ麺のスープをティーカップに入れたり、洋スイーツをブランデーグラスに入れたりする事例（図 13）がこれにあたる [14]。このように、各料理と相性が良い器だけではなく、各料理で用いられる機会が少ない意外性がある器を提案することも可能となる。例外として器の機能的側面を考慮すると、物理的に盛り付けられないという理由から料理を盛り付けることができない器も存在する。例えば、平皿に対してラーメンはスープがこぼれてしまうため盛り付けることができない。また、グラタンの場合、調理工程の中で器が調理器具として使われており、オーブンで加熱をするため耐熱性を持った材質でないため使用することができない。このような例外を除いた場合は、意外性がある器としての提案が可能である。

6 今後の展望

6.1 料理の種類の拡大

本稿で対象とした料理は、多くの人が調理する機会が多い「人気メニュー」中のレシピとした。しかし、唐揚げやうどん等といった今回対象外とした料理の種類は膨大にあり、対応できていない料理のほうが多い。本研究の最終目標は、全ての料理に対して適切な器選択支援を行うことであるため、料理の拡張をする必要がある。

6.2 美的側面の推定が可能な料理特徴の発見

本稿での実験結果は、美的側面のうちテイストについては、レシピ文からの推定は可能であることが確認されたが、その他の美的側面については、レシピ文からの推定は困難であることが明らかとなった。困難である理由として、レシピ文に記載のあるような料理の特性よりも調理者の嗜好に影響される可能性が高いためだと考えられる。また、ユーザー投稿型の料理サイトには、非料理専門者のレシピが含まれているため料理が魅力的に見えるような器選択が必ずしもできているとはいえない。今後は、料理画像から器によって料理が魅力的に見えるかどうかの判断をアンケートにより実施したいと考えている。

6.3 料理の分量の考慮

食事の際は気分によって料理の量が変わることが考えられる。提案した器の深さや材質が盛り付ける料理の特性に適していたとしても、その料理が器のサイズの問題から入り切ることができなければ、器提案としては失敗している。本稿では、器の深さについての推定は可能だが、具体的なサイズ（縦・横・高さ・リム）[22]の推定はできていない。これは、例えば、焼き魚に小皿を提案する可能性もあり得るということになる。そのため、料理の分量を考慮した上での器推定は必要不可欠である。本稿では、レシピサイトに投稿された料理画像から器情報を取得している。料理画像には、器に関する具体的な記述がないため、具体的なサイズ（縦・横・高さ・リム）を手で判断することは難しい。今後は、器のサイズを計測できるような手法の検討をする。

7 おわりに

本稿では、各料理に適した器選択支援を目指して、料理特徴のレシピ文から器特徴を推定できるか検証を行った。

機能的側面はレシピ文からの推定が可能であることと手順後半の仕上げや味付けが器特徴の決定に貢献していることが示唆された。また、美的側面は調理者によって決定されるため、レシピ文からの推定は困難であることが明らかとなった。今後は、美的側面の推定が可能となる新たな料理特徴について検討する。

全文とレシピ後半1/3文で器推定の結果を比較すると、全文のときもレシピ後半1/3文も正解値は同程度となった。このことから、レシピ後半手順の文章だけでも全文のときと同じ精度で器推定が可能であることが明らかとなり、レシピ手順後半1/3文が器特徴を決定する要因になることが示唆された。

今後の展望は、器提案システム実現のため、対象料理を拡大することと色や模様等、本稿では手で料理画像を利用したために判断が難しく扱わなかった色や模様等の器特徴についても推定可能な手法の発見を試みる。

8 謝辞

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楽天グループ株式会社から提供を受けた「楽天データセット」とクックパッド株式会社から提供を受けた「クックパッドデータセット」を利用した。記して謝意を表す。

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。また、関西大学総合情報学部山西良典准教授には研究の展望や手法についてさまざまなお力を添えていただきました。深く感謝の意を表します。さらに研究指導、論文添削など、さまざまなお力を添えていただきました、高橋知奈氏をはじめと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先輩方に厚くお礼申し上げます。また、議論を通じて互いに切磋琢磨した総合情報学部総合情報学科松下研究室の同期である13期生の皆様に心より感謝を申し上げます。最後に、学生生活の中で常に味方となり支えてくださった両親に感謝の意を表すとともに謝辞といたします。

参考文献

- [1] Church, K. W.: Word2Vec, *Natural Language Engineering*, Vol. 23, No. 1, p. 155–162 (2017).
- [2] Maliheh, I., Abbas, H. and Georgios, G.: Topic recommendation for software repositories using multi-label classification algorithms, *Flavour*, Vol. 26, No. 5, pp. 1573–7616 (2021).
- [3] Matsuda, Y., Hoashi, H. and Yanai, K.: Recognition of Multiple-Food Images by Detecting Candidate Regions, *2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 25–30 (2012).
- [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] Rother, C., Kolmogorov, V. and Blake, A.: "Grab-Cut": Interactive Foreground Extraction Using Iterated Graph Cuts, *Association for Computing Machinery*, Vol. 23, pp. 309–314 (2004).
- [6] Salih, Y. and Ibrahim, S.: Malware Detection and Classification Using fastText and BERT, pp. 1–6 (2021).
- [7] Suresh, M., Hargun, S., Roshan, C., Vishal, B. and Kaushik, T.: Automation in Social Networking Comments With the Help of Robust fastText and CNN, pp. 1–4 (2019).
- [8] 饗庭照美, 上田敏子, 富田圭子, 田口邦子, 濱田明美, 康薔薇, 大谷貴美子: 視覚による高齢者の食物認識

- と食嗜好に関する調査, 日本調理学会誌, Vol. 41, No. 1, pp. 35–41 (2008).
- [9] 井手一郎, 高橋和馬, 道満恵介, 川西康友, 平山高嗣, 出口 大輔 and 村瀬洋: 視点に応じた魅力度が付与された料理画像データセット ～形体的観点から～, 平成年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, pp. PO1–25 (2017).
- [10] 岡本開夢, Jaehyeong, C., 會下拓実, 柳井啓司: 食事画像領域分割データセットの作成とその活用, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 119, No. 252, pp. 59–64 (2019).
- [11] 山崎健史, 吉野幸一郎, 前田浩邦, 笹田鉄郎, 橋本敦史, 船富卓哉, 山肩洋子, 森信介: フローグラフからの手順書の生成, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, pp. 849–862 (2016).
- [12] 辻重利: 豊かな食は食器具にあり～食器具は食生活を豊かにするか～, 日本健康学会誌, Vol. 83, pp. 94–105 (2017).
- [13] 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人工知能学会全国大会 (第 36 回) 論文集, No. 4J1-OS-25a-02, pp. 585–597 (2022).
- [14] 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).
- [15] 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～, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2021 論文集, No. B-3-1, pp. 569–1095 (2021).
- [16] 川嶋比野, 数野千恵子, 澤山茂: 和食において染付の小皿の部分柄数や青粋の有無が食欲に与える影響, 日本家政学会誌, Vol. 68, No. 3, pp. 113–121 (2017).
- [17] 枝窪美波, 南裕子, 原田楓子, 久徳康史, 檀一平太: 料理気分高揚尺度の作成と信頼性・妥当性の検証 —料理のコト消費定量化に向けて—, 日本感性工学会論文誌, Vol. 19, No. 1, pp. 19–27 (2020).
- [18] 山西良典 松下光範福元 颯: 料理レシピ特徴に基づく料理—器関係の獲得, 人工知能学会全国大会 (第 36 回) 論文集, pp. 4J1OS25a02–4J1OS25a02 (2022).
- [19] 伊藤有紀: 一汁三菜における料理の盛り付け, 日本調理科学会誌, Vol. 49, pp. 341–347 (2016).
- [20] 佐藤陽昇, 道満恵介, 平山高嗣, 井手一郎, 川西康友, 出口大輔, 村瀬洋: 畳み込みニューラルネットワークを用いた料理写真の魅力度推定, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 117, No. 252, p. 107–111 (2017).
- [21] 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. 494, pp. 85–90 (2016).
- [22] 福元颯, 高橋知奈, 松下光範, 山西良典: 盛り付け支援を目指した料理—器関係の分析 (2021).

ルールベース手法による
動作分析テキストからの PBPU の自動抽出

櫟力輔

ルールベース手法による動作分析テキストからの PBPU の自動抽出

情 19-0033 櫟 力輔

指導教員 松下 光範

1 はじめに

理学療法プログラムの立案において重要な検査の 1 つに動作分析が挙げられる。理学療法士はこの検査で患者の動作を観察し、動作上の機能不全や力学・生理学的な機能不全の特性を把握するのに併せて、それらの因果関係を推測することで対処が必要な問題点を抽出する。動作分析は視覚的な観察によって実施されるため、理学療法士の主観に依存する部分が多く、その質は理学療法士の技能によって左右される。技能の差を埋めるためには、経験に左右されない論理的な思考に基づいた動作分析の方法論を確立する必要がある。動作分析では、理学療法士は自らの経験に基づいて患者の動作を観察するため、作成された動作分析の文章（以下、動作分析テキストと記す）には、経験に基づく知識が多く含まれる。そのような知識を表出し、関係付けることが客観性の担保やベストプラクティスの共有につながり、経験の浅い理学療法士が動作分析を行う際の一助となることが期待される。しかし、動作分析テキストは自然言語によって記述されているために、言語的・意味的あいまいさが多分に含まれ、計算機による知識の画一的な表出は困難である。

宮本ら [1] は動作分析における知識の最小単位を PBPU (Problem Based Physiotherapy Unit) と定義して動作分析テキストから抽出し（表 1 右欄参照）、得られた PBPU に観察や推測といったカテゴリを付与した上で、それらを因果関係に基づいて紐づけたものをネットワーク表現で可視化した。理学療法士の観察能力や論理構成力を把握する上でその可視化の有効性が示唆されているが、この手法では PBPU を抽出する作業を人手で行う必要があるため、膨大な作業時間を要する。本研究ではこの課題を解決するために PBPU を動作分析テキストから機械的に抽出することを試みる。

2 提案手法

PBPU はタイミング・身体部位・状態・状態-Value の 4 項目で構成される知識単位である。このうち状態は必須であるが、その他は欠落する場合もある。動作分析テキストから PBPU を抽出する際には、表 1 左欄のように主語・述語が複数含まれる重文や並列表現を伴う文を解釈し、ユーザである理学療法士が容易に理解することが可能な形式である単文に変換する。例えば、「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による股関節伸展制限が考えられる」という文では、まず述語となる「による」といった語に着目することで「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張が生じている」「股関節伸展制限が考えられる」に分ける。その後、並列表現を表す接続詞「や」に着目することで「腸腰筋の過緊張が生じている」「大腿四頭筋の過緊張が生じている」を抽出する。ここでは「大腿四頭筋」「腸腰筋」が身体部位の記述にあたり、「過緊張」が状態の記述にあたる。

本研究では、構文解析の結果をもとにルールベースによる処理を以下の手順で行うことで PBPU を取り出す。① 構文解析によって得ることができる表記・依存関係ラベルなどの情報から、副詞節や並列節といった文の句切れとなる箇所を文を分割し、述部を 1 つに特定する。② 分割した箇所を適切な文末表現に修正する。③ 特定された述部に対応する主部の名詞句の並列が存在する場合それを分解する。このとき、並列の識別は構文解析器 GiNZA が出力する依存関係ラベル nmod を手がかりに行う。

表 1 PBPU 抽出の具体例

原文	PBPU
腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による、 並列表現 股関節伸展制限が考えられる。	腸腰筋の過緊張が生じている 大腿四頭筋の過緊張が生じている 股関節伸展制限が考えられる
股関節は伸展位となっており、 主語① 述語① 立脚期を通して、ダブルニーアクションは、 確認できない 述語② 主語②	股関節は伸展位となっている 立脚期を通してダブルニーアクションは確認できない

表 2 抽出一致率

症例	完全一致率	部分一致率
A	45.0%	66.4%
B	52.9%	66.5%
C	43.0%	62.0%
全体	47.3%	65.3%

3 評価・考察

提案手法による自動抽出の精度を評価するために、人手で抽出した PBPU との比較を行った。評価に用いたデータは理学療法士 14 人が 3 つの症例（A：脳卒中片麻痺男性患者，B：脳卒中片麻痺女性患者，C：パーキンソン病女性患者）に対して、それぞれ動作分析を行ったものである。評価は、理学療法士が記述した動作分析の 1 文単位で行った。文から自動抽出した PBPU と人手で作成した PBPU のタイミング・身体部位・状態・状態-Value に該当する単語に相違があるかを基準とし、動作分析テキストから抽出すべき全ての PBPU が抽出された場合は完全一致、1 つでも抽出できていた場合は部分一致とした。その結果、完全一致率の平均は 47.3%，部分一致率の平均は 65.3% であった。

抽出が失敗した例として、「現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感があることが予測でき、トランスファーが自立できず、生活範囲の狭小化も予測できる」という文を挙げる。この文からは「現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感がある」「トランスファーが自立できない」「生活範囲の狭小化が予測できる」という 3 つの PBPU が抽出されるべきである。しかし、「現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感があることが予測でき、トランスファーが自立できない」と本来 2 つの PBPU になるものが 1 つの PBPU として抽出されていた。正しく抽出するには「予測でき」の部分で文を分割する必要があるが、分割ルールを定めていなかったため、正しく抽出が行われなかった。このことから、副詞節・並列節に関わる分割ルールを追加していく必要がある。

また、「麻痺側下肢に着目すると遊脚時に股関節外転，外旋，膝関節伸展位であるいわゆる分回し歩行と言われる歩様である」という文に対しては、「遊脚時に股関節外転位である」「遊脚時に股関節外旋位である」「遊脚時に膝関節伸展位である」といった PBPU を抽出する必要があるが、係り受けが難解であるために適切に抽出できなかった。このような文は計算機による構造の把握が困難であるだけでなく、人が読んでもわかりにくい文であるため、その動作分析を記述した理学療法士にをフィードバックを行い、わかりやすく文章を改善するように促す仕組みが必要だと考える。

4 おわりに

本研究では PBPU を自動抽出するためのルールベース手法を提案した。抽出精度を評価した結果、半数程度の PBPU が自動抽出可能であることを示した。今後は、自動抽出の精度を向上させるため、文章の分割・並列処理ルールの改良や専門辞書の作成を進めるとともに文章のわかりやすさを改善させるためのフィードバック機構の実現を目指す。

参考文献

- [1] 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, 人工知能学会全国大会 (第 36 回) 論文集, 1I1-OS-6-04 (2022).

ルールベース手法による 動作分析テキストからのPBPUの自動抽出

情 19-0033 櫟 力輔

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 動作分析で理学療法士は経験に基づき動作を観察するため、動作分析の文章には経験による知識が含まれる。知識の表出・関係付けが客観性の担保を促し、動作分析を行う際の一助となる、しかし、それらの文章は言語的・意味的曖昧さを含むため、計算機での知識の画一的な表出は困難である。先行研究では動作分析における知識の最小単位（PBPU）を定義し、文章内のPBPUを因果関係によって紐づけることが観察能力や論理構成力の把握に有効だと示唆された。しかし、PBPUの抽出作業は人手で行う必要があり、膨大な作業時間を要するため、本稿ではルールベース手法でのPBPUの機械的な抽出を試みた。その結果、半数程度が自動抽出可能であることを示した。

1 はじめに

1.1 背景

理学療法プログラムの立案において重要な検査の1つに動作分析が挙げられる[18]。理学療法士はこの検査で患者の動作を観察し、動作上の機能不全や力学・生理学的な機能不全の特性を把握するのに併せて、それらの因果関係を推測することで対処が必要な問題点を抽出する。動作分析は視覚的な観察によって実施されるため、理学療法士の主観に依存する部分が多く[18]、その質は理学療法士の技能によって左右される。

養成施設で学ぶことのできる知識のみでなく、臨床経験によって会得される実践的な知識（以下、実践知と記す）を有していなければ、良質な理学療法を提供することは困難であり、経験の浅い理学療法士はその技能の低さ故に適切な評価や判断を行えない可能性がある[17][3]。昨今の高齢化に伴い、理学療法士の人材を確保するために、平成11年にカリキュラム改訂や規制緩和政策が行われ、理学療法士の養成施設が増加した¹。それにより若手の理学療法士が急増し、30歳以下の理学療法士は全体の39.4%（2022年3月時点）を占めている²。このような経験の浅い理学療法士の増加によって、理学療法の質が低下していくことが懸念される。技能の差を埋め、経験年数による理学療法の質の差を解消するためには、実践知を明示化していき、経験に左右されることのない論理的な思考に基づいた動作分析の方法論を確立する必

原文	PBPU
腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による、 並列表現 股関節伸展制限が考えられる。	腸腰筋の過緊張が生じている 大腿四頭筋の過緊張が生じている 股関節伸展制限が考えられる
股関節は伸展位となっており、 主語① 述語① 立脚期を通して、ダブルニーアクションは、 確認できない 述語② 主語②	股関節は伸展位となっている 立脚期を通してダブルニーアクションは確認できない

図 1: PBPU 抽出の具体例（文献 [12] より引用し一部改変）

要がある。

動作分析では、理学療法士は自らの経験に基づいて患者の動作を観察するため、作成された動作分析の文章（以下、動作分析テキストと記す）には、経験に基づく知識が多く含まれる。そのような知識を表出し、それらの知識同士を関係付けることが客観性の担保やベストプラクティスの共有につながり、経験の浅い理学療法士が動作分析を行う際の一助となることが期待される。しかし、動作分析テキストは自然言語によって記述されているために、言語的・意味的あいまいさが多分に含まれ、計算機による知識の画一的な表出は困難である。

1.2 本研究の目的

宮本ら[12]は知識の表出を目指し、動作分析における知識の最小単位を「問題思考を基盤とした理学療法の構成素（Problem Based Physiotherapy Unit：以下PBPUと記す）」と定義して動作分析テキストから抽出した（図1右欄参照）。得られたPBPUに観察・推測・教科書・予後・方針・診断・判断・その他といった8つのカテゴリを付与した上で、それらを因果関係に基づいて紐づけた。

¹<https://www.mhlw.go.jp/content/10801000/000499148.pdf> (2023/1/20 確認)

²<https://www.japanpt.or.jp/activity/data/> (2023/1/20 確認)

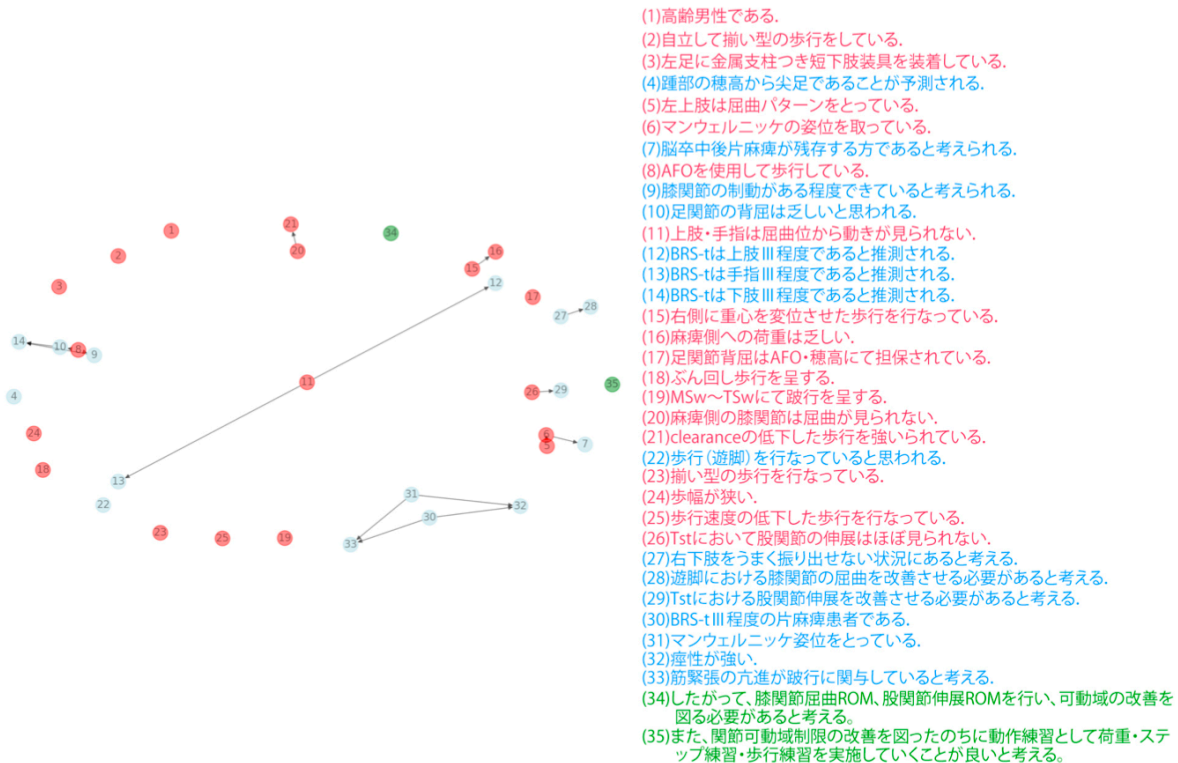


図 2: 動作分析の記述者の実践知が豊富だと判断された例 (文献 [12] より引用)

観察カテゴリを赤、推測カテゴリを青、それ以外のカテゴリを緑として有向グラフを用いたネットワーク表現で図2・図3のように可視化した。このネットワーク図を経験豊富な理学療法士に提示することで定性的な評価を行った。記述者の実践知が豊富だと判断されたものには観察・推測・治療などのPBPUが満遍なく出現し、観察から推測・治療へと因果関係を示すエッジが適切に存在していたが、実践知が乏しいと判断されたものはPBPUのカテゴリに偏りが見られ、それらの因果関係を適切に結びつけられていなかった。これらの結果から、理学療法士の観察能力や論理構成力を把握する上でこの可視化の有効性が示唆されている。

しかしながら、この手法ではPBPUを抽出する作業を手で行う必要があるため、膨大な作業時間を要する。本研究ではこの課題を解決するためにPBPUを動作分析テキストから機械的に抽出することを試みる。

2 関連研究

本章では、実践知の表出事例を紹介するとともに、医療・看護分野のテキストがどのように構造化されているのかを取り上げる。また、PBPUを機械的に抽出する上で、必要となる知見について紹介する。

2.1 実践知の表出に関する研究

実際の業務中に経験することでしか学ぶことのできない知識は、それを獲得した個人による知識の共有に限度

があることから属人性が高く、その共有方法も確立されていない。そのため、このような知識を明らかにし、体系化していくことで、効率的な判断や適切な評価を行うことにつながり、ミスや事故を防ぐことが期待される。

峯岸ら [15] は、介護事故防止の対策として事故の状況や要因を知ることを目として、実際に介護士が記述しているデータの分析を行った。対象としたのは複数の介護施設で起こった事故・ヒヤリハットを記載した事故事例テキスト 5,189 件である。これには、日時・氏名・年齢・介護度などの属性情報と事故の詳細を自由記述形式で記したものが記載されていた。この自由記述に対し、分かち書きを行い単語文書行列を構成した。単語文書行列の単語ベクトルに対して k-means 法によってクラスタリングを行うことで単語をいくつかのクラスタに分けた。単語文書行列の単語を単語クラスタごとにまとめたものを単語クラスタ-文書行列とし、それと元の属性情報を結合したものを多変量データとして作成した。多変量データのうち「事故の種類」「診断」「重要度」の3つの属性を目的変数とし、それ以外を説明変数としてランダムフォレスト法を用いて決定木を抽出し、可視化を行った。それを分析した結果、リハビリや清掃、洗濯といった行動をとる目的の際に、転倒やずり落ちが発生していることや受診を伴う打撲が発生しているという知見が得られた。

池田ら [8] は、認知症後期高齢患者の理学療法における実践知の構造を明らかにすることを目指して、理学療

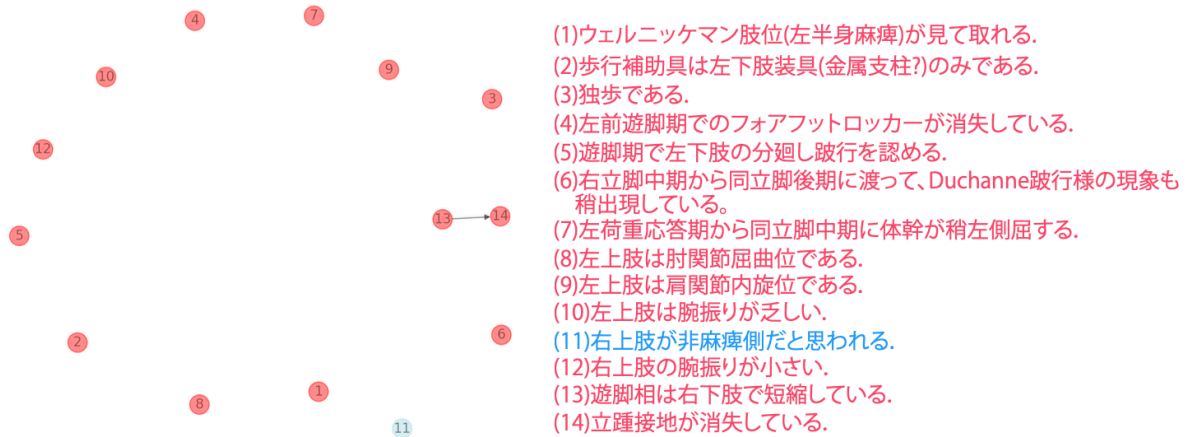


図 3: 動作分析の記述者の実践知が乏しいと判断された例 (文献 [12] より引用)

法実践で一定の評価を受けている 1 人の理学療法士に焦点を当て、構造構成質的研究法を用いた分析を行い、モデルを構築した。分析に用いたデータは、対象者の過去 3 年の経験の中で理学療法実践を行う上で特に意識したことという観点から、印象に残った理学療法の記憶を想起させ、その内容をテキストに書き起こしたものである。このようなメモリーワークによって得られたテキストに対し、質的アプローチの一つである修正版グラウンデッド・セオリー・アプローチで用いられる分析ワークシートを使用して概念を作成した。分析ワークシートは、概念名・定義・具体例・理論的メモで構成されており、1 概念につき 1 ワークシートを作成した。作成した概念を包括するカテゴリを作成し、それらのカテゴリの関係性を図示することで図 4 の実践知モデルを生成した。モデルは「患者力」と「家族力」といった 2 つのカテゴリから構成され、認知症後期高齢患者の社会復帰に向けた問題点を双方のバランスを考慮した視点からの評価が重要であることが示唆された。また、理学療法を行う際にどこに焦点を当てるべきかの理解促進につながる可能性が示唆された。

2.2 医療・看護系テキストマイニング

医療・看護分野では、これまでに多くのテキストマイニングに関する研究が行われてきた。電子カルテなどに入力されるデータは自然言語で記述されることも多く、これらを機械が判読可能とし、利活用するためには、テキストデータの構造化が必要となる。

安藤ら [10] は看護実践の根拠となる要素の 1 つである患者の状態の抽出することを目的とし、看護記録へのアノテーション仕様を提案した。まず、クラウドソーシングを用いて 1,008 件の模擬看護記録を収集した。次に、「めまい」などに代表される身体的主訴や「抗がん剤」といった薬剤名表現などの 11 種の患者状態エンティティを定義し、収集した模擬看護記録に対してアノテーションを行った。その後、日本語 Wikipedia 事前学習済みの BERT モデ

ルである bert-base-japanese-whole-word-masking を用いて患者状態抽出モデルを構築した。Macro-F1 値を評価指標として評価を行ったところ 4 つのエンティティに関しては Macro 平均値を上回り高精度の抽出が可能であることが示された。

荒牧ら [6] は電子カルテに含まれる自然言語文の扱いが困難であるということに着目し、電子カルテの情報を最大限活用することを目的として、病名のアノテーション基準を提案した。症例報告という電子カルテを対象に 45,000 テキストの大規模データを構築し、そのデータに対して陽性タグ・陰性タグ・スキップタグという 3 つのタグを用いてアノテーションを行った。病名に対して陽性タグ・陰性タグを付与することで患者に疾患が実際に生じたのかという事実性をアノテーションしている。

安藤らや荒牧らの研究では単語単位でのアノテーションによるテキストの構造化が行われているが、単語がこのような医療文書などを構造化する上で適切な粒度でない可能性がある。

Ando[1] らは診療テキストの自動要約にむけて医師の要約プロセスを分解することを目的とした。その端緒として、要約における最適な粒度を明らかにすることを目指し、医学的に意味のある最小限の概念を表現することを実現するために clinical segment を定義した。その上で、テキストをそのセグメントに分割することを試みている。clinical segment を分割する流れは図 5 の通りである。clinical segment を分割するときには医療に関連する原子的な事象を 1 つの単位として分割することを目指した。これは、「患者の結膜に黄疸が見られた」「患者は肝炎と診断された」「CT スキャンが行われた」といった記述は、さらに分割すると医学的な意味が失われてしまうためである。これを分割するための 6 つの分割ルールを定義し、ルールに従い 108 件の入院患者記録と退院時サマリーを含む独立したデータセットに対してアノテーションを行った。それらの分割精度をルールベース手法と機械学習手法で比較したところ、後者は分割タスクに

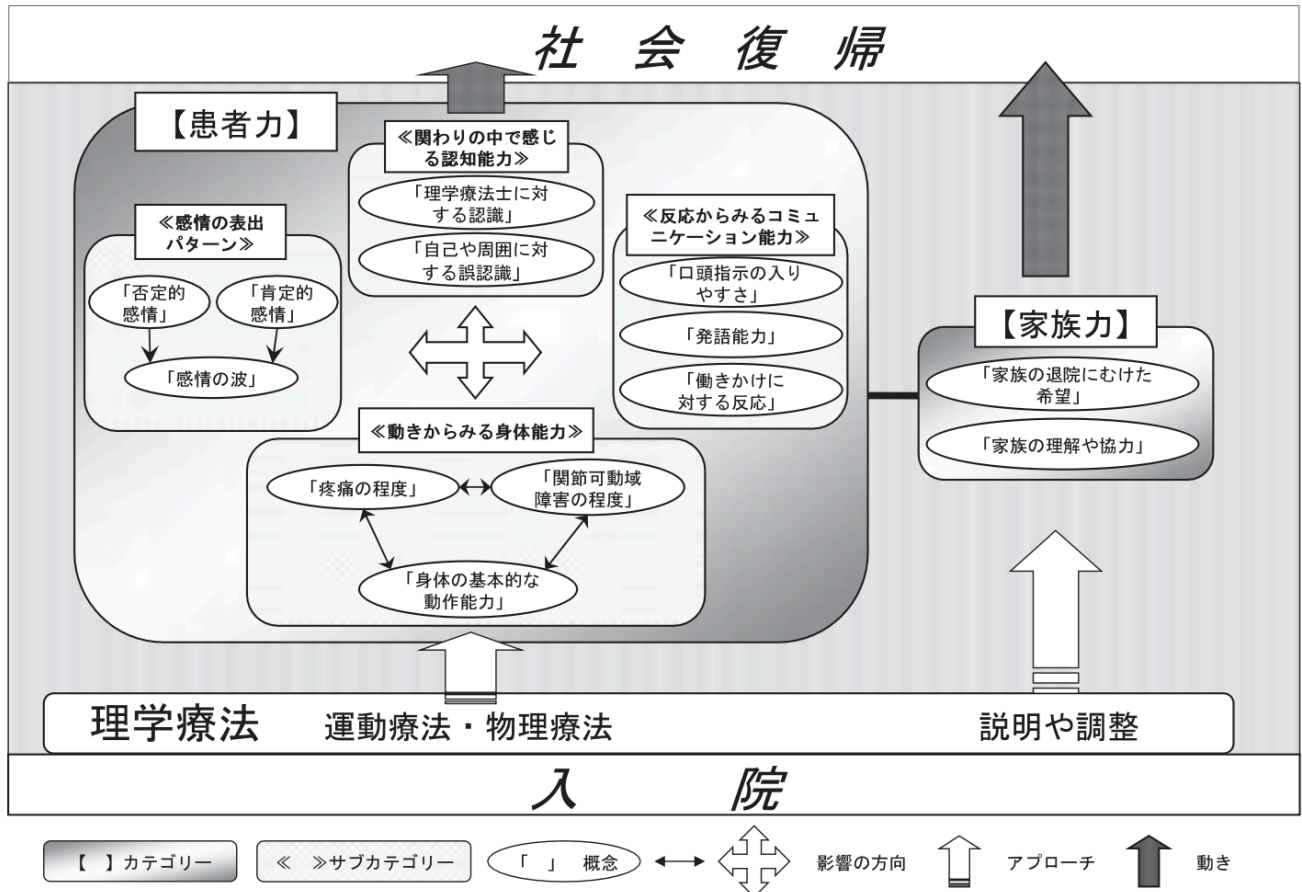


図 4: 認知症後期高齢患者に対する理学療法の実践知に関する構造モデル (文献 [8] より引用)

において F1 スコア 0.846 と前者を上回った。Ando らの研究は医療分野の診療テキストを対象として本研究と同じく、文や単語とは異なる単位を定め、文脈性を考慮した上で構造化を行っている。しかし、理学療法で扱う最小限の概念とは粒度が異なっている可能性があるため、Ando らの手法をそのまま安易に適用することは適切でないと考える。

2.3 文の平易化に関する研究

PBPU を抽出する作業では、1 文に含まれる 1 つ以上の PBPU を単文化処理によって取り出すことが求められる。文を単文という構造にするには、その中に存在する主述関係を特定し、分割しなければならない。日本語で書かれた文章がしばしば難解になることを文の平易化を行うことで解決を試みた研究が存在しており、これらは PBPU 抽出において必要となる単文化と文を簡単な構造にするという点で類似性が高いと考えられる。

大野ら [16] は学生へのアカデミックライティングを指導する上で複雑な文章をわかりやすい文章へ修正することを目的とし、「文を短くし簡単な構造にする」という点に着目した。簡単な文構造を実現するために、機械的に短文への変換を行い、修正案を提案するシステムの構築を試みている。このシステムでは複数の述語からなる

復文に対して修飾節およびその役割を識別し、その結果をもとにルールベースによる短文化を行っている。識別には形態素解析器 MeCab と係り受け解析器 CaBoCha から得られる品詞情報・表記・係り受け関係などを用いている。このシステムを用い、白書コーパスおよび学生データに対して、文を分割した結果 16 文節以上については 51 % の文に対して、短文化への提案が実現されている。

加藤ら [14] は日本語を第一言語としない読み手が文構造や語彙が難解であることが多い建造物などの文化財に対する説明文（以下、文化財説明文と記す）を理解可能にするために平易化システムの設計・実装に取り組んだ。このシステムでは並列節・副詞節・連体節を KNP が付与する素性から検出し、それを基準に文を分割した後、述部を整形する文分割モジュールを実装している。この文分割モジュールを文化財説明文 206 文に適用した。結果、並列節と副詞節の分割においては高い精度を示したが、連体節の分割においては改善の余地を残す結果となった。

2.4 談話構造解析

自然言語処理のタスクの 1 つに談話構造解析というものがある。これはテキスト中の文間の関係を解析し、テキストの構造を明らかにすることを目的としたもので

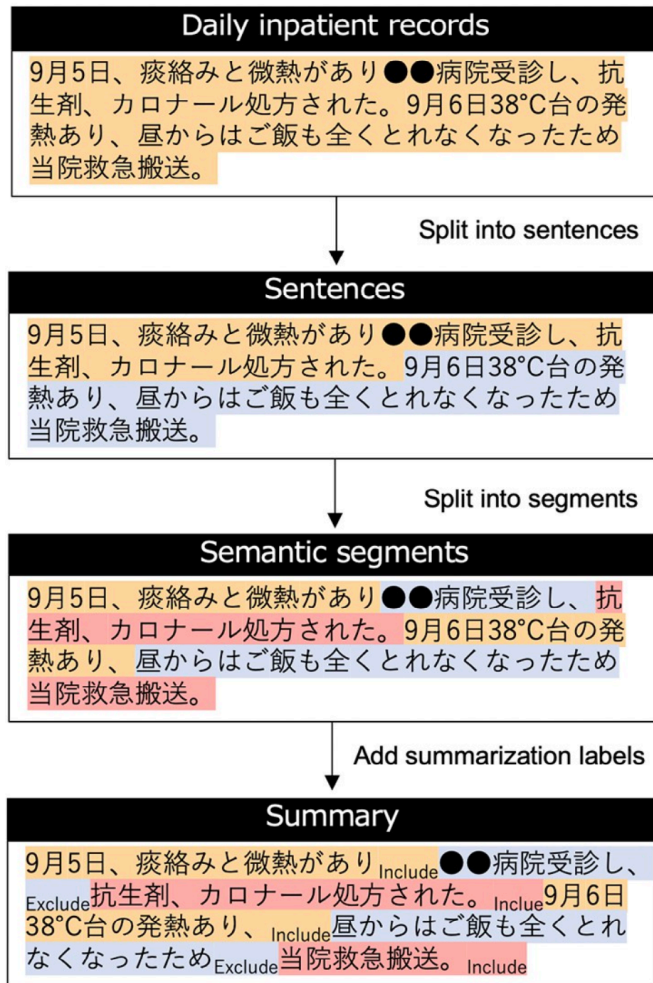


図 5: clinical segment 抽出の流れ (文献 [1] より引用し抜粋)

ある。

宮原ら [13] は談話解析の前処理として文を談話単位という意味のある粒度に自動分割することを目指した。5つの談話単位認定基準を策定し、談話単位の境界に対して日本語書き言葉均衡コーパス (BCCWJ) に人手でアノテーションを行った。その後、談話単位の境界がアノテーションされたコーパスを人手で分析し、自動分割に利用するための特徴を洗い出した。談話分割のモデルとして内容語・機能語・係り受けに関する素性を機械学習に利用し、談話単位の末尾を特定するものを提案している。アノテーションされたコーパスを SVM で学習し、5分割交差検定による評価を行ったところ F 値は 0.812 となり既存手法を上回った。

岸本ら [19] は談話構造を解析するにあたって談話関係を付与する単位を談話単位と定義し、述語項構造を中心とした連続する句の列を節として節を基準に文を分割している。また、談話単位をアノテーションする際の膨大な時間とコスト削減のために節の区切り目となる基本句を認定するルールを整備し、それに基づいて節を自動認

識した。

本研究においても文を意味的に分割するといった手法は有効であると考えられる。しかし、理学療法士のテキストには並列表現を含む文が散見される。構造化するには主述関係が一つになっている単文の方が望ましいと考えられるため、単純に分割するだけでなく並列表現を除去することが必要である。

3 提案手法

本章では、本研究の抽出対象となる PBPU の概念を説明するとともに、どのような手法・手順でそれを取り出すのかといった方針について述べる。

3.1 PBPU

理学療法士は医師からの処方を受けて患者への診療を開始する。まず、医師などから事前に得られた情報とともに、患者に対して必要な検査や測定を行う。その後、検査結果などの情報を統合し、それを総合的に解釈することで患者に生じている問題点を推測し、その問題点に対して治療・介入する。ここで、理学療法士は検査で得られる数値情報・観察情報の中に内在する問題点について思考している。先行研究ではそのような思考を基に実行される理学療法を「問題思考を基盤とした理学療法 (Problem Based Physiotherapy: 以下 PBP と記す)」と定義した。また、動作分析は PBP によって作成されるため、そこから表出する知識の最小単位のことを「問題思考を基盤とした理学療法の構成素 (Problem Based Physiotherapy Unit: 以下 PBPU と記す)」と定義した。

PBPU は以下の 4 項目で構成される知識単位である。

- タイミング：歩行周期の表現や空間的な状況を表すもの
(例) 立脚中期、立ち上がり第 1 相
- 身体部位：特定の身体部位の表現
(例) 腸腰筋、右上肢、左肘関節
- 状態：状態表現のうち属性を表すもの
(例) 背屈制限、ウェルニッケマン肢位
- 状態-Value：状態表現のうち値を表すもの
(例) レベル 3

このうち状態は必須であるが、その他は欠落する場合もある。

動作分析テキストから人手で PBPU を抽出する際には、文中に含まれる上記の 4 項目を単純に取り出すだけでなく、図 1 左欄のように主語・述語が複数含まれる重文や並列表現を伴う文を解釈し、ユーザである理学療法士が容易に理解することが可能な形式である単文に変換する。例えば、「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による股関節伸展制限が考えられる」という文では、まず述語となる「による」といった語に着目することで「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張が生じている」「股関節伸展制限が

考えられる」に分ける。その後、並列表現を表す接続詞「や」に着目することで「腸腰筋の過緊張が生じている」「大腿四頭筋の過緊張が生じている」を抽出する。ここでは「大腿四頭筋」「腸腰筋」が身体部位の記述にあたり、「過緊張」が状態の記述にあたる。

PBPU は抽出された後、その PBPU に記述されている内容の性質から以下の 8 つのカテゴリに分類される。

- 観察：観察した事象についての記述
- 推測：推測した事象についての記述
- 教科書：疾患に関する基礎知識についての記述
- 予後：病態がどのように変化するかという見通しについての記述
- 方針：治療する際の方針についての記述
- 診断：病態の判断についての記述
- 治療方法の判断についての記述
- その他：上記のカテゴリに該当しない記述

先行研究で観察・推測といったカテゴリが全 PBPU のおよそ 8 割を占めていることが明らかとなっており [12]、これらのカテゴリの自動抽出を可能とすることが作業時間の短縮に大きく寄与すると考える。そのため、本研究での自動抽出の対象は観察・推測カテゴリの PBPU に絞ることとする。

3.2 手法

重文や並列表現を含む動作分析テキストから PBPU のような知識単位を抽出する手段として、機械学習を用いる抽出手法とルールベースを用いる抽出手法の 2 つが存在する。

機械学習手法のひとつである教師あり学習は学習データとしてあらかじめ入力データに対する正解データを用意し、それを機械に学習させることで未知の入力データに対して抽出を可能にする手法である。近年、BERT[2]などを筆頭にして機械学習手法は多くの自然言語処理タスクで成果を上げている。しかし、この手法はその性質上、大規模なデータを学習データとして使用することができれば十分な精度を得ることが困難である。

ルールベース手法は文から分割点などを人手で特定し、構文解析などによって得られた結果に基づいて抽出手順を定め、その手順に従って機械的に抽出するものである。利点としては、データ規模が大きくなるとも実装が可能であることが挙げられる。その一方で、ルールが煩雑になってしまう恐れもある。

本研究で扱うデータセットは動作分析データが 43 件、含まれる PBPU は 932 であり、機械学習手法に適用するには小規模なものである。このような小規模データを学習データとして利用するため、Wei ら [4] はテキスト内で用いられている単語を同義語に置き換えることで新たなテキストを生成する手法やテキスト内から隣り合った 2 単語を任意に選び出し、その単語間に無作為に選ば

足関節や膝関節の動きが正常から逸脱しているがために、
足部のクリアランスが低下している



副詞節・並列節による分割

- ・足関節や膝関節の動きが正常から逸脱しているがために、
- ・足部のクリアランスが低下している



文末表現の修正

- ・足関節や膝関節の動きが正常から逸脱している
- ・足部のクリアランスが低下している



名詞句の並列表現の分解

- ・足関節の動きが正常から逸脱している
- ・膝関節の動きが正常から逸脱している
- ・足部のクリアランスが低下している

図 6: PBPU 抽出の流れ

れた単語を挿入することで新たなテキストを生成する手法といった水増し手法を提案している。しかし、水増し手法を適用すると実際の理学療法士が作成したデータでないものがデータセットに混入してしまい、データセット自体の信頼性が損なわれてしまう恐れがある。本研究が扱うドメインの理学療法は医療分野のひとつであり、医療分野ではエビデンスに基づいた治療や説明が求められるため、データセットの信頼性を損なうことは避けるべきである。そのため、本研究では機械学習による手法は困難であると考え、ルールベース手法を採用する。

3.3 方針

PBPU を自動抽出するにあたって、PBPU は、多くの場合で動作分析テキストの 1 文から抽出されるという性質があるため、まず動作分析テキストを文単位に分割する。次に、1 文から PBPU を抽出するための単文化を行うために、主部とそれに対応する述部を特定する必要がある。本研究が想定する流れを図 6 に示し、具体例とともに述べる。本研究では、ルールベース手法を採用することから、述部の特定に 2 章で取り上げた大野ら [16] や加藤ら [14] が行っている文を簡易化する手法が有効であると考えた。そこで、本研究においても副詞節・並列節といった文の区切れとなる箇所に着目し、構文解析によって得ることができる表記・依存関係などの情報から分割ルールを制定しそれに基づいて分割を行う。図 6 の「足関節や膝関節の動きが正常から逸脱しているがために、足部のクリアランスが低下している」という文では、「がために」という部分が副詞節・並列節の部分にあたるため、この箇所での分割される。このとき、単に文を分割するのみでは、理学療法士が作成された PBPU を読む際に分かりにくい文になることが懸念されるため、分割

表 1: 動作分析データ

症例	平均文字数	標準偏差
A	562.4	207.8
B	620.6	272.7
C	546.1	248.4
全体	577.3	243.5

箇所に基づくルールを定めることで文末表現を適切なものに修正する。前述の例の場合、「がために」という部分を取り除き「～している」という終止形に変換する。ここまでの処理を行うことで、述部の特定が可能となる。しかし、これだけでは名詞句の並列表現に対して対処ができず、主部を特定できないといった問題がある。これに対しては、構文解析器が出力する名詞句の並列表現を示す依存関係を手がかりとするルールを制定することで対処する。前述の例の場合、「足関節」と「膝関節」という単語が名詞句の並列表現にあたるため、これを分解する。このようにして「足関節の動きが正常から逸脱している」「膝関節の動きが正常から逸脱している」「足部のクリアランスが低下している」といった3つのPBPUが抽出される。以上の流れでPBPUを自動で抽出する。

4 データセット

本研究では、入力データとして理学療法士が記述した動作分析テキストデータを使用し、自動抽出されたPBPUを評価するデータとして動作分析データを人手でPBPU形式に構造化したものをを用いる。本章ではそれぞれのデータに関して述べる。

4.1 動作分析テキストデータ

先行研究では、理学療法士に3症例（症例A：脳卒中片麻痺男性患者、症例B：脳卒中片麻痺女性患者、症例C：パーキンソン病女性患者）の歩行・立ち上がり動画のうち1つの動画を提示し、動作分析を行ってもらい、動作分析テキストデータを計42件（症例A：15件、症例B：14件、症例C：13件）を取得した。

データの取得は大学の講義室で行った。講義室前方のスクリーンに動画を投影し、対象者にその動画を視聴してもらい、各自の携帯端末を用いて動作分析を30分間で記述するように指示した。動作分析を記述する30分間、スクリーンには動画が繰り返し再生されており、対象者が何度でも視聴可能な状態であった。

対象者の年齢幅は20代前半から40代前半であり、臨床経験年数の幅は2年から20年以上であった。取得した動作分析テキスト1件あたりの平均文字数と全体の標準偏差を症例ごとに表1に示す。42件全体の平均文字数は577.3文字、標準偏差は243.5文字であった。

表 2: 構造化データ

症例	PBPU 数
A	304
B	328
C	300
全体	932

4.2 構造化データ

自動抽出の精度評価を行うために、基準となるPBPUを人手で作成した。以下に作成手順を示す。まず、4.1節で得られたデータを文単位に分割した。次に、それらがPBPUとなるように単文化を行い、その上で観察・推測・教科書・予後・方針・診断・判断・その他といった8つのカテゴリを付与した。その後、PBPUのタイミング・身体部位・状態・状態-Valueの4項目に該当する各語句にアノテーションを行った。最後に、3章で述べたように、自動抽出の対象を観察・推測カテゴリに絞ることから、観察・推測カテゴリが付与されたPBPUを列挙し、それらを構造化データとした。構造化データ作成後、経験豊富な理学療法士の精査を通じて、妥当性の担保を行った。構造化データのPBPU数を症例ごとに表4.2に示す。全体で932の観察・推測カテゴリのPBPUが作成された。

5 実装

本章では、提案手法を実装するために用いたツールとその選定理由を述べるとともに、行った処理について述べる。

5.1 使用ツール

構文解析器には日本語自然言語処理ライブラリであるGiNZA (ver. 5.1.2)³を用いた。GiNZAはUniversal Dependenciesという言語間で共通のアノテーション方式を用いて多言語の構文構造コーパス（ツリーバンク）を開発する国際プロジェクトのコーパスを採用している。これによって多言語のアプリケーションなどを作成する際に処理を共通化できるといった利点がある。さらに、本研究でGiNZAを採用した理由として構文解析の性能が高いことが挙げられる。松田 [7] は Universal Dependencies 解析系である spaCy, GiNZA, Stanza の性能評価を行い、spaCy, GiNZA が精度・速度の多くの指標で Stanza を上回っていることが示された。さらに、GiNZA では名詞句の並列である語に対して依存関係ラベルが付与されるので、これを用いて並列表現の除去が可能であると考えた。

³<https://megagonlabs.github.io/ginza/> (2022/1/29 確認)

表 3: 分割・文末表現修正ルール

表記 (依存関係ラベル)	修正後
こと (obl) から (case)	
ため (obl)	
為 (obl)	
に (case) 対し (fixed)	
が (mark)	
で (cop) あり (fixed)	である
て (mark) おり (fixed)	ている
さ (aux) せ (aux) ず (aux)	させない
せ (aux) ず (aux)	しない
おら (fixed) ず (aux)	いない
ず (aux)	ない
ない (aux)	ない
られ (aux)	られる
さ (aux) れ (aux)	される
わ (advcl) れ (aux)	われる
さ (aux) せ (aux)	させる
なり (advcl)	なる

また、動作分析テキストには専門用語が頻出するため、構文解析の精度が低下されることが懸念される。そのため、ユーザ辞書として、相良ら [5] が医療記録文の分かち書きを支援する目的で公開している ComeJisyo と先行研究で作成された理学療法辞書を用いた。ComeJisyo は MeCab 形式であり、そのままでは GiNZA で使用することができないため、GiNZA で使用されているパーサーである Sudachi⁴形式に書き換えた。

5.2 副詞節・並列節での分割

PBPU を作成するにあたって、最初に副詞節や並列節といった文の区切れとなる箇所 で文を分割し、述部を特定した。ルールベースを用いて機械的に分割するには、人手で PBPU を作成する際に実際の文章がどの箇所 で分割されているのかを探し出し、ルールを制定する必要がある。加えて、単に分割するだけでなく理学療法士が PBPU を見た時に理解しやすいよう、文末表現を適切に整えることが求められる。そのため、動作分析テキストを PBPU にどのように分割しているのかを人手で調べ、大野ら [16] や加藤ら [14] が定めているルールを参考にしつつ、分割ルールを表 3 のように定めた。

分割箇所の欄には GiNZA による構文解析で文が形態素ごとに分けられたときに得られる表記とその形態素に付与される依存関係ラベルの情報を示した。表記以外に依存関係ラベルを使用する理由としては、単純な文字列一致では分割箇所でない場所に同じ文字列が存在する場

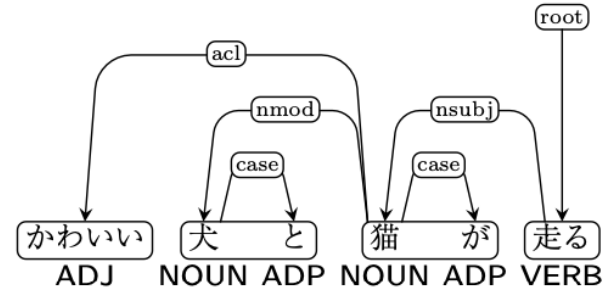


図 7: 名詞句並列の依存関係ラベル (文献 [11] から図引用)

合に誤って分割されてしまうからである。それを回避するため、依存関係ラベルの情報を分割ルールに含めることで対処した。また、理由などを示す副詞節である「から」という表記で分割を行わず、「ことから」で分割をする。これには、「振り出しから立脚初期までの間、足関節背屈運動は見られない。」のような文の分割箇所ではない「から」という文字列に同じ解析情報が付与されていたため誤って分割されないようにするためである。修正後の欄には分割した箇所をどのように修正するのかを示した。空欄であるものは分割箇所前の文字が終止形となっている文が多かったため、修正を行わず、そのまま切り捨てることとした。

表 3 に示したルールに基づき分割を行う手順を示す。まず、動作分析テキストを「。」や「。」といった句点によって文単位に分割する。その後、得られた文を GiNZA に搭載されている文節 API⁵を用いて文節単位の情報を得る。最後に、文節を文頭から順に辿っていき、表 3 に示した表記・依存関係ラベルが一致する文字列があった際に分割し、文末表現の修正を行う。このとき、一致する文字列が同じ文節中に複数個存在する場合は、3 の上から順にルールを適用していき、適用された時点で処理を終了する。一致する文字列が存在しなかった場合は、分割を行わず、そのままの文を維持することとする。

5.3 並列表現の分解

副詞節・並列節での分割を行った後、名詞句に含まれる並列で記述された表現をそれぞれ分解した。並列表現を分解するためには、どこの語句が並列となっているかを見つけ出す必要がある。GiNZA では浅原ら [11] が作成したコーパスに基づいて名詞句の並列表現に図 7 のように nmod という依存関係ラベルが付与されることになっている。図 7 の例では、「犬」と「猫」が名詞句の並列表現にあたり、それぞれを結ぶようにして nmod ラベルが付与されている。これが付与されたものを目印とすることで名詞句の並列表現を分解する。

まず、並列表現の開始位置を特定する。文頭から nmod

⁴<https://github.com/WorksApplications/Sudachi> (2022/1/29 確認)

⁵https://megagonlabs.github.io/ginza/bunsetsu_api.html (2023/1/29 確認)

表 4: 抽出一致率

症例	完全一致率	部分一致率
A	45.0%	66.4%
B	52.9%	66.5%
C	43.0%	62.0%
全体	47.3%	65.3%

ラベルが付与されている形態素（以降、nmod 形態素と記す）を探索し、1つ目の nmod 形態素から文頭へ向かって、複合語を示す compound ラベルが付与されていない形態素を探索し、その形態素を開始位置とする。図 7 では「かわいい」がこれにあたる。次に、並列となっている要素位置を特定する。文頭から nmod 形態素を順に探索していき、それぞれの要素番号を配列に格納する。この際、「といった」「という」「の」といった文字列が nmod 形態素の間に含まれる場合、分解すると PBPU としての意味が失われてしまうものがあった。例えば、「左側臀筋群の筋力低下」には「臀筋群」と「低下」が名詞句の並列表現のため nmod ラベルが付与されるが、分解すると PBPU としての意味が失われてしまう。そのため、「といった」「という」「の」といった文字列が含まれる場合は分解をせず、そのままの形とした。次に並列表現の終了位置を特定する。文頭から nmod 形態素の依存関連先の形態素が nmod 形態素でない形態素まで探索し、その次の形態素を並列表現の終了位置とする。図 7 では「が」がこれにあたる。分解の手順は文頭から並列表現の開始位置までの文字列に並列となっている前の要素番号から次の要素番号までの形態素を接続する。そして、終了位置から文末までの文字列をこれに接続することで並列表現を分解し、複数の文を作成する。このようにして得られた文を自動抽出された PBPU とする。

6 評価

提案手法による自動抽出の精度を評価するために、人手で抽出した PBPU との比較を行った。評価は、理学療法士が記述した動作分析の 1 文単位で行った。評価の基準は文から自動抽出した PBPU と人手で作成した PBPU のタイミング・身体部位・状態・状態-Value に該当する単語に相違があるかとした。動作分析テキストの 1 文から抽出すべき全ての PBPU が抽出された場合は完全一致、1 つでも抽出できていた場合は部分一致とした。結果を表 4 に示す。完全一致率の平均は 47.3%、部分一致率の平均は 65.3%であった。最も抽出精度が高かったのは、症例 B であり、一方で最も低かったのは症例 C であった。

7 考察

本章では、自動抽出が成功した場合に抽出された PBPU を表 5 に、失敗した場合に抽出された PBPU を

表 6 に示し、それぞれに対する考察を提案手法で示した副詞節・並列節での分割、並列表現の分解の観点及び動作分析テキストそのものの観点から述べる。

7.1 副詞節・並列節での分割に関する考察

副詞節・並列節での分割によって抽出が成功した例として、「遊脚期後期から踵接地時に足関節背屈不足であり、踵接地時には足底から接地しているため、足関節背屈制限が考えられる」という文が挙げられる。この文からは、「遊脚期後期から踵接地時に足関節背屈不足である」「踵接地時には足底から接地している」「足関節背屈制限が考えられる」という 3 つの PBPU が抽出されるべきであり、提案手法によってこれらを正しく抽出できることが確認できた。副詞節や並列節での分割が正しく行われたことで、これらの PBPU が抽出可能であったと考えられる。

一方で、副詞節・並列節での分割によって抽出が失敗したものもいくつか見受けられた。例として、「現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感があることが予測でき、トランスファーが自立できず、生活範囲の狭小化も予測できる」という文が挙げられる。この文からは「現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感がある」「トランスファーが自立できない」「生活範囲の狭小化が予測できる」という 3 つの PBPU が抽出されるべきである。しかし、「現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感があることが予測でき、トランスファーが自立できない」と本来 2 つの PBPU になるものが 1 つの PBPU として抽出されていた。正しく抽出するには「予測でき」の部分で文を分割する必要があるが、これに対する分割ルールを定めていなかったため、正しく抽出が行われなかった。

最も抽出精度の高かった症例 B においては、副詞節・並列節の分割のみで抽出可能な PBPU が他の 2 症例と比べて多かったことから、副詞節・並列節での分割はある程度効果的に機能したと考えられる。

7.2 並列表現の分解に関する考察

並列表現の分解によって抽出が成功した例として、「矢状面においては左立脚中期から後期にかけて体幹前傾と膝の過伸展が見られる」という文が挙げられる。この文からは、「矢状面においては左立脚中期から後期にかけて体幹前傾が見られる」「矢状面においては左立脚中期から後期にかけて膝の過伸展が見られる」という 2 つの PBPU が抽出されるべきであり、提案手法によってこれらを正しく抽出できることが確認できた。

一方で、並列表現の分解が適切に行われなかったものも存在した。「立位姿勢は体幹前屈位、腰椎後弯位、肘関節屈曲位、骨盤後傾位、股関節屈曲位、膝関節屈曲位、足関節底屈位である」といった文からは「立位姿勢は体

表 5: 抽出が成功した例

例文 (自動抽出された PBPU)
・遊脚期後期から踵接地時に足関節背屈不足であり、踵接地時には足底から接地しているため、足関節背屈制限が考えられる (遊脚期後期から踵接地時に足関節背屈不足である) (踵接地時には足底から接地している) (足関節背屈制限が考えられる) ・矢状面においては左立脚中期から後期にかけて体幹前傾と膝の過伸展が見られる (矢状面においては左立脚中期から後期にかけて体幹前傾が見られる) (矢状面においては左立脚中期から後期にかけて膝の過伸展が見られる)

表 6: 抽出が失敗した例

例文 (自動抽出された PBPU)
・現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感があることが予測でき、トランスファーが自立できず、生活範囲の狭小化も予測できる (現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感があることが予測でき、トランスファーが自立できない) (生活範囲の狭小化も予測できる) ・立位姿勢は体幹前屈位、腰椎後弯位、肘関節屈曲位、骨盤後傾位、股関節屈曲位、膝関節屈曲位、足関節底屈位である (立位姿勢は体幹前屈位である) (立位姿勢は腰椎後弯である) (立位姿勢は肘関節屈曲位骨盤後傾である) など ・麻痺側下肢に着目すると遊脚時に股関節外転、外旋、膝関節伸展位であるいわゆる分回し歩行と言われる歩様である (麻痺側下肢に着目すると遊脚時に股関節外転、外旋、膝関節伸展位であるいわゆる分回し歩行と言われる歩様である) ・座位姿勢は胸椎・頸椎が屈曲位となっている (座位姿勢は胸椎・頸椎が屈曲位となっている) ・1 については、歩行時の左上肢から左の片麻痺であると考え、原因の一つとして挙がってくる (1 については、歩行時の左上肢から左の片麻痺であると考え、原因の一つとして挙がってくる)

幹前屈位である」「立位姿勢は腰椎後弯位である」というようにどのような状態であるかを分解し、それぞれの PBPU を作る必要があるが、提案手法である nmod のみを手がかりとした手法では「立位姿勢は腰椎後弯である」のような PBPU が抽出されてしまい適切に抽出できなかった。これは「腰椎後弯位」という単語が「腰椎後弯」という名詞とそれに付随する「位」という接尾辞で成り立っており、提案手法ではこれを考慮していなかったため、抽出が失敗してしまった。

また、「麻痺側下肢に着目すると遊脚時に股関節外転、外旋、膝関節伸展位であるいわゆる分回し歩行と言われる歩様である」という文に対しては、「遊脚時に股関節外転位である」「遊脚時に股関節外旋位である」「遊脚時に膝関節伸展位である」といった PBPU が抽出されるべきである。しかし、この文は複雑な入れ子構造で並列表現の部分が記述されており、これらの係り受けが難解であるために適切に抽出できなかったと考えられる。

構文解析の結果が正しく返されなかったことにより抽出が失敗したものも存在した。例えば「座位姿勢は胸椎・頸椎が屈曲位となっている」という文に対しては、「座位姿勢は胸椎が屈曲位となっている」「座位姿勢は頸椎が屈曲位となっている」といった PBPU が抽出されるべきである。しかし、この文で使用された名詞句の並列表

現を表す記号である「・」によって構文解析器が「・」を正しく解析することができず、適切な構文解析結果を返すことができなかったことにより名詞句の並列表現を正しく分解できなかったと考えられる。

抽出精度の低かった症例 A、C では症例 B に比べて並列表現を含んだ文が多く存在していたことから、並列表現の分解が適切に働いていないことが多いと推測され、アルゴリズムの改善が必要だと考えられる。

7.3 動作分析テキストに関する考察

その他の要因によって抽出が失敗したものも存在した。例えば、「1 については、歩行時の左上肢から左の片麻痺であると考え、原因の一つとして挙がってくる」という文からは、「左 MSt のロッキングは歩行時の左上肢から左の片麻痺である」という PBPU が抽出されるべきである。これは、例に挙げた文が動作分析テキスト冒頭の「異常動作として、1-左 MSt のロッキング、2-左 MSt トレンデレンブルグ跛行、3-左 MSt～PSw で体幹の前傾、4-左 PSw の消失が問題である」という文を前提として記述されたためである。そのため、冒頭の記述に基づいて「左 MSt のロッキングは歩行時の左上肢から左の片麻痺である」という PBPU を抽出しなければならないが、自動抽出によって文がそのまま抽出してしまった。提

案手法では1文を分割し、PBPUを抽出しているため、複数の文を考慮しなければならない抽出は困難であった。

8 課題

7.1節では、分割ルールが制定されていなかったことにより副詞節・並列節での分割が適切に行われず、正しくPBPUを抽出できなかった例を挙げた。この問題を解決するには、抽出が失敗した例をそれぞれ精査していき、それに対応する分割ルールを随時追加していく必要がある。

7.2節では、接尾辞などの名詞に付随する形態素を考慮していなかったことによる抽出失敗例を取り上げた。これに対しては、nmod形態素同士の係り受けだけでなく、その周辺の係り受け関係を含めた抽出アルゴリズムを実装する。例えば、nmod形態素に係り受け関係を付与されている同じ文節内の全ての形態素を1つの表現として扱うなどの処理を加えることでこれを解決できると考えられる。

また、複雑な入れ子構造で並列表現が記述されていたことによりPBPUを正しく抽出できなかった例を挙げた。このような複雑な入れ子構造を用いて記述された文は計算機による構造の把握が困難であるだけでなく、人間が読んだ際にも分かりにくい文となっていることが予想される。そのため、その動作分析を記述した理学療法士にフィードバックを行い、わかりやすく文章を改善するように促す仕組みが必要だと考える。

さらに、並列を表す語として「・」が記述されたことにより抽出が失敗した例を挙げた。この問題に対しては、データ入力段階でユーザに制限を設けることでこれらの記述を前もって防ぐことや、特定の文字列を変換することで対処が可能だと考えられるため、そのようなインタフェースやアルゴリズムの作成・実装を進める必要がある。

7.3節では、抽出対象の文より先行している文から主語となる表現を補うことができず、複数の文を考慮して抽出しなければならないPBPUの抽出が失敗した例を取り上げた。このような問題に対して、照応解析といった技術が有効であると考えられる。照応解析とは、代名詞や指示詞といった照応詞の指示内容を推定することやゼロ代名詞と呼ばれる省略された名詞句を補完する技術を指す。例として、大和[9]らは、「これ」「それ」「あれ」「どれ」といった指示詞がどの先行詞を指しているのかの推定をBERTを用いて行っている。本研究においてもこのような技術を活用することで、複数の文を考慮したPBPUの抽出が可能となると考えられる。

9 おわりに

本研究では動作分析における知識の最小単位であるPBPUを自動抽出するためのルールベース手法を提案し

た。抽出精度を評価した結果、半数程度のPBPUが自動抽出可能であることを示した。

今後は、自動抽出の精度を向上させるため、文章の分割・並列処理ルールの改良や専門辞書の作成を進めるとともに文章のわかりやすさを改善させるためのフィードバック機構の実現を目指す。

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松下光範教授に厚く感謝を申し上げます。また、頻繁な議論を通して、本研究の方向性や理学療法知識をご教授いただきましたびわこリハビリテーション専門職大学客員教授堀寛史様と様々なご指導ご鞭撻を賜りました高岡良行様に心より感謝を申し上げます。研究を進めるにあたり、関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻松下研究室所属の先輩方皆様には研究指導、論文添削等、多くのお力添えをいただきました。深く感謝の意を表します。また、研究や議論を通して互いに切磋琢磨していただいた同期である松下研究室13期生の皆様に深く感謝いたします。最後に、常に支えて下さった家族に感謝の意を表すとともに謝辞と致します。

参考文献

- [1] Ando, K., Okumura, T., Komachi, M., Horiguchi, H. and Matsumoto, Y.: Exploring optimal granularity for extractive summarization of unstructured health records: Analysis of the largest multi-institutional archive of health records in Japan, *PLOS Digital Health*, Vol. 1, No. 9, pp. 1–19 (2022).
- [2] Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K. and Toutanova, K.: Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding, *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)* (2018).
- [3] Wainwright, S. F., Shepard, K. F., Harman, L. B. and Stephens, J.: Novice and experienced physical therapist clinicians: a comparison of how reflection is used to inform the clinical decision-making process, *Physical Therapy*, Vol. 90, No. 1, pp. 75–88 (2010).
- [4] Wei, J. and Zou, K.: EDA: Easy Data Augmentation Techniques for Boosting Performance on Text Classification Tasks, *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Confer-*

- ence on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP), pp. 6382–6388 (2019).
- [5] 相良かおる, 山崎誠, 麻子軒, 東条佳奈, 小野正子, 内山清子: 実践医療用語の語構成要素 – 意味を基準とした分割, *じんもんこん 2019 論文集*, pp. 57–64 (2019).
- [6] 荒牧英治, 若宮翔子, 矢野憲, 永井宥之, 岡久太郎, 伊藤薫: 病名アノテーションが付与された医療テキスト・コーパスの構築, *自然言語処理*, Vol. 25, No. 1, pp. 119–152 (2018).
- [7] 松田寛: GiNZA - Universal Dependencies による実用的日本語解析, *自然言語処理*, Vol. 27, No. 3, pp. 695–701 (2020).
- [8] 池田耕二, 玉木彰, 山本秀美, 中田加奈子, 西條剛央: 認知症後期高齢者に対する理学療法実践知の構造化—構造構成的質的研究法をメタ研究法としたメモリーワークと M-GTA のトライアンギュレーションによる事例研究, *心身健康科学*, Vol. 5, No. 2, pp. 102–108 (2009).
- [9] 大和秀徳, 岡田真, 森直樹: BERT を用いた指示詞の照応関係の推定手法の検討, *情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集*, pp. G–23 (2021).
- [10] 安藤晶, 宇野裕, 矢田竣太郎, 若宮翔子, 荒牧英治: 患者状態表現抽出のための看護記録アノテーション, *人工知能学会全国大会 (第 36 回) 論文集*, pp. 1J4–OS–13a–01 (2022).
- [11] 浅原正幸, 金山博, 宮尾祐介, 田中貴秋, 大村舞, 村脇有吾, 松本裕治: Universal Dependencies 日本語コーパス, *自然言語処理*, Vol. 26, No. 1, pp. 3–36 (2019).
- [12] 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, *人工知能学会全国大会 (第 36 回) 論文集*, pp. 1I1–OS–6–04 (2022).
- [13] 宮原聡, 飯田龍, 徳永健伸: 日本語書き言葉を対象とした談話単位分割基準の提案と自動分割の評価, *情報処理学会研究報告* (2013).
- [14] 加藤汰一, 宮田玲, 立見みどり, 佐藤理史: 文化財説明文を対象とした平易化支援システムの設計と実装, *人工知能学会全国大会 (第 34 回) 論文集*, pp. 4Rin1–49 (2020).
- [15] 峯崎智裕, 松木萌, 井上創造: 介護サービス向上に向けた介護事故事例テキストの分析, *情報処理学会論文誌*, Vol. 58, No. 10, pp. 1701–1711 (2017).
- [16] 大野博之, 稲積宏誠: 修飾節に着目した長文における短文化への試み, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2020-CE-154, No. 12 (2020).
- [17] 堀寛史: 科学的根拠と技能: 理学療法哲学試論, *臨床哲学*, Vol. 19, pp. 45–63 (2018).
- [18] 木村貞治: 理学療法における動作分析の現状と今後の課題, *理学療法学*, Vol. 33, No. 7, pp. 396–403 (2006).
- [19] 岸本裕大, 村脇有吾, 河原大輔, 黒橋禎夫: 日本語談話関係解析: タスク設計・談話標識の自動認識・コーパスアノテーション, *自然言語処理*, Vol. 27, No. 4, pp. 889–931 (2020).

跳躍高の左右差に着目した
スポーツ損傷潜在リスクの推定

岩本駿平

跳躍高の左右差に着目したスポーツ損傷潜在リスクの推定

情 19-0059 岩本 駿平

指導教員 松下 光範

1 はじめに

2020 年から断続的に起こったスポーツイベントの中止・延期や、長期間の休校措置にともなう体育授業・部活動への参加の制限による運動機会の減少が人々の筋力低下を招いており、スポーツ障害の増加が懸念されている。スポーツ障害を予防するためには、理学療法士（Physical Therapist: 以下、PT と記す）などの専門家の指導の下、身体を継続的に評価・検査することが望ましい。こうした評価・検査を行う際、PT は三次元動作解析装置や床反力計を利用する。しかし、これらの機器は高価で設置場所にも制約があるため現場に導入することが難しく、スポーツ障害のリスクを継続的に評価することは容易ではない。この問題を解決するために、松下らはユーザ自身が所有する携帯端末を用いてリバウンドジャンプ（以下、RJ と記す）を計測し、そのユーザが抱える怪我のリスクの程度（以下、スポーツ損傷潜在リスクと記す）を推定するアプリケーションを開発した [1]。RJ は、地面との接地時間になるべく短くなるように高く跳躍する動作であり、下肢筋力を評価する手法の一つである。このアプリケーションでは跳躍動作時の加速度データを時系列で計測し、その周波数特性に着目して再現性、安定性、RJ 強度を 5 段階、Knee-in、Trunk-out を 2 段階で評価することでスポーツ損傷潜在リスクの推定を行っている。しかし、下肢部の左右の筋力差が大きい場合に怪我の受傷率が高まることが明らかとなっているが [2]、この手法ではスポーツ損傷潜在リスク推定の際に重要な下肢部の左右の筋力差については考慮していない。そこで本研究では、跳躍高が筋力を示す指標になるという考えの下、左右それぞれの足での跳躍時の時系列データから跳躍高を算出し、それらの差に着目してスポーツ損傷潜在リスク、および PT の定性評価との関係を分析する。

2 提案手法

提案手法では、左右の筋力差を比較するために連続 5 回の RJ の滞空時間から跳躍高を推定する。跳躍動作は自由落下により重心の移動が規則的に生じる動作であるため、跳躍と着地が時系列データの波形に規則的に現れる（図 1 参照）。そこで、跳躍動作のセンサ値のうち X 軸の加速度に注目し、その時系列データを加速度が 0 になる箇所を基準にして滞空状態と接地状態に分割することで滞空時間を求める。このとき、動作の開始・終了時は加速度の波形が乱れやすいという点を考慮し、その影響を排除するために加速度の極小値で回数ごとに分割し、跳躍動作のうち 2~4 回目を抽出して用いることとした。左右それぞれの跳躍高を有賀らの手法 [3] により算出し、得られた左右の跳躍高の差と、その RJ に対する PT の定性評価、ならびに松下らの手法 [1] で跳躍データから推定したスポーツ損傷潜在リスクとの関係を各々分析する。

3 使用するデータ

跳躍データ取得のため X、Y、Z の各軸ごとに加速度、角速度、クォータニオンが記録可能なスマートフォン用アプリを実装した。実験参加者は少年野球チームに所属する中学 1・2 年生 30 名とし、跳躍データの取得は 3 ヶ月間継続して行った。跳躍は、スマートフォンを腰部に装着した状態で、ポリエチレン素材のマット上で行った。この際、実験参加者の正面から RJ の動作を行っている

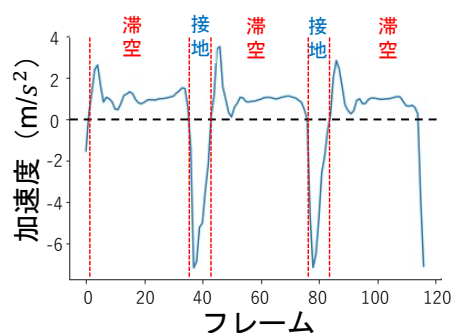


図 1 滞空時間抽出データ

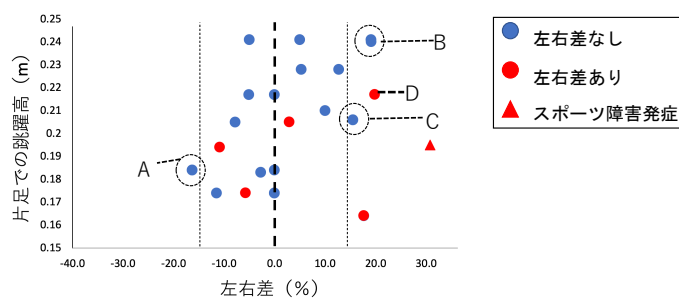


図 2 跳躍高の左右差

様子を撮影した。跳躍時には実験参加者に高く跳ぶことと接地時間を短くすることを指示した。

4 評価と考察

跳躍高の左右差と PT の定性評価の関係を図 2 に示す。その結果、PT の定性評価における左右差の判定結果と算出した跳躍高の左右差と合致しなかったデータが確認された (図 2-A,B,C)。この結果から、PT は跳躍の左右差を跳躍高以外の要素を加味して判定していることが示唆された。

次に、跳躍高の左右差とスポーツ損傷潜在リスクの関係を確認したところ、19.8 %の左右差があるものの、松下らの手法ではスポーツ潜在損傷リスクが平均に比べ低いと推定された実験参加者が確認された (図 2-D)。受傷率が増加する左右差は 15.0 %以上と言われており [2], PT の定性評価でも「右足での跳躍は左に比べて高く Trunk-out しており、左足での跳躍は低いがために安定している」と指摘されていた。また、本研究のデータ収集後にスポーツ障害の一種であるオスグッド病を発症した実験参加者が 1 名確認されたが (図 2-△)、その左右差は他の選手に比べて大きく、スポーツ障害発症の前からその前兆が左右差として表れていた可能性が示唆される。これらのことから、スポーツ損傷潜在リスクを推定する際に跳躍高の左右差を比較することによって、潜在的に受傷率が高い人を発見できる可能性が示された。

5 おわりに

本稿では、スポーツ障害の予防支援を目的に跳躍動作における跳躍高の左右差に着目し、スポーツ潜在損傷リスクと PT の定性評価との関係をそれぞれ分析した。その結果、スポーツ損傷潜在リスク推定の際に跳躍の左右差を考慮することの有用性が示唆された。今後は跳躍時の不安定さを着地の位置のばらつきから推定するなど、跳躍高以外の観点を含めた跳躍評価を目指す。

参考文献

- [1] 松下光範, 鈴木雄登, 尾崎優, 堀寛史: 跳躍動作の周波数特性に着目したスポーツ損傷潜在リスクの推定, 第 27 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, pp.25-32 (2021).
- [2] Fort-Vanmeerhaeghe, A., Milà-Villarroel, R., Pujol-Marzo, M., Arboix-Alió, J. and Bishop, C.: Higher Vertical Jumping Asymmetries and Lower Physical Performance are Indicators of Increased Injury Incidence in Youth Team-Sport Athletes, *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol.36, No.8, pp.2204-2211 (2022).
- [3] 有賀誠司, 加藤健志, 小山孟志, 積山和明, 藤井壮浩, 後藤太郎, 両角速, 西出仁明, 小澤翔, 生方謙: リバウンドジャンプ能力の競技別特性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, Vol.30, pp.7-16 (2018).

跳躍高の左右差に着目したスポーツ損傷潜在リスクの推定

情 19-0059 岩本 駿平

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本稿では、スポーツ障害の予防支援を目的に、連続跳躍動作の跳躍高の左右差に着目し、スポーツ損傷潜在リスクの推定手法の検討を行った。先行研究では、スポーツ損傷潜在リスク推定を行う際、受傷率の高まる要因の一つである下肢部の左右の筋力差について考慮されていなかった。そこで本稿では跳躍高が筋力を示す指標になるという考えの下、センサで取得した跳躍の時系列データから左右それぞれの跳躍高を算出し、それらの差に着目してスポーツ損傷潜在リスクとの関係性を分析した。その結果、左右差が大きい人が発見でき、スポーツ損傷潜在リスクを推定する際に跳躍高の左右差を比較することで、潜在的に受傷率が高い人を発見できる可能性が示唆された。

1 はじめに

1.1 スポーツの現状

スポーツは、勝敗を競ったり、楽しみを求めたりする身体活動などであり、様々な年代の多くの人が実施している。

しかし、2020 年に蔓延した COVID-19 の影響により、運動・スポーツに様々な変化が現れた。例えば、仕事がテレワークに切り替わり歩数の減少・座る時間の増加、スポーツイベントや大会の中止・延期、クラスター感染が屋内スポーツジムで発生したこと、スポーツ施設等の利用制限、さらに、長期間の休校措置により児童生徒の体育授業や部活動への参加機会が奪われ身体活動量の低下が懸念される。こうした運動実施の減少により長期間、運動を実施していない人が急に運動を行うことで、スポーツ傷害を起こすケースが増えている。運動実施の減少が2週間続くと、若者は筋力の3分の1、高齢者は4分の1を失い、もとの筋肉が多い人ほどこの影響は大きく、失う筋肉量は若者は高齢者の2倍に上ることが示されている。失った筋肉を戻すためには運動実施の減少が2週間の場合は6週間以上かかり、失った体力を取り戻すのに3倍以上の時間を要すると言われている¹。

文部科学省・スポーツ庁が令和2年に行った「スポーツの実施状況等に関する世論調査」²によると、全国の成人男女の59.9%が週に一回以上のスポーツを実施しており、過去最大の数値となった(図1参照)。スポーツを行う理由としては「健康のため」、「体力増進・維持のた

め」といった理由が多く見られた。運動・スポーツが増えた要因としては「コロナウィルス感染症対策による日常生活の変化」と回答した者が最も高く36.4%を占めている。

このように、運動・スポーツの実施量は増加しているが、COVID-19の影響で運動実施が減少したことでの筋力低下による怪我の増加が懸念される。

1.2 中高生の怪我

日本スポーツ振興センターの調査によると令和2年の中学生の負傷の発生件数は約27万7千件、高校生は22万3千件となっており、負傷部位の発生傾向としては平成19年度の調査では中学校、高等学校ともに下肢部の怪我の発生割合が高く、中学校で41.6%、高等学校で43.7%に及んでいる(図2, 図3参照)。

1.3 スポーツ傷害

スポーツ傷害は、スポーツ外傷とスポーツ障害の二つに分類される[14]。スポーツ外傷は、運動中に人と衝突したり、捻ったりした場合など1回の強い外力によって生じ、明らかな受傷起点がある怪我である。例えば、ジャンプの着地で失敗したことによる足首の捻挫、打撲、骨折、肉離れ、靱帯損傷などがある。スポーツ障害は、何度も繰り返す強い力が加わることや、身体能力の限界を超えた運動を行うことで、肩や肘、膝、足首などの痛みをはじめ、症状が慢性的に続く状態をいう。スポーツ外傷は多くの場合、大きな痛みを伴うため、発症後すぐに治療へと移行しやすい。その一方で、スポーツ障害は、自分自身では気付かないうちに徐々に痛みがでてくるため、発見が遅れる傾向がある。また、それらの原因が明らかになっていない場合が多く、治療が長期化しやすい。

¹<https://dmnet.co.jp/calendar/2016/024602.php/> (2022/12/12 確認)

²https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/sports/1415963-00004.html (2022/12/12 確認)

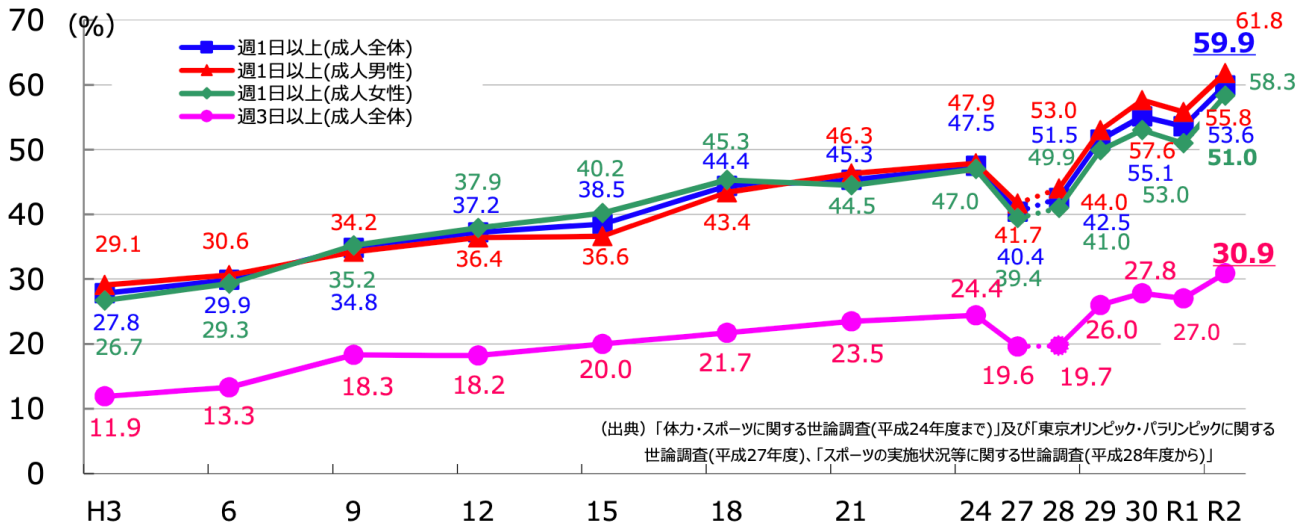


図 1: スポーツ庁: 令和2年度「スポーツの実施状況等に関する世論調査」

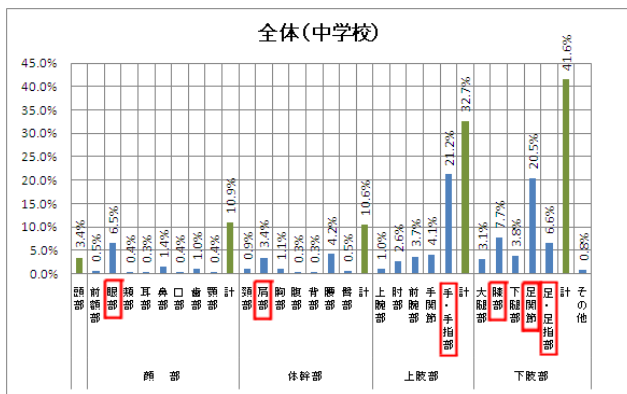


図 2: 負傷部位ごとの発生割合【中学校】

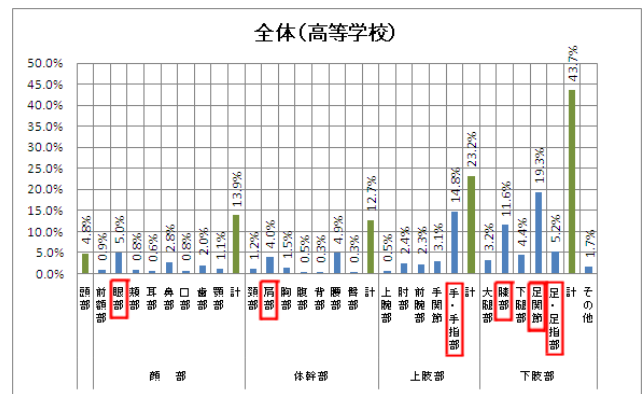


図 3: 負傷部位ごとの発生割合【高等学校】

そのため、スポーツ障害を起こさないためには、予防することが重要であり、専門家の指導の下、継続的な評価・検査することが望ましい。

1.4 理学療法

スポーツ障害予防の、継続的な評価・検査を行う専門家の一つとして、理学療法士という職業が存在する。理学療法士は、ケガや病気などで身体に障害のある人や障害の発生が予測される人に対して、基本動作能力（座る、立つ、歩くなど）の回復や維持、および障害の悪化の予防を目的に、運動療法や物理療法などを用いて、自立した日常生活が送れるよう支援する医学的リハビリテーションの専門職である。運動機能に直接働きかけ治療することや、動作練習、歩行練習などの障害を予防することを対象としている。理学療法士がスポーツ分野に関与する機会は増加傾向にある。競技スポーツの高度化や対象者層の多様化が著しい中、スポーツ復帰、スポーツ障害予防、競技パフォーマンス向上等への対応が求められている。今後、スポーツの取り巻く状況にあわせて、理学療法士に求められる役割と任務は高度化、多様化してい

くと予測される [6]。

1.5 理学療法での課題

近年の日本では、超高齢化社会により、高齢者が増加傾向にある。そのため、リハビリテーションを必要とする患者が増加すると予測され、理学療法士の不足が懸念される。また、理学療法士が評価を行う際に、三次元動作解析装置や床反力計を利用して、診断が行われている。これらの使用する機器は価格が高額で、尚且つ特定の場所に設置する必要があるため、現場に導入するには制約が大きく、継続的に評価することは容易ではないという問題がある [15]。

1.6 本研究で解くべき課題

1.1～1.4 節で述べた背景の問題を解決することを目的とし、松下らはユーザ自身が所有するスマートフォンを用いて運動動作を行うことで、簡易的に自身が抱える怪我のリスクの程度（以降、損傷潜在リスクと記す）の推定の実現を行った [8]。スマートフォンの加速度センサ x,y,z ・ジャイロセンサ x,y,z ・クォータニオン x,y,z （以

降、跳躍動作の時系列データと記す)の周波数特徴に注目しフーリエ変換、特異値分解した特徴値をk近傍法で総合評価、安全性、再現性、強度、Knee-in(以降、KIと記す)、Trunk-out(以降、TOと記す)の6項目のスポーツ損傷潜在リスクを推定した。この提案手法では連続跳躍動作から片足ごとに推定し、ユーザ自身の下肢部でのスポーツ損傷潜在リスクを評価した。しかし、左右の足の筋力差が大きい場合、受傷率が増加することが明らかになっているが[1]、この手法ではスポーツ損傷潜在リスク推定の際に重要な下肢部の左右の筋力差については考慮していない。そこで本研究では、跳躍高が筋力を示す指標になるという考えの下、左右それぞれの足での跳躍時の時系列データから跳躍高を算出し、それらの差に着目してスポーツ損傷潜在リスク、およびPTの定性評価との関係性を分析する。本研究は、スポーツ理学療法を専門とする理学療法士H氏の協力の元、跳躍動作からコンディション・成長の把握を目指す。理学療法士H氏は、経験年数が20年以上の理学療法士である。

以降、2章にて先行研究、3章でデータセットの概要、4章で提案手法、5章で左右差の算出、スポーツ損傷潜在リスク推定の実装、6章で分析と考察、7章で今後の展望について述べる。

2 先行研究

本研究に関連する、センサを用いた身体評価、スポーツ障害リスクの推定、運動時のコンディション把握による怪我防止に関する研究を取り上げる。

2.1 スマートフォンを用いた身体機能評価に関する研究

檜原らは、スマートフォンを用いて、歩行動作改善ツールを開発した。これまで大がかりの設備が必要であった歩行動作分析をスマートフォン単体で分析が可能かどうかを検証した[16]。その結果、スマートフォンに内蔵された加速度センサのみでも、良い姿勢を意識した歩行と無意識な歩行では加速度の波形に差異があることがわかった。この検証結果を用いて、良い姿勢を意識せずに歩行しているときに警告するアプリケーションを開発した。これにより、歩行中悪い姿勢だった場合に警告され、常に良い姿勢を使用者に意識させることが可能となった。

隅田らはスマートフォンのセンサを用いて負担度推定手法を提案した。提案手法に基づき消費カロリーや歩行時間の制約を満たし、かつ、ユーザにとって負担が最小となる歩行ルートを推薦するナビゲーションシステムを提案した。提案手法では個々の負担度変化を推定するために機械学習を基に加速度や歩行速度などの歩行データから心拍数を予測する負担度モデルを作成した。提案したシステムは歩行を通して運動を行いたいユーザを対象とし、加速度センサを搭載したスマートフォン用アプリ

として提案した。提案したシステムの概要図を図4に示す。

Igor Pernek らは、スマートフォンを用いてスポーツ活動強度の推定手法を提案した[2]。取得したデータに対し、ローパスフィルタリングで不要な高周波数を除去後、特徴抽出を行った。抽出した特徴量を用いて、多層パーセプトロン、線形回帰、回帰木、サポートベクトル回帰の4種類の機械学習アルゴリズムを用いてスポーツ活動強度を推定した。

鈴木らは、下肢の筋力を継続的に計測することを目的に跳躍動作の計測を行い、スマートフォンを用いた計測システムを開発し、取得したデータから傾向の分析を行った[17]。スマートフォンに内蔵のモーションセンサを用いた跳躍動作の計測システムを実装した。跳躍動作の鉛直方向の移動を分析するために加速度を、姿勢の傾きを分析するためにジャイロとクォータニオンのセンサ値を各々取得した。クォータニオンの向きを図5に示す。それらのモーションデータから得られる動作傾向の分析を理学療法士に評価を行ってもらった。この分析結果から、(1)鉛直方向の加速度により、跳躍の時間、跳躍の高さ、跳躍の再現性を推測可能、(2)マイナス方向の加速度の大きさから着地時の衝撃の吸収性を推測可能、(3)クォータニオンのロー軸、ヨー軸から跳躍時の姿勢の安定性が推測可能、(4)加速度とクォータニオンの両方を見ることで、着地時に衝撃をどこで吸収しているか推測可能、の4点が示唆された。簡易なセンシングであっても衝撃の吸収性や安定性などの傾向が確認できることが示唆され、跳躍動作を評価する上でモーションセンサが有効であることが示唆された。

松下らは、下肢部の損傷潜在リスクを推定することを目的に跳躍動作の計測を行い、推定結果を表示するスマートフォンのアプリケーションを開発した[8]。従来の損傷潜在リスク推定は跳躍動作から特徴値を抽出するために、連続5回の跳躍動作のうち24回目の動作を切り出し平均化を行い、特異値分解を用いることで特徴値を抽出していたが、連続跳躍動作の周波数特性に着目しフーリエ変換を行い、特異値分解を用いることでスポーツ損傷潜在リスク推定の精度を向上させた。また、アプリケーション化することでユーザビリティを向上させた。

2.2 スポーツ障害リスクの推定

Wilkerson らは、スマートフォンを用いて、スポーツ外傷を対象に傷害リスクの推定を行った[4]。フットボールチーム45名のプレシーズン練習開始1ヶ月前に、10項目のスポーツ・フィットネス・インデックス(SFI)調査を実施し、各選手の機能的評価を行った。また、スマートフォンを用いて片足スクワットテスト(UFS)を行い、加速度センサのデータを入手した。傷害予測モデルの開発のために、UFSデータ、SFI調査データ、試合参加の記

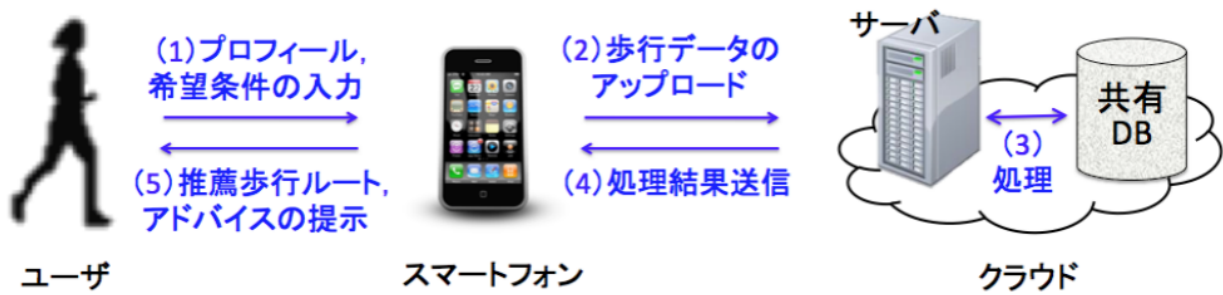


図 4: システム利用のイメージ (文献 [7] より引用)

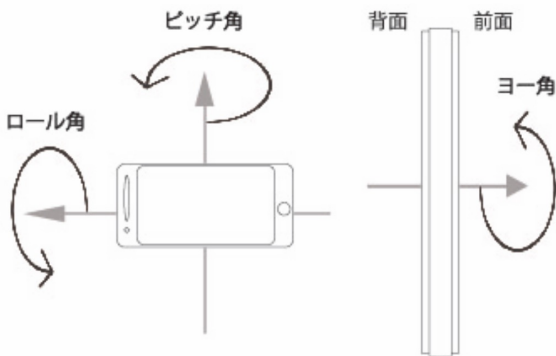


図 5: スマートフォンにおけるクォータニオン (文献 [17] から引用)

録, 傷害発生の記録を用いた。傷害発生の記録は, プレシーズンの練習期間と 13 試合のシーズン中に, 14 人が合計 16 回の捻挫, 歪み, 脳震盪を起こした記録である。SFI スコアが低い (Lo SFI), USF 値が高い (Hi UFS), Games Played 回数が多い (Hi GP) を傷害リスク因子として分類した。その結果, Lo SFI と Hi UFS の間には相互作用効果 ($SFI \times UFS$) が認められ。クロス集計の結果, $OR=8.64$ と有意な効果が認められた。また, Hi GP は $OR = 3.16$ であった。つまり, 8 試合以上出場した選手は, 8 試合未満の選手に比べて, 怪我の発生確率が 3 倍以上高いことが分かった。後方ステップワイズ・ロジスティック回帰の結果, SFI と UFS の相互作用と Hi GP の組み合わせは, 強力な傷害予測モデルとなることが確認された。

Rossi らはシーズン中のプロサッカー選手に GPS を装着しデータを取得し, 以下の 12 の特徴を抽出した [3]。総距離 (dTOT), 高速走行距離 (dHSR) の 2 つのトレーニングセッション中のプレイヤーの全体的な動きを定量化するもの, 代謝距離 (dMET), 高代謝負荷距離 (dHML), 高代謝負荷毎分距離 (dHML/m) の 3 つの特徴は代謝, すなわちトレーニングセッション中のプレイヤーの全体的な動きのエネルギー消費を定量化するもの, 爆発距離 (dEXP), $2m/s^2$ 以上の加速回数 (Acc2), $3m/s^2$ 以上の

加速回数 (Acc3), $2m/s^2$ 以上の減速回数 (Dec2), $3m/s^2$ 以上の減速回数 (Dec3), 動的ストレス負荷 (DSL) および疲労指数 (FI) の 7 つはトレーニング中の選手の筋肉-骨格全体の負荷について記述する機械的特徴である。12 の特徴量と選手の年齢や BMI などの個人特徴 6 個から負傷予測モデルを構築し, 障害予測において有用性を示した。また, データ取得中に発生した負傷の原因を理解することにも役立つことが示された。

2.3 コンディション把握

谷川らは女子バスケットボールチームの選手 15 名に対し準備期にコンディショニング指標の取得を行い, 定期的にフィジカルテストを行い分析することで怪我の発生を防ぐ取り組みを行った [12]。下肢筋力の左右差に着目し, 下肢筋力の左右差を小さくするトレーニングを行うことや, トレーニングの負荷をコントロールすることで, 試合期におけるパフォーマンスを向上させ, 怪我の発生が抑制されることを示唆した。

3 データセットの概要

跳躍動作のデータ収集を本研究では少年野球チームに所属する中学生 30 人を対象に約 3 ヶ月間継続して行った。

3.1 動作データ

松下らと同様の動作データの収集方法について述べる。実験参加者は, 日常的に運動をおこなっている, 少年野球チームに所属する中学生男子 30 人を対象にし, 両足でのリバウンドジャンプ (以降, RJ と記す) と片足での RJ を行ってもらった。RJ は地面との接地時間ができるだけ短くなるように高く跳躍する動作であり, 下肢のトレーニングだけでなく, 実践の場におけるテスト運動として普及している, SSC 運動遂行能力を評価する手法の一つである [5]。SSC とは筋腱複合体の伸張-短縮サイクル (Stretch-Shortening Cycle), の機能はきわめて短い時間内に大きなパワーを発揮する能力に影響を及ぼす因子として知られており, スポーツ競技において, SSC は, 下肢のパワー発揮に伴い, 効率良く地面反力を獲得

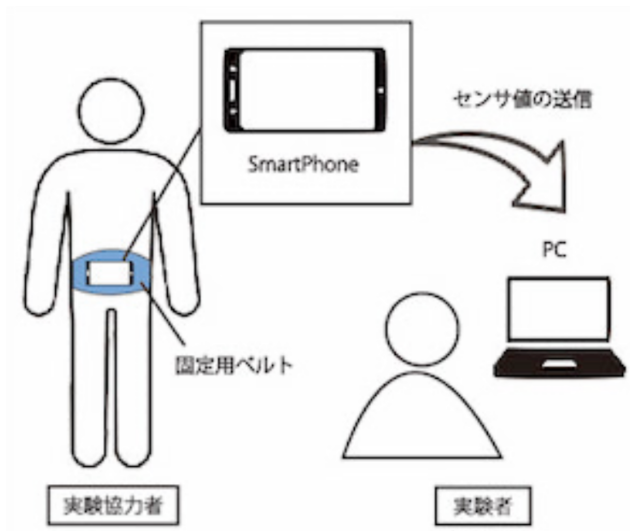


図 6: 跳躍動作の計測システム（文献 [17] より引用）

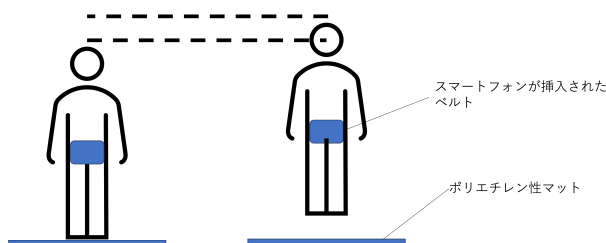


図 7: データ取得の様子

する能力にも関与しており、バレーボールのジャンプの踏切局面やサッカーの方向転換局面など、プレーの成否に影響を及ぼす能力の一つとして位置づけられる。したがって、スポーツ選手の SSC 能力を把握することは、体力評価はもとより、競技パフォーマンスの向上を目的とした体力トレーニングの効率的な実践にも役立つと考えられる [10]。SSC 能力を把握するための代表的な測定項目として、RJ-index（リバウンドジャンプ指数）があり、RJ-index は RJ の接地時間と跳躍高から算出されるものである。吉田らは大学女子サッカー選手 19 名を対象に RJ-index の測定を行い、レギュラー群の RJ-index のスコアが非レギュラー群よりも有意に高いことを明らかにし [13]、有賀らは女子バレーボール、陸上長距離、アメリカンフットボール、野球でのレギュラー群の RJ-index のスコアが非レギュラー群よりも有意に高いことを明らかにした [11]。このことから、RJ-index は複数の競技での競技力を測る指標の一つとして用いられると考えられる。

松下らが開発したスマートフォンを用いた計測システムを改良し、モーションデータを取得した。システムの概要を図 6 に取得の様子を図 7 示す。

実験参加者の跳躍時のデータを取得するために、スマートフォンをベルトで腰に装着させ、ポリエチレン素材のマット上で行った。この際、実験参加者の正面から RJ の動作を行っている様子を撮影した。また跳躍時の

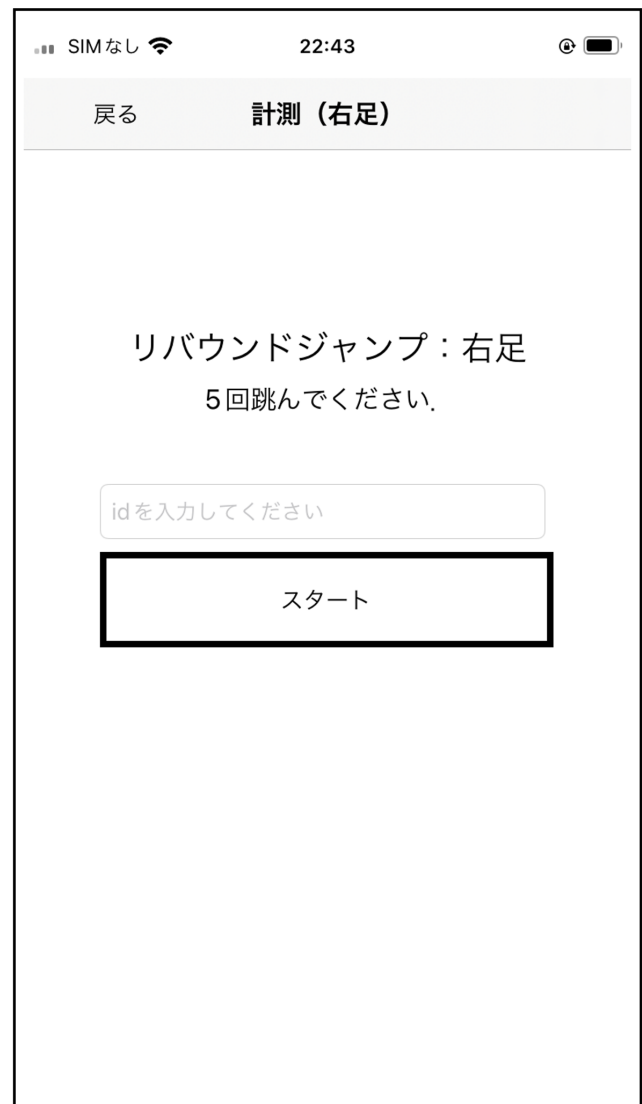


図 8: 計測画面

注意事項として以下の 2 点を指示した。

1. できるだけ高く跳ぶこと。
2. 床の反発を利用して間を空けずに跳ぶこと。

腕の振込み動作は跳躍動作を正當に評価するために制約をつけることが多いが、本研究では、両足 RJ は腕を腰に、片足 RJ では安全のため腕の振込みについての指示は行わずにデータを収集した。モーションデータの取得前に ID を入力してもらうことで個人の識別を PC 側のローカルサーバで行い、取得されたデータは個人別、日付別に保存した。スマートフォンのアプリケーションの計測画面を図 8 に示す。

3.2 評価データ

スポーツ損傷潜在リスクの評価には松下ら [8] が用いていた、教師データである評価データを使用した。実験参加者は、身長、年齢、体重、現在の運動状況を回答した。次に村永が考案した立ち上がり評価を用いて、下肢筋力の評価を行った。立ち上がり評価は、40cm、30cm、

20cm, 10cm の高さの台から、反動を使わずに両足、片足のそれぞれで立ち上がることができるかのテストである [9]。取得した以下の 5 点のデータを提示し理学療法士 H 氏が評価データを作成した。

- アンケート結果
- 立ち上がりテストの結果
- 正面・側面からのボーン付き動画
- 身体ラインの角度
- ボーン付き静止画

これらのデータを用いて、以下の項目で跳躍動作のスポーツ損傷潜在リスクに対する評価を行った。

- 安定性
- 再現性
- 強度
- KI
- TO
- 総合評価

それぞれの項目についての解説を行う。再現性、安定性、強度、KI、TO はスポーツ損傷潜在リスクを推定する上で、原因を特定するための指標である。再現性は、同じ動作の再現ができていないか、安定性は、身体・重心のバランスが保てているか、強度は、対象者が行っている跳躍動作の強さ、KI は、着地時に膝が内側に曲がっている状態か、TO は、着地時に体幹が外側に傾いている状態かを指す指標である。総合評価は、動作から読み取れる怪我のリスクを表す指標であり、スポーツ損傷潜在リスクと同じ意味である。再現性、安定性、強度、総合評価は、0: できていない, 1: とても良くない, 2: 良くない, 3: 普通, 4: 良い, 5: とても良いの 6 段階で評価してもらった。KI、TO は傾向が見られる場合は 1、見られない場合は 0 で評価してもらった。左右それぞれの動作における評価の集計を表 1, 2 に示す。先行研究では、強度が 0 (できていない) と評価された対象は存在せず、再現性・安定性・総合評価が 0 (できていない), 1 (とても良くない) と評価された対象は存在しなかったため、強度は 5 段階、再現性・安定性・総合評価は 4 段階、KI・TO は 2 段階で推定されていた。

また、本研究で新しく跳躍データを取得する際に撮影

表 1: 右足 RJ における理学療法士 H 氏の評価数

評価値	再現性	安定性	強度	KI	TO	総合評価
0	0	0	0	31	27	0
1	0	0	1	9	13	0
2	4	6	7	-	-	7
3	19	14	14	-	-	14
4	14	18	15	-	-	15
5	3	2	3	-	-	4

表 2: 左足 RJ における理学療法士 H 氏の評価数

評価値	再現性	安定性	強度	KI	TO	総合評価
0	0	0	0	19	30	0
1	0	0	1	21	10	0
2	5	7	7	-	-	6
3	16	20	16	-	-	19
4	17	10	11	-	-	11
5	2	3	5	-	-	4

した映像を PT に提示し定性評価をしてもらった。

4 提案手法

本稿では、跳躍高が筋力を示す指標になるという考えの下、左右それぞれの足での跳躍時の時系列データから跳躍高を算出する。

4.1 跳躍高の算出

跳躍高は有賀らが用いた以下の式から求められる [10]。

$$h = \frac{1}{8}gt_1^2 \quad (1)$$

ここで、 h は跳躍の高さ、 g は重力加速度 (本研究では 9.8 として計算)、 t_1 は跳躍の滞空時間を表す。跳躍の高さを求めるためには、跳躍の滞空時間が必要である。そこで、本研究では加速度のデータから跳躍高を算出する。

4.2 RJ-index の算出

4.1 で算出した跳躍高をもとに有賀らが用いた以下の式で RJ-index を算出する [10]。

$$RJ-index = \frac{h}{t_2} \quad (2)$$

ここで、 h は跳躍高、 t_2 は接地時間を表す。

4.3 PT の定性評価

跳躍データ取得時に併せて撮影した映像のみを理学療法士に提示し、理学療法士に定性評価 (左ふくらはぎが右に比べ筋力が弱い、両足の筋力が不足している。など) してもらった。

4.4 スポーツ損傷潜在リスクの推定

取得した跳躍データから松下ら [8] がスポーツ損傷潜在リスクの推定に使用したシステムを用いて推定する。4.1~4.3 で算出した、跳躍高、RJ-index、PT の定性評価、推定したスポーツ損傷潜在リスクの関係を各々分析する。

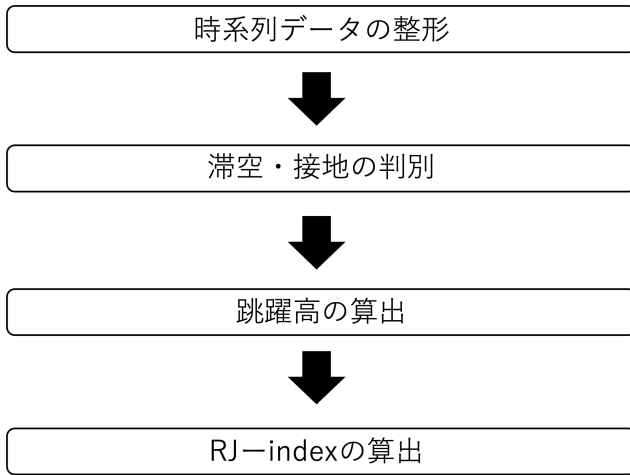


図 9: 跳躍高・RJ-index の算出の流れ

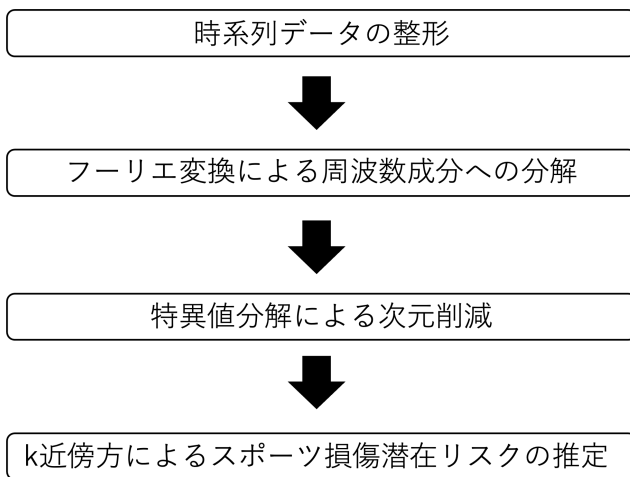


図 10: スポーツ損傷潜在リスクの推定の流れ

5 実装

本章では、跳躍高・RJ-index の算出、スポーツ損傷潜在リスク推定の手法について述べる。算出・推定には Python(ver3.9.13) を用いた。処理の流れを図 9,10 に示す。

5.1 時系列データの整形

本稿では、跳躍高・RJ-index を算出、スポーツ損傷潜在リスクの推定を行うため取得した跳躍動作の時系列データの整形を行った。ある実験参加者の跳躍動作の鉛直方向の加速度の波形を図 11 に示す。取得した跳躍動作の時系列データには RJ の跳躍動作前後のノイズとなる部分を含むためその部分を切り取った。跳躍動作は自由落下により、重心の移動が規則的に生じる動作であるため、跳躍時の時系列データに跳躍と着地が規則的に現れる。着地時の極小値を取得することにより、跳躍時の時系列データを回数ごとに分割した (図 12 参照)。跳躍動作の開始と終了は加速度の波形が乱れやすいことや、

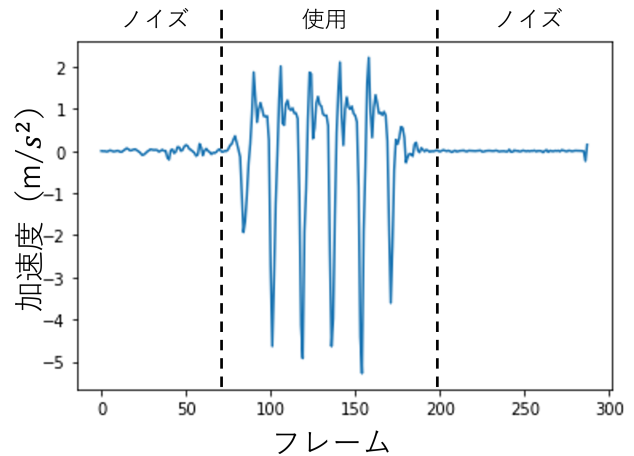


図 11: 跳躍動作の鉛直方向の加速度

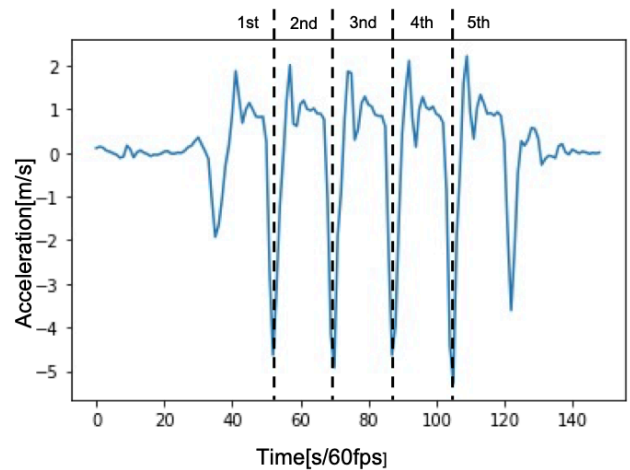


図 12: 跳躍動作の規則性

一度目の跳躍動作の前には着地の動作がないため、力を溜め高く跳躍するといった、正しい跳躍高の値を取得できないといったことを考慮し、跳躍時の時系列データから 2~4 回目の跳躍動作を抽出した。同様の作業を鉛直方向の加速度を基準に、他の 8 種類の時系列データに対しても行った。

5.2 滞空・接地の判別

データ整形を行った時系列データの鉛直方向の加速度に注目し、加速度の値が 0 の部分で滞空状態、接地状態に分割した (図 13 参照)。加速度の値が 0 というのは速度の変化がないことを表し、鉛直方向の加速度が変化しない状態というのは、跳躍動作の上昇中、落下中ではないため加速度が 0 の値の時間が滞空状態と接地状態の境目であるとした。

5.2.1 予備実験

5.2 で説明した鉛直方向の加速度が 0 の値が、滞空・接地の境目であることを検証するため実験を行った。大学生 5 人を対象に RJ を行なってもらい、跳躍高・滞空

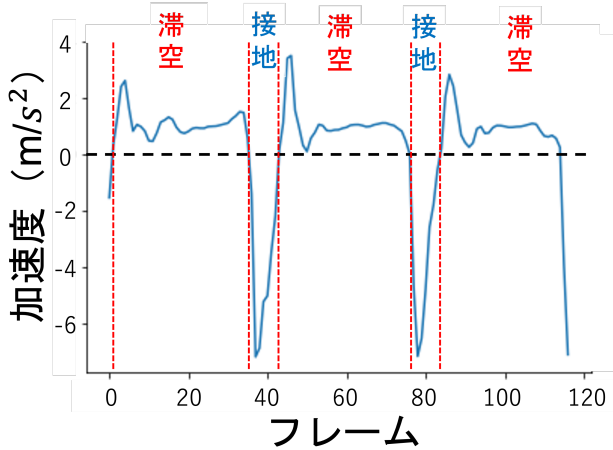


図 13: 滞空時間抽出データ

時間・接地時間を取得した。本研究での跳躍高は頭の頂点が跳躍時に移動した最大の値を跳躍高とした（図 7 参照）その結果，加速度が 0 の値を滞空・接地の境目とし，4.1 の式を用いて跳躍高を算出すると実際の跳躍高と誤差が $\pm 1.5\text{cm}$ 以内であった。このことから加速度が 0 の値を滞空・接地の境目とすることは妥当であることがわかった。

5.3 跳躍高の算出

加速度が 0 の値で跳躍動作の滞空・接地状態を分割したものを，1 秒をデータのフレーム数で割ったものと乗算することで滞空時間・接地時間を算出した。本研究ではスマートフォンの性能により 1 秒間のフレーム数が 60 と 30 のものが存在したため，それぞれ 1 フレームあたり 0.0166 秒，0.0333 秒として計算した。算出された滞空時間から 4.1 の式を用いることで，RJ の跳躍高を算出した。算出時は少数第 4 位を四捨五入し少数第 3 位まで算出した。

5.4 RJ-index の算出

算出した跳躍高，接地時間から RJ-index を算出した。算出には 4.2 で説明した式を用いた。算出時は少数第 4 位を四捨五入し少数第 3 位まで算出した。

5.5 スポーツ損傷潜在リスクの推定

スポーツ損傷潜在リスクの推定には松下ら [8] の手法を用いた。整形した時系列データに対しフーリエ変換を行い周波数スペクトルに変換した。松下らの研究でスポーツ損傷潜在リスクの違いによる，周波数スペクトルのピークの違いが明らかになっており，スポーツ損傷潜在リスクが高い跳躍動作は周波数成分が分散しており，スポーツ損傷潜在リスクが低い跳躍動作は周波数成分が分散しなかった（図 15,14 参照）。

フーリエ変換後の周波数スペクトルを次元削減するため特異値分解を行った。加速度，角速度，クォータニ

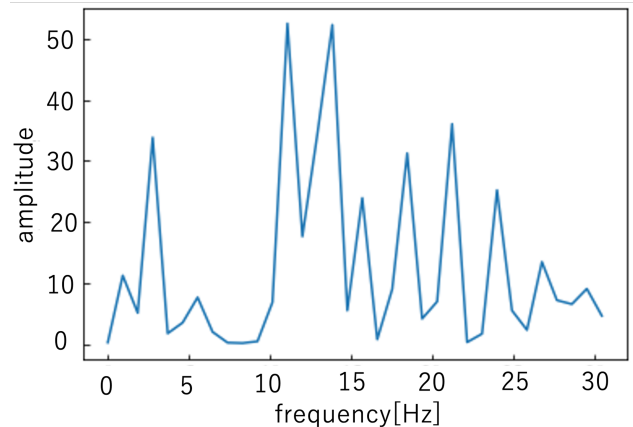
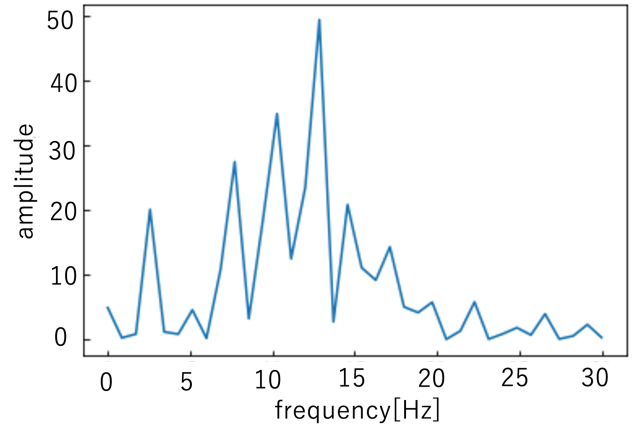


図 14: スポーツ損傷潜在リスクが低い跳躍動作（文献 [8] より引用）

オンの 3 軸の XYZ 軸の時系列データ，合計 9 種類の時系列データを用いて 9 個の行列を作成した。これらの結果から第一特異値を抽出し，それらを特徴値とした。

特異値分解により得られた 9 種類の特徴値を説明変数に理学療法士による評価データを目的変数に先行研究で用いられていた男子大学生 40 名のデータを学習データとして，新たに取得した男子中学生 30 名のスポーツ損傷潜在リスクの推定を行った。先行研究の学習データが全て 60 フレームの時系列データであったため，本研究で取得した 30 フレームのデータはデータ数を 2 倍にし擬似的に 60 フレームの状態にし推定を行った。k 近傍法は与えられていた学習データをベクトル空間上にプロットしておき，未知のデータから距離が近い順番に任意の k 個を取得し，その k 個の多数決でデータがどのグループに属するクラスかを判断する。本研究では $k=3$ ， $k=5$ ， $k=7$ で推定を行い，推定がデータ数の多いものに偏りが一番少なかった $k=5$ の推定結果を採用した。

6 分析と考察

まず，理学療法士の定性評価と算出した跳躍高の左右差について分析を行った。跳躍高の左右差と理学療法士の定性評価の関係を図 16 に示す。

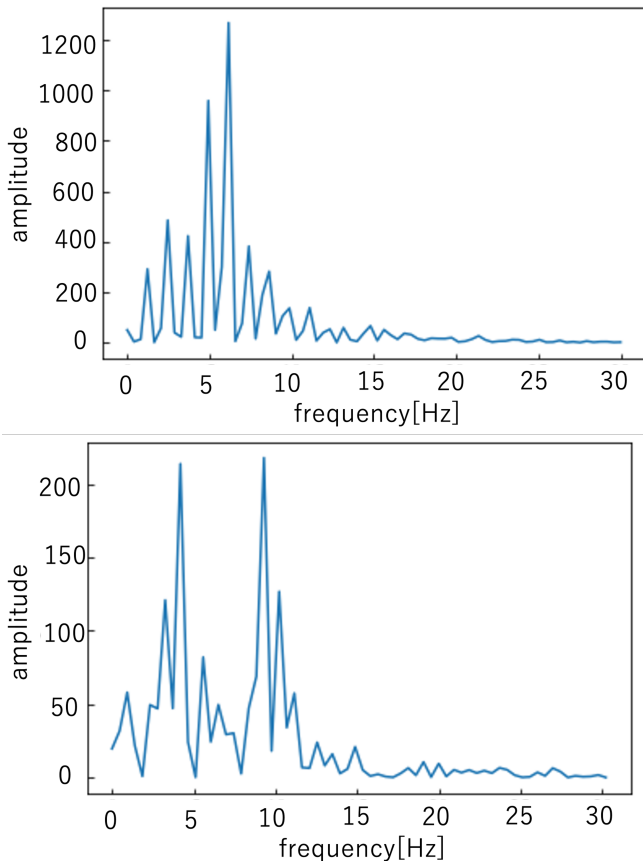


図 15: スポーツ損傷潜在リスクが高い跳躍動作（文献 [8] より引用）

Fort-Vanmeerhaeghe ら [1] の研究では 15 % 以上の左右差が受傷率を高めるという結果が出ており、算出した跳躍高から 15 % 以上の実験参加者を左右差ありとした。その結果、理学療法士が動画データから判定した結果と、算出した跳躍高の左右差では合致しなかったデータがいくつか確認された（図 16-A,B,C）。この結果から理学療法士は跳躍の左右差を跳躍高以外の、跳躍の仕方や跳躍時のバランスの崩し方などの要素を加味して、跳躍の左右差を判定しているのではないかと考えられる。

また本研究で左右差の算出を行い、左右差が確認されたパターンは以下の 4 種類が確認された。

- 長期的に跳躍高が低い足が全体の平均より低く、もう片方の足での跳躍高が平均に近いため左右差が出ている。
- 長期的に跳躍高が高い足が全体の平均より高く、もう片方の足での跳躍高が平均に近いため左右差が出ている。
- 短期的に跳躍高が低い足が全体の平均より低く、もう片方の足での跳躍高が平均に近いため左右差が出ている。
- 短期的に跳躍高が高い足が全体の平均より高く、もう片方の足での跳躍高が平均に近いため左右差が出ている。

このパターンのうちの、「長期的に跳躍高が低い足が全体の平均より低く、もう片方の足での跳躍高が平均に近いため左右差が出ている」に該当する実験参加者の 1 人が本研究のデータ収集終了後にスポーツ障害の一種の膝の成長痛であるオスグッド病と診断された。この実験参加者にはスポーツ障害発生前から痛みや疲労感などが前兆として跳躍高の左右差に現れていた可能性が示唆される。この実験参加者の左右差は他の実験参加者と比べて大きく、跳躍高が高い足に比べ跳躍高が低い足が約 7 割の跳躍高であり、長期間確認された（図 17,18 参照）。

次に跳躍高の左右差と RJ-index の左右差の関係について分析を行った。跳躍高の左右差と RJ-index の左右差の関係を図 19 に示す。RJ-index の算出には跳躍高を用いるため、跳躍高の左右差と RJ-index の左右差には正の相関関係が見られる。しかし、跳躍高の左右差はあまり見られないものの、RJ-index の左右差が見られる実験参加者が存在した。これは跳躍の際の接地時間が右足と左足で大きくことになったことが原因と考えられる。

次に跳躍高の左右差とスポーツ損傷潜在リスクの関係について分析を行った。19.8 % の左右差があるものの、松下らの手法ではスポーツ潜在損傷リスクが平均に比べ低いと推定された実験参加者が確認された（図 16-D）。理学療法士の定性評価では「右足での跳躍は左に比べて高く Trunk-out しており、左足での跳躍は低い」がために安定していると指摘されていた。スポーツ損傷潜在リスクは評価の際、跳躍高が低い方が跳躍が低いと評価が高くなりやすいこの実験参加者は先行研究の手法ではスポーツ損傷潜在リスクが低いと推定されたが、理学療法士の定性評価、算出した跳躍高の左右差では受傷率が増加する左右差が確認され、先行研究の推定方法に跳躍高の左右差を加味することでスポーツ潜在損傷リスクがより正確なものになることが示唆された。

次にスポーツ損傷潜在リスクと理学療法士の定性評価の関係について分析を行った。推定されたスポーツ損傷潜在リスクでは右足、左足の跳躍ともに KI の状態が検出されなかった。しかし、理学療法士の定性評価では右足での跳躍が KI の状態であると評価された実験参加者が 2 名存在した。この結果は KI の推定が正しく行えていないことを表し、KI の推定には別の手法で行う必要があると考える。

7 今後の展望

7.1 スポーツ損傷潜在リスクの推定の展望

本稿では、スポーツ損傷潜在リスクの推定の際に跳躍高の左右差を加味することで、潜在的に受傷率が高い人を発見できる可能性が示唆された。推定精度を向上させるために、

1. データセットを増やし、左右差を加味したスポーツ損傷潜在リスク評価を取得する。

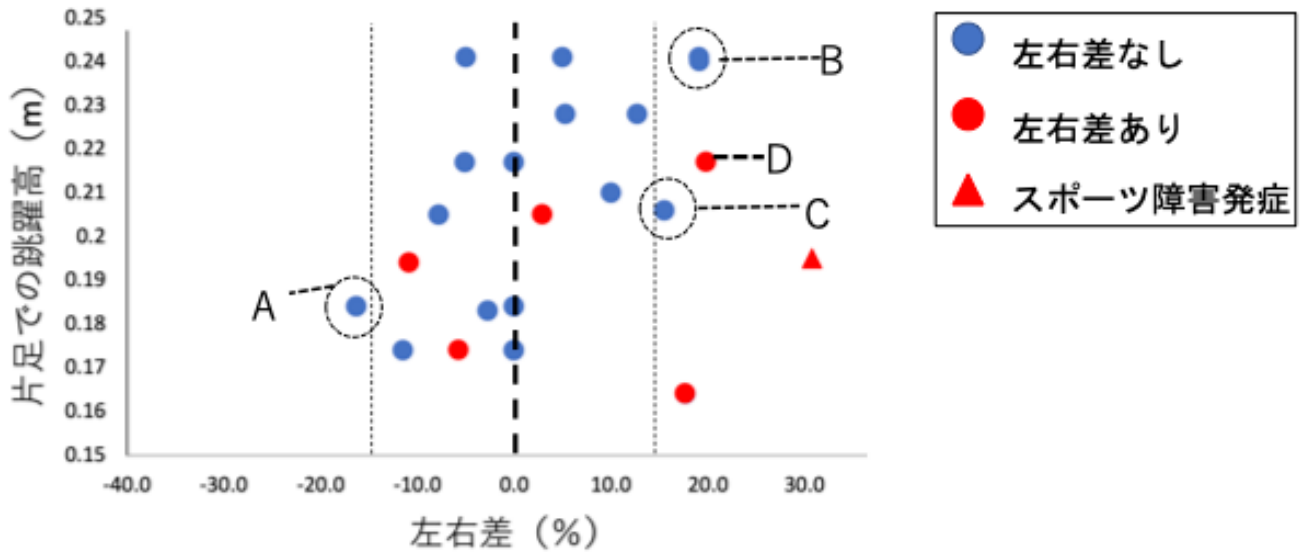


図 16: 跳躍高の左右差

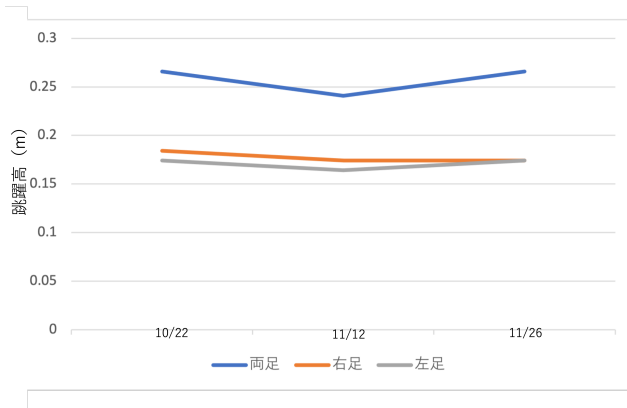


図 17: 長期間左右差が見られなかった実験参加者

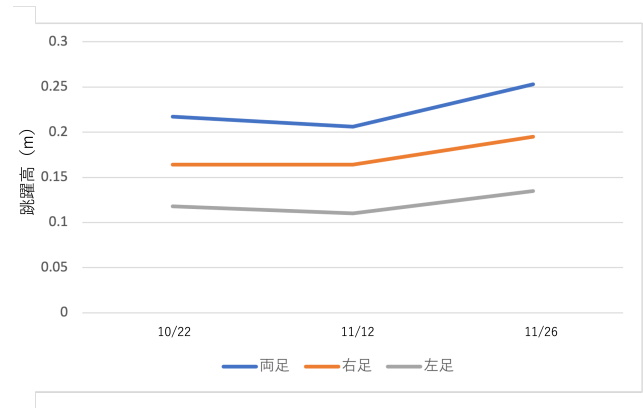


図 18: 長期間大きい左右差が見られた実験参加者

2. 推定手法の際に K 近傍法以外でのクラス分類手法を検討する。

3. 跳躍動作の時系列データのサンプリングレートを増やす。といった 3 点が挙げられる。今回推定に用いたデータセットの数は松下らの手法の 40 データであった。スポーツ損傷潜在リスクの推定では本研究は k 近傍法を用いているためデータ数の多い評価に偏りが出てしまうといったことが起こったため、データ数を増やす必要がある。今回は大学生の跳躍動作の時系列データを学習データにし、中学生の跳躍動作の時系列データからスポーツ損傷潜在リスクを推定したため、身体の発達度合いの違いから正しく推定を行えなかった可能性があるため、様々な年齢層のデータセットを集める必要があると考える。また、評価が低いものや評価が高いものがデータセットに少なかったため、運動を習慣的に行う人や運動を日頃あまり行わない人など様々な人を対象にデータを取得する必要があると考える。また、現状では理学療法士 H 氏の評価のみを用いてスポーツ潜在損傷リスク

の推定を行っている。しかし、今後データ数を増加させる際には H 氏のみではなく複数の理学療法士の評価を学習データとして用いることが望ましい。今後は、理学療法士 H 氏と近い経験を持つ、理学療法士の評価を組み合わせ推定する手法を検討する。次に、今回使用したスマートフォンの性能ではサンプリングレートが 30 と 60 のものがあり、取得した時系列データのサンプリングレートを統一する過程で誤差が生じていた可能性が挙げられる、今後は使用するスマートフォンのサンプリングレートを統一し、サンプリングレートを増やすことでスポーツ損傷潜在リスクと跳躍高算出の推定精度の向上が見込まれる。また今回 3 か月に渡りデータを取得したもののデータの取得回数や、データ取得時にうまくデータを取得できないなどの問題があり、データ数が集まらず、同一の実験参加者の跳躍動作の時系列データ同士の比較を行うことが十分に行えなかったため、今後はデータ数を増やし跳躍動作の時系列データ同士の比較士の比較を目指す。

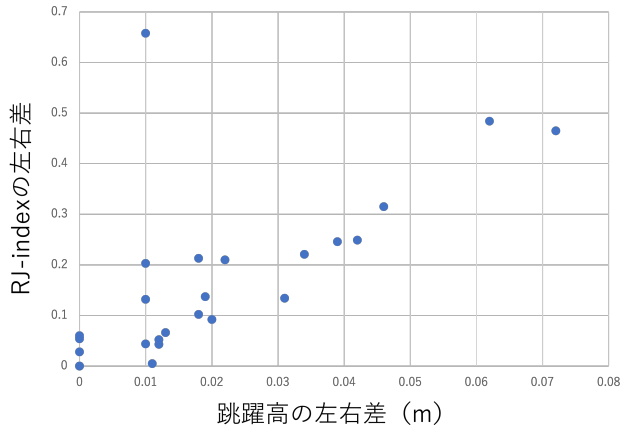


図 19: 跳躍高の左右差と RJ-index の左右差

7.2 スマートフォンアプリケーションの展望

本研究では跳躍動作の時系列データの取得のため松下らの開発したアプリケーションを改良し行った。データの取得は行えたものの、スポーツ損傷潜在リスクの推定結果や算出した跳躍高の左右差をアプリケーションの画面で確認するといったことができなかった。また、計測時にはスマートフォンを横向きの状態でベルトに挿入するが、画面が横向きになると操作ができず、データが取得できないという問題があった。今後は取得したデータからの推定を推定後すぐに自身のスマートフォン端末で確認でき、ユーザにとって使いやすいアプリケーションの開発を目指す。また、左右差を加味したスポーツ損傷潜在リスクの推定結果や自身の跳躍の記録を残し、比較して自身のコンディション把握やトレーニングの際に用いられるようなアプリケーションの開発を目指す。

8 おわりに

本研究では、理学療法士の支援のためにスポーツ障害予防の実現を目的としている。理学療法士が患者を検査するために用いる機器は高額かつ、特定の場所に接地する必要がある、患者が検査をするためには特定の機関に行かなければならないという制約があった。この問題を解決するためにスポーツ損傷潜在リスク推定の手法が提案されているが、下肢部の筋力の左右差を加味していないという問題があった。本研究では、跳躍高が下肢部の筋力を測る一つの指標になるという考えのもと、RJの跳躍高の左右差に着目し、スポーツ損傷潜在リスク、理学療法士の定性評価との関係性を分析した。その結果スポーツ損傷潜在リスク推定の際に跳躍の左右差を考慮することの有用性が示唆された。また跳躍高の左右差を長期間測定することでスポーツ障害の発生を防げることが示唆された。

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松下光範教授に厚く感謝を申し上げます。また、頻繁な議論を通して、本研究の方向性や理学療法の知識をご教授いただきましたびわこリハビリテーション専門職大学客員教授堀寛史様に心より感謝を申し上げます。また、データ取得の際、多くのお力添えをいただいた高岡良行様に心より感謝を申し上げます。また、データ取得を快く引き受けけてもらい、実験参加者として参加してくださった山本剛久様をはじめとする京都ベアーズの選手、保護者のみなさまに心より感謝を申し上げます。また、本稿執筆にあたり支えてくださった、モンスターエナジー、きかんしゃトーマスのチューイングキャンディーに心より感謝を申し上げます。また、本研究を進めるにあたり、アルバイトのシフト変更を快く受け入れてくださった、とり琉豊中本町店の皆様に心より感謝を申し上げます。研究を進めるにあたり、関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻松下研究室所属の先輩方皆様には研究指導、論文添削等、多くのお力添えをいただきました。深く感謝の意を表します。また、研究や議論を通して互いに切磋琢磨していただいた同期である松下研究室 13 期生の皆様に深く感謝いたします。

最後に、常に支えて下さった家族に感謝の意を表すとともに謝辞と致します。

参考文献

- [1] Fort-Vanmeerhaeghe, A., Milà-Villarreal, R., Pujol-Marzo, M., Arboix-Alió, J. and Bishop, C.: Higher Vertical Jumping Asymmetries and Lower Physical Performance are Indicators of Increased Injury Incidence in Youth Team-Sport Athletes, Vol. 36, No. 8, pp. 2204–2211 (2022).
- [2] Pernek, I., Stiglic, G. and Kokol, P.: How hard am I training? Using smart phones to estimate sport activity intensity, *2012 32nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, pp. 65–68 (2012).
- [3] Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Marcello laia, F., Fernández, J. and Daniel, M.: Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning, *PLOS ONE*, Vol. 13, No. 7, pp. 1–15 (2018).
- [4] Wilkerson, G. B., Gupta, A. and Colston, M. A.: Mitigating sports injury risks using internet of things and analytics approaches, *Risk analysis*, Vol. 38, No. 7, pp. 1348–1360 (2018).
- [5] 図子あまね, 荊山靖, 図子浩二: リバウンドジャンプテストを用いた跳躍選手の専門的な下肢筋力・パ

- ワーに関する評価, 体力科学, Vol. 66, No. 1, pp. 79–86 (2017).
- [6] 小林寛和: スポーツと理学療法—我が国におけるスポーツ理学療法 現状と課題—, 理学療法学, Vol. 42, No. 8, pp. 773–774 (2015).
- [7] 隅田麻由, 今津眞也, 水本旭洋, 安本慶一: 健康指向歩行ナビゲーションのためのスマートフォンによる身体的負担度の推定, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 44, pp. 157–164 (2012).
- [8] 松下光範, 鈴木雄登, 尾崎優, 堀寛史: 跳躍動作の周波数特性に着目したスポーツ損傷潜在リスクの推定, 人工知能学会第 27 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. 25–32 (2021).
- [9] 村永信吾: 立ち上がり動作を用いた下肢筋力評価とその臨床応用, 昭和医学会雑誌, Vol. 61, No. 3, pp. 362–367 (2001).
- [10] 有賀誠司, 加藤健志, 小山孟志, 積山和明, 藤井壮浩, 後藤太郎, 両角速, 西出仁明, 小澤翔, 生方謙: リバウンドジャンプ能力の競技別特性, 東海大学スポーツ医科学雑誌, Vol. 30, pp. 7–16 (2018).
- [11] 有賀誠司, 積山和明, 藤井壮浩: 方向転換動作のパフォーマンス改善のためのトレーニング方法に関する研究: 男子バレーボール選手におけるリバウンドジャンプ能力と方向転換能力との関連について, 日本体育学会大会予稿集, Vol. 64, p. 332 (2013).
- [12] 谷川聡, 立山紀恵, 柏倉秀徳, 大藏倫博, 吉田拓矢: 女子バスケットボールチームにおける準備期のコンディショニングとフィジカルテスト: 下肢筋力の左右差に着目して, 大学体育研究, Vol. 44, pp. 19–29 (2022).
- [13] 吉田拓矢, 川原布紗子, 福田有紗, 白井蒼, 佐久間彩, 図子あまね, 浅井武, 谷川聡, 平嶋裕輔: 大学女子サッカー選手のリバウンドジャンプにおける下肢筋力・パワー発揮特性: 各種走能力, 筋力との関係性および競技レベルによる違い, 体育学研究, Vol. 66, pp. 467–479 (2021).
- [14] 小柳磨毅, 橋本雅至, 向井公一, 田中則子, 佐藤睦美, 中江徳彦: スポーツ傷害に対する理学療法の取り組み, 理学療法学, Vol. 32, No. 4, pp. 269–274 (2005).
- [15] 新島有信, 水野理, 田中智博: ズボンのポケットに収納したスマートフォンによる歩容解析方法に関する検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-UBI-43, No. 13, pp. 1–8 (2014).
- [16] 檜原裕大, 清水裕基, 三好健文, 吉永努, 入江英嗣: スマートフォンを用いた歩行動作改善ツールの開発, 情報処理学会研究報告, Vol. 2011-UBI-32, No. 7, pp. 1–8 (2011).
- [17] 鈴木雄登, 松下光範, 堀寛史: 継続的な評価の支援を目的としたスマートフォンによる跳躍動作の簡易センシング, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 18, No. 4, pp. 457–460 (2019).

果樹農業における
農業体験の再来訪促進要因に関する調査

新川晴紀

果樹農業における農業体験の再来訪促進要因に関する調査

情 19-0211 新川 晴紀

指導教員 松下 光範

1 はじめに

近年、日本の農村部における農業人口は減少傾向にあり、農産業の安定性維持と持続的な発展を目的とした農業従事者の確保が喫緊の課題となっている。この課題の解決手段として、収穫をはじめとする農家の仕事体験（以下、農業体験と記す）が注目されている。継続的な農業体験は、農業に携わらない人に対して農業への関心を高めるきっかけとなり、将来的な農業の雇用人材の確保に繋がることが期待されているが、現在の農業体験は主にレジャーの一環として催されるため、再来訪に繋がりにくいという問題がある。こうした背景の下、本研究では農業体験をした人（以下、農業体験者と記す）の再来訪の促進を目的として、一度農業体験に参加した人（以下、一回参加者と記す）の再来訪の阻害要因、及び複数回農業体験に参加した人（以下、複数回参加者と記す）の再来訪の促進要因を明らかにする調査を行う。

2 調査

本研究では、農業体験への再来訪に影響する要因を調査するために、農業体験の満足度、及び体験の前後における意識の変化に着目した。一般に、未経験者が農業体験に参加する意思決定の過程においては、体験者のブログや観光サイト等に掲載されている情報の収集を通して醸成される「楽しそう」や「やってみたい」といったポジティブな期待が参加の誘因になる。一度参加した農業体験者が再来訪をしない場合、期待した程の満足が得られなかった、もしくは一度で満足してしまったことで次の農業体験へのモチベーションが下がった、という仮説が想定される。

こうした仮説に基づき、本研究では農業体験の再来訪の阻害要因を明らかにすることを目的としたアンケート調査を行った。まず、唐崎らによる農業体験に対する来訪者の参加モチベーションとインセンティブの分析結果 [1]、及び農林水産省の「食生活及び農林漁業体験に関する調査（令和2年3月）」(https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12278798/www.maff.go.jp/j/syokuiku/taiken_tyosa/r01/index.html)を参考に、農業体験に期待する要素を(1)農作業への興味、(2)食に対する理解、(3)子供の教育、(4)農家との交流、(5)知人との交流、(6)ボランティアとしての貢献、(7)自然の満喫、(8)特産品の購入、(9)手軽で安価なレジャー、(10)報酬としての農産物、の10項目に整理した。その上で、農業体験に興味があり未経験者である大阪府内の大学に通学する大学生6名を対象に、アンケートで農業体験前に期待する要素を上記の10項目の中から複数回答してもらった。その後、回答者に和歌山県紀伊田辺エリアで5時間程度みかんの収穫体験に取り組んでもらった。農業体験終了後に事前アンケートで回答された期待がどのように変化したのかを調べるために、15分間の半構造化インタビューを実施し、回答を上記の農業体験に期待する要素10項目に照らしてラベル付けを行い計数した。併せて、農業体験の満足度を確認するために、「総合的な満足度」、「体験の内容」、「交通アクセス」、「参加資金」、「スタッフの対応」、「作業量」、「体験時間」の7項目について5段階評価のアンケートを実施した。また、農業体験の2か月後、回答者に対して再度農業体験に参加したいか意欲を確認したところ、「再来訪意欲あり」「再来訪意欲なし」と回答した参加者は3名ずつであった。再来訪意欲の有無で群を分け、満足度アンケートの結果を表

表 1 満足度アンケートの結果

	再来訪意欲あり	再来訪意欲なし
総合的な満足度	5.00	4.33
体験の内容	5.00	4.67
交通アクセス	3.00	3.00
参加資金	4.67	3.67
スタッフの対応	5.00	4.67
作業量*	3.33	2.67
体験時間*	3.00	2.33

*: 多/5・適/3・少/1 とした

表 2 農業体験の期待に関する比較（一部抜粋）

期待する要素	一回参加者				複数回参加者
	再来訪意欲あり		再来訪意欲なし		
	事前	事後	事前	事後	
(1)	3	3	1	3	2
(2)	0	3	0	0	3
(4)	2	3	0	3	3
(5)	1	2	3	3	2

1 に、農業体験に期待する要素の変化（一部抜粋）を表 2 の「一回参加者」欄に、各々示す。

満足度アンケートの結果から、両群の総合的な満足度はともに高かったものの、再来訪意欲なし群の各項目は、再来訪意欲あり群に比べていずれもやや低い傾向にあることが観察された。この原因として、体験時間、及び作業量に不足を感じた可能性が示唆される。また、表 2 の一回参加者の「期待する要素」における「(2) 食に対する理解」については、両群とも事前には意識されていなかったが、再来訪意欲あり群では、3 名ともに意識の変化が確認された。一方、再来訪意欲なし群では意識の変化が確認されなかった。この結果から、食に対する理解が促進されないことが再来訪の阻害要因となった可能性がある。また、再来訪意欲なし群は「(1) 農作業への興味」や「(4) 農家との交流」に関して事前の期待は高くなかったものの、体験を通じて 3 名ともに意識の変化が確認されたことから、これらの項目は再来訪の促進要因ではないことが示唆される。

次に、複数回参加者のモチベーションの分析を通じて再来訪意欲の有無に関する考察を深めるために、複数回参加者である社会人 4 名に 30 分間の半構造化インタビューを実施し、回答を前述した農業体験に期待する要素 10 項目に照らしてラベル付けを行い計数した。その結果を表 2 の「複数回参加者」欄に示す。「(2) 食に対する理解」について「作物は一つ一つ個性があって愛おしい」という意見から、作物に対する愛着が再来訪の促進要因になる可能性が伺える。また、一回参加者においては「(4) 農家との交流」は再来訪の促進要因にはならないことを上述したが、複数回参加者からは「体験後にも関わりのある農家に会いに行く」という意見が得られた。加えて、「(5) 知人との交流」では、一回参加者に対するインタビューでは確認できなかった「現地で仲良くなった人と体験をする」という意見が得られた。以上から、一回参加者に対して (1) 作物に愛着を持つ、(2) 現地における農家や知人との継続的な交流を図る、の 2 点を働きかけることが再来訪の促進に繋がると考えられる。

3 おわりに

本研究では、果樹農業における農業体験の再来訪の促進を目的とした調査を行った。その結果、体験時間・作業量の不足、及び食に対する理解が得られないことが再来訪の阻害要因となる一方で、作物への愛着、及び現地における人との継続的交流が複数回参加者だけが知り得る農業体験の魅力であり、再来訪の促進要因になることが示唆された。この考察を踏まえて、今後は再来訪の阻害要因を凌ぐ農業体験の付加価値づくりを目的に、農業体験の再来訪を促進するアプリケーションのデザイン、及び実装を行う。

参考文献

- [1] 唐崎卓也, 安中誠司, 木下勇: 農業・農村体験活動関係者の参加モチベーションとインセンティブ, ランドスケープ研究, Vol. 72, No. 5, pp. 835-840 (2009).

果樹農業における農業体験の再来訪促進要因に関する調査

情 19-0211 新川 晴紀

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 継続的な農業体験は農業への関心を高めるきっかけとなり、将来的な雇用人材の確保に繋がることが期待されているが、農業体験は再来訪に繋がりにくいという問題がある。本研究では、一度農業体験に参加した人の再来訪の阻害要因、及び複数回農業体験に参加した人の再来訪の促進要因を明らかにするための調査を行った。その結果、体験時間・作業量、及び食に対する理解が得られないことが再来訪の阻害要因となる一方、作物への愛着、及び現地における人との継続的な交流が再来訪の促進要因になることが示唆された。この考察を踏まえ、(1) ニックネーム機能、(2) コミュニケーション機能、(3) コレクション機能、(4) 体験共有機能、を取り入れたアプリケーションのデザインの提案を行った。

1 はじめに

近年、日本の農村部における農業人口は減少傾向にある。農林水産省の「農業労働力に関する統計」¹によると、ふだん仕事として主に自営農業に従事している基幹的農業従事者は、2015年には175.7万人であったが、2022年には122.6万人まで減少している（図1参照）。農業・農村部の機能には、農村での農業生産活動が行われることによる食料、その他の農産物の供給の機能以外にも、国土の保全、水源の涵養（かんよう）、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承などがある²。農村部の農業従事者が減少することで、農業生産活動が衰退すると、農作物の生産が減少することに留まらず、農業・農村の有する多面的な機能の役割が果たせなくなることが懸念される。このことから、農村部における農産物の安定性維持と持続的な発展を目的とした農業従事者の確保が喫緊の課題となっている。

この課題の解決手段として、収穫をはじめとする農家の仕事体験（以下、農業体験と記す）が注目されている。現在の農業体験は農業に携わらない人に対して専門的な知識や経験が無くても参加することができるよう設計されている。親子で参加できる農業体験も多く開催されており、子供の教育や非日常の体験を楽しむレジャーの一環となっている。このことから、農業体験は農業に興味を持つ人にとって農産物における共同体（以下、農産物コミュニティと記す）と関わるための一助となっている。農業体験などを通して農産物コミュニティへの参加意欲

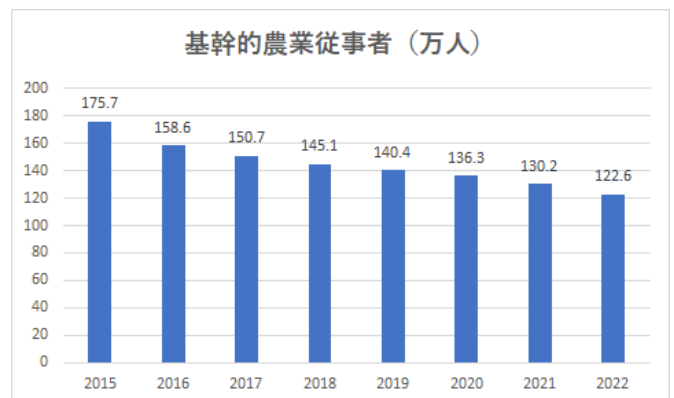
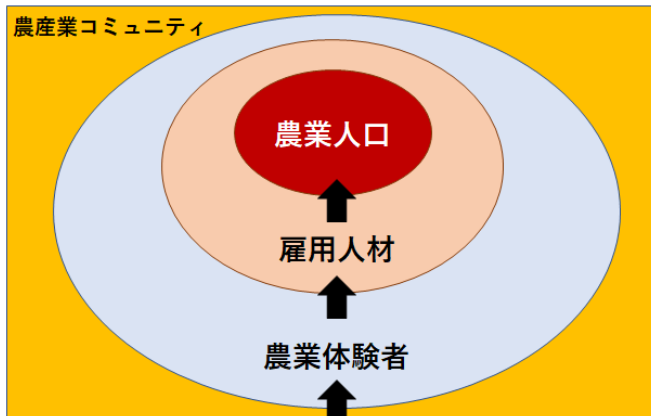


図1: 基幹的農業従事者数の推移（農林水産省の「農業労働力に関する統計」より作成）

を持った人は、Laveら[3]によって提起された正統的周辺参加（Legitimate Peripheral Participation:LPP）に基づいて、農産物コミュニティへの参加の度合いを高めていくと考えられる（図7参照）。正統的周辺参加とは、新規の参加者が中心的存在を見習いながら学習をし、周辺部分から徐々に参加の度合いを高めていく過程[20]を表した概念である。この農産物コミュニティに関わるメンバーとして、新規に農業体験をした人（以下、農業体験者と記す）、農家の労働力として農業に従事する人（以下、雇用人材と記す）、及び農産物コミュニティの中心的存在として基幹的農業従事者がいる。本研究では、農産物コミュニティにおいて雇用人材と基幹的農業従事者を総称して農業従事者とする。農業体験の継続的な参加は、基幹的農業従事者を見習いながら農業体験者がより高度な知識や経験を得ることができ、農業への関心を高めるきっかけとなるだけでなく、継続的な農業体験は農

¹<https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html> (2023/2/1 確認)

²https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/nougyo_kinou/ (2023/2/1 確認)



農業に興味がある人
図 2: 農産業コミュニティ

業体験者を基幹的農業従事者へ近づけ、将来的な雇用人材の確保に繋がることが期待される。先行事例として、下平 [8] は都市在住者による農作業支援体制づくりに着目し、農業体験への関心が農業の人手不足を補う方法としての可能性を示し、農家と継続的に交流することで農業や農村の活性化に寄与することを示している（図3参照）。一方、農業体験はレジャーの一環として催されるため、農業体験の継続的な参加の成否は農業体験者の農業体験に対するモチベーションに影響される。農業体験者が農業体験に対してモチベーションを維持できない場合や再び訪れる誘因がない場合、再来訪までに長い期間を有してしまうことや農産業コミュニティから離脱してしまう可能性がある。実際、20代から40代の過去2年間の平均体験頻度は1回台とされており [14]、再来訪に繋がりにくいという問題がある。

本研究では果樹農業における農業体験者の再来訪の促進を目的として、一度農業体験に参加した人（以下、一回参加者と記す）の農業体験の満足度、及び体験前後の意識の変化から再来訪の阻害要因を明らかにする。また、複数回農業体験に参加した人（以下、複数回参加者と記す）のモチベーションの分析を通して再来訪の促進要因を明らかにするための調査を行う。調査結果を踏まえて、農業体験の再来訪を促すアプリケーションのデザインを提案する。

2 関連研究

農業体験はレジャーの一環として催されていることから、農村と観光を組み合わせた農産業であると考えられる。実際に、農業体験や農泊体験のような農村の魅力を活かした地域づくりへの継続的な参加や観光における再来訪について多くの研究がされている。本章では、2.1節で地域づくり体験に関する研究、2.2節で観光旅行における再来訪に関する研究について概観し、2.3節で本研究の立ち位置を述べる。



図 3: 農業体験に関するコーディネータの役割（文献 [8] より引用）

2.1 地域づくり体験に関する研究

唐崎らは、農業・農村体験活動の持続性に着目し、活動の役割を運営者、協力者、来訪者の3つのタイプに分けた [21]。その上で活動に対するそれぞれの参加モチベーションとインセンティブの関係を明らかにした（図4参照）。また、一定面積の収穫の権利を与えるオーナー権や、特典価格での収穫物の購入というようなインセンティブの創出が活動の持続に求められる条件であることを示した。

山本は、農業体験による意識の変化に着目し、体験前の期待度と体験後の満足度の変化を指標に農業・農村に対する認識評価を調査した [22]。その結果、「農業の楽しさ」「お米の出来方を学ぶこと」「農業について学ぶこと」「参加者と話すこと」「親子の信頼関係」などの項目について子供たちに意識変化が起こっていることを定量的に明らかにした。

作野は、都市地域と農山漁村地域との関わり方についてまとめ、関係人口が有する多様性についても示した [16]。観光をはじめ、何らかのきっかけで当該地域を訪問した者は、交流人口として扱われる。やがて、同一の地域に行き来を重ねると、そこに交流が生まれる。さらに、継続的に通うことで、交流者と定住者によって協働

		運営者	協力者	来訪者
A 会	モチベーション	(I) 里山での作業自体を楽しみたい (I) 気の合う会員同士で楽しみたい (P) 豊かな里山環境を守りたい (P) ボランティアに興味 (P) 遊休農地の解消と農業振興 (P) 地域の子供に対する環境教育	(I) 同じ地元の付き合い* (P) 専門家の立場で調査・活動に貢献したい(筆者)	(I) レクリエーション* (I) 家族・友人との交流* (I) 子供の教育*
	インセンティブ	(S) 良好な人間関係がある (S) 強制されずに楽しみながらできる (O) 旅行会・懇親会がある (R) 管理作業の労働力	(O) 調査機会がある(筆者) (O) 良好な人間関係がある(筆者) (O) 旅行会・懇親会がある(筆者) (R) 作業報酬(農家)	(R) 落ち葉拾いの対価に地域通貨 (R) 炊き出しサービスがある (R) ソノ粉、サツマイモ等の特典販売 (R) 100円サービス券
B 直売所	モチベーション	(I) 営利向上 (P) 遊休農地の解消と農業振興	(S) 消費者と交流したい(農家) (P) 専門家の立場で調査・活動に貢献したい(筆者)	(I) 子供の教育# (I) 農業に関心がある# (I) 生産者との交流、家族との交流# (P) ボランティアに興味#
	インセンティブ	(R) 来訪者が常客になる (R) 来訪者が新規就農者になる (R) 来訪者の労働力が得られる (R) 対象作物が特産品化する (O) 遊休農地が借りやすい	(R) 参加報酬としての収穫物 (R) オーナーの権利 (R) 消費者に対するPR機会(農家) (O) 調査機会がある(筆者・研究者)	(R) 参加報酬としての収穫物 (R) 収穫物の特典購買 (R) オーナーの権利
C 農園	モチベーション	(P) 農業・農家の実態を知って欲しい (P) 在来品種を活用して地域振興 (I) 消費者と交流したい	(P) 専門家の立場で調査・活動に貢献したい(筆者)	(I) 子供の教育# (I) 農業に関心がある# (I) 友人・家族との交流#
	インセンティブ	(R) 来訪者が顧客となる。農産物販売 (S) 来訪者からの感謝される	(O) 調査機会がある(筆者・研究者) (S) 良好な人間関係がある(筆者)	(O) 安価なレジャー# (O) 都心に近い農村環境# (R) 食事の提供#

(備考) 表中の記述は聞き取りの内容から抽出した。*は聞き取りができず筆者の観察による記述、#はアンケートをもとに抽出した。
モチベーションは、(I)個人的・利己的欲求、(P)公益的・利他的欲求に分類。インセンティブは、(R)報酬、(S)社会関係、(O)実現の場面に分類。
アンケートはB直売所のサツマイモ掘り体験(2007/10)、C農園の田植え体験(2008/5)時に、来訪者である成人を対象に郵送回収式で実施した。

図 4: 運営者・協力者・来訪者の参加モチベーションとインセンティブの関係 (文献 [21] より引用)

が生じて当該地域の課題解決や地域資源の活用などに対して積極的・能動的な動きを見せる。最後に、当該地域への当事者意識が高まり定住人口に至ることを示した (図 5 参照)。

福田らは、地域づくりに対する人びとの継続的な参加と活動の維持・発展に関わる要因を明らかにし、参加を動機づける誘因、参加者の活動組織—市民組織、地縁組織、地縁・生産組織—への貢献と効用の享受に関する行動特性について示した [9]。この研究では、地域づくりへの継続的な参加を動機づける誘因効用が、「仲間との連帯」「社会的信望」「地域貢献」「報酬」「理想の現実」であるとした。これら 5 つの誘因効用のうち、「仲間との連帯」「地域貢献」「理想の現実」が、地域外から参加する市民組織の継続的な参加の動機付けとなっていることを示した。一方で、活動に意味を見出せない場合や「これ以上貢献できない」というような活動への自信が無くなった場合に、個人が市民組織から離脱することを指摘した。

Payton らは、国立野生生活保護区において場所への愛着と信頼が、市民行動レベル (時間、努力、資源の寄与) にどのように影響するのかを調査した [4]。この研究では、場所への愛着を人と場所をつなぐ機能的・感情的結びつきと定義した。調査の結果、場所への愛着が個人間の信頼の繋がりと相互の絆となり良好な人間関係を促進し、個人間の信頼を発展させることを示した。一方で、管理者は、共同管理プロセスにおいて、場所への愛着が持つ団結力を活用することができることを指摘した。このことから、その場所を共有する個人間の信頼とその場所への愛着が「市民的な行動」のような地域社会に関与する意欲を向上させることが示された。

鈴木らは、地域活動への動機付けとして地域への愛着に着目し、地域への愛着が地域での協力的行動に与える影響について分析を行った [24]。その結果、地域への愛着が高い人ほど、町内会活動やまちづくり活動などに熱心である傾向が示された。さらに地域への愛着が高い人ほど他者に依存する傾向が低く、主体的な責任感が存在することを示した。加えて、交通行動が地域風土との接触、地域への愛着を介して地域での協力的行動に影響を及ぼすことを指摘した。このことから、地域風土との接触を介した際、地域への愛着が醸成される可能性を示した。

2.2 観光旅行における再来訪に関する研究

奥瀬は、モノとサービスが一体となった価値の提供を意味するサービス・ドミナント・ロジックの文脈においてサービスのみならず、有形財においても顧客満足について議論されることが多くなったことを背景に、顧客満足概念 (図 6 参照)、及びその測定手法について検討した [7]。満足と不満の関係を「満足/満足していない」と規定される「アンサティスファクション」と「不満/不満ではない」と規定される「ディスサティスファクション」の 2 次元で整理したものに加えて、「顧客が支払う代価に対して当然受けうると期待している」と定義された本質機能と「代価に対して当然と思わないが、あればあるにこしたことはない期待」と定義された表層機能を組み合わせた概念について検討した。第 1 象限は顧客が満足している状態、第 2 象限は満足も不満も感じていない状態、第 3 象限は不満を感じている状態、第 4 象限は本質機能に欠くことから不満を感じている状態であるとした。このことから、本質機能および表層機能の期待が創出された場合のみ、満足に繋がると考えられる。

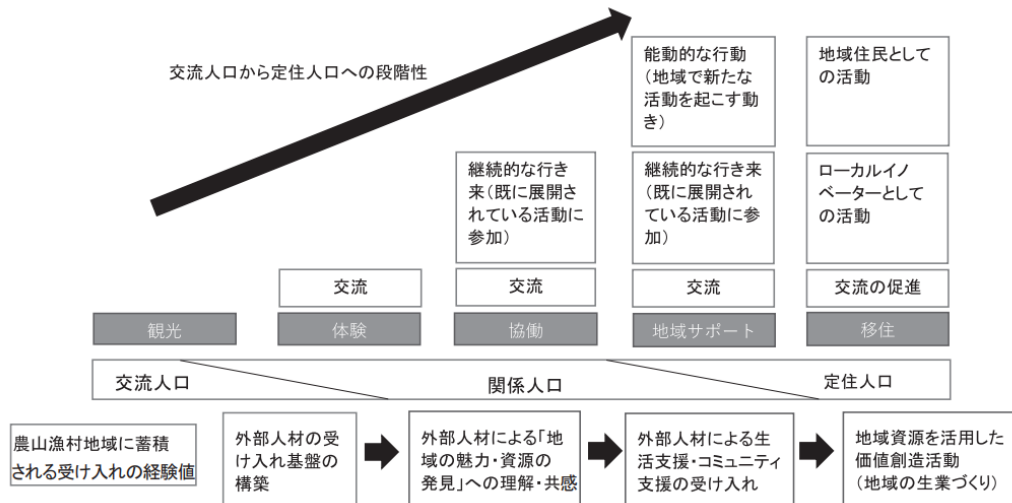


図 5: 交流人口、関係人口、定住人口の関係性と段階性（文献 [16] より引用）

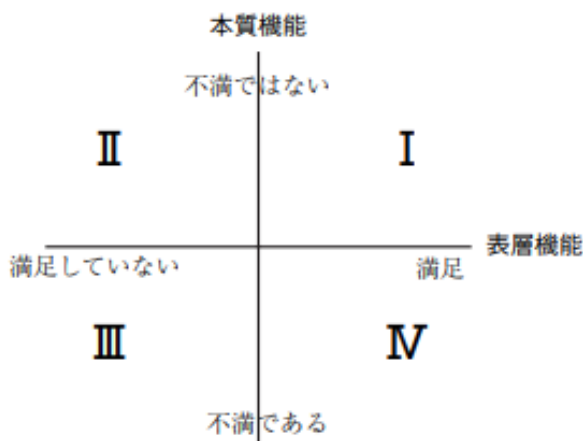


図 6: 顧客満足概念図（文献 [7] より引用）

Chen らは中国人観光客の記憶に残る観光体験 (Memorable Tourism Experiences: MTEs) に影響を与える心理的要因を実証的に特定し、MTEs, 「楽しい」感情、推奨と再来訪意図の関係について調査した [2]。その結果、感覚的な喜びである「快楽主義」、変化する傾向または予期しない経験を求める「新規性」、価値のある旅行経験である「意味性」、個人が地元の旅行パートナーに会ったときに感情的な繋がりを求めたいという「社会的相互作用」の心理的経験要素が観光客の肯定的な感情を増幅させることを明らかにした。一方、一般的なマーケティングとは異なり観光客が目的地の環境とサービスに期待通り満足しても再来訪することはないとし、目的地が観光客に忘れさせない、あるいは思い出に残る観光体験を提供する場合のみ、観光客の再来訪する意欲が強くなるとした。このことから、観光体験において「快楽主義」「新規性」「意味性」「社会的相互作用」の4つの要因を満たし、期待通りに満足した場合でも思い出に残る観光経

験でない場合、観光客は再来訪しないことが示された。

小原は心理学からのアプローチ、及びマーケティング論からのアプローチより、再来訪発生のプロセスと満足度の関係性を明らかにした [23]。小原は、観光旅行者による再来訪行動と観光地満足の関係性をまとめた (図7 参照)。まず、全ての観光地の見学や経験ができなかった場合や別の季節に来訪したいというような物足りない状態を「充足しない満足」(Unsatisfaction) とし、再来訪を促すとした。次に、期待以上の体験ができた場合、観光地へのロイヤルティに繋がり「満足の状態」(Satisfaction) となる。ロイヤルティが向上すると、その土地に対して思い入れが強くなり、ファンとなることで再来訪の可能性が高くなるとしている。また、心理的側面から日常生活における「快／不快」の刺激がない状態である「慣れ」の状態が、珍しいものを見たい、体験したいという「新奇性の欲求」が旅行動機の要因となっている。このことから、「新奇性の欲求」が満たされ、「快／不快」の刺激を得たならば、その旅行によって満足の状態となり、「達成感」を感じるようになる。この「達成感」は、一度満足を体験すると再び体験する必要がなくなり「訪問終了」となるとした。最後に、期待通りの体験ができなかった場合、「不満足」(Dissatisfaction) となり、「訪問終了」となるとした。

河田は、来訪経験によって観光客の興味に変化する度合いを「興味喚起」と定義し、観光地ロイヤルティに及ぼす影響の検証を行った [13]。その結果から、興味喚起が満足度を介しロイヤルティへの間接的な効果をもたらす可能性を示唆した。来訪中に観光客に新たな興味や学習意欲を喚起していく体験が来訪前の観光客の期待を満たす体験と並列的に必要であることを指摘した。期待通りの体験と興味を喚起するポジティブな予想外の体験を提供することで観光客の満足度が上がり、観光地ロイヤ

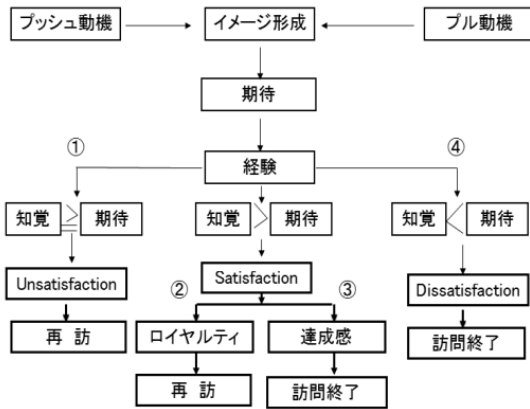


図 7: 観光旅行者によるリピート来訪行動と観光地満足の関係性 (文献 [23] より引用)

ルティに影響を及ぼすことで観光客の再来訪意欲が向上することが示された。

外山らは、製品・サービスに接することによって生じる消費者自身の主観的な感覚である「経験」を重視する「経験マーケティング」(Experiential Marketing)に着目し、再来訪意欲に対する旅行経験の影響について明らかにした [18]。外山らは、非日常の満喫や歴史の見分というような思考に基づき、意味づけや価値判断を行う認知的経験と、ポジティブまたはネガティブな感情や気分に基づき判断を行う情緒的経験が、満足と記憶の鮮明さの評価を経由し、再来訪意向を形成することを示した。また、経験した旅行の内容を思い返したり、他者と共有することが情報を繰り返し意識すること (リハーサル) に繋がる。その頻度が高くなると、経験、記憶の鮮明さ、満足および再来訪意向に関する評価が高まるとともに、ネガティブな情緒的経験が満足に及ぼす負の影響を弱めることを明らかにした。このことから、リハーサルが、旅行経験から再来訪意向の形成に至る一連のプロセスに好ましい影響を与えていることを指摘している。

2.3 本研究の位置づけ

2.1 節では、農村の魅力を活かした地域づくりへの継続的な参加の観点から、農業体験のモチベーション、及び意識変化の調査、継続的に農村地域に関わる人の関係変容、及びモチベーション、地域への愛着による地域づくりへの影響について取り上げた。各事例の結果から、地域への愛着やモチベーションが農村地域と関わる人の関係性に影響があり、継続的な農業体験において意識の変化に着目した調査が有効であると考えられる。2.2 節では、観光における再来訪の観点から、観光における再来訪の促進要因、及び阻害要因、について取り上げた。各事例の結果から、農業体験の満足が再来訪に影響する一方、期待通りの体験、及び「達成感」による満足は来訪意欲の低下に繋がると考えられる。

本研究では、農業体験への再来訪に影響する要因を明

らかにするために、農業体験の満足度、及び体験の前後における意識の変化に着目し、一回参加者からは再来訪の阻害要因を、複数回参加者からは再来訪の促進要因を明らかにする調査をする。また、調査結果を踏まえた、農業体験の再来訪を促すアプリケーションのデザインを提案する。

3 create action funnel に基づく農業体験参加プロセス

本章では、人が行動に至るまでの過程を五つのステップにまとめた create action funnel に基づいて、農業体験者が体験への参加を決定する過程や離脱する過程の解釈を試みる。

3.1 create action funnel とその離脱

Wendel[5] は人が行動に至るまでの過程を create action funnel として5つのステップにまとめた (図8参照)。

人が行動に至るまでには、第一のステップで行動のきっかけがある (Cue: きっかけ)。第二のステップで “Cue” を通じて行動に移すためのポジティブな期待が醸成される (Reaction: 反応)。第三のステップで “Reaction” が実際の行動をする際の資金や労力の費用と比べて、価値があるのか判断される (Evaluation: 評価)。第四のステップで行動する価値がある “Evaluation” が判断された後、スケジュールや内容から実際に行動することができると判断される (Ability: 能力)。第五のステップで緊急ですべきことなのか判断される (Timing: タイミング)。

各ステップで人が離脱してしまう恐れがあることも指摘している。第一のステップでは、行動に移すきっかけの認知がされないことが原因となり離脱に至る (Doesn't Notice: 気づかない)。第二のステップでは、行動への否定的な反応が原因となり離脱に至る (Negative Reaction: ネガティブな反応)。第三のステップでは、行動への影響が効果よりもコストの方が大きいことが原因となり離脱に至る (Cost > Benefit: 費用 > 効果)。第四のステップでは、行動する能力を持っていないことが原因となり離脱に至る (Can't Act Now: 今できない)。第五のステップでは、緊急で行動する必要がないことが原因となり離脱に至る (No Urgency: 非緊急性)。

3.2 農業体験への参加モデル

前節で述べた create action funnel に基づいて、農業の未経験者が農業体験に参加するまでの意思決定の過程について解釈を試みる。

第一のステップでは、体験者のブログや観光サイト等に掲載されている情報が農業体験への “Cue” となるが、農業体験の情報が目に入らなければ離脱となる。第二のステップでは、農業体験について「楽しそう」や「やっ

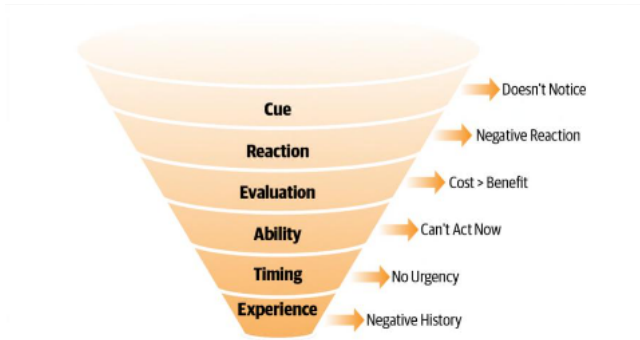


図 8: create action funnel の概念図（文献 [5] より引用）

てみたい」といったポジティブな期待が“Reaction”となるが、「しんどそうだ」や「面倒くさい」というネガティブな反応であれば離脱となる。第三のステップでは、農業体験の費用と体験の価値が見合っているのか意識的に判断することが“Evaluation”となるが、費用に対して、期待する効果が見込まれないと判断した場合、離脱となる。第四のステップでは、時間的な制限や身体的な制限の有無などから実際に農業体験ができると判断することが“Ability”となるが、農業体験者の都合や農業体験を受け入れる農家の都合が合わない場合、離脱となる。第五のステップでは、「今農業体験すべきだ」や「今したい」という緊急性が“Timing”となるが、「今するべきではない」や「今じゃなくていい」という非緊急性であると判断した場合、離脱となる。

4 農業体験に関する調査

本章では、農業体験者の再来訪の促進を目的として、再来訪の阻害要因を明らかにするために参加回数別に調査を行った。一回参加者からは、農業体験の満足度、及び体験前後の意識の変化について調査するために、アンケート、及びインタビューを実施した。また、再来訪の促進要因を明らかにするために、複数回参加者からはインタビューを通じて、農業体験に期待する要素を抽出した。

4.1 一回参加者の再来訪の阻害要因調査

前章で立てた仮説を踏まえ、本研究では農業体験をして得られる経験（Experience：経験）が、次の農業体験への参加の要因として大きく影響すると考えた。一度参加した農業体験者が再来訪をしない場合、農業体験に期待した程の満足が得られなかった、もしくは一度で満足してしまったことで次の農業体験へのモチベーションが下がった、という仮説を立てた。仮説に基づき、本研究では農業体験の満足度、及び体験前後の意識の変化から再来訪の阻害要因を明らかにすることを目的としたアンケート調査を行った。

4.1.1 農業体験前調査

農業体験に興味があり未経験者である大阪府内の大学に在籍する大学生 6 名を対象に、アンケートで農業体験

前に期待する要素を提示した 10 項目の中から複数回答してもらった。提示した 10 項目を以下に示す。

- (1) 農作業への興味
- (2) 食に対する理解
- (3) 子供の教育
- (4) 農家との交流
- (5) 知人との交流
- (6) ボランティアとしての貢献
- (7) 自然の満喫
- (8) 特産品の購入
- (9) 手軽で安価なレジャー
- (10) 報酬としての農産物

提示した 10 項目は、唐崎らによる農業体験に対する来訪者の参加モチベーションとインセンティブの分析結果、及び農林水産省の「食生活及び農林業体験に関する調査（令和 2 年 3 月）」³を参考にした。

4.1.2 農業体験後調査

事前アンケートの回答者を対象に和歌山県紀伊田辺エリアで 5 時間程度みかんの収穫体験に取り組んでももらった（図 9 参照）。農業体験終了後に事前アンケートで回答された期待がどのように変化したのかを調べるために、15 分間の半構造化インタビューを実施し、回答を上記の農業体験に期待する要素 10 項目に照らしてラベル付けを行い計数した。併せて、農業体験の満足度を確認するために、7 項目について 5 段階評価のアンケートを実施した。提示した 7 項目を以下に示す。

- (1) 総合的な満足度
- (2) 体験の内容
- (3) 交通アクセス
- (4) 参加資金
- (5) スタッフの対応
- (6) 作業量
- (7) 体験時間

また、農業体験の 2 か月後、回答者に対して再度農業体験に参加したいか意欲を確認した。

4.2 複数回参加者の再来訪の促進要因調査

複数参加者のモチベーションの分析を通じて再来訪の促進要因を明らかにするために、複数回参加者である社会人 4 名に 30 分間の半構造化インタビューを実施し、回答を前述した農業体験に期待する要素を 10 項目に照らしてラベル付けを行い計数した。

³https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12278798/www.maff.go.jp/j/syokuiku/taiken_tyosa/r01/index.html (2023/2/1 確認)



図 9: 農業体験の様子

5 調査結果

本章では、農業体験に関する調査結果について述べる。一回参加者からは農業体験の満足度、及び体験前後の意識の変化に着目し、再来訪の阻害要因を明らかにする。また、複数回参加者からはモチベーションの分析を通じて再来訪の促進要因を明らかにする。

5.1 一回参加者の結果

2か月後の再来訪意欲を確認した結果、「再来訪意欲あり」「再来訪意欲なし」と回答した参加者は3名ずつであった。再来訪意欲の有無で群を分け、満足度アンケートの結果を表1に、農業体験に期待する要素の変化を表2の「一回参加者」欄に、各々示す。

5.1.1 農業体験の満足度

表1から「総合的な満足度」の結果は、再来訪意欲あり群が5.00、再来訪意欲なし群が4.33であり、両群ともに高いことが観察された。一方、再来訪意欲なし群の各項目は、再来訪意欲あり群に比べていずれもやや低い傾向にある。特に、「参加資金」は、再来訪意欲あり群が4.67、再来訪意欲なし群が3.67であり、再来訪意欲なし群が1.00低い結果となった。

5.1.2 農業体験の意識の変化

表2から一回参加者の「期待する要素」における「(2) 食に対する理解」については、両群とも事前には意識されていなかったが、農業体験を通して再来訪意欲あり群では、3名ともに意識の変化が見られた(表3の(2) 食に対する理解の行参照)。一方、再来訪意欲なし群では、3名ともに農業体験後の意識の変化は見られなかった。また、再来訪なし群は「(1) 農作業への興味」や「(4) 農家との交流」に関して事前の期待は高くなかったものの、農業体験を通じて3名ともに意識の変化が確認された(表3の(1) 農作業への興味、(4) 農家との交流の行参照)。

表 1: 満足度アンケートの結果

	再来訪意欲あり	再来訪意欲なし
(1) 総合的な満足度	5.00	4.33
(2) 体験の内容	5.00	4.67
(3) 交通アクセス	3.00	3.00
(4) 参加資金	4.67	3.67
(5) スタッフの対応	5.00	4.67
(6) 作業量*	3.33	2.67
(7) 体験時間*	3.00	2.33

*: 多/5・適/3・少/1とした

5.2 複数回参加者の結果

農業体験の促進要因を表2の「複数回参加者」欄に示す。複数参加者のインタビューから「(2) 食に対する理解」について「作物は個性があって愛おしい」という意見が得られた。また、「(4) 農家との交流」では、体験後にも関わりのある農家に会いに行く意見に加えて、「(5) 知人との交流」では、一回参加者に対するインタビューでは確認できなかった、現地で仲良くなった人と体験をする意見が得られた(表4参照)。

6 考察

農業体験に関する調査結果から再来訪の阻害要因、及び再来訪の促進要因について考察する。

6.1 再来訪の阻害要因

5.1.1項より、農業体験の満足度について再来訪意欲なし群の各項目がいずれもやや低くなった原因として、体験時間、及び作業量に不足を感じた可能性がある。このことから、農業体験の体験時間、及び作業量が不足すると、参加資金や移動などの労力に対する費用対効果が感じられず、各項目の満足度が低くなり、再来訪の阻害要因となると考えられる。また、一回目の農業体験では、初心者取り組みやすいような時間配分や作業の設定がされているため、体験者ごとの身体的・精神的な差が不満の原因になると考えられる。

5.1.2項より、再来訪意欲あり群では3名とも「(2) 食に対する理解」に意識の変化があったのに対して、再来訪意欲なし群では意識の変化が見られなかったことから食に対する理解が促進されないことが再来訪の阻害要因となった可能性がある。一方、再来訪意欲なし群では「(1) 農作業への興味」や「(4) 農家との交流」体験を通じて3名ともに意識の変化が確認されたことから、これらの項目は再来訪の促進要因ではないことが示唆された。

6.2 再来訪の促進要因

農業体験の促進要因の「(2) 食に対する理解」から、作物に対する愛着の醸成が再来訪の促進要因になる可能性

表 2: 農業体験の期待に関する比較

期待する要素	一回参加者				複数回参加者
	再来訪意欲あり		再来訪意欲なし		
	事前	事後	事前	事後	
(1) 農作業への興味	3	3	1	3	2
(2) 食に対する理解	0	3	0	0	3
(3) 子供の教育	0	0	0	0	0
(4) 農家との交流	2	3	0	3	3
(5) 知人との交流	1	2	3	3	2
(6) ボランティアとしての貢献	0	1	0	0	3
(7) 自然の満喫	1	0	1	1	4
(8) 特産品の購入	0	0	0	0	0
(9) 手軽で安価なレジャー	0	0	0	0	0
(10) 報酬としての農産物	0	0	0	0	2

表 3: 一回参加者の回答の例

ラベル	インタビュー回答
(1) 農作業への興味	果物に限らず他の作業を体験してみたい
(2) 食に対する理解	どういう風に成っているか知らなかったことが知れた
(4) 農家との交流	農家の方が気さくに話しかけてくれて楽しかった
(5) 知人との交流	みんなで話し合いながら楽しめた

が示唆された。このことから、農業体験者に対して作物への愛着を持たせることは、食に対する理解を深める姿勢を醸成する手段として用いることができると考える。また、一回参加者においては「(4) 農家との交流」は再来訪の促進要因にはならないことを上述したが、複数回参加者からは体験後の農家との関わりが再来訪へのモチベーションとなることが示唆された。加えて、「(5) 知人との交流」では、現地で仲良くなった人との体験が再来訪へのモチベーションとなることが確認された。これらのことから、現地に現地における農家や知人との継続的な交流が再来訪の促進要因になる可能性が示唆された。しかし、「(4) 農家との交流」について、農家との継続的な交流は、農家の負担を大きくすることが懸念される。また、「(5) 知人との交流」について、農家が農業体験者に注意を払うためには少人数の体験者の受け入れが望ましいと考えられることや、農業体験者その他の農業体験者の日程が同一でなければならない、他の農業体験者に関わることは困難であると考えられる。以上から、一回参加者に対して (1) 作物に愛着を持つ、(2) 現地における農家や知人との継続的な交流を図る、の 2 点を働きかける仕組みが再来訪の促進に繋がると考えられる。

7 デザイン指針

本章では、6 章の考察より再来訪を促すシステムのデザイン指針をまとめる。(1) 意識の変化の促進、(2) 「充

足されない満足」の利用、(3) 農業体験者同士のシームレスな繋がり の 3 点に着目し、これらに基づいてシステムの設計を行う。

(1) 意識の変化の促進

6.1 節より、一回参加者の調査結果から「(2) 食に対する理解」が促進されないことが、再来訪の阻害要因になる可能性が示された。また、複数回参加者の調査結果から「(2) 食に対する理解」について作物に対する愛着が再来訪の促進要因になることが伺えた。一般に、愛着は特定の対象との間に情緒的結びつきができることで形成される。人を対象にした場合と同様に、植物・非生物・場所などの無意思な物を対象にした場合も、人が対象へ親しみを感じることで愛着が湧くとされている [17]。これに関連する一例として、齋藤らは、ユーザが情報機器を擬人化するという「擬人化パートナーシップ」があることを明らかにした [25]。また、地域への愛着が高い人ほど地域活動へ積極的に参加する意思が高い傾向があることが指摘されている [4]。本研究では、「(2) 食に対する理解」の促進のために、作物を擬人化することで農業体験者が作物への愛着を醸成することを目指す。その手段として、作物に対して農業体験者にニックネームを付与させる。ニックネームを付与させることで、モノに対して「親しみ」や「同族・仲間意識」を抱かせることが可能であり [11]、愛着の醸成に有効な手段である。次に、ニックネームを付けた作物とコミュニケーションを取る

表 4: 複数回参加者の回答の例

ラベル	インタビュー回答
(2) 食に対する理解	農家の話を聞きながら、日の当たり方など木ごとに実のできかたが違うのを知ると、作物に個性があるようで愛おしく感じる
(4) 農家との交流	「元気か？」と定期的に気にかけてくれて参加しやすい
(5) 知人との交流	農業体験をきっかけに一緒に行く仲間ができた

機能を付与する。非生物的な外観を有する実体を発話者に見立てることは、「親しみ」の形成に有効であり [15], 農業体験者と作物のコミュニケーションを作物に対する愛着の醸成に利用することで、「(2) 食に対する理解」の意識の変化に繋げることを目指す。

(2) 「充足されない満足」の利用

再来訪意欲なし群では農業体験の体験時間、及び作業量に関して不足を感じたことで再来訪意欲あり群と比較するとやや満足度が下がった。一回目の農業体験は、初めての人取り組みやすい体験設計となっている。そのため、農業体験者の個人的な差が体験への不足感に繋がると考えられる。一方、農作業に不満を持っていないことを踏まえると、この不足感は「充足されない満足」として農業体験の再来訪に利用できると考える。人は達成した事柄より達成できなかった事柄や中断した事柄の方が記憶に残る（ツァイガルニク効果 [6]）とされており、やり残しがある場合や結果が自分の理想通りでない場合、脳が緊張状態を保ち続け、記憶が良好に保たれる。これを利用した事例として、益田ら [19] は、観光地のリピータの創出を目的として、観光後にその観光地で経験できる別の価値を提示し、観光客にツァイガルニク効果を用いた心残りという未完了感を持たせることが観光客の再来訪意欲を向上させることを示した。このことから、農業体験で経験できる別の価値を提示することで農業体験に対する不足感というネガティブな反応を、未完了感というポジティブな反応に変えることができると考えた。以上を踏まえ、農業体験に未完了感を持ってもらうことを企図したデザインとして、作物のコレクションを提案する。このデザインはアイテム数が増えるにつれ、愛着が強くなり、収集を止めるのが難しくなるという人の心理（サンクコスト効果 [1]）に働きかけ、複数の農業体験に興味を持ってもらうことで、未完了感を与えることが期待される。これにより、再来訪意欲の向上を目指す。

(3) 農業体験者同士のシームレスな繋がり

一回参加者の農業体験に対する意識の変化の調査から、「(4) 農家との交流」は再来訪の促進要因ではないことが示唆された。しかし、複数回参加者の調査結果から、一回参加者と農家との交流のような一過性の交流ではなく、現地における農家や知人との継続的な交流は、再来訪の促進要因になることが示された。1章で示したように、農業体験者に現地における人との継続的な交流を促

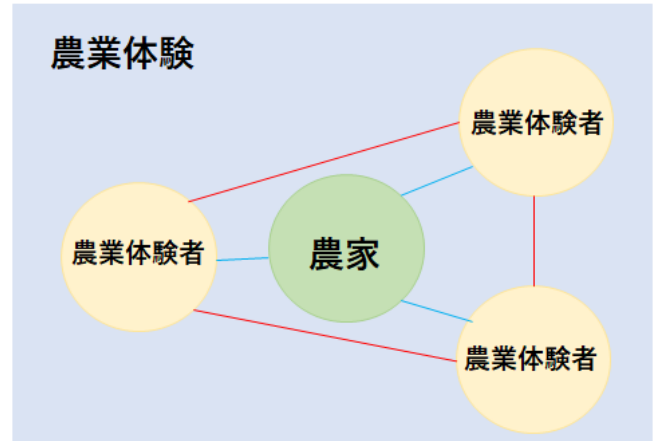


図 10: 農業体験のシームレスな関係

す上で、「農業体験者—農家」の関係性は重要である。また、農業体験者のブログ閲覧や現地での交友関係の構築が農業体験へのきっかけやモチベーションになることから、「農業体験者—農業体験者」という農業体験者同士のシームレスな関係性も重要であると考えられる。しかし、農業体験者同士が関係を築くためには、同じ日程・場所・作業で農業体験をしなければならない制約があるため、農業体験者同士が関わり合うことは難しい。本研究では、農業体験者同士が体験を共有することで、「農業体験者—農家」の関係性、及び「農業体験者—農業体験者」という農業体験者同士のシームレスな関係性の実現を目指す（図 10 参照）。体験の共有は、農業体験者同士が関わるきっかけになるだけでなく、副次的な効果として農業体験者同士の連携が意識され、農業体験者の農業や農家への貢献感に繋がることが期待される。福田ら [9] は、地域づくりにおいて、市民組織は、「仲間との連携」「理想の実現」「地域貢献」が地域づくりの継続的な参加のモチベーションとなることを示した。このことから、農業体験で農業体験者同士の連携が意識され、農業や農家への貢献感に繋がるとは、継続的な参加のモチベーションとなる可能性があると考えられる。

8 農業体験への再来訪を促すデザインの提案

7章の整理をふまえ、農業体験への再来訪を促すデザインに共通する機能として (1) ニックネーム機能、(2) コミュニケーション機能、(3) コレクション機能、(4) 体験共有機能の4つの機能を取り入れたアプリケーション

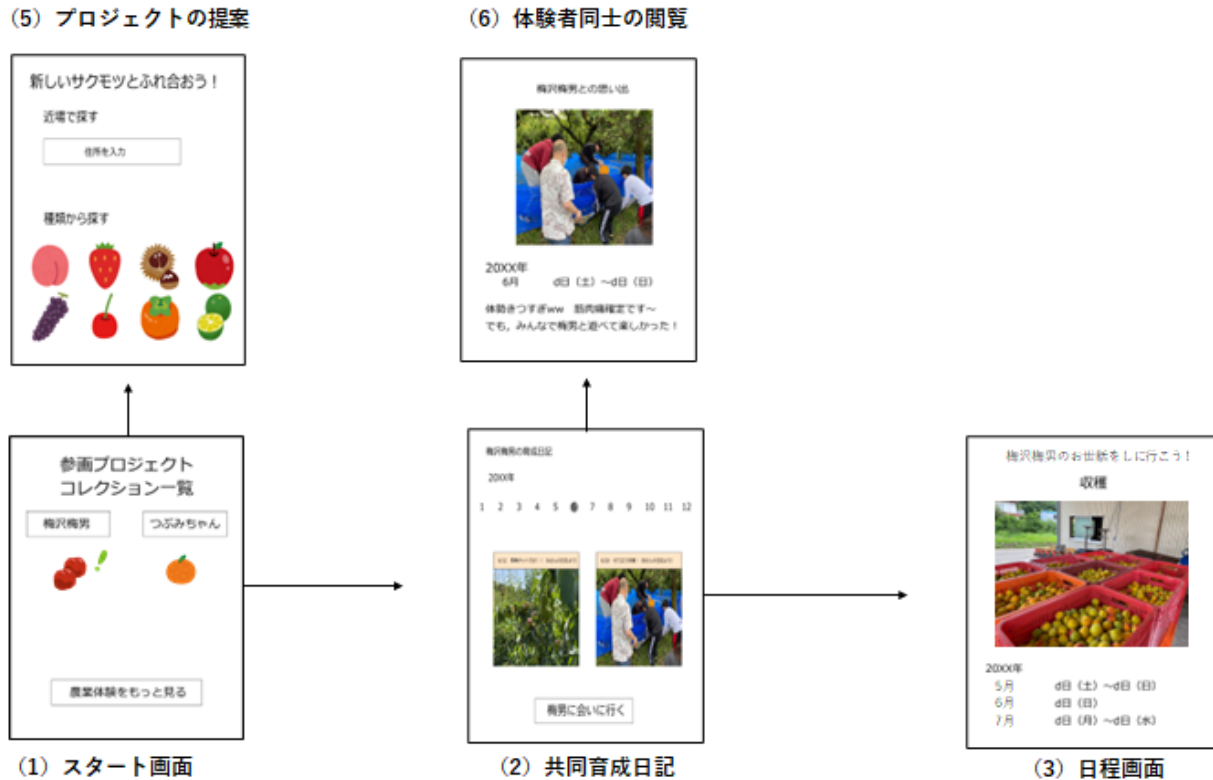


図 11: システムの流れ：みんなで育成！農業体験プロジェクト

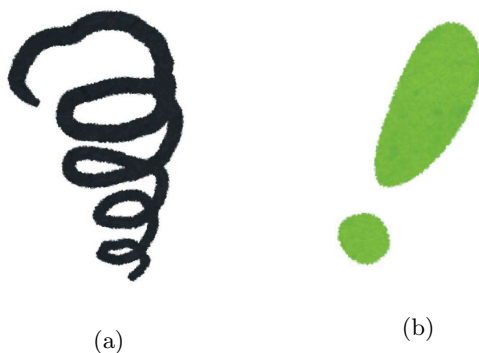


図 12: 反応アクション

のデザインを提案する。これらの機能を基に、「みんなで育成！農業体験プロジェクト」と「農業体験コレクション」の農業体験への再来訪を促すデザインを提案する。

8.1 共通する機能

本節では、農業体験への再来訪を促すデザインに共通する機能について述べる。

(1) ニックネーム機能

ニックネーム機能は、農業体験者の作物に対する「親しみ」を促し、作物への愛着の形成を目的としている。ニックネームは、農業体験前に付けるように設定しており、農業体験中に作物に付けたニックネームを意識させることで、「親しみ」を感じてもらえと考える。

(2) コミュニケーション機能

コミュニケーション機能は、ニックネームを付けた作物とコミュニケーションを取ることで、「親しみ」を促し、作物への愛着の形成を目的としている。コミュニケーションは、作物が図 12 のような反応アクション（「いらすとや」⁴より引用）を起こし、農業体験者が作物の反応アクションに対してリアクションすることで、コミュニケーションが取れるようになっている。

(3) コレクション機能

コレクション機能は、農業体験者の未完了感を創出するために、サンクコスト効果に働きかけることで、他の農業体験に興味を持ってもらうことを企図している。農業体験者は、作物を一度集め始めることで、農業体験へのモチベーションを維持することができ、再来訪を促すことになる。また、コレクション機能と作物の愛着の醸成を目的とした「ニックネーム・コミュニケーション機能」を連携することで、農業体験者が積極的に過去の体験を振り返ることに繋がり、阻害要因を弱め、楽しかった思い出を想起させる [18] ことに繋がるという利点もある。

(4) 体験共有機能

体験共有機能は、農業体験者同士のシームレスな関係の構築を目的としている。本研究では、日記を用いて農業体験の共有をする。日記は、画像によって、農業体験者が関わった作物の成長の確認できると同時に、農業体

⁴<https://www.irasutoya.com/> (2023/2/1 確認)

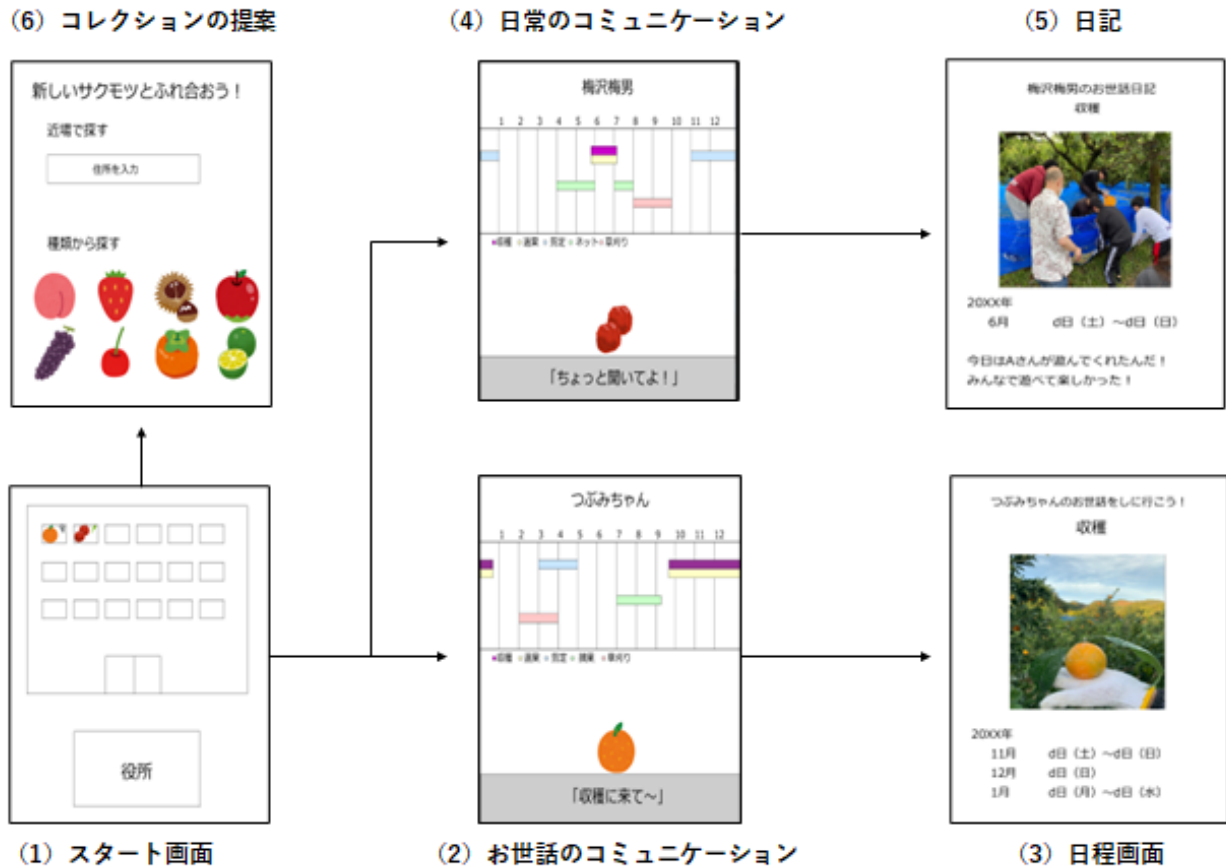


図 13: システムの流れ：農業体験コレクション

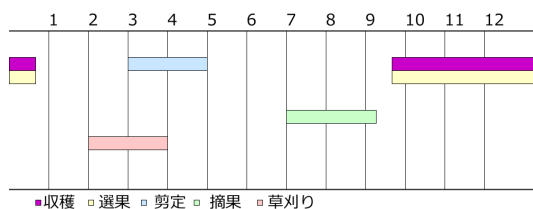


図 14: 年間農作業表

験に関わっている他の農業体験者の認識により、場を介した体験を共有する [12] ことで、連携感、及び貢献感という新たな体験価値の付与を企図している。また、文字によって農業体験者の知識や経験価値の共有が可能となり、感動や共感に繋がるのが期待できる [10]。さらに体験共有機能は、「農業体験者—農家」の継続的な関係を構築するための手段として利用できると考える。現状のコミュニケーション手段として、通話やメールなどの直接的な手段が用いられている。この手段では、農業体験者と農家のコストが大きくなる。このことから体験共有機能とコミュニケーション機能を連携させることで、作物を介した間接的なコミュニケーションにより、「農業体験者—農家」の継続的な関係構築が可能となると考えた。

8.2 みんなで育成！農業体験プロジェクト

本節では、「みんなで育成！農業体験プロジェクト」の流れについて述べる（図 11 参照）。

「みんなで育成！農業体験プロジェクト」は、農業体験者が体験者同士の協力を意識して、作物の成長を楽しんでもらうことを軸としている。

図 11-(1) はスタート画面であり、農業体験者がこれまでに体験した作物の一覧が表示されている。この一覧から、反応アクションのある作物を選択すると、図 11-(2) の共同育成日記画面へ遷移する。この画面で、他の体験者が更新をした日記や過去の日記を閲覧することができる。詳細な日記の内容を閲覧したい場合、その日記を選択すると、図 11-(6) の体験者同士の閲覧画面へ遷移する。この画面では、農業体験への感想を閲覧することができる。また、農業体験の参加を希望する場合、図 11-(2) の共同育成日記画面から「会いに行く」をタップすると、図 11-(3) の日程画面へ遷移する。この画面では、農業体験可能な日程の候補が提示されている。さらに、別の農業体験に参加を希望する場合、図 11-(1) のスタート画面から「農業体験をもっと見る」をタップすると、図 11-(5) へ遷移する。この画面から、気になる作物や検索機能で体験地域を選択することができる。

8.3 農業体験コレクション

本節では、「農業体験コレクション」の流れについて述べる（図 13 参照）。

「農業体験コレクション」は、農業体験者に作物とのふれあいを楽しんでもらうことを軸としている。

図 11-(1) はスタート画面であり、農業体験者がこれまでに体験した作物の一覧が表示されている。この一覧から、反応アクションのある作物を選択すると、反応アクション別に画面の遷移をする。まず、作物が図 12-(a) の反応アクションを起こしている場合、図 13-(2) のお世話のコミュニケーション画面に遷移する。この画面では、擬人化した作物が「収穫に来て～」のような手助けを促す発話によるコミュニケーションが取れる。また、年間農作業表（図 14 参照）を確認することができ、そこから時期と体験したい農作業を選択すると、図 13-(3) の日程画面へ遷移する。この画面では、農業体験可能な日程の候補が提示されている。次に、図 12-(b) のような反応アクションを起こしている場合、図 13-(4) の日常のコミュニケーション画面に遷移する。この画面では、擬人化した作物が「ちょっと聞いてよ!」のような会話を促す発話によるコミュニケーションが取れる。年間農作業表から時期と体験内容を選択すると、図 13-(4) の日常のコミュニケーション画面に遷移する。この画面では、農業体験の内容や感想を閲覧することができる。

9 今後の展望

本研究では、農業体験への再来訪を促すデザインとして「みんなで育成! 農業体験プロジェクト」と「農業体験コレクション」を提案した。「みんなで育成! 農業体験プロジェクト」に関しては、コミュニケーションが反応アクションの提示のみになってしまっているため、作物の擬人化による、間接的な農家との継続的な交流という再来訪を促す要件を満たすことができていない。このことから、擬人化した作物とコミュニケーションを取れるようにすることで、間接的な農家との継続的な交流を目指す。次に、「農業体験コレクション」に関しては、作物とのコミュニケーションにおいて、作物側からの一方的な発話になっているため、コミュニケーションによる愛着の醸成に繋がらないことが懸念される。このことから、擬人化した作物と農業体験者がお互いに関わり合えるようなコミュニケーション手段の仕組みにすることで、愛着の醸成を目指す。

10 おわりに

本研究では、農業体験者の再来訪を目的として、一回参加者の再来訪の阻害要因、及び複数回参加者の再来訪の促進要因を明らかにするために、農業体験の満足度及び、体験前後の意識の変化に着目した調査を行った。その結果、体験時間・作業量、及び食に対する理解が得ら

れないことが再来訪の阻害要因となることが示唆された。一方、作物への愛着、及び現地における人との継続的な交流が複数回参加者だけが知り得る農業体験の魅力であり、再来訪の促進要因になる可能性がある。この考察を踏まえ、農業体験の再来訪を促すシステムのデザインとして (1) ニックネーム機能、(2) コミュニケーション機能、(3) コレクション機能、(4) 体験共有機能、の 4 つの機能を取り入れたアプリケーションのデザインの提案を行った。今後は、本稿のデザイン案を基に、再来訪の阻害要因による再来訪意欲の低下を上回る農業体験の付加価値づくりを目的に、農業体験の再来訪を促すアプリケーションの実装を行う。

11 謝辞

本研究では、多大なるご協力を賜りました株式会社日向屋の方々に心より深く感謝申し上げます。本研究の遂行及び本論文の執筆にあたり、懇切なるご指導、ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部総合情報学科の松下光範教授に深く感謝申し上げます。並びに、研究を進めるにあたり関西大学総合情報学部総合情報学科の山西良典准教授には多くのアドバイスを頂きましたこと深く感謝申し上げます。さらに、頻繁な議論を通して、本研究の方向性や農業の知識をご教授いただきました松下研究室 1 期生の田中和広氏に深く感謝申し上げます。研究指導、論文添削等、多くの力添えを頂きました関西大学大学院総合情報研究科知識情報学専攻松下研究室所属の先輩方皆様に厚く御礼申し上げます。また、支えてくれた総合情報学部総合情報学科の同期である 13 期生の皆様に心より感謝を申し上げます。最後に、常に支えて下さった家族に感謝の意を表すとともに謝辞といたします。

参考文献

- [1] Arkes, H. R. and Blumer, C.: The psychology of sunk cost, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 35, No. 1, pp. 124–140 (1985).
- [2] Chen, X., feng Cheng, Z. and Kim, G.-B.: Make It Memorable: Tourism Experience, Fun, Recommendation and Revisit Intentions of Chinese Outbound Tourists, *Sustainability*, Vol. 12, No. 5, pp. 1–24 (2020).
- [3] Lave, J. and Wenger, E.: *Situated learning: Legitimate peripheral participation*, Cambridge university press (1991).
- [4] Payton, M. A., Fulton, D. C. and Anderson, D. H.: Influence of place attachment and trust on civic action: A study at Sherburne National Wildlife Refuge, *Society and Natural Resources*, Vol. 18, No. 6, pp. 511–528 (2005).

- [5] Wendel, S.: *Designing for Behavior Change: Applying Psychology and Behavioral Economics*, O'Reilly Media, Inc. (2020).
- [6] Zeigarnik, B.: On finished and unfinished tasks, *In W. D. Ellis (Ed.), A source book of Gestalt psychology*, pp. 300–314 (1938).
- [7] 奥瀬喜之: 顧客満足概念とその測定に関わる研究の系譜, 専修商学論集, Vol. 88, pp. 55–59 (2008).
- [8] 下平佳江, 加藤麻樹: 農業体験学習に参加する大学生と受入れ農家のニーズの違い, 長野県短期大学紀要, Vol. 64, pp. 61–70 (2009).
- [9] 福田恵子, 佐藤豊信, 駄田井久: 地域づくりへの継続的参加に関する要因分析, 農村計画学会誌, Vol. 26, No. 2, pp. 76–85 (2007).
- [10] 間瀬健二, 萩田紀博, 角康之, 小暮潔, 片桐恭弘, 伊藤慎宣, 岩澤昭一郎, 鳥山朋二, 土川仁: インタラクシオンに基づく体験共有コミュニケーション, 情報処理学会論文誌コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol. 48, No. SIG1(CVIM17), pp. 53–64 (2007).
- [11] 田中宏太, 加納政芳, ジメネスフェリックス, 早瀬光浩, 吉川大弘, 田中貴紘, 金森等: ロボットへの名付けによる擬人化が運転振り返り時の愛着と支援受容性の関係に与える効果, 知能と情報, Vol. 33, No. 4, pp. 733–741 (2021).
- [12] 角康之, 伊藤惇, 西田豊明: PhotoChat: 写真と書き込みの共有によるコミュニケーション支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 6, pp. 1993–2003 (2008).
- [13] 河田浩昭: 来訪時の興味喚起の観光地ロイヤルティ形成に及ぼす影響に関する考察, 日本国際観光学会論文集, Vol. 29, pp. 47–55 (2022).
- [14] 八木浩平, 佐藤彩生, 平形和世: 農山漁村滞在型旅行における旅行者の行動の実態, 農林水産政策研究, Vol. 35, pp. 55–77 (2021).
- [15] 大津耕陽, 泉朋子: 日用品のエージェント化のための擬人性を感じさせる発話表現に関する調査, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 24, No. 4, pp. 301–314 (2022).
- [16] 作野広和: 人口減少社会における関係人口の意義と可能性, 経済地理学年報, Vol. 65, No. 1, pp. 10–28 (2019).
- [17] 小川義人, 原田花歩, 菊池英明: エージェントによるユーザ特性の把握が愛着感に与える影響, 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, Vol. 112, No. 450, pp. 35–40 (2013).
- [18] 外山昌樹: 再来訪意向に対する旅行経験の影響—旅行者の記憶および満足が満たす役割に着目して—, 日本国際観光学会論文集, Vol. 22, pp. 51–58 (2015).
- [19] 益田真輝, 泉朋子, 仲谷善雄: 観光をあえて未完了に感じさせることによるリピータ創出システムの提案, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 14, No. 3, pp. 259–270 (2012).
- [20] 西城卓也: 正統的周辺参加論と認知的徒弟制, 医学教育, Vol. 43, No. 4, pp. 292–293 (2012).
- [21] 唐崎卓也, 安中誠司, 木下勇: 農業・農村体験活動関係者の参加モチベーションとインセンティブ, ランドスケープ研究, Vol. 72, No. 5, pp. 835–840 (2009).
- [22] 山本徳司: 農作業体験学習の前後における子供の意識変化について, 日本農村生活研究, Vol. 51, No. 3, pp. 30–41 (2008).
- [23] 小原満春: 観光旅行者によるリピート来訪行動と観光地満足の関係性, 地域産業論叢, Vol. 11, pp. 1–21 (2013).
- [24] 鈴木春菜, 藤井聡: 地域愛着が地域への協力的行動に及ぼす影響に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 25, No. 357–362, pp. 1993–2003 (2008).
- [25] 齋藤力也, 寺内文雄, 久保光徳, 青木弘行: モノに抱く愛着感と生活観との関係解明, 日本デザイン学会研究発表大会概要集 日本デザイン学会 第54回研究発表大会, 一般社団法人 日本デザイン学会, pp. A19–A19 (2007).

話題間の因果関係に着目した ニュース可視化手法の提案

杉原昂紀

話題間の因果関係に着目したニュース可視化手法の提案

情 19-0216 杉原 昂紀

指導教員 松下 光範

1 はじめに

長期間報道されるニュースはその話題が時間経過と共に変化し、それらの話題間には様々な関係性が複雑に絡み合っている。そのため、1つの話題が様々な話題に影響を与える場合があり、報道の初期段階からニュースを閲覧していないユーザは、ニュースの全貌を理解することが困難になる。この問題を解決する手法として、石井ら [3] は因果関係の提示がニュース理解支援に有効であるとし、複数のニュース記事から抽出した因果関係を結合して因果関係ネットワークを構築した。しかし、この手法の対象は記事と記事の因果関係であり、長期間報道されるニュースを対象にすると記事数と記事間の因果関係が膨大になることが懸念される。ユーザが必要とする情報を適切に提示するには、記事を意味的に集約し、それらを話題単位でユーザに提示する事が望ましい。そこで本研究では、報道された話題の因果関係をユーザに提示することでニュースの理解を支援することを目指す。その実現の端緒として、本稿ではニュース記事を話題ごとに分類し、因果関係に基づいて可視化した。

2 提案手法

特定のキーワードを含む記事を用いて、Hierarchical Dirichlet Process Latent Dirichlet Allocation[1] を使用し新聞記事のクラスタリングを行う。新聞記事は、冒頭のリード文に記事の要旨を記述することが多く、本文にはその記事の背景や関連情報などが含まれる。この特徴を利用して、リード文のみを用いたクラスタリングを行い、各クラスタの特徴となる単語（以下、特徴語と記す）を抽出した。得られたクラスタを月ごとに分類することで時間経過に伴う話題の推移を推定した。

次に、坂地ら [2] の手法を用いて因果関係の存在を示す手掛りとなる表現から原因表現と結果表現を抽出した。抽出にあたって、クラスタの特徴語と原因表現、結果表現を照会し、クラスタ間の関係性を推定した。例えば「中国経済の成長鈍化を背景に原油などの資源価格が大きく下落したことが影響した」という文章では、「背景に」が手掛かり表現になり、「中国経済の成長鈍化」が原因表現、「原油などの資源価格が大きく下落」が結果表現となる。特徴語に「成長」、「価格」を持つクラスタが存在するため、これらを各々原因クラスタ、結果クラスタとした。

実装したシステムのインターフェースを図 1 に示す。このシステムは、それぞれの話題の因果関係を

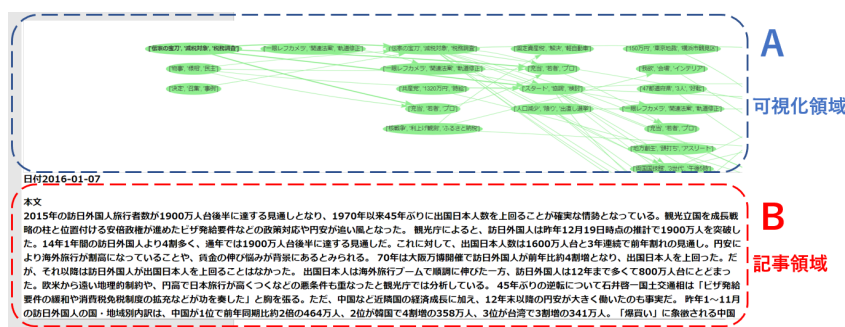


図1 提案システムの概観

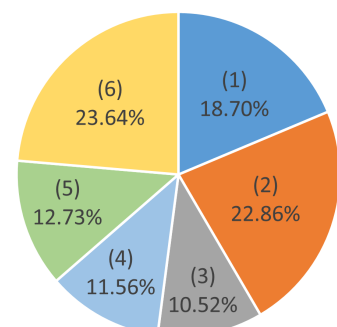


図2 関係性の回答率

表示する領域（図 1-A）と、話題に含まれているニュース記事の日付と本文を表示する領域（図 1-B）から構成される。上部の領域では、一連のニュース記事を話題ごとに分類し、ノードとして表現している。横軸で時間経過を表すことで、月ごとのトピック変遷が確認できる。また、ノードの特徴語がノード内に表示されている。各有向エッジは因果関係を表している。エッジをたどることによって、話題の推移理由を確認できる。事象の各ノードをクリックすることで、該当する期間と話題を持つ記事の日付と本文が下部領域に表示される。

3 実験

提案手法のクラスタリングの有効性を検証するため、ユーザ実験を行った。実験データとして、2016 年度毎日新聞記事コーパスから「増税」「消費税」いずれかのキーワードを持つ 678 記事を使用した。実験参加者には 1 つのクラスタにある記事のリード文を提示し、そのクラスタに名前を付けた後、その名前に対応する記事数を回答させた。実験参加者 146 人に対して、7 つの話題各 6 記事を提示した。有効な回答 128 件において、名前に関連があると判断された記事数は 1 話題あたり平均で 4.21 個であり、クラスタリングの有効性が確認された。

次に提案手法で得られたクラスタ間の関係性を検証するため、ユーザ実験を行った。本実験では、実験参加者 116 人に対して、クラスタにある記事のリード文を 2 組提示し、ユーザに提示した選択肢の中から関係性を回答させた。実験参加者には、システムが因果関係があると判断した 7 組と、因果関係がないと判断した 2 組を提示した。提示した選択肢は（1）因果関係、（2）続報関係、（3）包含関係、（4）同じ話題からの派生、（5）関係はないが共通項あり、（6）関係なし、の 6 つである。実験の結果を、図 2 に示す。有効な回答 110 件に対して、システムが因果関係にあると判断したクラスタ間に、「因果関係」「続報関係」「包含関係」「同じ話題からの派生」のいずれかを回答した参加者は 63.64%、システムが因果関係にないと判断したクラスタに、「関係はないが共通項あり」「関係なし」と回答した参加者は 52.27% であった。これらは、関係性の有無をシステムが判断可能であることを示唆している。しかし、関係があると回答した参加者のうち、「因果関係」と回答したのは 18.70%、原因と結果も正しく回答したのは 8.83% に留まった。原因として、因果関係以外の意味で使われている手掛り表現の存在が挙げられる。例えば、「関係者によると」の「よる」は情報源を表す使い方であり、因果関係を表すものではない。このような表現を使用し原因表現や結果表現を抽出したため、正しく因果関係を推定できなかったと考えられる。

4 おわりに

本稿では、長期間報道されるニュースの理解支援を目的として、新聞記事を話題ごとに分類し報道された話題ごとの因果関係を提示するインタフェースを提案した。今後は、クラスタの特徴語を精査し、因果関係抽出の精度向上を目指す。

参考文献

- [1] Teh, Y. et al.: Sharing Clusters among Related Groups: Hierarchical Dirichlet Processes, *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 1385–1392 (2004).
- [2] 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, Vol. J94-D, No. 8, pp. 1496–1506 (2011).
- [3] 石井裕志, 馬強, 吉川正俊: 因果関係ネットワークの構築によるニュースの理解支援, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM Forum) 論文集 (2009).

話題間の因果関係に着目したニュース可視化手法の提案

情 19-0216 杉原 昂紀

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本研究の目的は、長期間報道されるニュースの内容理解を支援することである。近年、ニュースアプリなどの普及によりニュース記事の閲覧が容易になった反面、関連する複数のニュース記事を関連づけて理解することが困難になっている。特に、長期間にわたり報道されるニュースはその話題が時間経過と共に変化し、話題間には様々な関係性が複雑に絡み合っているため、報道の初期段階からニュースを閲覧していないユーザは、ニュースの全貌を理解することが困難になる。そこで本研究では、話題間の因果関係に着目し、ニュースを話題ごとに分類し、因果関係と共に可視化することでニュースの理解支援を行う。

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 背景

かつてニュースを閲覧する方法は、新聞や雑誌などの紙媒体が主流であったが、パソコンやスマートフォンが普及した現在では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など様々な方法で閲覧することが可能となっている。また、新聞を発行せずインターネット上のみでニュースを配信するサービスも登場している。特にニュースアプリケーションの普及は顕著で、利用者数は2017年時点で4683万人、2020年時点では5671万人と年々増加している¹。それらのニュースアプリケーションやサイトが配信するニュース記事数は非常に多く、例えばYahoo!ニュース²では1日で約6000本のニュース記事が配信される³。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。大量のニュース記事に手軽にアクセスが可能であることは電子化のメリットである一方で、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問題が発生してしまう。

1.2 ニュース記事の特徴と課題

長期間報道されるニュースはその話題が時間経過と共に変化し、それらの話題間には様々な関係性が複雑に絡み合っている。例えば、ロシアとウクライナの紛争に関するニュースでは、まずロシアとウクライナの紛争に関する第一報が報じられた後、ロシアに対する経済制裁のニュース、その結果ロシアが小麦の輸出を制限し、小麦の価格が高騰するといったニュースの派生がおこった。また、ロシアとウクライナの紛争に関するニュースが報じられた後、ウクライナのEU加盟に関する報道がなされ、EUと日本の関係性に関する話題に派生した。さらに小麦価格の高騰は、アメリカの利上げが行われ、日本が利上げを行わなかったことにより日本とアメリカの金利差が発生し、円安がおこったことにも起因している。このように、1つの話題が様々な話題に影響を与える場合や複数の話題が1つの話題に影響を与えている場合がある。そのため、報道の初期段階からニュースを閲覧していないユーザは、ニュースの全貌を理解することが困難になる。

1.3 本研究の目的と提案

この問題を解決する手法として、石井ら[17]は因果関係の提示がニュース理解支援に有効であるとし、複数のニュース記事から因果関係を抽出し、それらを結合して因果関係ネットワークを構築することで、ユーザの理解を支援した。「を受けて」、「を背景に」などの因果関係の存在を示す手掛りとなる表現（以下、手掛かり表現と称する）から、文章を原因部分と結果部分に分け、それぞれのノードを作成した。その後、ノードを結合、削減することによってネットワーク図を作成した。しかし、長時間報道されるニュースでは、時間経過と共に関連する

¹<https://ictr.co.jp/report/20211220.html/> (2022/12/5 確認)

²<https://news.yahoo.co.jp/> (2022/12/5 確認)

³<https://news.yahoo.co.jp/newshack/pr/infographics/index.html> (2022/12/12 確認)

記事が増え続けるため、その記事間の因果関係も膨大となる。そのため、長期間報道されるニュースを把握するためにこのシステムを使用した場合、ユーザが情報過多に陥ることが懸念される。ユーザが必要とする情報を適切に提示するには、ニュース記事を意味的に集約し、それらを話題単位でユーザに提示する事が望ましい。

そこで本研究では、報道された話題の因果関係をユーザに提示することでニュースの理解を支援することを目指す。その実現の端緒として、本稿ではニュース記事を話題ごとに分類し、話題間の因果関係を可視化するインタフェースを提案する。

2 関連研究

本章では、ニュース記事理解支援を目的とした研究とトピックに関する研究、及び文章間の関係性に関する研究について概観し、本研究の立ち位置について述べる。

2.1 ニュース記事の理解支援を目的とした研究

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いる。

齋藤ら [19] は、ニュースが報道された時期に着目し、報道されたニュースを話題ごとにクラスタリングし、話題ごとの記事数を時系列に沿って可視化することにより、ニュース推移の理解支援インタフェースを作成した (図 1 参照)。この手法では、報道された話題の時系列的変化を読み取ることが可能であるものの、話題間の関係性は読み取れない。また、政治・経済・国際など長期的に報道されやすい特定の記事紙面のみを対象としているため、一般家庭に与えた影響など、周辺情報への派生を知ることが出来ない。

小平ら [12] は、ニュース記事を 3 行に要約したデータセットの作成を行い、要約の文書構造を分析した。その後、文書構造を考慮したニューラルネットワークに基づいた抽象型文書要約モデルを提案した。この手法は、個々のニュースを効率的に理解可能であるが、時間経過に応じて続報や新たな問題が現れるようなニュースを包括的に把握するには十分ではない。

福井ら [9] は、大規模データの全貌を可視化する手法である自己組織化マップ (Self-Organizing Map: SOM) を拡張した Sequence-based SOM (以下、SBSOM と称する) を用いて、クラスターの時間的推移を可視化した。SBSOM によって作成されたマッピングから、トピックごとにグレースケールで表示した報道のホットさを見ることで、トピックの派生や収束が読み取れることが確認された。しかし、複数の可視化を閲覧し、トピックの関係を自力で考察する必要があるため、ニュースを普段か



図 1: 齋藤らの可視化システム ([19] より引用)

ら読ま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。

河田ら [18] 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情報変化や、出現する単語の重要性の理解支援を目指した。どちらも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、ノードの単語が前区間から存在したかどうかを色で表現することで、時間経過による文書中に存在する単語の出現や消失が確認できる。重要情報グラフでは、報道された日特別に重要なノードを計算し、ノードの色で表現することにより、高頻度で出現する単語と、それに付随する低頻度な情報が確認できる。しかし、1 つの話題に対するニュース記事のみを使用し、記事数も 14 記事と少ない。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。

2.2 トピックモデルに関する研究

本研究では、時間経過に伴い変化する報道内容を可視化する必要がある。文書中の時間経過に伴う話題変遷の抽出や、文書中に存在する話題の検出には Latent Dirichlet Allocation (以下、LDA と称する) [4] や Dynamic Topic Models (以下、DTM と称する) [3] をはじめとしたトピックモデルが用いられることが多い。

武田ら [14] は、ブログ記事からライフイベントに関する有用な情報を抽出するために、時間経過に伴って内容も変化するブログ記事から DTM を用いてトピックを抽出した。DTM を使用することにより、時間経過によるトピックに含まれる単語の重要度の変化を確認できる。しかし、DTM では期間ごとのトピック数は同数にしか設定できない。長期間にわたって報道された一連のニュースにおいて、話題数は常に一定ではなく、話題数の増加や減少が起こる。例えば、前述したウクライナとロシアの話題では、ウクライナとロシアの紛争に関する第一報から小麦の価格の高騰までに、ロシアとウクライナの戦争、ロシアが小麦の輸出を制限、アメリカの利上げ、円安の発生などが話題として報道された。これらは全て別の時期に報道されたわけではなく、複数の話題が重なって報道された時期や、どの話題も報道されなかつ

た時期も存在する。このように、報道される話題は流動的なので、DTMでは正確にトピックの検出ができないと考えられる。

松本ら [13] はこの問題を解決するために、LDA を用いてトピックに分類した後、トピックの類似性からトピックの統合と推移関係の発見を行った。DTMを用いて時間軸で分割した後トピックの分類を行うのではなく、LDAを用いて全ての記事を分類した後に、時間軸で分割することにより、流動的にトピックの数を変化させることができた。一方でトピックの関係性は単語のコサイン類似度で求めている。単語の類似度は必ずしも話題の類似性と一致しないと考えられる。例えば、前述したウクライナとロシアの話題では、小麦とロシアの単語分散表現における類似度は近くないと考えられるが、話題の関係性では比較的近い場所に存在する。このような場合、単語のコサイン類似度を用いて話題の関係性を求めるのは適切でない。

西川ら [15] の研究では、専門知識を持たない者を対象とし、特定のテーマに対して言及された記事同士の関連性を把握しやすくすることにより、テーマに対する理解の支援を行う可視化インタフェースを提案した。文書内に含まれるトピックに階層関係があるという仮定に基づき、トピックの推定を行うモデルである hLDA 法を用いてトピックの階層構造を可視化した、その結果、階層構造の有効性と提案システムの有用性が示唆された。一方で、hLDA 法は文書内のトピック数や階層数を予め決定する必要があるため、本来の文書に含まれるトピック数や階層数との誤差が生じかねない。

2.3 文章間の関係性についての研究

文章と文章の関係性を推定する方法として、ルールベースによる推定と、機械学習による推定が存在する。

2.3.1 ルールベースによる推定

坂地ら [11] 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。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 2 参照)。パターンの分類方法を図 4 に示す。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 3 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。

Allan ら [2] は、特定の時期にそれまでは出現しなかった人物や場所などを表す語が出現した場合、これらを Surprising words と呼び、これらの統計量を用いてテスト記事が続報記事かどうかを判定する手法を提案した。しかし、続報記事がテスト記事の話題について言及されているのか、あるいはテスト記事の結果起こった新しい話題について言及されているのかは分からない。

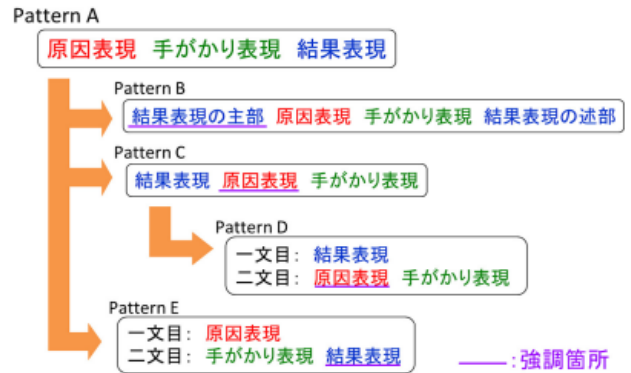


図 2: 各パターンの関連図 ([11] より引用)

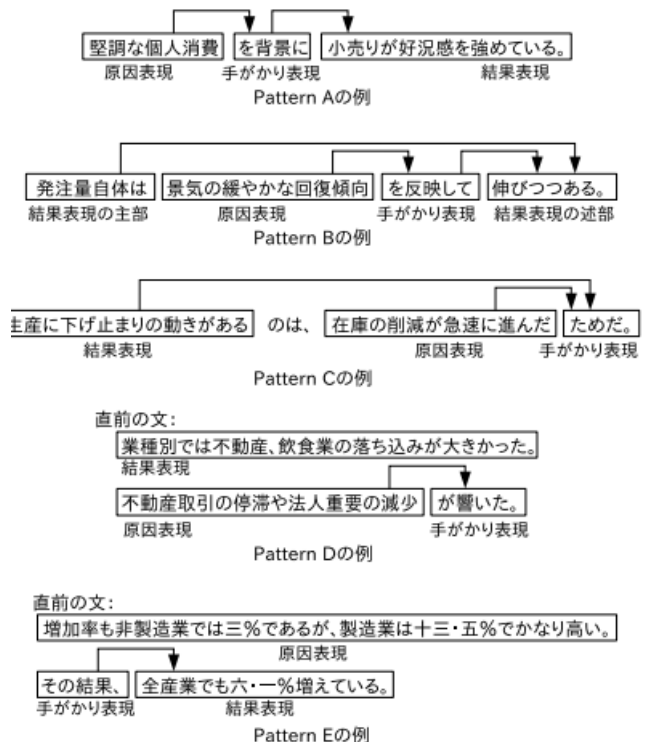


図 3: 各パターンの因果関係例 ([11] より引用)

2.3.2 機械学習による推定

機械学習によるニュースのトピック分類の研究として、TDT (Topic Detection and Tracking) プロジェクト [1] がある。TDT プロジェクトでは、CNN、およびロイター通信 (Reuters) などの報道記事を対象とし、以下に示す 3 つのタスクを設定している。

- 記事の話題による分割 (Segmentation)
- 特定の時間に特定の場所で生じた出来事の抽出 (Detection)
- 出来事の経過を示す記事 (続報記事) の抽出 (Tracking)

本章では、出来事の経過を示す記事 (続報記事) の抽出 (Tracking) についての論文を記述する。

carbonell ら [5] は、k-Nearest Neighbor 法 (以下、k-

Step 1: 手がかり表現を含む文を取得する。
Step 2: 手がかり表現が文頭に出現する場合、Pattern E を適用した後、処理を終了する。そうでなければ、Step 3 を実行する。
Step 3: 手がかり表現に「。」が含まれている、若しくは、手がかり表現の後に「。」があるなら、Step 5 を実行する。そうでなければ、Step 4 を実行する。
Step 4: 基点文節が動詞句であり、かつ、基点文節が係り先である文節中に係り助詞、若しくは、格助詞を含むものがあれば、Pattern B を適用する。そうでなければ、Pattern A を適用し、処理を終了する。
Step 5: 核文節に係っている文節に係り助詞が含まれている場合、Pattern C を適用する。そうでなければ、Pattern D を適用する。 □

図 4: 各パターンの分類方法 ([11] より引用)

NN 法と称す) と決定木学習の 2 種類の方法を用いて記事が続報であるか否かを判定している。しかし、TDT コーパスにおいて、ある出来事に関する記事(以下、正例記事と称す)の数は、それ以外の記事(以下、不例記事と称す)の数に比べて極端に少ない。そのため、訓練データに対してこれらの機械学習を適用し学習を行う場合、大量の不例記事の中から続報記事判定に必要な正例記事のみを抽出し使用することが望ましい。

Yang ら [8] はこの点に着目し、k-NN 法と Rocchio 法を組み合わせた新しい機械学習法を提案し、これを用いて続報記事の判定を行った。2 つの機械学習を組み合わせることで訓練データの中から最適な正例記事のみを抽出し、これを用いて記事が続報であるか否かを判定を行っている。

福本ら [16] は、特定の日時に報道された記事と同様の話題を持つ記事は、その記事と時間的に近い時期に比較的多く存在すると仮定し、類似した話題を持つ記事集合をその時点から過去に遡り推定するという方法を用いた。日付順に並べられた訓練記事を用いて、Support Vector Machines でモデルを学習した。その結果、テストデータ 30 件に対して、24 件が正しく判定された。

2.4 本研究の立ち位置

2.1 節の研究は、対象とする記事数が少なく、長期間報道されたニュースの内容を包括的に理解することを企図したものではない。

2.3 節の研究は、いずれも単一の文書間の関係性を表示している。これらを実際にニュースの理解に使用する場合、全ての文章の関係性を確認すると時間がかかってしまう。本研究では、複数の記事をまとめた話題間の因果関係を表示することを目的としている。また、2.3.2 章では、機械学習を用いた関係性の推定は教師あり学習が主

である。教師あり学習の場合、トレーニングデータが必要となり、使用するデータに適応するトレーニングデータを作成する必要がある。今回必要なトレーニングデータには記事を話題ごとに分類する必要があり、その分類が正しいという保証はない。教師あり学習はトレーニングデータの質によって結果の精度が変化するため、教師あり学習を使用するには適切ではないと考えられる。そのため、本研究ではトレーニングデータが不要であり、因果関係を持つ文章の抽出手法が確立されているルールベースで関係性の推定を行う。

3 デザイン指針

本章では、作成するシステムに必要な要件を述べ、その要件の有効性を確認する。

3.1 システム要件

過去に長期間報道されたニュース記事を閲覧する際、知りたいニュースに関するキーワードで検索を行うことが一般的である。因果関係を把握するためには、様々な日時の記事を閲覧する必要がある。しかし、キーワード検索では比較的新しい記事が検索の上位に入り、古い情報を探しにくい問題や、キーワードから発展した記事は見つけにくい問題が挙げられる。加えて、検索エンジンによっては検索履歴や閲覧履歴から自分の嗜好にあった記事が検索の上位に入り、自分と異なる立場や視点を持った記事にアクセスしづらくなるフィルターバブルといった問題も存在している。よって、長期間報道されるニュースを効率的に閲覧するには、必要とするトピックとそれらの因果関係を閲覧できるようにすることが求められる。

以上より、システムが満たすべきデザイン指針を以下の三点に集約した。

- 特定のキーワードに関連する記事のみを閲覧できること
- 報道された話題の時間経過に伴う変化が把握できること
- トピック間の因果関係が把握できること

本稿では、これらのデザイン指針を満たすシステムの提案と検証を行う。

3.2 記事を話題別にクラスタリング

報道された話題の変化をユーザが把握するために、システムは与えられたニュース記事を、話題ごとにクラスタリングする必要がある。2.2 章で述べたように、LDA や DTM によるクラスタリングではクラスタ数を人手で決める必要があり、途中出現、途中消滅する話題を正確に追うことができない。そのため、本研究では Hierarchical Dirichlet Process Latent Dirichlet Allocation (以下、HDP-LDA と称する) [7] を使用し、クラスタリン

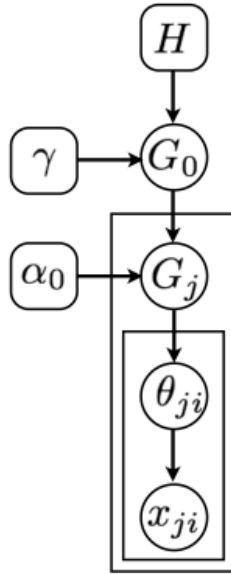


図 5: HDP のグラフィカルモデル ([10] より引用)

グを行う。この手法は、LDA をノンパラメトリックベイズに拡張した手法であり、LDA ではトピック数を人手で決定する必要があるが、HDP-LDA では適切なトピック数が自動で推定されるという特徴を持つ。

HDP-LDA の生成過程は以下ようになる。

$$G_0 \mid \gamma, H \sim DP(\gamma, H) \quad (1)$$

$$G_d \mid \alpha, G_0 \sim DP(\alpha, G_0) \quad (2)$$

$$\theta_{dn} \mid G_d \sim G_d \quad (3)$$

$$\omega_{dn} \mid \theta_{dn} \sim F(\theta_{dn}) \quad (4)$$

ここで、 H は基底分布、 α, γ はハイパーパラメータであり、 DP はディリクレ過程からのサンプリング、 θ_{dn}, ω_{dn} はそれぞれ文書 d の n 番目の単語を表す。生成過程を表すグラフィカルモデルを図 5 に示す。

3.3 クラスタの因果関係の抽出

クラスタの因果関係を抽出する方法として、まず記事から坂地らの手法を用いて因果関係のある文章を抽出し、原因部分に存在する単語と、結果部分に存在する単語をそれぞれ抽出する。HDP-LDA によって抽出されたトピックを特徴づける単語（以下、特徴語と称する）と、原因部分の単語が一致した場合、原因を表すクラスタとする。同様に結果を表すクラスタを推定し、因果関係にあるクラスタを推定した。

3.4 想定する可視化表現

以上のプロセスを踏み、クラスタとその関係性を作成し、これらを可視化することで理解支援を行う。想定される可視化表現は図 6 の通りになる。

以下、Card らが整理した情報可視化参照モデル [6] に照らしあわせることで想定される可視化表現の有効性を検討する。

3.5 Card の情報可視化参照モデル

Card らの情報可視化参照モデルは、(1) 大量のデータ (Raw Data) から必要なデータを取り出し Data Table を作成する Data Transformation プロセス、(2) Data Table のデータに属性と可視化パラメータを対応づけ、Visual Structure を決定する Visual Mapping プロセス、(3) Visual Structure にどこに注目すべきかを反映し View を生成する View Transformation プロセスの 3 つのプロセスによって可視化を生成し、ユーザは視覚表現を得るために各々のプロセスに働きかけることでこの可視化結果に関与する、というモデルである (図 7 参照)。

3.5.1 Data Transformation プロセス

3.2 節によって推定されたクラスタ数は、3.3 節で推定された原因クラスタと結果クラスタよりも多い。そのためこのプロセスでは原因クラスタあるいは結果クラスタと推定されたクラスタのみを Data Table に格納する。また、記事数の少ないクラスタはユーザが必要な情報量が少ないと考えられるため、記事数が一定の基準に満たないクラスタを削除する。

3.5.2 Visual Mapping プロセス

長期間報道されるニュースは中心となるトピックが経時的に変化するため、提案システムの可視化表現ではユーザがトピックの時間的変化を読み取る必要要件である。提案システムでは話題をノードで、話題が報道された期間をノードの横軸で表現し、因果関係のあるノードを有向エッジで表現することにより話題推移を直感的に理解可能にする。これにより、報道された話題の時間経過に伴う変化が把握しやすくなると考えられる。

3.5.3 View Transformation プロセス

View Transformation プロセスでは、ノードに概略を付与することで詳細な記事内容を読まずに把握を可能にする。このプロセスには overview + detail と、Focus + Context という代表的な 2 つの技法が存在する [6]。Focus + Context では、閲覧したい情報以外は表示が小さくなり、情報の位置が変更される。前節で述べたように、本研究では話題の推移を把握できることが求められるため、話題が報道された期間をノードの横軸で表現する。そのため、情報の位置が変更されると、報道された期間がわかりにくくなってしまう。よってインタフェース画面を上下に二分割し、画面上部に可視化表現を、画面下部にニュース記事を表示する overview + detail を使用する。

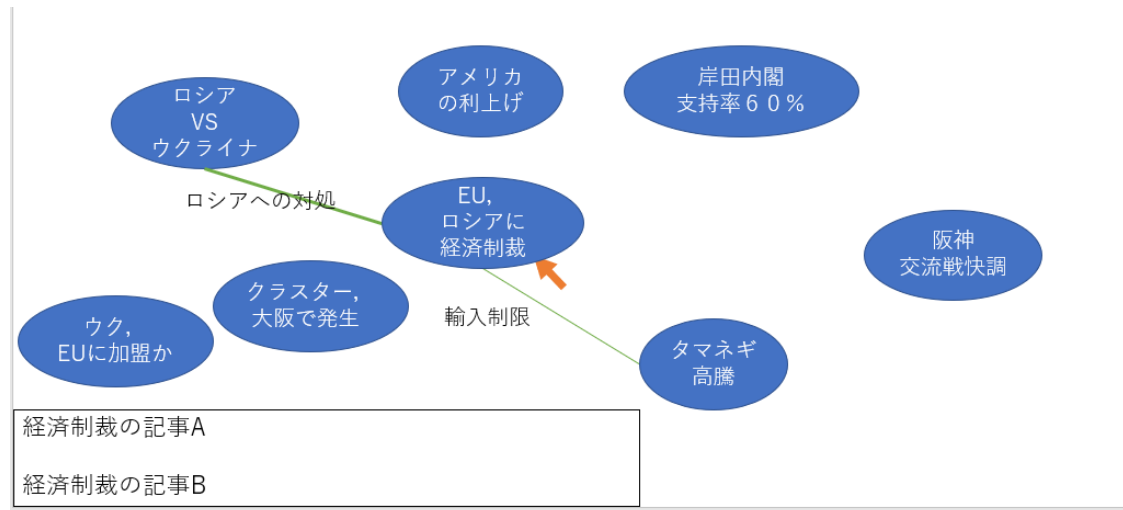


図 6: 想定する可視化表現

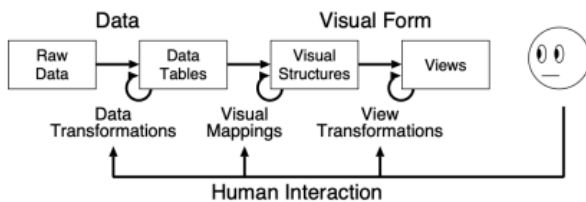


図 7: 情報可視化の参照モデル [6]

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。

4.1 クラスタリング

本研究では、毎日新聞社が提供する 2016 年版の新聞記事コーパスを使用する。この新聞記事コーパスには 2016 年に毎日新聞に掲載された記事 83,668 件が収録されている。新聞記事には時事問題に関する記事の他にも、川柳やイベントに関する広告、コラムなど様々な記事が収録されているため、全ての文章を対象とすると不必要な情報が増えてしまう可能性がある。そのため新聞記事のうち、長期的に報道されるニュースに関連のある特定のキーワードを持つ記事を対象とした。新聞記事は、最初の 2, 3 行にその記事が伝えたいことを表すリード文と、詳細な内容や周辺情報を伝える本文で構成されることが多い。ここで、リード文と本文の両方を用いてクラスタリングを行うと、その記事が本来報道している話題とは別の話題に分類される可能性がある。そのため、クラスタリングの際にリード文のみを用いることで、記事の話題がより濃く反映されると考えられる。よって、本研究では形態素解析を用いてリード文から記事の特性が強く表出されると考えられる名詞のみを抽出した。形態素解析には、

MeCab (Ver0.996.3)⁴および mecab-ipadic-NEologd⁵を用いた。

Slothlib⁶に記載されている名詞に加えて、mecab-ipadic-NEologd で未知語と設定されている名詞をストップワードに設定した。また、クラスタリングの際に、日付の影響を受けないようにするために、「○月」「○日」という月日を表現する単語をストップワードに追加した。さらに、写真が掲載されている場合、「写真＝」という表記が記事データに存在する。今回対象とした記事コーパスでは写真がどのようなものか言及されていない上に、本研究ではテキストデータのみを対象としているので、「写真」という単語をストップワードに設定した。加えて、「発表した」という文章が数多く見受けられた。対象とすべきは発表した内容であり、発表したということ自体に焦点を当てるべきではないため、「発表」もストップワードに設定した。

形態素解析によって抽出された名詞を用いて、HDP-LDA によるクラスタリングを行った。HDP-LDA の実装においては、python のライブラリである gensim (Ver.3.8.1)⁷を用いた。HDP-LDA では、1つのデータは1つのクラスタに属するわけではなく、複数のクラスタに属していると考え、データがクラスタに属する確率を出力する。複数のクラスタに同じデータが入っている場合、因果関係抽出の際、同じデータが入ったクラスタが関係性を有すると判断されやすくなる可能性がある。そのため、出力された各記事におけるクラスタに属する

⁴<https://taku910.github.io/mecab/> (2022/12/8 確認)

⁵<https://github.com/neologd/mecab-ipadic-neologd> (2022/12/8 確認)

⁶<https://ja.osdn.net/projects/slothlib/> (2022/12/8 確認)

⁷<https://radimrehurek.com/gensim/> (2022/12/9 確認)

政府・与党は24日、所得税の配偶者控除の対象について、パートの妻などの配偶者の年収上限を現行の「103万円」から「150万円」に引き上げる方針を固めた。

新たに控除対象となる世帯は減税になる一方で、控除を受ける主な稼ぎ手(主に夫)の年収が1120万円を超えた場合は、制度の対象外とする。

2017年度の税制改正で最大の焦点となっている所得税の配偶者控除の見直しを巡り、政府・与党は24日、控除対象となる配偶者の年収上限を現行の「103万円」から「150万円」に引き上げる方針を固めた。

ただ、年収が150万円を超えても、世帯の手取りが急に減らないよう、年収201万円までは控除額を段階的に減らして減税対象とする措置も併せて導入する。

自民、公明両党は8日、2017年度税制改正大綱を決定した。

焦点となった所得税の配偶者控除は、配偶者の年収上限を引き上げる一方、控除を受けられる主な稼ぎ手(主に夫)の年収を制限。高所得層には負担増となる。

◇格差拡大、控除に焦点 収入低い人、負担減課題 なるほドリマン君 所得税(しょとくぜい)の仕組みを変える議論が進んでいるようだね。
記者 所得税は、給与や年金、配当など何らかの収入がある人が納めるもの。

図 8: 抽出されたクラスタ

確率が最も高いと判断されたクラスタを記事のクラスタとした。クラスタに属する確率が一定の閾値を超えたものを使用した。また、本研究では複数の記事が同じ話題でまとまったクラスタ間の関係性を表示するため、記事数が少ないクラスタは対象にすべきではない。従って、クラスタ内の記事数が5個以下のクラスタは対象から除外した。同時に、クラスタリングによって得られたクラスタ間を結びつけるため、HDP-LDAによって推定された各クラスタの特徴語の、上位3件を抽出した。抽出されたクラスタの一例を、図8に示す。

4.2 話題の報道時期の推定

3.1節で述べたとおり、システムは報道された話題の時間経過に伴う変化が把握できることが求められる。そのため、話題と報道時期の紐付けが必要となる。しかし、前節のクラスタリングではHDP-LDAを使用している、HDP-LDAでは時間軸での分類はなされないため、クラスタに存在する記事の日付から、クラスタの報道時期を推定する必要がある。話題が最も注目されたタイミングで報道された記事には、その話題を象徴する事象が書かれていると考えられる。そのため、各クラスタ内の記事が最も多く報道された月をそのクラスタが報道された月とした。また、新しい事実の発覚により、同じ話題が複数回ピックアップされて報道されることもあるため、最も多く報道された月が複数ある場合、それら全てを報道された月とした。また、長期間報道されたニュースを対象としているため、その話題が1ヶ月のみならず、月を跨いで数ヶ月間報道が続く場合がある。よって、最も多く報道された月の前後の月が、2つ以上の記事を持つ場合も、報道された月とした。

表 1: 手掛かり表現

“よる”, “ため”, “背景”, “受ける”, “伴う”, “反映し”, “きっかけ”, “響く”, “から”, “その結果”

4.3 クラスタの因果関係の抽出

キーワードが含まれる記事から、手掛かり表現を定めて、これらの表現がある文章を抽出した。本研究で定めた手掛かり表現を表1に示す。

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、「反映し」は「反映」という単語の後にレンマ化したものが「する」であった単語が続いていた場合、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、坂地らの手法で原因表現と結果表現を抽出した。例えば、「中国経済の成長鈍化を背景に原油などの資源価格が大きく下落したことが影響した」という文章では、「背景に」が手掛かり表現になり、「中国経済の成長鈍化」が原因表現、「原油などの資源価格が大きく下落」が結果表現となる。クラスタリングで抽出されたクラスタの特徴語に、原因部分の単語がある場合、そのクラスタを原因クラスタとした。上記の例では、特徴語の上位3件が「構築、成長、簡単」であるクラスタが存在し、原因表現に「成長」という単語があるので、これを原因のクラスタとした。同様に結果クラスタを定め、各文章の手掛かり表現に対する原因のクラスタと結果のクラスタを推定した。原因のクラスタと結果のクラスタの両方が一致しているものがあった場合、それらのクラスタを原因と結果で結ばれているクラスタとした。また、通常因果関係がある文章では、原因部分の内容は結果部分の内容よりも時間的に前に存在する。そのため、原因部分の内容が結果部分の内容より

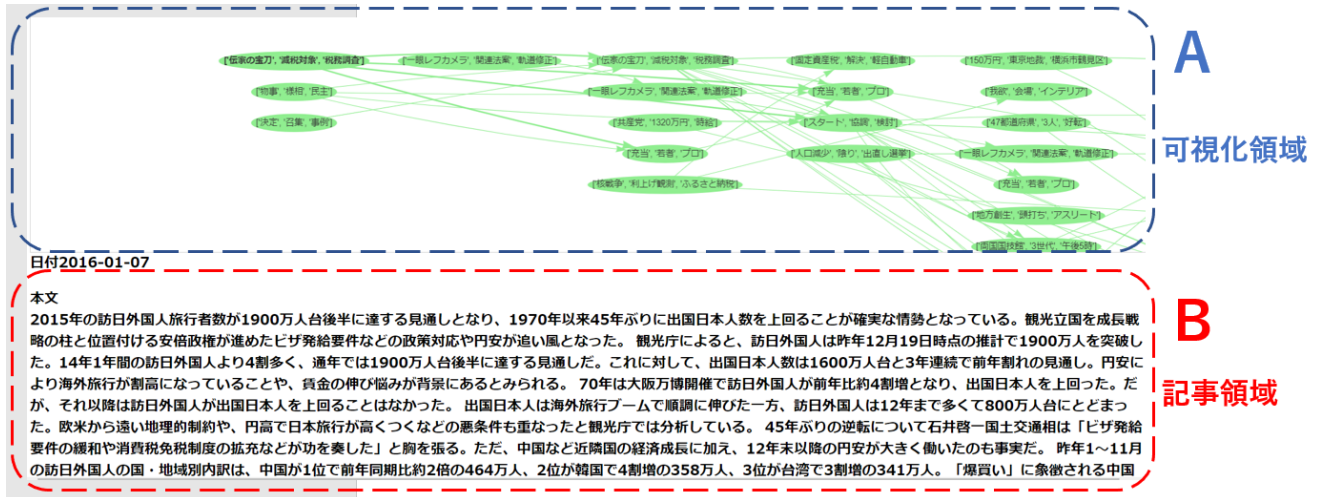


図 9: 提案システムの外観

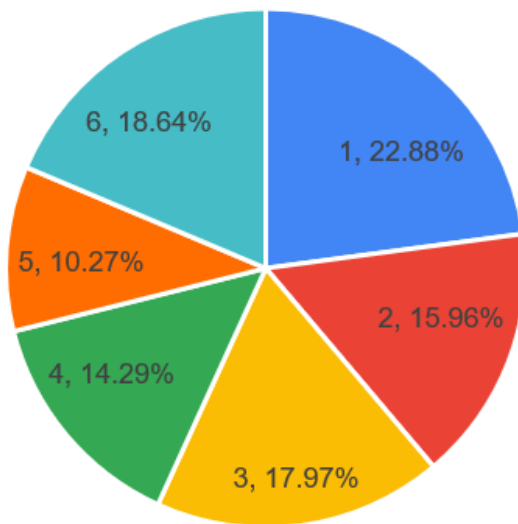


図 10: クラスタリングの精度評価

も時間的に後に存在するのは不自然である。よって、原因クラスタが結果クラスタよりも時間的に後であった場合、その因果関係は適切でないと考え、可視化の際には使用しなかった。

4.4 トピックと因果関係の可視化

クラスタをノード、因果関係を有向エッジとして因果関係ネットワーク図を作成した。ネットワーク図の作成には pyvis⁸を用いた。システムのインタフェースを図 9 に示す。このシステムは、それぞれの話題の因果関係を表示する領域（以下、可視化領域と称す）（図 9-A）と、話題に含まれているニュース記事の日付と本文を表示する領域（以下、記事領域と称す）（図 9-B）から構成される。可視化領域では、一連のニュース記事を話題ごと

表 2: クラスタの精度検証に使用したクラスタの特徴語

	特徴語
クラスタ 1	倒産, けむ, 勝利者
クラスタ 2	宮沢, 足枷, 参院選
クラスタ 3	充当, 若者, プロ
クラスタ 4	独自, 大阪県警, 1.5%
クラスタ 5	一眼レフカメラ, 関連法案, 軌道修正
クラスタ 6	47 都道府県, 三人, 好転
クラスタ 7	支持率, 清田瞭, 学級

に分類し、ノードとして表現している。横軸で時間経過を表すことで、月ごとのトピック変遷が確認できる。また、ノードの特徴語がノード内に表示されている。各有向エッジは因果関係を表している。エッジをたどることによって、話題の推移理由を確認できる。事象の各ノードをクリックすることで、該当する期間と話題を持つ記事の日付と本文が記事領域に表示される。これらの機能を用いることで、ニュースの詳細な理解につながるものが期待される。

5 実験

提案手法の有効性を検証するため、ユーザ実験を行った。実験データとして、2016 年度毎日新聞記事コーパスから「増税」「消費税」いずれかのキーワードを持つ 678 記事を使用した。

5.1 クラスタリングの有効性に関する実験

提案手法のクラスタリングの有効性を検証するため、ユーザ実験を行った。本実験では、4.1 節で得られたクラスタにある記事のリード文を提示し、実験対象者がクラスタに名前をつけ、その名前に何記事が対応しているか回答してもらうことでクラスタリングの精度を検証した。この際、実験参加者へ与える情報が増加しタスクが難化

⁸<https://pyvis.readthedocs.io/en/latest/index.html> (2022/12/8 確認)

記事 1

安倍晋三首相は消費増税の再延期を表明した記者会見で、「アベノミクスのエンジンを最大にふかす」と強調した。『三本の矢』をもう一度、力いっぱい放つ」とも述べた。

記事 2

「アベノミクスを加速させろということ」。安倍晋三首相は参院選の勝利をテコに経済再生を進める考えを強調した。

記事 3

いかにも強引な理屈だった。安倍晋三首相は記者会見し、来年 4 月に予定されていた消費増税を 2 年半先送りする方針を正式に表明した。

記事 4

※参院の公示前勢力順 ◆自民 ◇アベノミクス道半ば 安倍晋三総裁 今回の選挙戦の最大のテーマは経済政策だ。野党は「アベノミクスは失敗した」と批判ばかりだが、果たしてそうだろうか。

記事 5

※参院の公示前勢力順 ◆自民 ◇最大のテーマは経済 安倍晋三総裁 今回の選挙戦の最大のテーマは経済政策だ。野党は「アベノミクスは失敗した」と批判ばかりだが、果たしてそうだろうか。

記事 6

(北九州市門司区) 2018 年度以降、小中学校で実施される教科「道徳」について、馳浩文部科学相は数値で評価したり入試に使ったりしないと表明した。道徳は必要だが、成績に反映させるとマニュアル化して、真の道徳が身につかなくなる恐れがある。

図 11: クラスタ 1 のリード文

することを防ぐため、リード文のみを提示した。実験参加者には 7 つのクラスタが持つ各 6 記事のリード文を提示した。Yahoo!クラウドソーシング⁹を利用し、146 人に対してこの実験を行った。全ての設問に対し一様な回答を行ったものや記述欄に適していない回答などを行った参加者の回答を無効な回答とし、有効な回答 128 件を取得した。使用したクラスタの代表語と記事数を表 2 に、使用したクラスタにある記事の一例を図 11 に示す。

実験の結果、提示した全ての記事が設定した名前に対して対応していると回答した実験参加者は 18.64%、半数以上が対応していると回答した実験参加者は 49.19%となり、全実験対象者が対応していると回答した記事数の平均は全体で 4.21 個であった (図 10)。

5.2 クラスタ間の関係性に関する実験

次に、2 つのクラスタにあるリード文を提示し、それらのクラスタはどのような関係にあるかを選択肢から回答してもらうことで、クラスタ間の関係性が適切に判断されたかを検証した。ユーザに提示した選択肢を表 5 に、提示したリード文の例を図 12 と図 13 に示す。この際、日付の情報は因果関係や続報関係、派生関係に対して実験参加者の回答に影響を及ぼす可能性があるため、システムでは提示していた日時を提示せず新聞記事の内容のみを提示した。さらに、実験参加者へ与える情報が増加しタスクが難化することを防ぐため、新聞記事のうち、リード文のみを提示した。実験参加者には、システムが因果関係を持つと判断した 7 組と、因果関係が持たないと判断した 2 組の計 9 組を提示した。提示したリード文があるクラスタの特徴語を表 3 に、提示したクラスタの組みあわせを表 4 に示す。因果関係でない組み合わせは、報道時期がより早いと推定されたクラスタを原因ク

表 3: 関係性検証に使用したクラスタの特徴語

	特徴語
クラスタ 8	伝家の宝刀, 減税対象, 税務調査
クラスタ 9	スタート, 協調, 検討
クラスタ 10	共産党, 1320 万円, 時給
クラスタ 11	物事, 様相, 民主
クラスタ 12	両国国技館, 3 世代, 午後 5 時
クラスタ 13	総裁任期, 衆議院本会議, 日々

ラスタ、遅いと判断されたクラスタを原因クラスタとしている。

Yahoo!クラウドソーシングを利用し、116 人に対してこの実験を行い、全ての設問に対し一様な回答を行ったものや記述欄に適していない回答などを行った参加者の回答を無効な回答とし、有効な回答 110 件を取得した。

実験の結果を図 14 に示す。図の 1 は因果関係、2 は続報関係、3 は包含関係、4 は同じ話題からの派生、5 関係はないが共通項あり、6 は関係なしを示している。実験の結果、システムが因果関係を持つと判断したクラスタ間に、「因果関係」「続報関係」「包含関係」「同じ話題からの派生」のいずれかを回答した参加者は 63.64%、システムが因果関係に持たないと判断したクラスタに、「関係はないが共通項あり」「関係なし」と回答した参加者は 52.27%であった。

しかし、因果関係にあるとシステムが判断したクラスタ間に、「因果関係」と回答したのは 18.70%、原因と結果の順番も正しく回答したのは 8.83%に留まった。

6 考察と展望

本章では、実験から得られた考察と、今後の展望について述べる。

⁹<https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/> (2022/1/25 確認)

表 4: 使用したクラスタの組み合わせと因果関係

原因クラスタ番号	結果クラスタ番号	因果関係の有無
8	9	あり
8	10	なし
10	9	あり
9	12	あり
8	12	あり
9	13	あり
9	11	なし
12	11	あり
12	13	あり

記事 1

2015 年の訪日外国人旅行者数が 1900 万人台後半に達する見通しとなり、1970 年以来 45 年ぶりに出国日本人数を上回ることが確実な情勢となっている。観光立国を成長戦略の柱と位置付ける安倍政権が進めたビザ発給要件などの政策対応や円安が追い風となった。

記事 2

総務省が 29 日発表した 2015 年 12 月の 2 人以上世帯の家計調査によると、1 世帯当たりの消費支出は 31 万 8254 円で、物価変動を除く実質で前年同月比 4・4%減だった。減少は 4 カ月連続で、マイナス幅は前月(2・9%)より拡大。

記事 3

総務省が 1 日発表した 1 月の 2 人以上世帯の家計調査によると、1 世帯当たりの消費支出は 28 万 973 円で、物価変動を除いた実質で前年同月比 3・1%減だった。マイナスは 5 カ月連続。

記事 4

総務省が 1 日発表した 1 月の 2 人以上世帯の家計調査によると、1 世帯当たりの消費支出は 28 万 973 円で、物価変動を除いた実質で前年同月比 3・1%減だった。マイナスは 5 カ月連続。

図 12: クラスタ 8 のリード文

表 5: 提示した関係性一覧

全く関係がない

関係はないが共通項が存在する

クラスタ A を原因としてクラスタ B が起こった

クラスタ B を原因としてクラスタ A が起こった

クラスタ A がクラスタ B の続報である

クラスタ B がクラスタ A の続報である

クラスタ A がクラスタ B を包含する

クラスタ B がクラスタ A を包含する

同じ話題から派生したクラスタである

その他

代表語(表 2 参照)と、ユーザが設定したクラスタの名前はほとんど一致せず、提示した全てのクラスタにおいて、「消費税」「増税」「安倍」「アベノミクス」等が多く見られた。よってクラスタの代表語と実際のクラスタの内容が合致しているとは言い難い結果となった。これは、ユーザに提示した記事集合が「消費税」「増税」という単語が存在している記事であると伝えていなかったため、実験参加者は計算機が分類する話題よりも大きな話題で括ってしまったと考えられる。この問題は、ユーザにリード文を提示する際に、事前に大きな話題についてユーザに提示することで解決出来ると考えられる。今回対象とした記事数は 678 記事であり、ほとんどのクラスタにある記事数が 10 記事を超えなかった。クラスタの記事数が少ない場合、クラスタが必要以上に分割されていることが考えられる。必要に応じてクラスタの結合を行うことで改善を図る必要がある。

6.1 報道時期に関する考察と展望

本研究では、話題の報道時期推定において、記事が最も多い月と、その月の周辺としていた。この手法では、例えばある月には 5 記事、別の月には 4 記事あった場合、5 記事報道された月のみが報道時期と推定されてしまう。最も記事が多い月の記事数の一定割合数記事があればその月を報道時期にするなどの改善手法が考えられる。

6.2 クラスタリングに関する考察と展望

5.1 節で示したクラスタリング精度検証の結果、クラスタリングの妥当性が示唆された。しかし、クラスタの

6.3 因果関係に関する考察と展望

5.2 節で示した関係性の精度検証の結果、因果関係にあると判断されたクラスタ間に、関係性があることが示唆された。しかし、因果関係にあると判断されたクラスタ間に因果関係があるとは言い難い。4.3 節で得られた文章を確認すると、手掛かり表現が因果関係以外の意味で使われている文章が見られた。例えば、「関係者による

記事 1

経済協力開発機構(OECD)のグリア事務総長は 11 日、東京都内の日本記者クラブで記者会見し、日本政府が 2017 年 4 月に予定する消費税率 10% への引き上げについて「信頼性の問題でもあり、重要なコミットメント(約束)だ」と述べ、予定通り引き上げるべきだとの考えを示した。グリア事務総長は、13 日に開かれる政府の国際金融経済分析会合に出席するため来日。

記事 2

政府は 13 日、世界経済について内外の有識者と意見交換する国際金融経済分析会合の第 5 回会合を開いた。5 月の主要国首脳会議(伊勢志摩サミット)に向けた勉強会との位置付けだが、これまで出席した識者 7 人のうち 4 人が来年 4 月の消費増税について言及。識者の間では増税の賛否が分かれたが、安倍晋三首相が意見を参考にどう判断するか焦点だ。

記事 3

安倍晋三首相は 1 日、国会閉会を受けて首相官邸で記者会見した。来年 4 月に予定していた消費税率 10% への引き上げについて、「内需を腰折れさせかねない。

図 13: クラスタ 9 のリード文

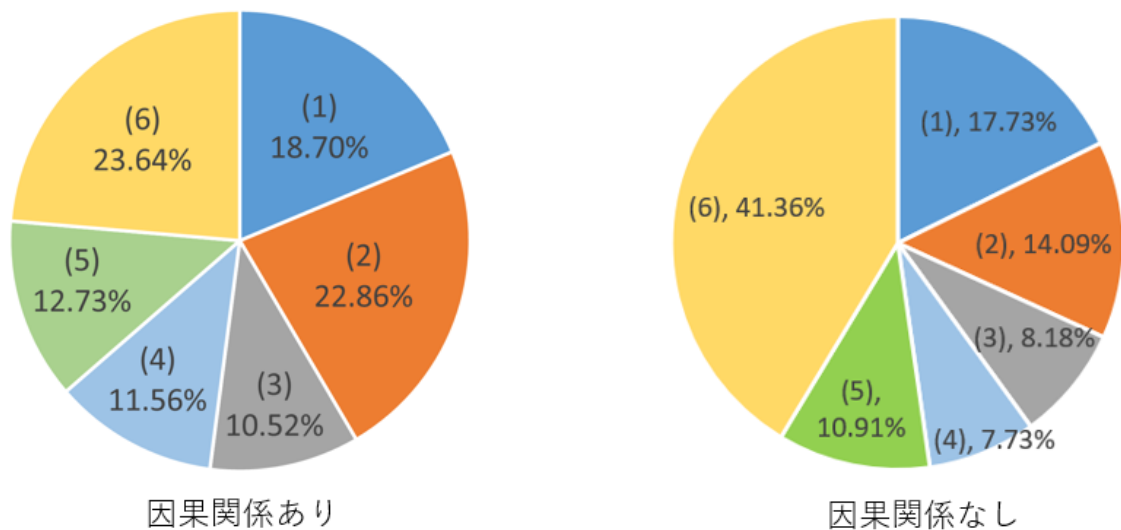


図 14: 関係性の回答率

と、24 日に初会合を開く党内の「戦略本部会議」で、元財務官僚の高橋洋一氏を招いて延期に伴う財源確保の方法などについて話し合うという。」という文章では、「関係者によると」の「よる」は情報源を表す使い方であり、因果関係を表すものではない。これらの文章を使用すると、間違った原因表現や結果表現が抽出され、結果として間違った話題間の因果関係が得られたと考えられる。これは、因果関係を持つ文の取得方法として、「から」「よる」「反映し」「から」以外の手掛かり表現では、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れば因果関係を持つ文とする手法をとったことが起因していると考えられる。この問題は、手掛かり表現を「よる」から「よる、」にするなど文章を意味的に分割している読点までを手掛かり表現に変更する、レンマ化させずに原文を抽出し、より厳密な手掛かり表現の設定を行うなどの手法で解決できると考えられる。また、因果関係を取得する際に対象とした文章は、特定のキーワードを含むニュース記事全文

であった。関係性はあるが因果関係にないものをシステムは因果関係と判断しているため、因果関係があると判断された文章が過剰であった事が考えられる。全文からではなく、リード文から因果関係を取得することで、因果関係を削減できると考えられる。今回の実験では、実験参加者にリード文を提示したが、リード文のみで実験参加者が話題の関係性を把握できるかは疑問が残る。例えば、ロシアとウクライナの例では、ロシアとウクライナの紛争の問題と、小麦が高騰したことのみを伝えたことのみを伝えても、そこにどのような関係があるかはわからない。ここにどのような関係があるかは、ロシアへの経済制裁や、それに伴う小麦の輸出制限を知らなければ把握出来ない。そのため、話題に沿ったリード文とともに、話題間に因果関係を持つと判断される原因となった文章を提示する必要があると考えられる。

7 おわりに

本研究では、長期間報道されたニュースを対象に、話題間における因果関係の抽出に取り組んだ。HDP-LDAを用いてニュース記事を話題に分類し、因果関係を含む文から原因・結果表現を抽出し、それに基づき話題間の因果関係を推定し可視化した。実験の結果、リード文によるクラスタリングの妥当性と、因果関係を持つ話題に関係性があることが示唆された。今後は、因果関係にある文章の抽出手法の改善や、話題間における因果関係推定手法の改善、可視化表現の妥当性の検証に取り組む。

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。本研究では「毎日新聞 2016 データ集」の新聞記事コーパスを使用させていただきました。深く御礼申し上げます。研究を通して共に二年間を過ごしてきた、松下研究室 13 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] Allan, J., Carbonell, J. G., Doddington, G., Yamron, J. and Yang, Y.: Topic Detection and Tracking Pilot Study: Final Report, *Proc. DARPA Broadcast News Transcription and Understanding Workshop* (1998).
- [2] Allan, J., Papka, R. and Lavrenko, V.: On-line New Event Detection and Tracking, *Proc. 21st Annual International ACM SIGIR conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 37–45 (1998).
- [3] Blei, D. M. and Lafferty, J. D.: Dynamic Topic Models, *Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning*, pp. 113–120 (2006).
- [4] Blei, D. M., Ng, A. Y. and Jordan, Michael, I.: Latent dirichlet allocation, *the Journal of machine Learning research*, Vol. 3, pp. 993–1022 (2003).
- [5] Carbonell, J., Yang, Y., Lafferty, J., Brown, R. D., Pierce, T. and Liu, X.: CMU Report on TDT-2: Segmentation, Detection and Tracking, *Proceedings of the DARPA broadcast news workshop*, pp. 117–120 (1999).
- [6] Card, M.: *Readings in information visualization: using vision to think*, Morgan Kaufmann (1999).
- [7] Teh, Y., Jordan, M., Beal, M. and Blei, D.: Sharing Clusters among Related Groups: Hierarchical Dirichlet Processes, *Advances in Neural Information Processing Systems*, Vol. 17 (2004).
- [8] Yang, Y., Ault, T., Pierce, T. and Lattimer, C. W.: Improving Text Categorization Methods for Event Tracking, *Proc. 23rd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 65–72 (2000).
- [9] 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.
- [10] 大元司, 東羅翔太郎, 江口浩二: 大規模データのための階層ディリクレ過程の並列推定, 第 5 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集, F2-2 (2013).
- [11] 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, No. 8, pp. 1496–1506 (2011).
- [12] 小平知範, 小町守: TL;DR 3 行要約に着目したニューラル文書要約, 情報処理学会研究報告, Vol. 2017-IFAT-128, pp. 1–6 (2017).
- [13] 松本直彰, 湯本高行, 山本岳洋, 大島裕明: 時間的推移を考慮した報道トピックの抽出と再構成, 情報処理学会研究報告, Vol. 2020-IFAT-139, No. 1, pp. 1–6 (2020).
- [14] 武田直人, 関洋平, 森下民平, 稲垣陽一: ライフイベントの経験に有用なトピックの抽出と評価, 情報処理学会論文誌データベース, Vol. 11, No. 2, pp. 16–29 (2018).
- [15] 西川奈都月, 盛山将広, 内藤峻, 松下光範: 初学者を対象としたニュース記事中のトピックの関係性に基づく可視化インタフェースの提案, 第 15 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. 62–67 (2017).
- [16] 福本文代, 鈴木良弥, 山田寛康: 話題の推移に基づく続報記事の自動抽出, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 07, pp. 1766–1777 (2018).
- [17] 石井裕志, 馬強, 吉川正俊: 因果関係ネットワークの構築によるニュースの理解支援, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集, C5-6 (2009).
- [18] 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, 第 32 回人工知能学会全国大会, 20103 (2018).
- [19] 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-HCI-196,
No. 8, pp. 1–8 (2022).

複数の質感を複合的に提示可能な 触感提示デバイスの提案

田中瑠慧

複数の質感を複合的に提示可能な触覚提示デバイスの提案

情 19-0262 田中 瑠慧

指導教員 松下 光範

1 はじめに

視覚障害者に対する情報提示支援のため、視覚情報を他の感覚器官で代替して提示する取り組みが行われている。これらの多くは文字などの言語情報を点字や音声読み上げ機能を用いて提示するものであり、人の感情理解や状況把握に重要である表情や視線などの非言語情報を提示することは想定されていない。そこで、視覚障害者に対して非言語情報の一種である表情を他の感覚器官で代替して提示することを目指す。

本研究では表情を表現する手法として触覚刺激に着目した。触覚刺激は感性的な意味合いを持つことから、感情表現に適していると指摘されている。例えば、ユーザに対して温度刺激を与えることで不安や満足といった感情を想起させることができる [1]。しかし、温度刺激のような単一の触覚刺激では特定の感情しか表現できず、視覚障害者に対して様々な感情を表出した表情を提示する手法としては不十分である。そこで本研究では複数の触覚刺激を用いて様々な感情の表情を柔軟に提示することを試みる。その端緒として、冷たさや硬さなどの複数の質感を複合的に提示し、異なる触覚刺激を同時に提示できるデバイスを実装する。

2 触覚提示デバイスの設計

物体表面の質感は温冷感、硬軟感、ミクロな粗さ感（粗滑感）、マクロな粗さ感（平凸感）、摩擦感の5次元で構成される。このうち、粗滑感と摩擦感は凹凸面のかみ合いの効果により、独立したパラメータとして提示することは困難である。そのため、本デバイスでは質感として温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感をパラメータとし、それらの複合的な提示を試みる。

図1に提案する触覚提示デバイスの構成を示す。このデバイスは①硬軟感提示機構、②粗滑・平凸感提示機構、③温冷感提示機構から構成されており、ユーザは④触覚提示部を指で触れることで触覚刺激を知覚できる。硬軟感提示機構には、発泡ポリエチレンビーズ（以下、ビーズと記す）を充填した木箱の上部を柔軟性・気密性の高いシリコンゴムで密閉した機構を採用した。この機構の上部は通常柔らかい状態を保っているが、機構内部を減圧することで硬くすることができる。この性質を活かし、硬軟感は機構内部の圧力を真空ポンプを用いて制御することで提示する。粗滑・平凸感提示機構には、回転可能な4本の円柱木材を渡るように布を巻き付けた機構を採用した（図1-②参照）。この布には滑らかで平らな布、滑らかで凹凸がある布、粗くて平らな布、粗くて凹凸がある布、の4つを1枚に繋ぎ合わせた布を用いた。円柱木材に繋がれたサーボモータが回転することで布が入れ替わり、硬軟感提示機構上で静止する布の種類によって異なる粗滑感・平凸感を提示することができる。温冷感提示機構には、温感・冷感共に提示可能なペルチェ素子を採用した（図1-③参照）。ここで、ペルチェ素子を他の装置の上に積層すると、他の質感の提示を妨げることが懸念される。この問題を解決するために、温冷感に関する錯覚現象の一種であるサーマルリファレル現象に着目し、指先側部に対する温度刺激を与えることで指腹部に間接的に温冷感を提示する手法を採用した。これらの機構を同時に操作することで、温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感を任意に組合わせた触覚刺激を提示することができる。

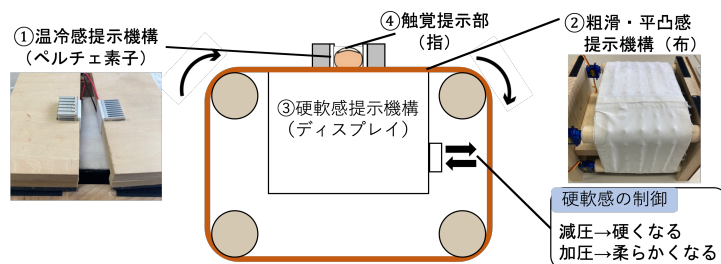


図1 システムの構成

表1 提示刺激と評価一致率

提示刺激	一致率
温冷感	90.0%
硬軟感	83.8%
粗滑感	90.0%
平凸感	93.1%

3 実験

提案するデバイスが意図した触覚刺激を適切に提示可能であることを検証するため、大学生 20 名を対象にユーザ実験を行った。実験では参加者に 1 つの質感あたり 2 水準の触覚刺激を組み合わせで提示し（計 16 種類）、それぞれの評価を求めた。評価基準統一のため、評価開始前に参加者に対して 16 種類の触覚刺激をランダムに知覚させた。この際、デバイス自体は見ず、利き手の指で提示部に 10 秒間触れるよう参加者に指示した。その後、参加者に対してランダムな順序で 16 種類の触覚刺激の提示を行い、その評価を収集した。参加者が触覚刺激を知覚する際、時間制限は設けなかった。評価項目は「あたたかい/つめたい」、「やわらかい/かたい」、「あらい/なめらか」、「平らである/凹凸がある」、「乾いている/湿っている」の 5 項目とし、それぞれを 5 段階で取得した。

デバイスが提示した温かい触覚刺激に対し、評価アンケートで「かなりあたたかい」、「ややあたたかい」と回答したものをデバイスが提示する触覚刺激と一致するものとし、評価一致率を算出した。他の項目についても同様の処理を行った。その結果を表 1 に示す。評価一致率が最も低い硬軟感については、硬軟感提示機構の不具合が原因である可能性がある。硬軟感提示機構は実験回数を重ねるごとにビーズが真空ポンプで圧縮され、元の大きさに戻らず小さくなる現象が見られた。この現象は、実験参加者の硬軟感の知覚を妨げた一因だといえる。また、乾湿感に関してはシステムでは提示していないにもかかわらず、粗さを提示した際と滑らかさを提示した際とで相違が見られた。粗さを提示した際に「乾いている」と回答した参加者は 81.3% であったのに対し、滑らかさを提示した際に「乾いている」と回答した参加者は 32.5% であった。この結果から粗さの提示が参加者の乾湿感の知覚に影響を及ぼす可能性が示唆された。

4 おわりに

本稿では、温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感を複合的に提示できる触覚提示デバイスを実装した。評価実験の結果から、全ての質感に対し 80% 以上の評価一致率が得られた。今後は本デバイスを用いて、柔軟な表情提示の実現を目指す。

参考文献

- [1] Wilson, G., Dobrev, D. and A.Brewster, S.: Hot Under the Collar: Mapping Thermal Feedback to Dimensional Models of Emotion, *Proc. 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 4838–4849 (2016).
- [2] 樋口友梨穂, 松下光範: 共感覚的比喻を用いた触感と表情の対応性に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 121, No. 143, pp. 7–12 (2021).

複数の質感を複合的に提示可能な触覚提示デバイスの提案

情 19-0262 田中 瑠慧

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本研究の目的は視覚障害者に対して触覚を用い、様々な感情の表情を提示することである。視覚障害者の多くは表情などの非言語情報を取得することが困難であるため、コミュニケーションに苦勞する。このような問題に対して非言語情報である表情を触覚情報に変換し、代替的に提示することで問題の解決を目指す。本稿ではその端緒として、温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感をパラメータとし、それらを複合的に提示できる触覚提示デバイスを実装した。また、デバイスが意図した触覚刺激を適切に提示可能であることを検証するため実験を行った。その結果、温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感、全てのパラメータにおいて高い精度で提示可能であることを示した。

1 はじめに

1.1 背景

人間が外界から得る情報のうち、約 83%は視覚に依存している [27]。そのため、視覚機能に何らかの問題を抱える人は日常生活において多くの不便と不利益を被っている。現在、日本にはこのような視覚障害者が約 31 万人存在しており、彼らは聴覚や触覚、嗅覚といった感覚器官を利用することで視覚情報を補っている。こうした視覚障害者に対しての情報提示支援を目的とし、視覚情報を触覚情報や聴覚情報に変換し、代替的に提示する取り組みが普及している。

これらの取り組みのうち、触覚を利用した情報提示手法の例として点字がある。点字は文字という視覚的な言語情報を 6 つの凸点の組み合わせで表現している。これを指でなぞり、読み取ることで視覚障害者は文字情報を取得できる。点字と同様、触覚を利用した情報提示手法の例として視覚障害者誘導用ブロックがある。視覚障害者誘導用ブロックは表面に突起がついており、これを足の裏や白杖で触知覚し、認識しながら歩行することで視覚障害者が安全に移動することができる。

また、聴覚を利用した情報提示手法の例として、音声パソコンがある。音声パソコンとは視覚障害者のために開発された「スクリーンリーダ」というソフトウェアがインストールされたパソコンのことである。これを用いることで、パソコンを使用している際に「画面に表示されている文字情報」と「ユーザが操作した内容」を音声で取得することができる。

一般的に普及しているこれらの取り組みの多くは言語情報を提示するものや安全な歩行を支援するためのものであり、視覚障害者の日常生活をサポートしている。

1.2 非言語情報

非言語情報とは、表情やジェスチャー、アイコンタクト、顔の位置、頷きや首を横に振る動作など、知覚していても言葉にすることができない情報のことである。

Knapp ら [12] によると、晴眼者がコミュニケーションの際、得られる情報の 65%以上は非言語情報であることが明らかとなっている。これは非言語情報が人の感情の把握や状況の予測などを行う際に用いる情報であり、コミュニケーション時に、重要な役割を果たしているからだと考えられる。

Qiu ら [16] は全盲者 10 名、弱視者 10 名の計 20 名に対して、非言語情報に関するインタビューを行った。その結果、視覚障害者は相手の表情、頷きや首を横に振る動作などの非言語情報を取得することが困難であるため、コミュニケーションに苦勞する問題が明らかとなった。さらに、参加者 20 名のうち 13 名はコミュニケーションの際、相手の感情が把握できていないと回答した。その他の参加者 7 名は声や話し方で感情を推測しているが、正確に感じ取ることはできず、特にポジティブな感情についてはほとんど知覚できないということが明らかとなった。

このように非言語情報はコミュニケーション時に有用な情報である一方で、視覚障害者にとって取得し難い情報である。また、言語情報とは異なり、非言語情報を視覚障害者に伝達する手法はいまだに確立されていない。

1.3 本研究の目的

1.2 節で、視覚障害者は表情や感情などの非言語情報を取得することが困難であるため、コミュニケーションに支障をきたすという問題について述べた。本研究では、この問題に対して、視覚障害者が非言語情報の一種であ

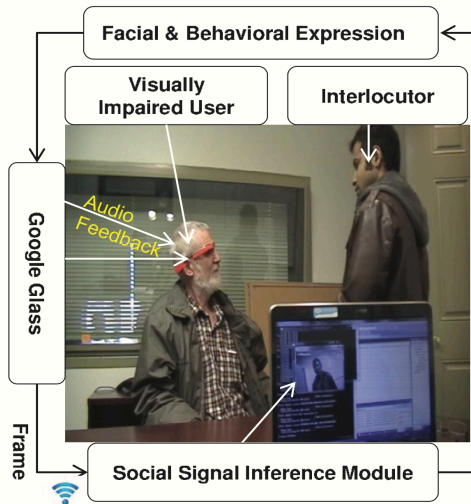


図 1: Expression (文献 [1] より引用)

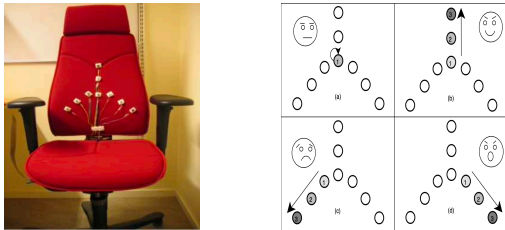


図 2: 椅子型振動覚デバイス (文献 [21] より引用)

る表情情報を取得できるように、表情情報を他の感覚器官の情報に変換し、提示することを目指す。

2 関連研究

視覚以外の感覚器官を用いて、表情や感情を伝達することを目的とした研究は複数存在している。本章ではそれらの研究について紹介し、それぞれの利点、問題点について整理し、適切な提示手法について述べる。

2.1 表情・感情提示手法

Anam ら [1] は二者間でのコミュニケーションの際、対話者の顔特徴である笑顔、あくび、眠たい顔、視線などの非言語情報をリアルタイムで音声フィードバックする「Expression」というアプリケーションを開発した。このアプリケーションは GoogleGlass を用いて対話者の顔をカメラで認識し、認識した顔情報に基づいて非言語情報を推定している。また、このシステムの有用性を確認するため、視覚障害者 6 名、目隠しをした晴眼者 4 名を対象に図 1 のようにアプリケーションを試用してもらい、システムの評価を行った。その結果、システムが有用であるといった意見が多い一方、音声フィードバックが遅いことやコミュニケーションに集中している際に音声フィードバックを聞き逃すなどの問題が明らかとなった。

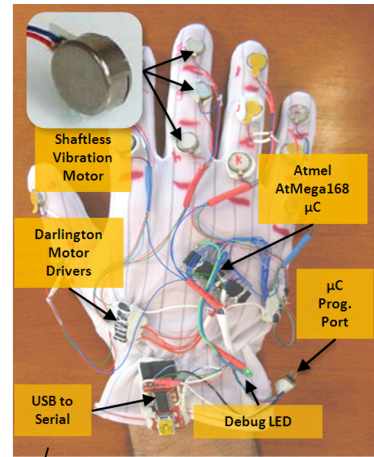


図 3: 手袋型振動覚デバイス (文献 [13] より引用)

Zhao ら [25] は友人の名前や相対位置、表情（喜び、驚き、怒り、悲しみ、無表情のいずれか）、顔の特徴（眼鏡をかけている、髭が生えているなど）などを音声フィードバックする「Accessibility Bot」というアプリケーションを開発した。このアプリケーションは Facebook 上の友人がタグ付けされた写真を活用し、スマホのカメラを用いて友人を認識し、認識した顔情報に基づいて名前や表情などの情報を推定している。また、システムの有用性を検証するため、6 名の視覚障害者に 7 日間、アプリケーションを試用してもらい、システムに関するアンケート調査を行った。その結果、大半の参加者はシステムが有用であると回答した。しかし、一部の参加者からは認識精度が低いことや騒がしい場所では音声フィードバックが聞き取りにくいことなどユーザビリティに関する意見が得られた。

Li ら [21] は椅子型の振動覚デバイスを実装することで、振動パターンと無表情、喜び、悲しみ、驚きの 4 つの表情を対応づけた。図 2 のように椅子の背もたれに 9 つの振動モータを設置し、その振動パターンによって表情を表現している。また、28 名の目隠しをした晴眼者に対して、実際システムを試用してもらいシステム評価を行った。その結果、表情を高精度で認識できることが確認された。一方で、一部のユーザからは認知的負荷がかかるという意見がでた。

Krishna ら [13] は手袋型の振動覚デバイスを実装することで、振動パターンと喜び、悲しみ、驚き、無表情、怒り、恐怖、嫌悪の 7 つの表情を対応づけた。図 3 のように手袋には各指に振動モータが 14 個（人差し指 3 個、中指 3 個、薬指 3 個、小指 3 個、親指 2 個）組み込まれている。ユーザは手袋がどのようなパターンで振動したかを認識することで、表情の種類を識別することが可能である。また、目隠しをした 11 名の晴眼者と 1 名の視覚障害者に対して、振動パターンを学習させた後、正確に表情を認識できるか実験を行った。その結果、振動パ

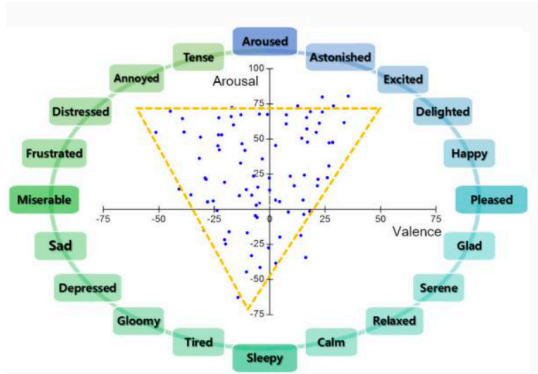


図 4: 振動刺激と円環モデル (文献 [24] より引用)

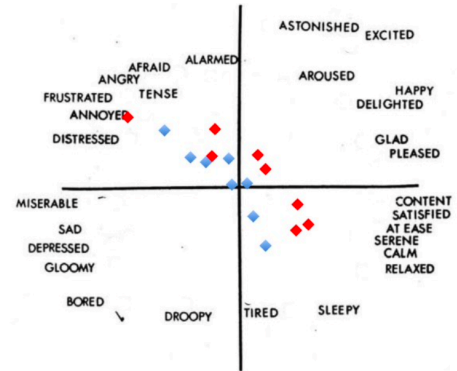


図 5: 熱刺激と円環モデル (文献 [22] より引用)

ターンで基本的な表情の認識が高精度で行えることが確認された。

Bailenson ら [2] は握手と感情、力覚と感情を対応づけた。嫌悪、怒り、悲しみ、喜び、恐怖、興味、驚きの 7 感情を提示するために 2 通りの手法を採用した。一つ目は握手する際の手の触れ方で感情を提示する手法である。二つ目はジョイスティックを用いて、各感情に対する力覚を設定し、その力覚を再現することで感情を提示する手法である。それぞれの手法に対する表情の識別率を調査したところ、力覚と感情を対応づけた場合よりも握手と感情を対応づけた場合の方が優れていることが明らかとなった。

Yoo ら [24] は振動刺激で人が想起可能な感情の範囲を明らかにするため、実験を行った。この実験では 24 名を対象としており、振幅、周波数、時間、包絡線をパラメータとした様々な振動刺激の感情価 (valence) と覚醒度 (arousal) を実験参加者に回答してもらい、ラッセルの円環モデル [17] (感情価と覚醒度の 2 次元で表現される平面上に全ての感情が配置されることを示したモデル) にマッピングした (図 4 参照)。その結果、振動刺激で想起できる感情は、感情価と覚醒度が共に高い感情 (Excited や Astonished など)、感情価が低く覚醒度が高い感情 (Annoyed や Distressed など) に限定されるものであった。また、感情価が高く覚醒度が低い感情 (Relaxed や Serene など) や、感情価と覚醒度が共に低い感情 (Depressed や Gloomy など) を想起させることは困難であることが示唆された。

Wilson ら [22] はユーザの熱刺激に対する主観評価をラッセルの円環モデル [17] とベクトルモデル [4] それぞれにマッピングし、熱フィードバックと感情を対応づけた。さらに、ユーザにその対応関係を用いて熱フィードバックを提示することでそれぞれのモデルの適合率を算出した。その結果、ベクトルモデルにマッピングした場合が円環モデルにマッピングした場合よりも優れていることが明らかとなった。また、熱刺激で表現できる感情は、感情価が高く、覚醒度が低い感情 (Satisfied や Relaxed

など) や、心配や神経質といった感情価が低く、覚醒度が高い感情 (Annoyed や Frustrated など) に限定したものであった。これらの観点から、熱フィードバックだけでは様々な感情を表現する手法として不十分であることが示された。

2.2 表情情報提示の際の課題

2.1 節で紹介した先行研究から、表情や感情を視覚以外の五感を用いて代替的に提示する際、活用可能だと考えられる感覚器官は主に聴覚と触覚の 2 種類である。しかし、聴覚を用いた場合、様々な問題が生じる。具体的には、コミュニケーションの際、相手との対話と音声フィードバックを聞くことの両方を並列して行う必要がある、相手の声もしくは音声フィードバックを聞き逃す可能性がある。これはコミュニケーションの際、有用な情報である非言語情報の一種である表情情報を提示するシステムにとって、重大な欠点である。他にも、騒がしい場所での利用や、図書館や電車内などの公共の場での利用が好ましくないことが挙げられる。また、視覚障害者にとって、聴覚は情報の収集源であり、既存の情報に加えて、表情情報の負荷を重畳させることは危険情報や空間情報などの取得を困難にする可能性があり、ユーザの身の危険に直結する。以上のことから聴覚を用いた表情情報提示は適切でないといえる。

一方、触覚は聴覚と比較すると日常的に受ける負荷が小さい感覚器官であり、手などを用いて意識的に物体に触れることで自ら認識する情報の選択が可能である。そのため、聴覚を用いた場合の過大な負荷に関する問題は解決できると考えられる。また、場所の制約についても考慮する必要がない。これらの観点から表情情報を提示する際は触覚を用いるのが望ましいと考えられる。

Li ら [21] や Krishna ら [13] のように振動パターンと表情を対応づけて伝達する方法は表情の識別をする上では有用だが、これらの手法は直感的でない。また、振動パターンとそれに対応する表情について都度、理屈的に考える必要があり、多大な労力を有する。さらに、表現

する表情の種類を増やしたい場合、振動モータを増設する必要があるため、対応関係の把握がより一層、困難になる恐れがある。

Yoo ら [24] や Wilson ら [22], Bailenson ら [2] のように、温度や振動、力覚といった触覚刺激と表情を対応づけて伝達する方法は人の感情に訴えかけて表現するため、非常に直感的である。しかし、これらの手法は共通して、怒り、恐れ、喜び、驚き、悲しみ、嫌悪といった基本的な感情や表情を全てを表現できない。さらに、「泣きながら笑う表情」や「怒りながら泣く表情」などの複雑な表情の表現は困難だと考えられる。

以上のことから視覚障害者に対しての表情情報提示は、触覚を用いた直感的な手法が好ましい。さらに、視覚障害者が視覚障害者でないものと同一内容の情報を取得できることが好ましい¹という観点から、幅広い表情の表現が可能な手法が適切である。

2.3 触感、質感の定義

岡本ら [26] は、凹凸や硬さなど素材表面の物理的性質の知覚を「材質感」、それら材質感を表現する空間の次元を材質感次元と定義した。また、材質感次元を見出すことを目的とし、物体の材質感次元に関わる複数の研究事例の調査を行った。その結果、材質感次元はマクロな粗さ（凹凸/平たい）、ミクロな粗さ（粗い/滑らか）、温冷感、硬柔感、摩擦感（乾湿・粘り/滑り）の5種類存在すると考えることが合理的であると述べた。

本稿では、“物体に触れた時に人が受ける感覚、特に材質感”を触感、“材質感次元”を質感と定義する。

2.4 適切な表情情報提示

2.2 節では、温度刺激のような単一の触覚刺激では特定の感情しか表現できないことについて述べた。しかし、複数の触覚刺激を組み合わせ、質感を複合的に含有した触感を用いることで、幅広い感情の表情を柔軟に提示することが可能になると考えられる。

また、触感とは (1) 人が物体に触れた際、即座に認識可能である、(2) 硬さや冷たさなどの複数の質感を人は同時に感じ取ることができる、という特徴から、様々な表情を直感的に伝達可能であることが指摘されている [33]。

2.5 本研究の位置付け

2.1 節では視覚障害者が表情や感情を視覚以外の五感を用いて代替的に認識する際、活用可能だと考えられる感覚器官は主に聴覚と触覚の2種類であることを示した。2.2 節では、表情・感情の提示に関する関連研究の問題点について示した。また、視覚障害者に対しての表情情

報提示は触覚情報が有用であることに加えて、直感的で幅広い表情の表現が可能な手法が適切であることを述べた。2.4 節は、表情情報を伝達するうえで、触感とは直感的で、様々な表情を表現可能である点について述べた。

以上のことから本研究では視覚障害者に対して、表情情報を提示することを目的とした触感を用いた表情伝達システムの実現を目指す。その実現の端緒として、複数の質感を複合的に提示し、異なる触覚刺激を同時に提示できるデバイス（以下、触覚提示デバイスと記す）を実装し、提示する質感とユーザが感じる質感との差異について分析する。

3 デザイン指針

本研究では視覚障害者に対して表情情報を提示することを目的とした触感を用いた表情伝達システムを提案する。本章では触感を用いた表情伝達システムにおいてどのような要素が必要となるか整理し、アプローチを行う要素を明確化する。

3.1 システムが満たすべき要件

触感を用いた表情伝達システムを実現するためには大きく三つの要件を満たす必要がある（図6参照）。

一つ目は人の表情を読み取ることである。これはカメラなどで人の顔を認識し、読み取った顔情報からどのような表情であるかを推定することが必要である。従来は人の顔を認識し、笑顔や怒りなどの容易に推定可能な表情変化を捉える技術 [11][32] が主流であったが、近年では納得や戸惑いなどの細かな表情変化を捉えることも可能となっている [18]。

二つ目は人の表情を適した触感に変換することである。樋口らは、表情を適した触感に変換するための触感と表情の対応関係を明らかにした。表情と触感を対応づける要素として、共感的な表現（触感に属する語彙を用いて視覚に属する語彙を修飾する特徴を持つ形容詞、またはオノマトペのことを指す）に着目し、Ekman ら [7] が示した6種の基本的な感情である怒り、嫌悪、恐怖、喜び、悲しみ、驚きの表情と触感を間接的に対応づけることが可能か調査を行った。その結果、表情の対応に共感的な表現が関連している可能性が示唆された。その後、共感的な表現を用いて、Ekman らが示した基本的な6種の感情怒り、嫌悪、恐怖、喜び、悲しみ、驚きを表

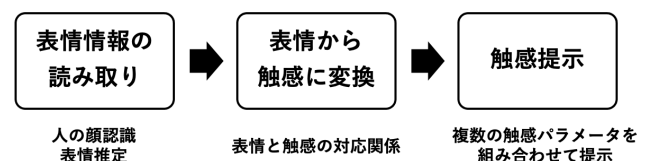


図6: 触感を用いた表情伝達システムの流れと必要要件

¹https://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/jouhouyutoku/pdf/jouhou_honbun.pdf
(2023/1/20 確認)

表 1: 表情から触感の対応結果 (文献 2.2 より引用)

	軟	温	乾	冷	湿	熱	硬	凸	痛
怒り				○			○	○	○
嫌悪							○	○	○
恐怖				○			○	○	○
喜び	○	○							
悲しみ				○	○				○
驚き	○		○			○			

表 2: 触感から表情の対応結果 (文献 2.2 より引用)

	軟	温	乾	冷	湿	熱	硬	凸	痛
怒り				○			○	○	○
嫌悪							○	○	○
恐怖							○	○	○
喜び	○	○							
悲しみ			○	○	○		○		○
驚き			○			○			

出した表情と触感の対応づけを明らかにした。その際、表情から触感 (表 1 参照)、触感から表情 (表 2 参照) への言語を介した対応の調査を行うことで対応が双方向で成立するか確認した。その結果、怒りの表情と「冷、硬、凸、痛」、嫌悪の表情と「硬、凸、痛」、恐怖の表情と「硬、凸、痛」、喜びの表情と「軟、温」、悲しみの表情と「冷、湿、痛」、驚きの表情と「乾、熱」が表情と触感の対応において重要な要素であることを明らかにした。この対応関係を用いて、表情と触感の変換が可能となる。

三つ目はユーザに対して表情を提示するための複数の質感を含有した触感を提示することである。触感提示に関する研究として、Higuchi らが作成した実物体の触感を用いたプロトタイプシステム [9] や、近井らが作成した温度・振度・荷重を合成して提示する表在感覚ディスプレイ [28] がある。しかし、視覚障害者に対して樋口らが示した表情を提示する際に必要であると考えられる質感全てを複数同時に提示できないため、新たなデバイスの開発が必要である。

そのため、本研究では触感を用いた表情伝達システムの実現の端緒として、様々な表情を表現するために、触覚提示デバイスの実装を行う。

4 触感を考慮したシステム要件

触感とはモノ (触れる対象物の特性)、身体 (触り方や指の硬さ、粗さなど触る側の特性)、イメージの 3 つの要素から構成されている [31]。本章では各項目を物理的要素、身体的要素、心的要素と記し、それぞれに対し触覚提示デバイスを実装する上で考慮すべき点について記

述する。

4.1 物理的要素

物理的要素とは触対象の材質の特徴などの状態を指す。本稿ではこの物理的要素として樋口ら [33] が表情と触感に対応づける際、材質の特徴とした質感 (マクロな粗さ (凹凸/平たい)、ミクロな粗さ (粗い/滑らか)、温冷感、硬柔感、摩擦感 (乾湿・粘り/滑り)) を用いる。

これらのうち、ミクロな粗さは凹凸面のかみ合いの効果により、摩擦感に大きな影響を与えており、表面粗さが大きい素材は摩擦も大きいことが多数の研究で報告されている [6][20][19]。

以上のことから、触覚提示デバイスが提示する質感は平凸感、粗滑感、温冷感、硬軟感、摩擦感 (乾湿・粘り/滑り) の 5 種類が望ましいと考える。しかし、摩擦感と粗滑感は独立した質感として提示することが困難である。本研究では平凸感、粗滑感、温冷感、硬軟感をパラメータとした触覚提示デバイスを実装する。

4.2 身体的要素

身体的要素は指の硬さ、粗さなどユーザの特性や触察動作 (触対象の特徴を理解するための触れ方) のことを指す。指の硬さや粗さなどのユーザの特性は個人差が生じるため、それら全てを把握することは困難である。そのため、本章ではユーザの指の特性に関しては考慮せず、触察動作に着目する。

4.2.1 受動的触知と能動的触知

触察動作は主に受動的触知と能動的触知の 2 種類に大別される。受動的触知とは自らの手を動かすことなく対象から触覚刺激を受けるものである。能動的触知とは自ら手を随意的に動かし、対象から触覚刺激を受けるものである。

西松ら [30] は 12 名を対象に材質が異なる 6 種類の試料について能動的触知と受動的触知それぞれの触察動作を行ってもらい、試料の材質感を SD 法を用いて検証した。その結果、受動的触知による伝達情報量よりも能動的触知による伝達情報量の方が多いことが明らかとなった。

また、人の触覚には順応という現象がある。これは同じ刺激を持続的に与えることによって、その刺激に対する感度が低下してしまうものである。人が物体に接触し、手指を静止した状態であると順応が起きることが懸念される。刺激に対する感度を低下させないためには手指を動かす、繰り返し触れるなどの動作が必要である。この動作は能動的触知であり、ユーザに触感を認識させるために適切な方法であると考えられる。

4.2.2 適切な触察動作

能動的触知は押す、擦る、叩く、軽く触れるなど具体的な触察動作に細分化される。Nagano ら [15] は各々の

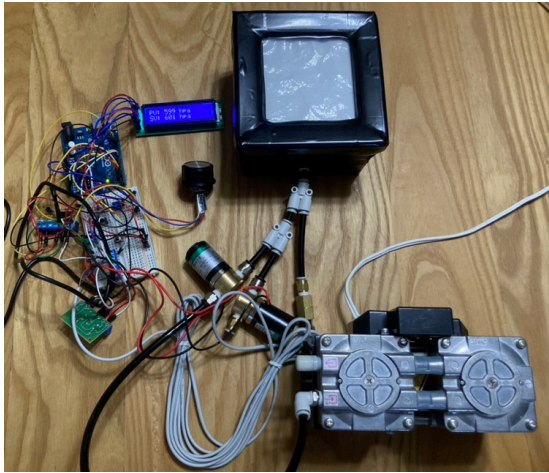


図 7: 硬軟感提示機構の外観

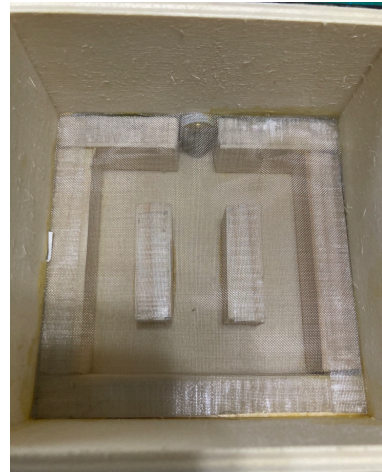


図 8: 木のフレーム構造

質感を知覚するための適切な触れ方としてマクロな粗さは押す, ミクロな粗さは擦る, 柔らかさは押す, 硬さは叩く, 摩擦は擦る, 温冷は押すと軽く触れるであると述べた. また, 人はこれらの適切な触察動作を無意識に取ることが明らかとなっている [23][5].

以上のことから本研究では触察動作として, 能動的触知を想定し, その具体的な触れ方については指定しない.

4.3 心的要素

心的要素とは過去の記憶や体験, オノマトペなどの言語のことを指す. 仲谷ら [31] は言語や記憶などにより, 触のイメージを喚起することができれば, モノ・身体の要素がなくても触感を生起すると述べている. しかし, 言語や体験は文化差, 個人差が生じるため, それら全てを把握することは困難である. そのため, 本研究では心理的要素に関しては考慮しない.

5 実装

本研究の触覚提示デバイスは硬軟感提示機構, 温冷感提示機構, 粗滑感・平凸感提示機構の3つの機構を組み合わせている. 本章ではまず各機構の実現方法, 他の機構と積層し組合わせる際の留意点・工夫点について説明する. 最後にそれぞれの機構を組み合わせたデバイスの構成について述べる.

5.1 硬軟感提示機構

的場ら [14] は, 表面の硬さを動的に変化可能なディスプレイ「ClaytricSurface」を実装した. このディスプレイは発泡ポリエチレンビーズを充填した木箱の上部を柔軟性・気密性の高い素材で密閉している. 通常, ディスプレイ上部は柔らかい状態を保っているが, ディスプレイ内を減圧することで発泡ポリエチレンビーズが圧縮され, ディスプレイ上部を硬くすることができる. この性質を

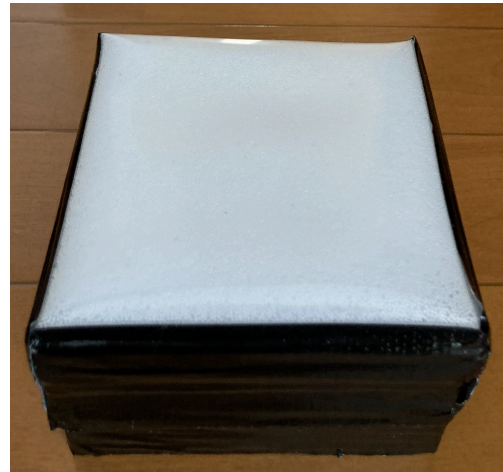


図 9: ディスプレイ外観

活かすことで, ディスプレイ内の気圧を制御し, ディスプレイ上部の硬さを調整することを可能にした.

本研究では硬軟感提示機構にこの手法を採用した. 実装した硬軟感提示機構の外観を図7に示す. この機構はパーティクルディスプレイ (以下, ディスプレイと記す) と圧力制御部から構成されている.

ディスプレイは木の角材7本とステンレスフィルターを内部に設置した115mm×115mm×75mmの木箱 (図8参照) の中を直径1mmの発泡ポリエチレンビーズで充填させ, 柔軟性・気密性の高い, 厚さ0.5mmのシリコンゴムで密閉している (図9参照). また, ディスプレイ内の気密性を高めるため, ディスプレイ側面には合成ゴムが貼り付けられている. さらに, ディスプレイには圧力制御部に接続するためのワンタッチ継手が埋め込まれている. このワンタッチ継手は減圧用, 加圧用, センサ接続用の3つのポートに分かれており, 減圧用ポートは電磁弁を通し真空ポンプに, 加圧用ポートは電磁弁を通し外気に接続されている.

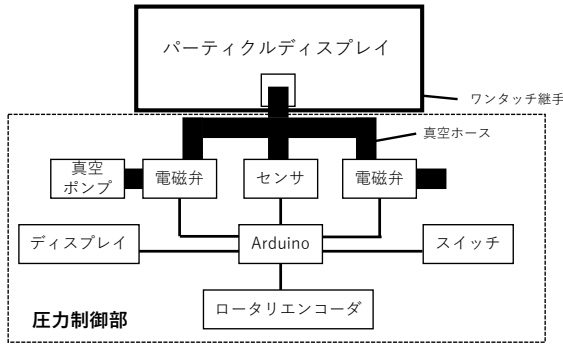
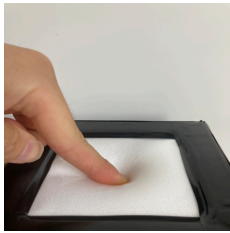
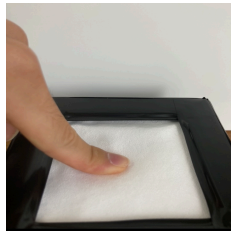


図 10: ハードウェア構成図



(a) 最も柔らかい状態



(b) 最も硬い状態

図 11: ディスプレイの硬度の変化

次に圧力制御部の構成について説明する(図 10 参照)。圧力制御部はディスプレイを減圧するための真空ポンプ(DAP-12S)、上述した減圧・加圧用の 2 個の電磁弁(USB3-6-1-B-DC12V)、ディスプレイ内の圧力を一定に保つための空気圧センサ(PSE541A-01)、設定空気圧をシステムに入力するためのつまみ付きロータリーエンコーダ、空気圧をリセットするためのスイッチ、設定空気圧とディスプレイ内の圧力を表示する液晶ディスプレイ(SC1602BBWB-XA-GB-G)、さらにそれら全てを制御するマイクロコントローラ(Arduino Uno)から構成されている。真空ポンプは実行排気速度 14L/min、最大真空到達度は大気圧を 0 として約-77.5kPa である。また、空気圧センサは 0kPa から-101kPa までの範囲において圧力を測定可能である。

次に硬軟感提示機構の硬さの制御について説明する。この機構はロータリーエンコーダを回すことで設定圧力が入力でき、その値と空気圧センサで取得したディスプレイ内の圧力を比較し制御を行う。設定圧力がディスプレイ内の圧力より低い場合、真空ポンプに通じる電磁弁の開放による減圧を行う。設定圧力がディスプレイ内の圧力より高い場合、外気に通じる電磁弁の開放による加圧を行う。ディスプレイ内の気圧が設定圧力に達した場合、二つの電磁弁を閉じることで圧力を維持する。この際、ディスプレイに埋め込まれたワンタッチ継手の隙間から少量の空気漏れが生じる。そのため、空気圧センサでディスプレイ内の空気圧を常に監視し、空気圧と設定圧力の差が 10hPa を超えたとき、再び真空ポンプに通じる電磁弁の開放による減圧を行う。またスイッチを押すこと

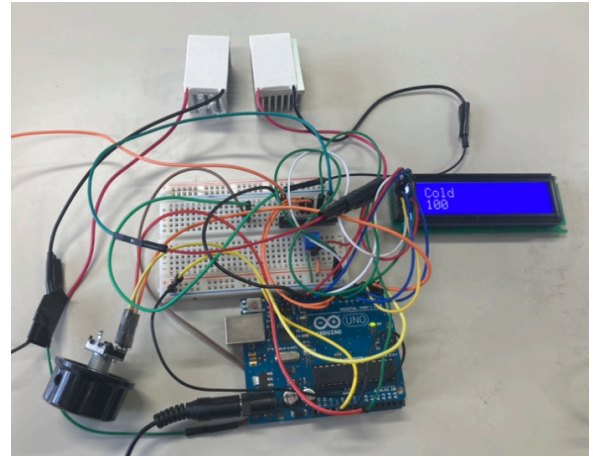


図 12: 温冷感提示機構の外観

で設定圧力が 1013hPa になり、システムの硬さは初期状態に戻る。このように硬軟感提示機構は設定する空気圧を調節することで硬さを動的に制御できる。システムの応答性については、最も柔らかい状態から即座に最も硬い状態にすることが可能である(図 11 参照)。

最後に硬軟感提示機構を他の機構と組み合わせる際の留意点について述べる。硬軟感提示機構は分厚く、他の機構の上に積層した場合、その機構が提示する質感を妨げることが懸念される。したがって、硬軟感提示機構は最下部に配置し、他の機構はディスプレイ上に積層する。この際、上に積層する機構の触覚提示部は、硬軟感に影響を与えないよう、可能な限り薄く、柔軟性の高いものにする必要がある。

5.2 温冷感提示機構

5.2.1 実装

本研究において、温度提示を行う機構は温度を自在に制御でき、温感・冷感ともに扱えるものが望ましい。そのため、半導体熱伝導素子の一つであり、軽量かつ温感・冷感を共に提示可能であるペルチェ素子を採用した。

実装した温冷感提示機構を図 12 に示す。この機構は設定温度を入力するつまみ付きロータリーエンコーダ、設定温度を表示する液晶ディスプレイ(SC1602BBWB-XA-GB-G)、温度提示を行う 2 個のペルチェ素子(TEC1-04703)、それらを制御するマイクロコントローラ(Arduino Uno)、ペルチェ素子の冷却性能を維持する 2 個のアルミニウム製ヒートシンクから構成されている。これらのうち、2 個のペルチェ素子は温度刺激によるエネルギーを均一化させるため、直列に繋いでいる。

次に温度の制御について説明する。ペルチェ素子はある方向に直流電流を流すと、素子の上面が冷却、下面が発熱し、電極を変えることで冷却面と発熱面が入れ替わる。また、流す電圧によって、温感あるいは冷感の度合いの調整が可能である。これらの性質を考慮し、温冷感

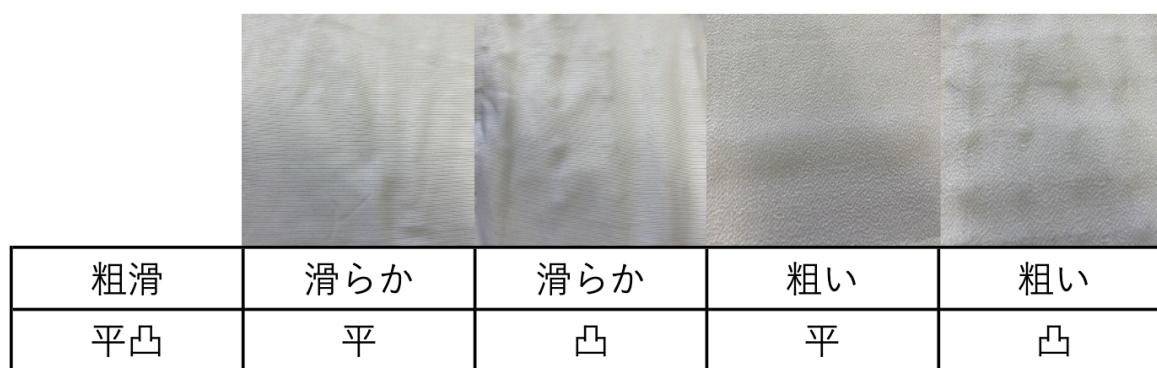


図 13: 布の種類

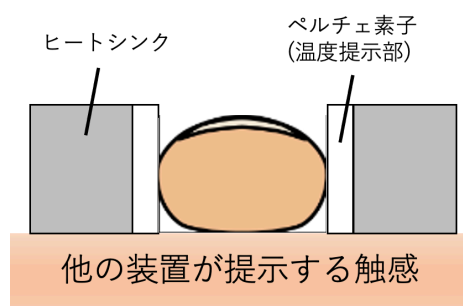


図 14: 温冷感提示機構の構造

提示機構には電流方向を制御するためのモータドライバ (TA7291P), 電圧を制御するための PWM 制御を採用することで, 温冷感の度合いの調節を可能としている. また, ユーザはロータリエンコーダを回すことで温かさ 100 段階, 冷たさ 150 段階の設定温度値が入力できる. この値に応じた電圧, 電流方向をペルチェ素子に流すことで, 温度の制御を可能としている. このように温冷感提示機構は温度を自在に制御でき, 温感・冷感ともに扱えるものとなっている.

5.2.2 サーマルリファレル現象

従来, 温冷感を提示する機構の大半はペルチェ素子を用いて皮膚の温度を直接変化させ, 提示する手法を採用している. しかし, 複数の機構を積層し組み合わせる場合にこの手法を用いると, システムが煩雑化し, 温冷感を提示する機構が他の機構の質感提示を妨げることが懸念される. 本研究はこの問題を解決するために, サーマルリファレル現象に着目した.

サーマルリファレル現象とは温度刺激と触刺激を隣接した部位に提示した場合, 触刺激部位にも温度刺激が知覚されるという現象である. Green ら [8] は人差し指と薬指に温かい (あるいは冷たい) 温度刺激, 中指に触刺激 (振動刺激や物体に触れることで生じる圧覚刺激など) を与えると, 中指にも温度刺激が知覚されることを発見した. この際, 中指に触刺激がない場合は中指に温度感覚が生じない. 同様の現象は, 2 本の指において 1 本に

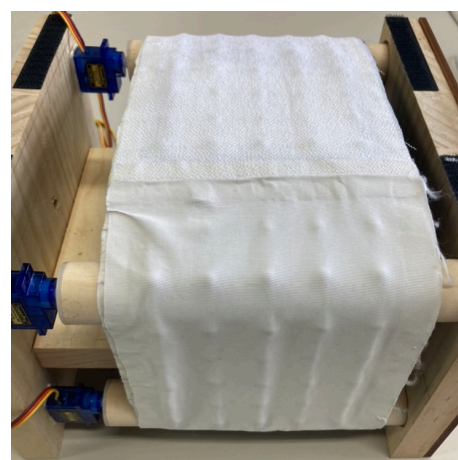


図 15: 粗滑感・平凸感提示機構の外観

は温度刺激を, 1 本に触刺激を与えた場合でも生じる [3]. さらに, サーマルリファレル現象で知覚する温度の強度は, 温冷感のエネルギーが接触部全体 (温度刺激, 触刺激を提示した部分全体) で平均化されたものになる [10].

佐藤ら [29] はサーマルリファレル現象を参考に指先側部に対する温度刺激を与えることで, 指腹部に温冷感を提示する手法を提案し, 手法の有用性を示すため実験を行った. その結果, 提案手法により, 指腹部に温冷感を提示できることが確認された. また, 指先側部への温度刺激は片側, 両側どちらの場合においても指腹部に温冷感を提示することが可能であること, 指腹部への触刺激 (振動刺激や物体に触れることで生じる圧覚刺激など) が必要であることが明らかとなった.

本デバイスは佐藤らが提案した指先側部に温度刺激を行うことで, 指腹部に温冷感を提示する手法を用い, 他の機構が提示する質感に影響を与えることなく, 温冷感を提示することが可能である (図 14 参照).

5.3 粗滑感・平凸感提示機構

実装した粗滑感・平凸感提示機構の外観を図 15 に示す. この機構は円柱状の木材がついた 4 台のマイクロサーボ

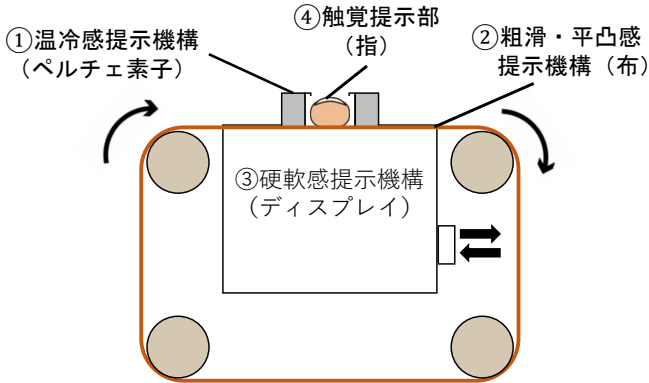


図 16: デバイスの構成

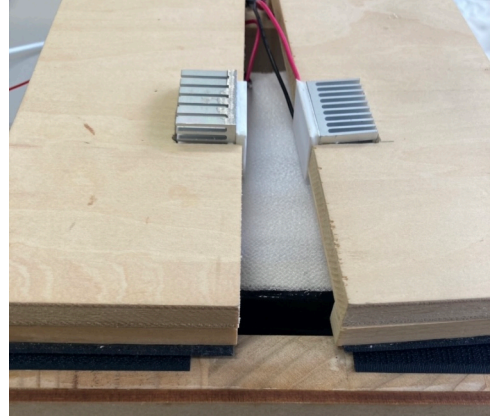


図 17: 実装した触覚提示デバイスの外観

モータ (SG90-HV)、サーボモータを制御するマイクロコントローラ (Arduino Uno)、サーボモータを取り付けている木の枠組み、円柱木材を渡るように巻きつけた布、タクトスイッチから構成されている。布は滑らかで平らかなもの、滑らかで凹凸があるもの、粗くて平らかなもの、粗くて凹凸があるもの、計 4 種類の布 (図 13 参照) をつなぎ合わせた布を用いた。この 4 種類の布は可能な限り柔軟性が高く薄いものを選定した。また、凹凸がある 2 つの布については、1cm の丸型ウレタンの突起を布の内部に複数入れ、凹凸感を表現している。

次に粗滑感・平凸感の制御について説明する。粗滑感・平凸感は布を切り替えることで提示する。繋ぎ合わせた布は図 15 のようにサーボモータに付随する円柱の木材にロール状に巻き付けている。タクトスイッチを押すことで、円柱状の木材がついた 4 台のマイクロサーボモータが同時に回転し、布を切り替える。この時、静止する布の種類によって粗滑感と平凸感が提示できる。

最後に粗滑感・平凸感提示機構を他の機構と組み合わせる際の留意点について述べる。粗滑感・平凸感提示機構の上に他の質感を提示する機構を積層した場合、粗滑感・平凸感をユーザに提示できないことが懸念される。そのため、粗滑感・平凸感提示機構はユーザが直接触れることのできる場所に配置する。

5.4 デバイスの構成

5.1 節で硬軟感提示機構を他の機構と組み合わせる際は最下部に配置し、その上に積層する機構の触覚提示部は可能な限り薄く、柔軟性の高いものにすることを示した。5.2 節で温冷感提示機構で指先側部に温度刺激を行うことで、指腹部に温冷感を間接的に提示する手法を示した。5.3 節で粗滑感・平凸感提示機構を他の機構と組み合わせる際はユーザが直接触れることのできる場所に配置することを示した。

これらのことを考慮し、本デバイスは図 16 のように硬軟感提示機構の上に粗滑感・平凸感提示機構の触覚提示

表 3: 触覚刺激の提示パターン

	温冷	硬軟	粗滑	平凸
①	温	軟	粗	平
②	温	軟	粗	凸
③	温	軟	滑	平
④	温	軟	滑	凸
⑤	温	硬	粗	平
⑥	温	硬	粗	凸
⑦	温	硬	滑	平
⑧	温	硬	滑	凸
⑨	冷	軟	粗	平
⑩	冷	軟	粗	凸
⑪	冷	軟	滑	平
⑫	冷	軟	滑	凸
⑬	冷	硬	粗	平
⑭	冷	硬	粗	凸
⑮	冷	硬	滑	平
⑯	冷	硬	滑	凸

部を積層している。また、ユーザがデバイスに触れる際、ユーザの指先側部に温度刺激を与えるため、温冷感提示機構の触覚提示部である 2 つペルチェ素子を粗滑感・平凸感提示機構の上に並置している。ペルチェ素子とヒートシンクは図 17 のように面ファスナーのついた木の枠組みに埋め込まれおり、ユーザの指の大きさに応じて、2 つペルチェ素子間の大きさを調整できるものとなっている。

最後にそれぞれの質感の提示手法について説明する。

- 硬軟感はパーティクルディスプレイ内の空気圧を制御することで提示する。
- 粗滑感・平凸感は布を巻き取ることで提示する。
- 温冷感はペルチェ素子に流す電流方向・電圧を制御することで提示する。

このように本デバイスは平凸感、粗滑感、温冷感、硬軟

表 4: 質感パラメータごとの評価平均値と評価一致率

	温	冷	軟	硬	粗	滑	平	凸
評価平均値	1.4	4.2	1.9	4.1	1.8	4.1	1.7	4.7
評価一致率 (%)	99.3	80.6	82.5	85.0	91.3	88.8	89.4	96.9

表 5: 触覚刺激パターンごとの評価平均値

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯
温冷	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.3	1.5	4.0	4.2	3.9	4.3	4.6	3.9	4.0	4.6
硬軟	1.9	2.2	1.4	2.2	4.2	4.6	4.1	3.7	2.0	2.1	1.7	1.6	4.1	4.4	3.9	4.3
粗滑	1.8	1.5	4.8	4.2	1.9	1.4	4.5	3.8	1.8	1.6	4.8	4.3	1.8	1.6	4.1	4.2
平凸	1.6	4.6	1.2	4.9	2.0	4.7	1.8	4.8	1.7	4.9	1.3	4.7	1.8	4.8	1.7	4.7

感をパラメータとし、それらを複合的に提示できる。

6 実験

触覚提示デバイスが温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感を適切に提示可能であることを検証するため、大学生 20 名を対象に実験を行った。

6.1 実験前手続き

評価開始前にデバイスを実験参加者の指の大きさに対応したものに調節した。次に、評価アンケートでの評価基準統一のためにデバイスが提示する 16 種類の触覚刺激（表 3 参照）をランダムに提示し、実験参加者に 10 秒ずつ知覚させた。この際、視覚情報による触感想起を防ぐためデバイス自体を直接見ることを禁じ、利き手の指で触れるように指示した。また、16 種類の触覚刺激を提示する際、硬さは硬軟感提示機構の最も硬い状態、柔らかさは硬軟感提示機構の最も柔らかい状態、温かさは約 40 度、冷たさは約 10 度で提示した。

6.2 実験手続き

実験は参加者が 16 種類の触覚刺激（評価基準統一の際とは異なったランダムな順番）をデバイス自体を直接見ることを禁じ、利き手指で触れ、それぞれに対する感覚を回答するものである。実験参加者が触覚提示部に触れる際は触覚刺激を正確に知覚できるように、時間制限は設けなかった。また、実験参加者が触覚刺激を知覚し終わってから次の触覚刺激を知覚するまでの間は、直前に提示した触覚刺激の影響を受けないように、利き手で紙を 3 度なぞり、30 秒間その上に手を置くよう指示した。さらに、この実験中は実験参加者のデバイスへの触れ方を観察するためビデオカメラを用いて動画撮影を行った。

触覚刺激の評価はリッカート尺度を参考にアンケートを作成し、それぞれの項目について 5 段階で評価を行うものである。項目は材質感次元をもとに「あたたかい/つめたい」、「やわらかい/かたい」、「あらい/なめらか」、「平らである/凹凸がある」、「乾いている/湿っている」の 5

つとした。評価アンケートの最後には記述欄を設け、デバイスの改善点、気づいたことについて回答を求めた。

6.3 結果

評価アンケートにおける選択肢を以降、数値として扱う。「あたたかい/つめたい」に対し、かなりあたたかいを 1、ややあたたかいを 2、どちらでもないを 3、ややつめたいを 4、かなりつめたいを 5 とする。他の項目である「やわらかい/かたい」、「あらい/なめらか」、「平らである/凹凸がある」、「乾いている/湿っている」についても同様の処理を行った。

実験参加者が回答したそれぞれの質感のパラメータに対する評価の平均値は温かさが 1.4、冷たさが 4.2、柔らかさが 1.9、硬さが 4.1、粗さが 1.8、滑らかさが 4.2、平が 1.7、凸が 4.7 となった（表 4 参照）。また、デバイスが提示したあたたかい質感に対し、評価アンケートで「かなりあたたかい」、「ややあたたかい」と回答したものをデバイスが提示する質感と一致するものとし、評価一致率を算出した。他の項目についても同様の処理を行った。全ての質感に対する評価一致率は 89.2%であった。温冷感の評価一致率は 90.0%であり、そのうち温かさと冷たさの評価一致率はそれぞれ 99.3%と 80.6%であった。硬軟感の評価一致率は 83.8%であり、そのうち硬さと柔らかさの評価一致率はそれぞれ 84.4%と 83.1%であった。粗滑感の評価一致率は 90.0%であり、そのうち粗さと滑らかさに対する評価一致率はそれぞれ 91.3%と 88.8%であった。平凸感の評価一致率は 93.1%であり、そのうち平と凸に対する評価一致率はそれぞれ 89.4%と 96.9%であった（表 4 参照）。16 種類の触覚刺激パターンに対する評価一致率は小数第二位以下を四捨五入した値である。デバイスが提示を行っていない乾湿の評価平均値は 2.4 であった。乾湿のそれぞれの触覚刺激パターンに対する評価平均値を表 7 に示す。

次にデバイスに対するユーザの触れ方について述べる。

表 6: 触覚刺激パターンごとの評価一致率 (%)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯
温冷	100	100	100	100	95	100	100	100	65	85	70	90	100	60	70	95
硬軟	80	80	95	75	85	95	80	65	70	70	90	85	90	95	80	90
粗滑	85	100	100	75	85	100	95	65	85	90	100	75	80	100	80	80
平凸	90	100	100	100	85	95	80	100	90	100	100	95	75	100	90	90

表 7: 触覚刺激パターンごとの乾湿の評価平均値 (%)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯
乾湿	1.8	1.9	3.7	2.7	1.9	1.7	3.5	3.1	1.9	1.5	3.4	3.0	2.0	1.8	2.9	3.0

表 8: 提示順序ごとの冷たさの評価平均値と評価一致率

	連続した提示	その他
評価平均値	4.0	4.5
評価一致率 (%)	61	96.7

4.2.2 節で人はものに触れる際、それぞれの質感に対して適切な触察動作を無意識にとることを示した。本アンケートは各々の質感を問う形式であったため、実験の際に押す、擦る、叩く、軽く触れるなどの触察動作を観測可能であると推測できる。検証した結果、実験時にデバイスの触覚提示部を押す、擦る、叩く、軽く触れる、押しあてるなどの動作が見受けられた。これは先行研究の知見に基づく、それぞれの質感に対する適切な触れ方とほとんど一致し、人は適切な触察動作を無意識にとることが実験の観察結果から示された。

7 考察

本章では実験結果からデバイスが提示した各々の質感に見られた傾向と、異なる評価が行われた原因について考察する。

7.1 温冷提示

6.3 節で述べた通り、温かさの評価平均値と評価一致率は 1.4 と 99.3%であり、冷たさの評価平均値と評価一致率はそれぞれ 4.2 と 80.6%であった。これらのことから温かさ、冷たさともに高い精度で提示可能であることがわかる。

実験結果から温冷感に見られた傾向として、実験参加者に対してランダムに提示した順序のうち連続して冷たさを提示する部分がある場合、その部分の冷たさの評価平均値と評価一致率がともに悪くなる傾向が見られた(表 8 参照)。この原因として、温冷感提示機構のヒートシンクの放熱性能が不足していることが考えられる。冷たさ提示の際、ペルチェ素子の触覚提示部の裏面は発熱しており、この熱をヒートシンクで放熱する必要がある。ヒートシンクの放熱性能が不足している場合、ヒートシ

ンクに熱が徐々に溜まり、放熱の精度が落ちる。そのため、ランダムに提示した順序のうち連続して冷たさを提示した部分は十分な冷たさを提示することができなかったと考えられる。また、冷たさを連続して提示していない際に想定する温冷感と一致しなかった場合においても同様、ヒートシンクに熱が溜まっており、十分な冷たさが提示できなかったことが原因であると推察できる。

7.2 硬軟提示

6.3 節で述べた通り、柔らかさの評価平均値と評価一致率は 1.9 と 82.5%であり、硬さの評価平均値と評価一致率はそれぞれ 4.1 と 85.0%であった。これらのことから柔らかさ、硬さともに高い精度で提示可能であることがわかる。

次にデバイスが提示する硬軟感に対して異なる評価が行われた原因について考察する。一部の実験参加者から「凸提示した時の突起が、硬軟感を知覚することを困難にしている」という意見が得られた。これは実験参加者がディスプレイの硬軟感と、その上に積層した布に入っている突起の硬軟感を複合的に知覚したからだと考えられる。また、硬軟感の評価一致率が一番低いパターン⑧は凸提示を行っている。これらのことから凸提示した時の突起が硬軟感の知覚を妨げている一因として考えられる。

次に実験結果から見られた硬軟感評価の傾向について説明する。実験参加者 20 名のうち、実験を受けた順に 1 番目から 10 番目までの参加者を前半参加者、11 番目から 20 番目までの参加者を後半参加者とした場合、硬さと柔らかさに対する評価平均値と評価一致率は、前半参加者よりも後半参加者の方が悪い傾向が見られた(表 9 参照)。また、ディスプレイ内の発泡ポリエチレンビーズが実験の回数を重ねるごとに、真空ポンプで圧縮され、徐々に小さくなる現象が見られた。これらのことから、実験回数を重ねるごとにディスプレイ内が十分な量の発泡ポリエチレンビーズで満たされなくなり、デバイスが提示する硬軟感の精度が低くなったことが硬軟感の知覚を妨げた一因であると推察できる。

表 9: 前半と後半の硬軟感の評価平均値と評価一致率

	前半（柔らかさ）	後半（柔らかさ）	前半（硬さ）	後半（硬さ）
評価平均値	1.7	2.0	4.4	3.9
評価一致率 (%)	87.5	77.5	91.2	78.8

表 10: 滑らか・凸提示した時の粗滑感の評価一致率

	滑らか・凸提示	その他
評価一致率 (%)	78.0	94.2

表 11: 硬さ・平提示した時の粗滑感の評価一致率

	硬さ・平提示	その他
評価一致率 (%)	82.5	96.7

7.3 粗滑・平凸提示

6.3 節で述べた通り、粗さの評価平均値と評価一致率は 1.8 と 91.3%，滑らかさの評価平均値と評価一致率はそれぞれ 4.1 と 88.8%であり、平らの評価平均値と評価一致率は 1.7 と 89.4%，凸の評価平均値と評価一致率はそれぞれ 4.7 と 96.9%であった。

次にデバイスが提示する粗滑感に対して異なる評価が行われた原因について考察する。一部の実験参加者から「手が乾燥し、荒れているため粗滑感を感じる事が困難である」という意見が得られた。これは 4.2 節で述べた身体的要素のユーザ特性が影響しており、粗滑感是指の状態で知覚の仕方が大きく異なると考えられる。この結果は本稿から除外した身体的要素の一種であるユーザの特性が重要であることを示している。また、一部の実験参加者から「粗さと凹凸の基準が曖昧であり、それらの回答に迷った」という意見が得られた。表 10 に示すようにデバイスが凸と滑らかを同時提示した際の粗滑感の評価一致率はそれ以外の触覚刺激パターンを提示した際の粗滑感の評価一致率より、極めて低い。これらのことから、デバイスが提示した滑らかさに対して粗い評価が行われた一因として、凸提示の突起が影響したと考えられる。また、「粗さと凹凸の基準がわからない」といった意見は 4.3 節で説明した触感の構成要素である心的要素が重要であることを示している。心的要素である過去の記憶や体験、あるいは言語から粗さと凹凸を区別する人としていない人が存在していると考えられる。

次にデバイスが提示する平凸感に対して異なる評価が行われた原因について考察する。その一因として、布の下に配置された硬軟感ディスプレイによる影響が挙げられる。表 11 に示すようにデバイスが硬さと平らを同時提示した際、平凸感の評価一致率はそれ以外の触覚刺激パターンを提示した際の平凸感の評価一致率より、低いことがわかる。これは硬軟感ディスプレイを硬化した際にその触覚提示部に多少の凹凸が生じる場合があり、それ

表 12: 粗さと滑らかの提示に対する乾湿の評価平均値

	粗さ提示	滑らか提示
評価平均値	1.8	3.0

がユーザが平凸感を知覚することを妨げた一因であると考えられる。また、一部のユーザからは「稀に突起が触覚提示部の端に位置していることがある」という意見が得られた。このことから、凸感に対して異なる評価が行われた原因として、突起が触覚提示部の端に配置されており、ユーザがそれに触れなかった可能性が考えられる。

7.4 乾湿感

乾湿感の評価平均値は 2.4 であった。また、表 7 に示すように評価平均値が 2 以下のものとしてパターン①、パターン②、パターン⑤、パターン⑥、パターン⑨、パターン⑩、パターン⑬、パターン⑭であり、いずれもデバイスが粗さを提示しているものであった。表 12 に粗さと滑らかさの提示に対する、それぞれの乾湿の評価平均値を示す。粗さ提示の際、乾湿の評価平均値は 1.8 で、滑らか提示の際、乾湿の評価平均値 3.0 であるため、本デバイスで用いた粗い布と滑らかな布に対する実験参加者の知覚は明確に異なり、粗さの提示が参加者の乾湿感の知覚に影響を及ぼす可能性が示唆された。

8 課題

7.1 節で、温冷感提示機構の問題点としてヒートシンクの放熱性能が不足していることを挙げた。この問題を解決するためには、放熱性能の高いヒートシンクに取り替えるもしくは、ヒートシンクにファンを増設し、放熱性能を高める必要がある。

7.2 節で、硬軟感提示機構の問題点として、使用時間が増加するにつれ、ディスプレイ内の発泡ポリエチレンビーズが圧縮され、硬軟感の知覚に影響を及ぼすことを挙げた。この問題を解決する方法として、ディスプレイ内に発泡ポリエチレンビーズを加える機能をディスプレイに増設することが挙げられる。これにより、ディスプレイ内が十分な発泡ポリエチレンビーズで満たされていない場合にユーザが随時、発泡ポリエチレンビーズを加えることができる。また、ディスプレイを密閉する素材をさらに柔軟性が高く、薄い素材にすることで硬軟感提示機構が提示する柔らかさの精度を上げることが期待できる。

7.2 節で、粗滑感・平凸感提示機構の問題点として、布に入っている突起が硬軟感に影響を及ぼすことを挙げた。この問題を解決するためには、布に入れる突起を硬軟感に影響を及ぼしにくい素材や大きさにする必要がある。同様の粗滑感・平凸感提示機構に関して、7.2 節で布の突起が触覚提示部の端に位置した際、ユーザがそれに触れることがなく、凸感を知覚できないという懸念点について説明した。これを解決する方法として、それぞれの布が所定の位置で止まるようデバイスを自動化することが挙げられる。また、粗滑感・平凸感提示機構は温冷感提示機構や硬軟感提示機構とは違い、度合いの調節ができない。度合いの調整を可能とすると、デバイスで提示できる触覚刺激の種類が増え、より多くの表情を表現できると考える。そのため、他の機構と組み合わせることができ、粗滑感・平凸感の度合いの調節が可能な機構を実現すべきである。

実験結果として得られたデバイスの改善点についての自由記述欄に、「デバイスの作動音に注意を引かれる」という意見があった。この作動音はサーボモータもしくは真空ポンプのことを指しており、それらに代替できる部品や静音を実現した部品を検討しなければならない。また、「触覚刺激を知覚する際、指を前後だけでなく左右にも動かしたい」というユーザビリティに関する意見があった。この問題を解決するためには、温冷感提示機構の配置を再検討する必要がある。さらに、「触覚刺激を知覚する際、指の側面部で硬いペルチェ素子が擦れるため、気になった」という意見が得られた。この問題は、ペルチェ素子に熱伝導率の高いクッション性の素材をつけることで解決できるが、温冷感の応答率が悪化することが懸念される。

9 おわりに

本研究は視覚障害者に対して非言語情報である表情情報を触覚情報に変換し、代替的に提示することを目指す。本稿ではその端緒として、温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感をパラメータとし、それらを複合的に提示できる触覚提示デバイスを実装し、評価を行った。評価実験の結果から温冷感、硬軟感、粗滑感、平凸感、全てのパラメータにおいて高い精度で提示可能であることを示した。

今後はそれぞれの機構で明らかとなった課題について、改良を行う。さらに、粗滑感・平凸感の度合いが調節でき、柔軟性が高い機構を実現することを目指す。

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 of 松下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二年間を過ごしてきた、同期である松下研究室 13 期生の皆様に心より感謝いたします。

ものづくりについて多くのことをご教授いただきました。長岡直美氏をはじめとする関西大学総合情報学部総情工房 MonoLab の皆様に心より感謝申し上げます。

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] Anam, A. I., Alam, S. and Yeasin, M.: Expression: A Dyadic Conversation Aid using Google Glass for People who are Blind or Visually Impaired., *Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Computing, Applications and Services*, pp. 57–64 (2014).
- [2] Bailenson, J. N., Yee, N., Brave, S., Merget, D. and Koslow, D.: Virtual Interpersonal Touch: Expressing and Recognizing Emotions Through Haptic Devices, *Human Computer Interaction*, Vol. 22, No. 3, pp. 325–353 (2007).
- [3] BG, G.: Referred thermal sensations: warmth versus cold, *Sens Processes*, pp. 220–230 (1978).
- [4] Bradley, M. M., Greenwald, M. K., Petry, M. C. and Lang, P. J.: Remembering pictures: pleasure and arousal in memory, *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 18, No. 2, p. 379 (1992).
- [5] Cavdan, M., Doerschner, K. and Drewing, K.: The many dimensions underlying perceived softness: How exploratory procedures are influenced by material and the perceptual task, *2019 IEEE World Haptics Conference*, pp. 437–442 (2019).
- [6] Ekman, G., Hosman, J. and Lindstrom, B.: Roughness, smoothness, and preference: A study of quantitative relations in individual subjects, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 70, No. 1, pp. 18–26 (1965).
- [7] Ekman, P.: An argument for basic emotions, *Cognition and Emotion*, Vol. 6, No. 3-4, pp. 169–200 (1992).
- [8] Green, B. G.: Localization of thermal sensation: An illusion and synthetic heat, *Perception & Psychophysics 22.4*, Vol. 22, No. 4, pp. 331–337 (1977).
- [9] Higuchi, Y. and Matsushita, M.: Investigation of Method Presented Nonverbal Information Using Tactile Sensations of Real Objects, *2020 Nicograph International*, pp. 70–73 (2020).

- [10] Ho, H.-N., Watanabe, J., Ando, H. and Kashino, M.: Mechanisms Underlying Referral of Thermal Sensations to Sites of Tactile Stimulation, *Journal of Neuroscience*, Vol. 31, No. 1, pp. 208–213 (2011).
- [11] Hsu, R.-L., Abdel-Mottaleb, M. and Jain, A. K.: Face detection in color images, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, Vol. 24, No. 5, pp. 696–706 (2002).
- [12] Knapp, M. L., Hall, J. A. and Horgan, T. G.: *Non-verbal communication in human interaction*, Cengage Learning (2013).
- [13] Krishna, S., Bala, S. and Mcdaniel, T.: VibroGlove: An Assistive Technology Aid for Conveying Facial Expressions, *Proceedings of the 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 10–15 (2010).
- [14] Matoba, Y., Sato, T., Takahashi, N. and Koike, H.: ClaytricSurface: An Interactive Surface With Dynamic Softness Control Capability, *ACM SIGGRAPH Emerging Technologies* (2012).
- [15] Nagano, H., Okamoto, S. and Yamada, Y.: Haptic invitation of textures: Perceptually prominent properties of materials determine human touch motions, *IEEE transactions on haptics*, Vol. 7, No. 3, pp. 345–355 (2014).
- [16] Qiu, S., Hu, J. and Rauterberg, M.: Nonverbal Signals for Face-to-Face Communication between the Blind and the Sighted, *In Proceedings of International Conference on Enabling Access for Persons with Visual Impairment* (2015).
- [17] Russell, J. A.: A circumplex model of affect, *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39, No. 6, p. 1161 (1980).
- [18] Saito, J., Kawamura, R., Uchida, A., Youoku, S., Toyoda, Y., Yamamoto, T., Mi, X. and Murase, K.: Action units recognition by pairwise deep architecture, *arXiv preprint arXiv:2010.00288* (2020).
- [19] Smith, A. M. and Basile, G.: Roughness of simulated surfaces examined with a haptic tool: Effects of spatial period, friction, and resistance amplitude, *Experimental Brain Research*, Vol. 202, No. 1, pp. 33–43 (2010).
- [20] Smith, A. M., Chapman, C. E., Deslandes, M., Langlais, J. S. and Thibodeau, M. P.: Role of friction and tangential force variation in the subjective scaling of tactile roughness, *Experimental Brain Research*, Vol. 144, No. 2, pp. 221–223 (2002).
- [21] ur Réhman, S., Liu, L. and Li, H.: Vibrotactile Rendering of Human Emotions on the Manifold of Facial Expressions, *Journal of Multimedia*, Vol. 3, No. 3, pp. 18–25 (2008).
- [22] Wilson, G., Dobrev, D. and A.Brewster, S.: Hot Under the Collar: Mapping Thermal Feedback to Dimensional Models of Emotion, *CHI '16: Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 4838–4849 (2016).
- [23] Yokosaka, T., Kuroki, S., Watanabe, J. and Nishida, S.: Linkage between free exploratory movements and subjective tactile ratings, *IEEE Transactions on Haptics*, Vol. 10, No. 2, pp. 217–225 (2016).
- [24] Yoo, Y., Yoo, T., Kong, J. and Choi, S.: Emotional responses of tactile icons: Effects of amplitude, frequency, duration, and envelope, *2015 IEEE World Haptics Conference*, pp. 235–240 (2015).
- [25] Zhao, Y., Wu, S., Reynolds, L. and Azenkot, S.: A Face Recognition Application for People with Visual Impairments: Understanding Use Beyond the Lab Share on, *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, No. 215, pp. 1–14 (2018).
- [26] 岡本正吾, 永野光, 山田陽滋: 触覚的テクスチャの材質感次元構成に関する研究動向, *日本バーチャルリアリティ学会大会論文集*, Vol. 16, No. 3, pp. 343–353 (2011).
- [27] 吉成麻人, 黒沼邦彦, 鈴木聡: 産業教育機器システム便覧, 日科技連出版社 (1972).
- [28] 近井学, 三宅仁, 布川清彦, 土井幸輝, 井野秀一: 表在感覚ディスプレイを用いて人工的に惹起される材質感に関する基礎的研究, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 17, No. 4, pp. 433–440 (2015).
- [29] 佐藤克成: 指側部の温度刺激による指腹部への温度感覚提示, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 22, No. 3, pp. 315–323 (2017).
- [30] 西松豊典, 長野史智, 前田邦峰, 上條正義, 鳥羽栄治, 石澤広明: 能動的触運動による材質判別評価について, *感性工学研究論文集*, Vol. 1, No. 1, pp. 39–44 (2001).
- [31] 仲谷正史, 寛康明, 南澤孝太, 三原聡一郎: 触感表現の一般普及に向けた方法論とテクニカルワークショップを通じたその実践, *日本バーチャルリアリ*

- ティ学会論文誌, Vol. 19, No. 4, pp. 598–603 (2014).
- [32] 野宮浩揮, 宝珍輝尚: 顔特徴量の有用性推定に基づく特徴抽出による表情認識, 知能と情報, Vol. 23, No. 2, pp. 170–185 (2011).
- [33] 樋口友梨穂: 共感覚的表現に着目した触感と表情の対応づけに関する研究, 2021 年度関西大学大学院総合情報学研究科修士論文 (2022).

実世界を介した
リレー小説執筆ツールの提案

堤悠太

実環境を介したリレー小説執筆ツールの提案

情 17-0287 堤 悠太

指導教員 松下 光範

1 はじめに

リレー小説は、複数人が自由に物語の続きを書いていく形式で執筆される小説である。リレー小説は複数人が執筆に関与するという特徴から、執筆者らが想定しなかった展開を楽しむことができる一方、執筆される物語の一貫性を保つことが難しいといった問題が指摘されている [1]。従来のリレー小説執筆サービス (e.g., BookHackers: <https://www.bookhackers.jp/>) では、あらかじめ物語に影響を与える要素 (登場人物, プロローグ, 展開等) を共有・制限するという方法が採られている。しかし, こうした方法で必要な情報を共有したとしても, 執筆者間で想定する設定に齟齬が生じることを避けるのは難しい。例えば, 公園で子供達が遊んでいるシーンの場合, 公園の広さや設置された遊具の数, および種類などの想定が執筆者間で異なる可能性がある。物語に影響を与える要素を共有・制限することは執筆内容の一貫性を担保しやすくなる一方で, 想定しなかった展開を楽しむといったリレー小説の魅力や損なう懸念がある。そこで本研究では, 舞台である実環境の共有が執筆者間の想像の共通基盤になるという仮定に基づき, 実環境を舞台としたリレー小説を執筆するツールを実装し, リレー小説の魅力である想定外の展開が発生する余地を残しつつ物語の一貫性を担保を可能にすることを試みる。本稿では, 実装したツールを用いたユーザ観察を通して, 複数人で物語を執筆する際に, 物語の舞台である実環境を共有することが執筆内容にどのような影響を与えるかを調査する。

2 実装

実装したシステムは, 携帯端末を用いて利用することを想定したリレー小説の閲覧・執筆ツールである。このツールには物語の閲覧フェーズ, および執筆フェーズの 2 つの状態がある。物語の閲覧フェーズでは, ユーザはタイトルから登場人物の紹介ページを経てマップを確認する。マップ上には, 物語の舞台となった場所が表示され, そのうちの一つの場所を選択すると物語の閲覧が可能となる。物語の執筆フェーズでは, 現在地が物語の舞台となる実環境の半径 40m 以内に入ることによって, ユーザは物語の続きを執筆することが可能になる。この際, 執筆前に「執筆シーンに適したイメージ写真」を撮影させるフェーズを設定した。このフェーズは, ユーザに対して実環境への観察を促すことを企図したものである。執筆画面では, 執筆補助として, ひとつ前のユーザが書いた文章と自分が撮影した写真が本文フォームの上部に表示される (図 1 参照)。

3 実験

実環境における執筆が内容にどのような影響を与えるかを明らかにするために, 実環境で小説執筆を行う群 (以下 A 群), および室内で執筆を行う群 (以下 B 群) に実験協力者を分け, 各々の条件下で提案ツールを用いてリレー小説の執筆を行ってもらった。

実験にあたり, あらかじめ 3 箇所の実験対象エリア (関西大学高槻キャンパス内の食堂脇のテラス, 同大学の屋外休憩スペース, 高槻市安満遺跡公園) を選定し, 各エリアに対して使用するプロローグを準備した。実験協力者は, 10-20 代の学生・社会人 24 名であり, 12 名ずつランダムに 2 群

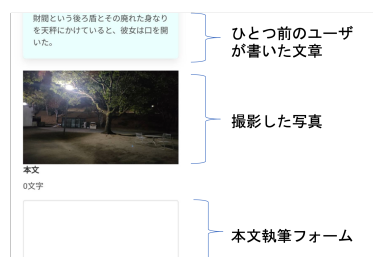


図 1 執筆画面

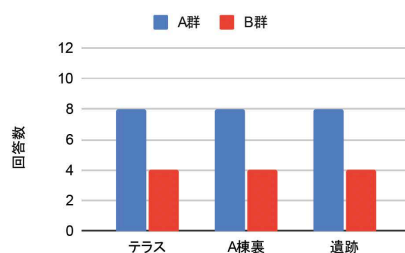


図 2 風景描写

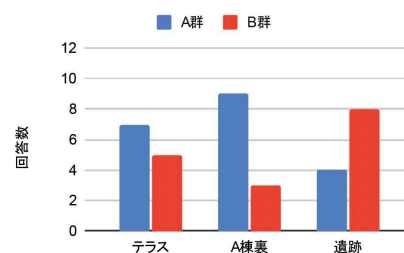


図 3 内容の一貫性

(A 群, B 群) に割り当てた。両群とも, 実験協力者は執筆前に実験対象となるエリアの物語の登場人物, プロローグ, 前の人を書いた物語の続き (以後, 共通情報) を確認する。A 群は共通情報を確認した上で実験対象となるスポットへ移動する。移動後, 実験協力者は執筆するシーンに適した写真の撮影をタスクとして課される。写真の撮影後, 実験協力者は小説の執筆を行う。一方, B 群は共通情報を確認後, スポットの移動を行わずに執筆を行う。

分析にあたっては, 「実環境を介した物語の共創が執筆内容に影響を与えるか」「実環境を介した物語の共創によって内容の一貫性が高まるか」の 2 点について, 創作されたコンテンツを対象としたアンケート評価, および執筆内容の定性的な分析により確認した。内容評価のアンケートでは, 同一の実験対象エリアで行った A, B 群二つの文章を提示し, 「読みやすさ」「内容の一貫性」「風景描写」「人物描写」の観点でどちらの文章が優れているかを選択する形式で実施した。アンケートの回答者は 12 名であった。アンケート結果から, A 群の文章はいずれも「風景描写」の項目が高く評価された一方 (図 2 参照), 「内容の一貫性」の項目に関しては, 遺跡公園で執筆された群において B 群のスコアが高く (図 3 参照), 必ずしも実環境で執筆された文章が評価されるわけではなかった。また, 執筆内容の種類とその頻度が群間でどのように異なるかを確認するため, 執筆された文章のうち, 「風景描写」「感情描写」「イベント」の 3 種類にあたる記述をラベリングする文章の内容分析を行った。その結果, A 群では「風景描写」が 15 箇所, 「感情描写」が 5 箇所, 「イベント」が 9 箇所該当する記述が確認され, B 群では「風景描写」が 9 箇所, 「感情描写」が 8 箇所, 「イベント」が 7 箇所該当する記述が確認された。この結果は, 実環境での執筆が風景描写の増加を促すことを示唆しており, 実環境を介さない執筆行為の場合は, 感情描写が中心に記述されることが示された。執筆内容を確認すると, B 群は 3 種類の物語全てに新しい登場人物が追加され, その外見や性格についての記述がされていた。一方, A 群は舞台や外的環境についての記述と主人公の心情が中心に記述されていた。この結果は, 実環境を介した執筆行為が物語の視点や展開に影響を与えることを示唆している。

4 おわりに

本稿では実環境を介したリレー小説執筆ツールを実装し, システムを用いたユーザ観察と創出された物語の分析を通じて提案ツールの効果を検証した。その結果, 実環境における執筆行為は風景描写を増加させることが明らかとなった。今後, 物語の一貫性に影響する要素を調査し, 提案ツールのシステムデザインの改良点に関する検討・評価を行う。

参考文献

- [1] Tapscott, A., Colas, J., Moghnieh, A. and Blat, J.: Writing Consistent Stories based on Structured Multiauthores Narrative Spaces, *2013 Workshop on Computational Models of Narrative*, pp.277–292 (2013).

実環境を介したリレー小説執筆ツールの提案

情 17-0287 堤 悠太

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 本研究の目的は、実環境を介したリレー小説の執筆が、物語に及ぼす影響を明らかにすることである。ストーリーテリングを指向する研究では、リレー小説のような複数人での創作において、物語の一貫性を持たせることの困難性が指摘されている。この問題に対して、従来研究ではプロットや物語展開を執筆者にあらかじめ共有させることで、内容の一貫性を担保している。一方で、リレー小説は共創による想定外の展開を楽しむ創作行為であり、物語展開を強く規定することはリレー小説ならではの魅力を損なうことにつながる。そこで本研究では、実環境を「物語の舞台」として共有し、実環境の観察を促すことで、共創による想定外の展開が発生する余地を担保しつつ、一貫性のある物語の創出環境の実現を狙った。目的実現のために、本稿では、実環境に紐づいた物語の共創アプリケーションの特徴とその実験結果を報告する。

1 はじめに

PC やスマートフォンの普及に伴い、Web 上で誰でも気軽に小説の創作・公開ができるようになった。Web 上に投稿された作品は Web 小説またはオンライン小説と呼ばれる。「小説家になろう」¹や「カクヨム」²といったオンライン小説サービスでは、アマチュア作家からプロ作家まで様々な創作者が活動している。「小説家になろう」は約 100 万の作品と約 240 万人の登録者数を誇る日本最大級の投稿サイトであり、投稿された作品が書籍化・電子化されることも一般的になりつつある [13]。

こうしたオンライン上での小説創作形態のひとつにリレー小説がある。リレー小説は、複数人が順番に物語の続きを書いていく形式で執筆される小説を指す。リレー小説を専門的に取り扱うサービスとしては「リレイブ」³や「BookHackers」⁴などがあり、リレー小説は一般的な創作形態のひとつとして一定の人気がある。一般的にリレー小説は、最初に執筆を開始する人が最初の文章と共に他の執筆者と共有しておきたい情報を記録する。その一例として「リレイブ」では、タグ機能やプロットを記録する機能(図 1)を用いて執筆者間で情報共有を行う。共有される情報は執筆者に依存するが、主に登場人物の詳細、展開、ルールが書き込まれる。続きを執筆する執筆者は、これらのルールに則って自由に続きを書き込んでいく。リレー小説の特徴として、共同で物語を作り上げることや執筆者らが想定しなかった展開を楽しむこと

が挙げられる。他の執筆者の意外な着眼点や自分の予想を超えた展開は新しい発想の糧となる [2]。このようなインタラクションが執筆者間で相互的に行われ物語が進行していく仕組みがリレー小説の醍醐味と言える。

リレー小説は複数人が執筆に関与するという特徴から、執筆者らが想定しなかった展開を楽しむことができる一方、執筆される物語の一貫性を保つことが難しいといった問題が指摘されている [6]。欠陥や矛盾のある物語はプロット・ホールと呼ばれ、物語の評価を下げる事が報告されているように [5]、リレー形式で質の高い作品を作成する上で一貫性を担保することの困難性は解くべき課題といえる。この解決方法として、従来のリレー執筆サービスなどでは、あらかじめ物語に影響を与える要素(登場人物、プロローグ、展開等)を共有・制約させるという方法が採られている。この方法は、Haught-Tromp が「作文課題において名詞を限定するという制約を課すことが創造性のパフォーマンス向上に貢献する」と明らかにしたように [1]、創造性を要する物語の作成において有効であると考えられる。しかし、この共有や制約が強ければ強いほど一貫性を担保しやすくなるものの、想定しなかった展開を楽しむといったリレー小説の魅力を損なう可能性がある。そこで、本研究では共創による想定外の展開が発生する余地を担保しつつ、一貫性のある物語の創出環境の実現を目指す。その端緒として本稿では、実環境に紐づいた共創型の小説執筆ツールを実装し、実環境での執筆行為がコンテンツにもたらす影響についてユーザ観察を通して検討した。

¹<https://syosetu.com/>

²<https://kakuyomu.jp/>

³<https://relayb.com/>

⁴<https://www.bookhackers.jp/>

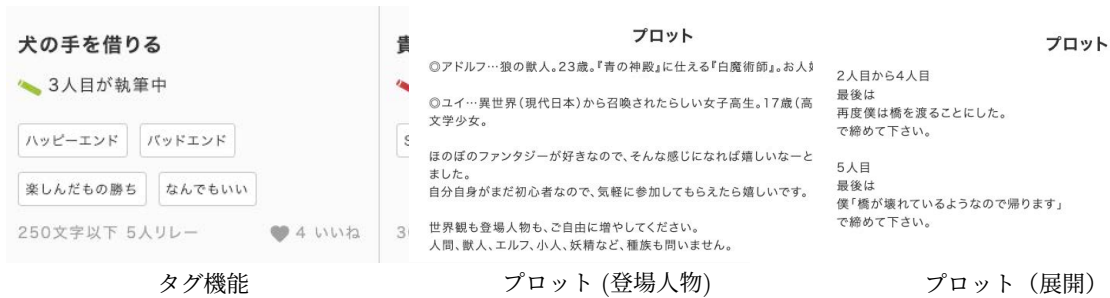


図 1: リレー小説投稿サイト「リレイブ」のユーザインタフェース画面

2 関連研究

物語の共創や物語を利用した新しいエンタテインメントコンテンツの創出など、物語に関する既存研究は多岐にわたる。本章では、複数人による物語の共創に関する研究、小説の執筆支援に関する研究について述べた後、コンテンツを場所と紐づけて提示する既存研究を紹介し、本研究の位置付けを明確にする。

2.1 複数人による物語の共創に関する研究

Tapscott らは、複数人による創作の困難性を指摘し、物語空間とそれに基づくストーリーを理解するために、3つの実験を行った [6]。ここでの物語空間は、同じ登場人物・状況・プロットといった全てのメディアの基盤となる情報空間と定義されている。三つの実験では、(1) コラージュと文章を使った複数人による物語の共創、(2) 矛盾回避を目的とした設定・ルールの制約 (キャラクターは同一のシーンにて一度だけ登場することができる、時間枠は絶対的な順序がある等) が課せられた状態での共創、(3) 同一の初期シーンセット時におけるストーリーの読解段階、および新規ストーリーの投稿段階のパフォーマンスが調査された。その結果、制約を課すことで物語の一貫性向上に寄与することが明らかになったが、設定として課せられた制約によって執筆者が不愉快に感じる事が報告されている。本研究における創作形態は小説であるが、物語の共同創作という点で共通しているため、この結果はリレー小説執筆にも有効であると考えられる。

2.2 小説執筆支援の研究

海沼らは、小説創作の支援における発想の行き詰まり問題を解決する手法として、作者のイメージする物語の舞台となる 3D マップを作成し、その地形に触発されてコメントを投稿するシステムを開発した [10]。このシステムでは、小説の作者が物語の舞台となる 3D マップを作成し、訪問者がマップ上を自由に歩き回る。その際、訪問者はコメントをマップ上の座標情報と紐付けて投稿することができる。小説の作者が投稿されたコメントを見ることで、小説執筆のための新しい発想を得ることを企図している。

2.3 場所に応じたコンテンツ提供の研究

安尾らは、人流の少ないエリアへの周遊行動を誘発する方法として、特定のスポットへの来訪をトリガとした小説閲覧アプリケーション OnSiteStory を提案した [7]。このアプリケーションは、位置情報と携帯端末を用いて特定の場所でしか読むことができない小説を提供している。提供されるコンテンツは、埋め込まれた場所が舞台となっているか、場所に関連がある記述が含まれており、実環境との関連性を持たせることで読者に没入感を与えることを企図している。

Paay らは、現実とフィクションの境界を曖昧にすることを目的としたインクシオンデザインとして、物理的な環境を背景とした物語をその場で体験できるモバイルサービスを開発した [3]。この研究では、位置情報を利用してその場を舞台とした物語をユーザに提供している。ユーザのいる環境と物語の舞台を関連づけることで、物語がよりリアルに伝わってくるという意見が報告されていることから、「その場に行く」というインタラクションは物語を楽しむ上で有効な手段であると推察される。

益田らは、観光を促すことを目的として、現地で撮影した写真を加工して四コマ漫画を作成できる観光スポット推薦システムを作成した [14]。このシステムは事前に用意されたキャラクターを使い、吹き出しの中にテキストを書き込んだ後、QUMARION でキャラクタのポーズを変更することで四コマ漫画を作成することが可能となる。後に、完成した物語と位置情報を関連づけて登録を行う。これは観光地を舞台とした四コマ漫画を他者に読んでもらうことで観光地へ足を運ばせることを企図している。その特徴として、作成された四コマ漫画の四コマ目はその観光地でのみ閲覧可能という仕組みになっている。

北林らは、外出先における小説との出会いの提供を目的として、マップから小説の詳細を閲覧できるシステムを作成した [16]。このシステムは、マップ上に小説の舞台となった場所のピンが表示され、現在地から近い順に名前が表示される。ピンを押すと、小説の詳細 (タイトル・著者名・場所の名前) を閲覧することができる。表示された詳細欄中のタイトルを押すと、小説の簡単な説明と小説に登場する場所の周辺地図が記載されたページ

に遷移する。評価実験では、このシステムを用いた舞台巡りがユーザに小説の興味を持せることに有用であることが示された。

浦野らは、防災訓練として災害リスクの対処法を楽しんで学習させるゲームアプリケーションを提案した [9]。このアプリケーションは、GPS と加速度センサで位置情報と動きを検出し、イベントの発生地点にてユーザに周辺の災害リスク情報を提供する。評価実験では、モチベーションの維持や楽しさの評価が高く、災害リスクの認知支援において有用であることが示された。これはアプリケーション上に表示された情報と実環境の情報が紐付けられたことが災害リスク情報の認知向上に寄与した可能性が考えられる。

2.4 本研究の位置付け

2.1 節における先行研究では、複数人における物語創作における制約について、強い制約が一貫性の担保に有益である一方、その制約が執筆に対して不愉快さを与えることが示されている。これは従来のリレー小説サービスにおけるプロットや展開の固定に類する制約であると考えられる。この従来研究からも、物語の一貫性担保を目的とした制約の強さと執筆の楽しさを両立する設計が重要であるといえる。

2.2 節における先行研究では、3D マップ上のエリアを共有することで小説の執筆支援を行う試みについて紹介した。この研究では「物語の舞台」として 3D マップを利用し、その地形に触発された他者のコメントをストーリー発想の支援に利用するという仕組みを採用している。他人の言葉に触れ新たな発想を得ることはリレー小説でもしばしば起こりうることであるが、物語執筆において舞台として想定される環境は必ずしも 3D マップである必要はない。本研究は実環境を利用することで他者と「物語の舞台」を共有させ、さらに実環境への観察行為を促すことで執筆の際の一貫性の担保を図る。

2.3 節では、物語の舞台となった実環境でストーリーを体験できるシステムを用いて、実環境での体験がユーザに物語への没入感を与えることが示された。この知見を踏まえ、本研究では実装したツールを用いた執筆において、舞台となる場所へ来訪させる仕組みを採用することとした。ユーザが物語の続きを執筆する際、舞台となる場所を実環境と紐づけることで、より物語の世界に没入しながら創作可能になることが期待される。

以上のことから本研究では、実環境を舞台としたリレー小説を執筆するツールを実装し、リレー小説の魅力である想定外の展開が発生する余地を残しつつ物語の一貫性を担保することを可能にすることを試みる。実装したツールを用いたユーザ観察を通して、複数人で物語を執筆する際に、物語の舞台である実環境を共有することが執筆内容にどのような影響を与えるかを調査する。

3 デザイン指針

web 上で行われる複数人による物語の創作では、あらかじめ物語に影響を与える要素（登場人物、プロット、プロローグ等）を共有させることがしばしば行われる [6]。これらは物語の管理者が、物語の世界観や設定を記録しておくエリアにテキストとして記述することが一般的である。しかし、こうしたシステムを介して必要な情報を共有したとしても、執筆者間で想定する設定に齟齬が生じることを避けるのは難しい。例えば、公園で子供達が遊んでいるシーンを想定した場合、公園の広さや設置された遊具の数や種類などの想定が執筆者間で異なる可能性がある。それら全てを文字情報で共有したとしても、それが強い制約となり執筆者を不愉快にしまう可能性がある。特にリレー小説は執筆される展開を特定することが難しく、ストーリーの展開によって重要な情報が大きく変わる可能性が高い。そのため、物語に影響を与える要素の共有方法や共有する情報の種類について十分検討する必要がある。そこで本研究では、あらかじめ共有する要素として「舞台」に着目した。舞台とは、物語の設定においてストーリーが進んでいく「空間」であると言い換えることができる [12]。舞台は火星、日本、道頓堀、公園など規模によって様々であるが、本研究における舞台の定義は実環境に存在するエリアを指す。物語の舞台に来訪する行為は、物語をよりリアルに感じさせる効果 [3] や、聖地巡礼を楽しむといった副次的な効果 [11] も期待される。こうした舞台の共有が物語を共同で執筆する際に有用であるという仮説の下、本研究では登場人物とプロローグに加え物語の舞台である実環境を介した小説執筆ツールを提案する。

執筆者に舞台となる実環境を共有させるために、提案する小説執筆ツールでは執筆者の現在地が対象の実環境の一定距離以内に入っている場合のみ物語の続きを執筆可能にすることとした。一方、この設計によって執筆対象のエリアが固定されることは、物語における場面転換を困難にする懸念がある。この課題への対処として、執筆時に前の執筆者が選定したスポットから一定の範囲内で新しいスポットを探し、更新可能にすることとした。また、執筆者が対象の実環境の範囲内に入っているという条件だけでは周囲を観察せず執筆する可能性があるため、実環境への観察を促すために、執筆前に写真を撮影するフェーズを設けた。このフェーズは、「被写体を選定する」という行為と「撮った写真を確認する」という行為を通じて実環境の観察を促すことを企図している。諏訪らは、外的表象（自分の外部にある表象）の中に意外性のある発見をすると、それが概念的意味づけに結びつき、新しいアイデアが生まれ、そのアイデアが新たな発見につながるという創造の連鎖を提唱した [15]。実環境の観察を促す写真撮影フェーズは、外的表象である実環境に執筆者が能動的に関与し、創造の連鎖を引き起こす

ことが期待される。執筆時に距離制限がある一方、投稿された物語を読む際は、距離制限をかけずどこからでも閲覧可能にした。これは執筆時の情報共有として執筆可能範囲を設けており、閲覧時に必要な制限ではないための処置である。

4 ツールの概要

本研究で開発した執筆ツールは、スマートフォンのブラウザ上で利用することを想定した Web アプリケーションである。本システムは Web アプリケーションフレームワークとして Django(ver. 2.2.28)、データベースサーバは PostgreSQL(ver. 14.4) を用いて実装しており、AWS(Amazon Web Service) 上で動作している。

以下に、システム利用時の一連の流れを示す。

4.1 執筆フェーズ

執筆は以下の画面遷移を通じて行う。

(1) ログイン画面

ユーザが <https://novelmap.work/startpage/login/> にアクセスすると、ログイン画面が表示される (図 2-a)。事前に登録された username と password を入力しログインボタンを押すと、タイトル画面へ遷移する。

(2) タイトル画面

ユーザはログインすると、タイトルの一覧を見ることができる (図 2-b)。今回は実験のため、実環境を舞台とした物語を事前に 3 つ用意した。各タイトルの下にある「確認する」ボタンを押すと、そのタイトルの登場人物画面に遷移する。

(3) 登場人物画面

登場人物画面 (図 2-c) では、ユーザは各タイトルの登場人物の情報を確認できる。「物語をマップから探す」ボタンを押すと、マップ画面に遷移する。

(4) マップ画面

マップ画面 (図 2-d) では、「現在位置を取得」ボタンを押すと、マップが表示される。マップは Google Maps JavaScript API を利用した。マップ上には、「在」と書かれた青色のマークと緑色のピンが刺さっている。青色のマークは現在地を表し、緑色のピンは物語の舞台となったスポットを表している。緑色のピンを押すと吹き出しが表示される。吹き出しの中にはタイトルが記載されており、タイトルを押すと、そのスポットを舞台とした物語が記述された閲覧画面に遷移する。

(5) 物語の閲覧画面

閲覧画面 (図 2-e) では、ユーザは前の画面で選択したスポットを舞台とした物語を読むことができる。「続きを書く」ボタンを押すことで、写真の撮影画面に遷移する。

(6) 写真の撮影画面

写真の撮影画面 (図 2-f) にて、ユーザは (1) スポットの半径 40m 以内に行く、(2) 自身の執筆するシーンに適した新しいスポットを探す、(3) 写真を撮影する、という手順で執筆するシーンの選定を行う。

この画面では、物語を考える際の補助要素として、すでに他のユーザによって執筆された文章を表示する。この際、全ての文章を表示すると下にスクロールする手数が増えてしまうため、ひとつ前のユーザの文章のみを表示した。「現在地とスポットの距離を確認する」ボタンを押すと、文章の下部にマップが表示される。マップ上には、現在地のピンと物語の舞台となったスポットの緑色のピンが表示され、その 2 つのピンが直線で繋がっている。マップの下部には、その 2 点間の距離が表示されている。距離計測には、球面三角法である Haversine の公式を使用した [4]。Haversine の公式は球面上において緯度経度が決定した二点間の大円距離を求める公式である。二点間の大円距離を d 、地球の半径を r とすると (1) の式が成り立つ。 α_1 、 α_2 をそれぞれ現在地の緯度、スポットの緯度、 β_1 、 β_2 をそれぞれ現在地の経度、スポットの経度とした場合、 X と Y の式は (2) の通りになる。

$$d = 2r \arcsin \sqrt{X + Y} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X &= \sin^2((\alpha_2 - \alpha_1)/2) \\ Y &= \cos(\alpha_1) * \cos(\alpha_2) * \sin^2((\beta_2 - \beta_1)/2) \end{aligned} \quad (2)$$

ユーザが物語の続きを書くには、スポットの半径 40m 以内にいる必要がある。執筆可能範囲をスポットから半径 40m 以内に制約することで、実環境を共有しないままユーザが執筆することを防止する。現在地がスポットの半径 40m 以内にいないければ、スポットと現在地が離れすぎていることを示すアラートが表示される (図 2-f)。スポットの半径 40m 以内にいる場合、写真の撮影・アップロードが可能になる (図 2-g)。

このツールでは、ユーザの実環境に対する観察を促すため、物語を執筆する前に写真を撮影する必要がある。写真を撮影する行為は、しばしば「状況の一面を強調することで戯画化したい」という現実戯画化欲求に駆動される [8]。この欲求は物語執筆のネタや展開を探す際に有効な手段であると考えられる。ユーザは、スポットの半径 40m 以内で、自分の物語に合ったスポットを探し、写真を撮影する。写真撮影後、アップロードボタンを押すと、物語の執筆画面に遷移する。同時に、撮影した場所の位置情報がデータベースに保存され、マップ画面 (図 2-c) にて表示される緑のピンが再更新される。

(7) 物語の執筆画面

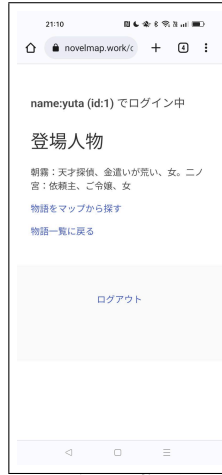
執筆画面 (図 2-h) にて、ユーザは本文フォームに物語を執筆する。その際に執筆補助として、ひとつ前の執筆者が書いた文章と自分が撮影した写真が本文フォームの上部に表示されるようにした。物語を執筆する際の実



(a) ログイン画面



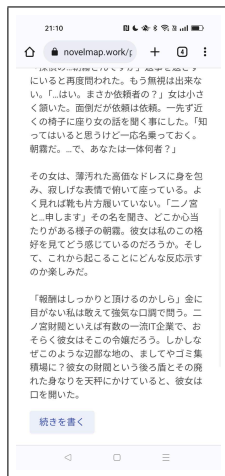
(b) タイトル画面



(c) 登場人物画面



(d) マップ画面



(e) 物語の閲覧画面



(f) 写真の撮影画面



(g) 写真の撮影可能画面



(h) 物語の執筆画面

図 2: システムの画面遷移

環境が屋外であることを鑑み、短時間かつ気軽に投稿できる文字数として 140 文字以内という制限を設けている。執筆が完了し、送信ボタンを押すと、物語の閲覧画面（図 2-d）に遷移し、執筆した文章が追加される。

4.2 閲覧フェーズ

提案する執筆ツールは、一般的な小説投稿サイトと同様に、執筆者と読者の両者を対象ユーザとしている。読者であるユーザは、前節で述べた執筆フェーズの (1)～(4) の手順でツールを利用することで物語を閲覧することができる。執筆フェーズと異なり、閲覧フェーズではユーザはどこからでもアクセスすることが可能である。

5 実験

前章で実装したシステムを用いて、実環境を介して執筆を行う A 群と実環境を介さず執筆を行う B 群に実験協力者をランダムに分け、ユーザ観察を行った。本章では、実験デザイン、実験手続き及び実験結果の評価アンケートの分析、ラベリングによる文章の内容分析について述べる。

5.1 実験デザイン

提案した執筆ツールは、実環境を介してリレー小説を執筆させることで、物語の内容に一貫性を持たせつつ、共創による想定外の展開への楽しみを担保させることを企図している。これを明らかにするため、本項では、実装した執筆ツールを用いて実環境を介したリレー小説を執筆させ、完成したコンテンツを対照群と比較する。

分析の観点として、「実環境を介した物語の共創が執筆内容に影響を与えるか」「実環境を介した物語の共創によって内容の一貫性が高まるか」の 2 点に着目し、執筆内容の定性的な分析、および創作されたコンテンツを対象としたアンケート評価によって確認する。

実験実施にあたり、執筆対象となるスポットを 3 箇所選定した。選定したスポットは、大阪府高槻市にある関西大学高槻キャンパス内の食堂脇のテラス、同大学の屋外休憩スペース、高槻市安満遺跡公園である。執筆者がスポットを選定する際に「場所に関する事前知識」が結果に影響を及ぼす可能性があるため、実験参加者の事前知識の多寡や来訪経験の有無を考慮し、大学内における



(a) 食堂脇のテラス



(b) 校内の休憩スペース



(c) 安満遺跡公園のベンチ

図 3: 実験で用いたエリア

学生の利用頻度が高いスポット、利用頻度が低いスポットの2箇所、またエリア（大学）に依存しない収集結果を得るために学外のエリアのスポットを選定した。食堂脇のテラス（図 3-(a)）は多くの学生が普段目にする場所であり、眼下に高槻の街が見下ろせるビューポイントである。一方、休憩スペース（図 3-(b)）は普段学生があまり訪れる場所ではなく、木立に囲まれた閑静なエリアである。また、安満遺跡公園（図 3-(c)）は高槻市にある弥生時代の遺跡をモチーフとした公園である。

5.2 実験手続き

実験は実環境を介して小説執筆を行う群（以下 A 群）、および実環境を介さず室内で執筆を行う群（以下 B 群）に参加者を分け、各々の条件下で提案ツールを用いてリレー小説の執筆を行った。また、実験終了後にアンケートを行った。実験の際、あらかじめ3種類のタイトル・プロローグ・登場人物を実験者が作成し、実験対象のエリアに割り当てた。用意したプロローグにはスポットの記述を控えた。これは場所に関する記述への影響を避けるためである。用意した各タイトル・登場人物・プロローグを以下に示す。

- 食堂脇のテラスのタイトル・登場人物・プロローグ

僕の夢

坂本 誠: 大学三年生 21 歳、男。特にやりたいことがなく、普段は居酒屋でバイトをしている。

優しい夢をみた気がした。こんなに心地いい朝は久しぶりだろう。体はいつもの疲れから解放され、心は静止清澄の水の如く澄み切っている。しかし、どれだけ頑張っても夢の内容を思い出すことはできない。こういう時は、昨晚あったことを思い出すところから始めるといいときく。ソースは僕。昨日、僕は…

- 安満遺跡公園のタイトル・登場人物・プロローグ

囚活

青山：就活が終わらない大学三年生、男。
新田：青山の友達、大学三年生、ギャンブル依存症、男。

「関北大学社会情報学部 of 青山と申します。よろしくお願ひします」何度繰り返したかこの台詞。就活なんて適当にやればそのうち終わると思っていた。説明会や面接を繰り返すうち、どこも同じような気がしてくる。300 通目のお祈りメールを受け取り、俺は気分転換に散歩がてら外に出ることにした。

- 校内の休憩スペースのタイトル・登場人物・プロローグ

令和のシャーロックホームズ

朝霧：天才探偵、金遣いが荒い、女。
二ノ宮：依頼主、ご令嬢、女

私の名前は朝霧。小さな探偵事務所を構え、世間では、令和のシャーロックホームズと呼ばれている。今回の依頼は中々に奇妙だ。メールには、日時・場所・報酬のみが綴られている。お金に弱い私は、しぶしぶその場所に向かうことにした。何一つ信用無い依頼だが、私の探偵魂が行けと言っている。

実験協力者は、10-20 代の学生・社会人 24 名であり、12 名ずつランダムに 2 群（A 群、B 群）に割り当てられた。このうち、A 群に割り当てられた 12 名は 3 箇所の執筆対象エリアに按分して割り当て、1 箇所あたり 4 名が執筆を行うこととした。執筆に用いる携帯端末は A 群、B 群とも実験者が用意した端末（OPPO Reno5 A）を利用した。

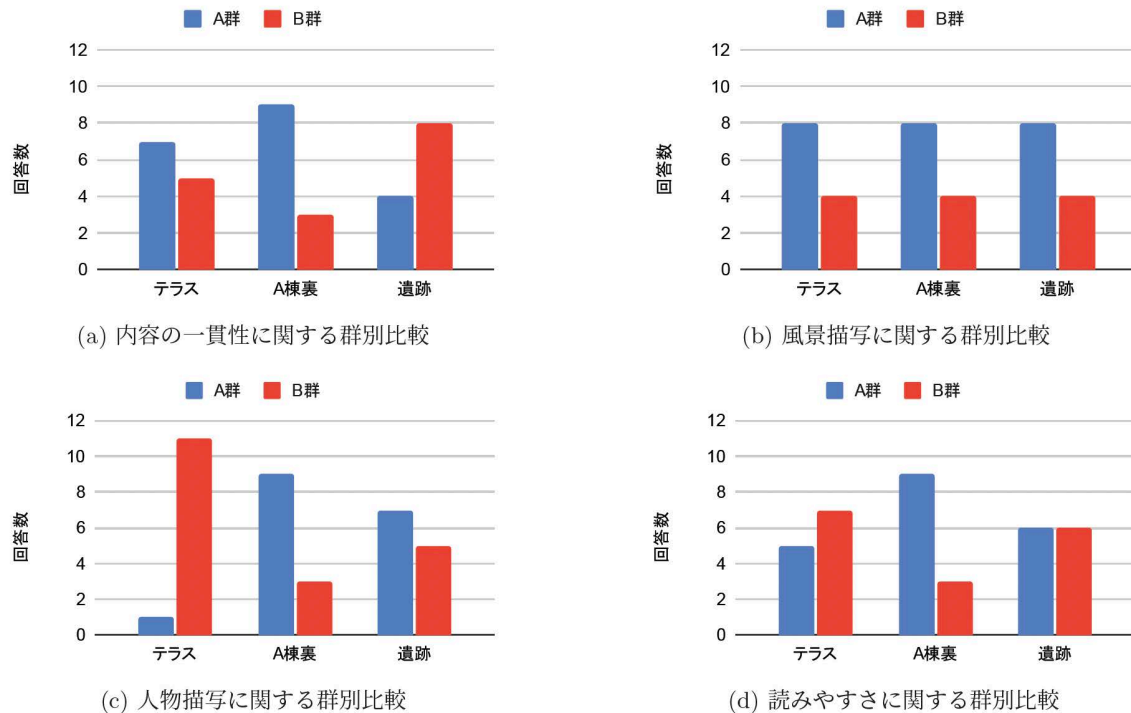


図 4: アンケート結果

A 群では、まず実験協力者は実験対象となるエリアのプロローグと登場人物の情報を確認した上で実験対象となるスポットへ移動する。移動後、実験参加者は執筆するシーンに適した写真の撮影をタスクとして課される。この際、写真を撮影するスポットの探索範囲として半径 40m 以内の移動が許可される。写真の撮影後、実験協力者は小説の執筆を行う。この際、一つ前の執筆者の執筆内容、および撮影された写真がシステム上に表示される。小説の執筆後、内容の確認を行った上でデータを登録し、事後アンケートののちに終了とした。B 群では、実験協力者はまず A 群と同様の小説のプロローグと登場人物の情報を確認する。内容の確認後、実験協力者は小説の執筆を行う。この際、ひとつ前の執筆者の執筆内容がツール上に表示される。小説の執筆後、内容を確認した上でデータを登録し、事後アンケートののちに終了とした。両群とも、実験者が指定したエリアから離れることを示す記述や、次の執筆者が担当エリアの敷地外で物語を進める必要がある記述は避けるように指示した。

5.3 分析

本項では、「実環境での執筆はそうでない場合に比べて内容の一貫性が取れるか」「実環境での執筆が執筆内容に影響するか」の 2 点に焦点を当てた分析を行った。

実環境での執筆が内容の一貫性に及ぼす影響について明らかにするため、執筆された文章を対象としたアンケートを実施した。アンケートは、同一のプロローグで始めた A, B 群二つの文章を提示し、4 つの観点でどちら

の文章が優れているかを回答する形式で実施した。アンケートの回答者は 12 名であった。アンケート項目は「読みやすさ」「内容の一貫性」「風景描写」「人物描写」に着目して集計した。各々のアンケートの結果を図 4 に示す。A 群の文章はいずれも「風景描写」の項目が高く評価された一方、本研究が仮説としておいている「内容の一貫性」に関しては、安満遺跡公園で執筆された群においては B 群の方がスコアが高く、必ずしも実環境で執筆された文章が評価されるわけではなかった。

次に、実環境での執筆が執筆内容に影響するかを明らかにするために、執筆された文章の内容分析を行った。執筆された文章のうち、「風景描写」「感情描写」「イベント」の 3 種類にあたる記述をラベリングし、執筆内容のうちどの記述がどのくらい使用されているかを確認した。記述の回数を数える際、重複が見られた表現はまとめて 1 箇所とした。ラベリングの選定基準は以下の通りである。

- 風景描写

登場人物が存在する場所や風景、外的環境を示す記述。「公園」や「草原」などの一般名詞や「安満遺跡公園」などの固有名詞を含む。

- 感情描写

感情に関する記述。「笑顔になっていた」や「不愉快であった」など。

- イベント

主人公が予測していなかった出来事を示す記述。「急に女に手を引かれ」や「後ろから突然声をかけられ

た」など。

分析の結果、A 群の執筆内容では「風景描写」に該当する記述が 15 箇所、「感情描写」に該当する記述が 5 箇所、「イベント」に該当する記述が 9 箇所出現した。B 群の執筆内容では「風景描写」に該当する記述が 9 箇所、「感情描写」に該当する記述が 8 箇所、「イベント」に該当する記述が 7 箇所出現した。この結果から、実環境での執筆は風景描写の増加を促すことが示唆された。

6 議論

前章では、実装したシステムを用いた実験と分析を通して、実環境における執筆が執筆内容に及ぼす影響について述べた。本章では、実環境を介した執筆がコンテンツに与えた影響、実環境の共有範囲、ユーザの移動経路についての考察を行う。

6.1 実環境を介した執筆がコンテンツに及ぼす影響

前章で行った執筆内容の評価を行うアンケート、および文章の内容分析の結果から、実環境を介した執筆行為は主に風景描写の増加を促すことが示唆された。この結果は、実環境を介した執筆行為やその過程における実環境の観察行為によるものと考えられる。一方、本研究の目的である「一貫性の担保」については、執筆内容の評価アンケートにおける群間での差が見られなかった。原因として、回答者ごとに解釈の差が生じたことや、実環境を介さない執筆群においても文脈を適切に理解して執筆されたことで一貫性のある文章が執筆されたことが考えられる。また、一つのスポットに対して割り当てられた実験協力者が 4 人であったことから、一貫性を評価する際に執筆量が足りなかった可能性がある。今後は実運用を通して、執筆された文章の一貫性に焦点を当てた詳細な評価を行う必要がある。また、執筆内容全体の質に関わる「読みやすさ」に関する比較においても、両群に差異は見られなかった。群間においてより「読みにくい」と判断された文章を定性的に観察すると、文体の揺れや急激な物語設定の追加などが観察された。今回の実験はプロローグから順に 4 名が執筆するにとどまっており、物語としては序盤にあたる箇所であるため、アンケートの回答者に対して違和感を与えた可能性がある。これらの結果を考慮すると、「読みやすさ」は実環境の観察の影響よりも文章構造や執筆能力に関わるパラメータであると考えられる。

文章の内容分析の結果からは、実環境を介さない執筆行為において、感情描写が中心に記述されることが明らかになった。執筆内容を定性的に観察すると、B 群は 3 種類の物語全てに新しい登場人物が追加され、その外見や性格についての記述がされていた。新しい登場人物が追加された文章を以下に示す。

● 食堂脇のテラス

いつも隣で授業を受けている剛山剛太郎であった。名前とは裏腹に細見であり、手の甲や首筋に芸術的とも取れる血管がうきでている。名前は親から子への祈りごとであるとは聞くがここまで成就しないものをみると神様仏様なんてのはこの世にいないということを実感させられる。彼は言った。「お前昨日こま

● 校内の休憩スペース

待ち合わせ場所に着いた私は、急に女に手を引かれ無言でどこかへ連れて行かれる。途中、装いなどから学生には見えない。とても若い。ドレスのような格好。キャンパス内の森の中を進む。彼女の足は止まった。そして彼女の懷からは包丁。「お前が嗅ぎ回っているのは私だ。」と彼女は言った。

● 安満遺跡公園

青山「俺の就活が終わるのが先か、この公園が無くなるのが先か。はあ、全くなんで俺は周りみたいに上手くいかないんだよ。」コーヒーを片手にベンチに座り込む。すると遠くから誰かが「あおやまー」声のする方へ視線をあげるとそこには新田がいた。

校内の休憩スペース、安満遺跡公園の物語では、事前に用意した登場人物（二ノ宮、新田）が追加され、食堂脇のテラスの物語では、こちらが事前に用意していない新しい登場人物（剛山）が追加された。新規の登場人物の追加は、物語創作におけるストーリーの駆動を企図した技法としてしばしば見られる。一方、A 群ではテラスの物語において、唯一、匂いに関する記述が見られた。その記述を以下に示す。

● 食堂脇のテラス

少し間を空けて「特に理由はないんだ。ただなんとなくで。」と答えた。それを聞いた後輩らしき奴は少し笑いながら温かい缶コーヒーを僕に手渡してきてタバコに火をつけた。そのタバコの煙の匂いは普段絶対に近づくことのない、でもどこか懐かしいような甘ったるい匂いがした。

実環境の共有は舞台の体験であることから、視覚的要素だけでなく、聴覚、触覚、嗅覚、味覚といった要素も共有される。それらの要素の例として、鳥の鳴き声や風の暖かさなどがある。今回、ユーザが執筆の際に選定したスポットは喫煙所であったため（図 5 参照）、その場特有の匂いが執筆内容に影響を与えたと考えられる。



図 5: 撮影された喫煙所の写真

6.2 実環境の共有範囲について

本稿で実装したツールでは、ひとつ前の執筆者が選定したスポットのみを共有し、そのスポットから半径 40m を超えないエリアで執筆を行う設計を採用している。この設計は実環境の共有を行いつつ場面転換を可能にすることを企図したものである。今回は執筆を実施した人数が各スポット 4 人に制限されていたため、最初のスポットから大きく距離が離れることは無かったが(図 6(a)-(c) 参照)、執筆者の増加に伴って場面がより遠方へ移り変わっていく可能性がある。今回、実験協力者に対して執筆スポットから離脱する記述を避けるように指示したが、ユーザが場面転換としてエリア内で 40m 以上離れた場所に誘導する記述を行う可能性もありうる。今後は実環境の共有を行いつつ、物語の場面転換を妨げないための設計を検討する必要がある。

現行のシステムは、ひとつ前の執筆者が選んだスポットのみをマップ画面にてピンを表示しており、ふたつ以上前の執筆者が選んだスポットの位置は確認できない。このスポットをどこまで執筆者間で共有するのかについても議論の余地がある。全てのスポットを共有しようとすると、物語が進むにつれてスポットが増えるため、共有するのに時間がかかりすぎる。全てのスポットをマップに表示し、その来訪するスポットの選択を執筆者に委ねるという方法がある。執筆者にスポットの選択肢を与えることで、特定のひとつのスポットに来訪するという制約を緩めることや執筆者のモチベーションを高めることが期待される。執筆者がスポットを選択する基準として、「そのシーンが印象に残ったため」や「執筆する際の文章の整合性をとるため」などが考えられるが、物語の一貫性担保に寄与できるかについては検討の余地がある。

さらに、実環境は空間的なものだけでなく、時間的な影響によっても大きく変化する。例えば同一の場所であっても昼と夜で視界の範囲や光源が異なったり、紅葉や積雪など、季節によって周辺景観の色彩が大きく変化するケースもある。これは自然的な影響に限らず、人為的に新しい建造物が建てられたり、スポットそのものが取り壊されるケースもある。このような変化を考慮して、執筆可能な時間帯や期間の制約を設定する機能を追加する

ことで、物語の一貫性に貢献することが期待できる。

6.3 ユーザの移動経路について

システム利用者の移動経路について考察する。今回の実験では、新しいスポットを選定する際の移動距離が 40m 以内ということもあり、図 6 に示すように最初に指定したスポットから大きく離れることはなかった。また、関西大学高槻キャンパスの屋外休憩スペースと安満遺跡公園の 2 箇所での実験において、同じスポットの写真が撮影されたことがあった(図 7(a)(b)、図 8(a)-(c) 参照)。その原因の一つとして、ひとつ前の執筆者の記述に、その場に留まらせなければ物語の進行が難しいものがあったことが考えられる。当ケースの一例として、校内の休憩スペースにて執筆された文章を以下に示す。

● 2 番目の執筆者

「探偵の…朝霧さんですか」返事を返さずにいると再度問われた。もう無視は出来ない。「…はい。まさか依頼者の？」女は小さく頷いた。面倒だが依頼は依頼。一先ず近くの椅子に座り女の話聞く事にした。「知ってはいると思うけど一応名乗っておく。朝霧だ。…で、あなたは一体何者？」

● 3 番目の執筆者

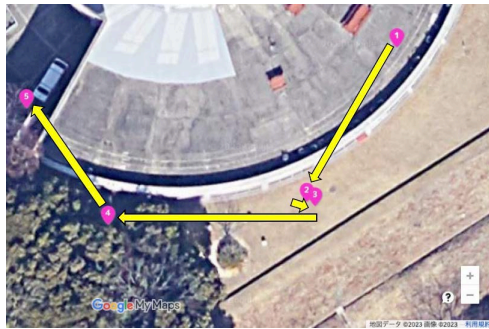
その女は、薄汚れた高価なドレスに身を包み、寂しげな表情で俯いて座っている。よく見れば靴も片方履いていない。「二ノ宮と…申します」その名を聞き、どこか心当たりがある様子の朝霧。彼女は私のこの格好を見てどう感じているのだろうか。そして、これから起こることにどんな反応示すのか楽しみだ。

このケースの場合、2 番目の執筆者が「椅子に座る」という移動を制限する記述を行い、かつ会話の途中で文章を終えていることから、3 番目の執筆者は椅子に座った状態で会話を続けるといった自然な行動をイメージしたため、同じスポットを選定したと考えられる。

安満遺跡公園では、次の執筆者を同じ場所に留ませる記述は見られなかったが、同一の被写体を写した写真が連続して 3 枚撮影された。同じ景色を選定した執筆者らの文章を以下に示す。

● 1 番目の執筆者

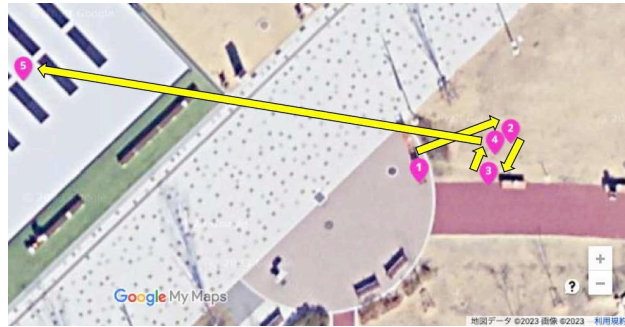
ぶらぶらと歩き始め気が付けば安満遺跡公園に来ている。ベンチに腰掛けふと顔を上げるとそこには元気いっぱいにはしゃぎまわる子供達の姿。自分にもこんな時期があったのだろうと思い返してみると少し元気が湧いてくる気がした。自分を無理やり元気付けながら少し別の場所へ歩きだしてみる。



(a) 食堂脇のテラス



(b) 校内の休憩スペース



(c) 安満遺跡公園のベンチ

図 6: 選定された場所の順序

- 2 番目の執筆者

結局どこを歩いても目につくのは子供が楽しそうに遊ぶ姿ばかりだった。子供がどこにでもいるという訳では無い。どこに行っても子供をつい目で追ってしまうのだ。自分でも気づかなかったが、もしかすると自分は子供の笑う姿が好きなかもしれない。今更ながらそういった仕事に就きたいと思ってしまった

- 3 番目の執筆者

どうすれば子供と上手く関われるのか勉強をしたくて芝生広場にいる子供達の姿を眺めていると1人の男の子が寄ってきて一緒に遊ぼうと声をかけられた。僕は小さい頃は人見知りの性格だったため知らない人に声をかけるなんてすることがなかったがその男の子を見て色々な性格の子がいるんだなと勉強になった

このケースでは、子供と遊ぶ描写や子供に対する心情について複数回記述されており、撮影された写真についても、ユーザは複数の子供が遊具と運動場を使用している風景を撮影していた。以上のことから、示されたスポットに印象的な風景があった場合、ユーザはひとつ前の執筆内容と類似した内容を記述する傾向があると考えられる。ただし、この結果は遺跡公園群にのみ観察された結果であるため、異なる環境でも同じ傾向が出るかどうか

追検証する必要がある。

7 今後の展望

本章では、実験協力者のアンケート結果を踏まえたツールの設計、実環境による弊害、実環境以外の舞台共有についての課題を述べる。

7.1 ツールの設計

本システムは、執筆画面にて、ひとつ前のユーザが執筆した文章と自分で撮影した写真を執筆補助として提示したが、A 群の事後アンケートにて、執筆の際に提示されない設定（登場人物と2つ以上前の執筆者が書いた文章）を正確に覚えておらず、整合性がとれたか不安になったという記述があった。前ページに戻ることは現行のシステムにおいても可能だが、登場人物の詳細を確認するには登場人物画面まで、全ての文章を確認するには閲覧画面まで戻る必要があるため、前の文章の確認後、執筆画面へ戻る際に現在地の更新と写真撮影を再度行わなければならない。今回、ひとつ前のユーザが執筆した文章のみを表示したのはスクロールの手間を省くためだったが、ユーザが執筆時に確認したい情報をすぐに確認できないのは物語執筆において好ましくない。この指摘を考慮して、今後、容易に全ての情報を確認できるように、折りたたみ機能や別タブを実装する必要がある。



(a)2 番目の執筆者が撮影した写真



(b)3 番目の執筆者が撮影した写真

図 7: 校内の休憩スペースにて撮影された写真



(a)1 番目の執筆者が撮影した写真



(b)2 番目の執筆者が撮影した写真



(c)3 番目の執筆者が撮影した写真

図 8: 安満遺跡公園にて撮影された写真

7.2 実環境による弊害

5.2 章における実験実施時、寒さや暴風により舞台である実環境での執筆が困難なことがあった。この際、舞台となるスポットを観察し、写真撮影を行ってもらった後、近くの建物に避難し建物内で執筆してもらった。舞台となる実環境を観察しながら執筆することと観察後に別室で執筆することはわずかに異なる行為であることから、今後は、執筆時の気候やエリアを考慮したユーザの誘導も踏まえたシステムの改善を検討する。

7.3 実環境以外の舞台

本研究のシステムは前提として実環境を舞台としていることから、実環境が存在しない架空世界の物語を作成するには不適である。執筆者間で架空世界の舞台を共有する方法としては、関連研究で紹介した海沼らが使用した 3D マップや VR ゴーグルを組み合わせることなどが考えられる。実環境にいるという感覚的な体験をデジタル上で行うためのインタラクションデザインを別途検討する必要がある。

8 おわりに

本稿では実環境を介したリレー小説の執筆が、物語に及ぼす影響を明らかにするため、小説執筆ツールの提案と実装、システムを用いたユーザ観察、創出された物語の分析・議論について述べた。その結果、文章の内容分析から実環境における執筆行為は風景描写を増加させる

ことが明らかとなったが、第三者によるアンケート評価では「内容の一貫性」における実環境の影響は観察されなかった。今後、物語の一貫性に影響する要素を調査し、提案ツールのシステムデザインの改良点に関する検討・評価を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり、適切なご指導ご鞭撻をしてくださった関西大学総合情報学部総合情報学科教授、松下光範教授には深く感謝を申し上げます。また、関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻の先輩方に厚くお礼申し上げます。特に安尾萌氏には、研究相談、システム開発のスケジュール管理、論文添削等、多くのお力添えをいただきました。心より感謝致します。物語作成において協力していただいた関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻の樋口亮太氏、竹村孟氏、山本京佳氏ならびに関西大学総合情報学部総合情報学科の新川晴紀氏、杉原昂紀氏、田中瑠慧氏、藤川雄翔氏、高橋りさ氏、そして友人の皆様に深く感謝申し上げます。最後に、学業全般から日々の生活にわたって経済的・心身的に支援してくださった家族、また本研究の遂行にあたって、支えてくださった松下研究室の同期である 13 期生に感謝の意を表すと同時に謝辞といたします。

参考文献

- [1] Haught-Tromp, C.: The Green Eggs and Ham hypothesis: How constraints facilitate creativity., *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, Vol. 11, No. 1, p. 10 (2017).
- [2] Nakakoji, K., Yamamoto, Y. and Ohira, M.: A Framework that Supports Collective Creativity in Design using Visual Images, *Proceedings of the 3rd Conference on Creativity & Cognition*, Association for Computing Machinery, pp. 166–173 (1999).
- [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*, pp. 122–129 (2008).
- [4] Prasetya, D. A., Nguyen, P. T., Faizullin, R., Iswanto, I. and Armay, E. F.: Resolving the shortest path problem using the haversine algorithm, *Journal of critical reviews*, Vol. 7, No. 1, pp. 62–64 (2020).
- [5] Ryan, M.-L.: Cheap plot tricks, plot holes, and narrative design, *Narrative*, Vol. 17, No. 1, pp. 56–75 (2009).
- [6] Tapscott, A., Colàs, J., Moghnieh, A. and Blat, J.: Writing Consistent Stories based on Structured Multi-Authored Narrative Spaces, *2013 Workshop on Computational Models of Narrative*, Vol. 32, Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik, pp. 277–292 (2013).
- [7] Yasuo, M., Miyamoto, M., Higuchi, Y., Mitsumizo, S. and Matsushita, M.: Provoking a Subtly Deviated Routing to Enrich Environmental Understanding, *2019 International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence*, pp. 1–4 (2019).
- [8] 荒川歩: 人はなぜ写真を撮り、そして見るのか?—13人のインタビュー調査からの心理学的研究, 立命館人間科学研究, No. 8, pp. 101–111 (2005).
- [9] 浦野幸, 于沛超, 遠藤靖典, 星野准一: 実環境における災害体験ゲームシステムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 357–366 (2013).
- [10] 海沼賢, 宮下芳明, 西本一志: 他者からの触発を活用する小説創造プロセスの分析, 情報処理学会研究報告, Vol. 2006-EC-003, No. 24, pp. 113–120 (2006).
- [11] 周藤真也: アニメ「聖地巡礼」と「観光のまなざし」—アニメ『氷菓』と高山の事例を中心に—, 早稲田社会科学総合研究, Vol. 16, No. 2-3, pp. 51–71 (2016).
- [12] 平田オリザ: 演劇入門, 1998, 講談社 (1998).
- [13] 玉井建也: 物語・ゲーム・ライトノベルウェブ小説と物語論の関係一, 東北芸術工科大学紀要, No. 25 (2018).
- [14] 益田真輝, 仲谷善雄, 泉朋子ほか: 写真を用いた四コマ物語による観光スポット推薦支援システム, 第75回全国大会講演論文集, Vol. 2013, No. 1, pp. 127–128 (2013).
- [15] 諏訪正樹: 「創造」の研究: 現象を生む実践の学 (<特集> 創造的活動の理解と支援), 人工知能, Vol. 19, No. 2, pp. 205–213 (2004).
- [16] 北林拓磨, 伊藤淳子, 宗森純ほか: 位置情報を用いた小説のレコメンドシステムの開発, 2020年度情報処理学会関西支部 支部大会講演論文集 C-12 (2ページ), Vol. 2020, pp. 1–2 (2020).

皮肉文検出のための 皮肉状況の検出

畑玲音

皮肉文検出のための皮肉状況の検出

情 19-0344 畑 玲音

指導教員 松下 光範

1 はじめに

皮肉は対象の欠点や弱点を遠回しに批判する言語現象であり、肯定表現を用いて否定的な意味を伝えるという特徴を持つ。そのため、皮肉文では表現の表層的な意味とその意図が一致しない。例えば、ゴミが多い「家」を対象にした「とても綺麗だね」という肯定表現は皮肉を表現する文（以下、皮肉表現と記す）になり、同一文章で新築の「家」を対象にすると、皮肉表現にはならない。皮肉かどうかの判断は、「家」という皮肉の対象（以下、皮肉対象と記す）と、「ゴミが多い」という皮肉の前提になる状況（以下、皮肉状況と記す）や、「新築」という皮肉の前提にはならない状況（以下、非皮肉状況と記す）に関する記述に依存する。そのため大量の文章から計算機が皮肉を判断する際には、皮肉対象・皮肉状況・皮肉表現の3つの要素を考慮する必要がある。肥合らは、皮肉文のデータセットから、機械学習を用いて皮肉対象となる人やものを検出し、それを含む文章を皮肉文として抽出した[1]。しかし、この手法は皮肉対象が明示されていない皮肉文の検出はできない。そこで、本研究では皮肉対象のみならず、皮肉状況と皮肉表現を検出しそれらを用いて皮肉対象が明示されていない皮肉文を含めた皮肉検出を目指す。その端緒として、本稿では状況を表す文章から皮肉状況を検出するための分類器の作成を試みる。

2 提案手法

皮肉状況を検出するためには、皮肉状況と非皮肉状況を含む状況文コーパスを作成する必要がある。そこで本研究では、TwitterAPIを用いて皮肉状況と非皮肉状況の文を2500件ずつ収集し、計5000件の状況文コーパスを構築した。皮肉状況の収集には「と（い | 言）う皮肉」を含むツイートを、非皮肉状況の収集には皮肉状況を表現する際には用られないと考えられる「と（い | 言）う奇跡」を含むツイートを各々採用した。この際、Twitterの口語性を考慮し、「って（い | 言）う（皮肉 | 奇跡）」や「とか（い | 言）う（皮肉 | 奇跡）」などの類似した表現も収集した。作成した状況文コーパス5000件のうち4000件を学習データとしてBERTを用いて文章の特徴量を算出し、皮肉状況と非皮肉状況の分類器を作成した。BERTの学習は学習データを訓練データ3000件と検証データ1000件にランダムに分けて行った。学習の際、文章内の「皮肉」と「奇跡」という単語が分類の手がかり語として学習されることを避けるため、これらの単語は削除することとした。

作成した分類器の精度を検証するため、状況文コーパスのうち学習データに使用していない1000件をテストデータとして分類した。結果を表1に示す。正解率は0.867であり、適切に状況文コーパスを分類できていることが確認できた。

3 実験

本実験では、状況文コーパスを用いて作成した分類器が、皮肉文に含まれている皮肉状況に対しても検出可能か検証する。この検証のために、まず実際の皮肉文に含まれている皮肉状況のみのコーパス（以下、皮肉状況文コーパスと記す）の構築を試みる。皮肉状況文コーパスを構築するための皮肉文は、「（皮肉）」を含むツイート6100件に対して、Yahoo!クラウドソーシングを用いて647人に各

表 1 皮肉状況と非皮肉状況の分類結果

		BERT の判定	
		皮肉状況	非皮肉状況
正解	皮肉状況	447	53
	非皮肉状況	80	420

表 2 非皮肉状況と誤判断された例

(1) 皮肉状況の記述を含まない文	日本って“つくづく平和ですね” “先進的ですからね…”
(2) 皮肉状況の記述を含む文	(a) ご近所さんはすでにビニールプールで おおはしゃぎ“お元気なことだなにより”
	(b) 居眠りしても年収 1000 万超えできる “良い世の中じゃないですか”

ツイート文章が皮肉かどうかの回答を求めることで収集した。この際、「(皮肉)」が手がかり語になることを避けるためにこれを削除した。皮肉文かどうかの判断は、各ツイートにつき 3 人に回答を求め、1 つのツイートに対し 2 人以上が皮肉と回答したツイート文章を皮肉文とした。これにより、3587 件を皮肉文として収集した。次に、収集した皮肉文に対して、Yahoo!クラウドソーシングを用いて 390 人に皮肉表現の記述箇所にアノテーションを付与させ、皮肉文の皮肉表現を収集した。皮肉文から同定された皮肉表現を削除することで皮肉状況コーパスを構築した。作成した分類器を用いて皮肉状況コーパスを分類した結果、正解率は 0.786 であった。

皮肉状況コーパスに対し非皮肉状況と誤判断された文 (767 件) の内容を人手で確認し、(1) 皮肉状況の記述を含まない文 (434 件) と (2) 皮肉状況の記述を含む文 (333 件) に弁別した。それぞれの例文を表 2 に示す。(1) については、皮肉状況コーパスとしては不適當であり、あらかじめ皮肉状況コーパスから削除する必要がある文である。また、(2) については、前後の文から皮肉状況と判断できない文章 (a) と、状況文コーパスにおける非皮肉状況と類似している文章 (b) が存在した。(a) では、「お元気そうだなにより」が皮肉表現であるが、「ご近所さん」という皮肉対象の「おおはしゃぎ」という表現が肯定的であると捉えられ、誤判断されたと考えられる。人間が (a) の皮肉文から皮肉状況を判断する際、その文から読み取れる背景や前提知識を含めて判断する。そのため、このような皮肉状況を検出するためには、皮肉状況の前後の文を考慮することや、単語ごとの前提知識を組み込んだ特徴量を算出することが必要であると考え。また、(b) では、「居眠り」という否定的な状況にもかかわらず「年収 1000 万超えできる」という肯定的な表現が奇跡な状況と類似している文のため誤判断されたと考え。これは状況文コーパスにおいて皮肉状況と非皮肉状況に共通した特徴量があるため、分類を明確にはできていない事が推察される。状況文コーパスにおける非皮肉状況に「と (い | 言) う奇跡」以外の状況文を加えることで、精度の向上が可能であると考えている。

4 おわりに

本稿では、状況を表す文章から皮肉状況を検出するため、状況文章コーパス並びに皮肉状況文コーパスを構築し、それらを用いて分類器の作成及び有効性の検証を行った。その結果、皮肉状況と非皮肉状況の分類における、正解率は 0.867 であり、皮肉文に含まれている皮肉状況の検出における、正解率は 0.786 であった。この結果から、皮肉状況の検出に対して、作成した分類器の有効性が示された。今後はこの分類器を利用し、皮肉状況を表す文章から皮肉表現を検出することにより、皮肉文の検出を可能にするとともに、文章執筆時に意図せぬ皮肉が含まれないように支援する仕組みについて検討する。

参考文献

- [1] 肥合智史, 嶋田和孝: 皮肉検出のための皮肉の対象の推定, 情報処理学会研究報告, Vol. 2018-DC-110, No. 2, pp. 1-5 (2018).

誹謗中傷削減に向けた 皮肉文検出のための皮肉状況の検出

情 19-0344 畑 玲音

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 皮肉は対象の欠点や弱点を遠回しに批判する言語現象であり、肯定表現を用いて否定的な意味を伝えるという特徴を持つ。そのため、皮肉文では表現の表層的な意味とその意図が一致しない。文章中に出現する肯定表現が皮肉表現であるかを計算機で判断する際には、皮肉の対象・皮肉の前提となる状況・皮肉表現の3つの要素を合わせて抽出する必要がある。先行研究では皮肉の対象を抽出することで皮肉文の特定を試みているが、その対象が明示されない皮肉文も多く存在する。そこで本研究では、皮肉を生起させる要因に着目して状況を表す文章から皮肉状況を検出するための分類器をBERTを用いて作成し、それを用いて皮肉文の検出を試みる。

1 はじめに

1.1 背景

近年, Social Networking Services (以下 SNS と記す) がコミュニケーションの手段としてよく使われている。SNS はインターネットを用いてオンライン上で、人間関係を構築することやコミュニケーションを取ることができる。国内での利用者数の観点¹から LINE や Instagram, Twitter, YouTube など SNS を代表するサービスと言える。SNS の特徴として、誰でもアカウントを作り利用することができ、その利用者同士が SNS 上で誰とでもやりとりができるという点がある。SNS ではユーザの作成した投稿が誰でも見れる状態で公開することができ、その投稿に他のユーザが反応することで交流が可能である²。2020 年の国内での利用者数は 73.8% であり、その数は年々上昇している³。このように SNS はオンラインコミュニケーションの便利な手段として利用されている。しかし SNS の普及率の上昇に伴い SNS での諸問題が発生している。

現在, SNS 上での誹謗中傷が問題となっている。誹謗中傷とは、本来他人へ悪口を言ったり罵ったりする行為である「誹謗」と、根拠のない嘘やでたらめを述べる行為である「中傷」の語を組み合わせたものである。誹謗

中傷はデマや揶揄、罵倒、皮肉、嫌がらせなど文字や言葉を用いた攻撃行為である。法律においては、誹謗中傷の行為そのものは違反ではなく、それを原因とした、名誉毀損や侮辱などの権利侵害や、業務妨害として罪に問われる。SNS において誹謗中傷問題として、誹謗中傷の件数の増加が挙げられる。総務省による、インターネット上でのトラブルを相談できる機関である「違法・有害情報相談センター」によると、相談件数は増加傾向であり、2010 年から 2019 年で相談件数は 4 倍となる 5198 件であった⁴。

SNS 上で誹謗中傷の被害が起こる原因として、SNS の利用時間の増加と匿名性が挙げられる。SNS の利用時間は 2012 年から 2018 年で 4 倍に増えており、2019 年の新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) による自粛もあり SNS を利用する時間が増えている⁵。誹謗中傷が行われる原因を、誹謗中傷を行った人へのアンケートにより調査した結果⁶、誹謗中傷をした理由として、「SNS の利用時間の増加に伴い不快に感じる情報と接する機会が増え、批判や誹謗中傷を書き込む頻度が高まったこと」や、「社会全体が不安に包まれると、常に人々はストレス・不安を抱え、「悪者」を見つけて批判することで、不安を解消する」などの理由が挙げられた。また匿名性により、匿名での発言は本名を用いたアカウント名よりも、自分とは別の人格として気持ちが大きくなり、普段とは違う

¹https://www.soumu.go.jp/main_content/000831290.pdf(2023/1/27 確認)

²<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h23/html/nc232320.html>(2023/1/27 確認)

³<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r04/html/nf308000.html#d0308130>(2023/1/27 確認)

⁴https://www.soumu.go.jp/main_content/000687270.pdf(2023/1/27 確認)

⁵https://www.soumu.go.jp/main_content/000745067.pdf(2023/1/27 確認)

⁶https://www.soumu.go.jp/main_content/000745067.pdf(2023/1/27 確認)

過激な発言をしやすくなることもある。そのため、普段は誹謗中傷を行わない人でも、SNS 上では誹謗中傷を行うことにより、誹謗中傷による被害が起こる。

誹謗中傷の対策の一つとして、ユーザーが SNS 上の不適切な投稿に対して通報することができる。SNS の運営はこの通報を受け、投稿が不適切と判断した場合、投稿者への警告や削除依頼、アカウント凍結などの対応を行なっている。これにより、誹謗中傷の投稿を SNS 上から減らすことや、不適切な投稿をするユーザー数の削減を行なっている。しかし、この通報や運営の対応は人手により行われているため、SNS 上からその誹謗中傷の投稿が消されるまでに、被害者の目に入ってしまうことが大半である。さらに SNS での投稿数は非常に多く、Twitter では 1 分間に 347,222 件の投稿がなされている⁷。この中から誹謗中傷をユーザーが見つけた通報することは、一つずつ文を確認し通報をする必要がある。しかし人手により通報できる数に限界があるため、全ての誹謗中傷に対処することはできない。

そこで誹謗中傷を計算機により自動的に検出する研究が行われている。SNS などの大量の文章から誹謗中傷を検出することができれば、誹謗中傷の件数が増えても誹謗中傷を自動的に検出し、迅速な削除や警告などの対応をすることが可能である。石坂らは誹謗中傷を悪口として定義し、単語の悪口度を算出することにより誹謗中傷を検出した [16]。この悪口度により悪口の単語が含まれている文章を悪口文とし、悪口文と非悪口文を Support Vector Machine(SVM) により二値分類を行うことで検出をしている。悪口の検出の際、係り受け解析器 (CaboCha) を用いて、否定語である「ない」が用いられている悪口の単語を除去することにより、非悪口文としている。伊藤らは誹謗中傷をしている文章に含まれている誹謗中傷を形成する単語 (以下、トゲワードと記す) を検出することにより、誹謗中傷を検出している [13]。文章内に含まれているトゲワードを検出し誹謗中傷と判断するだけでなく、トゲワードが用いられている文章に対し、更に感情分析を行い、ネガティブとなった文章を誹謗中傷として検出した。加えて、トゲワードが用いられている文章に対し係り受け解析を行い、その先が「固有名詞」か「一人称を除いた人称代名詞」であるときに誹謗中傷として検出した。これらの研究も、誹謗中傷に用いられやすい単語から誹謗中傷を検出している。感情分析や係り受け解析による誹謗中傷の検出が可能であることが示されている。

1.2 皮肉の検出

誹謗中傷において悪口の単語を用いたものだけでなく、皮肉のような悪口の単語を用いないものも存在する。皮肉には皮肉される対象 (以下、皮肉対象) が存在し、対象の欠点や弱点を遠回しに批判する言語現象であり、肯定表現を用いて否定的な意味を伝えるという特徴を持つ。そのため、皮肉文では表現の表層的な意味とその意図が一致しない。皮肉の構造を図 1 に示す。皮肉はネガティブな状況に対する肯定表現の発言があったときに皮肉となる。これにより、表現の表層的な意味とその意図が一致しない。ポジティブな状況に対する否定表現の文も表現の表層的な意味と意図が一致しないが、皮肉ではない。以下、例を挙げて文が皮肉文になる場合を説明する。

例 1 綺麗な家だね。

例 1 の表現は「家」を対象とした肯定表現である。通常、この表現は対象の「新築の家」のようなポジティブな状況に対して、褒めや称賛などの意図で用いられる。しかし、同じ表現を「ゴミ屋敷」のような対象のネガティブな状況に対して用いると、この肯定表現は皮肉となる。この意図は、「汚い家」ということを遠回しに伝えることである。表層的な意味は「綺麗な家」であることであり、その意図は「汚い」ことを伝えたいので一致していない。このように同じ表現を用いても、対象の状況がポジティブかネガティブかにより、褒めや称賛か皮肉のどちらかになりうる。

例 2 汚い家だね。

例 2 の表現は「家」を対象とした否定表現である。通常、この表現は対象の「ゴミ屋敷」などのネガティブな状況に対して、悪口を意図して用いられる。同じ表現を「新築の家」のような対象のポジティブな状況に対して用いると、この否定表現は嫉妬や妬みなどの意図となる。これも、表層的な意味は「汚い」であることであり、その意図は「綺麗な家」であることであり一致していないが、皮肉ではない。誹謗中傷の検出において、皮肉の検出ができなかった理由として、皮肉は、悪口やトゲワードとして取り扱われる表現を用いていないことや、ネガティブな単語とポジティブな単語が含まれているため、感情分析をすると肯定表現になってしまうことが挙げられる。このように、皮肉は誹謗中傷の検出において検出することが難しく、別の方法で検出する必要がある。

上記の二つの研究において、石坂らは皮肉のような文脈や他の情報を必要とする誹謗中傷は対象としておらず、伊藤らは検出において比喩や皮肉が検出できなかったとしている [16][13]。

誹謗中傷において、皮肉を用いた誹謗中傷の割合は、誹謗中傷の検出精度に大きく影響を与えない。皮肉を検出する理由として、誹謗中傷の検出の精度向上の他に、誹謗中傷の対策における、誹謗中傷の削除による削減で

⁷<https://www.inc.com/larry-kim/15-mind-blowing-statistics-reveal-what-happens-on-the-internet-in-a-minute.html>(2023/1/27 確認)

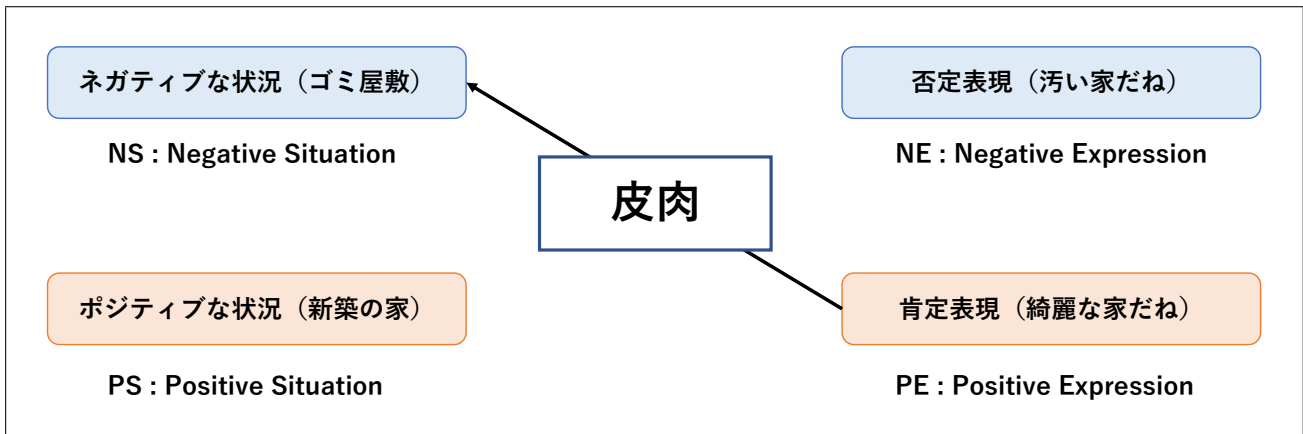


図 1: 皮肉の構造

はなく、予防による削減ができるということが挙げられる。否定表現を用いた誹謗中傷は検出することができ、削除や警告をすることにより対処することができる。誹謗中傷を投稿したユーザーは否定表現を選んで投稿しているため、否定表現を選択したことを自覚している場合がほとんどである。投稿の削除やアカウント凍結の対処であっても、ユーザーに責任があるためその対処に問題点は少ない。これにより運営からの警告を受けたユーザーは利用しているアカウントの制限やアカウントが削除されることを懸念し、誹謗中傷の再投稿を抑制させることができる。皮肉を投稿するユーザーも、皮肉による誹謗中傷を選択し投稿しているため、検出から対処をすることで抑制することができる。しかし、皮肉には肯定表現が使われるため、意図しない皮肉による誹謗中傷を投稿してしまうユーザーも存在する。例えば「足が遅い人」に対し「足が速いですね」という表現は皮肉になる。「足の遅い人」が今までよりも速く走っていたことに對する肯定表現であっても、この文だけであると「足の遅い人」はこの発言が皮肉だと捉えられてしまう。この場合、通報による警告を受けたとしても、何が皮肉と捉えられ誹謗中傷となったのかをユーザーが理解していないため、改善されることは難しい。ユーザーも誹謗中傷を意図していないが、アカウントが凍結されてしまうことや、人を傷つけるつもりがないが傷つけてしまうということは避けるべきである。このことから誹謗中傷において、皮肉を用いた誹謗中傷は少ないが、皮肉を検出し対策していくことは重要な課題であると考えられる。

皮肉検出の研究は複数存在する。そのうち、肥合らは皮肉を言われている対象に着目することで皮肉の検出を試みた [19]。皮肉の特徴として、皮肉には批判される対象が存在することが挙げられる。以下に皮肉対象が存在する皮肉文と、その皮肉文と対象が同じであるが皮肉対象ではない例をあげる。

例 3 君はさぼってばかりで忙しそうだね。

例 3 の文は皮肉文であり、「君」が皮肉対象である。

例 4 君はご飯を食べるときに嬉しそうだね。

例 4 の文は「君」が対象であり、対象を肯定的に評価していることが文から読み取ることができる。この文は皮肉対象と同じ単語が用いられているが、その対象が皮肉対象ではない。このように、同じ対象でも文により、皮肉対象かそうでないかに違いがある。皮肉の検出として、この対象に着目し、皮肉文のデータセットから機械学習を用いて皮肉対象となる人やものを検出し、それを含む文章を皮肉文として検出した。これにより皮肉検出において、対象の推定の有効性が示された。

この研究では学習を行うデータのラベル付けに、文のうち皮肉対象が明示的であるときにアノテーションを行っている。そのため、皮肉対象が非明示であるときアノテーションができない。対象のラベルがないと学習するデータには用いられていないため、検出することができていない。以下に、皮肉対象が非明示であるが、皮肉文となる例を挙げる。

例 5 開始早々メンテとか幸先がいいですね。

例 5 の文では、何かしらのシステムの運営が対象となる皮肉であるが、対象が非明示である。人には「メンテナンス」をするのは「運営」のようなものであるという知識がある。そのため、この文章を皮肉かどうか判断するとき、皮肉対象が明示されていなくても「開始早々にメンテナンスをする」という状況が、「運営」に対する皮肉であると判断することができる。対象を皮肉対象と推定するとき、推定を行うための文脈情報が存在する。その文脈情報として、皮肉対象と皮肉となる肯定表現の他に情報が存在する。文に用いられている対象が同じでも、その対象が皮肉対象かどうかを検出できるため、皮肉の検出にはその他の情報に着目することで、皮肉の検出ができると考える。本研究では、その情報として対象が皮肉の前提となる状況（以下、皮肉状況と記す）が含まれていると仮定する。皮肉対象の明示の有無は考慮せず、皮肉状況を検出することにより、皮肉の検出ができると考える。そこで、本研究では皮肉状況に着目する。皮肉

状況を検出することにより、皮肉文の検出を目指す。その端緒として、皮肉状況の検出が可能か検証する。

2 関連研究

皮肉を検出することを目的とした研究は複数存在している。皮肉検出の研究では、文章に皮肉が含まれているかどうかを分類するタスクが行われている。多くの研究で、機械学習を用いた分類手法が提案されている。しかし、そのほとんどが英語の文章を対象とした研究であり、日本語の文章を対象とした研究は少ない。英語での皮肉と日本語での皮肉には文化の差が存在する。英語の文章で行われた皮肉検出が、日本語の文章でも可能か検証した研究が存在する。

2.1 表層的なアプローチによる検出

Poria らは、皮肉に用いられる文からネガポジによる感情分析や 6 パターンの感情、発言者の性格などから皮肉文の特徴量を算出し皮肉の検出を行った [10]。Convolutional Neural Network(CNN) を用いて特徴量を算出し、事前学習モデルを作成することで皮肉検出に有効であることを示した。Reyes らは、任意の文字数で文章を分割する N-gram や中心のある単語から周辺の単語を予測する Skip-gram が皮肉検出において有効であると示している [2]。また Riloff らや Joshi らは、N-gram を用いて、皮肉は否定的な状況への肯定的な言及があることに着目し、皮肉検出モデルを構築している [6][1]。

2.2 皮肉の文脈情報に着目した検出

皮肉の検出には、文章全体の感情分析のような表層情報だけでなく、皮肉対象や皮肉状況と肯定表現がどのように係り合っているかを文脈情報として考慮する必要がある。

肥合らは評価表現に着目し、皮肉文の分析と抽出を行った [18]。皮肉に用いられている評価表現から構文のパターンを分析し、8つのクラスに分けた。文章から8つの皮肉パターンに当てはまる文を抽出し、婉曲や強調表現を用いているものを皮肉として抽出した。その中から、願望や後悔などの妥協の表現のために使われる肯定表現は否定的な意味を表していることあるため、例外として除去することで皮肉を検出した。これにより皮肉には構文パターンが存在することを確認し、その構文パターンに当てはめることで皮肉文を抽出することができた。しかし、それに伴い皮肉以外の文章が皮肉として誤検出される数も増加した。皮肉にパターンは存在するものの、それに当てはまる皮肉でない肯定表現が多く、皮肉の検出には、皮肉でない肯定表現を表す文章を除去する手法を考える必要がある。皮肉となる肯定表現などの、評価表現に着目して皮肉を検出することは、肯定表現と皮肉表現の違いを明確にしなければならないため、判断をすることが困難である。

さらに、肥合らは皮肉検出の際、文脈情報として皮肉対象と対象に不満を持つ立場関係に着目した検出を行った [17]。この研究において、皮肉には対象が存在し、その対象への期待に反したことへの否定的態度が表れていると示している。以下に、その例を挙げる。

例 6 彼は部下に仕事を押し付ける素晴らしい上司だ。

例 6 の文には、「部下」の「上司」に対して、上司であり仕事ができるはずであるという期待に反し、仕事ができないことについて皮肉が言われている。この皮肉対象と対象に不満を持つ立場との関係をベクトルとした、関係ベクトルを求めることにより、関係を考慮した検出モデルの作成を行った。関係ベクトルを考慮することは、皮肉を検出することに有効であり、対象を考慮することは皮肉の検出に有効であることが示された。しかし関係ベクトルが存在する皮肉は、作成したデータセットには約 22%しかなく、皮肉のパターンを網羅しているわけではない。

1.2 章で述べた通り、皮肉の対象を考慮することが皮肉の検出に有効であることから、肥合らは皮肉の対象に着目した皮肉の検出を行った [19]。皮肉文からなるデータセットから皮肉対象をラベル付を行い、Conditional random fields(CRFs) を用いて学習した。

また魚住らは感情生起要因に着目し、皮肉の検出を行なった [12]。感情生起要因とは、感情表現をする際に、その感情を引き起こした原因を指す。以下に、感情生起要因となる文の例を挙げる。

例 7 突然雨が降り出したのはがっかりだ。

例 7 の文であると、「がっかりだ」という感情表現を引き起こした「突然雨が降り出した」という文が、感情生起要因となる。皮肉文には、感情生起要因としてネガティブな感情を生起させる要因に類似する要因が含まれていることに魚住らは着目した。これにより、ネガティブな感情生起要因との類似度を測り、特徴量とすることは、皮肉の検出に有効であることが示された。ネガティブな感情を生起させる要因は、肯定表現が皮肉になるための、対象の状況であると考えられる。本研究で用いる皮肉状況は、このネガティブな感情を生起させる要因が含まれると考える。

2.3 新しい言語モデルを用いた検出

近年では Transformer[3] や BERT[8] などの新たな言語モデルを用いた皮肉文検出手法の研究も行われている。Potamias らは Transformer と呼ばれるニューラル機械翻訳モデルを用いた皮肉文検出手法を提案している [9]。Lee ら [7] は皮肉検出のワークショップ [5] において、BERT を用いた手法で最高精度を達成した。Zhang らは BERT 及び XLNet[11] モデルを用いた皮肉文検出手法を提案している [4]。

日本語においても BERT を用いた皮肉検出の研究が

行われている。諏訪らは日本語での皮肉検出を、BERTを用いて行った[14]。

松本らは、皮肉と同じく表層的な言語処理では理解できない、煽りの検出を行なった[20]。煽りに関しても、BERTは有効であることが示された。このようにBERTは皮肉検出に有効であるが、その検出精度向上に取り組む必要がある。これらの研究では、BERTに皮肉と非皮肉の文をデータセットとして学習しているため、BERTがどのように皮肉や非皮肉と判断したかが不明である。そのためBERTを用いて要素を分解し、学習することにより検出精度の向上ができると考える。

2.4 本研究の位置付け

皮肉は文脈情報を考慮することにより検出することができる。文脈の考慮には、対象とその状況に対して用いられる肯定表現を読み取る必要がある。文脈を考慮するための文脈情報として、皮肉対象に着目した皮肉検出の研究が存在した。皮肉対象で検出することは皮肉が明示的でないと皮肉が検出できず、対象の検出を行っても肯定表現が皮肉かどうかは不明である。例5のように対象がなくても皮肉と判断することは可能である。人はこれを対象の皮肉状況を読み取ることで判断することができると考えられる。そのため、皮肉の検出において皮肉状況を考慮することは重要であると考え。感情生起要因が存在するように、皮肉を生起させる要因に着目し皮肉の検出を目指す。その端緒として、状況を表す文から皮肉状況の検出を試みる。

3 皮肉の定義と皮肉状況検出の提案手法

本章では、皮肉の定義と皮肉状況の検出の提案手法を説明する。皮肉状況の検出にあたり、まず状況を表す文章が必要である。次に文章の集合から皮肉状況だけを検出する必要がある。先行研究でも課題となっているが、皮肉文はデータ数が少なく、学習において少ないデータから特徴量を算出する言語モデルを用いる必要がある。最後に、状況を表す文章から皮肉状況を検出しても、皮肉文に用いられる皮肉状況を検出できるかを検証する必要がある。以上の要件を満たす手法を提案する。

3.1 解くべき課題

本研究が解くべき課題は、皮肉状況に着目することで皮肉が検出できることである。皮肉対象の推定には皮肉状況の考慮されていると考える。これにより皮肉状況を検出することで皮肉を検出できると考える。そのため、皮肉状況の検出が必要である。本稿ではその中でも皮肉状況に着目する。文章の中から皮肉状況を表す文を抽出することを目的とし、皮肉状況に特徴があり検出できるかを検証する。状況を表す文から皮肉状況表す文を検出することにより検証を行う。

3.2 皮肉の定義

本研究で取り扱う皮肉の定義について説明する。皮肉は対象の欠点や弱点を遠回しに批判する言語現象であるが、その表れ方の多様性により一概に皮肉を特徴付けることは困難であり、何が皮肉かというような研究も存在する[15]。そのため本研究では、誹謗中傷の検出の際に極性判定の誤りの原因である皮肉に着目する。加えて、皮肉を含む文として、皮肉文を定義する。肥合らの研究では、皮肉の定義を「否定的な意味を伝える肯定表現」としている[18]。本研究における皮肉の定義でも肥合らと同様に「否定的な意味を伝える肯定表現」と定義する。以下に皮肉を含んだ文である皮肉文の例を挙げる。

例8 買ってすぐに壊れました。

本当にすばらしい耐久性ですね。

例8の文では下線部の肯定表現が皮肉であり、それを含んでいる文なので、皮肉文となる。

3.3 皮肉状況

本研究で取り扱う皮肉状況について説明する。皮肉文には皮肉対象と皮肉を表す表現が含まれている。皮肉対象を推定する際には、対象と皮肉を表す表現以外の文により対象が皮肉対象かどうか推定している。対象が皮肉対象と判断するとき、その対象を皮肉対象と推定するための他の情報が存在するため、その情報を考慮することで皮肉の検出を行う。皮肉文に含まれる、皮肉対象と皮肉を表現する文以外の文が、対象を皮肉対象にさせる文であるため、その文の情報は対象を修飾や説明する文であると考え。本研究では対象が皮肉対象となるための文の情報を、対象が皮肉の前提となる状況を表す文とし、皮肉状況とする。肯定表現が皮肉のとき、対象が皮肉対象であり、その対象は皮肉の前提となる状況であり皮肉状況である。例3の文では「君」の「さぼってばかり」という状況が、例5の文では何らかの「システム」が「開始早々にメンテナンスをしている」という状況が、例8の文では何らかの「商品」が「買ってすぐに壊れた」という状況が皮肉状況である。例5、8は皮肉対象が存在していないが、皮肉と判断することができる。これは対象が皮肉状況であるためである。対象や肯定表現が同じでも、皮肉状況でなければこの文は皮肉文にはならない。例えば例8の状況が「高いところから落としても壊れない」というような状況であると皮肉ではなくなる。

3.4 提案手法

本章では、本研究において、皮肉状況の検出をする手法を提案する。まず、状況を表す文を集めた状況文コーパスを作成する。この中には、状況の文から皮肉状況を検出することを目的とするため、コーパス内には皮肉状況だけでなく、皮肉でない状況（以下、非皮肉状況と記す）が含まれている必要がある。

次に、状況文コーパスから皮肉状況を検出する。状況文コーパスから皮肉状況と非皮肉状況を分類することにより皮肉状況を検出する。皮肉状況と非皮肉状況の文から特徴量を算出し分類できる分類器の作成を行う。分類器の作成には、文脈情報を読み取り、転移学習によりデータ数が少なくても学習することができる BERT を用いて作成する。最後に、作成した分類器を用いて、皮肉文に用いられている皮肉状況を検出できるか実験を行う。皮肉文に用いられている皮肉状況を検出するため、皮肉状況の文からなるデータセットを皮肉文から皮肉状況を抽出し作成する、皮肉状況コーパスを用いる。分類器と実験結果の精度の差を比較することで、状況文から皮肉状況を検出する分類器が、皮肉文における皮肉状況を検出することに有効かを検証する。

3.5 Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT)

本節では BERT について説明する。BERT は、Devlin らによって 2019 年に発表された自然言語処理モデルの 1 つである [8]。特徴として、文脈を理解することができる言語モデルであり、大規模テキストコーパスから、双方向 Transformer というニューラルネットワークの事前学習を行ったモデルである。この事前学習モデルは汎用的であるため、個々のタスクに合った実行器を組み合わせるファインチューニングを行うことができる。事前学習モデル構築による設問の解答を、個々のタスクのデータから別々の解答に微調整することにより、ファインチューニングを行う。これにより、データ数が比較的少なくても、事前学習モデルをそのタスク用に応用できる。双方向から単語を学習し、単語の周囲の文脈を学習することで、文脈を理解できる。そのため BERT は汎用性が高く、さまざまなタスクへの転移学習が可能である。これにより、様々な自然言語処理タスクにおいて、最高スコアを更新した。

次に、BERT モデルの概要について説明する。BERT の構造については、図 2 に示す。BERT の学習には、ラベルなしデータを用いて、複数のタスクで行う事前学習と、事前学習の重みを初期値として、ラベルありデータで調整するファインチューニングの 2 段階がある。

事前学習で、大規模コーパスを利用し汎用的な言語モデルを獲得する。これを利用し、ファインチューニングを行うことで、比較的少ないデータでも、各タスクのモデルを作成することが可能となっている。事前学習では、入力に対し、文章を分割した語彙であるトークンの穴埋め問題を行うことにより、トークンを予測するタスクである、Masked Language Modeling (MLM) をこなっている。また、2 つの文章を選出し、それが連続した文章かを当てるタスクである、Sentence Prediction (NSP) の 2 つの手法により行われる。事前学習だけをそのまま使

うことは珍しく、一般的に解きたいタスクによってファインチューニングを行うことで、そのタスクに特化したモデルを作成する。

ファインチューニングは、タスクの内容に応じて、事前学習モデルに新しい分類器を接続するなどして、タスクに特化したモデルの作成を行う。事前学習で得られたパラメーターに対して、正解のラベル付きデータを用いて分類器を作成し、BERT の事前学習モデルと分類器の両方のパラメーターの学習が行われる。

また、BERT はタスクへのファインチューニングだけでなく、中間層の重みを抽出することでテキストの特徴ベクトルとして用いることが可能である。

本研究では日本語の事前学習モデルを、皮肉状況と非皮肉状況により作成するデータセットを用いてファインチューニングすることで、分類器の作成を行う。データセットは 4.1 章に記す。

4 実装

本章では、皮肉状況の検出に必要なデータセットである状況文コーパス・皮肉状況文コーパスの作成と、皮肉状況と非皮肉状況を分類する分類器の作成について説明する。

4.1 データセット

本研究では Twitter の投稿を収集し、状況文コーパスと皮肉状況文コーパスのデータセットの作成を行う。投稿の収集には TwitterAPI⁸を用いて、ツイートを取得した。

先行研究では英語のデータセットの作成に、Twitter の投稿から「#sarcasm」や「#irony」をクエリとして取得することで、皮肉を含む投稿を収集している [9][7]。また日本語のデータセットの作成には、英語と同様に「#皮肉」をクエリとして取得することや、「(皮肉)」をクエリとして用いることで皮肉の収集をしている [14][19]。これらのクエリが採用された理由として、「#」と表されるハッシュタグという記号の特徴が挙げられる。ハッシュタグは SNS の投稿に対する「タグ」として利用され、ハッシュタグの後に特定のキーワードを付与することで投稿がタグ化される。そのため、ハッシュタグが用いられている投稿は、そのキーワードの内容が含まれた投稿であることが高いため、「#皮肉」では皮肉の内容を示す文章を取得することができる。文章が皮肉であることを意図して、投稿者は文末に「(皮肉)」をつける。そのため、「(皮肉)」をクエリとすることで、皮肉の内容を示す文章を取得することができる。しかし、「#皮肉」や「(皮肉)」をクエリとして用いた収集は皮肉の文章を含む投稿の収集は可能であるが、その中に皮肉状況を含むような投稿を集めるには不十分である。

⁸<https://help.twitter.com/ja/rules-and-policies/twitter-api>(2023/1/27 確認)

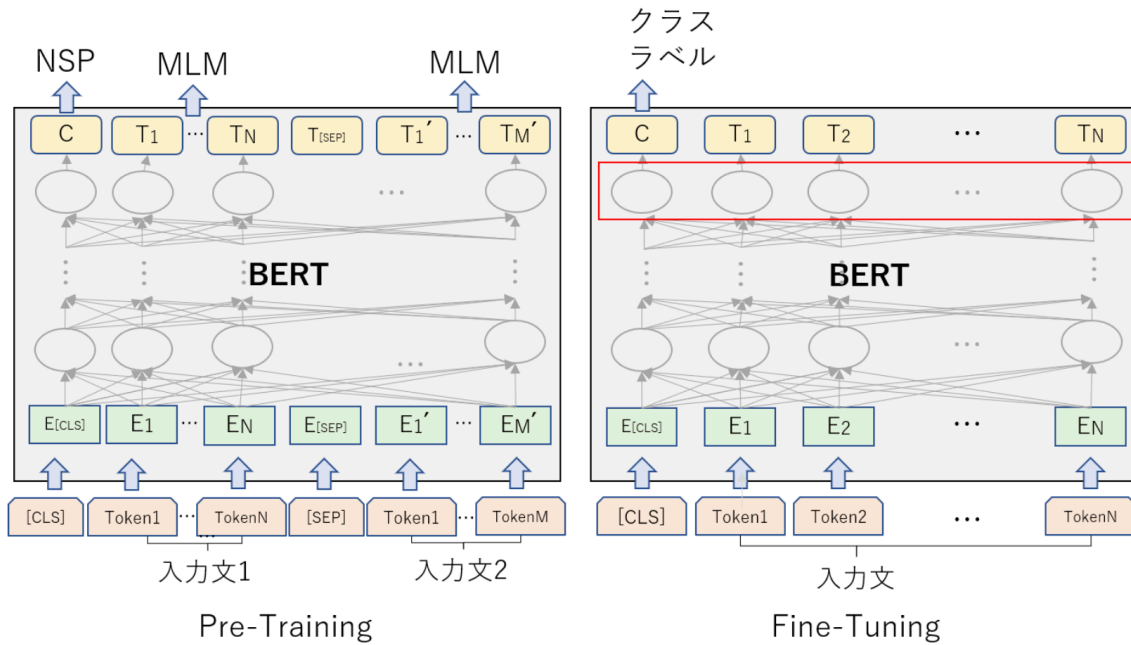


図 2: BERT の構造図

そこで本研究では、上記の日本語でのクエリを拡張し、「皮肉」をクエリとし、「皮肉」という単語が入っているツイートを取得した。これにより皮肉を含む投稿だけでなく、皮肉に関する投稿を収集できると考える。期間は2022年5月から7月の約2ヶ月間のうちに投稿されたものを取得し、161,693件の投稿を収集した。各コーパスを作成するにあたり、TwitterAPIで取得したままの状態であると、ツイート内にリプライ先のアカウント名を表す@が含まれていることや、画像付の投稿ではhttps://に続くURLが存在するため、テキストデータの学習の際にノイズとなる。そのため収集したツイートに対し、@以降のアカウント名の削除、https://に続くURLの削除を前処理として行なった。

4.1.1 状況文コーパス

状況文コーパスの文が満たす条件として、まず、状況を表す文が含まれている必要がある。次に、皮肉状況と非皮肉状況を分類するため、その状況を表す文を含む文が皮肉状況が含まれている文と非皮肉状況が含まれている文である必要がある。最後に、文を学習し、皮肉状況を検出するため、その文だけで状況判断できる必要がある。以下、皮肉状況が含まれている文、非皮肉状況が含まれている文の順に、収集の方法について述べる。

皮肉状況が含まれている文は、「皮肉」のクエリで収集した文のうち、「と (い | ゆ | 言) う皮肉」を採用し抽出した。「と (い | ゆ | 言) う」は、事柄を取り立てて強調するときに使う表現であり事柄とは、その物事がどのような様子を表しているかを示す。「と (い | 言) う皮肉」

は、その前に書かれている様子を強調したいときに用いる表現である。これは、皮肉だと投稿者が感じるときに用いられる表現であり、肯定表現を用いた皮肉の文を投稿していないため、文に皮肉となる肯定表現が含まれない。「と (い | ゆ | 言) う皮肉」の前の文を抽出することにより、皮肉状況を表す文のみを収集することができる。Twitterの口語性を考慮し、「って (い | ゆ | 言) う皮肉」や「とか (い | ゆ | 言) う皮肉」などの類似した表現も収集する必要があるため、「う皮肉」をクエリとして抽出した。以下に、「う皮肉」をクエリとして抽出した、皮肉状況が含まれている文の例を挙げる。

例 9 裁判官が法を犯すという皮肉。

この文であると下線部が皮肉状況となる。「皮肉」のクエリで収集した文のうち、「う皮肉」は7,966件存在した。状況文コーパスの作成にあたり、文章内に「皮肉」と言う単語が含まれている場合、この単語が手がかり語となり学習されることが懸念される。それを避けるため、「皮肉」という単語を削除する必要がある。例9であれば、「という皮肉」を削除することにより皮肉状況のみを表す文となる。「う皮肉」により抽出したデータを表1にまとめる。抽出した文には全て「皮肉」という単語が含まれており、学習の際にこの単語が特徴量として学習され、皮肉状況検出の手がかり語となるため、この文に対し前処理として、「皮肉」の単語を削除した。単語を削除する際、削除された文が、状況を表す内容を示し、文として成立させるため、抽出した文から表1の単語以降の文を削除した。削除の処理を行う際、「という皮肉」の削除を「なんという皮肉」の前に削除すると、文内に「な

表 1: 「う皮肉」に含まれる皮肉状況

削除した単語	件数	削除した単語	件数	皮肉状況に該当しない文	件数
なんという皮肉	247	とかいう皮肉	155	こういう皮肉	233
なんと言う皮肉	15	とか言う皮肉	12	こう言う皮肉	13
なんとゆう皮肉	2	とかゆう皮肉	0	こうゆう皮肉	3
という皮肉	5073	ていう皮肉	28	そういう皮肉	196
と言う皮肉	357	て言う皮肉	7	そう言う皮肉	11
とゆう皮肉	11	てゆう皮肉	1	そうゆう皮肉	0
っていう皮肉	900	いう皮肉	35	どういう皮肉	66
って言う皮肉	141	言う皮肉	39	どう言う皮肉	4
ゆう皮肉	17	しまう皮肉	127	どうゆう皮肉	0
ってゆう皮肉	2				

この文は「良いよねえ」の部分が皮肉となる文であり、それを含む文であるので皮肉文である。この文から「良いよねえ」の部分を削除することにより、皮肉状況を抽出することができる。収集した皮肉文に対して、Yahoo! クラウドソーシングを用いて 390 人に皮肉の記述箇所にアノテーションを付与させ、皮肉文に含まれる皮肉となる文を収集した。

最後に、皮肉文から、皮肉文に含まれる皮肉を削除することにより、皮肉状況を抽出した。抽出した文章 3587 件を用いて、皮肉状況コーパスとした。

4.2 皮肉状況と非皮肉状況の分類

本節では、状況文コーパスの文を皮肉状況と非皮肉状況に分類するための分類器について説明する。分類器の作成は BERT を用いて行なった。本研究での、プログラムの実行環境として、Google Colabratory¹⁰を用いた。Google Colabratory は、機械学習の普及を目的とした、Google の研究プロジェクトの 1 つである。Google Colabratory はブラウザ上でプログラムを実行でき、環境構築をほとんど必要とせずに利用できるサービスである。また GPU を無料で使用することができ、機械学習などの計算を容易に行うことができる。本研究での環境はこの Google Colabratory で行い、Google Colabratory の環境設定としてメモリは 13GB RAM、GPU は、NVIDIA Tesla T4 GPU の環境で行なった。

また、BERT の事前学習済モデルとして、東北大学の乾研究室が公開している、「BERT の日本語事前学習モデル」¹¹を用いた。このモデルは学習コーパスとして、日本語 Wikipedia 内の文を約 1,700 万文用いて学習させたモデルである。この事前学習モデルに対して、ファインチューニングを行い、分類器の作成を行う。事前学習モ

デルに、状況文コーパスを用いて皮肉状況と非皮肉状況の文の特徴量を学習させ、ファインチューニングを行った。ファインチューニングにおけるドロップアウト率は 0.1、学習係数は 1.0×10^{-5} 、バッチサイズは 16、エポック数は 10 である。学習には、状況文コーパスの 5,000 件のうち、4,000 件を用いて文の特徴量を算出し、皮肉状況と非皮肉状況の分類器を作成した。この際、学習データを訓練データ 3,000 件と検証データ 1,000 件にランダムに分けて行った。

評価実験では、作成した分類器により、状況文から皮肉状況を検出する。

5 評価実験

本章では、皮肉状況の検出に対して精度の評価を行う実験について説明する。評価実験 1 では、BERT により作成した皮肉状況と非皮肉状況を分類する分類器の精度の評価を行う。この実験には、状況文コーパスのうち学習に用いなかった 1,000 件を用いて行う。評価実験 2 では、皮肉状況文コーパスを用いて皮肉状況と非皮肉状況を分類する分類器が、皮肉文に含まれている皮肉状況を検出可能かの検証を行う。

6 考察

本章では実験結果から、皮肉状況の検出の精度と、分類器により誤判断された原因について考察する。

6.1 評価実験 1 の考察

皮肉状況と非皮肉状況を分類する分類器の精度を評価することを目的とした、評価実験 1 の結果について考察する。この分類器での正解率は 0.867 であり、適切に状況文コーパスを分類できていることが確認できた。これにより、状況文コーパスを用いて作成した分類器は、状況を表す文がある場合、皮肉状況と非皮肉状況を分類することで、皮肉状況を検出できることが示された。

¹⁰<https://colab.research.google.com/> (2023/1/23 確認)

¹¹<https://www.nlp.ecei.tohoku.ac.jp/news-release/3284/> (2023/1/23 確認)

評価実験 1 で、状況文コーパスのテストデータにおいて、誤判断されたデータを表 2 に表示する。分類器が皮肉状況と誤判断した文を確認すると、表 2 中の例 19 のように、文に書かれている状況だけでは皮肉かどうか判断することができない文が存在した。このような文では、この前後に連なる状況を表す文や評価表現により皮肉状況かどうかを判断することができる。例えば、表 2 中の例 19 の状況文に「直らないとされていたのに」という状況や「人間はすごいな」のような評価表現があれば、非皮肉状況となる。反対に、「高額の治療を予約したのに」という状況や「医者はやはり必要だ」のような評価表現があれば、皮肉状況となる。このように状況文コーパスだけでは、皮肉状況と非皮肉状況が判断できない文が存在する。このような文をコーパスから除き学習することや、その前後に連なる文をコーパスに組み込み学習することにより、この皮肉状況を検出できると考える。

また、非皮肉状況として採用した「と(い|ゆ|言)う奇跡」は皮肉状況ではない状況として、奇跡的な状況を表す文となっている。この奇跡的な状況のうち、表 2 中の例 20 のように奇跡的な状況が起きることが、皮肉状況になり、「と(い|ゆ|言)う奇跡」が皮肉として用いられている文が存在した。分類器としては、誤判断となっているが、この文は状況文コーパスの作成の際にノイズとして含まれた文であり、皮肉状況を表す文である。そのため、学習における改善ではなく、状況文コーパスの作成段階でのノイズの除去の方法を考える必要がある。

分類器が非皮肉状況と誤判断した文を確認すると、表 2 中の例 21 のように、ポジティブな内容が含まれている文が存在した。この文の、前処理により削除した部分には、笑顔の方が綺麗であると思っていたが、真顔の方が綺麗だと言われた事実が皮肉であるという内容の文であった。このように、ポジティブな状況が皮肉状況になる文も存在するため、「真顔」という単語に対する前提知識の考慮や、「の方が」などの文のパターンによる検出を組み込む必要がある。表 2 中の例 22 の文でも、前処理により削除した部分に、自由をやめて、良い子を演じていることに対して、皮肉な状況であるという内容の文であった。前処理による「と(い|ゆ|言)う皮肉」以降の文を削除したことにより、必要な文脈を読み取ることができない文も存在することが確認できた。「皮肉」や「奇跡」という手がかり語を削除しつつも、文として成立する文になる前処理を考える必要がある。

6.2 評価実験 2 の考察

皮肉状況と非皮肉状況を分類する分類器が、皮肉文に含まれている皮肉状況の検出を検証することを目的とした、評価実験 2 の結果について考察する。この分類器が、皮肉状況文コーパスから皮肉状況を検出した正解

表 2: 評価実験 1 において誤判断された文

皮肉と 誤判断	例 19 寝て起きたら症状が回復する
	例 20 合致している情報が何一つとしてない
非皮肉と 誤判断	例 21 わたしは真顔の方が綺麗
	例 22 良い子はみんな褒美がもらえる

率は 0.786 であり、皮肉状況を検出できていることがわかった。

皮肉状況コーパスに対し非皮肉状況と誤判断された文 767 件の内容を人手で確認した結果、(1) 皮肉状況の記述を含まない文 434 件と (2) 皮肉状況の記述を含む文 333 件に分けることができた。誤判断された文の原因を考察する。誤判断された原因と、その文が皮肉状況となる要因を考察するため、皮肉状況文コーパスの作成にあたり、皮肉状況を抽出した皮肉文を例に挙げる。(1)、(2) のそれぞれの例文を表 3 に示す。(1) については、皮肉状況文コーパスを作成する際に用いた皮肉文に、皮肉状況が含まれていなかったことが原因であると考えられる。皮肉文から皮肉状況を抽出する際、皮肉文の皮肉を表す文を削除するため、皮肉状況を含まない皮肉文から皮肉を表す文を削除すると、文として成立しない文だけが残る。(1) は皮肉状況コーパスとしては不適當であり、あらかじめ皮肉状況コーパスから削除する必要がある。以下に、皮肉文に皮肉状況が含まれなかった例を挙げ、考察する。表 3 中の例 23 では「つくづく平和ですね」が皮肉であり、皮肉文から皮肉を削除すると、「日本って」が皮肉状況とされ抽出される。表 3 中の例 24 では「先進的ですからね…」が皮肉であり、皮肉文から皮肉を削除すると、文全体が削除されてしまう。このように、皮肉状況コーパスの作成において、皮肉文に含まれる皮肉状況のみを抽出する必要がある。これらの文は皮肉状況ではないため、皮肉状況文コーパスから削除する必要がある。

また、(2) については、表 3 中の例 25 のように前後の文から皮肉状況と判断できない文が存在した。この例では「お元気そうでなにより」が皮肉であるが、「ご近所さん」という皮肉対象の「おおはしゃぎ」という状況を皮肉状況と判断することができなかった。人間がこの皮肉文から皮肉状況を判断する際、その文から読み取れる背景や前提知識を含めて判断する。例えば、文から読み取れる背景として、「家同士が近い」ということや、前提知識として、「ご近所が大はしゃぎするとうるさい」というようなことが挙げられる。そのため、このような皮肉状況を検出するためには、皮肉状況の前後の文を考慮することや、単語ごとの前提知識を組み込んだ特徴量を算出

することが必要であると考える。

表 3 中の例 26 のように状況文コーパスにおける、非皮肉状況と類似している文が存在した。この例では、「居眠り」という否定的な状況に「年収 1000 万超えてできる」という肯定的な表現が、奇跡的な状況と類似している文のため、誤判断されたと考える。これは状況文コーパスにおいて皮肉状況と非皮肉状況に共通した特徴量があるため、分類を明確にはできていないことが原因であると考えられる。状況文コーパスにおける非皮肉状況に「と(い|言)う奇跡」以外の状況文を加えることで、精度の向上が可能であると考えられる。

6.3 分類器の皮肉状況を検出への有効性

評価実験 1, 2 から、分類器での皮肉状況の検出精度と、皮肉文に含まれる皮肉状況の検出精度の差は 0.081 であった。評価実験 2 において、(1) の文は皮肉状況でないため、この文を含まずに計算すると、正解率は 0.894 であり、分類器との差は 0.027 である。誤判断されたとどちらの評価実験の例でも、文の要素が同じような文が原因で誤判断されている。これにより、状況文コーパスから皮肉状況と非皮肉状況を検出する分類器は、皮肉文に含まれる皮肉状況を検出可能であると示された。

本研究で作成した分類器は、状況を表す文があったときに、皮肉状況と非皮肉状況进行分类することができる。状況が皮肉状況となるには、状況を表す文に対して、皮肉となる肯定表現が含まれることで皮肉状況となる。そのためこの分類器は、皮肉状況と非皮肉状況の分類を、状況の文から感情分析のような特徴により分類がなされた可能性がある。そのため、皮肉が含まれる文から、皮肉状況を検出できているかの検証として、ネガティブな状況を表す文と皮肉状況を表す文から、皮肉状況を検出する実験を行う必要がある。

7 まとめ

本研究では誹謗中傷の削減に向けて、皮肉対象の有無を考慮せず、皮肉状況に着目し皮肉状況を検出することで、皮肉を検出することを目指した。その端緒として、皮肉状況の検出が可能か検証を行なった。まず、Twitter 上の投稿されているデータを収集し、状況を表す文のうち、皮肉状況と非皮肉状況からなる、状況文コーパスを作成した。次に、BERT を用いてその状況文コーパスを学習し、皮肉状況と非皮肉状況进行分类する分類器を作成した。分類器の精度検証として正解率を算出した。正解率は 0.867 で、皮肉状況と非皮肉状況进行分类することができた。最後に、分類器が皮肉文に含まれる皮肉状況を検出可能か、検証を行なった。結果は、皮肉状況を検出した正解率が 0.786 であり、分類器による皮肉状況の検出が、有効であることがわかった。本論文では、状況を表す文から皮肉状況を検出した。今後は、ネガティブな

状況と皮肉状況に差があり、分類できるか検証することや、皮肉となる肯定表現を考慮し皮肉状況を検出する手法を考えていく。また本実験には BERT を用いたため、BERT の上位モデルである XLnet での検出も可能か行なっていく。

8 謝辞

本研究の遂行及び本論文の執筆にあたり、懇切なるご指導、ご鞭撻を賜りました関西大学総合情報学部総合情報学科の松下光範教授に深く感謝申し上げます。並びに、研究を進めるにあたり関西大学総合情報学部総合情報学科の山西良典准教授にはアドバイスを頂きましたこと深く感謝申し上げます。また、研究指導、論文添削等、多くの力添えを頂きました関西大学大学院総合情報研究科知識情報学専攻松下研究室所属の先輩方皆様に心より感謝申し上げます。また、多くの協力をしていただき、切磋琢磨させていただいた、総合情報学部総合情報学科の同期である 13 期生の皆様に心より感謝を申し上げます。最後に、大学生生活を支えて、応援してくださった家族に感謝の意を表すとともに謝辞といたします。

参考文献

- [1] Aditya, J., Vinita, S. and Pushpak, B.: Harnessing context incongruity for sarcasm detection, *Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 2: Short Papers)*, pp. 757–762 (2015).
- [2] Antonio, R., Paolo, R. and Tony, V.: A multidimensional approach for detecting irony in twitter, *Language resources and evaluation*, Vol. 47, No. 1, pp. 239–268 (2013).
- [3] Ashish, V., Noam, S., Niki, P., Jakob, U., Llion, J., N, G. A., Lukasz, K. and Illia, P.: Attention Is All You Need, *Advances in neural information processing systems*, Vol. 30 (2017).
- [4] Cheng, Z., Masashi, K. and Hayato, Y.: Evaluation of bert and xlnet models on irony detection in english tweets, *DEIM Forum*, pp. 1–7 (2020).
- [5] Debanjan, G., Avijit, V. and Smaranda, M.: A Report on the 2020 Sarcasm Detection Shared Task, *Proceedings of the Second Workshop on Figurative Language Processing*, pp. 1–11 (2020).
- [6] Ellen, R., Ashequl, Q., Prafulla, S., Lalindra, D. S., Nathan, G. and Ruihong, H.: Sarcasm as Contrast between a Positive Sentiment and Negative Situation, *Proceedings of the 2013 conference*

表 3: 評価実験 2 において非皮肉状況と誤判断された例

(1) 皮肉状況の記述を含まない文	例 23 日本ってつくづく平和ですね
	例 24 先進的ですからね…
(2) 皮肉状況の記述を含む文	例 25 ご近所さんはすでにビニールプールでおおはしゃぎお元気なことでなにより
	例 26 居眠りしても年収 1000 万を超えてできる良い世の中じゃないですか

on empirical methods in natural language processing, pp. 704–714 (2013).

- [7] Hankyol, L., Youngjae, Y. and Gunhee, K.: Augmenting data for sarcasm detection with unlabeled conversation context, *arXiv preprint arXiv:2006.06259* (2020).
- [8] Jacob, D., Ming-Wei, C., Kenton, L. and Kristina, T.: Bert:Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding, *arXiv preprint arXiv:1810.04805* (2018).
- [9] Potamias, R. A., Siolas, G. and Stafylopatis, A.-G.: A transformer-based approach to irony and sarcasm detection, *Neural Computing and Applications*, Vol. 32, No. 23, pp. 17309–17320 (2020).
- [10] Soujanya, P., Erik, C., Devamanyu, H. and Prateek, V.: A deeper look into sarcastic tweets using deep convolutional neural networks, *arXiv preprint arXiv:1610.08815* (2016).
- [11] Zhilin, Y., Zihang, D., Yiming, Y., Jaime, C., R, S. R. and V, L. Q.: Xlnet:Generalized autoregressive pretraining for language understanding, *Advances in neural information processing systems*, Vol. 32 (2019).
- [12] 魚住惟, 内田ゆず, 荒木健治: 皮肉検出における感情生起要因の有効性, FIT2018 (第 17 回情報科学技術フォーラム), 第 2 分冊, pp. 163–166 (2018).
- [13] 伊藤圭吾, 荒澤孔明, 服部峻: 誹謗中傷による被害を減らすためのツイートにおけるトゲワード検出, 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, Vol. 120, No. 311, pp. 7–12 (2021).
- [14] 諏訪光輔, 張建偉: BERT 及び絵文字を利用した日本語文における皮肉の検出, (*DEIM2021 H31-4*) (2021).
- [15] 内海彰: アイロニーとは何か?—アイロニーの暗黙的提示理論, 認知科学, Vol. 4, pp. 4.99–4.112 (2018).
- [16] 石坂達也, 山本和英: Web 上の誹謗中傷を表す文の自動検出, 言語処理学会第 17 回年次大会, No. E1-6, pp. 131–134 (2011).
- [17] 肥合智史, 嶋田和孝: 関係ベクトルを利用した皮肉の検出, 言語処理学会第 24 回年次大会 発表論文集, Vol. 829–832 (2018).
- [18] 肥合智史, 嶋田和孝: 評価表現に着目した皮肉文の分析と抽出, 情報処理学会九州支部 火の国情報シンポジウム 2016 4A–1 (2016).
- [19] 肥合智史, 嶋田和孝: 皮肉検出のための皮肉の対象の推定, 研究報告ドキュメントコミュニケーション (DC), Vol. 2018, No. 2, pp. 1–5 (2018).
- [20] 松本典久, 上野史, 太田学: BERT を利用した煽りツイート検出の一手法, 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2021 I14-2) 論文集 (2021).

階層性に着目した
レビューコーパスの特徴可視化ツールの構築

林沙也加

階層性に着目したレビューコーパスの特徴可視化ツールの構築

情 19-0349 林 沙也加

指導教員 松下 光範

1 はじめに

大量の自然文を集約して体系化された言語コーパスは、目的に応じて組み合わせて活用することができる。山西らは飲食店のレビュー文中にホスピタリティと料理の観点が混在していることに着目し、このレビュー文を機械的に分類するために、ホスピタリティに関する特徴を持つホテルレビューコーパスと、料理に関する特徴を持つレシピレビューコーパスを組み合わせた擬似コーパスを用いて分類器を作成している [1]。この事例が示すように、性質の異なる複数のコーパスを組み合わせることは新たなコーパスの活用方法を検討する上で有用であるが、階層性を持つコーパスの場合、階層ごとの情報の偏りに注目することで、1つのコーパスであっても同様の活用方法が可能になる。例えば、EC サイトのように多様な商材を扱うサービスから構築されたレビューコーパスの場合、商品のカテゴリ分類に代表されるデータの部分集合を取り出してその差異を比較することにより、各集合の組み合わせを擬似コーパスとして活用することが期待できる。大規模なコーパスをもとにした擬似コーパスの作成を円滑化するためには、ユーザがコーパス内の階層ごとの部分的な特徴を容易に峻別できることが望ましい。本研究は、楽天市場のレビューコーパスを対象に、このコーパスが持つカテゴリの多様性と階層性に着目して、部分的なレビュー集合の特徴を可視化するツールの構築を目指す。本稿では、レビュー集合間の差異を容易に把握することを目的として、その関係性に応じた比較方法を検討した。

2 可視化ツール

試作した可視化ツールを図 1 に示す。この可視化ツールでは、2つのカテゴリが指定されるとカテゴリの根ノードまでの階層構造図、各カテゴリ中のレビューに出現する語彙の累計度数図、および語彙のワードクラウドを表示する。階層構造図では、ユーザは2つのカテゴリの階層的な位置関係を把握することができる。累計度数図では、カテゴリを表現するのに十分な語彙数があるカテゴリに含まれるレビュー文中に存在しているかを確認できる。ワードクラウドでは、カテゴリの特徴となる代表的な語彙を一覧できる。ユーザは可視化ツールを用いて2つのカテゴリ情報の差異やデータ量を探索的に比較することで、自身の目的に沿ったレビュー集合を見つけることが期待できる。このツールを用いてユーザがノード同士を比較するケースとして、(1) 同一階層にあるノード間の比較と (2) 親子ノード間の比較が想定される。以下に、各ケースにおける提示語彙の選定方法について述べる。

3 同一階層間の比較

同一階層にあるノードを比較する場合、比較対象が兄弟ノードである場合（図 2-A 参照）と、異なる親ノードに接続されたノードである場合（図 2-B 参照）が想定される。比較対象が兄弟ノードである場合、それらのノードに共通して含まれる語彙（以下、共通語と記す）が表示されると、ユーザがノードの情報を把握しづらくなる可能性があるため、この場合は共通語を除き、各々のノードに固有の語彙を提示する。一方で、比較対象が兄弟ノードでない場合、ノードの階層的な位置関係が遠くなり共通語が減少することが想定されるため、各々のノードに含まれる全ての語彙を提示する。この共

結果

一つ目のジャンルID: 502835
 ジャンル名(パス): [TV, TV・オーディオ・カメラ, 'オーディオ', 'ヘッドホン・イヤホン']
 二つ目のジャンルID: 200150
 ジャンル名(パス): [TV, TV・オーディオ・カメラ, 'オーディオ', 'セットコンボイ']

結果

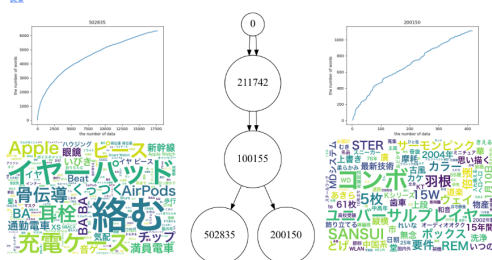


図 1 システム画面

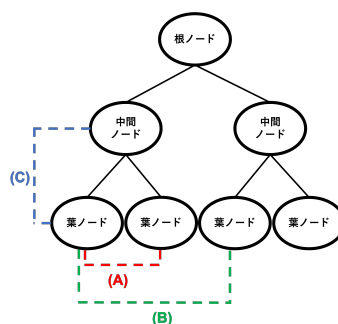


図 2 階層構造



図 3 比較対象が兄弟ノードでない場合のワードクラウド

通語を特定する基準として、本システムでは兄弟ノードを対象とした inverse document frequency (以下、IDF と記す) を用いた。IDF の高い語彙はあるノードにおいて特徴となる語彙であるため、IDF の高い語彙をノードの情報とすることでユーザがノードの特徴を把握しやすくなると期待できる。なお、親子関係にない中間ノード同士を比較する場合は、その中間ノードに接続された葉ノードに含まれるレビュー文を集約して扱う。

一例として、ヘッドホン・イヤホンカテゴリを対象としたワードクラウドを提示する。比較対象が兄弟ノードの場合は「充電ケース」、「骨伝導」、「イヤープッド」などの本カテゴリの特徴となる語彙が提示され (図 1 左下)、比較対象が兄弟ノードでない場合は「購入」、「思う」、「使う」などの他のノードにも出現する語彙が大きく提示される (図 3 参照)。

4 親子ノード間の比較

親子ノード間の比較 (図 2-C 参照) は、ユーザの目的に応じて適切な深さでノードを選定する際に用いることが想定される。子ノードにはそのノードのトピックに関わる特徴語が集中して現れると考えられる反面、カテゴリが細分化されているためデータ量が少なくなる。一方、その親ノードには複数の子ノードが接続しているため、データ量は多くなるもののトピックが混在しており、単一の子ノードを対象とするよりもノイズが含まれる可能性が高まる。そのため、こうしたトレードオフを勘案して目的に応じた適切な階層のノードを選択するために、親ノードの語彙と子ノードの語彙を比較する必要がある。この場合、親ノードは接続されている全ての子ノードの語彙を親ノードに集約し、子ノードの語彙と比較できるように提示する。

5 おわりに

本稿では、楽天市場のレビューコーパスが持つカテゴリの多様性と階層性に着目して、部分的なレビュー集合の差異を把握するための可視化ツールを構築した。試作したツールは、階層構造図、累計度数図、ワードクラウドをユーザに提示することでレビュー集合の特徴把握を容易にする。このとき、比較対象のノード間の関係性に応じて提示する語彙の選定基準を変更している。今後は、ツールの利用を通じて機能の改良と有用性の評価を行う。

参考文献

- [1] 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.1-8 (2021).

階層性に着目したレビューコーパスの特徴可視化ツールの構築

情 19-0349 林 沙也加

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: 大量の自然文を集約して体系化された言語コーパスは、目的に応じて組み合わせ擬似コーパスとして活用することができる。階層性を持つコーパスの場合、階層ごとの情報の偏りに注目することで、1つのコーパスであっても同様の活用方法が可能になる。大規模なコーパスをもとにした擬似コーパスの作成を円滑化するためには、ユーザがコーパス内の階層ごとの部分的な特徴を容易に峻別できることが望ましい。そこで本稿では楽天市場のレビューコーパスを対象に、このコーパスが持つカテゴリの多様性と階層性に着目して、部分的なレビュー集合の特徴を可視化するツールを構築した。

1 はじめに

1.1 背景

大量の自然文を集約して体系化された言語コーパスは、ユーザの目的に応じて組み合わせ活用することができる。山西らは飲食店のレビュー文中にホスピタリティと料理の観点が混在していることに着目し、このレビュー文を機械的に分類するために、ホスピタリティに関する特徴を持つホテルレビューコーパスと、料理に関する特徴を持つレシピレビューコーパスを組み合わせた擬似コーパスを用いて分類器を作成している [18] (図 1 参照)。

ホテルコーパスは、主にホテルレビューデータを基に宿泊施設の経営改善とマーケティング力向上を目指すこと [6] や、コーパスに含まれる施設情報を基に宿泊施設ランキングを提案すること [11] などに用いられる。またレシピコーパスは、主に料理レシピの検索システムを作成すること [13] や、料理レシピに含まれる材料を代替する材料を発見すること [17] などに用いられる。このように、ホテルコーパスはホテル関連の研究に使用され、レシピコーパスは料理関連の研究に使用されることが多いが、山西らの事例が示すように性質の異なる複数のコーパスを組み合わせ、本来そのコーパスの使用法として想定されていない方法で活用することは、新たなコーパスの活用方法を検討する上で有用である。

階層性を持つコーパスの場合、階層ごとの情報の偏りに注目することで、1つのコーパス内であっても擬似コーパスの作成が可能になる。例えば、EC サイトのように多様な商材を扱うサービスから構築されたレビューコーパスの場合、商品のカテゴリ分類に代表されるデータの部分集合を取り出して比較することで、各集合の組み合わせを擬似コーパスとして活用することが期待できる。

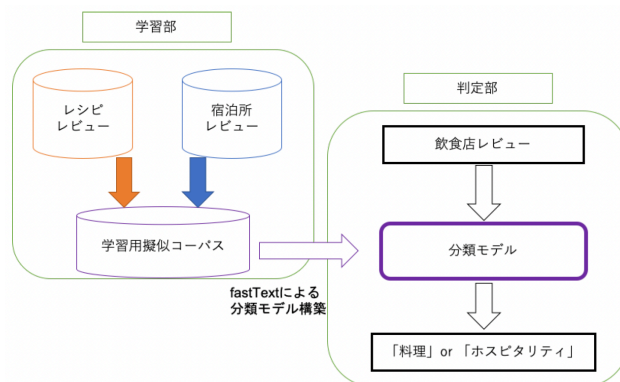


図 1: 擬似コーパスの概要 (文献 [18] より引用)

1.2 問題

擬似コーパスを作成する際、作成者は性質の異なるコーパスを組み合わせるが、このとき組み合わせるコーパスが自身の目的に沿っているか確認することが必要であり、これは大規模なコーパスをもとにした擬似コーパスの作成する際も同様にコーパスを様々な角度から観察し、事前に確認する必要がある。そのため、カテゴリが階層的に分類されている大規模なコーパスをもとにした擬似コーパスの作成を円滑化するためには、ユーザがコーパス内のカテゴリに含まれる特徴を容易に峻別できることが望ましい。

1.3 解決方針

本研究は、楽天市場のレビューコーパスを対象に、このコーパスが持つカテゴリの多様性と階層性に着目して、部分的なレビュー集合の特徴を可視化するツールの構築を目指す。ユーザが自身の目的に沿った擬似コーパスを作成するために、階層性を持つコーパスの部分的な



図 2: 映画レビューのコロナ前後の比較ワードクラウド (文献 [16] より引用)

レビュー集合の特徴を比較することが考えられる。そこで、ツールではコーパスの部分集合にユーザが求める要素が含まれているか把握するために、部分集合に含まれる語彙を大まかに把握可能な機能を付与する。

2 関連研究

2.1 概念についての研究

竹元ら [10] は、既存のデータセットを組み合わせて擬似コーパスを作成し、分析対象である任意のテキストデータに対してアノテーションを付与せずテキスト分類の可能性を示した。この研究では、「立場」、「論理性」、「文体」の三つの観点からテキスト分類するために弁護士ドットコムデータ、不満調査データ、会話データを用いて擬似コーパスを作成し、それぞれ特徴的な単語や表現が含まれていることが確認できた。

山西ら [19] は、漫画や映画などのコンテンツにおいて、連続的なベクトルによって意味を表現するより、離散的な概念の有無によって、コンテンツの特性を捉えた方が自然な場合が多くあると考え、人間のコンテンツ認識では、離散的な概念の有無を捉えていると仮定した。コンテンツに関わる語彙を標本化し、人間のコンテンツ認識を模した概念アトリビュートを提案した。

2.2 指標・テキスト分類についての研究

Anna[2] は、ユークリッド距離を除けばコサイン類似度、Jaccard 係数、Pearson の相関係数、カルバック・ライブラー情報量の平均値はテキスト文書クラスタリングタスクに対して同等の有効性を持つことが判明した。用いたクラスタ分析のタイプは分離的であり、類似度や距

離の測定が必要である。しかし、最終結果に影響を与える要素はオブジェクトの表現、距離や類似度の測定、クラスタリングアルゴリズムの三つであることが分かった。

安藤ら [9] は、テキストベースの文章分類を題材にして、深層学習から学習された分類パターンを表すネットワークの解釈を支援するシステムを提案した。また、提案手法によって、分類パターンを解釈することはデータ分析初心者でも可能となることを確認した。

今田 [14] は、語彙多様性指標の特徴について検討し、単回帰分析の残差を利用してテキストの長さが語彙多様性を評価する指標値に及ぼす影響を補正した。この手法では、サンプルの分布を表すメーターが明らかな場合、延べ語数と異なり語数のみを入力として計算でき、明らかなではない場合、サンプル全体の分布を表すパラメータを単回帰分析によって計算する必要がある。しかし、この手法には問題点が二つある。一つ目は、回帰直線の傾きにおいて、今田が作成した表から参照する方が容易であるが、良い補正を得るためには、分析対象となるサンプルについて単回帰分析を行って、回帰直線の傾きを算出する必要がある点である。二つ目は、延べ語数と異なり語数のみでは、語彙の豊かさを測ることができない点である。

2.3 可視化に関する研究

Payton ら [3] は、いくつかのネットワークの視覚的な表現方法について簡単なチュートリアルを提供した。各手法の長所と短所を比較し、それぞれの描画アプローチを適切に解釈する方法について言及した。その上で研究者は、各手法の利点とコストを慎重に検討し、特定の目的を達成するための最適な方法を利用すること、特定の可視化手法を使用する根拠を明示し、その可視化の解釈方法について明確な指示を与えることが求められるとした。これらを網羅することで、研究者はデータを明確に伝え、解釈可能な可視化を提供することができる。さらに、研究者が可視化されたデータを誤って解釈し、結論に導くことを防ぐことができる。

Laura ら [4] は、オンラインメディアの物語パターンの時間的・横断的な変化を追跡するための視覚化の必要性と、メディア報道における共起の選択肢を時間的に比較することが、選択肢の出現回数を個別に数えるよりも有用である理由について論じた。ニュース記事の大規模データセットを用いて生成した可視化の例から、共起や他の時間的パターンが検出できると明らかになった。

Shane ら [5] は、異なる二つのコーパス間の単語頻度を比較するために、スロープグラフとヒストグラムの等高線を組み合わせた可視化手法を提案した。

黒田 [7] は、LDA に基づくトピックモデルを効果的に可視化するツールの必要性について論じ、ツールを開発した。そのツールでは、トピックモデルを効率的に可視

化するために、インタラクティブなグラフを提供し、トピック数が膨大であってもユーザが快適に探索的分析を行うことを可能にした。

データの内容をわかりやすく理解するために、情報可視化技術だけでなく、文章生成技術を組み合わせることで分析するデータの文脈を文章として要約する技術が増えてきている。細川ら [8] は、従来より大規模なテーブルデータに対して、情報可視化技術と文章生成技術を組み合わせたシステムを構築する上での問題点を明らかにし、問題を解決する手法として、多くの大規模テーブルデータに備わっている階層構造に着目し、SPIViewerを実装した。SPIViewerの機能の中に、単一のデータ項目を詳しく分析する要素と複数のデータ項目を比較する要素を導入している。これを参考に可視化システムを構築した。

有本ら [12] は、企業間取引クラスタの変化を時系列で把握するために、始点と終点のノードの位置情報、各ノードの階層、時系列の四つの要素を同時に表現し、ユーザがインタラクティブに可視化の操作を可能にする手法を提案した。三次元のデジタルアース上に取引クラスタをグラフを用いて可視化し、描画するエッジの始点と終点の高度を変化させることで階層を表現した。また、タイムスライダーを用いて時系列における各エッジの取引量の変化に応じて、描画するエッジの色を変化させた。この手法によって、前述の四つの要素を同時に把握することが可能となり、データ分析スキルの有無に関わらず、企業間取引ネットワークから取引構造や時系列変化についての知見を得ることが可能になった。

佐藤ら [15] は、ライフログの一部である Web ページ閲覧履歴の活用を目的として、Web ページ閲覧履歴を用いた情報収集行動の振り返り支援を提案した。振り返り支援を実現するために、Web ページの特徴語群から内容の中心となる主題を抽出し、時系列と組み合わせで閲覧履歴を表示するシステムを作成した。このシステムの改善点として、Web ページの主題抽出の精度と提示画面の見やすさを挙げている。主題抽出は、Web ページのタイトルに含まれている単語群も特徴として考慮すること、クラスタリングの手法を改めること、不要語の除去や特徴語のランキングをつけることで改善した。視認性に関しては、可視化ツールの比較検討を行うことで改善できると推測している。

岑ら [16] は、映画レビューの変化を時系列で捉えるために、単語の出現頻度を比較する関数に基づいた色付けを導入したワードクラウドで可視化した (図 2 参照)。図 2 において、2020 年以降のレビューに出現する単語の頻度が高いほど色が濃くなる。レビューの特徴的な単語をワードクラウドで可視化することで各時期の特徴を捉えた。

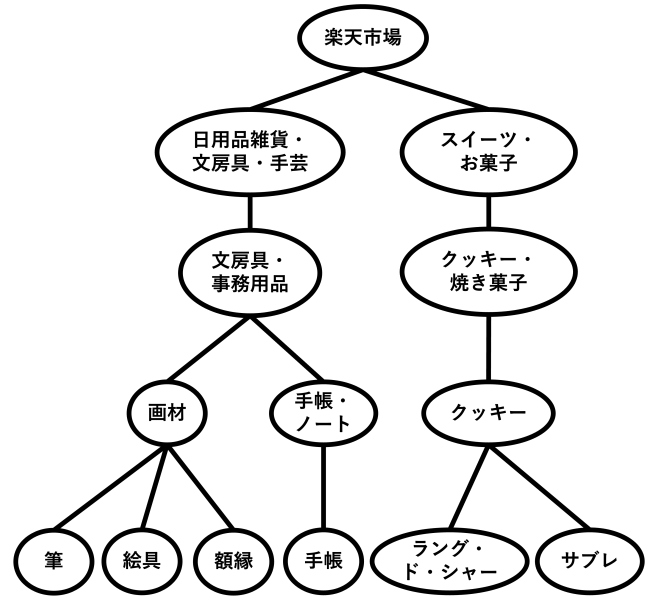


図 3: 楽天市場の例

3 デザイン指針

3.1 コーパスの特徴把握

1 章で述べたように、ユーザがコーパス内の階層ごとの部分的な特徴を容易に峻別することで 1 つのコーパス内であっても擬似コーパスを作成することが可能である。例えば、楽天市場コーパスを用いてロールケーキのレビューを味についての観点とクリーム塗り方についての観点に分類する擬似コーパスを作成する場合、味の観点については「ラング・ド・シャー」のレビューを、塗り方の観点については「筆」のレビューを組み合わせることでコーパスに直接アノテーションを付与せずに擬似コーパスを作成することで分類できる (図 3 参照)。

ユーザが階層性を持つコーパスから円滑に擬似コーパスを作成するためには、コーパス内の部分集合の特徴を比較することが望ましい。特徴を比較することによって、ユーザは任意のコーパスを分類する擬似コーパス作成に使用する部分を探すことができる。

コーパス内の部分集合を比較するパターンとして以下の 2 つが挙げられる。

- 親子関係にあるノード間の比較
- 親子関係にないノード間の比較

3.2 階層構造

階層構造とは、ある一つの要素が複数の子要素を持ち、その子要素が複数の孫要素を持つデータ構造のことである。要素をノード、ノード同士をつなぐ線をエッジと言う (図 4 参照)。親を持たない始祖のノードを「根ノード」と言い、図の最上部に描く。また、子要素を持たない末端のノードを「葉ノード」、「終端ノード」、「外部ノード」と言い、図の最下部に描く。あるノードに注目

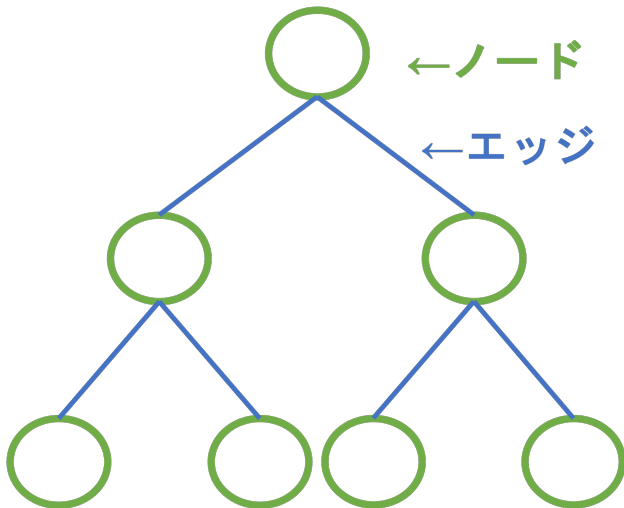


図4: 一般的な階層構造

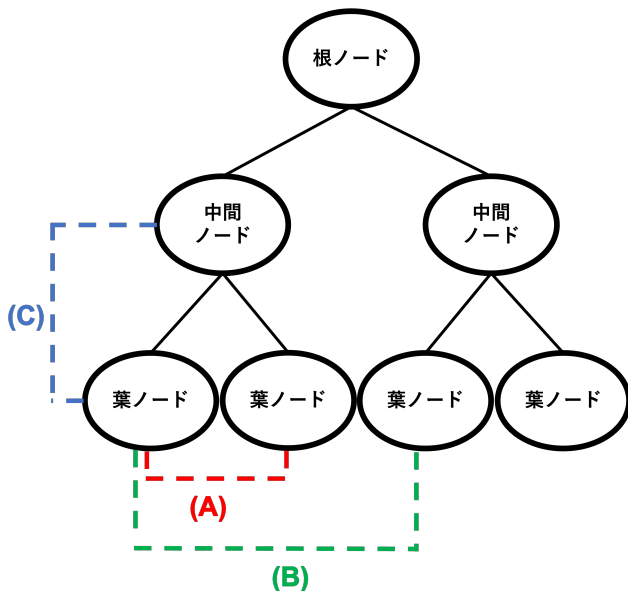


図5: ノードの比較

した際に、根ノードに近い方が「親ノード」、遠い方が「子ノード」である。親ノードは複数の子ノードを持つことができ、親ノードが共通の子ノード同士を「兄弟ノード」と言う。また、一つ以上の子ノードを持つ親ノードを「枝ノード」、「内部ノード」、「中間ノード」、「非終端ノード」と言う。

3.2.1 親子関係にあるノード間の比較

親子関係にあるノード間の比較(図5-C参照)は、ユーザの目的に応じて適切な深さでノードを選定する際に用いることが想定される。子ノードにはそのノードのトピックに関わる特徴語が集中して多く現れると考えられる反面、カテゴリが細分化されているためデータ数が少なくなる。一方、その親ノードには複数の子ノードが接続しているため、データ数は多くなるもののトピックが混在しており、単一の子ノードを対象とするよりもその

他の子ノードがノイズとなる可能性が高まる。そのため、こうしたトレードオフを勘案してユーザの目的に応じた適切な階層のノードを選択するために、親ノードの語彙と子ノードの語彙を比較する必要がある。この場合、親ノードは接続されている全ての子ノードの語彙を親ノードに集約し、子ノードの語彙と比較できるように提示する。例えば、ユーザのタスクが手帳の大きさや手帳の使いやすさなどのデータを必要とする場合、図3の「手帳」に含まれるデータを使用することが望ましい。一方で、手帳の大きさや手帳の使いやすさだけでなく字を書き記すものや字を書くものなどのデータが入っている場合、「手帳」に含まれるデータはデータ数が少ないため「文房具・事務用品」に含まれるデータを使用することが望ましい。

3.2.2 親子関係のないノード間の比較

親子関係のないノード間の比較をする場合、比較対象が兄弟ノードである場合(図5-A参照)と、異なる親ノードに接続されたノードである場合(図5-B参照)が想定される。比較対象が兄弟ノードである場合、それらのノードに共通して含まれる語彙(以下、共通語と記す)が表示されると、ノードに固有の語彙が共通語に紛れてユーザがノードの情報を把握しづらくなる可能性がある。そのため、比較対象が兄弟ノードである場合は共通語を除き、各々のノードに固有の語彙を提示する。一方で、比較対象が兄弟ノードでない場合、ノードの階層的な位置関係が遠くなり共通語が減少することが想定されるため、各々のノードに含まれる全ての語彙を提示する。なお、親子関係のない中間ノード同士を比較する場合は、その中間ノードに接続された葉ノードに含まれるレビュー文を集約して扱う。例えば、図3の「筆」と「額縁」を比較する場合、「筆」と「額縁」は兄弟ノードであることから、「筆」、「絵具」、「額縁」の全ての兄弟ノードに共通して見られる語彙を共通語として除いて提示することで、ノードの情報を把握しやすくなることが期待できる。「筆」と「サブレ」を比較する場合、両者は兄弟ノードでないことから、「筆」と「サブレ」に含まれる語彙を全て提示することが望ましい。

4 可視化ツール

試作した可視化ツールを図6に示す。この可視化ツールでは、2つのカテゴリが指定されるとカテゴリの根ノードまでの階層構造図、各カテゴリ中のレビューに出現する語彙の累計度数図、および語彙のワードクラウドを表示する。階層構造図では、ユーザは2つのカテゴリが階層的なコーパス内での階層的な位置関係を把握することができる。累計度数図では、カテゴリを表現するのに十分な語彙数とそのカテゴリに含まれるレビュー文中に存在しているかを確認できる。ワードクラウドでは、カテゴリの特徴となる代表的な語彙を一覧できる。ユーザは

結果

一つ目のジャンルID：502835

ジャンル名パス：['0', 'TV・オーディオ・カメラ', 'オーディオ', 'ヘッドホン・イヤホン']

二つ目のジャンルID：214177

ジャンル名パス：['0', 'スイーツ・お菓子', '洋菓子', 'プリン']

[戻る](#)

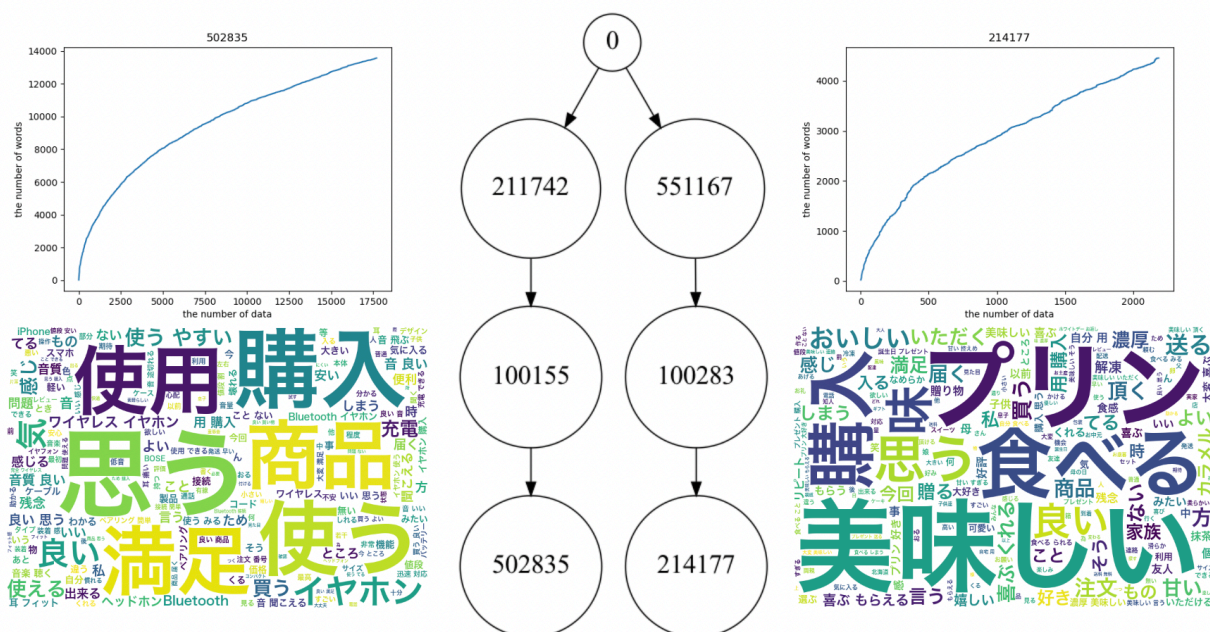


図 6: 可視化ツール

ジャンルID	親ジャンルID	ジャンル名
100371	0	レディースファッション
555086	100371	トップス
303656	555086	Tシャツ・カットソー
566018	555086	タンクトップ
206471	555086	シャツ・ブラウス
409352	555086	ポロシャツ
303662	555086	キャミソール
303655	555086	ベアトップ・チューブトップ
403871	555086	カーディガン・ボレロ
403890	555086	ベスト
303699	555086	アンサンブル

図 7: ジャンルマスタの一例

可視化ツールを用いて2つのカテゴリ情報の差異やデータ数を探索的に比較することで、自身の目的に沿ったレビュー集合を見つけることが期待できる。以下に、可視化ツールの実装方法について述べる。

5 実装

5.1 使用するデータ

本稿では、2018年の楽天市場データセット¹を用いた。楽天市場データセットの中から、「ジャンルマスタ」、「みんなのレビュー・口コミ情報」のデータを参照した。

5.1.1 ジャンルマスタ

ジャンルマスタとは、下記の3点が格納してあるデータのことである（図7参照）。

- ジャンル ID
- 親ジャンル ID
- ジャンル名

ジャンルマスタでは、親ジャンルが「0」のものはトップジャンルとして扱われる。

なお、本稿において公開されているデータセットのカテゴリが正確に分けられているかの妥当性は考慮しない。例えば、「レディースファッション」と「メンズファッション」においてデータの内容がほぼ同じであっても楽天市場側がカテゴリ分けしているため別のデータとして扱う。

¹[https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/rakuten/\(2022/12/11確認\)](https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/rakuten/(2022/12/11確認))

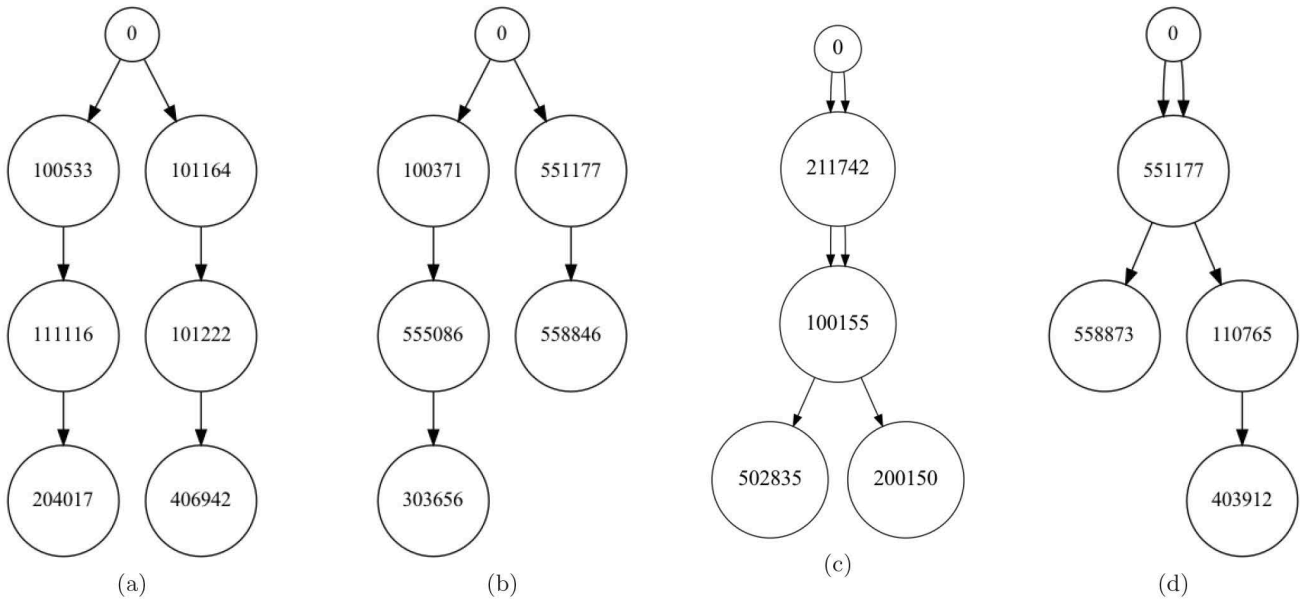


図 8: 作成したツリー構造

5.1.2 みんなのレビュー・口コミ情報

「みんなのレビュー・口コミ情報」には、「投稿者 ID」、「店舗名」、「店舗 ID」、「商品名」、「商品 ID」、「商品ページ URL」、「商品ジャンル ID」、「商品ジャンル ID パス」、「使い道」、「目的」、「頻度」、「評価ポイント」、「レビュータイトル」、「レビュー内容」、「参考になった数」、「レビュー登録日時」のデータが格納されており、その中でも本研究ではカテゴリとレビューを対応づけるために以下の 2 点を参照した。

- 商品ジャンル ID
- レビュー内容

「みんなのレビュー・口コミ情報」では、ジャンルマスタで定義されたジャンル ID と対応したレビューコーパスが格納されている。

本稿では、実装する上での前準備として、商品ジャンル ID ごとにレビュー内容が入った csv ファイル（17508 個の csv ファイル）を作成した。

5.2 階層構造図

可視化ツールでは、ユーザが指定した 2 つのジャンル ID の階層的な位置関係を把握するために、カテゴリのパスを取得し階層構造図で表示した。

みんなのレビュー・口コミ情報では、レビュー内容に商品ジャンル ID が付与されている。この商品ジャンル ID を参照し、ジャンルマスタのジャンル ID と対応づけると、ジャンル ID の親ジャンル ID がわかる。そのため、この親ジャンル ID の値が 0 になるまでジャンル ID から親ジャンル ID を探す作業を繰り返すことにより、選択されたジャンル ID の根ノードまでのジャンル ID を算出

することができる。算出したジャンル ID を Graphviz² で階層構造図にし、表示した。Graphviz とは、構造情報を抽象的なグラフやネットワークの図として表現するオープンソースのソフトウェアである。Graphviz を用いて算出したジャンル ID をエッジで繋ぎ、作成した階層構造図を画像にして保存した。

作成した階層構造図を図 8 に示す。図の下部にあるジャンル ID はユーザが選択したジャンル ID が表示される。例えば、図 8-(a) では「204017」と「406942」がユーザが選択したジャンル ID であり、図 8-(b) では「303656」と「558846」がユーザが選択したジャンル ID である。図 8-(a) と図 8-(b) は、ユーザが選択したジャンル ID が根ノードまでに一度もつながらないことから階層的に遠い位置関係であると把握できる。また、図 8-(b) は選択したジャンル ID の階層数がそれぞれ異なることも把握できる。図 8-(c) と図 8-(d) は、ユーザが選択したジャンル ID が根ノードまでにつながっていることから階層的に近い位置関係であると把握できる。また、図 8-(c) は選択したジャンル ID が兄弟ノードであると把握できる。

5.3 累計度数図

累計度数図では、ユーザは選択したカテゴリに含まれるレビュー文中に出現する語彙の種類における増加傾向を把握することができる。コーパスを利用する際、ユーザは選択したカテゴリを表現するのに十分な語彙数とそのカテゴリに含まれるレビュー文中に存在しているかを確認することが望ましい。

語彙の種類が十分にあるのかを確認するためには、レビューデータ数の増加に応じて新出単語の種類がどのよ

²<https://www.graphviz.org/> (2023/01/27 確認)

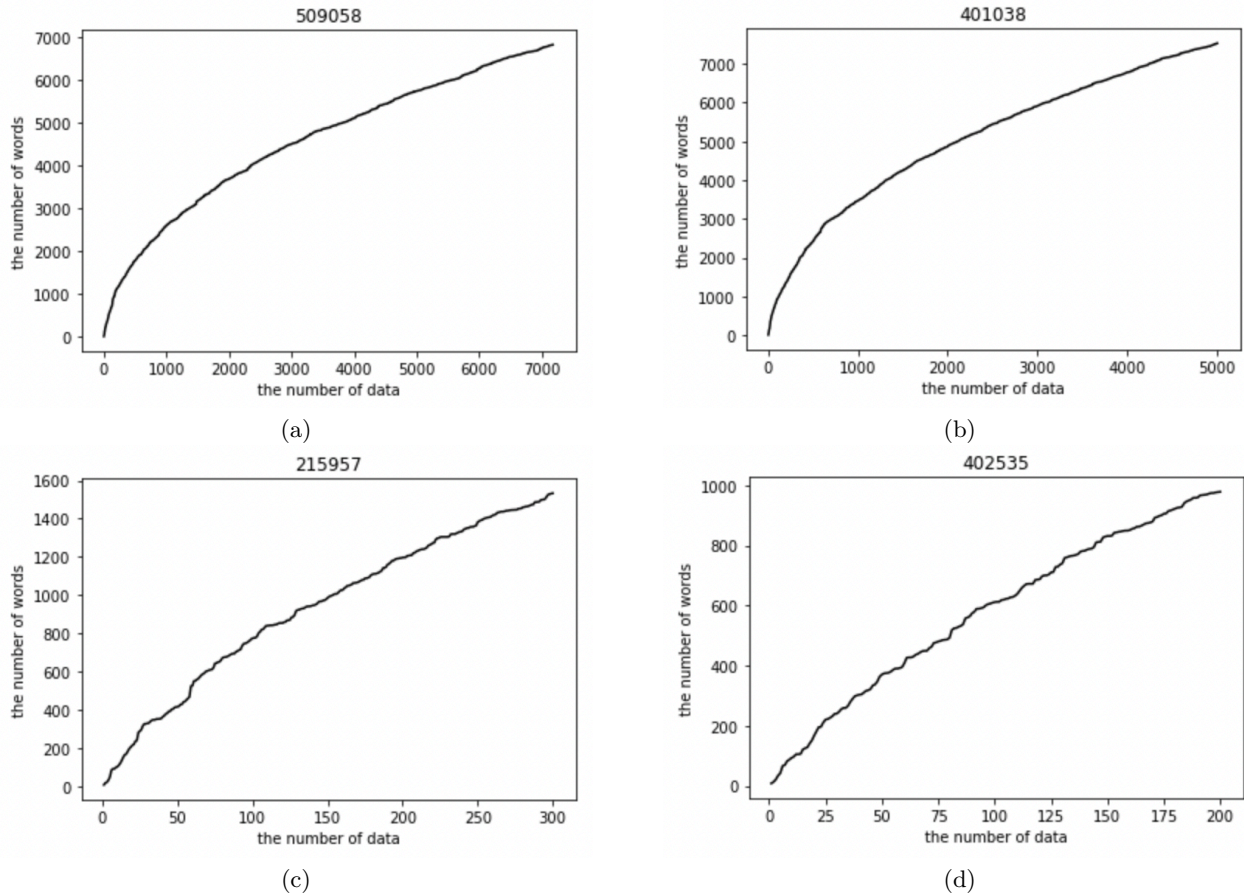


図 9: 累計度数図

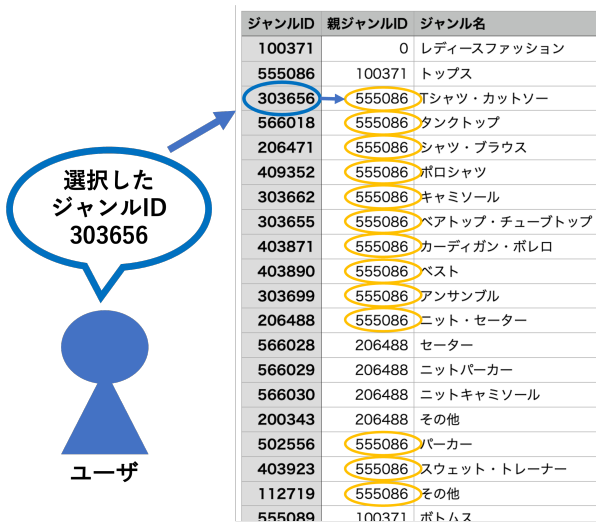


図 10: ジャンル ID 抽出

うに増加していくのかを把握する必要がある。楽天市場データセットの葉ノードにあたるカテゴリごとにレビューデータの個数を抽出した。ジャンルマスタでは、ジャンル ID の上位に親ジャンル ID が存在しており、親ジャンル ID として使用されないジャンル ID を持つカテゴリノードを「葉ノード」のカテゴリとする、葉ノードに

あたるカテゴリを抽出する方法として、ある一つのジャンル ID を全ての親ジャンル ID と総当たりで比較した際に、一度も一致しないものを抽出した。葉ノードに含まれるレビューデータの語彙を形態素解析器 MeCab³を用いることにより抽出した。このとき、効率よくカテゴリの特徴を把握するために「名詞、動詞、形容詞、形容動詞語幹」の 4 つの品詞に絞って単語を抽出した。学習のための辞書には、mecab-ipadic-neologd⁴を用いた。ストップワードには、カテゴリの特徴になり得ないと考えられる「*」、「する」、「いる」、「れる」、「の」、「さ」、「ある」、「なる」、「これ」、「それ」、「よう」、「こちら」、「せる」を設定した。

作成した累計度数図を図 9 に示す。図 9-(a) と図 9-(b) はレビューデータの数が多いことからグラフの傾きが緩やかになっているが、図 9-(c) と図 9-(d) は傾きが緩やかにはなっておらず、データの数が増加すると語彙の種類も増加する可能性がある。このように、グラフの傾きをユーザが把握することによって、カテゴリを表現するのに十分な語彙数とそのカテゴリに含まれるレビュー文

³<http://mecab.sourceforge.net/>(2022/12/11 確認)

⁴<https://github.com/neologd/mecab-ipadic-neologd>(2022/12/11 確認)

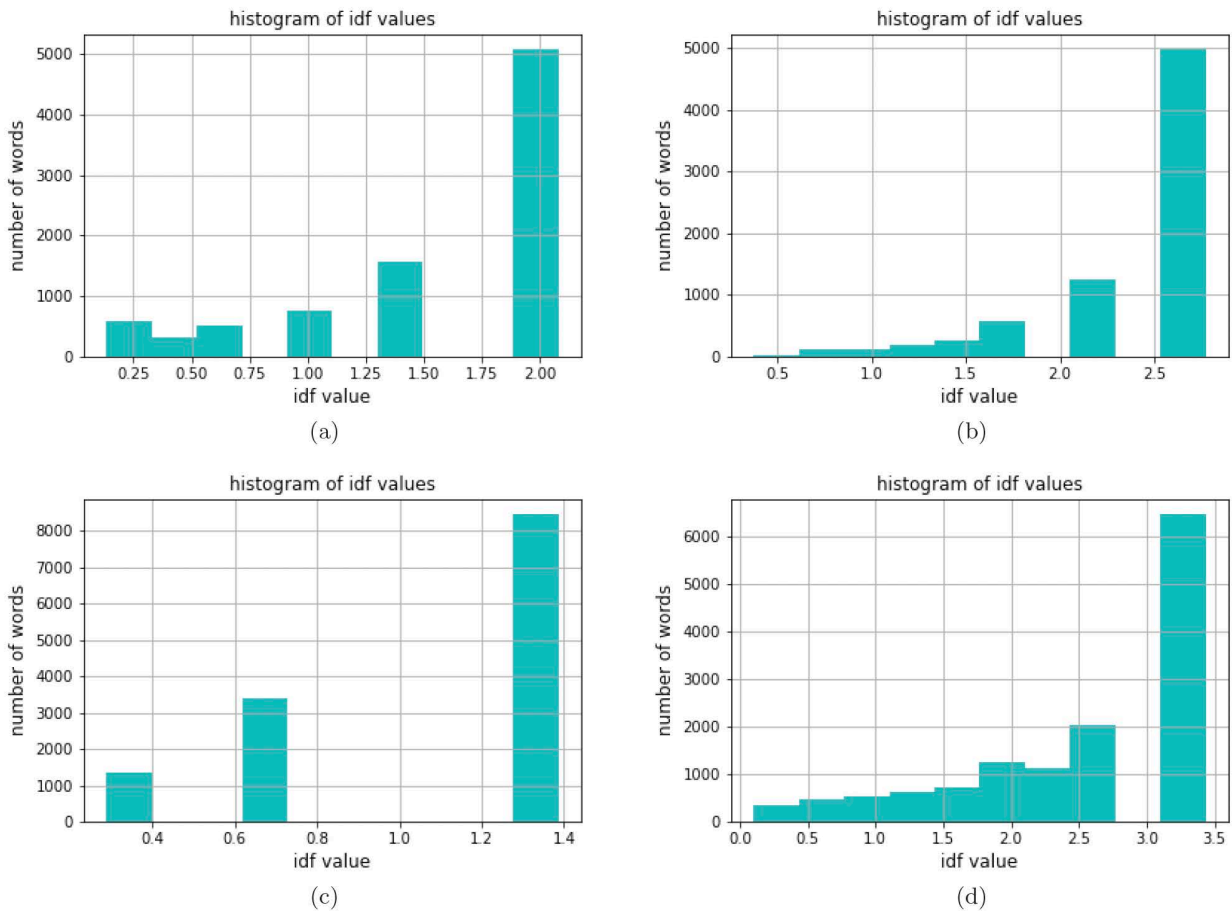


図 11: IDF 値の分布の例

中に存在しているかを確認することができる。

5.4 ワードクラウド

5.4.1 共通語

3.2.2 節で述べた共通語を特定した。この共通語を特定する基準として、本システムでは inverse document frequency (以下, IDF と記す) を用いた。IDF とは、文書集合の中のある単語が含まれる文書の割合の逆数を表す値であり、色々な文書によく出現する単語の値は低くなり、あまり出現しない単語の値は高くなる。IDF の高い語彙はあるノードにおいて特徴となる語彙であるため、IDF の高い語彙をノードの情報とすることでユーザーがノードの特徴を把握しやすくなると期待できる。

5.4.2 ワードクラウド作成方法

ユーザーが選択した商品ジャンル ID と一致している ID をジャンルマスタから探し出し、ジャンルマスタからその ID の親ジャンル ID と同じ親ジャンル ID を持つ ID を抽出した (図 10 参照)。同じ親ジャンル ID を持つジャンル ID を兄弟ノードとなり、例えば、図 10 でユーザーが選択した「303656」の兄弟ノードは「566018」、「206471」、「409352」、「303662」、「303655」、「403871」、「403890」、

「303699」、「206488」、「502556」、「403923」、「112719」となる (図 10 参照)。

抽出した兄弟ノードに含まれる語彙を 5.3 節で述べた方法で抽出した。共通語を特定するために、兄弟ノードに出現する全ての単語の IDF を算出した。本稿では、IDF を算出する式として

$$idf(t) = \log \frac{N}{df(t)} + 1$$

を採用した。ここで、 N は全文書数、 $df(t)$ はある単語 t が出現する文書数である。本稿では、兄弟ノード数を文書数とした。算出した IDF からヒストグラムを作成した。作成したヒストグラムを図 11 に示す。図 11-(a),(b),(c),(d) のように、抽出した語彙の約半数が IDF が最も高い数値に位置していたため、最も値の高い単語を子ノードの特徴となる単語とし、それ以外の単語を共通語として親ノードに集約した。

ワードクラウドは、テキスト内で頻繁に出現する単語を描写することによって、テキストの概要を直感的かつ視覚的に把握することができ、テキストに含まれるト



図 12: 作成したワードクラウド

ピックの数や種類を知る上で有用である。あるテキストについて作成されたワードクラウドはより深い分析のための出発点として機能するため [1], 本稿ではカテゴリに含まれるテキストデータの内容をワードクラウドで可視化した。

作成したワードクラウドを図 12 に示す。図 12-(a) に示した車用品カテゴリのワードクラウドと図 12-(c) に示したヘッドホン・イヤホンカテゴリのワードクラウドは共通語を除いておらず、図 12-(b) に示した車用品カテゴリのワードクラウドと図 12-(d) に示したヘッドホン・イヤホンカテゴリのワードクラウドは共通語を除いている。図から、共通語を除いていないワードクラウドでは「車用品」、「ヘッドホン・イヤホン」とともに「満足」、「思う」、「購入」、「良い」などの汎用的に使用される語彙が大きく表示されている。共通語を除いたワードクラウドでは、「車用品」では「フロントガラス」、「アルファード」、「ミニバン」、「スタッドレス」などの車にまつわる語彙が大きく表示されており、「ヘッドホン・イヤホン」では「イヤーマッド」、「絡む」、「充電ケース」、「骨伝導」などのヘッドホンやイヤホンにまつわる語彙が大きく表

示されている。このことから、3.2.2 節で述べた共通語を特定できた。

5.5 Web アプリケーション

5.2 節, 5.3 節, 5.4 節で作成した階層構造図, 累計度数図, ワードクラウドを, Web アプリケーション上に Python の Web アプリケーションフレームワークである flask⁵を用いて実装した。アプリをインストールすることなく利用できることから, ユーザが気軽に利用できると考え, 本稿では Web アプリケーション上に実装した。

可視化ツールでは, ジャンル ID 選択画面 (図 13) でユーザが 2 つのジャンル ID を選択し送信ボタンを押すと結果画面に遷移する (図 6)。ジャンル ID 選択画面では, ユーザが「親ジャンル ID」、「ジャンル ID」、「ジャンル名」の関係性を確認するために表示している。

6 可視化ツールの実行例

可視化ツールの実行例を挙げる。

⁵<https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/> (2022/12/12 確認)

ジャンルIDを入力してください

一つ目のジャンルID: 502835

二つ目のジャンルID: 200150

送信

親ジャンルID	ジャンルID	ジャンル名
0	100371	レディースファッション
100371	555086	トップス
555086	303656	Tシャツ・カットソー
555086	566018	タンクトップ
555086	206471	シャツ・ブラウス

図 13: ジャンル ID 選択画面

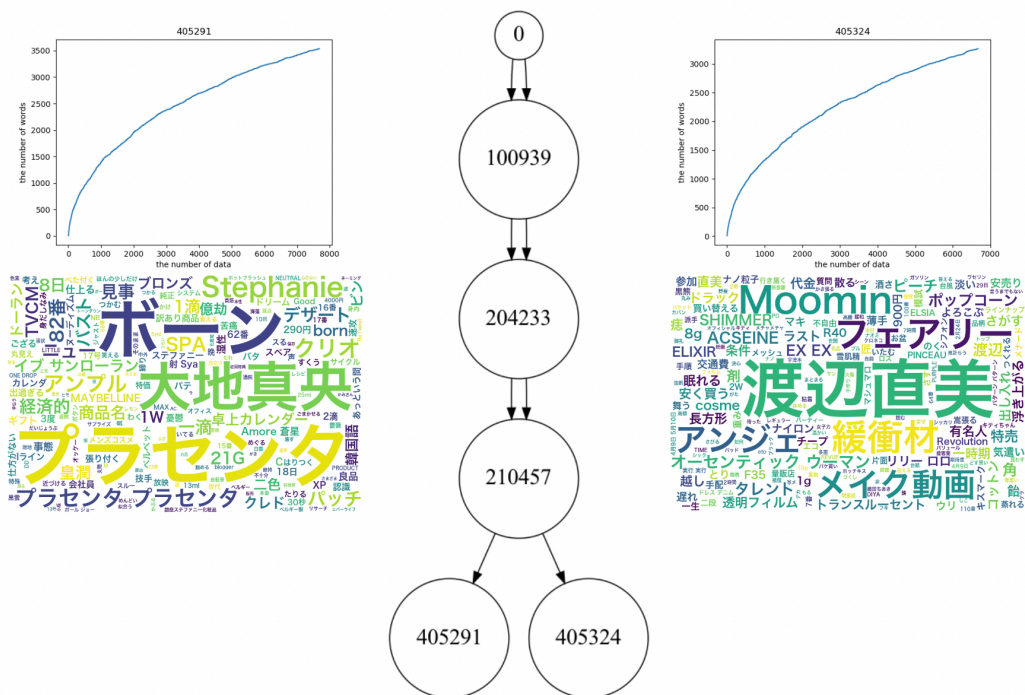


図 14: リキッドファンデーションとパウダーファンデーションの実行結果

「リキッドファンデーション」と「パウダーファンデーション」を比較した場合、両者は兄弟ノードであるため、共通語は除いて提示されることが階層構造図から読み取れる（図 14 中央部参照）。また、「リキッドファンデーション」は液体、「パウダーファンデーション」は固体であるため、商品の塗り方やテクスチャーなどの語彙が出現すると考えられるが、可視化ツールでは人物名や化粧品ブランド名などの固有名詞が多く出現している（図 14 参照）。そのため、化粧品のブランド名を判別するタスクや分野を代表する著名人を調査するタスクなどに利用できると考えられる。また、固有名詞を必要としないタスクに対応するために固有名詞を除く機能を追加することが望ましい。

「割れチョコ」と「コーヒー飲料」を比較した場合、両者は兄弟ノードでないため、共通語は含めて表示され

ることが読み取れる。どちらも、カテゴリが食品かつ商品レビューコーパスのため、「美味しい」、「購入」などの語彙が表示されている。「割れチョコ」に「チョコ」、「チョコレート」、「甘い」、「食べる」などの語彙が、「コーヒー飲料」に「カフェイン」、「コーヒー」、「飲む」などの語彙が提示されていることからカテゴリの特徴をユーザが把握できると考えられる。しかし、「割れチョコ」の累計度数図では、グラフの傾きがデータ数の増加に伴い緩やかになっているのに対し、「コーヒー飲料」では、グラフの傾きが急であるため、カテゴリに含まれる語彙の種類数が不十分であることが把握できる。そのため、「割れチョコ」カテゴリと「コーヒー飲料」カテゴリのデータの数に差があり、擬似コーパスを作成する際にコーパスの正当性が取れない可能性をユーザは把握することができる。

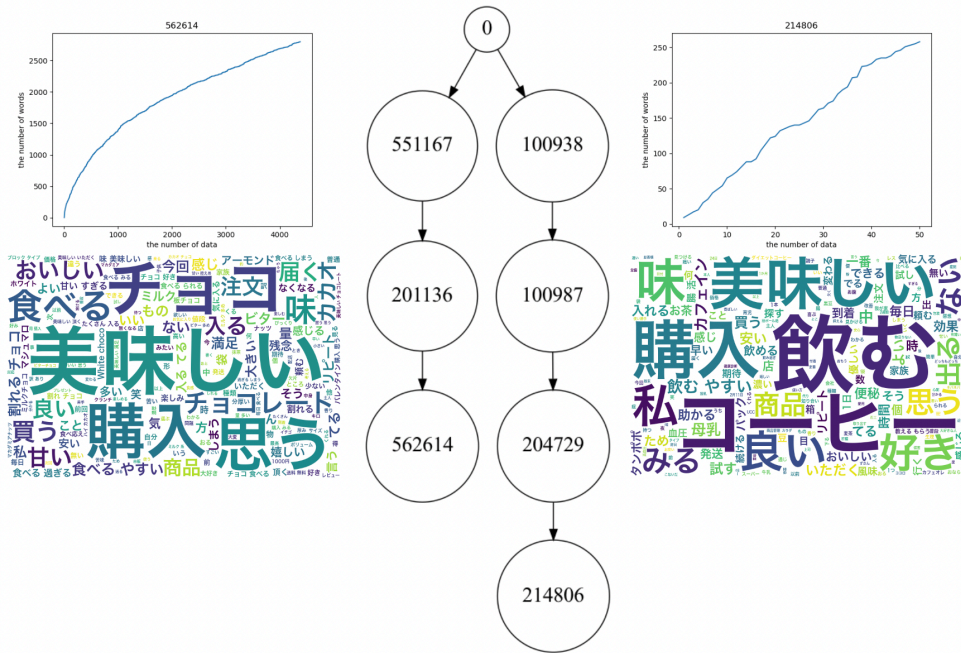


図 15: 割れチョコとコーヒー飲料の比較

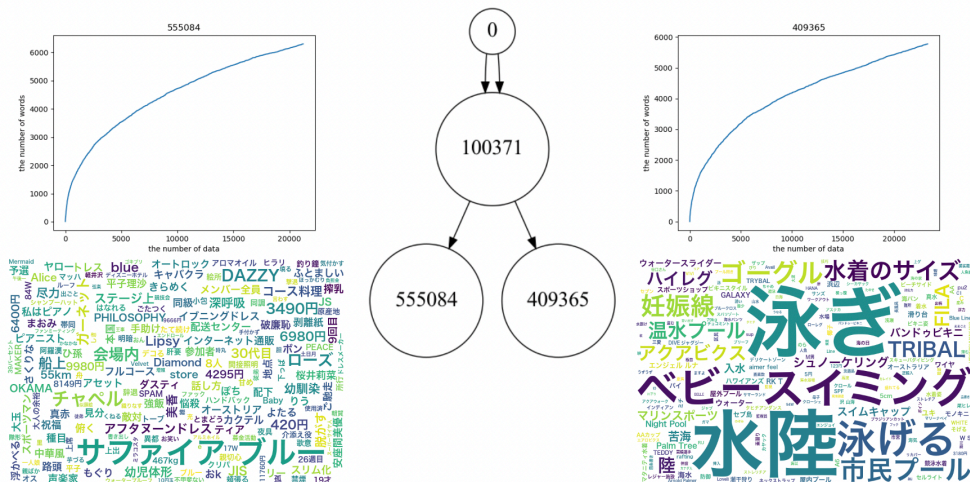


図 16: ドレスと水着の比較

「ドレス」と「水着」を比較した場合、両者は兄弟ノードであるため、共通語は除いて提示されることが読み取れる。「ドレス」と「水着」の累計度数図はどちらもデータが増加することでグラフの傾きが緩やかになっていることから、カテゴリに含まれるレビュー文中の語彙の種類数は十分であることが把握できる。また、「ドレス」には「チャペル」、「アフタヌーンドレス」、「キャバクラ」、「ピアニスト」などの「ドレス」を想像させる語彙が、「水着」には「泳ぎ」、「水陸」、「市民プール」、「ベビースイミング」などの「水着」を想像させる語彙が出現しており、カテゴリの特徴をユーザが把握できる。

7 おわりに

本稿では、階層的な大規模コーパスのカテゴリから異なる2つのコーパスを組み合わせることで擬似コーパスを容易に作成するために、コーパスの部分的なデータ集合の差異を把握するための可視化ツールを構築した。本研究では、楽天市場のレビューコーパスが持つカテゴリの多様性と階層性に着目した。

試作したツールは、階層構造図、累計度数図、ワードクラウドをユーザに提示することでレビュー集合の特徴把握を容易にする。このとき、ユーザが比較する2つのノード間の関係性に応じて提示する語彙の選定基準を変更している。6章の例から、ユーザのタスクに必要な品詞を選択できる機能やユーザがジャンルIDを選択して

結果画面に遷移する時間を早めるなどの機能の改良が必要であることが判明した。

今後は、試作した可視化ツールの機能改良とツールの利用を通じて有用性の評価を行う。

謝辞

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楽天グループ株式会社から提供を受けた「楽天データセット」を利用した。記して謝意を表す。

本研究を進めるにあたり、様々な御指導御鞭撻を賜りました、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。また、様々なアドバイスをいただきました松下研究室の大学院生の先輩方に深く感謝申し上げます。特に、山本京佳氏、竹村孟氏には実装や研究相談など、多大なお力添えをいただきました。心より感謝申し上げます。松下研究室 13 期生の皆様には、本論文の執筆にあたり多くの御助言、激励を頂きました。本当にありがとうございました。最後に、大学生活を見守り支えてくださった両親に深く感謝し、謝辞とさせていただきます。

参考文献

- [1] Heimerl, F., Lohmann, S., Lange, S. and Ertl, T.: Word Cloud Explorer: Text Analytics Based on Word Clouds, *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE, pp. 1833–1842 (2014).
- [2] Huang, A.: Similarity measures for text document clustering, *Proceedings of the sixth new zealand computer science research student conference (NZCSRSC2008)*, Christchurch, New Zealand (2008).
- [3] Jones, P. J., Mair, P. and McNally, R. J.: Visualizing Psychological Networks: A Tutorial in R, *Frontiers in Psychology* (2018).
- [4] Koivunen-Niemi, L. and Masoodian, M.: Visualizing narrative patterns in online newsmedia, *Multi-media Tools and Applications*, pp. 919–946 (2020).
- [5] Sheehan, S., Masoodian, M. and Luz, S.: COMFRE- A Visualization for Comparing Word Frequencies in Linguistic Tasks (2018).
- [6] 藤本愛理: テキストマイニングによる老舗旅館の口コミ評価分析から見る県経済の活性化 (2019).
- [7] 黒田絢香: トピックモデル可視化ツールの開発に向けて、言語文化共同研究プロジェクト, pp. 5–13 (2022).
- [8] 細川夏生, 有本昂平, 脇田建: データの可視化・文章化技術を複合させた大規模表データ探索システム, コンピュータソフトウェア, Vol. 38, No. 3, pp. 3_2–3_22 (2021).
- [9] 安藤雅行, 河原吉伸, 砂山渡, 畑中裕司: テキストベースの深層学習における分類パターンの解釈支援, 知能と情報, Vol. 31, No. 4, pp. 779–787 (2019).
- [10] 竹元亨舟, 山西良典, 西原陽子, 吉田光男, 大須賀智子, 大山敬三: 既存データセットへの尤度分布による意見文の性質表現, 第 14 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2022), No. C34-1 (2022).
- [11] 王元元, 佐藤海龍, 岳五一: 観光名所と宿泊施設の関係性分析に基づく宿泊施設ランキング手法の提案と評価, パーソナルコンピュータ利用技術学会論文誌, Vol. 16, No. 2, pp. 1–11 (2021).
- [12] 有本昂平, 渡邊英徳: 階層を有する取引クラスタの時系列でのジオビジュアライゼーション, デジタルアーカイブ学会誌, Vol. 2, No. 1, pp. 2–7 (2018).
- [13] 菊米志帆乃, 藤井敦: 栄養素等摂取バランスを考慮した料理レシピ検索システム, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J92-D, No. 7, pp. 975–983 (2009).
- [14] 今田水穂: 語彙多様性指標の可視化と単回帰分析による TTR の補正, 言語資源活用ワークショップ発表論文集, Vol. 3, pp. 519–530 (2018).
- [15] 佐藤千尋, 高久雅生: Web ページ閲覧履歴を用いた情報収集行動の振り返り支援, 情報知識学会誌, Vol. 30, No. 2, pp. 220–229 (2021).
- [16] 岑天霞, 渡邊英徳: ワードクラウドの時系列による映画レビューの可視化, デジタルアーカイブ学会誌, Vol. 5, No. s1, pp. s47–s50 (2021).
- [17] 志土地由香, 井手一郎, 高橋友和, 村瀬洋: 料理レシピマイニングによる代替可能食材の発見, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J94-A, No. 7, pp. 532–535 (2011).
- [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.1–8 (2021).
- [19] 山西良典, 西原陽子, 松下光範: 語彙の標本化と量子化によるあらすじの特性表現に関する基礎検討, 第 7 回コミック工学研究会, pp. 31–38 (2022).

イベント特徴語に基づく
コミックのイベント推定

藤川雄翔

イベント特徴語に基づくコミックのイベント推定

情 19-0381 藤川 雄翔

指導教員 松下 光範

1 はじめに

コミック作品のストーリーはアクションやファンタジーなどのジャンルに分類され、ジャンル毎に特有の共通したイベント（e.g., 学園ジャンルでは「体育祭」, 「文化祭」）が発生する。こうしたイベントはキャラクターの関係性に変化を生じさせ、物語を駆動するきっかけとなるため、イベント推定が可能になれば、ストーリーの構成把握に繋がることが期待される。イベントの1つとして体育祭を挙げると、そこでは“リレー”や“騎馬戦”といったそのイベントを特徴づける単語（以下、イベント特徴語と記す）が集中して出現する傾向にあり、これらの単語に着目することでイベント推定に貢献すると考えられる。しかし、コミックは、絵と文字が相補的かつ協調的に利用されているクロスモーダルなコンテンツであるため [1], テキスト情報はセリフやモノログに限定され、イベント特徴語を網羅的に収集することは難しい。そこで本研究では、その類似コンテンツとして小説の一種であるライトノベルに着目した。小説文はセリフ文と地の文で構成されているため、コミックではイラストとして描かれた情報が小説文ではテキスト情報となって存在し、イベント特徴語の収集に適していると考えられる。そこで本研究ではライトノベルから得たイベント特徴語を用いてコミックのイベント推定を試みる。

2 イベント特徴語辞書の作成

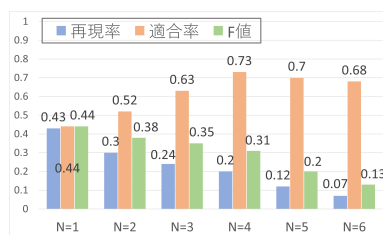
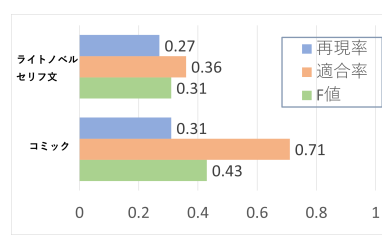
本研究では多様なイベントが発生するという点を鑑み、学園ジャンルを対象とする。Web 小説投稿サイト「小説家になろう」(<https://syosetu.com/>) から、現代の学校生活が中心的題材となっている 11 作品を選定した。この 11 作品中で 3 回以上出現したイベント 20 種に該当するテキストに対してイベント名のラベル付けを行った。それぞれのイベントに該当したテキストに対して MeCab (ver. 0.996) を用いて形態素解析を行い、名詞を抽出した。動詞や形容詞などの他の自立語は名詞に比べて特定のイベントに依存して出現することが少なく、イベント推定の精度に影響を与えることが懸念されるため本研究では除外した。イベント特徴語は特定のイベントに頻出し、かつ他のイベントには出現しづらい単語であるという仮定に基づき、抽出した単語に TF-IDF 法を用いて重み付けを行い、TF-IDF 値が高い上位 50 位の単語を抽出した。その中から人手でイベント特徴語とは考えにくい単語を除き、イベント推定のための辞書（以下、イベント特徴語辞書と記す）を構築した。辞書に含まれる単語数は 1 イベントあたり平均 15.4 語（最大 22 語、最小 4 語）であった。

3 イベント推定実験

一般にライトノベルやコミックには話の単位で区切りが存在する。複数のイベントが 1 話に出現することは少ないため、話単位でイベントの推定を行った。本研究ではライトノベルとコミックの計 40 作品で出現したイベントの種類と出現回数を調査し、頻出した上位 10 種のイベント（文化祭、バレンタイン、夏祭り、クリスマス、勉強会、誕生日、体育祭、修学旅行、ショッピング、初詣）を推定対象とした。まず、イベント特徴語辞書作成に利用した小説 11 作品の各々について、各話のテキストを MeCab を用いて形態素解析し、名詞を抽出した。イベント特徴語辞書を参照してそれらの名詞

表 1 小説のパラメータ選定

p	N=1	N=3	N=5
0.3	0.398	0.488	0.498
0.4	0.435	0.500	0.502
0.5	0.433	0.503	0.516
0.6	0.449	0.496	0.510

図 1 予備実験：セリフ文
(p=0.5)図 2 本実験：小説とコミック
(N=1, p=0.5)

が属するイベントを特定し、重複を許してイベントごとに計数した。計数した結果をもとに 10 種のイベントを基底とする 10 次元のベクトルを話ごとに作成した。単語からイベントを推定するという手法の特性上、本来のイベントに関係のないイベント特徴語が偶発的に出現する可能性があるため、カットオフ基準を設けてそれ以下の出現回数のイベントには 0 を割り当てた。次に、このようにして得られたベクトルを要素の和が 1.0 になるように正規化した。その上で最も値が大きい要素が閾値を超えた場合にそれをイベント推定結果として採用することとした。

カットオフ基準 N とイベント推定閾値 p を設定するための予備実験として、イベント特徴語辞書の作成に用いた小説 11 作品を対象に、各話のイベントを推定し、再現率と適合率、その調和平均である F 値を算出した。 F 値が最も高くなる N と p の組み合わせをグリッドサーチにより選定した。このとき、 N は 1 から 6 までの 1 刻み、 p は 0.30 から 0.60 までの 0.10 刻みとした。表 1 にその結果を示す。小説文においては $N=5$, $p=0.50$ の組み合わせで F 値が最大となった。

次に、コミックではセリフ文がイベントの推定に用いるテキストであり、推定の手がかりとなる単語数が小説文に比べて少なくなることを考慮し、同作品のセリフ文のみを取り出して同様の調査を行った。図 1 にその結果を示す。セリフ文において N の値を高くしていくと、適合率は上がるが再現率が大きく下がり、 F 値が下がる傾向が見られた。したがって、コミックのイベント推定においては $N=1$, $p=0.50$ の組み合わせを採用することとした。

選定した N と p を用いて新たに小説 10 作品のセリフ文とコミック 2 作品のテキストを対象に、本研究で構築したイベント特徴語辞書の評価実験を行った。図 2 に結果を示す。コミックにおける再現率は 0.31、適合率は 0.71、 F 値は 0.43 であった。この結果から、提案手法により一定程度のイベント推定が可能であることが示唆された。また、コミックは小説のセリフ文に比べて再現率、適合率、 F 値が上回る結果となった。これは、コミックにはしばしば説明セリフと呼ばれるセリフで状況を説明することがあり、小説のセリフ文と比較してイベント特徴語を多く含むためと考えられる。

4 終わりに

本稿では、学園ジャンルのライトノベルからテキストを収集し、イベント特徴語を抽出して構築したイベント特徴語辞書を活用することで学園ジャンルのコミックのイベントの推定を試みた。実験の結果から、ライトノベルのテキストを用いることでコミックのイベント推定が可能であることが確認された。今後は、イベント特徴語辞書の拡充をすすめ、イベント推定の精度向上を目指す。

参考文献

- [1] 松下光範: コミック工学—漫画を対象としたコンテンツ指向研究, システム/制御/情報, Vol. 63, No. 3, pp. 113–117 (2019).

イベント特徴語に基づくコミックのイベント推定

情 19-0381 藤川 雄翔

関西大学 総合情報学部 松下研究室

概要: コミック作品のストーリーはアクションやファンタジーなどのジャンルに分類され、ジャンル毎に特有の共通したイベント (e.g., 学園ジャンルでは体育祭, 文化祭) が発生する. 体育祭イベントでは, “リレー” や “騎馬戦” といったそのイベントを特徴づける “イベント特徴語” が集中して出現する傾向にあり, これらはイベント推定に貢献すると考えられる. そこで本研究ではライトノベルから得た “イベント特徴語” を用いてコミックのイベント推定を試みる. 実験の結果から, ライトノベルのテキストを用いることでコミックのイベント推定が可能であることが確認された.

1 はじめに

1.1 コミックの需要

今日, 多くの新刊コミックが出版されており, コミックの発行部数は年々増加している. 全国出版協会・出版科学研究所 [13] は, コミック市場が 2020 年と 2021 年の 2 年連続で史上最大の規模になったと発表した. さらに, 電子コミックの販売金額が 2019 年に紙媒体のコミックの販売金額を上回って以来, 電子コミックの市場規模は年々拡大を続けている. その結果, 2021 年には電子コミックの推定販売金額は 4000 億円を超えた.

このことから, コミックは以前にも増して私たちに身近なものとなり, 需要が高まっていると言える.

1.2 コミック検索の現状

コミックの需要が高まることにより, 読者が自身の嗜好に合うコミック作品を読むために検索する機会が増加すると考えられる.

読者は出版社が運営するアプリケーションや Web サイト, 電子書籍販売サイト等を用いてコミックを検索することが可能である. 読者がこれらのサービスを用いて検索を行う際, 書誌情報 (e.g., 作品名, 作者名, 掲載雑誌) やカテゴリ (e.g., 少女漫画, 少年漫画, 青年漫画), ジャンル (e.g., 恋愛, スポーツ, ギャグ) などが検索クエリとして用いられる. しかし, これらの検索クエリはコミック作品のメタ情報であり, コミックのストーリーを表現するには不十分であるため, ストーリー検索には適さない. そのため, 検索結果のコミックと読者が読みたいコミックが必ずしも一致するとは限らない. ストーリー検索の実現にはストーリーを機械可読な形式で表現する必要がある.

現状の検索支援システムでは, 膨大な数となったコミック作品の中から読者自身の嗜好に合うストーリーとなっ

ているコミック作品を探し出すことは困難である. 同じバトルジャンルに分類されるコミックでも, 身体能力や特殊能力に恵まれた主人公が相対した敵を圧倒していくストーリーもあれば, 一方で身体能力や特殊能力に恵まれない主人公がきちんと修行を積むことで成長し強くなる過程を描いたストーリーもある. このようなことから, ストーリーは読者の嗜好に関わりがあると考えられるため, 現状の検索システムで用いられているメタ情報だけでなく, ストーリーも加味したコミックの検索ができることが望ましい.

1.3 ストーリーにおけるイベント

ストーリーはアクションやファンタジーなどのジャンルに分類され, ジャンル毎に特有の共通したストーリーイベント (以下, イベントと記す) が発生する. 例えば, アクションジャンルのストーリーでは, 戦闘や修行などがイベントに当たり, 学園ジャンルのストーリーでは, 文化祭や体育祭のような学校行事やバレンタインやクリスマスのような年中行事などがイベントとして当たる.

こうしたイベントはキャラクターの心情やキャラクター同士の関係性が変化する起点として描写されることが多い. 例えば, バレンタインに他の女子からチョコレートをもって告白をされている主人公をヒロインが偶然目にし, 主人公に対する気持ちを自覚するなどといったポジティブな変化や, クリスマスに突然のアクシデントに巻き込まれ, 遊ぶ約束を守ることができず喧嘩をしてすれ違うなどといったネガティブな変化がある. このようにイベントは, キャラクターの心情やキャラクター同士の関係性に変化を生じさせ, ストーリーを駆動するきっかけとなるため, イベント推定が可能となれば, ストーリーの構成把握に繋がることが期待される.

1.4 本研究の目的

1.1 節ではコミックの需要が高まることについて示し、1.2 節ではコミック検索においてストーリー内容を加味した検索手法が確立されていない現状を示した。1.3 節では、ストーリー内で断続的に発生するイベントに着目し、イベントがストーリー内容に関わることを示した。以上のことから、本研究はコミックのストーリーの構成把握を目的とし、その端緒として本稿ではコミックのイベント推定を試みる。

2 関連研究

本章では、最初に 2.1 節では内容情報の抽出に関する研究について、次に 2.2 節では現在までに行われてきた物語構造分析に関する研究について、最後に 2.3 節では辞書の作成に関する研究について述べる。

2.1 コンテンツの内容情報の抽出に関する研究

2.1.1 直接的なアプローチによる内容情報の抽出

コミック画像を用いてコマの抽出 [9] やコマの順序の推定 [5]、キャラクターのセリフを表す吹き出しの検出とその分類 [8]、セリフの順序の推定 [16]、キャラクターの顔抽出とその認識 [1]、キャラクターの姿勢推定 [22] などの内容情報の抽出がこれまでに行われてきている。

しかし、現状では内容情報の抽出にとどまっており、内容情報を用いたストーリー情報の抽出までは行われていない。そこで、本研究ではキャラクターの発話などの吹き出し内にあるセリフテキストという内容情報を直接用いて、ストーリー中に発生するイベントによるストーリーの展開情報の抽出を試みる。

2.1.2 間接的なアプローチによる内容情報の抽出

服部ら [2] は、新規ユーザの価値基準に沿ったコンテンツを推薦するために対象コンテンツそのものの内容を用いず、ユーザのレビューサイトにおける評価履歴のようなコンテンツの外部情報を用いた手法を提案した。

山下ら [21] はレビュー文から TF-IDF と hLDA を利用することで抽出した名詞と形容詞をコミックの内容情報とし、その内容情報に基づいたユーザのコミックへの情報アクセス支援を試みた。hLDA を用いた分析にはパラメータ (α , γ , η , 階層数) の設定が重要であるため、事前実験を行い、提案システムに用いる情報を決定した。事前実験の結果から“各コミックの特徴語と各トピックに分類された語の共起に基づいて、コミックを関連づけた”提案システムを構築した。ユーザがシステムによって定義されたコミックの関連を正確に測ることができるのかをユーザ実験で明らかにした。その結果、ユーザは提案システムを利用することで未知のコミックであっても適切な関連性を測ることができる可能性が示唆された。

また、“面白そうな漫画”を探すことを目的とし、プロトタイプシステムを利用したユーザのコミックを探索する際の振る舞いや思考の変化を観察する実験も行った。その結果、ユーザは自身の嗜好に合うコミック作品を提案システムを用いることで探し出すことが可能であると示唆された。

白石ら [6] はコミック作品の概要と読者の好みが反映されたそのコミックを表す語句の抽出の自動化を試みた。作品の概要を表す語句は Wikipedia に記載されている概要やあらすじで 3 回以上出現した名詞を“概要キーワード”と定義した。読者の評価に関わる語句はレビューサイトにおけるコミックのレビュー文から形容詞の基本形を“評判キーワード”と定義した。これらの語句の抽出には、形態素解析器は MeCab を、辞書は mecab-ipadic-NEologd を利用した。実際にコミックの特徴を抽出した結果、“概要キーワード”にはコミック作品の内容やジャンルを表す語句が抽出され、“評判キーワード”には読者が抱くコミック作品への印象や感想等が抽出された。この抽出された 2 種類のキーワードを見ることで、直感的にそのコミック作品の特徴を把握可能であることが示唆された。しかし、Wikipedia は作品によって記述される量に差が生じているため、他の概要情報からも抽出すべきであると白石らは述べた。

朴ら [23] はコミックのメタ的な情報からはユーザの要求に合わせた柔軟なコミックの推薦や検索が難しいと考え、コミックの表紙画像から内容情報を推定する手法を提案した。コミックの表紙からは、作者の絵柄やコミック作品のおおまかなストーリーが読み取れる。そこで、ストーリーの中でもコミック作品のコンセプトが表れる、“キャラクターの衣服や持ち物、背景や周囲のオブジェクトなどの描画要素”に着目した。Amazon から収集したコミックの表紙画像にタグの付与を行い、Fine-Tuning を活用することで表紙からコミック作品のコンセプトに関わる情報の抽出を試みた。結果、再現度が 91.8% となるモデルを作成した。

いずれの関連研究もコミックの内容情報の抽出にコミックのストーリーを表現するキャラクターのセリフやイラストを用いた直接的なアプローチを行わず、コミックのレビュー文や表紙画像といった間接的なアプローチをとっている。本研究は、コミックの内容情報の 1 つであるキャラクター同士の関係性の変化を抽出するために、まずはストーリー内で発生するイベント情報の抽出に吹き出し内のセリフテキストを用いる。

2.2 物語構造分析に関する研究

今日までに、様々な媒体において物語の構造を抽出し、分析を行う研究が行われてきた。例えば、神話物語や神話を原型にした現代物語 [15] や、ミステリー [4]、怪談 [24]、星新一のショートショート [3] といった小説、ロー

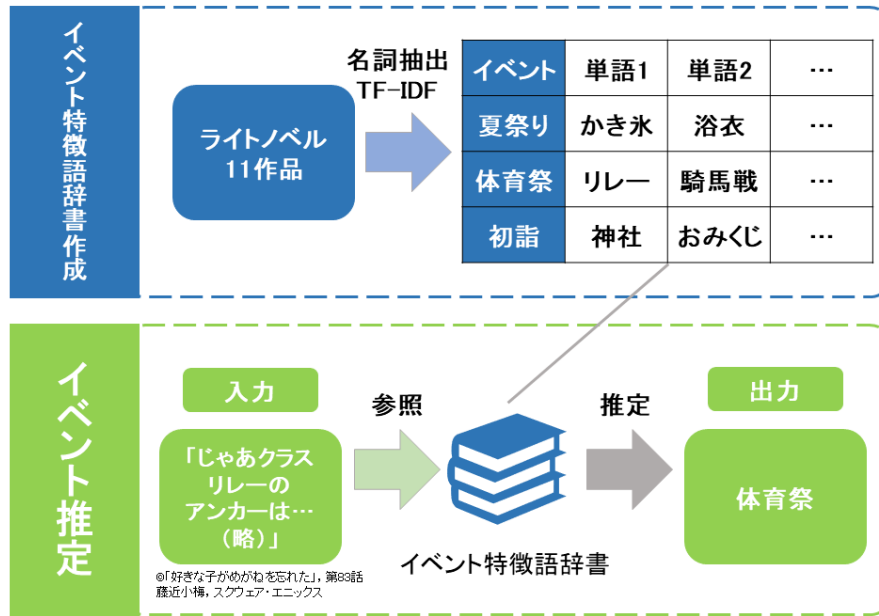


図 1: 本稿の概要

ルプレイングゲーム (RPG) [11] や恋愛ゲーム [19] といったゲーム中の物語など多岐にわたるジャンルにおいて物語構造分析が行われている。また、コミック分野においても物語の場面におけるキャラクタの役割と人数についての研究 [18] や泣けるシーンに注目した研究 [20], 恋愛漫画 [12] といった物語の構造分析研究が行われた。

しかし、これらの研究では物語の構造を人手で抽出し、分析を行っているため時間と労力がかかってしまう。そこで本研究は、ストーリー中に発生するイベントに着目することによりストーリーの構成把握を試みる。

2.3 辞書の作成に関する研究

呉ら [17] は、分野分類がされている文書群から出現頻度をもとに名詞を抽出し、分野関連語辞書を作成した。構築した辞書を用いて TF 法による文書分類を行った結果、分類の再現率および精度は平均で 86% となった。この文書分類の結果、TF-IDF 法よりも TF 法は一般的な単語で表現される新聞記事のような文書の分類に適した手法であることが確認されている。

しかし、本研究で扱うコミックなどのストーリー作品にはその作品を特徴づけるような単語が存在し、それらの単語はどんな話でも出現してしまう。例えば、「僕のヒーローアカデミア」(© 堀越耕平, 集英社) では“個性”であったり、「好きな子がめがねを忘れた」(© 藤近小梅, スクウェア・エニックス) では“めがね”といった単語が該当する。さらに、作品によってはある一つのイベントを複数話にわたって描写することがあるため、作品を特徴づける単語がそのイベントに多く出現することになり、TF 法のみではそれらの単語の重みを過大評価

してしまう恐れがある。そこで本研究はイベントごとに文書を作成し、その文書から名詞を TF-IDF により抽出して作成したイベント特徴語辞書を用いてイベントの推定を行う。

3 本研究のアプローチ

本研究はイベントを推定するためのアプローチとして、イベントに出現する単語に着目した。学園ジャンルで発生するイベントである夏祭りでは、“花火”、“浴衣”、“かき氷”など、体育祭では、“リレー”、“借り物競走”、“騎馬戦”などといった単語が出現する。本研究では、このようなイベントに関係のある単語を“イベント特徴語”と定義する。発生したイベントのテキストにはそのイベントに関係のある単語が多く出現するという仮定に基づき、イベント特徴語を収集し、それを手がかりとすることで機械によるイベント推定を試みる。

イベント特徴語の収集においては作品中に出現するテキスト情報がその収集源として期待される。コミックは、絵と文字が相補的かつ協調的に利用されているクロスモーダルなコンテンツであり [7], 絵として描かれる背景情報や表情が場面や状況の情報を補完するため、セリフやモノログなどのテキスト情報だけではイベントに関する情報の取得に大量のコンテンツが必要になると懸念される。一方、小説の場合は、コミックにおいてイラストで描写されている情報が地の文として表現されているため、小説はコミックよりもテキスト情報の取得が容易である。そこで本稿では、コミックの類似コンテンツのひとつとして小説の一種であるライトノベルに着目した。ライトノベルはコミックと同じようにバトルやファ

ンタジー、恋愛などといったジャンルに分類され、人気のあるライトノベルはコミカライズされることが多い。小説の方がコミックよりも多くのイベント特徴語が抽出できると推定されるため、本研究ではライトノベルの小説文からイベント特徴語辞書の作成を試みる。

本研究の概要を図1に示す。本稿ではまず対象となるコミックやライトノベルで発生するイベントについて調査する。次に、イベント推定のためライトノベルからイベント特徴語を抽出し、イベント特徴語辞書を作成する。最後に、作成したイベント特徴語辞書を用いて、ライトノベルとコミックを対象に提案手法によるイベント推定を行う。

4 イベントの調査

本章では、本稿で対象とするストーリージャンルを決定する。また、対象とするイベントを定義するため、決定したジャンルに属するコミックやライトノベルにおいて、同一名のイベントが発生した作品数とイベントの発生頻度を人手により調査を行う。

4.1 対象とするストーリージャンル

本稿で対象とするストーリージャンルは他のジャンルよりもイベントの種類が豊富でイベントの判別が容易だと考えられる学園ジャンルとする。対象とする学園ジャンルは、時代設定が現代かつメインのキャラクター達の学校生活を中心として描いている題材の作品とする。これは、学園が舞台となっているアクションやSFなどのジャンルの作品を研究対象として扱わないことで、非日常的な単語やシーンが出現することを防ぐためである。

4.2 イベントの調査方法

まず、本研究において対象とするイベントを決めるために、日本最大級のWeb小説投稿サイトである「小説家になろう」¹から21作品、コミックから19作品の計40作品の学園ジャンルの作品にどのようなイベントが何回発生するか調査した。このとき、調査対象とした40作品の学園ジャンル作品は4.1節で述べた通り、時代設定が現代かつメインのキャラクター達が登場する主な舞台が学園である作品であることに加えて、その作品のストーリー上の時間軸が1年以上経過している、もしくは2022年10月10日時点で既に完結済みである作品を選定した。ストーリー上の時間軸が1年以上経過している作品を選定したのは、1年周期で類似したイベントが発生し、イベントを網羅的に収集できると考えたためである。

ストーリー上の時間軸が1年以上経過している作品を対象としたため、文化祭などの学校行事が2回以上発生することがある。そこで、1作品の中で複数回そのイベ

表 1: 40 作品の学園ジャンルで発生したイベントの作品数

イベント名	小説	コミック	合計
文化祭	17	15	32
バレンタイン	13	13	26
夏祭り	14	10	24
クリスマス	12	12	24
勉強会	12	9	21
夏休み	11	10	21
誕生日	8	13	21
体育祭	8	11	19
修学旅行	10	8	18
ショッピング	10	8	18
海水浴	6	12	18
初詣	8	7	15
ホワイトデー	5	10	15
定期考査	9	5	14
旅行	8	6	14
プール	7	6	13
卒業式	6	7	13
大晦日	6	5	11
遊園地	6	5	11
ゲームセンター	5	6	11
お見舞い・看病	3	8	11

ントの発生を確認することができても1回としか数えない場合と、発生した回数を数える場合の2種類の数え方で調査を行った。前者の数え方を採用した理由は、1作品の中で同一名のイベントだけが偏って複数回発生しないことを確認するためである。また、複数話にわたって同一名のイベントが発生していた場合は、話数分を数えるのではなく、1回とした。文化祭の準備がメインの話と文化祭本編の話の間に文化祭とは関係のない話が含まれている場合も、文化祭の準備と本編、2つの話を同一のイベントとみなし1回のみとしている。しかし、同一名のイベントであっても、前回の同一名イベントとつながりが無い、もしくは学年が異なるといった場合は発生した回数を数えた。

4.3 調査によって得られたイベント

4.2節で述べた数え方により、学園ジャンル40作品に発生したイベントの総数は57種類であった。そのうち、10回以上発生したイベントは作品数別では21種類、のべ発生回数では24種類のイベントが発生することが確認された。それぞれにおいてイベントの発生回数の結果を表1と表2に示す。

¹<https://syosetu.com/> (2023/1/31 存在確認)

表 2: 学園ジャンルで発生したイベントの発生回数

イベント名	小説	コミック	合計
文化祭	20	23	43
誕生日	16	22	38
勉強会	14	18	32
バレンタイン	16	16	32
クリスマス	15	16	31
ショッピング	12	19	31
夏祭り	15	13	28
夏休み	13	11	24
旅行	11	11	22
海水浴	8	14	22
体育祭	8	13	21
ゲームセンター	8	13	21
修学旅行	11	9	20
定期考査	12	5	17
ホワイトデー	6	11	17
プール	10	6	16
初詣	8	8	16
卒業式	8	7	15
お見舞い・看病	5	10	15
遊園地	8	6	14
公園	1	11	12
カラオケ	7	5	12
大晦日	6	5	11
正月	4	7	11

調査によって得られた結果より、イベントをグループ化し、階層化を人手で行った。その結果を図2に示す。

今回の調査結果から作成されたイベントツリーにより、本稿が対象とする学園ジャンルのイベントとは、以下の5種に当てはまるイベントを指す。

1. 現実にも存在する“学校行事” (e.g., 文化祭, 体育祭, 修学旅行)
2. 学校行事ほどの規模ではないが学園生活を送っている学生が経験する内容のイベントである“学校生活” (e.g., 席替え, 調理実習, 進路希望調査)
3. 季節に関わる“年中行事” (e.g., バレンタイン, ハロウィン, クリスマス)
4. 四季に依存して発生する“季節”イベント (e.g., 花見, 夏祭り, 海水浴)
5. 学園ジャンルのコミックで複数の作品において確認されたキャラクタの“個人”イベント (e.g., おでかけ, 誕生日, 勉強会)

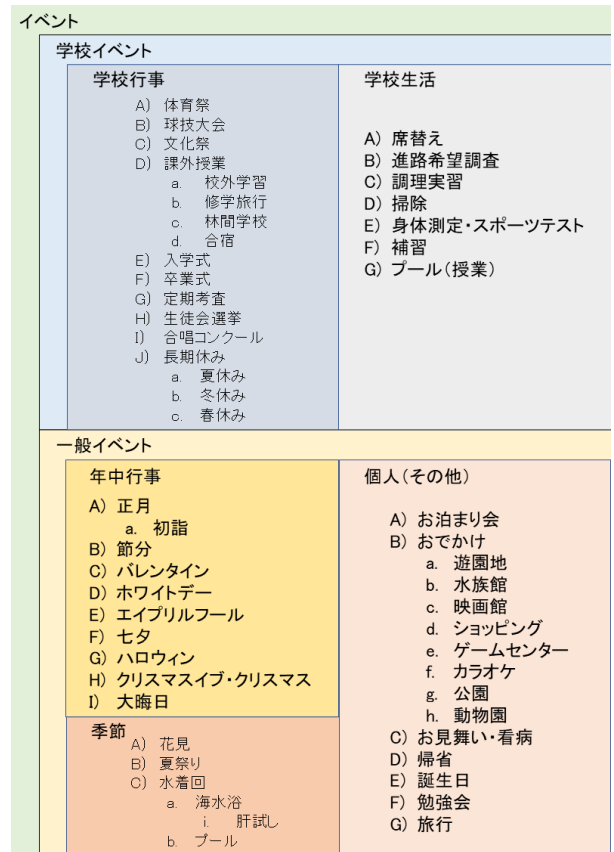


図 2: イベントツリー

5 イベント特徴語辞書

イベント推定に必要なイベント特徴語がどのイベントに属するのか定義するためにイベント特徴語辞書を作成する。本章ではイベント特徴語を抽出し、イベント特徴語辞書の作成について述べる。

5.1 前処理

イベントを推定するための辞書（以下、イベント特徴語辞書と記す）を作成するにあたって、Web 小説投稿サイト「小説家になろう」から11作品を選定した（表3）。

選定基準は4.2節で述べた条件のうち、さらにイベントの特定が容易なタイトル (e.g., 「風と人気者と妹、プールに行く。」²「後1年～最悪の卒業式～」³「桜聖祭とグループ決め」⁴) が割り振られている作品とした。収集したテキスト (92,973 文) の内、イベントを特定することのできたタイトル全てのテキスト (31,240 文) にイベント名のラベル付けを行った。今回、11作品に発生したイベントのうち、発生回数が3回以上であった“夏休み”を除く上位20種類のイベント名がラベル付けされた文章 (28,618 文) を対象とした（表4参照）。“夏休み”イベントはイベントの中に“夏祭り”や“プール”、“海水浴”

²オタクな彼女は好きですか?, 42 話

³サボり魔先輩に恋に落ちるまで, 1 話

⁴伝えられない想いは空を舞う, 13 話

表 3: イベント特徴語辞書作成に用いた小説一覧

作品名	作者名	URL
貴女が死ぬまでは傍にいる	犬議準人	https://ncode.syosetu.com/n1097hj/
ウソつきたちの恋—幼馴染みが俺のことを忘れたみたいなので、幼馴染みの友達と仲良くなってみた—	おがた悠希	https://ncode.syosetu.com/n5464hl/
オタクな彼女は好きですか？	金野次郎	https://ncode.syosetu.com/n2466hh/
織田信長が女子に生まれ変わったけど、どうやら穏やかに生きられない！	夢生明	https://ncode.syosetu.com/n5377hf/
【完結】金髪碧眼の女子バレー部のエースに告白したらフラれたけど、俺が作った弁当だけは毎日食べたいと懇願された話。	ユーキ少尉	https://ncode.syosetu.com/n5598hi/
高2にタイムリープした俺が、当時好きだった先生に告った結果	ケンノジ	https://ncode.syosetu.com/n4976ea/
サボり魔先輩に恋に落ちるまで	春夜もこ	https://ncode.syosetu.com/n1842hn/
スノーフレックと君影草～不器用な雪片くんとさみしがり屋の鈴蘭ちゃん～	睦月卯月	https://ncode.syosetu.com/n4926gt/
伝えられない想いは空を舞う	西藤りょう	https://ncode.syosetu.com/n8318hm/
やたらと察しのいい俺は、毒舌クーデレ美少女の小さなデレも見逃さずにぐいぐいいく	ふか田さめたろう	https://ncode.syosetu.com/n0674fu/
連勝中の私が唯一勝てないもの	「」(むめい)	https://ncode.syosetu.com/n4284hq/

(2023/1/31 存在確認)

表 4: イベント特徴語辞書の作成に用いたイベントとその文章量

イベント名	文章量
文化祭	6,019
修学旅行	3,041
夏祭り	2,260
体育祭	2,108
クリスマスイブ・クリスマス	1,804
プール	1,395
旅行	1,291
誕生日	1,281
ショッピング	1,215
勉強会	988
お見舞い・看病	934
球技大会	669
卒業式	556
バレンタイン	376
ゲームセンター	355
大晦日	334
初詣	333
カラオケ	254
映画館	220
定期考査	144
重複あり	

といった多くのイベントが内包される。そこで本稿ではイベントの重複をなくすために、“夏休み”を除いた。

その後、20 種のイベントに該当したテキストに対して、形態素解析を行い、一般名詞を抽出した。動詞や形容詞などの他の自立語は名詞に比べて特定のイベントに依存して出現することが少なく、イベント推定の精度に影響を与えることが懸念されるため本研究では除外した。

形態素解析には Mecab (ver. 0.996)⁵を採用し、辞書

⁵<https://taku910.github.io/mecab/>
(2023/1/31 存在確認)

には ipadic-NEologd⁶を用いた。ストップワードは日本語ストップワード辞書である Slothlib⁷に含まれている単語と 1 文字のひらがなとカタカナ、記号に加えて、ipadic-NEologd 辞書を用いた形態素解析によって固有名詞と見なされなかった人名や人称、意味がない語 (e.g., むう, もうい, もうこ) を対象とした。また、文化祭イベントでの“ミスコン”や夏祭りイベントでの“りんご飴”などのような単語は ipadic-NEologd 辞書のみの形態素解析では抽出ができなかったため、表 3 の小説内のイベントにおいて実際に確認できたイベント特徴語となりうる単語をまとめた形態素解析用辞書を構築した。ipadic-NEologd 辞書と形態素解析用辞書を併用した形態素解析により、抽出した名詞の総異なり数は 5,285 個であった。

5.2 TF-IDF によるイベント特徴語の抽出

5.1 節で抽出したそれぞれの品詞の単語について、表 4 の 20 種類のイベントで TF-IDF を行った。

TF-IDF とは、TF 法と IDF 法によって得られたそれぞれの数値の積を算出することにより、文書内に出現するそれぞれ単語に重み付けを行う手法のことである。TF とは term frequency の略であり、任意の一文書内において任意の単語がどれだけ出現したかを表し、出現した回数が多くなるほど算出される数値も高くなる。IDF とは inverse document frequency の略であり、文書集合の中で任意の単語が文書に出現した数の割合を逆数にし、対数をとった値である。多くの文書に現れる単語は IDF 値が小さくなり、逆に文書中に現れる頻度が少ない単語は IDF 値が大きくなる。よって、TF-IDF はある 1 つの文書内に多く出現し、他の文書に出現しない単語ほど高い値を得ることができる。本研究では、同一名のイベントを 1 つの文書にまとめ、イベントごとに文書を作成した。今回、TF-IDF 値の算出には Python のオープンソースとして公開されている機械学

⁶<https://github.com/neologd/mecab-ipadic-neologd/blob/master/README.ja.md>
(2023/1/31 存在確認)

⁷<http://svn.sourceforge.jp/svnroot/slothlib/CSharp/Version1/SlothLib/NLP/Filter/StopWord/word/Japanese.txt> (2023/1/31 存在確認)

表 5: イベント特徴語の抽出 (一部)

単語	TF-IDF 値	単語	TF-IDF 値
車椅子	0.444	少女	0.404
少年	0.370	修学旅行	0.324
花火	0.358	先生	0.222
浴衣	0.235	パパ	0.199
レッド	0.211	先輩	0.175
ひょっとこ	0.203	部屋	0.167
お面	0.196	ふたり	0.164
祭り	0.187	ママ	0.158
屋台	0.177	前世	0.139
先輩	0.130	言葉	0.137
(a) 夏祭り		(b) 修学旅行	

習ライブラリの Scikit-learn (ver. 1.1.1)⁸ のクラスである `sklearn.feature_extraction.text` の `TfidfVectorizer` を使用した。

結果の一部である 2 種類のイベントにおける名詞の TF-IDF 値が高い上位 10 単語を表 5 に示す。

表 5(a) より、夏祭りにおいて、名詞では“花火”、“浴衣”、“お面”などといった夏祭りというイベントを表すようなイベント特徴語が TF-IDF 値の上位 10 単語の中だけでも多く現れていることが確認できる。対して、表 5(b) の修学旅行では、修学旅行に関するイベントを表していると考えられる“お土産”、“観光”、“グループ”などといったイベント特徴語はあまり表れていない。

5.3 イベント特徴語の選定, 追加

イベント特徴語辞書を作成するにあたり、5.2 節でそれぞれのイベントにおいて算出した TF-IDF 値の高い上位 50 単語の中から人手でそのイベントに関連すると思われるイベント特徴語の選定を行った。表 5 の結果を用いた例を挙げると、“花火”、“浴衣”、“ひょっとこ”、“お面”、“屋台”、“祭り”、“下駄”をイベント特徴語として選定した。

さらに、上位 50 単語には含まれていなかったが、実際に表 3 の 11 作品に出現しており、かつイベント特徴語であると考えられる単語の追加を行った。このとき、表記揺れの単語もイベント特徴語辞書に含めることとした。

以下に夏祭りイベントのイベント特徴語辞書の例を示す。

“花火”、“浴衣”、“ひょっとこ”、“お面”、“祭り”、“屋台”、“露店”、“下駄”、“焼きトウモロコシ”、“金魚”、“河川敷”、“たこ焼き”、“タコ焼き”、“喧騒”、“焼きそば”、“神社”、“公園”、“迷子”、“草履”、“射的”、“カップル”、“ビニールシート”、“わたあめ”、“綿あめ”、“綿菓子”、“法被”、“ステージ”、“りんご飴”、“リンゴ飴”、“かき氷”、“鼻緒”、“夜空”、“会場”、“太鼓”

6 イベント特徴語辞書を用いたイベント推定

一般にライトノベルやコミックには話の単位で区切りが存在する。複数のイベントが 1 話に発生することは少ないため、話単位でイベントの推定を行った。

今回、推定を行う対象としたイベントは、イベント特徴語辞書の作成に用いた 20 種のイベントに含まれ、かつ表 1 の上位から“文化祭”、“バレンタイン”、“夏祭り”、“クリスマス”、“勉強会”、“誕生日”、“体育祭”、“修学旅行”、“ショッピング”、“初詣”のイベント 10 種である。

まず、イベント特徴語辞書の作成に用いた表 3 の 11 作品の各々について、それぞれの話の中に含まれるテキストを MeCab を用いて形態素解析を行い、一般名詞を抽出した。イベント特徴語辞書を参照してそれらの名詞が属するイベントを特定し、重複を許してイベントごとに計数した。計数した結果をもとに作品 a ($a = 0$ から W まで) の i 話 ($i = 1$ から T まで) に対して 10 種のイベント ($e_1, e_2, \dots, e_{10}$) を基底とする 10 次元のベクトル $E_a(i)$ (以下、イベントベクトルと記す) を作成した。

$$E_a(i) = \{e_1, e_2, \dots, e_{10}\} \quad (1)$$

単話からイベントを推定する手法の特性上、本来のイベントに関係のないイベント特徴語が偶発的に出現する可能性があるため、カットオフ基準 N を設けた。例えば、ホワイトデーのイベントが発生している話で「バレンタインのお返し」など他のイベント特徴語が出現するため、こういった単語はイベント推定のノイズとなる恐れがある。イベント特徴語の出現回数がカットオフ基準以下のイベントに該当するベクトルの要素には 0 を割り当てた。次に、このようにして得られたベクトルを要素の和が 1.0 となるように正規化した。

$$e'_j = \frac{e_j}{\sum_{k=1}^{10} e_k} \quad (2)$$

$$E_a(i) = \{e'_1, e'_2, \dots, e'_{10}\} \quad (3)$$

その上でベクトルの要素が閾値 (以下、イベント推定閾値と記す) を超えた場合にそれをイベント推定結果として採用した。

6.1 予備実験

カットオフ基準 N とイベント推定閾値 p を設定するための予備実験を行った。まず、表 3 のイベント特徴語辞

⁸<https://scikit-learn.org/stable/> (2023/1/31 存在確認)

表 6: それぞれのイベントにおけるイベント特徴語辞書の単語数

	文化祭	バレンタイン	夏祭り	クリスマス	勉強会	誕生日	体育祭	修学旅行	ショッピング	初詣
非洗練辞書	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
洗練辞書	17	10	21	14	21	5	25	12	23	19
イベント特徴語辞書	33	11	34	17	27	5	32	19	24	24

表 7: イベント特徴語辞書を用いた全文に対するパラメータ選定

p	$N=1$	$N=2$	$N=3$	$N=4$	$N=5$	$N=6$
再現率	0.809	0.755	0.689	0.614	0.573	0.519
適合率	0.170	0.202	0.242	0.290	0.350	0.393
F 値	0.282	0.319	0.358	0.394	0.435	0.447
再現率	0.751	0.718	0.647	0.589	0.564	0.510
適合率	0.195	0.226	0.263	0.316	0.383	0.418
F 値	0.310	0.344	0.374	0.411	0.456	0.460
再現率	0.693	0.676	0.618	0.577	0.544	0.506
適合率	0.214	0.250	0.285	0.348	0.420	0.467
F 値	0.327	0.365	0.390	0.434	0.474	0.486
再現率	0.560	0.564	0.552	0.531	0.510	0.477
適合率	0.262	0.311	0.338	0.405	0.486	0.528
F 値	0.357	0.401	0.419	0.460	0.500	0.501

表 8: 非洗練辞書を用いた全文に対するパラメータ選定

p	$N=1$	$N=2$	$N=3$	$N=4$	$N=5$	$N=6$
再現率	0.336	0.382	0.407	0.448	0.502	0.527
適合率	0.386	0.280	0.258	0.234	0.218	0.210
F 値	0.359	0.323	0.316	0.308	0.304	0.300
再現率	0.154	0.207	0.237	0.266	0.315	0.336
適合率	0.457	0.340	0.298	0.259	0.265	0.248
F 値	0.230	0.258	0.264	0.262	0.288	0.285
再現率	0.058	0.104	0.137	0.154	0.207	0.207
適合率	0.400	0.291	0.270	0.243	0.270	0.234
F 値	0.101	0.153	0.182	0.188	0.235	0.220
再現率	0.017	0.041	0.071	0.071	0.154	0.154
適合率	0.333	0.286	0.327	0.236	0.346	0.285
F 値	0.032	0.072	0.116	0.109	0.213	0.199

書の作成に用いた小説 11 作品を対象に、各話のイベントを推定した。イベントの推定には、1 話に含まれる全てのテキスト（以下、全文と記す）を用いた。次に、推定精度の評価指標として再現率 (Recall)、適合率 (Precision)、F 値 (F-measure) を算出した。以下にその式を示す。

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (5)$$

$$F\text{-measure} = \frac{2 \times Recall \times Precision}{Recall + Precision} \quad (6)$$

TP(True Positive) はイベント e_j と推定された話の中で実際にイベント e_j である話数、FP(False Positive) はイベント e_j と推定された話の中で実際はイベント e_j でない話数、FN(False Negative) はイベント e_j と推定されなかった話の中で実際にイベント e_j である話数を示す。

算出した F 値が最も高くなる N と p の組み合わせをグリッドサーチにより選定した。このとき、 N は 1 か

表 9: 洗練辞書を用いた全文に対するパラメータ選定

p	$N=1$	$N=2$	$N=3$	$N=4$	$N=5$	$N=6$
再現率	0.797	0.747	0.656	0.581	0.531	0.490
適合率	0.171	0.210	0.248	0.298	0.354	0.405
F 値	0.282	0.328	0.360	0.394	0.425	0.444
再現率	0.734	0.701	0.627	0.568	0.531	0.490
適合率	0.194	0.231	0.269	0.322	0.388	0.435
F 値	0.307	0.347	0.376	0.411	0.448	0.461
再現率	0.680	0.643	0.589	0.548	0.502	0.481
適合率	0.213	0.246	0.287	0.350	0.417	0.473
F 値	0.325	0.356	0.386	0.427	0.456	0.477
再現率	0.581	0.556	0.539	0.506	0.477	0.456
適合率	0.261	0.300	0.350	0.416	0.491	0.534
F 値	0.360	0.390	0.425	0.457	0.484	0.492

ら 6 までの 1 刻み、 p は 0.30 から 0.60 までの 0.10 刻みとした。表 7 にその結果を示す。結果、全文においては $N=6$ 、 $p=0.60$ の組み合わせで F 値が最大となった。

また、本稿で構築したイベント特徴語辞書の精度の検証をするために、5.2 節でそれぞれのイベントにおいて算出した TF-IDF 値の高い上位 50 単語をイベント特徴語とした辞書（以下、非洗練辞書と記す）と、TF-IDF 値の上位 50 単語からイベント特徴語であると考えられる単語を手で選定した辞書（以下、洗練辞書と記す）を構築した。表 6 に、それぞれのイベントにおけるイベント特徴語辞書の単語数を示す。

構築した非洗練辞書、洗練辞書についても同様の予備実験を行った。表 8, 9 に結果を示す。その結果、非洗練辞書においては、 $N=1$ 、 $p=0.30$ 、洗練辞書においては $N=6$ 、 $p=0.60$ の組み合わせで F 値が最大となった。しかし、非洗練辞書、洗練辞書の F 値はともに本稿で構築したイベント特徴語辞書の F 値以下である。イベント特徴語辞書を用いたイベント推定の精度と洗練辞書を用いたイベント推定の精度にはあまり差が見られなかった。イベント特徴語辞書を用いたイベント推定の精度は洗練辞書を用いたイベント推定の精度と比較して、全文においては再現率で +0.021、適合率で -0.006、F 値で +0.009 であった。また、セリフ文においては再現率で -0.066、適合率で +0.079、F 値で +0.004 であった。

次に、コミックではセリフ文がイベントの推定に用いるテキストであり、推定の手がかりとなる単語数が小説文に比べて少なくなることを考慮し、同作品のセリフ文のみを取り出して同様の予備実験を行った。表 10, 11, 12 にその結果を示す。セリフ文において N の値を高くしていくと、適合率は上がるが再現率が大きく下がり、F 値が下がる傾向が見られた。したがって、コミックの

表 10: イベント特徴語辞書を用いたセリフ文に対するパラメータ選定

p		$N = 1$	$N = 2$	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$	$N = 6$
0.30	再現率	0.510	0.378	0.290	0.224	0.145	0.087
	適合率	0.237	0.294	0.395	0.454	0.486	0.500
	F 値	0.323	0.330	0.335	0.300	0.224	0.148
0.40	再現率	0.485	0.365	0.282	0.224	0.145	0.087
	適合率	0.258	0.325	0.425	0.482	0.500	0.512
	F 値	0.337	0.344	0.339	0.306	0.225	0.149
0.50	再現率	0.469	0.361	0.282	0.220	0.141	0.083
	適合率	0.270	0.345	0.456	0.500	0.531	0.541
	F 値	0.343	0.353	0.349	0.305	0.223	0.144
0.60	再現率	0.398	0.324	0.257	0.212	0.133	0.075
	適合率	0.321	0.404	0.481	0.531	0.571	0.545
	F 値	0.356	0.359	0.335	0.303	0.215	0.131

表 11: 非洗練辞書を用いたセリフ文に対するパラメータ選定

p		$N = 1$	$N = 2$	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$	$N = 6$
0.30	再現率	0.423	0.452	0.436	0.415	0.369	0.299
	適合率	0.168	0.169	0.163	0.178	0.181	0.175
	F 値	0.241	0.246	0.237	0.249	0.243	0.221
0.40	再現率	0.270	0.315	0.344	0.353	0.315	0.253
	適合率	0.193	0.205	0.191	0.229	0.231	0.212
	F 値	0.225	0.248	0.246	0.278	0.267	0.231
0.50	再現率	0.207	0.261	0.266	0.307	0.257	0.228
	適合率	0.192	0.216	0.193	0.247	0.228	0.233
	F 値	0.200	0.236	0.223	0.274	0.242	0.231
0.60	再現率	0.166	0.207	0.203	0.257	0.216	0.195
	適合率	0.282	0.286	0.265	0.297	0.267	0.287
	F 値	0.209	0.240	0.230	0.276	0.239	0.232

イベント推定においては $N = 2$, $p = 0.60$ の組み合わせを採用することとした。

6.2 本実験

6.1 節にて選定した N と p を用いて、新たに小説 10 作品とコミック 2 作品のテキストを対象に、本稿にて構築したイベント特徴語辞書の評価実験を行った。

6.2.1 小説

本稿にて構築したイベント特徴語辞書を用いたイベント推定が可能であるか検証を行うため、イベント辞書の構築に用いなかった小説を対象に実験を行った。本実験に用いた小説 10 作品を表 13 に示す。小説 10 作品の内、一部作品は作者の特定に至らなかった。

本実験の結果、 $N = 6$, $p = 0.60$ の条件下において、イベント特徴語辞書を用いた小説における再現率は 0.371、適合率は 0.495、F 値は 0.424 となった。この結果は、同条件の予備実験の結果と比較すると再現率は -0.106 、適合率は -0.033 、F 値は -0.077 と再現率と F 値において 0.10 ほど下回る結果となった。このことから、提案手法により小説において一定程度のイベント推定が可能であることが示唆された。

表 12: 洗練辞書を用いたセリフ文に対するパラメータ選定

p		$N = 1$	$N = 2$	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$	$N = 6$
0.30	再現率	0.477	0.336	0.274	0.220	0.124	0.075
	適合率	0.246	0.302	0.418	0.486	0.476	0.514
	F 値	0.325	0.318	0.331	0.303	0.197	0.130
0.40	再現率	0.469	0.332	0.270	0.220	0.124	0.075
	適合率	0.264	0.332	0.448	0.510	0.508	0.529
	F 値	0.338	0.332	0.337	0.307	0.200	0.131
0.50	再現率	0.456	0.328	0.266	0.216	0.120	0.075
	適合率	0.276	0.351	0.474	0.525	0.527	0.545
	F 値	0.344	0.339	0.340	0.306	0.196	0.131
0.60	再現率	0.390	0.290	0.245	0.212	0.116	0.071
	適合率	0.325	0.398	0.492	0.548	0.538	0.531
	F 値	0.355	0.336	0.327	0.305	0.191	0.125

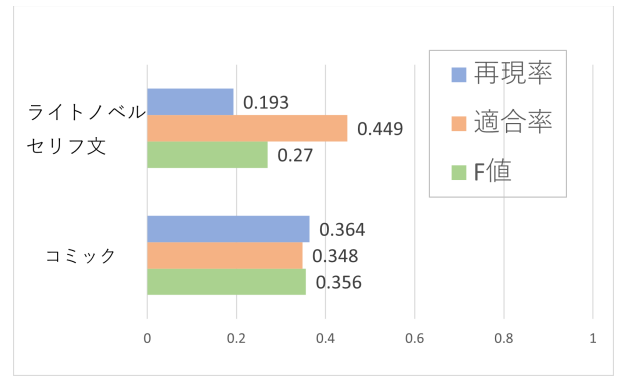


図 3: イベント推定結果の比較

6.2.2 コミック

本稿では、「好きな子がめがねを忘れた」[10]と「男子高校生の日常」[14]の2作品のコミックを対象として、6.1 節にて決定した $N = 2$, $p = 0.60$ の条件下において、イベント特徴語辞書を用いたイベント推定の精度評価実験を行った。また、6.2.1 節で用いた同小説 10 作品のセリフ文のみを対象としたイベント推定結果と比較を行った。結果を、図 3 に示す。この結果から、コミックにおけるイベントの推定の精度は小説のセリフ文に比べて、再現率は $+0.171$ 、適合率は -0.101 、F 値は $+0.086$ の差が確認された。再現率と F 値はおおよそ 0.10 上回っているが、適合率はおおよそ 0.10 下回る結果となった。また、同条件下での予備実験の結果と比較を行った。コミックにおけるイベントの推定精度の結果と比較すると、再現率では $+0.040$ 、適合率は -0.056 、F 値は -0.003 の差となったが、再現率、適合率、F 値のそれぞれにおいてあまり差が見られなかった。これらのことから、提案手法によりコミックにおいても一定程度のイベント推定が可能であることが示唆された。

7 考察

本章では、予備実験と本実験の結果から得られた考察について述べる。

表 13: 本実験に用いた小説 10 作品一覧

作品名	作者名	URL
愛しの眠り …… 姫?!	平 遊	https://ncode.syosetu.com/n3483hs/
幼なじみが俺の青春を全力で潰しにくるのですが?	黒百合咲夜	https://ncode.syosetu.com/n9803ho/
君の夢を見る	—	https://ncode.syosetu.com/n6500hi/
高校からやり直し! 幼馴染として逆行付添人の天音ちゃんは君をとにかく幸せにしたい	江戸 清水	https://ncode.syosetu.com/n8985hf/
十七歳は御多忙申し上げます【完全版】	香月よう子	https://ncode.syosetu.com/n3682fj/
小説投稿サイトを利用していたら、クラスの美少女《ヒロイン》が読者だった	雨ノ日玖作	https://ncode.syosetu.com/n6893en/
どうやら俺をいじめているギャルが俺のことを好きらしい	ぺいぺい	https://ncode.syosetu.com/n0223hd/
花田種苗の 5 人姉弟妹	グレープヒヤシンス	https://ncode.syosetu.com/n0237fj/
ヤンデレの皮を被った女の子。	dfg	https://ncode.syosetu.com/n3156gx/
私のことを好きで好きでたまらない娘を言い当てたら 10 億円	三色ライト	https://ncode.syosetu.com/n5685ho/

(2023/1/31 存在確認)

7.1 予備実験

本節で、予備実験の結果から得られたカットオフ基準、イベント推定閾値、3 種類のイベント特徴語辞書の考察について述べる。

7.1.1 カットオフ基準について

表 8 より、非洗練辞書については、すべてのイベントにおいてイベント特徴語が 50 語と他の 2 つのイベント特徴語辞書の単語数と比べて多いことから、全文を対象としたイベント推定の際、カットオフ基準 N の値を大きくすると、再現率が上がり、適合率が下がる傾向が確認された。これはイベント判断の手がかりとなる単語が多く、1 話あたりに含まれるイベント特徴語の単語数が増加したためである。その結果、本稿の推定対象となったイベントが発生した話に対して、正しくイベントの推定を行うことが可能になり、再現率が上がったと考えられる。しかし、イベント判断の手がかりとなる単語が多いということは、そのイベントととの関係が薄いと考えられ、かつ日常的に使われる単語も含まれることになる。例えば、5.2 節の表 5(b) より、修学旅行イベントでは、“少女”、“パパ”、“先輩”などの単語が挙げられる。このような日常的に使われる単語はテキストに頻出しやすく、イベント特徴語として多く抽出される。その結果、1 話あたりの各イベントにおけるイベント特徴語の数が増加することとなる。そのため、日常的に使われる単語はイベント推定のノイズとなる。イベント特徴語に含まれるノイズが多いため、 N の値を大きくしてもカットオフ基準が機能しなくなる。その結果、推定対象となったイベントが発生していない話にもかかわらずイベントが発生したとの誤推定や、本来発生したイベント（以下、正解イベントと記す）とは別のイベントが発生したとの誤推定により、適合率が下がることに繋がったと考えられる。また、表 11 より、セリフ文を対象としたイベント推定の際は、カットオフ基準 N の値を大きくしても、再現率、適合率ともに傾向は確認されなかった。

表 7, 9 より、イベント特徴語辞書、および洗練辞書については、全文を対象としたイベント推定の際、カットオフ基準 N の値を大きくすると、再現率は下がり、適

合率は上がる傾向が確認された。また、表 10, 12 より、セリフ文を対象としたイベント推定の際においても、同様の傾向が確認された。カットオフ基準 N の値を大きくすると、本稿の推定対象となったイベントが発生した話であってもカットオフが作用する。これはイベント判断の手がかりとなる単語が非洗練辞書に比べて少なく、1 話あたりに含まれるイベント特徴語の数も減少したためである。その結果、イベントベクトルの正解イベントの要素の値が 0 となるため、イベントとして推定されなくなり再現率が下がることに繋がったと考えられる。一方で、正解イベントとは別のイベントが発生したと推定される要因となる別のイベント特徴語の数も少なく、カットオフの作用によりイベントベクトルの正解イベントの要素の値が 0 になりやすくなる。その結果、別のイベントが発生したとの誤推定が少なくなり、カットオフ基準を上げることにより適合率が上がることに繋がったと考えられる。

また、全文とセリフ文のカットオフ基準を比較すると、全文の方がカットオフ基準の値が高くなる傾向が見られた。

7.1.2 イベント推定閾値について

全てのイベント特徴語辞書において、全文、セリフ文ともにイベント推定閾値 p の値を大きくすると、再現率は下がり、適合率は上がる傾向が確認された。1 話において複数のイベントが推定された場合、推定されたイベントの数が多くなるほど 1 話あたりのベクトルの要素の値の最大値が小さくなる。結果、イベント推定閾値 p の値を大きくすると、複数のイベントが推定された話で正解イベントがあるにも関わらず、値が低くイベント推定結果として推定されないため再現率は下がることに繋がったと考えられる。一方、ベクトルの要素の値が小さいイベントがイベント推定結果として推定されなくなるため、適合率は上がることに繋がったと考えられる。

7.1.3 イベント特徴語辞書について

非洗練辞書については 7.1.1 節で述べた通り、イベント推定の手がかりとしたイベント特徴語にノイズが含まれていたため、イベント推定の精度がイベント特徴語辞

表 14: コミックのそれぞれのイベントにおけるイベント推定結果

	文化祭	バレンタイン	夏祭り	クリスマス	勉強会	誕生日	体育祭	修学旅行	ショッピング	初詣
再現率	0.200	1.000	0.250	0.500	—	0.500	0.500	—	—	—
適合率	1.000	0.667	1.000	0.500	0.000	1.000	0.333	0.000	0.000	0.000
F 値	0.333	0.800	0.400	0.500	—	0.667	0.400	—	—	—

書、洗練辞書に比べて低い結果となった。イベント特徴語辞書を用いたイベント推定の精度と洗練辞書を用いたイベント推定の精度にはあまり差が見られなかった。これは、イベント推定に用いたテキストがイベント特徴語辞書の構築に用いたテキストであり、単語を追加しても推定できなかった正解イベントの推定が新たに推定されることが少なかったためである。

7.2 本実験

表 14 にコミック 2 作品で発生したそれぞれのイベントにおけるイベント推定の結果を示す。表 14 より、バレンタイン、体育祭のイベントについては、イベントの推定精度が高い。正しく推定された話ではイベント特徴語が多く出現していることが確認された。一方、今回対象としたコミック 2 作品では発生することのなかった勉強会 (3 話)、修学旅行 (5 話)、ショッピング (2 話)、初詣 (1 話) が推定された。これは勉強会に属するイベント特徴語である“教科書”や修学旅行に属する“部屋”、初詣に属する“秘密”などが原因と考えられる。“教科書”は学生が日常的に使う単語であるため授業中のシーンで用いられることが多く、誤推定に繋がった。“部屋”はホテルの“部屋割り”、“部屋決め”など修学旅行に関連した単語であったため、イベント特徴語として選定したが、日常会話で用いられることもあり、誤推定に繋がった。“秘密”は『「市ノ瀬はなにを？」「秘密です。言うのと叶わなくなるっていいますからね」』⁹や『「何お願いしたの？」「秘密だよ。言うのと叶わないらしいから」』¹⁰のようにイベントで発話されやすい単語をイベント特徴語として選定したため、秘密の話をするといった特定の話を誤推定してしまった。これらのことを踏まえて、他のイベント特徴語との共起関係を利用することによりイベント推定の精度が向上すると考える。

8 まとめ

本稿では、学園ジャンルのライトノベルからテキストを収集し、イベント特徴語を抽出して構築したイベント特徴語辞書を活用することで学園ジャンルのコミックのイベントの推定を試みた。まず、学園ジャンルで発生するイベントを整理することにより、本研究の対象とする

イベントを明らかにした。予備実験の結果から、イベント特徴語辞書にイベントに関係の薄い単語が含まれることにより、イベント推定の精度が下がることが確認された。本実験の結果から、ライトノベルから得られたイベント特徴語を用いる提案手法によるイベント推定を行うことで、コミックのイベント推定が可能であることが確認された。今後は、イベント特徴語辞書の拡充をすすめ、イベント推定の精度向上を目指す。

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松下光範教授に厚く感謝を申し上げます。また、研究指導、論文添削等、様々なお力を添えていただきました樋口亮太氏、上溝僚祐氏、宮川栞奈氏をはじめとする関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻の先輩方に厚く感謝を申し上げます。研究活動をすすめるにあたり、日々癒やしを与えてくださった「好きな子がめがねを忘れた」(© 藤近小梅, スクウェア・エニックス), 「僕の心のヤバイやつ」(© 桜井のりお, 秋田書店), 「薫る花は凛と咲く」(© 三香見サカ, 講談社), 「その着せ替え人形は恋をする」(© 福田晋一, スクウェア・エニックス)をはじめとする数多のコミックと生み出してくださった作者の皆様方に厚く感謝を申し上げます。最後になりましたが、学校生活を支えてくださった家族や友人、松下研究室 13 期生の皆様に感謝の意を表すと同時に謝辞といたします。

参考文献

- [1] Chu, W. T. and Li, W. W.: Manga FaceNet: Face Detection in Manga based on Deep Neural Network, *Proceedings of the 2017 ACM on International Conference on Multimedia Retrieval*, Vol. 2019, pp. 412–415 (2017).
- [2] Hattori, S. and Takama, Y.: Recommender System Employing Personal-Value-Based User Model, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 18, No. 2, pp. 157–165 (2014).
- [3] Murai, H.: Automatic Extraction of Reversal-Type Punch Lines in Shin'ichi Hoshi's Flash Fictions, *Journal of the Japanese Association for Digital Humanities*, Vol. 2, No. 1, pp. 31–47 (2017).

⁹連勝中の私が唯一勝てないもの、第 35 話「卒業まであとすこし」

¹⁰オタクな彼女は好きですか？、第 165 話「風と人気者、初詣に行く 4。」

- [4] Murai, H.: Factors of the Detective Story and the Extraction of Plot Patterns Based on Japanese Detective Comics, *Journal of the Japanese Association for Digital Humanities*, Vol. 5, No. 1, pp. 4–21 (2020).
- [5] 田中海斗, 齋藤吉平, 堀田政二, 澤野弘明: モーションコミック自動生成におけるコマ抽出に関する検討, 電子情報通信学会第8回コミック工学研究会予稿集, pp. 20–23 (2022).
- [6] 白石絵里奈, 田村亮介, 浅沼爽汰, 白井聡一, 藤田和成, 町田翔, 延澤志保: 概要と読者レビューに基づく漫画特徴抽出, 情報処理学会第81回全国大会講演論文集, Vol. 2019, No. 1, pp. 443–444 (2019).
- [7] 松下光範: コミック工学—漫画を対象としたコンテンツ指向研究, システム／制御／情報, Vol. 63, No. 3, pp. 113–117 (2019).
- [8] 田中孝昌, 外山史, 宮道壽一, 東海林健二: マンガ画像の吹き出し検出と分類, 映像情報メディア学会誌, Vol. 64, No. 12, pp. 1933–1939 (2010).
- [9] 澤野弘明, 大西諒太, 堀田政二: 漫画画像のモーションコミック化のためのコマ抽出および無地背景推定, 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 142, No. 12, pp. 1281–1287 (2022).
- [10] 藤近小梅: 好きな子がめがねを忘れた, スクウェア・エニックス (2019).
- [11] 中村祥吾, 村井源: ロールプレイングゲームにおける物語の複合的構造の時系列的変化と作品間比較, 第36回人工知能学会全国大会論文集, 1P1-GS-10-05 (2022).
- [12] 内山清子, 石川諒: 恋愛漫画における物語構造分析とその応用, 第31回人工知能学会全国大会論文集, 1D2-OS-29a-3 (2017).
- [13] 全国出版協会, 出版科学研究所 (編): 出版月報 2022年2月号, 出版科学研究所 (2022).
- [14] 山内泰延: 男子高校生の日常, スクウェア・エニックス (2010).
- [15] 吉田拓海, 村井源: 神話物語と神話を原型にした現代物語の構造比較, 第29回年次大会情報知識学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 318–324 (2021).
- [16] 元山直輝, 岡田真, 森直樹: 座標情報に基づく漫画のオブジェクト順位推定, 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-NL-241, No. 26, pp. 1–6 (2019).
- [17] 呉勇, 山田祥, 岸本陽次郎: 名詞頻度を使った分類用辞書の構築と評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J84-D1, No. 2, pp. 213–221 (2001).
- [18] 齊藤勇璃, 村井源: 物語の場面における登場人物の役割と人数の特徴的パターンの抽出, 第36回人工知能学会全国大会論文集, 1H5-OS-17b-04 (2022).
- [19] 大場有紗, 村井源: 女性向け恋愛ゲームにおける「ときめき」の自動生成システムに向けた物語構造の分析, 第30回年次大会情報知識学会誌, Vol. 32, No. 2, pp. 294–300 (2022).
- [20] 福元隆希, 白鳥孝幸, 豊澤修平, 吉田拓海, 石川一稀, 岩岬潤哉, 齊藤勇璃, 中村祥吾, 大田翔貴, 大場有紗, 村井源: 物語構造分析に基づく「泣ける」と評価される物語の分類とパターン抽出, 第36回人工知能学会全国大会論文集, 1H5-OS-17b-02 (2022).
- [21] 山下諒, 朴炳宣, 松下光範: コミックの内容情報に基づいた探索的な情報アクセスの支援, 人工知能学会論文誌, Vol. 32, No. 1, pp. WII-D.1–11 (2017).
- [22] 迎山和司, 野寺由規, 蛭名紬: MMPoseを用いたマンガキャラクターにおける姿勢推定の検討, 電子情報通信学会第7回コミック工学研究会予稿集, pp. 27–30 (2022).
- [23] 朴炳宣, 松下光範: 深層学習を用いたコミックの内容推定, 日本画像学会誌, Vol. 58, No. 5, pp. 528–537 (2019).
- [24] 大田翔貴, 村井源: 異なるメディアにおける怪談の物語構造の比較, 第30回年次大会情報知識学会誌, Vol. 32, No. 2, pp. 301–306 (2022).

著者紹介



関西大学総合情報学部 松下研究室

東奈穂



レシピ文から複数の器特徴の推定

- レシピ文から複数の器特徴を推定可能か検証
- レシピ全文とレシピ後半 1/3 文で推定結果の違いを検証

櫛力輔



動作分析文からの PBPU 自動抽出

- 手がかり語に基づいて PBPU を機械的に抽出
- 動作分析文に PBPU が複数含まれてることに着目

岩本駿平



跳躍高左右差に着目した損傷リスク推定

- センサーの値から跳躍高を算出
- 左右の跳躍高の差に着目

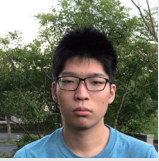
新川晴紀



農業体験の再来訪促進要因調査

- 農業体験の気軽さに着目
- 農業体験への再来訪を目的とした再来訪促進要因の調査

杉原昂紀



因果関係を用いたニュース可視化手法

- 可視化領域と記事領域の併置
- ニュースの話題間の因果関係を推定

田中瑠慧



複数の質感を複合的に提示するデバイス

- Arduino を用いたデバイス開発
- 複数の質感を複合的に提示可能なデバイスの実装

堤悠太



実環境でのリレー小説執筆ツールの提案

- 実環境におけるリレー小説の一貫性に着目
- GPS を用いて小説を執筆できる web アプリを開発

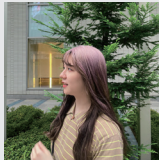
畑玲音



皮肉文検出のための皮肉状況の検出

- 皮肉文に含まれる皮肉状況に着目
- BERT で学習し分類器を作成して検証

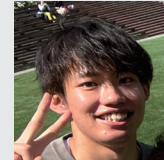
林沙也加



階層性を持つコーパスの特徴可視化

- コーパスが持つ階層性に着目
- カテゴリに含まれる情報を可視化

藤川雄翔



特徴語に基づくストーリーイベント推定

- ライトノベルからイベント特徴語辞書を作成
- コミクのストーリー内で発生するイベントを推定



Comic
Computing



Real-World
Interaction



Information
Compilation



Shikake-
ology



Visualization

<https://mtstlab.org/>

