

非構造データセットのリンク関係構築のための アノテーションゲームの試作

小川 莉奈¹ 山西 良典¹ 馬場 保仁² 辻野 雄大³ 松下 光範¹

概要: 非構造データに対してリンク関係構築のためにアノテーションすることは煩雑な作業である。アノテーションには、人の判断が必要であるが、大規模な非構造データへのアノテーションにかかる人的・時間的コストは膨大である。そこで、作業の心的負担を軽減する一案として、アノテーション作業をゲーム化した。提案するアノテーションゲームは、カルタをベースとしたルールであり、特定の意味をデータ間にエッジとして付与可能になる。本稿では、ゲーム化に際して、アナログとデジタルの相違点やプレイにおけるインタラクションを議論した。

1. はじめに

ウェブ上で公開されているデータセットの中には、整理された構造データになっているものの、構造データのスキーマが利用目的に沿っていないことがある。例えば、ImageNet データセット [1] は、画像をクラスごとに整理された構造データを持つが、画像に対して1クラスしか付与できない。そのため、画像に写っている複数のものを対象とした検索といった利用目的にはそぐわないデータセットとも言える。データセットには、なんらかのデータを追加で付与することで、利用目的に沿って整理されたデータセットが構築できる。整理されたデータセットを作成する方法として、データ同士にリンク関係を構築する方法がある。Beyerら [2] は、ImageNet データセットに対して、1枚の画像に複数のクラスをアノテーションしている。

リンク関係構築のためには、アノテーションの付与が不可欠である。機械による自動アノテーションの付与も存在しているが、利用目的やデータセットの性質によっては、人間の感性を用いなければならないことがある。機械学習で自動アノテーションを行う前に、予め正解データを用意することもあり [3]、人手でのアノテーション作業が必要な場面が存在する。人の感性を利用することで、研究結果を人間の感性に沿うような結果に改善した例 [4] もあるが、人手のアノテーションは人的・時間的コストを必要とする。人の判断は主観が入るため、客観的な判断とするためには人数を確保しなければならない。大規模なデータセットで

あればあるほど、アノテータの人数が必要であり、人数が多くなれば、アノテーションにかかる作業時間が増える。作業自体の負荷に加え、時間がかかるとなれば、アノテータの心的負担が大きくなる。

エンタテインメントには、能動的な行動を引き起こす働きがある。例えば、「演技力じゃがりこ面接」を対象に音声データを収集した山西らの研究 [5] や、「はぁ」っていうゲームを対象とした音声データセットの構築を行なった清野らの研究 [6] がある。これらの研究は、ユーザの能動的なエンタテインメントの体験から、楽しんだことを利用して、データ収集をしている。楽しむ行為をユーザへの報酬とすることで、データ収集にかかる心的負担を軽減することにつながる。また、人々の能動的な活動を利用して課題を解決する方法としてゲーミフィケーションという [7] 手段があり、ゲーミフィケーションを利用したデータ収集も報告されている [8], [9], [10]。これらの研究は、それぞれの研究で提案されているゲームを用いてデータを収集することで、収集が困難なデータの収集を行っている。ゲームの利用は、人々のモチベーションを維持させ、プレイ回数を増やし、より多くの質の良いデータの収集を可能にする。専門的なアノテーションを行う医療の分野でも、ゲーミフィケーションは利用されている [11], [12]。専門知識を必要とするアノテーションも、アノテーション作業に時間的コストが発生し、モチベーションが維持しづらい。以上のようにアノテーション作業のゲーム化により、作業コストの課題を解決している。

人手のアノテーション作業の中でアノテータの負担を削減する方法として、アノテーション作業のゲーム化（アノテーションゲーム）を提案する。作業のゲーム化は、アノ

¹ 関西大学
² 株式会社ファリアー
³ 明治大学



図 1 本提案でのデータの流れ. データ収集者は、画像データセットとゲーム設定をアノテーションゲームに入力する. プレイヤーはアノテーションゲームを行う. プレイヤーが行なったアノテーションゲームの結果をデータ収集者は受け取る.

データの負担を軽減できる [13], [14]. ゲームをする人 (プレイヤー) はゲームをプレイする感覚で、アノテーション作業を行う. アノテーション作業をゲームのプレイに置き換えることにより、アノテータの心的負担を軽減することが期待される. アノテーションデータの収集者 (データ収集者) はゲームにデータの入力とどのようなアノテーションをするのかといったゲーム設定を決定するだけで、アノテーションデータを手に入れることができる. 3.1 節のゲームルールを元にアノテーションゲームを Unity^{*1}で作成した. ゲームルールには、アノテーション作業の代わりになる行為がゲームの仕組みとして組み込まれている. ゲームのデジタル化に伴い、3.2 節のアナログゲームのゲーム性を、デジタルで「置き換え」「追加」「排除」することによって実装した.

2. アノテーションゲームのコンセプト

本稿では、画像データセットを対象としたアノテーションゲームを考案した. アノテーションゲームでは、図 1 で示すように、画像データセットとゲーム設定を入力とし、ゲーム設定によって指定されたリンク関係をもつデータ名が記載された csv ファイルを出力する. リンクの種類はゲーム設定内の「お題」として設定する. アノテーションゲームのプレイ回数を増加させると、出力された csv ファイルが増える. csv ファイルを統合していくと、アノテーションデータが完成する. アノテーションデータを元に、任意のデータセットに対してリンク関係を構築できる.

図 1 の入力であるデータセットはドメインが画像であればゲームとして成立できる. 既に構造データとなっているデータセットを入力とした場合は、新たなリンク関係が付与され、データセットの再構造化が可能である. そもそも構造データのように整理されていない生データの状態の非構造データもゲームに入力可能である. お題によってメタデータの付与が可能で、アノテーションデータを元にメタデータごとにデータセットを構築する. メタデータごとに異なるお題を設定して再度アノテーションデータを作成することを繰り返していくと、構造データとして整理された

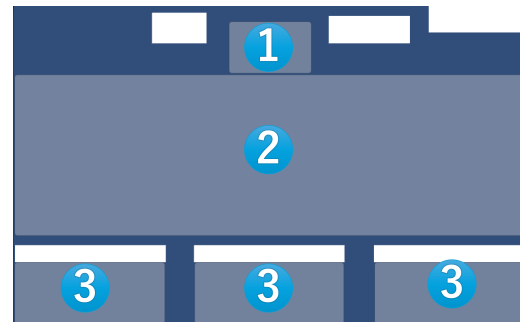


図 2 アノテーションゲームのゲーム盤面. 1 がキーカード提示領域, 2 がプール領域, 3 が各プレイヤーのスコア領域を示す.

データセットを構築できる.

3. アノテーション作業のゲーム化

アノテーションゲームでは、リンクセットと呼ばれる同じリンクを持つデータ同士の集合を作ることを目的とする. データ収集者は、作成されたリンクセットの情報をデータセットのアノテーションとして受け取ることができる. リンクセットを作ることはアノテーションをすることと同義となる. アノテーションゲームのリンクセットは、データセット内の画像 2 枚以上の集合である. アノテーションゲームには、3 人のプレイヤーが参加する. プレイヤーは、より素早く、より多くのリンクセットを発見することを目指す. 3 人のプレイヤーのうち過半数である 2 人以上がセットであると判断したデータのみを認めることによって、アノテーション信頼性の担保を図る. ゲームを使用する際には、アノテーションを行う画像データセットとお題を用意する. お題は、「同じ種類の画像」や「同じものが写っている画像」といった、1 つのお題に対して複数の異なるリンクの種類を持つものである. お題がリンクセットを作る時のプレイヤーの判断基準となる.

3.1 ゲームルール

アノテーションゲームのルールは、カルタのルールをベースに作成した. カルタは、読み札が読まれたら、正解の組み合わせ相手である絵札を探すというルールである. 本稿のアノテーションゲームにおいては、カルタの読み札

*1 <https://unity.com/ja> (2024 年 2 月 20 日確認)

に替わるものとしてキーカードを用意する。プレイヤーは、キーカードに対してお題のリンク関係をもつ画像をゲーム盤面上のカード集合の中から探し出す。本稿で定義したリンクセットは、カルタの読み札と絵札の組み合わせとなる。提案するアノテーションゲームとカルタの相違点はリンクセットの柔軟性の有無である。カルタでは、読み札と絵札のリンクに札の追加できるわけではなく、正解が決まっている。一方で、本稿のアノテーションゲームは、リンクセットには正解がなく、画像データをリンクセットに追加できる。正解がないからこそ、柔軟にリンクセットを作ることができ、アノテーションが可能となる。

図 2 に、ゲーム盤面を示す。ゲーム盤面には、3つの領域が存在する。1つめは、図 2 の 1 の部分で、**キーカード提示領域**である。キーカード提示領域は、山札（画像データセット）から出されたキーカード（画像データ）を提示する領域である。2つめは、図 2 の 2 の部分で、**プール領域 (PA)** と呼ぶ。PA は、キーカード提示領域からカードを移動させて配置する領域である。3つめは、図 2 の 3 の部分で、**スコア領域 (SA)** である。SA は各プレイヤーそれぞれに付属しており、プレイヤーは 3 人のため、SA を 3 つ用意している。左からプレイヤー 1、プレイヤー 2、プレイヤー 3 と割り振っている。

ゲームの初期設定として、1枚のカードが PA に既に置かれている。ターンが開始されると、山札からキーカード提示領域にカードが表示される。プレイヤーは、キーカード提示領域にカードが表示されたら、お題に沿って、PA にあるカード、または各プレイヤーの SA にあるリンクセットを選択するか、お題に沿うカードやリンクセットがなければ何もしない。全てのプレイヤーの行動が終了すると、リンクセットが作成できるかできないかのセット判定を行う。セット判定には、以下 3 つの判定基準がある。

- 3 人のプレイヤーのうち、2 人以上のプレイヤーが同じカードを選択した時に、キーカード提示領域のカードと選択されたカードをリンクセットとする。作成されたリンクセットは、最も早くカードを選択したプレイヤーの SA に置かれる
- 3 人のプレイヤーのうち、2 人以上のプレイヤーが同じリンクセットを選択した時は、キーカード提示領域のカードを選択されたリンクセットに追加する。カードが追加されたリンクセットを、そのリンクセットを最も早く選択したプレイヤーの SA に置かれる。
- 3 人のプレイヤーのうち、1 人のプレイヤーしかカードを選択していない、または誰もカードを選択していない場合は、リンクセットが作られず、キーカード提示領域にあったカードは PA に移動する。

セット判定の後、カードがキーカード提示領域から PA または誰かの SA に移動すると、ターンが終了する。ターンを繰り返すことで、リンクセットが作られていく。リンク

セットにカードを追加するゲーム性は、同じリンク内のデータの増加の役割を果たす。

ゲームに、2 つの勝利条件と 1 つの終了条件を設定した。以下のうち、いずれかの条件に当てはまればゲームを終了する。

- 勝利条件
 - 1 人のプレイヤーが持つリンクセットが 4 つになる
 - 1 人のプレイヤーが持つリンクセットのうち、1 つのリンクセット内の枚数が 4 枚になる
- 終了条件
 - PA にあるカードが 12 枚になる

ここで、条件中で指定されているリンクセットの個数やカードの枚数は、本稿でのプロトタイプが表示画面上の制約として設定した値となる。各プレイヤーの SA に置かれたカードの枚数を、そのプレイヤーの得点とする。リンクセットにカードを追加するゲーム性は、プレイヤー間の得点の変動につながる。他のプレイヤーが持つリンクセットにカードを追加できた場合は、互いが持つ得点が大きく変動するため、ゲーム上逆転のチャンスとなる。一方で、プレイヤー自身が持つリンクセットにカードを追加することも、得点につながる行動となる。作業のゲーム化の観点から、ゲームの勝利条件を作業の目的を達成するために必要な行為と結びつけた。勝利条件と作業目的を一致させることで、ゲームに勝利するための戦略になり、アノテーションデータの質を落とさないことにも貢献する [15], [16]。

3.2 ゲームルールの確立のための事前実験

3.1 節で述べたルールの検証のために、画像データセットの画像を印刷して実際にカードにすることで、アノテーションゲームをアナログで実装した [17]。プレイヤーには、画像を選択する行動として、カードの指差しを指示した。事前実験では、ゲーム進行を行うためにディーラを 1 人用意した。ディーラは、山札からカードをキーカード提示領域に出すことや、カードの指差しによるリンクセットになるかどうかの判断といった役割を担った。ゲームの終了条件は、山札の残りがなくなった時である。カードを用意する必要があったため、山札の枚数に制限を設けた。

使用した画像データセットは、ソーシャルメディアから集めた非構造データセットである。使用したデータセットにアノテーションを行う目的は、データセット内に混在している「似ている画像」同士にリンクをつけることであったため、ゲームで設定するお題は「似ている画像を選択」とした。設定したお題は、曖昧性を含んでおり、人の感性を用いた方が機械による自動アノテーションよりも容易にアノテーションができる。

事前実験では、ゲームルールが非構造データのリンク構築のためのアノテーションが可能であることが示唆された。リンクセット内の画像を目視で確認すると、リンクセット

ごとに似ている画像が含まれていた。また、実験の様子から、その場にいるプレイヤー同士の会話の発生という、アナログゲームならではの事象についても確認した。使用した画像の特性により、プレイヤー自身の経験を話す場面や、リンクセットになる判断を行う際にお題に沿っているかの話し合いをする場面があった。

4. アノテーションゲームの試作

3.2節で示した実験結果から得られた知見をもとに、アノテーションゲームをデジタルで試作した。アナログとデジタルのモダリティの違いによるゲームの再現やデジタル化による利点の応用については4.2節にて述べる。

4.1 対象データ

本稿では、非構造データセットとしてトリガーデータセット*2を用いた。このデータセットでは、アニメーション作品の「リトルウィッチアカデミア」の制作途中で生み出されたアニメ作画素材がデータ化されている。画像データは素材の種類ごとに構造化されており、素材の種類として、シナリオ、絵コンテ、美術、設定、色彩、カット袋・タイムシート・レイアウト・原画、仕上げが分類されている。一方で、非構造データセットの観点から見ると、1枚ずつの画像データに対してのアノテーションが不足している。

データセットの利用可能性は松下らの研究[18]で検討されていたが、それらの利用事例ではデータに対して適切なアノテーションが実施された状態を想定した上でのアイデアが多かった。必要とされるアノテーションはアイデアごとに異なり、人の判断を必要とするものが多いため、本稿でのアノテーションゲームの対象として適切なベンチマークデータになり得ると考えた。特に、「原画データベースシステム」のアノテーションではシーンごとの「描かれている動作の種類」が提案されているが、動作のスピードによる曖昧性や、アニメ作品ごとによる特有の動作など、人の判断を用いる方が機械よりも適したアノテーションと考えた。

4.2 アナログからデジタルへの移植

アナログゲームをデジタルに移行するにあたって、ゲーム性の再現とゲーム性向上といった2種類の観点からアナログとデジタルでのモダリティの違いを整理した。そして、「直接の移植」「置き換え」「追加」「排除」といった処理を適用してプロトタイプを試作した。以下では、観点ごとの実装の要点を説明する。

4.2.1 アナログのゲーム性をデジタルに再現するための実装

ゲームルールに基づくデジタルゲームの作成において、

*2 <https://www.nii.ac.jp/dsc/idr/trigger/> (2024年2月2日確認)



図3 リンクセットになった時の表示方法。数字の部分がリンクセット内の枚数を示している。この例はこのリンクセットには、2枚のカード（データ）が格納されていることを示している。トリガーデータセットのKeyFrameC005-001を使用。

3.2節のアナログゲームのゲーム性が有用と考えられるものは直接の移植や置き換えで再現した。ゲームルールの根幹となる部分であったため、ゲームルールやゲーム盤面の役割や位置関係はデジタル化しても変更せずに直接の移植をした。置き換えでは、ルール上にある動作をアナログゲームとは異なる表現でデジタル化した。本稿では、カードの選択方法とリンクセットの表示方法を置き換え処理によって実装した。

カードの選択方法の置き換えでは、選択の役割を果たすために、アナログゲームの方法に置き換わるものをデジタルゲームで再現した。アナログゲームの指差しで使用する手をデジタルゲームでは、コントローラ操作によるカーソルに置き換えた。カーソルを使用した選択方法は、パソコンやコントローラの使用者にとっては馴染みのあるユーザインタフェースである。本稿のアノテーションゲームは、カーソル操作を指差しの置き換えとしたため、パソコンに複数個の接続ができるコントローラを使用した。アナログゲームの指差しの利点は、どのプレイヤーがいつどのカードを指差したかという情報を全てのプレイヤーとディーラで共通理解可能な点である。指差し行為によってディーラと同時にプレイヤー同士もセット判定を行うことができていたため、ディーラの見逃しを防ぎつつプレイヤー間でセット判定についての合意がとれていた。これは指差し行為自体がカードの特定と選択という2種類の機能を有していたことに起因する。一方で、デジタル化に伴って実装したカーソルによるカード選択では、カーソル移動によるカードの特定とクリック操作によるカードの選択という2種類のアクションに分割される。そのため、各プレイヤーがお互いの動きをアナログゲームの手と同様に常時観測可能なものの、どのカードがいつ選択したのかを瞬時に判断することは難しい。

指差し行為をカーソル操作に置き換えたことでの問題点も生まれた。カード選択時に本来意図したカードとは異なるカードを選択しようと見せかけたフェイント行為が起こる可能性がある。このようなフェイント行為は、お題に沿った判断が可能であったに関わらずあえてカードを選択

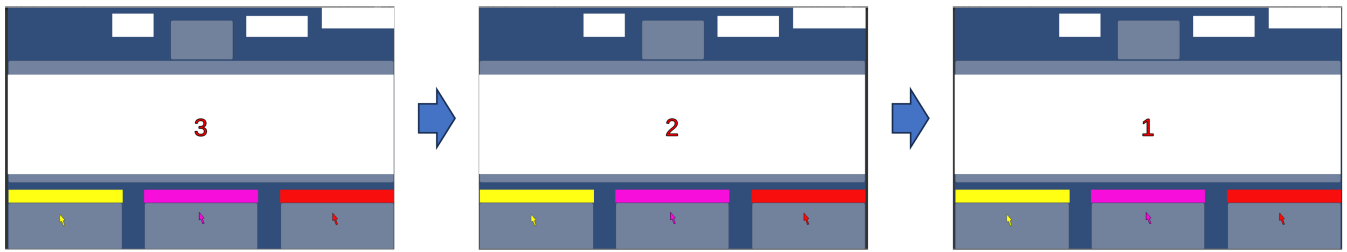


図 4 カウントダウンの様子. カウントダウン後, 図 5 に画面が移る.



図 5 タイマーの配置. 青い丸の部分に, タイマーを配置した.

しないといったアクションとなる. 自分のアクションに対して明らかな出遅れに気づいたプレイヤー同士が結託して本来リンクセットになるべきカード集合とは異なるリンクセットが構築されてしまう恐れがある. これは, 先んじて行動したプレイヤーのリンクセット獲得を妨げる行為であり, 構築されるリンクセットが本来あるべきアノテーションとは異なる結果となってしまふ. また, 通常のアノテーション作業では, 異なるアノテータの作業を見る事はない. 他者のアノテーション作業の観測はアノテータに影響を与え, 独立条件下でのアノテーション結果が得られない可能性がある. この問題は, ゲームをオンライン化し, 他のプレイヤーのカーソルを見せず, 自身のカーソルしか見えない各プレイヤーの専用画面の導入によって解決する. 専用画面を導入することで, カードを選択しなければ自己の得点点につながらなくなるため, フェイント行為は抑制される.

インターフェイスの画面制限により, リンクセットの表示方法を変更する必要があった. リンクセットの表示では, 一目見るだけでどのようなカードのまとまりであるか, カードが何枚含まれているかを視認できることが望ましい. アナログゲームでは, 用意したゲーム盤面の面積に応じて, セット内のカードを全て見えるように置いたり, 少しずらして置くことで枚数が確認できるようにしたりするといった工夫が可能であった. 一方で, デジタルゲームでは, インターフェイスの画面制限により, ゲーム盤面やカードの表示を視認できる大きさに実装しようとする, リンクセット内の全カードを重ねずに表示するだけの SA の表示領域が確保できない. デジタルゲームでは, リンクセットを SA に置く際に図 3 のように代表のカード右上

に枚数を表示する形式で実装した. リンクセット自体は同じリンクが付与されているという条件になるため, リンクセット内全てのカードが見えている状態でもよい. グループの内容は示さず, グループ内の個数を示す方法として, スマートフォンなどのアプリケーションアイコンに付記される通知アイコンを参考とした. 既存のユーザーインターフェイスを参考にすることで, インターフェイスの画面制限を解決し, ゲームの理解しやすさを向上させる狙いがある.

4.2.2 デジタル化によるゲーム性向上のための実装方法

デジタル化によってゲームの体験やアノテーション作業の向上させるために, ターンの管理を行うカウントダウン(図 4)とタイマー(図 5)を追加実装した. アナログゲームでは, ディーラがその場にいるプレイヤーの状況を把握してターンを管理していた. ディーラは, ターン開始時にはプレイヤーの視線を集めてからカードをキーカード提示領域に置くことが可能であった. 一斉に指差しができる環境を作ることや, 準備が整わないプレイヤーを待つことも可能であったため, プレイヤーの状態に応じてターンを管理可能であった. 一方で, デジタルゲームでは, プログラム側がプレイヤーの状態を逐一確認することは困難であり, プレイヤーが行動するタイミングを揃えることでターンを管理する必要がある. そこで, ターンの開始時にカウントダウンを行うとともに, カード選択をする時間をタイマーで示すことでプレイヤーの行動タイミングを揃えた. キーカード提示領域にカードを表示する前にカウントダウンを挿入することで, プレイヤーの視線をキーカード提示領域に注目させ, ターンが切り替わることをプレイヤーに示す. タイマーはキーカード提示領域にカードが表示されてからアクション受付時間として3秒間を計測し, 各プレイヤーがカードを選択する時間としてプレイヤーに示す役割を持つ. ここで, アクション受付時間の秒数は変更可能であり, カードが選択されなかった時, または, リンクセットにならなかった時にターンを終わらす役割も担う.

これまでの実装とは異なり, アナログゲームの仕様を排除することでデジタル化による利点の享受も図った. 本稿で提案するアノテーションゲームでは, 山札となるカード集合の枚数制限の有無をアノテーション対象とするデータセットによって決定できる. アナログゲームでは, カード

の実物が必要であった。そのため、データセットの規模によっては山札の生成コストが膨大で、アノテーションデータを増やすことが困難であったため山札の枚数に制限を設けていた。デジタルゲームは、本来デジタルデータであるデータセットをそのままデータとして扱うことが可能なため、ウェブ上に増えていくデータセットの性質に対応可能なように山札となるカード集合の枚数制限を撤廃した。

5. おわりに

本稿では、非構造データセットにリンク関係を構築するためのアノテーションゲームを提案し、デジタルゲームとして試作した。アナログゲームによる事前実験によって確認したゲームルールをデジタル化するにあたって、デジタル化の利点を活かしてエンタテインメントとして楽しみながらアノテーションが獲得されるルールと機能を設計した。

今後の展望として、データセットの再構造化を目的としたアノテーションゲームの利用を行う。4.1 節で取り上げたトリガーデータセットを筆頭に、構造・非構造問わずいくつかのデータセットを対象とした再構造化を行う。非構造データセットでの再構造化はアノテーションゲームの検証になるとともに、データ間に様々な意味関係が付与されたデータセット構築に貢献できると考える。また、ゲームのオンライン化により様々なプレイヤーが場所を問わず参加可能にする。このとき、ボイスチャット機能を導入することで、3.2 節で示したプレイヤー同士の会話というゲームの楽しさのポイントをデジタルゲーム上でも実現させる。

謝辞 本研究は、一部、科研費 22K12338 および 20K12130 の支援のもと行われた。

参考文献

- [1] Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.-J., Li, K. and Fei-Fei, L.: ImageNet: A large-scale hierarchical image database, *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 248–255 (2009).
- [2] Beyler, L., H'enaiff, O. J., Kolesnikov, A., Zhai, X. and van den Oord, A.: Are we done with ImageNet?, *ArXiv*, Vol. abs/2006.07159 (2020).
- [3] Sheng, V. S., Provost, F. and Ipeirotis, P. G.: Get another label? improving data quality and data mining using multiple, noisy labelers, *Proc. the 14th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pp. 614–622 (2008).
- [4] Wei, Z., Paliyawan, P. and Thawonmas, R.: Improving Deep-Feature Image Similarity Calculation: A Case Study on an Ukiyo-e Card Matching Game Lottery, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Access*, Vol. 10, pp. 44608–44616 (2022).
- [5] 山西良典, 田中一星, 井本桂右, 山下洋一: 音声エンタテインメントからのウェブ音声マイニングの可能性, *情報処理学会論文誌*, Vol. 61, No. 11, pp. 1708–1717 (2020).
- [6] 清野陽平, 山西良典, 辻野雄大, 松村耕平: 「はぁ」データセットの構築と音声特徴の基礎分析, *技術報告 EC-69* (2023).
- [7] 寺野隆雄, 小山友介: ゲームフィクション: 世界をゲームとしてデザインする, 計測と制御, Vol. 54, No. 7, pp. 494–500 (2015).
- [8] 岡 聖志, Lu, W., 高嶋和毅, 北村喜文: Gestabase: ゲームを用いた3次元ジェスチャデータ自動収集システム, *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集*, Vol. 2017, pp. 433–434 (2017).
- [9] 古田瑛啓, 奥川和希, 村山優作, 宮田章裕: 陣取りゲーム要素を導入した歩行データ収集システムの検証, *情報処理学会論文誌*, Vol. 64, No. 1, pp. 33–42 (2023).
- [10] 渡邊結衣, 白浜公章, 上原邦昭: 能動学習とタグ推薦を用いたオンライン映像アノテーションゲーム (データ工学), *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol. 112, No. 346, pp. 73–78 (2012).
- [11] 村山優作, 奥川和希, 前田真志, 古田瑛啓, 呉 健朗, 宮田章裕: ゲームフィクションを利用したバリア画像収集システムの実装, *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2021 論文集*, No. 1, pp. 404–411 (2021).
- [12] Warsinsky, S., Schmidt-Kraepelin, M., Thiebes, S., Wagner, M. and Sunyaev, A.: Gamified Expert Annotation Systems: Meta-Requirements and Tentative Design, *Proc. 17th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*, pp. 154–166 (2022).
- [13] Chrons, O. and Sundell, S.: Digitalkoot: making old archives accessible using crowdsourcing, *Proc. the 11th AAAI Conference on Human Computation*, pp. 20–25 (2011).
- [14] Mary, F., Sukdith, P., Max, S., Geoff, K. and Peter, C.: Citizen Archivists at Play: Game Design for Gathering Metadata for Cultural Heritage Institutions, *Proc. the 2013 DiGRA International Conference: DeFragging Game Studies*, Vol. 7 (2014).
- [15] Gundry, D. and Deterding, S.: Intrinsic elicitation: a model and design approach for games collecting human subject data, *Proc. the 13th International Conference on the Foundations of Digital Games*, pp. 1–10 (2018).
- [16] Gundry, D. and Deterding, S.: Trading Accuracy for Enjoyment? Data Quality and Player Experience in Data Collection Games, *Proc. the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, No. 156, pp. 1–14 (2022).
- [17] 小川莉奈, 山西良典, 辻野雄大, 吉田光男: ソーシャルメディア上の非構造化画像集合に対するアノテーション作業のゲーム化 - 「検定ゲーム」と「パーティゲーム」への分解 -, *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2022 論文集*, pp. 11–18 (2022).
- [18] 松下光範, 山西良典: アイデアソンによるアニメーション中間生成物の活用可能性の検討, *アート・リサーチ*, No. 3, pp. 137–143 (2023).