

主体的なミュージアム観賞を促すための 個人に合わせた「宝探し」ゲームの自動生成

于 津松[†] 瀧平 士夫^{††} 澤浦 司^{†††} 莊司 慶行^{††††} 山本 岳洋^{†††††}
山本 祐輔^{††††††} 大島 裕明^{††††††,††††††} 相原 健郎^{†††††††,††††††††} 神門 典子^{††††††††,*}

† 青山学院大学大学院 理工学研究科 〒252-5258 神奈川県 相模原市 中央区 淵野辺
††† 青山学院大学 理工学部 〒252-5258 神奈川県 相模原市 中央区 淵野辺
††††† 兵庫県立大学 社会情報科学部 〒651-2197 兵庫県 神戸市 西区 学園西町
†††††† 静岡大学 情報学部 〒432-8011 静岡県 浜松市 中区 城北
††††††† 兵庫県立大学大学院 応用情報科学研究科 〒650-0047 兵庫県 神戸市 中央区 港島南町
†††††††† 国立情報学研究所 〒101-8430 東京都 千代田区 一ツ橋
* 総合研究大学院大学 〒101-8430 東京都 千代田区 一ツ橋
†† 大日本印刷株式会社 〒162-0062 東京都 新宿区 市谷加賀町
††† 株式会社コロブラ 〒107-0052 東京都 港区 赤坂
†††††††† 東京都立大学 都市環境学部 〒192-0397 東京都 八王子市 南大沢
E-mail: †{yu,takidaira,sawaura}@sw.it.aoyama.ac.jp, ††shoji@it.aoyama.ac.jp,
††††.yamamoto@sis.u-hyogo.ac.jp, †††††yamamoto@inf.shizuoka.ac.jp, ††††††ohshima@ai.u-hyogo.ac.jp,
††††††††kenro.aihara@tmu.ac.jp, ††††††††kando@nii.ac.jp

あらまし 本論文では、個人に合わせた「宝探し」形式でミュージアム観賞をゲーム化することで、自発的なミュージアム体験を可能にする方法を提案する。明確な目的を持たずにミュージアムを訪れ、漫然と展示物を観賞した場合、展示物の詳細や周辺知識が記憶に残らない。そこで本研究では、個人の興味と、鑑賞時に注目してほしい観点を意識させるようなクイズを生成することで、「宝探し」ゲームをしながらミュージアムを観賞できるようにした。このようなゲーミフィケーションにより、自主的に展示物を探し、細部まで観賞することを促せると考えた。具体的には、ミュージアムガイドのログを分析し、個人の興味を推定したうえで、「あなたはアジアエリアで、素焼きの壺をたくさん見えますね。実は、地域によって、壺の材質って違うんです。ヨーロッパエリアで、変わった材質の壺を探してみましよう！」というようなクイズを生成する。利用者は、画像や地図などのヒントを見ながら、ミュージアム内を歩き回って、正解となる展示物を探し出し、そのID入力することで、ゲーム内報酬を受け取る。こうした観賞体験の効果を確認するために、実際に国立民族学博物館のデータを使い、クイズの質の評価と、現地で被験者実験を行った。実験参加者から得られたアンケート結果から、宝探しゲームで楽しく自発的な観賞ができたという意見が得られ、2週間後もクイズの答えとなった展示物の詳細を覚えている傾向が明らかになった。

キーワード ミュージアム体験, ゲーミフィケーション

1 はじめに

博物館や美術館を訪問し、展示物を観賞することは、人類にとって重要な知的行為の一つである。例えば、多くの海外旅行ツアーでは、その地域の文化に触れるために、ミュージアム観賞がコースに組み込まれていることが多い。また、多くの教育機関では、ミュージアムを対象とする課外学習がカリキュラムとして取り込まれている。日本の文部科学省による学習指導要領では、小・中学校、高校において、ミュージアムを教育に取り入れ、これらの施設の活用を積極的に図り、協力するよう指示されている¹。

このように学習目的での利用が推奨されているミュージアムであるが、一方で、その利用者が全員、明確な目的を持って訪問するとは限らない。特にモチベーションもなく、ツアーや課外学習でミュージアムを訪れると、訪問者はただ漫然と、順路に従うように館内を巡りがちである。Yenawine は著書の中で、このような受動的なミュージアム観賞体験が、訪問者の知識や記憶に定着しない現象を報告している [1]。この事例では、Housen らがニューヨーク近代美術館において、キュレータによる解説を伴うツアーを開催し、訪問者の満足度と、実際に記憶に残った知識を調査している。結果から、説明を増やすなど

1: 文化庁「学校教育における博物館等の積極的な活用」:



図1 実際のアプリケーションのスタンプ収集画面のスクリーンショット。「宝探し」を成功させることで、スタンプを集められる。プレイヤーはより少ないヒントで最大4個のスタンプを集める。



図2 実際の「宝探し」ゲーム中のスクリーンショット。「仮面」という個人の興味の軸と、「色使いの違い」という注目してほしい観点を含む依頼文が、画面上部に表示される。ヒントとして下部に、モザイク処理された展示物画像、場所をばかされた地図、一部を隠されたタグ、部分的にぼかしかかった解説文が表示される。

の手法で得られる情報量を増やしたところで、それが受動的なものである限り、満足度は上がっても知識獲得に結び付かない可能性が示唆されている。

このような受動的な観賞が学習に結び付かない現象について、ミュージアムに関する研究において、能動的で主体的な観賞体験の重要性が指摘されてきている。例として、Folkら[2]はミュージアムにおける学習では「Free Choice Learning」が重要であると述べている。Free Choice Learningの考え方では、学習者は与えられた順路にただ従うのではなく、自分で自分の興味のあるものを自ら選択することで学んでいくとされる。ほかにHeinら[3]は、構成主義(Constructivism)に基づいて、訪問者は展示物の情報からではなく、自分自身の中で知識を構築していくという学習モデルを提唱している。また、Bainらは「Object-Centered Learning」の考え方の中で、展示物その

ものや解説文などの与えられる外部知識を見ることよりも、むしろ展示物を自分で解釈し、それを日常と結び付けて考えることに意味があると論じている。

このように、ミュージアム体験を有意義で学びのあるものにするためには、自発的で能動的な観賞スタイルが必要だとされている。しかし一方で、こうした自発的な観賞を促すことは困難でもある。そのため、これまでにも多くの自発的な観賞支援の取り組みがなされてきている。なかでも、古典的な取り組みの例として、ミュージアム内でのスタンプラリー(Orienteering game)がある。スタンプラリーでは、あらかじめミュージアムの学芸員が、一連の展示物を列挙する。そして、それらの展示物について、ヒントを掲載したスタンプシートを作成し、参加者に配布する。参加者は、ヒントを見ながら、対象となる展示物を、ミュージアム内を歩き回って見つけていく。

このようなスタンプラリーを用いたミュージアム観賞体験では、自分からヒントを頼りに探し物をするという点において、ゲームを起点に主体的な観賞を支援しようとしている。加えて、多くのスタンプラリーでは、学芸員が一貫したひとつのテーマに沿ってスタンプラリーを設計している場合が多い。例えば「各国の、異なる様式で描かれた、同じモチーフの絵画をコンプリートする」意図で作成されたスタンプラリーがあったとする。この場合、訪問者は国ごとや様式ごとの違いに注目しながら、同じモチーフという一貫した軸に沿って、次々と展示物を観賞する。この際、自分から「このモチーフが描かれた絵はどこにあるか」と、一つ一つの絵を疑いながら鑑賞することになる。

近年では、さらに発展的なミュージアム観賞支援の仕組みとして、謎解きを含むゲーミフィケーションが一般化しつつある。例として東京国立博物館では、「リアル脱出ゲーム 東京国立博物館からの脱出」というゲームイベントを開催している²。このイベントにおいてゲーム参加者は、スマートフォンや謎解きシートを活用して、パズルを解いたり展示物を探しながらミュージアム内を右往左往する。このようなゲーム体験を通して、東京国立博物館について興味を持ち、深く知ることができる。

同様の試みは世界的に広く行われてきている。例として、フランスのルーブル美術館でも「Secret d'Arcadie」という謎解きイベントが開催されており、参加することで美術館の庭園について知ることができる³。また近年では、トーハクナビにおけるクイズ付きの「スタンプラリー⁴」など、ゲーム機能が搭載されたガイド端末も登場しつつある。

これらのゲーム体験を通じたミュージアム観賞支援は、主体的な観賞を促す可能性がある一方、作成に多大なコストを要する。スタンプラリーであれば、有識者が一つのコンセプトに沿った展示物を洗い出し、どの展示物を回らせるかを考える必

2: SCRAP / 東京国立博物館「東京国立博物館からの脱出」:

<https://realdgame.jp/tnm/>

3: ルーブル美術館「Secret d'Arcadie」:

<https://www.louvre.fr/en-ce-moment/evenements-activites/secret-d-arcadie-2>

4: 東京国立博物館「展示・催し物 アプリ トーハクナビ」:

https://www.tnm.jp/modules/r_free_page/index.php?id=2010

要がある。謎解きゲームの場合でも、謎解きやクイズの専門家が、見せたい展示物や伝えたいことに合わせて、ゲームを設計する必要がある。そのため、1つのミュージアムの中で複数のスタンプラリーや複数の謎解きゲームを同時に提供することは難しい。

ここで、一人の主体性のない訪問者が、学校の課外活動などで、ミュージアムに「連れてこられた」場合を考える。こうした訪問者は、特に事前に見たい展示物などを決めていないため、何を見ていいかわからない。そのため、「とりあえず」でミュージアムガイド端末のスタンプラリー機能を選んだとする。この訪問者は、提供されたスタンプラリーをプレイすることで主体的に展示物を探することで、スタンプラリーに登場した展示物や、スタンプラリーのテーマについて知識として記憶に残るかもしれない。しかし、ここで知識を得た展示物やテーマは、この訪問者個人の興味と合致しない可能性がある。この際、興味のないことを覚えても、その知識が思い返され、役に立つことは少ない。例えば、この訪問者の興味と関連するクイズが出ていた場合、後日の生活の中で、展示物と関連する話題が出るかもしれない。そうした際に、展示物のことを思い出して、話題として取り上げることができれば、それは観賞体験が実際に知識として身に付いた証拠の一つと言えるだろう。

そこで本研究では、ミュージアムガイド端末の操作ログを分析することで、その人に合わせた宝探しゲームを動的に生成する手法を提案する。この宝探しゲームでは、プレイヤーはミュージアムの中から、3つの展示物を探し出す。はじめにプレイヤーがミュージアムガイドのゲーム機能を立ち上げると、図1のようなスタンプの台紙画面が表示される。プレイヤーがひとつめのスタンプをタップすると、その時点の操作ログから、1問目の宝探しの対象が決定され、クイズ画面が生成される。

実際に生成されたクイズ画面は、図2に表されるような画面構成になっている。このクイズ画面では、探してほしい展示物を表す依頼文が上部に表示されている。また、それを探するためのヒントとして、画像、地図、タグ、解説文がそれぞれ表示されている。最初の状態では、画像には荒いモザイクがかかり、地図上には展示場所が表示されず、タグは欠けた状態であり、解説文もぼかしがかかっている。この状態でプレイヤーがヒントボタンをタップすると、これらの隠されたヒントのうち、1つがランダムで1段階薄まる。

右下の「回答する」ボタンをタップすることで、プレイヤーは展示物のIDを入力できる画面に遷移する。ここで、ミュージアムの現地で展示物に併記された展示物のIDを入力することができる。正しいIDを入力した場合、エフェクトともに、スタンプ台にスタンプが1つ押される。間違ったIDを入力した場合、強制的にヒントが2段階、開示される。なお、ヒントを使った回数は記録されるため、プレイヤーはなるべく少ないヒントでクリアするといった楽しみ方もできる。

本研究において最も重要なのが、このようなクイズを生成する際に、どのような展示物を選び、どのような依頼文でプレイヤーに宝探しをさせるかである。そのために、はじめに、ミュージアムガイド端末のログから、その人が潜在的に興味を持って

いような展示物を推定する。この際、よく見ていた展示物情報のなかから、共通して多く現れたタグの組み合わせを、その人の潜在的な興味の軸であると推定する。例えば、「日本 壺 宗教」というタグのついた展示物と、「中国 壺 宗教」というタグのついた展示物を多く鑑賞していた場合、「壺 宗教」をその人の興味の軸として扱う。

次に、「壺 宗教」というタグが付いた展示物の中から、閲覧してきた展示物から地理的に離れた展示物を、宝探しの候補にする。そして、候補となった展示物について、それぞれの展示物のタグや説明文を用いて、依頼文を生成する。依頼文では、「あなたは宗教に関連する壺をよく閲覧していました。ところで、壺は用途によって、形状が違います。ヨーロッパにある、食事の壺を、形状に注目して探してください」というように、個人の興味の軸と、違いが強調されて表示される。

このような依頼文には、学習を助ける2つの要素が含まれている。一つ目の要素は、訪問者個人の興味の軸を自覚させることである。訪問者が潜在的に興味のある分野を自覚させることで、自発的な鑑賞を助ける。二つ目の要素は、注目してほしい観点である。興味の軸に該当する展示物の中で、見つけさせる展示物との違いを示して、違いが何に表れているのか、形状や用途、色などに注目させながら鑑賞させる。このような、「どこが、なぜ違うんだろう」と考えさせることは、Visual Thinking Strategyなどの分野で、ミュージアム体験を有意義にすることが報告されている。

こうしたゲーム機能を、国立民族学博物館で実際に使うことのできるiPadアプリである「みんぱくガイド」内に実装した。このようなミュージアムガイドと密に接続されたゲーム機能が、実際にミュージアム鑑賞体験にどのような効果があるかを、博物館現地での被験者実験によって評価した。評価の際には、ミュージアム鑑賞が有意義であったかを測るために、一定期間後に自分が見た展示物の詳細をどれだけ多く覚えているかを回答させた。実験を通して、「個人の興味の軸を推定し、明示すること」の有効性と、「注目してほしい観点を明示すること」の有効性、およびゲームを行うこと自体の有効性をそれぞれ評価した。

以下に、本論文の構成を記す。本節では、本研究の背景と、宝探しゲームの概要について説明した。第2節では、関連研究を紹介し、本研究の位置づけを示す。第3節では、提案システムの実現手法について説明する。第4節で評価実験の詳細と結果について説明し、第5節で結果について議論する。そして第6節で、本研究成果を総括し、今後の展望について述べる。

2 関連研究

本研究では、個人のナビゲーション端末の操作履歴を使って、個人に合わせた宝探しゲームを生成することで、自発的なミュージアム体験を促すゲーミフィケーションに関する研究である。そこで、関連する研究領域として、ミュージアム体験の向上、ログ分析とパーソナライゼーション、ゲーミフィケーションについて、それぞれ関連研究を紹介し、位置づけを論じる。

2.1 ミュージアム体験の向上

ミュージアムガイドと密に接続した鑑賞体験支援として、莊司ら [4] は、ミュージアムガイドから興味を推定し、鑑賞の軸を自覚させる仕組みと、見た展示物から記念品を動的に生成する手法を提案している。この研究では、鑑賞前と鑑賞後に、個人の興味を考慮する支援を行おうとしている。一方で、本論文で提案するアプリケーションは、ミュージアム現地での鑑賞をゲーミフィケーションにより助けることを目的としている。

2.2 ログ分析とパーソナライゼーション

本研究の先行研究として、Shoji らは個人のミュージアム鑑賞履歴を分析することで、その人にとって振り返りを促すような記念品を生成する研究を行っている [5]。この研究では、個人が博物館で鑑賞した展示物のうち、その人が興味を持ってそうな展示物を推定し、それらの画像が掲載されたポストカードを生成している。別のアプローチとして、博物館鑑賞を済ませてから数日後に、その人の鑑賞した展示物と関連する地物に近づいた際に、スマートフォン上に振り返りを促す通知を表示する研究も行っている [6]。これらの研究では、ミュージアム鑑賞のログを鑑賞終了後に分析し、後日の振り返り学習を促すことを目的としている。一方で、本研究では、博物館現地での鑑賞体験そのものに干渉し、自発的な鑑賞を促すことを目的としている。

2.3 ゲーミフィケーション

本研究では、ミュージアム観賞を宝探しゲームにすることで、個人の興味の軸に合わせた主体的な学習を促す方法を提案している。このような、ゲーム化することで現実的な学習を助けることは、一般的にゲーミフィケーションと呼ばれ、近年、盛んに研究されている。

ゲーミフィケーションの考え方をミュージアムにおける学習に応用した研究も行われるようになってきている [7]。例として Ueta ら [8] は博物館の展示物の解説文をクイズ化する手法を提案している。この手法では、解説文から重要そうな単語を含む部分を抽出し、選択肢を自動生成して 3 択問題にすることで、利用者に調べさせたり考えさせたりしている。

3 手 法

本節では、実際に作成したミュージアム観賞支援アプリケーションの仕組みについて説明する。この際、実際に作成したプロトタイプを例にとりながら説明する。本アプリケーションは、ミュージアム用電子ガイドと連携して動くウェブアプリケーションとして実装されている。実際に、大阪府吹田市にある国立民族学博物館で動作する「みんなくガイド」と連携するアプリケーションとして実装したため、本節では「みんなくガイド」上での実装を例にとりながら、システムとアルゴリズムについて説明する。

3.1 システムの概要

はじめに、実装したアプリケーションの全体像を説明する。

みんなくガイドは、Swift で実装された iOS 用のネイティブアプリである。このアプリでは、個人がそのガイドをどう使ったかどうかが、ログに詳細に記録される。そこで、はじめに、このログをウェブサーバに送信する。ウェブサーバでは、送られてきたログを分析し、リアルタイムで宝探しゲームを生成する。アプリケーション自体は、Python で実装されており、実際の画面は Vue という JavaScript フレームワークを通して表示される。

実際の画面遷移の様子を図 3 に示す（この図では、みんなくガイド内での画面遷移を省略している。みんなくガイドの機能の詳細は過去の文献 [4] に記述がある）。みんなくガイドを立ち上げると、はじめに、展示物がランダムに敷き詰められて提示される「おすすめの展示物」画面が表示される。こうした「おすすめの展示物」や検索結果などの一覧表示画面から、利用者は多くの展示物をタップし、詳細画面を閲覧する。この際に、どの展示物の詳細画面がどの程度見られたかを、逐一ログに記録していく。

次に、メインメニューから「宝探しゲーム」をタップすると、iOS 内の組み込みブラウザが立ち上がる。この時点までの操作ログがサーバに送信され、その時点でログを分析し、その人に合わせたクイズが生成される。利用者がゲームを開始すると、まだスタンプがひとつも押されていないスタンプシートが表示される。この画面では、遊び方を見ることができる。スタンプの下部に置かれた「第 1 問」のボタンを押すと、実際の宝探し対象の詳細画面へと移動できる。

宝探し対象の詳細画面では、「あなたのこういう興味と関係する、この特定の展示物について、この観点に注目しながら探してください」という依頼文と同時に、利用者に探してほしい宝物（すなわち、ある特定の展示物）が表示される。この際、展示物の詳細情報は、ぼかされた状態で提示される。具体的には、モザイクのかかった画像、漠然とした展示場所、墨消し状態のタグ、ぼかしかかった解説文が表示される（図 4）。画面下部のヒントボタンを押すと、これらのうちどれか一つが段階的に明確化される。

こうして段階的に開示されるヒントを見ながら、利用者はみんなくガイド内で検索したり、博物館現地で展示物を探す。宝探し対象の詳細画面の下部にある「発見！」ボタンを押すと、展示物 ID を入力する画面に遷移する。展示物 ID とは、みんなく展示物に一意に与えられた標本番号であり、「H0123456」のような 1 文字のローマ字と 7 桁の数値の組である。この ID は、みんなく現地の展示物の案内表示（図 5）や、みんなくガイドの展示物詳細画面で見ることができる。

3.2 ログからの個人の興味の抽出

システムは、はじめに送られてきたログを分析する。具体的には、これまでに詳細を閲覧した展示物について、そのタグに注目している。この際、個人の興味は、頻繁に鑑賞された展示物群の、共通して持つ複数のタグとして表される。1 つ以上のタグについて、共通して現れたタグの個数と、その組み合わせがログ中に何度含まれたかによって、興味の軸を推定する。

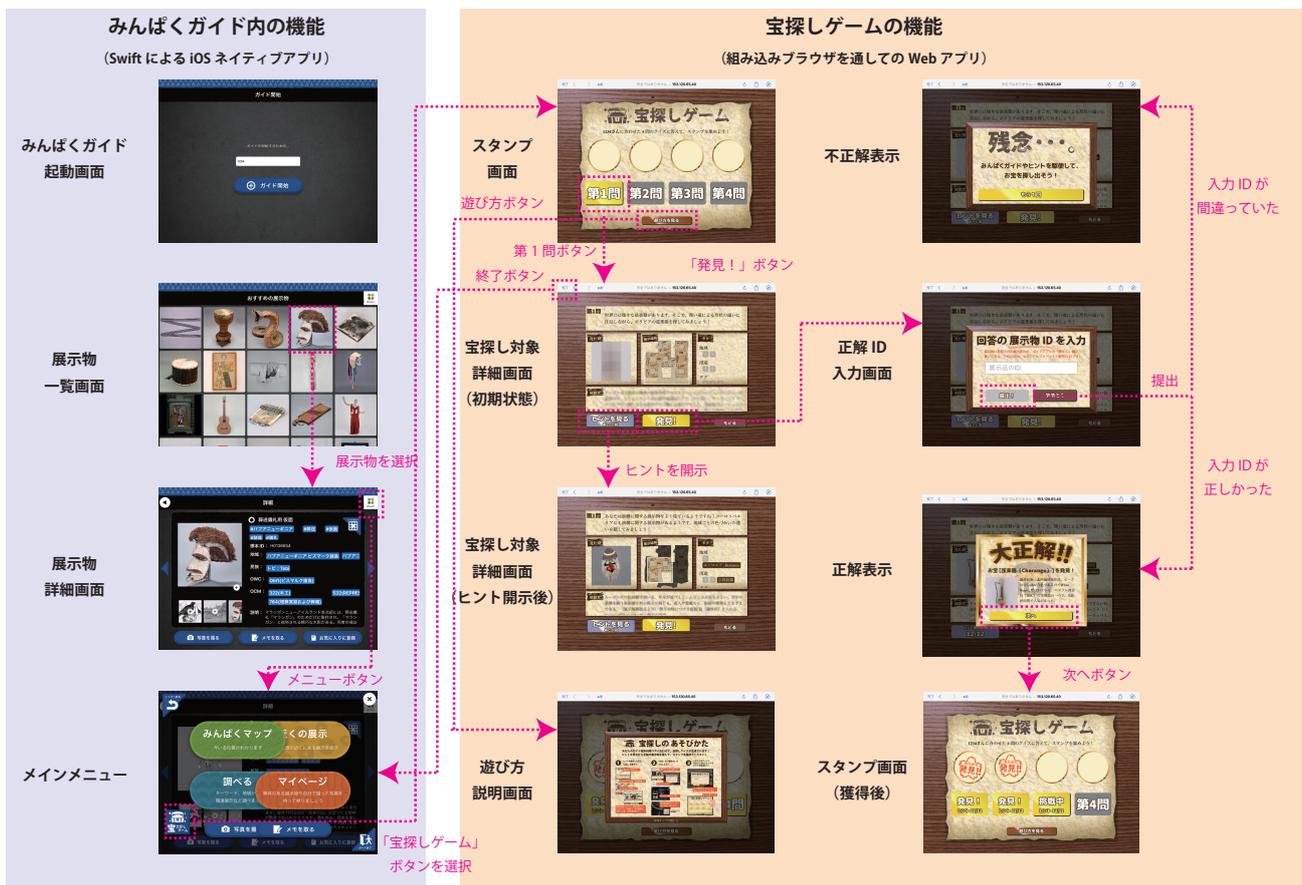


図 3 実際のアプリケーションの画面遷移図（今回の宝探しに必要な部分のみ）．宝探しゲーム部分は、みんなばくガイドとは別のサーバ上に実装されており、組み込みブラウザ経由でアクセスする．

3.3 テンプレートを用いたクイズ生成

次に、推定された興味の軸から、その人がまだ見ていないその軸に含まれる展示物を推定する．この際、宝探しを行ううえで、関連しそうな複数の展示物を見てほしいため、あえてこれまで鑑賞してきた展示物と展示位置の遠い展示物を、宝探しの対象とする．

宝探しの対象となる候補の展示物が推定されたら、次に、それらの展示物のなかから、いい依頼文が作れそうな展示物を推定する．ここで、依頼文は、ルールに基づいた複数のテンプレートとして用意されている．ここで、条件の厳しいテンプレート（すなわち、あてはまる展示物の候補が少ない展示物）から順に、それぞれの候補となる展示物とそのテンプレートに当てはめることができるかを、総当たりで試す．

すべてのテンプレートは、基本的に「あなたのこういう興味と関係する、この特定の展示物について、この観点に注目しながら探してください」という形式で、個人の興味の軸を言い表したうえで、注目してほしい観点を明示的に示している．この際、例えば興味の軸が「漁具」のように道具だった場合、「使い道によって形が違うかも？形に注目しながら、ニューギニアの霊供を探してみよう」というように、なるべく軸に対応した注目観点を指示できるようにした．そのために、みんなばくの展示

物に一樣に付与されているタグの一つである OCM（Outline of Cultural Materials, 文化項目分類）と呼ばれる 3 桁の数値を手でカテゴリ分けした．具体的には、特定の OCM に対しては道具関連の、別の特定の OCM に対しては食品関係の注目観点を提示するというように、興味の軸に含まれる展示物の OCM に応じて使用されるテンプレートが変わるようにした．

3.4 ゲーミフィケーションを成立させる工夫

このような宝探しゲームを成立するうえで、ゲームとして成立させるために、謎と報酬をそれぞれ用意した．はじめに、ゲームインタフェースをゲーム風にして、宝探しとスタンプ集めというメタファーに落とし込んだ．次に、クイズについて、ヒントを徐々に開示していく形式をとった．こうすることで、プレイヤーは、なるべく少ないヒント開示数で宝探しを成功させるというモチベーションが生まれる．そして、クイズにクリアすると、エフェクトと同時にスタンプが貯まるようにした．こうすることで、自分の学習がどこまで進んでいるかを、明示できるようにした．スタンプという報酬と、その蓄積が可視化されていることは、ゲーミフィケーションでは重要である．最後に、今までにどれだけのヒントを開示しながら手宝探しを完了させられたかを記録し、後から見返せるようにした．こうす

初期状態



中間状態

12 回中 8 回
ヒントを使用



最終状態

12 回中 12 回
ヒントを使用



図 4 ヒントボタンを押した際の情報開示の様子。写真、展示場所、タグ、説明文のうち 1 か所が、それぞれ段階的に明確になる。

ることで、「次はもっと少ないヒント開示で挑戦しよう」というような再訪問を促せると考えられる。

4 評価

提案するアプリケーションの有用性と、パーソナライゼーションや観賞の軸の提示が観賞支援に有効だったかを検証するために、実際に博物館で使えるプロトタイプシステムを実装して、評価実験を行った。実験は、国立民族学博物館（みんぱく）の協力のもと、みんぱくの展示物の画像およびメタデータを用いて、博物館現地で行われた。

4.1 比較手法

本研究では、ミュージアム訪問者に個人の興味の軸を自覚させ、そして特定の観点から注意深く展示物を鑑賞することを促すためのゲームインタフェースを提案している。そのため、個人の興味の軸を自覚させることと、ある観点到に注目して鑑賞させることの効果をそれぞれ検証するために、4つの比較手法を作成した。実際の4つの手法と、それぞれのルールに基づいて作られた宝探し依頼文の例を表1に示す。

今回の実装では、宝探しの対象となる展示物は、「依頼文テンプレートに当てはまるもの」という条件で決定される。そのため、どのルールに基づくテンプレートを使用するかによって、対象となる展示物が変わる。「人手」のルールに基づくテンプレートでは、個人の興味に関わらず、館内の展示物が1点、出

表 1 比較用の4つのルールに基づく依頼文の例。「興味の軸+注目観点」が本研究の提案手法。

比較手法	依頼文の例
人手	みんぱくには楽器がたくさんあるようです。メキシコの楽器を探してみましょう！
人手+注目観点	みんぱくのたくさんの楽器の中から、国ごとの色の違いに注目して、メキシコの楽器を探してください！
興味の軸	あなたはアジアの楽器をよく見ていましたね。メキシコの楽器を探してみましょう！
興味の軸+注目観点	あなたはアジアの楽器を見ていましたね。国ごとの色の違いに注目して、メキシコの楽器を探してください！

題される。「人手+注目観点」では、館内の展示物が1点ランダムに出題されるが、OCMに従って、どの部分に注目して鑑賞すべきかが指示される。これら2つのルールでは、個人のログを考慮する必要がないので、あらかじめ人手で用意した宝探しクイズの中から、ランダムに出題されるようにした。「興味の軸」のルールに基づくテンプレートでは、質問文冒頭で「あなたは〇〇に興味があるようですね！」などと、実際にログから算出した興味のあるタグが表示される。この際選ばれた展示物は、実際に興味の軸と深く関連し、なおかつ解説文の長いものが優先して選出される。最後の「興味の軸+注目観点」のルールに基づくテンプレートは、本研究における提案手法である。「興味の軸」と同様に、個人のログから抽出した興味の軸が明示され、また対象展示物のOCMに応じた注目観点が表示される。

4.2 評価タスク

ミュージアム現地で宝さがしゲームを実際にプレイしてもらい、後日、探した展示物や、その道中で見た展示物が記憶に残っているか調査した。被験者は、関西の大学に通う学生8名である。はじめに被験者は、みんぱくガイドの操作説明を受け、みんぱく現地で展示物を30分間自由に鑑賞した。この際、なるべく多くの興味のある展示物についてみんぱくガイドで調べ、お気に入り登録するよう依頼した。30分後に、被験者を一度呼び集め、その時点の各人のログを使って宝探しゲームを生成した。そして、スタンプを4つ集めるまで、実際に展示場を回って宝探しゲームをプレイした。

この際、被験者ごとに、4つの提案手法を、異なる順序で、1問ずつプレイするように設定した。これは、4つの手法を比較するうえで、被験者個人の熱意や記憶能力にばらつきがあるため、被験者間評価ができないため、1人の被験者に4つすべてを試してもらう必要があるためである。加えて、博物館での宝探しは目新しい体験であることと、歩き回ることによる疲労、慣れなどから、実験結果に順序効果が影響する可能性がある。そのため、1人目から4人目の被験者は、1人目は「ランダム、ランダム+注目観点、興味の軸、興味の軸+注目観点」、2人目は「ランダム+注目観点、興味の軸、興味の軸+注目観点、ランダム」というように、手法を正順に1つずつずらして全員異なる順序でタスクを解いた。5人目から8人目の被験者も同様に、手法を逆順に1つずつずらして、全員異なる順序でタスクを解いた。

被験者は宝探しを4問完了し次第、準備室に戻って宝探しゲームに関するユーザビリティ評価に関するアンケートに回答した。具体的な質問項目として、はじめに、被験者個人がミュージアムそのものや実験対象となる文化人類学、謎解きゲームに興味があるかを聞いた（詳細は表2に記載）。次に総合評価と

表 2 実験直後のユーザビリティ評価に関するアンケート結果。被験者 8 名の平均で、それぞれ 5 段階評価。

評価項目	平均	分散
面白さ	4.3	0.5
使いやすさ	3.1	1.3
デザインのよさ	3.9	0.7
意外な物を知れたか	3.9	1.0
興味が広がったか	3.8	0.5
興味に合っていたか	3.9	0.7
ヒントの質	2.6	1.1
宝探しの難易度	3.4	1.4
宝探しのコスト	3.5	0.9
画像によるヒント	4.4	0.6
地図によるヒント	2.5	2.0
タグによるヒント	4.1	0.7
説明文によるヒント	3.5	0.9

して面白さや使いやすさやデザインなどについて、5 段階評価で答えさせた。同様に、クイズの出来として、画像、地図、タグ、説明文が役に立ったか 5 段階評価で答えさせた。最後に、自由記述として、よかった点、よかったクイズ、悪かった点、改善要望、コメントについて、それぞれ問うた。

加えて、定量的評価のために、すべての被験者に対し、2 週間後に、どの展示物を覚えているかを調査した。記憶しているかの調査として、はじめに再生可能であることを確認するために、ヒントを与えずにクイズの答えとなった展示物について、覚えているものを紙に書かせた。同様に、出たクイズの内容を覚えているかを紙に書かせた。次に、再生的なタスクとして、自分に出されたクイズとそうでないクイズを織り交ぜた状態で、どのクイズが自分の解いたものかを答えさせた。また、見た展示物とみていない展示物を織り交ぜて提示し、正しく判別できるかを調べた。

4.3 実験結果

提案システムが受け入れられたかと、実際に記憶定着に効果があったかについて、それぞれ確認する。はじめに、ゲーミフィケーションが受け入れられたかの評価として、表 2 に実際の実験直後のユーザビリティに関するアンケート結果を示す。結果から、宝探しゲーム自体の面白さは高く評価された一方で、使いやすさはさほど高い傾向が示された。特に低く評価された項目としてヒントの質があることが分かった。また、地図によるヒントが役に立たないという傾向も得られた。

次に、実際に作成した宝探しゲームが記憶定着を助けたかについて、8 名の被験者のうち 2 週間後に展示物を覚えていた人数を表 3 に示す。全体を通して、宝探しの対象とすることで、展示物の存在を思い出せるようになっていることが分かる。一方で、各手法間に注目すると、興味の軸を自覚させることで、注目させる観点を明示することの効果は得られず、人手であらかじめ選定した宝探し対象を探した場合のほうが、より強く記憶に残る傾向がみられた。

表 3 2 週間後にクイズ内容を覚えていた人数。8 名の被験者の中で、各手法で生成された宝探しの対象展示物について、自力で思い出せた人数と、写真を見せたら思い出せた人数と、そのクイズが最も印象深かったと答えた人数。

手法	再生人数	再認人数	1 番人数
人手	8	7	4
人手+注目	7	8	1
興味	7	7	2
興味+注目	5	6	1
平均	6.75	7.00	-

5 考察

本節では、実験結果をもとに、

- 個人の興味を推定し、軸を自覚させる効果、
- 探させる展示物との違いを明示し、注目観点を示すことの効果、および
- 宝探しそのものの効果

が、それぞれどの程度有効であったかを議論する。

はじめに、ユーザビリティ評価の結果について議論する。ほぼすべての被験者が、宝探しゲームを楽しいと感じたと答えた。特に楽しさに関連する意見として、ヒントを徐々に明かしていきながら現地を歩き回ること、実際に候補をしらみつぶしに見ていくのが楽しかったという意見があった。

使いやすさについて、全体的に高くない評価が得られた。使いやすさに関する自由記述の意見の中には、第一に、宝探しゲームのプラットフォームとして使ったみんなくガイドそのものへの不満が見られた。具体的には、検索機能で、自分がそうだったキーワードで検索しても展示物が出なかったり、いちいち展示物の前でその展示物をガイドで検索するわずらわしさが指摘された。ビーコンや AR 技術を用いて「今日の前にある展示物」を、キーワード検索しなくても探せる機能が重要だと考えられる。加えて、みんなくガイドと宝探しシステムの結合性についてのコメントも多く見られた。具体的には、ガイド内で ID が表示されているのに、いちいちそれをメモして打ち直さないといけない部分が低評価の原因の一つであった。加えて、博物館現地の展示物 ID 表示が小さく、人の目で読み取って入力することが大変だった点も挙げられた。現地での展示物 ID は、図 5 に示されるように、薄暗い会場内で説明プレートの右下に小さく書いてある場合が多い。そのため、利用者に入力させるには適さなかった可能性がある。こうした入力についても、ビーコンによる位置推定や画像認識を用いて、その展示物の前に居たり、その展示物の写真を取ったら、展示物を発見したと見なすなどの改善が考えられる。

ヒントの有効性について、地図によるヒントは役に立たないという意見が得られた。これは、みんなくのレイアウトが地域ごとに区切られており、タグが見えた時点で地図よりも詳細に展示場所が推測できるためであると考えられる。実際にこのようなシステムを運用するうえでは、ヒントの粒度を考えて、地

図より先に地域に関するタグは開示されないようにするなどの工夫が必要である。

宝探しの難易度について、人によって評点にばらつきがあり(5段階評価で標準偏差 1.2 ポイント)、そのうえで平均評価は高くなかった。これは、今回解かせたクイズのうち2問はランダムなものを出していることと、残りの2問が人に合わせたクイズを出しているため、人によって出たクイズが違ったためである。クイズの質に言及した自由記述のコメントとして、「確かに自分の興味を言い当てていた」という肯定的な意見や、「ノーヒントでもわかる」、「写真と実物が似ていない」、「地域名タグで対象が絞れすぎる」などの否定的な意見が得られた。

他のコメントとして、実際の宝探しゲームによる鑑賞体験そのものへの意見も得られた。実験設定に関するコメントとして、みんぱくが広すぎるため、最初の30分で回ってクイズを生成するという実験スタイルに無理があるとの意見があった。実際の運用時には、クイズを見ている最中のログなども使いながら、より長期的なログから個人に合わせたクイズを生成する必要があると考えられる。また、「一度回ったところにもう一度行かされて、疲れた」という意見もあった。みんぱくの現地は広いので、その中で展示場所の異なる複数の候補について見比べるのは困難である。実際に運用する際には、集めるスタンプの数や、宝探しの対象となる展示物の展示場所の近さなどを考慮する必要があると考えられる。

次に、宝探しゲームによる、対象展示物の記憶定着への影響について議論する。全体を通して、宝探し対象となった展示物は強く印象に残っており、84パーセントの割合で、その展示物を探したことを思い出せることが分かった。ヒントから展示物を探させることで、その展示物を記憶に残せる可能性がある。

このような宝探しによる記憶定着効果が、慣れによって減じる可能性を考えるために、順序効果に注目する。そのために、被験者ごとに異なる順序で解いた宝探しの、何問目の展示物を覚えていたかを集計した。1問目の答えとなる展示物を覚えていた人数は7名、2問目、3問目の展示物を覚えていた人数もそれぞれ7名であった。最後の4問目の展示物を覚えていた人数は、6名であった。このことから、鑑賞者が実際に宝探しゲームを繰り返し行った場合、記憶に定着する効果はやや提言する可能性が示唆された。また、この結果には出題数の影響も考えられる。連続して4問の宝探しを行うと、ヒントをなるべく少なくクリアするような楽しみ方をした場合に、1時間程度の時間を要する。この際、展示場内を歩き回っているため、4問目を解く際に、被験者が疲れていた可能性も考えられる。

次に、各手法ごとの記憶人数の差から、提案手法の特徴である興味推定と注目観点の明示の効果について検証する。まず、全体を通して、人手で選定した展示物を探させた場合に比べて、個人の興味を考慮した展示物を探させると、記憶に残らない傾向がみられた。このような現象が起こった原因の一つとして、対象展示物の持つ内在的な面白さと、個人の興味との合致度の記憶への影響度の違いが考えられる。人手で選んだ展示物は、解説文が長い展示物の中から、宝探しの対象として面白いと思われるものを選んだ。具体的には、民族学博物館らしくないオ

ムライスの食品サンプルや、図5に表されるようなキャッチーな人形などを対象とした。

一方で、個人の興味に合う展示物は、個人のよく見ていた複数の展示物と、共有するタグを多く含む展示物を対象とした。この際、その展示物が、展示物単体でどの程度人を引き付ける展示物であるかや、個人がこれまで見てきたものとどの程度異なるかなどは考慮していない。そのため、探させられる展示物が、今まで見てきたものと比べて変わり映えのしない、地味な印象を与えた可能性がある。

加えて、今回のアルゴリズムでは、事前に用意したテンプレートに合致する展示物を宝探しの対象として探させていた。この際、「見てきた展示物とタグの共通性があり、なおかつ形や色などと関連するカテゴリに属す」という条件に当てはまる展示物は、少数である。そのため、個人の興味に合わせたうえで、注目観点も明示できる展示物は、マイナーなものが多く選出された可能性がある。

こうしたことを受けて、実際に学びにつながる個人化された宝探しを可能にするためには、展示物自体の魅力と、個人の興味を考慮する度合いを調整して、探させる展示物をランキングするアルゴリズムが必要になると考えられる。

注目観点を明示することの効果について、インタビュー調査において、「そもそも説明文で軸を明示されていることに気づかなかった」という意見が多く得られた。宝探しをゲームとして楽しむ際には、プレイヤーは、「こういう展示物を、こうやって探してください」という依頼文はほとんど読まないことが分かった。今回のゲームの設定だと、より少ないヒントで対象展示物を探ることが目的になるので、被験者たちは主にヒントだけに注目しており、依頼文を見たことすら覚えていない場合があった。

「より少ないヒントで展示物を発見する」というゲームルールが、注意深い観賞を促すこととマッチしていなかった可能性がある。より多くの展示物について、違いを確認しながら鑑賞させるためには、ゲームのデザインを工夫する必要があると考えられる。例えば、宝探し中に見つけた「条件に近いが正解ではない展示物」をたくさん見つけ、どこが違うかを入力させるなどの、補助的な追加報酬要素を加えることなどが考えられる。

最後に、インタビューにおいて、それぞれのクイズの難易度への言及が多かった。具体的には、「思っていた場所と違う場所にあったので、難易度が高かったので記憶に残った」という意見や、「たまたまタグ検索したら1発で出てきてしまったので、現物も見えていないし、覚えていない」という意見などがあった。実際にゲームとして運用するうえでは、ゲームとして楽しめる難易度ながらも、簡単すぎないようにするなどの工夫も必要になると考えられる。

6 ま と め

本研究では、個人に合わせた「宝探し」形式でミュージアム観賞をゲーム化することで、自発的なミュージアム体験を可能にする方法を提案した。実際に、国立民族学博物館で使える



図5 展示物 ID の掲示の例。国立民族博物館では、展示物の解説の右下に、標本番号を小さく付記している。

「みんなガイド」上に、個人のログを分析し、クイズを生成するアプリケーションを実装した。

実際に博物館現地で実験を行い、体験としての面白さや、システムに良い点と悪い点、要望などが得られた。DEIM の発表当日までに、鑑賞 2 週間後の知識定着度合いを評価する予定である。また、このようなアプリケーションを、実際に使えるようにする予定である。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費 21H03775, 21H03774, 22H03905 による助成、ならびに 2022 年度国立情報学研究所共同研究 22S1001 の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

文 献

- [1] Philip Yenawine. *Visual thinking strategies: Using art to deepen learning across school disciplines*. Harvard Education Press, 2013.
- [2] John H Falk and Lynn D Dierking. *Learning from museums*. Rowman & Littlefield, 2018.
- [3] George E Hein. *Learning in the Museum*. routledge, 2002.
- [4] 莊司慶行, 相原健郎, 大島裕明, 神門典子, 白石晃一, 中島悠太, 山本岳洋, 山本祐輔. 提示型検索モデルに基づくミュージアム電子ガイドとその利用ログを用いた事前学習・事後学習支援. 情報処理学会論文誌, Vol. 63, No. 2, pp. 364-377, 02 2022.
- [5] Yoshiyuki Shoji, Kenro Aihara, Noriko Kando, Yuta Nakashima, Hiroaki Ohshima, Shio Takidaira, Masaki Ueta, Takehiro Yamamoto, and Yusuke Yamamoto. Museum experience into a souvenir: Generating memorable postcards from guide device behavior log. In *2021 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)*, pp. 120-129, 2021.
- [6] Yoshiyuki Shoji, Kenro Aihara, Martin J Dürst, Noriko Kando, Takuya Nakaya, Hiroaki Ohshima, Takehiro Yamamoto, and Yusuke Yamamoto. Location-based reminder for memorizing what visitors learn at a museum. In *BIRDS+ WEPIR@ CHIIR*, pp. 79-87, 2021.
- [7] Kristina Maria Madsen. The gamified museum: A critical literature review and discussion of gamification in museums. *Gamescope: the potential for gamification in digital and analogue places*, 2020.
- [8] Masaki Ueta, Tomoya Hashiguchi, Huu-Long Pham, Yoshiyuki Shoji, Noriko Kando, Yusuke Yamamoto, Takehiro Yamamoto, and Hiroaki Ohshima. Quiz generation on the electronic guide application for improving learning experience in the museum. In *BIRDS+ WEPIR@ CHIIR*, pp.