

現在位置にもとづく通知型情報推薦を用いた 経験記憶化による知識定着支援

仲谷 拓也[†] 莊司 慶行[†] 山本 岳洋^{††} 山本 祐輔^{†††} 相原 健郎^{††††,†††††}

神門 典子^{††††,†††††} 大島 裕明^{†††††,††} Martin J. Dürst[†]

[†] 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

E-mail: [†]nakaya@sw.it.aoyama.ac.jp, ^{††}{shoji,duerst}@it.aoyama.ac.jp, ^{†††}t.yamamoto@sis.u-hyogo.ac.jp,
^{††††}yamamoto@inf.shizuoka.ac.jp, ^{†††††}{kenro.aihara,kando}@nii.ac.jp, ^{††††††}ohshima@ai.u-hyogo.ac.jp

あらまし 本研究では、学習後に外出した際に、学習内容と関連した地物に近づく通知する仕組みにより、学んだことをより強く記憶に定着させる手法を提案する。記憶定着に関する理論として、自分の体験を通じた経験記憶は忘却されにくい現象が報告されている。そこで、学んだことを現実世界の地物と関連付け、体験的にすることで経験記憶化し、記憶に残りやすくする。そのために、興味のある学習内容を特徴づける語を抽出し、それと関連する語を文書中の共起度やクエリサジェストへの登場頻度から計算する。次に、施設レビューサイトの情報を用いて、関連語をレビュー文中に含む地物をランキングする。最後に、地物にユーザが接近した際に、モバイル端末にその地物と関連する学習内容、推薦の根拠をリマインダとして通知する。国立民族学博物館のカタログアプリを用いた、実際に市街地で通知を行う被験者実験を通して、推薦の有用性と知識の定着に寄与したかについて調査を行った。

キーワード 情報推薦, 位置情報, 体験学習

1 はじめに

人は教科書やミュージアムで調べたことを、調べた直後は覚えていても、数日経ったら忘れていく。恐らく、この論文の内容も、数日後には忘れられているだろう。

人は毎日、インターネットをはじめ多くの情報に接している。しかし、その中で実際に記憶に残るものはごくわずかである。例えば、昨日の記憶を思い出す場合を考える。一般的に、「友人と遊んだ」、「読書をした」、「実装が順調に進まず四苦八苦した」など、自らの経験に基づく記憶が想起されやすく、逆に書籍の書き出しやプログラムの内容について真っ先に思い出すことは稀である。これは、単なる知識よりも自らの経験の方が記憶に残りやすく、思い出すことも容易であるという記憶方法の違いに起因する。

人間の事物に関する記憶は、知識記憶と経験記憶の2種類に大別できる。知識記憶は「アメリカの初代大統領はワシントン」のような自己の介在しないものであり、経験記憶は「昨日はカレーを食べた」のような、具体的で自らの経験に基づく記憶である。知識記憶は「アメリカの初代大統領は？」のようなきっかけがないと思い出しがらみが、経験記憶はきっかけがなくとも思い出せるという性質がある。

教科書やミュージアムで学んだ内容は、一般的に体験を伴わない情報であるため、知識記憶に格納される。そのため、十分なきっかけがないと想起されにくく、学習した内容も徐々に忘却されてしまう。記憶を知識として定着させるためには、事物を個人の経験と結び付け、経験記憶として記憶させることが重要であると考えられる。

こうした知識記憶の定着を図る手法として、学校などの教育現場において、実際に有意味受容学習や対連合学習に基づく教育方法が採用されている。有意味受容学習では、知識の意味を理解しながら学ぶことが重要であるとされており、これに基づいて、校外学習などで、教科書で得た知識が街中でどう活かされているかを理解させるカリキュラムなどが実践されている。また、対連合学習では2つの事柄を一對のまとまりとして捉えて記憶する。語呂合わせなどを利用して「A といえば B」というような記憶を助けるもので、日常的な経験や、時代の流行とからめて、身近なキーワードを索引とすることが一般的である。

そこで本研究では、ユーザが学習した内容を、その内容と関係する現実世界の地物の近辺でリマインダとして通知することで学習内容を経験記憶化し、記憶の定着を支援する手法を提案する。例として、ユーザが民族学に関して勉強していて、中国の縦笛である「スオナー」について学習したとする。「中国にはスオナーという縦笛がある」という知識は、そのままだと覚



図 1 実際に街中で iOS 端末のロック画面に通知が届いた例

えづらい。しかし、仮にラーメン屋の前を通りかかった際に、「ラーメン屋で流れてくるチャルメラの音楽、実は、昨日博物館で見ていた、中国のスオナーの音色なんだよ」と教えてもらえたら、ラーメン屋に行ったという記憶と知識が結びつき、印象に残りやすくなる。加えて、ラーメン屋の前を通りかかるたびに、「そういえばスオナーについて調べたことがあったな」と、想起を促し、学習内容が知識として定着しやすくなると考えられる。

そこで本研究ではこのような記憶定着支援を実現するために、ユーザの学習内容と関連する地物を推定し、学習内容との関連性を示したうえで、図 1 のように、スマートフォンやスマートウォッチなどのモバイル端末に通知する。この図の例では、実際に、「アフリカの宗教儀式における、踊り手の少年を世話する役割」である「マキシ: チクザ」について学習した後で、街中で整体医院の近辺を通りかかった際にリマインダを表示している。

学習内容と地物について、それぞれの特徴を抽出するために、学習内容に付随する解説文と、地物に対するレビューから、重要単語を抽出した。そして、2つの重要単語の関連度を3つの手法で算出することで、実際に学習内容に関連する地物を順位付けし、GPSによる位置情報にあわせて通知できるようにした。

検証のために、国立民族学博物館用の非公式ガイドアプリケーションである「みんぱくガイド」と、現実世界の地物の情報源として Google Maps の地物データとレビューを用いて3種類の被験者実験を行った。1つめの実験では、博物館の展示物に対して、各手法で計算した関連する地物がどれだけ適切か精度評価を行った。2つめの実験では、被験者にガイドアプリを自由に操作させ、その後、街を散策させて関連する地物に近づいた際に通知を送信した。通知を行った被験者と行わなかつ

た被験者で、1週間後に展示物の情報がどれだけ記憶に残っているか、比較実験を行った。3つめの被験者実験では、実際に博物館現地でアプリを使わせ、後日に別の目的で街を歩いている際に通知を出すことで、記憶にどう定着したかと、実際の使い心地について評価した。

2 関連研究

本研究は、ユーザの学習内容である博物館展示物と地物の情報から抽出した2つの単語間に関連を見つけ、位置情報を用いて現実の地物付近でリマインドを行い、記憶の定着を図るものである。そのため本章では、そこで、記憶定着、概念間の関連度、地物情報推薦、博物館体験に関する研究についてそれぞれ論じる。

2.1 記憶定着に関する理論

記憶の定着に関する研究は以前から盛んに行われており、Bower ら [1] は、エピソードや事物の記憶をする際に、被験者が自らの記憶と関連付けることで記憶に残りやすくなることを明らかにしている。また、Weinberg ら [2] による研究では、経験記憶の定着に身体的運動が有効である可能性を示した。学習手法に関しては、Ausubel ら [3] によって有意義受容学習が提唱されている。学習者が既に知っている情報と近しい学習内容を、提示的に学習者に与えることで、知識を定着できるとしている。

また、近年、情報学分野においても記憶の定着に寄与する手法の提案が行われるようになってきている。情報検索を行う上での記憶の定着に関する研究として、Qiu ら [4] は従来の検索手法にメモ機能とテキストでの対話型インタフェースを追加することで、検索体験の向上と長期的な記憶定着を促す手法を提案している。こういった研究の中で本研究は、ユーザにとって既知の情報である先行学習内容と、関連のある地物に関する情報を、該当地物付近で推薦することによって記憶の定着を図る。

2.2 概念間の関連度の定量化

学習内容と地物をマッチングさせるにあたり、2つの概念間の関連度を定量化する必要がある。概念ベースを用いた手法を用いた例として、Watabe ら [5] は、概念それぞれの属性一致度と、概念空間での共起度をもとにした関連度定量化手法を提案している。

Wikipedia を用いた単語間の関係性についても研究がなされており、Shirakawa ら [6] は、Wikipedia シソーラスを用いて関連のある名詞のペアを抽出し、単語それぞれに格助詞を付与したのちに Web 検索することによって、2つの名詞間の関係性を表す動詞を抽出する手法を提案している。また、関連度だけに依らない2単語間の関係性として、佃ら [7] は Wikipedia のリンク構造をグラフ化し、単語 A と B のエッジを除去した際に残る、A と B を最短経路で結ぶ路の長さを意外な関係性度合として定量化する手法を提案している。

本研究でも2単語の関連性を求めるため、任意の2単語が共起するページ数を2単語間の関連度として用いた。

2.3 地物推薦

ユーザの興味や、嗜好に合わせた地物の推薦も広く研究されている。Koren ら [8] は、ユーザの興味分野やユーザが過去訪れた場所、日付、時間、天気などの情報をもとに、パーソナライズされた地物の推薦を行うオーディオガイドを提案している。また、多くのユーザから投稿される情報を用いた情報推薦の研究として、Pat ら [9] は、OPTICS と呼ばれるクラスタリングアルゴリズムを用いて、Twitter の投稿から現在活発である地域や、開催されているイベントを抽出する手法を考案している。

2.4 博物館体験

博物館での鑑賞体験を補助する研究は多数行われており、ミュージアム体験を記憶に定着させる研究もすでに行われている。Falk ら [10] は、博物館での鑑賞体験を有意義に身につくものにするためには、鑑賞体験を個人的な体験と紐づけ、個人的文脈に組み込むことが大切であると述べている。本研究での学習内容を日常に接続して記憶定着を促すことは、このアイデアに則る。

また、博物館体験の事後学習を促す手法に関する研究として、Petrelli ら [11] は、博物館訪問者に対して、閲覧行動をもとにパーソナライズしたオンラインアクセス可能な記念品を贈呈することで、博物館体験の向上と事後の学習に寄与する方法を提案している。残された課題として、ただ記念品を贈呈するだけでなく、使用用途を明確にすることが肝要だとしている。また、鑑賞体験の中で印象に残りやすい展示物の条件を比較検証した研究として、瀧平ら [12] は、展示物の詳細を閲覧した回数やお気に入りへの登録が、印象の強さに関与している可能性があるとしている。そのため本研究では、博物館における鑑賞体験の強化や事後学習の促進を行うためには、お気に入りに登録されている展示物を用いるのが効果的なのではないかと考えた。

3 手 法

本章では、学習内容と現実存在する地物の関連性発見手法について述べる。本手法は、ユーザが興味を持った学習内容を入力として与えると、関連性がある現実の地物を一覧で出力するものがある。

実際の処理手順として、

- (1) 重要単語の抽出、
- (2) 重要単語同士の関連度の推定、
- (3) 地物の推薦と通知

という3つのステップから構成される。この際、単語同士の関連性の尺度として、共起度、Wikipedia カテゴリ重複度、検索サジェストへの登場頻度をそれぞれ計算した。

以下の手法説明では、今回の実験に用いたデータセットにあわせて、学習内容を民族学博物館における展示物であるとし、その解説が最大数百文字程度の解説文として付与されているという例を用いて、説明を進める。

3.1 重要単語の抽出

ユーザの学習内容に関する文章と地物のレビューから、それ

ぞれを端的に表す代表的な単語を抽出する。本研究ではこの単語を重要単語と呼ぶ。重要単語の抽出には tf-idf の値を用いた。

学習内容に関する文章の集合の中で、重要単語を抽出したい文章における任意の名詞の tf-idf の値を計算した際に、値が高い順に上位の単語を、該当文章中の重要単語集合としてランク付けできる。今回の実験では、上位3単語を、実際に重要単語として用いた。同様に地物のレビュー集合の中で、重要単語を抽出したいレビューにおける任意の名詞の tf-idf の値を計算した際に、値が高い順に上位3単語を該当レビュー中の重要単語集合とした。このような方法で、学習内容に関する文章と地物のレビューそれぞれから重要単語集合を抽出した。

3.2 重要単語同士の関連度の推定

ある学習内容がその解説文に含まれる単語で特徴づけられ、またある地物がそのレビューに含まれる単語で特徴づけられているとして、それぞれの単語同士の関連性を計算することで学習内容と地物を紐づける。本研究では、3つのアプローチで単語同士の関連度を定量化する。

共起度に基づくアプローチでは、Wikipedia の記事中で2つの単語がどれだけ同時に登場するかによって語どうしの関連度を測った。これは単語間の関連度を定量化するにあたり、関連のある単語同士は同一の文書中に存在する可能性が高いのではないかと考えたためである。そこで、本手法では、Wikipedia の日本語記事を用いて、全ページの集合のうち、展示物側の重要単語と地物側の重要単語の2単語が共起しているページの割合を2単語間の共起度と定義した。また、展示物側の重要単語が一般的な単語であるほど単語対の共起度が全体を通して高く算出されるため、展示物側の重要単語ごとに共起度を正規化した。

カテゴリ重複度に基づくアプローチでは、単語の属すカテゴリを語どうしの意味的な関連度として用いた。2単語間の関連度について、単純に共起度を用いるだけでは、一般的な語の関連度が高く評価される傾向がある。例えば、魔女という単語が重要単語とされる展示物について、魔術やカリスマ性といった密接に結びつく単語が、イギリス、人物などの一般的な語彙に埋もれてしまう。そこで、Wikipedia の記事は基本的に1つ以上の何らかのカテゴリに所属していることに着目した。重要単語をタイトルとする Wikipedia 記事の所属カテゴリ集合を E_c 、地物側の重要単語をタイトルとする Wikipedia 記事の所属カテゴリ集合を P_c と定義した場合、カテゴリ重複度 d を、

$$d = \frac{|E_c \cap P_c|}{|E_c| \times |P_c|} \quad (1)$$

と定義した。また、展示物側の重要単語ごとにカテゴリ重複度の正規化を行った。

クエリサジェストを用いた関連度計算では、単純に単語同士の意味的な関連とは別に、関係の人気度合いや人の興味を引く度合いとして計算する。そのために、検索エンジンのクエリ推薦（すなわち、サジェスト）の結果を用いた。これは、ある単語について、人々が興味を持った観点をクエリとして Web 検索をするであろうという仮説に基づく。

解説文中の重要単語を Web 検索した際に表示されるサジェストの一覧を、検索エンジンの Suggest API を用いて収集した。このサジェストにレビュー中の重要単語が含まれていた場合、その単語との関係は人の興味を引き付ける関係であると仮定し、0 か 1 の値として算出した。

3.3 地物の推薦と通知

共起度、カテゴリ重複度、サジェストへの登場有無の 3 つの値をもとに、それぞれを重み付けて合算することで、展示物側の重要単語に対しての地物側から抽出した重要単語のランキングを作成した。

実際に、ある地物に近づいた際に推薦を行うために、最初に全ての展示物の特徴語上位 3 件を抽出し、すべての地物に対する重要単語との関連度を総当たりで計算した。このとき、3 つのアプローチによる関連度の重みづけとして、共起に基づく関連性の重みを 0.2、カテゴリに基づく関連性の重みを 0.8 とした。この重みは、予備実験を通して共起に基づく関連性が一般語で高くなりやすい傾向が見られたため、経験的に設定した。これとは独立に、展示物名を入力とした際の推薦クエリに地物の特徴語が含まれていた際は、関連度を 1.0 に固定した。これは、推薦クエリに特徴語が含まれることがそもそも稀で、登場した際には高確率で関連が強く、興味を引く内容であったためである。

こうして、任意の展示物に関連する特徴語ランキングの上位 10 件について、その単語をレビューに含む地物の一覧を抽出する。この際、地物ごとの集計は行わず、関連度順に地物をランキングした。同じ地物が複数回ランキングに登場した場合は、最上位のものだけを残した。ここまでの処理により、ある展示物に対して、「この地物に近づいたら、レビューのこの部分を出す」という候補をランキング可能になる。

実際の通知の具体例を図 2 に示す。通知は展示物のタイトル、地物名、展示物の説明文の抜粋、地物のレビュー文の抜粋からなる。具体的な通知内容としては、「あなたは今、【地物名】にいますね？ここで、【展示物のタイトル】について思いだしてください！」という通知タイトルで、展示物の画像が表示される。通知の本文には、「なぜなら、展示物は【展示物の説明文の抜粋】と説明されていて、この場所は【地物のレビュー文の抜粋】と評されていて、関連があるんです！」と記載されている。解説文の抜粋は、関連度の高かった語を含む文を句点などの文末記号で切り出すことで行った。通知に対して、利用者は「へえ」「どうでもいい」、あるいは通知そのものを無視するという 3 つのインタラクションをとれるようにした。

このような通知を、地物の半径 100 メートル以内に近づいたときに表示する。実際の通知は、各地物のジオタグ情報（すなわち、緯度経度）を用いて、ユーザの持つモバイル端末の現在地と照らし合わせて行わる。今回のケースでは、あらかじめすべての通知内容を事前に計算可能であったため、ローカル（すなわちサーバとの通信を必要としない、端末内で完結する）通知機能を用いて通知を表示した。



図 2 被験者に通知される文面の一例

4 評価実験

本研究で提案する通知による記憶定着が有効かどうかを確認するために、博物館展示物と地物の関連度計算が適切であったかを検証する推薦精度に関する実験と、現実の地物と関連付けてリマインドすることが実際に記憶定着に寄与したかを検証する実験を行った。

4.1 データセット

本実験で使用するデータとして、国立民族学博物館で利用されているガイドアプリケーションのみんなのガイドと、Google Maps の地物レビュー [13] を利用した。みんなのガイドには、国立民族学博物館に所蔵されている展示物の名称、解説文、出土地域などの情報が収録されており、ガイドを行う際に展示物の情報が一括で確認できるよう、個々の展示物のデータが一覧表示されるページが表示可能である。

展示物データには一部を除き解説文が付属しており、解説文を MeCab を用いて単語ごとに分割して、各単語の tf-idf の値を計算することで、値の高かった上位 3 件の名詞をその解説文における重要単語とした。展示物データから重要単語を抽出するにあたって、ストップワードとなる可能性がある数値やタグ

などは除外した。

実験に用いる地物データとして、Google Maps の地物データとレビューを用いた。実地での実験を行うことから、筆頭著者の所属する大学の近辺で比較的大規模な街として東京都の町田駅周辺と、国立民族学博物館に近い兵庫県 三宮駅周辺の 2 か所の地物データを用いた。それぞれについて、繁華街を中心に、約 2km 四方の範囲での地物をクロールし、レビューを収集することで、データセットを作成した。町田ではレビューつきの地物 7,393 件、三宮ではレビューつきの地物が 18,165 件、それぞれ収集された。

4.2 関連度の精度評価実験

本節では、3 章で行った、みんなの展示物と地物の関連度計算の正しさについて評価する。そのために、被験者に展示物と地物の名称の組を提示し、その関連度について人手で評価をさせることで、本手法で算出した関連度が実際の人の感覚と乖離していないかを検証した。

まず、みんなガイドのデータベースに記載されている、解説文を持つ展示物の中からランダムに重複なく展示物 20 件を抽出した。これらの展示物について、

- 共起度 + カテゴリ重複度 + サジェスト、
- 共起度 + カテゴリ重複度、
- 共起度 + サジェスト、
- 共起度、
- Doc2Vec、
- ランダム

の 6 手法で関連地物上位 5 件をそれぞれ算出した。この内、共起度とカテゴリ重複度、サジェストを用いている手法が本研究で提案しているものであり、各要素の使用を制限した 3 つの派生手法と、Doc2Vec、ランダムの計 5 手法と比較することで、提案手法の精度を検証した。

実際に評価に用いるデータとして、表 1 にある 20 件のみんなの展示物に対して、6 種類の手法を用いて推薦有用度が高い地物 5 件を出力した計 600 件の地物と展示物の組を用意した。

これを展示物 10 件ごとのデータに分割し、計 300 件の地物と展示物の組み合わせが記載された GoogleForm のアンケートを 2 つ作成した。また、登場順による差異が影響しないよう、各手法の結果を無作為に混ぜた順で被験者に提示した。

評価項目として、アンケートでは、それぞれの地物と展示物の組に対し、

- 地物と展示物の関連度、
- 組み合わせの面白さ、
- もしこの地物で展示物の情報を通知されたら記憶に残ると思うか

の 3 つの項目について、それぞれ 4 段階で評価させた。これらのアンケートを被験者 3 人ずつに回答させた。

被験者の回答が終了した後、実験に用いたすべての展示物と地物の組について、3 人の評価点の平均を算出した。推薦精度の評価として、6 手法それぞれによる関連地物の評点の平均を比較することで、手法ごとの推薦精度を検証した。

表 1 推薦精度比較実験に用いた展示物一覧

展示物名
衣服（サリー）（晴れ着）
アドベントカレンダー
水入れ容器
影絵人形芝居（wayang kulit）用 人形（Gatut Kaca）
男性用 櫛（舞踏用）
男性用 コルセット
土人形（太ったチャラン）
埋葬儀礼用 仮面「アボ・マウ；女の仮面」
ガラス絵（ダル・サラムのセリーニュ・トゥーバ）
彫像「藤戸タケ像」
女性用 帽子
宝箱
土人形（チチャ造り工程；加熱）
ヤムイモ用 仮面
文字練習板（木製）
偶像
2 輪馬車
女性用 衣服
釣針（復元）
男性用 帽子

表 2 精度評価実験における結果の平均比較（4 段階評価）

	D2V	ランダム	共起度	共起度 + サジェスト	共起度 + カテゴリ重複	提案手法
関連度	1.42	1.20	1.28	1.28	1.34	1.35
面白さ	1.34	1.25	1.21	1.20	1.27	1.27
記憶定着寄与度	1.32	1.23	1.23	1.22	1.25	1.24

表 3 Doc2Vec の評価が高かった展示物と地物の組の例

展示物名	地物名	関連度	面白さ	記憶定着
サリー	町田祥雲堂	3.00	3.00	2.67
サリー	DoCLASSE	2.67	2.67	2.67
コルセット	ラ・ボーム	2.67	2.67	2.67
コルセット	健康気功整体院 町田院	3.33	3.00	3.33
女性用衣服	ヘインレイツ町田店	3.33	2.00	2.67
女性用衣服	薬師スタジオ 原町田店	3.33	2.00	2.33

4.3 関連度の実験結果

各手法について展示物と地物の関連度、面白さ、記憶定着に寄与するかのそれぞれの評価基準の平均を表 2 にまとめる。

全体を通して、D2V（Doc2Vec）で単純に説明文とレビューの文の類似度が高いものが、被験者に関連度が高いと評された。一方で、「水入れ容器」、「土人形（太ったチャラン）」、「土人形（チチャ造り工程；加熱）」については、提案手法の評価値が他 5 手法に比べ高くなった。また、「男性用 櫛（舞踏用）」や、「ガラス絵（ダル・サラムのセリーニュ・トゥーバ）」については共起度のみを用いた手法、共起度とサジェストを用いた手法での評点が高くなっていた。6 手法中 Doc2Vec のスコアが最も高かった場合と、提案手法のスコアが最も高かった場合について、それぞれ表 3、表 4 に表す。

4.4 記憶定着に関する比較実験

本節では、本研究の目的である記憶定着の支援について、ユーザの学習内容と関連がある地物でリマインダを通知することが

表 4 提案手法の評価が高かった展示物と地物の組の例

展示物名	地物名	解説文 重要単語	レビュー 重要単語	関連度	面白さ	記憶定着
水入れ容器	サンマルクカフェ	水	水	1.67	1.67	1.33
水入れ容器	フィットネスクラブ ティップネス	水	水中	1.33	1.33	1.67
水入れ容器	麻布茶房 小田急町田店	水	お冷	1.67	1.33	1.33
チチャ造り	カフェダイニング パームツリー	醸造酒	バーボン ウイスキー	2.67	2.33	3.00
チチャ造り	安楽亭 町田森野店	トウモロコシ	コーンスープ	2.00	2.00	2.33

ユーザの記憶定着に影響するかを検証する。

まず、被験者 8 名に対して、みんなくガイドアプリを 40 分間操作させ、展示物を自由に閲覧してもらった。この際、最低 10 個の展示物をアプリ内でお気に入り登録させた。操作終了後、個人ごとのお気に入りをもとに、興味を持った展示物のランキング上位 10 件を回答させた。また、アプリの操作終了後、被験者 8 名を

- ・ 屋外通知学習組：4 人、
- ・ 屋内通知学習組：2 人、
- ・ 通知学習無し組：2 人

のグループに分割した。

実際に通知を行う屋外通知学習組、屋内通知学習組の 2 グループの被験者について、興味を持った展示物 10 件をもとに、提案手法でそれぞれの展示物に関連があると判定された地物を上位 10 件ずつ、合計 100 件を通知を出すべき地物として被験者ごとに算出した。被験者がこれらの地物に対して半径 100m 以内に接近した際に、ローカル通知を図 1 のように受信するように、iOS 上で動作するアプリケーションに地物データを登録した。

実際にこれらの条件で、屋外通知学習組は課外学習として、街を歩いて通知を受け取った。課外学習では、まず一人一人に iOS 端末を所持させ、地物のクロールを行った範囲内を 60 分間自由に歩行させた。歩行中、ユーザの学習内容に基づいて本手法によってランク付けされた関係のある地物に接近した際に、学習内容と地物の関係性を示すような通知を受信するような学習を行った。

比較対象として、屋内通知学習組は課外学習は行わず、大学内で展示物情報の通知の送信のみを行った。通知学習無し組は、40 分間のみんなくガイド操作のあと、とくにほかの作業をすることなく帰宅した。

本実験を行ってから 1 週間後に再び被験者全員に対して、記憶度合いを確認するアンケートを実施した。アンケートでは、被験者が実験時に回答した展示物上位 10 件を回答させた。また、屋外通知学習組には追加で課外学習時にどこで、どの展示物についての、どのような通知を受け取ったかを回答させた。屋内通知学習組については、追加で室内でどの展示物についての通知を受け取ったかを回答させた被験者がお気に入りとした上位 10 件の展示物について、情報を記憶しているかを評価し、記憶に残っていた展示物の数を比較した。

4.5 記憶定着に関する実験結果

実験の一週間後に実施したアンケートで記憶していた展示物

数を比較した結果を表 5 に示す。ここで、通知展示物数は被験者が受信した通知に紐づく展示物の総数、一次想起数は、一週間前の実験で回答したお気に入り上位 10 件の展示物について記憶していた数を表す。ただし、実際のラベル付けは自由記述形式だったため、曖昧なもの（例えば、「ニヤウ・ヨレンバの仮面」から固有名詞を排した「動物の仮面」など）も正答として扱った。きっかけ有り想起数は、通知学習を行った 2 組について、どの場所で何についての通知を行ったかを聞き、回答された展示物の数を表す。総記憶数は、一次想起数ときっかけ有り想起数を加算した数値である。通知有り記憶数は、対象展示物に関する通知を受け取っており、かつアンケート時に記憶していた展示物の数である。通知有り記憶割合は、総通知展示物数に対して通知有り記憶数が占める割合である。結果として、最も記憶への定着度が高かったのは屋内通知学習組の被験者であり、次いで屋外通知学習組、最も記憶への定着度が低かったのは通知学習無し組であった。

4.6 博物館鑑賞後の実験

より現実 に即した実験設定として、実際に博物館現地を訪問した被験者を対象に、別の目的での移動中に通知を表示する実験を行った。5 名の被験者は、実際に国立民族学博物館全館を、おおよそ 2 時間にわたって博物館内を自由に鑑賞した。この際、ガイド端末としてみんなくガイドを持ち歩き、気になった展示物をお気に入り登録した。鑑賞後に、アンケートで、お気に入り登録した中から特に印象深かった展示物の上位 15 件を書きだした。この 15 件の展示物のうち、解説文の存在した展示物について最大 10 件を通知の対象とした。

鑑賞から 1 週間後に、被験者は全く別の研究における実験タスクで、兵庫県三宮周辺を歩行した。この際に各自の iOS 端末に通知用アプリをインストールし、別目的での移動中に、博物館での展示物に関する通知を、現在位置に近い地物に紐づけて表示した。この際、実際のユーザビリティについてアンケート調査を行った。このさらに 1 週間後に、記憶に残っている展示物についてアンケートを行い、「どんな通知が来たか覚えているか」という質問できっかけ有り想起が行えた例についても調査した。

4.7 博物館鑑賞後の実験結果

被験者に対して通知学習を行った実験の結果を記す。表 5 の右列に項目ごとの評価値を示す。実際の移動中にそれぞれの被験者は平均して 9.80 件の通知を行った。被験者は気に入った 10

表 5 記憶定着評価実験と博物館鑑賞後実験の結果平均比較

	記憶定着比較実験			博物館鑑賞後
	屋外通知	屋内通知	通知なし	屋外通知
通知展示物数 (件)	8.25	7.00	-	9.80
一次想起数 (件)	5.75	5.00	5.50	5.80
きっかけ有り想起数 (件)	0.25	2.50	-	0.20
総記憶展示物数 (10)	6.00	7.50	5.50	6.00
通知有り記憶数	4.75	3.50	-	6.00
通知有り記憶割合	0.57	0.50	-	0.61

件の展示物のうち 6.00 件を 2 週間後にも記憶できていた。そのうち、通知内容を思い出させることで想起できた展示物は平均 0.20 件であった。具体的には、「邪視除けのお守り」はきっかけがないと思ひだせなかったが、「どこでどんな通知を受け取ったか」という質問のされ方をした際に、「ダイマルデパートで邪視除けのお守りについて通知された」と思いだすことができた。

ユーザビリティに関するアンケートの自由記述項目では、現実には他の目的で街中を移動しながら通知を受け取る上で、同じ地物への通知が複数回表示される問題や、手の離せない状態で複数の通知が行われると上書きされて過去の通知が見られなくなる問題などが指摘された。

5 考 察

本章では、本研究で行った精度評価と記憶定着評価、博物館鑑賞後の実験の 3 種類の実験結果について考察を行う。

5.1 精度評価実験の考察

全体を通して、3 つの関連度からなる手法よりも、文全体の Doc2Vec による類似度による手法が被験者に高く評価された。これはアンケートの際に、文単位でなく地物単位で評価されたため、文中の重要語に特化したアプローチだと評価が下がった可能性がある。

クエリごとに分析すると、提案手法が D2V よりも高かった展示物として、「水入れ容器」、「土人形」などが飲食店と関連付けられ、高評価だった。これは、実験地域が繁華街であったので、データセット内に相対的に多く、関連地物の推薦精度が極地的に高くなったと考えられる。

また、一部の展示物において、被験者の事前の興味が記憶への定着に影響した。具体的には、一部の馬に関する展示物において、被験者の記憶に強く残ったと評価された。これは今回の被験者の中に複数の馬術経験者が含まれており、個人の嗜好の影響を受けた為だと考えられる。このことから、展示物と関連する地物の抽出時に、ユーザの興味関心の領域をもとにパーソナライズすることで、推薦通知をさらに有効なものにできる可能性がある。

また、地物の情報源として利用した Google Maps のレビューについて、レビュー自体が参考にならない場合が存在したという意見もあった。このことから、レビュー自体の文章の質を考慮し、クレンジングする必要があると考えられる。

5.2 記憶定着評価実験の考察

記憶定着評価実験の結果を考察する。表 5 の左列の結果から、総記憶展示物数について 3 グループを比較すると、通知学習無し組と屋外通知学習組に比べて屋内通知学習組のスコアが高いことが分かる。展示物について、後日に通知を出すことによって、通知を出さないよりも記憶に強く学習内容を残せることが分かった。一方で、街中の移動時に現地で通知を受け取ること自体については、通常の通知に比べて記憶定着が促されるとはいえないと考えられる。

原因として、今回の実験上の制約として、屋外通知組の被験

者は iOS 端末を貸し与えられ、街を歩かされる中で通知を受け取っており、日常の中で通知を受け取ったとは言えない状況であった。一方で、屋内通知学習組は普段の生活の中で通知を受け取ったとみなせる。通知を受けた際の非日常性が、個人の地理に紐づいた経験よりも大きく結果に表れた可能性がある。そのため、今後、学習内容についての推薦通知を関連地物の付近で送信するというタスクを、日常的に場所を問わず行う実験をすることで、通知学習に地物を絡めることの有効性について、より厳密に分析できると考えられる。

そのほかに結果から導き出せる事項として、同一グループ内であっても、被験者ごとに、思いだせた展示物の数の差が大きかった。これは個人の記憶能力に起因する。被験者人数が少なかったことにより、スコアについて手法が寄与した度合よりもたまたま記憶力の高い被験者がタスクに割り当てられた影響が大きかった。今後の課題として、より多くの被験者を集めて実験を行うことで、個人ごとの記憶力の差異に左右されない分析が可能だと考えられる。

また、課外学習を行ったグループ屋外通知学習組については、課外学習後に推薦通知のうち面白かったもの、参考になったものを回答させた。その際、「海図」の展示物とダイビングスクールの関係性について「海図の始祖があって、それがダイビングに繋がっていておもしろかった。」という意見や、「牧師用衣装」と美容院のヘッドスパの関係性について「人を癒す（治す）」という意味で牧師とマッサージ屋が結びついていた」というような、単純に学習内容と地物のジャンルが似ているものが印象的な関係性として有効であることが確認できた。

また、逆に一見関係の無い組み合わせとして、「骸骨のボードゲーム」の展示物に対して町田駅周辺の酒場や、ハローワークが推薦されたことについて、「再就職や 60 歳など、死と結びつけるのがいささか躊躇われるものと関連して紹介されていたことが印象に残っている。」という意見が得られた。他にも、「トーテムポール」の展示物についてバス停が推薦された例について、「バス停に下半身をさらけ出しているタクシーの運転手がいたようで、神聖なものであるトーテムポールと結びついていたのが印象的」という意見が得られた。これらの感想から、関係性の意外さやレビュー文面の面白さが印象に残る一つの要因であることが確認できた。今後の課題として、意図的に意外である関係性の組み合わせを算出できるようにすることが挙げられる。

5.3 博物館鑑賞後の実験の考察

博物館鑑賞後の実験においても、通知による記憶支援は有効であり、選択した 10 件の展示物のうち、ある地物に紐づけて通知された展示物は、より記憶に残りやすかった。

アンケートから、通知アプリの使用感について感想や改善点が得られた。その結果、大きく 2 つの欠点が明らかになった。まず、古い通知が新しい通知に上書きされ閲覧不可能になる点について、原因は通知の識別子に展示物の名称を使用していたことで、同一展示物についての通知が送信されると過去の通知が消去されたと考えられた。また、同じ通知が複数回表示されるという点については、地物における重要単語のうち複数が高

い関連度を示した際に、重複して地物がリストアップされることや、ジオフェンスへの入出双方を通知送信のトリガーに設定したことが原因だと考えられた。これらのことから、識別子の重複を避け、関連度計算時の地物の重複を取り除き、過去に送信した通知について一定時間通知の再送信を停止することでユーザ体験を改善できるのではないかと考えた。

6 おわりに

本研究では、学習内容の記憶定着を支援するために、経験記憶化、有意味受容学習、対連合学習などの既存の記憶定着化理論を根拠にして、ユーザの学習内容と現実の地物を結び付けてユーザの知識定着を支援する手法を提案した。具体的な関連度の定量化手法として、学習内容、地物レビューそれぞれの文章から tf-idf の値が最も高い単語を重要単語として抽出し、2 単語をクエリサジェストへの登場有無、共起度、Wikipedia カテゴリ重複度の 3 つの要素によって重み付けをした。任意の展示物と地物の組について、重みが大きい順にソートすることで、推薦した際に記憶定着に寄与すると考えられる地物の抽出を行った。

また、提案手法の評価を行うために、推薦精度の比較実験と、実際に記憶定着に寄与したかについてそれぞれ実験を行った。推薦精度の比較実験では、数件の展示物と地物の組み合わせを除いて従来手法である Doc2Vec のスコアが高いことが判明した。

記憶定着に関する実験では、展示物に関する通知を受け取ることが記憶定着に関与するが、現実の地物を絡めることは必ずしも重要ではないと考えられた。

考察の結果今後の課題として、地物の推薦有用度の精度向上や、推薦通知をさらに有用なものにするために推薦地物をユーザごとにパーソナライズすること、長期的に被験者数を増やした実験を行って実験結果の確度を高めることが挙げられた。また、地物の情報源として用いた地物レビューについても、正確に書かれているものから取り留めのないものまで様々であり、これらの有用性を定量化し、重み付けして利用することも重要だと考えた。

最後に、次に駅に訪れた際に、どうか「そういえば、駅周辺で通知を出している研究があったな」と、この論文のことを思い出してほしい。そうすれば、きっとこの論文の内容も、現実の体験と紐づくことで経験記憶化され、記憶に残ることだろう。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科学研究費助成事業 JP18H03494, JP18H03243, JP18K18161, JP17H00762, JP16H01756 による助成、ならびに、2020 年度国立情報学研究所共同研究「個人の興味に合わせた文化財間コンテキストの発見」、「博物館・美術館における次世代型展示案内システムに関する研究」、「行動ログからのポストカードの自動生成による博物館体験の知識へ

の定着促進」の助成を受けたものです。本研究の実施にあたっては、国立民族学博物館より提供いただいたデータベースを利用しました。ここに記して謝意を表します。

文 献

- [1] Gordon H. Bower and Stephen G. Gilligan. Remembering information related to one's self. *Journal of Research in Personality*, Vol. 13, No. 4, pp. 420 – 432, 1979.
- [2] Lisa Weinberg, Anita Hasni, Minoru Shinohara, and Audrey Duarte. A single bout of resistance exercise can enhance episodic memory performance. *Acta Psychologica*, Vol. 153, pp. 13 – 19, 2014.
- [3] David P Ausubel and Floyd G Robinson. *School learning: An introduction to educational psychology*. Holt, Rinehart Winston, 1969.
- [4] Sihang Qiu, Ujwal Gadiraaju, and Alessandro Bozzon. Towards memorable information retrieval. In *Proceedings of the 2020 ACM SIGIR on International Conference on Theory of Information Retrieval*, ICTIR '20, p. 69–76, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [5] Hirokazu Watabe, Noriyuki Okumura, and Tsukasa Kawaoka. The method of measuring the degree of association between concepts using attributes of the concepts and coincidence information. *Journal of Natural Language Processing*, Vol. 13, No. 1, pp. 53–74, 2006.
- [6] Masumi Shirakawa, Kotaro Nakayama, Eiji Aramaki, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio. Relation extraction between related concepts by combining wikipedia and web information for japanese language. In Pu-Jen Cheng, Min-Yen Kan, Wai Lam, and Preslav Nakov, editors, *Information Retrieval Technology*, pp. 310–319, Berlin, Heidelberg, 2010. Springer Berlin Heidelberg.
- [7] Kosetsu Tsukuda, Hiroaki Ohshima, Mitsuo Yamamoto, Hirotoshi Iwasaki, and Katsumi Tanaka. Discovering unexpected information on the basis of popularity/unpopularity analysis of coordinate objects and their relationships. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing*, SAC '13, p. 878–885, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.
- [8] Alexey Koren, Natalia Stash, and Alexander Andreev. A proposal for semantic recommender for outdoor audio tour guides. In *Workshop on Personalization in Mobile Applications at the 5th ACM Conference on Recommender Systems*. Chicago, IL, USA. Citeseer, 2011.
- [9] Barak Pat, Yaron Kanza, and Mor Naaman. Geosocial search: Finding places based on geotagged social-media posts. In *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web*, pp. 231–234, 2015.
- [10] John H Falk and Lynn D Dierking. *Learning from museums*. Rowman & Littlefield, 2018.
- [11] Daniela Petrelli, Mark T Marshall, Sinéad O'Brien, Patrick McEntaggart, Ian Gwilt. Tangible data souvenirs as a bridge between a physical museum visit and online digital experience. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 21, No. 2, pp. 281–295, 2017.
- [12] 瀧平士夫, 莊司慶行, 山本岳洋, 山本祐輔, 大島裕明, 相原健郎, 神門典子. 博物館における鑑賞体験の記念品化を目的とするナビゲーション端末操作ログからの印象深い展示物推定. 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2020) 会議録, pp. D4–5, 福島県, 日本, 2020.
- [13] 神門典子, 大島裕明, 相原健郎, 莊司慶行, 白石晃一, 山本岳洋, 山本祐輔, 楊澤華. 提示型検索モデルに基づくミュージアム鑑賞体験の提案. じんもんこん 2019 論文集, 第 2019 巻, pp. 127–132, dec 2019.