記憶に残る検索: ページと画像の対応付けによるWebページへの再アクセスの促進

嶋　隼輝† 加藤　誠† 田中　克己†

† 京都大学大学院情報学研究科　〒606–8501 京都府京都市左京区吉田本町
E-mail: †{shima,kato,tanaka}@dl.kuis.kyoto-u.ac.jp

あらまし　本論文では，1 度訪れたことのある Web ページへの再アクセスを容易にし促進するために，ユーザが閲覧中の Web ページと画像を対応付けし，その画像とページを対応付けて記憶させる方法を提案する．我々はページと画像の関係と想起のしやすさについて 3 つの要因を考慮した．1 つ目の要因は画像によって表現される概念が Web ページの内容を表している度合いである．2 つ目の要因は表現する概念の抽象度であり，例えば「平和」という概念は抽象度が高く,「ハト」という概念は抽象度が低い．3 つ目の要因は画像が他のページと対応付いている画像と区別して記憶できるかどうかを表す弁別性という要因である．提案するシステムでは 3 つの要因を考慮し，ある Web ページに対して最も想起しやすい画像を提示し， Web ページへの再アクセスを促進する方法について提案を行う．

キーワード　情報検索，認知心理学，記憶，再発見

1. はじめに

過去に閲覧したページをもう一度閲覧するという行為は広く行われている．訪問したページの 44% が再訪問であり [11], 33%のクエリが再発見のためのものである [14] という報告から， ページの再発見という行動を普段から行っていることがわかる．閲覧情報の再発見のためには，ブラウザのブックマーク機能を利用するという方法があるが，ブックマークしていなくても再訪問したいページは存在する．閲覧情報の再発見のためには，ブラウザの履歴機能を利用するという方法もあるが，時系列順に並べられた大量の閲覧履歴情報の中から目的のページを探しだすのは困難である．

記憶は記銘・保持・想起の 3 つの過程から構成されていると考えられている．記銘は情報を覚える過程，保持は情報を保持する過程，想起は保持されている情報を思い出す過程のことを指す．Web ページの閲覧が記銘に対応し，再訪問するためにページを思い出すことが想起と対応する．

記憶を想起する方法として，再生・再認の 2 つの方法がある．再生とは，保持されていた情報を生成することであり，情報を自由に再生する場合を自由再生，手がかりを利用して再生する場合を手がかり再生と呼ぶ．一方，再認とは，提示された情報が記憶として保持されているものかどうかを参照することであり，提示された 1 つの情報に対して判断したり，提示された複数の項目から記憶として保持されている情報を選択することである．例えば， Web ページへ再訪問するために， Web ページの内容を思い出して検索クエリを生成し，再検索によって再訪問を達成する場合は再生的な再検索と言える．一方，ブックマークの一覧を見て目的のページを探して再訪問を達成する場合は再認的な再検索と言える．

記憶における忘却は記銘時におけるエラーとして解釈されており、記銘の失敗に関連する神経基盤が後の忘却を反映していると考えられている [17]．したがって，記銘時，すなわち，Web ページの閲覧時の処理を深くしたり [1] ，手がかりを追加することによって Web ページへの再アクセスを促進することができると考えられる．例えば，ブラウザのブックマークは記銘時に能動的な作業を必要とする機能である．ただし，ブックマークするという処理はあまり深い処理ではないのでそれほどページの記憶に影響を与えないと考えられる．またブラウザの履歴機能は想起時に利用する機能と言える．ただし，記銘に失敗したページを大量の閲覧履歴情報の中から探しだすのは困難である．

そこで本論文ではユーザが閲覧中の Web ページへ画像を対応付けし，その画像と Web ページ を対応付けて記憶させる方法を提案する． 提案するシステムでは，Web ページの閲覧時に画像を手がかりとして追加することによって Web ページへの再アクセスを促進する．再訪問時には，Web ページと対応付いた画像の記憶から Web ページを検索することができる．また，ブックマークや検索結果の大量の Web ページの中から対応付いた画像を使用してページを再認することができる．

対応付ける画像は Web ページと画像の関係を想起しやすいものである必要がある．これはページと画像の対連合学習を容易にする必要がある言い換えられる．対連合学習とは，2 つの刺激項と反応項からなるアイテムの組み合わせを対として記銘させ，刺激項に対して反応項を答えさせるという学習である．本論文では Web ページに再訪問したいという情報要求から対応した画像を手がかりとして想起する．したがって，Web ページが対連合学習における刺激項に対応し，画像が反応項に対応する．

我々はページと画像の関係と想起のしやすさについて，

- 画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度
- 画像によって表現される概念の抽象度

- Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性

の 3 つの要因を分析した．

本論文では得られた知見に基づき，Web ページ閲覧時に検索・再認の手がかりとなるような画像を提示し，再アクセス時に記銘された画像を元に Web ページの検索・再認が可能となるシステムを提案する．

本論文の構成は以下の通りとなっている．2 節で関連研究について紹介して本論文の位置づけを行う．3 節では，提案するシステムと問題定義，ページと画像の対連合学習がしやすい画像の発見について述べる． 4 節で提案手法が有効であるかを確かめるための実験と結果について述べ，最後に 6 節で本論文のまとめを述べる．

2. 関 連 研 究

本節では，本論文と関連する研究について言及し，本論文の位置づけについて述べる．関連する研究として，記憶に関する研究，特に画像の記憶に関する研究，対連合学習に関する研究，再発見，再検索に関する研究がある．

記憶における忘却は記銘時におけるエラーとして解釈されている [17]．またヒトの情報処理過程には情報の感覚的、物理的な分析を行う浅い処理レベルから，意味的な分析を行う深い処理レベル が存在するが，記銘時に情報を処理する深さが深いほど記憶の成績がよくなると考えられている [1].

画像についての記憶のしやすさに関する研究として以下のものが挙げられる．Standing, Lionel [13] はヒトは，大量の画像を 1 度見ただけで，それらの画像を高い確率で再生・再認できることを示した．また，Phillip ら [3] は画像から閲覧者によらない画像の記憶のしやすさを予測できることを示した．本論文は，画像のみの記憶のしやすさではなく，画像と Web ページの対応の対連合学習が容易な画像を発見するという点で異なる．

対連合学習に関する研究として以下のものが挙げられる．対連合学習では刺激項と反応項の類似度が高いほど学習が容易であると考えられている [2], [7]．一方，刺激項間および反応項間の類似度が高いほど学習を抑制してしまう [16]．画像における類似度には色や形といった知覚的な類似度と画像のカテゴリといった概念的な類似度の 2 つの類似度が存在するが，概念的な類似度が低い，すなわち概念的に弁別性の高い画像のほうが記憶しやすいという研究がある [6].

過去に閲覧した Web ページの再発見・再検索を促進する研究として以下のものが挙げられる．Jaime ら [15] は Web ページの重要なコンポーネントを画像化した 視覚的なスニペット (Visual snippet) を生成し，検索結果として表示することで，ユーザの過去に閲覧した Web ページの再認を促進したことを示した．本論文は過去に閲覧した Web ページの再認を促すのみでなく，Web ページに対応した画像を手がかりとしてた再検索を促進する点，また再検索・再発見する際ではなく Web ページの閲覧時にシステムが Web ページに画像を対応づけ，Web ページと画像の対応の記憶を促す形でユーザに働きかけるという点で異なる．

関連するシステムとしてブックマークを画像と共に表示して一覧性を高める Opera の visual bookmark (注1) や，Google Chrome の拡張である Bookmark Manager (注2) が存在する．本論文は，画像が存在しない Web ページにも対応していること，画像から Web ページを検索する方法を提案している点で異なる．

本論文では，記憶，特に画像についての記憶や対連合学習における関連研究の知見を活用し，Web ページに対応付けると最も Web ページと画像の対応を記憶しやすい画像を発見し，Web ページと対応付ける．

3. 提 案 手 法

3.1 提案システム

本節では我々が提案するページと画像の対応付けによる Web ページへの再アクセスを促進するシステムについて詳細を述べる．本論文では，ユーザが閲覧中の Web ページへ画像を対応付けし，その画像と Web ページを対応付けて記憶させる方法を提案する．提案する手法では，記憶の過程における Web ページの閲覧時に，後に閲覧している Web ページへ再訪問する際の手がかりとなるような画像を提示し，Web ページへの再訪問を促進する．ヒトは，大量の画像を 1 度見ただけで，それらの画像を高い確率で再認できることが知られている [13]．また画像を使用した視覚的なスニペットは再訪問時に再認手段として有用だという研究がある [15]．また画像を後に Web ページへ再訪問するための手がかり Web ページのサイドバーに提示してもユーザの閲覧する時間や閲覧する労力はほとんどかからないと考えられる．したがって，画像を後の Web ページへの再訪問するための手がかりとして使用するには最適だと考えた．

提案するシステムでは，図 1 のように閲覧しているページに対応した画像をブラウザのサイドバーに表示することにより，ユーザ に閲覧している Web ページと対応した画像の関係を記憶させる．ユーザは閲覧中の Web ページを明示的にブックマークすることも可能である．例えばこれから所属したい研究室を探している際に田中研究室のメンバーのページを閲覧していたとする．この際，閲覧しているページに対してサイドバーに「京都」の「清水寺」の画像が対応する画像として表示される．ユーザはこの清水寺の画像が田中研究室のメンバーのページと対応していることを後にこの Web ページに再訪問する際の手がかりとして利用できる．

過去に閲覧した Web ページをブラウザのブックマーク機能から探す際には，図 2 のように 過去に閲覧した Web ページと対応する画像を一覧としてユーザに提示することにより Web ページの再認的な再検索を促進する．再認的な再検索とは，ユーザが能動的に画像を想起せず，システムから提示された画像を過去に見た Web ページと対応したものだと再認することによって Web ページの再検索をすることを指す．例えば

(注1)：https://www.opera.com/computer/features/bookmarks
(注2)：https://chrome.google.com/webstore/detail/bookmark-manager/gmlllbghnfkpflemihljekbapjopfjik

田中研究室のメンバーのページにブックマークから再訪問を試みる際，Web ページの URL やタイトルの一覧から目的のページを探しだすのは困難だが，「京都」の「清水寺」の画像を見て田中研究室のメンバーのページと対応した画像だという対応が再認できれば容易に目的のページに再訪問することができる．

また過去に閲覧した Web ページを再検索する際には，図 3 のようにユーザは Web ページと対応した画像を手がかりとして検索クエリを入力することが可能である．システムは入力された画像に対する検索クエリにマッチする Web ページのみを検索結果として表示することによって対象のページの再生的な再検索を促進する．再生的な再検索とは，ユーザが能動的に Web ページと対応付いた画像を想起し，その画像についての情報を使用して再検索することを指す．例えば，ユーザは一週間前にこれから所属したい研究室 の Web ページを閲覧しており，再度田中研究室のメンバーページを閲覧したいとする．この時ユーザが「田中」という研究室の名前を再生できないと目的の ページに再訪問することは困難である．しかし，もしユーザが目的のページに「京都」の「清水寺」という画像が対応する画像として提示されていることを再生できれば，画像に対するクエリとして「京都」を使用することによって目的のページに再訪問することができる．

図 1　Web ページ閲覧時．ウェブブラウザのサイドバーに画像を提示．ブックマークすることも可能．

3.2　ページと画像の対連合学習がしやすい画像の発見

本節では我々が提案するページと画像の対応付けによる Web ページへの再アクセスを促進するシステムにおける画像を選択する手法について詳細に述べる．

3.2.1　問 題 定 義

URL によって識別される Web ページの集合 $D = \{d_1, d_2, \ldots, d_n\}$，Web ページと対応付ける画像候補の集合 $I = \{i_1, i_2, \ldots, i_n\}$，すでに対応付けられている Web ページと画像の対の集合 $H = \{(d_1, i_1), (d_2, i_2), \ldots, (d_3, i_3)\}$ がある．また画像 $i \in I$，Web ページ $d \in D$，対応付けられた Web ページと画像の対の集合 $H \subset D \times I$ を受け取って Web ページと画像の対連合学習のしやすさを実数で返す関数を

$$f : I \times D \times 2^{D \times I} \to \mathbb{R}$$

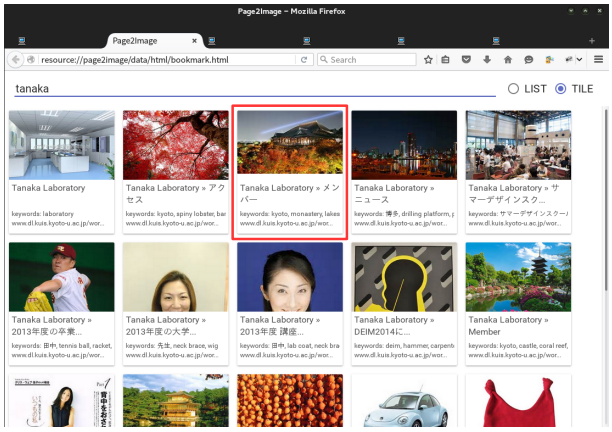

図 2　ブックマーク一覧．画像を手がかりとしてページを再認することが可能．

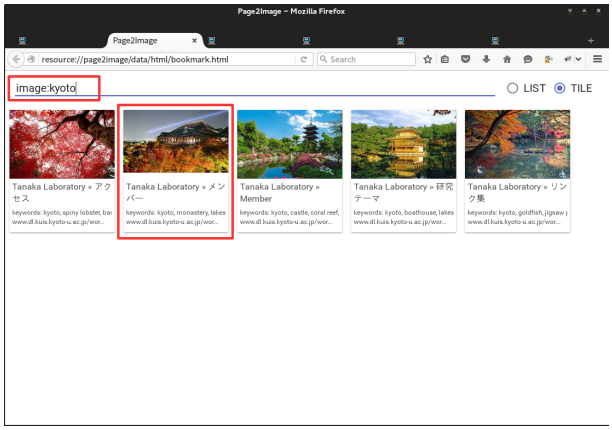

図 3　Web ページの再検索．画像を手がかりとした検索クエリを入力．図では「kyoto」を画像に対するクエリとして使用している．

とする．Web ページと画像の対連合学習のしやすさは $[0, 1]$ 間の実数値をとるものとする．このとき，再発見を行うために閲覧しているページを d_{now}，画像 $i \in I$，Web ページ $d \in D$，履歴 $H \subset D \times I$ を入力として， Web ページ d_{now} に対応付けるともっとも Web ページと画像の対連合学習がしやすい画像を出力するという問題

$$i^* = \arg\max_{i \in I} f(d_{now}, i, H)$$

を解く．対連合学習がしやすい画像を対象の Web ページと対応付け，対応付けた画像を手がかりとしてユーザが想起することによって再発見の支援を行う．

3.2.2　対連合学習のしやすさの推定

我々は Web ページと画像の対連合学習のしやすさについて 3 つの要因を分析した．1 つ目の要因は画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度についてである．対連合学習においては，刺激項と反応項の間の類似性が高くなるほど学習が容易になると考えられている [2]，[7]．したがって，対象のページと画像によって表現される概念の類似度が高いほど，Web ページと画像の対連合学習が容易になると考えられる．例えば「京都の清水寺の歴史」に関する Web ページに対しては

Web ページの内容と関連の低い「あんみつ」よりも，ページと関連度の高い「清水寺」を表現した画像のほうが Web ページと画像の対連合学習がしやすいと考えられる．

2 つ目の要因は画像によって表現される概念の抽象度についてである．対連合学習において項の抽象度は低いほど学習が容易になると考えられている [12]．したがって抽象度の高い概念よりも抽象度の低い具体的な概念を画像として表現したほうが Web ページと画像の対を記憶しやすいと言える．例えば「京都の清水寺の歴史」に関する Web ページに対しては抽象的な「京都」,「歴史」というキーワードよりも,「清水寺」という具体的なキーワードを表現した画像のほうが Web ページと画像の対を記憶しやすいと考えられる．

3 つ目の要因は Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性についてである．対連合学習においては，刺激項間および反応項間の類似性が高くなるほど学習は困難になる．したがって Web ページと対応付ける画像が，すでに閲覧したページと対応付いている画像集合からの弁別性が低いと学習が困難になる．例えば，過去に「京都の観光のページ」と「京都の寺」の画像を対として記憶しており,「京都の清水寺の歴史」に関するページを閲覧していたとする．このとき,「清水寺」というキーワードが表現する画像は，過去に閲覧した「京都の寺」で表現される画像と表現する概念の意味的に類似している．もし「京都の寺」で表現される画像を「京都の清水寺の歴史」に関 するページの対となる画像として使用した場合,「京都の観光のページ」の対となる画像と,「京都の清水寺の歴史」の対となる画像が類似の画像となる．したがって，後に「清水寺」の画像 と結びついている Web ページを想起する際に「京都の観光のページ」と「京都の清水寺の歴史」を混同しやすくなるので，過去に対として記憶した画像と弁別性の低い「清水寺」で表現される画像は Web ページと画像の対連合学習を抑制してしまうと考えられる．

以上 3 つの要因の分析から，本論文では，Web ページと対応付ける画像の対連合学習のしやすさを

- 画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度
- 画像によって表現される概念の抽象度
- Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性

から決まると仮定した．

3.2.3 画像として表現する概念と Web ページの内容の関連度

前提として，画像集合 I は与えられないので画像検索エンジンを介して画像を収集する必要がある．したがって， 文書 d から与えられるクエリ集合を Q_d とし，画像として表現する概念として Bing Search API (注3) に与えるクエリを $q \in Q_d$ とする．

対連合学習において刺激項と反応項の類似度が高いほど学習が容易であることから，画像として表現する概念と Web ページの内容との関連度が高いほど，Web ページと画像の対連合学習が容易となると考えた．すなわち，クエリ q は Web ページとの関連度が高く，画像をよく表現しているようなクエリが望ましい．そこで，画像として表現する概念と Web ページの内容の関連度を計算する関数 $\mathrm{m} : I \times D \to \mathbb{R}$ を以下のように定義した．

$$\mathrm{m}(i,d) = \sum_{q \in Q_d} \mathrm{Imp}(q,d)\mathrm{Rel}(q,i)$$

Imp はあるクエリ q が文書 d をどの程度表現しているかという度合いを計算する関数であり，Rel はあるクエリ q に対し画像 i がどれほど適合しているかという度合いを計算する関数である．すなわち，$\mathrm{m}(i,d)$ は文書 d をより良く表現しているクエリに適合するような画像に高い値を与える．

文書 d をより良く表現するクエリは，クエリ q のそれぞれの単語が文書 d と関連度が高いだけでなく，クエリ q に存在する他の単語との類似度が低いものが望ましいと考えた．なぜならクエリ q のそれぞれの単語間の類似度が低いほうが文書 d のトピックをより広く網羅すると考えられるからである．したがって，Imp を以下のように定義した．

$$\mathrm{Imp}(q,d) = \sum_{w \in q} \mathrm{TR}(w,d) \prod_{w' \in q/w} (1 - \mathrm{Sim}(w,w'))$$

ここで，TR は Textrank [8] による文書 d における単語 w のスコアを $[0,1]$ 間の実数値で返す関数である．また Sim は入力として与えられる 2 つの単語の類似度を計算し 0 か 1 を返す関数である．Sim の実装には word2vec [9], [10] による単語の類似性判定を用いた．簡単のため，Sim は類似度が閾値 θ 以上であれば 1, そうでなければ 0 を返すよう実装した．

Rel の実装は簡単のため，あるクエリ q で得られる上位 k 件の画像に対し 1，そうでなければ 0 を変えすような関数とした．

3.2.4 画像として表現する概念の抽象度

対連合学習において項の抽象度が低いほど学習が容易になると考えられている [12] ことから，画像として表現する概念の抽象度が低いほど，Web ページと画像の対連合学習が容易となると考えた．3.2.3 と同様に画像として表現する概念をクエリ $q \in Q_d$ とすると，q は抽象度が低いほど望ましい．したがって，画像として表現する概念の抽象度を計算する関数 $\mathrm{a} : I \times D \to \mathbb{R}$ を以下のように定義した．

$$\mathrm{a}(i,d) = \sum_{q \in Q_d} \mathrm{Abst}(q)\mathrm{Rel}(q,i)$$

Abst はあるクエリ q の抽象度を計算する関数である．すなわち，$\mathrm{a}(i)$ は文書 d をより良く表現しているクエリに適合するような画像に高い値を与える．

クエリ q は複数の単語が含まれているが，レスポンスの画像はクエリ内の単語の最も抽象度の低いオブジェクトが含まれると仮定し，画像の抽象度はクエリ内の単語の抽象度が最も低い値と考えた．単語の抽象度の計算に関しては Kato ら [5] の手法を改善したものを使用し，Abst を以下の様に定義した．

$$\mathrm{Abst}(q) = \min_{w \in q}(\alpha \mathrm{AbsR}(w) + (1-\alpha)\mathrm{WH}(w))$$

(注3)：https://datamarket.azure.com/dataset/bing/search

AbsR は Kato ら [5] の手法であり，与えられた単語の上位後の具体語，抽象語の割合により抽象度を計算している．しかし，この手法では「犬」の上位語に「哺乳類」が存在し,「哺乳類」の上位語をたどると具体語が現れるとすると,「犬」も「哺乳類」も同じ抽象度となってしまう.「犬」と「哺乳類」を画像として表現すると抽象度は上位語である「哺乳類」のほうが高くなるべきと考え，Abst は Wordnet のルートのエンティティまでの高さ， WH を抽象度の計算に含めた．したがって AbsR と WH を以下のように定義した．

$$\mathrm{AbsR}(w) = \frac{\sum_{w_s \in \mathrm{Synsets(w)}} \mathrm{IsAbs}(w_s)}{|Synsets(w)|}$$

$$\mathrm{WH}(w) = \frac{\sum_{w_s \in \mathrm{Synsets(w)}} \mathrm{Hw}(w_s)}{|Synsets(w)|}$$

なお，Synsets は単語を入力として単語の同義語集合を返す関数，IsAbs は単語を入力として，単語の上位語をたどると abstract_entity にたどり着く場合は 1, そうでない場合は 0 を返す関数，Hw は単語を入力として，単語の Wordnet による木のルートのエンティティまでの高さを返す関数である．α は $[0, 1]$ 間の実数値をとる係数である．

3.2.5 Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性

対連合学習においては，刺激項間および反応項間の類似性が高くなるほど学習は困難になることから，反応項である Web ページと対応付ける画像は，すでに閲覧したページと対応付いている画像集合からの弁別性が高いほど，Web ページと画像の対連合学習が容易となると考えた．ここで，画像の色や形といった知覚的な類似度よりも画像のカテゴリといった概念的な類似度のほうが記憶成績の成績を抑制することから，すでに閲覧したページと対応付いている画像集合からの弁別性は，画像を取得する際に検索クエリとして使用した単語集合の類似度を使用した．したがって，Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性 を計算する関数 $s : I \times D \times H \to \mathbb{R}$ を以下のように定義した．

$$\mathrm{s}(d, i, D_h, I_h) = \sum_{q \in Q_d} \prod_{d' \in D_h} \prod_{q' \in Q_{d'}} (1 - \mathrm{Sim}(q, q'))\mathrm{Rel}(q, i)$$

ここで D_h, I_h はそれぞれ既に対応付けられた Web ページと画像の集合である．Sim は単語集合を 2 つ受け取り単語集合同士の類似度を返す関数である．Sim は簡単のため類似度が閾値 θ 以上であれば 1, そうでなければ 0 を返すよう実装した．Sim の単語集合同士の類似度の実装には word2vec [9], [10] を用いた．

3.2.6 対連合学習のしやすさの計算

画像として表現する概念の重要度を返す関数 m, 概念の抽象度を返す関数 a, Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性を返す関数 s が返す値を合わせたものを Web ページと画像の対連合学習のしやすさを実数で返す関数 f とした．

$$f(i, d, H) = \alpha \mathrm{m}(i, d) - \beta a(i, d) + \gamma s(i, d, H)$$

α, β, γ はそれぞれの要因をどの程度重視するかを表す係数である．

f は $\mathrm{Dis}(q, D_h) = \prod_{d' \in D_h} \prod_{q' \in Q_{d'}} \mathrm{Sim}(q, q')$ とおくと以下のように変形できる．

$$\mathrm{f}(i, d, H) = \sum_{q \in Q_d} \mathrm{Rel}(q, i)(\alpha \mathrm{Imp}(q, d) - \beta \mathrm{Abst}(q) + \gamma \mathrm{Dis}(q, D_h))$$

ここで，画像 i に対して $\mathrm{Rel}(q, i)$ が 1 となるクエリ $q \in Q_d$ は 1 つしかないと仮定すると，Web ページと画像の対連合学習に最適な画像 i を発見する問題は，$\alpha \mathrm{Imp}(q, d) - \beta \mathrm{Abst}(q) + \gamma \mathrm{Dis}(q, D_h)$ を最大にするようなクエリ q をクエリ Q_d から発見する問題と言い換えられる．すなわち，最もページ内容をよく表し，具体度が高く，過去に使用したクエリと非類似なクエリ q を求めて，そのクエリ q を使って画像を検索することで Web ページと画像の対連合学習に最適な画像を求められる．

文書 d から与えられるクエリ集合 Q_d は貪欲法を使ってクエリの単語として最適な単語 w^* を k 回繰り返して求めることによって生成する．クエリの単語として最適な単語 w^* は W_d を文書 d に内に存在する単語の集合として以下のように求めた．

$$w^* = \arg \max_{w \in (W_d - q)} (\alpha Imp(q \cup w, d) - \beta Abst(q \cup w, d) + \gamma Dis(q \cup w, Dh))$$

3.3 画像へのラベルの付与

Web ページを再発見・再検索時する際に，画像を手がかりとして検索するために画像へのラベルの付与を行う．ラベルには，画像の元となったクエリに加え，Deeplearning フレームワークである Caffe [4] による物体認識を使用しラベルを付与した．画像の分類結果のラベルの集合を $C = \{c_1, c_2, \ldots, c_n\}$ とし，画像 $i \in I$ を入力として画像の分類結果 C と $[0, 1]$ 間の実数値の分類結果のスコア $\mathbb{R}$ のペアのリストを出力する関数 $l : I \to C \times \mathbb{R}$ を定義し，$[0, 1]$ 間の実数値である閾値 θ を超えたスコアの結果をラベルとして付与した．

4. 実　　験

4.1 対連合学習のしやすい画像の検証

提案手法における Web ページと画像の対連合学習がしやすい画像を取得するために，画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度の要因が Web ページと画像の対連合学習にどのように影響を与えるか検証するユーザ実験を行った．

4.2 実 験 刺 激

画像の実験刺激は Konkle ら [6] のデータセットを使用し，各 Web ページに対応する画像として 30 個， 想起課題のダミー刺激として 60 個の画像を，データセットからカテゴリが重複しないようにランダムに選択して使用した．Web ページの実験刺激としては Wikipedia (注4) の記事を 30 記事使用した．10 記事は Web ページに対応する画像として選択した画像が表現する概念と Wikipedia の記事のタイトルが表す内容がほぼ同一な記事を選択した (例えば，ステゴザウルスの画像に対して

(注4)：https://ja.wikipedia.org/

ステゴザウルスの記事 (注5)). 10 記事は Web ページに対応する画像として選択した画像が表現する概念が記事中に存在する記事を選択した (例えば，リャマの画像に対してポンチョの記事 (注6)). 残りの 10 記事は Wikipedia のカテゴリページ (注7) からカテゴリに重複のないようランダムにカテゴリを選択してリンクをたどり，画像と全く関係ないであろう記事を選択した (例えば バイクの画像に対してエルサレムの記事 (注8)).

4.3 実験手続き

実験には情報検索に慣れた 20 代の男性 6 人が参加した．実験参加者は課題に関する説明と教示が行われた後，Web ページと画像を閲覧し，Web ページと画像の関連度を評価する閲覧課題と，閲覧課題時に Web ページと対応していた画像を想起する想起課題に参加した．なお，想起課題の内容は閲覧課題の前には説明せず，想起課題の直前に説明を行った．

4.3.1 閲 覧 課 題

閲覧課題では 図 4 の様に Web ページと画像を計 30 ペアをランダムな順序で提示した．実験参加者は，画像が後にページへの再訪問の手がかりとなることを教示された上で Web ページを閲覧した．実験参加者は Web ページの閲覧後，Web ページと画像の関連度について，全く関連していない場合を 1，最も関連している場合を 5 として 5 段階で評価するように求められた．

図 4 閲覧課題．Web ページと画像が提示され，Web ページ閲覧後に Web ページと画像の関連度について評価を行う．

4.3.2 想 起 課 題

想起課題は閲覧課題の終了後，3 時間後に行われた．想起課題は 2 つの課題が行われた．2 つの課題とは閲覧課題で提示された Web ページのみを提示し，対応した画像を想起する再生課題と，閲覧課題で提示された Web ページと対応していた画像を含む 5 つの画像を提示して対応していた画像を選択する再認課題である．

再生課題では提示された Web ページと一緒に提示されていた画像について思い出して，その画像についてなるべく詳細に記述するよう求められた．

再認課題では Web ページと 5 つの画像が提示し，Web ページと一緒に提示されていた画像を選択するよう求められた．5 つの画像は，1 つが Web ページと対応していた正解画像であり，2 つが閲覧課題で提示された別の Web ページと対応していた画像から実験参加者ごとにランダムに選択された画像，2 つが再認課題で初めて提示する画像であり，ダミー刺激として用意した画像から実験参加者ごとにランダムに選択された画像であった．

4.4 解　　析

本論文では，それぞれ再生課題・再認課題の正答率を従属変数，Web ページと画像の関連度の評価を独立変数として，従属変数である Web ページと画像の対連合学習の正答率が，独立変数である画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度によってどのように影響されるかについて検証を行った．

この検証を行うために，再生課題において想起された画像の記述と正解画像を比較し，正答か否かを評価した．

4.5 結　　果

4.5.1 再 生 課 題

再生課題の結果を表 1 に示す．再生課題では， Web ページと画像の関連度が正答率に影響を与え，関連度が高いほど記憶成績がよくなることが認められた．また，関連度 1(全く関連していない) と関連度 2(ほとんど関連していない) の間に大きい差が認められた．このことから，少しでも Web ページと画像が関連していることがページと画像の対応の記憶において重要であることを示唆している．

表 1 再生課題における関連度別の正答率の平均

関連度	正答率
1. 全く関連していない	0.23
2. ほとんど関連していない	0.64
3. どちらともいえない	0.78
4. すこし関連している	0.87
5. 関連している	0.96

4.5.2 再 認 課 題

再認課題の結果を表 2 に示す．再認課題では，Web ページと画像の関連度に関わらず，ほとんど正答という結果であり天井効果が認められた．本実験でのタスクの量や閲覧課題から想起課題までの時間の間隔が再認課題の成績に影響したと考えられるが，この結果から Web ページと画像の対応をよく記憶できることを示した．

表 2 再認課題における関連度別の正答率の平均

関連度	正答率
1. 全く関連していない	0.91
2. ほとんど関連していない	1.00
3. どちらともいえない	1.00
4. すこし関連している	1.00
5. 関連している	0.98

(注5)：https://ja.wikipedia.org/wiki/ステゴザウルス
(注6)：https://ja.wikipedia.org/wiki/ポンチョ
(注7)：https://ja.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:カテゴリ
(注8)：https://ja.wikipedia.org/wiki/エルサレム

4.6 考　　察

再生課題の結果は Web ページと画像の関連度が高くなるほど Web ページに対応した画像を想起しやすくなるということであった．このことから，提案するシステムが Web ページと対応する画像を選択する際に，画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度の要因を考慮していたことは適切であったと言える．また再生課題の結果において， Web ページと全く関連していない画像と少しでも関連している画像の記憶成績に大きく差が見られた．このことから画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度が高いほど記憶成績がよくなるが，少しでも Web ページと画像が関連していることが，画像の再生的な再検索を促進するシステムにおいて効果的であるということを示唆している． 再認課題の結果は Web ページと画像の関連度に関係なく Web ページと一緒に提示されていた画像を選択できるということであった．このことから画像の再認的な再検索を促進するシステムでは画像の関連度を考慮する必要がない可能性を示唆している．

したがって，画像を想起し，画像に対する検索クエリを入力することで対象のページへの再訪問するような，再生的な再検索を促進するシステムとして提案システムを使用する場合は，画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度の高い画像を選択することは適切であったと言える．一方で，過去に閲覧した Web ページと対応する画像を一覧としてユーザに提示することにより Web ページの再認的な再検索を促進するシステムとしてのみ提案システムを使用する場合は，Web ページの内容の関連度の高い画像を選択する必要はない可能性があることを示唆している．

5. おわりに

本論文では，Web ページ閲覧時に検索・再認の手がかりとなるような画像を 提示し，再アクセス時に記銘された画像を元に Web ページの検索・再認が可能となる システムを提案した．Web ページに提示する画像の選択には以下の 3 つの要因を利用した．

- 画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度
- 画像によって表現される概念の抽象度
- Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性

この 3 つの要因を用いて最も Web ページと画像の対連合学習に適した画像を取得する手法について述べた．

今後の課題として，ページと画像の対連合学習のについて 4.1 節の実験によって画像によって表現される概念と Web ページの内容の関連度の要因の影響については検証に加え，画像によって表現される概念の抽象度と Web ページと画像の対連合学習における反応項としての画像の弁別性の残り 2 つの要因についての検証する．また，その検証結果から得られた知見を反映させた提案システムを使用したユーザ実験を行い，既存の Web ページの再アクセスを促進する手法との比較を行う．今後の発展として，Web ページにもともと存在する画像が存在する場合を考慮し，もともと存在する画像が Web ページと画像の対連合学習に適している場合はその画像を使うこと．Web ページと画像の構造に対応をもたせ，あるカテゴリの Web ページには特定のカテゴリの画像から画像を選択することや，ユーザの提案システムによる Web ページへの再訪問する際の行動から，手がかりとして使いやすい画像を学習するようにするなど，よりよい Web ページに対応付ける画像の提示方法を模索する．

謝　　辞

本研究の一部は，文部科学省 科学研究費補助金 (課題番号: 15H01718, 26700009) によるものです．ここに記して謝意を表します．

文　　献

[1] F. I. Craik and R. S. Lockhart. Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11(6):671–684, 1972.

[2] P. M. Fitts and C. M. Seeger. Sr compatibility: spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of experimental psychology*, 46(3):199, 1953.

[3] P. Isola, J. Xiao, A. Torralba, and A. Oliva. What makes an image memorable? In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on*, pages 145–152. IEEE, 2011.

[4] Y. Jia, E. Shelhamer, J. Donahue, S. Karayev, J. Long, R. Girshick, S. Guadarrama, and T. Darrell. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding. In *Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia*, pages 675–678. ACM, 2014.

[5] M. Kato, H. Ohshima, S. Oyama, and K. Tanaka. Can social tagging improve web image search? In *Web Information Systems Engineering-WISE 2008*, pages 235–249. Springer, 2008.

[6] T. Konkle, T. F. Brady, G. A. Alvarez, and A. Oliva. Conceptual distinctiveness supports detailed visual long-term memory for real-world objects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(3):558, 2010.

[7] S. Kornblum and J.-W. Lee. Stimulus-response compatibility with relevant and irrelevant stimulus dimensions that do and do not overlap with the response. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(4):855, 1995.

[8] R. Mihalcea and P. Tarau. Textrank: Bringing order into texts. Association for Computational Linguistics, 2004.

[9] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, and J. Dean. Efficient estimation of word representations in vector space. *In Proceedings of Workshop at ICLR*, 2013.

[10] T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen, G. S. Corrado, and J. Dean. Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Advances in neural information processing systems*, pages 3111–3119, 2013.

[11] H. Obendorf, H. Weinreich, E. Herder, and M. Mayer. Web page revisitation revisited: implications of a long-term click-stream study of browser usage. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 597–606. ACM, 2007.

[12] A. Paivio. Abstractness, imagery, and meaningfulness in paired-associate learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 4(1):32–38, 1965.

[13] L. Standing. Learning 10000 pictures. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 25(2):207–222, 1973.

[14] J. Teevan, E. Adar, R. Jones, and M. A. Potts. Information

re-retrieval: repeat queries in yahoo's logs. In *Proceedings of the 30th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, pages 151–158. ACM, 2007.

[15] J. Teevan, E. Cutrell, D. Fisher, S. M. Drucker, G. Ramos, P. André, and C. Hu. Visual snippets: summarizing web pages for search and revisitation. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 2023–2032. ACM, 2009.

[16] W. S. Terry. *Learning and memory: Basic principles, processes, and procedures.* Psychology Press, 2015.

[17] A. D. Wagner and L. Davachi. Cognitive neuroscience: forgetting of things past. *Current Biology*, 11(23):R964–R967, 2001.