

# ユーザのメンタルモデルに基づいた Web ページデザインのリアルタイム最適化

楠牟禮章<sup>†</sup> 牛尼 剛聡<sup>††</sup>

<sup>†</sup>九州大学大学院芸術工学府 〒815-8540 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1

<sup>††</sup>九州大学大学院芸術工学研究院 〒815-8540 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1

E-mail: <sup>†</sup>1ds12181p@gmail.com, <sup>††</sup>ushiyama@design.kyushu-u.ac.jp

あらまし Web デザイナーは、Web ページをデザインする際に、利用するユーザが使いやすいように Web ページの要素の順序やレイアウトを決定する。一方、ページを閲覧するユーザは、同一の Web ページを利用していても様々な目的をもつ。しかし、デザイナーが決定した順序やレイアウトは、必ずしも全てのユーザの目的のために効果的であるとは限らない。本研究の目的は、Web ページを訪問するユーザのメンタルモデルを推定し、推定結果に基づいて Web ページの構成要素の順序やレイアウトをリアルタイムに最適化する Web ブラウザの機能を開発することである。本論文では、機能を実現するための基礎となるページ要素の特徴モデル化と手法、単純なメンタルモデルを利用した最適化手法を提案する。

キーワード メンタルモデル, コンテンツ最適化, 閲覧意図

## 1. はじめに

情報取得の中心は、インターネットが普及したことにより変化し続けている。ユーザは、書籍や新聞などの媒体から、Web ページを閲覧して情報を取得することが一般化した。それに伴い、Page Rank [1] に代表されるような Web ページの検索や Web ページ推薦技術に関する研究が多くなされている。ユーザは、自分が要求する情報が含まれる Web ページに効率的によりアクセスできるようになった。

Web ページの提供者は、Search Engine Optimization(SEO)を実施している。これは検索エンジンを最適化し、検索結果により多くのページが表示されやすくする施策である。これは検索を通じてビジネスを成長させるという Web ページの提供者のメリットだけでなく、ユーザにとっても結果的に良質なコンテンツを提供することができるようになるため Web 上で情報取得を行う際には重要な施策である。

また、Web デザインの観点からは、デザイナーがユーザのアクセス効率を上げるために様々なデザイン手法を取り入れている。例えば、現実世界の物理現象を反映させたマテリアルデザインや、必要最低限までコンテンツの装飾を取り除いて単純なデザインにするフラットデザインなどが例として挙げられる。また、デザイナーは、ユーザに提示するコンテンツの順序を、統計的に多く利用されているコンテンツ順に並べたりするなどの工夫を行なっている。

しかし、近年、Web を取り巻く状況は変化しつつある。約 10 年前までは、ユーザは Web ページにアクセスするために、パーソナルコンピュータ (PC) を利用することが一般的であった。しかし、総務省の「通信利用動向調査」[2](図 1)によると、近年では、スマートフォンやタブレット端末が急速に普及している。これらを利用するユーザが増加し、PC を所持するユー

ザは横ばいである。

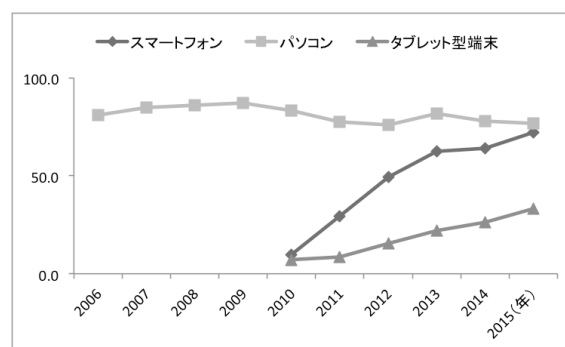


図 1 情報通信端末の世帯保有率の推移 (総務省調べ, 2017 年, 著者編集)

また、様々な種類のスマートフォン端末が登場している。そのため、ユーザは PC, タブレット端末, スマートフォンなど様々な画面サイズの端末で Web ページを閲覧するようになった。画面サイズが異なることで、Web ページのコンテンツの配置やフォントサイズに差異が生じ、PC で閲覧していたページはスマートフォンやタブレット端末では利用しにくくなり、効率的に Web を閲覧できなくなった。この問題を解決するために、レスポンシブ Web デザイン (RWD) [3] が一般的に利用されるようになった。RWD は、デバイスごとに最適なレイアウトになるように、表示する画面幅に合わせて流動的にレイアウトを変化させたり、画面幅の閾値を設定し、段階的にレイアウトを変化させることで、端末の種類を問わず、適切な表示が可能となり、ユーザはスマートフォンやタブレット端末等から効率的にアクセスできるようになった。

しかし、レスポンシブ Web デザインでは解決できない問題も存在している。レスポンシブ Web デザインは、Web ブラウザ

の表示幅に合わせてページのレイアウトを変化させる。スマートフォンのような小型のタッチパネルにてアクセスする場合、コンテンツが直列に配置される場合がほとんどである。その場合には、縦スクロールのみの単純な操作でコンテンツにアクセスできるようになるが、ページに含まれるコンテンツの分量が多い場合、縦に長いレイアウトのページが表示される。スマートフォンによるブラウジングの場合、縦の表示領域にも限りがあるため、表示できないユーザには認知されていないコンテンツが生じる。これまでの Web デザインのルールとして、多くのユーザから頻繁にアクセスされるコンテンツはページの先頭近くに配置されるため、アクセスは比較的容易に行うことができるが、ページの下部に配置されたコンテンツは、ユーザの労力が必要になってしまったり、コンテンツが発見できずにページから離れてしまう可能性もある。

また、ユーザは様々な目的を有している。しかし、Web ページのレイアウトは静的であるため、ユーザの閲覧目的に即してレスポンスにページを変化させることはないが、実際には他のユーザが同じ Web ページを閲覧していたとしても目的とするコンテンツは異なる場合がある。

本研究では、上記の問題を解決するために、我々はユーザのメンタルモデルを推定し、推定したメンタルモデルに即して適切なデザインでスマートフォンの Web ページを最適化する手法を提案する。我々は、メンタルモデルの構成要素として、「ユーザの閲覧意図」と「経験によるコンテンツの順番や規則」の2つを定義し、それ他に基づいて Web ページを最適化するシステムを提案する。最終的にはブラウザの拡張機能として実装することを想定する。

本研究では、我々は Web ページがマークアップ言語である HTML から構成されていることに着目し、同位の要素の順番をユーザのメンタルモデルに合わせて効果的な順番で自動的にレイアウトする手法を提案する。従来のレスポンス Web デザインは、画面サイズ等のユーザの物理的な閲覧環境に対してレスポンスである。一方、本研究はユーザのメンタルモデルに対してレスポンスにページを最適化する機構と位置づけられる。

## 2. 関連研究

### 2.1 Web アクセシビリティに関する研究

Web ページ閲覧の支援として、重要だと推定される単語をハイライト等の強調表示することは一般的な手法である。この手法は GoogleQuickScroll [5] という Googlechrome の拡張機能でも用いられている。この手法は、ユーザが入力した検索キーワードを閲覧意図とする。この拡張機能は、そのキーワードが出現する位置に自動スクロールし、該当箇所をハイライト表示することで Web ページ閲覧の効率を高める機能である。しかし、この機能では、ユーザがキーワード検索を行った検索結果のページにのみ適用可能な手法である。ユーザが特定の目的のもとに Web ページを巡回するような場合には適切に対応できない。

横尾ら [4] は、検索キーワードの類語や同義語をページ内から

探し出し、表示する手法を提案している。この手法では、ユーザが与えた検索キーワードから、類語と同義語をオンライン辞書から取得し、いずれかのワードが含まれる箇所を重要箇所とするものである。この手法では、類語と同義語を考慮に入れているため、曖昧なキーワードやコンテキストにあった箇所を探し出せるメリットがある。本研究では、ユーザの閲覧履歴に含まれる Web ページから、重要だと思われる情報を取得し、Web ページの閲覧を支援することを目的にしている点が、この研究と異なる。

井桁ら [6] は、Web ページ内に存在する膨大な情報の中からユーザの目的である情報を見つけることを支援するためのシステムを提案している。この手法では、ブラウザの画面を分割して、ページ全体のサムネイルを表示し、マウスカーソルをサムネイルに合わせると、その箇所が拡大される。ユーザはページ内でキーワード検索を行った場合、ユーザはスクロールすることなくどの箇所に目的の情報が書かれているかが確認できる。本研究では、ユーザは通常の閲覧行動を繰り返すだけでユーザの意図を推定し、目的の情報の取得を支援することを目指す。この手法は、ブラウザ幅が広い場合には有効であると考えられるが、本研究で対象とするスマートフォンで表示した Web ページでの利用は困難である。

閲覧行動からユーザの意図を推定する手法として、顔ら [7] はユーザのスマートフォンでのオンラインショッピングサイトに対する振る舞いから購買意図を読み取り、最適化する手法を提案している。この手法では、閲覧時間やスワイプ速度からユーザが興味のある商品を推定し、未読部分をユーザにとってより興味がある商品の順に並び替える。本研究とは、オンラインショッピングサイトに対して、意図の推定と最適化を目指している点が異なる。また、本研究では操作の振る舞いについては考慮しないという点も異なる。

本手法では閲覧履歴から意図推定を行う。木本ら [8] は、ブラウザ操作履歴に基づいた Web サイト改善ツールを提案している。このツールでは、ブラウジングした際の操作ログを記録し、ユーザのブラウジングを支援することを目的としている。この手法では、ユーザの Web ページ閲覧の効率は良くなると考えられる。しかし、本研究とは履歴を用いた Web ページ閲覧支援という点では類似するが、ユーザの目的に合わせたリアルタイムの最適化が行われる訳ではない。

### 2.2 Web デザインに関する研究

近年、Web ページ閲覧の支援のために Web デザインの観点からもいくつかの研究が行われている。Pang ら [9] はユーザのタスクを課し、その状況下での Web ページ閲覧の視線データを収集し、分析することでユーザが Web ページをどのように見ているか注意のパターンを特徴付けるモデルを構築している。このモデルはデザイナーにとって斬新なウェブデザインインタラクションを可能にする。ユーザは最小限のコストで目的のコンテンツまで視線を移動させることができるビジュアルフローを容易に作成することを可能にする。様々なカテゴリーの Web デザインでも実験しており、Web デザイナーの高い水準に基づいたユーザの注意を効果的に導くことを示している。

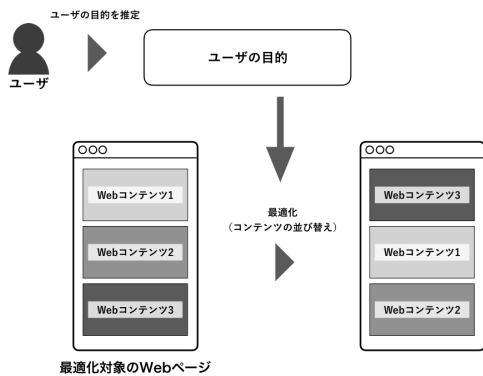


図2 提案システムの動作スキーム

この研究では、ページの検索や推薦性能を高めることによってユーザの Web アクセシビリティの向上に貢献するのではなく、Web ページのデザインを視線のデータに基づいて最適化することによって、ユーザの閲覧のコストを減少させることでアクセシビリティの向上に寄与しているといえる。しかし、この研究ではユーザの閲覧の目的は考慮されていない。本研究では、Web ページの最適化を目指す、ユーザの閲覧したページをもとにユーザの目的を推定し、推定した目的に基づいて Web ページを動的に最適化する点がこの研究と異なる。

### 3. アプローチ

本研究では静的にレイアウトされている Web ページのレイアウトを動的に最適化することを目的としている。図2に提案システムの動作スキームを示す。まず、ユーザはページを閲覧する。次に、システムはそのページ群から目的を推定し、その推定した結果に基づいて次に閲覧する Web ページに含まれるコンテンツの中でもっともユーザの目的に近いものを上位に並び替える形で最適化を行う。このようにすることで、ユーザが目的とするコンテンツを発見しやすくなることが期待できる。

例えば、あるユーザ A が大学受験を控えた学生であるとする。ユーザ A は受験する大学を選ぶために様々な大学のサイトを閲覧する。システムはユーザ A が繰り返し大学受験のための情報を得ようとしている、とユーザ A の目的を推定し、次に閲覧するページに含まれるコンテンツの中から大学受験に関するコンテンツを上位に来るように並び替え、ユーザに提示する。

#### 3.1 メンタルモデル

ユーザが Web ページを閲覧する場合、その目的は様々である。本研究では、Web ページ閲覧におけるメンタルモデルを考慮し、これに基づいて最適化を考える。メンタルモデルとは、現実世界における事物の解釈モデルのことである。メンタルモデルは人それぞれの経験により異なる。本研究では、メンタルモデルを Web ページ閲覧に関するものに限定する。また、メンタルモデルを構成する要素として、以下の2つを想定する。

##### a) 閲覧意図

閲覧意図は、ユーザが、なぜそのページを閲覧したか、何を閲覧したいのかという閲覧時の目的を表す。閲覧意図は、ユー

ザが実際に閲覧したページをもとに推定される。

##### b) Web サイト、ページに関する経験や知識

ユーザは閲覧行動を繰り返すたびに特定のサイトの構造やコンテンツの配置のされ方などをの一部を記憶し再度同じページに訪れたり、未知のページに訪れる場合に過去の経験や知識をもとにページ内からコンテンツを探すと考えられる。本研究では Web ページ内のコンテンツを並び替えることで最適化を行うが、ただ閲覧意図のみに合わせて最適化してしまうとユーザの混乱を招く恐れがある。そこで、多くの Web ページの構造を分析し、一般的に並び替えによる最適化すべきでないものを考慮する必要がある。

ユーザが従来どうりのやり方で Web ページを閲覧する場合と、メンタルモデルを考慮した提案システムを導入して閲覧した場合の概念図を図3に示す。現状、ユーザは情報を取得する際、デザイナーがデザインした Web ページを PC やスマートフォン、タブレット端末などを用いて閲覧する。デザイナーは閲覧するユーザのメンタルモデルを仮定し、Web ページをデザインする。しかし、ユーザは人によって目的が異なるのでユーザによっては最適なレイアウトでデザインされていない。また、デザインの段階でも多くのユーザが閲覧するだろうと思われるコンテンツほど目のつきやすい場所にレイアウトされる傾向がある。そこで、提案システムでは、ユーザのメンタルモデルを推定し、最適化することで、それぞれのユーザのメンタルモデルに応じた Web ページを提示する。

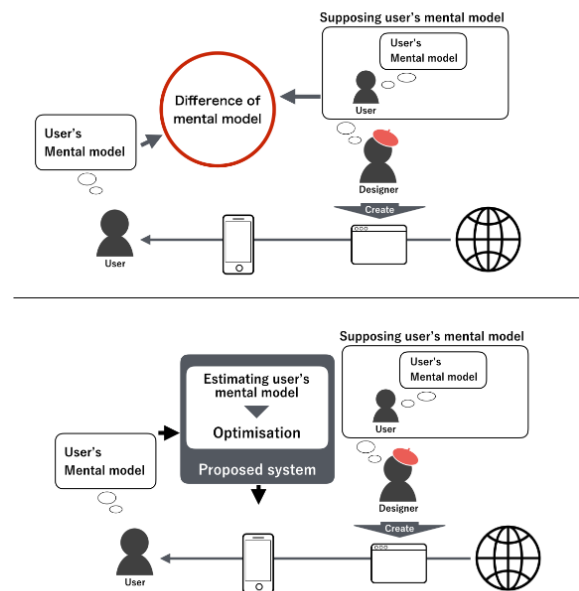


図3 ユーザの現在の閲覧の状況(上)と提案システムの位置付け(下)

#### 3.2 セグメントへの分割

本研究では、Web ページに含まれるコンテンツを並び替えることにより、ユーザにとって最も適切だと推定される順にコンテンツを並び替え、ユーザに Web ページを提示する。その際、

並び替えの対象となるコンテンツを抽出する必要がある。コンテンツの抽出に関して、どのように Web ページをセグメントに分割し、分割したセグメントの中から最適化するコンテンツをどのように抽出するかということが重要である。最適化の際の注意すべき点として、本研究では次の2つを考慮する。

- Web ページの表示崩れ
- コンテンツ順序が変更されることによる、コンテキストの崩壊

1 点目については、Web ページは様々な要素が組み合わされて構成されている。例えば、ページ内での見出しやタイトルとページのメインとなるテキストや画像は、サイズや配置のされ方などが大きく異なる。これらの要素を最適化する対象とすると、これまで綺麗に整えられていたコンテンツは、並び替えられることでサイズや配置が変更されるため、Web ページの表示結果としては崩れているように感じられる。

一方、2 点目については、ページ内での見出しやタイトルとページのメインとなるテキストや画像は、Web ページ上での役割は異なる。例えば、タイトルがメインのテキストと並び替えてしまうと、コンテキストが崩壊し、ページの本来の意味をなさない。

これらの問題に対処するために Document Object Model (DOM) を利用する。DOM とは、HTML の各要素にアクセスするための機構である。各要素は開始タグと終了タグが 1 組になって記述され、階層構造で構築されている。HTML はこの階層構造を利用してコンテンツのスタイルや挙動、内容の操作を行うことができる。また、タグの違いによって要素は役割を持つ。

また、要素はタグによって役割が異なる。例えば、h1 h2 タグは見出し、p タグはテキスト、img タグは画像を表す。

セグメントへ分割する際の問題は、各要素には役割によって順序関係があるために発生していると考えられる。本研究では、ul タグに注目する。ul とは“unordered list”を意味し、この要素内にあるリストの要素の役割を持つ li 要素には意味がないことを表す。順序に意味がない要素であれば、ページ上での表示の崩れやコンテキストの崩壊が起こる可能性が低い。よって、本研究では ul 要素に含まれる li 要素を最適化対象の文書セグメントとして分割し、それらをユーザのメンタルモデルとの類似度をもとに最適化する。

## 4. 提案手法

本章では、その処理において重要な要素の提案手法を説明する。次節以降で、以下の3項目について詳しく説明する。

- Web ページのモデル化 (セグメント特徴の抽出)
- 閲覧意図の推定
- Web サイト、ページに関する経験や知識の推定

### 4.1 Web ページのモデル化 (セグメント特徴の抽出)

本節では Web ページをモデル化し、セグメント特徴を抽出する手法について説明する。

#### 4.1.1 セグメント特徴の構成

本研究では、セグメントは DOM を利用して Web ページを

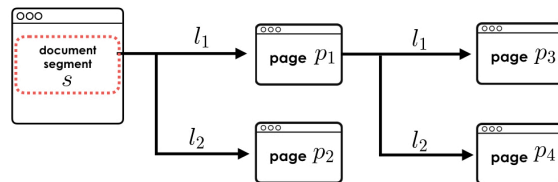


図 4 文書セグメントの特徴の構成の例

分割したものと定義する。セグメントはページを構成する要素の一部で、その特徴はセグメントに含まれるテキストにより表現することが可能である。また、本研究ではセグメントの特徴を構成するものとして、リンク構造を利用する。セグメントの中にはテキスト以外でも構成されているが、その中の1つにリンクが挙げられる。リンク先のページは、セグメントのテキストを、より詳細に表現しているものだと考えられる。

よって、セグメントの特徴は図4のように構成されるものとする。

例えば、セグメント  $s$  の特徴は、1 式で表現される。

$$C(s) = f(s) + \sum_{i=1}^n p(l_i | s) \cdot C(p_i) \quad (1)$$

$C(s)$  は文書セグメント  $s$  のリンク先のページの特徴も加味した合成特徴ベクトル、 $f(s)$  はセグメント  $s$  に含まれるテキストの特徴ベクトル、 $p(l_i | s)$  はセグメント  $s$  からリンク  $l_i$  を通じて他のページに遷移する確率を表す。セグメント自体を構成するテキストのベクトルと、そのセグメントに含まれるリンク先のページを構成するテキストのベクトルの和で表現される。リンク先のページは遷移確率も考慮する。また、図4のように、 $page p_1$  の特徴も同様にリンク構造を利用して構成されるものとする。この場合も 1 式のように、そのページ自体を構成するテキストとそのリンク先のページのテキストのベクトルの和として表現するものとする。

#### 4.1.2 テキストのベクトル化手法

本研究では、Web ページ、または Web ページを構成するセグメントの特徴を抽出する必要がある。そのためにそれらを構成しているテキストをベクトル化し、特徴を抽出する。今回は、テキストをベクトル化する手法として、Doc2vec を採用する。

Doc2vec は大量の学習データをコーパスとして与えて、ニューラルネットワークを用いてテキストをベクトル化することができる。TF-IDF のような Bag of Words のような出現頻度を利用したベクトル化手法ではなく、Doc2vec は単語の並びも考慮することができる点で優れている。

本研究では、学習するデータとして Wikipedia の文書を利用する。Wikipedia の文書から名詞を抽出し、これを Doc2vec の学習に用いるコーパスとしてモデルを作成する。

### 4.2 閲覧意図の推定

本研究では、ユーザのメンタルモデルをもとに Web ページを最適化することを目的とする。本節では、そのメンタルモデルを構成する要素の1つである閲覧意図の推定手法について説明する。

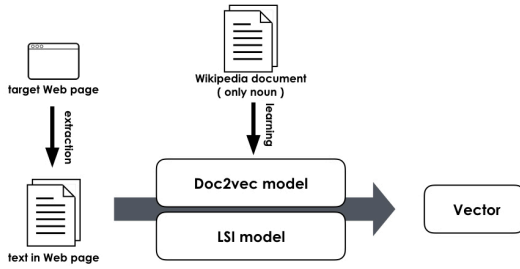


図5 テキストのベクトル化手法

閲覧意図はユーザの Web ページ閲覧の目的を表すが、それを推定するためにユーザの Web ページの閲覧履歴を用いる。ただし、想定する状況が特定の目的を持ったユーザが複数の Web ページを比較、閲覧している状況を想定するため、すべての閲覧履歴は用いず、ある程度の長さのセッションに閲覧履歴を分割する。それぞれのセッションはそのページへアクセスした目的を持ち、その最新のセッションがユーザの閲覧意図をより反映しているものと考えられる。よって閲覧意図推定には最新のセッションを用いる。

セッション内には複数の閲覧した Web ページが含まれている。これらの Web ページもセグメント特徴の構成と同じように、4.1.1 節をもとに特徴を決定する。ページのベクトル化についても、閲覧したページのテキストと、閲覧ページに含まれるリンク先に設定されているページを構成するテキストを 4.1.2 節で構築したモデルを用いてベクトル化する。ただし、セッション内であってもユーザは時間が経過するにつれてそのページへの関心が減衰するものと考えられる。よってユーザの関心減衰を考慮し、ユーザ  $u$  の閲覧意図  $I(u)$  は式 (2) で表される。

$$I(u) = \sum_{0 \leq i \leq n} a^{-(n-i+1)} \cdot f(p_i) \quad (2)$$

$f(p_i)$  はユーザ  $u$  が閲覧した  $i$  番目の Web ページの特徴ベクトルを表す。 $a$  は関心の減衰を表すパラメータ ( $0 < a < 1$ ) である。

#### 4.3 Web サイト、ページに関する経験や知識の推定

メンタルモデルの構成要素として、Web サイト、ページに関する経験や知識を定義した。これはユーザが複数のページを閲覧する経験を経て、一般的な Web ページの知識を獲得していくものである。一般的に、Web デザイナは順不同のコンテンツを配置するとき、Web ページは多くのユーザがアクセスするコンテンツを上位に並べることが多い。ユーザはこのようなページを何度も閲覧することで、Web ページを閲覧する際にある程度予測してページを閲覧することが考えられる。そのため、ユーザの目的にだけ応じて Web ページのコンテンツを並び替えるというアプローチで最適化することは必ずしも優れているとは言えない。

そこで、本研究では他の Web ページを収集し、それらを分析することで Web ページにおける一般的な知識を定義する。最適化対象のセグメントと閲覧意図の類似度だけでなく、Web ページにおける一般的な知識を最適化する際の指標として組み

込むことで、ユーザの混乱を招くことなく Web ページを最適化することを示す。

##### 4.3.1 Web ページにおける一般的な知識の定義

Web ページにおける一般的な知識は最適化対象と類似する Web ページからあらかじめ計算しておく必要があるため、まず類似するページをスクレイピングし、HTML 文書を取得しておく。次に、この HTML 文書から最適化対象である  $ul$  要素を取得し、その中にある  $li$  要素を分析に用いる。うち、テキストの長さが長すぎる  $li$  要素は、Web ページ閲覧意図における一般的な並びに影響を与える可能性が低いものと考えられるため、15 文字以上のテキストを含む  $li$  要素は収集段階で分析対象から除いている。表記揺れの問題があるため、 $li$  要素のテキストを形態素解析し、数詞や接尾詞など不適切だと思われる品詞を削除して文字列を連結させたり、日付、曜日など明らかに今回の想定する状況で順序を考慮する必要がない単語を設定し、ストップワードを含むものを分析対象から除いておく、等の前処理を行う。前処理後の  $ul$  要素に含まれる  $li$  要素のテキストを順序関係を持つアイテムセットとし、アソシエーション分析を利用する。アソシエーション分析は購買予測などで用いられる分析方法で、よく選択されるアイテムの組み合わせや頻出するアイテムを見つけることができる。今回は出現確率 (Appearance Ratio, AR) と単語コンテキスト確率 (Word Context Probability, WCP) の二つを考慮する。

WCP は語  $w_a$  と単語  $w_b$  が同時に出現し、なおかつ順番に並んでいる確率を表す。計算としては、3 式に示すように、アソシエーション分析における *confidence* を参考に WCP の値を計算する。

$$WCP(w_a \rightarrow w_b) = \frac{\text{transaction}(w_a \rightarrow w_b)}{\text{transaction}(w_a \cap w_b)} \quad (3)$$

$\text{transaction}(w_a \cap w_b)$  は  $w_a$  と単語  $w_b$  が同時に並んでいるトランザクション、 $\text{transaction}(w_a \rightarrow w_b)$  は  $w_a$  と単語  $w_b$  が順に並んでいるトランザクションである。

AR は単語  $w_a$  と単語  $w_b$  の同時出現確率である。これはアソシエーション分析における *LIFT* を参考に値を計算する。*LIFT* は *confidence* の偏りを改善するための指標で、単語  $w_a$  の出現と単語  $w_b$  の出現がどの程度相関しているかを示す。AR は式 (4) で表される。

$$AR(w_a \rightarrow w_b) = \frac{\text{confidence}(w_a \rightarrow w_b)}{\text{support}(w_b)} \quad (4)$$

$\text{support}(w_b)$  はすべてのアイテムセットの中で  $w_b$  が出現する確率、 $\text{confidence}(w_a \rightarrow w_b)$  は  $w_a$  が出現していて、かつ  $w_b$  が出現する確率を表す。

AR と WCP に適切な閾値を設定し、一定閾値以上であればユーザは一般的にオリジナルの並びが自然であると考えられる可能性があるものとして並び替えは行わないものとする。

## 5. 実験

### 5.1 目的

本研究では、ユーザのメンタルモデルを推定し、メンタルモ

デルに基づいて Web ページの最適化を行うことを目的としている。提案手法によるメンタルモデル (閲覧意図) 推定の妥当性を検証するための実験を行なった。

## 5.2 概要

本実験では、複数の大学の留学プログラムを調べているユーザを想定した。被験者には、まず、任意の大学を選択し、選択した大学が持っている留学プログラムとその概要について Web ページを自由に閲覧し、調べてもらった。調べた内容は都度アンケートに記入する形でタスクを進めてもらった。被験者は特定の目的に関する Web ページを閲覧しているため、本実験ではセッションの長さは考慮しておらず、被験者は目的を達成できたと判断できるまで Web ページを閲覧し、情報を収集した。3 大学以上の大学の留学プログラムについて調べ終わった後、閲覧をやめてもらった。

メンタルモデルの推定のために、閲覧意図として被験者が閲覧したページとその遷移先のページの文書を Doc2vec を用いてベクトル化し、提案手法に基づいて推定した。本実験では、リンク構造を用いた特徴決定の際、計算量が甚大になってしまうため、親となるページから 1 回ページを遷移するまでリンク先のページを利用した。次に閲覧する Web サイトを未知の大学の Web サイトとし、そのサイトを最適化する。本実験では、未知の大学の Web サイトは大阪大学の公式 Web ページとした。これは、最適化対象に設定したグローバルナビゲーションの要素が他の大学の Web サイトと比べると、比較的多かったためである。トップページにあるカテゴリーをユーザが閲覧していたページに基づいて閲覧意図を推定し、そのカテゴリーをユーザにとって適切な順番に並び替えた。最適化対象の文書セグメントは、実験 I と同じく、モデル化手法にしたがって文書セグメントに分割し、その文書セグメントの特徴ベクトルを計算する。ページ閲覧後、後の評価に利用するため、被験者にアンケートして最適化対象の各項目に対して関連度  $rel_i$  (1 から 5 の整数) を記入してもらった。閲覧意図の特徴ベクトルと最適化対象の Web コンテンツの特徴ベクトルのコサイン類似度順に並び替える。並び替えた際、最適化対象の Web ページのグローバルナビゲーションの全ての Web コンテンツに対して  $nDCG$  を計算し、その値に基づいて並び順を評価した。

## 5.3 結果と考察

図 6、図 7 に実験 II の結果を示す。被験者によって、 $nDCG$  の値が提案手法がベースラインを下回る場合もあるが、全体の平均としては、 $nDCG$  の値は提案手法がベースラインを回った。また、 $t$  検定を行なった結果、 $p = 0.021$  となり、有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

本実験ではメンタルモデルの中でも閲覧意図のみを評価した。

一方、メンタルモデルの構成要素として、Web ページにおける一般的な知識を定義していたが、現状では有効性の検証が行うことができていない。理由として、リンク構造を用いた特徴決定手法が新しくページを閲覧するたびにスクレイピングを必要とし、多大な時間を要する。そのために、レスポンスに最適化されたページを提示できないからである。Web ページにおける一般的な知識は、ユーザの目的の関連度とは無関係である

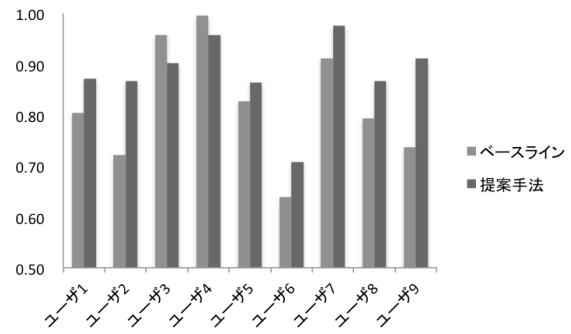


図 6 被験者毎の  $nDCG$

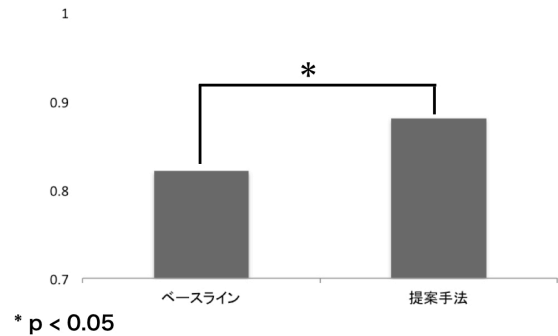


図 7 被験者の  $nDCG$  の平均

ため、 $nDCG$  による評価ができず、主観評価が必要になる。そのため、異なる実験手法で評価する必要がある。今後の課題として、Web ページにおける一般的な知識の評価を行いたい。

## 6. まとめ

本稿では、ユーザの閲覧履歴からメンタルモデルを推定し、Web ページをリアルタイムに最適化する手法を提案した。最適化のために、Web ページを文書セグメントに分割し、適切な文書セグメントを並び替えて表示するというアプローチをとった。Web ページの分割は、DOM を利用した。最適化の際に並び替える文書セグメントは、並び替えを行うことによって生じる Web ページの意味や表示の崩れを考慮し、順序関係を持たない同階層の要素として、 $ul$  要素直下の  $li$  要素とした。文書の文脈を考慮してベクトル化することができる Doc2Vec を用いてユーザのメンタルモデルとコンテンツ特徴を抽出する手法を提案した。閲覧意図推定の有効性の検証をするための実験を行い、ユーザの閲覧意図を反映した並びを提示できることがわかった。

一方、メンタルモデルの構成要素として、Web ページにおける一般的な知識を定義していたが、現状では有効性の検証が行うことができていない。理由として、リンク構造を用いた特徴決定手法が新しくページを閲覧するたびにスクレイピングを必要とし、レスポンスに最適化されたページを提示できないからである。Web ページにおける一般的な知識は、ユーザの目的の関連度とは無関係であるため、 $nDCG$  による評価ができず、

主観評価が必要になる。そのため、異なる実験手法で評価する必要がある。今後はメンタルモデルの評価を行い、実際にブラウザで動く拡張機能として実装していきたい。

## 謝 辞

本研究は（公財）電気通信普及財団の助成および JSPS 科研費 JP16K12534 の助成をうけたものです。

## 参 考 文 献

### 文 献

- [1] L. Page, S. Brin, R. Motwani, and T. Winograd. *The pagerank citation ranking: Bringing order to the web*, 1998
- [2] 総務省「通信利用動向調査」<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html> 2017年12月23日アクセス。
- [3] Ethan Marcotte, “Responsive Web Design An A List Apart Article”, <https://alistapart.com/article/responsive-web-design>
- [4] 横尾俊一, 吉浦紀晃, “検索された Web ページにおける検索語に基づく重要箇所の表示”, 情報処理学会研究報告 Vol.2013-IOT-20 No.4 2013/3/14
- [5] “Google Quick Scroll” <https://chrome.google.com/webstore/detail/google-quick-scroll/okanipcmceoeemlbjnmmbdibhgpbllgc?hl=ja>
- [6] 井桁正人, 寺田実, 丸山一貴 “Scout View: Web ページにおけるナビゲーション支援インタフェース”, 情報処理学会研究報告 Vol.2009-HCI-133 No.8 2009/5/16
- [7] 顔洪, 牛尼剛聡, “スマートフォンでの効率的な商品選別を目的としたユーザの振る舞いに基づく閲覧リスト最適化手法”, 情報処理学会データベース Vol.8 No.4 1-15(Dec. 2015)
- [8] 木本亮司, 市村哲, “ブラウザ操作履歴に基づいた Web サイト改善ツール”, 情報処理学会研究報告 Vol.2011-GN-79 No.23 2011/3/17
- [9] Xufang Pang, Ying Cao, Rynson W.H. Lau Antoni B. Chan “Directing User Attention via Visual Flow on Web Designs” *ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2016 Volume 35 Issue 6, November 2016 Article No. 240*
- [10] “F-Shaped Pattern For Reading Web Content” <https://www.nngroup.com/articles/f-shaped-pattern-reading-web-content/>
- [11] John T. Richards Vicki L. Hanson “Web Accessibility: A Broader View” *WWW’04 Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web*
- [12] David M. Blei Andrew Y. Ng Michael I. Jordan “Latent Dirichlet Allocation” *Journal of Machine Learning Research* 3 (2003) 993-1022
- [13] gensim: models.doc2vec - Deep learning with paragraph2vec, <https://radimrehurek.com/gensim/models/doc2vec.html>
- [14] Bongwon Suh, Allison Woodruff, Ruth Rosenholtz, and Alyssa Glass. “Popout prism: Adding perceptual principles to overview+detail document interfaces”. *Proc. CHI 2002*, pp.251-258.
- [15] Deng Cai, Shipeng Yu, Ji-Rong Wen and Wei-Ying Ma “Extracting Content Structure for Web Pages Based on Visual Representation” *APWeb 2003: Web Technologies and Applications* pp 406-417
- [16] Hiroyuki Ogura, Saeko Murakami, Hiroyuki Sato, Tomihiko Kojima, Noboru Shimizu, Itaru Hosomi “Semantic Web: Application Systems on Semantic Web” *IPSJ Magazine Vol.43 No.7 pp.742-750 2002*
- [17] HTML5, <https://www.w3.org/TR/html5/>
- [18] Ethan Marcotte, “Responsive Web Design An A List Apart Article”, <https://alistapart.com/article/responsive-web-design>
- [19] Makoto Sakai, Noboru Nakamichi, Kazuyuki Shima, Masahide Nakamura, Ken-ichi Matsumoto “WebTracer: A New Web Usability Evaluation Environment Using Gazing Point Information” *IPSJ 44(11)*, 2575-2586, 2003
- [20] Quoc Le, Tomas Mikolov “Distributed Representations of Sentences and Documents” *Proceeding of The 31st International Conference on Machine Learning*, pp.1188-1196, 2014
- [21] Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean “Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space” *arXiv:1301.3781v3 [cs.CL]* 7 Sep 2013