

Rerank-by-example：編集操作の意図伝播によるウェブ検索結果のリランキング

山本 岳 洋^{†1} 中村 聡 史^{†1} 田中 克 己^{†1}

本研究では、ウェブ検索においてユーザが編集操作を用いることで検索結果を動的にリランキングする手法を提案する。ユーザの検索意図には様々な種類が存在し、検索エンジンが返す結果は必ずしもユーザの意図を反映したものではない。このような場合、ユーザは検索結果を下位まで1つずつチェックするか、新しいクエリで再検索を行う必要がある。本研究の目的は、ユーザとシステムが編集操作を通して対話を行うことを可能とすることによって、ユーザの検索意図を反映することである。本稿では、検索結果に対するユーザの削除操作や強調操作によって、検索結果をリランキングする手法を提案した。また、システムを実装し、システムの有用性を検証した。

Rerank-by-example: Reranking Web Search Results by Propagating the Intentions of Editing Operations

TAKEHIRO YAMAMOTO,^{†1} SATOSHI NAKAMURA^{†1}
and KATSUMI TANAKA^{†1}

This paper proposes a method of a dynamically reranking Web search results according to the user's editing operations while browsing the search results. Because users' Web search intentions are diverse, search engines cannot always return search results that satisfy the user's search intention adequately. Hence, the user must check search results sequentially, or re-search using a new query. Our goal is to reflect the users' search intentions by editing search results through user interaction and propagating the intention of the editing operations. In this paper, we propose a method of reranking web search results depends on users' deletion operations and emphasis operations. We describe the implementation of our system and show experimental results.

1. はじめに

近年、ウェブページの検索技術の進歩はめざましく、様々なランキングアルゴリズムが考えられ、実際の検索エンジンに用いられている。ユーザは検索エンジンを利用して検索を行うことにより求める情報を探している。しかし、検索エンジンはいつもユーザの検索意図を十分に反映したものを返してくれるとは限らない。

たとえば、A という製品名がクエリとして用いられている場合、あるユーザは A についての情報が知りたい、またあるユーザは A が実際に購入できるページを探しているといったように、ユーザの検索意図には様々な種類が存在する。つまり、同じクエリを利用していてもユーザによっては検索エンジンに求める結果が異なることが多々あるといえる。同じ人、同じク

エリでも、場合によっては求めるものが異なることがあるだろう。そのため、ユーザの検索における意図をユーザの入力したクエリだけを利用して推定することは困難である。

検索エンジンがユーザの意図を推定することが困難なため、ユーザの欲しい結果は検索結果の上位にはなかなか表示されない。その場合、ユーザは自分が欲しい情報が十分に見つかるまで、何番目に登場するか分からない求めるページを探して検索結果を上位から1つ1つチェックしていく必要がある。検索結果を1つ1つ確認していく作業はユーザにとって負荷が大きい。ため、検索結果の上位の一部を見ただけで検索をあきらめてしまうことも多い。求める情報が見つからない場合、新たなクエリを検索エンジンに与え、再検索を行う必要がある。しかし、新たなクエリで再検索しようと思ったとしても、どのようなクエリを入力すると求める情報に出会えるかということを思いつくことは容易なことではない。特に、自分が欲しい結果が明確

^{†1} 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻

Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University

にイメージできないときほど、新たなクエリを言語化することは難しい。

このように、求める情報を含むページが検索結果ページにおいて上位に表示されておらず、下位に表示されていると予想される場合、ユーザは上位に表示されている自分とは関係ないものを下位へ、下位に表示されていると予想される自分の求めているものを上位へとリランキングしたいと考えるだろう。しかし、現状の検索エンジンではこうしたリランキング機能はサポートされておらず、検索結果のリストをユーザの意図を反映したものにするのは困難である。その理由の1つとして、検索結果閲覧ページとユーザとのインタラクションの少なさが考えられる。現状の検索エンジンでは、ユーザとの間でやりとりされる操作は、キーワードの入力や結果のブラウジング、URLのクリックなどの操作しか許されていない。そのため、ユーザは検索結果の「この話題は知らない」とあるとか「もっとこの話題に関する結果を上位に表示してほしい」といった意図をシステムに伝えることができない。

一方、我々は日常的なアプリケーションを用いる中で多種多様な操作を行っている。たとえば、文書編集の際には、不要な箇所を削除したり、重要な箇所を強調したりする。また、不要なファイルをゴミ箱へドラッグアンドドロップして捨てるという操作を行う。我々はこうしたウィンドウシステムで利用される削除や強調といった操作をウェブ検索結果閲覧時にも導入し、ユーザが能動的に検索結果の編集を行い、その編集操作を通してシステムと対話を行うことによって、検索結果をユーザの意図を反映したものに變更するシステムを提案する。

システムはユーザの削除操作により「検索結果のこの部分が不要」、ユーザの強調操作により「この部分をもっと欲しい」といったユーザの検索意図を推定する。その後、システムはその意図に合わせて検索結果をリランキングし、ユーザに提示する。このようにすることによってユーザは手軽に検索結果を最適化することができるようになると考えられる。

以降、2章では関連研究について述べ、3章でユーザの操作と検索意図について述べる。4章で実際にキーワードに対する削除操作と強調操作を行ったときのリランキング手法について説明し、5章で実装について述べる。6章で評価実験の結果を示し、7章で考察を行う。その後タグクラウドを用いた、ユーザが操作の対象とするキーワードの決定支援について述べ、全体のまとめを行う。

2. 関連研究

2.1 ウェブブラウジングと操作

ウェブブラウジングに様々な操作を取り入れる研究は多くある。Zero-Click⁷⁾やズームングクロスメディア¹⁾はクリックを用いないブラウジング手法を提案している。Zero-Clickではリンク先の内容をマウスクリックすることなく表示することができるため、検索結果ページからオリジナルのページを閲覧するときに効果を発揮する。しかし、これらの研究はリンク関係にあるコンテンツを閲覧しやすくすることに注目しているだけであり、検索結果を並べ替えることにより閲覧効率を向上させるという点は考慮されていない。

Huynhらは電子図書館やオンラインショッピングサイトのような、テンプレートから機械的に生成されるページに、ソーティングやフィルタリングの機能を追加する手法およびインタフェースを提案している⁴⁾。このシステムでは、ユーザがページのブラウジング中にサイドバーに表示される開始ボタンを押すと、システムが自動的にページを解析し、属性を抽出する。ユーザは抽出された属性を利用することでソーティングやフィルタリングを行うことができる。しかしユーザはページ上に表示されているアイテムに直接働きかけることはできない。ユーザの操作の意図を考慮してアイテムをリランキングすることはできない。

2.2 検索意図

ユーザの検索意図を扱った研究は昔からさかんに行われてきた。Broder²⁾やRoseら⁹⁾はユーザの検索意図をそれぞれ3種類に分類している。クエリからユーザの検索意図を分類する手法も多数提案されている^{5),6)}。また、Tianらはユーザのクエリが複数キーワードの場合に、キーワード間の意味的関連を分類し、キーワードの近接性を利用してウェブ検索の精度を向上させる手法を提案している¹²⁾。これらの研究はユーザの検索意図をクエリから推定するものであるが、我々の研究はユーザとシステムとの操作の中から検索意図を推定し、ウェブ検索結果ページに反映するものである。

ユーザが自ら検索意図を指定するものとして、Yahoo! Mindset¹³⁾がある。Yahoo! Mindsetでは、各ページをResearchとShoppingという2つの軸で重み付けをしている。ユーザが自分の検索意図を、ResearchよりであるかShoppingよりであるかをスライダーを用いて指定すると、システムは指定された重み付けに基づき検索結果をリランキングするものである。また、One to One Ranking System⁸⁾は各ペー

ジを様々な軸で重み付けしておき、ユーザが自分の好みをグラフを用いてシステムに直接伝えることによって、ユーザの好みにあった商品をリランキングして表示することを動的に行うことができる。これらのシステムではユーザはバーやグラフを操作することでシステムに検索意図を伝えている。我々のシステムではユーザは検索結果中のどのキーワードの削除・強調が可能であり、これらのシステムとは異なる。

ユーザが検索クエリを入力している際に、関連する検索クエリや、追加すべきキーワードを推薦するシステムとして Google サジェスト³⁾がある。このシステムの利点として、システムが推薦するキーワードがユーザの検索意図にうまく適合した場合は検索結果の適合率を効果的に向上させることができる。しかし、検索結果中の他のキーワードがユーザの検索意図をよく表している場合や、不要な検索結果だけを除去したい場合などにはこのシステムを用いることができない。

2.3 リランキング手法

文書をユーザのフィードバックを用いてリランキングする手法の代表的なものとして、適合フィードバック¹⁰⁾がある。適合フィードバックはベクトル空間モデル¹¹⁾に基づいて、ユーザからのフィードバックをもとに文書をリランキングする手法である。リランキングの方法としてはクエリを修正し、再検索を行うものがよく用いられている。適合フィードバックに基づく文書検索では、フィードバックの単位として1つの文書、もしくは1つの検索結果というものが一般的である。それに対し我々の研究は1つの語単位でフィードバックを行い、検索結果をリランキングするものであると考えることができる。

3. 編集操作によるユーザの意図反映

3.1 ユーザとシステムのインタラクション

ユーザが検索結果を編集すると、システムはユーザの編集操作の種類と操作の対象に基づきユーザの意図を推定する。また、その意図推定に基づき検索結果をリランキングし、ユーザに提示する。ユーザとシステムのインタラクションに関する一連の流れは図1のとおりである。

- (1) ユーザはシステムにクエリを入力。
- (2) ユーザはシステムから検索結果を受け取る。
- (3) ユーザはシステムが提示する結果ページの様々な対象に対して各種の編集操作を行い、検索結果を編集する。
- (4) システムはユーザの編集操作を検知するとユーザの編集操作と編集対象からユーザの意図を

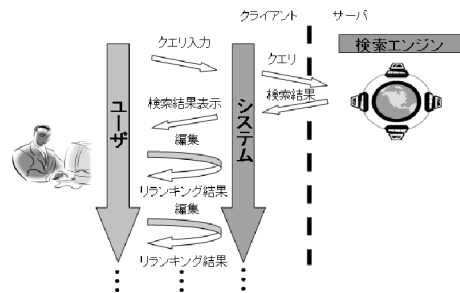


図1 システムのイメージ

Fig. 1 System image.

推定する。それに基づき結果をリランキングしユーザに結果を提示する。

- (5) ユーザが検索結果に満足していない場合は(3)へ戻る。

3.2 操作の種類

● 削除操作

我々は文書を編集している際に、間違った部分や不要な部分に対して削除操作を行う。ウェブ検索結果ページにおける削除操作は、自分の求める結果に明らかに不要なキーワードや、不要な検索結果を削除するといったことが考えられる。そこで、本稿では削除操作を、ユーザが自分にとって不要な情報をシステムに伝える操作として導入する。本システムは削除操作により実際に検索結果を削除せず、下位にリランキングする。したがって、本研究での削除操作は削除ではなく抑制や非強調という操作であるが、分かりやすさを重視するために操作名を“削除操作”とした。

● 強調操作

強調操作とは、あるものを周りのものよりも目立たせるために行う操作であり、削除操作と対になる動作であると考えられる。そこで本稿では、強調操作をユーザが自分にとって必要な情報をシステムに伝える操作として導入する。

3.3 操作の対象とユーザの意図

ユーザの検索意図は、ユーザが検索結果のどの個所を編集するかによって異なると考えることができる。通常の検索エンジンは図2のような検索結果ページを返す。

● タイトル

ページのタイトルは基本的に短いキーワードで表現されることが多い。ユーザが検索結果のタイトルからあるキーワードを削除するということは、そのキーワードを含む結果を下位にしたいという意図を汲み取ることができる。また、その

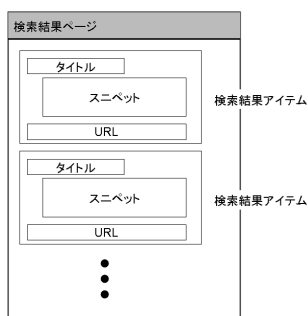


図 2 検索結果ページ

Fig. 2 An example of Web search results page.

キーワードに関連する話題の検索結果も下位にしたいとユーザは考えているかもしれない。たとえば“田中克己”というクエリの検索結果において、ユーザがタイトルの“ピアニスト”というキーワードを削除したということは、そのユーザが「ピアニストである田中克己の検索結果はいらない」という意図を持っていると推定することができる。

- スニペット

スニペットとは数個の文から構成される、検索クエリに基づきページを要約した文章である。ユーザの操作の対象がスニペットとなった場合は、ユーザはスニペット内のキーワードをだけでなく、スニペットの文章を削除することもあるだろう。ユーザがスニペット内のある文章を削除した場合は、その文章に関連した話題を含む検索結果を下位にすることを望んでいると推定できる。たとえば、賛成の意見を述べている検索結果を下位に表示させたい場合は、ユーザは「～に賛成する」といった文章を削除するだろう。

- URL

ユーザが URL や URL の一部を削除した際は、その選択した文字列を URL に含む検索結果を下位にしたいと推定できる。たとえば、jp ドメインの結果が不要である場合は、ユーザは検索結果の URL から .jp という文字列を削除すると考えられる。

- 検索結果アイテム

検索結果アイテムとは、タイトル、スニペット、URL といったページのメタデータで構成される検索結果を表す要素である。検索結果アイテムを削除するということは、ユーザにとって、その検索結果アイテムと似ている結果を下位にしたいという意図を汲み取ることができる。

- 複数検索結果アイテム

ユーザにとって 3 位の結果が必要で、1 位と 2 位

の結果が不要である場合、ユーザは 1 位から 2 位までの検索結果アイテムを削除すると考えられる。その場合、システムは 3 位の結果に似た結果を上位に表示しつつ、ユーザが削除した結果と似ている結果を下位にリランキングすることでユーザの意図を反映できる。

いずれの場合も、強調操作の場合は必要なものを上位に表示したいという意図を汲み取ることができる。強調操作におけるユーザの意図は、削除操作におけるユーザの意図とちょうど反対となる。

4. リランキング手法

本研究の目的は、ユーザの操作が行われたときにユーザの意図を推定し、その意図を検索結果ページに反映することである。その方法として、キーワードの削除と強調による検索結果のリランキングの方法を考案した。リランキングの流れを以下に示す。

- (1) ユーザがシステムにクエリ q を入力。
- (2) システムは検索エンジンに q を与え上位 N 件の検索結果アイテム集合 $R(q) = \{r_1, r_2, \dots, r_N\}$ を取得 (r_i は検索エンジンで i 位の検索結果アイテム)。
- (3) 各検索結果アイテム $r_i \in R(q)$ について、次式に従いスコアを割り当て、スコア順にユーザに表示する。

$$Score(r_i) = N - i \quad (1)$$

- (4) システムはユーザの操作を検知するたびに以下を行う。
 - (a) 用意されたアルゴリズムを用いて検索結果アイテムのスコアを再計算する。
 - (b) 各検索結果アイテムをスコア順に整列させ、新たな検索結果ページを生成しユーザに提示する。

4.1 選択キーワード法

ユーザがあるキーワード t を削除、強調した際、そのキーワードを含む結果を下位、または上位にする手法である。システムは、タイトルもしくはスニペットにキーワード t を含むような検索結果 $r_i \in R(q)$ について、削除操作が行われた場合は式 (2)、強調操作が行われた場合は式 (3) に従ってスコアを再計算する。

$$Score(r_i)_{new} = Score(r_i)_{last} - N \quad (2)$$

$$Score(r_i)_{new} = Score(r_i)_{last} + N \quad (3)$$

4.2 拡張キーワード法

たとえば、ユーザが“田中克己”というクエリで検索し、その検索結果ページから“ピアニスト”というキーワードを削除した場合、システムはユーザの意

図を「ピアニストである田中克己」についての検索結果を下位にすることだと推定することができる。したがって、ユーザが“ピアニスト”というキーワードを削除した際に、システムは“ピアノ”や“コンサート”といったキーワードを含む検索結果も一緒に下位にする方がユーザの意図に即しているといえる。これを実現する手法として、内部拡張キーワード法と外部拡張キーワード法という2つの手法を試みた。

4.2.1 内部拡張キーワード法

“ピアニスト”に関係するキーワードは、“ピアニスト”というキーワードと共に出現すると考えられる。そこで内部拡張キーワード法では、“ピアニスト”というキーワードを含む検索結果のタイトルやスニペット内に多く出現するキーワードを取得し、拡張キーワードとして利用する。具体的な流れを以下に示す。

- (1) ユーザが削除、強調したキーワード t を取得。
- (2) t をタイトルもしくはスニペットに含む検索結果アイテムからなる集合 $R'(q)$ を抽出。
- (3) $R'(q)$ 内の検索結果アイテムを形態素解析し、 $R'(q)$ 内に出現するキーワード集合 W を得る。
- (4) 各キーワード $w \in W$ について $R'(q)$ 内での出現回数 $TF(w, R'(q))$ を計算。
- (5) $TF(w, R'(q))$ が大きいキーワードを順に k 個 $w_1, w_2, \dots, w_k$ を抽出。
- (6) システムは $t, w_1, w_2, \dots, w_k$ の各キーワードそれぞれについて、タイトルまたはスニペットにそのキーワードを含む検索結果アイテム $r_i \in R(q)$ のスコアを、削除の場合は式 (2)、強調の場合は式 (3) に従って再計算する。

4.2.2 外部拡張キーワード法

内部拡張キーワード法では“田中克己”というクエリでの検索結果のみを利用して共起するキーワードを取得していたが、この手法では“ピアニスト”に関係するキーワードを十分に発見できないと考えられる。外部拡張キーワード法では、共起する語を精度良く発見するため、“田中克己 AND ピアニスト”というクエリで検索を行い、その検索結果中に多く出現するキーワードを取得し、拡張キーワードとして利用する。具体的な流れは以下のとおりである。

- (1) $R(q)$ 内の検索結果アイテムを形態素解析し、 $R(q)$ 内に出現するキーワードの集合 W を求めておく。
- (2) 各キーワード $w \in W$ について $R(q)$ 内での出現回数 $TF(w, R(q))$ を計算。
- (3) ユーザが削除、強調したキーワード t を取得。

- (4) システムは検索エンジンに“ q AND t ”というクエリを与え、上位 N 件を取得する（検索結果アイテム集合 $R(q \text{ AND } t)$ とする）。
- (5) $w \in W$ について $R(q \text{ AND } t)$ 内の出現回数 $TF(w, R(q \text{ AND } t))$ を計算。
- (6) $TF(w, R(q \text{ AND } t)) - TF(w, R(q))$ が大きい単語を順に k 個 $w_1, w_2, \dots, w_k$ を抽出。
- (7) システムは $t, w_1, w_2, \dots, w_k$ の各キーワードそれぞれについて、タイトルまたはスニペットにそのキーワードを含む検索結果アイテム $r_i \in R(q)$ のスコアを、削除の場合は式 (2)、強調の場合は式 (3) に従って再計算する。

これらの手法を用いた場合、たとえば“田中克己”というクエリの検索結果ページから“ピアニスト”というキーワードを削除すると、内部拡張キーワード法では、“ホームページ”、“情報”、“プロフィール”、“コンサート”、外部拡張キーワード法では、“プロフィール”、“コンサート”、“レッスン”、“ピアノ”というキーワードを含むような検索結果も同時に下位にすることができる（検索エンジンとして Google^{*1} を使用し $N = 500$, $k = 4$ とした場合）。

5. 実装

提案手法の有効性を示すため、システムのプロトタイプを実装した。

実装にはプログラミング言語である C# を用いた。形態素解析には奈良先端科学技術大学院大学自然言語処理講座で開発された茶筌^{*2}を用いた。本研究では、検索結果ページのキーワードとして、検索結果アイテムのタイトルとスニペットに含まれる一般名詞と固有名詞を茶筌を用いて抽出した。また、検索結果の取得および形態素解析を統合的に扱うことのできるプログラミングライブラリである SlothLib¹⁴⁾ を利用した。

ユーザは検索エンジンの種類や検索件数を指定して検索を行い、検索結果を受け取る。その後、ユーザは検索結果ページ内のキーワードを選択し、画面上部にある削除ボタンや強調ボタンを押すことによってキーワードの削除・強調を行い、検索結果をリランキングすることができる。たとえば“東西線”というクエリの検索ページで“東京”というキーワードを削除すると（図3）、リランキングされた検索結果は、仙台や京都の東西線といった、東京の東西線ではない東西線

*1 Google. <http://www.google.co.jp>

*2 茶筌. <http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/>



図 3 実行例：キーワード削除前

Fig. 3 Examples of the results produced by our system: Before deleting a keyword.

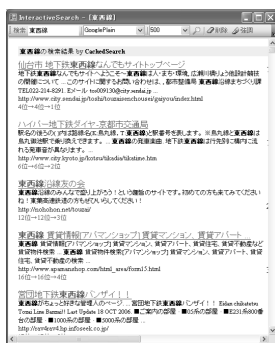


図 4 実行例：キーワード削除後

Fig. 4 Examples of the results produced by our system: After deleting a keyword.

のページが上位に表示される（図 4）。

6. 実験

6.1 ユーザ実験

本稿で提案する手法の有用性を明らかにするため、5 人の被験者に実際に本システムを使ってもらい、検索結果がどのように変わっていくのかを調べた。被験者は全員大学の男子学生で平均年齢は 22.6 歳であった。実験にあたり 30 個のクエリを用意し、それぞれのクエリに対して著者があらかじめ正解セットを作成した。被験者には下記の 2 種類のタスクを、30 個の各クエリに対して行ってもらった。なお、リランキング手法は選択キーワード法を用い、検索エンジンには Google を用いた、また $N = 500$ と設定した。実験に用いたクエリの一覧と、そのクエリに対する正解セットを作成するうえでの基準を表 1 に示した。今回は正解セットの作成の容易さから、同姓同名人物や多義語を実験クエリとして選んだ。また、それらのクエリの検索結果の正解基準として、検索結果中出现するクエリが、表 1 に示された意味で用いられている

ということが、タイトル・URL・スニペットを閲覧しただけで判断可能である場合にその検索結果を正解であると判断した。たとえば、“田中克己”というクエリで正解基準が京都大学教授というタスクは、“田中克己”の検索結果のうち、“田中克己”という語が京都大学の教授である田中克己に関する意味で用いられているということがタイトル・URL・スニペットを見ただけで判断可能な検索結果を正解セットだと判断しているということを表している。

6.1.1 キーワードの削除

被験者はシステムにクエリを与え検索結果を受け取る。被験者は検索結果の上位 20 件ができるだけ多く正解になるように、削除操作のみを用いて検索結果をリランキングする。検索結果の上位 20 件すべてが正解であるとユーザが判断するか、3 回削除操作を行った時点でタスクを終了する。

6.1.2 キーワードの強調

被験者はシステムにクエリを与え検索結果を受け取る。被験者は検索結果の上位 20 件ができるだけ多く正解になるように、強調操作のみを用いて検索結果をリランキングする。検索結果の上位 20 件すべてが正解であるとユーザが判断するか、3 回強調操作を行った時点でタスクを終了する。

6.2 リランキング手法の比較

6.2.1 手法の比較

リランキング手法の有効性を比較するために、6.1 節と同様の実験を、3 つのリランキング手法を用いて筆者が行った。なお、削除や強調する語は 6.1 節の結果をふまえ、被験者が削除や強調した語をできるだけ選択するようにした。また、削除・強調操作ともに選択キーワード法を用いた際の、操作を繰り返すことによる最低順位の推移を調べた。最低順位とは、上位 K 件中に存在する正解検索結果アイテムの、元の Google での検索順位のうち最低の値を表す。

6.3 結果

図 5 はユーザ実験によって、図 6、図 7 は著者が行った削除操作・強調操作によるリランキングをした結果の、上位 K ($K = 1, 2, \dots, 20$) 件までの検索結果の平均適合率である。図 8 はユーザ実験より得られた結果より求めた 11 点平均適合率グラフである。なお、11 点平均適合率グラフを求めるにあたり、検索結果の上位 500 件にすべての検索結果が含まれているという仮定をおいた。図 9 には著者が削除・強調を行った際に、どの程度正解の検索結果を誤って下位にリランキングしたり、不正解の検索結果を上位にリランキングにしたりする割合を調べた。誤り率とは、それぞ

表 1 実験に用いたクエリと正解 Web 検索結果の基準

Table 1 Queries used in experiments and their criteria of matched Web search results.

クエリ	正解基準	クエリ	正解基準	クエリ	正解基準
田中克己	京都大学教授	手塚太郎	京都大学助教	かぐや姫	古典物語
田中克己	日経	手塚太郎	関西大学創立者	かぐや姫	フォークグループ
田中克己	ピアニスト	ジャガー	漫画	NEO	NHK 番組
田中克己	詩人	ジャガー	車ブランド	NEO	株式市場
東西線	東京	ジャガー	ミシン	三条	新潟三条市
東西線	京都	ジャガー	動物	三条	京都市三条通
東西線	札幌	ライスシャワー	馬名	ZOO1	漫画
東西線	仙台	ライスシャワー	ブライダル	ZOO1	小説
ライオン	生活用品メーカ	アマゾン	アマゾン川	アルク	出版社
ライオン	動物	アマゾン	通販サイト	アルク	メガネ店

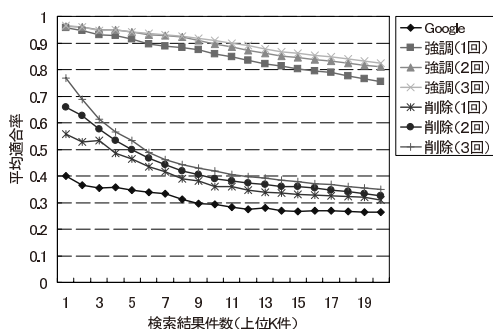


図 5 被験者の操作による適合率の推移

Fig. 5 Average precision obtained by the user experiment.

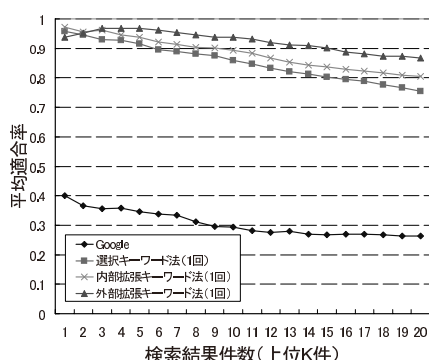


図 7 各手法による適合率の推移の比較結果 (強調)

Fig. 7 Comparison of average precision obtained after each emphasis.

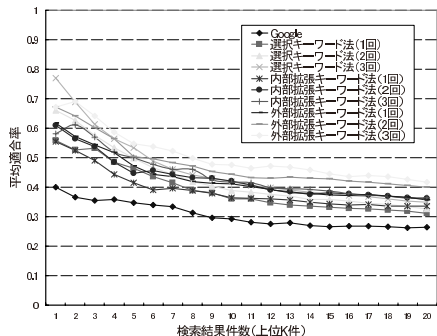


図 6 各手法による適合率の推移の比較結果 (削除)

Fig. 6 Comparison of average precision obtained after each deletion.

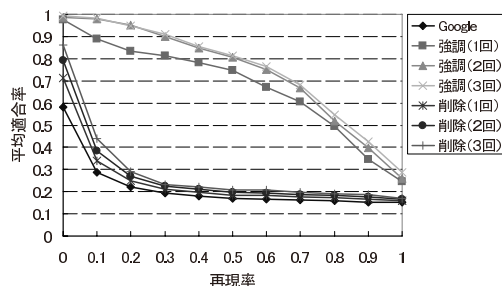


図 8 被験者の操作による 11 点平均適合率の推移

Fig. 8 Average precision obtained by the user experiment.

れの語について、誤ってリランキングした検索結果の数を正しくリランキングした検索結果の数で割ったものである。各グラフは著者が選択した語 t および 2 つの拡張キーワード法で取得したキーワード w_1, w_2, w_3, w_4 による誤り率を示している。図 10, 図 11 は著者が行った削除・強調による最低順位の推移を表している。

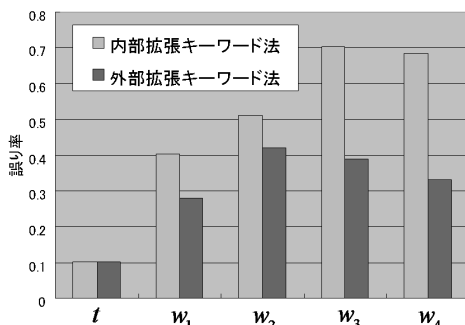


図 9 各手法による誤り率の比較結果

Fig. 9 Comparison of average error ration after each method.

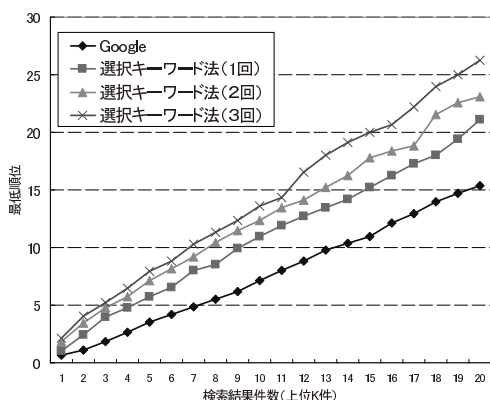


図 10 最低順位の推移 (削除)

Fig. 10 Average initial order of lowest matched search results in top K (deletion).

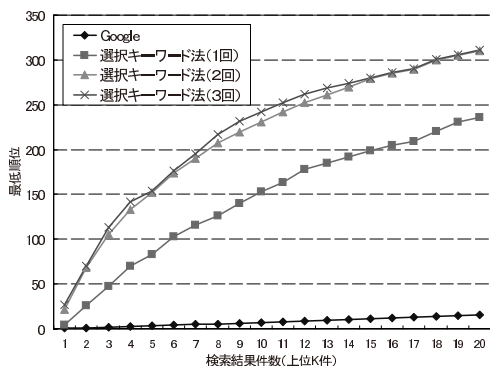


図 11 最低順位の推移 (強調)

Fig. 11 Average initial order of lowest matched search results in top K (emphasis).

7. 考 察

7.1 キーワードの削除

図 5 から、キーワードの削除操作を行うごとに上位 20 件中の適合結果の数が増えることが分かる。また、上位 20 件中の適合率の変化という点で見れば、1 回目の削除操作が最も効果が大きく、2 回目、3 回目と操作を行うごとに適合率上昇の効果は薄れていく。

各手法の比較に関しても、内部拡張キーワード法が最も効果が薄く、選択キーワード法と外部拡張キーワード法は大きな差はなかった。特に、ユーザは検索結果の上位 10 件程度しか見ないとするならば、選択キーワード法と外部拡張キーワード法の差はほとんどないといえる。2 つの拡張キーワード法が選択キーワード法に比べて効果が上がらなかった理由として、図 9 から分かるとおり、ユーザが直接選択した語は精度が高くリランキングができるのに対して、2 つの

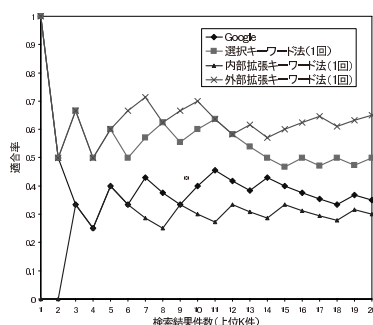


図 12 田中克己 (京大教授)

Fig. 12 Precision of "Katsumi Tanaka" (Professor).

拡張キーワード法で取得した単語は精度が悪くなるという点があげられる。また、内部拡張キーワード法が取得する単語の方が、外部拡張キーワード法が取得する単語よりも精度が悪いことが分かる。図 12 は京都大学の「田中克己」を正解セットとし、「田中克己」というクエリで検索を行い、その検索結果から「ピアニスト」という単語を削除した際の適合率を各手法について比較したものである。外部拡張キーワード法では 4.2.2 項で示したようにピアニストに関係のあるキーワードを含む結果を下位にすることができるが、内部拡張キーワード法では 4.2.1 項で示したように「情報」というキーワードを含む検索結果も下位になってしまう。しかし、京都大学の教授である田中克己についての検索結果は「情報」というキーワードと高い共起性を持っているため、「情報」というキーワードを含む検索結果を下位にすると、多くの適合結果を下位にしてしまうことになる。外部拡張キーワード法も、内部拡張キーワード法よりは数少ないものの、このような「複数の話題に共通する語」や「様々な検索結果に含まれる一般的な語」を共起語として取得してしまう。拡張キーワード法の精度を高めるにはこういった問題に対処する必要がある。一般的な語を除去する基本的な手法として、単純な語の出現頻度だけでなく IDF も用いて語の重み付けを変更する手法が考えられる。たとえば内部拡張キーワード法では、現在はユーザが選択した語と共起する語の TF を用いて語の抽出を行っているが、TF だけでなく、検索結果全体にその語が出現する回数を DF として利用することで、一般的な語の重みを低くすることができるのではないかと考えられる。

7.2 キーワードの強調

キーワードの強調は削除操作と比べて非常に効果が高く、1 回の操作で上位 20 件すべてが正解となるようなクエリも複数存在した。また、図 8 より、強調操

作を行うことによって、必要な検索結果を簡単に上位に集めることが可能であることが分かる。

各手法の効果の比較に関しても、選択キーワード法が最も効果が薄く、外部拡張キーワード法が最も効果が大きかった。キーワードの削除では拡張キーワード法で“情報”のような複数の話題に関係する一般的な語を取得してしまうことが適合率を低下させる原因となった。しかし、強調では欲しい話題とは関係ない一般的な語を取得しても、ユーザが指定したキーワードや、他に取得した語が欲しい話題に関係のある語であれば適合率の低下があまり起こらないため、拡張キーワード法を用いた両手法の方が良い結果となったのではないと思われる。

7.3 削除操作と強調操作

図 10, 11 から分かるとおり、強調操作は元々非常に下位に存在していたような検索結果を上位にリランキングすることができる。削除操作はあまり下位の結果を上位に表示することはできないが、選択キーワード法のような誤って適合結果を下位にすることがほとんどない手法を用いることで、必要な情報を漏らさず効率良く検索結果を閲覧できると考えられる。

今回の実験では被験者の感想として、削除操作が使いにくいというものや、1 種類の操作だけを連続で用いるよりも、2 種類の操作を組み合わせでリランキングを行いたいというものがあった。今回の実験では正解セットが比較的用意しやすいクエリを選んだので、強調すべきキーワードも比較的見つけやすかったが、実際の利用ではユーザは削除操作と強調操作を組み合わせながら、徐々に検索結果を最適化していくことになるだろう。

7.4 AND や NOT を用いた再検索との比較

一般に、利用者が検索エンジンに検索意図を反映させるにはユーザはキーワードを AND, OR や NOT を用いて追加すると考えられる。提案手法と、AND, OR や NOT を用いて再検索を行う手法との差異を測るため、6.1 節のユーザ実験で行ったクエリおよびユーザが削除・強調した語を用いて以下のような実験を行った。

提案手法によりリランキングを行った検索結果集合 (R とする) と、ユーザが語 t を強調した場合は AND または OR で、削除した場合は NOT を用いて元のクエリにキーワードを追加し再検索を行い検索結果集合 (S とする) がどれだけ一致しているかを求めた。2 つの検索結果集合がどれだけ一致しているかを測る尺度として、以下の値を 2 つの検索結果集合の上位 k 件の一致度と定めた。

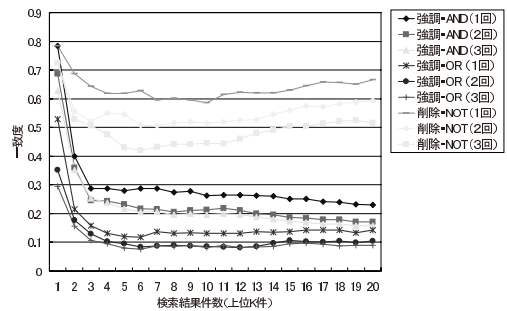


図 13 両手法の一致度の比較

Fig. 13 Comparison of the sameness between two methods.

$$f_k(R, S) = \frac{|R_k \cap S_k|}{|R_k \cup S_k|} \quad (4)$$

R_k は検索結果集合 R の上位 K 件の集合を表す。

式 (4) は 2 つの検索結果集合がまったく同一であれば 1 に、すべて異なる場合は 0 となる。2 つの検索結果集合の各要素が一致しているかどうかの判断は、両検索結果の URL が同一かどうかという判断で行った。また、実験には 6.1 節のユーザ実験で用いたクエリおよび被験者が実際に行った操作を用いた。たとえば、ユーザがクエリ q の検索結果内において t_1, t_2 という語を強調したならば、 q の検索結果から選択キーワード法を用いて t_1, t_2 を強調してリランキングすることで得られた検索結果と、クエリ “ $q \wedge t_1 \wedge t_2$ ” または “ $q \vee t_1 \vee t_2$ ” で得られた検索結果について一致度を比較する。これを 6.1 節のユーザ実験で用いたクエリおよび被験者の操作記録から得られた語に対して比較を行った。

図 13 は 2 つの手法で得られた検索結果集合の上位 K ($K = 1, 2, \dots, 20$) 件どうしの一致度である。図 13 より、選択キーワード法によるリランキングで得られる検索結果集合と、AND, OR や NOT を用いた再検索で得られる検索結果集合はかなりの割合で異なっていることが分かる。特に AND や OR を組み合わせた場合に両者は大きく異なるということが分かる。つまり、我々の手法は AND, OR や NOT を用いてキーワードを追加していく検索手法とは、ユーザが閲覧する検索結果の種類が異なるということがいえる。

また、AND や NOT を用いて再検索を行う場合は以下の 2 点の問題があると考えられる。

- AND を組み合わせると元のクエリを含まない検索結果が上位に来る場合がある。
- 検索結果 AND と NOT を用いた再検索手法では、検索結果の一側面しか閲覧することができない。たとえば“田中克己”というクエリの検索結果を閲覧

している際に、“ピアニスト”、“ピアノ”、“プロフィール”という3語を強調したとする。それをANDを用いて“田中克己 ∧ ピアニスト ∧ ピアノ ∧ プロフィール”というクエリでGoogleで検索を行うと、1件目の検索結果は元のクエリである田中克己を含まない検索結果が表示されてしまう。元々田中克己に関する検索結果を探しているユーザにとって、このような検索結果が上位に表示されてしまうのは問題であると考えられる。

また、我々のシステムは1つの検索結果をリランキングを用いて様々な観点から閲覧することを目的としている。したがって、ANDやNOTを用いて元の検索結果の話題を限定してゆくことは、我々の目的とは本質的に異なると考えられる。

しかし、ユーザが初めに入力したクエリの検索結果に答えがほとんど含まれておらず、その際にユーザが自身の手でキーワードを追加して再検索したいという状況が考えられる。そのような場合は、たとえばユーザが強調した語をクリックすることによってそのキーワードをANDで追加してやり再検索を行うといった手法を用いることにより、直観的に再検索を行うことができるのではないかと考えられる。

7.5 システムが有効な検索タスク

本システムが効果的に働く検索タスクの種類は、大きく分けて3種類存在すると考えられる。

- 多義語を含むクエリの検索
- 検索ドメインが限られた検索
- ユーザの検索意図が曖昧な状況下での検索

同姓同名などの多義語を含むクエリの検索結果は、ある特定の語と共起する可能性が非常に高い。そのため、そのような共起する語に対して削除や強調を行うことによって高い精度でリランキングが可能であると考えられる。

また、検索ドメインが限られた検索にも我々のシステムは有効に働くと考えられる。検索ドメインが限られた検索とは、たとえば食材をクエリとして入力し、料理名を探すというレシピ検索があげられる。ユーザが「豚肉 ピーマン」で検索したとする。その後、ユーザは検索結果を閲覧していき、「なす」という言葉を発見する。たとえば冷蔵庫に「なす」があることを思い出したユーザは「なす」を強調することによって「なす」を含んだ検索結果を上位にリランキングできる。さらに、リランキングされた検索結果から「ニンニク」を発見したユーザは、食事の後に人に会うのでニンニクを使った料理は今はいらないと思えば「ニンニク」を削除することによって、「ニンニク」を含ん

だ検索結果を下位にリランキングすることができる。この検索において、我々のシステムが有効に働く理由は2点あると考えられる。1点目が、検索結果に出現する語彙が限られているということである。レシピ検索において重要な語は食材や調味料などであり、つまり、検索結果を特徴づける語の種類がある程度限られているといえる。2点目が、検索結果を閲覧しながら必要・不必要なキーワードを思いつきやすいということである。食材などの特徴的なキーワードを検索結果閲覧中に発見した際に、我々のシステムは削除や強調といった直観的な操作によって手軽にリランキングが可能である。この2点によって、検索ドメインが限られた検索が有効であると考えられる。検索ドメインが限られた検索にはレシピ検索のほかにも、たとえば症状から病名を探すような検索や、著者名から論文を探すような論文検索などがあげられる。

最後に、ユーザの検索意図があいまいな状況下の検索においても本システムは有効に働くと考えられる。検索において、つねにユーザの検索意図が明確なことはなく、漠然と検索を行う場合もあると考えられる。そのような場合、検索意図が曖昧なため、ユーザは1語からなるクエリのような、非常に曖昧なクエリを入力しなければならない。そのような検索では、ユーザは検索結果やページを閲覧しながら検索意図を明確にしていくと考えられる。本システムは、検索意図を伝える手段として削除や強調などの操作を提供し、検索結果空間を自由に移動し閲覧できるようにしている。ユーザは検索結果を様々な観点から簡単に確認することができるため、本システムはユーザの検索意図を明確にしていくようなタスクに有効に働くと考えられる。

8. タグクラウドを用いたキーワード決定支援

8.1 概要

3章と4章でキーワード削除・強調の意図と、その意図を検索結果ページに反映する手法について述べた。しかし、キーワードには、多くの検索結果に含まれるようなキーワードと、他の検索結果にほとんど出現しないようなキーワードがある。多くの検索結果に含まれるキーワードを削除した場合は、検索結果の多くがリランキングされるが、ほとんど出現しないキーワードを削除した場合は、下位にリランキングされる結果は少ないため検索結果ページはあまり変動しない。また、キーワードの強調についても同様の問題があり、様々な検索結果に含まれるキーワードを強調してもあまり検索結果ページは変動せず、あまり他の検索結果に含まれないような単語を指定してやれば普段は見な

いような下位の検索結果を上位に表示してやることができる。また、下位にしか存在しないキーワードに対して操作を適用するには、実際に結果を順に見てゆき、そのキーワードをユーザが発見する必要があり、削除や強調操作によるリランキングの利点が損なわれてしまう。したがって、キーワードの削除や強調によるリランキングを効率的に行うには、キーワードに対して削除や強調の操作を行った際に、どのように検索結果が変わるのかをあらかじめユーザに提示してやる必要がある。そこで我々は、タグクラウドというテキストベースの表現手法をウェブ検索結果ページにも適用し、ユーザが削除や強調するキーワードの決定の支援を行うことを考え、実際に実装した。

8.2 タグクラウドとは

タグクラウドとは様々なタグをひとかたまりの領域に並べて表示し、利用頻度が高いものや、人気があるタグほど大きく描画するという表示方法である。タグクラウドを用いたものとして代表的なものには flickr^{*1}があり、flickr ではユーザが画像につけた多種多様なタグを、タグクラウドを用いて一覧表示している。タグクラウドの利点としては、頻出単語が大きく表示されて一目で確認できるうえ、全体が見渡せるという点があげられる。

8.3 タグクラウドの生成方法

一般的なタグクラウドでは、表示されるのはユーザが付加したタグの集合であるが、ここではウェブ検索結果ページに出現するキーワードの集合をタグクラウドとしてウェブ検索結果ページに表示する。また、どのように検索結果の内容が分布しているのかということを表示するために、検索結果を上位から順に複数のグループに分割して、それぞれについてタグクラウドを表示するという手法をとった。タグクラウド生成の流れは下記のとおりである。ユーザが削除や強調するキーワードの支援に用いた。一般のタグクラウドでは大きく表示されるタグは利用頻度や人気度の高いタグであるが、今回我々は検索結果リスト内のキーワードの出現頻度に基づいて、出現頻度が高い単語ほど大きく表示する手法をとった。

- (1) 検索結果ページ p 内のスコア順に整列された検索結果アイテムの集合 $R = \{r_1, r_2, \dots, r_N\}$ を上位から 5 分割する (5 分割された検索結果アイテムの集合を $R' = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5\}$ とする)。
- (2) $R_i \in R'$ について以下を行いタグクラウドを生

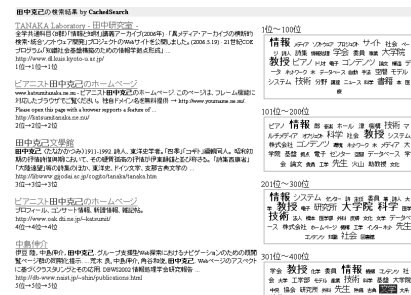


図 14 タグクラウドの実装例
Fig. 14 Example of TagClouds.

成する。

- (a) R_i 内の検索結果アイテムのタイトルとスニペットを形態素解析し、キーワードの集合 T_i とキーワード $t \in T_i$ の出現回数を計算する。
- (b) 出現回数の多いキーワード上位 k 個を求め、そのキーワードを R_i で初めて登場する順番にタグクラウドに追加する。
- (c) キーワードの出現回数があらかじめ用意した閾値 θ_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) を超えるごとにタグクラウドで表示するキーワードの大きさを変更する。

8.4 実行例

実際のシステムの実行例を図 14 に示す。システムの左側には通常の検索結果のリストを表示し、検索結果ページの右側にはタグクラウドを表示している。図では 500 件の検索結果を取得して表示しており、その隣に 1 位 ~ 100 位, 101 位 ~ 200 位, ..., 401 位 ~ 500 位のタグクラウドを表示している。各タグクラウドではキーワードの出現回数が上位 30 件のものを 4 種類の大きさで表示している。ユーザはタグクラウドで表示されているキーワードも編集操作の対象として利用することができるため、タグクラウド上のキーワードを削除、強調することで検索結果のリランキングを行うことができる。システムはユーザの操作に応じて、4 章のリランキング手法を用いて検索結果をリランキングし、リランキング結果および新しいタグクラウドを生成してユーザに提示する (図 15)。

8.5 利用で得られた知見

タグクラウドを表示することによって、検索結果ページにどのようなキーワードが含まれているか俯瞰することができ、検索結果にどのような話題が含まれているのかを素早く見渡すことができるようになった。また、大きく表示されているキーワードは、そのキーワードを削除したときに多くの結果が下位になること、

*1 flickr. <http://www.flickr.com/>



図 15 キーワードの強調後のタグクラウドと検索結果

Fig. 15 TagClouds and search results after emphasizing a keyword.

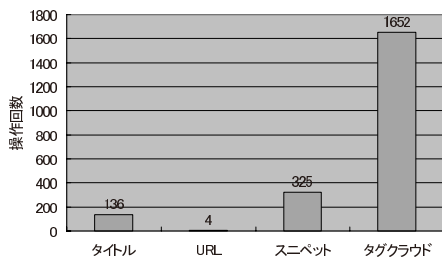


図 16 各操作対象における編集操作の実行頻度

Fig. 16 Precision of “Katsumi Tanaka” (Professor).

小さく表示されているキーワードは、強調すれば検索結果ページにまばらに含まれるページをまとめて上位に表示できることが視覚的に分かるようになっており、削除や強調を行うことによってどのように検索結果が変化するのが分かりやすく表示できている。

我々は実際にシステムをウェブサービス^{*1}として運用し、2007年10月22日から2007年11月31日にわたりユーザの編集操作の記録を行った。図16はログより得られたユーザが行った編集操作の種類の割合である。図16より、タグクラウド中のキーワードは検索結果中のタイトルやスニペットと比べて高い頻度で編集操作が行われていることが分かる。すなわち、タグクラウドを使用することによって、ユーザは検索結果の中から自分に必要なキーワード、不必要なキーワードを探し出すことが、従来のタイトルやスニペットからキーワードを選択するよりも容易となっているといえる。

現在は検索結果を5分割してタグクラウドを表示しているが、検索結果の分割方法やキーワードの表示順序、キーワードの色づけなど、タグクラウドのユーザへの提示手法については今後研究していく予定である。

9. まとめと今後の課題

本稿では、ウェブページの検索を行う際に、ユーザに様々な操作を許可することでユーザの検索意図を推定し、結果に反映する手法を提案した。また、実際にユーザがキーワードの削除、強調操作を行った際のリランキング手法を提案し、評価を通してその有効性を検証し、削除操作と強調操作には利用のしやすさとリランキングの効果に差があることを示した。さらに、ユーザが効率的に削除・強調操作を行うためにタグクラウドを用いた手法を実装した。

今後はキーワードの削除や強調操作だけではなく、ページや文章に対する削除や強調操作や、ドラッグアンドドロップなどの操作を用いた意図推定や反映についても取り組んでいきたい。また、ユーザの検索意図には結果をリランキングしてほしいという意図以外にも様々なものが考えられる。一般に検索結果のスニペットはそのページをうまく要約したものであるとは限らないので、もっとそのページの別の箇所のスニペットを見たいということがあるだろう。そういった場合に、スニペットを削除することによってその検索結果のスニペットを別の箇所のスニペットに修正するといったことが考えられる。また、あるものを様々な側面で比較したいということがあるが、そういった比較検索にもユーザの編集操作を導入し、検索結果を編集することで簡単に比較を行うことができるシステムも実装する予定である。

また、今回我々が提示した手法はウェブ検索結果閲覧だけでなく、他のウェブブラウジング時においても適用できると考えられる。たとえば掲示板において、特定の名前の書き込みや、スパムメッセージだけを削除することにより可読性を向上させたり、特定の話題に関係する書き込みのみ表示したりすることなどが考えられる。このような、ウェブページをユーザの好きなように修正できるシステムについても取り組んでゆく予定である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省研究委託事業「知的資産の電子的な保存・活用を支援するソフトウェア技術基盤の構築」、異メディア・アーカイブの横断的検索・統合ソフトウェア開発(研究代表者: 田中克己)、文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「情報爆発時代に向けた新しいIT基盤技術の研究」における、計画研究「情報爆発時代に対応するコンテンツ融合と操作環境融合に関する研究」(研究代表者: 田中克己, A01-00-02, 課題番号 18049041)、計画研究「情報爆発時代に対応する新IT基盤研究支援プラットフォームの構築」(研究代

*1 rerank.jp. <http://rerank.jp>

表者：安達淳，Y00-01，課題番号：18049073），文部科学省科学研究費補助金若手研究（B）No.18700129，および，文部科学省グローバルCOE拠点形成プログラム「知識循環社会のための情報学教育研究拠点」（研究代表者：田中克己，平成19～23年度）によるものです．ここに記して謝意を表すものとします．

参 考 文 献

- 1) Araki, T., Miyamori, H., Minakuchi, M., Kato, A., Stejic, Z., Ogawa, Y. and Tanaka, K.: Zooming Cross-Media: A Zooming Description Language Coding LOD Control and Media Transition, *Proc. 16th International Conference on Database and Expert Systems Applications*, pp.260–269 (2005).
- 2) Broder, A.: A taxonomy of web search, *ACM SIGIR Forum*, Vol.36, No.2, pp.3–10 (2002).
- 3) Google サジェスト .
<http://www.google.co.jp/webhp?complete=1>
- 4) Huynh, D., Miller, R. and Karger, D.: Enabling web browsers to augment web sites' filtering and sorting functionalities, *Proc. 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp.125–134 (2006).
- 5) Kang, I. and Kim, G.: Query type classification for web document retrieval, *Proc. 26th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, pp.64–71 (2006).
- 6) Lee, U., Liu, Z. and Cho, J.: Automatic identification of user goals in Web search, *Proc. 14th international conference on World Wide Web*, pp.391–400 (2005).
- 7) Nanno, T., Saito, S. and Okumura, M.: Zero-Click: A system to support Web browsing, *The 11th International World Wide Web Conference* (2002).
- 8) 121r (One to One Ranking System).
<http://www.kbmj.com/service/>
- 9) Rose, D. and Levinson, D.: Understanding user goals in web search, *Proc. 13th international conference on World Wide Web*, pp.13–19 (2004).
- 10) Salton, G.: *The SMART Retrieval System Experiments in Automatic Document Processing*, pp.312–323 (1971).
- 11) Salton, G. and McGill, M.: *Introduction to Modern Information Retrieval*, McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA (1986).
- 12) Tian, C., Tezuka, T., Oyama, S., Tajima, K. and Tanaka, K.: Improving Web Retrieval Precision based on Semantic Relationships and Proximity of Query Keywords, *Proc. 17th International Conference on Database and Expert Systems Applications* (2006).
- 13) Yahoo! Mindset.
<http://mindset.research.yahoo.com/>
- 14) 大島裕明，中村聡史，田中克己：SlothLib: Web 検索研究のためのプログラミングライブラリ，電子情報通信学会第18回データ工学ワークショップ（DEWS2007）(2007).

(平成19年9月20日受付)

(平成20年1月10日採録)

(担当編集委員 伊川 洋平)



山本 岳洋

京都大学大学院情報学研究科博士前期課程在学中．2007年京都大学工学部情報学科卒業．ウェブ検索の研究・開発に従事．日本データベース学会学生会員．



中村 聡史 (正会員)

京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻特任助教．2004年大阪大学大学院情報学研究科博士後期課程修了．博士(工学)．主にヒューマンコンピュータインタラクション，ウェブ検索の研究に従事．日本データベース学会会員．



田中 克己 (正会員)

京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻教授．1976年京都大学大学院博士前期課程修了．博士(工学)．主にデータベース，マルチメディアコンテンツ処理，ウェブ検索の研究に従事．IEEE Computer Society，ACM，人工知能学会，日本ソフトウェア科学会，日本データベース学会各会員．