

画像類似度でのクラスタリングによる適合性フィードバックを利用した Web 画像検索

市川 哲彦[†] 菅 伊織^{††} 立野 正浩^{††} 菊政 勲^{††}

[†] 山口大学メディア基盤センター 〒755-8505 山口県宇部市南小串 1-1-1

^{††} 山口大学理学部数理科学科 〒753-8512 山口県山口市吉田 1677-1

E-mail: †{ichikay,kikumasa}@yamaguchi-u.ac.jp

あらまし Web 画像検索では, HTML ファイル中に含まれる画像を, その周辺に出現する単語をキーとして検索を行う方法が一般的である. しかしながら, 必ずしも単語が画像特徴を良く表しているわけではないことから, 検索精度は必ずしも良くない. また, 検索結果の画像やそれらを参照している元文書の内容にもとづいて問合せ修正をする作業はすべてユーザに任されているのであるが, この過程での画像認識のユーザ負荷や, 問合せ修正の方針を立てるためのページ閲覧の負荷があり, 通常の Web ページ検索に比べて修正にかかるユーザ負担が大きいと言える. そこで本研究では, 検索結果に含まれる画像をクラスタリングし, その中から正事例を選択する適合性フィードバック処理によって画像認識負荷を軽減し, また, 選択されたクラスタに含まれる画像を参照している Web ページから問合せ拡張の候補を抽出してユーザに選択させることで問合せ修正の負担を軽減するシステムを開発した. キーワード Web 画像検索, 画像クラスタリング, 適合性フィードバック, 文書ベクトル抽出

A Web image retrieval method using relevance feedback with image clustering and text-feature extraction

Yoshihiko ICHIKAWA[†], Iwori SUGA^{††}, Masahiro TACHINO^{††}, and Isao KIKUMASA^{††}

[†] Media & Information Technology Center Yamaguchi University Minamikogushi 1-1-1, Ube, Yamaguchi, 755-8505 Japan

^{††} Department of Mathematics, Faculty of Science, Yamaguchi University Yoshida 1677-1, Yamaguchi, Yamaguchi 753-8512 Japan

E-mail: †{ichikay,kikumasa}@yamaguchi-u.ac.jp

Abstract Web image retrieval is performed based on the terms appearing near images in HTML files. However, the relationship between the terms and the images are not so accurate, the precision tends to be low. In order to improve the performance, relevance feedback is one of the promising approach. The user's burden, however, is the inherent defect of the approach. Moreover, the user must browse several pages in order to modify the query to improve performance, and so the burden to do it is another inherent problem. So, this research tries to lessen the burden by using relevance feedback based on the clusters of the retrieved images and to show the query terms extracted from the relevant Web pages referring to the images in the cluster.

Key words Web image retrieval, image clustering, relevance feedback, document vector extraction

1. はじめに

近年は Web ページ検索エンジンが普及しているが, 加えて画像検索機能も一般化してきている [1] ~ [5]. これらのエンジンでは, HTML ファイル中に含まれる画像を, HTML 中の単語で特徴付け, この特徴を用いて画像を検索する手法が取られている. これにより, 画像の内容に基づく類似検索 [6] で問題

になるページゼロ問題 (page zero problem) [7], すなわち, 類似検索においては初期画像をうまく選択しないと正しい検索結果が得られないという問題, を解消している. これらのシステムでは, テキストベースの特徴空間のみによる画像検索 [1], [2], テキストベースの特徴空間からの内容に基づく類似画像 [4] を提供している.

テキストベースの特徴を利用した画像検索では, 画像が含ま

れる HTML 文書が必ずしも詳しくかつ正確なキャプション付けをしているとは限らないことから、検索性能は必ずしも良くない^(注1)。ユーザは自分が意図した画像群が得られるように問合せを修正しなくてはならないのであるが、その過程では、検索された画像を認識してそれが自分が意図したものであるかを判定する処理と、検索結果を参照している Web ページを閲覧し、どのような単語がそこで使われていて、どのように問合せ修正をすれば所望の画像にたどり着けるそうかを立案する処理をユーザ自身が行わなくてはならない。

効果的な性能改善の手法としては適合性フィードバック (relevance feedback) が知られている [8]。これは検索結果に対して利用者が正しい結果と間違っている結果の分類を行い、正しいと判断されたもの (正事例) のみが検索されるように問合せを修正する手法である。

本研究ではこの考えを Web 画像検索に適用した。検索結果の画像群から利用者が正事例や不事例を判定すると、システムはその結果に基づいて、画像群を参照している Web ページ群を分析し、問合せ修正を自動的あるいは半自動的に行う。ただし、単純に画像一覧を提示して正事例や負事例を選択させてしまうとユーザの画像認識の負荷が大きという問題がある。

適合性フィードバックにおける利用者負担を軽減する方法としては、検索結果の文書集合のクラスタリングを行い、各クラスタの代表にだけ真偽の判定をする方法が知られている [9]。そこで本研究では、検索結果に対して画像特徴を用いたクラスタリングを行い、その結果をユーザに提示して判定をさせ、さらにその結果を問合せ拡張に利用するという手法を採用している。

以下の本論文の構成は次の通りである。まず第 2 節では、ユーザとシステムとのやり取りがどのように進むのかという点と、システムのアーキテクチャ、すなわち、システムを構成するモジュールとそれらの機能および相互関係について説明する。次に第 3 節では、クラスタリングで利用される画像特徴および非類似度計算方法について説明し、続く、第 4 節では、クラスタリングアルゴリズムについて述べる。第 5 節で適合性フィードバックについて述べたのち、第 6 節で実験結果について報告する。最後にまとめと今後の課題について述べる。

2. システムの概要

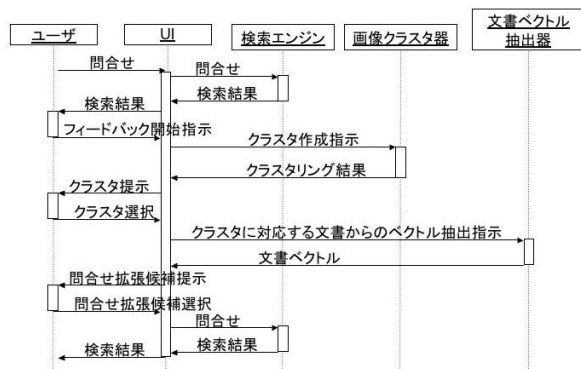


図 1 システム動作を表すシーケンス図

(注1): 典型的なケースがブログである。その日にあった出来事が書かれているにもかかわらず、付随する写真が筆者のスナップショットであるケースが見られる。

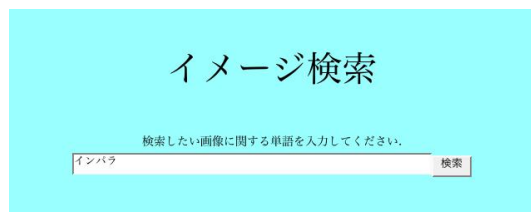


図 2 システム利用例: 問合せ入力画面



図 3 システム利用例: 画像検索結果提示画面 (参照画像の URL は付録を参照)

本システムの構成要素とユーザとのやり取りを図 1 に示す。まず、ユーザインターフェース (以下 UI) は、ユーザからキーワードによる問合せを受け付ける。これは、そのまま Web 画像検索のエンジンに送られる。ここでは、検索エンジンとしては先に述べた Web 画像検索サイトを利用することを想定しており、現段階では実装の対象ではない。検索結果は、画像とその画像を参照する HTML 文書の対のリストである。

通常の Web 画像検索で問合せを適宜修正しながらこの対話を繰り返すが、本システムでは適合性フィードバックが使えるので、ユーザはフィードバック開始を指示する事もできる。システムはこれを受けると、問合せ結果の画像群を画像クラスタ生成器にかけ、得られた画像クラスタをユーザに提示する。ユーザがその中から適切と考えるクラスタを選択すると、そのクラスタ中の画像群と対応付けられている HTML 文書群を文書ベクトル抽出器にかけて、この文書群の特徴ベクトルを得る。これらを元に問合せ拡張を行い、再度検索をする。以降はこの繰り返しとなる。

図 2 に「インパラ」を検索語とする例を考える。インパラは動物の名前であると同時に車種名でもあるため、単純にこの単語を検索語として画像検索を行うと、双方の画像が含まれてしまう (図 3)^(注2)。ここでクラスタリングを指示すると図 4 のような結果が得られる。各クラスタの代表画像が最も左に表示され、その右側にクラスタの他の要素が並んでいる。画像の上に表示される数値は、代表画像との非類似度である。

クラスタ 3, 4 を正事例として選択した結果が図 5 である^(注3)。クラスタ中に含まれる画像の元のファイル群に対して、後述

(注2): サムネイル画像は、元の Web ページへのアンカーになっているので、通常の Web 画像検索のインターフェースと同様の使い方も可能である。

(注3): 現在負事例は選択できない。



図 4 システム利用例: クラスタリング結果提示およびクラスタ選択画面 (クラスタ 1 とクラスタ 2 は省略してある . 参照画像の URL は付録を参照)

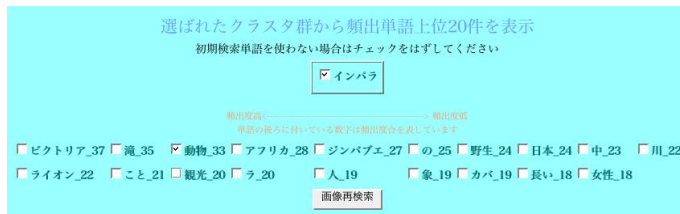


図 5 システム利用例: 問合せ拡張候補提示選択画面 (提示される単語は次の通り: ピクトリア 37, 滝 35, 動物 33, アフリカ 28, ジンバブエ 27, の 25, 野生 24, 日本 24, 中 23, 川 22, ライオン 22, こと 21, 観光 20, ラ 20, 人 19, 象 19, カバ 19, 長い 18, 女性 18)



図 6 システム利用例: 再検索結果画面 (参照画像の URL は付録を参照)

の単語抽出処理を行い、それらを重みの降順で並べたものがユーザに提示されている。重みは画像に位置的に近いものほど大きくなる。ユーザはこの中から問合せ拡張に利用する単語を選択し、再度の画像検索を行う^(注4)。ここでは「動物」を追加したとする。結果は図 6 のようになり、概ね動物のインバラの画像が検索されることが分かる。なお、検索そのものは単語ベースのものであって画像特徴を使っている訳でないため、間違った画像も検索されている。

3. 画像の類似度計算手法

通常、色情報だけによる類似画像検索では、画像中に何が写っているかという情報が利用されないため、必ずしも良い結果がでない。しかしながら、キーワードベースの Web 画像検索の後処理で画像の類似性によるクラスタリングをするという位置づけで考えた場合、何が画像中に含まれるかという情報は最初のキーワードベースの Web 画像検索の段階である程度与えられており、従って、問合せ結果には概ね所望の物が含まれていると考えることができる。このことから、画像の雰囲気や、背景等の画像が撮影されたシチュエーションの類似性を与える色特徴がより適切と考え、これを用いることとした。本研究では文献 [10] の方法を採用している。

この手法では画像の特徴量は次のように計算される:

- (1) まず画像のカラーモデルを HSV に変換する。
- (2) H, S, V の各チャンネル毎に平均, 分散, 歪みを計算する:

$$E_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_{ij}$$

$$\sigma_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (p_{ij} - E_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$s_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (p_{ij} - E_i)^3 \right)^{\frac{1}{3}}$$

ここで N はピクセル数, p_{ij} はピクセル j の i チャンネルの値, E_i, σ_i, s_i はそれぞれチャンネル i の平均, 分散, 歪みである。

- (3) 各チャンネルごとに得られた 3 つの値から 9 次元ベクトルを構成し、これを画像の特徴量とする。

二つの画像 H, I の平均, 分散, 歪みをそれぞれ $E_i, \sigma_i, s_i, F_i, \zeta_i, t_i$ ($i=H, S, V$) とすると、これらの画像間の非類似度は次式で定義される:

$$d(H, I) = \sum_{i=H, S, V} w_{i1} |E_i - F_i| + w_{i2} |\sigma_i - \zeta_i| + w_{i3} |s_i - t_i|$$

ここで, w_{ij} ($i=H, S, V; j=1, 2, 3$) は重みである。文献 [10] では 3 種類の重みが試されている。^(注5)

$$W_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(注4): 拡張を完全に自動的に決定することは難しいと判断したためこのような方法を採用した。

(注5): 文献 [10] の表 1 に示されたものの転置になっている点に注意。

$$W_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

$$W_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 4 & 4 \\ 1 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

本システムでは、 W_3 を採用している。これは、予備テストの結果、彩度に重みを置く方が、より印象の似た画像により高い類似度を示す傾向が見られたためである。

4. 画像クラスタリング

ここではまずクラスタリングアルゴリズムについて述べ、続いて画像クラスタリングについての実験結果を示す。

4.1 クラスタリングアルゴリズム

k-平均法 [11] を利用した、サンプルデータの個数を n 、生成するクラスタの数を c 、 i 番目のクラスタを ω_i 、 ω_i の重心ベクトルを μ_i とすると、このアルゴリズムは次のようになる：

- (1) μ_i ($i=1..c$) を初期化する。
 - (2) **do**
 - n 個のサンプルデータを、 μ_i との距離が最も近いクラスタ ω_i に分類する；
 - μ_i ($i=1..c$) を再計算する
 - until** μ_i ($i=1..c$) に変化が無くなる
 - (3) **return** ω_i ($i=1..c$)
- 初期化は次のアルゴリズム [11] によって行っている：
- (1) サンプル点の重心を求め、これに最も近いサンプル点を μ_1 とする。
 - (2) **for** $k=2..c$ **do**
 - $j := \arg \max_{i=1}^n \min_{l=1}^{k-1} d(p_i, \mu_l)$
 - $\mu_k := p_j$
- ここで p_i ($i=1..n$) はサンプルデータである。

4.2 実験結果

同一シーンから取った数葉の写真を 1 セットとし、複数セットを混ぜてデータセットとする。これを上記の非類似度でクラスタリングし、元のデータセットがクラスタとして抽出されるかどうかを調べた。同一シーンとしてはデジタルカメラで連射したものなどを用いた。

実験に用いた画像群を図 7 に示す。これらをクラスタ数 7 として上記のクラスタリングアルゴリズムで処理したところ、正しく元のデータセットが抽出できた。

5. 適合性フィードバック処理

上述のクラスタリングの処理の結果を利用者に提示して適切なものを選択させることで適合性フィードバックの処理を行う。バックエンドとしては Yahoo!Japan の提供する画像検索サイトを利用した [5]。

試作したシステムは次のような手順で処理を行う：

(1) 利用者から提示された問合せを用いて上述のサイトにアクセスし、上位 N 件分のデータをダウンロードする。画像としては検索エンジンの提供するサムネイルを、また Web ペー

ジとしてはオリジナルのものをダウンロードする；

(2) 検索結果の画像を前節で述べたアルゴリズムを用いてクラスタリングし、代表画像をユーザに提示する；

(3) 選択されたクラスタに含まれる画像を参照する Web ページを読み取り、キーワード抽出を行う。(抽出アルゴリズムは後述する。)

HTML ファイルの処理は DOM [12] を用い、PHP4 によって記述している。この前処理として HTML 形式から XML 整形形式に変換する必要があるが、この処理は OpenJade [13] と共に配布されている osx を使って行っている。なお、構文エラーになる文書は処理対象にはしていない。

画像の周辺テキストの抽出アルゴリズムを図 8 に示す。この処理はルートノード root に対して、Extract(root) として呼び出される。は前後いくつのテキストノードを抽出するかを与えるパラメータである。アルゴリズムは深さ優先探索の処理を変形したものになっている。探索履歴を保存するためにキューを利用しており、これにより、画像を参照している IMG 要素が見つかった段階で、それより前の 1 個のテキストノードをたどることができる。また、見つかった後では、カウンタ j を用いてテキストノードが見つかる毎に出力をカウンタのインクリメントを行い、1 個見つかった段階で停止している。

抽出されたテキストは茶筌 [14] を用いて単語にばらし、名詞、形容詞、形容動詞を取り出している^(注6)。単語の重みは、それが含まれるテキストと画像の参照位置との間の「距離」で決定している。距離としては、単純にテキストノードの出現順で見たとときの画像参照位置とのずれを用いている。この値 d に対して、テキストの重みを $+1-d$ とし、それをそのまま含まれる単語の重みとして使っている。複数回出現する単語については、すべての重みを足し合わせることで単語の重みとしている。

問合せ拡張は、この処理を正解として選択されたクラスタ中に含まれる HTML ファイルと画像のすべてに對して行い、その結果をマージすることで行っている。この時、単語の重みは単純に足し合わせている。

6. 利用例と考察

開発したシステムを用いた画像検索例をいくつか説明し、適宜考察を加える。

まず、最初に触れた「インバラ」を検索語とする例をして本システムの特徴を再度説明する。既に述べた通り、インバラは動物の名前であると同時に自動車の名前でもあるため、単純にこの単語を検索語として画像検索を行うと双方の画像が含まれてしまう。ここではユーザが動物のインバラの画像を欲しているものと想定する。通常の画像検索システムでは、ユーザは、得られた画像の中で動物のインバラが写っているものを選択し、それらの元の Web ページをブラウズし、次にどのような問合せを構成したら良いのかを思考しなくてはならない。

本システムでは適合性フィードバックを用いるので、システムがこのプロセスを支援することになる。まず、すべての画像を調べる認識負荷を軽減するために、画像クラスタリングをした上で正事例を選択できる様にしている。この例では、クラスタリング処理で、概ね動物と自動車に分ける事ができるため、利用者はいずれの画像が欲しいのかを容易に指示する事ができる。先に示した例では、動物のインバラがクラスタの代表画像

(注6): 動詞を取り出すと「する」などの単語が上位に現れてしまうため。



図 7 数葉の類似する画像を 7 組選び、これらを混ぜて作成したデータセット。類似画像は色枠で囲んである。

```

Algorithm Extract(node)
Input data
  node: 現在参照中のノード
Output data
  参照された画像の周辺テキスト
Global variables
  imgurl: 参照されている画像の url
  Q: ノードキュー (初期値は空)
  found: フラグ (初期値は false)
  j: 抽出するテキスト数を与えるパラメータ
  j: カウンタ (初期値は 0)
begin
  enqueue(Q, node);
  if node が IMG 要素で SRC 属性が imgurl にマッチする then
    found true
    Q 中の最後 個のテキストノードを出力
    node 中のテキストを出力
    return
  endif
  for each c in node の子供 do
    Extract(c)
    if j = then
      return
    endif
  done
  if found then
    if node がテキストノードで、かつ
      空白文字列では無い then
      node 中のテキストを出力
      j j+1
    endif
  endif
end.

```

図 8 画像の周辺テキストの抽出アルゴリズム

になっているクラス 3, 4 を選択している (図 4)。

これを受けシステムが元の Web ページをダウンロードして解析し、先に示したアルゴリズムを用いて問合せ拡張の候補を選び出す。結果は、図 5 に示すように重みの降順で提示される。ユーザは、動物のインパラの画像を欲している (この前提である) ので、「動物」を選択して問合せ拡張に用いる。結果は図 6 に示すような画像群であり、概ね動物のインパラの画像が得られていることが分る。ただし、問合せ拡張は、正事例として選択されたすべての画像に共通の単語によってなされているわけではないため、最終的な検索結果に、途中段階で正事例として選択された画像が含まれない可能性も高い点に注意が必要である。また、検索そのものは単語ベースのものであって画像特徴を使っている訳でないため、無関係な画像も検索される。

本システムの特徴を表す例として、「りんご」をキーワードとして検索したケースについて説明する。ここでは、検索結果には、リンゴの品種などを説明したページとリンゴ狩りに関して記述したページが多く含まれる。これらの画像をクラスタリングし、リンゴ畑の写真からキーワード抽出をすると、「りんご」に加えて「日」というキーワードが上位に現れる。これは、リンゴ狩りに関してのページに「何月何日より開催」という記述や「何月何日にリンゴ狩りに行った」というような説明書きが多く見られるためである。

そこで、実際に「りんご 日」という問合せで検索をするとリンゴ狩りに関するページ群が多く見つかる。Yahoo 画像検索だけでなく、Google イメージ検索でも同様な結論が得られた。この例は、「りんご 日」というキーワードでリンゴ狩りに関する画像およびページが見つかる、という知識が、本システムの利用によって発見できたということが言え、本システムが、Web 画像検索における適合性フィードバックによる利用者支援システムというだけでなく、Web 画像 DB に内示する知識の発見支援システムでもあることを示唆している。

その他の単語についても検索テストを行ったところ、表 1 に示すようなルールが発見できた。これらは必ずしも一般化できるものではないし、また時間と共に遷移するものであるが、本システムの利用によって、当初の検索語とそれから連想が困難なキーワードの組合せで作られる興味深い問合せの発見が可

表 1 本システムを利用して発見できたルール

初期検索単語	拡張単語	検索結果
食べ物名 (バナナなど)	分	食べ物名を使った料理のレシピ
動物名 (パンダなど)	ちゃん	動物の赤ちゃん
回る	県	温泉, 観光案内板
アイス	人	ウォータードリップメーカー
単純	側面	レントゲン写真
深い	付近	山道
きれい	ニュース	ビデオカセット
明らか	ワイルド	クワガタ
みずみずしい	画像	果物



図 9 「幻想的な」による検索結果 (参照画像の URL は付録を参照)

能であることを示していると言える。

次に感性語彙を使った検索を考えてみる。情報検索で、形容詞や形容動詞を使って検索を行うということは稀と考えられるが、画像検索の場合、感性語により特定の印象を与える画像を検索するという利用方法も考えられる。そこで、文献 [15] に挙げられている感性語彙 110 個を利用してどのような検索ができるかを調べた。表 1 の下の 5 つの結果 (単純, 深い, きれい, 明らか, みずみずしい) は実はこの過程で得られた結果である。他に、形容動詞「幻想的な」をキーワードとした検索が興味深いので次に紹介をする。

図 9 に検索結果を示す。抽象度の高い画像と、夜間の祭り風景等の画像で「幻想的」とキャプション付けされたものが混ざっていることがわかる。これをクラスタリングした結果が図 10 である。幻想的かつ抽象的な印象を与えているクラスタ 1, 2, 5 を選択すると、単語抽出した結果として図 11 が得られ、さらに、この中にある「素敵な」で問合せ拡張をすると、結果として図 12 の画像群が得られる。当初抽象的な画像と具象的な画像が混じっていたが、この結果では比較的抽象度が高く、幻想的な印象を与える画像群が多く検索されていることが分る。同じサイトに登録された画像が多いので単純に一般化はできないが、問合せ「幻想的な 素敵な」に含まれる二つの単語の相関は通常想起することは難しいと考えられるため、本システムの有効性を示す一つの例になっていると言える。

7. まとめと今後の課題

本論文ではキーワードベースの Web 画像検索において適合性フィードバックを行うシステムを提案した。正事例の選択の

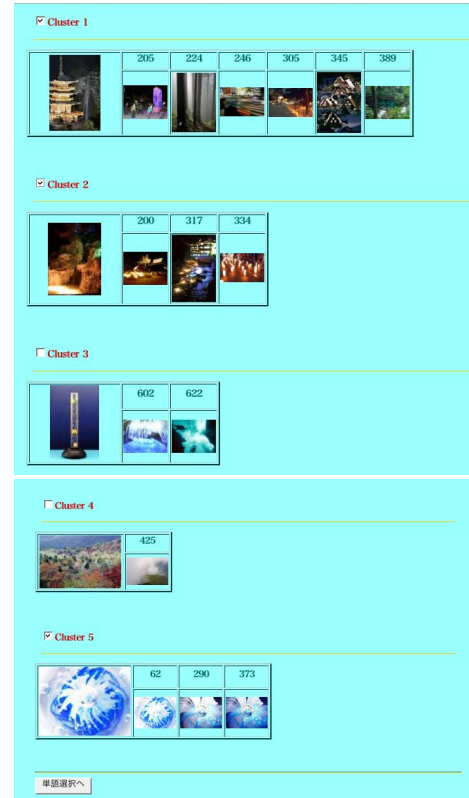


図 10 「幻想的な」による検索結果のクラスタリング結果 (参照画像の URL は付録を参照)

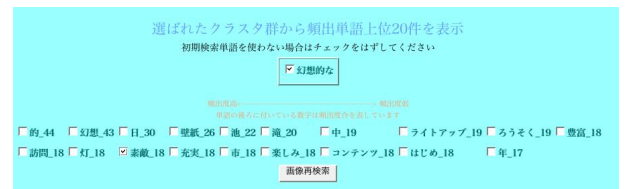


図 11 「幻想的な」による検索結果からの正事例選択に対してシステムが提示する問合せ拡張候補 (提示された単語は次の通り: 的 44, 幻想 43, 日 30, 壁紙 26, 池 22, 滝 20, 中 19, ライトアップ 19, ろうそく 19, 豊富 18, 訪問 18, 灯 18, 素敵 18, 充実 18, 市 18, 楽しみ 18, コンテンツ 18, はじめ 18, 年 17)

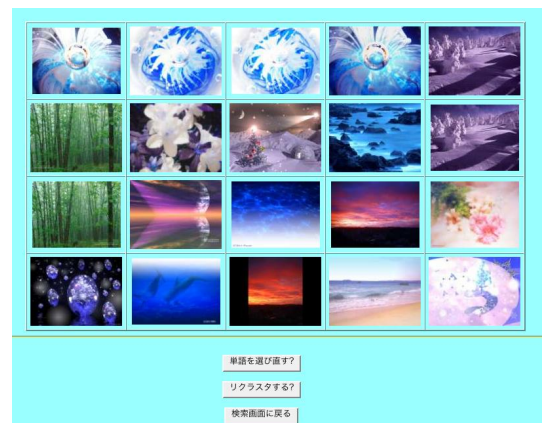


図 12 「幻想的な 素敵な」による検索結果 (参照画像の URL は付録を参照)

際に画像クラスタリングを行うため、利用者の認識負担および事例選択負担を低減することができる。本システムでは、選択された画像群の元の Web ページを解析して画像の周辺単語を抽出し、それらを問合せ拡張の候補として利用者に提示する。

本来の適合性フィードバックでは問合せ拡張はシステムが自動的に行うのであるが、Web 画像検索の場合は、単純に上位のものを追加すれば済む問題ではないことが実験過程から明らかになったため、利用者に提示し、その中から単語を選択する方式を採用している。このことは、利用者が様々な単語の候補を自由に試すことができるということにつながっており、前節で述べたような知識発見的な側面を本システムに持たせることにつながったと言える。

本システムは数多くパラメータを含むシステムとなっており、特に、画像クラスタリングに用いるパラメータをどのように決定するか、や HTML 文書からのテキスト抽出および単語の重み付けの処理については更なる検討が必要である。例えば、TF・IDF 法 [8] における TF の項のみを用いたものになっていること、負事例の単語を用いていないこと、クラスタ内の文書に共通して出現する単語を抽出しているわけではないなど、見直すべき点がいくつか存在する。

今後はこれらの再検討や、一般利用者を被験者とする性能評価実験や文献 [16] のような定量的な性能評価の検討をする予定である。

謝 辞

有益なコメントを頂いた査読者の方々に感謝いたします。

文 献

- [1] Google Inc.: “Google image search engine”, <http://images.google.com>.
- [2] AltaVista Company: “Altavista image search”, <http://www.altavista.com/image/>.
- [3] Lycos Inc.: “Lycos multimedia search”, <http://search.lycos.com>.
- [4] NTT レゾナント: “Goo ラボマルチメディア検索実験”, <http://mmm.ntr.co.jp/>.
- [5] Yahoo!Japan: “Yahoo!検索”, <http://search.yahoo.co.jp>.
- [6] V. N. Gudivada and V. V. Raghavan: “Content-based image retrieval systems”, *IEEE Computer*, **28**, 9, pp. 18–23 (1995).
- [7] M. L. Cascia, S. Sethi and S. Sclaroff: “Combining textual and visual cues for content-based image retrieval on the world wide web”, *Proceedings of the IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries*, pp. 24–28 (1998).
- [8] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto: “Modern Information Retrieval”, Addison Wesley (1999).
- [9] 湯木野, 松下, 平澤: “クラスタに基づいた適合性フィードバック手法”, 第 4 回情報科学技術フォーラム (FIT2005) 講演論文集, pp. D-044 (2005).
- [10] M. A. Stricker and M. Orengo: “Similarity of color images”, *Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE)*, pp. 381–392 (1995).
- [11] R. O. Duda, P. E. Hart and D. G. Stork: “Pattern Classification/2ed”, Wiley (2001).
- [12] World Wide Web Consortium: “Document object model (dom)”, <http://www.w3c.org/DOM/>.
- [13] OpenJade Project: “Openjade distribution page”, <http://www.openjade.org/>.
- [14] 奈良先端科学技術大学院大学: “形態素解析システム茶筌”, <http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/>.
- [15] 千々岩: “色彩学”, 福村出版 (1983).

- [16] 中島伸介, 木下真一, 田中克己: “差異増幅型適合フィードバックに基づく画像データベース検索”, *電子情報通信学会論文誌 (データ工学特集号)*, **J87-D1**, 2, pp. 164–174 (2004).

付 録

1. 図 3, 図 4 で参照した画像の URL 一覧 (<http://>は省略)

ktm-impala.com/img/top/tes.jpg
www.hpmix.com/home/alm/images/img194.jpg
www.7yorku.com/goods_p/big/4964.jpg
www.nhk.or.jp/daishizen/fbangumi4/image/raion4.jpg
kobe.cool.ne.jp/masao/kenya/inpara.jpg
www.saso.jp/image/inpara2.jpg
kihatsu.fc2web.com/QS/dscn0323.jpg
www.saso.jp/image/inpara.jpg
www.mediawars.ne.jp/~hana12/inpara.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/12211-blue.jpg
ktm-impala.com/img/shop/shop1.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/12211-r.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/12211-b.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/12211-w.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/97058.jpg
www.remus.dti.ne.jp/~t-noro/2001africa/tourphoto/FH00001
www6.plala.or.jp/naopy2/africa01/k_nk_hy2.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/86-3391.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/86-3399.jpg
www.gulliver-inc.com/j/car/others/image/86-3393.jpg

2. 図 6 で参照した画像の URL 一覧 (<http://>は省略)

www.joho-takahama.com/031e/e105/e105animal.jpg
www.saso.jp/image/inpara2.jpg
www.rikkyo.ac.jp/~z5000002/s-africa/impala-9676-001.jpg
www.web-sanin.co.jp/orig/trip/s_africa/photo42-s.jpg
www.neo.gr.jp/reiko/bot/diary3/in.jpg
hippo-hippo.cside.com/secretarybird.jpg
www.nhk.or.jp/daishizen/ikimonoimage/akasiya3.jpg
www.asakustakan.net/africa/africa19_1.jpg
www.finito-web.com/tanuki/kinin.jpg
www.asahi-net.or.jp/~qc8k-stu/kenya/inp01.jpg
www.web-sanin.co.jp/orig/trip/s_africa/photo42-1.jpg
achikochi.cool.ne.jp/Docu08361.JPG
www.finito-web.com/tanuki/kinin1.jpg
www.tabisite.com/gallery_af/swaziland/0612kudu.JPG
www.tabisite.com/gallery_af/swaziland/917manzini_market
www.asahi-net.or.jp/~DD9K-TMGW/travel/Africa/ser-nu.jpg
ukky-kingdom.hp.infoseek.co.jp/tanzania2002-photo1.files
twoplanes.jp/africa/img/masai/impara.jpg
www.tabisite.com/gallery_af/swaziland/07impala.JPG
www.finito-web.com/tanuki/kinin2.jpg

3. 図 9, 図 10 で参照した画像の URL 一覧 (<http://>は省略)

www.kyoto-np.co.jp/static/2005/12/09/P2005120900180.jpg
www.kyoto-np.co.jp/static/2006/02/04/P2006020400221.jpg

www.kyoto-np.co.jp/static/2005/12/10/P2005121000150.jpg
www.mainichi-msn.co.jp/photo/news/images/20060122k0000m040097000p_size6.jpg
www.asahi-net.or.jp/~rk8h-od/gin/g-3.jpg
www.rakuten.ne.jp/gold/kojitu/phot/images/20031213yokubari02.jpg
www.kyoto-np.co.jp/static/2005/12/19/P2005121900292.jpg
www.minamishinshu.co.jp/news2005/12/p/20.jpg
www.iruka3.com/gazo/glass/002_ghana_800.jpg
www.agara.co.jp/image/daily/2006-02/20060205/20060205_005_01.jpg
www.iruka3.com/gazo/glass/001hay_1024.jpg
www.iruka3.com/gazo/glass/001ha_800.jpg
wallpaperlink.cool.ne.jp/wallpaperlink/0403/00713.jpg
www.hpmix.com/home/michinofuku/images/img91.jpg
www.iruka3.com/gazo/glass/002_ghanab_1024.jpg
mall.curio-city.com/curioshop/shop/03215/4301001.jpg
www.pref.mie.jp/OKIKAKU/HP/dive/palau/holes/holes1117.jpg
www.mukaitaki.com/m.photo/etc/wakamatsu/1122erousoku.jpg
www.lenis.info/~goggle/gallery/gallery33/kaminoko3.jpg
www.tiny.jp/yama/20031006_amakazari/02/IMG_3295.jpg
4. 図 12 で参照した画像の URL 一覧 (http://は省略)
www.iruka3.com/gazo/glass/002_ghana_800.jpg
www.iruka3.com/gazo/glass/001hay_1024.jpg
www.iruka3.com/gazo/glass/001ha_800.jpg
www.iruka3.com/gazo/glass/002_ghanab_1024.jpg
morgenrot.cool.ne.jp/kabe/winter/juhyo1_w.jpg
kuri.sakura.ne.jp/~ann/wallpaper-yachiho-hayasi-1.jpg
www.iruka3.com/gazo/midori/007hana_1024.jpg
aki-chabashi.hp.infoseek.co.jp/shade/work/Vue0011.jpg
www.asahi-net.or.jp/~ag6f-mur/kabegami/umi/mizu2011.jpg
morgenrot.cool.ne.jp/kabe/winter/juhyo1_s.jpg
kuri.sakura.ne.jp/~ann/wallpaper-yachiho-hayasi-s.jpg
aki-chabashi.hp.infoseek.co.jp/shade/work/Vue0063.jpg
www.iruka3.jp/top/sr_data/sr_data/23_218_1.jpg
www.iruka3.com/gazo/sora/097yab2_800.jpg
www.iruka3.jp/top/sr_data/sr_data/28_105_1.jpg
hiko.cc/upload/wpc/images/209-e4i3x.jpg
www.iruka3.com/gazo/irukak/061iru_800.jpg
www.iruka3.com/gazo/sora/097ya_1024.jpg
www.iruka3.com/gazo/nami/024umim_1024.jpg
hiko.cc/upload/wpc/images/209-jx7gu.jpg