



技術論文

イメージリトリバルによる 旅の目的地決定支援システム

Decision Support System Using Image Retrieval for Selecting Travel Destinations

望月 博文 Hirofumi Mochizuki 石岡 和利 Kazutoshi Ishioka 神岡 太郎 Taro Kamioka
●研究開発センター フロンティアプロジェクト室 / 研究開発センター 応用プロジェクト室
/ 一橋大学商学研究科

Abstract

This paper describes an ODIN (OutDoor Image Navigator), a system that aids users in selecting travel destinations with a simple and enjoyable process utilizing GUI maps. The system contains a powerful content-based image retrieval interface, which allows users to search out similar images based on the key images they have input. The search engine has been combined with a conventional key word search system to help users feel more comfortable and find more attractive images of destinations. In addition, users can reuse history data in the search process. The results of user experiments suggest the effectiveness of the system. ODIN has been run on the website "21yamaha.com" from April 2001 through March 2002.

1 はじめに

ODIN (OutDoor Image Navigator) は、類似画像検索技術に応用したツーリングなどの旅の目的地決定支援システムで、2001年4月から2002年3月まで伊豆・箱根地方の風景画像4307枚を対象に、ヤマハ発動機のウェブサイト21yamaha.comにて一般に公開された。類似画像検索とは、画像データベースから色、輪郭、キメ等の特徴量を基に、検索キーとして指定された画像（キー画像）に近い画像を自動検索するもので、検索対象が言語化しにくい場合の曖昧検索のユーザ・インタフェースとして注目されている^{1,7)}。これまで類似画像検索に対しては、検索技術としての効率や正確さに主眼をおいた研究が中心であって、それを具体的に応用したアプリケーションの開発はごく限られていた。

ODINは、類似画像検索を実際に応用した数少ないアプリケーションの一つだと考えられ、キーワード、カテゴリ、位置情報を検索条件に加えることができる。ODINの特徴は、多くの類似画像検索アプリケーションが目的にしているような、正確に画像を検索することよりも、ユーザが適当にみつけた画像をきっかけに、似た画像を探す過程を通して自分が本当に訪れてみたい場所を発見すること、そしてその過程自体を楽しむことを支援することにある。

ODINのようなトータルなシステムでは、単に類似画像検索技術がそのまま組み込まれるのではなく、ユーザの利用目的やシステムの他のモジュールとの整合性が重要になってくる。ODINでは特に次の3点が考慮されている。

第一にODINでは、一般の類似画像検索が画像情報の類似度（画像類似度）に基づいて検索を行うのに対して、それに加えて画像の内容を示すカテゴリ情報の一致度（カテゴリ類似度）やその画像の魅力度（他のユーザによるアクセス情報）の指標が自動的に検索エンジンに反映するように、類似画像検索アルゴリズムをチューニングしていることである。画像類似度に加えてカテゴリ類似度を組み込んだのはユーザが似ているという実感を得やすいように、またアクセス情報を加えたのはユーザがより魅力的な画像を発見しやすいようにするためである。なお、カテゴリ情報は予め各画像に対して入力さ

れている。

第二にユーザは意思決定において単調に候補を絞っていくような過程を踏まないということである。多くの場合ユーザは最初から明確な類似画像検索のゴールを保持しているのではなく、システムとのインタラクションの中で次第にそれを明確にしてゆくということに我々は注目した。ODIN ではユーザの非単調な絞り込みに対応しやすいように、ユーザがそれまでの検索過程で得られた画像の履歴情報（検索履歴情報）にアクセスし、その中の画像を検索キーとして再利用できるようにしている。

第三に目的地決定が最終ゴールである ODIN のユーザにとって、位置情報や地図情報が有用であるということである。ODIN ではすべての画像に位置情報が付されているので、GUI 地図を用いて検索範囲を指定した上で類似画像検索を行う事が出来る（地図範囲指定）。

本論文では ODIN において、類似画像検索技術がいかに組み入れられ、それを利用するためにユーザ・インタフェースがいかに構成されているかについて述べる。またその効果を調べるために行ったユーザ評価実験の結果についても報告する。ユーザ評価実験では、類似画像検索技術の精度ではなくユーザの満足度に関連する指標が重要になっている。

2 類似画像検索アルゴリズム

ここでは ODIN の類似画像検索の核となるアルゴリズムについて説明する。その基本的な処理の流れは、次の3つのステップに従う。

【ステップ1】 データベース内の各画像に対して、画像の特徴を示す特徴量ベクトルを記録する

特徴量ベクトルは、以下のような色、キメ、輪郭に関する特徴量（図1）を要素として構成される。

- ・色特徴量は画像の RGB 値の平均、分散、歪度に基づく
- ・キメ特徴量は画像をウェーブレット変換⁵⁾した後の各周波数領域における係数値に基づく
- ・輪郭特徴量は画像のエッジ情報、その長さ、複雑度に基づく

ODIN では全部で22個の要素（特徴量）から特徴量ベクトルを構成しているが、目的に応じてその数を増減させても良い^{3,8)}。

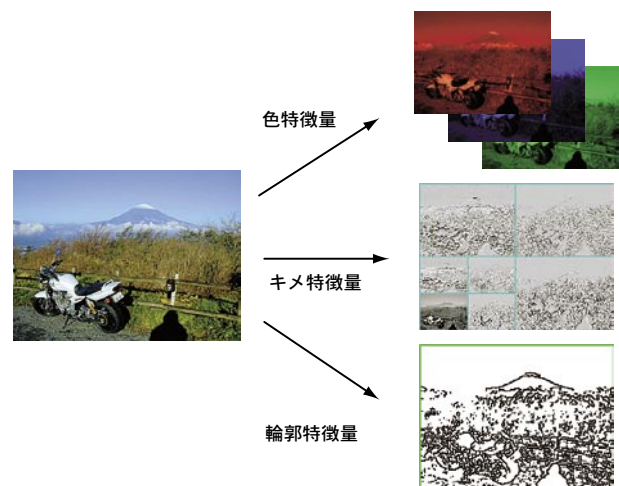


図1 画像の特徴量の例

【ステップ2】 特徴量ベクトル空間において、キー画像とデータベース内の各画像との間の距離を計算する
画像の特徴量の距離については、特徴量ベクトルの差に重み付けを行ったものを基に計算を行っている。キー画像 q と画像 i との距離 D_{qi} は、画像 i の特徴量ベクトル F_i 、キー画像（一般にキー画像は同時に複数指定できる）の特徴量ベクトルの平均ベクトル F_q に対して、以下の様に計算される。

$$D_{qi}^2 = (F_i - F_q)^T W (F_i - F_q)^{-1} \quad (1)$$

ここで $(F_i - F_q)^T$ 、 $(F_i - F_q)^{-1}$ はそれぞれ行列 $(F_i - F_q)$ の転置行列と逆行列を意味するものとする。各要素間の重み付け行列 W はキー画像が 1 枚のときは単位行列となるが、キー画像が複数の場合には、以下のようにキー画像の特徴量ベクトルの分散共分散行列 S の逆行列により計算される⁶⁾。

$$W = S^{-1} \quad (2)$$

$$S_{ij} = \frac{\sum_k (f_{ki} - m_i)(f_{kj} - m_j)}{N_q} \quad (3)$$

なお、 S_{ij} は行列 S の i 行 j 列の成分、右辺分子の Σ は全てのキー画像についての和、 f_{ki} は k 番目のキー画像の i 個目の特徴量の値、 m_i は i 個目の特徴量のキー画像における平均値、 N_q はキー画像の個数である。

【ステップ 3】距離の小さな画像間ほど画像類似度が高いと判断し、検索結果を出力する

ただし ODIN の検索結果には、さらにカテゴリ類似度やアクセス情報が加味されるようになっている。この点については 3.2 で説明する。なお本研究は類似画像検索の効率化を目指したものではないので、上記では効率化^{2,4)}の工夫については無視して記述した。

3 システム

ODIN は風景画像を対象に、類似画像検索とキーワード検索、カテゴリ検索、地図範囲指定を使用して、Web 上で旅の目的地の検索が行えるシステムである。ユーザは訪問したいような魅力的な画像を検索する過程を通して、目的地を決定していく。図 2 のように ODIN は、クライアント（ユーザ・インタフェース）、サーバ、データベースの 3 層構造で構成されている。データベースは画像情報や付加情報、地図情報等を記憶し、サーバはデータベースと通信を行いながら各種検索、ユーザ管理、アクセス管理、ユーザ・インタフェース管理を行う。以下では、類似画像検索を実現するための仕組みに絞って、データベースと類似画像検索エンジンについて説明する。

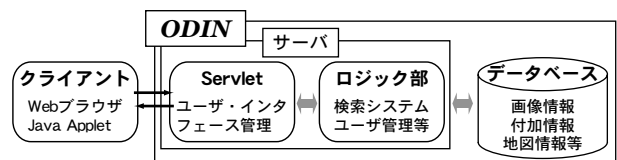


図 2 ODIN のシステム構造

3.1 データベース

ODIN のデータベースはリレーショナルデータベースであるが、表 1 では簡単のため表形式で示している。データベースではオリジナル（風景）画像に対応して生成された画像情報、付加情報、アクセス情報に関するフィールドから構成されている。画像情報にはオリジナル画像に対する 3 種類のサイズのファイル名と特徴量ベクトルが含まれる。付加情報には撮影日時（年月日時分秒）、撮影位置（緯度

経度 1/256 秒単位)、地名、撮影場所名、対象物名(画像に写っている物等)、キーワード(対象物名以外に画像と関連のある単語)、カテゴリ(写真の内容)、コメントが含まれる。アクセス情報としてはその画像が類似画像検索のキー画像に指定された回数、その画像の詳細情報にアクセスされた回数、お気に入りに付加された回数、に対応する3つの変数が管理されている。

データベースへ上記のデータを入力するには変換用プログラムとエディタを用意した。変換用プログラムはデータベースに対して、デジタルカメラで撮影された画像から画像情報の4項目を生成すると同時に、撮影時にデジタルカメラとGPSを用いたツールで記録された撮影日時と緯度経度の情報を転送する。さらに地名は緯度経度値より対応する市町村名が自動的に選択されて登録されるようになっている。エディタではカテゴリを、基本的には選択方式で入力できるようになっている。必要に応じて選択項目は追加できるが、簡単のために概念の階層化は行っていない。これらの項目に関しては緯度経度が同じ画像では同じ選択がデフォルトとして表示される等、入力の手間を省くための工夫がなされているが、将来的には部分的にでも自動認識の機能があることが望ましい。対象物名、キーワード、コメントは撮影時に記録される場合とその後記録される場合があるが、最終的にはエディタを通して入力される。

表1 データベースの内容例

項目		例
主キー (ID)		153
画像情報	拡大表示 (640 × 480)	JmAAA0000153.jpg
	詳細表示 (320 × 240)	JmBBB0000153.jpg
	検索表示 (128 × 96)	JmCCC0000153.jpg
	画像特徴量	{38.334536,97.285643,85.617306,---}
付加情報	撮影日時	2000-9-28 06-53-14
	撮影位置 (緯度経度)	{128143890, 32419080}
	地名 (市町村名)	神奈川県箱根町
	撮影場所名	天閣台
	対象物名	富士山・芦ノ湖
	キーワード	箱根ターンパイク・大観山
	カテゴリ	展望台・山・湖沼・ドライブ
アクセス情報	コメント	大観山から鞍掛山の方へ走ったと…
	キー画像に指定	62
	詳細情報にアクセス	25
	お気に入りに付加	9

3.2 類似画像検索エンジン

ODIN では、2.で述べたような純粋な類似画像検索アルゴリズムに対して次の2つの要素を組み込むことによって、アプリケーションの目的に合うようにチューニングがなされている。

- 2つの画像が似ているというユーザの実感は、両者の画像情報の類似度だけではなく意味的な情報の類似度も無意識に統合されて得られる(例えば2つの画像は、それぞれに輪郭が似たものが存在するから似ているのか、両者に山が含まれているから似ているのかは区別せずに似ていると判断されている)という考え方から、カテゴリ類似度を自動的に反映するようにしたこと
- 本アプリケーションにおける類似画像検索はユーザにとってあくまで目的地として魅力的な画像を見つけるための手段であることを考慮し、(画像類似度およびカテゴリ類似度においてキー画像とある程度以上類似している画像の中で)他のユーザからのアクセスが多かった(関心が高かった)画像が結果に反映されやすいようにしたこと

上記の2つの点を類似画像検索の中に組み込むために画像類似度、カテゴリ類似度、アクセス情報に重み付けして一度に計算すると、時にはカテゴリ情報が、別の時にはアクセス情報が反映しすぎる場

合がある。ODIN では通常、まず画像類似度で N_a 枚に候補を絞り込み、その中でユーザが似ているという実感から、画像類似度とカテゴリ類似度を合わせた点数で N_b 枚に絞込み、さらにその中で、画像類似度、カテゴリ類似度、アクセス情報を合わせた点数で 9 枚に絞り込んでいる (N_a と N_b はデータベースの画像の総枚数等から適当に決めておく)。

以上を考慮してこの検索エンジンではユーザが指定したキー画像に対して、以下の (S1)、(S2)、(S3) を順に行い、検索結果として 9 枚の画像をユーザに提示する。ここでは徐々に候補を絞り込んでいくようになっているが、計算量などを考慮して以下の α や γ を 0 とすることで簡略化できる。なお、以下の $P_{\max}$ は設計者が予め設定しておく定数で、各画像の得点が $[0, P_{\max}]$ の範囲で正規化されるようになっている。

(S1) 画像類似度による絞り込み

2. で述べたように、特徴量ベクトル空間でキー画像と各画像の距離が計算され、距離の小さい画像 N_a 枚に絞り込まれる。その N_a 枚について (S2) を実行するが、それに備えて予め次の得点 PI_{qi} を計算しておく (PI_{qi} は $[0, P_{\max}]$ で線形に正規化されている)。ここで D_{qi} はキー画像 q と任意の画像 i との特徴量ベクトル間の距離、 $D_{\max_q}$ と $D_{\min_q}$ はその距離の最大値と最小値を示す。

$$PI_{qi} = \frac{D_{qi} - D_{\min_q}}{D_{\max_q} - D_{\min_q}} \times P_{\max} \quad (4)$$

(S2) カテゴリ類似度と組み合わせた絞り込み

画像に対応するカテゴリ情報は、その画像に対して対応するカテゴリが含まれているかいないかをそれぞれ 1 と 0 とし、その値を要素とするカテゴリベクトルによって表現される。例えば、カテゴリベクトルの第 1 要素、第 2 要素、第 3 要素、第 4 要素が「公園」、「水族館」、「食事」、「お土産」に対応し、画像 i に対して「水族館」と「お土産」の 2 つのカテゴリが付加されていたとすると、そのカテゴリベクトル C_i は以下になる。

$$C_i = \{0, 1, 0, 1, \dots\} \quad (5)$$

キー画像 q と任意の画像 i のカテゴリ上の距離 E_{qi} は、2 つのカテゴリベクトルの内積によって次のように計算される。

$$E_{qi} = C_i \cdot C_q \quad (6)$$

カテゴリ類似度得点 PC_{qi} は (S1) の PI_{qi} と同様に E_{qi} を $[0, P_{\max}]$ で線形に正規化したもので、これに画像類似度得点 PI_{qi} を合わせた次の得点 PIC_{qi} が大きな画像順に N_b 枚に絞り、それに対して (S3) を実行する (α 、 β は設計者が任意に決めてよい)。

$$PIC_{qi} = \alpha PI_{qi} + \beta PC_{qi} \quad (7)$$

(S3) アクセス得点と組み合わせた絞込み

ODIN では、各画像に対してアクセス情報として表 1 にある 3 つの変数が管理されている。まず画像 i に対してこれらのアクセス回数を加重平均した A_i を計算する。画像 i のアクセス得点 PA_i は (S1) の PI_{qi} と同様に A を $[0, Pmax]$ で線形に正規化したものである。キー画像 q に対して任意の画像 i の得点 $PICA_{qi}$ を、 PA_i と (S2) で求めた PCI_{qi} を利用して次のように計算し、その得点が大きな画像順に 9 枚に絞る (γ 、 δ は設計者が任意に決めてよい)。

$$PICA_{qi} = \gamma PIC_{qi} + \delta PA_i \quad (8)$$

4 ユーザ・インタフェース

ODIN において、類似画像検索に関連するユーザ・インタフェースは、トップ画面以下にある次の 6 つの画面で構成されている。

- ・ 類似画像検索画面
- ・ ポップアップ画面 (詳細情報画面)
- ・ お気に入り画面
- ・ 地図範囲指定画面
- ・ キーワード検索画面
- ・ 検索履歴画面 (6. で述べられる)

各画面の左側にあるフレームでは別の画面へのリンク情報等が表示される。また、そのフレームの上部にはサムネイル地図が表示され、現在の検索範囲が表示される。以下では、類似画像検索に直接関わる部分について説明する。なお掲載している図では、簡略化のために必要な部分だけを表示すると同時に、見やすさのために一部加工を加えている。

類似画像検索画面では常に、9 枚のサムネイル画像が表示される (図 3)。ここで 9 枚の各画像下にあるチェックボックスをマークするとその画像をキー画像に指定したことになり、画面右下の「検索 GO!」ボタンをクリックすることにより類似画像検索が行われる。図 3 では 2 つの画像がキー画像として選択されている。検索結果は、3.2 で述べた方法により上位 9 枚の画像が得点の高い順に表示される。図 4 は図 3 で検索を実行したときの検索結果部分を示す。この結果に対しても再びキー画像を指定し検索を継続することにより、次第にユー



図 3 類似画像検索画面



図 4 類似画像検索結果画面

ザが求めるのに近い画像が得られることが期待される。なお、他画面から類似画像検索画面に移動してきた場合と類似画像検索画面で「再度ランダム表示」ボタンがクリックされた場合には乱数とアクセス情報に基づいて9枚の画像が表示されるようになっている。

類似画像検索画面において各サムネイル画像の上にカーソルを位置させると、左フレームのサムネイル地図上にその画像の位置が小さな旗アイコンで示されるようになっていく。また、そのサムネイル画像がクリックされると、メイン画面とは別にポップアップ画面によって、その画像に付けられたコメント、撮影位置等の付加情報、それに詳細表示サイズの画像(表1)が表示される。図5では、図3でカーソルをマウスオーバーした画像をクリックすることによって表示されたポップアップ画面が示されている。

このポップアップ画面にある「お気に入りに追加」ボタンをクリックすることにより、その画像をお気に入りとして記録し、後にお気に入り画面で参照したり、そこに保存された画像を類似画像検索のキー画像としたりして使用することができる。つまりユーザは過去の検索により得られた結果を保存しておき、その時点に戻り検索をやり直す事ができるわけである。図6にお気に入り画面の一部を示す。

地図範囲指定画面では、GUI地図を移動したり縮尺を設定したりすることで表示される地図範囲を決め、その範囲を類似画像検索やキーワード検索の検索条件とすることができる。なおJava Applet版のODINでは地図上で長方形領域(図7-a)、円形領域(図7-b)、さらに任意形状の線分と幅(図7-c)をマウスカーソルで指定することによって、あるいは道路や河川の名前からその沿線を指定することによって、検索範囲を設定する機能が用意されている。

キーワード検索画面では、ユーザが入力したキーワードに対応する画像が、画像の付加情報をもとに検索され、出力される。ここで指定されたキーワードを、地図範囲指定画面と同様、類似画像検索の検索条件として利用し、そのキーワードが付加情報として登録されている画像だけを対象に類似画像検索を行うこともできる。



図5 画像の詳細情報

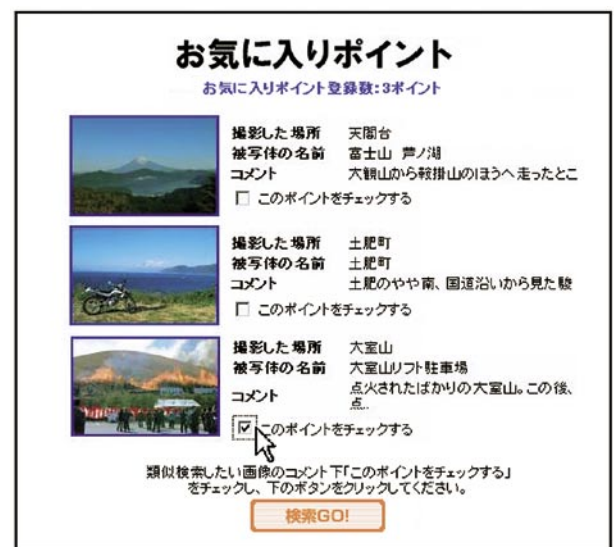


図6 範囲指定画面

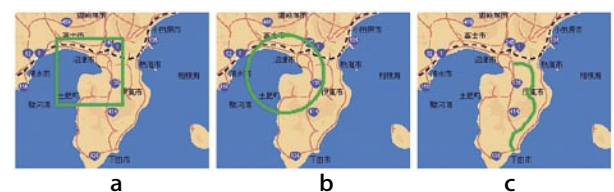


図7 地図範囲指定画面

5 ユーザ評価実験

ODIN の仕組みの中で主に次の 2 点の効果を調べるための評価実験を行った。第一実験は目的地決定のために類似画像検索を応用すること自体の有効性を調べるため、第二実験では ODIN で用いられている類似画像検索エンジンの有効性を調べるためのものである。両実験とも 20 名の被験者（大学生）が参加した。以下でその概要を説明する。

【第一実験】

第一実験では、旅の目的地画像を検索するのに類似画像検索が従来一般的に利用されてきたキーワード検索に比べて有効かどうかを調べるために、ODIN のキーワード検索のみを利用する条件（キーワード検索条件）と、ODIN の類似画像検索のみを利用する条件（画像検索条件）を設けた。ここでは 20 名の被験者が両条件とも参加する被験者内実験の形式をとり、各被験者がどちらの条件を先に行うかについては条件間でカウンタバランスをとった。

実験手順としては、まず各被験者に対して、両条件とも 10 分間で、自分が行って見たいような魅力的な画像を一枚選ばせ、その画像 X がどの程度魅力的かを次の 2 つの方法で評価させた。

- ・評価方法 I ：画像 X を 10 点満点で評価させる
- ・評価方法 II ：その選択された画像 X に対して、データベース中からランダムに選択された画像 200 枚が提示し、X よりも良いと思う画像を選択させる（その枚数が記録された）

結果を 20 名の評価の平均として表 2 に示す。評価方法 I は点数が大きいほど、評価方法 II では枚数が少ないほど評価が高いことになる。評価方法 I ではあまり大きな差がみられないが、評価方法 II では類似画像検索の有効性が示唆される。T 検定

表 2 実験 1 の結果

の結果、評価方法 I では差がみられなかったが、評価方法 II では両側 10% で有意差がみられた ($t=1.708 / df=19$)。

条件	評価方法 I	評価方法 II
画像検索条件	8.2	8.25
キーワード検索条件	7.9	14.15

なお第一実験終了後すべての被験者に対してアンケートを行ったが、その内の 3 項目の結果について以下と、6. とで報告する（これらの質問に答えるために、必要に応じて被験者が ODIN の操作を行うことを許した）。

一つ目の項目は、楽しさに関するもので、質問は訪問したい場所を探し出すのに、以下の (E1)、(E2)、(E3) のどれが一番楽しいかというものである。

(E1) ブラウザに表示された画像のスキャン（「再度ランダム表示ボタン」をクリックした場合に相当）

(E2) ODIN のキーワード検索

(E3) ODIN の類似画像検索

結果は、15 名が (E3)、2 名が (E2)、1 名が (E1)、2 名は分からないと回答している。ODIN の類似画像検索を利用しながら風景画像を検索することに楽しさの要素が加わっていることが示唆される。

【第二実験】

第二実験では、ODIN の類似画像検索の枠組みにおいて、単純に類似画像検索アルゴリズム (3. の (S1) のみ) を利用する単純型と、カテゴリ情報やアクセス情報を加味した ODIN の類似画像検索エンジン (3. の (S1)、(S2)、(S3) のすべて) を利用する ODIN 型を比較したユーザの評価を行った。

実験手順として、まずランダムに表示された 9 枚から、被験者に自分が行って見たい場所を選択するために類似画像検索を行うように教示する。類似画像検索の結果は、通常の ODIN の結果表示と異なり、9 枚の画像が上記の 2 条件に対応して 2 グループに分けて、計 18 枚表示される。被験者には、その 2 グループの 9 枚の画像を以下の 3 つの基準で、100 点満点でそれぞれ評価してもらった (被験者内実験)。20 名の被験者に対してそれぞれ 20 回繰り返しが行われた評価の平均を表 3 に示す。なお、2 グループの結果のどちらが上に表示されるかはカウンタバランスがとられている。

- ・基準 1：画像としてどれだけ魅力的か
- ・基準 2：どれだけその画像の場所に行きたいか
- ・基準 3：キー画像とどれだけ似ているという実感があるか

表 3 が示すように、3 つの基準のすべてにおいて ODIN 型の方が単純より高い評価を得ている。つまり単純に類似画像検索アルゴリズムを利用するよりも、ODIN のようにカテゴリ情報やアクセス情報を加味した検索エンジンの方が、より高い評価を得ていることがわかる。傾向を調べるために繰り返しを無視して T 検定を行った。その結果は、基準 1 において両側 10% 水準 ($t=2.058$) で、基準 2 と基準 3 において両側 1% 水準 (それぞれ $t=3.536$,

表 3 実験 2 の結果

条件	基準 1	基準 2	基準 3
単純型	64.3	60.2	59.5
ODIN 型	66.1	63.3	65.4

$t=4.421$) で有意差がみられた (すべて $df=19$)。

なお、この実験の枠組みではカテゴリ情報とアクセス情報のどちらが効いているのか、あるいはその交互作用については分析できないので、今後の課題となる。

6 非単調な検索の絞り込みと検索結果の再利用

日常の意思決定場面では、選択肢やゴールが最初から明確にされていることは稀で、外界とのやり取りの中から得られる情報を基に、それらを明確にしながら、同時に選択を行っていくことがより一般的ではないかと考えられる。ODIN の利用場面も同様で、システムの利用を開始する時点で自分が訪問したい目的地を明確にイメージしているユーザはあまりみられない。第一実験後に行った 2 つ目の質問項目は、ODIN 利用開始時点で目的地の画像をはっきりとイメージしていたか、というものであったが、20 名の被験者すべてがイメージしなかったと答えている。また、過去の検索結果画像がキー画像として再利用できる方が良いか、という 3 つ目の質問項目に対しては、15 名の被験者が再利用できる方がよいと答えている。

まず過去の検索結果を再利用する仕組みとしては、4. で述べたようにお気に入り登録された画像をキー画像として再利用する (図 6 でチェックボックスがチェックし検索する) 方法が用意されている。ただ、お気に入りを利用する場合には、ユーザはどの画像が再利用の可能性があるということを検索過程

で常に意識していなければならない、手間もかかる上に不自然である。そのような点からこの方法は意識的にチェックしておきたいという画像以外については必ずしも有効とは言えない。

実は第一実験で、実験者が教示していないにも関わらず、ブラウザの過去のページに戻る機能を利用して、キー画像として利用しなかった画像を、キー画像として利用しようとした被験者が観察されていた。しかし、その場合、いくつかの画面ページを前後移動することがユーザを混乱させる要因になるだけでなく、異なる検索結果として得られた画像をキー画像として組み合わせて利用することができない。そこで我々は ODIN に過去の検索結果の画像を系統的に示した検索履歴画面を用意し、ユーザがそこでキー画像を組み合わせて選択することによって、簡単な手順で過去の履歴が再利用できるようにした。

ユーザはまず、図 8 に示されるような検索履歴画面に移動する。検索履歴画面では、各回の検索結果である画像が行方向に示され、画面の縦方向は過去の検索結果ほど、画面の上の行になるように配置されている。各回の検索でキー画像として選択された画像は黒枠で示されており、行の先頭の矢印アイコンをクリックすると、その行で示される検索時の結果が、類似画像検索画面として再現される。

ユーザは検索履歴画面の各画像の真下にある四角枠を一つ以上チェックし、「検索 GO!」ボタンをクリックするだけで、これらの画像をキー画像として再利用できるようになっている。キー画像としては、異なる類似画像検索時の検索結果から得られた画像を組み合わせることもできる。図 8 では第 9 回目と第 15 回目の検索結果が再利用されようとしているところである。ODIN ではさらに、検索履歴情報自体も、その状態でサーバに保存し、後に利用することもできるようになっている。

7 おわりに

今後、類似画像検索を応用した意思決定支援システムは、デザイン性が重要視される商品等を対象にした e コマースサイトで応用されることが期待される。本研究では、ODIN のように風景画像といった漠然とした画像に対しても利用の可能性があるということが示唆されたと思われる。一般に、類似画像検索を具体的なアプリケーションに適用する場合、いかにそのアプリケーションの目的や用途に合ったチューニングができるかが重要になってくる。本研究では、それにカテゴリ情報やアクセス情報を組み込むチューニングを行い、ユーザ実験からその方法に対して支持が得られたと思われる。またインターネット時代では多くの一般ユーザを対象にしなければならないということを考えると、ユーザの非単調な意思決定過程を支援する視点も重要になるとと思われる。

今後の課題としては少なくとも次の 2 点があげられる。第一は、キー画像をユーザが簡単に加工して指定できるようにすることである。ODIN にあてはめると、画像全体の中からある部分領域（例えば対



図 8 検索履歴画面

象物や人物)を指定してキー画像としたり、逆に特定の領域を消去した画像をキー画像としたりして、データベース内の情報を検索することが想定される。第二は、検索条件として、時間的な情報を組み込むことである。検索技術としては自然に組み込むことができるが、そのための適切なユーザ・インタフェースを提供することが課題となると考えている。

■参考文献

- 1) M. Flickner, et al.: Query by Image and Video Content; The QBIC system, IEEE Computers, (1995).
- 2) 広池敦, 武者義則: 「Enra-Enra」(類似画像検索のためのユーザインタフェース); 情報処理学会研究報告, 2000-CVIM-122, pp.91-98 (2000).
- 3) A. K. Jain and A. Vailaya: Image Retrieval Using Color and Shape; Pattern Recognition Journal, Vol.29, pp.1233-1244 Aug. (1996).
- 4) 串間和彦, 赤間浩樹, 紺谷精一, 木本晴夫, 山室雅司: オブジェクトに基づく高速画像検索システム: ExSight; 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.2 (1999).
- 5) O. Rioul and M. Vetterli: Wavelets and signal processing; IEEE Signal Processing Magazine, Vol.8, No.4, pp.14-38 Oct. (1991).
- 6) Rui, Y., T. S. Huang, M. Ortega, and S. Mehrotra: Relevance Feedback; A Power Tool in Interactive Content Based Image Retrieval, IEEE Tran on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.8, No.5 May (1997).
- 7) A. Smeulders, M. Worring, S. Santini, A. Gupta and R. Jain: Content-Based Image Retrieval at the End of the Early Years; IEEE PAMI, Vol.22, No.12, pp.1349-1380 Dec. (2000).
- 8) Zhou, X. S., Y. Rui, and T. S. Huang: Water-filling: A Novel Way for Image Structural Feature Extraction; Proc. ICIP (1999).

■著者



望月 博文



石岡 和利



神岡 太郎