

メタデータ型画像データベースにおける検索行動の分析

福本 徹*, 赤堀侃司*

An Analysis of Image Retrieval Behavior
for Metadata Type Image Database

Toru FUKUMOTO*, Kanji AKAHORI*

A large number of digital images are stored on the Internet. From an educational perspective the fact that a vast number of images on a number of topics are readily available and are in some cases free is a very helpful thing. The aim of this study is to analyze users' behavior during image retrieval exercises. Results revealed that users tend to follow a set search strategy: firstly they input one or two keyword search terms one after another and view the images generated by their initial search and after they navigate their way around the web by using the 'back to home' or 'previous page' buttons. These results are consistent with existing Web research. Many of the actions recorded revealed that subjects' behavior differed depending on if the task set was presented as a closed or open task. In contrast no differences were found for the time subjects took to perform a single action or their use of the AND operator.

キーワード：画像検索，メタデータ，情報検索行動，検索方略

1. はじめに

近年、デジタルカメラやスキャナといったデジタル入力機器や、大容量で低価格な記憶媒体が普及したことで、膨大な数の画像が蓄積されつつある。これらを効率的に管理するために、画像アルバムや画像ファイリングシステムといった画像データベースが注目を集めている。またインターネットの普及および高速化によってデータベースへのアクセスが容易となり、画像データに対する検索ニーズが高まっている。

画像に対する検索を行う場合のシステム構成は、キー

となる項目によって、特徴量型とメタデータ型とに分けることができると考えられる。特徴量型は、画像の色やオブジェクトの形状といった画像から直接抽出される特徴量によって検索を行う⁽¹⁾⁽²⁾。メタデータ型はデータベースシステム提供者が画像に説明としてキーワードなどの様々なメタデータを予め付けておき、検索者はキーワードを入力することで検索を行う⁽³⁾。

特徴量型では、画像から機械的に特徴量を抽出する。よって画像中の物体等の認識精度が高くなく、そのため検索時にノイズが多く含まれて検索精度、特に適合率が低下する。一方、メタデータ型では付与者が画像にメタデータの内容を記述するため、メタデータを付与する手間が発生するもののこれを厭わなければ、人手でのチェックが入っているという点で物体を対象とする検索に強く結果として検索精度が高くなる。

* 東京工業大学大学院社会理工学研究科
Graduate School of Decision Science and Technology,
Tokyo Institute of Technology

我々は、一度人間の目による確認がなされていることによる検索精度の高さと、文書検索やWeb等の他の検索エンジンとの親和性を考え、メタデータ型の画像検索に注目している。

1.2 関連研究

画像検索においては、特に特徴量型では様々なインターフェイスの工夫がこれまでも行われている。特に特徴量型では画像同士を比較する必要があるため、スケッチによる入力⁽¹⁾、イメージカラーによる入力⁽²⁾、キーワード検索の結果を選択した入力、など様々な提案がなされている。しかし、被験者による検索を行っていても、システムの評価が目的であって、検索者がどのように画像を検索するかという観点での研究は見られない。またメタデータ型においては、検索者がどのように画像を得るのかについて全く省みられていないのが現状である。キーワード付与のあいまい性と、キーワード同士の比較という一般の情報検索へ帰着することとがその原因と考えられる。

一方で検索行動という観点では、WWW検索における一行動を分析した研究⁽³⁾や、WWW検索の行動をカタログ化し、そのプロセスを実験的に明らかにした研究がある⁽⁴⁾。検索者がキーワードを入力し、欲しい情報を得るという点ではWWW検索とメタデータ型画像検索は共通する部分があると考えられる。その一方でPaivioの二重コード化説の立場を考慮すると、WWW検索という文字情報の検索とメタデータ型画像検索とでは、検索対象が文字と画像と異なるため、認知的に異なるプロセスを取るものと考えられる。

また教育現場における分析としては、教科や総合的な学習といった授業場面での活用として、WWWサイト製作者による検索ログ解析⁽⁵⁾、実際に授業で用いた場合の報告⁽⁶⁾がある。

1.3 本研究の目的

本研究の目的は、キーワードを入力して検索を行うという、メタデータ型の画像検索において検索者はどのように検索を行うのかを、実験を通して探ることにある。実際に画像をそろえてデータベースを構築し、それぞれの画像にメタデータを付与する。検索者は典型的な課題に対して画像データベースを用いて実際に

検索を行う。そして検索を通して検索者の特徴的な行動を抽出する。以上の結果から、目的となるタスクの特徴に応じたインターフェイス等、画像検索システムに対しての提言を与えることにある。

2. 方法

2.1 被験者

コンピュータを日常的に使用している大学生および大学院生20名が実験に参加した。事前のアンケートにより、Yahoo! JAPANやGoogleといったインターネット上の検索エンジンは全員使用経験があり、検索という行為については問題がないことを確認している。

2.2 機材および実験環境

実験環境を図1に示す。サーバには、OSはRedhat LinuxとしWebサーバとしてPHP 3を用いた。クライアントには、OSはWindows 98でサーバにアクセスするブラウザとしてInternet Explorer 5.5を用いた。

画像は風景、人物、静物、模様等の静止画像1700枚を用意した。それぞれの画像に、検索しやすくなるキーワード付与基準⁽³⁾に従ってキーワードを付与した。具体的には、最初にその画像中の人物や場所が特定できる場合にはその固有名詞、2番目にはその画像の状況、3番目に場面、4番目に特に動画においては画像中の主となるオブジェクトの動作、5番目にそのオブジェクト以外の物体や背景など周辺の状況、6番目に周辺の動作、最後に画像から受ける印象や感じ方などの感性語を記述する。また4番目にあげた画像中の主となるオブジェクトの動作については、例えば単なる静物が被写体の時には欠落する場合もある。画像1枚あたりのキーワード数は平均6個、キーワード1つあ

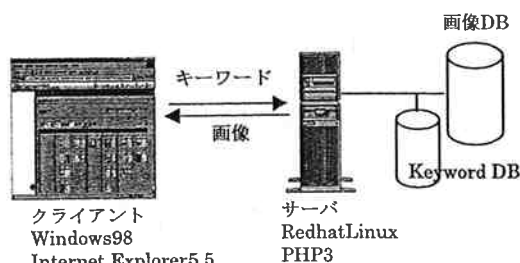


図1 実験システムの構成



課題1-1

課題1-2

図2 課題1で提示した画像

たりの画像数は平均12.5枚である。画像を画像データベースに置き、キーワードは画像と対応させてキーワードデータベースに置いた。なお、検索結果である画像を提示する際の初期値は画像20枚で1ページとしたが、5, 10, 15, 20枚の4通りで被験者は適宜プルダウンメニューにより選択が可能である。検索結果として始めに提示する画像はサムネイル形式であるが、表示した画像をクリックすることで当該画像を次のページに拡大して表示する。なお、ページ参照履歴の残るキャッシュファイルは被験者毎に削除し、アクセス条件を同一にした。

2.3 課題

検索課題は解決プロセスの異なる2種類を用意した。課題1ではまず、被験者に画像を提示し、被験者は提示された画像と同じ画像を検索する。当該画像を発見すれば本課題は終了である。これを2種類の画像について行った。なお提示した画像は図2に示す。課題2では、被験者にテーマを提示し、被験者はテーマにふさわしい画像を検索する。テーマにふさわしい画像が得られたと被験者が判断すれば本課題は終了である。ここで与えたテーマは「挨拶状」、その中でも本実験を実施したのが真夏であったので「暑中見舞い」にふさわしい画像を検索してもらった。両課題とも制限時間は設けず、被験者が自由に画像を検索できるように配慮した。

課題1については、画像データベース中に提示した画像が存在するため、被験者はその画像を目標として検索し発見する必要がある。一方課題2については、被験者自身がテーマにふさわしい画像を求めて検索し、何らかの画像を回答する必要がある。

なお課題の一般性という観点では、課題の選定にあ

たって画像検索を専門とする研究者3名の合議によって課題1については課題となる画像、課題2については課題となるテーマを決定してきている。

2.4 手続き

被験者にはまず、普段のコンピュータやインターネット利用頻度、よく利用する検索エンジンのアンケートに答えてもらい、コンピュータ上での検索に関する習熟度については問題ないことを確認した。続いて実験に使用するシステムの説明が行われた後、被験者はシステムに慣れる意味を込めて、最初に課題1を行い、次に課題2を行った。すべての課題終了後に、被験者は検索中に考えたことや検索時の方略に関する内観報告を回答した。なお実験中は検索中の画面をビデオ撮影した。

3. 結果

3.1 アクションのカテゴリ分類

撮影したビデオテープおよびブラウザのキャッシュファイルのデータに基づいて、それぞれの課題に対する被験者のアクションを時系列で記録した。それぞれのアクションを前述した情報検索に関する研究⁽⁴⁾に従って、1) キーワード操作 2) Webページの操作 3) ブラウザの操作 4) その他の操作の4つのカテゴリおよびそれぞれのカテゴリにおけるサブカテゴリに分類した。それぞれのカテゴリおよびサブカテゴリの概要を表1に示す。

課題別の各被験者によるアクションのカテゴリ毎の出現頻度を表2に示す。アクションのうち両課題とも「キーワード操作」が最も多くの頻度を占めているが、課題1では約60%に対し、課題2では約40%である。課題1の2つの画像の間では有意差は見られなかったが、課題1と課題2との間では有意傾向が見られ($p < .08$)、課題1より課題2で多くのキーワード関連の操作を行っていた。

また、「Webページの操作」中の「進む」「戻る」操作で課題1の2つの画像間で有意差が見られ($p < .01$)、課題1-1より課題1-2がページの進む・戻る操作の頻度が多かった。ブラウザのキャッシュファイルの分析では、被験者は課題1-1では「ラケット」

表1 分類したアクションカテゴリ (40) に一部追加)

カテゴリ	サブカテゴリ	概要
キーワード操作	入力	新規にキーワードを入力
	削除	直前に使用したキーワードの一部を削除して再検索
	追加	直前に使用したキーワードに新たにキーワードを加えて再検索
	置換	直前に使用したキーワードの一部を削除し、新たに異なるキーワードを加えて再検索
Web ページ操作	画像拡大	サムネイル画像をクリックして画像を拡大
	リンク操作	別ページへのリンクをクリックし対象ページへ移動 (検索結果が複数ページにわたる場合に表示される)
	プルダウンメニュー操作	Web ページ上のプルダウンメニューを操作
ブラウザ操作	進む	ブラウザの「進む」ボタンをクリック
	戻る	ブラウザの「戻る」ボタンをクリック
	ホーム	ブラウザの「ホーム」ボタンをクリック
	ジャンプ	ブラウザの「履歴」から任意の履歴をクリック
その他		上記カテゴリに属さないアクション

表2 各アクションカテゴリの課題別出現頻度

		課題 1-1	課題 1-2	課題 2
キーワード操作	入力	50.48%	55.03%	40.29%
	追加	1.67%	3.13%	1.49%
	削除	7.60%	2.50%	1.11%
	置換	1.00%	0.71%	0%
Web ページ操作	画像拡大	7.75%	10.28%	8.78%
	リンク選択	0%	0.56%	0.29%
	プルダウン選択	0%	0.42%	0.19%
ブラウザ操作	進む	0%	12.56%	10.66%
	戻る	25.65%	9.56%	30.01%
	ホーム	0%	0.79%	4.88%
	ジャンプ	0%	0%	0%
	小計	96.14%	98.66%	97.71%
その他	その他	3.86%	0.71%	2.29%

というキーワードの入力が15名、課題1-2では「湖」が16名であった。一方で「ラケット」というキーワードが付与された画像が当該画像データベース中に1枚のみであったのに対し、「湖」というキーワードが付与された画像は30枚であった。特に「進む」操作における有意差についてはこのような画像数の差を反映していると考えられる。つまり、「ラケット」というキーワードを入力した場合には検索結果として得られる画像が1枚なので、被験者には「進む」操作は必要がない。一方で「湖」というキーワードに対して、図2に示した画像は1ページ目に現れる(1ページあたり20枚の画像を表示するとして)が、撮影したビデオを分析すると、3名の被験者に当該画像の見落としなどがあり、ページ間で「進む」「戻る」の往復が発生して

いた。なお課題2において被験者が検索した結果の画像数は、1回の検索につきすべて20枚以上60枚未満であることを確かめている。これは1ページあたり20枚表示で2~3ページ分に相当する。そのため、課題1-2は2ページ分、課題2は2~3ページ分となり、課題1-2と課題2では以下に述べるような検索アクション数等において厳密ではないが比較可能であると考えられる。

なお、検索結果である画像を提示する際の1ページあたりの枚数については、課題1と課題2の両方においてプルダウンメニューを操作した被験者はいなかった。つまり、すべての検索結果の画像が1ページあたり20枚で提示されたことになる。結果として被験者はより多くの画像を一度に閲覧することを好んでいることが示唆される。

また、キーワード操作の内容について詳細に分析すると、「入力」が最も多く課題1では全体の半数、課題2では全体の40%を占めており、一度行った検索の修正にあたる「追加」は1%から3%、「削除」は1%から7%であった。被験者が検索を実行する際には、キーワードを追加したり削除したりという試行錯誤ではなく、キーワードを新規に入力する行動が多く観察された。

表3 課題別検索過程

	課題1-1	課題1-2	課題2	有意差(t値)
検索ページ数	1.00	2.80	5.55	t=3.27**
アクション数	4.70	4.95	22.40	t=4.83**
検索時間(MM:SS)	01:20	01:30	06:30	t=4.90**
時間/アクション	00:21	00:19	00:18	t=0.98

表4 キーワード操作関連データ

	課題1-1	課題1-2	課題2	有意差(t値)
キーワード検索回数(延べ)	2.60	1.85	9.30	t=4.35**
キーワード数(重複除く)	2.50	1.80	7.65	t=4.06**
AND検索の深さ	1.45	1.25	1.25	t=1.25

表5 入力したキーワード一覧
(括弧内は被験者による操作)

	被験者2	被験者6
課題1-1	子供	子供
課題1-2	馬 (拡大)	湖
課題2	暑中見舞い 風鈴 山 森 (拡大)	スイカ 花 (進む) (進む) 海 (進む) (進む)

3.2 検索プロセス

表3に、課題別に被験者が閲覧したページ数、アクション数、閲覧したページ数あたりのアクション数、回答までに要した所要時間、1アクションあたりの平均所要時間を示す。課題別にそれぞれの平均値に対して差のt検定を行ったところ、閲覧ページ数・アクション数・所要時間については有意差（各指標とも $p < .01$ ）が見られ、課題1よりも課題2に多くのページを閲覧し、アクションをとり、多くの時間を必要としていた。一方ページ数あたりのアクション数・1アクションあたりの平均所要時間については、課題1と課題2との間で有意差は見られなかった。

3.3 キーワード

表4に、課題別に、被験者がキーワード検索を行った回数、入力したキーワード数（重複を除いたのべ数）、AND検索の深さ（1回の検索で使用したキーワードの数の最大値）を示す。同じく課題別にそれぞれの平均値に対して差のt検定を行ったところ、キーワード検索回数、キーワード数については有意差（各指標とも $p < .01$ ）が見られ、課題1より課題2において多くの検索を行っていた。一方AND検索の深さについては、課題1と課題2との間で有意差は見られなかった。

被験者が入力したキーワードの一例を表5に示す。被験者2は画像を確認する際には拡大する操作を行っていることがわかる。また、課題2においては課題で与えられた語句をそのまま入力している。一方で被験者6は画像を拡大する操作は行わず、また、課題2では課題から連想するより一般的なキーワードを入力し、

検索結果の画像群をじっくりと比べていることがわかる。

4. 考察

4.1 課題の違いによる検索行動の差異

前章で述べたように、アクション・閲覧ページ数や所要時間で見られた課題間の差は、両課題の特性を反映していると考えられる。すなわち課題1は、被験者は提示された画像を検索するという、一度見たことのある画像を探し出すというものである。つまり提示された画像という答えの存在する課題という意味で、クローズドクエスチョンといえる。一度の検索に対して結果として提示された画像群に該当する画像が存在しなければ、次のキーワードの入力にすぐに移行する、という行動がキーワード操作の比率の多さから推察できる。一方課題2は、テーマを与えられた中で自己の判断で画像を探し出すことが求められていた。答えが一般的に定まらない課題という意味で、オープンクエスチョンといえる。1度の検索の結果である画像群を多く見て判断するというのが、キーワード入力の比率の少なさ・検索ページ数・アクション数・キーワード検索回数から推察できる。

一方で、1アクションあたりの時間・AND検索の深さについては、両課題間で有意な差が見られなかった。また、ブラウザのキャッシュファイルの解析によると、画像を拡大する操作を行う被験者は限られていた。つまり画像拡大操作を行う被験者は両課題で必ず拡大して画像の確認を行っており、どちらかの課題のみで画像拡大操作を行う被験者は存在しなかった。まとめると、次のアクションへとるべき行為を考える時

間、キーワードをANDで並べる方法、画像を拡大して確認するか否かは個人の属性に依存すると言える。

4.2 画像検索システムにおけるユーザ支援

ここで、キーワード操作をキーワード選択行為、Webページ操作とブラウザ操作とをまとめて画像選択行為と捉えると、課題1では比率がおおよそ6:4、課題2ではおおよそ4:6となる。

一度見たことのある画像を探すにはキーワードを多く操作して検索結果に当該画像のあり/なしをすばやく判断することが求められる。そのためには、すばやく画像を提示するという早見型の機構が必要となる。一方でテーマに沿って画像を探す場合はキーワード操作よりも画像を閲覧しながら回答を検討する。様々な画像について時間をかけて検討し、時には候補となる画像を特別にピックアップし比較するための電子トレイや、印刷して確認するなど、じっくりと見るための仕掛けが必要である。

また前節で見たように、キーワードをANDで並べる方法、画像を拡大して確認するか否かは個人の属性に依存すると考えられる。これらに対しては、キーワード入力ボックス数を増減する、画像拡大オプションを用意するなど、検索者の個人的な行動パターンによって自動的に入力インターフェイスを制御する機構が望まれる。

ブラウザのキャッシュファイルの分析では、被験者は課題1-2では「湖」というキーワードの入力が16名であった。画像データベース中には「湖」というキーワードが付与された画像が30枚であった。しかも事後のアンケートによると、「湖の写真は色や形が似ていて探しにくい」(原文のまま)に代表されるように、色や構図が類似する画像によって探しにくいという意見が5名から寄せられた。例えば色や構図が類似する画像をグループ化して表示するなど、検索結果の画像を表示する際に何らかの工夫が必要であることが示唆される。

4.3 WWW検索との比較

アクション・閲覧ページ数で見られた課題間の差を、WWW検索の先行研究⁽⁴⁾と比較する。

先行研究では、問題解決課題では短時間で多くのペー

ジを見て回答に至る様子が観察され、本研究で扱う画像検索においては課題1に相当する。一方、意思決定課題では、Webページについて時間をかけて閲覧しながら回答を決定する様子が観察され、本研究では課題2に相当する。

カテゴリごとの頻度については、画像検索、WWW検索での際立った差は見られないと言える。検索プロセスにおいては、閲覧ページ数・アクション数については両課題で有意差がないという同様の傾向が見られたが、1アクションあたりの所要時間については画像検索では課題間の差がなく、WWW検索では問題解決課題<意思決定課題であった。キーワードについては、画像検索ではキーワード検索回数、キーワード数で有意差が見られたが、WWW検索では有意差が見られなかった。つまり、画像検索とWWW検索とで異なった部分は、1アクションあたりの所要時間、キーワード検索回数、キーワード数である。

1アクションあたりの所要時間については、人間が画像を見て判断するプロセスと、文章を読み進めて判断するプロセスが異なることを示唆している。つまり、画像の場合は課題に依らず一瞥で一気判断できるが、文章の場合は斜め読みであっても課題によって考える方略が異なることが考えられる。一方、キーワード検索回数およびキーワード数については、画像検索での課題1、つまり画像を見せることにより被験者が入力すべきキーワードが思いつきやすい状況であったことが推察できる。課題2ではテーマのみが与えられたため、検索開始の時点では入力するキーワードが考えにくい状況であり、検索が進むにつれキーワードを考えついてゆくと推察できる。これに対しWWW検索の両課題では被験者の検索方略、つまりキーワードをどのように入力すべきかを判断することについては差がなく、画像検索の課題2と同じく検索が進むにつれキーワードを考えつくと言える。キーワードの思いつきやすさという観点では、画像検索での課題1、画像検索での課題2とWWW検索の両課題と分けることができると考えられる。

5. まとめ

本論ではキーワードを付与した画像データベースに

において、2つの典型的なパターンにおける検索行動について実験を通して明らかにした。

課題1のような画像を探す行為は、一度自分が見たことのある画像を検索するというので、個人が所有する画像を検索するシステムに対応すると想定できる。一方課題2のようにテーマに従って画像を探す行為は、多くの画像を持ったWebサイトから画像を検索する、すなわちインターネット上の画像サイトから検索することに対応すると想定できる。はじめに述べたように、個人所有の画像もインターネット上の画像も普及している現状では、それぞれに対応した検索システムが今後の課題である。

また課題1と課題2とで検索行動に個人的な行動パターンが見られた。このことから、個人の典型的な行動パターンによって、検索時に支援するシステムを開発し評価することも今後の課題である。

近年ではGoogle Image⁽⁸⁾等、Web上の画像を自動的に収集し検索を可能にする検索エンジンが開発されているが、このようなWeb上の画像を扱うエンジンにおける検索行動を分析・比較する必要があるであろう。

参考文献

- (1) 西山晴彦, 松下温: “画像の構図を用いた絵画検索システム” 情報処理学会論文誌Vol.37, No.1, pp.101-109 (1996)
- (2) 近藤邦雄, 高橋雅博, 松永政尚, 山崎秀樹: “画像データベースのためのイメージカラー検索手法” 映像情報メディア学会誌Vol.54, No.11, pp.1615-1622 (2000)
- (3) 福本徹, 赤堀侃司: “画像データベースに適したメタデータの分析と評価”, 日本教育工学会論文誌Vol.26 No.4 印刷中
- (4) 三浦麻子, 藤原伸彦: “WWWにおける情報検索に関する実験的検討—検索行動の分類および課題による差異の検討—”, 教育システム情報学会誌Vol.18, No.1, pp.121-128 (2001)
- (5) 篠原正典, 徳畑香菜, 岡本麻由美, 三宅丈夫, 永野和男: “小・中学校教育用学習素材検索システムの開発と児童・生徒の検索時における検索過程” 教育

システム情報学会誌Vol.18, No.2, pp.200-209 (2001)

- (6) 松下幸司: “博物館のデータベース活用における情報検索インタフェースの検討—「総合的な学習の時間」の試行的実践を事例として—”, 日本教育工学雑誌Vol.24, Suppl, pp.121-126 (2000)
- (7) 白澤基紀, 新垣紀子, 野島久雄, 石崎雅人: “WWW検索行動における「戻る」行動と検索方針の変化との関係” 情報処理学会研究会報告HI83-11, pp.61-66 (1999)
- (8) Google Image: <http://www.google.com/img/hp?hl=ja&ie=UTF-8>

(2002年5月30日受付)

著者略歴

福本 徹

1971年生まれ、大阪府豊中市出身。1992年大阪大学基礎工学部情報工学科中退、1994年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻情報工学分野修士課程修了、キヤノン株式会社入社。



2000年東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム専攻博士後期課程入学、現在に至る。画像検索、教育工学の研究に従事。教育システム情報学会、情報処理学会、日本教育工学会各会員。

赤堀 侃司

1944年生まれ、広島県呉市出身。1969年東京工業大学大学院理工学研究科物理学の修士課程を修了、静岡県高等学校教諭、東京学芸大学講師、助教授、東京工業大学助教授を経て、平成3年3月から現職。現在、東京工業大学・教育工学開発センター、および大学院社会理工学研究科、人間行動システム専攻教育工学講座に在籍。教育工学、教育情報科学の研究に従事。工学博士。教育システム情報学会、電子情報通信学会、日本教育工学会各会員。

