

平成16年度

筑波大学第三学群情報学類

卒業研究論文

題目
定点観測画像の非言語情報による検索手法の研究

主専攻 知能情報メディア主専攻

著者 山田 徹

指導教員 田中 二郎、志築 文太郎

要 旨

ストレージの大容量化が進み、ユビキタスコンピューティングの考えが浸透するにつれ、自らの生活記録を定点カメラなどで撮影し、アーカイブ化するという考えが出てきており、この時、アーカイブを如何に検索して閲覧するかが問題となる。そこで我々は、定点カメラの観測によって得られた画像ファイルのアーカイブに対し、従来の検索手法とは違い、コンピュータデバイスの操作を含まない、ユーザにとってより簡単な検索要求の入力によって見たいシーンを検索するインタフェースを提案し、プロトタイプを設計した。このシステムによって、ユーザは、大量の画像ファイルからの画像検索を直感的且つ簡単な動作で行うことができる。

目次

第1章	序論	1
1.1	コンピュータ、周辺機器の発達	1
1.2	ユビキタスコンピューティング	1
1.3	ユビキタス時代における画像の検索	1
1.4	本研究の目的	2
1.5	本論文の構成	2
第2章	画像ファイルの検索手法	3
2.1	これまでの画像検索	3
2.1.1	キーワード検索	3
2.1.2	類似画像検索	4
2.1.3	手描き画像による検索	5
2.2	問題点	5
2.2.1	キーワード検索の問題点	5
2.2.2	類似画像検索の問題点	5
2.2.3	手描き画像による検索の問題点	6
第3章	新たな検索手法の考案	7
3.1	実世界においてイメージを伝える方法（人対人）	7
3.2	コンピュータへの自然なイメージの伝達	9
第4章	ダイレクトイメージサーチの提案と設計	10
4.1	システムの要件	10
4.2	ダイレクトイメージサーチの振る舞い	10
4.2.1	検索オブジェクト	10
4.2.2	ユーザの操作	12
4.2.3	システム側の応答	12
4.3	ダイレクトイメージサーチの設計	12
4.3.1	定点カメラでの画像アーカイブ作成	13
4.3.2	検索オブジェクトによる要求入力	13
4.3.3	画像ファイルの抽出	14
4.3.4	画像の表示	14

第5章	ダイレクトイメージサーチ利用シーン	15
第6章	関連研究	16
第7章	まとめ	17
	謝辞	18
	参考文献	19

目次

2.1	キーワードによる画像検索の例	3
2.2	メタデータを用いた画像検索	4
3.1	カメラ付携帯によるイメージ伝達	7
3.2	略図によるイメージ伝達	8
3.3	ジェスチャーによるイメージ伝達	9
4.1	形状特徴を示す検索オブジェクト	11
4.2	サイズ特徴を示す検索オブジェクト	11
4.3	ユーザの操作	12
4.4	シーン抽出の流れ	13
4.5	連番ファイルの例	14

第1章 序論

1.1 コンピュータ、周辺機器の発達

コンピュータやその周辺機器の発達の速度はすさまじく、目を見張るものがある。具体的には、ストレージの大容量化、CPU 速度の高速化などである。かつては、ファイルサイズの大きい画像ファイルなどは、画像処理等を専門にしているような人以外が大量に持つことは無かったが、現在では一般のユーザでも気軽に画像ファイルをコンピュータに保存することができるまでになっている。また、コンピュータが一般に浸透するにつれ、WEB カメラなどの周辺機器も比較的安価で入手出来るようになってきている。こうした流れの中で、自分の生活記録を定点カメラの観測によって、画像アーカイブとして残すことで、後の記憶想起などに役立てようという考えが出てきている。現段階ではまだ一生涯の記録を保存できるわけではないが、今後さらにストレージの大容量化が進めば、それが可能となるだろう。

1.2 ユビキタスコンピューティング

近年、“ユビキタスコンピューティング”という言葉が耳にすることが多くなった。我々の考えるユビキタスコンピューティングとは、生活や社会の至る所にコンピュータが存在し、コンピュータ同士が自律的に連携して動作することにより、人間の生活を強力にサポートする情報環境を言う。ユビキタスコンピューティングにおいては、カメラなどのセンサ群によって、環境情報をキャプチャしておくことが重要である。前項で述べた定点カメラによる生活記録の画像アーカイブ化もその中に含まれると言える。また、人間はコンピュータの埋め込まれた道具やシステムを、コンピュータと意識することなく簡単に使うことが出来ることが望ましい。

1.3 ユビキタス時代における画像の検索

定点カメラで単位時間ごとに画像を記録していくと、ユーザは大量の画像ファイルを保持することになる。この時問題になるのはアーカイブ化した画像をいかにして見るかということである。最も単純な方法はスライドショー形式で順に画像を表示していくというものだろう。しかし、スライドショーによって単位時間ごとに画像を表示させる手法は、全ての画像ファイルの価値や重要度が、その時のユーザにとって同じであるという仮定が成り立たなければ、妥当な手法とは言えない。実際にはユーザが見たい画像は全画像の中の一部であると

考えるのが普通だろう。そして、このような場合、如何にしてユーザが見たい画像を探すかという問題が出てくる。

従来の画像検索の主な手法としては、画像そのものではなく、画像ファイルに付加したメタデータを用いたキーワード検索や、類似画像検索、手書き画像による検索などがあるが、これらの手法には問題点がある。

さらに、これからのユビキタスコンピューティング時代においては、なるべくユーザが自然な動作でコンピュータとインタラクションできるようなインタフェースを提供することが好ましく、キーボードなどによる入力とは違った入力手法が求められている。

1.4 本研究の目的

本研究では、定点カメラによって自分の生活記録を画像アーカイブとして保存するようになった時代を想定し、アーカイブから自分の目的にあった画像（シーン）を検索するために、従来手法による検索要求とは違った、新たな検索要求の入力手法を提案し、そのインタフェースを実装することを目的としている。

1.5 本論文の構成

本論文の構成を示す。まず、2章では画像ファイルの検索手法について、従来の検索手法についていくつか紹介し、その問題点について考察する。3章では、人間同士において視覚イメージを伝える手法の例を挙げ、その手法をコンピュータとのインタラクションに活かすことを提案する。4章では、3章での考察を基に画像の検索要求を非言語情報で直感的にコンピュータに伝えるためのインタフェースを提案し、プロトタイプ的设计について述べる。5章では、提案したインタフェースの具体的利用シーンを挙げ、システムの有用性について述べる。6章では、本研究の関連研究をいくつか挙げ、本研究との比較を行う。7章で本論文をまとめる。

第2章 画像ファイルの検索手法

本章では、大量の画像ファイルの中から自分の欲しい画像を検索するための、従来の検索手法について述べ、その問題点について考察する。

2.1 これまでの画像検索

2.1.1 キーワード検索

現在、検索の主な対象はテキストや、テキストを主体としたWEBページなどであり、その検索要求にはキーワードが使われている。一方画像の検索においても、キーワードによる検索がある。図 2.1 はキーワードによる画像検索の画面の例である。



図 2.1: キーワードによる画像検索の例

キーワードによる画像検索の仕組みについて説明する。言語で直接画像を検索することは出来ないため、まず検索のための準備として、画像そのもののデータの他に、画像の内容は

何であるかといったようなメタデータを付加する。メタデータはいわば注釈の様なものである。ユーザからキーワードが提示されると、付加されたメタデータの中にキーワードに合致するものがあるかどうか調べ、含まれていればその画像をユーザ側に表示する（図 2.2）。

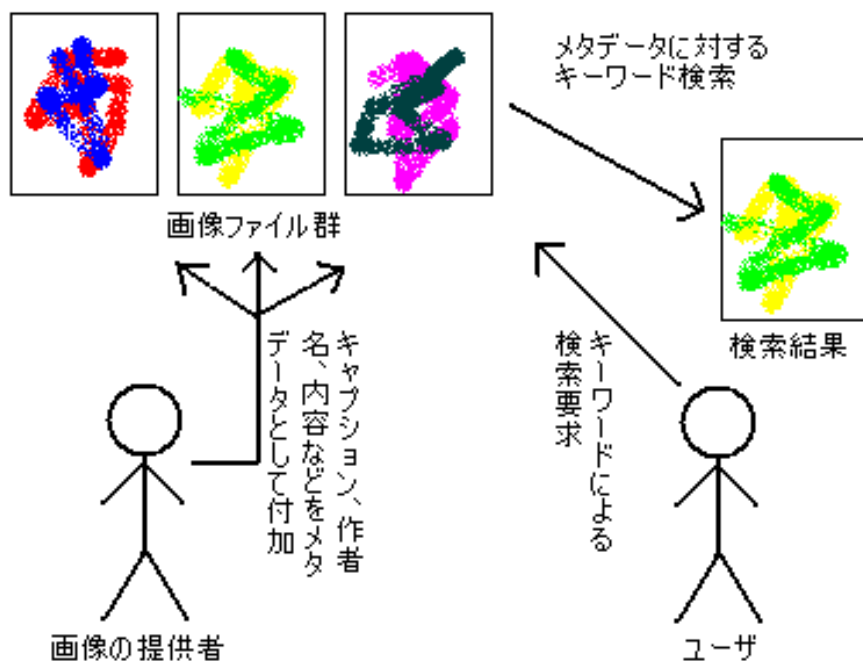


図 2.2: メタデータを用いた画像検索

これは図書館での書籍の検索などの仕組みと同じである。メタデータの付加は人手によって行われる。

現在、検索エンジンが提供している画像検索はこの方法を用いている。

2.1.2 類似画像検索

キーワードを用いない検索の一つとして、類似画像検索が挙げられる。

類似画像検索では、検索元の画像と、その画像のどう言った特徴を重視するかを入力すると、その要求にしたがってデータベースから類似した画像を抽出するというものである。ここで言う特徴とは、色味、パターンの規則性、構図などである。

2.1.3 手描き画像による検索

手描き画像による検索は、ユーザが探したい画像の概要を手描きし、その特徴抽出を行い、特徴に合った画像を検索するという手法である。

2.2 問題点

前項で、従来の主な画像検索の方法について説明した。本項では、従来手法の問題点について考察する。

2.2.1 キーワード検索の問題点

キーワードによる画像の検索は詰まるところ、メタデータに対する検索である。しかし、メタデータの付加による検索には、以下の2つの問題点がある。

1. 大量の画像ファイルがあるという状況を想定したときに、それらすべてにメタデータを付加することには無理がある。特に、序論で述べたように定点カメラで生活の記録を取る場合には、時間の経過とともに自然に画像は増えていくため、その都度メタデータを付加するのは妥当とは言えない。
2. 有効なメタデータをつけることの困難さがある。定点観測画像をアーカイブ化した場合、似たような画像ファイルが大量に存在することになり、それらを効率的に検索するための有効なメタデータの付加を行うことは極めて困難であると考えられる。有効なメタデータの付加がなされなければ、当然キーワードによる検索は難しくなる。

また、仕方の無いことではあるが、画像ファイルをキーワードで検索するという方法を取る以上は、言葉とイメージのギャップがどこまでもついてくると考えられる。すなわち、どれほど有効と思われるメタデータが付加できたとしても、それで十分ということはないのである。これが、イメージを言葉で言い表そうとする方法の限界であると言えるだろう。なお、本論文における「イメージ」という言葉は頭の中に描いた像（画像）のことを指す。

2.2.2 類似画像検索の問題点

類似画像検索では、キーワード（言語）ではなく、画像そのものを検索のキーとする手法である。そのため、キーワード検索に比べ、イメージと言葉のギャップが発生しにくい点では優れていると言える。しかし、類似画像検索の場合、画像ファイルから画像ファイルを検索する手法のため、あらかじめ検索の元となる画像が無ければならない。普段の生活において、定点観測画像のアーカイブを検索するための元となる画像を常に用意することは現実的ではない。

2.2.3 手描き画像による検索の問題点

手描き画像による検索は、画像から画像を検索するという点で、類似画像検索と似ているが、検索の元となる画像があらかじめコンピュータ内に入っている必要がなく、ユーザが自分で描いた画像を検索のキーに出来る点が優れている。しかし、ユーザは手描き画像を作成する際にマウスなどのコンピュータデバイスの操作を必要とする。我々は、これからのユビキタスコンピューティングの時代においては、ユーザが、コンピュータであることを意識せずに簡単に使えるようになることが重要であると考えているが、手描き画像による検索は、現時点ではユーザにとって機器操作の負担があると言える。

表 2.1: 各画像検索手法の利点と欠点

	利点	欠点
キーワード検索	処理は速い	メタデータ付加の手間がある
類似画像検索	言葉とイメージの間のギャップがない	検索の元となる画像が無いといけない
手描き画像による検索	検索元の画像不要	手描き画像の入力の際、機器操作の負担

第3章 新たな検索手法の考案

第2章で、これまでに在った画像の検索手法の説明と、その問題点について考察した。本章では、第2章での考察を踏まえて、画像の検索に合った、新たな検索要求の入力手法を考案する。

3.1 実世界においてイメージを伝える方法（人対人）

第2章において、現在使われている、コンピュータに対して探したいイメージを伝えるための手法について述べたが、ここでは、我々が人間同士のコミュニケーションの中で、どうやってイメージを伝えているかということについて考察する。

例えば、面白い絵画やポスターなどを見たときに、友人や家族にそのイメージを伝えたいことがあるだろう。このような時、我々はどのようにしているだろうか。一つの方法としては、カメラなどでそのもののイメージを保存しておくというものが挙げられるだろう。現在では、カメラ機能のついた携帯電話などがかなり普及しているため、まさしくイメージそのものを伝える手段として有効であるといえる。この例の場合、実物を見たその時に誰かに伝えようとするためにカメラで撮ることが出来る。図3.1にカメラ付携帯電話によるイメージ伝達の例を示す。

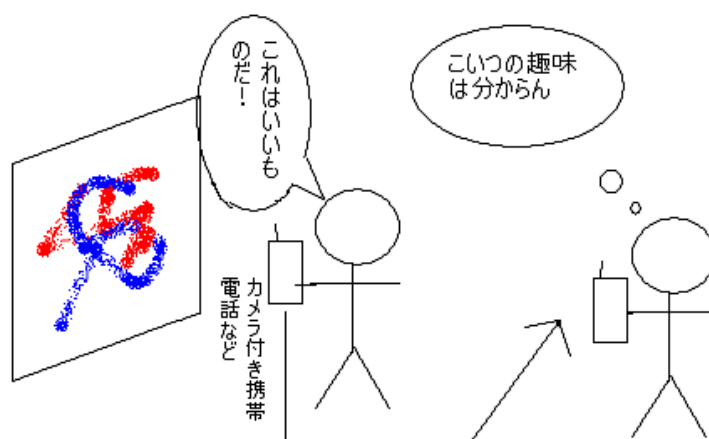


図 3.1: カメラ付携帯によるイメージ伝達

別の例を考えてみよう。例えば何かを探しているとしよう。しかし、なかなか見つからない。こういった場合に近くに知人などがいれば、探すのを手伝ってもらうことはよくあることと思う。このとき、あなたの探している物が、相手もよく知っている物であれば、言葉で説明してもすぐに通じるだろう。しかし、相手には自分の探したいものの具体的なイメージがないとすると、探すのを手伝ってもらうためにはそのイメージを伝えなければならない。

人間がものを認識するための情報といえ、視覚情報が大部分を占めるため、相手にもそれをなるべく正確に伝える必要があるだろう。そういう時の方法として我々が良く使うのはジェスチャーや略図などである。例えば、紙に大体の形などを描いて見せたり（図 3.2）、手を広げて大きさを示したりする（図 3.3）。

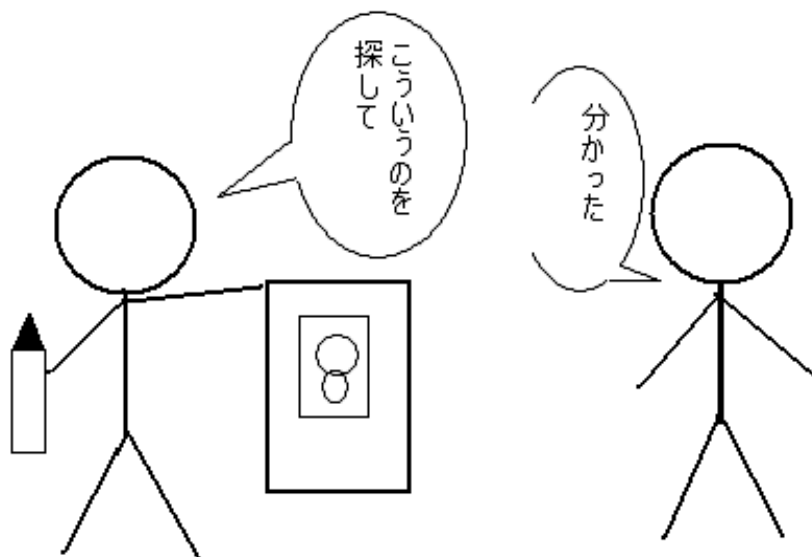


図 3.2: 略図によるイメージ伝達

言葉による説明だと、物の具体的なイメージに変換するのはなかなか難しい。探し終えたあとに、相手から「何だ、こういう物を探していたのか、ちょっと勘違いしていたよ」などと言われることになりかねない。この点、略図やジェスチャーであれば、あなたの探したいもののイメージさえ間違っていなければ、まず相手が誤認識するということは考えられない。

表 3.1: 状況におけるイメージ伝達の方法と有効性

	カメラで撮影	ジェスチャー、略図	言葉での説明
伝えたいイメージがその場にある	最適	適	不適
伝えたいイメージがその場に無い	不可	適	不適

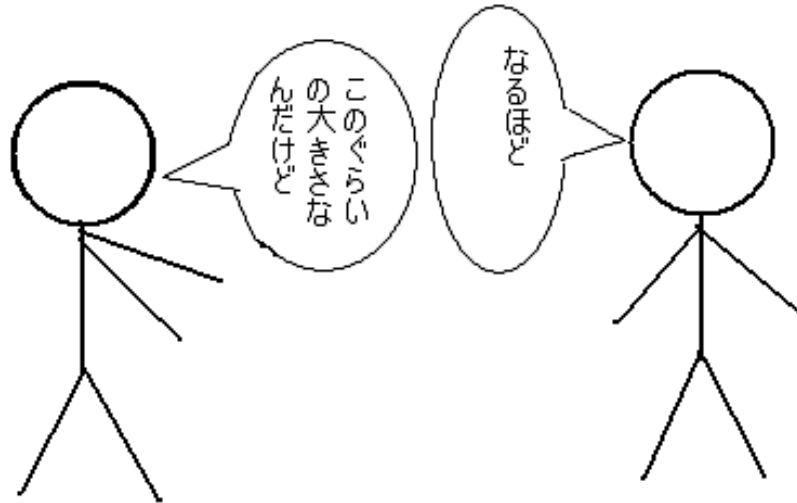


図 3.3: ジェスチャーによるイメージ伝達

3.2 コンピュータへの自然なイメージの伝達

前項では、人と人とのコミュニケーションにおいては、イメージを、ジェスチャーや略図などで示す場合が多いことを述べた。そこで、我々はこういったイメージの伝え方を人がコンピュータに対しても行えるようにすることが、より直感的かつ自然な検索要求入力と言えるのではないかと考えた。また、これからのユビキタスコンピューティング環境においては、ユーザがコンピュータであることを意識せずにシステムを操作出来ることが望ましい。つまり、キーボードやマウスといった、明示的なコンピュータ・デバイスでの操作を必要としないインタフェースが求められていると考える。

第4章 ダイレクトイメージサーチの提案と設計

ここでは、前章での考察を受けて、定点観測画像アーカイブをより直感的かつ自然な動作で検索させるためのインタフェースとしてダイレクトイメージサーチを提案し、システムの振る舞いと、プロトタイプ的设计について述べる。

4.1 システムの要件

以下にダイレクトイメージサーチが満たすべき要件を挙げる。

- システムへのイメージによる検索要求の入力（伝達）：探したいイメージの指定はキーワードによって行うのではなく、イメージの特徴的な要素を直接システムに示すことで行えるようにする。
- ユーザにとって簡単かつ実世界指向的な操作：キーボードやマウスといったようなこれまでの入力機器の使用は、入力出来る場所などに制約を与えることになり、わずらわしい。そこで、ダイレクトイメージサーチでは定点カメラを活かし、領域内であれば、キーボードやマウスでの操作を必要とせず、誰でも簡単に画像（シーン）の検索要求を出せる手法を取る。

4.2 ダイレクトイメージサーチの振る舞い

4.2.1 検索オブジェクト

今回、検索要求の入力のためにいくつかの典型的形状をデザインしたパネル（検索オブジェクト）を用意する。パネルには、形状特徴を表すものとサイズを表すものがある。図4.1は形状特徴を表すパネルである。左から順にそれぞれ四角いもの、円いもの、細長いものを示している。図4.2はサイズを表すパネルである。左から順に大きいもの、中くらいのもの、小さいものを示している。

これらは、それぞれの形状特徴やサイズのイメージに合うようにデザインされている。つまり、3.1で述べたような、ジェスチャーや略図に当たるものが検索オブジェクトに置き換えられている。

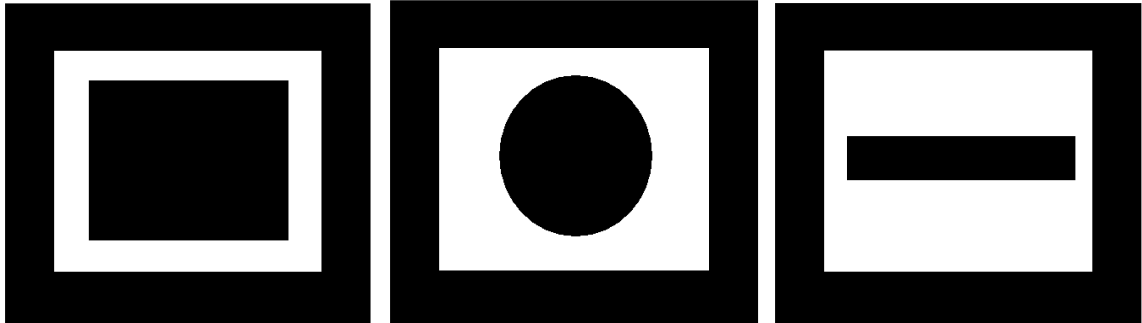


図 4.1: 形状特徴を示す検索オブジェクト

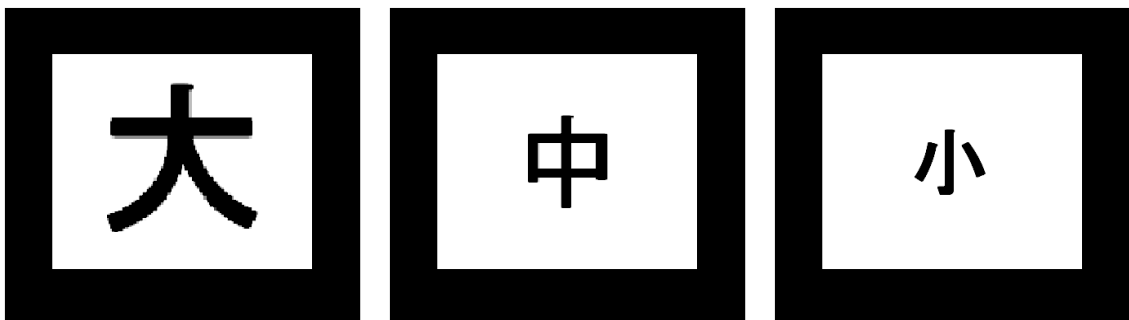


図 4.2: サイズ特徴を示す検索オブジェクト

4.2.2 ユーザの操作

ユーザ側の検索要求の入力は、形状特徴やサイズのイメージの描かれたパネル (= 検索オブジェクト) をシステムに "見せる" という動作で表される (図 4.3)。これは略図やジェスチャーを相手に見せることに相当する。例えば、形状特徴を示すパネルの中から円いパネルを、サイズ特徴を示すパネルから小のパネルを選び、カメラに向けることで、ユーザはシステム側に「円くて小さな物が写った画像を捜してほしい」という検索要求を伝えることが出来る。

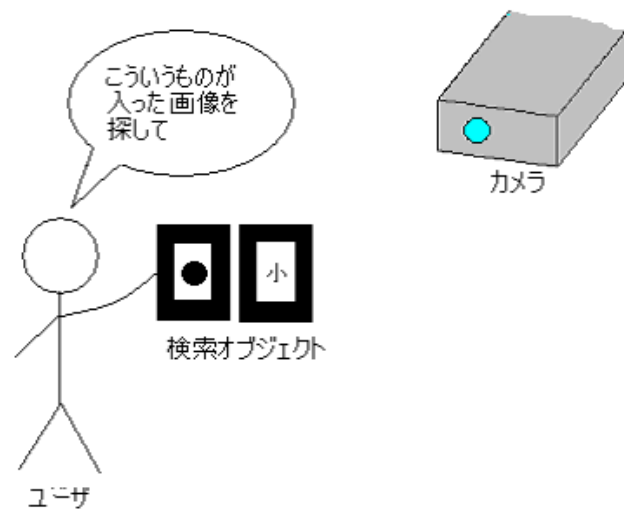


図 4.3: ユーザの操作

4.2.3 システム側の応答

ユーザ側からの検索要求の入力を検知すると、システムは提示された検索オブジェクトの内容に合致した画像をアーカイブから探す。プロトタイプシステムでは、画像アーカイブ内の各画像について、要求に該当する部分が含まれる画像かどうかを調べる。次に検索対象となるパーツについて、そのパーツが観測領域内に現れてから領域外へ出る (観測されなくなる) までの画像を一連のシーンとして、サムネイル表示する。図 4.4 にシーン抽出の流れを示す。

4.3 ダイレクトイメージサーチの設計

ダイレクトイメージサーチの各部分の設計について述べる。
使用した装置の一覧を以下に示す。

- デスクトップ PC : pentium(R)4 2.80GHz 1.00GB RAM

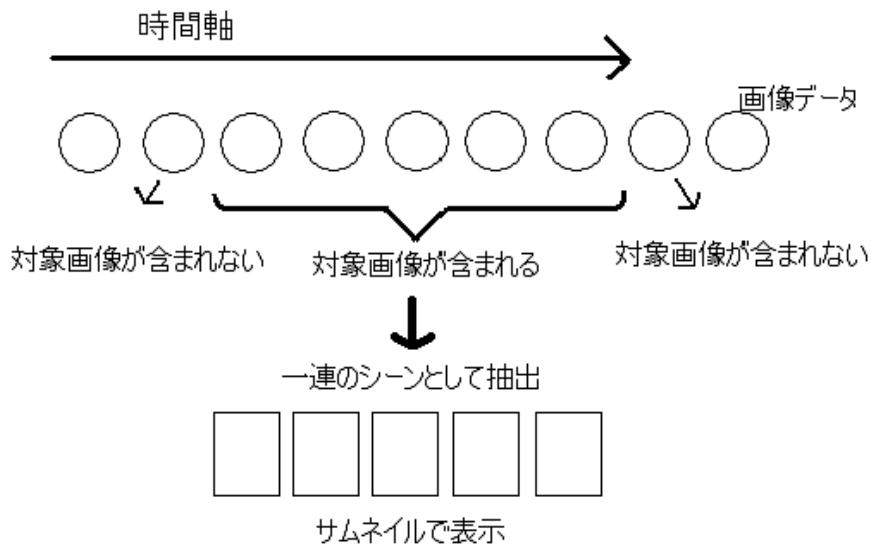


図 4.4: シーン抽出の流れ

- OS : Microsoft Windows XP Home Edition 及び Solaris2.9
- USB カメラ : MCM-01SL(ロアス株式会社) 35 万画素相当

4.3.1 定点カメラでの画像アーカイブ作成

今回、画像アーカイブの作成には、USB カメラからの画像を単位時間毎に連番ファイルに保存するためのフリーソフトウェア "RTImage"[1]を用いた。例えば2005年の1月1日12:00に撮った画像は0501011200というファイル名で保存される。これによりファイル名を用いた逐次画像処理が容易になる。図4.5に連番ファイルとはどのようなものを示す。

4.3.2 検索オブジェクトによる要求入力

ユーザからの検索要求の入力部分ではARToolkit[2]というC言語用のライブラリ関数のパッケージを使用している。ARtoolkitはプログラマがAugmented-Realityを簡単に構築するためのライブラリである。ARToolkitの機能は以下のようなものがある

1. カメラ内に特定パターンのマーカが写ったことを検知する。
2. 画像内のマーカの位置に対してコンピュータグラフィックスを付加した画像をつくる

今回は、特に画像への加工を行わずにユーザに提示しているため、使ったのは1.のマーカ検出の機能だけである。定点カメラの観測領域にマーカが入ると、システムはユーザから

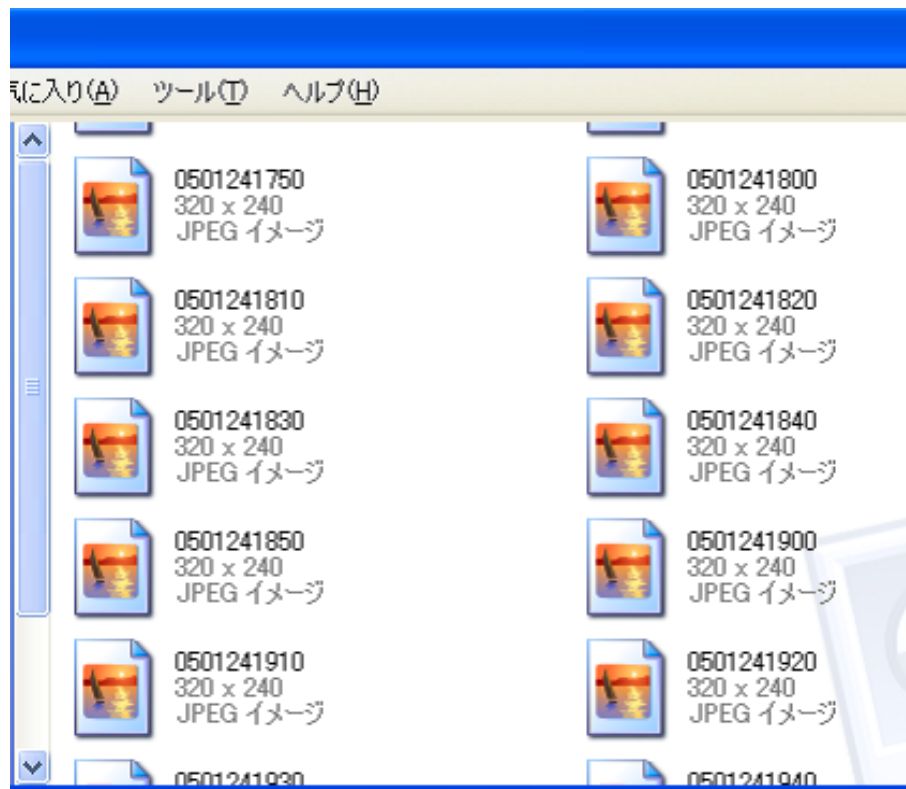


図 4.5: 連番ファイルの例

画像の検索要求があったことを検知する。そしてマーカの種類に応じて目的画像の抽出プログラムに要求を出す。

4.3.3 画像ファイルの抽出

ユーザ側から検索オブジェクトによって検索要求が出されると、要求された形状の画像がアーカイブ内の画像に含まれているかどうかを調べる。具体的には画像解析用の関数を用意して領域の分割、領域面積の取得、形状特徴の抽出を行う。画像解析関数は要求に合致した領域の個数を返り値として表示用のプログラムに渡す。

4.3.4 画像の表示

画像解析用のプログラムからの返り値を調べ、その値の変化点から次の変化点までを1つのシーンとしてサムネイル表示する。プロトタイプにおいて結果の画像はデスクトップPCのディスプレイに表示しているが、将来のユビキタスコンピューティング時代には壁サイズの大型ディスプレイやプロジェクタなどに表示されることを想定している。

第5章 ディレクトイメーჯサーチ利用シーン

ここでは、ディレクトイメーჯサーチシステムの利用シーンを挙げてみる。

シーン1 Aさんは、ある音楽のCDが突然聞きたくなるとする。しかし、前に聞いた時の記憶がほとんど無く、どこにCDがあるのか見当がつかない。こういった時、システムに探したい物(CD)のイメージを「見せる」ことで、以前CDが写っている(最新の)記録を見ることができ、その後どこにしまったかなどの記憶を想起することが出来る。

シーン2 Bさんは、ある時出かけようと思い、鍵をポケットに入れようとしたが、キーケースがどこかに行ってしまう、見つからない。部屋内を見渡したが何かの陰に隠れてしまったようでどこを重点的に探せば見付かるのか分からない。このような時システムにキーケースのイメージ(形、大きさなど)を伝えることで定点カメラが最後にキーケースを「目撃」した際の画像を見ることができ何処を探せば良いのかが分かる。

上に挙げた2つの例ではいずれも物探しのヒントをつかむために画像アーカイブの閲覧をしている。従来の検索手法の場合を考えると、

1. キーワード検索では検索の足掛かりとするため、シーン1ではCDが写っていることやどこかに移動したことを、シーン2ではキーケースが写っていることなどをいちいちメタデータとして付加しておかなければならないことになる。しかし、CDを聞いたり、キーケースをどこかに置いたりした瞬間において、ユーザに画像にメタデータを付加することはユーザにとっては大きすぎる負担であろう。
2. 類似画像検索では検索の元となる画像ファイルを用意しなければならないが、そもそも定点観測画像のアーカイブ内は全て類似画像であると言えるため、絞り込みが困難。しかも、普通ユーザは、ふと何かを探したくなったときのために、わざわざ画像ファイルをとっておくことはしない。
3. 手描き画像による検索の場合、探したい物を手描きすることで、臨機応変な検索要求の入力は可能だが、ユーザはコンピュータを操作しなければいけないため、面倒な思いをすることになる。

といったような不具合が生じる。本研究の提案手法では検索オブジェクトをカメラに「見せる」だけで検索が可能であるため、ユーザはコンピュータ機器を操作するという意識を持たずに簡単に画像の検索及び閲覧を行うことができる。

第6章 関連研究

ここでは、本研究の関連研究をいくつか述べ、本研究との比較を行う。

美崎らは、「記憶する住宅」[3]において55万件もの生活記録画像をスライドショー形式でユーザに見せることによる記憶想起支援システムを提案、実装している。「記憶する住宅」では、ユーザは過去の画像を受動的に眺めることによって記憶想起のきっかけとする。しかし、本研究では、ユーザ側の能動的な画像閲覧による記憶想起を支援することを目的としており、画像閲覧のために検索手法を提供している点が「記憶する住宅」との違いだと言える。

椎尾らは現在の家具の拡張として、開閉時刻における画像取得及びタイムスタンプ機能のついた収納家具 Strata Drawer[4]の実装を行っている。Strata Drawer は書類などの収納BOXにカメラを取り付け、引き出しを開閉した時点の画像 = 物の出し入れがあった時の画像を取っておき、ユーザがその中から必要な物を取り出す際、時系列の画像サムネイルを表示することで、目的とする書類がどの辺りにあるかを分かりやすくするというものである。Strata Drawer が撮る画像は収納家具の中の映像なので、入る物の種類が限られる。また、このシステムでは、画像ファイルは時間軸を表すスライダを動かすことで見ている。それが画像ファイルをイメージで検索する本研究とは違っている。

上岡らはウェアラブルコンピュータによる物探し支援システム I'm here![5]の実装を行った。このシステムでは、ユーザがヘッドマウントカメラを装着しておき、ユーザ視点の映像を取っておくことで、探したいものを最後に見た際の映像を見せるシステムである。このシステムも本研究と同様に画像記録を後の記憶想起に役立てるためのシステムである。しかし、このシステムではユーザが事前に「物」に関する情報（名前、見た目）を登録する必要がある。また画像の記録のためカメラを頭部に装着しなければならない。我々は、これからのユビキタスコンピューティング時代においては、ユーザの機器操作の負担をなるべく減らす（無くす）ことが重要と考える。そのため明示的に何かの機器を携帯させることを避ける必要がある。本研究ではカメラを部屋などの固定空間に配置することで、ユーザがコンピュータを持ち歩く負担を無くし、また、操作は、システム側に捜したい物を「見せる」という簡単で分かりやすい動作を用いている点が優れていると考える。

第7章 まとめ

本論文では、まず背景として、コンピュータや周辺機器の発達によって、生活記録を画像で残そうとする考えがあることを述べた。また、ユビキタスコンピューティングの時代においては、ユーザにとって自然で負担の少ない操作を提供することが重要であることを述べた。そして従来の画像検索手法の問題点をあげ、新たな検索手法としてダイレクトイメージサーチを提案し、プロトタイプ的设计を行った。

今後の課題としては、画像アーカイブを動画として取得するという方法の検討や実際にジェスチャーのみでイメージを伝えるための手法の研究を行っていきたい。また、音声認識などの利用で時間軸や色を指定するなどの手法の付加などを検討したい。

謝辞

本研究を進め、論文を執筆するに当たり、指導教官である田中二郎教授、志築文太郎講師にはたくさんの助言、ご指導を頂きました。高橋伸講師、三末和男助教授にもゼミ、ミーティングにおいて様々な意見を頂きました。心から感謝を述べたいと思います。

また、先生方だけでなく、田中研究室の先輩方や友人にもゼミなどで貴重な意見を頂きました。特にユビキタスチームのメンバーには、ゼミやミーティング以外のところでも相談にのって頂き、大いに研究の参考とさせて頂きました。ありがとうございました。

参考文献

- [1] RTImage ダウンロードサイト
<http://www.vector.co.jp/soft/win95/hardware/se206135.html>
- [2] ARToolkit
http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space/
- [3] 美崎薫、河野恭之 情報処理学会、インタラクシヨ ン 2 0 0 4 p.p129-136,Mar.2004
- [4] 椎尾一郎、Jim Rowan, Elizabeth Mynatt, "Digital Decor:日用品コンピューティング "ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol.5,No.3,pp.323(11) - 330(18),Aug.2003
- [5] 上岡隆宏、河村竜幸、河野恭之、木戸出正継ウェアラブル物探し支援システム "I'm Here! "の試作、情報処理学会第 65 回全国大会、Vol5,pp.179-182,2003