

## 画像検索処理における問い合わせ言語への要求

梅田昌義, 山室雅司, 鬼塚真, 小林伸幸, 三井一能, 赤間浩樹, 串間和彦  
NTT 情報通信研究所\*

画像検索処理における, 問い合わせ言語への要求とその実現例を示す. 特に画像検索に多い, 検索パターンとの類似検索を対象とする. 本稿では検索のパターンを整理し, 上記の検索を可能とする言語仕様を提案する. 問い合わせ言語は, 新たな文法を意識させず検索者の利便性を考慮して SQL を拡張する.

## Requirements for Query Language on Graphical Information Retrieval

Masayoshi Umeda, Masashi Yamamuro, Makoto Onizuka, Nobuyuki Kobayashi, Kazuyoshi Mii, Hiroki Akama, Kazuhiko Kushima  
NTT Information & Communication Systems Laboratories

This paper describes requirements for query language and examples on image retrieval. In particular, this paper is concerned with the retrieval what is based on image similarity retrieval. In this paper, we adjust retrieval patterns and then, we propose query language specifications. Query language is extended SQL for the benefit of user.

### 1 はじめに

デジタルカメラ等のデジタル機器やインターネットの流通経路の急速な普及に伴い, 画像情報が大量に蓄積される傾向にある. またそれらを DB として管理する要求がある. 画像 DB での画像検索処理には, 検索者が検索しやすく, かつ, 検索結果を良好にする問い合わせを書く側 (AP 側) から, 問い合わせ言語へ様々な要求がある. 本稿では, その要求をまとめ, 問い合わせ言語仕様を提案する.

### 2 DBMS と問い合わせ言語について

問い合わせ言語は, 新たな文法を意識させず検索者の利便性を考慮して SQL を拡張する. 画像検索では, 画像オブジェクトを管理する必要があり, その基となる画像 (親画像) と, 親画像からの部分画 (子画像) や特徴量である木構造の管理となる. また RDBMS との親和性を考慮し, ORDBMS を使用する.

#### 2.1 画像検索アプリケーションの概要

画像検索において, 画像にキーワードを付与する従来の検索方式に対して, 色や形状等の画像内容に基づいて検索を行う Content Based Retrieval が提案されている. しかし, その多くは画像全体で検索を行う (色相等) 物か, あるいは人手により部分オブジェクトを切り出して検索に利用する物である [1]. これは種々雑多な被写体が写った写真画像から有意なオブジェクトを自動で決定する事が困難である事に起因する. 我々は冗長なオブジェクトが抽出される事を前提に, 画像からの部分オブジェクト自動抽出, 大量オブジェクトからの高速アクセス方式および, 複数のキー画像による組合せ検索方式を実現した画像検索システム ExSight

with HyperMatch を開発してきた [2][3]. 本稿では, このシステムでの検索方式をある程度前提にした検討を行う.

システム構成図とデータ処理の流れは, 図 1 の構成である.

画像データ投入時には, 基の画像 (親画像) から画像オブジェクト (子画像) を切り出し, 子画像から特徴量をベクトルとして抽出 (Feature Extraction) し, 画像 ID と特徴量の組をベクトル空間 DB (Vector DB) [4] に格納する. なお, ベクトル空間 DB とは, ベクトルの類似検索を高速に行うための検索エンジンを言う. また, 親画像と子画像の関係を ORDB へ格納する. 次に, 検索時には与えられたキー画像から特徴量を抽出し, それをキーベクトルとしてベクトル空間 DB 内で類似検索 (Similarity Search) を行い, キー画像と類似の子画像を検索する. そして ORDBMS により, 親画像を検索し子画像の類似度の高い順に画像を出力する. ここで, 類似検索での類似度とは, キー画像の特徴量と子画像の特徴量との距離の近さである. 特徴量としては, 色相, 明度, 彩度, 形状など複数の種類のものを用いる. キー画像に対する子画像の類似度とは, 個々の特徴量に対応した特徴ベクトル空間でのキー画像との距離を, 重みを付けて線形結合した物であり, 重みを考える事でどの種類の特徴量に重点を置いて検索するかを指定できる.

また, 画像データの構成は, 図 2, 図 3 である.

画像データは, 基の親画像と, その親画像からいくつもの部分画像を切り出した子画像と, その子画像から抽出された, 特徴量からなる. これらのデータは, ベクトル空間 DB に格納する.

### 3 要求される検索

画像検索は, 以下のように分類される.

一致検索 : キー画像を指定し, キー画像と完全に一致する画像を検索する.

\* 〒239 神奈川県横浜須賀町光の丘 1-1

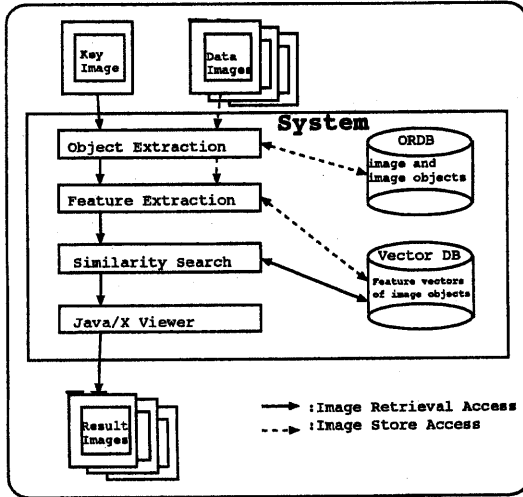


図 1: システムの構成

**類似検索** 検索条件と類似度の高い画像を検索する [5]。蓄積画像にあらかじめ文字情報を付与して検索を行う。テキストベースの検索と異なり、類似度の高い順に検索条件に指定された個数の画像を結果として返す。

色や形等の特徴量の場合、ユーザの検索条件に完全に一致する画像は存在しない場合がほとんどである為、類似検索が行われる。本稿においても、この類似検索を基に検討を行う。特徴量のベクトルの類似性基準としては、ベクトル空間におけるユークリッド距離やマンハッタン距離が一般に用いられる。

類似画像の検索の種類は、

- ・形状、大きさ、色などの画像特徴量
  - ・図形的位置
- に分類できる。これらは全て特徴量として扱われる。

それぞれについて、以下の検索が挙げられる。

#### 形状・大きさ・色での検索と順序付け

- ・上位検索：  
キー画像に似た画像を検索し、類似度の高い物から上位指定された件数返却する。  
検索例として、以下がある。  
「りんごの写っている絵を20個欲しい。」
- ・特徴量ベクトル空間での範囲検索：  
指定された特徴量の範囲の物の検索。  
検索例として、以下がある。  
「これより赤いりんごの絵が欲しい。」
- ・絞り込みと返却が異なる検索：  
指定された検索条件と、返却方法が異なる検索。  
ここでは、指定キー画像とは独立に、返却順が指定できる。  
検索例として、以下がある。  
「この赤いりんごと似た様な色相の物が写っている画像を検索し、その物の形が丸い順に提示して欲しい。」

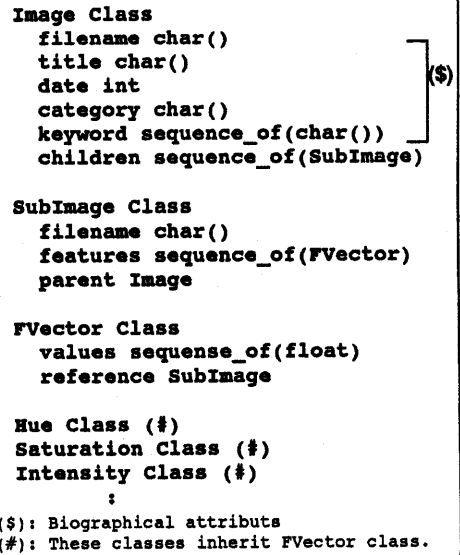


図 2: 画像データの構成 (1)

またこれらの他に一般には、与えたキー画像より似ている画像の検索もある。画像検索に限らず一般の検索での返却数制限について検討した例として Carey ら [6] の研究がある。

#### 図形の位置での検索と順序付け

- 子画像の親画像内での位置による検索である。ここで子画像の位置は、その重心をもって代表させる場合 [2] や、子画像自身の広がりも考慮する物 (VisualSEEk [7]) もある。本稿では子画像の位置はその重心にある場合についてのみ述べる。単一の子画像の絶対位置を指定する検索や複数の子画像間の相対的な位置関係 (「子画像1が子画像2の上方にある」) を指定する検索がある。複数の子画像の相対位置では、角度による範囲検索がある。
  - ・角度による範囲検索：  
与えられた角度を満たす、子画像の組を持つ画像を検索する。  
検索例として、以下がある。  
「りんごの右方向 20° の範囲にみかんがある絵が欲しい。」
  - ・距離による範囲検索：  
与えられた距離を満たす、子画像の組を持つ画像を検索する。  
検索例として、以下がある。  
「りんごとみかんが 50mm の範囲にある絵が欲しい。」
- また、類似画像検索においても、他の検索方法での検索 (例えばタイトルや作者などの書誌情報での検索) を行う必要がある。

## 4 言語仕様例

検索では、

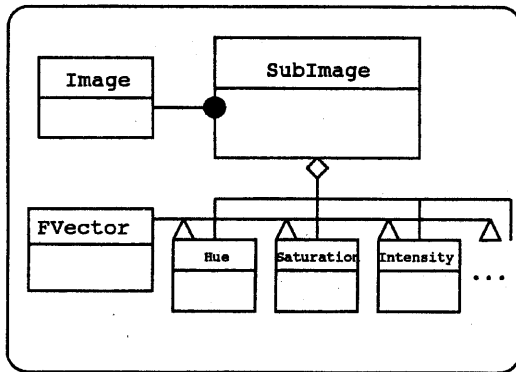


図 3: 画像データの構成 (2)

- (1) キー画像と比較し, 検索の絞り込みをオペレータにより行う
- (2) キー画像と比較し, 検索の絞り込みをメソッドにより行う

の観点により, 以下に要求される検索の実現例を示す.

#### 4.1 上位検索

以下に, 上位件数を返却する上位検索の記述案を示す.

(例)(果物の)りんご(key-obj)の写っている絵(親画像と子画像)を上位20個欲しい.

```
(1)select x.parent.filename, x.filename
from SubImage x
where x.parent.category='fruits'
and x similar(parameter) key-obj
number 20;
```

[新しい句(number)の使用]

```
(2)select x.parent.filename, x.filename, y
from SubImage x
where x.parent.category='fruits'
order by
x.similarity(parameter, key-obj) y
top 20;
```

[新しい句(top)の使用]

ここで, similar は parameter であるキー画像の特長量と(以降, parameter をそれぞれの問い合わせにおいて使用する)キー画像のID番号であるkey-objによって得られる子画像(x)の類似度によって, 絞り込みを行う関数である. また, ここでは結果の画像はfilenameで返却する事とする.

(1),(2)は, categoryのfruits(果物)から検索し, 絞り込み時に類似度を比較し, 出力件数を句によって指定する. 類似画像検索では一般的に, 返却される親画像の数を制限したい. しかし, 上記の記述の問題点

として, xの上位20件は検索できるが, xの親画像(x.parent)の上位20件を検索できない. xの親画像の20件を検索するには, 例えば, (1)は,

```
(1')select y.filename, sequence(x.filename)
from image y, y.children x
where y.parent.category = 'fruits'
and x similar(parameter) key-obj
number 20;
```

[select句の拡張]

と記述できる(図4参照).

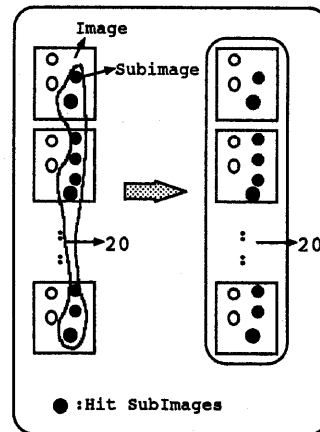


図 4: 親画像の上位検索

ここで, sequence() は, xのfilenameを配列で返却する関数である.

この場合, 検索結果は例えば,

```
y.filename1, {x.filename1, x.filename2}
y.filename2, {x.filename3, x.filename4,
x.filename5, x.filename6}
....
y.filename20, {x.filename92,x.filename93,
x.filename94}
```

となり, xの親画像20件の検索結果を返却する事ができる.

また, キー画像との類似度も併せて返却する要求もあり, その場合には次の記法によってselect句の中に指定できる事が必要である. 以下に記述を示す.

```
(a)select x.parent.filename, x.filename,
x.similarity(parameter, key-obj)
from SubImage x
where x.parent.category='fruits';
```

類似検索のしぼり込みsimilar()をwhere句に使用し, select句での類似度の処理similarity()を共通化さ

せる事は、結果返却時の処理が異なる為、難しい。現状では、(1)と(a)の併用がよい。また(a)では、結果出力を打ち切る範囲指定ができていない。よって、上位検索、特徴量ベクトル空間での範囲検索等と組み合わせる。

#### 4.2 特徴量ベクトル空間での範囲検索

特徴量ベクトル空間での範囲検索は、以下に記述する案がある。

(例)これ(key-obj)より赤い(果物の)りんごの絵(親画像と子画像)が欲しい。(図5参照)  
 求める子画像のxの色(x.hue)が、Hueの特徴量により一意に定められている赤(Red)に対し、キー画像の色(key-obj.hue)より、より赤い色である。

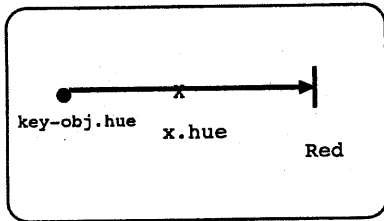


図5: 特徴量ベクトル空間での範囲検索

```
(1)select x.parent.filename, x.filename,
      x.similarity(Red ,key-obj)
from SubImage x
where x.parent.category='fruits'
      and x.hue redgreater() key-obj.hue;
```

[where 句の拡張]

```
(2)select x.parent.filename, x.filename,
      x.similarity(Red, key-obj)
from SubImage x
where x.parent.category='fruits'
      and x.redness() > key-obj.redness();
```

[where 句の拡張]

ここで、redgreater() は2つの子画像の”赤さ”をあらかじめ指定された赤の基準に照らして比較するオペレータである。redness() は、その子画像の”赤さ”をあらかじめ指定された赤の基準と照らした値を返す関数である。

上記記述では、where 句の and 条件として使用しているので、どちらでも差異はない。

#### 4.3 絞り込みと返却が異なる検索

絞り込みと返却が異なる検索は、以下に記述する案がある。

(例)この赤いりんご(key-obj)と似た様な色相い(key-obj.hue)の物が写っている画像を検索し、その物の形が丸い順に提示して欲しい。

```
(1)select x.parent.filename, x.filename,
      x.similarity(parameter,key-obj)
from SubImage x
where x similar(parameter) key-obj
order by x.circleness()
top 20;
```

[where 句の拡張, order by 句の拡張]

ここでの parameter の指定は、色相(hue)の特徴量での比較に重点を置いた設定とする。また、”top 20”は similar() の方にかかるとする。また、circleness() は、丸さの度合を返す関数とする。

#### 4.4 角度による範囲検索

角度による範囲検索は、以下に記述する案がある。

(例)(果物の)りんご(key-obj1)の右方向±20°の範囲に(果物の)みかん(key-obj2)がある絵(親画像と子画像)が欲しい。(図6参照)  
 但し、時計周りを”+”として表し、反時計周りを”-”とする。

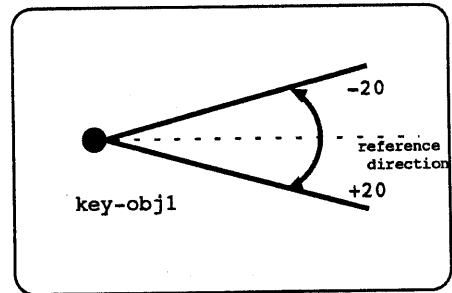


図6: 角度による範囲検索

```
(2)select x1.parent.filename, x1.filename,
      x2.filename
from SubImage x1 x2
where x1.parent=x2.parent
      and x1 similar(parameter) key-obj1
      and x2 similar(parameter) key-obj2
      and angle(x1, x2, 0) < 20;
```

[where 句の拡張]

ここで angle() は、第1引数の子画像に対して、第2引数の子画像の親画像内での存在範囲が、第3引数で検索者に指定された基準方向(ここでは右で0°とする)からどのくらいの角度ずれているかを返す関数である。

#### 4.5 距離による範囲検索

距離による範囲検索は、以下に記述する案がある。

(例)(果物の)りんご(key-obj1)と(果物の)みかん(key-obj2)が50mmの範囲にある絵(親画像と子画像)が欲しい。(図7参照)

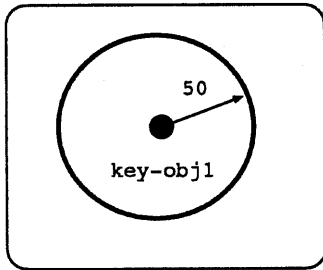


図7: 距離による範囲検索

```
(2)select x1.parent.filename, x1.filename,
      x2.filename
from SubImage x1 x2
where x1.parent=x2.parent
      and x1.similar(parameter) key-obj
      and x2.similar(parameter) key-obj
      and distance(x1, x2) < 50;
```

[where句の拡張]

ここで distance() は、2つの子画像の親画像内の距離を返す関数である。

## 5 おわりに

画像検索の要求と、実現可能なSQLの拡張容易性の観点(拡張されたSQL)での対応を表1に示す。

表1: 画像検索の要求

要求	SQL
<要求される検索>	
●形状・大きさ・色での検索と順序付け	
上位検索	d
特徴量ベクトル空間での範囲検索	b
絞り込みと返却が異なる検索	c,d
●図形の位置での検索と順序付け	
距離による範囲検索	b
角度による範囲検索	b
<要求される返却>	
親画像	
子画像	
類似度	b

(a)select, (b)where,  
(c)order by, (d)新しい句

本稿に於いて、画像検索処理で、検索者が検索しやすく、また、検索結果が良好となる、問い合わせ言語への様々な要求をまとめ、その問い合わせ言語仕様を提案した。

## 参考文献

- [1] Myron Flicknr et al., "Query by Image and Video Content: The QBIC System", IEEE Computer Vol.28 No.9 pp23-32, 1995
- [2] 赤間, 三井, 紺谷, 串間, "画像内オブジェクトの自動抽出を使った画像検索システム ExSight", 信学会 第8回データエンジニアリングワークショップ, 1997
- [3] 串間, "画像DB検索・検索システム- ExSight with HyperMatch -", 電気関係学会 No.15, 1997
- [4] 山室, 木本, 串間, "自動部分構造化に基づくインデクシングによる大容量画像検索システム", 情報全 54, 3Q-01, 1997
- [5] K.Curtis, J.Nakagawa, N.Taniguchi, M.Yamamuro, "Similarity Indexing in High Dimensional Images Space", マルチメディア通信と分散処理 82-18 pp99-104, 1997
- [6] Michael J. Carey, Donald Kossmann, "On Saying "Enough Already!" in SQL", ACM SIGMOD AZ pp219-230, 1997
- [7] J. R. Smoth, S. F. Chang, "VisualSEEK: A Fully Automated Content-Based Image Query System", Proc. ACM International Conference on Multimedia pp87-93, 1996
- [8] Virginia E. Ogle, Michael Stonebraker, "Chabot: Retrieval from a Relational Database of Images", IEEE (Sep 1995) 40-48
- [9] M. J. Swain, D. H. Ballard, "Indexing Via Color Histogram", Proc. IUW90 pp623-630, 1990

## 訂正

前回の研究会報告 97-DBS-113-26, "画像内オブジェクトの自動抽出を使った画像検索システム ExSight-写真(PhotoDisk)への適用"のタイトルおよび文中の PhotoDisk は PhotoDisc の誤りでした。お詫びして訂正します。