

平成 24 年度
学士学位論文

ファジィクラスタリングを用いた 部分領域画像検索

Region-Based Image Retrieval using Fuzzy Clustering

1130323 小野 陽平

指導教員 吉田 真一

2013 年 3 月 9 日

高知工科大学 情報学群

要 旨

ファジィクラスタリングを用いた部分領域画像検索

小野 陽平

画像検索を行う手法の一つに Visual-key Image Retrieval(VKIR) がある。ビジュアルキー型画像検索は、画像を複数の部分画像に分割し、データベース内のすべての部分分割画像をクラスタリングする。従来手法ではこのクラスタリングの際にハードクラスタリングである k-means 法などが多く使用されてきた。しかしハードクラスタリングの特徴である一つのデータは一つのクラスタにしか所属しないということが、クラスタリングの結果によってはクラスタ分類の失敗を招き、類似画像とは呼べないものまで同じクラスタとしてしまうことなどがある。そこで本研究ではファジィクラスタリングを用いる。ファジィクラスタリングには Fuzzy C-means 法を用いる。このファジィクラスタリングはクラスタへの所属度を割合で表すことが可能となる。これにより類似画像を判断する場合にどちらのクラスタに所属させるかわかりかねる画像などを2つのクラスタ両方に所属させることが可能になる。これによりクラスタ分類での失敗を減らすことができ可能性の高いクラスタへの所属をさせ、適合率、再現率の向上を目的としている。実験にはデータベースの200枚の画像をそれぞれ 2×2 に分割したものを部分画像とし、部分画像から得た色特徴に対してファジィクラスタリングを行う。20個のクラスタ分けを行いそれらの中から代表的な画像をビジュアルキーとして選定する。このVKIRを被験者5名に対して実験を行い、平均適合率18%、平均再現率54%と、従来手法と比べて、適合率は7ポイント、再現率は30ポイントの向上につながる。

キーワード 画像検索, ビジュアルキー, Fuzzy C-means 法, ファジィクラスタリング

Abstract

Region-Based Image Retrieval using Fuzzy Clustering

Yohei Ono

Region-based image retrieval, for example, visual-key image retrieval is one of important techniques for image retrieval without using keywords. In visual-key image retrieval, data clustering is important. Data clustering is used for dividing all sub-images to several clusters which contain similar sub-images. However conventional VKIR uses k-means or Ward method, which are so called hard clustering. In this thesis, we apply fuzzy clustering algorithm to classify sub-images to clusters. Using fuzzy clustering, sub-images which are ambiguous to classify specific cluster can be classified to all clusters with membership values. Therefore users' sense can be reflect to the result of clustering and the precision of VKIR improves. The experimental result shows that the precision improves to 11% and recall improves to 24%, while those of conventional method are 18% and 54%, respectively.

key words Image Retrieval System, Clustering, Visual-Key, Fuzzy C-means, Fuzzy Clustering

目次

第 1 章	序論	1
第 2 章	関連研究	3
2.1	Content-Based Image Retrieval(CBIR)	3
2.2	Region-Based Image Retrieval(RBIR)	3
2.3	ビジュアルキー型画像検索	4
2.3.1	ビジュアルキーの選定方法	5
2.3.2	ビジュアルキー型画像検索の流れ	6
2.3.3	ビジュアルキー型画像検索の特徴	7
2.4	クラスタリング方法	7
2.4.1	階層的クラスタリング	7
2.4.2	k-means 法	8
2.4.3	Ward 法	9
2.5	ファジィc-means(ファジィクラスタリング)	10
2.6	ハードクラスタリングとの違い	11
第 3 章	画像検索システムの提案	12
3.1	ファジィクラスタリングを考慮したデータベース	12
3.2	提案システムの構成	13
3.3	提案するビジュアルキー型画像検索使用の手順	14
第 4 章	性能評価と考察	16
4.1	実験環境	16
4.2	ビジュアルキー型画像検索実験	18
4.3	実験結果	18

目次

4.4	考察	19
第 5 章	まとめ	21
	謝辞	22
	参考文献	24
付録 A	5 人の被験者ごとの適合率	25
付録 B	5 人の被験者ごとの再現率	29

第 1 章

序論

近年インターネット技術の普及によって、Web ページ上に画像をアップロードすることなどが容易になってきている。それによりアップロードされ、Web 上に存在する画像など、多くの画像が Web 上や個人の PC の中の記憶領域などに蓄積され、膨大なデータ量となっている。これらの画像の中から目的の画像を検索しようとしたりするうえでよりユーザの意図にあった画像を正確に検索するための技術向上が重要となっている。これらの画像検索手法として画像の特徴を基に画像検索を行う Content-Based Image Retrieval(CBIR)、部分領域に基づく画像検索 Region-Based Image Retrieval(RBIR) などが存在する。

RBIR の一つとして Visual-key Image Retrieval(VKIR) が存在する。ビジュアルキーは画像を複数の部分画像に分割し、データベース内のすべての部分分割画像をクラスタリングすることにより選定を行う。従来手法などではこのクラスタリングの際にハードクラスタリングである k-means 法や Ward 法などが使用されてきた。しかしハードクラスタリングの特徴である一つのデータは一つのクラスターにしか所属しないという点は、クラスタリングの仕方によってはクラスター分類に失敗し、類似画像とは呼べないものまで同じクラスターとしてしまうことなどが考えられる。そこでファジィクラスタリングを VKIR に用いることを本研究で提案する。ファジィクラスタリングには、Fuzzy C-means 法を用いる。このファジィクラスタリングは一つのクラスターのみ所属するハードクラスタリングと異なり、クラスターへの所属度を割合で表すことが可能となる。これにより類似画像を判断する場合にどちらのクラスターに所属させるかわかりかねる画像などを 2 つのクラスター両方に所属させるということが可能になる。これによりクラスター分類での失敗を減らすことができ、適合率、再現率ともに向上するのではないかと考える。実際にはデータベースの 200 枚の画像をそれぞれ 2

× 2 に分割した部分画像とし，部分画像から得た色特徴に対してファジィクラスタリングを行う．20 個のクラスタ分けを行いそれらの特徴を多く持つ代表的な画像をビジュアルキーとして選定する．この VKIR を被験者 5 名に対して実験を行い，平均適合率 18%，平均再現率 54%となり従来手法と比べ，適合率は 7 ポイント，再現率は 30 ポイントの向上につながった．

第 2 章

関連研究

この章では本研究の関連研究である画像検索の手法の中の CBIR, RBIR に対するの説明と特徴, また被験者実験で使用したビジュアルキー型画像検索の検索方法とその特徴について述べる.

2.1 Content-Based Image Retrieval(CBIR)

キーワードをクエリとして検索に用いる手法として Text-Based Image Retrieval(TBIR) という画像検索方法がある. それに対してキーワードを用いずに画像の特徴量を用いて類似した画像を検索する手法として Content - based Image Retrieval(CBIR) がある. CBIR は画像に対してキーワードなどの索引を付加する手法ではなく, 画像の色, テクスチャ, エッジなどの特徴を数値化し, 多次元ベクトルとしてあらわす. 特徴を数値化することで画像同士の類似性を測ることができ, 類似度計算手法によっては, 類似する画像を類似する順番に検索するランキング表示も可能である. しかし欠点としてユーザが目的画像に類似した画像を所持していなければ, 目的画像の類似画像を検索することができない. またユーザが画像に感じる類似度とシステムが計算により導き出した画像の類似度に違いが起こる.

2.2 Region-Based Image Retrieval(RBIR)

CBIR の手法の一つとして領域に基づく画像検索である RBIR(Region-Based Image Retrieval) がある. RBIR は画像の一部を類似する領域や特徴となる領域ごとに分け特徴を求める. 求めた特徴をもとに各領域に対してインデックスを付加する. RBIR は領域分割し

2.3 ビジュアルキー型画像検索

た後、部分画像に対してクラスタリングを用い、分類したクラスタによってインデックスの付加を行う。RBIR は領域分割法、特徴抽出、クラスタリング方法が重要となる。

2.3 ビジュアルキー型画像検索

本節ではビジュアルキー型画像検索について説明する。テキスト型画像検索がテキストに含まれる単語がキーとなるのに対して、ビジュアルキー型画像検索では部分画像を検索のキーとして用いる。この部分画像の一部を検索に用いている点が他の画像の特徴に基づく画像検索とは異なっている。また、まったく同じ画像でなければ検索結果に出現しないというのでは、1枚の画像しか表示されないためあまり意味がない。そのため一定の割合類似しているかどうかを考慮した検索結果を出力する必要がある。類似性判定としては部分画像に対してクラスタリングを行う。クラスタリングを行った中で同じクラスタに所属している部分画像を類似している画像と判断している。ビジュアルキー型画像検索ではビジュアルキーと呼ばれる検索キーが用いられる。この選出は各クラスタに所属している部分画像の中で最も代表的な特徴量を持つものを選定している。ユーザ側は目的画像を部分的な画像として表示されたビジュアルキーの中から選択することでクエリとしている。そのクエリに類似している部分画像としてクラスタに所属している部分画像を検索結果として表示する。よってビジュアルキー型画像検索を行うためにはあらかじめクエリを選択する対象となるようなビジュアルキーの選定が必要となる。以下に部分画像の類似性判定の図とビジュアルキーの選定の手順を示す。

2.3 ビジュアルキー型画像検索

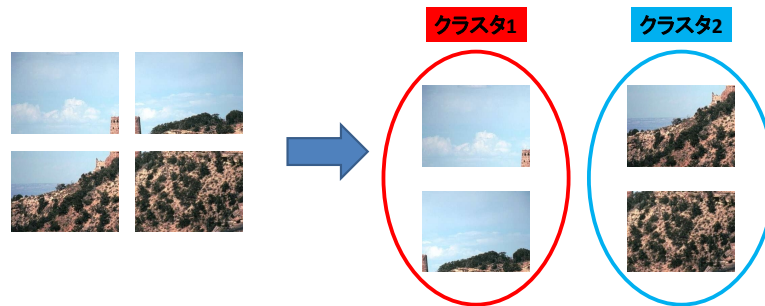


図 2.1 部分画像の類似性判定

2.3.1 ビジュアルキーの選定方法

ビジュアルキーの選定には以下の 4 つ処理を用いる。

1. 検索対象の画像に対して部分画像に分割を行う。
2. 部分画像から特徴ベクトルを抽出する。
3. 特徴ベクトルに対してクラスタリングを適用する。
4. 各クラスタの中で代表的な部分画像をビジュアルキーとして選定する。

1 から 4 までの処理を図 2.2 で示す。

2.3 ビジュアルキー型画像検索

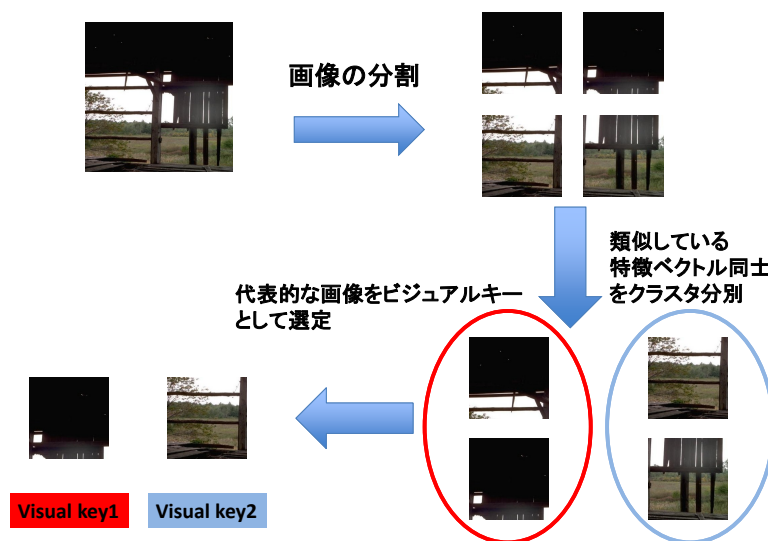


図 2.2 ビジュアルキーの選定手順

2.3.2 ビジュアルキー型画像検索の流れ

ビジュアルキー型画像検索を用いた画像検索の流れを以下に示す。選択したビジュアルキーとクラスタそれぞれに含まれる部分画像はデータベースに保存している。

1. 選定したビジュアルキーをユーザに表示する。
2. ユーザは検索対象に類似していると感じた部分画像を選択するクエリとする。
3. クエリからデータベースを参照しクエリとなったビジュアルキーのクラスタを選定する。
4. 選定したクラスタに属する部分画像の元画像 (2×2 に分割を行う前の画像) を検索結果としてユーザに提示する。

2.4 クラスタリング方法

2.3.3 ビジュアルキー型画像検索の特徴

ビジュアルキー型画像検索は類似するような部分画像を含むような画像は類似しているという考えに基づいている。ユーザは目的画像に最も類似しているビジュアルキーをクエリとして選択する。クエリとなったビジュアルキーが代表的な画像となっているクラスタに所属する部分画像は、同一のクラスタであることからクエリと類似している。そのためクエリとして選択したビジュアルキーを代表的な画像とするクラスタの部分画像の元の画像はクエリと類似した部分画像を含んでいることになる。よって検索結果はクエリと類似している部分画像を持っていることからユーザの目的画像となる

2.4 クラスタリング方法

ビジュアルキー型画像検索ではビジュアルキーの選定にクラスタリングを用いる。クラスタリングには一般的に教師ありクラスタリングと教師なしクラスタリングが存在する。教師ありクラスタリングとはクラス分けとも呼ばれ、与えられた情報を用いてクラスタに分割する。そのためクラスタリング範囲の分布は考慮していない。そのため数回の条件式から要素をクラスタリングすることが可能である。また与えられた情報からクラスタリングを行うことで、対象によって分類感度が異なってくる。

一方の教師なしクラスタリングは一般的にクラスタリングと呼ばれるもので、クラスタリング範囲の要素の分布によってクラスタ分割を行う。本研究ではこれを用いる。

2.4.1 階層的クラスタリング

階層的クラスタリングは階層的クラスタ分析とも呼ばれ、クラスタ生成のための手続きは次の2段階に分けられる。

1. [類似度の定義] 個体の対に類似度あるいは非類似度を定義する。
2. [クラスタの生成] この類似度にもとづいて、クラスタを逐次結合していく。

2.4 クラスタリング方法

任意の類似度あるいは非類似度を用いることのできる手法として最短距離法，最長距離法，群間平均法があり，一方の特定の非類似度，すなわちユークリッド空間に立脚した手法として，重心法と Ward 法がある．

2.4.2 k-means 法

k-means は非階層的方法の代表的な手法である．この方法ではクラス数 (k 個) をあらかじめ指定し，個体を k 個のクラスに分割する．また，非類似度はユークリッド距離の 2 乗をとり，クラス中心と各個体との間の非類似度を分類の基準とする．

k-means 法の手続きを簡単に述べると次のようになる． k 個ランダムに個体を選び，それぞれのグループの代表とする．他の個体を一つずつ選び，最も近い平均値をもつグループに割り当てる．割り当てられたグループについて，平均値を更新する．各ステージにおいて k 個の平均値がグループを代表する．このことから k-means と呼ぶ．

2.4 クラスタリング方法

2.4.3 Ward 法

Ward 法は、クラスタ分析の時に使用される、クラスタ間の距離を定義する距離関数のひとつである。Ward 法はクラスタ間の距離に群内平方和の増加量を示している。群内平方和とはクラスタの密になっている度合のことである。群内平方和の増加量がクラスタ間の距離である。

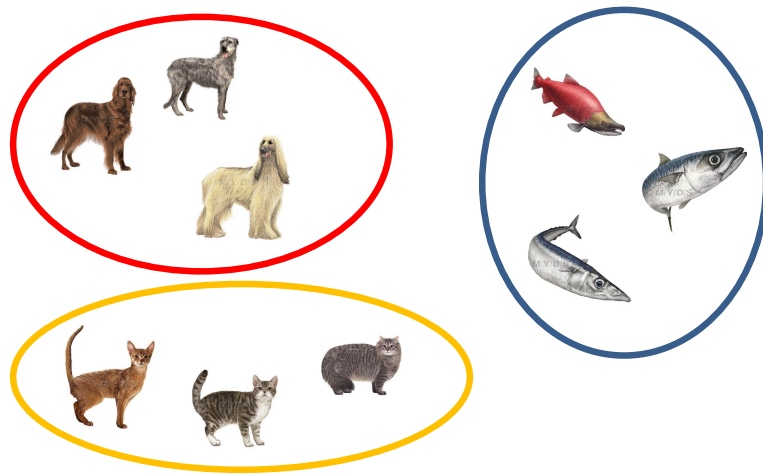


図 2.3 クラスタ分別の例

2.5 ファジィc-means(ファジィクラスタリング)

2.5 ファジィc-means(ファジィクラスタリング)

ファジィ理論のデータ解析への応用の一つにファジィクラスタリングがある。ファジィクラスタリングは、個体がクラスタに帰属する度合いにあいまいさを認めるという考えにもとづいている。あいまいさの表現はファジィ理論による要素集合への帰属度(メンバーシップ値)によって表される。Fuzzy C-means(FCM)がファジィクラスタリングでよく用いられるアルゴリズムである。

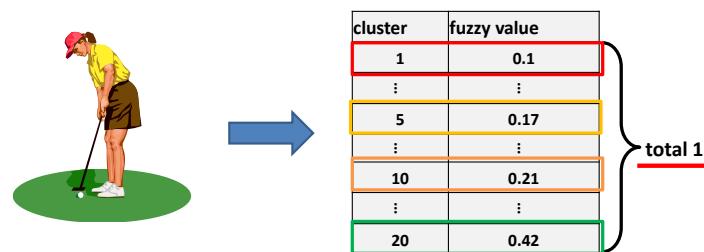


図 2.4 ファジィクラスタリングでの所属度の例

2.6 ハードクラスタリングとの違い

ハードクラスタリングである k-mean 法, Ward 法とファジィクラスタリングの大きな違いは, ハードクラスタリングがある個体が一つのクラスタに属すると想定されているのに対して, ファジィクラスタリングではクラスタそれぞれにどの割合で属しているのかが算出され, 0 から 1 までの値で表すことにある. これによりファジィクラスタリングはより柔軟なクラスタリングといえる.

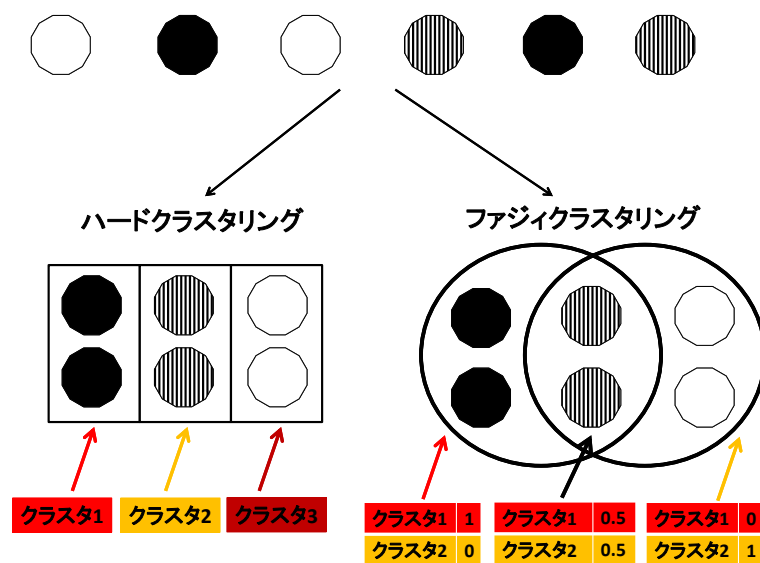


図 2.5 ハードクラスタリングとファジィクラスタリングの違い

第 3 章

画像検索システムの提案

この章では実際にファジィクラスタリングした値を格納したデータベースについて述べる。それらを用いて提案するシステムについても説明する。

3.1 ファジィクラスタリングを考慮したデータベース

データベースには部分画像の色特徴に対してファジィクラスタリングを行った結果を部分画像の名前やクラス情報などとともに格納する。格納する詳しいパラメータとしては部分画像の id, 色特徴に対して行ったファジィクラスタリング (クラスタに所属している割合) を表す fvalue, 所属しているクラスタを表す class, 200 枚のデータベースに格納されている画像の部分画像の名前を表す img などとした。データベースにファジィクラスタリング結果を書き込む際に、クラスタへの所属度が 20%以上であればデータベースに書き込むという処理を行っており、これによって極端に所属度の低い部分画像がクラスタに所属するのを防いでいる。

3.2 提案システムの構成

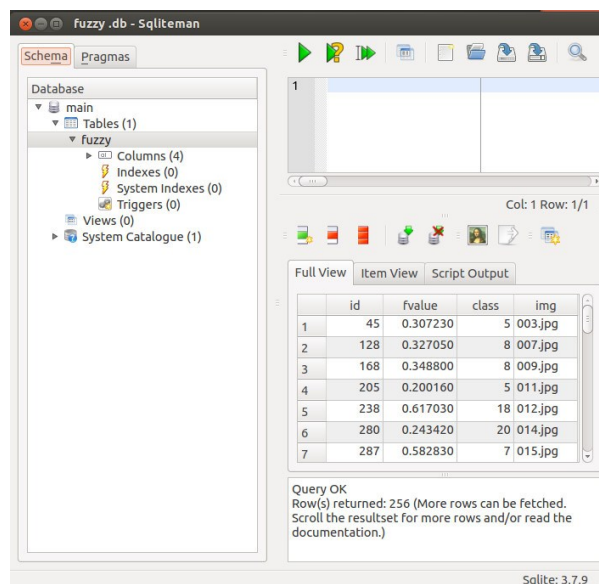


図 3.1 ファジィクラスタリングを考慮したデータベース

3.2 提案システムの構成

Web サーバに Apache, データベースには SQLite, 開発言語には PHP を用いており, ユーザは Web ブラウザを用いて Web サーバと画像情報の通信を行う. SQLite を用いたデータベースにある部分画像のクラスタリング情報を Web サーバと通信し, そのクラスタリング情報などに応じた部分画像の元画像を画像データベースから読み込み, Web ブラウザ上に検索結果として表示する.

3.3 提案するビジュアルキー型画像検索使用の手順

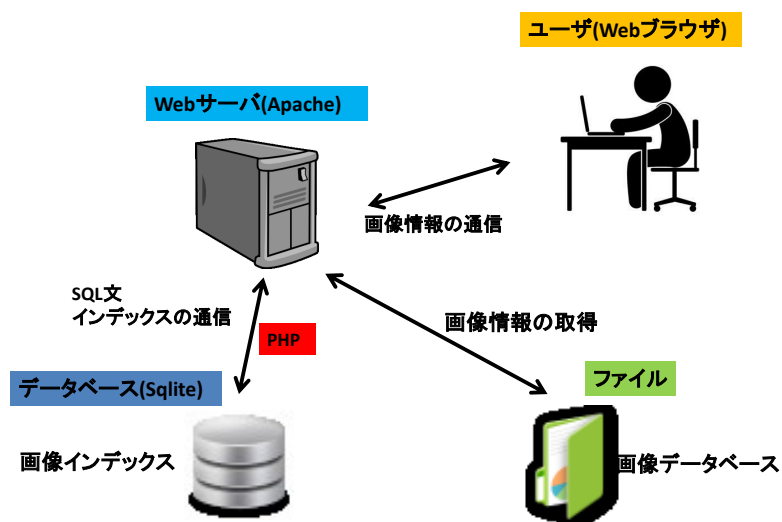


図 3.2 システムの構成

3.3 提案するビジュアルキー型画像検索使用の手順

提案するビジュアルキー型画像検索使用の流れを以下に図で示す。

目的画像に最も類似したビジュアルキーを選択し検索する。

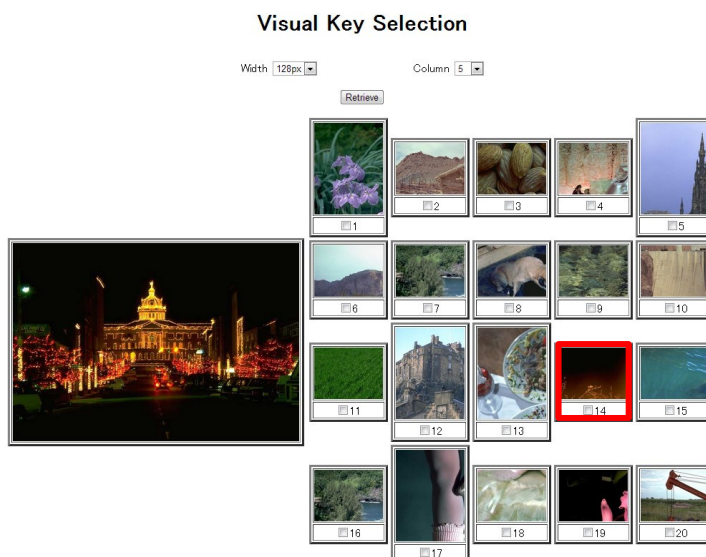


図 3.3 選択したビジュアルキー

3.3 提案するビジュアルキー型画像検索使用の手順

検索結果には選択したビジュアルキーと同じクラスタに所属している部分画像の元画像が表示される。

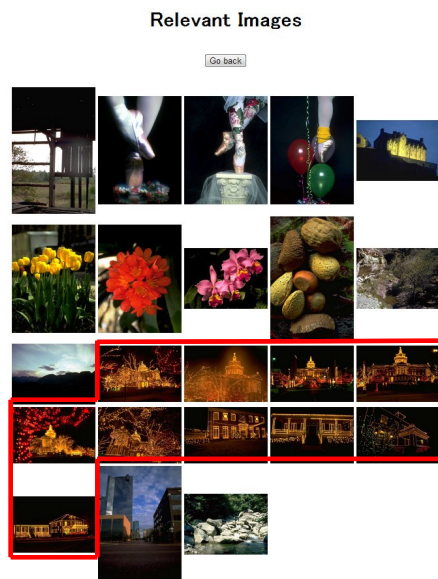


図 3.4 表示された類似画像検索

以上の手順で容易に類似画像の検索を行うことができる。

第 4 章

性能評価と考察

本章では被験者実験により性能評価を行う。比較対象として従来手法である DCT を用いた画像検索と提案手法を平均適合率、平均再現率の二つの観点から比較する。

4.1 実験環境

画像データベースには、ArtExplosion の 10 のカテゴリ (Agriculture, Ballet, Castles, Flowers, Food, Landscape, Panoramic, Texas, Water, Wilderness) の中から画像番号が 001 から 020 までの 20 枚ずつ取得した 200 枚の画像を用い実験を行う。

それぞれの画像検索の評価としては、まず被験者に 1 から 10 までのテスト画像を提示し、それらに最も近いビジュアルキーを選択してもらい画像検索を行う。

4.1 実験環境

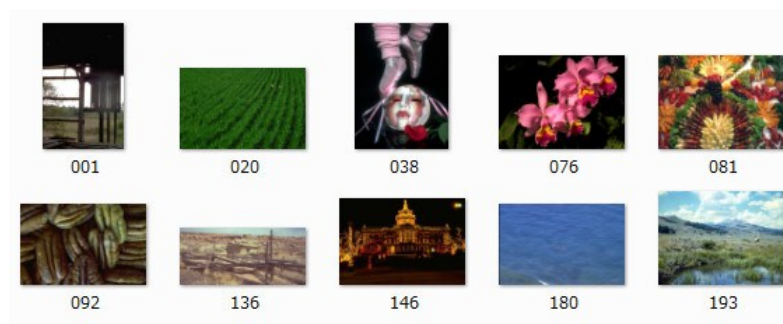


図 4.1 被験者実験に用いたテスト画像

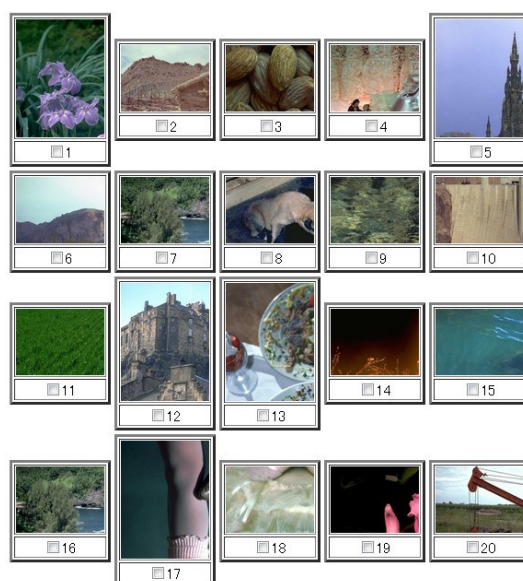


図 4.2 選定した 20 枚のビジュアルキー

4.2 ビジュアルキー型画像検索実験

出力された結果がテスト画像に類似しているかを判断してもらう。類似していると判断した画像の枚数を出力された画像の枚数で除したものが適合率である。また、類似したと判断した画像を画像データベースにある 200 枚の画像中にある類似画像数で除したものを再現率とする。これらの値を算出するため 5 名の被験者を用いて実験を行った。

$$\text{適合率} = \frac{\text{検索結果に含まれる適合画像の数}}{\text{検索結果の数}} \quad (4.1)$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{検索結果に含まれる適合画像の数}}{\text{画像データベース内の類似画像と判断した枚数}} \quad (4.2)$$

$$(4.3)$$

4.2 ビジュアルキー型画像検索実験

前節の実験環境を用いて画像検索実験を行い、提案手法について評価する。画像データベース内の 200 枚の画像をそれぞれ 2×2 に分割した画像に対してクラスタ数を 20 としてクラスタリングを行い、そのデータベースを使用したビジュアルキー型画像検索を被験者に行ってもらい性能を比較する。比較したクラスタリングの種類は M.Serata らの手法である k-means 法としている。

4.3 実験結果

実験結果について述べる。各被験者の画像検索実験結果について平均適合率と平均再現率を算出したものが下の図である。

平均適合率は従来手法 11%から提案手法 18%に、平均再現率は 24%から 54%へとそれぞれ精度の向上が見られた。

4.4 考察

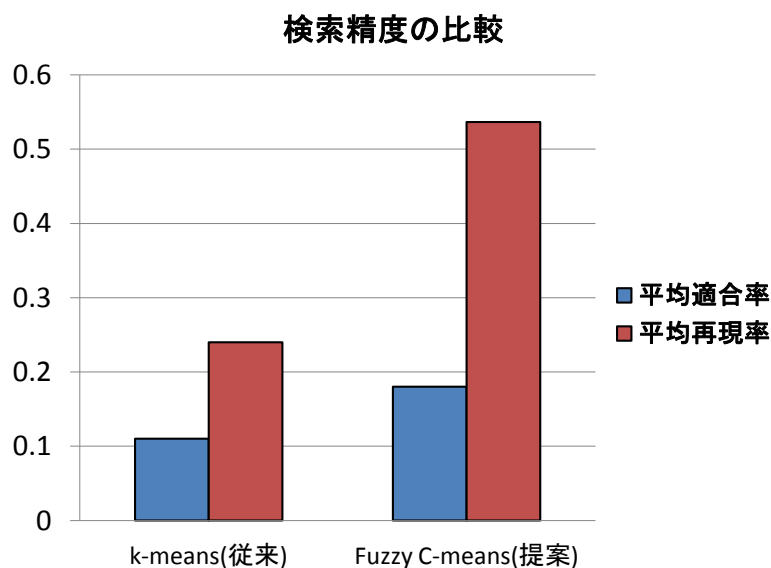


図 4.3 平均適合率と平均再現率

4.4 考察

従来手法である k-means 法と提案手法である Fuzzy C-means 法を用いてビジュアルキー型画像検索を用いた結果、従来手法の平均適合率 11%から提案手法 18%となり 7%の向上、平均再現率は 24%から 54%と 30%の向上が見られた。適合率の上昇はハードクラスタリングをする際に起こる、誤ったクラスタへの所属によって従来手法である k mean 法の適合率が低下していたためと考えられ、うまくクラスタリングができた提案手法が 7%高い結果になったと考えられる。再現率の 30%向上に対しては主に Fuzzy C-means 法を用いることで曖昧さをうまくクラスタ分類として表現できたことによって大幅な精度向上につながったと考える。

しかしこの提案システムには改善すべき点がある。まず一つ目は閾値の設定によりデータベースに格納されなくなってしまう数への対処である。本研究ではデータベースにファジィクラスタリングの結果を格納する際にメンバーシップ値 0.2 以上所属しているクラスタを検索結果に表示するようにしている。そこで起こってしまうのがメンバーシップ値 0.2 以下だが他の所属度よりは突出しているような値をデータベースに書き込むことができず、検索結

4.4 考察

果に反映されないという現象である。これに対する対処として考えられるのはメンバーシップ値 0.2 以下の所属度しかないような部分画像に対しては一番高い所属度のものを検索結果に反映させるという処理である。これを行うことによって閾値を用いることによって不利となってしまった値への対処も可能だと考える。

次の問題点として被験者が少ないことがあげられる。被験者は 5 名として本研究の実験を行ったため実験結果が十分に収束したものとは言えない。よって被験者の人数をより増やしていく必要がある。

第 5 章

まとめ

本研究では画像検索の手法の中で部分領域に基づく画像検索である Region-Based Image Retrieval(RBIR) の一手法の VKIR に注目をし, その画像の類似性判定のクラスタリングの際に従来方法である k-means 法から Fuzzy C-means 法を用いる画像検索手法を提案した. 従来のハードクラスタリングではクラスタリングに失敗することでの適合率, 再現率の低下が課題とみられていたため, ファジィクラスタリングによって画像の類似性判定を行うことで解決しようと実験を行った. 実験結果としては従来手法である k-means 法の適合率, 再現率が 11%, 24%であったのに対して提案手法である Fuzzy C-means 法での適合率, 再現率は 18%, 54%となりそれぞれ 7%, 30%の精度向上が見られた. 再現率の 30%向上についてはファジィ理論のあいまいさがうまくクラスタリングに反映された結果だと考えられる. しかしながら構成したデータベースでファジィクラスタリングの所属度を扱う際に, 20%以下だがほかの所属度より突出して高いものは不利に扱われてしまうため, それらを検索結果に反映させることができればより適合率, 再現率を向上させることができると考える.

謝辞

本研究を進めるに当たりましてご指導いただきました高知工科大学情報学群吉田真一講師には大変お世話になりました。筆者がファジィクラスタリングの方法やアルゴリズムの解読について模索しているときにいつもの確なアドバイス、助言をいただきました。また筆者は文章を記述する十分な力を持ち合わせていなかったため数多く文章について添削していただくことになりまして深く感謝しております。また毎週研究の進捗報告を行っていただき、最初は毎週進捗が多すぎないかと感じておりましたが、今になって思うとそうした先生の配慮があったからこそこの論文を期日までに作り上げることができました。そのほかにも数多くのご迷惑、お手数をおかけしました。この吉田真一先生におかけしましたご迷惑をこれからの少ない大学生活と就職した企業で精いっぱい働いていくことで恩返ししていけたらと考えております。深く感謝しております。

本研究の副査をしていただきました高知工科大学情報学群高田喜朗准教授ならびに高知工科大学情報学群横山和俊教授大変お世話になりました。梗概提出の際にも数多くの助言をいただき、また卒業論文発表でも素晴らしい質問をしていただきました。深く感謝しております。

情報学群で講義、生活指導などでお世話になりました諸先生方。数多くのことでお世話になりました。皆様のご協力してくださいましたことでこの大学4年間を無駄にすることなくやりきることができました。大変感謝しております。

吉田研究室の皆様研究室配属から今まで本当にありがとうございました。私は非常に抜けている面があり、声を常にかけていただけたことで卒業研究を形にすることができました。自分のわからない点などにも的確なアドバイスなどをしていただき非常に助かりました。また研究室内で思い悩んでいるときなどに明るい空気を進んで作ってくれました。この明るいみんなと一緒に研究活動や遊ぶことができ本当に楽しかったです。3年生の皆様も楽しい会話やたまにお菓子などもくださってありがとうございました。研究に行き詰っている際の

謝辞

息抜きになって非常に助かりました。

最後になりますが学費，生活費，仕送りなどたくさんの面倒を見ていただきました両親に深く感謝しております。一回生の時から今まで大変なご迷惑をおかけしてしまったと思います。これからは早く一人前といえる社会人になれるよう努力していきたいと思います。

参考文献

- [1] 宮本定明, “クラスタ分析入門 ファジィクラスタリングの理論と応用”, 森下出版株式会社, 1999年10月30日
- [2] M.Serata, Y.Hatakeyama, and K.Hirota, “Designing Image Retrieval System with the Concept of Visual Keys,” *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 136-144, 2006.
- [3] K.Okamoto and S.Yoshida. “DCT Domain Color Feature Extraction for Visual Key Image Retrieval,” 第22回信号処理シンポジウム, pp.322-326, 2007.

付録 A

5 人の被験者ごとの適合率

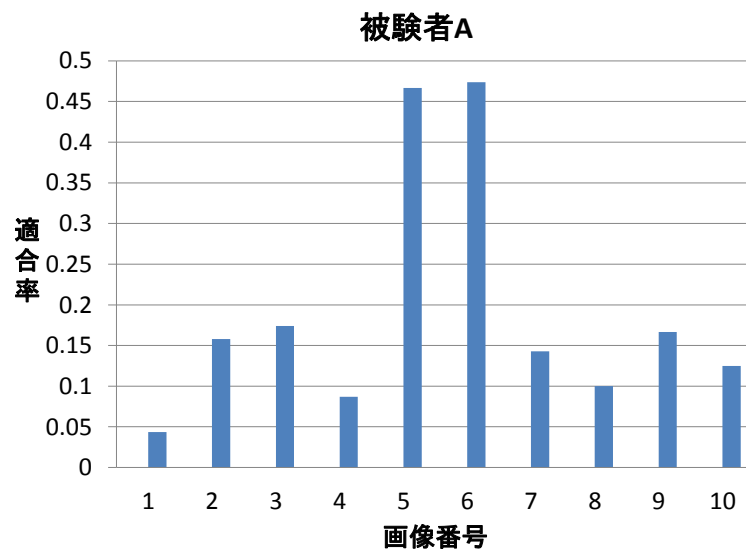


図 A.1 被験者 A の適合率

被験者 A の実験結果からは画像番号 5, 6 の適合率が極端に高くなっていることがわかる。その他の画像は適合率が 10%前後となっている。

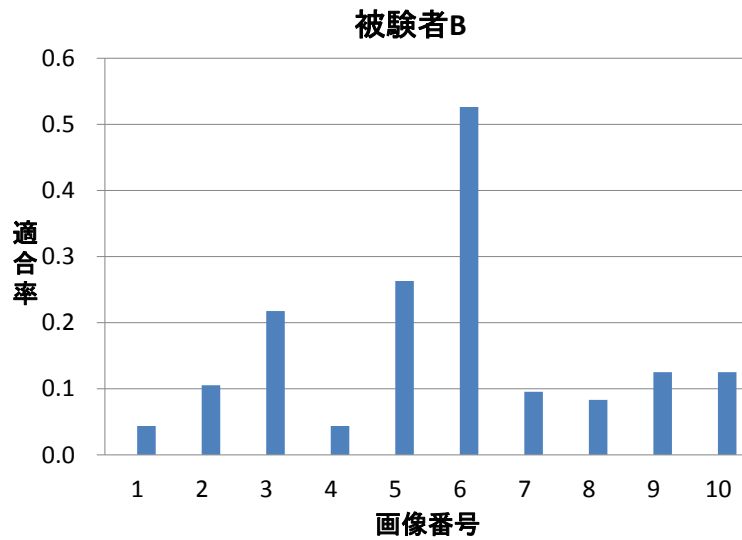


図 A.2 被験者 B の適合率

被験者 B の実験結果からは画像番号 6 がもっとも高くの適合率が 50%を超えていることがわかる。その他の画像は適合率が 10%を前後している。

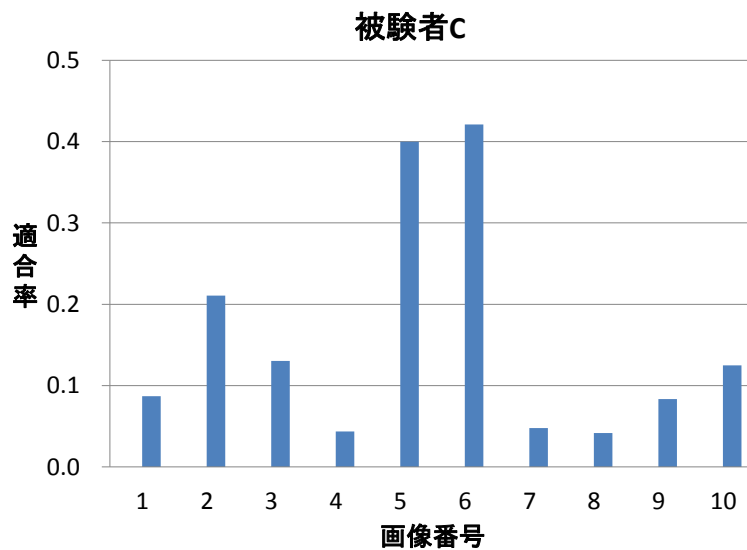


図 A.3 被験者 C の適合率

被験者 C の実験結果からは画像結果 5, 6 の画像が高い適合率となっていることがわかる。

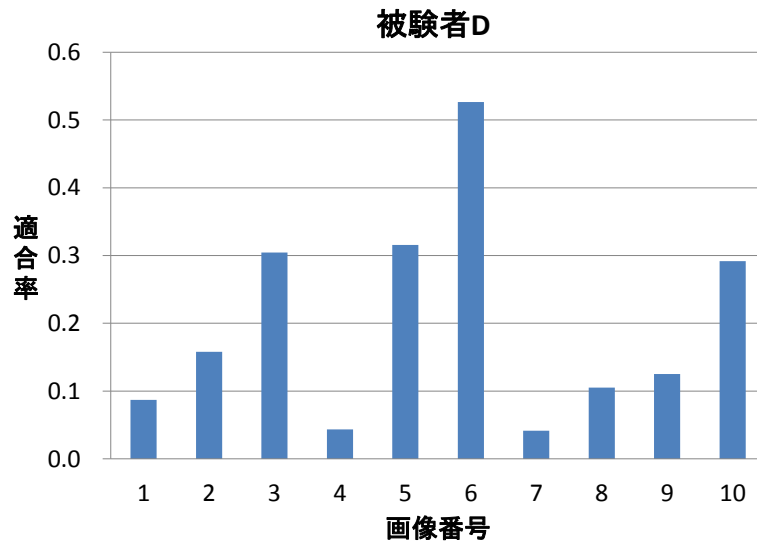


図 A.4 被験者 D の適合率

被験者 D の実験結果からは画像番号 3, 5, 6, 10 の画像の適合率が高くなっていることがわかる。これは被験者 D は適切なビジュアルキーを多く選択することができたと考えられる。

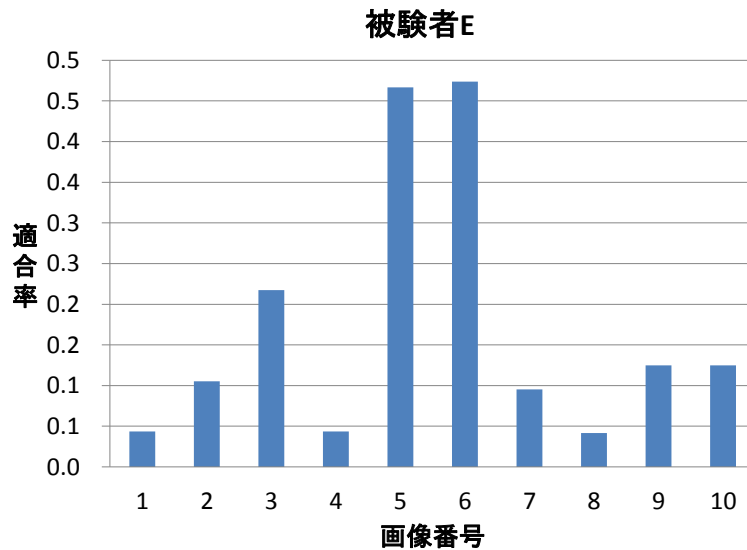


図 A.5 被験者 E の適合率

被験者 E は画像番号 5, 6 が大幅に適合率が高くなっていることがわかる。

以上 5 人の被験者実験からすべての被験者において画像番号 5, 6 の適合率が高くなっていた。これは選択ビジュアルキーが目的画像の一部と非常に類似したものを選択したことによってもたらされたと考える

付録 B

5 人の被験者ごとの再現率

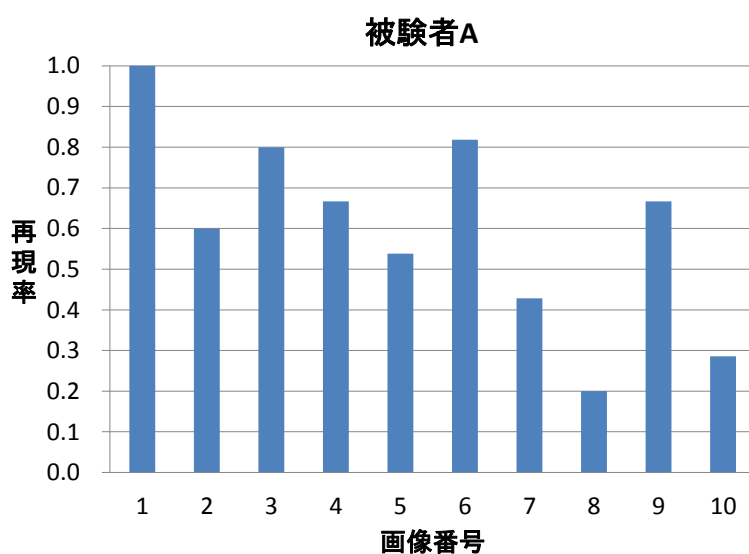


図 B.1 被験者 A の再現率

被験者 A の実験結果からは 10 個の画像の中で 7 個の再現率が 50%を超えていることがわかる。画像番号 1 の再現率に関してはデータベース内の類似した画像のすべてを検索結果として表示することができている。

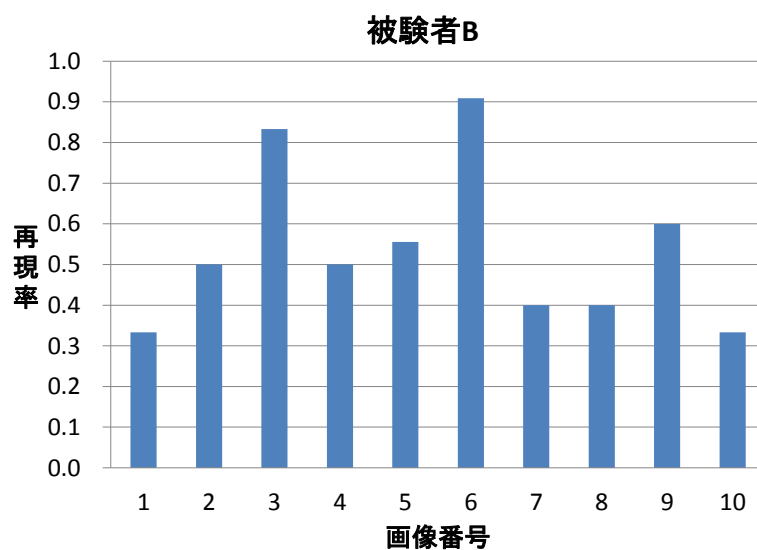


図 B.2 被験者 B の再現率

被験者 B の実験結果からは画像 3, 6 の再現率が 80%を超えていることがわかる。またその他の画像は 30%から 60%の間に再現率が分布している。

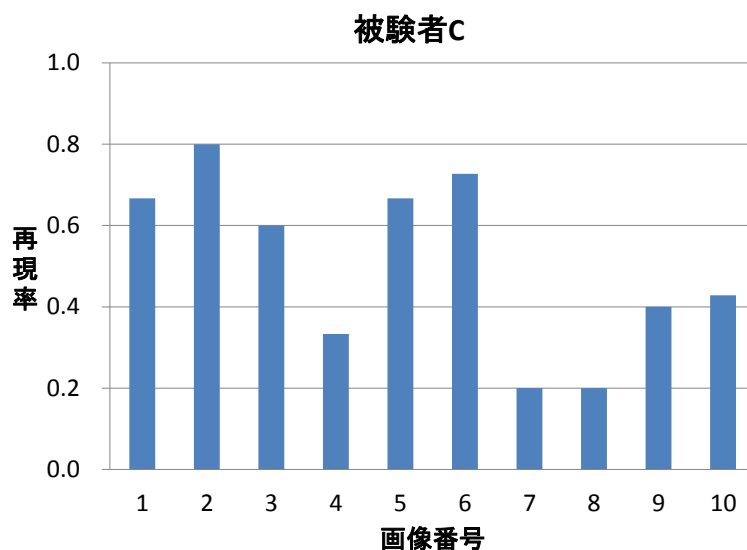


図 B.3 被験者 C の再現率

被験者 C の実験結果からは画像番号 7, 8 の再現率が 20%と落ち込んでいることがわかる。

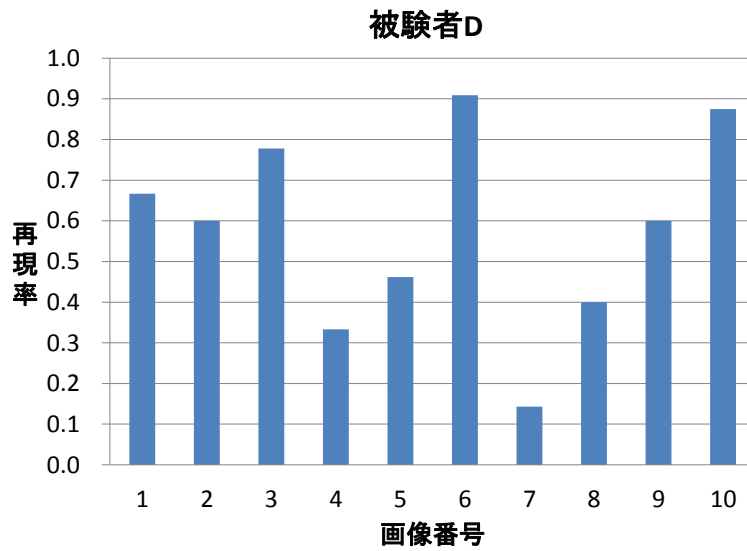


図 B.4 被験者 D の再現率

被験者 D の実験結果からは画像番号 3, 6, 10 の再現率が高くなっていることがわかる。しかし画像番号 7 の再現率については 15%ほどと低い値になっている。

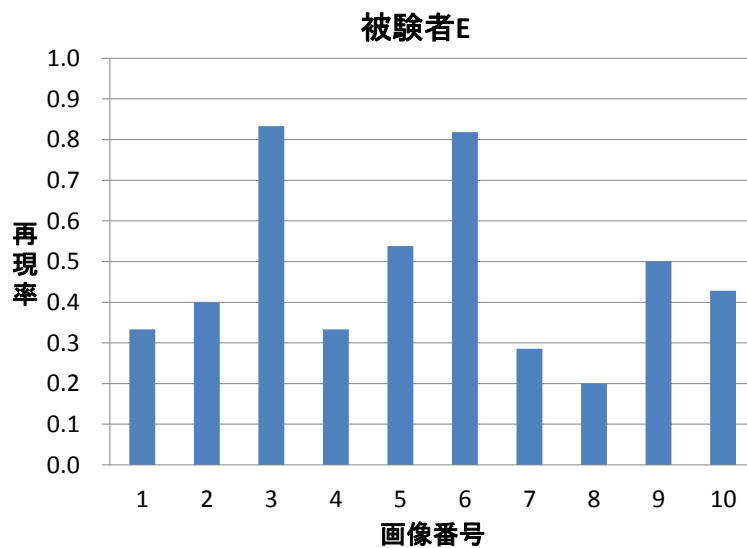


図 B.5 被験者 E の再現率

被験者 E の実験結果からは画像番号 3, 6 の再現率が高くなっていることがわかる。

以上 5 名の被験者実験からすべての被験者において画像番号 3, 6 の再現率の精度が特に高くなっていた。これは黒の特徴を多く含む画像においてクラスタ分別がうまくいっているためだと思われる。またそれら以外の画像においても再現率は従来手法に比べて向上している。