

平成 24 年度
学士学位論文

色ヒストグラム特徴を用いた部分領域画像検索

Region-Based Image Retrieval using Color
Histogram Feature

1130340 篠原 悠貴

指導教員 吉田 真一

2013 年 3 月 1 日

高知工科大学 情報学群

要 旨

色ヒストグラム特徴を用いた部分領域画像検索

篠原 悠貴

類似画像検索の一つに画像の一部分の類似性に着目した部分領域画像検索がある。部分領域画像検索の一つにあるであるビジュアルキー型画像検索 (VKIR) では、これまで色の平均や分散などの画素値の統計情報を用いた特徴量を用いてきた。VKIR で用いられる特徴量には他にもテクスチャ特徴や形状特徴があるが、類似画像検索における画像適合率は、色情報に大きく作用されることが分かっており、色特徴のみを用いた手法でも同等の検索精度を達成できる。本研究では、VKIR に用いる特徴量として、新たに部分画像の色ヒストグラムを用い、ユーザが求めている画像を部分領域ごとに検索を行うシステムを提案し、これまで色の平均や分散、DCT 係数を用いた手法と定量的に比較する。本研究の色ヒストグラムは、画像の赤成分 (R)、緑成分 (G)、青成分 (B) の各チャンネル毎の輝度及び色合いの分布を 64 色に減色し、そのヒストグラムを 64 次元ベクトルの色特徴として用いる。特徴抽出された原画像のデータを分割した画像とキー画像のデータをインデクシングすることにより検索システムを実現する。本研究ではインデクシングは階層的クラスタリング手法である Ward 法を用いて、ヒストグラムの近い部分画像群のクラスタ 20 個に分ける。ビジュアルキーには各クラスタの重心に最も近い画像を各 1 枚、計 20 枚選定する。それらを 1 から 20 まで番号付けを行い、ビジュアルキーとする。実験は被験者 5 名に 10 枚の画像を提示し、それぞれの画像についてビジュアルキーを 2 枚選択し検索を行い、従来手法である DCT 領域における特徴を用いた検索システムと適合率と再現率の比較を行う。

キーワード 色ヒストグラム, ビジュアルキー型画像検索

Abstract

Region-Based Image Retrieval using Color Histogram Feature

Yuki SHINOHARA

Visual-key image retrieval (VKIR) is a region-based image retrieval and uses average, variance of pixels as color features. VKIR also uses texture feature and shape feature. Precision of VKIR, however, is affected mainly by color features. In this research, we use color histogram feature for VKIR and compare with conventional average, variance of colors, and DCT coefficient feature. We use 64 colors histogram for VKIR and then the dimension of feature vectors is 64. Indexing is performed by Ward clustering algorithm using 64-dimensional color features among image Sub-regions. All sub-images are clustered to 20 clusters and centroid image of each cluster is a visual key. Five subjects choose 2 visual-key in order to retrieve 10 variations of images. We compare the precision and recall of image retrieval by color histogram feature and conventional color features.

key words color-histogram, Visual-Key Image Retrieval

目次

第 1 章	序論	1
1.1	序論	1
第 2 章	関連研究	2
2.1	画像検索	2
2.1.1	Text-Based Image Retrieval	2
2.1.2	Content-Based Image Retrieval	3
2.1.3	Region-Based Image Retrieval	3
2.2	ビジュアルキー型画像検索	4
2.2.1	特徴抽出	5
2.3	色ヒストグラム	6
2.3.1	色ヒストグラム特徴	7
第 3 章	色ヒストグラム特徴を用いた検索システムの提案	9
3.1	ビジュアルキーの生成	10
3.1.1	画像の分割	10
3.2	階層的クラスタリング	11
3.2.1	Ward 法	12
3.3	ビジュアルキーの選定	13
3.4	画像検索の流れ	14
第 4 章	提案システムの性能評価	16
4.1	実験環境・手順	16
4.2	実験結果	17
4.3	考察	19

目次

第 5 章 結論	20
----------	----

謝辭	21
----	----

参考文献	23
------	----

付録 A	24
------	----

目次

2.1	画像検索の種類	4
2.2	ビジュアルキー型画像検索	5
2.3	色ヒストグラム	6
2.4	画像の減色	7
2.5	64色の減色	8
2.6	64次元の色ヒストグラム	8
3.1	構築した提案	9
3.2	画像の分割	10
3.3	階層的クラスタリング	11
3.4	ツリー状のクラスタ構造	12
3.5	画像の分割	13
3.6	ビジュアルキー型画像検索の流れ	14
3.7	ユーザが選択したビジュアルキー	15
3.8	図のビジュアルキーを選択した結果	15
4.1	検索目的画像	17
4.2	全体平均適合率, 全体平均再現率の比較	18
4.3	F値比較	18
A.1	ビジュアルキー	24
A.2	被験者毎の平均適合率	25
A.3	被験者毎の平均再現率	25
A.4	画像毎の平均適合率	26
A.5	画像毎の平均再現率	26

目次

A.6	被験者毎の平均適合率	27
A.7	被験者毎の平均再現率	27
A.8	画像毎の平均適合率	28
A.9	画像毎の平均再現率	28
A.10	被験者毎の平均適合率	29
A.11	被験者毎の平均再現率	29
A.12	画像毎の平均適合率	30
A.13	画像毎の平均再現率	30

第 1 章

序論

1.1 序論

画像を検索するために、指定したキーワードや画像で検索を行う画像検索システムがある。Google や Yahoo!はキーワードを用いて検索を行うシステムである。Google 及び Yahoo!には検索欄に画像をドラッグアンドドロップすることにより、その画像に類似した画像を検索する類似画像検索もある。キーワードを用いて検索する場合、画像にテキストデータによるタグ付けが必要である。キーワードによる検索では、キーワードが思いつかない、キーワードとタグ付けされた画像が一致しないという問題点がある。近年、画像の一部分の類似性のみに着目した部分領域画像検索 (RBIR) も研究され、その一つにビジュアルキー型画像検索 (VKIR) がある。ビジュアルキー型画像検索は画像データベースの画像を部分領域毎に分割を行い、その部分領域の画像 (部分画像) をビジュアルキーとして検索に用いる。これまでの VKIR では、色の平均や分散など、画素値の統計情報を用いた特徴量を用いて類似画像の検索を行っている。VKIR で用いられる特徴量には、テクスチャ特徴や形状特徴、色特徴などがあるが、類似画像検索における画像適合率は、色情報に大きく作用されることが分かっており、色特徴のみを用いた手法でも同等の精度が達成できる。本研究では、VKIR に用いる特徴量として、新たに色ヒストグラムを用い、ユーザが求めている画像を部分領域ごとに検索を行うシステムを提案し、これまでの色の平均や分散、DCT 係数を用いた場合と定量的に比較する。

第 2 章

関連研究

本章では、現在の画像検索や提案するシステムの適用対象となるビジュアルキー型画像検索のビジュアルキーの生成から検索の流れまでについて説明を述べる。

2.1 画像検索

一般に画像検索は、TBIR(Text-Based Image Retrieval) と CBIR(Content-Based Image Retrieval) に分けられる。また、TBIR と CBIR の両方を用いているものもある。TBIR と CBIR の両方を用いる画像検索システムには、Yahoo!画像検索、Google 画像検索などがある。

2.1.1 Text-Based Image Retrieval

一般的な画像検索手法である Text-Based Image Retrieval(TBIR) について説明する。TBIR は、データベース内の画像に画像のタイトルやキーワードをメタデータとして画像に付与し、それを基にしてユーザがキーワード検索をする方法である。この手法は画像が増加するにつれてタグ付けを行う労力も増加していき、さらにインデックス作成時には人の主観に基づいたタグ付けが行われる。作成されたインデックスに客観性があるかは難しい問題であり、もしユーザの意図と異なるインデックスである場合はユーザが画像を検索できないという問題点もある。

2.1 画像検索

2.1.2 Content-Based Image Retrieval

CBIR は、テキストデータによるインデクシングを行わず画像情報から類似画像を検索する手法である。CBIR では、画像の色や形、構図等をクエリとして画像を検索する。CBIR は画像データに既に存在する画像特徴を計算機により自動判別を行い、画像の特徴ベクトルから画像同士の類似度を計測し、類似している画像を検索する。しかし、ユーザがイメージする画像に類似する画像を所持していなければ、クエリを設定することができないため、検索することができない。

2.1.3 Region-Based Image Retrieval

RBIR は、CBIR の手法の一つで、分割した画像領域に基づいた画像検索システムである。RBIR は、画像を決められた領域ごとに分割を行い、それぞれの領域ごとに特徴ベクトルを求める。部分画像には、求めた特徴ベクトルからクラスタリングを行い、形成されるクラスに沿ってインデックスに付与する。RBIR のクエリは部分画像自身である。部分画像をクエリとして選択するのでユーザがイメージした画像選択することができる。ビジュアルキー型画像検索も部分領域画像を用いて画像検索を行うので RBIR の一つである。

2.2 ビジュアルキー型画像検索

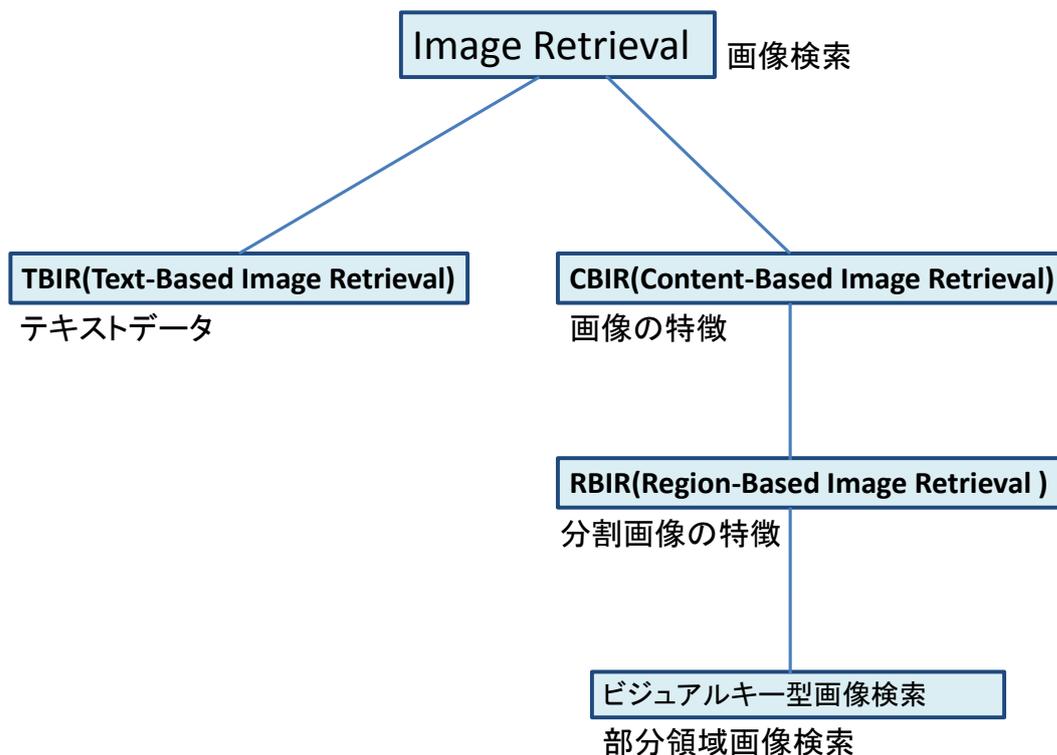


図 2.1 画像検索の種類

2.2 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のシステム構築から検索の流れについて述べる。本研究で用いるビジュアルキー型画像検索のシステムは、異なる大きさの画像に対応するため、画像データベースから各画像を一度 480×480 ピクセルに拡大縮小を行い、複数の画像分割を行う。複数分割した画像の特徴にクラスタリングを行い、クラス分けをする。クラス分けを行った分割画像をクラスの平均に最も近い画像を代表とし、ビジュアルキーとして用いる。検索の流れとしてはユーザが自分が求めている画像を生成されたビジュアルキーから 2 枚選択してもらう。図 2.2 はビジュアルキー型画像検索を示す。

2.2 ビジュアルキー型画像検索

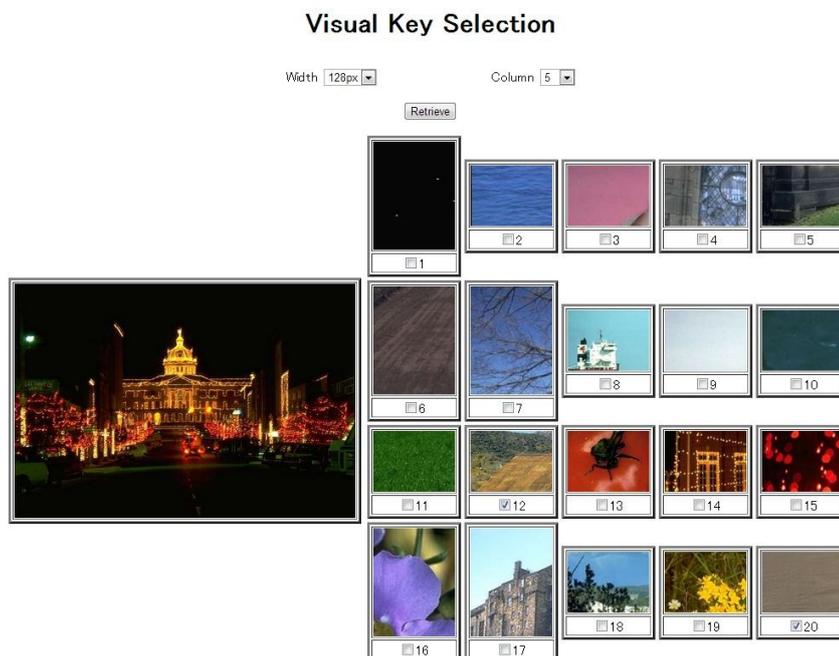


図 2.2 ビジュアルキー型画像検索

2.2.1 特徴抽出

従来システムの色特徴は、色特徴の $L^*a^*b^*$ 色空間上の各チャンネルにおいて、画素値の平均、分散、歪度を算出している [1]。これらを用いて 9 次元の色特徴ベクトルとして用いる。 $L^*a^*b^*$ 色空間はそのベクトルの差が人間の視覚の色差に近似するように設計されており、知覚的均等性を重視している。また、JPEG 画像などに用いられる YCrCb 色空間での DCT 係数を用いた特徴抽出も行っており、こちらは 14 次元ベクトルである [2]。 YCrCb 色空間は色の輝度 (明るさ Y)、色相 (色合い CrCb) で現す。本研究では、RGB 色空間での色ヒストグラムを特徴として用いる。

2.3 色ヒストグラム

2.3 色ヒストグラム

色ヒストグラムとは、画像の赤成分 (R)、緑成分 (G)、青成分 (B) 各チャンネル毎の輝度及び色合い分布を示し、各色が画像中に現れる頻度を示している。図 2.3 は色ヒストグラムについての図を示している [3]。

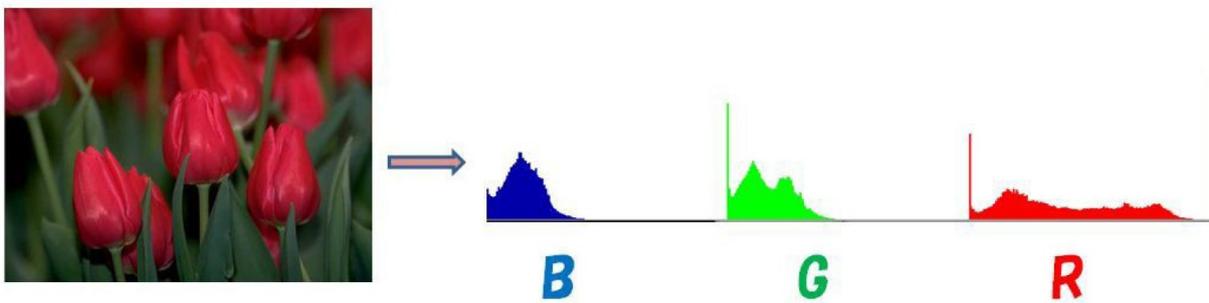


図 2.3 色ヒストグラム

2.3 色ヒストグラム

2.3.1 色ヒストグラム特徴

本研究では、表示できる色数は $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ 通りになるが、画像検索に用いる色ヒストグラム特徴としては使いにくいいため、色数を減色したうえで利用する。図 2.4 は画像の減色の例を示している。

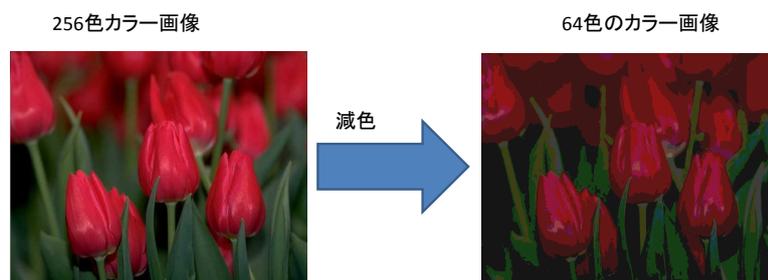


図 2.4 画像の減色

本論文での減色には、RGB の各成分を 4 等分し中央の代表値に置き換えることで 64 色まで減色を行う。例えば、ピクセルの RGB=(58,150,238) の時、減色を行うと (Red No, Green No, Blue No)=(0,2,3) となる。図 2.5 は減色を行ったあとの新たな画素値を示している。これをビン番号と呼ぶ。

本研究はフルカラーの画像を 64 色に減色し、その色ヒストグラムを 64 次元ベクトルの色特徴として用いる。図 2.6 は減色したときの 64 色の色ヒストグラムの図である。

2.3 色ヒストグラム

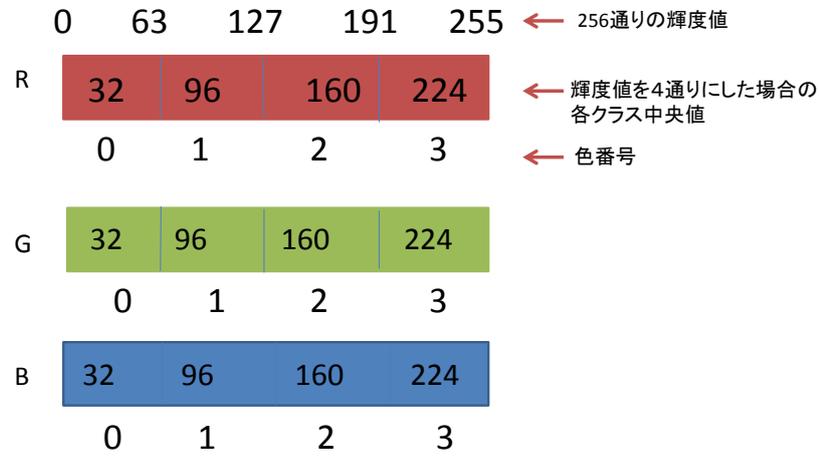


図 2.5 64色の減色

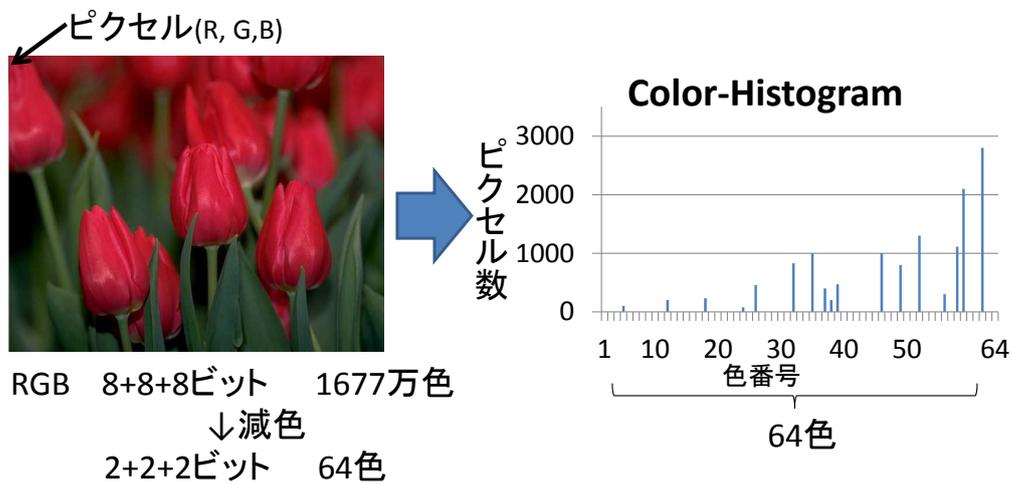


図 2.6 64次元の色ヒストグラム

第 3 章

色ヒストグラム特徴を用いた検索システムの提案

本章では、ビジュアルキーを選定するまでの過程とシステムの全体像を述べる。システムは、PHP、Apache、SQLite を用いて構築した。ユーザが Web ブラウザで Web サーバ上に構築した本システムにアクセスする。VKIR の開発言語には PHP を用いる。データベースの SQLite に画像特徴を格納する。図 3.1 にシステムの全体像を示す。

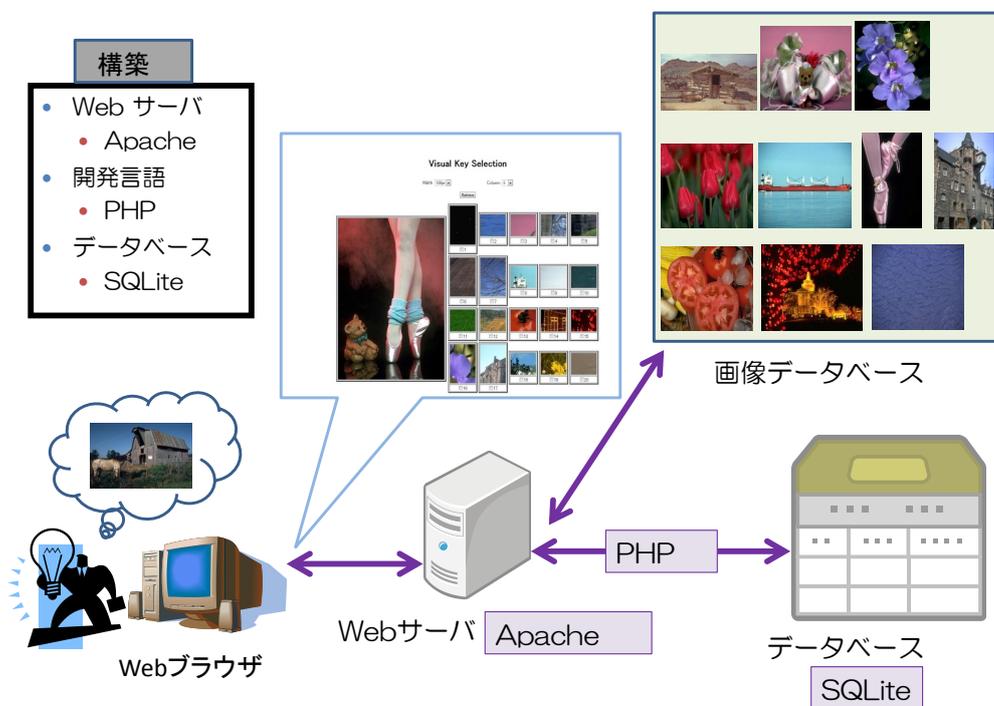


図 3.1 構築した提案

3.1 ビジュアルキーの生成

3.1 ビジュアルキーの生成

ユーザに提示するビジュアルキーはデータベース内の画像より生成する．生成過程は画像分割，各分割画像の特徴抽出、クラスタリング，ビジュアルキーの選定により行う．

3.1.1 画像の分割

提案システムのビジュアルキーに付加させるための画像の部分領域は，データベース内の原画像をそれぞれ 4×4 に等分割することで生成する．データベース内の各画像は幅や高さが異なるので，縦向きや横向きの画像が存在する．そのため，同じ大きさに揃える必要がある．提案システムは，一度データベースの全ての画像を 480×480 ピクセルに拡大縮小を行い， 4×4 に画像を分割する．画像を分割する流れを図 3.2 で示す．



図 3.2 画像の分割

3.2 階層的クラスタリング

3.2 階層的クラスタリング

階層的クラスタリングとは、類似性の高いデータ同士をグループ化し、そのグループ同士をまとめて親グループ化するという作業を繰り返すことで、グループの階層構造を作成する手法である。

1. データ集合の中から、互いの距離が最も近くなるデータ項目の対を探す。
2. その項目対を、1つのクラスタに統合する。
3. 2の処理をデータ全体が1つのクラスタに統合されるまで繰り返す。

図 3.3 は階層的クラスタリングの様子であり、図 3.4 はツリー状のクラスタ構造を示したものである。

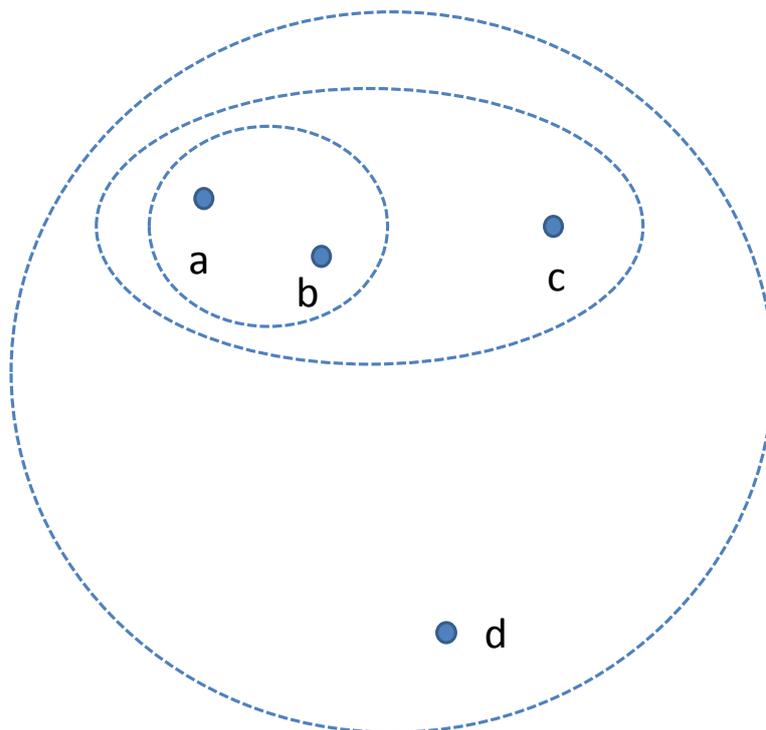


図 3.3 階層的クラスタリング

3.2 階層的クラスタリング

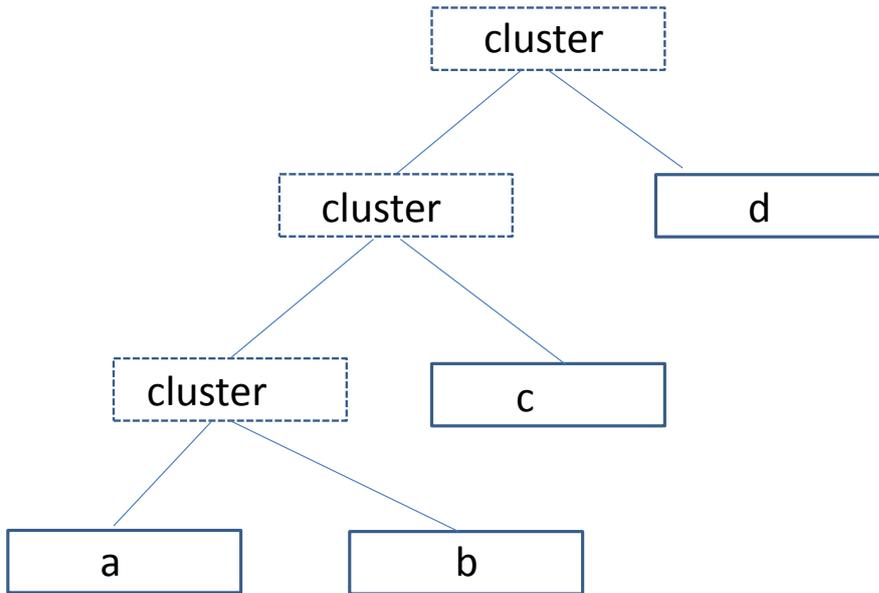


図 3.4 ツリー状のクラスタ構造

3.2.1 Ward 法

本システムでは階層的クラスタリングの一つである Ward 法を用いて適用し画像の特徴抽出の分類を行う。Ward 法は、二つのクラスタを結合する際に、群内平方和の増加量が最小になるように結合していく手法である。群内平方和とは、クラスタの密になっている度合いのことである。クラスタ G に対する群内平方和 $E(G)$ は

$$E(G) = \sum_{X \in G} \|X - m(G)\|^2 \quad (3.1)$$

で算出される。 X は各部分画像の色ヒストグラム特徴で、 $m(G)$ は各画像の色ヒストグラム特徴の平均である。この群内平方和を利用し、クラスタ G_i, G_j の群内平方和の増加量 $\Delta E(G_i, G_j)$ は

$$\Delta E(G_i, G_j) = E(G_i \cup G_j) - E(G_i) - E(G_j) \quad (3.2)$$

3.3 ビジュアルキーの選定

で算出される．この群内平方和の増加量をクラス間の距離とする．本研究では，1枚の部分画像の色ヒストグラム特徴に対して1個のクラスを配置する．200枚の画像を 4×4 に分割して3200枚の部分画像として，各部分画像の色ヒストグラム特徴を3200個のクラスとする．Ward法を用いてクラスが20個に統合されるまで繰り返す．

3.3 ビジュアルキーの選定

1. 4×4 に画像分割された各画像の色ヒストグラム特徴を抽出する．
2. 抽出した色ヒストグラム特徴をWard法を用いてクラスタリングを行う．
3. 各クラスの最も平均値に近い画像をビジュアルキーとして選定する．

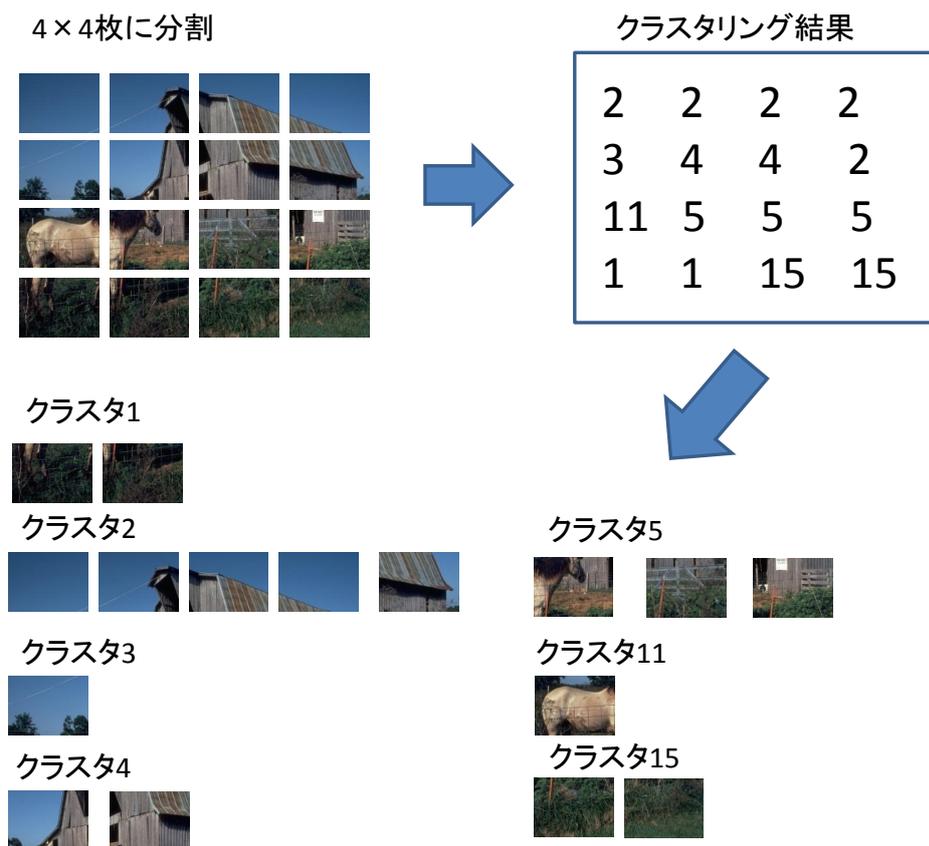


図 3.5 画像の分割

3.4 画像検索の流れ

3.4 画像検索の流れ

提案システムは、色ヒストグラム特徴を用いており、ユーザに目的画像を求めるために目的画像に必要なビジュアルキーを選択してもらう。以下に提案システムにおける画像検索の流れを示す。

1. ユーザに目的画像を提示する。
2. 目的画像を求めるためにビジュアルキーを選択する。
3. ビジュアルキーを1枚選択すると絞り込みが不十分であり、3枚選択すると検索結果に画像が表示されないためビジュアルキーの選択枚数を2枚とする。
4. 検索結果画像をユーザに提示し、ユーザは目的画像に類似している画像を選択する。

図 3.6 に画像検索の流れを示す。



図 3.6 ビジュアルキー型画像検索の流れ

図 3.7 は目的画像 1 を検索するために選択した画像であり、図 3.8 は図 3.7 の結果である。

3.4 画像検索の流れ

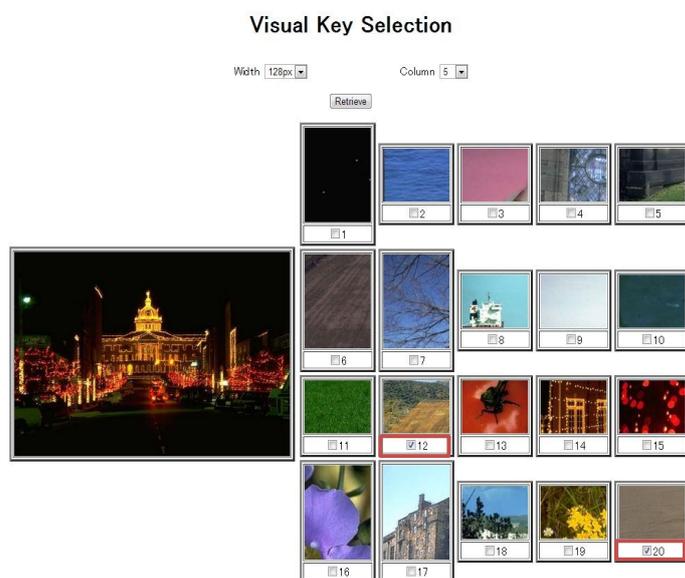


図 3.7 ユーザが選択したビジュアルキー

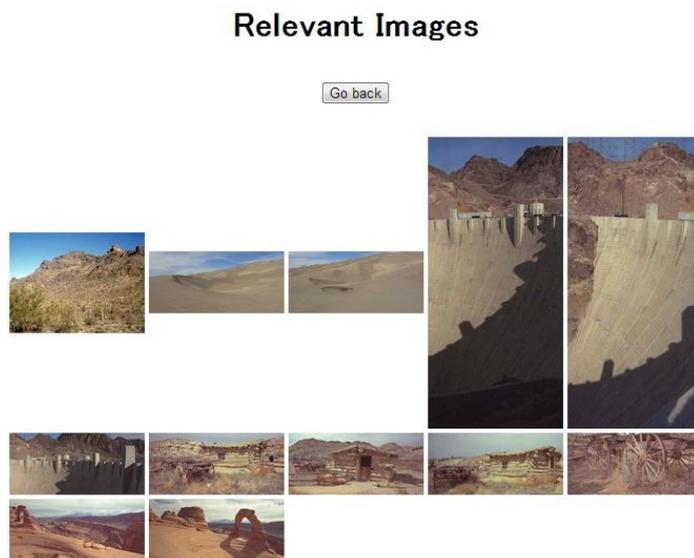


図 3.8 図のビジュアルキーを選択した結果

第 4 章

提案システムの性能評価

本章では被験者実験によるビジュアルキー型画像検索の従来手法と提案手法の比較を行う。比較対象は、ビジュアルキー型画像検索の従来手法と提案手法との適合率及び再現率とする。以下に実験環境、手順、結果、考察を示す。

4.1 実験環境・手順

従来のシステムと提案手法との適合率及び再現率の比較を行う。従来の特徴である $L^*a^*b^*$ 色空間を用いた特徴を Pixel とする。また、YCrCb 色空間を用いた特徴を DCT とする。適合率及び再現率の比較には、従来のビジュアルキー型画像検索の特徴である Pixel と DCT を用いる。データベースには ArtExplosion の 10 カテゴリからそれぞれ 20 枚ずつ抽出した 200 枚の画像を用いる。被験者には検索してもらう検索目的画像を 10 枚提示する。検索目的画像は ArtExplosion の 10 カテゴリから各 1 枚を抽出した 10 枚とする。被験者に提示するビジュアルキーはデータベースの 200 枚の画像を 4×4 に分割した 3200 の画像に色ヒストグラム特徴を用いてクラスタリングを行い選定する。ただし、提案システムのブロック全てに、画像データベースと索引付けられたビジュアルキーを配置するのは困難なため、被験者にはビジュアルキーを 2 枚選択してもらう。被験者は 5 名としている。検索結果のうち被験者が目的画像と類似すると判断した画像を適合画像とする。適合率、再現率は

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

$$\text{再現率} = \frac{\text{検索された適合画像数}}{\text{全画像の適合画像数}} \quad (4.2)$$

で算出される値であり、検索システムの性能評価の値である。

4.2 実験結果

4.2 実験結果

被験者 5 人に 10 枚の画像 4.1 を提示し、それぞれの画像について検索を行った。

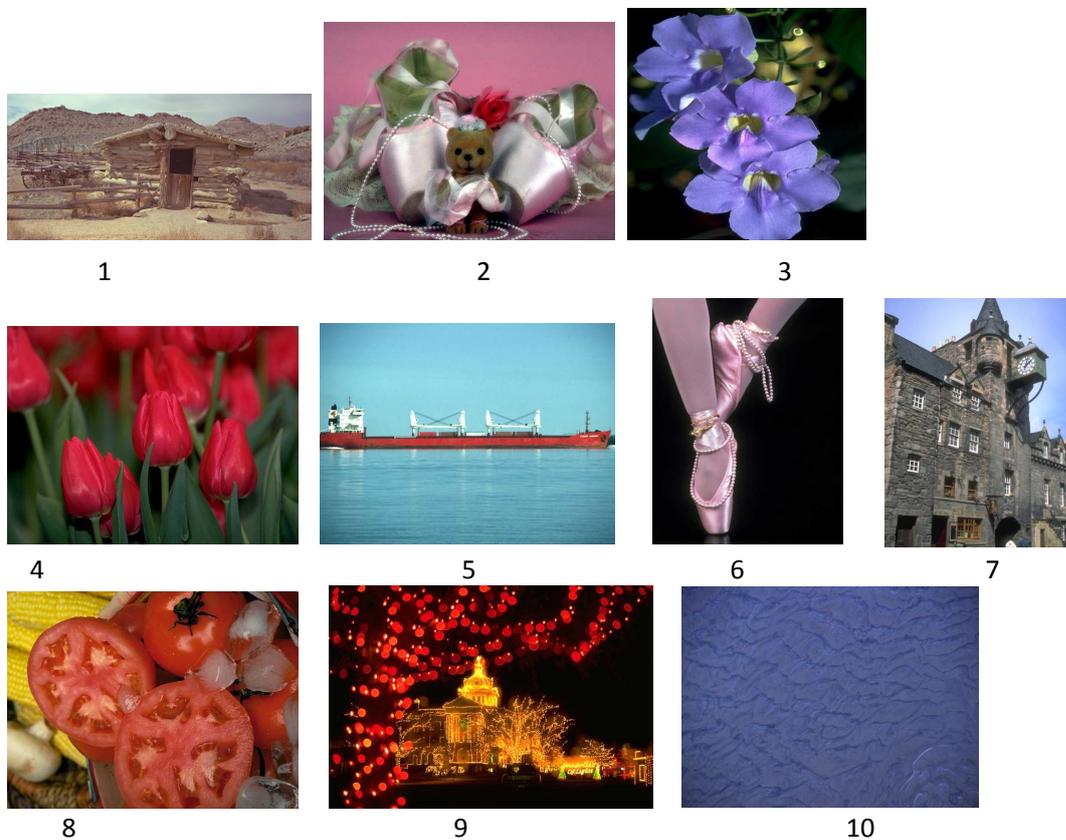


図 4.1 検索目的画像

結果は従来手法の Pixel は全体平均適合率，全体平均再現率は 14%，26%であり，DCT は 10%，22%で，提案手法ではそれぞれ 19%，40%である．F 値は Pixel が 0.18，DCT は 0.13，提案手法が 0.25 となり精度向上となった．このことから，提案手法は従来手法より検索精度が向上したことが確認できる．適合率，再現率の比較は，図 4.2 に示す．F 値の比較は，図 4.3 に示す．

4.2 実験結果

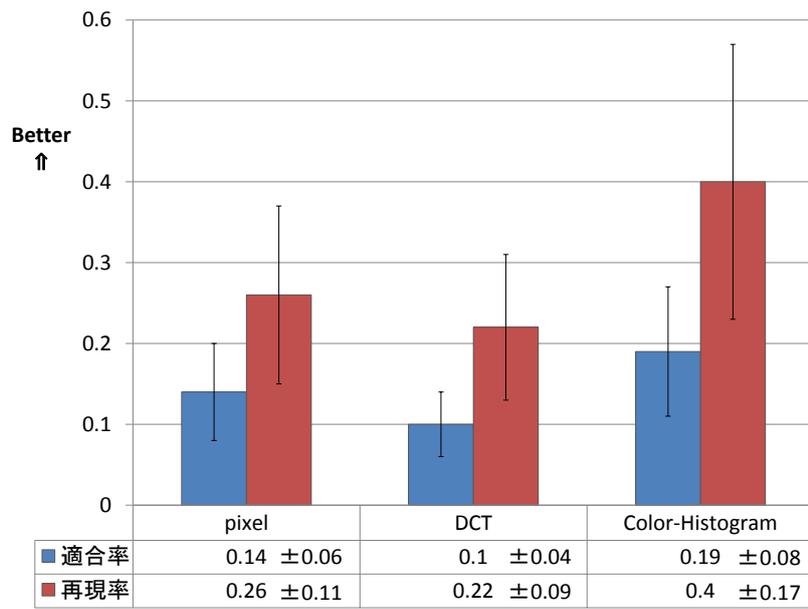


図 4.2 全体平均適合率，全体平均再現率の比較

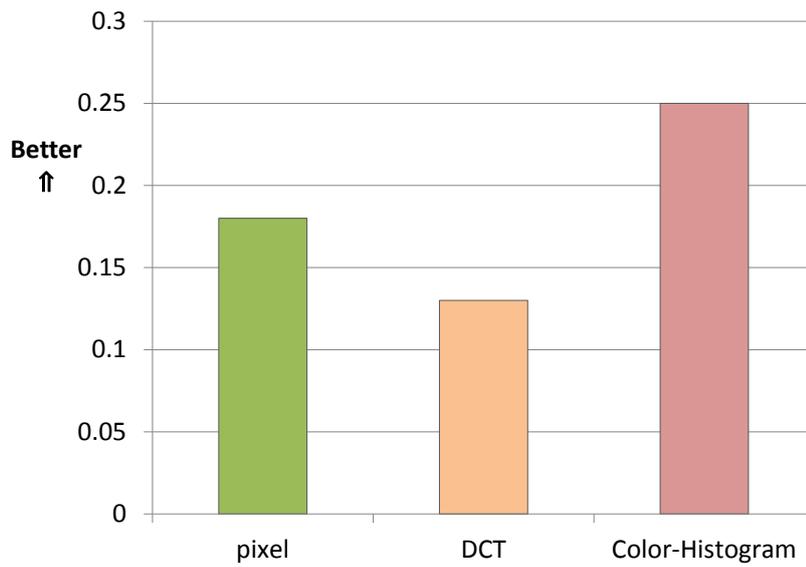


図 4.3 F 値比較

4.3 考察

提案手法の平均適合率 19%となり従来手法より精度が向上した．RGB 成分の色ヒストグラム特徴を用いることで従来手法より精度が向上することを意味する．しかし，まだ適合率が低く，その理由として検索結果画像が多いことが考えられる．検索結果画像を減らすために，クラスタ及びビジュアルキーを 20 から減らすことで 4×4 のマスに様々なクラスタのものが含まれなくなり，絞り込みもより可能となる．また，人間の知覚は異なる色名としての知覚できる色が 11 色から 12 色であり，今後クラスタ及びビジュアルキーの個数の参考にしたいと思う．

第 5 章

結論

本研究はビジュアルキー型画像検索におけるビジュアルキーの色特徴に色ヒストグラム特徴を用いて検索を行うシステムを提案した。色ヒストグラム特徴には RGB 色空間を用いた。フルカラーの画像では、人間の視覚ではおおまかな色合いで類似判定が行いにくいいため減色を行い、RGB の各成分を 4 等分し中央値に置き換えることで 64 色まで減色したうえで利用した。64 次元ベクトルの特徴ベクトルを用いて、クラスタリングを行い、20 個のクラスに分割した。ビジュアルキーには、クラスタリング結果の重心に最も近い部分画像を選定した。実験では、200 枚の画像に対し被験者 5 名での検索実験を行い適合率、再現率、標準誤差、F 値を求めた。実験結果は、Pixel より適合率は 5 ポイント、再現率は 14 ポイント、F 値は 7 ポイントの精度向上につながった。実験結果は、DCT より適合率は 9 ポイント、再現率は 18 ポイント、F 値は 12 ポイントの精度向上につながった。検索結果画像が多く検索されるためクラスタ及びビジュアルキーを減らすことでより良い結果がでるのではないかと思う。人間が異なる色名で知覚できる色は、11 色から 12 色と言われており、今後のビジュアルキーの選定の参考にしたい。また、従来の $L^*a^*b^*$ 色空間や YCrCb 色空間の色ヒストグラムを用いた場合どのようになるかも検討の余地がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を高知工科大学 情報学群 吉田真一講師に心から感謝致します。吉田先生には、夜遅い時間や休日までも熱心に研究のご指導、助言をいただきました。ここに論文を書き終え、研究が完成したのは、吉田先生という支えがあったからだと思います。私が就活で自分勝手に先生の助言を無視して進めていたにも関わらず、面接や履歴書のご指導をしてもらいました。就活では、常に人より多くの迷惑や心配などお掛けしたと思います。それでも、私を見捨てずに最後までご指導していただいた吉田先生に深く感謝しています。

本研究で副査を引く受けていた高知工科大学 情報学群 篠森敬三教授や岡田守教授に深く感謝致します。急なお願いにも関わらず、お忙しい中、篠森先生は梗概の添削をしていただいたことに感謝します。

高知工科大学情報学群 佐伯幸郎助教には卒論の時期にとってもお世話になりました。梗概提出間近になったときには、徹夜で添削をしてもらいました。あのとき、私の文章能力の低さに驚き、佐伯先生の丁寧なご指導のおかげで無事に梗概提出に間に合いました。また、夜中に研究室に来て研究以外のおもしろい話は研究の息抜きになりました。

同研究室の皆様にも大変お世話になりました。同研究室の4年生には、研究の進み具合、張り合い、協力などお互い大変よい刺激を与えながらここまで進んでこれたと思います。研究以外でも、遊んだりご飯を食べに行ったりと研究の息抜きとなりました。また、研究発表が近づくとみんなで集中する時間を決めてやることで研究や論文作成、プレゼン資料作りが集中してやることができました。この時の連体感は何か光るものがありました。

同研究室の3年生の皆様には、持ち前の明るさやノリのよさで研究室の雰囲気を盛り上げてくれました。私は、プログラミングが苦手な3年生の皆様には助けてもらうことも度々ありました。そのことに感謝しています。また、研究で行き詰まりお腹が減っているとご飯やお菓子を買ってきてくれました。頭を使うとお腹がすくものであり、今思えばあの時の食料

謝辞

があつてこそ，元気がでて，やる気をだし，集中できたのかもしれませんが．3年生の皆様にとっては，色々な意味で来年度は大変な年になると思います．私も卒業するまでにもっと会話し，3年生の皆様に就活の苦労話や自分の体験談を話したいと思います．来年度から研究室のことをよろしくお願いします．また，来年度から暇な時があればオープンキャンパスや学園祭には研究室に訪れようと思います．

そして，同研究室の皆様，色々な集まりで関わった他の研究室の皆様，高知工科大学でお世話になりました全ての方々に深く感謝しています．最後に，生活や学費の面で支えてくれた家族に心から感謝致します．

参考文献

- [1] M.Serata,et al,“ Designing Image System with the Concept of Visual Keys, ” JACIII,10(2),pp.136-144,2006
- [2] 岡本一志,“ ビジュアルキー型画像検索に適した DCT 領域における特徴抽出 ”, 高知工科大学平成 19 年度修士学位論文,2007
- [3] 西岡孝晃,“ ファジィ演算による色ヒストグラム比較を用いた画像領域抽出 ”, 高知工科大学平成 23 年度学士学位論文, 2012

付録 A

本研究での実験を行った結果を提示する.

今回の実験で行った結果を画像毎と被験者毎の適合率及び再現率を提示する.

pixel は色特徴を $L^*a^*b^*$ 色空間を用いたものである.

DCT は YCrCb 色空間での DCT 領域における特徴抽出を特徴としている.

Color-Histogram は RGB 色空間での色ヒストグラムを用いている.

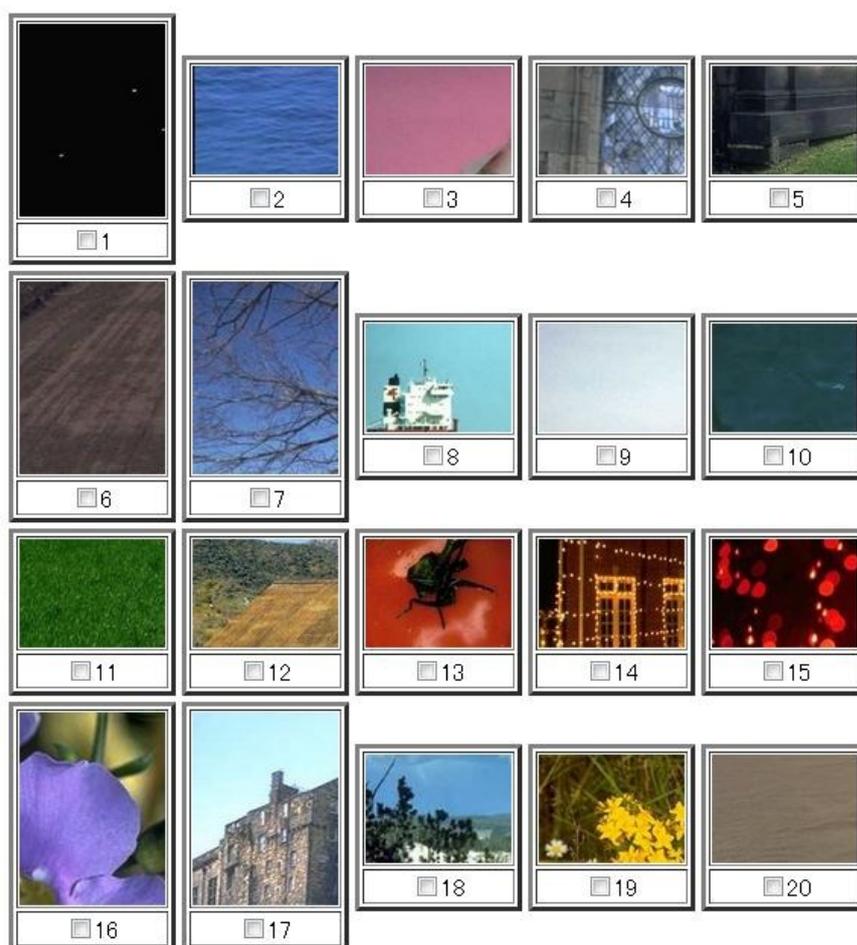


図 A.1 ビジュアルキー

・ Pixel の実験結果

図から被験者 A は他の被験者に対して適合率，再現率が低い．被験者 A の評価が低いのは，被験者 A がビジュアルキーの選択が他の被験者と異なったためである．

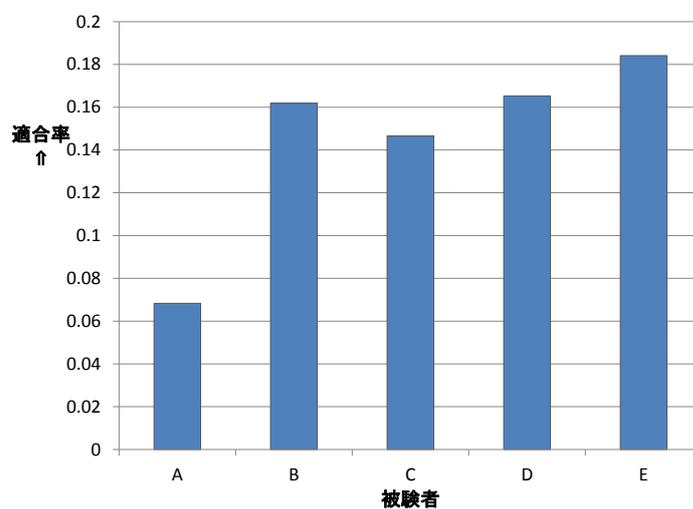


図 A.2 被験者毎の平均適合率

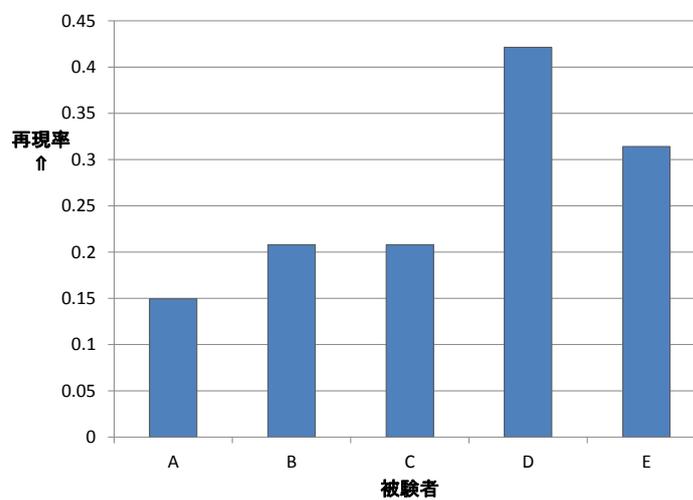


図 A.3 被験者毎の平均再現率

・ Pixel の実験結果

図から目的画像 5 は 2 枚のビジュアルキーを選択した時、結果画像に類似画像が現れない。目的画像 5 が検索結果画像に類似画像が現れないのは、目的画像 5 が海の画像であり、ビジュアルキーに類似した部分の画像が少なかったためである

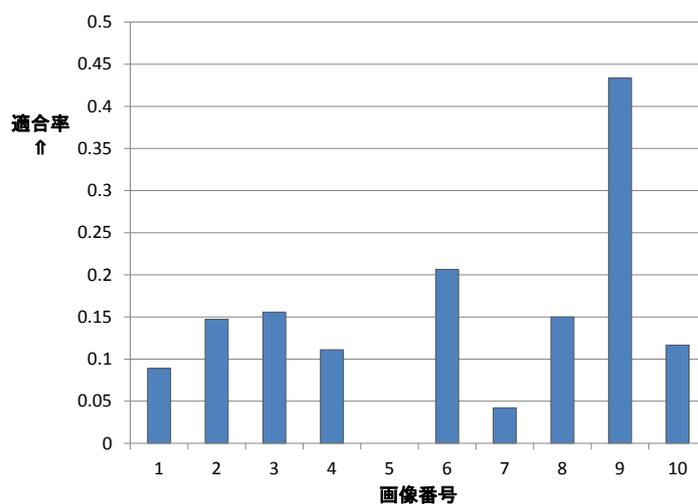


図 A.4 画像毎の平均適合率

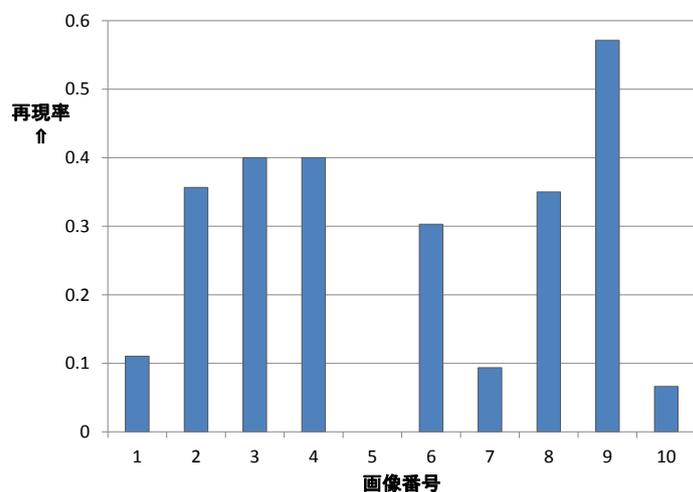


図 A.5 画像毎の平均再現率

・ DCT の実験結果

図から被験者 B, D の再現率が低い。被験者 B, D の再現率が低いのは、結果画像の類似画像が少なかったためである。

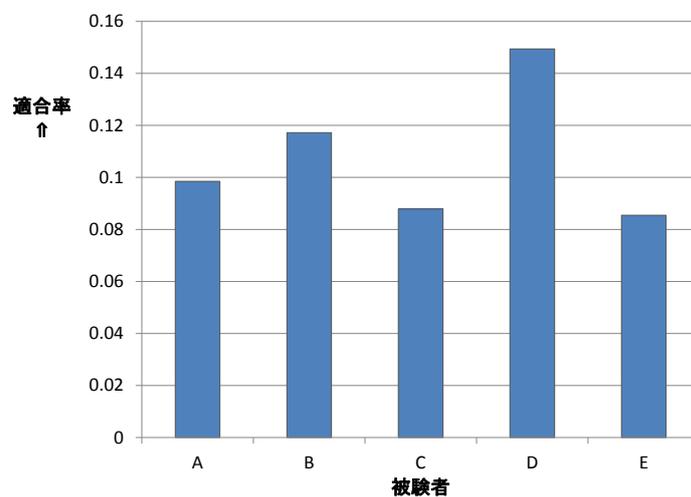


図 A.6 被験者毎の平均適合率

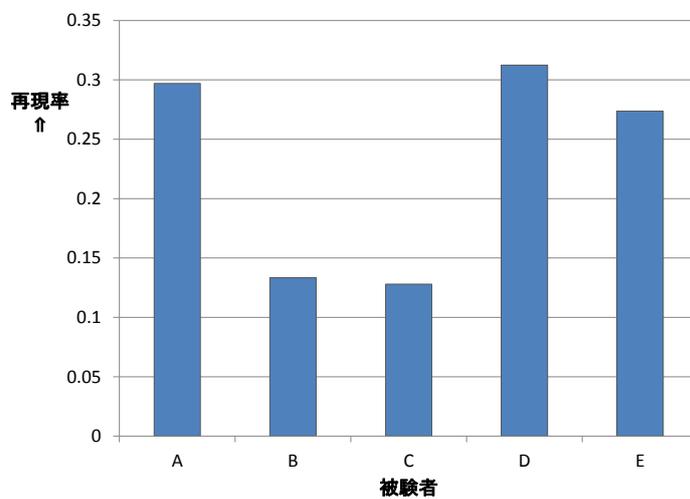


図 A.7 被験者毎の平均再現率

・ DCT の実験結果

図から目的画像 9 は他の目的画像に対して適合率，再現率が高い．目的画像 9 の評価が高いのは，DCT は黒い画像に対しての検索結果において類似画像が多かったためである．

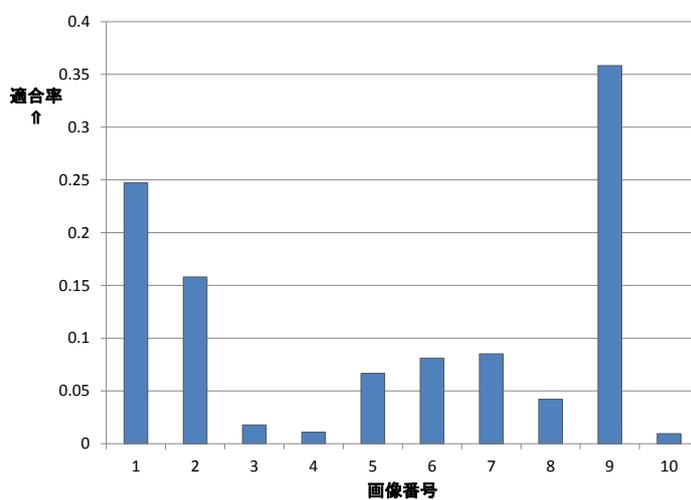


図 A.8 画像毎の平均適合率

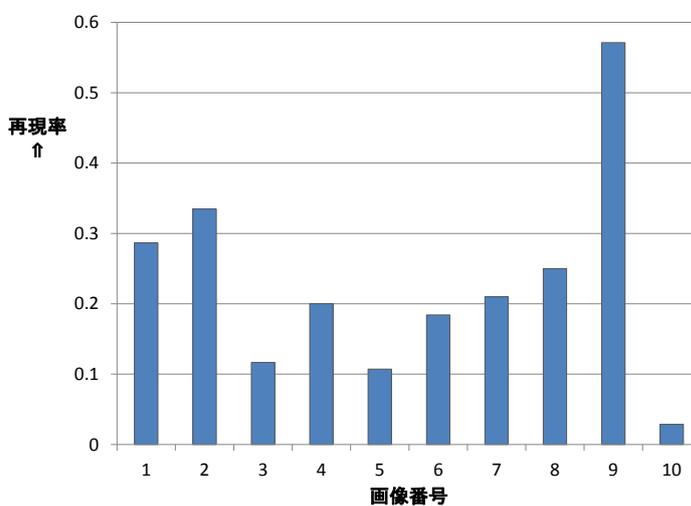


図 A.9 画像毎の平均再現率

・ Color-Histogram での実験結果

図から被験者 B, D, E の再現率が低い。被験者 B, D, E はの再現率が低いのは、検索結果画像の類似画像が少ないためである。

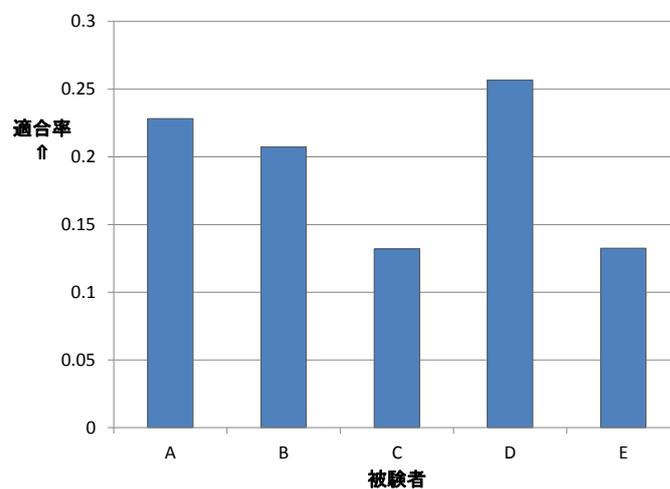


図 A.10 被験者毎の平均適合率

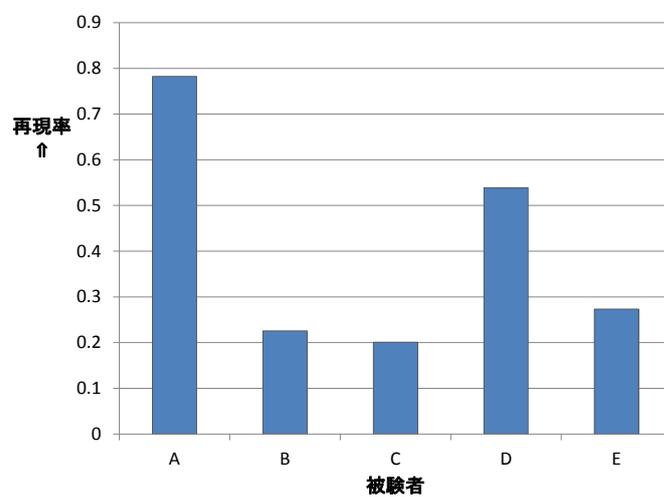


図 A.11 被験者毎の平均再現率

・ Color-Histogram での実験結果

図から目的画像 2, 7, 8 の適合率が低い。目的画像 2, 7, 8 の適合率が低いのは、目的画像に様々な色が使われおり、2 枚目のビジュアルキー選択が異なったためである。

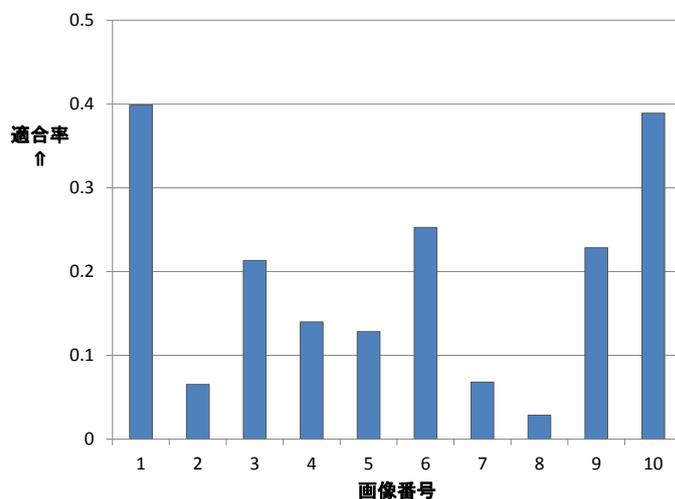


図 A.12 画像毎の平均適合率

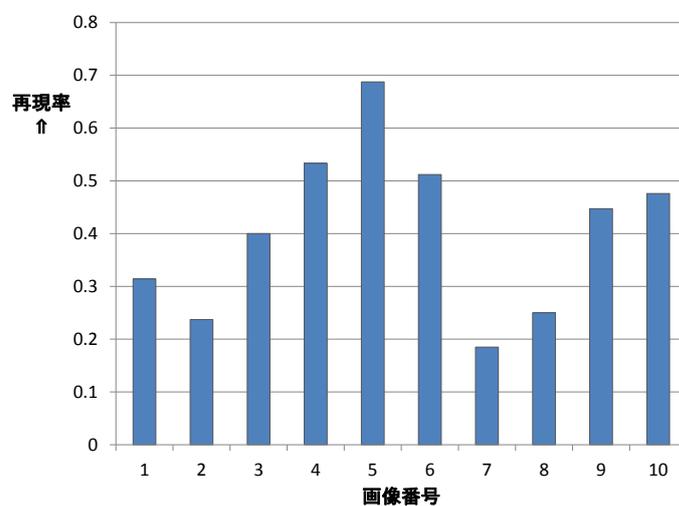


図 A.13 画像毎の平均再現率