

## 画像の領域分割に基づく類似画像検索

山本 敦<sup>†</sup> 小早川 倫広<sup>†</sup>  
星 守<sup>†</sup> 大森 匡<sup>†</sup>

本稿は、領域分割に基づく類似画像検索のための類似度を提案する。領域分割の類似度として領域の重なり度合に着目する。領域を画素の集合ととらえると、集合間の類似度の1つである *Jaccard* 係数で領域の重なり度合は表現できる。*Jaccard* 係数を基礎にして、領域分割による類似画像検索のための画像間の類似度3種類を新たに提案した。実験では、1,000枚の自然画像を用いた。既存の領域分割法 *JSEG* を用いて、領域分割画像を得て検索を行った。検索性能の評価のために被験者ごとに1,000枚の画像をグループ分けしてもらい、問合せ画像と同一グループに属するものを正解画像とした。検索性能を再現率、すべての正解画像を得るのに必要な出力倍率(対正解画像数)で評価した。新たに提案した類似度が領域分割に基づく画像検索に有効であることを示した。

### Similarity Measures for Image Retrieval based on Region Segmentation

ATSUSHI YAMAMOTO,<sup>†</sup> MICHIHIRO KOBAYAKAWA,<sup>†</sup>  
MAMORU HOSHI<sup>†</sup> and TADASHI OHMORI<sup>†</sup>

This paper proposes new similarity measures to retrieve the images such that their region segmentations are similar to that of a query image. Proposed similarity measures are based on *Jaccard coefficient* which measures the degree of overlap between two regions. In order to evaluate the performance of the proposed similarity measures, we experimented on 1,000 images of landscape. The performance was evaluated by the recall ratio and the ratio of the number of retrieved images necessary to obtain all the images in the query's group to the number of the images in the group. It was shown that the proposed similarity measures are effective to the image retrieval based on region segmentation.

#### 1. はじめに

デジタル光学機器の普及により、膨大なデジタル画像が生成され、個人のコンピュータの中に蓄積されたり、Web上で閲覧できるようになった。ユーザが、膨大なデジタル画像の中から目的の画像を閲覧するためには、画像検索機能が必須である。画像を検索する方法には、キーワードによる検索と画像の内容による検索がある。キーワードによる検索は、画像に付加された単語と検索キーワードとが同じまたは、関連がある画像を出力する検索方法である。

画像の内容による類似画像検索は、問合せに画像を用い、その画像から抽出した内容とデータベース内の画像から抽出した内容とが似ている画像を出力する検索方法である。検索に用いる画像の内容には、色、テ

クスチャ、スケッチ、形状、構図・レイアウトなどがある。

我々は、構図・レイアウトに着目した。辞典で構図、レイアウトを調べると「絵画・写真を構成する図形、文字などの画面を構成している諸要素の配列・配置」とある。画像を構成している図形などの要素は、画像内で1つのまとまった領域をなしている。図形を領域としてとらえると、画像を領域分割することで得られる領域画像は構図の1つの表現とも考えられる。そこで本稿では、領域分割が似ている類似画像の検索方法を提案する。

領域分割が似ている2つの領域画像は重ねたとき、対応する領域がほぼ重なっているため、領域分割が似ている類似画像を検索する方法に領域の重なり度合を画像間の類似度として用いる。

領域を画素の集合ととらえると、領域の重なり度合は集合間の類似度としてとらえることができる。本稿では、集合間の類似度として知られている *Jaccard* 係

<sup>†</sup> 電気通信大学大学院情報システム学研究科  
Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications

表 1 記号の表記法

記号	意味
$I_i$	画像データベース内の $i$ 番目の原画像 .
$\hat{I}_i$	原画像 $I_i$ に画像の領域分割を行うことで得られる画像 (領域画像とよぶ) .
$R_{ip}$	領域画像 $\hat{I}_i$ 内の $p$ 番目の領域 .
$ R $	領域 $R$ の画素数 (サイズと呼ぶ) .
$SimX()$	類似度 $X$ .
$SimX(I_i, I_j)$	$I_i$ は問合せ画像, $I_j$ は画像データベース内の画像 (被問合せ画像と呼ぶ) である .
$\hat{I}_i \succ \hat{I}_j$	領域画像 $\hat{I}_j$ は領域画像 $\hat{I}_i$ を細分した領域画像である . 細分とは, 領域画像内の任意の領域をさらに細かく分割することである .

数を基礎として新たに 3 種類の類似度を提案し, 提案する画像間の類似度の検索性能を自然画像を用いて評価する .

本稿では, 2 節で提案する画像間の類似度を定義し, その性質を示す . 3 節で自然画像を用いた検索実験について述べ, 4 節で提案する類似度の検索性能について議論する . 5 節で本稿をまとめる .

## 2. 画像間の類似度

本稿で用いる記号をまとめたものを表 1 に示す .

### 2.1 Jaccard 係数を用いた画像間の類似度

領域の重なり度合を反映した量としては, 2 つの領域の和集合のサイズに対する共通領域のサイズの比がある . この比は, 領域を画素の集合としてみると, 集合間の類似度として用いられている Jaccard 係数と同じものである . 以下では, この Jaccard 係数を用いて画像間の類似度を定義する . 集合  $A, B$  間の Jaccard 係数は次式で定義される .

$$Jaccard(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} .$$

ただし,  $|A|$  は集合  $A$  の濃度である .

画像  $I_i, I_j$  間の ( $I_i$  から見た  $I_j$  の) 類似度を, 領域の組合せすべてに対して Jaccard 係数を求め, その総和

$$Sim0(I_i, I_j) = \sum_{R_{ip} \in \hat{I}_i} \sum_{R_{jq} \in \hat{I}_j} \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|}{|R_{ip} \cup R_{jq}|} . \quad (1)$$

で定義する . この画像間の類似度を類似度 0 とよぶ . 類似度 0 には, 画像検索に適していない性質がある .

領域画像  $\hat{I}_i$  の細分である領域画像を  $\hat{I}_j$  とする . さらに, 領域画像  $\hat{I}_j$  を細分した領域画像を  $\hat{I}_k$  とする (図 1(a) 参照) .  $\hat{I}_i \succ \hat{I}_j \succ \hat{I}_k$  が成り立つとき,  $\hat{I}_j$  の方が  $\hat{I}_k$  よりも  $\hat{I}_i$  に領域分割がより似ているので,  $\hat{I}_i, \hat{I}_j$  間の類似度の方が  $\hat{I}_i, \hat{I}_k$  間の類似度より大きくなる

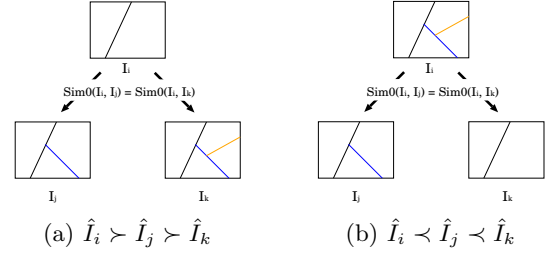


図 1 類似度 0 の性質

ことが要請される .

性質 被問合せ画像  $\hat{I}_j, \hat{I}_k$  が 2 つとも問合せ画像  $\hat{I}_i$  の細分であるとき, すなわち,  $\hat{I}_i \succ \hat{I}_j \succ \hat{I}_k$  が成り立つとき,

$$Sim0(\hat{I}_i, \hat{I}_j) = Sim0(\hat{I}_i, \hat{I}_k)$$

が, 常に成り立つ .

したがって, 類似度 0 は  $\hat{I}_i \succ \hat{I}_j \succ \hat{I}_k$  のとき,  $Sim0(I_i, I_j) > Sim0(I_i, I_k)$  を満たさない .

逆に,  $\hat{I}_i \prec \hat{I}_j \prec \hat{I}_k$  が成り立つとき (図 1(b) 参照),  $\hat{I}_i, \hat{I}_j$  間の類似度の方が  $\hat{I}_i, \hat{I}_k$  間の類似度より大きくなるのが要請される . しかし, 類似度 0 はこの要請を満たさない .

性質 被問合せ画像  $\hat{I}_j, \hat{I}_k$  が 2 つとも問合せ画像  $\hat{I}_i$  の併合であるとき, すなわち,  $\hat{I}_i \prec \hat{I}_j \prec \hat{I}_k$  が成り立つとき,

$$Sim0(\hat{I}_i, \hat{I}_j) = Sim0(\hat{I}_i, \hat{I}_k)$$

が, 常に成り立つ .

したがって, 類似度 0 は  $\hat{I}_i \prec \hat{I}_j \prec \hat{I}_k$  のとき,  $Sim0(I_i, I_j) > Sim0(I_i, I_k)$  を満たさない . 以上のことから類似度 0 は画像検索の類似度として相応しくない .

### 2.2 画像間の類似度の定義

領域分割が似ている画像を検索するための画像間の類似度には, Jaccard 係数によって表される 2 つの領域の重なり度合だけでなく, 重なっている部分が問合せ画像の領域に対して占めている割合も重要だと考えられる . したがって, 領域の和集合サイズに対する共通領域のサイズの比 (Jaccard 係数) だけでなく, 問合せ画像の領域のサイズに対する領域の共通部分のサイズの比を画像間の類似度に反映させる . つまり, 式 (1) の Jaccard 係数に共通領域が問合せ画像の領域に対して占める割合  $|R_{ip} \cap R_{jq}|/|R_{ip}|$  をかけて和をとる . すなわち, 次式のようになる .

類似度 1

$$\begin{aligned}
& Sim 1(I_i, I_j) \\
&= \sum_{R_{ip} \in \hat{I}_i} \sum_{R_{jq} \in \hat{I}_j} \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|}{|R_{ip}|} \cdot \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|}{|R_{ip} \cup R_{jq}|} \\
&= \sum_{R_{ip} \in \hat{I}_i} \sum_{R_{jq} \in \hat{I}_j} \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|^2}{|R_{ip}| \cdot |R_{ip} \cup R_{jq}|}. \quad (2)
\end{aligned}$$

この類似度を類似度 1 とよぶ。

問合せ画像の領域のサイズが画像間の類似度に反映されていることも重要であると考えられるので、類似度 1(式 (2)) に問合せ画像の領域が問合せ画像全体に対して占める割合  $|R_{ip}|/|I_i|$  をかけて和をとる。すなわち、次式ようになる。

類似度 2

$$\begin{aligned}
& Sim 2(I_i, I_j) \\
&= \sum_{R_{ip} \in \hat{I}_i} \sum_{R_{jq} \in \hat{I}_j} \frac{|R_{ip}|}{|I_i|} \cdot \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|^2}{|R_{ip}| \cdot |R_{ip} \cup R_{jq}|} \\
&= \frac{1}{|I_i|} \sum_{R_{ip} \in \hat{I}_i} \sum_{R_{jq} \in \hat{I}_j} \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|^2}{|R_{ip} \cup R_{jq}|}.
\end{aligned}$$

この類似度を類似度 2 とよぶ。

類似度 1 と類似度 2 は、領域分割が問合せ画像に似ている画像を検索するための測度で、問合せ画像を基準として考えている。問合せ画像と被問合せ画像を入れ換えると、一般に類似度の値が異なる。つまり、類似度 1 と類似度 2 は非対称である。

使用目的によっては、対称性をもつ類似度が必要となる場合もある。式 (2) の類似度 1 に領域の共通部分が被問合せ画像の領域に対して占める割合  $|R_{ip} \cap R_{jq}|/|R_{jq}|$  をかけた類似度、すなわち、次式で定義される対称な類似度も考える。

類似度 3

$$\begin{aligned}
& Sim 3(I_i, I_j) \\
&= \sum_{R_{ip} \in \hat{I}_i} \sum_{R_{jq} \in \hat{I}_j} \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|^2}{|R_{ip}| \cdot |R_{ip} \cup R_{jq}|} \cdot \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|}{|R_{jq}|} \\
&= \sum_{R_{ip} \in \hat{I}_i} \sum_{R_{jq} \in \hat{I}_j} \frac{|R_{ip} \cap R_{jq}|^3}{|R_{ip}| \cdot |R_{ip} \cup R_{jq}| \cdot |R_{jq}|}.
\end{aligned}$$

この類似度を類似度 3 とよぶ。

### 2.3 提案する類似度の性質

類似度 1, 2, 3 は、画像間の類似度として重要な以下に示す 3 つ性質 (命題 1, 2, 3) を満たす。

命題 1  $\hat{I}_i \supseteq \hat{I}_j \supseteq \hat{I}_k$  のとき、

$$SimX(\hat{I}_i, \hat{I}_j) \geq SimX(\hat{I}_i, \hat{I}_k) \quad (X = 1, 2, 3)$$

が成り立つ。

命題 1 は、被問合せ画像が問合せ画像を細分した画像であればあるほど、問合せ画像と似ていない画像であることを反映し、類似度が小さくなることを示している。

命題 2  $\hat{I}_i \supseteq \hat{I}_j \supseteq \hat{I}_k$  のとき、

$$SimX(\hat{I}_i, \hat{I}_j) \geq SimX(\hat{I}_i, \hat{I}_k) \quad (X = 1, 2, 3)$$

が成り立つ。

命題 2 は、被問合せ画像が問合せ画像を併合した画像であればあるほど、問合せ画像と似ていない画像であることを反映し、類似度が小さくなることを示している。

命題 3 領域画像  $\hat{I}_i$  内の領域  $R_{ip}$  を  $n$  個の領域  $R_{jp1}, R_{jp2}, \dots, R_{jpn}$  に分割して得られる領域画像を  $\hat{I}_j$  とする。そのようにして得られる領域画像の中では、 $R_{jp1}, R_{jp2}, \dots, R_{jpn}$  の面積が等しくなると、類似度  $Sim(\hat{I}_i, \hat{I}_j)$  の値は最小になる。

命題 3 は、被問合せ領域画像内の領域が同じ個数に過分割された場合、その過分割された領域の面積が等しくなると、類似度が最小になることを示している。各命題の証明は、頁数の関係し省略する。証明は文献<sup>5)</sup>を参照のこと。

## 3. 自然画像による検索実験

2.2 節で提案した類似度を用いて検索実験を行うために、デジタルカメラで風景を撮影した  $3,072 \times 2,048$  画素のカラー画像 1,000 枚を用意した。細かすぎる領域は、領域分割が似ているかどうかにはほとんど寄与しないが、類似度や次節で説明する被験者による領域画像のグループ分けにとってはノイズとなる。それらのことを考慮し、領域分割が細かくなりすぎるのを防ぐために原画像を  $160 \times 106$  画素に縮小し、縮小画像に対して領域分割法 JSEG<sup>1)</sup> を用いて領域画像を得た。領域画像を問合せ画像として検索を行い、類似度の高い画像から順に検索結果として出力した。

問合せ画像と検索結果の例を図 2 に示す。画像上の白い線は、領域分割によって得られた領域の境界線を表している。図 2 において、図 (a) は問合せ画像であり、図 (b), (c), (d), (e) は、類似度 0, 類似度 1, 類似度 2, 類似度 3 を用いた場合の検索結果である。ただし、検索結果の左上の画像が 1 位として出力された画像であり、1 位の右隣の画像が 2 位の画像であり、検索結果の右下隅の画像が 12 位の画像である。図 2 の検索結果 1 位の画像は問合せ画像自身であった。図 2(c), (d), (e) の検索結果 2 位の画像はすべて同じ画

表 2 被験者 4 人による自然画像 1000 枚の分類結果 .

	被験者			
	A	B	C	D
グループ数	174	192	281	189
最大グループサイズ	33	30	11	40
平均グループサイズ	4.67	4.26	3.39	4.62
グループサイズの分散	15.2	10.8	2.70	15.3
グループサイズが 1 枚の画像数	188	182	48	126

像であり、問合せ画像と同じ被写体に少し望遠ズームして撮影した画像であった。図 2(b) の検索結果 2 位以下の画像と図 2(c), (d), (e) の検索結果 3 位以下の画像は、問合せ画像とは異なる被写体の画像である。類似度 1, 類似度 2, 類似度 3 の検索結果の 3 位から 12 位までの画像には、被写体は異なっているが、問合せ画像と領域分割が似ている画像が出力された。

#### 4. 検索結果の評価と議論

##### 4.1 検索結果の評価方法

画像の内容に基づいた類似画像検索においては、検索結果が検索利用者から見て、類似しているか否かの判定は、検索利用者によって異なる。そこで、1,000 枚の領域分割画像を 4 人の被験者に、領域分割が似ている画像ごとにグループ分けしてもらった。問合せ画像と同じグループに属する画像を問合せ画像に対する正解画像とする。正解画像が問合せ画像自身しかない場合と検索結果を適切に評価できないので、分類された結果において同一グループに属する画像の枚数 (グループサイズと呼ぶ) が 2 枚以上ある画像を問合せ画像として用いた場合の検索結果について評価した。各被験者が分類した結果のグループ数、1 つのグループに属する画像の最大数 (最大グループサイズ)、グループに属する画像数の平均と分散 (平均グループサイズ、グループサイズの分散)、グループサイズが 1 枚の画像数を表 2 に示す。被験者ごとに評価に用いた問合せ画像と正解画像が異なっているが、同じ評価方法を用いて各被験者ごとに評価を行った。

検索性能の評価に当たっては、類似画像検索の評価指数として再現率と適合率が従来から用いられている。再現率、適合率で検索結果の評価を行う場合、次の点に注意しなければならない。

- グループサイズが検索結果として出力する画像数よりも大きい場合には、出力したすべての画像が正解画像であるにもかかわらず、再現率は 1.0 未満である。
- グループサイズが検索結果として出力する画像数

よりも小さい場合には、正解画像をすべて出力しているにもかかわらず、必ず適合率は 1.0 未満である。

検索結果の評価に用いる被験者ごとの正解画像の平均枚数 (平均グループサイズ、表 2 参照) は 3.39 枚から 4.67 枚であることと、上述した注意点を考慮すると、適合率を用いて検索結果の評価を行うには、出力枚数が 3 枚以下でなければならない。しかし、画像検索結果の出力枚数が 3 枚では現実的な画像検索ではない。したがって、本稿では適合率を検索結果の評価に用いない。

また、すべての正解画像を得るためには、正解画像数の何倍の出力枚数の画像を利用者が見なければならないのかという指標はデータベース設計にはかかせない。そこで、検索性能の評価として、すべての正解画像を得るために必要な出力枚数の正解画像数に対する倍率 (以後、完全検索倍率とよぶ) を考える。

最後に、類似度の評価としてグループ内類似度とグループ間類似度が離れていることが望ましい。そこで、グループ  $G_s$  に属する画像を問合せ画像に、グループ  $G_t$  に属する画像を被問合せ画像としたときの問合せ画像と被問合せ画像のすべての組み合わせの類似度の平均値をグループ間の平均類似度  $\overline{SimX}()$

$$\overline{SimX}(G_s, G_t) = \begin{cases} \frac{1}{|G_s| \times |G_t|} \sum_{I_i \in G_s} \sum_{I_j \in G_t} SimX(I_i, I_j), & \text{if } s \neq t, \\ \frac{1}{|G_s| \times (|G_t| - 1)} \sum_{I_i \in G_s} \sum_{I_j \in G_t, i \neq j} SimX(I_i, I_j), & \text{otherwise.} \end{cases}$$

を算出する。ただし、問合せ画像の属するグループと被問合せ画像の属するグループが同一のときは、被問合せ画像が問合せ画像自身となるときに類似度は除いて平均値とする。

##### 4.2 再現率による評価

再現率を用いて問合せ画像全体に対する評価を行うために、4 人の被験者の分類結果の中で最大グループサイズが最大の枚数 (本稿では、被験者 D の最大グループサイズである 40 枚) を出力したときの再現率を検索結果の評価に用いる。各被験者に対する再現率の累積分布を図 3 に示す。図 3 の横軸、縦軸は、それぞれ再現率、相対問合せ画像数 [%] である。

図 3 の再現率の累積分布から、再現率が 1.0 となった相対問合せ画像数が、すべての被験者において、類似度 1, 類似度 2, 類似度 3 の方が類似度 0 より高い。類似度 0 では、再現率が 1.0 となった相対問合せ画像

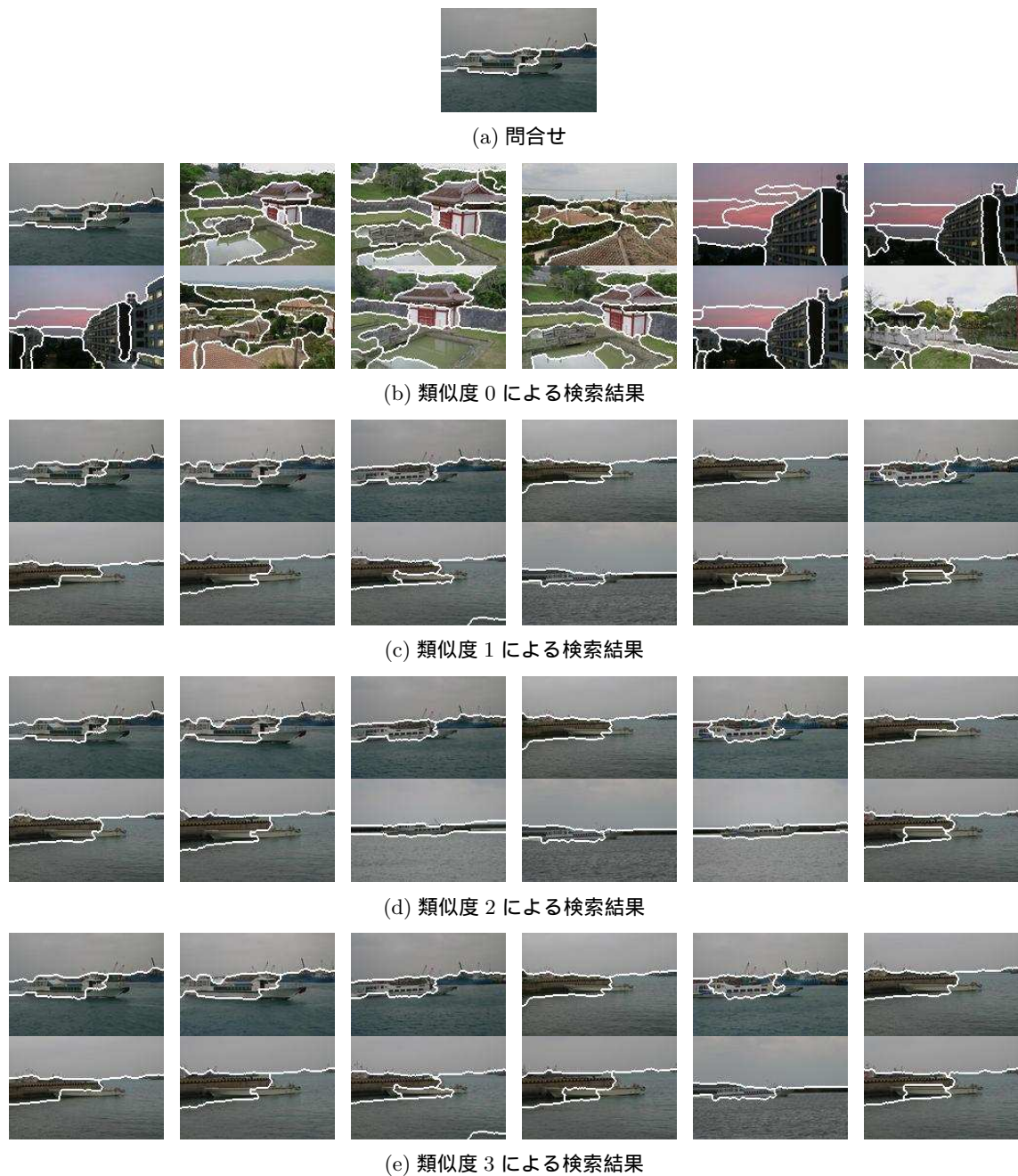


図 2 問合せ画像と検索結果

数が、すべての被験者で 50% に満たない。それに対し、類似度 1, 2, 3 ではすべての被験者で、類似度 1 で 73.9% 以上、類似度 2 で 70.2% 以上、類似度 3 で 74.8% 以上の問合せ画像が 40 枚の出力画像ですべての正解画像を得ることができた。要求再現率を 0.8 とした場合、再現率が 0.8 以上となる相対問合せ画像数は、類似度 0 では 60% に満たない。類似度 1、類似

度 2、類似度 3 では、約 80% 以上を得ることができた。再現率からは、類似度 1、類似度 2、類似度 3 は画像検索に有効であることがいえる。

#### 4.3 完全検索倍率による評価

類似度 0、類似度 1、類似度 2、類似度 3 を用いて検索実験を行ったときの完全検索倍率の累積分布を各被験者 4 人についてそれぞれ図 4 に示す。図 4 の横

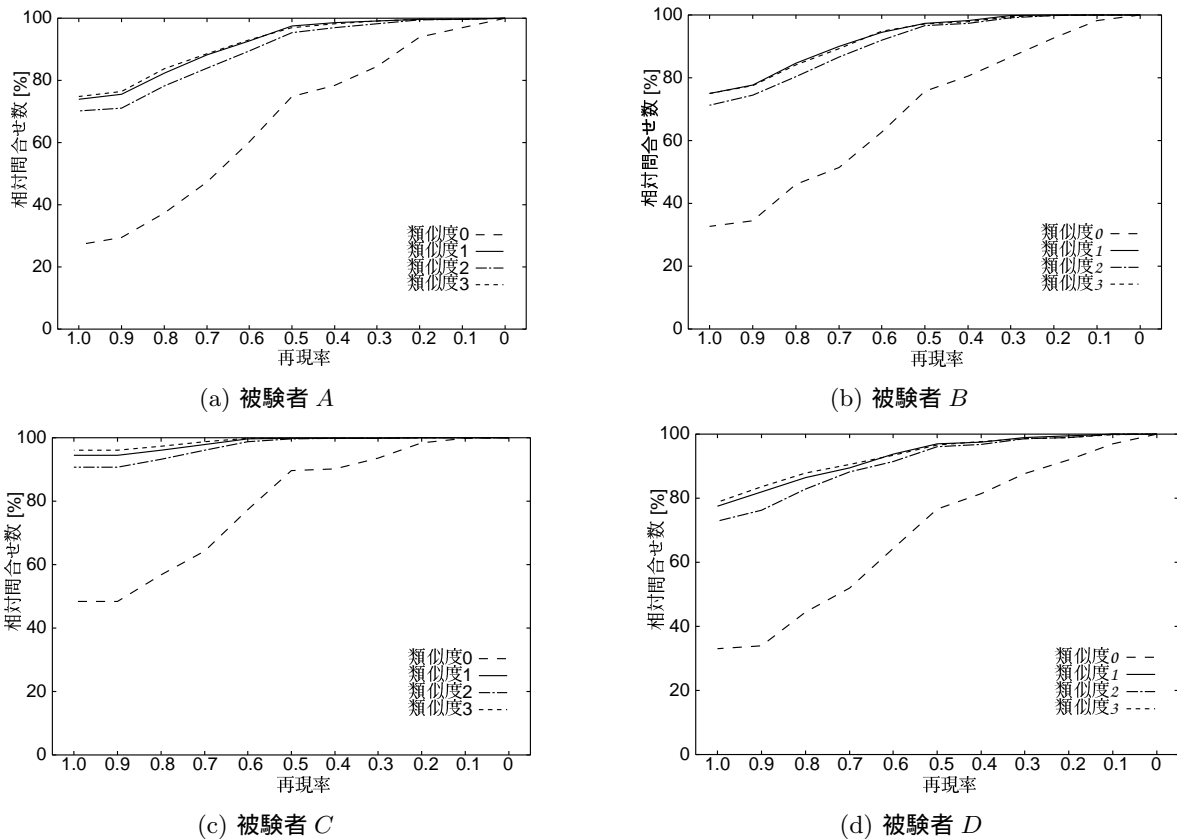


図3 被験者 A, B, C, D の分類データによる検索結果 40 位までの再現率の累積分布

軸、縦軸はそれぞれ 10 以下の完全検索倍率，相対問合せ画像数 [%] である。

図4から、類似度1，類似度2，類似度3では完全検索倍率が1倍の問合せ画像，すなわち，検索結果の上位のすべての画像が正解画像であった問合せ画像は全体の約20%あった。類似度0では，完全検索倍率が1倍の問合せ画像はすべての被験者で11.0%以下しかなかった。また，類似度1，類似度2，類似度3における正解画像数の10倍以下の出力枚数ですべての正解画像を得られる問合せ画像が80%以上あったが，類似度0では50%未満しかなかった。

各被験者における，完全検索倍率の平均値を表3に示す。類似度0では正解画像数の平均約30倍の画像を出力しなければ，すべての正解画像を得られない。しかし，類似度1，類似度2，類似度3では正解画像数の平均約10倍の画像を出力するだけですべての正解画像を得られる。

#### 4.4 グループ間の平均類似度

本節では，グループ間の平均類似度をグループサイズが2以上のすべてのグループ間で求め，各問合せ

表3 完全検索倍率の平均値。

	被験者			
	A	B	C	D
類似度0	33.7	32.9	27.4	29.1
類似度1	8.27	6.90	3.58	5.15
類似度2	11.1	8.94	4.86	6.57
類似度3	7.39	6.81	2.95	4.69

画像のグループに対してグループ間平均類似度の順位(グループサイズが2以上のすべてのグループの中での)を求めた。問合せ画像のグループの順位の累積分布を図5に示す。図5において，横軸が問合せ画像のグループの順位，縦軸が相対グループ数 [%] である。

類似度1，類似度2，類似度3では問合せ画像のグループのグループ間平均類似度が1位になっているグループがすべて75%以上であった(図5)。また，類似度1，類似度2，類似度3では問合せ画像のグループのグループ間平均類似度が3位以内になっているグループが90%以上であった。問合せ画像のグループのグループ間平均類似度が1位ではなく2, 3位になった場合は，問合せ画像のグループより上位に挙がって

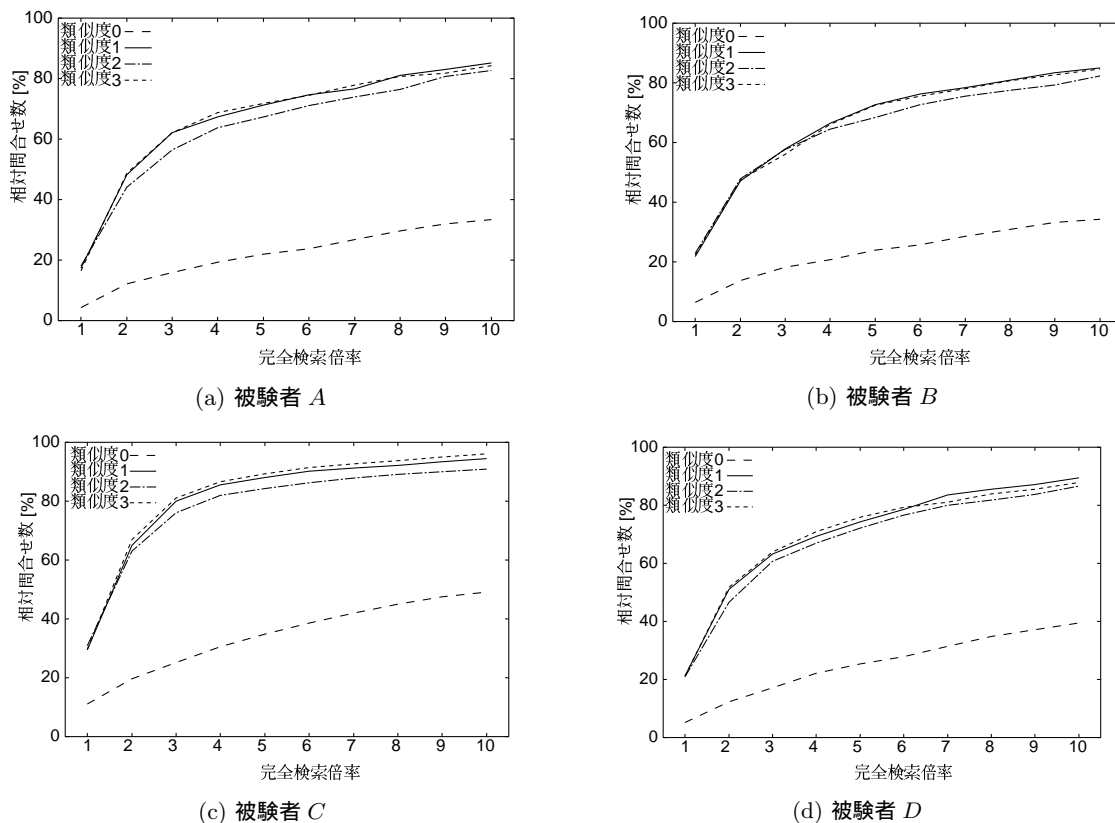


図 4 被験者 A, B, C, D の分類データによる完全検索倍率の累積分布

いるグループは、問合せ画像のグループと領域分割が似ているグループであるが、被験者は別のグループとして分類したものがほとんどであった。以上のことから、類似度 1、類似度 2、類似度 3 では、画像を領域分割が似ているもの同士に分類できる能力を有することが分かる。

#### 4.5 検索結果の評価のまとめ

様々な指標を用いて検索性能の評価を行い、提案した類似度 1、類似度 2、類似度 3 が領域分割に基づいた類似画像検索に有効であることを示した。

検索性能の評価によって、類似度 1 と類似度 3 の検索性能に大きな差はなく、類似度 2 よりも優れていた。類似度 2 の検索結果には、問合せ画像のサイズの大きな領域が似ている画像が検索されたが、検索性能の評価には反映されなかった。

### 5. まとめ

本稿では、領域分割に基づく類似画像検索のための画像間の類似度として画像の領域の重なり度合に着目

した類似度を提案した。提案した画像間の類似度は、集合間の類似度として知られている *Jaccard* 係数を基に考案したものである。提案した類似度の性質について調べた。被問合せ画像が問合せ画像の細分であり、かつ、被問合せ画像間に細分の関係が成り立つとき、問合せ画像により近い被問合せ画像ほど提案した類似度が高くなることを示した (命題 1)。また、逆に問合せ画像が被問合せ画像の細分であり、かつ、被問合せ画像間に細分の関係が成り立つとき、問合せ画像に近い被問合せ画像ほど提案した類似度が高くなることも示した (命題 2)。これらの性質は、領域分割が似ている類似画像を検索する上で重要である。

提案した画像間の類似度による自然画像を用いた検索実験を行い、その検索性能を評価した。提案した画像間の類似度の検索性能を評価するため、自然画像 1,000 枚を用意し、4 人の被験者に領域分割が似ている画像ごとにグループ分けをしてもらった。被験者の分類データでグループサイズが 2 枚以上のグループの画像を問合せ画像として用いて、問合せ画像と同じグループの画像を正解画像として検索結果を被験者ご



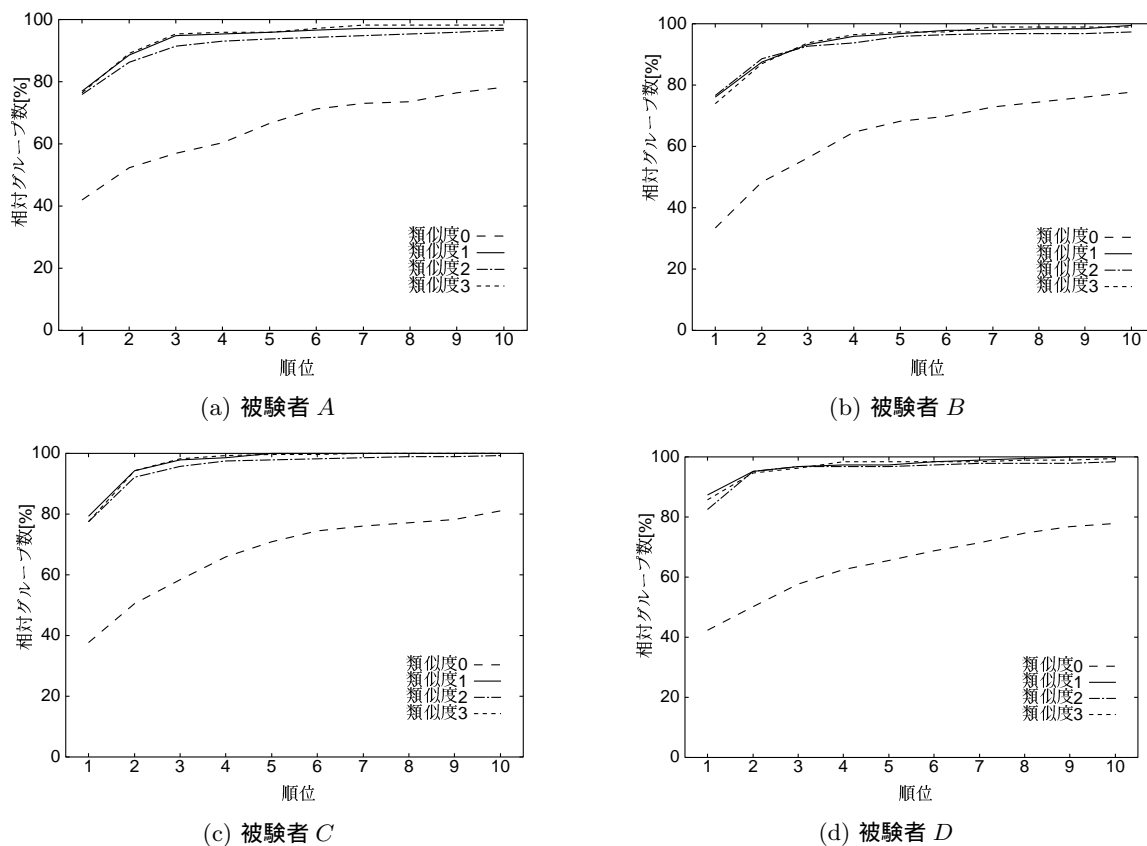


図 5 被験者 A, B, C, D の分類データによる問合せグループの順位の累積分布

とに評価した。検索結果の評価には、再現率と完全検索倍率を用いた。再現率には、すべての被験者の分類データの中で最大のグループサイズと同じ枚数 (40 枚) の画像を出力したときの再現率を用いた。各類似度を用いた場合の再現率は、すべての提案した類似度とすべての被験者の分類データにおいて、問合せ画像全体の 70% 以上で再現率は 1.0, 約 80% 以上で再現率は 0.8 以上であった。各類似度を用いた場合の完全検索倍率は、すべての提案した類似度とすべての被験者の分類データにおいて、問合せ画像全体の 40% 以上で完全検索倍率は 2 倍未満, 約 60% 以上で再現率は 3 倍未満であった。評価実験の結果, 提案した 3 つの類似度が領域分割に基づいた類似画像検索に有効であることを示した。

#### 参 考 文 献

1) Deng, Y. and Manjunath, B.: Unsupervised segmentation of color-texture regions in images and video, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, pp.

800-810 (2001).

2) Hachimura, K. and Tojima, A.: Image retrieval based on compositional features and interactive query specification, *International Conference of Pattern Recognition*, pp. 262-266 (2000).

3) 谷田川英二: 色と構図に基づく画像検索ブラウザの提案, 東京大学大学院工学系研究科修士論文, [http://www.simplex.t.u-tokyo.ac.jp/theses/2001m-yatagawa\\_eiji.pdf](http://www.simplex.t.u-tokyo.ac.jp/theses/2001m-yatagawa_eiji.pdf) (2002).

4) 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).

5) 山本 敦: 画像の領域分割に基づく類似画像検索, 電気通信大学大学院情報システム学研究科修士論文 (2006).