

画像切抜きツールを用いた花情報提示システムの検討

佐藤 智大[†], 清野 達也[†], 林 貴宏^{††}, 尾内 理紀夫^{††}

[†] 電気通信大学大学院電気通信学研究科情報工学専攻 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

^{††} 電気通信大学電気通信学部情報工学科 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

A prototype system for searching flower information with image cutout

Tomohiro SATO[†] Tatsuya KIYONO[†] Takahiro HAYASHI^{††} Rikio ONAI^{††}

[†] Department of Computer Science, Graduate School of Electro-Communications, The University of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo, Japan

^{††} Department of Computer Science, The University of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo, Japan

カメラ付き携帯電話などで山に生息する花の写真を撮ると、その花の情報を得るシステムの試作をした。本システムは、写真に記録された撮影日時や位置情報の利用と、色形など簡単な花の特徴の入力、および花画像に対するスタイルラスペンによる操作によって、合致する花情報を複数提示する。ユーザはその中から求める項目を選択し、花の情報を得ることができる。

1 はじめに

近年はモバイル環境の広域化が進んでおり、将来は山の中でも、インターネット経由での情報検索が可能となるであろう。また、処理装置の高速化とメモリ容量の増加により、携帯電話やPDA自体にデータベースを保持し、それを用いた情報検索も可能となってきている。このような状況を踏まえ、山中で撮影した花の写真を入力し、その花情報を検索するシステムを試作した。

本システムは、写真の撮影日時や撮影場所を花の絞り込みに利用する。さらに、ユーザが入力できる花の色や形状に関する情報も絞り込みに利用する。絞り込まれた花の候補に対し、写真内容に基づく画像検索を行う。一般に山の花は、正面から撮影することが難しい場合が多い。本システムは、斜めから撮影された写真でも検索可能とするために、前作業として、ユーザが手作業で花が正面から見えるように射影変換の操作を行い、さらに花の領域をスタイルラスペンなどの簡単な操作で切り抜く。検索の結果、複数の花を候補として回答し、ユーザはそれをクリックすることで所望の花情報を得ることができる。

本稿では、第2章にインタフェースの概要を画面構成とともに示す。第3章ではシステム構成を、第4章では各モジュールの詳細を記述する。第5

章では予備実験を行い、考察を述べる。第6章に関連研究を挙げ、第7章でまとめる。

2 インタフェース

ユーザが本システムを利用する場面として、以下のような場面を想定している。

「ユーザは山中でとある花を見つけ、写真(Fig.1)を撮った。奥まったところに咲いていたので、近くで真正面から撮影できず、斜めからの写真となってしまった。そして図鑑で詳細を知りたいと思い立ったが、この花の名前を知らず、今いる場所と日時、見つけた花が白く小さな花であることしかわからない。そこでユーザは本システムを用いて、先ほど撮影した写真と花の見た目から、この花の情報を検索する。」

このときの本システムのインタフェースを通した作業を、実例とともに順を追って示す。



Fig. 1 ユーザが撮影した検索対象の花の写真



(a) 写真と花特徴の入力画面



(b) 射影変換する範囲の矩形を指定



(c) 四隅のハンドルをドラッグして射影変換



(d) 2色の線を引いて花を切り抜く



(e) 余計な部分が存在する



(f) 線を追加して余計な部分を取り除く



(g) 検索結果一覧の表示画面



(h) 花情報の表示画面

Fig. 2 本システムのインターフェース

まず、Fig.2(a)の花特徴の入力画面を開き、撮影した写真を入力する。すると、写真に記録された日時と位置情報(GPS座標)が自動で読み取られる。そして、検索対象の絞り込みのため、ユーザはその場でわかる簡単な花の特徴として花の色と形状を入力する。色や形状が曖昧な場合は、例えば「黄、白」などと複数の要素を指定し、検索対象を広げることができる。Fig.2(a)の例は、花の色は「白」、花の形状は「放射形」が指定された画面である。

次に、Fig.2(b)の写真編集するウィンドウが開くので、写真への前作業として、射影変換し、花を正面からの見た目になるようにする。写真を射影変換するため、スタイラスペンでドラッグし、対象範囲の矩形を指定する。Fig.2(c)のように矩形の四隅のハンドルをドラッグすると、リアルタイムに射影変換ができ、正面からの見た目になることができる。

次に、写真の花の部分のみを切り抜く作業に移る。Fig.2(d)のように切り抜きたい花に黄色の線、不要な背景に青色の線を引くと、瞬時に花だけを切り抜くことができる。しかし、Fig.2(e)の枝のように、花以外の余計な部分が切り抜かれてしまうことがあるので、Fig.2(f)のように、さらに線を追加して余計な部分を取り除く。これでユーザによる前作業が完了し、花情報の検索が行われる。

花特徴と画像を元にシステムが検索し、画面右側には結果がFig.2(g)のように一覧表示される。探していた花が1ページ目の一覧にあれば、それをクリックすると探していた花の情報がFig.2(h)のように得られる。一覧に探していた花が無ければ、ページを進めて候補を次々と見ることができる。

3 システム構成

本システムはインタフェース部と検索部に大きく分かれ、それぞれ複数のモジュールから構成される(Fig.3)。

ユーザはインタフェース部を通して入出力を行う。ここでは、はじめに花写真を入力する。花写真には、日時と位置情報が電子的に記録されていて、これから撮影された月と緯度経度が読み取られる。次に、花の見た目を花特徴として指定し、花写真に対して射影変換と画像切り抜きの前作業をする。操作のための入力装置は、スタイラスペンでの入力を想定し、花の名前などの文字入力の操作は必

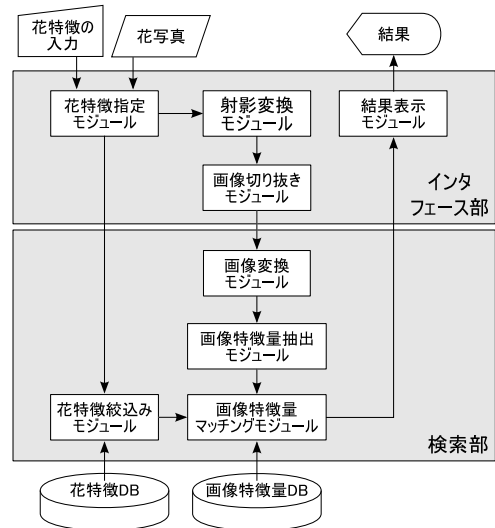


Fig. 3 システム構成図

要ない。ユーザによる前作業が終了すると、花特徴と切り抜かれた写真を検索部に渡し、返された結果をユーザに複数提示する。ユーザはその中から目的の花をクリックすることで、花情報の詳細を得ることができる。

検索部は、インタフェース部より受け取った花特徴と、前作業をした花画像を基に、データベースから検索を行う。まずは花特徴絞り込みモジュールで花特徴データベースとの比較を行って、検索対象を絞り込んでおく。同時にユーザの前作業の射影変換と切り抜きをした花写真に対し、画像変換モジュールによる前処理を行ってから、12次元の画像特徴量ベクトルを抽出する。絞り込まれた検索対象の範囲内で、入力された花写真との画像特徴量のマッチングを行い、その結果をインタフェース部に返す。

4 モジュール詳細

4.1 花特徴指定モジュール

ユーザの目的は、名前がわからない花の情報を得ることである。しかし、花の名前以外の情報で植物図鑑から欲しい情報に辿り着くのは容易でない。通常の図鑑の場合は、項目が科や属ごとに分類されているが、特に決まった順番で掲載されていないことが多い。名前がわからない花の科や属

- ・花の色 (赤, 桃, 橙, 黄, 緑, 青, 紫, 白)
- ・花の形状 (放射形, 対称形, つつ形, まり形, いね形)
- ・生息地域 (北海道, 本州, 四国, 九州, 沖縄)
- ・開花期 (1, 2, 3, ..., 12月)

Fig. 4 花特徴データベースの項目

が判断できない場合は、全てのページに目を通して直感で似ている物を探し、その付近を詳細に探す作業を行う。

花の色形や季節で分類されている (初心者向けの) 植物図鑑もあり、「黄色い秋の花」のような分類から情報で探すこともできる。この場合、分類された中の項目の全てに目を通すことになるが、その範囲は減少する。「黄色」「秋」のような情報は、ユーザに特別な知識が無くとも、目の前の花を見たり、その場の環境によって知り得ることである。このような簡単な情報は、対象の絞り込みには有効に働く。

本システムの花特徴データベースは、Fig.4 に示す 4 種類の項目に分けられる。ただし、項目ごとに複数の要素がデータベースに格納されていることもある。花の色は、赤、桃、橙、黄、緑、青、紫、白の 8 色に分けた。花の形状は、中心から放射状に花びらがつく放射形、正面から見ると左右対称の対称形、アサガオのように 1 つの花びらが筒状になっているつつ形、小さな花が丸く球状に集合しているまり形、稲の穂のように花がつくいね形の 5 種類に分けた。生息地域は、北海道、本州、四国、九州、沖縄の 5 地域に分けた。開花期は 1 月から 12 月まで月単位で 12 に分けた。

本モジュールでは、花の色と花の形状はユーザに入力を行わせ、生息地域と開花期は写真に記録された日時と位置情報を利用する。

4.2 花特徴絞り込みモジュール

入力された花特徴を花特徴データベースとの比較を行い、マッチしたものをリストアップして絞り込み結果とする。この処理での絞り込み結果を、後述するマッチングモジュールでの処理対象とする。

項目の中で複数の要素が比較される場合、データベースにその要素が 1 つでも含まれればマッチしたとする。例えば、花の色として「黄、白」を

入力すると、「黄」や「桃、白」もマッチする。

4.3 射影変換モジュール

実際の花は 3 次元空間で存在し、それをカメラで撮影した写真は 2 次元平面に花を投影したものである。

まず、花の形を平面と仮定し、花を真正面から見たときの視軸に垂直な平面を、花を表すものとして uv 平面とする。同様に写真の平面を xy 平面とする。 xy 平面は uv 平面から射影されたものであるから、 xy 平面から uv 平面へ逆射影を行えば、 uv 平面における真正面から見た花の写真を得ることができる (Fig.5)。射影および逆射影は (2 次元) 射影変換により実現できる。

座標 (x, y) から (u, v) への射影変換は、9 つのパラメータ変数 a_{ij} ($i=1, 2, 3, j=1, 2, 3$) を用いて次式で定義される。

$$u = \frac{a_{11}x + a_{12}y + a_{13}}{a_{31}x + a_{32}y + a_{33}}$$

$$v = \frac{a_{21}x + a_{22}y + a_{23}}{a_{31}x + a_{32}y + a_{33}}$$

これは同次座標を利用すると、行列を用いて次式で書き換えることができる。

$$\begin{bmatrix} H_u \\ H_v \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \frac{1}{H} \begin{bmatrix} H_u \\ H_v \end{bmatrix}$$

射影変換のためのパラメータの決定には、 xy 平面の座標 p_1, p_2, p_3, p_4 と、それらを uv 平面に射影した座標 p'_1, p'_2, p'_3, p'_4 を指定すればよい²⁾。

これら 8 点の座標を定めるために、画像中の花に合致する uv 平面を知る必要があるが、自然画像に写っている花の形を認識する作業を伴うため、計算機で行うには非常に難しい。本システムでは、Fig.2(b,c) のインタフェースを利用し、ユーザが手で直観的に入力できる方法を採用した。

射影変換の有無について、実際に正面から撮影された同一の花とともに比較した画像を示す (Fig.6(a1,b1,c1))。

4.4 画像切り抜きモジュール

写真の背景は、周囲の環境に依存する上に広い面積を占めることが多く、花の画像特徴量の抽出

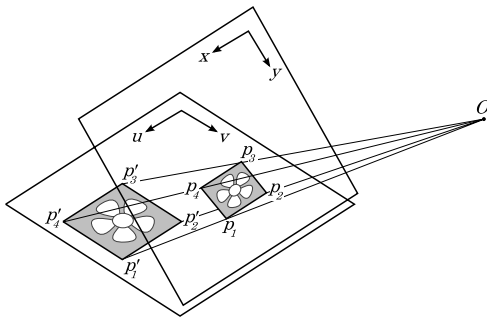


Fig. 5 射影変換の模式図 (O をカメラの位置とし, uv 平面が実際の花を, xy 平面が写真に射影された花を表す)

に大きな影響を及ぼす。そのため、処理対象となる花のみを切り出して処理ができれば都合がよい。本システムでは、射影変換した画像に対して、画像切り抜きツールの「切絵」¹⁾を使用し、花の切り抜きを行う。

切絵ではユーザがスタイラスペンで、切り抜きたい前景に黄色の線、不要な背景に青色の線を引くだけで、あとは自動的に前景のみが切り抜かれる (Fig.2(d))。切絵は簡単な入力でも高速に前景の切り抜きができるため、PDA などモバイル機器でも不便なく操作できる。

また、切り抜かれた領域に過不足がある場合でも、線を 1 本追加する度に、逐次的に領域の再切り抜きが行われるため、ユーザは結果を見ながら線の追加を行うことができ、インタラクティブな操作が可能となる (Fig.2(e,f))。

4.5 画像変換モジュール

以下では、射影変換を行って切り抜いた花写真を対象画像と呼ぶ。画像特徴量の抽出処理を簡単化するために、対象画像に対し極座標画像の生成と、中心部と周辺部への分割を前処理として行う。

4.5.1 極座標画像

対象画像を規定サイズ (360 × 180 ピクセル) の極座標画像 (Fig.6(b2)) に変換する。このとき対象画像 (x, y) , $(0 \leq x < \max_x, 0 \leq y < \max_y)$ の重心座標 $G(g_x, g_y)$ は、極座標画像 (θ, r) , $(0 \leq \theta < 360, 0 \leq r < 180)$ の原点 $O(0, 0)$ に一致させる。そして、重心と切り抜いた花のエッジとの距離 $R(\theta)$

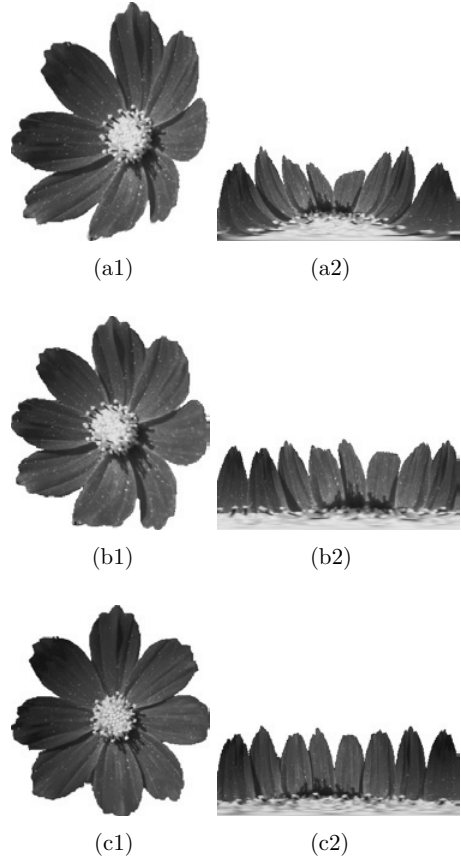


Fig. 6 射影変換による画像と極座標画像, (a1,a2) 射影変換する前の花の画像, (b1,b2) 画像特徴量の抽出のために射影変換された花の画像 (対象画像), (c1,c2) 実際に真正面から撮影された花の画像

が、左端の座標 $\theta = 0$ のときに最小となるように θ 方向に画像をシフトする。ただし、定義域外の θ については次のように処理する。

$$\theta \leftarrow \theta + 360 \quad (\theta < 0)$$

$$\theta \leftarrow \theta - 360 \quad (\theta \geq 360)$$

また、座標が前景であれば 1 を、背景であれば 0 を返す関数 $B(x, y)$ と $B(\theta, r)$ を定義する。

4.5.2 花画像の中心部と周辺部への分割

中心部と周辺部とが異なる色の花は、これが特徴となることが多い。そこで、切絵を用いて中心部と周辺部 2 つに分割する。

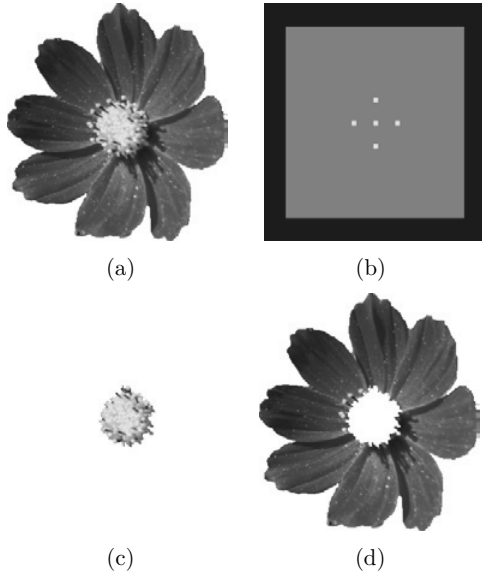


Fig. 7 周辺部と中心部への領域の分割, (a) 切り抜き前の画像, (b) 切り出し用のシード画像, (c) 中心部画像, (d) 周辺部画像

分割のためには、切絵に対して前景と背景を指定する必要があるが、本モジュールはこの処理を全自動化する。射影変換によって対象画像の中央に中心部があることがわかっているの、中心部付近に前景として黄色の線、その周辺に背景として青色の線を入力する。

Fig.7の例では、花の写真(Fig.7(a))に対し、外枠から内側の10%までの範囲を青色で塗りつぶし、中央に数ピクセルの小さな黄色の点(Fig.7(b))を十字に5箇所配置し、中心部(Fig.7(c))と周辺部(Fig.7(d))に分割された様子を示している。

4.6 画像特徴量抽出モジュール

対称画像と前処理された画像から、12次元の画像特徴量 $f_1 \sim f_{12}$ を抽出する。このうち、 $f_1 \sim f_8$ は形状に関する画像特徴量、 $f_9 \sim f_{12}$ は色に関する画像特徴量である。

4.6.1 円形度 (f_1)

対象画像に対し、円形度 f_1 を次式で定義する。

$$f_1 = 4\pi \frac{S}{L^2}$$

0 から 1 の値を取り、真円では 1 となる。ただ

し、 S は対象画像の面積 (ピクセル数) を、 L は周囲長を表し、 4π は正規化定数である。

4.6.2 2次重心モーメント (f_2)

対象画像の前景であると判定されたピクセルすべてに対し、2次重心モーメント f_2 を次式で定義する。

$$f_2 = \frac{1}{S} \sum_i \sum_j \sqrt{(x_i - g_x)^2 + (y_j - g_y)^2} B(x_i, y_j)$$

面積 S で除算しているのは、画像の大きさに不変な特徴量とするためである。

4.6.3 花びらの枚数 (f_3)

極座標画像について、 θ 方向に $R(\theta)$ の値によって花びらの山と谷の区間に分割し、花びらの枚数を推定する (Fig.8)。まず、 $\theta = 0$ のときは $R(\theta)$ が最小であるので、谷の区間とする。次に θ 方向に走査して、 $\theta = \theta_0$ のとき、以下の条件を満たせば山と谷の区間を切り替える。

$$R(\theta_0) > R_{\text{ave}}(\theta_0) + \epsilon \quad (\theta_0 \text{ が谷の区間のとき})$$

$$R(\theta_0) < R_{\text{ave}}(\theta_0) - \epsilon \quad (\theta_0 \text{ が山の区間のとき})$$

$$R_{\text{ave}}(\theta_0) = \frac{1}{2\tau} \int_{-\tau}^{\tau} R(\theta_0 + \theta) d\theta \quad (\tau = \pi/4)$$

ただし、 ϵ は揺らぎを考慮する定数で、 $\epsilon = 2$ とした。この方法で得られた区間について、山の区間の個数を花びらの枚数 f_3 とする。

多くの花では花びらの枚数が 3~8 枚であり、 θ_0 を中心に前後 8 分の 1、つまり $\tau = 2\pi/8 = \pi/4$ の範囲に限定すると、谷の領域では 2 つの山と 1 つの谷の平均を取ることとなり、小さい $R(\theta)$ に対し $R_{\text{ave}}(\theta)$ は大きくなる。全体の平均を取るときは $\tau = \pi$ であるが、 $\tau = \pi/4$ で適用すると、花びらの大きさが一定でない種に対し、目視で良い結果が得られたためこの値を採用した。

4.6.4 花びらの縦横比 (f_4)

花びらを山と谷の区間に分けた後、谷の区間での最小値、山の区間での最大値の θ 座標を次式で定義する。

$$\phi_{2i} = \operatorname{argmax}_{\theta_0} R_{\text{diff}}(\theta_0) \quad (\theta_0 \text{ が山の区間のとき})$$

$$\phi_{2i-1} = \operatorname{argmin}_{\theta_0} R_{\text{diff}}(\theta_0) \quad (\theta_0 \text{ が谷の区間のとき})$$

$$\phi_i < \phi_{i'} \quad (i < i'), \quad i = 1, 2, \dots$$

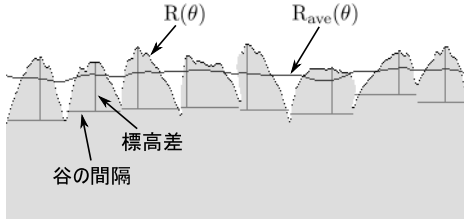


Fig. 8 極座標エッジからの山と谷の推定

$$R_{\text{diff}}(\theta) = |R(\theta) - R_{\text{ave}}(\theta)|$$

得られた頂点 ϕ_{2i-1} , ϕ_{2i} , ϕ_{2i+1} は, それぞれ i 番目の山の左側の谷, 山の頂点, 右側の谷の θ 座標を表す. この3点の座標から, 1つの山の比率 P_i を次式で定義する.

$$P_i = \frac{R(\phi_{2i}) - \frac{R(\phi_{2i-1}) + R(\phi_{2i+1})}{2}}{\phi_{2i+1} - \phi_{2i-1}}$$

これは, 山と谷の標高差を両側の谷の間隔で割ったものであり, 値が大きいかほど花びらが縦に細長いことを表す.

花びらの枚数が $n = f_3$ であるとき, すべての山の比率の平均として, 花びらの縦横比 f_4 を次式で定義する.

$$f_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

4.6.5 エッジの形状 (f_5 , f_6)

エッジの形状を $R(\theta)$ に離散フーリエ変換を行い, 得られたスペクトル S_i に対して, エントロピー f_5 と平均 f_6 を次式で定義する.

$$f_5 = - \sum_{i=1}^{30} S_i \cdot \log S_i$$

$$f_6 = \sum_{i=1}^{30} i \cdot S_i$$

ここでは一定以上の高周波成分をカットするため, 計算で用いるフーリエ係数の範囲を30以下とした.

4.6.6 円周方向の輝度スペクトル (f_7 , f_8)

植物によっては, 花びらが単色ではなく複数の色や, 放射状の模様を持っている場合がある. これを特徴量とするため, 極座標画像の明度 $v(\theta, r)$

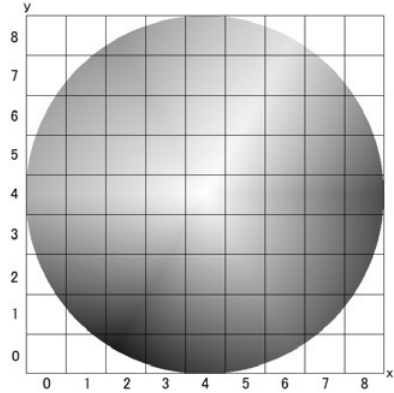


Fig. 9 縦横9等分したHSV色立体のHS断面

に対し, r 方向について平均値 $V(\theta)$ を次式のように取る.

$$V(\theta) = \frac{\sum_{r=0}^{179} v(\theta, r) \cdot B(\theta, r)}{\sum_{r=0}^{179} B(\theta, r)}$$

$V(\theta)$ に離散フーリエ変換を行い, そのスペクトル S_i に対して, 前小節と同様にエントロピー f_7 と平均 f_8 を計算する.

4.6.7 2次元色ヒストグラム ($f_9 \sim f_{12}$)

画像を RGB 色空間から HSV 色空間に変換し, 明度 V を無視して, 円周方向に軸を持つ色相 H と, 放射方向に軸を持つ彩度 S の2次元ヒストグラムを作成する. Fig.9のようにヒストグラムは, 縦横にそれぞれ9分割となるように減色する. その各ビンの度数を比較し, 度数最大のビンの x 座標と y 座標を特徴量とする.

中心部画像についての x 座標と y 座標, 周辺部画像についての x 座標と y 座標を, それぞれ特徴量 $f_9 \sim f_{12}$ とする.

4.7 特徴量マッチングモジュール

12次元の画像特徴量について, 画像特徴量データベースとのマッチングを行って, 上位数個の花情報を抽出する.

画像特徴量データベースは N 個のクラス (花の名前) に分けられ, クラス $j (= 1, 2, \dots, N)$ には, M_j 個の花写真から抽出した特徴量が格納されている. このとき, 入力画像とクラスとの距離を以下のように定義する.

$f_i^{j,k}$ はクラス j に含まれる k 番目の画像 ($k = 1, 2, \dots, M_j$) の i 番目の特徴量 ($i = 1, 2, \dots, 12$) を表す。そのとき、データベース中の全学習画像の平均 μ_i と分散 σ_i^2 を次式で求める。

$$\mu_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^N M_j} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{M_j} f_i^{j,k}$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{\sum_{j=1}^N M_j} \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{M_j} (f_i^{j,k} - \mu_i)^2$$

これらより、平均が 0、標準偏差が 1 となるように、特徴量を次式で正規化する。

$$f_i^{\prime j,k} = \frac{f_i^{j,k} - \mu_i}{\sigma_i}$$

次に、クラス j の重心ベクトルを次式により求める。

$$f_i^{\prime j} = \frac{1}{M_j} \sum_{k=1}^{M_j} f_i^{\prime j,k}$$

ここで、 $f_i^{\prime 0}$ ($i = 1, 2, \dots, 12$) は入力画像の正規化後の特徴量を表す。

入力画像の特徴ベクトル $f^0 = (f_1^0, f_2^0, \dots, f_{12}^0)$ と、クラス j の重心ベクトル $f^j = (f_1^j, f_2^j, \dots, f_{12}^j)$ との距離 d^j を、次式で定義する。

$$d^j = \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (f_i^0 - f_i^j)^2}$$

本モジュールは、 d^j を昇順にソートしたときの j の並びを求める。この結果は、入力画像との類似度順にクラスを並べたものに一致する。

4.8 結果提示モジュール

得られた複数の候補をユーザに一覧表示するため、HTML 形式で一覧ページを生成する。

左側には入力された画像と、検索対象の射影変換され切り抜かれた花が表示され、右側には一覧の HTML ページが表示される。候補は 1 ページに 4 項目が表示され、ページを進めることで、検索された候補を次々と見ることができる。HTML ページのリンクからは、それぞれの花について詳細なページにジャンプすることができる。今回、詳細なページの情報は、既存のマルチメディア図鑑⁷⁾を利用した。

・イチリンソウ	・ドクダミ
・オオイヌノフグリ	・ニッコウキスゲ
・カタバミ	・ハマダイコン
・カラスノエンドウ	・ヒメジョオン
・キキョウ	・フクジュソウ
・キュウリ	・ヘビイチゴ
・シロツメクサ	・ホトケノザ
・セイヨウタンポポ	・ムラサキカタバミ
・タチツボスミレ	・ヤクシソウ
・ツユクサ	・ヨメナ

Fig. 10 収集した 20 種の植物一覧

5 予備実験

本システムでは、ユーザによる花写真の射影変換と切り抜きの前作業を行ってから、画像特徴量抽出を行うアプローチを採用している。そのため、web 上に存在する写真などであっても有効に機能するはずである。

本アプローチの有効性を示すため、予備実験として、射影変換と切り抜きの有無についての比較実験を行った。

5.1 実験方法

20 種各 21 枚 (合計 420 枚) の植物 (Fig.10) の写真を用意した。斜めから撮影された画像でも有効に働くことを示すため、以下の条件の下で web 上から収集した。

- 花の正面が見えること
- 花全体が極端に小さくないこと
- ほかの物体が上に重なっていないこと
- 明らかな白飛びや黒つぶれが生じていないこと
- 同一種で異なる色の品種を混同しないこと

それらの写真から、本システムを用いて射影変換と切り抜きの行った対象画像と、射影変換を行わず切り抜きのみを行った対象画像を用意し、検索精度の比較実験を行った。ただし、収集した写真のサンプル数が少数のため、4.1 節と 4.2 節で示した花特徴による絞り込みを行わず、4.6 節で示した 12 次元の画像特徴量のみを利用する。さらに、それぞれについて、形状に関する 8 次元の画像特徴量 ($f_1 \sim f_8$) のみと、色に関する 4 次元の画像特徴量 ($f_9 \sim f_{12}$) のみでの実験も行った。すなわち、以下の 6 パターンについて比較実験を行った。

- (1a) 射影変換と切り抜きを行い、12次元の画像特徴量を用いた場合
- (1b) 射影変換と切り抜きを行い、8次元の画像特徴量を用いた場合
- (1c) 射影変換と切り抜きを行い、4次元の画像特徴量を用いた場合
- (2a) 射影変換を行わず切り抜きのみを行い、12次元の画像特徴量を用いた場合
- (2b) 射影変換を行わず切り抜きのみを行い、8次元の画像特徴量を用いた場合
- (2c) 射影変換を行わず切り抜きのみを行い、4次元の画像特徴量を用いた場合

上位 n 位までに目的の花情報が得られれば正解とみなし、 n を変化させたときの正解率を、Leave-one-out method を用いて計算した。これは 21 枚の内、20 枚を学習データ、1 枚を実験データとして認識実験を行うもので、21 通りの組み合わせで実験を行った。

5.2 実験結果

実験結果を Table 1 に示す。12 個すべての特徴量を用いる (1a) や (2a) の結果は、形状に関する 8 次元の特徴量 ($f_1 \sim f_8$) だけを用いる (1b) や (2b)、色に関する 4 次元の特徴量 ($f_9 \sim f_{12}$) だけを用いる (1c) や (2c) に比べると、いずれも大幅に高かった。この結果は形状に関する特徴量と、色に関する特徴量のどちらも、正解率を向上させるために重要であることを示唆している。

また、(1b) と (2b) の結果を比較すると、 $n=2$ の場合において (1b) の正解率が (2b) の正解率よりも上昇している。これは、射影変換によって、形状に関する特徴量が検索において、より有効に作用した結果と考えられる。一方で (1c) と (2c) を比較すると、正解率にほとんど変化がない。この結果から、射影変換は色に関する特徴量にほとんど影響を与えていないことが確認できる。

以上より、形状と色は花の画像特徴量として有効であり、射影変換はそれら特徴量の重要性をわずかに向上させる効果が確認できた。

Table 1 対象画像と用いる特徴量の違いによる正解率の変化 (単位:%)

	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$
(1a)	73.57	87.62	94.05	96.19	97.86
(1b)	49.76	71.43	78.10	85.24	89.29
(1c)	44.29	65.24	76.90	86.19	90.95
(2a)	72.38	85.95	92.14	94.52	96.19
(2b)	50.48	65.95	76.43	83.81	87.86
(2c)	42.14	65.24	77.14	84.52	90.48

6 関連研究

齋藤ら⁵⁾は、黒い布地の上に置いた花と葉を室内の一定の光源下で、花が中央に来るように真正面から撮影し、RGB 色空間におけるクラスタリングとエッジ抽出を組み合わせた方法で前景の花と葉をそれぞれを抽出している。齋藤ら⁶⁾はさらに、一定の光源下で真正面から撮影する条件は同様であるが、カメラのフォーカスと絞りを調節して背景のみをぼかす手法でも花の抽出実験を行っている。前景抽出には、Normalized Cost 法を利用した半自動のインタラクティブな方法を採用している。田畑ら³⁾と福田ら⁴⁾は、屋内などの撮影環境については限定しないが、真正面からの 1 つの花がフレーム内中央になるべく大きく含まれるように撮影し、最も多く存在する色を花びらと仮定して花の領域を抽出している。

これら既存研究では、写真撮影に関して多くの制約条件があり、学習画像や入力画像の準備のためにユーザに負担を強いる上、既に撮影された写真に対して後からは適用できない。それに対し、本システムでは、射影変換と切り抜きの作業をすべてユーザが行うため、写真撮影時の負担は大幅に軽減している。

7 おわりに

本稿では、花画像と花特徴の入力、および簡単な画像編集によって、花画像を検索するシステムを試作し、報告した。モバイル機器でも不便なく操作できるインターフェースは、入出力を極力控えるべきであり、本システムではさらに改良の余地がある。例えば、写真を射影変換する作業について、すべて手作業によって行っていたものを、計算機によってアシストすることなどが考えられる。花が円形などシンプルな形であれば、射影変換す

るためのガイドラインを表示する，または自動化することが望まれる。

予備実験から，写真への射影変換の採用によって，斜めから撮影された写真でも，わずかだが形状の特徴量の精度向上に有効に働いたことを示した．本システムのアプローチにより，負担の大きいユーザの写真撮影の制約条件を緩和させることができた．

精度向上には画像特徴量の改良と，データベースの拡張が重要である．花の検索には形状と色に関する双方の画像特徴量が有効であることが判明したため，今後さらに改良を行う予定である．データベースの項目に関しても，生息範囲の指定では，都道府県や山岳名など，より細かい区分にわけるとも考慮に入れたい．

参考文献

- 1) 清野達也，林貴宏，尾内理紀夫，三條正裕，森正弥，“画像の切り抜きシステムの試作”，楽天研究開発シンポジウム 2008 論文集，pp.39-42，2008
- 2) 島田静雄，“CAD・CGのための基礎数学（インターネット時代の数学シリーズ7）”，共立出版，2000
- 3) 田畑惣太郎，岩崎慶，高木佐恵子，吉本富士市，“花の画像検索システムと検索方法の評価”，電子情報通信学会技術研究報告，vol.104，no.670，pp.1-6，2005
- 4) 福田恵太，滝口哲也，有木康雄，“マルチ識別器を用いた画像検索による花図鑑システム”，画像の認識・理解シンポジウム，MIRU2007，IS-5-21，pp.1498-1503，2007
- 5) 齋藤剛史，金子豊久，“花と葉による野草の自動認識”，電子情報通信学会論文誌，vol.84，no.7，pp.1419-1429，2001
- 6) 齋藤剛史，金子豊久，“自然画像に基づく花画像の自動認識”，電子情報通信学会論文誌，vol.88，no.12，pp.2341-2349，2005
- 7) 大場秀章，“マルチメディア図鑑 Navi 植物”，アストロアーツ，2004