

色を用いた花図鑑検索システムに関する検討

近藤 勝也・繁本 詩^{*1}

Study of reference picture retrieval system using flower picture color

Katsuya KONDO, Uta SHIGEMOTO

It is not easy to find the name of flowers photographed by digital camera in reference picture book, which uses text-based image database. Therefore, we studied content-based image database, which retrieves using only color of flower picture. For reference entry, a flower picture is extracted from an entry picture using a square window. The pixel colors of the flower picture are changed from RGB to HSV and transformed into a histogram of its Hues. The peak point of the histogram is an image features, which is used for content-based database. For retrieval, the image features of a retrieval picture is calculated by the same way as entry and used to search image candidates in the image database. The search range is studied by further photographed pictures. The proposed system was experimented with reference pictures of CD-ROM flower picture book for personal computer.

1. はじめに

近年デジタルカメラやカメラ付き携帯電話が普及し、野外の花を撮影すると共に撮影した花の名前を調べる機会が多くなった。花壇や花園では花の名前が掲示されているが、山野や高山植物の名前は、撮影された画像を頼りに花図鑑で調べるのが普通である。しかし、図鑑は植物学的な分類が基準になっているので、花の名前から画像を検索するのは簡単であるが、逆に画像から名前を検索するのは難しい。画像から名前を検索しやすくする方法として、花図鑑の媒体は本¹⁾の他に、パソコン CD²⁾やインターネット³⁾が利用できるようになった。その他、検索キーとして、花の色、花の形・大きさ、開花時期、葉の形・柄、全体の高さ、植生地・地域など多種類の特徴が使えるようになった。さらに、パソコンやインターネットではより多くの検索キーが使用できる。しかし、従来の各花図鑑で実際に多く使用されている検索キーは、撮影画像で一番見分けやすい花の色である。

次に花の色を用いた花図鑑検索の課題を述べる。撮影画像(検索画像)の花の色を検索キーとして花図鑑を検索してみると、不必要に多くの候補画像が出力されたり、検索範囲を絞り込むと目的の花が含まれていなかったり

する。また、検索画像の花が登録されていない図鑑では、その図鑑の画像をすべて調べてしまうことも多い。これは媒体に関係なく従来の花図鑑が共通に抱える問題であり、画像データベースの観点から説明できる⁴⁾。すなわち、従来の花図鑑はテキスト型画像データベースであり、図鑑登録者が登録画像を見て検索キーとなる言葉(テキスト)を作成し、それを画像に付加してデータベースを作成する。一方そのデータベースを検索するときは、検索者が検索画像を見て作成した検索キーを用いてデータベースのテキストを検索し、一致したテキストに対応した候補画像を引き出す。この場合の一番大きな問題は、図鑑登録者と検索者の間で花の色を表す言葉が一致しないことである。植物学の分類では花の色が規定されていないようであり、また山野の花の色は多種多様で、さらに日本語には色を表現する言葉の種類が多い。これらのことが、見た目に分かりやすい花の色による名前の検索を難しくしている。

テキスト型画像データベースの対角に内容型画像データベースがある。こちらは、登録画像の色、輪郭、テクスチャ(模様、質感)など、画像の内容に応じて計算で抽出した画像特徴を、検索キーとして付加してデータベースを作成する。検索するときは、検索画像の内容から抽出した画像特徴を用いてデータベースを検索し、特徴が

*1 情報工学科平成18年度卒業生

一致した登録画像を候補として表示する。この方法では、図鑑登録と検索で画像特徴の抽出に同じ方法を用いることができるので、テキスト型で問題となった検索キーの不一致を避けることができる。内容型画像データベースに基づく花図鑑検索が齊藤ら⁵⁾と武市ら⁶⁾によって試みられている。いずれも、画像から多くの特徴量を抽出することに主眼が置かれ、前者は花の特徴量10個、葉の特徴量11個が検討され、後者は花の特徴量5個が検討されている。いずれも高い精度の認識率を得ているが、計算は複雑にならざるを得ないし、前者では植物を切り取って撮影している。後者は花の色に加えて、花の大きさ、円形度、花びら枚数、輪郭を特徴量にしているので、これらが抽出できる画像を得るには、撮影にかなりの制限を加えざるを得ない。

本研究では、普通に撮影した花画像の名前を探すため、花の色のみを用いた内容型画像データベースの花図鑑検索システムを検討した。従来の花図鑑の使用経験を踏まえ、より実用的な検索ができるように、検索システムの狙いを次のようにした。①検索された候補画像は複数でも良く、検索画像の名前の最終的な判断は検索者に任せる。②データベース中に検索画像と同じ花があれば、必ず候補画像の中に入れる。③データベース中に検索画像の花がなければ、早く知らせる。

これに基づき、本論文では図1に示す花図鑑検索システムを想定した。まず登録では、登録画像の花の色の特徴量を抽出し、それを画像に付加して花図鑑データベースを作成する。つぎに検索時は、入力された検索画像について、登録時と同じ方法で特徴量を抽出し、これを用いてデータベース中の候補画像を検索し、複数の画像を出力表示する。検索者は提示された画像とその説明文から検索画像の名前を判断する。

本論文では花の色の特徴量を抽出する方法を検討すると共に、パソコン図鑑の画像データを用いて特徴量解析の実験を行った。なお、印刷の都合上、カラー図は最後のページにまとめて掲載した。

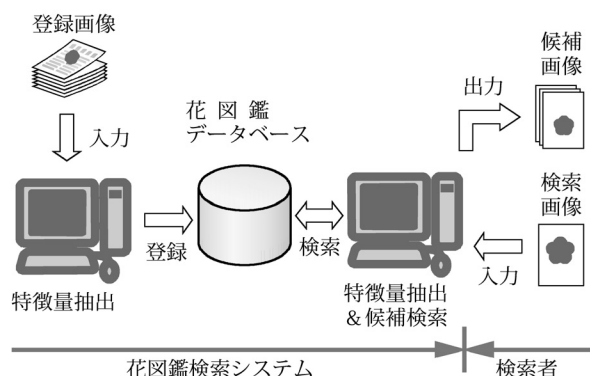


図1 花図鑑検索システムの概要

2. 花画像の特徴量解析

2.1 概要

デジタルカメラで山野草や高山植物を撮影する人の多くは、花に魅せられて画像を残したいと考える。また花図鑑の登録画像は満開の花が圧倒的に多い。さらに花画像の形状は撮影角度の影響を受けるため、特徴量にすることが難しい。これらから、開花画像を検索の対象にし、その花の色に注目して特徴量を解析することにした。なお「花」とは、花卉(花びら)、雄しべ、雌しべなどその花の色を特徴づける要素をまとめて呼ぶことにする。

花の色の特徴量解析手順を図2に示す。始めに撮影された全体画像の中から花の画像を切り出す。次にその花画像をRGB表現からHSV表現に変換して色相値(H)のヒストグラムを作成する。更に花画像に含まれる不要な背景データを除去する。最後にこの色相ヒストグラムから色の特徴量を計算する。以下に詳細に説明する。

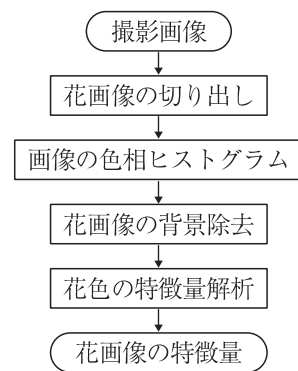


図2 花画像の特徴量解析手順

2.2 花画像の切り出し

花画像を切り出すための窓形状とその画素サイズを検討した。

(1) 切り出し形状

花の一部を切り出す方法と花全体を切り出す方法があるが、前者は切り出す位置を変えると色が変わることが予備実験で分かったので、後者の方法を採用した。次に切り出し形状は正方形か長方形が一般的である。正方形は切り出し作業が簡単になり、長方形は花と一緒に切り出される背景を少なくできるが、背景は別の方法で除去することにした。すなわち、切り出しは正方形にして、パソコンの画面上で画像編集ソフトを使って、撮影画像の花全体が収まるような大きさに画素サイズ任意の花画像を切り出す。

(2) 画素サイズ

後の画像処理のために、切り出した正方形画像の画素

サイズを揃えておく必要があるが、その画素数は2のべき乗がよく使われる。実験で用いた登録画像の画素サイズ(横450×縦600画素)と画像処理の計算量から判断して、花画像の画素サイズを128×128画素に揃えた。従って、(1)で切り出した任意サイズの正方形画像を、画像編集ソフトの画像拡大・縮小機能で線形補間(バイキュービック法)して上記の画素サイズに揃える。なお、予備実験で50～300%程度の線形補間をしても、花の色の特微量に大きな変化が生じなかった。図3に花画像切り出しの様子を示す。撮影画像(横450×縦316画素)から花を含む正方形(白線)を切り出し、画像拡大を行って128×128画素の花画像を作成する。なお画像印刷の関係で、印刷画像の大きさと画素数は必ずしも対応していない。

2.3 画像の色相ヒストグラム

花画像の色の特微量とは、画像の全画素(128×128=16,384画素)の色を代表する数値を計算で求めることである。この計算を簡単にするため、花画像の色を表現する変数について説明する。

デジタルカメラで撮影された画像は、RGBすなわち、1つの画素が光の3原色である赤(Red)、緑(Green)、青(Blue)の光の量で表現され、3変数になる。この他に色を表現するいろいろの方法⁷⁾があるが、コンピュータで絵を描く場合や色見本によく使われる方法にHSV表現がある。HSV表現では、1つの画素が色相(Hue)、彩度(Saturation)、明度(Value)の3つの変数で表される。この中の色相が、単独で人の感じる色味あるいは色あいを表わしているのが、色の表現に使われる。次に、花画像の全画素の色相値を母数として、色相値ごとの出現度数をとって色相ヒストグラムを作成し、その代表値を計算して特微量を求める。

画素のRGB表現からHSV表現への変換式は文献⁷⁾に記載されているが、通常RGB各色はそれぞれ8bit(0～255の256階調)で表現される。HSV変換後も、SとVはいずれも同じ8bit階調で表現される。しかし、Hは図4の色相環に示したような環状の角度値に変換され、0°を赤、120°を緑、240°を青とした0～360°の値(整数)となり、さらに360°の周期を持つ関数になる。したがって例えば、120°と480°は同じ緑である。

色相ヒストグラムは色相値を横軸、画素数を縦軸にした図5のようなグラフ(図3の花画像の例)で表される関数である。横軸について、緑は通常葉の色で花の色には無いので、緑をグラフの両端に配置し、他の色がその間に連続して表れるよう、横軸の目盛を120～480°とした。この色相値の色をグラフの下に帯で示した。なお、色相値は白が表現されないのが、本論文では対象から外し、白い花の検索は今後の課題とした。

2.4 花画像の背景除去

図5のグラフで青色矢印は背景部分の色相である。各種花画像のヒストグラムを検討し、背景画素を判別・除去するために次の3つの方法を提案した。1つ目は緑画素を、葉であって花でないとして除去する。具体的には、横軸の160°以下及び440°以上の色相値を除去している。2つ目と3つ目は、彩度の低い画素と明度の低い画素の除去である。通常の撮影画像は、焦点を合わせる花の部分が明るく、背景はぼやけたり薄暗くなることが多いが、これらはHSV表現の彩度(S)と明度(V)の違いになる。図6に花画像の彩度値と明度値の大きさを色の階調で表した画像を示すが、背景部分はSとVの片方が両方の値が小さくなり、花部分との判別ができることが分かる。具体的には、彩度は256階調の15以下、明度は同30以下を背景として除去することにした。

なお、RGB表現からHSB表現への変換式⁷⁾は非線形式なので、RGBの各値が小さくてかつほぼ同じ値になるときは、変換後の色相値が図5に青色矢印で示した120°、240°、360°などに偏ってしまうことが分かっている。この条件は彩度もしくは明度が低いことに相当するので、上記の操作で背景として除去できる。

図5の花画像に対する背景除去を行った結果を図7に示すが、背景の大部分が除去されていることが分かる。

2.5 花色の特微量解析

花色の特微量として色相ヒストグラムの代表値を計算する。ヒストグラムの統計的な代表値である平均値と分散は、図7のグラフでは360～440°にかけて分布したノイズのような小さな値の影響を大きく受けることが分かった。そこで本研究では、画素数が一番多い色相を花色の代表値とする考え方を採り、ヒストグラムのピーク値を特微量にした。ただし、背景除去したままのヒストグラムは急激な変化が残っているので、移動平均で平滑化した後にピーク位置を検出する。試行錯誤の結果、移動平均の幅は色相値5°とし、ピーク位置は画素数が最大になる色相値とその画素数とした。図8は以上の方法で、図7を移動平均したグラフとそのピーク位置(青色矢印)を示す。

3. 花画像の特微量解析の実験

市販の花図鑑の登録画像を用いて特微量を解析し、花図鑑データベースを作成すると共に、検索画像の特微量を用いて候補画像を検索するための条件を検討した。

3.1 花図鑑の特微量解析

実験に使用した登録画像は、パソコン花図鑑²⁾のCD-ROMの中から白色の花を除外し、色相値が広く分

布するよう任意に選んだ100枚の画像である。図3の画像はその内の1枚である。残りの登録画像も同じ方法で画像を切り出して色相ヒストグラムを作成し、ピーク位置(色相値、画素数)を計算した。この100個のピーク位置を色相ヒストグラムと同じグラフ空間に赤色の●印でプロットしたのが図9の特徴量分布である。この特徴量に登録画像とその説明文をセットにして花図鑑データベースを作成する。

次に1枚の検索画像(後述)を入力して、同じ方法で特徴量を計算した結果が図9の×印(青色矢印)である。続いて×印に近い特徴量を持つ登録画像を、図の中から検索して複数の候補画像を提示する。検索者はその候補画像と説明文を参考にして検索画像の名前を決定する。ここで問題は検索条件、すなわち×印を中心にして候補画像を選ぶための色相値と画素数の検索範囲であり、これを次節で検討した。

3.2 検索範囲の検討

検索範囲を決めるため、同じ名前の花の特徴量が撮影条件等でいかに変わるかを調べた。

(1) 撮影条件

自宅の鉢植えの花(キキョウ)を撮影場所を変えてデジタルカメラ(Sony サイバーショット DSC-T9)で撮影し、花画像の特徴量の変化を調べた。図10に花画像とその色相ヒストグラムを示す。図中の「日向」の特徴量が図9の×印である。図10において撮影条件で変化する特徴量(ピーク位置)のバラツキを標準偏差(σ)で表すと、色相値は $\sigma=4.8^\circ$ 、画素数は $\sigma=220$ 画素であった。画素数の方が相対的にバラツキが大きい理由の1つは、背景除去の結果各画素のヒストグラムの総画素数が違ってしまうことなどがある。その改善は今後の課題とし、現時点では画素数は使用できないと判断し、色相値のみを候補画像の検索に使うことにした。

(2) 引用画像の違い

インターネットで同じ名前の花の画像を集め、撮影条件は特定できないが、これらの間の違いを検討した。図11にこのために集めた「ペニカタバミ」の画像とその色相ヒストグラムを示す。図における特徴量のバラツキは、色相値は $\sigma=4.8^\circ$ 、画素数は $\sigma=397$ 画素であった。これからも(1)と同様に色相値のみが候補画像の検索に使用できることが分かる。なお偶然と思われるが、色相値の σ は(1)と同じ値になった。

3.3 実験結果

色相値の σ を用い、候補画像の検索範囲を次のことを利用して決める。すなわち同じ名前の花の特徴量(色相値)が撮影条件によって変化する範囲は、母集団が正規分布すると仮定して、その構成要素の母集団に対する割

合で表され、それは σ で決まる。例えば、平均値 $\pm 1.6\sigma$ の範囲内には90%、 $\pm 1.96\sigma$ では95%の構成要素が含まれる。これにより構成要素が含まれる割合を設定して、色相値の検索範囲を決める。今回の実験では割合を90%と設定した。前述の色相値の σ 値を代入すると、検索範囲(整数値)は $\pm 8^\circ$ になる。図9にあてはめると、×印を中心にした候補画像は8枚になった。それらの画像を検索画像と共に図12に示す。(赤枠内がキキョウ)

図12を見ると、候補画像はいずれも検索画像に近い色の花が選ばれていることが分かる。これは画像内容の特徴量でデータベースを構成した効果と判断される。しかし、特徴量が色相値しかないのは不十分と思われ、図9を見ても色相値 320° 付近には多くのデータがあり、多くの候補画像が選ばれてしまう。

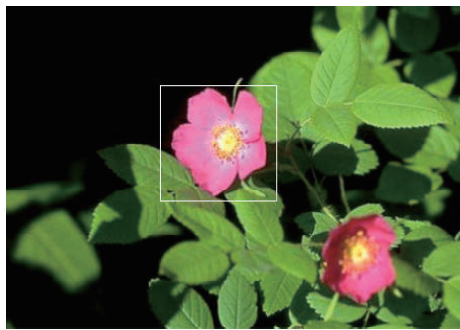
4. あとがき

花図鑑検索システムとして、花の色のみ注目した内容型画像データベースを検討した。このため撮影画像から花画像の切り出し、色相ヒストグラムの作成、その特徴量の計算、花画像データベースの作成を行った。さらに候補画像の検索範囲について検討し、実際に花画像データベースを作成して検索実験を行った。

その結果、テキスト型画像データベースによる従来の花図鑑に比べて、内容型を用いた本システムは検索画像の花の色に近い候補を効率よく検索できることが分かった。しかし、検索の特徴量は色相値のみであり、さらなる特徴量の追加が必要である。

参考文献

- 1) 大嶋敏昭：「花色で引ける山野草・高山植物」, 成美堂出版(2002) など.
- 2) 青山潤三：「日本の高山植物図鑑」, CD-ROM, シンフォレスト社(2003).
- 3) 「奈良教育大学の植物図鑑」, ホームページ(2007.8) http://kaede.nara-edu.ac.jp/plants_of_NUE など.
- 4) 小早川倫広ら：「画像内容に基づいた画像検索システム」, bit, Vol.31, No.10, pp.23-34(1999-10).
- 5) 齊藤剛史ら：「花と葉による野草の自動認識」, 電情通論, Vol.J84-D-II, No.7, pp.1420-1429(2001-7).
- 6) 武市寛之ら：「画像入力による花図鑑検索」, 電学論C, Vol.123, No.12, pp.2111-2119(2003-12).
- 7) 「HSV 色空間」, フリー百科事典ウィキペディア日本語版, <http://ja.wikipedia.org/wiki/HSV%E8%89%B2%E7%A9%BA%E9%96%93>(2007.8.2).



撮影画像



切出・拡大



花画像

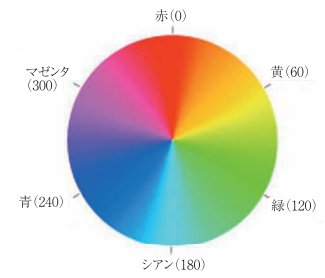


図4 色相環

図3 花画像の切り出し

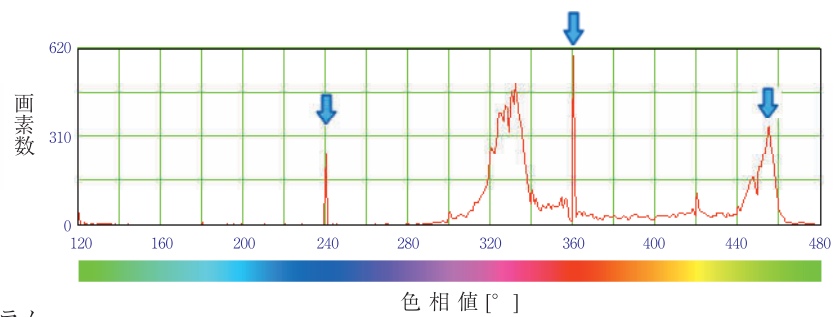


図5 花画像の色相ヒストグラム

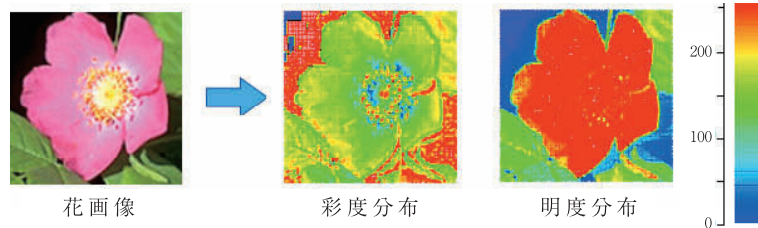


図6 花画像の彩度と明度

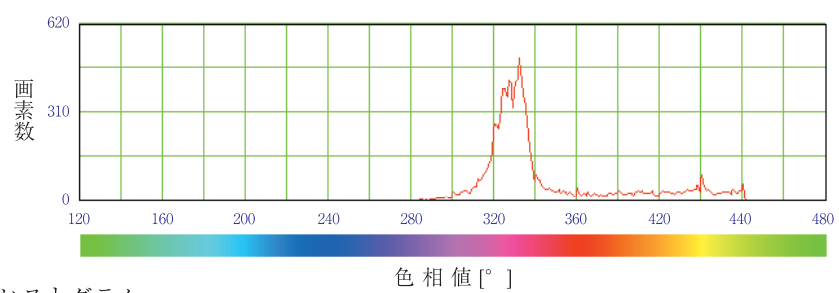


図7 背景除去画像と色相ヒストグラム

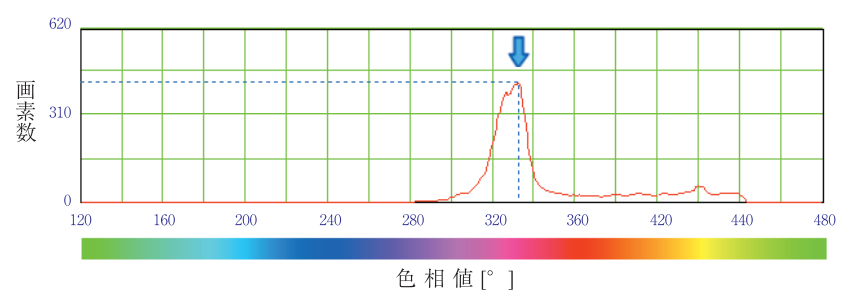


図8 移動平均した色相ヒストグラムとピーク位置

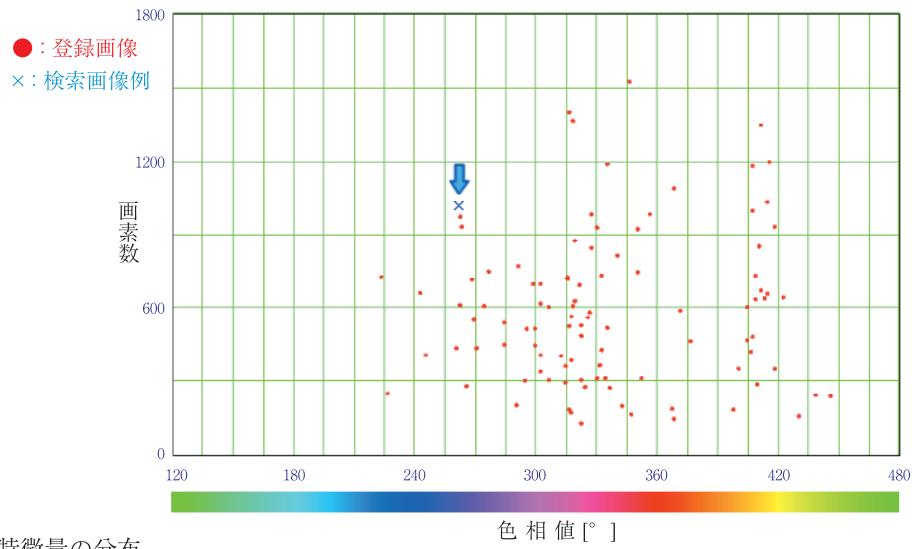


図9 花画像の特徴量の分布

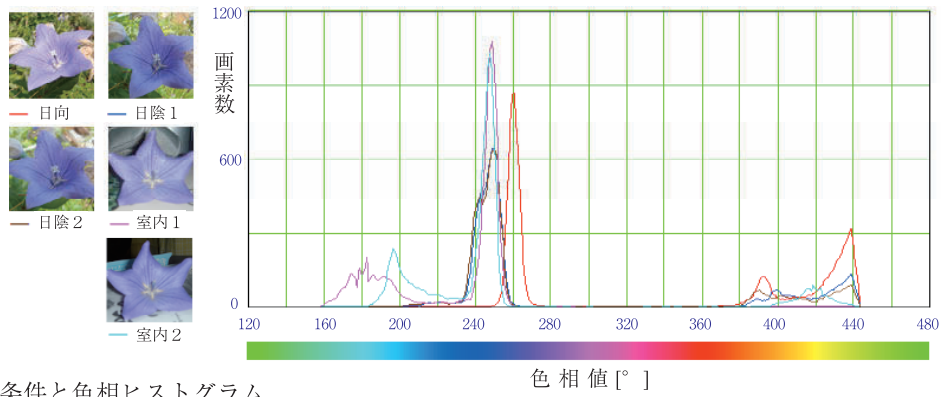


図10 撮影条件と色相ヒストグラム

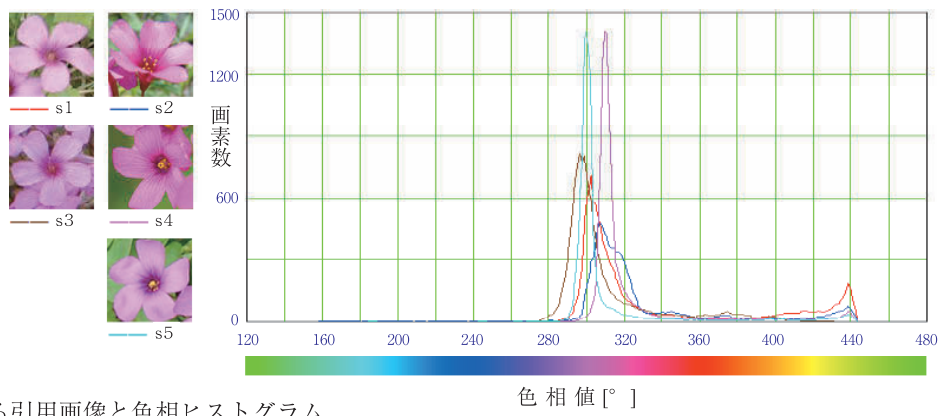


図11 異なる引用画像と色相ヒストグラム

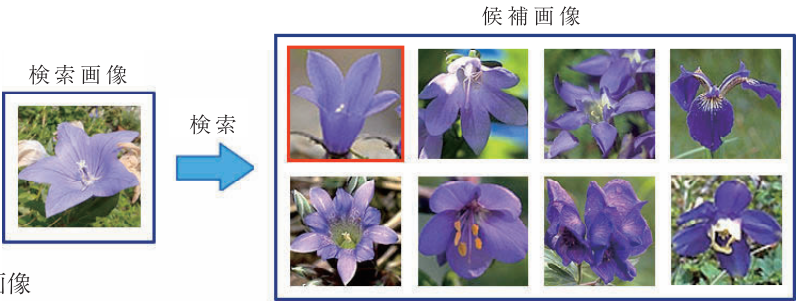


図12 検索画像と候補画像