

称号及び氏名 博士（工学） 伊藤 征嗣

学位授与の日付 平成 17 年 9 月 30 日

論文名 「画像検索における領域分割とその識別に関する研究」

論文審査委員 主査 大松 繁
副査 汐崎 陽
副査 黄瀬 浩一

論文要旨

近年、デジタルカメラや、インターネットの急速な普及により、膨大な画像データが計算機上に蓄積されている。その膨大な画像データの中から、ユーザが所望の画像を取得する場合、手作業で探索することは困難である。そこで、所望の画像を自動的に取得することができる画像検索システムによって、ユーザの負担を大幅に軽減することができる。しかし、画像情報の量的拡大により、画像検索システムにとって必要不可欠なデータベースを手作業で構築するには時間が掛かり、かつ、構築者に多大な負担が掛かる。それゆえ、画像検索分野では、計算機上で自動的にデータベースを構築するシステムの要求が増々大きくなっている。

従来、画像検索手法では、類似画像検索に関する研究が行われている。類似画像検索とは、ユーザがサンプル画像の中から所望の画像に近い画像を探索し、その画像と似た画像を計算機が自動的に選び、選んできた画像をユーザに提示する検索方法である。また、ユーザが所望の画像のイラストを描いて、描かれたイラストと類似した画像を探索して提示する方法も提案されている。これは画像からキーワードを抽出せずに、画像同士の類似度で行なうため、検索システムの構築が容易である。しかし、実際にユーザがこのシステムを使用するには、サンプル画像の中から画像を選ぶ、あるいは、自分で画像を描かなければならない。一方で、文書検索のように、キーワードを与えるだけで瞬時に所望の画像を取得することができる検索システムがあり、この手法を、画像キーワード検索と呼ぶ。画像キーワード検索は、類似画像検索と比べると、ユーザに対する負担が少なく、便利である。

画像キーワード検索において重要なことは、データベースを構築するために、画像を自動的に認識することである。ここでいう画像を認識するとは、たとえば、「スキー場の画像」というように、対象画像がどういった画像であるかを計算機上で自動的に認識させることである。これを実現させるには、画像中にどんな対象物があるかを自動的に識別しなければならない。このことを本論文では画像領域の識別と呼ぶ。

本論文では、画像とキーワードを対応させたデータベースを構築するための、風景画像における画像領域の自動識別を行なうことを研究目的としている。本論文の目的を達成するために、まず、画像中の領域を生成することを可能とするように、画像を分割する。画像領域分割法と

して、k-means 法や ISODATA 法などすでに提案されている。k-means 法はクラスタ数と各クラスタ中心を事前に決定し、クラスタ中心をそのクラスタに属する画素値によって更新することで、クラスタの境界を更新する手法である。しかし、クラスタ数を事前に決定することは困難である。ISODATA 法も事前にクラスタ数を決定しなければならないが、領域の分離や統合により、クラスタ数を事前に決定した値の 1/2 倍から 2 倍の範囲で最適にする利点を有する。しかし、ISODATA 法では、事前に設定するパラメータの数が多いたことが問題である。

画像領域の識別に関する研究については、顔認識や個人認証などの場合、人間の特徴として、目、鼻および唇の位置から識別を行なう研究がされている。このように、対象物が特定可能な場合には、その対象物の性質から特有の特徴量を算出し、認識することができる。一方、風景画像は対象物が複数あるため、これらに対して特有の特徴量を求めることは困難であり、識別が困難である。風景画像領域の識別では、ファジー推論ニューラルネットワークを用いて、絶対位置に関するルールあるいは絶対位置と相対位置に関するルールを獲得し、識別を行なった研究がある。しかし、この手法では位置情報が写真の撮り方に依存するため、ばらつきの少ない画像認識結果を得ることが困難である。

本論文では、上述の問題点を改善することで、精度の良い領域分割法と領域識別法を提案した。

第 2 章では、最初に提案した領域分割法について述べる。この提案手法は、はじめにある程度領域分割を行なった後、小領域を統合する手法である。まず、メディアンフィルタで画像のノイズ除去を行なった後、最大距離アルゴリズムによってクラスタリングを行なった。つぎに、小領域を隣接領域に統合することで領域分割を行なった。この手法の特徴としては、k-means 法の問題であったクラスタ数を事前に決定しなければならない問題を解消しており、かつ大まかに領域分割を行なうことができることである。この領域分割法を実画像に適用すると、複数の小領域で構成される対象物が隣接する大きな領域に統合されるが、k-means 法による結果よりも、良好な結果を得ることを確認した。

第 3 章では、2 番目の領域分割法について述べる。クラスタ数を事前に決定しなければならない問題点以外に、従来法では色の違いをユークリッド距離で表現していたが、色の違いとユークリッド距離による違いは異なる問題点があった。本章では、この問題を解決するために、ユークリッド距離を使用しない手法を提案した。また、人間の知覚を考慮したことと、無彩色と有彩色に分けて分割を行なうことによって、従来法よりも良好な分割を行なうことができる手法を提案した。まず、人間の知覚を考慮するために、画像の色情報 (HSI 表色系) を移動平均法によって変換した。各色情報のヒストグラムからクラスタリングを行なった後、無彩色を考慮した AND 演算により領域分割を行なった。その結果、最初の手法の問題であった他領域に統合されてしまうことはなく、良好な結果を得ることができることを示した。

第 4 章では、第 2 章で述べた領域分割法で得られる領域の識別を行なった。最初の手法では、分割した領域に対して、位置情報を用いない識別を行なった。対象領域の識別を行なうためには、その領域から得られる特徴量を算出しなければならないが、その特徴量の中には不要なものも存在する。そこで、有効な特徴量を見つけなければならない。本章では、因子分析を用いて、算出した特徴量のうちどの特徴量が有効なのかを調べた。また、その有効な特徴量を 2 次元のグラフで表現させる (2 次元に圧縮させる) ために、砂時計型ニューラルネットワークを

用いた。その特徴量を表現した結果から識別を行なった。その結果、重要な特徴量選択を行わずに識別を行なった結果よりも、良好な結果を得ることを示した。

第5章では、第3章で述べた領域分割法から得られる領域の識別を行なった。ここでも領域から得られる特徴量のうち有効な特徴量を探して、識別を行なったが、有彩色と無彩色では色情報において有効な特徴量が明らかに異なることに着目した。このために、領域を有彩色と無彩色に分類しなければならないが、本章では、領域を3つのカテゴリに分割した。このカテゴリは、ほぼ黒色の領域、黒色以外のほぼ無彩色の領域、さらに有彩色の領域である。ほぼ黒色の領域は、画像中においてあまり重要でないことが考えられる。また、有彩色では色情報としてすべての色情報が有効な特徴量であり、黒色以外の無彩色領域では色情報として明度のみが有効な特徴量である。無彩色領域に属する領域の識別と比べ、有彩色領域に属する領域の識別は容易である。ここでは識別が難しいと考えられる黒色以外の無彩色の領域に対して識別を行なった。このカテゴリに属する領域はグレイスケール画像であるとみなすことができるため、識別に重要である特徴量は明度平均値とテクスチャーのフラクタル次元とし、ニューラルネットワークにより識別を行なった。テクスチャー性を表す濃度共起行列との比較を行なったところ、本章の識別結果の方が良好な結果を得ることを示した。

第6章では、本研究によって得られた結果を総括し、今後の研究課題について考察した。

本論文の基礎となる発表論文

No.	論文題目	著者名	発表誌名	本論文との対応
1	Scene Image Analysis by Using the Sandglass-Type Neural Network with a Factor Analysis	S. Ito Y. Mitsukura M. Fukumi S. Omatsu	Proc. of IEEE Int. Symp. on Computational Intelligence in Robotics and Automation 2003, pp.994-997 (Kobe, Japan, 2003).	第 2 章
2	人間の知覚と無彩色を考慮した風景画像のための領域分割	伊藤 征嗣 吉岡 理文 大松 繁 北 耕次 久後 耕一	電気学会論文誌 C 部門誌, Vol.125, No.9 (2005). 掲載決定.	第 3 章
3	An Image Segmentation Method Using the Histograms and the Human Characteristics of HSI Color Space for a Scene Image	S. Ito M. Yoshioka S. Omatu K. Kita K. Kugo	Artificial Life and Robotics, Accepted for publication.	第 3 章
4	The Image Recognition System by Using the FA and SNN	S. Ito Y. Mitsukura M. Fukumi S. Omatsu	Proc. of Int. Conf. on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems 2003, pp.578-584 (Oxford, U.K., 2003).	第 4 章
5	Keywords Specification for Images Using Sandgrass-Type Neural Network	S.Ito S.Omatu	International Journal of Computational Intelligence and Applications, Vol.4, No.2, pp.143-151 (2004).	第 4 章
6	An Image Recognition Method by Rough Classification for a Scene Image	S. Ito M. Yoshioka S. Omatu K. Kita K. Kugo	Artificial Life and Robotics, Accepted for publication.	第 5 章

審査結果の要旨

本論文は、画像とキーワードを対応させたデータベースを構築するための、風景画像における画像領域の自動識別を行なうことを研究目的とし、そのための新しい画像領域分割法と領域識別法についてまとめたものであり、以下の成果を得ている。

- (1) 画像に対して雑音除去を行ない、クラスタリング手法における代表的な k-means 法よりも汎用性の高い最大距離アルゴリズムを用いて領域分割を行ない、さらに、小領域を隣接領域に統合する領域分割手法を提案し、その有効性をシミュレーションによって定量的に検証した。
- (2) 人間の知覚を考慮するために、画像の色情報を近傍領域を考慮した色情報に変換し、各色情報のヒストグラムからクラスタリングを行ない、有彩色と無彩色を考慮した領域分割法を提案し、その有効性をシミュレーションによって定量的に検証した。
- (3) 領域の識別に重要な特徴量を選択し、可視化を行なうために選択された特徴量を 2次元に圧縮し、その可視化されたグラフから領域の識別を行なう手法を提案し、その有効性をシミュレーションによって定量的に検証した。
- (4) 有彩色と無彩色領域の中で、識別が難しい黒色以外の無彩色領域に着目し、識別に有効である濃度情報とテクスチャ性を表す特徴量を用いて無彩色領域の識別を行なう手法を提案し、その有効性をシミュレーションによって定量的に検証した。

以上の諸成果は、風景画像における領域分割法および領域の識別法に関する新しい有用な知見を与えるものであり、この分野に貢献するところ大である。また、申請者が自立して研究活動を行なうに必要な能力と学識を有することを証したものである。