

氏 名	くし ま かず ひこ 串 間 和 彦
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	論 情 博 第 11 号
学位授与の日付	平 成 13 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	画 像 の 表 層 的 特 徴 を 利 用 し た 検 索 と 閲 覧 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 石田 亨 教授 上林 彌彦 教授 守屋 和幸

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は大量画像中から所望する画像を的確、かつ容易に見出す方式の確立を目的とし、色や形といった画像自体から直接抽出可能な情報（これらを画像の表層的特徴と呼ぶ）にもとづく、内容検索方式、閲覧方式について論じたもので5章から構成されている。

第1章は序論で本研究の目的と本稿の構成を述べている。

第2章では画像特徴を事前に解析しデータベースに格納する蓄積型の内容検索モデルをもとに、従来技術の到達点と問題点を述べている。蓄積型の検索モデルでは画像からその画像を特徴付けるための特徴量を決定する内容解析処理、キーとなる画像を指定するための検索インターフェース、蓄積された画像と検索キーで与えられる画像間で特徴量にもとづいて類似した画像を決定する照合処理が必要であることを示し、上記処理毎に既存の研究成果を整理している。さらに上記整理に基づき、画像内容検索に関する今後の研究課題について明らかにしている。

第3章は日常的な写真を対象とした高精度な内容検索を目的として、オブジェクトにもとづく画像検索機能を提案している。画像の精密な検索のためには画像全体だけでなく、その中に映った個々の物体や背景（これらをオブジェクトと呼ぶ）にもとづく検索が必要であり、そのためには画像中からオブジェクトを正確に、かつ人間の手間をかけずに抽出することが必要である。本章では画像をオブジェクトの階層構造としてとらえ、オブジェクトを分割しているエッジをその強さに応じて段階的に除去してゆくことで、より多くの有意なオブジェクトを自動抽出する方式を提案している。色クラスタリングによるオブジェクト抽出方式を用いた場合との間で再現率と適合率にもとづく比較実験が行われ、提案方式により特に背景に紛れ易いオブジェクトを精度良く検索できることが示されている。さらに多次元空間インデックスを利用することでオブジェクト数増加に伴う検索時間性能の劣化が軽減できることが示されている。

第4章は画像集合を閲覧する手段として、画像特徴にもとづく複数の分類観点をもとに、階層的な分類木をトップダウンに構築し、提示する方式を提案している。第3章で述べた検索機能では検索のもとなるキー画像を指定するのに手間を要する。さらに一回の検索で得られるのは、特定のキー画像と類似した一部の画像のみであり、他にどのような種類の画像が集合中に存在するか分からない問題がある。これらを解決するために、画像の表層的特徴を利用し、さらに代表例にもとづく分類方式とクラスタリング方式を組み合わせることで人間にとって分かりやすい分類木をインタラクティブに構築する複合分類方式を提案している。さらに構築した分類木を本の目次風に提示する機能と、第3章の内容検索機能を統合することで、本の目次と索引に相当する機能を持った現実の情報探索に近い検索インターフェースを提案し、評価を通して目的画像を見つけるまでの手間を従来方式の1/2以下に削減できることを示している。

第5章ではオブジェクトにもとづく画像検索を実装した ExSight システムについて、実装方式とサービスへの適用事例を述べている。実装に関しては内容解析処理の高速化方式、複数の特徴量照合を管理するコーディネータ処理の最適化方式が述べられている。次に ExSight システムを染織コンテンツ流通・保護実験に適用した結果を論じている。本実験では新規に染織デザインを登録する場合、改変によって不正に作成された画像でないかを、既存画像中で一定のしきい値以上に類

似した画像が存在しないことで確認している。想定される改変パターンを分類することで ExSight による検出可能範囲を定性的に明らかにしつつ、実験を通して不正検出精度についての評価が行われ、想定される改変画像の多くを検出可能であることが示されている。最後にハミングによって所望の楽曲を検索する楽音検索システムを対象に、他のメディアへの適用性が示されている。このシステムではオブジェクト検索と同様の考えに従い、曲の入力時に時間正規化に従って重複した部分曲が自動抽出され、音高推移、音高分布の各特徴量がデータベースモジュールに格納される。実現した楽音検索システムに関して検索精度、検索時間性能が評価されている。

第6章は結論で、本稿を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は大量画像中から所望する画像を簡便に探し出す方式の確立を目的とし、色や形といった自動的に抽出可能な表層的特徴にもとづく、内容検索方式、閲覧方式に関して研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

(1)蓄積型の画像内容検索技術の内容解析、照合、検索インタフェースからなるモデルで整理し、今後の課題として部分画検索の精度向上、大量の画像集合を閲覧できる検索インタフェースが必要であることを示した。

(2)画像内をオブジェクトの階層構造としてとらえ、オブジェクトを分割しているエッジをその強さに応じて段階的に除去していくことで、より多くの有意なオブジェクトを自動抽出する方式を提案した。本方式により従来提案されている平面的な色クラスタリング方式に比べ、抽出できる有意なオブジェクト数を約2倍に向上でき、特に背景に紛れ易いオブジェクトを精度良く検索できること、抽出されるオブジェクト数の増加に対しては多次元空間インデックスを用いた照合により検索時間性能の劣化を軽減できることを示した。

(3)画像集合の閲覧を目的として、画像特徴にもとづく複数の分類観点をもとに、階層的な分類木をシステムとのインタラクションを通してトップダウンに構築する方式を提案した。さらに構築した分類木を本の目次風に提示する機能と、(2)の内容検索機能を統合することで、本の目次と索引に相当する機能を持った現実の情報探索に近い検索インタフェースを提案し、評価を通して目的画像を見つけるまでの手間を従来方式の1/2以下に削減できることを示した。

(4)デジタル画像の流通においては、不正な改変による2次利用が問題であり、従来困難であった元画像の部分改変や模造等の検出を内容検索機能によって行う方式を提案した。実際に京都における染織コンテンツ流通・保護実験に適用した結果、画像の改変に対して信頼性の高い検出が可能であることを示した。

よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年11月20日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。