

学 位 論 文 題 名

Watershed 法を用いたカラー画像の 領域分割に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、Watershed 法を用いた領域分割に関する研究成果をまとめたものである。

近年、デジタル技術の進歩とともに、多くの高度化された製品が開発された。例としてロボットシステム、予防安全のための自動車の自動運転システムなどを挙げることができる。高度化された製品は人々の生活品質を大幅に引き上げることができる。その中で画像、音声などのマルチメディアの処理技術は重要な役割を果たしている。画像処理技術により、機械は周囲の環境に適応した行動をし、人間の仕事を部分的に代行することができる。現在の画像処理技術では画像中の物体特徴を抽出して、それを記述することを重要視する。このような技術は内容に基づく画像処理と呼ばれている。

領域分割は、内容に基づく画像処理の前処理として、特徴が類似した連結領域に画像を分割する操作である。画像中の対象物を一つあるいは複数の領域に分割することは、画像の認識、分類、抽出などの処理に有用である。領域分割の良否は、内容に基づく画像処理に大きな影響を与えるため、近年でも領域分割の精度向上に関連する研究が続いている。認識された物体を背景から切り出す場合は、閉じた、単一の領域分割線が必要である。このような領域は Watershed 法によって原則的には簡単に得られる。

Watershed 法は、最初に地質学において地質形態や外貌を叙述するために導入された。画像の画素の輝度値、その極小値、極大値はそれぞれ地形の海拔高度、谷底、峰に対応する。画像を地形とみなし、その谷底から水を注入し、形成される複数の水域の隣接部分を Watershed（分水嶺）と呼ばれる境界とする。Watershed 法は、基本的かつ単純な手法と考えられる領域成長法の一つと見ることが出来る。領域成長法においては、（未処理の）画素 1 個を作業始点として設定して、近傍画素を取り込みながら領域を成長させる。この場合、始点の選択法、成長の手順に任意性があり、同じ画像を処理しても複数の異なる結果が得られる可能性がある。これに対して Watershed 法においては、作業始点は画像によって一意に与えられ、また、成長の手順も地形を想定した水域の広がり

を模擬することにより、一意に与えられる。これらの性質は Watershed 法の重要な特徴である。

しかし、Watershed 法には二つの問題がある。第一に、自然画像では一見して平坦に見える部分でもわずかな輝度値の変化があるため、極小値をとる画素が多い。そのため、極小値の総数に等しい個数の領域が生じてしまい、過剰分割に至る。第二に、Watershed 法では、領域が極小値から極大値へと成長するため、輝度値が広義単調な範囲全体を一つの領域とみなしてしまう。このことは未分割の原因となり得る。そこで、本論文は Watershed 法に注目し、その問題点を指摘した上で、カラー画像の領域分割法を提案する。

本論文の第2章で、Watershed 法を用いた領域分割を紹介した上で、過剰分割・未分割の問題を指摘する。また、実験により、領域分割に対する影響を確認する。第3章では、色エッジ法を紹介し、差分フィルタを用いた色差による色エッジの検出法を提案し、提案手法を用いて得られた実験結果を示す。第4章では、3章に提案した色エッジの検出法を用いた領域分割を説明する。実験により、Watershed 法は過剰分割と未分割とに対して有効であることを確認する。また、Watershed 法を適用して得られる領域分割結果を初期領域として定義する。第5章では、隣接領域統合法を説明する。エラー抑制の視点から統合の問題点を指摘する。領域統合の実験により、問題点を示す。第6章では、5章に説明した領域統合の問題点に対し、領域情報を記録する領域モデルの定義し、並列実行の領域統合法を提案する。Watershed 法の過剰分割を解決する対策として、この手法を用いる。第7章では、領域分割に対する評価指標を紹介する。更に、Watershed 法の過剰分割・未分割を対策とした色エッジの強度画像と並列実行の領域統合を評価する。比較実験を行いことで、提案手法の有効性を示す。最後に第8章において、本研究の成果について要約し、論文全体をまとめる。

以上を要約すると、本論文は内容に基づく画像処理において重要な前処理である領域分割に適した基本性能を有する Watershed 法について詳細な検討を行い、その問題点を指摘した上で、解決法を提案している。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	北 島 秀 夫
副 査	教 授	山 本 強
副 査	教 授	荒 木 健 治
副 査	助教授	長谷山 美 紀

学 位 論 文 題 名

Watershed 法を用いたカラー画像の 領域分割に関する研究

本論文は、博士課程在学中に著者が行った Watershed 法を用いた領域分割に関する研究成果をまとめたものである。

画像処理は信号処理のために開発された線形フィルタリング理論にその基礎をおくことは確かであるが、近年では更に高度な処理が要求されている。その最も顕著な例が画像認識である。そこでは画像中の物体特徴を抽出して、それを適当な方法により記述し、その記述を通じて他の画像中の物体との比較が行われる。この過程においては最早線形フィルタリング理論に依拠する処理方式は完全に無効であって、新たな枠組みを必要とする。

著者が行った研究は高度な画像処理の準備として位置づけられる。与えられた画像を解析して、その中に描かれた物体あるいは物体の部分を構成する連結した画素の集合（以下では領域と呼ぶ）を抽出する処理（以下では領域分割と呼ぶ）に関し、既存技術の問題点を調査し、その解決法を提案し、その有効性を実証した。

領域分割の良否は、認識等の、画像内容に基づく画像処理に大きな影響を与えるため、これまでも活発に研究が行われ、現在も領域分割の精度向上に関連する研究が続いている。認識された物体を背景から切り出すためには、閉じた、単一の領域分割線が必要である。著者は、このような領域は Watershed 法によって簡単に得られることに注目した。

Watershed 法は、最初に地質学において地質形態や外貌を叙述するために導入された。画像の画素の輝度値、その極小値、極大値はそれぞれ地形の海拔高度、谷底、峰に対応する。画像を地形とみなし、その谷底から水を注入し、形成される複数の水域の隣接部分を Watershed（分水嶺）と呼ばれる境界とする。Watershed 法は、基本的かつ単純な手法と考えられる領域成長法的一种と見ることが出来る。領域成長法におい

では、(未処理の)画素1個を作業始点として設定して、近傍画素を取り込みながら領域を成長させる。この場合、始点の選択法、成長の手順に任意性があり、同じ画像を処理しても複数の異なる結果が得られる可能性がある。これに対して Watershed 法においては、作業始点は画像によって一意に与えられ、また、成長の手順も地形を想定した水域の広がり模擬することにより、一意に与えられる。これらの性質は Watershed 法の重要な特徴である。Watershed 法自体は以前から存在するが、著者のこのような Watershed 法の位置づけは正確なものであると評価する。

著者は Watershed 法には二つの問題があることを指摘した。第一に、自然画像では一見して平坦に見える部分でもわずかな輝度値の変化があるため、極小値をとる画素が多い。そのため、極小値の総数に等しい個数の領域が生じてしまい、過剰分割に至る。第二に、Watershed 法では、領域が極小値から極大値へと成長するため、輝度値が広義単調な範囲全体を一つの領域とみなしてしまう。このことは未分割の原因となり得る。著者は Watershed 法の上記問題点を指摘した上で、カラー画像の領域分割法を提案した。

以下、各章における著述内容を総括する。第2章で、Watershed 法を用いた領域分割を紹介した上で、過剰分割・未分割の問題を指摘した。また、実験により、領域分割に対する影響を確認した。第3章では、色エッジ法を紹介し、差分フィルタを用いた色差による色エッジの検出法を提案し、提案手法を用いて得られた実験結果を示した。第4章では、3章に提案した色エッジの検出法を用いた領域分割を説明した。実験により、Watershed 法は過剰分割と未分割とに対して有効であることを確認した。また、Watershed 法を適用して得られる領域分割結果を初期領域として定義した。第5章では、隣接領域統合法を説明した。エラー抑制の視点から統合の問題点を指摘した。領域統合の実験により、問題点を示した。第6章では、5章に説明した領域統合の問題点に対し、領域情報を記録する領域モデルを定義し、並列実行の領域統合法を提案した。Watershed 法の過剰分割を解決する対策として、この手法を採用することを提案した。第7章では、領域分割に対する評価指標を紹介した。更に、Watershed 法の過剰分割・未分割を対策とした色エッジの強度画像と並列実行の領域統合を評価した。比較実験を行い、提案手法の有効性を示した。最後に第8章において、本研究の成果を要約し、論文全体のまとめを行った。

以上を要約すると、著者は画像認識に代表される高度画像処理において重要な前処理である、画像の領域分割に適した基本性能を有する Watershed 法について詳細な検討を行い、その問題点を指摘し、その有効な解決法を提案した。本研究を通じて画像処理、情報メディア工学へ大きな貢献をしたので、博士(工学)の学位を授与される資格があるものと判定する。