

氏 名	シゲオ ノムラ SHIGUEO NOMURA
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 205 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 シ ス テ ム 科 学 専 攻
学位論文題目	Novel Advanced Treatments of Morphological Entities in Spatial Information Processing (空間情報処理における形態要素の取扱いに対する拡張手法)
論文調査委員	(主 査) 教 授 片 井 修 教 授 松 田 哲 也 助 教 授 杉 本 直 三

論 文 内 容 の 要 旨

空間情報処理システムにおけるデータ取得の自然環境のゆらぎや検知器のばらつきが原因となり、劣化画像の発生は避けられない問題である。

本論文では、まず劣化した画像に含まれる通常の処理では困難な形態要素の取扱いに関して検討したものである。とくに前処理と特徴抽出に注目し、画像処理のデジタル幾何学や数理形態学の集合演算に基づき、要素の強調、復元や分割に対する拡張手法を提案している。また、得られた特徴ベクトルを用いて、対象物をカテゴリ識別する問題に関して、ノイズによる特徴値の変動に対応できる人工神経回路網の拡張モデルを提案している。提案手法やモデルを実データに適用し、その有効性を確認している。論文全体は7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的と社会的意義および論文の構成を示している。

第2章では、要素の強調、復元や分割および特徴抽出と識別の拡張手法に向けて基礎となる数理形態学、画像処理と人工神経回路網の背景や理論の説明を行っている。

第3章では、劣化した画像の二値化に際してコントラストの適応的強調手法を提案している。具体的には、基本とするアルゴリズムとして、適応的分割 AD (Adaptive Division) アルゴリズムと適応的照明 AL (Adaptive Lightning) アルゴリズムを導入し、画像の質(劣化)の程度に依存した領域分割と照度の変更を行う方法である ALM (Adaptive Lightning Method) を提案している。これによって、領域依存で適応的なエッジ強調とノイズ低減が達成可能であることを、劣化画像実データを用いて明らかにしている。

第4章では、数理形態学の集合演算に基づいたアルゴリズムを用いて、劣化画像の二値化により生ずる様々なタイプのノイズを分析し、そのノイズの原因となる影を含む領域を抽出して、領域に対する照度変更を施す方法である SL*L (Shadow Location and Lightening) 手法を提案している。SL*L 手法の適用によりノイズの原因を除去し、劣化画像に含まれている空間情報を復元する方法の有効性を明らかにしている。さらに実データを用いて、SL*L 手法を著名な従来手法と比較することによって、引き続いて行うセグメント化処理への親和性が高く、本手法の有効性を実証的に明らかにしている。

第5章では、これまでの形態要素の強調や復元手法の応用結果である二値化画像を分割(セグメンテーション)するための数理形態学に基づいた適応的分割 AutoS (Automatic Segmentation) アプローチを提案している。形態要素の一部の欠落や、逆に別個の形態要素同士が繋がってしまう場合、あるいは要素が重なるような場合に対して、形態操作に数理形態学による工夫を加えることによって、一般に困難とされるような場合に対しても有効な手法であることを明らかにしている。その結果、セグメンテーションの境界を適応的かつ柔軟に設定することが可能であることを実データに適用して明らかにしている。

第6章では、抽出された劣化画像情報の特徴ベクトルに対する認識(識別)のための人工神経回路網の拡張モデル設計に

について検討を加えている。まず、多階層型神経回路網 MLP (Multilayer Perceptron) における学習に際して用いられる出力層の望ましい出力データのベクトル表示であるターゲットベクトル群の作製法について新たな提案を行っている。このターゲットベクトル群について線形代数に基づいた理論的究明を加えることによって、このベクトル群が相互に直交することが識別率の向上につながることを見だし、直交バイポーラベクトル OBV (Orthogonal Bipolar Vector) をターゲットベクトルとするネットワークモデルの学習法を考案し、その有効性を明らかにしている。さらに、従来の識別法の one-per-class とは異なり、出力層データのベクトルとターゲットベクトルのユークリッド距離に基づいた識別方法を提案している。従来のターゲットベクトルを用いる方法と違う点は、拡大された出力空間が構築されること、隠れ層と出力層の間の結合がより緊密に形成されること、またターゲットベクトル同士の間の距離も増えるため、劣化画像情報処理の改善につながる学習性の向上に寄与することが実証的に示されていることである。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめ、今後の研究課題について記述している。

論文審査の結果の要旨

本研究は、通常の処理では困難な劣化した画像に含まれる形態要素の取扱いに関して前処理と特徴抽出を支援する強調、復元や分割手法を提案し、実装を行っている。また、得られた劣化形態要素の特徴ベクトルを空間情報処理の識別問題のノイズによる特徴値の変動に対応できる人工神経回路網の拡張モデルを提案し、実装を行っている。これらについて得られた主な成果は以下のように要約される。

1. 画像の質の低下(劣化)の程度に依存して領域分割と照度変更を行う新たな強調手法である ALM (Adaptive Lightning Method) を構築した。ALM は、画像の背景の平均照度によって適応的分割を行う AD (Adaptive Division) アルゴリズムとその分割結果をデータとして適応的照明を行う AL (Adaptive Lightning) アルゴリズムで構成されており、従来の手法より高度な強調が得られることを示した。
2. 数理形態学の集合演算に基づいて影に起因する領域を抽出して、その領域の照度変更を施す新たな復元手法である SL*L (Shadow Location and Lightening) を構築した。SL*L 手法の適用により、劣化画像に含まれている空間情報復元の有効性を明らかにした。さらに従来手法と比較し、本手法の有効性を実証的に明らかにした。
3. 数理形態学に基づいた適応的分割の AutoS (Automatic Segmentation) アプローチを構築した。形態要素の一部の欠落や、逆に別個の形態要素同士が繋がってしまう場合、あるいは要素が重なるような場合に対して、形態操作に数理形態学による工夫を加えることによって、一般に困難とされるような場合に対しても有効な手法であることを明らかにした。さらにセグメンテーションの境界を適応的かつ柔軟に設定することが可能であることを実データに適用して明らかにした。
4. 多階層型人工神経回路網の MLP (Multilayer Perceptron) の拡張モデルの設計を実装した。具体的には、学習に際して用いられるターゲットベクトル群の OBV (Orthogonal Bipolar Vector) を導入し、線形代数に基づいた理論的検討を行い、このバイポーラベクトル群が相互に直交することが識別率の向上につながることを明らかにした。さらに、通常の識別法とは異なり、出力層データのベクトルとターゲットベクトルとのユークリッド距離に基づいた識別方法を構築し、従来のターゲットベクトルを用いる方法とは異なり、拡大された出力空間が構築されること、またターゲットベクトル同士の間の距離も増えるため、劣化画像情報処理の改善につながることを実証的に示した。

以上要するに本論文は、空間情報処理システムに欠かせない自然環境のゆらぎが原因となる劣化画像の特徴値の変動に対応できる提案を実装したものである。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18年2月16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。