

氏名	野坂 龍佑		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第9000号		
学位授与年月日	平成31年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Feature extraction based on spatial co-occurrence and rotation properties for image recognition (画像認識における物体の空間共起性及び回転特性に基づく特徴抽出)		
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	福井 和広
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	亀山 啓輔
副査	筑波大学 教授(連携大学院)	博士(工学)	佐藤 雄隆 (産業技術総合研究所)
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	滝沢 穂高
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	北原 格

論文の要旨

本論文は、画像認識における空間共起性および回転特性に基づいて、4つの新しい特徴抽出法を提案し、それらの有効性を多角的に検証している。

第1章では、画像認識における回転特性について、回転不変性と回転依存性を2つの基軸として整理・分析し、有効な特徴抽出を設計するうえで、如何に回転特性を識別に反映させるかについて考察している。さらにこれを受けて提案する各方法の基本アイデアを述べている。

2章では、画像認識の代表的な特徴量である Local Binary Patterns (LBP) の判別能力を向上させるために、複数 LBP 間の共起性を考慮した CoALBP (Co-occurrence of Adjacent Local Binary Pattern) を提案している。LBP は局所領域ごとに算出されたバイナリパターンの出現頻度を表現する特徴量である。しかしながら、出現頻度という単純な情報だけでは、局所領域間の関係情報までは捉えることは難しく、高い識別性能が得られない。そこで CoALBP では近接する局所領域から算出される LBP ペアの出現頻度を特徴量としている。

第3章では、CoALBP に回転不変性を組み込んだ RIC-LBP (Rotation Invariant Co-occurrence LBP) を提案している。テクスチャ認識や細胞分類などのクラス分類問題では、対象物体のクラスは対象物の向き・姿勢に依らずに不変であるべきである。RIC-LBP はこの回転不変性を得るために、LBP 対単位での回転同値類を考えることで、LBP が持つ局所領域間の関係性を崩すことなく、回転不変性を巧妙に組み込んでいる。テクスチャ認識や細胞分類における性能評価において、従来法に比べ極めて高い識別性能が示されている。

第4章では、画像中の対象物体の外接矩形推定において、物体が回転する際に外接矩形がどのよ

うに回転すべきかの特性に着目した回帰手法 OAR(Orientation-Aware Regression)を提案している。外接矩形推定とは、入力画像の物体形状を表す外接矩形を推定する問題である。提案法では、向きの情報を抽出するために畳み込み層の一種である ORConv を用いている。この方法では畳み込みフィルタを予め定めた複数の角度で回転させておく。畳み込みはこの回転させたフィルタ群を用いて行う。これにより得られたフィルタ角度毎の応答を2次元ベクトルに変換し、さらに得られた2次元ベクトルを基底とする線形結合と2次元ベクトルに対する非線形処理の組み合わせで、外接矩形の各頂点への座標を回帰により高精度で求めている。有効性は実験的に示されている。

第5章では、回転不変な特徴量が有効な対象とそうでない対象が混在する状況において、回転不変処理を行うべきか否かを適応的に切り替える RIS(Rotation Invariance Switcher)を提案している。RIS は CNN などのニューラルネットワークをベースに構築されており、対象物が回転可動と回転不可動のいずれかを推定することで、入力に応じた切り替え処理を可能としている。回転可動と判断された場合には回転不変な特徴量が出力され、回転不可動と判断された場合には、入力された特徴量がそのまま出力される。本提案法の有効性は実験により確認されている。

第6章では、本研究の結論および今後の展望について述べている。

審査の要旨

【批評】

画像中の物体の空間共起性および回転特性(回転不変量と回転依存量)に基づいて提案された、4つの特徴抽出法はいずれも高い新規性が認められる。また理論的な新規性に留まらず、細胞画像識別などの実問題において、人間の判別能力を凌駕する性能を実現している点も高く評価できる。特に CoALBP と RIC-LBP は LBP の拡張法として、多くの海外研究者から高い評価を受け、画像認識においては標準的な特徴抽出に位置付けられており、現在でも、これらの方法をベースにした拡張版が多数提案されている。これらの事からも本研究成果のレベルの高さが伺われる。以上の独創性や実用性などを総合的に鑑みて、本研究は学位を受けるに値する研究成果であると評価できる。

【最終試験の結果】

平成31年2月7日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。