

## 審査の結果の要旨

氏名 金 炫 秀

本論文は「**PoISAR Land Classification System Based on Unsupervised Adaptive Polarization Scattering Signal Processing Using Quaternion Neural Networks**（四元数ニューラルネットワークによる偏波散乱情報の教師なし適応処理に基づくPoISAR地表分類システム）」と題し、偏波合成開口レーダ(**polarimetric synthetic aperture radar: PoISAR**)による土地利用状況の分類・認識を柔軟で高精度に実現するため、四元数に基づくオートエンコーダ(**auto-encoder: AE**)特徴量自動抽出ニューラルネットワークと四元数自己組織化マップ(**self-organizing map: SOM**)による教師なし分類方法、これを拡張してコードブック生成部分を備えた階層的分類システム、そこにポピュレーション・コーディングを取り入れた高機能化手法のそれぞれを提案してその効果を実証し、またこれら処理の際に観測される統計量の解像度依存性を解析したものであり、英文で執筆され6章からなる。

近年、人工衛星や航空機に搭載された**PoISAR**の利用が広がりつつあり、森林伐採の監視や氷河・極地雪氷の観測による地球温暖化や水資源の把握、次世代農業への利用可能性の探索などが進められている。従来の散乱物理モデルと行列分解法による手法に対し、より柔軟性と正確性を高めるため確率的なモデルに基づく手法やさまざまな適応的な処理方法が提案され研究されている。本論文は、四元数を利用する新たなニューラルネットワークとそれに基づくシステムを提案して、優れた機能と性能を実現したことを報告するものである。

第1章は“**Introduction**”であり、論文の背景と目的を述べている。

第2章は“**Pixel-Based Unsupervised PoISAR Land Classification**”と題し、四元数**AE**と四元数**SOM**による教師なし**PoISAR**土地状況分類システムを提案している。このシステムは、人間による事前のカテゴリ定義やラベル付けを必要としない。実験によって、**AE**が分類に有効な特徴量をうまく抽出し、システムが**PoISAR**データを高い正確性に細かく分類することを確認したことを報告している。またより細かいクラスが自動的に生

成され、新クラスを発見してくれることを述べている。

第3章は“Hierarchical Unsupervised PolSAR Land Classification”と題し、自己組織する偏波特微量生成とそれを使用した階層的PolSARデータ分類システムを提案し、より高解像度の観測データを扱う方法を示している。高解像度PolSARでは、単ピクセルは非常に狭い範囲の散乱特徴を表しているため、従来の方法ではそれを直接に土地状況分類に利用することは難しく、ピクセル平均化によって解像度を落として利用する方向の研究が進められてきた。本論文は、単ピクセル特微量からコードブックを自己組織させ、それを用いて分類を行うことを提案した。これによって、たとえば農場は農場として正しく分類され街（建物群）はとして分類されるとともに、細かくは屋根の中心部や側壁などとサブクラスしても分類できることを示している。これは、高解像度PolSARにおける新たなカテゴリの発見にも役立つ機能である。

第4章は“Optimization of Hierarchical Polarization Feature Generation”と題し、第3章の階層的分類システムのコードブック生成にポピュレーション・コーディングを導入している。これによって、分類機能の安定度が増し、特にさまざまな特微量を含む観測領域に安定して利用できるようになったことを示している。

第5章は“Experimental Analysis of Pixel Variation in PolSAR Data”と題し、PolSARの解像度の変化に対してそれがどのように統計的性質に影響を与えるかを実験的に解析し議論している。従来、解像度が上がるにつれてピクセル値のばらつきは大きくなると予想されてきたが、実際にデータを解析すると、ばらつきは解像度にあまり依存しない結果となることを明らかにし、その原因について議論している。そしてこの事実は高解像度PolSARでの単ピクセル情報が分類に有効であることを支持していることを述べている。

第6章は“Conclusion”であり、結論を述べている。

以上これを要するに、本論文は偏波合成開口レーダによる土地利用状況の分類・認識を柔軟で高精度に実現するため、四元数に基づくオートエンコーダ特微量自動抽出ニューラルネットワークと四元数自己組織化マップによる教師なし分類方法、これを拡張してコードブック生成部分を備えた階層的分類システム、そこにポピュレーション・コーディングを取り入れた高機能化手法のそれぞれを提案してその効果を実証し、またこれら処理の際に観測される統計量の解像度依存性を解析して議論したものであり、電気電子情報工学、特にレーダ工学および信号処理工学への貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。