

審査の結果の要旨

氏名 ヒヤ ロイ

本論文は、「Deep Learning for Planetary Exploration: Improving image analysis capabilities under limited data resources (深層学習の惑星探査への応用 : データリソース制限下での画像解析能力の向上)」と題し、月や惑星への探査に際して深層学習の新しいアルゴリズムを提案し、ミッションに必要な画像解析を効率化させることについて考察したものである。

月や惑星の探査では、通信容量の制約や電波伝搬時間遅れがあるため、大量のデータを地上に送り人間が判断することは困難であり、送信するデータ量を削減する、あるいは探査機が自律的に判断することが求められる。また大量のデータが地上に送信された場合においても、科学者が全データを確認することは困難であり、効率的なデータ検索システムが必要である。一方で、探査機に搭載される計算機は、信頼性の観点から数世代前の技術を使用せざるを得ず、質量・消費電力の観点から小型のものに限られるなどリソース制限がある。これらの問題を解決するためには、情報圧縮、画像復元、画像理解などを高度化する必要があるが、従来の手法では限界があった。

一方、最近では、深層学習 (Deep Learning) の技術が発達し、従来は人間でないとできなかった高度な情報処理を計算機によって実現することが可能になってきた。膨大なデータを用いて学習させることにより、人間の判断に匹敵するデータ処理、データ検索などが可能となっている。しかしながら、月や惑星の探査においては、必ずしも大量のデータや計算リソースが得られるわけではないので、地上での応用をそのまま利用することはできない。

そこで本論文では、深層学習技術を用いたいくつかの手法を新たに提案し、月惑星探査における通信制約、計算機制約を考慮した応用例を示している。これらの手法は、月惑星探査に限らず、同様な条件下での問題解決に有用である。

第1章「Introduction」では、機械学習 (Machine Learning) 技術の現状について概説し、その中でも特に、深層学習のうちの Convolutional Neural Network (CNN) と Generative Adversarial Network (GAN) について説明している。また、最近の月惑星探査分野における深層学習技術に関する先行研究と、その限界を紹介している。そして、これらの問題を解決することが本研究の目的であることを述べ、本論文の構成を示している。

第2章「Retrieving Interesting Planetary Images based on Captions」では、CNNを用いて、画像から特徴的地形を抽出し、それらについて地形分類を行い、対応する地形用語を付加する方法を提案している。これを用いることにより、探査機が撮影した画像の特徴を表すキーワードのみをダウンリンクし、地上で判断した後、必要な画像のみをダウンリンクすることが可能となり通信リソースを有効に活用できる。またダウンリンクした画像にはキーワードが付加されているため、科学者が検索する作業を効率化できる。

第3章「Toward Better Planetary Surface Exploration by Orbital Imagery Inpainting」では、探査機から地上に送信された画像のうち、運用上の制約、データエラー、照明条件などにより欠損した部分を補完修復するアルゴリズムを提案している。GANを用いた方法により探査機が撮像した画像の欠損部分を復元し、従来手法より良好な復元率を示している。復元された部分は正確性が保証されないため科学的な解析に使用することはできないが、複数画像をつ

なぎ合わせる作業や、欠損領域の再撮像の必要性の判断などに有用である。

第4章「Image Inpainting using Frequency Domain Priors」では、第3章の画像修復を発展させ、ネットワークの学習を空間領域だけでなく周波数領域にも拡張し、さらに画像復元の性能を向上させることに成功している。すなわち、第一段階として周波数領域においてCNNを用いた復元を行い、第二段階で空間領域においてGANを用いた復元を行っている。

第5章「Conclusions」では、本論文のまとめと今後の課題を示している。

以上これを要するに、本論文は、月や惑星の探査において深層学習の技術を適用することにより、通信・計算機などのリソース制限を考慮しつつ、画像の分類、画像修復などを高性能に行うアルゴリズムを提案し、その有効性を示したものであり、宇宙工学、情報工学、電気電子工学などの分野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。