

Detection of Dark Regions on the Lunar Surface with Shadow Masked Multiband Imager Data

*伊東 里保¹、井上 博夏²、大竹 真紀子²、大嶽 久志²、中村 良介¹

*Riho Ito¹, Hiroka Inoue², Makiko Ohtake², Hisashi Otake², Ryosuke Nakamura¹

1. 産業技術総合研究所、2. 宇宙航空研究開発機構

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Japan Aerospace Exploration Agency

Dark Mantle Deposit (DMD)、鉄またはチタンが特に多い地域、年代が古く風化の進んでいる海など、月面上に存在する反射率が特に低い領域は、月の進化過程に関わる重要な情報を持っている。そのため、そういった暗い領域を新たに発見することは月科学の分野において重要な課題の一つとされている。高分解能な月探査データの蓄積により、月全球においてこれまで見逃されていた可能性のある比較的小規模な暗い領域の探索を行えるようになった。本研究の目的は、このような高解像度月探査データから月面上の最も暗い領域の候補を網羅的に探索することである。一方で、例えば月周回衛星かぐやのMultiband Imager(MI)画像から暗い領域の自動検出を試みた場合、MI画像内にある影が妨げとなることが予想される。そこで本研究では、前処理としてMI画像内から影領域を除去したうえで影以外の暗い領域の探索を行った。

太陽光は入射しているが入射角が低いいため相対的に周囲よりも暗く見えている影領域も異常値を持つ可能性がある。そのため影検出タスクにおいては地形の影響により太陽光が完全に入射しない日陰だけでなく日陰と影両方を検出対象とする。日陰はDEMを用いた日照シミュレーションによって検出することもできるが、日陰と影の両方をMI画像に即した形で検出するには、実際のMI画像から得られる反射率の相対的な差や影の形状などの特徴を用いて検出する必要がある。影領域除去処理のための影マスク作成には、conditional Generative Adversarial Network(cGAN)を用いた。画像認識に用いられるディープラーニング手法の多くは、教師データからオブジェクトの形状やスペクトル方向の特徴を捉え、タスクを解くための最適な特徴量を自動的に学習することができる。GANはGeneratorとDiscriminatorと呼ばれる2つのネットワークを競合させながら学習を行う。GeneratorはDiscriminatorを騙せるような精巧な模擬画像を生成することを、そしてDiscriminatorはGeneratorが生成した模擬画像と正解画像を正しく識別できることを目標としている。cGANの学習を行うために、MI画像とMI画像に対する正しい影マスクのペア（教師データ）を用意した。本研究では、Generatorが入力されたMI画像に即した影マスクを生成するように学習を行った。学習済みのGeneratorによって生成された影マスクを目視で確認したところ、教師データとして用意したようなクレータなどによる影やコントラストがはっきりした影は概ね検出できていた。一方で、今回用意した影の正解データに含まれていないような小さい影の検出精度は高くなかった。また、MI画像内に含まれる無効値は決められた値が設定されているが、無効値周辺は異常値を示す場合があり、それに影響される形で影の検出精度も低い結果となった。

次のステップでは、学習済みのGeneratorが生成した影マスク画像を用いて影の影響を取り除いたMI画像から、暗い領域を探索する。ただし、無効値を多く含む画像については影検出の精度が安定しないため、無効値が比較的多い±60よりも高緯度の領域は探索対象から除外し、対象領域内に含まれる無効値の周辺も異常値を持つことが多いためマスク（除外）の対象とした。最初の試みとして、暗い領域の検出は単純な閾値処理にて行った。閾値は影除去後のMI画像のバンド2（波長750nm）から算出した反射率のヒストグラムから決定し、反射率が閾値を下回る領域を暗い領域候補とした。また、検出された候補の内サイズが小さい領域は、学習済みのGeneratorにより検出・除去できなかった細かい影である可能性が捨てきれない。そのため領域のサイズが約900画素以下の場合、暗い領域候補から除外することとした。この処理によって影ではない暗い領域の候補を除外してしまう可能性はあるが、今回はより確実に暗い領域だと判断できる候補を探し出すことを重視した。閾値処理やノイズ除去手法は、最終的な候補地点の検出に大きく影響する重要な要素である。今回は影検出精度に依存して、ノイズとして除去する領域のサイズを大きめに設定した。今後研究を進めるうえで改善・検討を重ねていき、より小規模な暗い領域の検出を目指す。

本手法を適用した結果、若干のノイズは残るものの、既存のDMDである熱の入江やタウラス・リトロー、蒸気の海などが候補として検出された。他に検出された地点についても、ほとんどが高チタンの領域に位置して

いた。本発表では検出された領域に関する解析結果と検出手法の妥当性について議論する。

キーワード：ディープラーニング、影検出、マルチバンドイメージャ、Dark Mantle Deposit
Keywords: deep learning, shadow detection, Multiband Imager, Dark Mantle Deposit