高精度月面DEM（Digital Elevation Model）の作成アルゴリズムの研究

Algorithm for the highly accurate digital elevation model of the Moon

平田　成[1]，春山　純一[2]，出村　裕英[3]，LISMグループ（春山　純一）
Naru Hirata[1], Jun'ichi Haruyama[2], Hirohide Demura[3], LISM Working Group Haruyama Jun-ichi

[1] 科技団，[2] NASDA・先端ミッション，[3] 宇宙開発事業団
[1] JST, [2] AMRC,NASDA, [3] NASDA

http://hope.tksc.nasda.go.jp/lism/

SELENEに搭載されるTC（Terrain camera: 地形カメラ）のデータ解析に用いる月面DEMの作成アルゴリズムの高精度化に関する研究を行った．サブピクセルマッチング法による高精度ステレオマッチング，動的相関窓サイズ決定法による月地形への対応によって，アルゴリズム自体の高精度化を図り，さらに後処理でミスマッチング点を除去するために発生ミスマッチング点の傾向分析と不正ライン並びチェックによるミスマッチング除去を行った．これらの手法により，従来アルゴリズムに対して精度向上が可能となった．

1.はじめに

SELENE（Selenological Engineering Explorer: 月探査周回衛星）に搭載されるTC（Terrain camera: 地形カメラ）は立体視データを取得可能な高解像度撮像装置である．TCデータにより，月面のDEM（Digital Elevation Model: デジタル地形モデル）を作成することができる．現在LISMグループではTCデータ処理・解析のための高精度な月面DEM作成アルゴリズムの研究を行っている．地球観測分野で一般的に使用されているDEM作成アルゴリズムをTC月画像に適用した場合，基本的には問題は生じず，TC特有の光学性能，画像圧縮の影響も精度に大きな影響は及ぼさない（平田ほか，2000合同大会）．しかしながら，TCのサイエンス目標（高度分解能20m以上）を達成するためにはより高精度のDEM作成アルゴリズムが必要となる．DEMの高精度化にあたってはその根幹部であるステレオマッチングの高精度化とミスマッチングの除去が重要となる．今回，ステレオマッチングの高精度化としてサブピクセルマッチングと動的相関窓サイズ決定法の適用を試みた．また，ミスマッチング除去のために発生ミスマッチング点の傾向分析と不正ライン並びチェックによるミスマッチング除去を行った．

2.サブピクセルマッチング

通常，最適マッチング点は一画素単位で検索される．これに対し，サブピクセルマッチングでは画素情報の補間を行うことによって，一画素以下のより細かい単位でマッチング点の検索を行う．画素情報の補間方法には大きく分けて以下の二種類が考えられる．実空間での補間を行う方法と，周波数空間での補間を行う方法である．今回は画素単位でのマッチング評価関数の値に対して放物線近似を行い，極大点を最適マッチング点として採用する実空間補完法を用いた．サブピクセルマッチング法により，0.5画素程度の精度でマッチング点を求めることが可能となった．これにより，従来一画素単位の立体視視差に埋もれていた微小クレーターの存在や大きなクレーターの詳細な形状をDEMから読みとることができる．

3.動的相関窓サイズ決定法

ステレオマッチングにおいて相関窓のサイズは重要なパラメーターであり，対象画像の特徴を踏まえて決定する必要がある．月表面は相似なクレーターで全面が覆われた単調な地形が連続している一方，比高差としては非常に激しい．単調な地形に対しては大きなサイズの相関窓によるマッチングが適しているが，激しい地形起伏は大きな投影歪みを生むため，その影響を回避するためにはむしろ小さい相関窓の使用が有効である．この相反する要素に対応するため，窓内画素の標準偏差・平均エネルギー・ラプラシアン絶対平均の三種類の値を指標として，指標がもっとも大きくなるよう，動的に探索窓サイズを設定する手法を試みた．その結果，本手法はいずれの指標を用いた場合でも，微小クレーターへの感度を保ちながら全体の誤差を小さくするのに有効であることを確認した．指標としては標準偏差を用いた場合がもっとも小さい誤差となった．

4.ミスマッチング点の分布傾向

上記のマッチング精度向上手法を適用してもなおミスマッチング点が発生するため，発生位置の傾向について解析を行った．ミスマッチング点が集中するのはクレーターが重なり合うなどして急激な地形起伏の変化がある領域である．このような場合，地形起伏による投影歪みが特に大きくなり，動的相関窓サイズ変更でも追随しきれないことがあるものと考えられる．しかしながら画像全体を見た場合，比高差とDEMの誤差との間には必ずしも相関は見られない．この点については今後の研究継続が必要となる．

5.メディアンフィルターによるミスマッチング除去

マッチングアルゴリズムそのものの高精度化でも除けないミスマッチング点については，後処理によって除去することが必要となる．一般的な除去法としては視差値に対するメディアンフィルタリングがあり，今回の場合でも適用されている．さらに今回，出力されたDEMが「面」として矛盾がないことを検証するライン・カラム両方向の格子点並びのチェックアルゴリズムを付加した．本チェックに該当する点についてもミスマッチング点としてメディアンフィルターの適用を行う．これらの後処理によって，ショットノイズ的なミスマッチング点の効率的な除去が可能となった．しかしながら，フィルターパラメーターによってはかえって微細構造が失われることに繋がるため，注意が必要である．

それぞれの手法による高精度化の定量的な評価，および実データ処理において重要となる処理速度測定の結果については当日の本発表にて行う．