

火星探査機「のぞみ」搭載 Mars Imaging Camera (MIC) の較正

In-flight Calibration of Mars Imaging Camera (MIC) on board NOZOMI, Mars exploring spacecraft

稲田 愛 [1], 野田 寛大 [2], 横田 康弘 [3], 中村 昭子 [1], 橋本 樹明 [3], MICチーム 向井 正

AI Inada [1], Hiroতোমo Noda [2], Yasuhiro Yokota [3], Akiko Nakamura [4], Tatsuaki Hashimoto [3], Tadashi Mukai MIC Team

[1] 神戸大・自然, [2] 東大・理・地球惑星, [3] 宇宙研

[1] Faculty of Science, Kobe Univ, [2] Earth and Planetary Phys., Univ. of Tokyo, [3] ISAS, [4] Grad. Sch. of Sci. and Tech., Kobe Univ.

http://www.planet-b.isas.ac.jp/MIC/MIC_j.html

Mars Imaging Camera (MIC) は火星探査機「のぞみ」に搭載されている可視 CCDカメラである。MICは動作確認、性能較正や幾何補正のために、地球周回中に330枚の画像を取得した。機上感度較正は各ライン毎に(1)いくつかのピクセルの絶対感度を求め、(2)レンズによる周辺減光を含めた各ピクセルの相対感度から、(3)全てのピクセルの絶対感度を求めることで行う。画像の詳細な幾何補正のためには、撮像したときの探査機の位置・姿勢・スピンレートによるポインティングの誤差とレンズによる歪曲の地上試験からの変化情報が必要である。使用したピクセルを考慮した視野がみこむ計算上の領域と実際の画像を比較して歪曲を見積もる。

[はじめに]

Mars Imaging Camera (MIC) は火星探査機「のぞみ」に搭載されている可視 CCDカメラである。これまでに衛星に搭載された機器の性能が打ち上げ後に変化したことが報告されている[1]。MICは動作確認、性能較正や幾何補正のために、1998年7月4日の「のぞみ」の打ち上げから、同年12月19日の地球・月系脱出までの地球周回中に330枚の画像を取得した。

[感度較正]

感度較正は、対象物の絶対反射能の測定や、波長依存性を調査する上で必要である。MICは赤(中心波長650nm) 緑(550nm) 青(450nm)の3色のフィルターをもつ1×2560pixelsの3本のラインからなり、256階調である。MICはキャリブレーションターゲットをもたず、機上感度較正は各ライン毎に(1)いくつかのピクセルの絶対感度を求め、(2)レンズによる周辺減光を含めた各ピクセルの相対感度から、(3)全てのピクセルの絶対感度を求めることで行う。

(1)については撮像した画像で、カメラへの入射光強度が既知のものを用いる。一つの方法は2回の月スイングバイ中に撮像した月の表面像と地上観測値の比較である。Shorthillらによる月の観測[2]から、月面上の各地点での反射光強度の位相角依存性がわかっている。これを光量が既知の光源とみなす。ただし、地上観測とMICの観測では同地点を同位相角で撮像していても入射角・射出角が異なるため、Hapkeの式を用いて補正する。この地上観測は、緑画像と同様の波長域で行なわれているため、特に、赤や青でのMIC感度については、月面上各地点のスペクトルの情報が必要となる。我々はクレメンタイン画像、もしくは、地上スペクトル観測をもとに、カラー補正をおこなう予定である。別の方法として点光源である木星の画像を用いる。木星は赤、緑、青の三色で撮像されており、全フィルターの較正を行なう。木星のシグナルは小さいが、連続して撮像した画像を足し合わせることでノイズと明確に区別できる。

(2)については月スイングバイ時に月面上の同地点を別のピクセルでとらえており、これらを主に使用する。クレメンタイン画像補正に用いられているブラウン大学の較正式を用いて、地表面での反射光強度の入射・射出角、位相角による補正し、同光量に対する各ピクセルの相対感度を求める。ピクセルの感度そのもののばらつきとレンズによる周辺減光を切り離すことはできないが、MICは広角レンズで視野端での光量は視野中心の20%程度になることが地上試験からわかっており、この影響が大きい。

MICは輝度値が0以下にならないように256階調中20程度のオフセットレベルをとっており、輝度の真値はオフセットレベルを引いたものになる。オフセットレベルとノイズは、宇宙空間を撮像した生画像(非圧縮)から調査されたが地上試験からの変動は見られなかった。

[幾何補正]

幾何補正は場所情報が重要な画像解析のために必要である。感度較正の際にもある画素がとらえている地点での入射角、反射角を詳細に知る必要がある。

「のぞみ」はスピン軸制御の探査機で、MICは「のぞみ」の側面に取り付けられており、MICは探査機の自転を利用して対象物を走査することで2次元の画像を得る。画像の詳細な幾何補正のためには、撮像したときの探査機の位置・姿勢・スピンレートによるポインティングの誤差とレンズによる歪曲の地上試験からの変化情報が必要である。歪曲はレンズを通った光が曲がって実際の地形からみて歪んだ像を結ぶことをいう。画像のサイズはピクセル並び（Elevation）に256、512、1024ピクセル、探査機の自転方向に（azimuth）256、512、1024ラインをそれぞれ選択できる。使用するピクセルは128ピクセル毎に選ぶことができ、このため同じ画像サイズでも歪曲の影響は異なる。使用したピクセルを考慮した視野がみこむ計算上の領域と実際の画像を比較して歪曲を見積もる。特に、ポインティングの誤差は歪曲の影響が一番小さい視野中心でとらえた画像で顕著に検出できる。

本発表ではこれらの感度較正・幾何補正について報告する。

[参考文献]

- [1] Helfenstein, P., J. Veverka, et al.,
"Galileo Photometry of Asteroid 951 Gaspra"
ICARUS 107, 37-60, 1994
- [2] Shorthill, R. W., J.M. Sarri, et al.,
"Photometric Properties of Selected Lunar Features"
NASA Contractor Report CR-1429, 1969