

IV-326 センサの幾何学的状態を考慮した衛星シミュレーションデータの作成手法について

東京理科大学 正会員 大林成行

東京理科大学 正会員 江野沢誠

○東京理科大学 学生員 平野宜一

1. はじめに 現在、ステレオデータを取得することが可能な衛星はSPOTとJERS-1の2種類であるが、EOS-Aをはじめ、これから打ち上げが予定されている地球観測衛星はほとんどがステレオ観測機能の搭載を予定している。このような背景の中で、ステレオ衛星データを用いた3次元計測の実用化への期待が高まっている。こうしたステレオデータが収集される前に、地上分解能やB/Hの違いによる3次元計測精度の検証を行い、打ち上げ後すぐに利用できる環境を整備しておくことは非常に重要である。このような事前検証に際して、シミュレーションデータは、なくてはならない情報の一つであるといえる。

一般に地球観測を目的とした人工衛星のシミュレーションデータとは、衛星に搭載されるセンサを航空機に載せて地表面を走査することにより取得したデータを表す場合が多い。このような方法でシミュレートすることにより衛星データの事前評価を行う際の重要な情報を得ることが可能である。しかし、この方法では、ステレオ観測角等のシミュレーション条件を様々に変化させることは、新たにセンサの諸元を変更しなければならないことから極めて困難であると考えられ、そのために要する時間、費用も無視することができないといった問題が内在している。そこで本研究では、3次元計測を行う上で最も重要な視差による幾何歪を対象として、データ収集時のセンサの様々な幾何学的状態を再現できる衛星シミュレーションデータ作成手法についての検討を行った。

2. 研究の目的 本研究では地表面の3次元計測を行うことを前提として開発される人工衛星搭載用のセンサにより取得されるであろう衛星マルチスペクトルデータのシミュレーションデータを前もって作成することを目的とし、以下に示す研究項目を設定して研究を行った。

①衛星データを用いた地表面の3次元計測に必要な要素を選定し、シミュレーションの条件を設定する。

②CCDセンサが地表面を走査する時の幾何学的状態をシミュレートした画像データの作成手法を開発、整備する。

3. 研究の内容 本研究で設定したシミュレーションデータ作成に関する条件は、表-1に示すとおりである。本研究では、この条件に従い図-1に示す流れに沿ってシミュレーションデータの作成を行った。以下にその具体的な内容を示す。

①画像座標の設定：シミュレーションを行うカラム、ラインから画像座標を設定する。画像座標の原点は1ライン目の中央、例えば4000カラムでデータが構成されている場合2000.5カラム目が原点となり、それぞれカラム数、ライン数の増加する方向を正とする。

②衛星位置、センサ姿勢の設定：プッシュブルーム走査方式により取得される衛星データは、ラインごとに投影中心を有するため一般の写真とは異なり、本研究では衛星位置 (X_0, Y_0, Z_0) 、センサ姿勢 (ω, ϕ, κ) を、ライン番号をパラメータとした多項式で表すこととした。具体的には、衛星位置、センサ姿勢を次式に示す2次多項式として設定した。

表-1 本研究で設定したシミュレーション条件

センサ	光学的なシミュレーションは一切しない (走査部分の諸元のみ使用)
地上分解能	任意に設定可能
地表面	平面と仮定
衛星位置、センサ姿勢	2次多項式で近似
地形情報(DTM)	国土数値情報 メッシュ間隔 緯度 7.5秒 経度 11.25秒
使用する画像濃度値	LANDSAT TM画像

$$\begin{aligned}
 &\text{衛星位置 } X_0(L) = X_1 + X_2 L + X_3 L^2 \quad \text{センサ姿勢 } \omega(L) = \omega_1 + \omega_2 L + \omega_3 L^2 \\
 &Y_0(L) = Y_1 + Y_2 L + Y_3 L^2 \quad \phi(L) = \phi_1 + \phi_2 L + \phi_3 L^2 \\
 &Z_0(L) = Z_1 + Z_2 L + Z_3 L^2 \quad \kappa(L) = \kappa_1 + \kappa_2 L + \kappa_3 L^2 \quad \cdots (\text{式}-1) \\
 &L: \text{ライン番号}
 \end{aligned}$$

ここで、ステレオ観測角は同一パスからステレオ観測を行う場合（JERS-1方式）には $\phi(L)$ で表し、異なるパスから行う場合（SPOT方式）には $\omega(L)$ で表すこととする。

③推定標高の設定：衛星データと地表面との間に成立する共線条件式を用いる場合、共線条件式に画像座標と標高を与えることにより地上座標を求めることができる。そこで、画像座標に対する地上座標を算出するための仮の標高としてまず推定標高を設定する。

④推定標高に対する地上座標の算出：画像座標と推定標高から共線条件式を用いて地上座標を算出する。ここで算出される地上座標は、あくまで推定標高に対する地上座標であるため、画像座標に正確に対応する真の地上座標であるとは限らない。

⑤DTMにおける標高の算出：④で算出した地上座標の位置に存在する実際の標高を、DTMから共一次内挿を用いて算出する。

⑥一致判定：推定標高とDTMから求めた実際の標高を比較して、2つの標高が一致しているか否かの判定を行う。ここで、一致していないと判定された場合には、新たに推定標高を設定して一致するまで計算を繰り返す。

⑦地上座標の決定：⑥において推定標高とDTMから求めた実際の標高が一致していると判定された場合、推定標高を用いて算出した地上座標を画像座標に対応する地上座標と決定する。

⑧TM画像上におけるカラム・ライン座標の算出：⑦で決定した地上座標をアフィン変換を用いてTM画像データ上のカラム、ライン座標に変換する。

⑨画像濃度値の算出：⑧により算出されたカラム、ライン座標に対応する画像濃度値をTM画像データから共1次内挿することにより求め、この画像濃度値をシミュレーションデータにおける画像濃度値とする。

以上の流れを設定したシミュレーションデータすべての画素について行うことにより画像を作成する。本研究で作成したシミュレーションデータは、検証の結果、視差を1画素以内の誤差で再現しており、衛星データを用いた3次元計測精度の事前評価を行う場合には十分な精度で幾何学的状態を再現しているといえる。図-2に本研究で作成したJERS-1（OPS）の前視方向のシミュレーションデータを示す。

4. 研究の成果 本研究の成果をまとめると以下に示すとおりである。

①CCDセンサが地表面を走査した際に得られる幾何学的状態を再現したシミュレーションデータの作成手法を開発、整備することができた。

②様々な条件のシミュレーションデータを作成することが可能となり、画像の有する幾何学的状態が標高算出精度に与える影響の評価、検証を容易に行うことが可能となった。

【参考文献】1) 日本写真測量学会編：解析写真測量 改訂版pp.1-48、B5版190項、平成元年6月2日

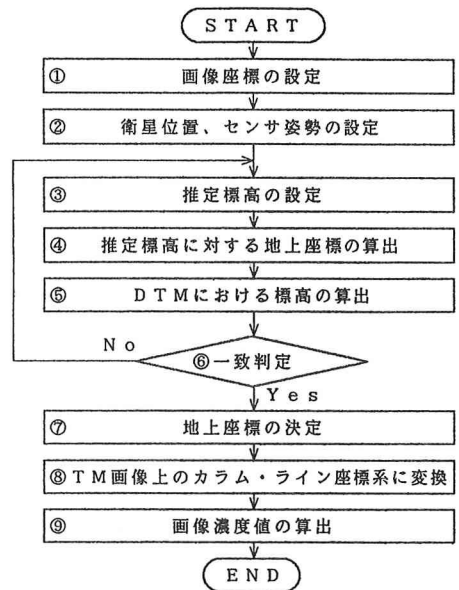


図-1 シミュレーションデータ作成の流れ



図-2 本研究で作成した
JERS-1シミュレーションデータ