

JERS-1 センサーの対地走査面変動量の算定

4T-8

村山典之 · 星 仰
茨城大学

1 はじめに

計画軌道平面、計画高度上を周回するように設定されて打ち上げられた衛星には標定要素である進行方向、走査方向、高度方向への平行移動量 (db_x, db_y, db_z) と、衛星の傾きの回転量 ($d\phi$:ピッチング, $d\omega$:ローリング, $d\kappa$:ヨーイング) が存在する。平行移動量は衛星の実軌道データ、計画高度、推定した計画軌道平面から算出できる。この数値より平行移動量を考慮した衛星の地上直下点が算出できる。衛星に回転要素が存在しないならば、この直下点が対地走査面となるが、この回転要素のため実際の走査面とは異なるものとなる。そこで JERS-1(計画高度:568km, 周期:96分) の実軌道データと実際の回転量のデータを用いてセンサーの実際の方向、つまり対地走査面の変動量を算定する。この変動量を明確にすることで人工衛星の計画軌道の決定においてどの程度の誤差を伴うかを推定することができ、さらに刈幅を考慮に入れることで、ピクセル単位での評価を行うことができる。

2 平行移動量

計画軌道からどれだけずれた位置に衛星が存在するか、その移動量を表したものが平行移動量である(図1)。 Δx は衛星の進行方向に対する計画軌道と実軌道の誤差量であり、どれだけ衛星が進んでいるか、遅れているかを示す量である。 Δy は衛星の走査方向に対する移動量、つまり計画軌道平面からどれだけ離れているかを表すものである。 Δz は高度方向に対する平行移動量である。また、図1にある軌道座標系とは進行方向を X、走査方向を Y、高度方向を Zとした3次元座標系である。

2.1 平行移動量の算出

赤道面座標系における JERS-1 実軌道データより各平行移動量を以下の式より算出する。

$$\begin{aligned} \Delta x &= v_i t - v_p t \\ \Delta y &= \frac{ax_i + by_i + cz_i + 1}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (1) \\ \Delta z &= h_i - h_p \end{aligned}$$

衛星の座標位置 : (x_i, y_i, z_i)
 計画軌道平面 : $ax + by + cz + 1 = 0$
 計画高度 : h_p
 計画速度 : v_p
 実高度 : h_i
 実速度 : v_i

ここで計画軌道平面は実軌道データより最小二乗法を用いて算出したものである。また、高度方向の平行移動量 Δz の値を求める時に必要な実高度 h_i は GRS84 を用いて地球を楕円に近似して算出している^[1]。

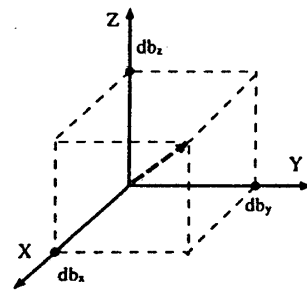


図1. 平行移動量(軌道座標系)

2.2 平行移動量の関数化

実軌道データが1分毎の JERS-1 の位置を表しているので得られた平行移動量も1分毎のものである。そこで、任意の時間での平行移動量を求めるために軌道を1変数 t (時間) の関数で表現する。この際の近似多項式は以下のものである。

$$f(t) = f_0 + f_1 t + f_2 t^2 + \dots + f_n t^n \quad (2)$$

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ はそれぞれ $n = 13$ 次、つまり14個の係数を決定することで誤差範囲が $\pm 9m$ 以内に収まり、分解能 $18m$ のセンサーを搭載した衛星に対応可能となる^[2]。

Estimation of Ground Surface Position of
JERS-1 Sensor.
Noriyuki Murayama, Takashi Hoshi
Ibaraki University

3 対地走査面の変動量

衛星の直下点と実際走査される走査面の中心との変動を明らかにするために標準要素のうち回転量のデータが必要となる。図2に示すように軌道座標系におけるx軸、y軸、z軸の回転量をそれぞれ ϕ, ω, κ とする。

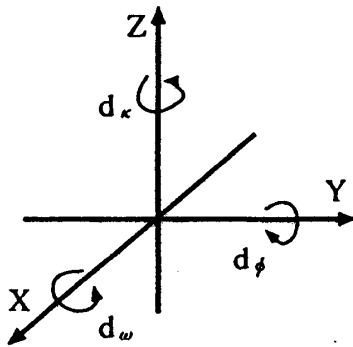


図2. 回転量 (軌道座標系)

3.1 衛星地上直下点の算出

回転量のデータは6分間で2秒毎のものである。このデータとその時間での衛星の位置を一致させる必要があるので、2.2で算出した時間 t の関数より2秒毎の平行移動量を求めこの数値を用いて各2秒毎の地上直下点を求める。このように各直下点を求めそれをプロットしたものを図3の太線で示す。

3.2 対地走査面の変動

回転量と地上直下点位置から実際の対地走査面を求める。走査面の中心と直下点との変動を明らかにするためにはz軸の回転量 κ (ヨーイング)は必要がないので実高度、 ϕ (ピッチング)、 ω (ローリング)より算出した値を図3の細線で示す。

3.3 考察

実際の回転量のデータより常にJERS-1衛星は微小(最大で約 1.08×10^{-3} [rad])に変動していることがわかる。この微小な変動量の影響により走査点も常に振動していることが図3によくあらわれている。また、この微小量が568km下の地上では最大で約651mの変動を引き起こすことが明らかになった。つまり、搭載されているOPS(Optical Sensor)の刈幅が75kmであるから衛星地上直下点の両側約73.7km以内のターゲットは確実に画像として抽出されていることがわかる(刈幅を考えた場合は κ も考慮に入れる必要があるのでこの73.7kmは正確な値と多少異なる)。さらに、OPSの走査方向の分解能が18mであることから走査面の変動はピクセル単位で最大で約36ピクセルであることがわかる。

4 おわりに

図3の結果は計画軌道設定時により正確な対地走査面の位置を推定することを可能にする。今後、本研究の結果と標高データを取り入れた画像データを用い、計算機内で実軌道データからの画像データ抽出のシミュレーションを行う予定である。

参考文献

- [1] 星 仰、村山 典之：“MOS-1衛星の計画高度からの高度ズレ量”、日本写真測量学会平成6年度年次学術講演会発表論文集、D-7、pp.119~122、1993。
- [2] 星 仰、村山 典之：“軌道衛星の標準要素の効率的算出法”、情報処理学会第48回(平成6年度前期)全国大会、pp.1-81~82、1993。

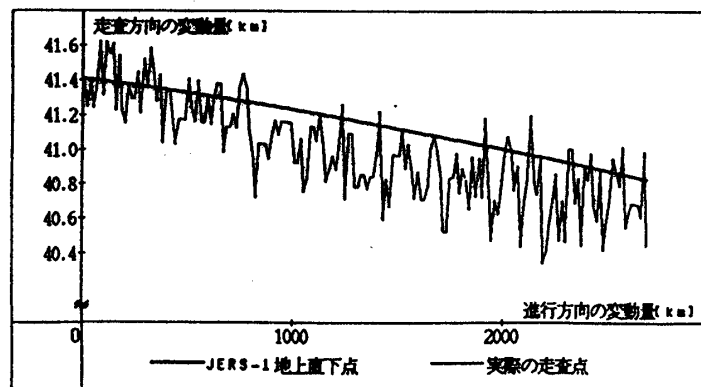


図3. 対地走査面と直下点の異差