

1. はじめに

本研究では、地形図の存在しない地域において地形情報を得るため、JERS-1, SAR 画像を用いて、隣り合うパスの2つの画像が重なり合う地域に関してステレオマッチングを行い、標高を推定するアルゴリズムを開発する。

2. 使用データと対象地域

本研究で利用するデータは、パス 70 ロー 241, パス 69 ロー 241 の2組のデータセットである。その2つの画像データの重なり合う部分から、対象地域として滋賀県北東部伊吹山周辺の山岳地帯の画像を切り出した。その大きさは、両画像ともレンジ方向1969ピクセル、アジマス方向1563ピクセルである。

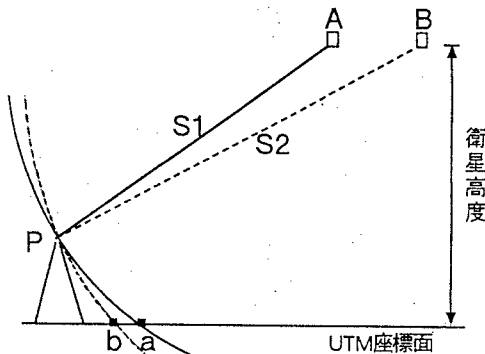


図1 レンジ方向断面観測模式図

3. 標高推定の原理

JERS-1, SAR 画像データは、UTM座標面に投影した状態にまで幾何補正がなされており、平面と見なして解析することができる。また、SARアンテナは、オフナディア角35度、進行方向に対し90度と決まっていることから、常にレンジ方向を観測をしている。図1にレンジ方向断面の観測模式図を示す。ここで、Aの衛星から見た標高の高い地点Pの画像は、衛星の位置を中心とし、スラントレンジS1を半径に描いた実線の円が、UTM座標面と交わる点aに映し出される。同様に、Bの衛星から見たPの画像は、衛星位置を中心とし、S2を半径とした破線の円とUTM座標面との交点bに映し出される。以上のように、地表上のある1点が、隣り合うパスの2つの重なり合う画像において、お互いにずれて表現される。

このことから逆に、2つの画像上で対応する点を抽出し、それぞれを観測した時の衛星の位置からスラントレンジを半径とする円を描くと、その2つの円の交点が実際の地表面上の点となる。こうしてUTM座標面と求めた交点との距離が標高として求められる。

4. 処理手法

4.1 対応点の検出

対応点の特定はMAPIIというソフトウェアを用いた¹⁾。2つの画像上で対応する尾根線、谷線などのリニアメントを示すピクセルに特定の値を与える。その処理が終了した後、2つの画像で対応するレンジ方向ライン毎に同一の値をもつピクセルを検出し、そのピクセルの位置を両画像での対応点として記録する。

4.2 スラントレンジデータ

スラントレンジは、6000×6400ピクセルの画像中、21ピクセルに関してのみデータセットに記録されている。そこでレンジ方向にLピクセル、アジマス方向にPピクセルの位置のスラントレンジS(P, L)は、

$$S = \left(\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ c_{11} & c_{12} & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L^2 \\ L \\ 1 \end{pmatrix} \right)^T \begin{pmatrix} P^2 \\ P \\ 1 \end{pmatrix}$$

で与えられると仮定し、回帰分析を行い全ピクセルに関しスラントレンジが求められるようにした。

4.3 アルゴリズム

$x-y$ 座標上の x 軸に、2つの画像で対応するレンジ方向ラインの1つを、西端が原点になるような位置に置く。パス70の衛星の位置 (x_1, y_1) は、スラントレンジ SO_1 と衛星の高度 H_1 を用いて、

$$\begin{aligned} x_1 &= \sqrt{SO_1^2 - H_1^2} \\ y_1 &= H_1 \end{aligned}$$

パス69の衛星に関しても同様に (x_2, y_2) を求める。

3.1節で求めた対応点のピクセル位置データから、3.2節の値によりスラントレンジ S_1, S_2 を求める。実際の地表点の座標 (x, y) は、

$$\begin{aligned} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 &= S_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 &= S_2^2 \end{aligned}$$

を満たし、上の2式を解くことにより地表点を推定することができる。

5. 結果と考察

5.1 推定値に関して

4節の処理を対象地域に適用し、約25000点の推定標高 y を求めた。その値を、25000分の1、50mメッシュの数値標高地図（DEM）から求められる標高値 H と比べ、平均絶対誤差と平方根平均二乗誤差を求めると、推定点数 M として、

$$\frac{\sum_{i=1}^M |H_i - y_i|}{M} = 596.92 \quad (\text{m})$$
$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M (H_i - y_i)^2}{M}} = 698.89 \quad (\text{m})$$

となった。以下でその内容について検討する。

1, $y > 3000\text{m}$ 等明らかな異常値がある。

異常値は、レンジ方向にはほぼ平行なリニアメントにおいて発生する。レンジ方向にはほぼ平行な尾根線や谷線では、1つのレンジ方向ライン内に同一の尾根・谷を示すピクセルが多数存在する。しかし対応点検出の際にはどれか1つのピクセルに代表させなければならず、本研究では最も衛星に近いピクセルを取ることとした。ところがこの検出法では、MAPIIでの処理においてアジマス方向に1ピクセルのずれただけで、全く異なる対応ピクセル位置を検出することになり、異常値発生につながる。レンジ方向にはほぼ平行なリニアメントにおける対応点検出手法には、今後、改良の余地が大きい。本研究では、異常値を除去する処理のみを行い下記の誤差値となった。

平均絶対誤差： 554.07 (m)

平方根平均二乗誤差： 624.54 (m)

2, y の値が全般に小さすぎる。

y と H の平均 $\bar{y}$, $\bar{H}$ を取ると、

$$\bar{y} = -51.79 \quad (\text{m})$$

$$\bar{H} = 484.96 \quad (\text{m})$$

となることが分かった。SAR画像において、標高0m以外の点は全てその直下点からずれて映し出される。そのため、2つの画像における同一範囲を正確に切り出すことは非常に困難である。本研究で画像を切り出す際にも、お互いの画像範囲がずれてしまい、 $x-y$ 座標の原点においたピクセルが2つの画像で異なり、 x 軸 ($y = 0$) が標高0mの基準からずれていたと思われる。そこで、標高0mの基準を合わせるため、平均が等しくなるように y のすべてに537.00mを加えると、

平均絶対誤差： 242.74 (m)

平方根平均二乗誤差： 305.98 (m)

この値は、最初の誤差計算値よりもかなり小さく、実際に標高0m基準が大きくずれていたことが分かった。

次に、レンジ方向ラインごとの y と H をグラフにした。その1つを図2に示す。これにより3つのことが明らかになった。

- 1, 急傾斜地では、レイオーバー現象のため正確な情報が得られず、 y と H が大きく異なる。
- 2, リニアメントが密集する地域では、SAR画像の解像度の影響もあり、目視による対応点の特定は困難で、検出におけるずれが大きいため、推定値のずれも大きくなる。
- 3, 山地と平野部の境界線は、画像にはっきりとは表現されておらず、標高を求めるのは困難である。

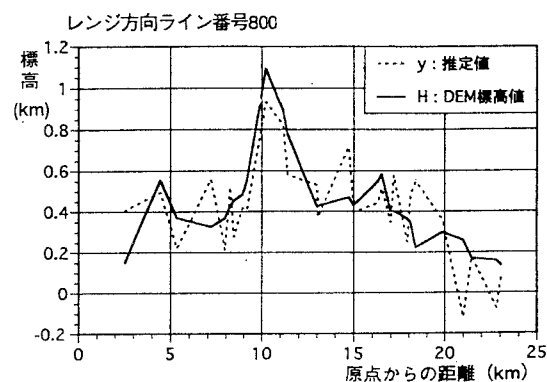


図2 推定値とDEM標高値の比較

5.2 対応点検出に関して

対応点検出の際、1ピクセルずれるごとに、推定標高は約80m変化する。上述の平均絶対誤差242.74mが対応点検出のずれの影響であるとする、平均して3ピクセルのずれがあることになる。MAPIIを用いた処理では、数ピクセルのずれは避けられないので、この程度の誤差は本研究における対応点検出手法の限界であると言っても良いのではないだろうか。

さらなる精度向上のためには、空間相関の徹底、コンピューターによる自動検索処理等、より客観性の高い、またより正確な対応点検出手法の開発が必要であり、今後の課題である。

参考文献

- 1) Pazner, Kirby and Thies: MAPII Map Processor (TUTORIAL, REFERENCE), A Geographical Information System For Macintosh, John Wiley & Sons, 1989