

$$\left. \begin{aligned} X &= X_{0j} + \frac{\sin \varphi_j \cos \varphi_j \cos^2 \kappa_j (Z - Z_{0j}) - \sin \kappa_j \sqrt{(1 - \sin^2 \varphi_j \cos^2 \kappa_j X^2 / m_0^2) - (Z - Z_{0j})^2}}{1 - \sin^2 \varphi_j \cos^2 \kappa_j} \\ Y &= Y_{0j} + \frac{\sin \varphi_j \sin \kappa_j \cos \kappa_j (Z - Z_{0j}) + \cos \varphi_j \cos \kappa_j \sqrt{(1 - \sin^2 \varphi_j \cos^2 \kappa_j X^2 / m_0^2) - (Z - Z_{0j})^2}}{1 - \sin^2 \varphi_j \cos^2 \kappa_j} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

アンテナの外部標定要素 ($\varphi_j, \kappa_j, X_{0j}, Y_{0j}, Z_{0j}$) の変動は微小であると仮定し、式(1)を Taylor 展開して線形化すると、

$$\left. \begin{aligned} X &= \bar{X} + Z \Delta \varphi_j - \sqrt{(Y/m_0)^2 - Z^2} \Delta \kappa_j + \frac{1}{m_0} \Delta X_{0j} \\ Y &= \bar{Y} + \frac{1}{m_0} \Delta Y_{0j} + \frac{Z}{\sqrt{(Y/m_0)^2 - Z^2}} \frac{1}{m_0} \Delta Z_{0j} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

ただし、 $\Delta Y_{0j} = \frac{1}{m_0} \Delta Y_{0j}$
 $\Delta Z_{0j} = \frac{1}{m_0} \Delta Z_{0j}$

となる。ここに、 $(\bar{X}, \bar{Y})$ はアンテナの外部標定要素の第1近似値と与えた場合、SLAR 画像座標より求められる地上点の座標であり、これは次式で与えられる。

$$\bar{X} = X(1-\rho)/m_0, \quad \bar{Y} = \sqrt{(Y/m_0)^2 - Z^2}, \quad (\rho \text{ は走査線向の重複率, } m_0 \text{ は縮尺}) \dots (3)$$

また、アンテナの外部標定要素の第1近似値としては

$$\varphi_{j0} = \kappa_{j0} = 0, \quad Y_{j0} = Z_{j0} = 0, \quad X_{j0} = X(1-\rho)/m_0 \dots (4)$$

を採用することにする。式(2)の $\Delta \varphi_j, \Delta \kappa_j, \Delta X_{0j}, \Delta Y_{0j}, \Delta Z_{0j}$ はアンテナの外部標定要素の微小変動量であるが、これらの飛行方向に向する挙動はつぎのような高次項式で与えられるものと仮定する。

$$\Delta \varphi_{ij} = a_{i0} + a_{i1}X + a_{i2}X^2 \dots (5)$$

式(5)と式(2)に代入し、整理すると SLAR 画像の解析的偏歪修正問題における観測方程式 (誤差方程式の形で) が得られるが、以後撮影地域が平坦な場合と撮影地域に比高がある場合に分けてこの問題と考察してみよう。

2-1. 撮影地域が平坦な場合

飛行高度を H とすると、式(2)は次のように表わされる。

$$\Delta X = H \Delta \varphi_j - \sqrt{(Y/m_0)^2 - H^2} \Delta \kappa_j + \frac{1}{m_0} \Delta X_{0j}, \quad \Delta Y = \frac{1}{m_0} \Delta Y_{0j} + \left(H / \sqrt{(Y/m_0)^2 - H^2} \right) \frac{1}{m_0} \Delta Z_{0j} \dots (6)$$

式(6)に式(5)で表わされるアンテナの外部標定要素の飛行方向に向する挙動を代入し、整理すると次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= A_0 + A_1 X + A_2 \sqrt{Y^2 - H^2} + A_3 X^2 + A_4 X \sqrt{Y^2 - H^2} + A_5 X^2 \sqrt{Y^2 - H^2} \\ \Delta Y &= B_0 + B_1 X + B_2 H / \sqrt{Y^2 - H^2} + B_3 X^2 + B_4 X H / \sqrt{Y^2 - H^2} + B_5 X^2 H / \sqrt{Y^2 - H^2} \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

ただし $H = m_0 H$

地上基準点を与えられると、式(7)の係数は最小2乗法により計算できる。この結果を使えば、SLAR 画像の幾何的歪の補正と実施できる。ただし、撮影地域が平坦な場合はアンテナの外部標定要素は求まらない。というのは、式(6)の第1式において $\Delta \varphi_j$ と ΔX_{0j} の挙動が同一となるからである。

2-2. 撮影地域に比高がある場合

撮影地域に比高がある場合、地上点の平均標高よりの高低差を Z_H で表わすことにすると、式(2)は

$$\Delta X = (H - Z_H) \Delta \varphi_j - \sqrt{(Y/m_0)^2 - (H - Z_H)^2} \Delta \kappa_j + \frac{1}{m_0} \Delta X_{0j}, \quad \Delta Y = \frac{1}{m_0} \Delta Y_{0j} + \left\{ (H - Z_H) / \sqrt{(Y/m_0)^2 - (H - Z_H)^2} \right\} \frac{1}{m_0} \Delta Z_{0j} \dots (8)$$

となる。式(8)に式(5)を代入して整理すると、

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= A_0 + A_1 X + A_2 \sqrt{Y^2 - (H - Z_H)^2} + A_3 (H - Z_H) + A_4 X \sqrt{Y^2 - (H - Z_H)^2} + A_5 X^2 \sqrt{Y^2 - (H - Z_H)^2} + A_6 X^2 (H - Z_H) \\ \Delta Y &= B_0 + B_1 X + B_2 (H - Z_H) / \sqrt{Y^2 - (H - Z_H)^2} + B_3 X^2 + B_4 X (H - Z_H) / \sqrt{Y^2 - (H - Z_H)^2} + B_5 X^2 (H - Z_H) / \sqrt{Y^2 - (H - Z_H)^2} \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

が得られる。ただし、撮影地域に比高があれば、アンテナの外部標定要素を決定することができず、なせなら、2-1の場合と異なり、 $\Delta \varphi_j$ と ΔX_{0j} とは分離できないからである。

講演時には2.1叙述された SLAR 画像の偏歪修正法の持つ特性、シミュレートされた SLAR 画像に適用した場合の結果等について詳しく報告することにする。

参考文献

- 1) E.S. Leonardo: "Comparison of Imaging Geometry for Radar and Camera Photographs", Photo Eng. Vol. 29, 1963, pp. 287~293.
- 2) 岡本 厚: "SLAR 画像の解析的標定問題", 日本写真測量学会, 昭和54年度年次学術講演会発表論文集, pp. 29 ~ 34.