

(Ⅱ-52) 積雪情報収集に関する衛星・航空機 SAR 検証実験

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○ 馬場 豊
長岡技術科学大学 正会員 小池 俊雄
長岡技術科学大学大学院 学生会員 田殿 武雄
長岡技術科学大学 原田 昌信

1. はじめに

ERS-1 や JERS-1 に搭載されている合成開口レーダ (SAR: Synthetic Aperture Radar) は、マイクロ波を照射しその反射波をとらえて、対象物を識別する能動型のマイクロ波センサで、天候、昼夜を問わずに地表の状態を高分解能で測定し把握できる。積雪については、マイクロ波の積雪内における表面散乱効果、減衰効果、体積散乱効果などの透過特性、散乱特性により積雪の内部情報を抽出する可能性が期待されている。

本研究は、SAR による積雪定量観測手法の開発のために行われた、1994 年 2 月 12 日の衛星 (JERS-1) と地上観測 (積雪深、含水率、粒径等) の同期実験および、同 18 日に行われた航空機搭載 C バンド散乱計計測と地上観測の同期実験により得られた結果について考察を加える。

2. 衛星・航空機観測同期実験の概要

2 月 12 日の衛星地上観測同期実験では JERS-1 搭載の SAR (L バンド、波長約 24cm、HH 偏波、オフナディア角 35°) により新潟県中越地方の観測と地上観測が行われた。SAR により得られた画像データは、1 画素の大きさが 18m × 18m で、各画素の後方散乱係数の強さを表す CCT (Computer Compatible Tape) カウントは 16 ビットで表されている。地上での観測項目は、粒径、積雪深、層位、雪温、密度、重量・体積含水率 (誘電式含水率計、秋田谷式含水率計を使用)、誘電率である。

2 月 18 日の航空機同期実験では、建設省土木研究所所有の航空機搭載用 C バンドマイクロ波散乱計による計測と地上観測が行われた。観測項目は航空機搭載散乱計 (C バンド、波長約 5.6cm、オフナディア角 10.6°) により各偏波 (VV, HH, LL, RR) による後方散乱係数、地上観測項目は 2 月 12 日と同

様である。ここに、V、H、L、R はそれぞれ、垂直偏波、水平偏波、左回り円偏波、右回り円偏波を示し、VV とは垂直偏波送信、垂直偏波受信を意味する。

3. 衛星データおよび航空機 C バンド散乱計観測データの処理

JERS-1 搭載 SAR により得られたデータについて、一次のアフィン変換を用いて平面幾何補正を行った後、3×3 ローパスフィルタによりフィルタリングを行った。各画素の CCT カウント (I) を宇宙開発事業団により与えられている以下の変換式を用いて後方散乱係数 (σ^0 [dB]) に変換する。

$$\sigma^0 = 20 \log_{10} I - 68.5$$

また、航空機搭載散乱計データを使用してリニア後方散乱係数および後方散乱係数を算出した。リニア後方散乱係数の算出には航空機位置、高度データ、航空機搭載ジャイロデータおよび地形データが必要であり以下の式で算出されたものを使用した。

$$\sigma^0 = \frac{(4\pi)^3}{\lambda^2} \cdot \frac{R}{G} \cdot \frac{1}{A} \cdot L \cdot \frac{W_r}{W_t}$$

λ : 波長 L : 損失
 G : アンテナ利得 W_r : 受信電圧値
 R : 距離 W_t : 送信電圧値
 A : レーダ照射面積

航空機による後方散乱係数はリニア後方散乱係数の常用対数表示をとり、その後、後方散乱係数の移動平均を行った。移動平均の項数は 150 であり、これは飛行方向に対し約 35m に相当する。また、航空機同期地上観測地点の後方散乱係数は、複数個ある同一緯度、経度地点の単純平均を用いた。

4. 結果と考察

4.1 JERS-1の結果について

図-1は、横軸が積雪水量 (SWE: Snow Water Equivalent[mm])、縦軸が後方散乱係数 (σ^0 [dB]) で両者間の関係を示したものである。この衛星同期実験の結果では、 σ^0 がSWEの増加に対してほぼ一定の値となっている。

これは、一つには、 $\pi D/\lambda \ll 1$ (D : 積雪粒径、 λ : 波長) が成り立つとき σ^0 は D の4乗に比例することから、雪粒子に対して比較的波長が長くなるLバンドでは、積雪層内での体積散乱効果より減衰効果が強いこと、さらに、各地上観測地点の含水率が低かったために、その減衰効果のSWEによる変化が小さかったためであると考えられる。また、各観測地点間の地表面の状態に差がなく、積雪層下部と地表との境界面での表面散乱は同じであったと考えられることも、 σ^0 が一定となる要因である。

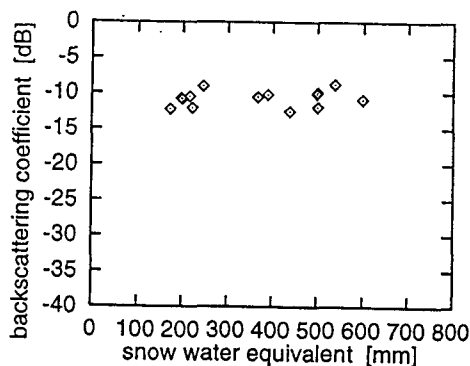


図-1 SWE- σ^0 (JERS-1)

4.2 航空機の結果について

図-2は、航空機同期実験の場合で、グラフの傾きは右上がりになっている。

これは、当日の気温が高く雪表面が湿った状態であったために、積雪層内へ浸入したマイクロ波が減少し、雪粒子によるマイクロ波の消散効果が見えにくいことと、Cバンドの波長が約5.6cmと比較的短いために、減衰効果よりも、粒径による体積散乱効果が強いためであると考えられる。

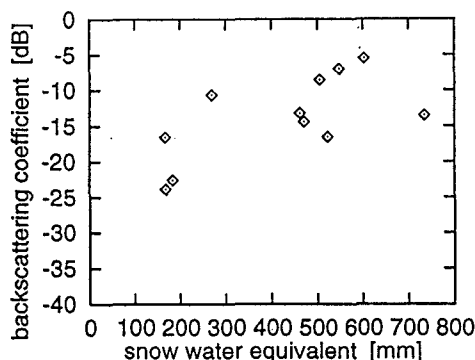


図-2 SWE- σ^0 (航空機)

5. まとめ

今回得られた結果からは、JERS-1搭載 SAR1 シーンのみの情報から積雪水量を算定することは困難であると考えられる。よって、JERS-1搭載 SARの結果から積雪水量を算定するためには、時期の異なるものや、周波数の違うもの(例えば、ERS-1搭載 Cバンド SARのデータ)と組み合わせることが必要なのではないと思われる。

謝 辞

本研究は地球環境観測委員会水文過程サイエンスチーム航空機検証実験(主査: 池淵周一)および ERS-1 システム検証実験計画(主任研究者: 小池)の成果の一部である。本同期観測実験には、建設省土木研究所、東京大学生産技術研究所、名古屋大学大気水圏科学研究所、新潟大学積雪地域災害研究センター、筑波大学地球科学系、農林水産省北陸農業試験場、長岡雪氷防災実験研究所、農林水産省森林総合研究所、クライメットエンジニアリング、富山県林業技術センター、小千谷高校、富山大学、京都大学防災研究所、RESTEC、中日本航空、長岡技術科学大学の各位に御協力を頂いた。ここに記して謝意を表わす。

参考文献

- 1) 深見和彦, 小池俊雄, 益倉克成, 河内泰幸: 航空機搭載 Cバンドマイクロ波散乱計による積雪観測, 1993 年水文・水資源学会研究発表会要旨集, pp.34-35
- 2) 田殿武雄, 小池俊雄, 深見和彦, 寺川陽: 積雪の多様性とマイクロ波の応答特性, 1994 年水文・水資源学会研究発表会要旨集, pp.108-109
- 3) 古濱洋治, 岡本謙一, 増子治信: 人工衛星によるマイクロ波リモートセンシング, (社)電子情報通信学会編, pp29-66, pp198-230, 1986