

PSN-10 リモートセンシングによる雪情報の収集

長岡技術科学大学 正員 小池 俊雄

1. はじめに

都市・発電・農業用水として重要な水資源である雪は、同時に雪崩・交通障害・洪水等をもたらす災害要因でもあり、国土の有効利用のためには資源としての雪の利用をはかる一方で、降積雪・融雪被害を最小限にとどめる努力が必要である。その場合に重要となるのが、時空間的に分布する雪水水量の情報収集システムの開発である。本稿では、近年のリモートセンシング技術の発達に伴って開発された雪水水量の収集法について概説し、ポスターによってそれぞれの解析例を示す。

2. 観測手法と観測対象

雪水文情報収集のためのリモートセンシング技術は、1)地上観測システム、2)低空観測システム、3)衛星観測システムに大別される。1)の代表例は地上レーダーであり、建設省および気象庁によりほぼ全国配備される段階にあり、降雪観測の実用化に関する検討が進められている。2)は手軽で実用的なプラットフォームとして開発されたカイト気球および凧を用いる手法である。3)は、1960年に打ち上げられた米国気象衛星TIROS-1以降開発され、NOAA-GOES・LANDSATシステムの導入により1970年代に実用化された。衛星リモートセンシング観測システムは、空間分解能・時間分解能・観測波長・観測幅などによって対象とする雪水水量が異なるが、わが国において容易に利用できるセンサーとしては、LANDSAT MSS/TM、MOS-1 MESSR/VTIR/MSR、NOAA AVHRR、SPOT HRV、GMS VISSRがあげられる。また観測対象となる雪水水量としては、積雪面積・積雪水量・雪面温度・アルベド・森林の被覆状況等の積雪の面情報、降雪量分布、降雪をもたらす雪雲の状態量がある。以下にそれぞれ収集法について概説する。

2-1. 積雪の面情報：積雪面積情報は流域積雪水量・流域融雪量・融雪流出量の算定にとって最も重要な水水量であり、積雪面積情報を用いたそれぞれの推定モデルが筆者らにより提案され、その有効性が検証されている^{1), 2), 3)}。また、近年検討が進められている雪ダムの候補地点となりうるの谷部に残存する小雪溪の探索においても、空間分解能の高いTMの夏期データが用いられる。山地での積雪域の抽出には、MSS 5バンド、TM 3バンド、MESSR 2バンドが有効で、それぞれ明らかに無雪の森林域と日陰の積雪域のヒストグラムを作成すると簡単に閾値が得られ、積雪域と無雪域の分離が可能である。また、空間分解能の低いVTIRやAVHRRからも積雪域を20%程度の誤差で推定することは可能で、1000km²程度以上の大流域では有効である。衛星リモートセンシングによる積雪面積情報の収集が気象条件に左右されるために、必要時に手軽に情報の収集が可能なプラットフォームとして、カイト気球や凧の利用が試みられている。カイト気球システムは、無線操作による姿勢制御可能な写真機とモニター用カメラを搭載した5~7m³のヘリウム気球に係留ロープを取り付け、地上1000m~1500mに飛揚し、地上からモニターしながら積雪領域の写真撮影を行うものである⁴⁾。一方、凧システムは、プラットフォームとして風速によりパラフォイル・ボックス・デルタの各種凧を選択して、カイト気球と同様に写真撮影するものである。しかし、凧の場合は搭載許容重量が小さく、また凧の性能をあげるためにはできるだけ軽量にしたほうがよいので、撮影には簡単な回転式吊り具とインターバルタイマー内蔵のコンパクトカメラが用いられる⁵⁾。

積雪水量の直接観測にはマイクロ波リモートセンシングが用いられる。MSRを用いた積雪水量の測定に関する実験が、北海道石狩当別と大雪山旭岳周辺において、それぞれMOS-1打ち上げ前の1985年1月と打ち上げ後の1988年2月に実施された。石狩当別での航空機実験からは、約20kmの調査領域において積雪水量とマイクロ波放射輝度温度との関係が異なる3区間の存在が示され、雪質の違いによる誘電率の検討が不可欠であることが示された⁶⁾。

雪面温度は、山地の融雪領域の抽出やマイクロ波による積雪水量算定において重要なデータであり、TM・VTIR・AVHRRなどが用いられている。この場合、相対的な温度情報の抽出は容易であるが、近隣に参照温度デ

ータが無い場合には絶対値を求めることは困難である⁷⁾。

アルベドや雪面上の森林被覆状態の抽出は、融雪量分布の算定にとって重要であるが²⁾、その場合斜面の影響を除外する輝度補正が必要となる。すなわち、太陽光を直達日射量と散乱日射量に分け、直達光については斜面の向き・太陽天頂角・センサ観測角を用いて補正し、さらにパズラディアンスを推定する。以上の補正により、0~40%程度までの森林による日射遮蔽効果の計量が可能であることが示された⁸⁾。

2-2. 降雪量分布: レーダーは、アンテナから発信されるパルス状の電磁波が空气中に浮遊する粒子に照射された場合に生じる後方散乱を再びアンテナで受信するシステムであるので、レーダーによる降雪量分布の観測において問題となるのが、降雪粒子の粒径分布、粒子の落下速度、誘電率である。1989年1月~3月における長岡技術科学大学屋上での粒径分布観測からは、『あられ』、『雪』、『雪+あられ』という雪質の違う場合でも粒径分布には類似点があり、レーダー反射因子-降雪強度関係は雪質の違う7ケースにおいても一致していることが示された。したがって、レーダーによる降雪量観測の精度低下の主要な原因は、雪質の違いによって変化する降雪粒子の誘電率に起因することが指摘され⁹⁾、レーダーによる降雪量観測の実用化のためには、降雪粒子の電気的特性の解明が重要であることが示された。

2-3. 降雪をもたらす雪雲の状態量: 日本海上に冬期に発生する筋状の雪雲の発生・発達現象の解明は、日本列島における降雪予測システムの構成にとってきわめて重要である。

まず、TMの可視画像において雲と海の2つの領域の判別を行い、さらに熱赤外画像を重ねて画素毎に雲の高さを求め、雪雲を構成する個々の対流の単位が雪雲のピークに対応していると考えて、その特性を調べた。対流の単位(セル)は、錐状から柱状に発達し、その面的なスケールが筋にかかわらず約0.1km²に保存されていることが示された。したがって雪雲の筋の発達の強さの違いはセルの集合度に依存することとなる¹⁰⁾。

VTIRの温度情報とMSR2波長のデータを組み合わせて、季節風の向きと筋が平行なLモードと風向と筋が直行するTモードの筋状雲が生じている領域において、雪雲中に含まれる水蒸気量と雲水量を算定した。その結果、水蒸気量に大きな違いは見られないが、雲水量はLモードの方がTモードより多いことが示された¹⁰⁾。

参考文献

- 1) 小池・高橋・吉野: 積雪面積情報による流域積雪水量の算定, 土木学会論文集, 357/II-4, pp. 159-165, 1985.
- 2) 小池・高橋・吉野: 融雪量分布のモデル化に関する研究, 土木学会論文集, 363/II-4, pp. 165-174, 1985.
- 3) 小池・早川・後藤・古谷・八田・魚野川流域における融雪流出解析の総合化, 第33回水理講演会論文集, pp. 127-132, 1989.
- 4) 小泉・村井・小池・真鍋: カイト気球を用いた空中写真撮影システムとその利用, 写真測量とリモートセンシング, vol. 25, No. 3, pp. 12-23, 1986.
- 5) 室岡・小池・力丸: 風による1000mレベルからの空撮手法の開発と積雪領域への適用, トヨタ財団1987年度研究助成報告書, 1988.
- 6) 高橋・小池: MSRによる積雪観測の検討, MOS-1航空機検証実験成果報告会前刷集, pp. 239-245, 1986.
- 7) 小池・虫明・室岡・力丸: MOS-1 VTIRによる雪面温度観測, 日本雪氷学会講演予稿集, p. 306, 1988.
- 8) 竹島・玉井・小池: 斜面効果を考慮したLANDSAT MSSデータによる森林の日射遮蔽効果の推定, 土木学会第43回年次学術講演会概要集, 第2部, pp. 62-63, 1988.
- 9) 中本・桜庭・小池・後藤: 降雪時の粒径分布及び誘電率に関する研究, 土木学会第44回年次学術講演会概要集, 第2部, 1989.
- 10) 水野・小池・後藤: 衛星リモートセンシングを用いた雪雲構造の解析, 土木学会第44回年次学術講演会概要集, 第2部, 1989.