

(II-14) 散乱と考慮したレーダ・マイクロ波放射計降雪観測

長岡技術科学大学 ○ 藤井 秀幸
長岡技術科学大学 小池 俊雄
秋田大学 梶川 正弘

1. はじめに

1997年7月打ち上げ予定の熱帯降雨観測衛星 TRMM では、降水レーダ (PR) およびマイクロ波放射計 (TMI) が搭載される。レーダによる降雪観測は反射を支配する雪粒子の物理特性の変動が大きく定量観測は困難であるが、多偏波・多波長観測が容易であるマイクロ波放射計観測を組み合わせることにより、精度の向上が期待できる。しかし、対象とする降雪粒子の放射は非常に小さく、マイクロ波放射計による直接的な観測が不可能であり、電磁波が雪粒子によって散乱され減衰した量を検出できなければならない。本研究では、レーダとマイクロ波放射計による降雪観測からマイクロ波放射観測における雪粒子の散乱の評価を行った。

2. 観測概要

1994年2月28日～3月18日、新潟県長岡市において、23GHz, 31GHz 帯のマイクロ波放射計およびXバンド鉛直ドップラーレーダによる降雪観測を行った。また、これと並行して電子天秤による地上降雪強度の測定、上空に向けた CCD カメラによる雲の状況の撮影を行った。

3. 観測結果および考察

(1) 降雪粒子の散乱がない場合

マイクロ波放射計で観測される輝度温度について考えると、雲水や水蒸気からの放射は温度に依存し、伝搬中、他の雲水や水蒸気による射

出・吸収や雪粒子による散乱を受ける。したがって、散乱の影響を評価するためには、雲水、水蒸気の変動を把握する必要がある。そこで、はじめに散乱の影響がないケースについて考察する。

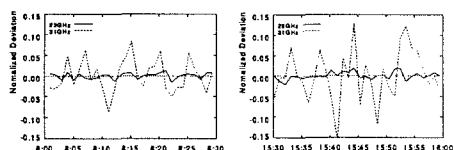
図1に、レーダにエコーが見られないケース、つまり、降雪粒子が存在しないと考えられる場合の輝度温度の変動を示した。グラフの縦軸は、次式のように平均値で正規化した偏差 δ である。

$$\delta = \frac{Tb - \bar{Tb}}{\bar{Tb}} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 Tb は 23 GHz, 31GHz で観測した輝度温度、 $\bar{Tb}$ は、図 (a), (b) それぞれの時間 (30 分間) の平均輝度温度。また、図 1(a) は Clear Sky、図 1(b) は降雪粒子による散乱がない雲である。これによると、23GHz での変動 (δ_{23}) が小さく、31GHz の変動 (δ_{31}) が大きい、また、 δ_{23} の変動の幅は図 (a)(b) でほぼ同じであるが、 δ_{31} の変動の幅は、雲水量が多くなると考えられる図 1(b) の方が大きい。前述のように水蒸気は 23GHz の影響が大きく、雲水は 23GHz より 31GHz の影響が大きいという特性をもつ。したがって、雲水量の変化による輝度温度の変動は大きい、水蒸気量の変化による輝度温度の変動は小さく無視できると考えられる。このことは、水蒸気分布は一樣で雲水は変動が大きいという日本海海上での水蒸気の衛星観測結果¹⁾(小池ら, 1989) と同様の傾向を示している。よって、降雪粒子の散乱を評価するにあたり、雲水による放射・吸収の影響を考慮することとする。

(2) 降雪粒子の散乱がある場合

解析は 3 月 1 日 AM8:00～AM8:46 の期間を行なった。雪粒子による散乱は、その粒径分布



(a) Clear Sky

(b) Nonscattering Cloud

ら、雪を定性的に表すパラメータとして、 $\Sigma\sigma$ を用いた。 $\Sigma\sigma$ は、レーダエコーを後方散乱断面積で表した時のカラム量である。

図2, 図3は、観測された輝度温度(実線)の時間変化であり、レーダとの対応をみるため、 $\Sigma\sigma$ (破線)も同時に示した。また、各ポイントに1~26の番号を付けてある。これによると、ポイント10~14の間では、 $\Sigma\sigma$ の増加とともに輝度温度も増加しているが、14~16, 20~26の区間(黒マーク)では、輝度温度と $\Sigma\sigma$ との間に逆相関の関係がみられる。図4(a)(b)は、輝度温度を縦軸、 $\Sigma\sigma$ を横軸にプロットしたものである。図中の黒マークは、図2, 図3において逆相関がみられた区間と対応している。

一般的に、雲水が多くなると輝度温度が大きくなり、降雪粒子による散乱の影響を受けると輝度温度は低下すると考えられる。このことを考慮し、輝度温度と $\Sigma\sigma$ の関係を考える。

まず、1~8の区間は、輝度温度、 $\Sigma\sigma$ ともに小さく、ほとんど雪粒子による散乱の影響はないと考えられる。

次に輝度温度と $\Sigma\sigma$ がともに増加する10~14の区間では、図4をみると輝度温度が急激に上昇していることから、降雪雲中心付近の雲水の収束帯に近づいてきたと推測できる。この雲水の収束帯はポイント18,19でピークがみられるが、その前後の逆相関がある部分(黒マーク)では輝度温度が同レベルで変動しており、雲水量がほぼ一定であるとする、この時の変動が雪粒子による散乱の効果を表していることになる。図4(a)(b)において、この散乱による低下の割合を比較すると、波長の短い31GHzの方が傾きが大きく、妥当な傾向を示している。また、その散乱の影響は2K~3Kあり、0.1Kの精度をもつマイクロ波放射計で十分に観測可能である。

4. おわりに

降雪粒子観測データよりレーダ反射因子 Z -

粒子密度の影響が大きいことが確認できた。また、マイクロ波放射計による降雪観測が可能であることも示唆された。今後の課題として、放射計を降雪定量観測に利用するために放射伝達のプロセスを明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 小池俊雄 他; 衛星リモートセンシングによる雪雲観測、水文・水資源学会1989年研究発表会要旨集, pp.263-266
- 2) Ulaby, F. T., R. K. Moore and A. K. Fung, 1981; Microwave Remote Sensing - Active and Passive -, Vol.I Artech House, Inc., Norwood, MA

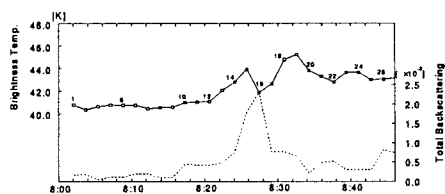


図2 輝度温度(実線)と $\Sigma\sigma$ (破線)の変動(23GHz)

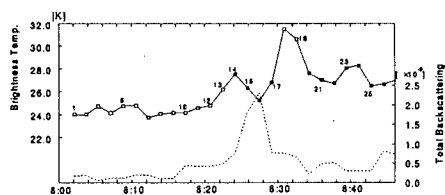


図3 輝度温度(実線)と $\Sigma\sigma$ (破線)の変動(31GHz)

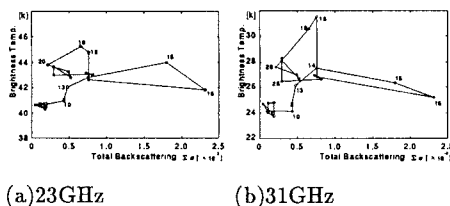


図4 輝度温度と $\Sigma\sigma$ の関係