衛星マイクロ波による積雪観測の問題点と改良

伊賀久晃　榎本浩之　（北見工業大学）

はじめに

衛星に搭載されているマイクロ波放射計を用いた積雪観測の有効性は、観測した 1,2 日後には地球全球の積雪情報を得られることが出来る即時性と、マイクロ波放射計を用いた観測の歴史は古く過去 20 年以上の蓄積データが存在するつまり長期の解析が可能な二つがある。しかし、このマイクロ波放射計を用いた積雪観測を行う場合、積雪初期（雪の降り始めの時期）を正確には推定する事は難しい。また、NOAA の観測データより求めた積雪面積と SSM/I の観測データより求めた積雪面積に大きな違いが生じている。今回はこの 2 つの問題について検討を試みた。

衛星マイクロ波放射計を用いた積雪観測の概要

長所　全球を観測、大気の影響を受けにくい、日射が無くても観測可能、観測周期が短い（1日1～2回観測）

短所　観測解像度が非常に粗い（解像度＝25×25Km²）

積雪初期について

これまで用いられてきたマイクロ波を用いた積雪観測の原理はマイクロ波域である 19GHz、37GHzの垂直偏波の差をとり、その差が5K以上なら積雪有りと判断する方法(Chang et al.,1987)である。この判別方法はどのような地域でも積雪の有無を判断する閾値は同じとなっている。たとえばシベリア地方のツンドラの広い地域と、北海道のような山や谷、町などが入組んだ複雑な地域を同じ閾値を用い積雪の有無を判断している。このような複雑な地形では積雪の少ない積雪初期では積雪有りと判断されないこともある(図1)ので、この研究では地域後の詳細な扱いを検討した。北海道岩見沢を対象とした結果を例とします。

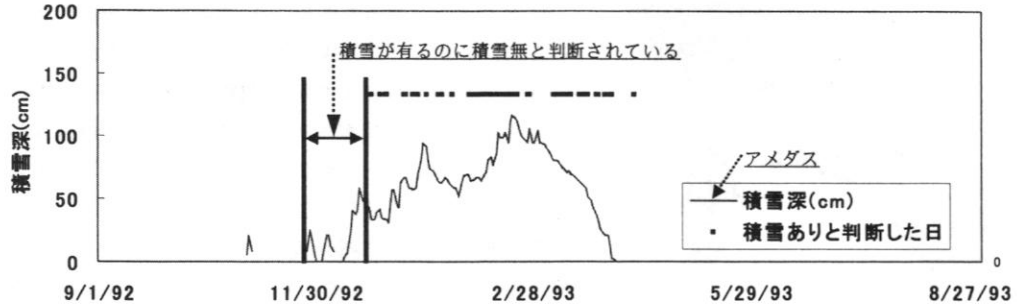

図1　マイクロ波による従来の判断方法を用いた積雪観測例　'92－'93 (岩見沢)

積雪開始の検出のずれをなくすために地域毎に閾値を求める事により積雪初期の精度向上を試みる。積雪期以前のマイクロ波は積雪の影響を受けていない。そこで、積雪が始まる前の 19GHz と 37GHz の差を求めて積雪判断基準値とした。積雪期の始まりは 19GHz と 37GHz の差が大きくなることから判断できる。

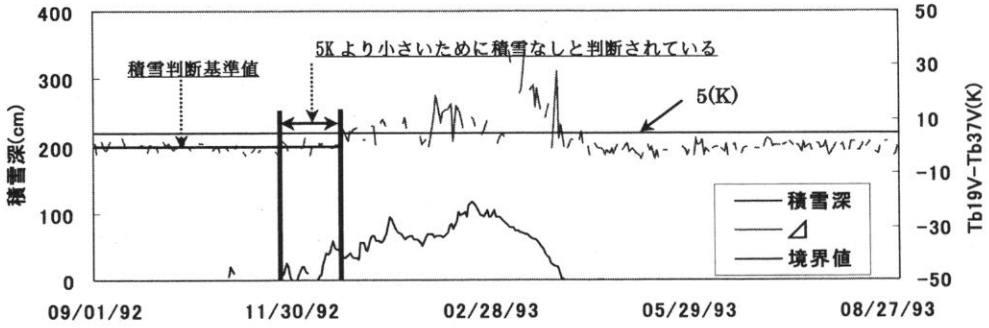

図２　19GHz－37GH と積雪深　'92—'93（岩見沢）

19GHz と 37GHz の差と積雪深の関係を示したのが図２である。従来の方法では閾値が 5K と固定されているために、積雪があるにもかかわらず 19GHz と 37GHz の差が 5K より小さいために積雪ありと判断されてない。この研究では積雪期以前の 19GHz と 37GHz の差をもとに積雪判断基準値を求めた。

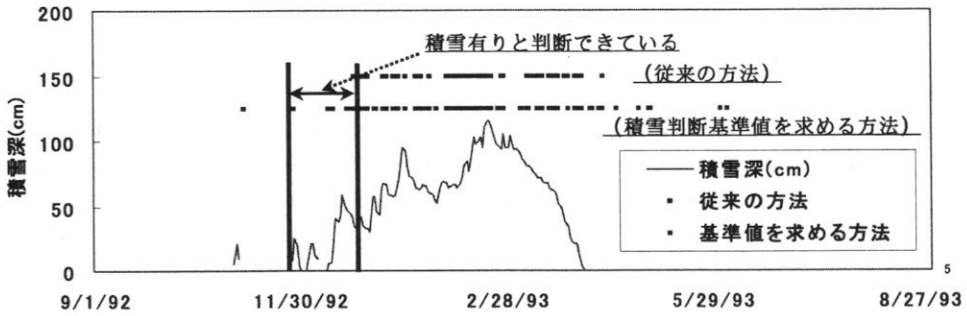

図３　従来の方法と積雪判断基準値を用いた積雪判断の結果

図４　オホーツク海付近の積雪判断基準値

従来の方法との比較

従来の方法（閾値を５K として積雪の有無を判断する方法）と積雪判断基準値をピクセル毎に求め、積雪の有無を判断した結果を示す（図 3）。従来の方法では積雪初期の期間は積雪があるにもかかわらず積雪なしと判断されている。今回の方法では積雪初期では積雪ありと判断でき精度が向上している。

積雪判断基準値の広域分布

積雪期以前の 19GHz と 37GHz の差を元に積雪判断基準値を求めた結果を図 4 に示す。対象地域はオホーツク海である。薄い色は積雪判断基準値が大きな地域、沿岸部は海の影響を受けているために積雪の有無を判断する事が難しい地域、沿岸部の内陸は 19GHz－37GHz の値が負の地域である。海の影響とは観測ピクセル内に海を含むために、誤差が大きくなって積雪の情報を得ることが出来ないことである。

積雪面積のずれについて

Vinnkov et al.（2000）は気候モデルより求めた積雪面積の検証データとして人工衛星を用いた結果、気候モデル、SSM／I(DMSP)より求めた積雪面積は互いに近い値を示すが、AVHRR(NOAA)より求めた積雪面積は先の 2 つとは異なる値を示す事報を告している（図 5)。　このことより、AVHRR を用いた積雪面積に問題があるのではとのべられている。しかし、SSM／I に測定の問題があるように思われる。そこで、SSM／I を用いた積雪面積の求め方を調べる事により、AVHRR より求めた積雪面積との誤差の原因を考える。

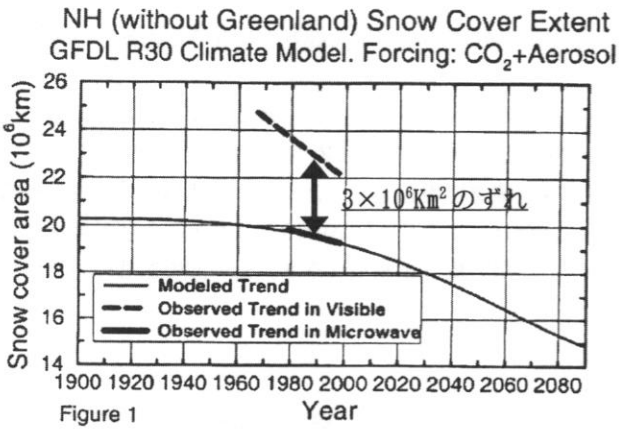

図 5 北半球の積雪面積の衛星観測データとモデル計算の比較（Vinnkov et al,2000）破線が AVHRR、実線が気候モデル、太実線が SSM／I より求めた積雪面積である。AVHRR より求めた積雪面積は他に比べ約 $3\times10^6Km^2$ ずれている。

SSM／I の特徴

SSM／I を用いた積雪情報は NSIDC より毎日更新されている。**図 6**（'00/12/01 北半球）はその例で積雪深、海氷の密接度を示している。

このように SSM／I を用いた積雪情報は毎日 WWW を通じ、誰でも自由に得ることが出来る(即時性)。また、図 5 に示すように過去 20 年分の観測データが存在するために長期の解析ができる(長期の解析が可能)。

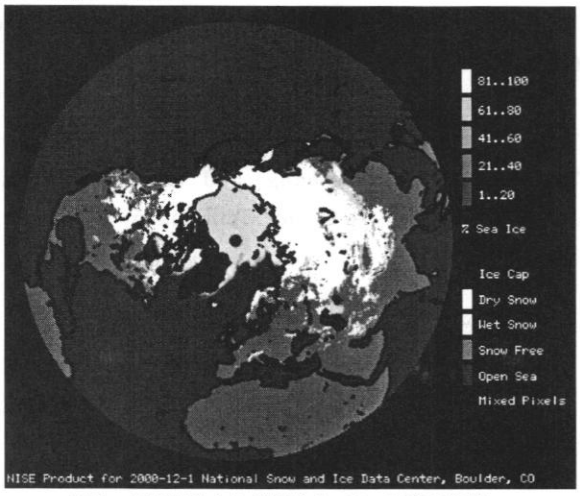

図 6　NSIDC より公開されている積雪情報

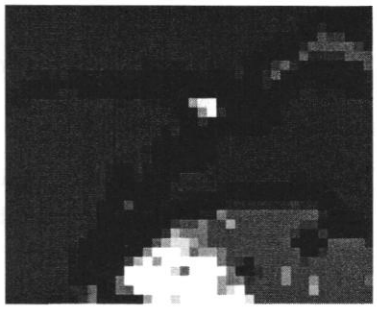

図 7　北海道の拡大図

図 6 の北海道付近を拡大したのが図 7 になる。北海道の大部分が黒色で塗りつぶされているのがわかる。これは図 3 でも述べたように観測対象内に海が含まれる場合、積雪情報を得ることが難し

い。このために、黒く塗りつぶされている。このような積雪情報を得ることができないピクセルをカウントしたところ約 3.4～5×10^6Km^2 存在する。これは図５で示される面積のずれ約 3×10^6Km^2 と近い値を示している。このことより、AVHRR と SSM／I より求めた積雪面積のずれの原因として SSM／I を用いた積雪面積の求め方にも原因があるのではと考える事が出来る。以上より沿岸部の解析方法の向上が望まれる。AVHRR と SSM／I の差も少なくなるかもしれない。現在のデータを使った沿岸部の長期変動の検討にも注意が必要。

まとめ

衛星に搭載されているマイクロ波放射計 SSM／I を用いて積雪観測を行なうにあたり以下のことが示された。

・従来の積雪の有無を求める方法は閾値が固定されているために、積雪初期における精度に問題があった。観測地域毎に積雪判断基準値(閾値)を求める事により積雪初期の精度向上が見られた。

・SSM／I を用いた積雪面積には沿岸部等の積雪情報をえることの難しい地域は、実際に積雪が有るにもかかわらず積雪面積に加えられていない。このために AVHRR より求めた積雪面積に比べ小さな値を示した。このことより、SSM／I を用い積雪観測を行うさい沿岸部の処理の方法が重要になると思われる。

今後の方針

SSM／I には観測チャンネルが 19,22,37,85GHz の垂直、水平偏波（22GHz のみ垂直偏波）の計７チャンネルある。19,22,37GHz の空間分解能は一辺約 25Km であるが、85GHz の空間分解能は一辺約 12.5Km である。面積にして約４倍の空間分解能を有していることになる。周波数が大きくなると大気、つまり水蒸気の影響を受けやすくなるといわれており 85GHz を用いた積雪観測は行なわれていないが、冬季の高周波成分では水蒸気の影響がすくないので、今後は 85GHz を用いることにより積雪観測の空間的精度向上を試みる。

参考文献

・Chang, A.T.C., Foster.J.L. and Hall, D.K. 1987. Nimbus-7 SSMR derived global snow cover parameters. **Annals of Glaciology,** 9, 30-44.

・Vinnikov, K.Y., A. Robock, D.A. Robinson, R.J.Stouffer, T.L.Delworth, A.J.Broccoli, K.W.Dixon, Model Assessment of Observed Contemporary Trends in Arctic Climate. **Extended abstract. Second Wadati Conference on Global Change and The Polar Climate March 7-9, 2001, Epochal Tsukuba, International Congeree Center, Tsukuba,** 5