

II-128

多層構造を持つ積雪のマイクロ波リモートセンシングに関する基礎的検討

青 森 市 正員 佐々木 一成
 長岡技術科学大学建設系 正員 小 池 俊 雄
 長岡技術科学大学建設系 正員 後 藤 巖

1. はじめに

人工衛星によるリモートセンシングでは、広域にわたる地球上の様々な情報を瞬時に捕らえ事象の分析を的確に行うことが可能であり、高品質の情報を我々に提供している。特に積雪の観測に関しては、マイクロ波合成開口レーダが、天候や昼夜に左右されない・空間分解能が高い・積雪相当水量を直接計測できる可能性がある、などの特徴によって注目されている。しかし、積雪のマイクロ波誘電特性は、

- ・含水率、密度、粒径、等の雪質
- ・積雪表面、各積雪層及び積雪-土壌の境界面における表面散乱
- ・積雪の層構造の不均一

などの影響によって複雑に変化しそれを捕らえることは、困難である。

このうち、誘電特性については、積雪との関係が、明らかにされてきており、また表面散乱については、小池ら¹⁾が、積雪表面や積雪層境界は、準鏡面として作用しているとの結果を得た。そこで本研究では、積雪の層構造に注目し、積雪の層構造によって変化するマイクロ波誘電特性をとらえることを目的としている。

2. 解析手法

本研究では、最も単純な2層構造の積雪を考え、それを1層に平均したものを、それぞれ、Xバンド、Cバンド、Lバンドについて地表面に到達する直達放射強度を比較検討することで、層構造の影響を調べて。以下、2層構造の積雪を2層モデル、平均して1層にした積雪を1層モデルとする。

この研究に用いたデータは、93年札幌市周辺、長岡市付近での積雪断面観測の結果に基づいて図1に示す「密度、含水率、粒径」がそれぞれ異なる5種類の雪質をピックアップして用いた。それを、1層20cmの2層の積雪にあてはめていき、上下が異なる20通りの組み合わせと、その雪質を平均した、厚さ

40cm、10通りの積雪を考え、それぞれを、X, C, Lの各波長に関して地表面に到達する直達放射強度を求めた。また、積雪の複素比誘電率は、積雪密度と含水率の値と山本らの式²⁾を用いて算出した。

以下、2層モデルにおいて、積雪上層の誘電率が大きいものを「上が大」、積雪下層の誘電率が、大きいものを「下が大」とし、1層に平均化したものを「平均」とする。

直達放射強度の算出方法としては、Englandモデルを使用している³⁾。Englandモデルは、直達放射場の理論と、散乱放射場の理論の2つの部分からなり、本論では、直達放射場のみを扱っている。直達放射は、マイクロ波の放射、吸収が考慮されており、各層の境界面は、準鏡面とし、反射屈折が起こるものとしている。各境界面における、フレネル反射係数に依存する反射、屈折を考慮した式と、光学的厚さに依存する放射吸収を考慮した接点方程式を解くことによって直達放射強度を求める。

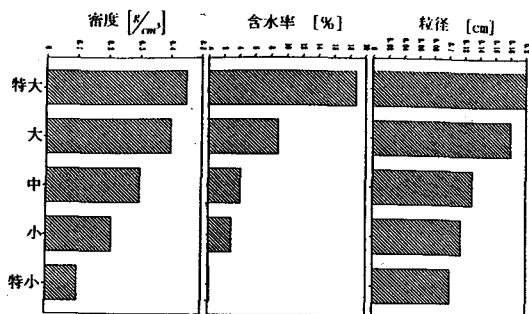


図1 算定に用いた積雪のパラメータ

3. 解析結果

地面に到達する直達放射強度と積雪含水率との関係が図2であり、波長によって大きな差がみられる。図2a)により、Lバンドの直達放射強度は、全て下が大-平均-上が大という順番でなっている。また、図中央付近で比較的大きな差が発生している。C, Xバ

ンドの結果は図2b), c)にそれぞれで示されている。
C, Xバンドでは、Lバンドと異なり、場所によって、
下が大-上が大-平均とならんでいる部分が見られる。

以上のグラフより、上層と下層で誘電率の差が大きいところでは、直達放射強度の差も大きくなり、
誘電率の差が小さいところでは、直達放射強度の差も、
小さくなるということがわかる。

1層モデルと2層モデルの直達放射強度に差異が発生する原因としてとして各波長のフレネル反射係数と、
光学的厚さによる影響があげられる。これらについて1層モデルを縦軸、
2層モデルを横軸に取り代表的な値をプロットした結果が、
図3である。フレネル反射については、波長が長い程、
大きな値を示しており、下が大のときは平均値はそれに比べて
大きくなり、逆に上が大のときは平均値は小さくなる
ことが示されていることが、図3a)に示されている。
光学的厚さは、Lバンドでは、極めて小さい値である
のに対して、C, Xバンドと波長が小さくなっていくに従い
その値は極めて大きなものとなっていくことが、
図3b)よりみられる。光学的厚さは、上下層の大きさに
関わらず、1層モデルが大きい値を示しており、
光学的厚さの観点からは、1層モデルは、2層モデルより
も常に直達放射強度が小さくなるといえる。

以上により、下層が大きな誘電率を示す場合には、
フレネル反射係数、光学的厚さとも、各波長で2層
モデルの方が小さく、したがって、直達放射強度は
各波長とも2層モデルの方が大きくなる。また、上
層が大きな誘電率を示す場合には、フレネル反射係
数は、各波長とも2層モデルの方が大きい。Lバンド
では光学的厚さの影響をほとんど受けないため、直
達放射強度は2層モデルの方が大きくなる。一方、
C, Xバンドにおいては、フレネル反射係数と光学的厚
さの大小関係で直達放射強度が決まる。

参考文献

- 1)小池他:積雪のマイクロ波表面散乱特性に関する検討, 水文・水資源学会要旨集, pp. 182-183, 1993.
- 2)小池他:積雪と土壌におけるマイクロ波誘電特性の比較, 水文・水資源学会要旨集, pp. 186-187, 1993.
- 3)England, A, W: Thermal Microwave Emission from a Scattering Layer, Journal of Geophysical Research, Vol180, No32, pp. 4484-4496, 1975.

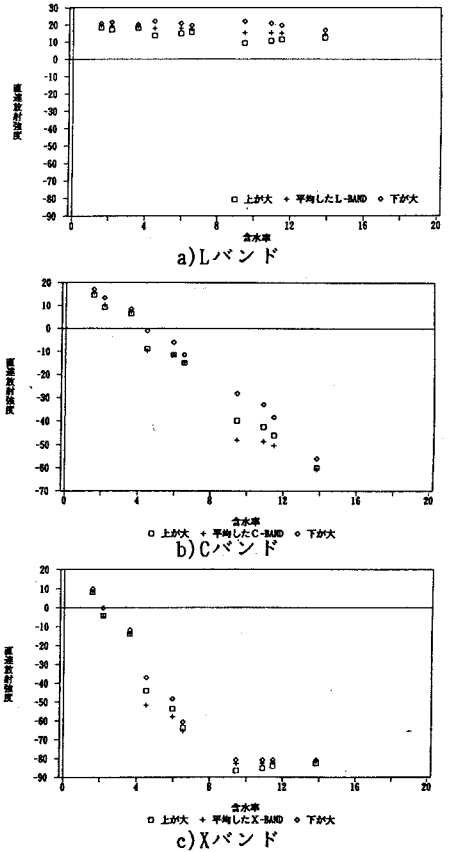


図2. 地面直達放射強度と積雪含水率との関係

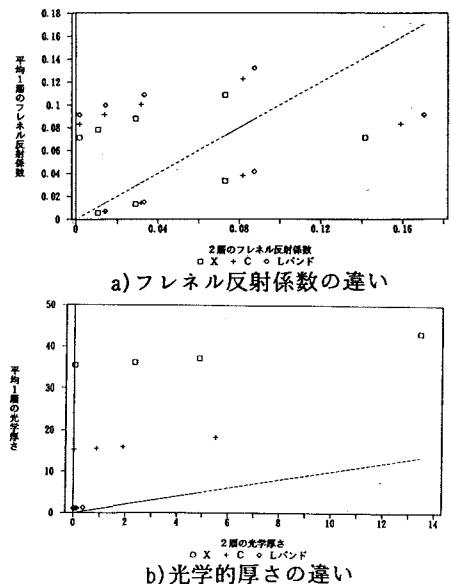


図3. 平均化による直達放射強度に差異