

(Ⅱ-65) 衛星搭載マイクロ波放射計による広域的地表面観測

長岡技術科学大学大学院 ○学生会員 玉川 勝徳
 長岡技術科学大学 正会員 小池 俊雄
 長岡技術科学大学 非会員 原田 昌信
 気象研究所海洋研究部 非会員 柴田 彰

1.はじめに

地球上最大の大陸であるユーラシア大陸での積雪は、面積が広大でその季節的・年変動の幅がきわめて大きい。これは、高い反射(アルベド)による放射収支への影響、および融雪による土壌水分の増加が夏の地表面熱収支に与える影響などを通して、地球規模の季節変動に強く影響を及ぼしているためである。本研究ではユーラシア大陸の中で特に、チベット高原を縦断する(東経92度、北緯25~40度)の月変動(1989年)について、アメリカの衛星DMSP(Defense Meteorological Satellite Program)に搭載されたマイクロ波放射計 SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager) の輝度温度データを用いて積雪面積および積雪相当水量と湿潤域の抽出を目的とし解析を行った。SSM/Iの仕様を表1に示す¹⁾。

表1: SSM/Iのスペック

搭載衛星	DMSP		
軌道要素	太陽同期極軌道 高度:860±25km		
観測幅	1394km		
周波数 (GHz)	偏波	分解能 (km)	
		Along-track	Cross-track
19.350	垂直偏波(v)	69	43
	水平偏波(h)	69	43
22.235	垂直偏波(v)	50	40
37.000	垂直偏波(v)	37	28
	水平偏波(h)	37	29
85.500	垂直偏波(v)	15	13
	水平偏波(h)	15	13

2.解析方法

まず、SSM/Iグローバルデータから東経60~120度北緯5~60度にかかる全ての軌道のデータを抽出した。

次にこの抽出されたデータを5日間ごとに重ね合わせ、チベット高原を隙間なく埋めるアンテナ輝度温度データセットを作成した。この際、重なり合う部分は各アンテナ輝度温度データの平均値と

した。

これらのデータセットからチベット高原を縦断する、東経92度・北緯25~40度を切り出し、周波数19GHz・水平偏波(以下19hと表す)と周波数37GHz・水平偏波(以下37hと表す)の緯度方向の輝度温度の変化を調べた。また、England Model²⁾を用いて、土壤上に積雪層、大気層が存在する2層の積雪モデルについて、マイクロ波放射のシミュレーションを行った。

3.England Modelについて

England Modelとは、積雪を半無限媒体(土壌)の上にある平均個数Nの球形の散乱体を含む、平均厚さDの均質媒体と仮定し、そこからの放射は、直達放射と散乱放射の2つの成分からなっているというものである。直達放射場、散乱放射場の概念図を図1に示す。

直達放射輝度は、大気と積雪、積雪と土壌の2つの境界における放射輝度収支式と積雪内部での放射収支式を解くことにより求められる。

散乱媒体内のある点zの偏波pの散乱放射輝度 $G_p(\tau, \mu)$ は、消散と消散射出成分を放射伝達式に代入して得られる。散乱放射輝度は、q偏波で μ' 方向から入射するマイクロ波がp偏波で μ 方向へ散乱する割合を示すレイリー散乱位相関数を用いて表される。さらに直達放射輝度温度 $TB(\phi)_{direct}$ および散乱放射輝度温度 $TB(\phi)_{diffuse}$ は、レイリー・ジーンズの放射式を介して、直達放射輝度、散乱放射輝度から求められる。

最終的に、放射計で感知される輝度温度 $TB(\phi)_{total}$ は、次式で表される。

$$TB(\phi)_{total} = TB(\phi)_{direct} + TB(\phi)_{diffuse}$$

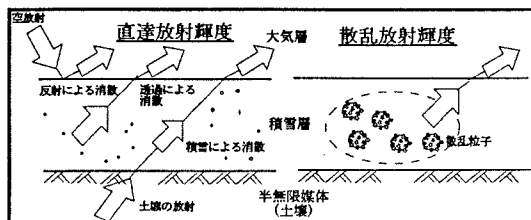


図1 England Model 概念図

4.結果と考察

図2に England Model の計算結果を示す。この図は縦軸に 19h の輝度温度、横軸に 37h の輝度温度をとり、積雪粒径・積雪深の変化に伴う輝度温度の変化をプロットしたものである。計算の際に仮定した諸物理量の値は次のとおりである。

「 乾雪、積雪粒径：0.4～1.0mm、密度：0.3g/cm³、雪・土壌の温度：273K、土粒子の直径：1.0mm、積雪深：1～201cm まで10cm 毎にプロット 」

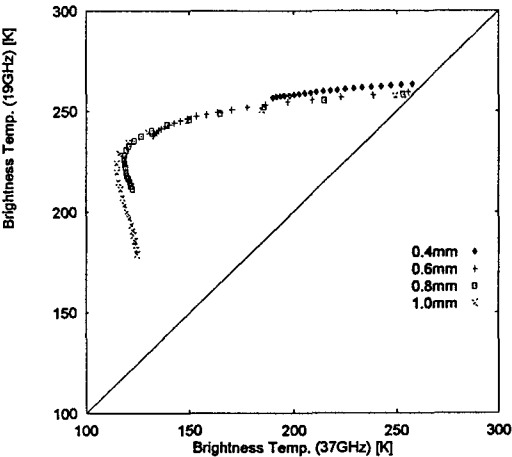


図2 England Modelの計算結果(水平偏波)

この図でわかることは、積雪深の増加とともに19hと37hの差が大きくなっていること。さらに、その差は積雪粒径が大きくなるにつれ増加する傾向にあるということである。これは19hよりも、より波長の短い37hで土壌からの放射が積雪層によって消散される効果が強いためである。すなわち19hと37hの差は積雪深を表すパラメータであると言える。

図中で縦になっている部分が存在するがこれは、37GHzで粒径が大きい場合に輝度温度に対する深さの影響がなくなり一定となるためである。

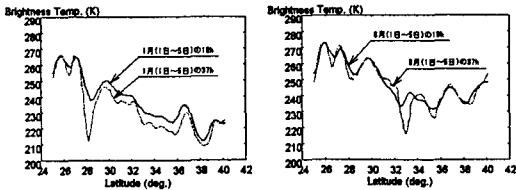


図3 1月の輝度温度分布

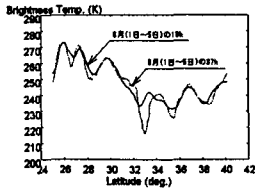


図4 6月の輝度温度分布

図3は1月(1日～5日)の輝度温度の分布図である。図3では、北緯28度付近(ヒマラヤ山脈付近)で19hと37hに大きな差が確認され、当該期が寒冷期であることを考慮すると、この領域に多量の乾雪が存在することが予想される。また、29～36度のチベット高原にも量的には少ないながら積雪のシグ

ナルが読み取れる。さらに、図4に示されるように、6月にも北緯33度付近(タングラ山脈付近)で19hと37hとの間に大きな差が確認される。これは、モンスーン初期の降雪によるためであると考えられ、これは、同期間において現地観測からも報告されている。

次に、地表面が湿潤な場合について考察する。極端な場合を想定し、水面での分光放射特性を以下の通り調べる。

- 1) 19・37GHzそれぞれについてP.S.Ray³⁾の式で水の複素比誘電率($\epsilon_w', \epsilon_w''$)を求める。
 - 2) この値をフレネルの反射係数の式に代入し、周波数ごとの電力反射係数を求める。
 - 3) 水分は透過エネルギーが無視できるので $e = 1 - R$ より放射率を求める。
- これにより得られた計算結果を表2に示す。

表2：19・37GHzの放射率

周波数(GHz)	偏波	放射率
19	H	0.29
	V	0.61
37	H	0.36
	V	0.71

表2より19hが37hよりも放射率は低く、地表面が湿潤化するにつれ、両偏波での19GHzの輝度温度は37GHzよりも低くなることが推定される。図4の北緯30度～32度付近(チベット高原南側)で $T_{19h} < T_{37h}$ の関係が見られ、

- 1) モンスーン期の降雨の影響
 - 2) 融雪または、凍土の融解
- により地表面が湿潤化していることが推定される。これは先に述べた現地観測からも報告されている。

5.結論

以上より次のことが明らかになった。

- 1) SSM/I輝度温度データとEngland Modelとを対応付けることにより乾雪の定性的な量の分布が推定される。
- 2) SSM/I輝度温度データと水の放射率の周波数・偏波特性を利用することにより湿潤領域の抽出が可能であることが示された。

[参考文献]

- 1) F.J.Wents: "User's Manual SSM/I antenna temperature tapes Revision 1", issued: December 1, 1991.
- 2) England, A.W.: Thermal Microwave Emission from a Scattering Layer, Journal of Geophysical Research, Vol.80 No.32, PP.4484-4496, 1975.
- 3) 鈴木道也: "雪氷電波・光工学", 昭晃堂.