

論文趣旨

地球規模での水・エネルギー循環過程の研究は気候変動や長期予測において重要な問題であり、広域的・定量的な地表面水文情報の抽出方法は急務である。現在、その方法としてマイクロ波リモートセンシングの利用が有効であると言われている。しかしながら、現在の衛星による土壌水分観測では地表面付近の水文量を正確に把握できない[1]。その原因の1つとして挙げられるのは、植生がマイクロ波放射に及ぼす影響が定量的に把握されていない事である。そこで本研究ではマイクロ波放射に基づくモデルを用いてマイクロ波輝度温度の推定を行い、土壌・植生間のマイクロ波伝達プロセスに関する研究を行った。

1. 輝度温度を推定するモデル

土壌面からのマイクロ波放射率はドブソンの式等により得られる誘電率を用いてフレネルの反射係数から算出される。ここで、植生は土壌面上の均一で単一散乱の媒体であると仮定した場合、植生上部でのマイクロ波輝度温度(T_{bp})は式(1)で表わされる。

$$T_{bp} = T_{sp} \exp(-\tau_c) + T_{ce}(1 - \omega_p)[1 - \exp(-\tau_c)][1 + r_{sp} \exp(\tau_c)] \quad \text{----- (1)}$$

但し、 r_{sp} ：土壌の反射率、 τ_c ：植生層の光学的厚さ、 ω_p ：植生層の単一散乱アルベド

T_{ce} ：植生層の温度、 T_{sp} ：土壌の温度

τ_c は式(2)で表わされる。

$$\tau_c = b W_c / \cos \theta \quad \text{----- (2)}$$

但し、 b ：植生パラメーター、 W_c ：植生含水量、 θ ：入射角

2. 使用する指標(Isw, PI)

本研究では含水率と植生量を表わす指標として、それぞれ Index of Soil Wetness(Isw) と Polarization Index(PI)を使用した。

2.1 Index of Soil Wetness

ある体積含水率の土壌を高周波数帯のセンサで観測した場合、土壌の混合誘電率が小さくなり誘電率の関数である電力反射係数も小さくなる。従って、1から電力反射係数を差し引いた放射率は大きくなり、輝度温度も大きくなる。逆に、ある体積含水率の土壌を低周波数帯のセンサで観測した場合、土壌の誘電率の実部が大きくなるので輝度温度は比較的になくなる。また、両者の輝度温度の差は体積含水率が大きくなるに従って大きくなるので、土壌の体積含水率の大小は両者の輝度温度の差として式(3)のように表わされる。[2]

$$I_{sw} = \frac{T_{Bi} - T_{Bj}}{T_{Bj}} \quad \text{----- (3)}$$

$i, j (i > j)$ は周波数を表わしているが、本研究では、現在利用可能なマイクロ波センサ周波数帯の中から降雨や水蒸気がマイクロ波に及ぼす影響を考慮してそれぞれ 37GHz、19GHz のデータを使用した。

key words：リモートセンシング、マイクロ波、土壌水分

新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 建設・環境系 0258-46-6000

2.2 Polarization Index(PI)

土壌面から射出されるマイクロ波には偏波特性があり、H偏波の輝度温度よりもV偏波の輝度温度の方が大きい。植生から射出されるマイクロ波には偏波特性がほとんど無い。従って、ある量の植生によって覆われた土壌の場合、土壌から射出されたマイクロ波の一部は植生によって吸収・射出されるので、植生上部から射出されるマイクロ波の偏波特性は土壌から射出されるマイクロ波のものよりも小さい。また、植生量が大きくなるに従って植生によるマイクロ波の吸収・射出も大きくなり偏波特性は減少するので植生量の大小は偏波特性(両偏波の輝度温度の差)で式(4)のように表わされる[3]。

$$PI = 2 \frac{T_{37,bv} - T_{37,bh}}{T_{37,bv} + T_{37,bh}} \quad (4)$$

但し、 $T_{37,bv}$: 37GHz、V 偏波での輝度温度、 $T_{37,bh}$: 37GHz、H 偏波での輝度温度

19GHz よりも 37GHz のマイクロ波の方が波長が短く、植生量の変化に敏感に対応するので本研究では 37Gz のマイクロ波輝度温度を使用し PI を算定した。

3. Isw と PI の挙動

図 1 は式(1)を用いて植生量 Wc (0～0.4kg/m²)と土壌体積含水率 Mv (0～60%)での輝度温度を算出し、それぞれについて $Isw \cdot PI$ を求め、等植生量曲線・等含水率曲線を描いたものである。 $Wc=0.4$ 付近では PI 、 Isw 共に極めて小さくなっているがその原因は、土壌から射出されたマイクロ波の大部分が植生によって吸収・射出され、マイクロ波の偏波・周波数特性が無くなるためである。また、含水率 21%を境に等含水率曲線の Isw の増加の割合が減少しており、1つの $PI \cdot Isw$ に対して2つの含水率・植生量が存在する領域がある。その原因は体積含水率と Isw 、植生量と PI のそれぞれの関係が非線形であるのが原因である。

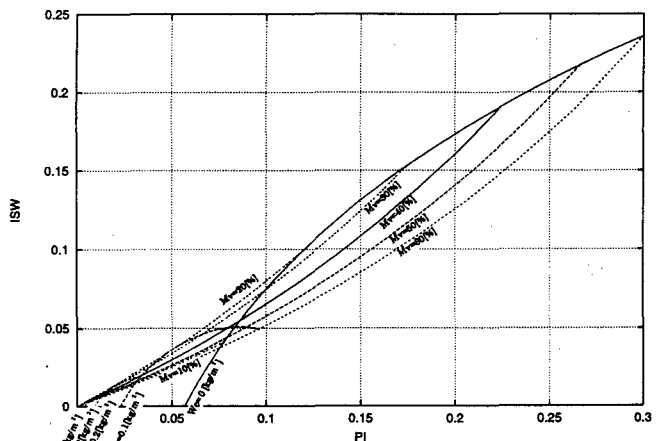


図 1 : Isw と PI の関係

その原因は体積含水率と Isw 、植生量と PI のそれぞれの関係が非線形であるのが原因である。

4. まとめ

本研究では 19GHz、37GHz の周波数帯について輝度温度を算定し、2つの指標 Isw 、 PI を用いて土壌・植生間のマイクロ波伝達プロセスに関する検討を行った。その結果、植生量が多くなると Isw 、 PI 共に値が極めて小さくなった。また、異なる含水率、植生量の組み合わせに於いて Isw 、 PI の値が重複する領域があり、観測された輝度温度から植生量、含水率を推定する際、その領域の取り扱いが重要である。

5. 参考文献

- [1]小池 俊雄：マイクロ波放射計による陸域水文量の基礎、気象研究ノート、pp.23-36、1996。
- [2]小池、塚本、飯島、藤井、熊倉、柴田：衛星搭載マイクロ波放射計によるチベット高原の土壌水分の時間的分布特性に関する研究、水工学論文集 vol41、pp.915-919、1997
- [3]Simonetta Palosia, Paolo Pampaloni : Microwave Polarization Index for Monitoring Vegetation Growth、IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing、pp.617-621、1998