

(28) 低解像度のマイクロ波センサによる土壌水分観測に適した入射角の検討

東京大学大学院工学系研究科 ○ 瀬戸 心太
 東京大学生産技術研究所 沖 大幹
 東京大学生産技術研究所 虫明 功臣

1. 背景

陸面の土壌水分量・植生量の監視には、マイクロ波センサの利用が有効である。能動型のセンサと受動型のセンサがあるが、一般には解像度の違いにより前者は流域スケールに、後者は大陸スケールにと使い分けられる。発表者らは、能動型であるが比較的解像度の低い TRMM/PR の陸面後方散乱係数をグローバルスケールで解析し、その時間変動の主要な原因が土壌水分によるものであることを示した (Oki et al., 2000; 瀬戸ほか, 2000)。13.8GHz という高い周波数でありながら、またある程度植生に覆われた地表面でも土壌水分変動情報が検出できる理由として、(i) 低解像度であるために、視野内に部分的に存在する裸地からの情報を利用できるため、(ii) 入射角が小さい (0-18°, 直下に近い) ために、土壌面からの散乱成分が卓越するため、という2点が考えられる。本発表では (ii) に着目し、同じく低解像度の能動型センサである ERS-1,2 搭載の海上風速観測用散乱計 Wind Scatterometer (以下 ERS/WSC と記述, 解像度 50km, 入射角 17-57°) の陸面における観測データ (Wismann, 1999) を解析し、「(低解像度のセンサにおいて) 入射角が小さい方が土壌水分変動の検出に有利である」との仮説を検証する。

ERS/WSC は TRMM/PR より入射角が大きいため、観測される後方散乱係数の値 (以下 σ^0 と記述) も一般に小さい。図-1 に入射角と σ^0 の値を土地被覆ごとに示した。入射角が 12° より大きい場合には、裸地面の方が植生のある面より σ^0 が小さい傾向にあり、入射角が大きくなるほど両者での σ^0 の差が開く傾向にある。ちなみに、同一の土地被覆間では2つのセンサの曲線は (周波数が違うにもかかわらず) 入射角 18° 付近ではほぼ連続していることが注目される。

2. 相関解析

図-2 に2つの地域における ERS/WSC の σ^0 ・降水量・NDVI の時間変化を示した。ここでは、降水量を土壌水分量の変動を示す指標として用いている。インド北部 (東経 75°-80°, 北緯 20°-25°) では、 σ^0 の変化が降水量とよい対応を示しており、とくに入射角の小さい (σ^0 の値が高い) 場合に降水量の変化に対する相関や感度が強い。しかし、サヘル (東経 15°-20°, 北緯 10°-15°) では、降水量よりもむしろ NDVI との対応が良く、入射角が大きい場合に感度が強い。このように、降水量よりもむしろ NDVI が σ^0 の変動に効いているとみられる地域もある。

次に、1°×1°グリッドで、 σ^0 と降水量、 σ^0 と NDVI の 84ヶ月間 (1992年1月から1998年12月まで) の相関を計算した。降水量と NDVI の間の高い正の相関により、みかけ上の相関が σ^0 と降水量 (または NDVI) の間に生じる可能性があるために、降水量とのみ有意な相関を示す地域 (SR)、NDVI とのみ有意な相関を示す地域 (SN)、両者と有意な相関を示すが降水量との相関係数が高い地域 (WR)、両者と有意な相関を示すが NDVI との相関が高い地域 (WN)、に分類した (有意の判定は相関係数 0.33 以上とした)。入射角 40° の場合について降水量との対応が良い地域 (SR および WR) の分布と、NDVI との対応が良い地域 (SN および WN) の分布を図-3,4 に示した。降水量との対応が良いのは、北米 (合衆国), 南米, ヨーロッパ, アフリカ南部, 東南アジアとインド, オーストラリアなどであり、NDVI との対応が良いのは、アフリカ中部 (サヘル), シベリアおよびカナダの高緯度地域である。

同様にほかの入射角の σ^0 についても行ない、結果を土地被覆別に分類してヒストグラムとして示した (図-5)。裸地以外では、多くの地域で降水量または NDVI との有意な相関がみられた。裸地では、降水量, NDVI の変動がほとんどないため相関が出にくいと考えられる。なお、裸地以外の各領域間での違いは顕著でなく、例えば森林において降水量との対応が悪いとは言えない。入射角ごとにみると、一般に入射角が小さい方が降水量と良い対応を示すグリッドが多く、入射角が大きい方が NDVI と良い対応を示すグリッドが多い傾向を示している。

ただし、必ずしも入射角が最小の 20° で降水量との対応が最も良くなるわけではなく、Cropland, Grassland, Shrubland, Forest などの土地被覆では入射角 30-35° 付近で良い対応を示すグリッド数が最大になる。また、NDVI との相関については、入射角が大きいほど良い対応を示すグリッド数が増えることが、どの土地被覆でも確認される。

3. 感度分析

次に、いずれの入射角でも降水量との良い対応 (SR および WR) が認められる地域について、降水量の変動に対する σ^0 の感度を計算した。感度は、回帰分析により求め、100mm/月の降水量増に対する σ^0 の増分 (dB) として表す。図-6 に土地被覆別、入射角別の平均感度を示す。土地被覆別にみると、感度の高いのは Baresoil であり、入射角が小さいほど感度が高いとの結果を得た。しかし、その他の地域では入射角による感度の変化はない、また比較的感度が強いのは Shrubland, Grassland などであった。

同様に、NDVI に対する感度についても調べた。感度は、NDVI 0.1 の増加に対する σ^0 の増分 (dB) として表す。いずれの土地被覆でも入射角が大きくなるほど NDVI に対する感度が高くなるとの結果を得た (図-7)。

4. 考察・結論

降水量を土壌水分量の指標として用いて、土壌水分量の検出に有効な入射角を検討した。裸地については、降水に対する感度(平均)や、良い対応を示すグリッド数などから、入射角が小さい方が有利との結論を得た。これは、当初の仮説を支持するものである。しかし、裸地以外の土地被覆では入射角 30-35°付近で良い対応を示すグリッド数が最大となり、また平均的な感度には入射角による違いが表れなかった。従って、この解析からは入射角が小さい方が土壌水分検出に有利と言いきれない。入射角が最小の場合に、降水量に対する感度が最大とならなかった理由として、土壌水分だけでなく植生の含水率も影響していることなどが考えられる。なお、NDVIに対する感度は、入射角が最小の時に最も弱いという結果を得た。このことから、他の影響因子である植生量の変動の影響を受けにくいという意味では、入射角が小さい方が土壌水分検出に適していると言える。

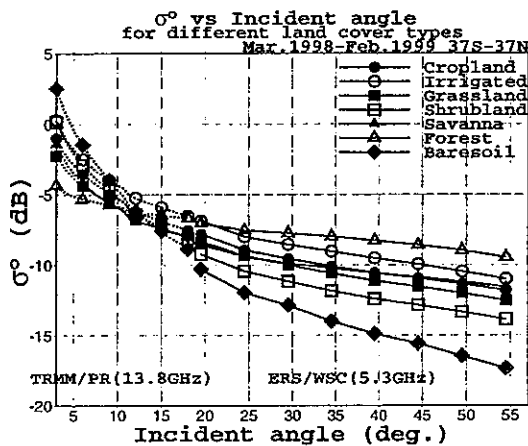


図-1: σ^0 の入射角依存性

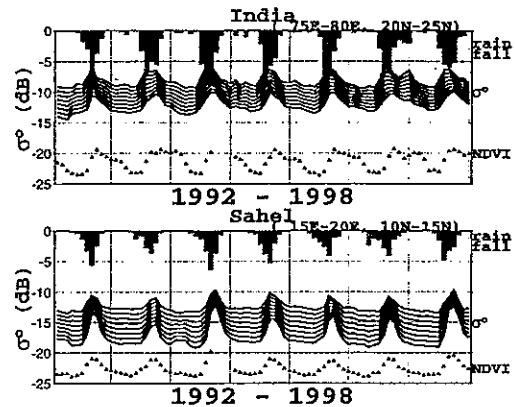


図-2: σ^0 , NDVI, 降水量の時系列

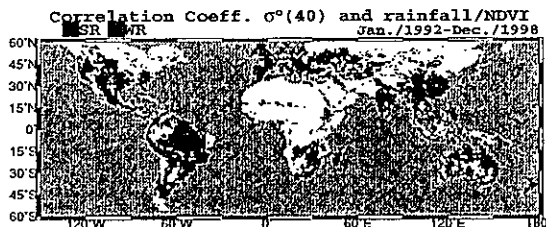


図-3: σ^0 と降水量の対応が良い(SR or WR)地域。入射角 40°の場合

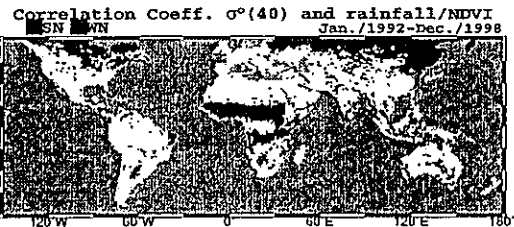


図-4: σ^0 とNDVIの対応が良い(SN or WN)地域。入射角 40°の場合

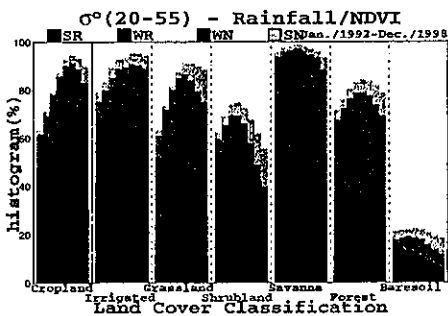


図-5: SR,WR,WN,SNの頻度分布, 土地被覆および入射角別

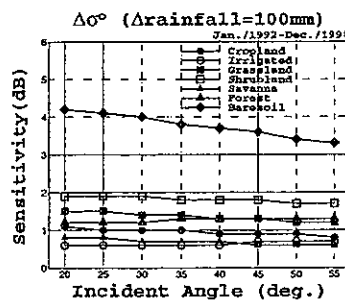


図-6: σ^0 の降水量に対する感度, 土地被覆および入射角別の平均値

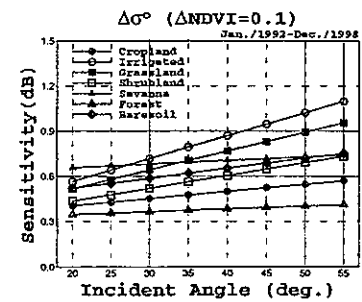


図-7: σ^0 のNDVIに対する感度, 土地被覆および入射角別の平均値

参考文献

Oki, T., S. Seto and K. Musiake, 2000: Land Surface Monitoring by Backscattering Coefficients from TRMM/PR 2A21. IGARSS'00, 24-28 JULY, 2000, HONOLULU, HAWAII, 2032-2034.
 Wismann, V., 1999: A database of global C-band NRCS derived from ERS scatterometer data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Newsletter, 106, 7-9.
 瀬戸心太, 沖大幹, 虫明功臣, 2000: 土壌水分の現地観測データを用いた TRMM/PR 地表面解析の検証. 日本気象学会 2000 年秋季大会.

キーワード マイクロ波リモートセンシング、土壌水分量、植生量、TRMM/PR, ERS/Windscatterometer