

3. 湛水面積率の推定方法

有効フットプリント内の湛水面積率を推定する方法には、次の3つがある。

(1) 単一チャンネルデータで地表面タイプによる放射率の違いを利用する方法 (Tanaka et al. 2000, Tanaka et al. in printing)

(2) 2周波数帯の放射率の差を利用する方法 (田中ら 1991, Tanaka et al. 2000)

(3) 水平、垂直偏波における放射率の違いを利用する方法 (Tanaka et al. in printing)

それぞれについて、手法を以下に述べる。

3. 1 単一チャンネルデータを用いる推定方法

表面の物理温度が T_p のグラウンドターゲットに対し、衛星上で観察される輝度温度 T_b は、次式により、得られる。

$$T_b = \varepsilon \cdot T_p + \alpha \quad (3. 1)$$

ここで、 ε は放射率、 α は大気中を通過するときに受ける影響の分である。今、具体的に考えてみるために、理想的にバイアス α は 0 とする。すると、グラウンドターゲットの物理温度 T_p が 300K の時、それが滑らかな水面であれば放射率はおおよそ 40% 前後で、センサで観測される輝度温度は 120K 程度となる。同じ仮定によって、グラウンドターゲットが水分を含まない粗い陸地であれば、放射率はおおよそ 95% で、センサで観測される輝度温度は 290K となる。そして、センサのフットプリント内に、水と陸地が混在している場合、その状況に応じてみかけの放射率が 40% から 95% までの間で変化し、輝度温度も 120K から 290K の中間値をとるはずである。

フットプリント内が乾いた陸地だけの場合の輝度温度を T_bL 、海のような、水分だけの場合の輝度温度を T_bW 、陸地と水に覆われた場所が混在していると考えられる場合の輝度温度を T_bM とする。すると、観測された T_bM と湛水面積率 %Water (%) の間には次式のようなリニアな関係が考えられる。

$$\%Water = 100 \cdot \frac{(T_bL - T_bM)}{(T_bL - T_bW)} \quad (3. 2)$$

ここで、 T_bL はフットプリント内の湛水面積率が 0% に対応する高温側参照輝度温度であり、

TbW はフットプリント内の湛水面積率が 100%に対応する低温側参照輝度温度である。そして、目的のフットプリント内の湛水面積率%Water は、TbM と TbW の差から 1 次の比例計算で得られる。

3. 2 2 周波数帯データを用いる推定方法

この方法では、同一対象物でも異なる周波数帯では観測された輝度温度に違いがあることを利用する。地表面からの放射率は、周波数帯によって変わる。式 (3.1) より、理想的にバイアス α は 0 として、2 周波数帯のアンテナ輝度温度差は、次式で表せる。

$$\Delta Tb = \{ \varepsilon(f_1) - \varepsilon(f_2) \} \cdot Tp \quad (3. 3)$$

すなわち、

$$\Delta Tb = Tb_{f_1} - Tb_{f_2} \quad (3. 4)$$

と書ける。ここで、 f_1 は周波数帯 1、 f_2 は周波数帯 2 を示す。

フットプリント内が乾いた陸地だけの場合の輝度温度差を ΔTb_L 、海のような、水分だけの場合の輝度温度差を ΔTb_W とすると、観測された地点の ΔTb と湛水面積率 %Water (%) の間には次式のようなリニアな関係が考えられる。

$$\%Water = 100 \cdot \frac{(\Delta Tb - \Delta Tb_L)}{(\Delta Tb_W - \Delta Tb_L)} \quad (3. 5)$$

ここで、添字の L は湛水面積率 0%の陸地における参照輝度温度差、W は湛水面積率 100%の水面における参照輝度温度差であることを示す。そして、目的のフットプリント内の湛水面積率%Water は、 ΔTb と ΔTb_L の差から、1 次の比例計算で得られる。

1988 年バングラデシュの洪水モニタリングは、MOS-1/MSR の 23.8GHz および 31.4GHz の 2 周波数データを用いて分析した (田中など 1991)。この 2 周波数帯画像のフットプリントは、それぞれ 32km×32km および 23km×23km であり、面積比にして約 2 倍であった。一方、DMSP-SSM/I のフットプリントのサイズは、19GHz で 69km×43km、37GHz で 37km×28km であり、面積比が約 3 倍と、かなり空間分解能が異なっている。従って、DMSP-SSM/I データを用いる場合は、各地点での 2 周波数帯における輝度温度の正しい差分を得ることが容易では無く、この方法は不向きである。

3. 3 同一周波数帯の偏波差を用いる推定方法

水平、垂直偏波の放射率の違いを応用して、湛水面積率を推定する。同じ物理温度でも、乾いた地表面の偏波による輝度温度差と、水面の偏波による輝度温度差の大きさは、異なる。乾いた陸地の放射率は偏波による違いが小さい。一方、水面の放射率は、水平偏波の方が垂直偏波よりも低いために偏波差が大きい。この性質を利用して、同一周波数帯の両偏波データから、フットプリント内の水に覆われている面積比率を推定するのである。同一周波数帯なので、空間分解能の違いは無視できるレベルである。

図 3.1 に、10GHz で計算された放射率・反射率と入射角との関係図を示す。他のマイクロ波の周波数帯でも傾向は同様である。実線が水平偏波、点線が垂直偏波で、上から順に、5% 水分のローム土壌、25% 水分のローム土壌、3.6% 塩分・20°C の海水の場合である。MSR の場合は入射角が約 10 度なので、偏波差は無視できる。DMSP-SSM/I の場合は入射角が 51.2 度（図中縦の実線）なので、偏波差が大きい。その中でも、水分が多くなるにつれて偏波差が大きくなっているのが分かる。

ある観測データ地点における垂直偏波輝度温度 T_{bv} と、水平偏波輝度温度 T_{bh} の差分 ΔT_b を、

$$\Delta T_b = T_{bv} - T_{bh} \quad (3.6)$$

とする。

フットプリント内が乾いた陸地だけの場合の輝度温度差を ΔT_{bL} 、海のような、水分だけの場合の輝度温度差を ΔT_{bW} とすると、観測された地点の ΔT_b と湛水面積率 %Water (%) の間には式 (3.5) 同様のリニアな関係が考えられる。

$$\% \text{Water} = 100 \cdot \frac{(\Delta T_b - \Delta T_{bL})}{(\Delta T_{bW} - \Delta T_{bL})} \quad (3.7)$$

ここで、添字の L は湛水面積率 0% の陸地における参照輝度温度差、W は湛水面積率 100% の水面における参照輝度温度差であることを示す。そして、目的のフットプリント内の湛水面積率 %Water は、 ΔT_b と ΔT_{bL} の差から、1 次の比例計算で得られる。

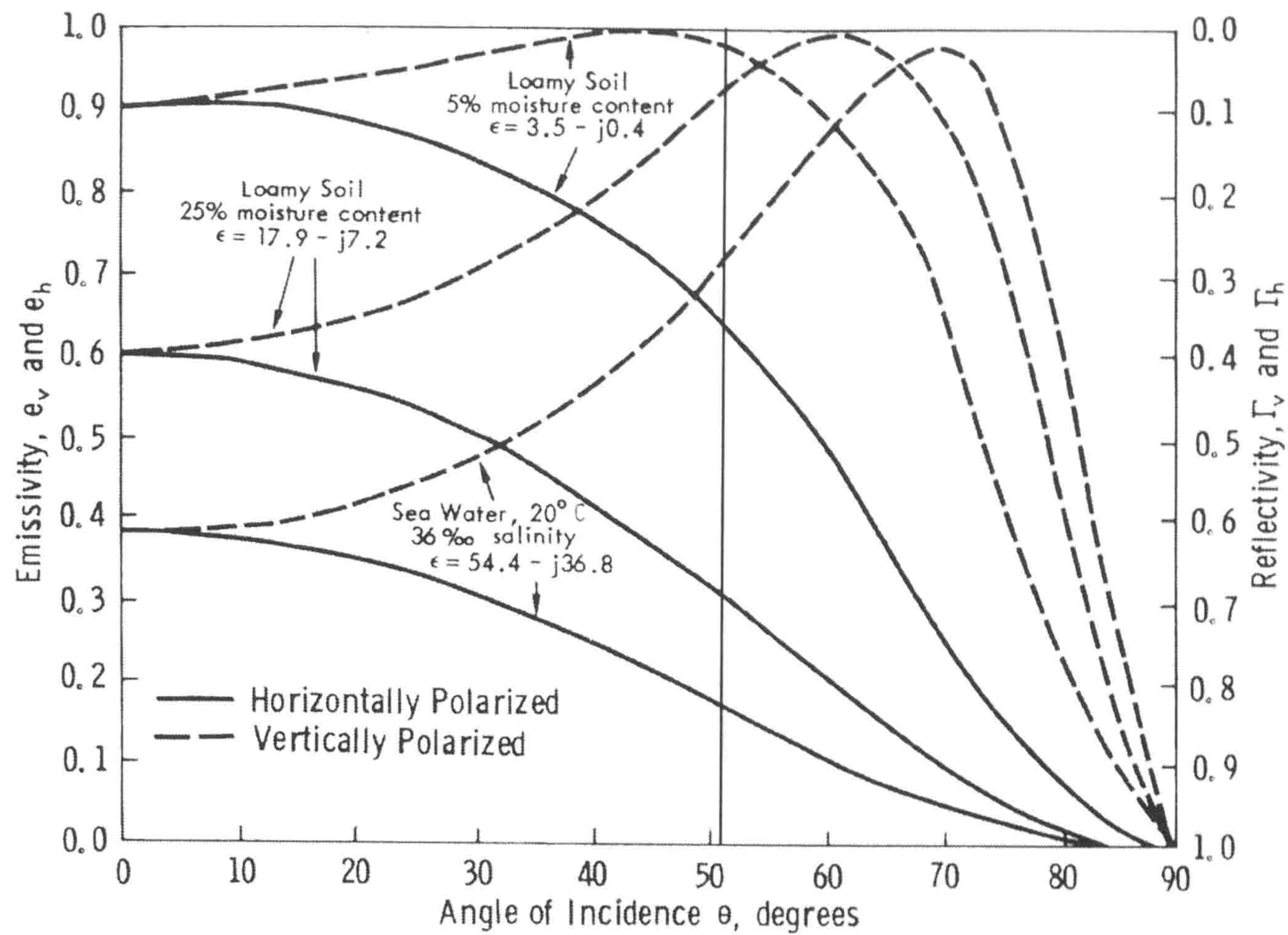


図3. 1 放射率・反射率の計算値と入射角との関係
 10GHz ; 実線が水平偏波、点線が垂直偏波 ;
 上から順に、5%水分のローム土壌、25%水分のローム土壌、
 3.6%塩分・20°Cの海水の場合 ; DMSP-SSM/Iの入射角は51.2
 度(図中縦線)である。

(MICROWAVE REMOTE SENSING ACTIVE AND PASSIVE,
 Volume I Microwave Remote Sensing Fundamentals and
 Radiometry, pp231, 1981 にSSM/Iの入射角ラインを加筆)