

II-49

SAR データを用いた空気力学的粗度マップの作成

京都大学工学部 正員 ○立川康人 大阪府庁 原井真一
京都大学工学部 正員 高埴琢馬 京都大学工学部 正員 椎葉充晴

1. はじめに 大気循環モデルによる気候変動予測の精度を妥当な水準まで引き上げるためには地球上の水とエネルギーの循環の実態が十分に解明されなければならない。水文循環の構造を理解し大気大循環モデルに組み入れていかなければならない分野として特に、大気と地表面の間の熱（水）の相互移動の理解とそのモデル化が挙げられる。

本研究では、そうした研究に必要なパラメータの一つである空気力学的粗度の空間的分布を、人工衛星あるいは航空機に搭載された合成開口レーダ（SAR）データの三つのバンド（L、C、X）を使って推定する手法について考察する。

2. 推定手法と結果 高埴¹⁾によって既に確認されているように、SARで使用するマイクロ波は地表面の凹凸に対して敏感に反応し、空気力学的粗度 z_0 と SAR の CCT 値の間には高い相関性がある。

SAR の CCT 値から z_0 への変換式を見つけるために6種類の z_0 のグランドトゥルースデータ（図2）と SAR の CCT 値の間に適当な関数形を仮定し、荷重最小二乗法によって未定係数を決定し、変換式を完成する。6個のグランドトゥルースデータのうち、グラウンド・田圃1・田圃2の3個は実際に観測で得たもの、その他の3個については文献を参考にして与えたものであるが、変換式決定の際に用いる荷重として、実測値については $\log_{10} z_0$ の標準偏差を充て、それ以外のものについては便宜上与えられた幅の1/2を充てる。こうして得られた変換曲線を図3に示す。

一様でない、様々な土地利用が混在した複雑地表面では、空気力学的粗度の大きさは風速に影響を与える地表面の範囲の設定の仕方によって変化すると考えられる。本研究では Kondo & Yamazawa の方法²⁾ にならない、図1のように、風上に向かって開いた半径 $100z$ （フェッチ長）、中心角 45° の扇形の内部をその影響範囲とし、その領域に含まれるピクセルの CCT 値の平均値に対して上で求めた変換式を適用して得られた値をその扇形の要の地点の粗度 z_0 とする。

図4のような領域に対して北西風を想定した時の、

高さ $3m$ （半径 $300m$ ）に対する粗度分布図は、SAR の L バンドのデータに図3の変換式を使って図5のように得られる。一般に空気力学的粗度が大きいと上空の風速に対して地上風速が小さくなるが、図5によれば市街地・集落・森林の風下側で風が弱く、田圃の真中では風が強いことを示している。

Kondo & Yamazawa の方法：国土数値情報（KS-202）における15の土地利用分類を4分類にまとめ、4つの分類項目の、図2の扇形内での面積率をそれぞれ a、b、c、d とした時、 $z_0[cm] = 40a + 125b + 200c + 110d - 30$ と表せる。但し、水面・草地・海浜・果樹園が領域内で90%以上の面積を占める場合はそれぞれ、 $z_0 = 0.1, 5.0, 1.0, 65.0[cm]$ とする。

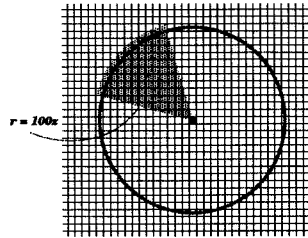


図1：高さ $z[m]$ の風速に影響を与える地表面の範囲 $z \geq 25[m]$ の場合は $r = 2500[m]$ とする。

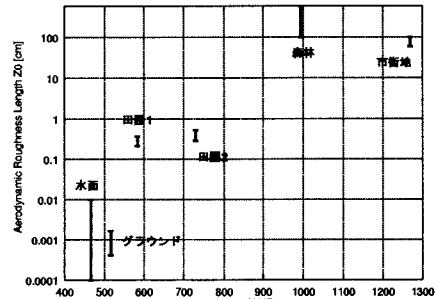


図2：SAR の CCT 値と粗度 z_0 の関係（L バンド）

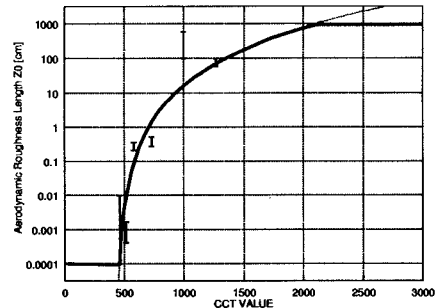


図3：SAR の CCT 値から粗度への変換曲線（L バンド）



図4：航空機 MSS トゥルーカラー画像

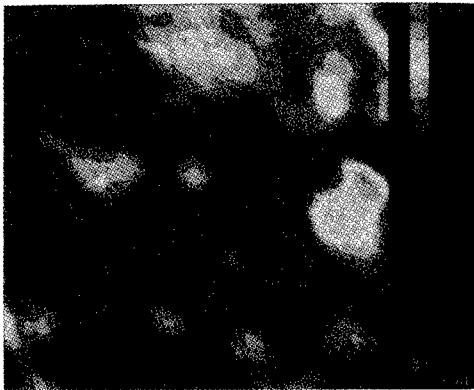


図5：SAR データから得られた粗度分布図（単位 cm）

3. 高度別・風向別粗度変化 図4の中央西寄りの地点における、高度（影響半径）別・風向別粗度の変化をSAR 3バンド・KS-202のそれぞれの場合について調べた結果を図6・図7に示す。但し高度別粗度の場合は風向を考慮せず、影響範囲を円形とした。

図6を見ると、KS-202を使う方法は例外処理の前後で粗度の値が急変し、それ以外のところでは変化が少なく、SARを使う方法では粗度が大きな値から小さな値まで連続的に変化するために粗度をかなり細かく表現することができることなどがわかる。またLバンドとCバンドは、 z_0 の値はかなり異なるが高さ方向に同じような変化の傾向を示している。

図7では、北西側つまり市街地を含む方角で各曲線が接近し、それ以外の方角では大きく離れているが、これは各データから計算した粗度の値が、市街地では同程度の値となるが市街地以外ではかなり違う値となるためである。

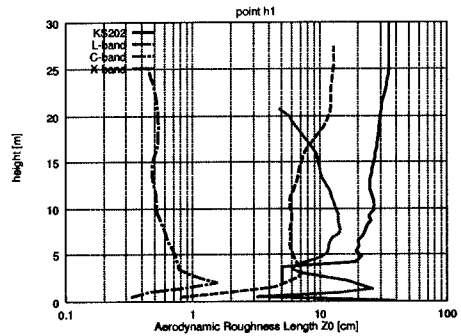


図6：高度別粗度の変化

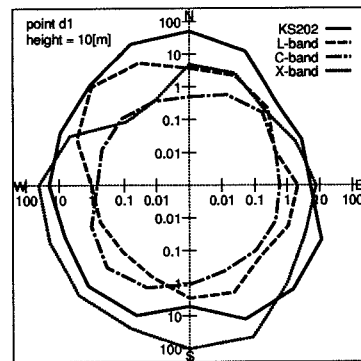


図7：風向別粗度の変化（16方位）

4. おわりに 3バンドのSARデータ及びKS-202のデータを使って数km以下のスケールでの空気力学的粗度の空間的分布図を作成し、結果を相互に比較したところ、LバンドSARによるものが広範囲の粗度値に対して最もよく対応していることがわかった。

一方、数kmから数百km程度のスケールで粗度を考える場合には、山脈など地形そのものを粗度要素と考えるべきではない。SAR画像のCCT値はその地点でのマイクロ波の入射角に影響されるが、その成分を抽出することができれば地表面の傾きや起伏の程度を推定することが可能となる。このように同じSAR画像で地被と地形の両方の効果を扱うことにより、より大きなスケールにも対応できる汎用的な手法を開発することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 高棹, 椎葉, 立川, 宝: 衛星搭載合成開口レーダによる流域地表面特性の把握に関する基礎的検討, 京都大学防災研究所年報, 第37号, pp. 195-207, 1994,
- 2) Kondo, J. and Yamazawa, H.: Aerodynamic roughness over an inhomogeneous ground surface, *Boundary-Layer Meteorol.* 35, pp. 331-348, 1986.