

# 地表面粗度関連指標のマップ化

高田桃愛

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

気象庁は全国のアメダスにおいて風向・風速を観測しているが、観測高度は地点ごとに異なるため、地点間での風速を単純に比較することはできない。風速を基準高度に補正するには、地表面粗度を適切に評価する必要がある。本研究では、土地被覆情報を基に数値表層モデルおよび数値標高モデルから建物高さを推定し、都市域を低層都市と高層都市に再分類した上で地表面粗度を算出した。さらに、土地被覆別面積比を説明変数とする重回帰分析により粗度推定式を算出し、風向8方位別の地表面粗度を1kmメッシュでマップ化した。その結果、土地被覆および建物高さの違いを反映した地表面粗度の空間分布を可視化することができた。

**Key Words:** 土地被覆データ, 重回帰分析, 風速補正

## 1. 序論

### 1-1. 背景

現在、気象庁は全国約850地点に設置されたアメダスにより風向・風速の観測を行っている。これらの観測データは、局地風の把握や強風・突風災害の解析、さらに都市域における風環境評価などに利用されており、複数地点での風向・風速の比較が必要となる場面が多い。しかし、風は地形の起伏や建物、森林の影響を受けるため、空間的に一様ではない。加えて、アメダスにおける風速の観測高度は地点ごとに異なり、そのままでは異なる地点間での風向・風速の直接的な比較が困難である。

このような観測高度の違いを補正するためには、風速の鉛直分布を表す経験式を用いて風速を基準高度に変更する必要がある。一般に用いられる風速のべき乗則では、べき指数が必要となるが、この指数は地表面の状態、すなわち地表面粗度に依存して変化する。したがって風速補正を適切に行うためには、観測地点周辺の地表面粗度に関する情報を把握することが不可欠である。

このような考え方にに基づき、地表面近くの大気構造を考慮した手法により、観測高度を統一することで地点間の風速比較を可能とすることができる。

地表面粗度の推定に関して、前田<sup>1)</sup>による研究では、100mメッシュの土地利用図と10m解像度の土地被覆図を用い、それぞれ4方位別に地表面粗度区分のマップ化を行った。その結果、より高解像度である10m解像度の土地被覆図を用いた場合の方

が、地表面粗度の空間的な違いを詳細に表現できることが示された。

一方で、この研究では都市域が1つのカテゴリーとして扱われており、建物高さや密度といった都市内部の違いまでは考慮されていない。都市域では建物高さの違いが風の減速や乱流構造に大きく影響することから、都市を一括りにするのではなく、建物高さに基づいて分類することで、より実態に即した地表面粗度の推定が可能になると考えられる。

### 1-2. 目的

以上の背景を踏まえ、本研究では土地被覆情報に数値表層モデルおよび数値標高モデルを組み合わせることで建物高さを算出し、都市部を低層都市と高層都市に分類した新たな地表面粗度の推定式を提案する。さらに、提案した推定式を用いて風向8方位別に地表面粗度を算出し、その空間分布をマップとして可視化することを目的とする。本研究により得られる地表面粗度分布図は、観測高度の異なる風速データを統一的に補正し、地点間の比較を行う際の基礎資料として活用できるだけでなく、都市域における風環境評価や局地風解析の精度向上にも寄与することが期待される。

## 2. 手法

### 2-1. 概要

本研究では、四国地方を対象とし、土地被覆図において「人工構造物」に分類された領域において、数値表層モデルおよび数値標高モデルを用いて建物高さを算出し、その高さに基づいて都市域を低層都市と高層都市に分類する。次に、都市域を再分類した土地被覆情報を用いて地表面粗度の推定式について検討を行う。具体的には、従来の粗度推定式に都市の高さ分類を組み込んだ推定式を設定し、さらに DIAS により提供されている粗度長データを用いて係数の検討および重回帰分析を行うことで、新たな粗度推定式を導出する。最後に得られた最終的な粗度推定式を用いて、風向 8 方位別に地表面粗度を算出し、その平均値を 1 km メッシュごとの代表値として地表面粗度マップを作成する。(図-1)

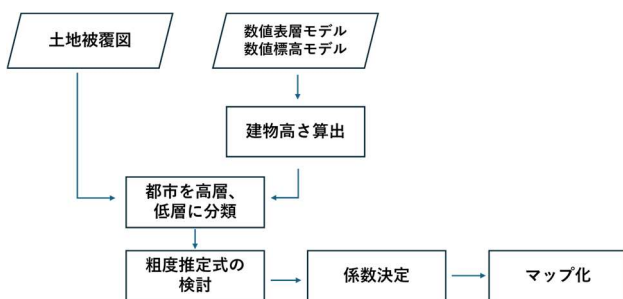


図-1 研究フロー

### 2-2. 使用データ

#### (1) 土地被覆図<sup>2)</sup>

土地被覆図として、JAXA の高解像度土地利用土地被覆データを使用する。このデータは、JAXA の陸域観測技術衛星「だいち」が観測したデータを基に作成した 10m 解像度の日本の土地被覆データである。

#### (2) 数値表層モデル (DSM)<sup>3)</sup>

数値表層モデルとして、JAXA の ALOS 全球数値地表モデル AW3D30 を使用する。このデータは、JAXA の陸域観測技術衛星「だいち (ALOS)」に搭載された立体視光学センサ PRISM の観測データを基に作成した約 30m 解像度の日本の全球数値表層モデル (DSM) である。

#### (3) 数値標高モデル (DEM)<sup>4)</sup>

数値標高モデルとして、国土地理院が整備・提供する基盤地図情報に含まれる数値標高モデル (DEM) 5 m メッシュ (標高) データを用いる。

#### (4) 都市粗度データベース<sup>5)</sup>

都市粗度データベースとして、データ統合・解析システム DIAS (Data Integration and Analysis System) 上で公開されている地表面粗度長 ( $Z_0$ ) データを使用する。

### 2-3. 都市の分類方法

土地被覆図において「人工構造物」に分類されるメッシュを都市域とし、都市域に含まれる建物高さを数値表層モデルおよび数値標高モデルから算出する。具体的には ALOS 全球地表モデルから基盤地図情報の数値標高モデルを差し引くことで建物高さを求め、建物高さ 6m 以下を低層都市、6m を超えるものを高層都市として分類する。このように都市域を建物高さに基づいて再分類することで都市内部における地表面粗度の違いをより詳細に反映することを可能とする。

### 2-4. 地表面粗度の算出および係数の検討方法

#### (1) 従来の推定式による算出

地表面粗度の算出方法は瀬戸・高橋<sup>6)</sup>の研究を参考とし、まず対象地域の土地被覆を表-1 に示すカテゴリーに再分類する。次に各メッシュの中心点を基準に半径 1 km のバッファ内 (図-2) に含まれる各カテゴリーのメッシュ数を算出し、バッファ内の総メッシュ数で除することで各土地被覆カテゴリーの面積比 (表-1) をそれぞれ求める。得られた面積比を式 (1) に代入し、粗度  $Z_0$  [cm] を算出する。

$$Z_0 = 6a + 29b + 92c + 113d + 127e \quad (1)$$

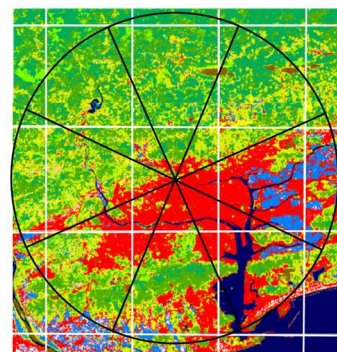


図-2 バッファのイメージ

表-1 土地被覆別の区分と分類されたカテゴリー

カテゴリー	面積比
水域, 水田	$a$
畑, 草地, 裸地	$b$
落葉広葉樹, 落葉針葉樹 常緑広葉樹, 常緑針葉樹	$c$
人工構造物	$d$

※ $e$  は幹線交通用地であるため 0 として考える。

#### (2) 都市再分類推定式による算出

式 (1) をもとに、都市を再分類した土地被覆図から地表面粗度を算出する。都市再分類推定式 (2) を提案する。都市再分類推定式で用いる土地被覆カテゴリーを表-2 に示す。

$$Z_0 = 6a + 29b + 92c + X_1d_1 + X_2d_2 \quad (2)$$

式 (2) では、低層都市と高層都市に対応する係数  $d_1$ ,  $d_2$  の値を変化させながら、DIAS により提供されている粗度長データとの相関係数を算出し、最も相関が強くなる係数の組み合わせを採用する。

表-2 再分類したカテゴリー

カテゴリー	面積比
水域, 水田	$a$
畑, 草地, 裸地	$b$
落葉広葉樹, 落葉針葉樹 常緑広葉樹, 常緑針葉樹	$c$
人工構造物 (6m以下)	$d_1$
人工構造物 (6mより大きい)	$d_2$

### (3) 重回帰推定式による算出

土地被覆カテゴリーごとの面積比を説明変数、DIAS の粗度長を目的変数として重回帰分析を行い、各土地被覆カテゴリーに対応する係数を統計的に決定した粗度推定式 (式 (3)) を導出する。

$$Z_0 = X_1a + X_2b + X_3c + X_4d_1 + X_5d_2 + X_6 \quad (3)$$

ここで、 $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  は表-2 に示した各土地被覆カテゴリーが対象領域内に占める面積比であり、 $X_1 \sim X_5$  は DIAS の粗度長データを目的変数として重回帰分析により求めた回帰係数である。

## 2-5. 地表面粗度のマップ化手法

まず対象地域を 1 km メッシュに分割したマップを作成する。次に各 1 km メッシュの中心点において半径 1 km の円を想定し、その円を風向 8 方位に対応する 8 つの扇形領域に分割する。これにより、図-2 のような方位別のバッファを作成する。各方位のバッファと土地被覆図を重ね合わせることで、方位別に土地被覆カテゴリーごとの面積比を算出する。算出した面積比を用いて、各方位について地表面粗度を計算する。最後に、8 方位それぞれで求めた地表面粗度の平均値を、その 1 km メッシュの代表的な地表面粗度として採用し、地表面粗度マップを作成する。

## 3. 結果と考察

都市部を再分類した粗度推定式 (式 (4)) および、重回帰分析により導出した粗度推定式 (式 (5)) を以下のように示す。

$$Z_0 = 6a + 29b + 92c + 113d_1 + 763d_2 \quad (4)$$

$$Z_0 = 19a + 30b + 31c + 115d_1 + 302d_2 - 30 \quad (5)$$

ここで、 $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  は表-2 に示した土地被覆種別の各カテゴリーが領域内に占める面積比である。

式 (4) は都市部を低層都市を高層都市に分類し、それぞれに異なる係数を与えることで、DIAS の粗度長との整合性が最も高くなるように係数を調整した推定式である。式 (5) は DIAS の粗度長を目的変数、土地被覆ごとの面積比を説明変数として分析を行い、統計的に係数を決定した推定式である。

従来の推定式 (1)、都市再分類推定式 (4)、重回帰推定式 (5) について、それぞれ 1 km メッシュごとに算出した地表面粗度と DIAS により提供されている地表面粗度長データとの相関係数を求めた。その結果、再分類前の土地被覆データを用いて従来の推定式 (1) により推定した場合で 0.25、再分類後のデータを用いて都市再分類推定式 (4) により推定した場合で 0.49、重回帰推定式 (5) により推定した場合で 0.75 の相関係数が得られた。(図-3)

この結果から、都市部を建物高さに基づいて再分類し、さらに重回帰分析を用いることで、DIAS の粗度長との整合性が大きく向上することが示された。

この結果から相関係数の良かった式 (5) を用いて、マップ化を行う (図-4)。

図-4 に示すマップから、都市部において高い地表面粗度が分布していることが確認できる。特に、高層都市として分類された都市中心部では、周辺の低層都市や郊外部と比較して粗度値が顕著に大きくなっており、建物高さの違いが地表面粗度の空間分布に強く反映されていることが分かる。

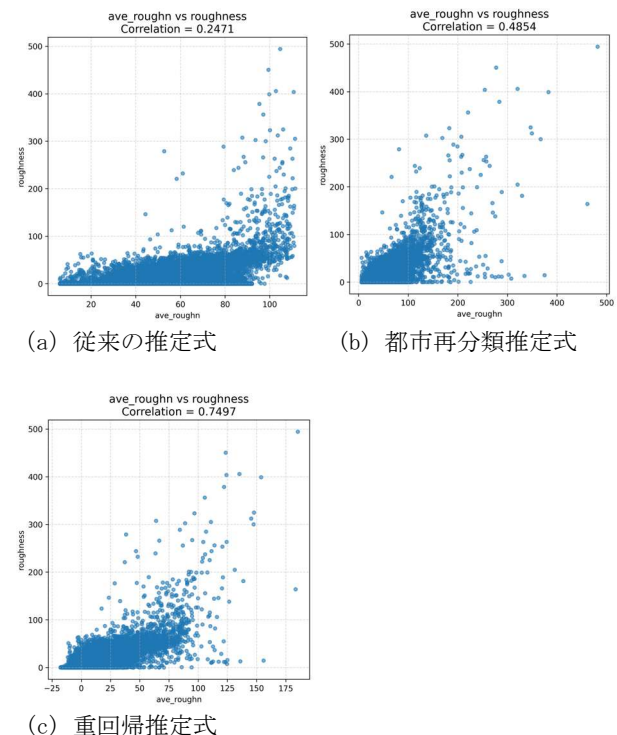


図-3 本研究と DIAS データでそれぞれ推定された粗度長の比較

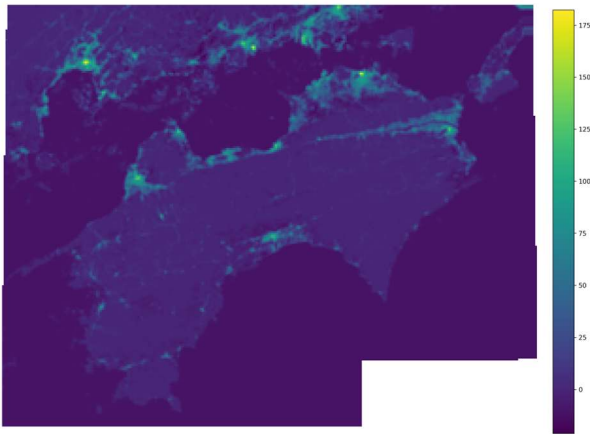


図-4 地表面粗度の推定式(c)によるマップ

#### 4. まとめ

本研究では、土地被覆情報を基に、数値表層モデルおよび数値標高モデルを組み合わせて建物高さを算出し、都市域を低層都市と高層都市に再分類した地表面粗度の推定式を検討した。まず、従来の土地被覆区分に基づく地表面粗度推定式を基礎とし、都市域を建物高さに基づいて再分類した粗度推定式に設定した。次に、当該推定式を用いて1 kmメッシュごとに算出した地表面粗度と、DIASにより提供された地表面粗度長データとの相関係数が最大となるよう係数を調整し、都市再分類型の粗度推定式を決定した。さらに、土地被覆種別ごとの面積比を説明変数、DIASの地表面粗度長を目的変数として重回帰分析を行い、各土地被覆カテゴリーに対応する係数を統計的に決定した地表面粗度推定式を導出した。

その結果、従来の土地被覆区分に基づく推定式と比較して、都市域を建物高さに基づいて再分類した場合、DIASデータとの相関係数が向上し、より実際の地表面粗度の分布を反映できることが確認された。特に、重回帰分析により導出した推定式では、相関係数が最大で0.75となり、本研究で提案した手法は都市内部の構造の違いを考慮した地表面粗度の推定に有効であることが示された。また、導出した推定式を用いて地表面粗度のマップ化を行った結果、都市中心部では高い粗度値が分布し土地被覆および建物高さの違いを反映した地表面粗度の空間分布を可視化することができた。

以上より、土地被覆情報に建物高さの情報を組み合わせることで、都市域における地表面粗度の推定精度を向上させることが可能であると考えられる。本研究で得られた地表面粗度分布図は観測高度の異なる風速データを統一的に補正し、地点間の比較を行う際の資料として活用できるだけでなく、都市域における風環境評価や局地風解析の精度向上にも寄与することが期待される。

今後の課題として、まず風向8方位すべてについて地表面粗度マップを作成し、方位による粗度分布の違いを詳細に検討する必要がある。また、本研究ではバッファ半径を一律に1 kmとしたが、観測高

度や対象地域の特性に応じてバッファ半径を可変とすることで、より適切な粗度評価が可能になると考えられる。

さらに、DIASデータとの比較は相関係数による評価にとどまっているため、今後は誤差分布や地域別の傾向分析を行い、推定式の適用範囲や限界を明らかにすることが望まれる。加えて、異なる地域や都市規模に本手法を適用し、汎用性について検証することも今後の重要な課題である。

#### 参考文献

- 1) 前田航平：地表面粗度区分のマップ化に関する研究，令和3年度高知工科大学システム工学群卒業研究概要書，2022。
- 2) JAXA 第一宇宙技術部門 Earth-graphy | 高解像度土地利用土地被覆図ホームページ：  
[https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc\\_j.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc_j.htm)
- 3) JAXA 第一宇宙技術部門 Earth-graphy | ALOS 全球数値モデル (ALOS World 3D-30m : A W3D30) ホームページ：  
[https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/aw3d30/aw3d30\\_j.htm](https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/aw3d30/aw3d30_j.htm)
- 4) 国土地理院，基盤地図情報（数値標高モデル）5mメッシュ（標高），国土地理院ウェブサイト  
<https://www.gsi.go.jp/kiban/towa.html>
- 5) データ統合・解析システム (DIAS) ホームページ：  
<https://diasjp.net/>
- 6) 瀬戸芳一，高橋日出男：地表面粗度による観測風の補正手法を用いた関東平野における夏季晴天日の局地風循環の把握，日本地理学会，pp.532-534，2011