

PLATEAUデータベースを用いた日本の都市の建物幾何 パラメータの統計解析

田中, 琳央
九州大学大学院総合理工学府総合理工学専攻機械・システム理工学メジャー

<https://hdl.handle.net/2324/7358374>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 修士, 修士
バージョン :
権利関係 :

PLATEAU データベースを用いた日本の都市の建物幾何パラメータの統計解析

都市環境科学 田中 琳央

1. 緒言

今後数十年で、都市部に居住する人口が増加すると予想されている。現在においても、地球温暖化やヒートアイランド現象の顕在化により、特に都市部では極端な高温を経験しやすいことが多く報告されている。都市部での人口増加に対して、持続可能かつ快適に居住可能な方法を模索するためには、都市を構成する建物の幾何学的パラメータにより、都市表面と大気との運動量、熱、水蒸気などの交換量を精度よくモデル化する必要がある。

こうした都市の上空大気の干渉をモデル化する方法の一つバルク法がある。都市域を巨視的に捉え、空気力学パラメータにより都市表面と大気の様々な物理量のやり取りを表現する方法である。空気力学パラメータとは、建物に作用する抗力を定量化したバルク抗力係数、媒体内のスカラー量(温度、物質濃度、エネルギーなど)の輸送または移動を定量化したバルクスカラー輸送係数、これらの輸送量を長さスケールとして表現した概念的な高さである粗度長、障害物により平均風速が仮想的にゼロになる地面からの高さを表すゼロ面変位のことを指す。しかし、これまでの実験や数値モデル^[1]において、都市の空気力学パラメータをモデル化することは試みられてきたが、既往研究ではモデルの一般性を担保するため、実際の都市形態を忠実に反映した幾何模型ではなく、単純模型群が用いられることが多かった。また、実街区を対象とした空気力学パラメータのモデルも提案されているが^[2]、対象としている都市域は限られている。そのため、都市表面の詳細な幾何学的特徴が空気力学パラメータに与える影響を把握するためには、正確な都市幾何学データと空気力学パラメータの関係を把握することが必要である。

しかしながら、現状日本にある主要な都市について、空気力学パラメータに大きく影響すると予想される都市建物の幾何学的パラメータがどのような統計的特性を持つのかは十分に調査されていない。そこで本研究では、既往研究において提案された空気力学パラメータモデルの適用可能性を調査することを念頭に、その基礎的検討として日本の主要都市における建物形状データベースである PLATEAU を活用し、都市幾何学データを抽出し、登録された 217 都市のうち東京、名古屋を含めた全国 106 都市の幾何特性を把握する事を目的として統計解析を実施した。

2. 解析概要

本研究では、日本の都市形態データを取得するため PLATEAU を使用した。これは、都市形態データのオープンプラットフォームとして、2020 年に国土交通省が主導して開始された都市デジタルツインのデータベースである。このデータは、都市機能の管理や統合、持続可能な都市開発のための三次元都市モデルの生成に利用可能である。データ形式は CityGML 3.0 による階層構造になっており、Python の XML パッケージを使用することで、データの抽出および分析が可能である。各都市のデータは、1km² ごとに、分割されたファイル構成で、建物、道路、都市計画決定情報などの項目ごとに分類されている。建物の階層構造の中には、1 メッシュに含まれる個々の建物に建物 ID が付与され、ポリゴン形式で規定された建物設置面積の情報、建物高さ、座標などの情報が含まれている。現状で、全国 217 市町村のデータがフリーで公開されている。このデータベースから、建物の数と測定建物高さを取り出し、高さに関する平均、最大、最小、標準偏

差などの統計情報を算出し、統計量の関係性について議論する。

3. 結果

3.1. 札幌・東京・京都・大阪におけるモデルの適用調査

建物の高さの数、測定された平均高さ、高さの標準偏差、メッシュごとに示すカラーマップを、札幌、東京 23 区、京都、大阪を例として生成し、PLATEAU に登録されたデータが他の研究で報告された結果に従っているかを評価した。例として図 1 より、商業地区と東京の行政区の建物の平均測定高さおよび標準偏差は、住宅地よりも大きい傾向があることが明らかになった。

次に、測定された平均高さに対して、これら 4 都市におけるメッシュごとの標準偏差および測定された最大建物高さの散布図を作成し、Kanda モデル^[2]の適用性を調査した。図 2 と図 3 の散布図からそれぞれ以下の式(1)、式(2)を得た。

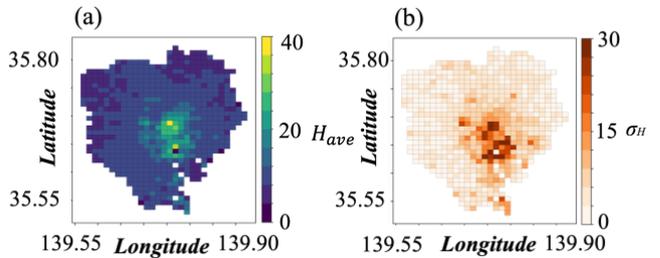


図 1 東京 23 区における 1km² メッシュあたりの (a) 平均建物高さ H_{ave} [m], (b) 建物高さの標準偏差 σ_H [m]

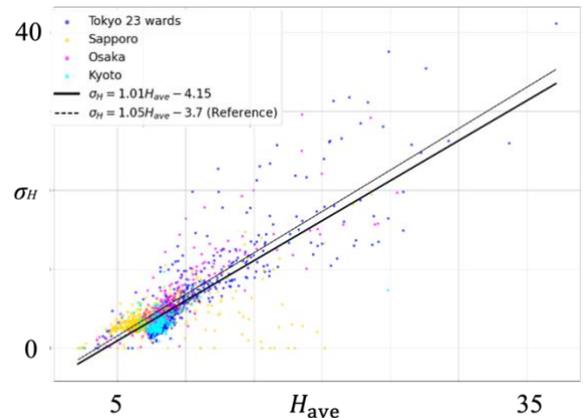


図 2 主要 4 都市における 1km² メッシュあたりの建物高さの標準偏差 σ_H [m] と平均建物高さ H_{ave} [m] の関係

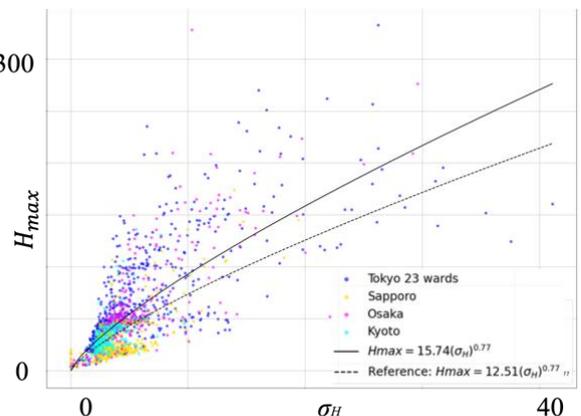


図 3 主要 4 都市における 1km² メッシュあたりの最大建物高さ H_{max} [m] と建物高さの標準偏差 σ_H [m] の関係

$$\sigma_H = 1.01H_{ave} - 4.04 \quad (1)$$

$$H_{max} = 16.01(\sigma_H)^{0.77} \quad (2)$$

H_{ave} は平均建物高さ [m]、 H_{max} は最大建物高さ[m]、 σ_H は建物高さの標準偏差[m] を表す。他方、Kanda et al.^[2] は、空気力学パラメータを特徴づける建物群の幾何形状を単純化するため、以下の関係式を提案している。

$$\sigma_H = 1.05H_{ave} - 3.7 \quad (3)$$

$$H_{max} = 12.51(\sigma_H)^{0.77} \quad (4)$$

式(1)と(3)、式(2)と(4)を比べると係数の違いはあるものの、データは Kanda et al. ら^[2] によって提案された回帰曲線と、類似することが確認された。

3.2. 日本全国 106 都市におけるモデルの適用調査

全国 106 都市を対象に、同様の方法により都市の建物高さの統計量を計算し、それらの関係性を散布図で可視化した。さらに洞察を深めるため、日本の家計調査で用いられる定義に基づき、対象都市を大都市、中都市、小都市に分類した。大都市は政令指定都市および東京都区部、中都市は人口 15 万人以上の市（大都市を除く）、小都市は人口 15 万人未満の市町村とした。四つの大都市のデータを用いた分析と同様に、各分類においてもデータ分析を実施した。

図 4 に、灰色、オレンジ、青色の点が、それぞれ小都市、中都市、大都市における建物高さの統計値の関係を示す。大都市の散布図は先の 4 大都市で明らかになったものと似たパターンを示した。中小都市もまた、建物数、歪度、尖度と平均建物高さの散布図において似たパターンを示した。しかし、中小都市は、最大および最小建物高さ、標準偏差と平均建物高さの関係において大都市とは明確に異なる挙動を示した。特に小都市では建物数が限られているため、高さの多様性が制限される可能性があると考えられる。

最後に、先の四つの大都市に対して分析を行ったように Kanda らが提案したモデル^[2] の適用可能性を検討した。

$$\sigma_H = 0.84H_{ave} - 2.80 \quad (5)$$

$$\sigma_H = 0.44H_{ave} + 0.07 \quad (6)$$

$$\sigma_H = 0.33H_{ave} + 0.56 \quad (7)$$

$$H_{max} = 12.66(\sigma_H)^{0.83} \quad (8)$$

$$H_{max} = 11.75(\sigma_H)^{0.66} \quad (9)$$

$$H_{max} = 9.63(\sigma_H)^{0.71} \quad (10)$$

図 5 の散布図から式(5)(6)(7)、図 6k の散布図から式(8)(9)(10)をそれぞれ得た。式(5)(8) は大都市、式(6)(9) は中都市、式(7)(10) は小都市に関する回帰曲線である。これらを式(3)(4) と比べると、Kanda モデルは中小都市よりも大都市に適していることが明らかになった。これは、提案されたモデルが東京と名古屋という大都市を構成する建物の幾何学的パラメータを用いて構築されており、他の 2 つの都市クラスを反映することが本質的に難しいと考えられる。

4. 結言

PLATEAU を用いて全国 106 都市の建物幾何パラメータを統計解析し、空気力学パラメータモデルの適用可能性を検討した。大都市では Kanda モデル^[2] が適用可能だが、中小都市には新たなモデルが必要と判明した。ただし、精度向上には PLATEAU データの改善が不可欠である。本研究が、対象都市を拡大し、空力特性に影響を与える幾何学的パラメータの解明に向けた第一歩となることを期待する。

参考文献

[1] S. A. Zaki, A. Hagishima, J. Tanimoto, N. Ikegaya,

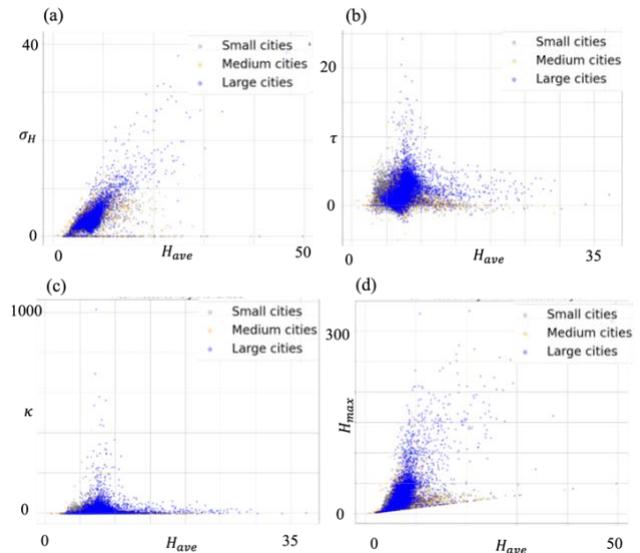


図 4 全国 106 都市における 1km² メッシュあたりの平均建物高さ H_{ave} [m] と (a) 建物高さの標準偏差 σ_H [m] (b) 歪度 τ (c) 尖度 κ (d) 最大建物高さ H_{max} [m] の関係。都市の人口規模に応じて小都市、都市、大都市に分類

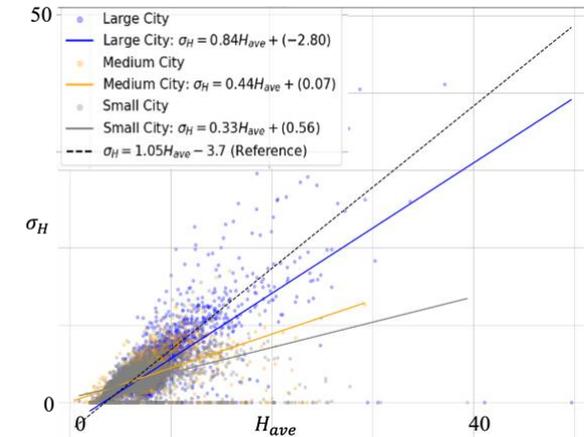


図 5 全国 106 都市における 1km² メッシュあたりの建物高さの標準偏差 σ_H [m] と平均建物高さ H_{ave} [m] の関係

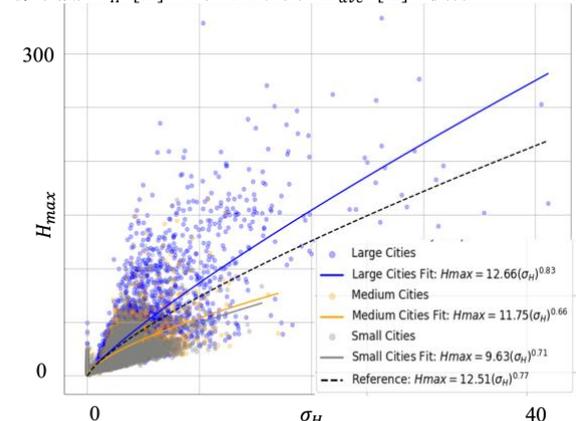


図 6 全国 106 都市における 1km² メッシュあたりの最大建物高さ H_{max} [m] と建物高さの標準偏差 σ_H [m] の関係

“Aerodynamic Parameters of Urban Building Arrays with Random Geometries”. *Boundary-Layer Meteorol*, 138, 99-120, Oct. 2010.

[2] M. Kanda, A. Inagaki, T. Miyamoto, M. Gryscha, and S. Raasch, “A New Aerodynamic Parametrization for Real Urban Surfaces,” *Boundary Layer Meteorol*, vol. 148, no. 2, pp. 357–377, Aug. 2013.