

# 都市内外の強風予測のための数値風洞の作成に関する研究

## その2 建物と樹木のモデル化と実測による検証

東京大学 学生会員 ○伊藤遥子  
東京大学 正会員 石原 孟

### 1. はじめに

風速は地形、建物、樹木の影響を受け空間的に大きく変化する。これまでは、詳細な現地調査から作成された市街地モデルと風洞実験によって、建物等が観測点での風況に与える影響が調べられてきた<sup>1)</sup>。しかし現地調査の実施には時間と労力を必要とする。広範囲かつ高解像度な3次元地表面被覆データベースと数値風洞による、風洞実験と同精度の強風予測が求められている。

建物と樹木を主とする地表面被覆のデータベースとして土地利用図等が挙げられるが、これは高さ情報をもたない。一方、建物や樹木の高さは数値表層モデル DSM (Digital Surface Model)に含まれている。航空レーザ測量は高精度だが計測可能範囲が小さい。近年衛星に搭載された光学センサから全球レベルの DSM が作成されているが、これから個別の建物と樹木の高さまでもが計測可能かどうかは明らかでない。

本研究は、衛星測量による建物と植生の個別高さ計測精度を明らかにし、建物と樹木の3次元データベース作成方法を提案する。そして前報<sup>2)</sup>で推定した2003年台風14号来襲時の平坦地形上風速を沖縄電力宮古支店における風速に変換するため、宮古島郊外に位置する宮古支店を中心に、作成したデータベースを用いた気流解析を実施する。最後に、実際の観測値との比較から強風予測精度を定量的に評価する。

### 2. 衛星測量による建物と樹木高さの計測精度の検証

#### 2.1 平坦地における精度検証

本研究で検証したのは陸域観測衛星「ALOS」に搭載された立体視光学センサ PRISM による、水平解像度 5m の DSM データである(以下 AW3D)。比較データとして縮尺 1/25000 の地形図から作成された数値標高モデル 10m メッシュ(以下、DTM10m)を用いた。計測地点の緯度経度の取得には Google Earth Pro を利用した。

はじめに、宮古島市立平良第一小学校、沖縄県立宮古高等学校、宮古島市立東小学校の校庭において、AW3D と 5m メッシュに内挿した DTM10m の差分を抽出した。一例として、宮古高校の外観と断面図を図1に示

す。AW3D は平坦地においても 3m 以上の誤差を持ちうるということが明らかになった。

表1 平坦地における AW3D と DTM10m の差

対象地	宮古高校	平良第一小	東小	3地点平均
メッシュ数	345	239	254	
平均(m)	-1.61	0.87	2.28	0.51
標準偏差(m)	0.96	0.78	0.70	0.81

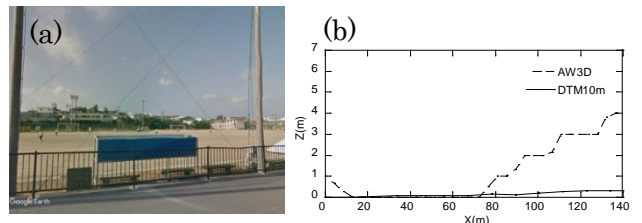


図1 宮古高校グラウンドの(a)概観と(b)断面図

#### 2.2 建物と樹木群落の断面図抽出

次に、宮古島市立南小学校の校舎および宮古島市平良下里 977-1、宮古島市平良字久良 1013、大原北公園横の3地点の樹木群落について断面図を抽出した(図2)。

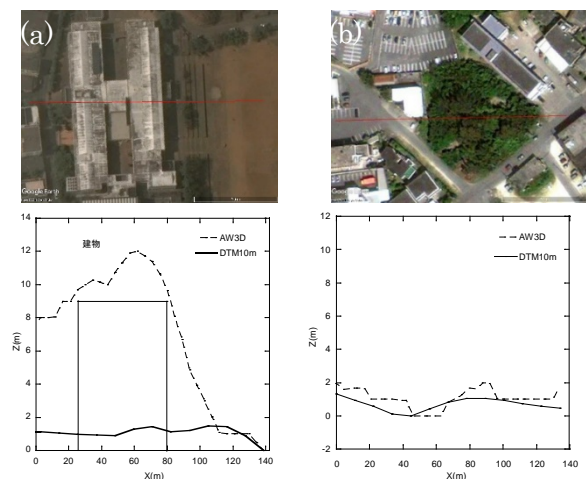


図2 (a)南小学校校舎と(b)平良下里樹木の上空写真と断面図



図3 (a)南小学校校舎と(b)平良下里の樹木の概観

図 2 の上空写真内の赤線とグラフの横軸は対応している。建物の断面図には、階高を 3m とした建物形状も示した。

AW3D と DTM10m は建物について有意な差を示すが、個別の計測を実施するには水平精度が十分でない。また樹木群落内の AW3D と DTM10m の差は平坦地での差と同程度であり、図 3 の概観から確認できる樹木の高さは反映されていない。

### 3. 建物および樹木のモデル化

建物と樹木のデータベース作成のため、はじめにゼンリン(株)の Zmap Town II と環境省自然環境局の植生図 GIS を Google の衛星写真と比較し、各建物・樹木分布の水平位置が一致することを確認した。

二次元データに高さ情報を付与するため、本研究では衛星測定の代替として Google ストリートビューを利用した。図 4 に赤点で示す宮古島市平良久貝 1039-3 の建物の辺と高さ 5m の道路標識は、ストリートビューの視点位置から等距離にある。ビュー画面上での両者の高さを比較するとこの建物高さは 6.0m となるため、階数×平均階高 3.0m を建物高さとして採用した。

樹木を対象とした同様の計測を宮古島内の複数箇所で行い、落葉広葉樹 5.4m, 落葉針葉樹 2.7m, 常緑広葉樹 5.1m, 常緑針葉樹 9.1m と樹木種別に高さを設定し、二次元データベースに付与した。

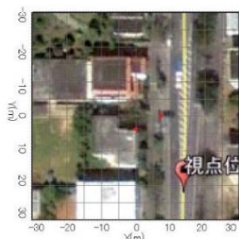


図 4 上空写真



図 5 ビュー画面

## 4. 沖縄電力宮古支店周りの気流解析

### 4.1 解析条件

本解析には 3 次元風況予測プログラム MASCOT を用いた。流入風は前報<sup>2)</sup>の数値風洞で得た平均風速と乱れの鉛直分布、解析領域は 20km×20km×1.8km とした。格子間隔は水平方向が最小 20m 最大 500m, 鉛直方向が最小 3m とし、計 207 万点の格子を利用した。

標高データには DTM10m を用い、建物と樹木が気流に与える影響は榎木らが提案した一般化キャノピーモデル<sup>3)</sup>で評価した。

## 4.2. 解析結果

平坦地形上の大気境界層を再現したうえで、平坦地形上の気象台観測高さ 13.5m の風速と実地形上の宮古支店観測高さ 22.0m の風速の比を 16 風向別に求めた。前報<sup>2)</sup>で推定した 2003 年台風 14 号来襲時の平坦地形上風速の時間変化に風速比を乗じ、宮古支店における観測データと比較した(図 6)。

宮古支店における推定値は観測値と高精度で一致した。全データの原点を通る回帰曲線の傾きは 1.016, また最大風速の予測誤差は 4.9%となった。

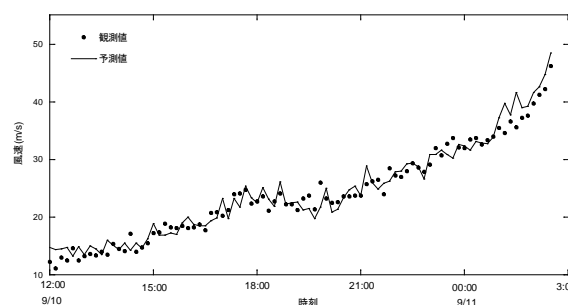


図 6 沖縄電力宮古支店における観測値と推定値の比較

## 5. まとめ

本研究は、衛星による都市内の個別の建物と樹木の高さの計測は困難であることを示し、代わりに Google ストリートビューを用いて建物と樹木の 3 次元データベースを作成した。作成したデータベースを利用した気流解析を宮古島の郊外を対象に実施し、解析結果に基づいて平坦地形上風速を実地形上に変換することで、最大風速を 4.9%の誤差で推定した。

## 参考文献

- (1) 石原孟, 山口敦, 高原景滋, 銘苅壮宏, 新城文博: 風洞実験と気流解析に基づく台風 0314 号の最大風速の推定, 構造工学論文集 Vol.51A, pp.911-920, 2005.
  - (2) 石原孟, 伊藤遥子: 都市内外の強風予測のための数値風洞の作成に関する研究 その 1 数値風洞の作成と風洞実験による検証, 第 73 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2018. (投稿中).
  - (3) 榎木康太, 石原孟: 一般化キャノピーモデルの提案と都市域における風況予測への応用, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol. 68, No.1, pp.28-47, 2012.
- 本稿の画像データソース: Google Earth