

# オープンデータ、オープンソースを活用した市街地の流体解析

水野 繁<sup>\*1</sup>  
Mizuno Shigeru

オープンデータ、オープンソースを市街地の流体解析に活用することを検討した。国土交通省が主導するプロジェクト PLATEAU の 3D 都市モデルから流体解析用の形状データを作成し、オープンソースの流体解析ソフトの OpenFOAM で格子作成、計算を実施した。これらデータ、ソフトウェア使用にあたっての注意点を確認し、十分活用可能であることを確認した。

キーワード：数値流体解析、風環境解析、PLATEAU、OpenFOAM、snappyHexMesh

## 1. はじめに

当社では航空機エンジン内の翼列流れの流体解析を実施しているが、建築物周囲の流れ場や、建築物から排出されるガスの濃度分布の解析も需要がある。ここで、建築物周囲の流れ場の解析における課題の一つは形状データ作成に時間がかかることである。特に 3D の形状データがない場合には、この問題が顕著である。またもう一つの課題は、風向、風速、排出ガスの排出パターンなど検討するパラメータが多いため、解析ケースが多くなり、計算時間がかかることである。今回これら課題に対して、オープンデータ、オープンソースの活用を検討した。

## 2. オープンデータ

「官民データ活用推進基本法（平成 28 年法律第 103 号）」において、国および地方公共団体はオープンデータに取り組むことが義務付けられた。現

在、国土交通省が主導する「3D 都市モデル整備・活用・オープンデータ化プロジェクト PLATEAU<sup>(1)</sup>」によって、3D 都市モデルの整備が進められており、現在、全国 56 都市のオープンデータ化が完了している。

今回この 3D 都市モデルを流体解析に活用することを検討した。

PLATEAU<sup>(1)</sup>にはダウンロードできるファイルフォーマットが何種類か用意されている。流体解析の形状作成に適するのは OBJ 形式であるため、今回は OBJ 形式のファイルをダウンロードして使用した。

3D 都市モデルには、形状の詳細さが異なる lod1 と lod2 が用意されている。

lod1 は、建築物の外形線に囲まれた水平面を一律の高さで立ち上げたような立体となり、屋根は平面で簡略化される。lod2 は壁面や屋上の設備などもモデル化される。lod2の方が詳細であるが、通常の市街地全体の流体解析ではモデル化しないよ

\*1：計測事業部 計測技術部 磯子グループ 主査

うな細かい部分までモデル化され、計算格子数が多くなりすぎるために簡略化が必要となる場合がある。

ここでは、例として、豊洲のIHI本社ビルのlod1、lod2の形状データを図1に示す。lod1、lod2で大きく違う箇所を図中に①～③として示す。

①は、lod1では地上の円筒形の構造物の外形が屋上まで引き上げられた形状となっている。前述したlod1の特徴に起因するものであるが、高層ビルであるため、地上から屋上までの大きな領域に違いが出る。

②③は、lod1ではそれぞれ屋根、ピロティが簡略化されている。

流体解析用に建屋形状をデータ化する場合、lod1の②③のように簡略化することはあるが、①のように大きく形が変わる簡略化は実施しない。しかし豊洲地区のデータを見ると、①のように地上の形状が屋上に至る広範囲に影響を及ぼしている高層ビルが複数ある。したがってlod1の高層ビルデータを使用するにあたっては注意深くチェックし、形状修正の要否を判断する必要がある。

### 3. オープンソース

オープンソースとは、プログラミングのソースコードを一般に公開し、使用・配布・改良が許可されたソフトウェアを指す。

オープンソースの流体解析ソフトを使うメリットは、解析計算ケースが多いときでも、PC複数台で並行して計算することができる点にある。

デメリットは、市販ソフトのようなサポートが受けられないことである。メンテナンスのコストと、ソフトウェア購入、いずれを選択すべきかについては一概に言えず、用途に応じて検討が必要である。

今回の解析において、流体解析ソルバーはOpenFOAMを使用した。オープンソースの流体解析ソルバーはいくつかあるが、OpenFOAMは広く使用されており、解析事例も多く、情報を得やすいことから選択した。格子作成はOpenFOAM付属のsnappyHexMeshを用いた。

### 4. テストケース

#### 4.1 概要

テストケースとして、豊洲1～3丁目地区、おおよそ1km四方のビル群(図2)を対象とし、二つの条件(ケース1、ケース2)で流れ解析を試行し、結果を比較した。

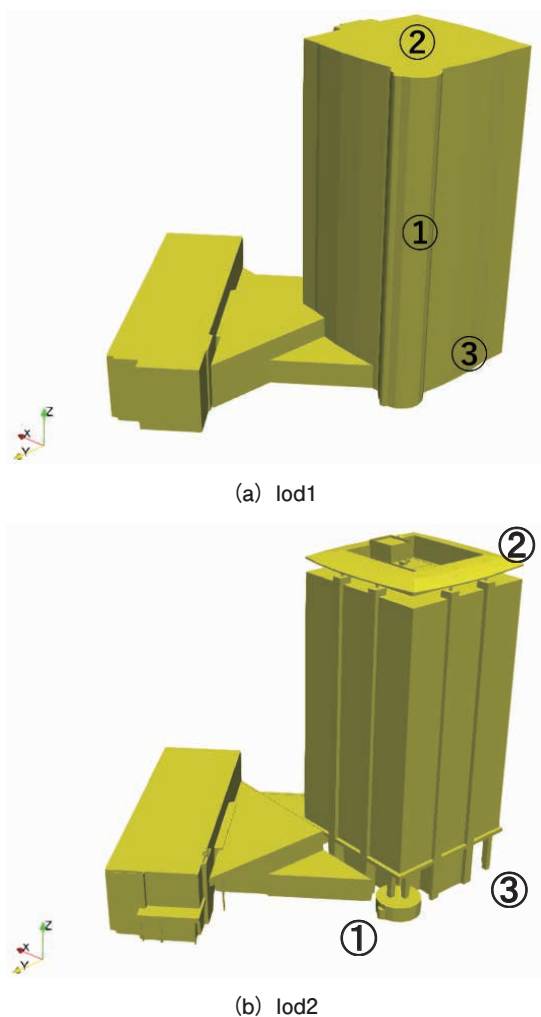


図1 PLATEAU 3D 都市モデルデータ<sup>(1)</sup>の例 (豊洲 IHI 本社ビル)

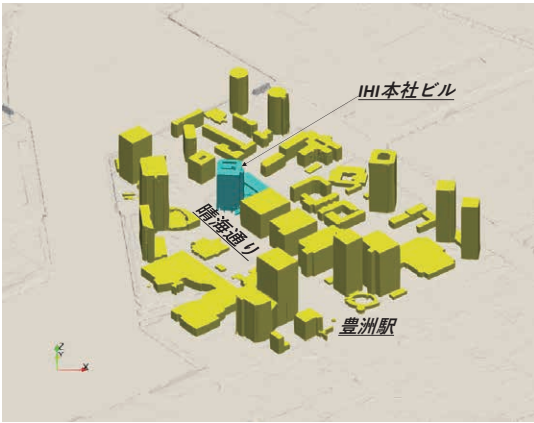


図2 解析対象のビル群（豊洲1～3丁目）

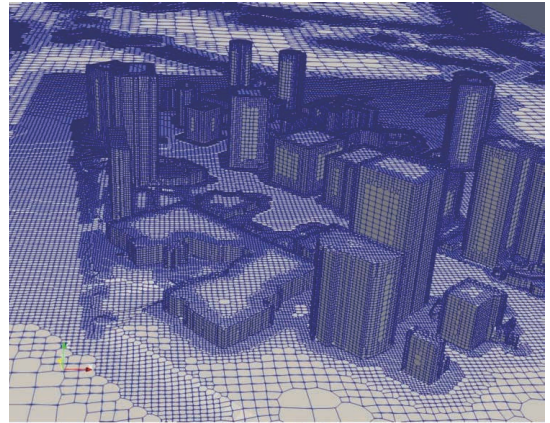
- ・ ケース1：PLATEAUのlod1データを使用し、対象地区のデータの切り出し、形状修正、格子作成、計算、後処理を実施
- ・ ケース2：ケース1のデータのうちIHI本社ビル近傍のみを仮想の評価対象として、形状が詳細なlod2のデータに置き換え、ケース1と同様の計算、処理を実施

#### 4.2 計算格子

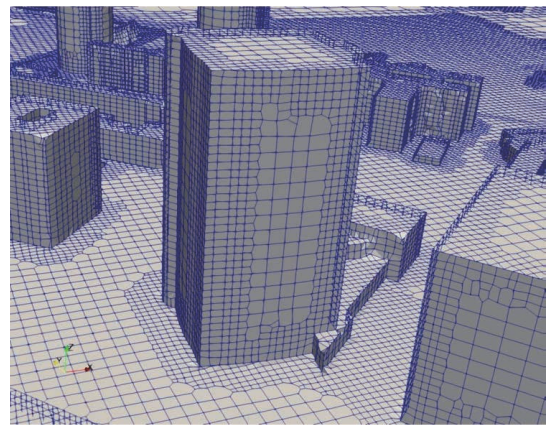
ケース1、2の壁面、地表面の格子図を図3に示す。壁面、地表面には、3層の境界層格子を入れている。図3(a)がケース1の全景、(b)(c)がそれぞれケース1、2のIHI本社ビル近傍である。IHI本社ビルにlod2の形状データを使用したケース2では、ビルの詳細形状に対応して格子も細くなる。総格子数は、以下のとおりである。

- ・ ケース1 (lod1)：約163万格子
- ・ ケース2 (lod2)：約253万格子

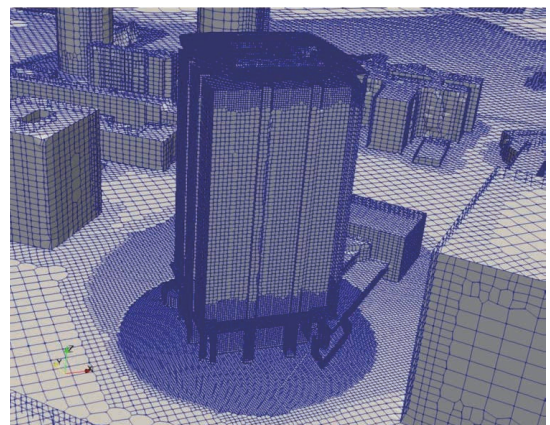
すなわちIHI本社ビル1棟をlod1からlod2に置き換えると格子は約90万点増える。仮に評価対象のビルの隣接数棟もlod2に置き換えると数百万格子増えるの見積もられる。



(a) 全景



(b) IHI本社ビル (lod1)



(c) IHI本社ビル (lod2)

注：国土交通省 PLATEAU データを加工して作成

図3 格子図

### 4.3 解析条件

今回のテストケースの解析条件を表1に示す。流入境界条件の鉛直方向速度分布作成にあたっては、豊洲の近く、新木場の気象庁データベースの気象データから選定し、2.7m/s (2022年11月の平均風速、標高5m) で条件設定することとした。速度および乱流エネルギー分布は「建築物荷重指針・同解説(2004)」<sup>(2)</sup>に従い設定した。風向は「南」とした。

### 4.4 結果と評価

IHI 本社ビル近傍、地上1.5mの水平断面速度コンターを図6に示す。風向は図の下から上である。図6(a)(b)を比較すると赤丸で示した領域に違いが見られる。これはピロティが形状モデル化されているかどうかの違いによるものである。したがって、建屋周辺の風速予測には、形状が詳細化されていることが望ましく、lod2を使用した方が良いと考えられる。一方、二つのコンター図で

表1 解析条件

解析領域	図4参照。東西2000m、南北2454m、高さ1500m
流入境界	図5参照。標高5mで2.7m/sを想定。
風向	南
側面・上空境界	対称条件
流出境界	速度勾配ゼロ、圧力大気圧
移流項スキーム	風速：2次精度風上差分、k, ε：2次精度TVD
乱流モデル	Realizable k-ε
解法	SIMPLE

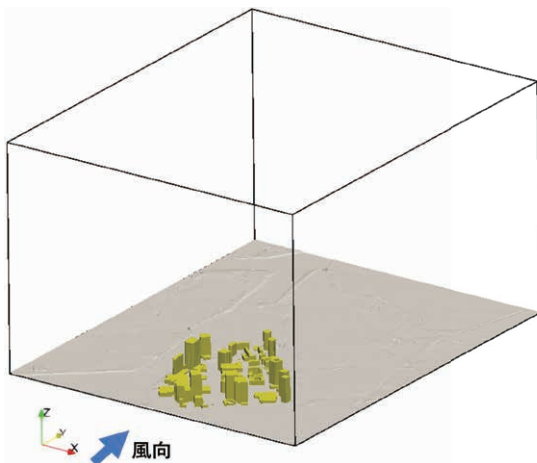


図4 解析領域

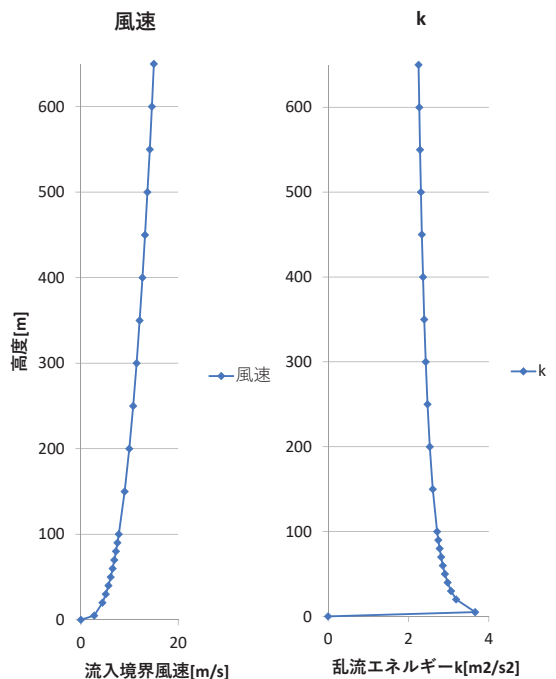
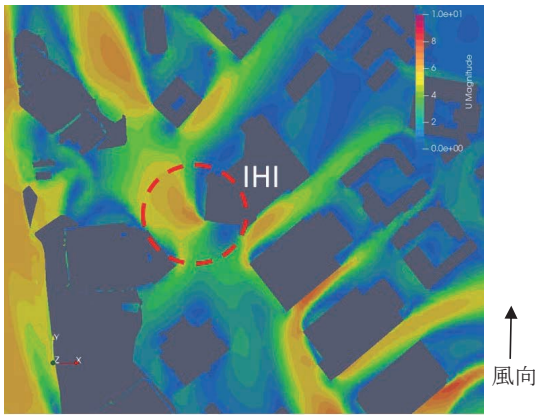
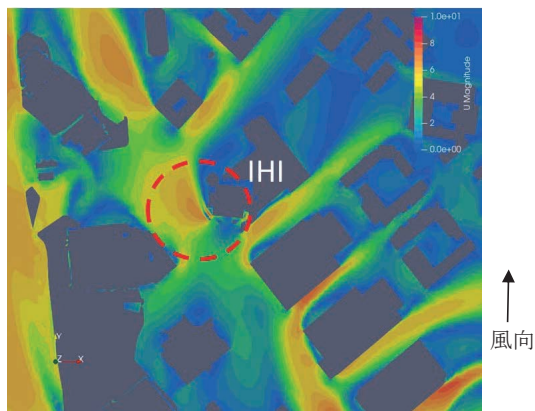


図5 流入境界条件



(a) ケース 1



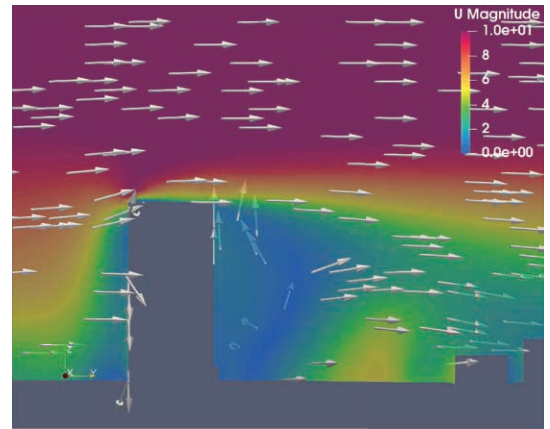
(b) ケース 2

注：国土交通省 PLATEAU データを加工した格子データを基に解析

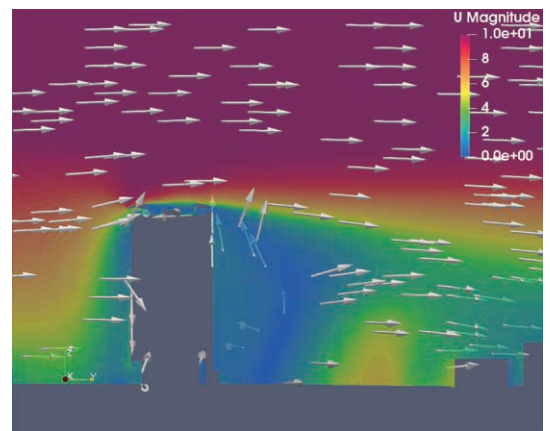
図 6 地上 1.5m の水平断面速度コンター

風下の建屋近辺に目立った違いは見られない。図の赤丸中央から、風下の建屋までは 100m 程度離れており、そのため影響が小さかったとも考えられる。解析精度を上げるためには、近隣の建築物の密集度合いも考慮し、評価対象の建屋からどの程度の範囲まで lod2 の詳細な形状を使用するか判断する必要がある。

次に IHI 本社ビルの中央鉛直断面の速度コンターおよび速度ベクトルを図 7 に示す。lod1 と lod2 の結果に明瞭な差異はないが、屋上付近の風下の流れにわずかな違いが認められる。lod1 と



(a) ケース 1



(b) ケース 2

注：国土交通省 PLATEAU データを加工した格子データを基に解析

図 7 中央鉛直断面の速度コンターおよび速度ベクトル

lod2 では屋根形状に違いが生じるが、例えば屋上から排出しているガスの濃度分布を解析するような場合には、屋根形状が反映される lod2 が推奨されることがわかる。また今回のデータからは、高層ビルの屋根形状が地表面付近の流れ場に影響を及ぼすか否かは判断できないが、低層の建物であれば、屋根が地上と近いため、結果に影響が出る可能性が高い。以上のように着目している事象に応じて条件を選択することが重要である。

## 5. おわりに

高層ビル群の流れ場解析における形状データ作成は大変時間のかかる作業である。解析エンジニアはビルの高さを調べ、地図等でビル外形のコーナーポイントの座標を取得する等の作業を繰り返し、データを作成する。

PLATEAU の 3D 都市モデルを使用することで、このような作業を大幅に削減できる可能性がある。

今回の試行により、PLATEAU の 3D 都市モデルを流体解析に使用するにあたっては注意すべき点もあり、lod の選択など、対象物に応じた検討を要する事柄があることが明らかになった。しかしそ

の特徴を理解すればオープンデータは解析に十分使用できることもわかった。また、オープンソースを活用することで、さらに社内検討の効率を上げることにつながれると考える。

現在 PLATEAU により 3D データが公開されている都市は限られているが、今後も、整備されていくことを期待する。

### 参考文献

- (1) 国土交通省ホームページ:<https://www.mlit.go.jp/plateau/about/>
- (2) 一般社団法人日本建築学会:建築物荷重指針・同解説(2004)、2004



計測事業部  
計測技術部 磯子グループ  
主査  
水野 繁  
TEL. 045-759-2085  
FAX. 045-759-2119