

実在地形を用いた LES 解析について

中央大学 学生員 ○森 隆
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. 研究背景と目的

近年、国内の資源開発に関心が持たれていて海洋資源の採掘もその例外ではない。具体的には石油やメタンハイドレートが期待されるが海洋構造物が海岸付近に建設される場合、海洋からの風である海風¹⁾を考慮する必要がある。建築構造物への風荷重評価に対しては風洞実験が一般的に用いられてきた。しかし、風洞実験には多額のコストや時間がかかることや、また流れ場全体の情報を得るのが困難という側面がある。一方で近年コンピュータの性能向上により計算機シミュレーションでの数値解析的手法が可能となった。これにより低コストかつ柔軟に数値流体解析が行える²⁾。そのため本稿では実際の地形に対して LES の計算手法をとり風速の評価を行う。

解析はオープンソースコードである OpenFOAM を用いる。そして実際の寸法の地表データを用い風速の解析を行う。その際、解析対象地域は和歌山県潮岬を含む地域とする。

2. 解析領域

和歌山県潮岬の潮岬特別地域気象観測所を含んだ東西 6km×南北 10km の領域を解析対象とする(図-1⁴⁾)。また、解析モデルを図-2、解析領域と計算格子の概要を図-3 に示す。解析に使用する地形データは国土地理院の地形標高データを使用した。高さは海面を 0m とし、地形上で最も高い地点の高さは海面から 250m となる。よって解析領域の高さは閉塞率を考慮して海面から 5km に設定した。

3. メッシュ条件

計算に用いる格子の概要を図-3 に示す。計算格子は非構造格子を用いて作成しており、地表面に沿って 3 層の境界層格子を設置した。

水平方向の最小格子解像度は 10m、鉛直方向の最小格子解像度は 10m としている。解析領域内の総格子数は約 180 万個である(図-4)。

4. 解析手法

本解析では、OpenFOAM 2.0.1 を使用する。対象地域は和歌山県潮岬とし、非圧縮性流れのもと三次元での解析を行う。支配方程式は以下の Navier-Stokes 方程式および連続式である。

$$\frac{\partial \rho U}{\partial t} + \rho U \cdot \nabla U = -\nabla p + \mu \nabla^2 U + F$$

$$\nabla U = 0$$

ρ : 密度 [kg/m³]

U : 風速 [m/s]

t : 時間 [s]

μ : 粘性係数 [Pa·s]

p : 圧力 [Pa]

F : 外力 [kN]

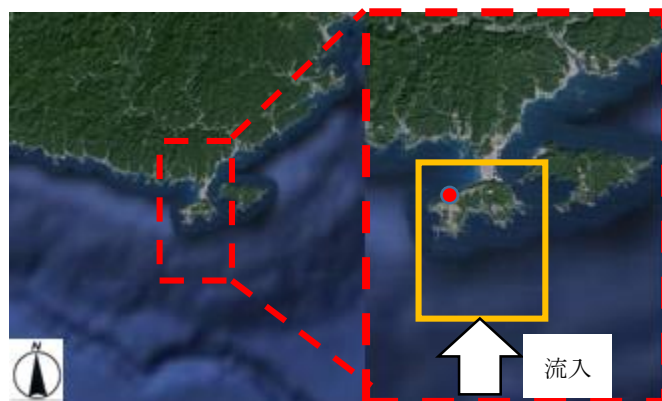


図-1 地形の概要³⁾



図-2 解析モデル

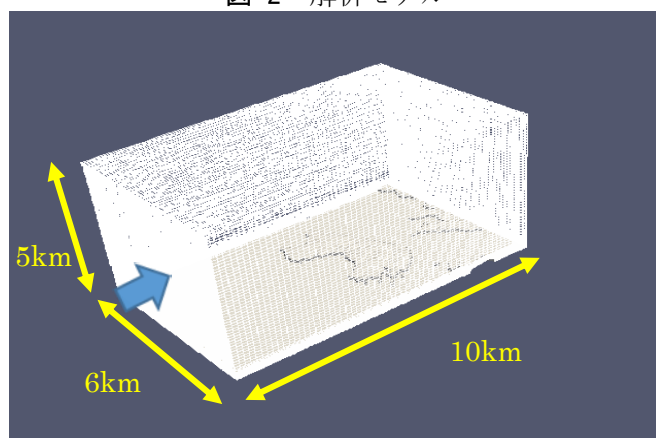


図-3 解析領域と計算格子の概要

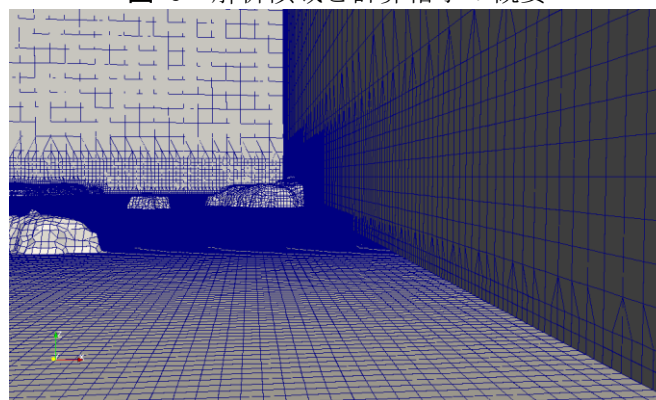


図-4 地表面付近の境界層格子

キーワード 風, LES

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

TEL.03-3817-1816 FAX.03-3817-1803

乱流モデルは LES の標準型スマゴリンスキーモデルを用いる。また LES の計算は PISO 法を用い、非圧縮性流体について非定常乱流解析ソルバー pisoFoam で行う。計算回数は 600 回とし、風速結果を求める。

4.1 解析条件

風は海からの風を想定するため太平洋側から流した。境界条件を表-1 に示す。発生させる風速の条件は、流入面において垂直に一樣等流で 10m/s とした。流出面では風速の勾配を 0 にし、上面と側面、地表面は風速を 0m/s に固定することで風の流入出をなくした。圧力は流出面を 0Pa で固定するが、流入面と上面、側面、地表面はそれぞれ勾配を 0 とした。

5. 解析結果

解析結果を図-5、図-6 に示す。図-5 は海面上高さ 0m、図-6 は海面上高さ 150m での風速解析結果を領域内に可視化した図である。図-5 では、解析領域内全般に風速 5m/s の風が発生していることがわかる。また地形の形状が複雑な場所では風速が弱まる場所もあれば強まる場所もあることがわかる。一方で図-6 では、解析領域内全般に流入風と同じ風速 10m/s の風が流れることがわかる。また、こちらも図-5 と同様に地形の形状によって風速に変化が現れることがわかる。

今回、潮岬特別地域気象観測所を計測地とする。潮岬特別地域気象観測所のある地点(図-6)においての鉛直高さの風速を図-7 に示す。縦軸は地表面を 0m とした時の高さ。横軸には、風速が壁による影響を受けていない海面上高さ 5000m での風速を $U_{\text{上空}}$ とし、無次元化された値を用いる。図-7 から地表面付近である鉛直 20m までは地表の影響からか変動が見られるが、20m 以上ではおおむね数値が収束していることがわかる。変動が見られる要因としては地表の影響が考えられる。

6. おわりに

本稿では、オープンソースコード OpenFOAM で実地形として和歌山県潮岬周辺の解析を LES を用い行った。その際、測定した風速は地形や標高で影響を受けることがわかった。

解析の際に潮岬特別地域気象観測所を解析領域内に含むようにしたが、今後は潮岬特別地域気象観測所で観測された実測データと数値流体解析で算出した値を風速比を用いて比較し解析値の評価を行う。

解析手法は、解析領域をさらに広げ今回と同じく乱流モデルに LES の標準スマゴリンスキーモデルを採用することを検討している。また解析には今回使用したオープンソースコード OpenFOAM を利用し、その結果を用いて海洋構造物の安全性設計を評価する。

表-1 解析条件

乱流モデル	標準スマゴリンスキー モデル
離散化手法	有限体積法
流入境界条件	一樣流 ($U = 10 \text{ m/s}$)
流出境界条件	ノイマン型
上面・側面境界条件	slip 条件
地表面境界条件	一般化対数測

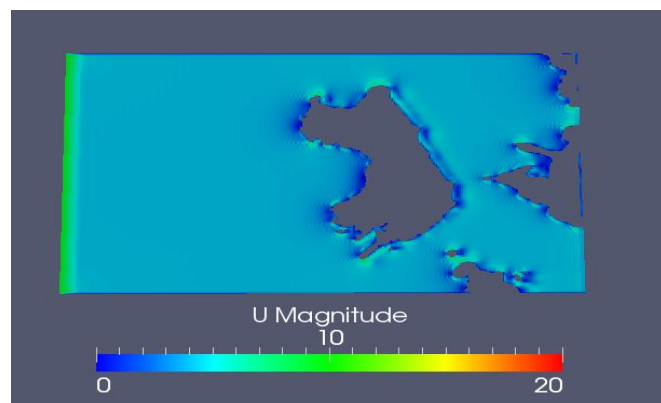


図-5 海面上高さ 0m の領域解析内の風速

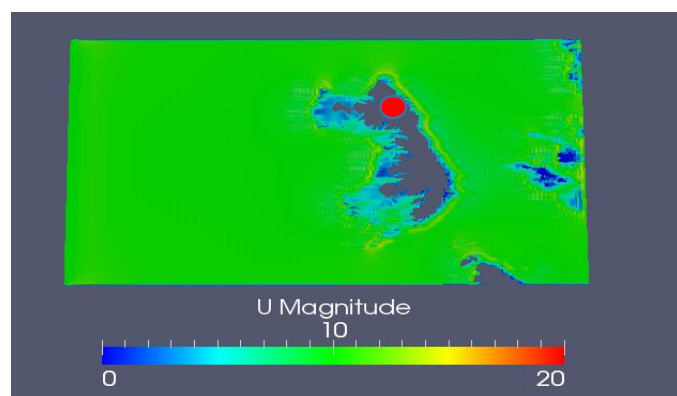


図-6 海面上高さ 150m の領域解析内の風速、及び計測地

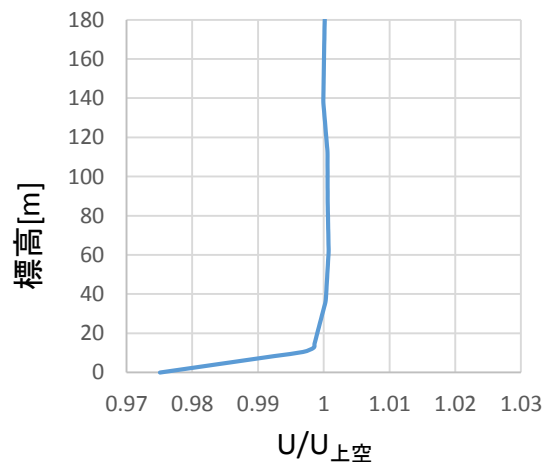


図-7 潮岬観測所地点の鉛直方向に対しての風速比

参考文献・出典

¹⁾ 藤部文昭：海陸風の季節的特性

http://www.metsoc.jp/tenki/pdf/1981/1981_06_0367.pdf

²⁾ 海上技術安全研究所：数値流体力学(CFD)の新展開

³⁾ Google Map