

XII.

風洞実験と数値解析 地形の影響評価

内田孝紀 九州大学応用力学研究所准教授

地形の影響評価の風洞実験

風洞実験EFD (Experimental Fluid Dynamics) とは、対象となる実地形の縮尺模型(図1)を作成し、風洞内でその模型に風を当て、模型上の風の強さや吹き方などを測定して実際の風環境を予測する手法である。正確な予測には、実物大の実験が望ましいが、現実には難しいので、予測したい現象に合わせて条件が相似になるような縮尺模型を作成して実験を行うことになる。EFDでは、下記に示す大気との相似性を満たす必要がある。

- 模型の幾何学的相似：実験する地形の幾何学的な形状を実物と一致させる。
- 気流に関する相似：実際の地形上を吹く風、すなわち、自然風と同じ性状を有する風を模型の縮尺に応じて作成し、これを進入させる。

数値流体力学による実験

1) 数値流体力学の変遷

数値流体力学CFD (Computational Fluid Dynamics) は、マルチコアCPUやGPGPUの登場により、CFDによる実験(数値実験)といわれるまでになった。CFDの計算手法は、下記に大別される。

- ①(有限)差分法FDM (Finite Difference Method)
- ②有限体積法FVM (Finite Volume Method)
- ③有限要素法FEM (Finite Element Method)

上記に示す計算手法に基づき、その目的に応じて乱流モデルが選択される。

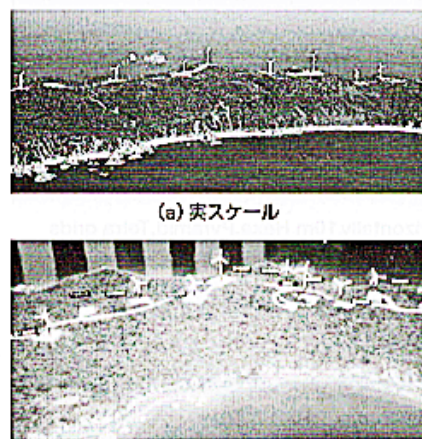


図1 空間スケールの比較(風力発電サイト)

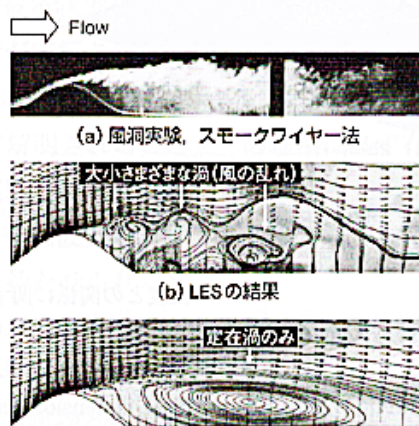


図2 2次元尾根状地形を過ぎる流れ場の比較

⑦LES (Large Eddy Simulation)

④RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes Simulation)

LESは、空間的に平均化された支配方程式を解く手法であり、3次元非定常解析が前提条件となる。一方、RANSは集合平均された支配方程式を解く手法であり、定常解析が一般的である。

EFDとCFDとの比較

図2は、急峻な2次元尾根状地形を過ぎる流れ場の比較である。EFDでは、スモークワイヤー法で流れ場の可視化を行っている。LESはEFDの流れパターンを良好に再現している。LESは非定常解析を前提にしているため、乱流場中の大小さまざまな渦の時間的な挙動などを解析するのに向いている。RANSの結果は、LESの結果を時間的に平均したイメージである。

地形乱流の再現

例えば、風力発電分野では地形の凹凸から形成される気流の乱れ(地形乱流)が、風車内外の故障や、発電量の低下を引き起こす。こうした複雑な乱流現象を検討するためには、LESが有効である(図3)。

最後に、EFDもCFDも万能ではない。両者ともに誤差(不確かさ)を含んでおり、実現象の平均的な側面を捉えているに過ぎない。よって、EFDとCFDの両者は、将来的にも必要なツールであることは間違いなく、お互いに補い合っていくべきである。

(うちだ たかのり)

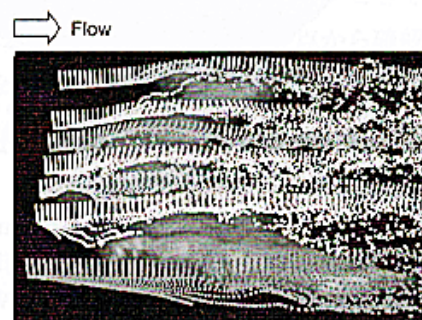


図3 図1に示す実地形上の流れ場、LESの結果