

新しい垂直軸風車用ブレードの開発



立命館大学 理工学部機械工学科
吉岡 修哉

COMSOLカンファレンス東京 2013.12.6

将来の電源

- 地産地消を目指す分散配置型
 - 送電ロスが少ない
 - 災害に強い
- 時代の要請により、再生可能エネルギーを利用
 - 太陽光発電
 - **小型風力発電**
 - **垂直軸風車が最適!**
 - 小水力発電
 - **小型潮汐力発電**



COMSOLカンファレンス東京 2013

垂直軸風車の利点

- 小型化が可能
 - 設置面積が狭くて済む
- 高い安全性
 - ブレード周速度を遅くできる
 - 転倒モーメントが小さい
 - 騒音が小さい
- 比較的簡単な運用
 - 風向に関わらず回転できる
 - 発電機を地上に設置できる
- コストが安い
 - 2次元ブレードで運用できる
 - ヨー機構、可変ピッチ機構が不要



COMSOLカンファレンス東京 2013

垂直軸風車の欠点

- 低いローター位置
 - 利用できる風速が低くなる
- 長いブレード長
 - ブレードは構成部品で最も高価



地産地消型の小型風力発電システムとすれば、これらはカバー可能

しかし、より致命的な欠点が……

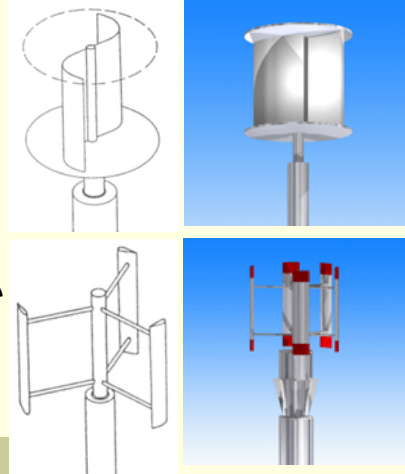


COMSOLカンファレンス東京 2013

垂直軸風車が抱える致命的な欠点

5

- 抗力型ローター
 - 低風速で起動・回転する
 - 風速を超える周速では回転できない
- 揚力型風車ローター
 - 低風速で起動・回転できない
 - 風速を超える周速度で回転できる



どちらにも欠点があり、安定した回転が困難

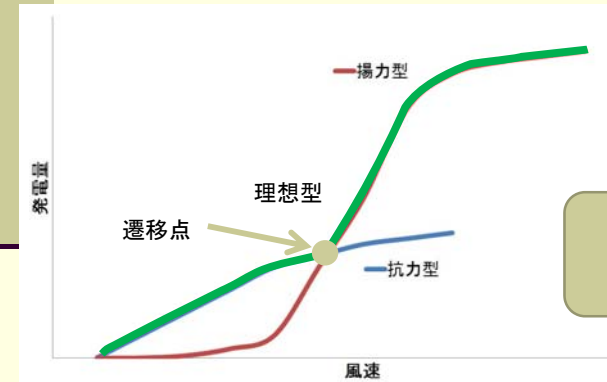
COMSOLカンファレンス東京 2013



抗力型揚力型ハイブリッド風車

6

- 風速に応じて抗力型と揚力型を使い分ける
- 単一形状のブレードを用いる
- 取付角度を変更して、揚力型配置と抗力型配置とする



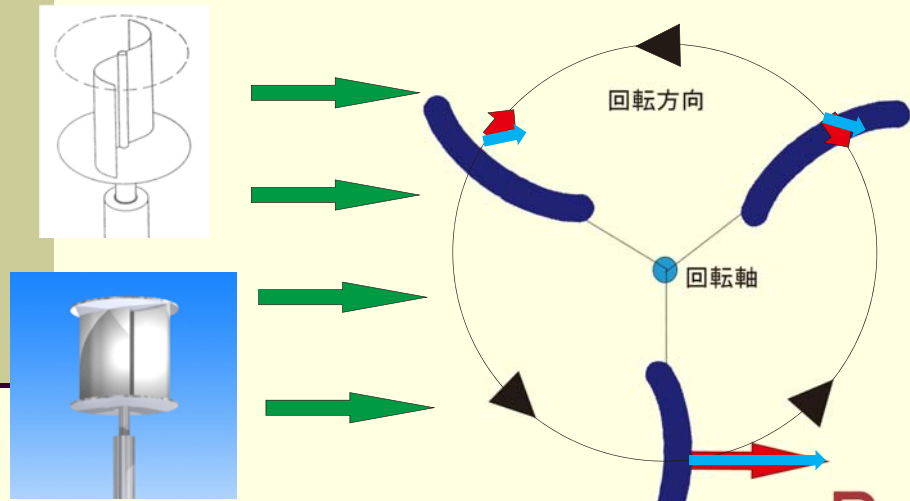
最適なブレード
断面形状の検討

COMSOLカンファレンス東京 2013



ハイブリッド垂直軸風車(抗力型モード)

7

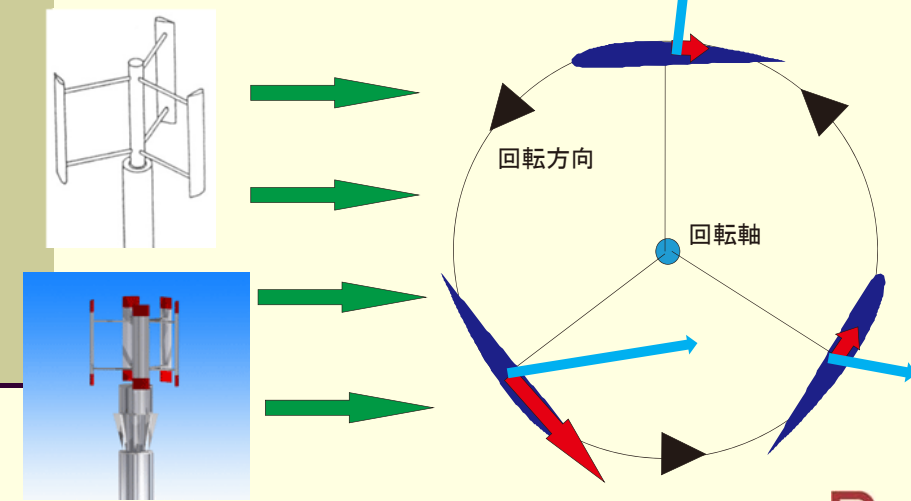


COMSOLカンファレンス東京 2013



ハイブリッド垂直軸風車(揚力型モード)

8



COMSOLカンファレンス東京 2013



検討するブレード断面形状

9

翼弦長 60mm



C型



NACA型



勾玉a型
円周比 2:1



勾玉b型
円周比 10:1

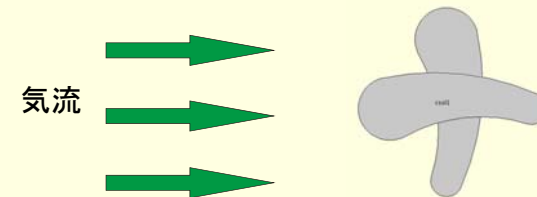
COMSOLカンファレンス東京 2013



模型風車への実装準備

10

- 取付角度を切り換える方式(抗力型・揚力型)
 - 設置角度を遷移風速を境に90度切り替える



COMSOLカンファレンス東京 2013

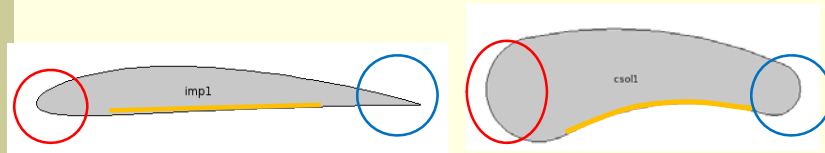


勾玉型ブレード断面形状の特徴

11

① NACA型

② 勾玉a型



抗力配置で力を生めるように、円弧翼形状を基本とする
失速せずに作動する迎角範囲を広げるため、
翼前縁部を大きく曲面処理した

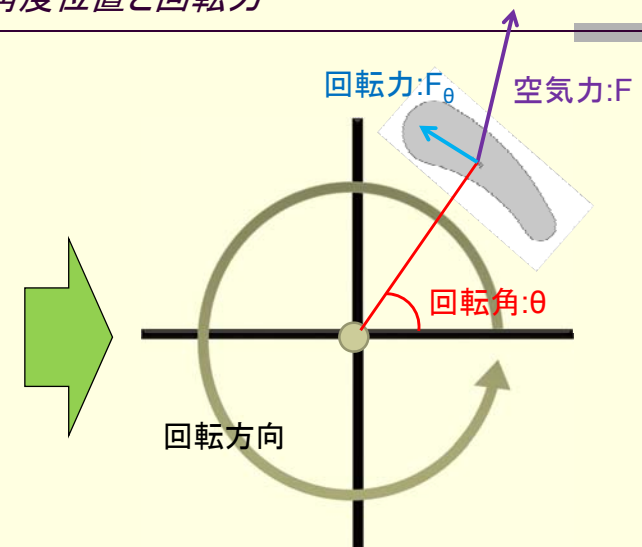
横風時や追い風時に抵抗の低減するため、
翼後縁部も曲面処理した

COMSOLカンファレンス東京 2013



角度位置と回転力

12

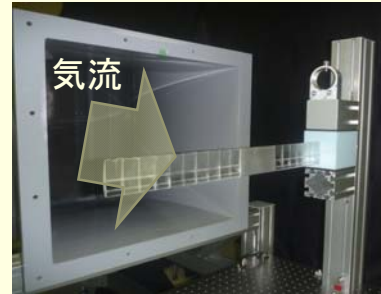


COMSOLカンファレンス東京 2013

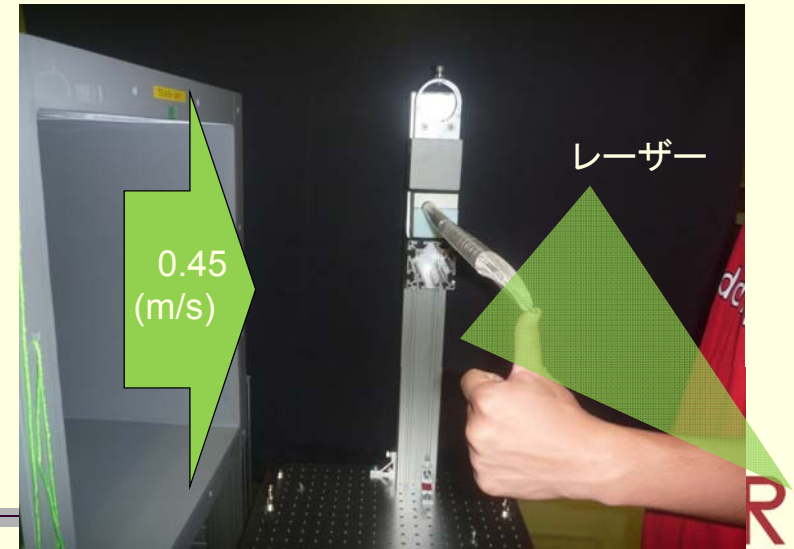


- ブレードが発生する空気力、回転トルクの COMSOL Multiphysicsによる予測
 - 2次元・定常数値解析 (ブレード単体)
 - 2次元・非定常数値解析 (3枚ブレードの回転ローター)

- ブレード後流状態の確認
 - 風洞実験(可視化、PIV計測)



COMSOLカンファレンス東京 2013

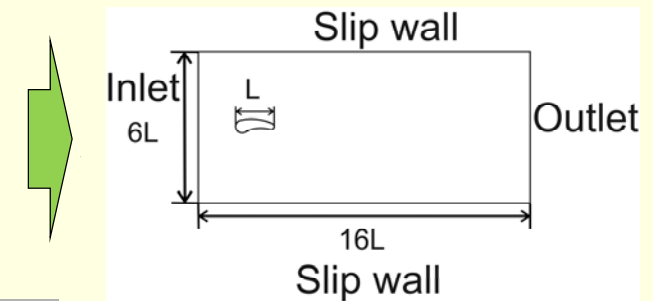


COMSOLカンファレンス東京 2013



COMSOL CFDモジュール使用

- | | | |
|----------|--------|---------------|
| ■ 計算条件 | | ■ 支配方程式 |
| ■ 計算領域 | 2 × 5m | ■ ナビエ・ストークスの式 |
| ■ 一様流入速度 | 6m/s | ■ 連続の式 |
| ■ Re数 | 120000 | ■ k-ε乱流モデル |

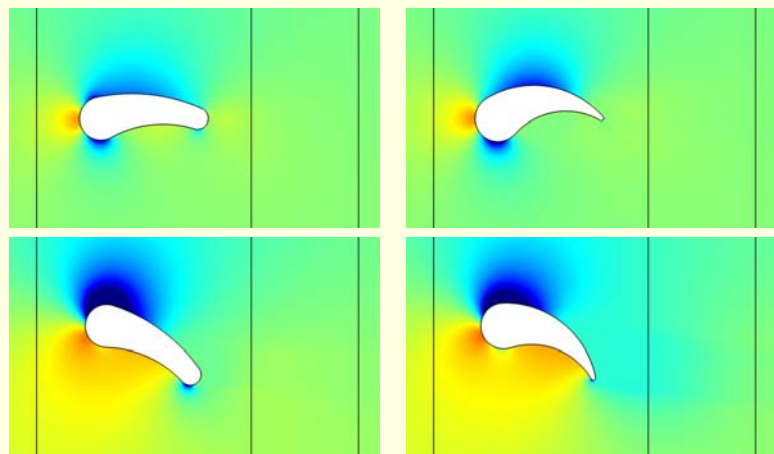


COMSOLカンファレンス東京 2013



ブレードまわりの圧力分布

17

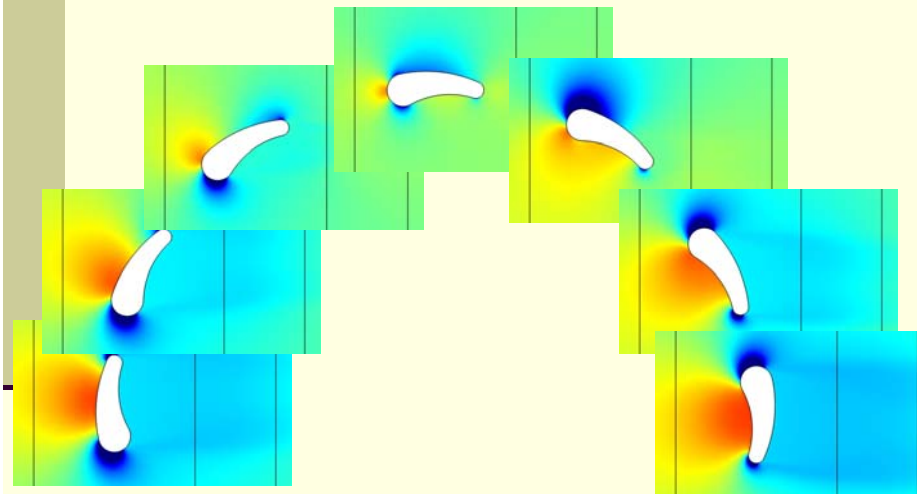


COMSOLカンファレンス東京 2013



数値解析の結果(圧力分布)

18

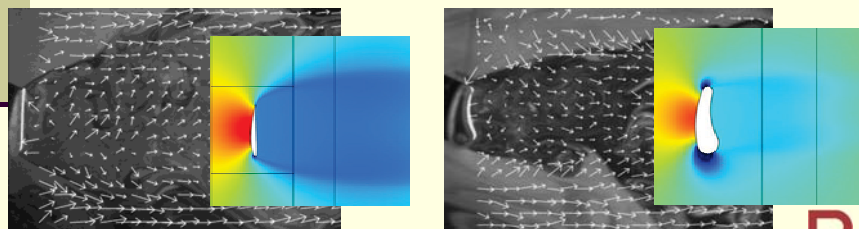
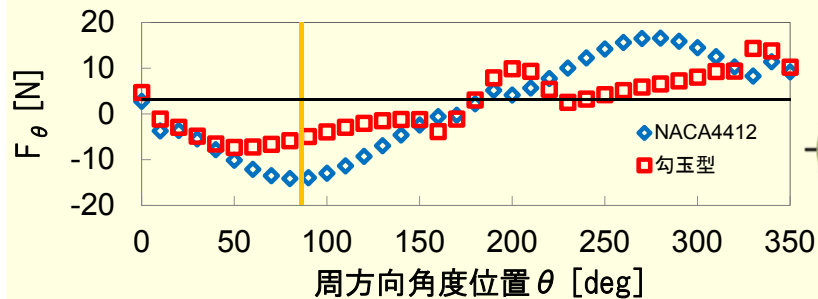


COMSOLカンファレンス東京 2013



抗力型配置時の回転力と後流の様子

19

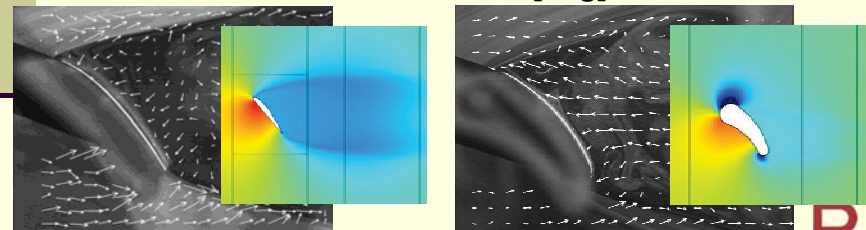
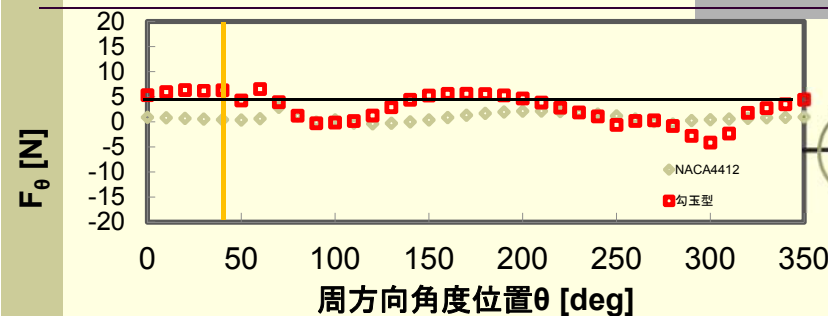


COMSOLカンファレンス東京 2013



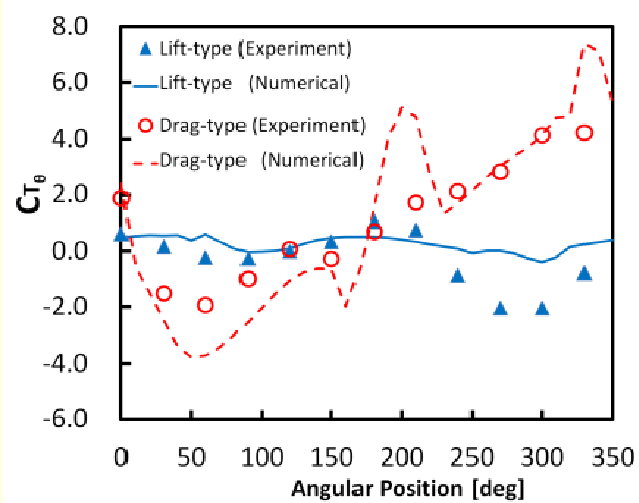
揚力型配置時の回転力と後流の様子

20



COMSOLカンファレンス東京 2013





COMSOLカンファレンス東京 2013



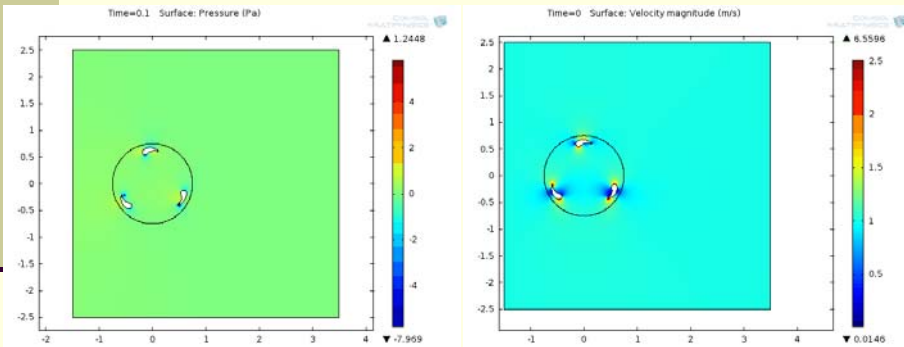
抗力型,揚力型ともに勾玉型が高性能

COMSOLカンファレンス東京 2013

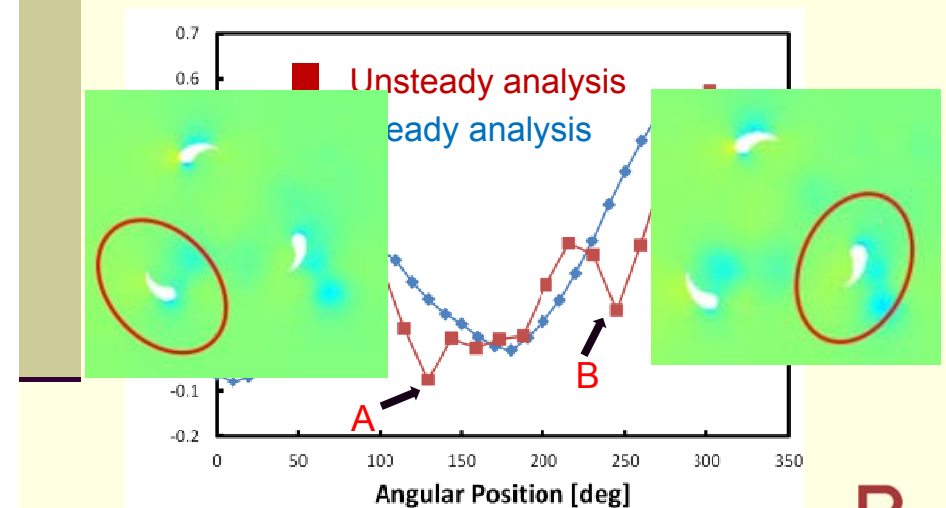


圧力分布

速度分布



COMSOLカンファレンス東京 2013



COMSOLカンファレンス東京 2013



- ハイブリッド垂直軸風車の検討を行った
 - 抗力型と揚力型の双方で運用可能な勾玉型ブレードを考案した

- 勾玉型ブレードの発生空気力について
 - COMSOLによる数値解析
 - 風洞実験による可視化、PIV計測を行った。

- 勾玉型ブレードが、ハイブリッド垂直軸風車のブレードとして有用であることを確認した。