

## 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……

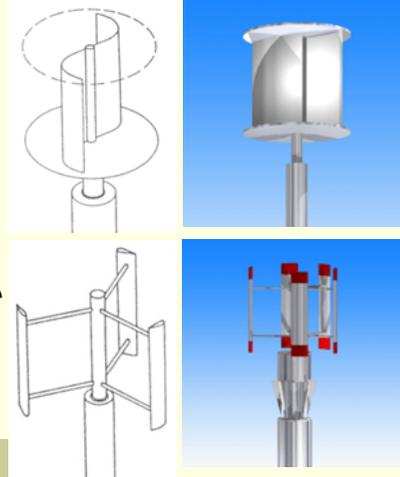


COMSOLカンファレンス東京 2013

## 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

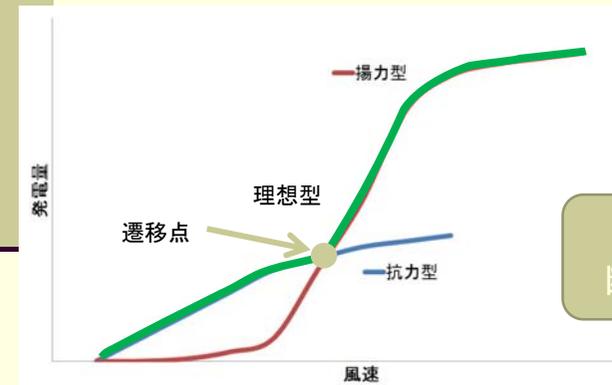
COMSOLカンファレンス東京 2013



## 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



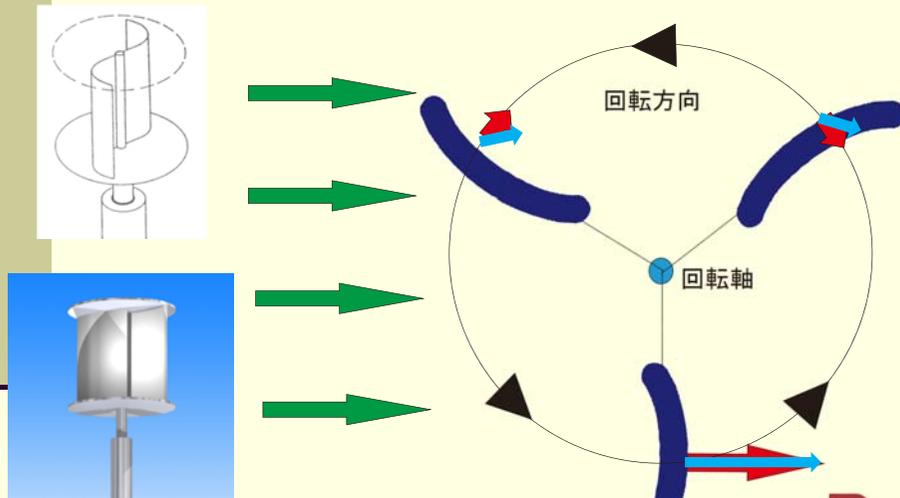
最適なブレード  
断面形状の検討

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

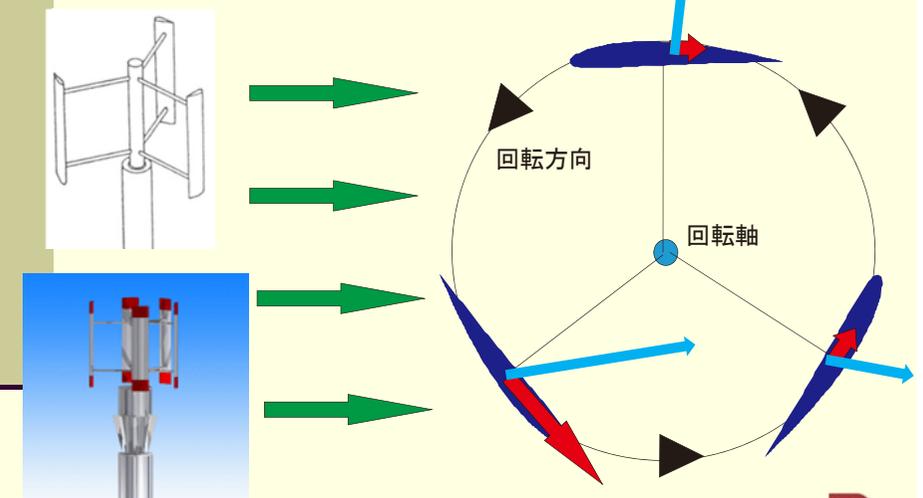


COMSOLカンファレンス東京 2013



## 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

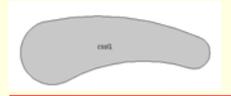
翼弦長 60mm



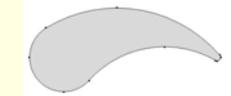
C型



NACA型



勾玉a型  
円周比 2:1



勾玉b型  
円周比 10:1

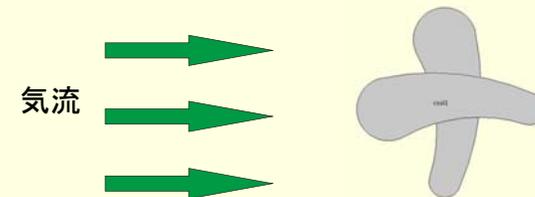
COMSOLカンファレンス東京 2013



## 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

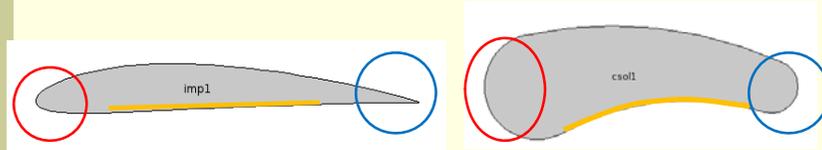


## 勾玉型ブレード断面形状の特徴

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

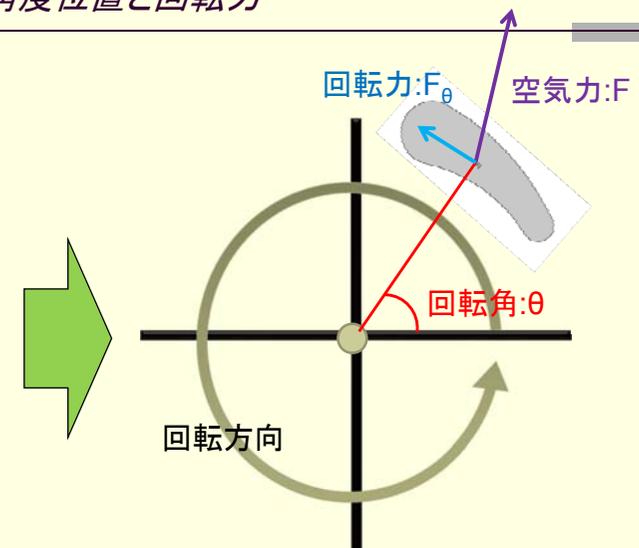
横風時や追い風時に抵抗の低減するため、  
翼後縁部も曲面処理した

COMSOLカンファレンス東京 2013



## 角度位置と回転力

12

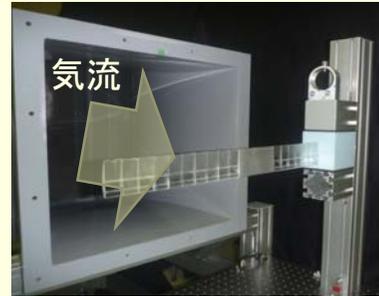


COMSOLカンファレンス東京 2013

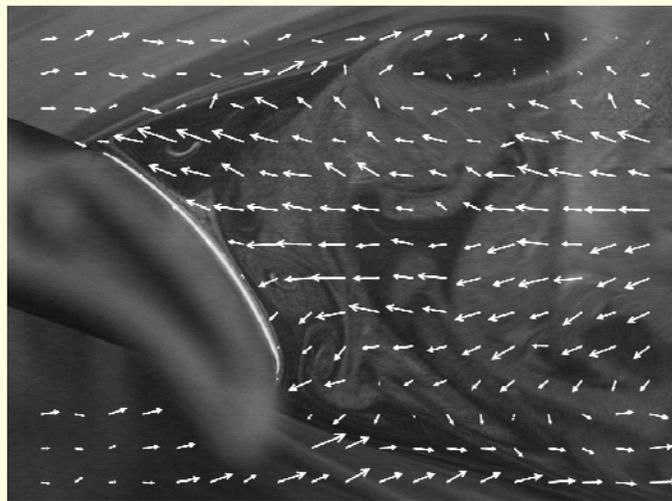
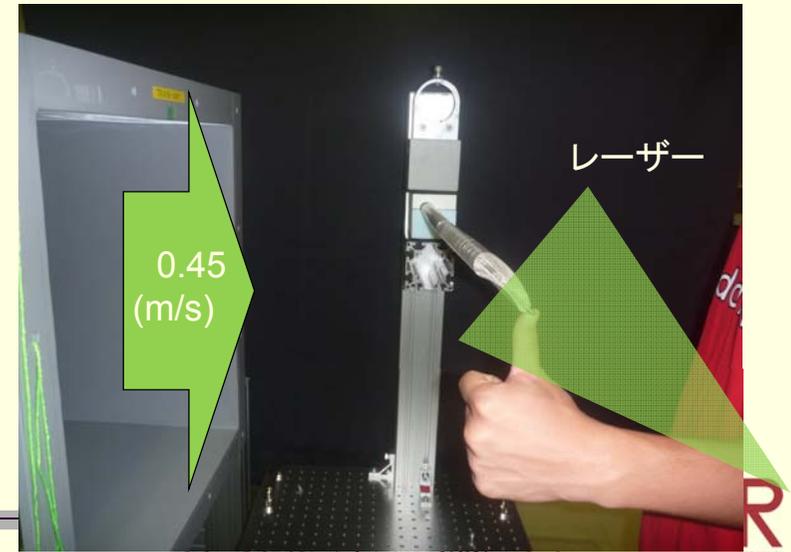


- ブレードが発生する空気力、回転トルクの COMSOL Multiphysicsによる予測
  - 2次元・定常数値解析 (ブレード単体)
  - 2次元・非定常数値解析 (3枚ブレードの回転ローター)

- 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

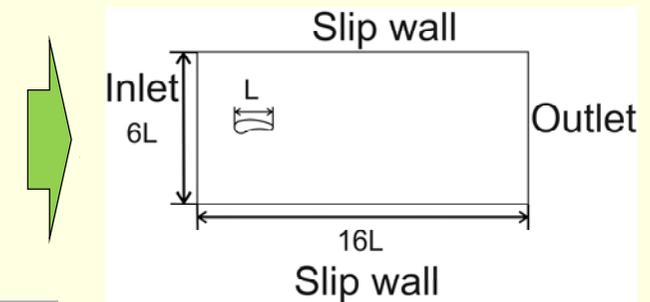


COMSOLカンファレンス東京 2013



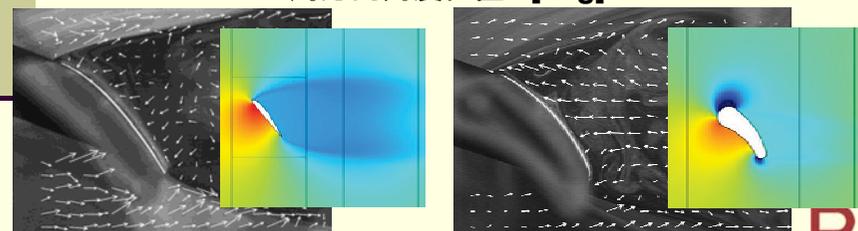
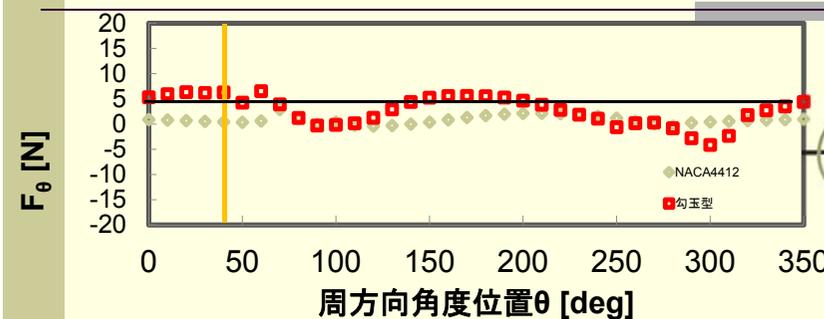
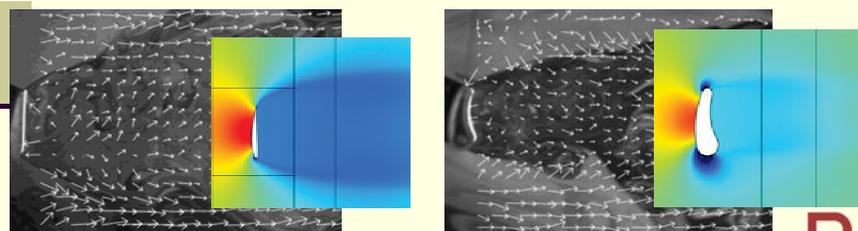
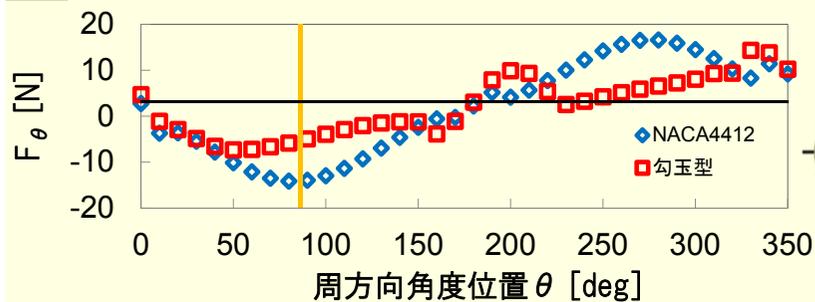
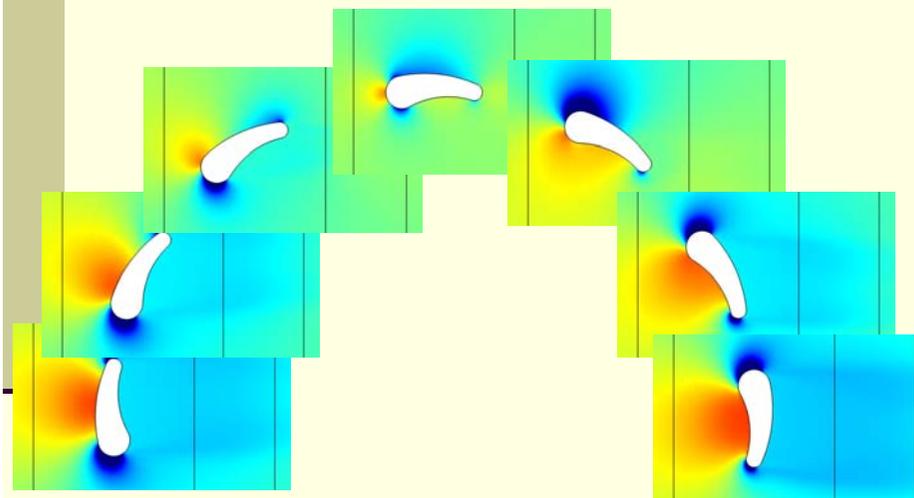
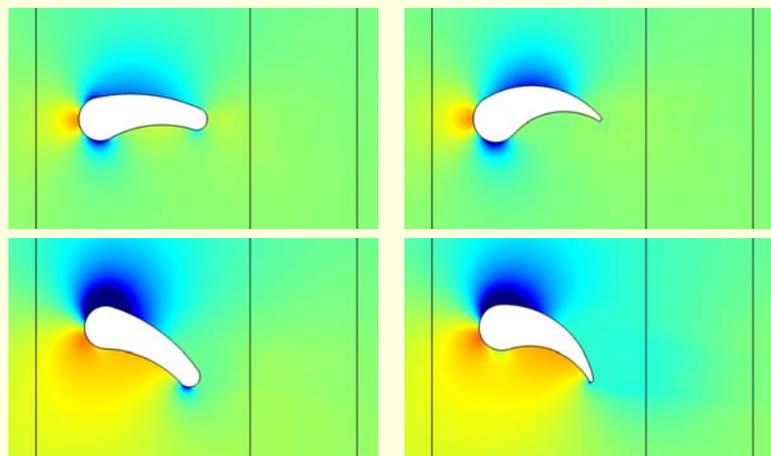
COMSOL CFDモジュール使用

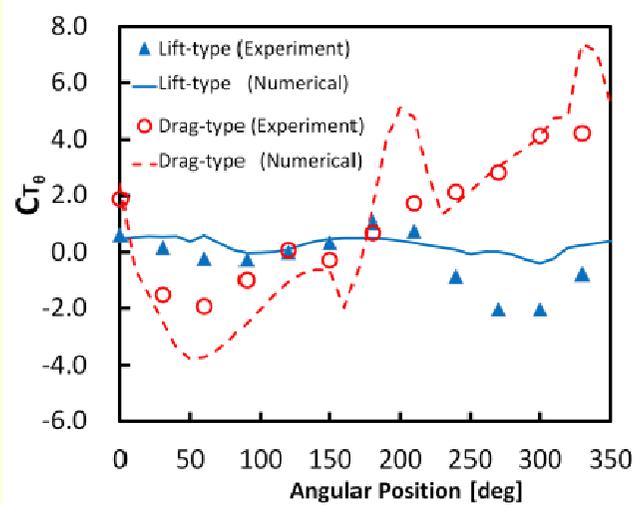
- |               |               |
|---------------|---------------|
| ■ 計算条件        | ■ 支配方程式       |
| ■ 計算領域 2 × 5m | ■ ナビエ・ストークスの式 |
| ■ 一様流入速度 6m/s | ■ 連続の式        |
| ■ Re数 120000  | ■ k-ε乱流モデル    |



COMSOLカンファレンス東京 2013







COMSOLカンファレンス東京 2013



抗力型配置			
翼形状	最大値 [N]	最小値 [N]	平均値 [N]
NACA4412	16.60	-14.12	1.73
勾玉型	14.35	-7.32	2.09

1.2倍

揚力型配置			
翼形状	最大値 [N]	最小値 [N]	平均値 [N]
NACA4412	2.89	-0.44	0.83
勾玉型	6.55	-4.12	2.74

3.3倍

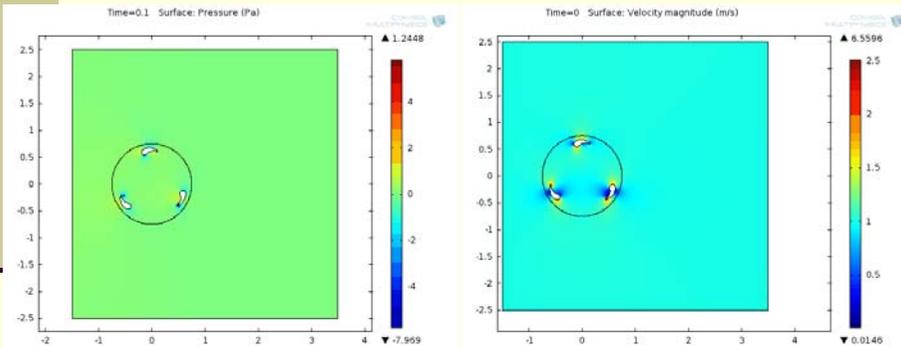
抗力型,揚力型ともに勾玉型が高性能

COMSOLカンファレンス東京 2013

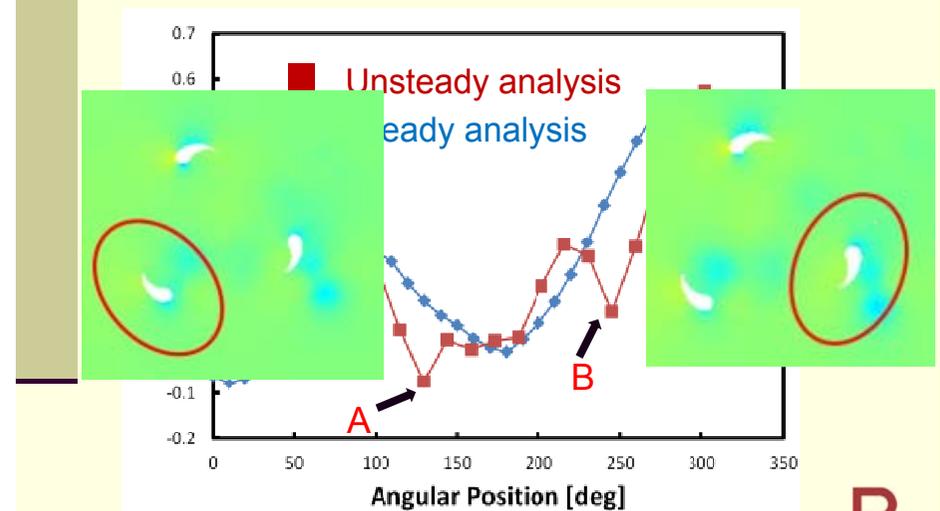


圧力分布

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。