

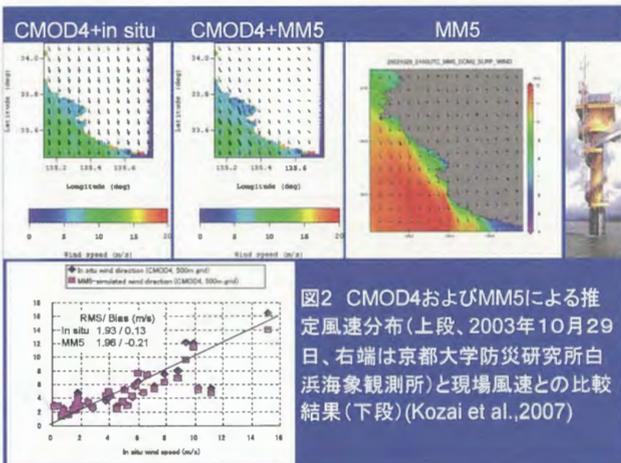
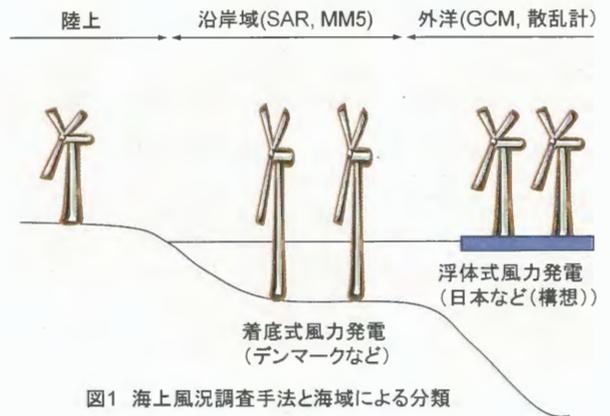
合成開口レーダー及びメソ気象モデルによる洋上風力資源評価方法に関する研究:ワイブル分布統計解析による洋上風力エネルギー推定

香西克俊、大沢輝夫、高橋倫也 (神戸大学海事科学研究科)

CEReS共同利用研究成果報告会、2009年2月23日、千葉大学けやき会館

内容

1. はじめに
2. データと方法
 - 2.1 衛星データと現場データ
 - 2.2 ワイブル分布統計解析
3. 結果と考察
4. まとめ



洋上風速分布推定から洋上風力エネルギー推定へ

1. 現場観測→年平均風速、ワイブル統計量、エネルギー密度
2. 合成開口レーダー→風速推定限度(2~24m/s)及び衛星通過時刻による制約

目的

現場および合成開口レーダーより推定される風速に基づくワイブル分布統計量から洋上風力エネルギーを推定する方法を提案する。またシミュレーション用風速データセットを用い合成開口レーダー推定風速の持つ固有の誤差要因を明らかにする。

Table 2 Specifications of ENVISAT/ASAR

Mode	Image mode (IM)
Product	Precision product
Beam	IS2
Incidence angle	18.7~26.2deg
Swath	107.7km
polarization	VV
Pixel spacing	12.5m
Orbit	Descending
Period	Feb.,03-Mar.,06
No. of scene	35

Fig.2 ASAR geometrically-corrected NRCS image (Sep.24, 2003, 01h 09m (UT), 500m resolution)

ワイブル分布パラメータとそれらに基づく統計モデル

$$\text{ワイブル確率密度関数 } f(v) = \frac{k}{A} \left(\frac{v}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{A}\right)^k\right)$$

但しvは風速、kは形状パラメータ、Aは尺度パラメータを表す。

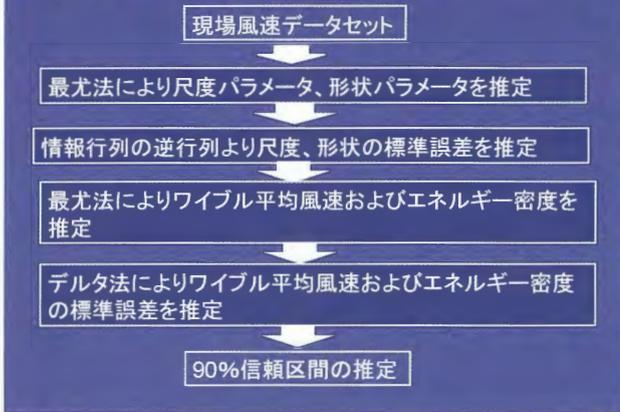
$$\text{ワイブル平均風速 } V_m = \int_0^{\infty} v f(v) dv \Rightarrow V_m = A \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

Γ: ガンマ関数

$$\text{利用可能エネルギー密度 (W/m}^2\text{)} \quad P_v = \frac{1}{2} \rho_a v^3$$

$$\text{すべての風速域に対するエネルギー密度 (W/m}^2\text{)} \quad E_d = \int_0^{\infty} P_v f(v) dv \Rightarrow E_d = \frac{\rho_a A^3}{2} \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right)$$

ワイブル分布統計解析のフローチャート



シミュレーション用現場風速データセットの作成

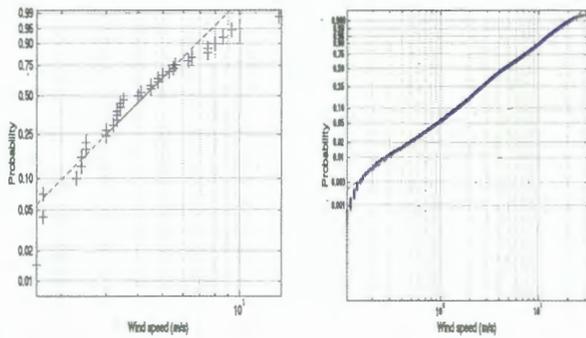
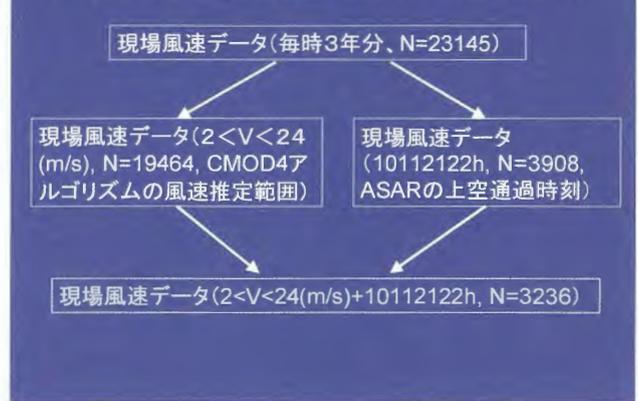


図4 白浜における現場風速(右:データ数23145)およびASAR推定風速(左:データ数35)に基づくワイブル確率プロット

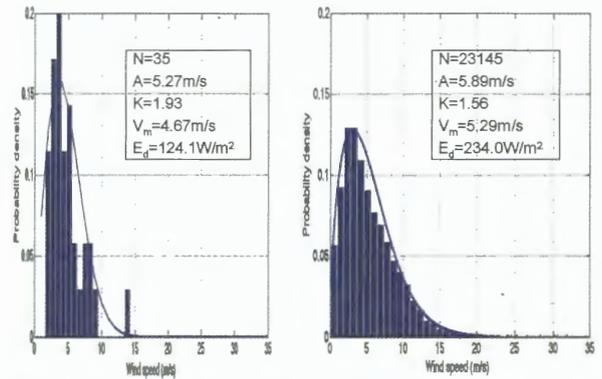


図5 現場およびASAR推定風速に基づくヒストグラムと確率密度関数(右:現場風速、左:ASAR推定風速)

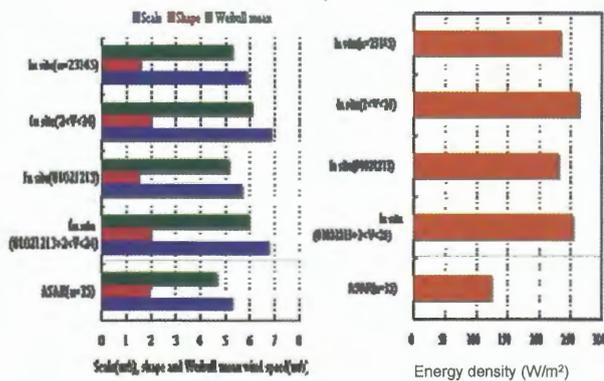


図6 現場風速およびASAR推定風速に基づくワイブル統計量の比較(左:尺度、形状、ワイブル平均、右:エネルギー密度)

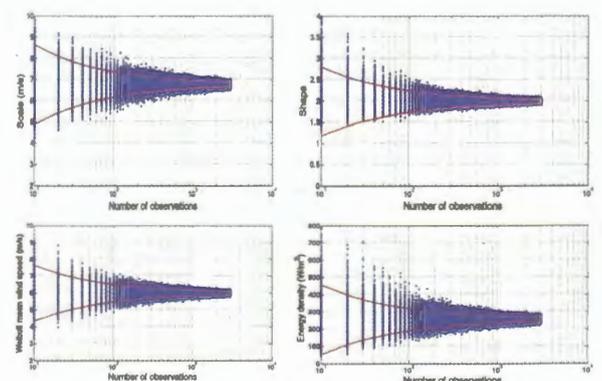


図7 データ数(横軸)に対して1000回ランダムにサンプリングされた風速値(2<V<24(m/s)+10112122h)に基づくワイブル分布統計量と風速、エネルギー密度(赤線は90%信頼区間の上限と下限, N=3236)

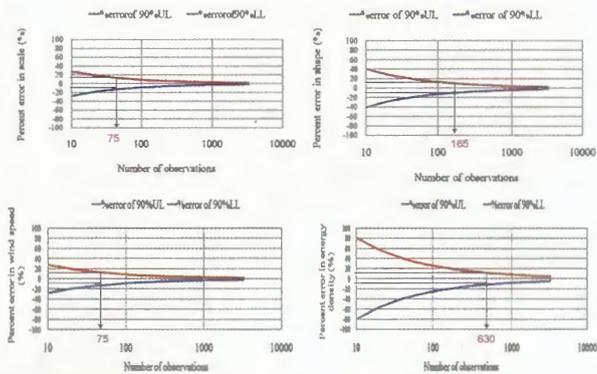


図8 ワイブル統計量と風速、エネルギー密度推定量の10パーセント誤差と90%信頼区間に相当するデータ数(N=3236, 10112122+2<V<24)

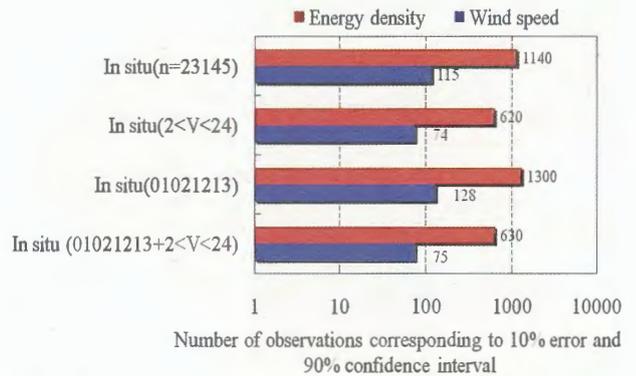


図9 風速およびエネルギー密度の10%誤差および90%信頼区間に相当するデータ数(シーン数)

まとめ

1. ASARの上空通過時刻および風速推定アルゴリズムの制約を考慮した現場風速データに基づく新たな風速データセットを作成し、ワイブル分布統計モデルを用いた尺度、形状、ワイブル平均風速およびエネルギー密度の推定及び標準誤差の推定を行った。
2. ASAR(N=35)および現場風速データセット(N=23145)に基づくワイブル平均風速には大きな差は見られなかったが、エネルギー密度推定量では2倍近い差を示した。これはエネルギー密度が風速の3乗に比例するためと考えられる。
3. 合成開口レーダーによる風速推定限度がエネルギー密度推定に関して過大評価、衛星通過時刻が過小評価する傾向が明らかになった。
4. 90%の信頼区間および推定量の10%誤差に対応する観測データ数は風速推定において74~128(シーン)、エネルギー密度推定において620~1300(シーン)となった。これらの値は今後の合成開口レーダーおよび現場データを組み合わせた洋上風力エネルギー推定における誤差を評価する基準になるものと考えられる。

謝辞

本研究は欧州宇宙機関(ESA)との共同研究プロジェクト(Offshore wind resource assessments using SAR and MM5 over Japanese coastal waters, C1P4068)に基づき、ENVISAT/ASARデータを取得した。本研究は京都大学防災研究所との共同研究による成果である。本研究は平成20年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(B)(一般)「合成開口レーダー及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源調査手法の開発」課題番号19360406)及び若手研究(A)「洋上風力発電に関わる気象研究拠点としての風況モニタリングステーションの開設」課題番号19686052の支援を受けた。