

インターネットと並列計算機を利用したリアルタイム観測およびシミュレーションシステム

○ 東京大学 山口敦
 東京大学 甲斐悠資
 東京大学 石原孟
 東京電力 福本幸成

1. はじめに

現在、わが国において風力発電の導入が進んでいる。しかし、風力発電は出力が風に応じて変動するため、電気系統の需給計画策定のための風力発電量のリアルタイム短期予測が求められている¹⁾。本研究ではインターネットと並列計算機を用い観測およびシミュレーションをリアルタイムに行い配信するシステムを構築し、風力発電量予測を行うとともにその精度の検証を行った。本研究で構築したシステムは風力発電量予測のみならず、構造物のモニタリング、防災などに広く用いることができると期待される。

2. 対象地点と観測システムの概要

本研究では(株)東京電力の八丈島風力発電所(Enercon 社製 500kW 風車×1)を対象とし、表1に示すように風車(電力・構造)および風観測を行った。八丈島は東京の南約 300kmに位置し、台風がしばしば到来するのみならず、八丈島風力発電所は三原山中腹の複雑地形中に建設されているため、複雑地形中での風車の挙動や、発電量予測精度を明らかにすることができると期待される。

表1 観測項目

分類	観測項目	サンプリングレート
風車 (電力)	ナセル風速, ナセル方向, 回転数, 出力制限値, 発電 量, 系統周波数, 電圧	20Hz 瞬時値 10 分間統計値
風車 (構造)	加速度(1 高度, 2 成分), ひ ずみ(1 高度 8 成分), ひずみ 補正用温度	20Hz 瞬時値 10 分間統計値
風観測	3 杯風速計(風速・風向), 超 音波風速計(風速 3 成分)	20Hz 瞬時値 10 分間統計値
その他	ネットワークカメラによる動画 配信及び静止画保存	動画はネットワーク 依存, 静止画は 10 分に 1 枚

本システムでは観測したデータをリアルタイムに送信し、シミュレーションを行うため、観測データがインターネットを通じて取得可能となるようなシステムを構築した。

図1に観測システムの概要を、図2に写真を示す。観測データは図1に①で示した観測用 PC によって取得され、観測システム内に構築した LAN に公開されている。LAN に公開された観測データは②で示したデータダウンロード用 PC により web サーバを通じて外部に配信する。また、ネットワークカメラ③により取得された動画はカメラ内蔵の web サーバを通じて外部に配信される。LAN とインターネットは④のルータ機能付き ADSL モデムにより ADSL 回線を通じて接続されている。外部からの不正アクセスを防止するため、ルータにおいてパケットフィルタリングを実施し、必要なポートへの許されたアドレスからのリクエストのみを各サーバに転送する。

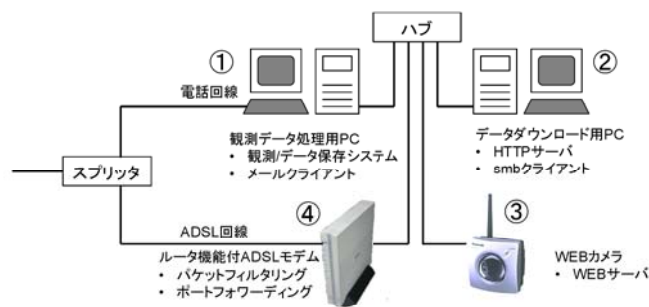


図1 観測システムの概要



図2 観測システムの写真

3. シミュレーションシステムの概要

図3に本研究で構築したシミュレーションシステムを示す。入力値は気象庁提供の数値気象予報データ(GPV データ)と前節で述べた風力発電所における実観測データであり、双方のデータともにインターネットを通じリアルタイムに取得を行う。GPV データとしては水平空間解像度 20km, 時間解像度 3 時間の RSM データを用いた。図4に本システムのシミュレーションスケジュー

キーワード: インターネット, 並列計算, リアルタイム観測, リアルタイムシミュレーション

連絡先: 〒113-8656 東京都文京区弥生 2-11-16 tel. 03-5841-6217 fax. 03-5841-1147 e-mail. atsushi@bridge.t.u-tokyo.ac.jp

ールを示す。まず、RSM データは日本時間の午前 3 時に翌日の 0 時までの予報値が入手可能となるため、翌日の需給計画策定に使用可能な発電量予測を行うことができる。次にメソスケール気象モデル RAMS²⁾により、気象庁提供の数値気象予報データを空間的にダウンスケーリングする。本研究では 12CPU の並列計算機を用い、翌々日 0 時までのダウンスケールを約 3 時間で行うことを可能にした。最後に過去の観測から得られた風速と発電量の間の関係(パワーカーブ)により発電量を求める。このシステムにより毎朝 6 時には翌々日 0 時までの発電量予測を可能にした。

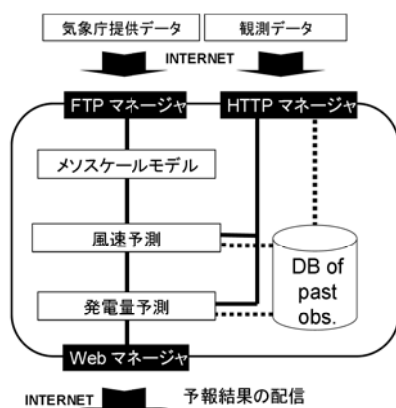


図3 シミュレーションシステム概略図

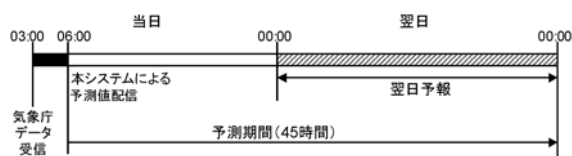


図4 翌日予測のスケジュール

データの出力は、システム内の web マネージャにより作成された web ページとして行う。図 5 は作成された web ページの画面の一例を示す。ネットワークカメラにより取得された動画、およびリアルタイム観測値、予測値が常に画面に表示されている。

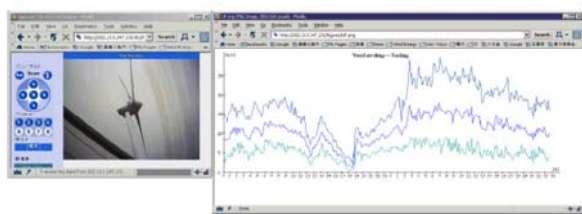


図5 リアルタイム観測データおよび動画の配信画面

4. 風力発電量の翌日予測

気象庁提供の RSM 数値気象予報データは水平解像度が 20km であり、対象地点近傍の複雑地形を十分に再現できない。図 6 には気象庁提供の水平解像度 20

kmの RSM データを風車地点に内挿した予測値と本システムにより水平解像度 1kmまでにダウンスケーリングした予測値を観測値と比較したものを示す。11 月 3 日 21 時から 4 日 21 時付近までは風速が徐々に減少しているが、両者ともこの現象をよく捉え、観測データと同じ傾向が見られる。ところが、観測データによると 11 月 4 日 21 時過ぎに風向が西から北に変化した際に風速が大きく減少しているが、気象庁提供の RSM データはこの現象を捕らえられていないのに対し、地域気象モデル RAMS によりダウンスケーリングした予測値はこの現象を捉えている。これは風力発電所の北側に位置する三原山による風速の減少の効果を気象庁提供の予報データが予測できないためである。この結果、翌日発電量予測の平均絶対誤差(Mean Absolute Error)は 27%から 17%に減少した。このことから、日本における複雑地形中の発電量予測のためには水平スケール 1km程度にまでダウンスケーリングする必要があることがわかる。

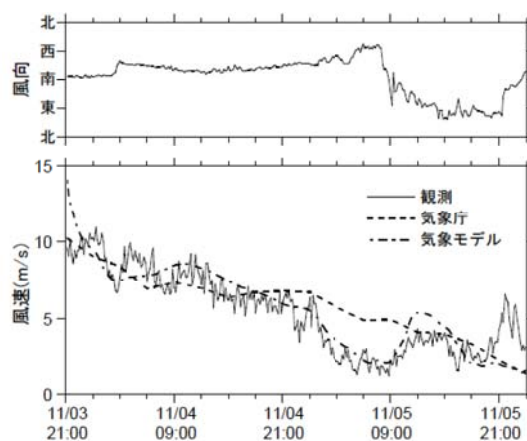


図6 八丈島風力発電所における風向と風速

5. まとめ

本研究では、インターネットと並列計算機を利用したリアルタイム観測およびシミュレーションシステムを構築し、以下の結論を得た。1) 構築した観測システムにより観測データおよび動画をリアルタイムに送信することを可能にした。2) メソスケール気象モデルを用いたリアルタイムシミュレーションシステムにより、毎朝 6 時に翌々日 0 時までの発電量予測の配信を可能にした。3) 本システムによるシミュレーションにより地形効果を再現し、翌日予測の予測誤差は 27%から 17%に低減された。

参考文献 1)山口敦ほか、気象シミュレーションと現地観測データに基づく風力発電量予測システムの構築と検証、平成 17 年度風工学年次大会、2005。2) R. A. Pielke et al., A Comprehensive Meteorological Modeling System - RAMS, *Meteorol. Atmos. Phys.*, Vol. 49, pp. 69-91, 1992。