

審査の結果の要旨

氏名 有賀 清一

本論文は、風況精査、風況シミュレーション、景観評価を組み合わせ、景観を考慮した風車設置計画を作成するための手法を開発について論じたものである。

本論文で実施した風況精査においては、通常の風車のための風況精査に加え、中央防波堤外側埋立地における風の乱れの特性を調べた。IECが定める風車の安全基準は、日本に比べて平坦地が多いヨーロッパでの観測データに基づくものが多い。このため、ヨーロッパにおいて蓄積されてきた乱流強度等のデータと比較しうる、日本の風のデータが必要とされている。今回の乱流強度計測により、埋立地および東京灯標における、乱流強度、ガストの値が示された。ここで得られた値を、他の国内計測地点と比較し、東京湾での流れの特徴をあきらかにした。この解析は、風特性データベースの解析方向に合わせて行っており、日本の風の一例として風車設計のための基礎データとして提供し得るものである。以上の、風況精査によって、東京湾臨海部埋立地に風車に適した風が吹いていること、当該地域における風の乱れの特性の二つが明らかになった。

風況計測を実施した地点はデータの提供を受けた地点を含めても、4点のみであり、東京湾埋立地全体において、風車建設のために必要な風況を示したことにはならない。これを、計測によって明らかにするには、複数の風況観測タワーを建設するなどして、多年にわたって計測を行うことなどが考えられるが、現実的には時間がかかりすぎるなどの問題点がある。そこで、『風力発電の技術的課題に対するアクションプランの検討』においても、指摘されているように、広範囲での詳細な風況データを取得するために、風況シミュレーションが有効である。本研究では、NCARにおいて開発された、局所気象モデルである、MM5気象モデルを用いてメソスケールの風況を解析し、次いで疑似圧縮性解法を用いた流体解析コードにより、東京湾埋立地における非線形な風解析を行った。風車のための風況シミュレーションの分野では、線形モデルによって大気境界層を再現する、WAsPやAVENUが多くの風力発電サイトにおいて用いられた実績がある。しかし、これらのモデルは、ヨーロッパなどの日本と比較して平坦な地形において十分な精度を得ることを目的としており、地形の傾斜が急峻になった場合に剥離が伴う風の流れを再現することができない。そのため、日本のような急峻な地形を持つ地域では風力エネルギーの予測誤差が大きくなることが明らかになっている。この問題を解決するため、非線形のモデルに基づくシミュレーションが研究されている。風況シミュレーションにとって、地表の粗さをどのように扱うかは重要な問題である。本論文において開発したメソスケール解析にMM5、詳細解析に疑似圧縮性解法を用いた手法では、詳細解析用の乱流モデルとしてSpalar-Allmarasモデルを採用し、

これに Nikuradse の実験に基づく粗度モデルを利用して解析を行った。この方法による解析の結果、中央防波堤埋立地外側における風速の予測は解析を行った8方位について、実測値との誤差は10%以内となる結果を得た。この風況シミュレーションによって得られた8方位の風についての解析結果を、各方位を代表する流れ場と仮定し、中央防波堤外側埋立地での実測値を使った統計処理を行い、埋立地全体での月間・年間平均風速および、エネルギー賦存量を予測した。月間・年間平均風速は、約4km離れた東京灯標での平均風速の予測において、実測値との誤差が、月間平均風速で10%以内、年間平均風速で5%以内となった。これは、現在の他の風況シミュレーションと比較して、十分な精度である。

本論文では、Mixed Reality(MR)技術を応用して、現場において実際の風景の中にヴァーチャルな風車を設置することで、周囲の状況をよりリアルに体感し、人間による景観の理解を容易にする景観評価アプリケーションを開発した。このMR技術とは、現実の映像とヴァーチャルな映像を合成し、実際には存在しないものが、あたかも現実中存在するように見せる技術である。本研究で開発したアプリケーションでは、この技術を応用したことで、評価を実施する人物が、現場にいて、実際の景観、環境音、日光、風況などを体感することができ、その中にヴァーチャルな風車を設置することができる。さらに、風況シミュレーションによって得られた候補地周辺のエネルギー賦存量を使った景観評価によって、景観評価とエネルギー賦存量評価を同時に行うことができる。風車設置のための景観・エネルギー賦存量評価にMRを使用した例は初めてである。また、学生を対象とした主観評価の調査により、このアプリケーションで景観評価を行うことの妥当性を検証した。

以上のように、本論文では風況精査、風況シミュレーション、景観評価の3つを組み合わせ、新しい観点での風車計画の作成手法が必要と考え、従来には無い独創的な方法によって、直感的かつインタラクティブに景観・エネルギー賦存量評価を用いた風車設置方法を検討するための手法を研究・開発した。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。