

科学研究費助成事業(科学研究費補助金)研究成果報告書

平成24年5月9日現在

| | |
|---|---------------|
| 機関番号: 17102 | 研究種目: 若手研究(A) |
| 研究期間: 2010~2011 | |
| 課題番号: 22681023 | |
| 研究課題名(和文) アジア巨大都市の大気環境改善と 風力エネルギー有効利用のための局所風況予測技術開発 | |
| 研究課題名(英文) Numerical prediction for the air environmental improvement of the Asia metropolis, and wind energy effective use | |
| 研究代表者 内田 孝紀(UCHIDA TAKANORI) 九州大学・応用力学研究所・准教授 研究者番号: 90325481 | |

研究成果の概要(和文):

本研究では、これまで「予測」を目標とする大気環境シミュレーションに関する研究を「改善」に焦点を当て、大気物理・大気工学を融合して、地球環境問題の解決に新しい科学的な手法を得た。研究代表者は、九州大学応用力学研究所において、汎用的なPC1台およびモバイルPC1台で動作可能な先端的な風況(流体)シミュレーション技術(RIAM-COMPACT®: リアムコンパクト)の開発をこれまで行ってきた。本研究では、このRIAM-COMPACT®解析モデルに対して、新たに地理情報システム(GIS)との相互連携技術を開発した。市街地を対象にした大気環境シミュレーションを実施した。また同時に、風力エネルギーの有効利用を検討した。

研究成果の概要(英文):

In order to simulate unsteady three-dimensional airflow over complex terrain with characteristic length scales of the order of kilometers, we have been examining the large-eddy simulation (LES) technique using a finite-difference method (FDM). These LES codes are referred to as the RIAM-COMPACT® (Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Computational Prediction of Airflow over Complex Terrain). In this project, using the RIAM-COMPACT®, We have performed the calculation of airflow around real urban area with huge computational grids. The numerical results show that the airflow is locally accelerated or decelerated, due to the obstacle effects.

交付額

(金額単位: 円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2010年度 | 7,000,000 | 2,100,000 | 9,100,000 |
| 2011年度 | 6,000,000 | 1,800,000 | 7,800,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 13,000,000 | 3,900,000 | 16,900,000 |

研究分野: 複合新領域

科研費の分科・細目: 社会・安全システム科学, 社会システム工学・安全システム

キーワード: 都市・社会防災, 大気環境, 風力エネルギー, 数値シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

北京市・上海市に代表されるアジア大陸の巨大都市は深刻な大気汚染問題を抱えている。北京オリンピックの開催, 2年後の上海万博の開催を機に, このような大気汚染問題はクローズアップされ, 大気環境改善について国内外から強く求められている。しかし, アジア大陸の巨大都市の諸事情から, 大気汚染問題に関する根本的な解決方法は未だ見つかっていない。

一方, 風力エネルギーの有効利用に関しても, 風車の建設地点を高精度に予測し, 経済性の試算までも実行可能な数値モデルは未だ確立されていない。

2. 研究の目的

本研究では, これまで「予測」を目標とする大気環境シミュレーションに関する研究を「改善」に焦点を当てて, 大気物理・大気工学を融合して, 地球環境問題の解決に新しい科学的な手法を得ることを最大の目的としている。研究代表者は, 九州大学応用力学研究所において, 汎用的なPC1台およびモバイルPC1台で動作可能な先端的な風況(流体)シミュレーション技術(RIAM-COMPACT®: リアムコンパクト)の開発をこれまで行ってきた。この数値モデルは, 大気工学および風工学の分野において, 国内のみならず世界的に高い評価と研究成果を挙げている。本研究では, このRIAM-COMPACT®解析モデルに対して, 新たに地理情報システム(GIS)との相互連携技術を開発する。研究期間中に, 実在市街地を対象にした大気環境シミュレーションを実施する。その結果を利用して都市計画における大気汚染の原因究明と大気環境改善法を提案する。また同時に, 風力エネルギーの有効利用を検討する。本研究を遂行することで, 北京市・上海市に代表されるアジア大都市の大気環境問題のみならず, 中国国内の大都市, インドを含むアジア大陸の大都市の大気環境問題にも汎用的に適用可能な次世代風況シミュレータの誕生に繋

がる。

3. 研究の方法

九州大学応用力学研究所発の技術として, 研究代表者はPC1台, モバイルPC1台で動作可能な先端的な風況シミュレーションプログラム(RIAM-COMPACT®: リアムコンパクト)をこれまで開発してきた。この数値モデルは, 大気工学および風工学の分野で, 国内のみならず世界的に高い評価と研究成果を挙げている。

本研究では, これを技術シーズに下記の新規課題に取り組む。

【課題①. 研究開発の技術シーズであるCFD技術(RIAM-COMPACT®)と地理情報システム(GIS)の相互連携を図り, 高精度な風況シミュレータを確立する】

【課題②. 課題①で開発した風況シミュレータ(RIAM-COMPACT®)のアジア巨大都市への応用】

4. 研究成果

「地形および市街地形状デジタルデータの整備と構築」

現在, 市街地や複雑地形の形状を3次元デジタルデータとして取得し, 流体シミュレーション(CFD)の入力データとして利用するには多大な労力が必要である。既存の市販データは極めて高価である。そこで, 一般的に入手可能な既存の3次元デジタルデータ(DM, Digital-Mappingデータやレーザ測量機データなど)を取り込む手法をGIS技術と相互連携することにより開発した。また, 各種衛星データの活用を検討するとともに, それらをCFDの入力データとして自動的に変換する技

術を開発した。結果として、CFDの前処理の作業時間は、数日から数時間に大幅に短縮化することに成功した。その結果、本研究で開発した数値風況予測技術は、世界中のあらゆる平坦地形、複雑地形、市街地を対象にした風況シミュレーションが可能になった。

「研究シーズであるCFD技術 (RIAM-COMPACT®) の高精度化とさらなる改良」

一般に、我々が生活する地面から 1km くらいまでの空気層(大気境界層)は高さ方向に温度の変化を有する。そこで本研究では、種々の大気安定度(不安定時、安定時等)へ適用可能なモデルの改良を施した。さらに、流入気流条件、境界条件、地面境界条件などの精緻化を行い、より現実的な状況を模擬できるような開発を行った。汎用的な利用を目的にし、デスクトップ PC1 台で迅速に動作させるための最適な計算コードのチューニングを施した。具体的には、GPGPU やマルチコア対応の計算コードを試作し、計算時間の短縮化に成功した。改良を加えた新しい計算ソルバーは、上記の実在都市や実在地形データを活用した計算に適用し、地形や地物の影響を強く受けた局所的な風況のシミュレーションに成功した。

「新しい可視化技術の開発」

Google Earth とは、航空写真や地図などを組み合わせて世界中の地理空間情報を閲覧することができる 3次元地球儀ソフトである。インターネット環境があれば誰でも閲覧することが可能である。現在、全世界共通のビューワとして注目を集めている。このようなプラットフォーム上に、本研究で開発した数値モデルの結果、すなわち、流体シミュレーション(CFD)から出力される各計算値に緯度・経度などの位置情報を付加させ、一義的に決

まる場所に即座に重ね合わせることに成功した。これによって、計算対象とした場所が明確に分かるとともに、計算結果を関係者で議論する際に非常に有用な手段となった。

「具体的なサイトの大規模計算の試み」

上記の数値風況プログラムを用いて、福岡市を対象にし、大規模な風の流れのコンピュータシミュレーションに成功した。市街地を構成する建物形状の一つ一つを忠実に約3mの空間解像度でモデル化し、その周辺に発生する気流の複雑な動きを再現、一連の結果をアニメーションとして視覚化することに成功した。今回の成果は、再生可能エネルギーの一つである風力エネルギーの有効利用、すなわち、風力資源の試算や風車をどこに建設可能であるかなどの指針に活用可能である。また同時に、福岡市の風環境の改善方法の提案(ヒートアイランド対策)や、今後の風環境に調和した街づくりにも活用可能である。

さらには、空気との比重を考慮可能な大気汚染物質の移流・拡散予測手法の検討を行い、実在市街地への適用を図った。

山岳地域における風力発電導入に関するマイクロサイティング手法の高精度化を試みた。具体的な複雑地形サイトのシミュレーションを行い、最近問題になっている風車に対するウィンドリスク(地形の凹凸が原因となる地形乱流)の特定とその対処方法なども検討した。得られた結果に基づいて、風車の安全運転に関する制御方法も検討した。加えて、一連の数値シミュレーションにおいて地形を高解像度に再現することの重要性を明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

- ① 内田 孝紀, 荒屋 亮, 「福岡市街地を対象とした大規模数値風況予測」, 九州大学応用力学研究所所報, 第 142 号, pp. 55-62, 2012, 査読無

- ② 内田 孝紀, 荒屋 亮, 「実在市街地における浮力効果を考慮したガス拡散の大規模数値予測」, 九州大学応用力学研究所所報, 第 142 号, pp. 63-70, 2012, 査読無
- ③ 内田 孝紀, 丸山 敬, 大屋 裕二, 「連続的な風向変化を考慮した非定常数値風況予測による風車設置地点における設計風速評価手法の提案」, 風力エネルギー協会誌, Vol. 34, 通巻 .96, pp. 129-134, 2011, 査読有
- ④ 内田 孝紀, 大屋 裕二, 「最適周速比における風車後流のラージ・エディ・シミュレーション—第2報 格子乱流により生成した流入変動風の影響—」, 第 21 回風工学シンポジウム論文集, pp. 233-238, 2010, 査読有

[学会発表] (計 2 件)

- ① 内田孝紀, 大屋裕二, 複雑地形上の風車ウエイクに関する LES, 第 33 回風力エネルギー利用シンポジウム, 平成 23 年 11 月 30 日, 科学技術館 (東京都)
- ② 内田孝紀, 大屋裕二, 連続的な風向変化を考慮した数値風況予測モデルの開発, 第 32 回風力エネルギー利用シンポジウム, 平成 22 年 11 月 25 日, 科学技術館 (東京都)

[その他]

ホームページ

http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/windeng/aboutus_detail03.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内田 孝紀 (UCHIDA TAKANORI)