

平成 25 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：屋外環境

研究期間：H25 ～ H26 [平成 26 年度も研究継続]

課題番号：132010

研究課題名（和文）：領域気象モデルと工学モデルを統合した人体暴露濃度のダウンスケーリング予測手法の開発

研究課題名（英文）：Downscaling Simulation of Integrated WRF and Engineering CFD for Predicting Personal Exposure Contaminant Concentration

研究代表者：伊藤一秀

交付決定額（当該年度）：500,000 円

1. 研究の目的

近年、東アジア域における越境環境汚染の問題が顕在化している。特に、中国大陸起源の光化学オキシダントや微小粒子状物質（PM_{2.5}）などが健康被害の観点から大きな社会問題となっている。越境大気汚染の問題は、全球スケールから人体スケールまでを対象としたマルチスケール、マルチフィジックスの複雑な環境汚染問題であり、また経気道暴露問題として人々に直接的な健康被害をもたらすため、汚染物質の飛来量・個人暴露量の高精度予測が強く求められている。わが国でも九州福岡は、中国を発生源とする越境大気汚染の影響が最も顕著に現れる場所であり、光化学オキシダント濃度、PM_{2.5} 濃度は環境基準をしばしば超過し、メディア等でも頻繁に取り上げられることもあり、社会的関心事の高い課題である。

この喫緊の大気汚染問題は、監視、予測、濃度低減対策技術の確立といった各種の視点より研究を進める必要があるが、本研究では特に都市空間スケールから人体スケールに至る汚染物質濃度の高精度な予測手法、個人暴露リスクの高精度予測の開発に取り組む。

2. 研究の方法

本研究は以下の 2 課題を設定しており、主に数値シミュレーション手法の開発に取り組む。

(1) 東アジア越境環境汚染予測システムと都市気象モデルを結合した生活圏の PM_{2.5} 濃度予測技術の開発

WRF をベースとした光化学オキシダント、PM_{2.5} 粒子濃度輸送に関する都市気象予報モデルを構築し、既存の東アジア域の越境環境汚染予測システムから得られる結果を多段階ネスティング手法を用いて境界条件に用いることで、都市空間の光化学オキシダント濃度、PM_{2.5} 粒子濃度を高精度で予測できるソルバーを開発する。従来型の領域気象モデル WRF と建物周辺気流・汚染物質拡散場予測を行う工学 CFD を接続するダウンスケーリング手法や境界条件設定法は近年研究開発が活発な研究課題であり、ヒートアイランド現象予測にも展開可能な重要な課題である。

(2) 室内環境モデルと人体モデルを結合した PM_{2.5} の人体暴露量予測技術の開発

鼻腔・口腔から気道・気管支までの呼吸器系統を数値的に再現した数値人体モデル Virtual Manikin を開発する。都市空間から Virtual Manikin、人体モデルと連動した数値気道モデルまでをシームレスに結合することにより光化学オキシダント、PM_{2.5} 粒子の人体暴露濃度、経気道暴露濃度を連続的かつ詳細に解析可能な予測フレームを完成させる取り組みは、極めて先駆的である。また、疫学的知見を参照し、暴露濃度と人体影響に関する Dose-Response モデルを数値人体モデルに統合し、呼吸濃度、人体摂取量を入力とした人体影響・リスク評価モデルも開発する。

上記(1)と(2)の研究課題を推進し、その成果を統合することで、都市空間の大気汚染物質拡散予測モデルから建築スケールを対象とした工学 CFD、数値人体モデル Virtual Manikin、数値気道モデルまでをシームレスに結合し、東アジア域から建築・人体微気象スケールまでを対象とした大気汚染物質の人体暴露濃度を連続的かつ詳細に解析可能な予測フレームを完成させることが最終目的である。

3. 研究成果

平成 25 年度は、主に工学モデルの開発に主眼を置き、建築スケールから室内スケール・人体スケールを経由して、人体呼吸器系までを連続して解析する手法を開発した上で、経気道暴露の高精度予測モデルを構築した。平成 26 年度は WRF をベースとした都市気象モデルとの統合解

析手法、ダウンスケーリング手法の開発を進める計画である。

4. 主な発表論文等

- [1] Yunqing Fan and Kazuhide Ito: Integrated Building Energy-Computational Fluid Dynamics simulation for estimating the energy-saving effect of energy recovery ventilator with CO₂ demand-controlled ventilation system in office space : *Indoor and Built Environment*, **Accepted**
(<http://dx.doi.org/10.1177/1420326X13494034>)
- [2] Yunqing Fan, Keiji Kameishi, Shigeki Onishi and Kazuhide Ito: Field-based Study on Energy saving effects of CO₂ demand controlled ventilation in office with application of energy recovery ventilators : *Energy and Buildings* 68 (2014) 412-422
- [3] Kazuhide Ito: Integrated Numerical Approach of CFD and Epidemiological Model for Multi-scale Transmission Analysis in Indoor Spaces : *Indoor and Built Environment*, **Accepted**
(<http://dx.doi.org/10.1177/1420326X13516658>)
- [4] Kazuhide Ito and Yasuyuki Shiraiishi : Comprehensive Field Measurement of Indoor air and thermal Quality in Naturally Ventilated Office Building with Double-Skin Façade: *International Journal of High-Rise Buildings*, December 2013, Vol.2, No.4, pp293-314
- [5] Cong Li and Kazuhide Ito : Numerical and Experimental Estimation of Convective Heat Transfer Coefficient of Human Body under strong forced convective flow : *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 126, pp107-117, Feb. 2014
- [6] Yunqing Fan and Kazuhide Ito: Optimization of Indoor Environmental Quality and Ventilation Load in Office Space by Multilevel Coupling with BES and CFD : *International Journal of Building Simulation*, **Accepted**
(<http://dx.doi.org/10.1007/s12273-014-0178-3>)
- [7] Kazuhide Ito: Micro- and Macro-Scale Measurement of Fungal Growth under Various Temperature and Humidity Conditions : *Evergreen - Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, Volume 01, Issue 01, March 2014, pp32- 39
- [8] Cong Li and Kazuhide Ito : Performance Evaluation of Industrial Air-shower System in Removal of Gas- and Liquid-phase Contaminants from Human Body: *Evergreen - Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, Volume 01, Issue 01, March 2014, pp40- 47
- [9] 浅沼宏亮, 伊藤一秀 : 病院空間を対象とした非定常不均一濃度分布と数理疫学モデルの連成解析による感染伝播予測 : 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No. 688, 2013.06, pp481-487
- [10] 李丛, Eunsu Lim, 戸次貴裕, 伊藤一秀 : 風除染システム開発研究 (第3報) 風除染ユニットを用いた人体付着汚染物質の除染効率測定 : 空気調和衛生工学会論文集, No.196, 2013.07, pp19-25
- [11] 菊本英紀, 大岡龍三, 林鍾衍, 伊藤一秀 : Large-eddy simulation における解析格子解像度下での濃度分散評価手法の検討 マイクロスケール大気汚染予測システムの開発 その4: 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No. 689, 2013.07, pp579-588
- [12] 李丛, Zhang Chi, Eunsu Lim, 伊藤一秀 : 風除染システム開発研究 (第4報) CFD解析によるプロトタイプ風除染装置内の吹出口環境形成寄与率解析 : 空気調和衛生工学会論文集, No.198, 2013.09, pp11-18
- [13] 亀石圭司, 戸田悠太, 大西茂樹, 伊藤一秀 : CO₂ デマンド制御型換気装置との連動を意図した簡易入退室計測システムの開発 : 空気調和衛生工学会論文集(技術論文), No.199, 2013.10, pp29-36
- [14] Eunsu Lim, 伊藤一秀 : 換気効率指標 Net Escape Velocity を用いた不均一空気環境の形成構造に関する研究 (第3報) 各種の局所換気装置を対象とした空気質制御問題への NEV 適用 : 空気調和衛生工学会論文集, No.204, 2014.03, pp25-34

[雑誌論文] (計 14 件)

[学会発表] (計 22 件)

[図書] (計 0 件)

[その他]

www.phe-kyudai.jp

5. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤一秀(九州大学)

(2) 研究分担者

義江龍一郎(東京工芸大学)
Kim Taeyon (Yonsei University, Korea)
Eunsu Lim (九州大学・総合理工学研究院)
Nguyen Lu Phuong (九州大学・総合理工学研究院)
Cong Li (九州大学・総合理工学研究院)
Yunqing Fan (九州大学・総合理工学研究院)
Kazukiyo Kumagai (CDPH, USA)

6. 研究集会

International Exchange Meeting on Contaminant Dispersion around Human Scale to Building Scale

人体スケールから建物スケールを対象とした汚染物質拡散に関する国際ミーティング

Venue : Chikushi Campus, IGSES Kyushu University
九州大学 筑紫キャンパス

Date : February 23-25, 1024
2014年2月23日, 24日, 25日

Program

February 23, 2014

16:00 – 22:00 Ice Breaker & Discussion

February 24, 2014

10:00 – 10:40 Kazuhide Ito (Kyushu University, Japan)

*Exposure Assessment based on Multi-Nesting Simulation
Connecting Virtual Manikin with Respiratory Tract Model*

10:40 – 11:20 Sangjin Kim (Jeonju University, Korea)

11:20 – 12:00 Ryu-ichiro Yoshie (Tokyo Polytechnic University, Japan)

12:00 – 13:00 Lunch break

13:00 – 13:40 Taeyeon Kim (Yonsei University, Korea)

*Application of coupled simulation between BES-CFD for naturally
ventilated residential buildings*

13:40 – 14:20 Doosam Song (Sung kyun kwan University, Korea)

Introduction of Building Technology Research Unit

- 14:20 – 15:00 Coffee break
- 15:00 – 15:40 Tatsuya Hayashi (Chiba University, Japan)
Outline of CASBEE -Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency-
- 15:40 – 16:20 Jeong Hoon Yang (Yeungnam University, Korea)
Measurement of Airflow of Air-Conditioning in a Car with PIV
- 16:20 – 17:00 Yasuyuki Shiraishi (The University of Kitakyushu, Japan)
Energy-Saving Effect of a Hybrid Air-Conditioning System Using Natural Ventilation in an Office Building with Flow Control Inlets and Outlets
- 17:00 – 18:30 Dinner break
- 18:30 – 19:10 Naoki Ikegaya (Kyushu University, Japan)
Wind-tunnel experiments for the modelling of scalar transfer from urban-like surfaces
- 19:10 – 19:50 Sung-Jun Yoo (Kyushu University, Japan)
Development of Computer Simulated Person with Thermo-Regulation and Numerical Airway Model
- 19:50 – 20:50 Discussion

February 25, 2014

Lab tour & Free