

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31日現在

機関番号：33108  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2009～2011  
 課題番号：21560622  
 研究課題名（和文） ストリートキャニオン内の汚染質輸送の高精度で実用的な乱流モデリング手法の研究  
 研究課題名（英文） Study on practical turbulence modeling method with high accuracy for pollutant transport inside street canyons  
 研究代表者  
 富永 禎秀（TOMINAGA YOSHIHIDE）  
 新潟工科大学・工学部・教授  
 研究者番号：00278079

研究成果の概要（和文）：都市の温熱・空気環境形成の基礎単位となるストリートキャニオンに着目し、風洞実験及び実大建物周辺の実測に基づき、その拡散場の構造を明らかにした。そのデータベースに基づき、CFDに基づく汚染質輸送の予測・評価において、ストリートキャニオン内外での移流及び乱流拡散性状を高精度かつ実用的な乱流モデリング開発に重要な知見を得た。

研究成果の概要（英文）：This research pays attention to street canyons as the fundamental unit of thermal and wind environment in built-up area. By wind tunnel experiment and field observation in actual buildings, the basic structure of pollutant dispersion was clarified. Based on the database obtained by this study, important information for highly precise and practical turbulent modeling for advection and turbulent diffusion were obtained for developing the prediction and evaluation methods for the pollutant transport using CFD.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、建築環境・設備

キーワード：空気環境

1. 研究開始当初の背景

上空気流とストリートキャニオン内部の風の流れの相互作用は、ストリートキャニオンの形状によって大きく変化し、その様相は非常に複雑である。最近では、これらのストリートキャニオンの形状をパラメータとしたストリートキャニオン内部の熱・汚染質拡散の解析が数多く行われているが、大半が標準  $k-\epsilon$  モデルを用いた解析であるなど地表

面や壁面の境界条件の設定方法も含めた乱流モデリング手法に十分な配慮がされた解析例は非常に少なく、その解析結果の物理的な妥当性が検証されているとは言い難い状況であった。

2. 研究の目的

本研究では、まずストリートキャニオン内の汚染質拡散 CFD の精度を検証するための

実験・実測・LES データベースを作成する。さらには、その結果とCFDによる解析結果を比較することによって、地表面や壁面の境界条件の設定方法も含めた汚染質輸送の乱流モデリング手法の精度や適用範囲を明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) CFD 結果の検証のための実験・観測・LES データベースの作成

風洞実験と屋外観測に基づき、CFD の結果を検証するためのデータベースを作成する。これらの流れ場を対象としたLESによる詳細な解析を行い、実験・観測では得にくい細かい空間分解能のデータや乱流輸送量を求め、併用型のデータベースとする。

(2) ストリートキャニオンの汚染質拡散を予測する際に有効な乱流モデリング手法の提案

上記のデータベースに基づき、各種のRANSモデルによる解析を行い、実用的な計算負荷で精度の高い乱流拡散フラックスのモデル化手法を検討する。また地表面・建物表面の温度フラックスや速度境界の与え方についても検討を行う。これらの知見を基に、ストリートキャニオンの汚染質拡散を予測する際に有効な乱流モデリング手法についての知見を整備する。

### 4. 研究成果

2棟の建物から成るストリートキャニオンモデル及び12棟の建物群から成るBuilding arraysモデルを対象に、スプリットファイバースコープ、PIVシステム、高速応答性炭化水素計を用いて、風洞実験を行い、風速、乱流統計量、平均濃度、濃度フラックス等の測定結果を得た。その結果、ストリートキャニオン内で形成される汚染質拡散の構造、すなわち①ストリートキャニオン内で排出された汚染濃度は、建物からの吹きおろしによって移流されるため、上下方向に大きな濃度の分布が生じること、②キャニオン上を吹く大気境界層流との非定常な空気の交換が、内部の汚染質の拡散に重要な役割をしていること、などを確認した。

さらに、乱流モデリング手法開発のための検討として、上記のストリートキャニオンモデルを対象としたLES及び改良 $k-\epsilon$ モデルによる解析を行い、その精度を実験結果との比較により検証した。また解析解のメッシュ分割への依存性について検討し、排出口付近のメッシュ分割の精度が解析結果に大きな影響を及ぼし、ストリートキャニオン内部において十分に細かいメッシュ分割が必要であることを示した。さらにLESによって得られた結果をデータベースとして、乱流拡散フラックスや乱流シュミット数などの評価を行

い、従来のRANSモデルでは乱流拡散が過小に評価される問題点を明らかにするとともに、新たなモデル開発のための重要な知見を得た。

図1にストリートキャニオン内の平均濃度分布の比較を示す。RANSモデル(RNG)では、LESや実験に比べて汚染源近くの乱流拡散を過小に評価し、実験に比べて数倍の高濃度を示すことが分かる。

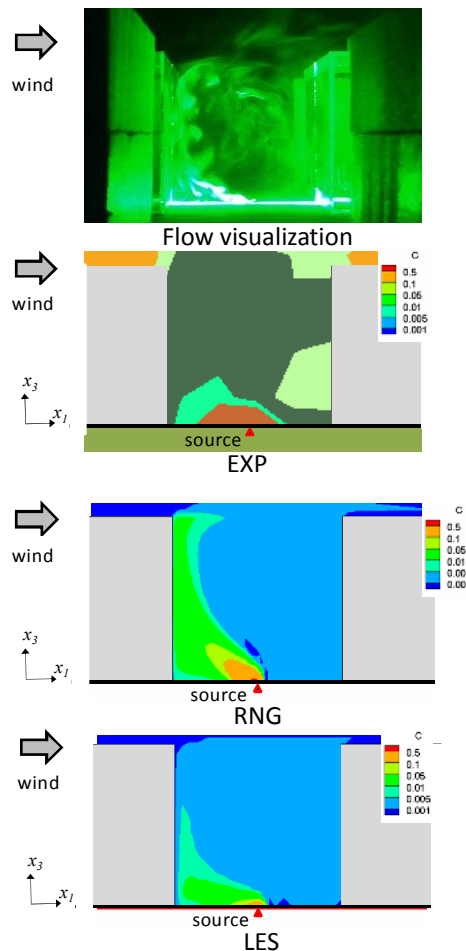


図1 ストリートキャニオン内の平均濃度分布の比較

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① Yoshihide Tominaga, Visualization of City Breathability Based on CFD Technique: Case Study for Urban Blocks in Niigata City, Journal of Visualization, 査読有, Available online, 2012. 4. DOI: 10.1007/s12650-012-0128-z
- ② Yoshihide Tominaga, Ted Stathopoulos, CFD Modeling of Pollution Dispersion in Building Array: Evaluation of

turbulent scalar flux modeling in RANS model using LES results, Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 査読有, Available online, 2012. 2.  
DOI:10.1016/j.jweia.2012.02.004

- ③ Yoshihide Tominaga, Ted Stathopoulos, CFD Modeling of Pollution Dispersion in a Street Canyon: Comparison between LES and RANS, Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 査読有, vol. 99, 340-348, 2011. DOI:10.1016/j.jweia.2010.12.005
- ④ Yoshihide Tominaga, Ted Stathopoulos, Numerical simulation of dispersion around an isolated cubic building: Model evaluation of RANS and LES, Building and Environment, vol. 45, 査読有, 2231-2239, 2010.10. DOI:10.1016/j.buildenv.2010.04.004
- ⑤ 富永禎秀, 黒澤広大, 単体立方体モデル周辺の汚染質拡散を対象とした RANS と LES の比較 CFD による建物近傍の汚染質拡散の予測精度に関する研究 その 2, 日本建築学会環境系論文集, 査読有, NO.646, 1307-1313, 2009.12.

[学会発表] (計3件)

- ① Yoshihide Tominaga, Ted Stathopoulos, CFD Modeling of Pollution Dispersion in Street Canyons: Evaluation of turbulent scalar flux modeling in RANS model using LES results, 13th International Conference on Wind Engineering, Amsterdam, the Netherlands, July 10-15, 2011.
- ② Yoshihide Tominaga, Visualization of City Breathability based on a CFD Technique: A Case Study for Urban Blocks in Niigata City, 11th Asian Symposium on Visualization, ASV11, Niigata, Japan, June 5-9, 2011.
- ③ Yoshihide Tominaga, CFD modeling of pollution dispersion and comparison with measurements in a street canyon, The Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE2010), Chapel Hill, North Carolina, USA, May 23-27, 2010.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

富永 禎秀 (TOMINAGA YOSHIHIDE)  
新潟工科大学・工学部・教授  
研究者番号：00278079

### (2) 研究分担者

飯野 秋成 (IINO AKINARU)  
新潟工科大学・工学部・教授  
研究者番号：80272706

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：