

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料  
〔平成27年度研究進捗評価用〕

平成24年度採択分  
平成27年3月19日現在

都市環境防災のための

高解像度気象情報予測プラットフォームの構築

Development of a meteorological information platform with high spatial resolution for the urban environment and disaster reduction

課題番号：24226013

大岡 龍三 (OOKA RYOZO)

東京大学・生産技術研究所・教授



研究の概要

本研究では、健康・安全かつ環境負荷の小さい都市空間の形成を目的として、マクロな気象情報からマイクロな気象情報をダウンサイズする手法の開発、あるいはマイクロ解析の結果からマクロな解析モデルの予測精度向上を図り、大気汚染や雲形成などを含めたマルチスケール・マルチフィジックスな高解像度気象情報予測プラットフォームの構築を行っている。

研究分野： 都市・建築環境工学

キーワード： 建築環境・設備、自然現象観測・予測、大気現象、防災

1. 研究開始当初の背景

気象現象は人々の生活を取り巻く第一的な環境の境界条件であり、我々の生活に多大な影響を及ぼす。災害面でいえば、近年注目を集めている集中豪雨や局所的大雨、2011年9月13日に発生した台風15号(Roke)による被害、都市域の劣悪な暑熱環境による数多くの熱中症患者の発生などが記憶に新しい。また環境面で言えば、ヒートアイランドによるエネルギー消費の増大とエネルギー供給安定性の問題、渇水の危険性等の問題や、都市空間の高密度利用の進展による局所的な大気の高濃度汚染が発生するといった問題が挙げられる。

2. 研究の目的

これら近年の都市環境や災害の問題に対処するためには、10kmオーダーの解像度で予測する既存の気象情報予測ツールでは不十分である。そこで、本研究では、健康・安全かつ環境負荷の小さい都市空間の形成を目的として、マクロな気象情報からマイクロな気象情報をダウンサイズする手法の開発、あるいはマイクロ解析の結果からマクロな解析モデルの予測精度向上を図り、大気汚染や雲形成などを含めたマルチスケール・マルチフィジックスな高解像度気象情報予測プラットフォームの構築を行う。

3. 研究の方法

本研究は主に3つの段階から構成される。

①構成要素モデルの開発

実在街区での屋外実測により都市大気環

境の把握を行うとともに、風洞実験及びチャンパー実験によって非等温場や大気汚染物質の化学反応性を考慮した拡散実験を行い数値モデルの検証用データとする。それと同時に、LES (Large-eddy simulation) を用いたマイクロ解析を行い、キャノピーモデルや積乱雲の生成・消滅モデルなどマクロな解析で用いられる数値モデル構築のための基礎データを整備する。

②各モデルの接続

メソとマイクロ解析を接続するため LES における流入変動風の作成手法に関しても検討を行う。本研究では特に、運動方程式に摂動としての体積力を与え、変動風を作成する手法について検討を行う。

③統合モデルのプリ・ポスト整備とケーススタディ

上記開発したモデルを統合するとともに、入力として GIS (Geographic information system) データと各気象観測所観測値を、出力として BIM (Building information model) 利用するインターフェースを構築し、気象情報プラットフォームの構築を行う。

4. これまでの成果

①屋外観測による都市上空風の実態調査

まず実際の都市環境を把握するため、リモートセンシングによって上空風速の計測が可能なドップラーライダーシステムを東京都内に設置し、都市大気境界層の風速分布の継続的観測を行った。大気境界層下層における水平方向平均風速の鉛直分布に関して、これまで様々なモデル化に関する検討が行わ

れてきたが、多くの場合、かなり理想的な状態においてのみ有効なモデル式が使用されてきた。しかし、現在、我々は極めて不均一な地表面粗度をもつ都市上空の大気境界層内において発生する熱や大気汚染といった問題に直面しており、従来の風速モデルの前提条件から逸脱した状況を解析しなくてはならない。そこで、本研究では地上付近から上空高度約 500m までの風速 3 次元成分を観測し、その統計的性質を分析している。

#### ②LES による街区マイクロ解析

近年の計算機性能の向上により、数値流体解析を用いた都市環境問題の予測・対策評価が可能となっている。しかし、実用計算に用いられる定常解析が可能なモデルでは都市低層部において予測精度が低下することが指摘されている。今まで都市空間における数値予測モデルの精度評価は主に風洞実験との比較により行われてきた。しかし、風洞実験では乱流の詳細な物理機構について計測を行うことが困難である。そこで、本研究では高密度市街地を対象として先進的な乱流モデルである LES を用いたデータベースを作成し、簡易モデルの予測精度評価、運動量の乱流輸送の物理機構、モデル化について検討を行っている。

#### ③局所的豪雨の数値シミュレーション

都市域で発生する強雨は、その発生に都市の存在が関与している可能性がある。都市効果に限らず関東平野での強雨の発生プロセスは多様性があるため、発生プロセスを理解するには、様々な事例解析を積み上げることが重要である。その一環として関東地方で発生した短時間強雨を対象として、格子解像度 1km のメソ解析モデルを用いた再現実験を実施した。特に強雨が発生した風の収束域に注目し、その風の収束域におけるエネルギー収支を詳細に分析することで強雨発生直前の水蒸気輸送過程を明らかにした。

#### ④LES における流入変動風作成手法の開発

マクロモデルからマイクロモデルへのダウンスケーリングの基本は、領域気象モデルの結果を工学 LES モデルの境界条件として受け渡すことである。しかし、1 ～数 km 程度の格子解像度の領域気象モデルの結果のみでは、LES モデルの境界条件として必要となる微細な乱流変動を与えることはできない。本研究では、LES 解析において人工的に流入境界に乱流変動を付与する手法の改良および実装を行いその性能評価を行っている。

#### ⑤近未来の気象データ作成

建築の室内温熱環境は建築をとりまく気象条件に左右されるため、気候に適した建築設計により省エネや快適性を実現するため、気象データを用いた熱負荷予測計算が行われる。既存の建築熱負荷計算のための気象データは各地域の現在や過去の観測値を基にして作成される。しかし、気候変動へ適応し

た建築設計を行うには、建築熱負荷計算においても気候変動を考慮する必要があり、そのためには将来予測に基づく将来の標準気象データが欠かせない。本研究では、本開発システムのアウトプットのひとつとして、全球気候モデルによって予測された気象データに対して、ダウンスケーリング手法によって物理的に時間・空間詳細化を行うことにより、将来の気象データを作成した。この気象データを用いた建築熱負荷計算を実施し、気候変動が建築熱負荷へ与える影響を評価した。

#### 5. 今後の計画

今後は、まずこれまでにも行ってきた観測や実験を継続しデータのさらなる蓄積を行うことで、より信頼性の高いデータベースの構築を行う。また、ダウンスケーリングにおいて LES を用いた際の流入変動風作成手法に関しても一層の改良を進める。乱流場での化学反応のモデリングも高精度の大気汚染予測に関しては重要な課題である。そして、ここまで開発してきた各サブモデルを統合し、気象情報プラットフォームのソルバー部分を構築する。また、GIS データおよび BIM システムとの統合によって解析と条件の入力と解析から得られた結果の出力までのシームレスなシステムを開発する。その後は、開発システムを応用し、様々な都市環境問題に関するケーススタディを行うとともに、シンポジウムなどの開催によって本研究成果を広く発信していく予定である。

#### 6. これまでの発表論文

- 1) 有馬雄祐, 大岡龍三 他, 夏季の関東地方を対象とした近未来標準気象データの試作と気候変動の建築熱負荷への影響評価力学的ダウンスケーリングによる建築熱負荷計算のための近未来気象データの作成 その 1, 日本建築学会環境系論文集, 第 710 号, 371-379, 2015
- 2) Kikumoto, H., Ooka, R. et al., Study on the future weather data considering the global and local climate change for building energy simulation, Sustainable Cities and Society, 14, pp. 404-413, 2015
- 3) 山中徹, 大岡龍三, 関東における夏季静穏日の水蒸気輸送に関する都市効果, 日本建築学会環境系論文集, 第 698 号, 339-348, 2014
- 4) 林鍾衍, 大岡龍三, 東京 23 区の地理情報システムデータに基づいた街区幾何形状パラメータの相関分析高密市街地の街区風環境のパラメタリゼーションに関する研究 その 1, 日本建築学会環境系論文集, 第 703 号, 785-794, 2014

ホームページ等

<http://venus.iis.u-tokyo.ac.jp>