

「風の道」の空間スケールと時間スケールに着目した研究レビュー

東京大学 学生会員 荻原 いなほ
 東京大学 フェロー会員 家田 仁
 東京大学 正会員 志摩 憲寿

1. 目的

昨今多くの自治体で、ヒートアイランド緩和を目的とした「風の道」の市街地への導入が積極的に議論されている。風速の変化による都市の熱環境への影響は大きいと考えられ、都市へ風を導入する事は、今後非常に重要な課題となってくる。

ヒートアイランド問題は、気候、熱、地形、材料などの幅広い領域からの研究が必要であり、風の道も同様に多くの分野から様々な議論が成されている。そのスケールは人間の生体から高層ビル付近のマイクロなビル風、街路、また海風・陸風や季節や日変動する気圧差など非常に幅広い。特に気象学では、水平スケールにおける大きさ（空間スケール）と、その現象が発生し消滅するまでの期間（時間スケール）をもとに大気現象を整理している（図1）。かつて各研究は一部のスケール領域の中に踏みとどまっていたが、シミュレーションを始めとして、各スケール間での整合性をとる試みが成されるようになってきている。こうした状況を踏まえて、ここでは特に空間スケールと時間スケールに着目した、ヒートアイランドに関する都市の風についての重要な知見を整理する。

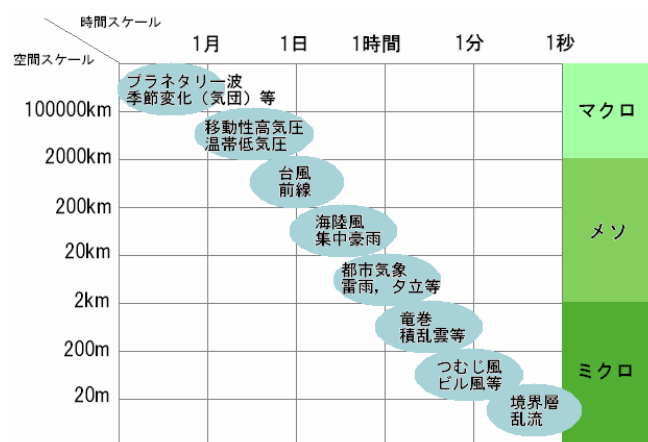


図1. 大気現象の空間スケールと時間スケール

2. ミクロスケールの議論

最も小さいミクロスケールでは、菅原ら¹が都市キャニオン（建物間）に発生する建物高さスケールの渦（キャニオン渦）、の形成条件（影響範囲）を調べている。ここでは、キャニオン渦度は上空風速に0.01~0.05倍で比例することがわかっている。上原ら²は、街区模型内外のストリートキャニオン流れ場の測定を行い、道路幅と街区高さ比が2以下~4以上で流れ場が3パターンに分けられる事を示した。

また河川の熱閉居運着目されたデータが蓄積され、河川効化は気象用そのほか建物密度や街路幅などの幾何学的要素にも影響されることがわかってきた。成田³では蒸気圧と相対湿度の変動を指標として、河川効果の及ぶ範囲について周辺建物配列と密度・堤防高さ・河川幅・風速を買えて実験。石原ら⁴では風向き・周辺建物密度・堤防の形等に注目して風洞事件を行った。成田らはさらに河川に対し逆ハの字型の街区形状で最も風速が上がる事を示した。村川ら⁵では水平、鉛直方向の影響範囲を調べており、例えば河川上と市街地との気温差は夏季日中80mまで認められている。竹林ら⁶は海風の影響範囲を観測しており、上空温位は海岸から水平8km地点では影響がないとした。

3. メソスケールの議論

メソスケールでは、Grimmondら⁷の提案する都市の幾何学的パラメータがありこれを用いた多くの研究がある。近藤ら⁸や萩島ら⁹はメソスケール気象モデルにおいて鉛直1次元の都市キャノピーモデルを用いてビル高さや街路幅を扱い、昼夜の気温差を調べた。一方原山ら¹⁰は、メソスケール解析手法に都市キャノピーモデルを境界条件として用い、関東平野の分析に用いている。佐藤ら¹¹は現状の都市形態と、都市形態を変化させたケースでの連成解析を行い、都市形態の差異による海風が屋外温熱環境に与える影響の違いを示した。

メソスケール以上のマクロスケールの議論に関して

キーワード 風の道 ヒートアイランド 都市気候

連絡先 〒113-8656 文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院 E-mail : ogihara@trip.t.u-tokyo.ac.jp

は、都市のヒートアイランドの視点からの風環境として着目されてはいない。しかし日変化や季節変動を考慮した通年での都市の環境を議論する場合

4. ミクロとマクロの接合

既往研究として、メソ気象と CFD モデルそれぞれにおいて3段階のネスティングをし、8km~100m (1m) のダウンサイズを行った持田ら¹²や、メソ気象モデルと k-ε モデルでのネスティングを行い、街路樹の存在する街路空間の熱環境評価を行った佐々木ら¹³がある。石原ら¹⁴はネスティングで無く、1 年分のメソスケール解析によって得られた風況に統計処理を行い、その結果とミクロ解析の接続を行った。

近藤¹⁵では、メソスケールモデルでの地表面過程や大気境界層乱流のアスペクト比が大きくなる(解析格子が小さくなる)につれて生じる乱流の問題について述べている。また大塚¹⁶は LAWEPS でのネスティング手法について述べている。

都市気候のメカニズムの総合的な解明は、CFD を中心とした様々な物理現象に関する数値解析の連成により初めて可能と成り、都市気候に関する連成解析は数ある数値解析の中でも最も大掛かりで繊細なものの 1 つである。原山ら¹⁷は、対流・放射・湿気輸送連成解析により街区形状の変化が屋外温熱環境に及ぼす影響について研究した。容積率一定の下、低・中・高層建物に変化し(無限に並んだ街区において)中層が最も風を通すことを示した。

4. 考察

ミクロのスケールで扱う研究が多く、せいぜい海陸風や山谷風の大きさ(~200km)までである。ヒートアイランドの視点から都市の風に着目した、1000km 以上のメソスケールやマクロスケールでの分析はほとんど見られない。また空間スケール間の影響は、それぞれの時間スケールが異なり、またシミュレーションでは非定常流を考慮できないことから分析が非常に困難となっている。多くの研究ではヒートアイランドが最も顕著に現れる夏季の弱風晴天時を対象としているが、日変化そのものへの着目や、冬や春秋、強風や雨天時、降雨や局地風とのかかわりなども重要なテーマとなってくる。特に昨今問題となっている都市豪雨などへの

影響や、日中から夜間など異なる気候条件への変化を考慮するためには、現状の CFD やメソスケールモデルの改良だけでなくマクロスケールを扱う気候学からの知見やそれらの時間スケールでの分析が必要である。さらに原因もスケールも全く異なり、研究分野も分かれる地球温暖化の寄与も問題となる。都市化によるヒートアイランドと地球温暖化は、互いの影響をいかに組み込むか(または排斥するか)にも関心を高めていくべきである。

5. 参考文献

- ¹菅原他(2006)「都市キャニオン内における建物高さスケールの渦の形成」大会講演予講集 Vol.89 (20060430) p. 401
- ²上原他「温度成層下のストリートキャニオン内部流れに対する道路幅の影響に関する風洞実験：市街地における汚染物の拡散に関する実験的研究その4」日本建築学会計画系論文集 No.510(19980830) pp. 37-44
- ³成田健一(1992)「都市内河川の微気象の影響範囲に及ぼす周辺建物配列の影響に関する風洞実験」日本建築学会計画系論文報告集 No.442(19921225) pp. 27-35
- ⁴石原他(1995)「都市河川の微気象効化の影響範囲に関する実験業務」報告書清水建設株式会社技術研究所
- ⁵村川他(1990)「都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究」日本建築学会計画系論文報告集 No.415(19900930) pp. 9-19
- ⁶竹林他「上空気象データを用いた海風による気温低下に関する考察」日本建築学会学術講演梗概集 Vol.2007(20070731) pp. 705-706
- ⁷Grimmond 他” Properties of Urban Areas Derived from Analysis of Surface Form.” J Appl Meteorol, Vol. pp. 1262 - 1292, 1998
- ⁸近藤他(1998)「1次元都市キャノピーモデルによる都市の熱環境に関する研究」大気環境学会誌 Vol.33, No.3(19980510) pp. 179-192
- ⁹萩島他(2001)「改良・建築-都市-土壌連成系モデル(AUSSSM)による都市高温化の構造解析：第1報 モデルの理論構成及び標準解」日本建築学会計画系論文集 No.550(20011230) pp. 79-86
- ¹⁰原山他(2005)「都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候解析」日本建築学会環境系論文集 No.592(20050630) pp. 75-82
- ¹¹佐藤治彦(2007)「海風が屋外温熱環境に及ぼす影響に関する研究(その4)」空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 {2007.9.12-14 仙台}
- ¹²持田他(2000)「ヒートアイランド現象の解析とその対策技術の総合評価のための SoftwarePlatform の開発と風環境の開発事例」第16回風工学会シンポジウム論文集, pp137-142
- ¹³佐々木他(2002)「仙台中心部の街路樹がストリートキャニオン内の風環境と空気環境に及ぼす影響の解析」第18回風工学会シンポジウム論文集, pp99-104
- ¹⁴石原他(2003)「新しい風況精査手法の提案と実測による検証その1・2」日本風工学会誌第95号, 51-52, 2003.4
- ¹⁵近藤裕昭(2006)「メソ気象解析からみたミクロ解析との接続」日本風工学研究会誌 No. 107 (20060430) pp. 133-136
- ¹⁶大塚清敏(2006)「風況予測からみたメソ・ミクロ接続の技術的課題」日本風工学研究会誌 No. 107 (20060430) pp. 127-132
- ¹⁷原山他(2001)「街区形状の変化が屋外風系と温熱環境に及ぼす影響の数値解析」生産研究 Vol. 53 (2001), No. 1pp. 72-75