

## 第6回国際都市気候会議 (6th International Conference on Urban Climate) ICUC6報告\*

菅原 広 史<sup>\*1</sup>・大橋 唯 太<sup>\*2</sup>・日下 博 幸<sup>\*3</sup>・近藤 裕 昭<sup>\*4</sup>  
 浜田 崇<sup>\*5</sup>・山本 奈 美<sup>\*6</sup>

### 1. 会議の概要

ICUC6 (6th International Conference on Urban Climate) がスウェーデンのイエテボリにおいて2006年6月12~16日に開催された。主催は都市気候研究に関する唯一の国際的な組織であるIAUC (International Association of Urban Climate) である。会議は世界の100か国以上の国から約340名の参加があり、そのうち日本からの参加は60名以上であった。第1表にセッション名と講演内容の概略を示す。2003年の第5回大会 (菅原ほか, 2004) と比べると研究が盛んになったテーマ (例えば数値シミュレーション) やそうでもないもの (例えばリモートセンシング) があるが、大会全体としては前回と同様のテーマ構成であった。(菅原広史)

### 2. 各セッションの内容

代表的なセッションの様子を、筆者らの特に印象に残った発表を中心にとりあげて報告する。

#### 2.1 数値モデルに関する発表

ここでは特に Urban effects on mesoscale climate

と Modeling flow from the building scale to meso-scale のセッションを中心に報告する。前回 (ICUC5) に続き、数値モデルに関する研究発表は数多くあった。ほとんどのセッションで数値モデルを用いた研究発表が見られ、数値モデルユーザーの裾野の広がりを感じた。口頭発表では、実際の気象場を対象とした現実シミュレーションが17件、理想化シミュレーションが12件であった。そのほか、ビルエネルギーモデルによるエネルギー消費のシミュレーションが2件、モデリング手法についてまとめた基調講演が2件あった。現実シミュレーションでは、メソモデルによるシミュレーションが10件、メソモデルとCFD (computational fluid dynamics) を組み合わせたシミュレーションが4件、CFDによるシミュレーションが3件であった。理想化シミュレーションについては、メソモデルを用いたものが1件、CFDを用いたものが11件であった。

はじめに、現実シミュレーションの研究発表について紹介する。メソモデル関係の研究の特徴の1つは、汎用モデルの利用拡大である。ほとんどの研究で、米国大気研究センターとペンシルベニア州立大学によって開発されたMM5、米国大気研究センターなどによって開発中のWRF、コロラド州立大学のRAMS、オクラホマ大学のARPS、フランス気象局のMeso-NHといった汎用のメソモデルが用いられており、個人が開発したモデルを用いた研究発表は見られなかった。2つ目の特徴は、メソモデル単体の利用だけではなく、都市キャノピーモデル、CFDモデル、あるいはデータ同化システムとの組み合わせによる研究もいくつか見られたことである。Chen (米国大気研究センター) らは、WRFに都市キャノピーモデルを導入し、そのインパクトを評価した。また、同

\* Report on 6th International Conference on Urban Climate.

<sup>\*1</sup> Hirofumi SUGAWARA, 防衛大学校地球海洋学科.

<sup>\*2</sup> Yukitaka OHASHI, 岡山理科大学総合情報学部.

<sup>\*3</sup> Hiroyuki KUSAKA, 筑波大学計算科学研究センター.

<sup>\*4</sup> Hiroaki KONDO, 産業技術総合研究所環境管理技術研究部門.

<sup>\*5</sup> Takashi HAMADA, 長野県環境保全研究所.

<sup>\*6</sup> Nami YAMAMOTO, 東京大学大学院新領域創成科学研究科.

第1表 セッション名と内容.

セッション名	内 容
Turbulent exchange between the urban surface and its boundary layer	都市域と大気境界層間における運動量・熱・物質の乱流輸送。野外や風洞での実測。
Observations of the urban energy balance and transfer coefficients	都市キャノピー層の熱収支と熱輸送係数の測定。野外実測。
Anthropogenic heat	人工排熱。その気候影響や推定方法など。
Air quality Modelling	大気汚染のモデリング。
Carbon exchanges in urban areas	都市域でのCO <sub>2</sub> 輸送。CO <sub>2</sub> のフラックスやプロファイル。
Urban effects on mesoscale climate	メソスケール現象に対する都市の効果。実測結果やメソスケールモデルを用いた都市効果の評価。
Turbulence within and above the urban surface layer	都市域の大気境界層・キャノピー層における乱流。野外や風洞での実測。乱流の組織構造。
Flow and dispersion within street canyons	街路空間における気流場と拡散。野外や風洞での実測。数値シミュレーション。
Urban human biometeorology	都市域における人間の生気象。体感温度。
Topoclimatology of cities	都市域の気候に対する地形・立地の影響。
Climatic performance of urban greenspace	都市緑地による気候への影響。緑地による暑熱環境の緩和。
Novel radiative, thermal and air quality modelling methodologies	放射、熱輸送、物質拡散のモデリングに関する新しい方法。数値モデルやパラメタリゼーションの開発。
Modelling flow from the building scale to meso scale	気流場のモデリング、ビルスケールからメソスケールまで。
Modelling the urban surface energy balance	熱収支モデリング。都市キャノピーの熱収支モデルの開発。
Urban heat islands, their nature, genesis and mitigation	ヒートアイランド現象。特性、成因とその緩和。
Urban sub-layer parameterisations in meteorological and climate models	気象モデル、大気環境モデルにおける都市域の運動量・熱・物質の輸送パラメタリゼーション。メソスケールモデルへの都市効果の組み込み。
Climate-sensitive urban design and planning	気候に配慮した都市計画。
Building climates (interior and exterior) and the climatic performance of built features	都市気候と建築、都市計画。
Cities and global change	都市とグローバルな気候変化。
Remote sensing of cities and urban climate	都市気候におけるリモートセンシング
Road climatology and paved surfaces	道路気候。主に凍結に関して。
Urban impacts on moisture	都市域の雨と水、都市の降水現象へのインパクトや都市域での降水、結露、霜。
Interactions between urban climate and emissions	都市気候と大気汚染。
Session in honour of professor T. R. Oke's retirement	ティム・オーク教授 (カナダ、プリティッシュコロンビア大学) の退官記念講演。
Plenary	総会において次の基調講演が1日2件ずつ行われた。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・高緯度域の都市気候      ・砂漠域の都市気候</li> <li>・熱帯域での都市気候      ・都市キャノピー層の気流場</li> <li>・人間の快適性</li> <li>・メソスケールモデル内での都市モデリング</li> <li>・都市気候のアセスメントツール      ・気候変動と都市</li> </ul>

研究所における今後の研究の方向性の1つとして、WRFとCFDモデルの結合を考えていることを表明した。Thomas (米国大気研究センター) らは、WRFとレーダーデータの同化システムを用いた都市降水のナウキャストシステムを紹介した。3つ目の特徴は、メソモデルもしくはLES (large eddy simulation) モデルを用いた高分解能計算である。Hidalgo (フランス気象局) は Meso-NH を水平格子間隔12 km/3 km/1 km/250 m の4段階ネスティングで走らせた。佐々木 (清水建設) らは、水平格子間隔8 km/2 km/500 m の3段階ネスティングを行い、都市内の詳細な気温分布や風系の再現計算を行った。Leroyer ら (フランス流体力学研究所) は RAMS から得られたデータを境界条件にした水平格子間隔990 m/330 m/110 m のネスティング LES モデルを用いて、大気境界層の発達シミュレーションを行った。Liu (南京大學, 中国) らも400 m 分解能 LES モデルを用いて、同様のシミュレーションを行った。一方、Letzel (ハノーバ大学, ドイツ) らは、2 m 分解能 LES モデルを用いて、新宿の街区内の風のシミュレーションを行った。

次に、理想化シミュレーションの研究発表について述べる。前述したように、CFDモデルを用いた研究が多かった。また、そのほとんどがk-εモデルによる都市街区内の空気や熱の流れのシミュレーションであった。このような研究とはやや趣の異なる研究がSandeberg (Gavle 大学, スウェーデン) らによって紹介された。彼らは、都市をケーキのような円筒形と考え、その円筒形に切れ込みを入れて道とみなし、流入風向を変化させた場合のシミュレーションを行った。高分解能傾向とは異なるモデリング・シミュレーションであり、新鮮であった。

全体的に、計算機パワーにまかせた高分解能シミュレーションが多くなってきているような感じを受けた。また、LESモデルを用いた研究発表の件数も前回よりも増えているようにも感じた。しかしながら、研究の中には、着目する現象を表現するための計算条件を必ずしも満たしていないものもあるように見られた。今後はメソモデルによる高分解能計算にあらわれる強いカオス性を避けるための計算方法や、多数のLESモデル計算を行うための有効な計算方法を考える必要があるだろう。

昼休みに、Best (英国気象局) を中心に、以前から提案されていた都市キャノピーモデルの比較実験に

ついでの話合いが持たれた。その後、この話し合いに出席していたBornstein (サンノゼ大学, アメリカ) によって、メソモデルも含めたより包括的な比較実験の必要性が提唱された。これに伴い、Bornstein, Best, 神田 (東京工業大学), Chen (米国大気研究センター), Masson (フランス気象局), Martilli (CIEMAT, スペイン) らをパネラーとした都市モデル研究の現状と課題に関するセッションが「Urban sub-layer parameterizations in meteorological and climate models」の中で急遽開かれた。ここでは、数値モデルにおけるパラメタリゼーションのあり方について議論がなされたが、様々な物理過程を表現するパラメタリゼーションで完璧な組み合わせはありえず、数値モデルの利用目的に応じて適切な組み合わせを選択することが重要であることが提案された。

(日下博幸・大橋唯太)

## 2.2 Remote sensing of cities and urban climate

Voogt および Krayenhoff (両名ともウェストオンタリオ大学, カナダ) から発表があったのは、地表面情報 (建物形状や表面温度) を元に衛星や航空機での放射温度測定値を再現するモデルである。都市域の表面温度はその3次元形状や多岐にわたる材質のため、不均質性が非常に強い。このため、上空からの放射温度計測値はセンサーの視野に強く依存し、例えば同じエリアに対して方位を変えて測定すると数°Cの差が生じることは珍しくない。彼らの報告では、GIS (地理情報システム) を用いて建物形状を考慮しても、リモートセンシングで計測された温度を再現することはできないことを示していた。これは、都市域の放射温度分布を考える際には、例えば、全ての壁を一樣温度に仮定するのはかなり非現実的であることを意味している。

(菅原広史)

## 2.3 Carbon exchanges in urban areas

今回のICUCから発表が目立つようになったのは、都市キャノピースケールにおけるCO<sub>2</sub>の乱流輸送についてである。すでに森林などでは数多くの研究があるが、都市域での測定例はまだ数少なく、都市気候ではこれからのテーマという印象をもった。Vogt (バーゼル大学, スイス) はキャノピー内でのCO<sub>2</sub>プロファイルを風向別に解析し、人工的なソース (主に自動車) の影響を議論した。彼の測定結果では同じビルの表通り側と裏庭側ではCO<sub>2</sub>プロファイルが大きい

く異なっており、都市域での代表的なプロファイルを得ることの難しさを感じさせた。その他、Christen (ベルリン工科大学, ドイツ) からは渦集積法についての技術的な検討が、森脇 (東京工業大学) からは強安定時の CO<sub>2</sub>濃度プロファイルについて発表があった。(菅原広史)

#### 2.4 Urban heat islands, their nature, genesis and mitigation

このセッションは27題 (うち2題はキャンセル) の発表があり、そのうち日本からの発表は9題あった。セッションのタイトルからもわかるとおり、内容は多岐にわたっていた。主なテーマとしては、各国のヒートアイランドの現状、ヒートアイランドや都市内気温分布の要因 (天空率、土地利用、人工排熱などの関連) の分析、河川や海風によるヒートアイランドの緩和など、オーソドックスな研究内容が多かった。このような中で非常に特徴的だったのは、ヒートアイランドの緩和をテーマにした発表であった。ポスターセッションや緑地の役割に関するセッションでもこのテーマは取り上げられていたが、これらの発表のほとんどが日本を中心としたアジア地域からのものであった。このことは日本を含めたアジア諸国では都市の暑さが社会問題となることを反映していると思われる。比較的涼やかなヨーロッパでは大気汚染に対する関心がまだまだ高いのと対照的である。

特に筆者がこのセッションで興味深いと感じたのは、Ilian and Oke (ブリティッシュコロンビア大学, カナダ) の発表だった。彼らは、従来のヒートアイランド強度 (都市と郊外の気温差: 原文では Urban Heat Island Magnitude) が研究者の主観により都市と郊外が選択されるという定義のあいまいさについて指摘し、客観的な基準によるヒートアイランド強度算出のための普遍的な方法の必要性について言及した。特に、発展途上中の都市においてはもはや都市と郊外という2つの分類があてはまらない景観を呈する地域もあり、新しい客観的な分類スキームが必要とこのことだった。こうした基準が定まることにより、今後はヒートアイランド強度が現す意味 (都市化の度合との関連) や都市間の比較などについての整理が進むことが期待され、今後の研究成果が楽しみである。

また、もうひとつ印象深かった発表は、Karsten (Donnerwetter GmbH, ドイツ) の「理想的な」都市の気候は存在するのか? というものであった。ド

イツでは都市の気候が郊外より暖かいということは住人にとってはむしろ歓迎されることであり、最も問題なのは休日の大気がグリーンかどうかだというアンケート結果が紹介された。そして、私たちは新しい理想的な都市の気候について考える必要があり、都市計画者たちは都市の暖かさが好まれているという事実を受け容れるべきだという主張がなされた。筆者の住む長野市のような寒冷地でも、都市における冬季や夜間の気温上昇は住人にとってはむしろ歓迎される傾向にある。ヒートアイランド現象の何が問題であるかは地域によって事情が異なる。この発表により、問題の一面だけで評価をせず、全体を見渡して総合的に評価する必要性があることを改めて認識させられた。

(浜田 崇)

#### 2.5 Urban human biometeorology

このセッションでは、都市空間における人体への熱的影響や快適性の獲得について、発表が数多くなされた。従来より提案されている様々な温熱環境指標を用いて、人体への熱ストレスの程度を評価する研究発表が大部分を占めた。Katzschner (カッツェル大学, ドイツ) は、放射量・風速・気温・湿度などの気象要素を総合的に考慮した人体の熱収支モデルに基づく PET (Physiological Equivalent Temperature) という温熱環境指標を用いて、人々が集う屋外空間での快適性を調べた。そこでは、レストラン前の屋外席に集う人数と気象条件の関係や、レストラン屋内と屋外席で食事をとる人数の比率と PET 値の相関などが調査されたユニークな研究内容が報告された。

Thorsson and Knez (イエテボリ大学, スウェーデン) は、広場と公園の屋外空間においてスウェーデンと日本のそれぞれの場所でその日の温熱感覚に対するアンケートをとり、その比較を行っていた。そこでは、同じ温熱条件下であったとしても、国の文化や気候の違いによって人々の温熱感覚が必ずしも一致しないという結果が報告された。前述の Katzschner と同様、この研究でも温熱環境指標として PET を採用していた。この他にも PET を温熱環境指標として用いている研究が発表されており (Johansson, ルンド大学, スウェーデン)、欧州では温熱環境の評価にこの PET を用いるのが一般的であるような印象を受けた。ちなみに日本では、後述の研究発表のように SET\*が温熱環境指標として採用されることが多い。

小野 (慶応大学) は、屋外条件で成り立つ人体表面

と大気との間の対流熱伝達係数の定式化をおこなった。従来の研究では、屋内条件における人体表面と大気との間の対流熱伝達係数が屋外でもそのまま利用されていたが、実際には屋内と屋外で対流熱の発生状況が大きく違うはずである。そこで彼らは、風洞実験と数値実験の結果から対流熱伝達係数を風速と乱流強度の関数式として表現した。その後、その対流熱伝達係数の式を数値モデルに組み込んで温熱環境指標 SET\* の計算を行っていた。この他にも生気象学の幅広い分野についての数多くの発表が行われた。(大橋唯太)

## 2.6 Urban Impacts on Moisture

他のセッションに比べて発表者6名と少なかった。観測データに基づく発表が3件、シミュレーションに基づく発表が3件だった。そのうち、都市が降雨に与える影響に関する発表は、3件だった。日本においては、暖候季における都市での強雨発生頻度や降水量の増加などが強い関心を集めているが、今回のセッションではあまりそのような雰囲気は感じられなかった。欧米からは霜、結氷、結露に関する発表がなされた。Hartz and Brazel (アリゾナ州立大学, アメリカ) では、アリゾナ州フェニックスにおける1988年から2004年までの土地利用の変化が霜や結氷の頻度に与える影響について調べた。気温が4°C以下になった時間数を霜や氷結が起きた日と定義し、その発生頻度の経年変化については都市化にともない減少傾向にあることを明らかにした。今後は地点の標高や斜面の傾きなど地形から受ける影響も検討していきたいと述べていた。(山本奈美)

## 3. その他

### 3.1 IAUC

本大会を主催したIAUCは都市気候(特に熱関係)に関する国際的な組織としては唯一のものである。IAUCの事務局は完全なボランティアで行われているが、この分野の文献リストの作成や、学生教育用の教材作成など熱心な活動を続けている。数か月に1度、ニューズレターの発行なども行っているの、興味のある方は下記のウェブサイトを訪れてみていただきたい。

<http://www.urban-climate.org/> (菅原広史)

### 3.2 日本人の発表

今回の会議では日本人の発表が多くあった。概して

日本人の研究のレベルは高いのだが、それが相応に評価されているかという残念ながら必ずしもそうではないような印象を受ける。たとえばある日本人の発表に対し質問が皆無であったが、私の座っていた近くの席から“No question means nobody can understand”という囁きが聞こえた。これは発表における英語がまずいというよりも、presentation技術のまずさに起因しているように思える。つまり、発表におけるロジックの流れが不明瞭なのである。発表に際しては、①研究の動機、②手法の選択およびその理由、③手法を変えたならばその理由と結果の分析、④目標の達成度の評価、⑤今後に残る問題等の流れを明確にし、限られた時間の中では一番強調したいことに内容を集中すべきであろう。日本における発表では、聞いている人がこれらの一部について既知であることを前提に話をしてもかまわないかもしれないが、外国ではそういうわけにはいかない。もっとも立派な研究発表を行っている日本人もいるし、また外国人の発表が皆すぐれているわけではない。また、一方でそんなことはどうでもよいという意見もあるだろう。しかし、せっかくよい研究を行っているのにもったいない気がした。(近藤裕昭)

### 3.3 現地の感想

会議が行われたイエテボリは人口約50万人を有するスウェーデン第2の都市として有名であるが、街中はそれ以上の賑やかさを放っており、これまで持っていた北欧の都市に対する印象が随分と変わってしまった。街で会話を交わした住民とは老若男女を問わず英語での会話ができ、非常に助けられた。また、出会ったどの現地の人もとても快くかつ丁寧に、こちらが求める以上の対応をしてもらえ、スウェーデン人の外国人に対する真摯な態度に大きな感銘を受けた。彼らの日常生活の一端に触れて感じたことは、生活にゆとりを持っているということである。1人あたりの国民総所得は日本に匹敵するものの、物価は日本よりも随分と高かった(例えば、夕飯を普通に食べても3,000円近くかかる)。地元の住民もさぞ暮らしが大変なのはと察したが、意外とそういうわけでもなさそうで、心に大変ゆとりを持って人生を送っているという雰囲気を感じとれた。それは、ゆとりを持って日々の生活を送れているという証でもきっとあり、毎日をセカセカと生きている日本人とは随分対照的だと素直に思った。(大橋唯太)

### 3.4 国際会議の印象

海外で開かれる国際会議に出席したのはこれが初めての経験だった。色々な意味で新鮮な驚きの連続だった。まず受付でもらったのが、参加者全員に配られるICUCが独自に用意したオリジナルバッグで、中には分厚い電話帳ほどの厚さのある1冊の予稿集とメモ帳、イエテボリの地図、ペンが入っていた。今まで見たこともない予稿集の厚さに驚いた。こんなにも参加者が大勢いるのかと会議の規模の大きさに驚いた。ただ、スウェーデンの文化を感じさせるようなグッズ(メモ帳、ペン)が入っていることを期待していた私にとってはちょっとびっくりがっかりだった。例えば日本で開催される国際学会であれば、このようなちょっとしたグッズなどに浮世絵を活かしたものなどがあると、参加者にも喜ばれるし、日本文化を紹介することにもなるのではないだろうか？

口頭発表では、発表者のラフな服装に驚いた。日本の学会ではスーツ着用が当然と思っていたので、気温28°Cの中、私はスーツを着込んで行ったが、他の国の参加者はジーンズやポロシャツなどカジュアルな格好で発表していて、スーツを着ていたのは日本人くらいに見えた。学生は、皆緊張して萎縮しているように見えた。英語を母国語とするオーストラリアの学生でさえ、発表数日前からすごくナーバスになっている様子を見て、英語を苦手とする日本人でなくとも、学生ならば、このような大舞台では同じように緊張するものか、と安堵した。発表で特に気をつけるべき点として感じたのは、メッセージ性のある分かりやすいスライドが1枚でもあれば、英語のリスニングやスピーキングが苦手とする人でも発表の骨子を相手に伝えられる

可能性が増すということだ。視覚効果は、言語能力以上に重要な役割を持っていると感じた。

海外の学生に指摘されて初めて気付いたのだが、日本人が多かった。確かに会場のどこかしこには日本人の姿が見えていた。それだけ日本では都市気候が注目されている熱い分野だということだろう。日本人の先輩研究者の方と交流を深められたのは大変意義深かった。一方であまり他の国の方々とお話できなかったのは残念だった。

国際会議は私が予想していたよりも、フランクで交流を楽しむべき場なのかもしれない。今回は大舞台での発表を最終日に控えていたので、始終緊張してあまり楽しむ余裕はなかったが、次からは、気負わずにもっと気楽に参加して他の国の方々との交流も積極的に試みようと思った。(山本奈美)

### 謝辞

本会議の出席にあたり、著者の大橋唯太は財団法人大林都市研究振興財団より、日下博幸は、文部科学省の科学研究費補助金基盤研究(B)課題番号17310003(代表筑波大学大学院生命環境科学研究科木村富士男)より、山本奈美は、平成18年度(前期)東京大学学術研究活動等奨励事業より助成を受けました。ここに感謝の意を表します。

### 参考文献

菅原広史, 大橋唯太, 日下博幸, 2004: 第5回国際都市気候会議 (5<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate) ICUC-5報告, 天気, 51, 123-127.