

### Ⅲ 環境省 地球環境保全等試験研究費

#### Ⅲ－1 市街地形態が熱環境に及ぼす影響の定量的評価に関する研究 Study on the estimation of thermal environment in urban areas considering the effects of urban forms

(研究期間 平成 16～18 年度)

環境研究グループ  
Environmental Research Group

足永靖信  
Yasunobu Ashie

Thermal environment in urban areas was estimated by means of numerical simulation and thermal stratification wind tunnel test. Regularly arranged building blocks were used to simulate the thermal environment with heated soil surface in the wind tunnel. The Schlieren method, one of the special optical devices was applied to visualize thermal flow around building blocks. These wind tunnel data were used for the verification of numerical model which was developed for the estimation of thermal environment in real cities. Numerical simulation, resolving each building was executed for the case of Tokyo region using the Earth Simulator. The methods in this study would be effective to plan urban forms from the viewpoint of thermal environment in cities.

##### [研究目的及び経過]

本研究は、建物・市街地近傍や街路空間等の通風や熱輸送現象等に対して、市街地形態が及ぼす影響を定量的に把握することによって、熱や風を考慮した市街地形態のあり方について定量的に検討することを目的とする。そして、地域特性を考慮した熱環境改善対策を効果的に地区計画等の都市計画手法に反映させるための工学的知見・根拠を整備する。本研究の全体構成について図 1 に示す。本課題は 3 カ年計画であり、建築研究所は市街地形態のモデル化に関する検討、市街地形態が熱環境に及ぼす影響の定量的評価について実施した。

##### [研究内容および研究結果]

#### 1 温度成層風洞実験による市街地形態による熱環境影響の検討

熱が発生する市街地を対象にして風洞実験で市街地形態による熱環境影響を調べた。今回の実験に用いたのは独立行政法人建築研究所の温度成層風洞である。基本性能については既報を参照されたい<sup>1)</sup>。測定胴へ流入する気流の条件は気温25℃、風速1m/sである。十分に発達した乱流を得るため、8mの助走区間を設けた。この助走区間にはアルミラフネスを設置し、かつ風洞の床面温度を気温と等しく25℃に制御することにより、中立状態のアプローチフローを作成した。下流8m以降の2mの領域では、200分の1の建物模型を設置し、風洞の床面温度を50℃に設定した。低層建物が規則的に配置された街区を想定し、その一角に、1棟の高層建物を導入し、その高層建物と重なる4棟の低層建物を取り除いた場合の気温・風速の変化を検討した<sup>2)</sup>。図 2 は高層建物周辺の風の流れを煙で可視化したものであり、高層建物の背面近

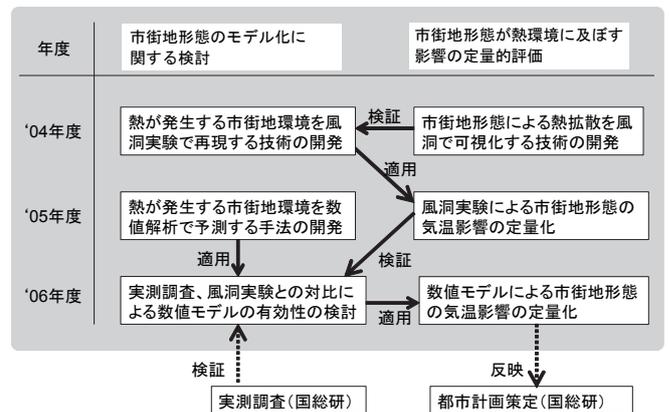


図 1 研究の流れ

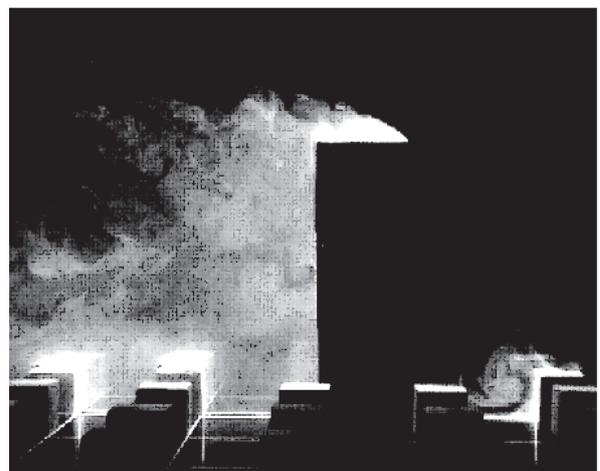


図 2 高層建物周辺の風の流れ

傍の風速が減少している。その地点における気温を計測した結果、周辺部よりも気温が高くなることが解った。加熱された風洞床面から発生する熱の上空への拡散性が高層建物により局所的に弱まり温度場に影響したと考えられる。

都市キャノピー内の熱の流れをより詳しく調べるため、空気の密度差を撮影するシュリーレン装置を風洞に導入した。図3は都市キャノピーを対象にしたシュリーレン画像の事例である<sup>3)</sup>。キャノピーの上端近傍において濃色となり、この箇所において気温の空間勾配が大きいたことが解る。

## 2 熱環境予測シミュレーション解析手法の開発

都市の熱環境を調べるには、マクロスケールの気候特性だけでなく、ミクロスケールの地表面起伏、建物の配置・形状、都市表面の温度、樹木の効果及び都市活動に伴う人工排熱を考慮する必要がある。

基礎方程式は圧縮性流体の方程式系で、乱流モデルには標準k-εモデルを採用した<sup>4)</sup>。この基礎方程式に、格子解像度以下の建物の影響を考慮する為にFAVOR (Fractional-Area-Volume Obstacle Representation)法を導入し、樹木の影響を考慮する為に樹木モデルを組み込んだ。都市表面から発生する熱は、熱伝達係数を用いる方法で定式化を行い、計算領域の側面及び上面に用いるメソスケール解析結果との整合性をとる為に、エネルギー方程式を温位で、水蒸気の質量保存式を比湿により定式化した。また、関係式にコリオリ力の項及び人工排熱の項を付加した。

## 3 実市街地の熱環境シミュレーション解析に基づく市街地形態による熱環境影響に関する考察

図4に実市街地を対象にした熱環境解析事例を示す。夏季の14時の地上5mにおける気温分布の解析結果であり、卓越風は南風である。沿岸周辺部では気温が低く、内陸の街路空間では気温が高い。高層建物の手前で低温域が形成されている箇所が見られる(図中白枠)。当該高層建物の風上に位置する銀座では高さ制限により高層建物が存在しない。そのため、海からの冷熱が比較的損なわれずに輸送され、更に高層建物の手前で鉛直下方に循環することにより、有楽町交差点付近では局所的に気温低下に至ったと考えられる。ここでは示していないが、線路や街路が高層建物前の広場につながっているため、風がそこに集結する傾向が数値解析結果から確認されており、オープンスペースの連続性による気象緩和効果が考えられる。

## 4 おわりに

市街地形態による気温分布への影響を数値解析で定

量化が可能になった。今後ケーススタディーを蓄積することにより、熱環境緩和に有効な市街地形態の立案に役立つと期待される。

[謝辞] 本研究の実施に当たり、海洋研究開発機構の地球シミュレータを活用させていただいた。また、科学技術振興機構より重点研究支援協力員の支援を受けた。

### [参考文献]

- 1) 足永靖信：温度成層風洞の紹介、日本風工学誌、第79号、pp.203-207、1999.4
- 2) 足永靖信、尹聖皖：床面を加熱した風洞実験による建物の高層化が気温分布に及ぼす影響に関する検討、日本建築学会環境系論文集、第579号、pp.67-71、2004.5
- 3) 足永靖信、阿部敏雄：シュリーレン法による温度分布を有する気流の可視化、日本風工学学会論文集、第30巻第1号(通号第102号)、pp.1-13、2005.1
- 4) Yasunobu Ashie and Takaaki Kono：Numerical simulation of urban thermal environment of the waterfront area in Tokyo by using a five meter horizontal mesh resolution, Sixth International conference on urban climate, Preprint, pp. 615-618, 2006.6

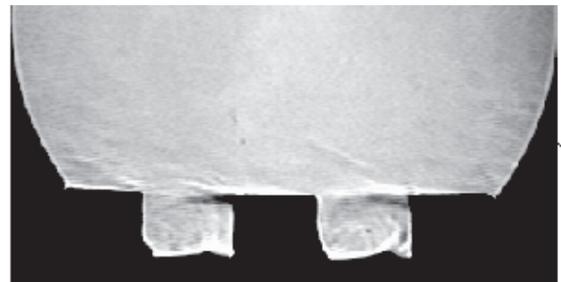


図3 市街地の熱の流れ状況(シュリーレン法)

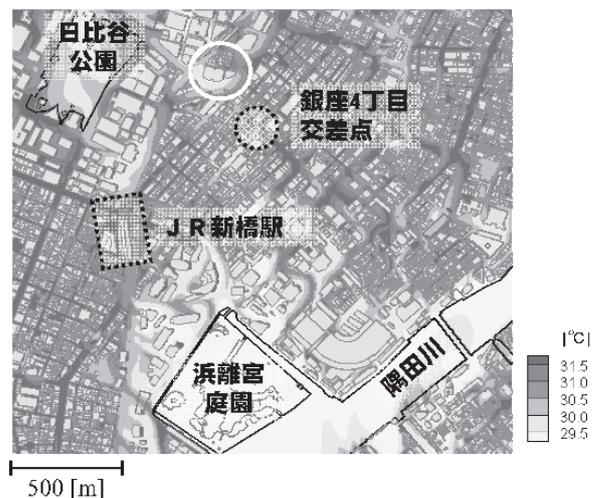


図4 実市街地を対象にした熱環境シミュレーション