

21. 東京都内における多点気温観測および都市キャノピーモデルによる街区内気温のシミュレーション

Measurement and Numerical Simulation of Air Temperature in Tokyo

東海林孝幸^{*}、近藤裕昭^{*}、吉門洋^{*}、玄地裕^{*}、井原智彦^{*}、亀井川幸浩^{**}、平野勇二郎^{***}、旭一岳^{****}

T.Tokairin^{*}, H.Kondo^{*}, H.Yoshikado^{*}, Y.Genchi^{*}, T.Ihara^{*}, Y.Kikegawa^{**}, Y.Hirano^{***}, K.Asahi^{****}

ABSTRACT ; Observation of air temperatures was conducted simultaneously in urban and sub-urban areas in Tokyo for the validation of a one-dimensional urban canopy model. The observation results showed that the distribution of daytime temperature was inhomogeneous due to the presence of insolation, while temperature at nighttime was not remarkably different among the measurement points. Averaged temperature in sub-urban area tends to be higher than that of urban area during daytime. However, at nighttime, temperature in urban area was about 1 degree higher. This suggests that, during our measurement period, typical heat island phenomenon occurred. Using these observed results, we evaluated numerical model performance. The performance was largely affected by solar radiation used in the model, that is, calculated daytime temperature was under estimated as solar radiation was obtained from GPV of JMA-RSM. On the other hand, the performance was fairly improved using solar radiation obtained from sunshine percentage data provided by AMeDAS sites.

KEYWORDS ; urban heat island, urban canopy model, temperature measurement, Tokyo, roadside air pollution

1. はじめに

ヒートアイランド現象による熱環境の悪化は都市生活の快適性を低下させる。また、高温化がもたらす空調設備などへのエネルギー需要をも増大させ、それら設備から放出される排熱がさらに気温を高めるという悪循環を招いている。

現在、ヒートアイランド問題の解決に向けたさまざまな取り組みが提案されているが、ヒートアイランド現象そのものの詳細および対策効果を把握するためには都市内での観測や数値モデルでの検討が必要となる。しかしながら、都市はさまざまな街区構造を持っており、それぞれの構造に見合った対策を見つけることは容易ではない。また、数値モデルを用いた検討にはその初期段階においてモデルの検証は不可欠である。大橋ら¹⁾は2002年夏季に神田および日本橋地区において気温観測を行い、その観測データと鉛直1次元都市キャノピーモデル(以下CM)²⁾およびビルエネルギーモデル(BEM)³⁾を連成させたモデルによる計算結果とを比較している。このなかでCMに与える大気上端の境界条件は観測地点に近い東京管区気象台による気象データの時間変化率、日射量については観測領域内のビル屋上での実測値を与えている。しかしながら、より広範囲にCMを適用した場合、その上部境界条件の与え方に課題が残る。

筆者らは上記課題を解決するためにCMの上部境界条件については産総研が開発したメソスケール気象モデル(以下MM)によって与えた。さらに数値モデル検証のための基礎データ取得を目的として2004年夏季に異なる街区構造を持つ東京都内2ヶ所において気温等の連続観測を実施した。本稿では観測の概要、結果を示し、それら観測データを用いたCMの検証について述べる。

2. 観測

2. 1 観測日時および対象街区

東京都千代田区神田錦町および練馬区下石神井において2004年7月27日正午から翌28日正午(平日)、

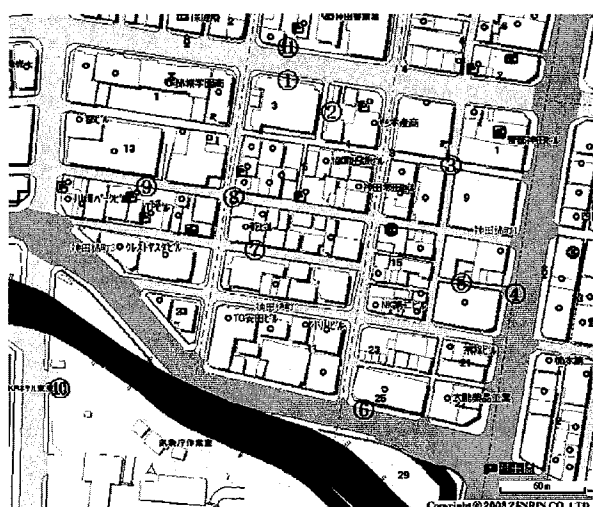
* (独)産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology(AIST), Japan

** 明星大学 Meisei University, Japan

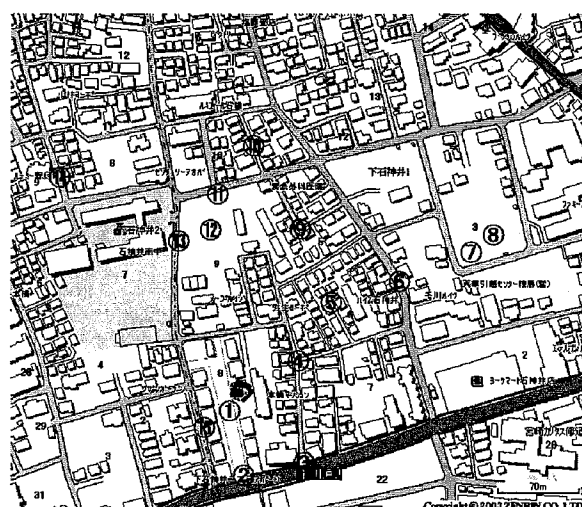
*** 埼玉大学 Saitama University, Japan

**** みずほ情報総研 Mizuho Information & Research Institute, Inc. Japan

同年8月7日正午から翌8日正午（休日）にかけ気温、表面温度および交通量測定を実施した。街区構造として、神田地区は高さ10～20数メートル程度のビルが立ち並ぶ事務所街区であり、練馬地区は低層および集合住宅が主に占める街区である。観測領域の広さは東西、南北方向に200～300m程度である。観測地点は神田地区については11地点、練馬地区では15地点とした。また、観測領域内の建築物屋上では風向・風速、気温、湿度および全天日射量、長波放射量の定点観測も同時に行った。図1a,bにそれぞれの街区における観測地点を示す。神田地区（図1a）は観測領域を取り囲むように幹線道路が存在し、平日のピーク時には1時間あたり約2000台の交通量が観測された。道路周辺は比較的高い建築物に囲まれており、自動車排気ガスの滞留による大気汚染も懸念される。一方、練馬地区（図1b）は大部分が住宅地で占められ、路地も比較的狭く、観測領域南側の通り以外での交通量はさほど多くなかった。



(a) 神田地区



(b) 練馬地区

図1 観測対象領域：図中の数字は観測ポイントを示している（地図は「ゼンリン電子地図帳Z6」を使用）。

2. 2 観測方法

両地区とも測定地点が多いため自転車による移動観測を30分毎（正時および正時半）に行った。図1a,bに示されている測定点を①番から順に回り、各地点で気温、路面温度および一分間あたりの交通量測定を行った。使用した測定器類は、気温については携帯型温度測定器（ティーアンドディー社製）、路面温度は放射温度計（ホリバ社製）を用いた。なお気温の測定については日射による温度計の過熱を防ぐため温度計のセンサー部を大橋⁴⁾によって作製された強制通風管内に付置した。

2. 3 観測結果

神田、練馬地区の7月、8月における観測結果を図2、3に示す。各観測値は正時および正時半での値に補正されている。凡例の数字は図1に示されている観測地点の番号と対応している。また、参考値として当該地のアメダス気温（実線）も加えている。

2. 3. 1 神田地区

神田地区における気温の観測結果を図2a,bに示す。なお、東京アメダスの観測ポイントは図1aの地点⑩付近に設置されている。7月の観測結果（図2a）より、最高気温は高い地点で36℃程度であり、その後直線的に減少し、28日5時付近で最低気温を記録している。8月観測における気温変動（図2b）は7月のそれと異なり、図2bのアメダス観測値を見ると17時から18時にかけて急激に気温が低下している（約3℃）。これはこの時間帯にかけて南よりの風が北寄りに変化し、冷涼な大気の流れ込んだためである。さらに17時半から19時にかけて降雨があり気温の減少勾配を大きくしている。なお、18時、18時半のデータが欠損しているが、これは雨天により測定を中断したためである。

神田地区における7、8月観測の共通点として、①アメダス気温と比較した場合、昼夜を問わず観測街区

内気温が高い、②本研究で対象としたようなさほど広くない領域においても日中の気温が非一様に分布しており、地点間での気温は最大約 3℃の差となったことが挙げられる。これらの原因として①についてはアメダス地点と観測地点の周辺状況の違いによるもの、すなわち、アメダス測器は一般的に周囲に建物などがないオープンスペースに設置されているのに対し、街区内においてはコンクリートに覆われたビルなどが密に分布するためキャノピー内の風速が弱められ、その結果熱の拡散が妨げられること、空調設備、自動車からの人工排熱の寄与、また夜間においては日中建築物に蓄えられた熱が長波放射として外気を加熱するなどの要因が重なり、街区全体の気温を高めたと考えられる。②については日射による日向、日陰の存在が主な原因であるが、①に示したような人工排熱の分布によるものも気温の非一様性に寄与していると考えられる。

2.3.2 練馬地区

練馬地区における観測結果を図 3a, b に示す。測定地点のうち⑦、⑫番は緑地、⑧は裸地である。また、アメダスの設置箇所は本観測地から 6km 程度離れている。7 月観測(図 3a)においては神田地区同様、日中の最高気温は 36℃程度となっているが気温ピークの現れる時間帯が 14 時台であり、神田地区より 1 時間程度遅れている。8 月観測(図 3b)では 7 日午後から夜間にかけて図 2b で示したような風向の変化による気温減少が見られたが降雨はなかった。練馬地区での観測値とアメダスとの比較ではおおむね同程度になっている。

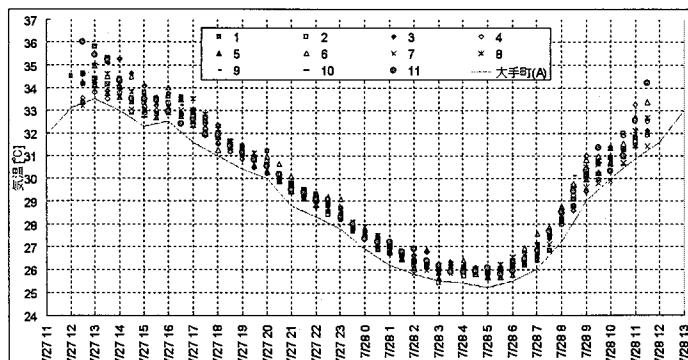


図 2a 7 月観測時におけるアメダス(実線)および各観測地点の気温変動(神田地区)

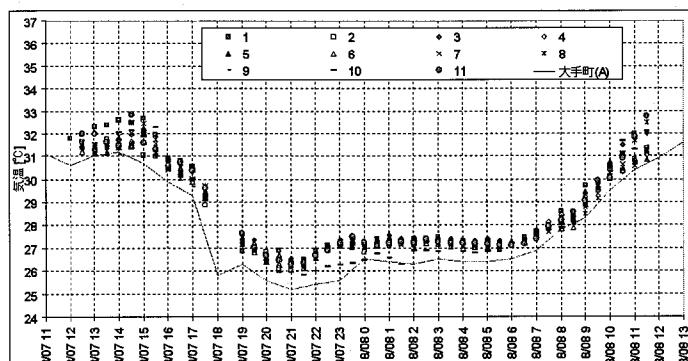


図 2b 8 月観測時の気温変動(神田地区)

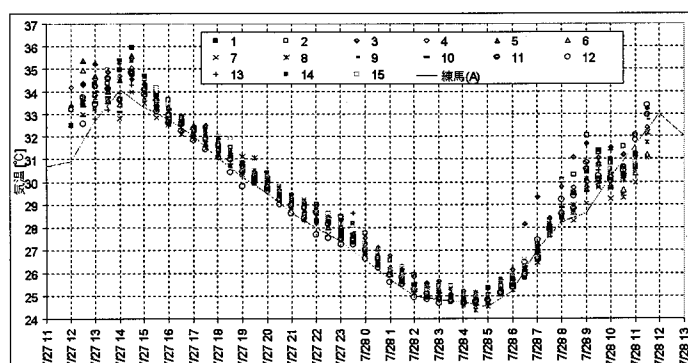


図 3a 7 月観測時の気温変動(練馬地区)

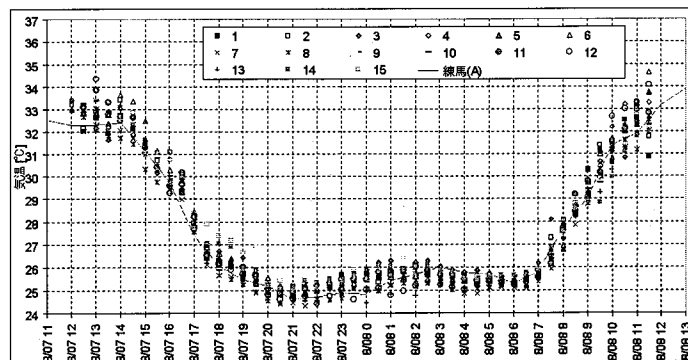


図 3b 8 月観測時の気温変動(練馬地区)

2.3.3 街区内平均気温の比較

図 4a, b に 7 月、8 月における観測街区内平均気温の比較を示す。図より両観測期間とも午前 8 時前後から午後にかけては練馬地区の気温が高い傾向にある。逆に夜間については約 1℃から 1.5℃神田地区が高温となっている。日中は神田地区においては比較的高い建築物によって陰になる領域が多く、低層住宅街の練馬地区より気温は相対的に低くなる。しかしながら、日射のない夜間では日中ビル壁面に蓄えられた熱が顕熱や赤外線形で放出され、外気を暖めることによって気温低下を阻害している。これは郊外より都心の夜間気温が高くなる典型的なヒートアイランド現象が本観測においても現れたと考えられる。

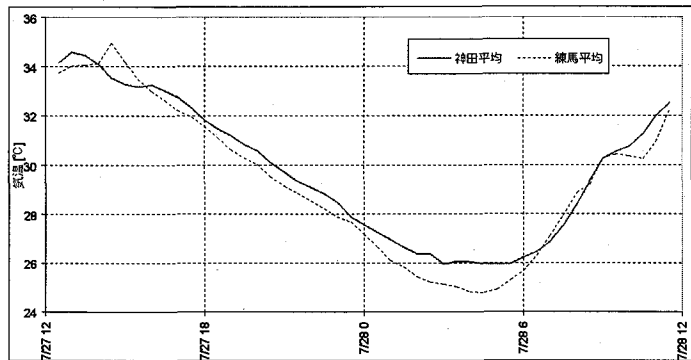


図 4a 7 月観測時における神田、練馬地区の街区内平均気温変動

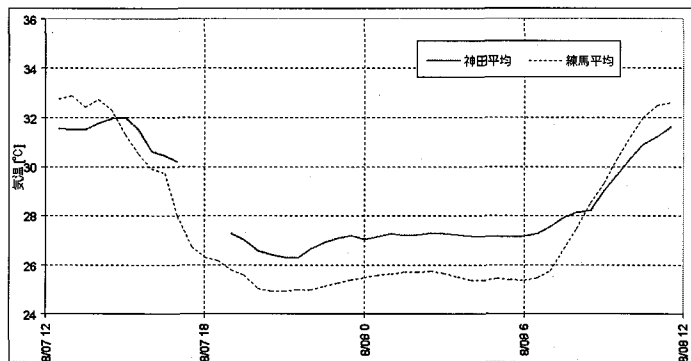


図 4b 図 4a と同様。ただし 8 月観測時。

3. 数値モデルの概要

上記観測結果を元に都市キャノピーモデル (CM) の検証を行った。CM は MM のサブモデルとして位置づけられ、鉛直方向の風速、気温、湿度の時間変化を計算する 1 次元モデルである。計算格子の大きさは水平方向に約 2km 四方 (MM1 格子分) であり、MM に接続された CM は東京 23 区全体をカバーしている。各格子内ではその地点に対応する実街区の平均建物幅および平均道路幅から求めた正方形底面を持つビル群が存在すると仮定され、鉛直方向はビルの高度分布密度として表されている。ビルは屋上・東西南北方向を向いた壁面から構成されており放射環境は 3 次元的に取り扱われる。

4. CM による計算結果

本稿では 7 月の計算結果について示す。MM および CM の計算期間は 2004 年 7 月 26 日正午～29 日正午である。CM の上部境界条件は MM より与えられるが、そのうち日射量についてはその与え方が気温の計算結果に大きく影響するため、本研究では以下に述べる二通りの方法を採用し比較・検討した。

4.1 全天日射量

CM に与えられる全天日射量は近藤⁹⁾による日射量推定式から求めた値を気象庁 RSM の GPV 雲量データで補正したもの (Case 0) および吉門¹⁰⁾によって提案されたアメダス日照率から日射量を求める方法 (Case 1) の二通りを比較した。Case 1 については MM 計算領域内に存在するアメダス設置箇所のうち日照率を観測している地点 (図 5 参照) を選び、各地点の日射量を求め、アメダス観測地点に対応していない計算格子については近隣 4 地点の日射量推定値から空間内挿を行うことによって求めた。

る平均的な建物幅および道路幅とは異なつたためと考えられる。夜間については神田地区においては両ケースとも比較的良く実測値を再現しているが、練馬地区では夜半から明け方にかけて計算値が過大評価している。練馬地区は神田地区に比べ建築物の種類、土地被覆などが異なるが、今回の計算では上述の観測領域と計算領域の広さの違いから起因する街区パラメータの違いのほかに建築物の熱容量、熱伝導率などは神田地区のそれと同一として計算を行ったためであると考えられる。

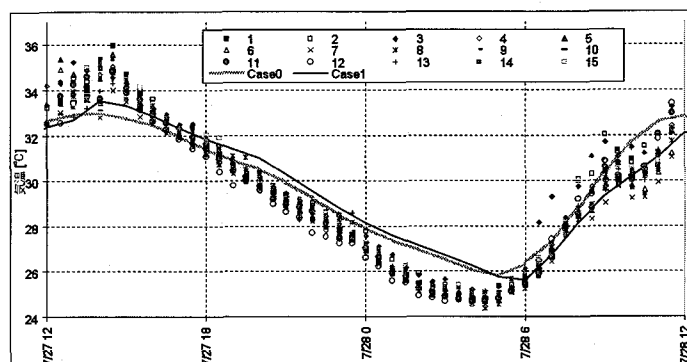


図 7b 図 7a と同様。ただし練馬地区。

5. 結論

ヒートアイランド対策研究の一環として街区構造の異なる東京都内2ヶ所において気温等の観測を行い、その結果を用いて都市キャノピーモデルの検証を行った。本観測期間において都心(神田地区)と郊外(練馬地区)の気温観測値よりヒートアイランド現象が起こっていることを確認できた。CMによる観測値の再現性について、2つの日射量推定式を使用し比較したところ、アメダス日照率から求めた値は実測日射量を比較的良く再現した。気温についてもアメダスをもとにした日射量推定値を使用した場合、観測気温の再現性が向上した。しかしながら、両地区ともに最高気温付近では依然として計算値が過小評価であった。また練馬地区における夜間気温の計算値は実測値よりも過大に評価した。これらを改善するためには適切な人工排熱量、街区パラメータの設定等が今後必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 大橋唯太・平野勇二郎・玄地裕・亀卦川幸浩・近藤裕昭・吉門洋 (2004) : 都市気象・ビルエネルギー連成モデルを用いた事務所街区内気温の数値シミュレーション、水工学論文集, Vol. 48 February, pp. 133-138.
- 2) 近藤裕昭・劉発華 (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 33 (3)、pp. 179-192
- 3) 亀卦川幸浩・玄地裕・吉門洋・近藤裕昭 (2001) : 建築空調エネルギー需要への影響を考慮した都市高温化対策評価手法の開発、エネルギー・資源, 22、pp.235-240
- 4) 大橋唯太・玄地裕・亀卦川幸浩 (2003) : 東京都心の街区内気温の空間分布とその形成要因について 環境情報科学論文集 17, No.17, pp.59-64.
- 5) 近藤純正 (1994) : 水環境の気象学, pp.86-91
- 4) 吉門洋 (1991) : アメダス日照データと毎時全天日射量の関係、公害, Vol.26(1), pp.1-8.