

# 前橋市の中心市街地における屋外環境の実測調査 —その1 夏期における温熱環境の実測結果—

Filed Measurement of Outside Environment in the Central of Maebashi City  
—Part 1 Measurement Results of Thermal Environment in Summer—

三田村 輝章\*, 岡田 弘之\*\*, 新井 良和\*\*, 石井 繁紀\*\*  
Teruaki Mitamura, Hiroyuki Okada, Yoshikazu Arai and Shigenori Ishii

**keywords:** City centers, Field measurement, Thermal environment, WBGT index, IR thermography  
中心市街地, 実測調査, 温熱環境, WBGT 指数, 熱画像

## 1. はじめに

群馬県は、関東平野の内陸部に位置し、南東部の平野部は北部と南西部を山に囲まれ、冬期は「空っ風」と呼ばれる強い季節風が吹きつけ、空気が乾燥した晴天日となることが多い。一方、夏期は全国的にみても猛暑日となる日が多く、雷の発生は全国第2位であり、年間を通じて寒暖差の大きい気候が特徴である。県庁所在地である前橋市は、県内平野部の中央に位置しており、官庁周辺や駅前の中心市街地には、ケヤキ並木や広瀬川が存在することから、「水と緑と詩の街」というキャッチフレーズを掲げている。しかしながら、この数十年間で年平均気温は上昇傾向にあり、同時に猛暑日や熱帯夜は増加傾向にあることから、中心市街地においてクールスポットとしての水や緑を感じることは殆どないと思われる。

そこで、本研究では、県庁や市役所が存在する前橋市本町及び大手町周辺の中心市街地を対象として、実測調査に基づく屋外環境の現状把握と評価を行うことにより、今後の中心市街地における自然ポテンシャルの有効活用や環境改善のための基礎資料として整備することを目的とする。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査対象街区

調査対象は、群馬県庁前から東側へ向かう県庁前通りを中心とする前橋市大手町二丁目及び前橋市本町一丁目の東西方向に約 550m、南北方向に約 300m の街区である。街区には、前橋市役所や合同庁舎のほか、十数階建てのマンションなど、高層建物が点在するが、一方でアスファルト舗装の駐車場や 2 階建ての戸建て住宅も存在している。また、県庁前通りは街路樹として南北の歩道に高さ十数メートルのケヤキが植えられているほか、街区の西側では、市役所駐車場の北側、前橋市役所と群馬会館の周辺、群馬県庁東側の芝生広場など、緑化された区域も存在する。図 1 に調査対象街区の鳥瞰写真を示す。

### 2.2 測定方法

測定項目は、(1)街区内部温度分布、(2)WBGT 指数、(3)熱画像である。以下に各測定方法を示す。

#### (1)街区内部温度分布

対象街区を約 70m 四方の 32 つの区画に分割し、各区画内で測定の協力が得られた 1 地点を代表点として測定機器を設置し、街区内部温度分布を把握する。図 2 に調査対象街区の測定区画と測定箇所を示す。なお、区画を識別するために東西方向に 1~8、南北方向に A~D の記号を付けて A1~D8 で表す。測定には、



図 1：調査対象街区の鳥瞰写真（Google map より）



図 2：調査対象街区の測定区画と測定箇所

小型温湿度データロガー（ティアンドディ社、TR-72U）を使用し、日射遮蔽のために直径 150mm のアルミ製フレキシブルダクトを切断して作成した自然通風管内に機器を入れて、区画内で極力直達日射の当たらない建物北側や木陰などの地上約 1.0~1.5m の位置に設置した。測定データは 5 分間隔でデータロガーのメモリーに記録する。測定期間は、2016 年 8 月 4 日~8 月 11 日の 8 日間である。

#### (2)WBGT 指数

対象街区内部において特徴的な箇所を対象に、温度、相対湿度、グローブ温度、風速の測定を行い、熱中症指数として使用される WBGT 指数を算出する。測定箇所は、対象街区南側にある①桃井小学校北側の水路脇、対象街区中央付近にある②県庁前通り

\* 前橋工科大学・工学部 准教授・博士(工学)  
Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.

\*\* 株式会社石井設計  
ISHI Sekkei Co., Ltd.

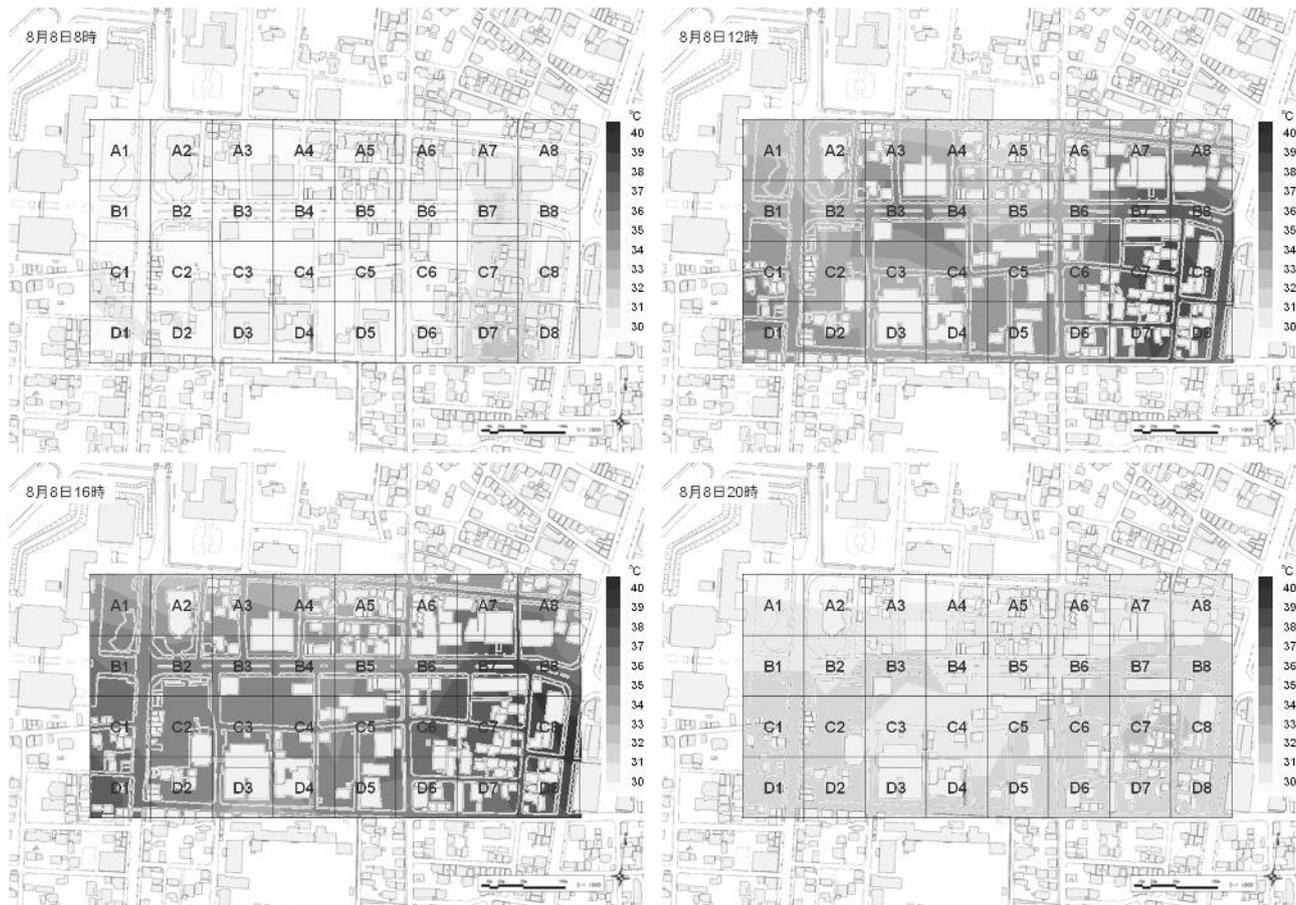


図3：調査対象街区における街区内温度分布（2016年8月8日，左上：8時，右上：12時，左下：16時，右下：20時）

南側の歩道西側，③同南側の歩道東側，④同北側の歩道，対象街区東側にある⑤アスファルト舗装の駐車場の合計5箇所である。測定には，WBGT指数-PMV値計（デルタオーム社，HD32.3）を使用し，三脚に取り付け，地上約1.1mの位置に設置した。測定データは1分間隔で機器本体のメモリーに記録する。測定期間は，2016年8月8日の9時30分～17時30分であり，天候は晴れであった。図2に測定箇所を併せて示す。

### (3)熱画像

対象街区における詳細な温度分布とクール・ホットスポットを把握するために熱画像の撮影を行う。撮影には，赤外線サーモグラフィカメラ（日本アビオニクス社，R300SR）を用い，2016年8月9日の9時，12時，15時，18時の4回，群馬県庁屋上（地上約150m）から東側の県庁前通り周辺を撮影した。なお，撮影日の天候は晴れであり，撮影の際にはサーモカメラの設定にて距離補正を行い，放射率はデフォルト値の0.90とした。

## 3. 調査結果

### 3.1 街区内温度分布

図3に調査対象街区における街区内温度分布を代表日として天候が晴れであった8月8日の8時，12時，16時，20時について示す。8時の温度分布は，A7～D7にかけての区画において他の区画より温度が2～3°C上昇しており，特に温度が高いD7の区画は2階建ての戸建て住宅など比較的低層な建物が密集しているほか，区画内にアスファルト舗装の駐車場が存在し，東側には国道17号があることから，日陰も少なく，朝方から温度が上昇したと考えられる。

12時の温度分布は，8時の温度が高かった対象街区東側のB7～D8にかけての区画で最も高く，37～38°Cに達している。その他，周囲にアスファルト舗装の広い駐車場が存在するB3周辺の区画，対象地域西側で，同様に周囲に駐車場の多いC1～D1にかけての区画で他の区画より温度が高くなっている。一方，温度が低い区画は，対象街区北側のA4～A5，A1～A2，D3周辺の区画があげられ，31～32°C程度である。これらの区画に共通するのは芝生や植え込み，建物周囲の樹木群など，緑化されている区域が存在することである。A4～A5の区画はD7の区画と同様に戸建て住宅など比較的低層な建物が存在しているが，緑化された庭を持つ住宅が多く，A1～A2の区画は群馬県庁東側の芝生広場，群馬会館周囲の植え込みと樹木，D3の区画は市役所周辺の樹木群が影響していると考えられる。

16時の温度分布は，12時と同様に対象街区東側で38～39°Cと最も高く，対象街区西側のB1～D1にかけての区画でも同程度まで温度が上昇している。また，12時と比較して温度の高い範囲が広がっている。一方，対象街区北側のA2～A5の北側や市役所南側のD3の区画は31～32°Cであり，最も温度の高い区画と比較して約7°Cの差がみられる。

20時の温度分布は，日中に最も温度が高かったC7とD1周辺の区画で31～33°Cであり，調査対象街区よりも北へ1.7km離れた前橋地方気象台で観測された20時の気温である30.9°Cよりやや高いが，県庁前通りの周辺は30°C台であり，更に北側の緑の多い区画では30°Cを下回っている。また，最も温度が高い区画と温度が低い区画の差は約4°Cであり，16時よりも小さくなっている。

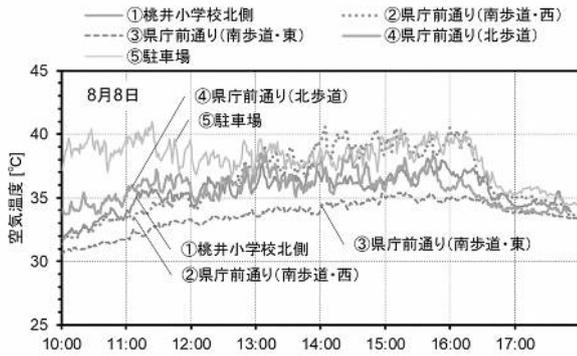


図 4：空気温度変動

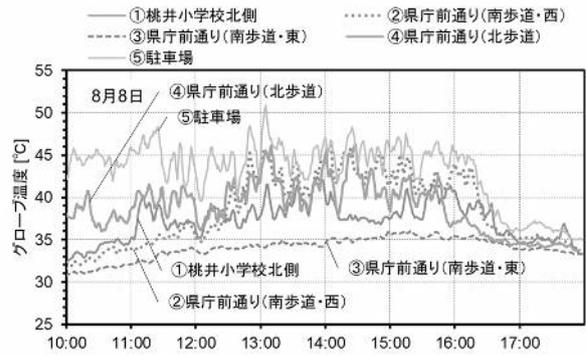


図 5：グローブ温度変動

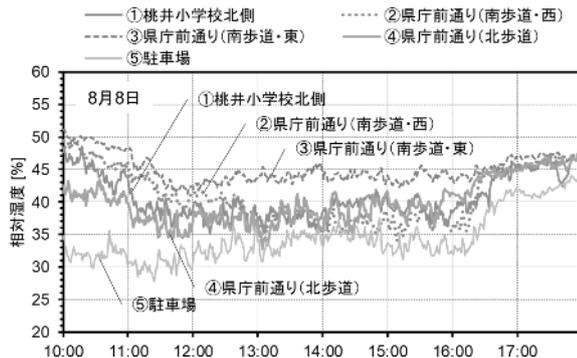


図 6：相対湿度変動

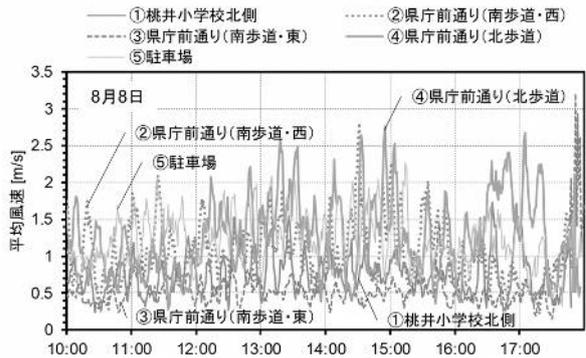


図 7：平均風速変動

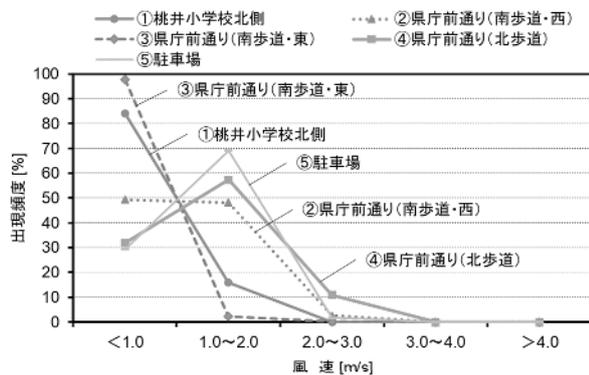


図 8：風速の出現頻度

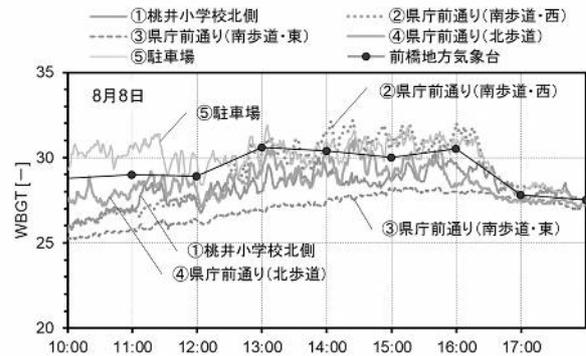


図 9：WBGT 指数変動

### 3.2 WBGT 指数

図 4 に空気温度変動を示す。⑤駐車場は 10 時の時点で約 39°C と最も高く、その後、16 時まで 37~41°C の範囲で変動しており、アスファルト舗装の蓄熱が大きく影響していることが考えられる。①桃井小学校北側と②県庁前通り（南歩道・西）は、午前中は樹木や建物の日陰となり、32~36°C の範囲で変動しているが、②県庁前通り（南歩道・西）は、午後からは直達日射があたるため、40°C 程度まで上昇し、⑤駐車場と同程度である。④県庁前通り（北歩道）は、午前中は樹木の隙間から弱い日射が差し込むため、①や②と比較して 1~2°C 高い温度で変動しているが、午後は日陰となるため、①と同程度の温度で推移している。③県庁前通り（南歩道・東）は、一日中、樹木や南側のマンションの日陰となるため、30~35°C と他より低い範囲で推移し、変動幅も小さい。①~④では、太陽高度が低くなる 16 時半頃を境に急激に温度は低下し、③と同程度の 34~35°C まで低下する。

図 5 にグローブ温度変動を示す。変動の様子は空気温度と同様であるが、空気温度との差は、⑤駐車場、④県庁前通り（北歩道）、②県庁前通り（南歩道・西）、①桃井小学校北側の順に大き

く、日当たりのほか、周囲の樹木や建物の影響を受けていると考えられる。なお、⑤駐車場は、空気温度とグローブ温度の差は 1°C 未満である。

図 6 に相対湿度変動を示す。空気温度の影響を受けるため、温度が高いほど低くなり、概ね 30~50%RH の範囲で変動している。なお、①桃井小学校北側は水路脇にて測定したが、特に湿度が高い傾向はみられなかった。

図 7 に平均風速変動を示す。なお、1 分間隔では変動が小刻みであるため、5 分間の移動平均で示している。10 時~17 時までの風速は 0.2~2.8m/s の範囲にあり、周囲に大きな建物が少ない⑤駐車場、南側に市役所関連の駐車場がある②県庁前通り（南歩道・西）と④県庁前通り（北歩道）で風速が大きい傾向にある。①桃井小学校北側は、南側は校舎建物、北側は道路を挟んで民家があるため、②、④、⑤と比較すると風速は小さく、③県庁前通り（南歩道・東）は、南側にあるマンション（12 階建て）の影響により 10 時~17 時までの風速は 5 箇所の中で最も小さく、0.3~1.0m/s の範囲で変動しているが、17 時半以降に急激に大きくなり、風向きによる影響を大きく受けられていると考えられる。

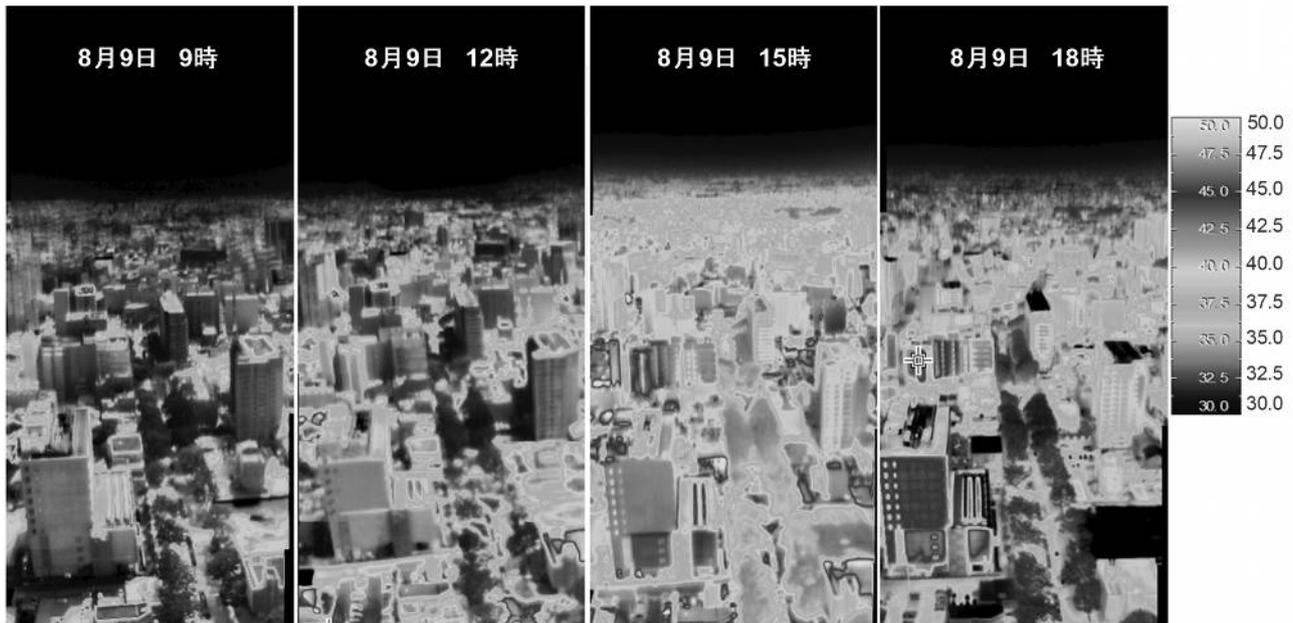


図10：県庁前通り西側の熱画像（左から9時，12時，15時，18時）

図8に風速の出現頻度を示す。③県庁前通り（南歩道・東）は風速 1.0m/s 未満の割合が約98%と最も高く、次いで、①桃井小学校北側で約84%となる。風速の変動が大きい②、④、⑤では、風速 1.0m/s 未満の割合は④と⑤で約30%、②で50%であり、④と⑤については、風速 1.0以上 2.0 未満の割合が最も高く、それぞれ約57%と約69%である。

図9にWBGT指数変動を示す。なお、測定期間中における前橋地方気象台での観測結果を併せて示す。WBGT指数は、環境省の熱中症予防情報サイト<sup>2)</sup>によると、25℃未満で「注意」、25～28℃で「警戒」、28～31℃で「嚴重警戒」、31℃以上で「危険」と温度基準が定められている。測定期間中は5箇所とも25℃以上となり、②県庁前通り（南歩道・西）と⑤駐車場では「危険」となる31℃以上になる時間帯もあり、特に⑤は午前中でも31℃を超えている。④県庁前通り（北歩道）と①桃井小学校北側は、「警戒」、「嚴重警戒」となる26～31℃の範囲で変動している。③県庁前通り（南歩道・東）は最も低く、25～28℃の範囲で変動し、「警戒」の域に留まっている。なお、前橋地方気象台での観測結果は、午前中は約29℃、13時～16時は30～31℃で推移し、5箇所の測定結果の範囲内におさまっている。

### 3.3 熱画像

図10に県庁前通り西側の熱画像を8月9日の9時、12時、15時、18時について示す。画像左下は、駐車場と合同庁舎（11階建て）、画面中央付近は県庁前通りである。9時と12時には、直達日射が東側から当たるため、温度が高いのは水平面の建物屋上や駐車場であるが、15時には西側から当たるため、建物の外壁西側では45℃以上になる。県庁前通りは、ケヤキで覆われているため15時でも温度は低く、35℃程度である。18時には15時と比較して水平面の駐車場や建物屋上の温度は大きく低下しているが、大規模な建物の西側外壁は40℃以上となり、日射熱が蓄熱されていることがわかる。

## 4. まとめ

本研究では、前橋市の中心市街地を対象として、街区内温度分布やWBGT指数の実測調査のほか、熱画像を撮影し、屋外環境

の現状把握と評価を行った。街区内温度分布の測定結果からは、アスファルト舗装の広い駐車場が存在する区域で温度が高く、8時の時点で周囲より温度は上昇し始め、12時と16時では37～39℃に達することがわかった。一方、芝生広場や植え込み、建物周囲の樹木群など、緑化されている区域で温度が低く、12時の時点で31～32℃程度であった。また、調査対象街区内で最も温度が高い区画と温度が低い区画の差は、16時で約7℃、20時で約4℃あった。WBGT指数の測定結果からは、各測定箇所の日当たり、周囲の樹木や建物の影響により温度や風速の変動に特徴がみられたほか、いずれの測定箇所もWBGT指数は25℃以上となり、温度基準では「危険」となる31℃以上になる箇所もみられた。熱画像の撮影結果からは、ケヤキで覆われた県庁前通りは日中でも35℃程度で抑制されることがわかった。また、水平面の駐車場や建物屋上では、日中は温度が上昇するものの、18時には低下するが、大規模な建物の西側外壁では40℃以上に維持され、蓄熱の影響が確認できた。

今後は、今回の実測調査で得られた結果の要因分析のためにCFD解析を行うほか、冬期における季節風である「空っ風」の影響についても実測調査を行う予定である。

## 謝辞

実測調査の実施にあたり、群馬県総務部管財課、前橋市財務部資産経営課、前橋市教育委員会事務局、前橋市消防局総務課、前橋市公園管理事務所をはじめ、関係各位にご協力を頂きました。また、本研究は、平成28年度前橋工科大学地域活性化研究事業の助成を受けて実施しました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 前橋地方気象台のホームページ、  
<https://www.jma-net.go.jp/maebashi/>
- 2) 環境省 熱中症予防情報サイト、  
<http://www.wbgt.env.go.jp/wbgt.php>