

熊本市における気温・湿度分布の長期定点観測

第1報 中規模都市のヒートアイランド現象に関する研究

LONG-TERM FIXED POINT OBSERVATIONS OF AIR TEMPERATURE AND HUMIDITY DISTRIBUTIONS IN KUMAMOTO CITY

Part 1 A study on the heat-island phenomenon of a middle-scale city

斉藤郁雄^{*}, 久保隆太郎^{**}, 酒井孝司^{***}, 石原修^{****}

Ikuo SAITO, Ryutaro KUBO, Koji SAKAI and Osamu ISHIHARA

The purpose of this study is to clarify the characteristics of urban climate in local city. This paper describes the result that air temperature and humidity distributions in Kumamoto City are measured for more than one year. The number of measurement points of air temperature and humidity is 160 places and they are measured in the interval for 15 minutes. As the results, air temperature of the high-rise downtown is low in the daytime. As for the humidity distribution, the humidity of the rural zone in the suburbs is high, and the urban area is low.

Keywords : Urban climate, Air temperature distribution, Humidity distribution, Heat-island, Land cover

: 都市気候, 気温分布, 湿度分布, ヒートアイランド, 土地被覆

1. はじめに

今日、都市部では人間活動やエネルギー消費の増大、土地被覆状況の変化などが大きな要因となり、都市気候と呼ばれる様々な現象が発生している。その顕著なあらわれとして、郊外に比べ都市部の気温が高くなるヒートアイランド現象¹⁾がある。ヒートアイランド現象とは、自然被覆の減少した都市部の気温が、周囲の郊外に比較して島状に高くなる現象であるが、これは都市活動に伴ったエネルギー使用が、排熱となって大気を暖めることや、都市部地表が舗装されたり建物が建設されたりすることによる自然被覆の変化が原因といえる。図1に示す東京と熊本の年平均気温の経年変化では、地球温暖化進行速度 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ ²⁾を大きく上回る気温上昇率を示しており、東京と熊本の気温上昇率はほぼ同等であることも確認できる。したがって、ヒートアイランド現象は東京のような大都市に限ったものでなく熊本市のような中規模程度の都市³⁾においても深刻な問題となっていることがわかる。今後ますます都市化が進んでいくなかで、都市環境問題の解決やより良い生活環境の創造のためにも、都市気候の解明は必須のものである。

都市部のヒートアイランド現象の解明やその改善を目的とした研究は、東京首都圏や近畿地区を中心に多く見られる³⁻⁵⁾が、いずれもスケールが大きく使用データも既存のアメダスデータなどを利用しており測定点間隔も大きい。地方都市を対象とした研究としては岩井らの一連の研究⁶⁻⁹⁾、北山らの研究¹⁰⁾、菊池らの研究¹¹⁾がある。しかし、従来の多くの研究では、測定器や測定点の確保などの経済的・物理的な制約のために、衛星データを利用した推定や、ある特定の日時のみについての移動観測の結果から気温分布を求めること

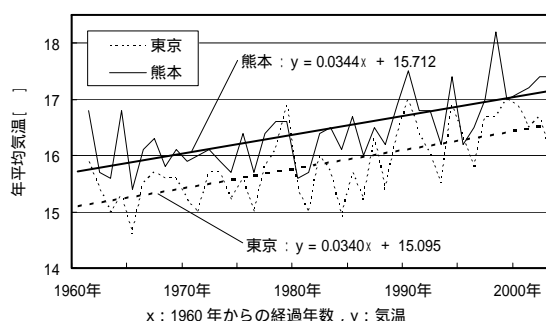


図1 東京と熊本の年平均気温の経年変化

が多い。こうしたなか、勝元らは旭川市を対象に小中学校など全42地点の固定観測点を設け気温の長期観測を行い、積雪、寒冷の盆地におけるヒートアイランド現象を明らかにしている¹²⁾。また、榊原らは松本市を対象に、夜間におけるヒートアイランドの成因を明らかにするために、曇天日、晴天日のヒートアイランド強度について検討を行っている¹³⁾。さらに、山田らは樹木の気温低減効果について検討を行い、緑地の存在によるヒートアイランド現象の低減効果を示す事例を報告している¹⁴⁾。

筆者らも、これまで熊本市を対象として1980年、1990年および2000年の夏季に自動車による気温の移動観測を実施している。その結果、市中心部と郊外では、1980年の早朝で約 2°C 、日中で約 3°C 、1990年の早朝で約 3°C 、日中で約 5°C 、2000年では早朝で約 4°C 、日中で約 5°C の気温差が見られた¹⁵⁻¹⁷⁾。本研究はこのような熊本市のヒートアイランド現象の実態をさらに詳細に把握し、都市気候の解明を行うことを目的としている。本報告は、2004年度から開始し

* 八代工業高等専門学校土木建築工学科 教授 博士(工学)

** 熊本大学工学部建築学科 研究員 博士(工学)

*** 明治大学理工学部建築学科 助教授 博士(工学)

**** 熊本大学工学部建築学科 教授 工博

Prof., Yatsushiro National College of Technology, Dr. Eng.

Researcher, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Dr. Eng.

Assoc. Prof., School of Science and Technology, Meiji University, Dr. Eng.

Prof., Faculty of engineering, Kumamoto University, Dr. Eng.

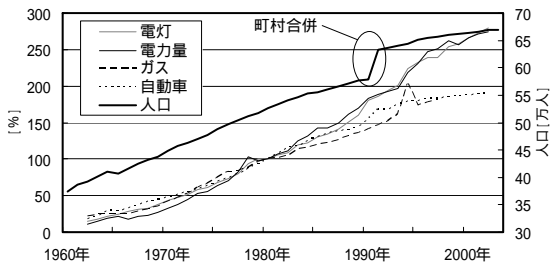


図2 熊本市の人口と電灯・電力・ガス・自動車台数の経年変化^{注2)}
(電灯・電力・ガス・自動車台数は1980年比)

た、熊本市内約160地点での気温と湿度の長期定点観測の概要を詳述し、測定結果より得られた気温・湿度分布を示すとともに、気温変動に關しての主成分分析等により各測定地点の気温変動の特性を明らかにする。次報では、2005年度の夏季・冬季・中間期における気温・湿度分布の測定データを整理し、暑熱日および寒冷日の観測結果から、熊本市の気候の特徴を解明する。また、筆者らが1980年から行っている気温分布の自動車による観測と本研究で用いる長期定点観測との特徴を示し、それぞれの測定結果をもとに、熊本市におけるヒートアイランド現象の実態解明を行う。

2. 熊本市の概要および気温の経年変化

熊本市は、面積が約267km²で九州のほぼ中央に位置する中規模都市である。市の南西部は有明海に面しているが、主な市街地部分は盆地的な地形に位置している。図2に示すように、熊本市の電灯・電力・ガス・自動車数は、人口の増加に伴って年々増加傾向にあるが、周辺町村のベッドタウン化により都市域が熊本市の周辺にも広がっているため、近年の熊本市の人口の増加は緩やかとなっている。

図3に、熊本市(北緯32度48.8分,東経130度42.4分)と牛深市(人口約19,000人,北緯32度11.8分,東経130度1.6分)の過去40年間の日平均気温の年平均値,日最高気温の年平均値および日最低気温の年平均値の推移を示す。牛深市は熊本市ほど都市化の影響は受けておらず、海洋性の気候で都市気候の影響は少ないと考えて比較の対象としている。両市を比較すると、特に日最低気温の経年変化において、熊本市は牛深市の約2倍の回帰係数となっていることがわかる。図4に示すように、熊本地方気象台は熊本市の中心部に近い位置にあるものの、熊本城から北方に伸びる丘陵地に位置しており、周囲の土地被覆の変化は少ない地域といえる。しかしながら、熊本市全体の高温化の影響を受け、熊本市の日最低気温の上昇率が牛深市と比較して大きくなっている。このように、都市部における気温高温化は、大都市のみで問題となっているのではなく、熊本市のような中規模都市においても顕在化していることが示唆される。

3. 気温・湿度分布の測定概要

気温と湿度の長期定点観測を目的として、2004年6月から2006年3月まで、図4に示す160地点で計測を実施した。測定地点は、南北約14km、東西約16kmを1kmメッシュに分割し、そのほぼ中心となる地点を住宅地図上で選定した。さらに、市中心部付近では約500mメッシュ間隔で測定地点を設けた。

選定された測定地点の内訳は、住宅119地点,小学校・幼稚園・保育園14地点,寺7地点,工場・店舗13地点,行政施設5地点,

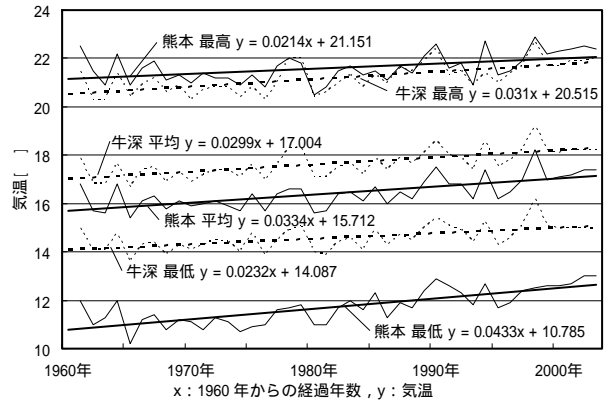


図3 熊本市と牛深市の40年間の気温の経年変化
(実線:熊本地方気象台,破線:牛深測候所)

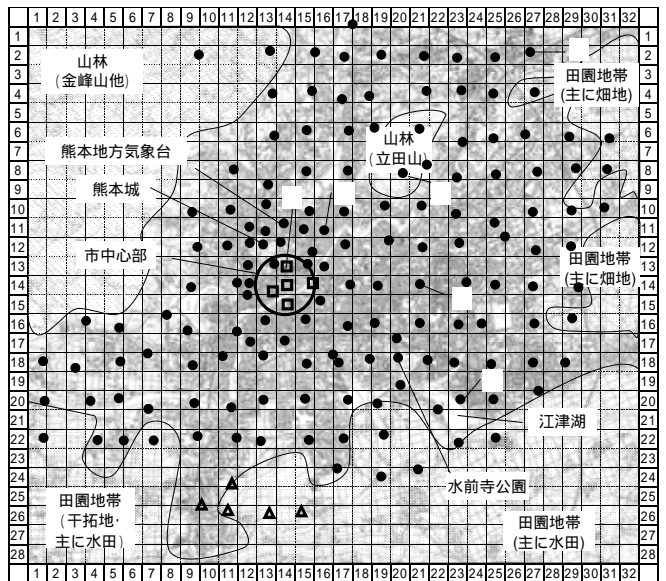


図4 気温・湿度の測定地点位置
(メッシュは一辺500[m], ●:測定点, □:市中心部代表点, ▲:郊外の代表点)

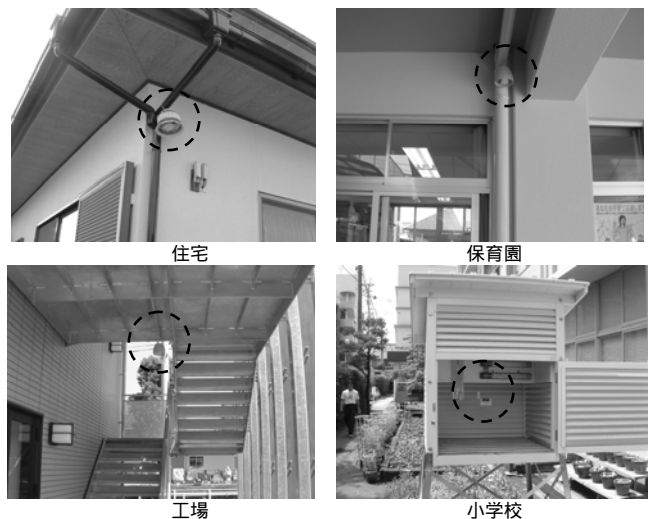


写真1 測定機器の設置状況

自衛隊2地点となっている。いずれの地点でも、日射の影響が無く、風通しの良い場所であり、周囲のエアコン屋外機や給湯器などからの排熱の影響が無い場所であることを確認して設置している。なお、本研究では温湿度計の測定高さについては、設置の都合上統一して

いないが、民家の場合は軒下高さの約 2.5m、工場やマンションの場合は約 2.5～3.0m、百葉箱に設置した場合は約 1.2～1.5m の高さとなっている。

写真 1 に、代表的な測定地点での測定機器の設置状況を示す。湿度の測定には、小型温湿度データロガー（ティアンドディ社製，TR-72U^{注3)}）を使用している。計測間隔は 15 分とし、約 3 ヶ月おきにデータ収集している。小型温湿度データロガーは、写真 1 に示すように、風通りの良い場所に直径約 15cm で深さ約 15cm のかごに入れ、逆に吊るすような格好で固定している^{注4)}。また、測定に先立ち、160 個の小型温湿度データロガーの検定を実施している。温度環境としては、0℃，20℃ の人工気象実験室内および常温の外界条件（20～25℃）において、それぞれ約 1 日ずつ温湿度のデータを収集し、機器間の誤差を検定している。結果としては大きな誤差は生じていないことを確認した。さらに、センサー部の劣化を配慮し、2005 年 5 月に全てのセンサー部を取り替えている。

4. 熊本市の気温・湿度の日変化に関する検討

4.1 市街地形態と気温の日変化の関係

ここでは、ヒートアイランド現象と市街地形態の関係を明らかにすることを目的とし、本研究で観測した 160 地点の観測データから代表的な地点 6 点を選定し、夏季および冬季における都市部や郊外などの気候特性について検討する。

選定した観測地点の位置を図 4 中の ~ に示す。各観測地点の特徴を以下に示す。

- 立 田：植栽の多い山林
- 江 津 湖：水辺に近い住宅地
- 水 前 寺：交通量の多い住宅密集地
- 子 飼 町：住宅密集地
- 水 道 町：市中心部の高層市街地
- 武蔵ヶ丘：東部郊外の住宅地

(1) 夏季における測定結果

2004 年夏季は全国的に猛暑であり、熊本では真夏日が 105 日を記録し全国一であった。図 5 に、2004 年 7 月の時刻別月平均気温の日変化を示す。

明け方の最低気温では、市中心部に位置する 水道町や住宅密集地である 水前寺、子飼町の気温は、江津湖、立田、武蔵ヶ丘などの周囲に自然被覆の多い観測地点と比較して高温となっていることがわかる。また、日中は、市中心部の 水道町や水辺に近い 江津湖は、水前寺や 子飼町のような住宅地よりも低温となっていることが確認できる。さらに、市中心部の 水道町は、他地点よりも、気温がピークとなる時間帯が若干遅く、日没後の気温も他の地点よりも緩やかに低下する傾向がみられる。

(2) 冬季における測定結果

2005 年 1 月の熊本市は、気圧の谷や寒気の影響で曇りや雨の日が多く、日照時間は平年以下であったが、平均気温・降水量は平年並みであった。図 6 に 2005 年 1 月の時刻別月平均気温の日変化を示す。

明け方の最低気温では、植栽の多い山林である 立田で約 2℃、市中心部の 水道町で約 5℃ となり、約 3℃ の差がある。日中の最高気温では、市中心部である 水道町で約 8.5℃、住宅密集地である 子飼町で約 10℃ と約 1.5℃ の気温差がある。水道町は、

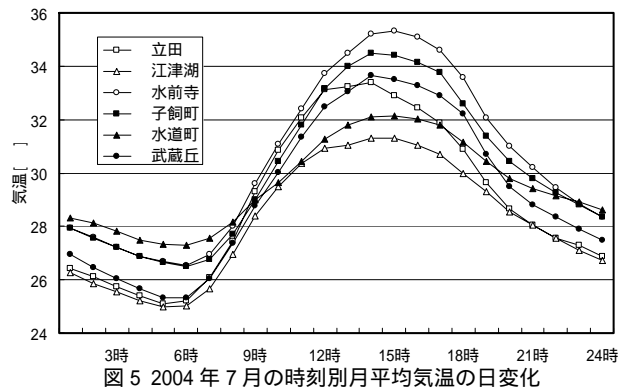


図 5 2004 年 7 月の時刻別月平均気温の日変化

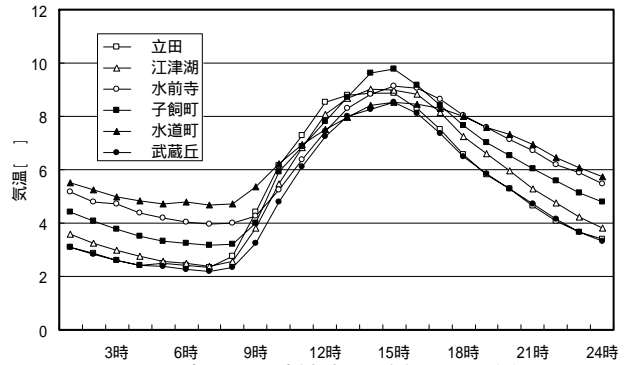


図 6 2005 年 1 月の時刻別月平均気温の日変化

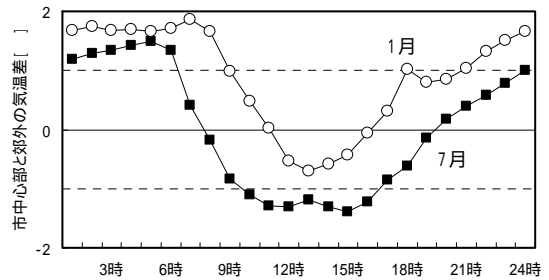


図 7 市中心部と郊外の気温差

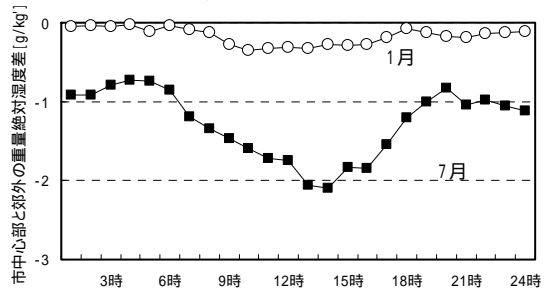


図 8 市中心部と郊外の重量絶対湿度差

昼間気温が低く、夜間・早朝の気温が高いことから、暖まりにくく冷めにくい都市固有の気候となっていると考えられる。

4.2 市中心部と郊外の気温差及び湿度差についての検討

観測点個々の比較では建物の影響や、測定機器の誤差の影響を受けている可能性も考えられる。そこで、図 4 中の市中心部（高層の商業施設や業務施設が立ち並ぶ熊本市で最も都市化の進んだ地域）の代表 5 地点と郊外（田園に囲まれた測定範囲内で都市化が最も遅れている地域）の代表 5 地点の気温差および重量絶対湿度の差について検討を行う。ただし、気温差あるいは湿度差は建物の影響や測定機器の精度の影響を考慮して(1)式のように各 5 地点の平均値の差で定義している^{注5)}。

$$\text{気温(湿度)差} = \text{市中心部 5 地点の平均気温(湿度)} - \text{郊外の代表 5 地点の平均気温(湿度)} \dots\dots(1)$$

図7および図8は市中心部と郊外の気温差および湿度差の時刻別月平均値の日変化である。市中心部と郊外の気温差は夏季よりも冬季に大きくなる傾向にある。気温差は日の出前の早朝においても大きく、冬季の場合は約2.0℃、夏季の場合は約1.5℃となっている。その後、日の出とともに市中心部と郊外の気温差は減少し

ている。日中においては、市中心部よりむしろ郊外の気温が高くなっているが、これは、地表面付近が高層建物の日陰になっていることや、都市部における人工被覆による熱容量の増大により、気温上昇が郊外に比較して緩やかであること等が主な原因と考えられる。

市中心部と郊外の重量絶対湿度の差は、年間を通して負の値を示しており、郊外に比べて市中心部の湿度が低いことが分かる。その差は冬季より夏季の方が大きく、夜間より日中が大きい。

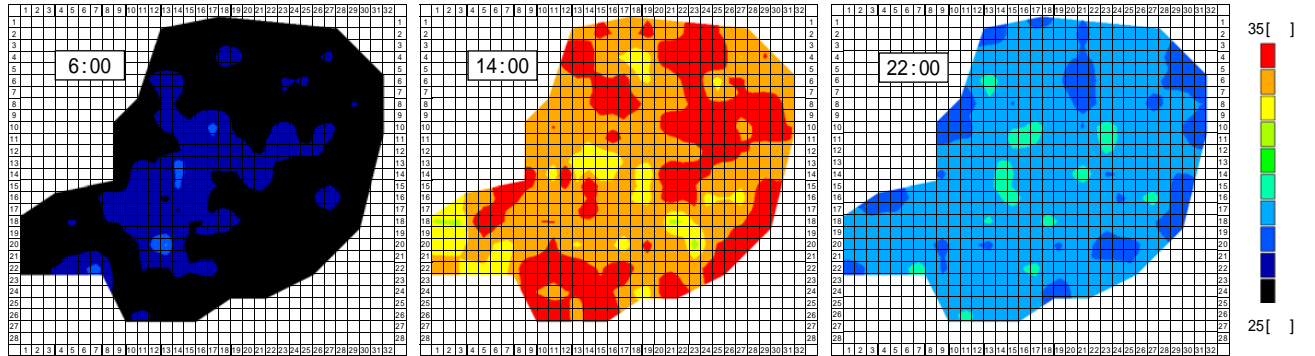


図9 2004年7月の時刻別気温分布

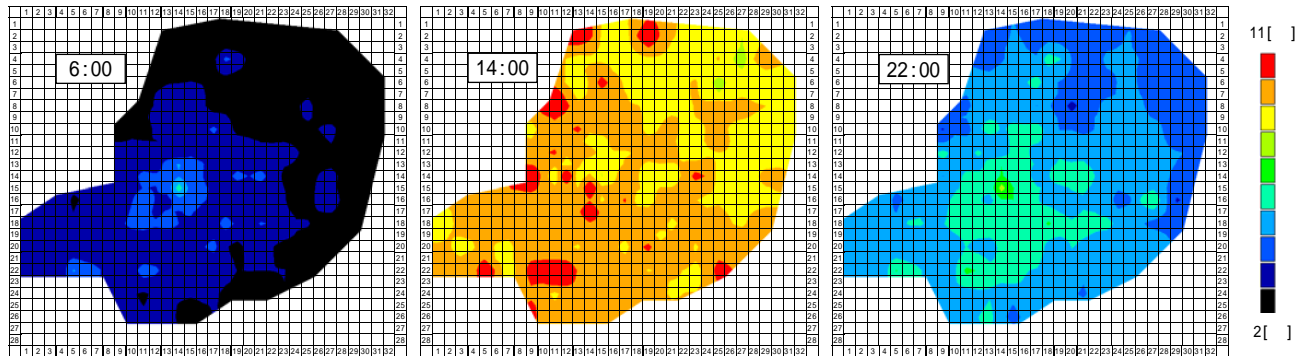


図10 2005年1月の時刻別気温分布

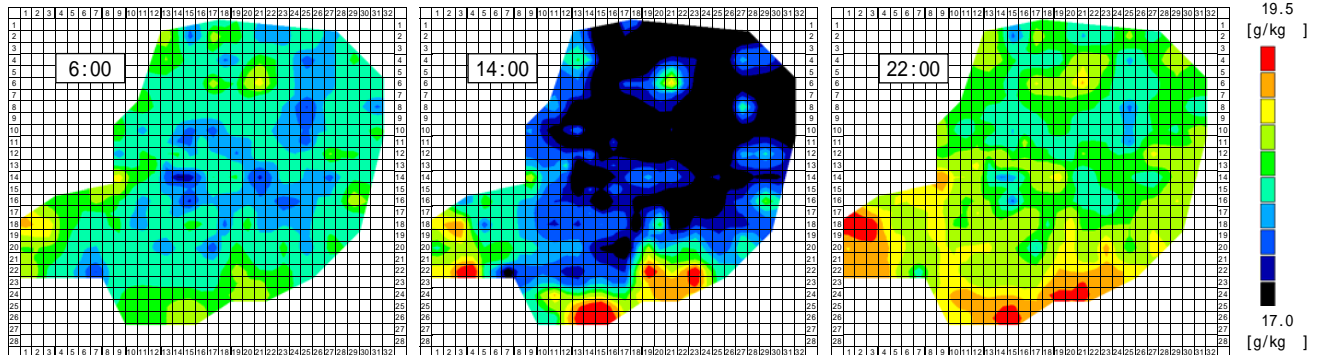


図11 2004年7月の時刻別重量絶対湿度分布

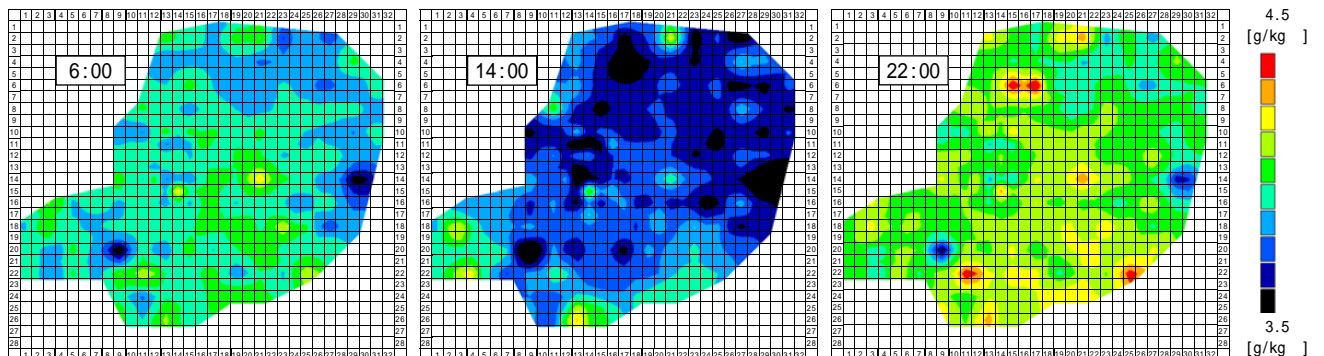


図12 2005年1月の時刻別重量絶対湿度分布

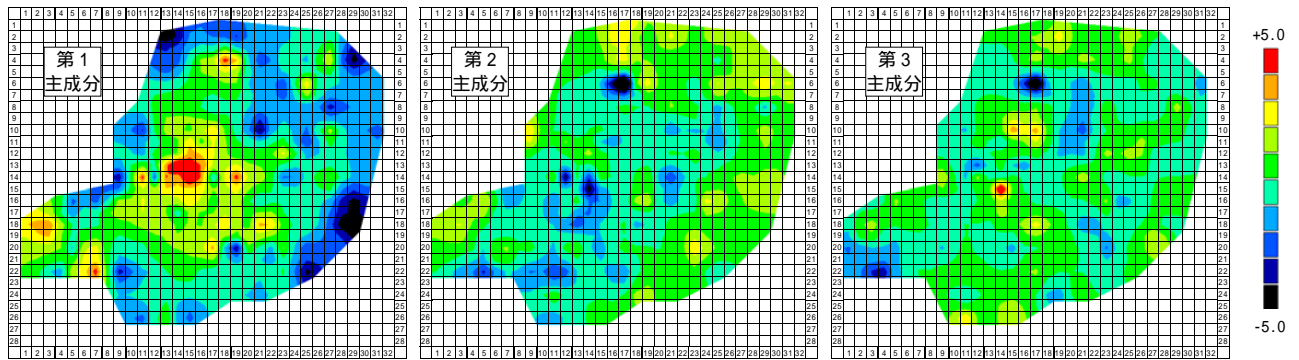


図 13 主成分分析による主成分スコアの分布

表 1 主成分分析における因子負荷量

項目	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
7 月日平均気温	-0.096	-0.685	0.466
7 月日最低气温	0.752	-0.435	0.266
7 月日最高气温	-0.682	-0.474	0.401
7 月気温日較差	-0.913	-0.154	0.181
7 月気温標準偏差	-0.913	-0.147	0.171
7 月最低气温発生時刻	0.435	-0.041	0.029
7 月最高气温発生時刻	0.466	0.350	0.521
7 月気温上昇時間	0.377	0.373	0.534
1 月日平均気温	0.404	-0.748	0.139
1 月日最低气温	0.730	-0.597	0.045
1 月日最高气温	-0.445	-0.504	0.275
1 月気温日較差	-0.891	0.069	0.174
1 月気温標準偏差	-0.907	0.134	0.121
1 月最低气温発生時刻	0.042	-0.452	-0.486
1 月最高气温発生時刻	0.451	0.046	0.439
1 月気温上昇時間	0.158	0.453	0.659
固有値	5.995	2.796	2.074
寄与率	37.466	17.474	12.962
累積寄与率	37.466	54.940	67.902

注)ハッチングは | 因子負荷量 | > 0.5 以上を示す。

5. 季節別・時刻別の気温分布と湿度分布

5.1 分布図の作成方法

2004 年 7 月と 2005 年 1 月における気温と重量絶対湿度の定点観測結果をもとに、分布図を作成した。分布図の作成にあたっては全ての気温湿度の測定値 Z_i を元に(2)式で 500m メッシュデータ Z' に一度変換した後、バイリニア法¹⁸⁾により線形補間した。ただし分布図の作成範囲は外挿とならないよう観測点のある範囲内とした。

$$Z' = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^3} Z_i \right) \Bigg/ \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^3} \right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

n : 全測定点数, Z' : 各 500m メッシュ点の気温・湿度推定値,
 Z_i : 測定点 i の気温・湿度, D_i : 各メッシュ点と測定点 i との距離

5.2 気温分布と湿度分布の測定結果

図 9~12 に、2004 年 7 月および 2005 年 1 月における 6 時, 14 時, 22 時における月平均気温と月平均重量絶対湿度の分布を示す。

日中の気温分布については、郊外も含めて高温域が各所にみられる一方で、市中心部の高層市街地の気温は低くなっていることがわかる。明け方や夜間の気温分布は、市中心部に高温域が集中しており、特に冬季において高温域が明確に現れている。

また、絶対湿度の分布では、一日を通して、水田や湖・河川等が

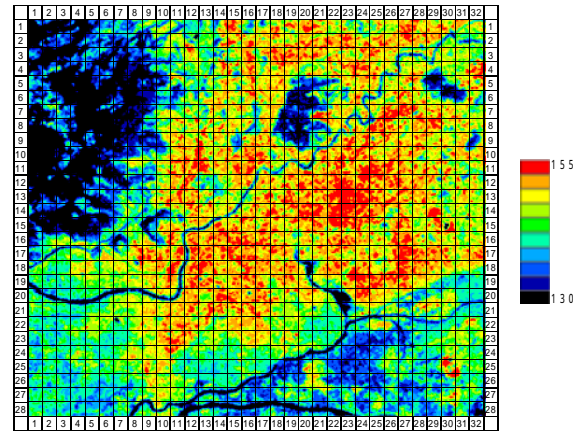


図 14 熊本市の地表面温度 (ランドサット ETM+ バンド 6) の分布 (2003 年 5 月 3 日 10 時)

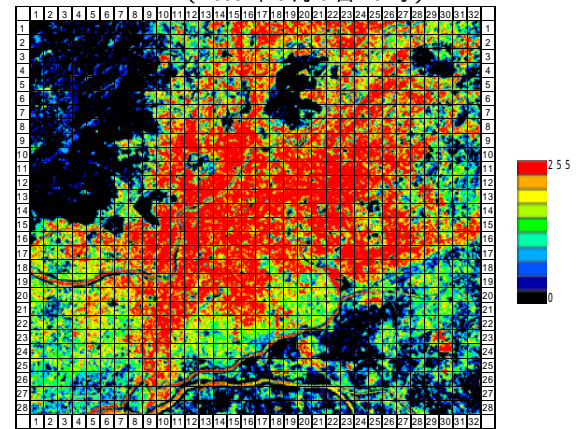


図 15 熊本市の正規化都市指標 NUI¹⁹⁾ (注 6) の分布 (2003 年 5 月 3 日)

多く存在している市南西部では高湿度がみられ、子飼町、水道町などの市街地の絶対湿度は低くなっている。このことから、自然被覆が水蒸気量の増大・維持に、緑地の減少や舗装率の上昇が水蒸気量の減少に影響を及ぼしていることが確認できる。

5.3 気温変動についての主成分分析

前節で示したように、気温あるいは湿度分布は、測定地点周囲の土地被覆や熱排出量などに影響を受け、季節や時間に伴って様々に変化する。そこで、主成分分析を用いて各測定点の気温変動の特性について整理を行った。使用した変数は 160 地点の測定データより算出した平均気温や日較差など、表 1 に示す 16 項目とした。ここで、気温上昇時間とは、最低气温の発生時刻から最高气温の発生時刻までの時間差である。

表1には第3主成分の因子負荷量まで示しているが、第1主成分は主に1日での気温の変動幅(振幅)の大きさを表し、第2主成分は気温の平均的な高低関係、第3主成分は気温の時間的な変化速度を表していると考えられる。

図13に各主成分スコアの分布状況を求めた結果を示す。第1主成分については市中心部の値が高くなっており、因子負荷量との関係から気温の変動幅が小さいことがわかる。第2主成分については郊外で値が高くなっており因子負荷量との関係から平均的な気温が低くなる傾向が高いことを表している。第3主成分については、市中心部の高層市街地で高くなる(日の出後の気温上昇が遅い)と思われたが、市街地形態との明確な関係はみられなかった。気温の上昇時間については、熱容量以外に水分蒸発による気温上昇の遅れの影響があるものと考えられる。

6. 気温・湿度分布と土地被覆の関係

気温・湿度は周囲の土地被覆の影響を受けるが、観測時の風向・風速によってその影響範囲は変化するものと考えられる。そこで、土地被覆に対する気温・湿度測定データの空間代表性を検討するとともに、気温・湿度分布と土地被覆の関係を明らかにするため、2003年5月3日10時に観測されたランドサットETM+データをもとに、観測点周囲の地表面温度および自然被覆率(水面および植生)を求め、エリアの大きさと方位別に気温・湿度との相関関係について検討した。

地表面温度としては図14に示すランドサットETM+データのバンド6(熱赤外域)をそのまま用いた。また、自然被覆率については、図15に示す筆者らが提案している正規化都市指標NUI¹⁹⁾注6)画像をもとに、下記の条件を満たす場合を自然被覆とみなして被覆率の算出をおこなった。

自然被覆の判定基準: NUI < 200 または バンド5 < 60^{注7)}

ただし、地表面温度や自然被覆率の算出エリアは、図16に示すように各観測点周囲について中心および南北東西の4方位における正方形の領域とし、エリアの大きさは125m~4000mまでの6段階とした。また、図17に、気温および湿度の測定日である2004年8月

11日の気象条件を示す。

エリアの大きさと方位に伴う観測点周囲の地表面温度の平均と気温の相関関係を図18(a)に、観測点周囲の自然被覆率と気温および重量絶対湿度の相関関係を図18(b),(c)に示す。

図18に示すように、地表面温度(ETM+データバンド6)と気温の相関係数はいずれも正の値となっており、地表面温度の高い地域で気温も高くなっている。自然被覆率と気温は負の相関関係になっており、自然被覆率が高くなるにつれて気温は低くなる傾向にある。自然被覆率と湿度の関係は正の相関係数となっており、植生や水面からの水分蒸発との関係が表れている。

8月1日5時は北北東の風1.4m/sと風が弱かったため比較的狭い範囲の地表面温度や土地被覆の影響が大きく現れている(小さいエリアでの相関係数の絶対値が大きい)。14時は南西の風4m/sと風が強まったため、広い範囲の影響が大きく出ている。湿度に関しては風上方向の土地被覆の影響が大きくなっているものの、気温については有意な関係は見られなかった。

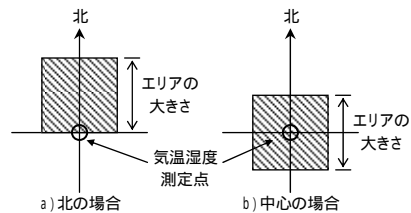


図16 地表面温度・自然被覆率の算出エリア

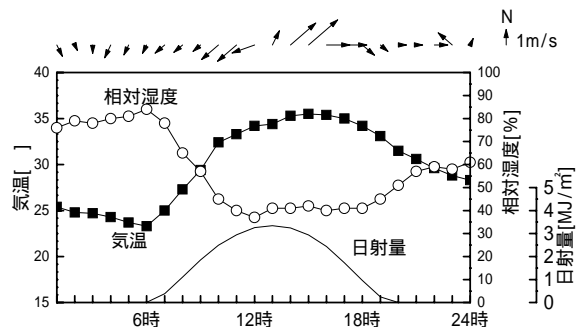
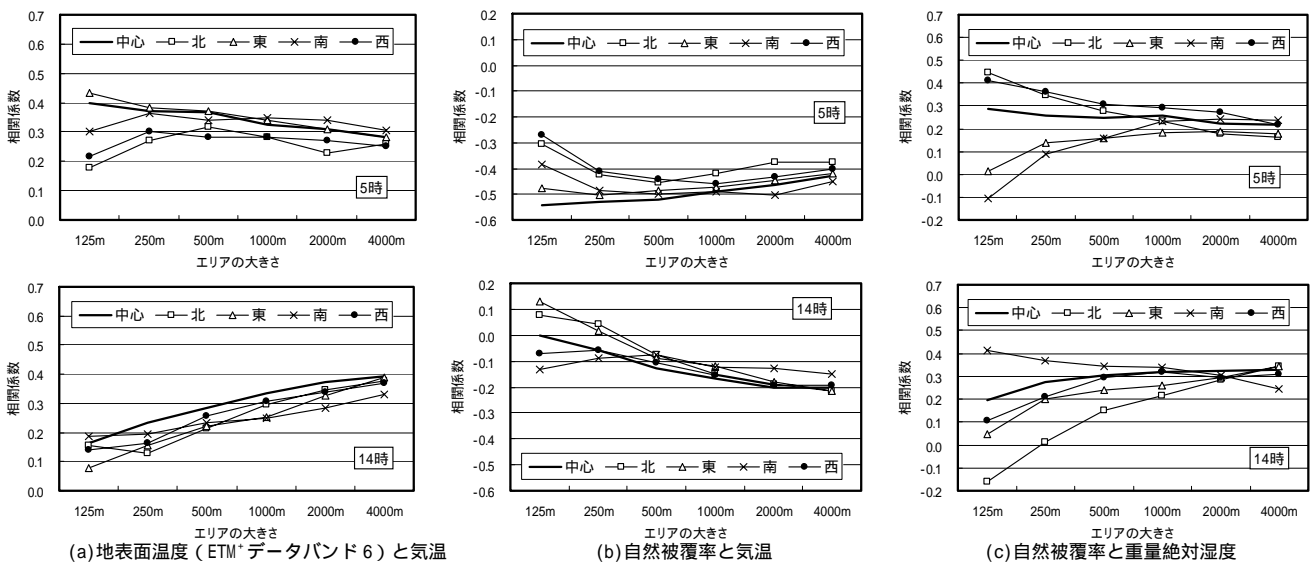


図17 2004年8月11日の気象状況(熊本地方気象台:図4参照)



(a)地表面温度(ETM+データバンド6)と気温 (b)自然被覆率と気温 (c)自然被覆率と重量絶対湿度

図18 観測点周囲の状況と気温湿度の関係(2004年8月11日)

7. まとめ

本研究では、2004年6月から開始した、熊本市内約160地点での気温と湿度の定点観測の結果について検討を行った。得られた主な知見は下記の通りである。

- (1) 日中の気温分布については、郊外も含めて高温域が各所にみられる一方で、市中心部の高層市街地の気温は、郊外に比べてむしろ低くなっていることを確認した。明け方および夜間の気温分布は、市中心部に高温域が集中しており、特に冬季において高温域が明確にあらわれていることを示した。
- (2) 湿度分布については、自然被覆の多い市南部や西部の田園地帯で高くなっており、市中心部から東北部にかけては低いことを示した。
- (3) 気温変動に関する主成分分析の結果により、市中心部では気温変動が小さいことが明らかになった。
- (4) 市中心部の代表5地点（高層の商業施設や業務施設が立ち並ぶ熊本市で最も都市化の進んだ地域）と郊外の代表5地点（田園に囲まれた測定範囲内で都市化が最も遅れている地域）の気温差を比較したところ、市中心部と郊外の気温差は日の出前の早朝に最も大きく、1月の時刻別平均気温差では、2.0℃程度市中心部が高いことを示した。また、市中心部では、午前中の温度が上昇しにくく、夕方の温度低下が緩慢なため、日中ではむしろ郊外の代表5地点の気温が高くなっていることを示した。これは、市中心部では地表面付近が高層建物の日陰になっていることや、都市部における人工被覆による熱容量の増大等が原因と考えられる。
- (5) 市中心部と郊外の重量絶対湿度の差は年間を通して負の値を示しており、特に夏季において市中心部は郊外より湿度が低いことを示した。
- (6) 気温・湿度観測点周りの地表面温度（ランドサットETM+データバンド6）と自然被覆率を調べた結果、地表面温度と気温は正の相関関係、自然被覆率と気温は負の相関関係、自然被覆率と湿度は正の相関係数となっていることを示した。また、風の弱い早朝は比較的狭い範囲の地表面温度や土地被覆の影響が大きく現れているのに対し、風の強い日中は、広い範囲の影響を受けていることを示した。

次報では、自動車による移動観測と本研究で用いる長期定点観測との特徴を示し、それぞれの測定結果をもとに、熊本市におけるヒートアイランド現象の実態解明を行う予定である。

謝辞

本研究は、九州電力株式会社エネルギーソリューション部との産学連携研究「ヒートアイランドに関する研究」によるものである。また、実測調査においては熊本大学石原研究室平成16年度卒論生の島内広美君（現アスクメンテナンス㈱）と牟田口仁美君（現ダイダイン㈱）および平成17年度卒論生の近藤薫子君（現熊本大学大学院自然科学研究科博士前期課程）と安河内晶子君（現高砂熱学工業㈱）の労に負う所が大であった。記して謝意を表します。

注

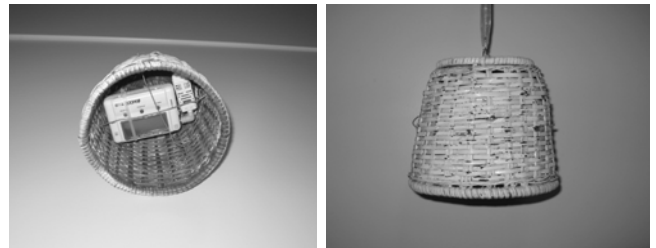
- 注1) 熊本市は、人口672,456人(平成17年12月1日現在)、市域面積267.06km²(平成14年10月1日現在)の地方中核都市である。
 注2) 熊本市の人口および電力・電灯・ガスについては、熊本市統計情報室資料による。自動車登録台数については、九州運輸局熊本運輸支局の統計

- 値であり、軽自動車登録台数については、熊本市主税課の統計値である。
 注3) 製品仕様は表aの通りである。重量絶対湿度の測定誤差を換算すると、25℃で±1g/kg程度と比較的大きいが、事前に機器間補正を行い、結果として大きな誤差は生じていないことを確認している。

表a 温湿度計（ティアンドディ社製、TR-72U）の仕様

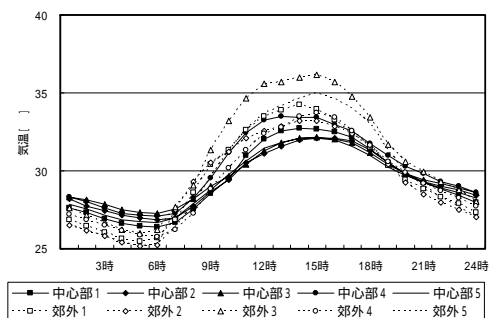
	温度	湿度
測定範囲	0～50℃	10～95%RH
測定精度	平均±0.3℃（-20～80℃）	±5%RH （25℃，50%RHにおいて）
測定・表示分解能	0.1℃	1%RH

- 注4) 温湿度計の日除けは、写真aに示すように外表面に白色塗料を塗布した通気性の良い竹製のかごであり、長期にわたる計測に耐え得る強度を有している。

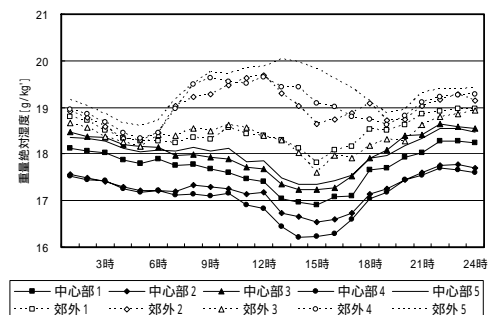


写真a 温湿度計の設置状況及び外観

- 注5) 市中心部5地点と郊外5地点の2004年7月の時刻別月平均気温の日変化を図aに、月平均絶対湿度の日変化を図bに示す。気温、重量絶対湿度とも市中心部5地点のばらつきは小さく、市中心部と郊外の変化パターンには大きな違いがあることが分かる。従って、気温湿度の実測において建物や測定器精度の影響は比較的小さいものと考えられる。



図a 2004年7月の市中心部と郊外代表点の気温の日変化



図b 2005年1月の市中心部と郊外代表点の重量絶対湿度の日変化

- 注6) 正規化都市指標 NUI¹⁹⁾ (Normalized Urban Index) は筆者らが提案している放射照度や緑の生育具合の影響を除去した上で、緑被と非緑被を判別するための新しい指標であり、次式で定義している。

$$NUI = BAND3 + BAND6 - BAND4 - BAND5$$

ただし、BAND3...BAND6は次式により正規化した各バンドの値である。

$$BANDn = \frac{BANDn - AVE_{BANDn}}{SD_{BANDn}} \times 50 + 100$$

BANDn : バンドnのCCT値, AVE_{BANDn} : バンドnの平均

SD_{BANDn} : バンド n の標準偏差

注7) ランドサット ETM+ データバンド 5 は陸域と水域の判別に用いられるバンドである。本報告ではバンド 5 の値が 60 以下の場合を水面と判断した。

参考文献

- 1) 尾島俊雄：熱くなる大都市，NHK ブックス（日本放送出版協会），1975.6
- 2) 尾島俊雄：ヒートアイランド，東洋経済新報社，2002.8
- 3) 石野久彌，郡公子，谷本潤：東京首都圏における空調設計用外気温度の分布特性に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No.453，pp.17-27，1993.11
- 4) 宮崎ひろ志，森山正和：ニューラルネットワークを用いた気温分布推定に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No.543，pp.71-76，2001.5
- 5) 原田雄介，村上周三，大岡龍三，原山和也，佐藤大樹，川本陽一：空調排熱計算を連成させた局地気候モデルによる都市気候解析 空調排熱モデルの開発とヒートアイランド緩和方策の効果に対する検討，日本建築学会環境系論文集，No.597，pp.65-71，2005.11
- 6) 岩井一博，高木直樹：長野県北部における気象台のデータを基準とした都市気候に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No.516，pp.69-77，1999.2
- 7) 岩井一博，高木直樹，浅野良晴，山下恭弘：地方都市における気象マップの作成と都市気候の実態に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No.526，pp.83-90，1999.12
- 8) 岩井一博，高木直樹，山下恭弘：長野市におけるパッシブ手法を検討するための気象マップの作成に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No.540，pp.59-66，2001.2
- 9) 岩井一博，高木直樹，山下恭弘：土地利用と標高を考慮した気象マップの作成と気象の実態に関する研究 - 長野市全体を対象にして -，日本建築学会計画系論文集，No.558，pp.63-70，2002.8
- 10) 北山広樹，片山忠久，林徹夫，塩月義隆，古川太郎，土橋英久：都市における土地利用と気温分布に関する調査研究 その 4 気温と土地被覆の関係，日本建築学会大会学術講演梗概集 D，pp.1403-1404，1992.8
- 11) 菊池信，堀越哲美：夏季と冬季における名古屋の都市気候観測調査，日本建築学会環境系論文集，No.595，pp.83-89，2005.9
- 12) 勝元則雄，石田秀樹：積雪寒冷都市旭川の都市気候調査 その 1 盆地都市の熱汚染，日本建築学会計画系論文集，No.557，pp.119-123，2002.7
- 13) 榊原保志，三枝あかね：晴天日と曇天日のヒートアイランド強度の違いと夜間ヒートアイランドの成因，天気，Vol.49，No.7，pp.533-540，2002.7
- 14) 山田宏之：ヒートアイランド現象と都市の緑 都市の緑とヒートアイランド現象対策，新都市，Vol.59，No.7，pp.24-30，1(2)，2005.7
- 15) 斉藤郁雄，石原修：熊本市の都市気候に関する研究 その 4 気温分布及び土地被覆状況の経年変化について，日本建築学会九州支部研究報告，pp.229-232，1991.3
- 16) 斉藤郁雄，石原修：熊本市の都市気候に関する研究 その 5 実測概要及び湿度分布について，日本建築学会九州支部研究報告，pp.309-312，2001.3
- 17) 斉藤郁雄，石原修：熊本市の都市気候に関する研究 その 6 気温分布の経年変化及び土地被覆との関係について，日本建築学会九州支部研究報告，pp.313-316，2001.3
- 18) 高木幹雄，下田陽久監修：画像解析ハンドブック，東京大学出版会，1991.10
- 19) 斉藤郁雄，朴明浩，石原修：ランドサット TM データによる土地被覆変化の抽出に関する研究，日本建築学会計画系論文集，No.561，pp.79-84，2002.11