

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 10 日現在

機関番号：57403

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20560559

研究課題名（和文） ヒートアイランドの解明に向けたGPS温度計の開発とその応用

研究課題名（英文） Development of the GPS thermometer for the elucidation of heat island

研究代表者

齊藤 郁雄（SAITO IKUO）

熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学科・教授

研究者番号：20141963

研究成果の概要（和文）：位置情報と気温情報を自動計測することのできるGPS温度計を開発し、都市の熱環境解析に有効であることを確認した。GPS温度計を用いて地方小都市である熊本県八代市を対象に自動車や自転車等を用いた気温分布計測を行い、ヒートアイランドの実態を明らかにするとともに都市内緑地や河川の気温低減効果を確認した。また、本研究の成果を活用して、新たな気象観測装置について2件の特許出願を行った。

研究成果の概要（英文）：The GPS thermometer which can measure positions and temperatures automatically was developed. It was confirmed that it is effective in analysis of the heat environment in urban area. Temperature distributions of a small city were measured using the GPS thermometer attached to cars, bicycles, etc. Temperature distributions of Yatsushiro City showed the clear feature of the heat island. It became clear that green tracts and rivers in urban area are effective in reducing temperature. Two patents about new meteorological equipment were applied by results of this research.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：地球・都市環境

## 1. 研究開始当初の背景

今日、都市部では都市排熱の増大や自然被覆の減少に伴うヒートアイランドの発生によって熱・空気の環境悪化が問題視されてきている。また、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地方都市においても深刻な問題となってきている。

従来、都市域における気温分布の測定方法

としては、アメダスのような固定観測点のデータを用いる方法と自動車等を使って移動観測を行う方法が用いられてきた。しかし、前者は測定点間隔が大きく、後者は経済的・物理的な制約のために観測点や観測日時が限られるという問題があった。

## 2. 研究の目的

本研究は、近年さらに深刻化して来ている

ヒートアイランド現象を解明し、その有効な解決策を提案していくために、①GPS機能を有した温度計測器（GPS温度計）を開発し、水平・垂直方向の気温分布を詳細かつ正確に、長期に亘って観測可能な新たな計測手法を提案するとともに、②地方都市を対象に、都市スケールや街区スケールの気温分布を詳細に計測することで、地方都市におけるヒートアイランド構造を明らかにすることを目的としている。

### 3. 研究の方法

#### (1) GPS温度計の開発

開発するGPS温度計は、自動車・バイク・自転車・係留気球等に搭載し、ヒートアイランド構造を長期間に亘って効率的・経済的・高精度に計測できることを目指し、以下の項目を条件として開発を行うものとする。

- ①GPS受信機（精度：15m以下95%）を搭載し、位置・時間情報を入手できること
- ②気温はIC温度センサで計測し、A/D変換により温度情報を入手できること
- ③温度情報・位置情報・時間情報等を任意の測定間隔で長期間計測・記録できること  
（測定間隔：1秒～1時間、測定回数：5000回以上）
- ④長期計測（1ヶ月程度）に耐えられるバッテリー性能を有すること
- ⑤パソコンによる測定条件の設定やデータの吸上げが容易であること
- ⑥可能な限り軽量・小型であること

#### (2) 係留気球の製作

製作する係留気球は、取り扱いの容易さと安全性を考慮してヘリウムを使用したガス気球とし、気球の主な仕様は下記の通りとする。

- ①搭載重量：4kg以内（GPS温度計及びバッテリー）
- ②気球直径：2.5m程度
- ③係留高さ：最高200m程度
- ④昇降時間：1回の観測につき往復30分以内  
（昇降可能な浮力とウィンチ能力を確保）
- ⑤材料：ポリエチレンシート

#### (3) ヒートアイランド構造の計測

##### ①都市スケールでの気温分布移動観測

八代市を対象に、自動車による気温の移動観測を行い、地方小都市におけるヒートアイランドの実態を明らかにする。

##### ②街区スケールでの気温分布移動観測

都市内の公園や河川など熱環境上特異な状況を示すと考えられる代表的な街区を選び、自転車や徒歩による移動観測を行い、緑地や水面等の熱環境緩和効果を明らかにする。

##### ③気温の垂直分布の計測

係留気球にGPS温度計を搭載し、垂直方向での気温分布を計測することにより、ヒ-

トアイランドの立体的構造を明らかにする。

#### ④ 数値シミュレーション

ヒートアイランドの数値シミュレーションを行い実測結果と比較することで、地方都市におけるヒートアイランド構造の特徴を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) 開発したGPS温度計の概要

GPS温度計は試作機としての1号機から3号機を経て、実用機としての4号機を製作した。表-1にGPS温度計2～4号機の装置概要、写真-1に4号機の外観を示す。4号機では基板をプリント化するなど、本格実測に向けて電源の長寿命化、軽量化を図り、耐衝撃性を向上させている。測定間隔は1秒から1時間まで任意に設定可能であり、測定間隔が大きい場合は、途中の消費電力を抑える工夫をしている（省電力モード）。また、湿度センサの使用や無線機によるデータ収集への対応も可能である。

表-2にGPS温度計の出力値と温度との関係を示す。いずれも相関が高く、機体によるばらつきも小さい。

次に、自動車等を用いて移動観測を行う場合、温度計の応答性能が問題となる。図-1はGPS温度計と市販のデジタル温度計

表-1 GPS温度計の装置概要

項目	2号機	3号機	4号機
測定記録項目	時刻、気温、緯度、経度、高度		
温度センサ	サーミスター（-10℃～40℃）		
湿度センサの計測ビット	21	21	16
記録媒体	SDカード		
記録容量	289万データ (128MB容量SDカード使用時)	289万データ (128MB容量SDカード使用時)	446万データ (128MB容量SDカード使用時)
本体の大きさ	220×145×75mm	105×110×40mm	100×185×70mm
総重量	2598g	481g	574g
バッテリー	6V 9Ah バッテリー (省電力モードでは1ヶ月間計測可)	単4アルカリ乾電池2個 (連続1時間程度計測可)	単3ニッケル水素充電電池4個 (連続30時間程度計測可)
防水対策	あり		
通信方式	RS232C		
その他			湿度センサ・無線機搭載可能

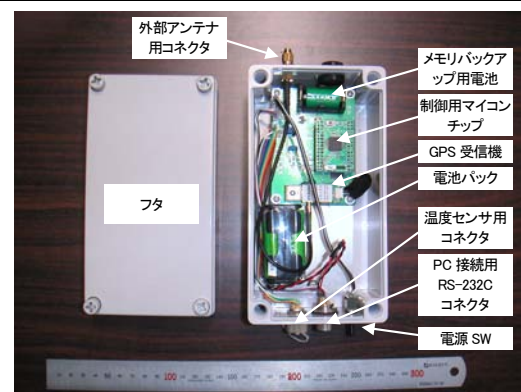


写真-1 GPS温度計4号機の外観

表-2 GPS温度計出力値と温度との関係

項目	切片 a	傾き b	相関係数 R
4-1号機	-2.0644E+01	2.8414E-03	0.99985
4-2号機	-2.0816E+01	2.8478E-03	0.99985
4-3号機	-2.1405E+01	2.9163E-03	0.99978
4-4号機	-2.1341E+01	2.8658E-03	0.99985
4-5号機	-2.0865E+01	2.8589E-03	0.99985
4-6号機	-2.0601E+01	2.8353E-03	0.99984

$y = a + bx$  y : 気温 [°C] x : GPS 温度計出力値

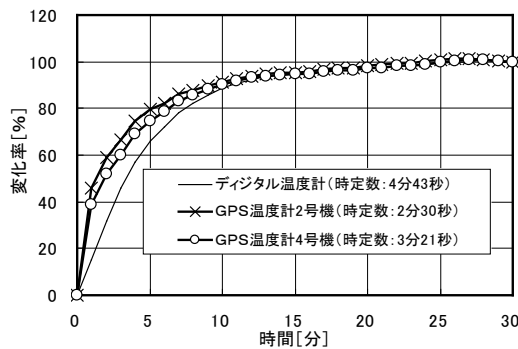


図-1 GPS温度計の時定数

の時定数を比較した結果である。2号機に比べて4号機の時定数はやや大きいですが、市販のデジタル温度計よりは反応速度が速いことが分かる。

(2) 都市スケールでの気温分布移動観測

2011年8月31日と9月8日に、八代市(人口約13万人)を対象として、GPS温度計を用いた自動車による気温分布の移動観測を行った。図-2に測定コースを示す。測定は2台の自動車で行い、測定間隔は2秒、走行スピードは40km程度としている。なお、停車時間中の日射による昇温の影響等を防ぐために、2秒間の移動距離が10m以下の場合の測定データは除いた。また、測定時間中の気温変化の影響を除去するため、固定観測点での気温データから、測定時間の中心時間を基準時刻とした時刻補正を行っている。

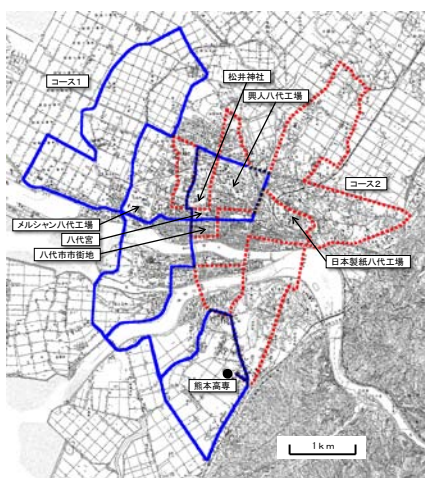


図-2 測定コース

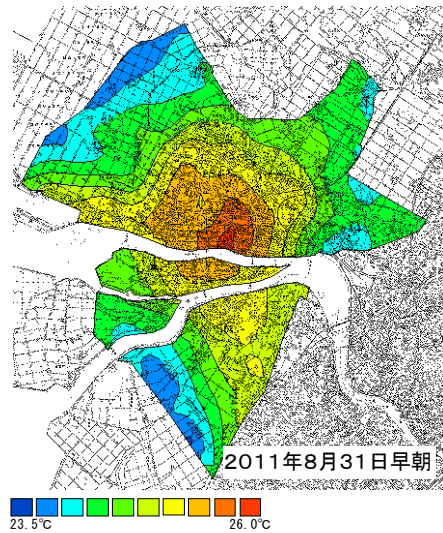


図-3 気温の水平分布測定結果

測定結果を元に、バイリニア法により作成した等温線図を図-3に示す。早朝の気温分布は市中心部を中心に高温域が広がっており、いわゆるヒートアイランドを形成していることが分かる。市中心部と郊外の気温差は約2.5°Cで、市中心部近くにある、八代宮や松井神社等の都市内緑地では気温がやや低くなっている。

(3) 街区スケールでの気温分布移動観測

2009年7月23日に八代市郊外にある日奈久温泉街(人口約3400人)を対象として、GPS温度計を用いた自転車による気温分布の移動観測を行った。日奈久地区は内海である八代海と九州山地の山裾に挟まれた特色のある地形に位置しており、海岸部に沿って走る国道以外は狭い路地が複雑に広がっている。観測は2009年7月23日の8時から22時にかけて2時間毎に8回行った。自転車は、GPS温度計の感温部を地上1.7mの高さになるよう取り付け、時速約12kmで移動しながら2秒間隔で観測を行った。

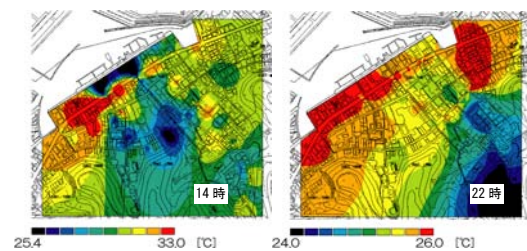


図-4 日奈久温泉街の気温分布



図-5 日奈久温泉街中心部の風向風速分布

14 時と 22 時における気温分布図を図-4 に示す。日中・夜間とも国道 3 号線を中心に高温域が確認できる。夜間は気温分布のばらつきが小さくなっており、等温線は海岸線に平行になだらかな分布になっている。また、同時に行った超音波風向風速計による風向風速の観測結果を図-5 に示す。8 時から 14 時までは風が山から海に向かって吹いているが、16 時を過ぎると逆に海から山に風が吹いていることが分かる。また、気温分布図と風向風速の観測結果を比較すると山から港に抜けるメイン通りに沿って、風の通り道ができており、気温分布に影響を与えていることが確認できる。

#### (4) 気温の垂直分布の計測

G P S 温度計を係留気球 (写真-2 参照) に搭載し、八代市郊外に位置する熊本高専八代キャンパスの敷地内で、2008 年 9 月 3 日及び 10 月 11 日の両日、3 時間毎に気温の垂直分布観測を行った。係留用ロープの巻き取りは電動ウインチで行い、200m の高さまで上げ下げするのに要する時間は約 15 分 (秒速約 0.5m) である。

9 月 3 日の各時刻における垂直気温分布の観測結果を図-5 に示す。気球上昇時と下降時の測定結果について調べたところ、上昇時は気球の浮力のみで上昇するために、気球や G P S 温度計の揺れが激しいことが分かった。また、上昇時は、日射遮蔽のために設けたアルミシートの日除けがセンサー感部と周囲空気との接触を遅らせている状況が認められたことから、作図には、下降時の観測データを使用している。

日中は地表付近より上空の気温が低くなっているが、夜間から早朝にかけては上下の気温差は小さくなっている。特に 21 時から午前 3 時にかけては、地表付近より上空の気温が高くなっており、放射冷却による逆転層の発生が見られる。



写真-2 係留気球による観測の様子

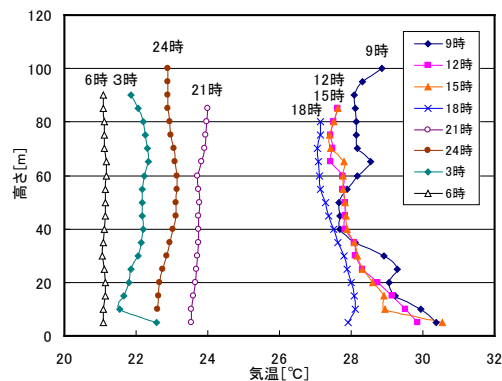


図-5 八代市郊外における垂直気温分布の日変化

#### (5) まとめ

最終的な G P S 温度計実用機の開発が遅れたため、ヒートアイランド構造解明に向けた十分な測定データの蓄積には至らなかったが、本研究で開発した G P S 温度計が都市域の気温分布の立体的な計測に有用であること、八代市 (人口約 13 万人) 程度の地方小都市においても、顕著なヒートアイランドが発生していること、また、街区程度の少地域においても地形や人工排熱などの影響により明確な気温分布が発生していることを明らかにした。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 大河内康正, 湯ノ口哲平, 日本の都市の温暖化と地球温暖化, 熊本高等専門学校研究紀要, 査読無, 2010, pp. 1-8

[学会発表] (計 11 件)

- ① 齊藤郁雄, 石原修, G P S 温度計による都市熱環境の計測 (その 4 G P S 温度計 (4 号機) の特性と八代市の夏季の気温分布), 日本建築学会九州支部研究報告第 51 号, 2012, pp. 337-340
- ② 岩瀬玄, 齊藤郁雄, G P S 温度計による都市熱環境の計測, 第 17 回高専シンポジウム in 熊本講演要旨集, 2012, pp. 324
- ③ 大河内康正, 源友樹, 都道府県別にみた最近 30 年の日本の温暖化, 日本気象学会九州支部発表会講演要旨集 33 号, 2012, pp. 27-28
- ④ 大河内康正, 池崎浩介, 内田宙斗, 最近 30 年間の日本の温暖化と都市の気温変化, 日本気象学会九州支部発表会要旨集 32 号, 2011, pp. 13-14
- ⑤ 松浦宏昭, 大河内康正, 八代市における城跡のヒートアイランド低減効果, 日本気象

学会九州支部発表会要旨集 32 号, 2011,  
pp. 15-16

- ⑥ 齊藤郁雄, 入江博樹, 岩瀬玄, 森下功啓,  
都市熱環境計測を目的としたGPS温度  
計の開発, GPS/GNSS シンポジウム, 2010,  
pp. 236
- ⑦ 仲座芳和, 齊藤郁雄, 石原修, GPS温度計  
による都市熱環境の計測 (その3 自転車  
による温泉街の気温分布の移動観測), 日  
本建築学会九州支部研究報告第 49 号・2,  
2010, pp. 361-364
- ⑧ 大河内康正, 湯ノ口哲平, 日本の最近の温  
暖化と人間活動の影響, 日本気象学会九州  
支部発表会講演要旨集 31 号, 2010, pp. 5-6
- ⑨ 仲座芳和, 齊藤郁雄, 石原修, 都市熱環境計  
測におけるGPS温度計の応用 (その2 水  
平気温分布の観測), 日本建築学会大会学  
術講演梗概集 環境工学 I, 2009,  
pp. 935-936
- ⑩ 齊藤郁雄, 仲座芳和, 石原修, 都市熱環境計  
測におけるGPS温度計の応用 (その1 垂  
直気温分布の観測), 日本建築学会大会学  
術講演梗概集 環境工学 I, 2009,  
pp. 933-934
- ⑪ 齊藤郁雄, 石原修, GPS温度計による都  
市熱環境の計測 (その2 八代市の気温分  
布), 日本建築学会九州支部研究報告第 48  
号・2, 2009, pp. 453-456

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

名称: 気象観測装置  
発明者: 葉山清輝, 入江博樹  
権利者: 独立行政法人国立高等専門学校機構  
種類: 特許公開  
番号: 2012-083318  
出願年月日: 平成 22 年 10 月 14 日  
国内外の別: 国内

名称: 飛行体  
発明者: 葉山清輝, 入江博樹  
権利者: 独立行政法人国立高等専門学校機構  
種類: 特許公開  
番号: 2012-081936  
出願年月日: 平成 22 年 10 月 14 日  
国内外の別: 国内

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:

取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

齊藤 郁雄 (SAITO IKUO)  
熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学  
科・教授  
研究者番号: 20141963

### (2) 研究分担者

大河内 康正 (OKOCHI YASUMASA)  
熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学  
科・教授  
研究者番号: 80124147

### (3) 連携研究者

入江 博樹 (IRIE HIROKI)  
熊本高等専門学校・建築社会デザイン工学  
科・准教授  
研究者番号: 70249887