

## 都市気温と赤外放射環境

Urban Temperature and Infrared Thermography

研究代表者	お茶の水女子大学文教育学部教授 Prof., Ochanomizu University Hyo Tamiya	田宮兵衛
共同研究者	東京学芸大学教育学部教授 Prof., Tokyo Gakugei University Shuji Yamashita 岐阜大学教育学部教授 Prof., Gifu University Kiyoshi Sekine	山下脩二  関根 清

For the urban temperature research, infrared remote sensing data from satellite may be effective. But to connect them with ground and air temperature at surface there are many problems to be solved. To obtain fundamental information for the connection, ground and air temperature observations were carried out, at 7 & 8 August and 19 & 20 November 1994, in- and out-side of Gogaki City, Gifu, Central Japan.

According to the observation, the ground temperature difference between in- and out-side of the city is greater than the urban temperature in August, but the difference is small in November. The differences, however, show divers features after properties of surface materials.

### 研究目的

都市の気温が周辺より高くなる現象は、都市気温と呼ばれ、気候観測におけるノイズの評価、都市の居住環境の保全等の面から関心がもたれており、形成メカニズムの解明が要請されている。解明を進めるためには、時間的・空間的に均質なデータの入手することが必要である。このようなデータは、人工衛星による赤外リモートセンシングデータを地表面温度データとして利用することにより得られる可能性がある。しかし利用するにはいくつかの解決すべき問題が残されている。

まず、都市表面の構成物質、形状が複雑多様であることに基づく問題がある。また、現在の赤外線放射計の分解能ではピクセル単位の空間平均値

でしかデータが得られないことにもなる問題がある。なお、放射計の特性等、あらゆるリモートセンシングデータに共通する問題もある。さらに、地表面温度と気温の一般的関係が把握されていないことも残された課題である。人工衛星データ利用の実務的問題として、任意の日時のデータの入手が不可能ということがある。このような多数の問題点があるが、人工衛星による赤外リモートセンシングデータを都市気温解明に利用するための基本的事実関係に関する調査はまだ尽くされておらず、現在はまだ、観測方法を確立した上で関係する観測データを集積する段階である。

### 研究経過 [観測]

#### 1. 観測の目的

以上の観点から、都市内外の地表面温度と気温の関係の全体的な知見を得るため次項に述べる観測を行った。ただし、都市の表面が建築物等の構造物により形状的にも複雑であることにより生ずる問題の検討、また、空気の移流により自ずからある程度の空間平均値になっている気温の観測値と点的観測値である地表面温度の関係に関する定量的調査は後の課題とする。

ここで、都市的地表面、非都市的地表面という概念を導入し、混乱を避けるため、以下では「都市内外」を「市街地内外」と置き換える。すなわち市街地内にも、非都市的地表面（芝生・草地・裸地等）があり、市街地外にも都市的地表面がある。ピクセル単位以上の平均値で、人工衛星データによる地表面温度が市街地内で高温となる理由として、市街地内では市街地外より地表面の種類にかかわらず高温なためか、低温の非都市的地表面より高温の都市的地表面の構成比率が大きいことによるのかも分かっていない。

## 2. 観測の概要

岐阜県大垣市市街地とその周辺で、1994年の8月と11月に夜間各2日づつ、市街地内外に各々数か所の観測場所を定めて地上気温と地表面温度の定点観測、及び移動観測を行った。本節では、二つの観測の方法に関し簡単に説明する。

### 2. 1. 定点観測

(1) 観測場所と観測地点：観測場所は、市街地外に3ないし4か所（11月1か所追加）、市街地内に3か所設置した。気温の観測地点は各観測場所1点、地表面温度の観測地点は各観測場所につき、非都市的地表面（芝生等・裸地）、都市的地表面（道路面等）を状況に応じて各数点指定した。また、可能な範囲で水面も観測対象とした。

### (2) 観測日時と気象条件：

8月7日・8日、11月19日・20日、20時30分～21時30分。いずれもほぼ晴天、大垣アメダスデータ（21時）によると、8月は南よりの風、11月は北西よりの風、風速は11月19日2m/s、他の3例は1m/sであった。

### (3) 気温観測・地表面温度観測：

・測器：気温観測にはアスマン通風乾湿計を用いた。地表面温度観測には携帯用赤外線放射温度計（EXERGEN D501、ミノルタ 505）を用いた。前者による観測は、各観測場所で指定した観測地点を巡回し地表面温度を得た。この他ミノルタ 505により、定点観測（2分間隔自記）を行った。

・また、EXERGENを真上に向けた時に示す温度を、上空が樹林等で覆われているかどうかの指標とした。これによると上空に樹林等がある場合、地表面温度の観測値が安定性を欠き、平均値では同種類の地表面よりやや高い値を示す。ただし、他の種類の地表面の温度との差を越えることは少ない。

・観測頻度と平均値：気温：5分間隔13回、地表面温度：指定した地点数等により観測回数は5から10程度である。これらから1時間の平均値を算出する。気温の場合は13回の平均、地表面温度の場合は、観測回数に関わりなく平均値を算出した。これは、定点観測による1時間内の時間変化は地表面の違いによる差に比べると小さいので、それを観測誤差に含めるという考え方である。

### 2. 2. 移動観測

定点観測に合わせて大垣市市街地内外をカバーするルートを設定し、自動車を用い気温と地表面温度の移動観測を行った。気温はサーミスター温度計を車体前部に取り付け、地表面温度はミノルタ 505により左側車窓から道路面を、観測した。橋上、高架下等複雑な構造の地表面を除いた観測地点数は、8月50～72、11月107～119である。

## 研究成果

### 1. 定点観測結果

以下各々の観測によって得られた結果を、8月と11月に分け、第1表に要約する。これは市街地外3ないし4か所と市街地内3か所の地表面温度の種類別の観測値を平均し、各々の気温との差とその市街地内外の差を日別及び平均で示したものである。以下これに基づき特徴を述べる。地表面の種類は非都市的地表面の芝生・草地(non-Urban Surface(Grass))と裸地(non-Urban Sur-

face (Bare Soil)、都市的地表面 (Urban Surface)、水面 (Water) である。各種地表面の観測地点数を ( ) 内に数を示した。

(1) 8月の気温・地表面温度、市街地内外の比較

7日・8日の観測結果は概ね等しいので、併せて記述する。気温は、市街地外29.8°Cに対し市街地内では30.3°Cになり、都市気温の発達は弱い。地表面温度は7日、市街地内外いずれも、非都市的地表面 (芝草: 芝生ないし草地、以下同じ) と水面は気温より低いが、非都市的地表面 (裸地) と都市的地表面は気温より数度以上高い。この違いは蒸発散の多少が関係していると考えられる。

非都市的地表面 (芝草) 温度の気温との差は市街地内で小さい。また、都市的地表面の気温との差は市街地内で大きい。この両者においては地表面温度の市街地内外の差は気温の市街地内外差より大きい。すなわち地表面温度の市街地内外の差は、都市気温以上となっていることになる。これに対し、非都市的地表面 (裸地) 温度の気温との差の市街地内外の違いはあまり大きくない。他方、水面温度の気温との差は市街地内で大きく、市街地内外の差は都市気温とは逆の関係になっている。

(2) 11月の気温・地表面温度、市街地内外の比較

11月については観測兩日の気象条件が異なるので日別にみる。19日 (風あり高温): 気温は市街地外15.4°Cに対し市街地内では16.2°Cである。都市気温は8月よりは発達しているが強いとはいえない。地表面温度は、市街地内外共通して、いずれの地表面の種類でも気温より低い。

非都市的地表面 (芝草) 温度の気温との差は市街地内でやや大きい。都市的地表面は市街地内外の差はほとんどない。気温との差の市街地内外の違いは、両者とも他の事例と比べると小さく、都市気温と平行した関係になっている。非都市的地表面 (裸地) と水面は、前2者と異なり市街地内で差は大きく都市気温とは逆の関係になっている。

20日 (風弱く低温): 気温は市街地外12.5°Cに対し市街地内では13.3°Cとなった。都市気温の発達の程度は19日と同じである。都市的地表面温度は、場所により異なるが平均すれば気温より高温になる。水面も気温より高温になる。非都市的地表面 (芝草と裸地) は気温より低温である。

非都市的地表面 (芝草) の気温との差は市街地内で小さい。都市的地表面は、市街地外では気温

第1表 気温と地表面の性質別の気温差の市街地内外の比較 (観測地点数)

	7. August			8. August			Mean (Pts.)			
	Out	In	I-0	Out	In	I-0	Out	In	I-0	(I - 0)
Air Temp.	30.3	30.8	+0.5	29.2	29.8	+0.6	29.8	30.3	+0.5	(3-3)
non-U.S. (G)	-2.7	-1.4	+1.3	-2.2	-0.6	+1.6	-2.5	-1.0	+1.5	(7-3)
(B)	+1.8	+1.8	0	+2.4	+2.9	+0.5	+2.1	+2.4	+0.3	(3-5)
Urb.S.	+4.6	+5.1	+0.5	+5.0	+5.8	+0.8	+4.8	+5.5	+0.7	(11-6)
Water	-2.9	-4.2	-1.3	-2.0	-3.5	-1.5	-2.5	-3.9	-1.4	(1-3)
	19. November			20. November			Mean			
	Out	In	I-0	Out	In	I-0	Out	In	I-0	(I - 0)
Air Temp.	15.4	16.2	+0.8	12.5	13.3	+0.8	13.9	14.8	+0.9	(3-4)
non-U.S. (G)	-2.7	-3.1	-0.4	-3.1	-2.1	+1.0	-2.9	-2.6	+0.3	(7-3)
(B)	-1.9	-3.4	-1.5	-1.2	-2.1	-0.9	-1.6	-2.8	-1.2	(3-7)
Urb.S.	-1.5	-1.4	+0.1	-0.6	+0.2	+0.8	-1.1	-0.6	+0.5	(11-9)
Water	-1.2	-1.9	-0.7	+0.8	+0.8	0	-0.2	-0.6	-0.4	(1-2)

より低温、市街地内では高温である。8月同様この両者では、都市気温以上の地表面温度差があることになる。これに対し、非都市的地表面（裸地）温度の気温との差は市街地内で大きく、都市気温とは逆の関係になっている。他方、水面温度と気温との差は市街地内外で同じである。

## 2. 移動観測結果

移動観測の地点数は各回異なるが、地点周辺の農地の多少等々により、周囲が市街地の地点(C)、農地の地点(R)及び両者の分類が困難な地点(C/R)に区分した。ここでは、分類困難地点の結果の解釈は今後の検討課題とし、(C)と(R)について平均値及びその差を第2表に示す。これらを定点観測結果と比較検討する。この場合市街地(C)・農地(R)は各々市街地内・市街地外定点観測に対応すると考える。なお、移動観測で対象とする地表面温度は道路面温度であり、定点観測でいう都市的地表面に相当する。なお、道路面温度は幅員の大小により、また車道と歩道では異なるという問題も予想されるが、今後の検討課題である。

まず、気温は移動観測値はより低い値となるが、8月7日の「農地(R)-市街地外定点」の $-0.5^{\circ}\text{C}$ を除き、その差はほぼ $-1.0^{\circ}\text{C}$ 内外で一定である。一方、地表面温度は8月は移動観測値が定点観測値より高温、11月は逆に低温になり、その差も一定しない。ただし、市街地(C)が農地(R)より高温なことは、定点観測と同様である。地表面温度と気温の差は、8月は移動観測による差は定点観測による差より大きい、11月はほぼ同程度である。道路面等の都市的地表面に限れば、移動観測によっても定性的な情報は得られることが予想できる。

## 今後の課題と発展

地表面の種類による違いはあるが、地表面温度の市街地内外差を都市気温と比べると、8月は明らかに明瞭であるが、11月はその傾向は弱い等の結果が得られた。これらは、人工衛星赤外線リモートセンシングデータを都市気温研究に利用するに際して、かなり重要な知見となる。これら知見に関しては、なお本研究と同様なマイクロスケールのデータの蓄積しつつ、市街地内外の高所から地表面温度の空間平均値の観測を実施する必要がある。得られた結果に基づき、利用可能な事例数は限られるが、ランドサット等人工衛星赤外面像を解釈することにより、都市気温の形成機構の解明が進むことが期待される。

## 発表論文

- 田宮兵衛・山下脩二・関根清(1995)：都市地表面温度観測。日本地理学会予稿集47, 144-145。  
 田宮兵衛(1995)：都市ヒートアイランド研究における地表面温度観測の意義と実際。気候影響・利用研究会会報, 11 (印刷中)。

第2表 移動観測結果：農地(R)、市街地(C)別の平均気温・地表面温度

	7. Aug.		8. Aug.		19. Nov.		20. Nov.	
	R	C	R	C	R	C	R	C
Air Temp.	29.8	29.9	28.0	28.8	14.6	15.2	11.7	12.4
Sur. Temp.	36.3	37.7	36.2	37.1	13.1	13.7	11.0	12.0
S.T.-A.T.	6.5	7.8	8.2	8.3	-1.5	-1.5	-0.7	-0.4
Obs. Pts	11	19	11	35	16	47	22	50