

# リモートセンシングデータを用いた都市の気温と土地被覆との関連性分析\*

A study on the relationships between temperatures and land-cover characteristics in urban area  
by using LANDSAT TM data\*

天野 智順\*\* 中川 敬介\*\*\* 川上光彦\*\*\*\*

Norimasa AMANO\*\*, Keisuke NAKAGAWA\*\*\*, Mitsuhiko KAWAKAMI\*\*\*\*

## 1. はじめに

近年、都市の環境においてはヒートアイランド現象といった熱汚染が問題となっている。社会・経済活動の集中とともにアスファルト化、緑地の減少など地表面の改変が進んできた。都市域における気温の上昇傾向は現在のこのような土地被覆の状況と関わりがあり、市街地や緑地の比率割合によってどのような気温特性になるかあるいはどのような分布特性がよりよい周辺環境を構築できるか明らかにしていく必要がある。また、ランドサットデータ等の衛星データは広域的かつ周期的な土地被覆状況や地表面温度の把握が可能で、それらのデータを使った研究<sup>1),2)</sup>が行われており、さらに気温との関連をいろいろなアプローチで考察する必要がある<sup>3)</sup>。

本研究では、これらのデータを使って気温と土地被覆状況さらに地表面温度の特性との関連を明らかにし、都市の熱環境をよりよくするための施策を考えるための資料となることを目的に、リモートセンシングデータから得られる地表面温度データや土地被覆状況データを用いてそれが気温とどのような関連にあるか特性を明らかにし、都市での土地被覆による気温特性を明らかにしている。

## 2. 研究方法およびデータ

調査地域は富山県9地点<sup>注1)</sup>、石川県7地点<sup>注2)</sup>の計16地点の気象観測地点とその周辺地域を対象とし、まず数値地図上で、対象となる各気象観測地点が存在す

る場所に約20m四方の範囲を設定し、各地点を中心に半径100,200,300,400,500,700,1000mの同心円状の地区を図1に示すように設定した。これらの各観測地点で作成した地区についてランドサットTMデータから同一地区に該当する範囲のピクセルのバンド6の値についてそれぞれの地区ごとの平均値を計測し、その地区での特性値(地表面温度)とした。また、別途に土地被覆別の地表面温度の特性を見るため住宅地、田畑等の6種類の地区を選定した。

衛星データは表1に示す撮影日のランドサットTMデータを用いた。これらのデータは1984年~2000年までのデータのうち、雲などによって対象地域のデータに影響がないものである。また土地被覆の状況を把握するため夏季(8月)のデータ(1986年8月20日、

表1 ランドサットTMデータの撮影日の気象状況

	年月日	天気 <sup>1)</sup>	日照時間(h) <sup>1)</sup>
1	1986/4/14	-	10.6
2	1986/8/20	-	11.2
3	1987/10/10	-	10
4	1987/11/11	-	9.2
5	1991/11/6	快晴	9.6
6	1994/8/26	晴	10.5
7	1995/8/29	晴	11.6
8	1996/4/25	晴	11.5
9	1997/10/21	快晴	9.4
10	1998/5/1	晴	9
11	1999/8/8	晴	10.8
12	1999/10/11	晴	8.1
13	2000/5/6	晴一時曇	7.4

1) 天気、日照時間は富山県観測所の値

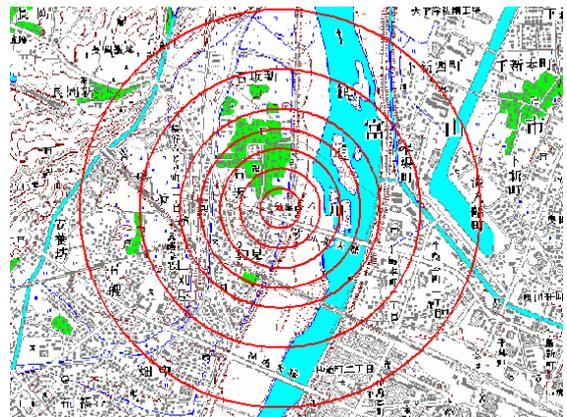


図1 富山観測所周辺の調査対象地区

\*キーワード: リモートセンシング、土地利用、環境計画、都市計画

\*\* 正会員, 工修, 富山県立大学短期大学部環境システム工学科  
(〒939-0398 富山県射水郡小杉町黒河5180  
TEL0766-56-7500(711) FAX0766-56-6084)

\*\*\* 非会員, 富山県立大学短期大学部専攻科環境システム工学専攻

\*\*\*\* 正会員, 工博, 金沢大学大学院社会基盤工学専攻

1999年8月8日)について教師付き土地被覆分類を行い、それらのデータを用いて気温、地表面温度、土地被覆特性間の関連特性について考察した。

### 3. 気温、地表面温度、土地被覆特性の関連特性

#### (1) 土地被覆別の地表面温度特性

土地被覆がどのような地表面温度特性であるか調べるため、小杉・高岡の航空写真から以下の6種類の土地被覆区分別(中心市街地、住宅地、田畑、森林、裸地、水域)の地区を選定し、ランドサットデータのバンド6の値から地表面温度を求め、各地区における平均値をその地区の地表面温度の値とした。地表面温度は以下のバンド6の値を絶対放射輝度および温度への変換式を用いて算出した。なお、真の地表面温度の算出には大気補正などが必要になってくるがここでは行っていない。

$$R = \{ (V/255) \cdot (1.896 - 0.1534) + 0.1534 \} / 1.239$$

$$R = 5.1292 \times 10^{-5} T^2 - 1.7651 \times 10^{-2} T + 1.6023$$

…式(1)

ここで、R:単位波長あたりの放射輝度

V:バンド6のCCT値

T:観測輝度温度(K)

ここでは春季と夏季についてそれぞれ2つの測定時点のデータを選び、各土地被覆区分別の地表面温度の平均値を算出した(表2)。また、図2に各土地被覆別のピクセル単位の地表面温度(1999/8/8)の分布を示す。

土地被覆別に見るといずれの季節でも住宅地、中心市街地など都市的特性を示す場所と裸地が高い。裸地あるいは水面は、春の場合は夏に比べ低めの値になり季節により地表面温度に違いがあることがわかる。田畑、森林、水域は温度が低く、田畑と森林が近似し、水域が他と比べかなり低い値になっている。田畑と森林は住宅地などより2~3低く、水域が一番低くなっている。このことから住宅や道路などの人工的な構造物がある場所では地表面温度は高くなり、緑地や水域など自然の場所では地表面温度は低くなっていることが分かる。

#### (2) 気温と地表面温度の関連特性

TMデータより観測所周辺の地表面温度、気象観測データよりTMデータ観測時の気温を取得して、図3に

表2 土地被覆別の地表面温度特性(小杉・高岡 平均地表面温度(°C))

年月日	住宅地	田畑	森林	裸地	中心市街地	水域
1991/5/14	28.3	25.7	24.9	27.3	28.1	14.5
2000/5/6	23.5	21.3	20.6	22.8	23.5	11.0
1986/8/20	27.1	23.8	24.9	27.0	27.0	20.6
1999/8/8	29.1	26.1	26.8	29.3	29.5	21.5

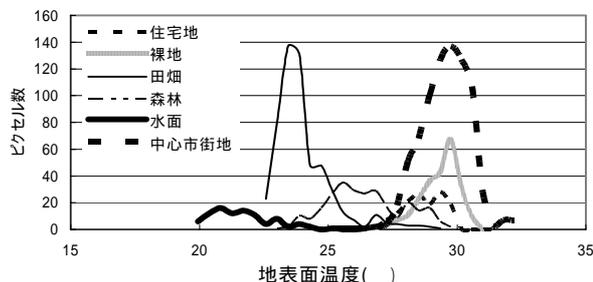


図2 土地被覆別の地表面温度分布(1999/8/8)

示すような都市ごとの相関図を作成し地表面温度と気温の関連について考察した。

地表面温度は表1に示す1986年~2000年までの13時期のTMデータを対象データとし、気象観測所周辺約20m四方の範囲におけるバンド6の値により計測した。気温は、ランドサットが午前9時35分頃に計測しているため、計測日の各観測所データの9時と10時の気温の平均を算出しデータとした。ただし、バンド6は分解能が120m四方と大きいため、対象の気象観測地点の1ピクセルを選択してもその値は周辺の土地被覆特性を反映した値と考えられる。また、取得した地表面温度データの内、雲等により値が特異なものは省いた。

図3に富山、福光観測所の例を示す。これによるとすべての観測所で気温と地表面温度の間に高い相関があり、八尾、泊、伏木、富山のような観測所周辺が駐車場や建物に囲まれた場所では地表面温度の差が大きく分布の傾きが小さくなり、魚津、氷見、福光、砺波のような周辺が田畑、森林などを主とする場所では地表面温度の差が小さく分布の傾きが大きくなった。これはデータ時期が春から秋の気温の高い時期であることを考えると周辺に人工構造物の比率が高い地点では田畑や森林の割合が多い場所に比べ地表面温度がより高くなる傾向を示し、気温も若干であるが高くなっており、その地点の気温が周辺の土地特性に影響を受けていることが伺える。

#### (3) 地表面温度と周辺の土地被覆分類別面積比率との関連特性

次に地表面温度と周辺の土地被覆分類別の面積比率

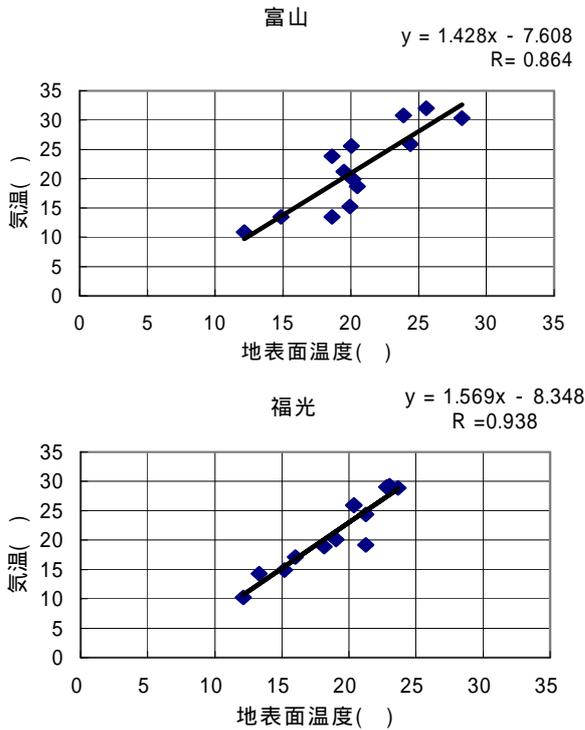


図3 地表面温度と気温の関係との関連を考察した。

周辺の土地被覆分類は夏季の2時点のデータについて教師付き土地被覆分類法で行い、土地被覆種別として初めに15種類のトレーニングエリアを選び、それに基づいて分類し、最終的に水域、田畑、森林、都市の4種類の土地被覆種別に分類した。分類結果を用いて対象とする16地点の各気象観測所を中心とした同心円状の地区内について4種類の土地被覆分類に該当するピクセル数を求め、地区内の全ピクセル数との比率を各土地面積比率として求めた。

図4は距離別の同心円地区での各種土地面積比率を表したもので、横軸に気象観測所からの距離を取り、左縦軸には土地被覆分類別の面積比率をとり、さらに距離別の地表面温度を重ねた。

図から都市面積の比率が多い地点でも少ない地点も地表面温度の変化が都市面積比率の変化にかなり類似している。ただし、2,3の都市で類似していない場合があり、周辺での森林、水面の影響等の要因によるものと思われる。地表面温度は都市面積比率と正の高い相関があり、逆に田畑、森林等の自然的土地被覆比率とは負の相関があると考えられる。ただし、今回の対象地点では水面の比率の高い地点が少なく水面の地表面温度に対する影響を十分検討出来なかった。

(4) 都市面積比率による気温と地表面温度の特性

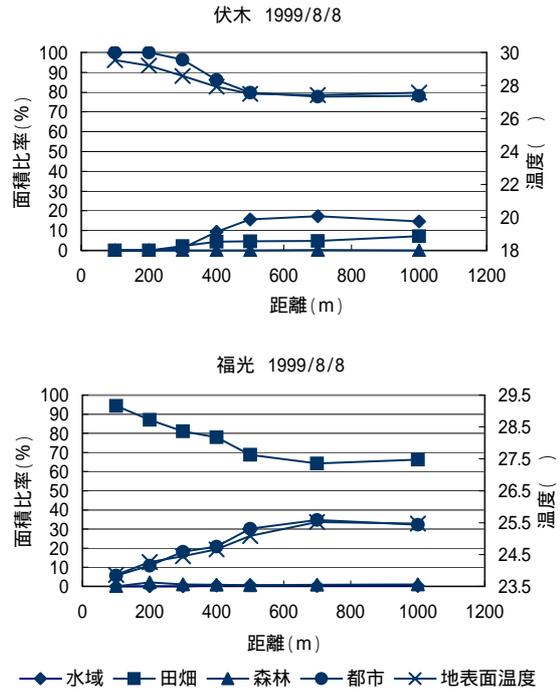


図4 観測地点からの距離毎の地表面温度と土地被覆分類別面積比率の関係

都市面積比率による気温、地表面温度の関係について土地被覆分類を行った2時点の全観測所のデータを用いて気温、周辺の地表面温度と都市面積比率との関係を検討した。図5に示すように横軸に都市面積比率、縦軸に気温と地表面温度を取り各観測地点の値をプロットし相関係数および回帰直線を求めそれぞれの関係を考察した。これらの図は距離が100mから1Kmまでのものをそれぞれ作成した。ここで地表面温度の値が雲等の影響を受け特異な値を示した3地点のデータは省いて13地点のものを使っている。

都市面積比率が増加すると気温も地表面温度も上昇する傾向がいずれの時期や距離で見られた。傾きから都市面積比率が0から100%になると地表面温度で約5~6 上昇、気温は約2度上昇すると考えられ、気温の上昇に都市的な土地被覆比率の程度が影響していると考えられる。気温と都市面積比率との相関もかなり高く気温の上昇する要因の多くが地表面温度の影響であるのではないかと考えられる。また、今回の結果では気温より地表面温度の値が低くなったが、晴天時の夏季の時期においては地表面温度の方が気温より高くなる可能性が高く、考察では相対的な関係として考察をした。真の地表面温度については補正が必要ながあり今後現地での検証が必要と思われる。

図5においては気温と都市面積比率の相関は距離が

1000m と範囲が大きくなるほど低くなっている。そこで気温、都市面積比率、地表面温度の3項目間の相関係数を距離別のデータを使って求め図6に示した。これによると同じ範囲同士の地表面温度と都市面積比率の相関はどの距離でも0.8~0.9と高い値を示すが、中心の1地点の気温と周辺のある距離までの土地面積比率、地表面温度との相関は距離が遠くなるに従い低くなる傾向が見られた。1986年のデータでは変化が少なかったが1999年データでは0.7から0.3程度に減少している。これは中心の気温特性は周辺の土地被覆特性の影響を受けるが距離が遠くなるとその影響が小さくなることを示し、夏季の晴天時において周辺の被覆特性が気温に影響する範囲は300~400m程度であると考えられる。

#### 4. まとめ

ランドサットデータより地表面温度や土地被覆情報を取得し、同日時間の気象観測所の気温データを用いて、気象観測地点の気温特性と周辺の地表面温度や土地被覆特性の関連性を解析し以下の結果が得られた。

- ・地表面温度は人工構造物がある都市的特性を示す場所では高く、緑地や水域などの自然の場所では低くなり、緑地では人工的な構造物がある場所より2~3低くなり、水域はさらに低い。
- ・周辺が都市的土地被覆の比率が高い地区では自然的土地被覆の比率が高い地区に比べ、地表面温度の変化が大きく、気温も少し高くなる。
- ・地区の地表面温度は同一地区の都市面積比率との相関が高く、都市面積比率に比例して地表面温度も気温も高くなり、気温が上昇する要因のかなりの部分が地表面温度の影響であると考えられ、その影響範囲は300~400m程度である。

今後の課題として、今回の解析では気象観測所のみを対象としており、その他の都市的な特性の集積した地区や水域を含めた地区あるいは地区の土地被覆変化による気温特性を検討していく必要がある。

注1) : 富山県9地点 : (富山、伏木、泊、氷見、魚津、砺波、上市、福光、八尾)の各気象観測所地点及び周辺

注2) : 石川県7地点 : (金沢、富来、七尾、羽咋、かほく、小松、鳥越)の各気象観測所地点及び周辺

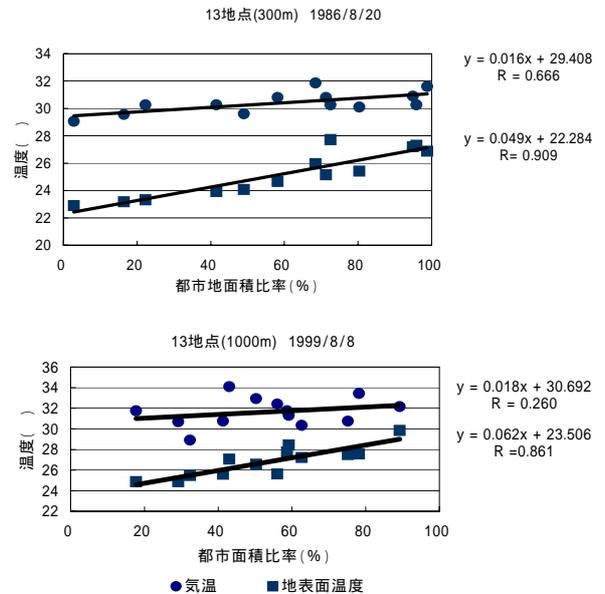


図5 都市面積比率と気温及び地表面温度の関係

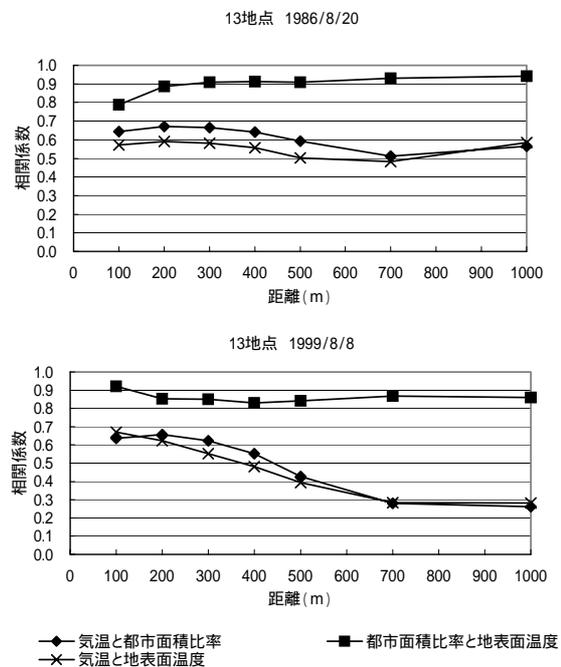


図6 周辺距離別の気温、地表面温度、都市面積比率の相関

#### 参考文献

- 1) 稲永、竹内、長谷川 : LANDSAT/TM データによる東京都の地表面温度変化との関連解析、写真測量とリモートセンシング、Vol.35, No.2, 1996.
- 2) 上野他 : 都市化に伴う熱環境の変化に関する研究 - リモートセンシングデータによる北九州諸都市の解析 -、環境システム研究、Vol.21, pp33-39, 1993.
- 3) 福田他 : 土地被覆の変化が気温変動に及ぼす影響の解析 - リモートセンシングによる気象観測所周辺の調査 -、日本建築学会環境系論文集、第566号, pp81-85, 2003.