

ランドサットデータを利用したオープンスペースの表面温度の分析・

Analysis of Land Surface Temperature
in Open Space, using Landsat Data*

西村 昂**・山本 勝彦***・大杉 朗隆****

By Takashi NISHIMURA, Katsuhiko YAMAMOTO, Akitaka OSUGI

1. はじめに

最近、都市部の局地的な温度上昇、いわゆるヒートアイランド現象が問題となっている。これは様々な居住環境条件の悪化とともに、エネルギー効率の低下等の悪循環をもたらすものとして、最近の都市計画行政においては、その防止策、軽減策が課題となっている。ヒートアイランド現象の主要な原因は、都市部における過大なエネルギー消費、道路舗装、コンクリート建造物など人工建造物による蓄熱、地表水の蒸発量の減少が挙げられる。また、ヒートアイランド現象の軽減策としては、都市域にオープンスペース（緑地）を増やすことが有効と考えられるが、そのためにもオープンスペースの効果を定量的に把握することが重要となってきた。

筆者らは、都市環境改善に有効となりうるオープンスペースの規模、効果について知見を得るため、ランドサットデータを利用して都市の地表面温度とオープンスペースの関係について解析を行った。

2. 分析方法

(1) 分析項目

分析の項目としては、以下のものをとりあげた。

①地上の気温と、ランドサットにより得られる地表面温度との相関関係。②大阪の東西軸上の表面温度の変化状況。③細密数値情報による土地利用種別毎の表面温度。④オープンスペースの規模や形態、地区内のオープンスペースの量による、地区全体としての表面温度値の平均値、分散。

(2) 使用データの概要

* キーワーズ：リモートセンシング、公園・緑地
正員、工博、大阪市立大学工学部土木工学科
... (〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138 TEL FAX 06-605-2731)
大阪府公害監視センター
.... (〒537 大阪市東成区中道1-3-62 TEL 06-972-7666 FAX 06-972-7665)
学生員、大阪市立大学工学部研究科土木工学専攻

a) 地表面温度データ

本研究では、都市域内の地表面温度について、ランドサット5号のTMデータのバンド6を用いている。ランドサットは、代表的な地球観測衛星の1つで、0.45~12.5μm程度の波長の反射波を観測できる装置が搭載されている。そのうちバンド6は、遠赤外域の波長帯(10.4μm~12.5μm)で観測されたもので、熱バンドとも呼ばれ、地表の熱分布を把握するのに適している。地上分解能は120mであるが、本研究で用いたものは、国土地理院の2万5千分の1の地図との整合性を図るためにデータ補正を行い、南北方向は24.6m、東西方向は28.0mを画素としたものである。またデータ範囲はいずれも、北緯34度5分0秒~15分0秒、東経135度0分0秒~52分30秒であり京阪神地区がすっぽりと収まっている。なお、ここでは一定の広域地域での温度変化を検討するため、これを面平均温度として扱う。

ランドサットは、同じ地上位置では16日に1回しか観測できないこと、雲があると観測不能であること等の欠点がある。本研究では、京阪神地区のデータで、比較的観測状態の良い、表-1に示す5つの時刻のデータを用いる。

表-1 利用可能なランドサットデータの日時

記号	年月日	時刻
L1(D)	1987年 6月27日	午前10時00分
L2(N)	1990年 3月13日	午後 9時10分
L3(D)	1991年 3月18日	午前 9時56分
L4(D)	1992年 4月21日	午前 9時59分
L5(N)	1994年10月18日	午後 9時05分

またバンド6の放射輝度のデジタル値と、地表面温度の関係式は、以下の式を用いる。''

TM温度変換式

$$1.7426 / 255 \times V_e + 0.1534 =$$

$$5.1292 \times 10^{-5} T_e^2 - 1.7651 \times 10^{-2} T_e + 1.6023$$

V_e : バンド6の放射輝度のデジタル値

T_e : 絶対温度 (地表面温度)

b) 土地利用分類データ

本研究では、土地利用状況を把握するために、国土地理院作成の細密数値情報データを用いる。このデータは、都市計画基図を縮小して作った縮尺1万分の1の地図、及びカラー空中写真を用いて作成されており、都市域を詳細に区分するための土地利用分類が行われている。10mメッシュでデータが与えられているが、本研究では、これを地表面温度データと同様の形に補正したデータを用いる。

データ範囲はランドサットデータと同様であるが、データが存在しない地区があり、その部分は今回の集計からは除く。土地利用分類項目を表-2に示す。

表-2 土地利用分類項目

コード	分類区分	コード	分類区分
1	山林・荒地等	9	中・高層住宅地
2	田	10	商業・業務用地
3	畑・他の農地	11	道路用地
4	造成中地	12	公園・緑地等
5	空地	13	その他の公共用地
6	工業用地	14	河川・湖沼等
7	一般低層住宅	15	その他
8	密集低層住宅	16	海

c) 地上気温データ

大阪府内の公害監視局の中で、気温を観測している局（約35局）とアメダス（約6局）のデータを用いる。気温は、1時間毎に測定されている。

3. 地上気温データとランドサットデータとの関連

図-1に、大阪府内の公害監視局の中で、気温を観測している局を中心点とし、局の最近点と、一辺125m, 500m, 750m, 1000m, 1500mの正方形の範囲の1992年4月21日午前9時59分における地表面温度の平均と、各局で観測された地上気温（午前10時、11時、12時、日平均、日最高、日最低気温）との相関係数を示す。これによると、午前12時の気温を除けば、概ね、採取範囲が大きいほど気温と輝度値の相関性が高くなることが分かる。このことから地表面温度は、広い範囲で地上気温に影響を及ぼしていると考えられる。また日平均気温との相関性が特に高く一辺1500mの正方形の採取範囲では0.750となっている。

図-2, 3は、公害監視局で観測される地上気温を横軸に、局を中心に一辺1500mの正方形の地表面温

度の平均値を縦軸にとりプロットしたものであり図-2は朝のデータ、図-3は夜のデータをそれぞれまとめたものである。データを得た季節が異なるため、各データ群毎の固まりが見られるが、朝のデータで、 $R^2=0.9482$ 、夜のデータで $R^2=0.8587$ と、高い正の相関が得られた。

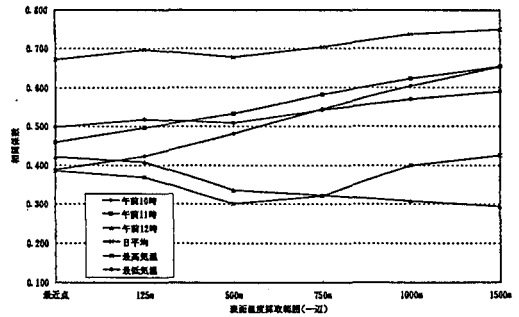


図-1 輝度採取範囲と相関係数

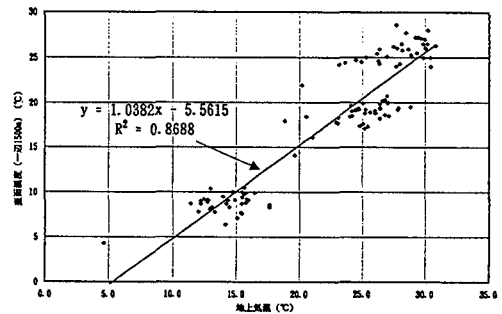


図-2 地上気温と表面温度(朝のデータ)

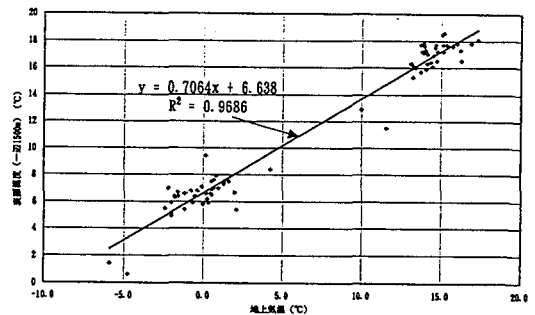


図-3 地上気温と表面温度(夜のデータ)

4. 土地利用種別毎の表面温度

表-3は、ランドサットデータの範囲（北緯34度5分0秒～15分0秒、東経135度0分0秒～52分30秒）での土地利用形態別地表面温度の平均値を示している。

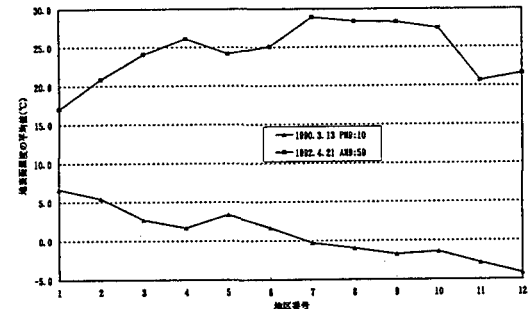
これによると、それぞれのデータの季節が異なるが、朝のデータで、公園・緑地は、道路、商業、住宅、工業の各用地より0.6～3.5℃低かった。また山林、田、畑はさらに低く、その差は0.1～9.0℃であった。夜のデータでは、海が他よりも10℃近く高かった。朝、夜いずれでも工業用地の地表面温度は高く、山林、田は低かった。

表－3 土地利用形態別地表面温度の平均値

土地利用分類 区分	地表面温度の平均(℃)				
	87. 6. 27 AM10:00	91. 3. 18 AM 9:58	92. 4. 21 AM 9:59	90. 3. 13 PM 9:10	94.10.18 PM 9:05
山林・荒地	22.0	7.3	19.7	-6.4	11.9
田	25.1	13.5	23.1	-3.5	12.1
畑・その他	25.3	13.1	23.0	-3.6	12.5
工業用地	29.5	16.3	27.1	-1.0	14.3
一般低層住宅	27.9	13.7	25.0	-2.9	13.1
密集低層住宅	28.8	14.3	25.8	-4.3	13.4
中・高層住宅	28.4	13.6	25.1	-1.2	14.2
商業・業務用地	29.0	14.8	26.2	-1.4	14.2
道路用地	28.2	14.0	25.2	-1.8	13.9
公園・緑地	27.0	13.0	23.6	-1.7	13.9
河川・湖沼	24.7	11.6	20.8	-0.5	14.6
海	19.5	7.0	13.4	8.5	22.4

5. 大阪の東西軸上の表面温度の変化

図－4に北緯34度40分30秒～41分30秒（南北2km）東経135度23分28秒～42分12秒（東西28km）の範囲を12の地区に分割し、それぞれの地区での地表面温度の平均値を示している。夜（'90.3.13 PM9:10）と朝（'92.4.21 AM9:59）に分けて示す。またそれぞれの地区の土地利用状況を表－4に示す。



図－4 大阪東西軸上の地区別地表面温度の平均値
これらの図表から、朝のデータで1,2,11,12地区で

地表面温度が他よりも2.5～11.8℃低いことが分かる。これは1,2地区では海面、11,12地区では山林がそれぞれ大部分を占めていることが原因であると考えられる。特に11,12地区では夜のデータでも他よりも地表面温度が1.1～10.9℃低い。商業地区、道路の占める割合が高い5地区、大阪城公園を含む6地区で地表面温度が7,8,9地区よりも3.2～4.7℃程度低くなっている。逆に、夜のデータでは5地区で7,8,9地区よりも5℃程高くなっている。

6. オープンスペースの規模と表面温度との関連

表－5に、公園規模、内部の形態による、表面温度の違いを見るため、白鷺、住吉、住之江、長居、大阪城公園の総面積、池などの面積、地表面温度の平均、分散を、夜（'90.3.13 PM9:10）と朝（'92.4.21 AM9:59）に分けて示した。

表－5 各公園毎の規模、形態と地表面温度

	総面積 a(ha)	池の面積 b(ha)	池の割合 b/a(%)	平均(℃)		分散	
				夜	朝	夜	朝
白鷺公園	3.9	0	0	0.1	24.5	1.1	6.2
住吉公園	8.0	0.30	3.75	0.9	24.8	0.6	3.9
住之江公園	15.1	1.17	7.75	1.1	24.3	3.7	4.6
長居公園	70.5	4.70	6.67	0.9	25.1	4.2	40.0
大阪城公園	107.2	21.59	20.17	1.9	21.7	8.1	20.0

これによると、朝のデータでは、地表面温度の平均値が、大阪城公園で他よりも2.6～3.4℃低くなっている。逆に夜のデータでは、大阪城公園が他の公園より0.8～1.8℃高かった。これは大阪城公園の約20%を占める池などの影響が出ているのではないかと考えられる。また長居公園では地表面温度の分散が他に比べてかなり大きかった。

7. 表面被覆と表面温度との関連

表－6に、表面被覆毎の地表面温度の違いを見るため、表面被覆の異なる地点を選び出し、地表面温

表－4 地区別土地利用分類

土地利用分類 単位(%)	地区番号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
自然・農地	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.0	0.7	9.1	12.5	14.1	67.8	67.6
住・商・工	9.8	22.2	41.0	44.3	46.9	32.7	57.5	52.1	54.7	52.4	17.6	16.1
道路・公共用地	6.7	14.9	25.8	41.9	40.3	33.8	32.5	28.9	21.4	17.3	8.3	7.5
公園・空地	2.1	6.5	8.2	5.9	6.5	28.4	7.0	8.8	9.6	13.3	5.1	8.7
河川・湖沼・海	81.3	56.4	24.9	7.4	5.8	5.1	2.4	1.0	1.9	2.9	1.2	0.2
主な地名	大阪湾	河口	此花区	福島区	船場	大阪城	城東区	城東区	東大阪	東大阪	東大阪	生駒

表－6 表面被覆と表面温度

	平均(℃)		分散	
	夜	朝	夜	朝
土(市大グラウンド)	0.7	25.5	1.6	2.0
芝(奈良国際ゴルフ場)	-3.6	22.3	2.2	11.1
アスファルト(八尾空港)	0.6	29.0	1.6	6.4
農地(三宅西)	-1.4	24.0	2.3	3.2
山林(交野市)	-2.8	19.2	1.6	4.4
水面(大阪湾)	8.7	12.8	0.3	0.4

度の平均、分散を、夜('90.3.13 PM9:10)と、朝('92.4.21 AM9:59)に分けて示した。

これによると、芝(ゴルフ場)の分散がかなり大きく、山林の一部が混ざって集計されている可能性があると考えられるが、朝のデータでは、地表面温度の平均値は、芝が土やアスファルトよりもそれぞれ3.2、6.7℃低くなっている。また山林とアスファルトでは、9.8℃の差が出た。夜のデータでも芝、山林、農地がアスファルトよりも2.0～4.2℃低かった。

8. 住宅地区の表面温度の比較

表－7に住宅地で土地利用状況の異なる地区の表面温度の違いを見るため、神戸市長田と千里中央の土地利用形態、地表面温度の平均値、分散を、夜('90.3.13 PM9:10)と朝('92.4.21 AM9:59)に分けて示す。図－5、6にそれぞれ神戸市長田と千里中央の対象地区とした場所の地図を示す。

朝のデータでは、低層住宅中心の神戸市長田の方が、中高層住宅中心の千里中央より、地表面平均温度で3.9℃高い。また夜のデータでも神戸市長田の方

が、地表面温度で1.3℃高い。

9. まとめ

地表面温度と地上気温の比較では、地表面気温が日平均気温と高い相関性を持つこと、地表面温度の観測範囲を大きく取れば、ランドサットを用いたりモートセンシング技術で任意の地点の気温をある程度推測することが可能であるということが分かった。

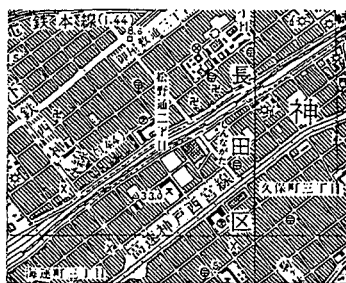
次に土地利用種別毎の表面温度の比較では、山林、田、畑が、人工構造物により被覆されている工業用地、商業・業務用地、住宅地よりも低い値を示し、その差は、朝のデータで、最高9.0℃であった。公園・緑地も、他の人工構造物により被覆されている土地よりも、0.6～3.5℃低かった。また大阪の東西軸上の地表面温度を地区別に比較した結果、大阪城公園近辺が地表面温度で5.0℃程度低かった。

その次に、オープンスペースの規模、形態、表面被覆が異なる地区を選び出し、それぞれ比較した。まず規模、形態別では、オープンスペース中に水面が占める割合が大きい大阪城公園が、地表面温度で他の公園より2.6～3.4℃低いという結果を得た。地表面被覆別では、地表面温度で芝、山林が土、アスファルトより3.2～9.8℃低かった。

最後に、同じ住宅地でも利用形態がかなり異なる地区を比べたが、地表面温度で朝で3.9℃、夜で1.3℃、低層住宅地の方が高かった。

参考文献

- 1) 宇宙開発事業団地球観測センター 地球観測データ利用ハンドブック (財)リモート・センシング技術センター



図－5 神戸市長田地区



図－6 千里中央地区

表－7 対象地区の土地利用形態

	地区範囲(m)		土地利用状況(%)								平均(℃)		分散	
	南北	東西	山林	工業地	低層住	中高層	商業	道路	公園	その他	夜	朝	夜	朝
神戸市長田	1230	1400	0.0	9.0	24.4	2.3	22.0	25.0	2.1	15.2	0.1	27.8	5.5	4.5
千里中央	1230	1400	7.1	0.0	10.8	24.9	8.2	26.1	7.8	15.2	-1.2	23.9	7.5	9.7