



Title	衛星データによるサロベツ原野の地表面温度の解析
Author(s)	王, 秀峰; Wang, Xiufeng; 堀口, 郁夫 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 17(4), 505-516
Issue Date	1991-10-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12143
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(4)_p505-516.pdf



衛星データによるサロベツ原野の地表面温度の解析

王 秀 峰・堀 口 郁 夫・青 木 正 敏

谷 宏・町 村 尚

(北海道大学農学部農業物理学教室)

(平成3年6月28日受理)

Studies of Surface Temperature on Sarobetsu Peat Land by Landsat TM Data

Xiufeng WANG, Ikuo HORIGUCHI, Masatoshi AOKI,

Hiroshi TANI and Takashi MACHIMURA

(Laboratory of Agricultural Physics, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, 060, Japan)

I. はじめに

作物の葉や茎の表面温度は、作物の状態によって異なることは知られた事実である。例えば、作物は水ストレスを受けると葉面温度が上昇する。したがって、作物の水ストレスを推定し、灌漑計画を立てる新しい手法が葉面温度の測定によって得られる。また、群落の表面温度は、群落の蒸発散や大気と群落の熱交換に関係している。そのため、群落の表面温度を測定して蒸発散量や熱交換量が推定できる。最近熱赤外放射温度計が発達し安価になったため、広範囲の平均的な表面温度や精密な表面温度の測定が容易になった。さらに、熱赤外放射温度計を衛星に搭載し、上空から地上の表面温度（以下、衛星から測定した表面温度を地表面温度とする）が測定できるようになり、表面温度の重要性がますます増大して来た。

衛星による地表面温度は、農業地帯における表面の熱的特性に支配される種々なものに利用できると考えられる。例えば、地下水位、土壌水分、土地被覆状態の違い、などの検出が考えられる。しかし、これらのことはまだ充分研究されていない。そのためこの研究の目的は、衛星データによる地表面温度からどのような表面情報を知ることが出来るかを調査することである。

II. 研究方法

研究は、A. 衛星データによる地表面温度の解析、B. 現地における表面温度などの観測、C. 衛星データによる植生と地表面温度の解析、の3段階について行った。

衛星データの解析および現地観測は、上サロベツ原野のサロベツ原生花園付近で行った (Fig. 1)。

A. 衛星データによる地表面温度の解析

1. 解析に使用したデータ

解析に使用した衛星データは、1984年から1989年までの5月~10月のサロベツ原野の8シーンのランドサット TM データ (Path 108, Row 29) である (Table 1)。8シーンの各々のランドサット TM

Table 1. Landsat TM data used in these studies

No.	Date	Time
1	1984.06.04	9:30
2	1985.06.18	22:30
3	1985.07.09	9:30
4	1987.09.17	9:30
5	1988.05.30	9:30
6	1988.10.05	9:30
7	1989.05.17	9:30
8	1989.07.04	9:30

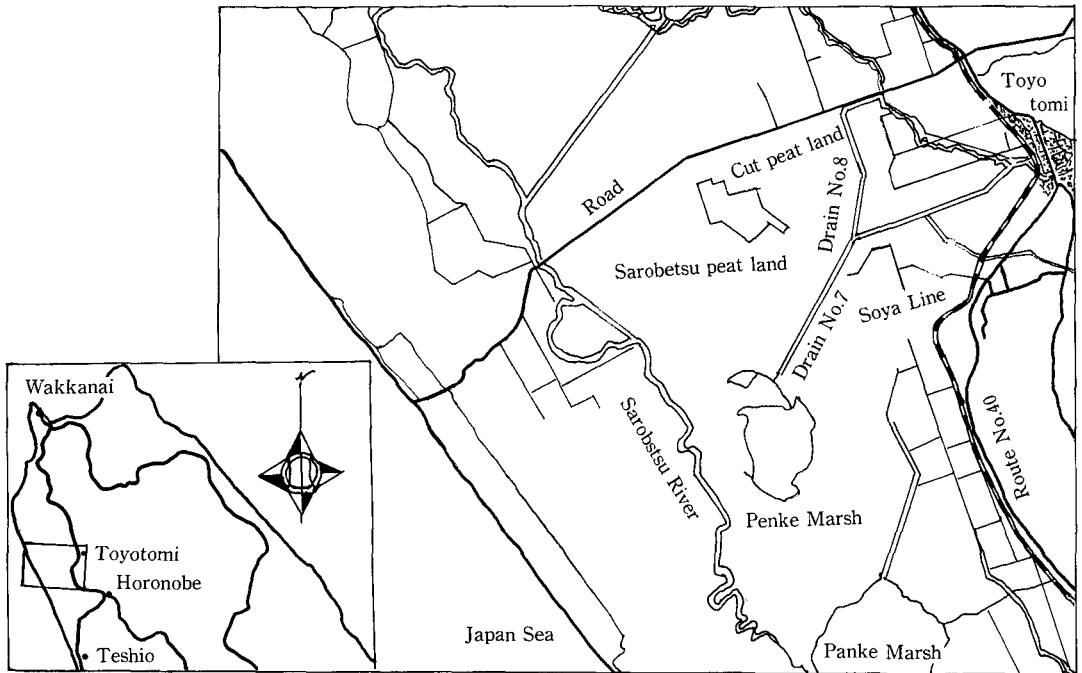


Fig. 1. Map of study area

データからサロベツ原野の512ピクセル×400ライン(14 km×11 km)の地域を切り出し解析した。

2. 地表面温度分布の計算

ランドサットTMデータのバンド6は、波長域10.40~12.50 μmで熱赤外バンドである。したがって、地表面温度と相関が大きく、これから地表面温度が計算できる。TMデータバンド6の地上分解能は約120 m×120 mで、温度の測定範囲は200~340 Kであり、これを0~255に分割した相対値(DN値)で出力されている。バンド6のDN値から地表面温度の変換式は、次に示すLathropら(1987)の経験式³⁾を用いた。

$$T_s = -38.33 + 0.463 TM_6 \quad (1)$$

T_s : 地表面温度(°C) TM_6 : TMバンド6のDN値

(1)式によって計算された地表面温度を画像化し、5万分の1の地形図と対応させて、地上の各場所の地表面温度を調べた。

B. 現地における観測

衛星で地表面温度の解析を行った上サロベツ原野の原生花園付近について、現地の状態を把握するため現地観測を行った。現地観測は、1989年と1990年の2年間で、表面温度、気温、湿度、地下水面の

深さの測定、および植生調査である。1989年と1990年の観測地点の概略図をFig. 2に示す。

1. 1989年の観測

1989年の観測は、Fig. 2に示すサロベツ原生花園・探勝歩道近傍に設けられていた地下水位観測点(E, W, WWの3点)で、表面温度、気温および湿度を観測した。1989年の観測点の植生状態は、E観測点はササが侵入していない泥炭地、WW観測点はササが侵入していて群落を形成している泥炭地、W観測点はササ群落の縁辺の泥炭地でササはまばらである。観測は、7月12日の10時~13時まで行った。

2. 1990年の観測

1990年の観測場所は、1989年観測時のE観測点を起点とした観測線で、Fig. 2に示す10個(No. 1~No. 10)の観測点である。ここには地下水面を観測する管を設置して、地下水面の深さも観測した。これらの観測点の植生状態は、No. 3観測点の植生はヨシで、No. 9観測点の植生はヤマドリゼンマイで、No. 10観測点はササが侵入している所で、他の観測点は、ほぼミズゴケが多い所である。観測日は、5月30日、7月7日、7月8日、9月14日の4日間で、4台の赤外線放射温度計とアスマン通風乾

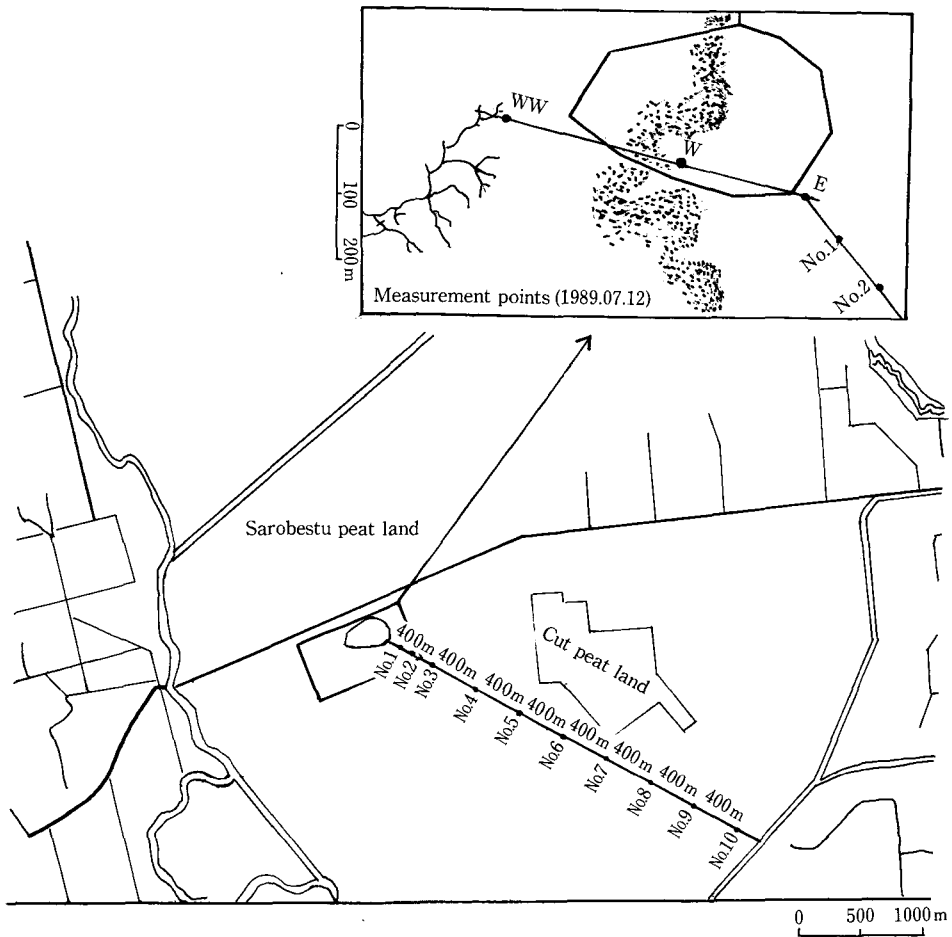


Fig. 2. Measurement points of surface temperature and depth of ground-water

湿計を用いて30分間隔で移動観測を行った。

3. 測定方法

1989年と1990年の表面温度の観測方法は、各観測点で赤外線放射温度計（ミノルタ IR-0510, ナショナル ER-200）によって20点の表面温度を測定し、この平均値をその測定の表面温度とした。また、気温、湿度は、観測点にポールを立て、1.5mの高さの気温、湿度をアスマン通風乾湿計で観測した。

1990年の地下水面の深さの測定法は、各観測点にパイプを埋設し、テスターで地下水面を測定して、地表面から地下水面の深さを計算した。測定日は、5月29日、7月7日、9月14日で、各日1~3回測定を行った。

また、各観測点の植生状態の調査も行った。特に

No.3とNo.4は植生が異なり、No.3の植生はヨシ、No.4の植生はミズゴケである。

この2点の同時刻の表面温度の測定を1990年9月26日に行った。

C. 衛星データによる植生と地表面温度の解析

現地観測の結果、表面温度は植生によって影響を受けることが判明したので、衛星データについて植生指数を計算し、これと地表面温度との関係を調べた。また、クラスター分析で土地被覆分類を行い、この土地被覆分類ごとの地表面温度を調べた。

1. 植生指数の計算方法

植物の活性などを示すパラメータを植生指数といい、一般に植物の最小反射波長域（赤色部-クロロフィルの吸収波長帯で0.63~0.69μm）と、最大反射波長域（近赤外で0.75~0.90μm）の比や差で

表わされる。これは植物の活性が衰えると赤色部の放射に対して、近赤外部の放射が変化するためである。ランドサット TM の場合は、赤色 (RED) としてバンド 3 (0.63~0.69 μm) が、近赤外 (IR) としてバンド 4 (0.76~0.90 μm) が使用される。すなわち、植生指数は(2)式²⁾で計算される。

$$VI = (TM_4 - TM_3) / (TM_4 + TM_3) \quad (2)$$

VI: 植生指数, TM_4 : TM データのバンド 4 の DN 値, TM_3 : TM データのバンド 3 の DN 値

これを地表面温度と同様に画像化して、5万分の1の地形図と対応させて、各場所の植生指数を調べた。

2. 土地被覆分類方法

地表面がどのような被覆状態かを調べるため、ランドサット TM のバンド 1, 2, 3, 4, 5, 7 を使用して、土地被覆分類を行った。これは地上の状態によって分光反射率が異なるため、この分光反射の同じようなものを集めて分類するものである。TM データから後述する現地観測を行った地域の 200 ピクセル×200 ラインの範囲を切り出し、クラスター分析の重心法で解析を行った。なお、計算は北大大型計算機センターの SAS を使用した。

3. 植生指数、土地被覆分類と地表面温度の関係の解析

地表面温度は、植生状態や土地被覆の種類に影響されて異なった値を示す。(1)式で計算した地表面温度と植生指数の相関関係を調べて、植生と地表面温度の関係を考察した。また、土地被覆分類ごとの地表面温度の順位を調べた。

III. 研究結果および考察

A. 衛星データによる地表面温度の分布

解析した 8 シーンについて地表面温度の分布を画像化した。その例を Plate 1 に示す。これらの地表面温度の分布図から昼間の地表面温度の高低について見ると、次のように要約された。

- 現地観測を行った上サロベツ原野の泥炭地は、一般的に地表面温度は高い。
- 市街地の地表面温度は最も高い。
- Plate 1 の東側の山地は、一般的に地表面温度が低い。
- 海表面温度は 5 月~7 月までは最も低いが、9 月、10 月は一般的に高い。

また、夜間については 1985 年 6 月 18 日の 1 シー

ンのみであるが、次のようなことが要約された。

- 上サロベツ原野は、一般的に低温である。
- 最も高温の場所は、海とベンケ沼の水表面温度である。
- 市街地は、ほぼ中間的な地表面温度である。

以上の結果によると、市街地や海、沼などの地表面温度の昼夜の差異は、一般的な概念の昼夜の差異と一致しており、衛星の熱赤外データから比較的正確に地表面温度の状態が推定できることを示している。この衛星データによると、泥炭原野は一般的に昼間は周囲の畑地などより高温であるが、夜間には低温になることが判明した。

さらに、上サロベツ原野内の原生花園付近について 200 ピクセル×200 ラインを切り出し、詳細に昼間の地表面温度を調べると、次のように要約された。

- 1990 年の現地観測の観測線の中央部、No. 4 ~No. 8 付近は、周囲の泥炭地より地表面温度が高い。
- 観測線と解析地区の南西部のサロベツ川の間地表面温度は、サロベツ川に近づくほど地表面温度が低い。この地表面温度の低い所は、後に示す現地観測によるとササが侵入している所である。
- 泥炭採掘地は、空中写真で水面になっていると思われる所は、常に地表面温度は低温で、また泥炭が露出していると思われる所は、5 月~7 月は高温である。

B. 現地における観測結果

1. 1989 年の観測結果

1989 年 7 月 12 日の現地観測の結果を Table 2 に示す。Table 2 によると表面温度および湿度は、ササが侵入していない泥炭地 (E 地点) が、ササが侵入している泥炭地 (WW 地点) より高いことが判明した。気温については、表面温度とはかならずしも一致しなかった。これは、風向などの影響のためと思われる。

2. 1990 年の観測結果

No. 1 から No. 10 までの各測定表面温度、気温、湿度の高低を調べるため、Table 3 や Fig. 3 に示すような図表を作成し、各観測点間の高低の順位を調べた。その結果は次のように要約された。

- 表面温度の順位
各観測点の表面温度の順位は、No. 5, (No.

Table 2. Results of ground measurement on 1989.07.12

	Time	WW	W	E	Weather
Surface temperature(°C)	10:00	20.0	—	20.9	Cloudy
	10:30	20.7	—	21.0	Cloudy~Fine
	11:00	—	—	(19.8)	Cloudy~Rainy
	13:00	17.4	18.7	18.3	Rainy
	Mean	19.4	(18.7)	20.1	
Air temperature(°C)	10:00	18.7	—	18.5	Cloudy
	10:30	18.9	—	18.7	Cloudy~Fine
	11:00	18.5	—	18.0	Cloudy~Rainy
	13:00	16.8	16.8	16.8	Rainy
	Mean	18.2	(16.8)	18.0	
Relative humidity(%)	10:00	95.6	—	96.3	Cloudy
	10:30	95.0	—	96.0	Cloudy~Fine
	11:00	95.6	—	97.3	Cloudy~Rainy
	13:00	98.2	98.2	98.6	Rainy
	Mean	96.1	(98.2)	97.1	

6, No.7), (No.4, No.8), No.10, (No.2, No.3) の順に高温である。しかし、括弧内の順位はどちらが高いが判断出来なかった。その他の観測点の順位は特定は出来なかった。

b. 気温の順位

各点の気温の順位は、No.8, No.7, No.10, No.9, No.2, No.6, No.3, No.5 の順に高温である。

c. 湿度の順位

各点の湿度の順位は、No.3, No.4, (No.8, No.2), (No.5, No.6), No.9, (No.7, No.10) の順に高湿である。

地下水面の深さ及び表面温度との関係：地下水面の深さの測定値の平均値を Fig.4 に示す。この図から地下水面が深い観測点は、No.5, No.8, No.10 であることが分る。また、地下水面が最も浅い観測点は No.4 である。表面温度の順位と地下水面の深さの深い順を纏めて Table 4 に示す。最も表面

Table 3. Surface temperature of the measurement points in Sarobetsu (1990.07.07)

Observation time	Surface temperature(°C)										Weather
	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10		
10:00	24.1	—	—	23.8	—	23.5	—	—	—	Cloudy	
10:30	—	22.2	—	—	24.5	—	24.0	23.5	—	Cloudy	
11:00	—	—	24.6	25.6	—	27.1	—	—	24.7	Cloudy	
10:30	24.2	—	—	—	24.7	—	26.1	24.4	—	Cloudy	
12:00	—	22.9	—	28.7	—	27.8	—	—	26.0	Cloudy	
12:30	—	—	33.4	—	31.9	—	30.9	27.9	—	Fine~Cloudy	
13:00	32.7	—	—	29.3	—	30.9	—	—	31.0	Fine~Cloudy	
13:30	—	27.7	—	—	30.0	—	32.7	34.4	—	Fine~Cloudy	
14:00	—	—	30.4	29.8	—	29.1	—	—	27.3	Fine~Cloudy	
14:30	28.8	—	—	—	29.0	—	31.1	27.0	—	Fine	
15:00	—	25.7	—	28.8	—	29.2	—	—	28.2	Fine	
15:30	—	—	27.5	—	27.4	—	27.0	25.7	—	Fine	
16:00	26.2	—	—	—	—	—	—	—	—	Fine	
10:00-13:00	28.4	—	—	26.6	—	27.2	—	—	—	Mean Surface temperature	
11:30-14:30	26.5	—	—	—	26.9	—	28.6	25.7	—		
10:30-13:30	—	25.0	—	—	27.3	—	28.4	29.0	—		
12:00-15:00	—	24.3	—	28.8	—	28.5	—	—	27.1		
11:00-14:00	—	—	27.5	27.7	—	28.1	—	—	26.0		
12:30-15:30	—	—	30.5	—	29.7	—	28.3	26.8	—		

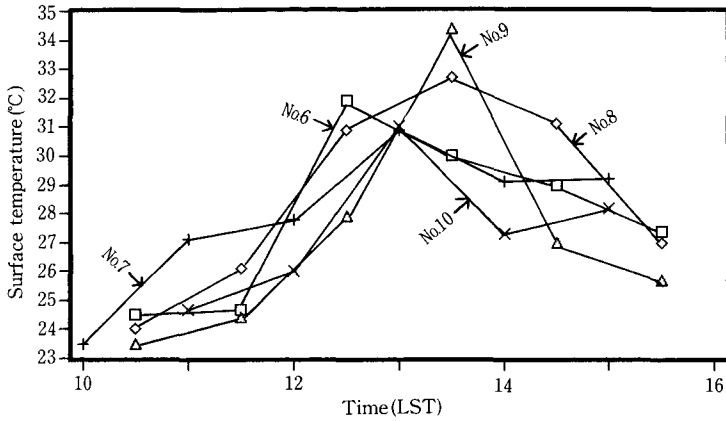


Fig. 3. Change of surface temperature for each measurement point (1990.07.07)

温度が高い No. 5 は地下水面が最も深い、他の観測点では表面温度と地下水面の深さの順位は不同で、地下水位と表面温度には関係がないように見られる。これは、各観測点の植生が異なり、表面温度は、この植生の表面温度を測定しているためと思われる。

植生の違いによる表面温度の比較：観測した No. 3 と No. 4 の表面温度の比較を Table 5 に示す。

Table 5 から No. 4 のミズゴケ泥炭地の方が No. 3 のヨシ植生の泥炭地より表面温度が高いことが分る。両観測点の差の平均は 4.3°C である。この原因として、植生があると蒸発散量が多くなること、また植生の熱容量が小さいことが考えられる。また、Table 3 より No. 10 のササの植生地と No. 3 のヨシの植生地の表面温度を比較すると、No. 10 の方が高温である。すなわち、ササの生えている泥炭地

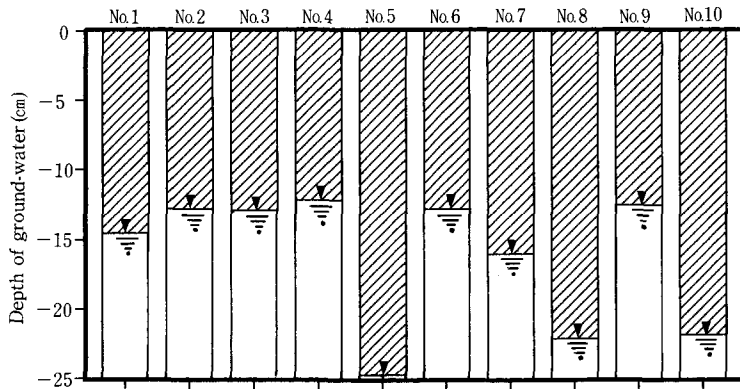


Fig. 4. Mean depth of ground-water at each measurement point

Table 4. Ranking of surface temperature and depth of ground-water

Ranking	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperature	No. 5	(No. 6	No. 7)	(No. 4	No. 8)	No. 10	(No. 2	No. 3)		
depth of ground-water	No. 5	No. 8	No. 10	No. 7	No. 1	No. 3	(No. 2	No. 6)	No. 9	No. 4

Table 5. Comparison of surface temperature between No. 3 and No. 4 (1990.09.27)

Time	Temperature(°C)		Temperature difference(°C)	Air temperature(°C)	Note
	No. 3	No. 4			
9:15	21.8	24.3	2.5	18.0	Fine weather
9:20	21.8	26.3	4.5	—	
9:25	21.6	26.7	5.1	—	
9:30	21.7	26.4	4.7	—	
9:35	—	(25.7)	—	—	
9:40	21.6	26.1	4.5	—	
9:45	—	(25.5)	—	18.6	
Mean	21.7	26.0	4.3	18.3	

はヨシの生えている泥炭地より表面温度が高温である。

3. 現地観測における結論

昼間の現地観測の結果からつぎのようなことが判明した。

- 表面温度は地下水面の深さの影響を直接受けないで、その植生の影響を受ける。
- ミズゴケが生えている泥炭地はヨシが生えている泥炭地より表面温度が高い。
- ササの生えている泥炭地はヨシの生えている泥炭地より表面温度は高い。

C. 衛星データによる植生と地表面温度の解析

1. 観測点の衛星データの地表面温度と現地観測の表面温度の比較

衛星データによる地表面温度を詳細に調べるため、1990年の現地観測点付近の地表面温度が良く図上に表われるように、衛星の地表面温度分布を画像化した。1987年9月17日のシーンを除いた昼間の6シーンについて地表面温度分布図から観測点の地表面温度を読み取り表にした。その表を Table 6

に示す。この表によると地表面温度が高温な順位は、No. 7, No. 9, No. 5, No. 8, No. 6, No. 4, No. 3, No. 1, No. 2, No. 10である。現地観測の順位であるNo. 5, (No. 6, No. 7), (No. 4, No. 8), No. 10, (No. 2, No. 3), と比較すると、No. 5, No. 8の観測点は高温で、No. 2, No. 3は低温であるなどおおよその傾向は類似している。さらに、1990年5月30日9時30分の現地観測データと1989年5月17日の衛星データ(9時30分)、および1990年7月8日9時30分の現地観測データと1989年7月4日の衛星データ(9時30分)を比較した。その結果を Table 7に示す。5月7日の衛星データは場所によるバラツキが大きく、現地観測の順位は衛星データと必ずしも一致していないが、7月のデータはNo. 7は欠測であるが、No. 5, No. 9, No. 3の表面温度の順序は一致している。しかし、No. 5とNo. 3の温度差を比較すると、現地観測では、4.2°Cであるのに対して衛星データの温度差は1.9°Cである。これは年による違いと、衛星データは広い範囲の平均的な値であるため大気などの減衰

Table 6. Surface temperature of measurement points by Landsat TM data(°C)

Date	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
1989.05.17	19.1	19.1	20.0	19.5	19.5	19.5	20.0	19.5	20.0	20.5
1988.05.30	37.6	37.6	39.0	38.1	39.0	40.4	40.4	39.0	39.5	37.6
1984.06.04	27.8	27.8	30.2	29.3	28.8	27.8	28.3	28.8	29.3	27.4
1989.07.04	30.2	30.2	28.8	30.2	30.7	30.2	30.7	29.7	29.7	29.3
1985.07.09	28.3	27.8	27.4	27.4	28.3	27.8	27.8	28.8	28.8	27.4
1988.10.05	24.2	24.2	22.3	24.2	24.2	23.7	25.1	23.7	23.7	22.3
Mean temperature Ranking	27.9 ⑧	27.8 ⑨	28.0 ⑦	28.1 ⑥	28.4 ③	28.2 ⑤	28.7 ①	28.3 ④	28.5 ②	27.4 ⑩

Table 7. Comparison of surface temperature between observed on the ground and derived from Landsat TM data

Measurement point	No. 2	No. 3	No. 4	No. 6
1990.05.30 9:30 Observation data	15.2°C	14.2°C	14.5°C	13.9°C
1989.05.17 9:30 Landsat data	19.1°C	20.0°C	19.5°C	19.5°C
Measurement point	No. 3	No. 5	No. 7	No. 9
1990.07.08 9:30 Observation data	23.5°C	27.7°C	—	25.8°C
1989.07.04 9:30 Landsat data	28.8°C	30.7°C	30.7°C	29.7°C

の影響もあると思われる。

2. 衛星データによる植生指数、土地被覆分類と地表面温度の関係

a. 植生指数の分布

解析地区の植生指数の分布図の例を Plate 2 に示す。これらの図から全般的に次のようなことが読み取れた。

- 1) 上サロベツ泥炭原野内は、一般的に植生指数が小さい。
- 2) 周辺部の畑地と思われる所は、植生指数が大きい。
- 3) 図の東側の山地も一般に植生指数が大きい。
- 4) 泥炭原野内では、泥炭採掘地の植生指数が特に小さい。
- 5) 泥炭原野内の現地観測を行った観測線から南西部のサロベツ川に近づくにつれて、植生指数が大きくなっている。この部分は、現地観測によるとササの侵入している所である。

以上のように泥炭原野は植生指数が小さく、ササが侵入してくると植生指数が大きくなることが判明した。

b. クラスタ分析による土地被覆分類

解析地区から切り出した 200 ピクセル×200 ラインの場所のクラスタ分析の結果をカラープリントに出力させた。この場所は、現地観測を行った付近である。クラスタ分析結果と空中写真、および植生指数の分布によると、次のような土地被覆が分類された。

- 1) 泥炭採掘地（泥炭原土が露出している所と滞水している所）

- 2) 泥炭原野でササなどの侵入がない所
 - 3) 泥炭地でもササが侵入している所、またはヨシなどの植物の繁茂地
 - 4) 畑又は牧草地
 - 5) 林地又はその他の植生
- 一般的に泥炭採掘地、畑地(牧草地)、泥炭地内のササが侵入した所がよく分類されているが、林地はよく分類されていなかった。

c. 地表面温度と植生指数の関係

地表面温度と植生状態の関係を調べるため、各シーンのデータについて上サロベツ原野から切り出した昼間の 7 シーンの 200 ピクセル×200 ラインについて各ピクセルの地表面温度と植生指数の関係を図面上にプロットした。Fig. 5 は 1985 年 7 月 9 日のプロット図の例である。これらの図は、植生がない道路、水路などを除いた点について調べたものである。また、クラスタ分析で植生地以外を除いた地表面温度と植生指数の回帰分析の結果を Table 8 に示す。これらの図表から次のことが要約出来た。

- 1) 回帰分析の結果によると、植生指数と地表面温度は、ほぼ負の相関関係である。すなわち、植生指数が大きい所ほど地表面温度が低く、植生指数が小さい所ほど地表面温度が高い。
- 2) 1989 年 5 月 17 日、1987 年 9 月 17 日、1988 年 10 月 5 日の春季と秋季のデータは、相関係数が小さく、回帰係数や定数項も他のデータと特に異なっている。
- 3) 1984 年 6 月 4 日、1985 年 7 月 9 日、1988 年 5 月 30 日、1989 年 7 月 4 日の夏季のデータの回帰係数、定数項は、似かよった値を示している。また、相関係数も大きい。

Table 8. Relationship between surface temperature and vegetation index

Date	Correlation coefficient	Regression coefficient	Constant	Standard error(°C)
1989.05.17	0.02**	1.28	19.3	1.1
1988.05.30	0.52**	-15.20	40.9	2.2
1984.06.04	0.48**	-14.17	32.3	2.1
1989.07.04	0.45**	-17.35	35.4	1.9
1985.07.09	0.58**	-17.33	34.7	1.4
1987.09.17	0.03**	3.04	11.3	1.9
1988.10.05	0.27**	-7.15	24.6	1.1

** 1% Significance

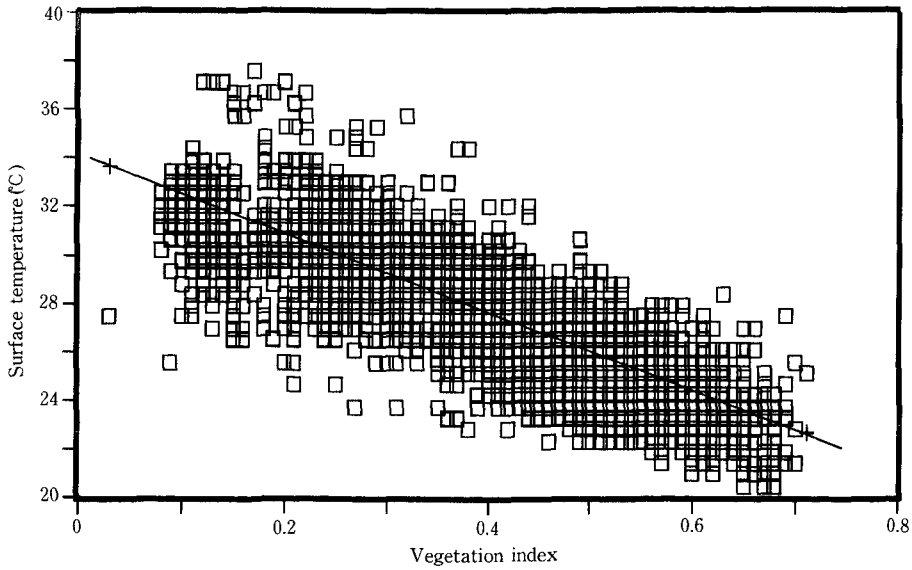


Fig. 5. Relationship between surface temperature and vegetation index

これらのことから、春季および秋季は、植生指数と地表面温度の相関関係は小さいといえる。逆に、夏季には植生指数と地表面温度との相関は大きく、回帰係数は-14~-18の間、定数項は、30~40程度になると推定される。すなわち、 $T_s = (-14 \sim -18)VI + (30 \sim 40)$ となることが判明した。これらの結果から、地表面温度から夏季の植生量が推定出来る可能性がある。

d. 地表面温度と土地被覆分類の関係

クラスター分析によって分類したクラスターごとに平均地表面温度および標準偏差を計算し、土地被覆分類による地表面温度の相違を調べた。その結

果、各シーンによって地表面温度の順位が異なる。そのため、これらの土地被覆分類の地表面温度の各シーンについて順位を付け、その順位の平均値を計算した。その結果を Table 9 に示す。この結果から次のことが判明した。

- 1) 最も地表面温度が高い所は、泥炭採掘地で、次いで裸地に分類された所である。
- 2) ササ地、植生地（ササ侵入地以外の泥炭地）、畑地(または牧草地)など植生がある所は、地表面温度がほぼ同じ順位である。
- 3) 最も地表面温度が低い所は、水面で、次いでその他に分類された所である。

Table 9. Mean surface temperature and Standard deviation for each Land cover

Date	Bamboo grass	Bare soil	Vegetation land	The rest	Water	Crop field	Cut peat land
	Mean SD (°C)	Mean SD (°C)	Mean SD (°C)	Mean SD (°C)	Mean SD (°C)	Mean SD (°C)	Mean SD (°C)
1989. 5.17	② 19.6 1.1	② 19.6 1.2	④ 19.5 1.2	⑤ 19.0 1.4	⑦ 16.6 2.4	① 20.0 0.8	⑥ 17.7 1.9
1988. 5.30	④ 34.7 2.5	② 39.9 4.4	③ 37.4 3.3	⑦ 31.0 4.9	⑤ 32.4 4.9	⑥ 32.2 2.1	① 40.5 4.9
1984. 6. 4	④ 27.2 2.8	② 31.5 3.8	③ 28.7 1.9	⑤ 26.5 3.9	⑦ 23.3 1.8	⑥ 24.4 2.2	① 34.5 3.1
1989. 7. 4	③ 27.6 2.1	— —	② 28.5 2.4	⑥ 22.5 1.7	⑤ 25.9 2.8	④ 26.6 3.3	① 31.9 3.7
1985. 7. 9	⑤ 26.1 1.5	① 30.3 2.0	④ 27.1 1.5	⑥ 24.1 2.0	⑦ 22.9 1.8	② 27.4 3.1	③ 27.3 1.8
1987. 9.17	③ 12.8 1.8	② 13.6 1.5	⑤ 11.6 2.3	④ 12.4 1.6	⑥ 11.3 1.0	① 14.0 1.4	— —
1988.10. 5	② 21.6 0.9	⑦ 17.9 2.2	① 22.7 1.4	⑤ 19.6 1.3	⑥ 18.5 1.8	④ 20.5 0.9	③ 21.1 1.5
Mean ranking	3.3	2.7	3.1	5.4	6.1	3.4	2.5

○ Ranking

- 4) シーンによって特に顕著な順位に差異を示すのは、1989年5月17日のシーンの泥炭採掘地と1988年10月5日のシーンの裸地である。これらのシーンの泥炭採掘地と裸地は、他のシーンより特に低い地表面温度を示している。これから、泥炭採掘地は春に低温を示し、裸地は秋に低温になることが予想される。

ま と め

比較的均一と思われた泥炭原野の中でも、植生の違いが表面温度に影響していることが判明した。衛星データの解析と現地観測の結果、表面温度について次のようなことが判明した。

- 1) ミズゴケ泥炭が多い所は、昼間の表面温度が高い。
- 2) ササが侵入してくると表面温度は低くなる。
- 3) 植生指数と表面温度の間には負の相関関係がある。
- 4) 夏季の植生指数と表面温度の関係は、およそ $T_s = (-14 \sim -18)VI + (30 \sim 40)$ で表わされる。

あとがき

今回の研究には、現地観測の回数が少なく、観測日も曇天日が多かったので、思った結果が出なかった。また、地上の植生が年によって僅かに変わっているので、現地観測の結果と前年の衛星データを比較する時必ず誤差が入る。今回の研究の結果について、さらに観測、解析を行って確認する必要がある。

本研究を進めるに当り、測定の便宜をはかっていただいた利尻礼文サロベツ国立公園管理事務所に厚くお礼申し上げる。また、現地観測に対して御協力いただいた当教室学生諸氏に深く感謝する。

参 考 文 献

1. RICHARD G. LATHROP, JR. and THOMAS M. LILLESAND: Calibration of Thematic Mapper Thermal Data for Water Surface Temperature Mapping: Case Study on the Great Lakes: REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT 22: 297-307 (1987)
2. U. S. Department of Agriculture, Science and

Education Administration: Hand-Held Radiometry: A Set of Notes Developed for Use at the Workshop on Hand-Held Radiometry, Phoenix, Ariz., February 25-26, 1980: Agricultural Reviews and Manuals, ARM-W-19/October 1980.

Summary

Because it has become easy to measure surface temperature by radio-thermometer and to obtain surface temperature data recently from satellite, knowledge of surface temperature has become more relevant for agriculture and agricultural meteorology. However, surface temperature on the canopy has not been studied sufficiently.

The following three experiments were performed to define the characteristics of surface temperature on peat land.

- ① Analysis of surface temperature derived from Landsat TM data on Sarobetsu peat land.
- ② Ground measurement at certain points on the peat land using portable radio-thermometers (Fig. 2).
- ③ Study of the relationship between surface temperature and vegetation index or land cover using Landsat TM data.

Landsat TM data for 8 scenes (Table 1) were processed to produce color images of surface temperature (Plate 1), and surface temperatures were compared with land uses. The results obtained from daytime data are as follows: 1) surface temperature on the peat land around the observed points is higher than on other peat land or land covers; 2) urban areas have the highest surface temperatures; 3) mountain regions have lower surface temperatures; and, 4) sea surface temperature is lowest from May to July.

Surface temperature, air temperature, humidity, depth of ground water and vegetation were observed around some points on transections of the peat land from May to September in 1989 and 1990. It became clear from ground measurements that: 1) surface temperature was not influenced by depth of ground water (Table 4), but rather by the state of the vegetation; 2) surface temperature on sphagnum vegetation was higher than on bulrush vegetation; 3) surface temperature on bamboo grass vegetation was higher than on bulrush vegeta-

tion.

The vegetation index for each pixel of the observed area was calculated using Landsat TM data, and regression equations of showing the relationship between vegetation index and surface temperature were calculated from daytime data (7 scenes). Reverse regression coefficients were obtained between vegetation index and surface temperature (Fig. 5). Also, the mean surface temperatures of land uses classified by cluster analysis were compar-

ed (Table. 9).

The conclusions of these studies are that: 1) surface temperature on sphagnum vegetation is higher than on other vegetation; 2) when the land is covered with bamboo grass, surface temperature lowers; 3) the regression coefficient between vegetation index and surface temperature is reverse; and, 4) the regression equation is estimated as approximately $T_s = (-14 \sim -18)VI + (30 \sim 40)$.

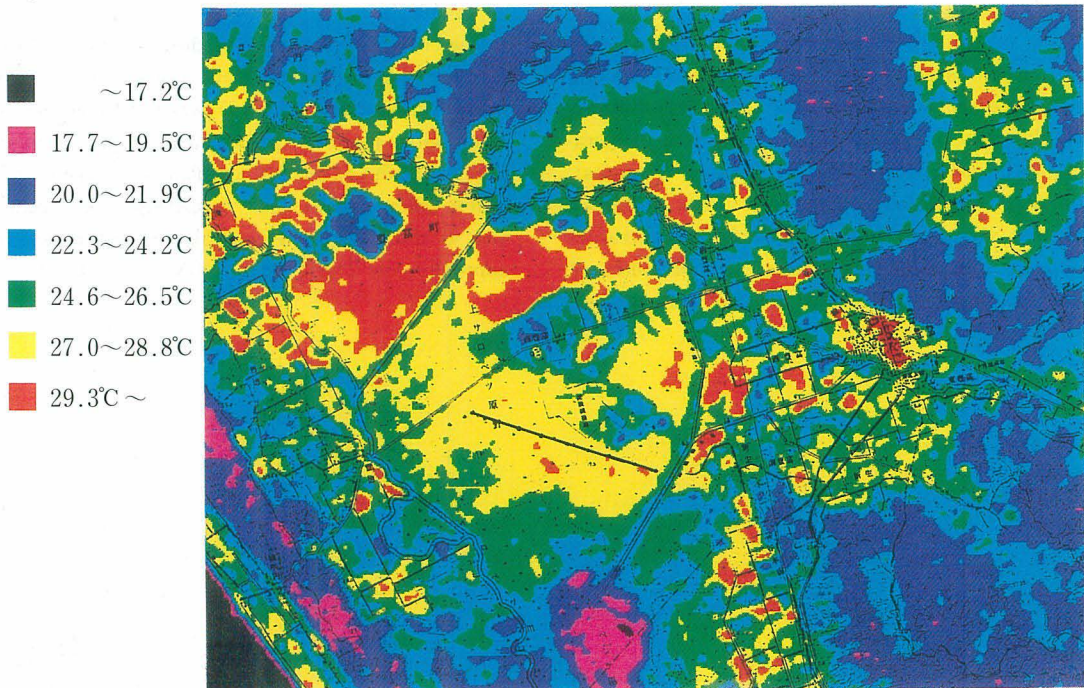


Plate 1. Distribution of surface temperature in Sarobetsu, Hokkaido
(by Landsat TM data, Jul. 09, 1985)

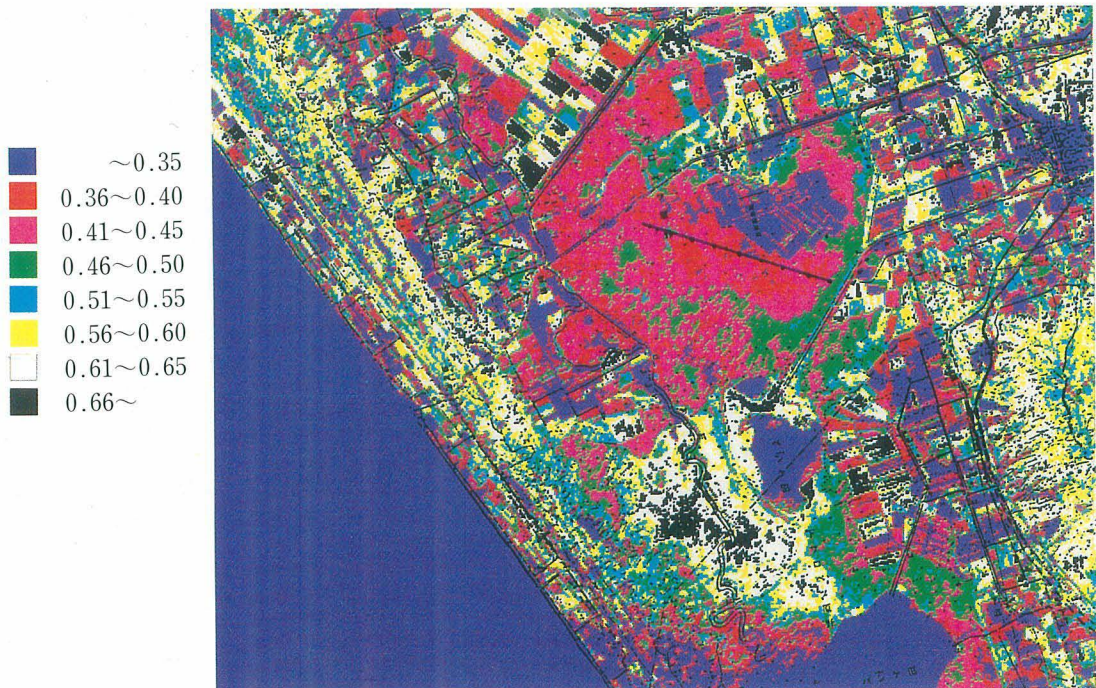


Plate 2. Distribution of vegetation index in Sarobetsu, Hokkaido
(by Landsat TM data, Jul. 04, 1989)