



Title	衛星データによる中国遼寧省の気温分布と気温区分の推定
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, 22(1), 51-61
Issue Date	1999-03-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12185
Type	departmental bulletin paper
File Information	22(1)_p51-61.pdf



衛星データによる中国遼寧省の気温分布と気温区分の推定

*王 秀峰, *堀口 郁夫, *武田 知己, *矢沢 正士

劉 新安, *楊 永岐, **王 秋鳳

*北海道大学大学院・農学研究科・環境資源学専攻・地域環境学講座・農地環境情報学分野

**中国瀋陽農業大学・農業気象系

***中国遼寧省気象局

Estimations of Distribution and Zoning for Air Temperature using Satellite Data over Liaoning Province, China

*Xiufeng WANG, *Ikuo Horiguchi, *Tomomi Takeda, *Masao Yazawa

Xinan Liu, *Yongqi Yang and **Qiufeng Wang

*Environmental Information of Land, Regional
Environment, Division of Environmental Resources,
Graduate School of Agriculture, Hokkaido University
Sapporo, 060-8589 Japan

**Department of Agricultural Meteorology,
Shenyang Agricultural University, Shenyang, China

***Meteorological Bureau of Liaoning Province,
Shenyang, China,

I. はじめに

衛星赤外データは地表面からの熱放射を測定している。したがって、このデータを使用して地表面温度が計算できる。一方、気温は地表面温度によって形成されるため、地表面温度を使用して気温が推定できる。そのため衛星赤外データから地表面温度を計算し、さらに気温を推定することが試みられている^{1),2),3)}。

衛星赤外データを使用すると広い範囲の気温分布が推定でき、しかも平面的に密で地上では測定できないところの気温のデータを含んでいる。しかし、推定精度は地上測定と比較してよくない。そのため、精度よりも広範囲の気温分布が必要な場合に使用できる。

一方、中国東北部に位置する遼寧省は中国の重要な農業地域で、毎年、新種の作物を導入し、中国全国に食料を輸出している。しかし、全省の詳細な気温分布図が無く、また災害危険地が明確でないため、しばしば新種の作物の導入に失敗することもある。このようなところに平面的に密な気温分布図や災害

危険地の図画が作成されると、新しい品種の導入や栽培適地の選定に非常に役に立つ。

そのため、遼寧省について、衛星赤外データから気温分布を推定し、地域的な気温分布区分を試み、作物栽培のためにメッシュ単位の気温の特徴を知る可能性について研究を行った。また、標高から推定した気温の有効性についても解析した。

II. 研究方法

A. 研究対象地域の特徴

中国遼寧省は中国東北部の南部で、北緯 38°45' ~ 43°30', 東経 118°45' ~ 125°50' の範囲に位置している(図1)。面積は 150,000 km² で北海道の約 2 倍であり、このうち耕地面積は約 47,000 km² である。標高は全般的に 1000 m 以下で、中央部は標高 50 m 以下の遼河平原で、東部と西部は相対的に高く、高地や山岳地帯である。年降水量は 400 mm ~ 1200 mm で、降雨の約 60% は 6 月 ~ 8 月に集中している。地域的には遼寧省の東部は降水量が多く、西北部は少ないため春に干ばつになりやすい。年平均気温は 4°C ~ 10°C で、無霜期間は 150 日 ~ 180 日である(表

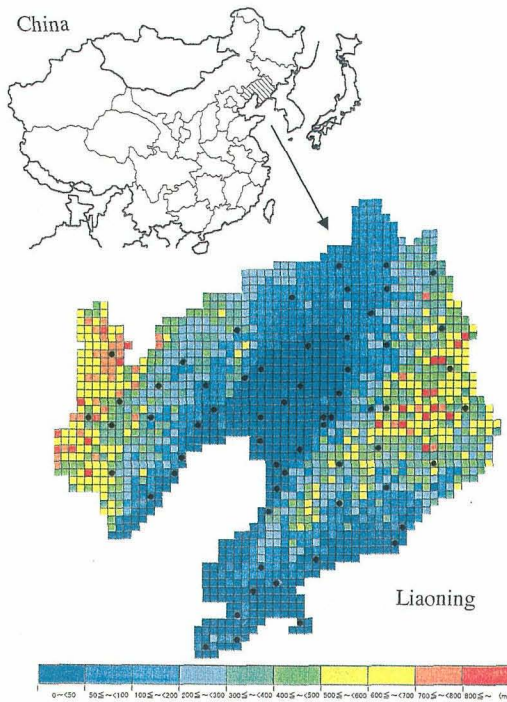


図1 解析地区(中国遼寧省)の位置、標高分布および気象官署の位置

Fig. 1 Analyzed area (Liaoning Province, China), ground height and location of meteorological stations.

6参照)。遼寧省における地上観測点(気象官署)は61個所である。図1に遼寧省の位置、標高、気象官署の位置などを示す。

B. 解析に使用したデータ

a. 衛星データ

使用した衛星データは静止気象衛星ひまわり(以下、GMS)4号と5号の赤外データである。地上分解能は赤道直下で5 km×5 kmであるが、解析地区では約5.7 km(経度)×約8.5 km(緯度)である。GMSの赤外データの観測波長域は、4号は10.5~12.5 μm範囲の1チャンネルで、5号は10.5~11.5 μmと11.5~12.5 μmの2チャンネルである。そのため両号の大気補正方式は異なる。使用したデータの月および時間は、1995年5月~10月間の晴天日の6時(グリニッチ標準時間(GMT)、現地時間(LST)では14時)と18時(GMT、現地時間(LST)では02時)で、合計30シーンのデータである。この時間帯は最高気温と最低気温を推定するのに都合がよい。以下、特に断らない限り現地時間(LST)で表

表1 解析に使用したGMSデータ
Table 1. GMS data used for the analyses.

月	14時	02時
5月	3日*, 15日*, 26日*, 30日*	3日*, 15日*, 26日*, 30日*
6月	14日	5日*, 14日
7月	6日, 7日, 21日	7日
8月	20日, 21日	20日, 21日
9月	4日, 11日, 16日, 17日	4日, 11日, 17日
10月	9日, 19日	9日, 19日

*はGMS 4号, その他はGMS 5号

示する。使用したデータの一覧を表1に示す。表1によると5月と9月のデータが3~4シーンと多く、他の月は1~3シーンで、特に6月は昼夜合計3シーンと利用できるデータが少なかった。

衛星データの前処理は堀口ら(1997)⁴⁾が開発した解析システムを使用した。すなわち、衛星原画像データファイルから遼寧省地域のデータを切り出し、地図投影変換を行った。本システムでは木川(1992)のアルゴリズムによる投影変換情報を使用して、高精度(誤差140 μrad=赤外1ライン以内)の座標変換を実現している。

大気補正はGMS 4号について阿部(1979)⁵⁾による式(1)で、GMS 5号は2つのチャンネルを持つているため、白川(1994)⁶⁾によるスプリット・ウィンド補正式の式(2)で算出した。

$$T_s = T_{BB} + \Delta T \quad (1)$$

$$\Delta T = \sec \theta \{0.189 A \omega + 4(1-A)\}$$

$$A = 1400 / \{(310 - T_{BB})^2 + 1400\}$$

ここに、 T_s は地表面温度(K)、 T_{BB} は衛星観測輝度温度(K)、 ΔT は大気補正量(K)、 θ は衛星天頂角、 ω は可降水量(mm)である。

$$T_s = aT_{11} + b(T_{11} - T_{12}) + c(T_{11} - T_{12}) / (\sec \theta - 1) + d \quad (2)$$

ここでは、 $a=1.03283$ 、 $b=3.8551$ 、 $c=1.5596$ 、 $d=5.2395$ 、 T_{11} 、 T_{12} はそれぞれ10.5~11.5 μm及び11.5~12.5 μmチャンネルの衛星観測輝度温度(K)である。

各シーンについて東経118°30'~126°00'、北緯38°30'~43°30'の範囲を、緯度5'、経度7.5'間隔で縦と横60区画に分けた。この1区画は地表で約9.3

km×10.7 km に対応し、以下ではこれをメッシュと称する。解析地区の全メッシュ (60×60) の温度を計算した。雲があるメッシュは特別に低い温度を示すので、この部分のデータは除外した。

b. 地上データ

使用した GMS データからの地表面温度と照合するため、61 個所の地上観測点の 14 時と 02 時の気温データ及び瀋陽観測点の可降水量を入手した。また、遼寧省の全省について、20 万分の一地形図を基に、緯度 5′、経度 7.5′ 間隔毎に区切り、東西 57 個、南北 58 個のメッシュ図を作成した (図 1 参照)。この図によって、メッシュごとの標高データを読み取り、標高データファイルを作成した。

C. 解析方法

解析は、(1) GMS データを用いた気温推定、(2) 標高データを用いた気温推定、の 2 項目について行った。

(1) については、① GMS データから地表面温度を算出する、② この地表面温度について地上気温観測点を含むピクセルを抽出する、③ このデータを用い

て各地上観測点の気温と地表面温度との回帰分析を行う、④ その結果を全省に適用する、⑤ 気温分布のタイプ別の分類を行う、⑥ さらに、遼寧省の気温区分を推定する、の順序で解析した。

(2) については、① 標高データを使用して減率 (0.65°C/100 m) によって地上気温観測点の気温を推定する (この場合、基準気温は海岸近くの観測点の気温とした)、② この気温と地上観測の気温データとの回帰分析を行い補正する、③ その結果を全省に適用する、の順序で解析した。

III 結果及び考察

A. 回帰分析結果

GMS データから算出した地表面温度と地上観測点の気温との回帰分析結果について検討した。表 2-1 と表 2-2 に相関係数、標準誤差、回帰式の勾配 (回帰係数)、温度範囲などを示す。

a. GMS データ

昼 14 時のデータでは 5% 以上の有意水準を示さ

表 2-1 GMS からの地表面温度と観測気温の回帰分析 (14 時)

Table 2-1. Regression analyses between surface temperature derived from GMS data and air temperature observed at meteorological station (14:00 LST).

測定日	観測点数	地表面温度と気温の相関係数 (R)	標準誤差 (RMS °C)	回帰式の勾配	GMS の地表面温度範囲(A) (°C)	観測気温の範囲(B) (°C)	(A)-(B) (°C)
1995.05.03	47	0.14	1.7 [#]	0.03	28.1	11.0	17.1 ^{&}
1995.05.15	59	0.40**	2.0	0.12	30.8	13.6	17.2 ^{&}
1955.05.26	48	0.49**	1.6 ^{&}	0.10	30.4	8.3	22.1
1995.05.30	52	0.37**	1.8 ^{&}	0.08	34.7	10.5	24.2
1995.06.14	55	0.57**	2.7	0.09	41.0	13.8	27.2
1995.07.06	61	0.62**	1.5 ^{&}	0.22	25.6	8.9	16.7 ^{&}
1995.07.07	60	0.72**	1.9 ^{&}	0.36 [#]	26.9	11.8	15.1 ^{&}
1995.07.21	61	0.62**	1.7 ^{&}	0.30 [#]	22.2	11.1	11.1 ^{&}
1995.08.20	61	0.56**	1.2 ^{&}	0.16	25.7	7.3	18.4 ^{&}
1995.08.21	51	0.33*	1.3 ^{&}	0.22	10.4	7.9	2.5 ^{&}
1995.09.04	57	0.49**	1.7 ^{&}	0.31 [#]	13.0	7.2	5.8 ^{&}
1995.09.11	61	0.75**	1.0 ^{&}	0.31 [#]	19.7	7.3	12.4 ^{&}
1995.09.16	61	0.20	1.3 ^{&}	0.08	14.6	5.8	8.8 ^{&}
1995.09.17	60	0.43**	1.1 ^{&}	0.18	11.9	5.6	6.3 ^{&}
1995.10.09	61	0.33**	1.5 ^{&}	0.33 [#]	7.6	8.1	-0.5
1995.10.19	61	0.34**	1.6 ^{&}	0.26	10.2	8.7	1.5 ^{&}
全平均		0.46	1.6	0.20	21.4	9.2	12.9

注：相関係数の**印は 1% 有意水準、*印は 5% 有意水準、標準誤差の[&]印は 2.0°C 未満、回帰式の勾配の[#]印は 0.30 以上、温度差の[&]印は正で 20.0°C 未満

表2-2 GMSからの地表面温度と観測気温の回帰分析(02時)

Table 2-2. Regression analyses between surface temperature derived from GMS data and air temperature observed at meteorological station (02:00 LST).

測定日	観測 点数	地表面温度 と気温の相 関係数(R)	標準誤差 (RMS °C)	回帰式 の勾配	GMSの地表面 温度範囲(A) (°C)	観測気温 の範囲(B) (°C)	(A)-(B) (°C)
1995.05.03	57	0.03	2.9	-0.15	2.9	12.3	-9.4
1995.05.15	59	0.03	2.9	-0.02	11.0	9.5	1.5 [§]
1995.05.26	55	0.40 ^{**}	1.7 [®]	0.33 [#]	13.1	11.6	1.5 [§]
1995.05.30	49	0.39 ^{**}	2.1	0.31 [#]	13.3	8.8	4.5 [§]
1995.06.05	60	0.57 ^{**}	1.8 [®]	0.82 [#]	7.7	8.9	1.2 [§]
1995.06.14	52	0.37 ^{**}	1.7 [®]	0.35 [#]	7.7	7.8	-0.1 [§]
1995.07.07	61	0.18	1.4 [®]	0.11	10.1	7.7	2.4 [§]
1995.08.20	61	0.53 ^{**}	1.6 [®]	0.32 [#]	15.7	10.2	5.5
1995.08.21	59	0.44 ^{**}	1.8 [®]	0.40 [#]	10.4	10.0	0.4 [§]
1995.09.04	57	0.68 ^{**}	1.9 [®]	0.62 [#]	14.3	11.0	3.3 [§]
1995.09.11	60	0.65 ^{**}	2.2	0.51 [#]	18.7	12.3	6.4
1995.09.17	61	0.70 ^{**}	2.4	0.71 [#]	14.6	15.3	-0.7 [§]
1995.10.09	61	0.57 ^{**}	3.0	0.50 [#]	19.9	16.4	3.5 [§]
1995.10.19	61	0.54 ^{**}	2.8	0.52 [#]	18.6	15.4	3.2 [§]
全平均		0.43	2.1	0.46	12.7	11.2	1.5

注：相関係数の**印は1%有意水準，*印は5%有意水準，標準誤差の®印は2.0°C未満，回帰式の勾配の#印は0.30以上，温度差の§印は±5.0°Cの範囲

ないデータは2データのみで、GMSからの地表面温度は比較的良く地上観測気温と対応している。また、標準誤差も2データを除いて2.0°C以内で、比較的推定精度が良い。しかし、一般に回帰式の勾配は小さく、最大は0.36である。回帰式の勾配が小さいことは、気温が地表面温度に大きく影響されないことを示している。さらに、地表面温度の温度範囲は気温の温度範囲より大きいのが一般的である。両者の温度範囲を調べてその差を計算した。しかし、極端に差が大きいデータは異常値が含まれている可能性がある。これらの数値について妥当な値と考えられるデータを、相関係数は5%有意水準以上、標準誤差は2.0°C未満、回帰式の勾配は0.30以上、温度差は正で20.0°C未満とした。これらのデータを表2-1に網掛けして示した。4項目とも網掛けしたデータは、7月7日、7月21日、9月4日、9月11日の4データであった。特に、9月11日のデータは相関係数、標準誤差などは、他のデータより良い。図2に9月11日14時の地表面温度と観測気温の関係を示す。

夜02時のデータも昼のデータと同じように解析

した。02時のデータの相関係数は14時のデータよりやや悪く、標準誤差もやや大きい。しかし、回帰

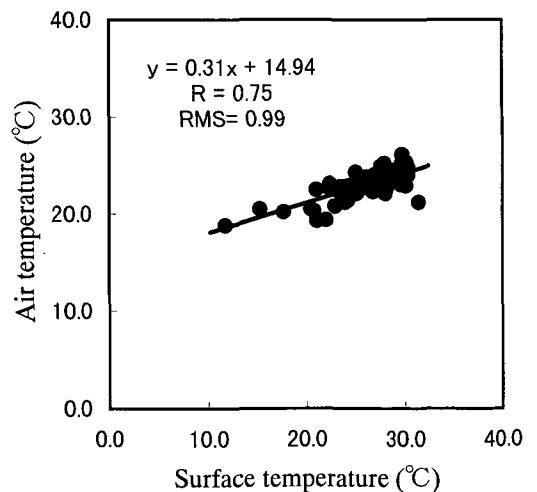


図2 GMSデータからの地表面温度と観測気温の関係(1995年09月11日, 14:00)

Fig. 2 Relationship between surface temperature derived from GMS data and observed air temperature (14:00 LST, 11 Sep, '95).

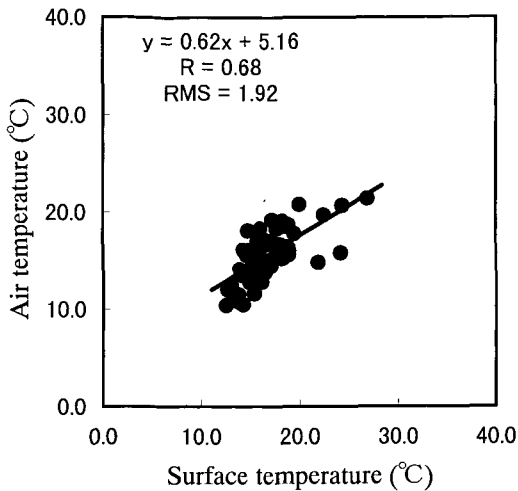


図3 GMS データからの地表面温度と観測気温の関係 (1995年09月04日, 02:00)

Fig. 3 Relationship between surface temperature derived from GMS data and observed air temperature (02:00 LST, 4 Sep., '95).

式の勾配は14時より大きく最大0.82である。また、地表面温度は気温より低いのが一般的であるので、温度範囲の差は小さい。これらの数値について妥当な値と考えられるデータを、相関係数は5%有意水準以上、標準誤差は2.0未満、回帰式の勾配は0.30以上、温度差は±5.0°Cの範囲とした。これらのデータを表2-2に網掛けして示した。4項目とも網掛けしたデータは、5月26日、6月5日、6月14日、8月21日、9月4日の5データであった。特に、9月4日のデータは相関係数、標準誤差などは、他のデータより良い。図3に9月4日02時の地表面温度と観測気温の関係を示す。

以上の解析結果から、GMSからの地表面温度によって比較的正確に気温の推定が可能であることが判明した。

b. 標高データ

標高から算出した気温と地上観測点の気温との回帰分析結果を、表3-1と表3-2に示す。

昼14時のデータでは5%以上の有意水準を示さないデータは8データで、標高からの気温は地上観測気温と良く対応していない。しかし、標準誤差は3データを除いて2.0°C以内で、比較的バラツキが少ない。一般に回帰式の勾配は1.0に近くなるはずであるが、-0.92~0.70の範囲でデータによって大きく異なっている。これらの数値について妥当な値

と考えられるデータを、相関係数は5%有意水準以上、標準誤差は2.0未満、回帰式の勾配は0.60以上とした。これらのデータを表3-1に網掛けで示した。3項目とも網掛けしたデータは、5月3日の1データしかない。すなわち、昼間の気温については標高からの推定は困難であることを示している。

夜02時のデータも昼のデータと同じように解析した。02時のデータの相関係数は14時のデータより良く、2データのみが5%有意水準以下であった。標準誤差は2.0°C以下のデータ数は7個で、これはGMSからの02時と同じである。また、回帰式の勾配は3データを除いて1.0に近く、0.60~1.40の範囲に入らないデータは3個のみであった。これらの数値について妥当な値と考えられるデータを、相関係数は5%有意水準、標準誤差は2.0未満、回帰式の勾配は0.60~1.40の範囲とした。これらのデータを表3-2に網掛けで示した。3項目とも網掛けし

表3-1 標高からの気温と観測気温の回帰分析 (14時)

Table 3-1. Regression analyses between air temperature calculated on elevation and air temperature observed at meteorological station (14:00 LST).

測定日	観測点数	標高からの気温と観測気温の相関係数(R)	標準誤差 (RMS °C)	回帰式の勾配
1995.05.03	47	0.42**	1.5*	0.71#
1995.05.15	59	0.15	2.1	-0.30
1995.05.26	48	0.18	1.9*	0.27
1995.05.30	52	0.23	1.9*	0.38
1995.06.14	55	0.20	3.2	-0.01
1995.07.06	61	0.26*	1.9*	-0.42
1995.07.07	60	0.29*	2.6	-0.64
1995.07.21	61	0.51**	1.9*	-0.92
1995.08.20	61	0.31**	1.4*	0.37
1995.08.21	51	0.15	1.4*	0.21
1995.09.04	57	0.13	1.9*	0.20
1995.09.11	61	0.40**	1.4*	0.49
1995.09.16	61	0.43**	1.2*	0.45
1995.09.17	60	0.31*	1.2*	0.33
1995.10.09	61	0.03	1.6*	-0.04
1995.10.19	61	0.08	1.7*	-0.11
全平均		0.26	1.8	

注：相関係数の**印は1%有意水準、*印は5%有意水準、標準誤差の*印は2.0°C未満、回帰式の勾配の#印は0.60以上

表3-2 標高からの気温と観測気温の回帰分析 (02時)
Table 3-2. Regression analyses between air temperature calculated on elevation and air temperature observed at meteorological station (02:00 LST).

測定日	観測 点数	標高からの気温 と観測気温の相 関係数(R)	標準誤差 (RMS °C)	回帰式 の勾配
1995.05.03	57	0.43**	2.6	1.01*
1995.05.15	59	0.58**	1.9*	1.13*
1955.05.26	55	0.40**	1.7*	0.64*
1995.05.30	49	0.36**	2.1	0.75*
1995.06.05	60	0.53**	1.9*	1.03*
1995.06.14	52	0.12	1.8*	0.17
1995.07.07	61	0.12	1.4*	0.15
1995.08.20	61	0.79**	1.1*	1.19*
1995.08.21	59	0.80**	1.2*	1.27*
1995.09.04	57	0.65**	2.0	1.36*
1995.09.11	60	0.34**	2.7	0.78*
1995.09.17	61	0.70**	2.4	1.93
1995.10.09	61	0.41**	3.3	1.20*
1995.10.19	61	0.51**	2.8	1.36*
全平均		0.48	2.1	

注：相関係数の**印は1%有意水準，*印は5%有意水準，標準誤差の*印は2.0°C未満，回帰式の勾配の*印は0.60~1.40

たデータは、5月15日、5月26日、6月5日、8月20日、8月21日の5データであった。特に、8月20日と8月21日のデータは相関係数、標準誤差などは、他のデータより良い。図4に8月21日02時の計算した気温と観測気温の関係を示す。

以上の解析結果から、標高からの気温によって比較的正確に気温の推定出来るのは夜間のデータのみであると言える。また、夜間の02時についてGMSからの気温推定と標高からの推定を比較すると、相関係数は標高からの推定がやや良いが、標準誤差は両方法とも同程度である。しかし、逆転層が出来るようなとき気温は標高に比例しないため、GMSからの推定の方が良いことが推測できる。昼14時の気温分布が標高から精度良く推定できないことは、昼間の気温が標高以外の要因に大きく影響されていることを示している。この影響要因には気団や気流などが考えられる。

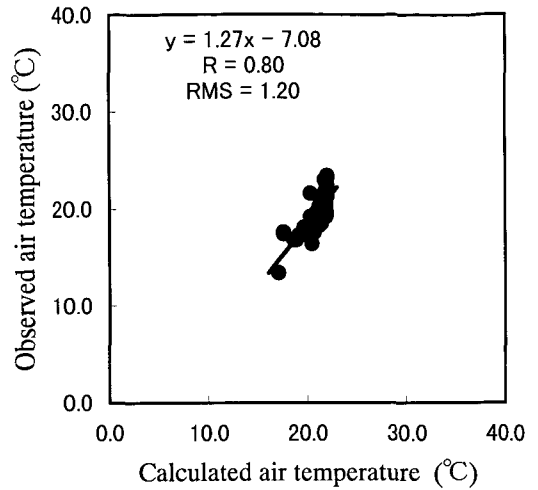


図4 標高からの気温と観測気温の関係 (1995年08月21日, 02:00)

Fig. 4 Relationship between air temperature calculated from altitude data and observed air temperature (02:00 LST, 21 Aug., '95).

B. 気温分布

a. 昼14時の気温分布

前節の解析で計算したGMSの回帰式を使用して、全省の気温分布を計算し図示した。これらの図について地区を北西部、中央部、南東部などに分けて、気温分布の特徴を調べ、タイプ別に分類した。その結果を表4に示す。また、各タイプの代表的分布図を図5に示す。これらの図表によると時期別に気温分布に特徴があるのがわかる。春5月、6月はA、Bのタイプ、夏7月、8月、9月はCタイプ、秋10月はDタイプで、Cタイプが最も数が多かつ

表4 昼14時の気温分布の分類

Table 4. Classification by distribution of air temperature at 14:00 LST.

タイプ	特徴	GMSの月日
A	中央部高温, 北西部低温, 南東部やや高温	5/15, 6/14
B	北東部低温	5/26, 5/30
C	北西部高温, 中央部やや高温, 南東部低温	7/6, 7/7, 7/21, 8/21, 9/4, 9/11, 9/16, 9/17
D	北西部と南東部高温, 中央部低温	10/9, 10/19
E	その他	5/3, 8/20

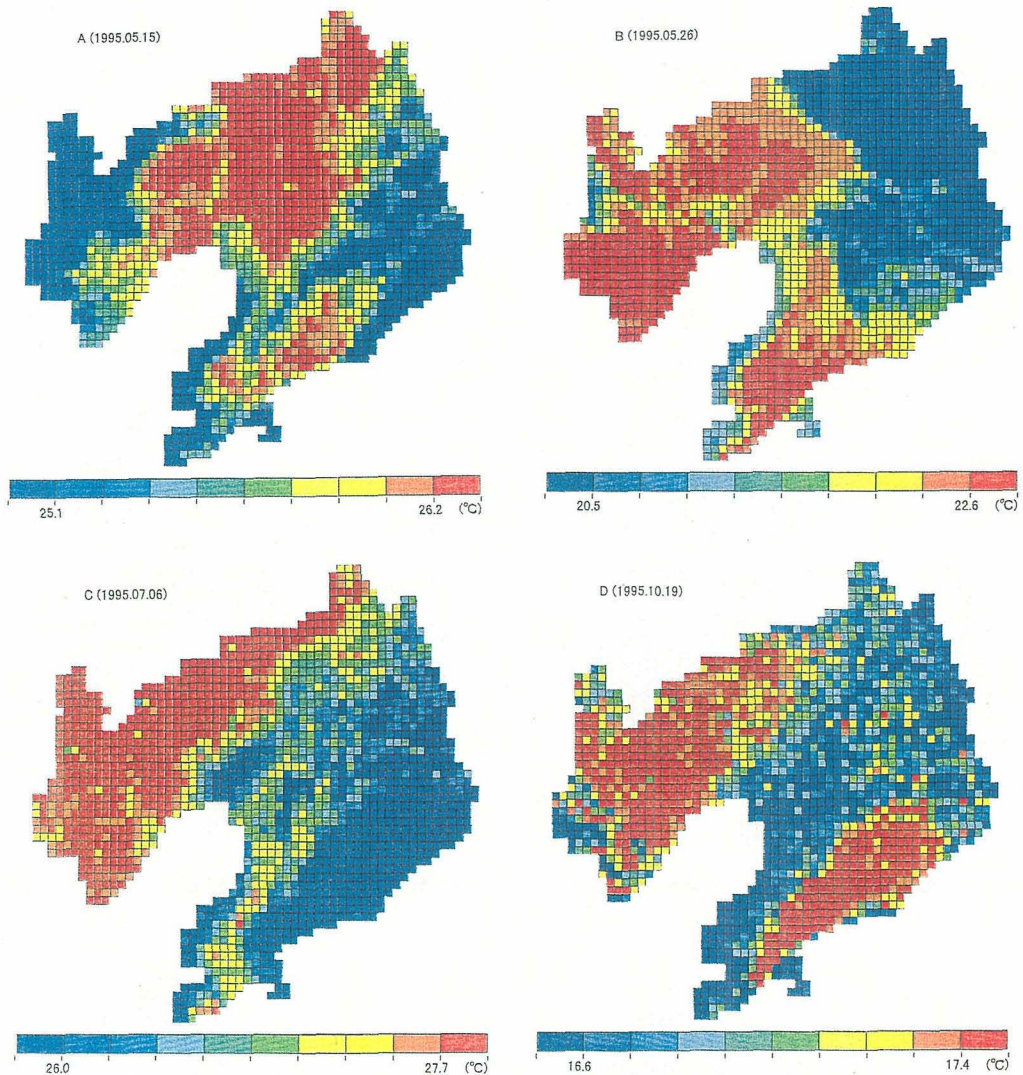


図5 昼14:00時の各タイプの代表的気温分布

Fig. 5 Representative distribution of air temperature for each type at 14:00 LST.

た。これらのタイプについて地形やその他の影響を考察した。遼寧省の地形は、図1に示したように、北西部と南東部の標高が高く、中央部は50 m以下の平野部である。

Aタイプの気温分布はおおよそ標高に逆比例し平野部が高温で、山岳部で低温の様相を示している。しかし、遼東半島の海に面した地域は低温である。そのため、地形と海風などの影響があると思われる。Bタイプは地形に関係なく、北東部のみが低温である。このときの気圧配置は北西に高圧部が存在するため、北からの寒気が影響している可能性もある。

すなわち、表2-1に示したように、5月26日と30日はGMSの地表面温度の範囲と観測の気温の範囲との差が大きく、北東部に雲などの影響がある可能性がある。Cタイプは、北西部から南東部にかけて、徐々に低温になる気温分布で、地形よりも内陸部の高温の影響が大きいと思われる。夏になると内陸部は海岸に比較して高温になり、この影響が現れている可能性がある。Dタイプは海に面した南東面が高温で、内陸は低温のため、海の影響と思われる。秋は熱容量の大きい海の方が高温になるためである。

表5 夜02時の気温分布の分類

Table 5. Classification by distribution of air temperature at 02:00 LST.

タイプ	特徴	GMSの月日
a	北西部と南東部高温, 北東部低温	5/30, 7/7
b	中央部高温	6/5, 8/21
c	中央部高温, 南東部高温, 北東部低温	5/26, 8/20, 9/4, 9/11
d	南東部高温, 北西部低温	9/17, 10/9, 10/19
e	その他	5/3, 5/15, 6/14

b. 夜02時の気温分布

昼14時と同様に夜02時の気温分布を分類した。その結果を表5に示す。また、代表的各タイプの分布図を図6に示す。各タイプに季節の特徴は無く、わずかにdタイプが秋9月と10月に多い。

aタイプは遼東半島や遼東湾に面した場所が特に高温の場合で、内陸部や南東部の山岳地帯は比較的低温である。したがって、海の影響があると思われる。なお、5月30日は一部に雲の影響がある可能性がある。bタイプは標高の低い平野部が特に高温で、標高の高い所は低温のため、地形の影響が大きいと

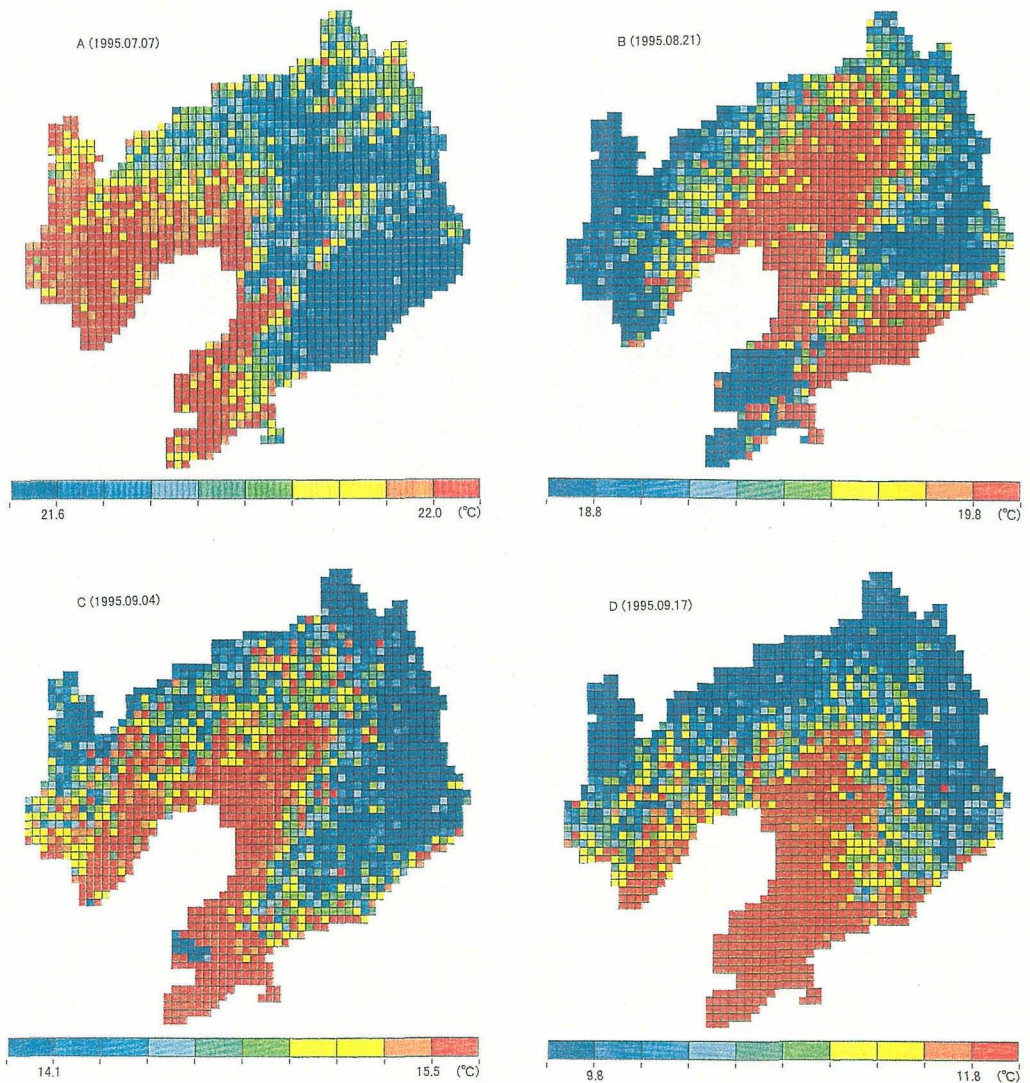


図6 夜02:00時の各タイプの代表的気温分布

Fig. 6 Representative distribution of air temperature for each type at 02:00 LST.

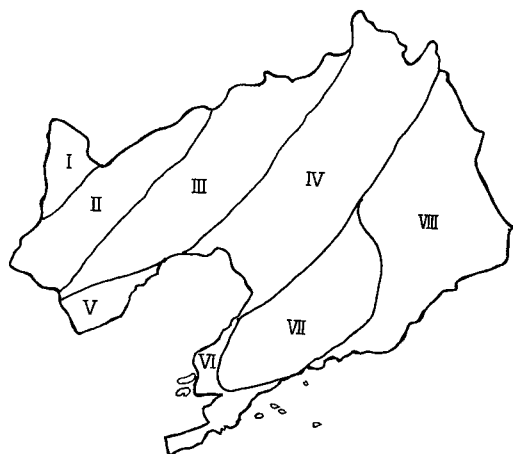


図7 衛星データによる気温分布より作成した気象区分
Fig. 7 Meteorological zoning by the distribution of air temperature derived from GMS data.

思われるタイプである。cタイプはaとbを合成したようなタイプで、海に面した所と平野部が高温で北西と北東の標高の高いところが低温である。このタイプは最も数が多く、4例あった。標高と海の影響があるタイプと思われる。dタイプは南東部から北西にかけて低温になるタイプで、14時のAタイプの逆の気温分布である。秋になって内陸部が低温になった影響と思われる。これらの出現は冷却の程度や気流の影響に支配されると思われる。

以上のように、昼夜の気温分布は標高の他に、内陸や海洋が影響している可能性がある。

C. 気温分類区分

前節で解析した気温分布図や標高データを用いて、地域的な気温分類区分を試みた。すなわち、気温分布図において、地域的に良く出現する同一温度帯を1つの気温分類区分とした。昼14時の気温分布図から、次の6つの気温分類区分が考えられる。すなわち、①中央の標高の低い地域は春に高温で、夏は中庸な気温分布を示し、1つの気温分類区分を形成すると考えられる(図7のIV)。②遼東湾北部の海岸付近を除いた山地は春に低温、夏は高温で他の地域と異なっているため、1つの気温分類区分を示す(図7のIとII)。③また、遼東湾北部の海岸付近は他より高温の時、低温の時があり山地と異なっている(図7のV)。④遼東半島は海岸付近を除いて、中庸の気温を示しデータが多く、1つの気温分類区分になっている(図7のVII)。⑤北西部の標高の比較的高い地帯は、データによって範囲は異なるが、高温

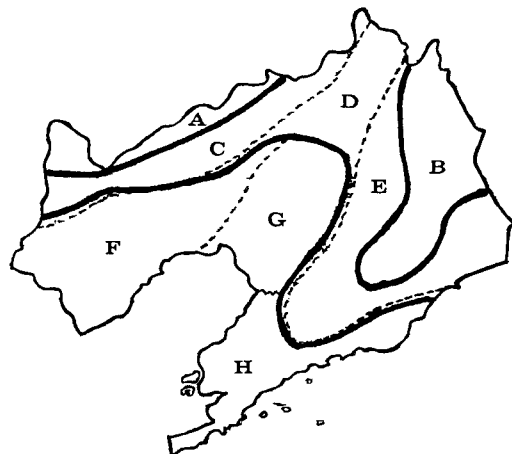


図8 中国遼寧省における農業気候区分図(実線は積算温度による区分, 点線は降水量による区分)

Fig. 8 Map of agricultural climatic zone over Liaoning Province, China (solid line: zoning by accumulated temperature, dash line: zoning by precipitation).

を示すデータが多く、1つの気温分類区分になっている(図7のIII)。⑥また、南東部の朝鮮半島に続く標高の高い地域は全般に低温で、1つの気温分類区分になっている(図7のVIII)。

夜02時の気温分布図からは、次の4つの気温分類区分が考えられる。すなわち、①中央の標高の低い地域は比較的高温の場合が多く、1つの気温分類区分を形成すると考えられる(図7のIV)。②遼東半島と対岸の海岸付近も高温の場合が多く、1つの気温分類区分を形成すると考えられる(図7のVとVI)。③北西の標高の比較的高い所は低温の場合が多く、気温分類区分が異なる(図7のIIとIII)。④北東の標高の高いところは低温の場合が多く、1つの気温分類区分を示すと考えられる(図7のVIII)。

以上のことを概略的に書いたのが図7である。この気温分類区分図をいままで作られた農業気候区分図⁷⁾と比較した。農業気候区分図を図8に示す。また、この気候区分の気候的特徴を、表6に示す。農業気候区分は気温と降水量で分類されているが、図7と図8とは比較的似た区分になっている。今回試みた衛星データからの気象分類区分は単年のみのデータで、しかも14~16データである。今後データ数を増すことによって正確な気温分類区分図ができ、しかもメッシュ単位で気温の特徴が把握できるため農業に利用価値が大きい。メッシュ単位で気温

表6 遼寧省における農業気候区分及び特徴
 Table 6. Zoning of agricultural climate and its characteristic over Liaoning Province, China.

地区	農業気候特徴	年平均気温(°C)	最高月平均気温(°C)	最低月平均気温(°C)	≥10°Cの積算気温(°C)	≥10°Cの初日	≥15°Cの終日	無霜期間(日)	5~9月降水量(mm)	5~9月日照(時間)	日照(%)
A	西北低温半乾燥地区	6~8	22~25	-14~-10	<2700	4月中下旬	9月上旬	約130	約450	約1300	>60
B	東北低温湿潤地区	5~8	22~23	-17~-10	2250~2700	5月初	9月上中旬	120~140	600~900	1000~1200	45~57
C	西部温暖半乾燥地区	7~8	24~25	-13~-10	2900~3100	4月中下旬	9月中旬	145~160	<450	1200~1350	56~63
D	北部温暖半湿潤地区	7~8	24	-14~-11	2800~3100	4月中下旬	9月中旬	140~160	450~600	1200~1300	56~62
E	東部温暖湿潤地区	5~10	22~25	-14~-8	2750~3100	4月中旬	9月中旬	130~160	600~900	1000~1150	46~53
F	西部温暖半湿潤地区	8	24	-10~-8	3100~3400	4月中旬	9月中旬末	150~170	450~500	1200~1300	56~62
G	中部温暖半湿潤地区	8	24~25	-12~-11	3100~3400	4月中旬末	9月下旬	160~180	500~600	1200~1300	53~60
H	南部温暖半湿潤地区	8~10	24~25	-9~-5	3100~3400	4月中下旬	9月下旬末	170~215	500~600	1100~1300	53~61

の特徴が把握できると、図8の農業気候区分図のように画一的な区分でなく、同一の区分内にも例外的な場所が含まれることが発見できる。そのため新種の作物導入に地域的な指導が出来る。

IV. あとがき

中国遼寧省についてGMSデータから計算した地表面温度と標高データから計算した気温を使用して、気象官署の地上観測気温データとの相関を調べた。その結果、夜間02時については、GMSデータからと標高データからの相関係数は同程度であった。しかし、昼14時の標高データから計算した気温はGMSデータから計算した気温より相関は良くなかった。このことから昼の遼寧省の気温分布は標高以外の要因が大きく関係していると推定できた。

GMSデータから計算した地表面温度と観測気温の関係を全遼寧省に適用して、緯度5', 経度7.5'間隔で区切ったメッシュごとに気温分布を推定した。この気温分布をタイプ別に分類した結果、昼14時については季節的に分類できたが、夜02時の分類は季節に関係がなかった。この気温分布を用いて遼寧省の地域分類を試みた。この結果と、既往の気候値から分類している農業気候区分とは近似であった。これらのことから衛星データを使用して、メッシュ単

位の気温分布の特徴を把握でき、さらに長期にわたって衛星データの解析を積み重ねることによって、メッシュ単位の気候区分が可能である。

日本においては地域的な気象状態を推定するため、メッシュ気象値や気候値が計算されている。これは観測気象値と地形情報を組み合わせて推定した値である。しかし、この計算値が必ずしも正確な気象値でないことが指摘されている。これは上記に示したように、標高などの地形情報と異なる要因が気温分布に影響しているためと思われる。メッシュ単位の気象値や気候値を推定するために、衛星データを使用することによって、地形情報のみの場合より正確に推定できる可能性がある。特に、中国のように広大な国土において、衛星データの利用は有効である。衛星データの解析を気象局などにおいてルーチン化することによって、気温ばかりでなく、日照時間、降水量などもメッシュ単位で推定できる可能性がある。今後、このような研究の進展が望まれる。

引用文献

- 1) 谷 宏・堀口郁夫・元木敏博：農業気象における人工衛星データの利用に関する研究-GMS(ひまわり)赤外データによる地表面温度とAMeDAS気温との関係。農業気象, 40, 111-117, 1984.

- 2) 堀口郁夫・谷 宏・元木敏博：農業気象における人工衛星データの利用に関する研究-(3)GMS (ひまわり)赤外データによる地域分類と小地域の気温推定。農業気象, 42, 129-135, 1986.
- 3) 楊 桂清・堀口郁夫・谷 宏・元木敏博・大沢和祐・伊藤恒雄：「ひまわり」による中国寧夏地域の夏季気温の推定例。農業気象, 46, 137-142, 1990.
- 4) 堀口郁夫：地球環境研究のための衛星赤外データ解析のシステム化に関する研究,平成6年度～平成8年度科学研究費補助金(基盤研究(A)(1))研究成果報告書, 1997.
- 5) 阿部勝宏・山本孝二：静止気象衛星「ひまわり」の赤外データによる海面水温の算出。天気, 26, 493-507, 1979.
- 6) 白川嘉茂：1994年NOAA/AVHRRデータによる海面水温格子点データの作成,気象衛星センター技術報告, 28, 43-49, 1994.
- 7) 薛鵬図主編：遼寧農業気候区画・遼寧省農業資源と区画地図集, 中国測絵出版社, 1988.

similar to the published zoning of the agricultural climate. It became clear that the characteristic distribution of air temperature in a cell unit can be obtained by satellite data. And it is possible to define the zoning of air temperature for a cell unit by the accumulated analyses of satellite data over an extended period.

Summary

The distribution and zoning of air temperature over Liaoning Province, China were examined using the calculated values of air temperature derived from satellite data (GMS data) as well as from altitude data. The results are summarized as follows. At 02:00 LST the correlation coefficients for the air temperatures calculated from altitude compared with the observed air temperatures were the same as those of the air temperatures derived from GMS data. At 14:00 LST, however, the correlation coefficients for air temperatures calculated from altitude were less than those of the air temperatures derived from GMS data. This fact verifies that the distribution of air temperature in the daytime is affected by other factors than altitude.

The distribution of air temperature in a cell of approximately 5'(latitude)×7.5'(longitude) over Liaoning Province, China was estimated by using the regression equations between surface temperature derived from GMS and the observed air temperature. The distribution of air temperature was classified into 5 types, and the types are obtained at 14:00 LST are seasonal ones but the types at 02:00 LST are not related to season. Also, the regional classification for the air temperature was examined using this distribution of air temperature. This regional classification for the air temperature was