

# 体感気候マップの描画

赤坂 裕

## A STUDY ON DRAWING CLIMATIC MAPS RELATED TO HUMAN THERMAL SENSATION

Hiroshi AKASAKA

Climatic maps related to human thermal sensations are drawn. The magnetic tapes recording both 250m mesh height data and climatic data measured at approximately 1000 weather observation stations all over the Japanese archipelago, are used as the source for basic data. Standard effective temperature (SET<sup>\*</sup>) is selected as the index representing human thermal sensations in the outdoor climate. SET<sup>\*</sup> at each mesh is calculated from 4 weather elements, i. e., air temperature, relative humidity, wind velocity and solar radiation. Kagoshima prefecture situated in the southwestern part of Japan is selected as a sample area for mapping. Mainly, the maps for the summer season are drawn for Kagoshima city area and for approximately a 100km square area covering almost the entire Kagoshima prefecture.

### 1. 概 要

高度データと気象データを組合せ、屋外における体感気候マップを作成した。高度データとしては全国250mメッシュの高度データを収録した磁気テープ、気象データとしては全国1000地点程度の気象観測ネットワークによって観測された気象データ、屋外での体感気候の指標としては標準新有効温度 (SET<sup>\*</sup>) を用いた。SET<sup>\*</sup>を計算するために、まず観測された日照時間から日射量を推定し、次に観測地点の気象データに高さ、及び距離の補正を行うことにより、メッシュ毎の気象データを推定した。これらの、気温、相対湿度、風速、日射量を組合せ、メッシュにおけるSET<sup>\*</sup>を計算した。体感気候マップは日本の任意の地域について描くことができるが、本報では、日本の南西に位置する鹿児島県を選び、100km四方程度の領域について、主として夏期の平均的な蒸暑度及びその時間変化を表すマップを作成した。

### 2. 基礎データ

気象データとして、Automated Meteorological Data

Acquisition System (AMeDAS), Surface Daily Observation Points (SDP), 高度データとして Digital National Land Information (国土数値情報) を用いた。これらはいずれも磁気テープに収録されたデータである。各データの概要を以下に述べる。

AMeDAS: AMeDAS は、地域気象観測として位置づけられており、1要素 (降水量)、4要素 (降水量、風向・風速、日照、気温) を対象に、1979年以降全国1317地点 (うち4要素は839地点) で観測が行われている。観測は無人観測ロボットで行われ、各観測地点の出力信号は、電話回線を通じて気象庁内のAMeDASセンターに集信され、磁気テープに収録される。本研究ではAMeDASの気温、風速、日照時間を用いた。

SDP: 地上気象観測日原簿に記載された全国160地点余りの気象台観測データを、一定のフォーマットで磁気テープに収録したものである。1961年以降のデータが収録されている。本研究では、基本的には地点数の多いAMeDASデータを用いたが、AMeDASには含まれない相対湿度に関してはSDPデータを使用した。国土数値情報<sup>1)</sup>: 国土庁と国土地理院が協力して、1974年から整備している地図データファイルであり、

磁気テープとして提供されている。その内容は、海岸域、地形、土地分類、湖沼、河川流域、土地利用、行政界、道路、鉄道、公共施設、文化財等、多岐にわたっている。ここで用いたのは、地形データのうちの標高データファイルである。国土数値情報は一般的に1kmメッシュを基本としているが、標高データファイルは250mメッシュで提供されており、36MBに及ぶ大規模なファイルである。

### 3. 日照時間の日射量への換算

AMeDASでは、日照時間は観測されているが日射量は観測されていない。そこで以下の方法により、日照時間を日射量に換算した。まず、月間の日照時間が与えられたときの日積算全日日射量の計算は、以下に示す吉田・篠木の式<sup>2)</sup>によった。

$$Q/Q_0 = 0.146 + 0.534 n_J / S_0 + 0.047 G_{10} + 0.036 \sinh_n \quad \dots (1)$$

ここに、

- Q 月平均日積算水平面全日日射量 (W/m<sup>2</sup>)  
 Q<sub>0</sub> 月平均大気外水平面日射量 (W/m<sup>2</sup>)  
 n<sub>J</sub> ジョルダン日照計による月間日照時間 (h)  
 S<sub>0</sub> 月間可照時間 (h)  
 G<sub>10</sub> 積雪指数(積雪深10cm以上の月間日数を月間総日数で割った値)  
 sinh<sub>n</sub> 太陽高度指数(その月の15日南中時の太陽高度 h<sub>n</sub> の sine)

AMeDASの太陽電池式日照計による日照時間 n<sub>s</sub> のときは、n<sub>s</sub> を次式により n<sub>J</sub> に変換する<sup>3)</sup>。

$$n_J = -1.9 + 0.844n_s + 0.327 \cdot 10^{-3}n_s^2 \quad \dots (2)$$

つぎに、時刻別の日照率が与えられたときの、時刻別水平面全日日射量の計算は、文献4)、5)によった。その基本式を以下に示す。

$$J_h(SD_h) = J_h(0) \cdot (1 - SD_h) + J_h(1) \cdot SD_h \quad \dots (3)$$

ここに、

- SD<sub>h</sub> 時刻別の日照率  
 J<sub>h</sub>(SD<sub>h</sub>) 時刻別日照率がSD<sub>h</sub>のときの時刻別日射量(W/m<sup>2</sup>)  
 J<sub>h</sub>(0) 時刻別日照率が0のときの時刻別日射量(W/m<sup>2</sup>)  
 J<sub>h</sub>(1) 時刻別の日照率が1のときの時刻別日射量(W/m<sup>2</sup>)  
 J<sub>h</sub>(0)、J<sub>h</sub>(1)の計算式は、ジョルダン日照計、太陽電池式日照計のそれぞれの場合について、天気別に整理されている。

### 4. メッシュの気象データの計算

ここでは、標高データのメッシュにおける体感気候

指標を計算し、その結果に基づいてマップを作成する。したがって、まず体感指標の計算に必要なメッシュ毎の気象データをAMeDAS、及びSDPより推定する必要がある。推定の基礎になるのは、高さの補正及び路離の補正である。

#### 4.1 高さ補正

気温：気温減率を100m当り0.6℃と仮定した。計算式を以下に示す。

$$t_h = t_{h_0} - (h - h_0) \Delta t_w \quad \dots (4)$$

Δt<sub>w</sub> 湿潤気温減率 (=0.6℃/100m)  
 t<sub>h0</sub> 高さ h<sub>0</sub> の気温 (℃)  
 t<sub>h</sub> 高さ h の気温 (℃)

湿度：乾燥気温減率と湿潤気温減率との差すなわち100m当り0.4℃が水蒸気の凝縮潜熱によるとして空気中の水蒸気の減率を求めた。湿度は相対湿度で与えられているので、これを絶対湿度に変換した後、高さによる水蒸気量の補正を行い再び相対湿度に換算した。換算された相対湿度が98%を越える場合は上限を98%とした。計算式は以下のとおりである。

$$x_h = x_{h_0} - C_a (h - h_0) (\Delta t_d - \Delta t_w) / LH \quad \dots (5)$$

Δt<sub>d</sub> 乾燥気温減率 (=1.0℃/100m)  
 x<sub>h0</sub> 高さ h<sub>0</sub> の絶対湿度(kg/kg of dry air)  
 x<sub>h</sub> 高さ h の絶対湿度(kg/kg of dry air)  
 C<sub>a</sub> 空気の比熱 (=1.0 J/kg)  
 LH 水蒸気の凝縮潜熱 (=2.5 MJ/kg)

風速、日射量：小峰ら<sup>6)</sup>は、風速の距離補正に関する研究を行った。彼らは地表面近傍の季節別平均風速と地形との関係を調べ、これらの風速を地形因子の重相関式として表している。しかし、これらの式は東北地方の風データから作成されており、全国的に使用できるかどうかは検討されていない。また、より短い時間幅の平均風速への適用についても言及されていない。このような問題の検討には時間を要するので、ここでは風速の高さ補正および地形による補正は行わないことにした。また日射量に対する地形の影響も考えられるが、これに関する補正も行わないことにした。

#### 4.2 距離補正

AMeDAS地点の気温は、上述の方法により海面高さの気温に換算される。またSDP地点の相対湿度はその高さの絶対湿度に換算された後、海面の絶対湿度に換算される。メッシュ毎の気象データは以上により得られた気象データを用い、以下に示す方法により推

定される。

$$CE_{xy} = \frac{\sum_i [CEA_i / \{D(xy-i)\}^2]}{\sum_i [1/D(xy-i)\}^2} \quad \dots\dots (6)$$

ここに、

$CE_{xy}$    メッシュ (x, y) の気象データの値  
 $CEA_i$    AMeDAS または SDP の i 地点の気象データの値

$D(xy-i)$    メッシュ (x, y) と i 地点の距離

上式によって計算されたメッシュの気象データは、再び高さ補正を行い、そのメッシュの高度の値に換算される。

### 5. メッシュの体感指標の計算

#### 5.1 体感指標

体感気候の指標として、アメリカ空調学会 (ASHRAE) で標準的に採用されている標準新有効温度 (Standard Effective Temperature, SET\*) を用いた。温熱環境は、気温、平均放射温度、相対湿度、風速の組合せで決まる。ある代謝量、着衣量の人が、ある場所で受ける温熱感覚が、代謝量1.1met、着衣量0.6cloで、気温と平均放射温度が等しく、相対湿度50%、風速0.1m/sの温熱環境 (標準環境という) で受ける温熱感覚と同じとき、この気温を SET\* という。このように SET\* は温度の次元を持ち、周囲環境の他、人体側の条件も考慮している。また SET\* における温熱感覚とは、体感に基づく申告結果でなく、平均皮膚温、皮膚濡れ面積率から一意的に決まる物理指標である。

#### 5.2 屋外における仮想 SET\* の推定法

SET\* は本来屋内の環境に適用される指標であり、放射情報としては平均放射温度が必要である。そこで屋外の温熱環境に SET\* を適用するためには、日射量を平均放射温度に変換する必要が生じる。この変換は以下のように行った。

Fig. 1 aにおいて、黒球の熱平衡式は

$$q_{gr} + q_{gc} = q_{ag} + q_{sg} + q_{JD} + q_{JS} + q_{JR} \quad \dots\dots (7)$$

$$q_{gr} = \sigma T_{go}^4 G_g \quad \dots\dots (8)$$

$$q_{gc} = \alpha_c (t_{go} - t_a) G_a \quad \dots\dots (9)$$

$$q_{ag} = \epsilon_a \sigma T_a^4 \phi_{ga} G_a \quad \dots\dots (10)$$

$$q_{sg} = \epsilon_s \sigma T_s^4 \phi_{gs} G_a \quad \dots\dots (11)$$

$$q_{JD} = J_D G_a / 4 \quad \dots\dots (12)$$

$$q_{JS} = J_S \phi_{ga} G_a \quad \dots\dots (13)$$

$$q_{JR} = J_h (1 - \epsilon_s) \phi_{gs} G_a \quad \dots\dots (14)$$

ここに、

$J_h$	水平面全日射量	(W/m <sup>2</sup> )
$J_D$	法線面直達日射量	(W/m <sup>2</sup> )
$J_S$	水平面天空日射量	(W/m <sup>2</sup> )
$RH_a$	相対湿度	(%)
$V$	風速	(m/s)
$t_a, T_a$	気温	(℃, K)
$t_s, T_s$	地表面温度	(℃, K)
$t_{go}, T_{go}$	外界の黒球温度	(℃, K)
$t_{gi}, T_{gi}$	仮想室内の黒球温度	(℃, K)
$t_r$	平均放射温度	(℃)
$\alpha_c$	対流熱伝達率	(W/m <sup>2</sup> K)
$\alpha_r$	放射熱伝達率	(W/m <sup>2</sup> K)
$\epsilon_a$	大気の放射率	

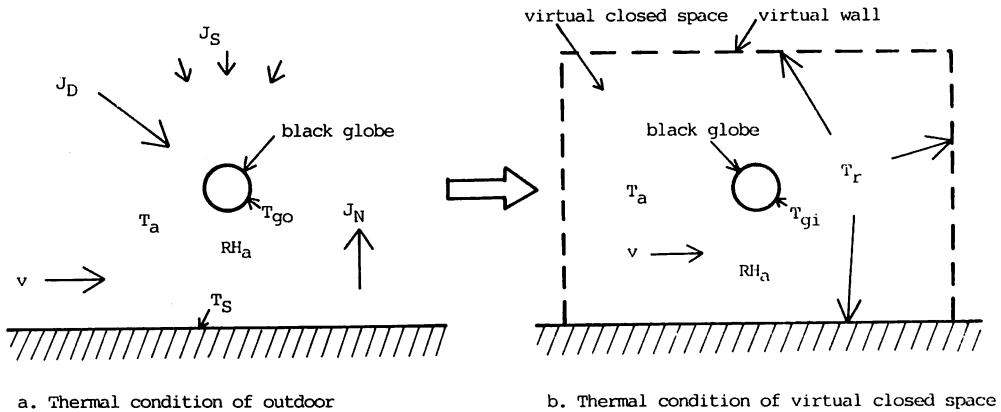


Fig. 1 Substitution of outdoor condition into that of thermally equivalent virtual closed space

$\epsilon_s$	地表面の日射吸収率	
$\phi_{ga}$	黒球から大気を見る形態係数	
$\phi_{gs}$	黒球から地表面を見る形態係数	
$G_a$	黒球の表面積	( $m^2$ )
$J_N$	夜間放射量	( $W/m^2$ )

Fig. 1b の黒球における熱平衡式は、

$$\alpha_c (t_{gi} - t_a) G_a + \alpha_r (t_{gi} - t_r) G_a = 0 \quad \dots (15)$$

式(7)～(15)において、

$$\phi_{ga} = \phi_{gs} = 1/2, \quad \epsilon_s = 1, \quad t_s = t_a,$$

かつ、

$$\alpha_r = \sigma (T_{g0}^3 + T_{g0}^2 T_a + T_{g0} T_a^2 + T_a^3)$$

とおくと次式が導かれる。

$$t_{g0} = t_a + (J_D/4 + J_S/2 - J_N/2) / (\alpha_c + \alpha_r) \quad \dots (16)$$

ただし、式(16)の $J_N$ は

$$J_N = (1 - \epsilon_a) \sigma T_a^4 \quad \dots (17)$$

である。また式(15)より

$$t_{gi} = (\alpha_c t_a + \alpha_r t_r) / (\alpha_c + \alpha_r) \quad \dots (18)$$

$t_{g0} = t_{gi}$  なる条件から  $t_r$  を導くと

$$t_r = t_a + (J_D/4 + J_S/2 - J_N/2) / \alpha_r \quad \dots (19)$$

ここでは  $J_N$  を無視して、次式より  $t_r$  を求めた。

$$t_r = t_a + (J_D/4 + J_S/2) / \alpha_r \quad \dots (20)$$

全天日射量  $J_h$  より、法線面直達日射量  $J_D$ 、天空日射量  $J_S$  を分離する計算は以下のように行った。まず、 $J_D$ 、 $J_S$ <sup>7)</sup> が、それぞれ以下の式で表されると仮定する。

$$J_D = J_0 P^{\text{cosech}} \quad \dots (21)$$

$$J_S = J_0 (0.66 - 0.32 \sinh) \{0.5 + (0.4 - 0.3p) \sinh\} \cdot \sinh(1 - p^{\text{cosech}}) \quad \dots (22)$$

ここに、

$$J_0 \quad \text{大気外日射量} \quad (\text{kJ}/\text{m}^2)$$

$$h \quad \text{太陽高度} \quad (^\circ)$$

$$p \quad \text{大気透過率}$$

次に、次式を満足するような  $p$  の値を求める。

$$J_h = J_D \sinh + J_S \quad \dots (23)$$

求められた  $p$  の値をそれぞれ式(22)、(23)に代入して  $J_D$ 、 $J_S$  を求める。

## 6. SET\* の計算

SET\* の計算は Gagge らの方法<sup>8), 9)</sup> により行った。計算において、気温、風速、相対湿度については、式(4)による各メッシュの推定値を用いた。平均放射温度は、式(20)による値を日射量から計算して用いた。また、着衣、人体の活動条件としては、それぞ

れ、0.6 clo, 1.1 Met を設定した。

## 7. マップの作成

### 7.1 マップ作成の対象地域

国土数値情報、AMeDAS, SDP のいずれも、日本全体をカバーするデータである。したがって、日本国内の任意の地域を選びマップを作成することができるが、本報告では夏季の蒸暑に関するマップを作成するために、典型的な蒸暑気候である鹿児島県を対象地域として選んだ。鹿児島県と、使用した AMeDAS と SDP の位置を Fig. 2 に示す。Fig. 3～Fig. 6 では、鹿児島県の地形図に温度または SET\* の分布を描いたが、地形図は、すべて 500m メッシュの高度データを用い、緯度、経度に平行なワイヤーで表現した。また、立体感を強調するために高さ方向を約 3 倍に拡大し、上空から約 35 度でふ観している。

### 7.2 8月の平均気象データによるマップの作成

まず 8 月の平均気温、及び SET\* のマップを描いた。気象データとしては、1978 年から 1982 年の 8 月における AMeDAS<sup>10)</sup> 及び SDP の平均データを用い、これらを 5 年間で平均した値を用いた。平均気温のマップを Fig. 3a, Fig. 4a に示す。SET\* の計算では、日射量も 1 日 24 時間で平均した。また直達日射量と天空日射量の分離は式(23)によらず、水平面全天日射量の 2/3 が水平面直達日射量、1/3 が天空日射量であると仮定した。水平面直達日射量を法線面に換算するには 8 月 15 日の 12 時の太陽高度を用いた。作成した SET\* のマップを Fig. 3b, Fig. 4b に示す。Fig. 3 では、カラスケールの最小値、最大値として 23℃、28℃をとっている。したがって、Fig. 3a, 3b の同じ色は同じ温度を示す。Fig. 4 では、カラスケールの最小、最大値として、平均気温、平均 SET\* の、それぞれの最小、最大値をとっている。すなわち、Fig. 4a では、18.1℃、27.8℃、Fig. 4b では、17.7℃、28.6℃である。

### 7.3 8月の平均的な日の時刻別マップの作成

8 月の平均的な日の 9, 12, 15, 18 時について、鹿児島県、および鹿児島市のマップを、それぞれ Fig. 5a から Fig. 5d, Fig. 6a から Fig. 6d に示した。使用した気象データは、1984 年の AMeDAS 磁気テープの時刻別値である。このような時刻別のマップ作成においては、直散分離に式(23)を用い、太陽高度は 8 月

15日の各時刻の値を用いた。Fig. 5は、カラースケールの最小、最大値を25℃、35℃に統一し、Fig. 6では、カラースケールの最小、最大値を、各時刻の最小、最大値に合わせている。すなわち、9、12、15、18時で、最小、最大値はそれぞれ、24.0℃、34.8℃；28.8℃、37.0℃；27.5℃、35.4℃である。

#### 7. 4 作成したマップに関する考察

気温の高度による遞減を考慮しているために、Fig. 3～6の気温、体感温度であるSET\*のマップのいずれも、山岳地に比べ平野部の方が高温になる傾向が表現されている。Fig. 3a, 3bを比較すると平均気温と平均SET\*の絶対値の相違が、Fig. 4a, 4bを比較すると平均気温と平均SET\*の分布パタンの相違が良くわかる。Fig. 3では、カラースケールの最小値を23℃としたため、高千穂や高隈等のような、ある高度以上の山岳地域はすべてこの値以下となり、同一色で表示されている。また、平野部では鹿児島市を除いて平均気温より平均SET\*の方がやや高いことがわかる。これはSET\*に含まれる気温以外の温熱要素、すなわち、日射量、湿度、風速の影響を考慮すると、鹿児島市では体感温度が気温より下降し、それ以外の平野

部では上昇することを意味している。鹿児島市で体感温度が下降するのは、比較的風速が大きいからである。またFig. 3, Fig. 4より、平均気温の最大は鹿児島市に出現しているが、平均SET\*の大なる値は内之浦、指宿、加世田、川内等に分散して出現している。これは主として、内之浦、川内では風速が小さく、指宿、加世田では日射量が大きいためと思われる。鹿児島市、始良・加治木・国分・隼人地区の平均SET\*は、これらの地点よりもやや低い。

Fig. 5, Fig. 6は鹿児島県の8月の9時(各図a)、12時(各図b)、15時(各図c)、18時(各図d)のSET\*の分布である。Fig. 5のように、鹿児島県全域で、以上の4つの時刻のうちSET\*が最も高いのは12時、低いのは18時である。またFig. 5bより、12時には山岳地域の一部を除いて、鹿児島県のほぼ全域でSET\*が35℃を越えていることがわかる。Fig. 6の、時刻別SET\*の変化のパターンをみると、9時は、内之浦が最も高く、喜入から指宿の海岸線がそれに続いている。12時には、内之浦、川内、宮之城が高く、加世田がそれに続き、喜入付近は9時に較べるとあまり目立たなくなっている。15時には、指宿、加世田、宮之城、川内、18時には、指宿、川内が特に高い。18

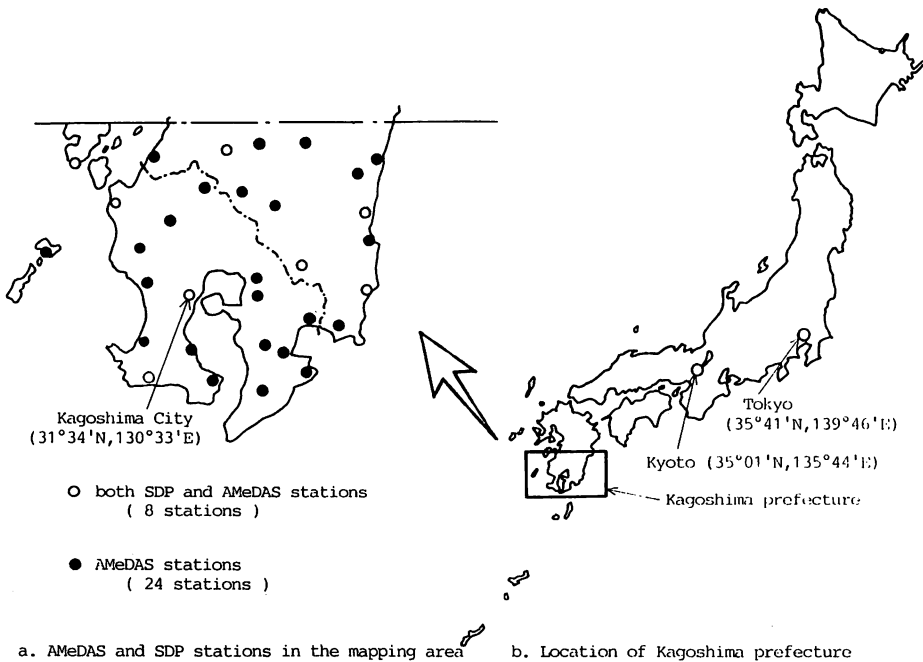


Fig. 2 Object area for the mapping

時では、9時に高かった内之浦や喜入付近の海岸の高温は消滅し、大隅、薩摩半島の西側海岸線に高温域が広がっている。

## 8. 今後の課題

以上のように、鹿児島県の地形図を三次元的に表現し、その上に気温または体感温度をカラーで表示した。このようなマップにより、目的とする指標の広域的な分布を視覚的に判断できる。今後の課題として以下の点を挙げておく。

1. 気象データとして用いたSDPおよびAMeDASの地点数は、高度データの密度に較べて極めて少ないと言わざるを得ない。このため高度や距離による補間を行ったが、その方法には限界がある。このような問題点を改善するには、衛星画像データと地表での観測データを併用することが考えられる。
2. 今回はマップに描く範囲を鹿児島県に限定したが、このような気候マップを日本全体で描画できれば有効性が高くなる。この場合、今回のような細かいメッシュの高度データは必要でなくよりマクロな地形表現でよい。したがって、SDPやAMeDAS等の気象データの測定ネットワークとの密度の違いも相当軽減できることになる。海岸線の正確な描画は、国土数値情報の海岸線データを併用することが可能である。

謝辞：本研究は、鹿児島大学と日本アイ・ビー・エムのパートナーシップ『衛星画像処理を用いた環境調査方法の研究』（研究代表者・前田明夫・鹿児島大学工学部・教授）の一環として行われた。また、本研究の一部は、1989年度文部省科学研究費（総合研究A、課題番号01302049、研究代表者・松尾陽・東京大学工学部・教授）、及び1988年度鹿児島学術振興財団の研究助成金（研究代表者・松尾陽・東京大学工学部・教授）の助成を受けた。国土数値情報テープの処理に関しては、大阪市立大学教授三木信博氏、AMeDASテープの処理に関しては、福岡大学助手二宮秀与氏の協力を頂いた。またマップの描画は、鹿児島大学情報処理センターIBM3081-Kの三次元画像処理ソフトであるgraPHIGSを使用し、その運用に関しては、日本アイ・ビー・エムの鬼村道康氏の協力を頂いた。以上の方々に感謝致します。

## 参考文献

- 1) 国土庁計画・調整局、建設省国土地理院編：国土数値情報、1987年1月
- 2) S. Yoshida, S. Shinoki; "Preparation of the maps of monthly mean global solar radiation and its year to year variability for the Japanese Islands. "Tenki, Vol. 25, No. 5, pp. 61-75, 1978
- 3) S. Yoshida, H. kikuchihara, S. Shinoki; "Solar radiation maps for Japan - Part 8. Detailed maps of monthly mean diffuse sky radiation estimated on the basis of AMeDAS data. "Journal of Japan Solar Energy Society (JSES), Vol. 12, No. 12, PP. 12-30, 1986
- 4) H. Akasaka; "The estimation method of hourly global solar radiation using duration of sunshine, cloud cover and the other climatic elements. "Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No. 352, pp. 20-31, 1985, June
- 5) H. Nimiya, H. Akasaka, T. Sugai, S. Kuroki; "A method to estimate the hourly solar radiation using AMeDAS data. "Transactions of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan (SHASE), No.39, pp. 13-23, 1989, Feb.
- 6) H. komine, S. Murakami, Y. Sibata, N. Matsuno, "Prediction of surface wind velocity at any point, using regression analysis of topographic effects on wind velocity. "Tenki, Vol. 27, No. 12, pp. 15-27, 1980, Dec.
- 7) T. Nagata, Y. Sawada; "A tentative formula for the calculation of the horizontal diffuse radiation for clear sky. "Proceedings of AIJ annual meeting, 1978
- 8) A. P. Gagge, Y. Nishi, R. R. Gonzales; "Standard effective temperature -A single temperature index of temperature sensation and thermal discomfort. "Proc. of the CIB Commission W45 Symposium, Thermal comfort and moderate heat stress, pp. 229-250, 1973
- 9) A. P. Gagge, A. P. Fobelets, L. G. Berglund; "A standard predictive index of human response to the thermal environment. "ASHRAE Transaction,

- PO-86-14, No. 1, pp. 709-731, 1986
- 10) 高橋浩一郎監修：日本気象総覧，下巻，地域観測（アメダス），高層観測編，東洋経済新報社，1983年9月
  - 11) 赤坂，三木：体感気候マップの作成，日本建築学会中国・九州支部研究報告（環境系），1990年3月
  - 12) 赤坂，三木：国土数値情報による気象データの視覚化，コンピュータによる地域・建築環境情報の視覚化，1989年日本建築学会大会（九州）環境工学部門研究協議会，日本建築学会環境工学委員会，1989年10月
  - 13) H. Akasaka, N. Miki, "A Study on Drawing Maps Related to Human Thermal Sensation", IFHP/CIB/ WMO/IGU International Conference on Urban Climate, Planning and Building, 1989, Nov., Kyoto, Japan
  - 14) 赤坂裕：graPHIGS とグラフィック端末を利用してみて，鹿児島大学情報処理センター広報，Vol. 3, No. 1, 1990



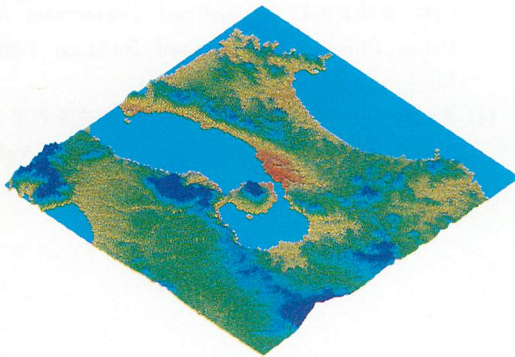


Fig. 3a Mean temperature in August  
(colour scale : 23~28°C, 1978~82)

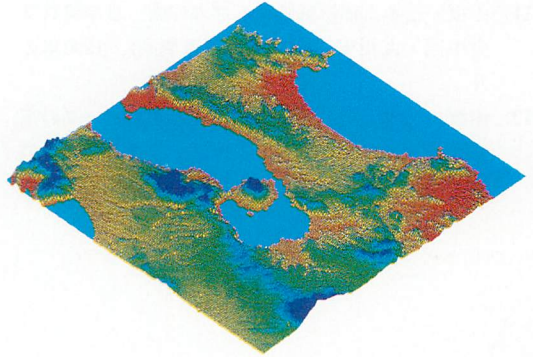


Fig. 3b Mean SET\* in August  
(colour scale : 23~28°C, 1978~82)

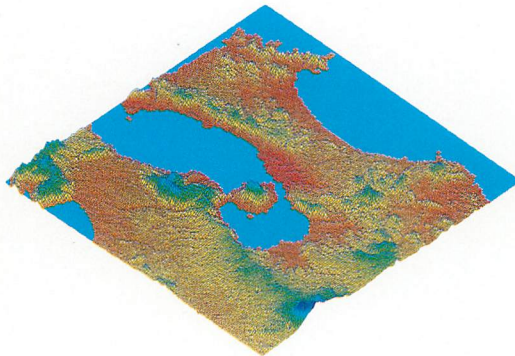


Fig. 4a Mean temperature in August  
(colour scale : 18.1~27.8°C, 1978~82)

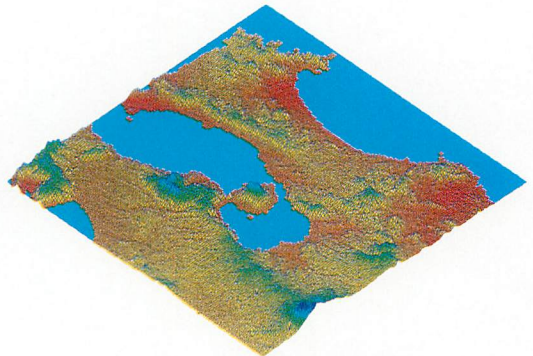


Fig. 4b Mean SET\* in August  
(colour scale : 17.7~28.6°C, 1978~82)

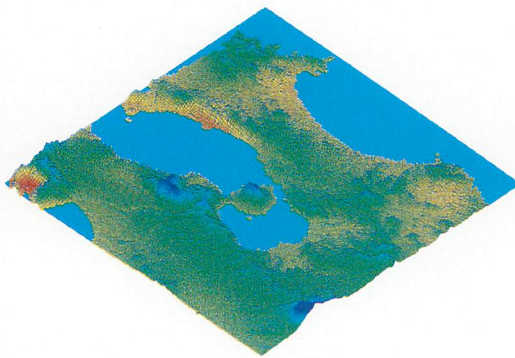


Fig. 5a SET\* at 9 a. m. in August  
(colour scale : 25~35°C, 1984)

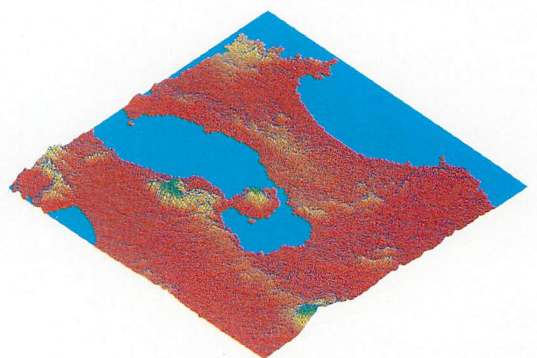


Fig. 5b SET\* at noon in August  
(colour scale : 25~35°C, 1984)



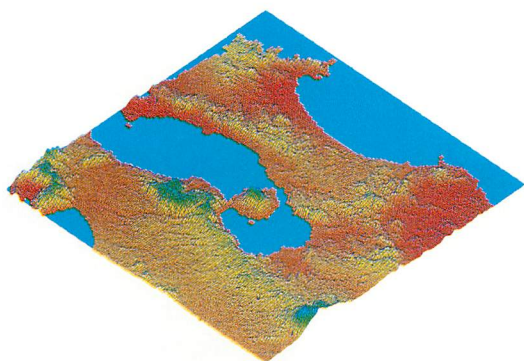
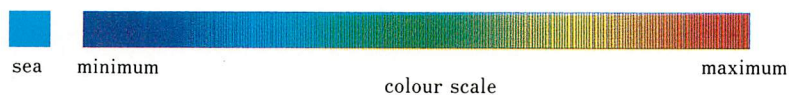


Fig. 5c SET\* at 3 p. m. in August  
(colour scale : 25~35°C, 1984)

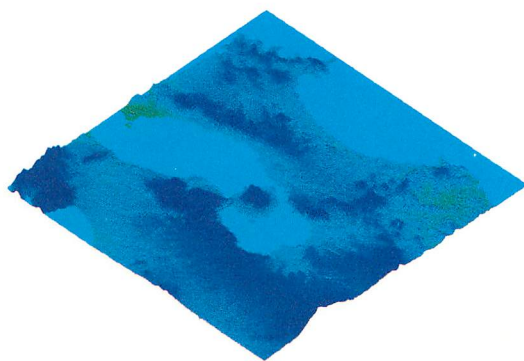


Fig. 5d SET\* at 6 p. m. in August  
(colour scale : 25~35°C, 1984)

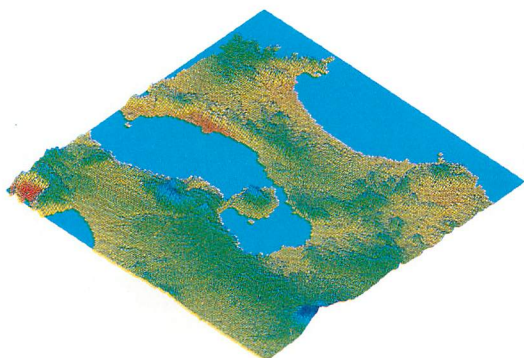


Fig. 6a SET\* at 9 a. m. in August  
(colour scale : 24.0~34.8°C, 1984)

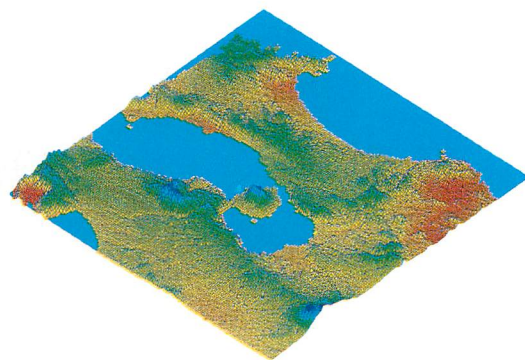


Fig. 6b SET\* at noon in August  
(colour scale : 28.8~37.0°C, 1984)

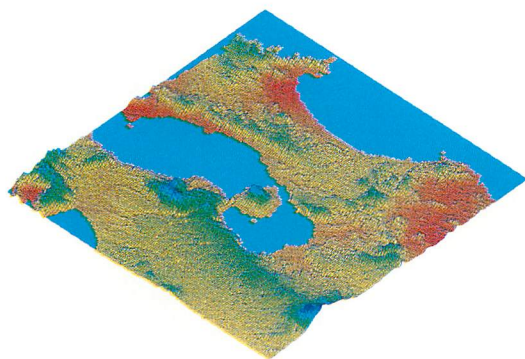


Fig. 6c SET\* at 3 p. m. in August  
(colour scale : 27.5~35.4°C, 1984)

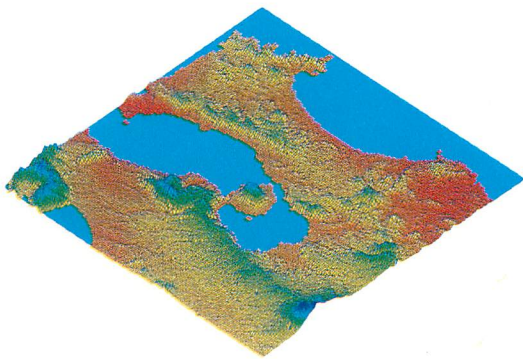


Fig. 6d SET\* at 6 p. m. in August  
(colour scale : 19.0~29.9°C, 1984)