

# GMS の赤外放射計による旬平均海面水温の精度

## Precision of ten-day mean sea surface temperature sensing from the GMS infrared radiometer

阿部 勝宏

Katsuhiko Abe

### Abstract

Since 1978 the Japan Meteorological Satellite Center has routinely performed ten-day mean sea surface temperature sensing from the GMS infrared radiometer.

The technique of sea surface temperature derived from the satellite is basically different from the acquisition of the conventional ship observations.

Radiation emitted by the ocean surface in 10.5–12.5  $\mu\text{m}$  wavelength region is slightly attenuated by the atmosphere, especially water vapor.

The accuracy of the satellite determined sea surface temperature is highly dependent on the correction which must be made for the effects of the water vapor.

An empirical atmospheric attenuation correction which is expressed as function of the climatological water vapor content, zenith angle and brightness temperature is applied to the GMS system.

Comparisons of the satellite sea surface temperature with ship observations within the satellite derived field reveal some encouraging results.

### 1. はじめに

我が国初の静止気象衛星 GMS が1977年7月に打ち上げられ、ミッション・チェック、仮運用を経て、1978年4月から正式運用に入って3年になる。そこで、この期間における衛星搭載の赤外放射計により算出した旬平均の品質良好な海面水温が、どの程度の割合で算出でき、船舶で測定された実測値と比較して、どれ程の精度を示すかについて調査した。

GMS の赤外放射データによる海面水温算出は、アメリカの極軌道衛星による計算モデル GOSSTCOMP (Global Operational Sea Surface Temperature Computation) のアルゴリズムを基に、静止衛星の特性を生かして行なうものである。

### 2. 衛星による海面水温算出の概要

潮目付近を除けば、ある小区域 (例えば、緯・経度1度四方) の海面水温データの度数分布は正規分布となり、そのモード・クラス温度が、この区域の平均海面水温値となる。衛星搭載の赤外放射計 (10.5~12.5 $\mu\text{m}$ ) により遠隔探査で海面水温を求めようとする時、大気中の

物質による減衰等がないものとし、かつ、小区域が“快晴”であれば、赤外放射データを変換した度数分布も Fig. 1 のように正規分布となる。このモード・クラス温度 ( $T_m$ ) が、この小区域の平均海面水温値と考えられる (Smith et al., 1970)。ところが、Fig. 2 に見られるように、この小区域には通常“雲”が存在し、その度数分布も低温側に影響を及ぼし、必ずしも、モード・

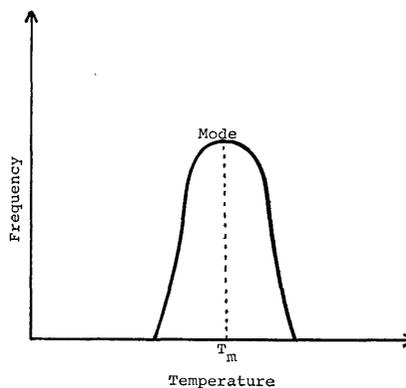


Fig. 1 Clear area data histogram.

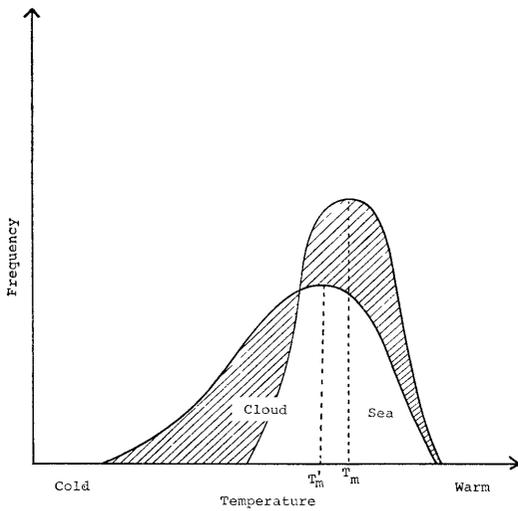


Fig. 2 Clear and partly cloudy area data histogram.

クラス温度( $T'_m$ )が、この小区域の海面水温を代表する値とは限らない。これら海面と雲の温度情報が混在した度数分布から、いかにして海面の温度情報を引き出すかが問題である。通常、雲の温度(正確には、雲頂温度)は海面水温より低く、低温側の度数分布に比べて、雲による高温側への度数分布に与える影響は小さい。それ故、高温側の度数分布の形状から  $T_m$  を推定する(Brower et al., 1976)。当然の事ながら、この方法では、雲が卓越する日の小区域の海面水温の抽出はできない。しかし、雲は、時々刻々、発生もするが移動、消滅もするので、数日間の内には“晴天”の日もあり、海面水温を抽出できる確率も高くなる。その上、海水の熱容量は大きく、“熱しくくさめにくい”という性質があり、この数日間での海面水温の変化は小さい。このことを利用して、数日間の時間的合成結果から、その期間の平均の海面水温値を算出する。気象衛星センターでは、この期間を気象庁海洋課の海況旬報に合わせて、旬平均海面水温値として求めている。しかし、この旬期間に“晴天日”と度数分布の形状上は認められたものの中には (Fig. 1 参照)、海面水温と温度差が小さい雲頂温度の様な下層雲や、透過性の強い薄い上層雲のものも含まれている可能性がある。そこで、ある基準温度場 (First Guess SST Field) をベースにし、各測定区域ごとの温度変化を考慮して“真に晴天日”だけの海面水温値を選別する。これを時間的選別処理と称している。さらに、回りの空間的温度場の平均変化量や、前旬の海面水温値および気候値などと比較して、時間的選別処理で求めたデータの品質のチェックを行ない、品質の良好な海面水温データのみを算出する。これを品質管理処理と称している。今旬の一連

の品質管理処理までで、雲が卓越して求められなかったり、品質が良好でなかった欠測区域の海面水温は、前旬に算出した値、回りの旬平均変化量や気候値から客観解析により求める。このようにして、全算出領域の旬平均海面水温値が求まり、これが次旬の基準温度場となる(阿部, 1979)。

### 3. 大気補正

GMS の赤外放射計は  $10.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$  の波長域を測定するように設計されている。この波長域は、いわゆる大気の窓と呼ばれ、大気中の物質による減衰が非常に小さい領域である。しかしながら、この領域でも、水蒸気、炭酸ガス、オゾン、エアロゾル等の吸収物質による減衰を受ける。この結果、赤外放射計によって得られた観測輝度温度は、放射源の温度そのものより減衰分だけ低く測定されている事になる。McClatchey et al. (1972) によれば、オゾンは  $0.1^\circ\text{K}$  以下、炭酸ガスは  $0.1 \sim 0.2^\circ\text{K}$ 、エアロゾルは  $0.1 \sim 0.5^\circ\text{K}$ 、水蒸気は  $0 \sim 9^\circ\text{K}$  で、水蒸気による影響が一番大きいとされている(井上, 1979)。そこで、精度良い放射源の温度(ここでは海面水温)を求めるには、この水蒸気による減衰量を補正する必要がある。GMS システムでは、種々の大気モデルを仮定し、放射理論(放射伝達式の解)を用いて理論的に計算した大気減衰の効果から、①水蒸気量②観測輝度温度③衛星天頂角(この角度が大きくなれば、衛星と放射源間の距離が長くなり、それだけ減衰も大きくなる)の3つのパラメータを選び、経験的に第(1)式の補正近似式を用いて大気補正量を推定している。

$$\Delta T = \sec \theta \{4.0(1.0 - A) + 0.189W \cdot A\} \quad (1)$$

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

$\Delta T$ : 大気補正量 ( $^\circ\text{K}$ )

$\theta$ : 衛星天頂角 (度)

$W$ : 水蒸気量 (可降水量: mm)

$T_{\text{BB}}$ : 観測輝度温度 ( $^\circ\text{K}$ )

気象衛星センターでは、観測輝度温度から、海面水温、雲頂高度および雲量の算出のために、統計的に求めた標準大気を緯・経度  $5^\circ$  ごとに作成している。これを GMSSA (GMS Standard Atmosphere) と称している。

第(1)式の補正近似式により大気補正量を求める際に使用される可降水量  $W$  は、今の所、全球規模のリアルタイムの実測値がないので、この GMSSA の指定気圧面における露点温度により次式で計算し求めている。

露点温度が  $T_d$  ( $^\circ\text{C}$ ) のとき、飽和水蒸気圧  $E$  (mb) は、第(2)式で表わすことができる。

$$E = 6.11 \cdot 10^a \cdot T_d^{(b+T_d)} \quad (\text{Tetens の式}) \quad (2)$$

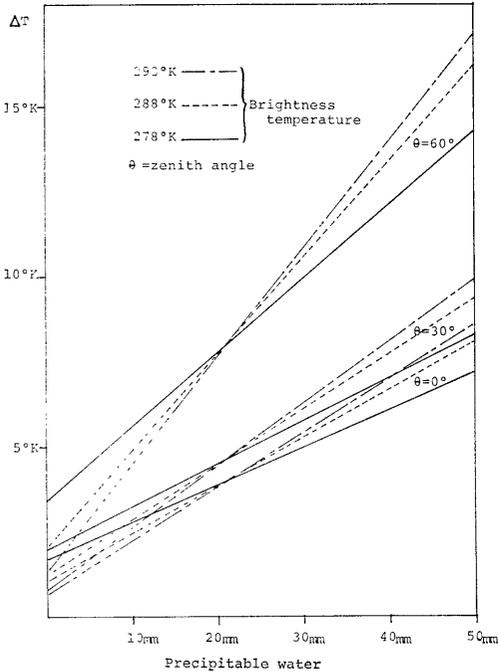


Fig. 3 Example of empirical atmospheric correction.

a, bは定数

混合比  $Q$  (g/kg) は、気圧を  $P$  (mb) とすると、第(3)式で求まる。

$$Q = \frac{622 \cdot E}{P - E} \quad (3)$$

こうして混合比  $Q$  が求まれば、可降水量  $W$  (mm) は第(4)式で計算できる。

$$W = \sum_{\text{地上気圧}} 0.01 \cdot \bar{Q} \cdot \Delta P \quad (4)$$

$\bar{Q}$ : 2層間の平均混合比

$\Delta P$ : 2層間の気圧差

Fig. 3は、観測輝度温度、衛星天頂角を一定にした時の、可降水量と大気補正量の関係の一部を例示したものである。

#### 4. 時間的合成による海面水温の算出率

GMSによる海面水温処理領域は、Fig. 4に示す北緯50度～南緯49度、東経90度～西経171度で、そのデータ数は、緯・経度1度四方に1個算出するので、1万個である。この内、緯・経度1度四方に占める陸地の面積が50%を越えるデータが2,379個あり、海面領域のデータ数は7,621個である。

Table 1は、暖候期および寒候期における時間的選別処理期間を1日間から10日間まで行った場合の、それぞ

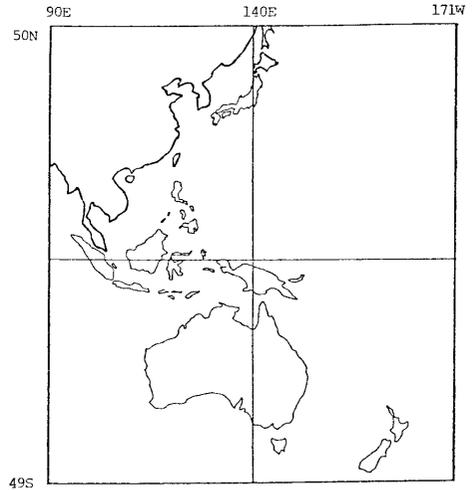


Fig. 4 GMS sea surface temperature processing field.

れの算出率の変化の結果を示したものである。これから、雲などの影響を受けていない品質良好な海面水温の算出率は、1日間だけの場合に約20%だったものが、5日間では40～50%、10日間では60～70%であることが分る。品質良好なデータの算出率は時間合成期間の延長と共に上がるが、その伸び率は逆に小さくなる。ある程度、期間を伸ばしても算出率は飽和値に達し、今までの調査結果では約80%である。

#### 5. 旬平均海面水温の算出率

Table 2は、1979年および1980年における、衛星算出の品質良好な旬平均海面水温の算出率を表わしたものである。

時期的には、12月から3月にかけて算出率は低く、他の月では一様で高い。しかし、年変化は小さいことがわかる。

#### 6. 衛星算出海面水温値と船舶データの比較

気象庁海洋課では、日本海、東シナ海、オホーツク海および太平洋の海域で船舶から報告された海面水温の実測値から、緯・経度1度ごとの旬平均海面水温値を求めている。

そこで、船舶観測の領域と、Fig. 4に示した衛星算出領域が一致するFig. 5の海域において、船舶の実測値と比較することにより、衛星算出の旬平均海面水温値の精度を季節ごとに調査した。

Table 3～Table 10は、1979年および1980年の冬期、春期および夏期における比較結果である。この表の全衛

**Table 1** Rate of success in obtaining SST from one day to ten-day time composite processing.

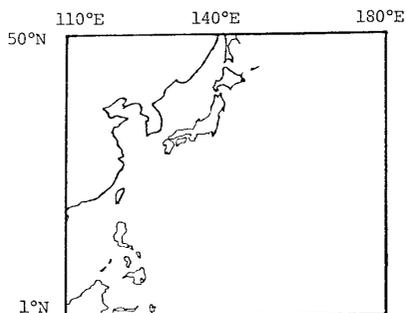
| 算出旬           | 時間合成期間     |  | 1日間   | %  | 3日間   | %  | 5日間   | %  | 7日間   | %  | 10日間  | %  |
|---------------|------------|--|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
|               | 算出結果       |  |       |    |       |    |       |    |       |    |       |    |
| 1978年<br>8月上旬 | 時間的選別処理で棄却 |  | 5,703 | 75 | 4,145 | 54 | 2,929 | 38 | 1,948 | 26 | 1,165 | 15 |
|               | 品質管理処理で棄却  |  | 147   | 2  | 694   | 9  | 887   | 12 | 952   | 12 | 839   | 11 |
|               | 品質良好データ    |  | 1,771 | 23 | 2,782 | 37 | 3,805 | 50 | 4,721 | 62 | 5,617 | 74 |
| 1979年<br>8月上旬 | 時間的選別処理で棄却 |  | 5,725 | 75 | 4,333 | 57 | 3,388 | 44 | 2,963 | 39 | 2,364 | 31 |
|               | 品質管理処理で棄却  |  | 615   | 8  | 709   | 9  | 706   | 9  | 682   | 9  | 653   | 9  |
|               | 品質良好データ    |  | 1,281 | 17 | 2,579 | 34 | 3,527 | 46 | 3,976 | 52 | 4,604 | 60 |
| 1979年<br>2月上旬 | 時間的選別処理で棄却 |  | 6,214 | 82 | 4,686 | 61 | 3,597 | 47 | 2,702 | 35 | 1,810 | 24 |
|               | 品質管理処理で棄却  |  | 133   | 2  | 689   | 9  | 860   | 11 | 995   | 13 | 957   | 13 |
|               | 品質良好データ    |  | 1,274 | 17 | 2,246 | 29 | 3,164 | 42 | 3,924 | 51 | 4,854 | 64 |

(海面データ数=7,621)

**Table 2** Successful rate of ten-day mean SST passed through quality control processing.

(旬算出率 %)

| 算出年      | 算出月 | 算出月 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | 年平均算出率 |
|----------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|--------|
|          |     | 1月  | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |        |
| 1979年    | 上旬  | 58  | 64 | 59 | 68 | 70 | 71 | 64 | 60 | 77 | 65  | 66  | 49  | 66%    |
|          | 中旬  | 56  | 67 | 56 | 72 | 65 | 71 | 66 | 78 | 73 | 71  | 66  | 61  |        |
|          | 下旬  | 66  | 58 | 67 | 72 | 71 | 66 | 70 | 80 | 64 | 73  | 64  | 66  |        |
| 1980年    | 上旬  | 60  | 46 | 68 | 74 | 70 | 72 | 63 | 69 | 66 | 70  | 74  | 60  | 67%    |
|          | 中旬  | 63  | 56 | 54 | 62 | 74 | 71 | 69 | 70 | 76 | 72  | 69  | 58  |        |
|          | 下旬  | 56  | 60 | 70 | 76 | 77 | 66 | 73 | 74 | 64 | 71  | 64  | 60  |        |
| 月平均算出率 % |     | 60  | 59 | 62 | 71 | 71 | 70 | 68 | 72 | 70 | 70  | 67  | 59  |        |



**Fig. 5** SST analyzed field between satellite and ship reports.

星算出データとは、雲などの影響で欠測となった区域の海面水温を客観解析により推定し求めたデータも含めたすべての海面区域のデータのことである。また、品質良好衛星データとは、雲などの影響を受けず、品質管理処理をパスした品質の良い海面水温データのことである。全衛星算出データ比較の表中の観測数と、全観測数が一致していないのは、北朝鮮西側海域の船舶による海面水温の報告がないか、冬期に海水が結氷した場合のためである。

(1) 統計的水蒸気量(可降水量)により大気補正を施した場合

GMSSAの緯・経度5度ごとの露点温度から可降水量を計算し、これを緯・経度1度に補間し、この量から第(1)式により大気補正を行なって衛星算出の旬平均海面水

**Table 3** Seasonal comparisons of satellite measurement vs. ship measurements for all satellite derived SST data using GMSSA water vapor content (1979).

| 精度比較内容                     | 算出旬           | 調査項目    |  | 平均値    | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測数   | 全観測数  |
|----------------------------|---------------|---------|--|--------|------|-------|-------|-------|
|                            |               | 調査対象    |  |        |      |       |       |       |
| 全衛星算出データ比較<br>(北緯1度～北緯50度) | 1979年<br>1月中旬 | T衛星     |  | 21.80  | 8.37 | 1.24  | 2,762 | 2,827 |
|                            |               | T船舶     |  | 21.12  | 8.35 |       |       |       |
|                            |               | T衛星-T船舶 |  | 0.69   | 1.03 |       |       |       |
|                            | 1979年<br>4月中旬 | T衛星     |  | 22.47  | 8.72 | 1.62  | 2,675 |       |
|                            |               | T船舶     |  | 21.27  | 8.66 |       |       |       |
|                            |               | T衛星-T船舶 |  | 1.20   | 1.09 |       |       |       |
|                            | 1979年<br>7月上旬 | T衛星     |  | 23.74  | 6.67 | 1.25  | 2,724 |       |
|                            |               | T船舶     |  | 24.50  | 7.09 |       |       |       |
|                            |               | T衛星-T船舶 |  | - 0.76 | 1.00 |       |       |       |

**Table 4** Same as Table 3, but for successful satellite derived SST data.

| 精度比較内容                      | 算出旬           | 調査項目    |  | 平均値    | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測数   |
|-----------------------------|---------------|---------|--|--------|------|-------|-------|
|                             |               | 調査対象    |  |        |      |       |       |
| 品質良好衛星データ比較<br>(北緯1度～北緯50度) | 1979年<br>1月中旬 | T衛星     |  | 25.26  | 5.06 | 1.29  | 1,896 |
|                             |               | T船舶     |  | 24.41  | 5.14 |       |       |
|                             |               | T衛星-T船舶 |  | 0.85   | 0.97 |       |       |
|                             | 1979年<br>4月中旬 | T衛星     |  | 23.37  | 8.58 | 1.68  | 1,914 |
|                             |               | T船舶     |  | 22.01  | 8.55 |       |       |
|                             |               | T衛星-T船舶 |  | 1.35   | 1.00 |       |       |
|                             | 1979年<br>7月上旬 | T衛星     |  | 24.48  | 6.36 | 1.34  | 1,570 |
|                             |               | T船舶     |  | 25.31  | 6.86 |       |       |
|                             |               | T衛星-T船舶 |  | - 0.83 | 1.06 |       |       |

**Table 5** Same as Table 3, but for 1980.

| 精度比較内容                     | 算出旬           | 調査項目    |  | 平均値    | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測法   |
|----------------------------|---------------|---------|--|--------|------|-------|-------|
|                            |               | 調査対象    |  |        |      |       |       |
| 全衛星算出データ比較<br>(北緯1度～北緯50度) | 1980年<br>1月中旬 | T衛星     |  | 22.39  | 8.14 | 1.86  | 2,733 |
|                            |               | T船舶     |  | 21.07  | 8.03 |       |       |
|                            |               | T衛星-T船舶 |  | 1.32   | 1.31 |       |       |
|                            | 1980年<br>4月中旬 | T衛星     |  | 22.67  | 8.76 | 2.01  | 2,740 |
|                            |               | T船舶     |  | 21.23  | 8.70 |       |       |
|                            |               | T衛星-T船舶 |  | 1.44   | 1.40 |       |       |
|                            | 1980年<br>7月上旬 | T衛星     |  | 24.08  | 6.92 | 1.54  | 2,790 |
|                            |               | T船舶     |  | 24.80  | 7.09 |       |       |
|                            |               | T衛星-T船舶 |  | - 0.72 | 1.36 |       |       |

Table 6 Same as Table 4, but for 1980.

| 精度比較内容                              | 算出旬           | 調査対象    | 調査項目 | 平均値   | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測数   |
|-------------------------------------|---------------|---------|------|-------|------|-------|-------|
|                                     |               |         |      |       |      |       |       |
| 品質良好衛星<br>データ比較<br>(北緯1度～<br>北緯50度) | 1980年<br>1月中旬 | T衛星     |      | 24.61 | 6.75 | 2.00  | 1,392 |
|                                     |               | T船舶     |      | 23.02 | 6.43 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |      | 1.59  | 1.22 |       |       |
|                                     | 1980年<br>4月中旬 | T衛星     |      | 24.01 | 7.52 | 2.22  | 1,815 |
|                                     |               | T船舶     |      | 22.23 | 7.46 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |      | 1.78  | 1.33 |       |       |
|                                     | 1980年<br>7月上旬 | T衛星     |      | 24.92 | 5.44 | 1.52  | 1,387 |
|                                     |               | T船舶     |      | 25.59 | 6.00 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |      | -0.67 | 1.36 |       |       |

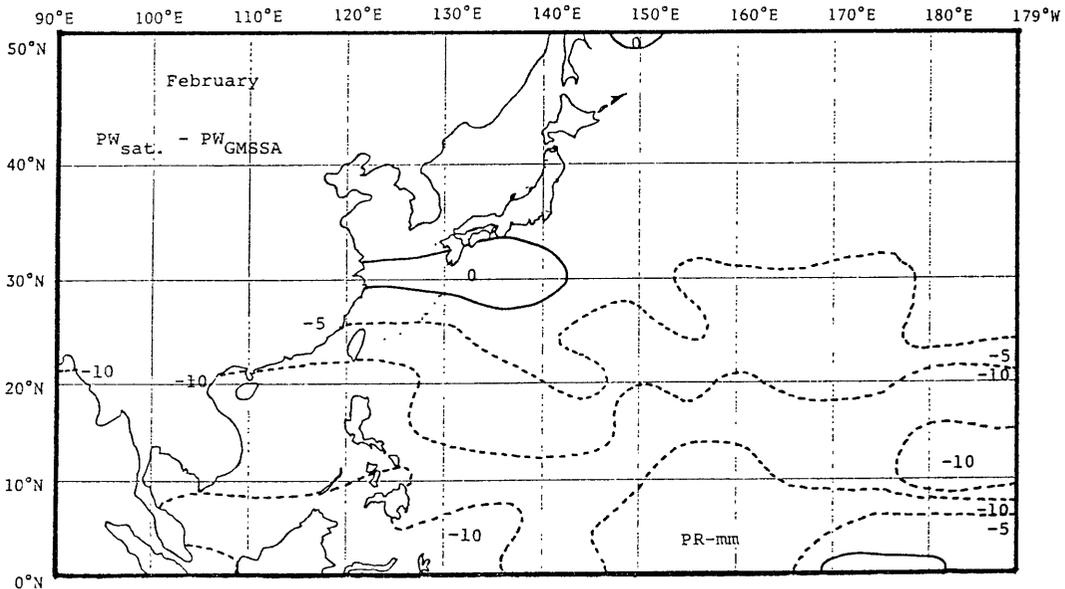


Fig. 6 Monthly mean precipitable water difference between estimated by GMS IR radiometer and calculated from climatological dew-point temperature for February in 1978, 1979.

温値を求める。Table 3～Table 6は、この衛星算出海面水温値と、それに対応する船舶データとの比較表である。

(2) 改良水蒸気量(可降水量)による大気補正を施した場合

GMSSAの露点温度から計算し求めた可降水量に、特に低緯度において疑問が生じた。低緯度域においては、よく知られているように、年変化は小さいが、その量は多いということである。ところが、GMSSAより求めた量は、年変化も小さくなく、量にもかなりの変動がある

ということが判明した。そこで、1978年および1979年の衛星観測輝度温度、船舶で観測された海面水温、および高層観測の実測の露点温度を用いて可降水量を推定した(阿部, 1980)。Fig. 6, Fig. 7は、北半球の冬期および夏期における、GMSSAと実測値に基づいて推定し求めた可降水量の差を図示したものである。冬期では、低緯度域で5～10mm GMSSAによる可降水量が多く、逆に夏期では5～10mm少ないという結果になっている。

Table 7～Table 10は、この推定可降水量を用いて大気補正を施した場合の結果を表わしたものである。

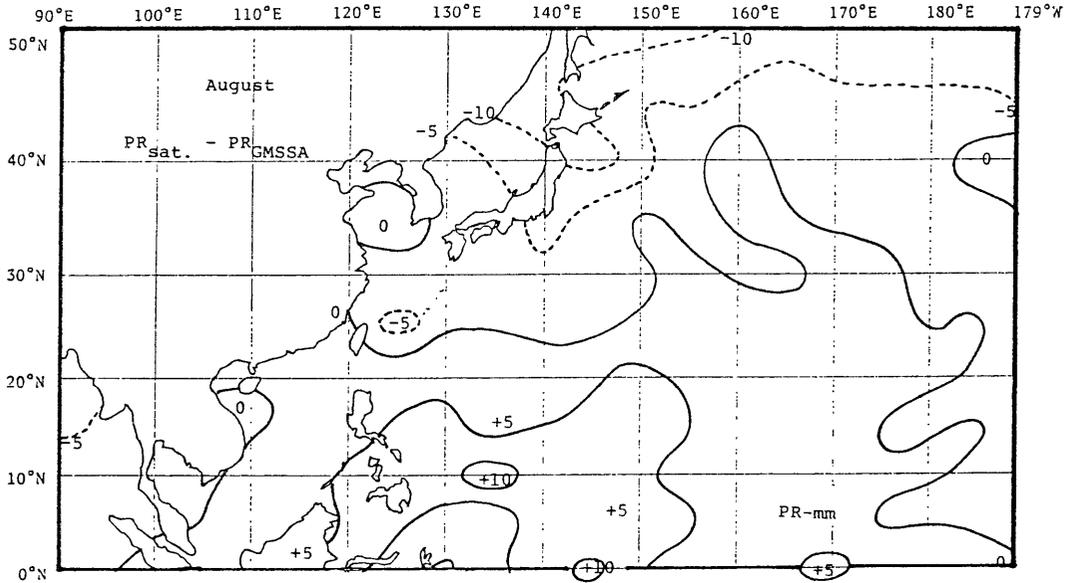


Fig. 7 Same as Fig. 6, but for August.

Table 7 Seasonal comparisons of satellite measurement vs. ship measurements for all satellite derived SST data using improved climatological water vapor content (1979).

| 精度比較内容                                 | 算出旬           | 調査対象    | 調査項目 | 平均値   | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測数   | 全観測数  |
|--|---------------|---------|------|-------|------|-------|-------|-------|
|  |               |         |      |       |      |       |       |       |
| 全衛星算出<br>データ比較<br>(北緯1度<br>～北緯50<br>度) | 1979年<br>1月中旬 | T衛星     |      | 22.24 | 8.34 | 1.57  | 2,762 | 2,827 |
|  |               | T船舶     |      | 21.12 | 8.35 |       |       |       |
|  |               | T衛星-T船舶 |      | 1.13  | 1.09 |       |       |       |
|  | 1979年<br>4月中旬 | T衛星     |      | 21.87 | 8.65 | 1.14  | 2,675 |       |
|  |               | T船舶     |      | 21.27 | 8.66 |       |       |       |
|  |               | T衛星-T船舶 |      | 0.60  | 0.97 |       |       |       |
|  | 1979年<br>7月上旬 | T衛星     |      | 23.74 | 6.91 | 1.54  | 2,724 |       |
|  |               | T船舶     |      | 24.50 | 7.09 |       |       |       |
|  |               | T衛星-T船舶 |      | -0.75 | 1.35 |       |       |       |

これらの表から、次のことが判る。

- ① 1979年および1980年の両ケースの場合共、1月(冬期)の平均誤差および平均平方差が、他期に比べて大きい。
- ② 1979年および1980年の両ケースの場合共、7月(夏期)の平均誤差だけがマイナスの値を示している。
- ③ 1979年の算出結果の方が1980年に比して、7月を除いて、平均誤差および平均平方差ともに小さい。その精度は、平均誤差では、絶対値で最小0.5°C～

最大1.1°C、平均平方差は、最小1.1°C～最大1.6°Cである。一方、1980年での平均誤差は、最小0.2°C～最大1.2°C、平均平方差は、最小1.2°C～最大1.7°Cである。

- ④ 1979年では、品質良好衛星データの方が、全衛星算出データによる比較結果より誤差が小さい。しかし、1980年では、冬期を除けば、逆に少し大きくなっている。
- ⑤ 衛星算出の品質良好なデータの算出率は、1980年の1月(冬期)が40%弱と極端に低いが、他では65%程度の算出率を示している。

**Table 8** Same as Table 7, but for successful satellite derived SST data.

| 精度比較内容                              | 算出旬           | 調査項目    |  | 平均値    | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測数   |
|-------------------------------------|---------------|---------|--|--------|------|-------|-------|
|                                     |               | 調査対象    |  |        |      |       |       |
| 品質良好衛星<br>データ比較<br>(北緯1度～<br>北緯50度) | 1979年<br>1月中旬 | T衛星     |  | 25.56  | 5.38 | 1.40  | 1,734 |
|                                     |               | T船舶     |  | 24.52  | 5.10 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |  | 1.04   | 0.94 |       |       |
|                                     | 1979年<br>4月中旬 | T衛星     |  | 22.36  | 8.62 | 1.05  | 1,842 |
|                                     |               | T船舶     |  | 21.77  | 8.68 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |  | 0.59   | 0.88 |       |       |
|                                     | 1979年<br>7月上旬 | T衛星     |  | 24.91  | 6.56 | 1.29  | 1,761 |
|                                     |               | T船舶     |  | 25.42  | 6.86 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |  | - 0.51 | 1.19 |       |       |

**Table 9** Same as Table 7, but for 1980.

| 精度比較内容                             | 算出旬           | 調査項目    |  | 平均値    | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測数   |
|------------------------------------|---------------|---------|--|--------|------|-------|-------|
|                                    |               | 調査対象    |  |        |      |       |       |
| 全衛星算出デ<br>ータ比較<br>(北緯1度～<br>北緯50度) | 1980年<br>1月中旬 | T衛星     |  | 22.24  | 8.08 | 1.71  | 2,733 |
|                                    |               | T船舶     |  | 21.07  | 8.03 |       |       |
|                                    |               | T衛星-T船舶 |  | 1.17   | 1.25 |       |       |
|                                    | 1980年<br>4月中旬 | T衛星     |  | 22.08  | 8.62 | 1.49  | 2,740 |
|                                    |               | T船舶     |  | 21.23  | 8.70 |       |       |
|                                    |               | T衛星-T船舶 |  | 0.85   | 1.22 |       |       |
|                                    | 1980年<br>7月上旬 | T衛星     |  | 24.48  | 6.83 | 1.22  | 2,790 |
|                                    |               | T船舶     |  | 24.80  | 7.09 |       |       |
|                                    |               | T衛星-T船舶 |  | - 0.32 | 1.18 |       |       |

**Table 10** Same as Table 8, but for 1980.

| 精度比較内容                              | 算出旬           | 調査項目    |  | 平均値    | 標準偏差 | 平均平方差 | 観測数   |
|-------------------------------------|---------------|---------|--|--------|------|-------|-------|
|                                     |               | 調査対象    |  |        |      |       |       |
| 品質良好衛星<br>データ比較<br>(北緯1度～<br>北緯50度) | 1980年<br>1月中旬 | T衛星     |  | 24.66  | 7.16 | 1.59  | 1,011 |
|                                     |               | T船舶     |  | 23.55  | 6.86 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |  | 1.10   | 1.14 |       |       |
|                                     | 1980年<br>4月中旬 | T衛星     |  | 22.83  | 7.54 | 1.54  | 1,742 |
|                                     |               | T船舶     |  | 21.85  | 7.60 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |  | 0.98   | 1.18 |       |       |
|                                     | 1980年<br>7月上旬 | T衛星     |  | 25.09  | 6.52 | 1.23  | 1,737 |
|                                     |               | T船舶     |  | 25.30  | 6.81 |       |       |
|                                     |               | T衛星-T船舶 |  | - 0.21 | 1.21 |       |       |

7. まとめ

衛星の赤外放射データからは、雲などの影響を受け、旬期間に海面水温が求められない欠測区域がある。しかし、客観解析により、その欠測区域の海面水温値が、ある程度の精度で推定できることを、船舶データとの比較結果から示した。

また、改良水蒸気量により大気補正を行なった方が、従来のよりも精度よく算出できることも判った。

この改良水蒸気量により大気補正を施した旬期間の品質良好衛星データの算出率は、北半球の船舶データとの比較範囲では約65%、GMS範囲の両半球でも70%弱で、時期的には12月から3月にかけて悪く、その他の月では良い。船舶データとの比較結果から、この品質良好衛星データが、平均誤差で0.2°C~1.1°C、平均平方差1.0°C~1.6°Cの精度で求まることがわかった。

日本付近は、海況パターンが非常に複雑である。とりわけ、三陸沖や日本海中部では、親潮と黒潮、リマン海流と対馬海流の寒・暖流がぶつかり、いわゆる潮境を生じる。その周辺海域では海面水温差は、かなり大きい。このような海域における海面水温の絶対値を知るには、船舶による詳細な実測値がはるかに有効であり、不可欠である。しかし、このような海域のデータも含む調査結

果で、衛星による緯・経度1度の旬平均海面水温値が、ある程度の精度で算出できるということは、大気-海洋相互作用、気候問題や数値予報の入力値として非常に有効となろう。

8. あとがき

衛星搭載の赤外放射計で海面水温を測定する場合と、船舶で観測する場合とは異なる面が多い。

船舶により観測される海面水温は、表面下、数10cm~数mの表面水温を直接測定する。一方、衛星では、リモートセンシングにより数10 $\mu$ mの表皮水温を測定する。通常、表皮水温の方が、表面水温より0.5°C程度低いという実験結果が報告されている(渡辺, 1969)。今回の調査結果では、7月上旬(夏期)がこれに該当するが、他は逆の結果となっている。これは、気候値の可降水量を用いて経験的に大気補正を施しているのが主たる原因と考えられるが、今の所、詳細は不明である。

観測密度については、Fig. 8とFig. 9に見られるように、船舶の1ヶ月間の報告数は、海域によって、かなりのバラツキがある。このように、船舶による測定は“点”の観測で、その範囲も限定され、時間的にも連続したデータの取得は困難である。ところが、衛星の場合

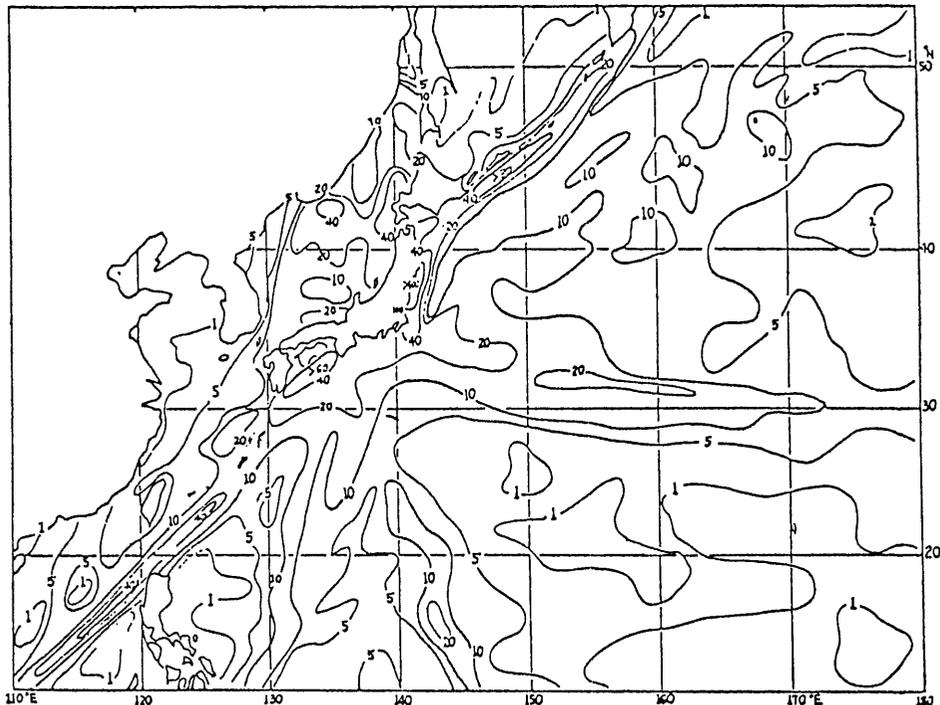


Fig. 8 Number of ship observations in northern hemisphere during February 1973 (after Iida, 1973).

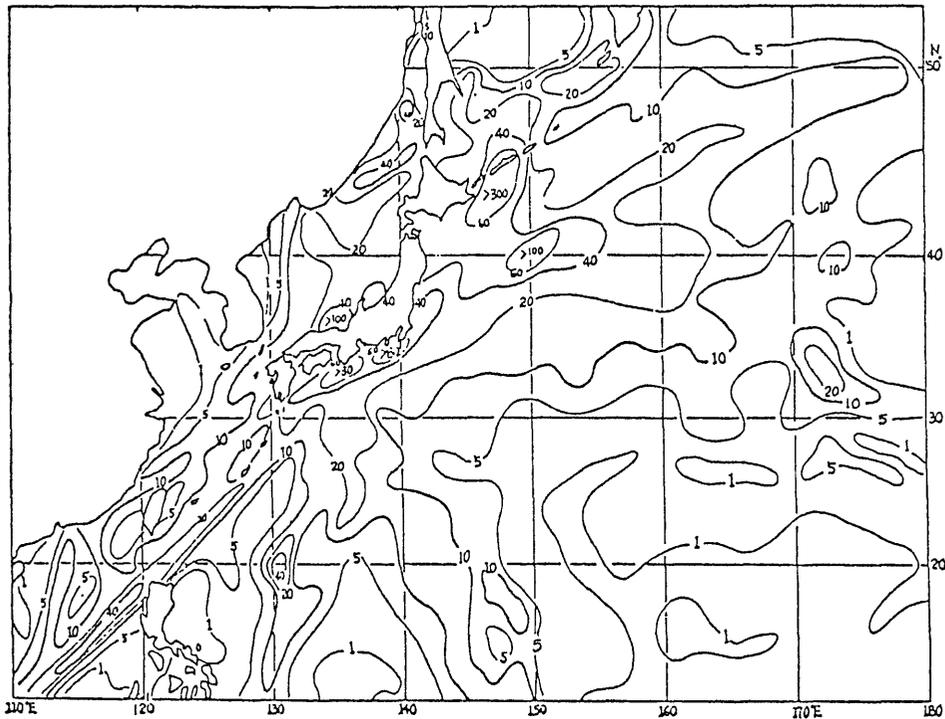


Fig. 9 Same as Fig. 8, but for August.

には“面”の測定で、その密度も均一で、測定範囲も広範で、かつ、時間的にも連続したデータの取得も可能である。船舶による観測回数が少ない中部太平洋海域や南半球においては、衛星による測定が非常に有効である。

ところが一方、衛星による海面水温を測定するには、大気補正と言うやっかいなものがある。この大気補正を施す上で、一番その効果に影響を及ぼす水蒸気量を正確に知ることが、衛星算出海面水温の精度を上げる最大の要因であることは、Fig. 3や船舶データとの比較結果からも分る。近い将来、極軌道衛星 TIROS-N の TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) による準リアルタイムの水蒸気量が入手できれば、はるかに精度よく算出できるものと期待できる。

#### References

阿部勝宏(1979)：静止気象衛星“ひまわり”による海面水温の測定。海と空、55, 23-39。  
 阿部勝宏・原田知幸・山本孝二(1979)：静止気象衛星“ひまわり”の赤外放射データによる旬平均海面水温と半月平均海面水温データの算出率。日本気象学会秋期予稿集、36, 200。

阿部勝宏(1980)：静止気象衛星“ひまわり”赤外放射データによる旬平均海面水温の精度。日本気象学会秋期予稿集、38, 231。

阿部勝宏(1980)：静止気象衛星 GMS の赤外放射データにより推定した可降水量の精度。気象衛星センター技術報告、2, 77-93。

浜田忠昭(1980)：静止衛星画像から雲移動量を求め風を推定する場合の精度について。気象衛星センター技術報告、1, 33-52。

井上豊志郎(1979)：大気補正。気象衛星センター技術報告、特別号Ⅱ-2, 7-14。

渡辺貫太郎(1969)：表面水温における問題点。海と空、45, 99-122。

渡辺貫太郎(1972)：宇宙からの表面水温の観測。水温の研究、17, 2-11。

Brower, R. L., H. S. Gohrband, W. G. Pichel, and C. C. Walton (1976)：Satellite derived sea-surface temperature from NOAA spacecraft. NOAA Technical Memorandum NESS 78, 74 p.

McMillin, L. M., and P. Q. Wark (1973)：Satellite infrared soundings from NOAA spacecraft. NOAA

- Technical Report NESS **65**, 112 p.                      satellite high resolution infrared window radiation  
Smith, W. L., P. K. Rao, and W. R. Curtis (1970) :      measurements. Mon. Wea. Rev., **98**, 604-611.  
The determination of sea surface temperature from