

TOVS 海面水温の精度調査と精度向上について

Evaluation and Improvement of the Accuracy of Sea Surface Temperature Derived from the Operational Processing of TOVS Data

竹内 義明*, 吉崎 徳人*
Yoshiaki Takeuchi and Yoshito Yoshizaki

Abstract

The accuracy of TOVS sea surface temperature products derived from TOVS data at MSC is estimated. It is found that large mean and RMS errors at some areas are related to persistent error due to unsuitable objective analysis.

To improve the accuracy of TOVS SST in regression, following three approaches are investigated; viz., 1) the optimization of the number of channels for regression, 2) the quality check of classification data base, and 3) the change of scan-angle correction scheme. The results indicate that increase or decrease of the number of channels used in regression does not have effective impact on the accuracy and that well-checked classification data base induce the improvement of the accuracy at the cost of the number of retrieved sea surface temperature.

1. はじめに

気象衛星センターでは1980年11月以来、NOAA 衛星から取得した TOVS データ、および AVHRR データ (Ch. 4) を用いた回帰法により、海面水温の算出を行っている。GMS による海面水温が赤外 1 チャンネルのみを使用しているのに対し、NOAA による海面水温は水蒸気吸収帯チャンネルを含む複数のチャンネルを使用しているため、GMS に比べ正確な大気補正ができる利点を持っている。NOAA 衛星に搭載されている HIRS のチャンネル特性を表 1 に示す。

今回の報告では、最近 2 年間の海面水温プロダクトの精度調査および精度向上のための検討を行い、問題点の整理と将来のプロダクト開発、改良への見通しを述べる。

2. NOAA 海面水温算出処理の概略

NOAA, TOVS データを用いた海面水温算出処理については気象衛星センター技術報告特別号 (1983) に詳しい解説があるので、ここでは概略のみを述べる。

TOVS 処理における海面水温算出処理のフロー (概略) を図 1 に示す。算出の原理は HIRS の Ch. 1 ~19, および AVHRR の Ch. 4 の各観測チャンネルから、Aoki(1982)の方法を用いて抽出した晴天放射を作用変数、海洋課作成の緯経度1度格子の旬平均海面水温を目的変数とする回帰法である。回帰式は次式で表される。

$$SST = \sum_{i=1}^{M+1} \{C_i + C'_i \times \Delta \mu\} \times Ri \quad (1)$$

M : 使用チャンネル数
Ri : チャンネル i の晴天放射量
RM+1 : 1

HIRS チャンネル番号	中心波数 (cm ⁻¹)	中心波長 (μm)	主要な吸収気体	観測高度のシーアの位置	各チャンネルの主な目的と特性	
1	668	15.00	CO ₂	30 mb	海面温度分布	
2	679	14.70	CO ₂	60 mb		
3	691	14.50	CO ₂	100 mb		
4	704	14.20	CO ₂	400 mb		
5	716	14.00	CO ₂	600 mb		
6	732	13.70	CO ₂ /H ₂ O	800 mb		
7	748	13.40	CO ₂ /H ₂ O	900 mb		
8	898	11.10	H ₂ O	地表	表面温度、雲の検出	
9	1,028	9.70	O ₃ /H ₂ O	25 mb		オゾン量
10	1,217	8.30	H ₂ O	900 mb	水蒸気濃度分布	
11	1,364	7.30	H ₂ O	700 mb		
12	1,484	6.70	H ₂ O	500 mb		
13	2,190	4.57	N ₂ O	1,000 mb	比較的高層な大気と海面温度分布	
14	2,213	4.52	N ₂ O	950 mb		
15	2,240	4.46	CO ₂ /N ₂ O	700 mb		
16	2,276	4.40	CO ₂ /N ₂ O	400 mb		
17	2,361	4.24	CO ₂	5 mb		
18	2,512	4.00	N ₂ /CO ₂ /N ₂ O	地表		表面温度、雲の検出 各チャンネルより波の透過率がよい、太陽光の反射がかなり含まれる 目における雲の検出
19	2,671	3.70	N ₂ O/H ₂ O	地表		
20	14,367	0.70	H ₂ O	地表		

Table 1 Characteristics of HIRS channels.

* 気象衛星センターシステム管理課

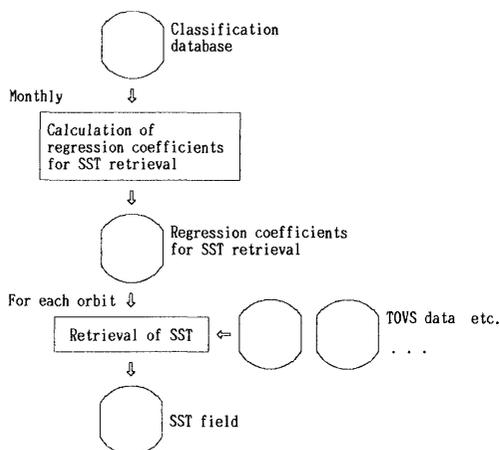


Fig.1 Data flow of TOVS sea surface temperature production.

C_i, C'_i : 算出係数

$$\Delta \mu : \mu - \mu_T$$

μ : 衛星天頂角余弦の逆数

μ_T : 基準となる HIRS ピクセルの μ

海面水温算出係数は、海面水温による係数の変化を考慮するため、HIRS の Ch. 8 の放射量の値によって分けられた 8 つの小カテゴリ毎に決定される。また、AVHRR のデータが得られなかった場合の係数も同時に決定される。昼夜による係数の違いは考慮していない。

係数決定のため、海洋課作成旬平均海面水温格子点データと HIRS ; Ch. 1~19, AVHRR ; Ch. 4 の晴天放射量をセットにした分類ファイル (1 小カテゴリ当たり最大 500 セット) が作成されている。現在、海面水温算出に用いられているチャンネルは、AVHRR ; Ch. 4, HIRS ; Ch. 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14 の晴天放射量である。海面水温算出係数は、分類データから (1) 式を用いた回帰法によって毎月決定され、係数ファイルに格納される。

海面水温は鉛直分布の 1 要素として軌道毎に計算され、鉛直分布ファイルに格納される。海面水温の算出結果に対する品質管理は非常に大雑把なもので、

$$T_s(\min) < T_s < T_s(\max) \quad (2)$$

の形で与えてある。現在、 $T_s(\min, \max)$ には、253 K, 308 K がそれぞれ設定されている。

3. 精度評価

軌道毎に得られる TOVS 海面水温の算出結果は

SATEM 通報式で本庁に配信される他、半旬平均海面水温の等値線図で海洋課に送られる。(TOVS 海面水温図)。TOVS 海面水温図は次のようにして作られている。軌道毎に算出された海面水温は、1 日 2 回、 $0^\circ \text{N} - 60^\circ \text{N}, 100^\circ \text{E} - 180^\circ \text{E}$ の領域で緯度経度 $1^\circ \times 1^\circ$ 格子点上に客観解析される。客観解析法の詳細については、気象衛星センター技術報告特別号 (1983) を参照されたい。この海面水温場は半旬毎に平均され、 $20.0^\circ \text{N} - 45.0^\circ \text{N}, 127.5^\circ \text{E} - 152.5^\circ \text{E}$ の領域で等値線解析される。これが TOVS 海面水温図の作成方法である。

本報告では、長期間にわたる海面水温の誤差を調査するため、半旬平均海面水温と海洋課作成旬平均海面水温を用いる。図 2 は両者の差の領域平均偏差 (図中の折れ線) と領域 RMS 偏差 (図の縦線) の 1987 年 3 月

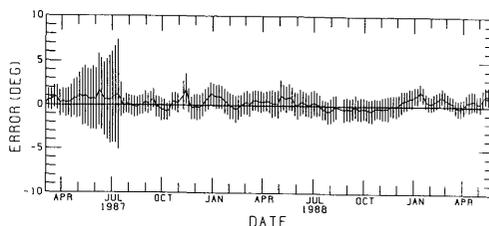


Fig. 2 Mean deviation (solid curve) and RMS deviation (vertical bar) between 5-day mean TOVS sea surface temperature and 10-day mean sea surface temperature derived from ship reports by Marine Department of JMA for the specified area ($20.0^\circ \text{N} - 45.0^\circ \text{N}, 127.5^\circ \text{E} - 152.5^\circ \text{E}$).

から 1989 年 5 月までの時系列である。1987 年の前半に非常に精度が悪化している期間があるが、これは海面水温場の客観解析をする際に、解析値が過去の格子点データの影響を受けて不安定を起こすためである。対処として、1987 年 7 月 15 日に客観解析を過去の格子点データに重みをかけないように変更したので、それ以降は不安定が起きていない。この変更後の平均偏差、RMS 偏差はそれぞれ、0.25 K, 1.34 K となっている。

つぎに偏差の地域特性を見るために、各格子点について、1987 年 7 月 15 日から 1989 年 5 月 30 日までの全期間の平均偏差と RMS 偏差を調べた (図 3)。主な特徴は三陸沖での大きな正の平均偏差と北海道の太平洋側海域の大きな RMS 偏差である。この領域は海面水温の変化が大きく、偏差が大きくなるのはある程度予想されるが、詳細については、後で述べる。一般に北方ほど RMS 偏差が大きくなる傾向がある。また、平均偏

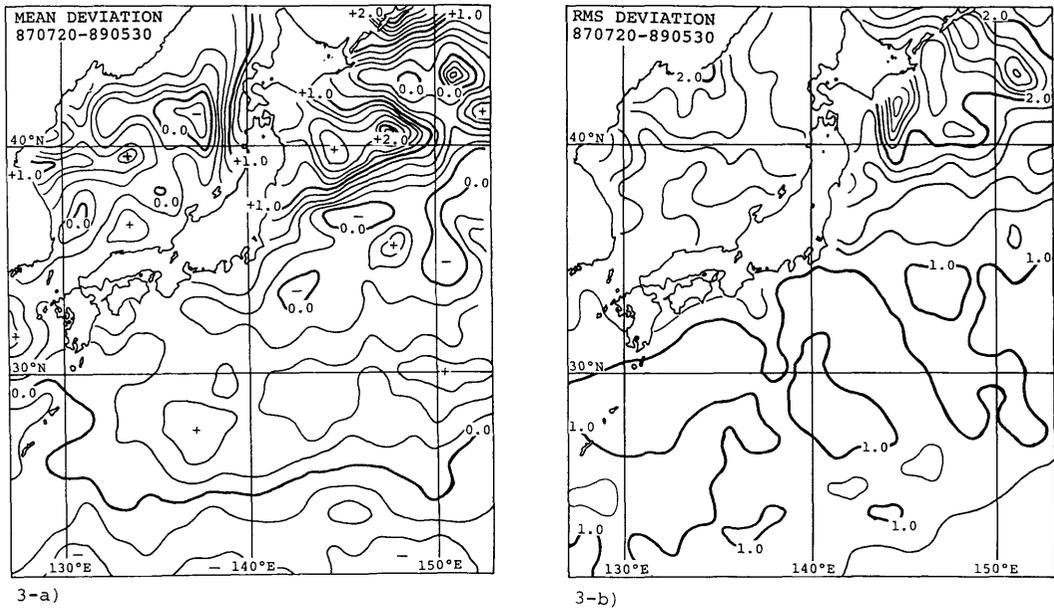


Fig. 3 Mean deviation (3-a) and RMS deviation (3-b) between 5-day mean TOVS sea surface temperature and 10-day mean sea surface temperature derived from ship reports by Marine Department of JMA for the period of 15 July 1987 to 31 May 1989.

差は南で0.5K以内になっている。

次に地点を限って半月平均海面水温と JMA 旬平均海面水温の時間変化を調べる (図 4)。図の実線は JMA 旬平均海面水温、破線は TOVS データから算出した半月平均海面水温である。RMS 偏差の大きい $43^{\circ}\text{N}151^{\circ}\text{E}$ (図 4 f) では常に偏差が大きいわけではなく、1988年7月から10月に見られるように、ときおり偏差が大きくなり、2~3ヵ月持続している。

この原因は先に述べた海面温度の客観解析の手法にあると考えられる。現在の客観解析では、衛星の軌道から離れていたり、雲量が多いなどの理由で、格子点の近くに TOVS で算出した海面水温の値がない時には過去の値がそのまま残るようになっていく。また、TOVS で算出した値があっても、それが元の格子点値と 3 K 以上離れている時には格子点値が更新されないようになっていく。従って、海面水温の変化が大きい時期に雲量が多く、TOVS 海面水温の算出が暫くの間できなかった場合、格子点値は更新されないまま、実際の値から次第に離れていく。そして、格子点値と実際の値との差が 3 K 以上離れてしまうと、正常な

TOVS 海面水温が算出できても、その値は格子点値には反映されず、継続的な誤差を生む。

事実、北海道東方の海域では春から夏にかけて広範囲に霧が発生、持続しており、系統的な誤差の原因になったと考えられる。平均偏差が大きな正の値をとる $40^{\circ}\text{N}145^{\circ}\text{E}$ (第 4 図 b) では 1987-88年の冬の期間に実際の海面水温の低下を表現できず、大きな平均偏差をもたらしたと考えられる。この場合は、寒気の吹き出しに伴う対流雲が偏差の原因になっている。したがって、海面水温の変化が大きい期間の客観解析の方法を再考する必要があると思われる。その他の地点では季節変化の大きい $41^{\circ}\text{N}137^{\circ}\text{E}$ (図 4 c) でも、季節変化の小さい $20^{\circ}\text{N}150^{\circ}\text{E}$ (図 4 a) でも、偏差が継続して悪化した期間のない地点では 1 K 程度の RMS 偏差になっている。

4. 精度向上の試み

TOVS 処理によって求められる海面水温を、現行の処理システムの枠内で、できるだけ海洋課作成 SST に近づけるため、1) 回帰式に用いる HIRS の使用チ

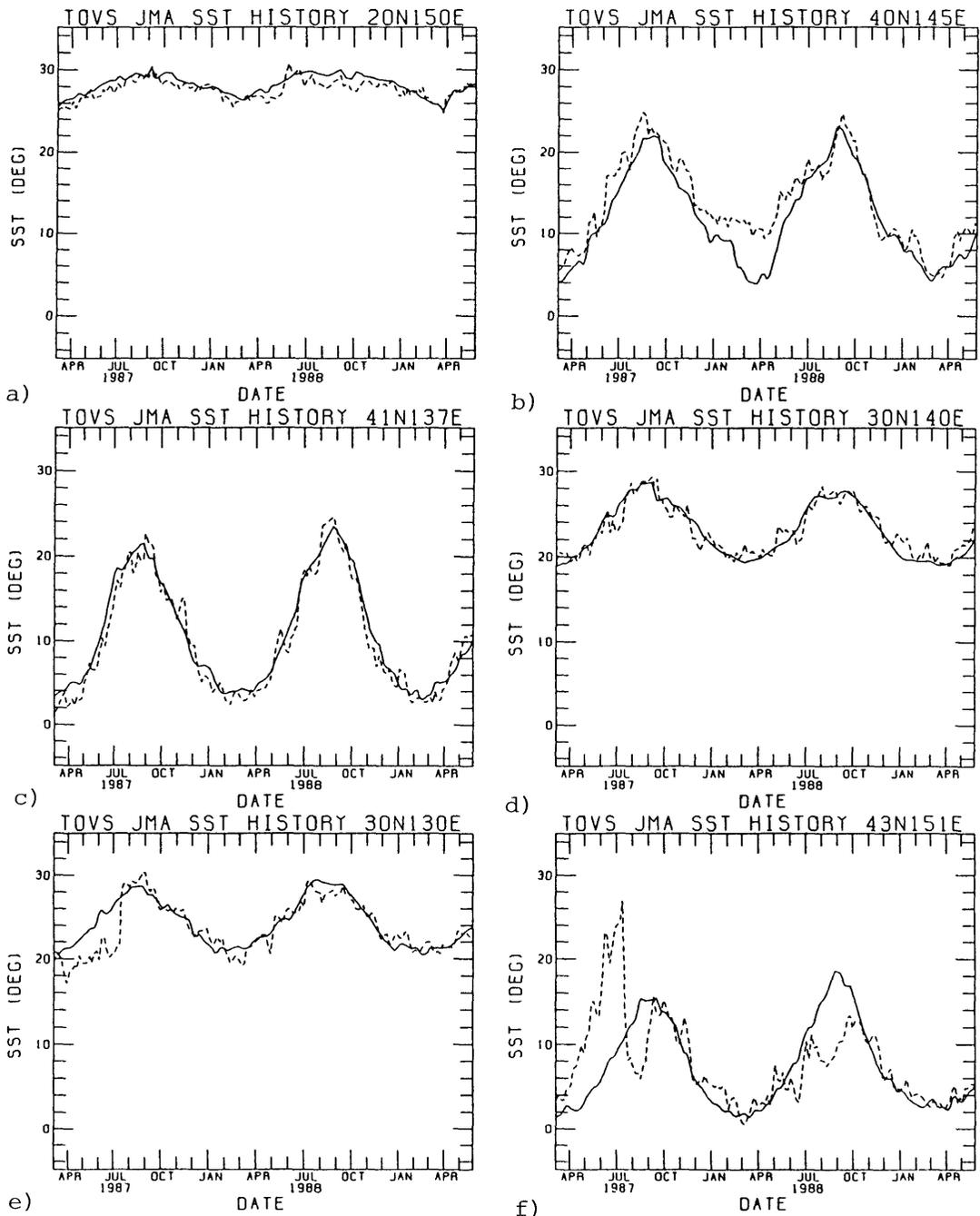


Fig. 4 Variation of 5-day mean sea surface temperature(dashed curve) and 10-day mean sea surface temperature from ship reports(solid curve) by Marine Department of JMA at a) 20° N150°E, b) 40°N145°E, c) 41°N137°E, d) 30° N140°E, e) 30°N130°E, f) 43°N151°E.

—— HIRS ch.6,7,8,10,11,13,14 AVHRR ch.4
 - - - HIRS ch. 7,8,10 AVHRR ch.4
 HIRS ch. 10 AVHRR ch.4

Classification database : March 1989
 Small category : 4

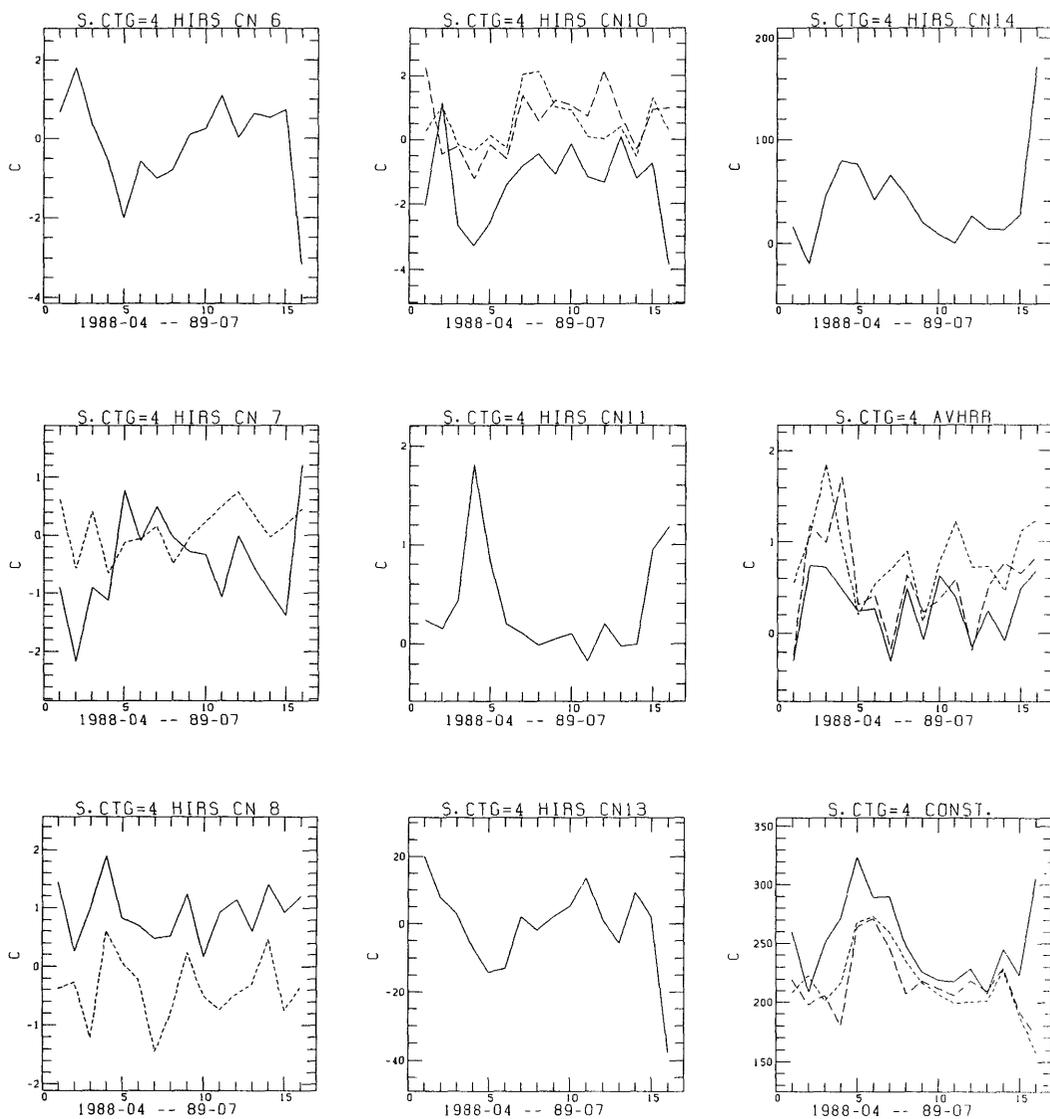


Fig. 5 Monthly variation of regression coefficients of sea surface temperature by present channels (solid curve) and decreased channels (dashed curve).

small category	Original HIRS ch. 6, 7, 8, 10, AVHRR ch. 4		HIRS ch. 7, 8, 10 AVHRR ch. 4		HIRS ch. 10 AVHRR ch. 4	
	March	April	March	April	March	April
	1	0.84	0.94	0.89	0.83	0.91
2	1.14	1.63	1.27	1.29	1.27	1.29
3	1.64	2.61	1.77	2.72	1.93	2.67
4	1.22	1.78	1.45	2.12	1.59	2.09
5	1.49	1.98	1.82	2.18	1.99	2.19
6	0.77	1.34	1.25	2.14	1.32	2.15
7	0.86	1.21	1.42	1.85	1.45	1.87
8	0.43	0.57	0.54	0.75	0.56	0.77
Mean	1.05	1.51	1.30	1.74	1.38	1.73

Table 2 RMS error (in K) of sea surface temperature in the case of regression by means of decreased HIRS channel for March 1988 (dependent data) and April 1988 (independent data). The number of data is 500 for each small category.

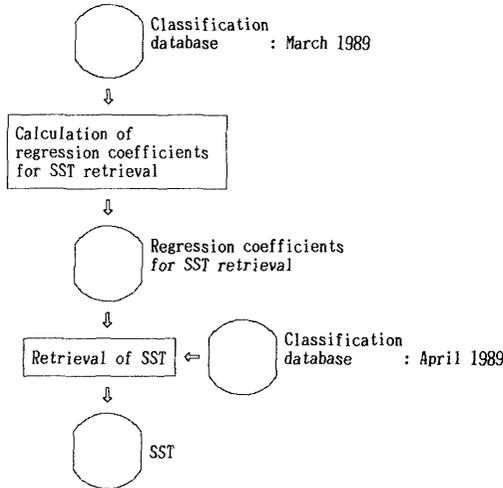


Fig. 6 Processing flow of investigation relevant to improvement of sea surface temperature accuracy.

チャンネルの変更, 2) 係数決定用データの品質管理, 3) 天頂角補正法の変更, の3つの方法を試みた。

4. 1 回帰式に用いる HIRS の使用チャンネルの変更

a. HIRS の使用チャンネルを減らした場合

現行の係数の月変化と, HIRS の使用チャンネルを減らした場合の係数の月変化とを比較したのが図5で

ある。HIRS の使用チャンネルを減らす, すなわち説明変数を減らすと係数の変化が小さくなり, 算出結果が安定するのではと期待したが, 係数の変化は小さくならない。また, 年周期の変化があるかもしれないが, 時系列が16ヶ月しかないのではつきりしない。

1989年3月の分類ファイルから HIRS の使用チャンネルを減らした場合の係数を決定し, この係数を用いて, 1989年4月の分類ファイルから海面水温を算出, チャンネル変更しない場合と比較した(表2, 図6)。使用チャンネルを減らした場合, RMS 誤差は大きくなる。

b. HIRS の使用チャンネルを増やした場合

分類ファイルに格納されている全てのチャンネル, つまり, HIRS の Ch. 1~19, および AVHRR の Ch. 4 を使用した場合について, 1989年3月の分類ファイルから係数を決定, この係数を用いて1989年4月の分類ファイルから海面水温を算出, チャンネルを変更しない場合と比較した(表3)。

small category	Original HIRS ch. 6, 7, 8, 10, AVHRR ch. 4		HIRS ch. 1~19 AVHRR ch. 4	
	March	April	March	April
	1	0.84	0.94	0.74
2	1.14	1.63	0.98	1.62
3	1.64	2.61	1.50	2.39
4	1.22	1.78	1.14	2.08
5	1.49	1.98	1.32	2.09
6	0.77	1.34	0.67	1.55
7	0.86	1.21	0.66	1.55
8	0.43	0.57	0.37	0.57
Mean	1.05	1.51	0.92	1.70

Table 3 RMS error (in K) of sea surface temperature in the case of regression by means of increased HIRS channel for March 1988 (dependent data) and April 1988 (independent data). The number of data is 500 for each small category.

説明変数が増える分, 従属データ(3月の分類ファイル)に対しては良い結果を示すが, 独立データ(4月の分類ファイル)に対しては RMS 誤差は大きくなる。

c. 現行の HIRS の使用チャンネルから Ch. 11 を除く

た場合

現行の HIRS の使用チャンネルのなかで、Ch.11は他のチャンネルに比べて海洋課 SST との相関が悪い(後の図7参照)。Ch.11を除いて1989年3月の分類ファイルから係数を決定、この係数を用いて1989年4月の分類ファイルから海面水温を算出、チャンネルを変更しない場合と比較した(表4)。結果を見るとチャンネルを変更しない場合とほとんど差はない。

		Original		Without HIRS ch.11	
		March	April	March	April
small category	1	0.84	0.94	0.84	0.91
	2	1.14	1.63	1.14	1.63
	3	1.64	2.61	1.64	2.63
	4	1.22	1.78	1.24	1.78
	5	1.49	1.98	1.53	1.92
	6	0.77	1.34	0.80	1.32
	7	0.86	1.21	0.86	1.24
	8	0.43	0.57	0.44	0.57
Mean		1.05	1.51	1.06	1.50

Table 4 RMS error (in K) of sea surface temperature in the case of regression by excluding HIRS Ch.11 channel for March 1988 (dependent data) and April 1988 (independent data). The number of data is 500 for each small category.

4. 2 係数決定用データの品質管理

海洋課作成 SST と AVHRR・HIRS の晴天放射量との関係を分類ファイル(1989年3月)中のデータで見たのが図7である。AVHRR・HIRS の晴天放射量

(図の横軸)には次のような天頂角補正を施している。地上から見る衛星の天頂角を θ とし、 $\mu = 1/\cos\theta$ とおけば、大気を通過する距離が μ にほぼ比例するので、 μ と AVHRR・HIRS の晴天放射量との関係もほぼ線形になる。 μ は 1 から 2 くらいの値をとるので、このほぼ中間の値を μr とし、放射量を $\mu = \mu r$ の場合に換算する。図7を見ると、いずれのチャンネルでも群から離れた値があり、HIRS 視野内の雲の影響を完全に除去できていないことがわかる。そこで、分類データに品質管理をかけて、これらの値を取り除けば、海面水温算出の精度が向上すると期待される。

品質管理の方法として次の5通りの方法を試みた。

- ・射影行列の対角要素を用いる方法 (H I I)
Hoaglin and Welsch (1978) 図8 a
- ・DEFFITSの方法
Belsley, Kuh and Welsch (1980) 図8 b
- ・COVRATIOの方法
Belsley, Kuh and Welsch (1980) 図8 c
- ・FVARATIOの方法
Belsley, Kuh and Welsch (1980) 図8 d
- ・海洋課作成 SST と(最大)放射量との残差の絶対値が 2°C 以上のデータを除く方法 (RESIDUAL)
図8 e

これらの方法の詳細については、田中他(1984)を参照されたい。

品質管理をかけた1989年3月の分類ファイルから決定した係数を用いて、1989年4月の分類ファイルに格

		Original	HII	DEFFITS
small category	1	0.94 (500)	0.90 (382)	0.81 (464)
	2	1.63 (500)	1.86 (357)	1.24 (472)
	3	2.61 (500)	2.24 (342)	1.83 (460)
category	4	1.78 (500)	1.53 (371)	1.50 (466)
	5	1.98 (500)	1.87 (371)	1.61 (439)
	6	1.34 (500)	1.37 (349)	1.17 (457)
	7	1.21 (500)	1.21 (353)	1.17 (461)
	8	0.57 (500)	0.44 (375)	0.55 (480)
Mean (sum)		1.62(4000)	1.51(2900)	1.29(3699)

		COVRATIO	FVARATIO	RESIDUAL
small category	1	0.87 (411)	0.92 (406)	0.87 (496)
	2	1.32 (388)	1.37 (376)	0.95 (343)
	3	2.14 (379)	2.29 (371)	1.10 (152)
category	4	1.29 (396)	1.31 (382)	1.00 (291)
	5	1.57 (389)	1.58 (392)	1.21 (63)
	6	1.08 (364)	1.15 (359)	0.49 (188)
	7	1.13 (363)	1.17 (362)	0.76 (204)
	8	0.40 (400)	0.42 (391)	0.49 (480)
Mean (sum)		1.31(3090)	1.36(3039)	0.83(2217)

Classification database : March 1989
() : The number of data

Table 5 RMS error (in K) of sea surface temperature derived from classification data base. the quality of which is refined by statistical schemes, for March 1989 (dependent data). The number of refined data is also shown.

METEOROLOGICAL SATELLITE CENTER TECHNICALNOTE No. 20 MARCH, 1990

Classification database : March 1989
Small category : 4

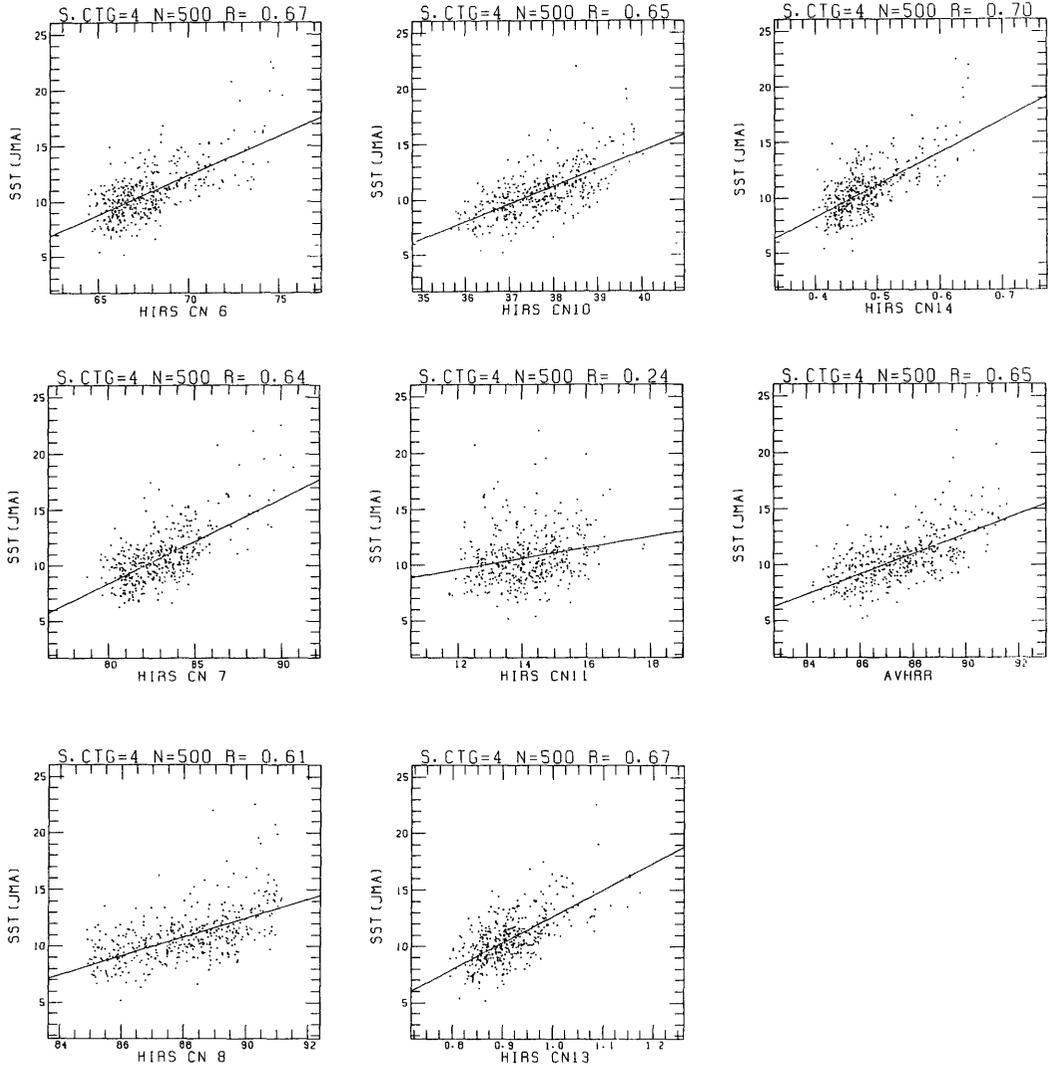
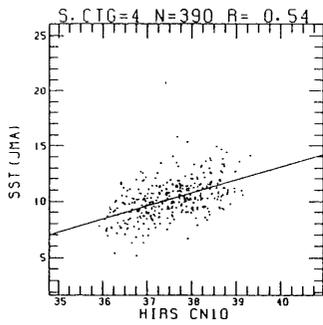
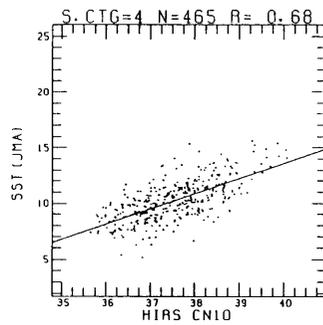


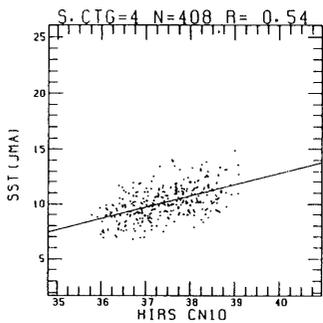
Fig. 7 Scatterplots of 10-day mean sea surface temperature derived from ship reports by Marine Department of JMA versus AVHRR, HIRS clear radiance. These data are stored in classification data base.



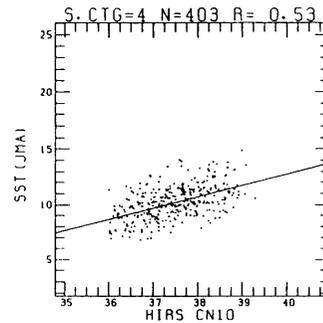
a. IIII



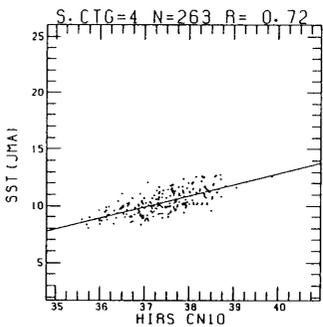
b. DFFITS



c. COVRATIO



d. FVARATIO



e. RESIDUAL

Classification database : March 1989

Small category : 4

Fig. 8 As in Fig.7 but that classification data base is checked by statistical schemes.

納されている晴天放射データから海面水温を算出、海洋課 SST と比較した (表 5)。

また、1989年4月21日昼軌道について海面水温を算出した結果が表6である。表5でRMS誤差が最小となるのは残差を用いる方法であるが、品質管理にかかるデータ数が小カテゴリによってまちまちで、表6の

	MEAN.E	RMS.E	Number of data
ORIGINAL	0.59	1.39	1139
HII	0.64	1.35	720
DEFFITS	0.39	1.32	1047
COVRATIO	0.66	1.38	781
FVARATIO	0.66	1.37	763
RESIDUAL	0.64	1.52	626

Table 6 Mean and RMS error (in K) of sea surface temperature for 21 April 1989 by means of the regression coefficients derived from refined classification data base.

The number of retrieved data is also shown.

RMS 誤差が大きい。表5で残差を用いる方法の次に残差が小さいのが DEFFITS の方法である。この方法は品質管理にかかるデータ数が少なく、表6でもRMS 誤差が最小となり、5通りの品質管理の方法の中では最適と思われる。1989年4月21日昼軌道から26日夜軌道まで、DEFFITS の方法でQCをかけて算出した海面水温を海洋課作成 SST と比較したのが表7

		Original			DEFFITS		
		MEAN.E	RMS.E	Number of data	MEAN.E	RMS.E	Number of data
4/21	Day	0.59	1.39	1139	0.39	1.32	1047
	Night	0.56	1.56	780	0.28	1.47	729
4/22	Day	0.55	1.59	633	0.39	1.56	545
	Night	0.18	1.74	468	0.02	1.60	365
4/23	Day	0.26	1.69	786	0.06	1.63	703
	Night	0.26	1.36	698	-0.01	1.31	558
4/24	Day	0.60	1.86	915	0.34	1.85	783
	Night	0.35	1.52	960	-0.06	1.56	754
4/25	Day	0.77	1.53	1147	0.35	1.53	973
	Night	0.78	1.66	895	0.23	1.42	720
4/26	Day	0.39	1.46	604	0.20	1.37	526
	Night	0.78	1.59	904	0.40	1.38	804
Mean	Sum	0.54	1.58	9929	0.24	1.50	8507

Table 7 Mean and RMS error (in K) of sea surface temperature for the period of 21-26 April 1989 by means of the regression coefficients derived from refined classification data base. The number of retrieved data is also shown.

である。平均14%のデータが品質管理にかかるが、品質管理をかけない場合の正の偏差がある程度抑えられ、RMS 誤差も小さくなる。

4. 3 海面水温算出係数決定方法の変更

衛星センターの回帰式は天頂角補正を算出係数の中に含んだ形になっているが、放射量の方を天頂角補正した

$$SST = \sum_{i=1}^{M+1} \hat{C}_i \times \{R_i - \hat{C}_i \times \Delta \mu\} \quad (3)$$

の形で回帰式を作った場合について調査した。 \hat{C}_i は $\Delta \mu$ と AVHRR・HIRS の晴天放射量との比例定数となる。

(3)式を用い、1989年3月の分類ファイルから決定した海面水温算出係数を用いて、1989年4月の分類ファイルに格納されている晴天放射量データから海面水温を算出、海洋課作成 SST と比較した結果が表8であ

		Original	HII	DEFFITS
s m a l c a t e g o r y	1	0.91 (500)	0.82 (382)	0.74 (464)
	2	1.64 (500)	1.62 (357)	1.22 (472)
	3	2.76 (500)	2.18 (342)	1.84 (460)
	4	2.00 (500)	1.57 (371)	1.60 (466)
	5	2.27 (500)	2.31 (371)	1.78 (439)
	6	1.63 (500)	1.69 (349)	1.37 (457)
	7	1.56 (500)	1.69 (353)	1.44 (461)
	8	0.58 (500)	0.45 (375)	0.57 (480)
Mean (sum)		1.79(4000)	1.64(2900)	1.38(3699)

		COVRATIO	FVARATIO	RESIDUAL
s m a l c a t e g o r y	1	0.82 (411)	0.85 (406)	0.82 (496)
	2	1.38 (388)	1.45 (376)	0.93 (343)
	3	2.13 (379)	2.28 (371)	1.09 (152)
	4	1.35 (396)	1.35 (382)	0.96 (291)
	5	1.82 (389)	1.86 (392)	1.19 (63)
	6	1.25 (364)	1.29 (359)	0.57 (188)
	7	1.54 (363)	1.65 (362)	0.74 (204)
	8	0.41 (400)	0.43 (391)	0.51 (480)
Mean (sum)		1.42(3090)	1.49(3039)	0.81(2217)

Classification database : March 1989

() : The number of data

Table 8 As in Table 5 but that regression formula (3) is used to derive the regression coefficients independent of scan angle.

る。回帰法によって決定されるべき係数は(1)式の場合の半分になるので、RMS誤差は(1)式を用いた方法より大きくなるが、品質管理をかけることによって(1)式を用いる場合より小さくできる(表5と比較)。

5. まとめ

MSC算出の海面水温の精度を調査した。その結果、算出誤差には一定の地域特性、および季節的傾向があることがわかった。特に時間的に持続する誤差が見出されたので、これを算出結果に対する品質管理や客観解析の方法を工夫して除去することによって精度の向上が望める。

一方、現行の処理に大きな影響を与えずに精度向上を目指す試みとして、HIRSの使用チャンネルの変更、係数決定用のデータの品質管理、海面水温算出係数決定方法の変更を検討した。結果は次の通りであった。

- ・海面水温算出に用いる現行のHIRSのチャンネルを変更しても、期待される結果は得られない。

- ・品質管理をかけると、10数パーセントの算出地点減少と引き替えに、一定の精度向上が見込まれる。

- ・現行のアルゴリズムを余り変更せずに最も効率的に精度向上に影響するのは晴天放射算出の結果に品質管理を施すことである。

- ・回帰法の利点は、測定誤差等予知しえない現象を取り込んでくれることであるが、物理量として捉え得るものはなるべく回帰法によらないで用いたいという考えもある。その意味で、海面水温算出係数の算出手法の変更も一考に値する。

6. 今後の問題点

分類ファイルに新しいデータを入力する際、ヒストグラムを作成して各小カテゴリに高層資料とTOVSデータのセットを配分するようにはなっているが、必ずしも各小カテゴリに均等に観測データが蓄積される訳ではなく、ある小カテゴリには古いデータが多いといったことがある。各小カテゴリについてデータの均質化を図ることも精度向上につながるはずである。

今回の精度向上調査は1989年4月下旬のみに限って行っているので算出した海面水温の正の偏差が場合によっては負の偏差に変わることも考えられる。またこのことは係数の年周期の変化とも係わってくるかもしれない。

NESDISで現業的に利用されているMCSST法やTOVSデータとAVHRRデータを用いる方法

(Schluessel et al., 1987)ではブイ等の現場観測値との比較を行っているため、標準偏差0.5°C程度を達成している。今後は、MSCにおいても、海面水温の算出係数の決定に1°×1°格子の旬平均海面水温ではなく、信頼性の高い船舶データを使用することを検討する必要がある。気象衛星センターではMOS-1データ評価の一環として、船舶の海面水温とMOS-1、GMS、NOAAの海面水温(TOVS海面水温とAVHRR海面水温)との比較を行う予定であり、結果が待たれる。

また、スプリットウィンドウチャンネルを持ったNOAA衛星についてはAVHRRのCh.5を用いた方法との比較も必要である。

謝辞

まとめに関する貴重な助言に対し、システム管理課の三田昭吉調査官、解析課の木場博之調査官、麻生正前任技術専門官、能美武功データ処理部長に感謝の意を表する。

参考文献

Aoki, T., 1982: An Improved Method to Retrieve the Clear Radiance from Partially Cloudy Spots of Radiometers on Board Satellite. *J. Meteor. Soc. Japan*, 60, 758-764.

気象衛星センター, 1983: TOVSデータ処理システムの解説, 気象衛星センター技術報告特別号, 156 pp.

Schluessel, P., H.-Y. Shin and W.J. Emery, 1987: Comparison of Satellite-Derived Sea Surface Temperatures with in Situ Skin Measurements. *J.G.R.*, 92, 2859-2874.

田中豊, 垂水共之, 脇本和昌編, 1984: パソコン統計ハンドブックII多変量解析編 共立出版403pp.