



Title	NLANDデータベースを用いた噴火湾周辺海域におけるMCSSTアルゴリズムの評価と改良
Author(s)	前野, 克尚; MAENO, Katsuhisa; 米田, 国三郎 他
Citation	北海道大学水産科学研究彙報, 52(3), 145-149
Issue Date	2001-12
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21956">https://hdl.handle.net/2115/21956</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	52(3)_P145-149.pdf



## NLAND データベースを用いた噴火湾周辺海域 における MCSST アルゴリズムの評価と改良

前野 克尚<sup>1)</sup>・米田国三郎<sup>2)</sup>・齊藤 誠一<sup>1)</sup>・川村 宏<sup>3)</sup>

### The Evaluation and Improvement of The MCSST Algorithm Around Funka Bay Using NOAA/LAND Database (NLAND)

Katsuhisa MAENO<sup>1)</sup>, Kunisaburo YONETA<sup>2)</sup>, Sei-ich SAITOH<sup>1)</sup> and  
Hiroshi KAWAMURA<sup>3)</sup>

#### Abstract

The accuracy of sea surface temperatures (SST) derived from the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) is examined by comparing with sea-truth SST observed by Ship's CTD and Ship's Intake-pipe in 1989. Sea-truth data set were made 27 points from the around Funka bay area. Corresponding satellite SST which derived from AVHRR using Multi-Channel SST (MCSST) algorithm of NOAA/NESDIS (National Environmental Satellite Data and Information Service) removed the effect of cloud and land contamination. As a result, The accuracy of MCSST algorithm is the biases of the data about  $-0.2^{\circ}\text{C}$  with RMS errors  $0.67^{\circ}\text{C}$  relative to Ship-SST. It is found that MCSST tends to underestimate SST around Funka bay. New coefficients for the Local-MCSST algorithm which is optimum for Funka bay area are determined and the resultant RMS errors are  $0.42^{\circ}\text{C}$ - $0.46^{\circ}\text{C}$ .

**Keywords:** AVHRR, MCSST, Funka Bay

#### はじめに

米国海洋大気庁 (NOAA: National Oceanic and Atmospheric administration) の気象観測衛星 NOAA-11 号の大気補正済み海面水温 (以降 MCSST: Multi-Channel Sea Surface Temperature) 推定アルゴリズムは、国立衛星データ情報局 (NESDIS: National Environmental Satellite Data and Information Service) より公表されている。McClain et al. (1985) によれば、その推定精度は全球レベルで  $\text{RMS}=0.6^{\circ}\text{C}$  と評価されている。しかしローカルな研究海域に対する推定精度が保たれているかどうかは、衛星データを用いて解析する上で非常に重要である。日本周辺海域において 1991 年 NOAA-11 号をもちいて MCSST の精度確認と MCSST ローカルパラメータの推定が行なわれた。その結果、推定精度は、 $\text{RMS}=0.49^{\circ}\text{C}$ 、夏季のデータを除くと  $\text{RMS}=0.43^{\circ}\text{C}$  と評価された (Sakaida and Kawamura, 1992)。

北海道大学大学院水産科学研究科では、噴火湾周辺海域において多くの調査、研究を行ってきた。また、近年衛星

データを用いた研究も行われており、噴火湾周辺海域における衛星データの精度を明らかにすると共に、より精度の高い衛星データが必要になってきた。そこで本研究では船舶海面温度 (Ship-SST) をもちいて NOAA-11 号の MCSST の推定精度を評価する。

また噴火湾周辺海域におけるより精度の高い MCSST を求めるために重回帰分析による改良を行う。

#### 資料とデータ

##### NOAA/AVHRR データ

衛星データは、1989 年の NOAA-11/AVHRR データを用いる。NOAA/AVHRR データは陸域・沿岸域の研究のために東北大学において作成された NLAND データベースより取得した。東北大学理学部大気海洋変動観測研究センターで毎日受信、蓄積されている NOAA/AVHRR は 1 年間に得られる衛星データは 2000 シーン近くになり、1 シーンのデータ量は 100 Mbyte にも及んでいる (境田ら, 1994)。NLAND データベースは膨大なデータを扱うのに

<sup>1)</sup> 北海道大学大学院水産科学研究科資源計測学講座  
(Laboratory of Marine Environment and Resource Sensing, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

<sup>2)</sup> 北海道大学大学院水産科学研究科共通研究室  
(Common Laboratory, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University)

<sup>3)</sup> 東北大学大学院理学研究科大気海洋変動観測研究センター  
(Center for Atmospheric and Oceanic Studies, Graduate School of Science, Tohoku University)

不向きな陸域・沿岸域の研究のために日本周辺を A (北海道), B (東北, 関東), C (東海から中国, 四国), D (九州, 沖縄) の 4 区域を切り出し, 作成された衛星画像データベースである。NLAND データベースを用いた海面水温の季節変動研究も行われている (塚本ら, 1997)。

**Ship-SST データ**

Sea-truth データとして 1989 年の北海道大学水産学部付属調査船うしお丸による CTD 観測と水温とログブックに記載されている 1 時間ごとの表面水温をもちいた。CTD 観測時の表面水温データはバケツ採水された海水を棒温度計により測定された水温である (以降 CTD データ)。またログブックの水温データはエンジン冷却水取水口で測定された水温である (以降 Log データ)。

**解析方法**

**マッチアップデータ作成**

Ship-SST データ観測時間にもっとも観測時間の近い AVHRR データを検索し NLAND データベースより取得した後, 幾何学的補正と雲域, 陸域を除去する処理を行った。衛星観測は大気を通して地球表面を観測しておりその海域観測データは雲や沿岸域では陸域の影響を含んでしまう。衛星データと海洋観測データを正確に比較するには陸域, 雲域の影響を除去する必要がある。そこで NLAND データベースに付属する処理ソフトをもちいて, AVHRR 可視域チャンネル, 近赤外チャンネル, 熱赤外チャンネル画像から視覚により地図補正と雲域の判別を行った。判別された陸域・雲域から 3 ピクセル以内のデータは雲, 陸の影響を受けている可能性があるため除去しマッチアップ用データセットを作成した。

**Ship-SST データの観測方法, 時間による分類**

資料で述べたように Log データは Intake-pipe temperature であり, 海面から 2.7 メートル下の水温を表している。一方 CTD データはバケツによって採水され棒状温度計で測られた海面下数 10 cm までの海水の温度を表している。この二つの温度差は風波により表層水が十分に混合されている場合は小さいが, 成層が発達する暖候期には 2, 3°C までになる (渡辺, 1969)。

また海面温度は太陽放射熱による 24 時間周期の変化をしており 1 日の間に 0.5°C 前後の変化をする。つまり船舶

Table 1 The number of the data set by the difference of observation time

time difference	1 h	2 h	3 h	4 h	total
Log	11	5	5	3	24
CTD	2	0	1	0	3
Log+CTD	13	5	6	3	27

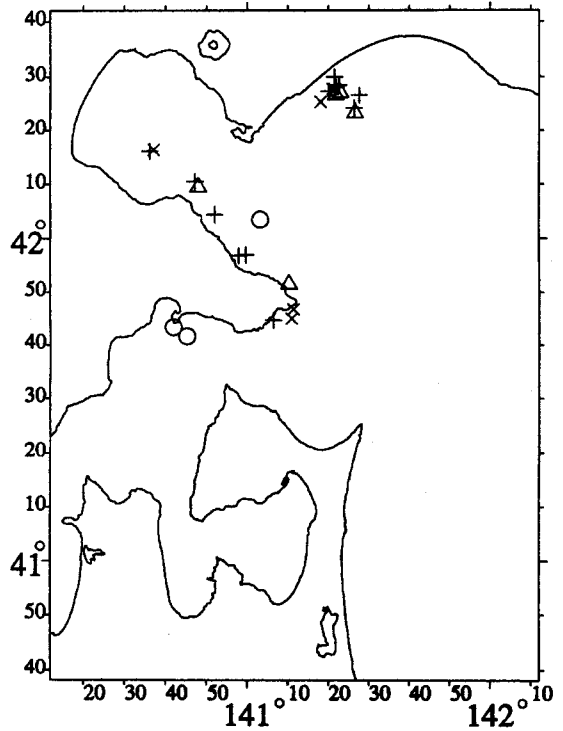


Fig. 1. The observation point of ship-SST. Each symbol shows the difference of observation times between satellite and ship, + shows within 1 h, x shows within 2 h, Δ shows within 3 h and ○ shows within 4 h.

観測と衛星観測との時間差が大きいとそれだけ誤差も大きくなる。

そこで観測方法の違いと, 観測時間差とにより分類した (Table 1, Fig. 1)。

**MCSST の算出と Ship-SST との比較方法**

MCSST は NESDIS の NOAA-11 号の昼間用 MCSST 推定式 (1) をもちいて算出し, Ship-SST と比較し精度を評価する。精度評価は RMS, BIAS を求め行った。

$$MCSST = a \times T4 + b \times (T4 - T5) + c \times (TA - T5) \times (\sec\theta - 1) - d \quad (1)$$

$$a = 1.01345 \quad b = 2.659762 \quad c = 0.526548 \quad d = 277.742$$

T4: AVHRR4 チャンネルの輝度温度 (K, ケルビン)

T5: AVHRR5 チャンネルの輝度温度 (K, ケルビン)

θ: 衛星の天頂角

MCSST: 大気補正済み海面温度 (°C)

**重回帰分析による MCSST ローカルパラメータの推定方法**

噴火湾周辺海域における MCSST アルゴリズムの精度を向上させるために, アルゴリズム式の各係数を改良する。改良は (1) 式をもちいて Ship-SST を説明変数として MCSST に入力し, a, b, c, d 各係数を被説明変数とした重回帰分析法によりおこなう。

結 果

MCSST と Ship-SST の比較

Table 2, Fig. 2 に MCSST の精度を示す。BIAS では 2 時間以内のデータセットにおいて  $-0.2^{\circ}\text{C}$  以上であったが 4 時間以内のデータを加えると  $-0.03^{\circ}\text{C}$  まで精度が向上している。しかし、Fig. 2 より 2 時間以内のデータにおいて MCSST が過小評価する傾向が、2 時間以上のデータにおいて過大評価する傾向が確認できる。BIAS は過小評価と過大評価が存在する場合、双方を相殺してしまう。そのため 4 時間以内のデータセットにおける BIAS が見かけ上良くなっていると考えられる。そのため誤差を絶対値で表現する RMS での評価から、観測時間差 2 時間まで精度は  $0.67^{\circ}\text{C}$  前後で安定しているが、2 時間以上のデータが加わると精度が  $0.71^{\circ}\text{C}$  まで低下することがわかった。この精度は McClain et al. (1985) による全球レベルでの MCSST の精度  $\text{RMS}=0.6^{\circ}\text{C}$  より低く MCSST アルゴリズムは必ずしも噴火湾周辺海域において最適な SST 推定アルゴリズムとは言えない。

MCSST ローカルパラメータ

データセット毎に重回帰分析を行い MCSST アルゴリズムの a, b, c, d 各係数を決定した。その結果とオリジナルである NESDIS/MCSST の各係数を Table 3 に示す。ここで相関係数が高くなるほど、観測時間差が少ない、2 時間以内のデータにおいて精度が安定しているという先の結果などから、Log+CTD-1 h, 2 h のデータセットから求められた a, b, c, d 各ローカルパラメータが噴火湾周辺海域で最適であると考え採用した。

Local-MCSST と Ship-SST の比較

Table 4, Fig. 3 に Local-MCSST の精度を示す。2 時間以内のデータセットにおいて RMS, BIAS ともに著しく改善がなされた。RMS は  $0.67^{\circ}\text{C}$  前後から  $0.4^{\circ}\text{C}$  前後まで改善され、BIAS においては  $-0.25^{\circ}\text{C}$  からほぼ  $0^{\circ}\text{C}$  に改善された。しかし 4 時間以内のデータセットでは逆に精度が低下する結果となった。Fig. 3 からも 2 時間以内のデータでは相関

Table 2 The accuracy of MCSST in each data set

Data set	sample number	RMS ( $^{\circ}\text{C}$ )	BIAS ( $^{\circ}\text{C}$ )
Log+CTD 1 h, 2 h, 3 h, 4 h	27	0.72	-0.04
Log+CTD 1 h, 2 h	18	0.66	-0.25
Log+CTD 1 h	13	0.69	-0.31
Log-1 h, 2 h, 3 h, 4 h	24	0.71	-0.03
Log-1 h, 2 h	16	0.66	-0.25
Log-1 h	11	0.67	-0.23

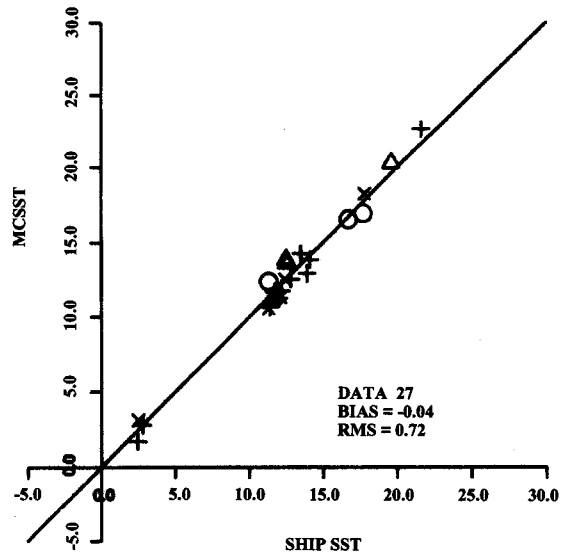


Fig. 2. The comparison between MCSST and Ship-SST. Each symbol shows the difference of observation times between satellite and ship, + shows within 1 h, × shows within 2 h, Δ shows within 3 h and ○ shows within 4 h.

係数 1 の直線上に分布しているが、2 時間以上のデータに注目すると、Fig. 2 と比較して精度が低下していることがわかった。

Table 3 Local-MCSST parameters in the each data set

Data set	a	b	c	d	correlation
MCSST	1.01345	2.659762	0.526548	277.742	
Log+CTD 1 h, 2 h, 3 h, 4 h	0.975103	2.101422	0.60851	266.465705	0.9819
Log+CTD 1 h, 2 h	0.980713	1.148560	0.36682	267.308986	0.9946
Log+CTD 1 h	0.965663	1.107411	0.49072	263.05278	0.9943
Log-1 h, 2 h	0.985352	1.149512	0.388378	268.64578	0.9919
Log-1 h	0.96005	1.108841	0.481357	261.442479	0.9892

Table 4 The accuracy of Local-MCSST in each data set

Data set	sample number	RMS (°C)	BIAS (°C)
Log+CTD 1 h, 2 h, 3 h, 4 h	27	0.77	0.02
Log+CTD 1 h, 2 h	18	0.39	0.00
Log+CTD 1 h	13	0.42	-0.03
Log-1 h, 2 h, 3 h, 4 h	24	0.79	-0.02
Log-1 h, 2 h	18	0.41	-0.01
Log-1 h	11	0.46	-0.02

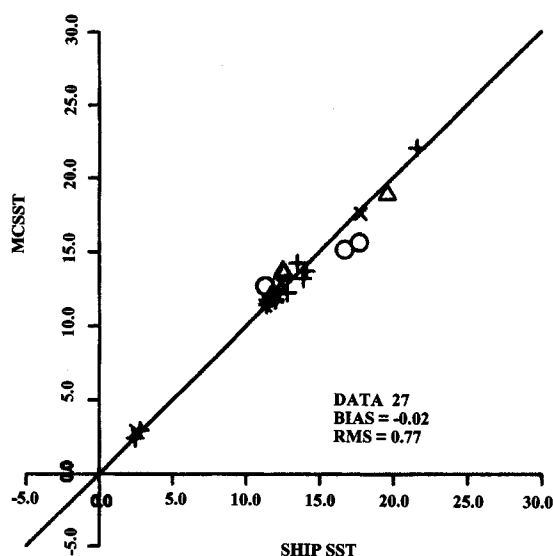


Fig. 3. The comparison between Local-MCSST and Ship-SST. Each symbol shows the difference of observation times between satellite and ship, + shows within 1 h, × shows within 2 h, △ shows within 3 h and ○ shows within 4 h.

考 察

MCSST と Ship-SST の比較

Ship-SST データの観測方法の違いは CTD データのサンプル数が少ないため、定量的に評価することが出来なかった。しかし Log データセットと Log+CTD データセットの RMS を比較すると、Log+CTD の精度が相対的に低かったことから、Log データより CTD データは MCSST との温度差が大きいと考えられる。これは NESDIS/MCSST アルゴリズムがパイによって観測された水深 2 m 前後の水温を sea-truth データとして作成されているために、成層などの影響が大きい水深 30 cm 以内の水温である CTD データセットより水深 2.7 m の水温を測定している Log データセットの方が MCSST 精度評価に適していること示している。

また分類された各データセットの RMS は、時間差の増加とともに増加する傾向にあった。2 時間以内のデータの

RMS は 0.66°C から 0.69°C、BIAS は -0.18°C から -0.31°C であるが、4 時間以内のデータでは RMS=0.7°C 以上であった。これは太陽入射熱による水温の日周変動の影響が考えられる。水温の日周変動は、4 時から 6 時に最低水温となる、その後日射により上昇し、15 時から 16 時に最高水温となる (近藤ら, 1972)。衛星観測は 12 時から 13 時の間に行われており、この時水温は上昇過程にあり観測時間が離れるほど温度差が大きくなるためと考えられる。

NOAA/NESDIS より発表されている MCSST 推定式の RMS は 0.6°C とされている (McClain et al., 1985) が、本研究の結果、噴火湾周辺海域における RMS は、0.65°C ~ 0.72°C、BIAS は -0.04°C ~ -0.31°C であった。また、データ数の多い 2 時間以内に限定した場合は、RMS=0.66°C ~ 0.69°C、BIAS=-0.18°C ~ -0.31°C という結果が得られた。この結果から MCSST が全球を対象としたアルゴリズムであり、今回の噴火湾のように局地海域を対象としていない事を考えると満足できる精度といえる。

ローカルパラメータ

MCSST アルゴリズムにおける精度は RMS=0.67°C 前後であったが、この精度では噴火湾において最適なアルゴリズムとはいえない。そこで重回帰分析により噴火湾周辺海域における精度の高い MCSST 推定式を求めた。その結果、得られたローカルパラメータは、 $a=0.980713$ ,  $b=1.14856$ ,  $c=0.388378$ ,  $d=267.30899$  であった。水蒸気などの影響を除去している大気補正項の係数である  $b$ ,  $c$  の値が、MCSST アルゴリズムにおける場合の半分以下の値となっている。切片のパラメータ  $d$  が変化しているために単純に MCSST のパラメータと比較することが出来ないが、この研究時期の噴火湾周辺海域において水蒸気などの影響が少ない傾向にあることを示唆している。今回の Sea-truth データが 6 月を中心として夏に集中していることから、噴火湾周辺海域では、夏でも水蒸気量が少ない可能性が考えられる。

Local-MCSST と Ship-SST の比較

Local-MCSST の精度は、4 時間以内のデータでは低下したが 2 時間以内のデータにおいて精度が著しく改善され、特に 1 時間以内のデータでは RMS=0.42°C ~ 0.46°C、BIAS=0.00°C ~ 0.08°C であった。この精度は、Sakaida and Kawamura (1992) により求められた日本周辺海域における Local-MCSST の RMS (0.43°C ~ 0.49°C) よりも良い値を示しており、1 時間以内という条件の下なら求めたローカルパラメータは、十分噴火湾周辺海域の MCSST の推定に利用できることが示唆された。

引用文献

近藤純正・内藤玄一・藤縄幸雄 (1972). 海水温度の半日周期変化. 海と空, 48, 53-59.

McClain, E.P., Pichel, W.G. and Walton, C.C. (1985).  
Comparative performance of AVFRR-based Multichannel  
Sea Surface Temperatures. *J. Geophys. Res.* **6**, 11587-  
11601.

境田太樹・香西克俊・川村 宏・柳 哲雄 (1994).  
NOAA/AVHRR を利用した瀬戸内海の研究 (1)  
NLANC データベース, 1994 年度海洋学会秋季大会  
要旨, 106-107.

Sakaida, F. and Kawamura, H. (1992). Estimation of Sea

Surface Temperatures around Japan Using the Advanced  
Very High Resolution (AVHRR)/NOAA-11. *J.  
Oceanogr. Soc. Japan*, **48**, 179-192.

塚本秀史・柳 哲雄・境田太樹・川村 宏・原島 省 (1997).  
NOAA/AVHRR による瀬戸内海の海面水温の季節変  
動. *海の研究*, **6**, 279-292.

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