

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; 米田, 国三郎; 齊藤, 誠一; 川村, 宏
Citation	北海道大学水産科学研究彙報, 52(3), 145-149
Issue Date	2001-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21956
Туре	bulletin (article)
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1)•米田国三郎2)•齊藤 誠一1)•川村 宏3)

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

Katsuhisa MAENO¹⁾, Kunisaburou YONETA²⁾, Sei-ich SAITOH¹⁾ and Hiroshi KAWAMURA³⁾

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 Date 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° C with RMS errors 0.67° 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° C- 0.46° 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 Date 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 RMS=0.6°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,RMS=0.49°C,夏季のデータ を除くと RMS=0.43°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

¹⁾ 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) ²⁾ 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) ³⁾ 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ので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
	differ	ence of c	bse	rvatic	on tim	e		

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, × shows within 2 h, △ 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。

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

$$\times (\sec \theta - 1) - d$$

a=1.01345 b=2.659762 c=0.526548 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。

Log-1 h

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°C以上であったが4 時間以内のデータを加えると-0.03°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°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°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 RMS=0.6°C より低く MCSST ア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 で相関係数がもっとも高い, 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-1h, 2h のデータセットから求められ た a, b, c, d 各ローカルパラー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 0.67C 前後から 0.4C 前後まで改善さ れ, BIAS においては-0.25°C からほぼ 0°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

Data set sample number RMS (°C) BIAS (°C) Log+CTD 0.72 -0.041 h, 2 h, 3 h, 4 h 27 Log+CTD 0.66 -0.251 h, 2 h 18 Log+CTD 0.69 -0.311 h 13 24 0.71 -0.03Log-1 h, 2 h, 3 h, 4 h -0.25Log-1 h, 2 h 16 0.66

11

0.67

-0.23

Table 2 The accuracy of MCSST in each data set





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。

Data set	а	b	с	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 3 Local-MCSST parameters in the each data set

Table 4	The accuracy of	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, \triangle shows within 3 h and \bigcirc shows within 4 h.

察

MCSST と Ship-SST の比較

考

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 NES-DIS/MCSST アルゴリズムがブ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). Compartive 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) NLAND-C 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.