

Terra/ASTER, NOAA/AVHRR データを用いた サロマ湖周辺海域のクロロフィル a 濃度, 濁度, 水温の推定

Monitoring of chlorophyll-a concentration, turbidity and water temperature
in the coast of Lake Saroma using Terra/ASTER and NOAA/AVHRR data

北見工業大学大学院 ○学生員 清水洋平 (Youhei Shimizu)
北見工業大学工学部 フェロー 佐渡公明 (Kimiteru Sado)
北見工業大学工学部 正員 Md. Monirul Islam

1. はじめに

北海道東部に位置する網走支庁管内には常呂川, 網走川, 渚滑川, 湧別川と, 治水・利水など周辺市町村にとって重要な役割を担っている水系が存在する. また, サロマ湖, 網走湖などの豊かな自然に囲まれた汽水湖があり, 観光地としても多くの人々に楽しまれている. また, サロマ湖ではホタテやカキの養殖漁業, 網走湖についてはシジミやワカサギなどの漁業が盛んである.

近年, 人為的な産業, 生活排水などにより徐々に水質が悪化している. 特に, サロマ湖では, 過去に数回赤潮が発生していて, BOD, 全リンについては増加傾向がみられる. また, 網走湖においては, アオコが毎年のように発生していて, COD などについては, 環境基準を超過する状況が続いている. これらの湖に流入する河川についても環境保全が不可欠である.

本研究では, 水質状況の分布を把握するために Terra/ASTER データを利用して, サロマ湖周辺海域のクロロフィル a 濃度, 濁度, 水温, NOAA/AVHRR で水温の分布図を作成した. また, 水温実測値, ASTER_MCSST, AVHRR_MCSST の比較を行った.

2. ASTER/VNIR_Level1B データによるクロロフィル a 濃度推定

2.1 グランドトゥースデータについて

クロロフィル a 濃度の推定式を導くために網走湖の水深 0.5m のクロロフィル a 濃度実測値を使用した. 観測地点を図-1 に, 同期観測データを表-1 に示す.

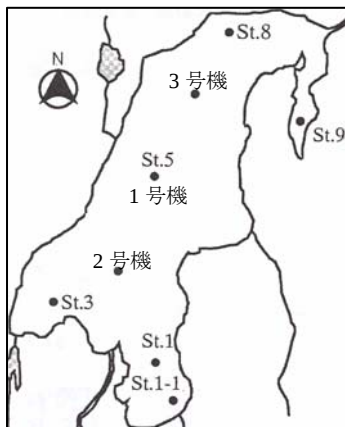


図-1 網走湖の観測地点

表-1 網走湖の同期観測データ

	現地観測	station.						衛星データ
		1	1-1	3	5	8	9	
濁度(ppm)	'03.9/16	24.6	8.1	6.4	8.8	2.2		'03.9/16
クロロフィル a濃度(μg/l)	'01.9/25,27	2.8	1.6	6.4	4.7	4.7	57.2	'01.9/26
	'03.9/16	49.4	22.3	21.5	14.0	2.9		'03.9/16

※'01.9/25,27の実測値は平均値

2.2 クロロフィル a 濃度推定のアルゴリズム

各バンドについて, 各画素の DN から画像全体の最小値 DN を引く事で大気補正とし, 得られた値より ASTER/VNIR バンド 3, 2 の比 (8bit データ) を求めた (式(1)). 次に網走湖におけるクロロフィル a 濃度実測値 (表-1 参照) とバンド 3, 2 の比よりクロロフィル a 濃度を予測するための回帰直線式 (式(2)) を導く. VNIR(ch3/ch2)バンド比とクロロフィル a 濃度実測値との相関を図-2 に示す.

$$\left. \begin{aligned} \frac{DN3_i - DN3_{\min}}{DN2_i - DN2_{\min}} &= \frac{R_{\max} - R_{\min}}{255} \times R + R_{\min} \\ R_{\max} &= \left[\frac{DN3_i - DN3_{\min}}{DN2_i - DN2_{\min}} \right]_{\max} \quad \text{and} \quad R_{\min} = \left[\frac{DN3_i - DN3_{\min}}{DN2_i - DN2_{\min}} \right]_{\min} \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\text{chlorophyll-a} = a \times R + b \quad (a=0.5021, b=-10.971) \quad \dots (2)$$

2.3 '03.9/7,23 のクロロフィル a 濃度推定

式 (2) を用いて作成した '03.9/7,23_10:24 の ASTER/VNIR によるクロロフィル a 濃度画像を図-5 に示す. また, この画像は二つの画像を合成したもので左側が 9/23, 右側が 9/7 の画像である. 本来同じ日の画像

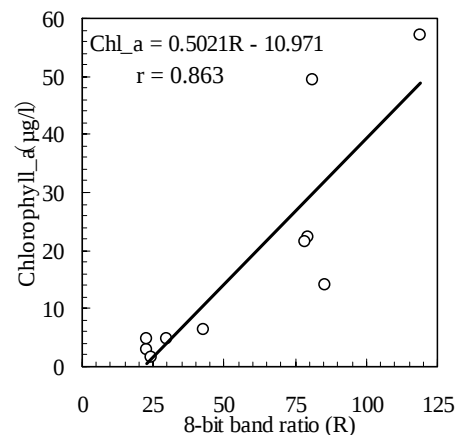


図-2 VNIR(ch3/ch2) バンド比とクロロフィル a 濃度実測値との相関

を表示した方が良いが、今回最適なパスの衛星データを
得られなかったのがこのような方法とした。また後述する
濁度、水温画像についても同様の方法を用いた。

3. ASTER/VNIR_Level1Bデータによる濁度推定¹⁾

濁度の推定式を導くために網走湖の水深 0.5m の濁度
実測値(表-1 参照)を使用した。

濁度推定では、クロロフィル a 濃度推定と同じ方法に
より大気補正を行い、得られた値より ASTER/VNIR バ
ンド 2, 1 の比 (8bit データ) を求めた (式(3))。次に
網走湖における濁度実測値 (表-1 参照) とバンド 2, 1
の比より濁度を予測するための回帰直線式 (式(4)) を
導く。VNIR(ch2/ch1)バンド比と濁度実測値との相関を
図-3 に示す。

式(4)を用いて作成した '03.9/7,23_10:24 の ASTER
/VNIR による濁度の合成画像を図-6 に示す。

$$\left. \begin{aligned} \frac{DN2_i - DN2_{\min}}{DN1_i - DN1_{\min}} &= \frac{R_{\max} - R_{\min}}{255} \times R + R_{\min} \\ R_{\max} &= \left[\frac{DN2_i - DN2_{\min}}{DN1_i - DN1_{\min}} \right]_{\max} \quad \text{and} \quad R_{\min} = \left[\frac{DN2_i - DN2_{\min}}{DN1_i - DN1_{\min}} \right]_{\min} \end{aligned} \right\} (3)$$

$$Turbidity = a \times R + b \quad (a=0.4534, b=-25.855) \quad \dots (4)$$

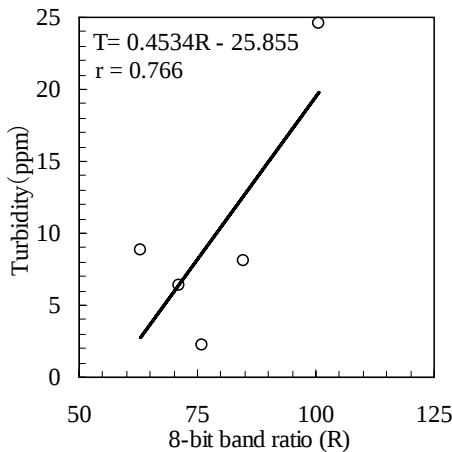


図-3 VNIR(ch2/ch1)バンド比と濁度実測値との相関

4. ASTER/TIR_Level1B データによる水温推定

4. 1 グランドトゥースデータについて

'03.9/7 のサロマ湖 4 地点 (図-4 参照)、網走湖 3 地
点 (図-1 参照) での定点観測による水温データを使用
した。サロマ湖はサロマ湖養殖漁業協同組合のホームペ
ージからダウンロードしたデータ (水深 1m) で、網走
湖については北海道開発局網走開発建設部から提供して
頂いたデータ (水深 0.1m) である。

4. 2 多チャンネル法による水温推定²⁾

Level1B データを使用して表面水温の推定を行う場合、
大気補正が不可欠である、方法として多チャンネル法を
利用した。まず、ASTER/TIR バンド 10~14 の DN より
観測放射輝度に変換する。次に放射輝度からプランクの
法則より輝度温度を導く。最後に式(5)より、多チャ
ネル法による大気補正済の表面水温を推定する。サロマ
湖のブイ 1~4 (図-4 参照)、網走湖の青潮監視装置 1

~3 号機 (図-1 参照) の計 7 地点での水温実測値を利用
して、それらを目的変数、輝度温度を説明変数として係
数を算出するための重回帰分析を行った。その結果を
表-2 に示す。算出された式を用いて作成した '03.9/7,23
_10:24 の ASTER/TIR による MCSST の合成画像を図-7
に示す。

$$SST = A + B \cdot ch10 + C \cdot ch11 + D \cdot ch12 + E \cdot ch13 + F \cdot ch14 \dots (5)$$

(SST:水温, ch10~14:ASTER/TIR 輝度温度, A~F:係数)

4. 3 NOAA/AVHRR による水温推定

ASTER/TIR の水温推定と同様に、多チャンネル法に
より NOAA/AVHRR_ch4, ch5 の輝度温度を利用して、
大気補正済の表面水温を求める。今回、Split-window 法
と呼ばれる式(6)で計算した。NOAA/AVHRR によ
る '03.9/7 の日平均の MCSST 画像を図-8 に示す。

$$SST = A \cdot ch4 + B(ch4 - ch5) + C(ch4 - ch5)(SEC(sza) - 1) + D(SEC(sza) - 1) + E \dots (6)$$

(SST:水温, sza:衛星天頂角, ch4,5:輝度温度, A~E:係数)

4. 4 ASTER, AVHRR による MCSST と水温実測値の比較

'03.9/7 における ASTER_MCSST, AVHRR_MCSST と
ASTER_2B03 (ERSDAC((財)資源・環境観測解析センタ
ー)から提供されている表面温度データ) と水温実測値
との比較を行い図-9 に示す。実測値の概要は表-2 に示
す。また ASTER_MCSST と ASTER_2B03 は 10:24 のデ
ータである。AVHRR はパスごとの画像では水温実測値
観測地点における画素値が得られなかったため 12 パス
の画像を重ね合わせた日平均水温のデータを利用した。

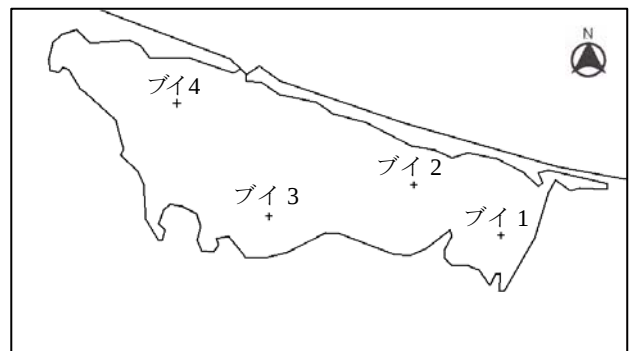


図-4 サロマ湖ブイ.1~4 の観測地点

表-2 '03.9/7 の実測水温と衛星観測輝度温度 (°C)

観測点	実測 水温	時刻	衛星観測輝度温度					時刻
			ch10	ch11	ch12	ch13	ch14	
サ ロ マ 湖	ブイ1	19.3	13.19	14.56	15.26	17.88	17.91	10:00
	ブイ2	19.2	13.42	14.25	15.13	17.63	17.49	
	ブイ3	19.1	12.96	13.94	14.91	17.20	17.14	
	ブイ4	18.9	12.96	14.38	15.48	17.46	17.66	
網 走 湖	1号機	20.3	13.83	15.36	15.92	18.35	18.64	10:24
	2号機	19.8	13.51	14.87	15.87	18.18	17.91	
	3号機	20.5	14.20	15.40	16.52	18.56	18.68	
			A	B	C	D	E	F
計算結果			6.662	0.911	1.755	-0.282	-0.358	-0.798

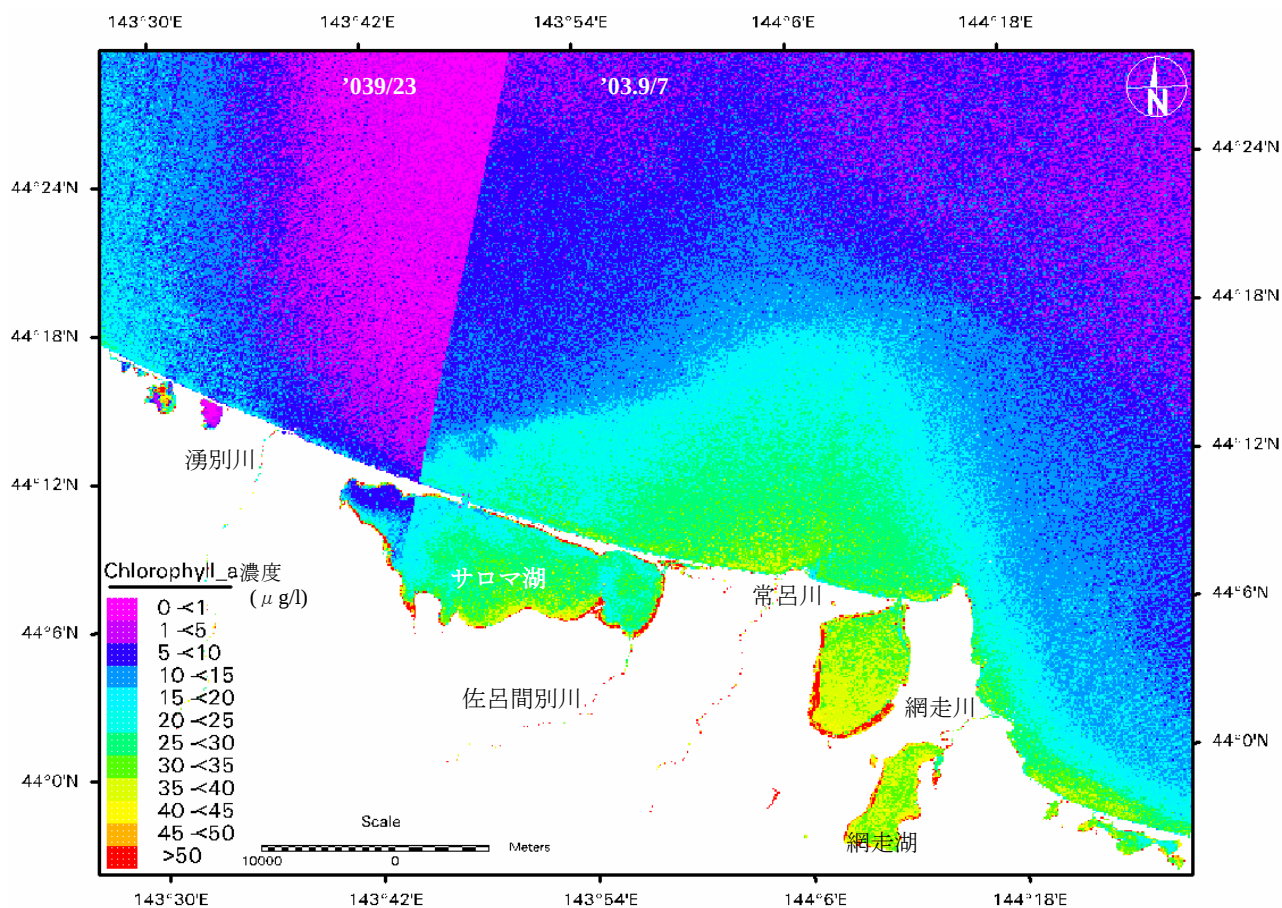


図-5 '03.9/7,23_10:24 の ASTER/VNIR によるクロロフィル a 濃度画像

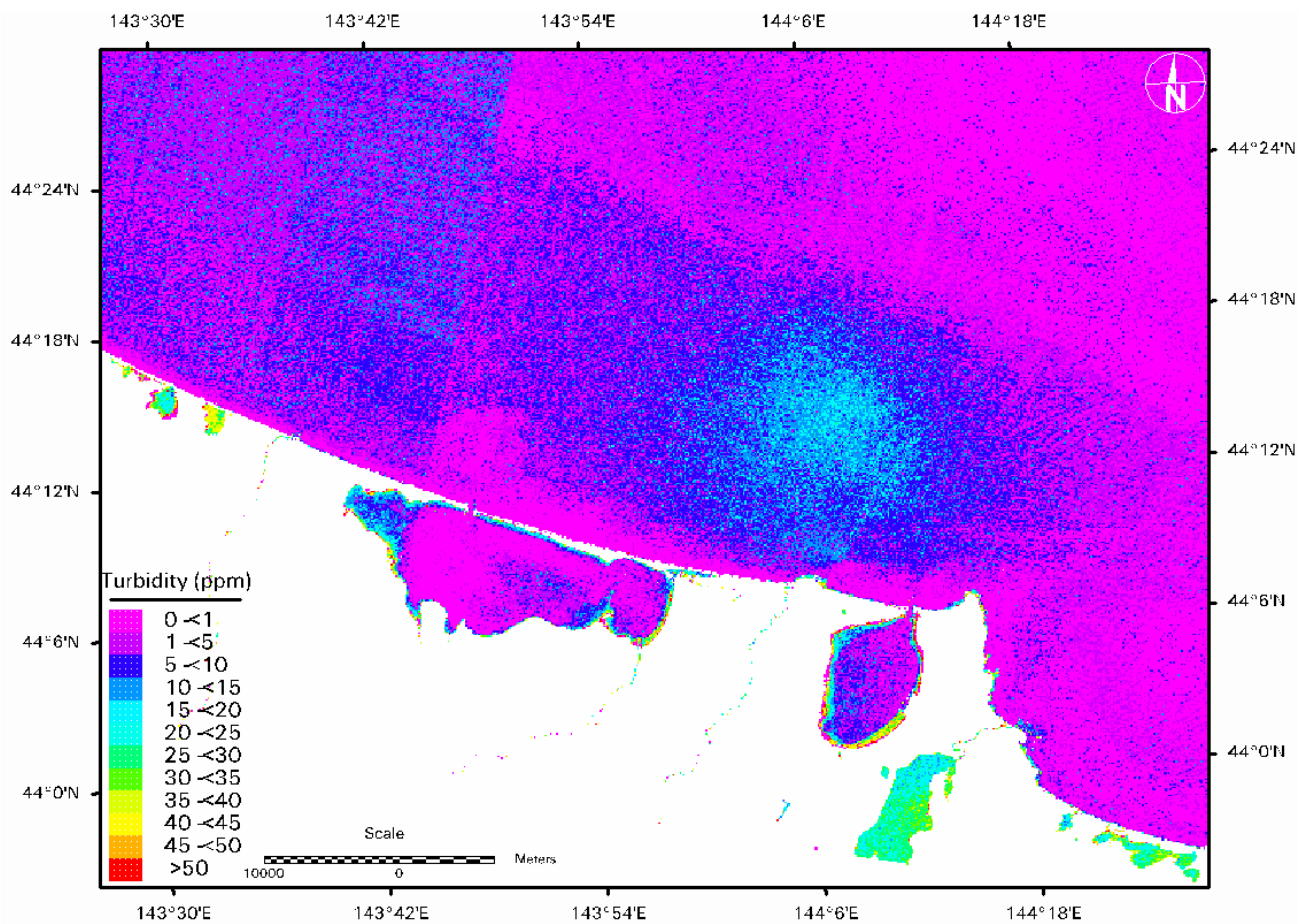


図-6 '03.9/7,23_10:24 の ASTER/VNIR による濁度画像

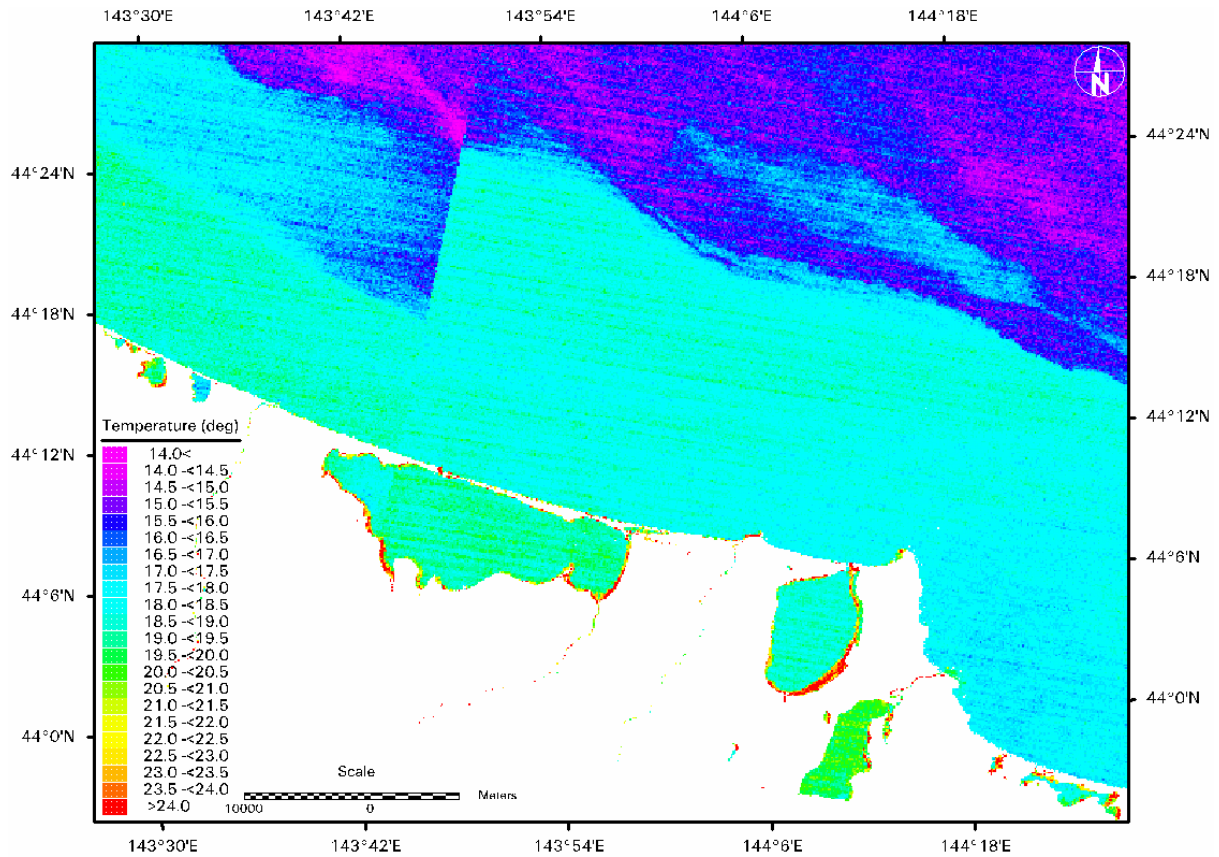


図-7 '03.9/7,23_10:24 の ASTER/TIR による MCSST 画像

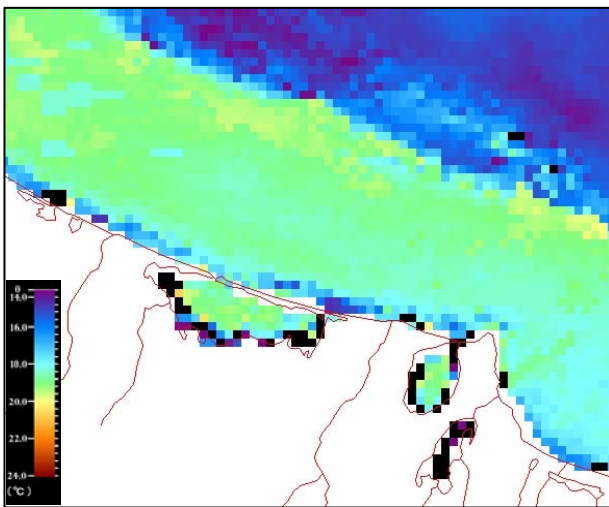


図-8 '03.9/7 NOAA/AVHRR による日平均 MCSST 画像

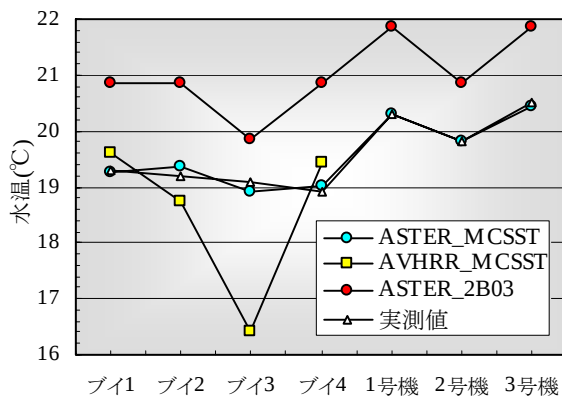


図-9 '03.9/7 の MCSST と水温実測値の比較

5. 結果と考察

(1) 推定結果

ASTER の各画像から網走湖は周辺海域と比べて相対的にどれも高い値を示した。クロロフィル a 濃度画像で顕著に現れたのは、常呂川の河口部付近で比較的高い値を示した。要因として、常呂川からの豊富な栄養塩が沿岸の暖域により暖められ、植物プランクトンが増殖したのではないと思われる。濁度画像では、沿岸域で常呂川河口部から約 20km の範囲にかけて周りよりも 5～15ppm くらい高い値を示した。とても興味深い分布を示しているが、はっきりとした要因はわかっていない。水温画像について ASTER, AVHRR 両方について言える事だが、海岸から約 20km ではっきりと暖域と寒域に分かれた。要因は、対馬海流により日本海北部まで流入した暖流が、宗谷海峡を経由してなんらかの潮の流れでサロマ湖沿岸域まで流入してきたと思われる。

(2) 水温推定精度について

各 MCSST の水温実測値に対する RMS error を求め検証した。ASTER_MCSST は 0.12°C, ASTER_2B03 は 1.45°C, AVHRR_MCSST は 1.40°C となった。ASTER_MCSST については同定誤差なので当然の結果と言える。

参考文献

- 1) Md.Monirul Islam・佐渡公明：Measurement of Turbidity for Lake Abashiri by using ASTER Level1Bdata, 水文・水資源学会,2004 年研究発表会要旨集,pp140-141,2004.
- 2) 野中崇志・松永恒雄・梅干野晃：ASTER による地域の気候を考慮した水温の高精度推定, 日本リモートセンシング学会, 第 33 回学術講演会論文集,pp139-140,2002.