

MODIS データの精度評価

2003 年 3 月 31 日

1. はじめに

EORC の Web にて公開している MODIS データの日本近海におけるクロロフィル a 濃度、及び海面水温の推定精度を評価するために、現場観測データとのマッチアップデータを作成し、MODIS データの精度評価を行った。また、クロロフィル a 濃度については、SeaWiFS データとの比較によっても精度の評価を行った。以下にこれらの評価作業結果について報告する。

2. 実施内容

SeaWiFS データとの比較 (クロロフィル a 濃度)

衛星によるクロロフィル a 濃度の観測においては、SeaWiFS によるデータは漁業・海洋研究者の間で広く使われており評価も高い。そこで、EORC で処理された SeaWiFS のクロロフィル a 濃度データと、同一日に観測され準リアル処理された MODIS データとを比較することによって MODIS クロロフィル a 濃度の精度評価を行った。

また、参考として、NASA における MODIS クロロフィル a 濃度プロダクトとの比較作業も行った。以下に作業詳細を示す。

(a) 使用データ

2002 年 9 月 2 日に観測された日本周辺域のデータを使用した。使用したデータのファイル名及び観測時刻は下表の通りである。MODIS の EORC 準リアル処理版と NASA/GSFC 処理版とで観測開始時刻が異なるのは、それぞれのシーン区切りが異なるためである。

表 1 使用データ一覧

	ファイル名	観測開始時刻
SeaWiFS	S2002245040103_b12map_HTOK_V41.hdf	04:01 (UT)
MODIS (EORC 準リアル処理)	A2GL10209020137OD1_OCSFR_02931_03494_chla	01:37 (UT)
MODIS (NASA/ GSFC 処理)	MODOCL2A.A2002245.0140.004.2002252004202.hdf MOD03.A2002245.0140.003.2002246060111.hdf	01:40 (UT)

(b) 画像化によるパターンの比較

まず始めに、表 1 のデータをそれぞれ同ストレッチで画像化し、色の濃淡及び画像パターンでの比較を行った。

イ . SeaWiFS データの読み込み・画像化

NASA から提供されているフリーソフトウェア SeaWiFS Data Analysis System (SeaDAS)は、SeaWiFS データ用のデータ読み込み・解析ツールである。そのため、SeaDAS を用いてデータ読み込み・画像表示を行った。ただし、使用した SeaWiFS データは既に地図投影されているものの、メルカトル図法を用いているため、MODIS 準リアルデータに合わせて等緯度経度になるように地図投影処理を行った。

ロ . EORC 準リアル処理 MODIS データの読み込み・画像化

EORC 準リアル処理の MODIS データは地図投影済みの 2 バイトのフラットファイルである。SeaDAS ではフラットファイルの読み込みも可能であるため、4 隅の緯経度とデータサイズを入力して読み込み・画像化を行った。

ハ . NASA/GSFC 処理 MODIS データの読み込み・画像化

SeaDAS では NASA/GSFC 処理版 MODIS データ(海洋プロダクトに限る) の読み込み・解析にも対応している。ただし、GSFC 処理版 MODIS データについては地図投影がされていないため、幾何情報ファイルを用いて地図投影処理を行った。

(c) 散布図による比較

上記(b)で作成した地図投影済み(等緯度経度)SeaWiFS データと GSFC 版 MODIS データとを物理量に変換し、下記に示す緯経度範囲で切り取ってフラットファイルに保存し、比較を行った。

- ・ 緯経度範囲 : 40N, 125E - 20N, 150E

また、以下に該当するデータ点は比較対象外とした。

- ・ 比較対象データのいずれかで雲や陸などのフラグが立っているとき
- ・ NASA/GSFC 版 MODIS データのクオリティフラグ* 1 が 0 以外

*1: MODL2A プロダクトの"quality"データは 11 - 12 ビット目がクロロフィル a 濃度のフラグとなっている。フラグ内容は下記のとおりである。

0=good

1=questionable (high satellite zenith angle, shallow water etc.)

2=Sun glint contaminated

3=input radiances are negative or saturated, cloudy etc.

現場データとの比較（クロロフィル a 濃度、海面水温）

日本近海におけるクロロフィル a 濃度、海面水温の現場観測データと、準リアル処理された MODIS データとのマッチアップデータを作成し、精度の評価を行った。以下に作業詳細を示す。

(a) 使用データ

イ . クロロフィル a 濃度

水産総合研究センターより提供された（共同研究「衛星観測システムの海洋生態系研究及び水産業への利用のための基礎技術に関する研究」による）現場観測データのうち、MODIS データ処理のアルゴリズムが 2002 年 4 月 11 日と 2003 年 2 月 1 日に改修されているため、その間（2002 年 4 月 11 日から 2003 年 1 月 31 日）のデータを使用した。

ロ . 海面水温

海面水温の現場観測データは漂流ブイのデータを用いたため、クロロフィル a 濃度に比べて現場観測データの数膨大である。よって、はじめに画像化された MODIS データから比較的雲の少ないシーンを選び出し、対応する観測日の現場観測データについてのみ同一地点の MODIS データ検索を行った。

(b) マッチアップデータの作成

マッチアップデータの作成は、まず現場観測データの観測日・緯経度情報を元に準リアル処理 MODIS データから同一観測日・同一地点のクロロフィル a 濃度 / 海面水温を抜き出し、対応するデータをリスト化する事によって行った。準リアル処理 MODIS データのヘッダには左上隅の緯経度と緯経度分解能が含まれており、各画素の緯経度は左上隅の画素のライン番号とピクセル番号を 0 とすると、以下の式によって求められる。

画素の緯度 = 左上隅の緯度 - 画素のライン番号 × 緯経度分解能

画素の経度 = 左上隅の経度 + 画素のピクセル番号 × 緯経度分解能

(c) 散布図による比較

上記 (b) で作成されたマッチアップデータを用いて散布図を作成し比較を行った。その際、以下に該当するデータ点は比較対象外とした。

- ・観測時刻の差が 12 時間以上
- ・準リアル MODIS データに雲又は陸域フラグがたっている
- ・現場観測又は準リアル MODIS データのどちらかの値が 0

また、ブイによっては、観測地点と観測時期から見て明らかに異常と思われるデータも含まれていた（11 月の日本海の水温が 30 度を越えるなど）ため、それらのデータについてはマッチアップから削除し比較対象外とした。

3. 結果及び考察

SeaWiFS データとの比較 (クロロフィル a 濃度)

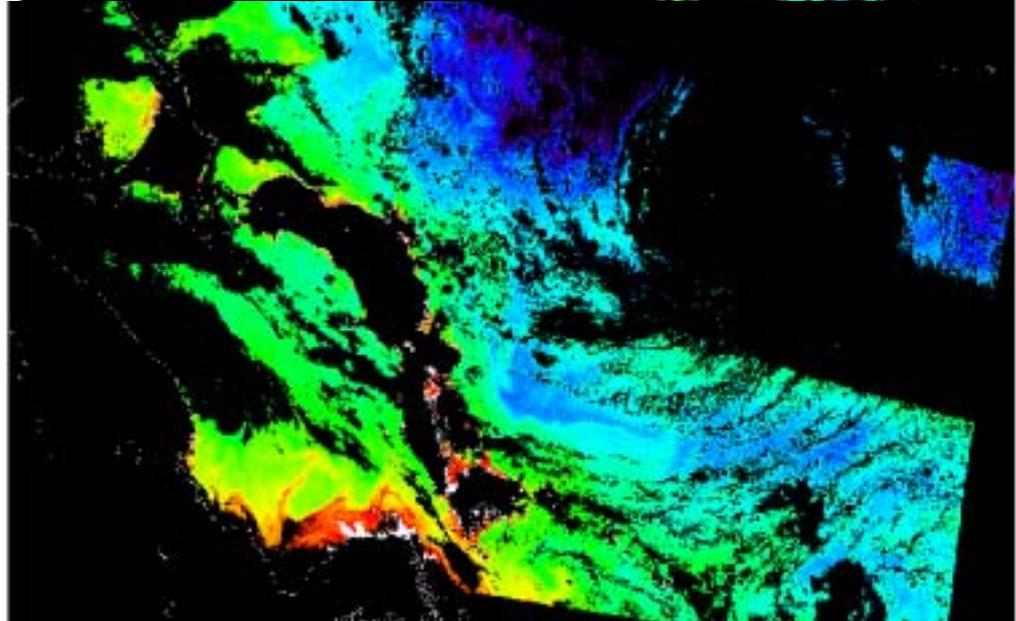
EORC 準リアル処理の MODIS データと SeaWiFS データ、NASA/GSFC 処理 MODIS データをそれぞれ同一ストレッチで画像化した結果を図 1 に示す。

この図を見ると、全体としては 3 者ともほぼ同様のパターンを示しているものの、MODIS に比べて SeaWiFS でクロロフィル a 濃度の高低が強調されているようである。また、EORC 準リアル処理と NASA/GSFC 処理の MODIS データを比べると、観測場所によって EORC 準リアル処理の方が低くなっている場合とその逆の場合とがある事がわかった。

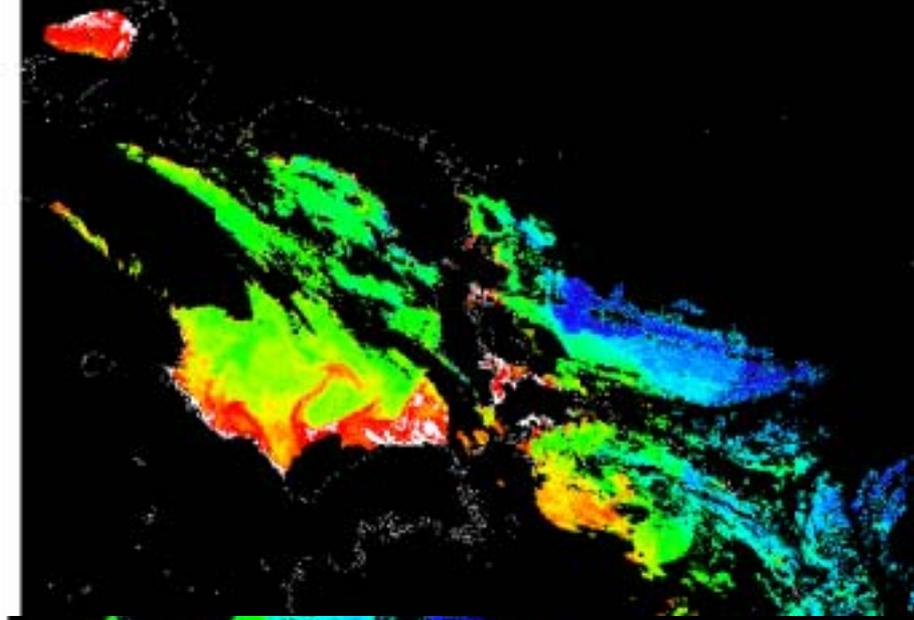
次に、これらの画像から作成した SeaWiFS データと EORC 準リアル処理 MODIS データとの散布図を図 2 に示す。グラフ上段は線形、下段は対数軸で表しており、両グラフとも横軸が SeaWiFS、縦軸が EORC 準リアル MODIS である。これらのグラフを見ると、クロロフィル a 濃度の高い領域 ($2 - 3[\text{mg}/\text{m}^3]$ 以上) と低い領域 ($0.1[\text{mg}/\text{m}^3]$ 以下) で SeaWiFS に比べて MODIS 準リアルが高くなる傾向が見られる。しかし、図 1 で示した画像で比較した際には SeaWiFS データの方が濃度の高低が強調されていた。このことから、画像を表示した際のスケールの範囲内 ($0.01 - 3.0[\text{mg}/\text{m}^3]$) では SeaWiFS データの方が濃度の高低が強調されていて、画像中で白く表示されているような ($3[\text{mg}/\text{m}^3]$ 以上) 高濃度域では MODIS の方が高くなっていたのだということがわかる。

また、SeaWiFS データと NASA/GSFC 処理版 MODIS データとの散布図を図 3 に示す。この図を見ると、高濃度域と低濃度域において EORC 準リアル処理の MODIS データと同様の振る舞いを示しており、これらの傾向が MODIS センサに共通した原因によるものであると考えられる。しかし、図 2 と図 3 の対数軸グラフを比較すると明らかなように、EORC 準リアル処理版 MODIS データの方がばらつきが少なく、より SeaWiFS に近い分布を示しているということが出来る。

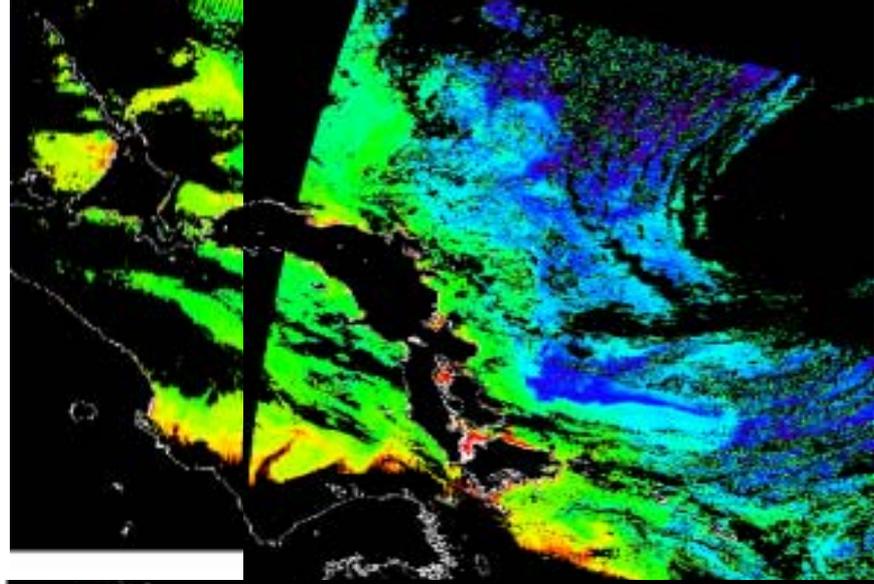
更に、NASA/GSFC 処理版 MODIS データと EORC 準リアル処理版 MODIS データとの散布図を図 4 に示した。これは、画像の比較時に得られた結果 (観測場所によって EORC 準リアル処理の方が低くなっている場合とその逆の場合とがある) と一致する結果であり、クロロフィル a 濃度算出のアルゴリズムの違いによるものであると考えられる。



MODIS(EORC)



SeaWiFS



MODIS(NASA)

図1 MODIS (EORC準リアル)、SeaWiFSとMODIS (NASA/GSFC) の比較 (2002年9月2日)

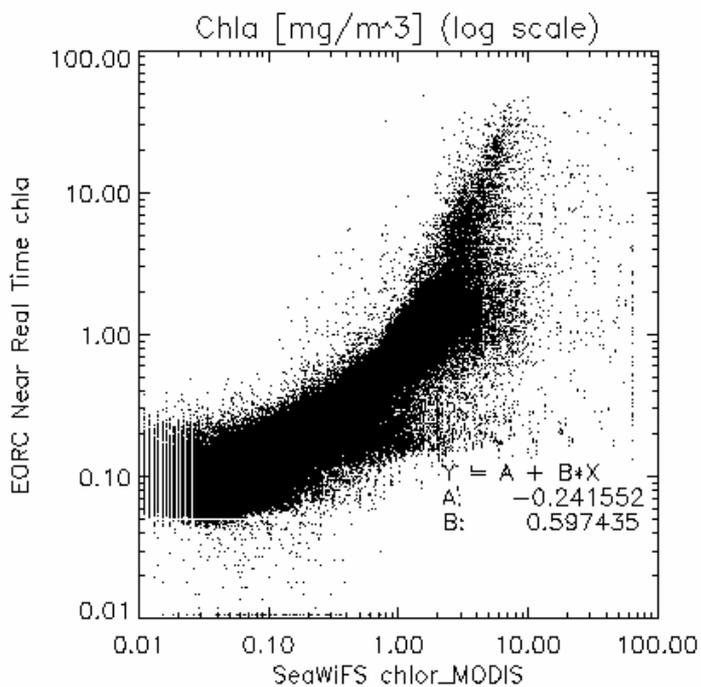
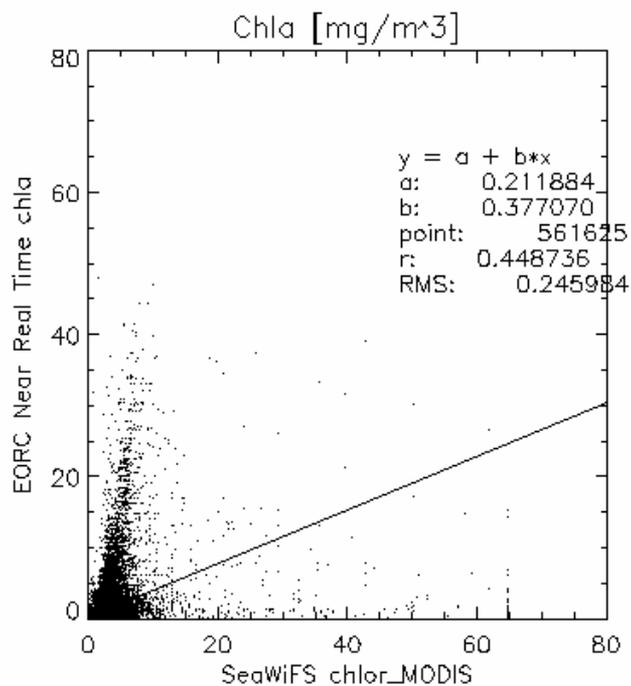


図2 SeaWiFSとEORC/MODIS準リアル比較結果
 (2002年9月2日、NASA/MODISのqualityフラグ使用)

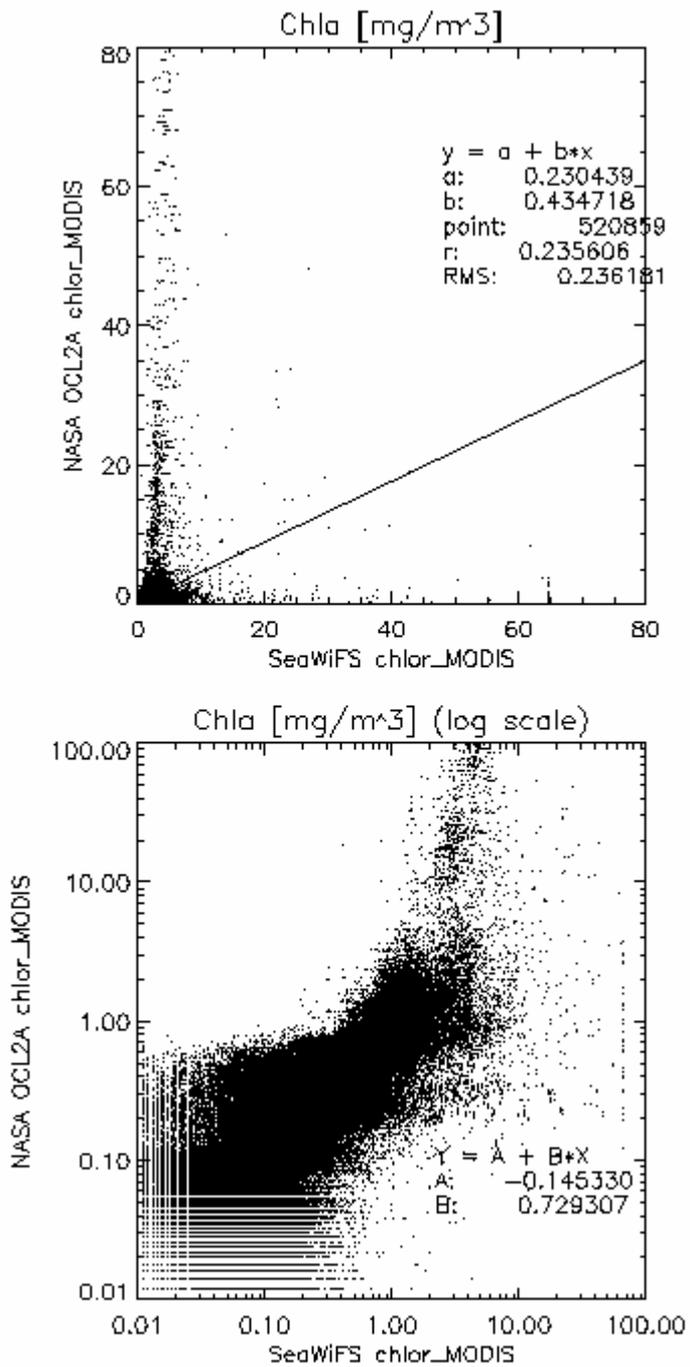


図3 SeaWiFSとNASA/MODISの比較結果
 (2002年9月2日、NASA/MODISのqualityフラグ使用)

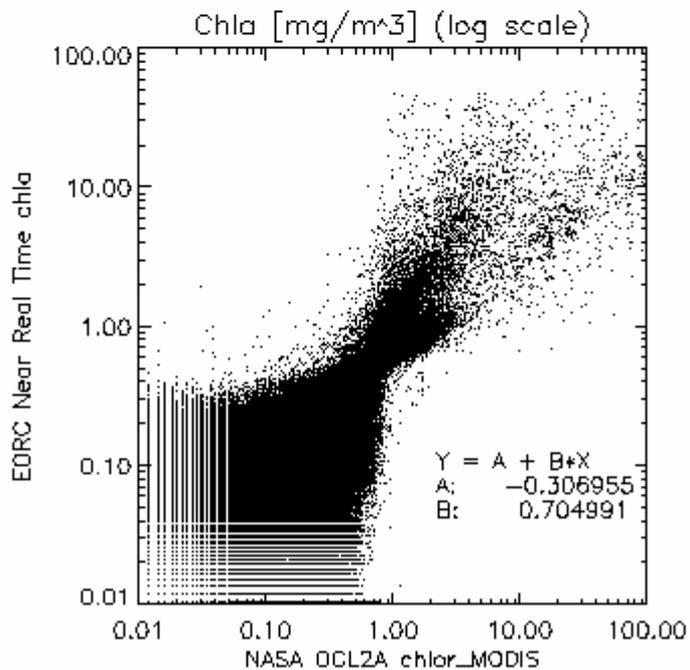
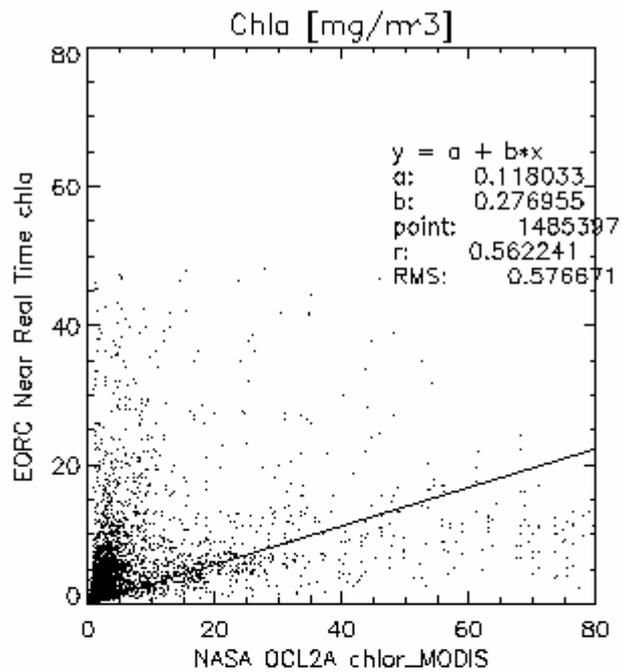


図4 NASA/MODISとEORC/MODIS準リアルと比較結果
(2002年9月2日、NASA/MODISのqualityフラグ使用)

現場データとの比較（クロロフィル a 濃度、海面水温）

（ a ）クロロフィル a 濃度

クロロフィル a 濃度について作成されたマッチアップデータの位置の分布は図 5 に示す通りである。今回入手できた現場観測データは位置的に偏った分布であることがわかる。各領域におけるマッチアップ点数の内訳は、赤が 56 点、水色が 48 点、緑が 3 点、紺が 10 点である（総数 117 点）。これらのマッチアップデータから散布図を作成した結果を図 6 に示した。

この図を見ると、散布図の赤い点すなわち瀬戸内海での観測点で、現場観測データが $1 - 10[\text{mg}/\text{m}^3]$ に集中しているのに対し、MODIS 準リアルによるクロロフィル a 濃度が $0.01 - 30[\text{mg}/\text{m}^3]$ と非常にばらつきが大きくなっていることがわかる。 $3[\text{mg}/\text{m}^3]$ 以上の高濃度域で MODIS データが高くなるという傾向は SeaWiFS との比較においても現れているため、これは MODIS 準リアル処理クロロフィルの特性であるということが出来る。しかし一方、マッチアップ点によっては非常に低くはずれる場合もある。この原因としては、瀬戸内海という陸に近くかつ浅瀬での観測であるため、MODIS からのクロロフィル算出の誤差が大きくなってしまっていることによると考えられる。これらの原因に対しては、例えば陸又は雲の近傍ピクセルはマッチアップに使用しないとか水深の浅い領域も評価に使用しないなどのクオリティコントロールを行うことによって精度の向上が可能になると考えられる。

以上のように地域別に見た場合、水色で示した伊勢湾周辺のデータが比較的現場観測データと合っていると見える。参考として、この水色のマッチアップ点のみを用いて散布図を作成した結果を図 7 に示す。全点数を用いて算出した時の相関係数は 0.344、RMS エラーは $6.52[\text{mg}/\text{m}^3]$ であったのに対し、水色の点のみを用いて算出した場合は、相関係数は 0.224 とやや悪くなるものの RMS エラーは $1.09[\text{mg}/\text{m}^3]$ であった。点数が半分以下になっているため統計精度は落ちるものの、このようにばらつきの少ないデータを大量に集めることが出来ればより高い精度での評価が可能になると考えられる。

(b) 海面水温

海面水温についてのマッチアップデータ点の位置分布図と比較散布図を図8に示す。グラフの下段は位置の分布図であり、上段は横軸が現場観測データ、縦軸 MODIS データの散布図である。これらのマッチアップ点は、位置的に偏らずに分布しており、観測温度のレンジも広いといえる。また、比較結果を見ると $\text{slope}=0.92$ 、 $\text{offset}=0.5$ 、 $\text{相関係数}=0.95$ と比較的良い相関結果が得られている。一方、RMS エラーが $2.25[]$ と大きくなっているが、これは散布図の下側にばらついている点の影響であると考えられる。これら散布図の下側に分布するデータを調べたところ、雲又は薄雲の影響によって、MODIS 準リアルタイムの海面水温が周囲の温度より低い温度となっているデータであることがわかった。

また参考として、現場観測と MODIS データの観測時刻の差が3時間以内という条件にして同様に比較を行ったところ、 $\text{相関係数}=0.948$ 、RMS エラーが $2.40[]$ と若干悪くなってしまった。これはマッチアップ点が6378点から1529点と少なくなったため統計精度が悪くなったことによると考えられる。このことから、観測時間に関して条件をきつくして統計精度を落とすより、観測時刻に多少のずれはあっても正常なブイデータと雲等の影響を受けない衛星データとのマッチアップ点数を増やす方が、評価の精度向上には有効であるといえる。

4. まとめ

EORC の Web にて公開している MODIS データの日本近海におけるクロロフィル a 濃度、及び海面水温の推定精度を評価するために、SeaWiFS データ及び NASA/GSFC で処理された MODIS クロロフィルとの比較を行った。その結果、クロロフィル a 濃度の高い領域 ($2 - 3[\text{mg}/\text{m}^3]$ 以上) と低い領域 ($0.1[\text{mg}/\text{m}^3]$ 以下) で SeaWiFS に比べて MODIS データが高くなる傾向が見られ、この傾向は EORC 準リアルタイム処理と NASA/GSFC 処理共通のものであることが明らかになった。

また、現場観測データとのマッチアップデータを作成し、MODIS データの精度評価を行った。クロロフィル a 濃度については、やはり高濃度域で高くなる傾向が見られたほか、陸域の近傍や浅瀬など、マッチアップ点の位置によってばらつきが大きくなる場合があった。海面水温については $\text{slope}=0.92$ 、 $\text{offset}=0.5$ 、 $\text{相関係数}=0.95$ と比較的良い相関結果が得られたが、薄雲などの影響によって低く見積もってしまう場合があるため RMS エラーは $2.25[]$ であった。

GLI データでは浅瀬や薄雲などの情報がフラグとしてデータに付加される予定のため、これらのフラグを用いてマッチアップデータのクオリティコントロールを行うことによってより高精度での評価作業が可能になると考えられる。

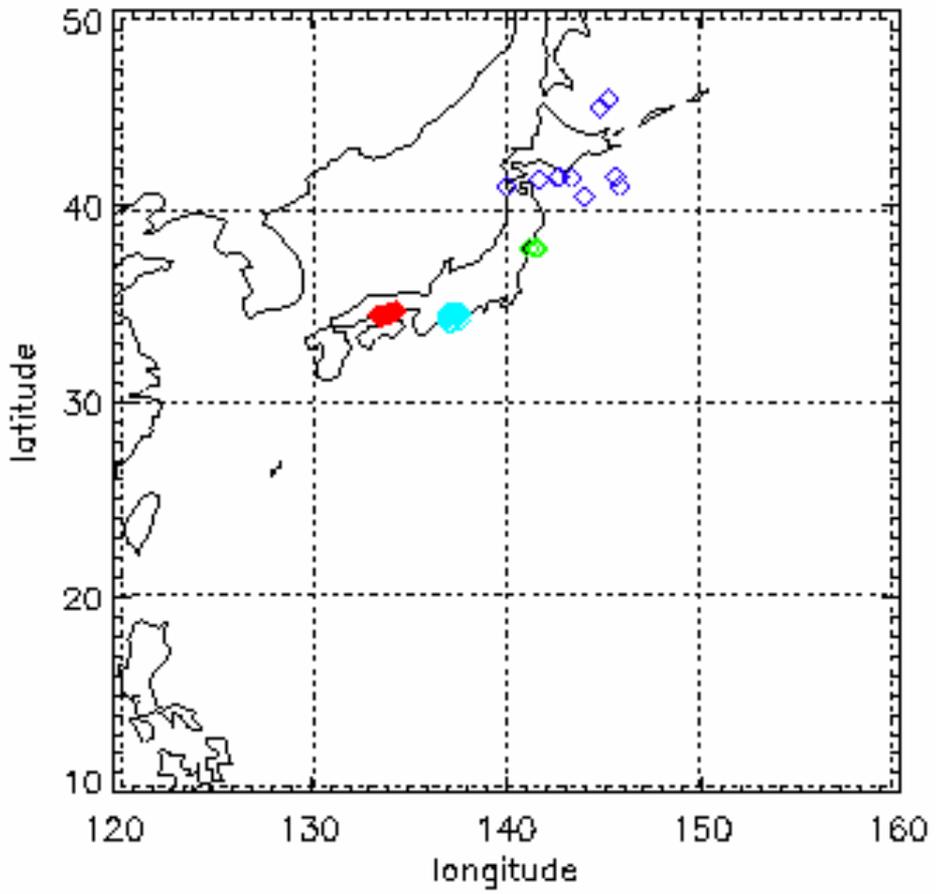


図5 クロロフィルa濃度のマッチアップデータ位置

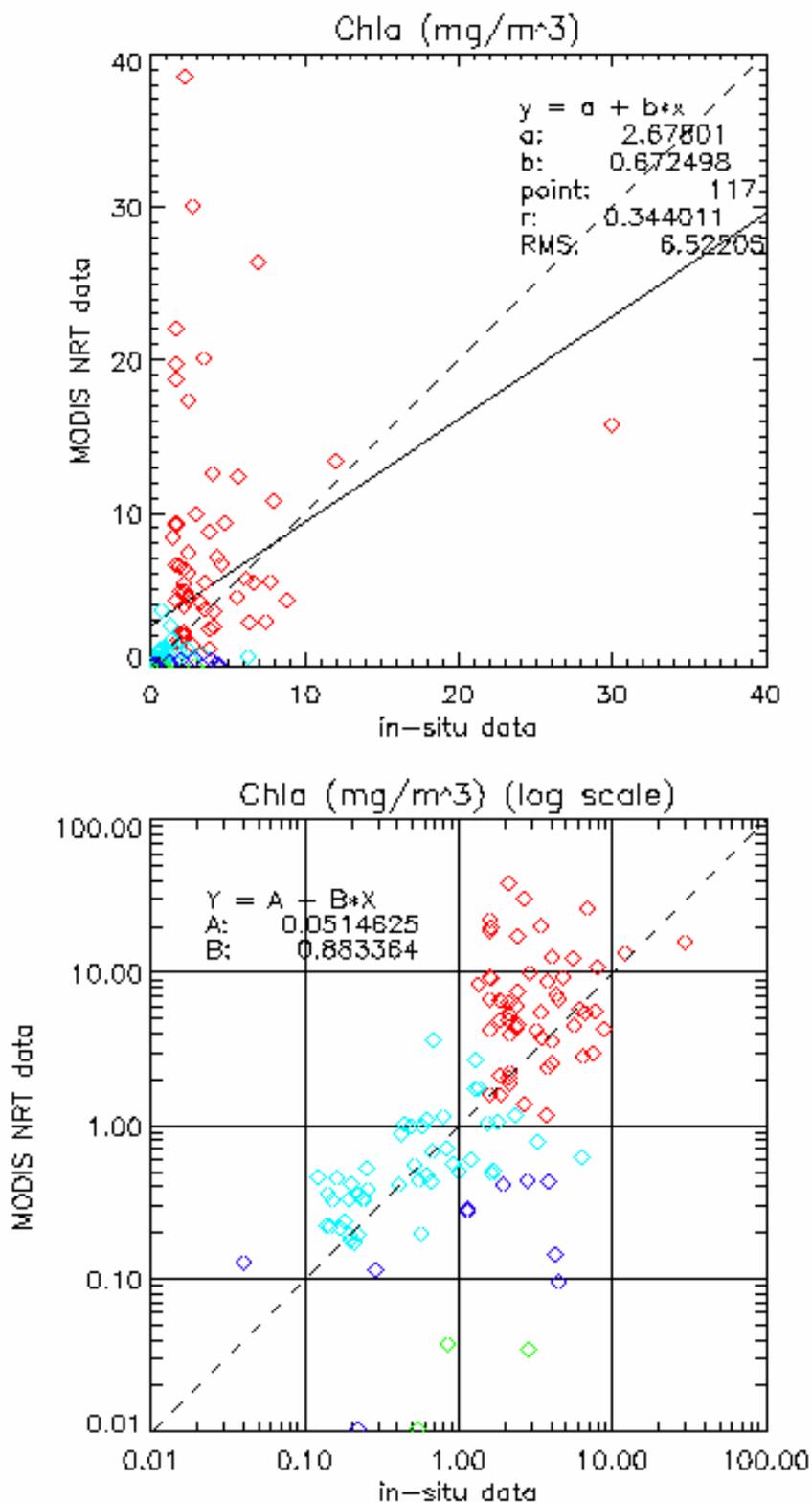


図6 クロロフィルa濃度の比較結果

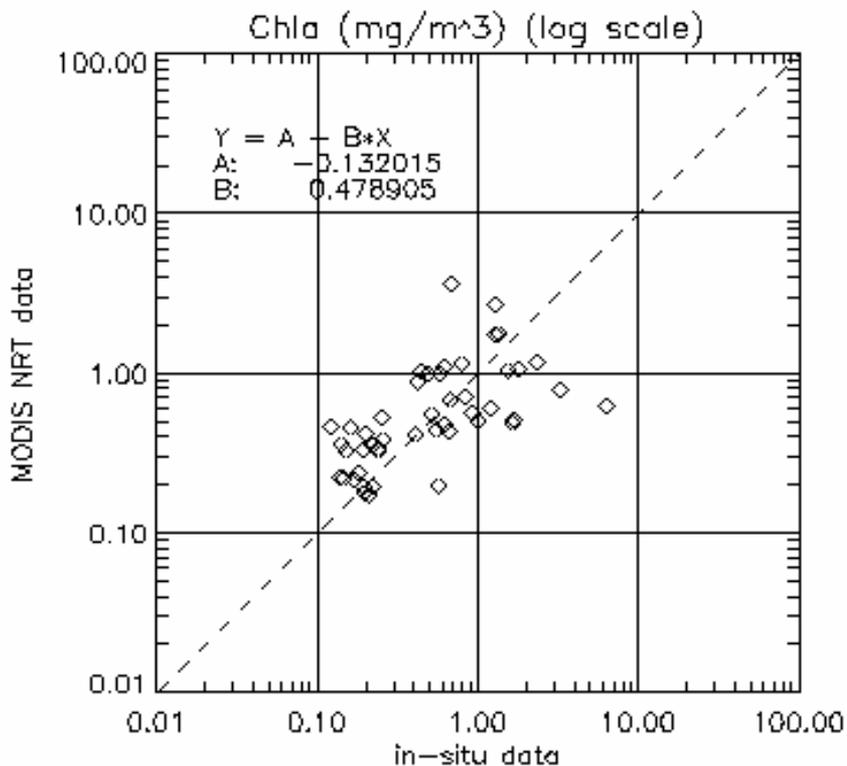
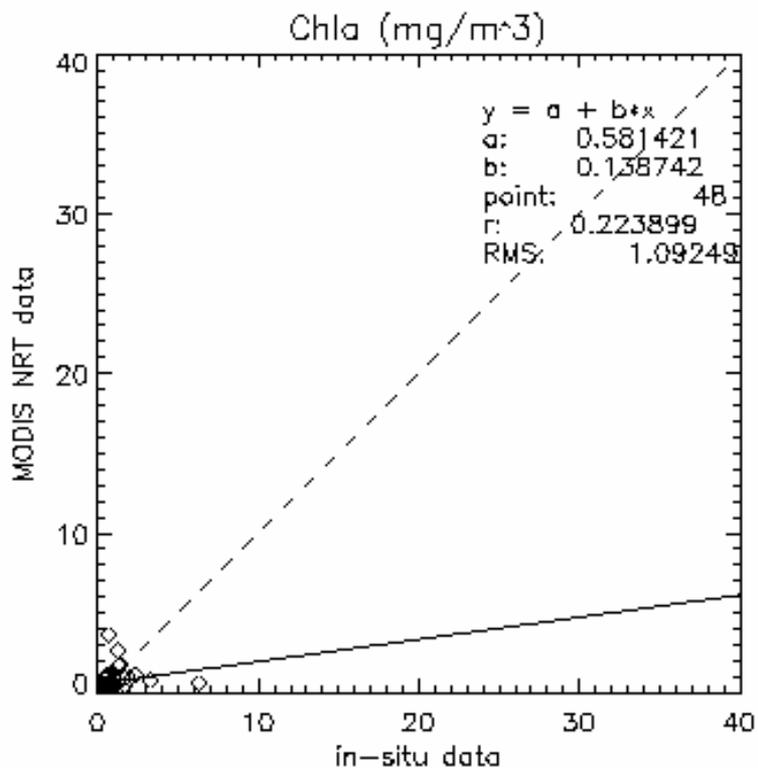


図7 クロロフィルa濃度の比較結果
(図5の水色の点のみ)

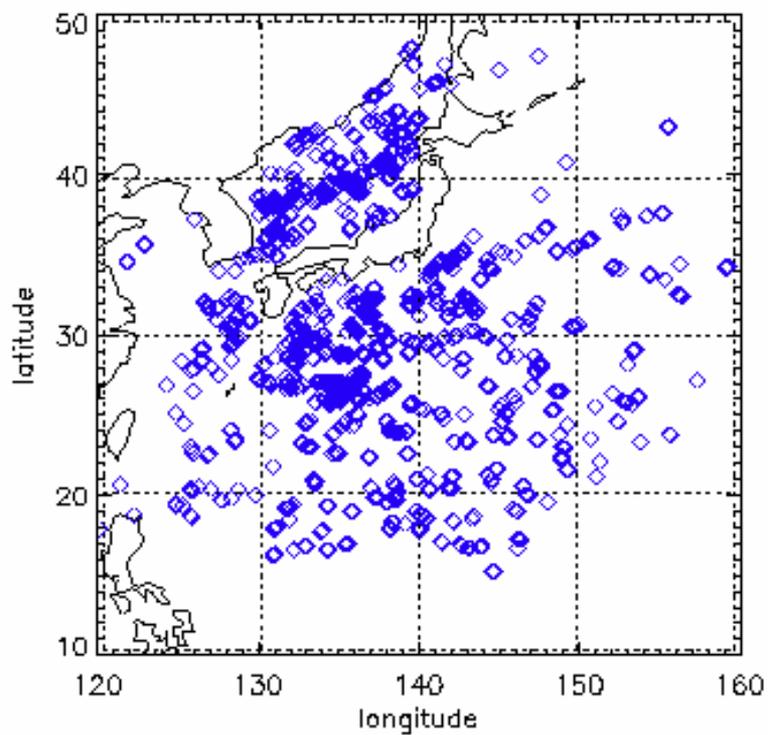
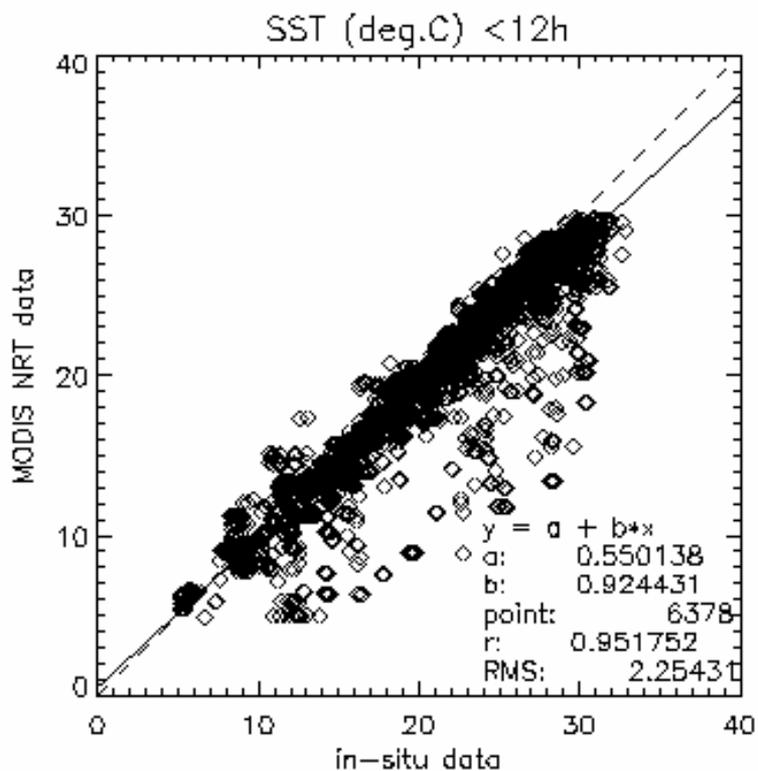


図8 海面水温の比較結果