

EORC における MODIS 準リアルタイム CHLA データと SeaWiFS CHLA データの違いについて

NASDA EORC 村上 浩 April 11, 2002

東海大学で受信している NASA の TERRA 衛星搭載の MODIS 観測データを、EORC で高次処理し、nLw や CHLA (以下で $CHLA_{MODIS}$) などのプロダクトを生産している。現在数か月分のデータが蓄積されてきたことから、この CHLA データの精度を、同日に観測された SeaWiFS の CHLA (以下で $CHLA_{SeaWiFS}$) と比較することで評価した。

右の図は 2002 年 1 月 6 日の日本周辺 (西日本) 観測データにおける、 $CHLA_{SeaWiFS}$ と $CHLA_{MODIS}$ の散布図である (他の日の散布図は Appendix 1 参照)

先ず気が付くのは、 $CHLA_{MODIS}$ の $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以下で量子化誤差が大きくなっていることである。これは $CHLA_{MODIS}$ のプロダクトの DN 格納時における量子化誤差 (Slope= $0.01\text{mg}/\text{m}^3$) が原因である。この $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ という値は、現場観測の測定精度などを考えると妥当な大きさであるが、通常用いられる対数スケールでの散布図を見にくくしている。そこで、2byte で CHLA のダイナミックレンジ $100\text{mg}/\text{m}^3$ 程度をカバーさせつつ、十分に細かい量子化分解能を得るために、Level 2 プロダクトの Slope を $0.0015\text{mg}/\text{m}^3$ に変更することを提案する。この変更は ADEOS-2 GLI でも適用する予定である。

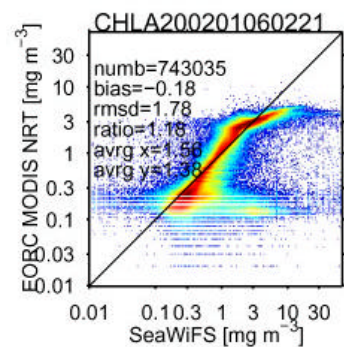


図 1 $CHLA_{SeaWiFS}$ と $CHLA_{MODIS}$ の散布図

次に気が付くのは、 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 程度以上において $CHLA_{MODIS}$ が頭打ちを示していることである。これについては、以下の要因が考えられる。

1. MODIS の波長から GLI の波長に変更した折の補正誤差
2. SeaWiFS と GLI の海洋バンドの波長の違い

Table 1 MODIS@GLI 変換係数

GLI channel (1 nm)	MODIS ch (1 nm)	$R_{modis/gli}$ by AVIRIS	$R_{modis/gli}$ by MODTRAN
3 (412nm)	8 (412nm)	0.981127	0.98471
4 (443nm)	9 (442nm)	0.996510	0.99696
5 (460nm)	3 (466nm)	0.963961	0.96467
6 (490nm)	10 (487nm)	1.02589	1.02340
7 (520nm)	11 (530nm)	0.950237	0.97755
8 (545nm)	12 (547nm)	0.977605	0.98889
9 (565nm)	4 (554nm)	1.09424	1.07550
10 (625nm)	1 (647nm)	0.907652	0.91953
11 (666nm)	13 (666nm)	0.993611	0.99509
12 (680nm)	14 (677nm)	1.01568	1.01040
13 (678nm)	14 (677nm)	1.00431	0.99943
16 (749nm)	15 (746nm)	1.03167	1.00670
18 (865nm)	16 (866nm)	1.00101	1.00070
19 (865nm)	16 (866nm)	0.999016	1.00520
26 (1240nm)	5 (1242nm)	0.985268	0.94998

右の表は MODIS の波長から GLI の波長に変更するための補正係数である。AVIRIS と MODTRAN 両方で係数を見積もったが、結果的に AVIRIS の結果の方が良好（処理エラーが少ない）であったため、現状の処理では AVIRIS の結果を適用している。

3mg/m³ 以上の高 CHLA 領域では、OC4_GLI アルゴリズムでは、545nm と 520nm を使用する。この 520nm は、10nm も異なる MODIS の 530nm から変換しているため、この補正係数が問題である可能性がある。そこで、試しに、この 520nm の変換において

MODTRAN の結果を適用し、先の頭打ちの状況を見てみる。その結果が図 2 の(c)及び、図 3 の(c)である。頭打ちの状況は 3mg/m³ から 6mg/m³ 程度まで改善しているが、3mg/m³ 付近で不自然に折れ曲がっている。これは、MODTRAN による補正係数には問題があり、この手法では頭打ちの現象を解決することが困難であることを示していると思われる。

図 2 の(b)や(c)では、CHLA_{SeaWiFS}(a)に比べて高 CHLA 領域でのコントラストが小さくなっている（パターンが見えにくい）。SeaWiFS のアルゴリズムでは高 CHLA 域で 510nm/555nm の比が用いられるのに対し、CHLA_{MODIS} では 520nm/545nm（元の MODIS 波長では 530nm/547nm）といった、比較的近いバンドの比を用いている。この近いバンドの比が、得られる情報量を少なくし、上記の 3mg/m³ 以上での頭打ちの原因になっているかもしれない。そこで、以下の 3 つの手法をテストした。

1. OC4_GLI アルゴリズムにおいて高 CHLA 域で 520nm/545nm を用いず、中 CHLA 域で使われる 460nm/545nm を延長して使用する。（図 2(d)）
2. OC4_GLI アルゴリズムにおいて、520nm/545nm の代わりに 490nm/545nm を用いる。（図 2(e)）
3. OC4_GLI アルゴリズムにおいて、520nm の代わりに 520nm と 490nm の平均値を用いる。（図 2(f)、図 3(f)）

上記 1 のケース図 2,3 の(d)では、コントラストは改善しており、高 CHLA 域でのパターンが CHLA_{SeaWiFS} に近づいている。しかし、高 CHLA 域でやや過大見積りの傾向が見られる。2 の手法(e)でも 1 の手法とほぼ同じ傾向であるが、やはり過大見積りの傾向が現れている。3 の手法(f)では過大見積りの傾向も比較的小さくなっているが、10mg/m³ 未満で頭打ちの傾向が見られている。図 3 の散布図を見ると 3mg/m³ における不連続な関係は(e)と(f)では(b)と(c)ほど顕著ではない。Table 1 にあるように 460nm バンドは元々 MODIS の 500nm バンドであり、他の海洋バンドと校正の傾向が異なる可能性がある。以上の結果から、採用候補として、上記 2、3 の手法(e)と(f)が挙げ

られるが、平均することに対するアルゴリズム上の根拠が無いことや、より高 CHLA 域のパターンを表現したいこと、 $CHLA_{SeaWiFS}$ が高 CHLA 域で低見積もりの傾向があるらしいこと (Park さんのコメント) から、暫定的には 2 の手法(e)が良いと思われる。

Dr. G. Mitchell から提案されている GLI の 490nm と 565nm を用いたアルゴリズム (P6) も試験した (図 2(g)、図 3(g))。高 CHLA は(b)より若干良いものの、低 CHLA で低見積もりになっている。これは 565nm バンドが MODIS の 554nm (500m バンド) から変換していることから、この変換の問題であると思われる。

図 4 と図 5 は、東海~関東沖のデータに対する同様の試験を行ったものである。結論に変更は無い。

使用バンドによる CHLA 推定値の違いは、MODIS データを GLI データに変換して用いる方法を取る場合にはある程度避けられないものと思われる。また、SeaWiFS では大気補正では、CHLA とそれから推測される nLw を用いて Iteration を行っており、一方ここでの MODIS NRT 処理では Iteration は行っていないので、高 CHLA 域、特に Case2 領域では値の違いが必然的に生じるものも考えられる。しかし、現実の準リアルタイム利用を考えた場合、**2 の手法を採用する**、というのが現状での次善の策であると思われる。

以上

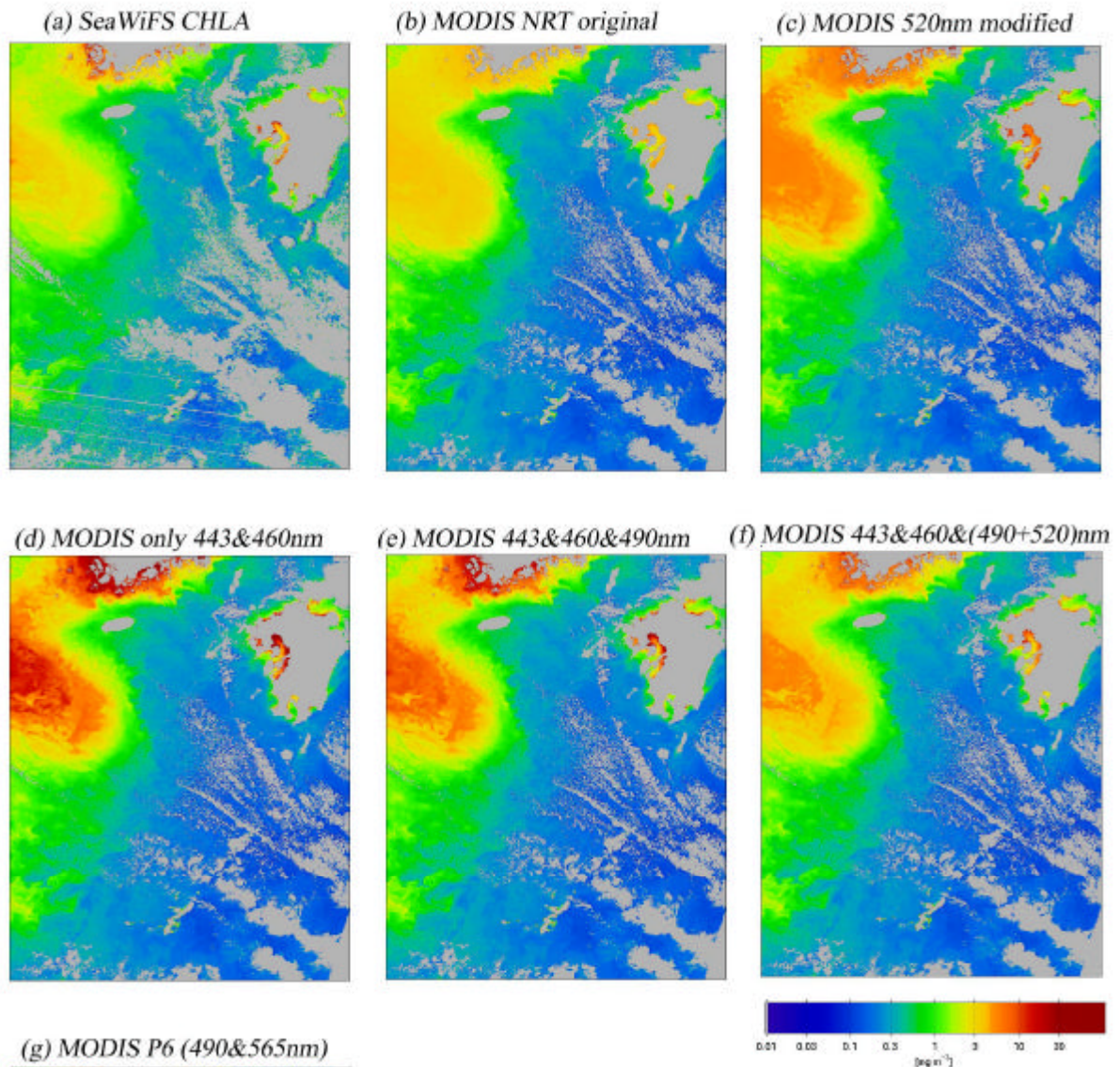


図 2

2002 年 1 月 6 日の MODIS データにおける試験結果

(a)は $CHLA_{SeaWiFS}$ 、(b)は現行の $CHLA_{MODIS}$ 、(c)は 520nm の補正係数を変更したもの、(d)は 520nm を使用しないもの、(e)は 520nm データの代わりに 490nm を使用したもの、(f)は 520nm データの代わりに $(520nm+490nm)/2$ を用いたもの、(g)は P6 アルゴリズム (490nm と 565nm 使用) によるもの。

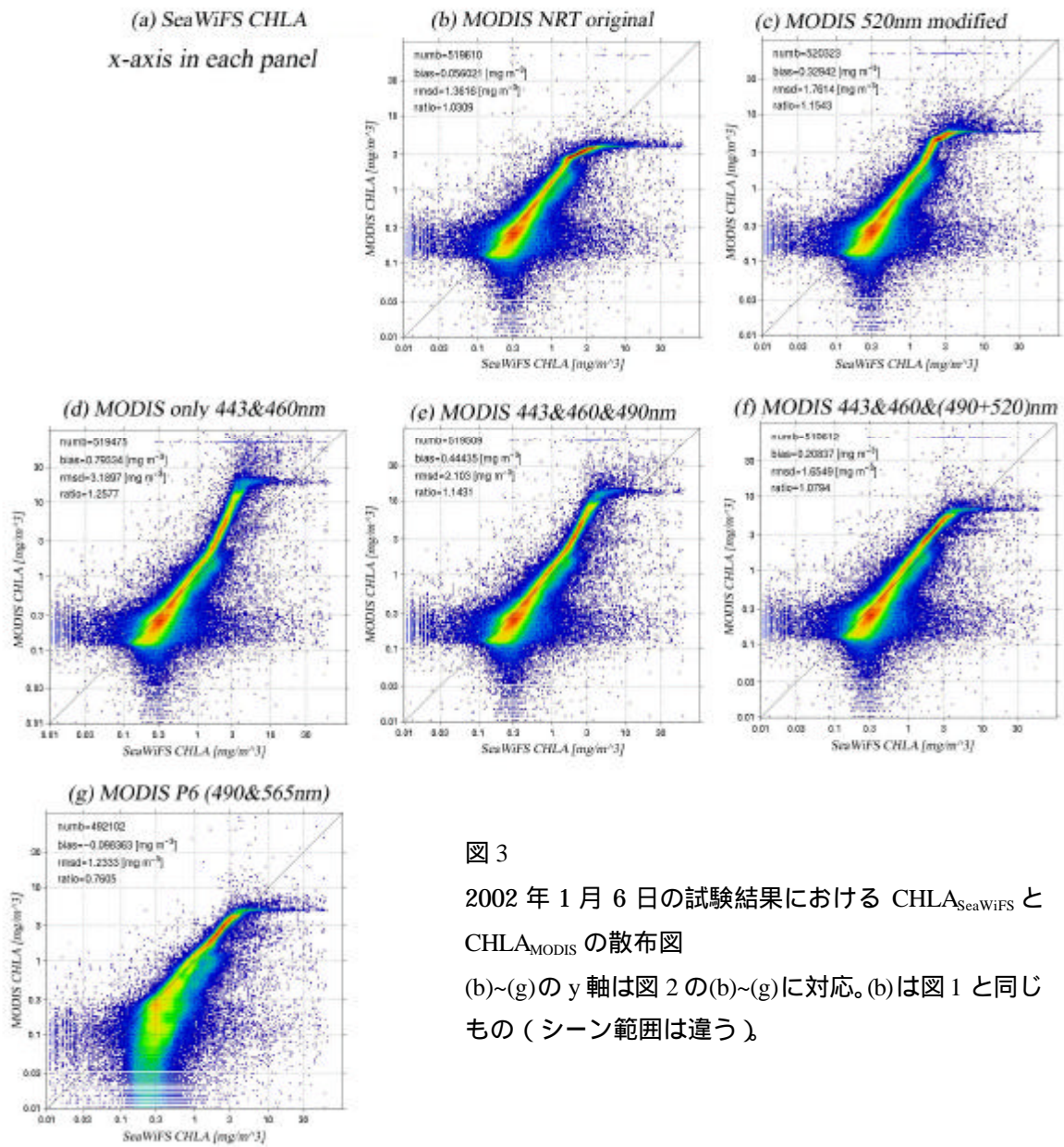


図3
2002年1月6日の試験結果における $CHLA_{SeaWiFS}$ と $CHLA_{MODIS}$ の散布図
(b)~(g)のy軸は図2の(b)~(g)に対応。(b)は図1と同じもの(シーン範囲は違う)

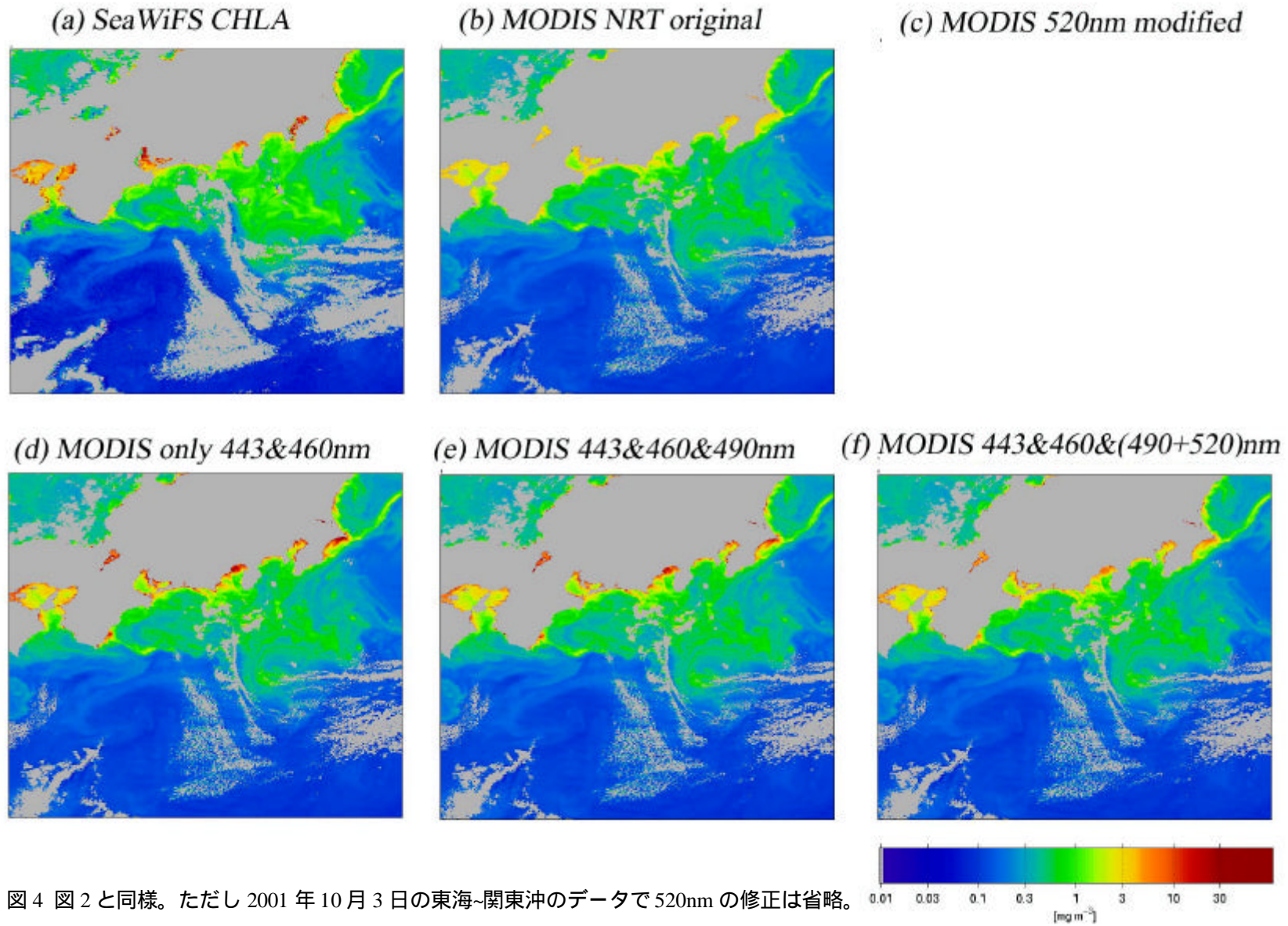


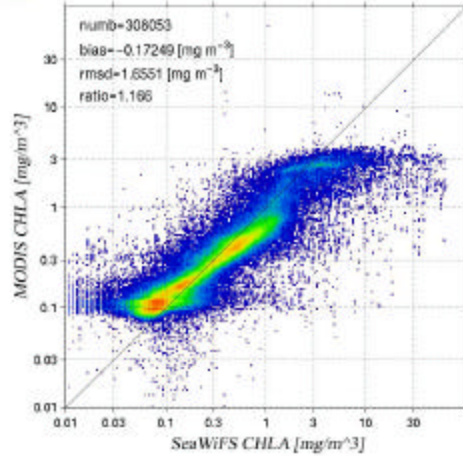
図4 図2と同様。ただし2001年10月3日の東海~関東沖のデータで520nmの修正は省略。

SeaWiFS and MODIS data in 3 October 2001

(a) SeaWiFS CHLA

x-axis in each panel

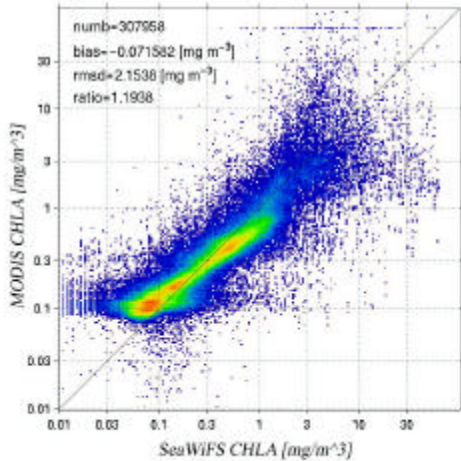
(b) MODIS NRT original



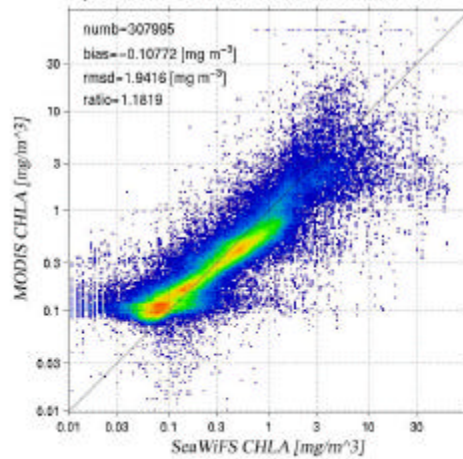
(c) MODIS 520nm modified

520nm 修正法は候補でない。

(d) MODIS only 443&460nm



(e) MODIS 443&460&490nm



(f) MODIS 443&460&(490+520)nm

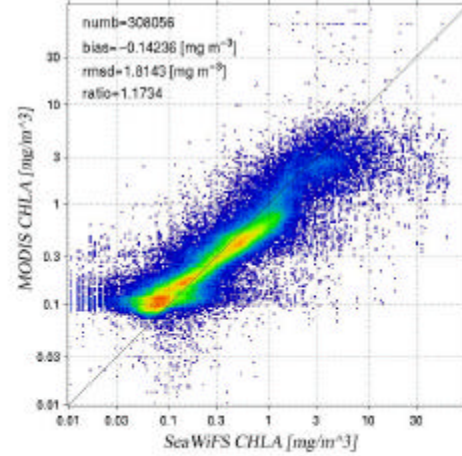


図5 図3と同様。ただし2001年10月3日の東海-関東沖のデータで520nmの修正は省略。

Appendix 1 Scatter diagram of $CHLA_{SeaWiFS}$ and $CHLA_{MODIS}$ from 29 Oct. 2001 to 10 Jan. 2002.

