

GCOM-C/SGLIの準備状況と 衛星時系列データ作成に向けての取り組み

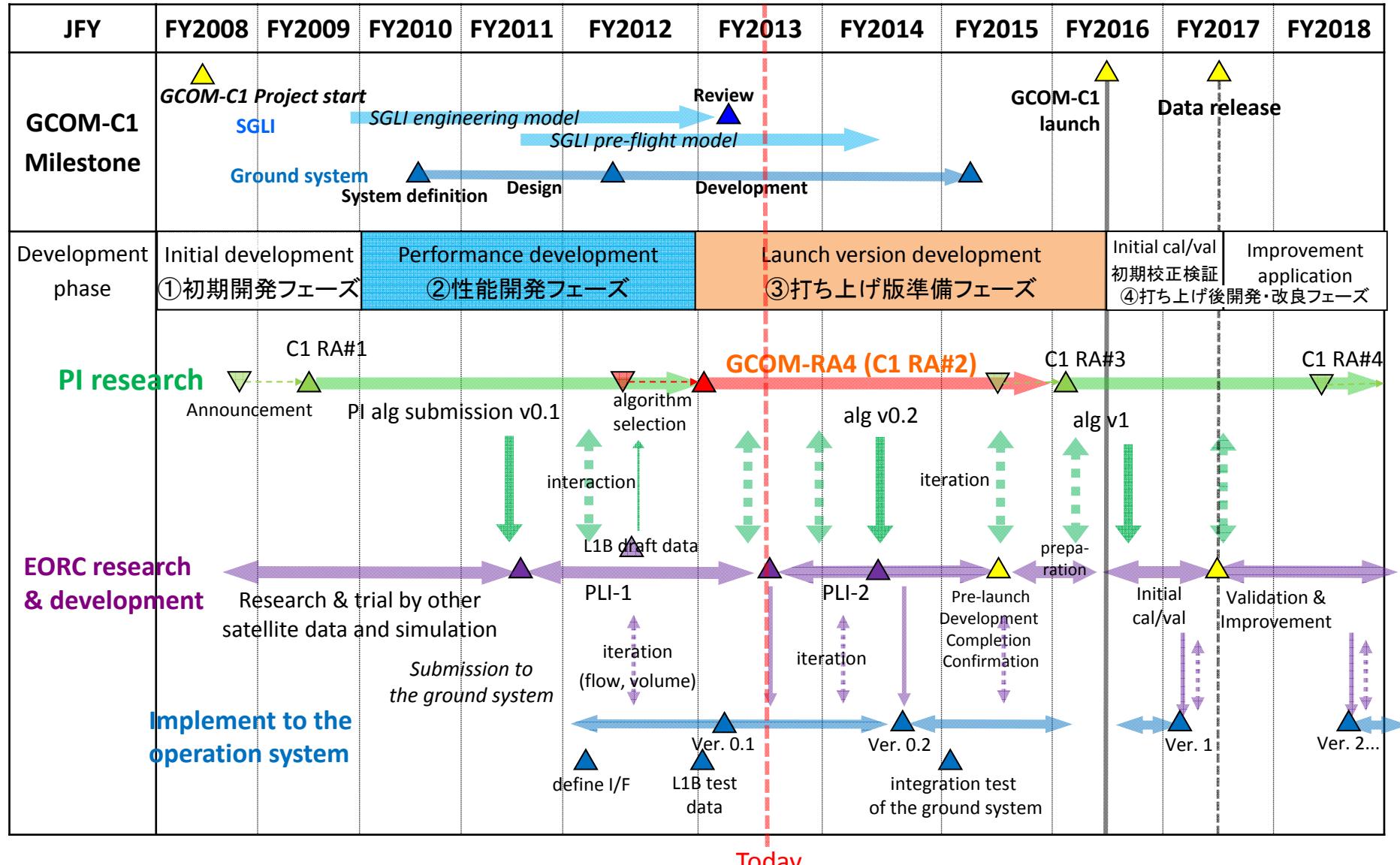
村上 浩

JAXA/EORC

2013年秋季日本海洋学会ナイトセッション
衛星観測システムの基盤技術開発
—海洋生態系研究への応用と水産業への利用を目指して—

1. GCOM-C/SGLIの準備状況

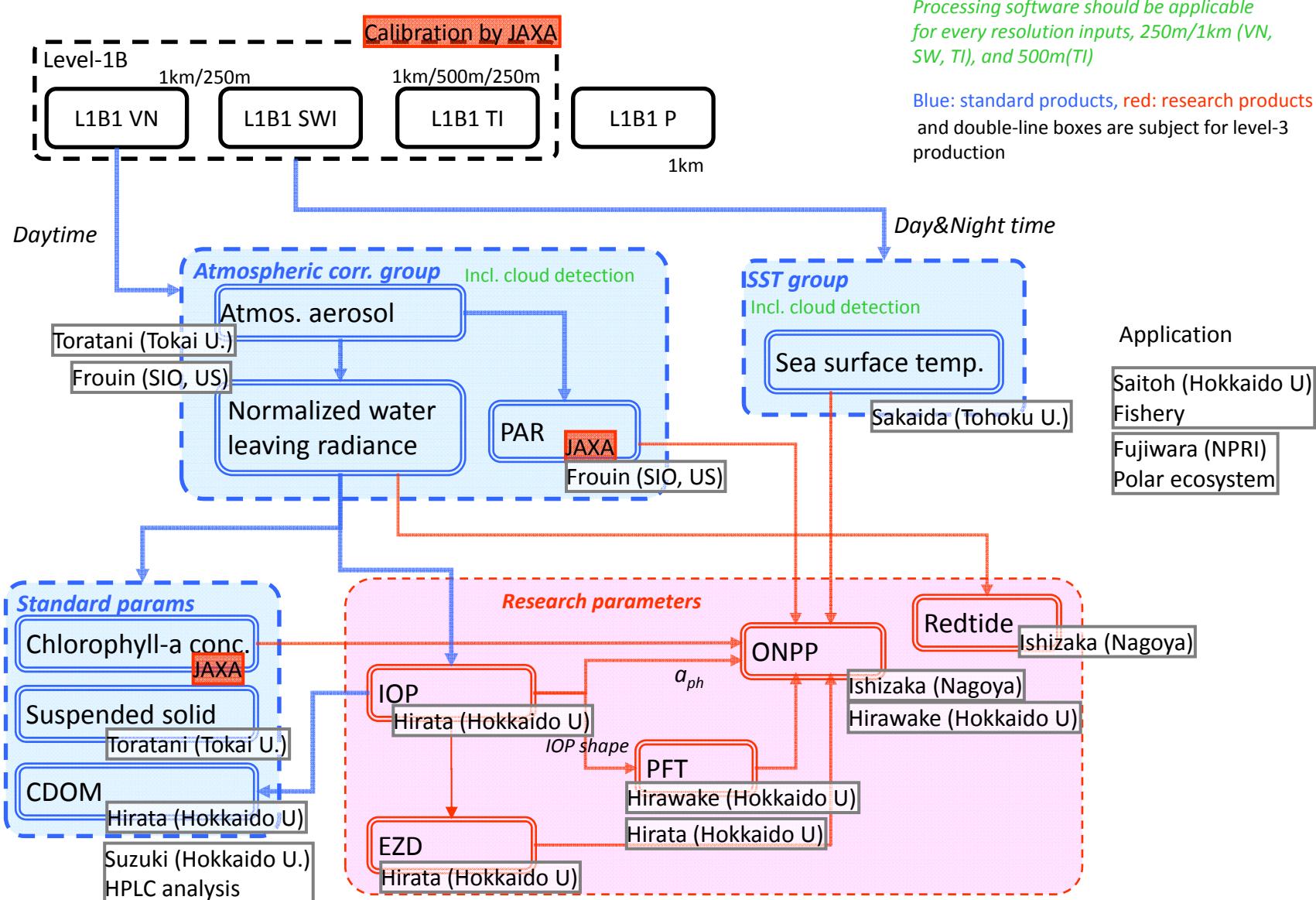
GCOM-C1開発スケジュール



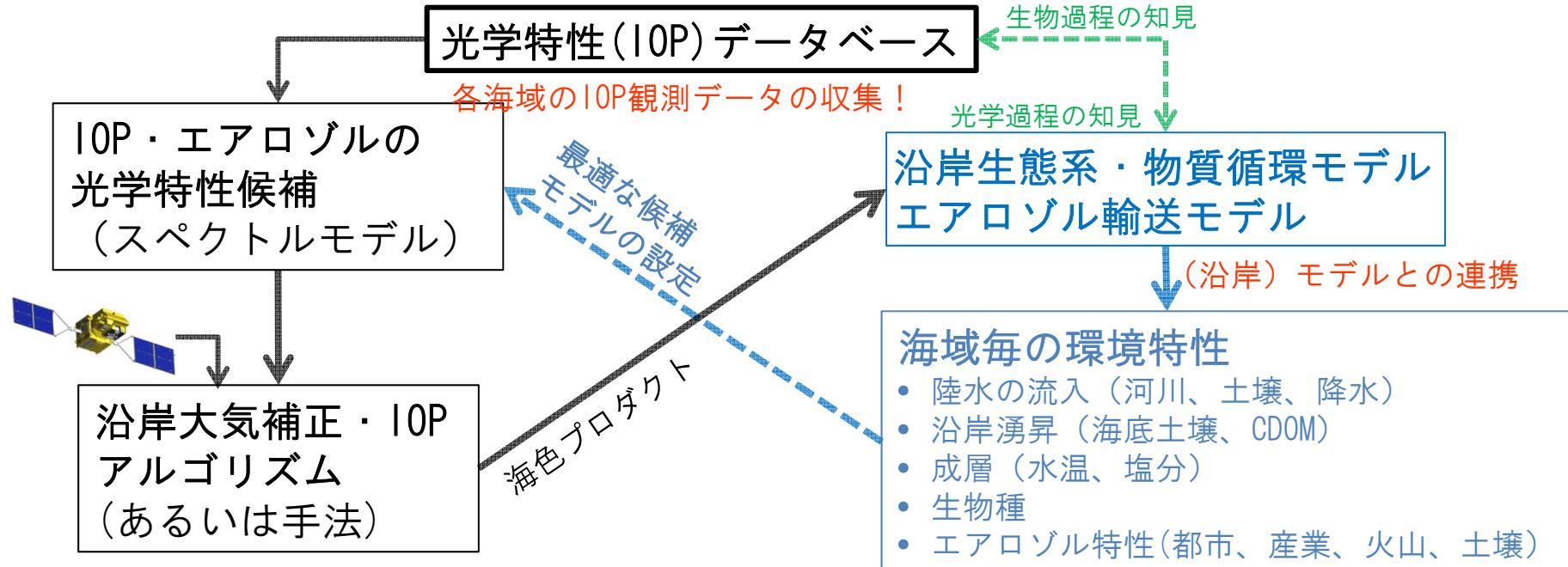
Today

GCOM-C1 algorithm development

GCOM-C Operation Flow (Ocean)



沿岸域での海色アルゴリズムの改善に向けて



課題：IOPの特徴付けに基づいたアルゴリズム開発

他の現場や衛星沿岸観測研究との連携

• 物質循環

- ✓ 衛星同化を通じたより高次の物理量や陸との物質交換の推定
- ✓ 衛星-モデル比較による物理・生物・化学過程の知見の向上

• 高頻度モニタリング

- ✓ モデル同化による高解像度衛星情報の高頻度化

• 課題

- ✓ 同化手法
- ✓ 衛星誤差情報
- ✓ 計算機能力

2. 衛星時系列データ作成に向けての取り組み

2. 1 衛星時系列データ作成に向けて

- 衛星によるChla等の海色観測には、一貫したセンサと処理手法によって空間分布とその変動を捉えうるメリットがある。
- しかし、熱赤外波長によるSST推定とは異なり、可視波長域では宇宙から暗い海面を明るい大気を通して観測することになるため、センサや推定法に起因する誤差が影響し易く、高精度の時系列を得るのはそう簡単ではない。
- さらに沿岸域では、複雑な特性のエアロゾルや陸起源の物質によって水中パラメータ推定への困難さが増す。
- GCOMで目指しているシリーズ衛星による長期観測に向け、時空間変動を（特にGCOM-C1では沿岸域でも）正しく捉えられる衛星時系列データを作成できることが必要。
- 今回は、陸奥湾の青森県産業技術センターの2点の観測を参照しながら、衛星Chlaの季節変化を正しく推定するための手法検討を紹介。
- 今後も海域毎の試行をいくつか重ね、時間変動推定の一般的な手法を見出したい。

2. 2 現場観測

村上 浩¹・山口寿史¹・許 永久²・清藤真樹³・高坂祐樹³・吉田 達³・伊藤良博³・姥名政仁⁴

(¹JAXA/EORC・²名古屋大・³青森県産業技術センター水産総合研究所・⁴青森県産業技術センター内水面研究所)

- 2012年10月2日と12月13日に、青森県産業技術センターや名古屋大の協力で、陸奥湾沖合の観測点St. 2 (41. 051°N, 140. 765°E) と St. 4 (41. 069°N, 141. 049°E) 等においてリモートセンシング反射率 R_{rs} (TriOS RAMSES放射計による)等の観測を行った。
- 10月には採水によるChlaの測定、12月にはChlaに加えて、 a_{ph} 、 a_d 、 a_g の計測（名古屋大による解析）も行っている（本発表ではまだ使っていない）。
- それ以外の期間 (1997~2012) についても、青森県産業技術センターの浅海定線観測結果のChlaの提供を受けた。
- 衛星による海水固有の光学特性 (IOP) 推定に用いる a_{ph} 、 a_{dg} 、 b_{bp} のスペクトルモデルは、St. 2における表面と水中2mでのTriOSの r_{rs} を用いて作成した。

2. 3 現場 R_{rs} を用いたIOPの波長勾配モデルの推定

(1) 2層の r_{rs} から K_{ex} を計算：

$$K_{ex} = -\log(r_{rs}^{2m-} / r_{rs}^{0m-}) / 2[m]$$

(2) r_{rs}^{0m-} から $u (= b_b / (a + b_b))$ を計算：

$$u = \{-g_1 + \sqrt{g_1^2 + 4 g_2 r_{rs}^{0m-}}\} / (2 \times g_2)$$

(3) $K_{ex} = a + b_b$ と近似すると、 $b_b^{obs} = u \times K_{ex}$

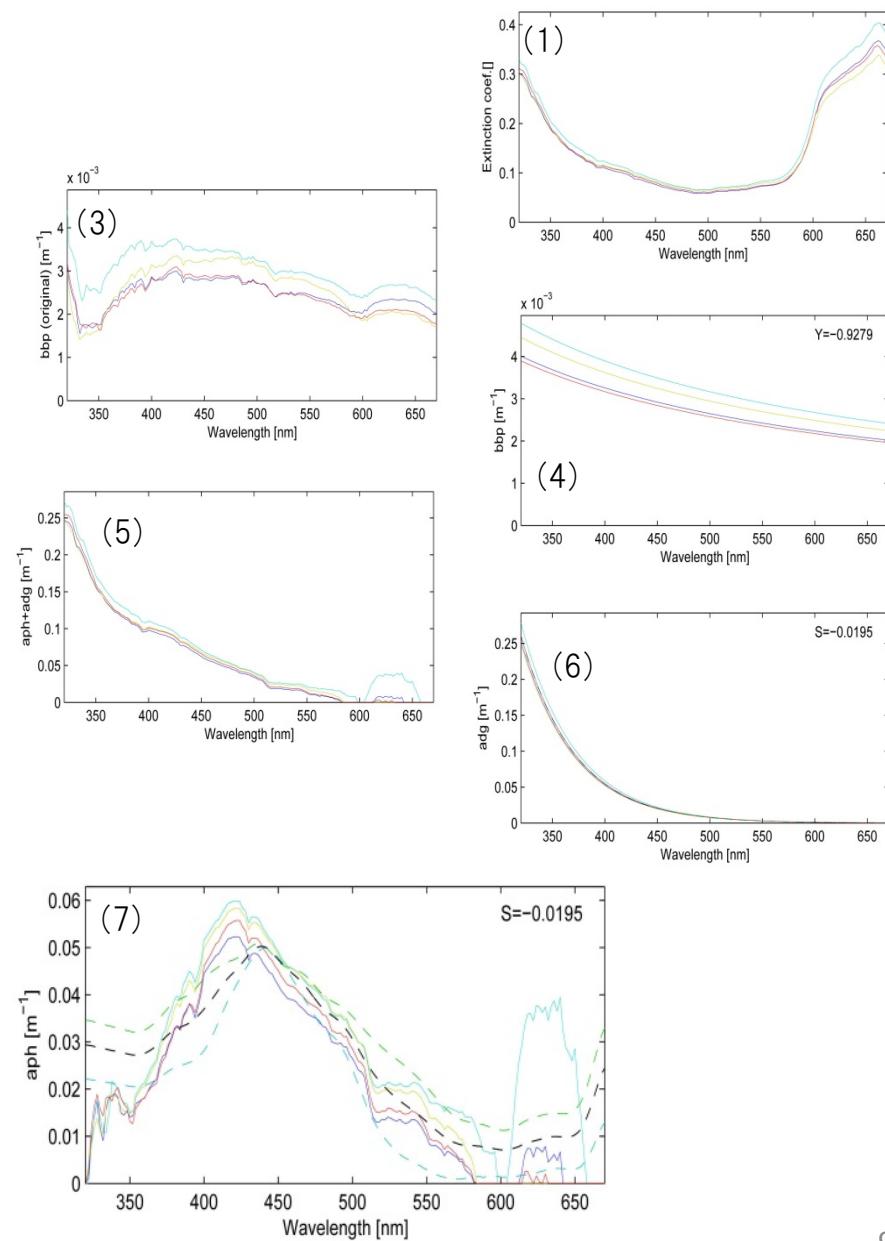
(4) 450~554nmの b_{bp}^{obs} ($= b_b^{obs} - b_{bw}$) を $b_{bp} = b_{bp}(442nm) \times (\lambda/442)^Y$ で近似し、Yを推定

(5) b_{bp} を用いて、 $a_{pg} = K_{ex} - (b_{bp} + b_{bw}) - a_w$

(6) 340nmで a_{dg} が a_{pg} の90%と仮定し（現場で $a_{ph} \approx a_{dg}$ だったのを参考に経験的に）、340~360nmの a_{dg} を $a_{dg} = a_{dg}(442nm) \times \exp\{S(\lambda-442)\}$ で近似し、Sを推定

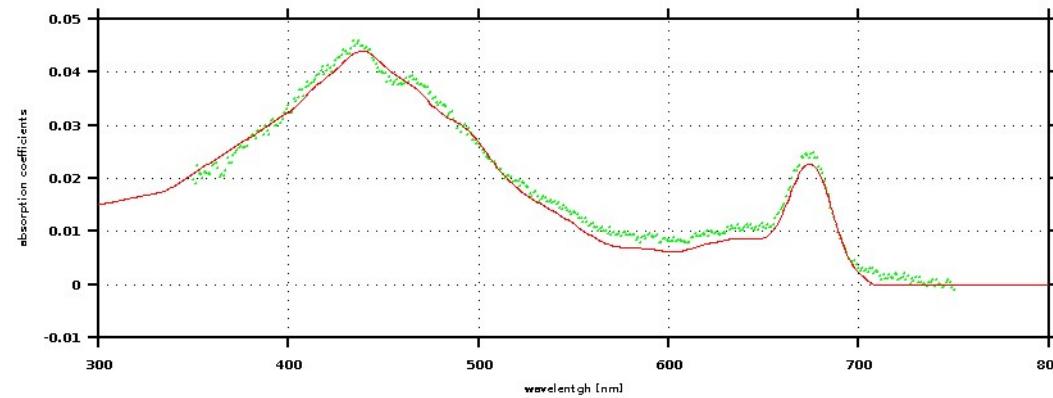
(7) Ciotti. et al. (2002)のpicoとnanoの a_{ph} スペクトルを用い、450nmと554nmの a_{ph} ($= a_{pg} - a_{dg}$) を $a_{ph} = a_{php} \times r_{pico} + a_{phm} \times (1 - r_{pico})$ で近似し、 r_{pico} を推定

(8) 上記の結果、 $Y = -0.928$, $S = -0.0195$, $r_{pico} = 0.42$ 、を衛星IOP推定に用いた

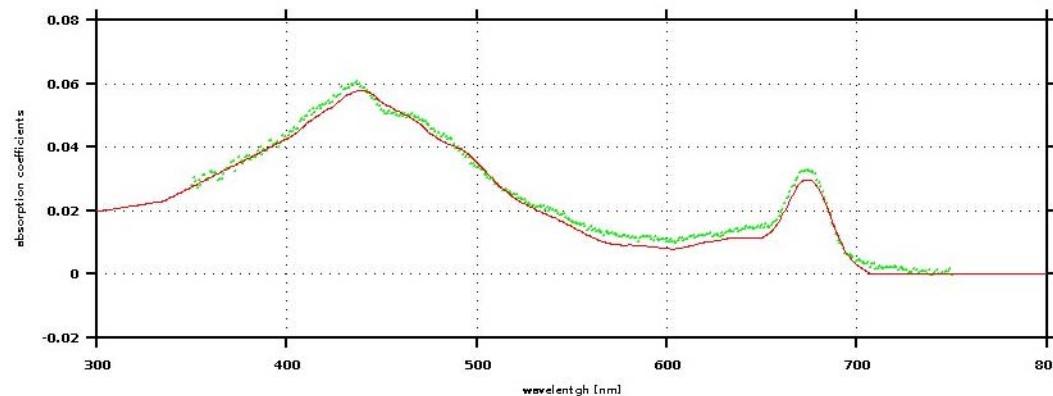


2.3 現場 R_{rs} を用いたIOPの波長勾配モデルの推定 現場 a_{ph} との比較

St.2



St.4



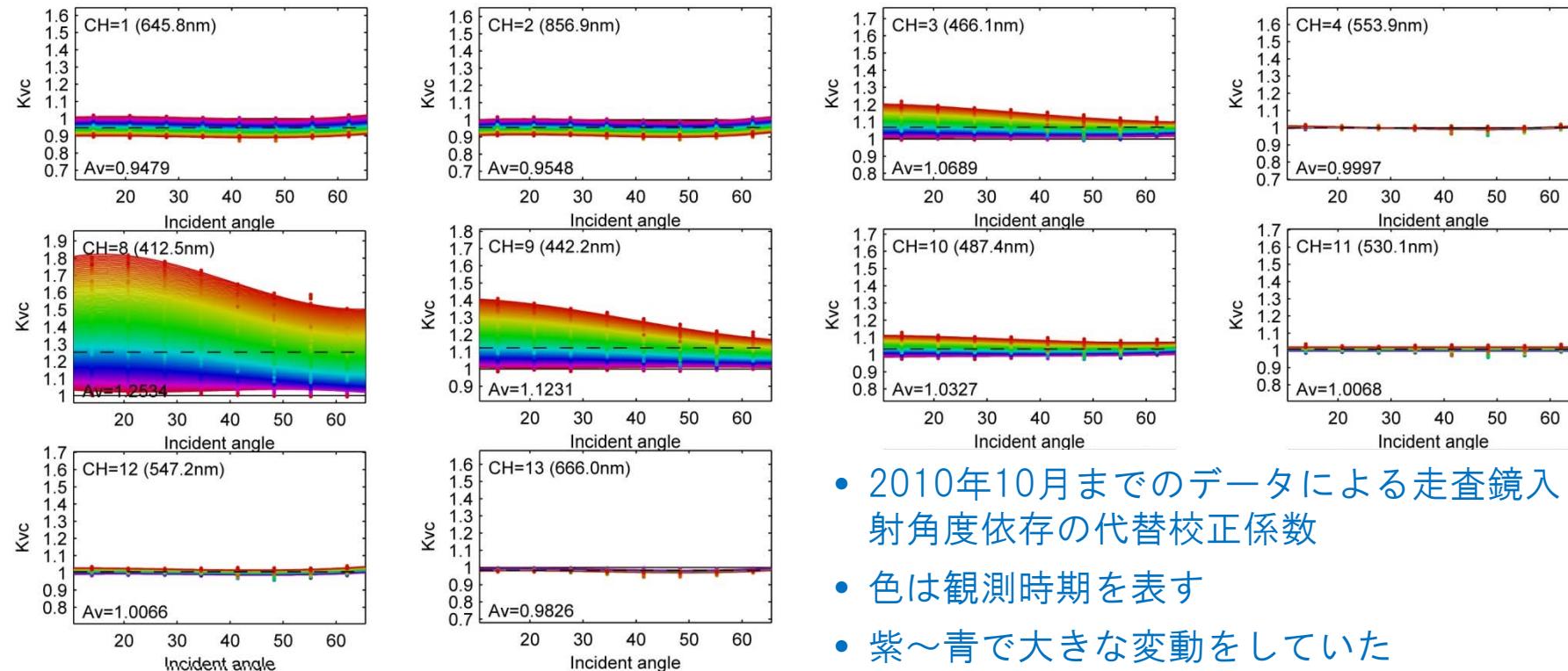
- 緑点は採水による吸収係数計測値（ただし2012年12月）
- 赤線は前項のTriOSからの推定値を442nmで計測値に合わせたもの

2. 4 衛星推定

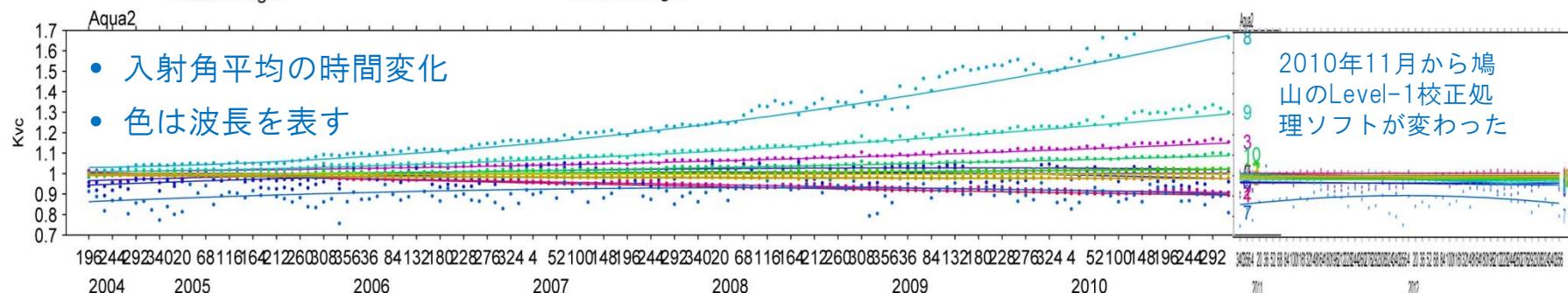
- 大気上端輝度データは2003年1月～2012年12月のAqua MODIS 1km L1B データ（JAXA鳩山局受信＋欠損時はNASA/LAADS）を用いた。
- 放射伝達コード（Pstar2bとRstar7）を用いて8日平均NASA Level-3 データ（2009年以前はSeaWiFS、それ以降はAqua MODIS）に対して日本周辺海域で一致するように代替校正（観測日と走査角に依存する係数で補正）した。
- 上記と同じ放射伝達コードを用いて、大気分子とエアロゾル（対流圏と海塩タイプの混合）の散乱・透過率のルックアップテーブル（LUT）を作成し、大気補正・ R_{rs} の推定を行った。
- 大気補正で得られた R_{rs} からNASA標準のOC4式でChlaを計算した。
- R_{rs} から前述のスペクトルモデル ($Y = -0.928$, $S = -0.0195$, $r_{\text{pico}} = 0.42$) を用いて線形行列法（LMI）で海水固有光学特性IOP（ここでは、水以外の吸収係数 a_{pg} （CDOM+デトリタス吸収係数 a_{dg} + 植物プランクトン吸収係数 a_{ph} 、粒子後方散乱係数 b_{bp} ）を推定した。

代替校正（直接受信データ）

鳩山受信分の日本周辺データにおけるSeaWiFS/MODIS Rrsによる代替校正結果

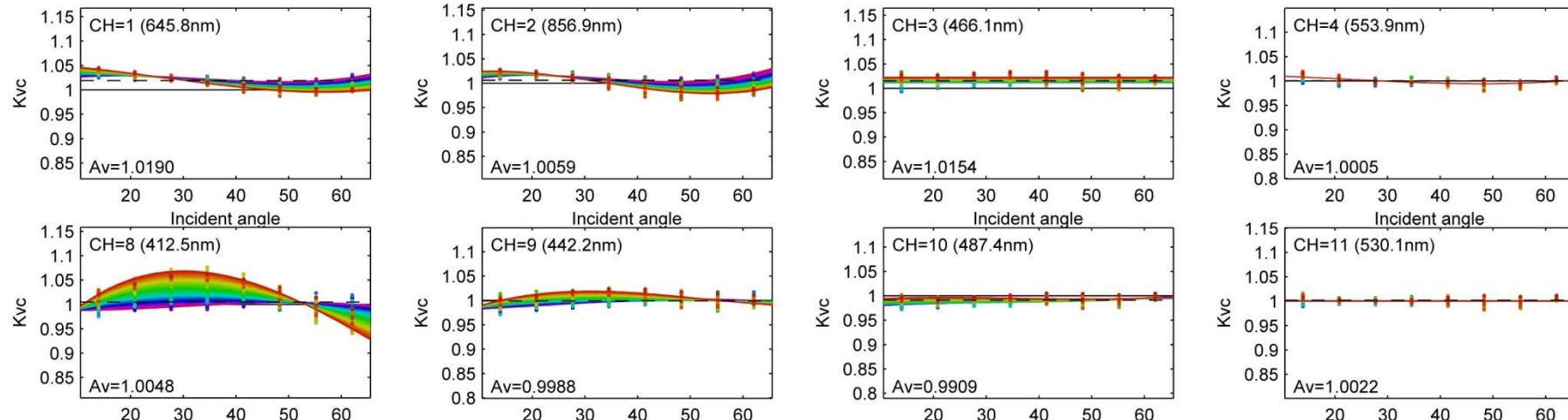


- 2010年10月までのデータによる走査鏡入射角度依存の代替校正係数
- 色は観測時期を表す
- 紫～青で大きな変動をしていた

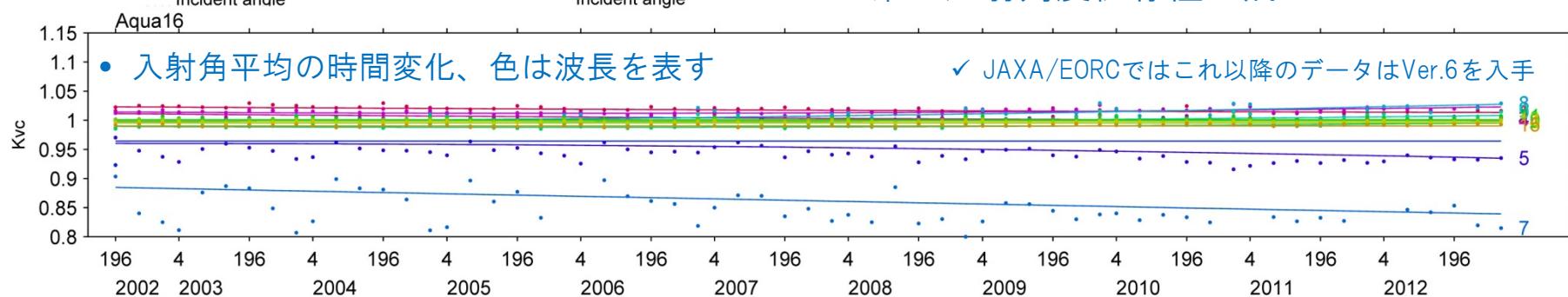


代替校正（直接受信データ）

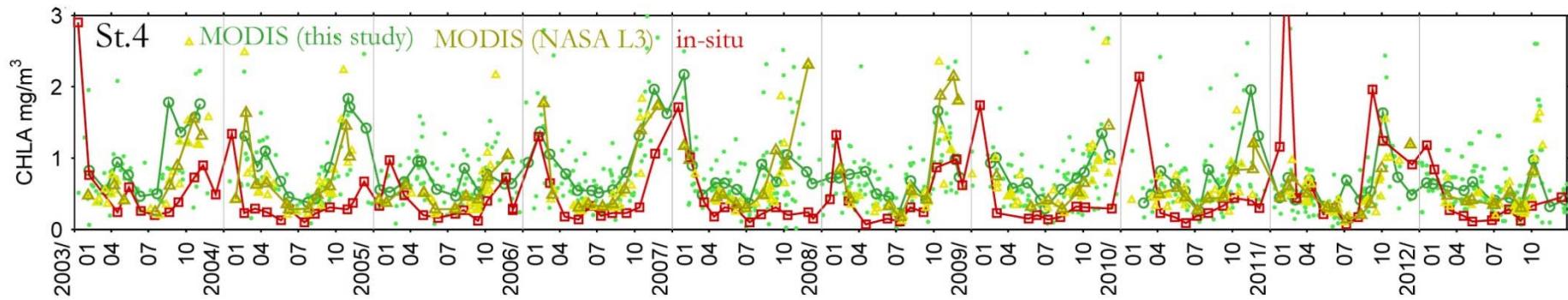
NASA Ver.5 L1BデータにおけるSeaWiFS/MODIS Rrsによる代替校正結果



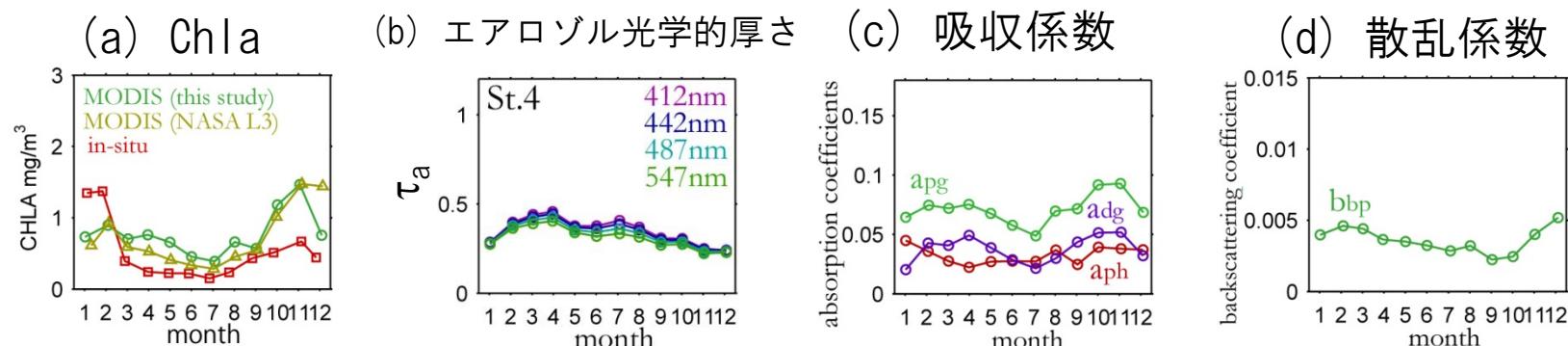
- 2012年までのデータによる走査鏡入射角度依存の代替校正係数
- 色は観測時期を表す
- 紫で入射角度依存性が残っている



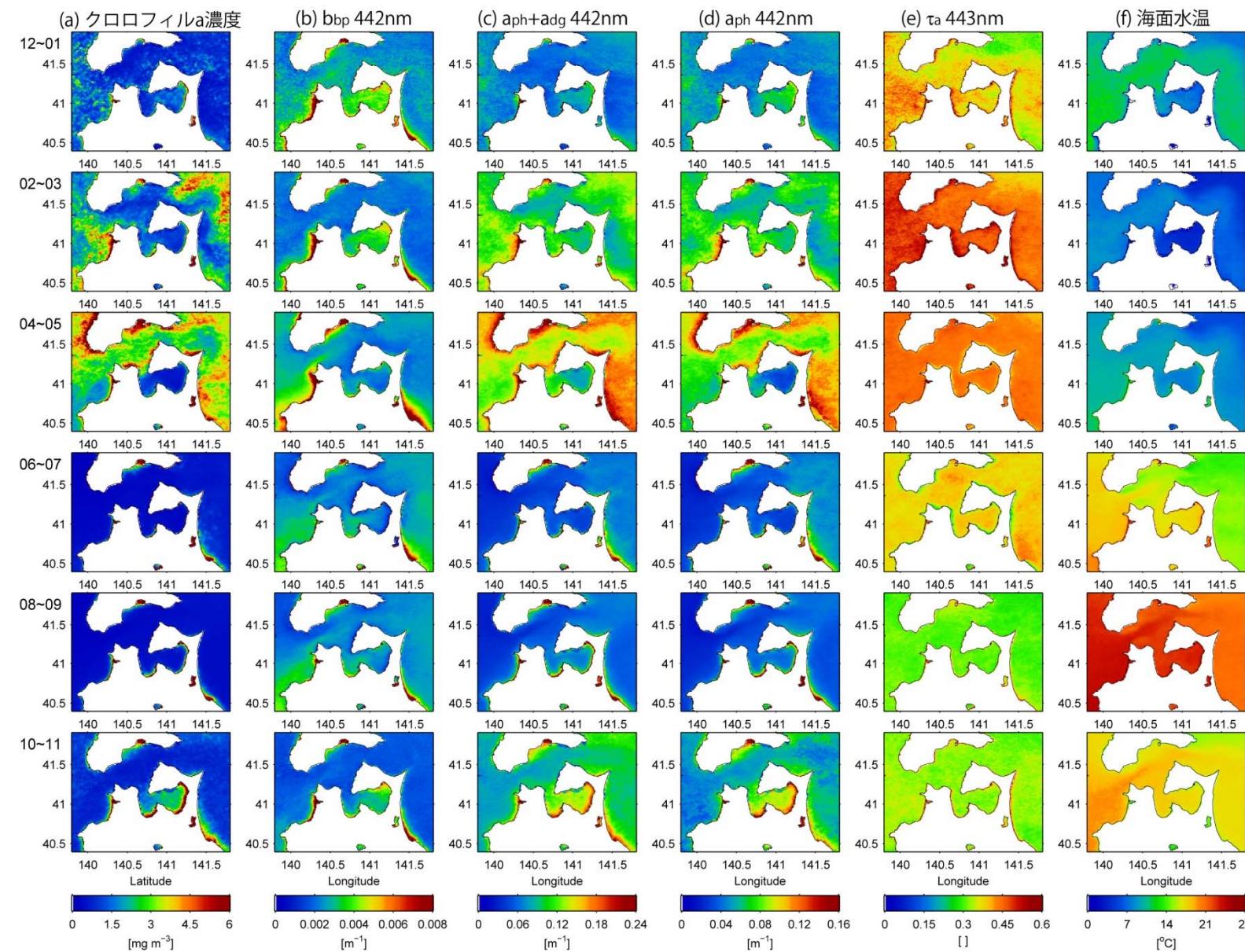
2. 5 結果



MODISによるSt. 4のChl-a推定値の時系列。赤が現場観測、黄色がNASAの4km Level3、緑が本研究によるChl-aを示す。



10年分のMODIS推定値の各月平均値の時系列。左からChl-a（赤は現場）、4波長のエアロゾル光学的厚さ、442nmの吸収係数（ a_{pg} , a_{ph} , a_{dg} ）、粒子後方散乱係数 b_{bp} 。



MODISによるChlaやIOP、SSTの各2か月間の10年平均値。最上段が12-1月、最下段が10-11月の平均。
 左からChla、bbp、aph+adg、aph、443nmのエアロゾル光学的厚さ、海面水温。それぞれの画像の色は下
 のスケールバーの値を示す。

2. 6 考察

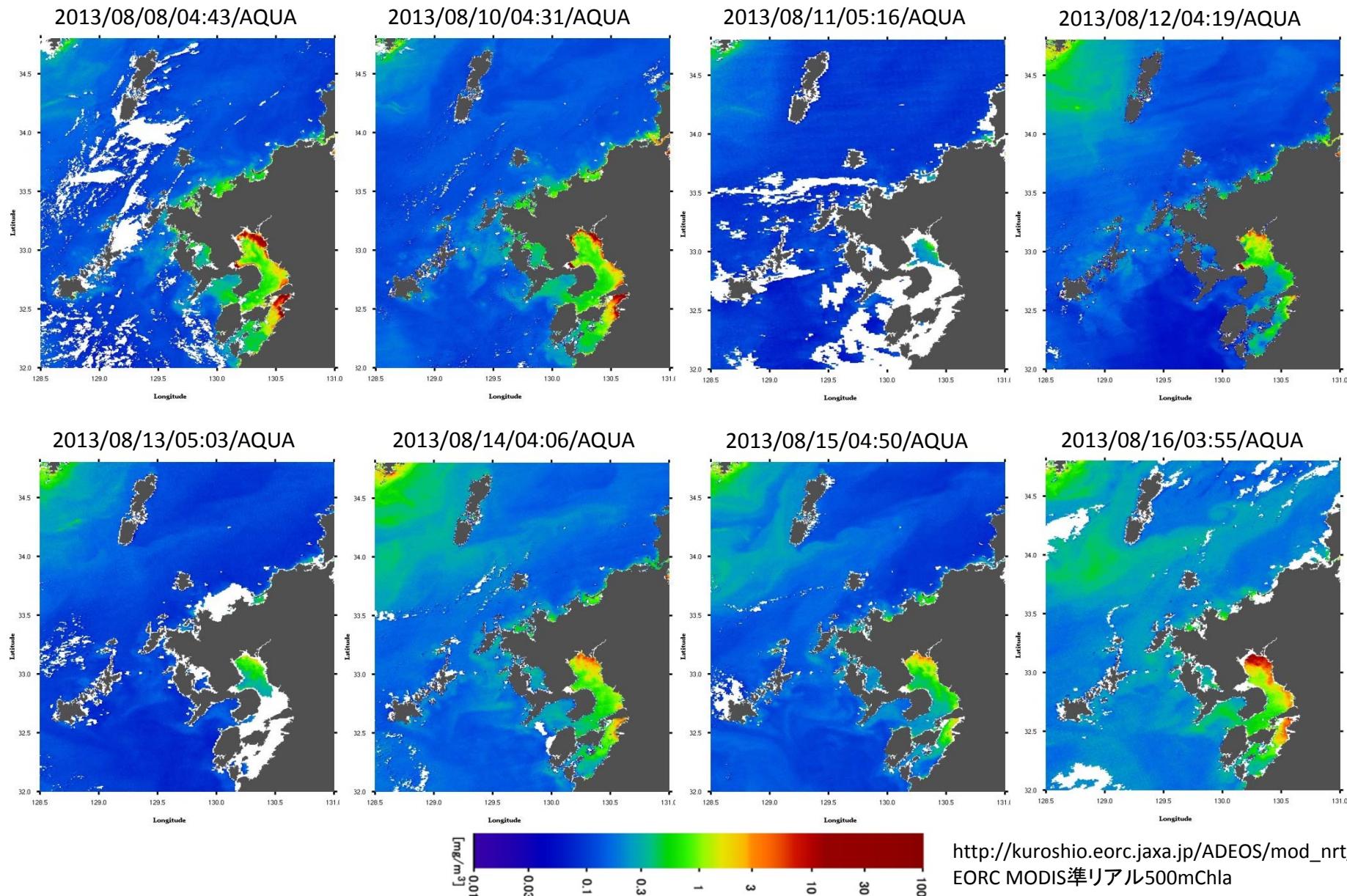
- 山口らが示した通り、衛星では（NASAプロダクトも）春と秋にChlaが高いのに対し現場Chlaは1～2月に最大になり、秋のピークは小さい。
- エアロゾル光学的厚さ τ_a は秋に比較的小さく、波長特性にも大きな特徴は見られない。確証までにはならないが、エアロゾルのみが原因ではないことが示唆される。
- a_{ph} はわずかに冬季に高くなっているが、 R_{rs} 412nmの変動と対応して a_{dg} 推定値は3月と10～11月にピークを持っており、IOP候補に依存した結果ではあるが、 a_{dg} (or a_{ph} /Chla比) が衛星のOC4式（青/緑比）に影響しているのかもしれない。
- 衛星のChlaや a_{pg} よりも b_{bp} の方が現場のChlaと変化が似ており、季節変化において吸収がChlaを代表していない海域なのかもしれない。

- 各年の値ではばらつきが大きく、エアロゾルによる誤差のケースも散見し、沿岸衛星推定の課題は多い。
- 今後は湾内/外の面的分布によるエアロゾル影響の検証や、現場計測のIOPとの比較等を進め、より正確な衛星時系列の作成に繋げたい。

まとめ

- GCOM-C1 プロダクト開発
 - ✓ 打ち上げに向けたアルゴリズムの準備
 - ✓ プロダクトの利用拡大のための改善
- 沿岸域海色アルゴリズムの改善に向けて
 - ✓ IOP推定：工夫と限界を見極める
 - ✓ 陸タイプのエアロゾルでの大気補正
 - ✓ 現場IOPの特徴付け：基礎データ収集の必要性： a_{ph} 、 a_d 、 a_g 、 b_{bp} @複数波長
 - ✓ 画素毎の誤差量の予想
 - ✓ 陸奥湾、東京湾..
- 実利用実証..
 - ✓ 時系列作成の積み重ね（陸奥湾、黒潮域、A-line、O-line、..）
 - ✓ 複数衛星データの利用手法
 - ✓ 利用法の普及

補足：2013年8月中旬の対馬沖のChlaの変化



http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEOS/mod_nrt/
EORC MODIS準リアル500mChla