


宇宙利用促進調整委託費

事後評価

<p>研究開発課題名（研究機関名）：                  衛星データ利用のための技術開発プログラム                  (4)衛星による有害赤潮早期発見および水産資源管理                  (国立大学法人佐賀大学)</p> <p>研究機関及び予算額：平成21年度～平成22年度（2年計画） 28,098千円</p>	
項目	要約
1. 研究開発の概要	<p>有害赤潮早期発見及び水産資源管理システムを構築するために、有害赤潮等を、衛星からの画像データの分析及び直接海水から水温や栄養塩濃度等を自動観測する装置によって早期発見し、当該被害を削減するための警戒対策を可能とする通報システム等を開発する。</p>
2. 総合評価	<p><b>B</b></p> <p>有害赤潮の早期発見のための衛星・船舶・地上モニタシステムの補完計測手段が確立され、衛星からの赤潮検出について、散乱の偏光特性に着目し、有害プランクトン種の選別という画期的手法を開拓した成果は、学術的にも高く評価できる。</p> <p>一方、赤潮の観測という古くからある研究テーマに対して、目新しい成果と将来の開発展望もあまり出ていない。また、地上計測系のトラブルや必要とする衛星データが得られなかったため、十分な成果を得ることができていない。</p> <p>本研究は赤潮発生の研究対象として、最も難しい有明海に挑戦する計画であるのに対して、研究期間が2年間と短い期間を設定したことが悔やまれる。</p> <p>S) 優れた成果を挙げ、宇宙利用の促進に著しく貢献した。                  A) 相応の成果を挙げ、宇宙利用の促進に貢献した。  <b>B) 相応の成果を挙げ、宇宙利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。</b>                  C) 一部の成果を挙げているが、宇宙利用の明確な促進につながっていない。                  D) 成果はほとんど得られていない。</p>
3. その他	<p><b>【研究開発成果について】</b></p> <p>赤潮の早期発見には、高頻度の海水採取や船舶・航空機が良いと一般的に思うが、分解能がなかなか取れない衛星から、可視光領域の情報をを用いるのは困難が予想された。研究結果、宇宙からは難しいとの判断であり、進歩が見られない。地上の観測ポストやブイなどをもっと充実する方向での開発がよかったと思う。</p> <p><b>【その他特記事項について】</b></p> <p>地上モニタシステムのオープンソース化が望まれる。また、企業との連携に配慮した研究体制が望まれる。</p>

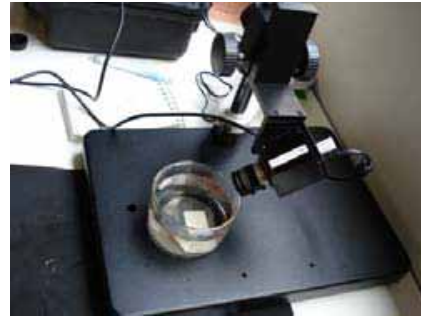
## 宇宙利用促進調整委託費 事後評価 調査票

1. 研究開発課題名: 衛星による有害赤潮早期発見および水産資源管理		
2. 該当プログラム名: 衛星データ利用のための技術開発プログラム		
3. 研究開発の実施者 機関名: 国立大学法人佐賀大学 代表者氏名: 新井康平 担当事業: 衛星画像、地上モニタデータ解析 機関名: (株)マップステーション 代表者氏名: 佐々木英吉 担当事業: 地上設置赤潮モニタ		
4. 研究開発予算及び研究者数		
	研究開発予算	研究・技術者
平成 21 年度	16,098 千円	5 人 / 年
平成 22 年度	12,000 千円	5 人 / 年
5. 研究開発の背景、目的・目標		
<p>背景: 毎年多大な漁業に被害をもたらす有害赤潮は早期発見することが極めて重要であるにも関わらず、その方法が未だ確立されておらず研究途上にある。観測手段として地球観測衛星、船舶の利用が試みられているが、前者は観測頻度、大気および河川水の影響等の課題(海面からの射出輝度は大気によるものに比べ1割程度しかなく大気補正が必須であるが、補正精度は不十分である。また、衛星データからの赤潮検出結果は懸濁物質を含む河川水を包含しており、この分離が必須である。)が克服できず、船舶による赤潮細胞数計測は原理的に長い時間を要し、早期発見にはつながらず、限られた点におけるものに止まっている。さらに、船舶による計測は栄養塩を多く含む赤潮発生の頻発する海岸付近の観測を行いたいところであるが、海岸まで近づけない沿岸があるため、河口付近の計測には適せず、地球観測衛星も同様に隣接効果の影響(海岸付近の輝度の低い海面の画素に含まれる輝度の高い陸域画素の影響)のため、海岸付近の観測は誤差が大きい。</p> <p>目的: これらと相補的な観測手段として海岸設置型地上モニタシステムを考案し、有害赤潮を衛星、船舶および地上モニタシステムによって早期発見するため新たな手法を研究開発した。また、赤潮形状の識別の可能性を検討し、特に、有明海において毎年のように発生する長楕円球形の赤潮であるシャトネラアンティカと他の球形赤潮との識別も試みた。</p> <p>目標: 衛星データおよび地上モニタシステムのデータ処理をデータ取得後1時間以内に行い、赤潮発生を漁協等に通報できるようにすることを目標とした。</p>		
6. 研究開発の実施内容		
【予備実験および事前準備】		
<p>テストサイトの設定のため、佐賀県有明水産振興センター、佐賀県漁協との打ち合わせを行った。その結果、以下(左図)に示す5か所の有明海沿岸を選定した。また、地上モニタシステムの外観を以下(右図)に示す。</p>		
		
テストサイトの分布	モニタシステムの外観	
地上モニタシステムの構成を以下(左図)に示す。また、気象ロボットの取得データのモニタ画面を以下(右図)に示す。		
		
地上モニタシステムの構成	気象ロボットの取得データのモニタ画面	

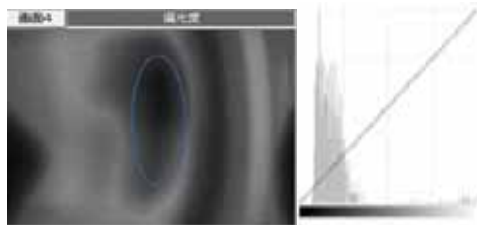
また、実験室において赤潮株の培養液の光学特性の計測を行った。特に、赤潮の光学特性の把握、並びに、形状識別の可能性に係る知見を得るとともに地上カメラモニタの仕様の検討を行った。以下にシャトネラアンティカおよびシャトネラマリナ長楕円球形の赤潮培養液(左図)および偏光観測の様子(右図)を示す。さらに偏光カメラによって撮像したシャトネラアンティカ、シャトネラマリナおよび水道水の直線偏光度の画像を下図に示す。



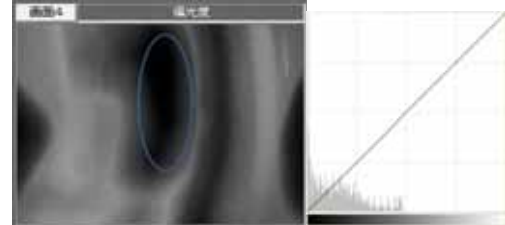
赤潮培養液



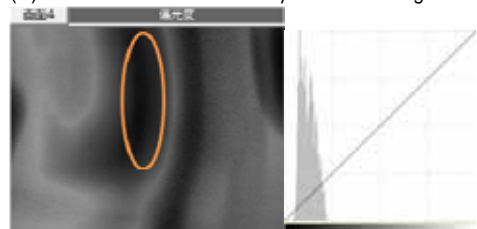
偏光観測の様子



(a) DP of *Chattonella antiqua* containing water(DP=32)

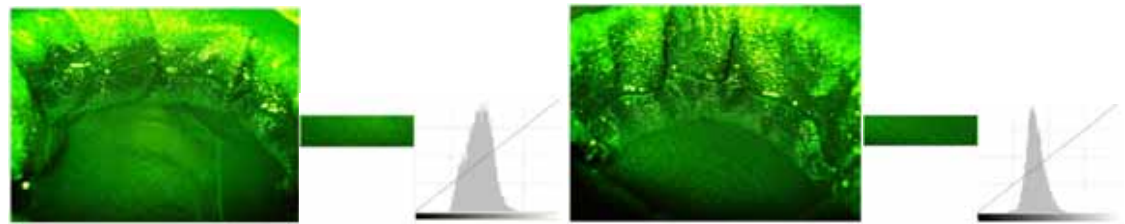


(b) DP of water(DP=20)



(c) DP of *Chattonella marina* containing water(DP=22)

また、550nmのフィルタ装着カメラによるシャトネラアンティカ培養液および水道水の画像を以下に示す。



(a) *Chattonella antiqua* containing water(GN=98)

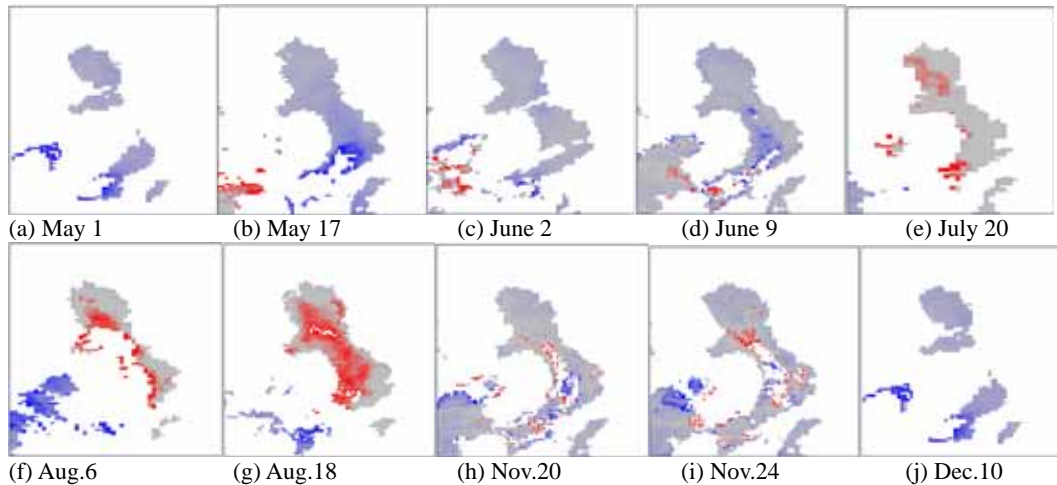
(b) Water(GN=75)

以上の室内実験から、550nmにおける射出輝度が高い海面を赤潮の発生している海域とすることの妥当性および直線偏光度が高い海面をシャトネラアンティカと判定することに妥当性を確認した。従って、海面射出輝度の偏光成分を計測することにより、赤潮形状および種別の識別が可能であることが示唆された。

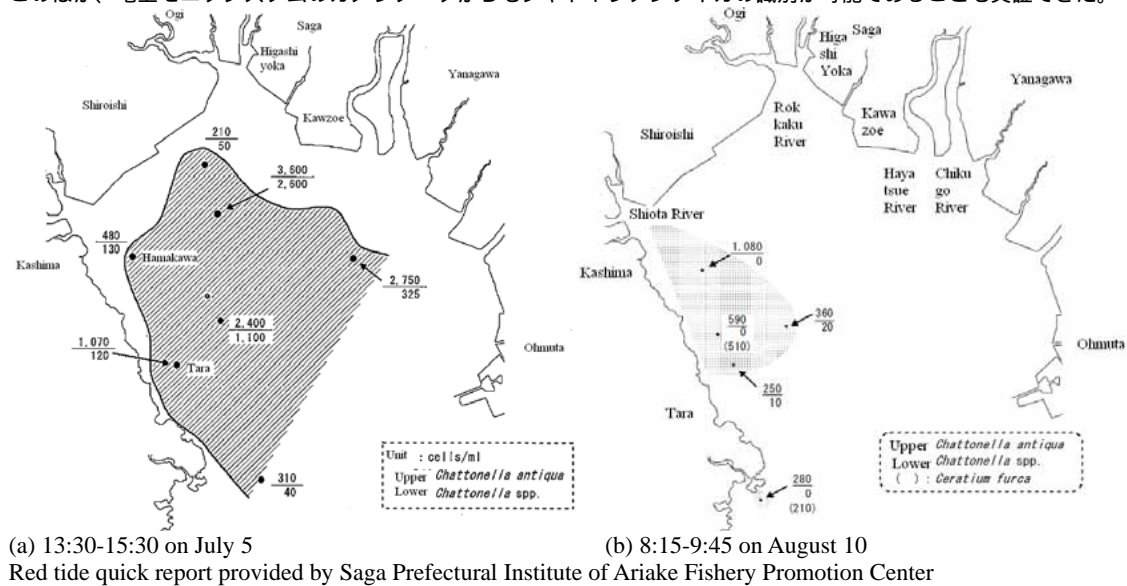
#### 【本実験】

開発した地上モニタシステムを選定したテストサイト海岸に設置し、衛星と同期した現場におけるフィールドキャンペーンを実施する(フィールドキャンペーンでは海岸から海面射出輝度、偏光成分を計測し、海水を採水してクロロフィル濃度、色相、色度、透明度、電気伝導度等を計測した。また、大気光学的厚さ等も計測した)とともに地上モニタデータを収集した。実験により取得された衛星データから懸濁物質を多く含む河川水の分布を

把握するための指標、並びに、赤潮分布を示す指標を考案し、抽出した赤潮分布から河川水分布の影響を削減する方法を新たに考案した。このとき、衛星データとして MODIS250m、ALOS/AVNIR,PRISM、Terra/ASTER を全て使用した。MODIS データによる赤潮指標を以下に示す。



これら衛星および地上モニタシステムから得られた赤潮分布を有明水産振興センターの点のデータである細胞数のトールズデータ（最総数の計測データ：Truth data）と比較し、以下に示す通り両者がほぼ一致していることを確認した。このほか、地上モニタシステムのカメラデータからもシャトネラアンティカの識別が可能であることも実証できた。



## 7. 研究開発成果

【1】宇宙利用の促進への寄与(本研究開発事業がどれだけ宇宙利用の促進に寄与したのか。)  
 成果：目標として掲げた赤潮検出の所要時間を1時間以内に行えることを確認した。また、副次的に得られた成果として、シャトネラアンティカの発生海域における偏光観測データから長楕円球形状の赤潮の直線偏光度が発生していない海域および球形赤潮の発生している海域のそれと異なることを確認した。佐賀県有明水産振興センター、佐賀県漁協に出向き、本研究で得られた成果をレビューして戴いたところ、赤潮の中でもシャトネラアンティカを特定できることは画期的であるといった高い評価が得られた(衛星、船舶、地上モニタシステムの併用が効果的であり、相互補完になり得る)。

社会的効果：赤潮被害は毎年多大な被害額に相当し、これを未然に削減できる方法の社会的効果は極めて高い。また、ピブリオバルニフィカス等の生命を危険に晒すものまで発見できる(発生の要因を検出できる)ため、社会的インパクトは大きい。

他機関・他地域への波及効果：本研究で開発した手法は海域を問わず汎用的に適用が可能であること（赤潮観測に適した海岸に提案する地上モニタシステムを設置して計測することにより衛星・船舶・地上モニタシステムの補完的観測による赤潮早期発見が他の海域においても行えるようになる）から他機関・他地域への波及効果も高い。

研究開発成果の新規性・独創性：海岸に設置の地上モニタシステムによる相補的赤潮早期発見手法は新規性・独創性に富む。特に、偏光特性の計測に基づく赤潮形状の識別は未だかつてない斬新な手法である。

本委託事業終了後の継続性：平成23年度以降も継続して地上モニタシステムの運用を継続して欲しい旨のご要望を頂戴したが、運用に係る経費を負担するまでには至らず、継続できずにいる。また、佐賀県有明水産振興センターからは、本研究において研究開発した地上モニタシステムは衛星、船舶等と相補的な役割を担うことが期待できるため、公募研究等に共同提案して継続を図ることとしたが、実現に至っていない。

## 【2】その他成果

SPIE - the international society for optics and photonics のアジア太平洋リモートセンシングコンファレンスに本研究の成果の論文の招待講演を依頼され、講演後に SPIE ニュースに掲載記事の執筆依頼があり、この記事が掲載されるに至り国際的な評価を受けた。以下に当該論文およびニューズルームに掲載された記事と URL を示す。

Kohei Arai and Yasunori Terayama, Polarized radiance from red tide, Proceedings of the SPIE Asia Pacific Remote Sensing, AE10-AE101-14, 2010

Kohei Arai, Red Tides - Combines satellite and ground based detection -, SPIE Newsroom, 10/1117/2, 1201012, 003267, 2011. <http://spie.org/x44134.xml>

佐賀県有明水産振興センター、佐賀県漁協に出向き、本研究で得られた成果を報告したところ、高い評価が得られた。平成23年度以降も継続して地上モニタシステムの運用を継続して欲しい旨のご要望を頂戴したが、運用に係る経費を負担するまでには至らず、継続できずにいる。また、佐賀県有明水産振興センターからは、本研究において研究開発した地上モニタシステムは衛星、船舶等と相補的な役割を担うことが期待できるため、公募研究等に共同提案して継続を図ることとしたが、実現に至っていない。

## 7. 研究開発成果の発表状況

### (1) 研究開発成果の製品化の状況

地上モニタシステムの製品化に係る実用化研究に着手できずにいる。当初の計画では手法の確立と実証実験を2年プロジェクトで実施する予定であり、実証された地上モニタシステムの実用化研究を当初の計画に盛り込んでいなかった。地上モニタシステムは電源、気象環境条件、通信環境条件等の苛酷な課題があったが、気温が高い場合に発生するPC端末の熱暴走対策等が課題として残っているものの、電源は太陽電池、通信環境条件は無線LANおよび携帯電話網を活用することにより解決したが、実験において無線LANの伝送距離は5km程度を実現したので、譬え当該地上モニタ設置位置が携帯電話網のカバーしていない場所であっても、また、最寄りの携帯電話網までの距離が如何に離れていても5km単位でホップ(5km毎に無線LANアンテナを設置して中継する)することによりデータ伝送が可能であることを証明できた。

### (2) 研究発表件数

査読付き論文：10件

査読無し論文等：3件

口頭発表：2件（国内：1件、国際：1件）

### (3) 知的財産権等出願件数(出願中含む)

0件（国内： 件、外国： 件）

### (4) 受賞等

0件（国内： 件、国際： 件）

## 8. 今後の展望と課題

宇宙利用の促進：地球観測衛星による赤潮検出は手法論としてはほぼ確立したが、観測頻度が極めて重要であり、研究代表者が進めている九州発超小型地球観測衛星(QSAT/EOS)や東大のほどよし衛星等の超小型衛星群によってこれを実現することが望まれる。今回開発した海岸設置型地上モニタシステムは世界のいかなる場所においても実装可能であり、赤潮検出のみならず、農林水産資源管理への応用が可能である（地上モニタシステムによる茶葉の品質評価、収量予測、最適摘採時期予測にかかる技術は確立した。現在、温室および露地栽培作物の品質評価、収量予測、最適摘採時期予測にかかる技術を開発中である）ため、これを実用化して超小型衛星とセットとして国内はもとより海外にも展開可能と考える。

## 9. その他特記事項

今回の衛星による赤潮早期発見のみならず、衛星および地上モニタシステムによる茶園における品質、収量管理のための営農システムを研究開発しており、衛星の恵み「うれしの茶」などの成果も上がっている。また、米等の他の農作物の営農システムの研究も継続している。さらに、細かい砂塵によるPC端末のハードディスククラッシュ等の問題はソリッドステートメモリによって回避できた。今後、実証した地上モニタシステムの実用化研究のファンドが獲得できれば製品化したいと考えている。今回は県漁協、公設試、民間企業との共同研究開発組織形態を構築したが、茶園営農システムではJA、公設試、民間企業を組織した。さらに、現在、佐賀県漁協、佐賀県有明水産振興センターのみならず、佐賀県農業試験研究センター、茶葉試験場、JA、民間企業を九州経済連合会の下に発足の九州航空宇宙開発推進協議会(県知事、学長が構成メンバー)も加わって組織体制を整備し、宇宙利用推進に取り組んでいる。研究代表者はその体制における宇宙利用グループのリーダーを務めている。

#### 査読付き論文

- 1) Kohei Arai and Yasunori Terayama, A method for red tide detection and discrimination of red tide type (spherical and non-spherical shapes of red tide) through polarization measurements of sea surface, International Journal of Applied Science, 2, 3, 62-70, 2011.
- 2) Kohei Arai and Yasunori Terayama, Satellite and Ground based red tide detection method and system by means of peak shift of remote sensing reflectance, International Journal of Applied Science, 2, 3, 53-61, 2011.
- 3) 新井康平、寺山康教、衛星、船舶及び地上赤潮モニタシステムによる赤潮早期発見及び赤潮種の識別、日本写真測量学会誌、50, 6, 339-346, 2011.
- 4) Kohei Arai, Wireless sensor network for tea estate monitoring in complementally usage with Earth observation satellite imagery data based on Geographic Information System(GIS), International Journal of Ubiquitous Computing, 1, 2, 12-21, 2011.
- 5) Kohei Arai, Back-up communication routing through Internet satellite WINDS for transmitting of disaster relief data, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2, 9, 21-26, 2011.
- 6) 新井康平、衛星搭載可視近赤外および短波長赤外放射計の代替校正のための偏光観測によるエアロゾル複素屈折率および粒径分布の推定における感度解析および誤差解析、日本写真測量学会誌、49, 6, 368-380, 2010
- 7) Kohei Arai, Estimation of aerosol parameters with solar direct and diffuse irradiance data using the proposed measuring instrument without sun tracking mechanism, Proceedings of the Calibration Conference 2011, 2011.
- 8) Kohei Arai, Aerosol refractive index retrievals with atmospheric polarization measuring data, Proceedings of the SPIE, 7461-06, 1-9, 2009.
- 9) Kohei Arai, Reflectance based vicarious calibration of ASTER/VNIR with aerosol refractive index and size distribution estimation using measured atmospheric polarization irradiance, Proceedings of the SPIE, 7461-08, 1-9, 2009.
- 10) Kohei Arai and Yasunori Terayama, Polarized radiance from red tide, Proceedings of the SPIE Asia Pacific Remote Sensing, Invited paper, AE10-AE101-14, 2010

#### 査読なし論文

- 1) Kohei Arai, Red Tides -Combines satellite and ground based detection-, SPIE Newsroom, 10/1117/2, 1201012, 003267, 2011.
- 2) Kohei Arai, Vicarious calibration of solar reflection channels of spaceborne based instruments with polarization measurements, Proceedings of the 28th Committee on Space Research (COSPAR) Congress, Solicited Paper, A3-1-0032-10, 2010.
- 3) Kohei Arai, Comparison of at-sensor radiance estimated with measured size distribution of aerosol and that with Junge parameter derived from Angstrom exponent through optical depth measurements, Proceedings of the 28th Committee on Space Research (COSPAR) Congress, Solicited Paper, A3-1-0033-10, 2010.

#### 口頭発表論文

- 1) Kohei Arai, Wireless sensor network, Visiting Scholar, World Class University, The Program of Sebelas Maret University, Invited Speaker, 2010.
- 2) 新井康平、西村由井、偏光観測によるエアロゾル光学特性の計測、日本リモートセンシング学会第46回学術講演会、P24, 2009.

# 採択課題名：衛生による有害赤潮早期発見および水産資源管理

## 1. 研究開発の背景、目的・目標

### 【背景】

毎年多大な被害をもたらす有害赤潮は早期発見することが極めて重要であるにも関わらず、その方法が未だ確立されておらず研究途上にある。観測手段として地球観測衛星、船舶の利用が試みられているが、前者は観測頻度、大気および河川水の影響等の課題が克服できず、また、船舶による赤潮細胞数計測は原理的に長い時間を要し、早期発見にはつながらず、限られた点におけるものに止まっている。さらに、船舶による計測は栄養塩を多く含み赤潮発生の頻発する海岸付近の観測には適せず、地球観測衛星も同様に隣接効果の影響のため、海岸付近の観測は誤差が大きい。

【目的および目標】これらと相補的な観測手段として海岸設置型地上モニタシステムを考案し、有害赤潮を衛星、船舶および地上モニタシステムによって早期発見する（データ取得後1時間以内とすることを目標とした）ため新たな手法を研究開発する。

## 2. 研究開発の実施内容

【予備実験および手法】佐賀県有明水産振興センター、佐賀県漁協と研究対象海域を設定した。また、赤潮株の培養液の光学特性を研究室において計測した。

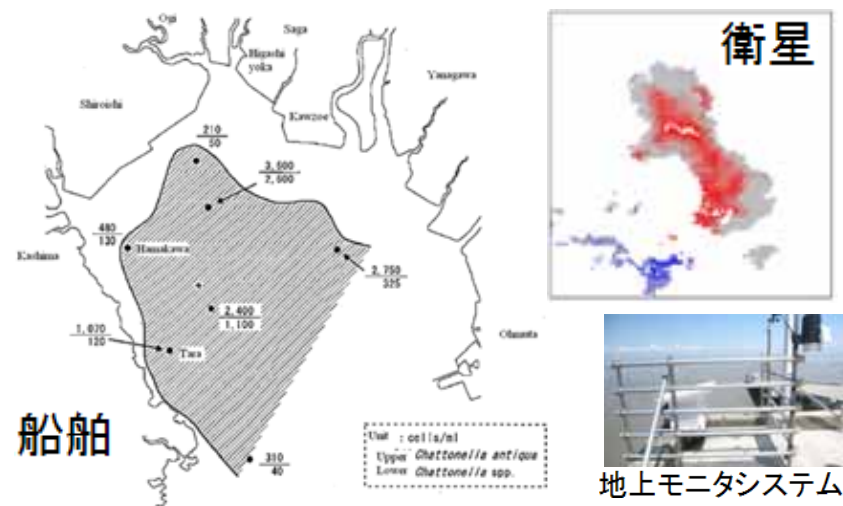
【研究対象地域】毎年シャトネラアンティカ等の赤潮の発生する有明海、大浦から真有明漁港および湾奥部中央の佐賀大学観測塔周辺海域をテストサイトとした。

【利用衛星および利用方法】ALOS/AVNIR,PRISM、Terra/ASTER、MODIS(250m)を用いた。赤潮発生海域は非発生海域に比較して海面反射率のピークが550nmから長波長域にシフトする性質を用い、赤潮指標をバンド比演算によって定義して赤潮検出に利用した。また、海水中の懸濁物質の推定式を定義し、懸濁物質を比較的多く含む河口付近の河川水分布を推定した。前出の赤潮指標に含まれる河川水分布とのコンフュージョンを河川水分布を考慮することにより補正する方法を提案した。

## 3. 研究開発成果

### 【宇宙利用の促進に寄与する研究開発の成果】

衛星・船舶・地上モニタシステムの補完計測手段の確立  
衛星による赤潮検出を補完する船舶および海岸設置型カメラモニタシステムの有効性を証明した。



【研究成果の公表】以下のURLに研究成果の一端を紹介している。

- <http://www.ip.is.saga-u.ac.jp/~arai/arai.html>
- <http://spie.org/x44134.xml>

## 4. 今後の宇宙利用促進に向けた展望と課題

### 【研究開発を進めることによって得られると予想される成果】

- (1)地上モニタシステムの実用化製品化
- (2)超小型地球観測衛星群および地上モニタシステムは、赤潮の高頻度観測のみならず、平時における農林水産資源管理やその他の災害監視等へも応用が可能である（QSAT/EOSおよびほどよし衛星はプレカーサーとなる）。

【今後の研究方針】公募研究に提案する。