

平成21年6月29日現在

研究種目：若手研究（A）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18686071
 研究課題名（和文） レーザーリモートセンシングによる海洋クロロフィル濃度の鉛直分布に関する研究
 研究課題名（英文） Study for Vertical Profiles of Ocean Chlorophyll Concentration by Laser Remote Sensing
 研究代表者
 篠野 雅彦（SASANO MASAHIKO）
 （独）海上技術安全研究所・運航システム部門・研究員
 研究者番号：00392689

研究成果の概要：

海洋植物プランクトンの鉛直分布を広域・連続的に測定することを目指し、以下の成果を上げた。

- 1) 各地で採水した表層海水の紫外励起蛍光スペクトルを測定し、水質と蛍光との関係を得た。
- 2) 海洋クロロフィルライダー装置を製作し、試験水槽において清水中のターゲット水検知能力および鉛直分解能が深度30mまでであることを示した。
- 3) 海洋クロロフィルライダー装置を船舶に搭載し、沿岸海洋のクロロフィルと CDOM の鉛直分布および水平分布観測に成功した。また、潮目観測に有効であることを示した。
- 4) 航空機搭載型ライダー装置を設計し、実験用航空機を所有する研究機関と技術的合意を得た。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
2007年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	12,400,000	3,720,000	16,120,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋クロロフィル、植物プランクトン、鉛直分布、レーザー、リモートセンシング、ライダー、蛍光、海洋環境

1. 研究開始当初の背景

海水中に浮遊する植物プランクトンは、日光・水温・栄養塩の条件がそろった海域で繁殖し、その海域での生物循環において一次生産の役割を果たす。全ての植物プランクトンには、光合成の中心的役割を果たすクロロフィル分子が存在する。このため、海洋クロロ

フィル濃度が、その海域の生態活性度の環境指標として広く用いられ、漁場調査等に活用されている。一方、植物プランクトンの異常発生は赤潮やアオコ被害の原因にもなる。さらに、植物プランクトンは海水中の二酸化炭素を吸収するため、大気中の二酸化炭素の海洋吸収量を推定する際の指標としても、海洋

クロロフィル濃度が用いられている。海洋クロロフィル濃度を正確に測定することが、その海域の海洋生物環境を理解・利用する上で最も重要な課題の一つであると共に、地球温暖化現象を総合的に理解し、二酸化炭素排出規制を考える上でも重要な課題となっている。

しかし、海洋クロロフィル濃度の広域観測は容易なことではなく、特に海面下の鉛直分布情報が不足している。現状で、海洋クロロフィル濃度の広域観測は、主に人工衛星搭載の海色計によるリモートセンシング法によって行われている。例えば、NASAのSeaWiFSやMODISの観測結果は、海表面の情報として広く利用されている。ただし、海面下のクロロフィル鉛直分布は得られていない。植物プランクトンは、海面下10m程度のところに密度のピークを持つことが多く、鉛直分布を得ることは植物プランクトンの総量推定のために非常に重要である。加えて、衛星搭載海色計は、夜間や雲で覆われた海域を観測することができない。

海色計以外の観測手法としては、船舶に曳航された観測機器や採水機器による直接観測も行われている。例えば、海洋地球研究船「みらい」の鉛直プロファイラー等によって直接測定方式で観測が進められているが、移動速度が制限されるため、十分な広域観測データを得るのが難しい状況である。

海上技術安全研究所ではこれまで、ヘリコプター搭載蛍光イメージングライダーの開発を行ってきた。この装置は、タンカーが海洋上で石油流出事故を起こした際に、事故海域の流出油の位置・規模・挙動を、流出油のレーザー励起蛍光イメージとして観測することを目的としているが、この技術は、海洋クロロフィルのライダー観測技術に、非常に近い。特徴的な点は、波長355nmの紫外パルスレーザーを使用していることと、レーザーライダー技術により鉛直分解能を有していることである。波長355nmの紫外レーザー励起に対して、クロロフィルaは波長440nm付近に蛍光を発生するが、この波長は海水中での減衰が少ないため、より深い位置からのレーザー励起蛍光を受光することができる。

従って、海洋クロロフィル濃度を観測するための船舶搭載型ライダー装置を開発し、試験水槽や実海域において性能評価を行って、実用化を進めることは高い意義があり、また、十分に可能であると考えられた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、海面下の海洋クロロフィル濃度を観測することのできるレーザーリモートセンシング装置（海洋クロロフィルラ

イダー）を開発し、深度30m程度までの有光層クロロフィル濃度の鉛直分布を観測することである。そのため、以下のサブテーマを設定した。

- 1) クロロフィル濃度とそのレーザー励起蛍光特性の関係を明らかにする。
- 2) 海洋クロロフィルライダーの設計・製作を行い、試験水槽でその観測性能を検証する。
- 3) 地上設置観測・船舶搭載観測を行い、海洋クロロフィル濃度の鉛直分布に関する広域データ・時間変動データを得て、植物プランクトンの鉛直方向の挙動を明らかにする。
- 4) 将来的な目標として航空機による広域観測を目指し、そのためのシステム基本設計を行う。

3. 研究の方法

本研究では、波長355nmの紫外レーザーを海中に入射し、クロロフィル分子が発光する波長440nm付近の青色蛍光を観測することで、海水中のクロロフィル濃度を推定する。また、水深は、パルスレーザー光の往復時間により求める。このレーザーリモートセンシング装置（ライダー）を開発することにより、海洋クロロフィル濃度の鉛直分布測定をリモート観測することが可能となる。本研究で開発を目指す船舶搭載型海洋クロロフィルライダーの概要図を図1に示す。

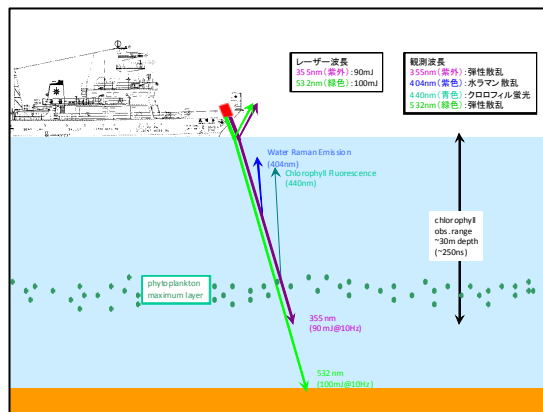


図1 船舶搭載型海洋クロロフィルライダーの概要図

ライダーは、船舶や航空機へ搭載することが可能である。このため将来的に、沿岸部から外洋までの広い海域を航空機で高速移動しながら、飛行航路に沿ったクロロフィル濃度の鉛直分布観測を行うことが可能となる。昼夜、天候に関わらず連続観測できるため、太陽光や天候とクロロフィル濃度の関係が明らかになる。また、汽水域や複雑な海流海域で海洋クロロフィル濃度の極大深度を広

域観測することが期待できる。

本研究においては、海洋クロロフィル観測用ライダーを開発することと、それを船舶に搭載して海洋上での連続観測を行うことを目的とする。航空機搭載による広域連続観測は、科研費交付期間外の将来的な目標として、そのシステム設計を行う。船舶搭載による観測は航空機搭載に比べて、移動に時間がかかるという問題がある一方で、採水や水中観測が容易であるため他のクロロフィル測定法との同時測定により、ライダー観測データの評価がしやすいというメリットがある。本研究における研究手法のフローチャートを図2に示す。

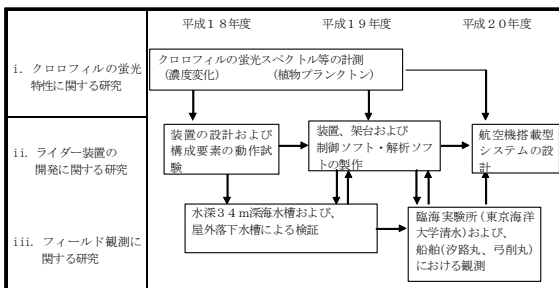


図2 本研究手法のフローチャート

4. 研究成果

本研究において、海洋植物プランクトンの鉛直分布を広域・連続的に測定することを目的とし、研究課題のサブテーマ毎にそれぞれ以下の成果を上げた。

(1) 海水の紫外励起蛍光スペクトルの計測

全ての植物プランクトンに含まれるクロロフィル a の濃度は、海洋環境指標としてリモートセンシング技術等で広く使用されている。クロロフィル a の光学観測として最もよく用いられる手法は、波長 440nm 付近の青色光を照射し、波長 680nm 付近のクロロフィル a による赤色蛍光強度を観測する方法であり、CTD センサーによるクロロフィル a 濃度測定法等で利用されている。ただし、波長 680nm 付近の赤色光は水中での減衰が大きいいため、本研究では、水中で発光された赤色蛍光を海面上で観測することが難しい。このため、クロロフィル a の赤色蛍光以外の光学観測指標を使用する必要があった。

クロロフィル a は、紫外線を照射すると青色蛍光を発光することが知られている。この蛍光発光現象を光学観測指標とするため、クロロフィル a 溶液および各地で採取した表層海水の紫外励起蛍光スペクトルを測定し、クロロフィル a の濃度観測指標として適切かどうか、および最適な観測波長帯を調査した。波長 355nm 紫外励起蛍光スペクトル調査に

は、日立分光蛍光高度計 F-2500 を用いた。得られたスペクトルを図3に示す。

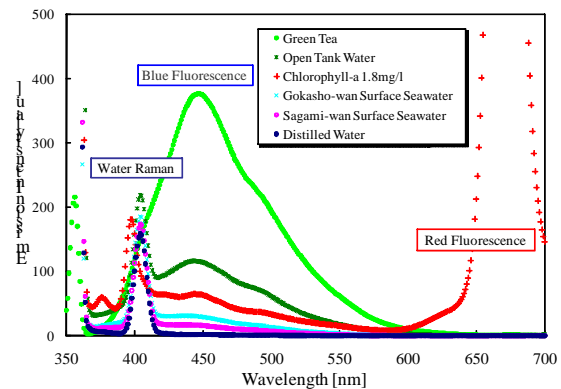


図3 各試験水の波長 355nm による紫外励起蛍光スペクトル (緑茶、屋外水槽水、クロロフィル a 溶液、五ヶ所湾表層海水、相模湾表層海水、蒸留水)

波長 355nm 励起による海水の発光スペクトルでは、波長 404nm 付近に水ラマン散乱光のピーク、波長 440nm 付近と波長 680nm 付近に蛍光のピークが見られる。このため、本研究では、波長 405nm、半値幅 10nm の水ラマン観測と、波長 450nm、半値幅 10nm の蛍光観測を行うこととした。ただし、海水の紫外励起蛍光に関する文献調査を行ったところ、海洋植物プランクトンに含まれるクロロフィル a からの蛍光発光と、海水に含まれる CDOM (Colored Dissolved Organic Matter: 有色溶解有機物) からの蛍光発光が、波長 450~550nm の範囲の発光量や蛍光スペクトルからは判別が難しいことが判明した。このため、本研究でのクロロフィル a 光学観測は、実際にはクロロフィル a+CDOM 濃度の光学観測となっており、その観測条件に基づいた考察や結論が必要である。

(2) 海洋クロロフィルライダー装置の開発と試験水槽における性能評価

(2.1) 観測方式の検討

まず、海洋蛍光ライダーの観測方式の検討を行った。海水を観測する際の観測波長 λ のライダー方程式は、

$$P_{\lambda}(Z) = P_0 \frac{C_{\lambda} AS(Z)}{(n_w H + Z)^2} T_{\lambda_0}(Z) B_{\lambda}(Z) T_{\lambda}(Z)$$

$$T_{\lambda}(Z) = T_{\lambda}^{surface} \cdot \exp\left(-\int_0^Z \alpha(z, \lambda) dz\right)$$

$$B_{\lambda}(Z) = \int_{\lambda-\Delta\lambda}^{\lambda+\Delta\lambda} \beta(Z, \lambda_0 \rightarrow \lambda) \Phi(\lambda) \cdot d\lambda$$

で表すことができる。ここで、 P_0 はパルスレーザー初期強度、 C_λ は観測波長 λ のライダー装置定数、 A は受光面積、 Z は海面からの距離、 $S(Z)$ は重なり関数、 λ_0 はレーザー波長、 n_w は水の屈折率、 H は海面から受光部までの距離、 $T_\lambda(Z)$ は光の透過率、 $T_\lambda^{surface}$ は海面透過率、 $\alpha(z, \lambda)$ は波長 λ に関する消散係数、 $B_\lambda(Z)$ は深さ Z 、波長 $\lambda \pm \Delta\lambda$ の観測範囲の蛍光信号強度、 $\beta(Z, \lambda_0 \rightarrow \lambda)$ は波長 λ に関するレーザー励起発光の後方散乱係数、 $\Phi(\lambda)$ は波長 λ に関する狭帯域光学フィルタの透過率を表す。海洋蛍光ライダー観測では、蛍光波長 λ_{FL} に関する観測強度 $P_{\lambda_{FL}}(Z)$ と、水ラマン散乱光波長 λ_{WR} に関する観測強度 $P_{\lambda_{WR}}(Z)$ との比をとることで、多くのパラメータを相殺することができる。

$$\frac{P_{\lambda_{FL}}(Z)}{P_{\lambda_{WR}}(Z)} = \frac{C_{\lambda_{FL}} \beta(Z, \lambda_0 \rightarrow \lambda_{FL}) T_{\lambda_{FL}}(Z)}{C_{\lambda_{WR}} \beta(Z, \lambda_0 \rightarrow \lambda_{WR}) T_{\lambda_{WR}}(Z)}$$

さらに簡単のために、 $T_{\lambda_{FL}}^{surface} \approx T_{\lambda_{WR}}^{surface}$ 、 $\alpha(z, \lambda_{FL}) \approx \alpha(z, \lambda_{WR})$ と近似すれば、

$$\frac{P_{\lambda_{FL}}(Z)}{P_{\lambda_{WR}}(Z)} \approx C \cdot \frac{\beta(Z, \lambda_0 \rightarrow \lambda_{FL})}{\beta(Z, \lambda_0 \rightarrow \lambda_{WR})}$$

となって、ライダー装置定数比 C を決め、蛍光も水ラマン散乱光も、散乱角分布はほぼ等方であると仮定することで、深さ Z における蛍光/水ラマン散乱光ライダー信号強度比が、クロロフィルaとCDOMの濃度を表す式となる。また、ライダー装置定数比 C が観測位置や時間経過で変動しなければ、船舶の姿勢や海面の波浪の影響で $T_\lambda^{surface}$ が変動したとしても、時間的にも空間的にも、連続して観測可能であることがわかる。

この観測方式を用いることで、船舶の姿勢変動と海面波浪に強く影響を受ける船舶搭載型(海面上設置型)ライダー装置を用いて、安定したライダー信号解析を可能にした。(特願2007-00364)。

(2.2) 海洋クロロフィルライダー装置

ライダー装置の開発は、本研究3年間を通して行われ、表1のように年度毎に観測性能を向上させた。これに伴い、観測方式(レーザー光軸と集光鏡光軸が一致しているか、

表1 海洋クロロフィルライダー装置の年度毎の開発状況

	レーザー	望遠鏡	観測波長
1年目 (H18)	1波長 (355nm)	1台 (200mm φ)	1波長 (450nm)
2年目 (H19)	1波長 (355nm)	1台 (200mm φ)	2波長 (405,450nm)
3年目 (H20)	2波長 (355,532nm)	2台 (200mm φ)	4波長 (405,450, 532,685nm)

レーザー拡がり角の値等)や観測波長(狭帯域光学フィルタの半値幅等)、ゲートタイミング制御等が調整・更新された。以下に、2年目の段階の海洋クロロフィルライダー装置概要を示す。

このライダー装置の送信部は、Nd:YAGパルスレーザーの第3高調波(波長355nm)を用いている。射出エネルギーは約90mJ/パルスであり、ビーム拡がり角を凹レンズで約40mradに調整している。受光部は、直径20cmのカタディオプトリック式反射望遠鏡と、ハーフミラー、狭帯域光学フィルタ、ゲート付光電子増倍管で構成される。レーザー中心軸と望遠鏡光軸の距離は約20cmである。観測する波長は、405nmと450nmの2波長で、それぞれ水ラマン散乱光と蛍光に対応している。観測波長幅は、それぞれ10nmと25nmである。これら2波長ライダー信号の記録は、周波数帯域600MHz、8bitADCのデジタルオシロスコープにより行われる。また、ゲート付光電子増倍管のゲート信号制御は、遅延パルス発生機により、Qスイッチ信号からの時間差として制御している。この装置のブロックダイアグラムを図4に、諸源を表2に示す。

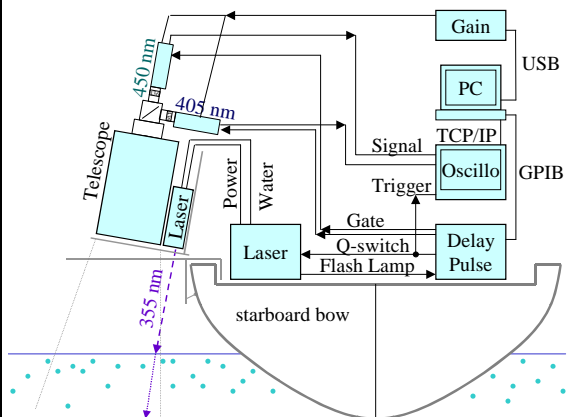


図4 海洋クロロフィルライダー装置のブロックダイアグラム

表2 海洋クロロフィルライダー装置の諸源

Laser	Type	Nd:YAG
	Wavelength	355 nm
	Power	90 mJ (max)
	Repetition	10 Hz (max)
Telescope	Type	Catadioptric
	Diameter	200 mm
	Focal Ratio	9.75
Filter	Center	404, 450 nm
	Wavelength	
	F.W.H.M	10, 25 nm
	Blocking O.D.	4
Sensor	Type	Gated Photomultiplier
	Gain	10 ⁷ (max)
Digitizer	Frequency	600 MHz
	Band	
	Sampling Rate	2.5 GHz
	Resolution	8 bit

(2.3) 試験水槽による性能評価

このライダー装置の検出性能および深度分解能を確認するため、海上技術安全研究所にある水深 35 m の深海水槽で性能評価実験を行った。水面から 4 m の高さにライダー装置を設置し、清水で満たされた水槽に向けてライダー観測を行った。また、このライダー観測のターゲット水として、5 m、10 m、20 m、30 m の深さにそれぞれ緑茶を散布した。ライダー観測時の光電子増倍管のゲートタイミングとゲインについては、ターゲット水の深さに合わせて調整を行った。このときの観測の様子を図 5 に示す。



図5 海洋クロロフィルライダー装置の試験水槽での性能評価実験の様子

また、このときの蛍光ライダー信号観測例を図 6 に示す。各深度のターゲット観測実験とも、水ラマン光信号にはターゲット水ピー

クが見られず、蛍光波長のみターゲット水のピーク信号が見られている。この蛍光波長にみられたターゲット水信号の時間と、ターゲット水の深さの関係を示したものを図 7 に示す。

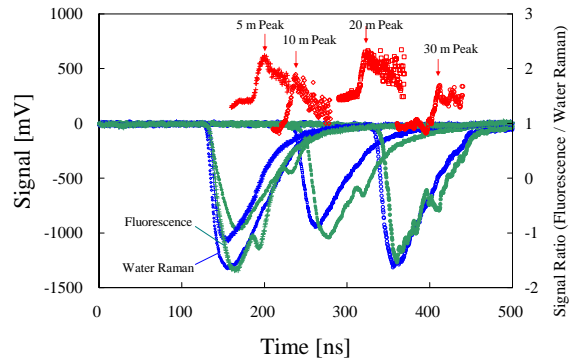


図6 試験水槽での蛍光ライダー信号の例 (青:水ラマン光信号、緑:蛍光信号、赤:2つの信号成分の比)

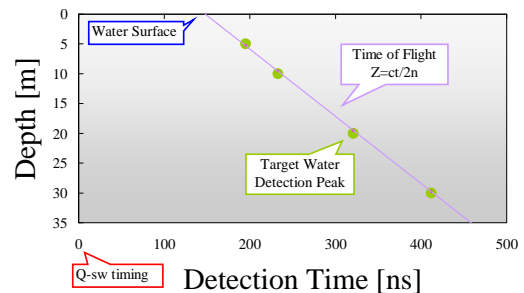


図7 試験水槽でのターゲット水の深さと蛍光ライダー信号比ピーク位置の関係

この図から、各深度のターゲット水のプロットが直線上に乗っており、

$$Z = \frac{ct}{2n_w}$$

の関係が成立していることがわかる。ここで、 c は真空中の光速、 t はライダー観測時間である。これらの結果より、本研究のライダー装置が清水中のターゲット水に対して、深度 30 m までの検知能力と深度分解能を有していることがわかる。

(3) 船舶搭載ライダー装置による沿岸海洋観測

本研究で開発した海洋クロロフィルライダー装置を用いて海洋観測を行うため、共同研究として東京海洋大学付属練習船「青鷹丸」に搭載し、東京海洋大学が定期的に行っている東京湾・相模湾の海洋観測と平行してライダー観測を行った。また、共同研究として鳥羽商船高専付属練習船「鳥羽丸」に搭載し、鳥羽商船高専が通常行っている研究航海

に同乗してライダー観測を行った。本研究で行った海洋観測の時期と海域を、表3に示す。また、これらの研究航海の航跡を図8に示す。

表3 船舶搭載海洋クロロフィルライダーによる海洋観測

	船舶	期間	海域
1年目 (H18)	鳥羽商船高専「鳥羽丸」	2006/10/3 1-11/1	熊野灘・五ヶ所湾
	東京海洋大学「青鷹丸」	2006/11/2 2-11/27	東京湾・相模湾
2年目 (H19)	東京海洋大学「青鷹丸」	2007/5/28 -6/1	東京湾・相模湾
	鳥羽商船高専「鳥羽丸」	2007/7/31 -8/1	伊勢湾
3年目 (H20)	東京海洋大学「青鷹丸」	2008/5/28 -6/1	東京湾・相模湾
	鳥羽商船高専「鳥羽丸」	2008/7/29 -7/30	伊勢湾

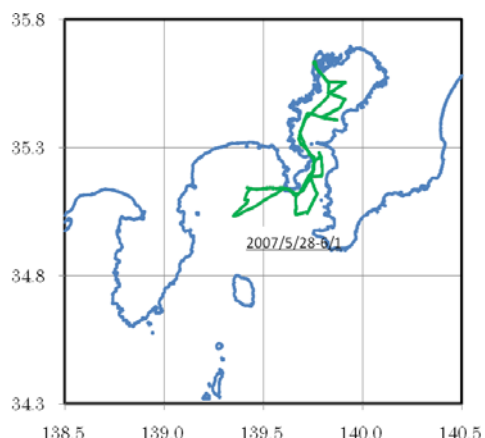
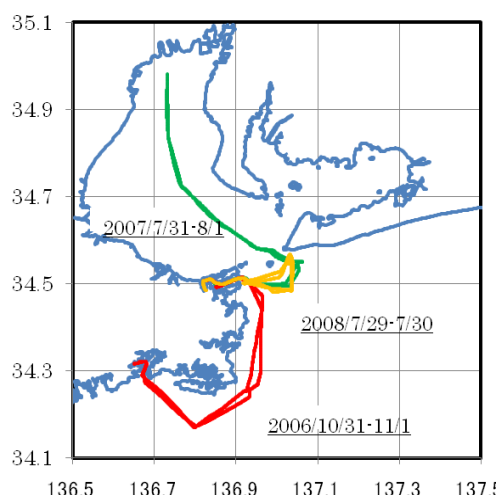


図8 海洋観測の航跡
上: 伊勢湾周辺(2006-2008)
下: 東京湾・相模湾(2007)

海洋クロロフィルライダー装置の船舶への設置場所は、自船の航走波およびそれに伴った気泡の影響を避けるため、船首部とした。また、レーザーの海面入射角は、レーザーの海面反射光を避けるため、静水時において約10度に調整した。ライダー装置は設計上、海中に設置することも可能であり、そうすることで海面の効果避ける方法も考えられるが、本研究では海面より上に設置する手法を選択した。この手法は、船舶への設置が容易であり、また、巡航速度で航行しながらの連続観測が可能となる。

また、海洋クロロフィルライダー装置搭載船が海上で停船した場合、船体周りに細かな気泡が発生することで、ライダー観測が難しくなることが確認された。このため、CTD観測等、停船が必要な他のセンサーとの正確な同時刻観測は困難であった。

船舶搭載海洋クロロフィルライダーの外観を示したものを図9に示す。



図9 東京海洋大学「青鷹丸」に搭載した海洋クロロフィルライダー装置の外観

2007年5月28日から6月1日までの5日間、東京海洋大学「青鷹丸」に搭載し、東京湾および相模湾海域の海洋観測を行った。観測期間中、波は比較のおだやかであったが、航行中の船体動揺および波浪の影響により、レーザーの海面入射角が変動し、それに伴って海面でのレーザー透過率も変動するため、受信するライダー信号も変動した。このため、ライダー信号のピーク値が大きすぎてデジタルのレンジを越えたイベントや、ピーク値が極端に小さいイベントは、データ解析の対象外とした。観測は1 Hzで行い、移動速度は巡航速度の約10ノットであった。また、約20箇所の観測点でCTD観測を行い、その際には停船した。

この期間中、一定の装置条件で観測されたライダー信号について、深さ方向に全て積分することで海面表層データとし、蛍光/水ラマン光ライダー信号比をとったものをカラ

ープロットとして図10に示す。人口密集地である東京湾中央部から、湾口、外洋に移動するにつれて海水の蛍光性が徐々に下がっていることがわかる。また、湾口部において、内湾と外洋の海水によって形成された潮目のはっきりと観測されていることも確認できる。

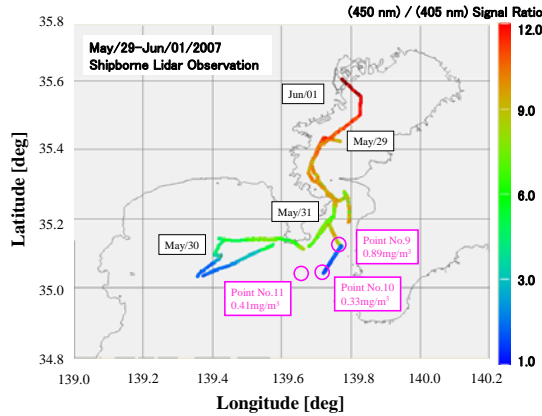


図10 海洋クロロフィルライダーによる東京湾・相模湾周辺海域の表層海水蛍光性観測結果(カラープロット)

東京湾内の海水の透明度は、透明度板を用いた目視観測で2~4 m程度の結果が得られた。このような透明度の低い海域では、ライダー観測による鉛直分布の取得は困難であった。しかし、東京湾口では比較的透明度も高く、ライダー観測データの鉛直分布を得ることができた。図10中の観測地点10のCTD観測データと、その直後のライダー観測データ、および観測地点11のCTD観測データと、その直前および直後のライダー観測データを、図11に示す。2つの観測装置による鉛直分布の観測結果は、深度10 m程度まで、傾向がよく一致していることがわかる。

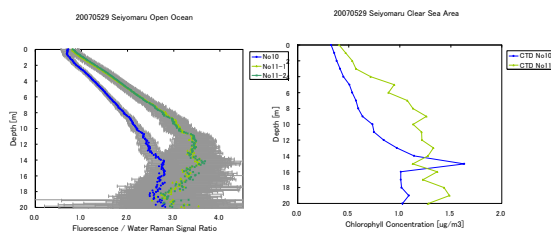


図11 海洋クロロフィルライダー(左)とCTDセンサー(右)によるクロロフィルa濃度鉛直分布観測結果(青:観測地点10付近、緑:観測地点11付近)

(4) 航空機搭載型ライダー装置の検討

ライダー観測技術の特徴の一つは、観測装置を航空機に搭載できることである。海上技術安全研究所では、海上流出油を監視するた

めに、本研究で開発した船舶搭載海洋蛍光ライダー装置とほぼ同様のライダー装置をヘリコプターに搭載し、2007年3月7日、東京湾から相模湾にかけての海域上空を高速移動しながらライダー観測を行った。このライダー装置の概観を図12に示す。船舶搭載海洋蛍光ライダー装置との違いは、1つの集光鏡とハーフミラーを使用する代わりにそれぞれの集光レンズを用いた点と、蛍光観測のための狭帯域光学フィルタとして、中心波長436 nm、波長幅10 nmのものを使用した点である。



図12 ヘリコプター「Bell412」に搭載した蛍光ライダー装置の外観(海上技術安全研究所)

この装置によるライダー観測データが入手できたため、本研究で開発したライダー信号の蛍光/水ラマン光信号比の解析方法を適用した。約20分間の飛行観測で得られた観測データについて、蛍光/水ラマン散乱光の積分ライダー信号比を地図上にカラープロットしたものを図13に示す。ヘリコプターからの観測においても、東京湾中央部から湾口に移動するにつれて海水の蛍光性が下がっていく傾向を確認することができる。

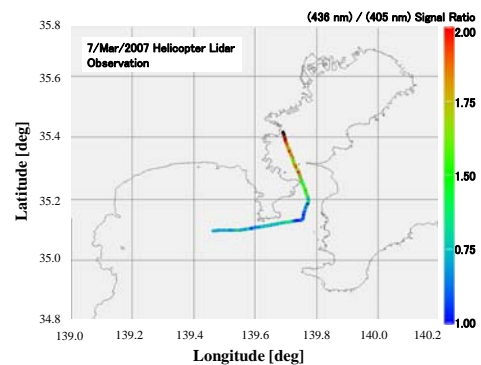


図13 ヘリコプター搭載蛍光ライダーの観測信号を、本研究の解析手法で解析した結果(カラープロット表示)

図13により、本研究の手法は航空機観測にも適用できることが示された。また、将来計画として、実験用航空機を所有する宇宙航

空研究開発機構（JAXA）調布航空宇宙センターに図14のようなライダー装置の提案をしたところ、技術的に可能である旨の合意を得た。

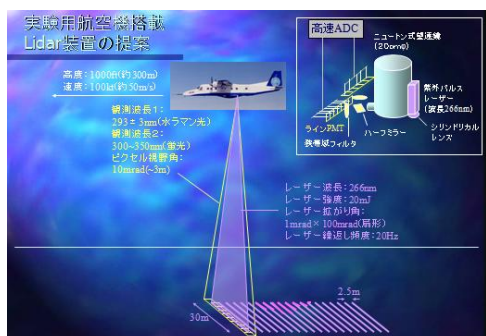


図14 航空機搭載蛍光ライダーの研究計画案

〔その他〕本研究の将来的発展

海洋蛍光ライダーによる海洋観測の大きな特徴は、上に示したように、昼夜、天候に影響されにくい観測法であるということと、高速移動しながらの広域連続観測が可能であるということである。これらの特徴は、人工衛星からの広域海洋観測と、調査船またはフロートによる詳細海洋観測の中間的な観測手法と考えられる。例えば潮目の位置観測等、観測したい海洋現象のスケールによっては、最も有効な観測手法となることが予想できる。

一方、海中を蛍光ライダーで観測するという技術的意味においては、海洋植物プランクトンに限らず広く観測対象が存在すると考えられる。海上技術安全研究所では、H21年度より、環境省地球環境保全試験研究「地球温暖化および酸性化影響評価のためのサンゴ連携モニタリングに関する研究」の研究を行っているが、これは本研究の技術的発展と見ることができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計4件）

- ① M.Sasano, K.Hitomi, T.Morinaga and H.Yamanouchi, "Development of Shipborne and Helicopter-based Oceanographic Fluorescence Lidar", Proceedings of 24th International Laser Radar Conference (2008) 983-986, non-refereed paper
- ② 篠野雅彦、樋富和夫、山之内博、「流出油モニタリングのための蛍光ライダー」、可視化情報学会論文集、Vol. 28、9-14、(2008)、査読有
- ③ M.Sasano and N.Kiriya, "A Ship-borne Lidar System for Measurement of Ocean Chlorophyll Profiles", Proceedings of

International Symposium on Underwater Technology 2007 (2007) 451-454, non-refereed paper

- ④ M.Sasano, K.Hitomi, H.Yamanouchi and S.Yamagishi "An Imaging Lidar for Monitoring of Oil Spill and UV Fluorescent Substances at the Water Surface and Subsurface", Proceedings of 23rd International Laser Radar Conference (2006) 727-730, non-refereed paper

〔学会発表〕（計5件）

- ① 篠野雅彦、樋富和夫、山之内博、村山利幸、山岸進、森永勤、「船舶搭載海洋蛍光ライダーによる海洋水質調査」、第26回レーザーセンシングシンポジウム、2008.9.11、ホテルパーレンス小野屋、福岡県朝倉市
- ② 篠野雅彦、桐谷伸夫、窪田祥朗、伊藤文雄、石田邦光、「船舶搭載型海洋蛍光ライダーの開発」、海洋理工学会平成20年度春季大会、2008.5.16、JAMSTEC 東京事務所、東京都港区
- ③ 篠野雅彦、「海洋クロロフィルライダーの開発」、第25回レーザーセンシングシンポジウム、2007.9.13、駒ヶ岳観光ホテル、秋田県仙台市
- ④ 篠野雅彦、「植物プランクトン測定のための船舶搭載型クロロフィルライダーの開発」、第7回海上技術安全研究所研究発表会、2007.6.5、海技研、東京都三鷹市
- ⑤ 篠野雅彦、樋富和夫、山之内博、「流出油のリモートセンシング技術と海洋ライダー」、第2回海中システム研究会、2006.8.29、大阪大学吹田キャンパス、大阪府吹田市

〔産業財産権〕

○出願状況（計1件）

名称：水質モニタ法及び装置

発明者：篠野雅彦

権利者：海上技術安全研究所

種類：特願2007

番号：00364

出願年月日：2007.10.22

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

篠野 雅彦 (SASANO MASAHIKO)

(独) 海上技術安全研究所・運航システム部門・研究員

研究者番号：00392689

(2) 研究分担者

無

(3) 連携研究者

無