

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20360221

研究課題名(和文) ローカルリモートセンシングによる浅海域海象計測と海底地形・流体運動の相互作用の解明

研究課題名(英文) Measurement of hydrographic condition in shallow water region by local remote sensing and analysis of interaction between fluid motion and topography change.

研究代表者

出口 一郎 (DEGUCHI ICHIRO)

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：00029323

研究成果の概要(和文)：

リップチャンネルの発生・発達・消滅過程における海象、海浜地形変動の計測を行った。入射波とそれによって生ずる海浜流・海底地形変動の間に正のフィードバックを生ずる漂砂移動が生ずる場合は、海底地形(リップチャンネル)は増幅(発達)し、負のフィードバックが生じた場合は海底地形の平滑化(リップチャンネルの消失)が生ずることが分かった。このようなフィードバックの発生を予測するためには、少なくとも砕波帯幅の10倍～数10倍程度の広がりをもった範囲での波浪変形を考える必要があることも分かった。

研究成果の概要(英文)：

Wave field, nearshore current and bottom topography in the developing and decaying processes rip channel were measured. Through the analysis of these results, it is found that positive feedback must be exists among incident wave, nearshore current and topography change. This positive feedback is easily spoiled by the increase in wave height and/or the change in wave direction. It is also found that wave and current field have to be analyzed in the region at least ten times to a few dozens of times wider than the breaker zone for predicting the generation of the positive feedback.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	9,600,000	2,880,000	12,480,000
2009年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：離岸流、画像輝度値解析、ステレオ画像解析、海浜流時空間変動、ホットスポット、リップチャンネル、正(負)のフィードバック、海面反射信号

1. 研究開始当初の背景

打ち上げ波帯を含む浅海域での流体運動は、漂砂を含む物質移動、生態系に重要な役割を

果たしている。特に砕波帯内では、入射波浪が空間的に大きな勾配を持つことから、それが外力となり複雑な海浜流が形成される。こ

のような流れが発生すると、波と流れによる漂砂移動・水深変化・流れの場の変形・新たな海浜流場の形成という複雑な相互作用が生ずる。この過程を明らかにすることは、浅海域の海浜変形の予測のみならず、水質環境、生態系の保全を考えるうえで非常に重要となる。海水浴場では、この過程で時として発生する離岸流により貴重な人命が失われる場合もある。

代表者らは、平成15年度からいくつかの研究費（科学研究費・基盤研究B, 日本財団, など）を得て、離岸流の観測手法と予測方法に関する研究を行ってきた。その結果、極浅海域での海浜地形の入射波浪の時間変化に対する応答速度は非常に速く、短期間（10時間程度のオーダー）で、特徴的な海浜地形（リップチャンネルなど）の形成・消失が生じていることが明らかになった。

このような特徴的な海浜地形の形成を説明する数理・数値モデルはすでにいくつか提案されてはいるが、すべてが結果として得られる地形（カスプ波長、リップチャンネル間隔, など）のみが検証の対象となり、モデルに基づく力学機構あるいは変形過程の検証は行われていない。この過程を完全に把握するためには、岸沖方向には碎波帯幅の数倍、沿岸方向には入射波長のオーダーの範囲で時々刻々変化する海底地形と流体運動を精度良く計測する必要がある。通常、浅海域の定点での水位、流速などの時間変化の計測は、適当な計測器を海中に設置することにより容易に行うことができる。しかし、このような方法で、空間的な広がりを持つ海域の情報を得ることは、非常に困難を伴い、不可能に近いと思われる。

2. 研究の目的

メソスケールローカルリモートセンシングにより、極浅海域の特徴的な海浜地形（ラージ

カスプあるいはリップチャンネル・フィーダーチャンネルなど）の発生・発達・消滅過程における海底地形変動、流体運動を同時に面的に捉え、そこでの浅海域の流体運動と海底地形の相互作用を明らかにする。ついで複雑な相互作用を説明する力学モデルを構築し、現象の再現性について検討すると同時に離岸流の発生予測および、局所地形が海浜全体の変形に及ぼす影響の評価を行う。

3. 研究の方法

現地海岸におけるリップチャンネルの形成・発達・消失過程で生ずる海底地形変化の計測と、それぞれの過程における波浪および海浜流の空間的な広がりを持つ同時計測を行い、得られたデータを解析することにより、波・流れおよび海底地形変動の間の相互作用を解析し、そのモデル化を行う。

海底地形の計測は、水深1.2m以浅は、D-GPSによる相対測位で行い、それ以深は飛行船からのビデオ画像平均輝度値から水深を推定する方法を開発して行う。この時、ビデオ画像の輝度値から作成したtime stack 画像および輝度値の分散値から、対応する期間の最大遡上点の計測も試みる。

リップチャンネル周辺の波浪・海浜流は、圧力センサーと電磁流速計を組み合わせた水位・流速の多点同時測定および、飛行船搭載ビデオカメラによる海浜流流況計測を併用して行う。この時、地上8~10mの足場から2台のビデオカメラで計測した画像のステレオ画像処理により海面計測を行う方法を開発し、平面的な広がりを持つと波高と平均水位の空間分布の計測を行う。

海浜への入射波浪の計測は、対象海域の沖側水深10m程度の位置に設置した海象計で行うが、入射波源は、必ずしも1つではないために、複数の波元を特定するためにGPSブイおよびGPSアンテナアレーによる波源・波向の高精度

計測を行う。

実測結果に基づき、浅海域の波浪変形・海浜流、漂砂移動・水深変化・波浪・海浜流場の変形という相互作用の過程を数値モデルで再現する最適な方法について検討する。検討対象とするモデルは、多方向不規則波にも対応できるエネルギー平衡方程式による波浪場の計算と水深方向に積分し時間平均された浅海方程式による海浜流計算および、掃流・浮遊砂の局所漂砂量を用いた水深変化計算である。波浪変形・海浜流、漂砂移動・水深変化・波浪・海浜流場の変形という相互作用によって形成される代表的な地形（ビーチカusp、リップチャンネル・フィーダーチャンネルシステムなど）の消長が予測できるモデルが構築できれば、最終的な目的が達成されたことになる

4. 研究成果

2008年にはリップチャンネルの消失過程の、2009および2010年にはリップチャンネルの形成・発達過程の海底地形変化と入射波浪、浅海域波浪と海浜流の観測を行うことができた。2008年の消失は、波高が増大し、波向もほぼ直角から斜め入射に変化したことによる。

2009、2010の発生発達過程は、台風の接近により急増した波高を持つ波浪がほぼ直角から入射したことにより、沿岸流の収束が生じ、強い離岸流が発生したことによる。この流況はビデオ画像にも計画に表れている。

これらの観測結果を取りまとめると、入射波浪とリップチャンネルの形成・発達・維持・消失の関係は図-1に示すフローで表すことができる。

すなわち、ある海底地形上で沿岸流の収束が憎ずるような条件の波浪が入射した場合に離岸流が発生し、これにより小規模なリップチャンネルが生ずる。この条件を満たす範囲で入射波浪が増大すると、離反流の規模と強さ

も増大し、より大きなリップチャンネルが形成される。

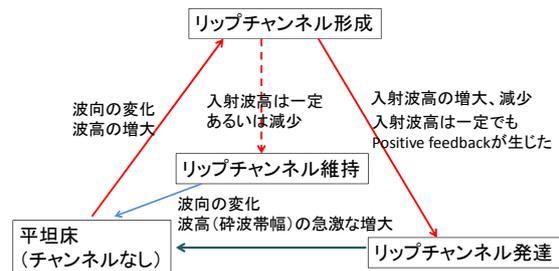


図-1 リップチャンネルの形成・発達・消滅と入射波浪の関係

入射波浪が増加しなくても、リップチャンネルの水深増加により波浪の屈折効果が強化されより強い離岸流が発生し、それがさらにリップチャンネルを増深するという正のフィードバックが生ずるようになれば、リップチャンネルは発達する。

一方、入射波浪が変化し、沿岸流が卓越する場合あるいは波高が増大しても負のフィードバックが生じた場合は、リップチャンネルは縮小・消滅する。

以上が本研究で得られた主要な成果である。これ以外の成果は以下のとおりである。

- ・ビデオ画像の平均輝度値と水深の相関は、対象地点での砕波率が15~50%の範囲で高く、この領域では比較的高い精度で水深の水手が可能である。

- ・2台のビデオカメラのステレオ画像解析により推定した水面形状より、有義波高を相対的な誤差10%以内で推定可能な方法を開発した。この方法で推定した水面形状から平面的な平均水位を計算したところ、離岸流発生地点では周囲より平均水位が高いことが明らかになった。この結果は海浜流数値計算によっても検証されたが、従来の観測結果と全く逆の結果である。

- ・GPSアレーアンテナを用いてGPSの海面反射信号を解析することで、反射海面付近の波浪

を計測するシステムの構築および基礎的なシステム評価も行った。

・GPSブイを用いる方法では、GPS受信機を装備したブイを浅海域に係留して、キネマティックGPSにより三次元方向の精密移動量、精密速度情報GPSにより三次元方向の精密移動速度を計測し、ブイの移動を水粒子運動に置き換えることで、精密な波高および波向きに関する推定法を検討した。実海域で実施した実験結果から、本推定法によってローカル海域における波浪情報が可能であることを示した。

・これらの結果に基づき、リップチャンネルの形成・発達過程の数値計算を行ったが、比較的精度よく形成・発達過程を再現するためには、岸沖方向は砕波帯幅の10倍程度、沿岸方向にはその数倍の計算領域が必要で、地形変化の波・流れ場へのフィードバックは入射波周期の10倍程度でおこなう必要があることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- (1) 出口 一郎, 有田 守, 筒井 研伍, 松本 拓郎, “リップチャンネルの縮小・形成過程における波浪と海浜流”, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 66 (2010), 2010, 111-115 (査読あり)
- (2) I.Deguchi, M. Arita and T. Yoshii, “Fluctuation of rip current measured in shallow water region with small tidal range”, [http:// journals.tdl.org/ICCE/ article/view/1259/pdf_76](http://journals.tdl.org/ICCE/article/view/1259/pdf_76), 2010 (査読あり)
- (3) Y. Yoo, Y. Nakama, N. Kouguchi, C. Song, “Experimental Results of Ship's Maneuvering test using GPS”, Journal of Navigation and Port Research, Vol.33, No.2, 2009.3, 99-104 (査読あり)
- (4) 出口 一郎・野村・筒井敬吾・有田守, “極浅海域で計測された離岸流の時空間変動”, 海岸工学論文集, Vol.55, No.1, 2008, 81-85
- (5) I.Deguchi, M. Arita, T.Yoshii & H. Yabusaki, Generation of rip current from single disturbance

in bottom topography, Proc. 18th ISOPE, Vol.3, 2008, 768-776 (査読あり)

- (6) 辰己公朗, 河口信義, 久保田崇, 新井康夫, “GPSによる3次元精密速度情報と評価実験”, 日本航海学会論文集, Vol.119, 2008, 239~248 (査読あり)
- (7) K. Tatsumi, N. Kouguchi, Y. Yoo, T. Kubota and Y. Arai, “Precise 3-D Vessel Velocity Measurement for Docking and Anchoring”, The 18th International Offshore and Polar Engineering Conference, Vancouver, Vol.3, 2008, 577-583 (査読あり)

[学会発表] (計3件)

- (1) Y. Aai, E. Pedersen, N. Kouguchi and K. Yamada, “The Availability of VI-GPS for Ship-Operation”, Proceedings of Institute of Asia Navigation Conference 10, Incheon (South Korea), 4-6 Nov, 2010, in CD
- (2) J.Cui, N.Kouguchi, A.I.Ikawa, S.Okuda and Y. Arai, “Wave Remote Sensing System by GPS”, Proceedings of the Oceans '10 IEEE Sydney, 24-27 May, 2010, Sydney, in CD
- (3) J. Cui, N. Kouguchi, S. Okuda and y. Arai, “Wave Measurement System using GPS Signal”, Proceedings of the Asia Navigation Conference 09, Shizuoka, 19-21 Nov. 2009, in CD

6. 研究組織

(1) 研究代表者

出口 一郎 (DEGUCHI ICHIRO)
大阪大学・工学研究科・教授
研究者番号：00029323

(2) 研究分担者

河口 信義 (KOUGUCHI NOBUYOSHI)
神戸大学海事科学部・教授
研究者番号：90234690

荒木 進歩 (ARAKI SUSUMU)
大阪大学・工学研究科・准教授
研究者番号：80324804

有田 守 (ARITA MAMORU)
大阪大学・工学研究科・助教
研究者番号：80378257