

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24656293

研究課題名(和文) カイトフォトと可搬型Xバンドレーダーを用いた河口物理環境の機動的モニタリング

研究課題名(英文) Monitoring of physical environment around river mouth by aerial photographs and a X-band radar

研究代表者

佐藤 慎司 (SATO, Shinji)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90170753

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：環境劣化が深刻化している河口域において、空中撮影可視画像とXバンドレーダ画像に基づき、地形変化や流体運動の物理環境を機動的に監視するシステムを構築した。空中からの画像撮影に関しては、当初はカイトフォトの利用を計画していたが、無人ヘリコプター(UAV)の活用が飛躍的に進み、安価に効率的な写真を撮影できる環境となったことから、UAVを活用した。これを常時監視体制としてのXバンドレーダと組み合わせ、イベント発生時の機動的な観測システムを構築できた。

研究成果の概要(英文)：A monitoring system was developed for a river mouth where environmental degradation is crucial. The system was composed of quick aerial photography and a X-band radar system. The use of UAV, Unmanned Radio-controlled Helicopter, was introduced to replace the originally planned kite aerial photography technique. The smart photography technique by UAV was combined with a continuously operated X-band radar system to develop a unique and adaptive monitoring system of environmental change due to sudden events around a river mouth.

研究分野：海岸工学、水工学、流砂系環境保全学

キーワード：流砂系環境 漂砂 流砂 河口部の地形変化 波・流れと土砂移動

1. 研究開始当初の背景

河口域は遠隔地にありがちで常時監視が困難であるが、イベント時の環境急変過程を捉えることが極めて重要である。高価なモニタリングシステムは数多く存在するが、その多くは現実的でない。近年、上空から撮影された画像を直接分析する技術が急速に発展し、波浪や地形変化などの物理環境のモニタリングに活用されつつある。本研究は、Xバンドレーダとカイトフォトを用いて、現実的で機動的な河口の環境監視システムを構築するものである。なお、空中写真撮影技術に関しては、無人ヘリコプター（UAV）の活用が急速に進み、カイトフォトより確実かつ柔軟に画像を取得できるようになった。そのため、カイトフォト技術に代えて、無人ヘリコプターによる空中写真撮影技術をベースにモニタリングシステムを構築することにした。

2. 研究の目的

環境劣化が深刻化している河口域において、可視画像とXバンドレーダ画像に基づき地形変化や流体運動の物理環境を監視するシステムを開発する。本研究では、画像処理システムによる常時自動監視によりイベントを抽出し、イベント発生時にはさらに機動的観測とXバンドレーダを導入して、時間的にも空間的にも機動的なモニタリングを実現する。

3. 研究の方法

(1) 現地調査：天竜川河口域において数十回の現地調査を行い、RTK-GPSを用いて水際線及び岸沖断面地形を測量した。波浪データとの比較により、台風期の周期が長い時期は、砂州の高さの変動を伴う岸沖断面変動が卓越し、周期が短く、波向が季節風の風向と概ね一致する冬季～春季は沿岸方向への砂州の伸長が顕著であることが分かった。現地観測では、RTK-GPSに加えて、無人ヘリコプター（UAV）を用いて上空から砂州地形を測量した。無人ヘリコプターによる地形観測では、UAVを上空約100m付近で水平移動させ、多数の写真を撮影した。撮影画像は、参



図-1 無人ヘリコプターUAV

照点探索と写真測量技術を組み合わせて、三次元点群に変換した。撮影領域内に三次元座標が既知の標定点を配置して、その座標から測量の精度を推定したところ、標高は数十cmの精度で計測されていることを確認した。広い領域を短時間で測量する場合には、機動的で有力な手法であることが確認できた。

(2) Xバンドレーダ観測：

天竜川河口にXバンドレーダを設置して観測を継続した。本研究では主として2010年、2011年の2年間の観測結果を分析した。河川水位（河口から9km、中ノ町）、潮位（河口から25km、御前崎）、GPV波浪推算データ（河口から4km、波高・周期・波向、気象庁）より、河川流、波浪の外力の大きさを評価した。

4. 研究成果

本研究では、一年を超える期間に亘る、定点監視カメラ、現地調査等で得られた現地データを基に、高波浪が河口の水理、砂州地形変動に及ぼす影響を明らかにした。

(1) カメラ画像の分析

河口付近に設置した定点監視カメラによる画像を分析した。岸沖断面変動が卓越した時期は、砂州上の越波が顕著であった。平成26年台風8号では、越波により岸向きの土砂輸送が生じた後に、砂州の高さが低下し、砂州中央部で河川流による砂州崩壊が生じた。これに対し、台風18号では、台風8号より大規模な越波が観測されたものの、砂州の崩壊は起こらなかった。そして、越波により運ばれた土砂の堆積により、その後の河川流による侵食にも関わらず、砂州河道側の水際線位置はほぼ変化しなかった。台風8号では、越波区間の砂州幅が狭かったために、砂州頂部高の大きな減少に繋がったと考えられた。河川上流及び河口砂州背面にて計測された水位データを合わせて分析すると、台風18号来襲時は、河川水位の上昇と高波浪の来襲がほぼ同時に起きていたことが確認できた。河川水位の上昇と共に、河口水位から短周期変動が見られなくなり、長周期変動のみが卓越するようになった。カメラ画像には、砂州の大規模な越波の直後に河口内水位が上昇する様子が捉えられていることから、長周期波が越波と砂州変形の主要因であると考えられた。研究期間中に生じた7回の高波浪の来襲前後2週間において、水深40m地点で観測された水位データから周波数スペクトルを求め、周波数帯別積分値(1~10秒： S_s 、10~30秒： S_m 、30秒～： S_l 、単位：m)を算出した。静穏時は深海域に当たる海域にも関わらず、 S_l は最大で約0.9mに達した。標高の低い砂州先端部を除き、砂州を越える岸向きの土砂輸送が顕著であったのは、長周期波成分 S_l の最大値が概ね0.4mを超えた期間のみであった(図-2)。特に非線形性が強い時以外は、 S_l は非線形干渉理論に基づく計算値

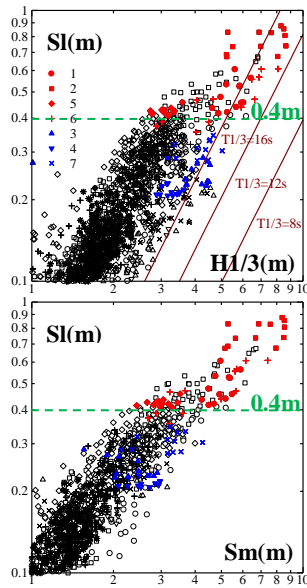


図-2 長周期成分と短周期成分の関係

を上回っており、自由波の寄与が大きいと考えられた。また、SlはSmとほぼ線形の関係にあり、その大きさは約1/10であった。

(2) Xバンドレーダ画像の分析：

Xバンドレーダを用いた観測では、出水や波浪の作用による河口域の土砂移動の規模、河口テラスの拡大・縮小、および、河口砂州先端位置の移動などを観測した。その結果、出水時の土砂移動過程を代表する物理量を抽出し、これを出水の規模と関連付けることに成功した。また、河口テラスが、出水により拡大し、その後の波浪の作用により徐々に縮小する過程が捉えられた(図-3)。図-3において、河道内には、流れ方向に連続的に伝播する輝度パターンがある。これは砂堆などの河道にあった底面地形の凹凸が移動したものの反映であると考えられる。この移動速度は、出水のピーク時に大きく、潮位が上昇し水位勾配が小さくなると低下する。

これらの結果は、河口テラスの消長が、河口周辺海岸への土砂供給源であることを示している。さらに、侵食された河口砂州の回復時において、砂州先端の伸長速度と沿岸方向波浪エネルギーフラックスに相関があることが示された。

以上により、常時監視体制としてのXバンドレーダの運用が確立され、さらに、イベント発生時の機動的な観測において、水際線形状、砂州頂部高さなどをGPS計測にて測量するとともに、無人ヘリコプターによる広域短時間の地形計測が有効であることが示された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

高橋幹人、武若 聡：天竜川河口域の出水と

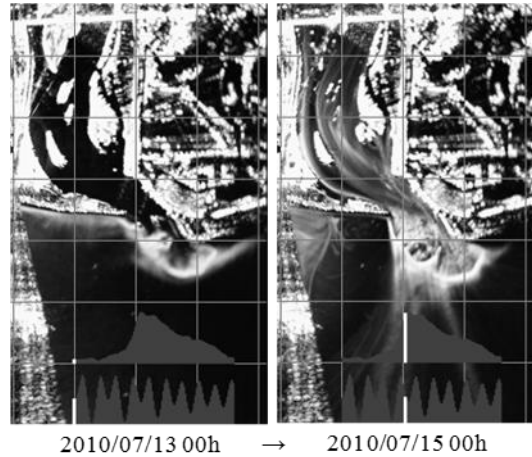


図-3 出水時のXバンドレーダ画像

波浪による地形変動の観測、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.70, No.2, pp. I_636-I_640, 2014.

佐々木勇弥・佐藤慎司：台風期の高波浪が河口の水利・地形変動に及ぼす影響、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.71, No.2, 2015.

山本健吾・佐貫 宏・佐々木 勇弥・佐藤慎司：天竜川河口部における地形と河口内水利特性の関係、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.71, No.2, 2015.

[学会発表] (計1件)

高橋幹人、武若 聡：天竜川河口域の出水と波浪による地形変動の観測、第61回海岸工学講演会, 2014.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 慎司(SATO, Shinji)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：90170753

(2) 研究分担者

武若 聡 (TAKEWAKA, Satoshi)

筑波大学・システム情報工学研究科・教授

研究者番号：80202167

田島 芳満 (TAJIMA, Yoshimitsu)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：20420242

下園 武範 (SHIMOZONO, Takenori)
東京大学・大学院工学系研究科・講師
研究者番号：70452042
(平成25年度より研究分担者)

劉 海江 (LIU, Haijiang)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号：10600679
(平成24年度まで研究分担者)

(3) 連携研究者
なし