

漂砂系土砂管理のための統合型 モニタリング・予測解析システムの構築

岡辺 拓巳	三重大学 地域拠点サテライト
加藤 茂	豊橋技術科学大学大学院 建築・都市システム学系
佐藤 慎司	高知工科大学 システム工学群
田島 芳満	東京大学大学院 工学系研究科
下園 武範	東京大学大学院 工学系研究科
青木 伸一	大阪大学大学院 工学系研究科
佐々木 勇弥	大阪大学大学院 工学系研究科
武若 聡	筑波大学 システム情報工学研究科
佐藤 裕和	島根大学 生物資源学部地域環境科学科

研究の目的・内容

2

目的

河川から河口、海に跨がる広域漂砂系の土砂管理技術

・全体最適化手法：要素技術の開発が急務

→ 高い費用対効果の先端的な地形・漂砂の計測技術を統合

→ 広域土砂動態を総合的に解明する漂砂系土砂動態モニタリングシステム

研究の内容

領域 天竜川（静岡県、1級河川）の河口・周辺海岸

内容

・複数の計測手法による地形モニタリング+実験

→ 河川から河口へ流出する土砂、河口域の地形変化ダイナミクス

・複数の計測手法をリンクし、取得データやその分析の高度化

河川 → 河口 → 隣接海岸

(a) 天竜川河道砂州の
土砂供給ポテンシャル
の評価

(b) 河口泥水流の挙動
と堆積特性の検討
(c) カメラ画像解析に
よる河口砂州の変形機
構の解明

(d) 漁船ビッグデータに
よる海底地形計測
(e) Xバンドレーダによ
る洪水・高波浪時の河口
域の地形変化の捕捉

(f) カメラ画像解析
による海岸地形の
モニタリング

(a) 天竜川河道砂州の土砂供給ポテンシャルの評価

3

河道砂州の植生管理による土砂供給ポテンシャルの向上可能性

- ・大規模な河道砂州では、植生（草、樹木）の繁茂発達が目立つ
- ・河道砂州は洪水時の流砂を捕捉し、砂州を構成する砂の掃流を阻害
- ・除草や樹木の伐採ができれば、天然の置土となりえるのでは？
- ・流域全体の計算量を考慮し、一次元での砂州の掃流計算を行う工夫が必要

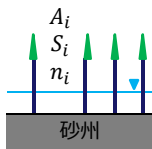
砂州上の樹木のManningの抵抗則（レベル2公式）で表現し、砂州の掃流砂の供給ポテンシャルを一次元モデルで概算する

①計算の工夫：砂州上の樹木間ごとで抵抗則を考える（レベル2公式）

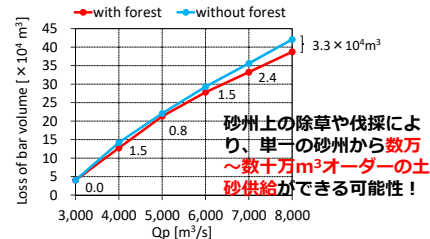
$$-\left\{\frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{v^2}{2g} + z + h\right)\right\} = S_f: \text{摩擦勾配}$$

$$S_f \approx \frac{A^2 v |v|}{\left(\sum_{i=1}^N \frac{A_i^{5/3}}{n_i \delta_i^{2/3}}\right)^2}$$

$$\tau = \rho g R I_e \quad (R = R(h) = \frac{A(h)}{S(h)})$$



②天竜川下流の平均的なスケールのモデル河道に、小～大規模の仮想洪水を与える

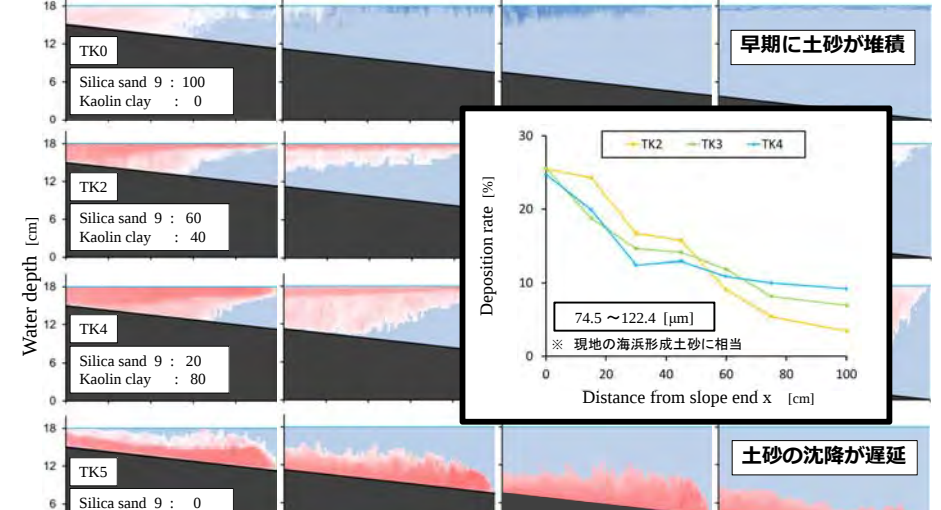


砂州の管理には多大な労力が必要となるが、出水期前の除草だけでも下流への土砂供給能を向上させる可能性を示唆した

(b) 河口泥水流の挙動と堆積特性の検討

4

高濃度河川流出の挙動に関する水理模型実験：混入した土砂の粒径の違いによる挙動特性



小粒子（カオリン）の混入割合が

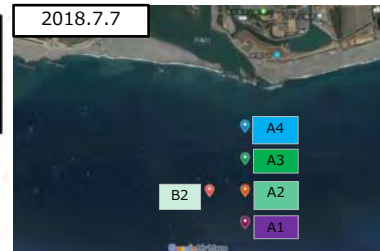
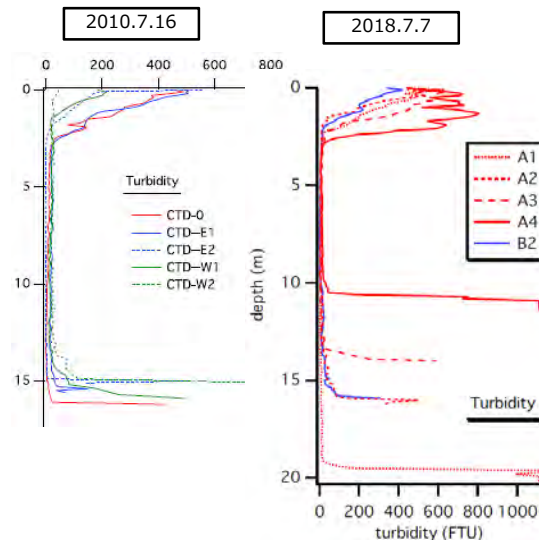
- ・泥水流の挙動特性
- ・土砂の堆積特性

に影響を与える

(b) 河口泥水流の挙動と堆積特性の検討

5

天竜川河口沖での濁度の鉛直分布



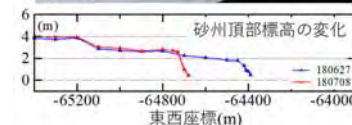
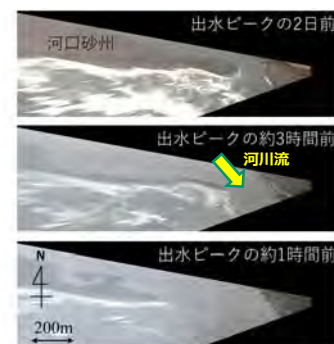
水面の濁度は、2018年の方がやや大きい。
海底付近の高濁度は、塩分の低下が見られないことから見て、底質の巻き上げが原因と思われる。

(c) カメラ画像解析による河口砂州の変形機構の解明

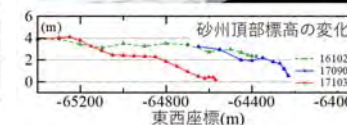
6

出水イベント時の河口での土砂プロセス

高波を伴わなかった出水時の砂州氾濫と砂州変形



高波を伴った出水時の砂州氾濫と砂州変形



カメラ画像を真上から見た画像に変換

(d) 漁船ビッグデータによる海底地形計測

7



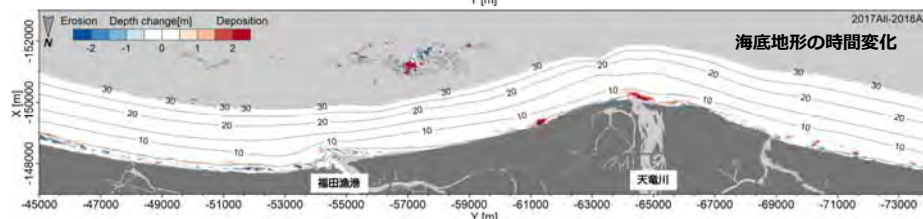
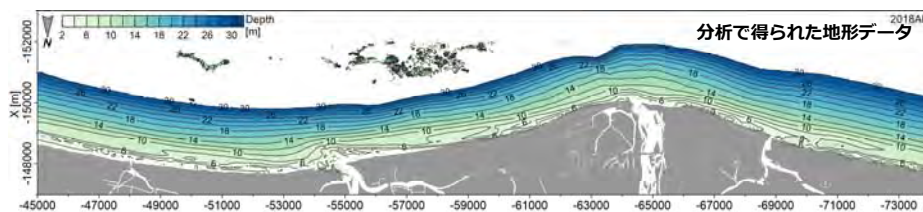
シラス漁船



漁船に設置するデータロガー

→ 作業中の船の魚探から収集してビッグデータを形成

位置 時刻 水深



(e) Xバンドレーダによる洪水・高波浪時の河口域の地形変化の捕捉

8

Xバンドレーダによる出水時の流速推定手法の開発

目的 出水時の洪水流速を推定 → 河川から海域への土砂供給量を推定する
方法 レーダ画像内に捉えられた浮遊物の移動を追跡 → 表面流速
対象 2010年7月洪水（規模：30年確率）



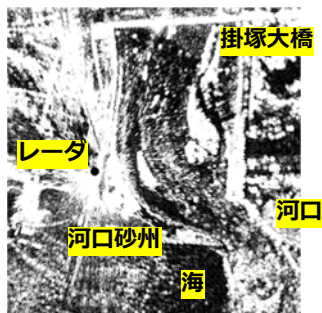
天竜川河口



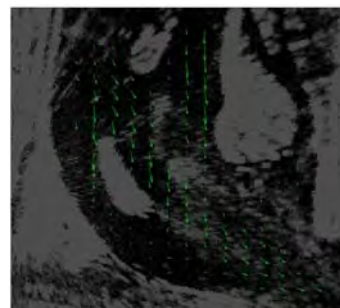
Xバンドレーダ



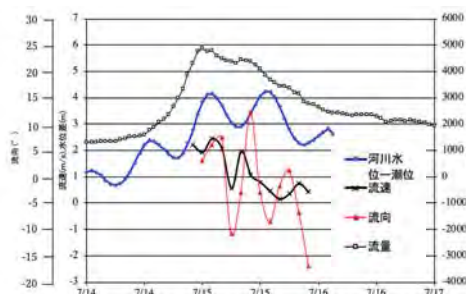
レーダ画像



◆ 2010年7月15日0時
出水最盛時の観測結果



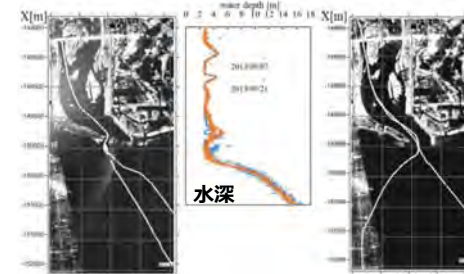
◆ PIVによる表面流速分布の推定
1 ~ 2 m/s の流れが発生



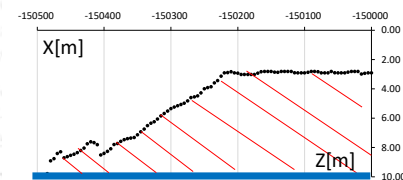
- ・ 出水中の河川流速の変化を捉えた
- ・ 土砂フラックス推定を検討中

Xバンドレーダと漁船測深データによる河口域土砂動態のモニタリング

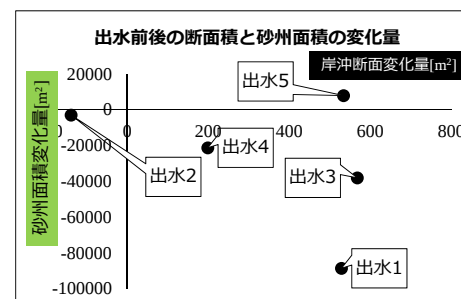
目的 河口域の土砂量を二つのモニタリング手法により理解する



◆ レーダ画像と河道-海域航跡, 水深分布



◆ 河口テラス断面積の算定



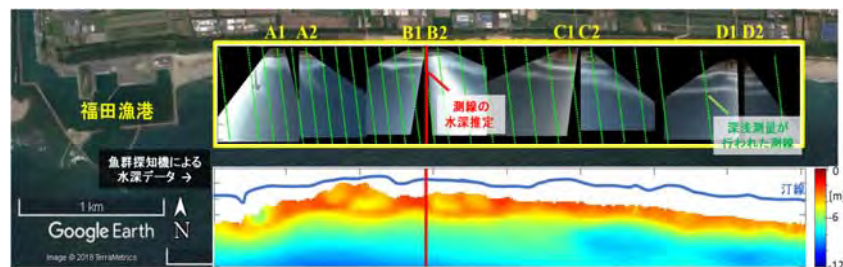
出水による河川から海域への土砂供給
↓
砂州面積減少 / 岸沖断面増加

(f) カメラ画像解析による海岸地形のモニタリング

11

監視カメラによる浅海域の水深推定

- ・ 砕波帯を中心とする沿岸域地形を、高精度、高頻度、広範囲で把握
- ・ 8台の監視カメラにより広範囲の海岸をカバー
- ・ 輝度値の変化から砕波密度を推定、既存の砕波モデルに適合するように水深分布を逆推定

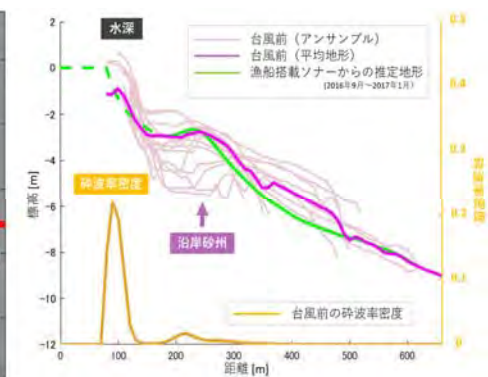
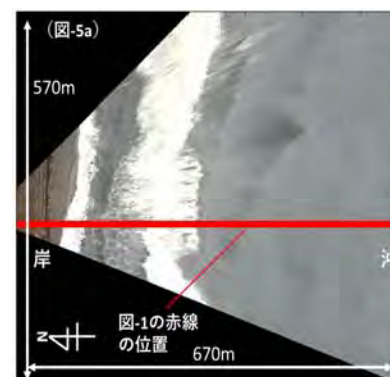


(f) カメラ画像解析による海岸地形のモニタリング

12

適用事例

- ・ 2017年台風21号前後の福田海岸の海浜地形変化
- ・ 沖浜から汀線近傍までの海浜地形を推定
- ・ 漁船搭載ソナーから推定した、平均地形と概ね一致
- ・ 変動の大きい汀線付近の地形を高解像度で監視可能



新たな知見

河川

- ・ 河道砂州と植生の関係を数値計算により評価し，除草することで数千～数十万 m^3 の土砂を河道砂州から下流へ供給できるポテンシャル

河川からの土砂流出

- ・ 含まれる細粒成分の割合によって泥水の挙動が支配される
- ・ 実海域では洪水時の水質観測を実施し，土砂供給を伴う底層での密度流の発生条件を限定

河口域

- ・ 砂州の地形ダイナミクスをカメラ画像でモニタリング
- ・ Xバンドレーダ+漁船データ：データ分析の高度化
- ・ 砂州 → 河口テラスへの土砂供給

隣接海岸域

- ・ 複数台のWEBカメラによる地形モニタリングを構築
- ・ 漁船データと組み合わせることで，分析結果を検証

今後の活動

- ・ モニタリングシステムの構築
- ・ 研究成果の社会実装：河川・海岸管理者（国・県・歯）との連携強化