

医療用 X 線 CT を用いた波作用下の地形変化・底質輸送の同時連続計測

熊本大学 学生会員 末長 清也 正会員 外村隆臣, 中條壮大, 山田文彦
神戸市立工業高等専門学校 正会員 辻本剛三

1. はじめに

岸沖方向の底質輸送や地形変化モデルに関してはこれまで多くの研究がなされてきたが、依然としてその予測精度は十分ではない。この要因は複数考えられるが、本研究では以下の3つの現象の理解度向上を試みる。

- 1) 地形変化時の底質輸送プロセス
 - 2) 地表面形状ならびに底質内部密度構造
 - 3) 平衡状態から外力が変化した場合の底質特性の変化
- 具体的には、医療用 X 線 CT を応用し、波作用下で移動床実験を実施し、非破壊・非接触で上記3点の同時連続計測を行ない、濃度の鉛直分布推定や底質密度の時空間変動の基礎的な知見を深めることを目的とする。

2. 移動床実験の概要

実験は平成24年9月5日～10月19日までの約1ヶ月半カナダのケベック大学で実施した。実験装置は矩形断面(0.3×0.3 m)の亚克力製水槽(全長7 m)を可動構台に設置された医療用 X 線 CT (Siemens : Somatom Sensation 64) の検査孔(直径70 cm)の中に挿入した構造となっている。この可動構台は4本のレールの上に設置されており、水槽自体を動かすことなく X 線 CT 本体が約2 m間を自走して移動可能であり、岸沖方向の地形変化や底質輸送特性を計測できる。この2 m間を移動しながら計測を行なう方法を Spiral Scanning 法と呼び、撮影の所要時間は180秒である。その他の撮影方法として、X 線 CT 本体を固定した定点計測も可能である。実験装置および撮影方法の詳細は山田ら(2012)に詳しい。

図-1に示すように、水槽の入射側端部にピストン式の造波装置があり、造波装置より約3 m地点から中央粒径0.147 mm の Ottawa 砂を用いて一様勾配1/15の砂浜斜面を設置した。医療用 X 線 CT が自走して計測する際に障害とならない範囲に波高計2台と ADV 1台を設置した。入射波は規則波(波高4 cm : 周期0.7 s)、沖側の一定部の水深を20 cmとし、侵食型の波浪条件下(C_s パラメータは8.3)で地形変化が定常とみなせる450分まで波を作用させた。さらに定常状態形成後入射波高を8 cm と変更し、外力が変化した場合の底質特性の変化を見るべく次の定常状態形成まで450分間(計900分間)実験を継続して行った。

岸沖方向の地形形状や底質内部構造は45分毎に造波機を止め計測した。なお、実験中の反射率は全期間

を通じて0.12以下であり、実験結果への反射波の影響は小さいものと考えられる。

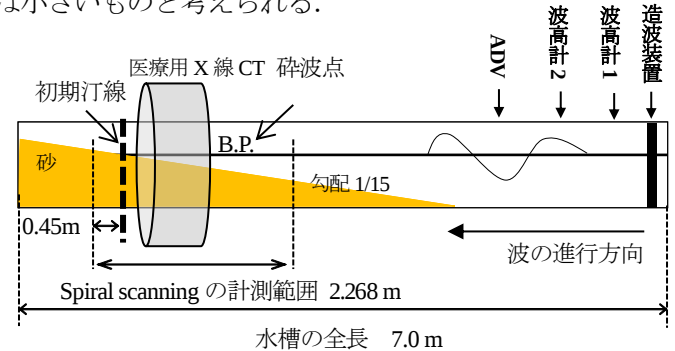


図-1 実験装置の断面図

3. 実験結果と考察

図-2はSpiral Scanning法により得られた海浜地形の時空間分布を3Dで表示した結果である。図中の地形の濃淡は標高を表しているが、180 s間の計測で岸沖方向2 m間の3次元の海浜地形がよく再現できていることが分かる。特に、従来の計測と異なる点は、空間分解能が0.6 mmと高精度であるため、リップル等の微地形まで詳細に計測できることである。今回のリップルの大きさは波高8 mm、波長2.5 cmであった。

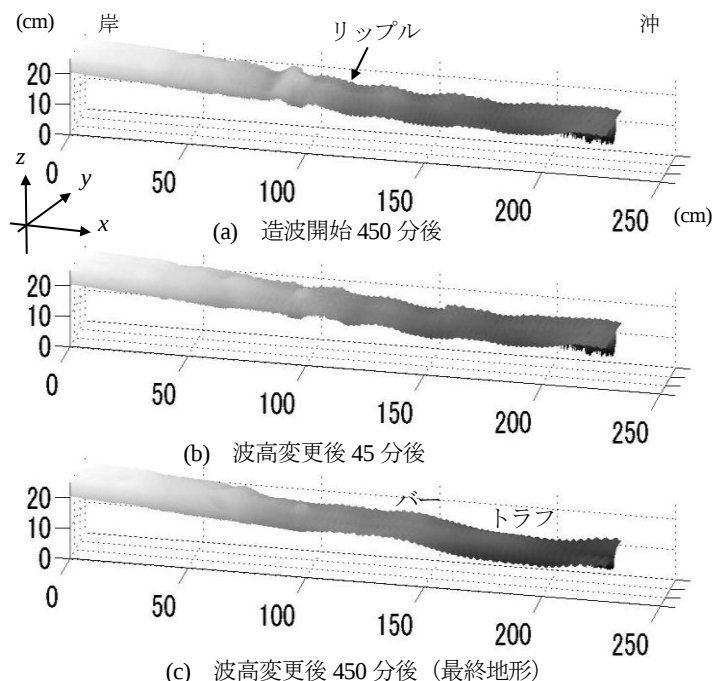


図-2 地形の時空間変化の計測結果(奥行30cm)

底質の内部密度の時空間変化から底質の攪乱深さを推定するため、Spiral Scanning 法による 450 分後の密度分布と初期の密度分布の差分を取った (図-3)。差画像是白色ほど密度が増加したことを示し、バー沖側の表層部で圧密によると思われる密度増加が顕著である。図では表層以外ではほとんど大きな相対密度変化を起こしていないことから、表層の密度差が 0.1g/cm^3 (水中密度の約 1 割)以上の範囲の厚さは 9 mm 程度である。

さらに、波高を変更した際の底質の内部密度の時空間変化を確認するため、波高変更前(450 分後)と波高変更後(495 分後)の密度分布の差分を取った (図-4)。表層以外ではほとんど大きな相対密度変化を起こしていないことは初期差分と同様であるが、表層の密度変動層の厚さが部分的に 12~15 mm 程度と大きくなっていることが確認できた。特にバー近辺での変化が大きいことがわかる。これらの結果より波の条件以外にも底質粒径や海底地形 (バーやリップル) の影響を受けて変化することが考えられる。

そこで初期、波作用 450 分後、495 分後の底質表層から 9 mm の範囲の平均密度の岸沖分布を示したものが図-5 である。この図より初期汀線の 30cm 付近までは密度が低くバーの付近で上昇している。さらに、碎波点である 150cm 付近での変動が大きいことがわかり、密度の変動は大きいところで約 0.15 程度であることが確認できた。波高変更後は密度の分布が大きく変動することが分かった。このような現象は他の時間でも同様の傾向が確認できた。しかし、密度変動帯の厚さは場所によって異なるため、場所による変動域の違いの検討が必要であると考えられる。

5. 結論

時間・空間分解能の高い医療用 X 線 CT を応用し、波が作用している動的な状況下での漂砂の浮遊と掃流移動、および底質特性 (表面・内部) の同時計測を行ない、底質密度の時空間変動に関する検討を行った。なお、定量的な検討に関して、実験と現地のスケール効果が明確に現れない理由など今後の検討課題も多く、実験ケースを増やすとともに、数値モデルの構築による理論的解釈が必要となる。

参 考 文 献

山田文彦, 立山龍太, 辻本剛三, 末長清也, Bernard Long, Constant Pilote : 医療用 X 線 CT を用いた波作用下の地形変化・底質輸送の同時連続計測土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.68 (2), pp.I_506 -I_510, 2012.

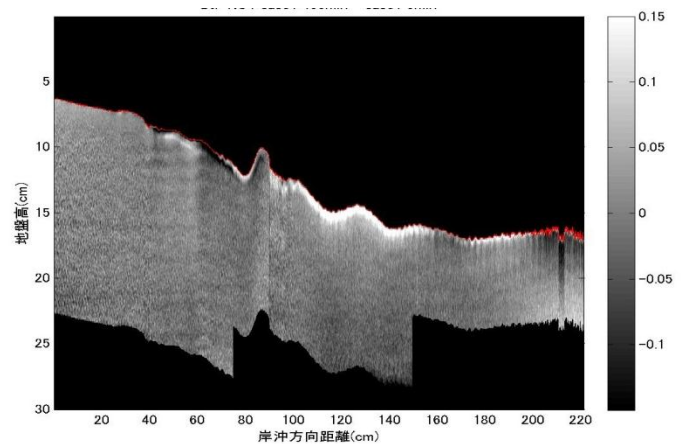


図-3 底質密度変化の空間分布 (450 分-0 分)

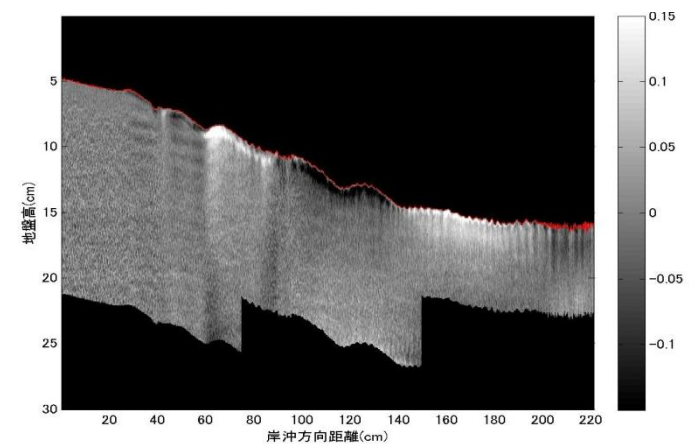


図-4 底質密度変化の空間分布 (495 分-450 分)

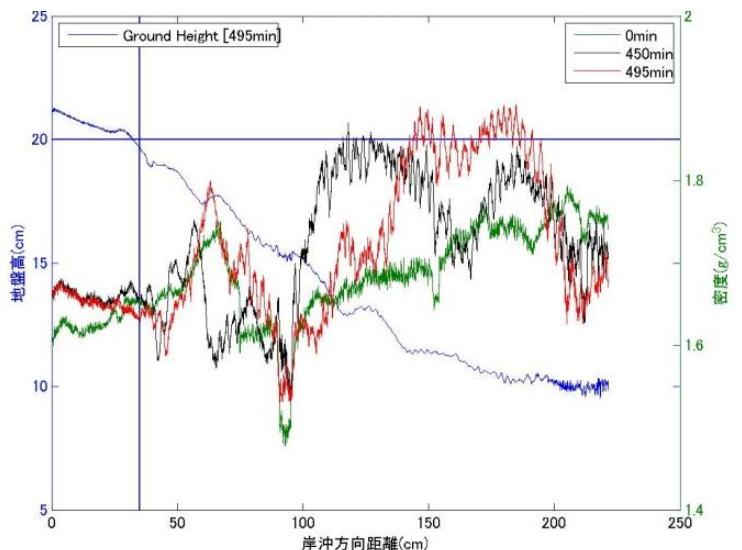


図-5 初期、波作用 450 分後と 495 分後の底質表層から 9mm の範囲の平均密度の岸沖分布