1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は東北地 方を中心に甚大な被害を及ぼし,特に砂浜海岸が多い 仙台海岸では津波により大きな地形変化をもたらした. 2015年1月現在,このような地形変化は回復傾向を示 している地域もある一方で地形変化が残存している地 域もある. 同海岸における津波発生前の漂砂環境に関 する研究は行われているが、この大規模かつ急激な地 形変化により漂砂環境は津波発生前後において異なっ ていると考えられる ¹⁾. このことは海岸堤防の海岸保 全施設を整える上で問題となるため、津波発生前後に おける土砂収支を定量的に評価する必要がある. 東日 本大震災津波による被害状況調査等の研究は数多く行 われているが、長期的な漂砂環境の変化を検討した研 究は少ない²⁾.本研究では津波発生前後の地形変化回 復過程を十砂遮断効果のある離岸堤周辺の地域に着目 し,空中写真を用いた研究を行った.

2. 研究対象と使用データ

本研究では宮城県仙台市に位置する全長約4.5kmの 範囲の荒浜海岸を対象とする(図-1 参照). この海岸に は6基の離岸堤が設置されており,離岸堤背後では土 砂が堆積し,トンボロが形成されている.また,仙台 海岸全域において沿岸漂砂の卓越方向は北向きであり, 離岸堤より南側で土砂が堆積し,北側で浸食される傾 向にある.

本研究では津波発生以前から約 1~2 ヶ月に 1 度の 頻度で撮影されている空中写真を用いて解析を行った. 2009 年 3 月から 2014 年 9 月までの空中写真をもとに



キーワード; 東日本大震災,地形変化,汀線,経験的固有関数

連絡先〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 環境水理学研究室 Tel 022-795-4916 Fax 022-795-4916

○東北大学大学院工学研究科 学生会員 森 文章東北大学大学院工学研究科 正会員 三戸部 佑太東北大学大学院工学研究科 フェロー 田中 仁

汀線を抽出し,抽出した汀線位置の解析を通して地形 変化回復過程を定量的に評価した.尚,抽出した汀線 位置の補正は潮位と wave run-up を考慮した.潮位に ついては標高 0m を基準とし,各空中写真の撮影時刻 における潮位に基づいて潮位補正を行った.尚,津波 発生以前は鮎川港における観測潮位を用いたが,津波 直後は観測潮位が存在しないため,2011年1月から現 在までの潮位は鮎川港における天文潮位を用いた.

3. 解析結果

3.1 汀線変化

各地点における汀線変動の時間変化を図-2 に示す. 離岸堤より北側において,津波発生以前は汀線が長期 的に安定していたが,津波発生以後は汀線が後退傾向 に変化している.離岸堤背後において,津波発生前の 汀線は緩やかな前進傾向にあり,トンボロが成長して いることを示している.津波発生以後の汀線は津波の 影響により一時的に後退したものの,2011年10月以 降の汀線は回復傾向にあり,2015年現在では汀線が安 定していると考えられる.離岸堤南側において,沿岸 漂砂により汀線は前進傾向にあり,津波発生後も汀線



が緩やかに前進している.

3.2 経験的固有関数解析

汀線位置について経験的固有関数(EOF)解析を行う ことにより津波発生前後における汀線変動の違いを抽 出した.この解析方法は汀線位置 y(x,t)を地形データ等 の時空間分布を空間の固有関数 e_n(x)と時間の固有関 数c_n(t)の積で表す,主成分分析の一種であり,これら の固有関数はデータを基に経験的に決定される³⁾.本 研究では平均汀線位置からの距離とし次式のように表 す.

$$y^{*}(x,t) = y(x,t) - \bar{y}(x) = \sum_{n=1}^{k} c_{n}(t) e_{n}(x)$$
 (1)

ここで、 $y^*(x,t)$ は平均汀線からの変動量、y(x,t)は汀線 位置、 $\bar{y}(x)$ は平均汀線、 $c_n(t)$ は各モードにおける時間関 数、 $e_n(x)$ は各モードにおける空間関数、nはモード数 である.

図-3 に津波発生前,図-4 に津波発生後の空間関数と時間関数を示す.津波発生前について,モード1の寄 与率は 50.0%である.モード1の空間関数*e*₁(*x*)は全領 域で正値である.このことは時間関数*c*₁(*t*)の変化に応 じて全領域内の汀線が前進・後退することを意味する. モード2の寄与率は 21.2%である.空間関数*e*₂(*x*)は離 岸堤南側で正値,離岸堤北側で負値であり,離岸堤背 後の中央で正負が入れ替わっている.また,時間関数 *c*₂(*t*)は減少傾向である.したがって,モード2 は沿岸 漂砂により離岸堤南側で汀線が前進,北側で汀線が後 退することを表している.仙台海岸における過去の研 究報告でも岸沖漂砂に起因するモードの空間関数は全 領域で正値が分布しており,また沿岸漂砂に起因する モードは離岸堤の前後で空間関数の正負が入れ替わっ ている⁴.

津波発生後について,モード1の寄与率は57.4%である.モード1の空間関数*e*₁(*x*)は全領域で正値である. このことは,津波発生前のモード1と同様に時間関数



c₁(*t*)の変化に応じて汀線が前進・後退することを意味 する.モード2の寄与率は21.5%である.空間関数e₂(*x*) は離岸堤背後で負値が大きく,北側では正値である. このことは離岸堤背後で沿岸漂砂が捕捉され,北側へ の土砂の供給が少ないことを説明できる.したがって, モード2は沿岸漂砂を捕捉することで消失したトンボ ロの回復過程を表している.

4. おわりに

津波発生により離岸堤背後のトンボロは消失した. 津波発生以後,離岸堤北側では汀線が後退傾向にある ものの,離岸堤背後のトンボロは回復傾向にある.EOF 解析によりモード1は岸沖漂砂に起因し,モード2は 沿岸漂砂に起因すると考えられる.モード1において 津波発生前後での空間関数の変化はほとんどみられな かったが,モード2において津波発生前後での沿岸漂 砂による汀線変動の変化がみられた.津波発生後のモ ード2は沿岸漂砂が捕捉されることでトンボロの回復 過程を表していることが確認された.

参考文献

- 永澤豪,田中仁:等深線距離を用いた三次元経験 的固有関数展開による仙台海岸海浜変形解析,海 岸工学論文集,Vol.47,pp.621-625,2000.
- 2) 鷲見浩一,山清太郎,大淵啓介,朝香智仁,落合 実:千葉県旭市における 2011 年東北地方太平洋 沖地震による津波被害調査,土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68, No.2, pp. I_1411-I_1415, 2012.
- 加藤一正,吉松晃:三次元の経験的固有関数による深浅図解析法,港湾技術研究所報告,第23巻,第2号,pp.27-47,1984.
- 姜炫宇,田中仁,坂上毅:長期現地観測資料に基づく仙台海岸汀線変動特性・土砂収支の検討,海岸工学論文集,Vol.51, pp. 536-540, 2004.

