

仙台海岸における海浜地形変化の解析

東北大学大学院 学生員 ○森 俊哉

東北大学大学院 正 員 田中 仁

1. 序論

近年、仙台湾においては海岸侵食が進み、砂浜の消失が危惧されている。これまでの調査から、仙台海岸では高波浪時に海岸全体で一様に汀線が侵食され、その後徐々に回復していくという岸沖漂砂に起因する汀線変化と、波向きによってポケットビーチのような汀線変化を示す沿岸漂砂に起因する汀線変化が重畳した汀線変化が起きていることがわかった。そこで本研究では経験的固有関数を用いて岸沖漂砂、沿岸漂砂による汀線変化を分離し、それぞれの汀線変化と外力の関係を調べた。

2. 解析方法

今回の解析には経験的固有関数 (empirical eigenfunction)¹⁾を用いた。これは地形変化を、場所の関数と時間の関数の積に分離して表すものである。従来の経験的固有関数による地形変化解析は岸沖方向への展開であったが、本研究では沿岸方向の汀線データを用いており、この点が従来の研究との相違点である。

海浜地形データについては、航空写真を基に作成したものの、実測データを基に作成したものの、二種のデータを用いて解析した。汀線位置は $T.P.=0.0m$ で定義する。なお、解析の際には測定値 $(y'(x,t))$ から平均値 $(\bar{y}(x,t))$ を差し引いて使用した。経験的固有関数は、二つの正規直交関数の組を用いて次のようにおける。

$$y(x,t) = \sum c_n(t)e_n(x) \quad (1)$$

ここで、 $y(x,t)$: 平均汀線位置からの変動量
 $(y(x,t) = y'(x,t) - \bar{y}(x,t))$ 、 $c_n(t)$: 時間に関する関数、
 $e_n(x)$: 場所に関する関数である。

3. 航空写真データを用いた解析

場所に関する固有関数の分布を図1に、時間に関する固有関数の分布を図2に示す。固有値の大きいものから二つ（大きい方から添字1,2をつける）を選んで示した。寄与率は第一成分で48.1%、第二成分で27.8%であり、この二つで現象の約75%を説明できる。データ期間は1990年5月～1997年11月までである。以下に各成分の固有関数のもつ物理的意味を考察する。

第一成分の $e_1(x)$ については調査海浜の全域で正の値をもつことが分かる。このことから汀線位置は $c_1(t)$ が正の時には沿岸方向に一様に前進し、負の時には後退するといえる。この現象は岸沖漂砂に起因する汀線変化を表していると推察できる。そこで時間に関する固有関数の時間変化率 $dc_1(t)/dt$ と砂村・堀川²⁾によって示された C_s パラメータとの対

応を考えた。ところで航空写真は1,2ヶ月の間隔であるため $dc_1(t)/dt$ の計算精度が不十分である。そこで $dc_1(t)/dt$ と C_s パラメータをそれぞれ一度積分した形で調べた。結果を図3に示す。なお、 C_s パラメータの定義は次式の通りである。

$$C_s = \frac{H_0}{L_0} \frac{1}{(\tan \beta)^{0.21} \left(\frac{d}{L_0} \right)^{0.67}} \quad (2)$$

ここで、 H_0 : 沖波波高、 L_0 : 沖波波長、 $\tan \beta$: 海浜勾配 (1/30)、 d : 底質粒径 (0.2mm) である。砂村・堀川によれば、汀線移動の境界は $C_s=18$ であり、 $C_s>18$ で侵食、 $C_s<18$ で堆積としている。ここではその境界値を $C_{s0}=23.0$ とし、式(2)で得られる C_{s0} から C_{s0} を差し引いたものを積分し、 $\int (C_s - C_{s0}) dt = C'_s$ とした。図3から、 C_s の値が大きいたるときすなわち高波浪時に $c_1(t)$ が負の値をとる傾向が見られる。これより高波浪時には $c_1(t)e_1(x) < 0$ となり、汀線が後退することを説明できる。

次に第二成分の $e_2(x)$ は、仙台港南防波堤、測点H、荒浜離岸堤付近で正負が逆転することが特徴的である。これは離岸堤をはさんで、その南北で汀線の前進、後退が対称的であることを意味する。ところで、調査海浜では波向きによってこれと類似した汀線変化が起こることが分かっている。この現象は比較的長期的な海浜変化の傾向であり、沿岸漂砂に起因する汀線変化を示すものと推察できる。そこで $dc_2(t)/dt$ と沿岸方向の波エネルギーフラックス E_L との対応を考え、第一成分と同様に一度積分した $c_2(t)$ と $\int E_L dt$ の形で調べた。エネルギーの南北方向の境界となる波向きを θ_0 と $\approx 116^\circ$ とし、観測される波向きから θ_0 を差し引いてエネルギーを算定し、その積分形を $\int E_L dt = E'_L$ とした。結果を図4に示す。図中で正の波エネルギーフラックスは南寄りの波浪に対応している。これより北寄りの波浪が来襲したときに $c_2(t) > 0$ となる傾向が見られる。このとき七北田川河口付近と離岸堤南部では $c_2(t)e_2(x) < 0$ となり、汀線が後退し、仙台港防波堤付近と離岸堤北部では $c_2(t)e_2(x) > 0$ となり、汀線が前進することとなる。

4. 実測データを用いた解析

実測データは1996年10月～1998年1月までのものを用いて解析した。場所及び時間に関する固有関数の分布をそれぞれ図5,6に示す。また寄与率は第一成分で66.5%、第二成分で11.5%であった。第一成分 $e_1(x)$ は対象海浜の全域で正の値をとることは航空写真データによる解析と同様であるが、七北田川河口付近(測点C,D,G)と離岸堤付近(測点7,8,10,11)では $e_1(x)$ の値が大きく、測点6,12,13では小さい値をとっている。第二成分については、汀線の前進、後退の境界となる $e_2(x)$ の符号が逆転する位置が、測点C,D,5

6, 6.7, 7, 8間及び測点 11 付近にみられる。航空写真データによる解析では、仙台港～七北田川右岸～離岸堤北部の二領域でポケットビーチ状の汀線変化がみられるという結果を得たが、実測データの解析ではその領域が細分化され、仙台港～蒲生干潟北端 測点(付近)～測点 6.7 付近～離岸堤南部～名取川河口の四領域でポケットビーチ状の汀線変化が起きていると推察できる。これは、観測点が増え海浜変化の分解能が上がったためと考えられる。外力との対応として、 $dc_1(t)/dt$ と C_s パラメータ、 $dc_2(t)/dt$ と波エネルギーフラックスの関係を調べたところ、航空写真データを用いた解析と同様の結果を得た。ここでは、 C_s パラメータの境界を $C_{s0}=21.5$ 、波向きの境界を $\theta_0=118^\circ$ とした。それらの結果を図 7, 8 示す。

5. まとめ

本研究では、経験的固有関数を用いて仙台海岸の地形変化について解析を行った。航空写真データ、実測データをこの手法によって解析し、地形変化と外力である波浪と

の関係を調べた。この結果、岸沖漂砂に起因する地形変化と沿岸漂砂に起因する地形変化とを分離することができ、それらの変化と外力との関係を考察できた。

謝辞：

本研究を行うにあたり、貴重な波浪データを提供してくださった運輸省第二港湾建設局塩釜工事事務所の皆様、現地観測で協力いただいた東北大学工学部土木工学科水理系研究室の皆様に感謝致します。

参考文献：

- 1) 例えば、Winant, D.C., D.L.Inman and C.E.Nordstrom : Discription of seasonal beach changes using empirical eigenfunction, J.G.R., Vol.80, No.15, pp.1979 ~ 1986,1976.
- 2) Sunamura,T.and K.Horikawa :Two-dimensional shore transformation due to waves,Proc.14th Int. Conf. Coastal Eng.,pp.920~938,1974.

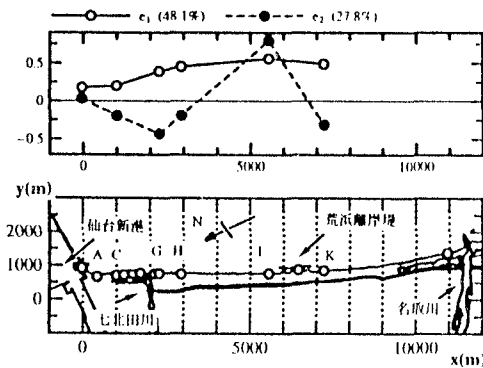


図1. 場所に関する固有関数の分布(航空写真データ)

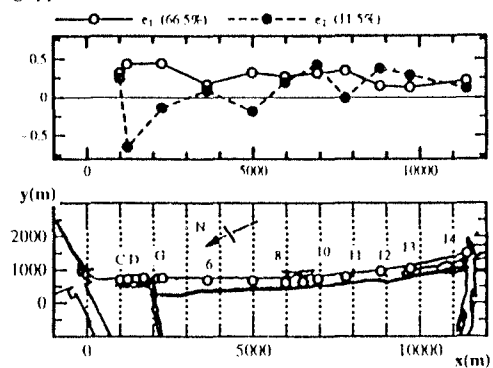


図5. 場所に関する固有関数の分布(実測データ)

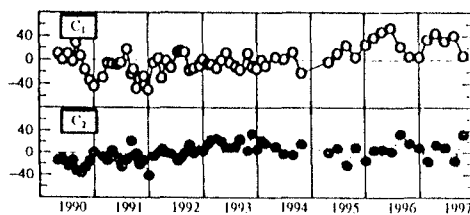


図2. 時間に関する固有関数の分布(航空写真データ)

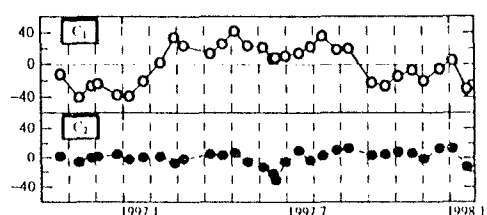


図6. 時間に関する固有関数の分布(実測データ)

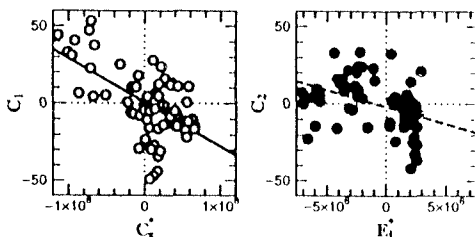


図3. $C_1 - C_2$ 関係

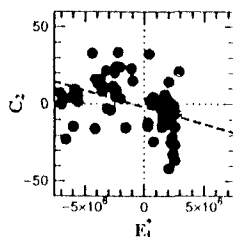


図4. $C_2 - E_4$ 関係

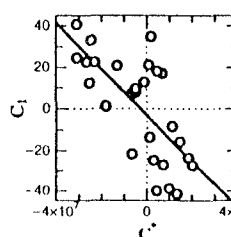


図7. $C_1 - C_4$ 関係

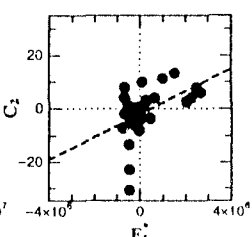


図8. $C_2 - E_4$ 関係