

秋田県南部海岸における汀線位置変化の基礎的検討

松 富 英 夫*・金光紀代太**・富 樫 宏 二**

1. ま え が き

秋田県南部海岸は季節によって沿岸漂砂の方向が異なり, しかも漁港や人工リーフ, 離岸堤などの諸海岸構造物が複雑に存在するため, 漂砂動向の把握が難しい海岸である(松富ら, 1997). 漂砂動向と汀線位置変化は密接に関連し, 著者らは本海岸の漂砂動向を特定すべく, 9 年前から汀線位置変化などの現地調査を行っている.

そこで, 本研究は汀線位置変化のパワーとクロス・スペクトル解析, 汀線位置変化への経験的固有関数法の適用(森・田中, 1998)により, 本海岸における汀線位置変化の基本特性を検討すると共に, 漂砂動向の定量的な把握や岸沖漂砂の役割などを論じるものである.

2. 対象海岸と調査方法

雄物川以南, 平沢漁港以北の延長約 45 km の砂浜海岸を対象とする. 対象海岸の概略を図-1 に示す. 図中の数値は調査点番号(以下, St.1 などと略記)を示す. S 付きは斜め写真撮影のみの調査点で, 多くは中小河川が流入している所である.

今回検討対象の調査項目(松富ら, 1993)は, ①局所での時間的な汀線位置変化, ②島式漁港築造域(St. 6)での時空間的な汀線位置変化(測量開始時: 1990 年 1 月)である. ただし, 汀線位置の決定において潮位補正などは行っていない.

調査の実施間隔は, ①が約半月, ②が夏季と冬季の年 2 回である. 調査点数は, ①が 9 点, ②が沿岸方向 1.75 km の区間を 25 m または 50 m 間隔の 48 点で

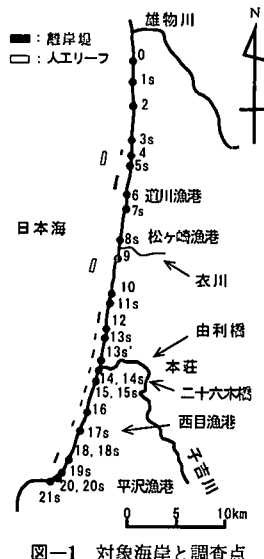


図-1 対象海岸と調査点

ある.

3. スペクトルから見た汀線位置変化特性

3.1 解析データ

解析データには実測値を表計算ソフト“Excel”の自由曲線で結び, 15 日間隔で読み取ったもの(パワー・スペクトル), さらに 11 個の移動平均を行い, トレンド(直線または 4 次曲線)を除去したもの(クロス・スペクトル)を用いた. 移動平均された時系列を図-2(a) と (b) に示す. 図中には, 移動平均された秋田港と酒田港での波高変化, 雄物川と子吉川からの 15 日毎の流量と計算流砂量変化, 約 2 ヶ月毎の建設省撮影の空中写真から判読した雄物川河口左岸での汀線位置変化 Y も示されている.

図-2 によると, 本海岸は汀線が前進か平衡傾向にあ

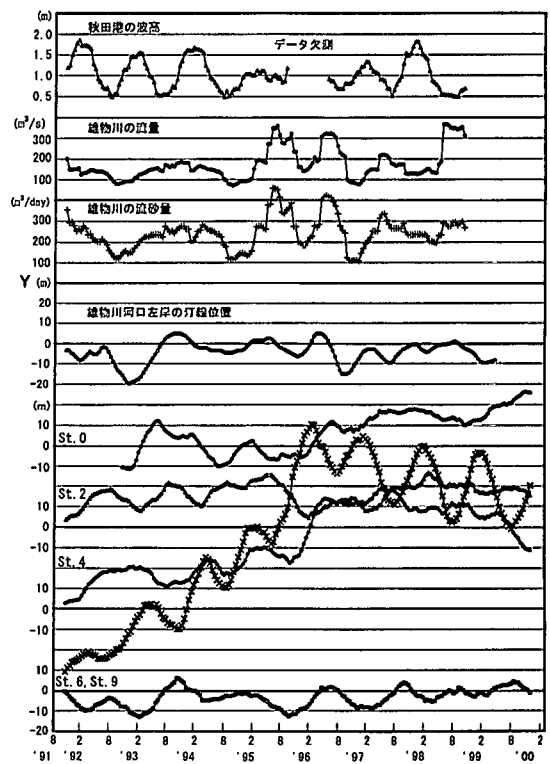


図-2(a) 移動平均された汀線位置変化(子吉川以北)

* 正 会 員 工 博 秋田大学助教授 工学資源学部土木環境工学科
** 学生会員 秋田大学大学院工学資源学部土木環境工学科

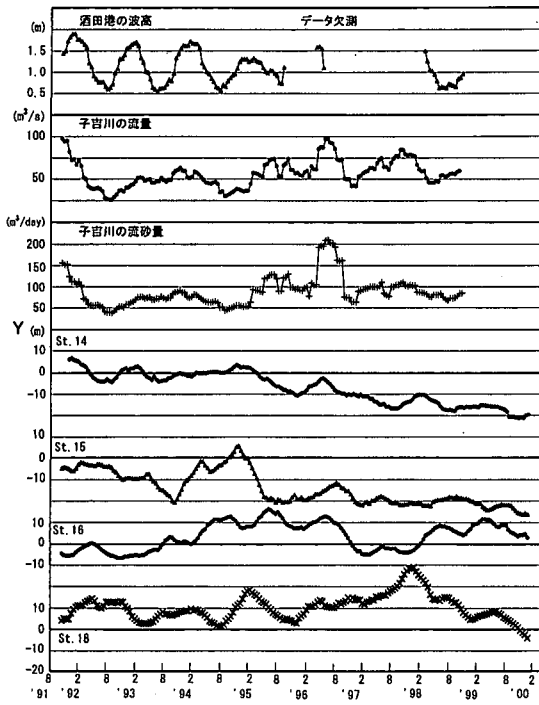


図-2(b) 移動平均された汀線位置変化 (子吉川以南)

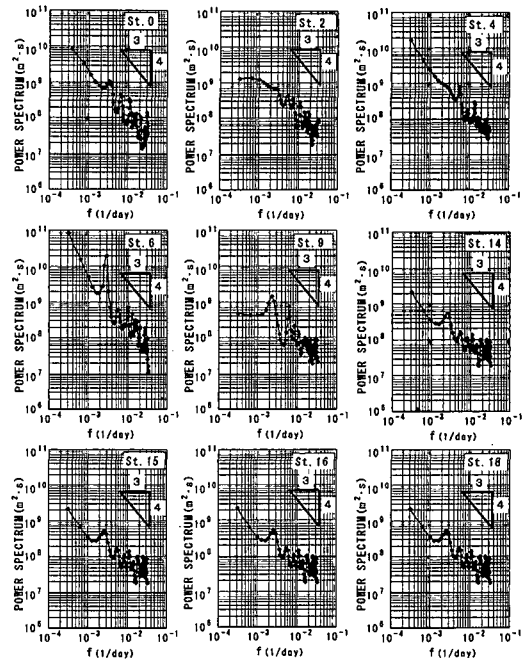


図-4 汀線位置変化のパワー・スペクトル

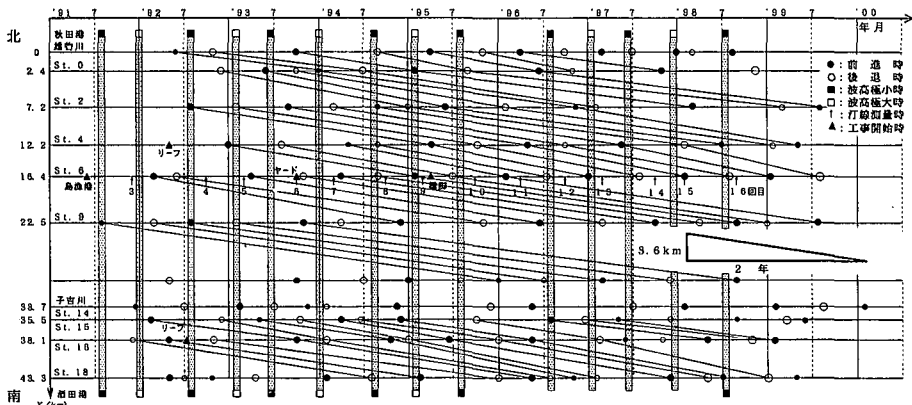


図-3 移動平均された汀線位置変化の極値形成時と推定走時線

るように見える。これは侵食対策などにより、調査点がたまたまそういう傾向の所であるに過ぎず、本海岸は基本的に侵食傾向である。また、St. 6の汀線位置変化から理解されるように、侵食傾向の海岸では侵食対策などにより一時的に汀線が前進しても、その与条件での安定的な海岸に達した後、汀線は再び後退し始める。

図-3に各調査点での移動平均された汀線位置変化の極値形成時(●は前進, ○は後退。記号の大小は現象の大小を表す)を示す。■は秋田港と酒田港での移動平均された日平均有義波高の極小値形成時, □は極大値形成時, ↑は島式漁港築造域での深浅測量実施時, ▲は諸工

事の開始時を示す。図によると、汀線位置変化の極値形成時は調査点毎で異なっており、汀線位置変化の伝播性が伺える。図中の実線の引き方については後述する。

3.2 スペクトルの推定法

パワーとクロス・スペクトルの推定には、各々MEM法(日野, 1978)と赤池のAR法(赤池ら, 1972)を用いた。予測誤差フィルターの打ち切り項数 n は、予測誤差の期待値に明確な最小値が見られなかったパワー・スペクトルの場合が $2N^{0.5}$ 個、クロス・スペクトルの場合が予測誤差の期待値が最小となった3個を採用した。ここで、 N はデータ総数である。

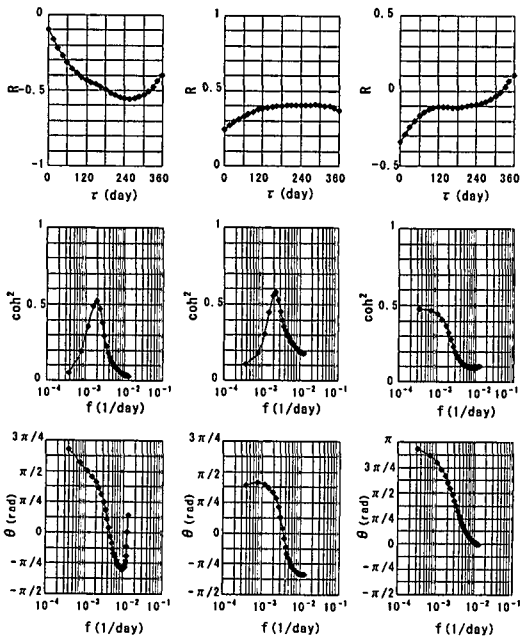


図-5 汀線位置変化のクロス・スペクトル

3.3 パワー・スペクトル

各調査点での汀線位置変化のパワー・スペクトルを図-4に示す。St. 6は沖に島式漁港が、St. 9は南側の比較的近場に人工リーフが、St. 15と16は北側の比較的近場に離岸堤群が築造されている所である。図から、そのような所は沖の海岸構造物の影響で岸沖漂砂が強調されることも原因してか、波高変化(松富ら, 1997)と同じ1年周期のエネルギー成分が際立ってくる事が判る。

約半年の周期(倍周波数)成分にもピークが見られる傾向にある。これはデータ数が今回の1/4程度と少なかった時にも見られた傾向(松富ら, 1993)である。

さらに、高周波数成分のエネルギーが周波数fの-4/3乗程度に依存して減少する傾向にあることも見て取れる。これは風波の場合の-5乗、砂床波(砂漣)の場合の-3乗や乱流の場合の-5/3乗よりも依存性が小さい。

3.4 クロス・スペクトル

検討対象点は周辺に海岸構造物が一切ないSt. 0と2、その影響が比較的小さいと思われるSt. 4とした。汀線位置変化のクロス・スペクトル例を図-5に示す。上から順に相互相関係数R、コヒーレンスcoh²、フェイズθで、左から順にSt. 0-2、St. 0-4、St. 2-4間のものである。各対象点間の距離Xや卓越する1年周期成分のフェイズ、これらに基づく推定波長L(年間の伝播距離でもある)などを表-1に示す。波長の推定式は次式である。

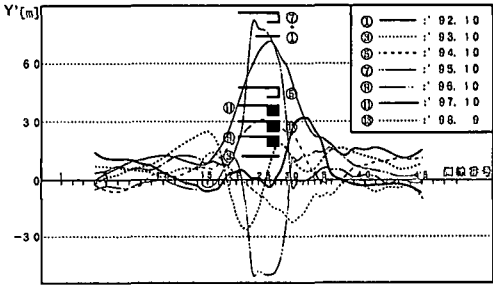
$$L=2X/(\theta/\pi+m) \quad (m=0,1,2,3,\dots) \quad \cdots\cdots(1)$$

これらの図表から、次のことが判断される。

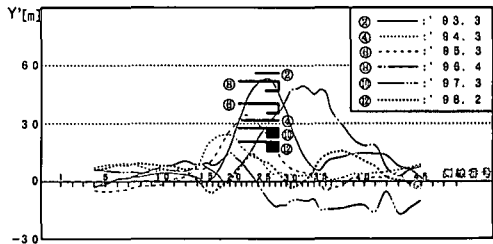
- ① 汀線位置変化の相互相関係数は、半月や5 km程

表-1 フェイズから推定される汀線位置変化の波長

場 所	データ数	X (km)	θ (rad.)	推定波長 L (km)
St. 0-2	175	4.8	0.31π	4.1, 2.9, 2.2, <u>1.8</u> , 1.5
St. 0-4	175	9.8	0.22π	2.4, 2.1, 1.9, <u>1.8</u> , 1.6
St. 2-4	199	5.0	0.48π	4.0, 2.9, 2.2, <u>1.8</u> , 1.5



a) 夏季～次の夏季



b) 冬季～次の冬季

図-6 島式漁港築造域での汀線位置移動量

度の時空間分解能では、最大で±0.5程度である。これは波高変化の場合(松富ら, 1997)に比べてかなり小さい。

② コヒーレンスは、波高変化の場合と同様、1年周期成分が大きい傾向にある。ただし、その値は波高変化の場合ほど大きくない。

③ 1年周期成分のフェイズが全て正(0<θ<π/2)であることから、汀線位置変化の1年周期成分の伝播方向は波高変化と同じ北から南と判断される。

④ 周辺に海岸構造物が一切なく、約半月毎の実測値を用いていることから、St. 0-2間の結果が最も信頼できると思われる。そこで、この2点間の相互相関係数の変化パターンやコヒーレンスに矛盾が生じず、他の調査点間の結果(表-1)や汀線位置変化の極値形成時のパターンとも整合する波長を選択すると、約1.8 kmとなる。図-3中の走時線はこの波長を参考に引いたものである。

著者ら(1997)は本海岸の汀線位置変化に波動性が存在することを指摘したが、この値はその時の推定波長10 km程度よりかなり短い。

1.2 kmも解となり得るが、極値形成時の伝播をうまく説明できない。0.9 km以下は全てが解になり得るが、本

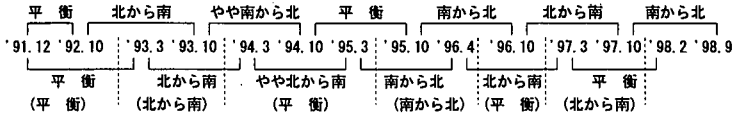


図-7 島式漁港築造域での各期間毎の沿岸漂砂動向

調査の時空間分解能ではこれ以上の細かい議論はできない。

⑤ 1.8 km の波長は St. 4-6 間の汀線位置変化のやや速い伝播（図-3）もよく説明する。

4. 経験的固有関数から見た汀線位置変化特性

4.1 島式漁港築造域での沿岸漂砂動向

図-6(a) と (b) に 1 回置き (1 年) 毎の深浅測量結果から算出された汀線位置移動量 Y' (7 点の移動平均) を示す。正が汀線前進、負が後退である。横軸は岸沖方向の測線番号で、沿岸方向距離に相当する (13~37 が 25 m, 他が 50 m 間隔)。図中の黒く塗りつぶしたものは、各時期の島式漁港の築造段階を示す。沿岸方向の漁港位置は実際に即して示してあり、各築造段階の漁港と移動量線の対応は、岸沖方向の漁港位置を各移動量線の正方向の最大移動量より少し沖側に示すことで行っている。

これらの図において、漁港の沿岸方向位置に対する汀線位置移動量線の偏り具合に着目し、夏季から次の夏季、冬季から次の冬季までの沿岸漂砂の動向を判断すれば、図-7 のようになる。そして、総合的に沿岸漂砂の動向を判断すれば、図-7 の () 内ようになる。

4.2 経験的固有関数法による解析結果

a) 経験的固有関数

各調査点での汀線位置変化 (パワー・スペクトル解析と同じデータ) に対する解析結果を図-8 と 9 に示す。各々、場所と時間の固有関数 e と c で、添字 1 と 2 は第 1 成分 (寄与率 67.3%) と第 2 成分 (同 9.6%) を表す。図-9 には島式漁港築造域での沿岸漂砂動向 (図-7) も示してある。

St. 13 と 14 の間には子吉川の右岸導流堤と左岸防砂堤が存在する (松富ら, 1991)。これらは共に延長が 500 m 以上で、沿岸漂砂を遮断している可能性が高い。実際、子吉川から土砂供給があるにもかかわらず、遮蔽域となるためか、St. 14 や 15 では e_1 と e_2 の値が共に小さく、St. 9 と異符号になっている。また、子吉川以北と以南の 2 データに分けて解析を行ったところ、第 1 成分の寄与率が上昇 (77.9%) したことを除いて、以北の結果にほとんど変化が見られなかった。

調査点の前面沖に海岸構造物が存在すると、汀線の前進・後退、すなわち、岸沖漂砂が強調される。St. 6 の前面沖には島式漁港が存在し、図-8 によるとこの調査点

で e_1 が大きい。

雄物川河口から St. 4 まで海中に海岸構造物は一切存在しない (図-1)。St. 4~6 にかけては多くの海岸構造物が存在する。St. 6~9 の間には松ヶ崎漁港の防波堤が海

に張り出して存在するが、St. 8 と 9 の間にやや大きめの衣川が注いでいる。よって、St. 4~6 と St. 6~9 にかけての e_2 の正・負の変化は理解できることである。

図-9 によると、 c_1 の経時変化は St. 6 の汀線位置変化 (図-10) によく対応している。St. 6 は汀線位置変化が一番激しい所で、 c_1 はそのような所に支配されると言え、これは経験的固有関数の解析原理からも当然であろう。

図-9 によると、 c_2 の大局的な経時変化は島式漁港築造域での沿岸漂砂動向によく対応している。すなわち、 c_2 は沿岸漂砂が平衡の時に零、北から南の時に正、南から北の時に負の傾向にある。これは、例えば沿岸漂砂が南から北 (c_2 が負) の時、St. 6 側が堆積し、St. 4 側が侵食されることになり、 e_2 が負であることと整合している。

以上の 4 点から、第 1 成分が岸沖漂砂、第 2 成分が沿岸漂砂に対応していると考えられる。この判断は森・田中 (1998) が仙台海岸の汀線位置変化に経験的固有関数

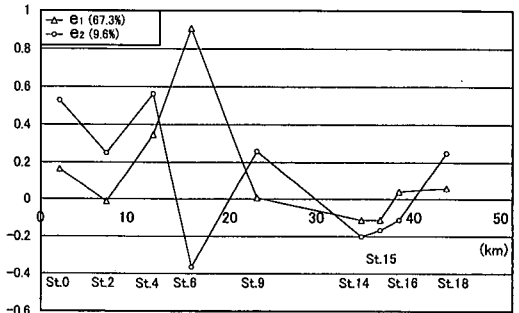


図-8 場所の固有関数の第 1 と第 2 成分

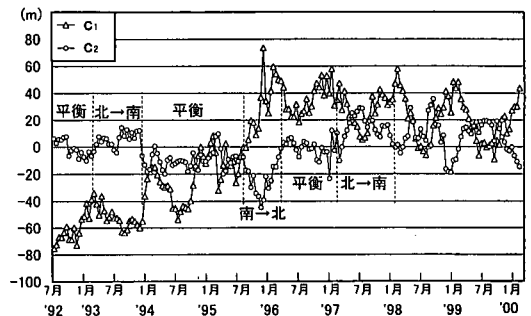


図-9 時間の固有関数の第 1 と第 2 成分

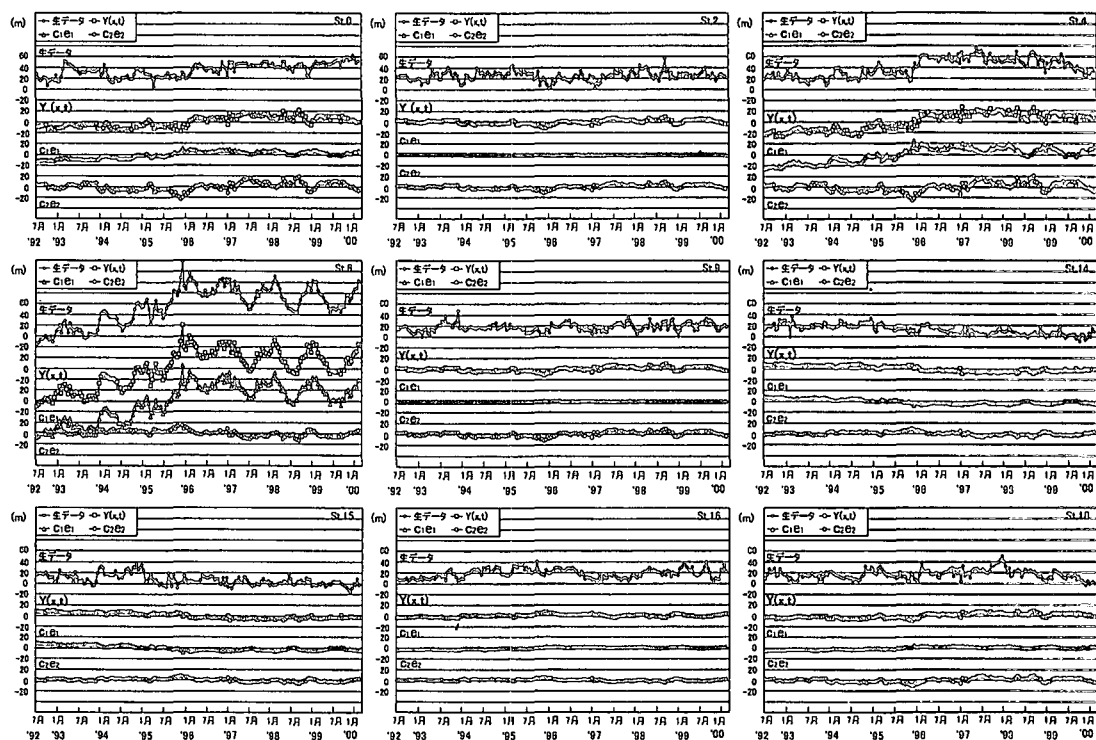


図-10 汀線位置変化の生データと解析結果 (第1, 第2成分とその合成) の比較

法を適用して得たものと一致している。

b) 実測データとの比較

汀線位置変化の生データと解析結果の比較を図-10に示す。図から、第1成分(c_1e_1)が汀線位置変化の大勢を支配し、第2成分(c_2e_2)がその上に乗っていると判断される。一般に、長期的な汀線位置は沿岸漂砂が支配されると言われているが、前項での成分判断をも考慮すると、現状での本海岸の汀線位置は岸沖漂砂が支配していると言える。

汀線位置変化の激しい所で生データと解析値の一致度がよい。子吉川以南では一致度がよくない。子吉川以南のデータのみで解析し、比較したところ、両者の一致度がかなり改善された。これは子吉川の導流堤・防砂堤が漂砂動向に影響していることの証であろう。

5. む す び

本研究で得られた主な結論は次の通りである。

- ① 汀線位置変化の波動性が再確認でき、卓越周期は1年、伝播速度は1.8 km/年程度以下で、伝播方向は北から南($\theta > 0$)である。
- ② 汀線位置変化の高周波数領域のエネルギーは $f^{-4/3}$ 程度に依存して減少する。
- ③ 本海岸も経験的固有関数の第1成分が岸沖漂砂、

第2成分が沿岸漂砂に対応している。

④ c_1 は汀線位置変化の激しい所に支配される。

⑤ 岸沖漂砂(寄与率67.3%)が本海岸の長期的な汀線位置を支配している。

謝辞：東北大学の田中 仁教授から経験的固有関数解析プログラムの提供を受けた。建設省秋田工事事務所と湯沢工事事務所、秋田県河川課と漁港課、(財)漁港漁村建設技術研究所から貴重な資料の提供を受けた。本研究は河川整備基金(平成10・11年度)と文部省科学研究費基盤研究(A)(1)(代表：東北大学 田中 仁教授)の補助で行われた。ここに記して関係各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- 赤池弘次・中川東一郎(1972): ダイナミックシステムの統計的解析と制御, サイエンス社, 189 p.
- 日野幹雄(1978): スペクトル解析, 朝倉書店, 300 p.
- 松富英夫・川島照史(1991): 子吉川河口部地形の変遷と変化特性, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 356-360.
- 松富英夫・中島卓朗・照井孝幸・池田正人(1993): 粒径・汀線位置変化のスペクトル特性からみた秋田県南部海岸での短期的漂砂動向, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 451-455.
- 松富英夫・佐藤和之・進藤寛之(1997): 秋田県南部海岸での汀線位置変化の波動性と卓越沿岸漂砂方向, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 636-640.
- 森 俊哉・田中 仁(1998): 岸沖漂砂・沿岸漂砂に起因する汀線変動の分離, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 551-555.