

河口テラスの縮退が漂砂系の連続性に及ぼす影響について

Truong Thien Khang¹・田中 仁²

近年, 日本各地の海岸において土砂収支の評価が行われている。自然な漂砂移動に影響を及ぼすものとして, 防波堤や導流堤などの人工構造物が挙げられる。一方, 河川が流入する海岸において, 河口は土砂の供給源として位置づけられる。しかし, 大規模な河口テラスが存在する時, それが沿岸漂砂の連続性に及ぼす影響を無視出来ない場合もありうる。本研究では, 仙台北岸を対象として, 一月あるいは二月に一度という高い頻度で撮影された空中写真を使用し, 10 年規模の時間スケールのもとで, 七北田川河口テラスが周辺海浜漂砂系に及ぼす影響に関して実証的検討を行った。その結果, 1998 年以後に七北田川河口テラスによる沿岸漂砂移動阻止効果の低減が確認された。

1. はじめに

近年, 日本各地の海岸において土砂収支の評価が行われている (例えば, 栗山, 2001)。この際, 河口は土砂の供給源として位置づけられるが, その存在が沿岸漂砂の連続性を分断することもある。このような影響に関して, これまでに検討がなされていない。沖側に張り出した河口テラスが強固に存在する場合には, たとえ導流堤が無くとも沿岸漂砂を阻止する効果を有する。

姜ら (2004) の研究によれば, 仙台市・七北田川河口付近の海浜では, 開口部をはさんで左岸汀線が後退, 右岸汀線が前進の傾向を示している。このため, 河口テラスによる沿岸漂砂の阻止効果があると考えられる。このように, 河口テラスが存在する河口部は, 漂砂系において供給の役割とともに, 沿岸漂砂遮断の役割も有することに注意しなければならない。ただし, このような評価を行うためには, 河口部・周辺海岸を含む広い領域の資料が必要となる。空中写真は広域の地形情報を一度に捉えられる利点を有し, 上記の目的に適している。

本研究においては, 仙台北岸を対象として, 1990 年から 2005 年まで 15 年間にわたり, 一月あるいは二月に一度という高い頻度で撮影された空中写真を使用した。これにより, 10 年規模の時間スケールのもとで, 七北田川河口テラスが周辺海浜漂砂系に及ぼす影響に関して実証的検討を行った。

2. 研究対象

本研究では, 七北田川河口周辺海浜を対象とする。河口周辺海岸の概要を図-1 に示す。七北田川は宮城県仙台市に位置し, 幹川流路延長 45 km, 流域面積 229.1 km²の二級河川である。河口左岸には, 全国的にも有数

の渡り鳥の飛来地である蒲生干潟が位置し, 多様な生物の生息空間となっている。同干潟はかつて七北田川の河口部河道の一部であったが, 1960 年代後半に現河口の 2 km 北に仙台港が建設されるにあたり, 左岸導流堤により開口部が現在の位置に固定された後, 旧河道の北半分が埋め立てられることにより, その南半分が現在のラグーン地形として残った。

河口周辺海域での潮位差は約 1.5 m である。来襲する入射波向は南東方向が卓越しているため, 北に移動する沿岸漂砂 (図-1 の右から左向き) が卓越する (姜ら, 2004)。七北田川河口から北に 2 km の位置に仙台港防波堤が建設されているため, 漂砂系はこの箇所遮断されている。

研究対象海岸においては, 図-1 に見られるように仙台北岸防波堤基部周辺において海岸線の侵食が顕著である。森下ら (1995) の研究によれば, この侵食は防波堤からの反射波により引き起こされたものであることが明らかになっている。さらに, 近年, 内山・栗山 (2003) は蒲生干潟前面海岸の深淺測量データに対して主成分分析を適用し, 詳細な解析を行っている。その結果によれば, 森下ら (1995) により報告された侵食傾向は 1990 年以降安定し, 幾分堆積傾向にある箇所も見られる。

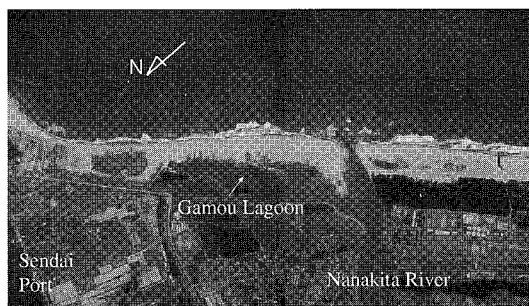


図-1 七北田川河口周辺海浜の概要

1 学生会員 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻
2 フェロー 工博 東北大学大学院教授 工学研究科土木工学専攻

3. 使用データ

河口周辺の地形は複雑な外力のもとに変化する。このため、取得頻度の低い地形データでは、その間に生じた地形変化と来襲外力との間の因果関係を明らかにすることが困難である場合が多い。

空中写真は広域の地形情報を一度に捉えられることが出来る利点を有し、これを活用することによりこれまでも優れた成果が残されてきた（例えば、田中ら、1973）。しかし、国土地理院による写真は数年に一度であることが多いことから、先述の頻度の問題点を有している。

一方、独自に撮影を行う場合には、これが高価であることから、高頻度で撮影して河口地形に関する検討を行った事例はほとんど存在しない。

本研究では、宮城県仙台市・七北田川の河口域を対象として、1990年から2005年まで15年間にわたり、1ヶ月または2ヶ月に一度という高頻度で撮影されている河口地形の空中写真により、七北田川における10年規模の時間スケールでの河口過程に関する検討を行う。

4. 空中写真の解析方法

(1) 幾何補正

空中写真の幾何補正にあたっては、道路、橋梁、構造物などの時間的に不動の基準点を使用した。本研究では、このような基準点を対象地域に45点設定し、地形図との対応をもとにアフィン変換により空中写真の幾何補正を行った。このような作業の後、1ピクセルが 1m^2 のサイズを有するデジタル画像データを作成した。

(2) 画像処理手法と汀線判読方法

近年、コンピュータレベルでの画像解析技術の発達が著しい。このような背景から、ビデオ観測画像の解析による海浜地形の検討などもなされている（鈴木ら、2002）。本研究においても、空中写真に撮影された水際線の検出に際し、コンピュータを用いた画像処理手法を用いた。

解析対象の空中写真において注目しているのは水際線なので、陸域と海域との判別を行う。汀線検出を行う画像処理の際、通常カラー画像の処理に用いられるRGB (Red-Green-Blue)ではなく、Aarninkhof・Roelvink (1999)、Aarninkhofら (2000) による研究と同様にHSLを用いた。HSLによる手法とは、Hue (色相)、Saturation (彩度)、Lightness (明度)の3つのパラメータにより画像を処理する手法である。HSLを用いた水際判定の具体的手法に関してはSrivihok・田中 (2004)、Srivihok・Tanaka (2004)の研究に詳しい。この手法によれば、スキャナーで取り込んだ空中写真の画像をHSLに変換し、HueとLightnessそれぞれの頻



図-2 画像の解析例

度分布から、陸域と海域とを判別できる。なお、高波浪時には空中写真に碎波現象が写っていることもある。今回用いた手法によれば、色素頻度分布の閾値を適切に選ぶことにより、碎波帯の白色と砂浜の白色とを判別することも可能であることが確認されている。これにより、自動的に精度良く汀線を決定できる。

解析の一例として、2004年1月5日の空中写真画像を解析した結果を図-2に示した。同図によれば、今回使用した手法により、水際線が精度良く検出されていることが確認される。

(3) 潮位補正

画像から得られた水際位置は、画像撮影時刻の潮位や碎波に伴う wave set-up の影響を受けている。そのため、時間的に異なる映像に写された汀線位置の比較を行うためには、潮位に対する補正を行い、統一的な基準に基づいた汀線位置を定義する必要がある（黒澤・田中、2001）。そこで、潮位補正は次のようにして行った。国土交通省東北地方整備局塩釜港湾空港整備事務所が近隣の仙台新港において一時間毎に観測しているデータを基に写真撮影時刻に対応する潮位を求め、その値を前浜の平均勾配で除して汀線位置補正量とした。なお、実測潮位データが欠損している場合には推算潮位を用いた。これにより、T.P.0mで定義される水際線を汀線位置とした。

5. 結 果

(1) 汀線変動過程

汀線の変化を定量的に示すため、仙台港から南に向けて、測線1から測線13までの合計13測線を定めた。それぞれの測線は、海岸線に対して垂直となるように設置した。図-3は各測線の位置を示し、その間隔は約200mである。1990年9月22日の海岸線位置を基準にし、

各測線における汀線位置の変化を、冲向き移動を正として求めた。

図-4に全13測線における汀線位置の変動を示す。上述の通り、同海岸では通常、図-3の右から左に沿岸漂砂が移動する。このような漂砂系において、河口部は土砂供給の役割とともに、漂砂遮断の役割も有するものと考えられ、これにより河口をはさんで左岸・右岸で異なる汀線変動を示すことが予想される。

まず、1990年から2005年にかけて、河口左岸の測線5, 6, 7では長期的に汀線が後退していることがわかる。一方、仙台港寄りの測線1, 2, 3, 4では汀線が前進している傾向が見られる。また、河口右岸の測線8の汀線が前進しているが、より南側の測線9から13までは後退している傾向にある。さらに、図-4から、汀線の変化は1998年をはさんでその前後において異なる傾向を示していることが分かる。

各測線での汀線変動の標準偏差 σ を求めた結果が、図-5の上段である。設定した13の測線のうち、河口付近の測線(特に、測線8)は大きく変動している。これは七北田川河口地形の季節的な変動を反映したものである。全体的に見ると、七北田川河口より右岸では相対的に標準偏差が小さく、より安定した傾向を示していることがわかる。

前述のとおり、図-4に示した汀線変化は1998年の前後で異なる傾向にあることが示された。たとえば、測線5, 6, 7において前半では侵食傾向にあったが、後半では前進傾向を示している。そこで、1998年をはさんで二つの期間に分け、それぞれに対して詳細な解析を行った。

各測線において、1998年の前後について汀線位置の時間的変化を最小二乗法により $y_s = at + b$ (y_s : 汀線位置, t : 時間) と表した。これにより、汀線の変化速度 a (m/年) を求めた。その結果を図-5の中段に示す。同図より、1990年から1997年では、七北田川河口部をはさんで右岸で堆積、左岸で侵食が見られる。1998年以前には河口テラスの存在により、左向きに北上する漂砂移動が遮断されていたことを示している。一方、1998年から2005年では、河口右岸で汀線変化が小さく、漂

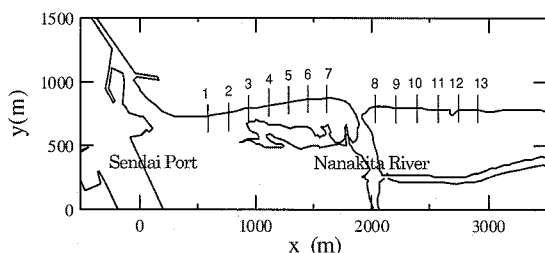


図-3 測線の位置

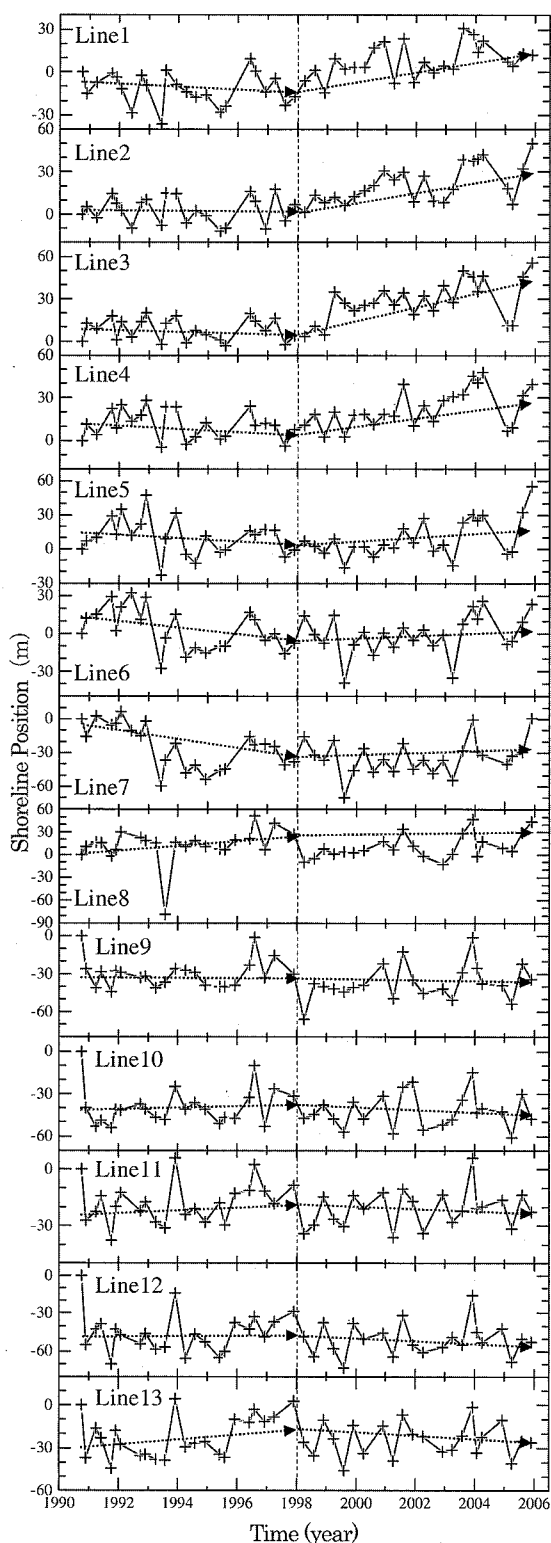


図-4 1990年から2005年までの汀線変化

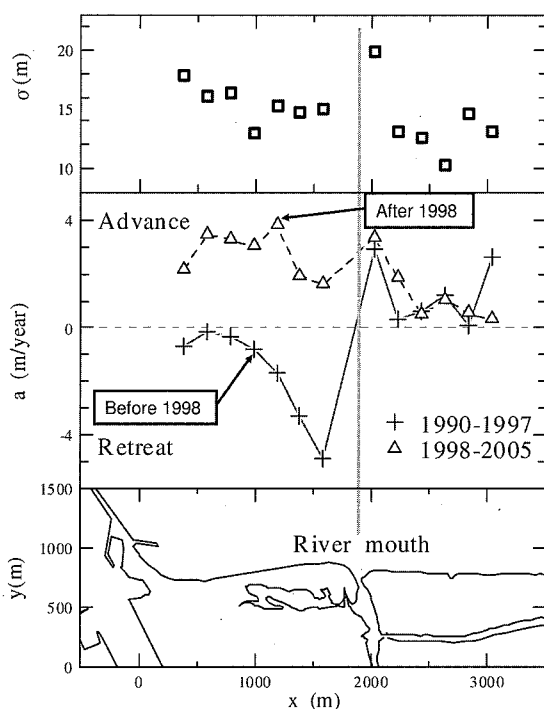


図-5 汀線変化の標準偏差と汀線変化速度

砂系末端の左岸側で砂が堆積する傾向に変化している。この結果から、1998年以降に七北田川河口前面の河口テラスによる沿岸漂砂移動阻止効果が消滅し、河口前面を連続的に通過して行く漂砂移動形態に変化したことが明らかになった。図-6は、上記の漂砂環境の変化を模式的に示したものである。

(2) 河口テラスの縮退に関する考察

図-7は1990年から1998年の間に生じた海底面高さの変化を示したものである。図-7より、七北田川河口前面において顕著な侵食傾向が見られ、河口テラスの縮退が確認される。この原因としては、1990年から1998年にかけて実施された河道掘削の影響が挙げられる。これにより、感潮区間のタイダルプリズムが30%増加している(田中・山本, 2000)。これにともない、入退潮による土砂排出能力が向上し、河口テラスが消滅したものと推測される。七北田川河口において以前は頻繁な河口閉塞が見られたが、近年はそれがまったく見られない。このことも、1998年以降、七北田川河口周辺の土砂環境が大きく変化したことを示唆している。

6. おわりに

七北田川河口周辺海浜を対象として、沿岸漂砂移動に及ぼす河口テラスの影響に関する検討を行った。主要な結論を以下に示す。

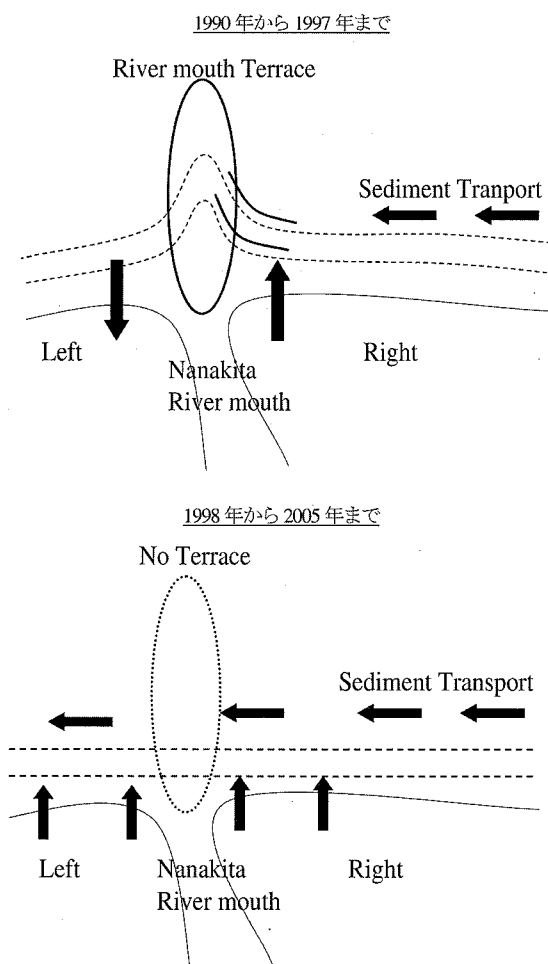


図-6 河口周辺漂砂環境の変化

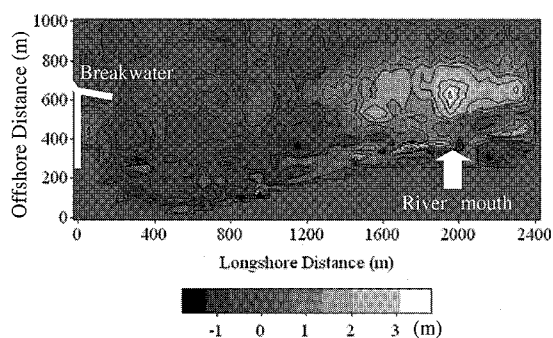


図-7 河口前面海浜の侵食状況

- (1) 空中写真の解析により、七北田川河口周辺海浜において、1998年以降に七北田川河口テラスによる沿岸漂砂移動阻止効果が消滅していることが分かった。
- (2) 河口テラスの縮退には、河道掘削によるタイダルプリズム増加の影響が考えられる。

(3)土砂収支の評価においては、このような河口テラスの影響や、その変貌を視野に入れる必要のあることが実証的に示された。

謝辞：本研究で使用した現地データのうち、深浅測量結果に関しては国土交通省塩釜港湾空港工事事務所から提供を受けたものである。また、本研究に対して日本学術振興会科学研究費の補助を受けた。ここに記して、深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- 内山雄介・栗山善昭(2003)：仙台湾蒲生干潟前面海岸の中期地形変化に関する複素主成分解析，土木学会論文集，No.747/II-65，pp. 135-153.
- 姜 炫宇・田中 仁・坂上 毅(2004)：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，第51巻，pp. 536-540.
- 栗山善昭(2001)：広域土砂収支図作成の試み，2001年度（第37回）水工学に関する夏期研修会講義集，Bコース，pp. B-5-1-B-5-13.
- 黒澤辰昭・田中 仁(2001)：空中写真による海浜汀線形状の判読に関する研究，海岸工学論文集，第48巻，pp. 586-590, 2001.
- 鈴木高二郎・高橋重雄・山縣延文・堀田 治・栗山善昭・Stefan Aarninkhof・Gerban Ruessink・Irv Elshoff(2002)：ARGUSビデオ解析による宮崎住吉海岸の長期地形観測，海岸工学論文集，第49巻，pp. 571-575.
- 田中則男・小笹博昭・小笠原昭(1973)：海浜変形調査資料（第1報）－航空写真による汀線変化の解析（東日本編），港湾技術研究所資料，No.163，pp. 1-95.
- 田中 仁・山本秀和(2000)：河道掘削による感潮面積増加がもたらした河口水位変動特性・底生生物層の変化，海岸工学論文集，第47巻，pp. 1136-1140.
- Patchanok Srivihok・田中 仁(2004)：高頻度空中写真による七北田川河口砂州動態の検討，海岸工学論文集，第51巻，pp. 531-535.
- 森下保壽・高橋次郎・川又良一・坂井隆行・片野明良(1995)：構造物の反射波による海浜変形の制御効果，海岸工学論文集，第42巻，pp. 711-715.
- Aarninkhof, S. G. L. and J. A. Roelvink (1999)：ARGUS-based monitoring of intertidal beach morphodynamics, Proc. of Coastal Sediments Conf., pp. 2429-2444.
- Aarninkhof, S. G. L., M. Caljouw and M. J. F. Stive (2000)：Video-based quantitative assessment of intertidal beach variability, Proc. 27th Int. Conf. on Coastal Engineering, pp. 3291-3304.
- Srivihok, P. and H. Tanaka (2004)：Analysis of river mouth behavior change by using aerial photographs, Annual Journal of Hydraulic Engineering, Vol.48, pp. 733-738.
- Srivihok, P. (2005)：Study on river mouth morphodynamics responding to wave, tide and river flow, Dr. Eng. Dissertation, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 118p.