

高頻度空中写真を利用した名取川河口砂州変遷の解析

高麗幹大*・田中 仁**・渡辺一也***・Patchanok Srivihok****

河口地形は河川流、波浪、潮汐などの外力の影響を受け変化している。河口部および海岸周辺において一般的に河口地形を把握するために行われている地形測量は詳細であるものの、その頻度は低く範囲が狭小な場合が多い。そのような問題に対して空中写真は広域の地形情報を一度に捉えることが出来る利点を有しており、これまでも優れた成果が得られている。しかし、その撮影間隔は通常数年に一回程度であり、地形変化のスケールとは対応したものとはなっていない。そこで、本研究では、仙台市・名取川の河口域を対象として、二ヶ月に一度という高頻度で撮影された空中写真を用いることによって、名取川における河口過程を検討した。

1. はじめに

近年、我が国の河川の河口砂州は、沿岸域に建設された大規模な構造物の影響や河川流域からの流出土砂の減少により縮退傾向を示すものが多い。相模川・大淀川のように完全に河口砂州が消失した事例すら見られ(宇多ら, 1994)、河口内の漁港やマリナーの静穏度が低下するなどの海岸保全面での問題も生じている。著者の一人は宮城県・鳴瀬川における河口砂州の変化に関して報告している(川村・田中, 2005)。本研究の対象である名取川河口においても、近接する漁港防波堤による沿岸漂砂の遮断により、河口砂州の変化(渡辺ら, 2002)が報告されており、近隣の海岸地形を含めた河口周辺の地形変化の実態を明らかにする必要がある。

河口地形は河川流、波浪、潮汐などの複雑な外力の影響を受け変化している。そのため、河口地形の変化過程の機構を理解するためには、低頻度の散発的な実測データでは地形変化と各外力との対応を明らかにすることが困難である。しかし、河口地形を把握するために行われている地形測量は、通常、その頻度が十分に高いとは言えない。

Srivihok・田中(2004)は仙台市・七北田川を対象に撮影された高頻度の空中写真の解析により、その河口地形の動態を明らかにしている。本研究では、名取川河口を中心に2ヶ月に一度という高頻度で空中写真の撮影が行われている名取川河口を対象とし、過去10年分の空中写真の詳細な分析により、近年の河口地形の変化について検討を行った。

2. 研究対象領域と使用した画像資料

(1) 名取川の概要

本研究の調査対象である名取川の概要を写真-1に示す。名取川は水源を宮城・山形県に発し、広瀬川等の支流と合流して太平洋に注ぐ一級河川である。流域面積は 938.9 km^2 、幹川流路延長は 55.0 km である。袋原地点では計画高水流量は $6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ となっている。また、河口部には南北両岸にそれぞれ南導流堤、北導流堤が築造されており、ともに長さは 300 m 、両導流堤間の水路幅は約 100 m となっている。河口部では北部に井戸浦と呼ばれる干潟があり、豊かな自然環境を残している。また、南部には増田川が流入している広浦があり、漁港として利用されている。さらに西側には名取川を横断するように貞山運河が存在している。

(2) 使用した画像データ

過去の海岸地形の検討には、国土地理院による空中写

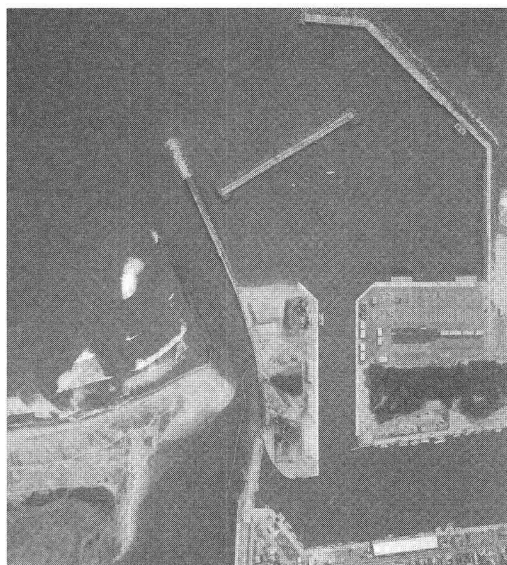


写真-1 名取川河口部の概要

* 学生会員 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻
** 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
*** 学生会員 修(工) 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻
**** 学生会員 MEng. 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻

真が良く用いられる。ただし、その頻度は十分ではないことが多い。ここでは、独自に撮影を行っている空中写真の他に、国土地理院によるものも加えて解析を行っている。表-1には使用した空中写真の撮影月日を示した。1994年以降はほぼ二月に一度というきわめて高頻度の写真が蓄積されている。

表-1 使用した空中写真

年	月	年	月
1968	6月*	1995	5,7,9,11月
1971	5月*	1996	1,3,5,7,9,11月
1975	11月*	1997	1,3,5,9,11,12月
1977	5月*	1998	3,4,7,9,11月
1979	6月*	1999	1,3,4,7,9,11月
1983	5月*	2000	1,3,4,7,9,12月
1984	11月*	2001	1,5,7,11月
1988	11月*	2002	1,3,5,7,11月
1993	9月*	2003	1,3,5,7,9,11月
1994	5,7,9,11月	2004	1,3月

※国土地理院撮影

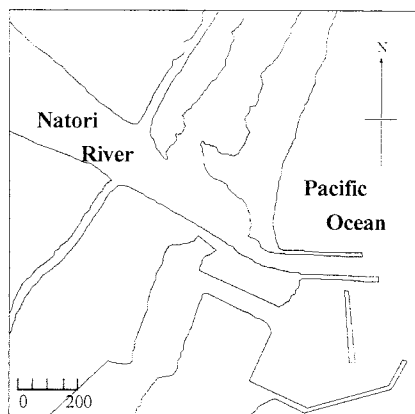


図-1 座標系の定義

3. 空中写真の解析方法

(1) 座標変換

実際に画像解析を行っていく上で座標軸の設定が重要な要素となってくる。本研究では、海岸線の変化を詳しく知るために便宜上、沿岸方向と横軸が平行になるような座標系を設定している。河口部と座標系の関係について図-1に示す。

図-1に示されるように実際に設定した軸は、広浦と名取川間の締め切り堤の付け根に原点を設け、Y座標は真北方向から時計回りに125°回転させた座標系を用いている。また、この座標系を用いて、地図上の道路、橋梁、構造物などを不変の基準点とし、井土浦から広浦までに

20点を設定した。さらに、この座標系で基準点を設置した地形図をもとに、スキャナーで取り込んだ空中写真のデジタル画像にアフィン変換を施すことで、写真に対して幾何補正を行っている。これにより、1ピクセルが1m四方のサイズとするデジタル画像データを作成した。

(2) 画像処理手法

近年、様々な分野においてパーソナルコンピュータレベルでの画像解析技術の発達が著しい。海岸工学分野における応用の一例として、海浜地形長期モニタリングへのビデオ観測画像解析の応用 (Alport ら, 2001) を挙げることができる。

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P.Cによる画像処理手法を用いた。通常、カラー画像のデジタル処理に際してはRGB (Red-Green-Blue) による表示を用いることが多いが、ここではAarninkhof・Roelvink (1999), Aarninkhof ら (2000) による研究と同様にHSL (Hue-Saturation-Lightness) による画像表示法を用いた。同手法は視覚による色の判別に即した表示法である。HSLを用いた水際判定の具体的手法に関しては既往の研究 (Srivihok・田中, 2004) に詳しい。この手法によれば、画像をHSLに変換し、HueとSaturationそれぞれの頻度分布から水域と陸域との閾値を決定することで、碎波帯の白色と砂浜の白色とを見分けることが可能となる。

(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により影響を受ける。そのために潮位に対する補正をする必要がある (黒澤・田中, 2001)。潮位に対する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地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、その値を前浜の勾配で除して汀線移動量とした。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と定義した。

4. 解析結果

(1) 10年間の河口地形変化

前節において、画像処理の手法について説明した。その手法を用いて、水際線を抽出した後、水域・陸域別に数値 a を割り振り、水域で $a = 0$ 、陸域で $a = 1$ とし、水域と陸域をそれぞれ黒色、白色で表した。具体的な例として、2004年1月5日の画像解析結果を図-2に示す。さらに、各ピクセルの a について一年毎の平均 $\bar{a}$ を求め、これにより河口地形の変動を調べた。図-3は1994年5月から2004年3月までの10年間にわたるこの指標の平均値 $\bar{a}$ を示したものである。図-3に示す破線は左岸導流

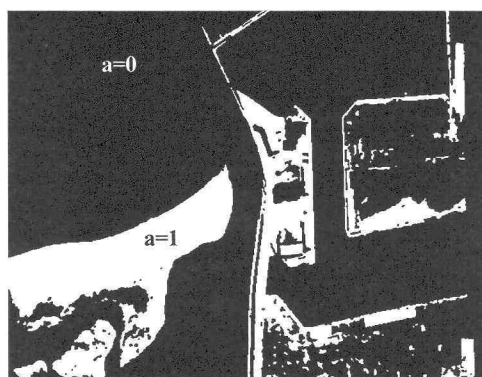


図-2 画像解析結果



(a) 1999年4月



(b) 2004年3月

写真-2 導流堤間の堆積地形

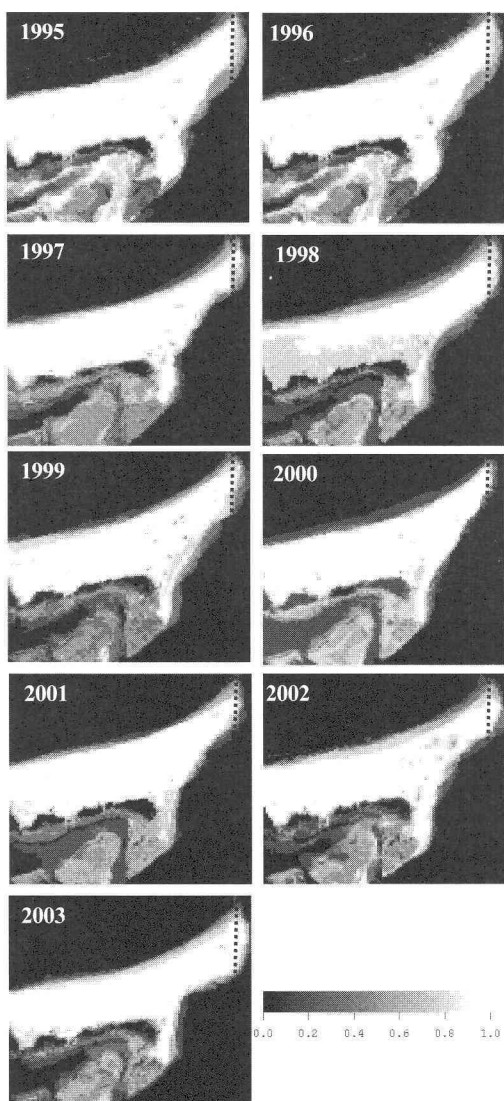


図-3 河口地形の変遷

堤を示している。前述の様な数字の割り振りにより、常に水域あるいは陸域である領域にそれぞれ黒色、白色が現れ、それらの中間の灰色系統色が河口砂州地形の変動の様子を示している。これより、2001年から2003年にかけて、砂州地形が大きく変動し、河口地形が安定していないことが分かる。一方、1996年から1997年及び1999年から2000年にかけては砂州地形が安定し、特に1999年は砂州が安定していることが認められる。

図-3によれば、近年河口周辺での汀線の後退が確認される。ここで、砂州が安定している1999年と、河口砂州の発達が見られる2004年の河口左岸の様子を写真-2に示す。写真-2に示す破線は左岸導流堤を示している。最近の河口地形の特徴として、写真-2に見られるように、導流堤間の左岸側に堆積地形が見られる。このことは図-3においても確認される。そこで、以下では河口周辺での汀線の変化、および導流堤間の堆積特性に関して検討を行う。

(2) 汀線位置の変化

汀線の変化量を定量的に示すため、図-4に示すように2004年1月5日の海岸線を基準にし、海岸線に対して垂直となるように左から line 1, line 2, line 3と3つの断面を定めた。それぞれの断面における汀線位置

(ys') を、沖向きを正として定義した。空中写真の解析により得られた結果を図-5 に示す。なお、表-1 に示したとおり1994年から2004年までは二月に一度の写真があるが、同図においては年平均値を示した。

図-5 より1968年から2004年まで、汀線が後退する傾向にあることがわかる。写真-1 に示したとおり、名取川河口南側には閑上漁港の防波堤があり、これにより沿岸漂砂が遮断されている(宇多ら, 1990)。このため、図-5 に見られるように、河口左岸側の砂州前面海浜は長期的に侵食傾向にある。

1994年から2004年までの詳細なデータを図-6 上段に示す。これより、1994年から1998年まで、および2001年から2004年までの期間においては、図-6 に示したのと同様に汀線が後退していることがわかる。一方、1998年から2001年の期間においては汀線の前進が認められる。図-6 中段は河川の流量(月平均)を表しており、上記の汀線前進が見られた時期に幾分先行して、1998年から1999年にかけて出水のピークが見られる。このことから、出水による河川からの土砂供給が汀線の前進をもたらしたものと考えられる。

図-6 上段の結果によれば、2001年以降、汀線の後退が顕著である。

(3) 岸導流堤付近の砂州面積変化

名取川河口導流堤間の左岸側堆積地形の変化を定量的に示すため、図-4 中に四角で示される領域における砂州面積 A を求めた。その変化を図-6 中段に示した。面積の値が0である時期は、領域内に砂州がまったく存在していないことを表している。なお、2002年9月のデータは同年6月に起きた台風6号の影響を受けフラッシュされており、他のものと比べ極端にずれているため特異であり、これを除いた。図-6 中段図より、頻繁な洪水が見られた1998年から1999年にかけては堆積地形が全く見られない。また、1996年3月から1996年11月まで、及び2001年以降には面積が増加傾向にあることがわかる。

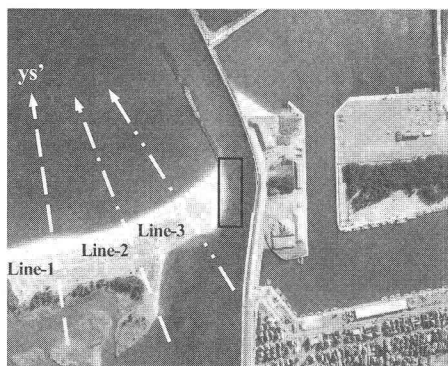


図-4 各断面の定義

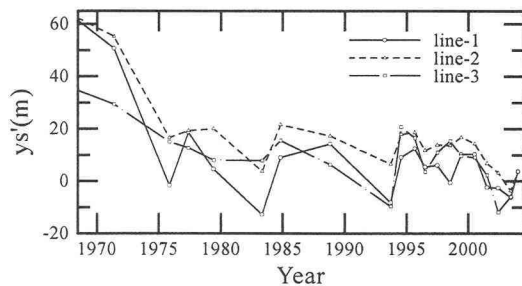


図-5 1968年から2004年までの汀線変化

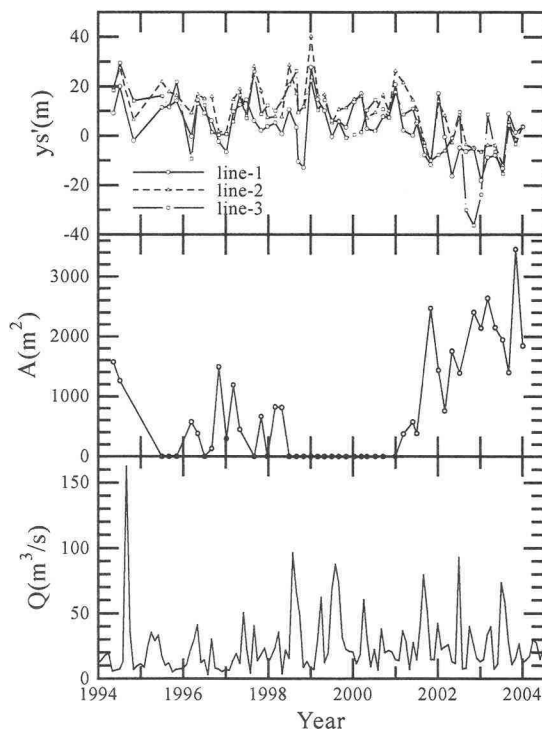


図-6 1994年から2004年までの汀線及び砂州面積の変化

まず、図-6 中段に示された砂州面積の増大の原因としては、2001年9月から2001年11月までに実施された名取川と増田川の分離工事(渡辺ら, 2002)の影響が考えられる。両河川の分離により、名取川本川で見ると約30%のタイダルブリズムの減少があったと見積もられている。これにより、本川での土砂フラッシュ能力が低下し、図-6 中段に示した近年の傾向がもたらされたと考えられる。

導流堤間に堆積する土砂は、左岸砂州を越波する波により持ち込まれたものであることが現地での観察により確認されている。名取川左岸の導流堤高さは河道内に向かって低くなるため、近年の汀線の後退は、波による砂の押し込みを助長する方向に働いている。

5. 結 論

本研究では国土地理院による空中写真と、独自に撮影された1997年から2004年までの高頻度空中写真を用い、名取川河口砂州の変化とその原因について検討を行った。その結果、以下のような結論を得た。

- (1) 画像データの解析にHSLを用いることによって精度良く水際線を判定することが出来た。
- (2) 1997年から2004年の河口地形の変遷およびそれをもたらした主要因を明確にすることが出来た。

謝辞：本研究を行うに際して、国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所、同・塩釜港湾・空港整備事務所には貴重な資料を提供頂いた。また本研究に対して日本学術振興会科学研究費（基盤研究(B)，代表：東北大学大学院・真野 明教授，No.17360230）の補助を得た。ここに記して心より謝意を表する。

参 考 文 献

宇多高明・小俣 篤・峯松麻成(1990)：仙台湾沿岸における砂浜

- 消失の危機，海岸工学論文集，第37巻，pp. 479-483。
- 宇多高明・高橋 晃・松田英明(1994)：河口地形特性と河口処理の全国実態，土木研究所資料，第3281号，p. 123。
- 川村育男・田中 仁(2005)：鳴瀬川河口における砂州後退と河道内侵入機構，水工学論文集，第49巻，pp. 1339-1344。
- 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
- 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。
- 渡辺一也・田中 仁・榎山敏昭(2002)：名取川における河口処理と地形変化，海岸工学論文集，第49巻，pp. 1361-1364。
- 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
- Alport, M, J. Basson, G. Mocke, J. Naicker and C. Saltu(2001)：Discrimination and analysis of video imaged shorelines and nearshore processes, Proc. of Coastal Dynamic Conf., pp. 989-997。