

南三陸横須賀海岸の侵食機構に関する研究

Study on Mechanism of Beach Erosion on Yokosuka Coast

本郷久美子¹・田中 仁²・舩谷成幸³・高木利光⁴・佐々木崇雄⁵

Kumiko HONGO, Hitoshi TANAKA, Shigeyuki MASUYA, Toshimitsu TAKAGI and Takao SASAKI

Yokosuka Coast in Miyagi Prefecture is 2km long sandy coast, bounded by the Kitakami River mouth and Nagatsura-Ura tidal inlet. The coast had been stable more than several decades, and had been utilized as a public bathing beach by local people. In recent years, however, very severe erosion occurred along the coast. In this study, mechanism of recent erosion of Yokosuka Coast is investigated by analyzing long-term topographical maps as well as aerial photographs. The main conclusion in the present study is that the sediment transported to the mouth of Kitami River has been flushed during a big flood in 2002, large amount of which deposited in deep sea area and can not move back to shallow area to form the sandy coast.

1. はじめに

三陸海岸には岩礁海岸が多く見られる。その中で、南三陸石巻市に位置する横須賀海岸はこの地域でも数少ない砂浜であり、これまで夏季には海水浴客などにぎわう海岸であった。しかし、近年、海岸侵食が著しく、特に、2002年以降に急激な侵食が見られた。このため、海浜に築造されていた建造物の倒壊や海水浴場としての利用が不能になる等、海岸としての機能が低下した。その後、海岸管理者により応急対策として根固め護岸工が施工されているものの、今後、抜本的な侵食対策を立案するためには同海岸における侵食機構を十分に理解しておく必要がある。

本研究では横須賀海岸を対象に、海浜部および北側に隣接する北上川河口における地形に着目し、長期的な実測データを用いて地形の経年変化を明らかにし、さらに、近年の急激な侵食の機構を明らかにすることを目的としている。

2. 研究対象海岸

本研究の対象である宮城県石巻市横須賀海岸の位置を図-1に示す。浜の北端は北上川河口部に接し、一方、南端には長面浦と呼ばれる海跡湖と海域をつないでいる感潮狭水路が存在している。砂浜海岸の総延長は2 km ほどである。

2002年以降に急激な海岸侵食が発生するまで横須賀海岸は安定した地形を示していた。このため、特にこれま

で調査・研究の対象となることはほとんどなく、現地資料も十分ではない状況にあった。ただし、海岸の北端には一級河川北上川が位置しており、その河口問題に関連して、須賀ら(1987)はアイオン台風時の出水がもたらした大規模な河口土砂堆積に関する検討を行っている。また、2006年秋冬期に発生した「爆弾低気圧」の際の横須賀海岸北部での大規模な越波とそれに伴う土砂堆積に関する研究がなされている(Nguyen・田中, 2007)。

3. 横須賀海岸の長期的な変化

国土地理院, 宮城県, 国土交通省北上川下流河川事務

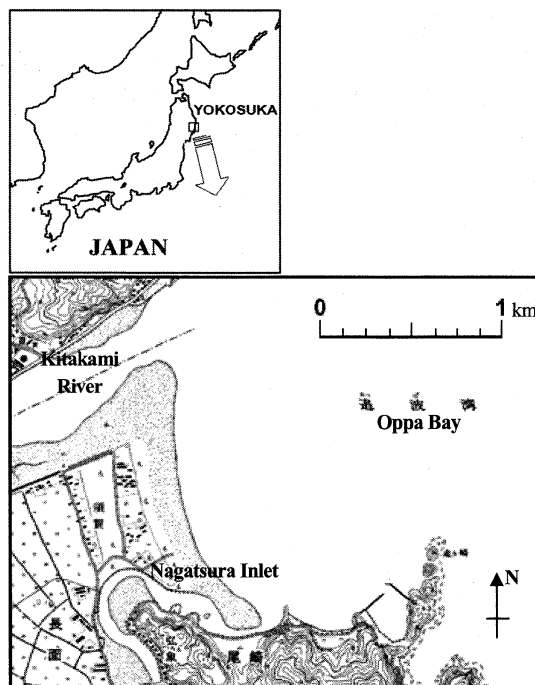


図-1 宮城県横須賀海岸の位置

1 正 会 員	修(工)	前東北大学大学院 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 工学研究科土木工学専攻
3 正 会 員		宮城県石巻土木事務所
4 フェロー	博(工)	(株)アイ・エヌ・エー海岸部
5 正 会 員	修(工)	(株)アイ・エヌ・エー海岸部



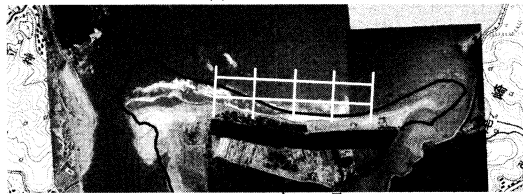
(a) 1963年5月



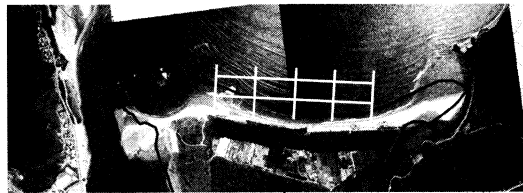
(b) 1985年6月



(c) 2002年11月



(d) 2004年10月



(e) 2006年6月

図-2 横須賀海岸の変化

所により撮影されたに空中写真をもとに、横須賀海岸における長期的海浜変形の実態を示す。

収集した空中写真から代表的なものを図-2に示す。図中には1963年の汀線形状を参照のために示し、さらに汀線変化量を定量的に理解するために、沿岸方向200m×岸沖方向100mのメッシュを示している。図-2(a)は1963年における海浜であり、湾曲した弓なりの汀線形状に特徴がある。1985年には長面浦側の地形には大きな変化が無いものの、北上川河口側で汀線の後退が見られる。2002年には7月の出水により河口砂州が縮退している。2004年には海岸全体で汀線の後退が顕著である。また、北上川側で以前に見られた砂州部の沖側への汀線の張りが消失し、汀線形状が平坦となっている。また、河口砂州の河道内への押し込みが著しい。2006年には海浜北側

での汀線の張り出しが見られるが、その位置は1963年に比べて南側に400mほどずれている。また、河口砂州部の汀線が大きく後退している。

4. 解析結果

(1) 汀線位置変化

本研究で使用した地形データは1933年から2006年までの航空写真、深淺図、汀線変化図（建設省東北地方建設局, 1973）であり、それぞれのゆがみ等を補正した後、1枚の地形図に共通の基準点を合わせることで縮尺と座標の統一を行った。地形の判読は、海浜に40mおきに25本の測線を設定し、各断面における平均汀線位置を算出した後、そこからの侵食および堆積量をその年の汀線変動量として算出した。設定した座標系を図-3に示す。

海浜地形の経年変化と河川流量観測データの対応を図-4に示す。これを見ると、1947年および1948年には流量が著しく大きな値となっていることが分かる。これはカスリン・アイオン台風の来襲によるものであり、この期間には海浜も大きく後退傾向にあることが分かる。その後、流量は比較的安定しており、海浜地形は回復した後

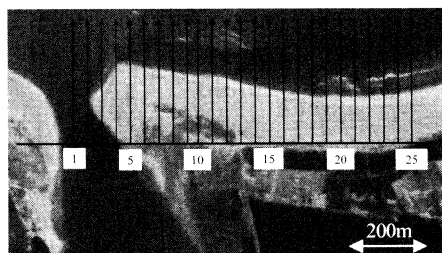


図-3 座標系の定義

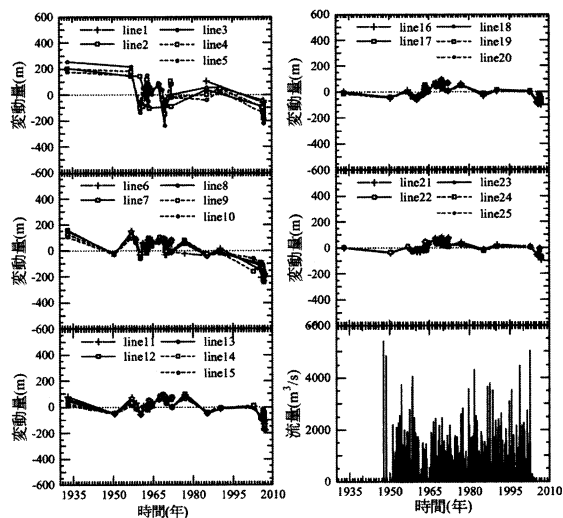


図-4 汀線位置と流量の経年変化

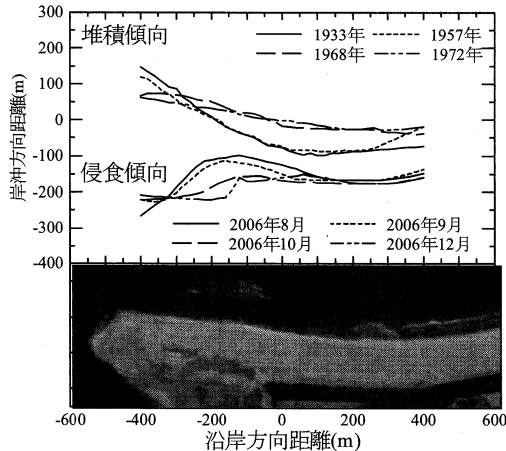


図-5 汀線形状の比較

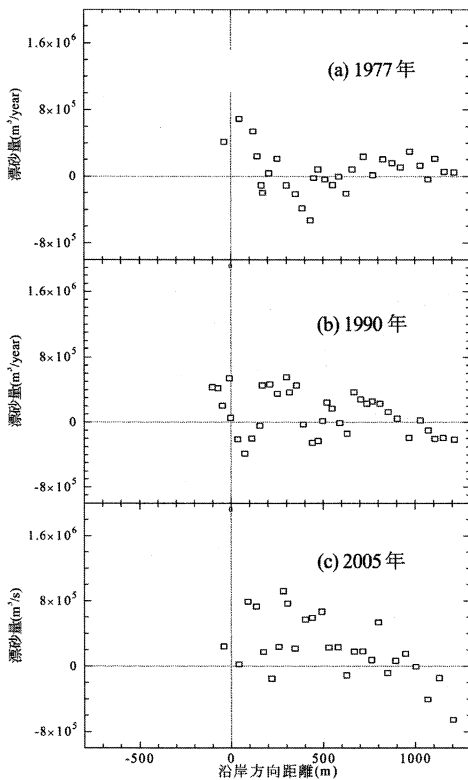


図-6 沿岸漂砂量の計算結果

に前進および後退を繰り返して変動しているが、さらにその後、2002年に発生した台風などの影響で流量が増加し、それに対応して大きな侵食傾向が見られる。ここで、顕著な堆積および侵食の傾向が見られた年を各4年分抽出し、汀線形状の比較を行った。その結果を図-5に示す。通常見られるような汀線の前進および後退に加えて、堆積傾向の時には河口部が張り出す形状となり、海浜は凹

状の弓形の形状を示す。逆に、侵食傾向の時には左端の北上川河口側が削れる形状となっている。

(2) 海浜地形と沿岸漂砂量との関係

海浜における地形の変化と波浪との対応を調べるため、波向線法による波浪計算を行った。本研究では1977年、1990年、2005年の深淺図に波向線法を適用した。計算に用いた地形データの範囲は沿岸方向距離2100m、岸沖方向距離1300mとした。また、波浪データとしては、横須賀海岸から南東に約20km離れた江ノ島で観測されているデータの平均的な値を用いることとし、沖波波高1.0m、周期9.5秒とした。また、沿岸漂砂量式としてはCERC式(CERC, 1984)を用いた。

算出した沿岸漂砂量分布を図-6に示す。1977年、1990年の時期には汀線が前進して凹状の形状を示していた。この時、波向線は汀線にほぼ直交し、図-6(a)および(b)に見られるように沿岸漂砂量が少なく、安定した汀線を維持することが分かった。一方、2005年の侵食傾向時の汀線の様に凹状を示していない時には、図-6(c)に見られるように左向き(北上川河口方面)の沿岸漂砂が生じ、侵食をさらに助長することが分かった。

(3) 経験的固有関数法の適用

地形データの解析によって得られた海浜変形の特徴を明らかにするため、経験的固有関数法を用いて汀線位置の沿岸方向データを展開した。経験的固有関数法は式(1)に示すように、地形の変化を空間の関数と時間の積に分離して表現する手法であり、海浜変形の特徴を抽出するのに適した手法とされている(Winantら, 1975)。

$$y(x, t) = \sum_n C_n(t) \cdot e_n(x) \quad (1)$$

ここで、 $y(x, t)$ は平均汀線位置からの変動量、 $C_n(x)$ は時間関数、 $e_n(x)$ は空間関数を表している。図-7に解析結果を示す。第一成分、第二成分および第三成分の寄与率

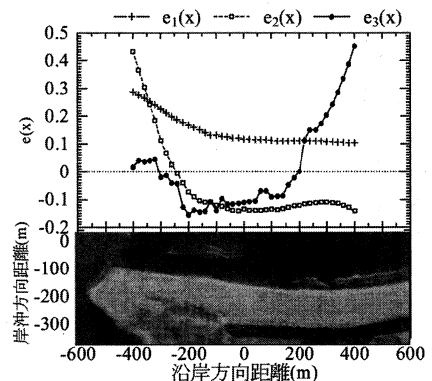


図-7 空間関数の分布

はそれぞれ88.8%, 9.4%および1.2%である。図-7より、空間関数の第一成分が全域で正であることから、汀線は時間関数の第一成分の正負に応じて、全域で一様な前進および後退をする。これより、第一成分は岸沖漂砂に対応すると考えられる。

図-8より、時間関数の第一成分は近年、大きく負の値をとっていることから、これが近年の大規模な侵食を表している。また、図-7より第二成分は河口方向に大きく正の値を持つことから、時間関数の第二成分が正の時には河口側が前進し、海浜中央付近が後退する形状となり、負の時には反対に河口側が後退し、海浜中央付近が前進する形状となる。ここで、空間関数の分布から第二成分は沿岸漂砂に対応するといえる。また、第三成分は河口側に負の値を持つことから、第二成分と反対の汀線形状になることが分かる。第一成分、第二成分を重ね合わせると凹状の海浜形状を表し、上述の安定的な弓形の海浜形状を抽出していることが確認される。

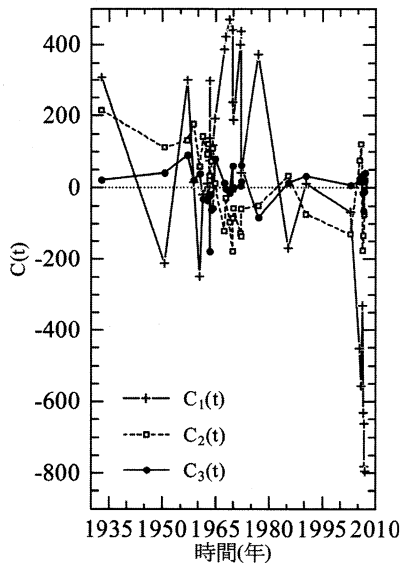


図-8 時間関数の変化

(4) 深浅測量結果

上記のような急激な海岸侵食を受けて、2005年3月、5月および2006年5月に沿岸域の深浅測量が実施された。その結果を使用し、図-5に示された沿岸座標上、0m～800m区間における土砂の変化量について検討を行った。その結果を表-1に示す。これによれば、2005年3月～2005年11月にかけて12万 m^3 の砂が失われている。その後、2005年11月から2006年5月までに総計6万 m^3 の回復が見られるが、特にT.P.-4m以深において2005年3月での土砂量までの回復は見られない。

表-1 土砂の変化量

期間	T.P.-4m ～9m	T.P.-4m以 浅	変化量の総 計
2005年3月～ 2005年11月	-17万 m^3	+5万 m^3	-12万 m^3
2005年11月～ 2006年5月	+4万 m^3	+2万 m^3	+6万 m^3

(5) 近年の急激な侵食の発生機構

近年の侵食機構に関する検討を行うために、1995年以降の洪水発生累加時間（登米地点）、高波浪発生累加時間（江ノ島）を、図-9の凡例に示した流量・波高の階級毎に求めた。また、同じ期間について空中写真から横須賀海岸の砂浜面積の変化量を求めた。結果を図-9に示す。これによれば、2001年以前では安定した海浜面積を維持していたが、2002年以降に急激な侵食が発生している。

一方、外力条件のうちで波浪を見ると、2002年以降に高波浪の来襲頻度が高くなっていることが分かる。また、河川流量の条件としては、近年では2002年7月11～12日に5,000 m^3/s を越える大規模出水が発生しており、侵食が顕在化した時期と一致している。

以上の解析結果から、2002年以降に生じた横須賀海岸の急激な侵食は、図-10に模式的に示したプロセスにより生じたものと推測される。

①2002年7月の大規模出水により河口砂州がフラッシュされ、土砂が沖へ堆積した。

②高波浪来襲頻度が増大することにより、横須賀海岸汀線部の砂が沖合へ移動した。その後、河口砂州が再び形成される際に、横須賀海岸の砂が北上川河口に移動することにより、汀線が後退した。さらに、河口砂州回復時に来襲した高波浪により、河口付近の砂が河口内に押し込まれた。

5. おわりに

近年、著しい海岸侵食が生じている南三陸横須賀海岸において、長期的な地形変化の特性とその侵食機構を明らかにした。本研究により得られた主要な結論を以下に示す。

(1)横須賀海岸における汀線の形状は、顕著な汀線前進傾向にあるときには凹型の弓なりの形状を示し、侵食傾向にあるときには北上川河口砂州部海浜が侵食され、汀線が直線的な形状になる。

(2)地形データに経験的固有関数法を適用した結果、第一成分は岸沖漂砂に対応するものと推測された。また、第二成分は凹状の汀線形状に対応する成分である。

(3)これらの成果をもとに、2002年以降に生じた急激な海岸侵食の機構を推測した。

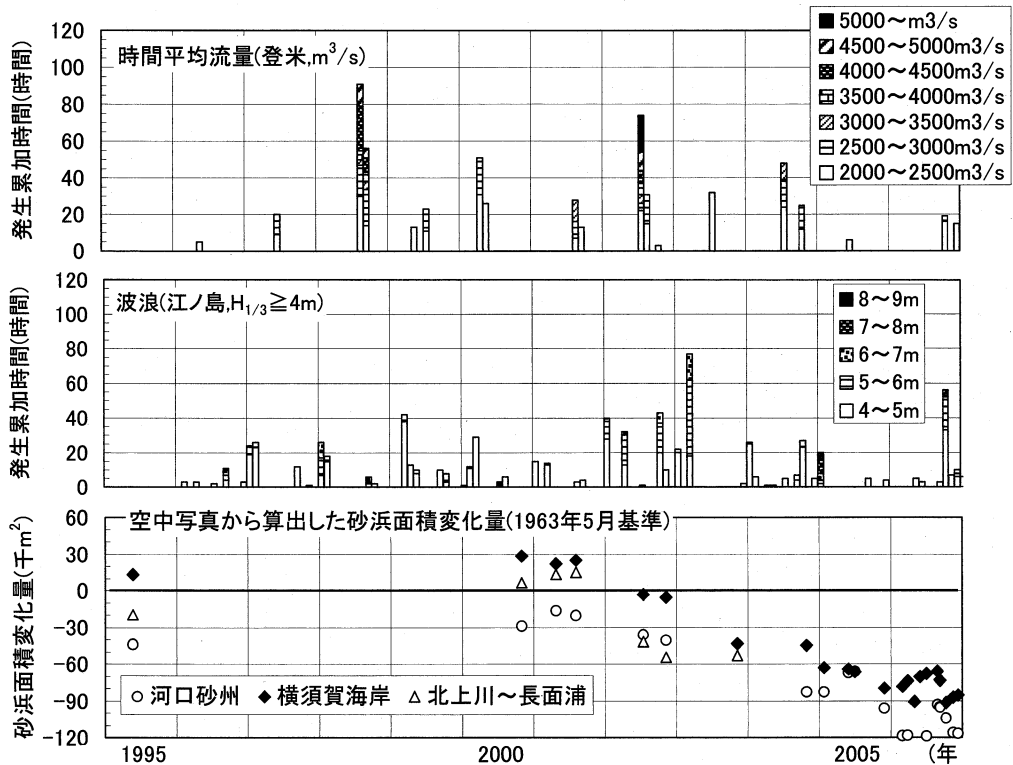


図-9 近年の外力特性と砂浜面積の変化

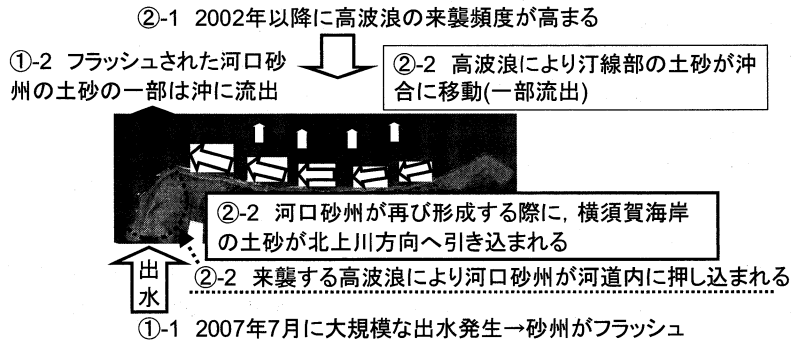


図-10 横須賀海岸における近年の侵食機構

謝辞：本研究を実施するに当たり、国土交通省北上川下流河川事務所より貴重な資料の提供を受けた。また、本研究に対して日本学術振興会・科学研究費（No. 17254002）の補助を受けた。ここに記して関係各位に深甚なる謝意を表する。

参考文献

Nguyen Xuan Tinh・田中 仁（2007）：越波による海浜変形の現地観測と数値計算，海岸工学論文集，第54巻，pp.681-685。

建設省東北地方建設局（1973）：全国河口河川資料集(3)，東北地区，261p。

須賀寛三・石川忠晴・灘岡和夫・田中 仁（1987）：河口前面テラスの形成とその消長，土木学会論文集，第381号/II-7，pp.227-230。

Coastal Engineering Research Center（1984）：Shore Protection Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg Mississippi.

Winant, D.C., D.L. Inman and C.E. Nordstrom（1975）：Description of seasonal beach changes using empirical eigenfunction, J. Geophy. Res., No.15, pp.1979-1986。