

機関番号：12701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009 ～ 2010

課題番号：21760392

研究課題名(和文) 地形変化に及ぼす周波数別波浪の影響に関する研究

研究課題名(英文) The effect of the wave height separated by wave period range on beach profile change

研究代表者

鈴木 崇之 (SUZUKI TAKAYUKI)

横浜国立大学・工学研究院・准教授

研究者番号：90397084

研究成果の概要(和文)：5年間の地形断面データから汀線位置の変動を解析したと共に、汀線位置の後退、停滞、前進イベントの抽出を行った。また、波浪データの周波数別波浪成分から算出した周波数毎のエネルギーフラックスの特性を解析したと共に、汀線変動との関係について検討を行った。さらに、抽出した汀線後退イベントを用いて、汀線後退速度と前浜地形形状との関係についても検討を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, correlations between shoreline change rates and six frequency-sectioned wave energy fluxes were discussed using a 5-year data set of beach profiles and offshore waves observed at the Hasaki coast. Also, an effect of foreshore beach shape on shoreline backward movement speed was discussed. From the results, it is possible to separate shoreline erosion events from shoreline advance events and shoreline stand still events by using frequency-sectioned wave energy fluxes. Furthermore, the results revealed that the shoreline position and foreshore shape affect shoreline backward movement speed. This indicates that for the estimation of the shoreline change rate, we need to consider not only wave energy but also shoreline position and foreshore shape.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	21,000	910,000
2010年度	700,000	21,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	42,000	1,820,000

研究分野：海岸工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：汀線位置, 周波数別波浪, 現地データ, 波崎海岸

1. 研究開始当初の背景

現在までに漂砂や地形変化に関する研究は数多く行われているもの、未だ海岸侵食に代表される漂砂問題は解決していない。また、地形変化数値モデルに関しても精度良く予測できるものは存在しない。これは、波の周期特性を十分に考慮されていないことが原因であると考えられる。地形変化に及ぼす長周期波の影響については今までも検討がなされ

(例えば、柴山ら, 1992 ; Jannet・Asano, 2005), 長周期波の遡上により波打ち帯が侵食されることなどが報告されているが(加藤ら, 1989), いずれも周期が30秒程度以上の長周期波とそれよりも周期が短い波という区分での評価以外はわかっていない。つまり、どのような周期帯の波が砂浜の侵食に最も影響を与えているのかは検討がなされていない。この波の周期特性および周期別波浪の

地形変化への影響が解明されたならば、対象海岸において注意（考慮）すべき周期帯が明らかになり、また、数値計算モデルの精度向上などに用いることができることから、今後の海岸事業や海岸工学に対して大きな影響を与えることができると思われる。

2. 研究の目的

現在までに、地形変化と波高および沖波エネルギーフラックスの関係について、有益な研究成果が数多く発表されている（例えば、加藤ら、1987；Wang・Kraus, 2005）。しかし、周波数帯別波浪を用いての検討はなされていない。そこで、本研究においても周波数帯別波浪および周波数帯別沖波エネルギーフラックスを用いて地形変化との関係性を検討する。まず始めに、地形断面データを用いて解析期間中における汀線位置の変動特性を把握する。次に、この汀線変動から汀線位置の前進時期、後退時期、停滞時期を抽出し、それぞれの時期の地形特性を把握する。その後、これらの時期における地形変化と周波数帯別波浪および周波数帯別沖波エネルギーフラックスとの関係について検討することで、それぞれの地形変化に最も影響を与える周波数帯および波高を見出す。

3. 研究の方法

(1) 現地観測データの概要

解析には、茨城県波崎海岸に位置し独立行政法人港湾空港技術研究所が所有する波崎海洋研究施設にて計測された地形断面データ、および鹿島港沖にて計測された波浪データのうち、2001年1月から2005年12月（5年間）までを使用した。

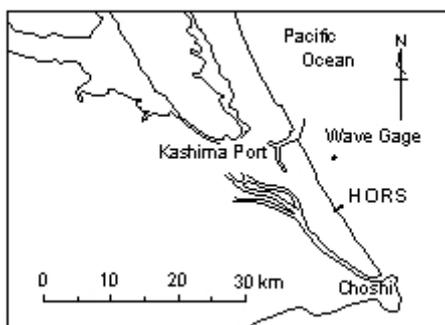


図-1 波崎海洋観測施設（HORS）および沖波波浪観測地点の位置

波崎海洋研究施設（以下HORS、図-1）では、長さ427 mの観測栈橋に沿って、休日を除く1日1回地形断面を計測している。陸上部はスタッフとオートレベルを用いて測量し、海域部は栈橋上から質量約3 kgのレッドを降ろし、海底面から栈橋までの距離を用いて測量

を行っている。また、沖波波浪は鹿島港沖の水深約24 mの地点（図-1）に設置された超音波式波高計により、2時間毎に観測されている。

解析に使用した5年間の平均地形断面とその標準偏差を図-2に示す。なお、岸沖方向位置(x)はHORS固有の座標軸であり、沖向きを正としている。また、高さの基準(D.L.)は波崎港工事基準面(T.P. -0.687 m)であり、観測地点における干潮位、平均潮位、満潮位はそれぞれ-0.20 m, 0.65 m, 1.25 mである。解析期間中の平均地形断面と満潮位が交わる岸沖方向距離は $x = 5.77$ mであった。また、HORS周辺の底質粒径は岸沖方向にほぼ一様であり、その中央粒径は0.18 mmである（加藤ら、1990）。図中、 $x = 0$ m~25 mの範囲で標準偏差がやや高くなっているが、これは汀線付近においてバームの形成、消失が起っているためである。また、 $x = 240$ m辺りを中心として標準偏差が高くなっていたが、これはバーの移動に伴う地形変化の影響である。加えて、 $x = -30$ m辺りに標準偏差のピークが見られたが、これは観測栈橋斜路の背後地に堆積した飛砂によるものである。

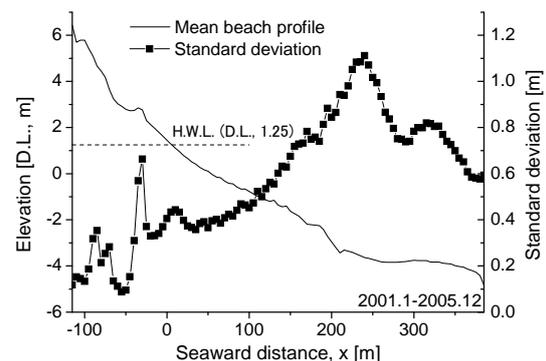


図-2 観測期間中の平均地形断面およびその標準偏差

鹿島港沖にて計測されている沖波波浪は、全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS；例えば、永井、2002）の観測点の1つである。解析期間中、有義波高は0.39 mから5.66 mの幅で変動し、有義波周期は4.70 sから14.3 sの幅で変動していた。それぞれの平均値は1.31 m, 8.10 sであった。

(2) 汀線位置および周波数帯別波高の算出 ①汀線位置

汀線位置は波崎海岸にて計測された地形断面データから求めた。本研究では、地盤高が対象海岸における満潮位であるD.L. +1.25 mの高さを有する岸沖方向地点と定義した。この地点の変動は、飛砂によって生じた地形変

化の位置 ($x = -30$ m 辺り) よりも海側であり、本解析ではこの影響は受けていない。

解析期間中における汀線位置の変動を図-3に示す。平均汀線位置は $x = 6.05$ m であり、標準偏差は 11.6 m であった。汀線位置の変動は多少のばらつきはあるものの季節変動が見られ、冬季から夏季にかけて前進し、秋季から冬季にかけて後退していた。この季節変動の傾向は、HORSでの15年間分のデータを解析した鈴木・栗山, (2008) と同一傾向である。

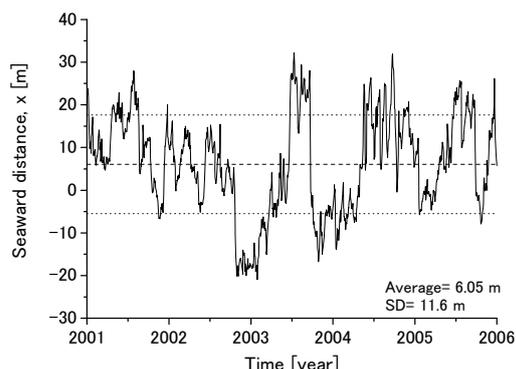


図-3 汀線位置の変動

次に、汀線位置の日々の変化速度を基に後退時、停滞時、前進時の変動イベントの抽出を行った。まず始めに、汀線位置変動から算出した汀線位置変化速度の頻度分布を図-4に示す。ここで、負は汀線位置の後退、正は前進である。変化速度の平均値は -0.01 m/day であり、その標準偏差は 1.45 m/day であった。後退時 (変化量が負) は 765 日あり、その平均値は -1.13 m/day、標準偏差は 1.36 m/day であった。一方、前進時 (変化量が正) は 994 日あり、その平均値は 0.85 m/day、標準偏差は 0.86 m/day であった。

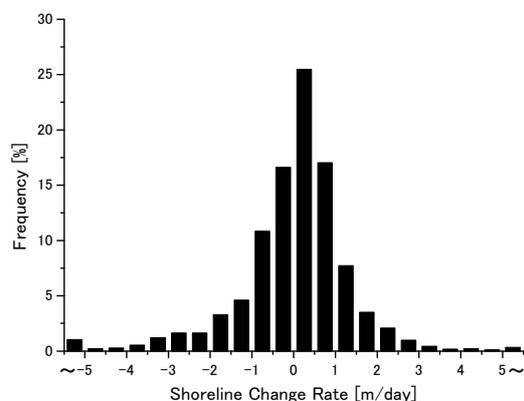


図-4 汀線位置変化速度の頻度分布

ここで、汀線後退イベントの抽出条件として、後退時の平均変化速度 (-1.13 m/day) より

も後退が速い日が3日以上連続した場合とし、また、汀線前進イベントの抽出条件は、前進時の平均変化速度 (0.85 m/day) よりも前進が速い日が3日以上連続した場合とした。停滞時については、変化速度が -0.5 m/day 以上 0.5 m/day 未満が4日以上連続した場合とした。後退イベント、停滞イベント、前進イベントはそれぞれ 31 , 75 , 37 ケース抽出され、それぞれの平均継続日数は 4.0 , 4.4 , 4.3 日であった。

②周波数帯別波高

鹿島港沖にて観測された波高データは、スペクトル解析により区分された周波数帯ごとの波高も算出されている。この周波数帯別波高は、周波数スペクトルにおいてその周波数帯のエネルギーを積分して求められたものであり、その周波数帯での有義波高に相当する波高である。そこで、本研究では有義波高に加えて、この周波数帯別波高も解析に用いることとした。波高は周波数帯別に $f1$ から $f6$ まで6段階に区分されており、それぞれの周期帯は 32.0 秒以上 ($f1$), $16.0 \sim 25.6$ 秒 ($f2$), $10.7 \sim 14.2$ 秒 ($f3$), $8.0 \sim 9.8$ 秒 ($f4$), $4.3 \sim 7.5$ 秒 ($f5$), 4.1 秒以下 ($f6$) となっている。ただし、データの欠測期間を解析から除外したため、2001年から2005年の各年のデータ取得率はそれぞれ 96.7% , 100.0% , 100.0% , 79.0% , 98.8% となった。

また、解析では有義波高、および区分された周波数帯別波高ごとに波浪エネルギーフラックスを栗山・伊東, (2004) に倣い算出した。有義波高と有義波周期を用いて算出した波浪エネルギーフラックス (E_f) に加え、各周波数帯のエネルギーフラックスについても、各周波数帯の中央周期を用いて、 E_{f1} (周期帯 $f1$)、 E_{f2} (周期帯 $f2$)、 E_{f3} (周期帯 $f3$)、 E_{f4} (周期帯 $f4$)、 E_{f5} (周期帯 $f5$)、 E_{f6} (周期帯 $f6$) を算出した。

4. 研究成果

(1) 汀線位置変動と周波数帯別波浪エネルギーフラックスとの関係

汀線位置の変化量により区分された後退、停滞、および前進イベントの変動開始前の汀線位置と有義波高のエネルギーフラックスとの関係を図-5に示す。ただし、エネルギーフラックスはイベント継続日数の平均値を用いることとした。また、周波数帯別波高の欠測により、解析に用いた後退、停滞、前進イベント数はそれぞれ 31 , 69 , 37 であった。

停滞イベントと前進イベントについては、前進イベントが停滞イベント時のエネルギーフラックスに挟まれる形で分布しているよう

にも見えた。砂村(1980)は、汀線位置の前進後退の変動を波高の2次曲線として提案している。本解析結果からは明瞭な分離は困難ではあったが、その傾向は伺えた。

一方、汀線位置後退イベント時の沖波エネルギーフラックスは、停滞および前進イベント時のそれに比べて値が大きく、また、汀線位置が沖にあるときほど小さなエネルギーフラックスでも汀線位置が後退していることがわかる。

図中の実線は判別分析から求められた後退イベントと停滞および前進イベントの判別直線であり、この直線により汀線位置の後退イベントと停滞もしくは前進イベントを94.4%の確率(判別的中率=一致数/全数×100)で判別可能であることがわかった。

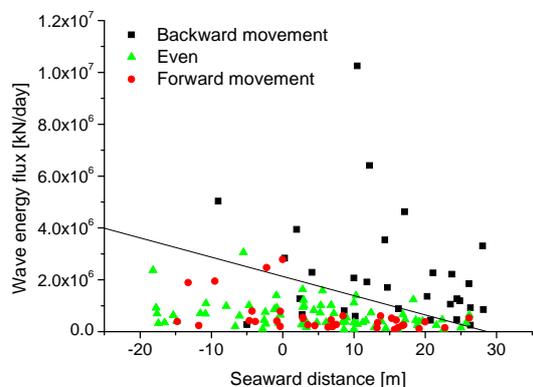


図-5 後退、停滞、前進イベントごとに算出した汀線位置と有義波高のエネルギーフラックスとの関係(実線は後退時と停滞および前進時の判別直線)

これまでも、沖波エネルギーフラックスの大小を用いた汀線位置変動モデルは提案されており(例えば、鈴木, 2009)、本解析はこれらを支持する結果となった。一方、停滞時と前進時については、沖波エネルギーフラックスによる分離は困難に見える。

次に、周波数帯別波浪エネルギーフラックスを用いて図-5と同様に汀線位置の後退イベントと停滞・前進イベントの判別を行った。周波数帯別エネルギーフラックスを用いて行った判別の中率、および有義波高のエネルギーフラックスによる判別の中率を図-6に示す。図より、32秒以上の周期帯であるf1、および10.7秒~14.2秒の周期帯であるf3での的中率が高いことがわかった。しかし、16.0秒~25.6秒の周期帯であるf2での的中率が低くなっていた。加藤ら(1990)は、波崎海岸において計測した沖波波高を用いてスペクトル解析を行っており、そこでもこの周波数帯のエネ

ルギーフラックスの低下がみられた。この理由として、Ef2の周期帯(16.0秒~25.6秒)が観測を実施している波崎海岸一帯に來襲する波浪の代表周期と代表長周期の狭間に位置し、他の周波数帯に比べて來襲頻度(エネルギーフラックスのパワー)が小さいためと考えられる。

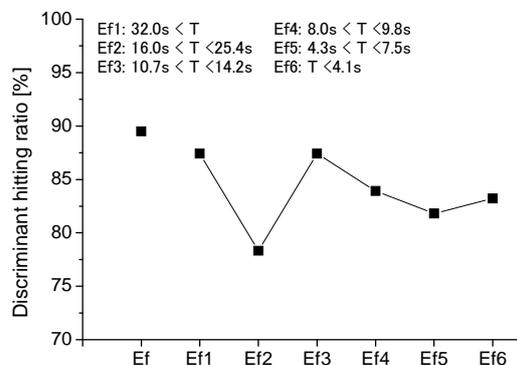


図-6 有義波高のエネルギーフラックスおよび周波数帯別エネルギーフラックスによる後退イベントと停滞・前進イベントの判別の中率

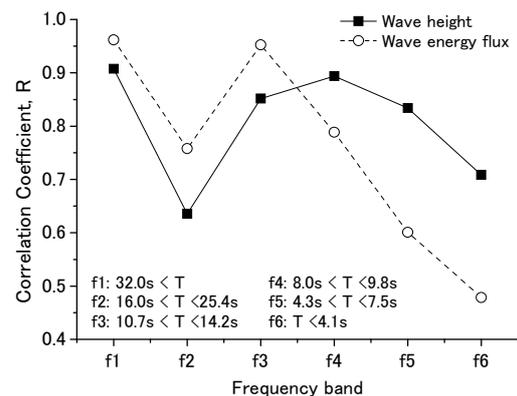


図-7 有義波高(Hs)と各周波数帯波高(Hf1~Hf6)との相関、および有義波高から算出したエネルギーフラックス(Hf)と各周波数帯エネルギーフラックス(Hf1~Hf6)との相関

ここで、有義波高(Hs)と各周波数帯別波高(Hf1~Hf6)との相関を図-7に示す。32秒以上の長周期帯で最も高い相関関係が見られた。このように長周期波を有義波高で説明できることは加藤ら(15)も指摘している。さらに、8.0秒~9.8秒のf4周波数帯で高い相関関係が見られ、また、解析に用いた波浪データの平均周期(8.10秒)あたり(f3, f5)においても良い相関関係が見られた。f2周波数帯(16.0秒~25.6秒)については他と比較しても相関係数は低くなっていることがわかった。f2周波数帯では他の周波数帯に比べてばらつきが大

きかったことから、これが相関係数低下の一因であると考えられる。

有義波高から算出したエネルギーフラックス (E_f) と各周波数帯のエネルギーフラックス ($E_{f1} \sim E_{f6}$) との相関についても図-7に示している。こちらも波高の相関関係と同様に f_2 周波数帯で低い相関となっている。また、相関のピークは f_3 周波数帯 (10.7秒~14.2秒) であった。

(2) 汀線後退と地形形状との関係

汀線後退イベントは、有義波高、および f_1 , f_3 周波数帯より算出した沖波エネルギーフラックスにより85%以上の的中率で抽出が可能であることがわかった。ここで、各後退イベントの後退速度とイベント発生時の汀線位置の関係を図-8に示す。後退速度が -3.0 m/day よりも速い後退イベントに着目すると、すべてのイベントの汀線位置が $x = 20$ m よりも沖側に位置していた。さらに、このうち67%が前浜に形成される堆積性地形であるバームの侵食を伴う後退であった。ここで、図中四角印がバーム侵食を伴う汀線位置の後退である。

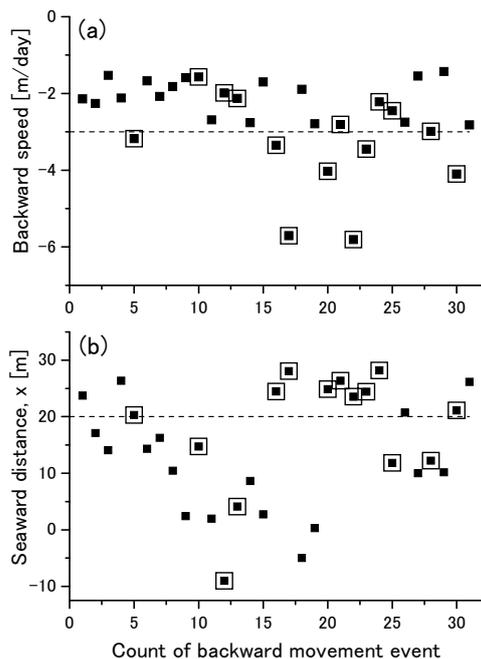


図-8 各後退イベントの汀線後退速度(a)と後退直前の汀線位置(b) (□はバームの侵食が伴ったケース)

次に、バームが最も発達した時の地形形状と、バームが侵食した後の地形形状の差(鉛直地形変化量)の最大値をバーム高と定義し、バーム高と汀線位置の後退速度との関係を検討したところ、バーム高が高くなるほど後

退速度が増す傾向が見られた ($R = 0.61$)。汀線後退時、バームの侵食が伴う場合の平均後退速度は -3.3 m/day であり、伴わない場合は -2.1 m/day であり、両者の速度には約1.6倍の差があることがわかった。これは、汀線位置変動を予測する際などには、バームといった汀線近傍(前浜)に形成される地形形状の影響を加味しなければならないことを示唆している。

以上より、本研究では以下のことが明らかとなった。汀線位置の停滞イベントと前進イベントの分離は困難であるけれども、後退イベントと停滞・前進イベントの分離については、有義波高のエネルギーフラックス、または、波浪スペクトル密度の高い周波数帯のエネルギーフラックスにより可能であることがわかった。また、後退イベントの後退速度と前浜形状(バームの有無)の検討により、汀線位置変動の予測には、汀線の岸冲方向位置に加えて地形形状も考慮する必要があることを示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

①鈴木崇之

汀線位置変化に及ぼす周波数別波浪の影響
土木学会年次学術講演会
2010年9月1日
北海道大学

②Takayuki Suzuki

Characteristics of medium-term shoreline change at Hasaki coast
International Workshop on Erosion and Its Adaptation (IWEA)
2009年10月20日
茨城大学

[その他]

ホームページ:

<http://www.cvg.ynu.ac.jp/G2/mem/suzuki/top.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 崇之 (SUZUKI TAKAYUKI)
横浜国立大学・工学研究院・准教授
研究者番号: 90397084

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者
()

研究者番号：