

波による海岸地形の変動特性

八戸工業大学工学部土木建築工学科 竹村 晴登・佐々木 幹夫, 釧路高専 加藤 雅也

1. はじめに

三沢漁港の防波堤が建設された後、海岸沿いの北向きの沿岸漂流は防波堤によって阻止された。その結果、汀線の顕著な前進が漁港の南海岸で生じた。そして、激しい海岸侵食が北側の海岸で引き起こされた。青森県は、海岸侵食を防止し、砂浜を維持する対策工法として、ヘッドランド工法を用いた。ヘッドランド工は三沢海岸に合計 13 基設置されており、設置間隔は 1km となっている。南から順番に B1HL、B2HL、B3HL…H13HL と呼ばれている。ここに、HL はヘッドランド工を意味している。侵食はヘッドランド工によって止まっているが海岸の地形変動は生じている。

八戸工業大学では三沢海岸において月に一回の割合で地形変動を調べている。地形変動は主に波によって生じていると考えられる。本研究では波によって海岸地形がどのように変動しているか調べてみることにした。

2. 研究方法

月に一回の汀線調査は 2000 年より続いており、本研究では 2014～2017 年の観測値を取り、これに対応する期間の波高データおよび周期をもとに地形変動と波の関係について調べる。本研究で用いる波浪データは国土交通省ナウファスから引用したものである。波浪データは、むつ小川原港のデータを選び、欠測の場合は八戸港の観測値より相関式により波高と周期を求めた。ただし、八戸港とむつ小川原港の両方が観測されていない場合には、前後の観測値より波高・周期を求めている。図 1 および 2 に、2014 年における波高と周期についての八戸港と小川原港の観測値を示した。2014 年は波高の傾きが 1.043 となっており、強い相関を示している。周期の傾きは 1.021 となっており、波高と同様に強い相関を示している。ここには図として記載していない 2015 年、2017 年は波高が 1.066 (2015 年) 1.0593 (2017 年) となり強い相関を示している。周期は 1.0205 (2015 年) 1.0144 (2017 年) となり強い相関を見せている。2016 年は八戸港の波浪データが大幅に欠測していたためむつ小川原港のデータのみを採用した。すなわち、むつ小川原港の 2016 年観測値には欠測が見られたが短い期間のため前後の観測値より推定して波高および周期を決めた。

3. 地形変動の指標

海岸の地形変動は汀線の前進後退で、代表されるものとする。汀線の前進後退はヘッドランドによって区切られた海岸の汀線の平均位置の差で表すものとする。ここに簡易汀線測量の誤

差は最大で2m程度であるが、平均することにより誤差が打ち消されており、平均汀線位置には誤差は生じていない。波向は構造物の背後や前面における地形変動には関係しているが、平均汀線はこのような波向の汀線の前進後退を打ち消しており、平均汀線には波向の影響は表れてこない。

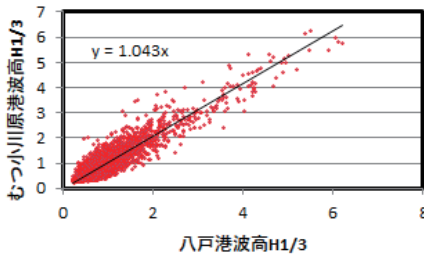


図1 2014年の波高相関図

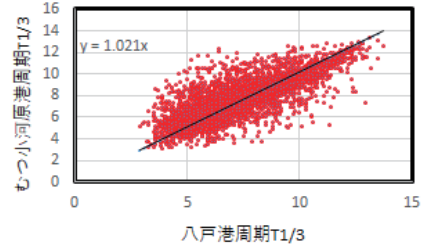


図2 2014年の周期相関図

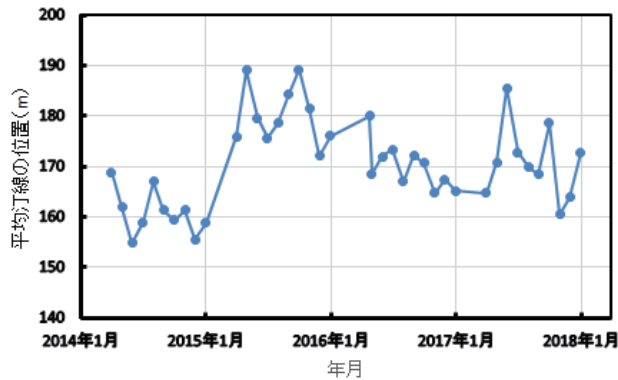


図3 ヘッドランドB4北側海岸(B4HL~B5HL)の平均汀線

4. 汀線の前進後退

図3は横軸に年月日、縦軸に平均汀線の位置を取ったものである。2014年から2017年の平均汀線位置を示している。本研究ではB4HL~B5HL海岸の汀線変動と波の関係について調べてみる。両者の関係が明確になった場合にはさらに他のヘッドランド海岸の地形変動を調べていくことにする。図3に示すように平均汀線は2014年には160m付近にあり、2015年は20m程度前進し180m付近にある。2016年は徐々に後退し170m付近にあり、2018年は前進と後退を繰り返しながら175m付近にある。2014年~2017年において、B4HL~B5HL海岸の汀線の前進後退は年ごとに違いがあり汀線の移動距離が短く汀線変動が緩やかな年と汀線の移動距離が長く汀線変動の激しい年がある。2015年~2016年がもっとも汀線の移動距離が長く、2014年~2015年と2016年~2017年は汀線の移動距離は短い。

5. 三沢海岸における波浪と地形変動の関係

5.1 一ヶ月間の平均波浪と地形変動の関係

汀線の測定は一ヶ月に一度行っており、測定間隔は原則一ヶ月となっているが波浪状況により予定していた日に観測不可能な場合もあるため測定は一ヶ月間隔とはなっていない。したがって一ヶ月の平均波浪は正確には一ヶ月となっていない場合が多い。しかし、ここでは汀線の測定が一ヶ月間隔を原則として行われているために、波浪の平均期間を一ヶ月と表現している。波高ならびに周期と地形変動(汀線の移動)について調べてみたのが図4である。ここでは、2014年の場合を示した。図中の▲印で表しているのが冬季積雪のため汀線の測量がなかった期間である(1月～4月)。●印が汀線の後退を表し、■印が前進を表している。波と地形変動の関係としてまず考えたのは、波高が高ければ汀線は後退していくと考えた。図4を見る限り一ヶ月単位では、波と地形変動の関係は見えてこなかった。例えば、6月(200day)から9月(300day)の間を見てみると、波高が高くても前進している場合と、波高が高い日に後退している場合がある。そのほか2015年から2017年までも同様に波高が高い場合に侵食だけが起きていることはなかった。ただ、測定日に近い日の波高は地形変動に関係がありそうに感じられた。実際に測定日直近日の波高と地形変化は、一ヶ月間単位で比較した場合よりも、波高の大きさと前進後退の関係が合致することが多くなった(図示省略)。図5に周期と汀線の前進後退の関係を示した。図4と同様に汀線の前進は■印、後退は●印で示している。図5より周期の大小と汀線の前進後退の関係は明確には表れていない。

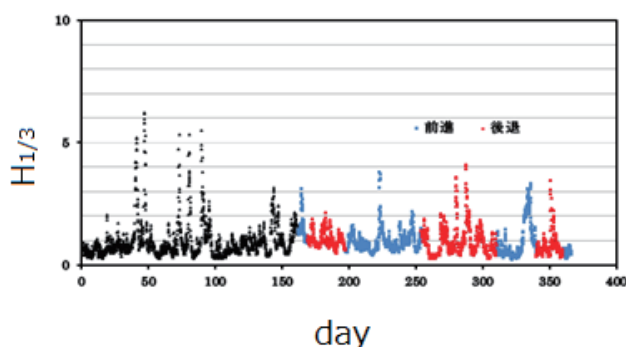


図4 2014年波高と汀線の前進後退

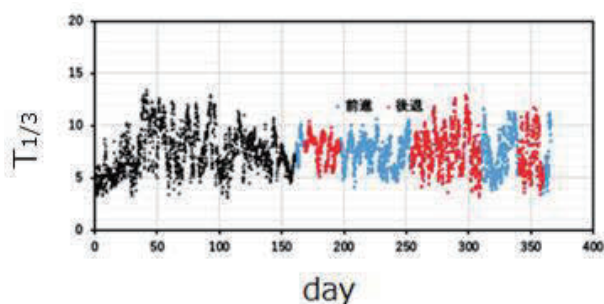


図5 2014年周期と汀線の前進後退

5.2 波形勾配と汀線の前進後退

海岸の地形は、波と流れで変化している。本研究では、波による地形変化に着目してみる。沖波長=L0、波高をH_{1/3}とすると、H_{1/3}/L0で示される波形勾配を用いてみる。地形関数φ =

$$\left(\tan\beta \right)^{-0.27} \left(\frac{d}{L_0} \right)^{0.67}$$

を横軸にとり、波形勾配を縦軸に取り関係を見てみる。ここに、汀線の前進後退は、■印を後退、●印を前進として表すことで、波浪と汀線の前進後退の関係を示していることになる。2014～2017年の波浪は汀線測定日前一ヶ月、前二週間、前一週間の平均3種類である。図6は一ヶ月間平均の波と地形変動、すなわち前進後退を2014年～2017年のすべての地形変化より取り出し平均波浪との関係を示したものである。図6に示すように、前進と後退が不規則に並んでおり、一ヶ月間では前進と後退を分ける境界線は見つからなかった。

一ヶ月間の平均波浪による地形変動との関係が見えないことから、測定日に近いほど波の地形変動に与える影響は大きいのではないかと考えた。図7および8に2017年の地形変動と平均波浪の関係を示した。図7および図8では傾向が強くていた2017年の地形変動データを用いている。図8では測定日前一週間平均波浪を用いた。図7では波形勾配が大きいほど、後退傾向にはあるが前進と後退を分けるにはいたらなかった。図8に汀線測定日の前一週間平均波浪と地形変動の関係が示されている。図8では後退と前進が分かれており、明確な分かれ目とまではいかないが、前進と後退を分けることができる。しかし、2014年から2017年のすべての一週間前、二週間前のデータと汀線の前進後退を比較したが、傾向は出ているが汀線の前進と後退を明確に分けるには無理があるようである。

図9は測定日前二週間平均波浪、図10は測定日前一週間平均波浪と汀線移動が5m以上の前進後退の関係を図に示したものである。ここでは、分かりやすい結果を得るため2017年だけを示している。5m以上の汀線移動を採用しているため、データ数は少ないが2017年の前二週間平均波浪では、波形勾配が高くなると、後退傾向にある。しかし、図10に示すように2017年の前一週間平均波浪を見てみると前進後退の境界線がはっきりと引くことができる。5m以上で分けていない場合と比べても波形勾配が大きくなるほど後退しており、波形勾配が小さいほど前進している。前進後退の境界線から傾きを21.1とすることができる。他の年の5m以上の地形変動においても一週間前、二週間前両方とも傾向は強くなっている。しかし、2017年の5m以上一週間前の図ほど関係が明確ではなく、傾向としては強く出ているが、境界線が引けるほどではない（図示省略）。

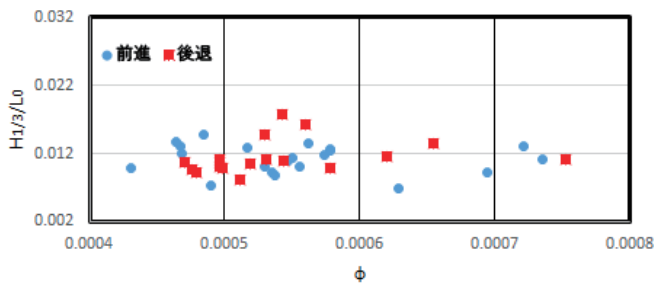


図6 平均(一ヶ月間) 波浪と汀線の前進後退

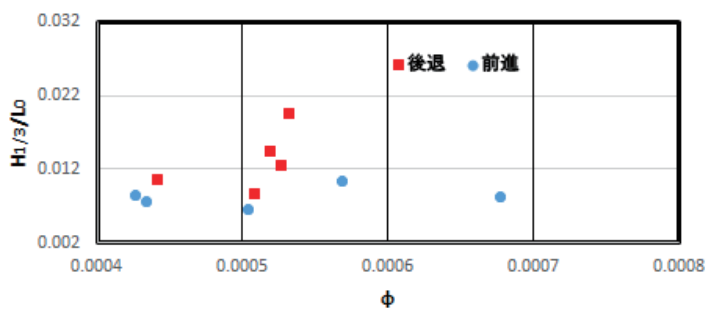


図7 2017年測定前14日間平均波浪と汀線の前進後退

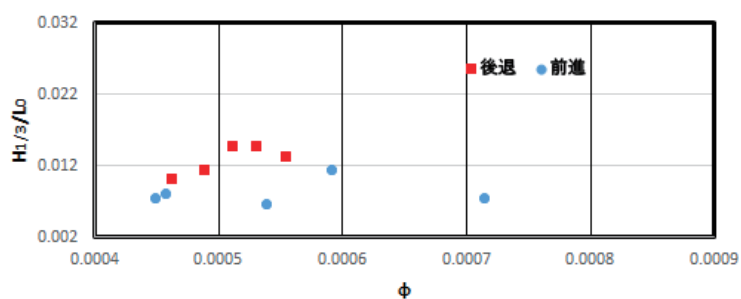


図8 2017年測定前7日間平均波浪と汀線の前進後退

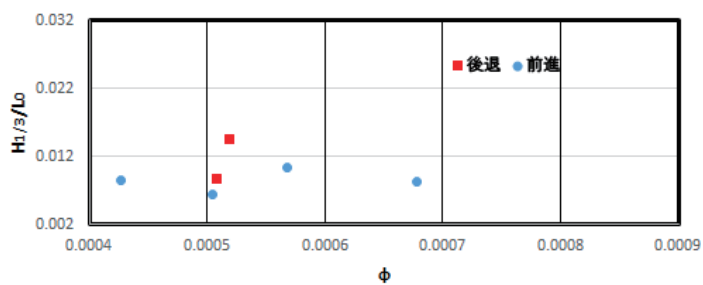


図9 2017年測定前14日間平均波浪と汀線の前進後退 (5m以上の移動距離のある場合)

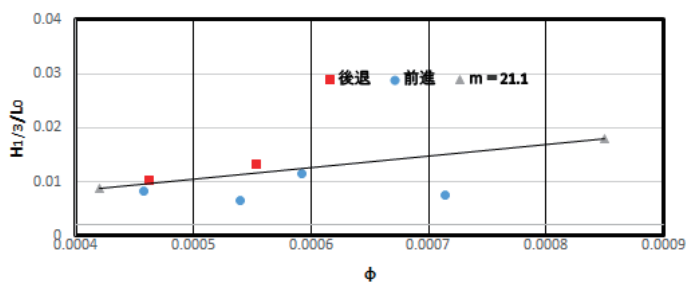


図10 2017年測定前7日間平均波浪と汀線の前進後退 (5m以上の移動距離のある場合)

前述のように図 10 から 2017 年の波浪と地形変動は次のように汀線の前進と後退の境界が表される。

$$H_{1/3}/L_0 = 21.1\phi_1 \quad \phi = (\tan \beta)^{-0.27} (d/L_0)^{0.67} \quad (1)$$

したがって、汀線の前進と後退は次式となる。

$$\text{汀線の前進} \quad H_{1/3}/L_0 < 21.1\phi \quad \phi = (\tan \beta)^{-0.27} (d/L_0)^{0.67} \quad (2)$$

$$\text{汀線の後退} \quad H_{1/3}/L_0 > 21.1\phi \quad (3)$$

式(2)および(3)より $H_{1/3}/L_0 > 21.1\phi$ の波の海岸への入射は後退、 $H_{1/3}/L_0 < 21.1\phi$ の波が海岸へ入射したときは前進となる。

6. 結論

本研究により以下のことが明らかになった。

- (1) 一ヶ月ごとの汀線位置の変動と波高の大きさ、並びに周期の長さとの関係は明確には見いだせない。
- (2) 汀線測定日の前一ヶ月間平均の波浪と汀線の前進後退との関係は明確には見いだせない。
- (3) 2017 年における汀線測定日前二週間の平均波浪と汀線の前進後退との関係は波形勾配が大きくなるほど後退の傾向が見えたが明確に前進後退を分けられるものではなかった。
- (4) 2017 年における汀線測定日前一週間平均の波浪と汀線の前進後退(5m以上の移動距離がある場合)との関係では汀線の前進後退の境界線を引くことができる。
- (5) 2017 年以外の年における 5 m 以上の場合の地形変動と波との関係は、2017 年と傾向は一致しており、波形勾配が大きくなるほど後退の傾向となる。
- (6) 汀線の前進後退を表す境界線の傾きは 21.1 であり、前進は $H_{1/3}/L_0 < 21.1\phi$ の波の入射時に発生し、後退は $H_{1/3}/L_0 > 21.1\phi$ の波の入射時に発生する。

参考文献

- 1) 葛西美琴・久保田桃加・佐々木幹夫：三沢海岸 2018 年地形変動特性、東北地域災害科学研究 vol.55,2019,pp.115-120.
- 2) 葛西美琴・久保田桃加・佐々木幹夫：三沢海岸の長期的な汀線変化の特徴、東北地域災害科学研究 vol.552019,pp109-114
- 3) 服部邦彦・佐々木幹夫：三沢海岸地形変動に関する研究-地形変動と波浪の関係-、土木学会東北支部技術研究発表会II-81,2010