

日本および北アメリカ大陸に分布する多段砂州の空襲写真による波長解析

金沢工業大学 正会員 ○有田 守

1. はじめに

多段砂州の形成、移動、消失に関して報告しているが不明な点が多く要因が解明されていない。形成に関しては Bowen(1984)の長周期重複波による説が有力であるが、Dally(1987)の二成分合成波を用いた室内実験では長周期重複波が砂州形成に及ぼす影響が小さいことが指摘されている。また、Roelvink(1993)の数値計算では、長周期波は砂州を減衰させながら沖向きに移動するというを示唆しており、長周期重複波によって形成されることに否定的な研究がある。これ以外の形成要因に着目した研究として、砕波位置の異なる波浪の組合せによる説で、田中(1994)の堆積型波浪を用いた実験と伊豆ら(2018)の侵食型波浪を用いた実験が報告されている。しかし、実験で再現された多段砂州は平均水位の影響の問題、模型縮尺の点から実現象の説明には不十分である。また、多段砂州は形成、移動、消失の一連のサイクルを数十年程度で繰り返す NOM(Net Offshore Migration)と言われる現象が報告されている。由比ら(2013)は Ruessink ら(1994), Shand ら(1999)が調査した多段砂州特性の存在期間、再現周期、移動速度と海浜勾配を整理した結果、石川海岸の海浜勾配が 1/140、存在期間と再現周期が 22.50 - 10.50 yr となっていることから海浜勾配が緩やかだと存在期間や再現周期が長くなる傾向を指摘している。しかし、この研究では 4 か国で 10 箇所程度の海岸を対象にしており砂州移動特性のパラメータを調査した研究は多く報告されているが、多段砂州の段数と波長を計測した研究が少ないという問題が挙げられる。

本研究では、空中写真を用いて世界各地の砂浜海岸で形成されている多段砂州の段数と汀線から各砂州の頂部までの距離の形状特性の調査を行うことを最終目標にして、本報では日本と北米大陸を対象に Bowen(1984)の長周期重複波理論の腹の位置と砂州の頂部の位置との関係性を検討し、長周期重複波による多段砂州形成の可能性について考察することを目的とする。

2. 研究の方法

砂州の種類は大きく分けて 3 つに分類される。1 つ目の Non-rhythmic Parallel は汀線と平行に真っ直ぐに形成されたものである。2 つ目の Single-crescentic は砂州が大きく発達し、リズムカルな動きをしたものが 1 段で形成されたもので、3 つ目の Double-crescentic は Single-crescentic が 2 段で形成されたものである。crescentic はリズムカルな形状で計測した場所によって距離の差が大きく異なり砂州の頂部までの距離の定義が難しいため、本研究で対象とする多段砂州の形状は、Non-rhythmic Parallel とする。

計測方法は Google Earth を用いて対象地点の砂浜海岸で形成されている多段砂州の汀線から各砂州の頂部までの距離を測定した。空中写真において砂州の頂部の判定は周辺の画像に比べて輝度が高くなっている箇所を目視で判別した。可能であれば輝度値の分布特性から判別を行った方が良いが Google Earth の距離測定の機能を使用して簡便に精度良く距離を測定したかったので目視による判別を起こった。多段砂州の形成要因と考えられる長周期重複波との比較は長周期重複波の腹の位置と計測した砂州の頂部との位置が±5%以内の距離になる周期を解析するために、周期と汀線を変化させながら誤差の範囲に収まる周期と汀線位置を解析した。長周期重複波理論の式(1)は以下の通りである。

$$\eta(x, t) = a(x) J_0 \left(2\sigma \sqrt{x/g \tan \beta} \right) \cos \sigma t \quad (1)$$

$\eta(x, t)$ は水位変動、 $a(x)$ は係数、 J_0 は第一種 Bessel 関数、 σ は角周波数、 x は岸沖方向距離、 g は重力加速度、 $\tan \beta$ は海浜勾配、 t は時間を示している。解析する際の条件として、google-earth の空中写真からは海浜勾配が不明であったため、大まかな既往研究の調査から世界各地の砂浜海岸で形成されている多段砂州の海浜勾配は 1/100 前後～1/200 のものが多かったため 1/150 とした。

3. 結果および考察

多段砂州の段数と対象地域における分布の結果を Fig. 1 に示す。Fig. 1 より、日本の 14 箇所と北アメリカ大陸の 124 箇所合計、138 箇所が多段砂州が確認できた。日本において砂州は段数が 2~3 段で形成されており、東日本側では 3 段のものが確認できたが、西日本側では 3 段のものが確認できなかった。日本海側は 13 箇所と多く確認できたが、太平洋側では静岡県浜野海岸の 1 箇所ではしか確認できなかった。計測した距離をみると、最も大きな多段砂州は秋田県下浜海岸の 465 m であり、最も小さいものは福岡県新宮海岸の 140 m であった。

北アメリカ大陸において砂州は段数が 2~5 段で形成されており西海岸では 3 段以上のものが 29 箇所の内の 17 箇所と多く確認できたが、東海岸では 2 段のものが 95 箇所の内 72 箇所と多く確認できた。形成場所は西海岸と東海岸のどちらもアメリカで多く確認されており西海岸が 29 箇所の内の 16 箇所、東海岸が 95 箇所の内の 45 箇所と形成されていた。汀線から最も沖側で形成されている砂州の頂部の距離をみると西海岸のアメリカは 16 箇所の内 9 箇所の 56% が 500 m を超えているのに対し、他の地域と比較するとアメリカを除いた西海岸では 13 箇所の内の 1 箇所の 8%、東海岸では 95 箇所の内 3 箇所の 3% であることから、アメリカの西海岸は汀線から最も沖側で形成されている砂州の頂部までの距離が長く形成されている傾向があるということが分かった。本研究では多段砂州の形成に関して、既往の研究で報告されている波崎海岸と九十九里浜と Duck 海岸では、多段砂州の形成が確認できなかったことから、いくつかの海岸において多段砂州の形成実績があっても未確認である場合がある。

砂州の各段数と 2 段目の距離の比率から長期重複波の腹の位置と砂州の頂部の位置との関係性を検討した結果、1 段目と 2 段目の距離の比率は 0.3 前後で形成されており、3 段目と 2 段目の距離の比率は誤差の範囲に収まったものでは 2.0 前後の比率で形成されていることが確認できた。周期は距離の比率から関係性は確認できなかったが、Fig. 4 の汀線からの距離と周期の関係から汀線からの距離が長くなるにしたがって周期が大きくなっていることが分かった。

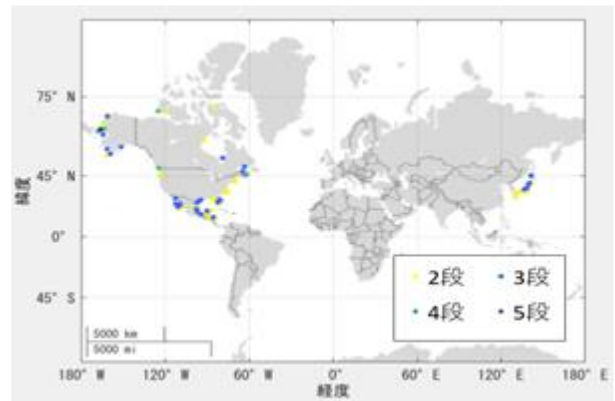


Fig. 1 対象地域における多段砂州の分布

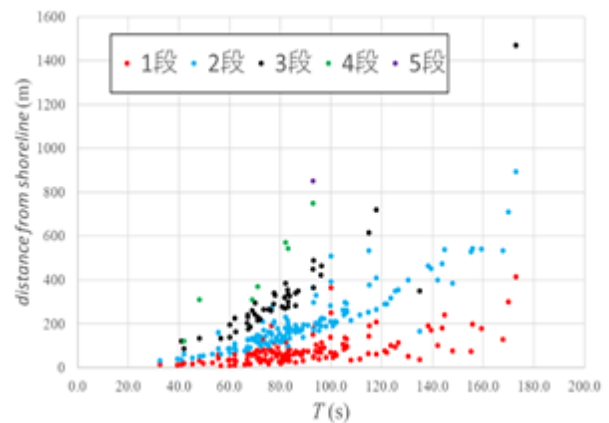


Fig. 2 長周期重複波の腹と砂州頂部の対応

4. まとめ

本研究により多段砂州の 1 段目と 2 段目の距離の比率は 0.2 前後で 3 段目と 2 段目は 2.0 前後とほぼ一定の比率で形成されており研究で対象とした砂州全体の 82.5% で確認できた。長周期重複波の周期解析において周期は 70s~80s の波の腹の位置と砂州頂部が一致するケースが多いことが確認できた。以上より、多段砂州の形成に長周期重複波が寄与している可能性が高いと考えられる。

<謝辞>

本研究を実施するにあたり、研究当時、金沢工業大学環境土木工学科 4 年の岡田大河君にはデータの収集と波浪解析に尽力していただきました。ここに謝意を表します。

<参考文献>

[1] 由比政年・松山正之(2013):千里浜海岸周辺における砂州の周期移動特性とその沿岸方向変化,土木学会論文集 B2(海岸工学),Vol.69,No.2, pp.I_656-I_658