

## 世界各地に存在する多段砂州の衛星写真解析による距離と長周期波との関連

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, 消失に関しては様々な研究が報告されているが, どの特性に関しても明確な解明がなされていない. 特に形成過程に関しては Bowen(1984)の長周期反射定常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反射定常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, 長周期反射定常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, 長周期反射定常波によって形成されることに否定的な研究がある. しかし, 加藤(1984)は, Bowen(1984)の長周期反射定常波に関して再度考察を行い, 多段砂州が形成される際には浮遊砂が卓越する可能性を示し, その浮遊砂が長周期反射定常波による流速とドリフト流速によって長周期反射定常波の腹の位置に集まることを指摘した.

由比ら(2013)は多段砂州の形成, 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)と言われる現象に関して, 世界各地で形成される多段砂州に関して, 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, 特定の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, 異なる複数の多段砂州の段数と波長などをとりまとめた研究は少ない.

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, 南米大陸を対象に Bowen(1984)の長周期反射定常波の腹の位置と砂州の頂部の位置との関係性を検討し, 長周期反射定常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

多段砂州は Non-rhythmic Parallel, Single-crescentic, Double-crescentic の 3 形態に分類されるが, 本研究では, 比較的砂州頂部位置が定義しやすい, Non-rhythmic Parallel を対象として研究を行った.

多段砂州の存在は Google Earth を用いて砂浜海岸で形成されている多段砂州を目視で確認し, 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 Google Earth の画像から砂州頂部の輝度値が高くなっている特性から, 取得した RGB 画像を Gray 画像に変換し, 多段砂州が形成されている海岸の岸沖側線上の Gray 画像の輝度値に移動平均処理を行い, ピーク値を検出し砂州の頂部とした. 移動平均のウインドウの大きさやピーク検出の範囲などは目視によって判別した砂州画像の頂部付近となるように調整した. この画像解析による砂州頂部の解析は目視判別による砂州頂部位置の曖昧さを排除して, 様々な砂州画像から頂部位置を統一的に決定している.

画像解析によって推定した汀線から各砂州の頂部までの距離は, 多段砂州の形成要因と考えられる長周期反射定常波の腹の位置との比較を行い, 式(1)で算定される長周期反射定常波の腹の位置に近い波の周期を解析した. 解析は波の周期と海浜勾配を変化させながら式(1)の波の腹の位置と画像解析から得られた砂州頂部の位置が最も近くなる波の周期を推定した.

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

$\eta(x, t)$ は水位変動,  $a(x)$ は係数,  $J_0$ は第一種 Bessel 関数,  $\sigma$ 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, 既往研究の調査から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

Google earth から目視によって確認した多段砂州画像から砂州頂部の解析はFig. 1に示す通り, Google earth 画像上に汀線と直角になる赤線で示す岸沖側線を定義して, その測線上の輝度値をRGBからGrayに変換した. Grayの輝度値分布は下段の図の青色のラインに示す通り多くのノイズを含んでおり輝度値が周辺より高い, 砂州頂部を解析することは難しいので移動平均により赤色のラインのように平滑化した. 平滑化したデータに対して周辺の輝度値より値の大きい地点を頂部として解析した. 移動平均のウィンドウや頂部を解析する際の範囲は取り扱う画像によって調整を行っている.

解析した画像の測線上の砂州頂部の位置は画素当たりの距離を乗じて実際の距離に変換し, 解析した汀線位置からの距離として各多段砂州地点に対して算出を行った. 汀線から砂州頂部までの距離がどのような周期の長周期反射定常波によって

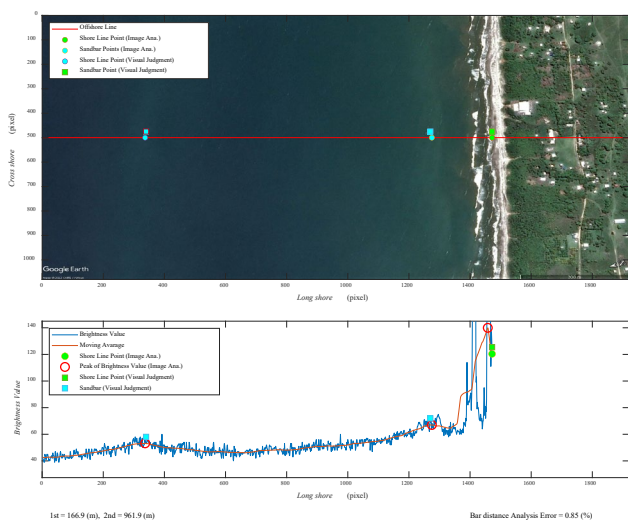


Fig. 1 多段砂州頂部の画像解析 (Google Earth: Data, Image©2023 Maxar Technologies, 一部改変)

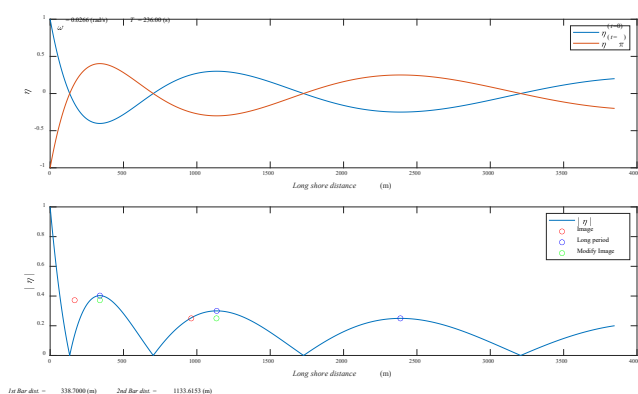


Fig. 2 砂州頂部位置と反射定常波の腹の位置の解析

形成されたかは, Fig. 2 に示すように, 海浜勾配  $\tan\beta = 150$  として長周期反射定常波の周期を 10-300s の範囲で長周期反射定常波の波形の腹の位置を解析して 1 段目のから 2 段目までの砂州頂部の距離が 1 段目と 3 段目の長周期反射定常波の腹の位置と最も一致するものをその砂州を形成した長周期反射定常波の周期として解析を行った.

画像解析から得られた多段砂州の頂部の距離と Bowen の長周期反射定常波の周期を比較した結果を Fig. 3 に示す. Fig. 3 より 1 段目と 2 段目の砂州頂部と長周期反射定常波の周期には指数関数的な関係が見られる. また 3, 4 と段数が増加すると周期との相関を判断するのは難しくなるが 3 段の砂州に関しては周期の増加に対して砂州の距離も増加するという特性を示している.

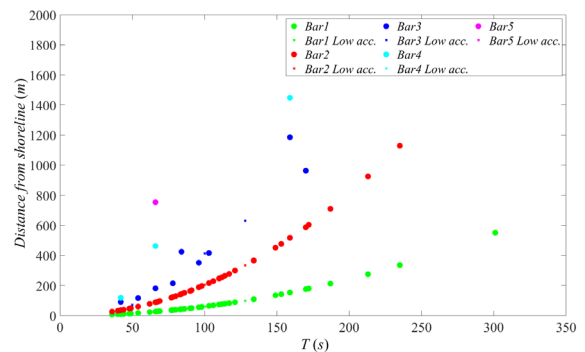


Fig. 3 長周期反射定常波の周期と砂州距離の関係

### 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約 80% で確認出来た. 輝度値による砂州頂部位置の検出の画像解析は目視による画像判別に対して約 10% 精度が高い解析が行えることが確認出来た. 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, 津田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