

ベトナム中部ニャチャン・バラン（Ba Lang）海岸の侵食機構*

東北大学大学院工学研究科 田中 仁
 東北大学大学院工学研究科 Nguyen Xuan Tinh
 Thuy Loi University Nguyen Trung Viet
 東北学院大学工学部 三戸部佑太
 東北大学大学院工学研究科 Nguyen Thai Binh

1. はじめに

近年、ベトナムにおいては各地で深刻な海岸侵食が見られる。著者らによって調査研究がなされているクアダイ（Cua Dai）海岸¹、ニャチャン（Nha Trang）海岸²、ダラン（Da Rang）河口部³、クアロー（Cua Lo）河口部⁴などである。これらはいずれも河口部に位置している砂浜であることから、河川流域での人工的な改変が侵食に関連していることが示唆される。一方、本研究で対象とするバラン（Ba Lang）海岸には流入河川が存在せず、上記海岸と異なる状況にある。そこで、本研究においては、まず現地踏査を実施して現地の状況を把握し、その後、衛星画像解析により同海岸における近年の海浜変形を明らかにするとともに、波浪特性の検討により近年の侵食現象の機構に関する検討を行った。

2. バラン海岸の概要と研究手法

本研究の対象であるバラン海岸の概要を図-1に示す。同海岸は、観光地として有名なニャチャン海岸の北側に位置しており、全長はほぼ2.4kmである。海岸の南側950mの沖には珊瑚礁が存在している（図-2(a)）。低潮時にはそれが露出し、観光客が水辺に集う様子が見られる。一方、これより北側の区間にリーフは存在しない。この地域には海沿いに道路が建設されており、その前面には砂が見られない。このため、北東モンスーン期には護岸を越える越波が生じるなどの問題が生じている。

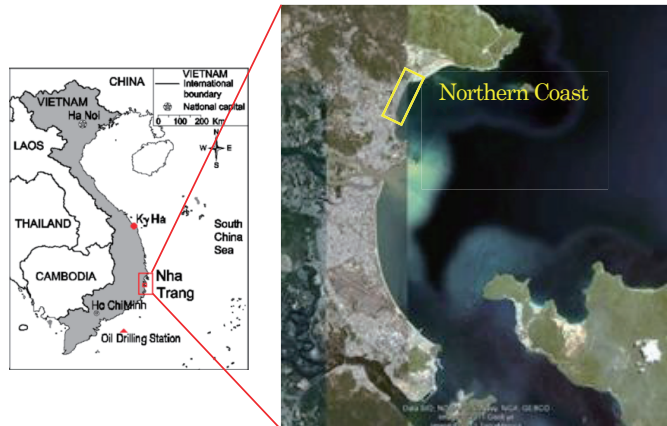


図-1 バラン海岸の概要

* Erosion mechanism of Ba Lang Beach located in Nha Trang, Central Vietnam, Hitoshi Tanaka, Nguyen Xuan Tinh, Nguyen Trung Viet, Yuta Mitobe and Nguyen Thai Binh

そこで、まず2015年6月に現地調査を実施した。また、2016年12月にはUAVを用いて現地砂浜の撮影を行った。さらに長期的な海浜の変化を把握するためにGoogle Earth画像を分析することにより、バラン海岸において砂浜が消失した機構について検討を行った。

3. 現地調査結果

2015年6月に撮影された**図-2(a)**のバラン海岸南部には砂浜が存在している。海浜前面の海底には珊瑚礁が確認され、その消波効果により安定した砂浜が形成されている。一方、砂浜南端から約950m付近をUAVにより撮影した**図-2(b)**では、その北側で砂浜が途切れて、それ以降では護岸が露出している。このように、砂浜の南北で大きく状況が異なっており、その変化の経緯を調べるために過去の衛星画像の分析を実施した。



図-2 バラン海岸の砂浜

4. Google Earth 画像の解析結果

図-3には幾何補正を行った後のGoogle Earth画像を示している。ここで、最下段に示すように (x,y) 座標を定義しており、沿岸方向に x 軸を取っている。もっとも古い2002年4月の画像によれば、弓型に反った砂浜が見られる(**図-3(a)**)。その後、**図-3(b)**の2003年8月には海岸に沿った道路が竣工しており、その前面に砂浜は見られない。さらに、**図-3(c)**の2014年7月においては海岸左端において砂浜の拡大がみられるが、それ以外では**図-3(b)**とほぼ同様な状況で安定している。

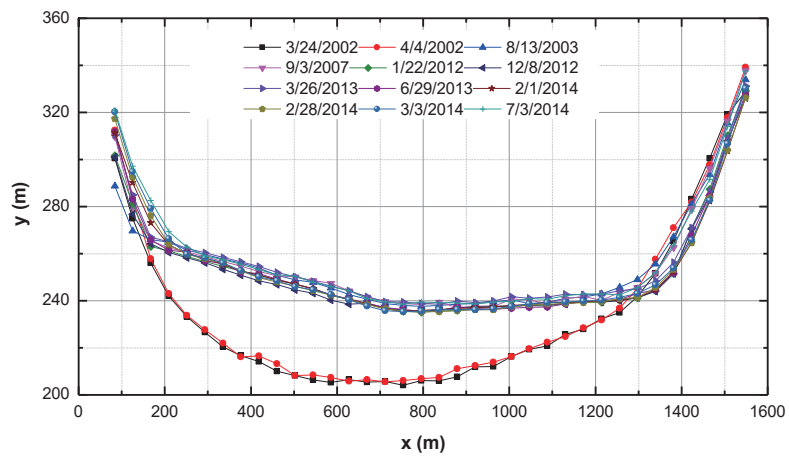
図-4はこれらのGoogle Earth画像から得られる水際線を重ね合わせたものである。道路建設前の2002年以前とそれ以降で大きく異なっていることが明らかである。道路部の前面には砂浜が存在しないため、この地域の水際線は安定している。また、興味深い点は、砂浜の左右両端部($x \leq 200\text{m}$, および $x \geq 1300\text{m}$)において、道路建設後の海岸線が建設前のそれに比べてほぼ平行である点である。

図-5は相隣る2つの年の間での海岸線の変化量 Δy を示している。道路建設時に水際線が最大で約40m前進しているが、それ以外の期間では大きな変動は見られない。ただし、前述のように海浜端部における汀線の前進が見られる。

以上より、道路建設後の砂が存在する個所においては波の入射方向に直交する平衡状態の汀線が形成されていることが推測され、さらに道路建設前の海浜形状は平均的な波の入射に対する平衡状態にあったものと考えられる。そこで、以下では道路建設前後の水際線の角度に関する定量的な検討を行う。



図一三 バラン海岸の汀線変化 (Google Earth)



図一四 Google Earth から得られる汀線の重ね合わせ図

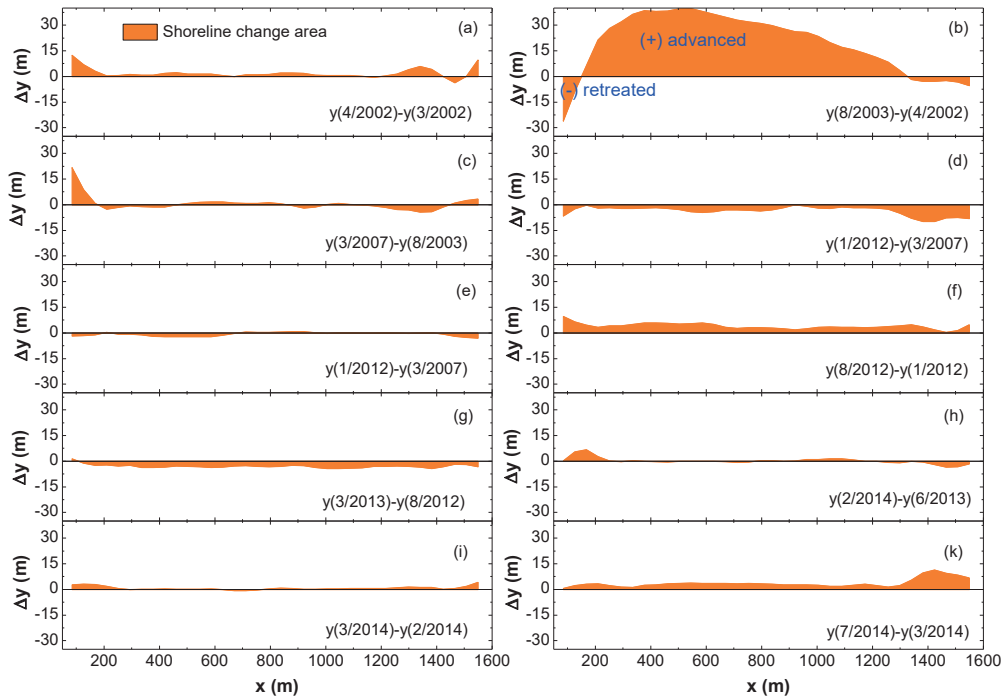


図-5 バラン海岸の汀線変化量

5. バラン海岸の侵食機構に関する考察

図-6は、道路建設前後の水際線に対する平均的な波の入射方向との関連を模式的に示したものである。道路建設前に海岸線が安定していたことから、波向き線に対して当時の海岸線は直交関係にあった。その後、道路の建設により新たな水際線が形成され、それに対して波は斜め入射することとなる。図のように汀線の傾き

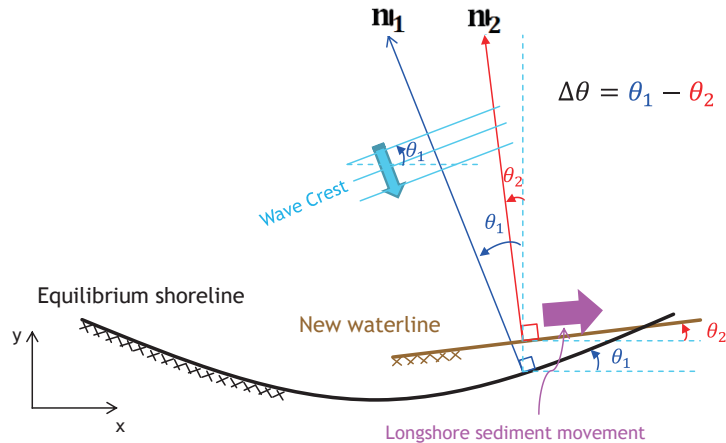


図-6 汀線の傾き θ_1 、 θ_2 の定義

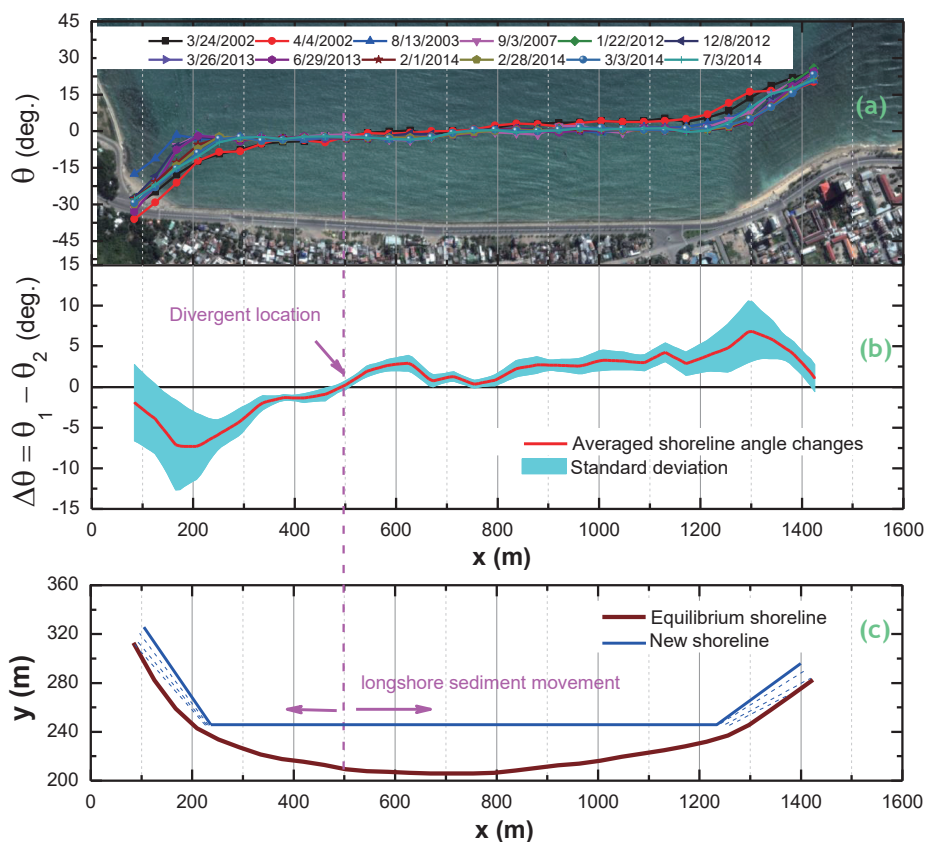


図-7 汀線の傾きとそれに伴う漂砂移動

θ_1 , θ_2 を定義すれば、道路建設後の水際線に対する波の入射角は $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ となる。ただし、 $\Delta\theta$ の正値は、 x 軸正方向への沿岸漂砂移動を生じさせる波向きに対応する。

図-6 で定義された角度 θ を各衛星画像から求めた結果を図-7(a) に示している。端部では汀線の傾きが大きいため標準偏差も大きくなるが、それを加味しても全体的な傾向に大きな変化は無い。道路建設前は弓型に湾曲した形状に対応し、海浜の中心付近で角度の符号が変化する。一方、道路建設後は水際線が直線的に固定されたため、大きな変化は見られない。

図-7(b) の $\Delta\theta$ は $x=500$ m 付近でゼロとなり、その前後で符号が変化する。また、 $\Delta\theta$ は両端部でほぼゼロに近づいている。これは、図-3(c) に見られるように、道路建設後も端部には砂浜が存在し、波の入射角に直行する汀線が形成されているからである。

以上より、現況の道路に平行に一定幅の養浜を行ったとしても、 $x=500$ m 付近の“divergent location” をはさんで砂が左右に移動してしまうことが明らかである (図-7(c))。図-4 に示された道路建設前の汀線形状を沖に平行移動させた形状の養浜を行うことにより、安定した海浜を維持することが出来る (図-8)。

なお、ベトナムにおいては波浪データが蓄積されていない場合が多い。このような場においては、本報告に示した平衡海浜の議論が有効である。



図-8 養浜による形成される汀線形状

6. おわりに

本論文においてはベトナム中部のバラン海岸における道路建設後の砂浜消失の機構について検討を行った。現地において波浪データが十分ではないが、汀線の平衡形状に関する議論により波浪情報の不足を補うことが出来た。今後、養浜工法についてより詳細な検討を行う予定である。

謝辞：本研究を行うに際して、"Investigate morphodynamical processes and propose applied solutions to recreate and upgrade the Nha Trang coast, Khanh Hoa province in the context of climate change"（代表：Thuy Loi 大学 Nguyen Trung Viet 准教授）の補助を受けた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 田中 仁・Nguyen Trung Viet・Vo Cong Hoang・Duy Dinh Van: 中部ベトナム・クアダイ海岸における近年の大規模侵食, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 71(2), pp.I_449-I_454, 2015.
- 2) 三戸部佑太・Tran Minh Thanh・Vo Cong Hoang・Nguyen Trung Viet・田中 仁: ビデオモニタリングによるベトナム・ニャチャン海岸における地形変化解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 71(2), pp.I_413-I_418, 2015.
- 3) Nguyen Trong Hiep・田中 仁・三戸部佑太・Vo Cong Hoang・Tran Minh Thanh・Nguyen Trung Viet: ベトナム・ダラン河口の偏奇と周辺海岸侵食との関連, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.72, No.2, pp.I_1663-I_1668, 2016.
- 4) 田中 仁, Dinh Van Duy, 三戸部佑太, Nguyen Quang Duc Anh, Nguyen Trung Viet, Nguyen Ngoc The: ベトナム中部クアロー河口における砂嘴の延伸と土砂収支, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.74, No.1, 2018. (印刷中)