ベトナム中部クアダイ海岸での汀線変化に関する解析的検討

東北大学工学部建築社会環境工学科　学生会員　○長谷川　卓行
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻　学生会員　Dinh Van DUY
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻　フェロー会員　田中　仁
Thuyloi University　非会員　Nguyen Trung Viet

１．はじめに

ベトナム中部に位置する Thu Bon（ツーボン）川河口部左岸の Cua Dai（クアダイ）海岸においては近年深刻な海岸侵食が確認され，ここ 10 年の間に 160m もの海岸線の後退が見られている。それと共に同国屈指のリゾートビーチであるクアダイ海岸は，近年ホテル前面の海水浴場が失われるなど，周辺のビーチリゾートを中心とする観光産業に大きなダメージが発生している。一方で，河口右岸には全く侵食が見られない。田中ら（2016）はこのような侵食特性の左右岸での非対称性を河口前面テラスの非対称性によるものだと指摘している。また，クアダイ河口周辺の汀線は海岸に突出した典型的なデルタ地形を有している。そこで，デルタ形状に関するワンラインモデルでのモデル定数が求められた（Duy ら，2016）。本研究では，Landsat から得られた衛星写真と比較して，ワンラインモデルによるクアダイ海岸の汀線変化の再現を試みる。

２．研究対象地域の概要

今回の研究対象領域であるクアダイ海岸を図-1 に示す．クアダイ海岸はベトナム Quang Nam（クアンナム）省の Hoi An（ホイアン）市に位置し，ツーボン川が流入する海域に位置している。ツーボン川の幹川流路延長は約 204km であり，河口から約 33km で連結されているヴーザー川も合わせた流域面積は 10,350km2 である。河口から約 30km 地点のザオトゥイにおける年平均流量は 327m3/s である。本研究の対象地域は，特に海岸線の後退が顕著であるクアダイ海岸河口から左岸方向へ 7500m までの区間である．

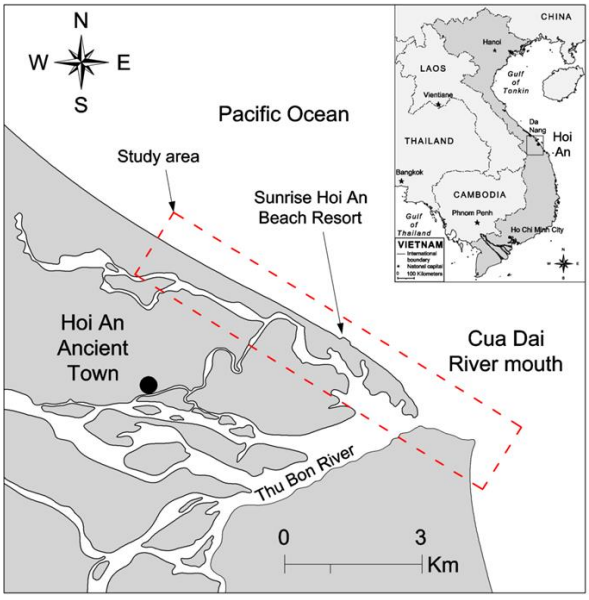

図-1　研究対象地域

３．研究方法

以下の式(1)のワンラインモデルの解析解（Larson et al., 1987）を用いる。

$$y(x,t) = \frac{q_0}{D}\sqrt{\frac{t}{\pi\varepsilon}}e^{-x^2/(4\varepsilon t)} - \frac{q_0}{D}\frac{|x|}{2\varepsilon}erfc\left[\frac{|x|}{2\sqrt{\varepsilon t}}\right] \qquad (1)$$

ここで，y:汀線位置，x:河口部に原点を有する水平座標，t:デルタ形成期間，q_0:単位時間当たりの河口からの排出土砂量，$D = D_C + D_B$（D_C：移動限界水深，D_B：バーム高さ），ε:拡散係数，$erfc$:余誤差関数である。

さてここで，q_0が経時変化を示すものと仮定する。すなわち，ある時刻t_1において供給土砂量q_0についてRq_0の低減があるとすれば，基礎式が線形であることから解は式(2)となることが分かる。

キーワード　クアダイ海岸，海岸侵食，衛星画像，河川からの供給土砂量，ベトナム
連絡先　〒980-8579　仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06　環境水理学研究室　Tel 022-795-7453

$$y(x,t)=\frac{q_0}{D}\sqrt{\frac{t}{\pi\varepsilon}}e^{-x^2/4\varepsilon t}-\frac{q_0}{D}\frac{|x|}{2\varepsilon}erfc\frac{|x|}{2\sqrt{\varepsilon t}}-\mathrm{R}\left(\frac{q_0}{D}\sqrt{\frac{t-t_1}{\pi\varepsilon}}e^{-x^2/4\varepsilon(t-t_1)}-\frac{q_0}{D}\frac{|x|}{2\varepsilon}erfc\frac{|x|}{2\sqrt{\varepsilon(t-t_1)}}\right) \quad (2)$$

拡散係数εやツーボン川からの左岸への供給土砂量は明らかになっておらず，εと R の値を変え 1990 年以降の汀線変動における実測値と理論値の比較を行う。

実測データとしては Landsat から得られる汀線資料を用いた。幾何補正を行った後に，画像処理により水際線を抽出した。

４．主な解析結果

紙面の都合上すべての結果を乗せることはできないので以下にε =140m²/s，180m²/s のとき 2010 年と 1990 年の汀線変化における実測値とそれぞれの R の時の理論値の比較を示す.

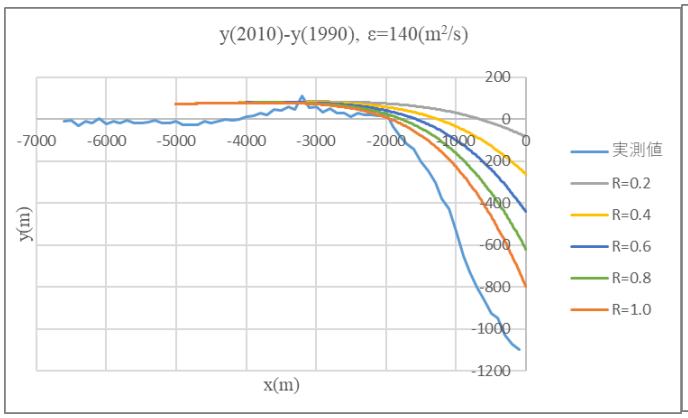

図-2　2010 年と 1990 年の汀線変化の理論値と実測値の比較（ε = 140m²/s）

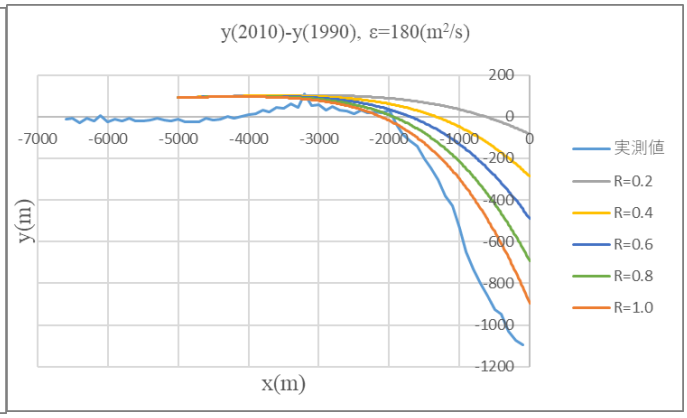

図-3　2010 年と 1990 年の汀線変化の理論値と実測値の比較（ε = 180m²/s）

二つの図から河口付近では理論値と比較して実測値のほうがより侵食が激しいことが分かる。一方で x=-1500m から x=-3000m の範囲では比較的海岸線を近似することができているとわかる。ワンラインモデルの解析解を用いることで，海岸線の実現が可能であるとわかる。また，R の値が大きくなるほど，つまり供給土砂量が少ないほど実測値に近づくことがわかる。εに関して，ε =180m²/s の方がε =140m²/s よりも海岸線の実現が正確だとわかる.

５．おわりに

本研究ではワンラインモデルの解析解を用いた実測値と理論値の比較を行った。今後，護岸などの存在を加味した解析を行う必要がある。

参考文献

Dinh Van Duy，田中　仁，三戸部佑太，Vo Cong Hoang，Nguyen Trung Viet: ベトナム・クアダイ海岸における河口デルタ形成と近年の侵食機構に関する研究, 土木学会論文集 B2（海岸工学）, Vol.72, No.2, pp.I_1657_-I_1662，2016.

田中　仁，Vo Cong Hoang，Nguyen Trung Viet，Dinh Van Duy: ベトナム中部クアダイ海岸に形成された河口テラスと大規模海岸侵食との関連，土木学会論文集（水工学），Vol.72，No4，pp.I_361-I_366，2016.

Larson, M., Hanson, H. and Kraus, N. C.: Analytical solutions of the one-line model of shoreline change, Technical Report CERC-87-15, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1987.