

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510009

研究課題名(和文) 東アジア沿岸開発に伴う海底地形及び海況の変化の解明

研究課題名(英文) Impact of massive coastline modification along the East China Sea coasts on decadal tidal changes

研究代表者

上原 克人 (UEHARA, Katsuto)

九州大学・応用力学研究所・助教

研究者番号：80223494

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円、(間接経費) 720,000円

研究成果の概要(和文)：東シナ海において過去数十年間に生じた大規模な海岸線・海底地形の改変を海図等の水深資料から推計し、地形変化が海況に及ぼす影響を数値モデルにより見積もった。その結果、渤海西部では今世紀初頭からの約10年間にシンガポール一国の面積に相当する陸地が生じ、M2分潮の振幅で最大20cmに達する潮汐変化があったと推定されるなどの知見が得られた。既存の東シナ海海洋モデルで考慮していない近年の地形変化の影響の大きさを示唆している。

研究成果の概要(英文)：Decadal changes in coastlines and bathymetries in the East China Sea and their impact on oceanic parameters such as tides have been investigated by compiling three depth datasets which reflect the bathymetry at three stages in the recent four decades, and by comparing tide-model results using such data. It was found that M2 tidal amplitudes have changed as large as 20 cm during the last four decades in the western Bohai Sea, where 700 km² of lands were newly formed as a result of the coastal development. The study indicates the importance of considering the recent bathymetric changes in the East China Sea when evaluating oceanic fields.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境モデル 東シナ海 南シナ海 海洋環境変動 海岸線変化 中国 沿岸開発 潮汐

1. 研究開始当初の背景

東アジア海域の地形は過去数十年間、沿岸国の経済発展と歩調をあわせる形で顕著な改変を受け、個々の改変について当該国では問題となっても、全体像やそのような変化がもたらす影響については良く調べられていないのが現状である。

例えば、中国天津市では元の海岸線から 20 km 沖合（東京湾の幅に相当する長さ）まで突き出た埋め立て地が造成され、渤海西部では油田開発に伴う黄河の流路改変のために河口地形が大きく変化し、韓国西海岸では諫早湾干拓の 6 倍の面積を持つ干拓事業が進められている。

このような大規模な地形改変に呼応するかのように、日本の東シナ海沿岸や中国の渤海沿岸などでは数十年単位での潮汐振幅の変化が報告されてきている。

海岸・海底地形の改変はしばしば潮汐や海流場を変える要因となるが、東アジアにおける数十年単位の地形変化に関する研究は、対象が長江河口や特定の港湾周辺など比較的狭い範囲に限られているのが現状である。

しかし沿岸潮汐や海流場などは海岸線で囲まれた海域全体の形状に左右されることが多く、海域の一部のみを切り離して議論するだけでは、海況変動の原因を解明することが難しい場合が多い。

一方、東アジアを対象とした気象・海洋モデルの大部分は、改変前の海岸線を使用しており、世界的に見ても地形変化が大きいこの海域において、古い地形を用いることの妥当性は検証されていない。

これまで海域全体の地形に関する検証が進まなかった理由としては、東シナ海、南シナ海ともに複数の国にまたがる国際水域であり、他国の大縮尺海図の入手が困難であったこと、計算機の記憶能力の関係で海域全体の水深データの一括処理が難しかったこと、モデル研究などで広く使用されている全球地形データに東アジアで顕著な近年の地形改変が反映されていない点などがあると見られる。

しかしながら、申請の 2、3 年前から電子海図が急速に普及し、他国の詳細な海図情報が容易に入手できるようになると同時に、パソコンの処理能力が向上し、東シナ海などの縁辺海の詳細な水深情報を統合的に処理する環境が整ってきた。

2. 研究の目的

以上の状況を踏まえ、本研究では下記 2 点に

ついてである。

(1) 東シナ海の地形改変がどの程度生じていて、それが海況にどのような変化をもたらしているのかを明らかにすること。

(2) 同じく中国に接する縁辺海であり、近年内部波や気候変動など海洋物理学のさまざまな方面で注目を集めているにもかかわらず、海底地形の情報に乏しい南シナ海の海底地形データの検証・作成を行うこと。

3. 研究の方法

(1) 地形情報の収集

研究海域である東シナ海、南シナ海の紙海図、電子海図、地質図、および学術論文の図面に収録された水深・海岸線情報を収集した。東シナ海については、日中韓米英露の水路機関が発行した海図類を、南シナ海に関しては上記に加え、ベトナム、タイ、インドネシア、フィリピン、南シナ海委員会の刊行物も利用した。紙媒体の図面はスキャナーで読み取り、ラスタ画像に変換した。

(2) 地形データの作成

収集した地形情報を格子状の水深データに変換した。解像度は 1/60 度ないし 1/12 度である。手法としては、海図をパソコン画面上に表示させ、水深や海岸線を読み取った後(図 1)、Natural Neighbor 法により緯度・経度格子上の値に直している。なお、水平座標は海図によって採用する座標系が異なり、数百メートルの差異が認められたため、画面表示の際に WGS84 座標系に統一した。鉛直座標については格子データ生成後に海図の基本水準面と平均水面との差の補正を施し、平均水面下の水深に修正した。

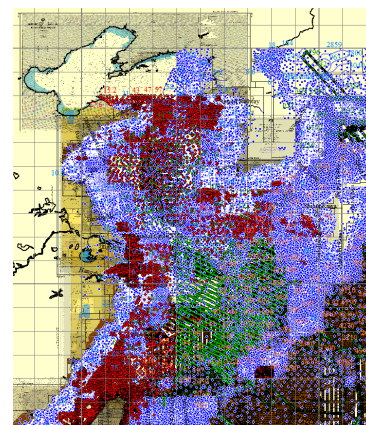


図 1 東シナ海(除渤海周辺)の水深取得点

(3) 潮汐モデル

地形が海況に及ぼす影響を評価する目的で 2 次元潮汐モデルを導入した。

4. 研究成果

(1) 東シナ海の海底地形

後述の南シナ海とは異なり、日中韓による測量が定期的に行われており、水深 50m 以浅については江蘇省沿岸の浅瀬など一部海域を除き、おおむね十分な空間分解能で水深情報を得ることができた。米国が現在販売している当該領域の海図は 1970 年代の中国海図の情報を元に作成されており、2000 年前後及び 2010 年前後の情報を含む日中の海図やその他の資料を組み合わせることで、東シナ海沿岸の地形変化を推定した。

その結果、沿岸地形改変は、韓国西岸で 1970 年代以降、渤海西岸や上海周辺では 1990 年代末以降に顕著であった。一例として、渤海西岸の海岸線変化を図 2 に示す。

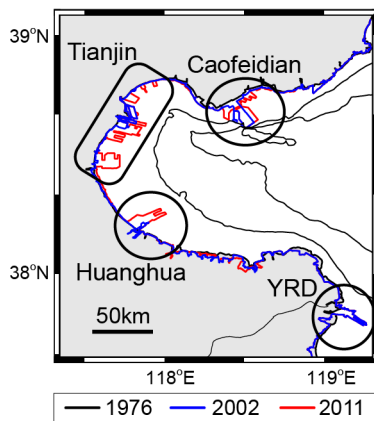


図 2 渤海西岸の地形変化

渤海西岸の地形改変は、黄河河口(図 2 の YRD)を除けば、埋め立てによるものであり、2002 年から 2011 年の間に陸域面積が 700km² も増加している。すなわち、渤海西岸だけで 10 年足らずの間にシンガポール一國分の陸地が人工的に生み出されたことになる。このような地形改変に伴う海況の変化は、今日の数値モデルの中では考慮されていないが、図 3 の衛星写真(<http://earthdata.nasa.gov>)に見られるように、顕著な影響を与えている。



図 3 渤海西部の MODIS 衛星画像(2006/2)。海水が Huanghua 港を回り込んでいる。

(2) 地形改変の潮汐への影響

東シナ海の地形変化が実際に海況に与えた影響を調べるために、本研究にて作成した 1976 年、2002 年、ならびに 2010 年の海底地形を用いて潮汐シミュレーションを行った(図 4)。

その結果、黄河河口域周辺では主要な潮汐成分である M2 分潮において、1976-2002 年の間に振幅が最大 20cm 増加(参考までに東京港の M2 振幅は約 50cm である) 対岸では 10cm を超える振幅の減少が認められた。これは、主に黄河の流路改変に伴う河口東岸の砂州形成に伴うものであると推定された。潮汐振幅は、黄河河口から 400km 離れた遼東湾(渤海北東端)でも 8cm 以上の減少が認められ、地形改変の影響を評価する上では、改変が生じた場所周辺だけではなく、対岸を含めた海域全体を調べる必要があることが示唆された。

渤海北西部に位置する天津市周辺では、1976-2002 年には、M2 振幅が減少したが、2002-2010 年には増加していた。これは埋め立ての影響が潮汐振幅を増加させる傾向にあることを示唆している。今回、天津市及び黄河河口周辺にて推定された振幅の変化傾向は現地の検潮記録でも検出されている。

黄河河口から天津市にかけての渤海西岸は高波の被害が大きい地域であり、今回示された急激な潮汐変化は、護岸の天端高の設計など防災面でも考慮する必要がある。

東シナ海の海洋研究で広く使用されている全球海底地形データ(etopo1, gebco08)は、本研究で用いた資料との比較から、中国沿岸に関しては 1950-1970 年代のデータに基づいており、当該海域への適用については注意が必要であることが明らかになった。

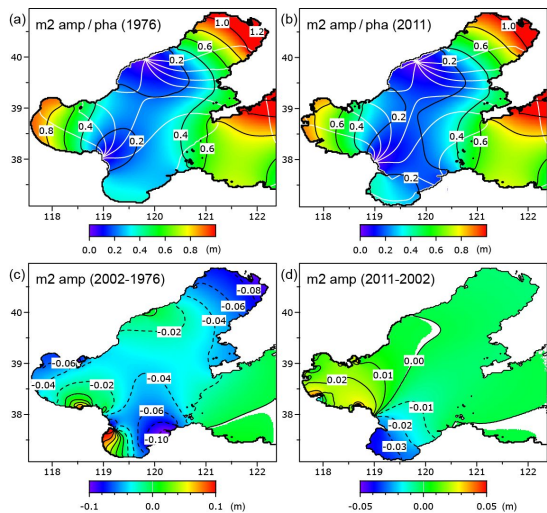


図 4 異なる年代の海底地形を用いて数値的に推算した M2 分潮振幅(上段)と振幅変化(下段)。

(3) 南シナ海の海底地形

南シナ海の海底測量は中央の深海部においては比較的密に行われている反面、沿岸域は頻度が少ない海域が多く、1920-1960年代に尋(fathom)単位で測定された水深データに依存する部分が多い。その一方で今世紀に入り、ベトナムやフィリピンなどの沿岸国において独自の測量を始める動きが出ている。本研究では、入手可能な新旧の水深データを収集し、1/12度の解像度で沿岸域に重点を置いた海底地形データを作成した。水深200mより浅い海域は東シナ海同様、海図等の資料から読み取った結果を、200m以深の海域については主として海面高度計による推計値を採用する gebco08 海底地形データの値を使用している。

複数の水深資料を重ねて作成する過程において、尋からメートルへの単位換算ミスや、元の測深データの異常値を除去しないまま水深に反映していた事例が南シナ海各地にて見つかり、東シナ海に比べて既存の地形データは問題が多いことが示唆された。

そこで、海底地形データの精度を検証する目的で、既存の地形データ3種と今回作成した地形データを用いて、潮汐モデルを駆動し、それぞれの結果と沿岸の験潮記録とを比較した結果、本研究にて作成したデータについて、既存のものに比べて一定の精度向上が認められた(表1)。

但し、今回作成したデータにおいても、ベトナム南方海域(北緯5-7度)などでは、水深記録の空白域があり、南シナ海の海洋研究の精度向上には、海底測量の一層の充実が欠かせないと考えられる。

表1 異なる南シナ海海底地形データを用いて潮汐推算をした結果と沿岸験潮記録との二乗平均偏差

地形データ	M2 振幅(cm)	M2 位相(deg)
etopo5	13.4	29.2
etopo1(v2)	11.0	40.2
gebco08	9.0	24.1
本研究	8.9	19.1

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

Uehara, K., Compilation and validation of bathymetric data for the South China Sea with an emphasis on shallow region, Engineering Sciences Reports, Kyushu

University, 査読無, Vol.35, No.2, 2014, 7-13.

<http://www.tj.kyushu-u.ac.jp/info/online/archive/index.php?volume=35&issue=2&lang=ja>

Pelling, H.E, Uehara, K., Green, J.A.M., The impact of rapid coastline changes and sea level rise on the tides in the Bohai Sea, Journal of Geophysical Research-Oceans, 査読有, Vol.118, 2013, 11pp.

doi:10.1002/jgrc.20258

上原 克人, 遣唐使と海、海路、査読無、Vol.10、2012、95-101.

Uehara, K., Estimating Bottom Stress on Continental Shelves from Tidal and Wave Models, Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 査読無, Vol.143, 2012, 69-73.

[学会発表](計2件)

上原 克人, 南シナ海海底地形データの作成とその検証、日本海洋学会 2014年度春季大会、2014.3.29、東京海洋大学品川キャンパス(東京都品川区)

Pelling, H.E, Uehara, K., Green, J.A.M., Impact of decadal-scale coastal change associated with the rapid economic growth of northern China on the sea-current system in the Bohai Sea, Planet under Pressure, 2012.3.26, London, U.K.

6. 研究組織

(1)研究代表者

上原 克人(UEHARA, Katsuto)

九州大学・応用力学研究所・助教

研究者番号: 80223494