

令和 6 年 9 月 18 日現在

機関番号：37112

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(A））

研究期間：2020～2023

課題番号：19KK0380

研究課題名（和文）地球温暖化による干潟を有する沿岸海洋環境のリスク予測手法の開発

研究課題名（英文）Development of Risk Prediction Methods for Coastal Marine Environments with Tidal Flats due to Global Warming

研究代表者

田井 明（Tai, Akira）

福岡工業大学・社会環境学部・准教授

研究者番号：20585921

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,500,000円

渡航期間： 1ヶ月

研究成果の概要（和文）：干潟にとって重要な底質輸送シミュレーションでは潮流のみが考慮される場合が多く、波浪の影響を加えた研究例は少ない。そこで、本研究では潮流と波浪のカップリングモデルを有明海に適用した。領域海洋モデルROMSと、波浪推算モデルのカップリングモデルを利用して底質輸送シミュレーションを行った結果、潮流のみを考慮する場合よりも潮流と波浪の双方を考慮した場合の方がより現地観測に近い結果を得ることが出来た。また、研究期間の大半がコロナウイルスによる渡航制限期間となり、渡航期間が短くなったが、オンラインによるミーティングやメールでの議論により、渡航による共同研究の実施を補完できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、地球温暖化による干潟を有する沿岸海洋環境のリスク予測手法の開発に関して、波と流れの共存場における座標軸に応じたレイノルズ応力の変化、三次元広域土砂動態計算にもとづいた河川出水に伴う干潟の泥質化機構の解明、気候予測データベースd4PDFに基づく九州地方の降雨及び河川流量の将来変化特性についてなどについて検討を行い成果を学術論文に発表した。

研究成果の概要（英文）：In simulations of sediment transport, which are crucial for tidal flats, tidal currents are often the only factor considered, and there are few studies that include the effects of waves. Therefore, in this study, a coupled model of tidal currents and waves was applied to the Ariake Sea. Using a coupled model that integrates the Regional Ocean Modeling System (ROMS) with a wave estimation model, sediment transport simulations were conducted. The results showed that considering both tidal currents and waves produced results that were closer to actual field observations compared to when only tidal currents were considered. Furthermore, although most of the research period coincided with travel restrictions due to the coronavirus, which shortened travel periods, we were able to supplement the implementation of collaborative research through online meetings and discussions via email.

研究分野：土木水工学

キーワード：干潟 土砂輸送 地球温暖化

## 1. 研究開始当初の背景

本研究の目的は「沿岸海洋環境の持続的な保全・利用」のための将来予測モデルを開発することである。具体的には高精度な沿岸海洋環境数値モデルを構築することで、地球温暖化による将来の沿岸海洋環境が抱えるリスクを評価する。ここで、沿岸海洋環境を正確にシミュレートするのに必要不可欠な干潟に関する知見を現在、研究代表者が実施している課題から発展的に利用し、さらに英国 Bangor 大学の研究者との共同研究を実施することで研究のさらなる発展を図ることを考えた。

## 2. 研究の目的

研究代表者は、若手研究(B)の研究代表者として「干潟の総合的な将来予測を目指した物理・社会経済価値統合評価モデルの開発、以下、基課題と呼ぶ」を実施してきた。干潟は沿岸海洋と陸域の境界に位置し、干出・冠水を繰り返すという特徴により、極めて高い生物多様性や生物生産性を有しており、沿岸海洋の中でも多くの生態系サービスを有している。一方で、干潟の物理的動態や生態系との関連は未解明な部分が多い(松田, 2011)。類似したフィールドである海浜に関しては多くの研究が為されているが、干潟は物理的に海浜と大きく異なり学術的課題となってきた(Prandle, 2009)。研究代表者は基課題において、干潟の基礎的な物理プロセスを最新のモニタリング技術により多くの基礎データを取得し、将来予測モデルの構築を行っている。よって、本申請では、基課題で得られた干潟の物理プロセスの知見を利用した発展研究として沿岸海洋の将来予測モデルの開発に取り組むことを考えた。共同研究は、潮汐が大きく広大な干潟を有する Irish Sea を対象に海洋物理の研究を行ってきた英国 Bangor 大学の3人の研究者と実施した。

## 3. 研究の方法

本研究では、物理モデルと社会経済価値評価モデルを統合した干潟の将来予測モデルの開発するために、以下の2つサブテーマを設定した。

- ・サブテーマ1. 潮汐の長期変化メカニズムの解明と将来予測
- ・サブテーマ2. 地形・底質変動予測物理モデルの開発

以上を有明海・緑川・白川河口干潟をモデル対象領域として、開発した統合モデルの精度評価を行った。

### サブテーマ1. 潮汐の長期変化メカニズムの解明と将来予測

潮汐の長期変化メカニズムの解明を行い将来予測の際の境界条件を確定する。ハワイ大学海面センターからデータが取得可能な潮汐観測所の潮位データを調和解析し、長期変化を60の分潮ごとに算出した。さらにその特性を海洋環境(水温、平均海面など)との関連により分類した。そこから複数の長期変化仮説(海面上昇と内部波によるエネルギー消散を想定)を立て、それを数値モデルでの立証を行っている。本サブテーマは、Simpson 博士とNeill 博士と共同で研究を進めた。

### サブテーマ2. 地形・底質変動予測物理モデルの開発

本サブテーマでは、領域海洋モデル(ROMS)を改良することで干潟の地形・底質変化モデルを構築した。数値モデルを用いてサブテーマAで観測した1年間の再現計算を行い、取得した観測データを用いて数値モデルの改良・パラメータの調整を行った。構築した数値モデルを用いて、過去から現在までの干潟環境の変化の再現を行った。本サブテーマは、Neill 博士の研究グループが過去に実施した底質輸送パラメータの同定手法(Ward *et al.*, 2015)を用いており、適宜、アドバイスを受けながら研究を進めてきた。

## 4. 研究成果

### (1) 潮汐の長期変化メカニズムの解明と将来予測

内湾の潮汐を考える際に外洋潮汐の知見を得ることは非常に重要であるが、近年上昇している平均海面の上昇との関連などに関する検討はあまり行われていない。そこで、本研究では、国内外の約200か所の外洋に面した観測所における実測データ解析と統計解析を行った。

結果として、平均海面は長期的にみると79.3%の観測所において増加傾向を示した。一方で、主要な半日周期分潮振幅の変動は、平均海面のような全球的な統一傾向は示されなかった。しかし、M2潮振幅のみ日本沿岸(図1)や北米大陸西岸(図2, 3)など空間距離が近い観測所では同一傾向を示すことから、ある程度の海域特性が示された。また、分潮の増減傾向の一致度に関する検討では、半日という類似した周波数をもつ分潮で増減が一致する傾向にあることが分かった。

### (2) 地形・底質変動予測物理モデルの開発

河口域の堆積物輸送は、海岸侵食や航路埋没などの沿岸域における防災や利用問題だけでなく、水質や生態系の環境保全にとっても重要な意味を持つ。これまでの堆積物輸送の数値モデルを用いた研究では、多くの場合潮流のみが考慮されており、海面波の影響を考慮した研究は少ない。本研究では、有明海のような河口域における堆積物輸送を明らかにするため、有明海の現地観測データを用いて、海面波と潮流が堆積物輸送に及ぼす影響を調査した。有明海における再懸

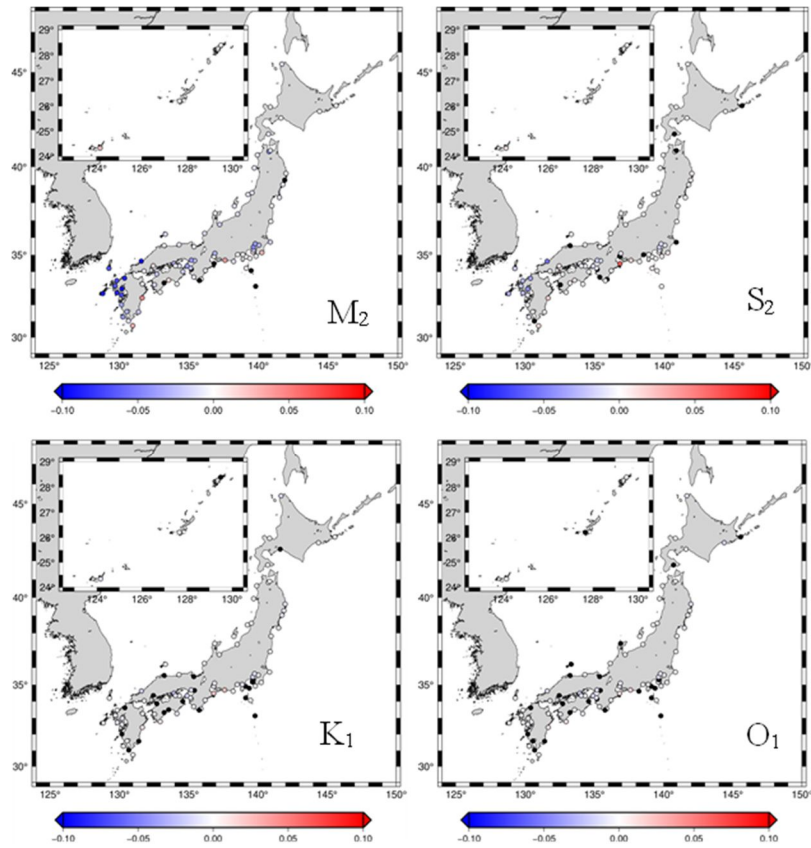


図1 主要4分潮の変化率

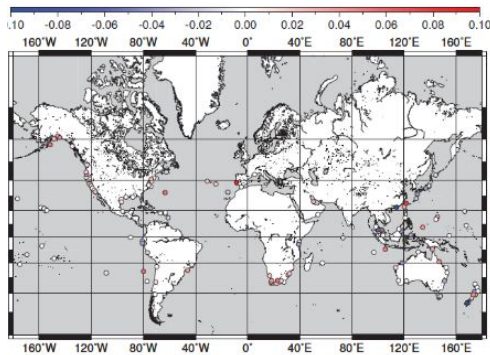


図2 M2 潮の変化率 (全期間)

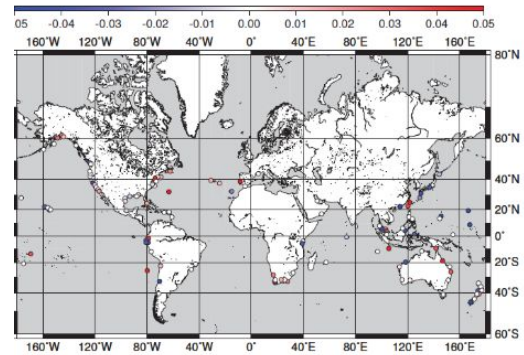
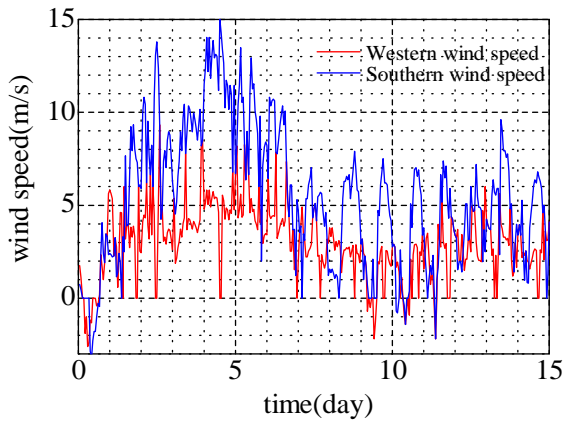
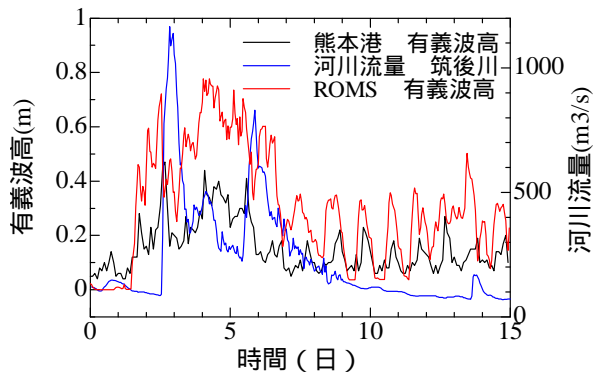


図3 M2 潮の変化率 (1985以降の期間)

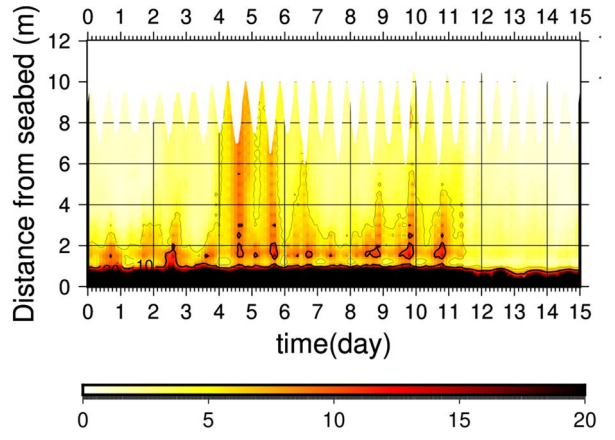
濁現象を解析するために、海面波と潮流の影響を考慮した堆積物輸送数値モデルを使用した。本研究で使用した堆積物輸送モデルは、Regional Ocean Model System (ROMS) と Simulating Waves Nearshore (SWAN) モデルで構成されている。ROMS は、三次元自由表面の地形追従型数値モデルで、レイノルズ平均ナビエ-ストークス (RANS) 方程式の有限差分近似を、静水圧およびブシネスク仮定を用いて分割陽的時間積分アルゴリズムで解くものである。SWAN は、波動作用密度の輸送方程式を解く波動平均モデルであり、SWAN は底近くの軌道速度を ROMS に送信し、その効果を底部剪断応力に加えるものである。結合された ROMS-SWAN モデルを使用することで、潮流のみの場合と比較して、潮流と海面波の両方を考慮する場合に、現地観測との比較で改善された検証結果を得ることができた (図 4)。したがって、河口域の堆積物輸送を考慮する場合には、潮流と海面波の両方を考慮する必要があると考えられる。



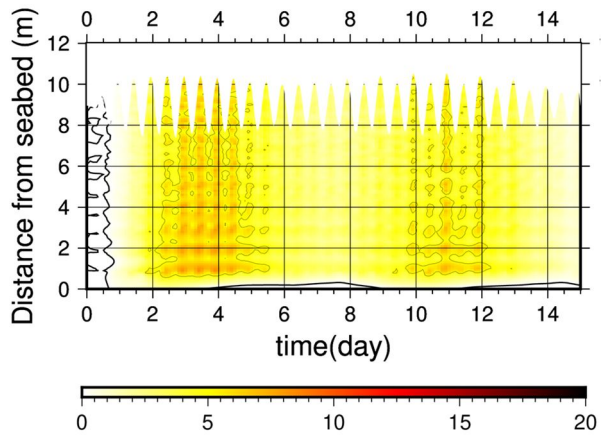
Wind



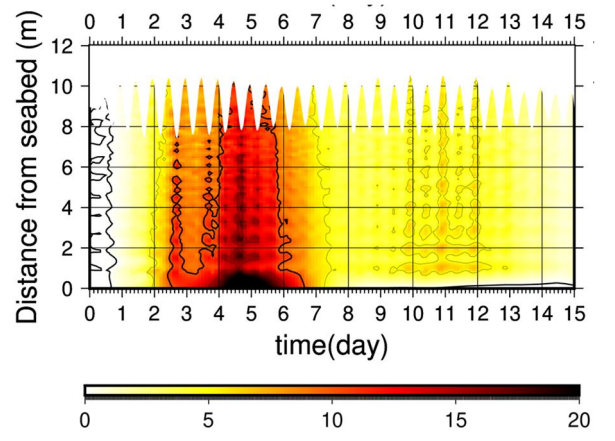
Wave



(a) Observation



(b) Numerical simulation with only tide



(c) Numerical simulation with tide and wave

Turbidity

図4 ROMSによる波浪による再懸濁への影響

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akira Tai, Simon Neill, Hideo Oshikawa	4. 巻 39
2. 論文標題 Analysis of Resuspension Phenomenon Using Coupled Wave, Current and Sediment Transport Model in the Ariake Sea	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 39th IAHR World Congress	6. 最初と最後の頁 5479-5484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3850/IAHR-39WC252171192022172	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 田井 明	4. 巻 77
2. 論文標題 湾長の減少による有明海の潮汐増幅率の時空間変化メカニズム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_361-I_366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_361	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 鷗崎 賢一・矢菅 晶太・田井 明・齋田 倫範・池畑 義人	4. 巻 77
2. 論文標題 準三次元広域土砂動態計算にもとづいた 河川出水に伴う干潟の泥質化機構の解明	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_493-I_498
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_493	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 田井 明, 於久 達哉, 鍋島 孝顕	4. 巻 77
2. 論文標題 気候予測データベースd4PDFに基づく九州地方の降雨及び河川流量の将来変化特性について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 p. I_31-I_36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_31	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹下佳佑, 田井明
2. 発表標題 熊本地震後の白川河口干潟の地盤変化特性および干潟生態系の長期変化
3. 学会等名 令和2年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	Neill Simon  (Neill Simon)	Bangor University・School of Ocean Science・Professor	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
英国	Bangor University		