

| | | | |
|---|---|----|------|
| 京都大学 | 博士（工学） | 氏名 | 今井優樹 |
| 論文題目 | 領域海洋モデルを用いた気候変動による沿岸域海洋流動の将来変化予測 および影響評価 | | |
| <p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、沿岸域の湾スケールの流れや熱環境の評価のための数値モデルの開発とこれを用いた海洋の気候変動予測を行ったものである。数値モデルの開発では、ダウンスケール手法および波浪と流れの相互作用に不規則波の影響を考慮したモデル化、気候変動予測では、準閉鎖性海域を対象とした流れと熱環境場の将来変化予測計算を実施した成果をまとめ、7章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、沿岸域の物理環境を対象とした気候変動の影響評価研究、特に海洋ダウンスケール計算手法およびこれを用いた沿岸域の物理特性の将来変化予測についての先行研究が包括的にまとめられている。</p> <p>第2章では、気候変動の将来変化予測計算に重要な実際の過去を評価する大気・海洋の再解析データ、気候変動予測に基づく現在および将来気候条件での大気・海洋予測データについてまとめられている。大気の再解析データについては、気象庁メソ数値再解析（MSM-GPV）および55年大気再解析（JRA-55）、海洋の再解析データについては、日本沿岸海洋再解析（JCOPE2）および日本周辺海域再解析データ（FORA-WNP30）の特性がまとめられている。気候変動予測データについては、現在および将来気候条件について、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）報告書等で広く用いられる大気・海洋結合モデル相互比較プロジェクトデータ（CMIP）、日本周辺海域気候予測データ（FORP）の特性がまとめられている。</p> <p>第3章では、本論文で用いられている海洋・波浪結合モデル（COAWSTモデル）の概略が説明されている。領域海洋モデルROMS（Regional Ocean Modeling System）、波浪モデルはスペクトル型波浪モデルSWAN（Simulating WAVes Nearshore）の支配方程式、両者の結合方法および気候計算条件についてまとめられている。</p> <p>第4章では、瀬戸内海の潮汐、流動および海水温を対象とした物理環境場の将来変化を評価している。領域海洋モデルを用いて、水平空間解像度1kmの条件による過去の再現計算を実施すると共に、再現計算条件に将来気候条件での大気と海洋の温暖化差分を考慮した疑似温暖化実験を実施している。過去再現計算では、潮位を考慮しつつ海洋にJCOPE2、大気海面境界にMSM-GPVデータが境界条件として与えられ、疑似温暖化実験では、CMIP5のMIROC5モデルの大気と海洋の将来変化量を過去再現計算に与えて将来気候条件として設定し、1年間の時間積分を行っている。その結果、年平均値と比較して、将来気候の夏季に海面水温（SST）の月平均値に顕著な昇温が確認された。また、SSTの将来変化量は、空間的不均一性が見られ、広島湾や燧灘のより西側海域で将来気候条件での昇温傾向が強く表れている。さらに、鉛直方向の海水温分布についても分析し、将来気候条件での月平均水温鉛直分布は、比較的一様な昇温傾向が見られ、外洋と異なり、温度躍層の深さの変化等に鉛直構造の顕著な変化は見られないことを明らかにしている。</p> <p>第5章では、太平洋に面する和歌山県田辺湾を対象に、湾スケールの詳細な物理環境場の将来変化を海洋モデルによるネスティング計算を実施することにより評価している。田辺湾は西方が太平洋に大きく開けた湾口であり、外洋から湾内にかけて急峻</p> | | | |

| | | | |
|--|--------|----|------|
| 京都大学 | 博士（工学） | 氏名 | 今井優樹 |
| <p>な地形を持ち、湾内は比較的広い浅海域を持つ。流況への詳細地形の影響を考慮するため、FORP から最小水平空間解像度 100m スケールの高解像度ダウンスケール計算を実施している。再現計算の境界条件は、大気側に JRA-55、海洋側に FORP 過去気候を与え、将来気候の海洋の境界条件は、海洋側に FORP データ、大気側には FORP と整合するように CMIP5 の GFDL-ESM2M、IPSL-CM5A-MR、MIROC5、MRI-CGCM3 の 4 モデルの予測結果を与えている。過去再現計算結果は、親モデルよりも海水温の低温バイアス傾向が評価されることが示されている。また、ネスティングによる差は、水温の鉛直分布に見られ、高解像度ダウンスケールの効果が定量化されている。将来気候計算結果は、RCP8.5 シナリオで SST の月平均将来変化量が+4~5 度上昇と親モデルの昇温よりもやや低く評価され、沿岸・陸棚フロントの影響による水温の移流拡散による内部構造の変化によるものと考察されている。また、水温の鉛直分布の将来変化は、水深 80m より深い海域において、躍層深さの変化や鉛直分布の空間不均一性が顕著であり、親モデルによって 5 度程度変化が異なる場合があることが示されている。気候変動予測計算において、流況変化の大きな海域における高解像度ダウンスケール計算の有効性がまとめられている。</p> <p>第 6 章では、不規則波浪により生成される表層流である Stokes drift を海洋モデルにおいて考慮するための、波・流れ相互作用を考慮した海洋・波浪結合モデルの提案が行われている。Stokes drift の評価では、波浪の方向スペクトルと水深の影響を考慮し、海洋・波浪結合モデルにおいて計算および通信負荷を軽減するため、波浪モデルで計算された方向スペクトルをガウス分布で近似し、代表パラメーターに変換することで海洋モデルにおいて Stokes drift の影響を高精度かつ低負荷で計算する手法を提案し、その精度について検証を行っている。幾つかの理想化条件や第 5 章で行った田辺湾を対象とした数値実験を行い、規則波近似と比較して、方向スペクトルを用いた不規則波による Stokes drift の沿岸流への影響を評価し、従来の規則波近似では流速を 20~30% 過大評価する可能性があることを示している。</p> <p>第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p> | | | |

(論文審査の結果の要旨)

本論文では、沿岸域の湾スケールの流れや熱環境の評価のための数値モデルの開発とこれを用いた気候変動予測を行っている。全球もしくは領域海洋モデルから湾スケールの物理環境をダウンスケールする手法、不規則波浪による表層流と沿岸流の相互作用のモデル化、さらに開発されたモデルを用いて、準閉鎖性海域を対象とした流れと熱環境場の将来変化予測計算を実施し、その将来変化特性を評価している。以下に本研究で得られた結果の要旨を示す。

第1章は序論であり、沿岸域の物理環境を対象とした気候変動の影響評価研究、海洋ダウンスケーリング計算モデルおよびこれを用いた沿岸域の物理特性の将来変化予測についての先行研究が包括的にまとめられている。

第2章では、大気・海洋の再解析データ、気候変動予測に基づく現在および将来気候条件での大気・海洋気候変動予測データについてまとめられている。

第3章では、海洋・波浪結合モデルの概略が説明されている。領域海洋モデルおよび波浪モデルの支配方程式、結合方法および計算条件についてまとめられている。

第4章では、瀬戸内海の潮汐、流動および海水温を目標とした物理環境場の将来変化予測について議論されている。水平空間解像度 1km の過去の再現計算および大気と海洋の温暖化差分を考慮した疑似温暖化実験を実施している。将来気候で夏季に顕著な海温度の昇温特性がまとめられている。

第5章では、太平洋に面する和歌山県田辺湾を対象に、湾スケールの最小水平空間解像度 100m スケールの物理環境場の将来変化予測を海洋モデルによるネスティング計算を実施することにより評価している。

第6章では、海洋モデルに不規則波浪により生成される表層流である Stokes drift を考慮するための波・流れ相互作用を考慮した海洋・波浪結合モデルの提案とその影響について数値実験が行われ、波浪による沿岸流への影響が評価されている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

以上のように、本論文は、沿岸域の流れや熱環境の評価のための数値モデルの開発とこれを用いた気候変動予測を行ったものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、令和4年12月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公開可能日：2023年4月1日以降