

実績報告書（創成特定研究事業）

氏名：見延 庄士郎

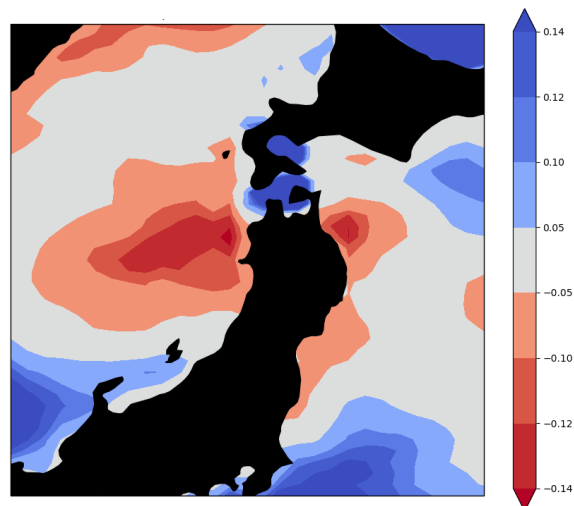
■プロジェクト研究構想名：フィールド科学の明日を切り開く先端・応用予測研究

1. 研究構想概要

古来より人間社会が求めてきた予測は、近年ますます重要となっている。一方、データ量の爆発的な増大や予測技法の複雑化など、研究と利用上の困難も増している。そこで本構想の目的はこの重要な予測に関係して、1)気象・気候分野で世界レベルの基礎研究を行うことと、2)さらに他分野を含めて予測に関係する分野融合研究、産学連携、社会貢献を行うことである。本構想では気象・気候ビッグデータと予測システムの基盤整備を行い、その基盤の上でビッグデータ解析、高精細推定、通常の数値計算では得られない量を推定する拡張予測などを行うことで、上記の二つの目的を達成する。

2. 今年度の進捗、成果

今年度はビッグデータの収集整備は、特に第六次気候モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)の認定プロジェクトである高解像度モデル相互比較プロジェクト(HighResMIP)などについて行った。これらのデータを広く収集しているのは、我が国では代表者らのみである。CMIP6とは今日の気候研究で重要な位置を占める国際的な巨大なプロジェクトであり、将来の気候予測の基礎データを生み出している。中でも、HighResMIPは高解像度モデルによる計算を行っており、そのデータを利用してたとえば風力発電の適地の将来変化などを、推定することも可能である(右図)。



東向き風速の 2036-50 年と 2000-2014 年の差. 洋上風力発電構想がある秋田沖では風速が減る見込みである。

予測システムの整備では、新たに機械学習用のワークステーションを導入するとともに、それに必要な電源工事を行った。このワークステーションは、最先端の Graphic Processing Unit である NVIDIA 社の A100 を搭載しており、それによって従来本構想チームでなし得なかった大規模な機械学習問題を扱うことが可能となる。

今年度の論文成果は、8 節に記載の通り 13 報を出版し、そのうち 5 報は掲載雑誌のインパクト・ファクターが分野の Top10%に位置する雑誌であった。これら 5 報の論文の概略は 9 節で述べる。

また気象学・気候学では、社会への情報発信も重要な社会貢献であり、今年度は、(1)昨夏の日本付近の台風 9・10 号が遠く米国に寒波と熱波をもたらした分析(読売新聞, TV朝日, 見

延), (2)札幌の白樺花粉の高空間分解能予測(日経新聞など, 稲津), (3)北海道沖の海洋熱波の近年の頻発と北海道のブリの漁獲高増(読売新聞, 北海道新聞1面, 見延)と多くのメディアに報道いただいた。(2)と(3)は物理的な気候・気象・海洋学と, 生物学とをつなぐ分野横断研究である。

3. 今後の計画

来年度は, 今年度に整備したデータと機械学習システムを用いて, さらに研究を加速させるとともに, データ収集整備を継続する。CMIP6のデータは世界のモデルセンターが今後も提供する計算結果を追加するため, 継続的な収集が必要なのである。

機械学習を用いる予測は来年度に本格的に取り組む。特に非線形的な機械学習(ニューラルネットワークや決定木など)と, 気象・気候分野で実績のある線形多変量解析による予測技法(線形逆モデルなど)を比較し, 現象の特徴に対してどちらの方法が有意性を持つかを明らかにする。

また多数の予測データが提供される今日, それらの予測データがどれだけ正しいとみなせるかあるいは誤っているとすればどう誤っているのかを明らかにすることは喫緊の課題である。これについて, 本構想より新解析方法を提案する予定である。これは物理的な気候を研究する世界最大のプログラム「世界気候研究計画」(World Climate Research Program, WCRP)の新たな研究活動である「気候システム変動の説明と予測灯台活動」(Explaining and Predicting Earth System Change Lighthouse Activity)(見延が参加)で扱われる予定である。2021年6月には, 国際ワークショップ”International workshop for mid-latitude air-sea interaction: Advancing Predictive Understanding of Regional Climate Variability and Change across Timescales”を, 本学を会場としてオンラインと現地参加のハイブリッド形式で行い, 見延が運営委員会の代表を務める。

また, 本構想に係る, 新たな産学連携についての研究を行う見込みである。

4. 若手研究者のプロジェクトへの関与の状況, および, 若手研究者育成への効果

本プロジェクトには若手研究者として佐々木と加藤が参加している。加藤はテニュアトラック制度を経ており, 佐々木准教授はテニュアトラックではないが本学において任期が限定されたプロジェクト付の特任助教を経ており, どちらも45歳以下である。

佐々木は, WCRPの4コアプロジェクトの一つである, 「気候と海洋-変動・予測可能性・変化研究計画」(Climate and Ocean- Variability, Predictability and Change, 略称 CLIVAR)の気候力学パネルのメンバーに2021年選ばれた。CLIVARのような高名な研究プログラムの委員として選ばれたことは, 佐々木が国際的に高く評価されていることを意味している。また, 佐々木はこの CLIVAR に関係して第25期日本学術会議に設置された環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 Future Earth・WCRP 合同分科会 CLIVAR 小委員会の委員としても選出された。

また加藤は, 生物地球化学・生態系さらに人間社会的側面までを研究する国際プログラム Future Earth のプロジェクトである結合陸域生態系-大気プロセス研究計画(iLEAPS)に関する, 第25期日本学術会議・環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 Future Earth・WCRP 合同分科会 iLEAPS 小委員会に2021年に選出された。なお, 分科会の名称に「Future Earth・WCRP」が入っているように, この二つの巨大国際プログラムはレベルとしては同格である。なお, 上記合同分科会には, 特任連携会員として見延が参加している。

5. 若手研究者が参画したことによるプロジェクトへの効果

このように日本の学術の中心を担う若手教員が本構想に参加していることで、本構想による整備と研究成果がそれらの教員のさらなる成功、ひいては本学の研究の一段の活性化に寄与することが期待される。

6. 研究チーム構成

名前 (年齢), 所属・職	本構想での担当内容
見延 庄士郎, 理学研究院・教授, [PI]	ビッグデータ解析, 機械学習, 基盤整備
稲津 将, 理学研究院・教授	領域気象数値モデル
佐々木 克徳, 理学研究院・准教授	領域海洋数値モデル, 機械学習
加藤 知道, 農学研究院・准教授	領域陸域生態系数値モデル
上野 洋路, 水産科学研究院・准教授	海況・水産解析
小山 聡, 情報科学研究院・准教授	機械学習

7. 若手研究者が使用した経費の使途と金額

費目	内訳	金額 (概算) (千円)
事業費		0
設備費	機械学習用 GPU ワークステーションシステム一式 (使用者: 佐々木)	4,999
	合計	4,999 千円

8. 出版された原著論文数 (プロジェクト開始以降)

13 編 (うち国際共著論文 4 編)

9. 8. に著名な学術雑誌への掲載論文が含まれている場合, 当該論文の書誌情報

以下の論文が掲載された学術雑誌はクライベイトアナリティクス社の, Journal Citation Reports において, それぞれの分野で上位 10% に含まれるため, 著名な学術雑誌と判断した。本構想の代表者・分担者に下線を施している。

- (1) Sasaki, Y. N. and C. Umeda, 2021: Rapid warming of sea surface temperature along the Kuroshio and the China coast in the East China Sea during the 20th century. Journal of Climate, in press. [東シナ海の急速な温暖化の原因解明](#)
- (2) Touru Miyama, Shoshiro Minobe, Hanako Goto, 2021: Marine heatwave of sea surface temperature of the Oyashio region in summer in 2020-2016. Frontiers in Marine Science. 7:576240. doi: [10.3389/fmars.2020.576240](#) [北海道東北沖の海洋熱波の頻発とそれがもたらすブリの漁獲増加](#)
- (3) Yati, Emi, Shoshiro Minobe, Nathan Mantua, Shin-ichi Ito and Emanuele Di Lorenzo, 2020: Marine ecosystem variations over the North Pacific and their linkage to large-scale climate variability and change. Frontiers in Marine Science, 7:578165, doi:[10.3389/fmars.2020.578165](#) [北太平洋全体の初めての包括的海洋生態系変動解析とその結果示された底魚の減少などの温暖化影響](#)
- (4) Y Sakai, H Kobayashi, T Kato, 2020, FLiES-SIF version 1.0: three-dimensional radiative transfer model for estimating solar induced fluorescence, Geoscientific Model Development 13 (9), 4041-4066, doi: [10.5194/gmd-13-4041-2020](#) [太陽光誘起クロロフィル蛍光の森林3次元放射モデルの開発](#)
- (5) Zhang, Y., ..., Kato, T. (24人中14番目), et al., 2020, Modeling the impacts of diffuse light fraction on photosynthesis in ORCHIDEE (v5453) land surface model, Geosci. Model Dev., 13, 5401-5423, doi:[10.5194/gmd-13-5401-2020](#) [生態系物質循環モデル ORCHIDEE への散乱光効果の導入](#)