

三好予測科学研究室

主任研究員 三好 建正 (Ph.D.)



(0) 研究分野

分科会: 物理、工学、生物

キーワード: 予測、最適制御、力学系、計算、データ同化

(1) 研究背景と研究目標

計算科学(第3の科学)とデータ科学(第4の科学)を融合した新しい第5の科学として、「予測科学」を打ち立てる。予測と制御は長きにわたって研究されてきたが、大規模で複雑な現象の予測は難しい問題である。当研究室は、このような大規模で複雑な現実問題における予測と制御の科学を探る。人類は、地球環境、資源、人口、医療、健康など、個人レベルからグローバルまで幅広く様々な困難に直面している。「予測科学」は、人類の広範な英知をつなぐハブとなり、人類社会の持続的発展に有効な予測・制御に基づく科学的・客観的アプローチを探る。

(2) 2021年度成果と今後の研究計画

当研究室は2018年4月に発足した。2012年10月より計算科学研究センター(R-CCS)データ同化研究チームを主宰し、6年の時をかけてじつくりと、データ同化を幅広いシミュレーション分野に拡張することを目指し、新しい「予測科学」という考え方を醸成してきた。当研究室が発足してから、外部資金獲得に向けた研究提案をいくつか行ってきた。その審査過程で、共同研究者と多くのミーティングを行い、予測科学の確立に向けた研究についてさらに検討を重ねてきた。これらの研究提案には、数学、地球環境、惑星、宇宙、生命、医療、工学、社会経済など広範な分野を専門とする20名ほどのPIが参加した。これら各分野の第一線で活躍するPIとともに、幅広い分野の予測問題に取り組む具体的な研究計画を練ってきた。いくつか行った研究提案のうち、2019年度に行った理研新領域開拓課題への提案は、審査の結果、最終的に“Prediction for Science”という課題として採択された。2020年度から5年間の計画である。2021年度は、“Prediction for Science”の活動として毎月一回の会合と予測科学セミナーを開き、様々な分野における予測問題についての理解を深めた。また、“Prediction for Science”で新規採用した6名の研究員は、コロナ禍で制限を受けつつも、可能な限り当課題に参加する研究室を訪問、議論し、分野の枠を超えた予測科学問題に取り組んだ。

各研究成果と今後の計画

(A) 海洋生態系の予測(古川賢, 環境代謝分析研究チーム)

東京湾相模湾における物理的、化学的、微生物場を予測手法の開発を行った。特に海洋の生態系変動は著しく、生物多様性喪失等の深刻な被害があるために複雑な生態系予測には解析技術高度化が求められる。本研究における手法では現場観測データ、気象解析データ、数値シミュレーションデータを機械学習によって統合することによって高精度な水圏生態系の予測と目的変数に対する各パラメータの重要因子分析が可能となった。

将来の計画、1) 現段階では東京湾上の観測地点一点でのデータを予測に用いている。数値シミュレーションにより生成された空間的なビックデータを用いた大規模機械学習を行う。2) データ同化により得られた高精度な数値シミュレーションデータを用いて機械学習の高精度化を図る。

(B) 沿岸災害の予測(Iyan Mulia, 防災科学チーム)

津波や高潮による沿岸洪水を予測する上でリードタイムが重要な問題となる。防災科学チームでは、津波の浸水を予測するための機械学習ベースの方法を開発した。標準的な物理ベースのシミュレーションと比較して、計算の労力を大幅に削減することができた。物理モデルモデルによる従来の予測手法と比較して、本手法による予測では必ず精度を犠牲にすることなく高精度・高速な予測が可能であり、津波の運用予測システムに実装されることも期待できる。さらに、この方法は、リアルタイム予測を必要とする他の自然現象にも適用可能である。

今後の計画、1)熱帯低気圧による高潮の予測への応用 2)データ同化と機械学習を組み合わせることにより手法のさらなる改善。

(C) 遺伝子発現の予測とデータ補間(Pengyu Liu, 医療データ数理推論チーム)

ベイズ時間行列因数分解に基づく多次元時系列の予測手法を開発した。副次情報を利用することで、従来の方法と比較して、より良いデータ補間と予測を行うことができた。副次的情報と組み合わせることによって予測精度を向上させるというアイデアと医療データ数理推論チームで利用可能なデータと設備を利用することで、細胞、動物、および疾患患者等に対しても本手法を応用可能である。

将来の計画、1)対象となる時系列遺伝子発現データの副次情報が利用できない場合でもオンラインデータベースからの経路情報を組み合わせることで予測することを可能にする。 2)利用可能なデータを増やしパフォーマンスの向上を図る。

(D) モデルパラメータ推定とデータ同化(Kaman Kong, 複合系気候科学研究チーム)

最適なモデルパラメータの推定は、物理ダイナミクスを理解し予測するために重要となる。データ同化ベースのパラメータ推定を利用して、台風、集中豪雨等の気象の高精度な予測システムを開発している。

将来の計画、1)生態系モデルと高精度の大気モデルした数理モデルを構築する。 2)トポロジカルデータ分析を用いて単一細胞の走化性のシグナル伝達活性の自己組織化ダイナミクスを解明する。

(E) 台風の強さを弱めるための制御手法の構築(Lin Li, データ同化研究チーム)

データ同化研究チームでは、ディープラーニングを応用することで、台風の強さを弱めるための制御戦略を自律的に学習するシステムの開発を行った。この研究は、人工降雨技術を用いて最適な台風制御手法を確立することを目標としている。準備段階として、理想状態の場合に、数値シミュレーションを用いた台風を制御システムのプロトタイプを作成した。

将来の計画、1)制御システムに現実的な気象介入操作を実装する。

(F) 機械学習の理論的基礎(Cedric Ho Thanh, 医療データ深層学習チーム)

機械学習の数学的な理解を厳密な記述するための理論を構築する。ディープラーニングを幾何学的観点から研究し、医療データ深層学習チームと連携することで医療分野でのディープラーニングへの応用を目指す。

将来の計画、(1)人工知能に基づくマルチエージェントシステムの性質とそれを社会的行動モデルへ応用する。

(G) アルゼンチンの大雨洪水防災の国際共同プロジェクト

JSTとJICAによる国際科学技術共同研究推進事業 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)の研究領域「持続可能な社会を支える防災・減災に関する研究」における研究課題「気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システムのプロジェクト」(研究代表者:三好建正)が採択され、2022年度より5年間の計画で始動した。2021年度は準備期間として、アルゼンチン側の研究者と共に詳細計画立案を行った。

将来の計画:豪雨や洪水は、気候変動と関連して地球規模でリスクが増大しており、特に途上国や都市は脆弱である。このプロジェクトでは、豪雨・都市型洪水の防災のためのトータルパッケージを開発し、アルゼンチンの大都市域ブエノスアイレス及びコルドバで社会実装する。

(3) 研究室メンバー

(2021年度)

(主任研究員)

三好建正

(研究員)

Mulia Iyan、大塚成徳、寺崎康児、Wu Ting-Chi、柴田達夫、清田純、野中尚輝

(基礎科学特別研究員)

多羅間允輔

(特別研究員)

古川 賢、Li Lin、黒谷篤之、山田隼嗣、前島康光、雨宮新、Taylor James、Mdini Maha、大石俊、Liang Jianyu

(4) 発表論文等

K. Furukawa, H. Sakamoto, M. Ohhigashi, S. Shima, T. Sluka, and T. Miyoshi, Local Particle Filter Experiments with Chaotic Cellular Automata, JpGU2021, online, 2021/6/3.

坂上貴之、大石俊、宇田智紀、「流線トポロジカルデータ解析を用いた黒潮蛇行発生の特定」、日本海洋学会2021年度秋季大会、オンライン、2021年9月。

Mulia, I. E., Ueda, N., Miyoshi, T., Gusman, A. R., Satake, K., Method for real-time prediction of tsunami inundation directly from offshore observations using machine learning. AGU Fall Meeting 2021, online, 2021/12/13-17.

T. Hou and T. Miyoshi, The use of quasi-Monte Carlo method to improve the particle filter 2021 AOGS conference, online, 2021/08/05.

Mulia, I. E., Heidarzadeh, M., and Satake, K., 2022. Effects of depth of fault slip and continental shelf geometry on the generation of anomalously long-period tsunami by the July 2020 Mw 7.8 Shumagin (Alaska) earthquake. Geophys. Res. Lett. 49, e2021GL094937.

Supplementary

研究集会 主催、共催

| 名称 | 日付 | 場所 |
|--------------------------------|-------------|-------|
| 7th Prediction Science seminar | 2022年3月24日 | オンライン |
| 6th Prediction Science seminar | 2022年2月18日 | オンライン |
| 5th Prediction Science seminar | 2022年1月7日 | オンライン |
| 4th Prediction Science seminar | 2021年11月12日 | オンライン |
| 3rd Prediction Science seminar | 2021年9月3日 | オンライン |
| 2nd Prediction Science seminar | 2021年8月6日 | オンライン |
| 1st Prediction Science seminar | 2021年4月9日 | オンライン |

Laboratory Homepage

https://www.riken.jp/research/labs/chief/predict_sci/

<http://prediction.riken.jp/>