

New generation of Exoplanet exploration by data science

河原 創¹, John Livingston¹, 櫻山和己¹, 藤井通子¹,
増田賢人², 田近英一¹

1: 東京大学, 2: 大阪大学,

研究ハイライト

近年、太陽系外惑星の探査はケプラー・TESS 衛星によりハビタブルゾーン付近までせまる勢いである。また宇宙からの直接撮像による地球型惑星の探査も計画されている。これら宇宙生物学に繋がる新しい系外惑星の探査手法では、かつて考えられないほどのデータ量を解析したり、従来は手法的にも計算量的も解くことのできなかつた問題系を解く必要に迫られている。その結果、従来の天文分野の方法論で対応できなくなりつつある。我々はデータ科学分野の著しい発展を取り入れ、機械学習・統計手法やビッグデータを扱う手法そのものを援用することで上記の状況に対処する。具体的には1) ケプラー/TESS/Tomoeデータといったテラバイト級のデータ解析を可能とする機械学習手法、2) 系外惑星キャラクターゼーションのデータ科学化といった実践面での方法論の確立を行う。これによって、東京大学におけるデータ科学と系外惑星を結び付ける研究の拠点を形成し、来たる系外惑星における生命探査へとつなげることを目標とする。

2021年度のABCサテライトプロジェクトとして、高分散分光を用いた系外惑星大気の探査法を進展させた成果として、すばる望遠鏡IRDを用いて、はじめてOH (hydroxyl radical) を系外惑星中に発見したこと[1]、およびHDSをもちいてはじめて中性チタンを検出したこと[4]、自動微分を用いた完全ベイズ解析可能なスペクトルモデルを開発したことである[2]。特に後者は、Googleの自動微分JAXとUber AIの確率プログラミング言語

Numpyroを用いたもので、本研究の主眼である情報科学と系外惑星探査の融合の強みを最も端的に示すことができたと考えている。開発したコードは以下のgithub及びpypi上で利用可能である。

<https://github.com/HajimeKawahara/exojax>

また初年度より継続しているTESSデータのビッグデータ解析ではDipperの詳細キャラクターゼーションを行った成果[3]がある。これらはすべて投稿論文として出版された。

将来の直接撮像・系外惑星キャラクターゼーションにおいて、スペクトル解析は、生命探査の本丸であるバイオシグネチャー決定のためのキープロセスである。いままで分子データから観測データまでend-to-endでベイズ解析できるパッケージは存在しなかった。これを完成させることができたのはアストロバイオロジー分野にとっても重要な成果である

参考文献:

- [1] Nugroho, Kawahara, Gibson et al. (2021) ApJL 910, 9
- [2] Kawahara, Kawashima, Masuda et al. ApJS, 258, 31(2022)
- [3] Kasagi, Kotani, Kawahara, ... M.S. Fujii, ..., Kento Masuda, et al. ApJS 259, 40 (2022)
- [4] Masato Ishizuka, Hajime Kawahara, Stevanus K. Nugroho, Yui Kawashima, Teruyuki Hirano, Motohide Tamura, AJ 161, 153 (2021)