

第17回月惑星探査データ解析実習会を終えて

平田 成¹, 月惑星探査データ解析実習会世話人一同

(要旨) 2025年2月に行われた第17回月惑星探査データ解析実習会の内容を報告します。今回のテーマは「はやぶさ2のGISデータ解析」でした。オンサイト会場は宇宙科学研究所とし、オンラインによる参加者も交えてのハイブリッド形式で開催されました。神戸大学、東北大学、北海道大学、東京大学、総合研究大学院大学、高知工科大学、会津大学、国立天文台、宇宙科学研究所、産業技術総合研究所の10機関から学生からシニアまで幅広い世代の16名が参加し、三日間の日程の中で座学と実習、各自のテーマによる成果の報告を行いました。

第17回月惑星探査データ解析実習会¹は、以下の通り2025年2月19日～21日の三日間の日程で開催されました。ハイブリッド開催になったこともあり、全国の大学・研究機関に所属する、学部学生から大学院生、ポスドク、シニアまで幅広い世代の参加者がありました。

開催日程:2025年2月19日～21日

開催場所:宇宙科学研究所+リモート(ハイブリッド形式)

講師・世話人:巽 瑛理, 市川 真弓, 庄司 大悟(宇宙科学研究所), 平田 成, 本田 親寿(会津大学)

参加者人数:16名(うち2名はTA兼任)(講師・世話人は含まず)

参加者所属機関:神戸大学, 東北大学, 北海道大学, 東京大学, 総合研究大学院大学, 高知工科大学, 会津大学, 国立天文台, 宇宙科学研究所, 産業技術総合研究所

テーマ:はやぶさ2のGISデータ解析

主な内容:

- はやぶさ2ミッション, 機器とデータ概要の説明
- はやぶさ2 GISデータの紹介
- QGISの基本的な使い方
- QGISデータ解析実習
- 地形データ解析
- スペクトルデータ解析
- AiGIS&PyAiGISの使い方
- Jupyter Notebookの紹介

主催:日本惑星科学会月惑星探査育英会, 会津大学 ARC-Space, 宇宙科学研究所

後援:日本惑星科学会, 神戸大学CPS

今回の実習会のテーマは「はやぶさ2のGISデータ解析」でした。小惑星探査機「はやぶさ2」は、2020年12月の地球への帰還とサンプルカプセルの投下ののちも、「はやぶさ2#」の名前で拡張ミッションを継続しています。この拡張ミッションの枠組みの中で、新たな小惑星への探査の実施を行うだけでなく、はやぶ

¹会津大学コンピュータ理工学部・宇宙情報科学研究センター (ARC-Space)

¹本イベントの名称と主催団体の名称には、時と所によって表記揺らぎ(「月惑星探査～」または「惑星データ～」など)が存在するが、本稿では過去の遊星人記事での表記に合わせて「月惑星探査データ解析実習会」と「月惑星探査育英会」とする。

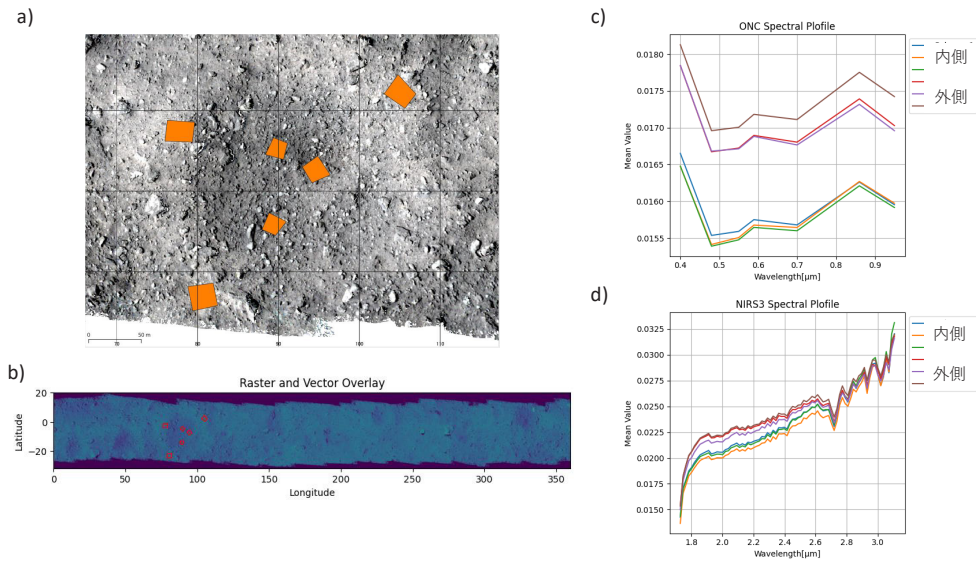


図1：実習会参加者の解析例。RyuguのUrashimaクレーターの内側と外側にQGIS上で解析領域を設定し、ONCとNIRS3のスペクトルデータを抽出、比較したもの(東京大学内田 雄揮さん提供)。

さ2#プロジェクト国際ビジビリティ事業として、科学成果の国際的な認知度を増強することを目指した、これまでに取得された観測データの活用促進の活動を行っています。複数観測機器のデータを統合し地理情報システム(GIS)上で取り扱えるようにしたデータセットやGIS解析ツールの開発や、観測データ解析の解析手法を共有するワークショップの実施などがこの事業の活動の一例です。今回の惑星探査データ解析実習会は、この事業の活動と連携する形で、はやぶさ2のGISデータ解析を行う際に利用可能なデータの紹介と、ツールの使用方法を学ぶカリキュラムが準備されました。

実習会で紹介されたツールの1つにQGISがあります。QGISはオープンソースのGISソフトで、全世界で幅広く利用されています。先に触れたはやぶさ2#プロジェクト国際ビジビリティ事業の中で、QGIS上で解析可能なGIS対応データセットの開発や、地形データやスペクトルデータの解析を容易にするQGISプラグインの開発が進められています。これらのツール・データの利用例が座学と実習の双方で紹介されました。もう一つ、会津大学ARC-Spaceで開発中の不規則形状小天体向け三次元地理情報システム(3D-GIS)ソフトAiGISと、PythonとJupyter

Notebook環境で対話的に3D-GISによるデータ可視化と解析を可能にするPyAiGISの紹介も行われました。

毎回の実習会と同様、参加者は座学と実習を通じてデータとツールについて学んだのち、各自で設定したテーマで解析を行ない、その成果を最後に発表してもらいました(図1)。実習会の内容と、参加者の興味関心が繋がって多様なテーマが生まれ、短い時間の中で有意義な成果を挙げた参加者もあり、活発な質疑応答も行われました。

参加者からのコメントを各自の解析テーマとともに紹介させていただきます(順不同、敬称略)。

長坂 奏汰(東海大学, 学部学生)

解析テーマ：QGISによるRyugu全球スロープマップの作成、バンド間で位置ずれのある画像からのスロープ計算

座学の内容についてのコメント：座学では、各観測機器の詳細を導入として分かりやすく説明していただき、その後、実際にそのデータを用いて手を動かしながら学べた点が良かったです。また、QGIS, AiGIS, SBMTなど、様々なツールを使用できた

のも有意義でした。自身の研究でも「はやぶさ2」のONCデータを使用していましたが、今回の講習を通じて、そのデータの処理方法や活用方法に関する理解がより深まりました。

実習の内容についてのコメント:テーマを決めるのに悩みましたが、自分の研究内容と結びつけて取り組むことができました。特に、これまで扱ったことなかったスペクトル解析について、配布されたサンプルコードや資料を参照することでスムーズに進めることができました。

実習の実施形態についてのコメント:初歩的な質問も気軽にできるような環境を整えていただき、ありがとうございました。

次回以降の希望テーマ:輝度校正や幾何補正などのデータ処理について。

内田 雄揮(東京大学・ISAS, 博士課程学生)
解析テーマ:Urashimaクレータの内側と外側のスペクトルの違い

座学の内容についてのコメント:全ての講義に関連性があったので、相乗効果で理解が深まりました。サンプルコードもありがとうございました。リュウグウについてフォーカスした内容だったので、スペクトル解析からどんな研究がされてきたか、またどんなことが分かってきたかなど、実習を見据えた事例を例示いただけると更に理解の助けになります。

実習の内容についてのコメント:解析のアイデアも一緒に練っていただきありがとうございました。

実習の実施形態についてのコメント:少人数でがつり学べて良かったです。対面で、且つ講師陣もたくさんいらしかったので、問題をすぐに解決していただけで本当に贅沢な講習会でした。

次回以降の希望テーマ:惑星科学×AIみたいなものはいかがでしょうか。例えば、クレーターカウントの自動化ツールを作成するなど。

佐藤 滯央(東京大学, 修士課程学生)
解析テーマ:QGISでのリュウグウクレーターの地物ポリゴンの検出

座学の内容についてのコメント:丁寧に説明していただき、はやぶさ2のデータなど探査機データを用いた惑星地質学的な解析も手軽に扱えるのだなとちょっと感動できました。ただ、実質丸2日の期間に対して内容が多いかなとは思いました。QGISかAiGISどちらかとPythonのみにして、もう少し実習の幅を広げても良かったかもしれないと感じます。今回程度の扱う量でも、サンプルコードを追いかけてながら説明を頂いている途中に例えば、自分で好きなファイルを読み込んで(=デフォルトのものとは書き換えて)スペクトルを出してみる、というような時間を少しだけでも設けてもらえると、もう少し自信をもって操作が習得できたかなとも考えます。ぜひご検討ください。

実習の内容についてのコメント:自分の課題実施に関しては、思うようにできなかったことが第一です。呑み込みまでに時間がかかったこともあり、ちょっとふがいない結果になっちゃったかなと感じています…

実習の実施形態についてのコメント:ハイブリッドでやったださるのはとてもありがたいです。今回は宇宙研が現地会場だったので現地参加しましたが、遠方であればリモートでないと難しいので、ハイブリッドは今後も継続してほしいです。座席や懇親会等もご配慮いただきありがとうございました。

次回以降の希望テーマ:お任せします。

庄司 大悟(ISAS, 講師)
解析テーマ:QGISを用いてNIRS3データから鉱物マップを作成する。

座学の内容についてのコメント:AiGISを使ったことがなかったので、使い方を勉強できて有意義でした。

実習の内容についてのコメント:Google Colabで実装できるのはありがたいです。

実習の実施形態についてのコメント:私の方にQGISの機能に勉強不足な点があったので、講師として反省点です。

次回以降の希望テーマ:ChatGPTのような対話ツールを惑星科学でどのように活用できるか、有用な点と気をつけたい点について。

森田 朋代(東北大学, 博士課程学生)

解析テーマ:NIRS3とONCのスペクトル特徴の比較から推定するRyugu表層の物質分布

座学の内容についてのコメント:衛星観測の意義や、実際の解析ツールについての概要がまとめられたお話を網羅的に聞けたことが良かった。論文や学会発表を聞く際に、一つ一つの研究が、全体の目的のどこに当たるのか理解して考えることができそうだった。また、私はスペクトルの読み方やQGIS、Pythonを使った解析をしたことがあったためスムーズに進められたが、事前知識としてスペクトルからわかることなどの説明が少しあった方がわかりやすいのではないかと思った。

実習の内容についてのコメント:今回、AiGIS、PyAiGISに特に興味があり勉強会に参加した。実際にコードを動かしたり、どのような操作をしているかの説明があり、とてもわかりやすかった。

実習の実施形態についてのコメント:元々、対面での参加予定であったが、移動時のトラブルで最初はオンラインで参加することになり、会場とオンラインの併用であったことに救われた。遠方からの参加もしやすいため、今後も併用であると嬉しい。

中嶋 瑞穂(北海道大学, 修士課程学生)

解析テーマ:NIRS3とTIRが計測した放射温度の比較

座学の内容についてのコメント:はやぶさ2について詳しく知らなかったのので、搭載機器の基本から説明していただき勉強になりました。実習の内容についてのコメント:GISの基本的な説明があり、一般的なス

キルを身につけることができました。

実習の実施形態についてのコメント:ハンズオン形式で実習を行えスキルを身につけることができました。

櫻井 哲志(神戸大学, 修士課程学生)

解析テーマ:Ryugu表面上のボルダーの可視スペクトル解析

Ryugu表面の暗いボルダーと明るいボルダーを分類するために、Ryugu表面上のボルダー(計604個)の可視スペクトルを解析しました。結果的として、今回調査したボルダーは全て似た反射率とスペクトル勾配を示し、暗いボルダーと明るいボルダーを分類することはできませんでした。

座学の内容についてのコメント:今回の実習会は、はやぶさ2のデータ概要の説明から始まり、QGIS、PyAiGIS、SBMTといった解析ツールの紹介へと進みました。その中で、探査によってどのようなデータが取得され、それらがどのようにアーカイブ・解析されるのかという、一連の流れを理解することができました。あまり探査データ解析ツールに触れてこなかった私にとって、新鮮で興味深い講義でした。特に解析ツールの紹介では、実際に手を動かしながら学ぶことで理解が深まり、基本的な操作方法を習得できたと感じています。また、解析が正常に実行されなかった場合も、迅速に対応していただいたおかげで、講義に問題なくついていくことができました。今回の経験を活かし、今後の研究において探査データをより有効に活用できればと思います。

実習の内容についてのコメント:実習では、丁寧なご指導のもと、学びの多い時間を過ごすことができました。課題設定の段階で、実習の方向性について相談し、適切なアドバイスをいただいたおかげで、実習をスムーズに進めることができました。また、実習を進めるなかで生じた解析ツールに関する質問にも親切にご対応いただき、大変助かりました。さらに、成果発表会では、それぞれに特色のある発表が行われ、非常に刺激を受けました。他の方々の視点やアプローチを知ることで、自身の視野を広げる良い機会となりました。

実習の実施形態についてのコメント:私は会場で実習に参加しました。実習を進める過程で生じた問題を、世話人・TAの方に直接相談できる形態は、非常に助かりました。

次回以降の希望テーマ:熱赤外観測とその解析。

春日 敏測(国立天文台, PD)

解析テーマ:Ryugu Profile Plot

AiGIS/PyAiGISを使用し、平田先生の協力を得て、Ryuguの断面をplotしたもの。緯度を変化させて(例えば、 0° , $\pm 40^\circ$, $\pm 80^\circ$)、距離と標高の相関を見てみる。展望として他の物理量との相関についても調べる。距離と重力加速度、または距離とジオポテンシャル高度について。現在のRyuguは自転周期7.6時間であるが、自転周期が3~4時間と短かった時代の結果にも応用できる。その時間差を見ることにより、上記の相関には"歪み"のような特徴が見えてこないか?

座学の内容についてのコメント:内容は初学者にも入りやすく適切でした。はやぶさ2の観測機器、データの説明(ONC/NIRS3)から解析に使用するソフトウェア(QGIS, JADE2, AiGIS/PyAiGISなど)へと繋げて、実習への基礎過程を網羅してくれました。用意いただいた資料集(pdf)にも分かりやすさを重視した工夫と深みを感じられました。ありがとうございました。

実習の内容についてのコメント:重厚かつ充実しているため早く感じられました。特に2日目(データ解析ユースケース, pdfは110ページ!)の市川先生の講義--Python--QGISの三刀流による高速回転に圧倒されました。ほんの少し整理してる間に話にも作業にも追いつけなくなり、後半はその華麗な突進を見送ることになりました。

実習の実施形態についてのコメント:最善だったと思います。現地参加もオンラインも、オンラインではやや聞き取りにくい箇所もありましたが、集音マイクの設置や小さめの会議室での開催などで比較的容

易に改善できそうです。

次回以降の希望テーマ:熱慣性データについて、その全球マップやラフネスのデータの使い方。過去にラフネスはHapkeの式で簡略化されてきたようですが、その差異はどれほどか、など。探査による研究が躍進し、過去の地上観測や実験などでは仮定されてきた物理量値の妥当性を見直せる機会が得られていると考えてます。

柿木 玲亜(神戸大学, 博士課程学生)

解析テーマ:SCIクレーター形成前後での表面スペクトルの変化およびリュウグウ上の複数のクレーターのスペクトル解析

座学の内容についてのコメント:はやぶさ2探査機のデータがどこまで解析されているか、またそれぞれのデータがどのようにして得られたかなど最先端の情報を知ることができたのは、この実習に参加した大きな収穫であったと感じた。

実習の内容についてのコメント:座学で習ったQGISなどの基本的な操作を応用し、実際のデータを使った解析を行うことができたので、スペクトルやプログラミングなどに不慣れな自分でも特に抵抗を感じることなく取り組むことができた。

実習の実施形態についてのコメント:オンラインでも開催されたので、参加可能となり大変ありがたかった。SlackやZoomのコメント機能を使って常に疑問を解決できるような大勢だったので、オンライン参加であっても特に不自由なく学ぶことができた。

次回以降の希望テーマ:探査データの画像処理について(クレーターカウンティングなど)。

愛敬 雄太(東京大学, 修士課程学生)

解析テーマ:GISデータを用いたボルダーペアのスペクトル解析

QGISを用いてモザイク画像からペアとなっているボルダーをマッピングし、対応する領域のスペクトルを、pythonを用いて抽出し比較した

座学の内容についてのコメント:データやソフトの仕組みといった基礎的な内容から取り扱っており分かりやすかった。

実習の内容についてのコメント:進み具合を確認しながら進めていただいたので、置いていかれることなく実習を進められた。

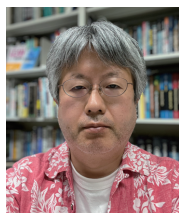
実習の実施形態についてのコメント:オフラインの参加だったが、気軽に質問することができたので良かった。

今後も日本惑星科学会惑星探査育英会では同様の実習会の開催を予定しています。新しいテーマの提案も歓迎ですので、お近くの惑星探査育英会までお声がけいただくか、meetinglist@school_mission@wakusei.jpまでご連絡ください。

今回の実習会の実施にあたって、会津大学ARC-Space(文科省共同利用・共同研究拠点:共同利用・共同研究システム形成事業～特色ある共同利用・共同研究拠点支援プログラム～(月惑星探査アーカイブサイエンス拠点)機能強化支援(JPMXP0723830458)助成対象)とはやぶさ2#プロジェクト国際ビジュリティ事業の支援を受けました。また、日本惑星科学会からの助成が参加者の旅費支援の原資となりました。ここに感謝の意を表します。

著者紹介

平田 成



会津大学コンピュータ理工学部・宇宙情報科学研究センター(ARC-Space)上級准教授。筑波大学大学院博士課程地球科学研究科地質学専攻修了。博士(理学)。宇宙開発事業団特別研究員、宇宙科

学研究所惑星研究系研究員、神戸大学理学COE研究員を経て、2009年4より会津大学勤務。専門は月惑星探査アーカイブサイエンス、小天体形状モデル、衝突現象など。日本惑星科学会のほか、日本地球惑星科学連合、American Geophysical Unionなどに所属。