

第5回月惑星探査データ解析実習会を終えて

諸田 智克¹, 小林 直樹², 木村 淳³, 石山 謙⁴, 今枝 隆之介⁵,
小池 みずほ⁶, 第5回月惑星探査データ解析実習会世話人一同

本実習会は、最新の月惑星探査データ解析の実際に触れつつ月惑星探査研究に必要な基礎知識・概念を学ぶこと、探査計画の立上げ・遂行・解析と幾段階にも渡って連携できるような将来の研究者を育成することなどを目的し、2009年に始まりました。「かぐや」「はやぶさ」の成功を得た固体惑星科学界がその後も継続的に質の高いミッションを立ち上げ推進していくためには、何よりもミッション成果の十分なる活用を通じた日本の月惑星探査コミュニティの拡大と体質強化が不可欠です。それを図る活動の一環として、本会は各回毎に取得データ解析のテーマを設け、それぞれのミッションの第一線で活躍する研究者が直接にデータ解析の手ほどきを行っています。

5回目を迎える今回は国立天文台RISE月探査プロジェクト、月科学研究会とタイアップし、主に月周回衛星「かぐや」の地形・重力場データの取扱をテーマに設定しました。探査データ解析初心者から経験者まで幅広い層の参加者15名が集まり、惑星測地学の初歩的知識や様々なツールの使用法を学ぶとともに、実データを用いた月の地形や内部構造に関わる高次解析を体験しました。「かぐや」は初めて月裏側の重力場の直接観測を行い、精度の高い地形・重力場地図の作成に成功しました。それらの成果は世界でも高く評価されています。

今回は探査データ解析経験の少ない若者(学部3年生から博士課程1年生)の参加者が多かったことや、

解析ツールが複雑であったこともあり、実習内容については多くの参加者にとってやや難解であったようです。それにもかかわらず、実習会の最後に行われた発表会では全員が美しい月地殻地図を描けるようになり、解析の際のパラメータ設定によって地図がどのように変わるかなどの研究要素に富む発表もなされました。ここまでできたのも、実習テーマの設定や、解析環境とそれらの解説資料を入念に準備して下さった講師の方々のお陰です。

日本の固体探査分野は「はやぶさ」「かぐや」の成功により世界の仲間入りを果たしました。探査に関わる我々としては、国内における探査データの利用者数を増やし、より多方面からの科学成果が発表されるような状況をいかに構築できるかが次の課題です。本実習会で多くの方々に探査データの取扱いに慣れていただくことで、月惑星探査のすそ野を広げていくことができれば、世話人としてこれほど喜ばしいことはありません。

惑星探査育英会では、地方での開催や他の研究会との共催を今後も続けていきたいと考えています。そうすることで参加者の地域性や年代層も徐々に拡大して行くことを期待しています。実習会を開いてみたいという方がおられましたら是非声をかけていただければと思います。

最後になりましたが、惑星科学研究センター(CPS)の皆様には会の運営を行う上で多大なるご支援をいただきました。厚く御礼申し上げます。

1. 名古屋大学大学院 環境学研究科
2. 宇宙航空研究開発機構
3. 惑星科学研究センター／北海道大学大学院理学院
4. 東北大学大学院 理学研究科
5. 東京工業大学理学部
6. 東京大学理学部
morota@eps.nagoya-u.ac.jp

開催日程：2012年2月20日(木)13:00～

2012年2月22日(土)17:00

開催場所：名古屋大学 理学館2階202-1室

主催：月惑星探査育英会 実行委員会

共催：国立天文台RISE月探査プロジェクト，月科学研究会

後援：惑星科学研究センター(CPS) / 神戸北大G-COEプログラム，日本惑星科学会，宇宙航空研究開発機構

世話人：諸田智克，古本宗充，渡邊誠一郎(名古屋大)，木村淳(CPS/北大)，小林直樹(ISAS/JAXA)

講師：石原吉明，松本晃治(国立天文台)

TA：石山謙(東北大)，今枝隆之介(東工大)，小池みずほ(東京大)

参加者：15名(学部生3，修士課程1，博士課程1，PD4，教職員6名)

実習内容：

「かぐや」重力/地形データの取扱

課題演習：

- (1) GEODYNを用いた月周回機の軌道伝播・軌道決定体験
- (2) Generic Mapping ToolsとSHTOOLSを用いた地形/重力異常/断面図等の作成
- (3) 地殻厚モデル作成

参加者の声

小池 みずほ

(東京大学理学部地球惑星物理学科 4年)

私は月に興味があり，その起源・進化を知りたいと思っています。

月は最も身近な天体でありながら，大部分が謎に包まれている。かぐやのかつてない程詳細な観測によって，月の謎解明に大きく近づくと注目されてきた。私も，かぐやから明らかになったこと・なると期待されることに興味がある。本実習会を知って，観測データがどのように解析されるのか知りたく，参加した。

しかし，今回が初めての参加で，解析の知識・経験も乏しい。またテーマの軌道決定・重力異常等は，私には馴染みのないものだった。そのため当初は不安だったが，先生方の迅速なご対応とご配慮で，密度濃く，楽しく学ばせて頂いた。事前準備の環境設定も，初めてで戸惑ったが，分かりやすい資料に助けられ理解が深まった。

当日の実習のうち，周回軌道決定は，天文台のGEODYNIIというソフトを用いた。他の天体からの影響などを考慮しないと現実的な推定が出来ず，衛星が数日で落ちてしまうこともあり軌道決定の難しさを感じた。

地形・重力データの解析にはSHTOOLSとGMTというソフトを用いた。GMTはコマンド入力で地形図等を作るもので，最初は難しかった，綺麗な月面図が描けると感動した。SHTOOLSは球面調和関数の計算ツールで，プログラムはfortran95で書かれている。私はf90の経験が多少あったが，長く複雑なプログラムは難しかった。重力異常から地殻厚を推定し，地殻密度や展開次数などが結果に与える影響について議論した。



図1：実習会の様子。

今回のテーマが難しかったこともあるが、自分の力不足で、予定の課題が達成できなく残念だった。特に、TAとして他の受講生のサポートが出来なかったことは反省すべき点であった。しかし、勉強して理解を深めれば、非常に面白いテーマであるとも感じた。

本実習で実際の観測データの解析をさせて頂き、貴重な経験となった。また様々な分野の方と知り合い、他の方のご研究についても聞くことができ、とても良い刺激を受けた。私は大学院での研究テーマを具体的に考えている途中であり、ここで学んだことが今後の自身の研究に良い影響を与えればと思っている。

最後に、この場を借りて本実習会でお世話になった皆様に感謝致します。有難うございました。

石山 謙

(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 M1)

今年の実習会は名古屋大学で開催され、解析内容は、かぐや衛星で取得された地形データと重力場データを用いた月地殻厚の推定であった。今年の実習会も3日間の集中実習であり、今年の講師は、石原先生と松本先生であった。実習会の初日は、国立天文台のホームページ上で公開されてある月地形データなどを使った作図の方法を学んだ。作図には、Generic Mapping Tools(GMT)というツールを使ったが、このツールがくせものであった。なぜならば、GMTは様々なコマンドがあり、それぞれの使用方法を知る必要があったためだ。コマンドの使い方などは石原先生に教えて頂いたホームページや資料を参考にしたが、結局は石原先生の解答を見たり、松本先生から色々教えてもらったりしながらGMTを学んだ。GMTの3つの実習課題をほぼ終える予定であったが、私は2つの課題を終えるので精一杯であった。

2日目の午前中は、GEODYNIIを用いた衛星軌道の決定を学んだ。GEODYNIIは、松本先生から扱い方を教えて頂いた。「衛星の軌道決定」という実習だけでも一つの実習会になりそうだが、それを午前中に終えるハードスケジュールであった。私は実習について行くだけで精一杯であったが、理解できれば絶対に面白い講義だと感じた。午後は前日のGMT実習の続きを行い、3つの課題は何とか終えることができた。

3日目、午前から地殻厚の推定をSHTOOLSというツールを用いて解析した。解析するにあたり、松本先

生、および同じ解析の班の国立天文台の山田竜平さん、名古屋大学の押上祥子さんには大変お世話になった。協力していただいたおかげで月地殻厚の解析をすることができた。地殻厚の図を完成し終えた時は、感無量であった。綺麗な図を自分で描けただけでも、この実習会に参加した意義をやっと見いだせた気がした。今回の実習は非常にハードだったが、得られるものも大きく感じる実習会であった。この場をかりて、講師ならびに世話人の先生方に深く感謝致します。

今枝 隆之介

(東京工業大学理学部地球惑星科学科 4年)

月表面の地形から内部構造に至る固体惑星科学分野には大変興味を抱いている。月には人類が唯一足を踏み入れた過去があるにも関わらず多くの事が未だ解明されていない。これが幼少から私を月の虜にした所以かもしれない。大学生の今、幸いにもこの興味を研究にぶつける絶好の機会に恵まれている。

実習日程がまさに卒論終了直後であり、来年度は大学院で月の純粋科学を学ぼうと考えていた私は、迷う事無く実習への参加を決めた。一方データ解析の経験と言っても、一昨年に国立天文台で銀河群の可視画像解析を行ったことがある程度で素人同然、TAを志願したものの不安は大きかった。

今回の実習では、月周回衛星かぐや搭載の観測機器によって得られた月地形データ・月重力場データのマッピング及び地殻厚の推定、軌道解析ソフトによる衛星軌道の算出という二つのテーマを学んだ。

前者はレーザ高度計Laser Altimeter(LALT)によって取得された月面の地形データをマッピングツールGeneric Mapping Tools(GMT)で作図し、球面調和展開係数の解析ツールSHTOOLSを用いて仮定した月表層の密度構造に対するモホ面形状から地殻厚を推定するというもので、測地学の基礎分野を学んだ。後者はNASAが開発した衛星軌道解析ソフトGEODYNIIを用いて、与えた初期・拘束条件に対する衛星の挙動を解析するというものであった。

GMTを使いこなすには大変な苦勞を伴ったが、初めて月面の全球マッピングに成功した時は大変感激した。実習時には、実践している事とその内容の本質の理解の間にしばしばタイムラグが生まれ、実習当時は焦りを覚えながら進めることもあった。実習後の復習

で初めて意味が分かったものも多くTAとしての事前準備時の予習不足は多いに反省された点である。一方こういった復習過程を含めた学習行為により理解を深められた点で実習に参加した意義は大変大きかったと思う。今回学んだスキルを無駄にしないために、今後何らかの形で自身の研究へ応用したいと考えている。

最後に世話人の皆様並びに講師の先生方にはこの場をお借りして感謝の意を示させて頂きたいと思います。ありがとうございました。そして今後もよろしくお願い致します。

参加者アンケート

本実習を知った経緯

メーリングリスト (5), 指導教官, 研究仲間からのメール (3), 前回の実習会に参加 (1), 前回の実習会参加者に教えてもらった (1)

参加理由

かぐや(重力)データ解析を経験したかった (3), 月惑星研究, 探査に興味があった (2), 使用データの幅を広げるため (2), 地殻厚を算出できるようになるため (1), データ操作法の習得 (1), 前回の実習会が面白かったため (1)

実習難度

高い (7), 理解できれば面白くなりそう (2), 時間をかければさらにできるようになりそう (1), 講義は分かりやすかった (1)

講師・TAに求めるもの

実演を増やしてほしい (2), 丁寧に教えて頂いた (1), 大変良く準備をしていただき有難うございます (1), 事前準備のケアがほしい (1), TAとして何もできずにすみません (1), もう少し時間がほしい (1), ツールやプログラムの説明がもう少しあれば良かった (1), フローチャートなど書いていただけると助かる (1)

自由記述欄

今回の実習内容のような知識の必要性を痛感した。今回使用したソフトは可能性を感じさせるものだった。

使い慣れないツールや言語に悪戦苦闘し、内容の理解が追いつかなかった。しかし重力データ解析の手がかりが得られて大きな収穫であった。

事前課題や簡単なコメントのついたソース等を頂け

ると実習開始時の認識の差がうまるのでは？

事前準備に時間がとれなかったため実習中は作業に手一杯だった。今後も復習し理解を深めたい。

データ形式やヘッダ書式などの些細な点でのエラーで止まってしまうなかなか進めなかった。実際の解析現場でも同様と思われるがやや大変だった。

初めて使用したツールが多く、勉強になることが多かった。

重力データがどのように扱われるか感覚的に理解できたので有益であった。もう少し初心者にも分かりやすい配慮, 世話人との連携があると良い。

講師の方々有難うございました。

今後取り上げて欲しいトピック

天文衛星データ, かぐやTC, 地形・重力データ(第二弾), 月震データ, はやぶさLIDAR

詳細は [https://www.cps-jp.org/~tansaku/wiki/top/?実習会\[5\]報告](https://www.cps-jp.org/~tansaku/wiki/top/?実習会[5]報告) をご参照ください。