

「天体の衝突物理の解明 (XIX) ～惑星科学・天文学における衝突現象の解析法～」 参加報告

長足 友哉¹



図1: 研究会の集合写真.

1. はじめに

2023年10月30日から11月1日にかけて、第19回「天体の衝突物理の解明」が開催された。神戸大学六甲台第2キャンパスでの現地開催に加え、昨年度に引き続いてZoomとSlackを用いたオンラインによるハイブリッド形式での開催となった。今年度のテーマは「惑星科学・天文学における衝突現象の解析法」で、晴山 慎氏(聖マリアンナ医科大学)、久徳 浩太郎氏(京都大学)、斎藤 貴之氏(神戸大学)を迎え、ご講演いただいた。研究会には現地42名、オンライン6名の合計48名の研究者と学生が参加し(図1)、招待講演を含めて合計17件の口頭発表と、12件のポスター

発表が行われた。Zoomを用いて、発表者のPCでスライドを共有し、世話人のPCで発表者の様子を映す形でオンラインに対応した。本研究会は、講演時間が質疑応答込みで招待講演60分、一般講演30分と比較的長く、また、講演中に随時質疑応答が行うことができるため、じっくりと研究内容を聞くことができる。また、感染症対策のため中止されてきた現地での懇親会が4年ぶりに行われ、懇親会と同時に白熱したポスター発表が行われた。

本稿では講演の概要と研究会の様子を短く紹介する。各講演内容についてはあくまで私の理解の範囲内でまとめたが、より詳細を知りたい方は研究会のwebページ(<http://www.impact-res.org/impact23/index.html>)の要旨を参照していただきたい。

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
y.nagaashi@tohoku.ac.jp

2. 講演概要

以下に研究会のプログラムを示す(敬称略)。

<口頭講演>

10月30日(月)

黒澤 耕介(神戸大学)

「改良Z modelを用いたDART衝突後のDimorphos表面の堆積厚の見積もり」

黒崎 健二(神戸大学)

「小惑星の衝突に伴う内部速度分布」

門野 敏彦(産業医科大学)

「岩塊上の衝突クレーター:側面がスポールする衝突条件」

柿木 玲亜(神戸大学)

「レゴリスに覆われた基盤岩標的への衝突実験:クレーター形態と衝突励起振動の層厚依存性」

木内 真人(立命館大学)

「低重力でのクレーター形成過程の断面的な観察」

道上 達広(近畿大学)

「アエンデ隕石に対する衝突実験~コンドリュールサイズの衝突破片形状」

10月31日(火)

晴山 慎(聖マリアンナ医科大学)【招待講演】

「自動分類法を用いた月全球の地質図作成」

久徳 浩太郎(京都大学)【招待講演】

「コンパクト天体の衝突・合体現象」

斎藤 貴之(神戸大学)【招待講演】

「衝突する銀河」

松本 侑士(国立天文台)

「衝撃波後面でのダスト衝突によるコンドリュールの破壊」

長谷川 幸彦(東北大学)

「質量輸送を伴うダストアグリゲイト間の衝突と衝突エネルギーの関係」

荒川 創太(海洋研究開発機構)

「ダスト集合体の衝突数値計算:接触領域の解析」

11月1日(水)

菊地 翔太(国立天文台)

「はやぶさ2衝突実験によるイジェクタスケーリング則

の検証」

山口 祐香理(神戸大学)

「高速度衝突エジェクタ:実験とモデルの比較」

佐古 洸也(神戸大学)

「衝突クレーター形成に伴う地下に埋まったボルダアの放出に関する実験的研究」

櫻井 諒太(神戸大学)

「空隙率の異なる付着性レゴリス層から受ける抵抗力の実験的推定」

松原 光佑(神戸大学)

「高速度衝突による蛇紋岩インパクターの水和状態と熔融・噴出過程」

<ポスター講演>

石井 竣基(神戸大学)

「熱進化を経験した氷微惑星の衝突破壊実験」

長足 友哉(東北大学)

「衝撃加速度を用いた固体微粒子の付着力測定」

宇都宮 忠勝(神戸大学)

「砂に埋没したボルダアへの衝突による破壊とクレーター形成に対するアーマリング効果」

豊嶋 遥名(神戸大学)

「湿った砂におけるクレーター形成に伴う周辺大気の温度変化」

山本 大晟(神戸大学)

「レゴリスへのグレーディング衝突実験」

櫻井 哲志(神戸大学)

「多分散不規則形状ダストの焼結実験」

豊田 優佳里(神戸大学)

「X線CTスキャンを用いた多孔質氷球の観察」

杉田 精司(東京大学)

「SCIクレーター内の反射率の高い岩塊の反射スペクトル」

松阪 竜希(神戸大学)

「鉄ラブルパイル天体の衝突破壊実験」

山本 裕也(JAXA)

「低強度粗粒標的に対する衝突実験」

青木 龍一(神戸大学)

「斜め衝突による角運動量輸送効率に関する実験的研究」

大槻 圭史(神戸大学)

「小惑星の小規模破壊衝突における角運動量輸送

効率」

2.1 招待講演

研究会の2日目に、今年度のテーマである「惑星科学・天文学における衝突現象の解析法」に関連した3件の招待講演が行われた。

晴山氏は、自動分類による月と水星の地質図作成について講演された。まずは自動分類の種類(教師付きと教師なし)について紹介された。続いて、教師なし自動分類による、研究者の主観なしの天体全球スペクトル分類マップの作成について紹介され、その分類マップに基づく月表面での物質混合や未発見の地下のマグマ噴出物の存在に関する知見について紹介された。最後に、水星のスペクトル分類マップ作成とそれに基づく水星地殻の形成史の考察について紹介された。

久徳氏は、コンパクト天体の衝突・合体現象について講演された。まず、重力波天文学と多粒子天文学、連星中性子星などの基礎について紹介された。続いて、連星中性子星の合体に伴う現象として、重力波の放射や中性子過剰物質の放出などに関する観測や理論計算について紹介された。また、連星中性子星からの力学的質量放出過程に関して、惑星科学における天体の衝突現象との類似性が挙げられるなど、今後とも望まれる天文学と惑星科学との協調についてのお話もあった。

斎藤氏は、銀河衝突の数値シミュレーションの発展と理解の変遷について講演された。まず、宇宙の星形成史と相互作用・衝突合体する銀河の進化を調べる重要性が紹介された。続いて、数値シミュレーションの変遷について、電球とフォトセルを使った手動数値シミュレーションから紹介され、斎藤氏のグループによる衝突銀河シミュレーションの美しい動画も紹介された。近年、より高い分解能を実現し、個別の恒星を扱うシミュレーション研究に着手されつつあることも紹介された。

2.2 一般口頭講演

例年通り一般講演では、招待講演のテーマに限らず、天体の衝突現象に関する様々な分野の発表が行われた。以下ではセッションごとにそれぞれ短く紹介する。

「HERA/DART」セッションでは2件の講演が行われた。黒澤氏は改良Z-modelを用いて標的曲率を考慮した掘削モデルを作成し、DART衝突に伴うデイモルフォス、デイディモス表面への放出物の堆積厚をそれぞれ >20 cm, ~ 1 cmと見積もった。黒崎氏はデイモルフォスへの衝突現象について、弾性体の効果を取り入れたSPH法を用いて、DART衝突で発生した内部速度分布とその後のエジェクタ速度分布を明らかにした。

「岩塊のクレーター実験」セッションでは2件の講演が行われた。門野氏は衝突実験と爆発実験を行い、岩塊上面への衝突において、衝突点から岩塊側面までの距離がクレーターの直径程度よりも端に近ければスポレーションが起こることを示した。柿木氏は、層構造標的への衝突実験を行い、表面粒子層の厚さによるクレーター形態への効果と、その層厚と基盤の存在による衝突励起振動への効果を明らかにした。

「衝突実験」セッションでは2件の講演が行われた。木内氏はクォータースペース法を用いて、低重力下でのクレーター形成過程の断面的な観察を行う計測システムの開発を行い、標的強度がクレーター直径だけでなく深さ直径比にも影響する可能性を示した。道上氏はコンドリユールサイズのアエンデ隕石の衝突破片をX線CT撮像し、コンドリユールリッチの破片は、丸い傾向があるが、総数が少ないため、全体の形状分布には影響しないことを示した。

「数値計算」セッションでは3件の講演が行われた。松本氏は衝撃波後面でのダスト衝突によるコンドリユール破壊モデルを作成し、 $>10^2$ μm のコンドリユールは、ダストと高速度衝突し、熔融時は破壊され、非熔融時はダストを集積できることを示した。長谷川氏は三次元N体数値計算を用いて質量比を持つダストアグリゲイト間衝突の臨界衝突速度を調べ、質量輸送が衝突点付近での局所的現象ではなく標的全体と関連した現象と示唆した。荒川氏は個別要素法を用いてダストアグリゲイト間衝突での圧密挙動を調べ、それが弾塑性球の接触モデルでよく説明できると示し、また、水アグリゲイトの圧縮強度と換算ヤング率に制約を与えた。

「衝突実験・エジェクタ実験」セッションでは5件の講演が行われた。菊地氏はDCAM3の画像幾何補



図2: ポスター講演の様子。

正と軌道姿勢推定を同時に行うことで得られるSCI衝突でのイジェクタカーテン進化や放出ボルダー軌道がスケーリング則などで説明可能と示した。山口氏は高速度なエジェクタのサイズと速度の関係と、その標的物性への依存性を実験的に調べた。エジェクタサイズが標的強度に依存する可能性を示し、破片生成モデルとの比較を行った。佐古氏はトレーサー粒子を任意の深さに埋める方法を確立し、衝突でのボルダー放出速度の深さ依存性を調べた。深いほど放出速度が大きい傾向と、高速衝突でのコブ状構造の形成を明らかにした。櫻井氏は大気圧下における自由落下弾丸の粉粒体層への貫入を観測した。層が高空隙率ほど深く貫入することを示し、イトカワへの再衝突ボルダーが表面に露出する条件を制約した。松原氏は蛇紋岩を鉄鋼やシリカ砂に衝突させ、生成物やクレーターの分光測定を行った。高速度衝突で蛇紋岩の脱水が促進され、また、標的における空隙の存在が脱水に影響する可能性を示した。

2.3 ポスター講演

前年度と同様、研究会2日目の夕方に現地でのポスターセッションが開催された。また、研究会初日の夕方に、学生のポスター講演については3分間のフ

ラッシュトークが行われた。また、ポスターセッションは4年ぶりに現地開催された懇親会と同時に行われた。そのため、感染拡大時のオンライン開催や、昨年度のような現地での懇親会なしのポスターセッションと比べると、食事やお酒を片手に議論が弾んでいる印象を受けた(図2)。昨年と同様、オンラインでのポスターセッションへの参加は制限されてしまったものの、現地参加者の立場としては、対面での懇親会を兼ねたポスターセッションはとても有意義に感じた。

3. おわりに

今回は「惑星科学・天文学における衝突現象の解析法」というテーマで、3人の招待講師を招いて開催された。4年ぶりの現地での懇親会の開催もあり、現地会場は大いに盛り上がった印象を受けた。一方、オンライン参加を可能とすることで参加人数を増やしつつも、運営側の負担を減らすため、昨年度よりも簡易なハイブリッド開催とした。しかし、結果として現地参加者を重視した形となり、オンラインでは質問が少なく、現地参加者と温度差がある印象を受けた。今年度はハイブリッド開催を維持したが、今後

も維持するか、現地参加のみとするか、また、どちらかに重きを置くかどうかは今後も議論が必要と感じた。

謝辞

会場準備をしていただいた神戸大学大学院理学研究科の関係者の方々に感謝いたします。また、本稿執筆の機会は世話人の皆様よりいただきました。重ねて感謝いたします。

著者紹介

長足 友哉



東北大学大学院理学研究科地学専攻 日本学術振興会特別研究員PD. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻博士課程修了. 博士(理学). 2022年4月より現職.