

「天体の衝突物理の解明(XIII)～太陽系の進化過程におけるダストの役割～」参加報告

寫生 有理¹

1. はじめに

2017年11月20日から22日にかけて、神戸大学六甲台キャンパスにて第13回「天体の衝突物理の解明」研究会(通称: 衝突研究会)が開催された。昨年度から開催場所を神戸大学に移した今年度の研究会は、“太陽系の進化過程におけるダストの役割”をテーマとし、向井正氏(京都情報大学院大学)、佐々木晶氏(大阪大学)、菊地紘氏(東京大学)を迎え、ご講演頂いた。総勢62名の研究者と学生が参加し、招待講演を含めて22件の口頭発表と20件のポスター発表があった。招待講演と一般講演の講演時間はそれぞれ60分と30分(講演中の質疑を含む)であった。学会発表とは異なり、講演中に活発な質疑があることが本研究会の特徴である。ここでは、講演内容を筆者なりの理解で整理し、本研究会の様子を簡単に紹介する。各講演の詳細は発表者に問い合わせさせていただくか、研究会webページ(<http://www.impact-res.org/impact17/>)に掲載されている要旨やスライドをご覧いただきたい。

2. 講演概要

研究会プログラムを以下に示す(敬称略)。

■11月20日(月)

木下敏輝(神戸大) 月面画像を用いたクレーター放出物の解析

多田賢弘(東京大) オーストラリア・アジアテクタイ

トイベント: 東南アジアにおけるイジェクタ層認定と衝突地点推定

鈴木宏二郎(東京大) ダストカーテンを横切る飛翔体まわりの現象に関する実験

巽 瑛理(東京大) ラブルパイル小惑星でのクレーター形成と緩和過程

木内真人(神戸大) 低速度クレーター形成実験をもとにしたイトカワdimple地形の成因の検証および火星衛星表層地形との比較

平田直之(神戸大) ガニメデに残る巨大衝突の痕跡

杉浦圭祐(名古屋大) 微惑星衝突による不規則形状形成と衝突条件依存性

末次 竜(産業医大) 重力支配域での微惑星の衝突破壊について

柴田 雄(国立天文台) 氷微惑星の合体条件

■11月21日(火)

大村知美(神戸大) 粒子間力が小天体表層の振動圧密特性に及ぼす影響に関する実験的研究

長足友哉(神戸大) 粉体流中のアグリゲイト観察

村上雄一(神戸大) 低密度弾丸を用いた焼結体の高速衝突実験

向井 正(京都情報大) 惑星間塵雲: 構造・起源・力学進化【招待講演】

菊地 紘(東京大) 火星を周回する破片はフォボスに衝突したか?【招待講演】

佐々木晶(大阪大) ダスト衝突から宇宙風化作用へ【招待講演】

黒澤耕介(千葉工大) 衝撃圧力分布から推定する衝突放出物速度分布と過渡クレーター径

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
shimaki@planeta.sci.isas.jaxa.jp

岡崎昌志(神戸大) フラッシュ X線を用いた衝突破壊現象の観測

道上達広(近畿大) 微小衝突破片粒子の3次元形状分布とイトカワ粒子への応用

■11月22日(水)

脇田 茂(国立天文台) 微小惑星内の含水鉱物に対する衝突の影響

城野信一(名古屋大) 溶融岩石微小惑星と溶融水微小惑星との衝突

小林 浩(名古屋大) デブリ円盤のガス起源

阿部新助(日本大) 地球衝突天体のサイズ分布と軌道

■ポスター講演

山崎祐太郎²(神戸大) 高空隙石膏に形成されたクレーターの表面下観察

石黒琢也²(神戸大) 高空隙率シリカ層への衝突実験と空隙率を考慮したクレーターサイズスケール則の構築

鈴木絢子(ISAS/JAXA) 雪標的への衝突で見られるクレーター周りのスポール地形

田澤 拓²(神戸大) 含水率を変化させた粒子層への高速度衝突クレーター形成実験

長友文哉²(神戸大) 隕石を模擬した試料の衝突破壊強度の確率分布と小惑星のサイズ依存性への応用

岡本尚也(千葉工大) 画像処理によるイジェクタカーテン形状の比較: 室内衝突実験 vs SPH 衝突シミュレーション

黒澤耕介(千葉工大) 衝突雷: 惑星古環境を探る新たな視点

保井みなみ(神戸大) 氷・シリカ混合物の脆性破壊・塑性変形遷移に関する実験的研究: 宇宙雪氷学的応用

矢部みなみ²(神戸大) 多孔質氷の流動則に対する空隙率の効果

黒澤耕介(千葉工大) iSALE users group in Japan 活動報告

石山 謙(ISAS/JAXA) iSALEに基づいた月のスミス盆地の形成

川村真輝²(近畿大) 小惑星探査機のフライバイとランデブーにおけるボルダー観測結果の比較

諸田智克(名古屋大) はやぶさ2 ONC データによる Ryugu 表面ラフネスの推定～着陸点選定訓練データをを用いた検討～

佐久川遥²(神戸大) すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam データによるケンタウルス族天体のカラー測定

出山拓門²(神戸大) 天文衛星 AKARI の搭載カメラ IRC の絶対較正の再解析

布施綾太²(日本大) 地球月系ラグランジュ点 EML₂ からの月面衝突閃光の観測

黒崎健二(名古屋大) 巨大氷惑星における衝突現象

樋口有理可(国立天文台) 惑星による小天体の一時捕獲と衝突

本間 徹²(神戸大) 原始惑星系円盤において鉛直方向に分布する固体物質の周惑星円盤への降着

川村浩司(神戸大) 土星リング粒子の衝突速度

2.1 招待講演

招待講演では、今年度のテーマであるダスト研究について観測に基づく大小様々なスケールの研究が紹介された。ここでは筆者なりの理解で発表を紹介する。

向井正氏は惑星間塵雲について講演された。原始惑星系円盤よりも薄い惑星間塵雲の研究について、17世紀のCassiniによる黄道光(太陽の赤道面に沿った平らな雲)の発見から最新の研究成果までを時系列に沿って紹介いただいた。近年のHELIOS探査機による黄道光の輝度観測から、惑星間塵雲は平坦な構造で時間変化もないことが明らかとなった。また、2000年代は地球軌道付近の塵の7割以上が小惑星起源と考えられていたが、最新の研究では彗星核および小惑星の反射スペクトルから9割が彗星起源と考えられていることが紹介された。

菊地紘氏は火星衛星フォボスの線状構造の起源について講演された。ロッシュ限界付近を周回するフォボスに着目し、線状構造の三次元形状モデルを用いた再解析から5種類の線状構造を認定した。線状構造の最大長さは衛星半周であり、線状構造を形成した衝突体は火星中心座標系で環状構造をなしていた可能性を指摘した。さらに、N体計算によるラブルパイル天体の潮汐力による線状分裂の可能性を報告し、かつて火星の輪が存在した可能性を議論した。球から逸脱するという小天体特有の問題に対する形状モデルの有用性を

2. ポスター発表紹介者



図1：研究会集合写真。

実感させられた講演であった。

佐々木晶氏は探査機による宇宙ダスト計測および宇宙風化作用について講演された。宇宙ダスト計測に関して、のぞみ探査機(PLANET-B)は、火星への周回軌道投入こそ叶わなかったものの、合計120回のダスト計測イベントを検出したことを報告した。さらに近年は衝突電離型ダスト計測器(Mars Dust Counter)が契機となって国内ダスト計測器の開発が進み、Bepi ColomboおよびMMXへと繋がった経緯を紹介した。小天体表面に「塵」が衝突して生じる宇宙風化作用(反射率の低下、赤化、および吸収帯の弱化)に関して、最新の研究では炭素質隕石ではフラットになり、赤化だけでなく青化も存在することが紹介された。宇宙風化作用は平坦なスペクトルを示す小惑星Ryugu(はやぶさ2探査天体)においても重要であると考えられるため、今後の展開が期待される。

2.2 一般口頭講演

衝突研究会にて講演される研究は多岐に渡る。ここでは、口頭発表の内容について観測・分析、室内実験、および数値計算・理論研究に分類し、簡単に紹介しつつ研究会の雰囲気をお伝えしたい(以下、敬称略)。

(1) 観測・分析

衝突現象は様々な時空間スケールで天体表面層や天体軌道などに記録される。こうした衝突履歴はリモートセンシング、地質調査と回収試料の分析、地上観測によってその抽出が可能となる。これらに関して、月クレータレイおよびガニメデfurrowsの解析(木下, 平田)、地球の衝突クレータにおける高压相鉱物の発見

(多田)、地上観測による地球衝突天体の分布(阿部)について講演があった。阿部の講演では、電波と光の波長を用いた流星観測手法の開発から流星のサイズ、軌道、組成のビッグデータを構築しているとの報告があり、様々な観測成果が統合されつつある印象を受けた。また加熱風洞による普通コンドライトの溶融飛散実験の話があり、コンドリュール形成にも結びつく非常に興味深い実験であった。

(2) 室内実験

室内実験から素過程を抽出し、スケーリング則を構築して天体現象へと応用するためには、実験のセットアップが肝要である。今年度は衝突現象とダスト物性に関して講演があった。衝突現象について、ダストカーテンと飛翔体の実験(鈴木)、ボルダールおよび低重力に関するクレータスケーリング則(巽, 木内)、衝突放出物の速度・破片分布(村上, 岡崎, 道上)について講演があった。また、今年度のテーマでもあるダストに関して、粉体の圧縮特性および集合過程(大村, 長足)について講演があった。鈴木の話では、粉体流と高速度で衝突する飛翔体まわりの現象を流体力学的に扱うための基礎実験が報告された。また、クレータスケーリング則では弾丸/標的粒径比の影響(巽)および微小重力で重要となる粉体層における強度の影響(木内)が講演された。これらは、はやぶさ2探査で観察される小惑星Ryuguのクレータ地形やSCI衝突クレータの理解に大きく貢献すると期待される。

(3) 数値実験・理論研究

室内実験で扱えないスケールの現象(衝突破壊・合体、熱進化、円盤構造)は数値実験での研究が有用であり、

衝突業界では近年SPH法やiSALEを用いた研究が盛んに行なわれている。これらに関して、微惑星の衝突破壊・合体成長(杉浦, 末次, 柴田), 含水鉱物の起源(脇田), マグマ-水接触によるコンドリュール形成(城野), デブリ円盤の進化(小林), 衝突圧力に基づく解析的クレータスケーリング則(黒澤)について講演があった。杉浦の講演では小惑星の不規則形状の衝突条件(速度と角度)依存性を調査し, 細長い形状の成因として破壊が生じる十分な衝突速度と適度な衝突角度が必要であることを示した。さらに最大破片以外の破片の形状分布を調査し, 小さい破片ほど丸くなることを示したが, Eos族の観測結果とは不整合である結果が報告された。今後の進展が期待される。城野の講演では, 火山でのマグマ-水接触実験に着想を得たコンドリュール形成モデルを提案し, 参加者との議論を通して今後の方向性を探っていたのが印象的であった。様々な研究者と意見交換できる点も, 本研究会の特色であろう。

2.3 ポスター講演

ポスター講演は夕方懇親会の間に開催された。今年度は学生による1分間のポスター発表紹介が企画され, 懇親会中にポスター概要が紹介された。時間になると強制終了されるという厳しい時間制限の中, どの発表者も自分の研究を聞いてほしいという熱意が感じられた。筆者は衝突実験を中心に5件ほどのポスターを丁寧に説明していただき, 実験の最新トレンドを知ることができた。なかでも石黒の説明は非常に熱く, 議論をするうちについついお酒が進んでしまった。

3. 「12年後」の12年後

本稿執筆にあたり, 第1回の参加報告書[1]を見ていたところ, こんな記述があった。「日本惑星科学会設立のころ, [...]衝突破壊の研究会が年に一度つごう3回開催された。[...]「12年後」, 国内を見渡すと, 惑星科学における衝突現象研究の新しいグループが立ち上がり, [...]このような状況のもとで, 宇宙科学研究所の衝突小研究会の世話人であった荒川が折りにふれ昔のメンバーに声をかけ新たなメンバーを勧誘することで, 研究会を開こうという機運が高まっていった。」こうして開催された第1回では, シミュレーションと衝突

実験・解析の最新の結果について活発な議論が行われたという。その伝統は今年も変わらず, 特に若手研究者を中心に, 和やかな雰囲気ながらも活発な議論が交わされた。また, 黎明期からの方針「分野内に閉じては進展がないので外の人を呼ぶ研究集会であるべし」の通り, 今年度も観測, 分析, 実験, 理論の各分野から多数の参加があった。発足から四半世紀を経てもなお続く文化は, 人が育っていることを示しているのではないかと感じた。2018年ははやぶさ2が小惑星 Ryugu に到着し, 翌年にはSCI衝突機の運用が計画されるなど, 衝突業界は新たな節目に到達したと思う。次回の研究会では小惑星 Ryugu の様子が見られることを強く期待したい。少しでも本研究会に興味を持たれた方は, ぜひ気軽に参加してみてください。

最後に, 本研究会の開催にあたり尽力いただいた世話人の方々, 神戸大学の方々には会場の準備や整備などを通して大変お世話になりました。この場をお借りして感謝申し上げます。本稿執筆の機会は神戸大学の保井みなみさんから, 写真は石黒琢也さんから頂きました。感謝いたします。

参考文献

- [1] 和田浩二 他, 2005, 遊星人 14, 202.