

「天体の衝突物理の解明(XI) ～衝突研究における状態方程式の役割～」 参加報告

黒川 宏之¹

1. はじめに

2015年11月26日から28日にかけての3日間、すでに冬の装いの北海道は北海道大学低温科学研究所にて、研究会「天体の衝突物理の解明」が開催された(図1)。今回で第11回目となるこの研究会は通称「衝突研究会」と呼ばれ、衝突業界ではお馴染みの冬のイベントである(らしい)。毎回、衝突物理に関わるテーマを掲げていることが本研究学会の特徴だが、今回は「衝突研究における状態方程式の役割」と題し、関連する3件の招待講演が行われた。加えて、21件の口頭講演(1講演30分)、17件のポスター講演が行われ、活発な議論が交わされた。

筆者は惑星大気や内部構造を主な研究対象としており、衝突物理については門外漢であったが、今回、高圧の惑星内部構造を知る上でも重要となる状態方程式がテーマであると聞き、はじめて参加させていただい

た。状態方程式に関する3件の招待講演もとても勉強になったが、その他の一般講演も衝突物理に関して長時間どっぷりと聴くことははじめての経験であり、素過程の解明を重視する衝突業界の研究スタイルを存分に味わわせていただいた。

本稿では、講演の概要と研究会の様子をごく簡単にお伝えする。研究会の空気を多少なりともお伝えできれば幸いである。ページ数の都合から個々の講演について詳細をお伝えすることはできず、またここに記載する内容は筆者の理解にとどまる。各講演の要旨及び発表スライドは研究会のHP(<http://www.impact-res.org/impact15/>)に掲載されているので、興味を持たれた方はぜひそちらを参照していただきたい。

2. 研究会の概要

以下に研究会のプログラムを示す。

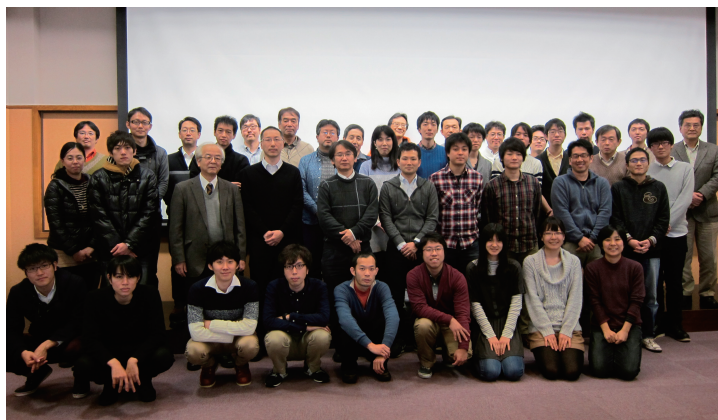


図1: 集合写真

1. 東京工業大学地球生命研究所
hiro.kurokawa@elsi.jp

■11月26日(木)

岡本尚也(千葉工大)

「衝突放出物の超高速撮像計測：iSALE計算結果との比較」

木内真人(神戸大)

「砂礫への低速度衝突クレーター形成実験：重力依存性と真空度依存性」

高野翔太(神戸大)

「氷・石英砂混合標的に対する高速度クレーター形成実験」

小川 諒(神戸大)

「鉄へのクレーター形成に関する温度と衝突速度への依存性」

紫垣沙央(神戸大)

「コンドリュールの強度に関する実験的研究」

保井みなみ(神戸大)

「石膏球の斜め衝突破壊実験」

長谷川直(ISAS)

「2015年度の宇宙研超高速衝突実験施設の現状」

松榮一真(神戸大)

「粉粒体を伝播する衝突励起振動に関する実験的研究」

大村知美(神戸大)

「再集積天体内部の密度構造に関する実験的研究」

黒澤耕介(千葉工大)

「水氷の衝突蒸発について」

■11月27日(金)

川合伸明(熊本大)

「衝撃圧縮と状態方程式」【招待講演】

丹下慶範(JASRI)

「スケールフリー統合解析による状態方程式の決定」
【招待講演】

土屋卓久(愛媛大)

「状態方程式を含めた熱力学特性の第一原理計算」
【招待講演】

脇田 茂(NAOJ)

「微惑星衝突によるコンドリュール形成シミュレーション」

杉浦圭佑(名古屋大)

「弾性体ゴドノフSPH法を用いた衝突計算」

小林 浩(名古屋大)

「衝突による岩石－金属量比の進化」

黒川宏之(東工大)

「天体衝突と大気散逸による火星表層環境の進化」

西田政弘(名工大)

「超高速衝突時にアルミニウム合金から噴出するイジェクタの相似性」

門野敏彦(産業医科大)

「破片の形状分布：2次元破壊の場合」

道上達広(近畿大)

「岩石の衝突破片形状と石の形状についてのアンケート調査報告」

■11/28(土)

柳澤正久(電通大)

「2007ふたご座流星群に伴う月面閃光の2色測光」

安藤滉祐(名古屋大)

「月表面におけるボルダーの細粒化プロセスとそのタイムスケール」

諸田智克(名古屋大)

「月のクレータ放出物の風化について」

平田 成(会津大)

「月 Tycho クレータ対眠点およびその周辺の堆積物」

■ポスター講演

中村昭子(神戸大)

「空隙率の高い弾丸の衝突実験」

荒川政彦(神戸大)

「衝突貫入時の加速度計測による惑星表面の力学的性質の調査」

千秋博紀(千葉工大)

「人工流星生成実験(速報)」

黒澤耕介(千葉工大)

「iSALE shock physics codeによる衝撃圧減衰率の再評価」

金久保隆太(電通大)

「蒸気雲の固体壁への衝突による発光」

柿沼文広(電通大)

「月面衝突閃光のスペクトル観測計画」

東畑秀尚(電通大)

「月面衝突閃光の2色測光計画」

高木靖彦(愛知東邦大)

「人工衝突クレーター周辺の誘電率・密度・クラック分布の測定」

末次 竜(神戸大)

「ガス抵抗による微惑星の捕獲及び軌道進化」

鈴木絢子(ISAS)

「曲率のある面への衝突：iSALEによる数値計算例」

佐藤雅彦(産総研)

「Preliminary report on shock remanent magnetization measurement using a SQUID scanning microscope」

小林正規(千葉工大)

「大面積ダストセンサ開発のための衝突実験」

関根利守(広島大)

「相関係を考慮した状態方程式の必要性」

上塚貴史(東京大)

「TAO/MIMIZUKU を用いた小天体の含水鉱物探査計画」

細野七月(理研)

「FDPSを用いた巨大衝突の高解像度計算」

小川和律(神戸大)

「Hayabusa2/DCAM3による衝突実験観測」

平田直之(神戸大)

「土星系氷衛星におけるレイクレーター」

2.1 招待講演

研究会のテーマである「衝突研究における状態方程式の役割」に関連し、3件の招待講演が行われた。1件目の招待講演である河合伸明氏の講演(図2)では、衝

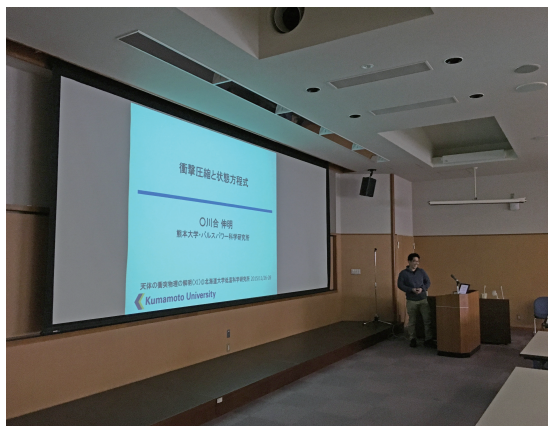


図2：講演の様子。

撃圧縮による状態方程式研究が紹介された。状態方程式研究における平面衝撃圧縮実験の価値を強調するのみならず、一軸方向の圧縮であることが圧縮時の圧力の導出においてどう影響しうるか、注意深く解析していたのが印象的であった。2件目の丹下慶範氏の講演では、高压科学における圧力スケールの使用に関わる問題と、それを解決するスケールフリー統合解析についての紹介があった。最後の土屋卓久氏の講演では、実験室ではつくりだせない高圧下の状態を計算できる第一原理計算について詳しい解説があった。第一原理計算に基づく状態方程式は、巨大氷惑星・巨大ガス惑星の内部構造を研究する筆者にとっても関わりの深い内容である。“第一原理計算”と称される計算の中で実際に行われている密度汎関数理論(他の原始・電子の影響を平均場として1電子について解く)について、専門家の解説を聴くことができ、理解が深まった。

2.2 一般口頭発表

一般口頭講演のテーマは多岐にわたったが、以下では筆者なりの理解で講演を5つに分類して紹介していく。

(1) 衝突放出物・破片

衝突放出物・衝突破片に関する講演は今回の研究会で最も多かった。岡本氏からは、衝突実験によるイジェクタカーテンの形状観察に加え、iSALE・SPH数値計算との比較の結果が報告された。今後は数値計算の高解像度化・斜め衝突の検討を経て、火星から火星衛星への物質輸送へ応用をしていくとのことであった。西田氏からは、スペースデブリの衝突によるイジェクタ生成過程を想定したアルミニウム合金の高速衝突実験の成果が報告された。衝突破片の形状分布を決めるメカニズムについて、クラックの分岐に着目した説を唱えた門野氏の講演は、門外漢ながらとても興味深く聴かせていただいた。衝突破片の形状の測定については、道上氏からも報告があり、イトカワのボルダーとの比較も紹介された。

(2) クレーター形成

木内氏からは、低重力・高真空度における砂標的クレーター形成実験の結果が紹介された。また、得られたスケーリング則をイトカワに応用し、イトカワ上のdimpleがボルダーの低速度衝突を起源とする結論付けられた。高野氏の講演は、氷天体を想定した凍結

砂標的クレーター形成実験の報告であった。小川氏の講演では、鉄質天体を想定した鉄へのクレーター形成実験の報告があり、特に温度依存性が詳しく検討されていた。また、この講演でも iSALE による数値計算との比較が行われた。研究会では実験と iSALE 数値計算の比較が複数の講演で行われており、衝突研究のツールとして浸透しているという印象を受けた。

(3) コンドリュール

コンドリュール・コンドライト母天体の形成過程の理解は、初期太陽系環境の解明に繋がると考えられる。これに関連して、2件の講演が行われた。紫垣氏の講演では、コンドライト母天体の形成進化過程を解明すべく行ったコンドリュールの強度測定実験の結果が報告された。脇田氏の講演では、impact jetting によるコンドリュール形成の理論研究の報告があった。原始惑星-微惑星衝突がコンドリュール形成の主要な形成過程であるとのことだった。

(4) 衝突破壊・蒸発

保井氏からは多孔質天体を想定した斜め衝突実験の成果が報告された。黒澤氏の講演は iSALE 数値計算による衝突時の衝撃圧減衰の空隙率依存性について、空隙が衝撃圧の減衰に寄与することが示された。杉浦氏の講演では、ゴドノフ SPH 法の弾性体力学への拡張と岩石物性の組み込みについて紹介があり、現実的な天体衝突計算への応用が楽しみな研究であった。

(5) 天体内部構造・進化

衝突・圧縮現象に関連した天体進化に関する研究も3件あった。大村氏の講演では、粉粒体小天体を想定した試料の圧縮実験から、天体内部の密度構造の推定が行われた。小林氏の講演では、天体衝突による地球型惑星の岩石-金属比の進化についての理論計算の成果が示された。微惑星サイズに応じ、地球型惑星の岩石-金属比が変化することが示された。また、筆者は天体衝突による火星大気の進化について講演を行った。

(6) 月

月に関しては4件の講演があった。柳澤氏の講演では、月面閃光の測光観測の報告があった。安藤氏の講演では、月表面のボルダーサイズ分布の解析が報告された。クレーターごとにボルダー数密度の減少の仕方が異なるなど、ボルダー細粒化過程の複雑さが議論された。諸田氏の講演では、かぐやマルチバンドデータの解析によるクレーター放出物の宇宙風化度の研究が

紹介され、宇宙風化に2つの特徴的なタイムスケールが見られるとのことであった。平田氏の講演では、月 Tycho クレーター対眠点の堆積物の解析から、Tycho クレーターへの斜め衝突からの放出物と整合的であることが示された。

2.3 ポスターセッション

夕方のポスターセッションは酒を片手に行われたこともあり、とても賑やかに議論が行われた。興味を引く講演が数多くあったが、特に千秋氏による人工流星生成実験と佐藤氏による衝突残留磁化実験は斬新な試みであり、特に印象深かった。

3. まとめ

研究会全体を通じて、iSALE の普及により、実験と理論計算を比較する研究が複数あったことが印象に残った。これを機に実験・理論双方の専門家の交流がよりいっそう深まることが期待される。また、筆者にとってははじめての参加であったが、これまでこの歴史ある研究会の積み重ねてきた交流のおかげか、講演者・聴衆の間で非常にオープンスタンスな議論が交わされる事が多く、他にないこの研究会独自の魅力であると感じた。この報告記事を読んでこの研究会に興味を湧いた方は、ぜひ次の機会に参加してほしい。

謝辞

この研究会の開催にあたり尽力いただいた世話の方々へ感謝いたします。また、筆者は研究会参加にあたり、北海道大学低温科学研究所から旅費を支援していただきました。この場で感謝申し上げます。