

「第三回 iSALE 勉強会」参加報告

岡本 尚也¹

「第三回 iSALE 勉強会」が2015年11月26日に北海道大学低温科学研究所で行われました。iSALE (impact SALE) とは数値衝突流体計算コードであり、SALE (Simplified Arbitrary Lagrangian Eulerian) コードを惑星科学研究用に改良したものです。弾性・塑性モデル、破壊モデル、空隙モデルなどが組み込まれており、惑星科学分野での天体衝突等を扱えるようになっていきます。iSALEは科学研究に使用する目的であれば、誰でも無償で利用可能です。そのため欧米の多くの研究者者に利用され、50報を超える査読付き論文が出版されています。日本では2014年に「iSALEusers group in Japan」が千葉工業大学の黒澤耕介氏を中心として立ち上げられ、日本の惑星科学研究者へiSALEの利用が広められています[1]。これまでに2回の「iSALE 勉強会」[2, 3]と、より実習に重点を置いた「講習会」[4]が行われてきました。グループではwikiを運営し、これら勉強会・講習会の資料が置かれているだけでなく、iSALEの詳細なインストール方法やデモ計算などの情報をまとめています。iSALEについて興味をもたれた方、利用されたい方はぜひこちらのwikiページ(<https://www.wakusei.jp/impact/wiki/iSALE/>)をご覧ください。

今回の「第三回 iSALE 勉強会」ではiSALEについての基本的な説明に加え、iSALEを実際に使用している方々によるその使用方法や研究の紹介が行われました。

◆◆◆◆◆プログラム◆◆◆◆◆

13 : 00 – 13 : 25

黒澤耕介(千葉工大)

「iSALEの基本的な説明」

13 : 30 – 14 : 30

黒澤耕介(千葉工大)

「iSALEで使える状態方程式の解説」

14 : 40 – 16 : 00

黒澤耕介(千葉工大)

「iSALE基本操作実習」

16 : 10 – 18 : 00

iSALEを用いた研究例紹介

岡本尚也(千葉工大)

「iSALEを用いた高速放出物の計算」

細野七月(京大兼理研)

「iSALEとSPHの衝突計算の比較」

鈴木絢子(宇宙研)

「球対球衝突におけるiSALE使用雑感」

脇田 茂(国立天文台)

「iSALEを用いた微惑星衝突シミュレーション」

黒澤耕介(千葉工大)

「iSALEの計算出力と衝撃圧縮実験との比較」

◆◆◆◆◆

はじめに黒澤氏からiSALEの基本的な説明が行われました。iSALEが非常に有用であり思いついたことをすぐに計算できること、また1次元衝撃波管問題の解析解や衝突実験との比較を通して計算結果の信頼性について解説頂きました。

次にiSALEで扱える状態方程式についての説明が

1. 千葉工業大学惑星探査研究センター
tokamoto@perc.it-chiba.ac.jp

行われました。Tillotson EOS (equation of state) と ANEOS(analytic equation of state) を取り上げ、それぞれがどのような状態方程式なのか、どのような長所と短所があるのか、そして自分で設定した問題に対してどちらの状態方程式を選択すべきか、状態方程式中で必要となるパラメーターをどのようにして求めるかについて短い時間ではありましたが非常に内容の濃い授業をしていただきました。

続いての実習では、参加者それぞれが事前に iSALE をインストールしてきたノートパソコンを用いて、初期条件の作成から計算結果の可視化まで行いました。黒澤氏が初期条件を設定するファイルや計算結果の描画ソフト (VIMoD) について解説するとともに、スクリーン上で丁寧に一つ一つの操作を行いました。参加者はそれを見ながら同じ操作を自身のファイルに施すことができ、iSALE を動かすための一連の手順を体験することができました。

実習が終わると iSALE を実際に研究で用いている、あるいは iSALE と関連深い研究を行っている方々による研究紹介が行われました。最初は私が行いました。私は衝突直後に放出される衝突点近傍の高速な放出物について研究しています。その放出物の速度がどの程度であるのか、そしてそれはどのぐらい量があるのかを調べるのに iSALE を利用することは一つの大きな手段です。このとき重要となる問題の一つは空間解像度です。空間解像度の依存性を調べるために入力ファイル (初期条件) をどう設定したかについて解説を行いました。次に京都大学兼理化学研究所の細野七月氏に、iSALE と同じく衝突シミュレーションでよく用いられる SPH (smoothed particle hydrodynamics) 法についてお話いただきました。従来の SPH 法と改良された SPH 法である DISPH (density independent SPH) 法で巨大衝突の計算を行ったときに発生する結果の違いについて説明いただきました。宇宙科学研究所の鈴木絢子氏は曲率のある面に形成される衝突クレーターの研究を行っています。曲率がある面の場合と無い面の場合とで衝突クレーター形成時の内部圧力分布などにどのような違いが生じるかについて iSALE を使って調べています。標的表面を曲面にする場合と平面にする場合で入力ファイルをどのように変更したかについて詳しく解説されました。国立天文台の脇田茂氏は微惑星衝突によるコンドリュールの形成をテーマにし



図1：参加者の集合写真。

て iSALE を用いています。初期条件の作成方法だけでなく、トレーサー粒子解析のためのデータ出力方法、自身で作られた解析プログラムの実行、といった iSALE コードを走らせてからデータ解析を行うまでの一連の操作について解説いただきました。脇田氏はこの計算に国立天文台の天文シミュレーションプロジェクトの計算サーバを利用しています。こちらは同プロジェクトに申請手続きを行うことで計算機の使用が可能となるようで、利用を希望される方はぜひホームページを訪れてみてください (<http://www.cfca.nao.ac.jp>)。最後に黒澤氏からは、衝撃圧縮実験と iSALE による数値計算との比較についてお話いただきました。実験では高強度レーザーを用いて試料中に強い衝撃波を発生させていますが、iSALE で同じようにレーザー照射を行う計算はできません。そこでレーザー照射と同等となる固体弾丸の衝突条件はどうであるかを考え、その衝突体を iSALE 内でどう作成したかについて解説いただきました。

現在 (本稿執筆時)、日本からは iSALE を用いた査読付き論文が 1 報出版されています [5]。今回紹介された研究以外にも iSALE を使って進められている研究はあり、今後は徐々に出版される論文数も増えてゆくでしょう。また今回新たに勉強会に参加された方々も多く、日本でも iSALE ユーザーは増えていくと思われます。iSALE の一利用者である私にとってもユーザーが増えることは嬉しいことであり、その活用方法について様々な情報交換ができるようになっていければ良いと考えています。

最後になりましたが、本勉強会を開催してくださった黒澤氏を中心とする世話人の方々に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 黒澤耕介ほか, 2014, 遊星人 23, 103.
- [2] 常晃, 2014, 遊星人 23, 156.
- [3] 末次竜, 2015, 遊星人 24, 63.
- [4] 脇田茂, 2015, 遊星人 24, 346.
- [5] Nagaki, K. et al., 2016, MAPS 51, 1153.