

「第一回iSALE勉強会」参加報告

常 昱¹

1. はじめに

2014年2月5-6日の二日間、千葉工業大学津田沼キャンパスにおいて、第一回iSALE勉強会が開催された。

iSALEとは、ヨーロッパのグループが開発した衝突流体計算コードの一つである。日本のコミュニティは千葉工業大学の黒澤耕介氏を筆頭に、衝突研究会の有志メンバーによって2014年初めに立ち上げられ、現在29名の研究者・大学院生が参加している。本稿はその第一回集会の報告である。本コミュニティに興味のある方は、黒澤ほか[1]及び以下のwikiページを参照されたい。(https://www.wakusei.jp/~impact/wiki/iSALE/)

2. iSALEの歴史と本勉強会の趣旨

iSALE (impact SALE)とは複数の物質及びレオロジーを扱える衝突流体計算コードである。1980年にAmsdenら[2]により開発されたニュートン流体のみを扱うSALE (Simplified Arbitrary Lagrangian Eulerian) コードに基づき、弾性・塑性モデル、破壊モデル、空隙モデル、状態方程式の導入を通して、惑星科学分野における衝突研究用に改良したものである[3-5]。惑星科学的な衝突現象に特化した複数のオプションを使用可能な準オープンソースとして、現在欧米の多くの研究者に使われている。

最近では惑星スケールの衝突現象、クレーターの状態学的特徴の解釈や実験室スケールの衝突クレーター



図1: 講演の様子。

形成実験やメソスケールの衝撃変成作用の解釈などでも用いられ、衝突分野において幅広く利用されている [e.g., 6, 7].

iSALE勉強会は、近年多くの論文で見かける本衝突流体コードを日本の惑星科学の衝突研究コミュニティにも導入し、ユーザー同士の情報交換を活発に行うために立ち上げられた。第一回会合は、まず参加者全員が数値計算の特性及び限界を理解すること、そして各人の計算機で本コードを走らせることができるようになることを目標に開催された。

3. 勉強会の概要

iSALE勉強は2日に分かれて開催された。初日にはiSALEや衝突流体計算への理解を深めるための講演が行われ、2日目にはインストールしたコードで計算し、計算結果を可視化するための実習が行われた。詳細な日程については表1に示した。両日に行われた講

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
joh@astrobio.k.u-tokyo.ac.jp

表1：iSLAE勉強会のスケジュール。

第一回 iSALE 勉強会	
日時：2014年 2月5日-2月6日	
場所：千葉工業大学 津田沼キャンパス	
勉強会：6号館5階654講義室	
ラボツアー：惑星探査研究センター 高速衝突実験室	
http://www.it-chiba.ac.jp/institute/campus/tsudanuma.html	
2月5日（水）座学編	
講師：高田淑子, 玄田英典, 中村昭子, 黒澤耕介	
13:00 - 13:10	黒澤耕介（千葉工大）「勉強会の趣旨説明」
13:10 - 13:55	高田淑子（宮城教育大）「衝突流体計算の歴史」
14:10 - 14:55	玄田英典（東工大 ELSI）「衝突流体計算の計算手順」
15:10 - 15:55	中村昭子（神戸大）「物質強度・空隙モデルの解説」
16:10 - 16:55	黒澤耕介（千葉工大）「状態方程式の解説」
17:10 - 17:20	黒澤耕介（千葉工大）「iSALE について」
19:00 - 21:00	iSALE を用いた将来研究に関する討論会
2月6日（木）実践編&衝突実験見学	
講師：黒澤耕介, 千秋博紀, 和田浩二（千葉工大）	
10:00 - 12:00	iSALE 実践
13:30 - 14:45	千葉工大ラボツアー：衝突実験の見学
15:00 - 16:00	総合討論
解散	

演内容について以下で簡単に紹介する。

3.1 座学編

一日目は、天体衝突の各分野より講師をお招きし、数値計算や衝突流体計算に必要な基礎知識の習得を目的とした講義が行われた。各講義の詳細に関しては、wikiページに置かれている講演スライドを参考にされた。

最初に、衝突流体計算の歴史について宮城教育大学の高田淑子氏にご講演いただいた。1950年代に軍事目的で開発された衝突コードの利用目的の多様化に伴う発展の過程、モデルにおける運動の表記法や物質モデルの記述法の違い、そして現在使われている衝突流体計算の各種コードの系譜と特性についてご説明いただいた。また、計算を行う上での注意点として、座標系の対称性や境界条件の取り扱いに由来する人工的な影響を評価することの重要性を提起した。

次に、実際のiSALEコードの中身と計算の流れについて、東京工業大学の玄田英典氏にご講演いただいた。衝突流体計算の核となる基礎方程式のオイラー形式及びラグランジュ形式の解法の違いによる物理量や計算グリッドの取り扱いの違い、iSALEにおける人工粘性取り扱い、弾性・塑性モデルの説明とその物質強度モデルや降伏応力モデルへの取り込み方についてご説明いただいた。そしてiSALEで行われている計算のフローチャートとオイラー法やラグランジュ法の組み込み方を解説し、iSALEコードを用いた計算の流れを明確に整理していただいた。

神戸大学の中村昭子氏には、iSALEコードに組み込まれている物質強度モデルと空隙モデルについてご講演いただいた。まず、物質強度や破壊が重要となる現象について紹介していただき、iSALEにおける物質強度モデルの導入と破壊のモデルについて解説していただいた。また、iSALEで選択可能ないくつかの

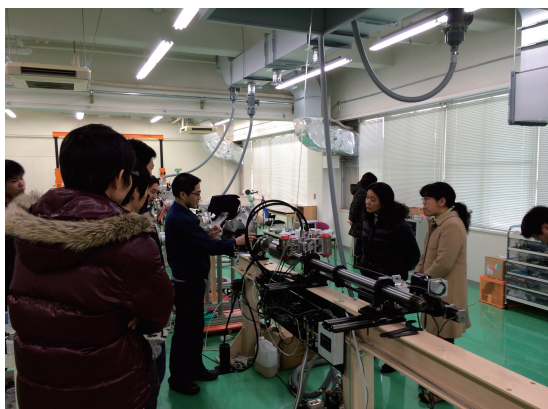


図2：衝突銃の見学の様子。

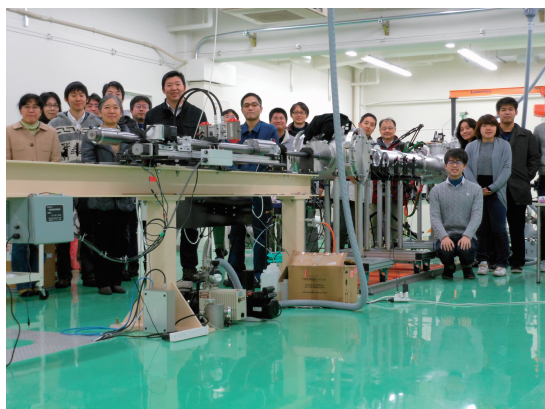


図3：参加者の集合写真。

物質強度モデルについてそれぞれ紹介された。最後には、数値計算と実験の関係についてご自身の経験をお話いただいた。

千葉工業大学の黒澤氏には、衝突計算における状態方程式(EOSと略す)とその取り扱いの現状についてご講演いただいた。とくに、iSALE計算で使われている状態方程式であるTillotson EOSとANEOSの原理及びそれぞれの長所・短所、そして各パラメータの求め方をご説明いただいた。そして実際に計算する上でどのEOSを使用すべきか、どこに注意すべきかについて解説し、目的に合わせてEOSを選ぶことの重要性を喚起した。

最後には、iSALEコードの妥当性の確認として、一次元衝撃波管問題の解析解との比較による内部エネルギーや衝撃波面の再現、そして、千葉工業大学で行われたポリカーボネートの衝突実験結果とiSALEを用いた計算結果の比較に基づいたクレーター形状の再現テストの結果をお話いただいた。また、翌日の実践編に向けて、具体的なモデルの操作に関連したパラメータの説明が行われた。

3.2 実践編

3.2.1. iSALEの実行と計算結果の描画

二日目は、まず黒澤氏によるiSALEコードの使い方へのデモンストレーションが行われ、計算で使用する際の操作方法の説明がなされた。また、計算条件の設定方法やその合理性についても説明された。計算結果の描画には同iSALEグループで開発された描画ソフト(VIMoD)を用いて解説された。参加者は事前に本

計算コードのインストールと計算が走ることについての確認をしてもらった予定だったが、インストール作業が上手く行かずに手間取っている方も多く見受けられた。

実際に計算を行って見た印象として、まず計算条件の設定は比較的簡単であった。描画ソフト(二種類あるうちのVIMoD)は直感的な操作が可能で、数値計算の初学者にも容易に理解できる。また、計算に用いられる各パラメータは、計算コードのインストール時にパッケージとして配布されるマニュアルに詳細な説明があり、それを参照することで大抵の問題は解決できた。いくつかの数値計算を行った結果、初期のパッケージに入っていない物質や条件を計算する際の各物質のパラメータ設定、そして境界条件の取り扱い等、モデルの特性についての理解が条件設定や計算結果の解釈時に重要となることを実感した。

3.2.2. 衝突銃の見学会

本勉強会のもう一つの目玉として、千葉工業大学のラボツアーが二日目の午後に行われた。千葉工業大学にある二段式軽ガス銃は、日本でも最高速度である8 km/sの弾丸速度が到達可能である上に、世界最速の超高速ビデオカメラによる撮像が可能である。さらに、衝突の様子は高速度カメラを通して、別室で観察することができる。衝突実験をここで実際に行っておられる黒澤氏によって、各装置の紹介・説明とともに、実際の衝突実験をデモンストレーションしていただいた。参加者もこのような大型装置を初めて見る者が多く、筆者を含めて、皆興味深く説明を受けていた。

4. おわりに

今回の勉強会には実験、理論の専門の枠を超え、23名の研究者が一同に集まってiSALEコードについて勉強し、その応用可能性について検討した。初日の討論会から最後の話し合いまで、活発な意見交換が行われた。実験、理論、観測分野の研究者が一合に会して、意見交換を行う交流を通して、本勉強会には共同研究の場としてのポテンシャルを感じた。筆者は本勉強会に参加して、iSALEコードの中身についての理解が格段に深まった。また、実験・分析結果の解釈として手軽に使える計算コードの有用性の大きさを感じた。今後iSALEコードの利用を通して衝突研究が活発化することに期待したい。

今回の勉強会は初回ということもあり、iSALEコードを活用する上では、さらなる知識と深い理解が必要だと感じた。最後に取ったアンケートでは、多くの参加者が次回の勉強会にも意欲的な姿勢を示していた。次回の勉強会開催時には、有志によるiSALEを使った研究結果の報告が期待されている。将来的には、海外のiSALEグループとの共同会議等を通して、国内外の衝突研究コミュニティが交流する機会が得られること楽しみにしている。

謝 辞

今回はこの記事執筆する機会を黒澤さんからいただきました。ありがとうございました。また、本勉強会の開催に際してご尽力された千葉工業大学の皆様、誠にありがとうございました。ここにお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 黒澤耕介ほか, 2014, 遊星人 (本号)
- [2] Amsden, A. et al., 1980, Los Alamos National Laboratories Report LA-8095, 101.
- [3] Melosh, H.J. et al., 1992, JGR 97, 14735.
- [4] Ivanov, B.A. et al., 1997, International Journal of Impact Engineering 20, 411.
- [5] Collins, G.S. et al., 2004, MAPS 39, 217.

[6] Miljkovic, K. et al., 2013, Science 342, 724.

[7] Kowitz, A. et al., 2013, EPSL 384, 17.