

iSALE users group in Japanの現状と 第6回iSALE講習会開催報告

黒澤 耕介¹

1. iSALE users group in Japan の現状

iSALE は Impact-SALE (Simplified Arbitrary Lagrangian Eulerian) の略で、数値衝突計算コードの1つであり、欧米の科学者を中心に現在でも開発が進められている[1-5]。天体衝突は惑星科学の至るところで顔を出す基本的な地質過程の1つ[e.g., 6]であり、自分自身で数値衝突計算を行えるようになれば研究の幅が広がるだろう。我々は日本国内のユーザグループ(iSALE users group in Japan)を形成し、情報交換及び啓発活動を行っている。2014年に遊星人にiSALEに関する解説記事[7]を執筆したが、それから7年が経過し、取り巻く状況も変化している。本稿前半ではこれまでの活動内容を各指標を用いて定量的に示す。また現在日本国内でiSALEを利用する方法について述べる。

我々はiSALEについてこれまでに4回の勉強会と6回の講習会を開催し、iSALEの啓発活動を行ってきた。2017年度以降は国立天文台天文シミュレーションプロジェクト(CfCA)のご協力を頂き、国立天文台が主催する公式な講習会の1つとして開催している。図1にこれまでの勉強会&講習会の参加延べ人数とiSALEを用いて得られた成果を使用して執筆された英文査読付き論文出版数、国際学会要旨投稿数、学部卒業論文&修士論文完成の累積数を年ごとに示す。勉強会、講習会参加の延べ人数は150を超えている。¹ iSALEを使った成果に関する英文

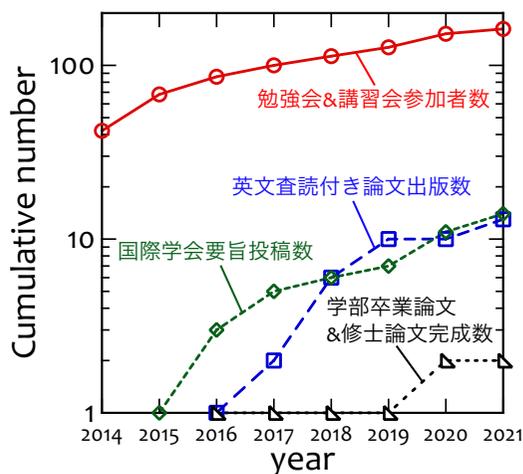


図1: 日本国内ユーザグループの活動履歴の1例。勉強会&講習会参加延べ人数、英文査読付き論文出版、国際学会要旨投稿、学部&修士論文完成の累積数。

査読付き論文出版数は13報²である。

過去の講習会参加者から講師として教える側に加わっていただく例が増えつつある一方、勉強会もしくは講習会には参加したもののそれっきりiSALEを使用しなくなる例も多いことは否めない。このような状況を受けて、我々は2017年2月にはiSALEの開発コアメンバより、日本におけるiSALE運用のあり方の変更について要請を受けた。iSALEアカウント保持者はソースコードの閲覧、編集も可能であるので、(a)アカウント発行基準をより厳密にすること、(b)アカウント申請前に日本のグループ内で事前調整をす

¹講師まで含めた延べ人数であることを注意しておく。異なる受講生の数ではない。例えば筆者自身が10名分ほどカウントされている
²現状では異なる9名の筆頭著者による成果である。

ること、の2点であった。この背景には、開発メンバが申請者がどの程度衝突物理と数値衝突計算に習熟しているかを判断するのが困難な場合があること、ソースコードの不必要な拡散を防ぐという目的がある。iSALEはユーザフレンドリな設計がなされており、容易に利用し始めることが可能なため世界的に広がった。しかし、開発メンバが想定していたアカウント保持者は長期的な展望を持ってiSALEを利用する研究者であった。iSALEの計算初期設定は実行時に読み込む2つの入力ファイルによって操作されるため、~1年以内程度の短期利用者(単発の研究テーマ、あるいは卒論や修論)がソースコードまで読み込んで解説する必要はないことが多く、短期利用者にまでソースコードを配布したくない、というのは理解できる要請であった。

そこで2017当時、国内でiSALE developersとして認定されていた4名が日本国内のiSALE利用に関する管理委員会を発足することを開発コアメンバに提案し、認められた。現在、日本国内では以下の2通りの方法でiSALEを利用することができる。1つ目はiSALEのHP³よりiSALEのアカウント発行申請を行うというiSALEの正規の申請方法である。ただし、原則として申請が受理されるのは衝突物理・数値計算に習熟している研究者、もしくはそのような研究者に指導を受けていて、かつ研究者志望(博士課程への進学を希望する)の大学院生に限られる。申請が受理されれば、iSALEのGitHubへの招待状が届く。iSALEのソースコードをダウンロードし、自身の計算環境へインストールすることができる。この方法でiSALEアカウント申請を検討されている読者は事前にisale-developers-jp@perc.it-chiba.ac.jpまで連絡してほしい⁴。2つ目は国立天文台天文シミュレーションプロジェクト(CfCA)の共同利用機材の一つである「計算サーバ」の利用申請を行い、コンパイルされた実行ファイルを利用する方法である⁵。この方法ではソースコードの閲覧及び編集はできな

いものの、計算条件設定を行う2つの入力ファイルの編集は可能であるため、実用上はほとんど問題ない。自身の計算環境へのiSALEのインストール、メモリやストレージの不足に悩まされることなくiSALE計算を実行可能であるのでオススメである。

先に述べたように2017年以降、iSALE講習会は国立天文台が主催する各種講習会の1つとして開催されている。受講生は前段落で述べた2つ目の方法でiSALEを利用する方法を学ぶことができる。2020年度はコロナ禍のため、オンラインでの開催を余儀なくされた[8]。オンライン開催では受講生への細かな補助が困難であることからまとまった文量の教科書を作成し受講生に配布した。教科書は座学講義編、実践編の2編構成になっている。座学講義編では惑星科学における天体衝突研究の重要性、衝突物理学基礎、数値流体計算基礎をまとめ、実践編ではCfCAの計算機へのログイン方法から始まり、iSALEの入力ファイルの編集方法、計算出力群の解説、計算結果の解析、描画方法、各種例題をまとめている。教科書は国立天文台のHP⁶にアップロードされているので、興味を持たれた方はそちらを御覧いただきたい。

2. 第6回iSALE講習会開催

今年度は2021年6月11日 - 7月9日の間、毎週金曜日13:30 - 16:00の離散日程で開講⁷した。各学会のメーリングリスト及び国立天文台ニュースレターで開講案内と受講生募集を行ったところ、7名(教員1名、博士研究員1名、大学院生4名、学部学生1名)の応募があった。講師は寫生有理氏(宇宙科学研究所)、末次竜氏(大島商船高等専門学校)、伊藤孝士氏(国立天文台)と筆者の4名が務めた。今年度の時間割を以下に示す。

○日程 2021(令和3)年

6月11日(金)

13:30 - 15:00 座学: 衝突物理学基礎

15:00 - 15:50 実習: CfCAの計算・解析サーバへのログイン

⁶<https://www.cfca.nao.ac.jp/node/1343>

⁷Cisco WebExを用いた。

³<https://isale-code.github.io>

⁴現在国内iSALEユーザの管理委員は筆者と末次竜氏(大島商船高等専門学校)である。2名より、アカウント配布の可否の判断材料となる申請者に関する所見をiSALE開発コアメンバへ送付する。

⁵国立天文台CfCAに多大なご協力頂き、短期利用者にもiSALEの門戸を開く処置として開発コアメンバに提案し、認められた方法である。

15:50 - 16:00 CfCAの機材解説

6月18日(金)

13:30 - 15:00 座学: iSALEの物理背景1

15:00 - 16:00 実習: 入力ファイルの読み方と例題

6月25日(金)

13:30 - 14:55 座学: iSALEの物理背景2

14:55 - 15:30 実習: 初級課題(衝突条件の変更)

15:30 - 16:00 実習: 解析・描画ソフト

「pySALEPlot」の使用法解説

7月02日(金)

13:30 - 14:00 座学: iSALEの使用例と注意事項

14:00 - 16:00 実習: 中級課題(追跡粒子を用いた後解析)

7月09日(金)

13:30 - 14:30 実習: 受講者それぞれの好みの計算の実行, 解析, 描画

14:30 - 16:00 成果発表

本講習会用のSlack ワークスペースを作成し、講義資料配布、質疑応答、情報交換などができるようにした。国立天文台CfCAには本講習会の専用の計算サーバ、解析サーバを立ち上げ、受講生が機材を専有しiSALEを集中的に学ぶことができる体制を

整えていただいた。基本的な内容はこれまでの勉強会、講習会[9-17]を踏襲したものであるが、今年度は中級課題として計算格子に挿入した追跡粒子の活用法を取り上げた。図2に計算出力例を示す。追跡粒子をうまく活用することで、衝突後の物体の運動や熱力学経路を可視化することができ、高速度衝突の後に何が起きているのか?を理解できる。最終回にはそれまでの講義内容を元に受講生が自身で行いたい計算を実行できるような入力ファイルの作成と、経験結果の解析・描画を行うPythonスクリプトの作成してもらったところまで進めることができた。成果発表では習熟度に差は見られたものの、受講生それぞれの目的意識に沿った自身の計算の実行と解析、描画ができていた。今年度は明確な研究計画を持って参加した受講生が多く見られたことが印象的であった。図3に今年度の講習会の様子を示す。雰囲気が伝われば幸いである。なお、講習会への参加の有無はiSALEの利用要件には含まれていない。今年度の講習会は終了してしまったが、本稿を読んでiSALEにご興味を持たれた読者はisale-developers-jp@perc.it-chiba.ac.jpまで連絡するか、あるいは来年度以降の講習会に参加することをオススメしたい。

最後にiSALEの主要開発メンバである、Gareth Collins, Kai Wünnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausenの各氏に深謝

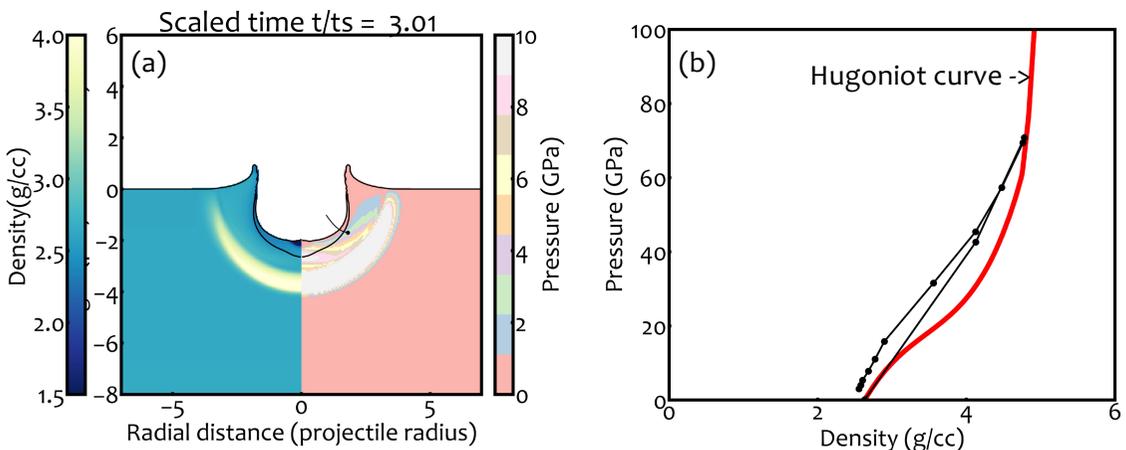


図2: 2021年度の中級課題例。(a)計算のスナップショット。左半分は密度分布、右半分は圧力分布。図中の黒点はある追跡粒子の位置を示している。黒線はこの粒子の流跡線である。(b) (a)で示した追跡粒子の密度-圧力平面上での軌跡。赤線は計算に用いた花崗岩に対応するHugoniot曲線[18]である。

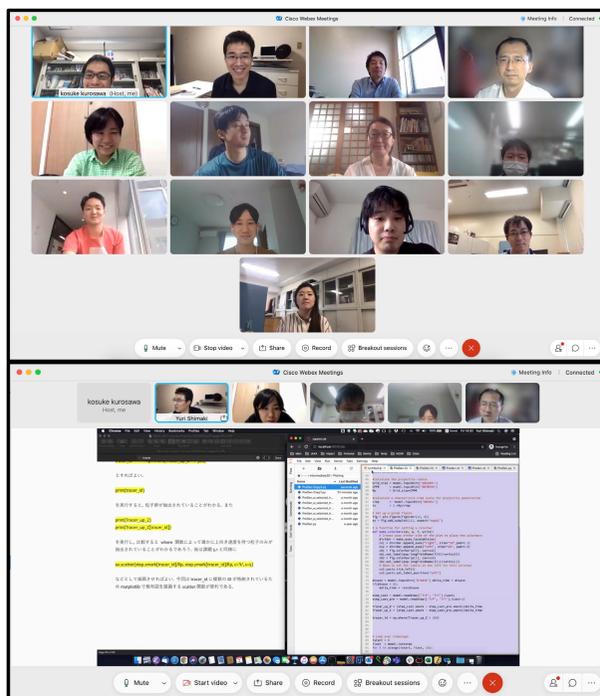


図3: 2021年度iSALE講習会(オンライン開催)の様子。

致します。またiSALEの計算出力を解析、描画するpySALEPlotを開発したTom Davison氏に御礼申し上げます。2021年度講習会の講師を務めて頂いた寫生有理、末次竜、伊藤孝士の各氏に感謝致します。講習会開催に向けご協力頂いた国立天文台天文シミュレーションプロジェクトの皆様、特に受講者への事細かな対応を行っていただいた加納香織氏とデータ解析用機材を準備して頂いた波々伯部広隆氏に感謝申し上げます。本講習会の専用メーリングリストは千秋博紀氏(千葉工業大学)に作成していただきました。講習会に使用したいくつかのPythonスクリプトは以前に脇田茂氏(現 MIT)に作成していただいたものを元に作成しました。両氏に御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Amsden, A. et al., 1980, Los Alamos National Laboratories Report, LA-8095:101p.
- [2] Ivanov, B. A. et al., 1997, International Journal of Impact Engineering 20, 411.
- [3] Collins, G. et al., 2004, MAPS 39, 217.
- [4] Wünnemann, K. et al., 2006, Icarus 180, 514.
- [5] Collins, G. et al., 2016, figshare, Journal contribution. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3473690.v2>
- [6] Melosh, H.J., 1989, Impact cratering: a geologic process (Oxford Univ.), pp. 245.
- [7] 黒澤耕介ほか, 2014, 遊星人 23, 103.
- [8] 伊藤孝士, 2020, 国立天文台ニュース 324, 10.
- [9] 常昱, 2014, 遊星人 23, 156.
- [10] 末次竜, 2015, 遊星人 24, 63.
- [11] 脇田茂, 2015, 遊星人 24, 346.
- [12] 岡本尚也, 2016, 遊星人 25, 121.
- [13] 大村知美, 2017, 遊星人 26, 33.
- [14] 金丸仁明, 2017, 遊星人 26, 184.
- [15] 石山謙, 2018, 遊星人 27, 337.
- [16] 藤谷渉, 2019, 遊星人 28, 338.
- [17] 寫生有理, 2020, 遊星人 29, 176.
- [18] Pierazzo, E. et al., 1997, Icarus 127, 408.