

iSALE 試用レポート

千秋博紀¹, 黒澤浩介¹, 三上峻², 平田成³,

鎌田俊一², 和田浩二¹, 石原吉明⁴

¹千葉工業大学惑星探査研究センター, ²北海道大学理学院,

³会津大学 コンピュータ理工学部, ⁴宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

1. iSALE とは

iSALE とは, SALE(Simplified Arbitrary Lagrangian Eulerian)[1]をベースとした, 数値流体コードである。最初の “i” は **impact** に由来しており, 地球惑星科学分野で取り上げられるような衝突現象を模擬することに長けている[2]。この数値コードは, 単に衝撃波の伝播を模擬するだけではなく, 複数の物性, レオロジーを同時に取り扱うことができる (現行のバージョンでは同時に取り扱えるのは最大 3 種類) [3-5]。その際に必要となる状態方程式は, 水, 複数種類の岩石, 複数種類の金属などが用意されている。また, 空隙率やダメージの蓄積なども扱うことができる[2,6]。さらに iSALE には描画用のプログラム iSALEPlot が添付されており, 結果の可視化も簡単に行える。

iSALE は完全なオープンソースコードではない。しかし, 開発者グループに連絡し許可を貰うことで, 科学目的に限り, 使用することができる。このため, 欧米では iSALE を使って衝突の数値シミュレーションを行った研究が数多く行われている[例えば 7,8]。我々は, 研究手段のひとつとして iSALE を使うことのできるようなユーザーを日本の衝突研究コミュニティ内に増やすことを目標として, iSALE 研究会を開催する予定である (後述)。本講演ではその先駆けとして, iSALE をインストールし, いくつかのデモ計算を行ってみた結果を報告する。

なお, iSALE は 3 次元コードも開発されているのだが, その使用は開発者グループに限定されている。このため本講演では, 2 次元計算のみを紹介する。

2. iSALE のインストール, 実行

我々は, Windows 上の Cygwin, Windows 上に仮想 OS としてインストールされた Debian GNU/Linux, Macintosh OS-X, Cent-OS, Debian GNU/Linux 等の環境で iSALE のインストールができることを確認した。本原稿ではその詳細は省略するが, インストールレポートはウェブサイト上で公開している[9]。

ソースコードには, 多種多様なデモが添付されている。図 1 は, これらのデモを実行した結果の一例である。衝突の物理の詳細についての議論は本講演の目的を越えているためここでは行わないが, 衝撃波の生成, 伝播の様子が見て取れる。このようなデモの設定 (衝突速度や衝突体のサイズ, 物性など) を適切に変更することで, ソースコードを最初から書くことなく, 様々な条件での衝突の数値シミュレーションができるようになる。

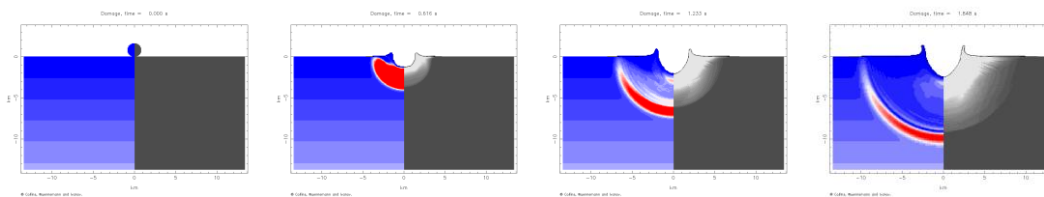


図 1：デモを実行した結果の例。右は圧力，左はダメージ

3. iSALE 研究会

我々は，iSALE のユーザを日本の衝突コミュニティに広げるために，以下の日程で iSALE 研究会を開催することを予定している。興味のある方，参加希望の方は，世話人の黒澤耕介（kosuke.kurosawa@perc.it-chiba.ac.jp）まで

- 日時：2014 年 2 月 5, 6 日
- 場所：千葉工業大学（千葉県習志野市津田沼 2-17-1）
- 講師：高田淑子（宮城教育大学），玄田英典（東京工業大学），中村昭子（神戸大学），黒澤耕介（千葉工業大学）ほか
- 予定：一日目：座学編（衝突流体計算に関する講義）
二日目：実践編（各自の PC で実際に iSALE を走らせる）
- 問い合わせ，参加申込先：世話人黒澤耕介（kosuke.kurosawa@perc.it-chiba.ac.jp）

参考文献

- [1] Amsden, A., Ruppel, H., and Hirt, C. (1980). SALE: A simplified ALE computer program for fluid flow at all speeds. Los Alamos National Laboratories Report, LA-8095-101p. Los Alamos, New Mexico: LANL.
- [2] Wünnemann, K., Collins, G., and Melosh, H. (2006). A strain-based porosity model for use in hydrocode simulations of impacts and implications for transient crater growth in porous targets. *Icarus*, 180:514-527.
- [3] Collins, G. S., Melosh, H. J., and Ivanov, B. A. (2004). Modeling damage and deformation in impact simulations. *Meteoritics and Planetary Science*, 39:217-231.
- [4] Ivanov, B. A., Deniem, D., and Neukum, G. (1997). Implementation of dynamic strength models into 2D hydrocodes: Applications for atmospheric breakup and impact cratering. *International Journal of Impact Engineering*, 20:411-430.
- [5] Melosh, H. J., Ryan, E. V., and Asphaug, E. (1992). Dynamic fragmentation in impacts: Hydrocode simulation of laboratory impacts. *J. Geophys. Res.*, 97(E9):14735-14759.
- [6] Collins, G., Melosh, H. and Wünnemann, K. (2011). Improvements to the epsilon-alpha porous compaction model for simulating impacts into high-porosity solar system objects. *Int. J. Imp. Eng.*, 38:434-439.
- [7] Collins, G. S., Melosh, H. J., Morgan, J. V., and Warner, M. R. (2002). Hydrocode simulations of Chicxulub crater collapse and peak-ring formation. *Icarus*, 157:24-33.
- [8] Elbeshausen D. and Wünnemann K. (2011). iSALE-3D: A three-dimensional, multi-material, multi-rheology hydrocode and its applications to large-scale geodynamic processes. In: Schäfer, F. (ed.) ; Hiermaier, S. (ed.): *Proceedings of the 11th Hypervelocity Impact Symposium 2010*, Freiburg, Germany, April 11-15, 2010. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 828 pp.
- [9] <https://www.waksuei.jp/~impact/wiki/iSALE/>