

数値実験による玄武岩球への衝突クレーター形成

鈴木絢子(宇宙航空研究開発機構)

利用カテゴリ 計算サーバ

研究背景と目的

原始惑星系円盤内では、細かいダストが衝突して合体（または破壊）を起こし、微惑星・原始惑星を経由して、最終的に惑星が出来上がると考えられている。微惑星の衝突段階において、かつては放出量が多い破壊的衝突だけが重要であると思われていた。しかし現在では、クレーターが形成されるような小規模な衝突は、1回の衝突におけるエジェクタ量は少ないが回数が多いため、より重要であることがわかってきた (Kobayashi and Tanaka, 2010)。すると、1回のクレーター形成衝突における放出量の見積もりが重要である。微惑星同士の衝突では、ぶつかるものとぶつかるもののサイズ比が比較的 1 に近くて、ぶつかる面が平面とは近似できない状況が多いと予想される。Suzuki et al. (2018) では、室内超光速衝突実験によって、衝突面の曲率が大きいほど、できるクレーターの直径と体積が大きくなることを示した。本研究では、衝撃コード iSALE を用いて球面への衝突実験を再現し、標的曲率が、標的内部の衝撃波伝播、圧力分布、表面加速度、破壊領域などの違いに与える影響を調査することが目標である。今年度は、まず室内実験と同スケールの試験的な計算を行い、衝撃波伝播や圧力分布などを調査することと、結果の解析に必要なプログラム群を作成することを目標とする。

計算条件

まず試験的な計算として、直径 3.2mm のアルミニウム弾丸が、速度 3.4km/s で平らな玄武岩標的に衝突する計算を行った。弾丸はアルミニウム合金 Al-1100 とし、状態方程式は Tillotson で物質パラメータは iSALE のデモ計算で提供されているものと同じとした。標的の状態方程式は ANEOS で、パラメータは Miljković et al. (2013) の Basalt を踏襲した。境界条件は、左右の端は Freeslip、下端は Noslip、上端は Outflow とし、0.32ms まで計算した。

結果と考察

図 1 はできたクレーターの半径と深さをプロットとしたものである。本計算の終了時刻である 0.32ms ではクレーターの深さはほぼ一定となっているが、クレーター半径はまだ増加中である。クレーター形成途中であることがわかる。解析に用いるパラメータの一例として、衝突後 4.2 μ s における標的内部の圧力分布をプロットした (図 2)。半球状に広がる衝撃波が再現できている。標的表面付近では、衝突地点から同距離の他の場所と比べて圧力が小さくなっている。衝撃波と標的自由表面にぶつかることで希薄波が発生し、衝撃波と

希薄波の相互作用が起こっている干渉領域が再現できていると考えられる。

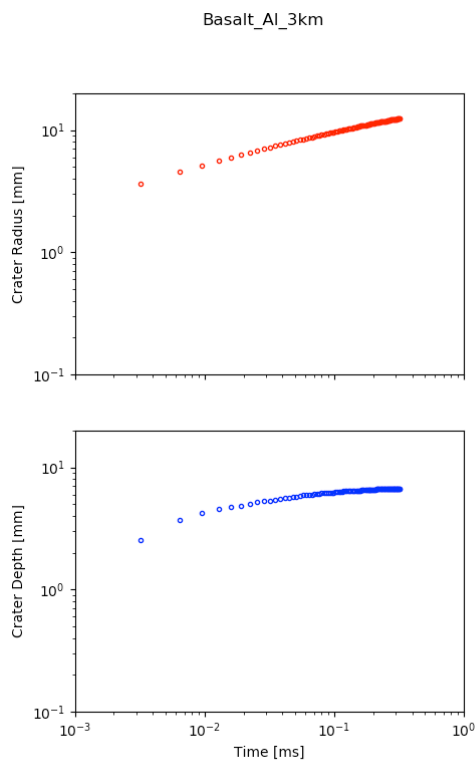


図 1：クレーター半径と深さの時間変化

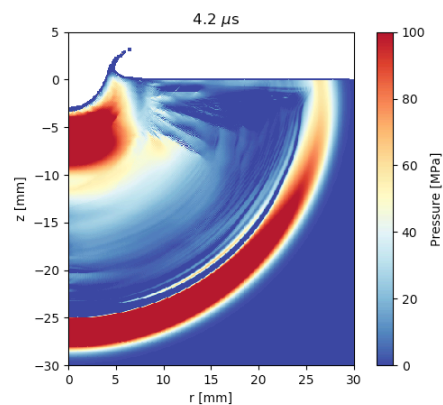


図 2：衝突後 $4.2\mu\text{s}$ における標的内部の圧力分布

まとめと今後の展望

原始惑星系円盤内のサイズ比が 1 に近い衝突を念頭に、衝撃コード iSALE を用いて球面への衝突実験を再現した。試験的な計算として、直径 3.2mm のアルミニウム弾丸が、速度 3.4km/s で平らな玄武岩標的に衝突する計算を行った。クレーターサイズの時間変化や標的内部の圧力・密度分布などを調べた。この結果を室内実験のものと比較するとともに、今後は球標的への衝突計算を行って、標的の曲率が与える影響について調べる。

参考文献

Kobayashi, H., Tanaka, H., 2010. Fragmentation model dependence of collision cascades. *Icarus* 206, 735–746. doi:10.1016/j.icarus.2009.10.004

Miljković, K., Wieczorek, M.A., Collins, G.S., Laneuville, M., Neumann, G.A., Melosh, H.J., Solomon, S.C., Phillips, R.J., Smith, D.E., Zuber, M.T., 2013. Asymmetric Distribution of Lunar Impact Basins Caused by Variations in Target Properties. *Science* 342, 724–726. doi:10.1126/science.1243224

Suzuki, A.I., Okamoto, C., Kurosawa, K., Kadono, T., Hasegawa, S., Hirai, T., 2018. Increase in cratering efficiency with target curvature in strength-controlled craters. *Icarus* 301, 1–8.