

多孔質隕石模擬物質の衝突実験：キャビティー成長の観察

塩本純平*1、榛沢悠樹*1、中村昭子*1、長谷川直*2

*1 神戸大学大学院理学研究所 *2 JAXA 宇宙科学研究所

天体の衝突現象は太陽系天体の形成及び進化に大きく影響する非常に重要な物理現象である。衝突破壊の様子は標的となる物質の空隙率や強度によって異なる。多孔質標的（空隙率 $\phi=40\sim 60\%$ ）として石膏などがこれまでの衝突破壊実験で用いられている。我々はフォボスシミュラント（以下、UTPS-TB）^{[1][2]}及び粉末状（ $<1\text{ mm}$ ）のUTPS-TBに水を加え3 MPaの圧力をかけ乾燥させたシミュラント（以下、WCS）^[2]の二種類のサンプルをタギシュ・レイク模擬物として衝突実験に用い、衝突破壊強度 Q^* や「破片速度」（標的の重心系を考慮した、標的の衝突面の端の速度）についてこれら多孔質標的との比較を行ってきた。

今回はタギシュ・レイク模擬物とは異なる炭素質コンドライト模擬物（以下GB）も加え、破壊以前のキャビティー成長の様子についての観察も行った。GBは $1.5\ \mu\text{m}$ で不規則形状のシリカ粒子（マトリックス模擬物）と直径 $220\ \mu\text{m}$ のガラスビーズ（コンドリュール模擬物）に水とフライアッシュを接着剤として加え圧縮後、乾燥させて作成したものである。なお、ガラスビーズを全体の体積の15%の割合で作成したものをGB15、40%の割合で作成したものをGB40とした。

実験はJAXA宇宙研の二段式軽ガス銃を用いて行った。UTPS-TB、WCS、GBの形状はそれぞれ立方体、円柱形、円錐台で、弾丸はナイロン球、ナイロン球またはアルミニウム球、アルミニウム球またはステンレス球でいずれも1/8インチのものを用いた。衝突速度はタギシュ・レイク模擬物が $0.6\sim 6.0\text{ km/s}$ で、GBは約 4.5 km/s であった。各実験にて、2枚のX線画像を異なるタイミング（UTPS-TB、WCS： $50\sim 500\ \mu\text{s}$ 、GB： $40\sim 3000\ \mu\text{s}$ ）で撮影した。

これまでイジェクタの代表速度として上記の「破片速度」を考えてきたが、実際には衝突点に偏りがあったり、標的が不規則形状であったりと問題点があった。そこで今回は衝突面に対して側面の前方、中央、後方の3点の速度（以下、側面速度）を計測し、衝突点からの距離を標的の等価球直径で規格化した値との関係を考えて。すると、側面速度も「破片速度」と同様にUTPS-TBの方がWCSよりも約5倍大きいことがわかった。

またキャビティー成長に関して、形状は弾丸密度によって異なっていた。同一のサンプル（GB）であればアルミニウム弾丸よりステンレス弾丸の方が深い。これより、同時刻でのクレーター深さはタギシュ・レイク模擬物よりGBの方が深かったが、これは弾丸密度によるものかもしれないと考えられる。サンプルごとの同時刻でのクレーター直径には、深さほどの差は見られない。同一のサンプルでも同時刻での直径は同程度で、こちらは弾丸種類による差は見られなかった。これらより深さ方向、直径方向のキャビティー成長については、UTPS-TBとWCSは成長速度に大きな差が見られないこともわかった。なお、タギシュ・レイク模擬物とGBの成長の違いは無次元パラメーター間のべき乗則で整理することができた。また、クレーター体積についてはタギシュ・レイク模擬物、GBは石膏^[3]よりもやや成長しにくい傾向にあるかもしれない。

まとめると、二つのタギシュ・レイク模擬物においてキャビティーの成長速度に大きな差は見られ

ず、破壊後の側面速度では強度を反映して UTPS-TB の方が速いかもしれないということがわかった。今後はクレーター成長終了時点について観察するために、UTPS-TB と WCS のクレータリングの結果を取得しスケーリング則を考えて石膏^[3]との比較を行っていく予定である。

参考文献

- [1] Miyamoto, H. et al. (2021), Earth, Planets and Space, accepted.
- [2] 塩本他 秋季講演会 2020 「フォボスシミュラント (UTPS-TB) 標的の衝突破壊実験」
- [3] Yasui, M. et al. (2012), Icarus, 221, 646-657.