

熱赤外カメラを用いた衝突残留熱計測

畠生有理¹、長谷川直¹、福原哲哉²

¹宇宙航空研究開発機構、²立教大学

高速度衝突現象における加熱は弾丸と標的の接触領域で生じる。高温の衝突生成物は、一部はイジェクタとしてクレータ外部に放出される一方、大半は衝突点直下点に衝突残留物として生じ、重力支配域ではクレータ壁の崩落によってクレータ内部に埋没する。この高温衝突生成物による加熱は、小惑星の水質変成や脱水反応の起源と考えられている [e.g. Rubin 2005; Sugita+ 2019]。室内実験による衝突加熱の計測は、試料内部に設置した熱電対による直接計測 [e.g. Sasai+ this meeting] と、赤外カメラを用いた試料表面温度計測 [Fuse+ impact2019] が進められている。熱赤外カメラは非接触による温度計測が可能のため、惑星探査でも用いられている。はやぶさ2搭載熱赤外カメラ (TIR) は、C型小惑星リュウグウの表面が炭素質コンドライトより小さい熱慣性を示す (より多孔質である) ことを明らかにした [Okada+ 2020]。SCI クレータの事後観測からはクレータ内外で明確な熱慣性の違いは観察されなかったが、地上試験では衝突直後に表面温度変化が計測された。従って、衝突現象のその場熱赤外観測は、宇宙衝突実験において衝突地点およびイジェクタ分布の同定に有用である。そこで本研究では、高速度衝突の熱赤外カメラその場観測による熱物性変化検出手法の確立を目指して、予備実験として珪砂とガラスビーズ試料の熱赤外撮像を行った。

実験は ISAS/JAXA に設置された縦型二段式軽ガス銃を用いた。弾丸には 2 mm 球のポリカ、Al、アルミナ、Ti、SUS、Cu を用い、衝突速度 2.5–6.1 km/s で衝突させた。標的には珪砂 (粒径約 400 μ m)、ガラスビーズ FGB20 (粒径 1000–710 μ m) と FGB180 (100–90 μ m) を用いた。衝突の様子は、チャンバ上方から 3 台の高輝度ランプで照射し、同方向から可視光高速度カメラ HPV-X (3 kfps)、近赤外高速度カメラ Fast M3k (3 kfps)、熱赤外カメラ BOL (1–10 fps) を用いて撮像した。実験後、レーザープロファイラを用いて 4 方向のクレータ断面形状を取得した。本実験では風防を使用しなかったため、弾丸加速ガスの影響でなだらかなクレータリムが形成された。Housen & Holsapple (2011) のクレータスケーリング則を用いて結果を整理した所、砂標的はガラスビーズ標的よりも規格化クレータ半径 π_R が小さかった。この結果は、ガラスビーズを用いた Yamamoto+ (2007) の結果と調和的であり、砂の安息角 (37°) がガラスビーズの安息角 (24°) よりも大きいことに起因すると考えられる [e.g. Kiuchi+ 2019, Ph.D. thesis]。Al 弾丸を 6.0 km/s で衝突させた場合、ガラスビーズ標的では高温衝突生成物はクレータ内に残留するが、砂標的では高温衝突生成物がクレータ外に飛散した。一方、弾丸物質と衝突速度を変化させて FGB20 標的に衝突させた場合、衝突速度が小さいほどクレータ内に残留する高温衝突生成物量が少なかった。衝突 2 秒後の熱赤外画像を用いて、クレータ外に飛散した高温衝突生成物のサイズ分布を計測し、クレータ面積に対する面積比を調べた。その結果、高温衝突生成物量は衝

突速度の増加とともに増加し、砂標的ではクレータ外に、FGB180 標的ではクレータ内に多く分布することがわかった。クレータ中心部の冷却過程を調べた所、埋没した高温衝突生成物による表面加熱が観察された。今後は、実験結果と熱モデル計算との比較を検討している。