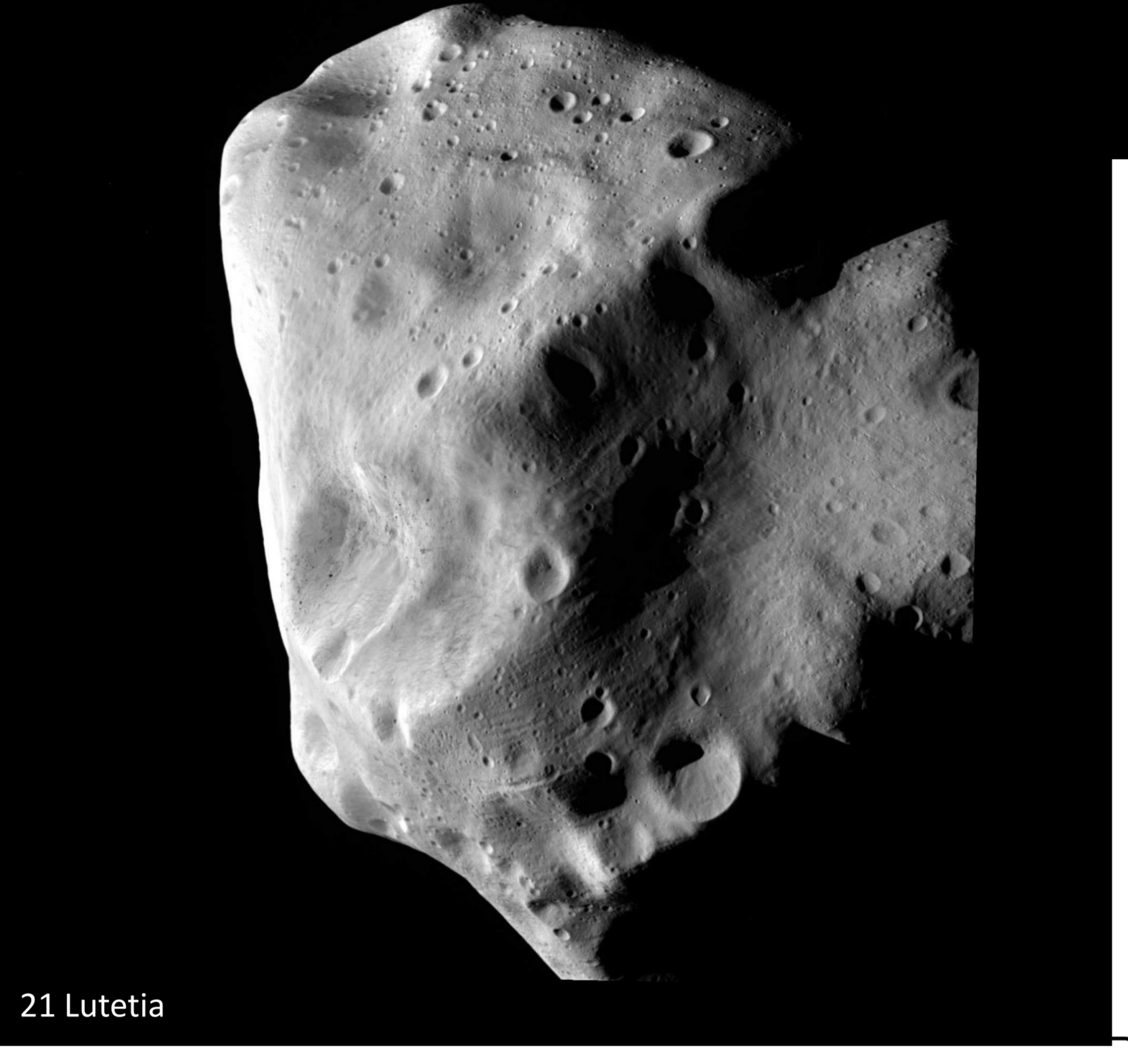


# 鉄レゴリスへの衝突クレーター実験

桂 武邦 中村 昭子 鈴木 絢子  
神戸大学理学研究科

太陽系小惑星の表面はレゴリスで覆われていると考えられている。M型小惑星の中にも金属質であるとすれば空隙率が高い天体が多い。そこで本研究では鉄物質に対して高速度衝突実験を行い、鉄レゴリスが形成できるかどうかを調べた。そして鉄レゴリスを模擬した鉄粒子を用いて衝突クレーター形成実験を行った。エジェクタの放出速度から鉄レゴリスは存在可能であることが示され、鉄粒子にできるクレーターの形状はガラスビーズにできるものとほぼ同じであることがわかった。またガラスビーズや砂に使われるクレーター、エジェクタ量のスケールリング則は鉄粒子に対しても適用できることがわかった。

## 背景



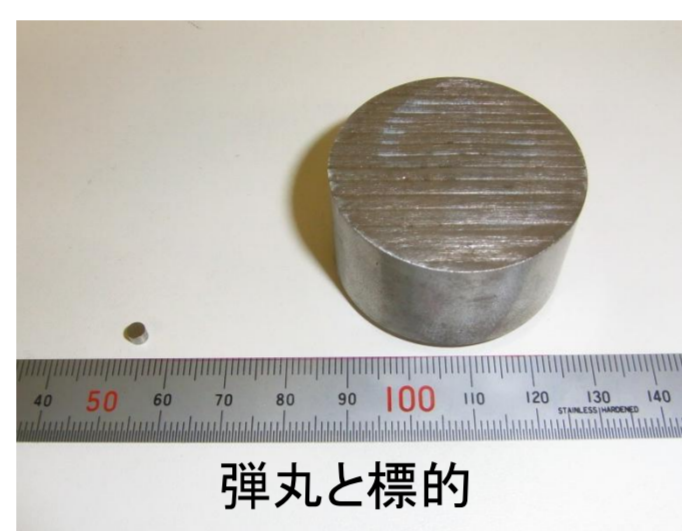
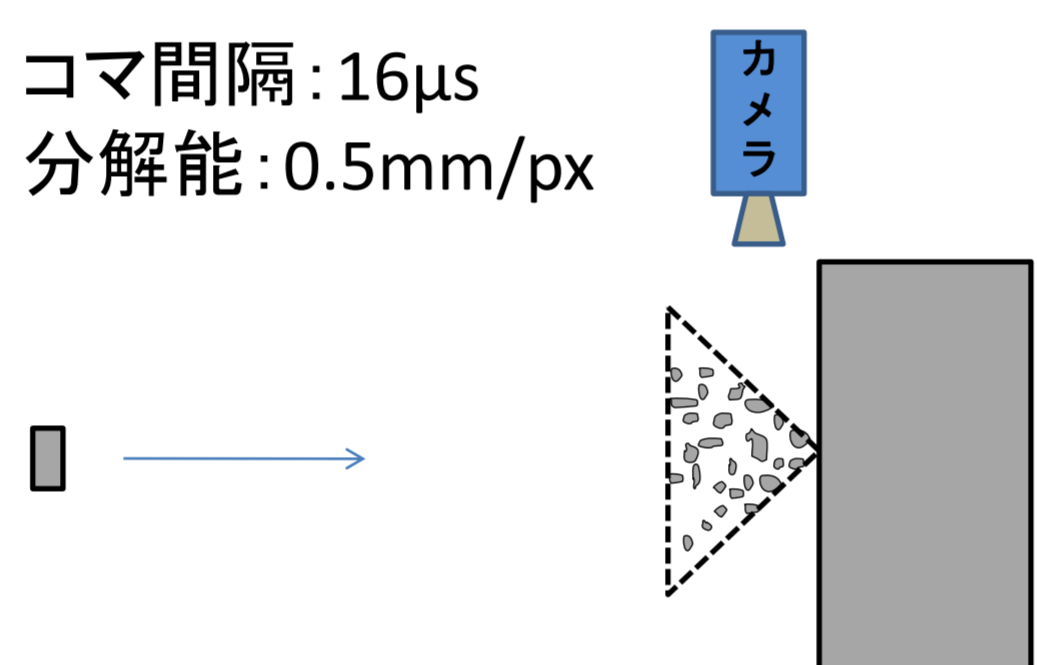
多くの小惑星の表面はレゴリスで覆われていると考えられている。金属質であると考えられているM型小惑星にも密度が小さいものが多い(16Psyche: 約3300~6500kg/m<sup>3</sup>, 21Lutetia: 約3400kg/m<sup>3</sup>)、M型小惑星の偏光データは数十μmの鉄粉と合うという結果も示されている(Dollfus et al, 1979)。このことから、これらの天体にもレゴリスが存在する可能性が考えられる。そこで本実験では鉄標的から出るエジェクタの速度を観察し、鉄レゴリスが作られ得るのかを調べた。また、鉄レゴリスを想定した鉄粒子を用いての衝突クレーター形成実験を行った。

## 実験①

### 鉄物質への高速度衝突実験

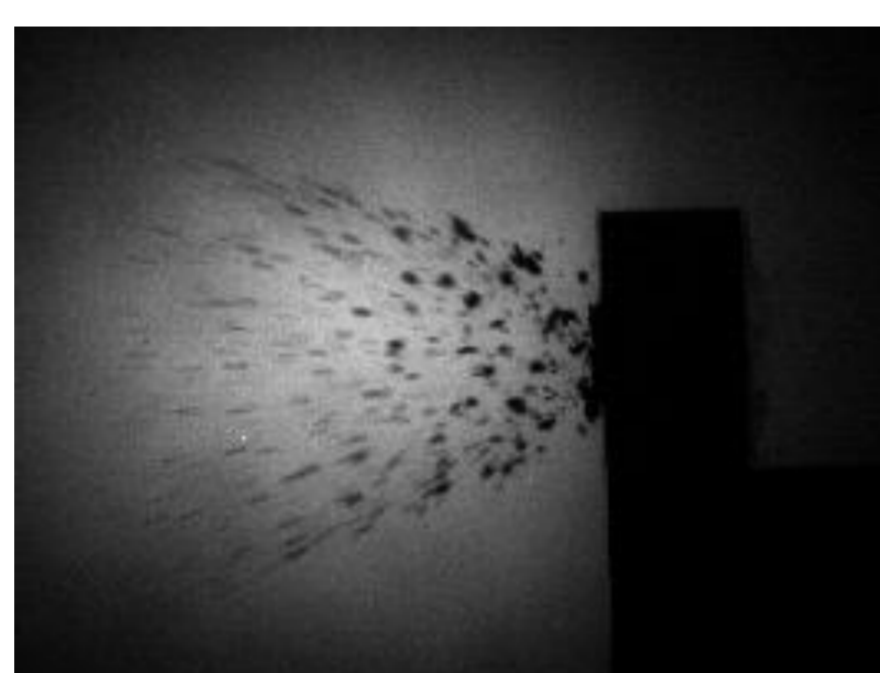
鉄レゴリスが存在し得るかを調べる。

弾丸: 鉄隕石 (φ3.2 × H2.1mm) エジェクタ速度を調べるため、  
標的: SUS (φ40 × H21mm) 高速度カメラで衝突の瞬間を撮影  
衝突速度: 5.1km/s  
発生圧力: 160GPa  
装置: 二段式軽ガス銃 (宇宙科学研究所)

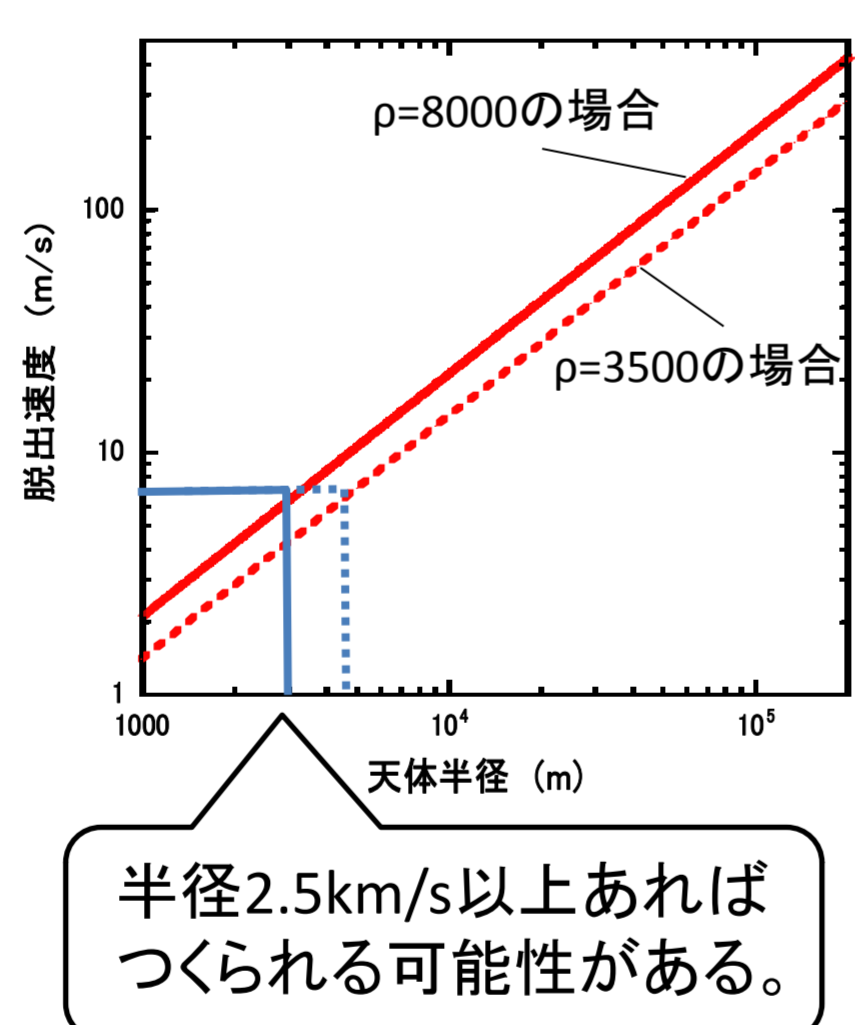


## 結果①

画像から求めたエジェクタ速度  
約7m/s ~ 2.6km/s

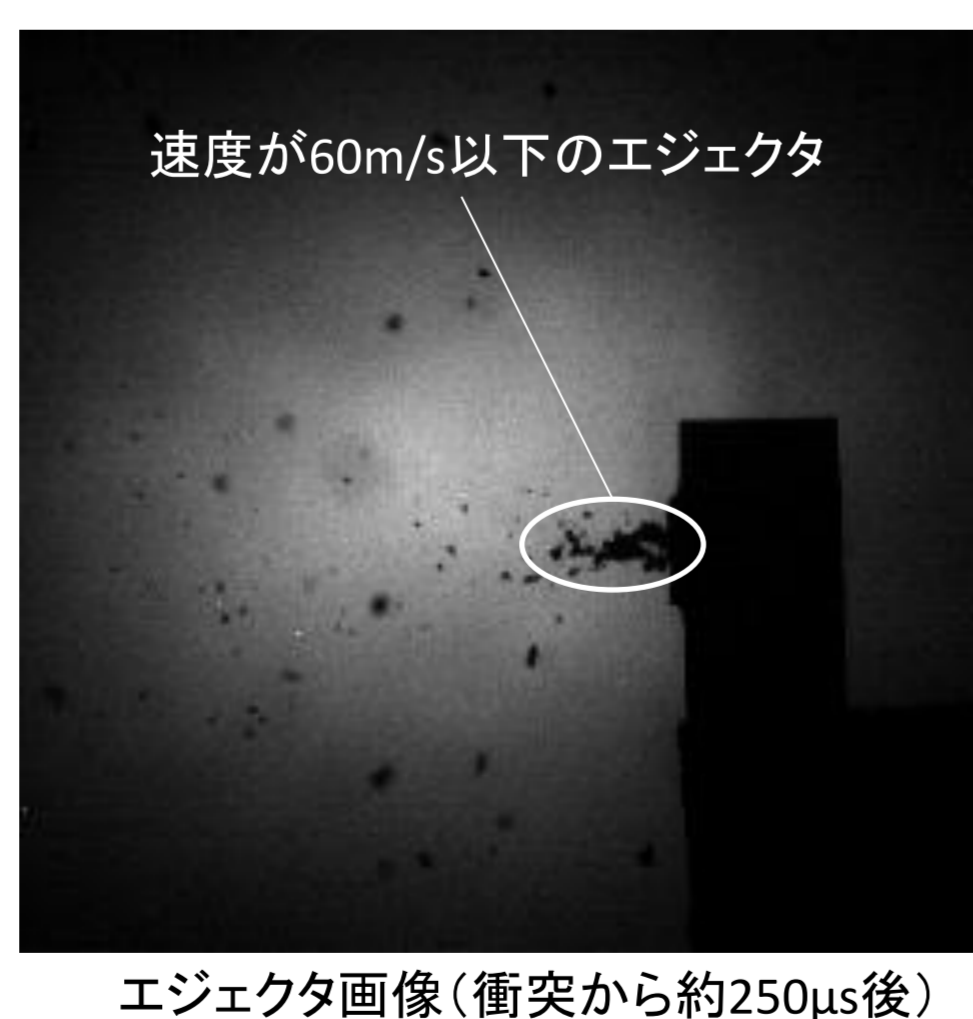


鉄隕石のWidmanstätten構造から見積られる母天体のサイズ  
半径10~200km/s  
→ 脱出速度20~430m/s



鉄レゴリスは十分に存在可能

Lutetiaの物性  
・寸法 132 × 101 × 76km/s  
・密度 3400kg/m<sup>3</sup>  
・質量 1.7 × 10<sup>18</sup>kg  
→ 脱出速度は約60m/s



衝突クレーターの体積は3.6 × 10<sup>-7</sup>m<sup>3</sup>  
画像から見積られるエジェクタの体積は2.8 × 10<sup>-8</sup>m<sup>3</sup>

今回の衝突では放出速度が60m/s以下になるのは、エジェクタ全体の約8%

## まとめ

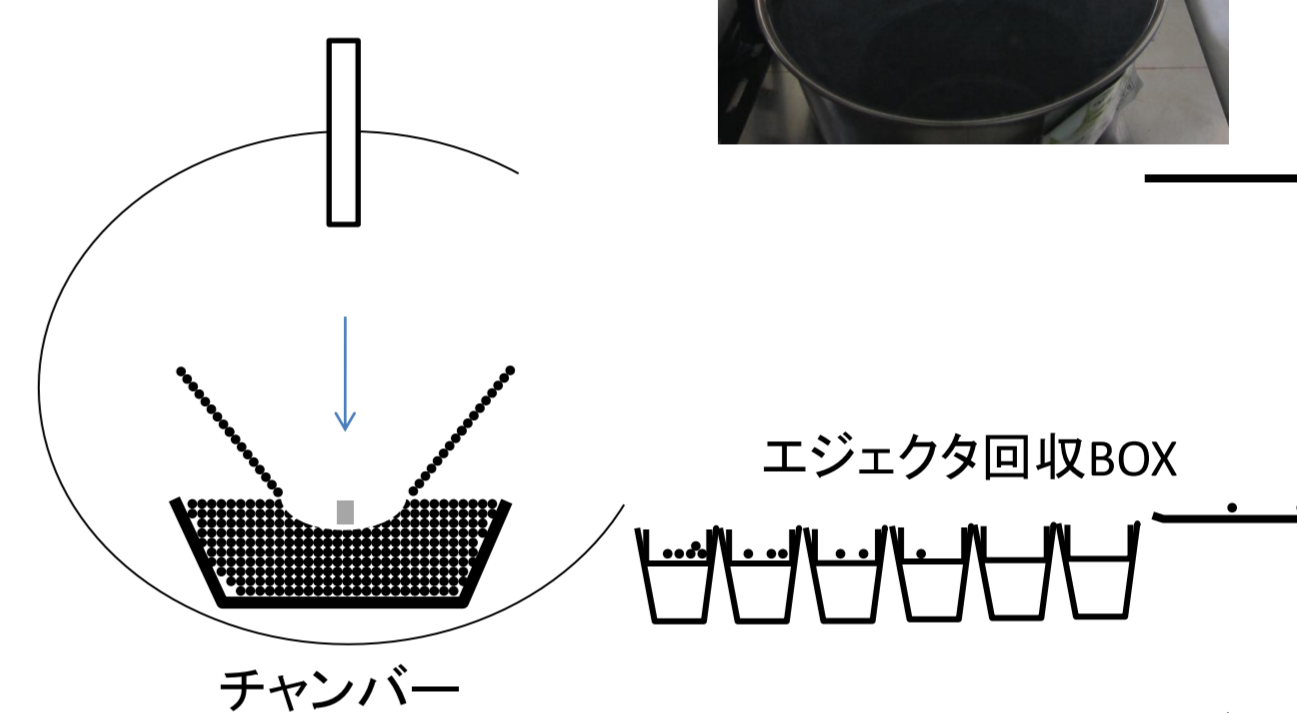
- 鉄標的に対する高速度衝突実験、鉄粒子に対する衝突クレーター形成実験を行った。
- ① 放出速度が遅いエジェクタが観察でき、鉄レゴリスは存在し得ることがわかった。
- ② 鉄粒子にできるクレーターの形はガラスビーズと似ており、クレーターやエジェクタ量のスケールリング則は、ガラスビーズや砂のものと調和的であることがわかった。

## 実験②

### 鉄粒子への衝突クレーター実験

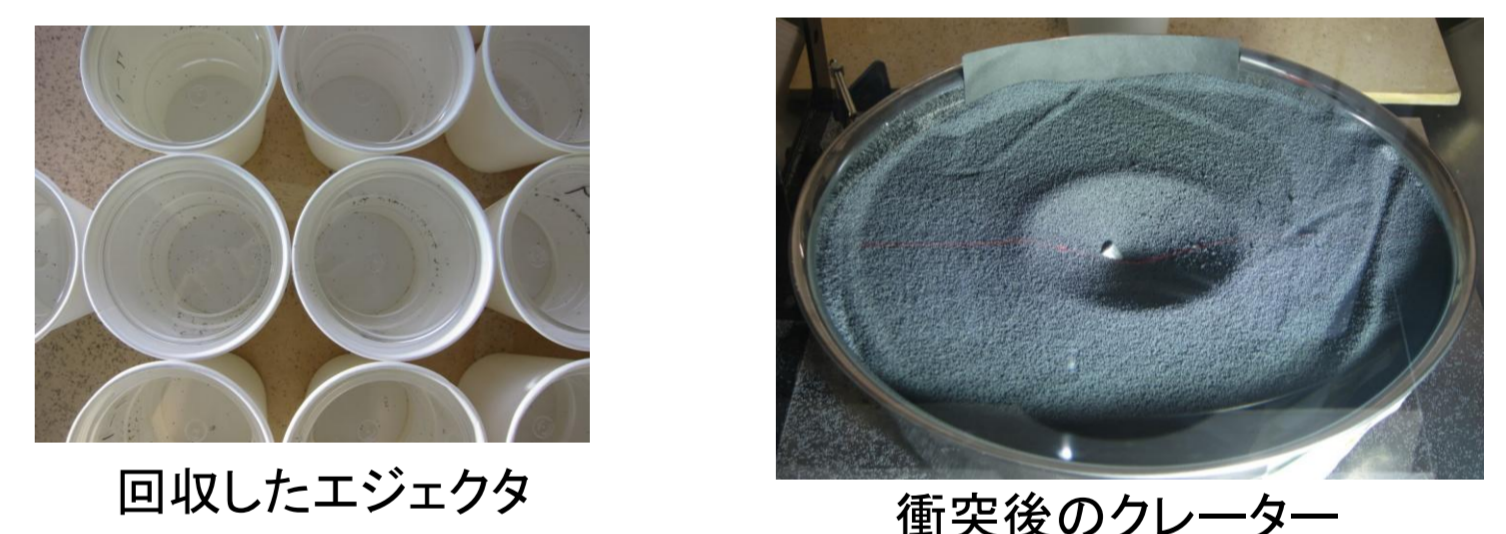
鉄レゴリス模擬物質のクレーター、エジェクタ量を調べ、ガラスビーズ、砂のスケールリング則と比較

弾丸: アルミ (φ10 × H10mm)  
標的: 鉄粒子 (粒径 400μm)  
容器のサイズ φ28 × H10cm  
密度 4600kg/m<sup>3</sup> (空隙率40%)  
衝突速度: 2~77m/s  
装置: ガス銃 (神戸大学)

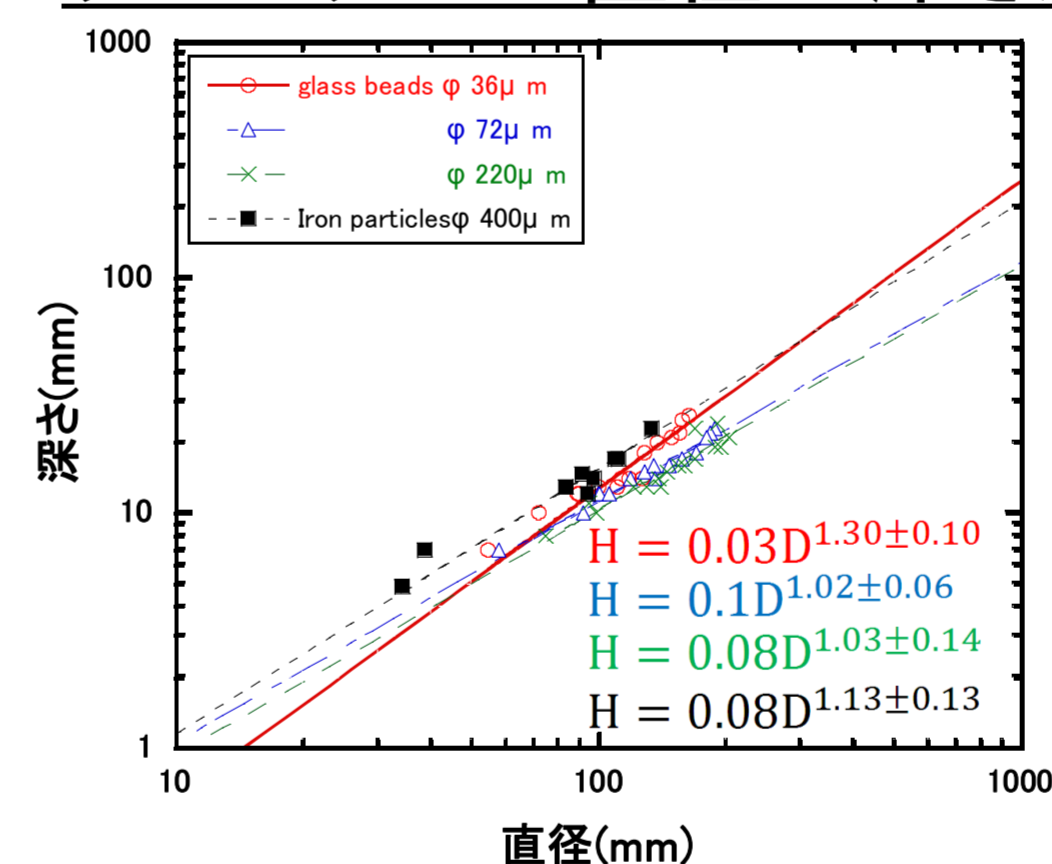


## 結果②

● クレーターの大きさ  
ガラスビーズへの衝突 (yamamoto, 2006) と比較

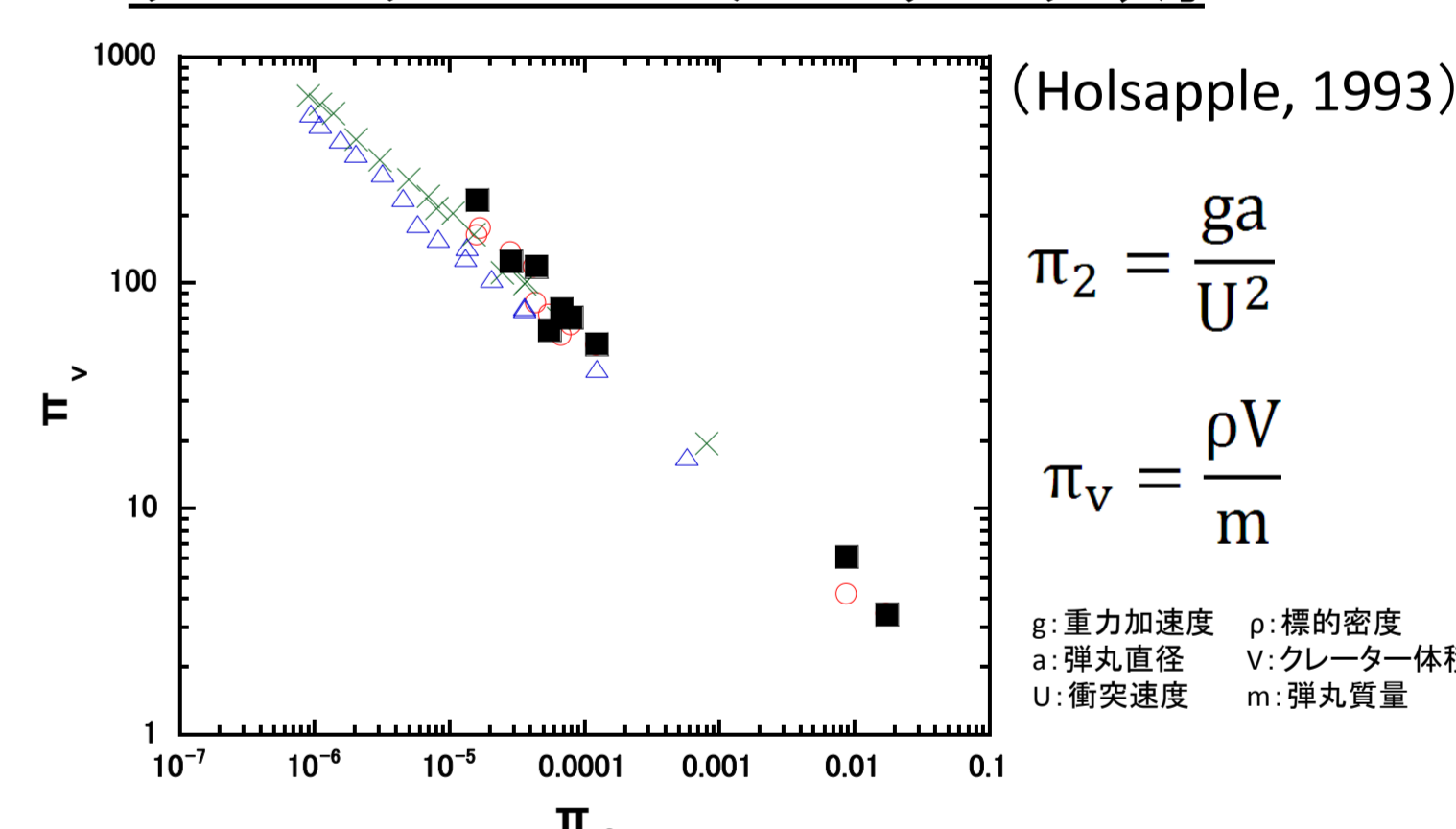


### クレーターの直径 × 深さ比



鉄粒子にできるクレーターの形状はガラスビーズと類似

### クレーターのスケールリング則



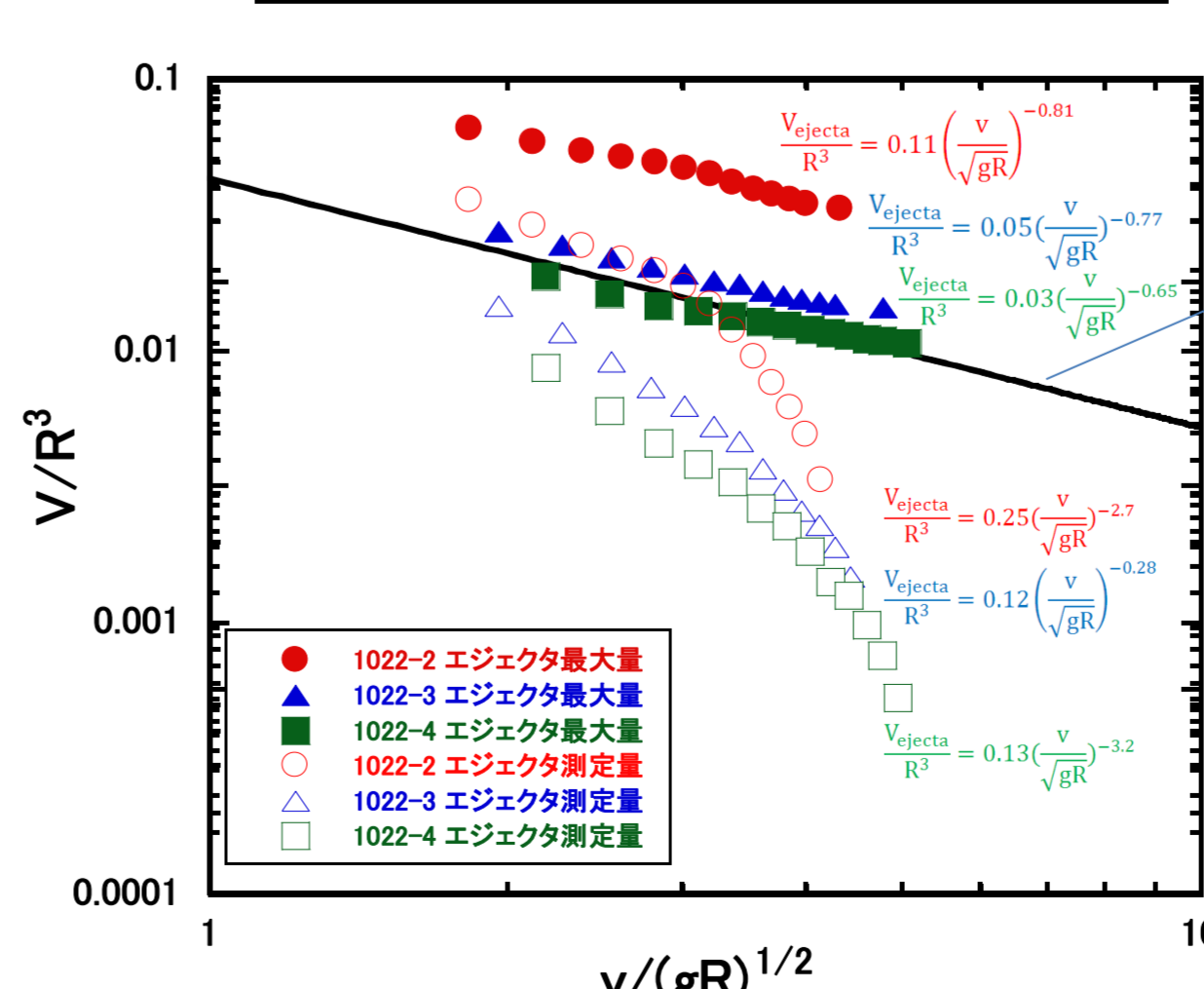
ガラスビーズと同じラインに乗る。

天体レゴリス上にできたクレーターから鉄質であるかは特定できない。

これまでのスケールリング則は鉄粒子でも成り立つ。

### ● エジェクタ量

#### 放出速度と体積の関係



Houzen, 1983の砂標的に対するスケールリング則

$$\frac{V_{\text{ejecta}}}{R^3} = 0.32 \left( \frac{v}{\sqrt{gR}} \right)^{-1.12 \pm 0.02}$$

- △□: 回収したV<sub>ejecta</sub>
- ▲■: 衝突画像から見積もった最大V<sub>ejecta</sub>
- 本研究から得られる傾き 0.6~2.7

鉄粒子のエジェクタ量は砂標的のスケールリング則と調和的