

Ejecta from impacts at 0.2-2.3 m/s in low gravity

Joshua E. Colwell et al., 2008
Icarus 195 (2008) 908-917

名大M2 蔦生有理

1

レゴリスへの低速度衝突

- 原始惑星系円盤
 - 微惑星形成以前：衝突速度 $< \sim 10$ m/s
(Weidenschilling and Cuzzi, 1993)
 - ダストサイズごとのガスとのカップリング率の違いによる相対速度
 - レゴリスをまとった粒子/アグリゲイト同士の衝突
- 惑星リング
 - 短寿命なダストとリングの持続性
 - レゴリス層を持つ衛星への衝突によるリングへのダスト供給 (Burns et al., 2004)

2

レゴリスへの低速度衝突

- 惑星リングや原始惑星系円盤ではレゴリスへの低速度衝突が多く起こる
 - 系の質量輸送・エネルギー輸送、ダストの合体成長を支配する

系の進化や微惑星前駆体への成長を理解するには
粉体への低速度衝突を理解することが重要

3

先行研究

- 粉体への低速度衝突
 - $V_i < 1$ m/sでは集積よりも反発 or 質量損失
(Blum and Munch, 1993; Brides et al., 1996; Supelver et al., 1997; Kouch et al., 2002; Colwell and Taylor, 1999; Colwell, 2003)
 - $V_i < 5$ m/sならガス流による集積
(Sekiya and Takeda, 2003)
 - 条件：ターゲットが大きく、ガスが高密度
 - $V_i > 13$ m/sで正味の集積
(Wurm et al., 2005)
 - 条件：インパクトアグリゲイトとターゲットが接着

低重力下での実験はない

4

前回の実験



- COLLIDE-1 (Colwell and Taylor, 1999), COLLIDE-2 (Colwell 2003)
 - **スペースシャトルでの粉体への低速度衝突実験**
 - 成功は**9回**、衝突速度~1-100cm/s
 - $V_i < 20\text{cm/s}$: 弾丸が粉体に埋まる、少量のエジェクタ
 - $V_i > 25\text{cm/s}$: 弾丸が跳ね返る、多量のエジェクタ
- しかし・・・

実験パラメータがまだ足りない！
弾丸サイズ・質量、レゴリスの種類、衝突速度

5

本研究の目的

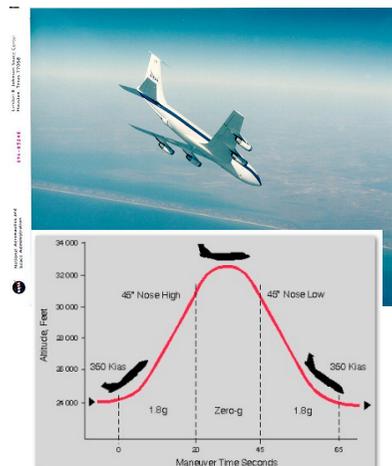
極低重力下での粉体への低速度衝突実験 (COLLIDE) の結果を**拡張**する必要がある

より実験しやすい**航空機**による低重力を用いた同実験 (PRIME) を行う

6

パラボリックフライト

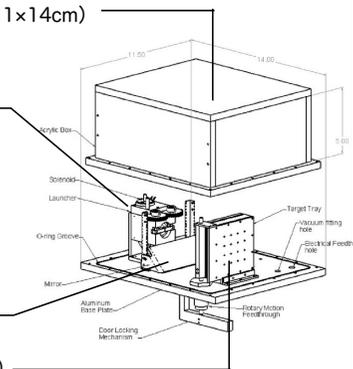
- NASA KC-135
 - 低重力を容易に実現
 - **持続時間：15-20sec**
 - **加速度：~0.01g**
 - 試料をこぼさないための下向き加速度
 - 合計20フライト



7

実験装置：チャンバー

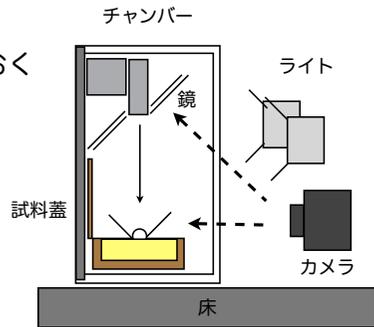
- アルミ底板とアクリル箱 (5×11×14cm)
 - 1kPaに真空引き、天井から観察
- ランチャー (バネ銃)
 - **バネ定数、ピストン・弾丸質量**を変化させて速度を調整
 - 衝突速度：**0.2-2.3m/s**
 - 衝突角度：90、60、45、30度
- 鏡
- ターゲットトレイ (2×10×10cm)
 - 背面に通気孔：試料内の隙間を真空に
 - 試料表面に蓋：振動による空隙率変化を防止



8

実験装置：構成

- チャンバー (8個)
 - 地上で全ての準備をしておく
 - 実験毎に交換 (1フライトで8回実験)
- 高速ビデオカメラ
 - NAC HSV 500
 - 250FPS
- ストロボライト (2台)



9

実験条件

プロジェクタイトル

8種類

(1-2cm, 1-32g)

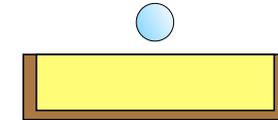
ID	直径, cm	質量, g	素材
1	1.9	7.9	プラスチック
2	0.95	0.98	プラスチック
3	1.9	12	石英
4	0.95	3.9	真鍮
5	1.9	31.5	真鍮
6	1.9	9.8	アルミ
7	1.9	28.2	スチール
8	0.95	1.2	アルミ

レゴリス試料

3種類

Type	粒径, μm	円磨度
Ottawa sand : 砂	215	◎
JSC-1 : 月	100	×
JSC-Mars-1 : 火星	~500	○

*いずれも粒径分布あり



10

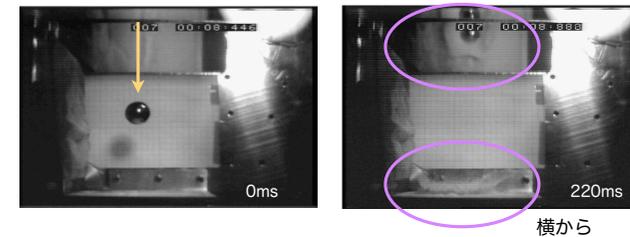
結果

- 本研究 (PRIME) で成功した実験は108回
 - 正面衝突 : 94回
 - 斜め衝突 : 14回
- 高速度ビデオカメラの映像から測定
 - エジェクタ速度
 - フレーム毎の位置から
 - エジェクタ質量
 - 定性的に4カテゴリに分類

11

正面衝突

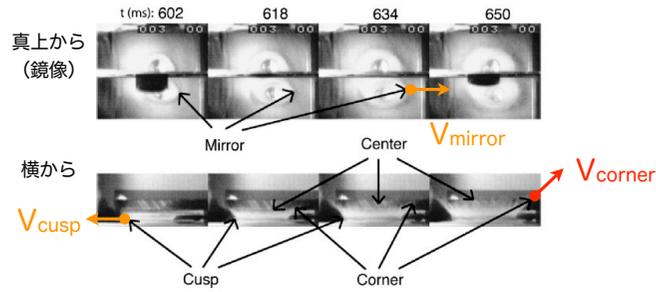
真上から (鏡像)



- プロジェクタイトル : 真鍮、直径=1.9cm、質量=31.5g
- 試料 : Ottawa sand
- 衝突速度 : 37cm/s
- 衝突角度 : 87°

12

エジェクタ要素



- エジェクタ要素：Corner, Cusp, Mirror, Center
- 毎回全てを測れるわけではない
- 特徴的速度 (V_{ej}) として V_{corner} を用いた

13

エジェクタ要素の関係

- エジェクタ要素の関係

- V_{corner} と V_{cusp} (53回)

• V_{corner}/V_{cusp} の平均： 3.1 ± 1.8

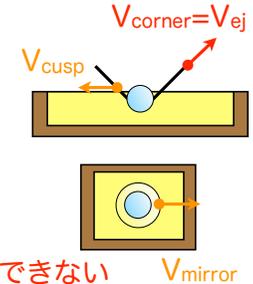
- V_{corner} と V_{mirror} (27回)

• V_{corner}/V_{mirror} の平均： 2.9 ± 1.1

- ばらつきが大きくスケールリングできない V_{mirror}
→ 他要素から V_{ej} を求められない

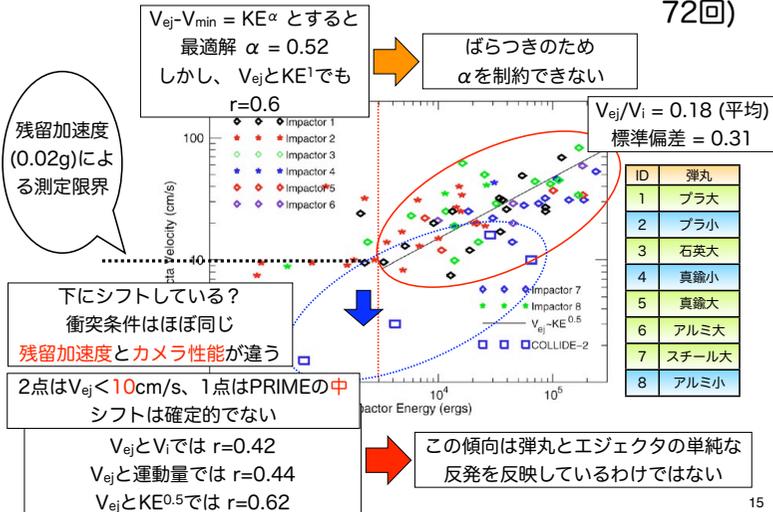
- エジェクタ要素が測定不能なことも

- エジェクタが少ない、軌跡が短い



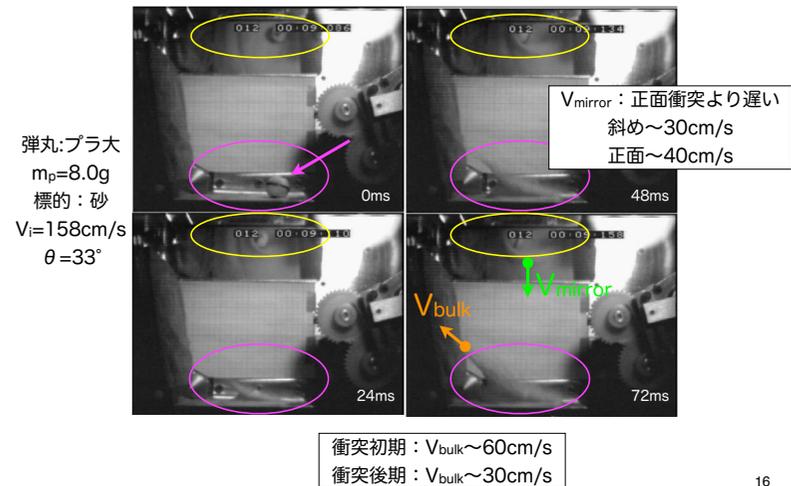
14

特徴的エジェクタ速度 (正面衝突, 72回)



15

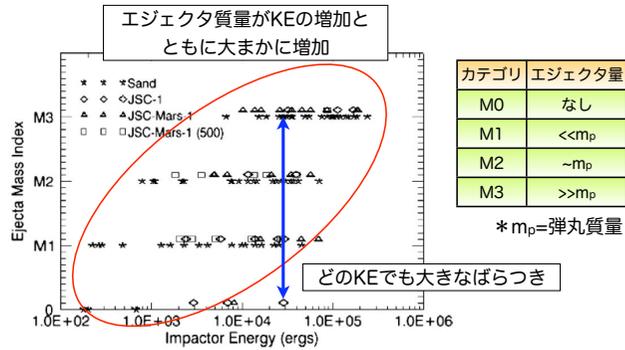
斜め衝突 (14回)



16

エジェクタ質量 (全108回)

- 画像から多数決でランク分け



17

まとめ

- 108回の低重力下での粉体への低速度衝突実験 (PRIME) を行った
 - 低重力下での粉体への低速度衝突の大きなデータセットが得られた
 - COLLIDE-2の傾向と調和的な $V_{ej} \propto KE^{0.5}$ という明確な傾向が得られた

18

今後の課題

- 今回示された関係がどこまでの弾丸質量・速度域で適用できるか
- 衝突速度0.1m/s以下および2.3m/s以上でのエジェクタ速度と質量分布の測定が必要

19