

高速度カメラを用いた超低密度物質への プロジェクトイル貫入過程の観察

○ 新居見 励 (阪大・理)
門野 敏彦 (阪大・ILE)
土山 明、飯田 洋祐 (阪大・理)
中村 昭子 (神大・自然)
荒川 政彦、保井 みなみ、土肥 弘嗣 (名大・環境)

Introduction

• シリカエアロゲルを用いた塵の捕獲
STARDUST計画 ... Wild2彗星塵の作った衝突トラック

Hörz et al., 2006
STARDUST aerogel: 5~50 mg/cc
衝突速度 = 6.1 km/s

形状が、突入物質の性質を反映している

衝突トラック形成のメカニズムはまだ理解されていない
→ まず、衝突トラックの深さ方向に着目

<http://www.tonyboon.co.uk/aerogel/pages/aerogepic9.htm>

Dominguez et al., 2004

• エアロゲルに貫入したプロジェクトイルに対する運動方程式

$$m \frac{dv}{dt} = -\frac{C_d}{2} \rho_p v^2 + P_c \pi r^2$$

Hydrodynamic Force Crushing Force $P_c = 117 \text{ kPa}$ for 0.06 g/cc aerogel

$C_d = 1$ と仮定 ※ 衝突トラック入口付近のトラック形成モデルを仮定し、Maximum Holeの実験値から推定

← 実験データを上手く説明できていない

高速度カメラでトラック形成過程を撮影することにより、プロジェクトイルに働く抵抗を求める

初速度 ~ 4 km/s での実験 (名古屋大学)

名古屋大学 二段式ガス銃

Projectile	Initial Velocity (km/s)	Δt (micro sec)
Al2O3球 + Nylon	4.27	2
Al2O3球 + Nylon	4.02	2
SUS球 + Nylon	3.20	1
SUS球 + Nylon	4.06	2
Ti 球 + Nylon	3.83	2
Glass Bead球 + Nylon	3.95	2

ターゲット: シリカエアロゲル 0.06 g/cc

初速度 ~ 4 km/s での実験 (名古屋大学)

実験結果 SUS球 (d = 1.2mm) $v_0 = 4.06 \text{ km/s}$

Time Dependence of Penetration Depth

Penetration Depth (cm) vs $t - t_0$ (μsec)

$$m \frac{dv}{dt} = -\frac{C_d}{2} \rho_p v^2 \pi r^2 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = -\alpha v^2$$

$$v(t) = \frac{1}{\alpha} \ln \left[\frac{v_0}{v} (r - r_0) + 1 \right]$$

$$\alpha \equiv \frac{C_d \rho_p \pi^2}{2m} = \frac{3C_d \rho_p}{8 \rho_p r}$$

$$r\alpha = \frac{3C_d \rho_p}{8 \rho_p}$$

$C_d = 1.1 \pm 0.1$

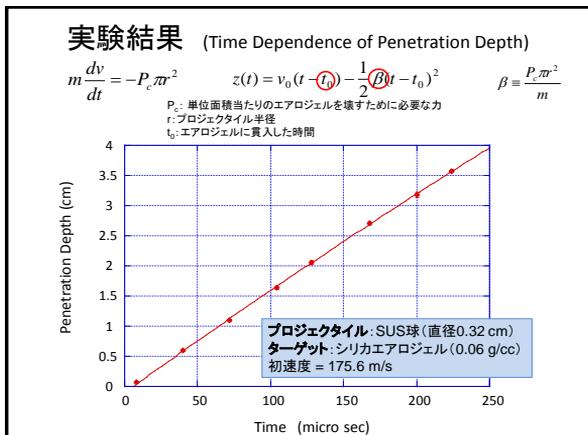
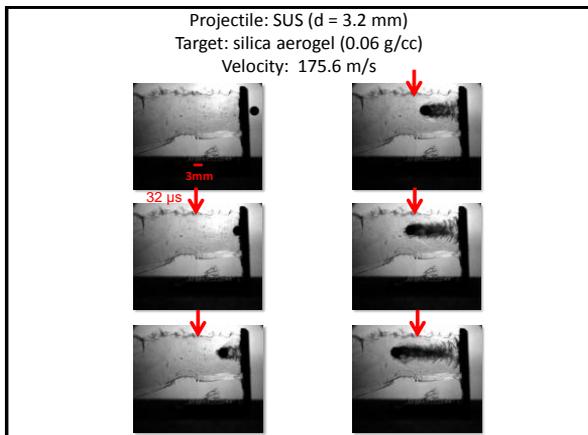
初速度 ~ 200 m/s での実験 (神戸大学)

神戸大学 小型ガス銃

Projectile	Initial Velocity (m/s)
Soda Lime Glass	252.7
Soda Lime Glass	251.2
Al ₂ O ₃	234.4
Al ₂ O ₃	268.2
Al ₂ O ₃	234.4
SUS	176.3
SUS	175.6
Al	232.5
Al	245.6

島津高速度ビデオカメラ
撮影時間間隔: 8 μs

プロジェクトイルサイズ: d = 3.2 mm
エアロゲル密度: 0.06 g/cc



エアロゲル (0.06 g/cc) を破壊するときに受ける抵抗

$$m \frac{dv}{dt} = -P_c \pi r^2 \quad z(t) = v_0(t - t_0) - \frac{1}{2} \beta (t - t_0)^2 \quad \beta = \frac{P_c \pi r^2}{m}$$

Projectile	Velocity (m/s)	P_c (MPa)
Soda Lime Glass	251.2	2.5 ± 0.18
Soda Lime Glass	252.7	3.3 ± 0.096
Al ₂ O ₃	234.4	4.1 ± 0.18
Al ₂ O ₃	268.2	5.0 ± 0.082
Al ₂ O ₃	234.4	2.4 ± 0.042
SUS	176.3	2.2 ± 0.11
SUS	174.9	0.99 ± 0.099
SUS	175.6	1.8 ± 0.16
Al	232.5	2.6 ± 0.068
Al	245.6	2.9 ± 0.13

$P_c = 2.7 \pm 1.2$ (MPa) cf. エアロゲルの静的破壊強度 ~0.3 MPa
(Moner-Girona et al., 1999)

