

Dec. 12, 2011

高出力レーザーによる10 km/sを越える飛翔体加速と衝突実験
Hypervelocity impact experiments using high-power laser

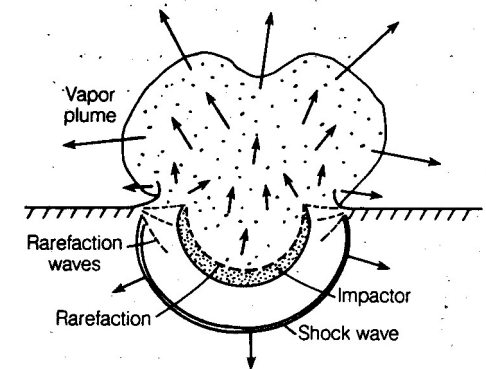
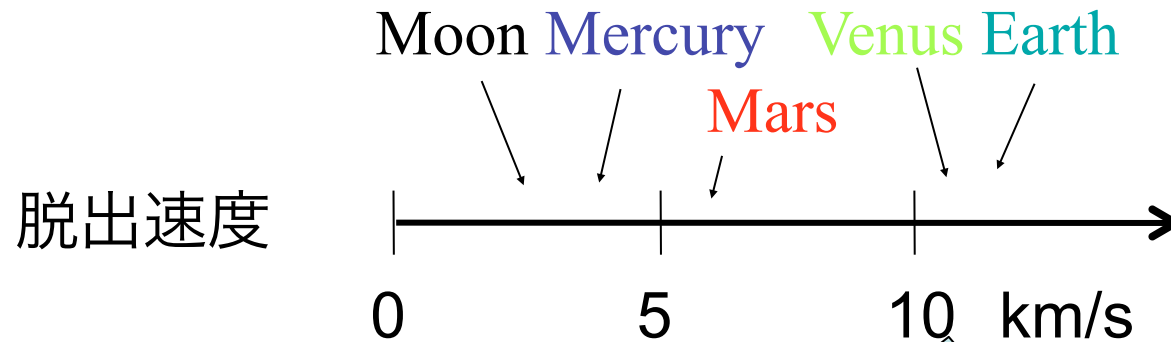
門野敏彦

大阪大学レーザーエネルギー学研究中心

マクロ飛翔体(>~0.1 mm)を
10 km/s 以上に加速して
衝突実験

なぜ $> 10 \text{ km/s}$?

10 km/s以上での隕石衝突は
少なくとも金星と地球表面では、
必ず起こった



Melosh 1989

珪酸塩岩も蒸発すると考えられている
→大気・海洋・生命の起源と進化

However,
過去の衝突実験で使われた
Air guns, Explosive guns, Two-stage light-gas guns...
 $> \sim 10 \text{ km/s}$ に飛翔体を加速することが難しい。

なぜ > *sub-mm sized flyers?*

- Crater size (diameter, depth, ...)
- Fragments (size, velocity...)
- Vapor (spectroscopy, gas analyses...)
- Residue in craters (e.g., melt, condensates)
- Recovery of shocked materials

....,

定量的測定のために

マクロ (少なくともsub-mm) サイズの

飛翔体が必要.

High-power laser

激光 XII号レーザー (12 beams)

大阪大学

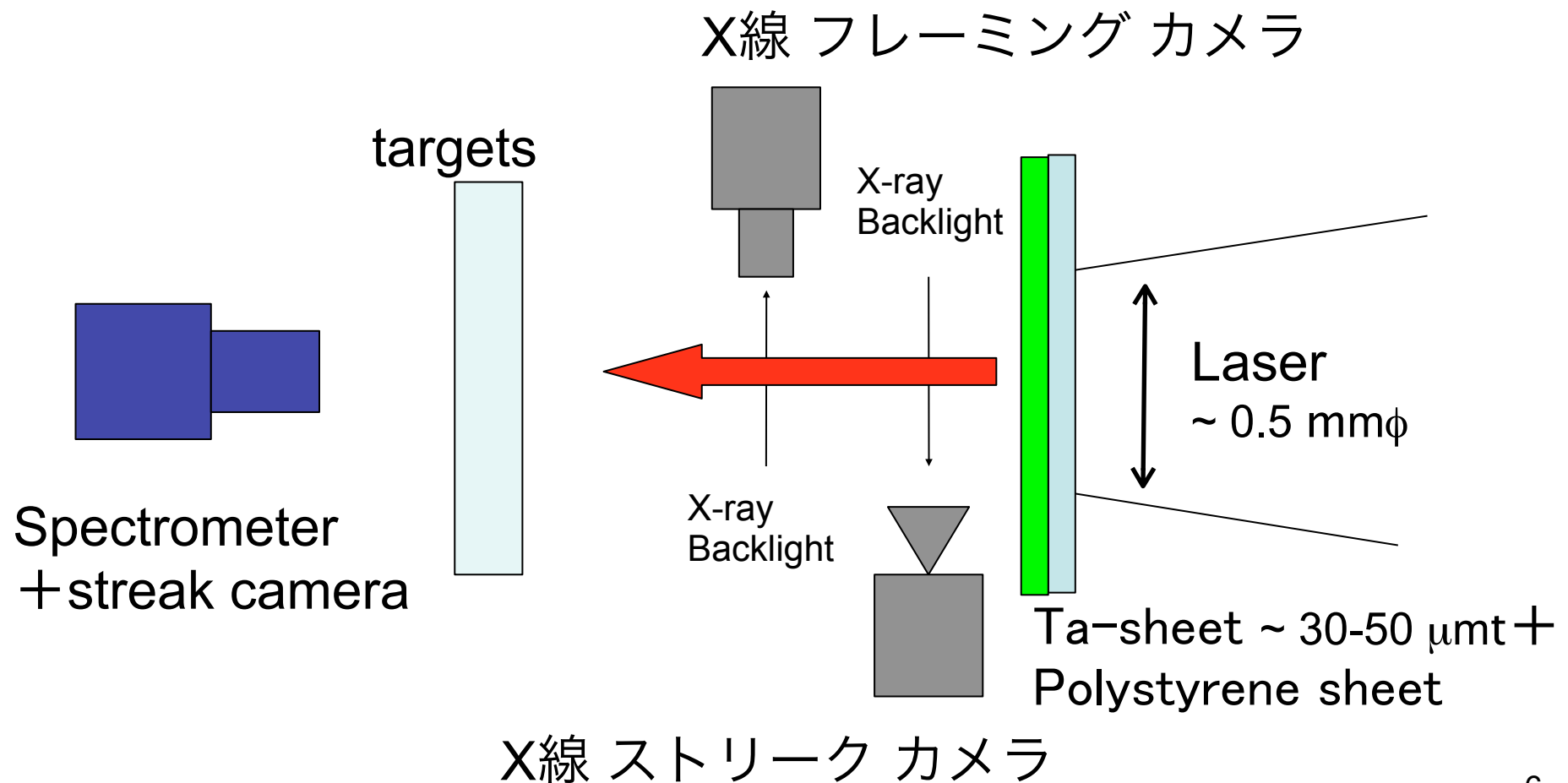


平板飛翔体：タンタル $\sim 50\mu\text{m}$ t, $\sim 0.8\text{mm}\Phi$

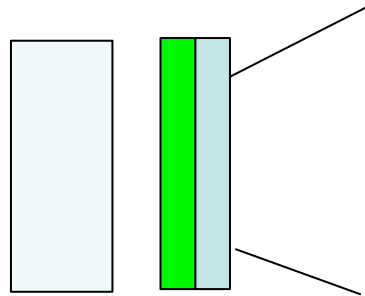
弾丸飛翔体：アルミ・ダイヤモンド・ガラス・金球
($\sim 0.1\text{-}0.3\text{ mm}\phi$)を加速

Experiment 1: Ta sheet flyers

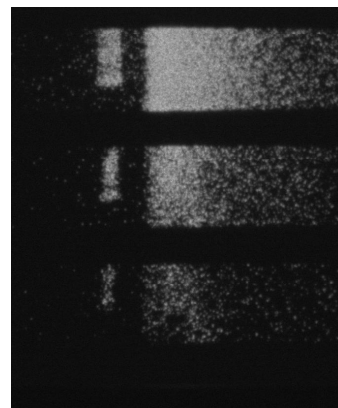
- GXII-HIPER (~ 5 kJ, 20 ns, ~ 0.5 mm ϕ , $\omega=1053$ nm)



結果 1-1: 加速過程



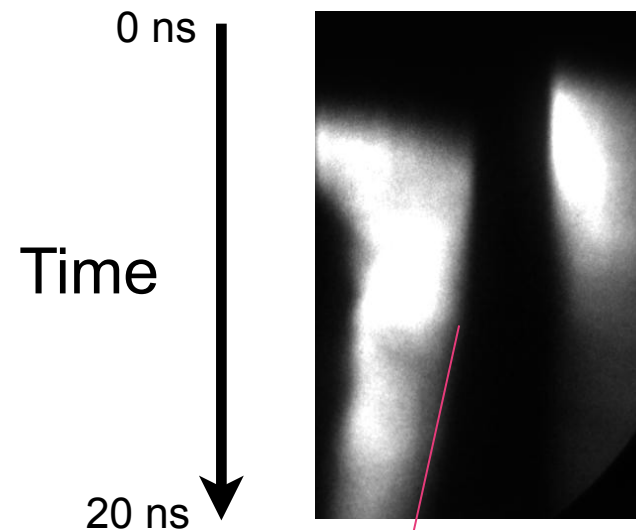
- Ta flyer(#32086): 50 μm t
Laser energy ~ 4 kJ
 ~ 500 $\mu\text{m}\Phi$, ω , 20 ns



6.5 ns

9.5 ns

12.9 ns

 9.1 ± 0.9 km/s

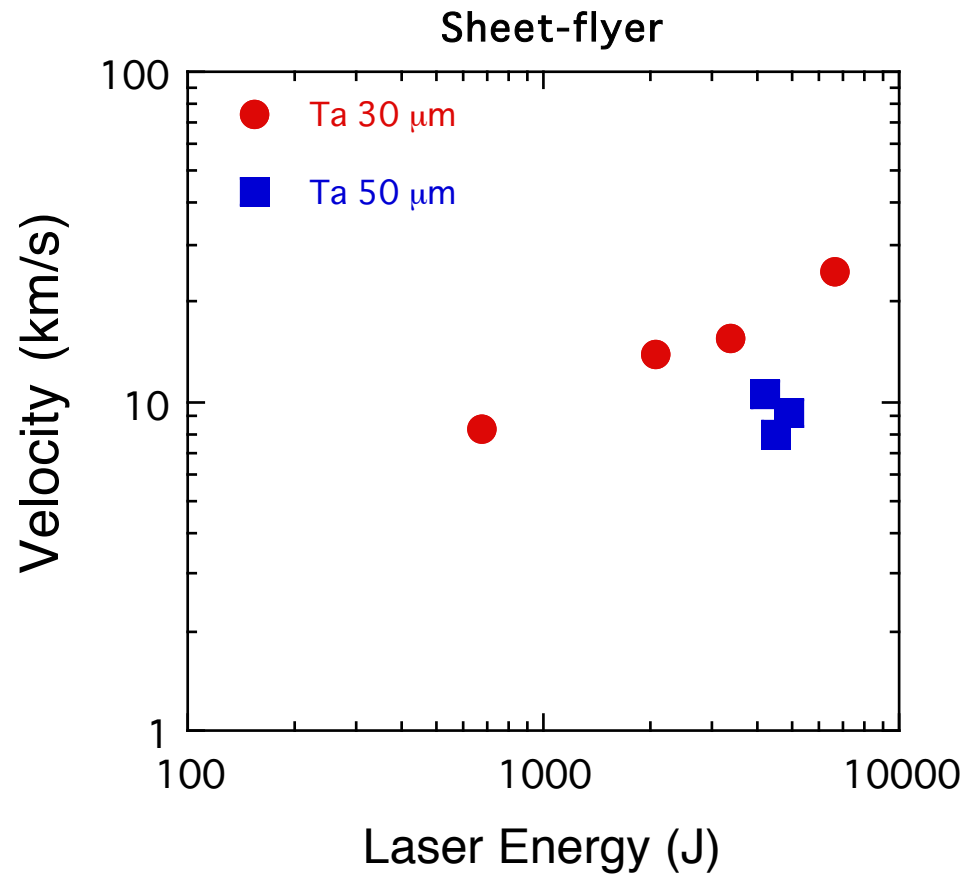
0 ns

Time

20 ns

 10.4 ± 0.6 km/s

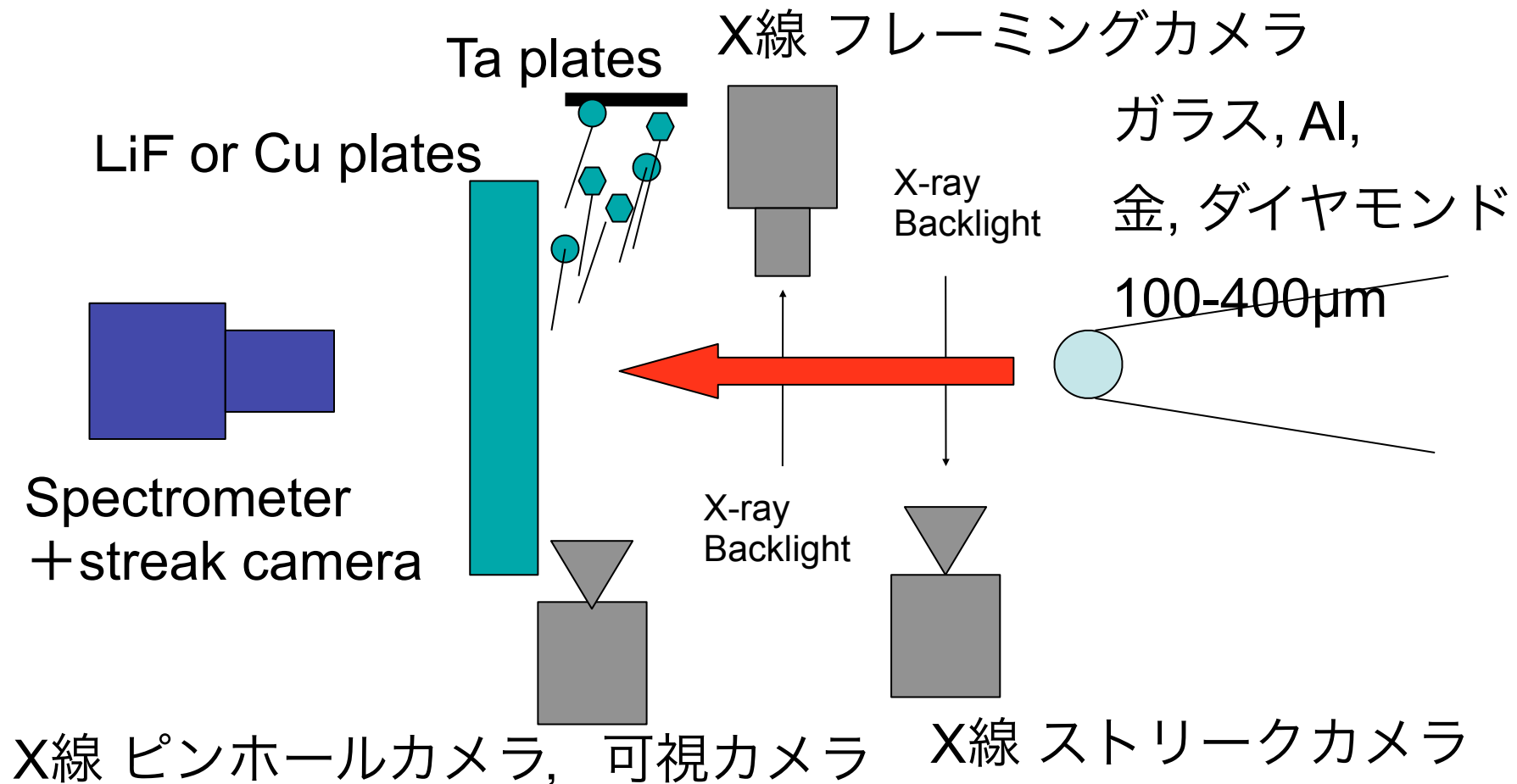
結果 1-2. 飛翔体速度



- Ta シート飛翔体は ~ 10 km/s以上に加速されている

Experiment 2: Spheres

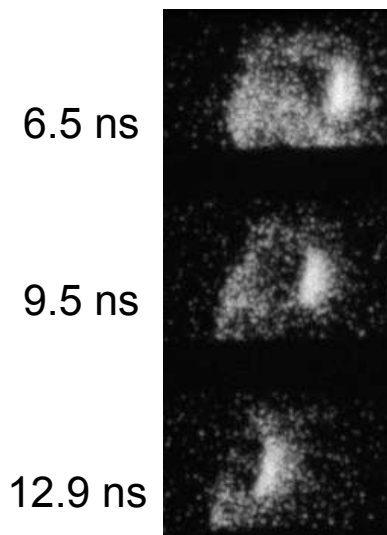
- GXII-HIPER (~ 0.8-5 kJ, 10-20 ns, ~100-200 $\mu\text{m}\phi$, ω)



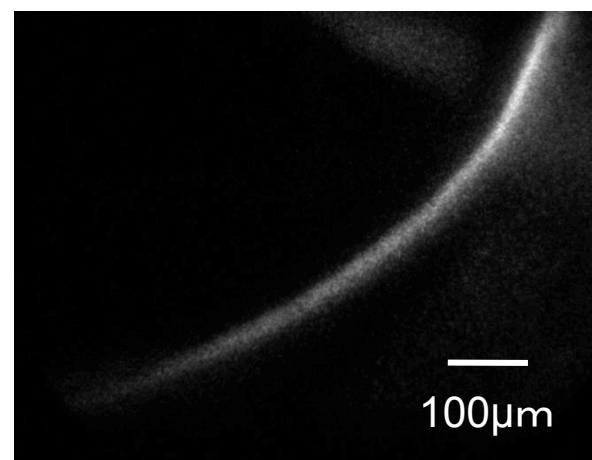
結果2-1: 加速

#31634 (Al 96 $\mu\text{m}\Phi$)

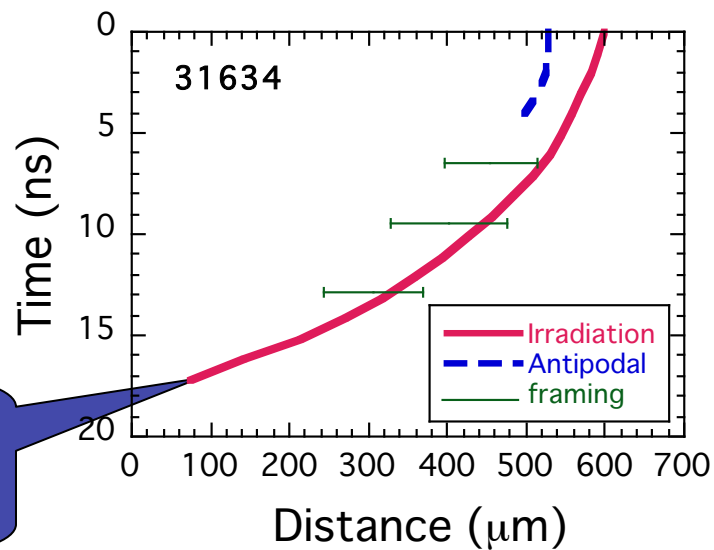
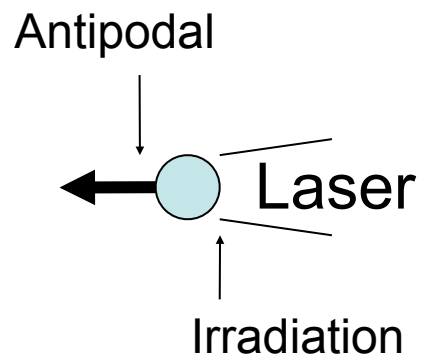
Framing camera



Streak camera



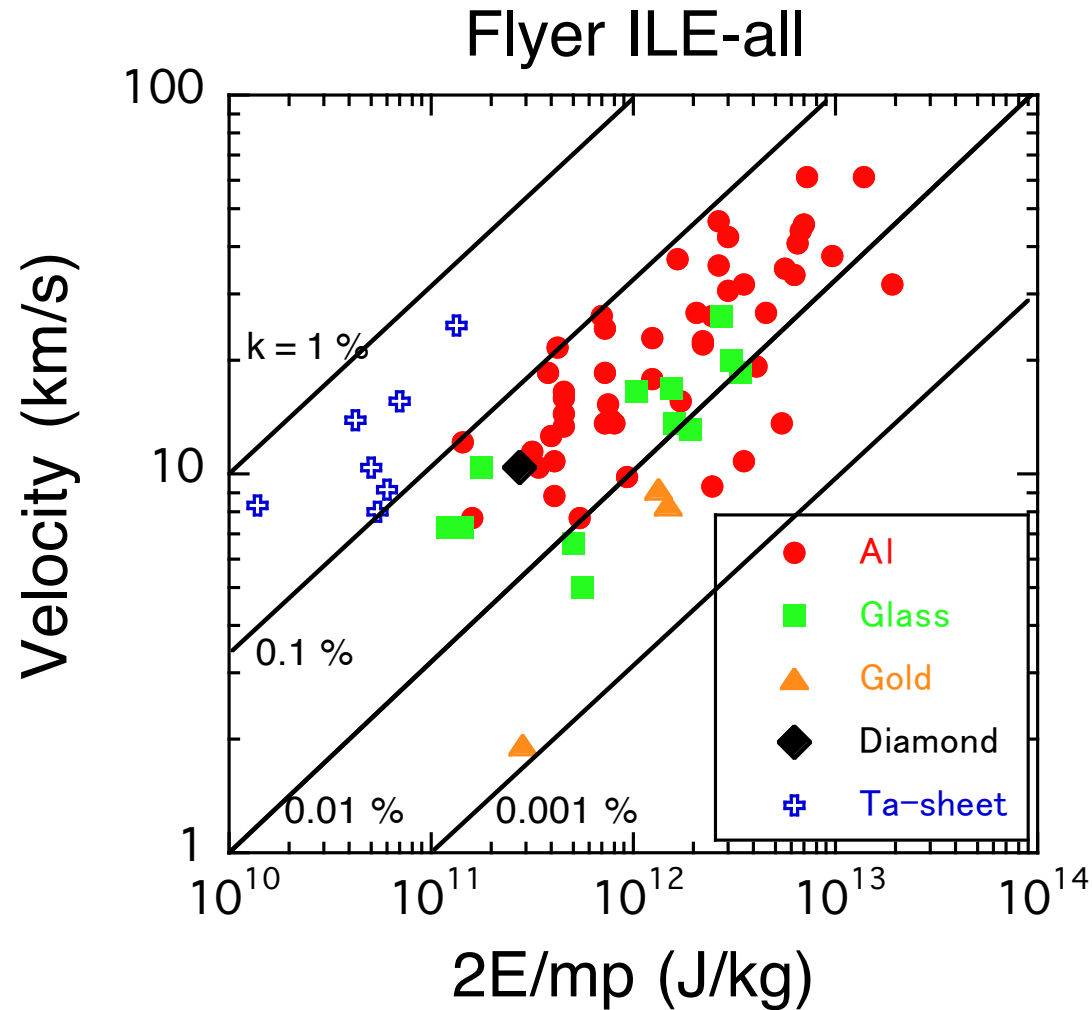
Time



速度
~ 60 km/s

結果 2-2: Velocity vs 2E/mp

(速度 vs レーザーエネルギーE/飛行体質量mp)



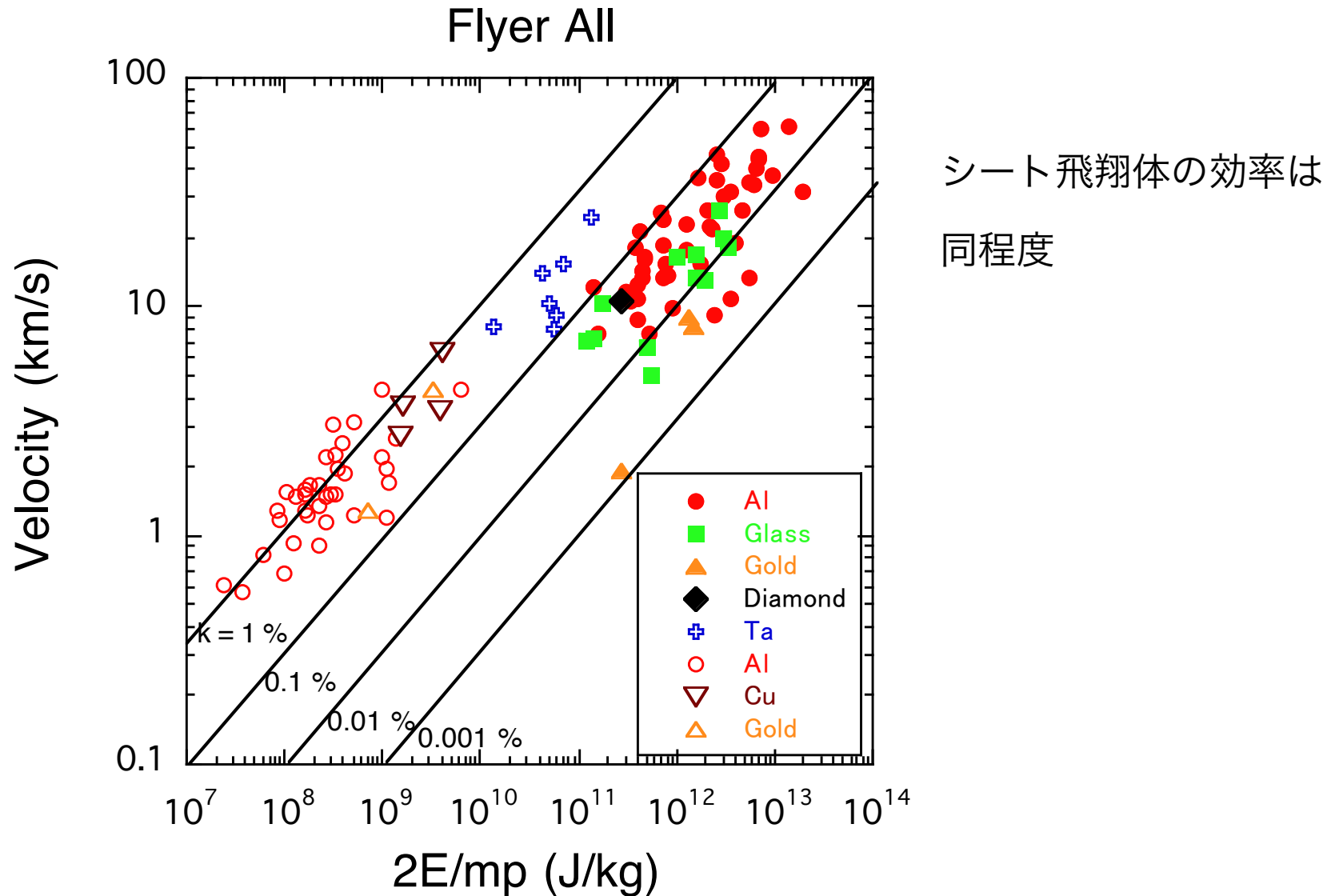
エネルギー変換効率 k
(運動 / レーザー エネルギー)
< ~ 0.1 %

Al 飛行体はガラスや金より
効率がよさそう

シート飛行体の方が球よりも
効率がよさそう

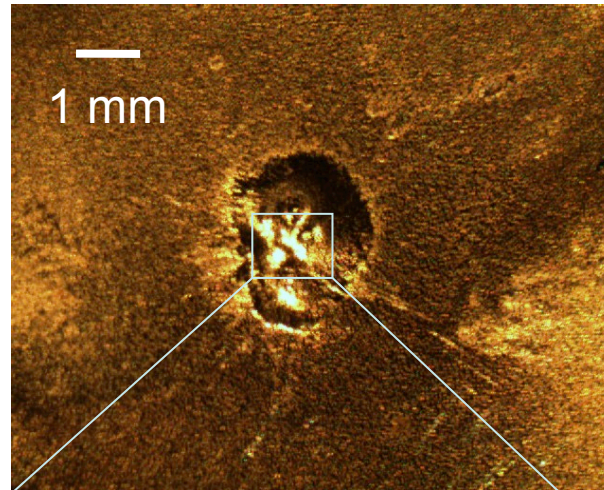
結果 2-2: Velocity vs 2E/mp

柏のレーザー銃(YAG+glass: Max. 50 J)との比較

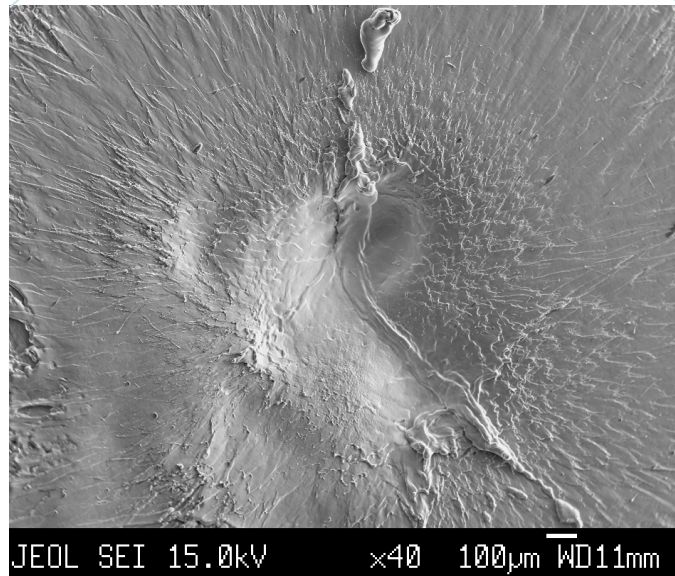


結果 2-3. クレーター

- #31634
Crater on Cu plate
projectile: Al 0.1 mm ϕ
@60 km/s



SEM



ここまでの結果↓

T. Kadono et al., *J. Geophys. Res.*, **115**, E04003(2010)

T. Kadono et al., *Proc. SCCM 2011*, accepted (2011)

☆ 珪酸塩岩 (e.g., 玄武岩など)

鉱物 (e.g., オリビンなど) を

使った衝突実験が進行中

- クレーター：基本的地質過程→サイズ (神大)
- 放出破片：惑星系円盤の塵生成→サイズ・速度分布 (神大)
- 蒸気：大気・海洋・生命の起源と進化, 月形成
珪酸塩岩蒸気の物理・化学状態<分光> (ISAS, 東大)
硫酸塩岩蒸気の組成<ガス分析> (千葉工大, 東大)
X線観測
- 熔融物・衝撃鉱物・有機物回収：地質記録との比較 (阪大, 神大)

...

