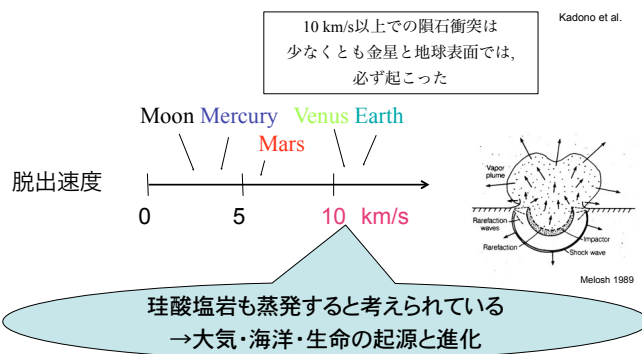


Dec. 19, 2013

秒速10 km超での衝突

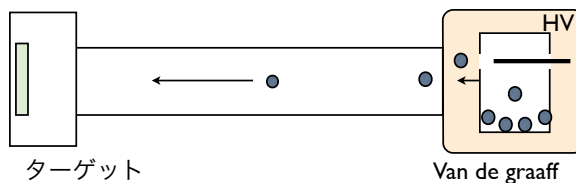
門野敏彦
(産業医大)



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

2

静電加速器

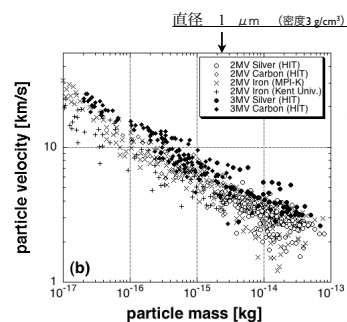


- 導電性の粒子 (コーティングも可)
- 電荷を与えて電場で加速

マックスプランク (ドイツ)

ケント大学 (イギリス)

東大HIT (東海村) などなど



S. Hasegawa et al., Int. J. Impact Eng. 26(2001) 299-308.

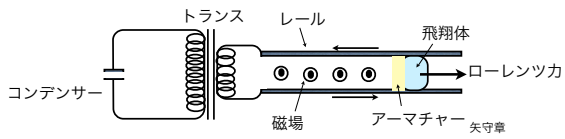
静電加速器

- 静電加速器
- レールガン
- プラズマガン
- レーザー
- Zマシン

- ~0.1 - 10ミクロン
- ~数十 km/s
- 星間塵/惑星間塵/スペースデブリの
検出器・捕獲器の開発や校正実験

探査機搭載用

レールガン

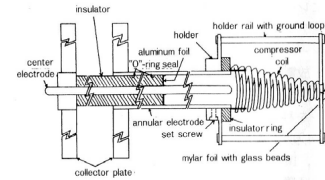


[10 km/s レールガンは可能か] より

- レール=回路の一部に大電流
- 自己インダクタンスにより大磁場発生
- アーマチャー=プラズマ
- ローレンツ力により加速

プラズマガン

- 大電流を流して電極間の物質をプラズマ化
- プラズマの膨張によって粒子を加速



ミュンヘン工科大のプラズマガン

日本のレールガン

- 澤岡（大同大）→薄葉（産総研）→矢守（宇宙研）
- 日本の（澤岡さんの）レールガン，二段式軽ガス銃，プラズマガン開発の歴史

20世紀におけるわが国の電磁力を利用したベレット加速機開発研究例の紹介
澤岡 昭、大同大学

第22回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム
Copyright © 2010 社団法人 日本機械学会

- Igenbergs（ミュンヘン工科大）（1975年）
200 μm →20 km/s
- Igenbergsと澤岡（東工大）（1985年）
100 μm →12 km/s
250-350 μm →10 km/s
- Auburn大学（1995年）
50-200 μm →3-13 km/s

多分他にも開発されていると思います

宇宙研のレールガン

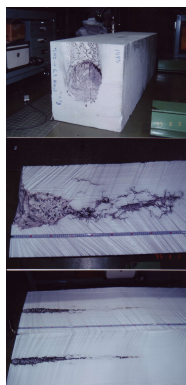
1 cmプラスチック飛翔体→7-8 km/s

- 発泡スチロールへの貫入実験

アーマチャー=プラズマ 入口
が一緒に流れ込む

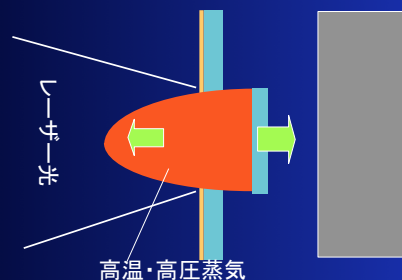
断面

二段式軽ガス銃の結果（断面）

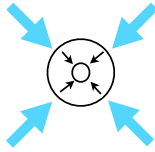


レーザーガン

レーザーにより高温高压蒸気(プラズマ)を発生



レーザーガン



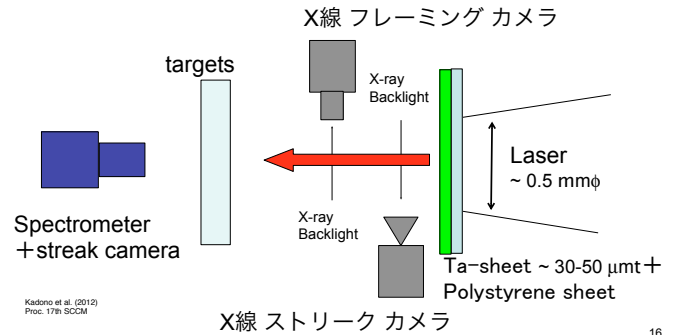
～80年代から（主に平板飛翔体）

- 慣性核融合：「飛翔体加速」＋「衝突」
飛翔体の速度，状態（EOS），物性， ...
→ 高圧物理学

Kadono et al.

Experiment 1: Ta sheet flyers

- GXII-HIPER (~ 5 kJ, 20 ns, ~ 0.5 mm Φ , ω =1053 nm)



16

惑星科学としては...

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

...

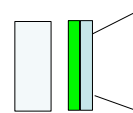
定量的測定のために

マクロ (少なくともsub-mm) サイズの

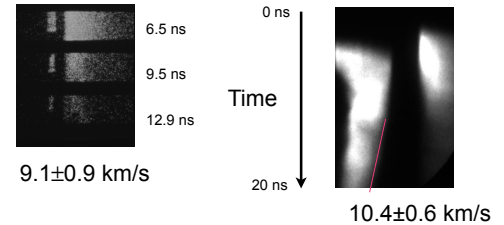
飛翔体を > 10 km/s に加速する必要

14

結果 1-1: 加速過程



- Ta flyer (#32086): 50 μmt
Laser energy ~ 4 kJ
~ 500 μm Φ , ω , 20 ns



17

High-power laser

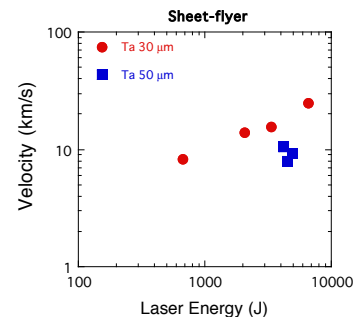
激光 XII号レーザー (12 beams)

大阪大学



Kadono et al.

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

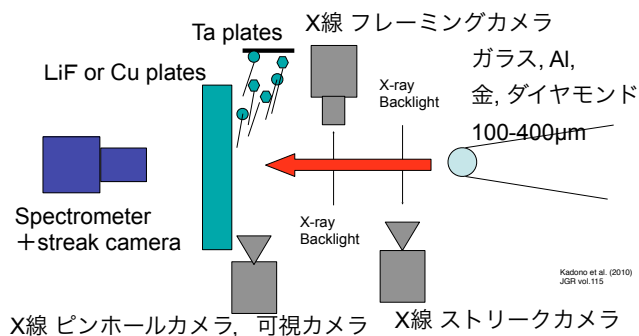
Kadono et al. (2012)
Proc. 17th SCCM

18

平板飛翔体：タンタル~50μmt, ~0.8mm Φ
弾丸飛翔体：アルミ・ダイヤモンド・ガラス・金球 (~0.1-0.3 mm Φ) を加速

Experiment 2: Spheres

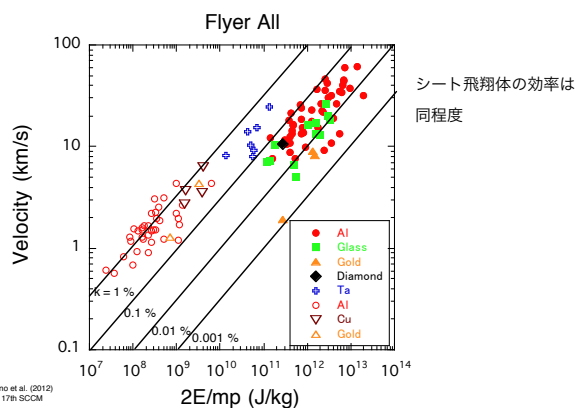
- GXII-HIPER (~ 0.8-5 kJ, 10-20 ns, ~100-200 $\mu\text{m}\phi$, ω)



19

結果 2-2: Velocity vs 2E/mp

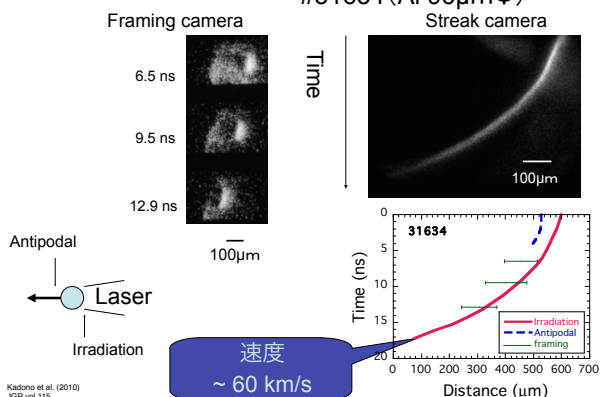
柏のレーザー銃(YAG+glass: Max. 50 J)との比較



22

結果2-1: 加速

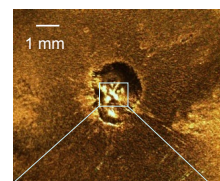
#31634 (Al 96 $\mu\text{m}\phi$)



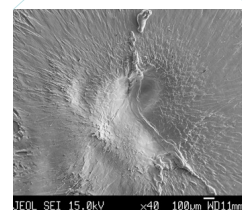
20

結果 2-3. クレーター

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



SEM

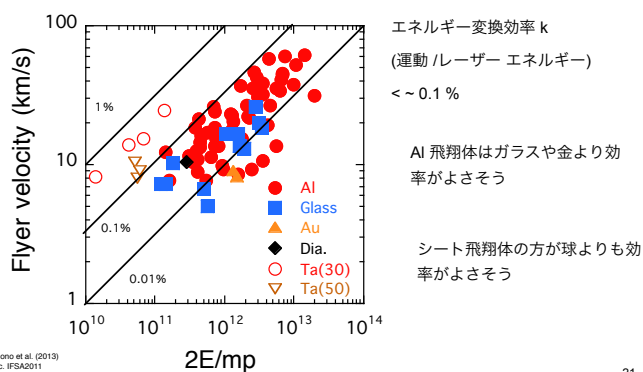


Kadono et al.

23

結果 2-2: Velocity vs 2E/mp

(速度 vs レーザーエネルギーE/飛翔体質量mp)

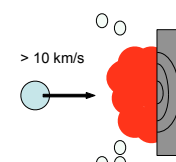


21

ここまでの結果 ↓

T. Kadono et al., *J. Geophys. Res.*, **115**, E04003(2010)
T. Kadono et al., *Proc. SCCM 2011*, 847-850 (2012) など

☆ 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：荒川)
- 放出破片：惑星系円盤の塵生成→サイズ・速度分布 (神大：中村)
- 蒸気：大気・海洋・生命の起源と進化
珪酸塩岩蒸気の物理・化学状態＜分光＞ (東大・千葉工大：黒澤, 杉田)
硫酸塩岩蒸気の組成＜ガス分析＞ (千葉工大・東大：大野, 杉田)
- 有機物回収 (阪大・カーネギー：藪田, 境家, 近藤, 山中)
- 溶融物・衝撃鉱物 (阪大：境家, 近藤)

Kadono et al.

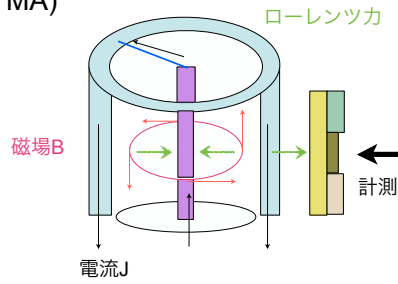
24

Z-machine

Sandia National Lab. (アメリカ)

$J \times B$ による加速 ($\sim \text{MA}$)

- $\sim 50 \text{ km/s}$
- $\sim \text{mm}$ サイズ
- Sandiaのみ
- 飛翔体の状態

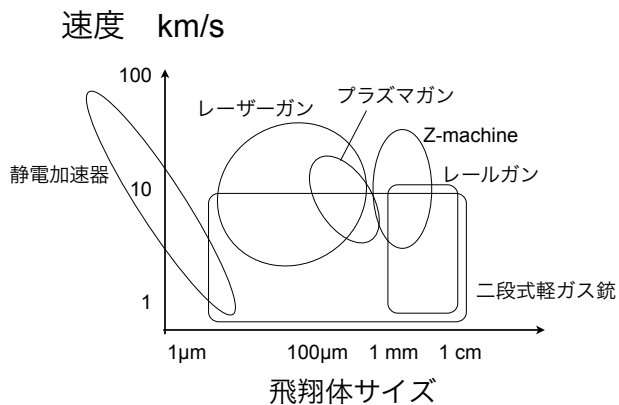


25

現状の問題点

- レーザーガン, Z-machineでの加速では飛翔体 (マクロサイズ $> \sim 100 \mu\text{m}$) は加速中に壊れている
- ゆっくり加速する必要がある

26



27