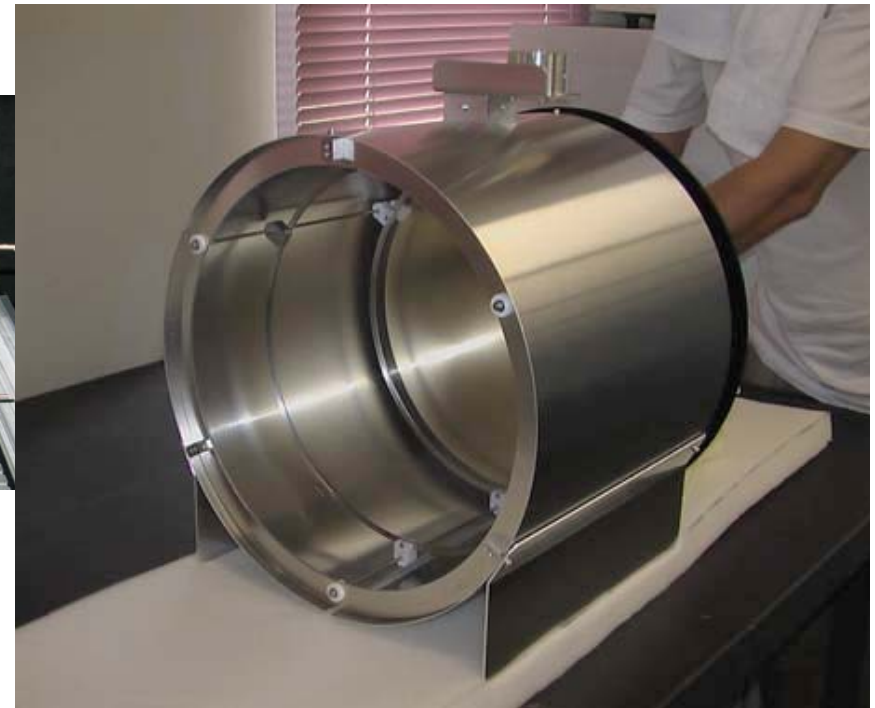
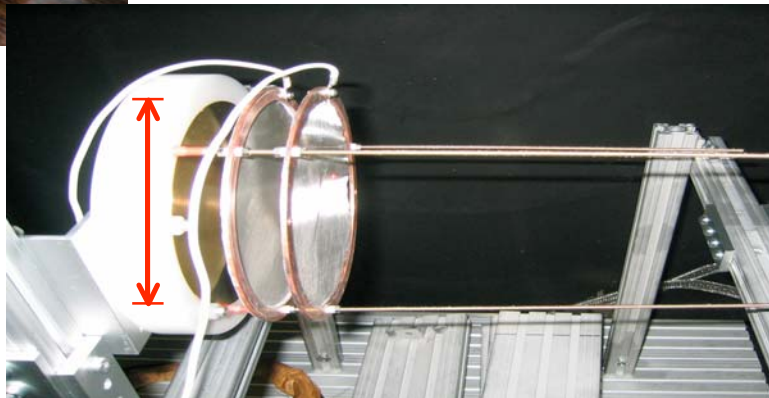
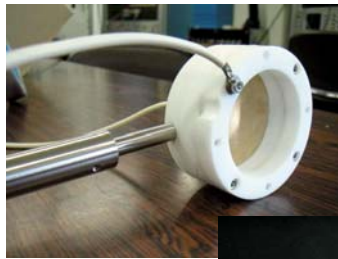


宇宙ステーションでの 大面積ダスト計測

佐々木晶

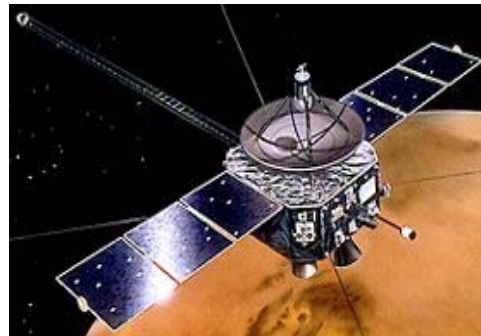


2007-07-03 小研究会「流星とダスト計測」 国立天文台

のぞみ搭載Mars Dust Counter (MDC): 1998年から2002年までの惑星 間および星間起源ダスト

もともとの科学目標: 火星の衛星の放出したダスト
リングの検出

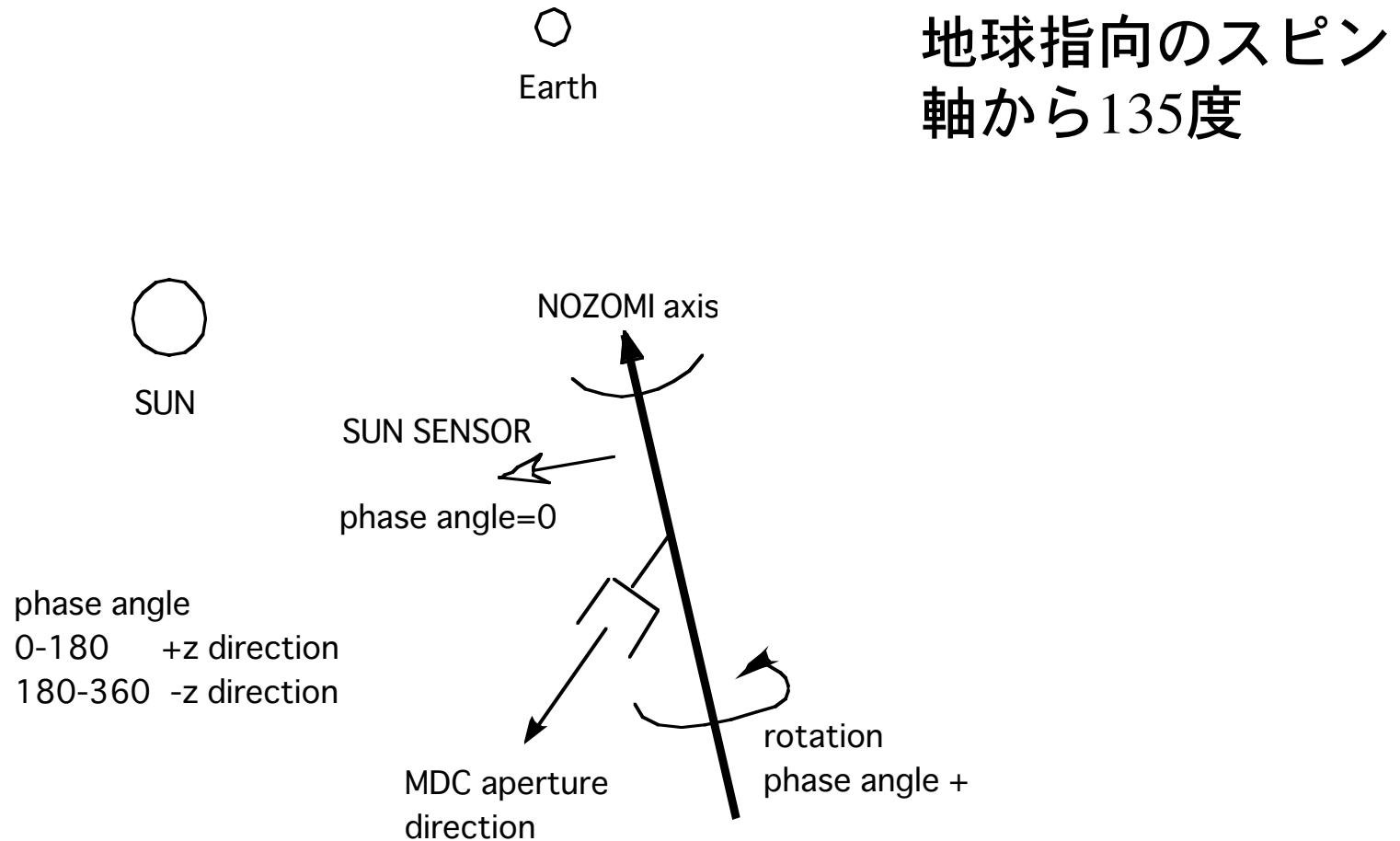
のぞみ



MDC



MDC - 開口部の方向



太陽方向からのダストは検出しない
太陽光がセンサ内に入ることはない

NOZOMI Schedule and Troubles

- 98-07 Launch
- 98-12 Use too much fuel at leaving from the Earth (powered fly-by).
 - Change of orbital plan.
 - Mars arrival 99-10 => 03-12
- 99-07 Stop S-band downlink.
 - Less problem except occultation experiment
- 02-04 Trouble on CI-PSU (possibly by intense solar flare). Maybe a short-circuit.

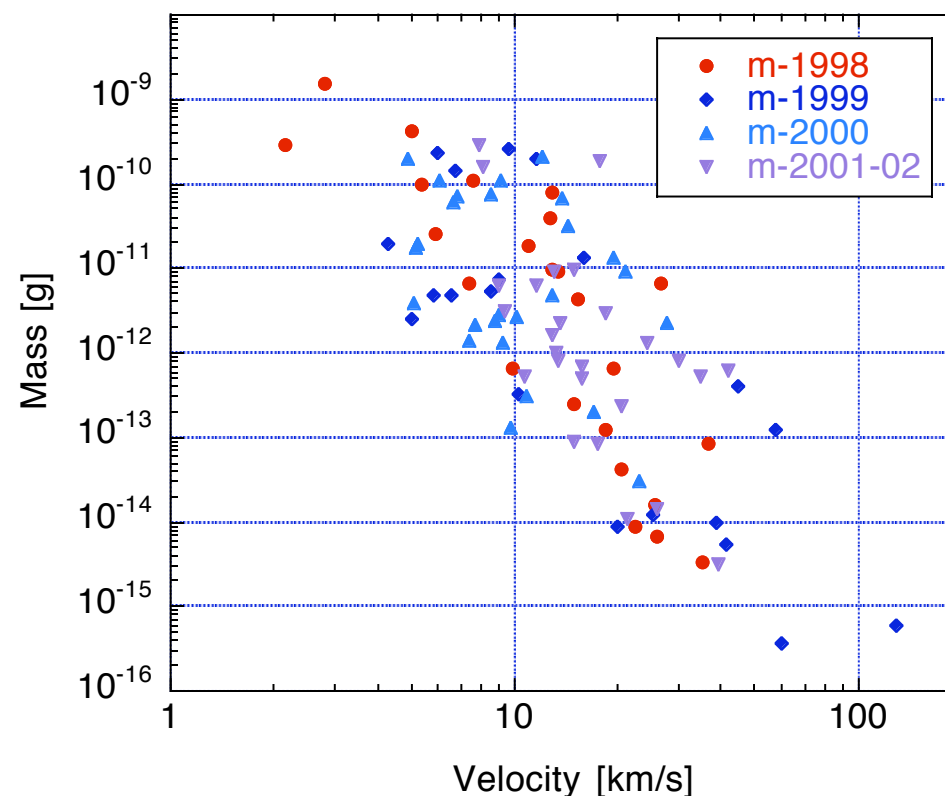
Mars Dust Counter (MDC)

•衝突電離型＝衝突プラズマの波形から衝突速度・質量を求める

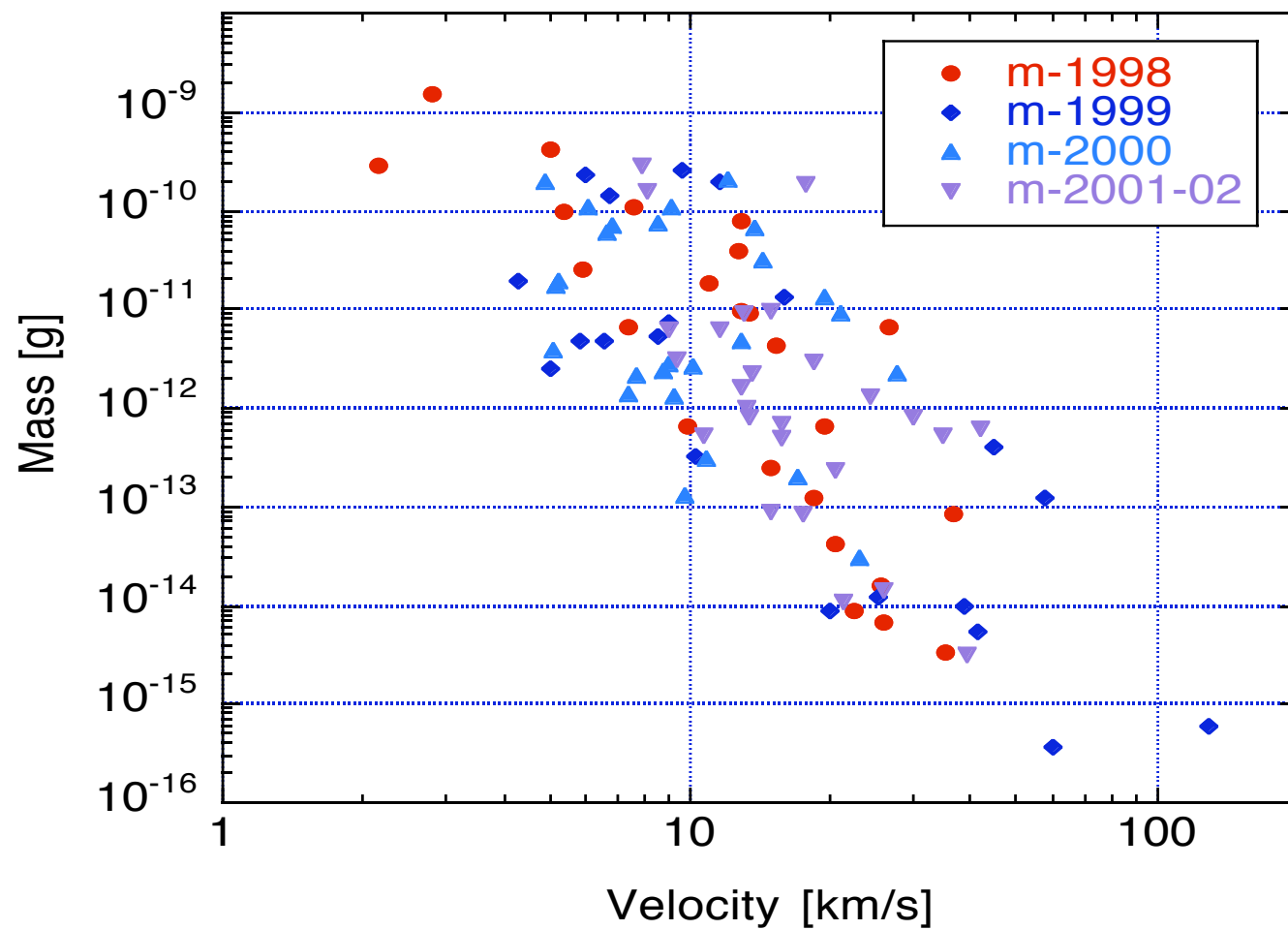
•730g (電気回路部含む)

•124 x 115 mm² 開口部

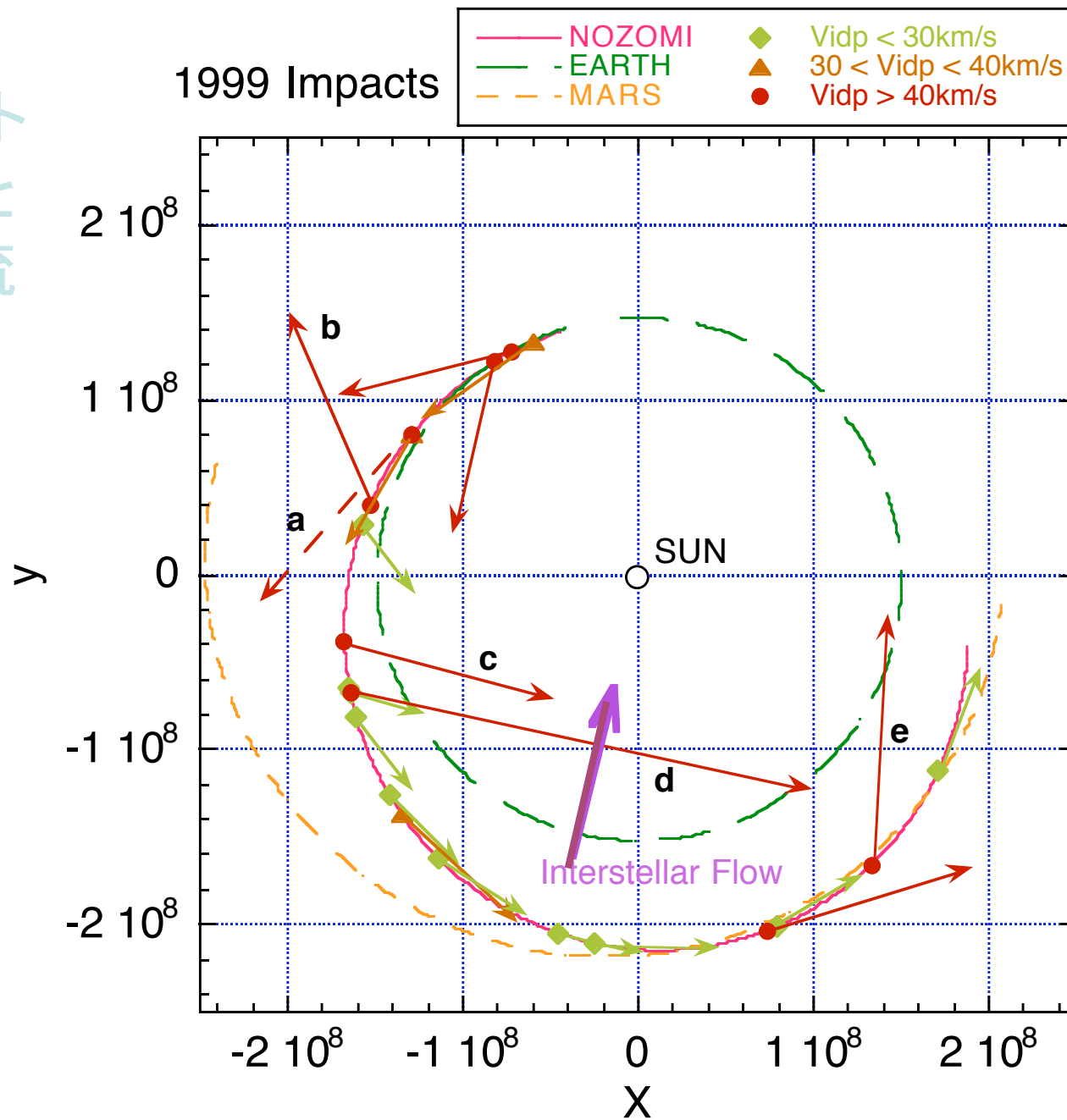
- 4年間の観測.
- 120のダスト衝突イベント.
(100: 速度・質量計測)
- ほとんどのダストは太陽周回の太陽系起源IDP.
- 数個の星間起源粒子を計測



ダストの相対速度・質量

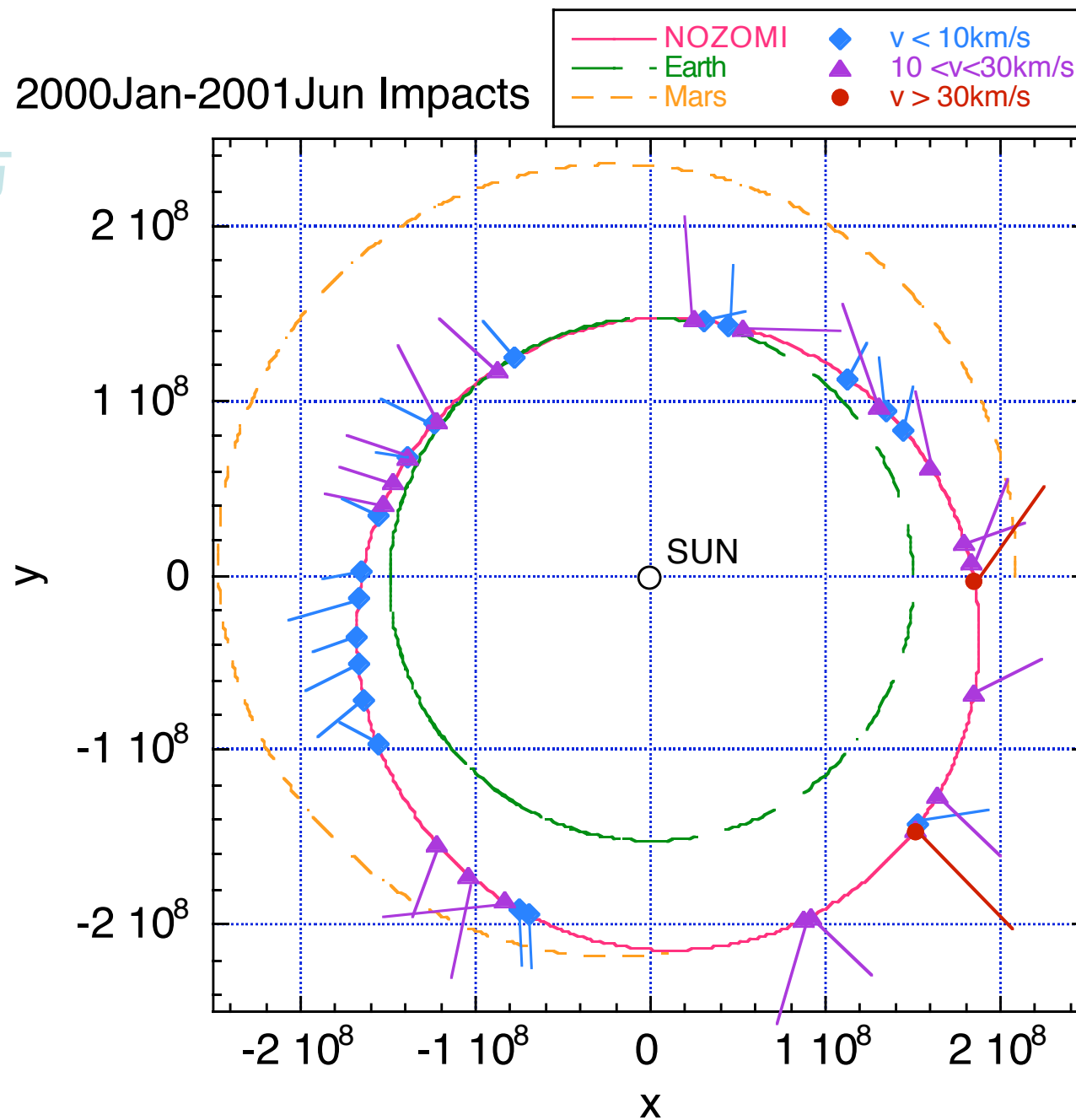


検出したダスト
の運動方向と
星間ガスの流
入方向

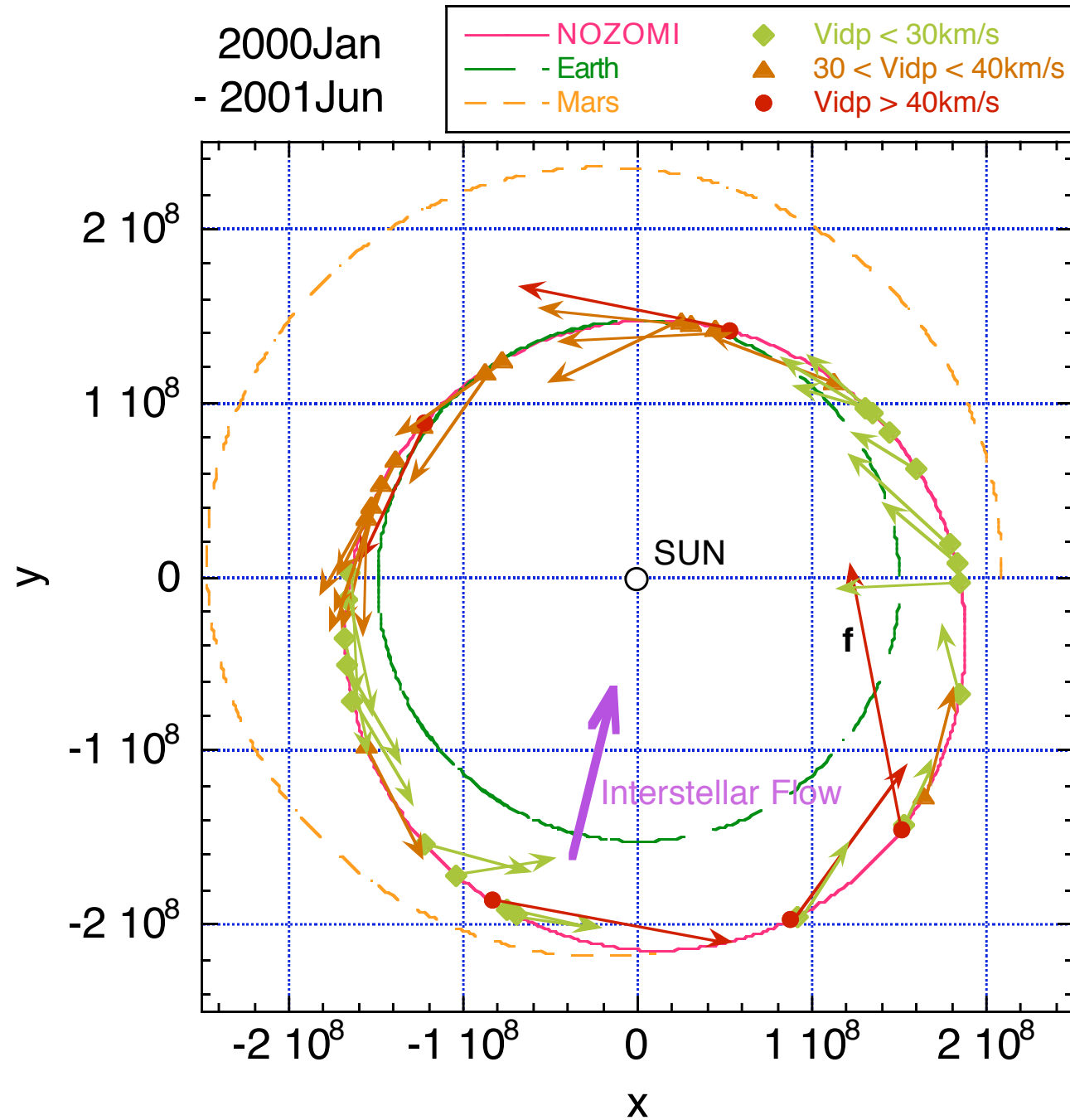


ダストの検出方向・速度

2000Jan-2001Jun Impacts

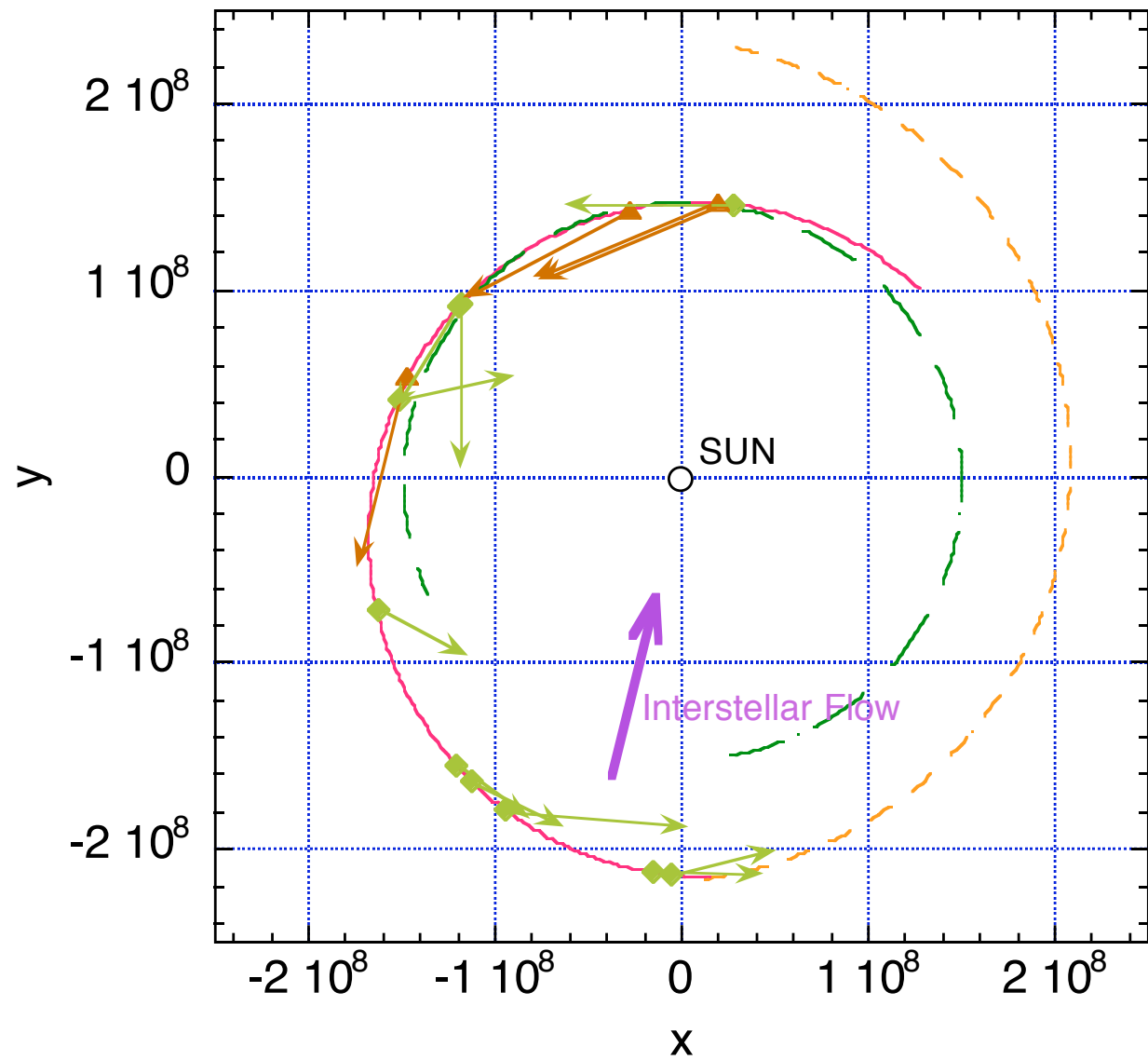


検出したダスト
の運動方向と
星間ガスの流入
方向

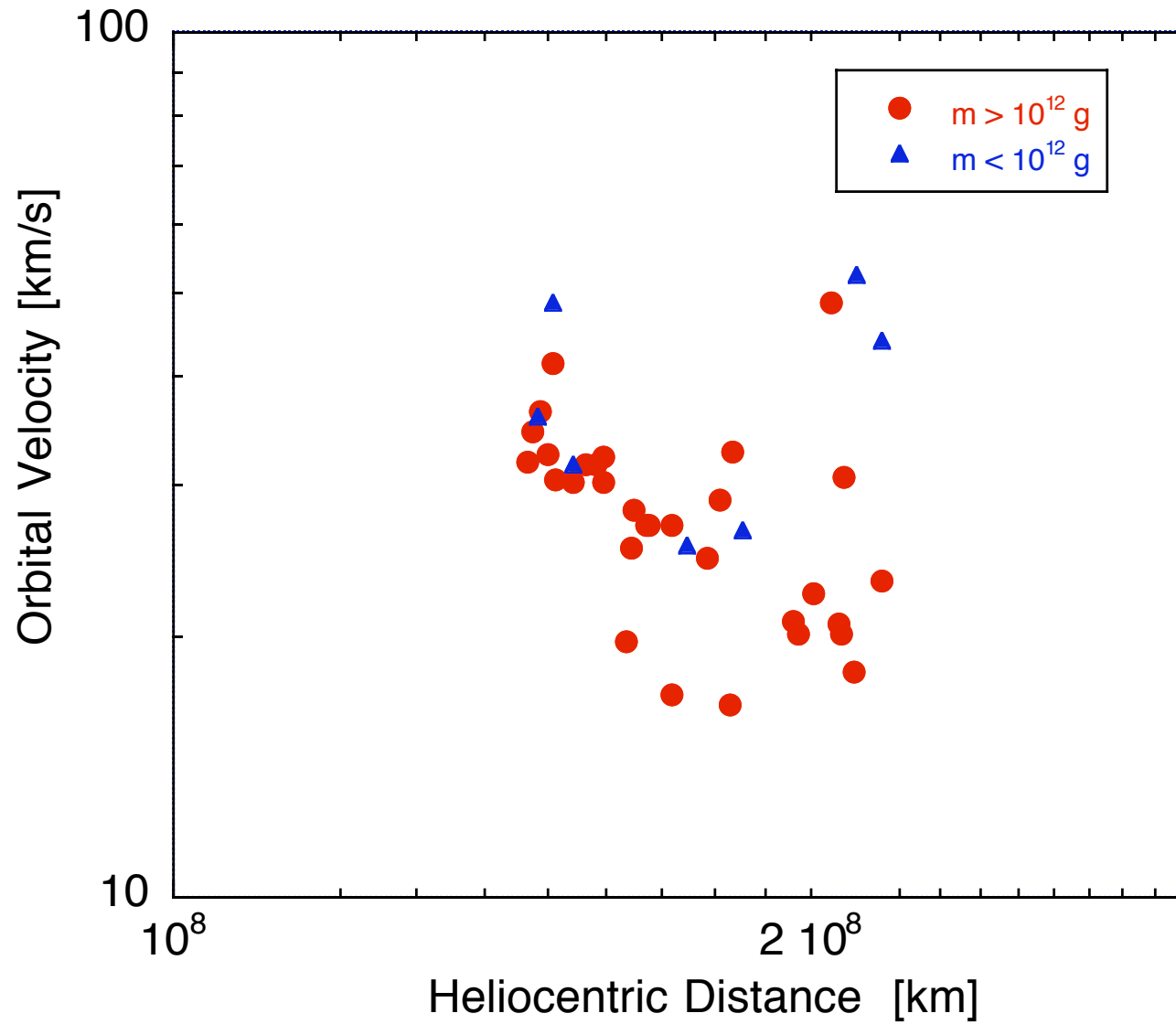


検出したダスト
の運動方向と
星間ガスの流
入方向

2001Jul
- 2002Apr



2000-2001 Impacts



MDCダスト計測の成果1

- ◆地球周囲(98/7-98/12)
 - 遠地点付近で多くダスト衝突
 - レオニド流星群ダストの直接検出は無し
 - しかし、11月のダスト検出数は多い

MDCダスト計測の成果2

- ◆地球～火星軌道(1999/1-2002/4)
 - ほぼ検出は2週間に1個
 - これまでの他の計測率と調和的
 - ほとんどのダストは太陽周回
 - 1999年には数個の星間起源ダスト
 - 2000-2001年には1個？
 - 2001-2002年は検出されず。
 - MDCセンサの方向が違うため？
(星間起源ダストフラックスの変化？)

MDCダスト計測の成果

- ◆火星軌道(2004/1-)
 - 夢を残しました
 - のぞみ・火星投入断念

衝突電離型ダスト計測器のシグナル解析

Charge signal → mass , velocity

$$t = c_g v^\alpha$$

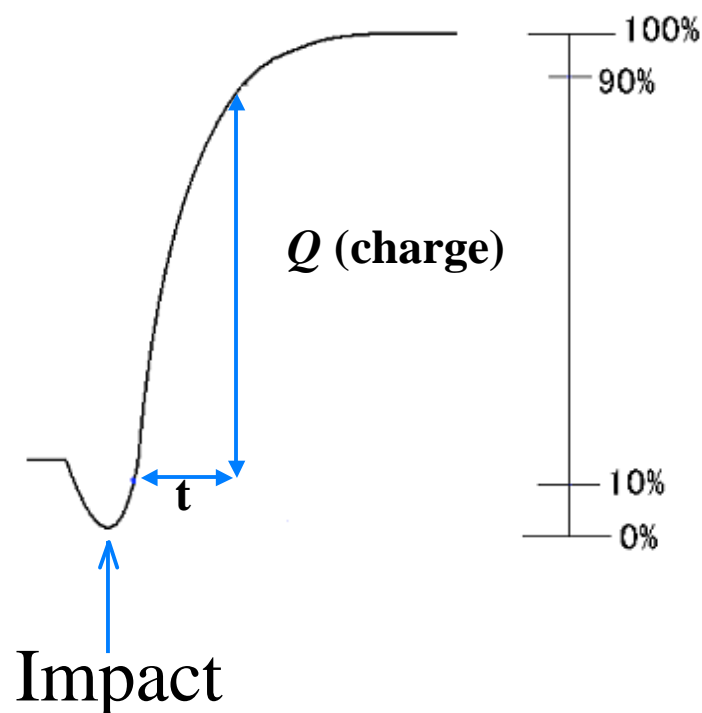
$$\pm Q / m = c_r v^\beta$$

t : Rise time v : Velocity

Q : Charge m : Mass

C_g, C_r, α, β : Constants

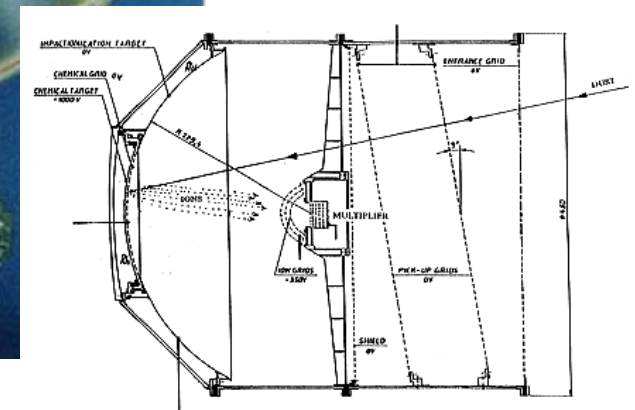
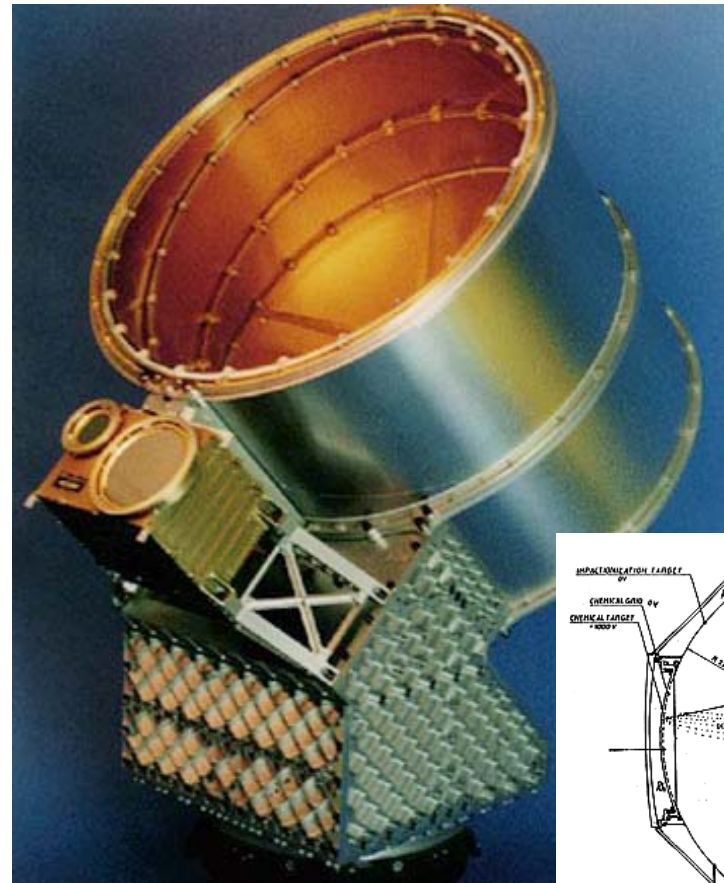
[Igenbergs et al., 1998]



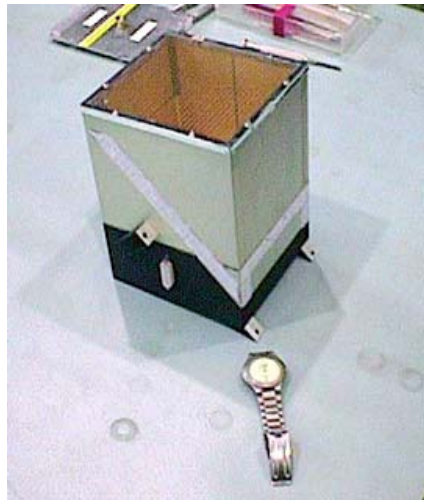
較正実験によりこれらの係数を求めておくと、衝突で発生したプラズマ波形の解析から、ダストの速度と質量が求められる。

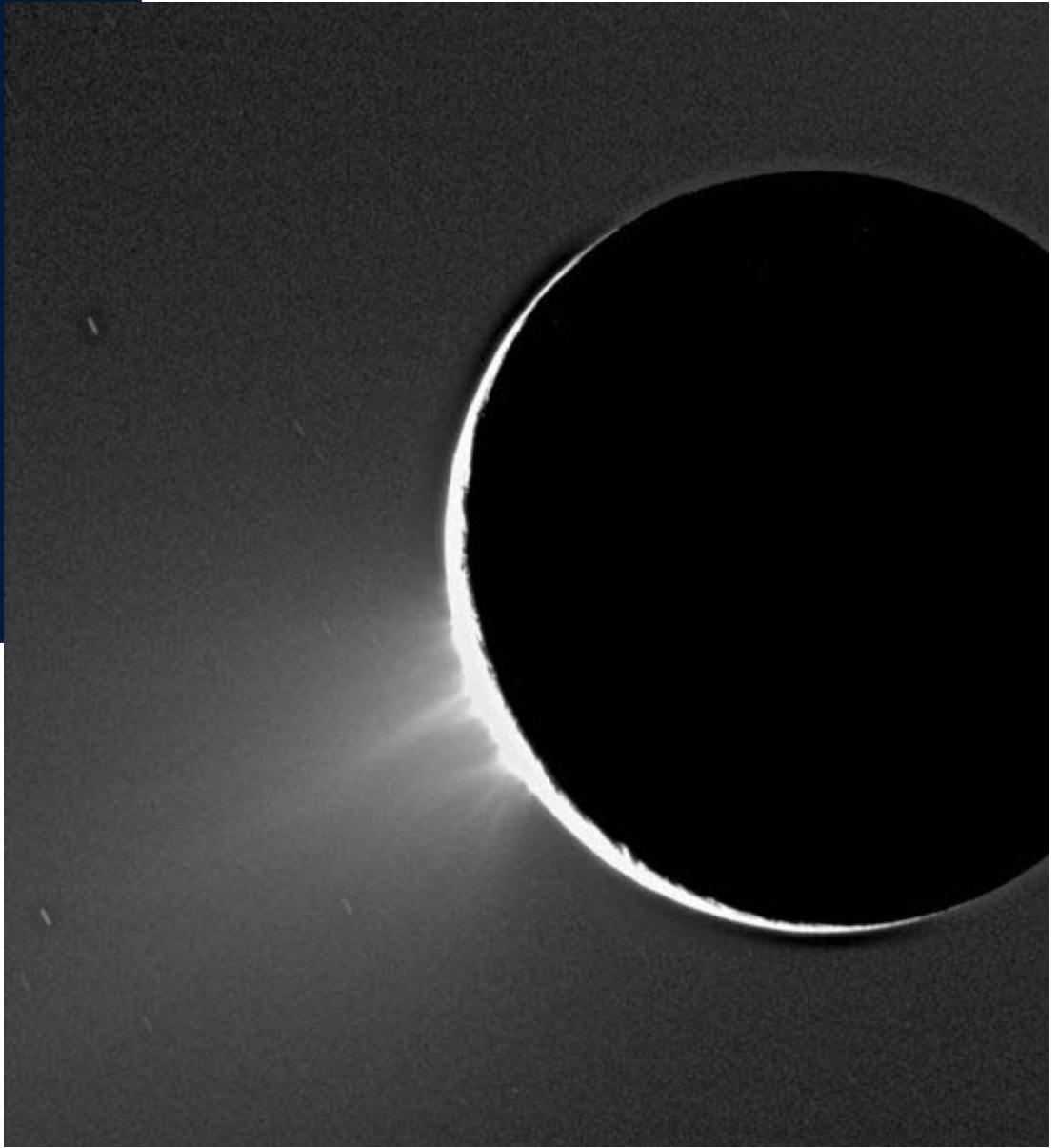
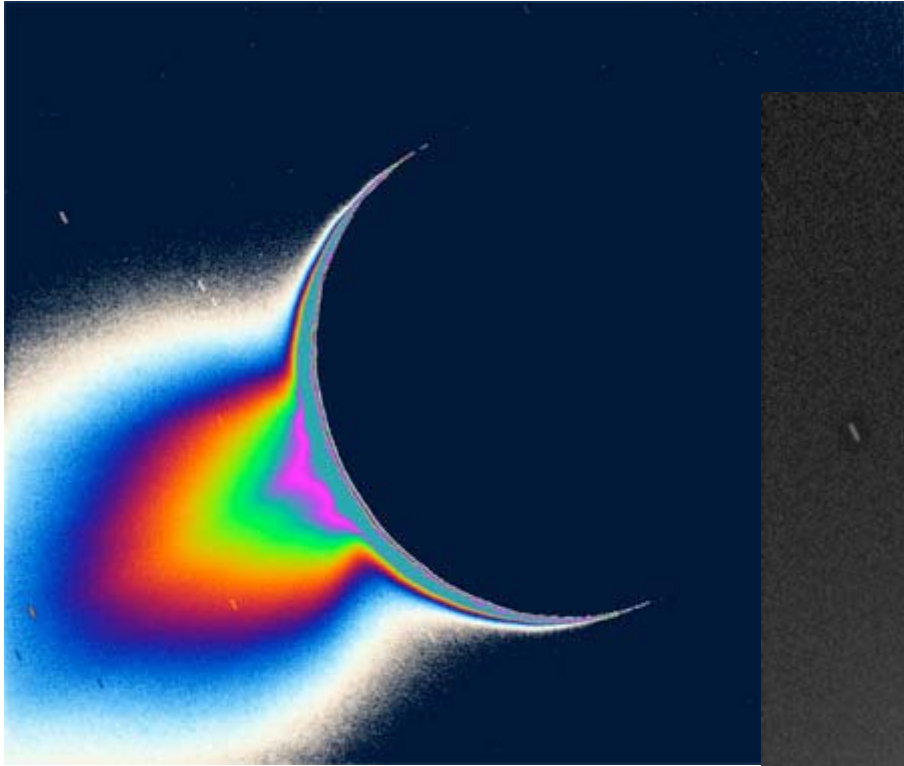
以前の衝突電離型ダスト計測器

Cassini - CDA 17kg

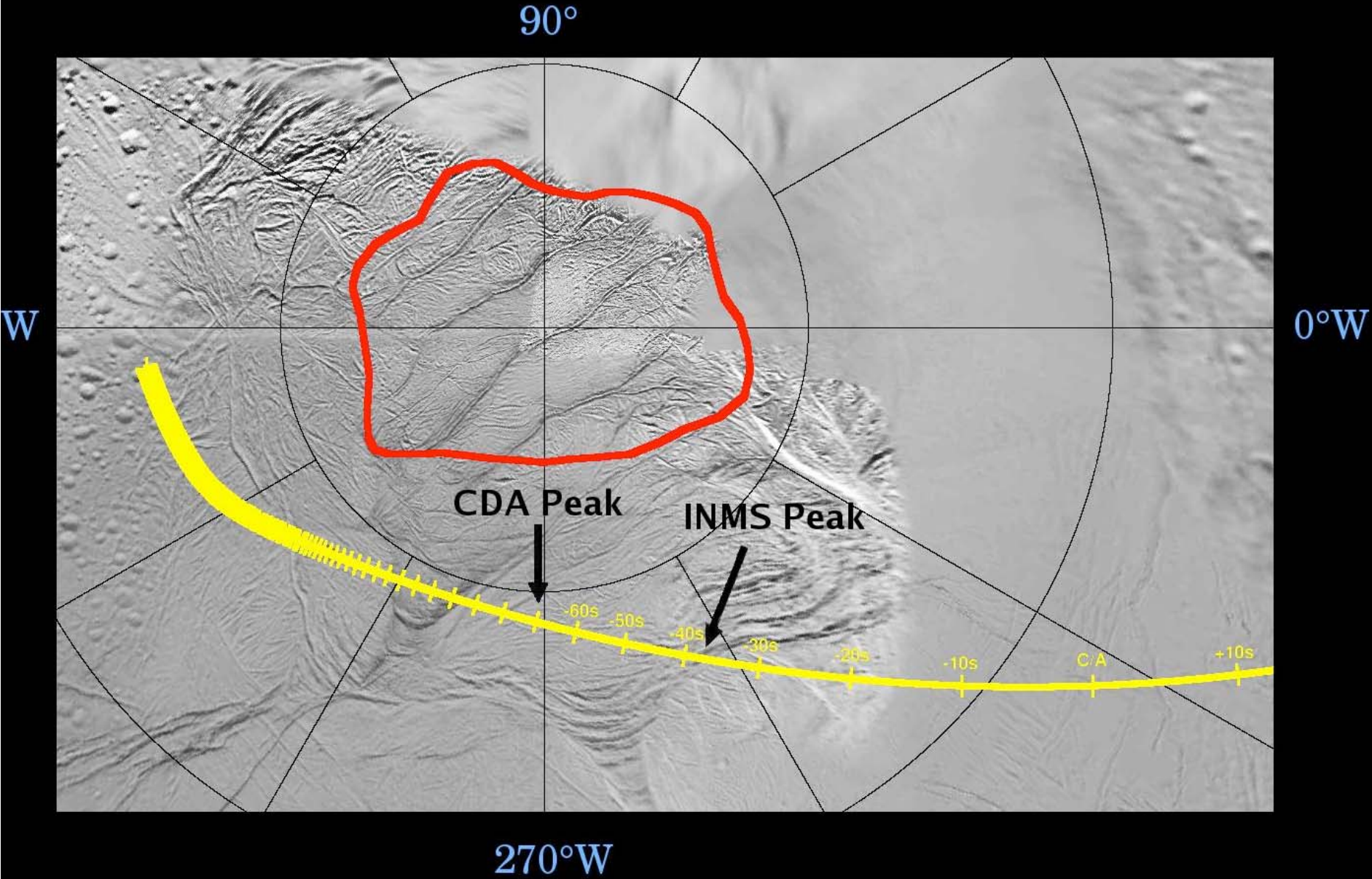


NOZOMI-MDC 0.73kg

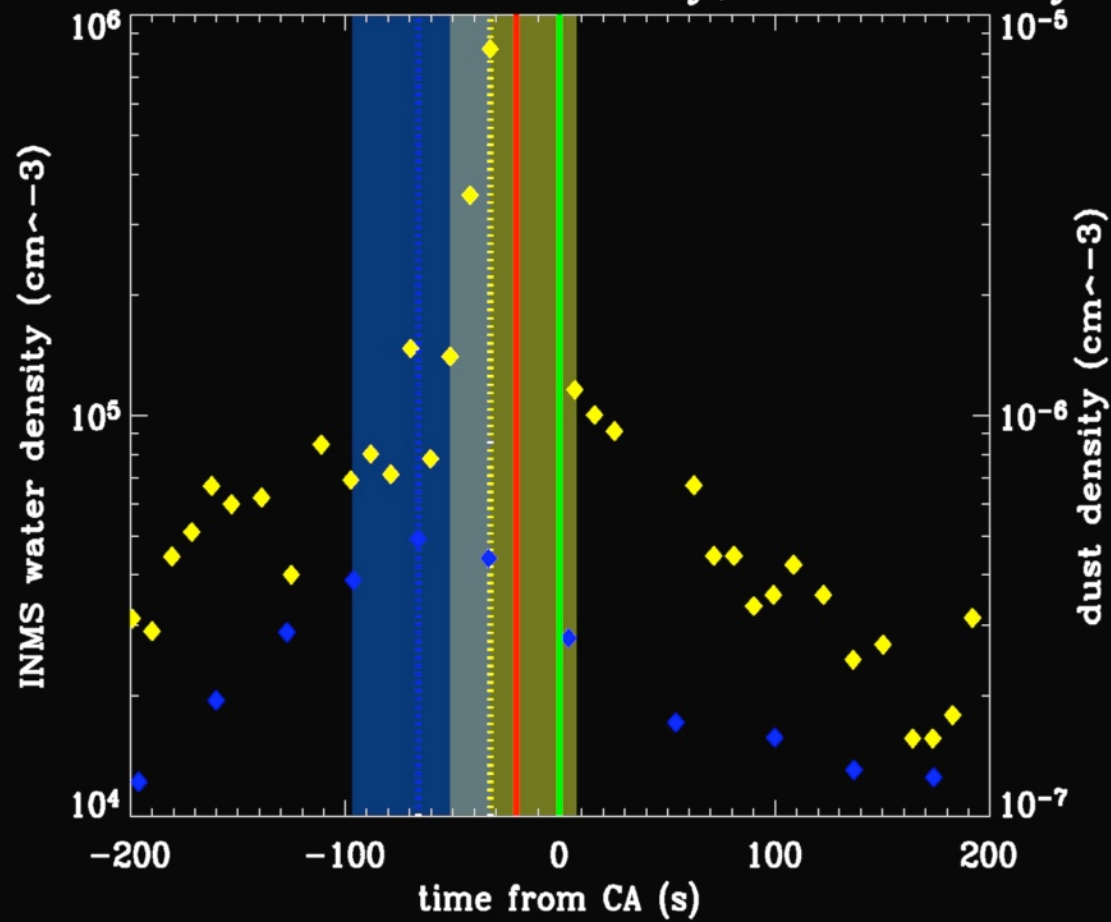




ENCELADUS JULY 14, 2005 FLYBY - CASSINI GROUND TRACK



Enceladus– Water Density, Dust density



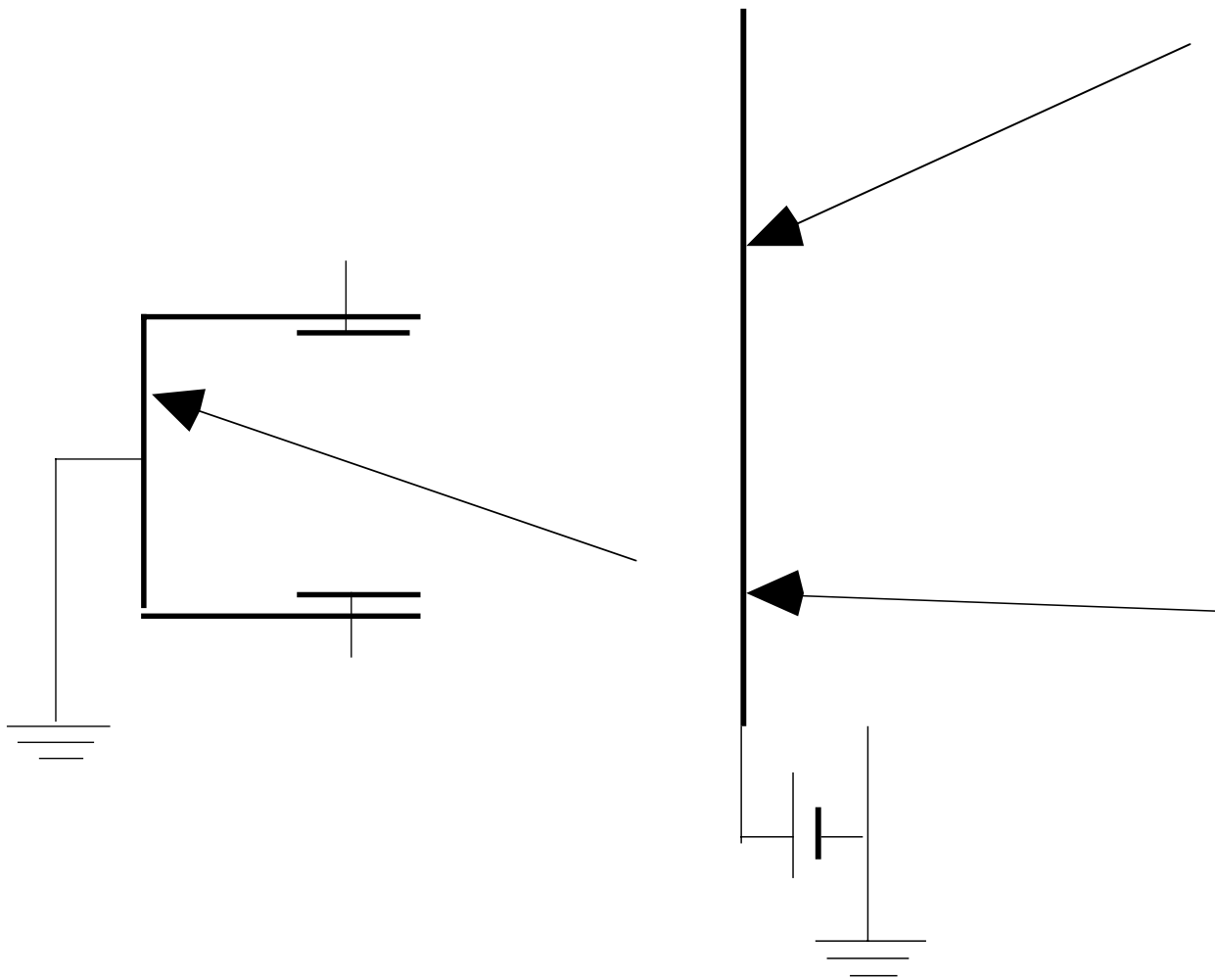
- closest approach to hotspot
- closest approach to surface
- ⋯ CDA density peak
- ⋯ INMS density peak
- ◆ CDA $n(m)$
- ◆ INMS water density

Shifting the INMS density data -33 seconds from CA maximizes the Pearson correlation coefficient (~ 0.84) between INMS derived water densities and CDA derived dust densities by matching the peak levels in the time coordinate.

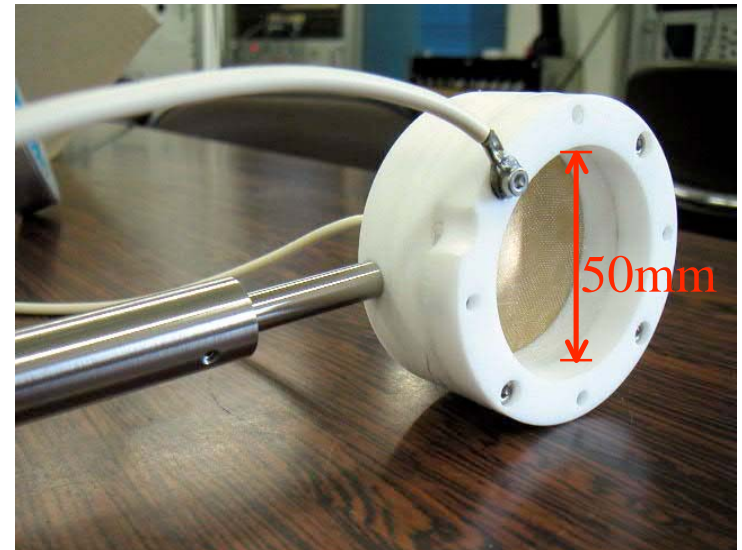
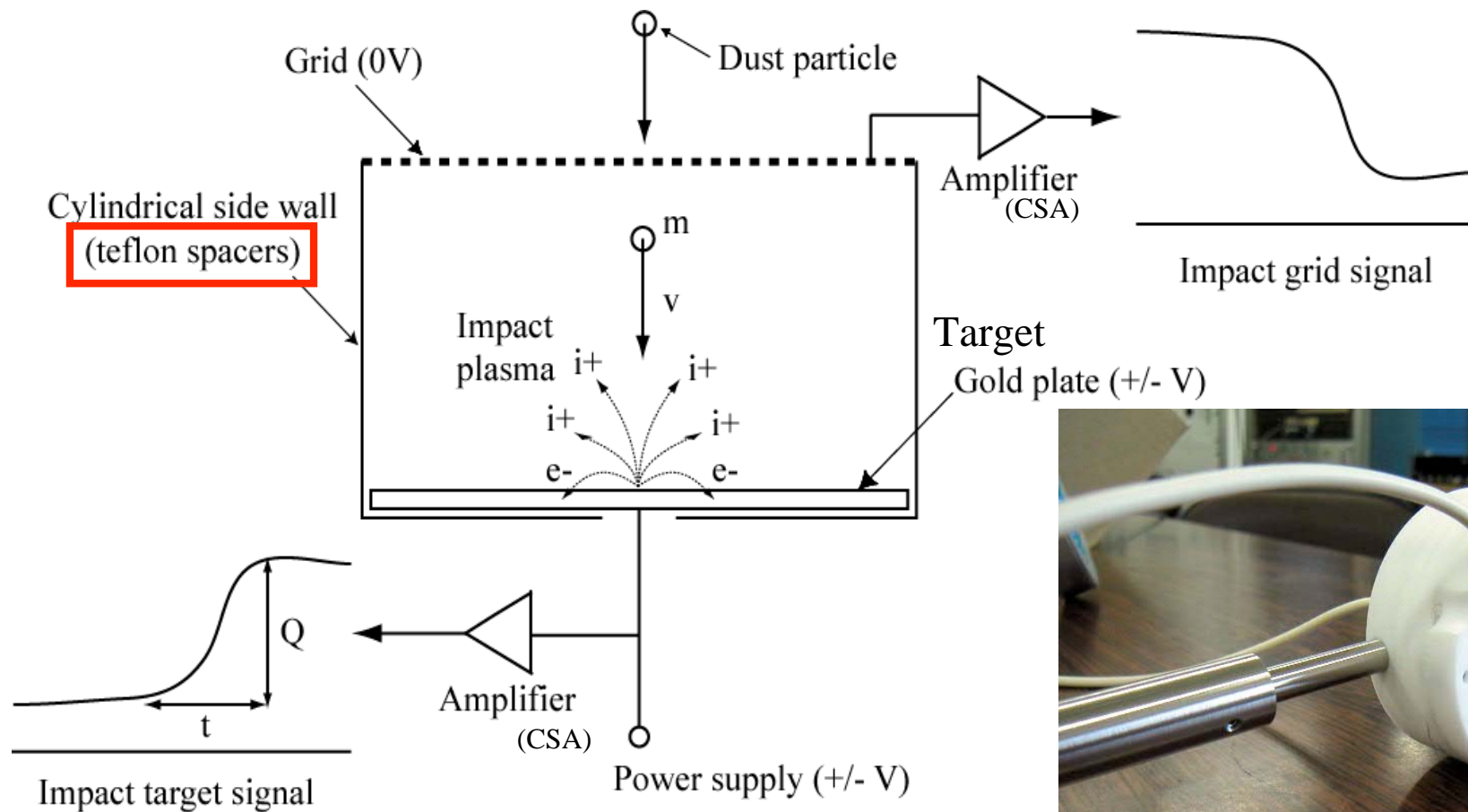
以前のダスト計測器

- サイズに制約
- MDC 軽いが小さい、検出面積狭い
 - 1週間に1個程度
- CDA 径30cmだが20kg近い

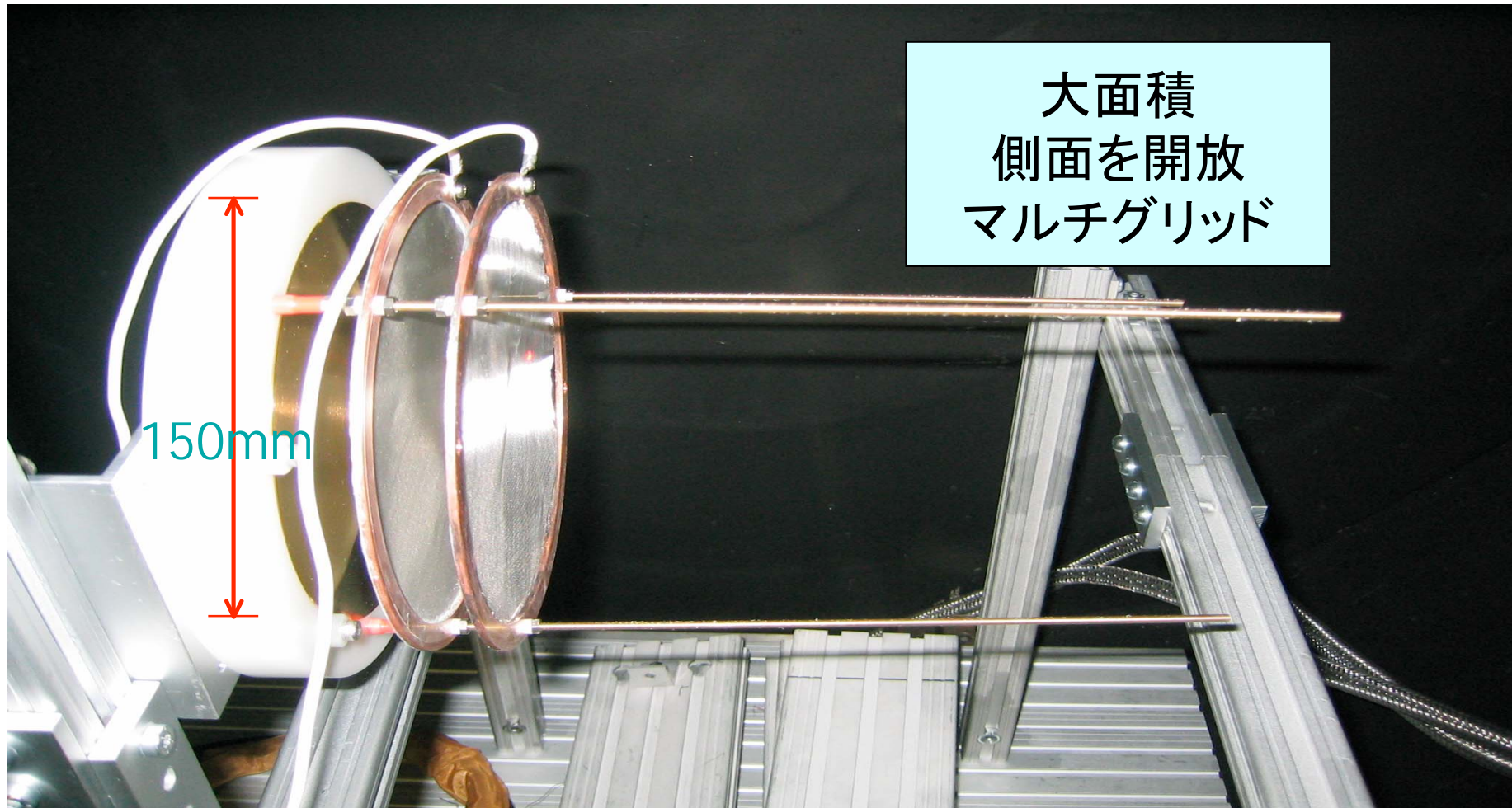
- 時間変化を調べる、星間ダストの検出のためには大面積が必要



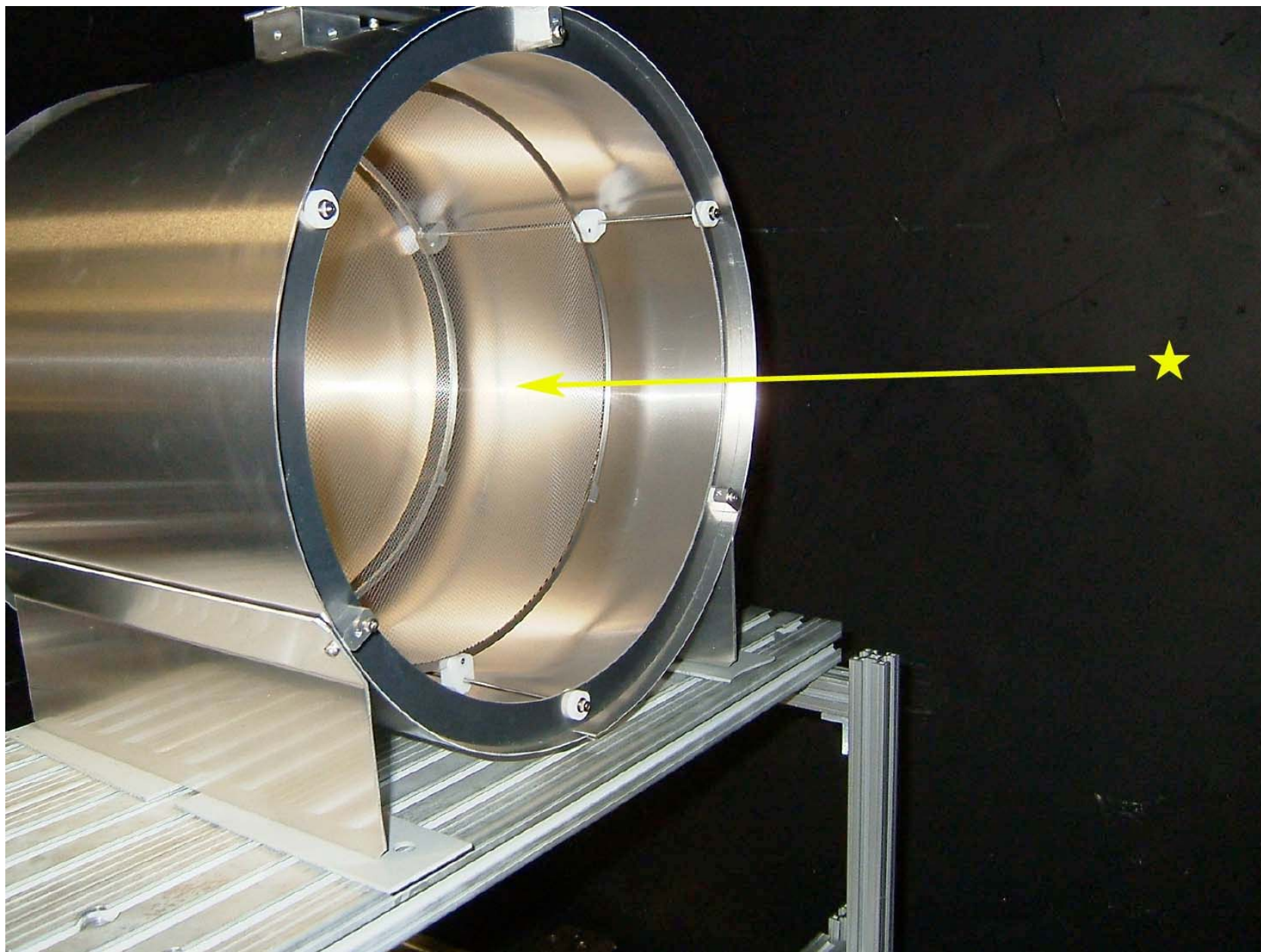
平行平板型-I 重量 \propto 面積



New Type 平行平板型一II



直径30cmモデル



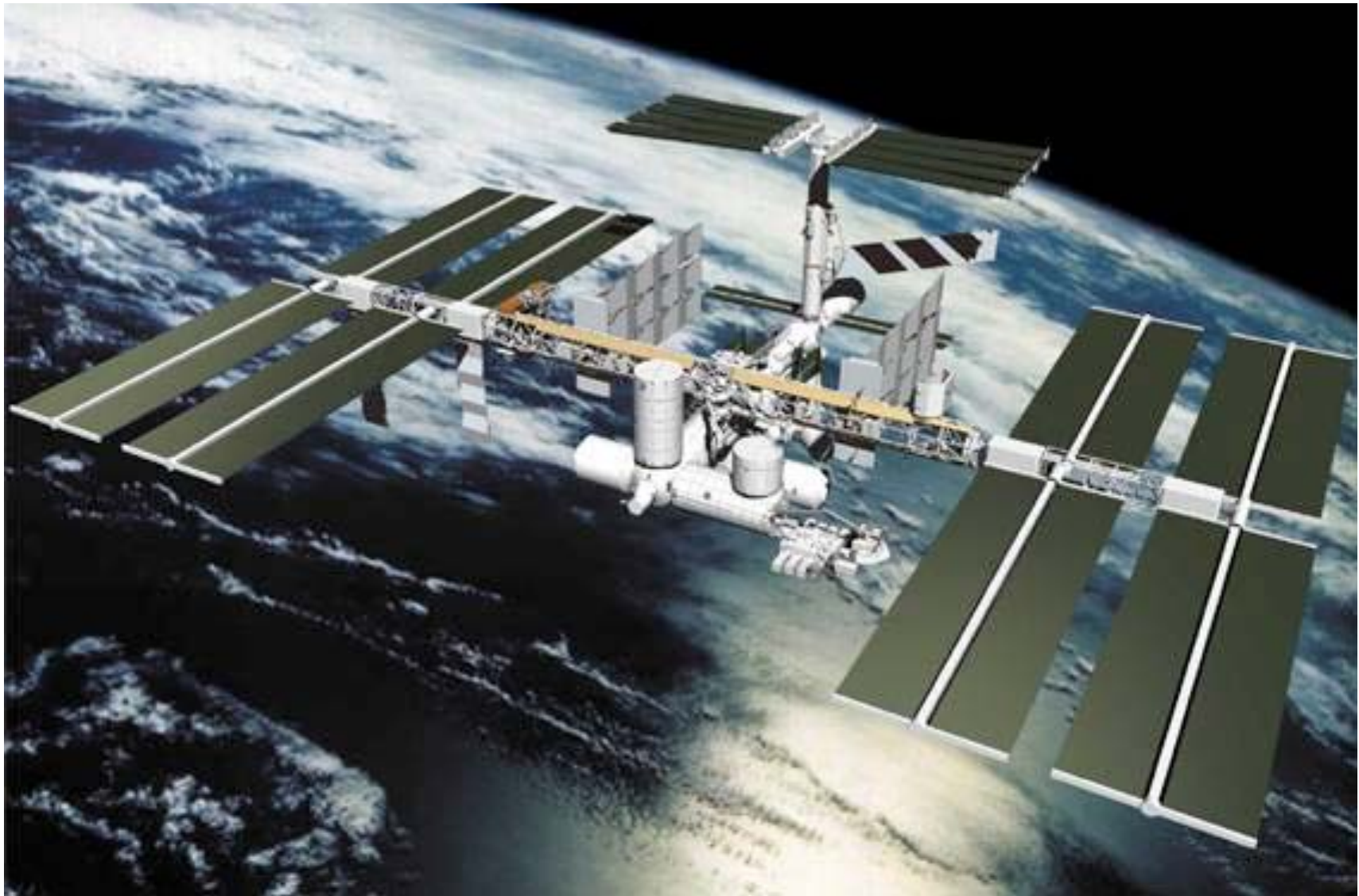
平行平板型ダスト計測器(IID)の開発

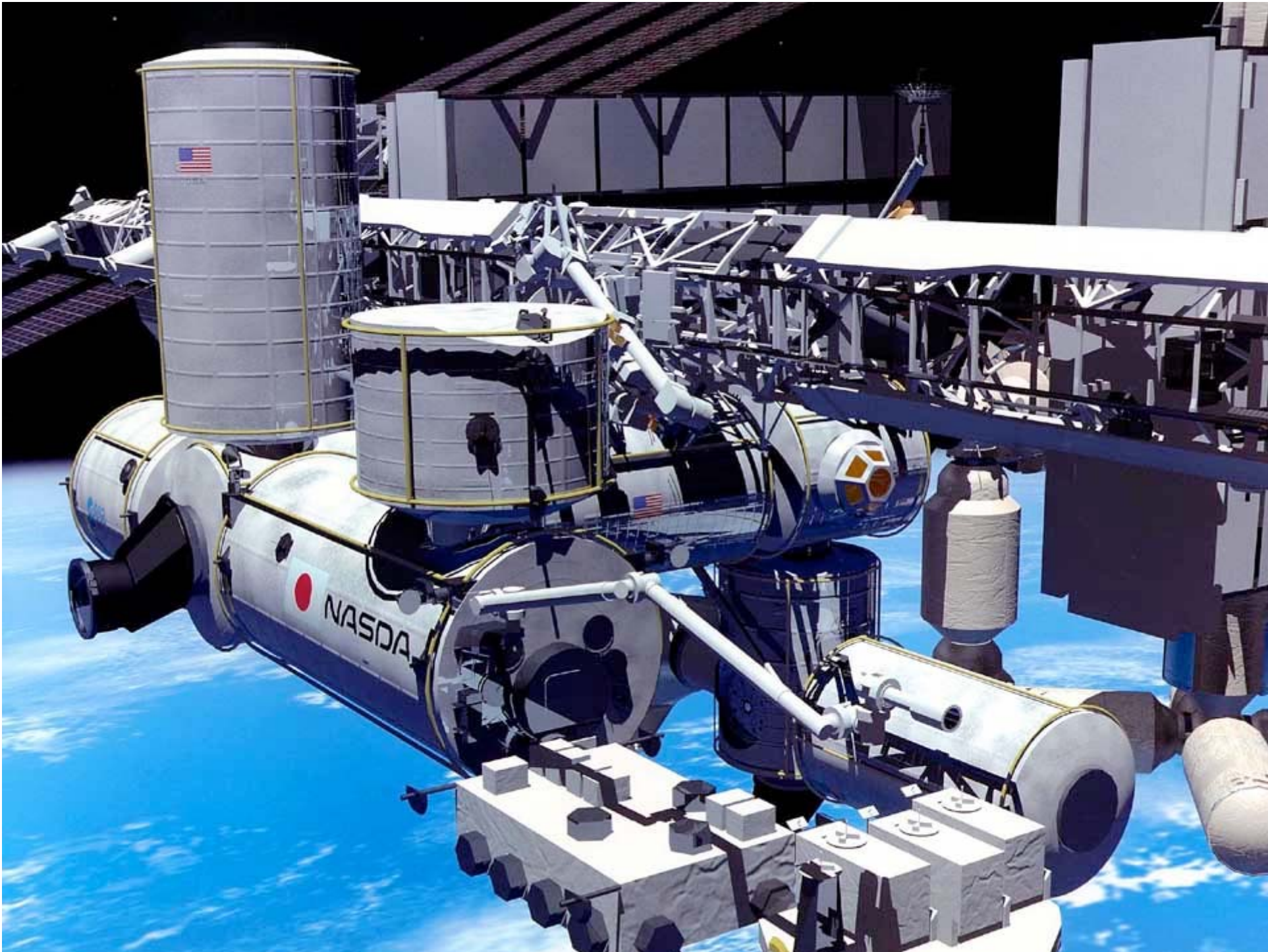
- 平行平板型ダスト計測器のプロトモデル製作
 - モデルーI H14年度
 - モデルーII H15年度
 - モデルーIII H17年度
- ダスト加速器を用いた衝突電離型ダスト計測器の較正実験 ミクロンサイズ, v 2-100km/s
- 結果を解析してダスト加速器として最適なパラメータを取得 軽量・大面積化へのルート

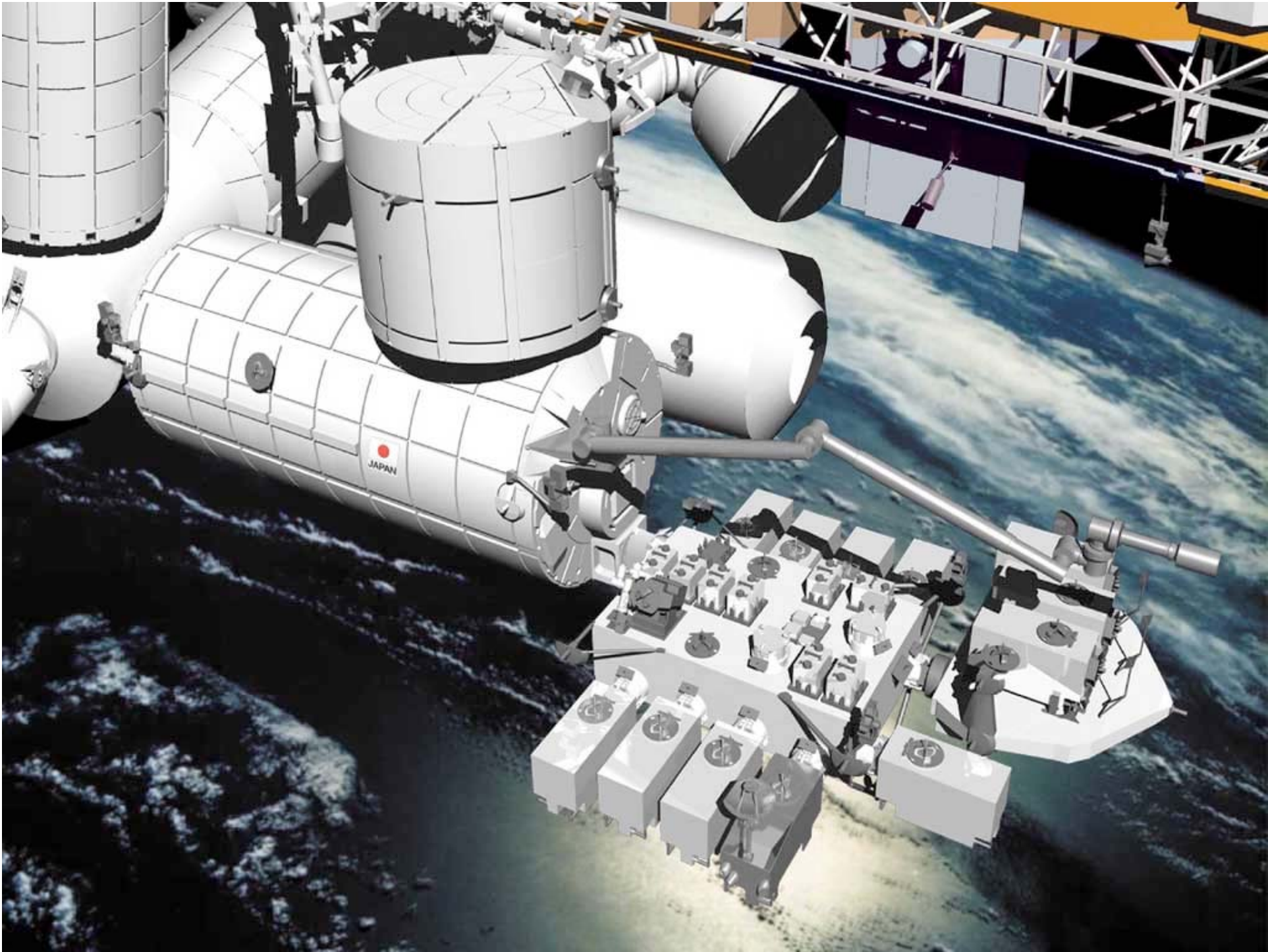
ダスト検出器の特徴

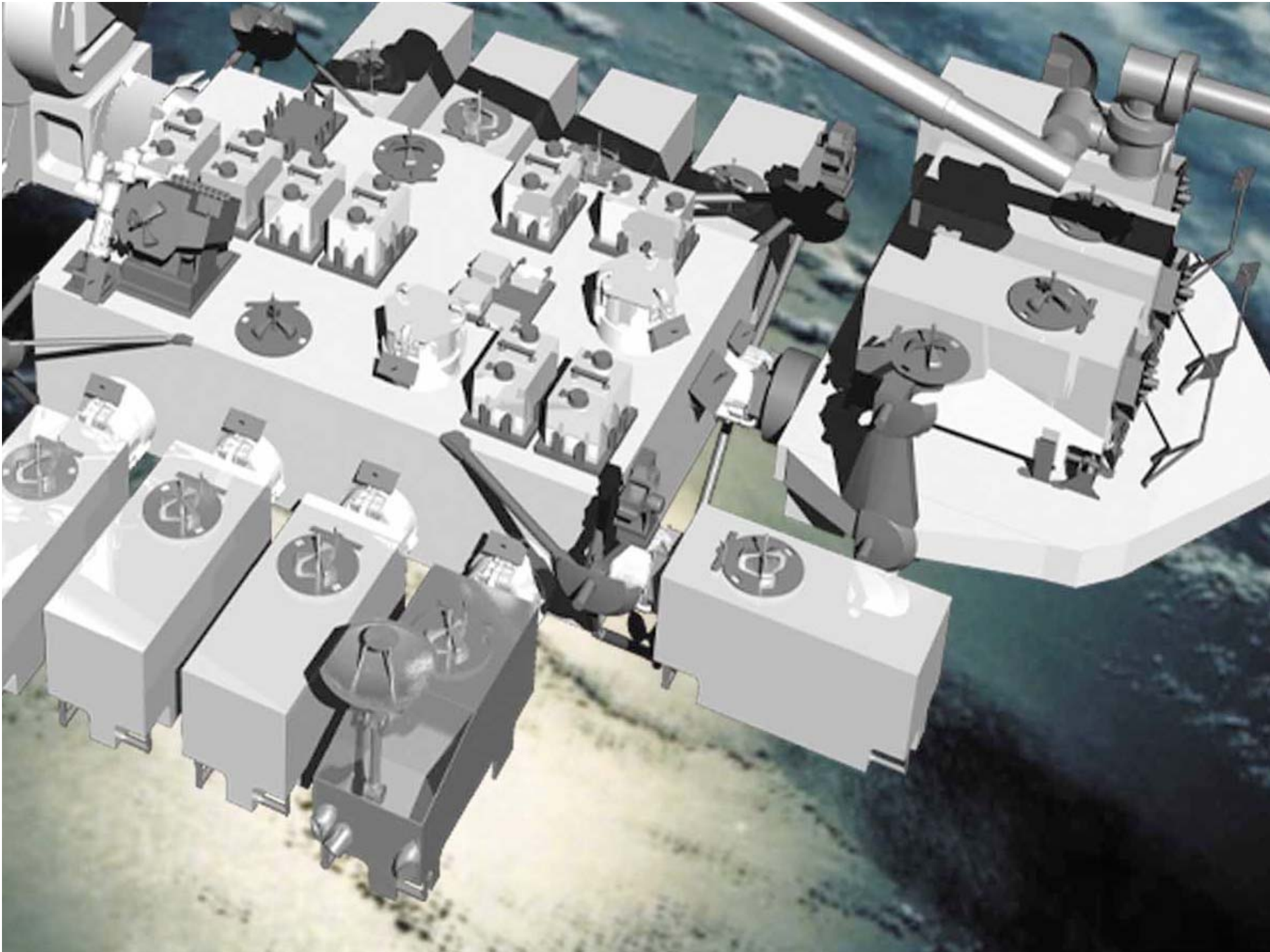
(上の3つの原理は衝突電離型)

	軽量	検出面積	v-m同時測定	対称性	組成	耐久性
MDC型	○	○	◎	×	×	◎
平面平行型	◎	◎	◎	◎	△	◎
質量分析型	△	△	◎	○	◎	◎
ピエゾ型	◎	○	△	△	×	○
フィルム型	◎	◎	×	△	×	△
発光検出型	○	△	×	×	△	○









曝露部初期利用

- 全天X線監視装置(MAXI)、
- 宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP)、
- 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)

第2期利用 ポート占有利用（6月選 定発表）

- Extreme Universe Space Observatory onboard JEM/EF (JEM-EUSO)
- 高エネルギー電子、ガンマ線観測装置 (CALET: CALorimetric Electron Telescope)
- ADR極低温システムの開発とそれを用いた量子液体の微小重力実験

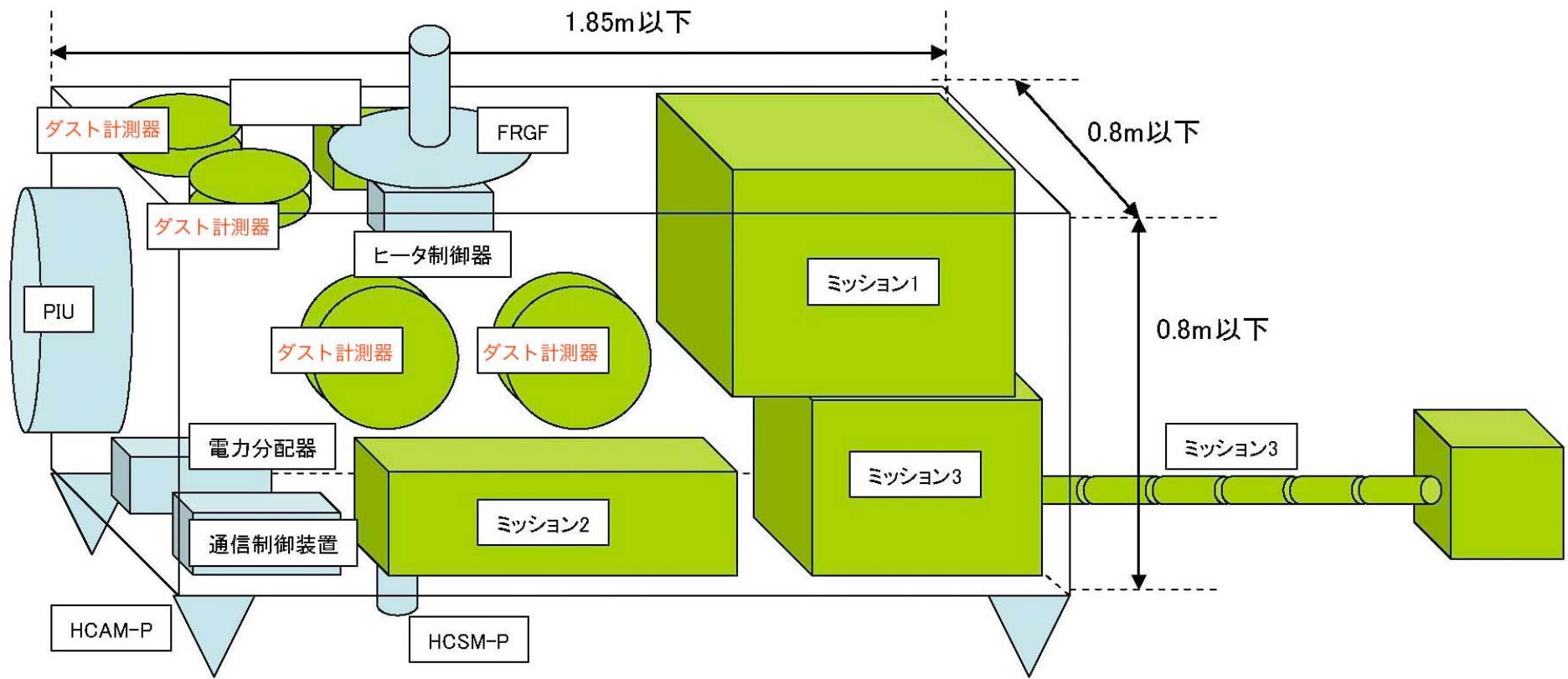
ポ^oート共有利用(6月選定発表)

- 宇宙インフレータータブル構造の宇宙実証
- 大面積宇宙ダスト・デブリ計測
- 地球超高層大気撮像観測
- スプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ
- 宇宙環境計測ミッション装置(SEDA)-II
- 「きぼう」曝露部を使用した再生型燃料電池の実証
- たんぽぽ(地球と宇宙空間の微生物と有機物の双方向伝播)
- EVA支援ロボットの实証実験

IID (Impact Ionization Detector) at ISS (International Space Station)

- 直径30cm 検出面積0.07m²
- 提案 反地球方向 2台
- 進行方向 2台
- → 反地球方向 1台
- 垂直方向(進行方向がベター) 1台

- 高度 400km (361 - 437 km)
- 傾斜角 51.63 度

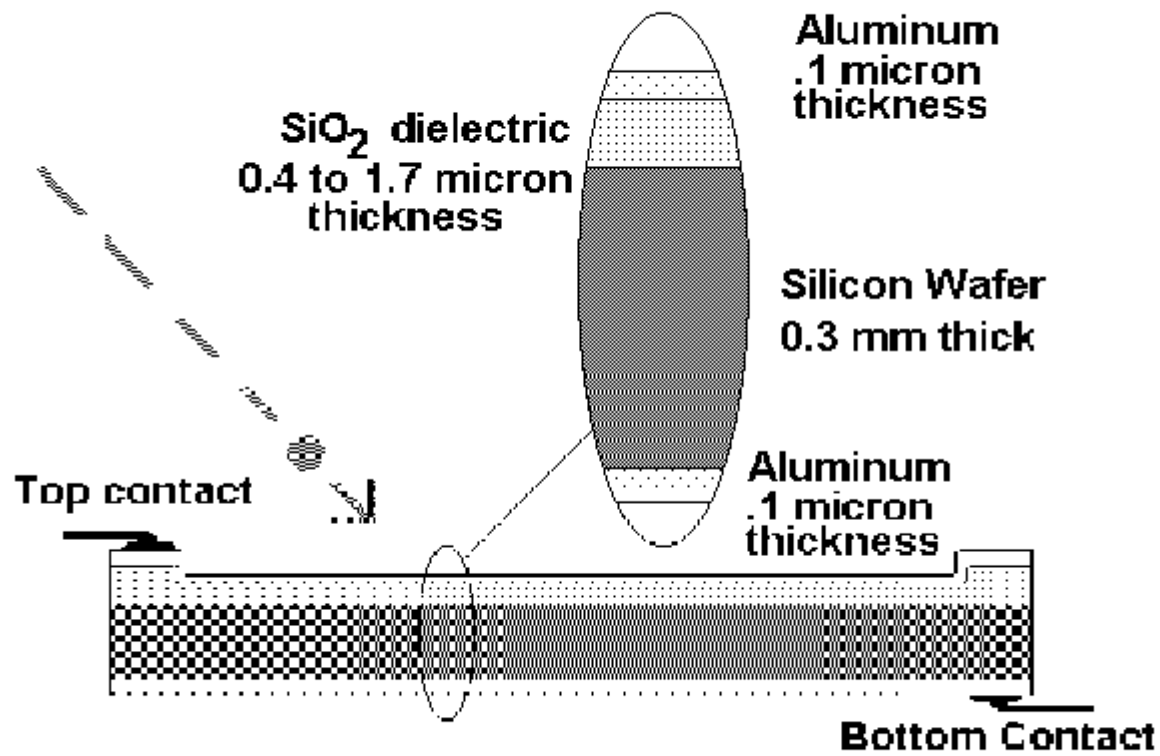


IIDの科学目的

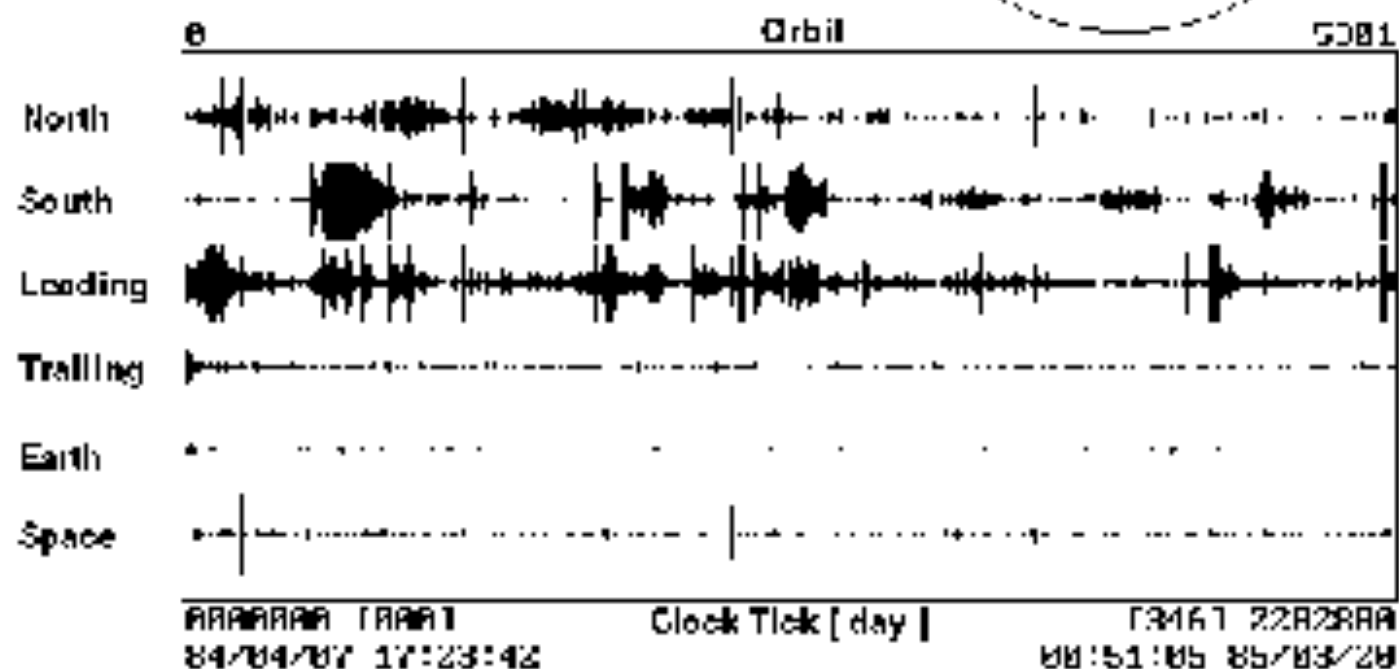
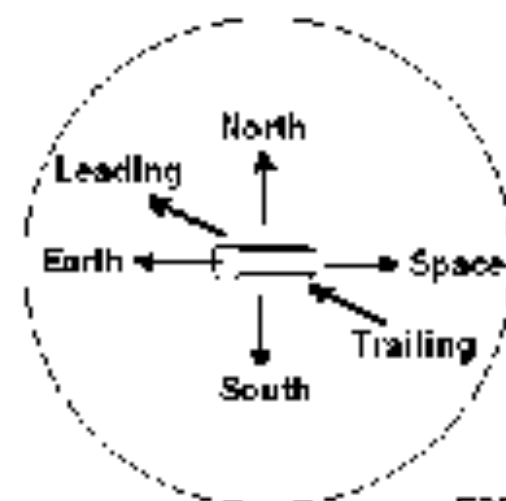
- 地球外起源ダストの計測
 - 小惑星起源ダスト
 - 彗星起源ダスト(定常)
 - 彗星起源ダスト(流星)
 - 太陽付近からのダスト(β メテオロイド)
 - 星間起源ダスト
- 地球周回デブリの計測
- 時間変化
- 識別 = 速度・質量情報が重要

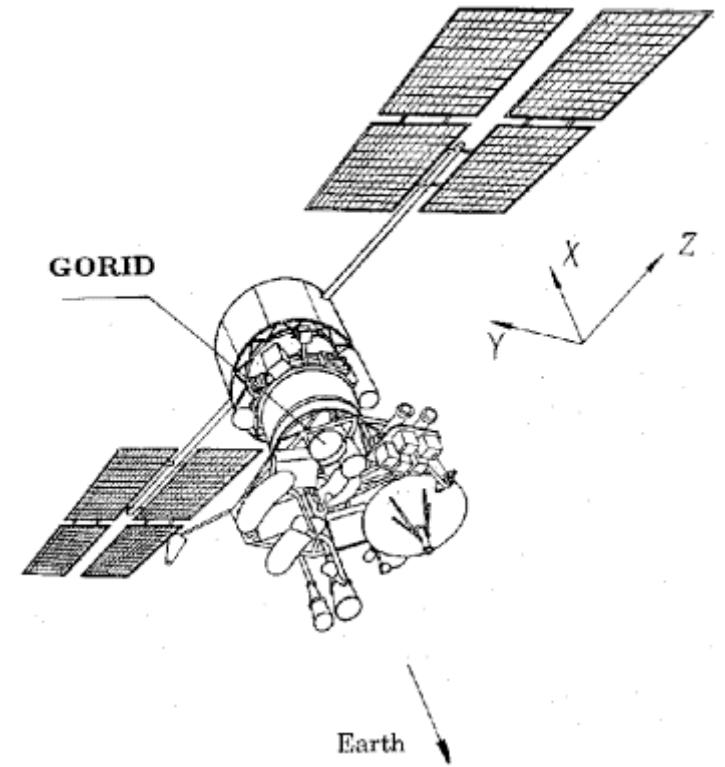
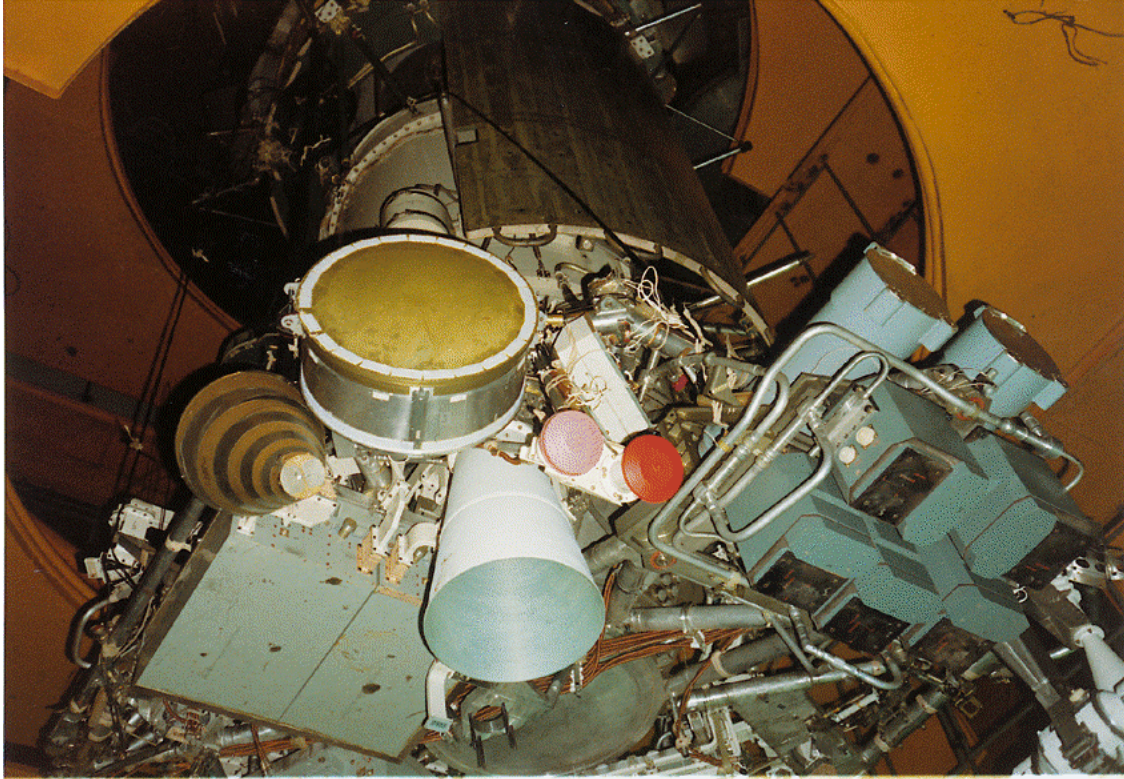
以前のダスト計測

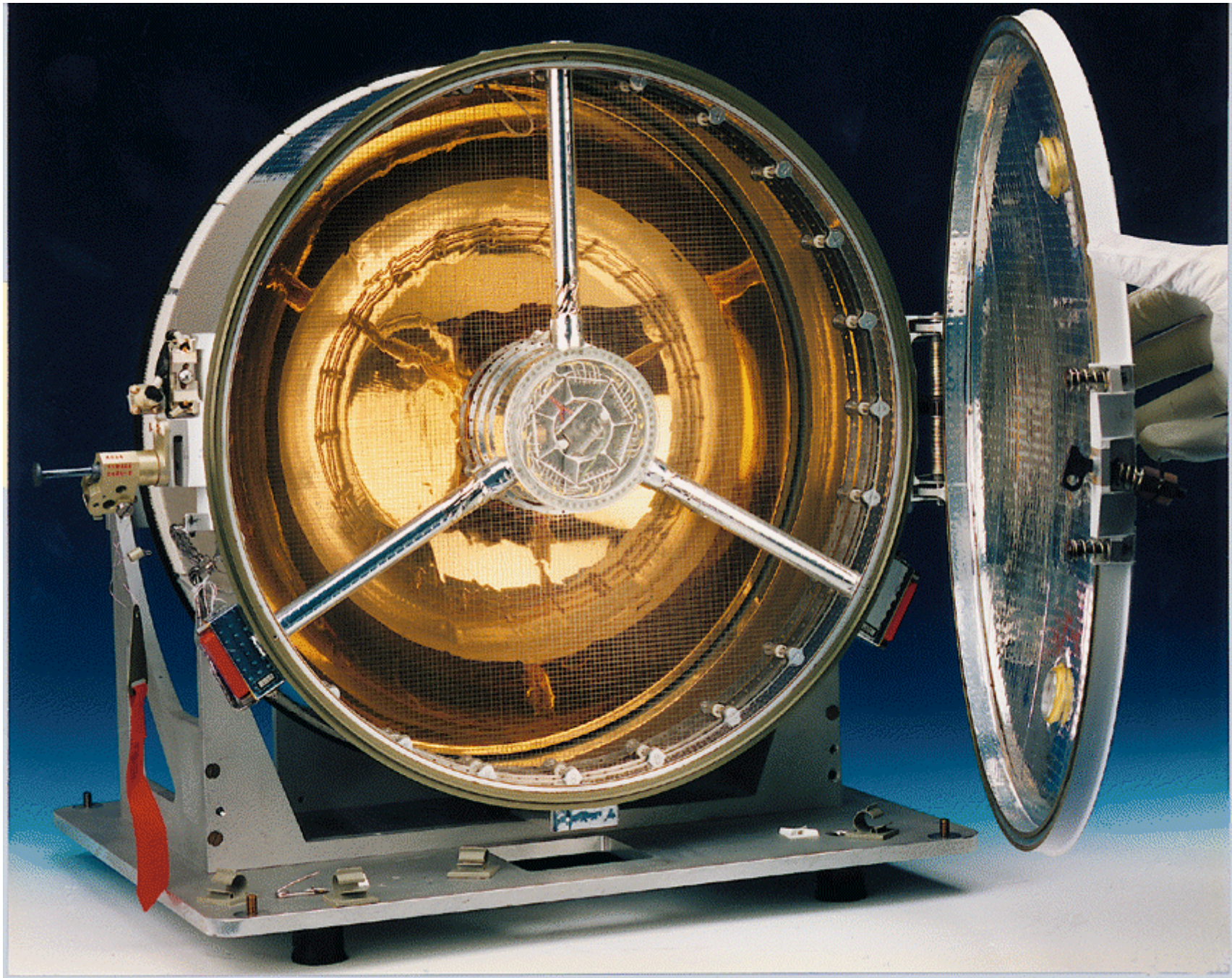
- LDEF 高度332-580 km CMOS型検出
 - 進行方向で、平均的に100/m²/day程度 デブリ含む
 - 反進行方向はこの1/10
 - 一時的にフラックスの増加あり
 - 速度・質量の良い情報無い
- GORID 静止軌道 衝突電離型 大面積
 - 平均的に14/m²/day程度 (solid rocket motorの噴出による粒子をノイズとしてカウントしたものが含まれている)



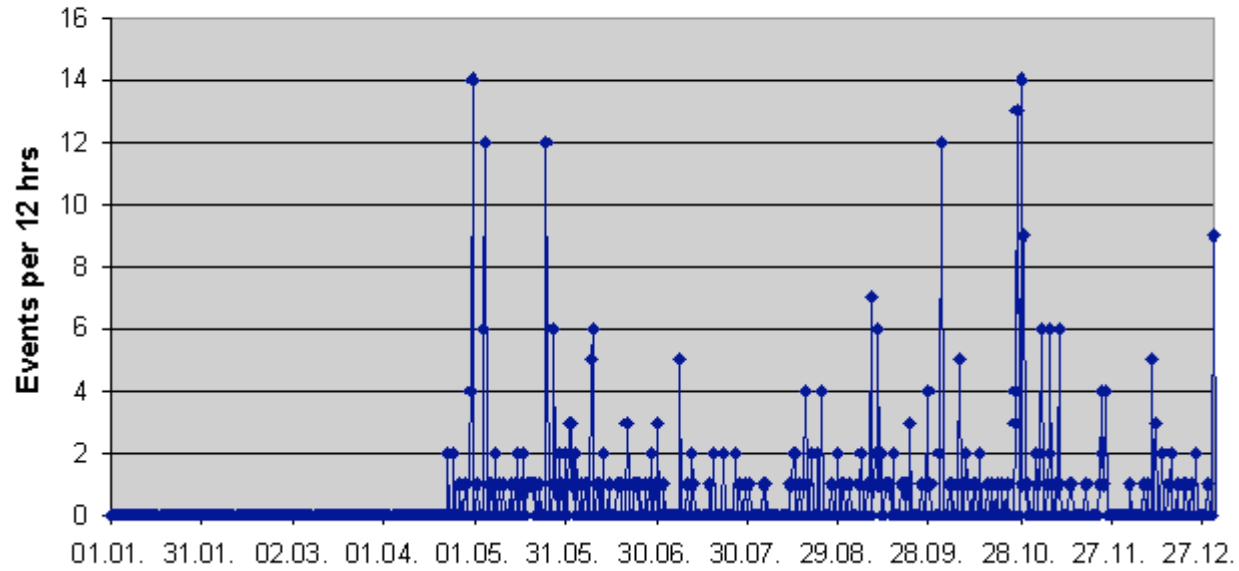
MOS Capacitor Impact Detector



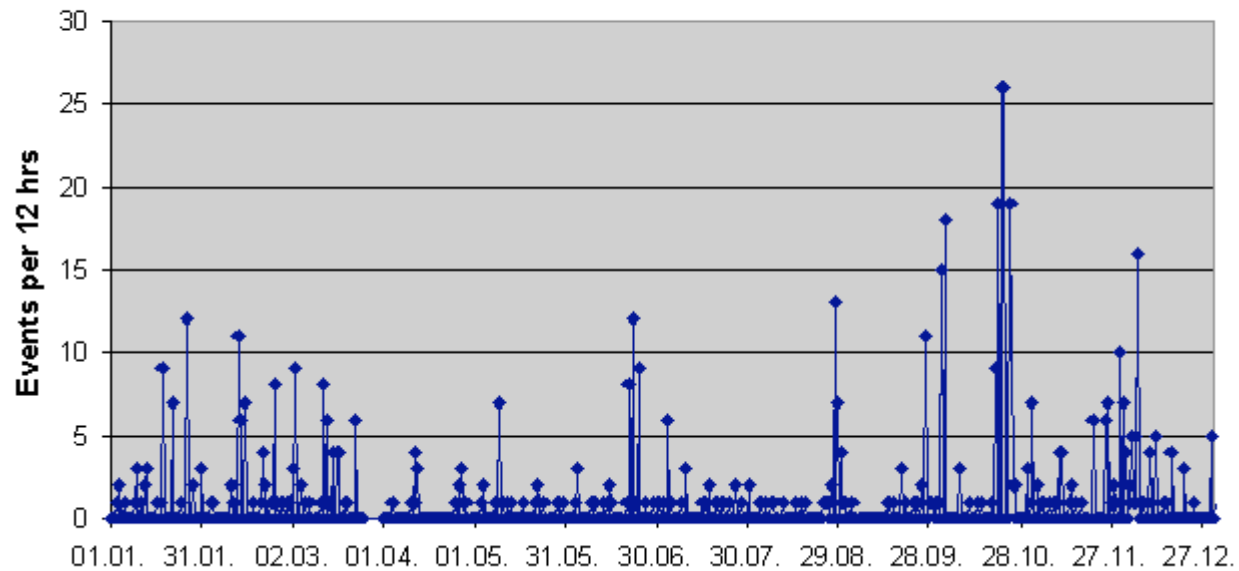




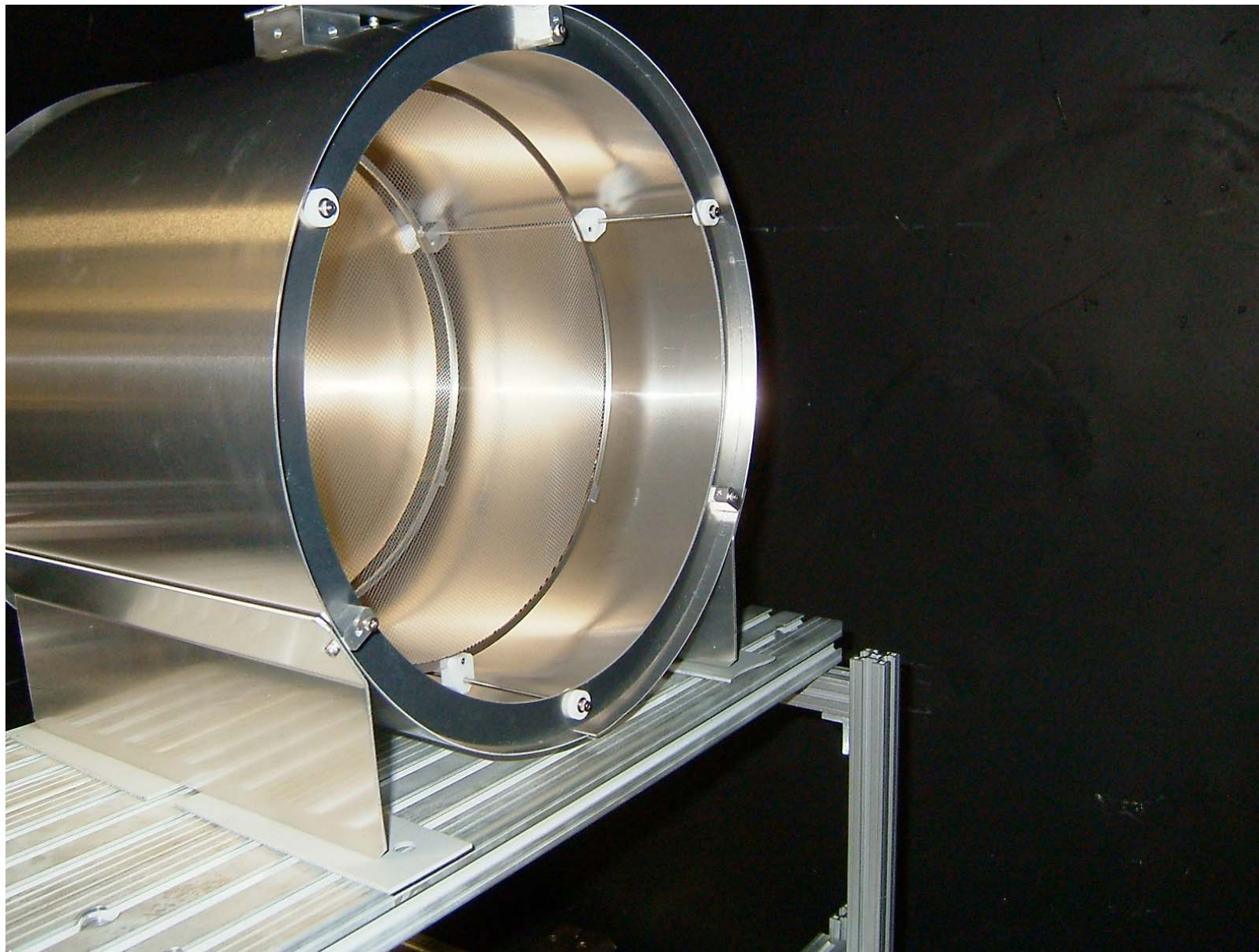
GORID Class 3 Data 1997

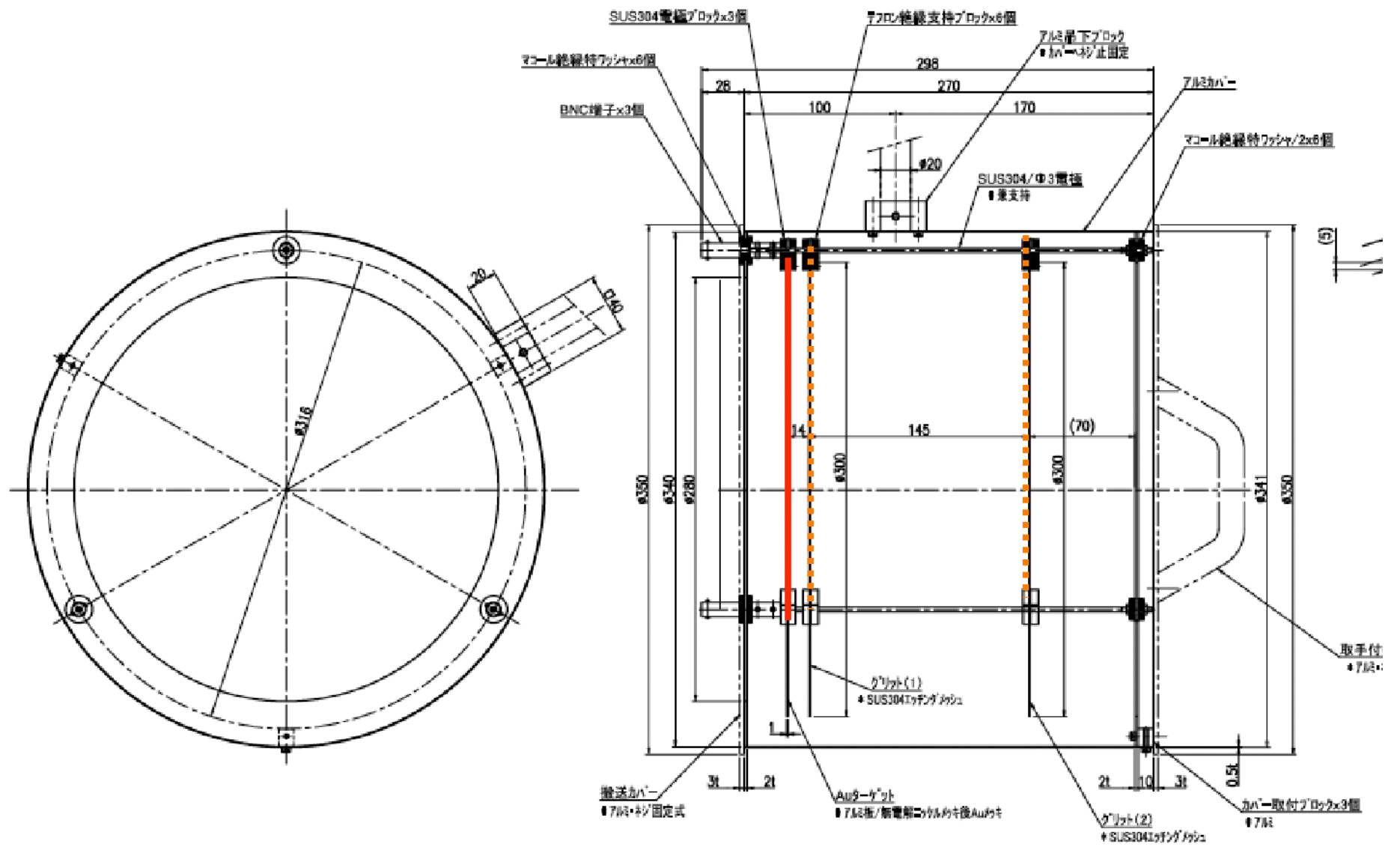


GORID Class 3 Data 1998



今回開発中のダスト計測器





予想されるダスト頻度

- LDEFと同程度かどうか？
- 速度・質量の計測から、ノイズカウントを減らせる。
- おそらく10-100/m²/dayの間(通常期)
- 0.07m²の検出器で0.7-7個

宇宙ステーションでの計測

- 長所
 - 常に反地球方向の視野
 - 地球へのフラックスの時間変化
 - デブリも計測可能
 - 大量のデータ
-
- 短所
 - 一ヶ所への設置では特定方向のみ
 - デブリを計測、ISSという汚染環境
 - 反地球方向は視野障害物がある

ダストの識別

- 地球外起源ダスト
 - 反地球方向
 - 高速（地球重力のため >10 km/s)
 - 星間起源ダストはさらに高速 (>20 km/s)
- デブリ
 - 進行方向
 - 低速 (<10 km/s おそらく <5 km/s)

流星ダストへの期待

- 入射方向、速度がほぼ推定可能
 - 質量分解能がよくなる
 - むしろ計測器のキャリブレーションもできるかも
- 時間変化が期待できる
 - 最大フラックスの予測はできるか
 - ダスト計測器の仕様(記憶個数、大粒子への感度)
- 大きな流星粒子から小粒子は生成されるか？
 - 光学的に検出されるダストバンド
 - 少なくとも10micronサイズの粒子にはなっている

流星ダストへの期待 2

- 地上観測との連携
 - 地上での流星観測との同時性はあるか
 - 流星体放出年代による違い
 - 古い流星体では細かいダストが少ないといった現象は起きるだろうか
- ダスト到来時刻の予測
 - ISSの安全にも重要？

1ミクロンサイズ粒子

- 現在の大气、南極氷などの宇宙塵調査では、小さすぎてdetectが難しいため、「穴」になっている。
- この領域のフラックスが大きいと、地球への地球外物質の集積量のinventoryに影響を与える。

観測期間

- 打ち上げ 2011年 or 2013年
- 観測 2年+ α ?
- その場観測を継続
 - 観測機器の回収はしない

考慮すべき点

- 100ミクロン程度までの粒子への感度を上げる。
- 現状の衝突電離型では飽和。
- しかし、100ミクロンサイズのダスト衝突の実験を行っていない。

- 軽ガス銃を改良した実験は可能か？
- 計測器のグリッド、ターゲットの改良

考慮すべき点

- 入射粒子のチャージ
- 物質情報は？
- 手前に置いたグリッド
 - 入射粒子のinduced charge
 - 衝突プラズマのTOF質量分析

まとめ

- 国際宇宙ステーションに2011年もしくは2013年から数年間、大面積ダスト計測器を搭載
- ミクロンサイズのダスト粒子の数、速度、質量をその場計測。フラックスの時間変化を測定可能。
- 地球外起源ダスト、人工物ダストを測定
- 流星にともなうダスト活動は重要な科学目標