

# DESTINY<sup>+</sup> Dust Analyzer.

(DESTINY<sup>+</sup>搭載用ダストアナライザ)

Masanori Kobayashi<sup>1</sup>, Tomoko Arai<sup>1</sup>, Hiroshi Kimura<sup>2</sup>, Ralf Srama<sup>3</sup>, Harald Krüger<sup>4</sup>

Chiba Institute of Technology<sup>1</sup>, Kobe University<sup>2</sup>, Stuttgart University<sup>3</sup>, Max Planck Institute for Solar System Research<sup>4</sup>

## ABSTRACT

DESTINY<sup>+</sup> Dust analyzer (DDA) will be onboard DESTINY<sup>+</sup> spacecraft which is planned to go to an asteroid, 3200 Phaethon for the technological demonstration and science mission. DDA will observe interstellar and interplanetary dusts in cruising phase and also dusts around Phaethon in close flyby. DDA can analyze chemical and mass compositions of detected dusts and also its arrival direction. This paper introduces dust analyzer and describes a concept of DDA..

# Contents

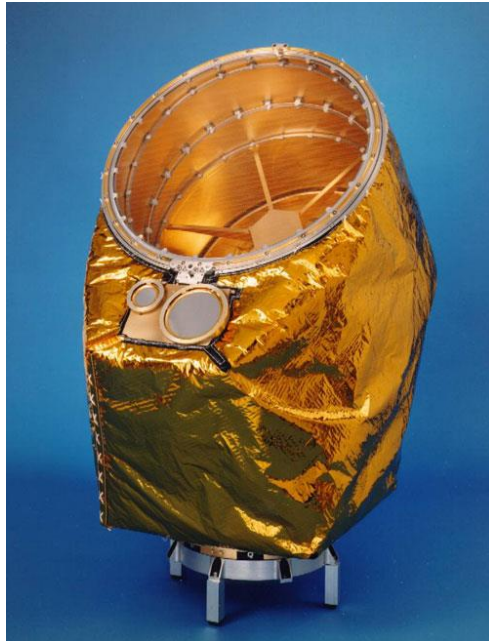
- Dust Analyzerとは
  - Measurement principle
  - Past missions
- DESTINY+ 搭載用Dust Analyzer (DDA)
- Dust measurement in DESTINY+ mission
  - Interstellar dust
  - Interplanetary dust
  - Dust particles around Phaethon

# What is Dust Analyzer?

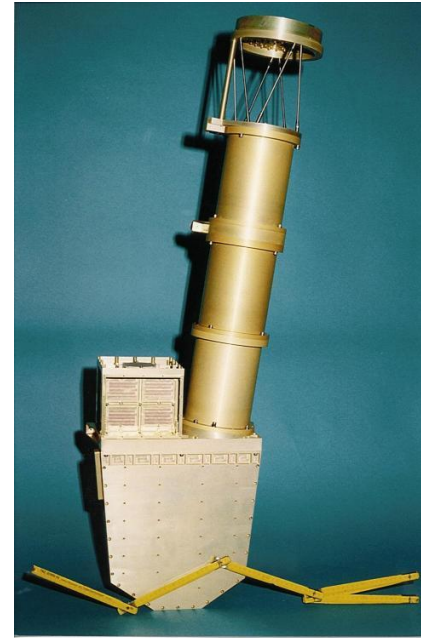
- Instrument for in-situ dust analysis in orbit
- There are two types of DA;
  - Impact ionization
  - Secondary ion TOF mass spectrometer

# Dust Analyzer: In-situ dust analysis

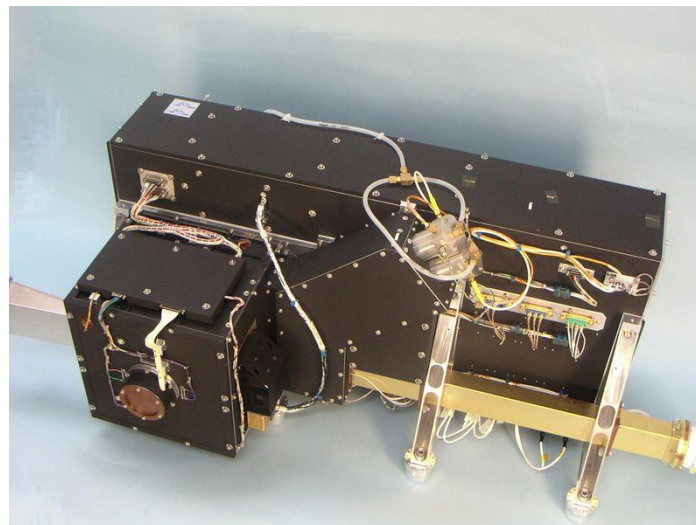
Cassiniに搭載  
されている  
Cosmic Dust  
Analyzer



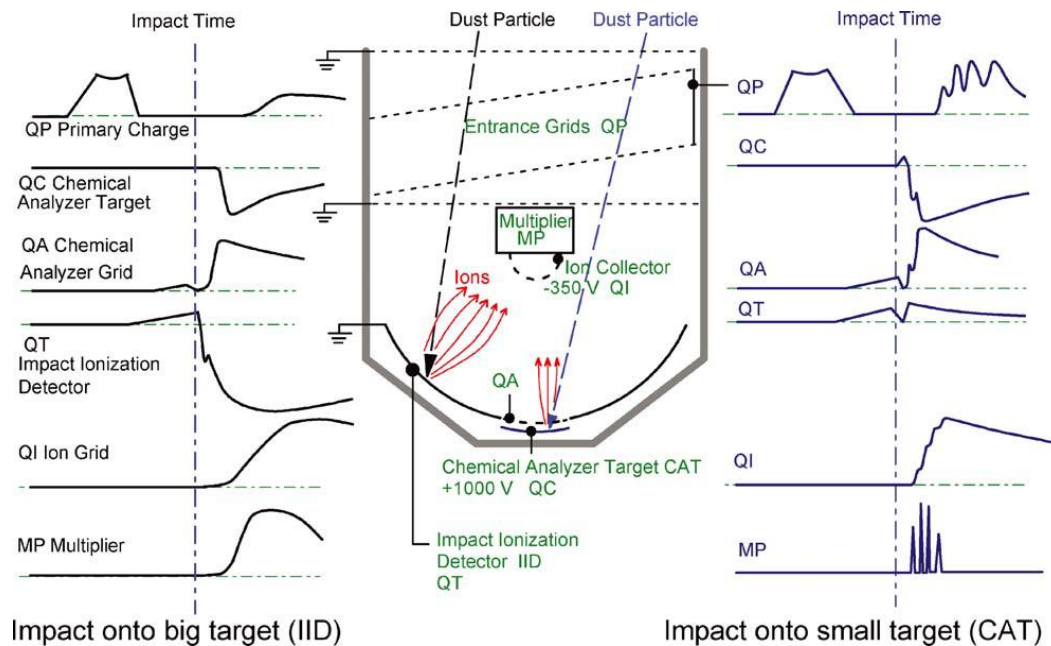
Vegaや  
Stardustに搭  
載された  
Cometary and  
Interstellar  
Dust Analyzer



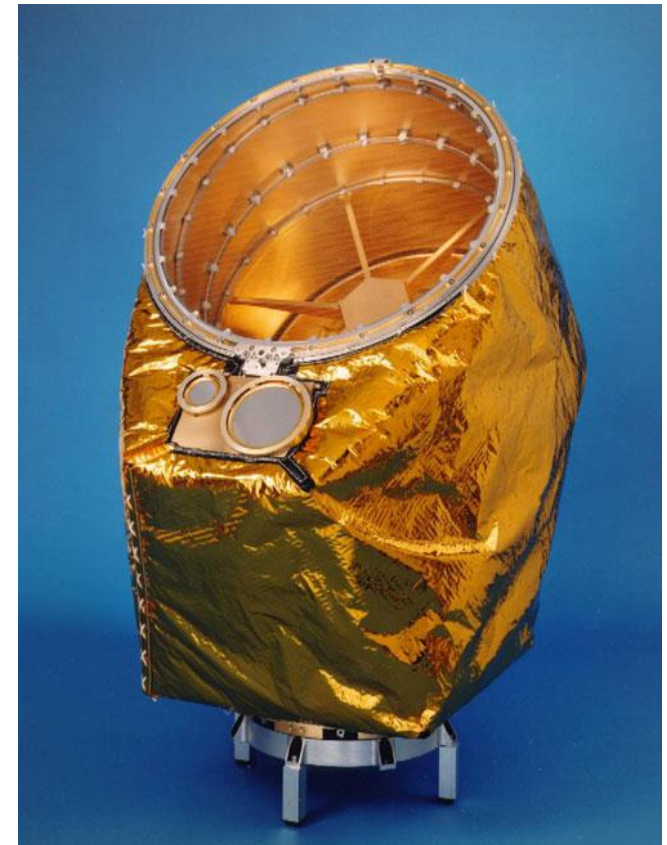
Rosetta  
に搭載された  
COmetary  
Secondary Ion  
Mass Analyzer



# Dust Analyzer: 機上でのダスト分析

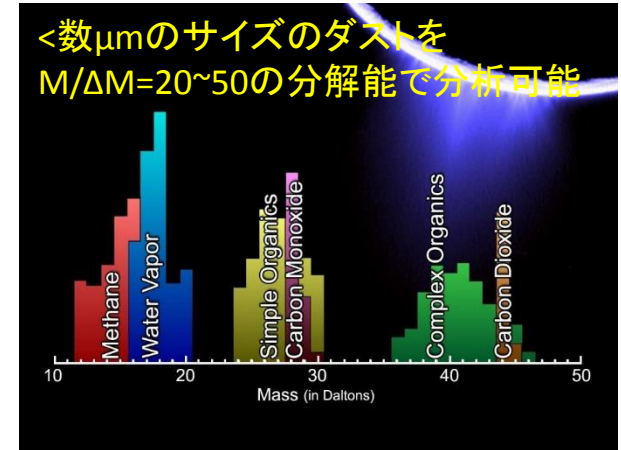
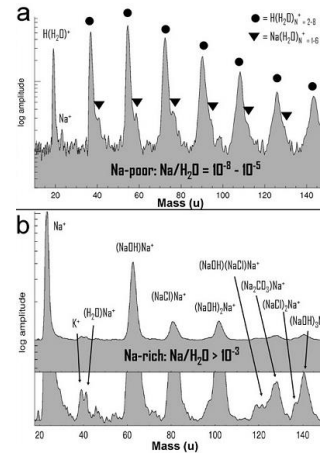
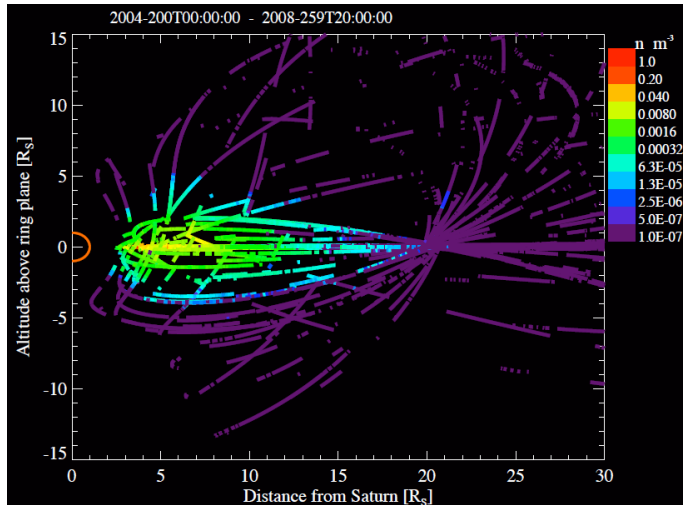


- 数 $\mu\text{m}$ 以下のダストが $>2\text{km/s}$ の速度で衝突したときに生成されたプラズマをTOF-MS法で質量分析

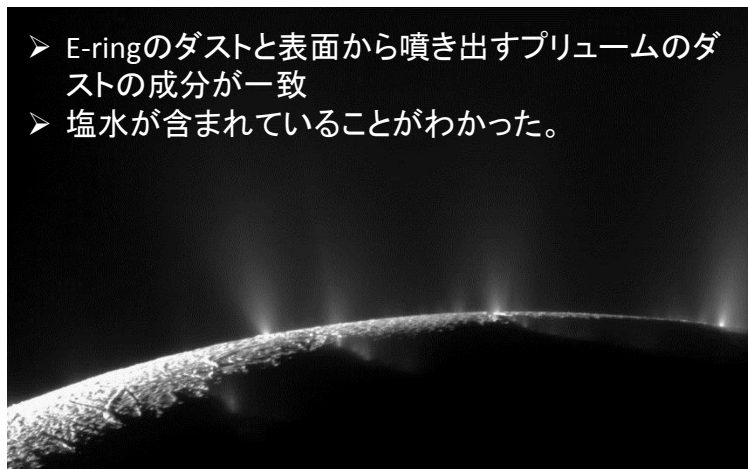


Cassini CDA (Cosmic dust analyzer)

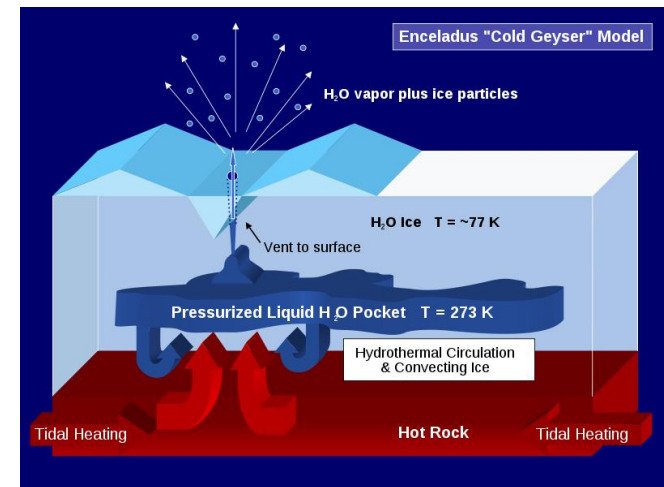
# Flyby dust observation of Enceladus with by Cassini



## SATURNS E RING & Enceladus Plume

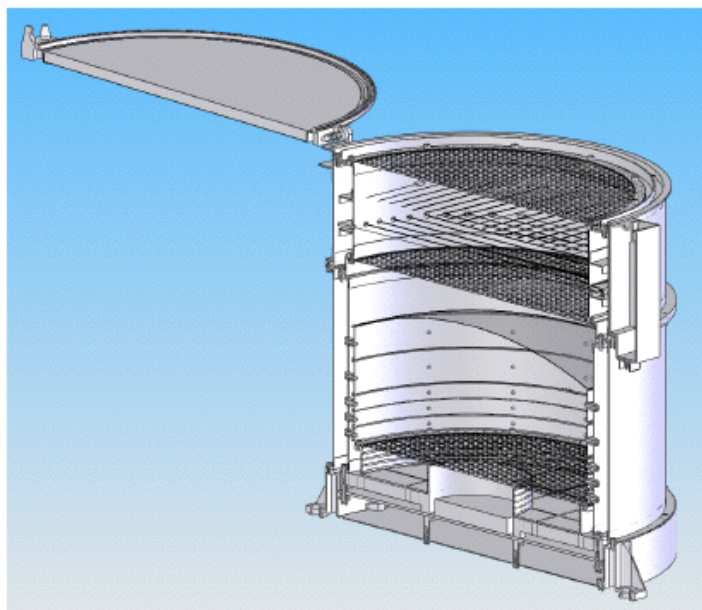


- E-ringのダストと表面から噴き出すプルームのダストの成分が一致
- 塩水が含まれていることがわかった。



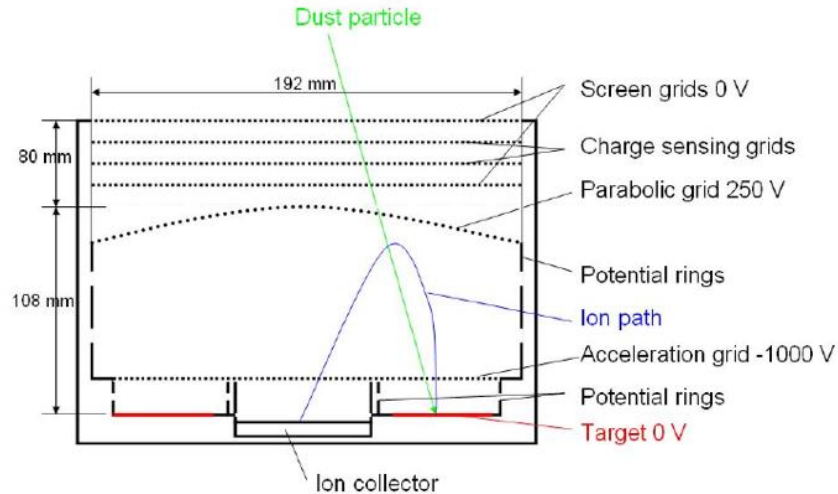


# DESTINY<sup>+</sup> 搭載用 Dust Analyzer (DDA)



- ドイツ・シュトゥットガルト大学のチーム (Dr. Ralf Srama、CDAのPI) が開発、NASAのEuropa clipperのSUDAと同じコンセプト
- DESTINY<sup>+</sup>では、クルージング中の星間ダスト、惑星間ダスト観測およびフェートンのダストレイル観測に利用
- CDAヘリテージおよび要素技術は、すでに確立
- 開発費はドイツ側で負担

# Advancement in function and performance since CDA



- Dust speed (Trajectory Sensor)
  - Dust trajectory (Trajectory Sen.)
  - Dust mass (Trajectory Sensor)
  - Dust charge (Trajectory Sensor)
  - Dust composition (Mass Analyser)
  - Dust flux
- の同時測定が可能

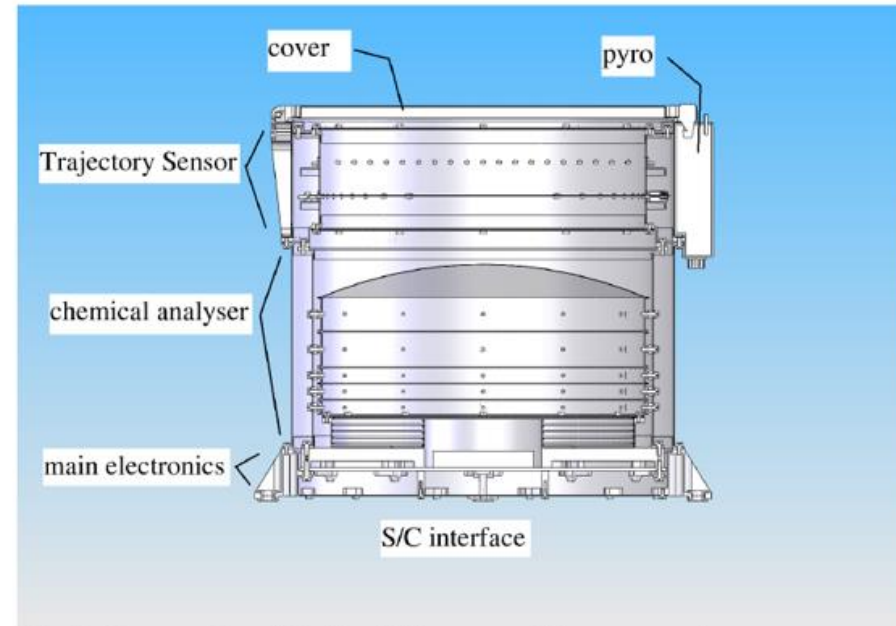


Fig. 6: Cross section of the Dust Telescope and its components.

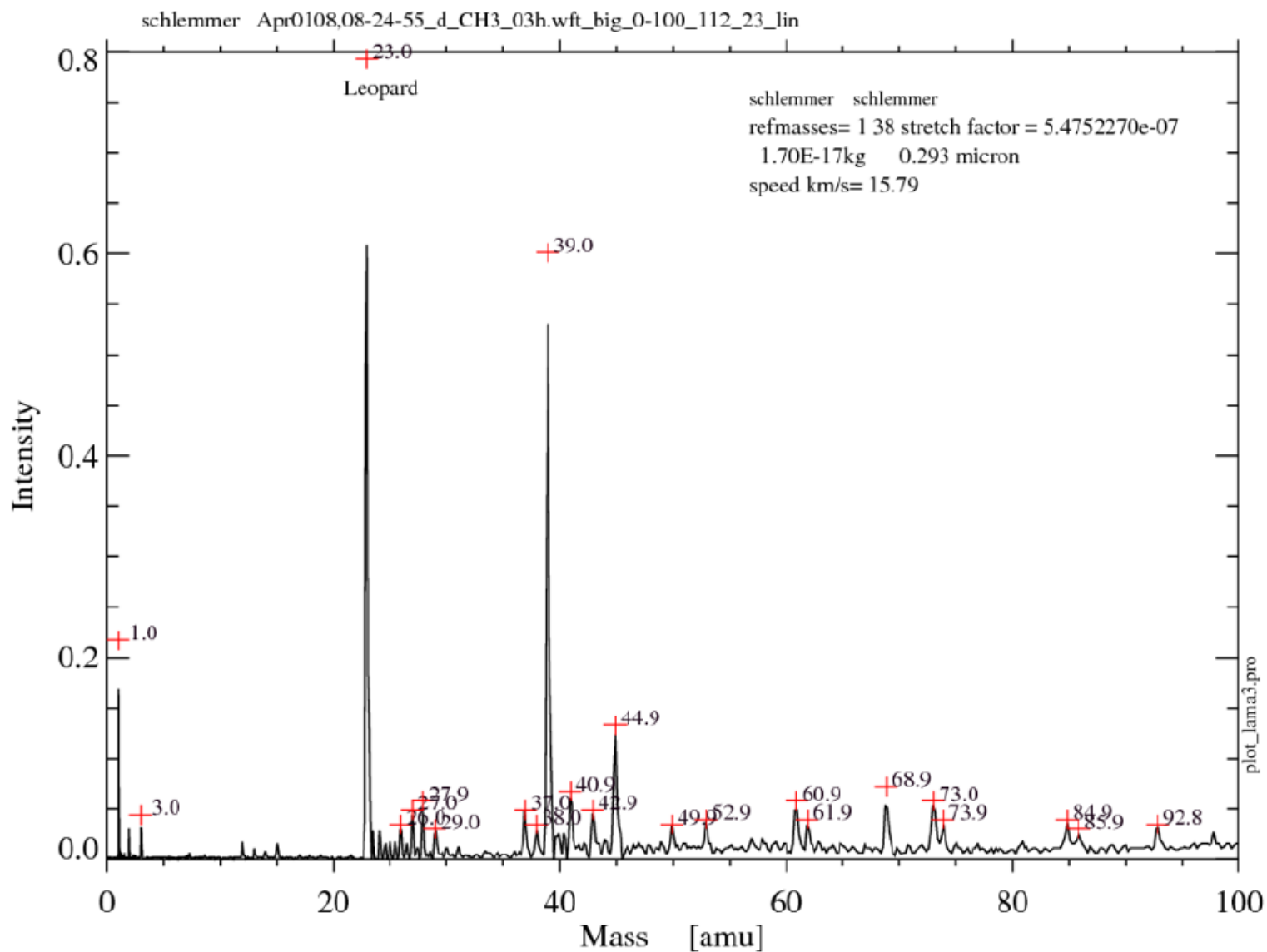
質量分解能  $M/\Delta M > 150$  に向上  
(CDAでは、 $M/\Delta M = 20-50$ )



# DDA Laboratory Model



# DDA Laboratory Model



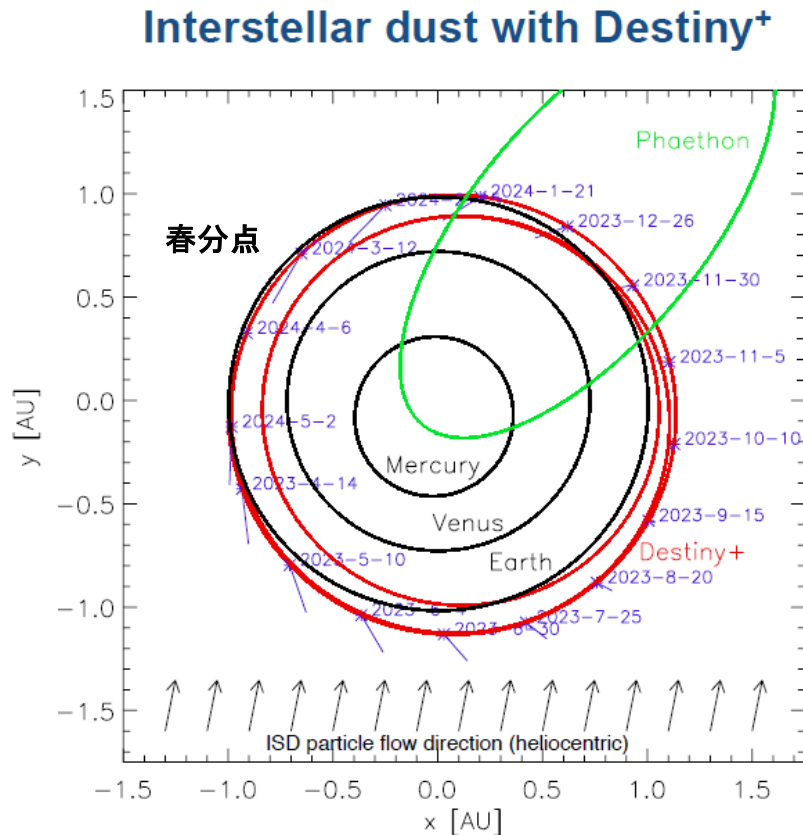
# Data of DDA

• Dust parameters composition	Mass, speed, charge, flux,
• Grain mass range	10e-16 g to 10e-6 g
• Grain speed range	5 to 100 km/s
• Accuracies (direction, $v$ )	$<10^\circ$ , $<10\%$
• ToF mass resolution	$M/dM > 150$
• Instrument Mass	3.5 kg (including margin)
• Power	14.2 W (peak), $<9$ W (idle)
• Data rate	1 kbps to 64 kbps
• FOV $45^\circ$	half cone
• Cover	yes
• Decontamination heater	yes (5 W)
• Optional articulation platform	311 g, unlock power (frangibolt FC2-16-315R2), 25 W@28 V for 1min., power drive : 2 W

# Dust Observation in DESTINY<sup>+</sup> mission

- ① Interstellar dust
- ② Interplanetary
- ③ Dust particles around Phaethon

# ① Interstellar dust

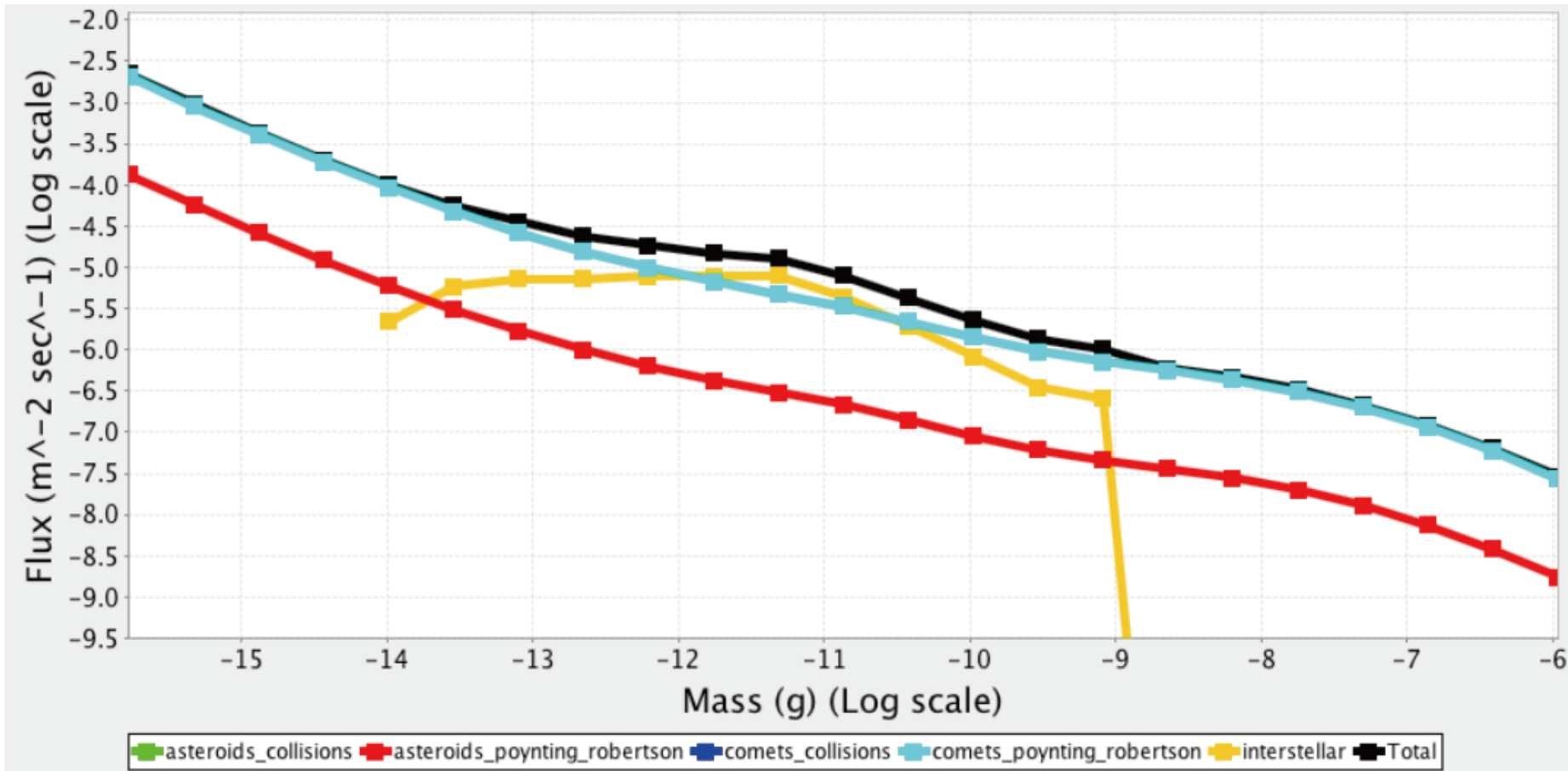


Blue bars: ISD ram direction (dust approach direction for an observer located on the spacecraft)

V=26km/sec  
Lat=10±10deg  
Lon=280±30deg

- 観測に適した時期は、春分点を挟んだ半年間(1月から6月)。  
→ 地球の進行方向と、星間ダストの相対速度が大きい。(26km/s < v < 60km/s)。つまり、衝突型のダストアナライザーの感度は大きくなる。逆に、秋分点側だと、相対速度が小さくなって、感度が小さくなる。
- 観測装置にジンバルをつけて、常に星間ダストの上流方向に向ける必要あり。

## ② Interplanetary dust

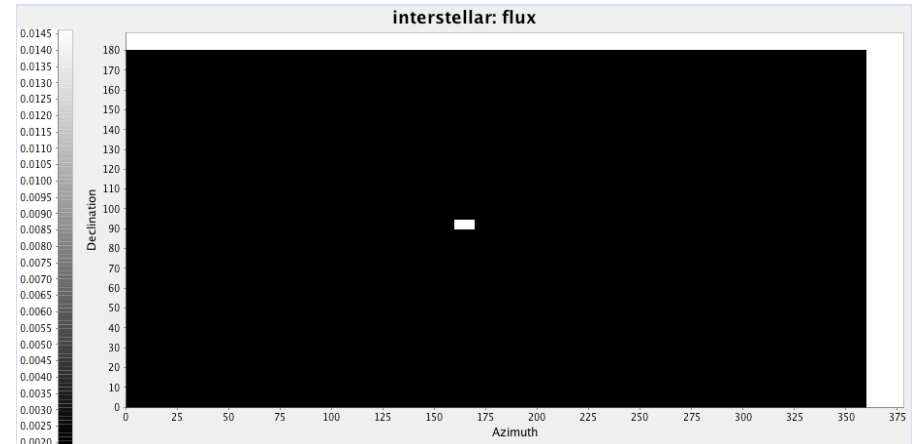
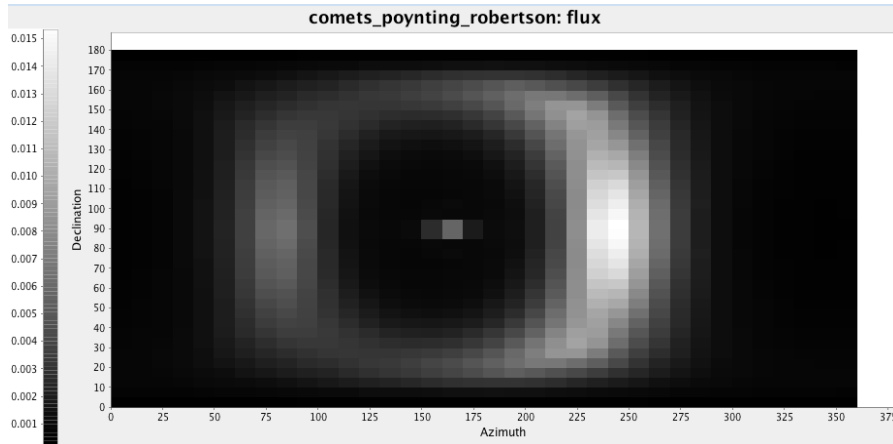
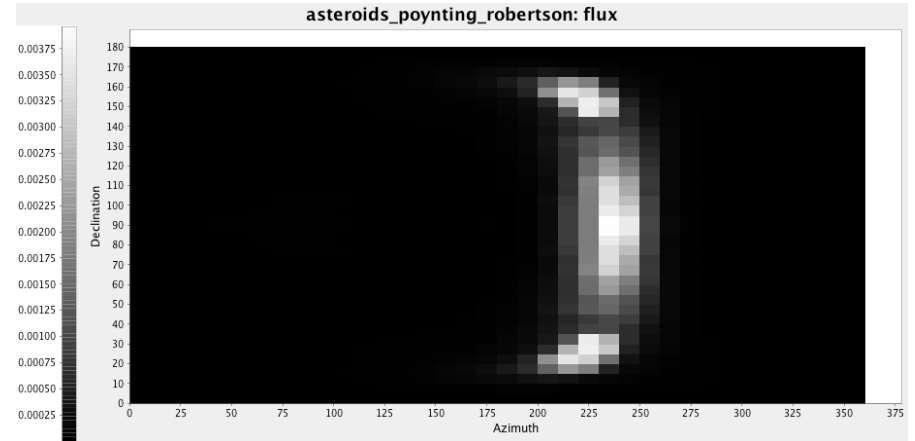


- DDAによる惑星間および星間ダストのフラックス予想 (IMEMモデル (Dikarev et al. 2005) による)
- 個々のダストの軌道と元素組成を調べて、起源の推測につなげる



# Interplanetary and interstellar dust with Destiny<sup>+</sup>

1. Asteroid Collisions ( $m \geq 10^{-8} \text{ kg}$ )
2. Asteroid Poynting-Robertson ( $m < 10^{-8} \text{ kg}$ )
3. Comet Collisions ( $m \geq 10^{-8} \text{ kg}$ )
4. Comet Poynting-Robertson ( $m < 10^{-8} \text{ kg}$ )
5. Interstellar Dust ( $10^{-18} \text{ kg} < m \leq 10^{-12} \text{ kg}$ )



# Estimation of dust flux during cruising (Simulation results by IMEM)

	Avarage flux ( $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Fluence for 600 days ( $\text{m}^{-2}$ )※	Dust particles for 600 days※※
Interplanetary	$5.1 \times 10^{-3}$	$5.3 \times 10^5$	600~1000
Interstellar	$6.3 \times 10^{-5}$	$6.5 \times 10^3$	~72※※※

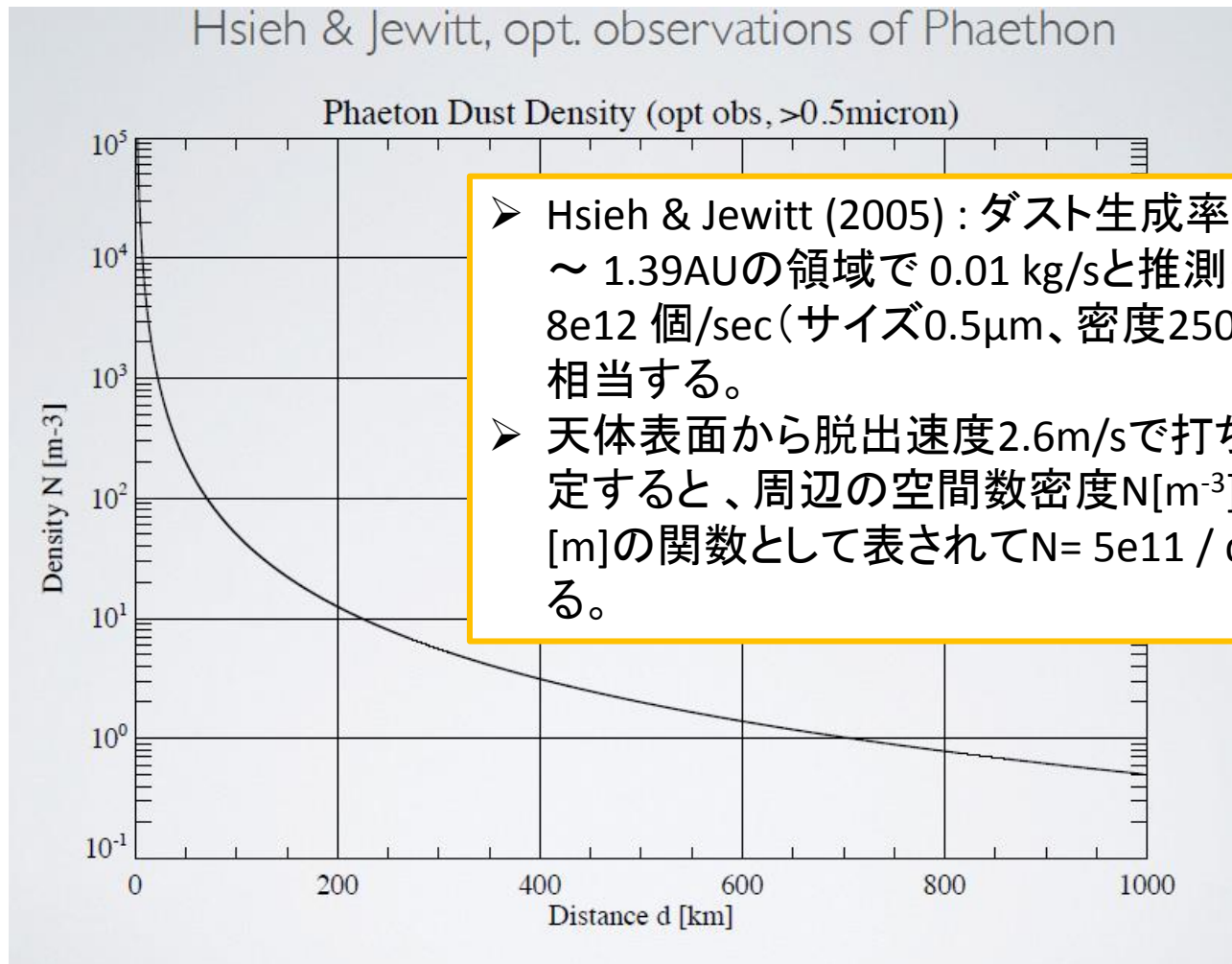
※ 2年間のクルージング中8割の稼働率(軌道上運用制約を考慮)

※ ※検出面積 $0.022\text{m}^2$ 、FOV $\pm 45^\circ$  のDDA

※ ※ ※ $\beta = 1$ と仮定、小さいダストは $\beta$ が大きいため太陽輻射に影響されるためこの値は違ってくる

# ③Dust particles around Phaethon

## (1)Cometary dust

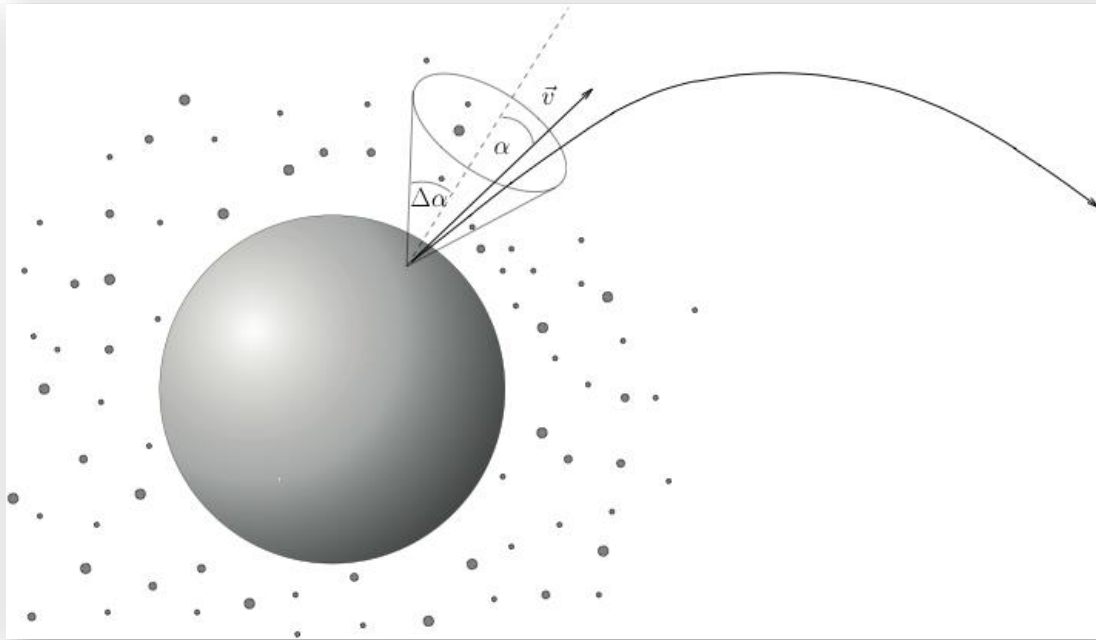


# How many dust particles are incident during Phaethon flyby?

- Phaethonからの距離100 km ( $>0.5 \mu\text{m}$ ): 50 個/  $\text{m}^3$
- フライバイ速度30 km/s, 有感面積 = 0,022  $\text{m}^2$
- 一秒間辺り18,000 個/s検出できる。
- E-ring of Saturn / Enceladus plumeと同じくらいの空間密度、ただし上限値としての推測なので、実際はもっと少ない値だろう。
- 1AU付近でのPhaethonの活動状況について、北海道名寄天文台で観測実施
- 来年はさらに好条件での観測のチャンス。より精度の高い見積もりが可能になる。

# ③Dust particles around Phaethon

## (2)Dust cloud



Sremcevic et al., Icarus, 2005

- Impactors striking the lunar/asteroidal surface produce ejecta dust:
  - mass yield  $Y \sim 500$  (Koschny & Grün, Icarus, 2001, Krivov et al. , Icarus, 2003)
- Some ejecta particles escape from moon's gravity:
  - Most important mass loss mechanism
- Gravitationally bound grains populate more or less isotropic dust cloud:
  - Dust cloud around Galilean satellites (Krüger et al., Nature, 1999)

# Dust cloud : in case that cometary dust does not exit at all

1AUにあるPhaethonの周辺にダストクラウド由来のみダストが存在する場合にLminまで接近するフライバイ時に検出するダストの数

Phaethonへの最接近距離 $L_{\min}$ [km]	c [counts]	
	$u_0=20\text{m/s}, \gamma=1.2$	$u_0=50\text{m/s}, \gamma=1.7$
3	179.81	2792.54
5	118.77	1862.66
10	66.17	1049.94
30	25.01	402.62
50	15.66	253.36
100	8.19	133.24
300	2.87	46.89
500	1.75	28.63
700	1.26	20.64
1000	0.89	14.57
1500	0.60	9.79
2000	0.45	7.37

Caution: This estimation is based on assumptions of surface condition of Phaethon.



# Cometary Dust & Dust Cloud around Phaethon

- 揮発成分を含む？ Cometary dustと、固い表面が割れて放出されるDust cloudには、物質の種類に違いがある可能性
- 太陽が当たる場所の上空とそれ以外で観測されるダストの物質に違いがあるかも。
- 放出されるプロセスが違うので、高度分布に差がある可能性。同時に高度の違う観測をすることで、その差が見える可能性。

DESTINY+搭載DAとProcyon mini搭載ミニDAによる同時観測

# Thank you!