

MUレーダーとTomo-e Gozenによる 「ふたご座流星群」の同時観測

Mari Hasegawa (1), Shinsuke Abe (1), Ryou Ohsawa (2), Daniel Kastinen (3), Johan Kero (3), Yuji Ono (1), Hiroshi Ogawa (4), Yasunori Fujiwara (4), Takuji Nakamura (5), Koji Nishimura (6), Hiroyuki Hashiguchi (6), Shigeyuki Sako (7), Yuki Mori (7), Shohei Kondo (7), Hidenori Takahashi (7), Naoto Kobayashi (7), Junichi Watanabe (2), and Tomoko Arai (8)

(1) Department of Aerospace Engineering, Nihon University, Chiba, Japan

(2) National Astronomical Observatory of Japan, Tokyo, Japan

(3) Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Sweden

(4) The Nippon Meteor Society, Japan

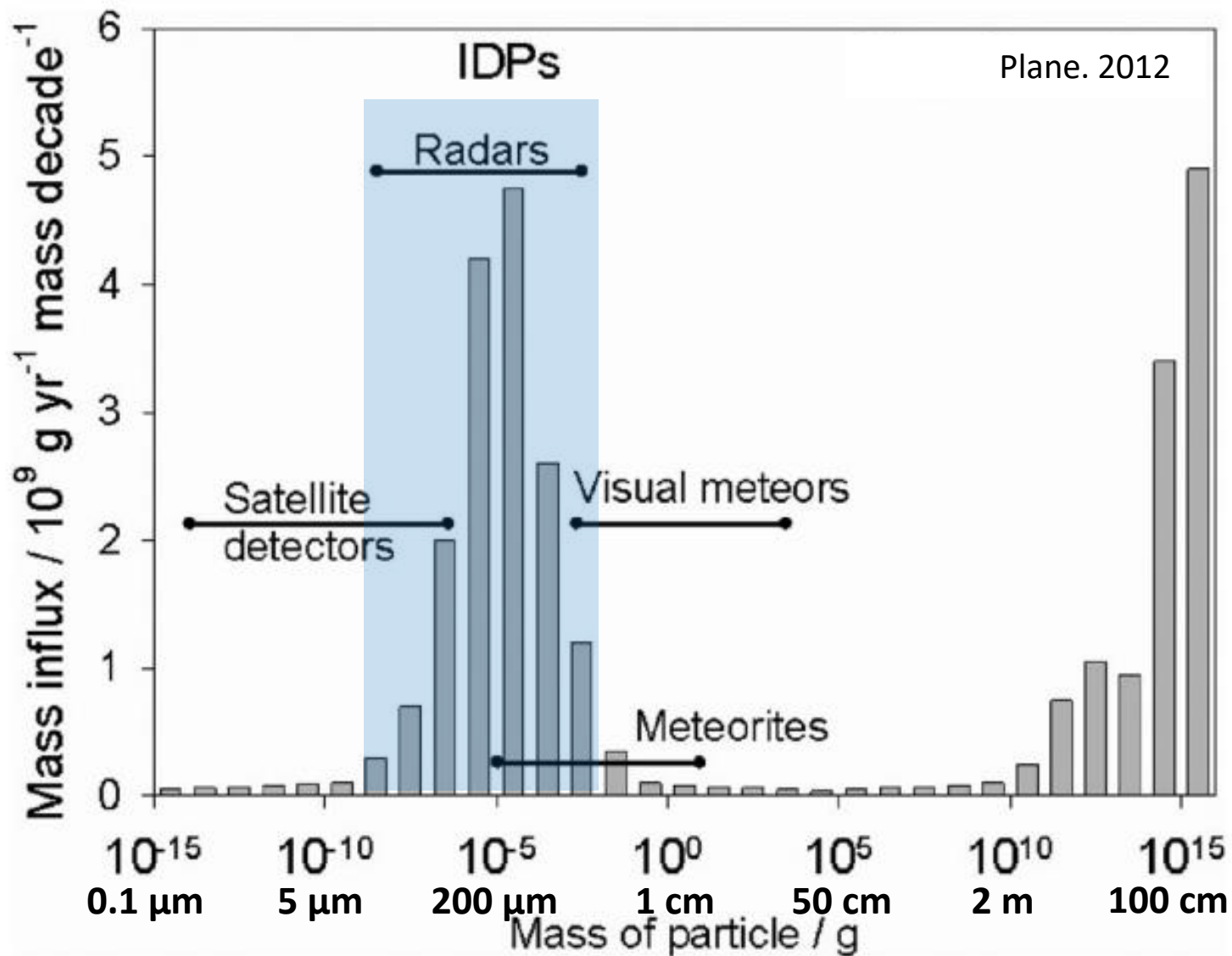
(5) National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan

(6) Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Kyoto, Japan

(7) Kiso Observatory, Institute of Astronomy, School of Science, The University of Tokyo, Nagano, Japan

(8) Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, Chiba, Japan

レーダーと光学の同時観測



DESTINY+

DESTINY+ (Demonstration and Experiment of Space Technology for INterplanetary voYage with Phaethon fLyby and dUst Science)

ミッション内容：

(3200) Phaethonのフライバイ，ダスト探査

主要観測装置：

ダストアナライザ (DDA)

→ダスト毎の質量，速度，飛来方向，

化学組成をその場分析可能

小惑星追尾望遠カメラ (TCAP)

マルチバンドカメラ (MCAP)

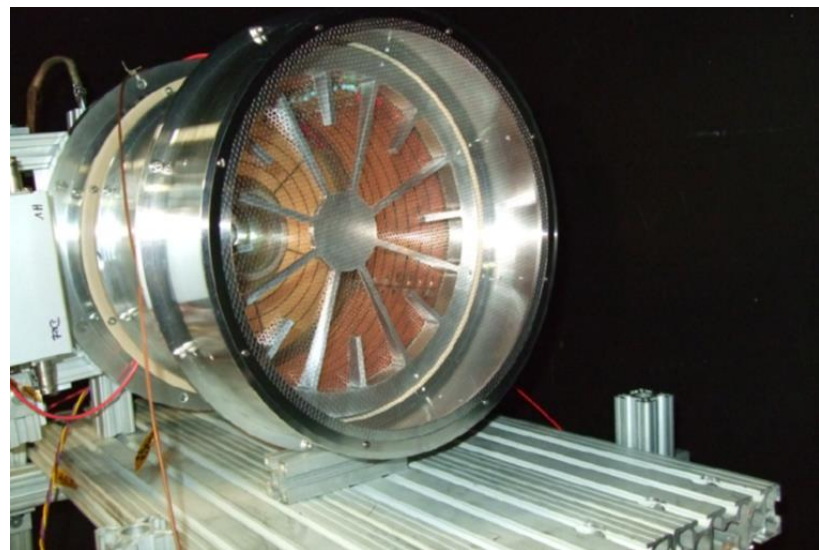


ダスト分布モデルの導出により，
探査前のモデル検証に繋がる



JAXA/ISAS : DESTINY+

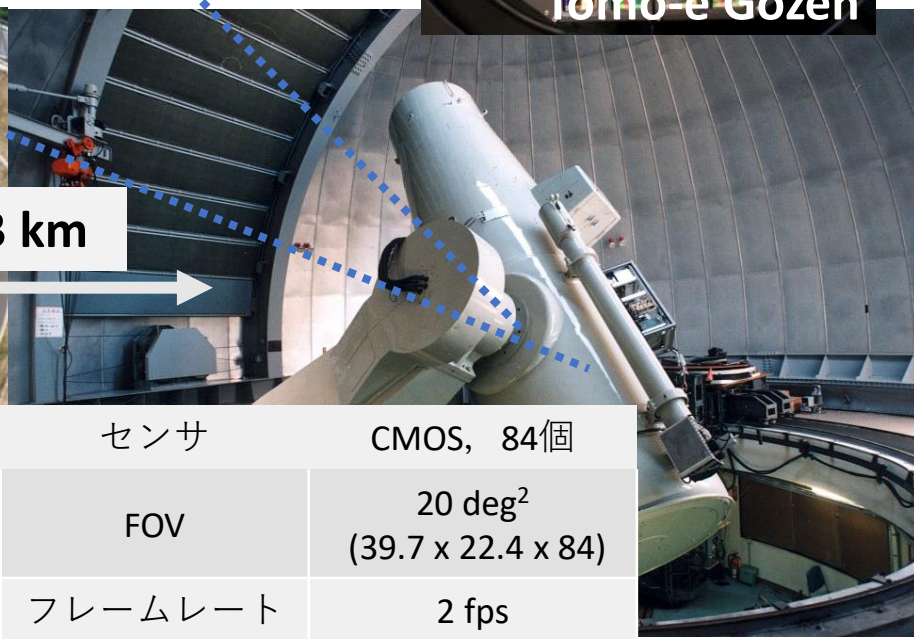
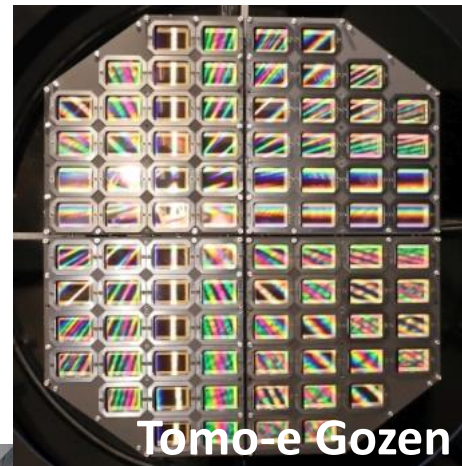
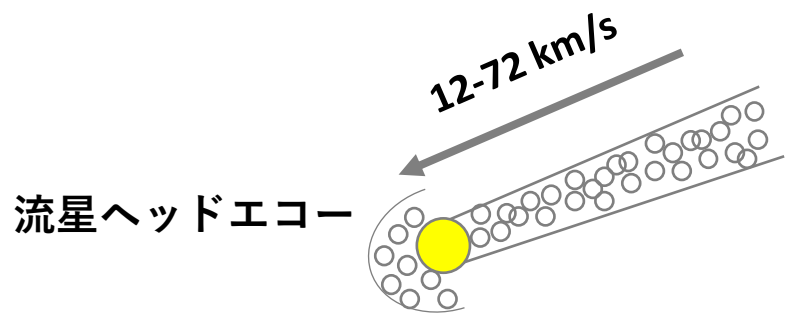
https://www.isas.jaxa.jp/missions/spacecraft/developing/destiny_plus.html



ダストアナライザ (DDA)

JAXA/ISAS : <https://destiny.isas.jaxa.jp/>

MUレーダーとTomo-e Gozenの同時観測



中心周波数 46.5 MHz

ビーム幅 3.6°

最大送信出力 1 MW

センサ CMOS, 84個

FOV 20 deg²
(39.7 x 22.4 x 84)

フレームレート 2 fps

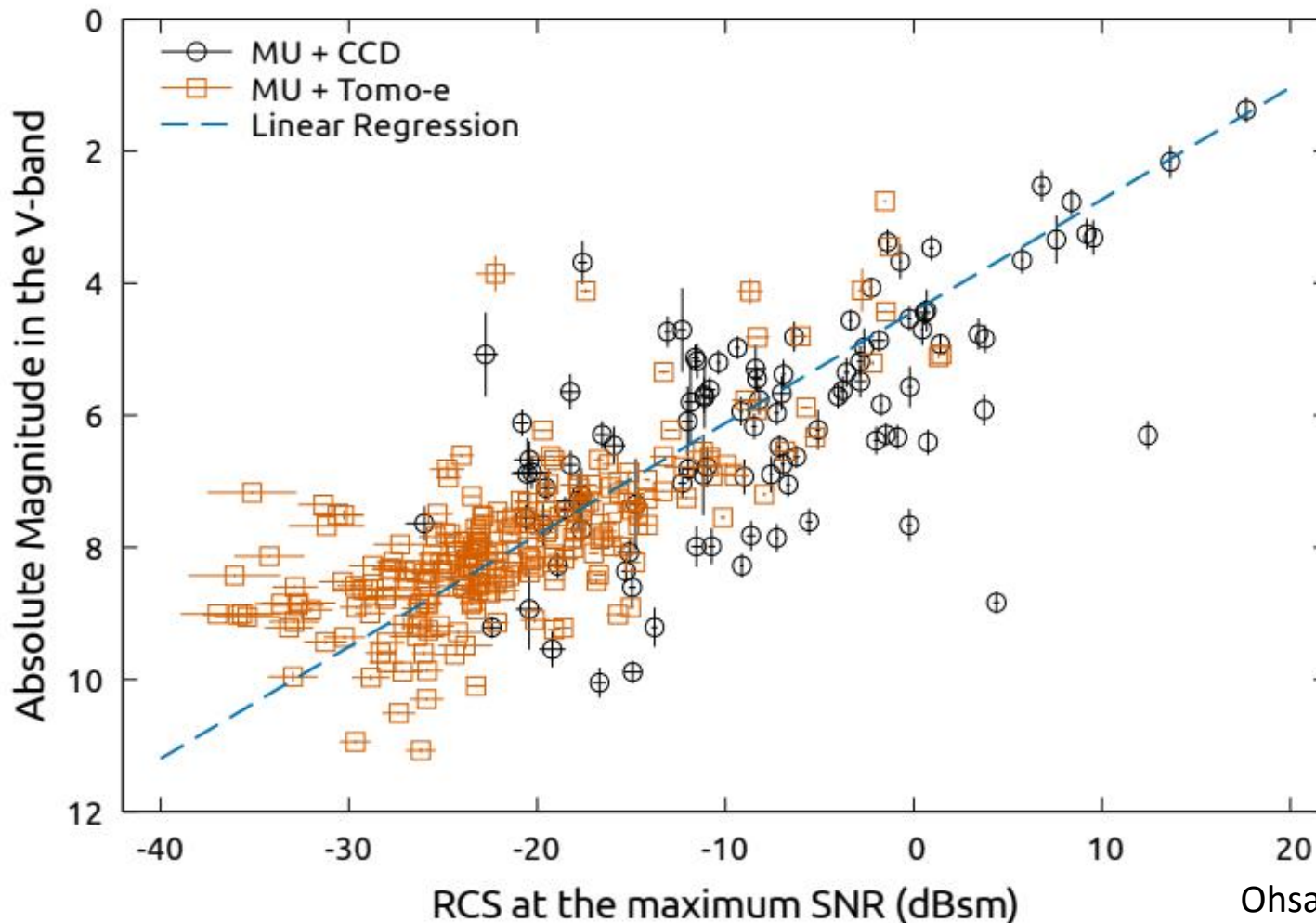
京大大学生存圏研究所MUレーダー

東京大学木曾観測所シュミット望遠鏡

散在流星のRCS-等級関係

Ohsawa et al. 2020

- ①MUレーダーとCCDカメラ → 103個
- ②MUレーダーとTomo-e Gozen → 228個

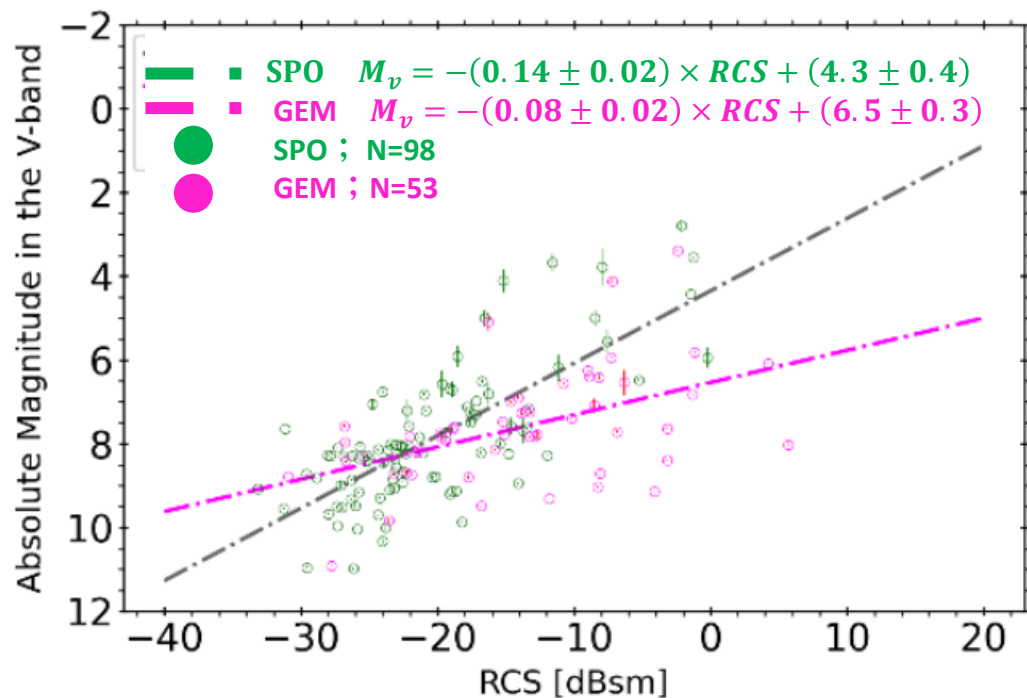


Ohsawa et al. 2020

ふたご座流星群のRCS-等級関係

2020年ふたご座流星群でのMUレーダー， Tomo-e Gozenの同時観測結果
12月12日から14日（20:00-30:00）のうち合計16時間の観測

散在流星：98個， ふたご座流星群：53個



ふたご座流星群について
暗い流星は電子の生成量が少ない
明るい流星は電子の生成量が多い



Naの枯渇が要因では？

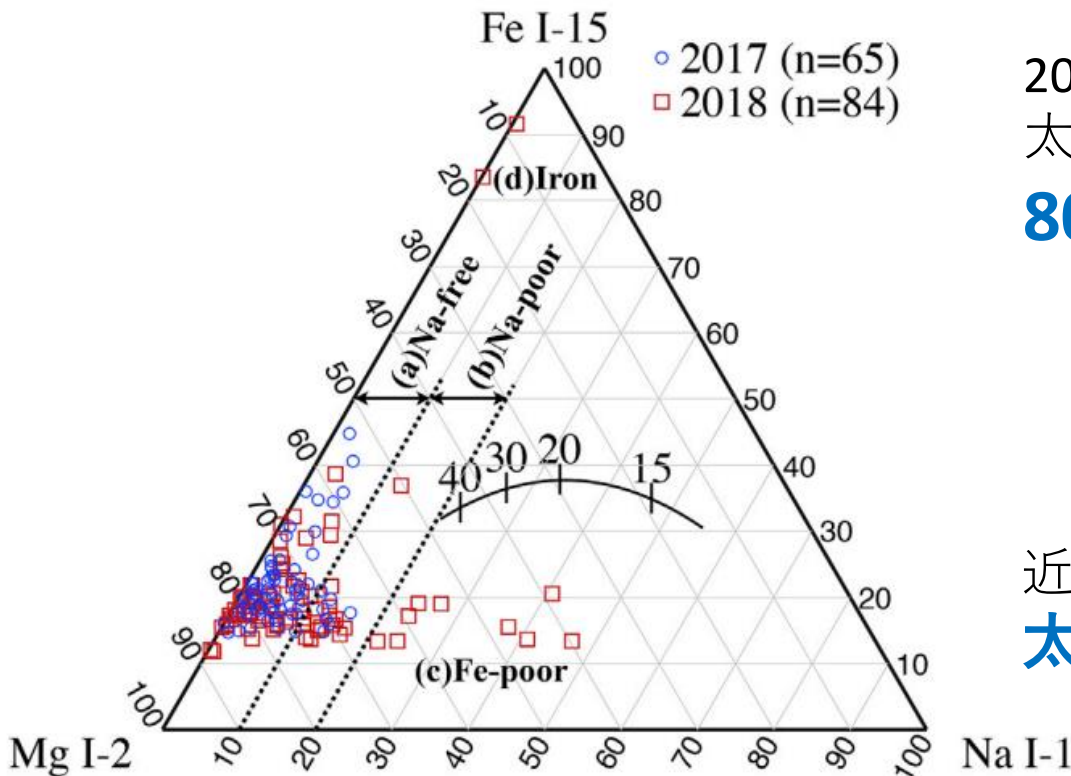
散在流星(30 – 40km/s)とふたご座流星群のRCS - 等級関係

野中, 修士論文

ふたご座流星群のRCS-等級関係

(3200) Phaethon

→軌道の類似性からふたご座流星群の母天体と考えられている



2017, 18年のふたご座流星群149個
太陽組成の流星体と比較して、
80%でNaが枯渇していた

Abe et al. 2020



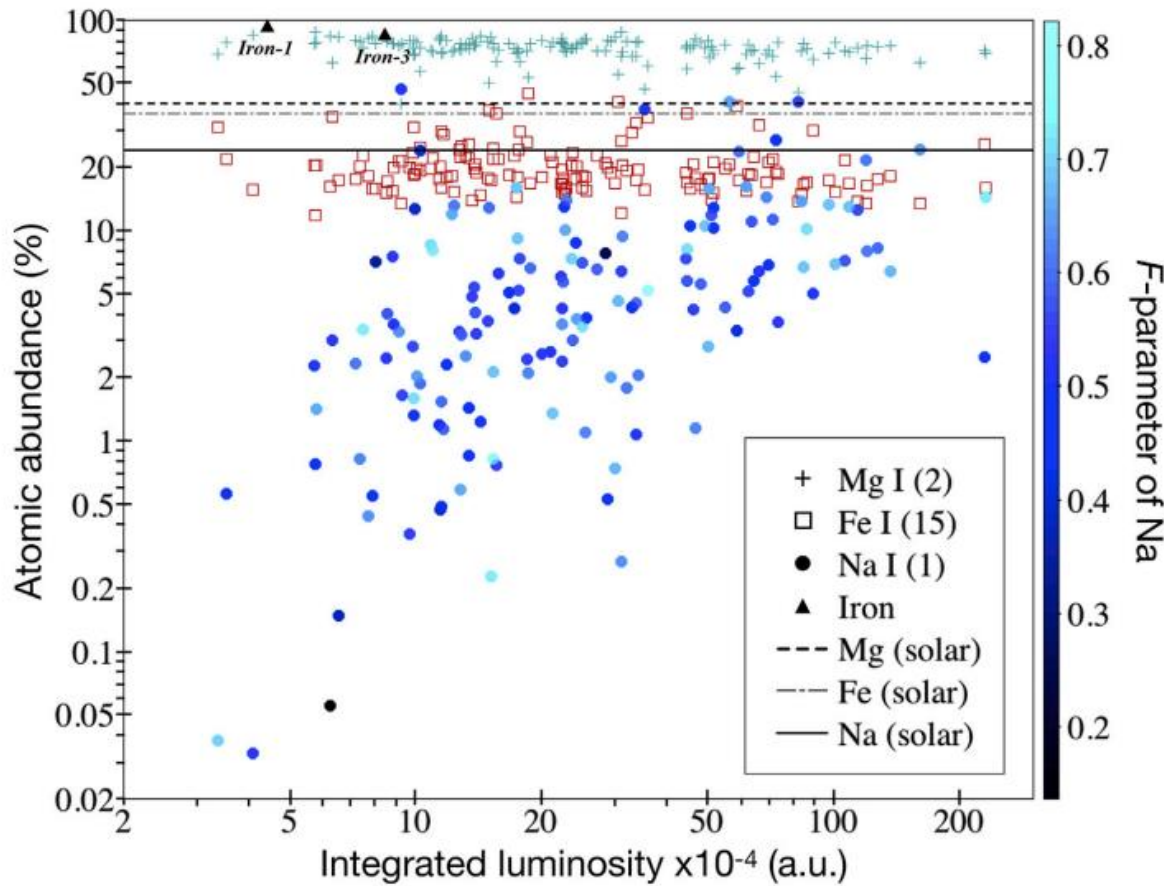
近日点距離が0.14AU
太陽加熱の影響を受けやすい

Čapek and J. Borovička 2009
Abe et al. 2020

分光観測で得られたふたご座流星群の輝線強度比
Abe et al. 2020

ふたご座流星群のRCS-等級関係

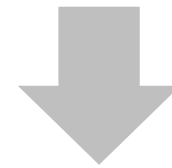
Na枯渇の流星体サイズ依存性について



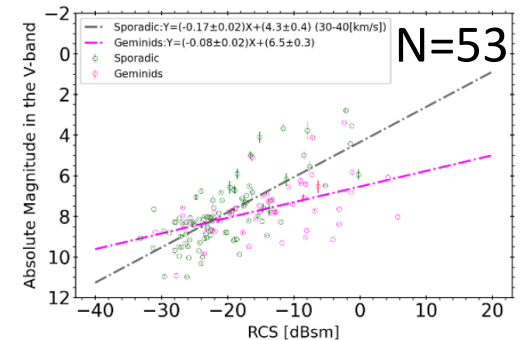
ふたご座流星群における発光強度とNaの関係

Abe et al. 2020

サイズが小さいものほど、Naの枯渇が進んでいる



ふたご座流星群のRCS-等級関係は先行研究と整合性が取れる結果



野中, 修士論文

研究背景

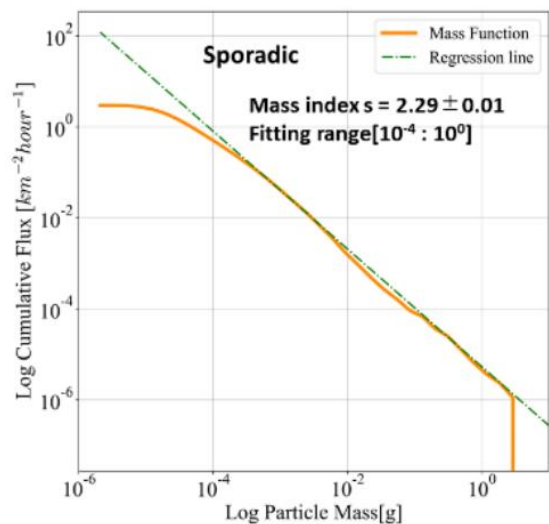
質量関数

2020年MUレーダー & Tomo-e Gozenの同時観測で得られた等級, 速度, 天頂角を以下の質量の推定式に代入

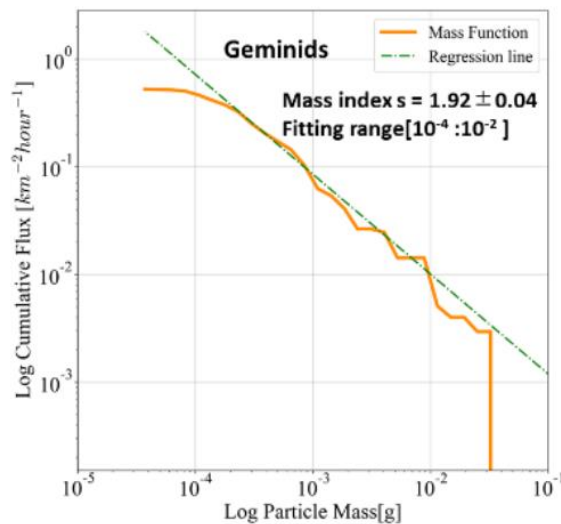
質量の推定式 (Ohsawa et al. 2020)

$$\log_{10} m = 2.76 - 0.38M_v - 2.31 \log_{10} V - 0.41 \log_{10} \cos(z)$$

質量 : m
 可視等級 : M_v
 大気突入速度[km/s] : V_∞
 輻射点の天頂角[deg] : z



散在流星における質量分布
(MURMHEDデータベース使用)



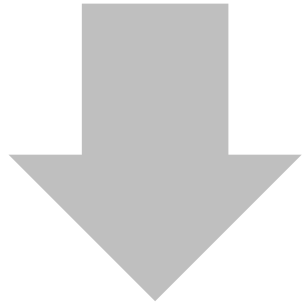
ふたご座流星群における質量分布
(2020年観測データ使用)

観測によって導出された質量関数

	先行研究	条件	質量関数
Spo	Rendtel (2004)	光学観測 (301499個)	2.95 ± 0.06
	Ohsawa et al. (2020)	MURMHED	2.46 ± 0.09
	野中, 修士論文 (2022)	MUレーダー & Tomo-e Gozen, MURMHRD	2.29 ± 0.01
Gem	Arlt and Rendtel (2006)	光学観測 (29,000個)	1.73 ± 0.02
	Blaauw et al. (2011)	CMOR, エコー振幅	1.89 ± 0.09
	野中, 修士論文 (2022)	MUレーダー & Tomo-e Gozen	1.92 ± 0.04

野中, 修士論文

研究目的



- ・ 2020年の観測だけでは統計的なデータと言いきれない
- ・ Naの枯渇によってRCSへの影響が考えられる

研究目的

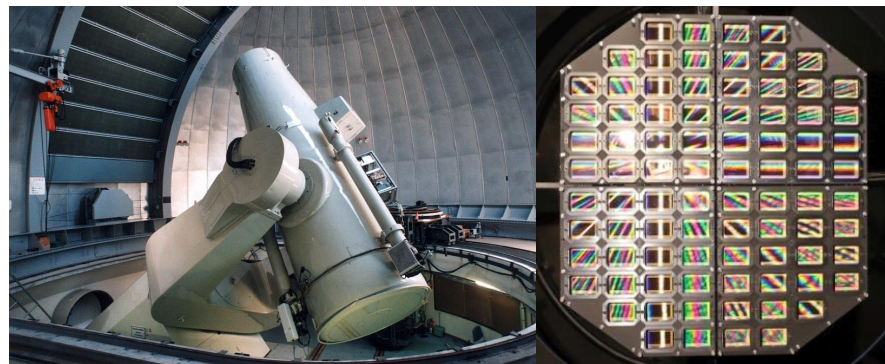
- ・ ふたご座流星群のRCSと等級の関係の導出
- ・ ふたご座流星群の質量分布関数の導出
- ・ 電波と分光での同時流星を観測し、各パラメータへの組成情報の寄与を推定する。

2022年ふたご座流星群 観測結果

○Tomo-e Gozen 総観測時間：約14時間

2022/12/14：観測時間 約8.3時間

- 18:00 観測開始→悪天候の為観測中断
- 20:29 観測再開
- 24:42 悪天候の為観測中断
- 25:08 観測再開
- 29:15 悪天候のため観測中断→観測終了

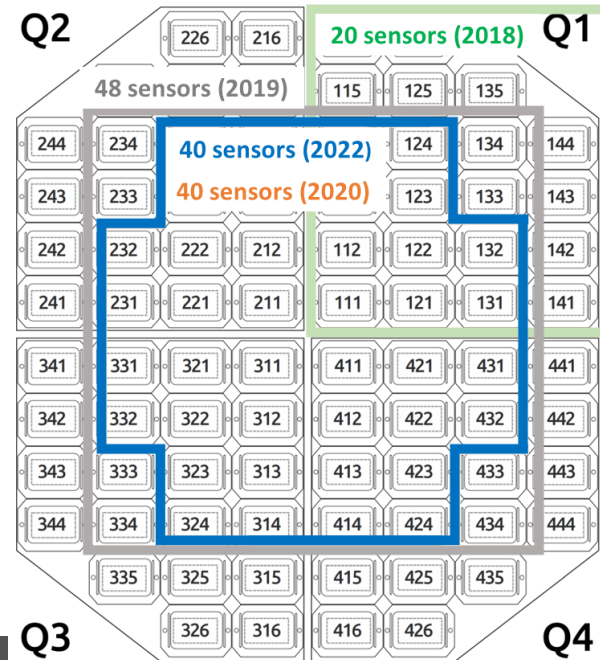


2022/12/15：観測時間 約5.7時間

- 18:19 観測開始
- 23:09 悪天候の為観測中断
- 25:25 観測再開
- 26:19 悪天候の為観測中断→観測終了



約29.3TBのデータを取得



2022年ふたご座流星群 観測結果

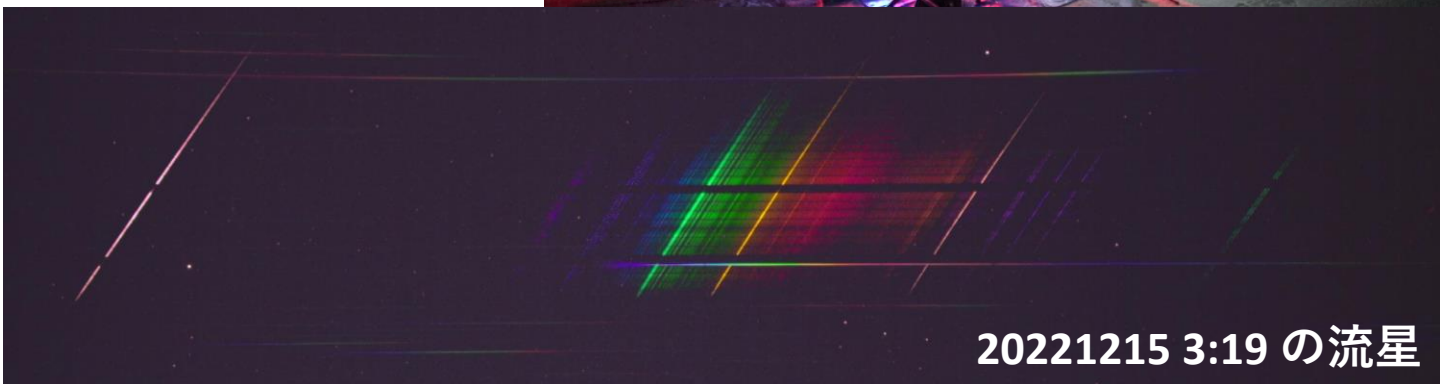
○分光観測

MUレーダー – Tomo-e Gozenの協定点にカメラを向け、分光観測を行った。

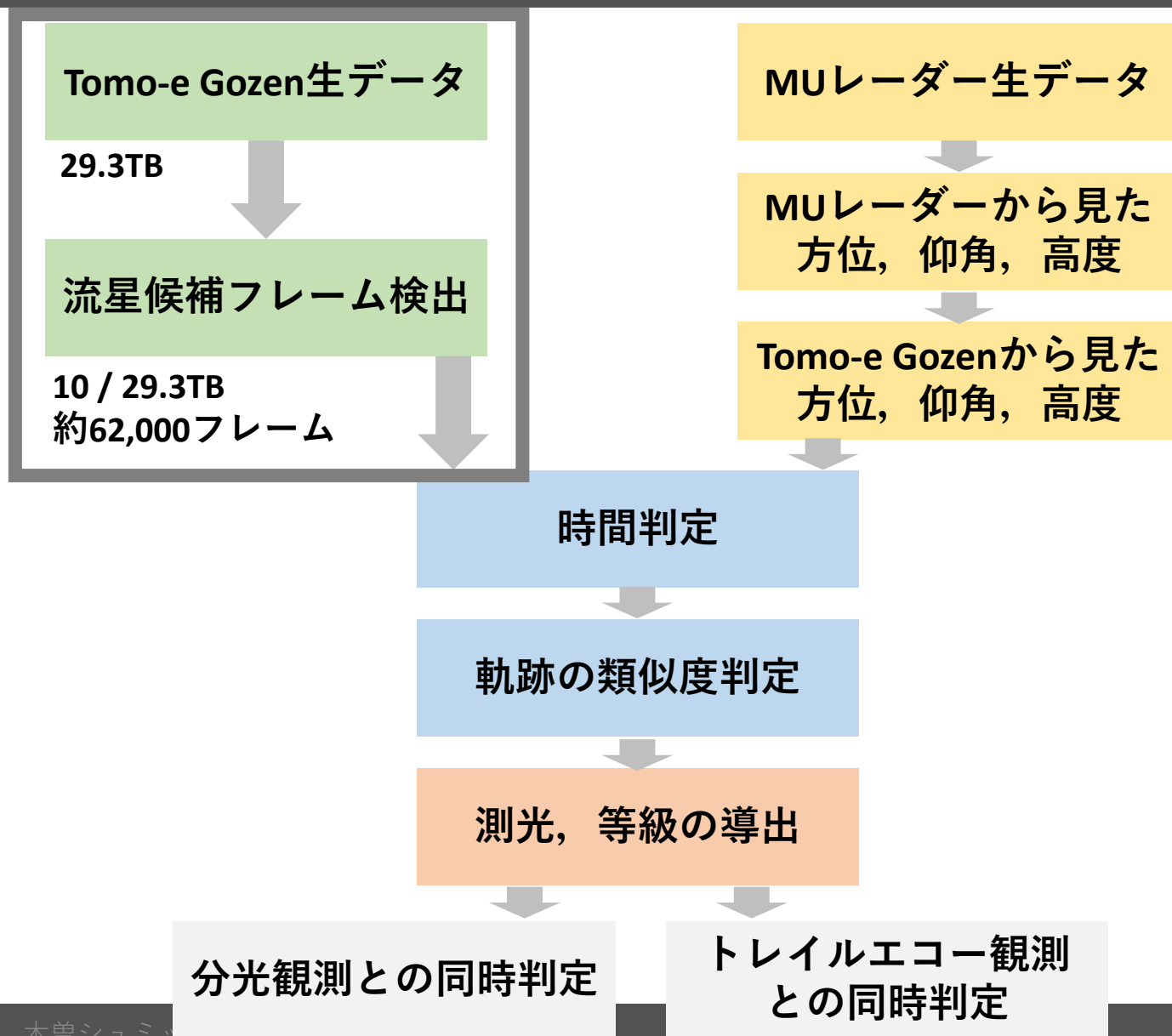
2022/12/14 **253個**

2022/12/15 **19個**

観測地点	長野県木曾観測所
カメラ	SONY α7s
レンズ	SIGMA 35mm F1.4
視野角 $H \times V$ [°]	54 × 37
方位, 仰角[°]	233.3, 29.9
回折格子	600 gr/mm

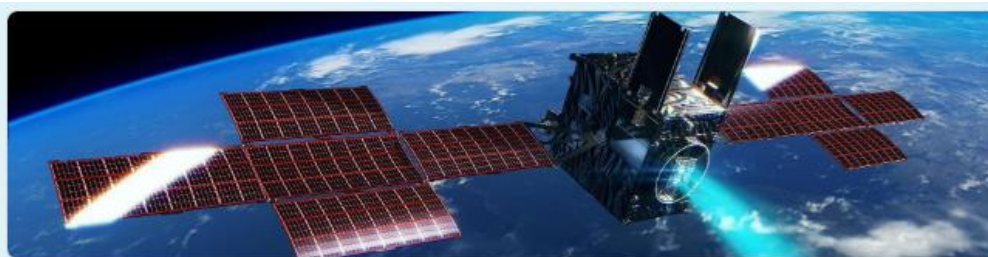


Tomo-e Gozen データ解析状況



まとめ

- ・ 2020年ふたご座流星群53個からRCS-等級関係，質量分布が導出された。
- ・ 組成情報と統計的なデータを得るために2022年ふたご座流星群の観測
→Tomo-e Gozen : 約29.3TBのデータを取得
分光観測 : 272個の流星データを取得



DESTINY+六分儀座流星群(DSX)観測キャンペーン

六分儀座流星群(DSX: Daytime Sextantids Meteor Shower)は、毎年9月末~10月初め頃
の活動がピークに達する流星群です。極大；太陽黄経~188度付近(2022/10/1-10/2頃)
DSXの活動の詳細は下田力さんのFM観測により明らかになりました(Ohtsuka+1997)
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1997EM%26P..77...830/abstract>

謝辞

東京大学木曾観測所，京都大学生存圏研究所MU観測所の皆様には観測と解析において多大なるサポートを行っていただきました。