

# DIMS Collaboration

S. Abe<sup>a</sup>, D. Barghini<sup>c,g</sup>, M. Bertaina<sup>c</sup>, M. Casolino<sup>e,f</sup>, A. Cellino<sup>g</sup>, C. Covault<sup>r</sup>,  
T. Ebisuzaki<sup>e</sup>, M. Endo<sup>a</sup>, M. Fujioka<sup>j</sup>, Y. Fujiwara<sup>h</sup>, D. Gardiol<sup>g</sup>, M. Hajdukova<sup>i</sup>, M. Hasegawa<sup>a</sup>,  
Y. Iwami<sup>j</sup>, F. Kajino<sup>b \*</sup>, M. Kasztelan<sup>q</sup>, K. Kikuchi<sup>a</sup>, S.-W Kim<sup>k</sup>, M. Kojro<sup>l</sup>, J.N. Matthews<sup>m</sup>,  
M. Mori<sup>j</sup>, I.H. Park<sup>n</sup>, L.W. Piotrowski<sup>o</sup>, M. Przybylak<sup>q</sup>, H. Sagawa<sup>p</sup>, K. Shinozaki<sup>q</sup>,  
D. Shinto<sup>j</sup>, J.S. Sidhu<sup>r</sup>, G. Starkman<sup>r</sup>, Y. Takizawa<sup>e</sup>, Y. Tameda<sup>j</sup>, T. Tomida<sup>s</sup>,  
S. Valenti<sup>c</sup>, M. Vrabel<sup>q</sup>, N. Kobayashi<sup>t</sup>, Y. Mori<sup>t</sup> and N. Takahashi<sup>t</sup>

*a* Department of Aerospace Engineering, Nihon University, Japan

*b* Department Of Physics, Konan University, Japan

*c* Department of Physics, University of Turin, Italy

*d* National Institute for Nuclear Physics (INFN) – Turin, Italy

*e* RIKEN (Institute of Physical and Chemical Research), Japan

*f* National Institute for Nuclear Physics (INFN) – Rome Tor Vergata, Italy

*g* Observatory of Turin, National Institute for Astrophysics (INAF), Italy

*h* Nippon Meteor Society (NMS), Japan

*i* Astronomical Institute, Slovak Academy of Sciences, Slovakia

*j* Department of Engineering and Science, Osaka Electro-Communication University, Japan

*k* Korea Astronomy and Space Science Institute, Republic of Korea

*l* Faculty of Physics and Applied Informatics, University of Lodz, Poland

*m* Department of Physics and Astronomy, University of Utah, USA

*n* Department of Physics, Sungkyunkwan University, Republic of Korea

*o* Department of Physics, University of Warsaw, Poland

*p* Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Japan

*q* National Center for Nuclear Research (NCBJ), Poland

*r* Department of Physics, Case Western Reserve University, USA

*s* Department of Engineering, Shinsyu University, Japan

*t* Kiso Observatory, The University of Tokyo, Japan

Collaboration with 37 members from Japan, USA, Italy, Poland, Slovakia and Korea

日本大学大学院 理工学研究科 航空宇宙工学専攻 修士2年

○菊地啓太, 遠藤未来

# 流星の光学観測

## 流星の光学観測

撮像：高感度なカメラによる(等級の大きい)流星の観測

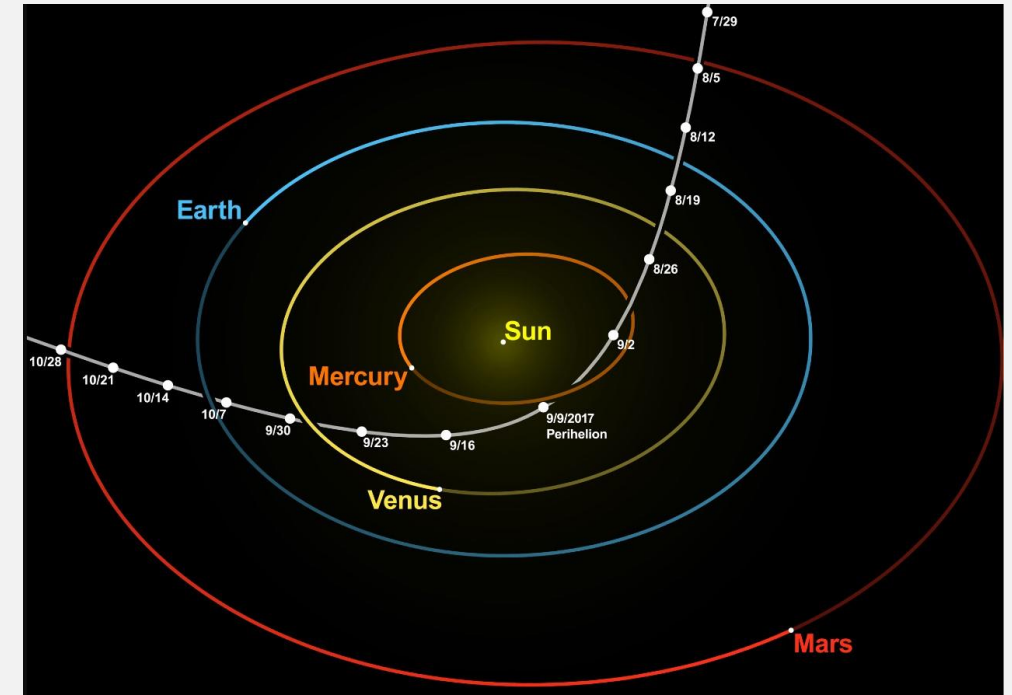
→軌道推定

分光：高精細なカメラによる高い波長分解能

→組成推定

## 太陽系外由来の流星(Interstellar Meteoroids)

- ・ 2地点から同一の流星を観測し，軌道推定
- ・ 日心速度 $V_h > 42.1$  [km/s]，離心率 $e > 1$  → 双曲線軌道



流星の光学観測による母天体の間接的探査

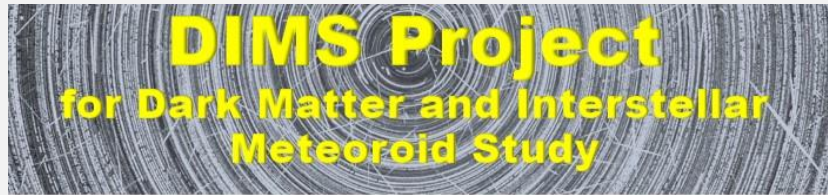
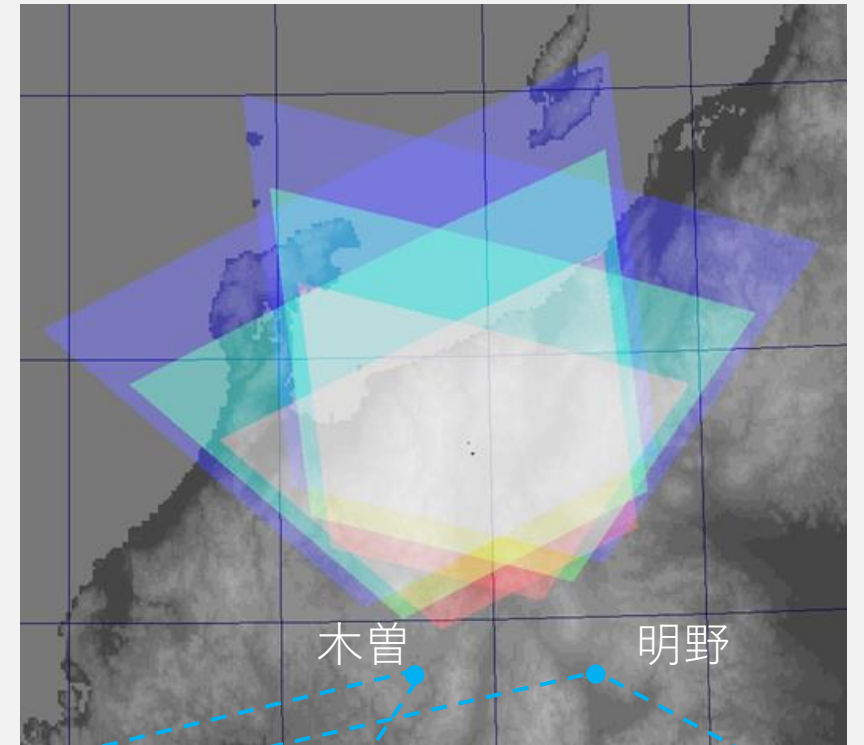


宇宙の起源，太陽系の進化の解明

# DIMSプロジェクト(撮像観測)

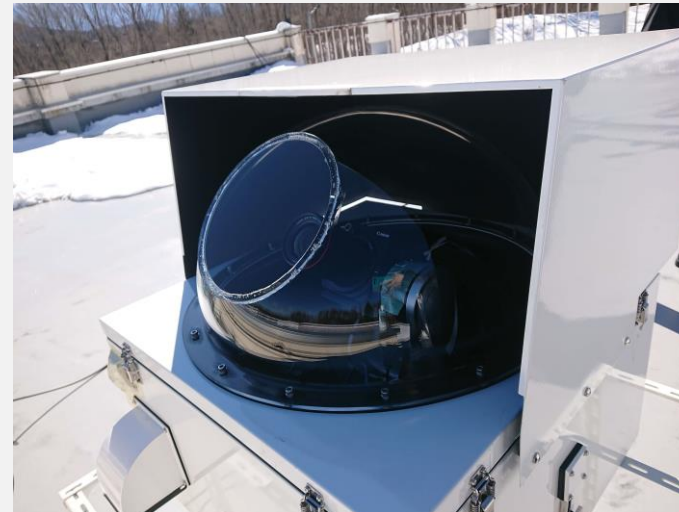
DIMS (Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study)

	木曽観測所(木曽)	宇宙線研究所(明野)
緯度, 経度	(35 47' 48", 137 37' 25")	(35 47' 13", 138 28' 35")
標高	1128 [m]	963 [m]
目標ポイント	(36 41' 00", 137 55' 10")	
直線距離	77 [km]	
観測期間	2022/3/11 - 2023/1/17	



F. Kajino<sup>a</sup>, R. Ide<sup>a</sup>, M. Arahori<sup>a</sup>, S. Tada<sup>a</sup>, K. Nadamoto<sup>a</sup>, Y. Tameda<sup>b</sup>, Y. Iwami<sup>b</sup>, D. Shinto<sup>b</sup>, M. Bertina<sup>c,d</sup>  
 D. Barghini<sup>d</sup>, S. Valenti<sup>d</sup>, A. Cellino<sup>e,f</sup>, K. Shinozaki<sup>g</sup>, M. Casolino<sup>h,i</sup>, T. Ebisuzaki<sup>g</sup>, Y. Takizawa<sup>g</sup>, L. W. Piotrowski<sup>j</sup>,  
 H. Sagawa<sup>k</sup>, J. Matthews<sup>k</sup>, S. Abe<sup>l</sup>, I.H. Park<sup>m</sup>, S. Kim<sup>n</sup>, G. Starkman<sup>o</sup>, J. S. Sidhu<sup>o</sup>, Y. Fujiwara<sup>p</sup>

<sup>a</sup>Dept. of Phys., Konan Univ., Kobe, Japan    <sup>b</sup>Dept. of Engin. Science, Osaka Electro-Comm. Univ., Neyagawa, Japan  
<sup>c</sup>Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Torino, Turin, Italy    <sup>d</sup>Dipartimento di Fisica, Università di Torino, Turin, Italy  
<sup>e</sup>Osservatorio Astronomico di Torino, Istituto Nazionale di Astrofisica, Turin, Italy    <sup>f</sup>National Center for Nucl. Res. (NCBJ), Lodz, Poland  
<sup>g</sup>RIKEN, Wako, Japan    <sup>h</sup>Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Roma Tor Vergata, Rome, Italy  
<sup>i</sup>Univ. Warsaw, Warsaw, Poland    <sup>j</sup>ICRR, Univ. of Tokyo, Kashiwa, Japan    <sup>k</sup>Dept. of Phys. & Astronomy, Univ. of Utah, Salt Lake City, USA  
<sup>l</sup>Dept. of Aerospace Engin., College of Science and Technology, Nihon Univ., Funabashi, Japan  
<sup>m</sup>Dept. of Phys., Sungkyunkwan Univ., Jang-an-gu, Korea    <sup>n</sup>Korea Astro. and Space Sci. Inst. (KASI), Daejeon, Korea  
<sup>o</sup>Dept. of Phys., Case Western Reserve Univ., USA

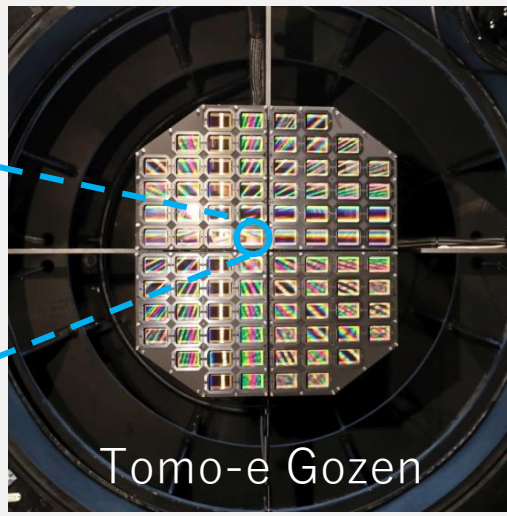




# 観測装置



ME20F-SH



Tomo-e Gozen



ILCE-7S



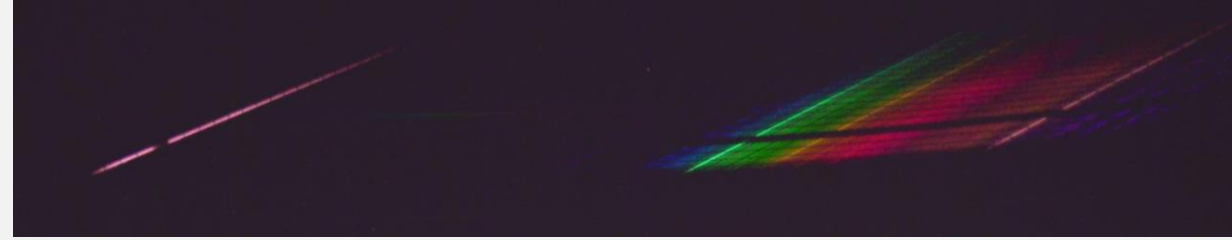
透過型回折格子

	ME20F-SH	ILCE-7S
センサ	35mmフルサイズ 単板CMOS	35mmフルサイズ
解像度	1920 × 1080	3840 × 2160
感度	0 - 75 [dB] ISO 800 - 4,560,000相当	ISO 100 - 102,400
シャッター速度	1/30 [s]	1/60 [s]
フレームレート	29.97p [fps]	60p [fps]
その他	IRカットフィルターレス	IRカットフィルターレス 透過型回折格子つき

DIMS

Abe Labo.

# 観測条件



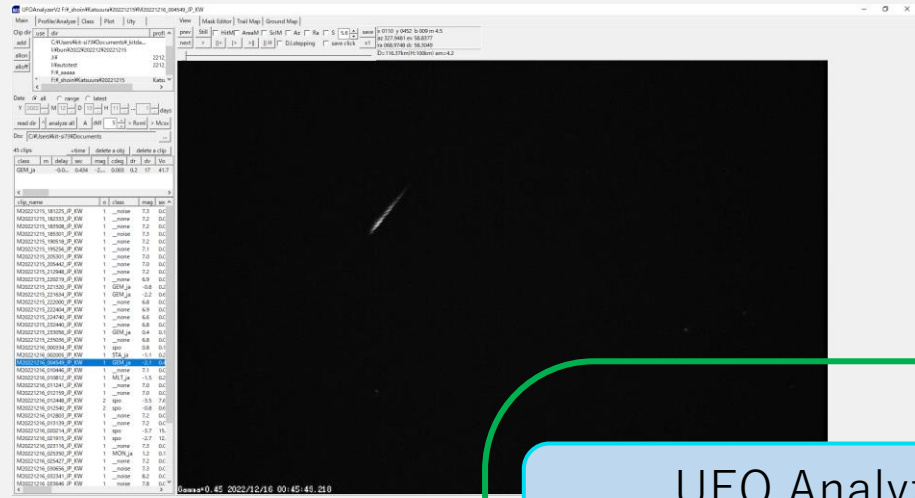
実際に取得したデータ(左：ME20F-SH, 右：ILCE-7S)

	ME20F-SH	ILCE-7S
解像度	1920 × 1080	3840 × 2160
感度	69 [dB]	ISO 256,000
シャッター速度	1/30 [s]	1/60 [s]
フレームレート	29.97p [fps]	60p [fps]
使用レンズ	35mm	24mm, 35mm
F値	F1.4	F1.4, F1.4
観測視野	54.4 × 37.8 [deg.]	54.4 × 37.8 [deg.] 73.7 × 53.1 [deg.]

DIMS

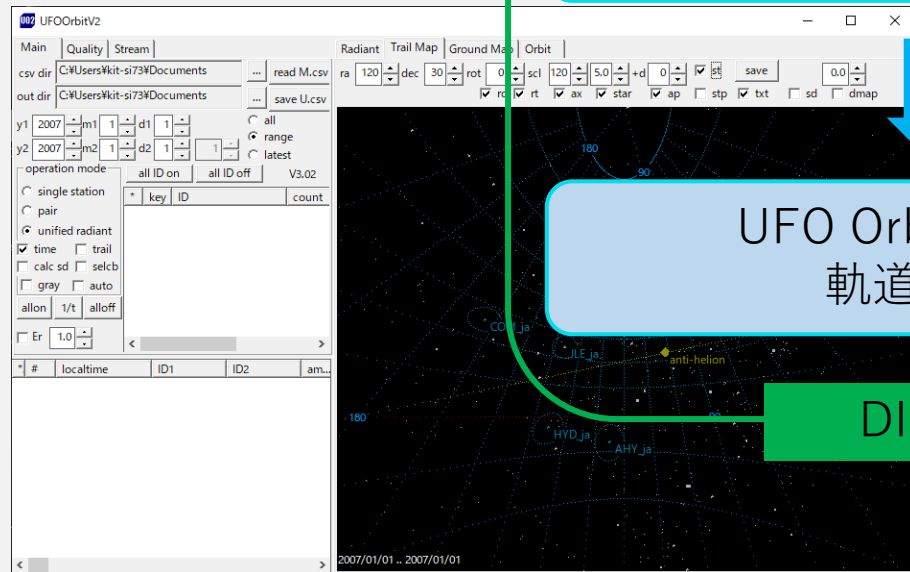
Abe Labo.

# 観測・解析手法



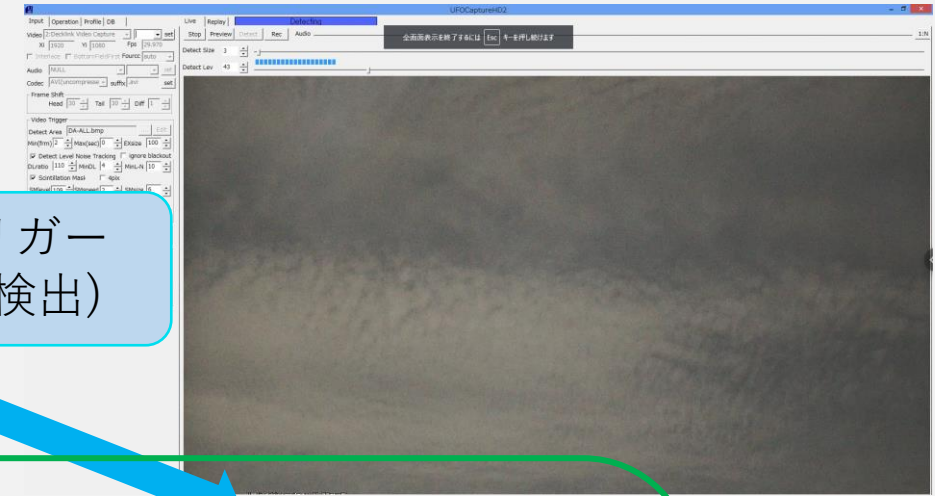
UFO Captureでトリガー  
(タイムシフト動体検出)

UFO Analyzerによる  
等級算出



UFO Orbitによる  
軌道算出

DIMS

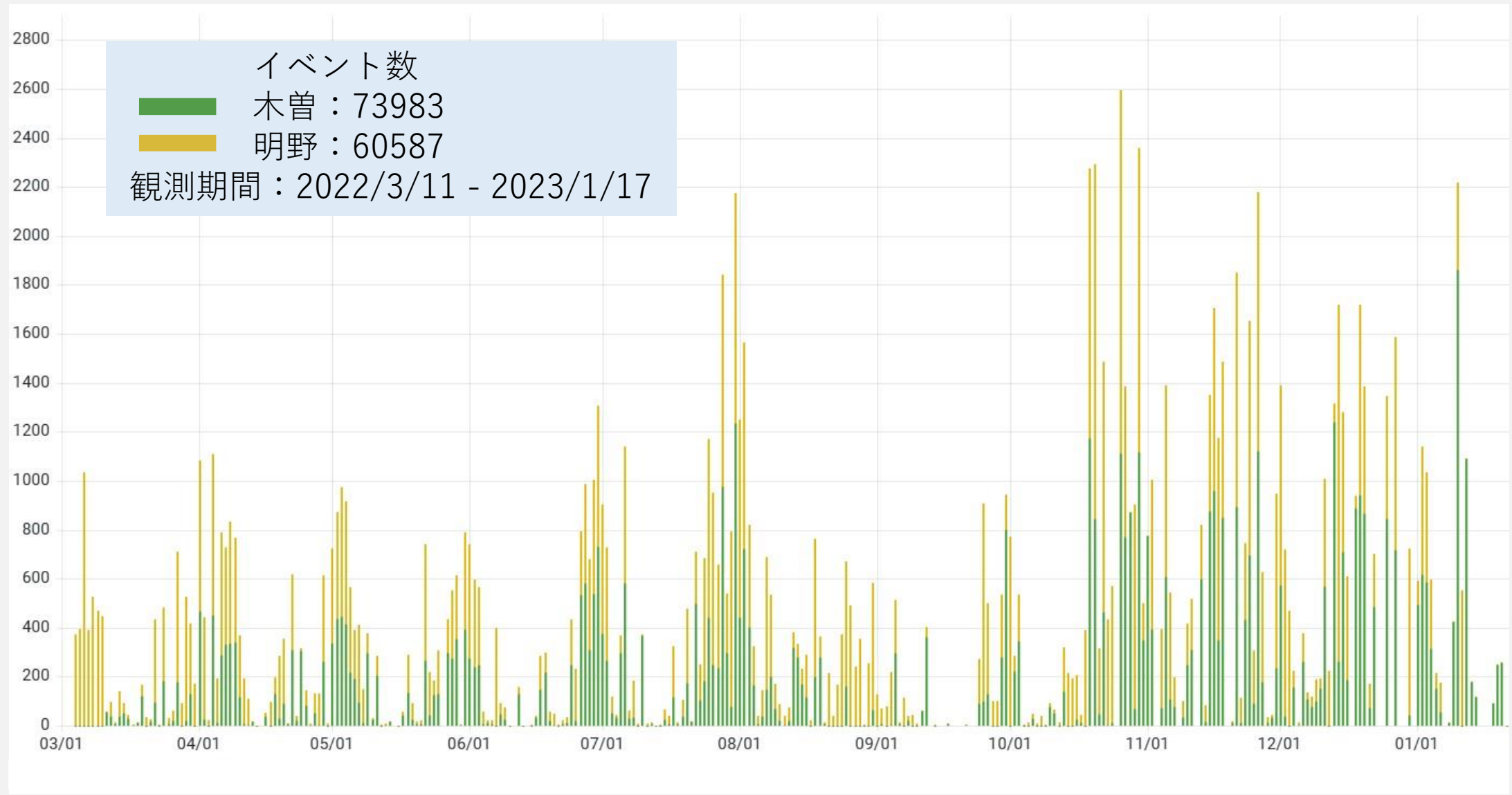


独自ソフトHokuleleで輝線同定

輝線強度比測定

Abe Labo.

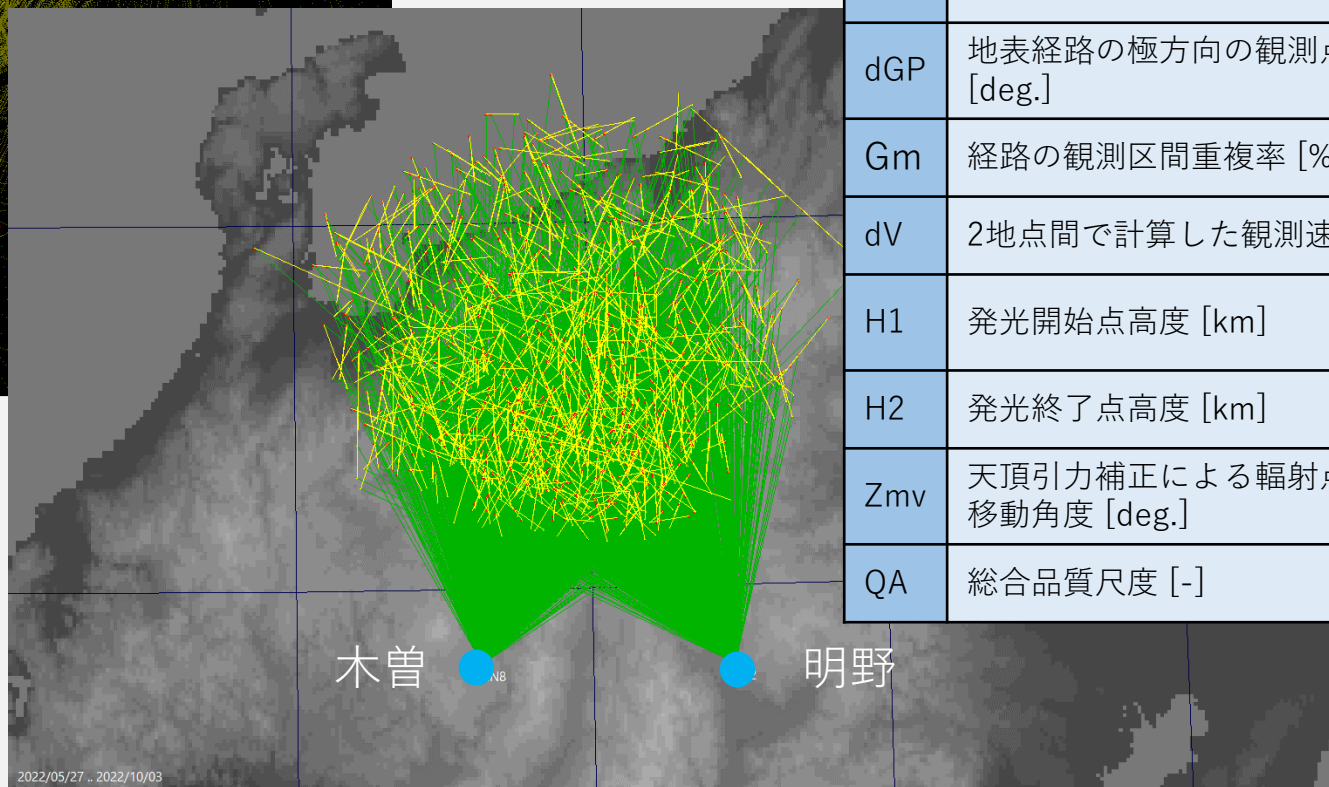
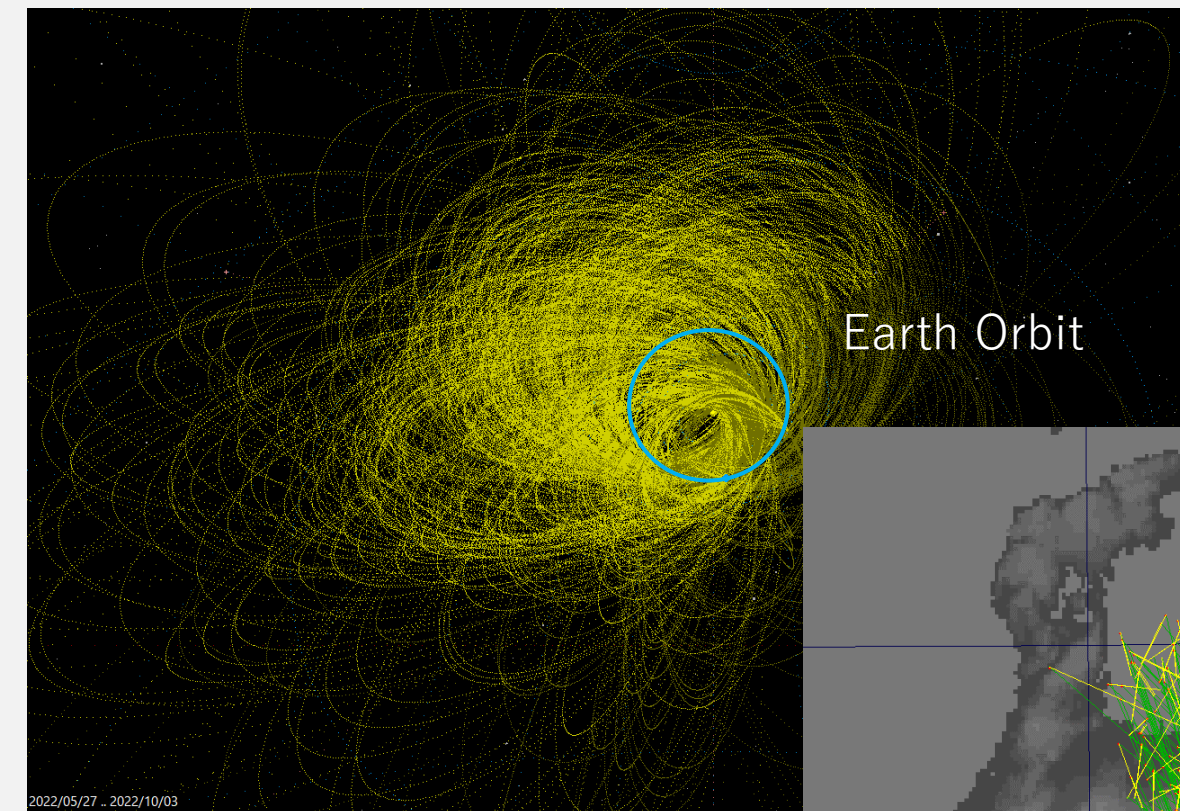
# 観測結果(撮像)



設置期間中の観測数



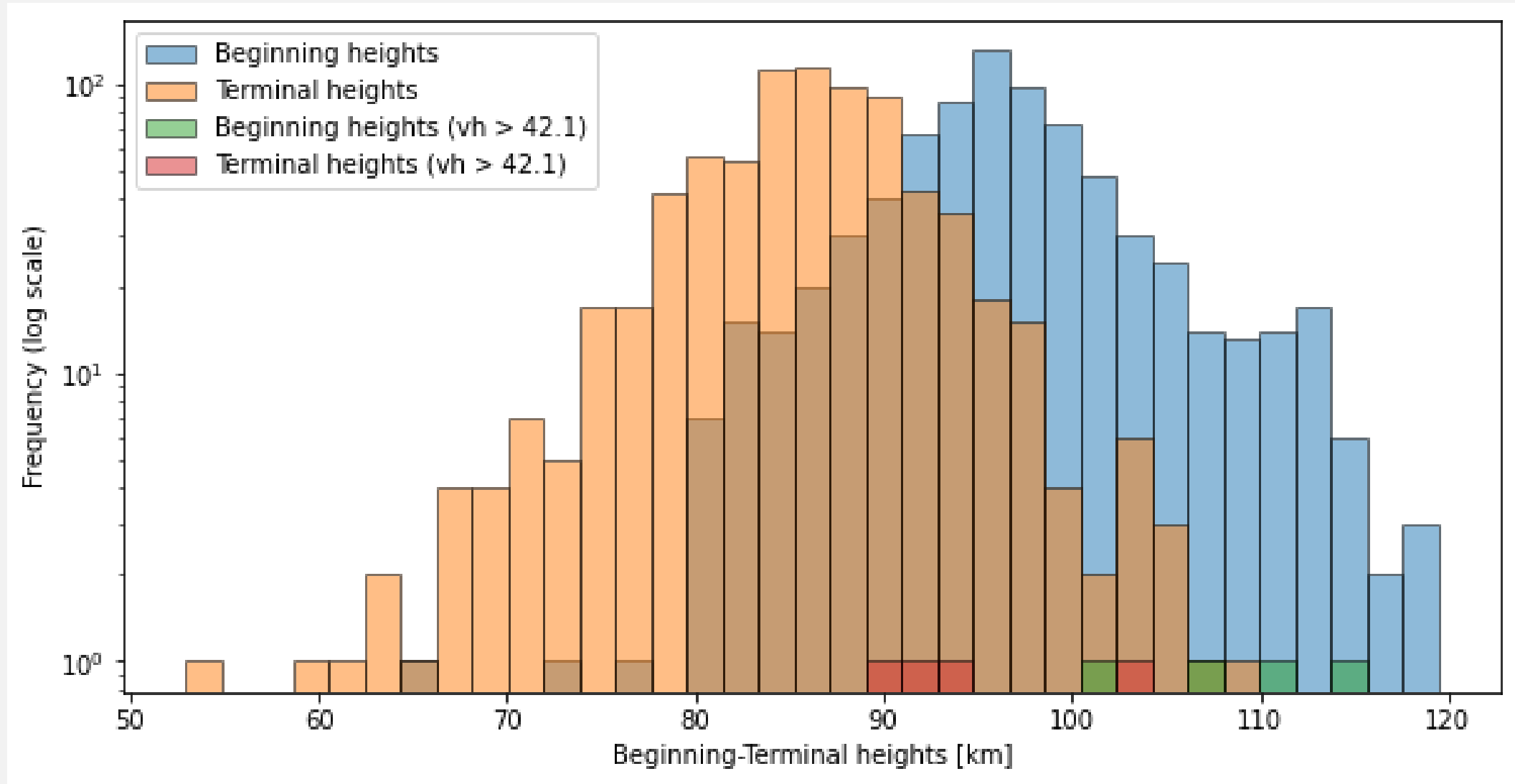
# 観測された流星の軌道(撮像)



流星数  
 木曾：30352 個  
 明野：19543 個  
 同時：793 個  
 期間：2022/05/27 - 2022/10/3

名称	意味(単位)	条件
dt	観測時刻差 [sec.]	dt<2.0
GD	観測地点間基線長 [km]	GD>15
Qc	観測平面交差角 [deg.]	Qc>15.0
Ed	輻射点位置誤差の評価角 [deg.]	Ed<5.0
Ex	経路決定誤差評価角 [deg.]	Ex<10.0
Vo	流星の観測速度 [km/s]	Vo>12.0
dGP	地表経路の極方向の観測点間の差 [deg.]	dGP<0.10
Gm	経路の観測区間重複率 [%]	Gm>50
dV	2地点間で計算した観測速度 [%]	dV<10
H1	発光開始点高度 [km]	H1<180, H1>60
H2	発光終了点高度 [km]	H2<110
Zmv	天頂引力補正による輻射点位置移動角度 [deg.]	Zmv<10
QA	総合品質尺度 [-]	QA>0.7



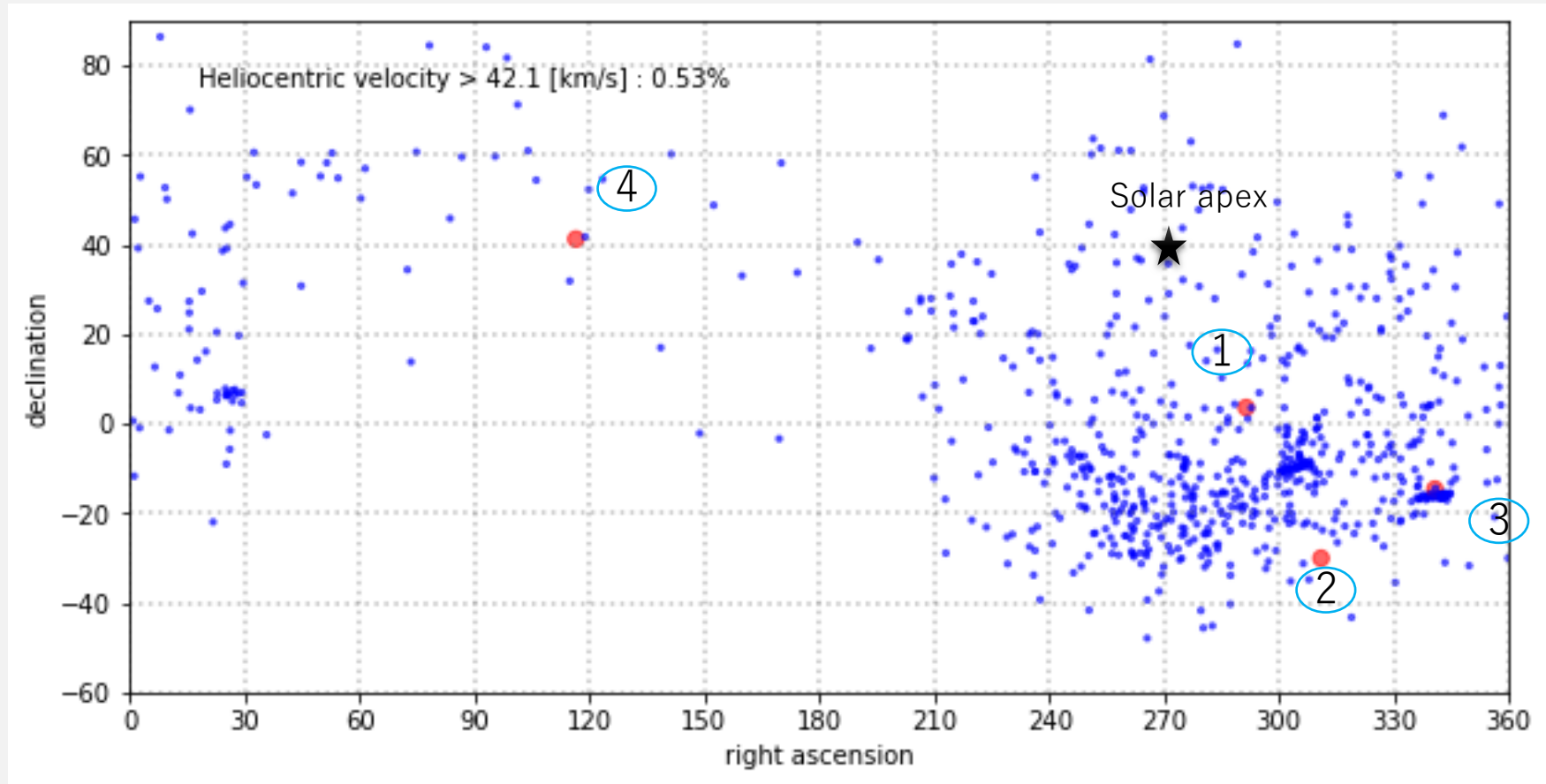


流星の発光開始高度と消滅高度

# 観測結果

Vg	Vh	q	e	peri	node	incl	mag
55.428	42.104	0.352	1.009	287.422	67.021	106.591	2.2
61.552	42.683	0.282	1.023	115.273	252.814	146.461	2.55
47.946	42.984	0.040	1.005	156.443	308.212	36.649	2.35
66.944	42.336	0.793	1.021	125.877	182.364	143.131	-0.65

a : 軌道長半径、 q : 近日点距離、 e : 離心率、 peri : 近日点引数、 node : 昇交点黄経、 incl : 軌道傾斜角



輻射点分布(日心速度 $v_h > 42.1$  [km/s]の時は赤プロット)

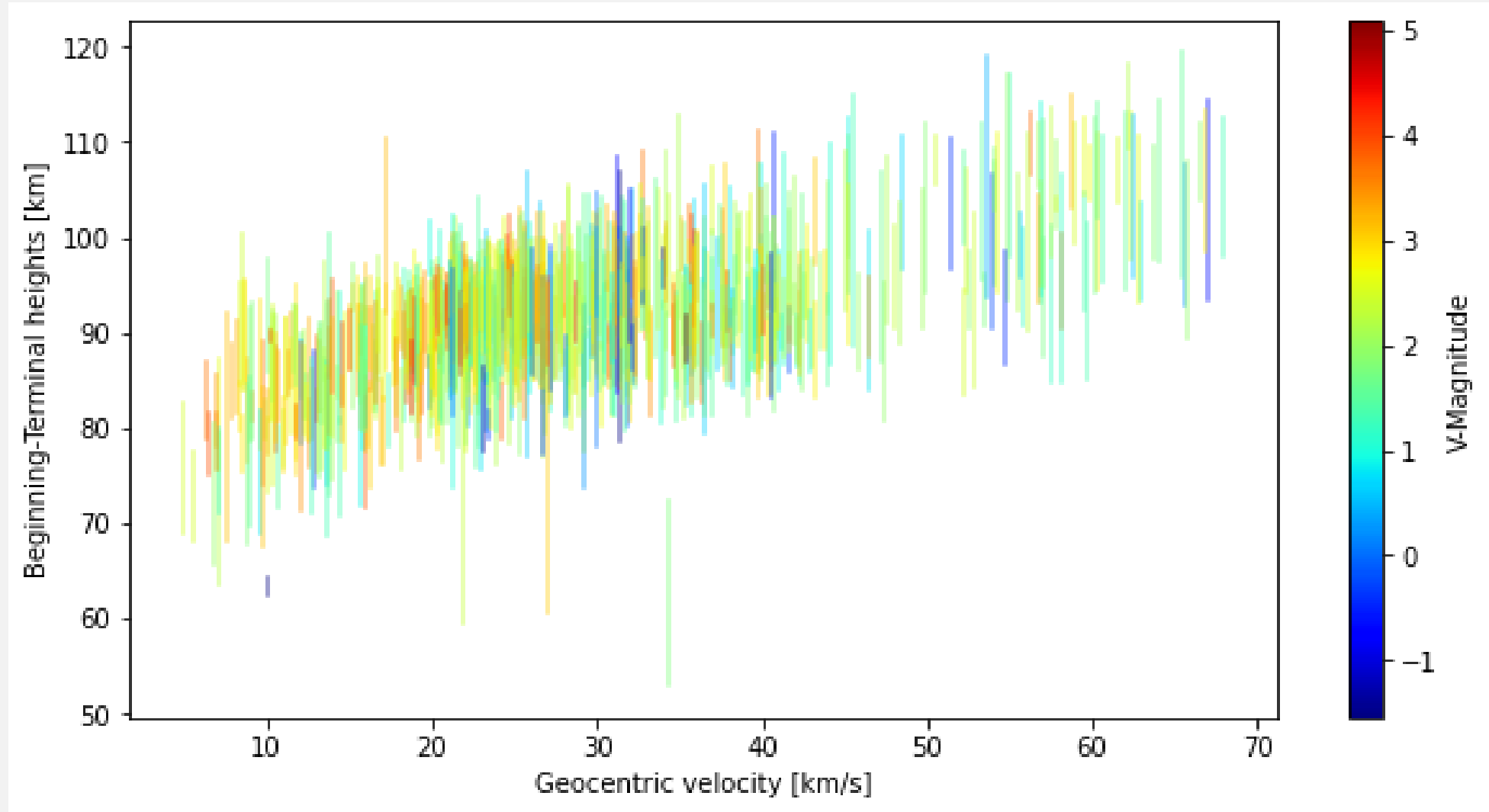
# 観測結果

	Vg	Vh	q	e	peri	node	incl	mag
④	66.944	42.336	0.793	1.021	125.877	182.364	143.131	-0.65

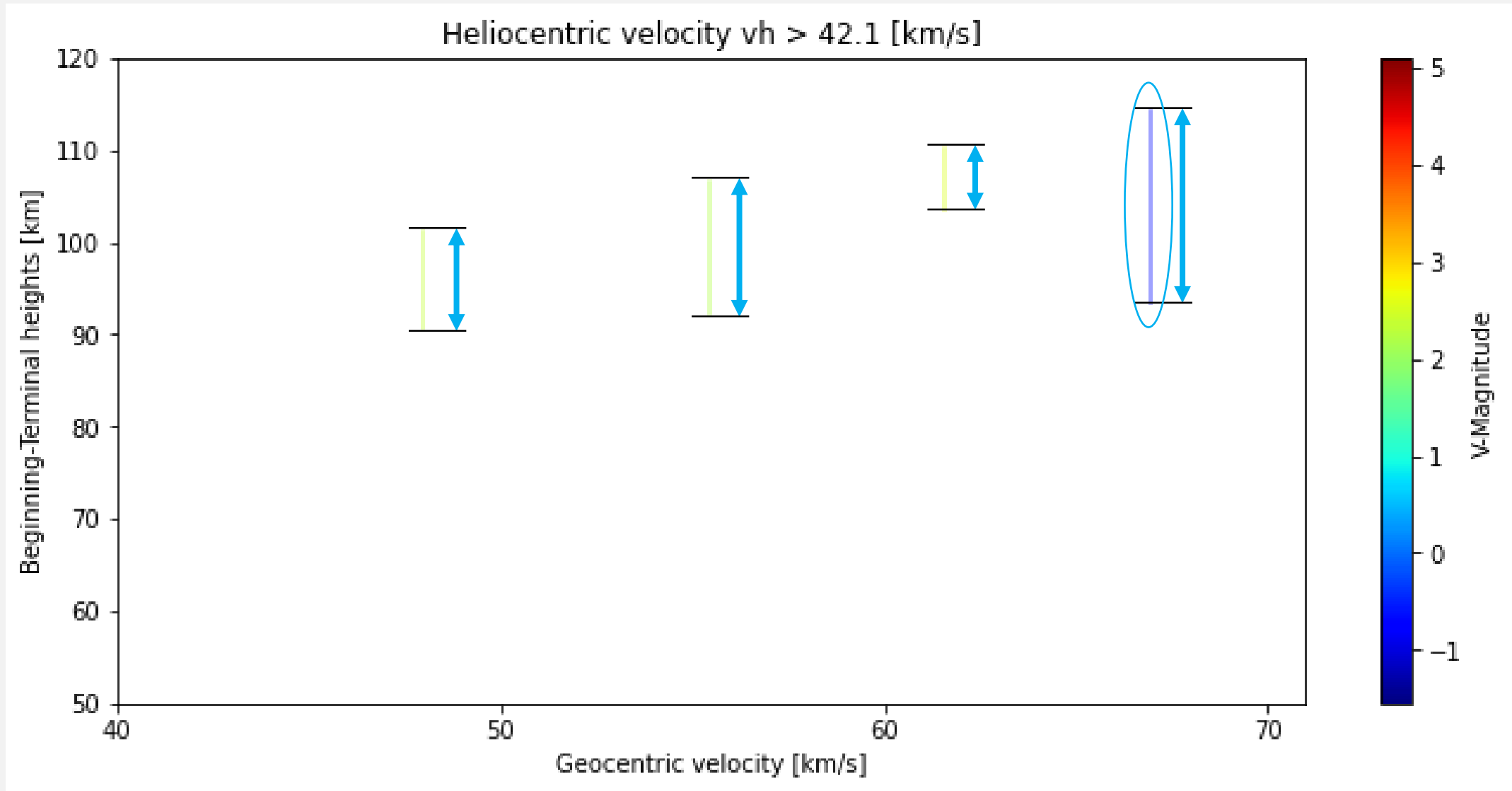
a : 軌道長半径、q : 近日点距離、e : 離心率、peri : 近日点引数、node : 昇交点黄経、incl : 軌道傾斜角







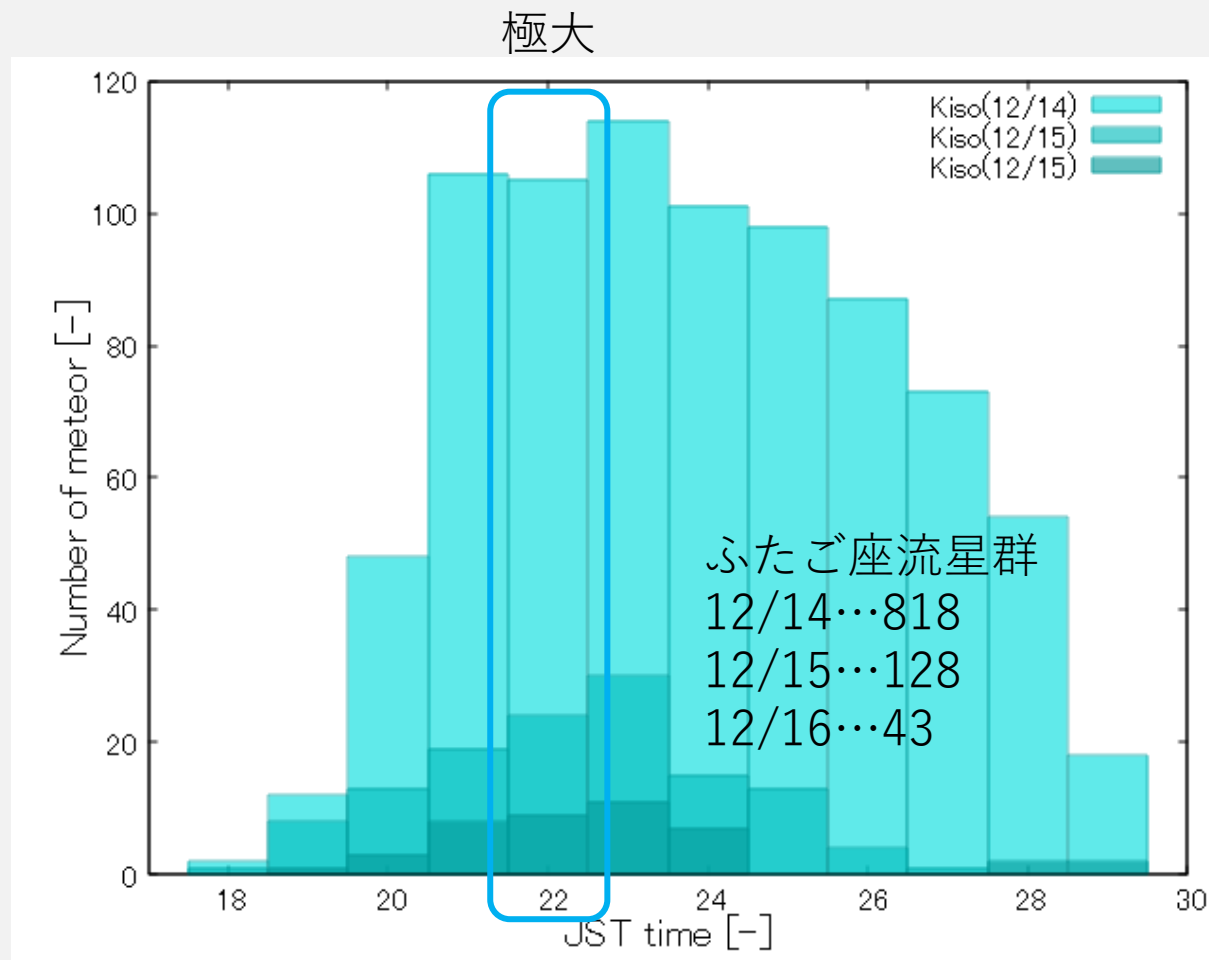
地心速度，発光開始-消滅高度の関係



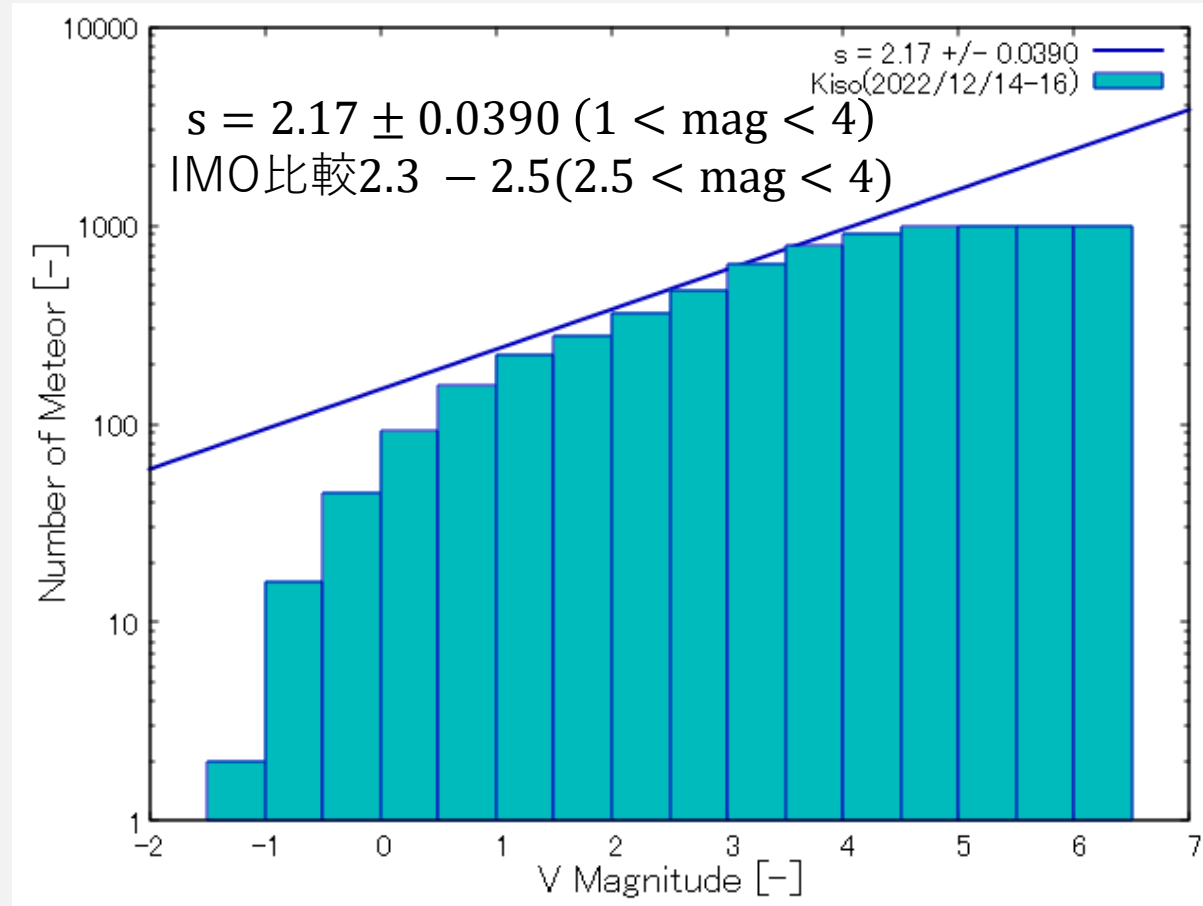
地心速度，発光開始-消滅高度の関係

# 2022ふたご座流星群における観測結果(撮像)

	木曾
ふたご座流星群	989 (36.2%)
全流星イベント	2729



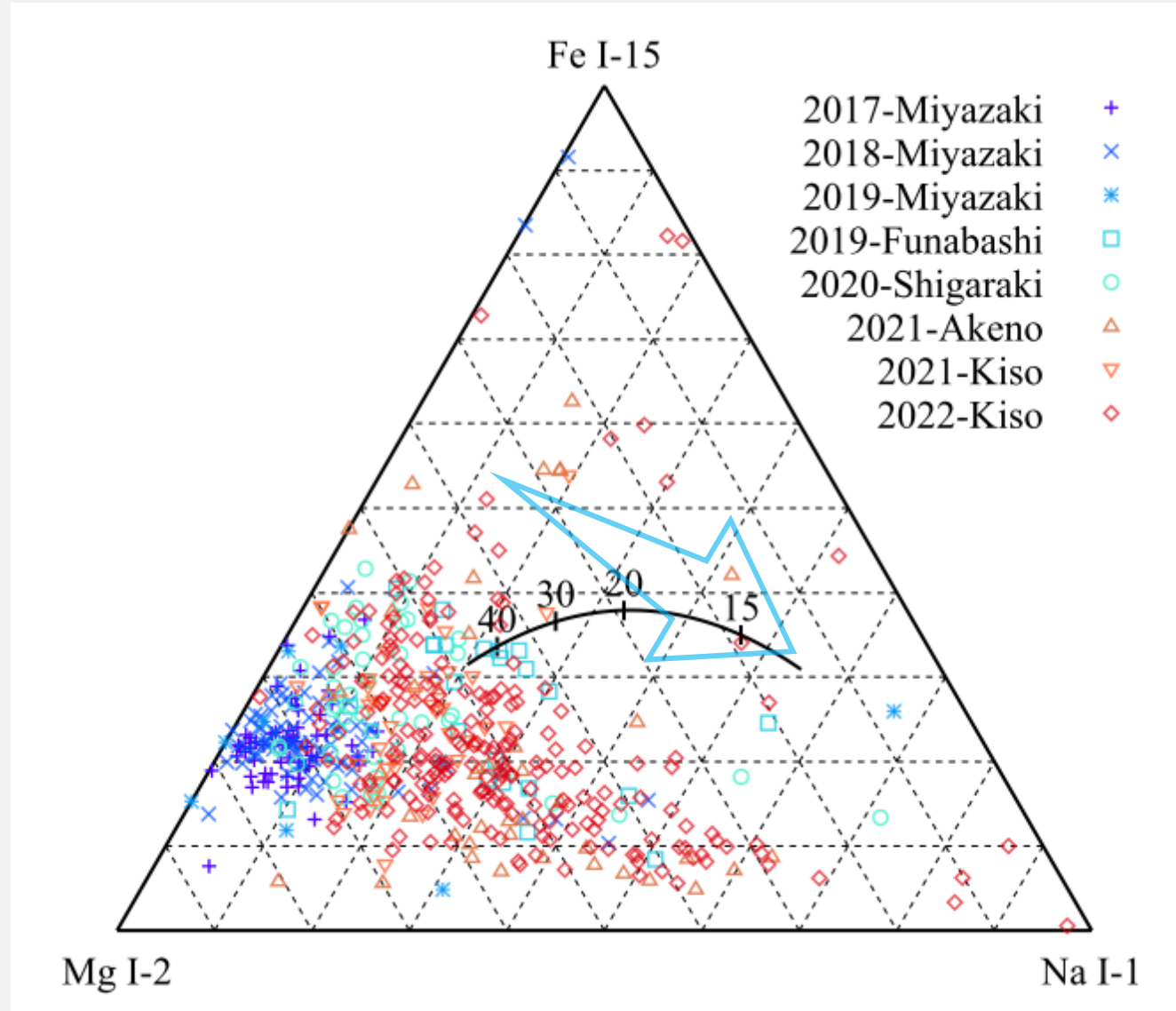
時間ごとの観測個数(hourly rate)



等級ごとの累計観測個数



# 2017-2022ふたご座流星群の分光観測



観測年	観測場所	観測個数
2017	宮崎	63
2018	宮崎	79
2019	宮崎	9
2019	船橋	23
2020	信楽	46
2021	明野	43
2021	木曾	41
2022	木曾	216

# 最後に

## まとめ

- ・日心速度 $V_h > 42.1$  [km/s]の流星は4つあり，1つは太陽系外流星の可能性がある
- ・ふたご座流星群におけるNa含有量は増加傾向にある  
→seeingの良い場所≡等級の大きい流星ほどNa含有量が多い…？

## Future Works...

- ・観測データ数を増やし，速度誤差を考慮して太陽系外流星を同定  
→現在アメリカで観測中…
- ・撮像，分光を同時にできる定常観測装置の開発  
→散在流星も含めて，統計的な分光データの取得  
→DIMS後継として高感度カメラを用いた観測システムを木曾観測所に置かせていただきたい
- ・Tomo-e Gozenを用いた分光観測…？  
→ふたご座流星群のうち，等級の大きい流星の分光観測

## 謝辞

東京大学木曾観測所，東京大学宇宙線研究所明野観測所の皆様には，観測において多大なるサポートを賜りました。この場で御礼申し上げます。