

高感度CMOSカメラシステムによる 高速飛翔暗黒物質と流星の探索

DIMS (Dark matter and Interstellar Meteoroid Study) Project

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

The DIMS Collaboration

* Presenter (PI)

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 (OECU), Japan

k Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI), 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 Astrophysics Division, 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 from Japan, USA, Italy, Poland, Slovakia and Korea



令和4年度 東京大学 宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会
2023年2月21-22日

研究目的

- マクロ暗黒物質の候補の一つであるNucleariteの探索
- 流星、特に太陽系外起源の流星の観測
- その他の大気発光現象
- EUSO-TAやMini-EUSOなどとの共同観測

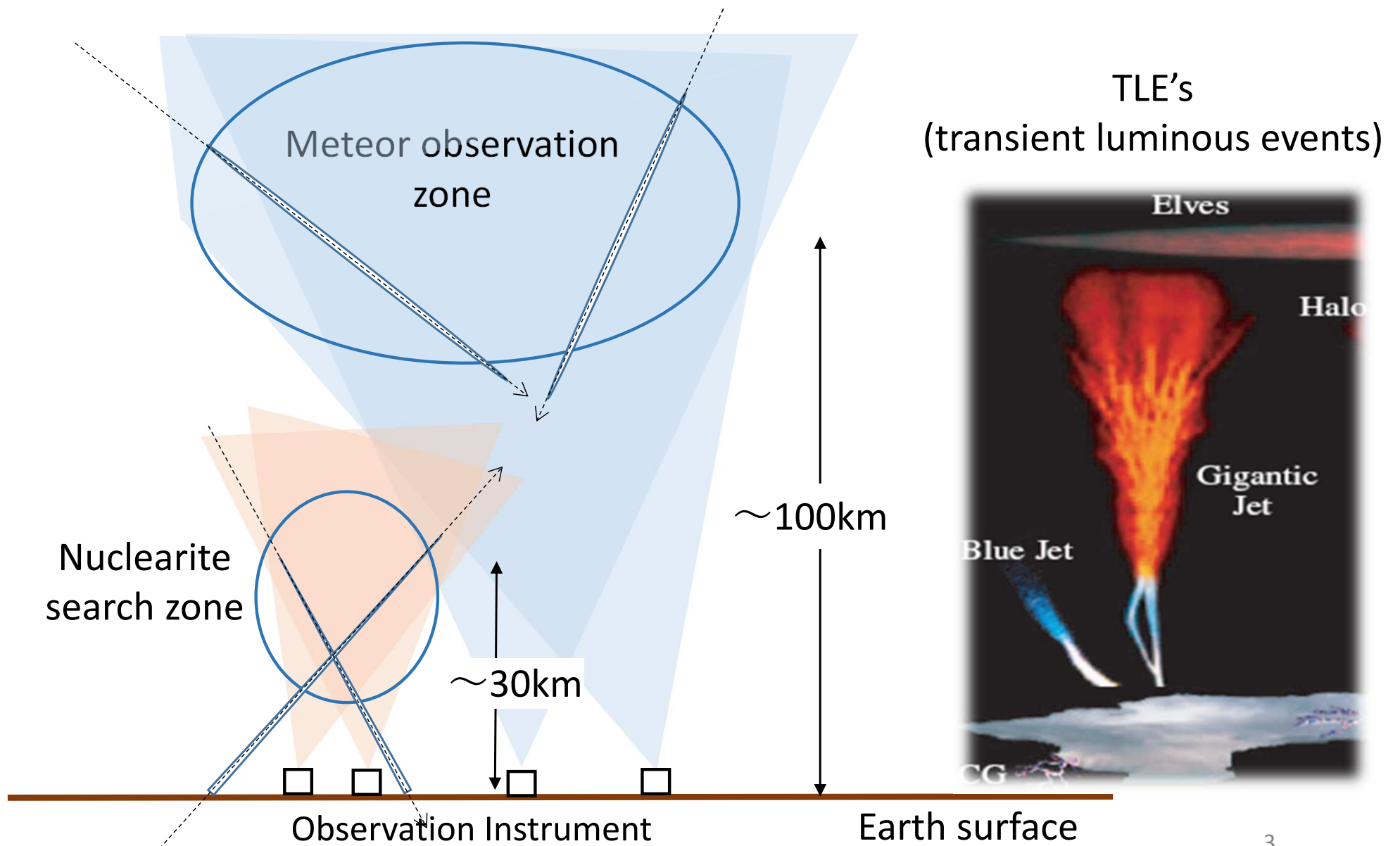


共同利用
Inter-university research

査定額と用途

- 今年度査定額: 32万円、前年度繰越額: 18万円
- 今年度用途
 - 米国ユタ州への旅費: 354,701円
 - ケーブル、コネクタ他実験部材: 145,299円

DIMS の観測概念図

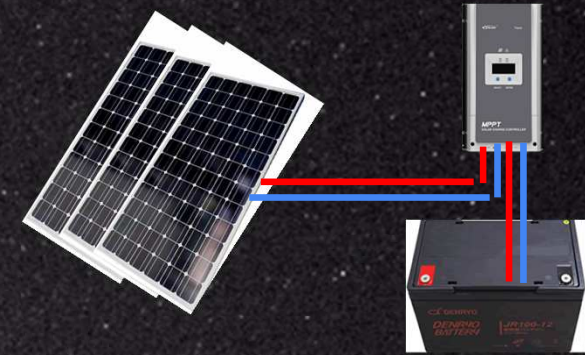


Key Elements of DIMS Detector



Canon ME20F-SH CMOS camera

- Max. sensitivity ~ ISO 4,000,000
 - 1920 x 1080 pixels at 29.97 fps
 - FOV ~57°x34° with 35 mm lens
- Controlled by Windows PC



Solar power supply system

Self-supply system only required for the operation at Central Laser Facility, TA site, Utah



UFOCapture

- Motion capture software by sonotaCo.com



Japanese camera box



Polish camera box



Camera boxes

- 3 types
- accommodating camera, PCs, fans, heater, monitors

DIMS 実験経過

2020年度

甲南大、大阪電通大、日大で観測装置の開発・製作と観測を実施

2021年度

2021/08 明野観測所にDIMS 2号機を移設

2021/10 木曽観測所にDIMS 4号機を移設

2021/12 信州大に太陽光発電で稼働するDIMS 3号機を移設

2022年度

2022/08-09 DIMS 1号機をTA-TARAサイトに設置

2022/08-09 DIMS 5号機（ポーランド NCBJ 製）をTA-BRMサイトに設置

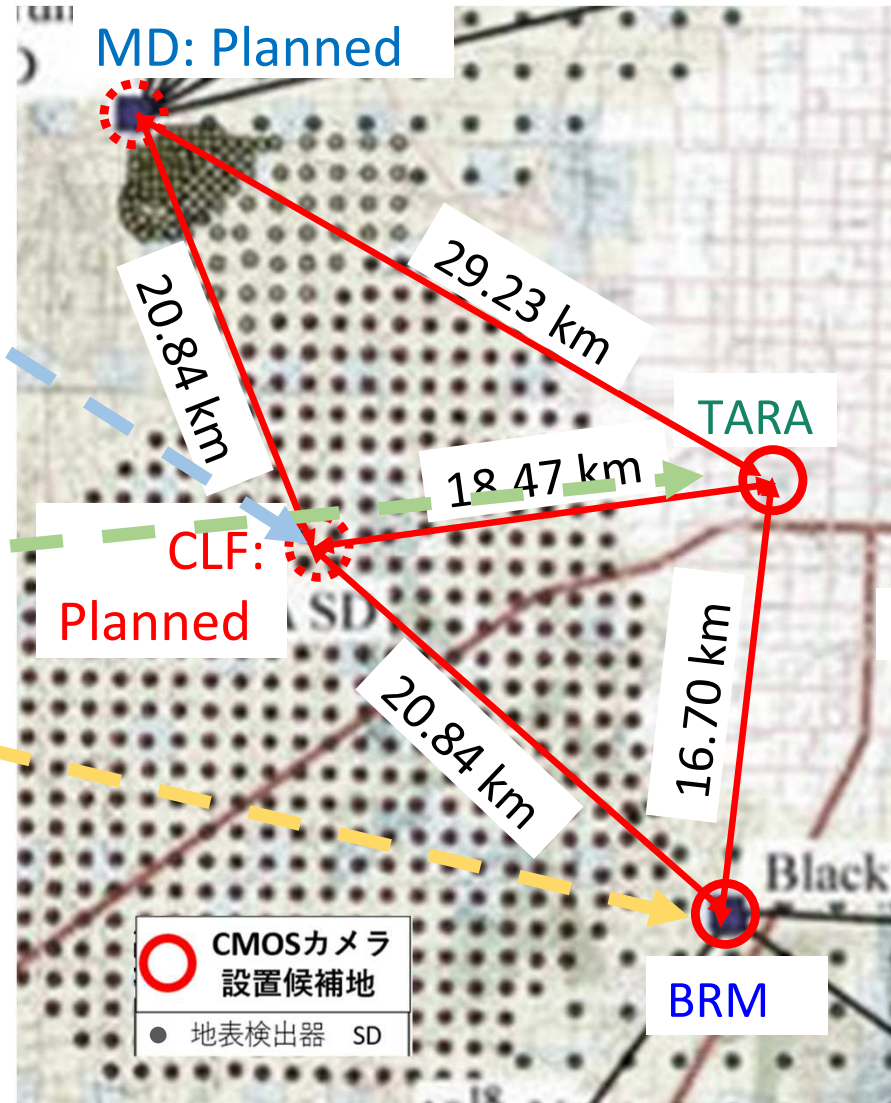
2023/02 DIMS 2号機（明野）と4号機（木曽）をNCBJと共同で小型化した装置をTA-TARAサイトとTA-BRMサイトに今月設置中

DIMSの現状とこれから

Japan Site



Utah-TA Site



TARA



Setup on Aug 31, 2022

BRM



Setup on Feb 19, 2023

2023年2月現在
 信州大: 1台
 TA-TARA: 1台 + 1台 (今週)
 TA-BRM: 2台

2023年度 新予算が認められれば
 MDに1台を追加、CLFに信州大DIMSを移設

明野観測所



2021/12 観測と保守作業実施の様子（日大）

2021年度

2021/8 DIMS 2号機を設置
観測開始

2022年度

遠隔による自動観測継続
荻尾新所長による観測協力
2023/1 ポーランドNCBJ製 新観測
装置の試験（篠崎）

観測ボックスを残して
ユタに移設中

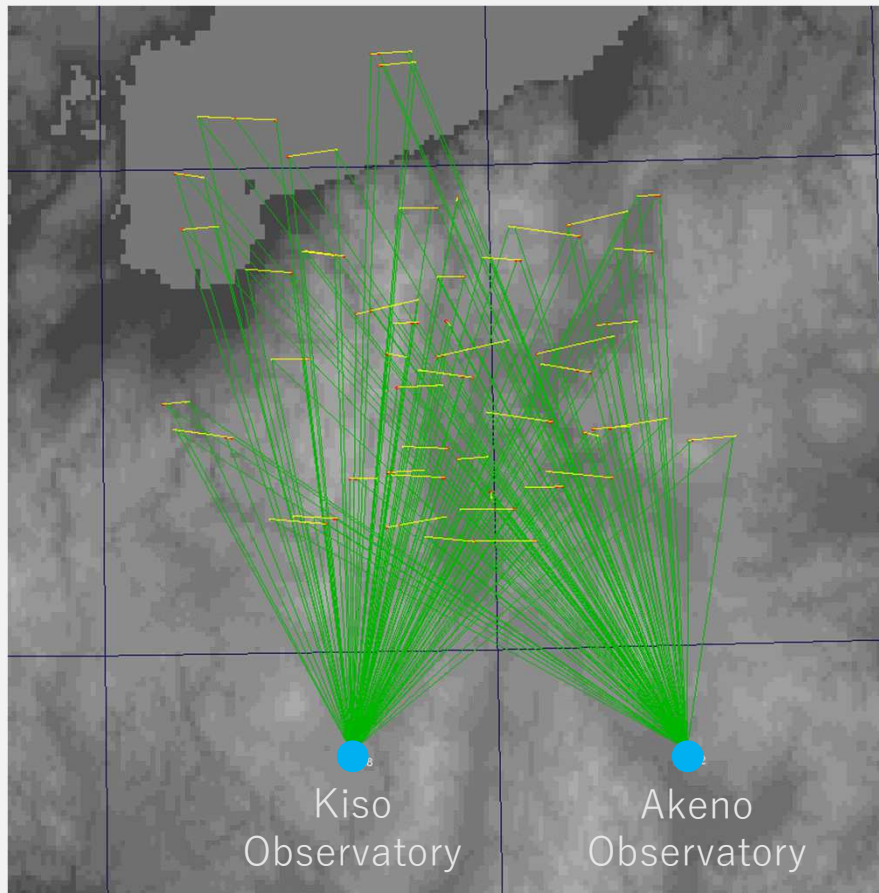
2023年度 予定

日大 阿部グループによる
新観測装置の設置

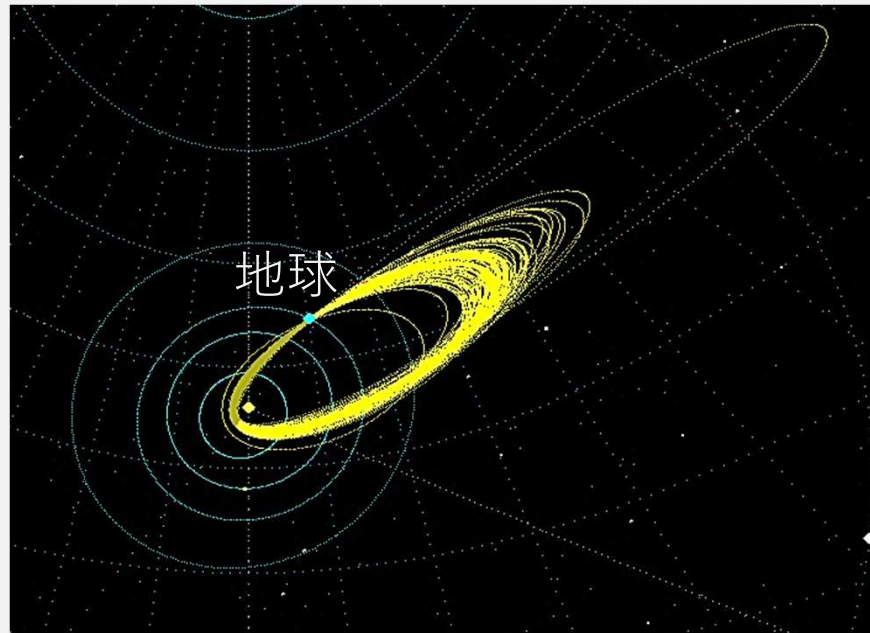
2022年12月ふたご座流星群

2022/12/14-16

日大 菊地啓太、遠藤未頼、阿部新助



木曾と明野でのステレオ観測による流星軌道の再構成



流星体の太陽系内での軌道計算

Simultaneous Meteor of Geminids

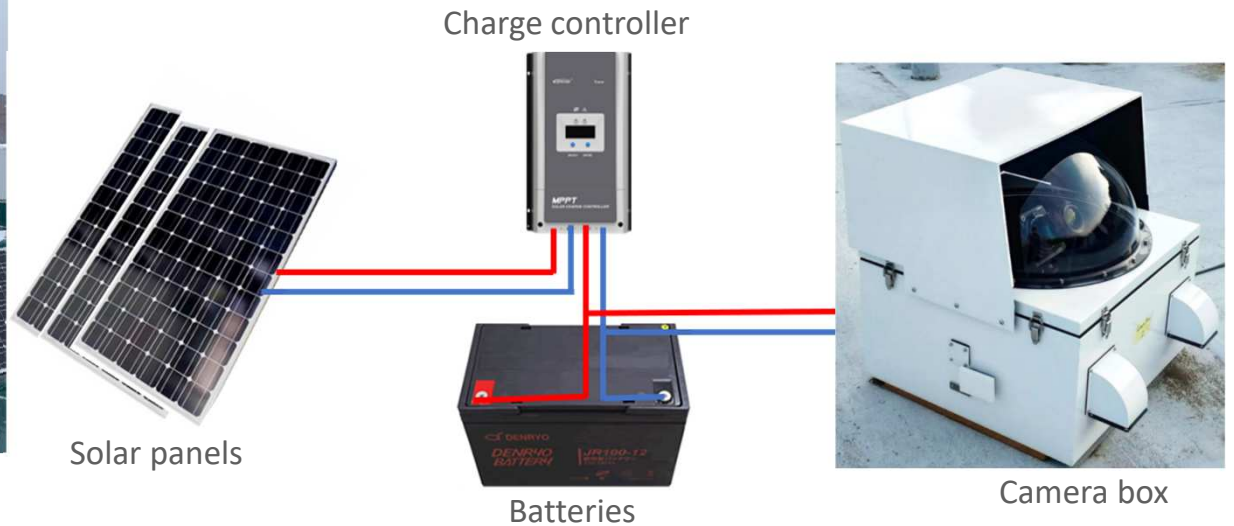
	Kiso	Akeno
Geminid events	989(272)	263
All meteor events	2729(1341)	1137
Simultaneous	48(18.3%)	

信州大学

2021/12 DIMS 3号機を設置
太陽光発電だけで電力をDIMS装置に供給する装置。（ユタTA-CLFサイト設置のため）

大阪電通大 森瑞季、神藤大輝、藤岡桃歌、岩見祐吾、多米田裕一郎

信州大学 富田孝幸
太陽光発電装置とDIMS 3号機の開発・運用



2022年度は試験と観測を継続して行っている。

一夜分の流星の合成写真



1,751 triggered events are included.

Observed at **TA TARA site** in Utah on November 26, 2022

取得データの推移(9か月分)

From March 1st, 2022 to January 24th, 2023

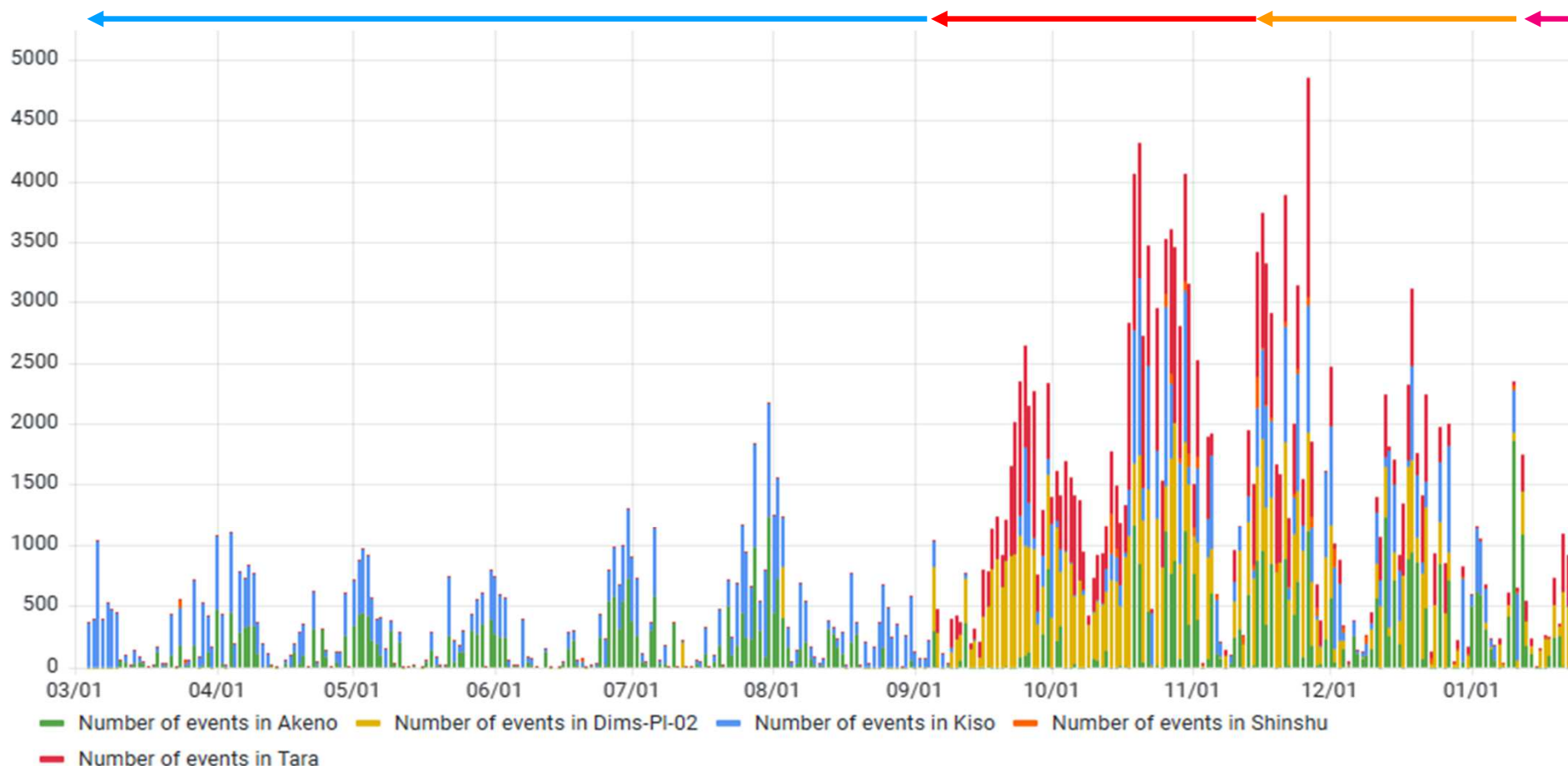
2 cameras
in Japan

+ 2 cameras
in Utah

+ 1 camera
in Japan

- 2 cameras
in Japan

Triggered Number of Events/day



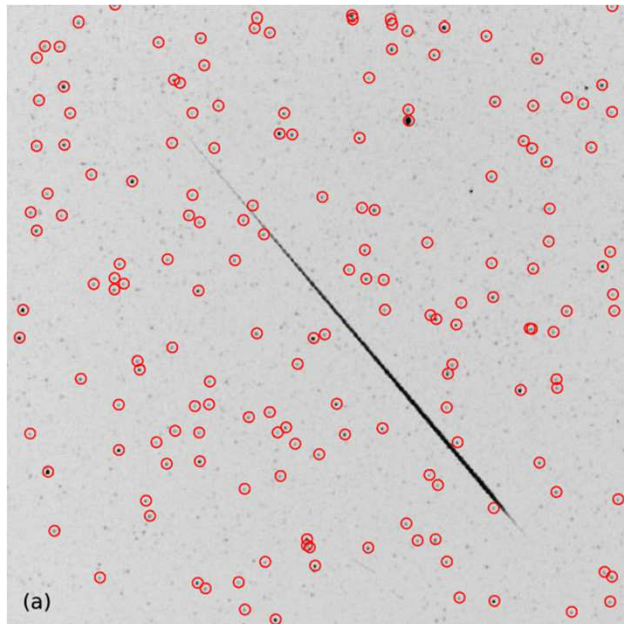
- 現在3台稼働中、+2台を2月中に稼働予定
- 新月で雲無時には約1000イベント/夜/台のデータを取得できる

Data Analysis / Constraints for Macros

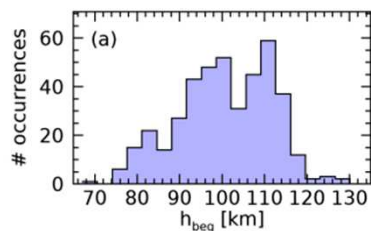
Turin Univ. , Italy

D. Barghini, S. Valenti, M. Bertaina

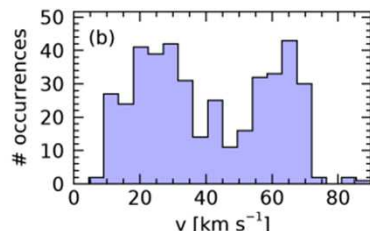
天文測定学 測光学
Astrometry and **photometry** are applied to the detector calibration and data analysis.



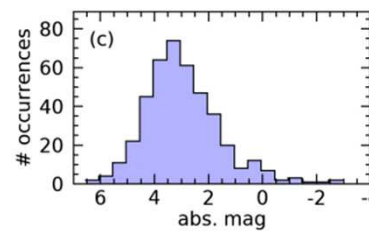
An example of a portion of the FoV. A meteor and identified stars, as red circles, up to +8 mag are seen. 900 stars are identified in an image.



流星の発光開始高度

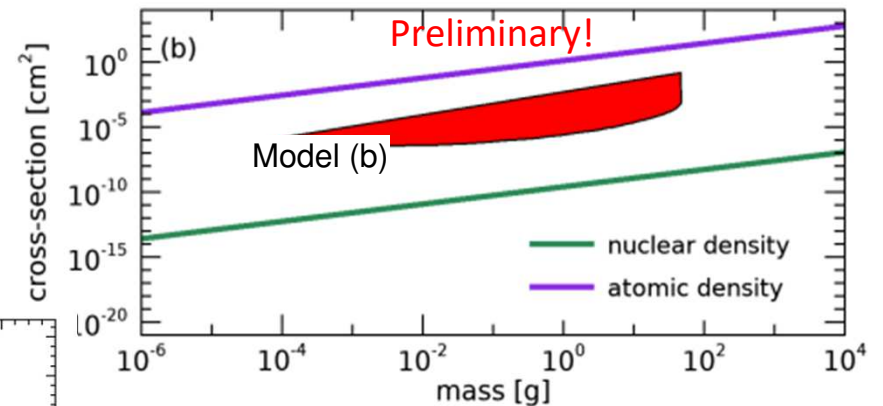
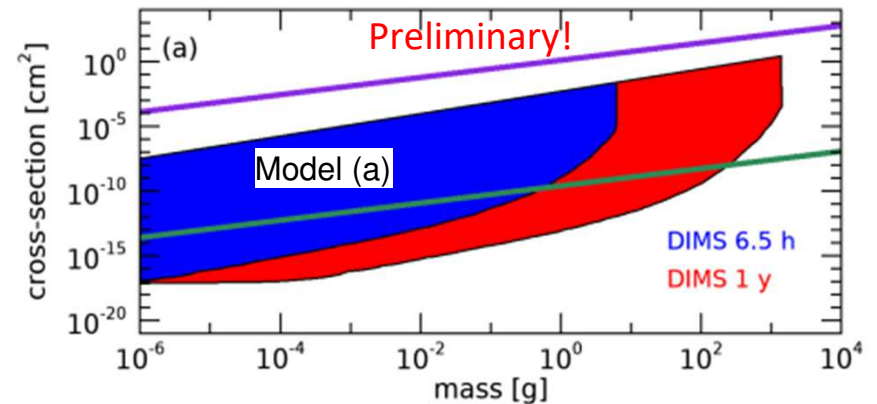


速度



等級

Constraints for macros DM by the DIMS exp. using data taken on Sept. 1st in Utah



Model (a) De Rujula & Glashow, Nature (1984)
 Model (b) Sidhu et al., JCAP (2019)

Model (a) : Quasi-elastically collide with the ambient atoms resulting in black-body radiation from an expanding cylindrical thermal shock

Model (b) : Macros scatter with the molecules resulting in formation of plasma and radiation of photons.

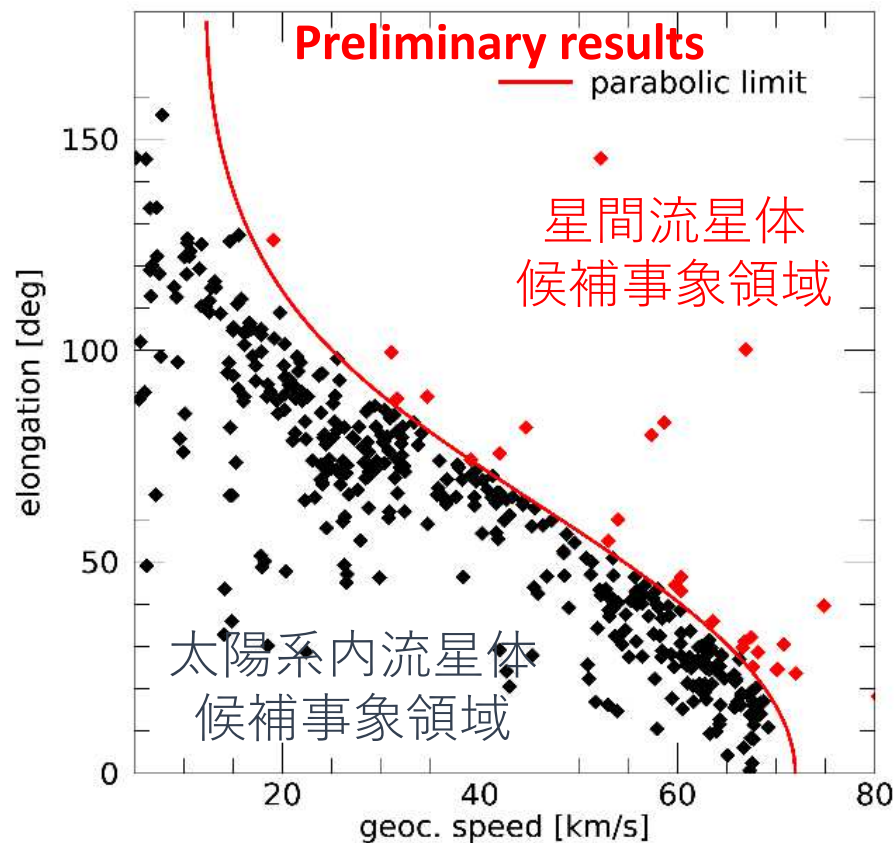


SEARCH FOR INTERSTELLAR METEORS

D. Barghini, Turin Univ. , Italy

M. Hajdukova, Astronomical Institute, Slovak Academy of Sciences, Slovakia

- The measured pre-atmospheric speed and radiant are corrected for the Earth's rotation and gravitational attraction, to derive **geocentric quantities**
- The plot can be used to identify **hyperbolic events**, which are on the right of the parabolic limit



- The fraction of hyperbolic orbits is **8.8%**, which is in line with other optical surveys
- A dedicated inspection of such events showed that some problems occurred in the automatic reduction pipeline

2019年8月にユタで取得した
一夜分のデータ解析結果

まとめ

- 高感度CMOSカメラで流星を動画で観測できるシステムを開発
- **Macro Dark Matter** や太陽系外流星の探索のための **DIMS (Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study) Project** を推進
- 2022年度は、明野観測所、木曽観測所、信州大、TA-TARA、TA-BRMで5台の高感度カメラで遠隔自動観測と試験実施

明野と木曽の装置の一部を小型化して、TA-TARA、TA-BRMに移設中で、TAサイトの4台で観測を開始予定。