

# 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<sup>a</sup>, M. Arahori<sup>b</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>,  
R. Ide<sup>b</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>,  
K. Nadamoto<sup>b</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>, S. Tada<sup>b</sup>, Y. Takizawa<sup>e</sup>,  
Y. Tameda<sup>j</sup>, T. Tomida<sup>s</sup>, S. Valenti<sup>c</sup> and M. Vrubel<sup>q</sup>

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

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

*s* Department of Engineering, Shinsyu University, Japan

日本・米国・イタリア・ポーランド・スロバキア・韓国、37名+ α からなる共同研究



令和3年度 東京大学 宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会 (Online)  
2022年1月25-26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

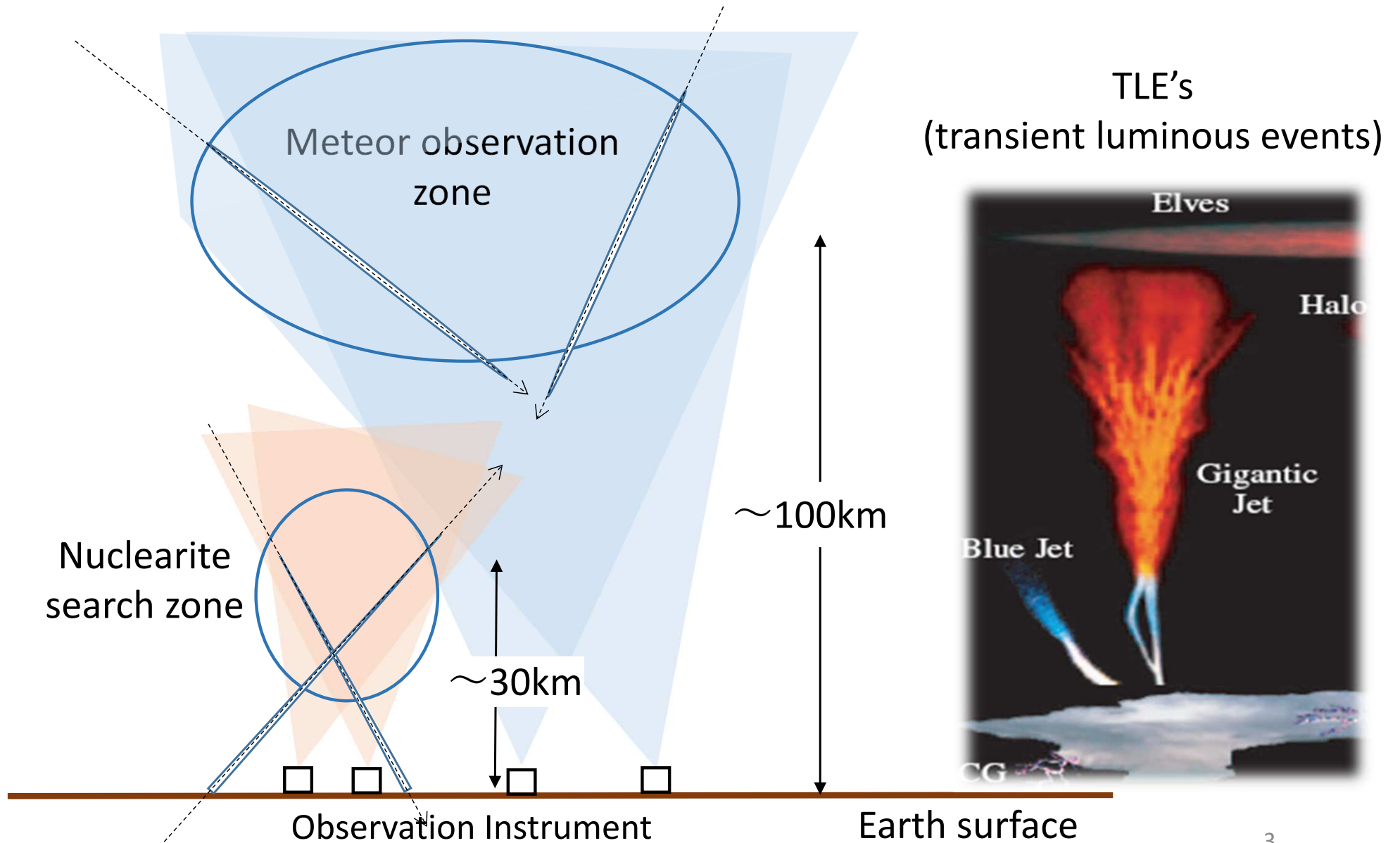


共同利用  
Inter-university research

## 査定額と用途

- 今年度査定額: 30.4万円、前年度繰越額: 30.4万円
- 今年度用途: 明野への旅費: 12.1万円、遠隔操作ツール: 21.1万円
- 未使用額: 9.5万円(明野観測所への旅費として使用予定)
- 次年度繰越額: 18万円(新型コロナウイルス感染症拡大のため)

# DIMS の観測概念図



# DIMS 実験スケジュール

## 当初の計画

2021/08 ユタTAサイトに設置予定  
2021/09 観測開始予定



## 実際の進行状況

前年度から甲南大、大阪電通大、日大で観測装置の開発・製作と観測を実施

2021/08 明野観測所にDIMS 2号機を移設

2020/10 木曽観測所にDIMS 4号機を移設

2020/12 信州大に太陽光発電で稼働する

DIMS 3号機を移設

3カ所で観測とシステムチェックを実施中

DIMS 1号機：ユタ大に梱包を置いたまま

DIMS 5号機：Poland NCBJ で開発中

コロナ禍のためにユタ設置が遅延

## 共同利用研究経費

ユタへの旅費の一部を明野観測所への旅費等に使用させて頂きました。他は来年度に繰越。



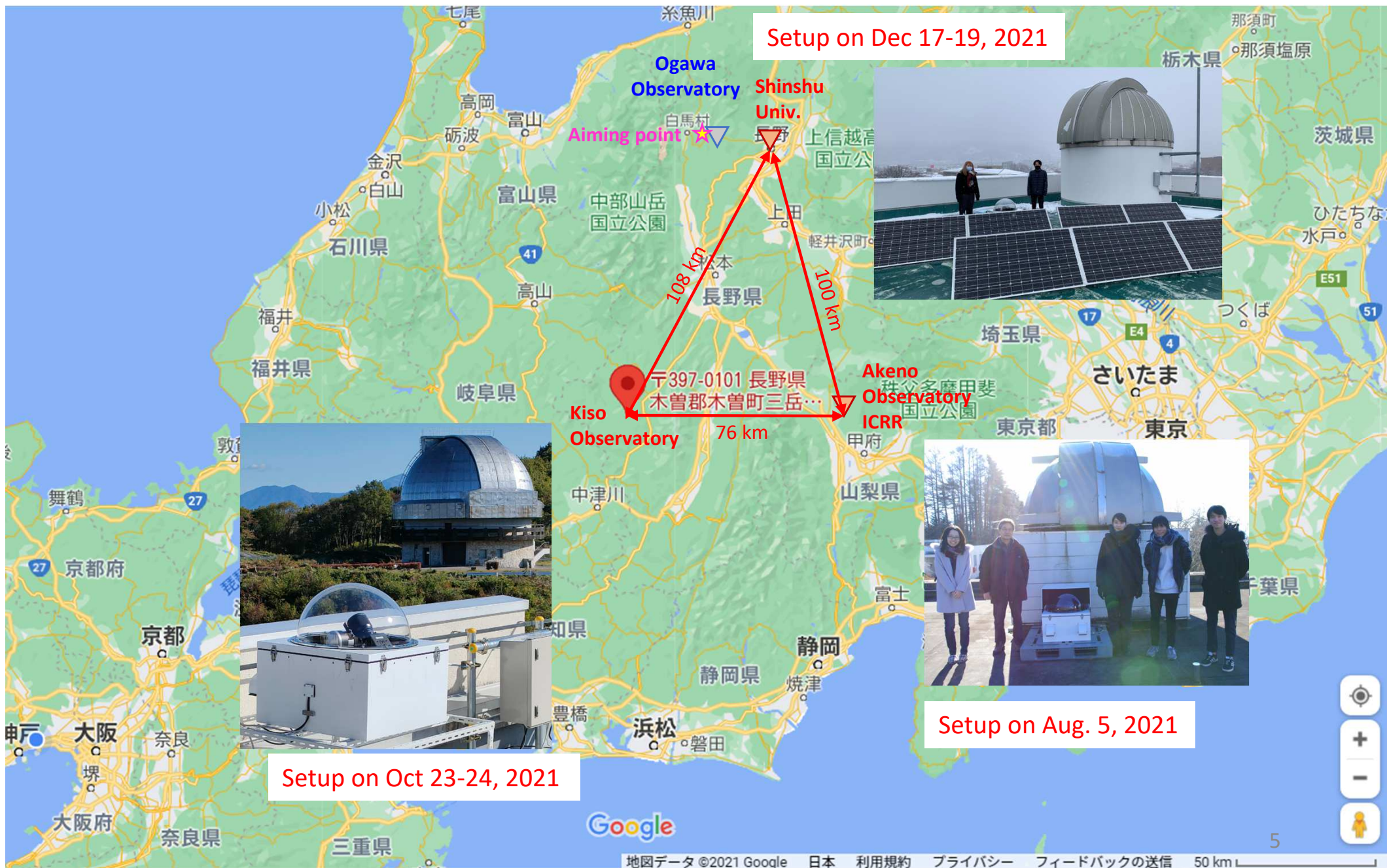
## 今後の計画

2022/05-06 DIMS 5号機をTAサイトに設置

2022/08 1-4号機をTAサイトに設置



# DIMS装置の現在の設置場所





# 明野観測所

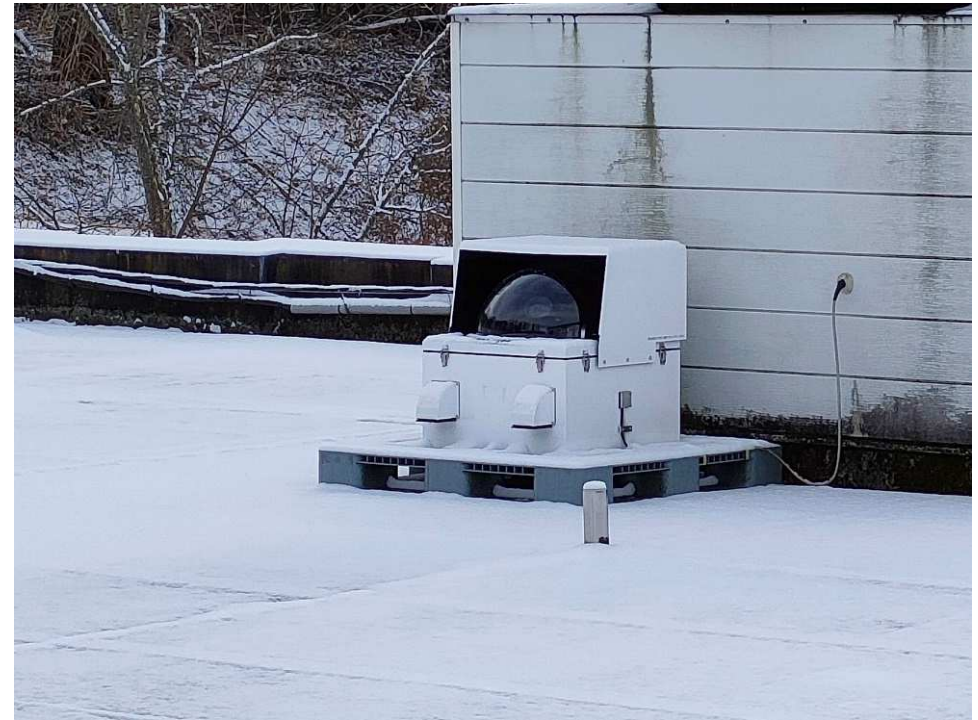
2021/8 にDIMS 2号機を設置

日本大学 菊地啓太、長谷川まり、  
遠藤未頼、阿部新助

ICRR 佐川宏行  
装置の設置、運用、データ解析等



2021/12/14 観測と保守作業を実施



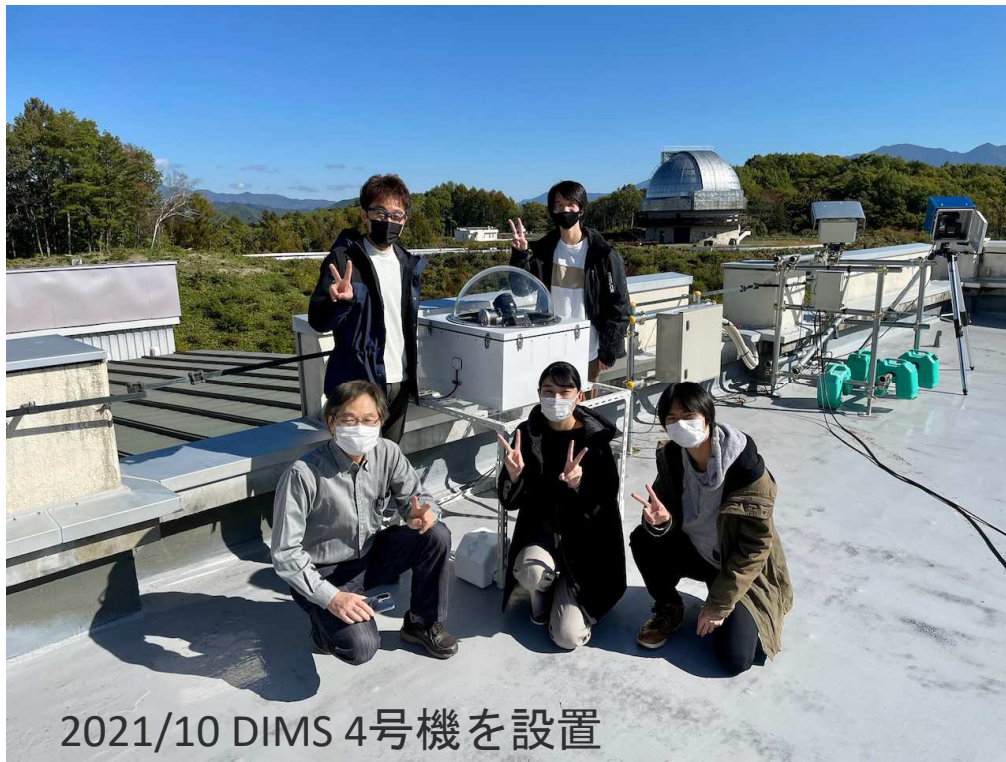
2022/01/24 データの回収と保守作業を実施

# 木曾観測所

2021/10 DIMS 4号機を設置  
2021/12 甲南大学と東京大学木曾観測所  
間で協定を締結

木曾観測所

小林尚人（所長）、高橋英則、森由貴 他



2021/10 DIMS 4号機を設置

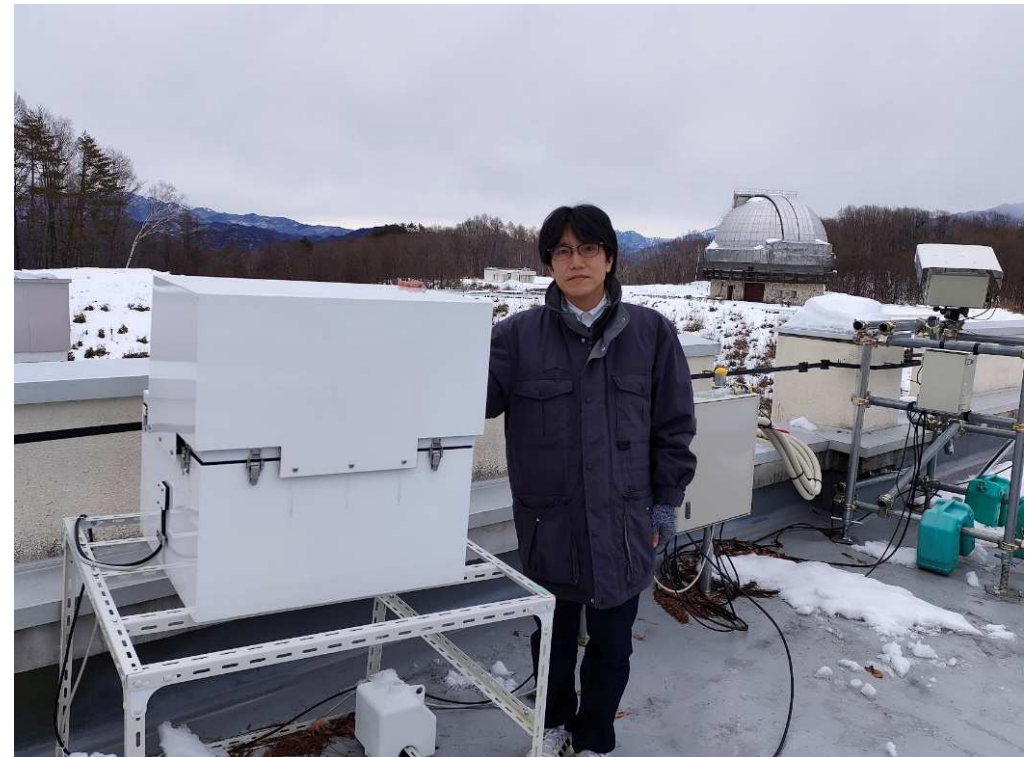
日本大学 阿部研究室グループ  
装置の設置、運用、データ解析等

## DIMS カメラ4号機設置および運用に関する協定書

DIMS カメラ4号機（以下「DIMS」という）の所有者である学校法人甲南学園（以下「甲」という）と、それが設置される東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター木曾観測所（以下「乙」という）は、DIMS の設置および運用に関し、次のとおり協定を締結する。

### 第1条 目的

DIMS は、将来的に米国ユタ州に5台の観測装置を設置し、高速微光天体の速度や到来方向からのその軌道などを決定する立体観測計画である。それに先立ち、木曾観測所を含め、国内3箇所に DIMS を設置し、多地点同時観測による高速微光流星のデータ収集と性能評価を行うことが本計画の目的である。

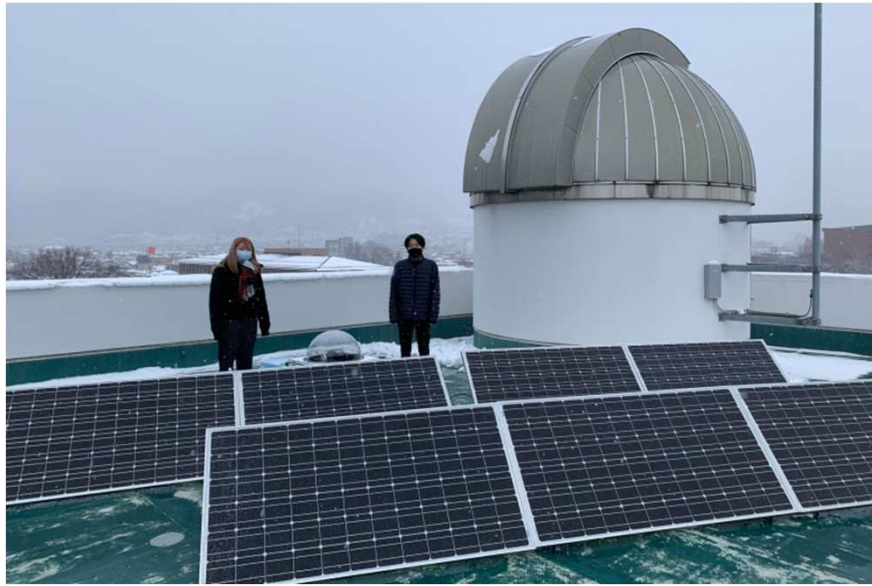


2022/01/23 データの回収と保守作業を実施



# 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 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



2022/01/05 設置状況

設置後、積雪の影響で装置を止めている。



# ふたご座流星群



Geminids Meteor Shower taken by DIMS camera at Akeno observatory in Japan on December 13th, 2021

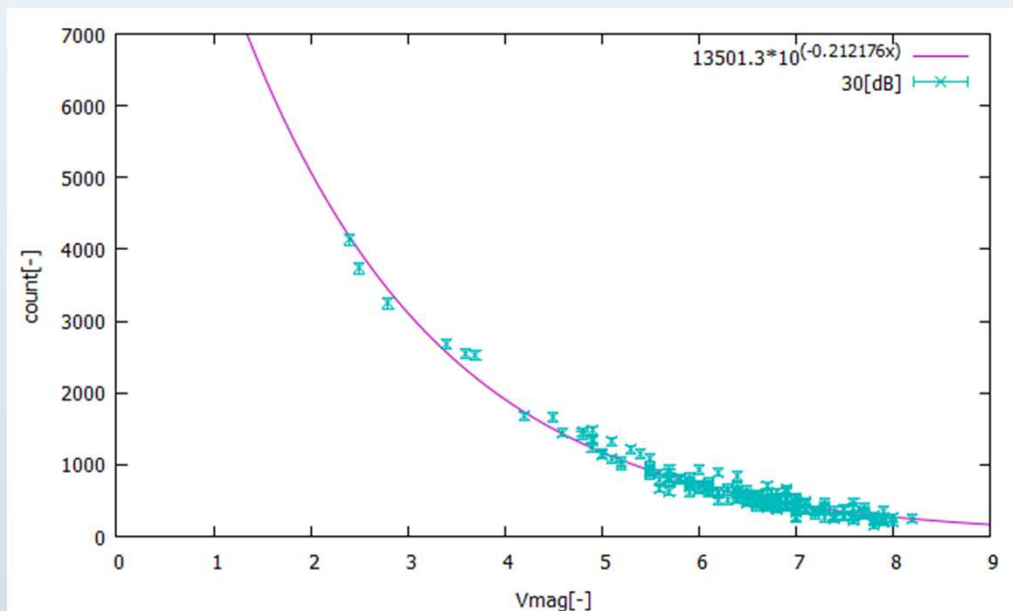


22日、こぐま座流星群が現れるか...

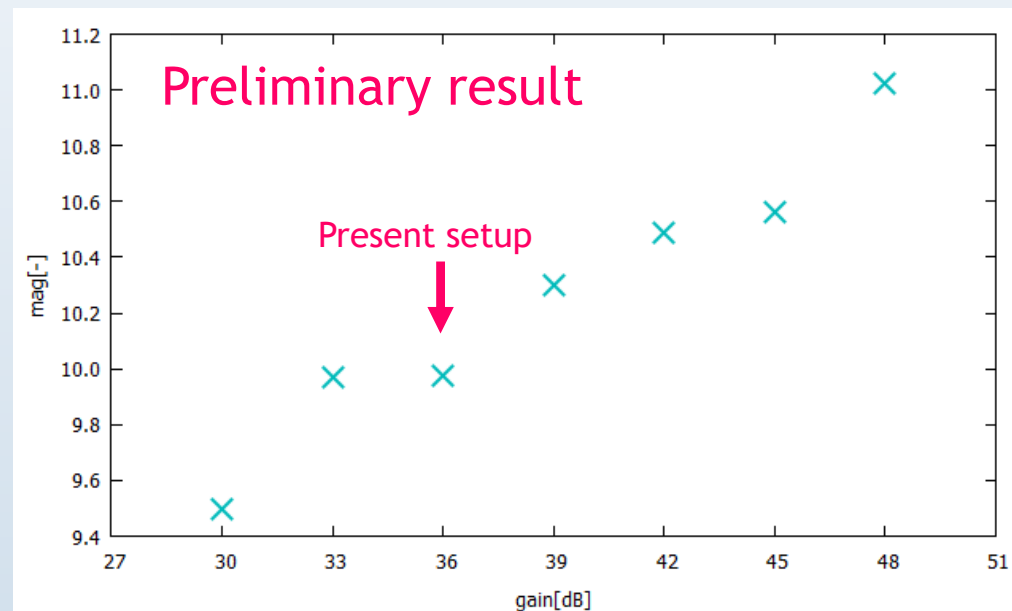
<https://youtu.be/4TNJVPGIvwY>

# 限界等級とカメラゲイン

日大グループによる予備解析結果



CMOS カウント vs. 星の等級

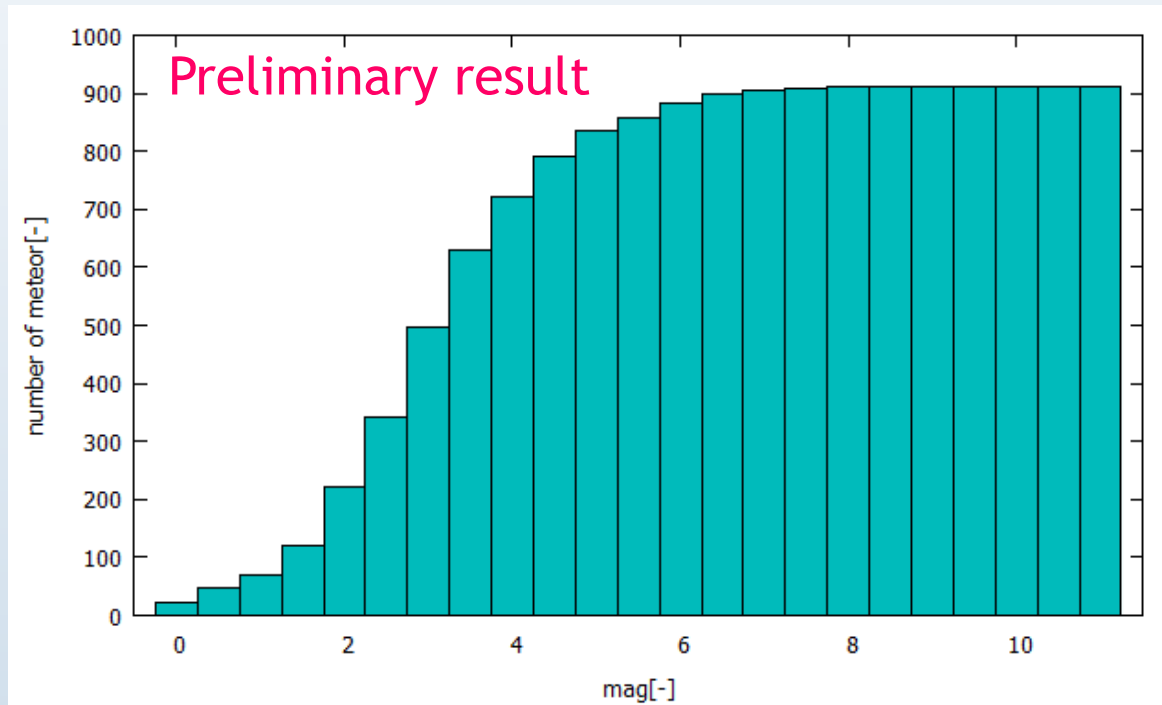


星の限界等級 vs. カメラゲイン

カメラゲインは75dBまで上げることが可能なので今後の調査に期待



# 流星の等級分布



Accumulated number of meteors vs. magnitude

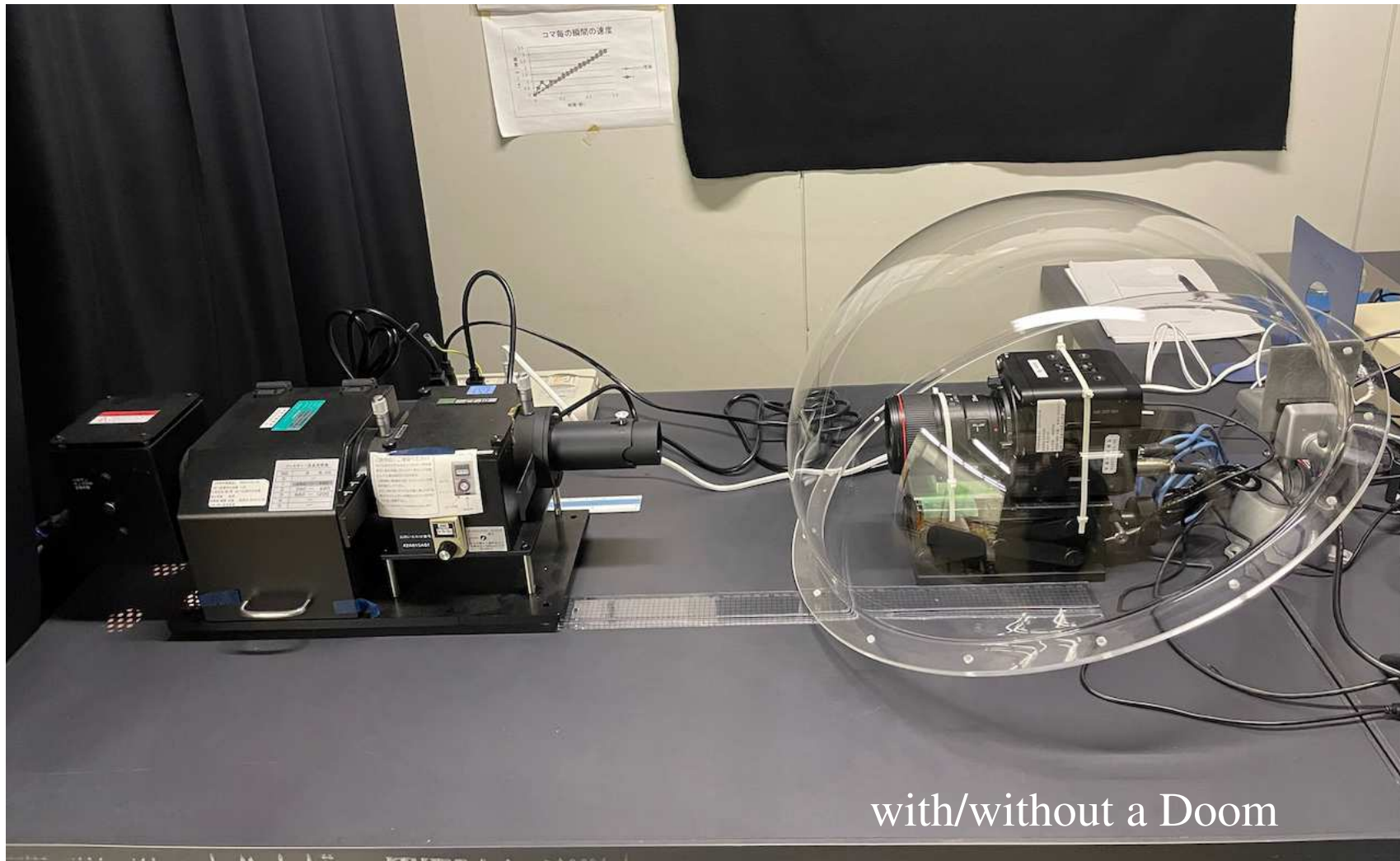
Site : Akeno Observatory

Period: 2021/11/13~2021/11/30

Camera gain : 36[dB]

Total number of meteors : 814

# 分光器によるカメラ感度測定



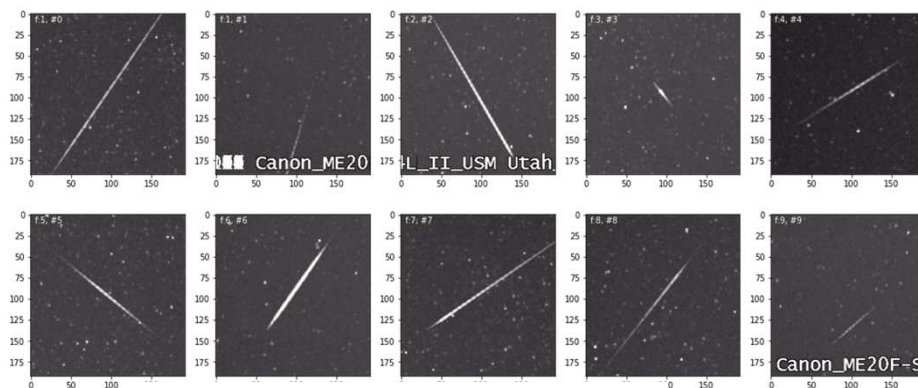
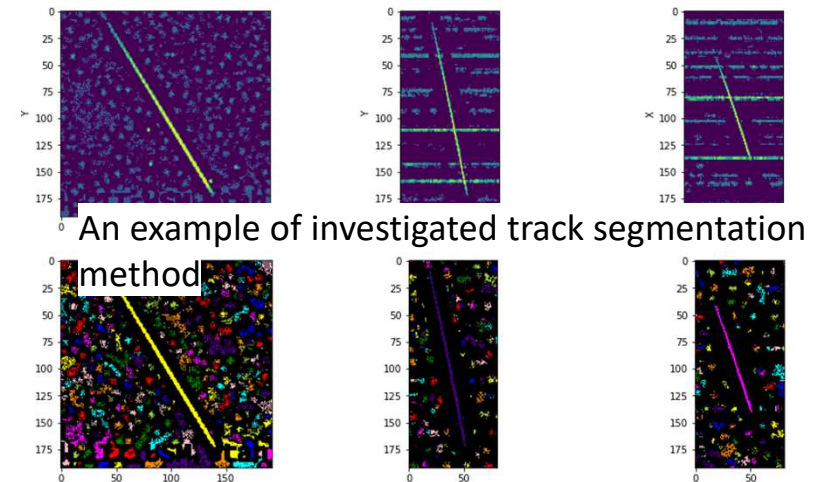


# 各種ソフトウェア開発

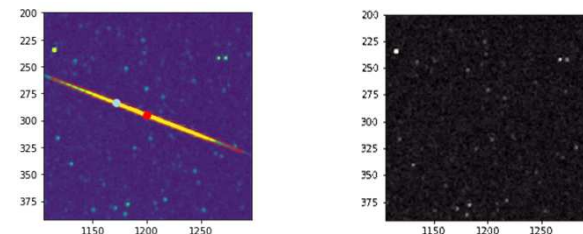
Development by NCBJ group, Poland

K. Shinozaki, M. Kasztelan, M. Vrabel, M. Przybylak, M. Kojro

- カメラ制御ソフト開発
- データ収集とカメラ状態モニター
- カメラ最適パラメータ調査ソフト開発
- DMと流星のトリガーソフト開発
- 検出手法の学習と評価のためのラベル付きDIMSデータセットの作成



An example of preselected events

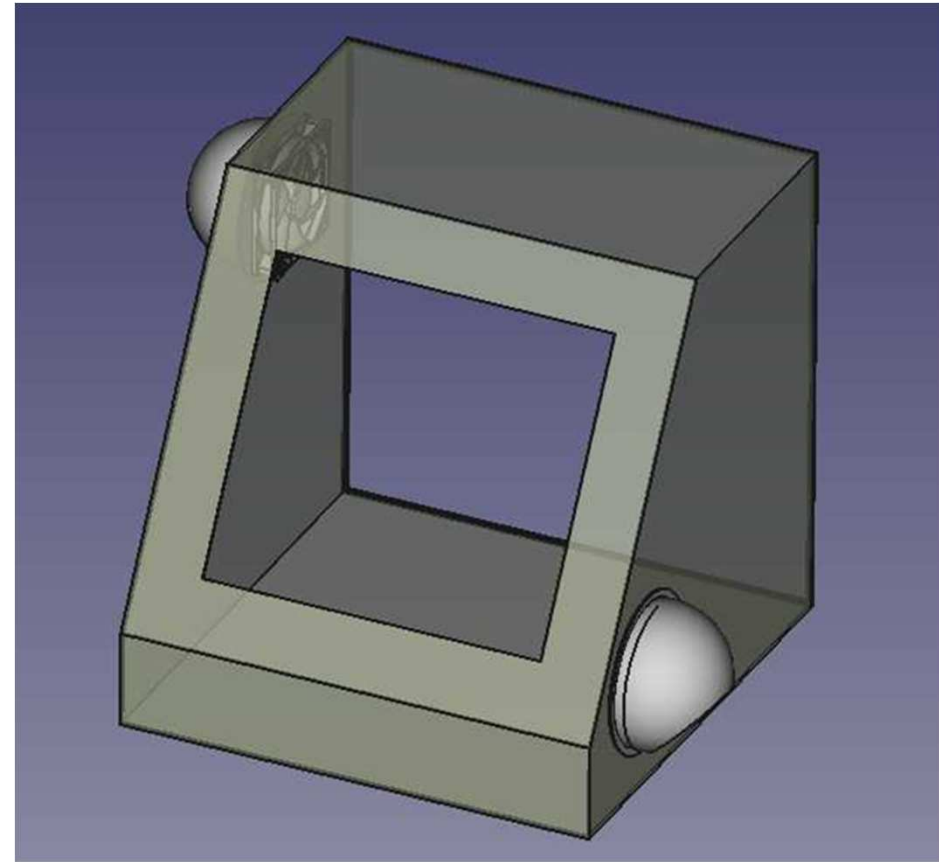


An example an ellipsoid of a track.  
The ellipsoid will be used for further categorization of the data.

# DIMS 5号機の開発

Development by NCBJ group, Poland

新規デザインのカメラボックスの開発と製作



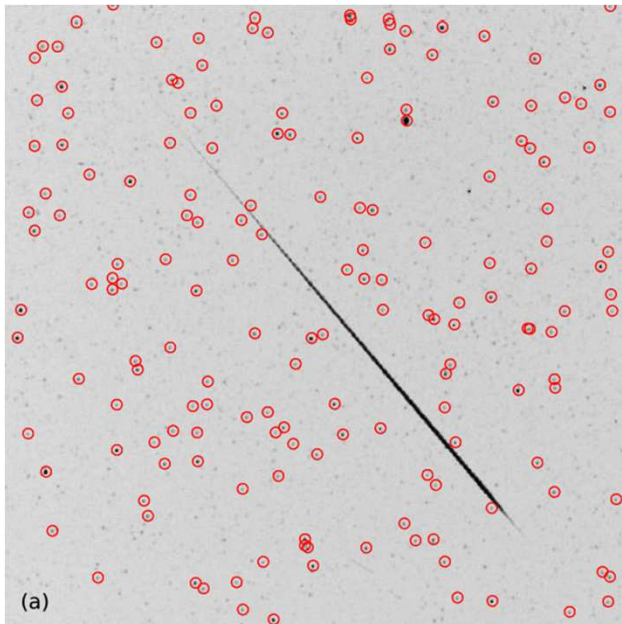


# Data Analysis / Constraints for Macros

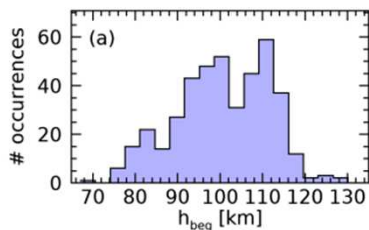
Turin Univ. , Italy

D. Barghini, S. Valenti, M. Bertaina

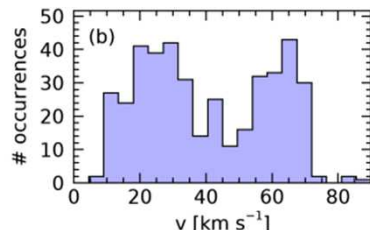
天文測定学 測光学  
**Astrometry** and **photometry** are applied to the detector calibration and data analysis.



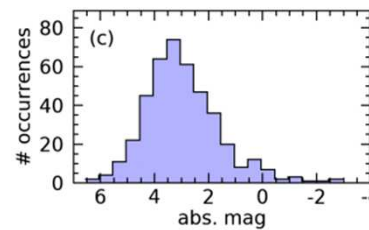
An example of a portion of the FoV. A meteor and identified stars, as red circles, up to +8 mag are seen. 900 stars are identified in an image.



流星の発光開始高度

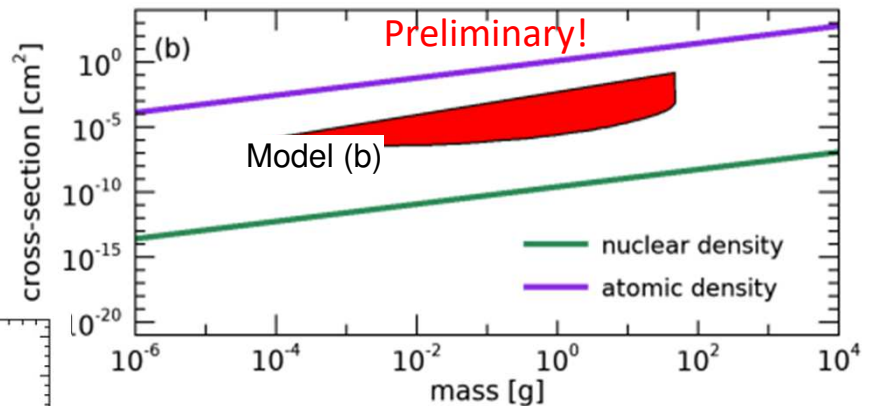
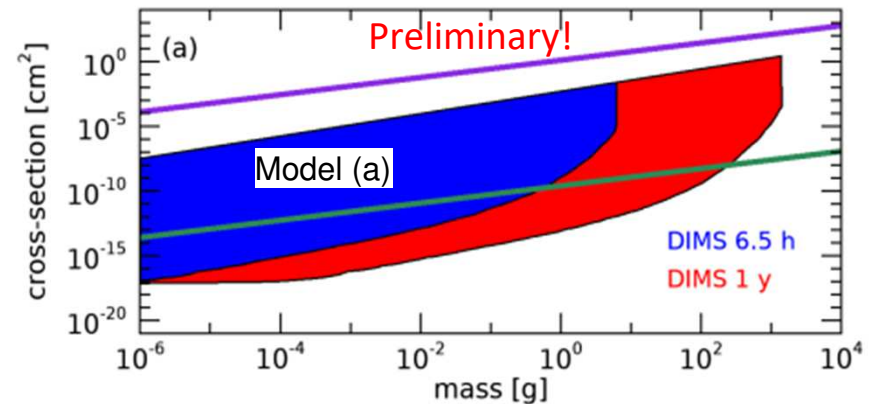


速度



等級

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



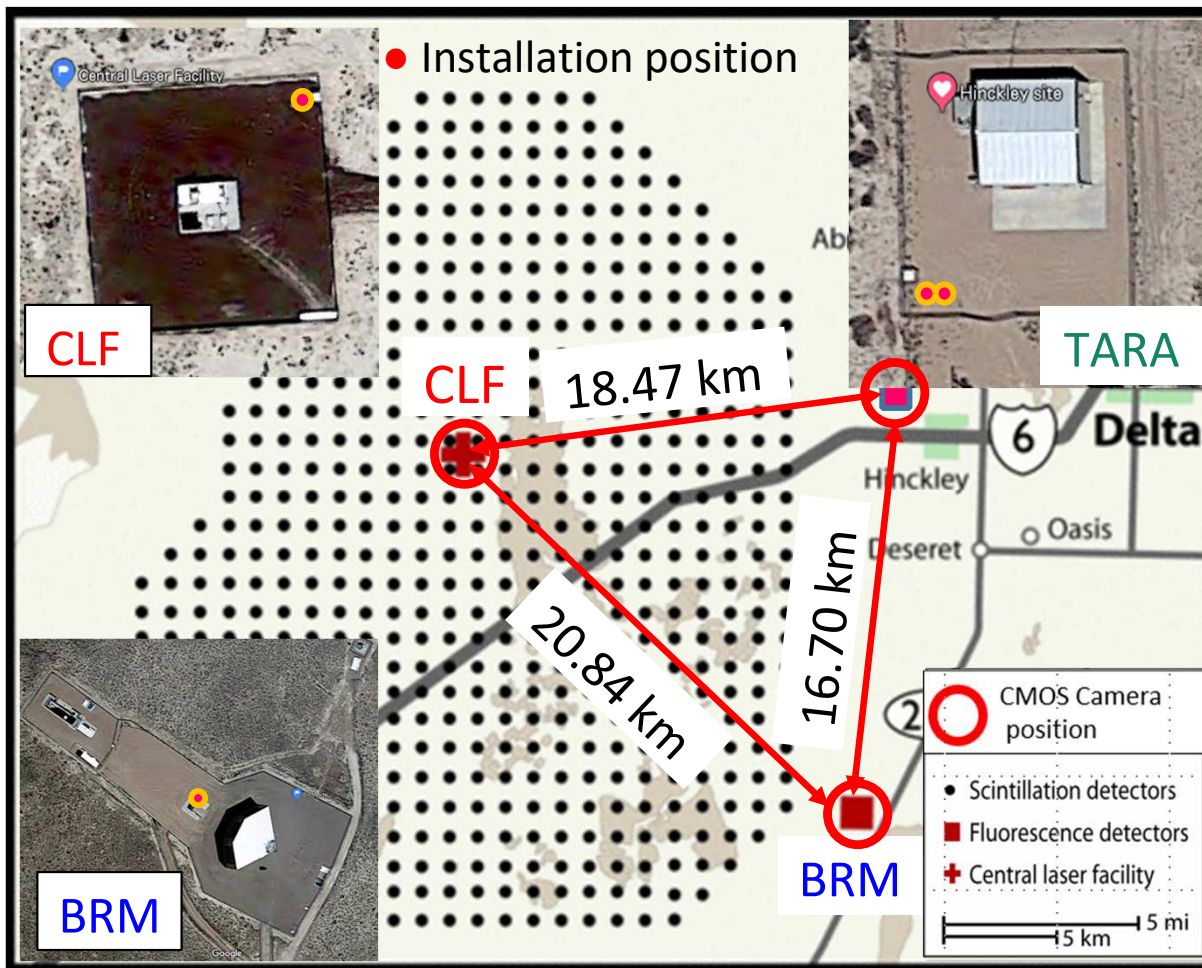
Model (a) De Rujula & Glashow, Nature (1984)  
 Model (b) Sidhu et al., JCAP (2019)

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.

# Telescope Array Site

ユタ大とTAグループの協力が必須



Maps & images: University of Utah, Google Maps



One camera box shipped to Utah in March 2020

2022年7月頃に5号機の設置、8月に1～4号機の設置を予定

# Papers and presentations in 2021

2021/03/12 JPS 2021 Annual Meeting: Online, F. Kajino (presentation only)

2021/07/12-23 **ICRC 2021, Berlin, Germany**

- DIMS Experiment for Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study, D. Barghini et al. , S. Abe et al., PoS(ICRC2021)554
- Characterization of the DIMS system based on astronomical meteor techniques for macroscopic dark matter search, D. Barghini et al. , PoS(ICRC2021)500
- Solar Power Supply and Environmental Control System for DIMS Experiment, D. Shinto et al., PoS(ICRC2021)502

2021/09/14 JPS 2021 Autumn Meeting: Online, F. Kajino (presentation only)

2021/09/25 **International Meteor Conference (IMC 2021)**

- Meteor observation with the DIMS project: sensor calibration and first results, D. Barghini et al.

2021/12/10 The 30th JEM-EUSO International collaboration meeting, APC, Paris, France, Online, F. Kajino (presentation only)

2021/11/29-12/02 **KASHIWA DARK MATTER SYMPOSIUM 2021**

- The DIMS experiment for Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study, D. Barghini (poster only)



# 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
- 甲南大、日大、大阪電通大、NCBJで試験観測と装置開発
- 明野観測所、木曾観測所、信州大に装置移設、観測・試験
- 来年度にユタTAサイトに5台のカメラシステムを設置予定