

戒崎計算宇宙物理研究室
Computational Astrophysics Laboratory

主任研究員 戒崎 俊一 (理博)
EBISUZAKI, Toshikazu (Ph.D)



キーセンテンス :

1. 超高エネルギー宇宙線の起源の謎に迫る
2. 生命惑星の形成と進化を明らかにする

キーワード :

宇宙線、極限エネルギー、国際宇宙ステーション、ブラックホール、ダークマター、惑星形成、生命の起源

研究概要

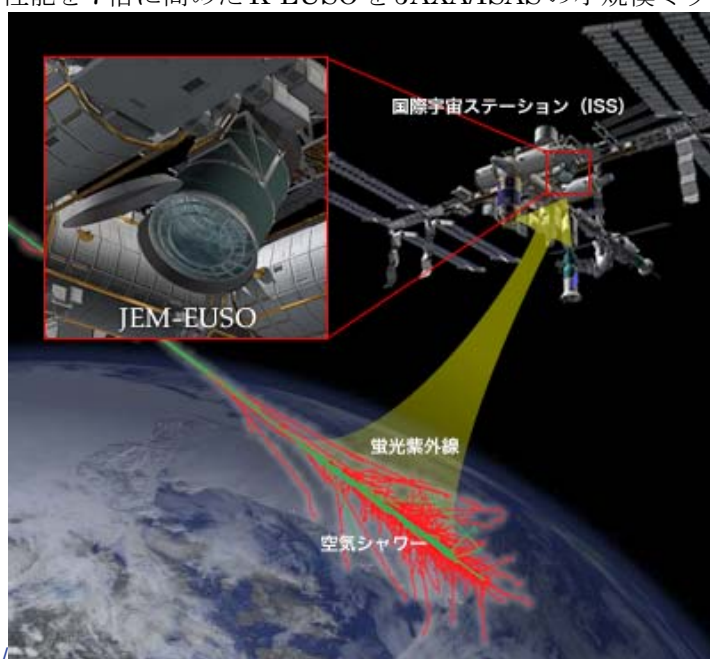
当研究室は、極限エネルギー宇宙線研究、生命惑星の形成と進化の研究、ブラックホール降着円盤ジェットにおける航跡場加速の研究などを行っている。

1. 超高エネルギー宇宙線研究 (戒崎, 滝澤)

EUSO は、宇宙から地球を観て宇宙を知るという新しい概念の観測装置“地文台”である。超広視野望遠鏡で地球大気を観測し、 10^{20} 電子ボルト (eV) を超える極限エネルギー宇宙線が作る微弱な光を捉える。

極限エネルギー宇宙線は地球の大気の原子核と衝突して粒子からできた空気シャワーを形成する。空気シャワー中の高エネルギー荷電粒子は大気中の窒素分子を励起して紫外線を放射させる。EUSO はこのとき励起された窒素分子から放射される蛍光紫外線を 2.5 マイクロ秒の時間間隔で撮像し、三次元的に再構築する。

当研究室は、EUSO を推進する中核的存在として、16ヶ国(日本、米国、イタリア、フランス、ドイツ、スペイン、ポーランド、スロバキア、ブルガリア、ロシア、メキシコ、韓国、スイス、アルジェリア、ルーマニア)、90 研究施設の研究者 (2015 年 11 月現在) と協力して、EUSO の製作準備を進めている。ロシアの同様のミッション KLYPVE へ参加して、補正レンズ、光電子増倍管、レーザー装置等を供給する共同研究がスタートし、その性能を 7 倍に高めた K-EUSO を JAXA/ISAS の小規模ミッションに提案している。



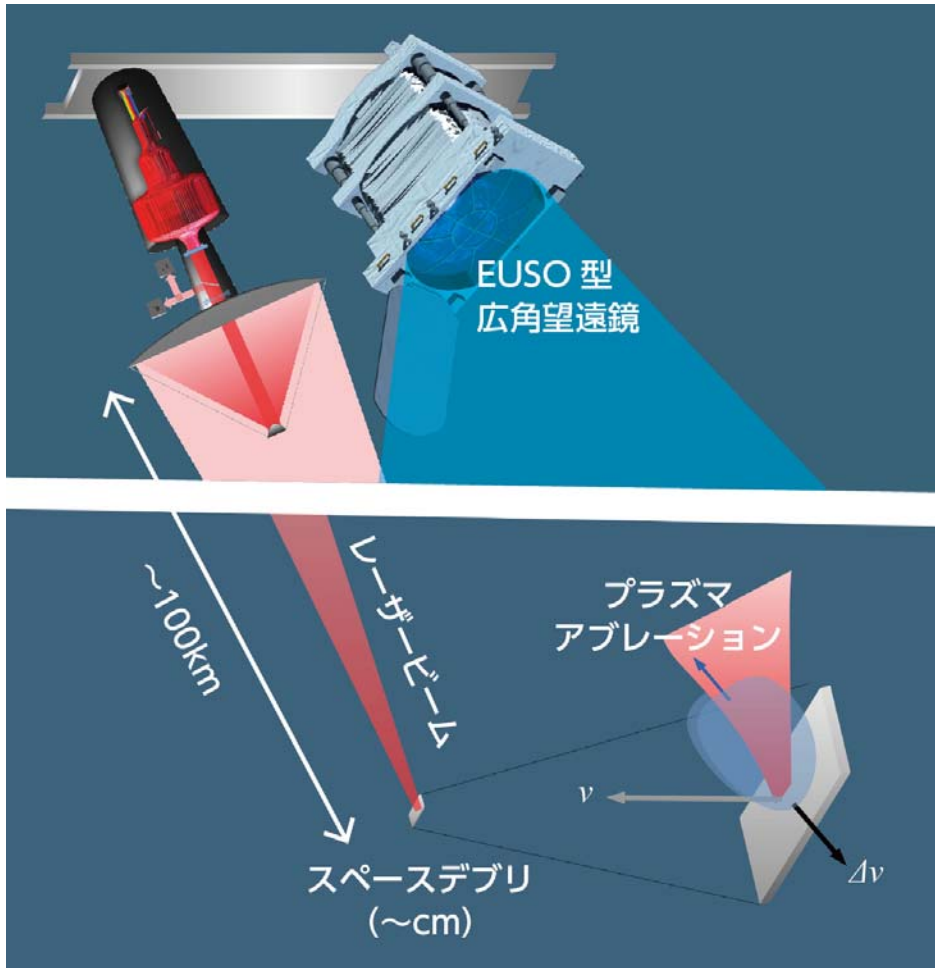
<http://jemeuso.riken.jp/>

極限エネルギー宇宙線が作る空気シャワーを ISS から観測する JEM-EUSO (想像図)

研究年報

2. 超広角望遠鏡を用いた宇宙デブリ除去法の研究 (戒崎、滝澤)

宇宙開発の家庭で放出された不必要な物体は軌道上にしたいに増えてきた。その中でも特に危険な物が10cm以下の物体で、数は100万個に達し、したいに宇宙開発の障害になりつつある。EUSOプロジェクトで開発した超広角望遠鏡で「その場」で検出追跡し、その方向に、高強度レーザーを射出してデブリ上にプラズマアブレーションを起こせばその反力で宇宙デブリを脱軌道することを提案し、必要な技術開発に取り組んでいる。



検出用の EUSO 型超広角望遠鏡とレーザー射出用光学系

3. 生命惑星の形成と進化の研究（戎崎、今枝、飯高）

2014 年度から科研費新学術領域「冥王代生命学の創成」が開始された。当研究室では、A05 生命惑星班を主導することになった。大陸（固体）、海洋（液体）、大気（気体）の三要素の間を物質が循環する「Habitable Trinity」が成立する惑星形成条件を明らかにすることである。そのために、1) 軌道半径が適切で、軌道離心率が大きすぎず、液体の水が存在しうる温度範囲に常にあること、2) 大気の温室効果が中心星からの距離に応じた適切なレベルにあること、3) 水が多すぎず、海洋の深さが数キロメートルに調整されていること、などの条件が要求される。原始惑星降着円盤の数値モデルを構築し、円盤の二カ所に固体粒子が集積して惑星が急速に作られる可能性が高いことを見いだした。

4. 降着円盤シミュレーションによる相対論的ジェット形成と航跡場荷電粒子加速の研究（戎崎、水田）

宇宙ではブラックホールのような強い重力場の天体にガスが落ち込む時にその一部が双極形のアウトフローを形成する。アウトフローは細く絞られ「ジェット」と呼ばれ、そのバルク速度はほぼ光速に達する。なぜ重力ポテンシャルを振り切りジェットが形成されるのか、どうやって相対論的速度まで加速するのかという問題は宇宙物理学でも残された重要な謎の一つである。ブラックホールに落ち込むガスが形成する降着円盤内部で増幅された磁場が、ブラックホール近傍でブラックホールの作る場と相互作用することによってブラックホールの回転エネルギーを引き抜く Blandford-Znajek 機構を検証するため、一般相対論的磁気流体シミュレーションを行なっている。降着円盤内部で非軸対称モードが成長する場合、間欠的に強いアウトフローが駆動されているのが見られた。10²⁰eV にも及ぶ高エネルギー宇宙線の加速メカニズムとして提唱されている航跡場荷電粒子加速の研究への応用を行なっている。

5. 粒子線利用による植物・プランクトンの変異体誘発と解析およびその応用研究（松山）

粒子線や宇宙線の降り注ぐ地球上で、生物は進化を遂げて来た。その変異のプロセスはゲノムDNAに残されている。植物では、モデル植物のシロイヌナズナ・イネではほぼ全てのゲノム遺伝情報が明らかになり、変異体解析は新たなステージへと展開した。我々は、塩基配列情報をフルに活用したゲノムワイド変異解析（バーチャルRLGS）システムを開発し、陽子線やイオンビーム等の粒子線や軟X線などの物理変異原を利用した植物の突然変異体解析を行った。さらには動物、微生物、水産生物資源としてのプランクトン（シオミズツボウムシ等）への応用を進めた。その過程で、遺伝子をコードしていないために高い変異集積のある反復配列の知見、新規のクロロフィル生合成能を付与されたシロイヌナズナ突然変異体、キメラ性を回避したカンキツ変異体群等を見出し、解析を進めた。一方で、果樹等の農産物を中心に生理・生態情報の収集を開始し、有用DNAマーカーの開発（DNAマーキング）、新規遺伝資源・遺伝子資源探索等の進化・環境研究等に対し、農産業・フィールド科学を視野に入れた研究・開発への展開を図った。

Key Sentence :

1. Explore the origin of the extreme energy cosmic-rays
2. Clarify the formation and evolution of a life planet

Key Word :

cosmic-rays, extreme energy, International space station, Planetary formation, Origin of Life

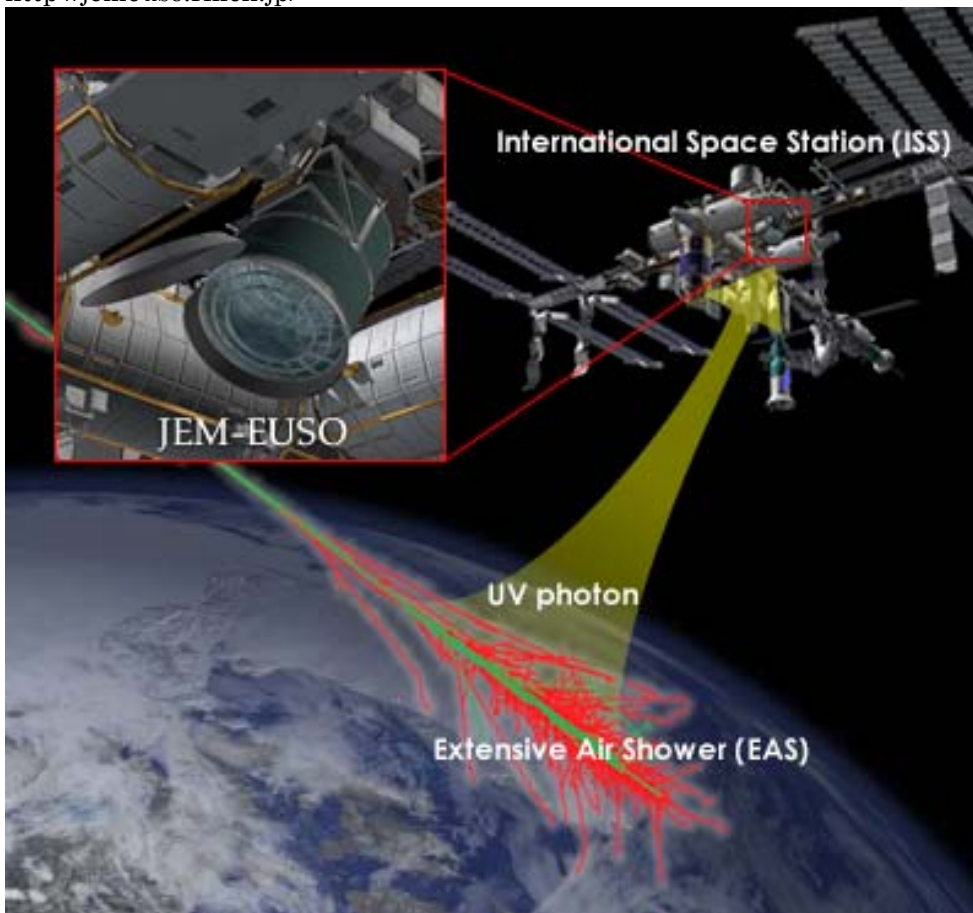
Outline

We promote the studies of extreme energy cosmic rays, formation and evolution of a life planet, and wakefield acceleration in the accretion disk jets around a blackhole.

1. Investigation of Extreme Energy Cosmic-Rays (Ebisuzaki, Takizawa)

EUSO is a new type of observatory that uses the earth's atmosphere as a detector. The sensor is a super wide-field telescope that detects extreme energy cosmic-rays with energy above 10^{19} eV. EUSO instrument can reconstruct the incoming direction of the extreme energy particles with accuracy better than several degrees. It's observational aperture of the ground area is a circle with 250 km radius and its atmospheric volume above it with a 60-degree field-of-view is about 1 tera-ton or more. The extreme energy particles can be traced back to their origin by their measured arrival direction with accuracy better than a few degrees. EUSO will also observe atmospheric luminous phenomena such as lightning, nightglow, and meteors. We have joined KLYPVE mission to provide a corrector lens, Russian photomultipliers, a laser head to enhance it's ability sevenfold. Furthermore, space debris observation with EUSO telescope and their remediation by high power pulsed lasers.

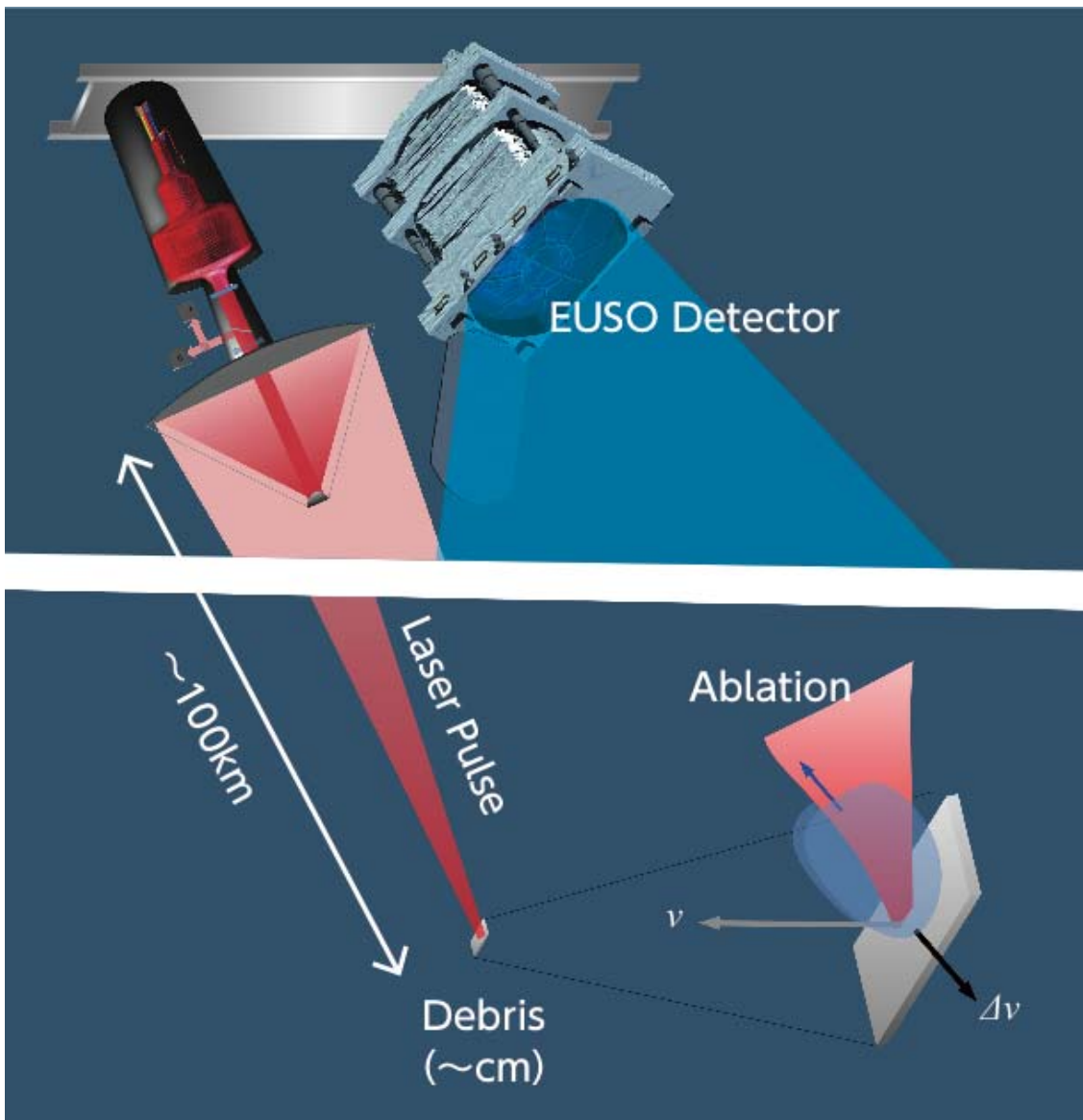
<http://jemeuso.riken.jp/>



Artist's conception of the JEM-EUSO telescope observing air shower.

2. Study of Space Debris removal by high intensity lasers. (Ebisuzaki, Takizawa)

Space debris are increasing in number in the process of space development. There threat to the spacecraft become significant. In particular, the small objects less than 10cm are believed to be most dangerous. We found that superwide field telescope, developed in EUSO project, can detect and track space debris with the size of 0.5-10cm. We may deorbit them by shooting a high intensity laser beam. We conduct technology development for the debris removal.



Concept of our technical demonstrator of the laser removal of debris aboard International Space Station. It consists of the EUSO telescope for acquisition and a CAN laser system for tracking and impulse delivery for cm size debris.

3. Study of Formation and Evolution of a Life Planet (Ebisuzaki, Imaeda, Iitaka)

New project of KAKENHI, "Hadean Bioscience" has started in 2014. The laboratory leads the A05 Life Planet Group. We will clarify how the Earth established "Habitable Trinity" in which the materials and energy

circulate in three major components: Landmass, Ocean, and Atmosphere. The necessary conditions are 1) It has a appropriate orbital radius and a small eccentricity so that the surface temperature is always kept in the range of liquid water. 2) The level of green house effect is appropriate depending on the distance from the central star, 3) The amount of water is appropriate so that the depth of the ocean is around several km. We construct numerical model of an accretion disk around a protostar and found that solid particles accumulate at two site in the disk to form planets rapidly.

4. General relativistic magnetohydrodynamic simulations of relativistic jet formation (Ebisuzaki, Mizuta)

Bipolar outflow formation from a part of accreting gas onto the black holes is observed in the Universe. The outflow is well collimated and its bulk velocity reaches almost speed of light. It is one of the important problems for astrophysics to understand why the accreting gas can overcome the gravitational potential of the black holes and how the outflow is accelerated to relativistic velocity. When magnetic fields which is amplified in the accretion disk are supplied onto the black hole with accreting gas, Blandford-Znajek process can work to extract the spin energy of the black hole. We have been working for general relativistic magnetohydrodynamic simulations to verify how Blandford-Znajek process work. When non-axisymmetric mode grows, we observed intermittently outflow. This can be applied to the wakefiled acceleration model by wakefiled acceleration for high energy cosmic-ray acceleration up to $\sim 10^{20}$ eV.

5. Analysis of plant and plankton mutants induced by particle radiations. (Matsuyama)

The entire nuclear genomic DNA sequences of the model plant: Arabidopsis and rice are known and plant genome science has changed the whole aspect of situation. Using their information, we have developed an in silico genome wide scanning system (Vi-RLGS system) and have applied to not only the analysis of plant mutants induced by particle radiations (ion and proton beams) and soft X-rays, but also mouse and microorganism genome analysis. The rich knowledge of repeated sequence that is non-coding region have stored and found out the interesting Arabidopsis and Citrus mutants induced by particle radiations through the process of the above studies. Using them, we have developed useful DNA markers for the resolution of various problems of plant variety protection (DNA marking project) and the isolation of novel genic resources for the new phase of plant and plankton breeding. In addition, we are applying the above data for the field science using agricultural plants.

Principal Investigator

戒崎 俊一 Toshikazu Ebisuzaki

高幣 俊之 Toshiyuki Takahei

田畑 美幸 Miyuki Tahata

Research Staff

飯高 敏晃 Toshiaki Iitaka

Xi Zhang

土屋 旬 Jun Tsuchiya

滝澤 慶之 Yoshiyuki Takizawa

John Sak Tse

松山 知樹 Tomoki Matsuyama

中里 直人 Naohito Nakasato

水田 晃 Akira Mizuta

長嶋 雲兵 Umpei Nagashima

今枝 佑輔 Yusuke Imaeda

二村 徳宏 Tokuhiko Nimura

金子 委利子 Iriko Kaneko

Hong Nguyen

川崎 賀也 Yoshiya Kawasaki

平井 尊士 Takashi Hirai

Students

村田 一城 Kazuki Murata

Fenu Francesco

藤本 桂三 Keizo Fujimoto

Elias Iwotschikin

古川 浩二 Koji Furukawa

本郷 研太 Kenta Hongo

Assistant and Part-timer

大畑 智子 Tomoko Ohata

Yanming Ma

前園 涼 Ryo Maezono

佐藤 茂 Shigeru Sato

眞榮平 孝裕 Takahiro Maehira

丸山 茂徳 Shigenori Maruyama

佐々木 綾乃 Ayano Sasaki

三浦 均 Hitoshi Miura

宮崎 剛 Tsuyoshi Miyazaki

Visiting Members

荒井 規允 Noriyoshi Arai

宮原 ひろ子 Hiroko Miyahara

宮本 寛子 Hiroko Miyamoto

梅本 幸一郎 Koichiro Umemoto

泰岡 顕治 Kenji Yasuoka

八柳 祐一 Yuichi Yatsuyanagi

尾久土 正己 Masami Okyudo

矢部 孝 Takashi Yabe

奥野 光 Hikaru Okuno

山本 知之 Tomoyuki Yamamoto

片岡 龍峰 Ryuho Kataoka

Zhi Li

鎌田 誠司 Seiji Kamada

Cheng Lu

Nguyen Hai Chau

鷺見 治一 Haruichi Washimi

Kholmirzo Tagoikulovich Kholmurodov

佐々木 孝教 Takanori Sasaki

塩田 大幸 Daiko Shiota

肖 鋒 Feng Xiao

真貝 寿明 Hisaaki Shinkai

鈴木 増雄 Masuo Suzuki

高橋 徹 Toru Takahashi