

資料14-1-3

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
ISS・国際宇宙探査小委員会
(第14回)H27.4.20

国際宇宙ステーションへの期待 —宇宙線物理学・宇宙物理学の観点から—

東京大学 宇宙線研究所

梶田隆章

話の内容

- はじめに
- ISSと独立科学衛星
- 宇宙線・宇宙観測の新たなプラットフォーム
- MAXI
- CALET
- 地上観測との連携
- まとめ

はじめに

- 宇宙線は1912年に発見され、宇宙に当時全く想像していなかった高エネルギー現象が起こっていることを教えてくれた。
- しかしながら、その理解の進展は近年までは遅々たるものであった。
- しかし宇宙線(宇宙の高エネルギー現象)の理解が近年急速に進み始めた。その理由は;
 - 観測技術の急激な進歩(地上の解像型ガンマ線望遠鏡など)
 - 新たな観測技術の誕生(ニュートリノ、重力波望遠鏡など)
 - 新しい観測プラットフォームの誕生(国際宇宙ステーション ISS)

ISSと独立科学衛星

• ISS(船外)の利点

- 電源系や通信系など、インフラが整っていて、自前で持つ必要が無い
- 割合大重量の観測装置を、軌道に乗せられる
- (有人飛行のため) 地上との連絡がきわめて密になされており、速い天体現象の即応に適している。(単独衛星でも、リレー衛星を介すれば可能だが、相当な投資が必要)
- あくまで原理的にはであるが、宇宙飛行士の助けを借りることが可能。そのため、原理的には装置の修理や手直しが可能

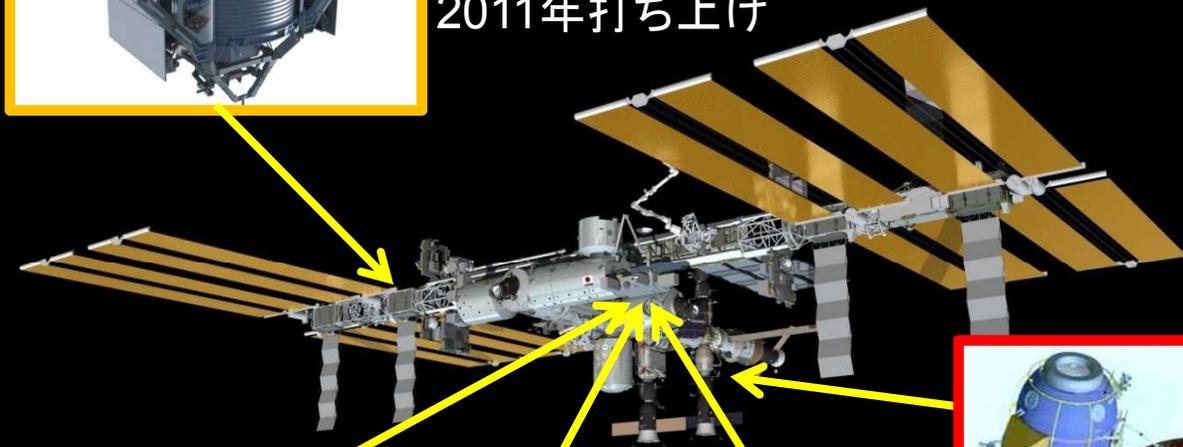
• ISSの弱点

- 地球一周で姿勢も1回りするため、ある天体に狙いを絞って深く観測するようなことには不向き
- ISS自体の陰や、ISSで相互作用した宇宙線の2次粒子の影響を考慮しなければならない

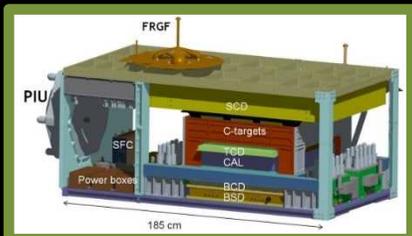
ISS: 宇宙線・宇宙観測の新たなプラットフォーム



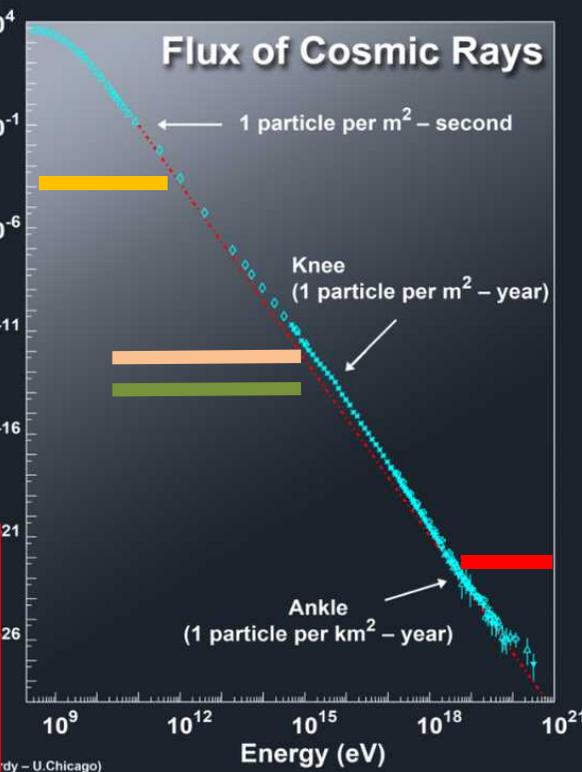
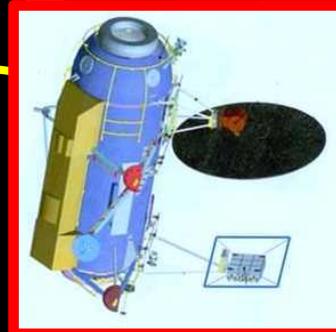
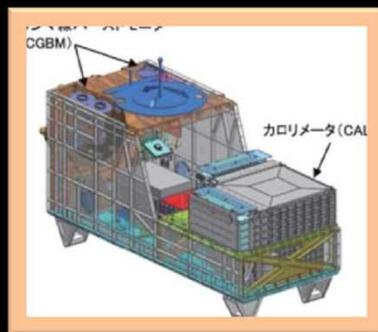
AMS
S3トラス上部に設置
2011年打ち上げ



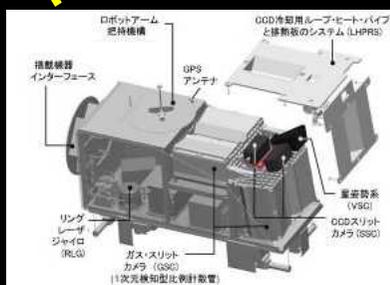
ISS-CREAM
きぼう船外PFで計画
2016年以降予定



CALET
きぼう船外PF
2015年予定

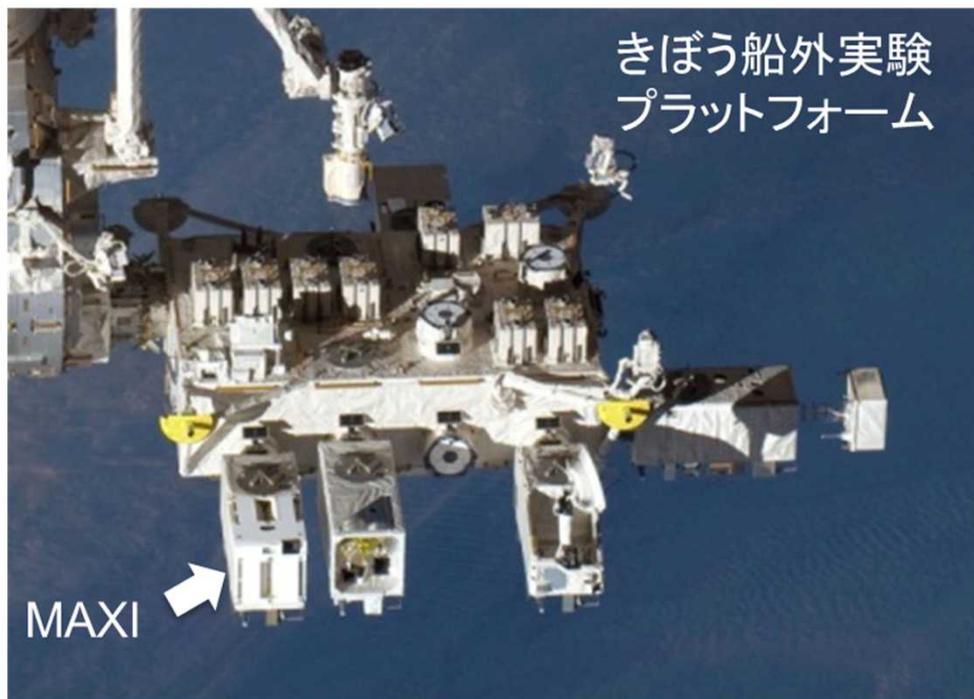


KLYPVE/K-EUSO
ロシアモジュール(ただし日本が非常に重要な役割)
2019/2020年以降想定



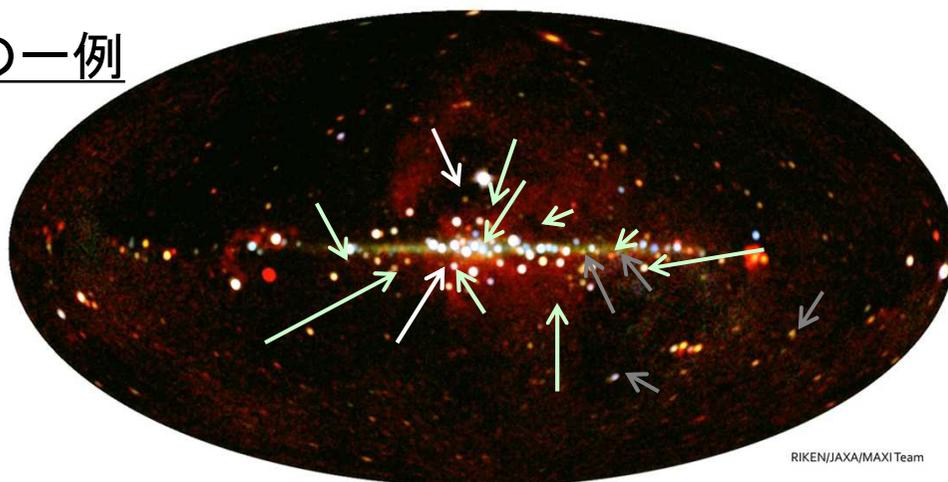
MAXI
きぼう船外PF
2009年打ち上げ

MAXI(全天X線監視装置)



- 史上最高感度のX線全天監視装置
- ブラックホールなどの突発的活動を全世界に速報
- X線天体の全天カタログ
- 観測データを全世界に公開
- 2009年8月から観測
- 2015年4月から3年間の運用延長をJAXAが決定

重要な成果の一例

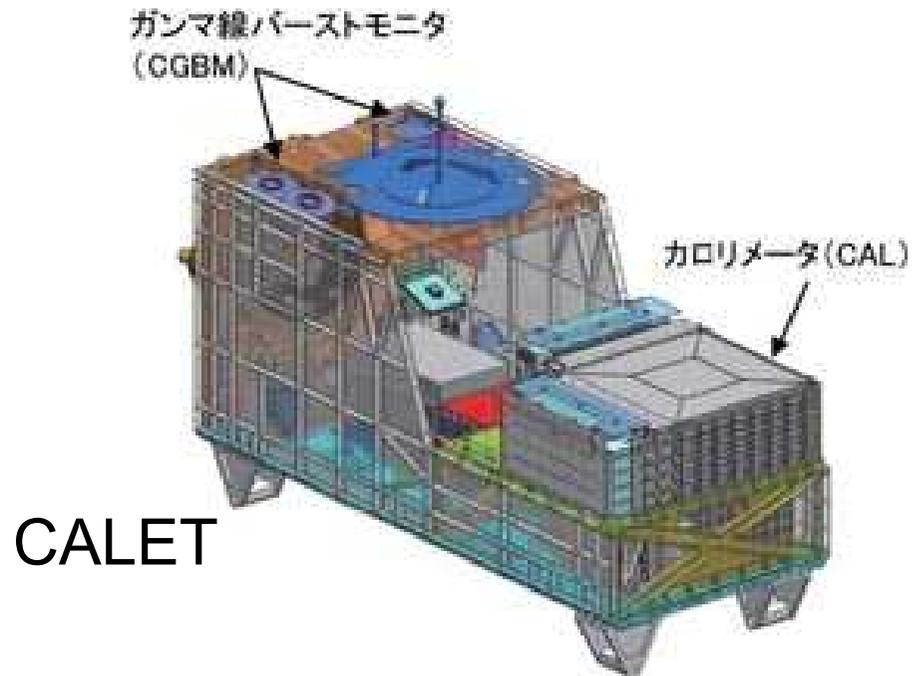
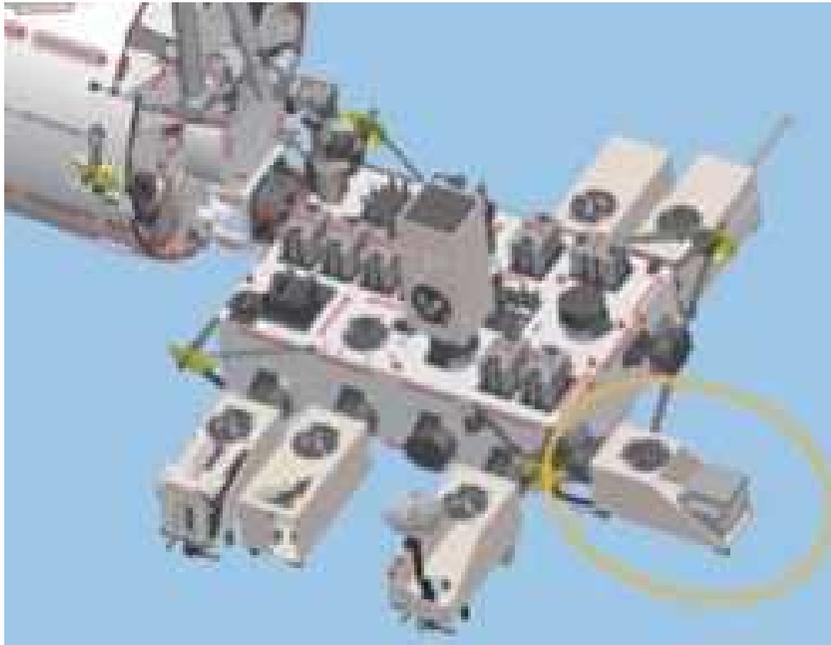


5年間で15個の新天体を世界に速報(うち6個は新しいブラックホール候補)

MAXIの今後への期待

- 現在、世界唯一の全天X線モニター
- 宇宙ステーションの特徴を積極活用
 - 地上と継続的に通信：突発現象の速報に最適
 - 同じ面を地球に向けて周回：一周で全天をスキャン
- **後継機提案：iWF-MAXI（広天域X線監視ミッション）**
 - MAXI の使命の継承・発展
 - X線突発天体の検出・位置速報
 - 広視野化：全天の1/10を常に監視（MAXIは2%）
 - 位置精度の向上、軟X線領域への拡張
 - 短時間X線突発天体の検出、位置決定、速報
 - JAXA/ISASの小規模プロジェクトとして、研究チームが提案中（2019年頃から運用希望）

CALET

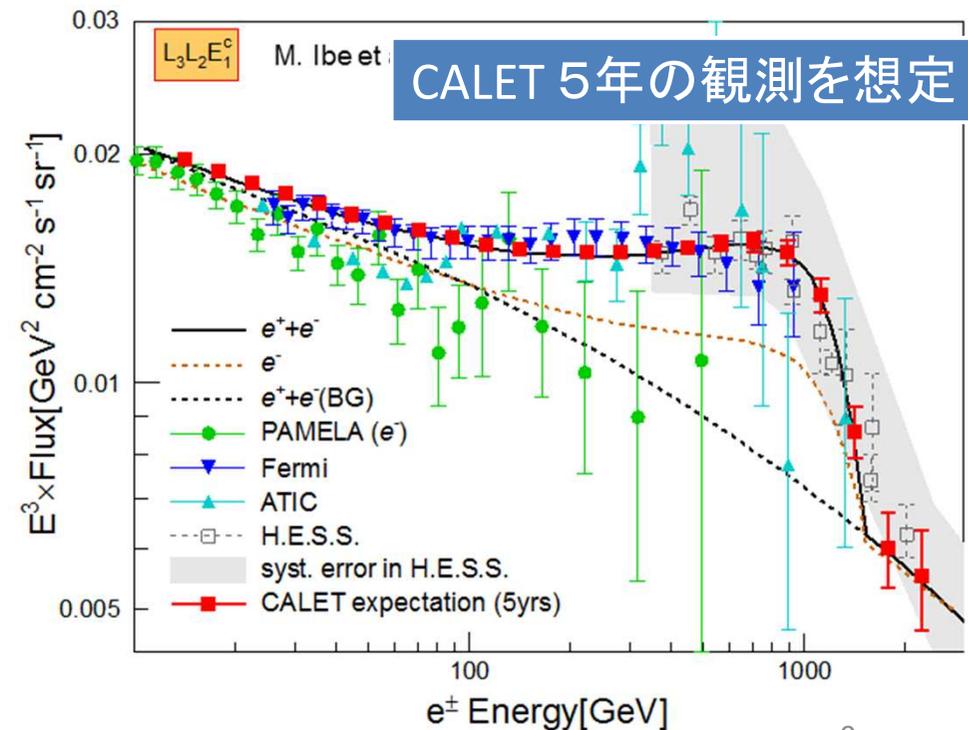
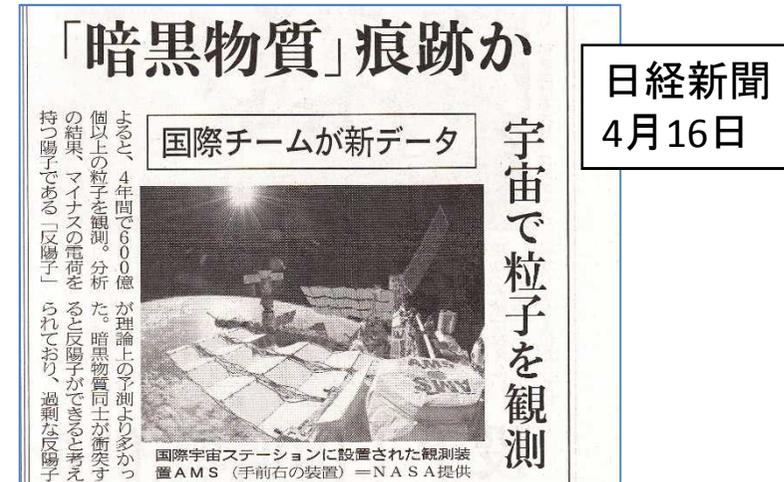


- 精密宇宙線観測装置 (日米伊国際協力)
- 主な研究項目：
 - 宇宙線(電子)近傍加速源の同定
 - 暗黒物質(ダークマター)の探索
 - 宇宙線の精密測定による宇宙線の起源・加速機構・伝搬の研究
 - 太陽磁気圏の研究
 - ガンマ線バースト
- 本年打ち上げ予定

CALETに期待するサイエンスの1例

暗黒物質(ダークマター)の探索 (発見?)

- 先行研究によって電子+陽電子スペクトルの異常の発見(PAMELA, AMS(@ISS)など)
- 更に4月15日にAMS(@ISS)から反陽子の割合も異常との報告(右)
→暗黒物質が疑われている
- ✓ **暗黒物質は素粒子と宇宙の理解に極めて重要(発見はノーベル賞)**
- しかしまだ決定的証拠にはなっていない
- ✓ **CALETによる1000~2000GeV領域の電子観測が不可欠!**(右図、5年の観測を想定)
- ✓ **ただし、観測に必要な期間は不明な暗黒物質の質量次第。もし右図の想定より重ければ、結論が得られるのは5年より長くなる**



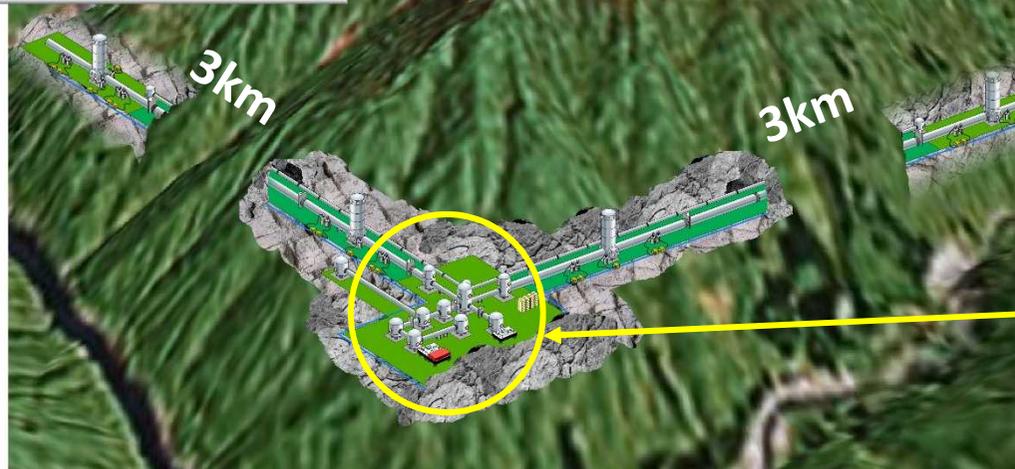
地上観測との連携：(1)重力波



KAGRA：岐阜県神岡の地下に設置される片腕 3km
の超高感度レーザー干渉計(240人の国際チーム)



建設中の
KAGRA



- ✓ 中性子星合体などによる重力波の観測(年に10回程度?)
- 2017年度に一応の完成、その後調整を経て定常観測へ
- **2020年**頃から世界協力で重力波天文学の時代

地上観測との連携：(2)超高エネルギーガンマ線



- ✓ 既存の施設の10倍の感度で、宇宙線の起源や宇宙の高エネルギー現象の研究
- 世界29カ国, 1200人の巨大国際協カプロジェクト
- **2020年**頃から本格観測開始予定

これらの装置で天文学を進めるには;

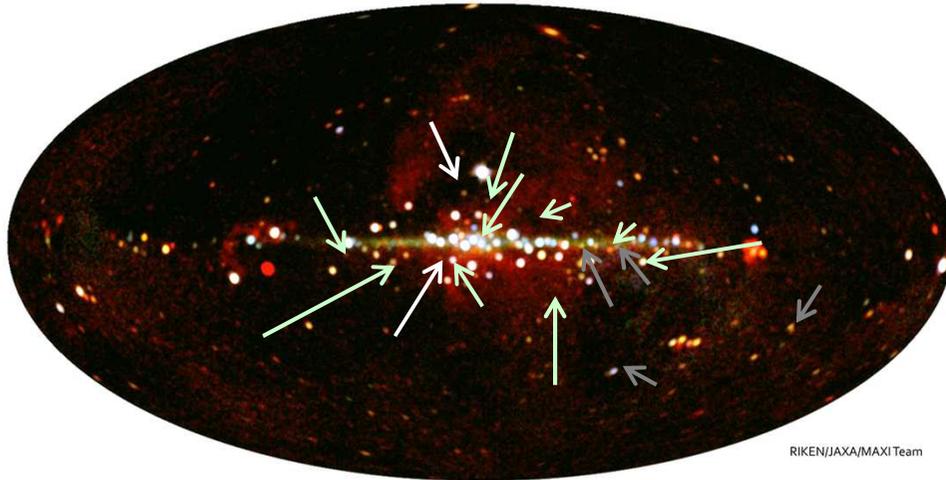
- ✓ 重力波対応天体のX線観測
- ✓ ブラックホール活動の地上望遠鏡への通知
- ✓ ガンマ線バースト観測と引き続いた超高エネルギー・ガンマ線観測などの連携が不可欠！ →ISS上の(iWF-)MAXI, CALET等との連携がものすごく重要

まとめ

- 全ての研究は観測が大きく改善されると共に進歩
- ISSという新たなプラットフォームは宇宙線・宇宙物理研究のまたとない機会
- MAXI (iWF-MAXI)には唯一のX線全天モニターとして宇宙物理学の更なる進化への大きな期待
- CALETには暗黒物質など新たな大発見の期待
- 特に2020年以降に地上にできる予定の次世代のガンマ線望遠鏡や重力波望遠鏡との連携はまたとないチャンス
- なお、今回は、MAXI (iWF-MAXI), CALETに話を限ったが、機会があれば、他にも重要なプロポーザルが提出されるはず
- また、ISSという素晴らしいプラットフォーム上で観測することは、個々の衛星と違って共通インフラを使えることで、研究者が観測機器により専念できるという大きなメリットも

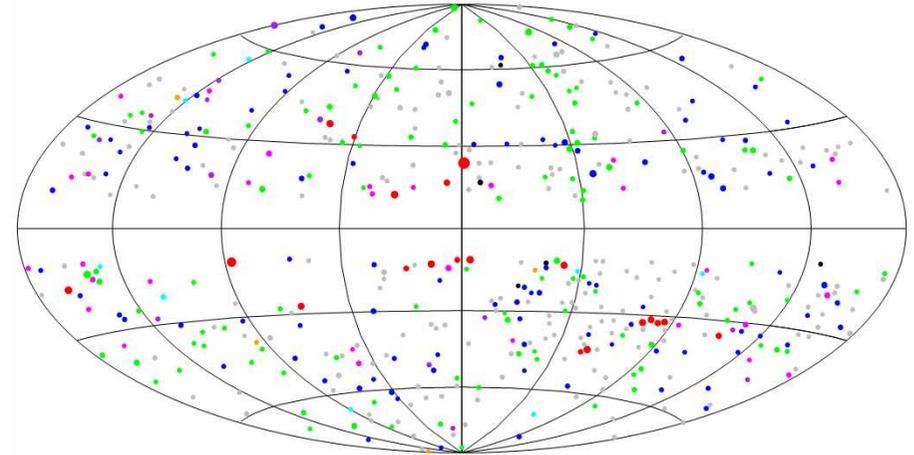
參考資料

MAXI の5年間の重要な成果(の一部)



RIKEN/JAXA/MAXI Team

5年間で15個の新天体を世界に速報
(うち6個は新しいブラックホール候補)



今までで最高感度の全天X線天体カタログ

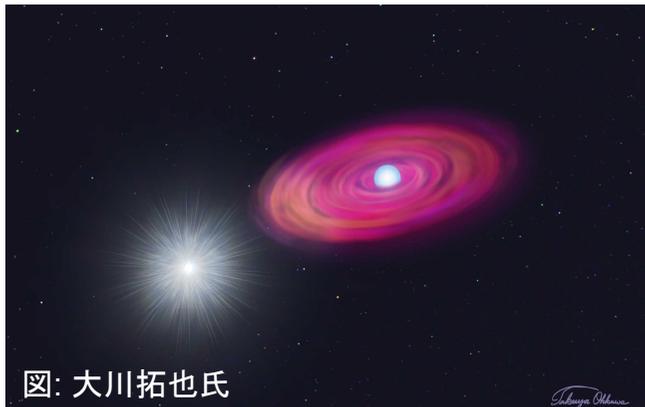
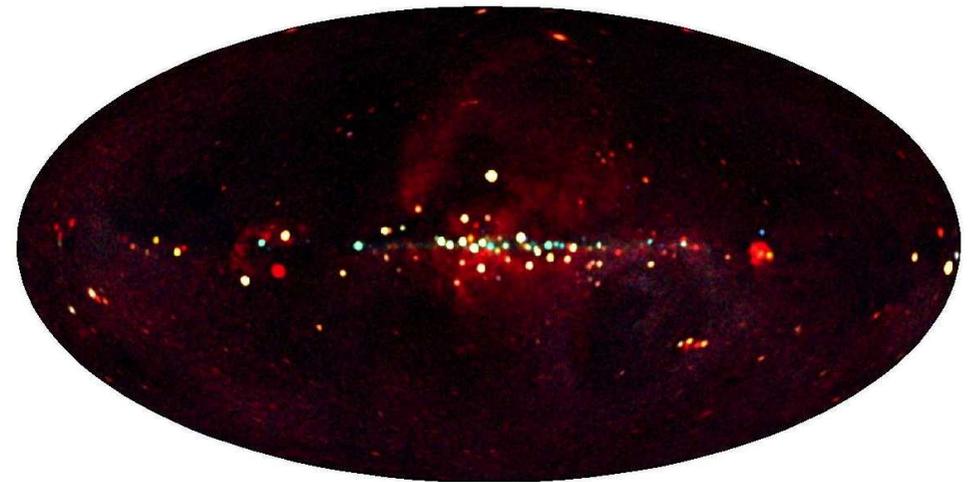


図: 大川拓也氏

新種の突発現象の発見
(新星の着火、恒星の潮汐破壊、...)



銀河系に分布する高温ガスのマップ

CALETに期待するサイエンス(の一部)

宇宙線(電子成分)の近傍加速源の探索

- 近傍(2-3kpc内)に宇宙線電子の加速源があれば1000GeVを超えたところに特徴的なスペクトルの形が見えるはず(下図)
- 今までの観測装置は感度不足
- CALETの長期観測に期待

