

3. 宇宙実験からの成果の蓄積(10/14)

④ 電子デバイスの高性能化等に繋がる物質・材料科学に関する学術的成果(2/2) ＜氷を用いて結晶成長の仕組みを明らかにする研究（北大 古川義純教授）＞

(2009年4月～2010年10月実施)

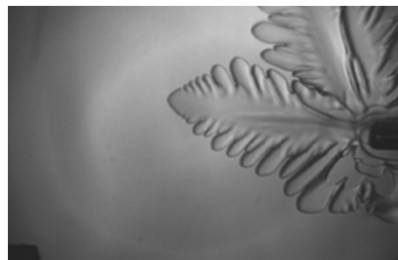
- 「水」は最も身近な物質。冷凍技術など生活に密接な現象にも関わらず、その結晶成長メカニズムは分かっていない。
- 対流のない宇宙での精密な結晶成長データから、新しい結晶成長理論を構築。査読付論文(J. Physical Chemistry B)で発表。
Nature Chemistryでも紹介された。



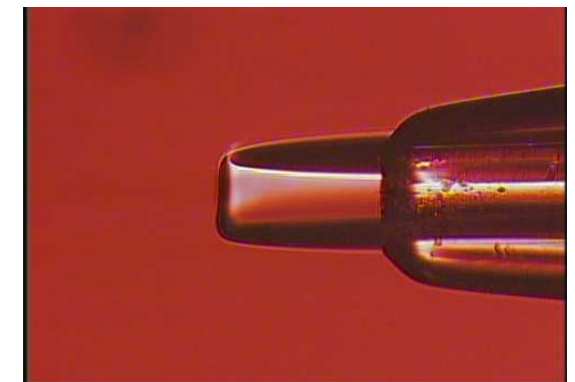
氷結晶の成長軸

○「きぼう」での実験成果

- 2つの成長軸(右図a軸とc軸)の成長速度の同時計測(「きぼう」で初めて実現)により、a軸方向の成長速度の変化が、c軸の成長の仕方と関連があるという新しい結晶成長理論を構築した。(J. Physical Chemistry Bに掲載、Nature Chemistryでも紹介)
- 対流の影響のない環境で精密なデータが得られていなかった、円盤状の成長について、円盤半径や厚みなどの経時変化を詳しく調べ、コンピュータシミュレーションも活用して新しい円盤成長のメカニズムを解明した。(Physical Review Eに掲載)



「きぼう」で観察された形の対照的な氷結晶(左)と地上の氷結晶(右)



円盤状の氷結晶

3. 宇宙実験からの成果の蓄積(11/14)

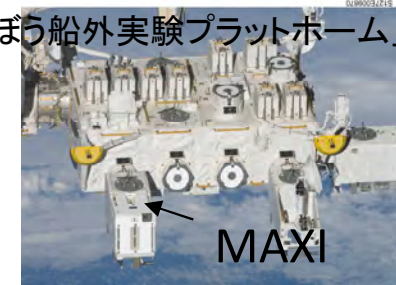
⑤ X線天文学の最先端の学術的成果 <船外の搭載装置による観測> (1/2) (2009年8月～観測中)

- 巨大ブラックホールが星を吸い込む現場を世界で初めて観測 (Nature誌、2011年)
- ガンマ線バースト(宇宙最大規模の爆発)の観測に成功 (Science誌、2014年)
- 極超新星爆発の痕跡発見(PASJ誌、2013年)、新星爆発初めのX閃光発見(Astrophysical Journal誌、2013年)
- ブラックホール発見競争で首位
- MAXI全天X線画像が教科書で採用(日米それぞれ1件)。国内複数のプラネタリウムでも上映
- NASA副長官が米国議会でMAXIの科学成果を1番目に報告(2012年3月28日)

1. MAXI とは

- 国際宇宙ステーション初の天体観測ミッション。
- 宇宙ステーションの自転(90分で1回転)を利用して宇宙のあらゆる方向から飛来するX線の強度と色を監視。発生時期を予測できない高エネルギー現象(ブラックホール天体の出現等)を検知し、世界中の研究者へ速報。地上や宇宙望遠鏡での追観測を促進。

「きぼう船外実験プラットフォーム」



2. 国際共同観測の成果

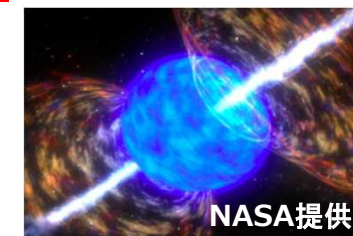
- **巨大ブラックホールが星を吸い込む現場を世界で初めて観測** (Nature誌、第476巻、421-424頁、2011年)

米国のガンマ線バースト観測衛星(Swift: スウィフト)と連携して、地球から39億光年離れた銀河の中心部にある巨大ブラックホールが星を吸い込む瞬間を世界で初めて観測。X線の強さと変動の様子から、X線を放射しているのは光速に近いジェットであることが初めて確認された。この突発現象の発見は、全天常時監視ならではの成果。

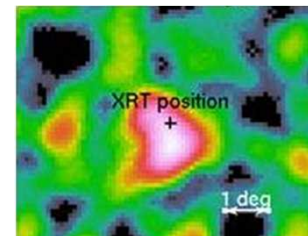


- **異例なほど近傍でガンマ線バースト(宇宙最大規模の爆発)の観測に成功** (Science誌、第342巻、48-51頁、2014年)

ガンマ線バーストとしては地球の“近傍”で発生したため、強いX線とガンマ線が地球まで届いた。このガンマ線バーストからのX線残光をMAXIは捉えた。MAXIはこの観測的研究に他の天文衛星や地上望遠鏡と共に貢献した。



ガンマ線バースト想像図



MAXIで取得した画像

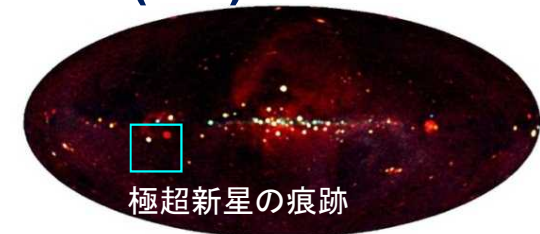
3. 宇宙実験からの成果の蓄積(12/14)

⑤ X線天文学の最先端の学術的成果 <船外の搭載装置による観測> (2/2)

3. 最近のMAXIの成果(一部)

➤ 極超新星爆発の痕跡を発見 (PASJ誌、第65巻、14-1から14-8頁、2013年)

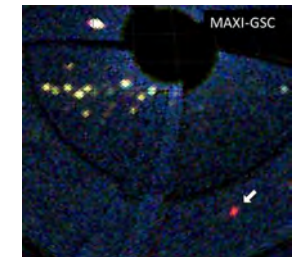
白鳥座方向に”極(きょく)”超新星爆発の痕跡を発見した。この爆発は、通常の超新星爆発の100倍も大きなもので、我々の住む天の川銀河では、極超新星もその痕跡もこれまでみつかっておらず、天の川銀河内での世界初の発見。



MAXI搭載X線CCDカメラによる全天画像

➤ 新星爆発初めの火の玉から放たれたX閃光を発見 (Astrophysical Journal誌、2013年)

新星爆発が開始した直後に生じた火の玉のX線観測に世界で初めて成功した。通常の新星爆発の約100倍の明るさであったため、新星の理論に大きな影響を与えており、MAXIの観測結果を理論的に解明する取り組みが複数進行中。



新星爆発の瞬間を捉えたMAXIによる撮像画像。

4. MAXIの新天体、突発天体現象の検出実績数

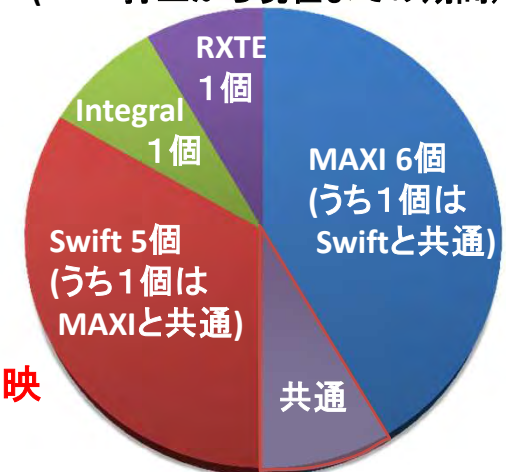
➤ ブラックホール発見競争で首位

MAXIが稼動開始した2009年8月から2014年3月までの間に、MAXIと他のX線天文衛星(Swift, Integral, RXTE)が発見したブラックホールの個数を比較した(右図)。MAXI稼動開始後に発見されたブラックホールの半数をMAXIが発見してい

ブラックホール発見数12個の内訳
(MAXI打上から現在までの期間)

➤ MAXIの新天体、突発天体現象の報告件数 (2014年4月13日現在)

Astronomers' Telegram (<http://www.astronomerstelegam.org/>)に全147件。
The Gamma-ray Coordinates Network (<http://gcn.gsfc.nasa.gov/>)に全50件。
これらの速報は学術的に正式な報告として扱われ、査読論文等で引用される。また、世界規模の追観測実施の起点となる。



5. その他、教育への波及等

➤ MAXI全天X線画像が教科書で採用(日米それぞれ1件)。国内複数のプラネタリウムでも上映

➤ NASA副長官が米国議会でMAXIの科学成果を1番目に報告(2012年3月28日)

米国議会で行われた宇宙ステーション利用に関する証言の中で、NASAゲスティンマイヤー局長(有人探査担当)は、宇宙ステーションで実施されている多数の科学研究、技術実証、教育支援プログラムのハイライトとして10件を選び報告した。10件のうち最初に報告されたのがMAXI。2番目は、1000億円規模の宇宙線粒子物理の実験。

3. 宇宙実験からの成果の蓄積(13/14)

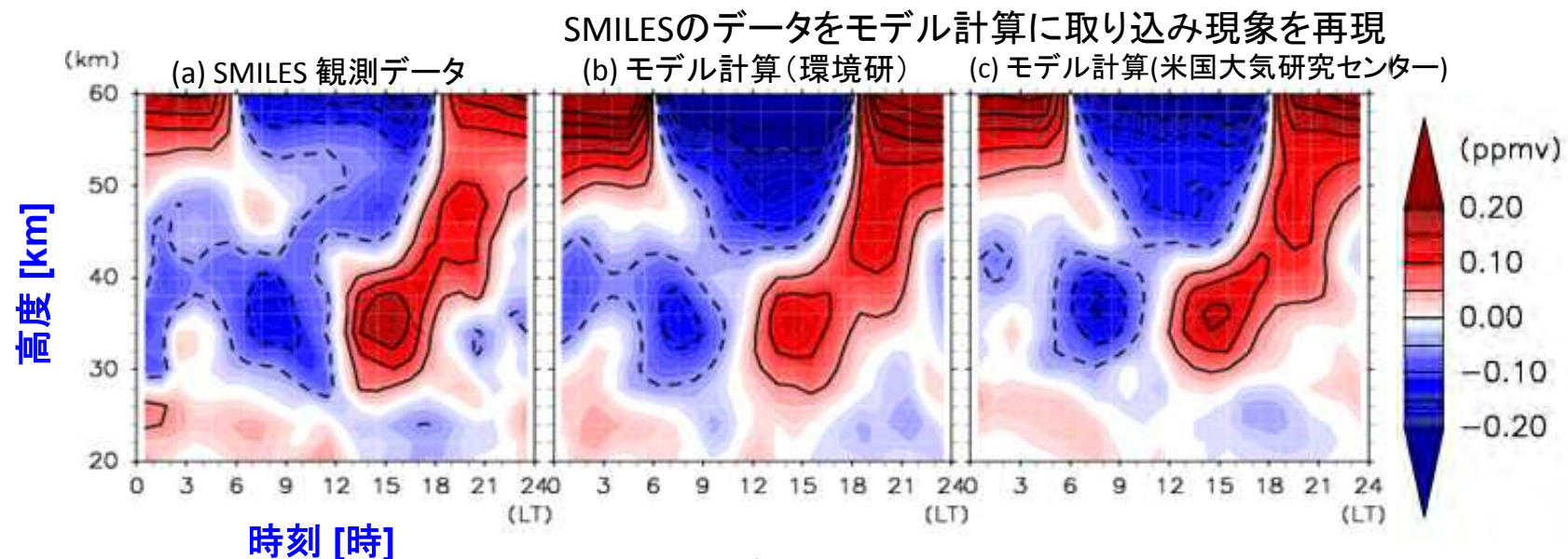
⑥ 災害等の規模・状況把握に繋がる情報の提供

● オゾン層と、オゾン層を破壊する化学物質の観測(SMILES) (2009年10月～2010年4月)

- 成層圏でのオゾンの日周変動(一日の時間帯による変化)の観測(世界初)を初めとして、これまでの衛星観測では検出が困難な大気成分の定量的な把握に成功するなど、大気化学研究の進展に貢献(査読付き論文の発表約50件。うち25件は世界的な学術雑誌に収録)。

(J. Geophysical Research (Atmosphere)誌、Atmospheric Chemistry And Physics誌、Atmospheric Measurement Techniques誌等)

- 成層圏においては、観測時間帯による変動はほとんど無いと従来は見なされていたところ、日周変動を明らかにしたことで、衛星観測データを利用して長期変動を論議する際には、観測データの観測時間帯を考慮すべきことが判明した。



成層圏でのオゾンの日周変動

3. 宇宙実験からの成果の蓄積(14/14)

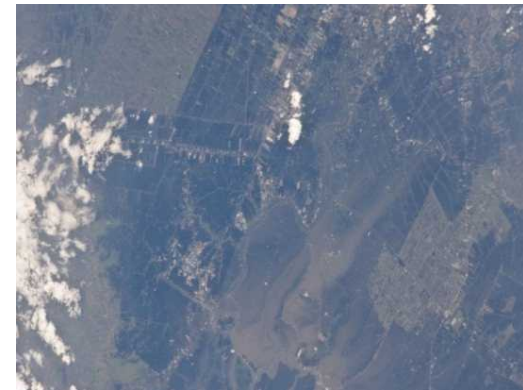
⑥ 災害等の規模・状況把握に繋がる情報の提供

- 宇宙飛行士が、ISSから「観る」運用の柔軟性を活かして、宇宙飛行士がISSから災害状況等を観測
- 「きぼう」船外実験プラットフォーム設置のハイビジョンカメラは、センチネルアジア・国際災害チャータを通じて災害時の被災地観測に貢献
 - センチネルアジアへの被災地撮影映像の提供開始(2013年6月)
 - 国際災害チャータへの正式登録(2013年11月国際災害チャータボード会合)。

船外ハイビジョンカメラによる被災地撮影映像の提供実績

観測日	観測対象	観測要求元
2013年6月	インドネシア、スマトラ島森林火災(①)	National Institute of Aeronautics and Space of Indonesia (LAPAN)/Sentinel Asia Initiative
2013年8月	台風12号によるフィリピン洪水災害	マニラ観測所/Sentinel Asia Initiative
2013年8月	島根県地域の洪水災害	広島工業大学/Sentinel Asia Initiative
2013年11月	台風30号によるフィリピン洪水災害(②)	ASEAN防災人道支援調整センター(AHA Centre)及び関係機関(フィリピン気象庁他)/Sentinel Asia Initiative

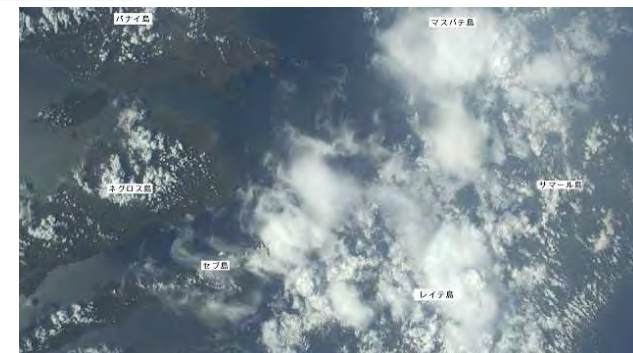
古川飛行士がタイ洪水をISSから撮影
(2011年10月24日撮影)



←①インドネシア・スマトラ島森林火災画面

左端に観測要求地域リンガ諸島周辺を含む海域(日本時間 2013/6月)

②台風30号によるフィリピン洪水→



4. 国際協力による外交上のプレゼンス向上への貢献(1/2)

【成果】

- 「きぼう」、「こうのとり」の着実な開発・運用で存在感を発揮し、国際パートナーからの信頼を得ており、宇宙先進国としての地位を確立。
 - 国際協働による宇宙探査計画の技術検討を進める国際宇宙探査協働グループ(ISECG)(14宇宙機関が参加)において議長国を務めた(～2013年4月)。
 - 宇宙探査の政策的議論を行う国際宇宙探査フォーラム(ISEF)を、初回米国に続き、日本で開催することが決定。
 - NASAから米国民間輸送機「シグナス」の運用訓練や運用支援を受託。
 - ロシアとタンパク質実験、メダカ実験、放射線計測の協力を実施。
 - NASAは、「きぼう」の特徴を活かした衛星放出機構を積極的に活用。
- アジアのISS非参加国の多く(マレーシア・ベトナム等)は、「きぼう」利用を通じた日本との協力関係の発展を強く希望しており、日本の国際的プレゼンスが向上。
 - マレーシアとのタンパク質結晶生成実験をこれまでに6回実施。
 - 「きぼう」の特徴を活かした衛星放出機構を用いて、ベトナム宇宙機関／東大連携の超小型衛星の利用機会を提供。
- アジア・太平洋地域宇宙機関会議(APRSAF)を通じて、植物種子の成長観察実験や航空機による微小重力教育実験などの共同イベントを実施。
 - 植物種子の成長観察実験:2013年は7カ国で1,300名以上参加し、うちマレーシア宇宙局は独自のコンテストを開催(39,500名参加)。

【今後の課題】

- 今後の継続的な運用や技術実証により、国際宇宙探査等で日本の地位を確固たるものにしていく必要。

4. 国際協力による外交上のプレゼンス向上への貢献(2/2)

● アジア諸国への「きぼう」利用の推進

○APRSAFを通じたキャパシティビルディングを中心とした協力推進

- 植物種子の成長観察実験や航空機による微小重力教育実験などの共同イベントを実施。これらを通じて、アジア地域の人材育成・教育目的、参加宇宙機関の人材育成を支援*。当初4カ国の参加が2年半で7カ国に拡大するとともに、マレーシアやベトナムはバイの協力でシフトするなど確実に浸透。

*アジアのISS非参加国にとっては、自国で者に宇宙関連の教育機会を提供することは容易でないため、関係国から国連等で日本に対する謝意が繰り返し述べられている。

- ✓ 2013年に実施した植物種子実験では、7カ国で約1,300名以上の学生・教員が参加したほか、マレーシアにおいては、JAXAの支援により宇宙局（ANGKASA）が「きぼう」での植物実験関連の実験コンテストを開催。39,500名の若者が参加し、宇宙分野における日本のプレゼンス向上に寄与。
- ✓ 航空機による微小重力教育実験では、これまでに3か国15実験を実施。
- 各国での宇宙環境利用に関するセミナーの開催を行うとともに、日本で研修生を受け入れるなど、人材育成を支援。

○宇宙環境利用の実績および技術基盤を有する宇宙機関の2国間協力

- 実費負担による、マレーシアとのタンパク質結晶生成実験をこれまでに6回実施（2009年～2012年）。国際会議（APRSAF）にて、マレーシア国内での産業振興・人材育成（博士号取得者8名、修士号取得者7名）への貢献成果として、マレーシアから報告されている。現在、継続実験の計画調整がマレーシア国内で進行中。
- 「きぼう」の特徴を活かした超小型衛星放出システムを用いて、ベトナム宇宙機関/東大連携の超小型衛星に利用機会を提供。なお、ベトナムは2回衛星放出しているが、1回目はNASAを通じて実施（2012年10月）、2回目は日本の機会利用に切り替え（2013年11月）。



植物種子の成長観察実験



航空機による微小重力教育実験



PicoDragon
(東京大学/ベトナム国家衛星センター/(株)IHIエアロスペース)

5. 青少年の育成(1/2)

【成果】

- 子供の理科離れが指摘される中、日本人宇宙飛行士が活躍するISS計画、すなわち最先端の有人宇宙活動への参画により、青少年の科学技術への興味や関心を高め、科学技術教育、ひいては将来の我が国を支える科学技術人材の育成に貢献。
 - 日本人宇宙飛行士のISS長期滞在機会を捉え、子供達との交信イベントの実施、微小重力を使った教育実験の実施、地球帰還後の帰国報告会や講演活動などを実施。
 - JAXAが保有する有人宇宙関連の写真・映像等は、教科書・図鑑・テレビ情報番組・プラネタリウム等、多方面で利用されている。
 - － 写真・映像： 4,171件(JAXAへの全申請件数の約40%)(そのうち、宇宙飛行士関連が1,862件)(平成25年度実績)
 - － 教科書への掲載： 小中学校理科の教科書の他、平成23年度には小学6年生国語の教科書にも掲載
 - － 報道等： JAXA関連報道(TV:約1,000件、新聞:約2,700件)のうち、約50%は有人宇宙関連。中でも宇宙飛行士関連の報道は、有人宇宙関連の約8割を占める。(平成25年度実績)

【今後の課題】

- 我が国が将来にわたって科学技術立国、宇宙先進国であり続けるためには、国際的な有人宇宙活動で中核的な役割を果たすなど、青少年が科学技術に夢や誇りを持てるような活動を継続していくことが必要。

5. 青少年の育成(2/2)

① 日本人宇宙飛行士との交流

● ISSとの交信イベントや講演活動

日本の小中学生とISSに長期滞在中の日本人宇宙飛行士とのライブ中継交信イベント(計約20回)や、ISSとのアマチュア無線による交信イベント(約30回、NASA教育プログラム)の他、地球帰還後の帰国報告会、筑波宇宙センターの特別公開、東日本大震災の被災地訪問などを含め、数多くの講演活動などで子供たちと交流を行い、科学技術への興味を喚起。



② 宇宙での教育実験や映像提供を通じた理科教育への貢献

● ハイビジョン・アースビューへの映像提供

広報・教育を目的として、「きぼう」船外に取り付けた民生HDTVビデオカメラを用いて、地球観測映像(動画)を、インターネットを通じてリクエストした学校等へ無償配信する試行サービスを2014年1月から開始(配信実績11件)



● 教育実験

- 小中高生等を対象とした植物種子実験:
アサガオ／ミヤコグサ212団体、ヒマワリ30団体参加
- 宇宙飛行士がISS滞在中に、無重力を使った理科実験を実施し映像を公開



● 教材としての採用

小中学校の理科教科書その他、「宇宙連詩」の国語教科書掲載(平成23年度小学6年生)