



宇宙科学研究所
1994.5 No. 158

〈研究紹介〉

ガンマ線バースト天文学

宇宙科学研究所 村 上 敏 夫

ガンマ線バーストと呼ばれる天体現象の起源を追い求めています。ガンマ線バースト天文学は、まずはガンマ線検出器を人工衛星に搭載して観測することから始まります。しかしある時は可視光を使って地上から、ある時は「あすか」衛星のようなエックス線天文衛星を使って宇宙から、またある時は電波望遠鏡も使います。世界ではニュートリノや重力波や宇宙線を使って見張っている人もいます。天文学上の全ての方法を動員して、ガンマ線バーストの発生起源を解明しよう、それがガンマ線バースト天文学です。ところで、ガンマ線バーストとはどのような現象なのでしょう？

ガンマ線バーストとは太陽系外の天体現象です。「ぎんが」衛星が検出した一例を図1に示します。数万電子ボルトから数千万電子ボルトのガンマ線光子（波長の極端に短い電磁波）が宇宙の未知の

天体から地球に降り注いで来ます。継続時間は数ミリ秒から数十秒が一般的で、天体現象の中では非常に短い現象に分類され、バーストと呼ばれるのはこの短かさが語源です。エネルギーの高いことで知られ、ガンや結核の診断で使われるエックス線がせいぜい数万電子ボルトですから、随分とエネルギーの高い光子が降り注いで来ることになります。ガンマ線はこのように高いエネルギーを持ってはいるものの、分厚い地球の大気を通り抜けることは出来ません。地球の大気の厚さは水に換算して10メートルの厚さもあるのです。と言うわけでガンマ線バーストを検出するためには人工衛星が必要です。

天体現象ではまずその発生源が問題となりますが、ガンマ線バーストに限ってはその発生天体が我々の銀河系内にあるのか、我々の銀河系の外に

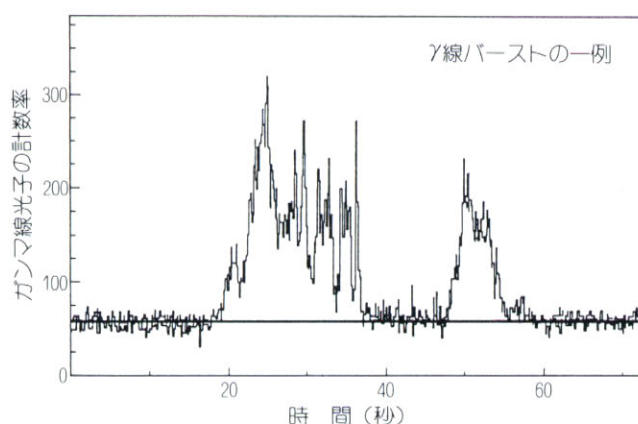


図1 「ぎんが」で検出されたガンマ線バースト

あるのかさえ分かっていませんでした。1920年代、今では小学生でも知っている、アンドロメダ大星雲が我々の銀河系内の天体かどうかで大論争となりました。まだ科学的な観測手段の乏しかった時代でのことです。人工衛星が飛び交い、巨大な電波や可視光での望遠鏡が活躍する現在でも、ことガンマ線バーストの起源は我々の銀河系内の現象かどうかすら分かっていないのです。まれにしか発生しない、取るに足らない暗い現象ならそれも納得できます。しかしガンマ線バーストは一日に数回も発生し、可視光に換算すると明るいものでは一等星にも相当するような明るい現象なのです（もちろんエネルギーの大半はガンマ線です。出ていますから光では非常に暗く、肉眼では観測できません）。これが現代天文学におけるミステリーと呼ばれる理由です。ガンマ線バーストはいつどこで発生するか予測が困難で、その発生源の探査を難しくしています。

エックス線衛星「あすか」によって、最近このガンマ線バーストに関して大きな発見が行われました。ガンマ線バーストの起源が分かったとするものです。3月頃の新聞や科学雑誌で「あすか」衛星の大成果として大きく取り扱われました。ISASニュース3月号にも出ていますので参考にしてください。ここから話は少し複雑になりますがそれを紹介しましょう。複雑と述べた理由は、ガンマ線バーストには2種類あるからです。ガンマ線バーストを繰り返して発生する種族と、繰り返

がなく、よりエネルギーの高いガンマ線光子を出す種族です。ガンマ線バーストを繰り返す種族は当然観測しやすい。しかし何時も繰り返しガンマ線バーストを発生するわけではなく、いつバーストするかあらかじめ知ることは出来ません。やはりいずれの種族でも気ままなガンマ線バーストを観測するのは難しい。しかし、今回に限っては幸運な要素が幾つかありました。繰り返しガンマ線バーストを発生する種族の内の一つの位置があらかじめ精度よく分かっていた。私と宇宙研に客員教授として来ておられたシュリ・クルカーニ氏との議論から、10年前に短時間だけ活動を繰り返したこのガンマ線バースト源のおおざっぱな方向をもとにアメリカの電波干渉望遠鏡（VLA）で観測した結果、そこに奇妙な電波源があることが分かっていました。もう一つの幸運は1993年10月になってアメリカのコンプトン・ガンマ線天文台衛星の友人から、このガンマ線バースト源が再び繰り返しガンマ線バーストを出し始めたという連絡を受けたことです。

我々は電波での観測情報を基に、さっそく10月9日には「あすか」衛星でこの電波源を含む領域の観測を開始しました。しばらくしてガンマ線バーストがX線望遠鏡の視野の中で受かりました。なぜガンマ線バーストがエックス線で受かるのでしょうか？エックス線とガンマ線は隣りあったエネルギー領域の光子で、ガンマ線バーストは僅かにエックス線を放出するのです。ガンマ線バーストが「あすか」望遠鏡のような空間分解能の高い装置で検出できたのは世界で初めてでした。これでガンマ線バーストの正確な位置が決まりました。このガンマ線バーストは28ミリ秒という短時間で終わってしまいましたが、その場所を長い時間をかけ露出を深くして観測すると、さらにエックス線天体が浮かび出てきたのです。深い露出から精度良く位置が決まりました。それは我々がガンマ線バースト発生2週間前にVLAを使って観測をしていた天体とみごとに一致したのです。図2に電波の等高線とエックス線天体の像を示します。電波源は広がっていて超新星の残骸であると判定

されました。そのほぼ中心に位置する天体がガンマ線バーストの発生源となったのです。超新星の残骸と判定されたことから、ガンマ線バースト源までの距離も年齢も世界で初めて決まりました。超新星は比較的重い恒星の進化の最後に登場する爆発的な現象で、超新星の爆発の後には中性子星を残すものがあることが知られています。空間的な位置の一致以外にも、これが中性子星であることを示す証拠がもちろん幾つかありますが、ここでは深く立ち入りません。ともかく、ガンマ線バーストを繰り返す種族の一つが、われわれの銀河系内の超新星残骸の中の中性子星に同定されたのです。ガンマ線バースト発見から27年目にしての大きな前進です。

これでガンマ線バーストの起源はわれわれの銀河系内の中性子星が起源であると結論出来るのでしょうか？始めに事情は複雑であり、ガンマ線バーストには2種類あると述べました。この2種類にはガンマ線バーストを繰り返すかどうか、放出するガンマ線光子のエネルギーが少し異なることなどに差があります。しかし短時間にガンマ線というエネルギーの高い光子を発生するという共通の性質を考えると、この両者が同じ起源を持つ天体现象の別の側面を見ているのに過ぎないと考えられないわけではありません。しかし、別物だと考える理由もたくさんあります。とりわけ大きな問題は今回観測されたガンマ線バースト源は星の多い天の川中心の方向に位置しています。しかしガンマ線バーストを繰り返さない種族はそれどころか逆に空に一様に分布して、天の川の中心方向に多いことを否定しているのです。何かすっきりしない。これが学問の原動力です。ガンマ線バースト天文学はこの繰り返さない種族の発生源をはっきりさせるために、新しい視点で追及が始まりました。なぜそんなにガンマ線バーストにこだわるのか。その発生源が分からない事もその理由の一つですが、もしかしたら銀河の進化の理解を根底から変えてしまうようなことも有り得るからなのです。我々はまず「あすか」衛星を使ってこの起源にせまります。

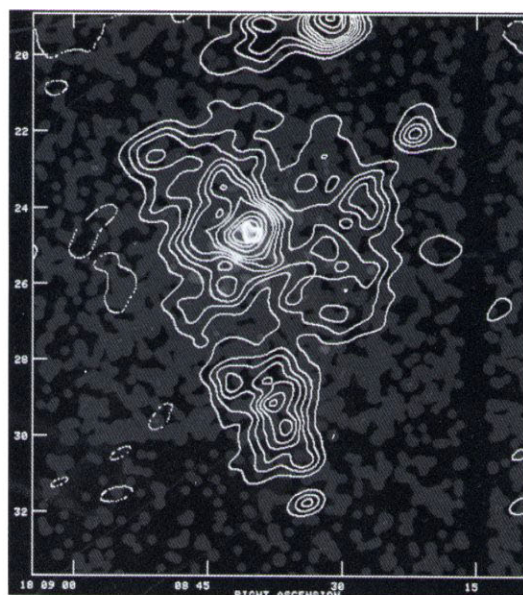


図2 ガンマ線バースト源のX線像と電波像(等高線)

世界ではどんなことが行われようとしているのかを紹介しましょう。ガンマ線バーストはもしか光も出しているのではと考える人がたくさんいます。可視光が捉えられれば地上からも観測でき、豊富な情報を手に入れることが出来ます。ガンマ線バーストは毎日数回も発生しているものの、どの方角で発生するかは予め分からないと言いました。そこで全天写真を使う人がいます。しかし今までに記録された例がありません。広い視野ともっと暗い限界等級を求めてCCDを使った広視野カメラパトロールが計画され、今年には国内でも行われます。またこの広視野カメラをエックス線検出器と共に人工衛星に積んでしまう計画(HETE)も来年には実現します。なんとか可視光で光るガンマ線バーストが浮かび上がって来ないかと考えます。

われわれが発見した天体の精密観測が電波で、アメリカや日本で行われようとしています。ガンマ線バーストの発生源は分かったが、エネルギーの源を解明するのも重要です。電波、可視光、エックス線、ガンマ線を使ってガンマ線バーストを追いつつあります。われわれも将来の衛星で使えるアイデアを考えています。

「あすか」衛星の観測では「あすか」チームの協力がありました。(むらかみ・としお)

お知らせ



★シンポジウム

科学衛星・宇宙観測シンポジウム

開催日 平成6年6月28日(火)～30日(木)
場 所 宇宙科学研究所本館2階会議場
問合せ先：宇宙科学研究所研究協力課
共同利用係 0427 (51) 3911
(内線 2234, 2235)

★人事異動

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現 (旧) 職等
		(客員部門)	
6. 4. 1	松本 敏雄	宇宙圏研究系教授	名古屋大学理学部教授
"	常深 博	宇宙圏研究系助教授	大阪大学理学部助教授
"	松本 紘	太陽系プラズマ研究系教授	京都大学超高層電波研究センター教授
"	藤井 良一	太陽系プラズマ研究系助教授	名古屋大学太陽地球環境研究所助教授
"	大家 寛	惑星研究系教授	東北大学理学部教授
"	北村 良実	惑星研究系助教授	鹿児島大学医療技術短期大学部助教授
"	向井 正	惑星研究系教授	神戸大学理学部教授
"	山田 功夫	惑星研究系助教授	名古屋大学理学部助教授
"	池内 了	共通基礎研究系教授	大阪大学理学部教授
"	恩田 邦蔵	共通基礎研究系講師 (客員助教授)	東京理科大学基礎工学部助教授
"	川戸 佳	共通基礎研究系教授	東京大学教養学部教授

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現 (旧) 職等
		(客員部門)	
6. 4. 1	福森 義宏	共通基礎研究系助教授	東京工業大学生命理工学部助教授
"	山下 廣順	共通基礎研究系教授	名古屋大学理学部教授
"	川口 則幸	共通基礎研究系助教授	国立天文台電波天文学研究系助教授
"	馬場 昭次	システム研究系教授	お茶の水女子大学理学部教授
"	河崎 行繁	システム研究系講師 (客員助教授)	三菱化成生命科学研究所主任研究員
"	小林 康徳	宇宙推進研究系教授	筑波大学構造工学系教授
"	村上 正秀	宇宙推進研究系助教授	筑波大学構造工学系助教授
"	土屋 和雄	宇宙探査工学研究系教授	大阪大学工学部教授
"	渡辺 直行	宇宙探査工学研究系講師 (客員助教授)	東京都立科学技術大学工学部助教授
"	河野 通方	衛星応用工学研究系教授	東京大学工学部教授
"	前田 正史	衛星応用工学研究系助教授	東京大学生産技術研究所助教授
"	高木 幹雄	衛星応用工学研究系教授	東京大学生産技術研究所教授
"	青木 隆平	衛星応用工学研究系助教授	東京大学工学部助教授
"	前澤 洸	宇宙科学企画情報解析センター助教授	名古屋大学理学部助教授
"	町田 忍	宇宙科学企画情報解析センター助教授	京都大学理学部助教授



★「あすか」が覗いた銀河系の中心部 表紙写真：小山勝二、菌部敬

我々の銀河系の中心は、天の川が最も華やかないて座の方向にあります。この銀河系の中心部がどのような世界なのか解明することは多くの研究者の興味を引きまします。しかし、その方向は多量の星間ガス、宇宙塵で遮られ視界を悪くし、可視光では直接覗くことができません。電波や赤外線は透過性が高く、その活発な現象を捉えました。特にガスの運動の観測から、中心部の1光年程度の領域の中に太陽の百万倍の質量が集中していることが分かっています。太陽系の近傍では、数光年に一つの割合で太陽と同じ程度の重さの星が一つあるにすぎないことを考えると、銀河系中心部には想像もつかないような世界があ

ることがお分かり頂けるでしょう。

「あすか」はX線望遠鏡を銀河系中心に向け、2キロ電子ボルト以上のX線の詳しい像を得ることができました。これまでもいくつかのX線天文衛星が銀河系中心方向を観測しましたが、「あすか」以前のX線天文衛星では2キロ電子ボルト以下のエネルギーでしか詳しいX線像を得ることができませんでした。しかし、エネルギーの低いX線は、随分透過性が悪く、実際、これまでの2キロ電子ボルト以下の観測では中心部まで見通すことができませんでした。透過性の高い2キロ電子ボルト以上のX線でも像を結ぶことができる「あすか」の性能によって、銀河系中心の姿を詳しくX線の目で捉えることができたのです。

表紙写真は、「あすか」によって得られた銀河中

M-V事情

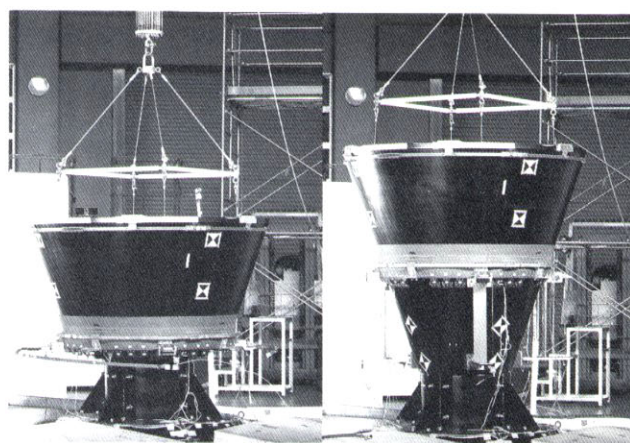
★第3回M-34伸展ノズル機能試験

伸展ノズル（伸展式高開口比ノズル）の第3回伸展及び投棄試験が4月上旬相模原キャンパスに於いて行われた。このノズルは、M-V型ロケットの第三段モータに採用が計画されているもので、同方式により推進性能の向上と段間接手の短縮・軽量化を図ることができる。

その形態は、内装型1基の自己投棄式ダブルリバース・ヘリカルスプリング伸展機構（DHS）によって伸展する仕組みのコラプシブル・カップ型伸展式高開口比ノズルである。尚、この形態は、第二回試験まで実施した外装型4基自己投棄式DHSの試験結果により、伸展力の軽減化が見込まれたため採用することが可能となったものである。

内装型1基の利点は、1）伸展姿勢の安定性向上。2）DHS投棄時の他機器への干渉の解消。3）DHS機構重量が4基方式と比較して同等以下等々である。

試験は、ノズルの伸展とDHSの投棄とに分けて行われた。伸展に関しては、伸展姿勢、ノズル固



伸展前

伸展後

有の撓動特性、伸展速度、伸展力となるDHS機能、伸展終了時の衝撃緩衝装置、ノズル固定用ロック機構及び横加速度を任意に与えた時の撓動特性、伸展姿勢等である。投棄に関しては、DHSの姿勢、速度及びノズル内面への干渉等が調査された。

結果は、何れも有益なデータが得られ、外装型4基方式と比較した結果においても姿勢の安定性、撓動特性、速度等の向上が確認されたためPM・FMノズルの詳細設計・製作へと移行する運びとなった。（安田誠一）

心のX線像をその明るさに応じて色を変えて示したものです。最も明るい部分が銀河系の中心部と考えられます。この中心部から左上の方向（北東方向）に広がった成分が見られますが、この領域のX線を詳しく調べてやると、低温の鉄から出る特性X線が検出されることが分かりました。これは低温のガスに強いX線が照射された時に発光するもので、活動的銀河中心核と呼ばれる系外銀河の中心部のほんの数光年の領域から銀河全体に匹敵する光を発生する活動的な天体からも特徴的に観測されます。この事実は活動的銀河中心核と銀河系の中心部の活動の類似性を示していると考えられます。活動的銀河中心核はその中心部に太陽の百万～一億倍の質量を持つブラックホールが存在し、活動性の原因となっていると考えられています。「あすか」の観測から、銀河系の中心部にもX線を発生する巨大なブラックホールが潜んでいると推測しています。（紀伊恒男）

★GEOTAILが見た地球磁場の尻尾

昨年末より数度に渡って、米国で開催された国際会議等でGEOTAIL観測での最近の研究成果を発表する場を得て、諸外国の研究者と議論を行う機会を持った。GEOTAILはISTP（国際太陽地球系プログラム）の1つとして位置付けられ企画された衛星である。対応する諸外国の衛星（Wind, Polar, Cluster等）は諸事情により当初の予定より打ち上げが大幅に遅れており、この分野で現在観測中の衛星としてはGEOTAILが殆ど唯一である。これまで取得されていた精度の高い電磁場データに加えて、昨年9月に実行されたLEP（プラズマ計測機器）の復活運用の結果、非常に良質のプラズマデータが得られるようになった事もあり、諸外国の研究者から羨望の目でGEOTAILの成果が見られた。併せて、日本の衛星計画に対する高い信頼感を獲得した事を肌身で感じた。

GEOTAIL衛星の最近の成果は多岐に渡るが、

その中で特に重要なものとしては、磁気圏遠尾部での低温高密度のプラズマ観測がある。この現象はLEPが復活する以前より衛星電位観測・波動観測から推定される周辺プラズマ密度より間接的に予想されていたが、LEPの復活により直接的に検証された意義は非常に高いと言える。プラズマ粒子の直接計測により、この低温高密度プラズマが太陽風と同程度の速度で反太陽方向に流れている事も確認された。この事実は地球の磁場の尻尾の形成維持過程で太陽風プラズマがかなり直接的に侵入している事が本質であることを示唆していると考えられ、多くの研究者の注目を集めている。

(山本達人)

★第13回宇宙科学講演と映画の会

宇宙科学講演と映画の会が4月24日(日)午後2時から千駄ヶ谷の「津田ホール」において開催された。この行事は、本研究所が創設された日(4月14日)を記念して毎年行われるもので本年は、雛田教授の「EXPRESS(無人回収カプセル)の打ち上げ実験について」、満田助手の「X線天文衛星『あすか』のひらく新しい宇宙像」の講演と映画「X線天文衛星『あすか』」が上演された。当日は朝から曇天で時折小雨模様であったが、西村前所長、伊藤名誉教授をはじめ、約300人の来場者がありました。アンケートの結果から、来場者のうち男性が75%、年齢20歳未満～50歳以上の者がほぼ同数の20%、職業別では、学生が40%で一番多かった。また、講演の理解度についてはよく分かった47%、やや難しかったが37%、ほとんど分からなかった15%であった。この結果、今回は少し



一般に難しかったようだが、講演後の質疑応答も核心をつくものが多く、盛況裡のうち午後5時40分無事終了した。

(高橋義昭)

★火星探検の国際集会

標記集会が4月19日～22日の間オランダ(ES-TEC)で開かれました。正式名称はIMEWG(International Mars Exploration Working Group)。オーストリアおよびドイツで開かれた会議に続き今回は第3回目です。参加者はアメリカ、イギリス、ドイツ、フランス、オーストリア、フィンランド、イタリア、オランダ、ESAを含め約30人、日本からは筆者のみでした。

主役の一つであるロシアが欠席したことが問題となり、いかにしてロシアを助けるかも議題になりました。NASA, ESA, (メッセージを送ってきた)ロシア, CNESも含め火星に大変熱心で、アメリカは2年毎の火星へのウインドウ('96, '98, 2001, 2003)に1～2機の探査機を打ち上げるという計画、ロシアもプロトンを最大4機打ち上げる、ヨーロッパ連合も火星ラングをアリアン5(1機)にて4台ばらまくという計画です。日本には、LUNAR-Aで得たペネトレータ用の計測技術で火星ペネトレータを支援することが期待されています。オービター、ラング、ペネトレータ、ローバー、気球等を総動員し、2003年の打ち上げ時期に、火星表面に国際的な観測ネットワークを構築する計画で、各参加国の熱気が感じられる集会でした。

(中谷一郎)

—シリーズ—

銀河の仲間たち(9)



電波銀河との対決

平林 久

1930年代。ジャンスキーによって電波天文学が始まったとき、初めに見えたものは、私たちの銀河起源のシンクロトロン輻射であった。銀河の中の磁力線に巻き付いて螺旋運動する高速電子の周期的パルスの重合であった。それは低周波側で強烈で、リーバーのアマチュア電波望遠鏡で立派な仕事ができる。

1960年代。電波技術を巧みに利用した干渉計型電波望遠鏡によって、銀河系外電波源が銀河に同定されだした。ライルの開口合成型望遠鏡により、点のように見えたほとんどの電波源が二つ目構造をしていることがわかった。

銀河と同定できたものは、それが電波の二つ目玉の間にあり、中心の電波発生領域は、まさに銀河の中心核やクェーサーに一致した。電波望遠鏡の進展は、これらの電波銀河からの百万光年にも及ぶジェットや、二つ目玉のローブの詳細な絵を描き出した。これも広い銀河間空間を舞う電子のシンクロトロン輻射による。

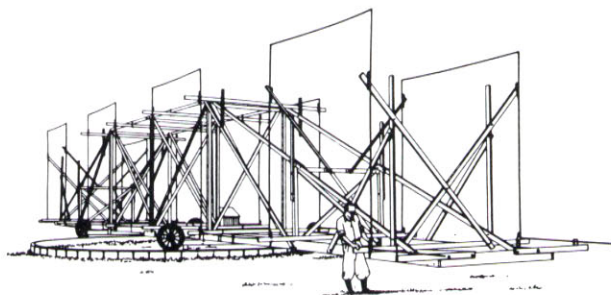
VLBIが登場して、銀河系外電波源の核の撮像で、一兆度に及ぶ輝度のコアと超光速で飛び出すようにみえる放出がみえた。これらの放射領域は観測者に向かって光速に近い速さで飛び出しているために、相対論的效果が華やかな色を添えている。

電波銀河・クェーサー・BL Lac型天体などの、現象論から別のカテゴリーとおもわれていた天体が、共通の族の天体の別の方向からの投影であろうという統一解釈が生まれている。

私たちの銀河に戻ってみよう。その中心 Sgr A を覗くと、明るく渦を巻いたような電波像が見える。これらの源にある、銀河核での現象は何だろう。活動銀河核のエネルギーのほとんどは超巨大なブラックホールへの降着円盤からの垂直方向への加速であるという考えがはやりつつある。この巨大ブラックホールを「モンスター」と呼ぶむきもある。星スケールでも、原始星にいたる降着円盤とそれに垂直な高速分子流がみいだされてきた。

1990年代。電波だけの領分であった高分解画像は、ハッブル宇宙望遠鏡によって活動銀河核のジェットの根元にまで及んできた。VSOPも活動銀河核を主なターゲットとして準備中である。モンスター周辺の姿は次第に明らかになっていくだろう。星スケールのブラックホールよりも遠方にあるにも関わらず、みかけの角度はモンスターの方が何桁も大きい。

宇宙は、銀河核の重力とプラズマのエンジンを用意し、高速電子の舞う舞台を仕組んだ。私たちは、電波技術をもってこれに報いようとしている。ジャンスキーが、孤高に舞う銀河シンクロトロン電波をとらえて以来の、電波銀河やクェーサーがみつかって以来の、21世紀になだれ込む宿命の対決、いや、交感とでも言おうか。



銀河電波をとらえたジャンスキーのアンテナ

(写真：おとめ座にあるM87銀河の電波像)

(ひらばやし・ひさし)

「地震の街」の迷子たち

山 本 善 一

3月7日からJPLで行われた国際スペースVLBI会議に出席するため、前日の6日にロサンゼルスを訪れた。同会議は、宇宙研が1996年9月にM-Vの初号機で打ち上げる予定の科学衛星MUSES-Bの観測スケジュールの組み方等について議論するためのもので、日本側からは、広沢先生、平林先生、加藤先生、ならびに小林、村田の両君と、国立天文台から鹿児島大学に移られた森本先生、そして国立天文台の井上允先生の計8名が出席した。広沢先生と森本先生を除いた残りのメンバーは、ロサンゼルスの空港で待ち合わせ、小林君の借りたレンタカーでパサディナへと出発した。平林先生がナビゲータをされ、車は快調にスタート。筆者は機内で上映された映画をついつい見てしまったこともあり、早くも時差ボケ気味で車の中であうとうとしていた。筆者自身は1989年に行われた日米共同ボイジャー2号海王星オカルテーション観測実験に絡んでいたこともあり、JPLを訪れるのは今回で5回目以上にもなろうか。パサディナへのルートはかなり良く知ってはいたが、ナビゲータを買って出ると居眠り出来ないと思い、ロサンゼルスは初めてのような顔をしていた。さて1時間ほどした頃であろうか、もうそろそろパサディナに着いてもいい頃と思い、窓の外を眺めて見ると全然見慣れない景色である。「さすがは旅慣れた平林先生だ。我々が通常とるようなルートは使わず、きっとすばらしい裏道をご存知なのだ。下手にナビゲータを買って出なくてよかった」と心の中で呟きながら、暫く景色を眺めていた。しかし残念ながら、その感心はあまり長続きしなかった。さらに15分ほどした頃、運転手の小林君が「もうそろそろ着かないとおかしいですね」と呟いた。それに同調するように私も「そういえば、さっきから景色が変だ。緑が多すぎる気がする」と一言。今一体どこに居るのだろうと、平林先生がさっき

クロスした太い道の番号を地図で探されたが一向に見つからない様子。この時私は今居る場所が突然ひらめいた。そうだここは前に一度通ったことがある。新婚旅行でサンフランシスコからロサンゼルスまで妻と二人でドライブした時に通った場所だ、と。平林先生が責任を感じてそばのガソリンスタンドで道を聞いてこられたが、結果は私の想像通りで、ロサンゼルス近郊からは大きく外れ、大分サンフランシスコ方面に走った場所で、あと30分も走れば海岸が見えてくるところであった。筆者は日頃から方向音痴で、最低でも5~6回は通らないと道順を覚えないうえ、いつも妻から「あなたは景色で道を覚えないうえダメなのよ」と叱られてばかりいるが、その特技がアメリカでも出てしまい、同乗の皆さんにご迷惑をおかけしてしまった、と反省している。

翌日からJPLで開かれた会議では、MUSES-Bを用いたスペースVLBI観測のスケジュールリングの話を中心に様々な議論が行われた。JPLやNRAOでは、MUSES-BとRADIOASTRON（ロシアが計画しているスペースVLBI衛星）のトラッキング支援のために専用の地上局を現在構築中のこともあり、観測のスケジュールリングに関してはかなりの権利を主張出来る立場にある。従ってこれらの機関と調整をとりながら、なおかつ地上の電波望遠鏡を有する様々な機関との間でスケジュールの調整を進めなければスペースVLBI観測は成り立たない訳であるから、MUSES-Bの運用のスケジュールリングは政治的にも大変複雑で、広沢先生や平林先生はさぞかしご心労が重なることであろう、とご推察申し上げる次第である。

(やまもと・ぜんいち)

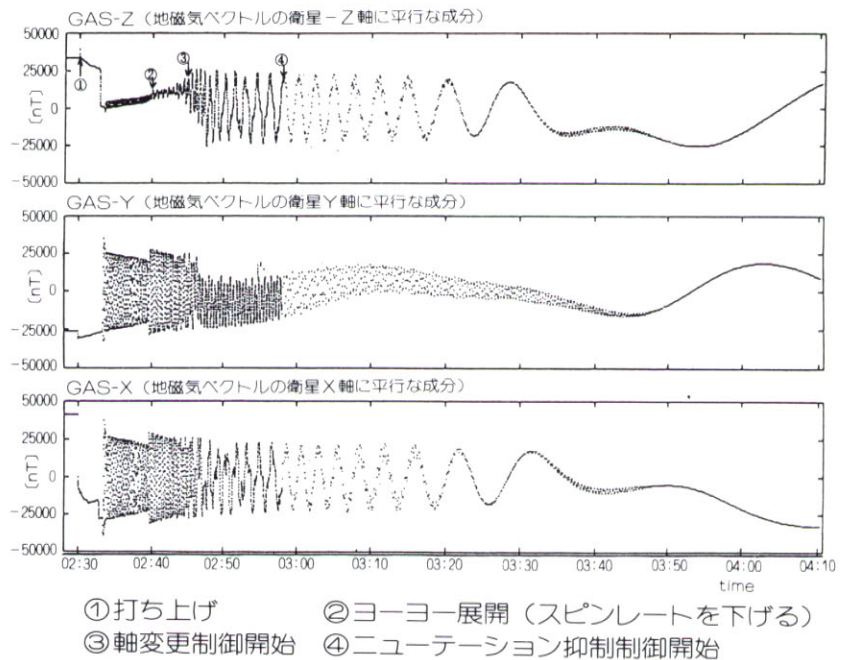
— 人工衛星の姿勢制御の話 —

第6回 三軸姿勢制御(その2) 二宮 敬 虔

我が宇宙研の最近の天文観測衛星のうち「ぎんが」「ようこう」「あすか」はバイアス角運動量を与えられている。「MUSES-B」から、初めてゼロ角運動量方式となる。ちなみに、ホイールの数は順にそれぞれ、1個、2個（ほかに、第3のホイールと考えてよい小型ジャイロトルカをもつ）、4個、4個である。4個の場合はバイアス方式、ゼロ方式を問わず、いずれもスキュー配置（前回参照）である。なお「ぎんが」では、ホイール回転軸に直交する2つの主軸まわりの制御力は磁気トルカにより発生する。アンローディングはどの衛星も磁気トルキングによる。ただし、MUSES-Bではスラスタを用いることもできる。これらの衛星はいずれも天文観測用の衛星であるから、地球指向のバイアス方式の場合と異なり（第4回参照），“三軸姿勢”を機上で必要とする。そのために、スタートラッカと呼ばれる恒星センサ(2台)、前回に言及した慣性基準装置、および搭載計算機を主な構成要素とする機上姿勢決定システムを開発した。

上記の天文観測用の三衛星で、わざわざバイアスを持たせた理由を簡単に述べておこう。そのひとつは、技術の連続性により失敗を避けることを考慮したものである。すなわち、「ひのとり」「てんま」「おおぞら」で要求された天空の“slow scan”を行うために、独力でマスターした角運動量ホイールの使用技術をそのまま応用するという観点である。幸いにも、これら衛星からの姿勢要求はバイアス方式でなんとか満足することができた。この規模の衛星では、制御系全体の重量の点でもゼロ方式に比べ損色はないし有利な場合さえある。第2の理由は次のとおりである。スピンを与えられて軌道投入される上記三衛星では、まずヨーヨーデスピナと呼ばれる装置で投入時のスピンを低減するが、この残留角運動量を基準にして、初期の姿勢捕獲（＝姿勢変更）制御を行うことによって、制御系の構成を簡単化できるという利点がある。事実、これらの衛星では定常観測時の姿勢制御装置の一部を用いて、この姿勢捕獲制御を行う方法を考案した。慣性基準装置（ジャイロ）からの出力信号に基づいてホイールの回転の簡単な制御を行うことによって、スラスタを必要とせず、衛星の姿勢を90°変更した「ようこう」の初期姿勢捕獲（＝太陽捕捉）制御の結果を図に示した。

第3の理由は、姿勢制御系内の故障時への対応策に関係する。実用衛星の場合には、通常はミッションの中断は許されないから、制御系には完全な冗長系を持つなどして系の連続的動作を図らねばならないが、科学衛星の場合、望ましいことではないにせよ、事故や故障が発生した場合、必要な電力が得られ熱的にも許されるような安全な姿勢（セーフホールド姿勢と呼ぶことにしている）に一時的に移り、故障の箇所や原因が明らかになり、必要な準備の手立てを講じた上で、もとのミッション姿勢にもどることが許されよう。衛星が角運動量を持っている場合、ホイールの回転を止めて衛星本体をスピンにもどすなどの方法によって、セーフホールド姿勢を保障しやすいという事実がある。しかしながら、「MUSES-B」のように、大型で、外乱トルク（太陽放射圧および重力傾斜トルク）が大きく、大きな柔軟構造部分（観測用アンテナや太陽電池パネル）や可動部（K-バンドアンテナ）をもち、また2次推進系の多量の燃料流体を含む複雑なシステムになってくると、必要なバイアス角運動量を与えること自体が現実的ではなく（もっとも、アメリカのSkylabやロシアのMirのようにCMGと呼ばれる大型の強力なジャイロトルカを搭載できる場合はこの限りではないが…）、別の考え方によって緊急事態に対応することが必要になってくる。〈つづく〉



初期姿勢制御中の地磁気センサの出力

打ち上げ時、衛星はZ軸回りにスピンしているためGAS-Zの振幅が小さくGAS-X、GAS-Yは大きく振れているが、軸変更制御を行うことによりスピン軸がY軸に移動するため、GAS-Z、GAS-Xが大きくふれGAS-Yの振幅は小さくなる。軸変更終了直後はニュートーションと呼ばれる首ふり運動が残っているが、これを抑制することによりGAS-Yの振幅はさらに小さくなる。



夢のあと酔い

森 茜

私が宇宙研に任をえて、相模原キャンパスに着任したのは、丁度、照り返す日差しに芝生の“ねじばな”がゆれて、夏の異常を予感させた去年の梅雨あけだった。

秋に、内之浦実験場の開設30周年の記念式典が行われ、庶務課長という職掌がら、その司会役を仰せつかった。内之浦の町には、町制移行60周年とわが実験場開設30周年を同時に祝福する横断幕が街中にあふれていた。式典も後半ごろ、80歳を超える老夫人が、丈夫そうな小さな体と多数の深いしわの中から、彼女の青春時代の日々を披露した。それは、今や世界的に著名な学者となった宇宙研の諸先輩とともに、内之浦発展のために尽した彼女の半生記であった。彼女の名前は田中キミさんと言い、彼女の発言とともに、式場全体が苦労の連続だった先端科学の実験現場へとプレイバックした。名指された某々教授の頬が首筋からほんのりと染まるのを見ながら、私は、日本列島の南端の地に文化を招くことに捧げ尽くす人々と、ロケット実験に夢中になっている人々の醸し出す不思議なハーモニーに酔っていた。

秋も深まると、第三者評価委員会の開催の準備に忙殺された。これは、宇宙研が大学共同利用機関となって十年余を経、新たな長期計画をもって次のステージを迎えるために通らねばならない試練とも言えるべきものだった。が、研究所のアクティビティそのものについての本格的第三者評価は先例がなかった。夏に、評議員会会長でもある小田先生を中心に準備会が設けられた。それ以来、明けて3月に評価報告書の印刷ができるまでの間、何度、先生の御自宅へFAXと電話でご指導を仰いだことだろう。心からの感謝を申し述べるしだいだ。

第三者評価委員会は、冬、12月中旬に相模原キャンパスで開かれた。開催中毎朝、ホテルの前で、平均60歳の世界のトップ科学者たちの顔が無事揃っているのを見ると、本当に安堵した。

3日間の会議開催中、初日は必ずしも委員たち

は宇宙研に対し胸襟を開いたものではなかった。しかし、日を重ねるにつれて、どの委員も立場をこえて宇宙研のシンパサイザーに変わっていった。勿論、その要因の根本は、宇宙研の研究者たちの営々たる研究成果そのものにあるのだが、会議に列席した研究者の態度に負っている点も見逃せない。秋葉所長、田中・西田・松尾教授たちは、どんな辛辣な指摘、意地の悪い質問にも実に謙虚に丁寧に対応した。その率直さ、気格の高さ、迫力と信頼感、研究者としての誠実さが、委員たちの琴線にふれる様は感動的だった。

委員の一人、ネイチャー誌の編集長ジョン・マドックス氏は、アインシュタインに良く似た風貌を持つ、体の大きな英国紳士だが、彼も3日間態度が変わった一人である。彼は、会議散会を待たず、研究所の一室から本国に原稿を送っていたが、それが、同誌昨年クリスマス号に掲載された本研究所の紹介記事である。その記事は、宇宙研への賛辞であふれていた。

宇宙研を去るときは沈丁花の薫りに送られた。内之浦の寒桜も相模原の山桜も見ることなく、ロケットの打ち上げさえも見る機会がなかった。1年に満たない期間だったが、半世紀近い宇宙科学研究の総括とこれからの夢を見させていただいた幸運は、学術行政の末端に携わるものとして、役人冥利に尽きる幸せである。宇宙研における仕事は次から次に難題が続出し、疾走する列車に途中駅から飛び乗って、一駅か二駅で飛び降りたような感じだ、にも拘わらず、始発駅から、銀河鉄道はるか先までつきあったような気分になっている。

どうやら“いも焼酎”にあてられたのは、田中キミさんやマドックス氏だけではなさそうである。私も気をつけないと深酔いしそうだ。

数年たつてのち、たった数か月の宇宙研経験を、あたかも40年間の自己史のように、だれかれかまわず話している自分の姿を打ち消すのは容易ではない。
(東京学芸大学、もり・あかね)

ISASニュース

No.158 1994.5.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆ISASニュースに関するお問合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)までお願いいたします。