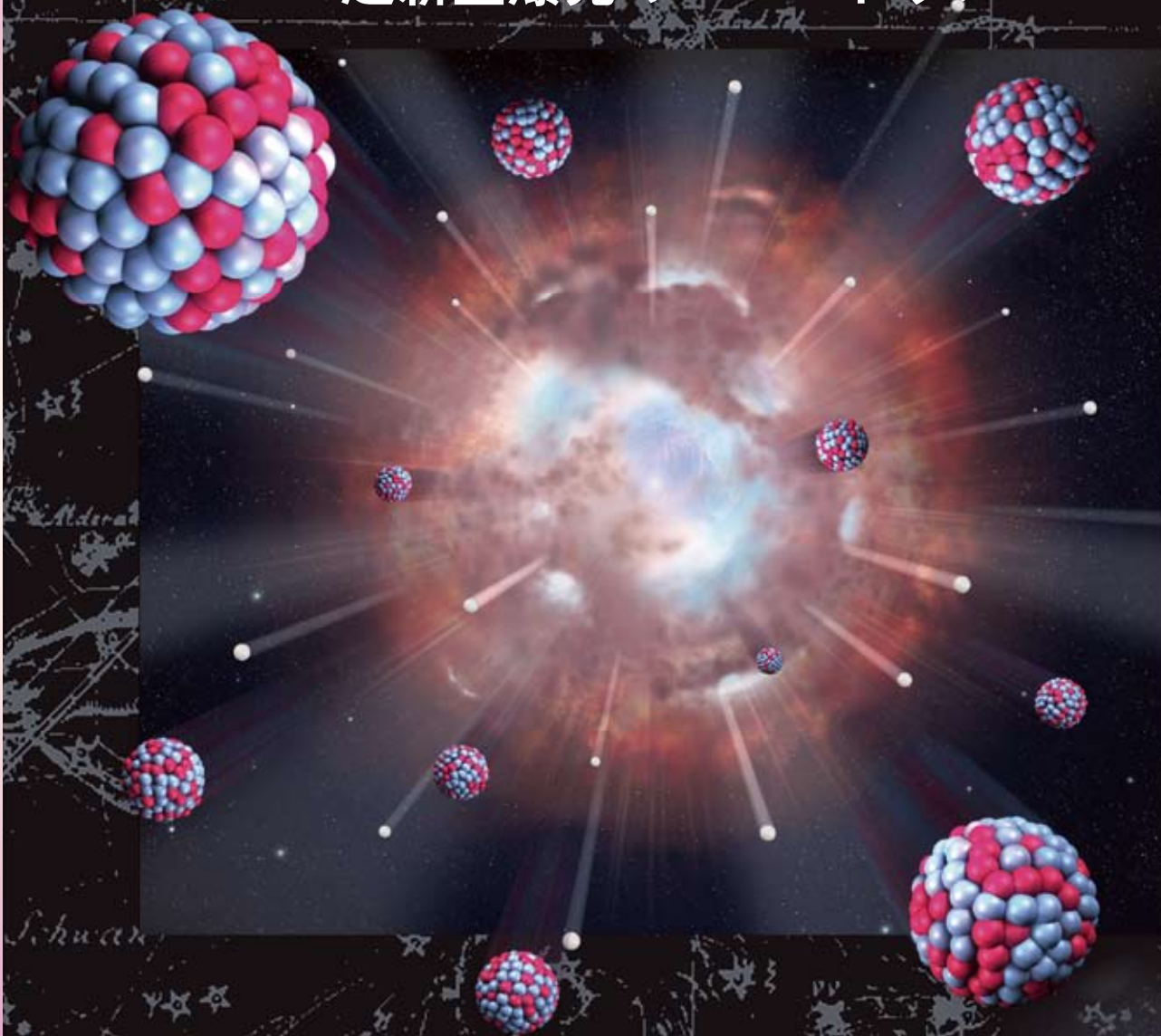


国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2010年7月1日 No.204

太陽系で最も希少な同位体タンタル180の起源は 超新星爆発のニュートリノ



- 第9回アストロ・デーを終えて
- 国立天文台所蔵貴重書常設展示室へようこそ!
- 「すばる」で「はやぶさ」を撮影! / 「はやぶさ」の大気圏再突入を観測!
- 「あかつき」打ち上げ成功~世界天文年2009、金星へと旅立つ!~
- ユニバーサルデザイン天文教育研究会開催
- 国立天文台OB・OG会開催

7

2010

NAOJ NEWS 国立天文台ニュース

C O N T E N T S

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03 研究トピックス

太陽系で最も希少な同位体タンタル180の起源は
超新星爆発のニュートリノ
——梶野敏貴（理論研究部）、早川岳人・千葉 敏（日本原子力研究機構）

06 おしらせ

- 第9回アストロ・デーを終えて
- 岡山天体物理観測所 188cm 反射鏡蒸着作業完了！
- 石垣島天文台の珍客たち
- 水沢地区・岡山地区・野辺山地区特別公開のおしらせ

08 NAOJ歴史観測隊～外伝・其の弐～

国立天文台所蔵貴重書常設展示室へようこそ！

10 おしらせ

- 祝！はやぶさ帰還
- 「すばる」で「はやぶさ」を撮影！
 - 「はやぶさ」の大気圏再突入を観測！
 - 「あかつき」打ち上げ成功～世界天文年2009、金星へと旅立つ！～
- 平成22年度 共同利用の採択結果
 - ユニバーサルデザイン天文教育研究会開催

13 連載 Bienvenido a ALMA！ 02回

カルチャーショックのアンテナ開発 —— 齋藤正雄

14 連載 絵本のほんだな 2冊目

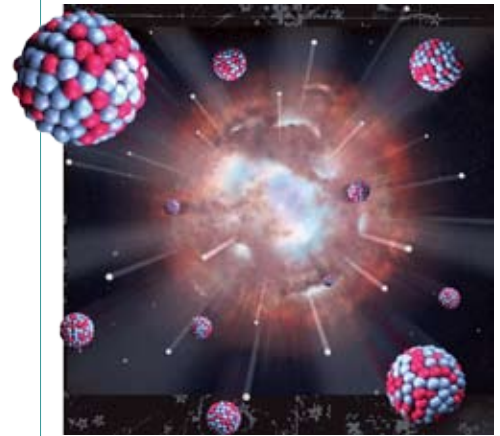
『たいようとおつきさまのけんか』 —— 台坂淳子

15 国立天文台OB・OG会が開催されました 人事異動

- 編集後記
- 次号予告

16 シリーズ 分光宇宙アルバム 04

天体スペクトル観測 温故知新 —— 青木和光（光赤外研究部）



表紙画像

超新星爆発でニュートリノ（白い粒子）とタンタル180（陽子と中性子からなる原子核）が放出されるイメージ図。重力崩壊型超新星で発生するニュートリノとハフニウムなどの重元素が衝突して弱い相互作用を起こし、タンタル180が生成され、星間空間に放出される過程を表しています。（超新星イラスト：池下章裕／粒子CG制作&合成：三上真世・国立天文台科学文化形成ユニット）

背景星図（千葉県立郷土博物館）
渦巻銀河 M81 画像（すばる望遠鏡）



銀河花火大会！ 八重苧菊の連打にさそりの心臓もドッキリ！
イラスト／石川直美

国立天文台カレンダー

2010年6月

- 5日（土）総合研究大学院大学入試ガイダンスと公開講演会（京都市サテパーク）
- 6日（日）～7日（月）ユニバーサルデザイン天文教育研究会
- 11日（金）第四期2010年度前期第2回「職員みんなの天文レクチャー」
- 16日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 17日（木）教授会議
- 19日（土）アストロノミー・パブ（三鷹ネットワーク大学）
- 20日（日）～26日（土）国際会議「進化する惑星系形成論」（沖縄県石垣市）
- 29日（火）ハラズメント防止研修会

2010年7月

- 14日（水）電波専門委員会
- 15日（木）第四期2010年度前期第3回「職員みんなの天文レクチャー」
- 16日（金）近田義廣教授退職記念ワークショップ
- 17日（土）アストロノミー・パブ
- 21日（水）総合研究大学院大学物理科学研究科専攻長会議
- 22日（木）～23日（金）第9回夏休みジュニア天文教室
- 23日（金）運営会議
- 26日（月）～27日（火）太陽フレア望遠鏡20周年記念研究会「太陽観測装置の新展開」
- 28日（水）研究計画委員会
- 29日（木）研究交流委員会

2010年8月

- 1日（日）～7日（土）スターウィーク～星に親しむ週間～
- 2日（月）～6日（金）電波天文観測実習（野辺山宇宙電波観測所）
- 9日（月）～12日（木）君が天文学者になる4日間in広島（広島大学宇宙科学センター）
- 14日（土）～21日（土）南の島の星まつり2010（沖縄県石垣市）
- 15日（日）VERA石垣島観測局特別公開
- 17日（火）～18日（水）岡山天体物理観測所ユーザーズミーティング
- 21日（土）野辺山観測所特別公開、いわて銀河フェスタ2010・水沢VLBI観測所特別公開
- 28日（土）岡山天体物理観測所特別公開

太陽系で最も希少な同位体 タンタル 180 の起源は 超新星爆発のニュートリノ



梶野敏貴
(国立天文台
理論研究部)



早川岳人
(日本原子力
研究開発機構)



千葉 敏
(日本原子力
研究開発機構)

元素・同位体の起源探究の意義

宇宙には約290種類の同位体★が存在し、第一世代の星から太陽系、生命にいたるまでの全ての物質を構成する基本単位となっています。これらの宇宙での起源が探求されてきました。

ビッグバンでは軽元素が生成され、炭素より重い元素のほとんどはビッグバン以後に恒星の中の核反応で生成されます。生成された元素は恒星風や超新星爆発によって銀河系内の宇宙空間に放出され、この物質を元とする星間ガスから次の世代の星々が誕生したのです。こうして銀河系の物質の組成は徐々に進化してゆき、今から約46億年前に我々の太陽系が誕生しました。私たち生命は、水素、炭素、窒素、酸素、珪素、鉄など太陽系に多量に存在する元素・同位体から作られています。したがって、太陽系を構成する元素・同位体の起源を明らかにすることは、太陽系や銀河系の進化を解明し、生命発生の起源を探ることに繋がるのです(図1)。

起源が判っていない同位体も数多く存在します。鉄より重い元素のほとんどは、超新星爆発ないし恒星内部での中性子捕獲反応★によって生成されたと考えられています。しかし、同位体比率が0.1%から1%程度と存在



量が極めて小さい同位体は中性子捕獲反応では生成されず、これら約30種類の同位体の天体起源が不明であることは、1950年代にW.A.ファウラー(1983年ノーベル物理学賞受賞)が指摘して以来の大きな謎でした。2006年、私たちはそれらのうち27核種が超新星爆発の光核反応★で生成された証拠を発見しました。(http://www.cfca.nao.ac.jp/~kajino/j/more_news.htmlを参照。)

タンタル180に凝縮された難問

しかし、太陽系に存在する最も希少な同位体タンタル(Ta)180の生成起源は不明のままでした。タンタルは、文字通りレアメタル(希少元素)の一種であり、腐食に強く人体と反応しないために人工骨やX線診断用の造影剤などに使われている貴重な非鉄金属です。タンタルにはTa-181とTa-180の2つの安定な同位体が存在します。タンタルのほとんどはTa-181であり、実に99.988%を占めます。残りの0.012%がTa-180です。Ta-180は、太陽系に存在する全ての核種の中で最も少ないという特徴を持っています。

過去30年間にわたり、超新星爆発における急速な中性子捕獲反応、漸近巨星枝星での遅い中性子捕獲反応、超新星爆発での光核反応、銀河宇宙線による核破砕反応等の様々な仮説が提唱されてきました。しかし、それぞれの元素合成に関わる原子核の性質や核反応、天体環境の詳細が明らかになるとともに、理論計算では太陽系に存在すべきTa-180の推定量が実在量より少なすぎるという問題が浮き彫りにされ、これらの仮説は次々に否定されてきました。

このような中、超新星爆発で発生するニュートリノによる生成仮説が提唱されました(4ページ図2)。太陽の8倍以上重い恒星は、寿命の最期に超新星爆発を起こします。超新星爆発では中心部に生成された原始中性子星から膨大な量のニュートリノが放出され、このニュートリノが超新星の外層に存

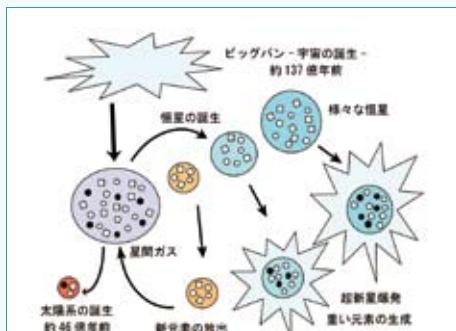


図1 元素合成の概念図。ビッグバンに始まり、恒星の進化および超新星爆発に伴う核反応で、さまざまな元素が生成され宇宙空間に放出されます。これらの星間ガスから次の世代の星々が誕生し、元素合成を繰り返しながら宇宙の物質の元素組成は徐々に進化します。こうして約46億年前に、我々の太陽系が誕生しました。

★ newscope <用語>

▶ 元素と同位体

同じ化学的性質を持つ物質の基本単位を元素と呼び、原子番号(原子核に含まれる陽子の数)によって特徴づけられます。水素およびその約2倍の質量を持つ重水素のように、同じ元素でも原子核に含まれる中性子の数が異なるため質量が異なる複数の核種が存在し、これらを同位体と呼びます。

★ newscope <解説>

▶ 中性子捕獲反応

超新星のコア付近や漸近巨星枝星のヘリウム層では、光核反応によって鉄族元素が壊されたりあるいはヘリウム燃焼によって多量の自由中性子が発生します。中性子は電氣的に中性であるため、次々と原子核に吸収されて質量数の大きい原子核が生成されます。この過程を中性子捕獲反応と呼び、超新星爆発でベータ崩壊よりも早く進むrプロセスと漸近巨星枝星内部でゆっくり進むsプロセスの2種類に分類されます。

★ newscope <解説>

▶ 光核反応

原子核が高エネルギーの光子(ガンマ線)を吸収して陽子、中性子、アルファ粒子(ヘリウム原子核)などを放出し、種類の異なる原子核に変換する過程を、光核反応と呼びます。

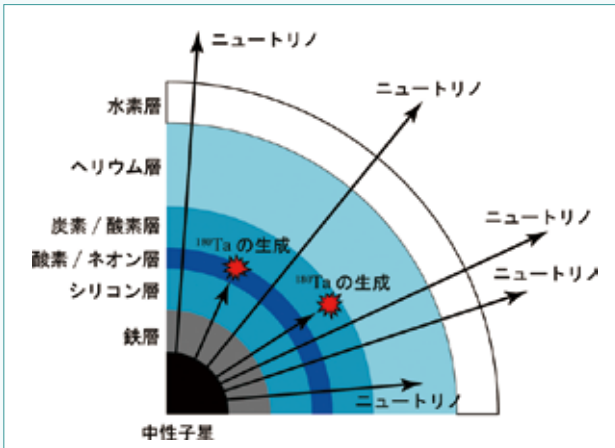


図2 超新星爆発時の大質量星内部の模式図。大質量星の重力崩壊によって中心部に作られる原始中性子星から、多量のニュートリノが発生します。発生したニュートリノは、外層において既存の同位体と衝突して弱い相互作用を起こし、さまざまな新しい同位体を生成します。

変換しあう複雑な生成過程を計算する必要があります。最近まで多くの実験が試みられてきましたが、個々の遷移確率があまりに小さすぎるために、有意な測定結果は存在しません。そのため、従来の理論計算では核異性体の割合を計算することができなかったのです。

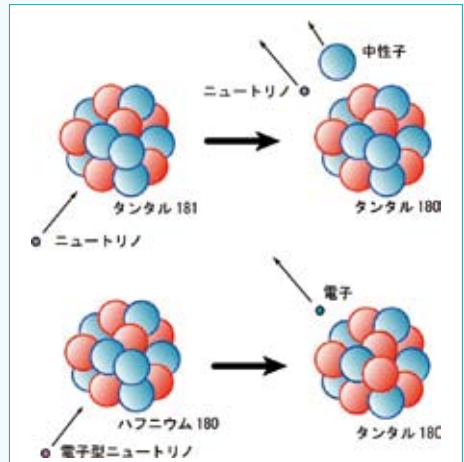


図3 ニュートリノと原子核との相互作用による新しい同位体生成過程の模式図。上：3種類の電子・ミュー・タウ型ニュートリノとの衝突（弱い力の中性カレントによる相互作用）によってタンタル181から中性子が剥ぎ取られ、タンタル180が生成されます。下：電子型ニュートリノが吸収されること（弱い力の荷電カレントによる相互作用）によって、ハフニウム180の中性子の一つが陽子に変換され、タンタル180が生成されます。

在するハフニウム180やタンタル181と衝突して弱い相互作用を起こし、タンタル180を生成します(図3)。しかし、この理論を提案した米国の超新星研究グループによる計算では、太陽系に存在すべきTa-180の量が実在量より多すぎるという問題が見つかりました。Ta-180には準安定(半減期 10^{15} 年以上)な核異性体と短時間(半減期8.15時間)で消滅する基底状態が存在しますが、計算による推定量は核異性体★と基底状態の合計量だったためです。現在の太陽系に存在するTa-180は全て核異性体ですので、超新星爆発において核異性体がどれだけ生成されるかを計算する必要がありますがありました。

私たちの新しい理論モデルの特徴は、基底状態と核異性体を別々の種類の同位体と見なした点です。さらに、基底状態あるいは核異性体と中間状態とが光を吸収・放射して遷移しあう量子力学的な確率が極めて小さい、という実験事実を取り入れて、基底状態と核異性体の存在確率を記述する微分方程式を構築しなおした点です。こうすることで、理論の中で個々の中間状態を考慮する必要がなくなり、核異性体に異なるエネルギーを持つ光を吸収させて時間と共に核異性体が消失する割合を測定した唯一の実験結果を組み込むことができるのです。

★ newscope <用語>

▶ 核異性体

原子核の励起状態は短い寿命で光子を放出しガンマ崩壊します。しかし、励起状態のスピンの差が小さいため、低いエネルギーの光子を放出して基底状態へ遷移する確率が著しく小さいことにより、寿命が非常に長くなる励起状態が存在し、これを核異性体と呼びます。

★ newscope <解説>

▶ ベータ崩壊

原子核内の陽子や中性子が弱い相互作用によって、陽電子または電子およびニュートリノまたは反ニュートリノを放出してより安定な原子核に変換する過程を、ベータ崩壊と呼びます。

Ta-180の構造の複雑さと新しい理論モデルの必要性

超新星爆発では、Ta-180の核異性体と基底状態の両方が生成され、高温環境下に存在する多量の高エネルギー光子の吸収と放出によって核異性体と基底状態が相互に変換されます(図4)。この変換の割合は温度に依存します。Ta-180が生成される超新星の外層の温度は、衝撃波が到達した時に1ギガケルビン以上に達しますが、その後急速に下がります。数十秒後には相互変換が凍結してTa-180の核異性体と基底状態の割合は変化しなくなります。基底状態は半減期8.15時間でベータ崩壊★して消滅しますが、宇宙年齢より長い寿命を持つ核異性体は消滅せずに残ります。

Ta-180の基底状態と核異性体は量子力学的に全く異なった変形状態にあり、直接、光を吸収・放出して変換しあう確率はほとんどありません。したがって、基底状態と核異性体が膨大な数の中間状態を経由して、相互に

量子力学と超新星ニュートリノ元素生成理論が導いた結論

新しい理論計算の結果、超新星爆発の温度が十分に下がった時点で、全量を1とした場合に核異性体が0.39の割合で生き残ることが判明しました(5ページ図5参照)。さらに、この値が超新星爆発の爆発エネルギー、最高温度、冷却の平均時間等の物理条件に依存しないことも判明しました。そこで、超新星爆発でのニュートリノ元素生成理論で計算されたTa-180の推定量(基底状態+核異性体)に、本研究で得られた0.39を掛けて核異性体みの量を求めたところ、太陽系における推定量と実在量がぴったり一致したのです(5ページ図6参照)。

これまで、Ta-180の起源

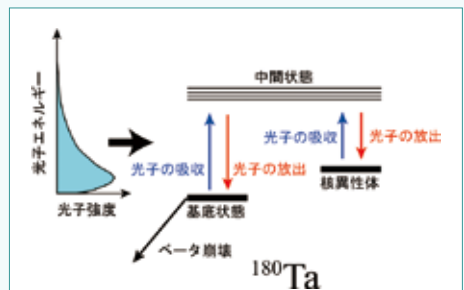


図4 超新星爆発の高温下におけるタンタル180の基底状態と核異性体の変換を示す模式図。ニュートリノ元素合成(図3)によって、基底状態(半減期8.15時間)と準安定な核異性体(半減期 10^{15} 年以上)だけでなく、膨大な数の中間状態も生成されます。基底状態と核異性体は量子力学的に、直接、光を吸収・放出して変換できないため、中間状態を経由してのみ相互に変換しあいます。基底状態はすぐにベータ崩壊して消滅しますが、宇宙年齢より長い寿命を持つ核異性体は消滅せずに残るのです。

を説明するために様々な仮説が提唱されてきましたが、今回初めてTa-180の生成起源を定量的に説明することができたのです。さらに、太陽系に存在するTa-180の量を説明するには、超新星爆発において電子型ニュートリノ及びその反粒子の平均エネルギーは約12MeVでなければならないことも判明しました(図6参照)。この値は、私たちが2004年に超新星爆発における急速な中性子捕獲元素の研究、および2005年に軽元素の銀河化学進化理論から得た値に一致します。

ニュートリノ天文学への寄与

本研究成果は、素粒子物理学や宇宙物理学等の広い分野に波及効果があります。今回判明した超新星爆発で発生するニュートリノの平均エネルギーは、スーパーカミオカンデ★等で期待される次の超新星爆発のニュートリノ観測の予想に役立つものです。銀河系内で20年に1回の頻度で超新星が発生すると推定されています。前回、1987年に大マゼラン雲に現れた超新星1987Aからのニュートリノをカミオカンデ・グループが人類史上初めて捉えることに成功し、小柴昌俊博士のノーベル賞につながりました。次の超新星ニュートリノの観測によって、より詳細な超新星爆発の理解が進むと期待されています。スーパーカミオカンデで捉えることができるのは、主に電子型ニュートリノです。ニュートリノ捕捉確率は、電子型ニュートリノのエネルギーに依存します。本研究によって、電子型ニュートリノの平均エネルギーを推定することができたため、捕捉確率が正確に予測できるのです。

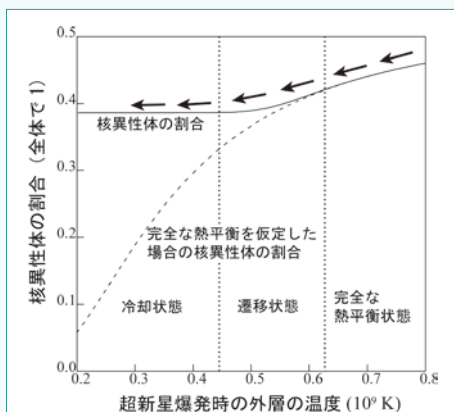


図5 Ta-180の核異性体の存在割合の理論計算結果。超新星爆発では矢印が示すように、一旦 10^9 K以上の温度に達した後徐々に温度が下がります。高温時には点線で示されるような完全な熱平衡状態がありますが、温度が下がるとともに核異性体と基底状態の間の相互変換が凍結して、最終的に相互変換が行われなくなり、基底状態と核異性体の存在割合は一定の値に落ち着きます。

素粒子の謎・ニュートリノ振動問題へのインパクト

ニュートリノには、電子・ミュー・タウ型とそれらの反粒子の6種類が存在します。これまでの素粒子物理学の研究によって、これらのニュートリノは極めて軽いけれども異なる3種類の質量を持つニュートリノの線形結合で表現でき、真空中や物質中を通過する間に互に入れ替わる「ニュートリノ振動」と呼ばれる現象が存在することが判明しています。超新星爆発で誕生する原始中性子星から発生したミュー・タウ型ニュートリノが、外層に到着する短い時間の間にニュートリノ振動によって電子型ニュートリノに変わることが予想されます。ミュー・タウ型ニュートリノと、電子型ニュートリノではニュートリノ-原子核の相互作用の仕方が異なります。Ta-180の量を検証することで超新星爆発時に外層に飛来した電子型ニュートリノの量と平均エネルギーを推定でき、ニュートリノ振動の未知のパラメーター(混合角 θ_{13} 及び、質量階層)の値の範囲に制限を与えることができるのです。

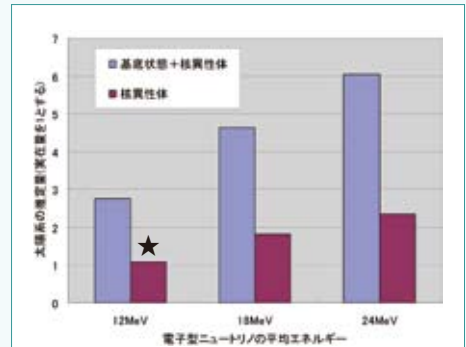


図6 太陽系における実在量を1とした場合の、超新星爆発ニュートリノ生成理論によって得られたTa-180の量。青色の棒グラフは、従来の理論計算によるTa-180の理論推定値(基底状態+核異性体)。紫色の棒グラフは本研究で得られたTa-180の核異性体の理論推定値。電子型ニュートリノの平均エネルギーを12MeVとした場合(★)に、太陽系における実在値が再現されることが判明しました。

素・核・宇宙・生命研究の融合

太陽系における元素・同位体の起源を解明するこうした研究は、宇宙・銀河進化の根底にあり未だに解明されていない超新星爆発メカニズムの謎や、宇宙創成・物質創生の謎に深く関わる素粒子の対称性★の問題、地球生命の左右非対称性の起源の問題([http://www.cfca.nao.ac.jp/~kajino/j/ News](http://www.cfca.nao.ac.jp/~kajino/j/News))などにも多くの新たな知見をもたらします。自然の根本を極めるために大きな意義があると考えています。

本研究は、理論研究部とすばる望遠鏡観測グループが中心となって取り組み、科学研究費・新学術研究領域「素・核・宇宙の融合(略称)」と基盤研究(A)「超新星元素合成によるニュートリノ振動の解明(略称)」および国立天文台客員教授制度の援助を得て進めている共同研究による成果であり、Physical Review C (Rapid Communication) に受理され出版されました。

Hayakawa, T., Kajino, T., Chiba, S. and Mathews, G. J.: 2010, New estimate for the time-dependent thermal nucleosynthesis of Ta180^m, *PRC*, **81**, 052801.

newscope <解説>

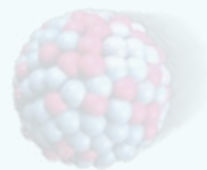
▶スーパーカミオカンデ

東京大学が神岡鉱山内に建設したニュートリノ検出装置。小柴昌俊博士のノーベル賞につながったカミオカンデと同じ原理ですが、さらに巨大なタンク内に蓄えられた純水を光電子倍增管で囲み、ニュートリノと水素(陽子および電子)が反応して発生するチェレンコフ光を捉えます。

newscope <解説>

▶素粒子の対称性

電子やニュートリノ、クォークなど素粒子間に働く核力、電磁気力、弱い力は、荷電共役変換、パリティ変換、時間反転変換、カイラル変換などの組み合わせに対してわずかに対称性が破れているため、素粒子に質量が生じたり崩壊現象が起きると考えられています。ニュートリノ振動も対称性の破れに密接なつながりを持っています。



1. 学年末の大イベント

ハワイ島ヒロ市は毎年1月から5月の間、天文・科学イベントで目白押しになります。1986年スペースシャトル・チャレンジャー事故で他界されたハワイの宇宙飛行士、エリソン・オニヅカ氏にちなんだ、オニヅカ・サイエンス・デーが1月最終土曜日にありますがその準備が始まると「今年も忙しい季節がやってきた」と感じます。2月または3月に、マウナケア天文台群のスタッフが公立学校にて出前授業をしまくるジャーニー・スルー・ザ・ユニバース（以下ジャーニーと記す）週間があり、4月には大規模なフラ（ダンス）の大会、メリーモナーク・フェスティバルのパレードに観測所群で参加し、そして5月の第一土曜日、市内のショッピングモールで開催されるアストロ・デーでクライマックスを迎えます。更に学年末（4、5月）に理科の授業で天文を教える先生が多いため、出前授業の依頼を沢山受けることも手伝って、天文台群の普及活動が活性化します。

2002年、当時すばる望遠鏡のオペレーターだったゲーリー・フジハラさん（現・ハワイ大学天文学科）が始めたアストロ・デーも今年でついに9回目を迎え、認知度が高まってきたように感じます。国立天文台ニュースでも何度もご報告しましたが、天文台群に限らず、アマチュア天文家、学校のロボットクラブ、更にはハワイ文化や音楽の担い手達がショッピングモールに集まった、天文学とハワイ文化のお祭り、それがアストロ・デーです。開会式にて、ゲーリーの功績に感謝を込めて、マウナケア天文台群普及委員会(MKOOOC)からレイ（首にかける花輪）をプレゼントいたしました。

2. 定着したすばる&キッズコーナー

アストロ・デーは、買い物客がふらっと気軽に参加できることが最大の特徴で、天文学に興味のない人でも楽しめる企画が重要になります。すばるコーナーでは「安直で面白くてためになる」をモットーに、毎年恒例となった分光カード実験(図1)、コロナブラフ実験、なぜ星像



図1：回折格子フィルムを貼った分光カードの穴をのぞく子供とシングさん。

がぶれるかのデモに加えて、「すばる望遠鏡試運転体験」(図2)を行いました。本当に望遠鏡を動かすわけではありませんが、コントロールパネルのコピーに直接コマンドを打ち込み、どのように望遠鏡が動いて観測を行うかを(画面上で)体験してもらいました。キッズコーナーでは、昨年同様「天の川での釣り」(図3)とすばるキッズのキャラクター「すばるくん」の塗り絵を行いました。釣りは星模様の布を広げて天の川を作り、その上に並べたマグネット付天体画像をクリップでつり上げてもらうものですが、今年も一番の人気コーナーとなりました。太陽系内の天体だけ選んで釣ってもらい、正解したらすばるステッカーを参加賞としてプレゼントしました。

昨年はセンターステージの近くの良い場所に配置してもらったため、お客さんが殺到してスタッフ1人あたりの負担が増えました。今年も同じ場所をいただいたので、昨年の反省点を踏まえて、前年より多くのスタッフをわりあてました。また、段取りや作業について事前に打ち合わせを行い、準備万端で望みました。当日は天気が良いすぎて人々がビーチに流れたせいか、参加者が昨年の8割程度で拍子抜けしましたが、そのおかげで1人1人に対してじっくり丁寧に説明す



図2：すばる望遠鏡の観測・制御システムについて説明する高見さん。

ることができました。常連のお客さんもいらっしやるようで「去年ここでスペクトルカードをもらって、お財布にずっと入れて使っていたけど、今日新しいのと交換するね」とか「この(MKOOOCが去年も配布した)天文学トレーディングカード、全部集めて持ってるよ」とか、嬉しいことを言って下さる方もいました。



図3：子供達の釣りにつきあう(前から)鈴木さん、池田さん、玉柴さん、原さん。

3. 継続は力なり

主催者のゲーリーが「アストロ・デーをはじめた時は、みんな何をしてよいのかわからず、手探り状態だった。すばるをはじめ各天文台が毎年参加し、自分達のコーナーを育ててくれて嬉しい。」と言ってくれたことがあります。アストロ・デーにしろ、ジャーニーにしろ、主催者や対象は異なりますが、どちらも天文台関係者が地域に出向き、地域をまきこんで始めた企画です。今は学校も企業も経済的に苦しい時期ですが、それでも主催者の努力に応えて、この2つの企画に毎年協力してくれる人達があります。MKOOOCの構成メンバーである天文台群の普及担当者達も、昨年の世界天文年で結びつきを一層強くし、地域の人々に親しんでもらえる活動を常に考えています。これからマウナケア天文台群は少しずつ様子を変えていくでしょうが、地域に溶け込み、「大きくなったら天文台で働きたい」と思う子供達が増えるような活動を続けていきたいと思っています。

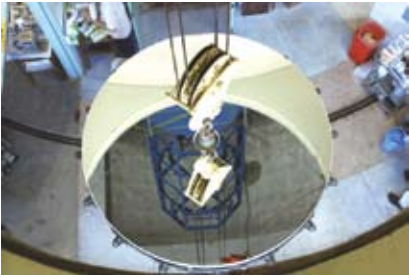


岡山天体物理観測所 188cm 反射鏡、蒸着作業完了！

2010 06 07-09

ふしらせ
NO.02

戸田博之 (岡山天体物理観測所)



新品の輝きを取り戻した 188cm 反射鏡。鏡面には反射鏡がもどってくるのを待ちわびている？ 鏡筒が映っています。

岡山天体物理観測所の観測機器保守作業の中で最も大掛かりな作業が、反射鏡の蒸着作業です。毎年6月の観測に不向きな梅雨の季節にあわせて行っています。

開所50周年の今年も、岡山天体物理観測所では188cm反射鏡の蒸着作業を6月7日から行いました。

作業は所員を解体班、洗浄班、蒸着班の3班に分けて進めます。1日目、望遠鏡から反射鏡を取り外します。2日目、反射鏡から古いアルミニウムを薬品で剥がし、重曹を用いて表面を手で磨き上げ、アルコールエーテルを少量付けた綿布で表面を綺麗に拭き上げます。その後、反射鏡を真空蒸着タンク内に収め、真空蒸着を行います。3日目、真空蒸着タンクを開け、反射鏡の表面にアルミニウムがしっかり着いていることを確認、蒸着完

了。新しいアルミニウム膜に覆われた188cm反射鏡は再び望遠鏡に取り付けられ、光軸調整を行い、7月下旬に共同利用を再開しました。



2日目の作業の一部はマスコミに公開しています。今年はいつもとより多めの取材陣です。重曹を使った鏡面磨きは作業の見せ場です。

石垣島天文台の珍客たち

2010 06 29-07 05

ふしらせ
NO.03

福島英雄 (石垣島天文台)

・珍客その1 撮影：6月29日19時37分

この日、石垣島天文台の観測準備のため、スカイモニタ(全天カメラ)の画像をパソコンのディスプレイに表示させ眺めていました。カメラ制御は2分間隔で更新されるようになっています。たまたま、偶然ですが、日没少し前の画像の1コマに「カンムリワシ」がカメラのすぐ横にとまっている姿が写っているのを発見しました。モニターを連続で監視していないと見逃すところでした。貴重な写真だと思い、皆様へ公開します。「カンムリワシ」は、日本では、八重山諸島の石垣島、西表島、与那国島でしか生息が確認されておらず、特別天然記念物に指定されています。繁殖は、年1回、3~4月に卵を1個だけしか産みません。また、



カンムリワシ。

特に幼鳥が自動車に衝突して死亡する事故も多く、繁殖が危ぶまれている貴重な鳥です。

・珍客その2 撮影：7月5日01時24分

「カンムリワシ」の記憶もまだ覚めやらぬ7月5日、観測中に「雲」を監視していたら、今度は、こんな大きな「クモ」が写



アシダカグモ。

りました。シルエットの状態で、フォーカスも少しボケているので定かではありませんが、胴体、足の形状から判断して「アシダカグモ」だと思われます。足まで入れた体長は6cmほどです。

豊かな自然に囲まれた石垣島天文台。今度は、どんな珍客がやってくるのか、楽しみです。

(画像：石垣島天文台)

国立天文台の特別公開

国立天文台の各観測施設で特別公開(入場無料)が開催されます。ぜひご参加ください。

●国立天文台水沢地区特別公開「いわて銀河フェスタ2009」

・8月21日(土)／岩手県奥州市水沢区星が丘町2-12

★詳細は <http://www.miz.nao.ac.jp/>

●国立天文台野辺山地区特別公開

・8月21日(土)午前9時30分～午後4時(午後3時30分入場終了)／長野県南佐久郡南牧村野辺山462-2

★詳細は <http://www.nro.nao.ac.jp/index.html>

●国立天文台岡山天体物理観測所・岡山人文博物館 特別公開

・8月28日(土)9時30分～16時30分／岡山県浅口市鴨方町本庄3037-5

★詳細は <http://www.oao.nao.ac.jp/>

ふしらせ
NO.04

NAOJ 歴史観測隊～外伝・其の弐～

● 国立天文台 所蔵貴重書 常設展示室へようこそ！

国立天文台図書室は江戸時代の暦・天文・和算関係などに関する貴重資料を多数所蔵しており、渋川春海を初代とする江戸幕府天文方の旧蔵資料も引き継いでいます。近年の研究者から寄贈を受けた関連資料も含めるとその数は3000冊を超えます。

国立天文台ではそうした貴重資料を元に、三鷹キャンパスにて「国立天文台所蔵貴重書常設展示」を行っています。展示は1991年、貴重資料の存在を広く知っていただくことを目的に、暦計算室のスタッフが中央棟北(旧・北研究棟)1階ロビーで開始しました。その後は場所を天文台歴史館に移し、図書室との合同企画として展示を行っています。展示は半年ごとに入れ替えており、現在は第42回「渋川春海と『天地明察』」を開催中です(10月22日まで)。毎年秋の「三鷹・星と宇宙の日」(特別公開日)の1日のみ資料の実物を公開し、それ以外の日は複製を展示しています。

展示内容については入れ替えの2か月ほど前から検討を始めます。暦計算室と図書室が1回ごとに交代でテーマを考え、それに沿った内容で保存状態が良好な資料を選び、さらに視覚的に楽しんでいただくため図版入りの頁を探します。それからパンフレッ

トを作成しますが、貴重資料の生き字引的存在だったスタッフが数年前に相次いで定年を迎えたため、現在の職員たちは各種の参考文献と首っ引きで解説文の作成に取り組んでいます。

展示に使用しているケースは1台のみとさびしい状態なので、今後はスペースの拡充が課題です。また、他の博物館・科学館などでの展示用に複製や実物を貸出する機会も、資料の状態とよく相談しながら作っていきたくと考えています。

これまでの展示内容は全て図書室のウェブサイトからご覧いただけます。貴重資料の所蔵目録も同サイトで公開中です。

(図書係長：山崎裕子／暦計算室：松田 浩)

毎回の展示資料とその解説をまとめた図録・解説冊子を刊行しています(非売品)。掲載内容は、国立天文台貴重資料展示室 web にてご覧いただけます。「国立天文台所蔵 貴重資料展示図録」「国立天文台所蔵 貴重資料展示図録解説」(ともに平成12年刊行)。「国立天文台所蔵 貴重資料展示図録 2000-2009」(平成21年刊行)。



● 常設展示の歩み (平成三年～)

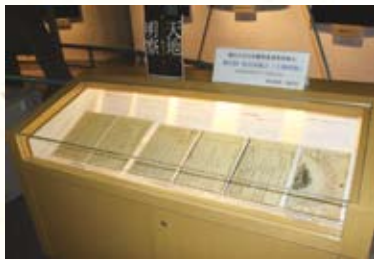
20年近く続けられてきた全42回の貴重書常設展示のタイトルと代表的な資料の画像を紹介します。

■ 第零回・一般公開日展示 (1991/11/16) 「寛政暦書」	■ 第一回・「星学手簡」 (1991/12/末～1992/3/28) 「星学手簡」	■ 第二回・「観測 (江戸後期)」 (1992/3/28～1992/6/26) 「靈憲候簿」	■ 第三回・「長暦」 (1992/6/26～1992/12/4) 「日本長暦」	■ 第四回・「江戸時代の宇宙論」 (1992/12/5～1993/3/24) 「暦象新書」	■ 第五回・「渋川春海の業績」 (1993/3/24～1993/6/28) 「天文瓊統」	■ 第六回・「江戸時代の天文台」 (1993/6/28～1993/11/12) 「寛政暦書」
■ 第七回・「すばる」 (1993/11/13～1994/1/10) 「分野星図」	■ 第八回・「江戸時代の星図」 (1994/1/10～1994/4/10) 「天文星象図解」	■ 第九回・「彗星 (1)」 (1994/4/10～1994/8/2) 「明治十五年九月二十七日彗星錦絵」	■ 第十回・「彗星 (2)」 (1994/8/2～1994/11/1) 「文久二年壬戌彗星測量簿」	■ 第十一回・「江戸時代の天文機器」 (1994/11/12～1995/3/9) 「測量諸器図巻」	■ 第十二回・「暦 (1) 具注暦と仮名暦」 (1995/3/9～1995/7/18) 「仮名暦 (カタカナ暦)」	■ 第十三回・「暦 (2) 地方の暦」 (1995/7/18～1995/11/1) 「三島暦」
■ 第十四回・「暦(3)江戸時代から現在まで一国立天文台の仕事から」 (1995/11/1～1996/2/28) 「伊勢暦」	■ 第十五回・「貞享暦と授時暦」 (1996/2/28～1996/10/19) 「貞享暦」	■ 第十六回・「江戸時代後期書物に見る『宇宙のはて』」 (1996/10/19～1997/4/30) 「太陽窮理了解説」	■ 第十七回・「天保暦法とランダ暦書」 (1997/5/1～1997/11/5) 「天保暦書」	■ 第十八回・「測地」 (1997/11/5～1998/5/6) 「大日本沿海実測録」	■ 第十九回・「測量と天文」 (1998/5/6～1998/10/24) 「分度余術」	■ 第二十回・「江戸時代の星図」 (1998/10/24～1999/4/7) 「天文星象図」

● **ただいま、展示中!**

第四十二回展示・渋川春海と「天地明察」

四十二回展示（2010年4月17日～10月22日）は、時代小説「天地明察」（沖方 丁著）に焦点を当て、小説に登場する資料の中からおもな関連資料を展示中です。「天地明察」は、江戸時代前期の幕府天文方・渋川春海（しづかわはるみ）による、823年ぶりの改暦事業を描いた話題作。国立天文台のルーツは幕府天文方に遡るため、当時を知る希少なオリジナル資料を豊富に所蔵しています。



「貞享暦」をはじめ、「宣明暦」「発微算法演段診解」「日本長暦」「天経或問」などの複製資料を展示しています。また「天文分野之図」の原寸大複製もご覧いただけます。



「貞享暦」

天和三年（1683）保井（渋川）春海著
写本7冊

渋川春海（1639～1715）は、将軍に仕える囲碁の家元四家の一つ、安井家に生まれた棋士でしたが、暦法・数学にも通じ、日本初のオリジナルの暦「貞享暦（じょうきょうれき）」を編みました。この功績により、初代の幕府天文方に任命されました。「正しく天の定石をつかめば、天理暦法いずれも誤謬無く人の手の内となり、ひいては、天地明察となりましょう」（「天地明察」より）



「天地明察」

（沖方 丁著）

2009年末の刊行以来世評高く、3月に「吉川英治文学新人賞」を受賞したほか、全国の書店員による投票で選ぶ「2010年本屋大賞」にも選出されました。

★国立天文台三鷹キャンパス（東京都三鷹市大沢 2-21-1）
天文台歴史館 1階
★2010年10月22日（金）まで／無休／10～17時
（天文台入場は16時30分まで）

<p>■第二十一回・『日食』 （1999/4/7～1999/11/27） 「推日食地球上見食地方法」</p>	<p>■第二十二回・『江戸時代の望遠鏡』 （1999/11/27～2000/11/10） 「天文捷徑 平天儀図解」</p>	<p>■第二十三回・『宣明暦』 （2000/11/11～2001/3/25） 「曆家秘道私記」</p>	<p>■第二十四回・『江戸時代の漂流記』 （2001/3/26～2001/10/26） 「環海異聞」</p>	<p>■第二十五回・『太陽』 （2001/10/27～2002/3/31） 「談天」</p>	<p>■第二十六回・『谷 泰山と渋川春海』 （2002/4/1～2002/10/25） 「元禄十五年七曜暦」</p>	<p>■第二十七回・『西洋天文学の導入』 （2002/10/26～2003/3/31） 「惑星儀図解」</p>
<p>■第二十八回・『関孝和と暦算』 （2003/4/1～2003/10/24） 「括要算法」</p>	<p>■第二十九回・『江戸後期の天文暦』 （2003/10/25～2004/3/21） 「詔厄利亜航海暦」</p>	<p>■第三十回・『改暦の年の頒暦』 （2004/3/22～2004/10/22） 「改暦の年の伊勢暦」</p>	<p>■第三十一回・『高橋至時』 （2004/10/23～2005/3/27） 「〔恒星世界の図〕について」</p>	<p>■第三十二回・『中国の星座一步天歌を中心に』 （2005/3/28～2005/10/14） 「星図歩天歌」</p>	<p>■第三十三回・『幕末の西洋一般書に見る天文』 （2005/10/15～2006/3/23） 「紅毛雑話」</p>	<p>■第三十四回・『内田五観の世界一算學から天文まで』 （2006/3/24～2006/10/27） 「自長崎至暹羅航海路推算」</p>
<p>■第三十五回・『江戸時代の書物に見る銀河』 （2006/10/28～2007/3/19） 「天経或問」</p>	<p>■第三十六回・『天文奇現象錦絵集』 （2007/3/20～2007/10/26） 「明治二十歳八月十九日日食九分九厘餘」</p>	<p>■第三十七回・『測量機器と天文』 （2007/10/27～2008/3/22） 「測量集成」</p>	<p>■第三十八回・『蔵書印にみる暦編纂の歴史—幕府天文方と国立天文台—』 （2008/3/23～2008/10/24） 「Astronomia of Sterrekunde」</p>	<p>■第三十九回・『略暦人々の暮らしに使われたこよみ』 （2008/10/25～2009/3/31） 「東遊記後編」</p>	<p>■第四十回・『江戸時代の宇宙観』 （2009/4/1～2009/10/23） 「天文図解」</p>	<p>■第四十一回・『江戸時代の天文観測』 （2009/10/24～2010/4/16） 「天文捷徑 平天儀図解」</p>

★国立天文台ニュースの新連載「貴重資料で紐解く日本天文学」が近日スタートします。お楽しみに！

「すばる」で「はやぶさ」を撮影！

八木雅文（光赤外研究部）

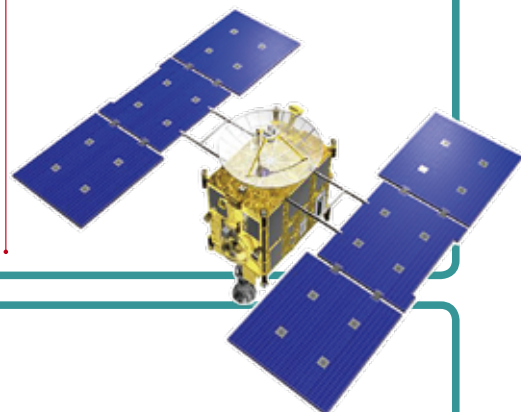


「はやぶさをすばる望遠鏡で撮れないだろうか？」という話をJAXAの吉川さんから最初に伺ったのは春の天文学会の太陽系のポスター会場でした。その後しばらくこの話は立ち消えていたのですが、ハワイ時間6月10日の午後3時に再度この話を頂きました。この日は我々の3日間のすばる主焦点カメラを用いた太陽系小天体の観測の初日でした。吉川さんに細かい時刻刻みで座標を計算して頂き、1分でも動いて見える事を確認、ハワイ観測所の了解を得た上で、はやぶさがCCDの狭間に落ちない視野を設定して、その晩から3晩連続で夕方の薄明の時間を用いて撮影を試みました。最初の2晩は全く影も形も写らず、反射率が悪いのだろうか、明日も写らないかも知れないね、と、半ば諦めムードだったのですが、帰還当日、ハワイ時間6月12日に撮った最初の画像に線状に伸びた天体を見つける事ができました。ここで見栄えのために露出時間を短く切って何枚か撮り、10分ほどでえいっと簡易解析した後、GIF動画にして関係者に速報したのがハワイ時間午後8時半頃でした。はやぶさがほぼ予想通りの軌道で地球に近

付いていることを関係者にお知らせできた事と、JAXAの速報で流して頂く事で、帰還の前座を勤める事ができて良かったと思っています。後にCFHTも、はやぶさをほぼ同時刻に撮影していた事がわかりましたが、報告が一步先んじる事ができたのも良かったと思っています。



7年& 60億kmの旅を終え、カプセルを切り離す「はやぶさ」（イラスト・池下章裕/JAXA）。



「はやぶさ」の大気圏再突入を観測！

渡部潤一（天文情報センター）

はやぶさの軌道制御がうまくいき、大気圏再突入が確実になったという話を聞き、二つの意味で嬉しくなった。ひとつは、なんといっても奇跡的な探査機の復帰である。瀕死の状況から、よくぞここまで回復させたはやぶさチームは、まさしく賞賛に値する。

もうひとつは日本独自の人工流星の実現である。カプセルも本体も、大気圏再突入によって、厚い大気との摩擦によって高温となり、明るく光る。言い換えれば巨大な人工流星である。

天然の流星は通常、組成も構造もわからないので、その光り方からいろいろなことを推定せざるを得ない。また、個々の流星の出現時刻は予測不可能なので、観測もままならないことが多い。しかし、人工流星の場合は、組成も構造もわかっているから、それがどんな現象を引き起

こすかを見ることで、逆に天然自然の流星の構造や組成を解く鍵が得られる。さらには、いつ出現するかもわかっているので、観測計画の立案も容易である。私のような流星の研究をしている者にとっては格好の実験なのだ。大気圏再突入のタイミングが、ちょうど新月期で月明かりがまったくない夜中であるのも幸運であった。

ということで、地球帰還軌道へ乗せる軌道制御の成功を受け、急遽、観測チームを編成し、落下地点の北側にある小さな町クーバー・ペディの近郊で観測を行った。予定時刻通りに、南西の空にオレンジ色の光点が出現。本体が何度か激しく発光し、分裂をして、粉々になっていく様子を捉えることができた。観測結果は、秋の日

本天文学会で紹介することになっている。



ウーメラ（オーストラリア）で撮影された「はやぶさ」の大火球と、無事着地したカプセルの安全化処理作業の様子（画像：JAXA）。

世界天文年 2009、金星へと旅立つ！

阪本成一 (JAXA 宇宙科学研究所)

5月21日の朝、日本初の金星探査機「あかつき」が金星に向けて旅立ちました。この探査機には、理学観測機器である5種類のカメラや超高安定発信源のほか、世界中から寄せられた26万名分の名前やメッセージなどが、バランスウェイトのアルミプレート89枚に印刷され、物理的な実体として積まれています。

地球を遠く離れて太陽系を旅する探査機に何かを託すこと自体は目新しいものではありません。有名などころではパイオニア10号(1972年打ち上げ)、11号(1973年)に搭載された金属板や、ボイジャー1号、2号(ともに1977年)のゴールデンレコードがあります。日本でも、火星探査機「のぞみ」(1998年)を皮切りに、小惑星探査機「はやぶさ」(2003年)、月周回衛星「かぐや」(2007年)で、名前やメッセージをお預かりしました。ただ、やり方自体は時代ごとに変化しています。最初の「のぞみ」ではハガキで集めた名前を職員が切り貼りし、

縮小コピーに縮小コピーを重ねて原稿を作りました。88万名分を集めた「はやぶさ」ではインターネットとハガキで名前のみを募集し、「かぐや」ではインターネットとハガキで名前とメッセージを募集しました。

実はJAXAでは最近この種のキャンペーンを乱発気味なこともあり、次第に目新しさは薄れ、マスメディアに大きく取り上げられにくくなってきています。こんな中で成否を分けるのは、認知度をいかに高められるかと、参加のための敷居をいかに下げられるかです。ただ、数にこだわるとミッションの意義を伝えるという本来の目的がないがしろになりがちで、両立はたやすいことではありません。個人情報について過敏な反応が見られる昨今の状況も逆風と言えます。

そこで今回は、これまでに培ってきたネットワークを通じて学校や自治体、科学館などに直接働きかけるとともに、パートナーを公募することでJAXA外の

アイデアやネットワークなども活用し、マスメディアや固定ファン層だけに頼らないキャンペーン展開を図りました。国立天文台も参加している「世界天文年2009日本委員会」も、この過程でパートナーに選ばれました。

世界天文年2009日本委員会は3つの枠組みでの参加となりま

2010 05 21

ふしらせ
No.06



世界天文年2009エッセイ賞が印字された5枚のアルミプレート。12cm×8cm×0.2mmのプレートの内側の9cm×6cmの範囲に、銀塩写真と類似の手法で精細な文字などが印刷されている。世界天文年のロゴをあしらった小旗は若田光一宇宙飛行士とともに国際宇宙ステーションまで旅したが、このプレートはついに人類未踏の金星にまで到達することとなる。

した。まず「めざせ1000万人！みんなで星を見よう」の報告用サーバーで個人からのインターネット経由での応募を受け付けること、次いで「世界天文年2009エッセイ賞」とのタイアップ、最後は「世界天文年2009フォトモザイクポスター」とのタイアップです。「めざせ1000万人！」経由で集められたデジタルデータには16枚のプレートが、そしてエッセイ賞の378編の応募作品には5枚、また6478枚の投稿写真を含む2種類のフォトモザイクポスターには2枚が割り当てられ、それぞれ貸切状態で印刷されて「あかつき」の機体に貼られています。エッセイ賞の入賞作品は、40代半ばの筆者でも肉眼で読めるサイズで印字されています。

さてこの「あかつき」、探査機の状態はいまのところきわめて良好で、12月上旬には金星周回軌道に投入される予定です。軌道投入時の逆噴射でメインスタターの推力ベクトルが探査機の重心を通るために取り付けられたのが件のバランスウェイト。26万人のメッセージの「重み」がプロジェクトの成功を支えます。



種子島宇宙センターからのH-II Aロケット17号機による金星探査機「あかつき」の打ち上げ。小型ソーラー電力セイル実証機イカロスをはじめとする4機の小型副衛星も無事分離された。ロケット側の軌道投入精度がきわめて高かったため、探査機側で予定していた軌道修正が不要になり、振り返って地球の写真を撮る余裕ができた。(画像：JAXA)

●平成22年度 共同利用の採択結果

★すばる望遠鏡 共同利用採択結果

ハワイ観測所は2010年9月末から2011年1月までの4か月余り(望遠鏡改修のため通常の6か月間より短くなっています)を、すばる望遠鏡共同利用S10B期として公開しました。公募の結果137件、希望総夜数380.5夜の応募があり、プログラム小委員会がレフェリーによる審査結果にもとづき合計30提案を採択し、49夜+2ToO夜の配分を決定しました。このほかにサービス観測に4夜、戦略枠SEEDSプロジェクトに10夜が配分されます。くわしくは次をご覧ください。<http://subarutelescope.org/Observing/Schedule/s10b.html>

★岡山天体物理観測所 共同利用採択結果

2010年後期の共同利用観測課題が、岡山天体物理観測所プログラム小委員会での議論により決定されました。くわしくは以下をご覧ください。なお、2011年前期の公募開始は2010年9月を予定しています。http://www.oao.nao.ac.jp/2010/06/12/openuse2010b_program/

嶺重 慎 (京都大学)

1. はじめに

「ユニバーサルデザイン (UD) 天文教育」とは、「すべての人のための天文教育」を意味する造語であり、従来の天文教育普及活動でとかく忘れられがちな障害者 (視覚、聴覚など) や特別支援学校の生徒、病院に長期入院中のこどもなどを特に意識した天文教育活動を意味する。このことばを表題にした研究会を6月6-7日に国立天文台で行った。会ではUD天文教育活動を進めるための基本的考え方や具体的方策を、日本各地で行われている豊富な事例を元に、健常者・障害者の対話・討論を通じて深める目的で開催した。

多数の方のご尽力により、本研究会集会は、天文分野に限らず、UD活動全般で活躍しておられる方や興味をおもちの方に広く知られることになり、130名もの参加を得た (図1)。このうちの多数は、今回、国立天文台を初めて訪れた方である。視覚障害者および聴覚障害者の参加も、それぞれ10名と4名あった。



図1: 1日目全体会のようす。大セミナー室が一杯になった。

2. 研究会の概要

研究会では、9件の招待講演、14件の一般講演、3件のポスター講演があった。まずは、「触る文化」の普及活動を全国展開しておられる全盲の広瀬浩二郎氏 (国立民族学博物館) と、京大病院小児科でボランティア団体「にこにこトマト」を主催して入院中のこどもたちに夢を届けておられる神田美子氏による基調講演、引き続き、触覚型教材の開発やそれをういた授業、ホスピス訪問、福祉カフェ (初日)、天文を題材にした新しい手話、特別支援学校訪問、字幕つきプラネタリウム (2日目) など、多くの事例発表や展示があった。初日午後には、視覚障害者も一緒になってプラネタリウム番組

製作や合宿などの活動をしている山梨県立科学館の「星の語り部」による発表があり、多くの出席者の関心をひいた (図2)。2日目の午後には個別に議論を深める目的で、数人ずつの6グループに分かれてグループディスカッションを行った (図3)。



図2: 山梨県立科学館の「星の語り部」の皆さんによる「ほしのうた」の披露。

なお、情報保障のため点字資料を配付し、全プログラムに手話通訳をつけた。要約筆記もグループディスカッションのある2日目午後につけた。

ところで、初日の昼休みに天文台構内ツアーを企画したところ、好評であった (図4)。この意味でも国立天文台においてUD天文研究会を開いた意義は大きい。



図3: グループディスカッション。少人数による意見交換は貴重な機会となった。

3. 研究会の成果

一番の成果は、新たなネットワーク形成の糸口が開かれたことであろう。今まで天文に関わりのなかった方々や、多数の視覚・聴覚障害者が参加して、グループディスカッションや懇親会の機会を通じて交流や理解を深めることができた。事後アンケートで、UD天文教育に関するメーリングリストへの加入の意志を問うたところ、30名超の方から登録の希望が寄せられた。強力なネットワークを形成するには、MLによる緊密な情報交換は欠かせない。こうして、当初の目的であった「天文教育普及活動が、UDとい

う新たなキーワードをもって、福祉関係者も巻き込みながら新展開をみせる」ことの一步が踏み出せたといえる。

ところでUD天文教育は決して「特殊な活動」でないことは強調しておきたい。障害者にもわかりやすい天文の魅力やコミュニケーション手法という観点で従来の活動を見直すことは、バリア (わかりにくさ) を明らかにし、それを取り除くことにつながる。そういう意味で、UD天文教育は、普遍性を生み出す活動といえるし、またそうではなくてはならない。

本研究会を言いつばなしの会ではなく、UD天文教育活動の環をさらに広げる機会とするためには、研究会内容を文字にまとめて、発信することが肝要である。現在、集録原稿を収集中であり、それらはまとめて『UD天文教育ガイドブック』(仮称)の形に整理し、ホームページ上で一般にオープンにする予定である。この冊子は、同様の活動を計画しつつも経験や情報の不足から、あるいは人的や経済的な理由から躊躇している施設や団体の活動を誘発する起爆剤となろう。

4. 課題と今後の展望

いくつか課題も浮かび上がった。例えば、講演内容は豊富であったが、質疑の時間が限られていてどれだけ深く中身をほりさげられたか、疑問であった。グループディスカッションの時間は70分とったが、まったく不十分だった。また、企画にもっと多くの障害者に加わってもらうべきであった。一方で、このような研究会を、ぜひ継続して開催してほしいという要望も多くいただいた。これらの反省点をふまえつつ、今後へと継続していきたい。



図4: 天文台の構内を散歩。足を使って太陽系の広さを実感。

標高 2950m の山麓施設で長く滞在すると皆、普段いえない本音がでます。大声で笑ったり、喧嘩腰になったり、なかなか楽しいです。



02

カルチャーショックのアンテナ開発

アルマ望遠鏡

検索

2005年の2月よりALMA-Jのアンテナチームを任されたとき、日本が担当するアンテナは直径12mアンテナ4台（以下ACA12mアンテナ）と、直径7mアンテナ12台（以下ACA7mアンテナ）であった。ACA12mアンテナは単一鏡として主に使われ、ALMAの12mやACA7m干渉計では観測できない広がった構造の情報を得る。またACA7mアンテナは他の12mアンテナよりコンパクトに配列ができるので、広がった構造のマッピングに適している。

ACAアンテナだが、まずはその性能要求がすごい。なにしろ電波望遠鏡は昼でも観測する。ALMAのアンテナはドームに入っているわけではない。したがって日射がガンガンあたって、風が吹いても観測する。ただしあまりに強風だと観測を中止し待機する。ACAアンテナは日射および平均毎秒6mの風、あるいは日射なしで平均毎秒9mの風が吹いている条件下において、下記に述べる性能を満足する必要がある。従来、電波望遠鏡の性能というとベストの条件で測定された中の最高値を使うことが多いがALMAは違う。

まずACA12mアンテナの性能について述べる。最初は追尾性能だ。0.6秒角以下という精度で天体を追尾する性能が要求されている。このような高い精度が要求される背景には、ALMAの干渉計と単一鏡を組み合わせて信頼性の高い画像を得たいという要求があるからだ。また、その鏡面精度は測定装置の誤差10 μ m込で25 μ m未満が要求されている。したがって実際に実現されたACA12mアンテナの最高の鏡面精度はというと7.4 μ m、これまでのミリ波サブミリ波望遠鏡では間違いなく最高性能だろう。じつはこの記録は今年ACA7mアンテナに破られるのだが。

高速に駆動することもACAアンテナの特徴だ。すばる望遠鏡で培ったリニアモーターカーと同じ原理の駆動方式を



図1 ACA12mアンテナ（手前）と7mアンテナ（奥の台車上のアンテナ）。ACA12mアンテナとはほぼ同じ架台に小さな主鏡面が載っているの、一見するとロボットのような。現在1号機がチリ山麓施設にその姿を現して、現地で注目を集めている（山麓施設にて）。

ACAアンテナで採用した。滑らかに高速で駆動するACAアンテナはその最高速度は方位角が毎秒6度、仰角が毎秒3度。野辺山10m望遠鏡のおよそ10倍の速度だ。初めてACAアンテナが駆動する様子を見ると、カルチャーショックすら感じる。

また厳しい要求としては、太陽観測を行うことである。専用望遠鏡を除いて、通常の電波望遠鏡は太陽を観測しない。ドームがない電波望遠鏡は太陽に向けると、太陽光が副鏡に集まり、副鏡部が高温になる。最悪、火災の危険もある。実際、世界の望遠鏡で副鏡へ行くケーブルが燃えたという話も聞いている。ACAアンテナはその鏡面に特殊加工をし、可視光は副鏡に集まらないが、電波は集まる工夫がされている。実際に太陽に向けたアンテナを見ると美しい。

主要性能に加えて受信機、制御計算機、バックエンドなど他サブシステムとのインターフェース要求も重要だ。ところが、この膨大なインターフェース要求もよく読むと一体どういうことだ？ というのが続出した。製造メーカーからは問い合わせがひっきりなしに来るし、要求を決めたALMAに聞いても返事はなしのつづて。まさに板挟みで関係者には心配そして迷惑をかけてしまった。

もちろん、ALMAは国際的なプロジェクトなので、アンテナの品質、安全、電磁

適合性といったものも日本独自ではなく、国際規格に準拠するように設計、製造が管理されてなければならない。自分自身がまずこれらを理解し（これが大変）、実際のアンテナにどう適用するのかという着陸点を見つけなければならない。長い議論と周りの人の力も借りつつ、なんとかやってきた。

こうして設計が一段落したところで、2005年11月に国内、国外からアンテナ技術の専門家や、アンテナのインターフェースを見る技術者らを招いて設計審査会を開催した。審査会では技術的なリスク、インターフェースの詳細にわたり指摘され、多くの課題がでた。関係者はそれを一つずつ粘り強くクリアーしていき、12mアンテナの国内組み立て、出荷、現地での調整などを経て無事2007年度に天文台へ納入となった。この間に製造メーカーやALMA関係者との膨大なメール、電話、連絡、会議に忙殺され、しばしば夜遅く帰宅となったが、終電にもかかわらず混み混みの電車に乗ると、多くの人が同志に見えてきたものだ。

私が率いた2005～6年にかけてアンテナチームには浮田さん、江澤さん、池之上さん、稲谷さん、山田さんなどの猛者がいた。チームのみな皆は若輩者でとんちんかんな筆者を厳しく叱咤激励し良く支援してくれたと思う。改めて感謝の念にたえない。最後だが、アンテナチームの活動をささえてくれたALMA-Jの皆さん、そしてチリで支援してくれているALMAの皆さんに感謝してこの記事締めくくりたいと思います。



図2 太陽に向けたACA12mアンテナ（山麓施設にて）。



絵本のほんだな

国立天文台三鷹の構内には、三鷹市星と森と絵本の家があります。このコーナーでは、絵本の家の本棚から、さまざまな絵本を紹介していきます。

ご案内
室井 恭子

2回目 『おひさまとおつきさまのけんか』

『おひさまとおつきさまのけんか』
せな けいこ / 作・絵 ポプラ社
ISBN-13: 978-4-591-07770-2 2003年7月

『パパ、お月さまとって!』
エリック・カール / さく もりひさし / やく 偕成社
ISBN-13: 978-4-03-237180-2 2006年10月

『ゆっくりむし』
みやざきひろかず / 作・絵 ひかりのくに
ISBN-13: 978-4-564-01806-0 2003年8月



今回のゲストは、理論研究部の台坂淳子さんです。『たいようとおつきさまのけんか』ほか『パパ、お月さまとって』『ゆっくりむし』の3冊を選んでいただきました。

もう一回読んで!

こんにちは。台坂淳子です。子どもは、3歳と4歳の女の子がおります。絵本の表紙が見渡せて興奮ぎみの子どもたち。『どんな本でも読んでいいのよ』といわれて二人ともわくわく。そして何回か絵本を読んで、とっかえひっかえ違うのをもってきて、しばらくしたら『もう一回読んで』という絵本ができました。それが、せな けいこさん作の『おひさまとおつきさまのけんか』でした。

**おつきさまとたいようは待ち合わせをしていました。
おつきさまは少し遅れてしまいました。
たいようはものすごく怒って、怒りすぎて
おつきさまも謝れなくなって、けんか。
太陽と雲達は熱い息であいてを焼き尽くす。
おつきさまとお星様は冷たい息で相手を凍らせてしまう。
後に残った地上の生き物は途方に暮れてしまう…。
もう生きていけない…。真っ暗な世界。
なんていうことがあったら大変。
この地球は大丈夫だよね。
…多分。**

概要はこのようなものです。子どもたちは、喧嘩の場面の臨場感が好きなようです。けんか、なんていつもあるし、あついで、さむい、もわかりますから物語としてわかりやすいのでしょう。また、絵が本当に怒っている感じが出ていてわかりやすいです。お月様もお日様もひとりずつ。二人とも互角の強さ。これも子どもには当たり前です。

私は最後の場面の「実はこのお話は太陽系のことではありませんでした」というオチが大好きです。また、相手が怒りすぎて、ごめんなさいをいそびれてしまう人間臭さも何だか好きです。結局、数分の遅刻で世界が消滅してしまうことになるのですから大変なことですよ。

研究者としてこの本を見てみますと、子ども対象なのに系外惑星のことを書いている、というのがすごいことだと思います。しかも、赤色巨星まわりのとても熱くなってしまった惑星のこ

ゲスト募集中!

『絵本のほんだな』では、ゲスト参加者を募集しています。絵本が好きな台内スタッフのみならず、ふるってご参加ください。お問い合わせは、天文情報センター・室井まで。

とかなあ、なんて考えたりすることもできます。もちろん、子どもたちはそんなこと知らないです。ただ、地球以外にも地球みたいなところがある、という認識が自然にできるようなお話しなのでごいと思いました。

絵本の家ができてから、ここに関する会話が多くなりました。お庭にきれいなお花があって、これきれいだねえ、なんだろうね、と何気なく私が言うと上の子が「ひめオドリコソウだよ」と。「!!!?? (しているの?)」保育園の先生に教わったのだとか。土日になると、「絵本の家にいきたいいきたい」コールが続きます。絵本の家にいき、ネコジャラシをとって家に「飾り」ます。このまえばナナフシを手づかみで見せてくれました。洗濯機に時々、どんぐりが入っています。自然豊かな天文台。ここに絵本があると子どもはやっぱりよろこぶわけですよ。

案内人のしおり

「絵本の家は大人だけで来るのがいいよね〜」。
台坂さんの、この言葉が印象的でした。お子さんたちに読んで聞かせることはあっても、ご自身がゆっくりと絵本を楽しむ時間はなかなかないそうです。でも、絵本をめぐるお母さんと子どもたちとの楽しそうなようすが目に浮かんでくるようでした。時には、月がどうやってできたのかを、子どもたちと家族を登場させたストーリー仕立てにして、かつ天文学的に話してあげちゃうこともあるそうで、月ができるまで15分もかかるこのお話が子どもたちのお気に入りなのだとか。さすが天文学者!

今回選んでいただいた絵本の結末、「よその宇宙のはなしなんだよ」というところで「これは系外惑星のことだな」と思ってしまうところが、惑星形成が専門の台坂さんらしい一言です。こんな想像はまだ子どもたちとは語り合えないですよ。また絵本トークしましゅう!

さて、絵本の家の展示が7月7日から新しくなりました。「大きなちきゅう 小さなちきゅう」がテーマです。ぜひこちらもお足を運びください。きっとまた新たな一冊に出会えると思います。



国立天文台 OB・OG 会が開催されました

2010 05 24

ふしらせ
No.08

桜井 隆 (副台長)

平成22年5月24日(月)15時30分より、恒例のOB・OG会がすばる棟大セミナー室で開催されました。これまで隔年で開催されてきた順番からすると昨年がその年でしたが、国立天文台の創立20周年記念式典や、すばる望遠鏡10周年行事などがあったため、前回の平成19年から2年おいての開催となりました。あいにく天候は雨交じりでしたが、OB・OGより63名と多数の出席者があり、台内の約15名と併せて盛会でした。

前半は桜井の司会で進行し、観山正見台長の挨拶と国立天文台近況報告に続き、ハワイ観測所・青木和光さんによる「すばる望遠鏡の最近の成果」、ALMA推進室・立松健一室長による「ALMAの進捗状況」の報告があり、質疑応答では台

長が回答に窮するような深い質問も出ました。16時30分からは台内見学の時間がとられ、当日午前中に完成式典があったばかりのALMA棟(国立天文台ニュース2010年6月号)の見学と、4次元デジタル宇宙シアターの鑑賞が2グループに分かれて実施されました。

後半は17時30分から懇親会が開か



受付風景。懐かしい方々との久しぶりの再会です。

れました。小林秀行副台長が司会を務め、古在由秀・元国立天文台長の発声で乾杯、思い出話に花が咲きました。途中、海野和三郎名誉教授、唐牛宏名誉教授(新OB)からスピーチがあり、19時過ぎにお開きとなりました。次回は2年後の予定です。



国立天文台の近況を報告する観山台長。

人事異動

研究教育職員

発令年月日	氏名	異動種目	異動後の所属・職名等	異動前の所属・職名等
平成22年5月31日	林 正彦	退職	東京大学教授大学院理学系研究科	国立天文台教授光赤外研究部(ハワイ観測所)
平成22年5月31日	林 正彦	併任解除	ハワイ観測所長の併任を解除する	
平成22年5月31日	林 正彦	兼務免	ハワイ観測所事務部事務長兼務を免ずる	
平成22年6月1日	高見 英樹	事務取扱	ハワイ観測所長事務取扱を命ずる	
平成22年6月1日	高見 英樹	兼務命	ハワイ観測所事務部事務長兼務を命ずる	
平成22年6月1日	大島 紀夫	配置換	天文情報センター	TMTプロジェクト室

編集後記

皆既日食を見に南の島へ。海の上に浮かぶ雲がきれいでした。涙。海では憧れの魚に会えて感動でした。(e)

あつい、暑い、と言わずにいられない毎日です。いいことといえば、洗濯物を干すのに困らないことでしょうか。(S)

ジュニア天文教室にて、太陽は地球の何倍の大きさかを聞くと、すぐに答えられる子供たちがいることに感心させられた。研究者でも答えられない人は結構いるのかもしれない。(K)

最近、至る所で猛暑日となっていますが、それだけ地上からの放熱が増えているのでしょうか。夏だから暑いのは仕方ないですが、湿気を防ぐ事ができたら少しは楽になると思います。何か、都市熱が増える前と比べて、湿度が高くなっているのでしょうか、そう感じてしまいます。(J)

スペイン、ワールドカップ優勝!! 今まで何度も優勝を予想して、毎回裏切られていましたが、今回はあえて予想をしなかったらやはり見事に裏切って優勝してくれました。おめでとう! それにしてもボール支配率のわりに歯がゆい試合が多くて心臓に悪い日々でした。(κ)

皆既日食でモアイ像に会った。この絶海の孤島で、先人たちはいったいどんな思いで、これらの像をつくったのだろう...と古に思いを馳せた。(W)

国立天文台ニュース NAOJ NEWS

No.204 2010.7

ISSN 0915-8863

© 2010 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

発行日/2010年7月1日

発行/大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL 0422-34-3958

FAX 0422-34-3952

国立天文台ニュース編集委員会

●編集委員: 渡部 潤一 (委員長・天文情報センター) / 小宮山 裕 (ハワイ観測所) / 寺家 孝明 (水沢 VLBI 観測所) / 勝川 行雄 (ひので科学プロジェクト) / 佐久間直子 (ALMA 推進室) / 小久保 英一郎 (天文シミュレーションプロジェクト)
●編集: 天文情報センター 出版室 (高田裕行/山下芳子) ●デザイン: 久保麻紀 (天文情報センター)

★国立天文台ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話あるいはFAXでお願いいたします。
なお、国立天文台ニュースは、http://www.naoj.ac.jp/naojnews/recent_issue.htmlでもご覧いただけます。

8月号は増ページの特号! 水沢 VERA 観測所、VERA プロジェクトの10年の成果を、中折り12ページで大特集します。お楽しみに!

水沢 VERA

- ・天体名 / 各スペクトル型を代表する天体 および木星
- ・観測装置 / 岡山天体物理観測所 188 cm望遠鏡
- ・波長データ / 可視光線

天体スペクトル観測 温故知新

●青木和光（光赤外研究部）

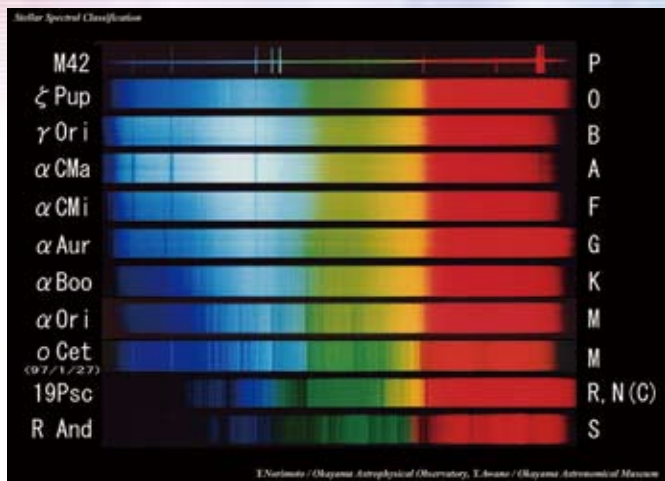


図1 各スペクトル型を代表する星のスペクトル画像。天体名は左側に、スペクトル型は右側に示されている。OからMまでは天体の温度の系列(O型が最も高温)であるが、R、NやSは化学組成が特殊なために別に分類されたものである。データは岡山天体物理観測所で取得されたもので、図は『宇宙スペクトル博物館』（粟野諭美ほか、裳華房）による。

19世紀に分光（スペクトル）分析が天体観測に用いられるようになって、天文学は一変しました。従来はもっぱら天体の位置や形状を調べることによって宇宙の姿を把握しようと試みられてきましたが、スペクトル観測により、人類は太陽をはじめとする星がどのような物質からできているのか知り、宇宙が膨張しているという認識を得るにいたりしました。

スペクトル観測によって得られるのは、大きく分けて天体の組成と運動についての情報です。スペクトル線の強さ（ある波長での光の放射や吸収の量）からは、天体の組成、つまり光の放射や吸収に関与する原子や分子がどのくらいあるのか、ということがわかります。これには元素レベルでの組成だけでなく、天体の温度や圧力などの状態についての情報も含まれます。一方、観測者からみて天体が遠ざかったり近づいたりすると、いわゆるドップラー効果によって光の波長が伸びたり縮んだりします。つまり、スペクトル線の波長のずれから、天体の速度（観測者からみた方向の速度で、視線速度とよばれる）が測定できるのです。

●星のスペクトル分類と褐色矮星

20世紀前半に活発に行われた研究のひとつが、恒星のスペクトル分類です。点にしか見えない恒星は、形状から分類することはできません。しかしスペクトル観測を行ってみると、水素をはじめとする様々な元素による吸収線がとらえられ、天体による違いが明らかになります。当初は経験的に分類され、アルファベットがつけられていたものがやがて整理され、スペクトル分類の意味するところも明らかにされてきました。図1にはこの分類によって定められたスペクトル型を代表する星のデータを示しています。この系列は主に星の表面大気の温度に対応していることがわかっています。

20世紀末になると、もっとも低温度の恒星として分類されていたM型星よりもさらに低温の星が見つかってきました。これらは、内部で核融合によってエネルギーを作り出すことのできない、褐色矮星とよばれる天体です。褐色矮星についても、その温度系列をよく表すスペクトルの特徴が調べられ、今ではL型、T型という分類（そのなかにL1、L2、L3…といった細分

類がある）が定着しています。これらの天体は、低温のために可視光では非常に暗く、分類は赤外線波長にみられる水蒸気やメタンといった分子のスペクトルによって行われています。長い歴史をもつ星のスペクトル分類は、新たな天体の発見とともに発展しているのです。

●星の視線速度と太陽系外惑星

一方、スペクトル線と天体の視線速度の関係は、図2に示した木星の観測例によく表れています。木星の自転周期はわずか10時間で、赤道付近は毎秒12キロメートルもの速さで回転しています。これにより、木星を横からみる位置でスペクトルをとると、近づく（遠ざかる）側でスペクトル線の波長が短く（長く）なる様子がみられます。

ドップラー効果を用いた天体の視線速度の測定は、天文学のあらゆる分野で用いられているといっても過言ではありませんが、その精度を極めていった結果が20世紀末の太陽系外惑星の発見です。今ではさまざまな方法で太陽以外の星のまわりの惑星が調べられるようになってきていますが、依然としてもっとも有力な方法は、惑星の重力によって中心の星が揺さぶられる、その周期運動を測定することによって惑星の存在をとらえ、軌道周期などを割り出すという研究手法です。測定精度は年々向上し、毎秒1メートルというわずかな速度変化をもとらえられるようになってきています。

伝統的なスペクトル観測も、新たな装置や精度の向上によって最新の研究を生み出しています。天文学の各分野に見られるスペクトル観測の新たな展開を、次号以降の連載でご紹介していきます。

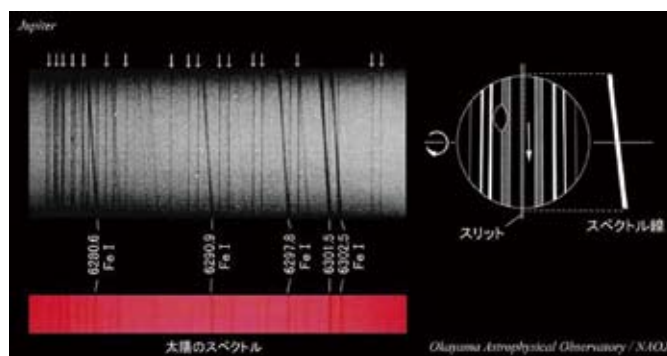


図2 木星のスペクトル画像。図の上のほうが木星表面のうち地球に近づく側で、下のほうが遠ざかる側（右側のイラスト参照）。これに対応し、鉄(Fe)などのスペクトル線の波長が変化し、図では線が傾いて見える。上に矢印をつけたのは地球大気による吸収スペクトル線で、これは速度変化がないためにまっすぐになっている（出所は図1と同じ）。