

こうやま

## 神山天文台と天体観測装置開発

京都産業大学 河北 秀世

### はじめに

みなさん、初めまして。神山天文台の天文台長をしております、河北と申します。神山天文台というのは、京都の上賀茂神社の少し北に位置します、京都産業大学のキャンパス内に設置された天文研究施設で、口径1.3mの反射経緯台式望遠鏡(「荒木望遠鏡」と言います)を備えています。神山天文台は、大学の研究所として研究員達が各種の研究を進めておりますが、それ以外にも、大学の授業における利用もあり、また土曜日に一般の方向けの観望会も実施しています。

そもそも、何故、京都産業大学に天文台があるのかと不思議に思われるかもしれませんね。京都産業大学はちょうど昨年(2015年)に創立50周年を迎えたばかりです。創立者は、荒木俊馬(あらかし・としま)という宇宙物理学者で、変光星の理論的研究などを行い、また、天文学の教科書や一般向けの啓蒙書をたくさん書いています。京都産業大学では創立時より理学部で天文学・宇宙物理学の講義を多く開講しており、宇宙・天文学を学べる大学として古くから知られてきました。神山天文台は、創立者・荒木俊馬の理想を具現化するシンボルとして、2010年に設置されたものです。



図1:神山天文台



図2:口径1.3m 荒木望遠鏡

### 神山天文台の目指す姿

天文学の研究というのは、天体からやってくる光を分析して、その結果から天体

や宇宙の姿を暴き出すというプロセスです。だから、どういう分析をするのか？という事が、どのようにして世界最先端の研究をするか？というアイデアと直結しています。「研究のアイデアを実現するもの＝天体観測装置」、なのです。そうすると、望遠鏡というのは「天体観測装置に天体の光を入れるための道具」でしかありません。研究の目的によって、どれくらいの光が必要なのか(望遠鏡の口径)また、どれくらいの視野が必要なのか(望遠鏡のF値)が決まります。結局、望遠鏡の口径を大きくするためにお金をかけるよりも(たしかに望遠鏡の口径が大きい方が、宣伝効果はあるのですが・・・)、性能の良い天体観測装置を実現することにお金をかけなくては良い研究はできない、ということなのです。

ですから、神山天文台では設置予算の許す限り天体観測装置にお金をかけ、望遠鏡そのものはほどほどの規模(口径1.3m)としました。私たちの銀河系内にある様々な天体の観測には、このくらいの口径でも十分なのです。むしろ、天体観測装置を自前で開発し、他所の観測所・天文台が真似のできない観測・研究ができるようにと、天体観測装置を開発するための各種設備(電気関係および光学関係の実験室、クリーンルームなど)を建物内に備えることにお金をかけました。更に、天文学および天体観測装置の開発を専門とする研究員を雇用して研究開発に専念できる環境を作りあげ、観測天文学・天体観測装置開発の拠点としての神山天文台を実現したのです。

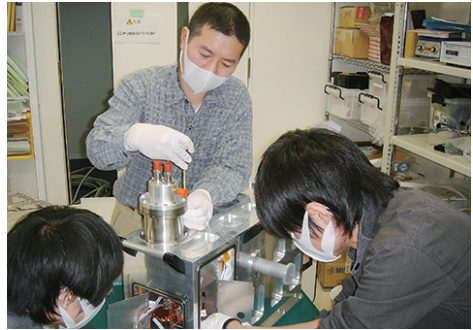


図3：天体観測装置の開発風景  
(エレキショップ)



図4：赤外線検出器の組込み作業  
(クリーンルーム)

## 神山天文台の望遠鏡・天体観測装置

### ・荒木望遠鏡

口径1.3m(F値10)の反射・経緯台式望遠鏡です。製作は西村製作所(京都)に依頼し、仙台市天文台の口径1.3m望遠鏡とほぼ同型です。大きく違うのは光学系がリッ

チー・クレチアン式といって広い視野に渡って天体の像が良い(シャープである)ことです。当初は、仙台市天文台と同じ古典のカセグレン方式(放物面の主鏡と双曲面の副鏡の組合わせ)でなければ作れないと鏡製作メーカーから言われたのですが、こちらから製作方法を逆提案してリッチー・クレチアン方式を実現しました。設立準備段階から、光学や工学に強いメンバーを集めていたおかげです。

焦点は、カセグレン焦点( $\times 1$ )、ナスミス焦点( $\times 2$ )となっており、ナスミス焦点の片方には眼視観望装置が付いています。この眼視観望装置は、他の天体観測装置にも切替え可能となっていて、現在は、可視光撮像装置(要するに天体用デジタル・カメラです)と、可視光低分散分光器(天体の光を500色程度に分離して調べる装置です)そして補償光学装置(地球の空気中で生じる「かげろう」を補正してシャープな天体像を実現する装置)の実験機が付いています。また、他方のナスミス焦点には「近赤外線高分散分光器 WINERED(ワインレッド)」が、またカセグレン焦点には「可視光高分散偏光分光器 VESPoIA(ヴェスポラ)」が設置されており、各種の観測研究に用いられています。その他、望遠鏡の光学系の補正に必要な「高精度フラット光源システム」を独自に開発し、設置しています。

## ・近赤外線高分散分光器 WINERED (ワインレッド)

人間の目に見える光は、波長(波である「光」の、ヤマとヤマの間隔)にして400ナノメートルから700ナノメートル程度で、これを可視光線と呼びます。この波長範囲が虹の七色(紫・藍・青・緑・黄・橙・赤)に対応しており、赤色よりも波長の長い光は赤外線と呼ばれます。WINEREDは、天体から来る赤外線を様々な波長に分けて(簡単に言えば、赤外線の虹を作って)分析する



図5: WINERED(ナスミス焦点)

天体観測装置です。赤外線という光はガスや塵の雲を透過しやすい性質があり、ガスや塵が多い私たちの銀河中心方向を「見通す」ためには欠かせません。そうした赤外線のうち可視光線に近い波長の光を「近赤外線」と言いますが、WINEREDは近赤外線を約9万色に分離して分析できる装置です。より多くの色に細かく分解することで、天体を作っているガスの成分を分析したり、温度を精密に測ったり、またガスや天体の動きを調べることができます。WINEREDは、世界屈指の性能を誇っており、色を細かく分解できる性能では世界トップレベル、また天体から来る光の40—50%を無駄無く利用できるという特徴があります(世界の大望遠鏡に搭載されている同種の装置では20%以下の光しか分析できず、残り80%の光を無駄にしてい

ます)。本装置は、神山天文台が東京大学やキヤノン(株)などの企業と共同で開発しました。

### ・可視光高分散偏光分光器 VESPoIA (ヴェスポラ)

光は波の性質をもっており、波の進む方向とは別に、波が振動する方向というものがあります。例えば普通の蛍光灯やLED電球の出す光は、光の振動方向がランダムにばらついており、どの方向に偏っているとい

うことはありません。太陽のような天体の出す光も同様です。しかし、そうした光が何かに反射されたり、磁石のような「磁場」の中にあると、振動方向が特定の方向に偏っている場合があります。これを「偏光(へんこう)」と言いますが、その性質を精密に測定できる装置がVESPoIAです。VESPoIAは、可視光の偏光情報を、約1万色に分解した光ごとに偏光情報を測定可能という特徴を持っており、世界的に見ても非常に珍しい天体観測装置です。この装置を用いると、単に画像を取っただけでは(あまりに遠くにありすぎて)判別できない恒星周囲のガス円盤やジェットなど、非常に微細な天体の構造を調べることができます。京都産業大学の学生が中心となり、神山天文台で開発しました。

### ・可視光低分散分光器 LOSA/F2など

ナスミス焦点にある天体観測装置のうち、LOSA/F2という装置は非常に基本的な天体観測装置のひとつで、可視光線を500色程度にわけて分析できます。天体の細かいことは分かりませんが、おおざっぱな分析には十分に役立ちますし、また、基本的な機能であることもあって大学の授業で活用されることもあります。やはり、神山天文台で学生さんたちが開発した装置であり、天文台開設当初から活躍している装置です。単純な機能しかありませんが、使い方(研究のアイデア)によっては多くの研究に利用でき、たくさんの研究成果を挙げています。その他、この装置を切替えて利用できる可視光撮像装置や補償光学装置があり、前者も研究や授業に利用されています。補償光学装置は、現在、実験段階であり、これも学生さんたちが中心になって開発を続けています。

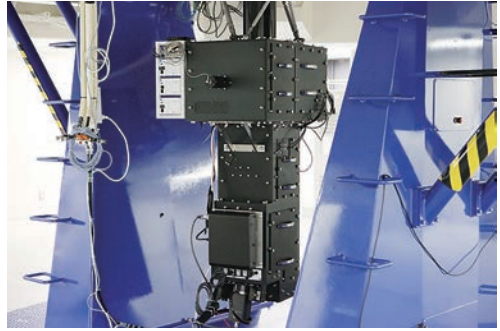


図6: VESPoIA(カセグレン焦点)

## 神山天文台の研究成果

神山天文台では、自分たちで開発した天体観測装置を使った研究を行う一方で、そもそも天体観測装置に必要な基礎技術の開発にも注力しています。2つの例をご紹介します。

## ・宇宙空間に存在する複雑な分子を発見！

宇宙というと、真空で何も無いイメージかと思いますが、実際には非常に希薄なガス(と微小な塵)が大量に存在しています。もちろん、これらのガスは地球の空気よりも遥かに薄いのですが、そのガスの量は非常に大量で、それらのガスと塵の雲(分子雲)の中から新しい星・惑星が誕生します。こうした星間ガスの中には、単純な分子が存在していることは以前から知られていましたが、もっと複雑な(たくさんの原子が結合した)分子が存在しているのではないかととも言われていました。その疑問の理由は、DIB(ぼやけた星間吸収線)と言われるもので、普通の星のスペクトル(天体の光を虹にわけたもの)の中に見られる吸収線(特定の波長の光が吸収されて暗く見えるもの)です。これは、星と私たちの間にあるガスが「特定の波長の光」を吸収していることが原因です。こうした星間吸収線は何本も見つかっており、普通はどんな原子や分子が吸収を起こしているのか判別ができていたのですが、正体不明の吸収線も多数存在していました。これらは、おそらく非常に大きな有機分子ではないかと考えられてきました。例えば、C60というサッカーボールのような形に炭素原子が60個も結合した分子があるのですが(フラーレンと総称されている分子の一種です)、地上の実験室では生成・発見されていたものの、宇宙空間に実在していることが明らかになったのは2015年のことなのです。

神山天文台では、近赤外線高分散分光器 WINERED を用いて、こうした謎の分子が作る吸収線(DIB)を多数、発見しています。これらは様々な分子に対応していると考えられ、生命の起源になるような複雑な分子が見つかる可能性もあります。現在、更に多くのDIBを探査し、その起源を明らかにしつつあります。

## ・夢の分散素子を開発

天体の光を虹に分けて分析する「分光器」には、光を波長ごとに分けるための光学素子が必要で

す(分散素子)。たとえば、プリズムと呼ばれるガラスで出来た三角柱は光を虹に分けますし、CDの信号面のように細く細かいスジがたくさんはいつた物体も虹を作ることができます(これを回折格子と言います)。現在の天文学では、主に回折格子が用いられており、その性能向上・小型化が大きな課題になっています。と言うのも、次世代の超大型望遠鏡(例えばアメリカを中心に計画中の口径30m TMT望遠鏡など)では、現存する回折格子では高分散分光器を作ろうとすると非常に巨大なものになり、実現不可能とも言われているのです。また、宇宙望遠鏡では打上げ可能な重量に

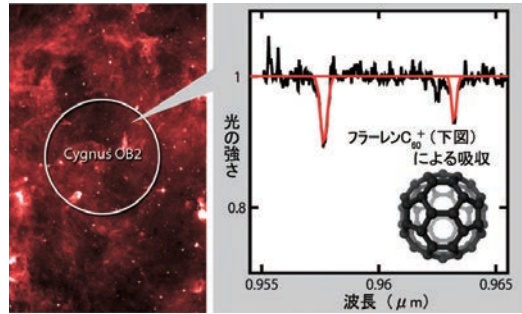


図7:宇宙空間に存在するC60+イオンの吸収線 (はくちょう座OB2星団)

制限があるため、天体観測装置の小型・軽量化が非常に重要です。しかし、従来方式の回折格子では、天文学的研究に必要な性能を実現できる小型・軽量な高分散分光器を作る事ができませんでした。

その課題を解決するため、神山天文台では東京大学やキャノン(株)と協働し、世界で初めて、理想的な性能を持つ「イマージョン回折格子」の製作に成功しました。イマージョン回折格子は、三角柱の1面に階段状の加工をしたものですが、その加工精度はナノメートル単位と極微なサイズであり、その製作には超微細加工技術が必要となります。また、そうした加工が可能な材料候補を探すことから開発研究を始めねばならず、世界中の誰にも理想的な性能のイマージョン回折格子を製作できなかったのです。今回、神山天文台を中心とした開発チームの成功により、世界最大級の望遠鏡や次世代宇宙望遠鏡に取り付けられる高分散分光器の実現に目処がたちました。

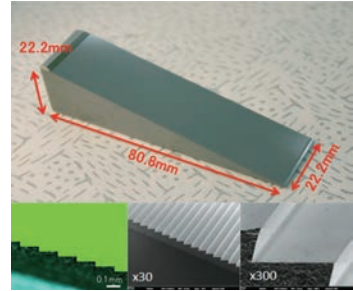


図8:開発したイマージョン回折格子

## さいごに

今回ご紹介したように、神山天文台は「ものづくり」の天文台です。特に、光の分光技術に集中しており、その特徴を活かした観測研究を推進しています。産業界と大学等研究機関、そして学生の連携・協働が基本です。京都産業大学は、「むすんで生み出す」を今年度からスローガンに掲げ、様々なフィールドで活躍する、様々な立場の人たちを結びつけ、新しいものを創造することが大学の基本方針になっています。神山天文台は、こうした活動を続けながら、天文学の世界に新しい光を投げようと努力しています。ぜひとも、今後とも注目していただきたいと思います。そして、土曜日の一般観望にも、ぜひお越し下さい。

## 著者紹介 河北 秀世(かわきた ひでよ)



京都産業大学神山天文台・台長/理学部・教授  
1970年大阪府生まれ。社会人アマチュア時代に彗星の分光観測を開始し、群馬県立ぐんま天文台を経て、2005年より京都産業大学に勤務。主な研究分野は彗星(惑星科学・太陽系天文学)であるが、最近は新星の研究にもはまっている。