

## NANTEN2 電波望遠鏡の制御システム更新

丸山 将平 (名古屋大学大学院 理学研究科)

### Abstract

NANTEN2 は南米チリ共和国アタカマ高地 (標高 4800m) に設置されたミリ波・サブミリ波望遠鏡であり、南天の分子ガス観測を通じて 銀河や宇宙の起源解明 に挑んでいる。今後、世界初の超広域分子ガスサーベイ (NASCO 計画) を行うために、新受信機の搭載を計画している。しかし、現在の NANTEN2 制御システムは、独自に開発された言語で構築されており汎用性が低く、また、10 年以上前の計算機や OS を用いているため、新受信機の搭載・運用に適していない。そのため我々は受信機の更新に先駆け、今後のスムーズな運用、長期にわたるビッグデータの取得を目標として、NANTEN2 の制御システムの更新を最優先で進めている。具体的には、大阪府立大学が中心となって運用している 1.85m 電波望遠鏡のシステムをベースに構築を始めている。これは python とよばれるプログラミング言語で書かれており汎用性が非常に高く、現在 NANTEN2 が抱えている問題点をクリアすることが可能である。計算機も全て一新し、NANTEN2 電波望遠鏡の独自の装置 (ミラー、ドームなど) の制御項目の追加や、自動簡易解析などの観測効率向上を目指した機能も新規作成している。名古屋での動作試験を経て、2015 年秋以降の NANTEN2 への搭載を計画している。本講演では、NANTEN2 制御システム更新作業の概要、および今後の開発計画について紹介する。

### 1 Introduction

星間物質、特に「水素」の精確な定量は、天文学の長年の重要課題である。星形成の場である星間分子雲 ( $-10\text{ K}$ ,  $>100\text{ 個/cc}$ ) は、主成分である水素分子  $\text{H}_2$  を直接観測できないという困難があった。通常、分子雲中の微量分子である一酸化炭素  $\text{CO}$  の  $2.6\text{ mm}$  の電波強度を用いて、 $\text{H}_2$  量を推定する方法がとられるが、ファクター 2 の精度が限界である。一方、ガンマ線観測からは、中性水素原子 ( $\text{HI}$ ) の観測からも、 $\text{CO}$  の観測からも説明のつかない「ダークガス」の存在が示唆されており、その正体は大きな謎となっていた (e.g., Grenier et al. 2005)。

我々名古屋大学の研究チームは、プランク衛星のサブミリ波データと、 $\text{HI}/\text{CO}$  データと組み合わせ、10% の精度で水素ガスを定量する方法を見出した (Fukui et al. 2014)。このような精密定量は、宇宙空間の星間水素の理解を促進させ、星形成ほか多岐に渡る分野に波及効果を及ぼすとみられる。実際に、ダークガスの正体が、冷たく高密度な水素原子ガス ( $-40\text{ K}$ ,  $-100\text{ 個/cc}$ ) にあることも導かれた (Fukui et al. 2015)。

さらなる研究の深化には、銀河スケールでの  $\text{HI}$ ,

$\text{CO}$  データが欠かせない。特に、銀河系全体での星形成や、水素原子・分子の境界層の研究には、銀河面から離れた希薄な領域についても、高感度・高空間分解能の  $\text{CO}$  観測を行う必要がある。しかし、これまでの  $\text{CO}$  観測は銀河面の一部に限られており、未だに全天をカバーする  $\text{CO}$  データは取得されていない。

以上の背景を踏まえ、我々は、南米チリ共和国アタカマ高地にて運用しているミリ波・サブミリ波望遠鏡 NANTEN2 を用いた世界初の超広域分子雲サーベイ NASCO (NANTEN2 Super CO survey as legacy) を計画している。この計画は NANTEN2 望遠鏡から観測が可能な、全天の 70% の領域の分子雲地図の作成を目指すものである。広領域かつ高空間分解能 ( $2.6'$ ) の分子雲サーベイは世界的にみても類がない。星間水素の理解促進に貢献はもとより、人類共通のレガシーとして、あらゆる研究分野で用いられることが期待される。

この NASCO 計画の観測効率をあげるためには、新たなマルチビーム受信機の搭載が必要である。現在、名古屋大学天体物理学研究室ではその開発を行っている。しかし、現在の NANTEN2 制御システムは NANTEN2 計画の開始 (2004 年) と同時に開発・搭

載されたもので 10 年以上の月日が経過しており、以下のような理由により新受信機の搭載・運用に適していないと考えられる。

- ・ 計算機の更新の不可。RT linux を使用しているため同システムでの計算機更新が行えない。
- ・ 言語の汎用性。ALPACA という特殊な言語で PC 間の命令のやり取りをおこなっているため、新システム搭載時におけるシステム更新作業がスムーズに進まない。
- ・ 観測データの処理。NASCO 計画により数日 1TB のデータ量が見込まれる。現制御系では、計算機の能力的な問題、観測者の手間的な問題からもこのビッグデータの処理に適していない。

そこで我々は、NANTEN2 の制御システムの更新を最優先で進めている。本発表では、NANTEN2 に搭載予定の新制御系システム (以下、新制御系) について現状の開発計画について紹介する。Section 2. 1 では新制御系の設計コンセプトについて示し、Section 2.2 では、雛形とする大阪府立大学 1.85m 望遠鏡システム (1.85 制御系) について説明する。Sections 3.1 – 3.2 では、開発項目の詳細を述べる。Section 4. では作業の計画について、Section 5. でまとめと今後の展望を報告する。



図 1: NANTEN2 望遠鏡外観

## 2 Design

### 2.1 Concept

今回の開発では、現在の NANTEN2 の受信機の仕様であるシングルビームをプロトタイプとしてシステムを作成する。また近い将来、システムをマルチビームに対応させる必要があるため、それにも柔軟に対応できるように設計しておく必要がある。そのため、新制御系の Concept として ”長期にわたる安定的な望遠鏡運営及びビッグデータの取得” をあげ

ている。この Concept を達成するために要求される仕様は以下の通りである。

- ・ 観測の自動化

長期にわたるルーチン的な観測のため、観測者の作業的な問題からある程度の自動化が望ましい。

- ・ 解析の効率化

膨大なデータ量処理はプロジェクトの進行に影響を与え、本質的に重要である。

- ・ 持続的な運用の実現

長期にわたる運用が見込まれるため、装置の変更に柔軟な対応が必要とされる。

### 2.2 1.85m system

以上の目的を達成するために、我々は Linux/Python を用いた大阪府立大学が中心となって運営している 1.85m 電波望遠鏡 (国立天文台野辺山構内に設置) の制御系システム (以下、1.85 制御系) を改良して搭載する。Python は一般的な言語であり、非常に扱いやすく、システムの改変が比較的用意である点、また 1.85 望遠鏡で実際に成果を上げている点がこのシステムを使用する理由である。1.85 制御系は、各種装置の制御、各種ログの記録、簡易解析を含めた観測の自動化を実装しており (詳細は Section 3.2)、このシステムを改良することで新制御系の要求を満たすことができると考えている。今回の新制御系更新作業は主に、1.85 制御系を NANTEN2 用に作成しなおし修正をすること、1.85 制御系で不足していた観測効率を向上させる機能の追加実装をすることの 2 点に集約される。

## 3 Development

### 3.1 Hardware

望遠鏡の各部のモータの操作をおこなうドライバ、パルスを与えモータを操作するコントローラ、コントローラと信号をデジタル I/O でやりとりする PCI ボード等実際に各装置の制御をおこなう部分については、現制御系で使用しているものを基本的にそのまま新制御系でも使用する。今回の更新作業では、大容量データの取り扱いを見越して PCI ボード以下の

制御をおこなう各種計算機の総入れ替えをおこなう。(表 1 を参照。)

gate 用	新 nangate
観測用	新 nanobs
解析用	新 tierra
駆動系制御用	新 nanctrl
光学系制御用	新 nanopt
受信機系制御用	新 nanrx

またこの作業により、計算機の役割の明確化、現地サイトでのスペースの確保を見込むことができる。

### 3.2 Software

新制御系は前述した 1.85 制御系の観測用のサーバと各種装置を制御するモジュールを階層的に配置した構造を倣って開発をおこなう。図 2 は、階層構造の実態である。各階層を簡易的にレイヤーと呼ぶ。

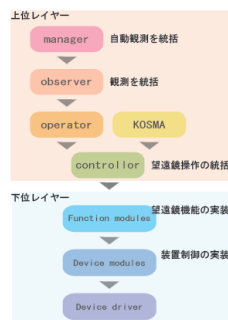


図 2: NANTEN2 新制御系レイヤー図

この階層構造により、バックエンドの変更などによる制御システムの変更時、変更箇所が明確であり、スムーズな開発を見込むことができる。また、manager 部の実装により、観測スクリプト選択しておくことで、観測を自動で行える機能の追加も予定している。

各レイヤーの具体的な働きは、manager 部:自動観測の実装、observer 及び operator 部:各種観測方法の実装、controller 部:各種望遠鏡装置の統括、下位レイヤー部:各種望遠鏡装置の実装部である。この階層構造により、バックエンドの変更などによる制御システムの変更時、変更箇所が明確であり、スムーズ

な開発を見込むことができる。また、manager 部の実装により、スクリプトを選択することで観測実行から簡易解析までを行うことができる。

1.85m 望遠鏡には存在しないが、新制御系で必要とされるモジュール開発として、メンブレン (主鏡を風や太陽などから守るゴア膜)・各種ミラー (M2,M3,M4) 制御用モジュールの作成が挙げられ、それに伴った上位階層の変更も必須である。これらのプログラムは、現在作成中であり、名古屋での試験を経て実装に繋げていく予定である。

## 4 Plan

この Section では、新制御系の更新作業としての計画を述べる。7-9 月で Section 3. の開発を実行する。各種装置のモジュールを作成し、試験用のダミー装置を使用して名古屋で動作試験をおこなう。10-12 月に現地チリでの装置のインストール作業、及びに装置の動作確認をおこなう。これは来年 1 月からの新受信機搭載に備えたものである。

## 5 Couclusion

NASCO 計画に向けて、新制御系の開発をおこなっている。その計画を実現するための現制御系の計算機の問題、言語の問題、観測の問題を明らかにし、新制御系の具体的な仕様が固まりつつある。新制御系は 1.85 制御系をベースに設計し、1.85 制御系を NANTEN2 用に作成しなおし修正すること、1.85 制御系で不足していた観測効率を向上させる機能の追加実装をすることの 2 点を開発内容としている。現在は、1.85 望遠鏡には存在しなかった NANTEN2 独自のもの (ミラー・ドーム) の制御部のプログラムを作成している段階である。今後、最短の目標としては 10 月のインストールであり、その後も不足部、エラー部、新たな装置に対応した改修・更新・追加をおこなっていく。

2015 年度 第 45 回 天文・天体物理若手夏の学校

## Acknowledgement

基礎物理学研究所 (研究会番号 : YITP-W-15-04 )  
及び国立天文台からのご支援に感謝いたします。