

## NANTEN2 マルチビーム受信機の光学系設計

望月 沙也可 (名古屋大学大学院 理学研究科)

### Abstract

我々は南米チリ・アタカマ高地にて設置・運用しているミリ波・サブミリ波望遠鏡 NANTEN2 を用いて超広域分子雲サーベイ NASCO(NAnten2 Super CO survey) を計画している。この計画では超広域（全天の約 70 % の領域）、高空間分解能（ $2.6'$ ）の詳細な分子雲地図を作成し、星間現象の解明に貢献することが期待される。この計画の実現に向け、現在 NASCO 用の新しいマルチビーム受信機を設計・開発中である。開発中の受信機は 4 ビームのうち、3 ビームを 100 GHz 帯、1 ビームを 200 GHz であり、対応する新たな光学系が必要である。そこで、開発中の受信機用光学系の設計を評価を行った。評価の結果、100 GHz 帯の 3 ビームは目標値である開口能率 65 % を達成したが、200 GHz 帯のビームにおいて開口能率が 21 % と著しく低くなった。この原因は受信機室内の空間的制約を考慮して設計した結果、一部の鏡面で十分なエッジレベルが確保されていないためと考えられる。今後、ホーン位置などを見直すことで開口能率 65 % 以上の光学系の実現を目指す。

### 1 Introduction

我々は超広域分子雲サーベイ NASCO(NAnten2 Super CO survey) を計画している。この計画は南米・チリ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 を用いて、全天の 70 % におよぶ領域の分子雲地図を作成するというものである。分子雲地図の作成により、他波長の観測機器による全天データや他の地上望遠鏡との比較研究が可能になり、星形成や超新星残骸などの様々な星間現象の解明に貢献することができると期待される。

観測ターゲットは  $^{12}\text{CO}$ 、 $^{13}\text{CO}(J=1-0)$  輝線とする。さらに、詳細を調べたい領域に関しては  $^{12}\text{CO}$ 、 $^{13}\text{CO}(J=2-1)$  輝線の追観測を行う。多遷移輝線を観測することで分子雲の温度・密度の導出が可能になり、分子雲の物理状態を解明する上でメリットが大きい。

現在、NASCO 計画に向けて観測効率を上げるため、新たなマルチビーム受信機を開発している。本発表では 100 GHz 帯 3 ビーム、200 GHz 帯 1 ビームの 4 ビーム受信機に対応した光学系設計開発に関して報告する。

### 2 Design

新光学系設計における主な要求を挙げる。設計するのは 100 GHz 帯 3 ビーム+200 GHz 帯 1 ビームのマルチビーム光学系とし、すべてのビームにおいて開口能率 65 % 以上の達成を目標とする。また、現在 NANTEN2 にはケルン大学が運用している SMART 受信機も搭載されている。よって、共通で使っている主鏡および副鏡は変更しない。また名古屋受信機と SMART 受信機との切り替えが可能である必要がある。

上記の要求を満たす光学系を設計するため、ガウシアンビーム光学を用いて光学素子の配置や設計を行った。次に、物理光学シミュレーションソフト GRASP を用いてガウシアンビーム光学系における設計を評価した。

### 3 Results

設計した光学系におけるサブプレフから各鏡面までの距離と各鏡面におけるビームサイズをプロットした(図 1)。今回設計した光学系の特徴としては、M7 として平面鏡を四角錐の様に組み合わせたピラミッドミラーを採用した点が挙げられる。空間的な制約

を満たすため、ピラミッド鏡付近にビームウエストが来るように設計した。また、楕円鏡である M5 は光学定盤に近く、反射角を 90 度とすると一部のビームが光学定盤で蹴られてしまうことが判明したため、M5 の反射角を鈍角にすることでビームを光学定盤から離すように工夫した。

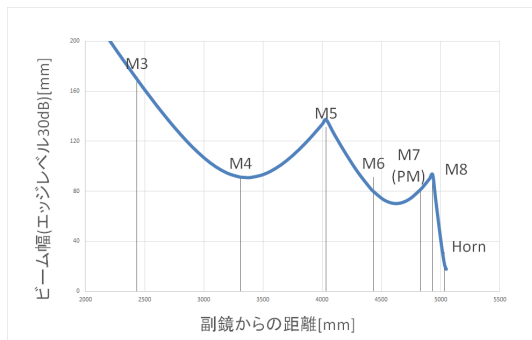


図 1: 各光学素子におけるビームサイズ

上記のモデルを GRASP を用いて評価した。評価結果として各ビームの開口能率を表 1 に、アンテナビームパターンを図 2 に示す。

表 1: 各ビームの開口能率

	Beam1	Beam2	Beam3	Beam4
開口能率	65 %	66 %	66 %	21 %

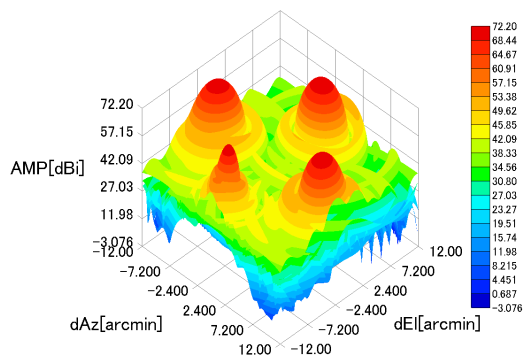


図 2: アンテナビームパターン

結果として、100 GHz 帯のビーム 1~3 においては、65 % 以上の開口能率を達成した。また、ビーム離隔は 18arcmin となった。しかし、ビーム 4 においては開口能率が 21 % と低くなった。

## 4 Discussion

通常の光学系においては、伝送経路に問題がなければある程度の開口能率が確保される。ビーム 4 において要求された開口能率を満たせない原因として伝送経路の損失が考えられるため、GRASP を用いて各ビームの各鏡面における Hitting Ratio を算出した (表 2)。表 2 において Beam4 の M4 以降で他のビームよりも著しく値が小さくなっていることから、M4 反射角を鈍角にしたことでビームが全体的に広がり、M3 および M4 でエッジレベルが確保されていないため開口能率が低下したと考えられる。今後、ビーム 4 をサブプレフ中心に近づけるため、ホーン位置を調整したモデルを検討し、全ビームにおける開口能率 65 % の達成を目指す。

表 2: 各ビームの Hitting Ratio

	Beam1	Beam2	Beam3	Beam4
M8	0.9944	0.9944	0.9944	0.9968
M7	0.9931	0.9931	0.9933	0.9556
M6	0.9927	0.9930	0.9932	0.9955
M5	0.9925	0.9922	0.9928	0.9955
M4	0.9924	0.9921	0.9928	0.5901
M3	0.9912	0.9917	0.9853	0.3885
M2	0.8541	0.8543	0.9060	0.2931
M1	0.8333	0.8329	0.8849	0.2881

## 5 Conclusion & Future Works

NASCO 計画に向けてマルチビーム光学系を設計した。評価の結果、100 GHz のビーム 1~3 においては目標値である開口能率 65 % 以上を達成した。また、ビーム離隔は 18arcmin となった。一方、200 GHz 帯のビーム 4 においては開口能率が著しく低くなった。これは M4 反射角を鈍角にしたことでビームが全体的に広がり、M3 および M4 でエッジレベルが確保されていないためと考えられる。今後、ビーム 4 がサブプレフ中心に来るようにホーン位置を調整したモデルを作成し、開口能率 65 % の確保を目指す。モデル完成後は光学素子の設計・図面化を進める。また並

2014 年度 第 44 回 天文・天体物理若手夏の学校

行して、デュワー内設計、観測シミュレーションなど他の NASCO 開発項目へのフィードバックも進めていく。

## Reference

黒田 豊 修士論文. 2012. 名古屋大学