

# 45m 電波望遠鏡の風に対するメトロロジーシステムの開発

和田 拓也 (国立天文台 野辺山宇宙電波観測所)

## 概要

野辺山 45m 電波望遠鏡は構造的に風に弱い為、主鏡構造の変形による指向誤差の劣化は、高い指向精度が求められる高周波数での観測にとって大きな問題となる。風に対するメトロロジーシステムは様々な所で報告があるが、45m 望遠鏡では主鏡骨組構造の最外周に設置したターゲットの変位から変形をモニターする検討が進められている。今回は、科学観測における要求と技術的な課題と、現状のシステムの概要について報告する。

## 1 はじめに

野辺山宇宙電波観測所では、口径 45m のミリ波天文観測用の 45m 電波望遠鏡 (以降、45m 望遠鏡) の運用を行なっている。45m 望遠鏡は、ホモロジガス構造を採用している為、風などの外力に弱い事が様々な面で報告されており、構造の変形による指向誤差の劣化が問題視されてきた。<sup>1)</sup>。最近の共同利用に関する統計によると、年間を通じた合計観測時間に対する損失した観測時間 20% 程度の内、4% 程度が風による損失ということが確認されている他、観測ができた場合でも観測データ品質の低下する。そこで野辺山宇宙電波観測所では、観測時の損失時間の削減と高い指向精度要求に応える為に風に対するメトロロジーシステムの開発を進めている。

## 2 科学的要求と技術的な課題

最近の共同利用観測提案の資料から、観測手法の割合などの情報や、45m 電波望遠鏡に提案がある Science Category ごとの要求などを整理し (Fig.1)、目標とすべき仕様を検討した。

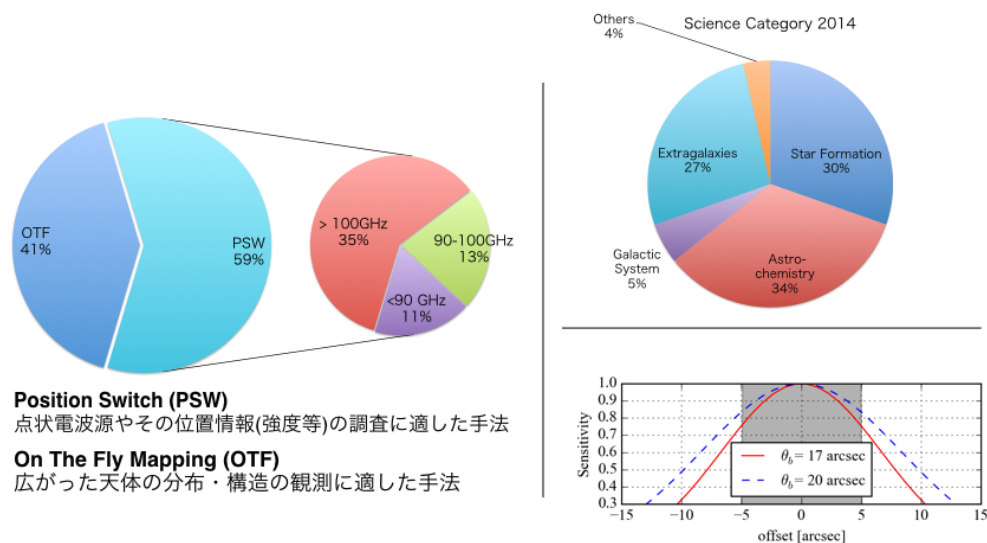


Fig.1 観測手法と観測対象の内訳。全体の 60% 程度を占める Star Formation、Astro Chemistry の観測では、物理状態導出の為、正確な強度を測る必要があり各輝線の誤差が 15% 程度が求められ、指向精度としては  $\pm 3$  秒角程度が求められる。また Extra galaxies の観測では天体強度が弱く、要求された観測時間での検出を目指すには 90% 程度の Sensitivity を実現する為に、3 秒角の指向精度が求められる。

45m 電波望遠鏡の共同利用観測時の標準的な指向精度は、100GHz 帯での望遠鏡の角分解能 17 秒角に対し、指向誤差による感度劣化が 20 % 未満を満たす RMS 値で約 3 秒角ある。ただし、これは毎年観測が始められる前に条件が良い日に測定測定し補正関数を改められており、キャリブレーション精度の観点から強度変動 5 % 程度となる 2 秒角 rms を達成できると更に良いとされる。これらを踏まえ、我々が開発するメトロロジーシステムに対する技術的な課題は、以下のようになる。

- リアルタイムな補正できる
- 有風時においても 2.5 秒角 rms の指向誤差が補正できる

### 3 メトロロジーシステム

電波望遠鏡におけるメトロロジーシステムは、望遠鏡の傾斜や振動を測定したシステムが多く報告されている。最近では、ALMA 望遠鏡の ESO が担当したアンテナに搭載されているシステムなどが挙げられる<sup>2)3)</sup>。45m 電波望遠鏡では、2005 年頃から骨組み構造部に最外周近くに設置した標的の変位量を求めることで、構造変形の計測システム導入の検討を行っている<sup>4)</sup>。システムの概要を Fig.2 に示す。

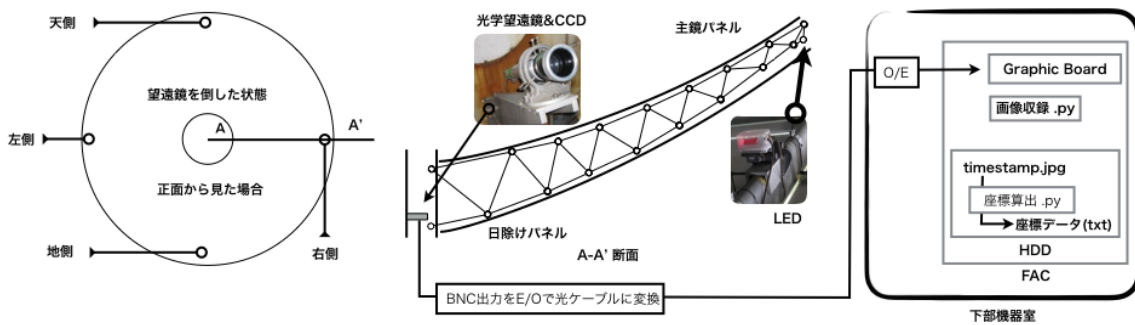


Fig.2 システム概要。主鏡構造が最も大きく変形すると考えられる骨組みの最外周に標的となる LED を設置し、主鏡構造としては、最も変形が小さいと考えられるセンターハブ付近に望遠鏡を設置する。望遠鏡を倒した状態で、正面から見て天地左右分それぞれに設置する。望遠鏡には CCD カメラが取り付けられており、アナログビデオ出力を E/O 変換し望遠鏡の下部機器室に設置されている収録コンピュータに送られる。

2015 年度以前は、WindowsXP 環境に National Instruments 社 LabVIEW(画像入力および画像処理は NI IMAQ を仕様) を用いたプログラムを仕様していたが、今回 Linux 環境 (Interface 社 PHA-C31C717J(L6)Y02、Interface Linux (Debian)) に置き換えた。標的の変位を求める為に、まず画像を収録し続け、収録された画像に対してモーメント法を用いることで、変位を求めたものをテキストファイルに記録する。計測プログラムは、C/C++ で記述した関数ファイルと Python で作成したフロントエンドで構成される。関数ファイルは、デバイスとの対話を簡略化したものが記述されている。

### 4 計測システムの動作確認

更新した計測システムを用いて、性能試験観測での望遠鏡駆動時に伴う風の乱による変位が計測されているかの評価を実施した。2015 年度の立ち上げ測定の期間中に、測定された計測データ (1min/sample) と立ち上げ測定時に log された Pointing offset、気象ログを合わせて確認し、動作確認を行った。Fig.3 の右は、収録した画像から得られた座標の時系列グラフ、左は座標変化量を示す。ここでは、望遠鏡向かって左側と地側の標的について確認した。EL の駆動があると標的が駆動量に比例して変化する事が考えられ、

赤と緑で囲まれた部分はその効果を確認された。また、Fig.3の左では、望遠鏡の変形と Pointing error の値が同じように変動している箇所を緑枠で囲んで示している。

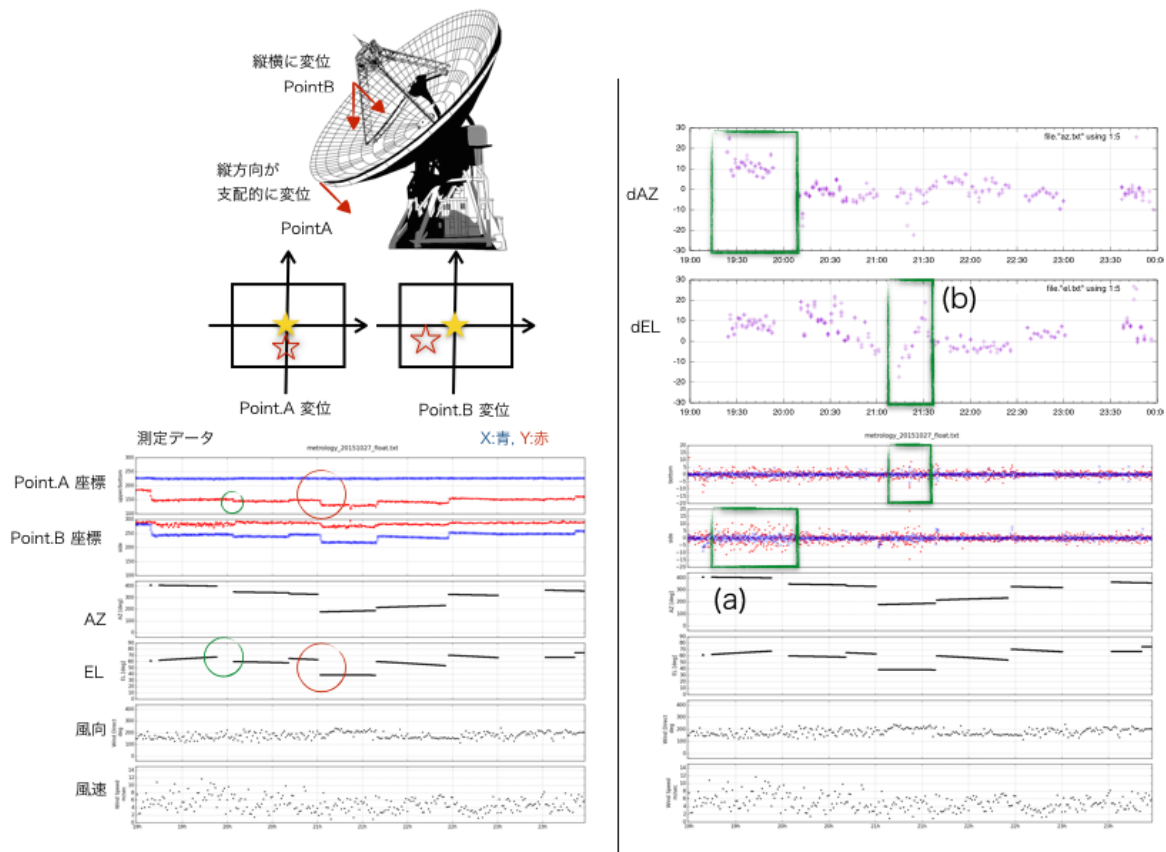


Fig.3 動作確認

## 5 まとめ

野辺山 45m 電波望遠鏡における風に対するメトロロジーシステムに求められる要求を整理し、到達点を明らかにした。また、古い制御関係を更新し、動作確認を行った。今回測定された座標の変動量 (望遠鏡構造の変形量) と指向誤差の相関については、今後検討したいと考えている。また今回の報告で示した計測用のスクリプトは、仮のものでサンプリング速度が遅い為、計測制御関係についても改善していきたい。

## 参考文献

- 1) 野辺山 45meter 主鏡の風による変形について (測定法と一つの結果), 赤羽賢司, NRO 技報, No.20, 1998
- 2) Proc. of SPIE Vol. 7012 70120R-1
- 3) Proc. of SPIE Vol. 7733 77333N-1
- 4) Wind induced surface deformation of the Nobeyama 45-m radio telescope, Nario Kuno, Proceedings of the XXVIIIth URSI General Assembly in New Delhi, October 2005