

## CARAVAN2400 小型電波望遠鏡の現状報告

石井敦利<sup>※1,2,3</sup>、小山 泰弘<sup>※1</sup>、市川隆一<sup>※1</sup>、久保木裕充<sup>※1</sup>、高島和宏<sup>※2</sup>、藤咲淳一<sup>※2</sup>

※1：情報通信研究機構 ※2：国土地理院 ※3：(株)エイ・イー・エス

### 1. はじめに

CARAVAN(Compact Antenna of Radio Astronomy VLBI Adapted for Network)とは情報通信研究機構(以下NICT)が開発を進めている、小型で持ち運び可能な電波望遠鏡システムの総称である。CARAVAN開発の究極的な目標は、現在電波望遠鏡の観測網が手薄な大洋域や南半球なども含めて汎地球的規模での観測が可能なVLBIシステムの実現であり、高精度コロケーションや柔軟な運用スケジュールでの深宇宙飛翔体追尾観測などへの寄与を念頭においている。また、距離比較基線場の端点上で測地VLBI観測を行うことでGPS測量機等のより高いトレーサビリティが実現可能となるなど、基準点体系の高度化に大きく役立つ技術となる。

近年、VLBIシステムのバックエンド系は汎用PCにより大幅な小型化と低コスト化が進んでいる。特にNICTが開発したギガビットでのデータ取得可能なK5/PC-VSIシステム[1]による高感度化は、小型VLBIシステムの実用化を達成する上での重要な鍵の一つとなっている。

NICTでは既に試作機としてアンテナ直径65cmのCARAVAN1号機を完成させ、鹿島34mパラボラアンテナとの間で22GHz帯の信号受信によるキューサーのフリンジ検出に成功した[2]。さらに測地分野での機能評価を目的として2年前から2.4m口径のパラボラアンテナを用いたCARAVAN2400の開発を進めている。今年度からは国土地理院と共同で、天体からの信号を受信する実験を開始しており、本文ではその現状について報告する。

### 2. CARAVAN2400 の仕様

CARAVAN2400 のアンテナはもともと海面変動を測定する試潮場の地殻変動を測定するために製作されたものである。そのアンテナを改修し NICT 鹿島の SLR 施設付近に 2005 年の 2 月に設置した。CARAVAN2400 の仕様を表 1 に示す。また、全体のブロック図、フロントエンドのブロック図を図 1, 2 に示す。

表-1 CARAVAN2400 仕様

アンテナ直径	2.4m
受信周波数	X-band(8.18 - 8.60GHz)
HPBW	1.1°
偏波	右旋円偏波(RHCP)
雑音温度	125K(常温 LNA)
アンテナ制御方法	アンテナコントローラー+SkySensor
アンテナ指向精度	0.1°
アンテナ駆動速度	1° /sec(AZ, ELともに)
形式	カセグレンアンテナ、AZ-EL マウント
重量	アンテナ 105kg、架台 535kg

#### 2. 1 アンテナ駆動系

アンテナコントローラー(以下 ACU)がモーターのコントロールとエンコーダー信号の表示を行う。また ACU に IF BOX を介して接続された SkySensor によってもアンテナ駆動系を制御することができる。SkySensor は市販の赤道儀のコントローラーである。

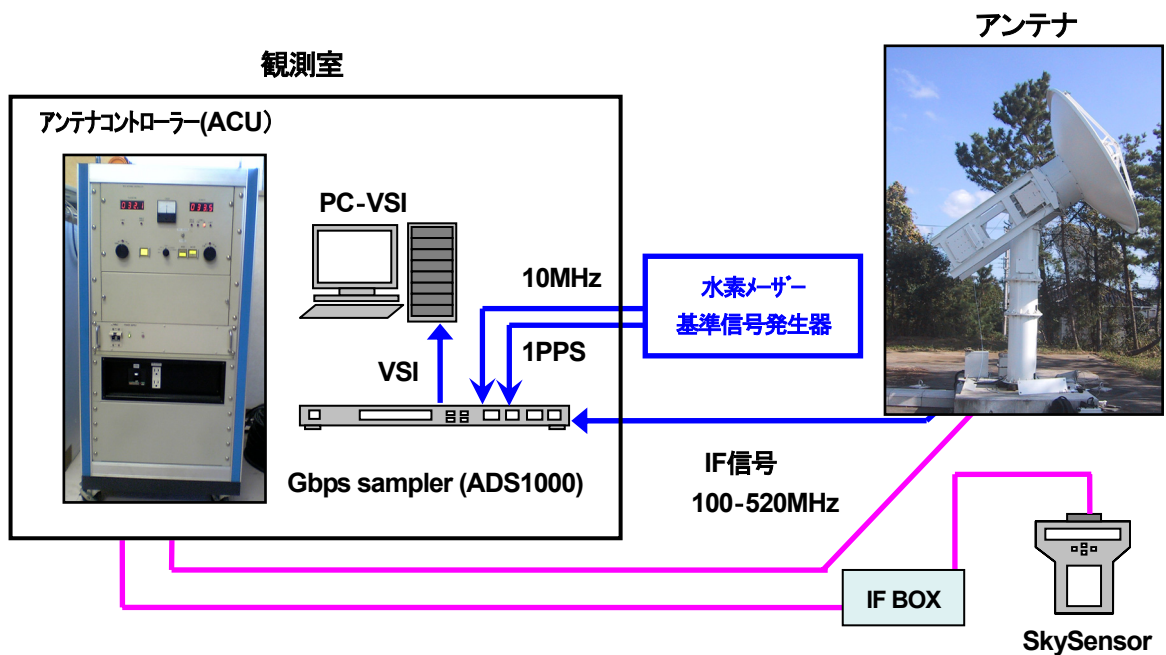


図-1 CARAVAN2400 全体ブロック図

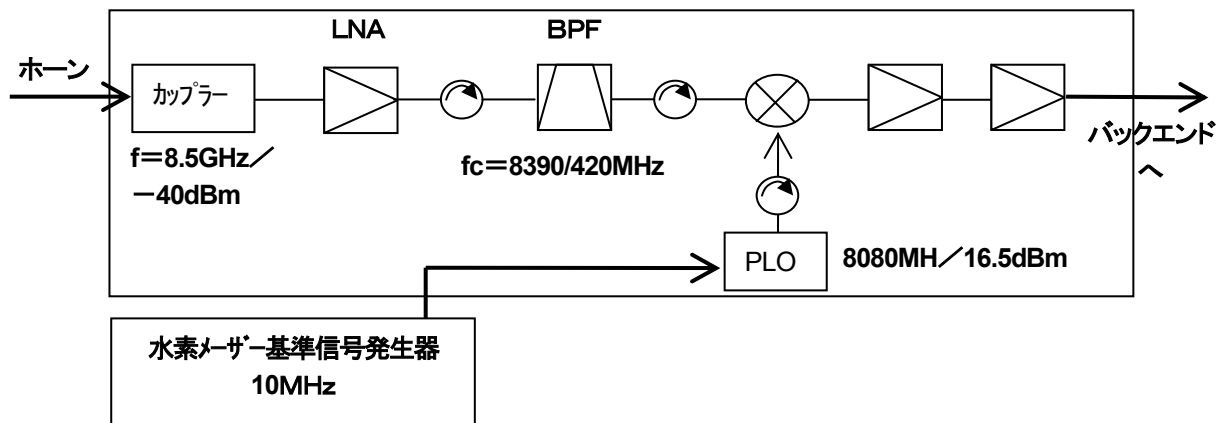


図-2 CARAVAN2400 フロントエンドブロック図

## 2. 2 受信機系

パラボラで受信した 8GHz 帯の RF 信号はホーンから導波管、カップラーを経て常温低雑音増幅器 (LNA)により増幅される。その後段の周波数変換器では、水素メーザーからの安定した周波数基準信号(10MHz)より作られた局部発信信号(8.08GHz) が入力されIF周波数(100~520MHz)へと変換される。IF信号はギガビットサンプラー(ADS1000)に入力され、VSI信号に変換された後、PC-VSIボードを搭載したPCのハードディスクに記録される。

## 3. 開発状況

### 3. 1 システム雑音温度測定

昼間と夜間にそれぞれ電波吸収体を受信ホーン上に設置し、それぞれを常温校正源、冷却校正源として受信機雑音温度  $T_{LNA}$  を見積もった。

$$T_{LNA} = \frac{T_{hot} - Y \cdot T_{cold}}{Y - 1} \quad \text{但し} \quad Y = \frac{P_{hot}}{P_{cold}}$$

$T_{hot}$ : 常温校正源温度、 $P_{hot}$ : 常温校正源をみているときのアンテナ出力

$T_{cold}$ : 冷却校正源温度、 $P_{cold}$ : 冷却校正源をみているときのアンテナ出力

測定結果は、 $T_{hot}=310\text{K}$ 、 $P_{hot}=1.679\text{mW}$ 、 $T_{cold}=284\text{K}$ 、 $P_{cold}=1.567\text{mW}$  となり、 $T_{LNA}=79.5\text{K}$ 。  
また、電波源の無い空をみたときのアンテナ出力を  $P_{sky}$  とすると、

$$T_{sys} = \frac{T_{hot} + T_{LNA}}{Y'} \quad \text{但し} \quad Y' = \frac{P_{hot}}{P_{sky}}$$

のように  $T_{sys}$  を測定できる。測定結果は  $P_{hot}=0.541\text{mW}$  であったので、 $T_{sys}=125\text{K}$  となった。

### 3. 2 待ち受け観測

対象天体の通過位置にあらかじめアンテナを向けておき、天体を待ち受ける観測を行った。月と CasA の待ち受け観測結果を以下に示す。

月の待ち受け観測 (測定機器: ディテクター(Agilent 8471D)、ペンレコーダー(YOKOGAWA LR4110))

観測結果より、アンテナビーム半値幅(HPBW)が  $1.1^\circ$  となった。また待ち受け予測時間と実際にピークを示した時間の差(3.9分)より、アンテナの Az 方向設置誤差を  $0.8^\circ$  と見積ることができた。

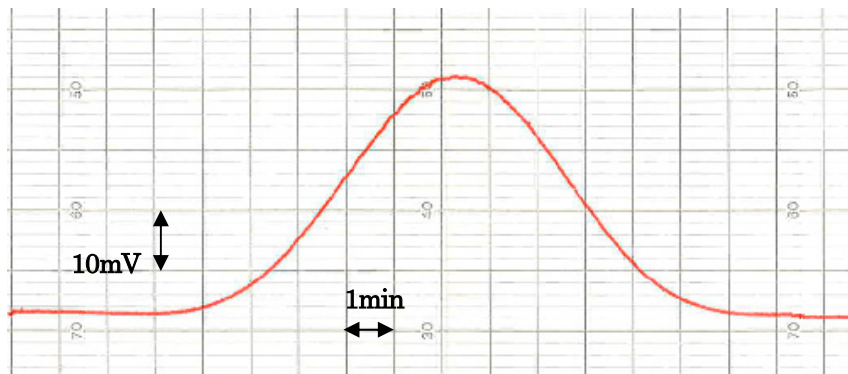


図-3 月の待ち受け観測結果

CasA の待ち受け観測 (測定機器: パワーメーター(Agilent E4412A、E4419B))

この観測の前に、上記の月の観測と太陽の追尾によりアンテナのアライメント誤差を確認し、アライメント調整を行った。図4横軸の0秒が予測待ち受け時間である。0秒付近でピークを示していることから、アライメント調整が正しくできていることが確認できた。また、この観測でもアンテナビーム半値幅(HPBW)= $1.1^\circ$  となった。

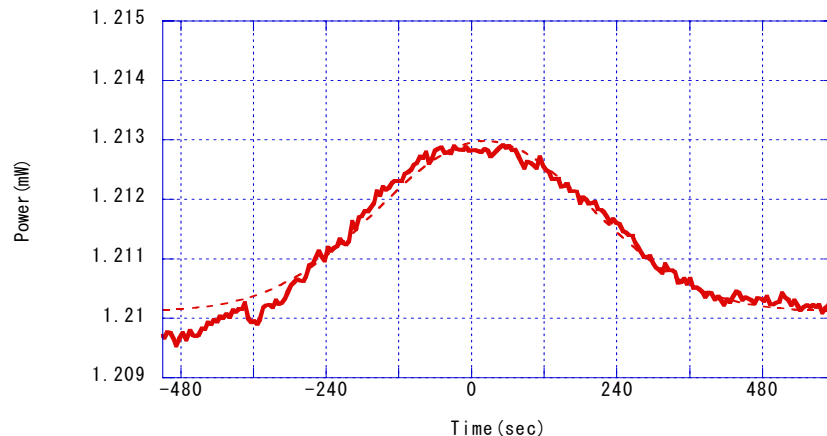


図-4 CasA の待ち受け観測結果

### 3. 3 鹿島 11m(KSP)アンテナとのフリッジテスト

鹿島 11mアンテナとの間でフリッジテストを試みた。CARAVAN2400 及び 11m アンテナのバックエンドはともに、ギガビットサンプラー-ADS1000、K5/PC-VSI を使用した。観測対象は太陽で、観測日時は、12月7日 UT 02:18:00-02:18:03 (積分時間 4 秒)、サンプリングレートは 1Gsp/2bit である。

図 5 のようにフリッジを検出することに成功した。この結果より CARAVAN2400 が VLBI アンテナとして機能することが確認できた。

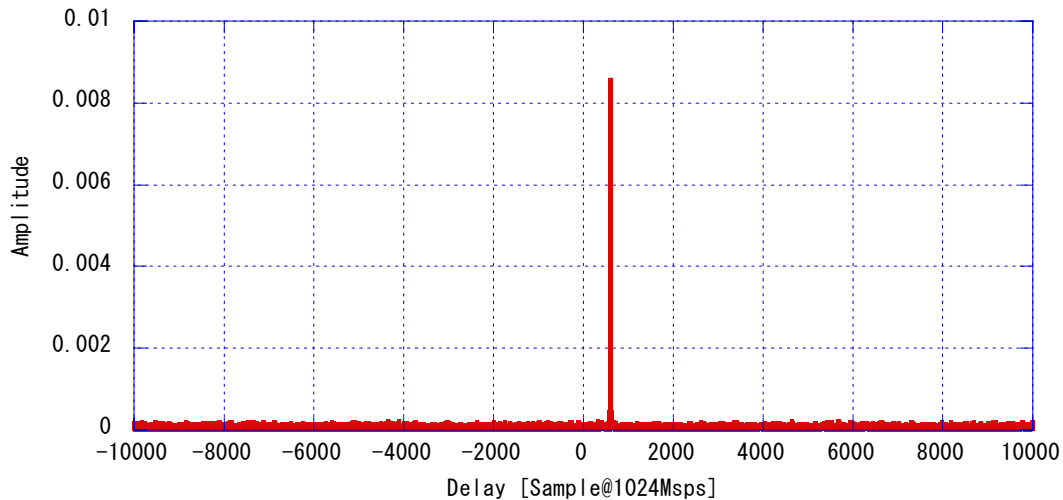


図-5 鹿島 11mアンテナとのフリッジテスト結果

### 4. まとめ

システム雑音温度を測定し、 $T_{\text{sys}}=125\text{K}$  の結果が得られた。その結果から予測される大体の感度を見積もり、太陽、月、CasA の待受け観測に成功した。これらにより CARAVAN2400 は予想された感度を有していることが確認できた。またこの待受け観測より、アンテナビームの半値幅(HPBW)を  $1.1^\circ$  と見積もった。アンテナのアライメントに関しては、月、太陽の待ち受け観測、及び太陽の追尾観測により誤差を確認し、調整を行った。さらに鹿島 11m アンテナとの間でフリッジテストを試み、初 VLBI 観測に成功した。このことから受信機系が VLBI 観測に耐えうる位相安定度を持っていることが確認できた。

今後の開発項目として、

- ①アンテナの開口能率の評価
- ②アンテナ制御系の改修

現在の SkySensor 制御では安定した天体追尾や観測スケジュールに沿った制御が難しいため PC を用いたアンテナ制御系への改修を予定している。

- ③複数の電波源によるアンテナのアライメント
- ④点源(クェーサー等)をターゲットとしたフリッジテスト

を予定しており、ひとつひとつのステップを確実に踏んで開発を進めていく予定である。

### 参考文献

- [1] Kimura, M et al., "The implementation of the PC based Giga bit VLBI system", IVS CRL-TDC News No.21 p31-33, Nov.2002
- [2] Yonezawa, I et al., "Development of compact VLBI system", IVS CRL-TDC News No.21 p29-30, Nov.2002