

# CARAVAN 2400 小型電波望遠鏡 によるVLBI観測

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

1: 情報通信研究機構

2: 国土地理院

3: (株)AES



# 目次

概要

CARAVAN2400の紹介

開発状況

まとめ

今後の開発項目、課題

# 概要(1/3) CARAVANとは？

## CARAVAN

= (Compact Antenna of Radio Astronomy VLBI Adapted for Network)  
VLBI観測や開発実験を目的とした小型で持ち運び可能な  
電波望遠鏡システム

### CARAVANの開発目的

#### VLBI観測網の拡充

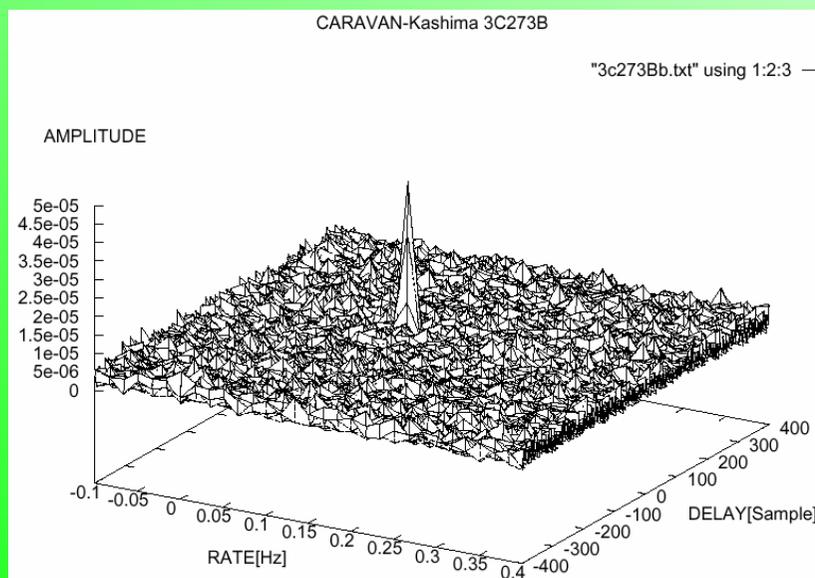
柔軟なアンテナ配置、運用スケジュールに対応した  
VLBI観測システムの構築

より高度なGPS測量機等のトレーサビリティの実現  
(距離比較基線場の端点で測地VLBI観測を行う)

# 概要(2/3) CARAVAN1号機、2号機

大型の設備を持たない大学研究室等でもVLBI観測実験を行うことを目的として開発

CARVAN1号機はアンテナ直径65cmながら鹿島34mアンテナとの間で、クエーサー(22GHz帯)のフリンジ検出に成功



クエーサー3C273をCARAVAN1号機で受信して得られた干渉縞

1号機、34mとのVLBI実験風景

# 概要(3/3) CARAVAN2400

測地分野での機能評価を目的  
NICT鹿島と国土地理院が  
共同で開発を進めている  
2005年1~2月 アンテナ設置工事  
2005年5月 ファーストライト  
2005年12月 初FRINGジ検出



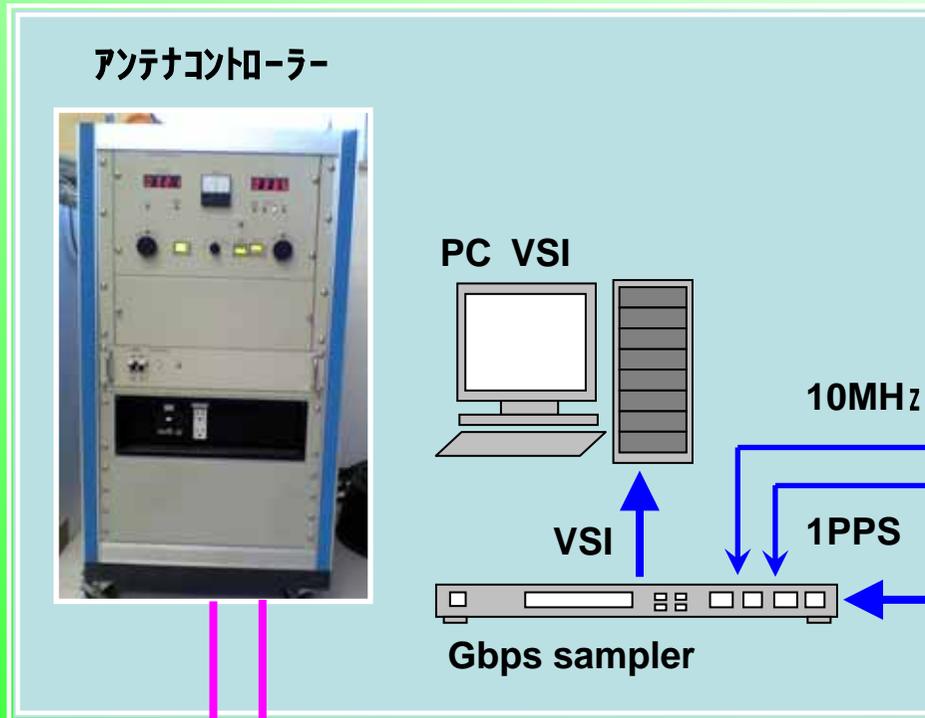
# 紹介(1/3) CARAVAN 2400 スペック

アンテナ直径	2.4m
受信周波数	8.18 8.60GHz
HPBW	約1°
偏波	右旋円偏波(RHCP)
システム雑音温度	123K
アンテナ制御方法	アンテナコントローラ + Sky Sensor
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



# 紹介(2/3) CRAVAN 2400全体図

観測室

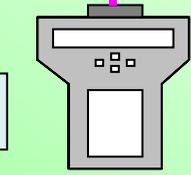


水素メーザ  
基準信号発生器

2.4m アンテナ

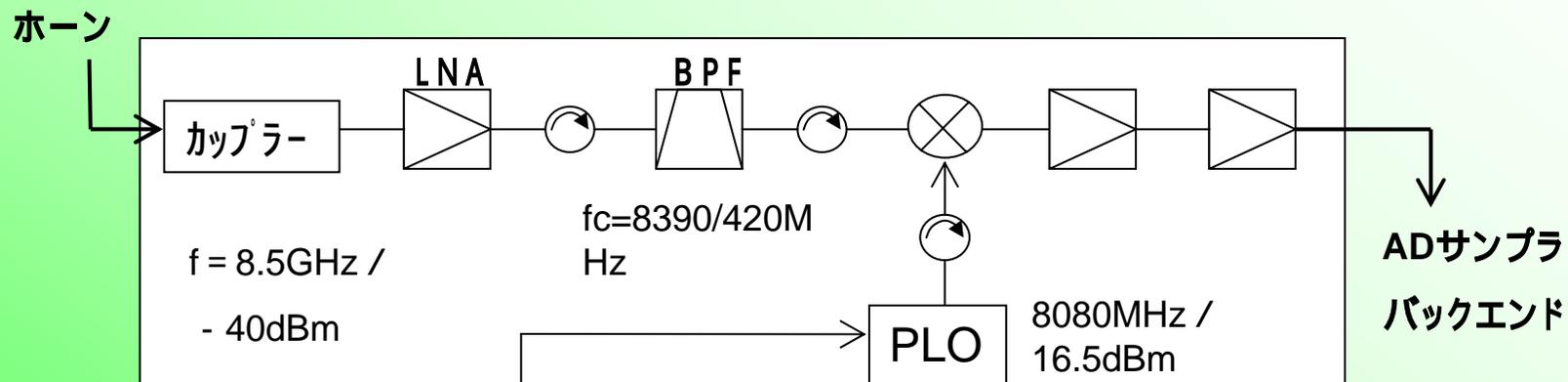


IF BOX



Sky sensor

# 紹介(3/3) CARAVAN 2400 フロントエンド



水素メーザ-基準信号発生器  
10MHz



LNA



BPF、PLO、Ampなど

# 受信機系の検定、システム雑音温度の測定

## 受信機雑音温度

$$T_{RX} = (T_{hot} - Y T_{cold}) / (Y - 1) \quad 116K$$
$$Y = P_{hot} / P_{cold}$$

## システム雑音温度

$$T_{sys} = (T_{hot} + T_{RX}) / Y' \quad 123K$$
$$Y' = P_{hot} / P_{sky}$$

$T_{hot}$  : 常温校正源(電波吸収体)の温度

$P_{hot}$  : 常温校正源をみた場合の受信パワー

$T_{cold}$  : 低温校正源(液体窒素で冷却した電波吸収体)の温度

$P_{cold}$  : 低温校正源をみた場合の受信パワー

$P_{sky}$  : アンテナを天頂に向けた場合の受信パワー



Cold Load測定



Hot Load測定



Sky測定

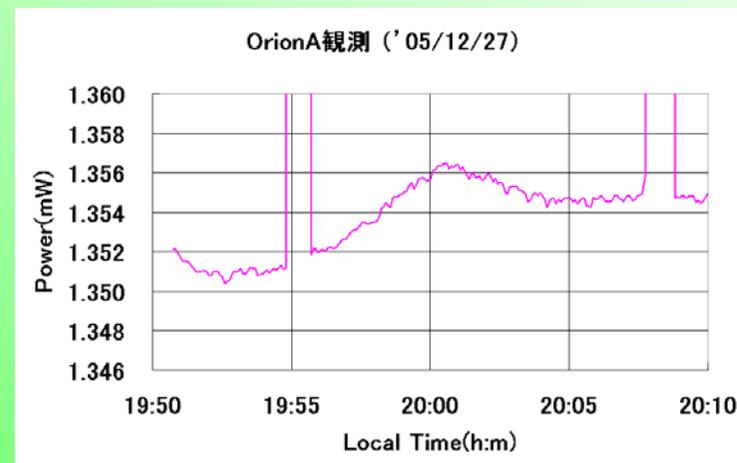
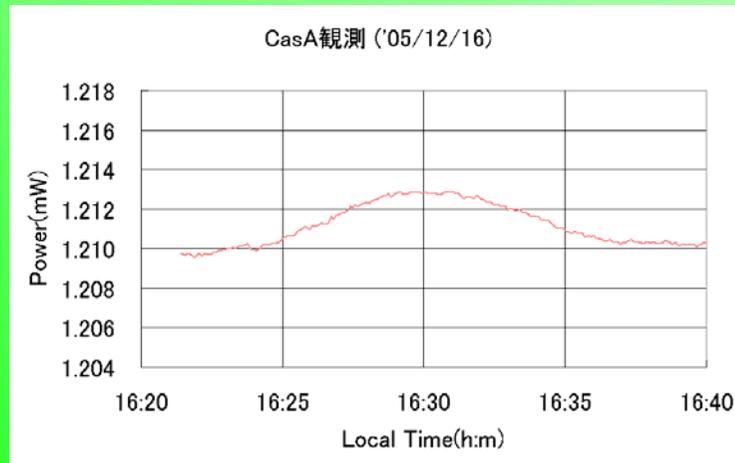
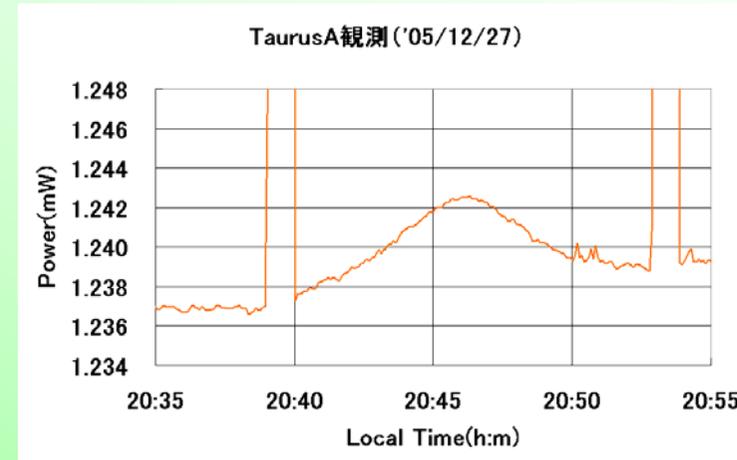
# 2.4mアンテナ単体での電波天体観測

2.4mアンテナ単体で太陽、月の待受け観測に成功！

次にCasA、TaurusA、OrionAの待ち受け観測を行い、これも観測に成功した！

Source and letter code	待受け時刻 JST	アンテナ待受け位置	
		Azimuth	Elevation
Cas A	'05/12/16 16:30	16°	65.6°
Orion A	'05/12/27 20:00	127.3°	32.8°
Taurus A	'05/12/27 20:45	109.1°	59.9°

12/16、12/27 いずれも天候は晴れ



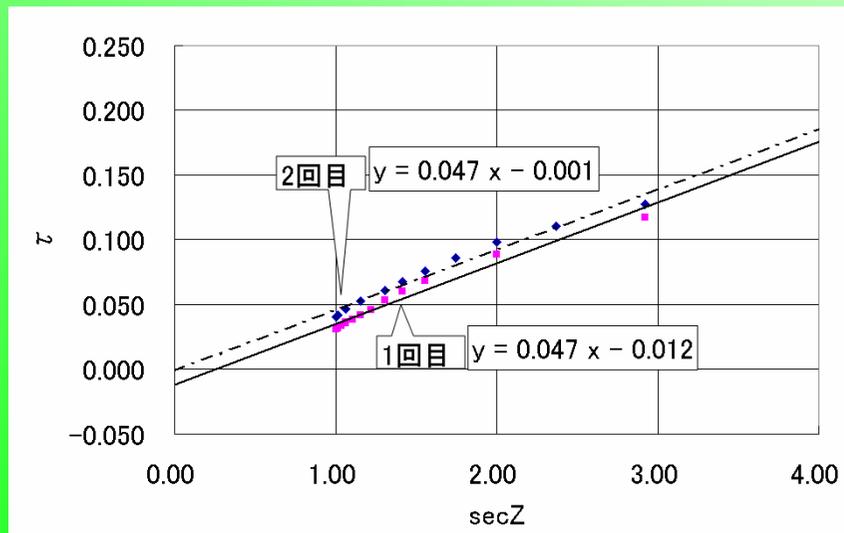
CasA観測よりビーム幅を見積もる  
**HPBW = 0.95°**

グラフの中で受信Powerが表示範囲外へ変化している部分は、受信機変動を取除くためにHotLoadの測定を行った時間帯

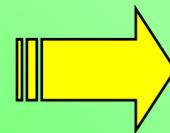
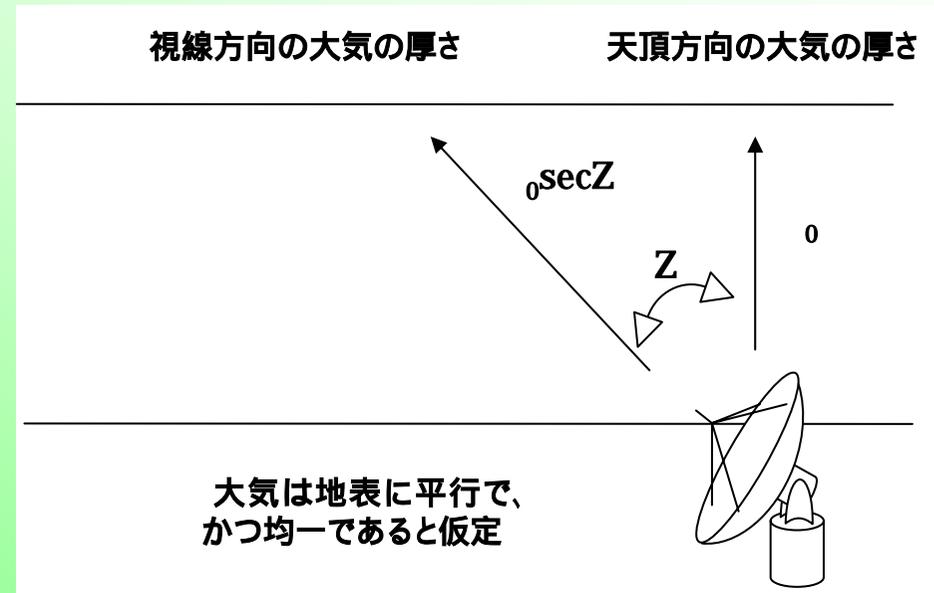
# 大気の光学的厚さの測定

アンテナの天頂角を変えながら電波源の無い空を見た場合のパワー $P_{sky}$ を計測しシステム雑音温度 $T_{sys}$ を求める。大気の伝送効率より、大気の光学的厚さは、

$$T_{sys}(Z) - T_{RX} = (1 - e^{-\tau})T_{atm}$$



06/1/12 測定、天候:晴れ、気温7



$$\tau_0 = 0.047$$

# アンテナ開口効率の見積り

測定した  $\nu_0$  と12/16のCasA待受け観測結果からアンテナ効率を見積る

有効開口面積

$$A_e = \frac{2kT_A}{S_\nu}$$

$$T_A = \frac{P_{source} - P_{sky}}{P_{sky}} \cdot T_{sys}$$

$$S_\nu = S_\nu^* \times \exp(-\tau_0 \sec Z)$$

$T_A$ : アンテナ温度(地上)

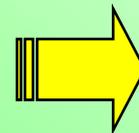
$P_{source}$ : アンテナを電波源に向けたときの出力電力

$S$ : 有効フラックス密度(地上)

$S^*$ : 有効フラックス密度(大気外)

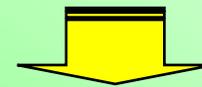


$A_e = 1.88\text{m}^2$ 、物理開口面積 =  $4.52\text{m}^2$



アンテナ開口効率

$\eta_A = 0.42$



このアンテナ効率からTaurusA、OrionAを観測した場合の、

$P_{source} - P_{sky}$  を求める

TaurusA  $P_{source} - P_{sky} = 0.004\text{mW}$

OrionA  $P_{source} - P_{sky} = 0.002\text{mW}$

# 鹿島11mアンテナとのフリンジテスト

CARAVAN  
2400



CARAVAN2400  
バックエンド



基線  
約100m

太陽を追尾し  
フリンジ検出を試みる

鹿島11m  
アンテナ

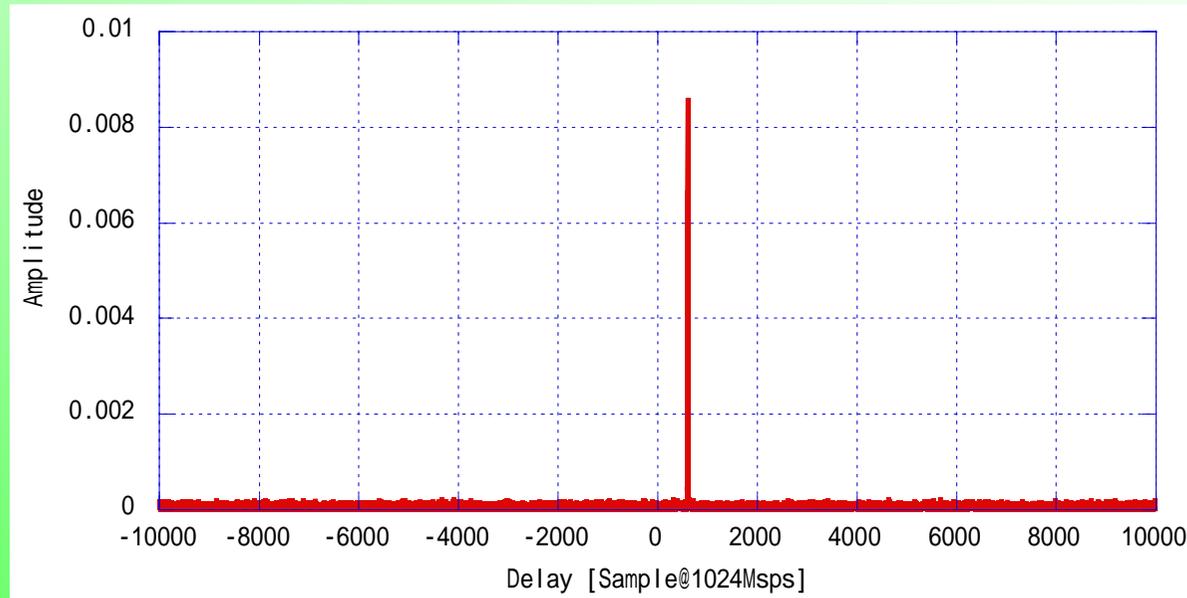


鹿島11mアンテナ  
バックエンド



相関結果

# 鹿島11mアンテナとのフリンジテスト結果



サンプリングレート: 1Gsps/2bit  
積分時間: 4秒

観測対象: 太陽  
観測日時: 12/7 UT02:18:00 ~ 18:03

# まとめ

受信機雑音温度、システム雑音温度を測定し、  
性能を確認した

$$T_{RX}=116K \quad T_{sys} = 123K$$

太陽、月、Cas A、Taurus A、Orion Aの待ち受け観測に成功した観測結果より、以下のパラメーターを求めた

$$\text{アンテナビーム幅} \quad \text{HPBW} = 0.95^\circ$$

$$\text{アンテナ開口効率} \quad \eta_A = 0.42$$

初FRINGEテストが成功した

V L B I観測に耐えうる、アンテナ駆動系、  
受信機系であることを確認できた

# 今後の開発項目、課題

## 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

⇒ FieldSystem9(FS9)によるアンテナ制御へ改修予定

## 複数の電波源によるアンテナのアライメントへ

現在は太陽のみでアンテナのアライメントを行っている  
点源(キューサー等)をターゲットとしたFRINGEテスト