

鹿島 3 4 m アンテナ
2 0 0 4 年
年次報告書

情報通信研究機構 電磁波計測部門
宇宙電波応用グループ



目次

1	はじめに	1
1.1	略語集	2
1.2	主要諸元	3
2	34m アンテナの現況	5
2.1	受信機性能	5
2.2	受信状況	5
2.3	追尾誤差	6
2.4	34m アンテナのバックエンドシステム	9
2.5	34m アンテナ併設の観測機器など	12
2.5.1	測地用 GPS	12
2.5.2	水蒸気ラジオメータ	13
2.5.3	APPS	13
3	運用状況	15
3.1	2004 年運用状況	15
3.2	マニュアル整備	16
4	保守状況	17
4.1	定期保守	17
4.1.1	機械系	17
4.1.2	付帯設備	17
4.1.3	電気系	18
4.1.4	駆動モータのローテーション	19
4.2	保守方法の検討と改善	19
4.2.1	デハイドレータ外付けタンクの改善	19
4.2.2	重要予備品の準備	20
4.3	修理・補修	20
4.3.1	ACU 更新ーサーボモード切替不良ー	20
4.3.2	S/X 帯受信機 PLO 故障	21
4.3.3	E T R 空調	21
4.3.4	H T S フィルタのコントローラ異常	22
4.3.5	C 帯トロリーリムーブリミットスイッチ接触不良	22
4.3.6	32GHz 帯受信機への混信	22
4.3.7	22GHz 帯、32GHz 帯、43GHz 帯ホットロード位置検出センサの故障	23
4.3.8	E L エンコーダ電源配線の絶縁不良	23
4.3.9	背面構造部の補修	23
4.3.10	AZ レールボルトの折損	25
4.3.11	受信機電源、トロリー制御用計算機のコネクタピン折損	28
4.3.12	22GHz 帯給電系への乾燥空気の充填	28
4.3.13	IF 伝送用光送信機故障	28
4.4	発生している不具合現象	29
4.4.1	駆動用直流電力増幅器 AZ#2 の瞬時過電流発生	29
4.4.2	駆動モータのブレーキ誤動作	29
4.4.3	アンテナドライブキャビネット内ヒューズ溶断	29

4.4.4	その他の不具合	30
5	開発	31
5.1	位相較正信号発生装置 (PCAL)	31
5.1.1	はじめに	31
5.1.2	測定方法	31
5.1.3	34m アンテナに設置したときのそれぞれの PCAL 信号	31
5.1.4	PCAL の比較	32
5.1.5	結論	34
5.2	S 帯受信帯域の一時的拡大 -2040MHz 受信-	34
5.3	高速 AD と PC を用いたデジタル分光計	39
6	今後の計画	41
6.1	2005 年保守計画	41
6.2	将来システムの検討	41
6.2.1	国際測地 VLBI 観測の現状	41
6.2.2	VLBI2010	42
6.2.3	VSI-E : e-VLBI 伝送フォーマットの標準化	43
7	終わりに	45
	参考文献	45
A	気象情報の入手法	46
A.1	雨・台風情報	46
A.2	雷情報	46
B	S/X 帯軸較正用電波源	48
C	宇宙電波応用グループ成果論文（発表）リスト（2004年1月－12月）	49

1 はじめに

34m アンテナ (図 1) は、西太平洋域でのプレート運動の実測を目指した西太平洋電波干渉計プロジェクトの主アンテナとして、1987 年度補正予算により通信総合研究所 (現情報通信研究機構¹) 鹿島宇宙通信研究センター (茨城県鹿嶋市) に建設されたアンテナである。その後、測地的成果だけではなく電波天文分野においても多くの成果を生み出してきており、国内外からその重要度が認知されている。定期的な保守により安定に運用されているアンテナではあるが、建設後、16 年が経過して老朽化も進んでいる。

この報告書は 2004 年のアンテナ使用状況、保守、修理、改修等を記述することにより、アンテナの現状を把握するとともに、今後のアンテナの安定した運用に資することを目的としている。



図 1: 34m アンテナ

¹ 通信総合研究所 (CRL) と通信・放送機構 (TAO) は 2004 年 4 月 1 日に統合され、新たな独立行政法人「情報通信研究機構 (NICT: National Institute of Information and Communications Technology)」が発足した。

1.1 略語集

本年次報告で使用する略語は以下の通りである。また、アンテナ各部の名称を図 2 に示す。

ACU	Antenna Control Unit
ADC	Antenna Drive Cabinet
AOS	Acousto-Optical Spectrometer
AZ	Azimuth
CCW	Counter-Clockwise
CW	Clockwise
DCPA	Direct Current Power Amplifier
ESA	European Space Agency
EL	Elevation
ENC	Encoder
ETR	Elevation Tilting Room
FS9	Field System version 9
HALCA	Highly Advanced Laboratory for Communications and Astronomy
HTS	High-Temperature Superconductor
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000
IOC	Instantaneous Over Current
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
J-BOX	Junction Box
JIVE	Joint Institute for VLBI in Europe
KSP	Key Stone Project
LVDT	Linear Variable Differential Transformer
MAC	Monitor And Control
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NICT	National Institute of Information and Communications Technology
Pcal	Phase calibration
PIC	Peripheral Interface Controller
PICNIC	PIC Network Interface Card
PLO	Phase Locked Oscillator
RBW	Resolution Band Width
RIC	Receive-band Interchange Computer
RSD	Reference Signal Distributor
SCU	Subreflector Control Unit
SDC	Subreflector Drive Cabinet
SEFD	System Equivalent Flux Density
SiO	Silicon oxide
SNR	Signal Noise Ratio
SRD	Step Recovery Diode
Tlim	Travel Limit
TP	Technical Power
VLBI	Very Long Baseline Interferometer
VERA	VLBI Exploration of Radio Astrometry
VSOP	VLBI Space Observatory Programme

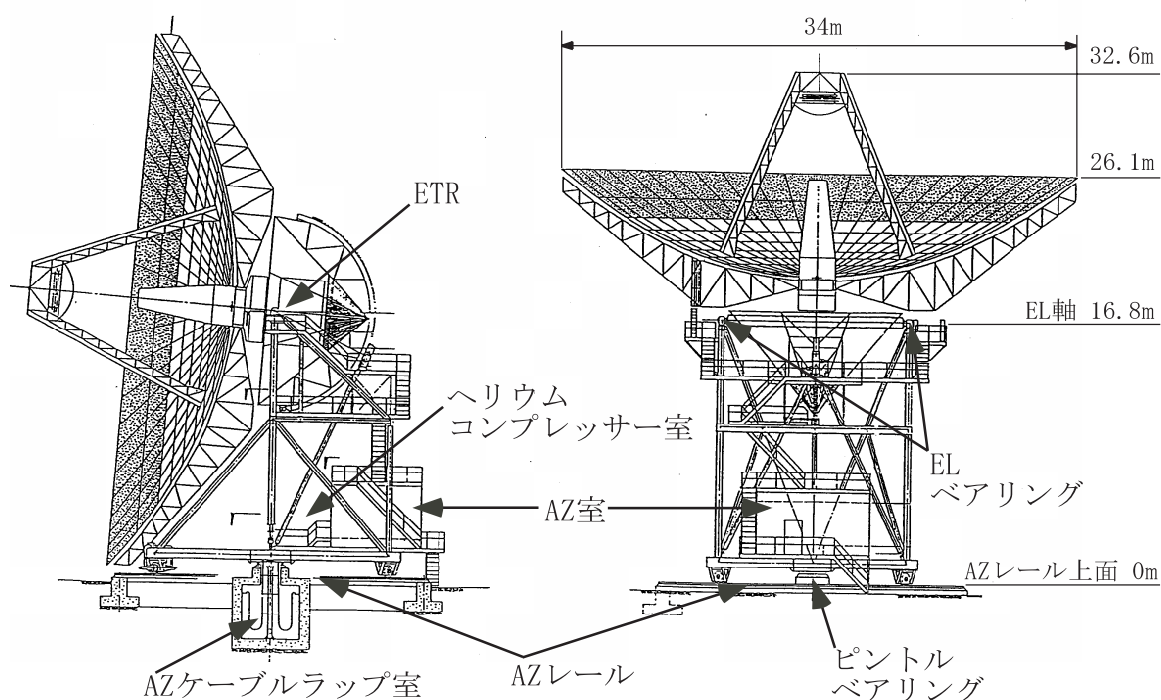


図 2: 34mアンテナ各部の名称

1.2 主要諸元

34m アンテナの主要諸元を表1に示す。大型アンテナであるが電波星を高速に切り替えて、単位時間あたりの電波星観測数を増やすことにより測地 VLBI の精度を向上させるため、このクラスのアンテナとしては大きな駆動速度 (AZ:0.8°/s) を有する。またワイヤーラップ範囲が通常のアンテナに比べて大きな範囲に取られているため、天体切り替えにおいて柔軟な追尾が可能である。さらに副反射鏡位置の5軸制御機能により、焦点位置を切り替えることによって多数の周波数帯での受信が可能となっている。なお仰角は90度まで駆動可能だが、ソフトウェアにより天体の追尾は88度までに制限されている。

なお、34m アンテナの製造元である VertexRSI は Tripointglobal Group 傘下の企業であったが、2004年9月17日に Tripointglobal 社が General Dynamics 社に買収されたため、General Dynamics C4 Systems VertexRSI 社となった。Web ページは、<http://www.tripointglobal.com/index.html> である。

表 1: 34mアンテナの主要諸元

主反射鏡開口径	34.073 m	
緯度	北緯 35 °57 '05.76 "	
経度	東経 140 °39 '36.16 "	
アンテナ中心海拔高	43.6 m	
ITRF2000 における位置と速度 (1997 年 1 月 1 日での値)	位置 (m)	速度 (m/年)
	X : $-3997649.227 \pm .003$	$-.0003 \pm .0004$
	Y : $3276690.754 \pm .002$	$.0052 \pm .0003$
	Z : $3724278.825 \pm .003$	$-.0118 \pm .0005$
アンテナ形式	鏡面修正カセグレン	
マウント形式	AZ-EL マウント	
主反射鏡鏡面精度	0.17mm r.m.s. (EL=45 °建設時)	
駆動可能範囲 方位角 (A Z) 方向	北 ± 270 °(自動運用中)	
仰角 (E L) 方向	7 ° $\sim$ 90 °	
副反射鏡 5 軸駆動制御範囲	各軸 ± 60 mm	
最大駆動角速度 A Z	0.8 °/s	
E L	0.64 °/s	
製造	米国 TIW (現 VertexRSI)	

2 34m アンテナの現況

2.1 受信機性能

34 mアンテナの受信周波数帯と受信系の性能を表2に示す。L帯の当初の受信帯域は、1.35～1.75GHzであったが、1.5GHz付近に入る混信を除去するため、現在はLNA出力とD/C入力の上に表3に示すフィルタのいずれかを挿入して受信している。主に使用するフィルタは中心周波数1400MHz、帯域幅100MHz、11段のフィルタである。

S帯は第3世代携帯電話IMT-2000による混信対策のために常温のキャビティフィルタ(通過帯域2250～2350MHz)を使用していたが、挿入損失が小さく遮断特性に優れ、遮断帯域での減衰量も大きい高温超伝導(HTS)フィルタを設置している。なお土星の衛星タイタンを探索するホイヘンス(Huygens)²からの2040MHzを受信するためにS帯受信機は受信周波数帯の一時的拡大を行ったが、詳しくは5.開発を参照のこと。

K帯受信機はデュワー入力部分に水滴が付着して受信機雑音温度(T_{rx})が上昇することがあったが、デュワー入力部の導波管に乾燥空気を充填することにより水滴の付着を防止することができた(詳細は、4.3 修理・補修を参照のこと)。

表 2: 受信機雑音温度 T_{rx} とシステム雑音温度 T_{sys}

バンド	周波数 (GHz)	T_{rx} (K)	T_{sys} (K)	開口効率	SEFD (Jy)	受信偏波
L	1.35 – 1.75	18	45	0.68	200	L/R
S	2.193 – 2.35	19	72	0.65	340	L/R
C	4.60 – 5.10	100	127	0.70	550	L
X-n	8.18 – 8.60*	41	52	0.68	230	L/R
X-wH	8.18 – 8.60 [#]	41	65	0.68	290	L/R
X-wL	7.86 – 8.36 [#]	40	61	0.68	270	L/R
K	21.80 – 23.80	105	141**	0.5	850	L(R)
Ka	31.7 – 33.7	85	150	0.4	1100	R(L)
Q	42.3 – 44.9	180	350	0.3	3500	L(R)

*: 8GHz LNA 通常帯域用、#: 8GHz LNA 広帯域用

** : IF 出力をパワーメータで測定することにより得た値

SEFD(システム等価フラックス密度)は $2kT_{sys}/A\eta$ より算出している。ここで、 k はボルツマン定数で 1.38×10^{-23} (J/K)、 T_{sys} はシステム雑音温度 (K)、 A は開口面積 (m^2)、 η は開口効率、 $1Jy=10^{-26}Wm^{-2}Hz^{-1}$ である。

2.2 受信状況

34m アンテナのL帯、S帯、C帯、X帯、K帯の受信状況は以下の通りである。測定はトロリーを焦点位置に上げ、副鏡パラメータは各周波数帯の既定値に合わせ、アンテナは天頂方向、各周波数帯のIF信号をO/E変換器背面のIF出力からスペクトラムアナライザ(HP 8566B)を用いて1回掃引、最大値保持モードで取得した。周波数は受信周波数に換算して表示している。

L帯の受信状況を図3に1回掃引(掃引時間50ms)したものと図4に最大値保持モードで3分間取得した例を示

² ホイヘンスはESA(欧州宇宙機関)が開発した土星の衛星タイタンの探索機である。NASAの土星探索機カッシーニ本体から切り離されたホイヘンス探索機が2005年1月14日に衛星タイタンに降下するが、その時の位置を正確に求めるために実施される国際共同VLBI観測に参加するために2040MHzの受信が必要となった。

表 3: L 帯用フィルタ

中心周波数 (MHz)	帯域幅 (MHz)	段数	備考
1400	100	11	11EZ4-1400/100-S, LORCH, 常用
1400	100	8	8B250-1400/T100-0/0, K&L
1700	200	8	8B250-1700/T200-0/0, K&L
1400	100	4	4B250-1400/T100-0/0, K&L
1600	100	4	4B250-1600/T100-0/0, K&L
1650	200	4	4B250-1650/T200-0/0, K&L
1700	100	4	4B250-1700/T100-0/0, K&L

す。L 帯は混信が激しいため、LNA 出力と D/C の間に BPF（11EZ4-1400/100-SLORCH、中心周波数 1.4GHz、帯域 100MHz）を使用している。掃引時間 50ms の 1 回掃引では混信がほとんどないが最大値保持モード 3 分間では 1250MHz～1750MHz のほぼ全域に混信が入っていることから混信波は間欠的に発信されていると考えられる。図 4 の中で混信のない部分は 1400～1427MHz の電波天文バンドである。

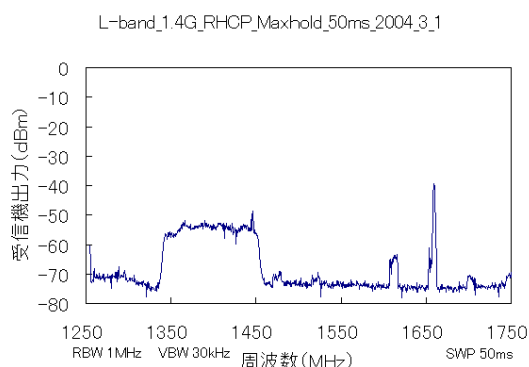


図 3: L 帯受信状況 1 回掃引 2004 年 3 月 1 日 17 時 RHCP 晴

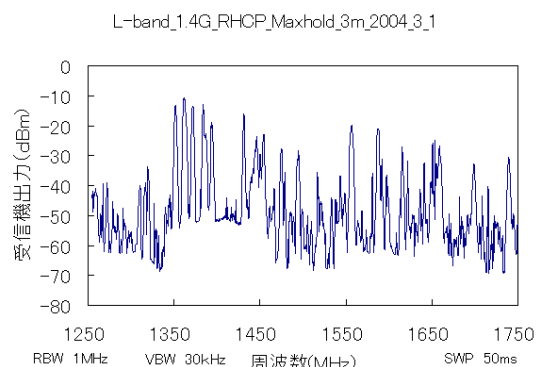


図 4: L 帯受信状況 最大値保持モード 3 分 他は 1 回掃引と同じ

S 帯の受信状況を図 5 に 1 回掃引、図 6～図 8 に最大値保持モード 1 分、10 分、30 分の例を示す。各図の 2520MHz にある信号は観測室の周波数アップコンバータで使用されている 500MHz の局部発振器の信号が入っているものである。

C 帯、X 帯、K 帯の受信状況を図 9 から図 14 に 1 回掃引、最大値保持モードで受信した状況の例を示す。

2.3 追尾誤差

アンテナ角度エンコーダの読みが示す方向と実際にアンテナビームが指向する方向には種々の要因（例えば、重力変形や、エンコーダの偏芯誤差等）により誤差が生じるため、ビームを正しく指向するには角度エンコーダの読みに補正量を加える必要がある。この補正量を求める観測を軸校正観測と呼ぶ。

2004 年は副鏡を降ろさず保守を行ったので、副鏡位置較正はわずかな調整量であった。その後、軸校正観測を行って、各周波数帯の軸校正を実施した。表 4 はこうした軸校正観測により補正を行った後の最終的なアンテナビーム指向誤差を示している。34m アンテナの指向誤差は S/X 帯では AZ 方向には約 5/1000 度、EL 方向には

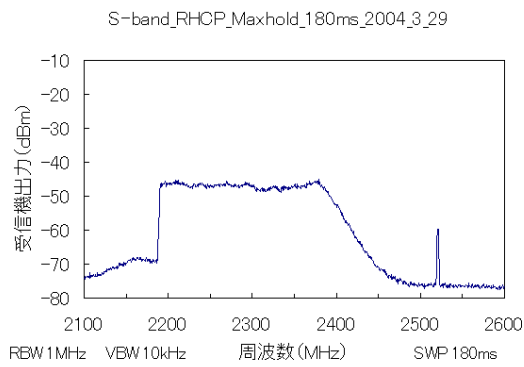


図 5: S 帯受信状況 1 回掃引 2004 年 3 月 29 日 11 時 RHCP 晴

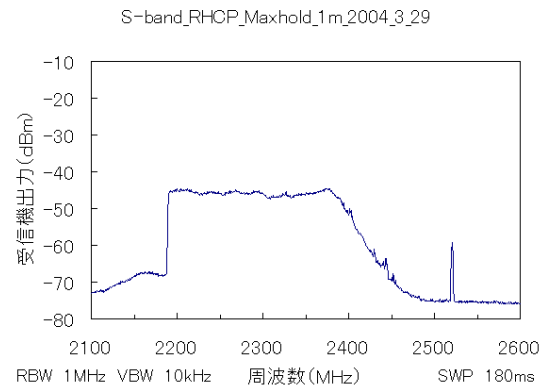


図 6: S 帯受信状況 最大値保持モード 1 分 他は 1 回掃引と同じ

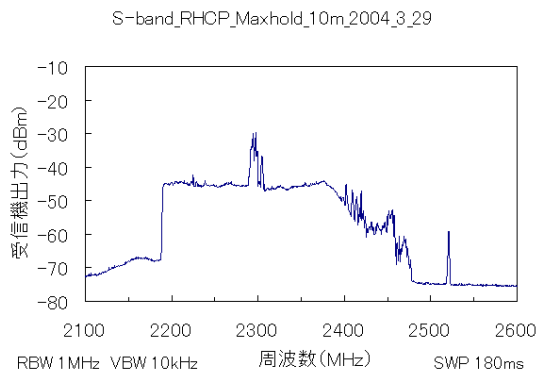


図 7: S 帯受信状況 最大値保持モード 10 分 他は 1 回掃引と同じ

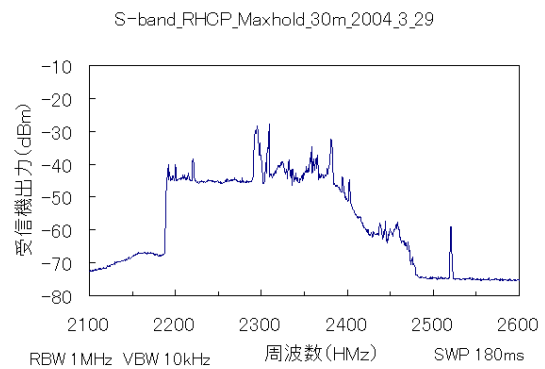


図 8: S 帯受信状況 最大値保持モード 30 分 他は 1 回掃引と同じ

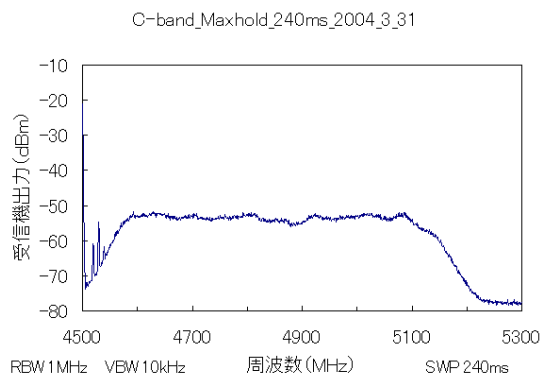


図 9: C 帯受信状況 1 回掃引 2004 年 3 月 31 日 18 時 RHCP 晴

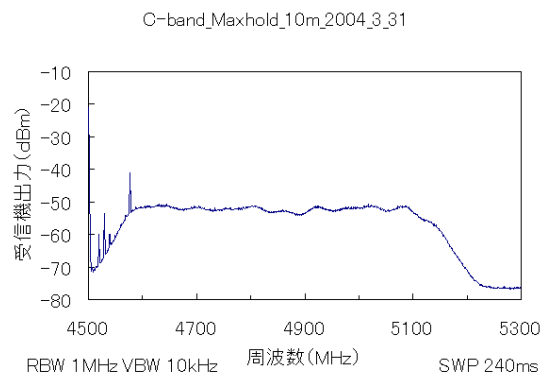


図 10: C 帯受信状況 最大値保持モード 10 分 他は 1 回掃引と同じ

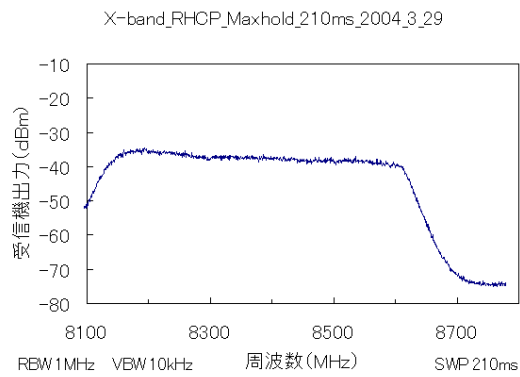


図 11: X 帯の受信状況 1 回掃引 2004 年 3 月 29 日 13 時 RHCP 晴

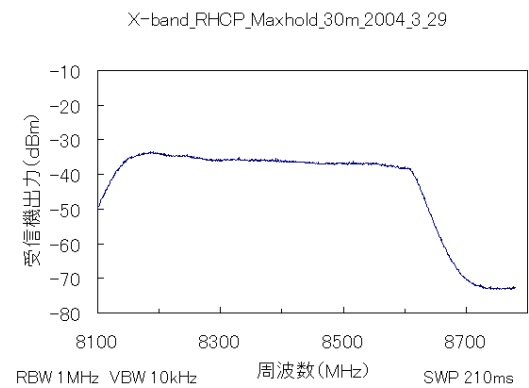


図 12: X 帯受信状況 最大値保持モード 30 分 他は 1 回掃引と同じ

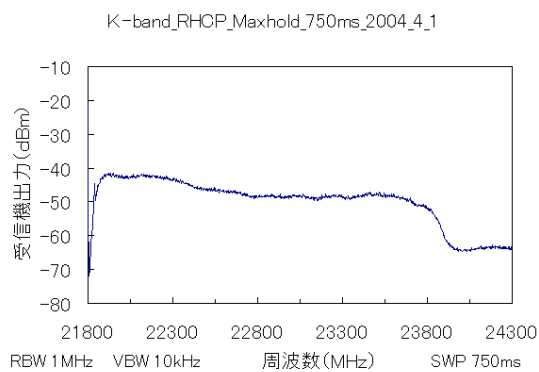


図 13: K 帯の受信状況 1 回掃引 2004 年 4 月 1 日 10 時 RHCP 晴

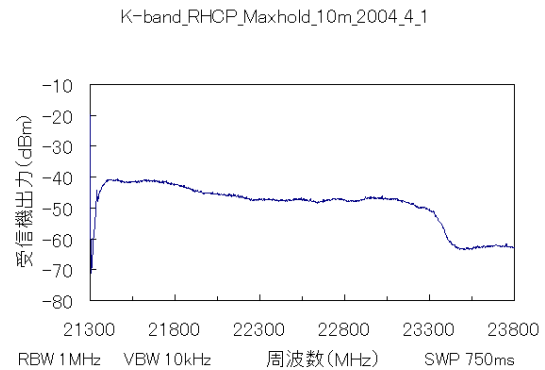


図 14: X 帯受信状況 最大値保持モード 10 分 他は 1 回掃引と同じ

表 4: 軸較正結果 () 内は 2003 年の残差

観測日時 (UT)	周波数帯	残差 (rms) AZ (1/1000 度)	残差 (rms) EL (1/1000 度)	軸較正パラメータ 更新日時 (UT)
10/4(278)0600～ 10/5(278)0600	X	4.74 (3.88)	4.35 (3.08)	2004 10/5 0721
11/8(313) 0640～ 11/10(315)0630	K	2.53 (2.84)	3.91 (2.93)	2004 11/10 0638
11/21(326)1600～ 11/27(332)0500	Q	2.84 (2.66)	2.93 (2.40)	2004 11/27 0742

表 5: 軸較正パラメータファイル

周波数帯	F S 9 起動コマンド	軸較正パラメータファイル
L、S/X	fssx	mdlpoctl.sx
C	fs5G	mdlpoctl.c
K	fs22	mdlpoctl.k
Ka	fs32	mdlpoctl.ka
Q	fs43	mdlpoctl.43g

約 4/1000 度であり、昨年比 1.2～1.4 倍程度悪化しているが、これは、今回の軸較正観測時の気象条件（平均風速 6～8m/s）が良くなかったためと考えている。K 帯、Q 帯の EL 側の追尾誤差が昨年比 1.3～1.5 倍程度悪化しているが、これは後に発見された ACU のサーボモード切り替え不良（4. 3 修理・補修を参照）が軸較正観測時に既に発生していて EL 側の追尾誤差が大きくなっていたためと推測される。

K 帯、Q 帯においては軸較正観測をメーザ天体を用いて行うため、軸較正観測時に AZ、EL オフセットの測定と受信周波数測定を同時に行う。K 帯の軸較正観測は、H₂O メーザ源を使用して 2004 年 10 月 27 日から 11 月 8 日までの天候の良い時に行った。Q 帯は SiO メーザ源を使用して軸較正観測を実施している。

観測周波数帯と FS9 起動コマンドおよび使用される軸較正パラメータファイルの関係を表 5 に示す。

周波数帯ごとに軸較正パラメータが分かれているのは、以下のような理由による。34m アンテナは多周波受信を行うために、トロリーと呼ばれる台車により受信機を焦点位置に移動する構造となっているが、1 台に複数の受信機が搭載されているトロリーでは真の焦点に位置しない受信機があり、周波数帯により焦点位置が異なるためである。Ka 帯受信機のホーンは S/X 帯等と同じ真の焦点に位置するので、軸較正パラメータファイルは暫定的に S/X 帯用のパラメータを使用している。付録 B に S/X 帯の軸較正観測に使用する電波源を示す。

なお軸較正パラメータファイル等の変更は FS9 起動コマンドにより行われるのでオペレータが意識する必要はない。

2.4 34m アンテナのバックエンドシステム

鹿島 34m アンテナで利用可能なバックエンドは、K3、K4、Mk-III A、S-2、K5/VSSP、そして K5/VSI(ギガビット系) が準備されている。34m アンテナシステムでは、VLBI 技術開発センターの開発成果の評価検証という位置付けから様々なバックエンドが用意されており、これが多様な VLBI 観測への対応を可能にしている。これらのバックエンドの種類と概要について説明する。バックエンドの詳細については説明書が個別に準備されている。

トータルパワー計測システム 電波望遠鏡としては基本となる測定システムである。34m アンテナ IF 信号の全電力、または任意の周波数から 2,4,8,16MHz などの帯域を選択し、受信電力を計測することができる。トータルパワーシステムにより天体の単一鏡によるポインティング、システム雑音などを計測することができる。測定はフィールドシステム（望遠鏡及び測定装置の制御ソフト、名称 FS9）により自動化されている。

K4/KSP システム 定常的に稼動している VLBI データ取得系である。情報通信研究機構の開発した 64/128/256Mbps の磁気テープによる観測システムで、自動でテープを交換するロボットにより無人テープ交換運用が可能である。100-600MHz または 500-1000MHz の IF 帯域から任意の 16 チャンネルをベースバンドに変換した後、DFC2000/DFC2100/DFC1100 という AD サンプラで記録する。K4 システムは測地観測で用いられている標準的なシステムとして、1996 年～2001 年までの首都圏広域地殻変動観測計画 (KSP) での定常観測、各種測地実験で使用されたほか、国土地理院に技術移転され我が国の測地網維持に大きく寄与している。運用はフィールドシステムから自動的に行われる。



図 15: K4/KSP システム。左側に局部発振器、ビデオコンバータ、AD サンプラがあり、右側は自動テープ交換ロボットである。



図 16: K5/VSSP システム。ラック組込型の PC4 台により 256Mbps のデータレートで記録が可能である。

VSOP システム 宇宙科学研究所が VSOP 観測の為に国立天文台と共に整備したシステムでデータレートは 128Mbps である。IF からは 32MHz 幅を AD コンバータの高次モードと呼ばれる周波数に切り出すサンプラインターフェース、AD コンバータ DFC2000、および TCU と呼ばれる時系制御装置が併用される。制御は CFS と呼ばれる Windows のソフトウェアから行う。テープデッキ部及びテープ自動交換ロボットは K4 のものが共通に使用できる。2004 年は VSOP 衛星の観測がなく、J-Net 国内 VLBI 観測網で使用された。

Mk-III A システム 米国 Haystack 観測所で開発されたシステムでオープンリール磁気テープを用いる記録システムである。最大データレート 56Mbps までの記録が可能である。フィールドシステム FS9 により自動運用が可能であるが、テープ交換は運用者が行う。現在は、K3 フォーマッタの故障以後、このレコーダを用いたデータ記録ができなくなったため、利用を終了した。

S-2 システム カナダ、Crestech で開発された、S-VHS カセットレコーダを並列化した観測装置である。最高 128Mbps までの観測記録が可能である。ネットワークから Telnet ターミナルを使用した操作、及び FS9 からの制御が可能である。S-2 レコーダは低ビットレートから高ビットレートまで多くの記録モードがある。現在、DFC2000 と時系制御装置 (CTCU) を組み合わせて、16V8-2 という VSOP モードでの日豪 VLBI 実験などで利用されている。

K5/VSSP システム AD コンバータが PC のインターフェースに搭載されている為、PC1 台当たり 4ch 入力で構成される新世代のバックエンドである。現在、PC1 台当たり最高 64Mbps までのデータレートでハードディスクに記録することができる。

またデータはソフトウェアにより相関処理が行われる。相関処理ソフトウェアは K5 システムの一部として JIVE (Joint Institute for VLBI in Europe) にライセンス提供された他、現在も高速化のための分散相関処理技術の開発が進められている。

データの相関処理は、これまでのテープ観測で培われた VLBI の解析処理系にインターフェースされており、スムーズな解析処理が可能となっている。このシステムも技術移転が行われており、国土地理院、大学等でも採用されつつある。

国内測地実証実験や米国 MIT の Haystack 観測所との間での VLBI 実験により測地システムとしての性能が確認されている。その他、チャンネル数とデータレートの選択の自由度を生かして狭帯域の電波源である衛星と電波天体を受信して飛翔体位置を決定する研究開発が進められている。

K5/VSI システム PC アーキテクチャで 1024Mbps (最大 2048Mbps) のデータを取得する VLBI 観測システムで、1ch,1GHzAD サンプラ (ADS1000)、16ch,64MHzAD の多チャンネルサンプラ (ADS2000) の VSI(Versatile Scientific Interface) コネクタからデータを入力し、記録することができる。国際標準インターフェースを共通的なデジタル I/F として、Linux 上で高速な RAID ハードディスクにデータ取得を行いながら、同時に高速ネットワークへの送出や、データ処理など極めて高い性能を PC のアーキテクチャへ与えることに成功した。データ量が膨大である為、相関処理には超高速ソフト相関コアが別途開発されている。平成 15 年度に構成したシステムでは 2TB の記録容量を持ち、ディスクの交換なしに 3 時間程度の連続観測が可能であったが、ハードディスクの容量とともに連続観測時間は現在では 6 時間にまで改善されている。サンプラ部は国立天文台、記録部は大学などでも開発実験用に採用されている。このシステムを使用した実証観測のためフィンランドのメツァホビ局などとの VLBI 観測を行っている。



図 17: K5/VSI システム。左上が 16ch、64Mbps/ch のサンプラ ADS2000、右上が 1ch、1024Mbps/ch のサンプラ ADS1000 である。それぞれの下の PC のハードディスクは 2TB の記録容量を持つ。

K4/GBR システム 情報通信研究機構で開発され、1024Mbps のデータレートで磁気テープへの記録による VLBI を安定的に行っている世界トップレベルの観測装置である。ギガビット AD サンプラ、ADS1000 および磁気レコーダ GBR1000、メモリ装置 DRA2000VSI、または新型レコーダ GBR2000D を組み合わせて、ネットワークと ftp によるデータ伝送を使用して観測直後のフリンジチェックが可能なシステムとなっている。この装置は広帯域であるので 512MHz 以上の帯域幅がある X バンドや K バンドなど高い周波数での観測を主なターゲットとしている。制御は GS-cnt という統合ソフトウェアで Linux 上より行い、ロボットによるテープ交換が可能である。24 時間観測のデータ処理はギガビット用の高速ハードウェア相関器 GICO2 による相関処理システムを使用する。

AOS 分光システム 共同研究協力協定により鹿児島大学が中心となって開発した AOS (音響光学型) 分光装置が整備されている。微弱なメーザー天体などの観測に用いている。ミリ波観測時の軸校正観測システムに組み込まれ不可欠の装置となっている。今後デジタル化への移行も検討されている。

デジタルスペクトラムアナライザ 操作が簡単な積分機能を使って深宇宙衛星信号の可視化等に活用している。

パルサータイミングバックエンド 時間周波数計測グループによるタイミング計測用のバックエンド装置が設置されている。この装置では口径比でアレシボに迫る精度でのパルサータイミング観測が継続的に実施されている。

2.5 34m アンテナ併設の観測機器など

ここでは、34m アンテナに併設された、特に測地用途の観測機器、及び関連の開発システムについて概説する。

2.5.1 測地用 GPS

NICT は、全世界約 300 点の GPS 観測点からなる IGS(International GPS Service) 観測網に参加しており、34m アンテナを含む所内の VLBI 観測局近傍に GPS 観測点が 2 カ所併設されている。これらの観測点を表 6 に示す。

表 6: NICT で運用する VLBI 局近傍の IGS/GPS 観測点

GPS 局観測点名	アンテナ設置場所
KSMV	茨城県鹿嶋市 NICT 鹿島宇宙通信研究センター構内
KGNI	東京都小金井市 NICT 小金井本所構内



図 18: NICT で運用する GPS 観測点 (鹿島 KSMV 局)。後方は 11m アンテナ。

各局に設置されている GPS 受信機は、測地用 2 周波タイプと呼ばれるもので、いずれも米国 Ashtech 社製の Z12 型である。また、鹿島、小金井ともに、チョークリングアンテナ (型式: SCIGN レドーム [4] 付きの ASH700936E 型) アンテナは鉄製のピラー上に設置されている (図 18 参照)。

それぞれの観測点のデータは、毎日 24 時間の観測終了後に宇宙電波応用グループ内に設置された専用サーバによりダウンロードされ、データ圧縮・ヘッダの編集処理などをなされた後に CDDIS に ftp 伝送される。これらのデータは数日後には、IGS 各局のデータと共に国土地理院の他、IGS や CDDIS の匿名 ftp サイト (例えば [1],

[2]などを参照のこと)などより自由に取得できる。

なお、NICT 構内には国土地理院が運用する全国約 1400 箇所の GPS 観測網からなる GEONET の点が、鹿島と小金井にそれぞれあるが、これらについての詳細は地理院 WEB サイト [3] を参照頂きたい。

2.5.2 水蒸気ラジオメータ

宇宙電波応用グループ庁舎屋上には水蒸気ラジオメータが設置されており、基本的には常時観測を行っている (2005 年 2 月 1 日現在、AZEL 追跡ドライバ故障のため一時観測休止中)。我々が使用しているのは、米国 radiometrics 社 [5] 製の WVR1100 型で、23.8GHz、および 31.4GHz の 2 周波を受信して視線方向の水蒸気積分量を計測できる。ビーム幅は約 5 度である。

図 19 は、屋外で観測中の WVR1100 の様子である。写真にあるように、宇宙電波応用グループで運用する WVR1100 には、ラジオメータのアンテナを任意の方位・仰角に向けることの出来る AZEL 追跡ドライバが付属しており、例えば VLBI や GPS の観測時にキューサーや GPS 衛星などの電波源の視線方向の水蒸気観測が可能である。



図 19: NICT で運用する水蒸気ラジオメータ Radiometrics 社 WVR1100 型。本体の下部に付属している白い小さな箱はラジオメータのアンテナを任意の仰角・方位に向けるための AZEL 追跡ドライバ。

2.5.3 APPS

高度精密測位システム APPS(Advanced Precise Positioning System) とは、「いつでも」「だれでも」「かんたんに」、高精度な測位結果を得られることをめざして、情報通信研究機構が開発したシステムである。不特定多数のユーザを対象とし、個々のユーザが取得した RINEX 形式 [6] での GPS データを電子メールの添付ファイルとしてサーバに送信すると、サーバでは自動的に GPS 解析を行い、その解析結果をユーザーに返信する。

このシステムは、測地学、あるいは GPS に関する専門的な知識のないユーザーでも容易に信頼性の高い高精度測位を行うことを可能とすることを目的としている。システムそのものは、2000 年に旧通信総合研究所と日立造船情報システムとの共同で開発を開始し、2002 年に試作品を完成させ、その後試験運用に入っている

APPS の中核をなすのは、GPS データの自動解析サーバである。このサーバでは、ユーザーから RINEX データを添付した電子メールを受信すると、そのデータの解析に必要な複数の GPS 観測データ（当初は我が国周辺の IGS 点データのみ）、軌道情報、地球回転パラメータ (EOP) などを ftp より自動で収集し、電子メールに記述されているユーザーの要求に応じて干渉測位解析を行う。解析結果は、ユーザからの要求に応じて、基線長や 3 次元位置情報の独自形式のファイル、および SINEX ファイルなどをテキストファイルとしてメールに添付してユーザーに返送する。RINEX データの送信から解析結果の受領までに要する時間は平均して 10 分程度である。なお、サーバーでの解析エンジンとしては、BERN 大学開発の GPS 解析ソフトウェア Bernese Ver.4.2 を用いている。これらの一連の処理は全自動で実行され、ユーザは測地学や GPS に関する特別の知識がなくても、ただ単に GPS 受信機を設置するだけで信頼性の高い解析結果を得ることができる。

2005 年 1 月現在、APPS はユーザーが送信した GPS 観測データの局位置推定結果をユーザーにメール返信で提供するにあたり、以下の付加機能が使用可能である。

- 国土地理院電子基準点網 GEONET データを含めた解析
- 大気遅延量推定機能 (天頂遅延量、及び大気勾配係数)
- 多様な軌道情報の利用～世界複数の機関 (BERN 大学、GFZ[GeoForschungsZentrum]、JPL、MIT、スクリップス海洋研究所 [SIO] など) で生産される超高速暦 (ultra rapid orbit)、高速暦 (rapid orbit)、精密暦 (final orbit)
- ユーザ側で用意する ftp サイトに格納された GPS データを自動推定する機能

この他、WEB ブラウザを用いた APPS 利用についても開発途上である。これらの詳細と APPS 利用については、APPS 説明サイト “<http://www2.nict.go.jp/ka/radioastro/APPS/>” の他、小山他の文献 [7][8][9] を参照されたい。

今後、APPS の信頼性を高めるために、引き続き公開運用を継続する。なお、現状では GPS メーカーから随時リリースされる新型受信機やアンテナの形式に関する情報を、即座に APPS に反映させることが必ずしもできず、この問題は今後の改善項目である。また、追加を予定している機能としては、電離層遅延の推定機能、潮汐モデルの組み込みなどを予定している。一方、NICT では、高速インターネット回線を用いた準リアルタイム EOP 決定の研究を推進しているが、将来的には即時決定された EOP を用いた軌道情報、および測位精度の評価実験を APPS で行いたいと考えている。

3 運用状況

3.1 2004 年運用状況

2004 年 1 月から 12 月までのアンテナの観測目的別使用頻度を図 20 に示す。従来は一度の観測を 1 回として集計していたが、今回からアンテナ保守、測定等も含めてアンテナ使用時間単位で集計した。使用時間の合計は 1308 時間で、その内、国際測地実験が 308 時間 (24%)、パルサータイミング 295 時間 (23%) で約 5 割を使用している。その他には、飛翔体観測等の宇宙における時空標準基盤技術の研究プロジェクトに関連した観測、国内共同や国際測地等の共同研究、国際協力の観測にも使用されている。アンテナ保守、測定等は 325 時間 (25%) 実施され年間 957 時間の観測を支えている。

アンテナ保守、測定等には日常的な保守、測定、保守後のアンテナ立ち上げ時の副鏡較正、軸較正観測等も含まれているが、夏期に約 3 か月間実施した定期保守、補修工事は含まれていない。

図 21 の運用予定表の例に見られるように観測予定の合間には装置の開発、改良、保守点検、修理、調整等が行われている。

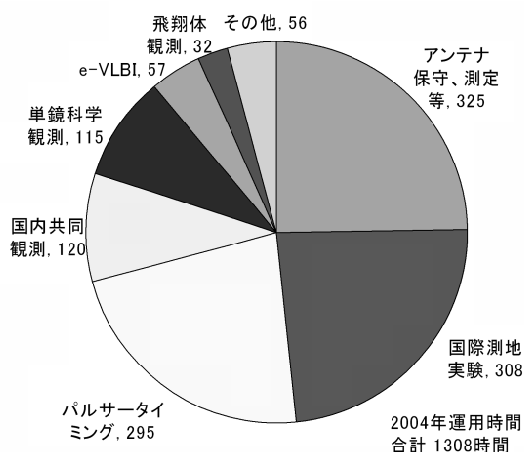


図 20: 2004 年の 34m アンテナ運用時間

2004 Nov

DAY	EXPERIMENT(UT)	BAND	OPERATOR
1 MON	0300- U04306	S/X	
2 TUE	-0300 U04306 development 22GHz feed 0400-1000	S/X K	Y. Koyama, R
3 WED	Public Holiday		
4 THU	maintenance He pipe 0000-0800 ? development 22GHz feed 0500-1000	K	
5 FRI	Pulsar Timing 0200-1000 calibration pointing 22GHz 1000-1300	S/L K	Lam
6 SAT			
7 SUN			
8 MON	calibration pointing 22GHz 0500-1000	K	
9 TUE	calibration pointing 22GHz 0000-2400 canceled e-VLBI 2200-	K S/X	Y. Koyama
10 WED	canceled e-VLBI -0400 calibration pointing 22GHz 0100-0700 canceled e-VLBI 2200-	S/X K S/X	Y. Koyama
11 THU	canceled e-VLBI -0400 maintenance AZ rail 0600-0700 calibration pointing 22GHz	S/X K	Y. Koyama
12 FRI	Pulsar Timing 0200-1000	S/L	Nakagawa
13 SAT			
14 SUN			
15 MON			
16 TUE	preparation 0400-0800 IVS-2035 1730-	S/X	H.Kuboki & Y.
17 WED	IVS-2035 -1730 preparation 1730-1830 Huygens 1830-2400	S/X S(2040)	H. Kuboki & \

図 21: 運用予定表の例。観測予定の合間には装置の開発、改良、保守点検、修理、調整等が行われている。

3.2 マニュアル整備

34m アンテナは外部機関も含めた多くの運用者によって観測に使用されている。毎年の定期保守を実施することにより、ここ数年前はトラブルの発生頻度は少なくなったが、発生したトラブル情報を共有して各運用者が円滑にトラブルに対応できるようにするため、トラブル対処方法等のマニュアルを整備している。2004年に新たに整備したマニュアルは以下の通りである。

- (1) トロリー bad の LED が点灯してトロリーが動かない場合の対処法
- (2) 観測室の受信機制御計算機が応答しない場合の対処法
- (3) デハイドレータの動作状態確認方法

マニュアルは印刷物として運用卓に置くとともに電子版を宇宙電波応用グループの Web ページにも掲載している。

4 保守状況

4.1 定期保守

2004 年の定期保守は 7 月 1 日～9 月 29 日の日程で実施した。7 月末までに基本的な保守点検を行い、8 月～9 月には毎年継続的に行っているバックストラクチャの補修塗装、補修溶接、主鏡パネルを固定しているナットプレートの交換を実施した。2004 年度は補修範囲が広がったため夏期の 2 か月の他に 2005 年 2 月～3 月にかけての 1 か月間でも補修工事を予定している。定期保守の主な項目と結果は以下のとおりである。

4.1.1 機械系

機械系保守はアンテナの安全な運用のための基本的な作業で、約 400 トンという重量構造物が過大なストレスを受けずにスムーズに駆動できるよう鹿島地域の特性を活かし工場群でも用いられるノウハウ、人員を結集してメンテナンスが行われている。

項目	点検内容	結果	備考
A Z (アジマス) 旋回部	AZ ホイールの点検、CW/CCW ゾーン判定用 SW の点検、調整	良	2002 年、2003 年に実施しなかったホイール前のスクレイパ、避雷用アースブロックの点検も実施した。
AZ ベースプレートおよびレール部	AZ レールの清掃、シリコン充填、ウェアストリップ固定ボルトの点検、防錆油塗布	良	油種 AZ レール：ユウレカ、EL ギア：モリギヤコンパウンド 900 EL ギアは年 4 回のグリスアップが行われている。
AZ/EL(エレベーション) 駆動部	リミットスイッチの点検、調整、モータとブレーキのオーバーホール、減速器注油	良	2004 年マイクロスイッチを取り外して EL リミットスイッチの点検を行った。
回転部	EL ベアリング、ピントルベアリングの点検注油	良	
角度検出部	エンコーダ電源電圧の確認	良	2002 年、2003 年に実施しなかったエンコーダ光学ユニットの取り付け状態、カップリング部も点検した。
主反射鏡	フィードコーン点検、トロリーリミットスイッチの点検、注油	良	C 帯トロリー待機位置検出の Remove リミット SW を交換した。
副反射鏡部	5 軸制御機構点検、注油 (2004 年は機構部を地上に降ろさず点検を実施)、リミットスイッチの点検	良	

4.1.2 付帯設備

直接 34m アンテナの動作には影響しないものの、システムとして不可欠な付帯設備についてメンテナンスを行っている。ヘリウム配管を交換して現用は予備系として保存した。2004 年は AZ 室空調機の点検は対象外としたが、老朽化のため 2005 年 1 月に AZ 室空調機の更新を予定している。

項目	点検内容	結果	備考
AZ ケーブルラップ室	排水ポンプ動作の点検・確認	良	
ガスヘリウム冷却系	点検、清掃	良	配管を更新して現用は予備配管系統として保存した。
ヘリウム冷凍機	点検、コンプレッサ清掃	良	
緊急停止スイッチ	動作確認	良	

4.1.3 電気系

電気系は、34m アンテナシステムを制御する要の機能が集約されている。一方、連続通電、駆動負荷、落雷などの状況にさらされており、細心の注意を払って維持運用されている。

項目	点検内容	結果	備考
駆動制御部 アンテナ・コントロール・ユニット (ACU)	動作点検清掃、ステップレスポンス測定	良	ACU は位置入力カード、CPU カード、DC ドライブカード等からなる専用ハードウェア
サブリフレクタ・コントロール・ユニット (SCU)	リミット値の確認、LVDT 用電源電圧の確認	良	SCU は PC、AD・DA カード等の汎用品を組み合わせた NICT 製
アンテナ・ドライブ・キャビネット (ADC)	動作点検、モータ制御の点検、ペンレコーダによるサーボ特性計測	良	ADC 内には 4 つの AZ 用 DCPA、2 つの EL 用 DCPA、トルクバイアス回路、ヒューズ、リレーが設置されている。
サブリフレクタ・ドライブ・キャビネット (SDC)	電源電圧確認	良	2002～2004 年は動作点検を実施せず電源電圧の確認のみとした。SDC には副鏡用の電源を供給する DC アンプ、ロジックリレー回路、マニュアル動作回路が設置されている。
信号伝送部	電源電圧確認	良	
屋外配線の絶縁点検	Emergency stop スイッチ系と AZ オーバーライド (過剰旋回復帰)SW の絶縁点検	良	AZ ケーブルラップ保護用のインターロックケーブルは回転位置によっては 0.5M Ω まで絶縁低下する場所があった。

副反射鏡には可動部の 5 軸制御機構があり、アンテナ頂部で暴露されているため 2 年に一度、副反射鏡を地上に降ろして 5 軸機構の分解清掃点検を行っているが、2004 年は地上に降ろさず保守を行った。

EL ギアのグリスアップは 3 月 16 日、6 月 10 日、10 月 28 日、12 月 22 日に実施した。定期保守中には修理も行っているが、4.3 修理・補修にまとめて記述している。

4.1.4 駆動モータのローテーション

34m アンテナは、AZ 駆動に 4 台、EL 駆動に 2 台のモータを使用している。更に AZ、EL それぞれ 1 台ずつの予備モータを保有している。予備モータも含めて定期的に点検を行うためモータ取り付け位置ローテーションを実施している。ローテーションによるモータの配置状況を表 7 に示す。2003 年は、予備 EL モータの絶縁抵抗が低かったためローテーションは行わなかったが、2004 年に予備 EL モータを購入することができたので、EL 側のモータローテーションを再開した。

なお、2000 年までは十分な予備品が確保できなかったもので、ローテーションは行わなかった³ が、そのため、モータの保守期間は現在の約 2 倍必要であったが、現在は予備モータの整備により保守期間が短縮された。

表 7: 駆動モータのローテーション

年	AZ#1	AZ#2	AZ#3	AZ#4	AZ 予備	EL#1	EL#2	EL 予備
2000	A1	A2	A3	A4	AS	E1	E2	ES
2001	<u>AS</u>	A2	A3	A4	A1	<u>ES</u>	E2	E1
2002	AS	<u>A1</u>	A3	A4	A2	ES	<u>E1</u>	E2
2003	AS	A1	<u>A2</u>	A4	A3	<u>ES</u>	E1	E2
2004	AS	A1	A2	<u>A3</u>	A4	E3	<u>ES</u>	E1
次回	<u>A4</u>	A1	A2	A3	AS	<u>E1</u>	ES	E3

下線は定期点検中の 1 台稼働状態時に取り付けておくモータである。

34m アンテナの各軸の回転は駆動モータについているブレーキによって固定されている。また、保守中もアンテナを駆動する必要があるため、各軸最低 1 個のモータを取り付けておく必要がある。

モータ保守中の AZ/EL 駆動は 1 台のモータとなるためモータの過電流に注意して運用する必要がある。さらに複数モータのトルクバイアスによるギアのバックラッシュ防止機構も働かないので慎重にアンテナを駆動する必要がある。

4.2 保守方法の検討と改善

4.2.1 デハイドレータ外付けタンクの改善

受信系の導波管およびフィードコーン上部の電波通過フィルムカバー内部に乾燥空気を充填するためのデハイドレータは、従来米国製のものを使用していたが、老朽化のために性能が劣化したため、2003 年に国産の KSP 型を改造して使用を開始した。KSP 型は首都圏広域地殻変動観測に使用された NEC 製 11m パラボラアンテナに使用されていたデハイドレータであり、34m アンテナで使用するには内蔵のシリカゲル容量 (0.5 リットル) が不十分であり、外付けタンクを設置して総タンク容量 8.5 リットルへと改良を行った。しかし、容器の形状が 20cm × 20cm × 20cm の立方体であったため、一部吸湿されないシリカゲルがあった。そこで、外付け容器を 10cm × 10cm × 20cm (2 リットル) の大きさのものを 2 本直列に接続する形態へと改良した。その結果、一部吸湿されないシリカゲルは各容器の上部に残るものの、後段容器のシリカゲルが吸湿しながら、前段容器の未吸湿で残ったシリカゲルも吸湿を続けられるようになり、効率良くシリカゲルを使用できるようになった。シリカゲルタンクの容量は改良前に比べて 4 リットルと小さくなったが、湿度の高い夏期で約 3 か月、湿度の低い冬期で約 4 か月連続使用可能であることが確認された。

外付けシリカゲル容器からの排気パイプは内径 4mm のパイプで、タンク上部に取り付けられている。当初は先端を切断しただけの単純な加工を行っただけであったことから、まれにシリカゲル粒子が詰まる不具合が発生したため、排気パイプにも網を取り付けてシリカゲルが入り込まないように改善した。

³ 2000 年まではモータの保守は 2 回に分けて行っていた。最初に半分のモータを工場に持ち帰り保守を行い、保守の終了したモータを取り付けた後に残りの半分のモータの保守を行っていた。

4.2.2 重要予備品の準備

アンテナ運用上、重要な装置については可能な限り予備品を確保している。2004 年は ACU を新たに調達することができた。2005 年 1 月に設置調整を予定している。

ヘリウム配管は建設以来 16 年間使用していたが、旧 43GHz 帯用に敷設していた別系統のヘリウム配管が 2003 年に腐食により 2 本とも破断したため予備系統が失われた状態となっていた。そこで、2004 年にヘリウム配管の更新を行った。破断した旧 43GHz 帯用の配管を撤去して、そこに新しい配管を敷設し、ヘリウムコンプレッサ、冷凍機を接続して使用することにした。従来使用していた配管には圧力計を取り付けて状態をモニターできるようにして予備系とした。また、旧 43GHz 帯用配管の破断した箇所は配管接続部分であったので新配管には腐食対策のために防錆テープを巻いた (図 22)。



図 22: 右側の 2 本が新設した配管で、左側の 2 本は従来使用していた配管である。新設した配管の接続部分には防錆テープを巻いた。

観測制御計算機は CPU が故障したため予備機と交換し、新たに観測制御ソフト FS9 をインストールした。FS9 のインストールではペルーの観測システム整備のために滞在中であった特別研究員の Erick Vidal 氏と Jose Ishitsuka 氏の協力を得た。

34 m アンテナの機能を維持するために重要な予備品の状況から判断して、現状で緊急度の高い整備すべき予備品は以下の通りである。重要な予備品の状況は 2003 年年次報告書の付録 A.5 を参照のこと。

緊急度の高い重要予備品

- | | |
|----------------|--|
| (1) SCU | 2002 年に更新したときは現用 1 台のみの整備であったため、予備系が必要である。 |
| (2) 副鏡リニアベアリング | 腐食していた 4 個のリニアベアリング交換が 2005 年に必要である。 |

4.3 修理・補修

4.3.1 ACU 更新 -サーボモード切替不良-

アンテナ制御装置 (ACU) はアンテナの位置や速度等を制御する重要な装置であるが以下に述べる各種の不具合が発生していた。

22GHz 帯の電波源サーベイ観測を行っていた 2004 年 12 月 21 日、アンテナの角度が AZ:290 度、EL:30 度付近を追尾中、EL 軸の追尾誤差が 0.008 度程度と通常より 2~3 倍程度大きくなっていることが発見された。

ACU のアンテナ角度制御は追尾誤差角度の大小によりサーボモードを Type I と Type II に自動的に切り替えて制御している。Type I はサーボループの感度が低く、誤差角度が 0.051 度より大きいときに使用され、Type II は感度が高く、誤差角度が 0.051 度より小さいときに動作するモードである。AZ(EL) の追尾誤差角度が 0.051 度より大きい場合には ACU 内部にある出力ボード上の LED 表示、AZ-TI(EL-TI) が点灯し、その場合が AZ 軸 (EL 軸) は Type-I モードであることを表している。

EL 軸の追尾誤差増加を調査した結果、EL 軸のサーボモードが Type I から Type II に切り替わらず、精密な追尾ができなくなっていることが判明したので、ACU を予備系に切り替えて復旧した。

ACU の動作点検中、ACU ローカルでアンテナ位置を指定して制御するコマンドポジション (CMD) モードではサーボモードが正常に Type-II に切り替わることが確認されたが、観測室からのリモート制御 (MAC) モードでは切り替わらない不具合が発生したので、ACU 保守時のチェックでは観測室からのリモート制御時も確認する必要がある。

更に 22GHz 帯受信系のチェックのために天体を追尾中の 2004 年 12 月 28 日、AZ 軸の追尾誤差が大きくなる不具合が発生していたため調査したところ、AZ 軸の追尾誤差が小さくなくてもサーボモードが Type II に切り替わらないことが確認された。ACU パラメータの Delay (Type-II 切り替え角度に入ってから Type-II に切り替えるまでの遅延時間) を 1 秒から 0.5 秒に変更して、この不具合に対処してサーボモードが Type II に切り替わるように復旧した。

ACU の 2004 年 12 月 28 日現在のパラメータ変更状況は以下の通りである。

ACU	状況	対応	年月日
現用機 (1 号機)	AZ Type II への切替不良発生	パラメータの Delay を 1 秒から 0.5 秒に変更して復旧	2004 年 12 月 28 日
予備機 (2 号機)	AZ Type II への切替不良発生	パラメータの Delay を 1 秒から 0.5 秒に変更して復旧	2003 年 10 月 29 日
	EL Type II への切替不良発生	Delay 調整は未試行	2004 年 12 月 21 日

表 8: ACU のサーボモード切替不良とパラメータ変更状況

上記の他に、AZ 軸追尾誤差増加の原因調査中の 2003 年 10 月 30 日に予備 ACU の出力ボードを使用すると EL がハンティングする現象が発生したが、その後、2004 年の調査では再現しなかった。

また、両 ACU のテンキーに接触不良が発生しており、入力できなかったり、2 回入力されてしまう不具合も発生している。そして、ACU が制御している駆動モータのブレーキ誤動作やモータ駆動電流の過電流警報発生時に ACU 上で表示されたりされなかったりという不具合も発生していた。

現 ACU は 1996 年 3 月製造で老朽化しており、以上のような問題点を抜本的に解決するため、ACU を新規に調達した。新規 ACU は 2005 年 1 月に設置・調整の後、使用を開始する予定である。

4.3.2 S/X 帯受信機 PLO 故障

S/X 帯受信機の第一局部発振器に使用している 2020MHz、8080MHz の 2 周波出力の PLO が 2004 年 2 月 17 日に故障していることが確認されたため予備品と交換した。故障品は製造メーカ (CTI) に依頼して修理の可否を検討したところ、修理不能と判断されたため、修理を断念した。また、同一形状の 2 周波を出力できる PLO も製造中止となっており購入できないため、小型の 1 周波出力タイプの PLO を 2 台購入し、予備品とした。

4.3.3 ETR 空調

ヒューズリード線の断線 ETR 空調設定温度は、冬期には通常 21 度に設定して運用しているが、2004 年 2 月 10 日の点検時、外気温 5.5 度時に対して室温が 17.7 度と設定温度より有意に低いことが確認された。調査の結果、ヒータ用の 3 相 200V 電源のうち、1 相でヒータ電流が全く流れていないことが判明した。2 月 17 日に再度調査した結果、ヒータ部に取り付けられている温度ヒューズのリード線が断線していたことを発見した。2003 年 2 月 22 日にも同様の故障があり、業者により修理を行っていたため、ヒータ固定部の劣化によりヒューズに加わる振動が大きくなったと考えられたので、今回はリード線部が板状になっているヒューズと交換した。

冷水不足による ETR 空調の停止 2004 年 10 月 14 日、電気設備の点検による計画停電復旧時に ETR の空調チラーの異常が発生して運転再開ができなかったため調査した結果、冷却水不足によりチラー異常となっていることが判明した。冷却水は、停止時の圧力が 0.13MPa(規定 0.32~0.34MPa)であったので、0.29MPa まで給水して動作させたところ、正常に動作するようになった。動作時圧力は 0.47MPa(三方弁全開時)となった。通常運用時は 0.52MPa 程度である。

冷却水の減少は冷却水循環ポンプの軸からの水漏れが疑われるが、使用しているポンプの軸には水漏れしないメカニカルシールが採用されており、点検でも水漏れは発生していなかった。その他の要因は配管のピンホールからの微少な水漏れが考えられる。冷却水不足は 2003 年 8 月 4 日にも発生しているが、現状では年に 1 度程度の給水で運転可能であり、定期的な点検を実施しながら使用していくこととする。ところで、2003 年 8 月の故障時には冷却水循環ポンプを 14 日間停止させていたが、ポンプ軸が固着して回転しなくなったので、循環ポンプ停止は冷水が不要な期間でもできるだけ短期間とするのが望ましい。

4.3.4 HTS フィルタのコントローラ異常

S 帯受信機は第 3 世代携帯電話 IMT-2000 の混信対策のために LNA 出力に急峻な遮断特性を有する HTS フィルタを使用している。2004 年 2 月 22 日の観測準備中、受信機出力が出ていないことが発見されたので 2 月 23 日に調査したところ、HTS フィルタを超伝導状態とするために用いている冷凍機が停止していたことが原因と判明した。電源投入により、冷凍機は正常に起動することが確認されたが、冷却状態を調べるためのコマンドを送信すると冷凍機が停止することが分かったので、製造メーカーであるデンソー基礎研究所に連絡し対応をお願いした。その結果、技術者が 2 月 25 日にコントローラを交換し復旧した。メーカーによる後の調査により、コントローラの ROM 内プログラムが何らかの理由により 1bit 書き換わっていたことが故障の原因であったことが判明した。

4.3.5 C 帯トロリーリムーブリミットスイッチ接触不良

34m アンテナは多周波受信を行うために受信機をトロリーと呼ばれる台車に設置して必要な受信機を焦点位置に移動して受信を行う構造となっている。各トロリーには、焦点位置から待機位置に移動したときにトロリーを停止させるために、それぞれのトロリーのレール部にリムーブリミットスイッチがあり、さらにリムーブリミットスイッチでトロリーが停止しなかった場合に備えてラッチスイッチがある。C 帯のトロリーを焦点位置から待機位置に移動させたときにリムーブリミットスイッチで停止せずラッチスイッチが動作してしまうことが 2004 年 3 月 31 日と 6 月 14 日に発生した。それぞれの故障発生時の点検でリムーブリミットスイッチを数回動作させるとトロリーは正常に停止するようになることからリムーブリミットスイッチの接触不良と考えられたので定期保守時の 2004 年 7 月 20 日にリムーブリミットスイッチを新しいものに交換した。なおラッチスイッチが動作すると ETR 内にある Band-Interchange Drive Cabinet(BIDC)内のトロリー不良の LED が点灯してトロリー制御がロックされるので、トロリーが動作させたラッチスイッチを取り外して解除する必要がある。

4.3.6 32GHz 帯受信機への混信

2004 年 4 月 5 日受信機を点検していた際に 32GHz 帯受信機出力の 33.6GHz に周波数分解能 1MHz でのスペアナでのモニター時のノイズレベルより 20dB 強いスプリアスが混入していることが確認された。原因を調査した結果、22GHz 帯受信機の改修により 22GHz 帯受信機の第一局部発振器の PLO(発振周波数 16.8GHz)が 32GHz 帯のホーンに接近(図 23)したため、その第 2 高調波が混信したものであることが判明した。22GHz 帯ダウンコンバータ部を電波吸収体で覆ったところスプリアスが減衰したのでダウンコンバータ部をシールドすることが有効であることが確認できた。今後、22GHz 帯受信機ダウンコンバータ部のシールド対策、および電源等へバイパスコンデンサを組み込むなどの対策を行う予定である。

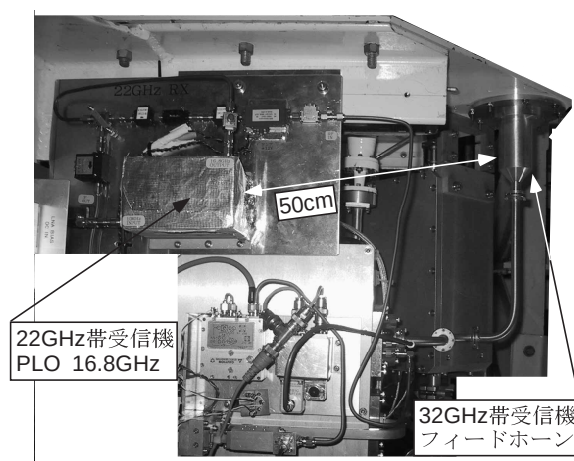


図 23: 22GHz 受信機 PLO 16.8GHz と 32GHz 帯のフィードホーンが接近したため 33.6GHz にスプリアスが混信した。

4.3.7 22GHz 帯、32GHz 帯、43GHz 帯ホットロード位置検出センサの故障

22GHz 帯、32GHz 帯、43GHz 帯は LNA にホットロードからの信号を入力する場合に導波管切り替え器を使用せずにフィードホーンの前を常温の電波吸収体で覆う構造としている (2003 年年次報告書参照)。このホットロード切り替え装置が 2004 年 4 月 27 日に動作していないことが確認されたため点検したところ、位置検出センサの障害が発生していたことが判明した。そのため、4 月 30 日に位置検出センサの固定を強化する修理を行った。

ホットロードの位置検出は、固定部に取り付けられたフォトセンサをホットロードが取り付けられた回転部に取り付けられているアルミ板が遮光することにより行われている。ホットロード切り替え装置は 43GHz 帯用に製作され、当初は 13cm 四方の電波吸収体に取り付けられていた。2003 年 12 月 25 日に 22GHz 帯、32GHz 帯、43GHz 帯の 3 周波数帯をカバーするように改修した際、電波吸収体の大きさが 35cm 四方と大きくなったため回転部の固定ねじが緩んでフォトセンサとアルミ板の位置が合わなくなった結果、ホットロードの位置が正常に検出されなくなったと考えられる。そこで、大きくなった電波吸収体を取り付けた回転部の固定ねじが容易に緩まないように、ねじ部品用嫌気性接着剤 (ヘンケルジャパン社製 LOCTITE243、中強度タイプ) を使用してねじを固定することにした。中強度のものをを用いたのは、工具での分解ができるようにするためである。

4.3.8 EL エンコーダ電源配線の絶縁不良

EL エンコーダに電源を供給しているブレーカがトリップするという不具合が 2004 年 5 月 6 日に発生した。点検の結果、電源線の線間および対地間の絶縁抵抗を絶縁抵抗計で測定した値がいずれも測定限界以下となることが判明した。この結果を受けて、5 月 18 日に AZ 室のブレーカから EL エンコーダ接続箱までの電源配線交換工事を行い正常な状態に復旧させた。

4.3.9 背面構造部の補修

34m アンテナ主鏡背面構造は中央から放射状に伸びる角パイプ支柱 (トラス) に図 26 に示すように主鏡パネルを結合するためのチャンネルが取り付けられている。

背面構造部の腐食は主にトラスのチャンネル取り付け部分で発生 (2003 年年次報告書参照) しており、支柱に穴が開いているところもあるので主鏡背面構造の補修溶接を 2003 年に引き続き 2004 年も実施した。2004 年は図 28 に示すようにトラス 1～13 の外周 3 枚目から内側を 8 月～9 月の 2 か月間に実施したが、トラス 13～17 の外周 3 枚目から内側およびトラス 17～24～1 の外周 6 枚目から内側については夏期のみでは工期が不足したので 2005



図 24: 背面構造部の補修塗装、溶接のために仮設した足場と落下防止ネット。



図 25: 補修塗装、溶接の前に養生シートを仮設した状態。

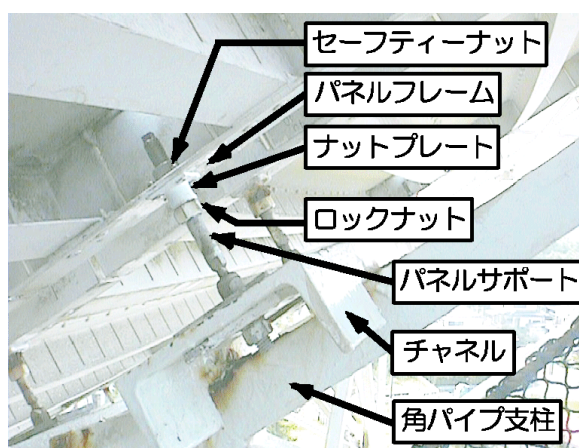


図 26: 背面構造部と主鏡パネルの結合



図 27: 主鏡パネルをはずして上側から見た典型的な腐食部分の例

年 2 月から 3 月にかけても実施を予定している。ナットプレート交換は外周からパネルの 3 枚目から 5 枚目までが実施箇所である。

補修溶接箇所を図 28 に 2003 年までに実施した箇所を‘●’で、2004 年に実施した箇所を‘△’で示した。2004 年の補修範囲にある‘●’は 2003 年に実施した際に補修範囲外であったが作業できる範囲であったので先行して補修溶接したものである。2004 年夏期に実施した範囲中、外周からパネル 3～5 枚目の溶接箇所割合は 27%(2003 年に先行実施した箇所も含む)であり、最外周の補修を実施した 2001 年のトラス 17 から 6 では 59%に、2003 年のトラス 6 から 1 までの 65%よりは少なかった。パネル 6 枚目の範囲の補修溶接箇所割合は 12%であり、それより更に内側には溶接を行わなければならないほどの腐食は進行しておらず穴はなかった。

主鏡パネルと背面構造部を結合しているナットプレートの腐食状況を図 29 に示す。ナットプレートの腐食によりパネルフレームがロックナットの位置まで落下すると、鏡面精度が保てなくなるので、ナットプレートの交換を行っている。ナットプレート交換は補修範囲の中の外周からパネルの 3 枚目から 5 枚目までが実施箇所である。

34m アンテナのナットプレートは全部で 1692 個あるが、外周からパネル 5 枚分を固定しているナットプレート 1152 個の腐食が進行しており、この部分について全てのナットプレート交換が必要と考えていたが、2003 年までに 768 個 (67%) の交換が完了していた。2004 年に未交換の 384 個 (33%) について交換を計画し、7 月から 8 月に図 28 のトラス 1 から 13 の外周からパネル 3 枚目から 5 枚目にあるナットプレート 288 個を交換した。2005 年 2 月から 3 月に同図のトラス 13 から 17 の外周からパネル 3 枚目から 5 枚目にあるナットプレート 96 個を交換する予定であり、この交換で腐食が進行しているナットプレート 1152 個全数の交換を完了する予定である。

なお、ナットプレートは図 29 に示されるようにパネルフレームを下側から支える構造となっているが、ナットプレート腐食によるパネル飛散を防止するため、パネルフレームの上側からセーフティナットを全数入れている。

4.3.10 AZ レールボルトの折損

34m アンテナの AZ レールは図 30 に示すように、直径 20 m の円周を 16 分割した構造となっている。1 枚のレールは外側 8 本、内側 8 本のボルトでベースプレートに固定されており、レール全体での固定ボルトの総数は 256 本となる。このボルトの折損が定期保守毎に発見されるが、2004 年定期保守時に新たに見つかった AZ レールボルトの折損箇所を図 30 に示す。内側 1 本、外側 3 本であった。

図 31 に 2004 年定期保守までの AZ レールボルトの折損箇所を示す。円周の数字は AZ レールの 1 番から時計回りに付したボルト位置を示す番号である。表 9 に 1998 年から 2004 年までの年別のボルトの折損本数を示すが、折損総数は 93 本である。内訳は、内側が 59 本、外側が 34 本であり、内側ボルトの方が外側に比べて約 2 倍多くなっている。ボルトの折損は首の部分で発生しているので 2000 年より首の部分を強化したボルト (2001 年年

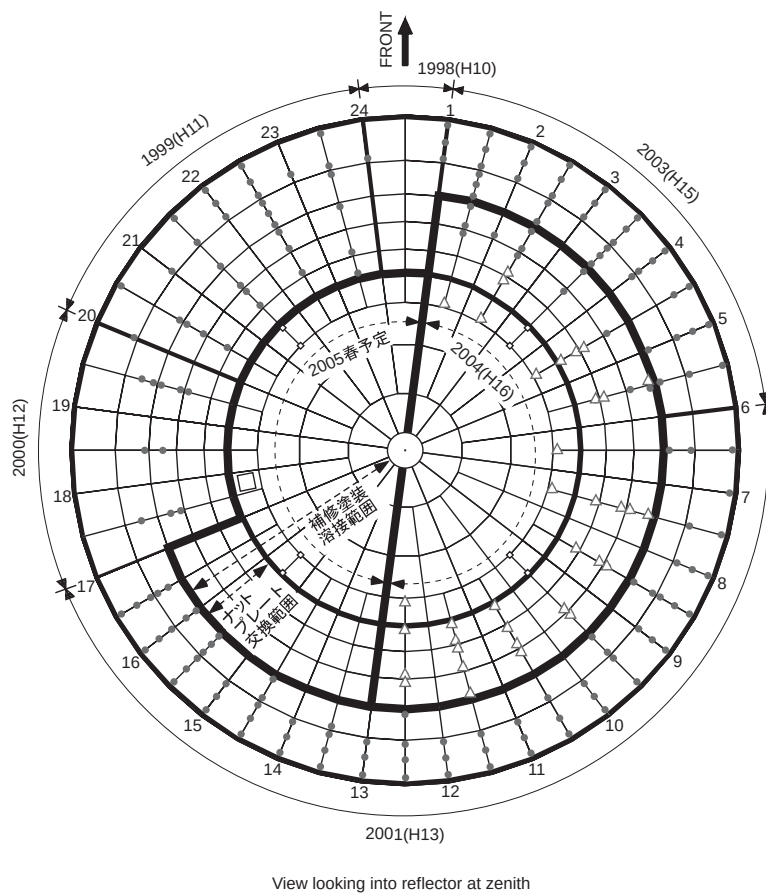


図 28: 補修溶接およびナットプレート交換範囲 (太線で囲んだ部分) とトラスに穴の空いた位置

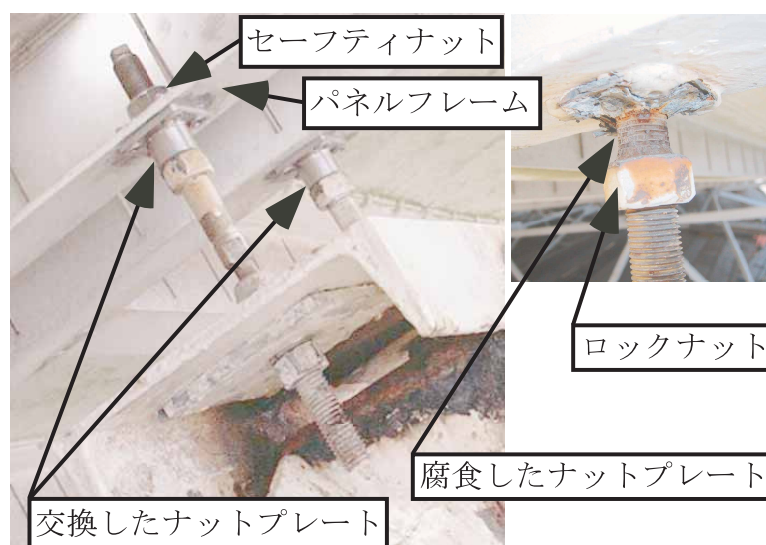


図 29: 右図は、パネルフレームを固定しているナットプレートの腐食が進行した例。本来は左図 (交換後) のようにナットプレートとロックナットが密着しているのが正常な状態である。

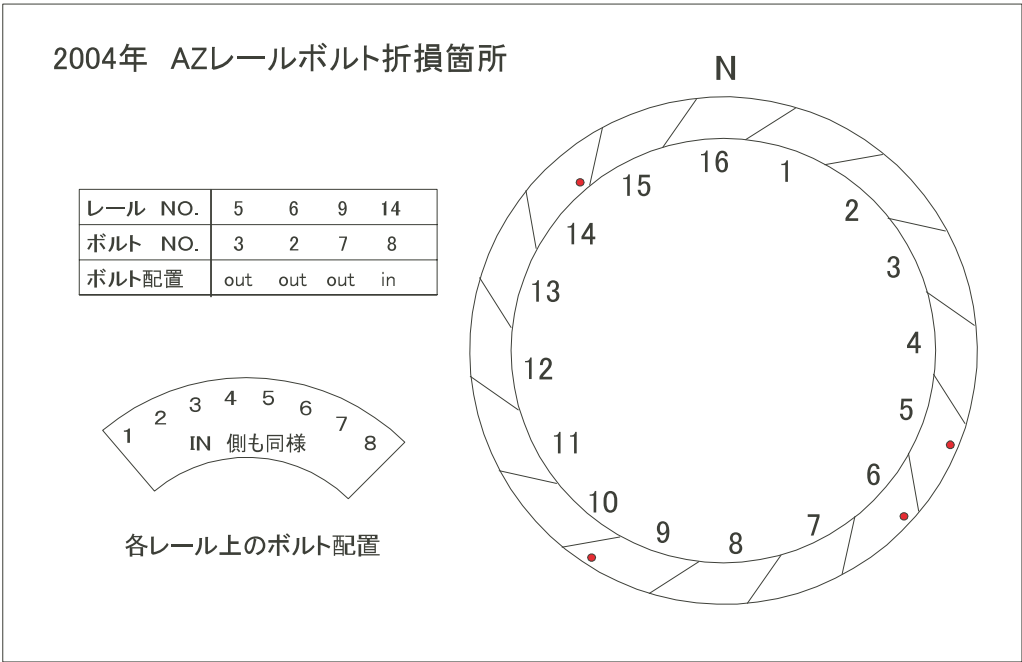


図 30: 2004 年の AZ レールボルト折損箇所

AZレールボルト折損箇所累計

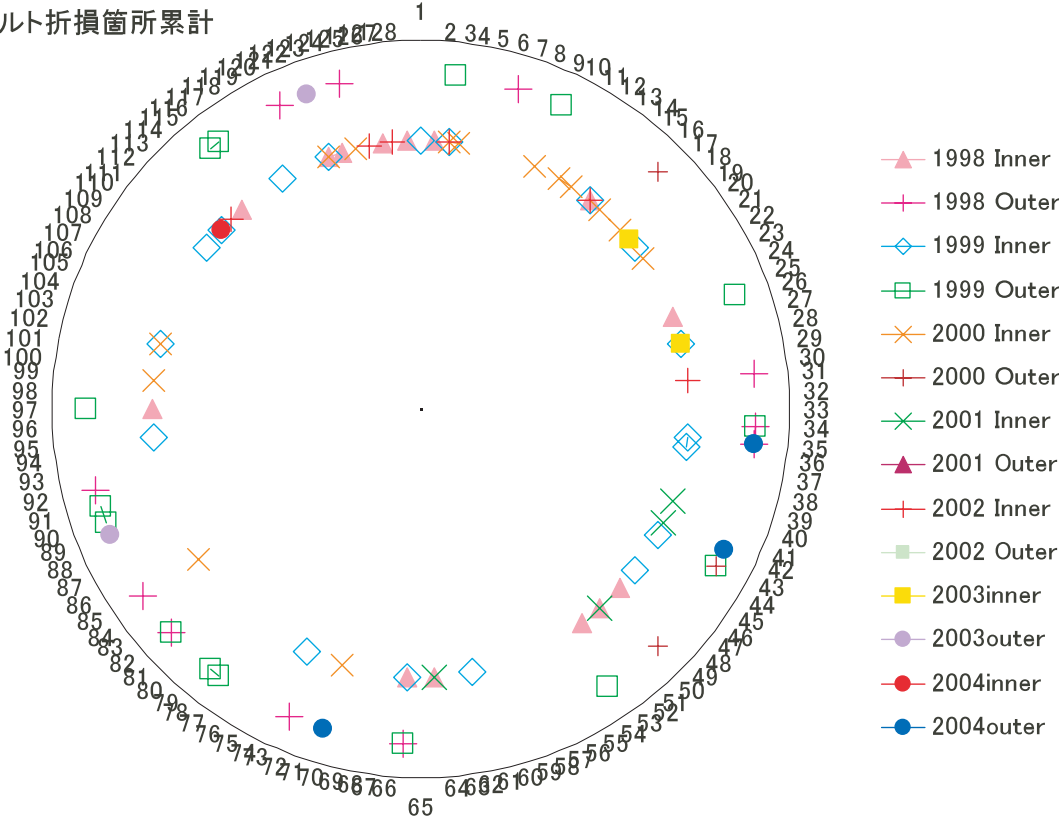


図 31: 2004 年定期保守までの AZ レールボルトの累積折損箇所

次報告書 4.2 (9) 折損 AZ レールボルトの交換を参照) を使用している。

年	内側	外側
1998	14	11
1999	18	15
2000	14	3
2001	4	0
2002	6	0
2003	2	2
2004	1	3
小計	59	34
合計	93	

表 9: AZ レールボルトの折損本数

4.3.11 受信機電源、トロリー制御用計算機のコネクタピン折損

定期保守完了予定の 2004 年 9 月 30 日が近づきアンテナの立ち上げに備えて受信機の点検を行っていた 9 月 22 日に受信機出力が出ていないことが発見された。調査した結果、AZ 室にある受信機電源、トロリー等の制御用計算機の RS422 通信用コネクタピンが折損していることが判明した。このコネクタは 2001 年の受信機制御系制御線の点検時にコネクタカバーを取り付けずに仮作成したコネクタを使用し続けたために点検の着脱時にピンに力が加わり折損が発生したと推測されたので、コネクタを交換するとともにカバーも取り付けてコネクタピンに直接力が加わらないように改善した。

4.3.12 22GHz 帯給電系への乾燥空気の充填

22GHz 帯は受信機性能を向上させるためホーンからデュワーまでにあった較正系用の導波管切り替え器を撤去して直接接続する方式に改善した (2003 年次報告書 2.1 受信機性能を参照) が、デュワー入力部の窓に結露を生じ受信機雑音度が上昇し、通常 160K 程度のシステム雑音温度が 300K～500K まで上昇してしまう問題が生じた。

34m アンテナにはホーンや導波管内に乾燥空気を充填して導波管等の内部状態を良好に保つためのデハイドレータがアンテナ下部の AZ 室にあり、そこから乾燥空気をホーンや受信機等があるアンテナ上部の ETR 室までホースで送風して、ETR2 階で各ホーン等に分岐している (2003 年次報告書 5.3 デハイドレータ更新を参照)。そこでこの乾燥空気を 22GHz 帯導波管内に送風してデュワー入力部の結露を防止することにした。図 32 のようにホーン上面と誘電体フィルムを固定しているリングの間に厚さ 7mm のリングを新たに挿入し、ここに外径 4mm のパイプを取り付けて、乾燥空気を導入した。その結果、受信機雑音温度が上昇するトラブルの発生がなくなった。

その後、2004 年 10 月 26 日に乾燥空気がホーン内に加圧されていないことが発見された。調査の結果、ETR2 階にある乾燥空気の 22GHz 帯用分岐バルブが詰まっており、バルブをわずかに回転させることによりエアが供給されるようになった。バルブを操作した時に、ETR2 階に取り付けられている微差圧計が下がることでバルブの詰まりを確認することができるので、今後の保守時にはバルブ詰まりのチェックも行う予定である。

4.3.13 IF 伝送用光送信機故障

22GHz 帯、32GHz 帯、43GHz 帯の IF 伝送には L 帯 (1.5GHz)、S/X 帯 (2/8GHz)、C 帯 (5GHz) とは別の広帯域 (2GHz) の光 IF 伝送系を使用しているが、2004 年 11 月 10 日の 22GHz 帯軸較正観測前の点検の際に、IF

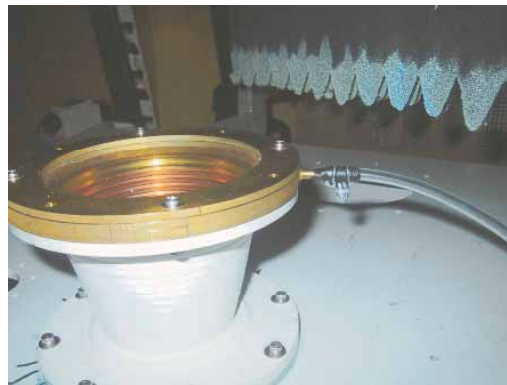


図 32: ホーン上面と誘電体フィルムを固定しているリングの間に新たにリングを挿入して、ここにパイプを取り付け、乾燥空気を導入した。

伝送に使用している光送信機 Ortel 3541A-020 のレーザ異常を示す Laser temp stable の LED が点滅していることが発見された。光送信機を予備機と交換して修理のため米国へ発送した。また、この交換で LED の点滅した光送信機を使用して受信機の IF 出力電力を測定すると、予備機を使用した場合に比べ出力電力測定のばらつきが約 10 倍大きく不安定であったことが判明した。

4.4 発生している不具合現象

4.4.1 駆動用直流電力増幅器 AZ#2 の瞬時過電流発生

2004 年 11 月 17 日、12 月 8 日に AZ モータ駆動用直流電力増幅器 (DCPA)#2 で瞬時過電流 (IOC) が発生して DCPA の停止が発生した。IOC 発見直後に DCPA を再起動すると正常に動作するため、不具合の原因は不明である。駆動モータ、モータへの配線に異常がないことから DCPA 本体が疑われる。2005 年定期保守では DCPA の交換を予定している。

4.4.2 駆動モータのブレーキ誤動作

2004 年 4 月 30 日、5 月 26 日、6 月 30 日、12 月 21 日に駆動モータのブレーキ誤動作が発生した。非常停止、インターロック系の不具合によってもブレーキ誤動作は発生するので、チャートレコーダを AZ 室に設置して非常停止、インターロック系の信号を常時モニタするようにしたが、その後のブレーキ誤動作時にもチャートレコーダによる記録には異常は検出されなかった。ブレーキ誤動作した直後にドライブ ON を行うと正常に動作することから現在も原因は不明である。ブレーキは ACU が制御しているので 2005 年 1 月の ACU 更新と合わせて今後も調査を継続する予定である。

4.4.3 アンテナドライブキャビネット内ヒューズ溶断

2004 年 10 月 22 日の国際測地 VLBI 観測中にアンテナが非常停止したので調査したところ、アンテナドライブキャビネット (ADC) 内の制御電源のヒューズ (F5、FNQ-7、容量 7A) が溶断したためアンテナが非常停止したことが分かった。

ADC 制御回路の電流はブレーキがかかったスタンバイ状態で 2A、ブレーキが解除された駆動状態で 3A 程度であり、アンテナを駆動しても 7A のヒューズが溶断するほどの電流は流れない。ヒューズを交換して復旧しているため、ヒューズ溶断の原因は不明である。2005 年 1 月 19 日、20 日にも発生しているため、今後 ADC 内の詳細な点検を行う予定である。

4.4.4 その他の不具合

S/X 帯受信機出力変動と X 帯受信機の wH 系の Tsys 増加が発生しているので、今後調査予定である。

5 開発

5.1 位相較正信号発生装置 (PCAL)

5.1.1 はじめに

多チャンネル VLBI システムのチャンネル間位相を補正する為に使用する位相較正信号発生器 (アンテナユニット) は、K 3 システム用に明星電気が開発したものが現用で使用されている。しかし、同製品に使用されている部品などが製造中止になっており、万が一の故障の際に代替品がないので、ケーブルの遅延較正部分を持たないアンテナユニット部分だけの代替品を、デジタルリンク (株)、コスモリサーチ (株) に依頼して製作した。

現用品 (明星電気製: M-Pcal), コスモリサーチ製 (C-Pcal), デジタルリンク製 (D-Pcal) の、34m アンテナの S/X バンドに位相較正信号を注入して、その群遅延計測特性を調べたので報告する。

5.1.2 測定方法

PCAL 信号の測定には、図 33 に示す測定系を使用した。DFC-2100 の 2 チャンネルの PCAL モニタ機能を使って測定を行うため、16 チャンネルをスキャンするのに時間がかかり、およそ 2 分に 1 点のデータ取得となっている。

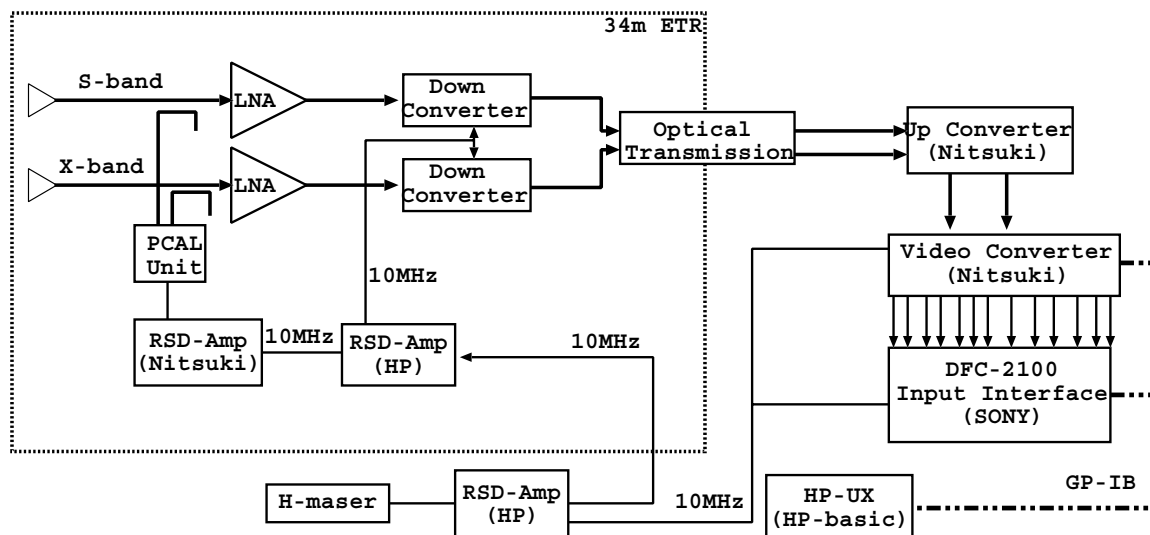


図 33: PCAL 信号の測定系。S/X バンド 2 周波の PCAL を VLBI 入力インタフェース (DFC-2100) の PCAL モニタ機能を使って測定した。データ取得は、HP-UX 上で動作する HP-BASIC のプログラムを使用し、GP-IB 経由で DFC-2100 から PCAL の位相と振幅、VIDEO コンバータから周波数設定情報を取得した。

5.1.3 34m アンテナに設置したときのそれぞれの PCAL 信号

M-PCAL 明星電気製の PCAL 信号は X:23dB、S:40dB の減衰器で信号強度を落としてアンテナ注入点から注入されていた。減衰器手前での PCAL 信号出力強度は、X-band(8.4GHz) で-99.2dBm/10Hz、S-band (2.3GHz): で-76.9dB/10Hz であった。明星電気製の PCAL の基準入力信号は 5 MHz であることに注意する。計測された PCAL 信号の位相と振幅のデータを図 34 に示す。図の位相変動をみると、X-band、は S-band の位相より相似形に変動しているように見える。しかし、後で述べるバンド内での周波數位相勾配 (群遅延) からは同様な遅延変動は見られなかった。

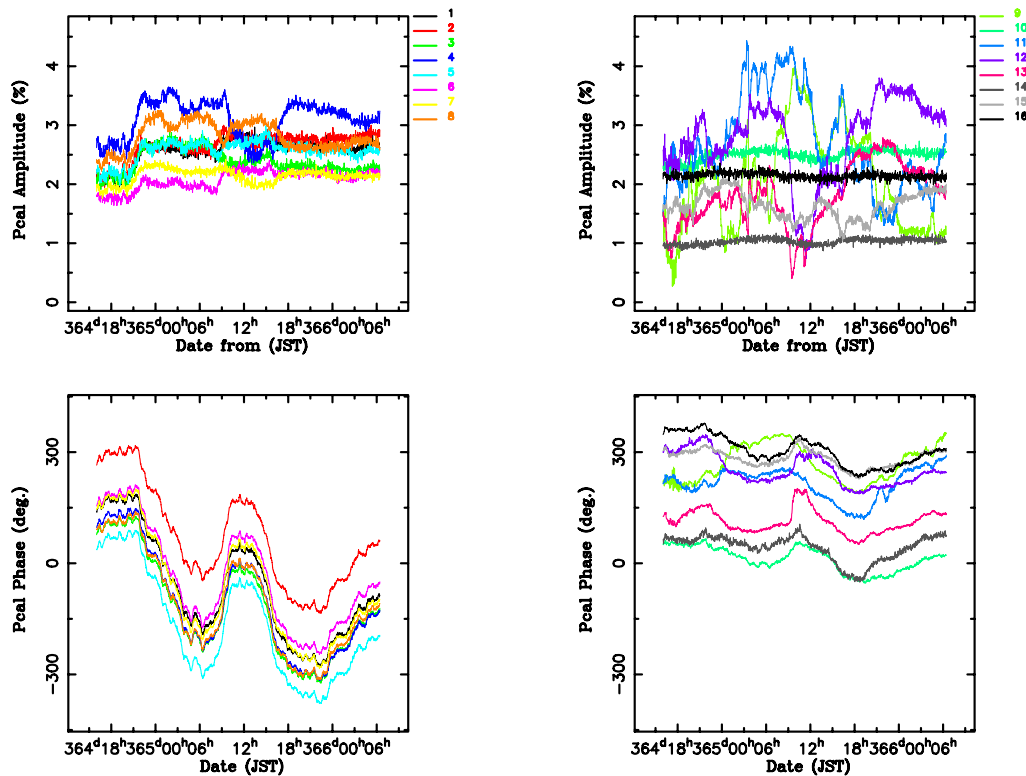


図 34: 明星電気製の PCAL の位相と振幅 (2004/12/29)。左側:1-8ch : X-band、右側:9-16ch:S-band

D-PCAL デジタルリンク製の PCAL 信号は X1:26dB、S:43dB の減衰器で信号強度を落としてアンテナ注入点から注入した。計測された PCAL 信号の位相と振幅のデータを図 35 に示す。18 日昼 12 時前の位相振幅の変動は、トロリーの上げ下げによるものである。PCAL 本体から不要放射がでていいるらしく、トロリーを下げると PCAL 強度が上がるとともに位相が不安定になる。これは C-PCAL も同様である。シールドなど、対策が必要である。

C-PCAL コスモリサーチ製の PCAL 信号は X-Band:25dB (そのうちデバイダ 3dB)、S-Band:6dB の減衰器で信号強度を落としてアンテナ注入点から入力した。この PCAL 装置の基準入力信号は 10 MHz であることに注意する。この図にはトロリーを下げた状態のデータが含まれていないが、D-PCAL と同様、トロリーを下げた状態では PCAL 信号の不要放射がフィードコーンから入り込んでおり、PCAL 振幅が増えるとともに、位相が不安定になることが観測されている。シールドなどの対策が必要である。

5.1.4 PCAL の比較

PCAL 装置は、VLBI における精密遅延時間計測のために、装置に起因するチャンネル間位相差と群遅延を補正するためのものである。PCAL 信号で計測される群遅延 (擬似遅延)⁴ を計測し、同時に、ETR1F、ETR2F および観測室の室温をモニターした。

擬似遅延を計測する際の周波数配列は、D-PCAL と M-PCAL、C-PCAL は若干異なった周波数配列を使うことになった。このように周波数配列として a,b 異なった配列を使うことになった理由は、PCAL の強度調整作業の際にビデオコンバータの周波数設定を変更し、そのまま測定したことによる。表 10 に周波数配列を示す。図 37 において計測された疑似遅延が D-PCAL の場合だけジャンプすることになった原因として、この周波数配列の違いが関係しているのではないかと疑っている。今後の測定では、できるだけ測地 VLBI で使用されている周波数配列を使い、統一的な測定を行うよう注意する。PCAL の位相、振幅情報から計算した擬似遅延と、ETR 1 階、

⁴ チャンネルごとの位相変動が、たまたま周波数軸に比例した形をとると群遅延とみなして計測されるため、ここでは PCAL の周波数位相勾配から計測される遅延を、真の群遅延以外を含む遅延量として、擬似遅延 (Pseudo Delay) と呼ぶことにする。

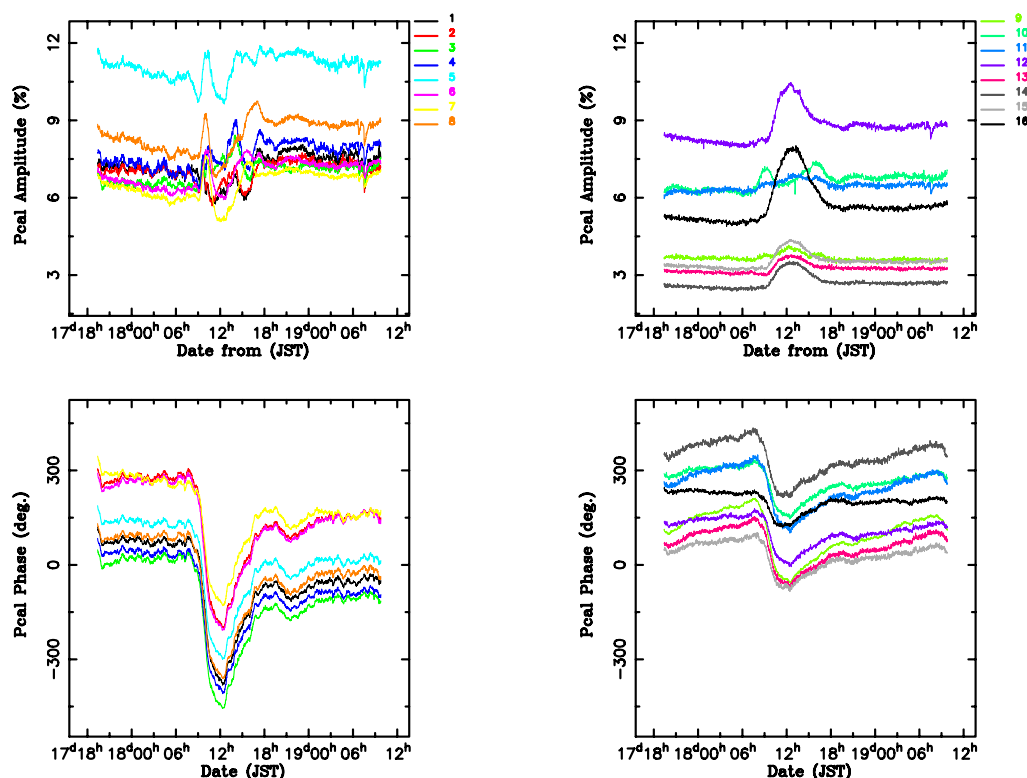


図 35: デジタルリンク製の PCAL の位相と振幅 (2005/1/17) . 左側:1-8ch : X-band、右側:9-16ch:S-band

表 10: Pcal 計測に使用した周波数は配列, 配列 a は M-CAL,C-PCAL の配列 b は D-PCAL の計測に使用した周波数配列。GCM は周波数間隔の最大公約数、群遅延の不定性は $1/\text{GCM}$ となる。EBW は有効帯域幅。群遅延の計測精度は $1/\text{EBW}$ に比例する。

	Channel	1	2	3	4	5	6	7	8	GCM (MHz)	EBW (MHz)
a	X-band	629.99	639.99	669.99	729.99	839.99	919.99	969.99	989.99	10	396.59
	S-band	719.99	724.99	739.99	769.99	799.99	809.99	824.99	834.99	5	121.02
b	X-band	629.99	639.99	669.99	729.99	810.99	830.99	840.99	850.99	1	249.12
	S-band	676.99	686.99	712.99	800.99	830.99	835.99	840.99	843.99	1	194.24

ETR2 階、観測室の室温をプロットした結果を図 37 に示す。位相合成した振幅はいずれの PCAL ともほぼ安定しており、ビデオコンバータのローカル発振器位相ドリフトなどの問題がないことがわかる。つまり、計測されている擬似遅延はほとんど実際の伝送経路の遅延変化に対応していると考えられる。3つの PCAL 装置すべてについて、S-Band の遅延変動のほうが X-band の遅延変動よりも大きく観測されており、S-band の受信機・ダウンコン・信号伝送部分に遅延変動の大きなところがあるのかもしれない。また、PCAL 位相と各部屋の温度との相関についても調べてみたが、現段階では明瞭な相関関係は確認できなかった。その理由として、(1) 室温の温度変動範囲が小さいこと、(2) ETR の室温による変化（基準信号分配器：RSD や PCAL 装置、ダウンコンバータなどが影響を受ける可能性がある。）と観測室の室温の変化の影響（ビデオコンバータの位相変動が影響を受ける可能性がある。）などの複合的な変化が観測されているので、それぞれの要因を切り分けるのが難しいこと、が挙げられる。今後、各主要なコンポーネントごとに、温度センサーをつけた状態でドライヤーで暖めるなど、比較的大きな温度変動を与えることで、各要素の影響をきりわけて温度係数を計測することができると考えられる。

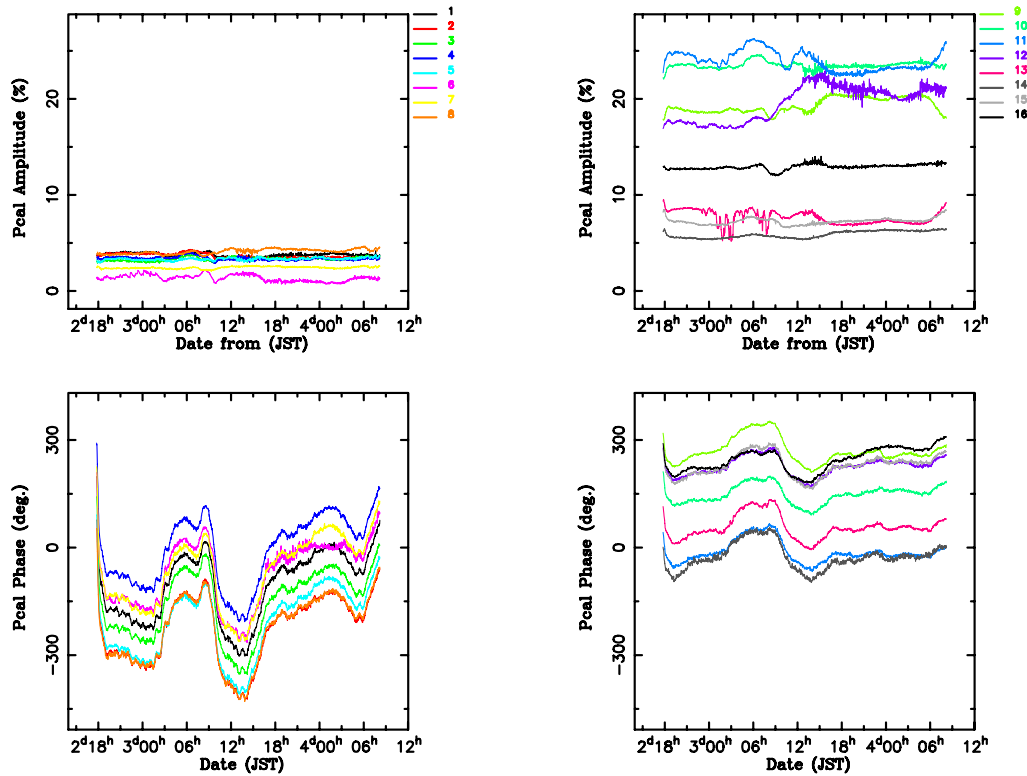


図 36: コスモリサーチ製の PCAL の位相と振幅 (2005/1/2) . 左側:1-8ch : X-band、右側:9-16ch:S-band

5.1.5 結論

今回の測定結果から以下のような結果が得られた。

1. 3つの PCAL 装置を比較した結果、群遅延の計測性能としては大きな差がみられなかった。
2. C-Pcal, D-Pcal については、トローリを下げた状態では、PCAL 信号が不要放射として ETR 内の受信フィードから入り込み、PCAL の強度調整に支障がある。シールドを行う必要がある。
3. 受信機室 1 階、2 階および観測室の室温を同時に測定して疑似遅延及び PCAL 位相との相関を調べたが、室温の温度変動幅が小さいこともあり、明瞭な相関は見られなかった。
4. D-PCAL の疑似遅延がデータ途中でジャンプしている (遅延分解関数のサイドローブを捉えている) 原因として、他の測定時との周波数配列の違いが考えられる。今後測定の際には、測地 VLBI 観測で使用する周波数配列を設定して計測するよう注意する。

5.2 S 帯受信帯域の一時的拡大 -2040MHz 受信-

JIVE と共同してホイヘンス探査機が土星の衛星、タイタンに降下する際の位置を測定するために 2040MHz の受信が必要になった。34m アンテナのオリジナルの S/X 帯受信機構成は図 38 の通りである。S/X 帯同時受信を行うため、2 周波共用ホーンとなっており上側が S 帯の系統である。2002 年から第 3 世代携帯電話 IMT-2000 の混信により受信が困難となったので、現在は図 39 に示すように LNA の出力とダウンコンバータの間に HTS フィルタを挿入して受信できるように対策を行い、受信周波数は 2193MHz~2350MHz となっている。ホイヘンスからの 2040MHz を受信するための検討、試行の結果、図 40 に示す受信機構成とした。HTS フィルタを既成の IMT-2000 用バンドリジエクションフィルタに、ダウンコンバータ内の BPF を 2000MHz~2500MHz に、そして第一局部発振器を SG からの 1900MHz に、それぞれ変更した。オリジナルの第一局部発振器 2020MHz の出力は終端したが受信帯域内にスプリアスとして入ったため PLO の電源のみを切断して受信を行った。受信系の変更には約 2 時間が必要である。

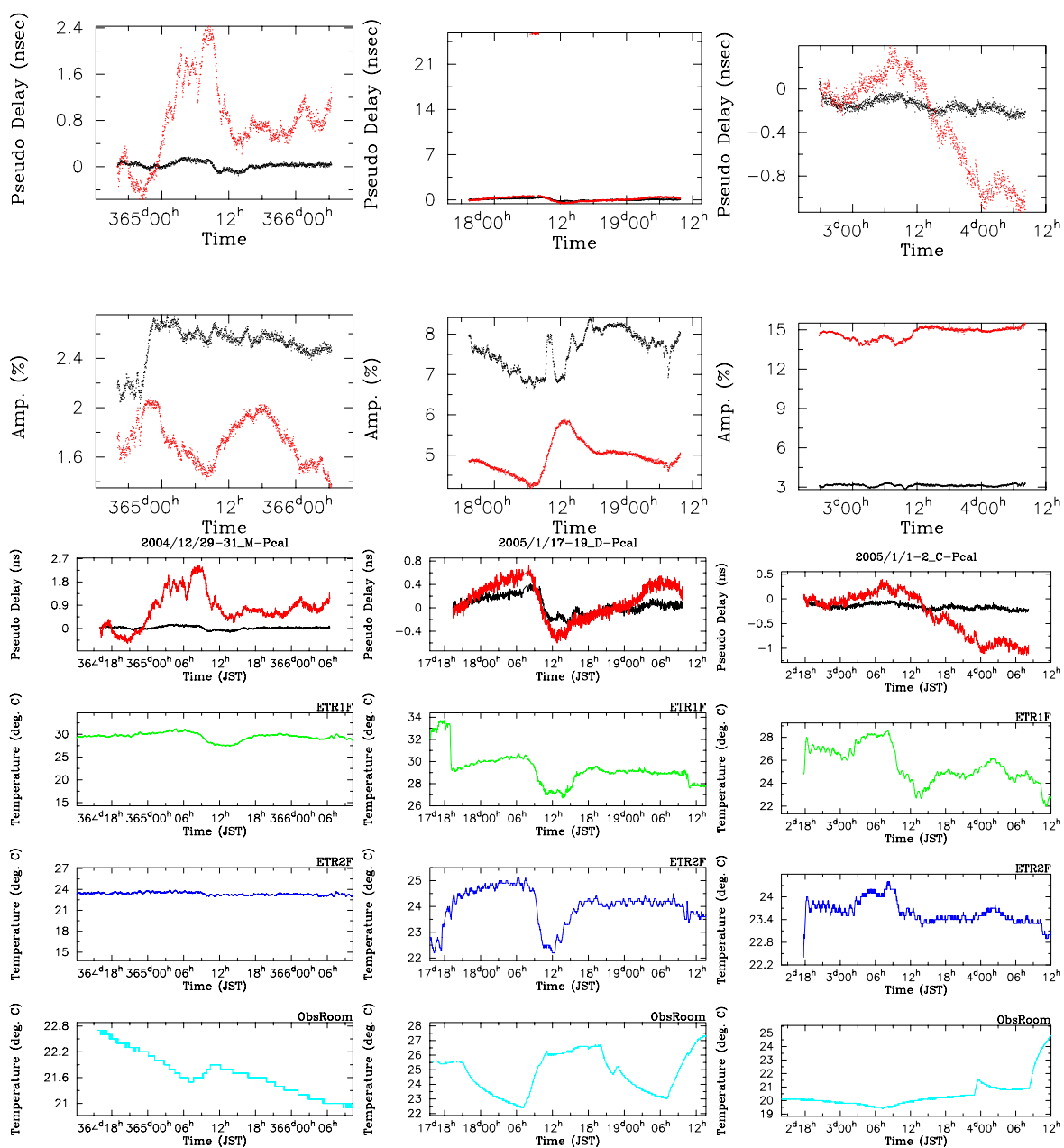


図 37: 3 種類の Pcal の擬似遅延と室温。左から順に、M-PCAL, D-PCAL, C-PCAL のデータ。図は一番上から、擬似遅延 (黒: X-band, 赤: S-band)、位相合成した (遅延分解関数の) 振幅、擬似遅延 (上と同じもの) と、それぞれ受信機室 2 階、受信機室 1 階、観測室の室温。D-PCAL の擬似遅延が、一部ジャンプしている部分があるが、これは遅延分解関数のサイドローブをピークとして捉えてしまった可能性がある。D-PCAL だけがこのようにジャンプしている理由として、表 10 の周波数配列が D-PCAL の測定時だけ異なっていることに関係しているのではないかと考えている。3 段目の擬似遅延の図では、温度との比較のため、遅延がジャンプしている部分を除いてプロットしている。

Kashima 34m Antenna S/X Frontend (original)

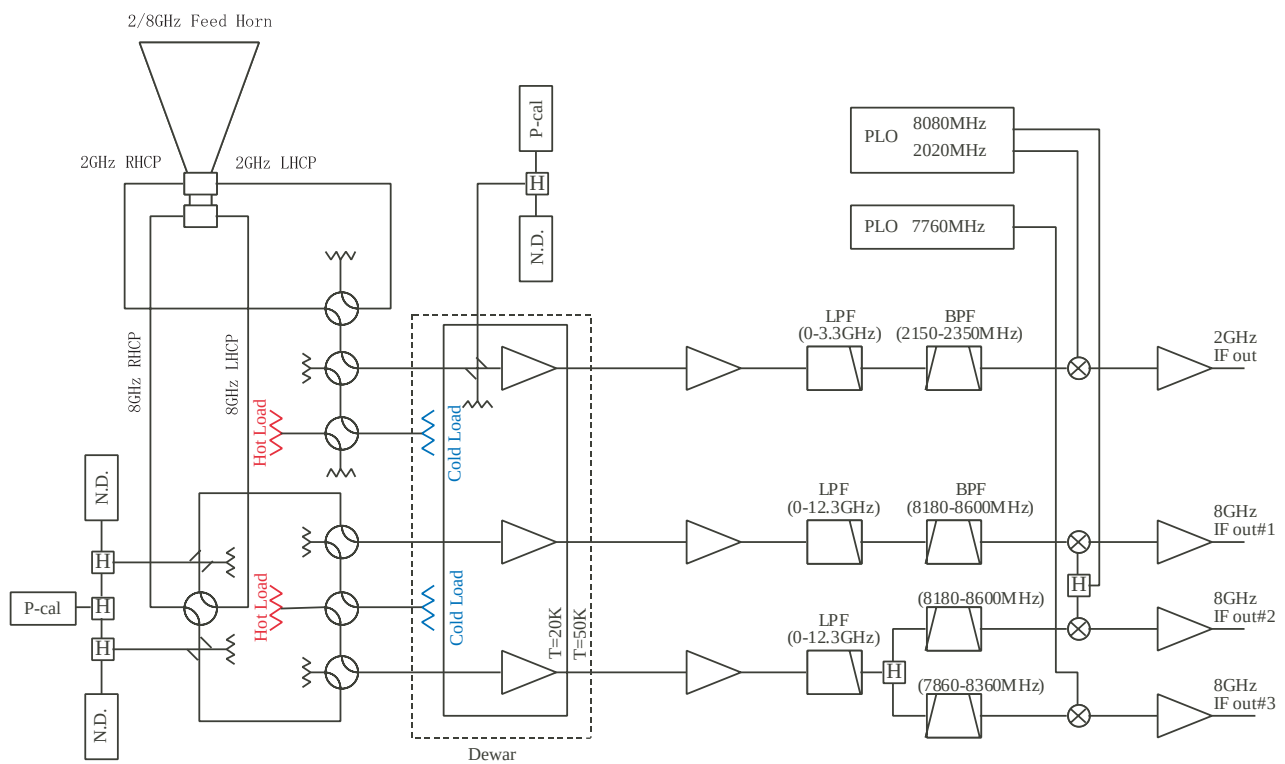


図 38: 当初の S/X 帯受信機フロントエンド

Kashima 34m Antenna S/X Frontend (current)

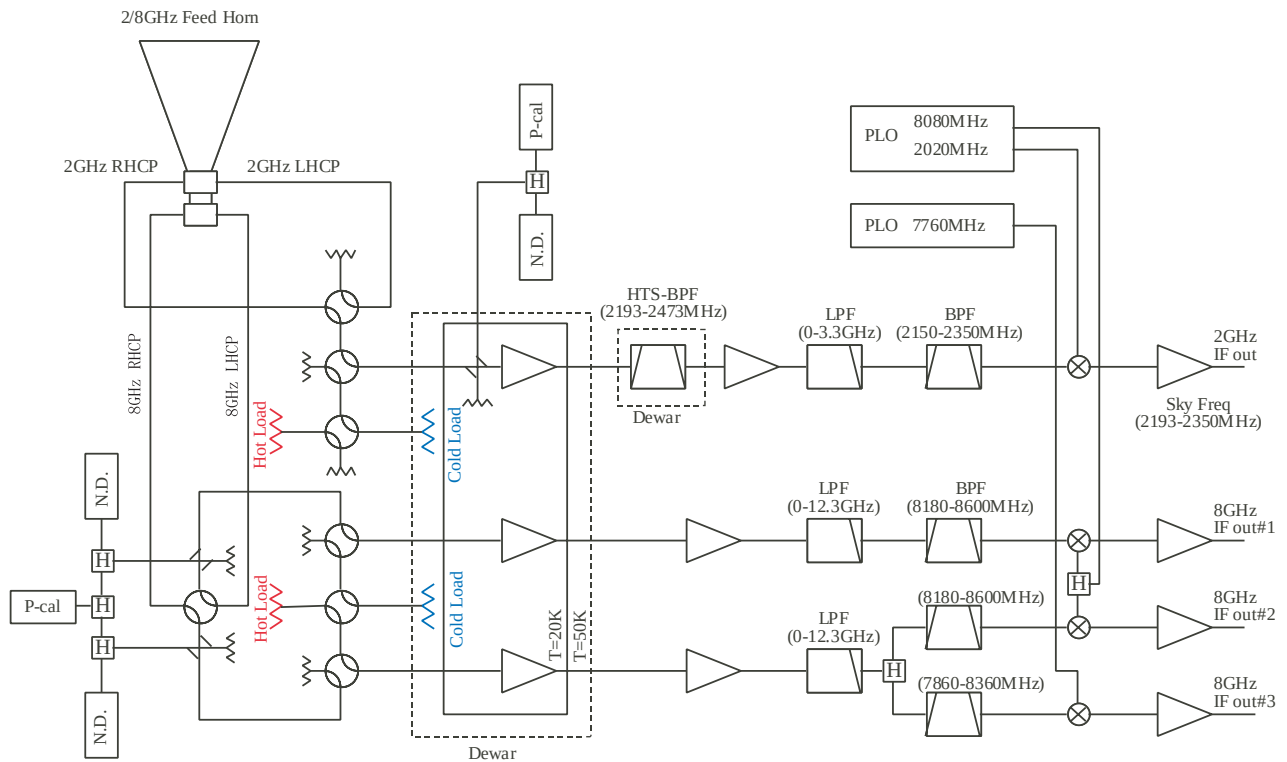


図 39: 現在の S/X 帯受信機フロントエンド

Kashima 34m Antenna S/X Frontend (2040MHz receiving)

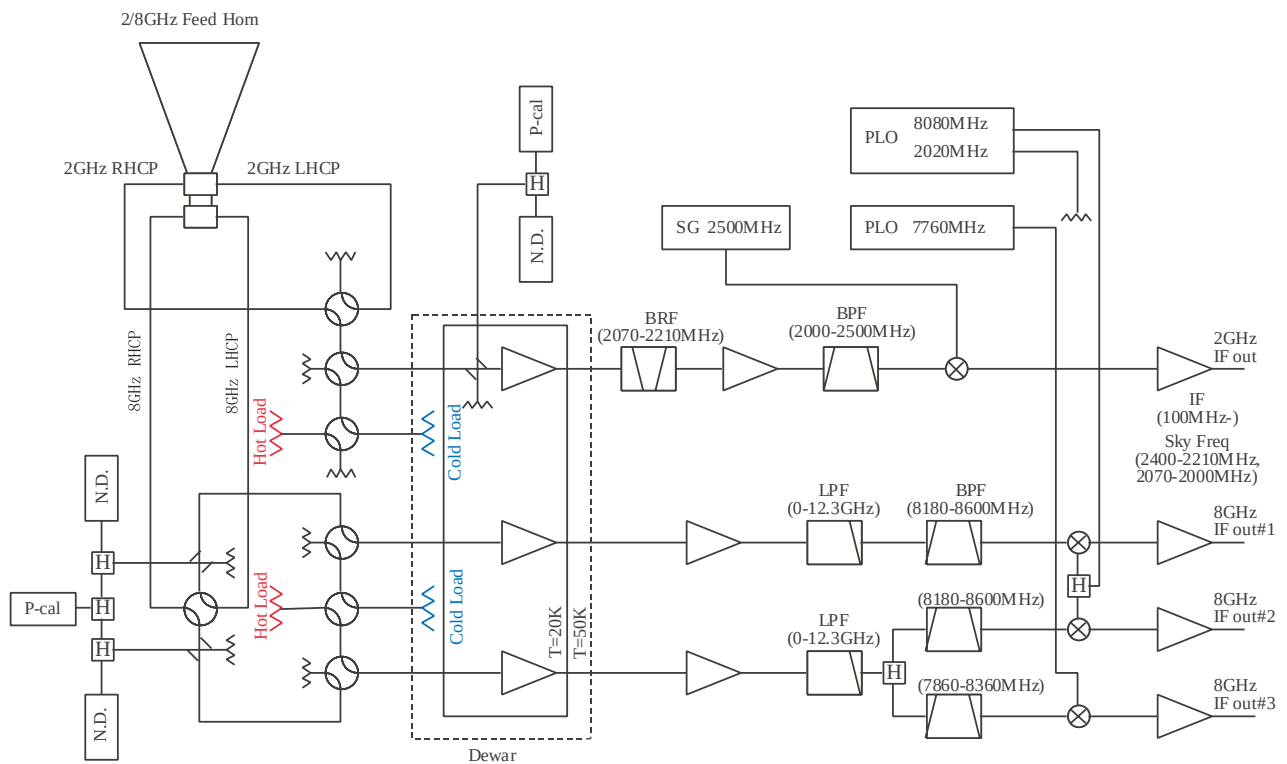


図 40: 2040MHz 受信時の S/X 帯受信機フロントエンド

図 41 に 2040MHz 受信系に変更した場合のシステム雑音温度 (T_{sys}) とシステム等価フラックス密度 (SEFD) の周波数特性を示す。 T_{sys} は通常、天頂 (EL:90 度) で測定するが、雨天であったためフィードコーンレドームに雨水がたまり測定誤差とならないように EL を 85 度で測定を行った。また、Cas-A と Cyg-A での SEFD 測定時に再度測定した T_{sys} もプロットしたが、3 回の測定は良く一致している。受信機構成を 2040MHz 受信系に変更しても T_{sys} はオリジナルの受信帯域内では 70K~80K と現状の受信系と同様な値が得られたが、2040MHz では 260K となり周波数がオリジナルの受信帯域より離れるに従って増加する傾向が見られた。これはホーンから LNA の間に周波数が下がるとロスが増加する特性があると考えられる。34m アンテナの S 帯受信系を改造した場合、2040MHz において T_{sys} 260K、SEFD 5800Jy の性能を有することが分かった。

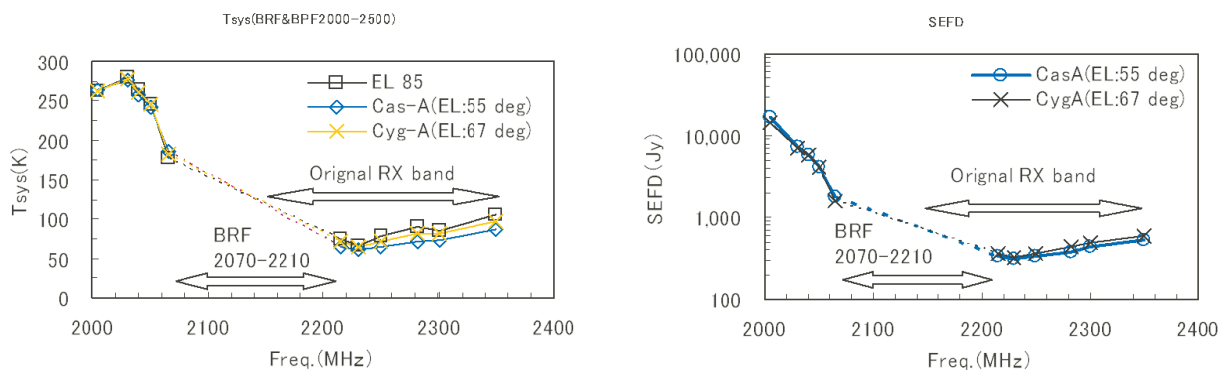


図 41: 2040MHz 系の T_{sys} と SEFD

5.3 高速 AD と PC を用いたデジタル分光計

天体からの 22GHz 帯の H_2O (水) メーザ、43GHz 帯の SiO (一酸化硅素) メーザを受信し分光観測する場合に従来は AOS(音響光学型分光計) を用いていたが、情報通信研究機構で開発した高速サンプラ ADS1000 と高速 PC を用いたデジタル分光計を開発している。鹿島では 1 台の PC を用いて帯域幅 64MHz、周波数分解能 8kHz の分光処理を実時間で行う装置を開発中である。また共同研究を行う鹿児島大学では intel の CPU、Xeon 2.8GHz を 2 つ搭載した汎用 PC を 4 台用いることにより帯域幅 256MHz、周波数分解能 32kHz の分光処理を実時間で行う性能を実現した。図 42 は共同研究先の鹿児島大学で開発されたデジタル分光装置一式である。

ソフトウェアによるデジタル分光処理は、混信除去や特殊な観測対象に対してプログラムの変更で柔軟に分光対象に対応できるなどメリットがあり、共同研究を行う大学や広範な科学工学分野での利活用が期待されている。34m アンテナにおいては、これまで利用されていた AOS 制御ソフトと同様のインターフェイスを提供し分光観測やメーザを用いた望遠鏡の軸較正観測に利用予定である。

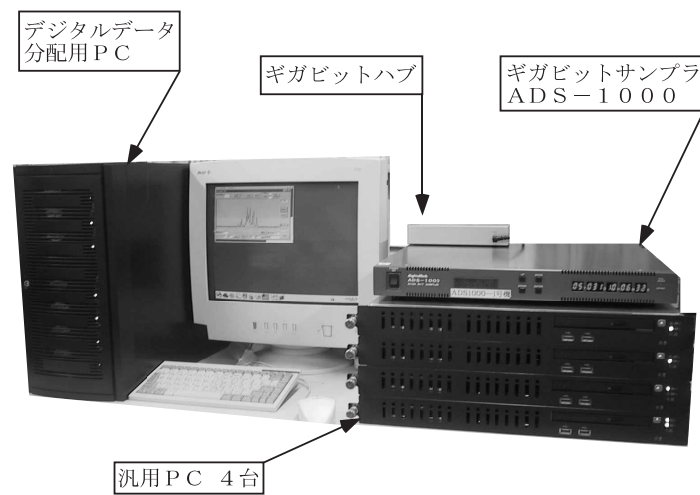


図 42: 高速 AD と汎用 PC を 4 台用いたデジタル分光計。帯域幅 256MHz、周波数分解能 32kHz の分光処理を実時間で行うことができる。

6 今後の計画

6.1 2005 年保守計画

定期保守を行うことで良好な状態が保たれている 34m アンテナであるが、1988 年 3 月の完成から 16 年を経過して老朽化が進んでおり、今後も安定的に運用していくために、2005 年には以下の保守、準備を行うことが望ましい。

- バックストラクチャの補修：主鏡の背面構造部の状況については、4.3 修理・補修で述べたように腐食の進行により支柱に多数の穴が空いている状態である。補修塗装を行うとともに、穴の補修溶接を行い、支柱内部からの腐食を防止して、背面構造部の強度を維持することが必要である。ナットプレートは平成 16 年度の補修工事までで腐食が進行していた部分の交換を完了したので当面交換の必要はなくなった。
- AZ#2 用直流電力増幅器 (DCPA) の交換：DCPA の AZ#2 用は、4.4 発生している不具合現象で述べているように瞬時過電流による動作停止が発生しており、定期保守時の DCPA 本体交換を検討する。
- アンテナ制御・受信機制御 (観測室) 計算機の更新：予備機は用意しているが老朽化しており、またメーカー (アジレント社) によるハードウェアサポートも中止されているため、更新する必要がある。
- 副反射鏡：2004 年は副反射鏡を降ろさずに保守を行ったので、2005 年は地上に降ろして保守を行う。2003 年に地上に降ろした保守時には塗装面の膨張が見られたので状態に注意する必要がある。22GHz 帯フィードホーンの位置変更が 2002 年 12 月に行われたため、副鏡駆動頻度が増加している。5 軸機構の減速器点検は前回、1999 年に実施し 6 年が経過するので点検が必要と考えている。
- 副反射鏡制御装置 (SCU)：SCU は 2001 年に現用機のみを整備しているため予備機が必要である。

6.2 将来システムの検討

6.2.1 国際測地 VLBI 観測の現状

現在、測地および天球基準座標系構築のための国際的な VLBI 共同実験は、IVS (International VLBI Service: 国際 VLBI 事業) の主導のもとに実施されている。IVS が 2000 年に組織されるまでは、各国の研究機関の間、もしくは二国間で結ばれた研究協力をもとに個別の観測プログラムが実施されてきたが、IVS が組織されてからは、観測のスケジューリングが一元化され、より効率的な運用が図られるようになった。2001 年には IVS のもとにワーキンググループが設置され、IVS の提供するべき公式データを定義して、そのために必要な観測形態を検討した結果がレポートとしてまとめられた [10]。そのレポートの中では、IVS の果たすべき役割として ITRF (International Terrestrial Reference Frame)・ICRF (International Celestial Reference Frame) といった基準座標系の構築と維持、および UT1-UTC・極運動・章動といった EOP (Earth Orientation Parameters) の高精度な決定とが挙げられている。また、その上で現在の問題点は、観測頻度が少ないために EOP のデータが連続していないことと、観測を行ってから結果を得るために要する時間が長いことにあるとして、2005 年を目標に複数のネットワークでの観測を切り替えて連続した観測を行うこと、および観測してからデータ処理を行って結果を得るまでの時間を大幅に短縮することを提言している。情報通信研究機構では、IVS の技術開発センターの一つとして、このレポートの目標を達成するために高速ネットワークを利用した e-VLBI の実現、分散処理による相関処理システムの構築、観測帯域の広帯域化を通じた VLBI 観測データの高精度化などの技術開発を実施している。

表 11 に、2004 年初頭に計画された、IVS 主導の国際測地 VLBI24 時間実験の内訳を示す。この表にある実験のほか、UT1-UTC の推定を目的とした Intensive 実験と呼ばれる実験が、Wettzell-Kauai 基線で週 5 回、Tsukuba-Wettzell 基線で週 2 回実施されている。前者の実験は、Mark-5 観測システムが、後者の実験は K4 観測システムと、一部 K5 観測システムと Mark-5 システムによる e-VLBI 実験が導入されている。いずれも、2004 年初頭にはそれぞれ週 4 回と週 1 回の実施に留まっていたが、2004 年中ごろから、それぞれ週 1 回ずつ頻度を増やすことにより、毎日途切れることなく UT1 を国際 VLBI 実験によって推定することが可能となった。Intensive 実験に

おける e-VLBI は、現在、月に 1 回、Wettzell 局で Mark-5 観測システムで記録した観測データをネットワーク経由で国土地理院に伝送し、そこで K5 データフォーマットに変換した後、K5 ソフトウェア関連器によって相関処理を行うことで実施している。今後、データ伝送と相関処理の自動化を進めることで、徐々に e-VLBI 実験の頻度を増加させていくことが予定されている。

表 11: 2004 年初頭に計画された IVS 主導の国際測地 VLBI 24 時間実験の内訳

実験区分	実験コード	実験数	平均参加局数	観測局あたり平均データ量 (GByte)	総データ量 (TByte)
Rapid turnaround EOP (Monday)	IVS-R1	52	6.8	1200	427
TRF, all stations 3-4 times per year	IVS-T2	12	7.8	400	38
EOP, TRF using S2	IVS-E3	12	5.3	600	38
Rapid turnaround EOP (Thursday)	IVS-R4	52	6.9	500	179
CRF, emphasis on south	IVS-CRF	13	2.7	400	14
20 station EOP/TRF/CRF sessions	RDV	6	20.0	1000	120
R&D Gigabit/s investigations	IVS-R&D	10	6.1	3000	183
Regional - Antarctica	IVS-OHIG	6	6.0	300	11
Regional - Europe	EURO	4	8.8	300	11
Regional - Antarctica	SYOWA	4	3.0	300	4
Regional - Asia/Pacific	APSG	2	6.0	300	4
合計		173			1027

また、鹿島 34m 局とつくば 32m 局とが参加する国際測地 VLBI 24 時間実験では、現在、K5 観測システムを使用してデータ記録を行っており、記録した観測データは観測後、ヘイスタック観測所にネットワークを経由して伝送した後、Mark-5 ファイルフォーマットへと変換し、Mark-5 ディスクパックに記録したあと相関局へと輸送され、相関処理が行われている。これは、現在、まだボン相関局（ボン大学）およびワシントン相関局（米国海軍天文台）がまだ高速ネットワークに接続されていないことが原因であるが、近い将来、両相関局とも高速ネットワークに接続するように努力が払われており、直接、相関局にデータ伝送ができるようになる見通しである。IVS-T2 実験は、表 11 にあるとおり、当初は 7 もしくは 8 局が観測に用いられてきたが、相関局が Mark-4 観測システムのオープンリール型データレコーダーから、ハードディスクをベースとした Mark-5 システムへと移行した結果、相関処理効率が飛躍的に向上したため、2004 年 4 月以降、観測局の数を 16 に増加させて実験が行われている。

6.2.2 VLBI2010

前節で述べたように、ごく短期的な IVS の将来展望は IVS Working Group 2 の最終レポートで明確に定義され、そのために必要な技術開発は着実に進みつつあると言える。その一方、鹿島 34m アンテナをはじめ VLBI 観測に使用されるアンテナの多くは老朽化が進みつつあり、S バンドでは通信波による混信が多くの観測局で問題となりはじめるなど、長期的に見れば解決すべき課題は多い。そこで、2010 年ごろの将来を想定して、そのころにあるべき測地・位置天文 VLBI システムに VLBI2010 という名称をつけ、2003 年 9 月に開催された IVS 評議員会において VLBI2010 についての検討を行うワーキンググループを設置することとなった。

VLBI2010 では、単に現在実施している IVS の国際 VLBI 実験を維持したり、性能を向上させたりするだけにとどまらず、2010 年ごろに利用できると予想される技術をフルに活用して、地球物理学や位置天文学における新しいサイエンスを切り拓くようなパラダイムシフトも視野に入れた検討を行う必要があるというのが多くの一致

した認識である。このような新しいサイエンスを打ち出すことができれば、IVSに参加している研究機関の予算状況は年々苦しい状況に陥ることになることは明白であり、VLBI2010の報告書を基にして、各研究機関が新しいプロジェクトの予算要求までできるようなものを目指す必要がある。その意味では、現在日本で進めている VERA 計画のように位相補償を用いた高精度な位置天文観測を取り入れた ICRF の高精度化、もしくは、位相遅延の利用による大幅な測定精度向上、位相合成アレイなどを用いることで同時に複数の視野を観測することのできるシステムの開発、切れ目なく観測を行うために必要な観測・処理の自動化などが検討されることになると考えられる。

VLBI2010 のワーキンググループは、2003 年 9 月に開催された IVS 評議員会において議論された後、情報通信研究機構からの 2 名を含め、16 名のメンバー構成で発足した。各メンバーは、観測の形態や最適な周波数配列から、受信機システム、処理システムなど 7 つの領域のサブグループに分かれ、それぞれのサブグループで具体的な検討が進められている。

2004 年 2 月にカナダ・オタワ市で開催された第三回 IVS 総会では、VLBI2010 についてのセッションが設けられてそこで各サブグループの検討結果が報告され、総会後に VLBI2010 の会合を 1 日スケジュールして、議論が行われた。これらの意見交換を経て、これまでに報告書の草案がまとめられ、2004 年 10 月に情報通信研究機構が主催者となって開催した第 3 回国際 e-VLBI ワークショップの機会を利用して、さらに議論が行われた。情報通信研究機構からの 1 名は、相関器についての検討を取りまとめる議長になっており、現状の相関器の仕様、今後計画されている ALMA、EVLA、SKA などの計画で検討されている相関器の性能のレビューを行いつつ、情報通信研究機構で現在開発を進めているソフトウェア相関器の現状での性能と今後の展望についても取りまとめで、中間報告書を作成した。そのほか、観測システムの議論では、EOP を短時間で高精度かつ高頻度に推定するため、6m から 12m 程度の小口径のアンテナを用いて、1Gbps 以上のデータレートで高感度な VLBI 観測を行うことが想定されている。これらのアンテナは、ITRF を高精度に維持するため、地球上いかなる地点でも GPS による測位精度の劣化が見られる 1000km 以内に必ず VLBI 観測局が存在するように、2000km の間隔で設置される。その結果、総観測局数は 40 局程度になると試算されている。これら、小口径のアンテナは、UT1-UTC を迅速に推定するため、e-VLBI が実施できるよう、高速ネットワーク回線で接続されていることが必須であるとされている。一方、ICRF の観測、および 32GHz 帯や 22GHz 帯などの従来の測地 VLBI 実験で使用されている周波数帯よりも高い周波数における電波源のサーベイや ICRF の観測のため、既存のアンテナを含む大口径アンテナが組み合わされて使用されることが議論されている。

6.2.3 VSI-E : e-VLBI 伝送フォーマットの標準化

Westford 局と鹿島局とを用いた UT1-UTC 推定実験では、相関処理を行うソフトウェアプログラムの速度改良、効率的に分散処理を行うためのソフトウェア開発、および一連の処理の自動化を進めながら、徐々に UT1 推定までに必要な所要時間を短縮することに成功してきた。今後も、データ伝送速度を制限する原因となっている箇所の調査と対策によってデータ伝送速度の向上を図り、さらに処理システムの自動化を進めることで、所要時間を短縮したいと考えており、同様の試験観測を実施していきながらソフトウェアの開発を継続して行く予定である。また、データ伝送フォーマットの標準化が実現できれば、使用する観測システム固有のフォーマット間の変換が不要となると期待されるため、関係する研究者との間で標準化に向けての作業を精力的に進めている。その後、さらに処理速度を高速化し、観測したデータをリアルタイムに伝送して、そのままハードディスクに記録することなく相関処理を行うためのリアルタイム処理システムの開発も進めて行くことにより、観測が終了すると同時に UT1 などの地球姿勢パラメータすべてを推定することができるようになることが最終的な目標である。このためには、広帯域を占める e-VLBI の観測データを、極めて遠距離で高遅延時間の地点間で伝送するため、高度な輻輳制御技術や、ネットワーク上の他のトラフィックを阻害することなく状況に応じて効率的に伝送バンド幅を利用するためのダイナミック制御など、研究用高速インターネットを科学計測研究に応用する上での研究を進めていくことが重要である。また、多数の観測局で同時に観測を行うような、大規模な e-VLBI 実験を実施するため、効率的に計算資源を活用し、観測データを時分割して分散処理させる手法や、マルチキャストによって同一のデータを複数の CPU に伝送して、処理を分散させる手法などの研究開発が必要となると考えられる。こ

のような研究開発を進めていくことで、結果的には e-VLBI だけではなくさまざまな科学的計測や研究開発に研究用高速ネットワークを応用するための技術開発が進むと期待される。

このようなことを背景に、情報通信研究機構では、ヘイスタック観測所などと協力して、VSI-E と名づけられて、e-VLBI のデータ伝送フォーマットの標準化が検討されている。現在想定されている草案では、RTP (Real-time Transport Protocol) を基本構造として、ペイロードと呼ばれるデータ格納領域に VLBI のデータ伝送のフォーマットを定義するという方針で検討が進められている。今後、現在提案されている草案のフォーマットに基づいてデータ伝送を行うサーバー・クライアントプログラムが開発されつつあり、情報通信研究機構では、K5 観測システムのデータを VSI-E へと変換して、リアルタイムにデータ伝送を行うシステムの開発を行うことを目指している。

7 終わりに

宇宙電波応用グループが進めている「宇宙における時空標準基盤技術の研究」は平成 17 年度を持って中期計画期間が終了するが、サブテーマである VLBI による準実時間地球姿勢決定および相対 VLBI による宇宙飛翔体の位置決定技術の確立に関する研究開発は順調に進んでおり、平成 18 年度からの次期 5 年計画では、実際に準実時間地球姿勢決定システムの汎地球規模への展開、および深宇宙探査機の準実時間位置決定へと発展させて行くことを計画している。

深宇宙をターゲットとするためには、深宇宙探査機からの微弱な電波を受けるための集光力の大きな高感度アンテナが必要である。現時点では 34 m アンテナを使用することが一番現実的方法であるが、新アンテナや中口径アンテナ複数基から構成されるアレーアンテナについても検討を開始している。

今後、5～20 年程度の中・長期的将来を見据えると、深宇宙に対する情報通信技術が、国家的にますます重要な位置を占めると考えられる。次期大集光力アンテナが実現すると、深宇宙探査機の軌道決定のみならず、深宇宙に対する通信技術の確立の上でも大きな役割を果たすことになるであろう。情報通信を担う研究所として現在わが国で 3 番目の大きさの大型アンテナを保有し維持する事は、今後の宇宙技術開発において国内外に対し優位性を保つ戦略の上でも、大変重要な意味を持つと考えられる。

幸いなことに平成 16 年度、所の安全対策予算を使用して、アンテナ背面構造部の大規模補修を実施することができた。更にアンテナ制御心臓部分の予備品調達も実施できた。こうした補修や予備品の調達により、今後数年のスパンでは 34 m アンテナの維持および安定運用が実現できそうである。

参考文献

- [1] <http://cddis.gsfc.nasa.gov/ftpgpsstruct.html>
- [2] <http://igscb.jpl.nasa.gov/components/data.html>
- [3] <http://www.gsi.go.jp/>
- [4] <http://www.scign.org/>
- [5] <http://www.radiometrics.com/>
- [6] <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/Rinex2.html>
- [7] 小山他、高度精密測位システムの構築について、2001 年地球惑星科学関連合同学会、2001
- [8] 小山他、高度精密測位システムのデータ解析サーバー試験運用結果、2002 年地球惑星科学関連合同学会、2002
- [9] 小山他、高度精密測位システムデータ解析サーバーの機能拡張、第 102 回日本測地学会講演会、2004
- [10] Schuh, H., C. Patrick, H. Hase, E. Himwich, K. Kingham, C. Klatt, C. Ma, Z. Malkin, A. Niell, A. Nothnagel, W. Schlüter, K. Takashima, and N. Vandenberg (2002), Final Report, IVS Working Group 2 for Product Specification and Observing Program, in 2001 Annual Report, International VLBI Service for Geodesy and Astrometry, by N. R. Vandenberg and K. D. Baver (eds.), NASA/TP-2002-00817-0, pp. 13-45.

A 気象情報の入手法

気象情報は必要とする時にはアクセスが集中して接続しにくい傾向があるので、ホームページを経由せずに直接見られるように必要なページもブックマーク等に登録しておくが良い。マスメディア系はアクセス集中時でも比較的接続しやすい。

A.1 雨・台風情報

雨・台風については以下が参考になる。

- (1) メッシュ天気予報 <http://weather.cafesta.com/>
レーダーアメダス実況 関東地方
<http://www.weather.cafesta.com/re-ame/html/kanto00.html>
レーダーアメダスによる雨の現況、短時間予想が見やすい。
- (2) ワンクリック気象情報 <http://tenki.jp/>
レーダ 関東・中部地方 <http://tenki.jp/rdr/r3.html>
レーダによる雨の現況が分かる。
- (3) ダブルラインワールド <http://www.wline.co.jp/>
今日の天気 of ツボ <http://www.wline.co.jp/chart/tubo.html>
天気のツボによる予報概況が分かりやすい。
- (4) 国際気象海洋株式会社 <http://www.imoc.co.jp/>
レーダーアメダス合成値 日本 <http://www.imoc.co.jp/rdam/rd0.jp.htm>
全国地図でレーダーアメダスによる降雨状況が分かりやすい
台風予想進路図（気象庁発表） <http://www.imoc.co.jp/typ.htm>
台風の経路、進路予想が見やすい。画像が少ないためアクセスが早い。
- (5) 国土交通省（川の防災情報） <http://www.river.go.jp/>
全国レーダ雨量
<http://www.river.go.jp/jsp/mapFrame/MapC500.jsp?longitude=138.00.00&latitude=37.20.00&scale=0>
鹿島から西方のレーダ雨量
<http://www.river.go.jp/jsp/mapFrame/MapC100.jsp?longitude=140.07.00&latitude=35.48.00&time=&position=C100&scale=2>
- (6) TBS Weather Guide <http://www.tbs.co.jp/weather/>
TBS Weather Guide 降雨予報
http://www.tbs.co.jp/weather/r_ame3_c-2j.html
- (7) 防災情報提供センター <http://www.bosaijoho.go.jp/radar.html>
リアルタイム雨量

A.2 雷情報

雷の予想、現況については以下が参考になる。

- (1) 雷情報 今日・明日 (情報提供 Weather Service)
<http://www.weather-service.co.jp/Public/cts0004/weather/kaminari/thunder0.html>
全国地図上で今日・明日の雷発生の恐れが表示され傾向が分かりやすい。
- (2) メッシュ天気予報 (情報提供 Weather Service) <http://weather.cafesta.com/>
雨量・雷観測情報 (情報提供 東京電力)

<http://www0.thunder.ne.jp/cgi-bin/main.cgi?area=4&type=4&zoom=4>

落雷情報は3分で自動更新される。

(3) Weather Line (情報提供 Weather Line) <http://www.wline.co.jp/>

雨と雷のようす (情報提供 東京電力) <http://www.wline.co.jp/thunder/thunder.html>

雷雲、落雷が1ページにあり一覧できる。

(4) ダブルラインワールド <http://www.wline.co.jp/>

雨と雷のようす <http://www.wline.co.jp/thunder/thunder.html>

雷発生場所が表示されている。

B S/X 帯軸較正用電波源

S/X 帯の軸較正観測に使用している電波源リストを Field System の取扱書から抜粋して表 12 に示す。

表 12: S/X 帯の軸較正観測に使用する電波源

Northern Sources										
Source and letter code		Position (1950.0)						Total Flux Densities		
								S-Band	X-Band	
a	3C84	03 16 29.54	+41 19 51.7	< 1"				40	50–60	VAR
b	3C123	04 33 55.2	+29 34 14.	20"				32.9	10.1	
c	0521–365	05 21 13.2	–36 30 19.	15"				13.5	5.5	
d	Taurus A	05 31 31.	+21 59 00.	3' × 5'				815	552	
e	Orion A	05 32 49.	–05 25 15.	4'				440	340	
f	3C147	05 38 43.52	+49 49 42.4	< 1"				15.6	4.9	
g	3C161	06 24 43.2	–05 51 12.	< 3"				13.1	4.0	
h	3C218	09 15 41.2	–11 53 05.	200"				27.7	8.4	
i	3C273	12 26 33.25	+02 19 43.5	< 20"				30	30–40	VAR
j	Virgo A	12 28 17.57	+12 40 02.0	Core/Halo				141	46	
k	3C279	12 53 35.83	–05 31 07.9	< 1"				10	10	VAR
l	3C286	13 28 49.66	+30 45 58.7	< 1"				11.6	5.2	
m	3C295	14 09 33.5	+52 26 13.	4"				14.4	3.4	
n	3C345	16 41 17.64	+39 54 11.0	< 1"				5–10	10	VAR
o	3C348	16 48 40.0	+05 04 35.	115"				27.0	6.8	
p	3C353	17 17 53.3	–00 55 50.	150"				39.9	13.6	
q	3C380	18 28 13.47	+48 42 41.0	< 1"				11.	5.2	
r	3C391	18 46 48.5	–00 58 58.	4.5'				16.	7.5	
s	1921–293	19 21 42.18	–29 20 24.9	< 1"					5–10	VAR
t	Cyg A	19 57 44.4	+40 35 46.	115"				966	190	
u	2134+004	21 34 05.23	+00 28 25.0	< 1"				6	10–13	VAR
v	3C454.3	22 51 29.53	+15 52 54.2	< 1"				10–15	10–20	VAR
w	Cas A ⁺	23 21 09.	+58 32 30.	3'				1510 ⁺	528 ⁺	

VAR The flux density of these sources varies with time. The value given is a rough average.

* Sources larger than about 0.1 times the half-power beamwidth will be partially resolved, and their apparent peak flux densities will be less than the values in this table. Centroid positions will be nearly unaffected for these sources.

⁺ The flux density of Cas A is slowly decreasing. The values given here are for 1984.0. The S-Band flux density is decreasing by 0.86% per year, and the X-Band flux density is decreasing by 0.69% per year. The S-Band flux density was revised from 1397 to 1510 Jy as of September 1, 1993.

(Field System Documentation Antenna Performance より抜粋)

C 宇宙電波応用グループ成果論文（発表）リスト（2004年1月－12月）

原著論文

近藤哲朗, VLBI 測地技術の開発とプレート運動の実証, 測地学会誌, 第 50 巻, 第 4 号, pp.245–262, 2004.

Aonashi, K., T. Iwabuchi, Y. Shoji, R. Ohtani, and **R. Ichikawa**, Statistical study on precipitable water content variations observed with ground-based microwave radiometers, *J. Met. Soc. Japan, Vol.82, No.1B*, pp.269–275, 2004.

Fey, A. L., R. Ojha, D. L. Jauncey, K. J. Johnston, J. E. Reynolds, J. E. J. Lovell, A. K. Tzioumis, J. F. H. Quick, G. D. Nicolson, S. P. Ellingsen, P. M. McCulloch, and **Y. Koyama**, Accurate astrometry of 22 southern hemisphere radio sources, *Astron. J., Vol.127*, pp.1791–1795, 2004.

Ilyasov, Y. P., M. Imae, Y. Hanado, V. V. Oreshko, V. A. Potapov, A. E. Rodin, and **M. Sekido**, Two-frequency timing of the pulsar B1937+21 in Kalyazin and Kashima in 1997-002, *Astronomy Letters, Vol. 31, No. 1*, pp.30–36, 2005.

Kikuchi, F., Y. Kouno, M. Yoshikawa, **M. Sekido**, M. Ohnishi, Y. Murata, P. Jinsong, L. Qinghui, K. Matsumoto, K. Asari, S. Murata, H. Hanada, and N. Kawano, VLBI observation of narrow bandwidth signals from the spacecraft, *Earth Planets Space, Vol. 56*, pp.1041–1047, 2004.

Koyama, Y., Real-time and near-real-time very long baseline interferometry for monitoring motion of the observing sites, flux density variation of radio sources, and variation of earth orientation parameters, 学位論文、総研大, 2003 年度.

Shoji, Y., H. Nakamura, T. Iwabuchi, K. Aonashi, H. Seko, K. Mishima, A. Itagaki, **R. Ichikawa**, and R. Ohtani, Tsukuba GPS dense net campaign observation: improvement in GPS analysis of slant path delay by stacking one-way postfit phase residuals, *J. Met. Soc. Japan, Vol.82, No.1B*, pp.301–314, 2004.

口頭発表・収録論文等

イシツカ イバ ホセ カナメ (Ishitsuka Iba Jose Kaname), 近藤 哲朗, 小山 泰弘, ビダル サフォル エリック デニス (Vidal Safor Erick Dennis), ペルーの 3 2 m アンテナを電波望遠鏡に改造, 2004 年度 VLBI 懇談会シンポジウム, 2004/12/23

市川 隆一, 関戸 衛, 大崎 裕生, 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 吉川 真, VLBI 観測による宇宙飛翔体軌道決定手法の開発を目的とする「はやぶさ」観測, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 2004/05/10

市川 隆一, 関戸 衛, 大崎 裕生, 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 大西 隆史, 吉川 真, e-VLBI による宇宙飛翔体の準リアルタイム位置決定, GEMnet2 研究シンポジウム, 2004/7/6

市川 隆一, 近藤 哲朗, 長谷川 晃朗, 高橋 富士信, 大崎 裕生, E. Vari, P. Samisoni, D. A. Phillips, M. Bevis, 衛星回線を用いた宇宙測地データの TCP/IP 伝送実験-序報-, 日本測地学会第 102 回講演会, 2004/10/27

市川 隆一, 関戸 衛, 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 望月 奈々子, 村田 泰宏, 吉川 真, 加藤 隆二, 市川 勉, 大西 隆史, ISAS/JAXA 内之浦 3 4 m アンテナ局における初 VLBI 観測, 日本測地学会第 102 回講演会, 2004/10/27

市川 隆一, 関戸 衛, 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 「はやぶさ」相対 VLBI 観測での大気遅延相殺効果, 「VLBI 技術による宇宙研究」研究会, 2004/12/1

市川 隆一, 関戸 衛, 竹内 央, 木村 守孝, 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 飛翔体相対 VLBI グループ, 高精度軌道決定を目的とした VLBI 観測研究の現況, 2004 年度 VLBI 懇談会シンポジウム, 2004/12/22

岩田 隆弘, 森岡 昭, 小野 高幸, 徳丸 宗利, 近藤 哲朗, 河野 宣之, 松藤 幸男, 月裏側低周波電波観測のための実証ミッション計画, 第 48 回宇宙科学技術連合講演会, 2004/11/04

大坪 俊通, 久保岡 俊宏, 後藤 忠広, 市川 隆一, レーザ測距データによる大気荷重変形の検出 (4) 実解析における取り扱い-Single of atmospheric pressure loading in satellite laser ranging data(4)how to cope with it in the real world-, 日本測地学会第 102 回講演会, 2004/10/28

川合 栄治, 新型フィルタによる周波数有効利用, CRL NEWS, 2004/03/01

木村 守孝, 中島 潤一, 近藤 哲朗, 竹内 央, 汎用 PC による 2Gbps-VLBI システム～アプリケーション開発～, 日本天文学会 2004 年春季年会, 2004/03/22

木村 守孝, 中島 潤一, 近藤 哲朗, 竹内 央, 10Gbps を目指した次世代 PC-VLBI 構想, VLBI 次世代関連器ワークショップ, 2004/08/09

木村 守孝, 中島 潤一, 近藤 哲朗, 竹内 央, 汎用 PC による 2Gbps VLBI システム -現状と今後-, 日本天文学会 2004 年秋季年会, 2004/09/22

木村 守孝, 中島 潤一, 近藤 哲朗, 竹内 央, 実用型多基線ソフトウェア関連器, 2004 年度 VLBI 懇談会シンポジウム, 2004/12/22

久保木 裕充, 中島 潤一, 木村 守孝, 米沢 郁人, 春日 隆, 坪井 昌人, 超小型 VLBI 電波望遠鏡 CARAVAN の開発 (2), 日本天文学会 2004 年春季年会, 2004/03/23

- 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 大崎 裕生, 平原 正樹, David Lapsley, Kevin Dudevoir, I V S 国際 V L B I 実験における観測データのネットワーク伝送, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 2004/05/11
- 小山 泰弘, 宇宙飛翔体の実時間高精度位置測定に向けた e-V L B I 技術の研究開発, 計測自動制御学会リモートセンシング部会研究会, 2004/06/24
- 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 竹内 央, David Lapsley, Kevin Dudevoir, Alan Whitney, e-VLBI による地球姿勢の準リアルタイム計測, GEMnet2 Symposium 2004, 2004/07/06
- 小山 泰弘, K 5 システム, V L B I 次世代相関器ワークショップ, 2004/08/09
- 小山 泰弘, 国際測地 V L B I, V L B I 次世代相関器ワークショップ, 2004/08/09
- 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 竹内 央, 平原 正樹, e-VLBI : 研究用高速インターネットを利用した科学的应用研究, SCAT TECHNICAL JOURNAL, TELECOM FRONTIER, No.44 2004 SUMMER, pp.11-19, 2004.
- 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 竹内 央, 平原 正樹, 高島 和宏, David Lapsley, e-VLBI による UT1 の即時推定-Rapid turn around UT1 estimation with e-VLBI-, 日本測地学会第 102 回講演会, 2004/10/27
- 小山 泰弘, 市川 隆一, 神崎 政之, 熊 敏, 高度精密測位システムデータ解析サーバーの機能拡張-Improvements of the APPS Data Analysis Server-, 日本測地学会第 102 回講演会, 2004/10/27
- 小山 泰弘, 市川 隆一, 近藤 哲朗, 久保木 裕充, 望月 奈々子, 村田 泰宏, 内之浦 34m 局測地 VLBI 実験, 「VLBI 技術による宇宙研究」研究会, 2004/11/30
- 小山 泰弘, 平原 正樹, 近藤 哲朗, 竹内 央, 木村 守孝, グローバルなリアルタイム V L B I システムの実現に向けて, 第 2 回 Big Science & High Performance Network Workshop, 2004/12/08
- 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 木村 守孝, 竹内 央, 平原 正樹, 国際測地 V L B I における e-V L B I の現状と展望, 2004 年度 VLBI 懇談会シンポジウム, 2004/12/24
- 近藤 哲朗, 市川 隆一, 関戸 衛, 大崎 裕生, 小山 泰弘, V L B I による宇宙飛翔体の位置決定, 惑星電磁圏・大気圏研究会, 2004/03/11
- 近藤 哲朗, 竹内 央, 小山 泰弘, 大崎 裕生, 測地 V L B I 用ソフト相関器の現状（その 2）, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 2004/05/10
- 近藤 哲朗, ソフト相関器, V L B I 次世代相関器ワークショップ, 2004/08/09
- 近藤 哲朗, 河野 宣之, 松本 甲太郎, 岩田 隆浩, 井上 允, 徳丸 宗利, 月面低周波電波観測計画-A plan for Radio Astronomical Observations at Low Frequencies on the Moon-, 第 116 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 2004/09/28
- 近藤 哲朗, 小山 泰弘, 竹内 央, K 5/V S S P 実時間 V L B I システムの現状-Current Status of the K5/Vssp Real Time VLBI System-, 日本測地学会第 102 回講演会, 2004/10/29
- 近藤 哲朗, 小山 泰弘, 竹内 央, K 5/V S S P ソフトウェア群の現状報告, 「V L B I 技術による宇宙研究」研究会, 2004/11/30
- 近藤 哲朗, 機関報告「情報通信研究機構」, 2004 年度 VLBI 懇談会シンポジウム, 2004/12/22
- 関戸 衛, 市川 隆一, 大崎 裕生, 近藤 哲朗, 小山 泰弘, 吉川 真, VLBI を使った飛翔体位置計測観測-火星探査機 NOZOMI の VLBI 観測データ解析-Astrometric VLBI observation for spacecraft-VLBI Data analysis of Mars Explorer NOZOMI-, 第 48 回宇宙科学技術連合講演会, 2004/11/04
- 関戸 衛, 市川 隆一, 大崎 裕生, 近藤 哲朗, 小山 泰弘, 吉川 真, 位相遅延量を使った飛翔体の VLBI 位置計測-Astometry Observation of Spacecraft with Phase delay-, 日本測地学会第 102 回講演会, 2004/10/27
- 関戸 衛, 市川 隆一, 大崎 裕生, 近藤 哲朗, 吉川 真, 大西 隆史, VLBI 位相遅延を使った飛翔体の位置計測観測, 「VLBI 技術による宇宙研究」研究会, 2004/11/30
- 関戸 衛, 市川 隆一, 近藤 哲朗, 吉川 真, 加藤 隆二, 村田 泰宏, 位相遅延量を使った飛翔体の相対 VLBI 観測一位相接続についての検討-, 2004 年度 VLBI 懇談会シンポジウム, 2004/12/22
- 関戸 衛, 市川 隆一, 近藤 哲朗, 吉川 真, 加藤 隆二, 村田 泰弘, 望月 奈々子, 飛翔体の VLBI 観測一相関処理手法について-, 第 5 回宇宙科学シンポジウム, 2005/01/06
- 関戸 衛, 福島 登志夫, 銀河系天体を観測する際の有限距離効果について, VERA による測地・地球物理研究のワークショップ, 2005/01/19
- 竹内 央, 近藤 哲朗, 小山 泰弘, 中島 潤一, 分散型 VLBI ソフトウェア相関処理システムの開発, 日本天文学会 2004 年春季年会, 2004/03/23
- 竹内 央, 近藤 哲朗, 小山 泰弘, 分散型 VLBI 相関処理システムの開発, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 2004/05/11
- 竹内 央, インターネット網に直接接続する次世代型超高速 A/D コンバータ装置の設計, 所内談話会（平成 15 年度理事長ファンダ報告会その 2）, 2004/07/15
- 竹内 央, 相関ネットワーク分散処理 V L B I @ h o m e, V L B I 次世代相関器ワークショップ, 2004/08/09
- 竹内 央, 木村 守孝, 中島 潤一, 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 電波天文用ソフトウェア BBC システムの開発, 日本天文学会, 2004/09/22

- 竹内 央, 木村 守孝, 小山 泰弘, 近藤 哲朗, 飛翔体位置決定相対 VLBI 用 Software Baseband Converter の開発, 「VLBI 技術による宇宙研究」研究会, 2004/12/1
- 土屋 史紀, 三澤 浩昭, 渡邊 拓男, 野村 詩穂, 今井 浩太, 森岡 昭, 近藤 哲朗, 飯館惑星電波望遠鏡による木星シンクロトロン電波観測 (2): 3 2 5 MHz での観測手法の確立と初期解析結果, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 2004/05/11
- 中島 潤一, 小山 泰弘, 木下 重博, 世界で一番小さい電波望遠鏡 (実験教育用望遠鏡セット), 日本天文学会 2004 年春季年会, 2004/03/23
- 中島 潤一, 木村 守孝, 小山 泰弘, 竹内 央, 近藤 哲朗, K5, インターネット接続による VLBI 観測システムの完成と発展, 日本天文学会 2004 年春季年会, 2004/03/23
- 中島 潤一, 木村 守孝, 野口 亘, ギガビット級 AD と Linux-HDD データレコーダシステム, 第 51 回応用物理学関係連合講演会 2004/03/29
- 中島 潤一, 汎用科学インターフェース V S I と国際転送に関する研究 Development of High-speed Versatile Scientific Interface (VSI) and International Data Exchange, N I C T 第 1 回研究発表会, 2004/06/03
- 花土 ゆう子, 中川 史丸, 関戸 衛, 今江 理人, Yu.P.Ilyasov, V.V.Oreshko, 日露共同観測による PSR1937+21 の 2 周波観測結果, 日本天文学会 2004 年秋季年会, 2004/09/21
- ビダル サフォル エリック デニス (Vidal Safor Erick Dennis), イシツカ イバ ホセ カナメ (Ishitsuka Iba Jose Kaname), 小山 泰弘, Application of Field System-FS9 in Radio Astronomy in Peru, 2004 年度 VLBI 懇談会シンポジウム, 2004/12/23
- 三澤 浩昭, 土屋 史紀, 野村 詩穂, 森岡 昭, 渡邊 拓男, 三好 由純, 近藤 哲朗, 3 2 5 ~ 2 3 0 0 MHz における木星シンクロトロン放射電波の観測 (Multi-frequency observation of Jupiter's synchrotron radiation from 325 to 2300MHz), 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 2004/05/10
- Fey, A. L., R. Ojha, D. L. Jauncey, K. J. Johnston, J. E. Reynolds, J. E. J. Lovell, A. K. Tzioumis, J. F. H. Quick, G. D. Nicolson, S. P. Ellingsen, P. M. McCulloch, and Y. Koyama, VLBI astrometry of 22 southern hemisphere radio sources, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.356–360, 2004.
- Hase, H., B. Corey, Y. Koyama, D. Shaffer, B. Petrachenko, and W. Schlüter, Preliminary results of the VLBI2010 subgroup “RF/IF, Frequency and Time”, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.65–69, 2004.
- Hirabaru, M., D. Lapsley, and Y. Koyama, e-VLBI update and E2E performance, *18th APAN Conference 2004*, July 2004.
- Hirabaru, M., Y. Koyama, and T. Kondo, e-VLBI and end-to-end performance, *APII Workshop 2004*, 2004/10/29
- Hobiger, T., T. Kondo, and H. Schuh, How VLBI can contribute to ionospheric research, *2004 AGU FALL MEETING*, Dec. 2004.
- Ichikawa, R., M. Sekido, H. Ohsaki, Y. Koyama, and T. Kondo, Analysis center at Communications Research Center, *IVS 2003 Annual Report, NASA/TP-2004-212254*, pp.172–175, 2004.
- Ichikawa, R., M. Sekido, H. Ohsaki, Y. Koyama, T. Kondo, T. Ohnishi, M. Yoshikawa, W. Cannon, A. Novikov, M. Bérubé, and NOZOMI DVLBI Group, An evaluation of VLBI observations for the deep space tracking of the interplanetary spacecrafts, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.253–257, 2004.
- Ichikawa, R., A. Hasegawa, H. Osaki, T. Kondo, F. Takahashi, E. Vari, P. Samisoni, D. A. Phillips, and M. Bevis, Feasibility Study of Satellite Data Transmission for Space Geodesy through the TCP/IP link in the South Pacific, *WPGM 2004*, Aug. 2004.
- Ichikawa, R., A. Hasegawa, H. Osaki, T. Kondo, F. Takahashi, E. Vari, P. Samisoni, D. A. Phillips, and M. Bevis, Throughput Test of Satellite Data Transmission for Space Geodesy using the TCP/IP link in the South Pacific, *3rd e-VLBI Workshop at Makuhari*, Oct. 2004.
- Ichikawa, R., H. Seko, and M. Bevis, An Evaluation of Positioning Error Estimated by the Mesoscale Non-Hydrostatic Model, *SPIE2004*, Nov. 2004.
- Jauncey, D. L., J.E.J. Lovell, R. Ojha, A. L. Fey, Y. Koyama, H. E. Bignall, L. Kedziora-Chudczer, J.-P. Macquart, B. J. Rickett, O. Titov, and A. K. Tzioumis, The impact of interstellar scintillation on astrometric VLBI, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.109–112, 2004.
- Kimura, M., J. Nakajima, T. Kondo, and H. Takeuchi, High Performance PC Based Gigabit VLBI System, *3rd e-VLBI Workshop*, Oct. 2004.
- Kondo, T., Technology development center at CRL, *IVS 2003 Annual Report, NASA/TP-2004-212254*, pp.232–235, 2004.
- Kondo, T., M. Kimura, Y. Koyama, and H. Osaki, Current status of software correlators developed at Kashima Space Research Center, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.186–190, 2004.
- Kondo, T., Y. Koyama, H. Takeuchi, and M. Kimura, Current status of K5 software, *3rd e-VLBI Workshop*, Oct. 2004.

- Kondo, T., Y. Koyama, H. Takeuchi**, M. Hirabaru, K. Takashima, D. Lapsley, and A. Whitney, Near real-time UT1 measurement by using e-VLBI technique, *2004 AGU FALL MEETING*, Dec. 2004.
- Koyama, Y.**, Kashima and Koganei 11-m VLBI stations, *IVS 2003 Annual Report, NASA/TP-2004-212254*, pp.51–54, 2004.
- Koyama, Y.**, Data center at Communications Research Laboratory, *IVS 2003 Annual Report, NASA/TP-2004-212254*, pp.147–150, 2004.
- Koyama, Y., T. Kondo**, W. T. Petrachenko, H. Hinteregger, and A. R. Whitney, Correlators in 2010 and beyond, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.90–94, 2004.
- Koyama, Y., T. Kondo, H. Osaki**, M. Hirabaru, K. Takashima, K. Sorai, H. Takaba, K. Fujisawa, D. Lapsley, K. Dudevoir, and A. Whitney, Geodetic VLBI experiments with the K5 system, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.220–224, 2004.
- Koyama, Y., T. Kondo, M. Kimura**, and **H. Takeuchi**, K5 system : hardware and software developments, *e-VLBI meeting*, May 2004.
- Lapsley, D., M. Hirabaru, **Y. Koyama**, and A. Whitney, e-VLBI over TransPAC, *17th APAN Meetings*, Jan. 2004.
- Nakajima, J., E. Kawai, H. Takeuchi, H. Osaki**, and **H. Kuboki**, Kashima 34m radio telescope, *IVS 2003 Annual Report, NASA/TP-2004-212254*, pp.47–50, 2004.
- Otsubo T., T. Kubooka, T. Gotoh, and **R. Ichikawa**, Atmospheric blue-sky effects on SLR station coordinates, *14th International Laser Ranging Workshop*, June 2004.
- Otsubo T., T. Kubooka, T. Gotoh, and **R. Ichikawa**, Atmospheric loading blue-sky effects on SLR station coordinates, *2004 AGU Fall Meeting*, Dec. 2004.
- Sekido, M.** and **Y. Koyama**, Kashima VLBI correlators, *IVS 2003 Annual Report, NASA/TP-2004-212254*, pp.132–135, 2004.
- Sekido, M., R. Ichikawa, H. Osaki, T. Kondo, Y. Koyama**, M. Yoshikawa, T. Ohnishi, W. Cannon, A. Novikov, M. Bérubé, and NOZOMI DVLBI Group, VLBI observation for spacecraft navigation (NOZOMI) –Data processing and analysis status report–, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.258–262, 2004.
- Sekido, M., T. Kondo, E. Kawai**, and M. Imae, Evaluation of global ionosphere TEC by comparison with VLBI data, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.427–436, 2004.
- Sekido, M., R. Ichikawa, H. Osaki, T. Kondo, Y. Koyama**, and M. Yoshikawa, Astrometry observation of spacecraft with very long baseline interferometry – A step of VLBI application for spacecraft navigation –, *URSI Commission F Triennium Open Symposium*, June 2004.
- Sekido, M., R. Ichikawa, H. Osaki, T. Kondo, Y. Koyama**, and M. Yoshikawa, Astrometric VLBI observation of spacecraft with phase delay, *Asia-Pacific Radio Science Conference 2004*, Aug. 2004.
- Sekido, M., R. Ichikawa, H. Osaki, T. Kondo, Y. Koyama**, and M. Yoshikawa, Astrometric VLBI observation of spacecraft with phase delay, *3rd e-VLBI Workshop at Makuhari*, Oct. 2004.
- Takeuchi, H., T. Kondo, Y. Koyama**, and **J. Nakajima**, VLBI@home – VLBI correlator by GRID computing system, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.200–204, 2004.
- Takeuchi, H., T. Kondo, Y. Koyama, J. Nakajima, R. Ichikawa**, and **M. Sekido**, A GRID computing VLBI system for real-time monitoring of the Earth Orientation Parameters, *European Geosciences Union (EGU)*, 2004/04/28
- Takeuchi, H.**, Development of software baseband converter, *IVS NICT-TDC News, No.24*, pp.9–10, July 2004.
- Tuccari, G., A. Whitney, H. Hinteregger, **Y. Koyama**, and **T. Kondo**, Backend systems – Perspectives in 2010, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.80–84, 2004.
- Whitney, A., H. Hinteregger, **T. Kondo**, and **Y. Koyama**, Data acquisition and transport – Looking 2010 and beyond, *IVS 2004 General Meeting Proceedings*, pp.85–89, 2004.

報道発表

高速インターネットを利用し地球姿勢計測の速報化に成功, 2004/09/01

JAXA 共同で内之浦 34m アンテナを使用した初 VLBI 観測に成功, 2004/09/22

鹿島 34m アンテナ 2004 年 年次報告書

2005 年 1 月 31 日発行

発行 独立行政法人 情報通信研究機構

電磁波計測部門 宇宙電波応用グループ

執筆 川合栄治, 竹内 央, 久保木裕充, 小山泰弘
中島潤一, 市川隆一, 関戸 衛, 近藤哲朗
西田和史

URL <http://www2.nict.go.jp/ka/radioastro/>