

研 究

3.2.5 自動監視システム

岩田 隆浩*1 高橋 幸雄*1 栗原 則幸*1 高羽 浩*1
 小山 泰弘*1 日置 幸介*2 金子 明弘*3

(1995年10月16日 受理)

3.2.5 AUTOMATIC MONITORING SYSTEM

By

Takahiro IWATA, Yukio TAKAHASHI, Noriyuki KURIHARA, Hiroshi TAKABA,
 Yasuhiro KOYAMA, Kosuke HEKI, and Akihiro KANEKO

The automatic monitoring system at each KSP observation station monitors the status and the error messages of each machine, effectuating fully reliable automatic VLBI operation with just one operator at the central station. The system also acquires data used in VLBI data analysis processing and checking the system. It regularly acquires data from weather stations, time interval counters, hydrogen masers, etc. by background processing, and writes in log-files for all data every minute. It acquires IF-band signal data and video data from monitor cameras on command. The information and data are transmitted to the Koganei VLBI Central Station using the KSP wide-area computer network. Warning messages from the system alert the operator to unusual statuses of the machines or other extraordinary conditions.

[キーワード] 宇宙測地, VLBI, データ取得.

Space geodesy, VLBI, Data acquisition.

1. はじめに

VLBI (超長基線電波干渉計) は最も高精度な宇宙測地技術の一つであるが、従来の観測方式は観測・データ処理に多くの人員・労力を要し、定常的な観測手段として適切とはいえなかった。通信総合研究所が開始した「宇宙技術による首都圏広域地殻変動観測」計画 (以下、KSP= Key Stone Project) では、首都圏で想定される直下型地震の前兆現象を検出することを目的としていることから、定常的な観測が必要である。とりわけ、一部に故障や不具合が発生した場合でも観測の中断が生じないような高い信頼性が要求され、その一方で、可能な限り運用の自動化を図り無人での観測形態とすることが要請される。これらの要請を実現するため、我々は観測制御⁽¹⁾・自動監視・集中制御⁽²⁾の各システムから構成される、自動運用システムを開発した。

自動監視システムは、VLBI 観測機器の動作およびステータスを常時監視するとともに、VLBI データの基線解析⁽³⁾に必要な気象データ等の基礎データを収集する機能を有している。本システムは、測定データ・機器ステータス・アラーム等の情報を取得し、記録するとともに、これらを KSP 広域計算機ネットワークを通じて VLBI 中央局に通知し、オペレータによる各局一括の機器状態・観測状況のモニタならびにデータ解析のために提供する。以下の各章では、本システムの構成ならびに各機能について述べる。

2. システム

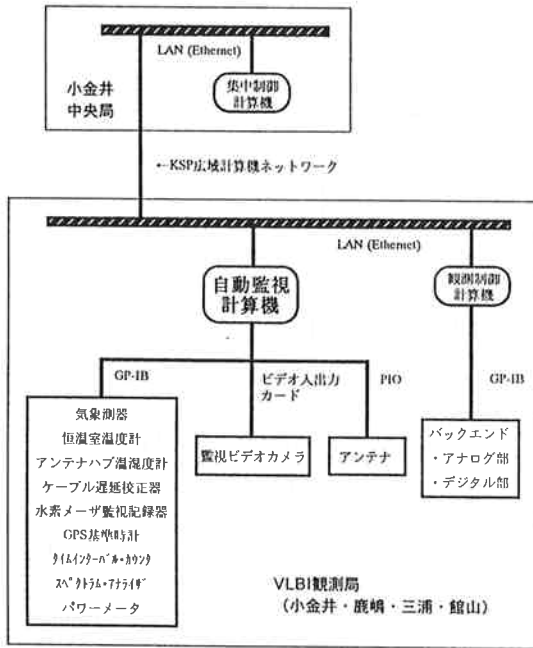
2.1 ハードウェア

自動監視システムは、自動監視計算機とその周辺機器より構成され、首都圏4カ所の各 VLBI 観測局 (小金井、鹿嶋、三浦、館山) に配置される。計算機にはワークステーション EWS-4800/330 を用い、周辺機器としては、カラーディスプレイ、8 mmCGMT、および無停電電源装置を用いている。

*1 関東支所 宇宙電波応用研究室

*2 国立天文台 水沢観測センター

*3 標準計測部 時空技術研究室



第1図 自動監視計算機と各測定機器、ネットワーク、観測制御・集中制御計算機との接続系統概念図。

自動監視システムは、各測定器との接続によって測定データ・機器ステータス・アラーム等の情報を取得する。第1図に、自動監視計算機と各測定機器との接続系統概念図を示す。同計算機はGP-IB (IEEE-488)を通じて、気象測器、恒温室温度計、観測室温湿度計、アンテナハブ温湿度計、ケーブル遅延校正器、水素メーザ監視記録器、GPS基準時計、タイムインターバル・カウンタ、スペクトラム・アナライザ、およびパワーメータから、各々の測定データを取得する。また、パラレル入力インタフェース (PIO) を使用して、アンテナ・受信系の異常を検知する。さらに、ビデオ入出力カードを使用して、監視ビデオカメラの画像データを取得する。自動監視計算機が取得する各データの測定機器と測定項目および取得方法については、第1表にまとめられる。

自動監視計算機は、計算機ネットワークを通じて観測制御計算機や集中制御計算機との通信を行う。自動監視計算機は、観測制御計算機と共に、各観測局内でEthernet (IEEE-802.3) によるローカルエリア・ネットワーク (LAN) に接続されている。さらにこれらの計算機は、各観測局のLAN間接続で構成されるKSP専用の広域計算機ネットワークによって、小金井中央局または鹿嶋副中央局の集中制御計算機に接続されている。ネットワ

第1表 自動監視システムにおいて取得されるデータ

測定装置	ファイル識別子	測定項目
[定期的に取得されてログに記録されるデータ]		
気象測器	wx	温度、湿度、気圧、風向、瞬間風速、平均風速
恒温室温度計	ht	恒温室温度
観測室温湿度計	rt	観測室温度、観測室湿度
アンテナハブ温湿度計	at	アンテナハブ温度、アンテナハブ湿度
ケーブル遅延校正器	ca	ケーブル遅延
水素メーザ監視記録器	hm	発振レベル、イオンポンプ電流1・2、VCXO制御電圧
GPS基準時計	td	入力インタフェース1秒信号対GPS時刻比較
タイムインターバル・カウンタ	ph	水素メーザ1秒信号対GPS位相比較
[コマンド発行に従って取得されるデータ]		
スペクトラム・アナライザ	sa	IF信号
ビデオカメラ	xwd	監視カメラ画像

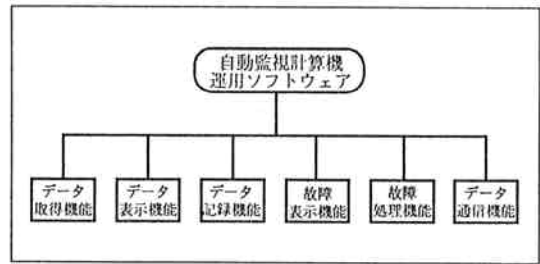
ーク上のプロトコルにはTCP/IPを採用し、ネットワーク全体の管理プロトコルにはシンプルネットワークマネージメント・プロトコル(SNMP)を使用し、ネットワークの全体管理は集中制御計算機で行う。また自動監視計算機は、モデムを介してデータ通信用の電話回線に接続され、広域計算機ネットワークの障害時の通信や、計算機の障害時の遠隔操作によるリセットを可能にしている。

2.2 ソフトウェア

自動監視計算機EWS-4800/330は、OSにUNIX、プログラム言語にC言語を使用している。自動監視システムは、自動監視計算機運用ソフトウェアによって運用される。本ソフトウェアは、データの取得・表示・記録、故障の表示・処理、およびデータ通信に関する機能を持つソフトウェア群により構成される(第2図)。各々の機能は単体で起動できるプログラムモジュールであり、すべてのモジュールを統括する管理ソフトウェアからコマンドで起動されると共に、キャラクタ端末によるモデム経由の起動、ならびにネットワーク上の計算機によるTELNETからの起動も可能である。管理ソフトウェアは、Xウィンドウシステム/Motifによるグラフィカルユーザ・インタフェース(GUI)を用いている。

自動監視計算機運用ソフトウェアは、自動監視計算機を起動することによりユーザ名「monitor」の下で自動

的に起動される。単体のプログラムモジュールには、バックグラウンドで常時実行されていてデータ取得を一定時間間隔で行うものと、コマンド発行に従ってデータ取得を行って処理を終了するものがある(第1表)。例えば、気象測器からのデータ取得は常時バックグラウンドで実行状態にあり、温度・湿度・気圧等のデータが1分毎に取得され、これらがログファイル(3.3節)に記入される。一方、受信帯域をモニタする際のスペクトラム・アナライザからのデータ取得は、コマンド発行によって起動され、IF帯信号スペクトルが所定の形式のファイルとして保存される。取得されたデータは、カラーディスプレイ中のXウィンドウによって、リアルタイムで数値ならびにグラフとして表示される。本システムでは、グ



第2図 自動監視計算機運用ソフトウェアの機能構成図。

第2表 自動監視計算機運用ソフトウェアのディレクトリ構造

ディレクトリ*	サブディレクトリ	内訳
/bin		実行形式ファイルシェル
/config		諸設定ファイル
/log	/alarm	アラーム・ログファイル
	/at	アンテナハブ温湿度ログファイル
	/ca	ケーブル遅延ログファイル
	/hm	水素メーザ監視ログファイル
	/ht	恒温室温度ログファイル
	/ph	位相比較ログファイル
	/rt	観測室温湿度ログファイル
	/td	時刻比較ログファイル
	/wx	気象ログファイル
/sa_data		IF信号データ
/src		プログラム・ソースコード
/video		監視カメラ画像データ
/wingz		グラフ表示プログラム

* /home/vlbi/monitor 以下のディレクトリ

ラフ表示プログラムとして汎用ソフトウェア Wingz を用いている。自動監視計算機運用ソフトウェアの実行に必要なファイルと、実行により生成されるログファイル、データファイルは、第2表で示されるように、ホームディレクトリ

/home/vlbi/monitor

以下の、各ディレクトリに格納される。また、データおよびアラームは、計算機ネットワークプロトコルの Socket により随時集中制御計算機に送られる。

3. 機能

3.1 データ取得とアラーム検知

以下の各データは、バックグラウンドプログラムの実行により、1分毎に測定値が取得されてログファイル(3.3節)に記録される。測定値が正常値として規定された数値範囲外となった場合には、必要に応じてアラーム通知等の措置が実行される。正常値の範囲は、各装置毎に管理者が設定ファイル

/home/vlbi/monitor/config/alarm.def

で定義することができる。

(1) 気象データ

気象測器を用いて温度、湿度、気圧、風向、風速(瞬間値および10分間平均値)を計測する。風速は11mアンテナの耐久風速の規定に基づき、観測の可否の判定に利用される。また温度、湿度、気圧は、VLBIデータの基線解析においても利用される。

(2) 恒温室温度データ

水素メーザを収納している恒温室内の温度計を用いて温度を測定する。この値が水素メーザの信頼性保持のための許容範囲に納まっていないときに、集中制御計算機にアラームを通知する。

(3) 観測室温湿度データ

観測室内の温湿度計を用いて温度、湿度を測定する。これらの値が計算機の動作可能範囲に納まっていないときに、集中制御計算機にアラームを通知するとともに、観測制御計算機ならびに自動監視計算機の運用を自動停止させる。

(4) アンテナハブ温湿度データ

アンテナハブ内の温湿度計を用いて温度、湿度を測定する。これらの値が許容範囲に納まっていないときには、集中制御計算機にアラームを通知する。

(5) ケーブル遅延データ

ケーブル遅延校正器を用いて、局内遅延校正データを計測する。このデータはVLBIデータの基線解析において遅延量の校正に利用される。

(6) 水素メーザ監視データ

水素メーザに設置された監視記録器⁽⁴⁾を用いて、発振レベル、イオンポンプ電流1・2、およびVCXO信号を水素メーザ自己診断データとして取得する。これらのデータが許容範囲に納まっていない場合には、集中制御計算機にアラームを通知する。

(7) 時刻比較データ

GPS基準時計の時刻比較機能を用いて、入力インタフェースの1秒信号とUTCとの時刻差を計測する。このデータはVLBIデータの基線解析においても利用される。

(8) 位相比較データ

タイムインターバル・カウンタを用いて、水素メーザの1秒信号とGPS基準時計から供給されるUTCに同期した1秒信号との時刻差を計測する。

以下の各データは、オペレータによるコマンド発行に従って取得され、記録される。

(1) IF信号データ

XバンドまたはSバンド受信系的一方を選択し、そのIF帯受信信号をスペクトラム・アナライザを用いて周波数チャンネル毎の強度として入力する。このデータは、受信機の周波数特性のモニタや、受信周波数帯への人工電波の混信の有無の監視のため利用される。

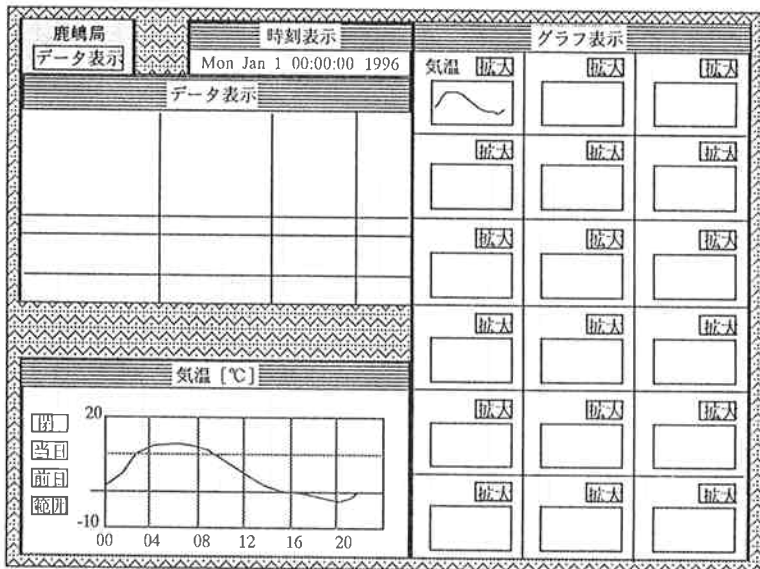
(2) 監視カメラ画像データ

観測室内観測機器および11mアンテナに向けられた監視カメラで撮影される640×400点、256階調の画像データを、ビデオ信号入力ボードを経由して入力する。画像データは、集中制御計算機からオペレータの操作により、同計算機に転送されてディスプレイ画面上に画像表示される。これによって、オペレータはアンテナを含む観測機器の黙視点検と警護を行うことができる。

自動監視計算機は、各測定器からのデータ取得に際してエラーが発生した場合、これをアラーム情報として検知する。また、アンテナ・受信系の異常により観測が中断された場合には、PIOを経由してアラームを検知する。PIOからアラームが検知される場合としては、(1)瞬間風速または平均風速の規定値超過、(2)PLOのアンロック、(3)受信系のステータス異常、(4)緊急停止スイッチの作動、(5)電源電圧の異常が設定されている。

3.2 表示

定期的を取得されたデータは、自動監視計算機に接続されたディスプレイ上に表示される。ユーザ名「monitor」で自動監視計算機にログ・インすると、第3図に示すように、Xウィンドウ上で「観測局(第3図では鹿嶋局)」、「時刻表示」、「データ表示」、「グラフ表示」の4つのウィンドウが開かれる。第3図の左上のウィンドウは、観測局が鹿嶋局であることとデータ表示中であるこ



第3図 自動監視計算機の表示画面の例。通常は「観測局（図では鹿嶋局）」、「時刻表示」、「データ表示」、「グラフ表示」の4つのウィンドウが開かれている。本図では、「気温 [°C]」ウィンドウが開かれた状態を示している。

とを示しており、同ウィンドウのプルダウンメニューにより表示プログラムを終了することができる。

「時刻表示」ウィンドウは、現在時刻と日付を秒単位まで表示している。

「データ表示」ウィンドウは、第4図に示すように、気象データ、ケーブル遅延データ、水素メーザ自己診断データ、時刻比較データについて、項目、測定値、および単位を表示している。各々の測定値は、計算機が最新のデータを取得する毎に更新される。測定値は通常黒文字で表示されるが、測定値が各々規定された正常値の範囲外となった場合は赤文字で表示され、異常であることを知らせる。

「グラフ表示」ウィンドウは、各測定項目毎に指定された日の0時からの測定値の変化を折れ線グラフで表示している。各項目には「拡大」メニューボタンがあり、個々を選択することによって画面の左下にグラフを拡大表示することができる。第3図では、「気温」の「拡大」を選択して、「気温 [°C]」ウィンドウが開かれた状態を示している。拡大表示のウィンドウでは、「当日グラフ」または「前日グラフ」メニューボタンをクリックすることによって、表示するデータを1両日の内から選択することができる（第5図）。また、「指定範囲」ボタンを選択すると、新たな「ダイアログボックス」ウィンドウが開かれ、メニューボタンによってグラフ表示範囲の最大値お

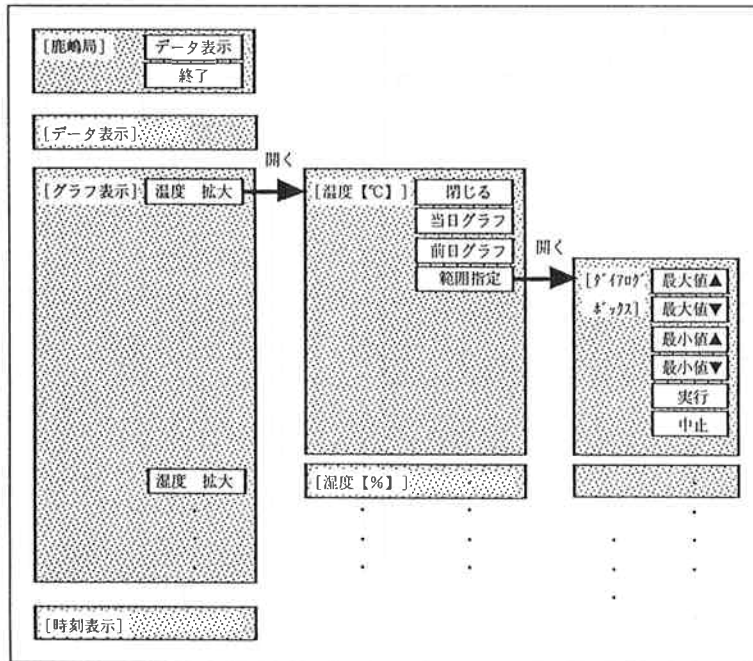
データ表示			
気象データ	温度	+6.0	[°C]
	湿度	63.0	[%]
	気圧	1005.7	[hPa]
	風向	264	[deg]
	瞬間風速	2.8	[m/s]
	平均風速	1.6	[m/s]
	恒温室温度	+23.1	[°C]
	観測室温度	+26.6	[°C]
	観測室湿度	21.3	[%]
ケーブル遅延データ	アンテナハブ温度	+31.0	[°C]
	アンテナハブ湿度	8.4	[%]
ケーブル遅延データ	ケーブル遅延	134.172	[μs]
水素メーザ自己診断データ	発振レベル	+0.7681	[μA]
	イオンポンプ電流1	+0.1676	[mA]
	イオンポンプ電流2	+0.1696	[mA]
	VCO制御電圧	+0.5285	[V]
時刻比較データ	VLBI - GPS	+0.4	[μs]
	メーザ - GPS	30.1	[μs]

第4図 「データ表示」ウィンドウの表示画面の例。

よび最小値を変更することができる。

3.3 データの記録

定常的に取得されたデータは、自動監視計算機において ASCII 形式のログファイルとして記録される。各々の測定データは、第1表で示される識別子毎の8種類のログファイルに格納され、各々のログファイルは毎日世界時 (UT) 午前0時 (日本時間午前9時) に新たに生成される。識別子 xx の測定値が記録されるログファイル名は、



第5図 ウィンドウのメニューボタンによる操作系統図。

/home/vlbi/monitor/log/xx/ksYYDDDX.xx
 となる。ここでYYは西暦年の下2桁、DDDは1月1日を1とする通算日、Xは観測局コード（G=小金井、R=鹿嶋、B=三浦、Y=館山）である。

測定値の一部はVLBIデータの解析課程においても使用されるため、ログファイルは全てMark-IIIシステム⁽⁵⁾で使用されるファイルフォーマットに準じた書式を採用している。識別子xxの測定値の、ある時刻のデータは、

DDDDHHMMSS/xx/xx1, xx2,...,xxn

と表記される。HHMMSSはUTで表記されたデータ取得時刻の時分秒であり、xx1以下には第1表に示される各測定項目の値が第4図のデータ表示ウィンドウと同一の単位で記録される。第6図に測定データのログファイルの一例として、1996年1月1日の鹿嶋局における気象データ（温度、湿度、気圧、風向、瞬間風速、平均風速）のログファイル「ks96001R.wx」の内容の一部を示す。

各装置から検知されたアラームもまた、ASCII形式のログファイルで記録される。ログファイル中では英文による具体的なメッセージとして表記される。例えば、瞬間風速が規定値を越えた場合の記録は、

112234000?ERROR W(logwx 008) :

momentary wind's velocity over alarm value

というように、時刻と共に記録される。この情報は、各

```

ks96001R.wx

001000000/WX/+06.0,1005.7,63.0,264,02.8,01.6
001000101/WX/+05.8,1005.5,62.8,264,01.4,01.6
001000200/WX/+05.9,1006.0,61.4,266,02.2,01.8
001000300/WX/+06.0,1006.0,61.1,267,02.5,01.8
001000400/WX/+05.9,1006.0,60.9,268,01.5,01.8
.
.
.
001235900/WX/+04.7,1017.7,59.7,005,01.2,01.2
  
```

第6図 測定データのログファイル「ks96001R.wx」の内容。

装置の管理者が状況を判断するために用いられる。

コマンド発行によって取得されたデータは、各々の形式に従ったデータとして記録される。IF信号データでは、スペクトラム・アナライザから入力された各周波数チャンネル毎の強度がASCII形式のファイルで保存される。また、監視カメラ画像データでは、GIF形式の画像ファイルに圧縮されて格納される。これらのファイル

は、集中制御計算機にFTPで転送されて、同計算機のディスプレイ画面上に表示される。

3.4 データの通知

自動監視計算機で取得されたデータおよび検知されたアラームは、ログファイルに記録されると共に、計算機ネットワークを通じて集中制御計算機に送られる。集中制御計算機では、自動監視計算機が表示する各々のデータが、全ての観測局について同時に表示されている。アラーム情報については、表示を行うと共に担当者に電子メールで通知する機能を有している。一方、相関処理⁽⁶⁾ならびに基線解析で使用するための観測ログは、観測終了時に集中制御計算機において編集される。この際自動監視計算機からは、気象・ケーブル遅延・時刻比較の各ログファイルから、必要な情報が読み出される。

3.5 障害時の対応

各観測局の自動監視計算機と観測制御計算機とは、片方において障害が発生した場合に相互にバックアップ機能を提供するため、基本的に同一のハードウェアで構成されていると共に、同一のソフトウェアを内蔵している。

自動監視計算機は、モデムを介してデータ通信用の電話回線に接続されている。これにより、広域計算機ネットワーク上に障害が発生した場合でも集中制御計算機システムからのアクセスが可能であり、オペレータが自動監視システムの測定データをリアルタイムでモニターできない事態に陥っていても、VLBIデータ処理時に必要なデータを測定し続けることができる。また、自動監視計算機の障害によって制御が不能になった際には、オペレータが集中制御計算機から同回線を通じて遠隔操作によりリセットすることができる。

観測局において、停電等の電源異常が発生した場合には、無停電電源装置により10分間電源が維持される。この間に自動監視計算機は、異常発生メッセージを集中制御計算機に通知し、その後シャットダウンの措置を行う。また、観測室内の温度または湿度が計算機の動作可能範囲に納まっていないときにも、集中制御計算機にアラームを通知し、その後シャットダウンの措置を行う。

4. ま と め

KSPのVLBI自動運用システムの構成要素である自動監視システムは、VLBI観測機器の動作およびステータスを常時監視するとともに、VLBIデータの基線解析に必要な気象データ等の基礎データを収集する。本システムは、ワークステーションEWS-4800/330による自動監視計算機とその周辺機器から構成され、GP-IB、PIO、ビデオ入出力カードからの入力によって、測定

データ・機器ステータス・アラームを取得する。これらの情報は、ログファイル等として記録されるとともに、KSP広域計算機ネットワークを通じてVLBI中央局に通知され、オペレータによる各局一括の機器状態・観測状況のモニタならびに相関処理・データ解析に利用される。

本システムの完成によって、地震前兆現象の検出を試みるためのKSPのVLBI定常観測において、観測システムの高い信頼性の維持と観測局運用の無人化が可能となった。このことは、KSPのみならず今後の測地学・天文学分野におけるVLBI観測の効率化に有効であるものと期待されるものである。

謝 辞

本システムの設計、整備、および開発に際しては、当所の首都圏広域地殻変動観測施設のVLBI整備班のメンバー、日本電気株式会社、日本電気航空宇宙システム株式会社の担当者、他の皆様に、多くの助言、協力を頂くことにより、実現いたしましたことを、この場にて報告いたしますとともに深い感謝の意を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 高羽浩, 栗原則幸, 岩田隆浩, 小山泰弘, 日置幸介, 金子明弘, 吉野泰造, "3.2.4 観測制御システム", 通信総研季, **42**, 1, pp.45-54, Mar.1996.
- (2) 小山泰弘, 岩田隆浩, 高羽浩, 後藤忠広, 金子明弘, "3.2.6 集中制御システム", 通信総研季, **42**, 1, pp.63-71, Mar.1996.
- (3) 小山泰弘, 高橋幸雄, 後藤忠広, 日置幸介, "3.4.4 データ解析ソフトウェア", 通信総研季, **42**, 1, pp.121-130, 1996.
- (4) 花土ゆう子, 栗原則幸, 木内等, 後藤忠広, 今江理人, "3.2.3 基準信号発生/システム遅延校正部", 通信総研季, **42**, 1, pp.37-44, 1996.
- (5) T. A. Clark, B. E. Corey, J. L. Davis, G. Elgered, T. A. Herring, H. F. Hinteregger, C. A. Knight, J. I. Levine, G. Lundqvist, C. Ma, E. F. Nesman, R. B. Phillips, I. I. Shapiro, N. R. Vandenberg, J. C. Webber, and A. R. Whitney, "Precision Geodesy Using the Mark-III Very-Long-Baseline Interferometer System", IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, **GE-23**, No. 4, pp. 438-449, July 1985.
- (6) 関戸衛, 高橋幸雄, 近藤哲朗, 木内等, 小山泰弘, "3.4.2 一時処理ソフトウェア", 通信総研季, **42**, 1, pp.99-107, 1996.