

創刊号



技開センターニュース No. 1

(国際地球回転事業 VLBI技術開発センターニュース)

平成3年10月25日

(復刻版：1998年6月)

< 巻頭言 >

日本の技術を国際地球回転事業の発展のために

時空計測研究推進委員会

委員長 杉浦 行

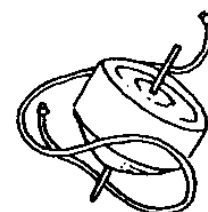
近年の宇宙測地技術の発展には目ざましいものがあります。VLBI、SLR、LLR、GPS等の宇宙測地のハイテク技術に支えられ、国際地球回転事業（IERS）は地球回転の精密観測を開始しました。そしてその素晴らしい観測結果はわれわれの地球像を変えつつあります。本事業は地球を対象としているため、息の長い観測を必要とします。一方、その間も絶え間なく進歩続ける科学技術を観測技術に反映することが必要であり、技術開発を事業の一環として取り込むことが不可欠と考えられます。このような認識のもとに、1990年10月に米国ヴァージニア州で開催された国際地球回転事業評議会で、通信総合研究所は米国ヘイスタック観測所とともに同事業におけるVLBI技術開発センターの指名を受けました。このことは、当研究所の技術が評価されたばかりでなく、これまで当研究所を支えてきた関係各機関全体の技術が世界的に認められたものと考えられ、日本の高い技術力へ大きな期待がかけられております。これに応えるため、今後、センターとして全力をあげる所存でございますので、関係機関の一層のご協力を賜りたいと存じます。

VLBI技術開発センターについて

技術開発センターの設立目的

技術開発センター（以下「技開センター」と呼ぶ）はIERSにおける

- (1) VLBIの観測技術を維持発展させることにより、
- (2) 地球回転および宇宙時代の測位の研究を推進するほか、
- (3) 新技術の普及にも努める。
- (4) またこの組織は国内外に開かれたものとし、



新たに開発された技術の憶報提供にとどまらず、研究者の交換、R & D実験等を通じて英知を集め、人類の知的財産の拡大につながる高度な技術の開発、実験のための場を提供するよう努めます。

組織

I E R Sの組織における技開センターの位置づけは第1図をご覧ください。日本国内には国立天文台に置かれたV L B I観測センター、V L B I解析センターとともに3つのセンターが存左することになります。技開センターは、通信総合研究所長直属の時空計測研究推進委員会をもって運営され、委員は委員長（標準測定部長）によって指名される所内委員と、通信総合研究所長により委嘱される所外の委員（専門委員）から構成されます。本センターの性格から、その運営および技術開発について専門委員のアドバイスを受けることになっています。

運営

技開センターは国際地球回転事業において有効と思われる新技術開発テーマを検討し、開発計画を作成します。計画は技術開発センター会議における意見を考慮し決定します。決定された各テーマは時空計測研究推進委員会の各グループおよび国内の、関連研究グループと共同して、その実現を図ります。また、米国ヘイスタック観測所（米国V L B I技術開発センター）で並行して行われる技術開発との情報交換を行い、技術の国際的な協調を図ります。

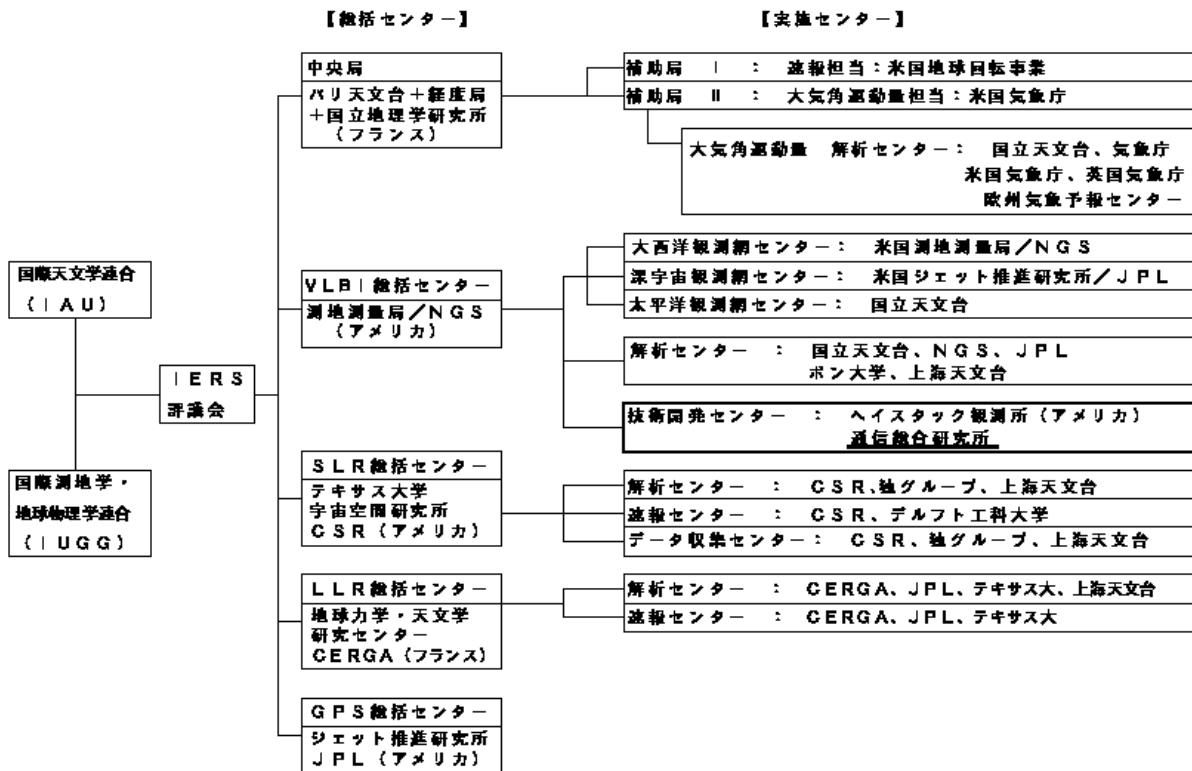


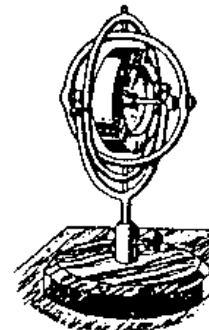
図 1: 国際地球回転事業 (I E R S) の組織構成

第1回技開センター会議開催される

平成3年7月25日(木) 午後2時
郵政省通信総合研究所 4号館中会議室

(議題)

1. 挨拶 林 通信総合研究所 次長
杉浦 時空計測研究推進委員会 委員長
2. 時空計測研究推進委員会 構成員紹介
内田 時空計測研究推進委員会 副委員長
3. 専門委員のセンターに対する期待 各専門委員
4. 技術開発センター組織と役割 技開センターリーダー
5. 平成3年度の年間技術開発計画
技術開発計画 (1) K-4システム
(2) ミリ波VLBI
(3) 南極VLBI
(4) 衛星技術との協力
6. 平成3年度技術開発計画審議
司会 吉野 技開センターリーダー



(高橋富) 開発課題が山積しており総花的になりがちである。開発の重み付けをするために客観評価、コメントを頂きたい。

(川口) 今後、高い周波数でのVLBI観測技術の開発に期待している。

(江尻) 南極VLBIの本格化を目指し、協力を期待している。

(中堀) 昭和56年以来国内VLBIで、通信総合研究所と協力している。今後、海面上昇の測定へ発展させるため、スケジュールの工夫で局位置の鉛直成分の誤差を減らすよう努力している。

(川口) 地球回転観測のデータ処理用関連器の計画はどうなっているか。

(高橋富) 現在、実験単位でK-4型とMarkIII型記録を切り換えている。国際網の地球回転実験では外国の関連器に依存している。しかしK-4型簡易型関連器の開発を進めている。

(川口) 20局用関連器が三鷹に設置される計画である。測地用データの処理も行えるようになっている。K-4とMarkIVとの関係はどうなるのか。

(高橋富) MarkIVはまだ概念設計の段階である。国際的にも、まずはK-4システムの完成が注目されている。

(沖原) 将来のVLBIレコーダーはヘリカルスキャン方式しか考えられない。コストは将来下がる。

(真鍋) 現在、鹿島のMarkIII型記録の品質が低下している。性能回復してほしい。K-4の普及のため関連器開発に力をいれ、簡易関連器でMarkIII型も混在した処理ができるようにしてほしい。

(村田) 通信総合研究所はVLBIとSLR施設をともに有して、開発を行っている点に特徴がある。SLRもしっかりやってほしい。技術の早い立ち上げのため外部の完成したSLR解析ソフトを導入してはどうか。

(真鍋) VLBI解析用計算機はどうするのか。

(高橋幸) HP、VAX、FACOM(大型)の3本立てである。

- (仙石) S L R とのコロケーション実験に期待している。
 (川口) 水素メーザの商品化、または新型の高安定発振器等に期待。
 (中山) 技術の集積化等で寄与できると思う。

本会議の開催は年 2 回程度を目指しています。
 また会議終了後、当所、1.5m 光学望遠鏡と S L R 施設の見学会を行いました。

会議出席者(敬称略)

(国分寺)	(鹿島)	(専門委員)	
林 理三雄	内田国昭	真銅盛二	国立天文台水沢
杉浦 行	今江理人	川口則幸	国立天文台野辺山
高橋富士信	近藤哲朗	中堀義郎	国土地理院
吉野泰造	高橋幸雄	仙石 新	海上保安庁水路部
国森裕生	木内 等	村田正秋	航空宇宙技術研究所
	高羽 浩	江尻全機	国立極地研究所
		沖原大司郎	SONY(株)
		中山 誠	日本電気(株)

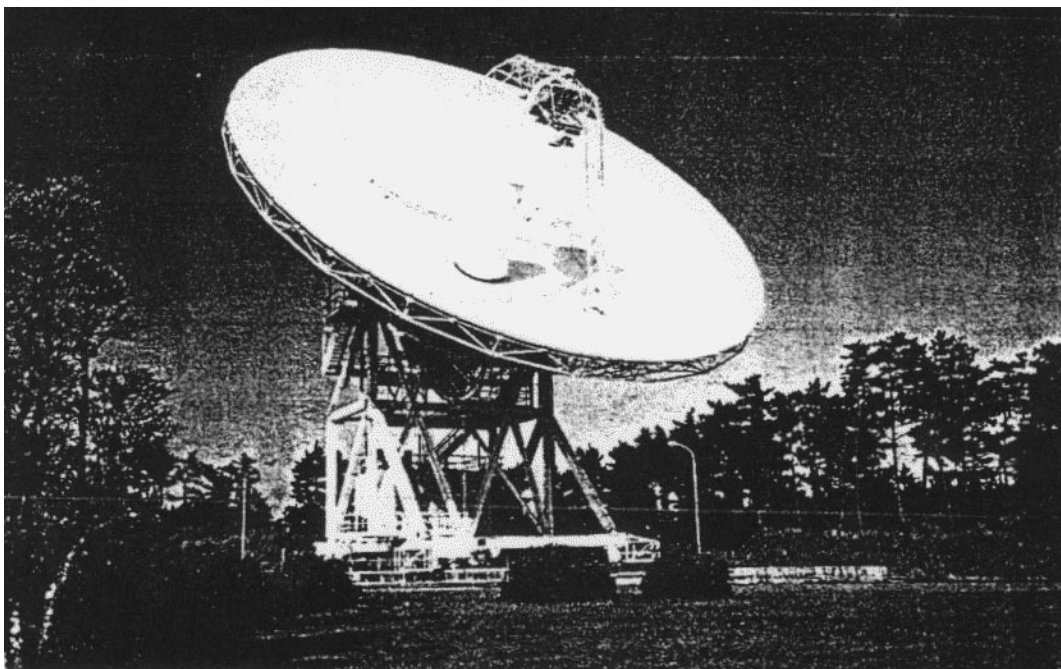
I R I S 議長、通信総合研究所より選出

今年 8 月 1 1 日から第 2 0 回 I U G G (国際測地学地球物理学連合) 総会がウィーンで開催されました。期間中に開催された I R I S (国際電波干渉計測地事業) の委員会において、同委員会の議長がキャンベ教授(独、ボン大学)から、通信総合研究所の吉野主任研究官へ引き継がれることが決定しました。同委員会は地球回転の V L B I 観測を推進するため設置されており、今後の V L B I の発展のため日本の V L B I 研究への期待を表しているものと考えられます。



開発技術の紹介

このコーナーでは技術開発の現状を知って頂くため、取り組み中の具体的なテーマを毎回、担当者が紹介します。



システム開発グループステータスレポート

木内 等

開発状況

K - 4 V L B I データ収集システム

V L B I で受信する信号は、極度に微弱であるため基線決定には大量のデータを必要とする。そのため高密度、高速度、大容量のデータを扱うのが V L B I の宿命といえる。V L B I 技術が確立するにしがたい多方面に応用されるようになり、従来の限られた観測所だけでなく離島などでの移動実験も行われつつある。この持果、運搬・移設が容易で、かつ操作性に優れた観測システムが望まれるようになった。通信総合研究所では、現在までに K - 1、K - 2、K - 3 と 3 世代の V L B I データ収集システムを開発してきた。現在使用されている K - 3 システムでは、大陸間の距離を 3 c m 以下の誤差で測定でき、プレートテクトニクス理論で推定されていた大陸移動速度を実測により実証した。しかしながら、K - 3 システムは大型であり、可搬型としての使用には適していない。現在の K - 3 システムは、汎用性に富みあらゆる応用が可能となっているが、反面、適用においては専門的な知識を必要とする。K - 4 システムは、高密度データレコーダを核とし、入出インターフェース装置により従来の V L B I 観測装置、および相関器にインターフェース可能である。K - 4 型 V L B I システム開発にあたり、小型、高密度化のために、K - 3 システムの性能を維持しながら冗長な部分を排除し、操作の簡単なものを志向した。また高密度・大容量データ記録装置として、カセットテープを用いた回転ヘッド方式（ヘリカルスキャン方式）の記録装置（ANSI ID-1 Format : American National Standard 19 mm type ID-1 Instrumentation Digital Cassette Format）を採用した。K - 4 システムのバックエンド部は、ビデオ変換器と 1 6 c h 多周波発振器、入力インターフェース、および出インターフェースにより構成されている。K - 4 システムでは、ビデオ変換器が 2 c h 分増えているにもかかわらず、K - 3 システムに比べて重量で 1 / 3、体積で 1 / 5 に抑えられ小型化されている。観測時のコヒーレンスロスは、5 % 以下に抑えられている。相関時は、同期運転が自動的に行われ多局の相関に威力を発揮する。

K - 4 システムは、南鳥島、南大東島などの国内リモート局を始め、南極昭和基地、イタリア、ドイツ、オーストラリアなど外国に於いても運用実績をあげている。

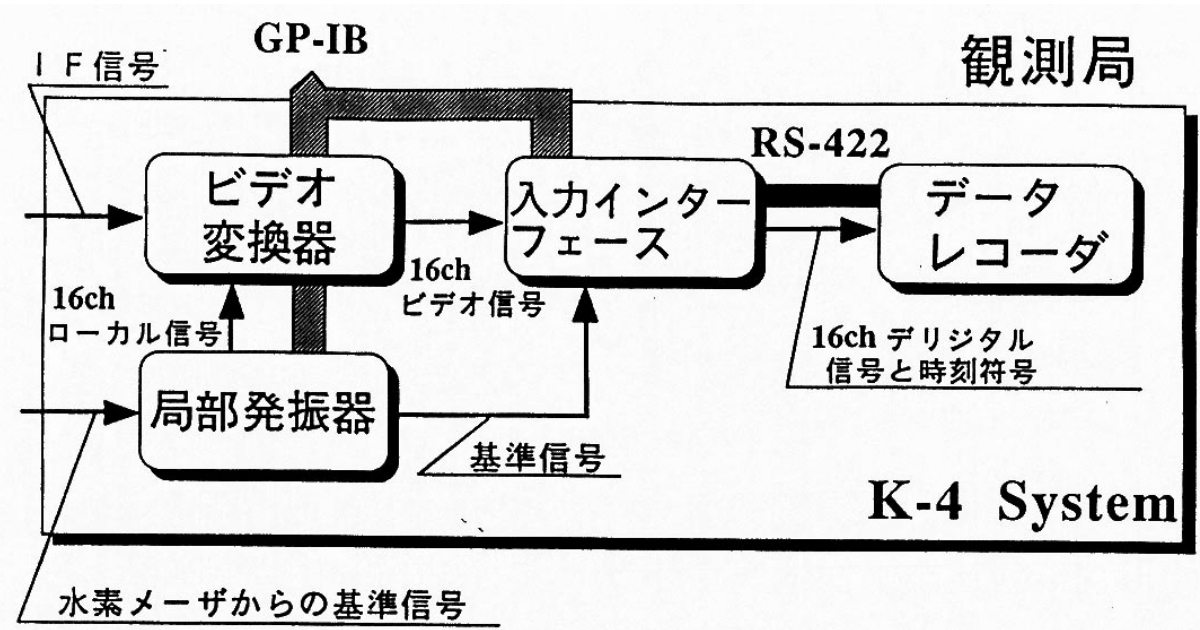


図 1: 観測局

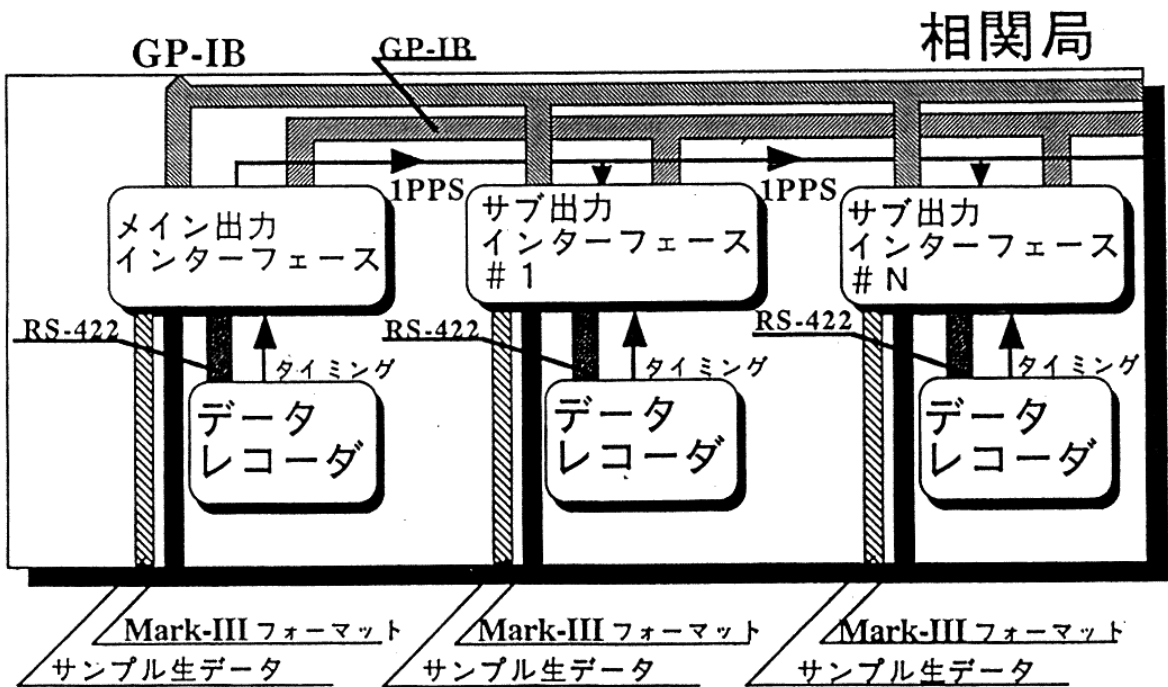


図 2: 相関局

22GHz帯測地VLBI実験

高橋幸雄

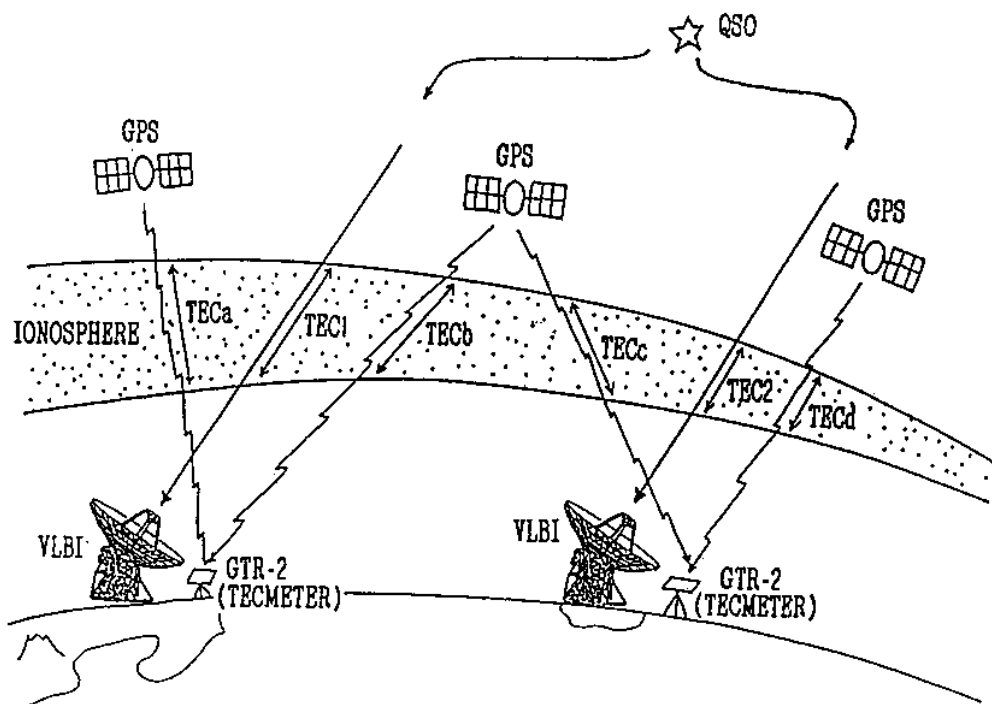
測地VLBIは主にS/Xバンドで実施されている。IERSにおける主要課題である精度向上にむけて、より高い周波数帯(22GHz帯)での測地VLBI技術の確立をめざす。広帯域化が容易、電離層遅延が小さく補正が容易で単周波観測が可能、遅延時間変化率の精度向上、メーザ源と準星を組み合わせた位置天文への応用等により、測位精度向上・弱い電被源の観測・高精度電波源位置観測が可能となる。22GHz帯でも使用できる位相校正信号装置を開発し、1991年2月にポローニャ局(伊)-鹿島局間で測地VLBI実験を行った。広帯域化は今後の課題であるが、13チャンネル360MHz帯域の観測を行った。相関処理・バンド幅合成に成功し、位相校正信号が22GHz帯でも充分使用できることが確認され、22GHz帯長基線での相関処理技法も確立された。また、遅延時間・変化率を用いた基線解析を行い、0.18ns、0.094ps/s残差が得られたが、広帯域化していないことや、電離層補正・ケーブル遅延補正がないことなどから、通常のVLBI相当の残差である。

また、39電波源に対し22GHz帯で長基線(UV~3フリンジ/mas)での相関振幅・相関強度の情報が新しく得られた。構造が分解されていることや、22GHz帯連続波での強度が弱い電被源も多いため、Xバンドにくらべて、相関強度が1/2~1/4以下になっている。強度と距離(z)との相関があることも新しく判明した。さらに、22GHz以上では影響が大きい大気の揺らぎによるロスの評価を行う方法も確立することができた。今後、広帯域での22GHz帯測地VLBI精度の検討や、22GHz帯測地用電波源サーベイのため、野辺山・臼田局等の国内局と協力して実験を継続していきたい。

単周波VLBIにおける電離層補正方法の確立

近藤哲朗

電離大気中を伝播する電波は周波数および伝播路中の全電子数に依存した遅延を被る。測地VLBIではこうした電離層中の伝播遅延を補正するために2周波数帯(2GHz帯と8GHz帯)の電波を受信する。しかしながらこの2周波数帯受信がアンテナの小型化(直径3m以下)において技術的な障害となっている。もし何らかの方法で電離層伝播遅延を別途補正することが可能ならば小型アンテナの持つ長所(建設費用が安く持ち運びも容易である)を活かすことができ、機動性に富んだ観測が可能となる。そこで低価格の装置で高精度な電離層全電子数観測が行えるGPS衛星利用全電子数測定装置の観測データを用いての電離層伝播遅延補正方式の確立を行う。一般にGPS衛星方向とVLBIで観測する電波星方向は異なるためにGPS衛星方向で観測された全電子数をVLBIで観測される電波星方向に投影しなければならない。この投影法の確立が「単周波VLBIにおける電離層補正方法の確立」となる。実際に2周波VLBIとGPS観測を同時に行い、種々の投影方法(モデル)の開発および相互比較を行っている。モデルの改良によりVLBIで観測された伝播遅延とGPS観測で得た全電子数から求めた伝播遅延が0.18nsec以内で一致するようになった。現在さらに改良中であり、測地に必要な精度(0.1nsec以下の一致度)の達成を目指している。



M型星の H₂O メーザースペクトル進化

高羽 浩 (電波天文グループ)

はじめに

星は進化の最終段階で水素燃焼が進むと中心に重い元素の核ができ、その周りでヘリウムや水素の燃焼が起きるようになって低温の巨星（赤色巨星）へと進化する。M型星は1-3太陽質量程度の中小質量星の進化の最終段階の天体である。重力的な不安定さのために、半径は地球軌道以上の大きになり、表面温度は2000-3000Kと低温になる。またある種の振動モードが発生するために、300-400日程度の比較的規則正しい周期で脈動を繰り返し明るさは変化する（ミラ型変光星）。星表面からはガスが流出し、進化に伴って厚いガス/ダストに覆われるようになり、光では観測されず近赤外線や遠赤外線で見られるような低温の天体になる（IRC/AFGL天体、OH/IR天体）。この進化過程で次第に星半径は増大し、脈動周期は長くなり、質量放出率も増大することが最近の赤外線（Veen, 1989 A.Ap., 210, 127 など）、電波の研究で明らかになってきた。

M型星は酸素が炭素よりも多いため、その大気中では様々な酸化物が生成されるが、その中でOH、H₂O、SiO分子では中心天体からの赤外線や脈動に伴う衝撃波の通過などで励起され、メーザー増幅現象を起こした極めて強い電波輝線が観測される。鹿島34m鏡ではこの3分子による幾つかのメーザー輝線が観測できるが、今回22GHz帯のH₂O(6₁₆-5₂₃)メーザー、43GHz帯のSiO(J=1-0,v=1)メーザーのサーベイ観測を行なった結果、H₂Oメーザーで星の進化に伴う系統的な変化を発見したので紹介する。

メーザーサーベイ

鹿島34m鏡は多数の電波天文帯の受信機を持つが、鏡面精度が高いことから短センチからミリ波帯では世界でも有数の柱能を持つ。90年11月に国立天文台野辺山で開発された音響光学型分光計(AOS)が設置され、本格的な星間分子線の観測ができるようになった。AOSを使ったメーザー電波源の無人自動観測ソフトを開発し、91年4-5月にH₂OとSiOのサーベイ観測を行なった。既知のメーザー源を主として約200天体をそれぞれ2日、3日で観測し、約80天体でそれぞれメーザー輝線が検出できた。(うちH₂O、SiOそれぞれ2天体新検出)。

星の進化とH₂Oメーザースペクトルの進化

検出されたH₂O、SiOメーザー輝線と星のスペクトル型、周期を比較したところ、より低温のスペクトル型になるに従ってH₂Oメーザーは顕著な2成分を示すようになり、その2成分の速度差が増加することがわかった(図1-4)。SiOは高温・高密度の領域で赤外線によって振動励起されることから、星の極く近傍から放射されているのでスペクトルは星の速度とほぼ等しく、系統的な変化は見られない。一方、H₂OはCooke and Elitzur(1985, Ap. J., 295, 175)のモデルでは水素分子との衝突で励起されるが、高密度領域では6₁₆準位は5₀₂への光解離を起こすために22GHz帯のメーザー(6₁₆-5₂₃)は励起されないことが示されている。より低温な天体ほどより厚い大気を持つことを考えると、低温な天体ほどH₂O放射領域は中心星から離れることが予想される。星周辺のガス/ダストは、星の放射圧でダストがエネルギーを受けることによって星から離れるほど大きな膨張速度を持つので、低温な天体ほどH₂Oメーザーが放射される領域の速度が大きくなるということが説明できる。H₂Oメーザーは星の動径方向にビーミングされた放射を起こすので手前と反対側の放射が卓越したダブルピークに観測される。この結果はM型星では進化に伴って放射領域がシェル状に膨張することを示している。

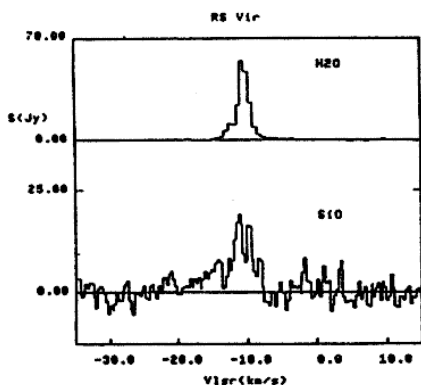


図1 . ミラ型変光星 RS Vir (M6IIIe-M8e, P=354day)

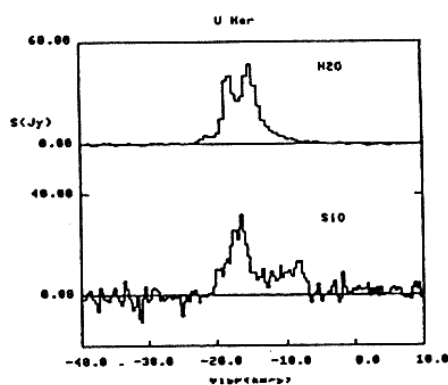


図2 . 少しlateなミラ型変光星 U Her (M6.5e-M9.5e, P=406day)

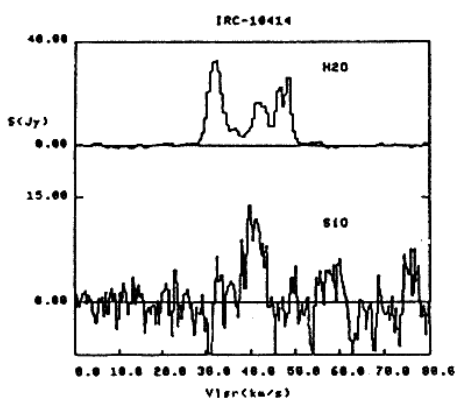


図3 . AFGL 天体 IRC-10414 (M8+WC5)

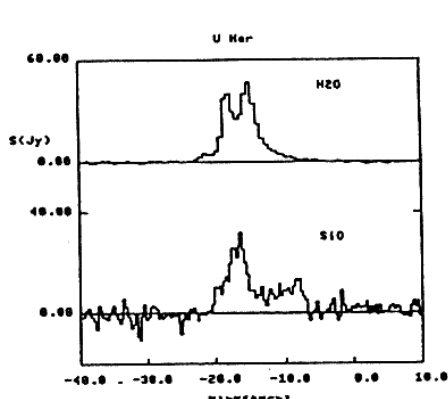


図4 . OH/IR 天体 OH 12.8-1.9 (OH/IR, P=812day)

今後の計画

我々はこの解釈が正しいことを確かめるために、KNIFE (Kashima - Nobeyama Interferometer) によるVLBI観測で星の周りのH₂O, SiOメーザー放射領域の空間的な分布を調べることを計画している。SiOメーザーは星の中心付近、H₂Oメーザーの高速成分は星付近、低速成分は星の周りにシェル状に分布していることがわかる筈である。野辺山4.5m鏡へのプロポーザルは採択されたので、91年末から92年初めに観測を予定している。

KNIFEではSiO (J=1-0)の振動励起準位が異なるv=1,2輝線からバンド幅合成の手法で天体位置を精密に決定する研究を進めているが、この観測からはH₂Oメーザーの励起機構が明らかになるほか、距離が既知で進化過程が異なる幾つかのM型星の赤外線スペクトルとメーザー速度、VLBIによるメーザー放射領域の大きさ、との関係を調べることで未知の天体までの距離を推定する新しい手法が期待できる。このような方法を併せて多数のM型星メーザーを観測することで銀河系の大きさ、銀河回転の様子や物質分布を調べることが可能になる。

東京 S L R 局のグローバル位置決定

国森裕生

衛星計測グループは周波数時刻比較研究室を中心として、衛星レーザ測距 (S L R)、GPS 時刻比較、双方向インテルサット時刻比較等の高精度化のためのシステム開発および実験を行っている。V L B I の技術開発の関連でいえば、これらの技術とのコロケーションにより V L B I の測定値の正確さの評価や I E R S 基準座標系の構築に寄与することが重要である。

1990年1月に東京都小金井市の宇宙光通信地上センターにおいて S L R システムを立ちあげ、同年9月 - 11月に行われたソ連のエタロン衛星のトラッキングキャンペーンに参加、東京 S L R 局のグローバル位置決定を精度数 cm で行った。また、鹿島 V L B I 局との位置比較をおこない、各成分 5 cm ~ 10 cm 以内の座標値の一致をみた。図1に鹿島 - 小金井の位置配置、図2にエタロンキャンペーン中の各局の測距精度の推定値を示す。

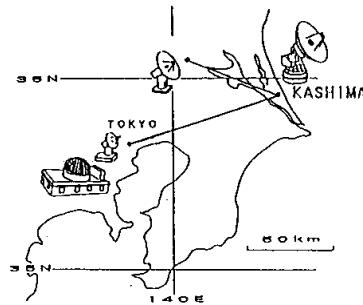


図 1: 東京 S L R 局、鹿島 V L B I 局位置

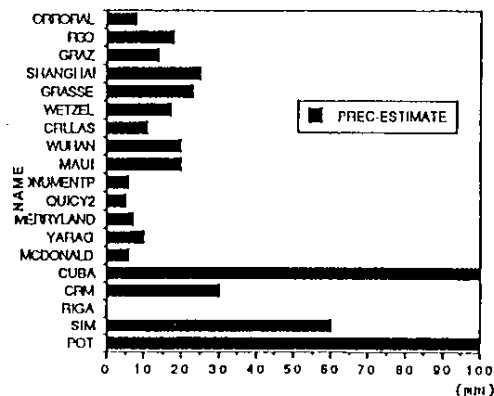


図 2: エタロンキャンペーン中の各局の測距精度 (5 分間ノーマルポイント)

編集後記

「技開ニュース」創刊号をお届け致します。技開センターの発足後、発行まで時間が経過しましたが、これからはセンター活動の内容を知って頂くため定期的発行（年2回予定）を目指したいと思います。また当ニュースは日本語版、英語版同時発行しておりますが、配布の範囲も広いので今後は計算機ネットの活用も検討したいと思っています。当ニュースへのご意見または記事の投稿を歓迎いたします。

連絡先	東京都小金井市貫井北町4-2-1	電話	0423-27-7561
	郵政省適信総合研究所	FAX	0423-21-9899
	標準測定部	Mark III	CRL
	V L B I 技術開発センター	INTERNET	yosh@cc.crl.go.jp
	吉野泰造		

