

6.宇宙電波の応用およびVLBIに関する研究

宇宙電波応用グループ 近藤 哲朗 プロジェクト番号 C256101

6.1 目的と概要

「カーナビ」として知られるGPS(Global Positioning System)の出現により、我々は地球上のどこにいても、自分の位置を正確に知ることができるようになった。この測位システムの宇宙版「スペースナビ」は宇宙空間の飛翔体に対して、時間および位置情報を提供するシステムである。このシステム構築に向けての基盤技術の研究を行うのが「宇宙における時空標準基盤技術の研究」である

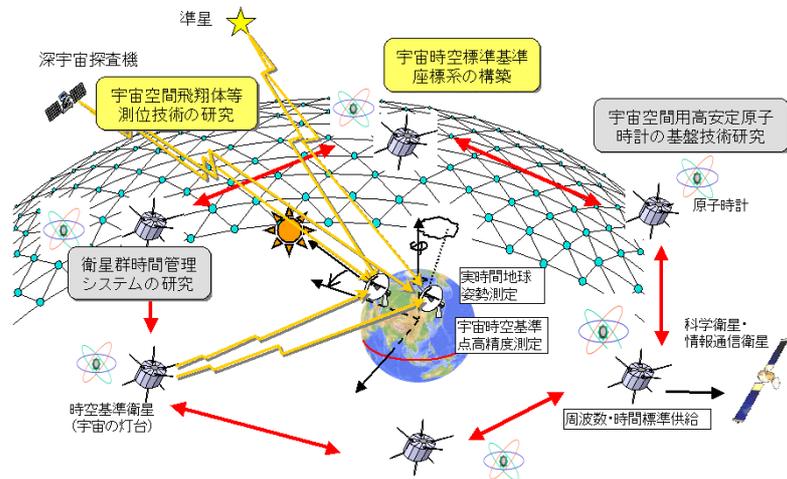


図 6.1 宇宙における時空標準基盤技術の研究

(図 6.1)。今、宇宙空間の飛翔体に対して、高精度な時間および位置情報を宇宙空間での灯台に相当する衛星(宇宙灯台と呼ぶことにする)から供給することを考えた場合、課題となる項目は、それら宇宙灯台に積載する超高安定な周波数標準の実現、複数の宇宙灯台間での時刻の比較および維持、さらに宇宙灯台自体の位置および飛翔体の位置を表現する座標系とその構築技術、そして実際に宇宙灯台や宇宙探査体の位置を精密に測定する技術があげられる。そこで、プロジェクトの目的を達成するために、以下に示す4つの研究課題を3つの研究グループで分担することとした。

- (1)宇宙空間用高安定原子時計の基盤技術研究 (原子周波数標準グループ)
- (2)衛星群時間管理システムの研究 (時間周波数計測グループ)
- (3)宇宙時空標準基準座標系の構築 (宇宙電波応用グループ)
- (4)宇宙空間飛翔体等測位技術の研究 (宇宙電波応用グループ)

(1)については当所で長年に渡り培われた周波数標準器開発の研究実績を活かし、宇宙空間における高品質な原子時計の実現を目指す。(2)に関しては、従来研究開発を続けてきた高精度時刻比較技術を基に、衛星間時刻比較及び時刻管理システムの研究を行う

(3)についてはVLBI(Very Long Baseline Interferometry 超長基線電波干渉計)技術の自主開発を実現してきたポテンシャルを更に発展させ宇宙空間の座標系と地上基準座標系を結びつけるのに必要不可欠な実時間での地球姿勢(地球自転軸の方向および回転角度UT1)決定の手法を開発し実証を目指す。(4)については相対VLBIによる宇宙灯台および深宇宙探査体の高精度測位の実証を目指す。具体的には宇宙空間飛翔体と準星を交互にVLBI観測する相対VLBI法の観測精度向上に関する研究および飛翔体の高精度軌道決定に関する研究を行う。宇宙電波応用グループはこれらの課題の内「宇宙時空標準基準座標系の構築」および「宇宙空間飛翔体等測位技術の研究」を分担する。

これらの課題推進の過程で開発される各要素技術により達成されるVLBI観測の高感度

化とリアルタイム化は、地球姿勢実測データの高精度化・高頻度化・連続性の確保という利点があり、とわけ地球の自転速度の変化を示す「UT1-UTC」と太陽や月・惑星の引力で生じる「歳差・章動」の観測でのVLBI観測の優位性をさらに確固たるものにできる。特に今後は、軌道決定を介して衛星精密測位技術のリアルタイム化とミリメートル測位の実現の上でリアルタイム地球姿勢決定技術の確立は不可欠である。中でも、大気潮汐荷重・海洋潮汐荷重や突発的なイベント(例えば巨大地震など)の影響を受けた1日以下の時間スケールで変動する地球姿勢の情報が特に重要と予想される。例えば国際VLB事業(IVS)¹のワーキンググループでの議論でも、「2005年までに10分ごとのUT1-UTCの提供、精度は現在の2倍から1桁向上」が積極的に推進すべき目標としてあげられている。さらに、VLBI観測技術の高精度リアルタイム化と衛星測位技術の統合は、従来のナビゲーションシステムや地殻変動観測の高度化といった分野に加えて、例えば全地球的規模での海水面の力学高度計測や海洋域での水蒸気計測のリアルタイム計測を可能にし、副次的ではあるが津波予測・海流変化や海水準のモニター・高精度の数値天気予報といった波及効果が期待される。

これら以外にも、図6.2に示すような従来は観測することが出来なかった地球物理現象を明らかにすることが期待され、新たな科学成果が創出される可能性がある。これらの固体地球・大気・海洋の高精度計測データは、各分野での様々な予測モデルへ取り込む(データ同化)ことによって、地球環境の将来予測に役立つと同時に地球姿勢変動の予測を高精度に行うためのモデル構築にも重要な情報となる。すなわち、地球姿勢の高精度リアルタイム計測は、他の技術への波及を行うのみならず、データ同化システムという形で地球システム

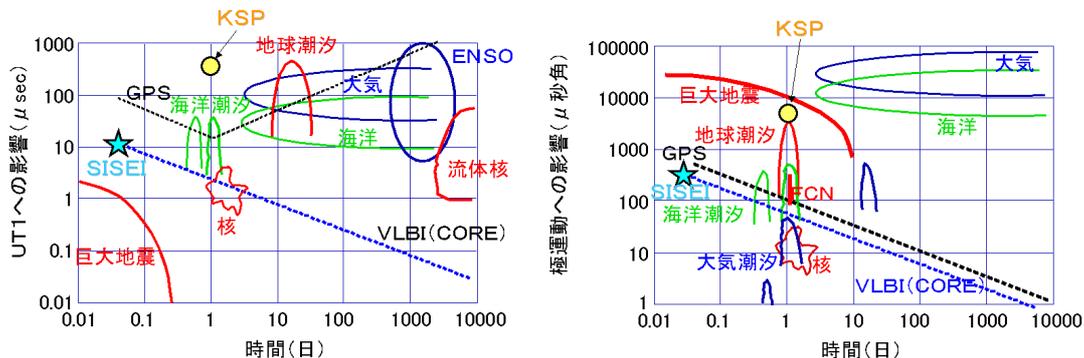


図 6.2 地球姿勢観測データに含まれるシグナル。SISEI とマークしている部分が本プロジェクトで開発するシステムの精度の到達目標。KSP とマークされている部分はKSP-VLBIシステムで達成された精度。VLBI(CORE)はNASAが進めているテープベースVLBIの到達目標。GPSはGPSでの達成精度。SISEI とマークしている部分から出ている右下が1の点線より右上の部分観測可能な領域である。

変動の実測と予測の両面で重要な一翼を担う技術でもある。

この部分はいわばプロジェクトの副産物であるが、学界への貢献として重要な部分であると同時に、地球姿勢変動をより良く把握できることが、深宇宙を探索する飛翔体の位置決定技術を高めることに密接に繋がるといふ観点からも極めて重要である。

¹国際VLBI事業(IVS:International VLBI Service for Geodesy and Astrometry):平成11年3月に設立された国際的な組織であり、国際測地学連合(IAG)および国際天文連合(IAU)と連携して、地球物理学や位置天文学等の研究に役立てる高品質なVLBIデータおよび観測成果の生産およびVLBI技術開発活動を促進することを目的としている。

また、後述するインターネットVLB技術はVLB以外にも応用可能であり、インターネットを利用した情報分散処理技術への発展性も期待される。VLBインターフェースの標準化(VSI:VLBI Standard Interface または Versatile Scientific data Interface の略で日本語ではそれぞれVLB標準インターフェース・汎用科学インターフェースの意)はVLBのみでなく、対象が連続的現象でデータ発生のエポックが重要で精密な時刻同期が必要なりセンサや高エネルギー分野で採用の見通しがあり、さらに高速な仕様の提示も期待されている。

本プロジェクトではVLB感度を向上させるためにギガビット毎秒以上の高速データレートを有するギガビットVLBシステムの開発を行うが、VLB観測機器の感度が向上することにより、通信用として建設するパラボラなどに対してもVLBI技術開発成果を直接適用することが可能となる。例えば、通信用パラボラアンテナにおいて通信周波数帯の高周波化によりCas-A、Tau-Aなどの従来の周波数帯(S/Xバンド等)で校正用に使われていた電波星が強度の低下により受信できなくなるが、ギガビットVLBシステムにより受信が可能となり、精度の高いアンテナ校正が可能となる。特に本プロジェクトで開発を進めるギガビットVLBIシステムは単周波、単一チャンネルといふこれまでのVLBIとは一線を画したユニークなシステムであり、接続する受信系の自由度において優れている。またシステムはネットワーク接続が可能なVLB標準インターフェースでパッケージ化されるため、高速なネットワーク接続があれば高精度な標準信号がない場合でも短時間のうちに、他のパラボラとの組合せでアンテナの指向や効率を測定することが可能になる。

6.2 背景とこれまでの経過

日本におけるVLBはその開発に必要な要素技術(大型パラボラアンテナ技術、低雑音受信機技術、高精度周波数標準技術およびデジタル信号処理技術)をすべて有していたCRLがその先導的役割を果たしてきた。1974年にオープンリール方式のビデオレコーダを使ったVLBシステム(K-1)の開発を開始したのが日本におけるVLB技術開発の始まりである。このシステムは米国で開発されたMark-IIシステムを参考にしたもので、1977年、鹿島26mアンテナと横須賀電気通信研究所(当時)の12.8mアンテナの間で我が国初のVLBI実験を成功させた。

1978年からは鹿島支所(当時)と平磯支所(当時)間のマイクロ波回線を利用した実時間VLBシステム(K-2)の開発に着手した。このシステムは大気位相シンチレーション測定に使用された。当時としては先駆的であった実時間VLB技術は、後に首都圏広域地殻変動計画(KSP: Key Stone Project)においてATM(Asynchronous Transfer Mode)方式による高速ネットワークを使用した実時間VLB技術として結実した。

本格的な測地VLBシステム(K-3)の開発は1979年に開始された。K-3システムは国際実験に使用するため、米国で開発されたMark-IIIシステムと互換性を持つシステムとして開発された。K-3システムはMark-IIIシステム同様、オープンリールテープの長手方向に記録するデータレコーダを使用する。このK-3システム開発により、観測から相関処理およびデータ解析までVLBIに必要な技術すべてをCRLが有したことになる。K-3システムによる日米初VLBI実験は1983年11月に実施されたが、1984年1月からは定期的な国際VLBI実験に参加し、翌1985年には早くもハワイの接近が観測され、年間8cm程の速度で移動する太平洋プレートの運動の実証に大きく貢献した。

国際VLBI実験で着実に成果を挙げる一方、新たに操作性に優れたカセット型レコーダを用いたK-4システムの開発に着手し、1989年6月にはK-4システムによる初VLBI実験に成功した。このK-4システムはコンパクトかつ操作性に優れており、日本周辺のプレート運

動を精密に測定する「西太平洋VLB実験計画(1989-1993年)」の成功に大きく貢献した。特に日本最南東端の南鳥島での1週間連続運用という当時としては前代未聞の長時間連続運用はK-4システム無くしては不可能であった。

1993年度から開始された首都圏広域地殻変動観測計画(KSP)では、当時著しく進歩を始めていたインターネットによるネットワーク機能をフルに利用した、世界初の完全自動(無人)運用が可能なVLBシステム(KSPシステム)の開発に成功した。KSPシステムでは電波星からの信号をそれまでのVLBシステムの4倍のデータレート(256 Mbps)のデジタル信号に変換して、レコーダに記録する。そのため、観測精度を落とすことなく直径11mという小口径アンテナを使用することができるようになった。また、動テープ交換器の導入により観測時の無人運用だけでデータ処理(相関処理)時無人運用が可能となった。高精度化と運用の安定化を図るためにNTT通信網総研究所(当時)と共同で実用VLBシステムの開発に手した。そして電波星からの信号を磁気テープに記録する代わりに高速(2.4 Gbps)非同

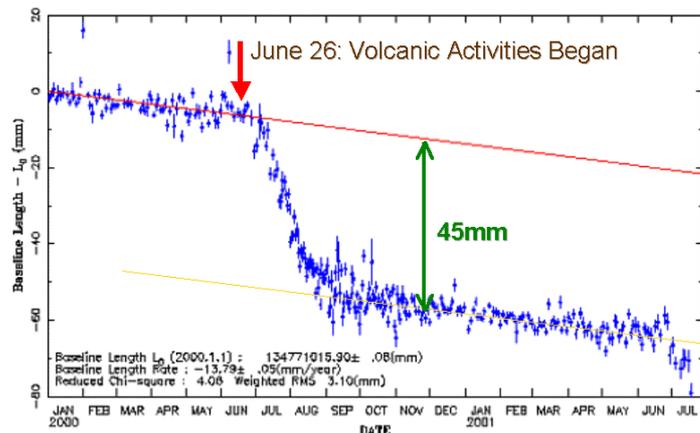


図 6.3 KSPで観測された異常な地殻変動

こと自り、なく、のさらを合時着信代期

転送モード(ATM)ネットワークを通して実時間に相関処理局に転送することにより、連続運用が可能な実時間VLBシステムを完成した。1997年6月からは、実時間VLBシステムによる世界初の定常運用(毎日5時間観測)を開始した。実時間VLBシステムの完成により、観測時間の制約から解放されたため、1997年10月からは精度を向上させるために隔日の24時間観測を開始した。これにより、観測精度は飛躍的に向上し、局位置決定精度は1mmレベルに到達した。2000年7月に発生した三宅島噴火および神津島近辺の地震活動に伴う館山局に異常な局位置変動時には連日の24時間観測を行い、異常な地殻変動の全貌(図6.3)を見極めることができた。こうした貴重なデータは地震予知連絡会および地震調査推進委員会に提供され、社会生活に役立てられたばかりではなく、国際的にも多くの注目を集め高く評価された。

こうしたVLB技術開発の実績から、1990年10月、当所は米国のヘイスタック観測所とともに国際地球回転事業(ERS:International Earth Rotation Service)のVLB技術開発センターに指名された。1999年3月に国際的なVLB組織(IVS:国際VLB事業)が発足したが、ERSのVLB技術開発センターはIVSの技術開発センターへ引き継がれ、こととなり、CRLは再びVLB技術開発センターとして指名された。こうして、現在にいたるまで10年以上に亘ってVLB技術開発およびシステムの標準化において世界に大きな貢献を続けている。

本プロジェクトにおいて地球姿勢の計測が重要な課題となる。VLBI、GPS、SLR(Satellite Laser Ranging)といった宇宙測位技術のうち地球姿勢の絶対値を宇宙空間に準拠した座標系(天球基準座標系)で求めることができるのは原理的にVLBのみである。また、標準座標系を構築にあたって必要となる宇宙探査体の位置計測精度を向上するには、相対VLBIと呼ばれる手法が重要な役割を果たす。そこでVLBIを時空標準基盤技術におけ

る計測技術の要として採用し、それぞれの実時間地球姿勢決定および相対VLB法による飛翔体位置決定の実証および精度評の検証を行う

6.3 研究内容と具体的な達成目標

「スペースナビ」においては宇宙空間に浮かべる「宇宙時空基準点(宇宙灯台)」が重要な役割を果たすが、この宇宙灯台の位置を表すのに、地球重心座標系での表現と宇宙空間の慣性座標系(太陽系重心慣性座標系)での表現が考えられる。将来的に「スペースナビ」において地球の重力圏を離れる飛翔体までの発展システムを考えた場合は、システム構築の段階から太陽系重心慣性座標系での記述も考慮しておくべきである。そのためには、宇宙灯台の位置が太陽系重心慣性座標系において、精密に測定されていなくてはならない。この測定は超長基線干渉計(VLBI)を用いて、宇宙灯台に積まれる電波源と準星の相対観測により可能となる。こうした測定結果をサービスに反映させるためには測定の即時性が要求されるとともに実時間で地球姿勢(地球自転軸の方向および回転角度UT1)(図6.4)を決定することが必要となる。また、地上を含めた地球近傍のサービスにおいては、地球重心座標系での表現が便利である

が、高精度なサービスを提供するためには地球姿勢の瞬時の値が必要となる。そこで、実時間で地球姿勢を高精度で測定する「実時間地球姿勢決定技術」が必要となってくる。地球姿勢のうちUT1の絶対測定ができるのはVLBIのみであり地球姿勢を決定するための実時間VLBIシステムの構築が必要となる。宇宙灯台の位置および深宇宙探査体の位置は相対VLB法によって測定するが、位相遅延の計測を取り入れるなどして高精度化を図る。

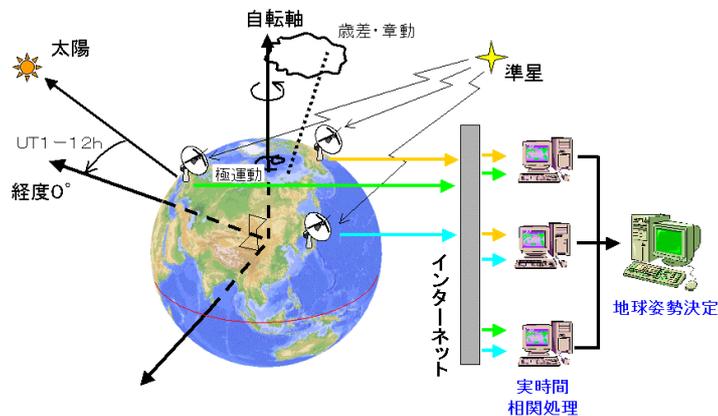


図 6.4 地球姿勢の実時間決定

6.3.1 宇宙時空標準基準座標系の構築

地上から宇宙空間までのシームレスな高精度座標系を構築するためには「地上基準点の高精度測位」、「宇宙時空基準点(宇宙灯台)の高精度測位」、および両者を結びつけるための「地上座標系と天球座標系の接続」が必要である。「地上座標系と天球座標系の接続」には「そのとき」の地球姿勢(自転軸の方向および自転角度)(図6.4)が必要となるが、現在の所、こうした目的に使用できる地球姿勢は数週間前の観測に基づく予測値のみである。この予測値計算はできるだけ、現時点に近いデータを用いる方が精度が高くなるため、実時間VLBI技術で地球姿勢決定を行い、その地球姿勢には不規則変動成分が多く含まれるため実時間かつ高時間分解能で計測することができるならば予測値ではなく実測値を用いたより高精度の「地上座標系と天球座標系の接続」が可能となる。その為に、実時間高精度VLBIシステムの開発を核とした実時間地球姿勢決定のための技術開発を行う

具体的技術開発項目は「インターネットを利用した実時間VLBIシステムの技術開発」、「V

SI(VLB標準インターフェース)の普及による国際ネットワークの構築、および短時間で地球姿勢決定を行うための「ギガビットVLBシステムによる高感度高精度測地観測」に関する研究開発を行う。それぞれ大陸間基線での評価観測を行うためにJPLなど海外の機関との共同研究を推進していく。

6.3.1.1 実時間地球姿勢決定技術の開発

地球を外からスナップショットで見た場合の地球の姿勢は、自転軸(形状軸)の方向および自転角度で与えられる。天空の座標系(太陽系重心慣性座標系)と地表の位置を結びつけるにはこの地球姿勢が必要であるが、地球姿勢計測は地上から遠くの天体(準星)をVLBI観測することによって行う(図6.4)。特に、地球の自転から決定される世界時(UT1)と原子時計によって維持されている協定世界時(UTC)との差(UT1-UTC)は、地球の自転速度の変化を示すパラメタであり、地球に固定された座標系と宇宙空間における慣性座標系を結びつけるパラメタであるが、その値を直接高精度に計測できるのはVLBIによる観測のみである。現状では、ほぼ1週間に1回の頻度で実施される国際VLBI観測を処理することによってUT1-UTCを計測しているが、その処理にはテープの輸送などのために約2週間を要している。そのため、UT1-UTCの実測値は、約2週間から約3週間前に実施されたVLBI観測による実測値が最新のものとなり、

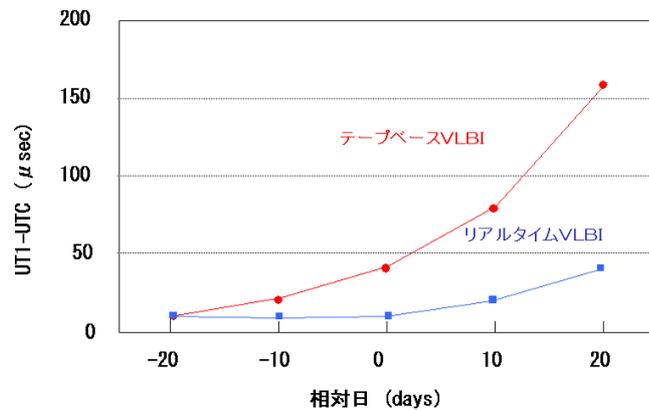


図6.5 実時間VLBIによる地球姿勢決定の改善効果

それ以降の値は過去のUT1-UTCの変化から予測した値しか利用できないが、予測値の精度は最新の实測値が計測されてからの日数が経過するに従って発散的に劣化する。そこで、宇宙時空標準基準座標系の構築では、リアルタイム国際VLBI観測を実現するための技術開発を行い、随時、その時点でのUT1-UTCを直接高精度に計測できることを目指す。このことにより、実質的に利用することのできるUT1-UTCの値の精度を大幅に改善することができる(図6.5)と期待され、地上から宇宙空間までのシームレスな高精度座標系の構築が可能となる。開発に際してはVLBI技術開発センターとして国際的VLBI事業(IVS)に協力して仕様を制定したVLBI標準インターフェース(VSI)を取り入れ、国際的な互換性にも配慮する。システムの開発に当たっては、汎用の実時間VLBIシステム(インターネットVLBI)の開発および高感度化を目指したギガビットVLBIシステムの開発を並行して進め、最終的には両システムをVSIで結合し、高感度かつ汎用実時間VLBIシステムを構築する。

地球姿勢を即時に観測するためには、VLBI観測において、各アンテナで受信した信号は処理局に実時間(もしくは準実時間)で伝送し、処理解析を行う必要がある。そのため、実時間VLBI技術が不可欠である。図5には実時間VLBIにより地球姿勢決定値および予測値がどのように改善されるかの予測を示している。実時間VLBI技術はすでにKSPで開発されたATM方式(専用回線方式)があるが、ネットワークコストが未だ高額であり、接続先も限定されることから、地球姿勢を精密に測定するのに適した大陸間基線といった長基線には、現段階では不向きである。そこで、現在既に広く普及しているインターネットプロトコル

(IP: Internet Protocol)技術を使用することにより、ネットワーク利用コストの低減、かつ接続サイトの拡大を目指した新方式の実時間VLBシステム(インターネットVLBI)を開発する。現在インターネットは次世代インターネットと称した高速化が進められており、インターネットVLB技術が確立されることにより、海外との実時間VLBがより簡単に実施できるようになることが期待される。

低データレートのシステムから開発を行い、中期計画期間中では現測地VLBIで使用されている256M bpsシステムをインターネットVLBI化することを目指す。システム開発およびR&D実験はKSP鹿島局およびKSP小金井局とその間を結ぶKSP回線を使用する。計測精度の達成目標として、時間分解能は1時間、精度はUT1で10 μ 秒、自転軸方向角度で0.16ミ秒角の測定を目指す。これらは、地球半径規模の基線での局位置測定精度5mmに相当する。1000km程度の基線ではサブミメータでの位置測定精度に相当する。

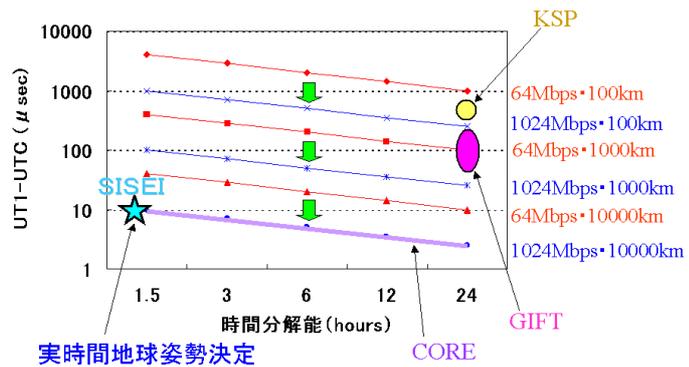


図 6.6 広帯域化による地球姿勢決定の改善効果。SISEI と示されている部分が精度達成目標。

6.3.1.2 地球姿勢決定の高精度化

瞬時の地球姿勢を求めるには、いかに短時間でより多くの電波源を観測できるかが重要となる。つまり電波星あたり観測時間を短くすることが必要であるが、そのためにはアンテナを大きくするか、受信帯域を広くするかを選択となる。一般に大きなアンテナは駆動速度が遅くなるため、星の切り替えに時間を要するようになり、単位時間当たりの観測数増加には不利である。そこで、毎秒ギガビットクラスのデータレートを有するギガビットVLBIシステムの開発を行い、受信帯域拡大およびサンプリング量子化ビット数の多ビット化を行うこととする。図 6.



図 6.7 地球姿勢決定精度実証実験用局配置案

6に広帯域化による期待される地球姿勢決定精度および時間分解能の向上を図示している。現在開発が終了しているギガビットレコーダを使用したVLBI観測を通して、短時間での地球姿勢決定の可能性に関する実証実験を行う。その予備実験は岐阜大に移設した3mアンテナとの間で開始したが、今後、北海道大学および岐阜大に移設されるKSP三浦および館山局の11mアンテナを使用して実証実験を行う(図 6.7)。これらの局が、高速ネットワークへ接続されれば、前述のインターネット方式による実時間VLBI検証実験への発展もスムーズに行える。

現在開発が終了しているギガビットレコーダを使用したVLBI観測を通して、短時間での地球姿勢決定の可能性に関する実証実験を行う。その予備実験は岐阜大に移設した3mアンテナとの間で開始したが、今後、北海道大学および岐阜大に移設されるKSP三浦および館山局の11mアンテナを使用して実証実験を行う(図 6.7)。これらの局が、高速ネットワークへ接続されれば、前述のインターネット方式による実時間VLBI検証実験への発展もスムーズに行える。

要素技術としてインターネットVLBシステムとギガビットシステムを確立した後、性能向上の著しいパソコンを使用したVLB標準インターフェース(PC-VSI)へ統合していく。その際、IVSの元で次世代VLBシステムとして開発が始まりつつあるe-VLBシステムに対して、積極的(主導的)に関わっていく。

更にはサンプラー部から伝送部および信号処理部をひとまとめにした小型VLBパッケージ(10kg程度)の開発へとつなげていく

6.3.1.3 ソフトウェアの改良

VLB計測の時間分解能を高くして1日以下の時間スケールとした場合は、日変化として相殺されない物理モデルの不備が現れてくる。その大部分は水蒸気による伝播遅延であろうと思われる。地球姿勢決定観測で目指す精度は位置の測定精度に換算して1000km程度の基線ではサブミメータレベルであるが、変動する大気を1時間程度の時間スケールでサブミメータレベルで補償する必要があり、こうした補償を行う物理モデルもしくは実測方法を開発する。

また現在のVLB解析はまとまった観測データのオフライン(観測終了後の)解析であるが、連続的に高時間分解能の実時間地球姿勢を行うには実時間相関処理データを実時間解析可能なソフトウェアが必要である。こうしたソフトウェアの開発を行う

6.3.2 宇宙空間飛翔体等測位技術の研究

VLBIにおいて位相遅延計測技術に関する研究を行い、地上基準点の測位精度の向上を図る。さらに宇宙空間での灯台の役割を果たす「宇宙時空基準衛星(仮称)」の位置を高精度に実時間で決定する技術に関する研究を行う

具体的には短基線測地VLBIにおいて位相遅延計測技術を確立し、さらに相対VLBI法による宇宙時空基準衛星の位置の高精度決定技術に関する研究に応用する。現在JPL(Jet Propulsion Laboratory:ジェット推進研究所)が深宇宙探査体の位置を測定するためにやっている相対VLBI法はDDOR(Delta Differential One way Ranging)と呼ばれる方法で、探査体から出される測距信号を用いた1方向測距観測値を2局での差分を取ることで、観測を得ており群遅延を観測量としている。そこで、相対VLBIにおける位相遅延計測技術の確立することによりさらなる高精度化を目指すとともに、実時間での高精度軌道決定を目指す。そのため、実時間相対VLBI観測で得られる観測量から飛翔体の位置を実時間で高精度に決定するための解析手法を研究し、ソフトウェアを開発する。この開発には飛翔体の高精度軌道決定ソフトウェアの開発が含まれる。さらに、飛翔体の位置を決定するのに最適な送信信号情報(含む型式)等に関する調査および理論的考察を行う

実証実験は、我が国の火星探査機である「のぞみ」を「宇宙時空基準衛星」に見立てた観測を実施し、精度の評価を行う。ところで「のぞみ」は2003年6月に地球引力によるスウイングバイにより火星に向かう軌道への投入が予定されているが、スウイングバイの成功はその前の期間での「のぞみ」の位置の精密測定にかかっている。しかしながら地球との相対的位置関係から、従来のレンジ&レードによる測定が困難になることが予想されていることから、VLBI手法による「のぞみ」の高精度位置決定が大きく望まれている。そこで、宇宙研、JPLと共同で相対VLBIによる「のぞみ」の位置計測および精度の評価を実施する。具体的にはJPLがすでに確立している群遅延を利用した相対VLBI法と、高精度化が望める宇宙研と共同で技術開発を進める位相遅延法を実際に「のぞみ」の位置計測に適用し比較を行うとともに

に、最前を尽くして「のぞみ」ミッションの成功への寄与を目指す。

また、深宇宙探査体のテレメトリ信号(ダウンリンク)の周波数は現在のS/Xバンドから将来的にはX/Kaバンドへ移行することが予定されているため、鹿島34mアンテナにKaバンド受信器を搭載し、相対VLBIに使用する基準電波星のサーベイVLBI観測をJPLと共同で実施する。この観測には通総研で開発するギガビットVLBIシステムを使用することにより感度の向上を図り、効率よくサーベイ観測を行う。

さらに、深宇宙探査体の位置決定精度向上のため、アンテナの高性能化および、地球姿勢決定観測において将来深刻な影響が危惧される混信(干渉)を低減する技術開発に着手する。

また、太陽系空間の飛翔体においてパルサーを時空基準として利用する測位に関する可能性(アンテナ、理論)に関する研究を実施する。

6.3.3 次期5カ年計画(平成17年度以降)

本プロジェクトの達成目標は比較的地球近傍の宇宙空間での飛翔体を対象としたシステムの実証実験および精度評価においているが、次期5カ年計画では、外惑星軌道空間へと対象領域を広げた実証実験、およびパルサーを積極的に利用したナビゲーションシステムの検討を目指す。深宇宙探査体からの微弱な電波を対象としたシステム実証につなげていくために、今期5カ年期間の終了の2年前からは、微弱電波を受信できる高感度アンテナ(通信総合研究所の共通インフラとしての大型アンテナ)建設の検討も開始する。

6.3.4 達成目標の総括

	5年後	10年後
実時間地球姿勢決定 (インターネットVLBI)	インターネットVLBI(256 M bps)システム完成 時間分解能 1時間 精度 UT1 10 μ sec 極運動 0.00016	インターネット・ギガビットVLBIシステム 分散処理システム
ギガビットVLBIシステム	各機器VSI(VLBI標準インターフェース)化 4Gbpsシステム PC-VSIの完成	小型VLBIパッケージ完成
宇宙空間飛翔体測位技術	VLBI位相遅延計測技術確立 相対VLBIでの「のぞみ」位置決定観測の実証と精度評価 リアルタイムでの相対VLBI探宇宙探査体位置決定システム実証	パルサーナビゲーションシステム検証

観測アンテナシステム高精度化	混信軽減技術開発 Kaバンド等高周波数での性能改善 Kaバンド電波源カタログ作成	CRL共通インフラとしての次期大型アンテナ建設
----------------	--	-------------------------

6.4 予算・要員・体制・施設

(宇宙電波応用G分のみ)

予算 交付金

要員 職員 6名 (内1名は長期在外研究中)

専攻研究員 1名

派遣職員 3名

研修員 1名

宇宙電波応用グループが維持している主要施設は以下の通りである。

34m電波望遠鏡施設

VLB観測施設

VLB相関処理施設

水素メーザー周波数標準施設

高速ネットワーク(KSP鹿島 - KSP小金井)

KSP鹿島VLB局

KSP小金井VLB局

6.5 計画年表

