

VLBI技術を用いた研究開発

時空統合標準プロジェクトは、今年度より(旧)宇宙電波応用グループと(旧)タイムアプリケーショングループで実施されていた研究課題を発展的に引き継いで研究開発を行っています。研究の拠点は、小金井本部と鹿島宇宙技術センターにあります。

時間(時刻)と空間(位置)の情報は、社会を構成する欠かせない要素であり、科学技術の最も基本的な物理量です。この時間と空間の情報を、いつでも・どこでも・だれでもかんたんに利用することができる社会の実現を目指して、時間と空間を統合した基準をつくる研究を行っています。鹿島宇宙技術センターでは、電磁波の干渉技術(VLBI)を用いたリアルタイム地球姿勢決定技術、高度な時刻・位置情報を認証する技術の研究開発を行うとともに、測位における距離基準を確立するための小型アンテナの研究開発を行っています。

時間・位置情報社会基盤の目指す社会イメージ



- ✓ 公正で信頼できる商取引
- ✓ 次世代ネットワークの高速非同期通信を支える正確な時刻同期

正確で保証された時間情報



- ✓ 証拠写真の時刻・位置情報の保証
- ✓ 通信相手の位置の通知(ロケーションディスプレイ)



- ✓ 文書の偽造防止
- ✓ 土地境界の位置の証明

さまざまな情報の時間と位置の証明



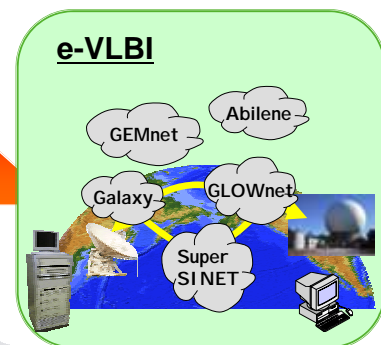
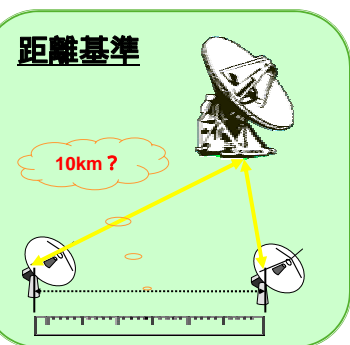
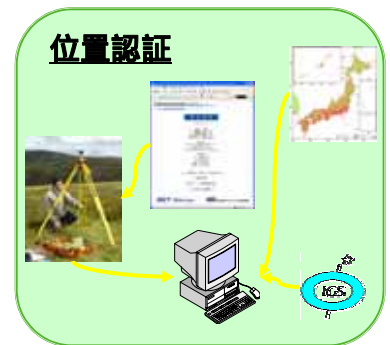
- ✓ 測量結果の整合性確保(さまざまなトラブルの防止)
- ✓ 測量業務の簡素化・効率化

正確で保証された位置情報

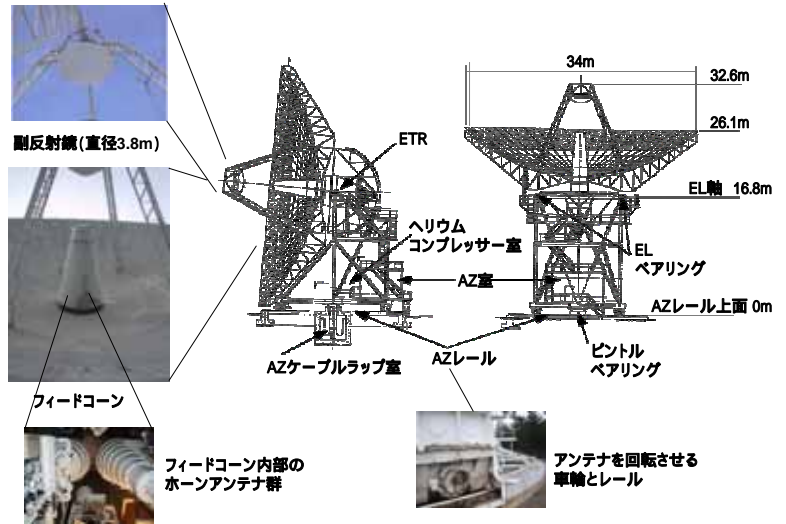


- ✓ だれでも安全に移動・活動できる高度な位置情報社会
- ✓ 航空機等の安全な運行と離着陸支援

信頼できる高度な地理情報システム(GIS)



VLBI観測で活躍する鹿島34mアンテナ

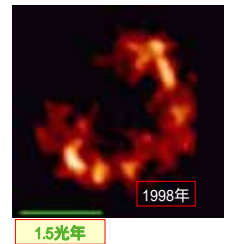
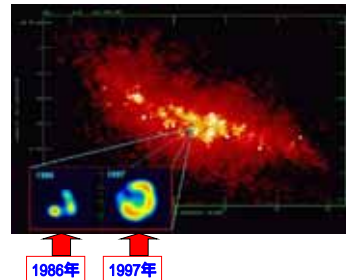
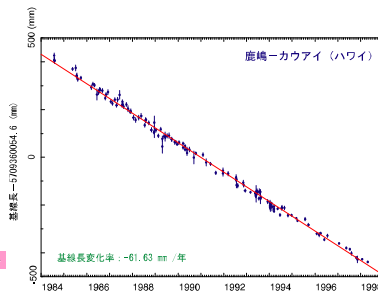
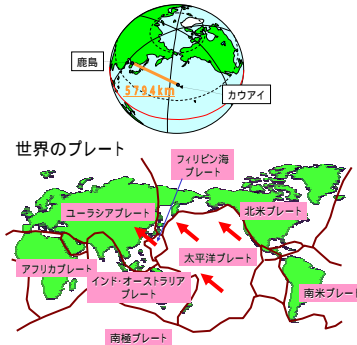
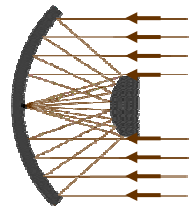


受信周波数 GHz	Lバンド	1.35 - 1.75	Kバンド	21.8 - 23.8
	Sバンド	2.19 - 2.35	Kaバンド	31.7 - 33.7
	Cバンド	4.60 - 5.10	Qバンド	42.3 - 44.9
	Xバンド	8.18 - 9.08		

主反射鏡開口径	34.073 m	主反射鏡鏡面精度	0.17 mm r.m.s
副反射鏡直径	3.8 m	駆動可能範囲 方位角(AZ)方向	北 ± 270 °
緯度	北緯 35 ° 57 ' 05.76	仰角(EL)方向	7 ~ 90 °
経度	東経 140 ° 39 ' 36.16	副反射鏡5軸駆動制御範囲	各軸 ± 60 mm
アンテナ中心海拔高	43.6 m	最大駆動角速度 AZ	0.8 ° / s
アンテナ形式	鏡面修正カセグレン	EL	0.64 ° / s
マウント形式	AZ-EL マウント	製造	米国 VertexRSI

鹿島宇宙技術センターのシンボルでもある鹿島34mアンテナは、西太平洋域でのプレート運動の実測を目的として1988年に建設されました。以降、測地学的成果はもちろんのこと、位置天文学及び電波天文学という天文分野においても多くの成果を出し続けています。

直径34mの主反射鏡で反射した電波をアンテナ頂部の副反射鏡で再度反射し、主反射鏡中心部にあるフィードコーン内のホーンアンテナで受信するカセグレン式のアンテナで、日本で3番目に大きな電波望遠鏡です。フィードコーン内で複数のホーンアンテナをエレベータのように上下して切り替える事により、7つの異なる周波数帯の電波を受信する事ができます。



成果 測地学

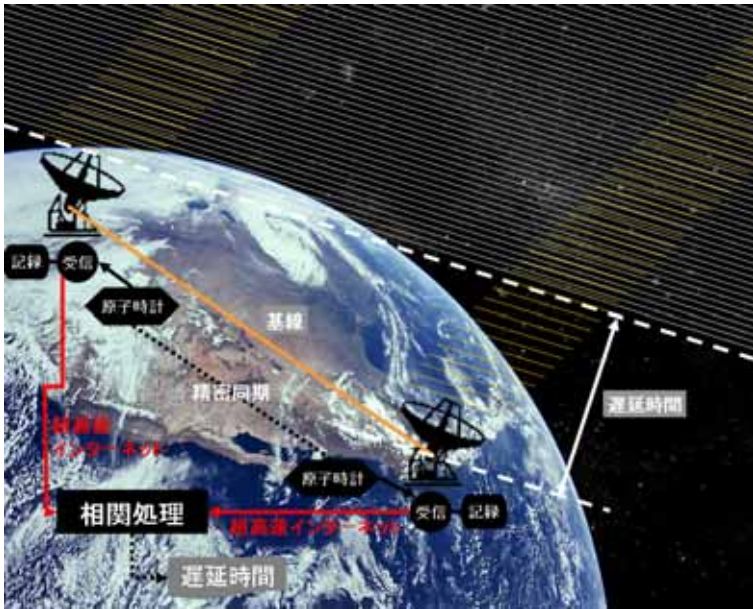
34mアンテナと世界各国にあるアンテナとで、同時に天体(クエーサー)からの電波を受信・解析すると、アンテナ間の相対的な位置を正確に計測することができます。プレートテクトニクスの考えから、カウアイ(ハワイ)の属する太平洋プレートが、日本海溝で北アメリカプレートの下に沈み込みながら北西の方向に動いて、鹿嶋-カウアイ間の距離は短くなると考えられていました。実際に、このようなプレートの動きは、宇宙電波を利用した精密測位技術の出現によって初めて明らかになりました。

成果 電波天文学

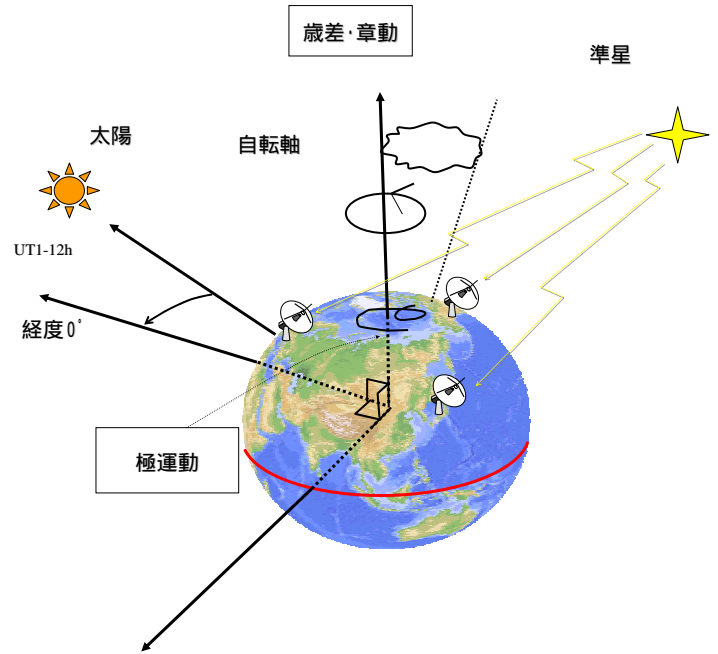
銀河の仕組みや生い立ちなどもVLBIで観測することができます。上の図は地球から1000万光年離れた場所にあるメシエ82という銀河の中心付近にある超新星からのガスの広がりを、1986年と1997年の状態です。下の図は、1997年の図に示された範囲を1998年に調べた結果で、非常に細かいガスの広がりの様子が捉えられています。

図中の緑色の線の長さが1.5光年(光の速度で1年半かかって進む距離)です。

VLBI技術で知る地球の姿勢



VLBIシステム

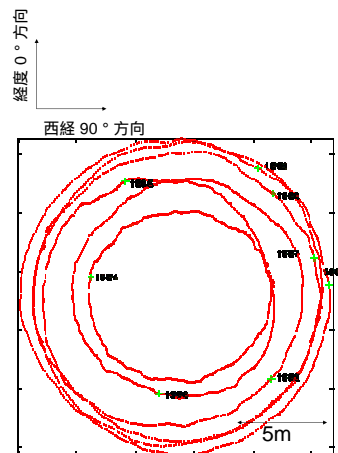
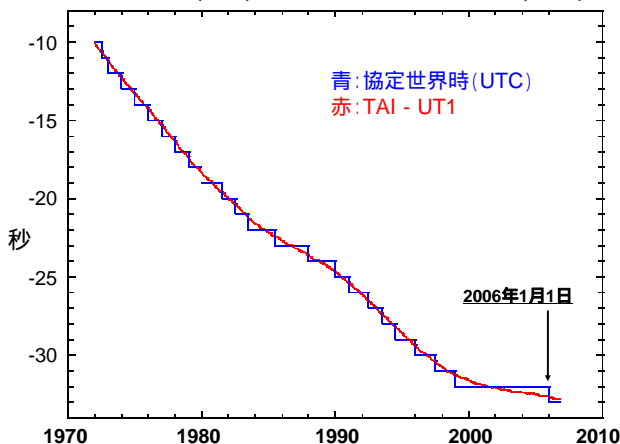


地球の姿勢

VLBI (Very Long Baseline Interferometry: 超長基線電波干渉法)とは、はるか彼方にあるクエーサーやパルサーなどの天体から放射される電波を複数のアンテナで同時に受信し、その到達時刻の差を精密に計測する技術です。この差を解析することで、宇宙空間に対する地球の自転軸の方向や、自転軸に対する地球の傾き、地球の自転速度という地球の姿勢を決めることができます。

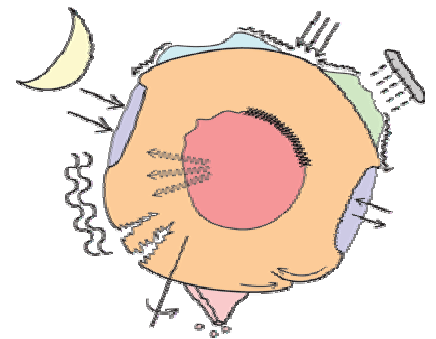
普段、この地球姿勢を意識する事はありませんが、実は地球の姿勢はわずかながら不規則に変化しています。2006年1月1日にうるう秒が挿入されましたが、時間が経つと地球の自転で決められた時間と原子時計で決められた時間に差が生じます。VLBIは、この微細に変動する地球姿勢の絶対値を高精度に計測する唯一の観測手段で、地球の自転速度が100万分の1秒変化したこともとらえることができます。

国際原子時(TAI)に対する地球自転速度(UT1)



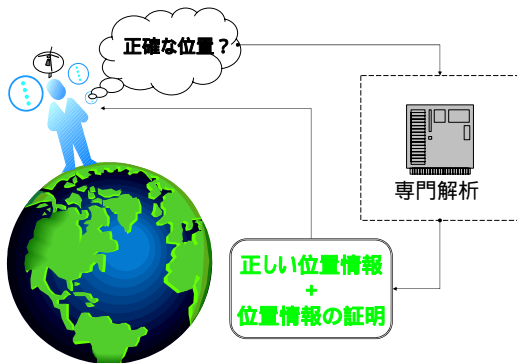
地表における北極の位置

地球姿勢に影響する自然界の力



太陽、月、惑星の引力
プレート運動、地震・火山活動
大気・海洋・陸水などの変動
氷河の融解
マンテル対流 etc.

正確な位置情報とe-VLBI



位置情報認証技術の概念図

地球上での自分の位置は、カーナビや携帯電話で使われているようなGPSと呼ばれるシステムで簡単に知ることができるようになりました。しかし、専門的な解析を行わないと数ミリメートルという精度での正確な位置は分かりません。そこで、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目指し、ユーザーの要求に応じて高精度な位置情報を提供するシステムを開発しています。

また、1mという長さは基準となるものさしが世界中にあります。が、10kmという距離には、まだ便利で十分正確とされる基準がありません。このような距離を最も正確に測定できるのはVLBIですが、アンテナの大きさと可搬性が問題となっています。どこでもVLBI観測ができる超小型電波望遠鏡と、高感度な観測システムの研究開発も行っています。

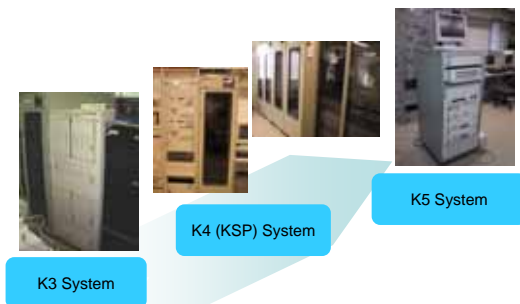


2.4 m アンテナ

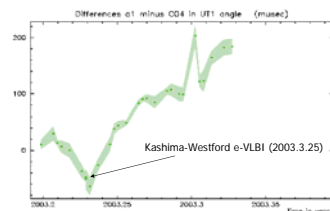
地球物理学や位置天文学などの科学目的では、リアルタイムVLBI観測を定常的に行う必要があります。地球の自転速度の変化が10分毎に分かると、気象や海流、地球の地下構造など、地球の姿をより深く知る手掛かりになると期待されます。

科学の発展を後押しするために、観測技術の研究開発を行い、処理時間の短縮、高頻度自動観測・自動処理、超広帯域受信技術などの現在の課題に取り組んでいます。

e-VLBI概念図



開発されて来た、歴代 VLBI システム



e-VLBI で観測されたUT1変化