

VLBIとは何か

国土地理院 国際観測企画官
松坂 茂

アウトライン

- ▶ 原理
- ▶ 歴史と成果
- ▶ 基準座標系とVLBI
- ▶ 次世代VLBI

VLBIとは

Very Long Baseline Interferometry
(超長基線電波干渉法)

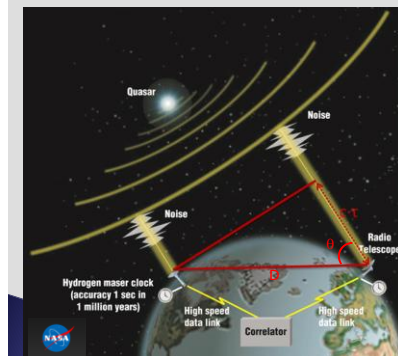
=非常に正確な時計を使った電波干渉技術

遠い天体の構造を精密に求める(天文VLBI)

↑↓

天体の位置・地球上の位置を精密に求める
(測地VLBI・位置天文VLBI)

VLBIの基本観測量=遅延時間



τ : 二つのアンテナでの電波の到達時刻の差 (幾何学的遅延時間)
 $c \cdot \tau = D \cos \theta$

τ を高精度に多数観測

$\tau \sim \text{picosec}(10^{-12})$
↓
 D : 基線ベクトル
~ mm
 θ : 電波源位置
~ 1/1000arcsec

測地VLBIの歴史

- ▶ 1960年代後期 最初の実験(米・加)
- ▶ 1980年代 各国で技術開発
 - NASA CDP(地球力学プロジェクト)
 - 日本では、NICT,GSI
 - プレート運動の実証
- ▶ 1999 IVS(国際VLBI事業)設立
 - 真に国際的な観測網
- ▶ 2000~
 - ネットワークの時代
- ▶ 2010~ 次世代VLBI2010

VLBIに必要なもの(つくば)



つくば32mアンテナ



水素メーザ原子時計



世界のe-VLBIネットワーク

高速データ通信網



データ記録・処理装置

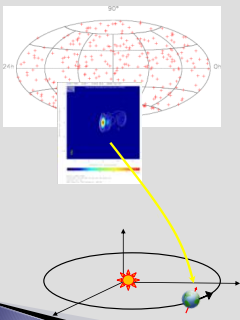
世界のVLBI観測局



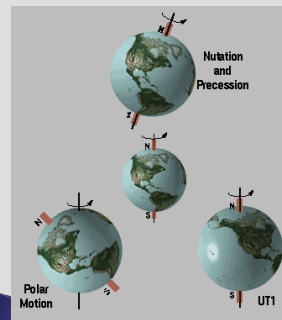
遅延時間への影響: 物理現象

- ▶ 光の屈曲 (相対論効果)
- ▶ 地球回転パラメータの変化
- ▶ 大気・電離層の状態
- ▶ アンテナ変形
- ▶ ...

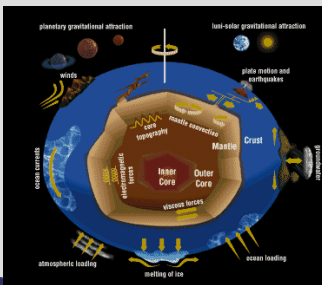
重力場による光の屈曲



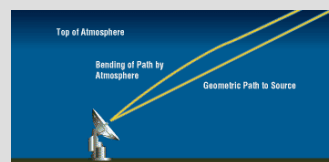
地球回転(姿勢)パラメータ(EOP)



地球回転変動の物理



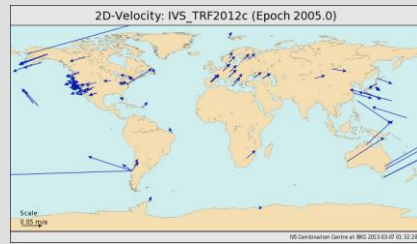
大気遅延



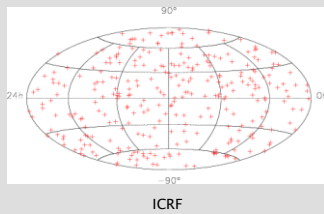
VLBIによる成果

- ▶ プレート運動
- ▶ 天球基準座標系 (CRF)
- ▶ 地球回転パラメータ (EOP)
- ▶ 地球基準座標系 (TRF)

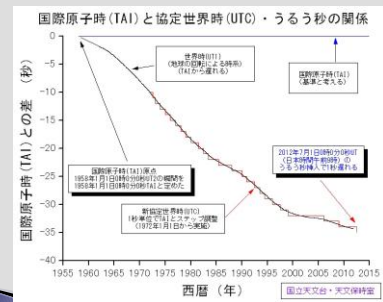
グローバルな局位置変化



天球座標系:クエーサーの位置



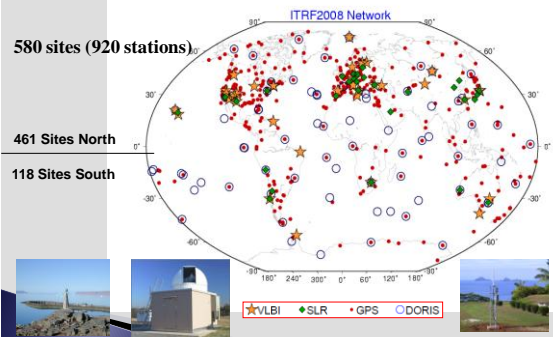
地球自転(世界時)



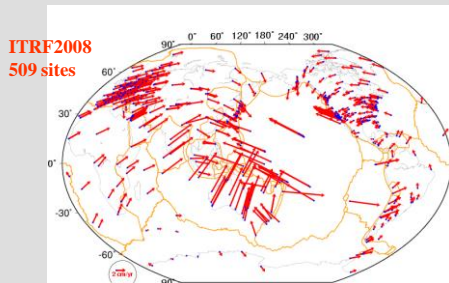
地球基準座標系

- ▶ ITRF (International Terrestrial Reference Frame: 国際地球基準座標系)
 - VLBI, GNSS, SLR/LLR, DORIS
- ▶ IERS (国際地球回転及び基準座標系事業)
 - 1988~
 - ITRF88 ... ITRF2008
 - ICRF (国際天球座標系)
- ▶ 国際的な基準座標系として認知

ITRF2008 のネットワーク



ITRF2008速度ベクトル



測地基準座標系: 地理空間情報社会の基本インフラ

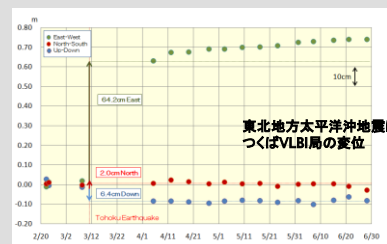


Prepared by Geoscience Australia

日本の測地座標 (JGD2000)



2011年日本測地座標の改訂

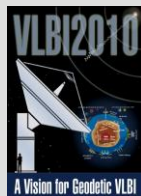


つくばVLBI局の新座標を固定して電子基準点座標を再計算
→ 原点位置の改訂、JGD2011

次世代VLBI:VLBI2010

目標

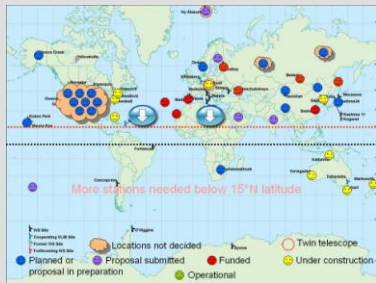
- グローバルなスケールで、位置1 mm、速度0.1 mm/y の精度
- 連続観測
- 24時間以内に測地解を算出
- できれば、ローコストで建設・観測



VLBI2010基本仕様

項目	VLBI2010	従来システム
アンテナ口径	12m程度	5~100m
受信周波数	広帯域 (2G~14GHz)	狭帯域 (2GHz & 8GHz)
駆動速度	Az: 12° / 秒以上、 El: 3.5° / 秒以上	Az: ~1° / 秒、 El: ~1° / 秒
データ記録	8-16Gbps	128, 256Mbps
データ転送	リアルタイム高速ネットワーク 利用	ディスクを輸送、 一部ネットワーク利用

VLBI2010ネットワークの進展



国土地理院のVLBI2010(建設中)



VLBI2010対応アンテナのイメージ



VLBIとは(まとめ)

- ▶ 地球と宇宙を結ぶ幾何学的な宇宙測地技術
 - クエーサーから基準点へ
- ▶ 40年の歴史、さらに進化中(VLBI2010)
- ▶ 地理空間情報社会を支える
 - 地球基準座標系、地球回転
- ▶ 地球と宇宙の理解を進める
 - 地球科学、天文学