

小型アンテナ同士の基線に於ける 新しいVLBI 基線測位法の検証

Evaluation of the new approach
to improving compact-compact antenna baseline in VLBI

瀧口 博士¹, 石井 敦利^{1,2,3}, 市川 隆一¹, 小山 泰弘¹

¹情報通信研究機構,

²国土地理院, ³ (株) エイ・イー・エス



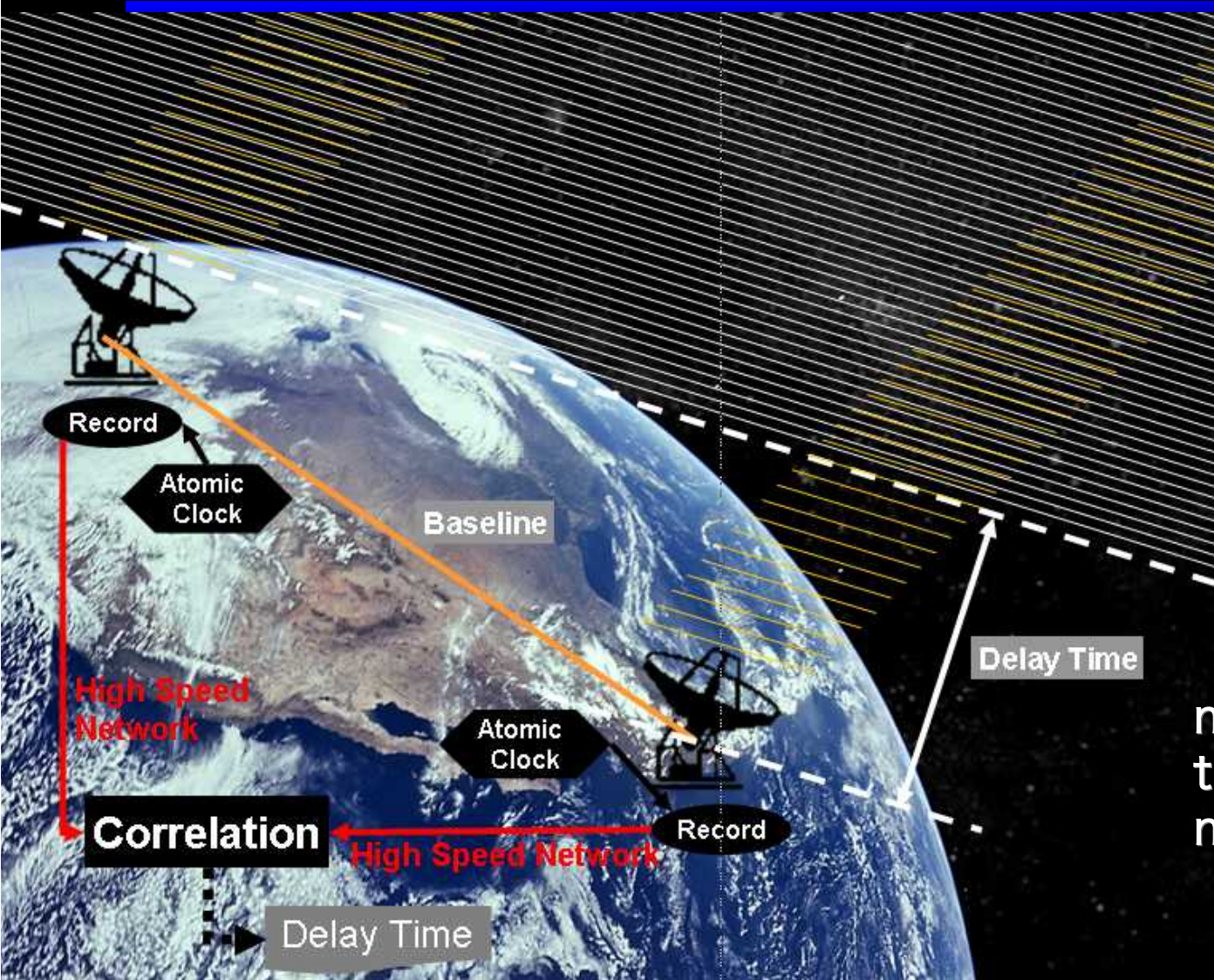
内容

- ✓ 背景
- ✓ MARBLEコンセプト
- ✓ 検証・解析
- ✓ 結果
- ✓ まとめ



VLBI

Very Long Baseline Interferometry



measure the arrival
time delays between
multiple station

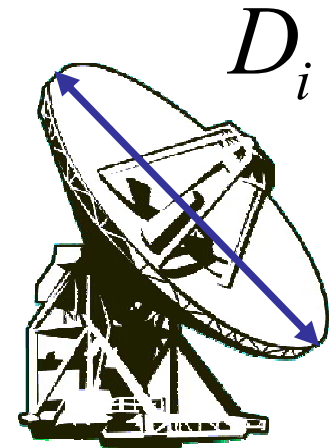
背景 1/2

✓ 一般

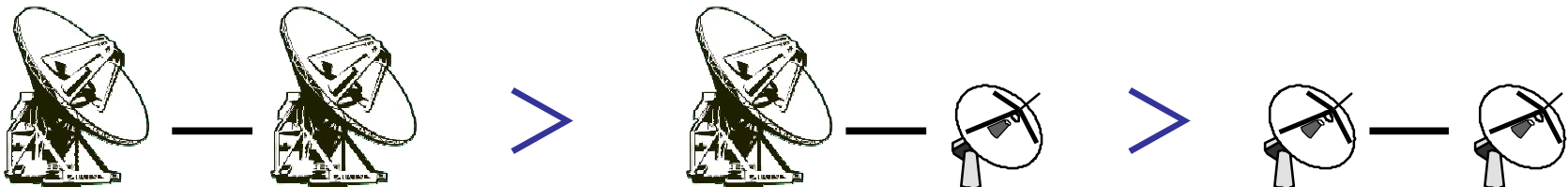
- » 観測する電波星の強度が著しく弱い
⇒ アンテナの受信感度を上げる
⇒ 大型化

✓ VLBI

- » 2つのアンテナで合成・干渉
- » 2つのアンテナの直径積が集光力を決める
 - 信号対雑音比(SNR)は比例
 - 遅延決定精度(σ)は反比例



$$SNR \propto \frac{D_1 D_2}{\sqrt{T_1 T_2}} \quad \sigma = \frac{1}{SNR}$$



背景 2/2

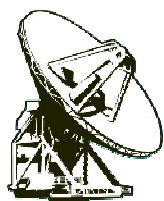
✓大型アンテナ

» コスト(建設費, 維持費), 目的が限定

✓小型で可搬型のアンテナの開発

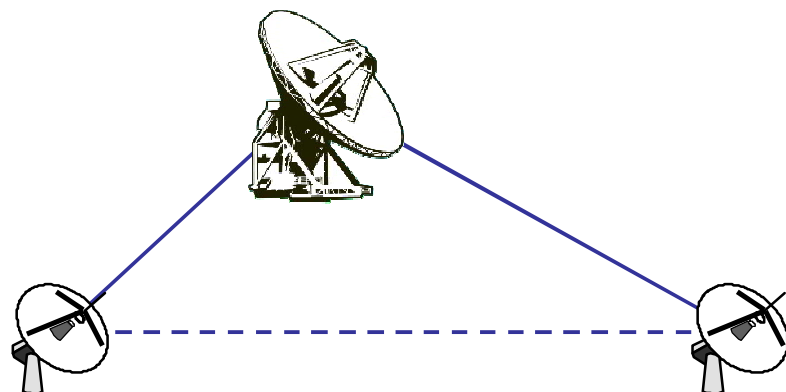
» 基線を組むアンテナペアで
一定以上のSNRをキープ

■ 方法 1



■ 方法 2

- 大型アンテナを介して観測・解析



MARBLE コンセプト

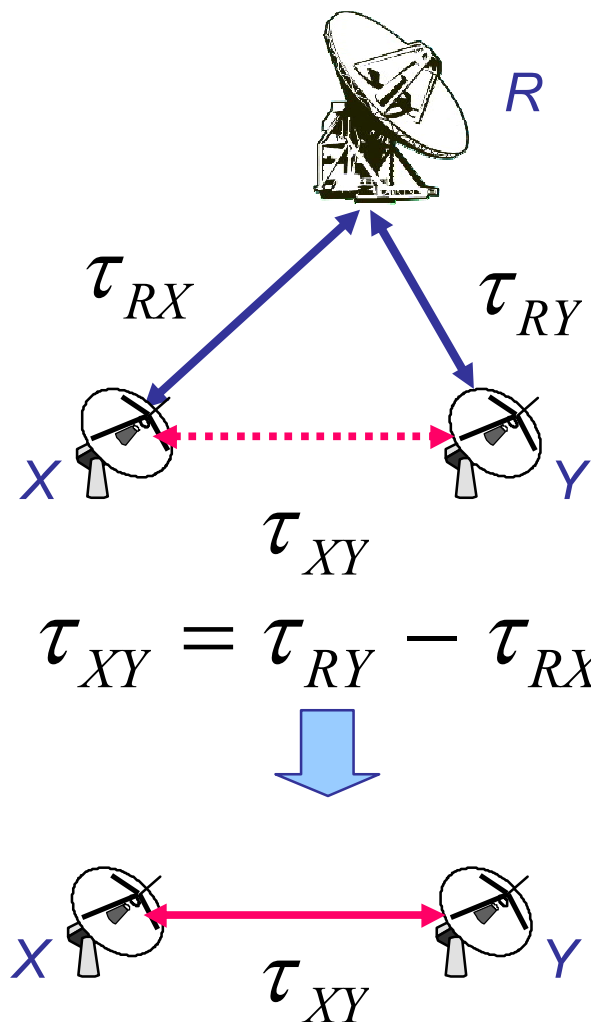
✓ 方法 3

- » 1 局：大型アンテナ +
2 局：小型アンテナ
(小型アンテナ同士ではFRINGEが出なくても可)
 - 大型アンテナ - 小型アンテナ間の遅延量を求め
 - 小型アンテナ間の遅延
= 大型 - 小型アンテナ間の遅延の差
 - 観測遅延量を直接引く

✓ メリット

- » 小型アンテナ同士の感度を考慮しなくても良い
 - 大型アンテナとの基線について考慮すれば、小型アンテナ同士の基線では使用出来ない天体を使う事も可能
 - 小型-小型基線に比べ、積分時間を短くしスキャン数を増やす事も可能
- » 大型アンテナとの遅延の差を取る
 - 重力変形や熱変形などの影響(あれば)をキャンセル

検証

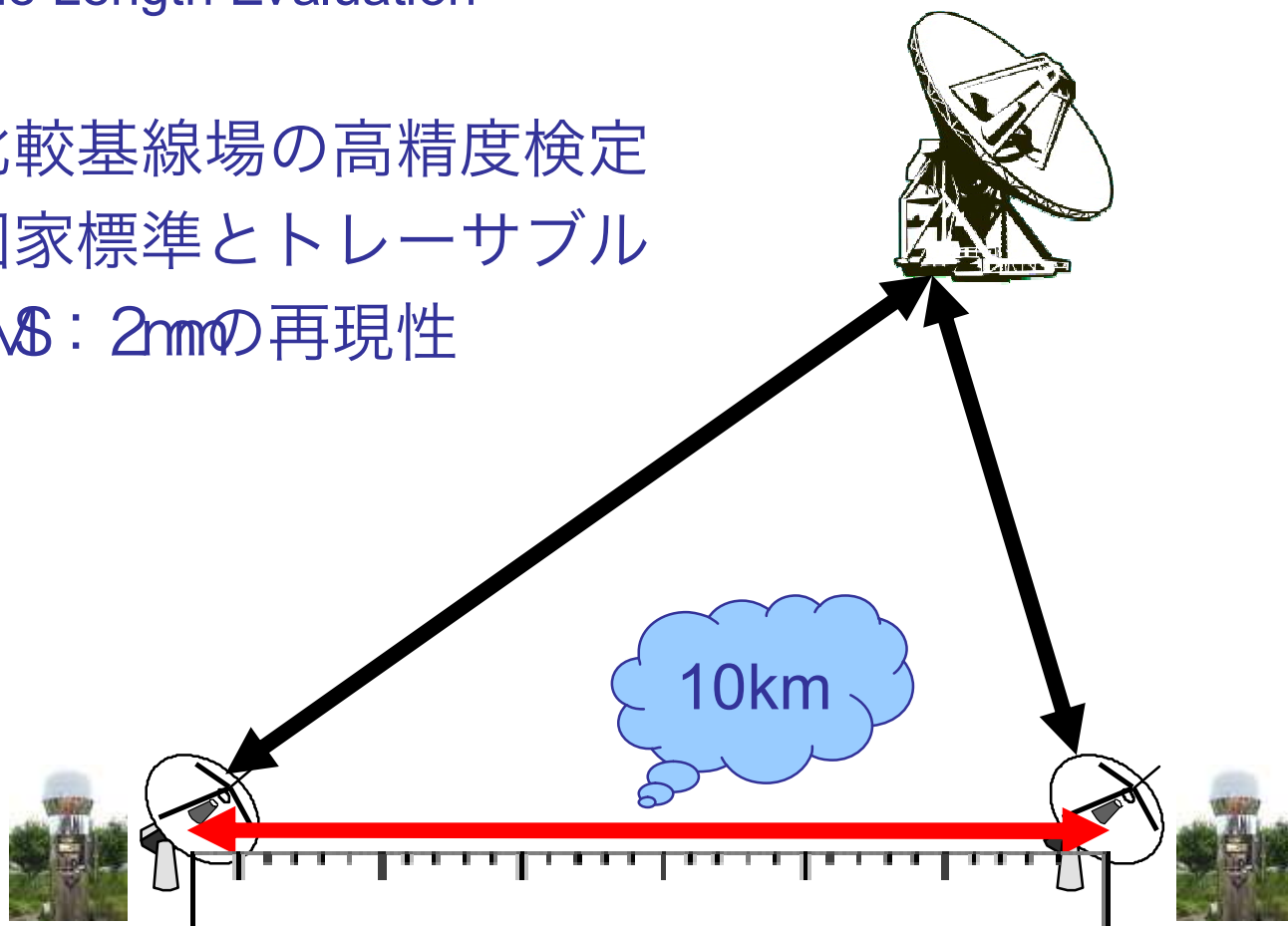


MARBLE システム

詳しくは次の講演

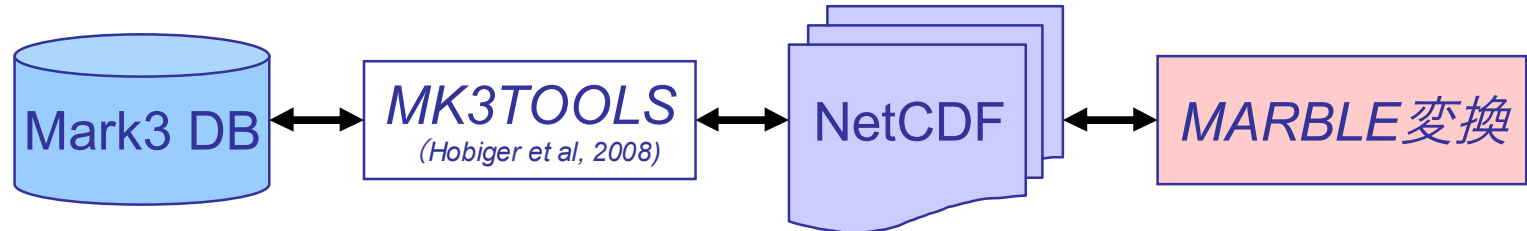
Multiple Antenna Radio-interferometry
for Baseline Length Evaluation

- » 測地用比較基線場の高精度検定
- » 長さの国家標準とトレーサブル
- » 10kmでRMS: 2mmの再現性



検証方法

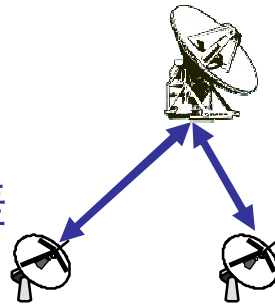
✓ 遅延差の計算 (Database)



✓ 解析

» cal c/solve

- 遅延残差
- 座標推定誤差
- 基線長 比較



✓ 使用データ

» 11mアンテナを小型アンテナに見立てる

- 鹿島-小金井基線, 鹿島34m+KSP, JAPAN TIE

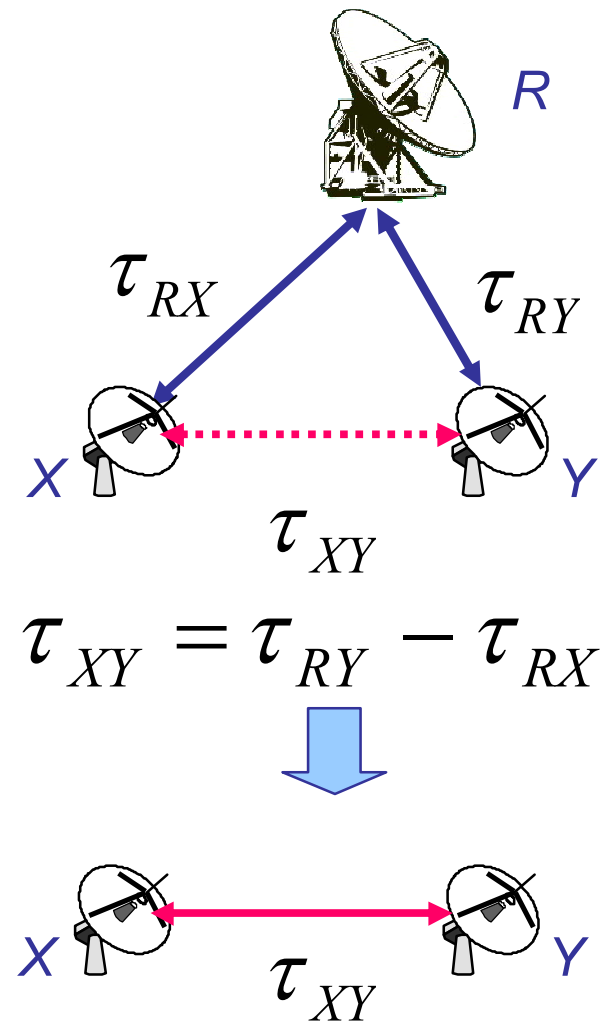
* 11mアンテナ同士の基線でも相関が出るようにスケジュールされたDB

MARBLE試作機での
実験：6月始めに予定



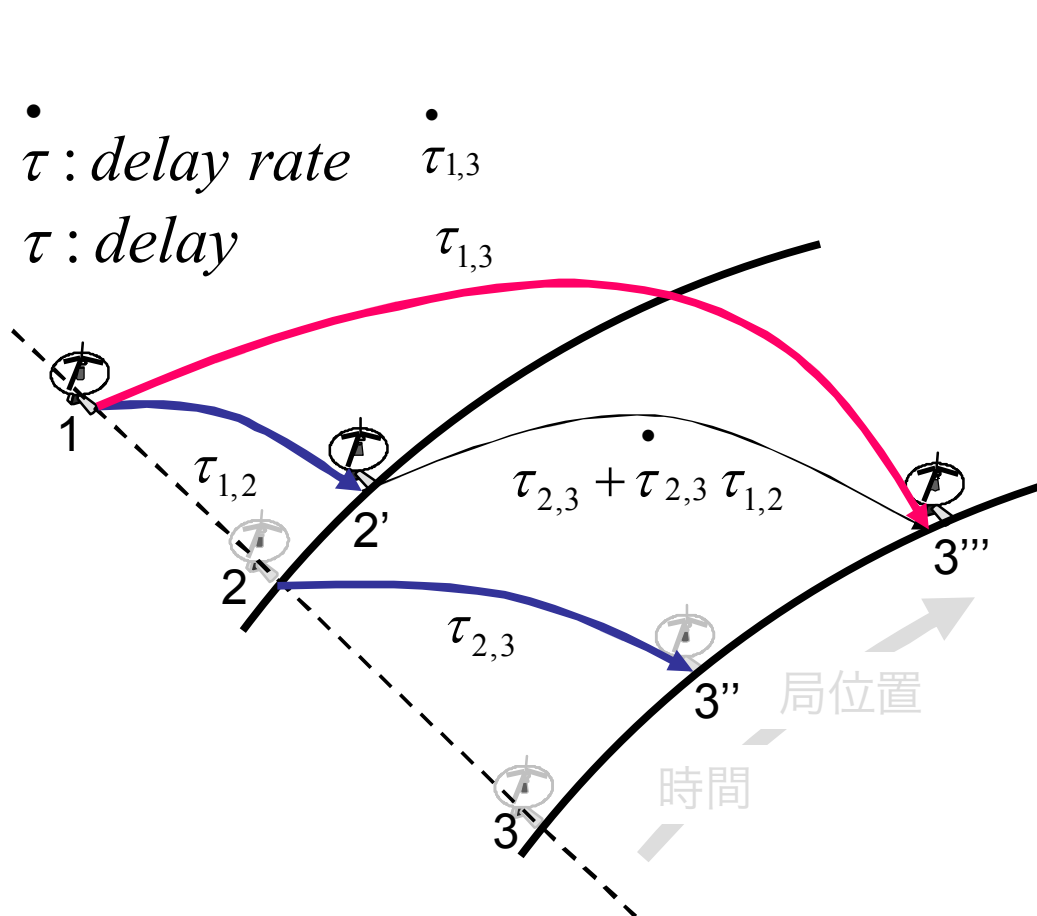
MARBLE変換

- ✓ 2つの大 - 小基線データから
小 - 小基線のデータを作成
- ✓ 変換対象
 - » 観測遅延量, 観測遅延変化率
 - » 遅延誤差, 遅延変化率誤差
 - » SNR, Qualityコード



観測遅延量の求め方

✓ 遅延変化率による補正が必要



$$\dot{\tau}_{1,3} = \dot{\tau}_{1,2} + \dot{\tau}_{2,3} + \dot{\tau}_{2,3} \tau_{1,2}$$

$$\tau_{1,3} = \tau_{1,2} + \tau_{2,3} + \tau_{2,3} \tau_{1,2}$$

$\ddot{\tau}$
 τ は無視

上式を基本に、使用する2基線のリファレンス局、求めたい基線のリファレンス局を考慮して式を変換

その他

✓ 遅延誤差

$$\sigma_3 = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

✓ SNR

$$SNR_3 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{SNR_1^2} + \frac{1}{SNR_2^2}}}$$

✓ Qualityコード

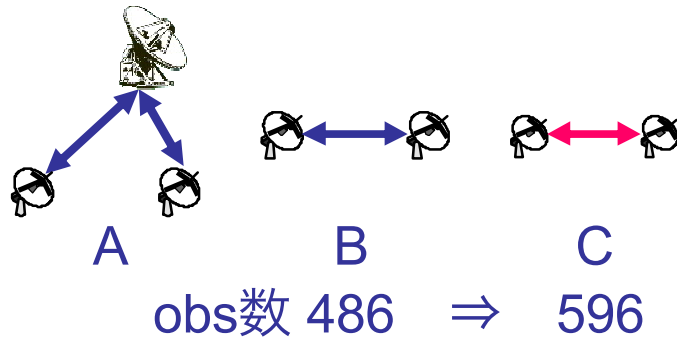
» 9



鹿島 - 小金井基線

✓ 鹿島34m 鹿島11m 小金井11m

» 2008年8月9日 24h

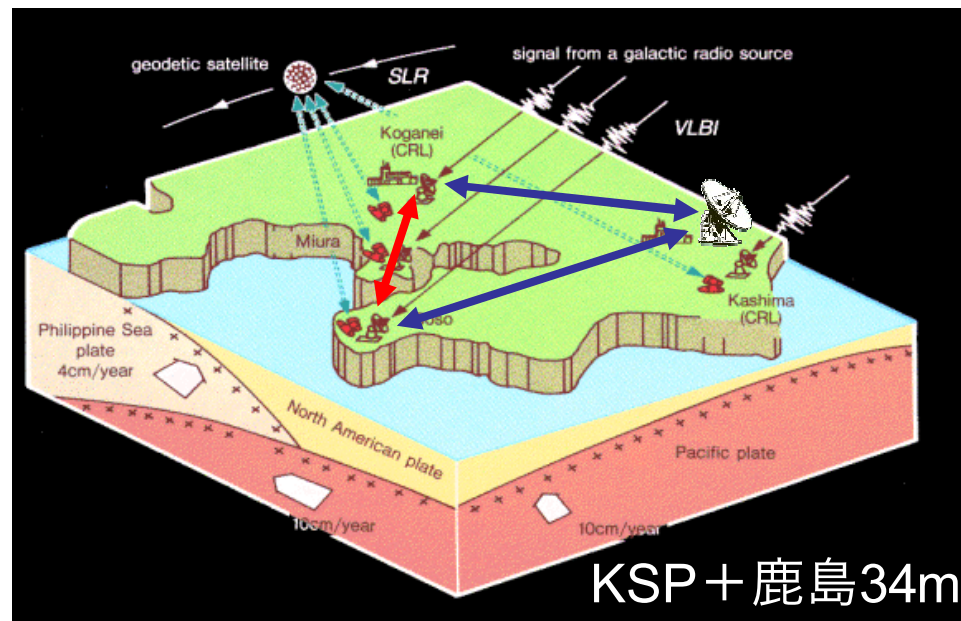
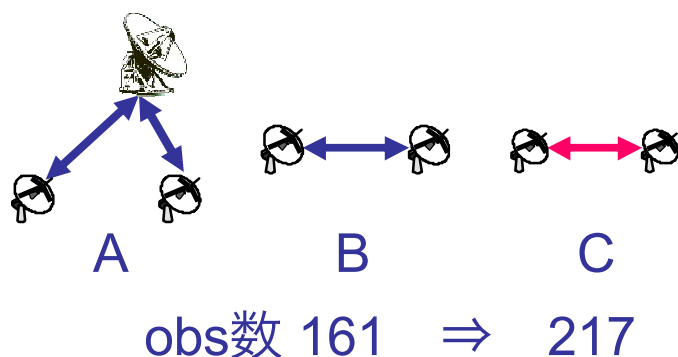


	遅延残差 RMS(ps)	鹿島11m位置推定誤差(mm)			基線長(m), 誤差(mm)	
		X	Y	Z		
A	32.3	3.4	2.8	3.3	109099.63388	0.65
B	75.9	16.0	10.2	14.2	109099.63584	5.09
C	35.2	6.7	4.3	6.0	109099.63934	1.99

KSP

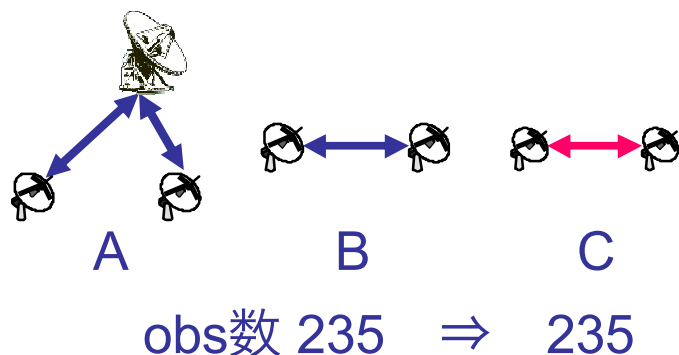
99NOV16

✓ 鹿島34m 小金井, 館山



	遅延残差 RMS(ps)	館山位置推定誤差(mm)			基線長(m), 誤差(mm)	
		X	Y	Z	91870. 99700	1. 60
A	42.0	7.6	6.6	6.8	91870. 99500	2.60
B	42.7	7.6	6.5	6.7	91870. 99053	3.43
C	22.5	4.6	3.8	4.2	91870. 99458	2.20

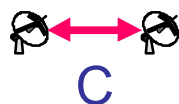
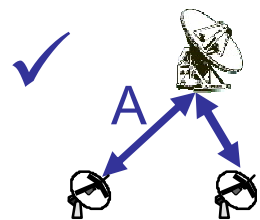
✓ つくば32m 小金井, 館山



	遅延残差 RMS(ps)	館山位置推定誤差(mm)			基線長(m), 誤差(mm)	
		X	Y	Z	91870.94373	1.25
A	26.2	4.3	3.6	3.6	91870.94332	1.45
B	28.6	9.5	7.6	8.6	91870.94452	3.60
C	26.9	6.4	5.0	6.1	91870.94904	2.58

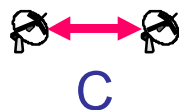
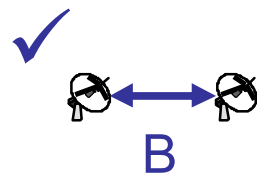
まとめ

✓ MARBLEコンセプトによる 基線解析方法の検証を行った



遅延残差, 座標推定誤差, 基線長・誤差

・少し悪くなる傾向



・全て良くなる傾向
・解析に使用可能なスキャン増

← 小-小基線でも解析可能なDB
小-小基線で相関取れない場合？
要検討！

今後の課題

✓ 他のDBでの検証

- » 事例を増やす

✓ MARBLEを用いた実験での検証

- » 6月実施予定

- » つくば32m MARBLE試作1号機
+ 鹿島11m

MARBLEシステムの利用

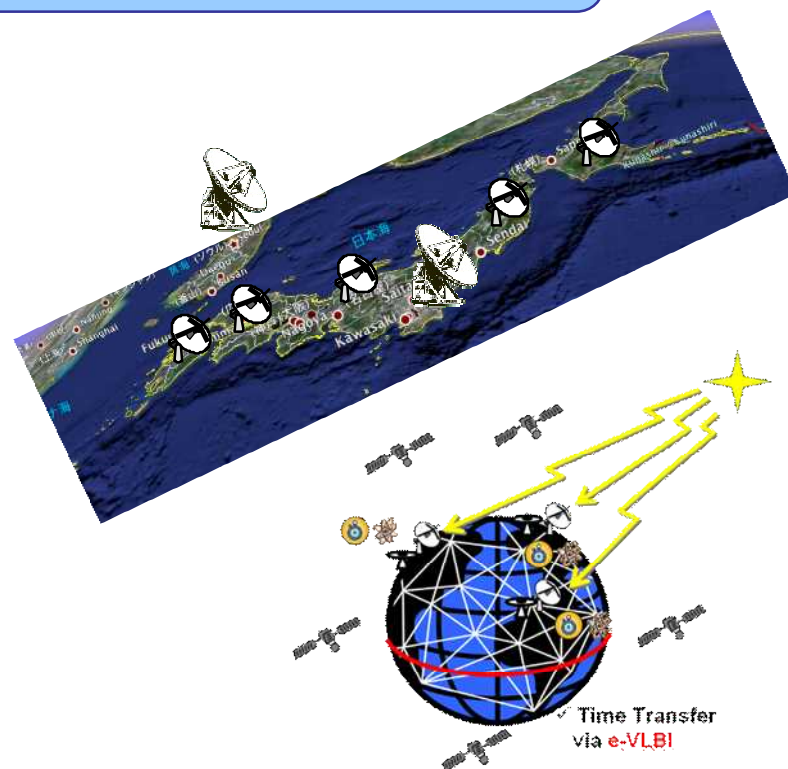
MARBLEコンセプト + MARBLE小型VLBIアンテナ

✓ 測地

- » 比較基線場検定
- » GEONETのバックボーン
- » 離島

✓ その他

- » VLBI 時刻・周波数比較



Thank you very much for your attention.