

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



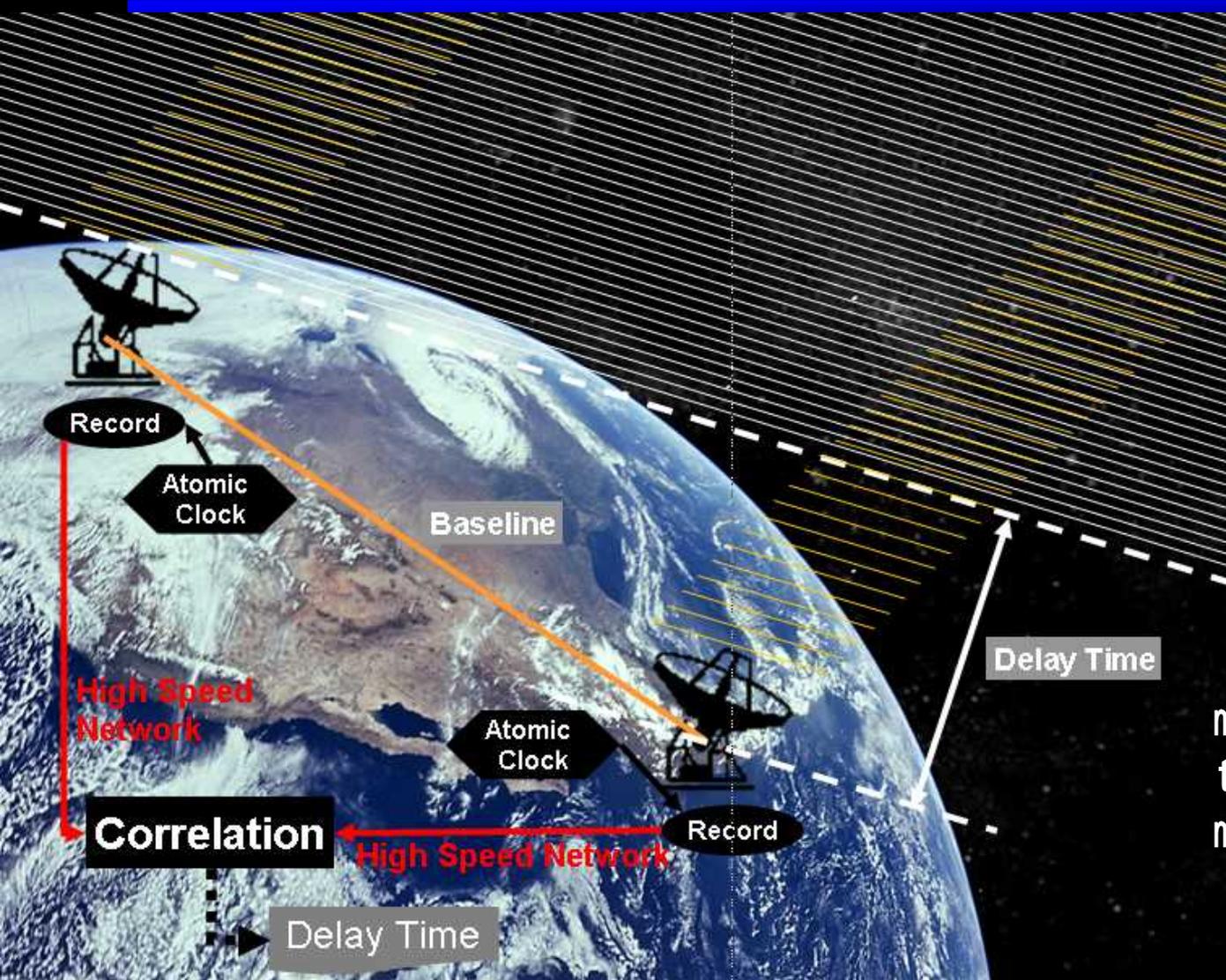
内容

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



VLBI

Very Long Baseline Interferometry

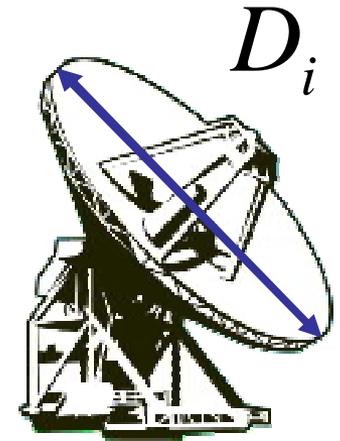


measure the arrival time delays between multiple station

背景 1/2

✓ 一般

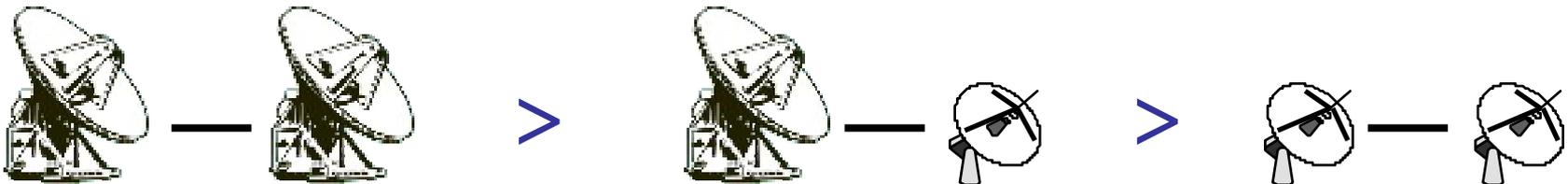
- › 観測する電波星の強度が著しく弱い
アンテナの受信感度を上げる
大型化



✓ 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()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

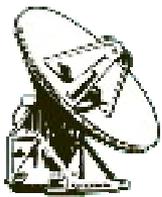
✓ 大型アンテナ

» 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

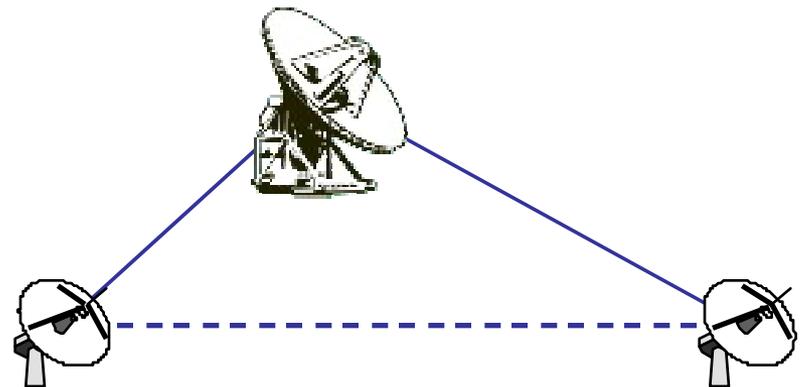
» 基線を組むアンテナペアで
一定以上のSNRをキープ

▪ 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

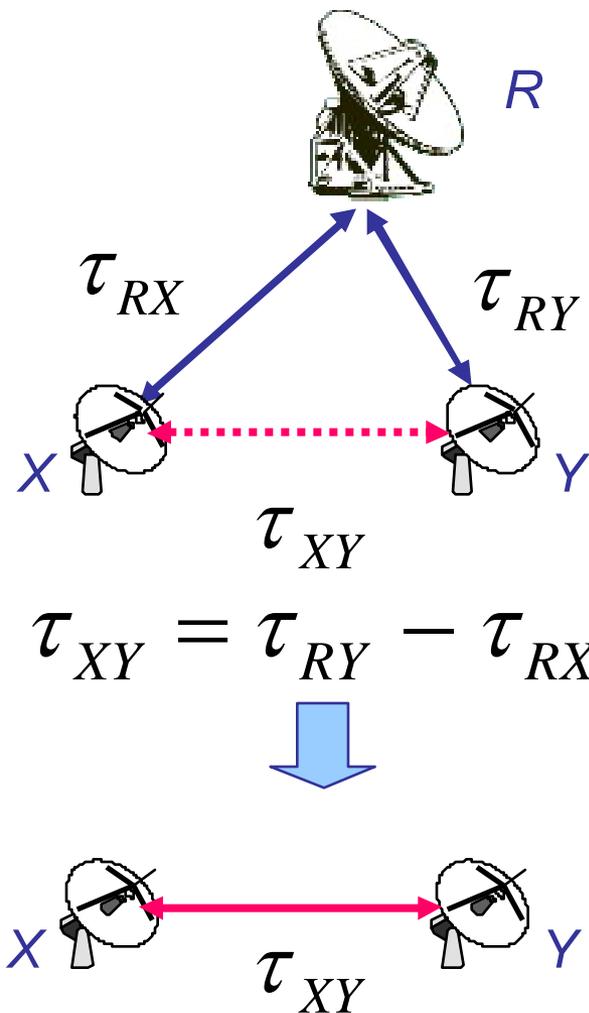
✓ 方法 3

- » 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フリンジが出なくても可)
 - 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

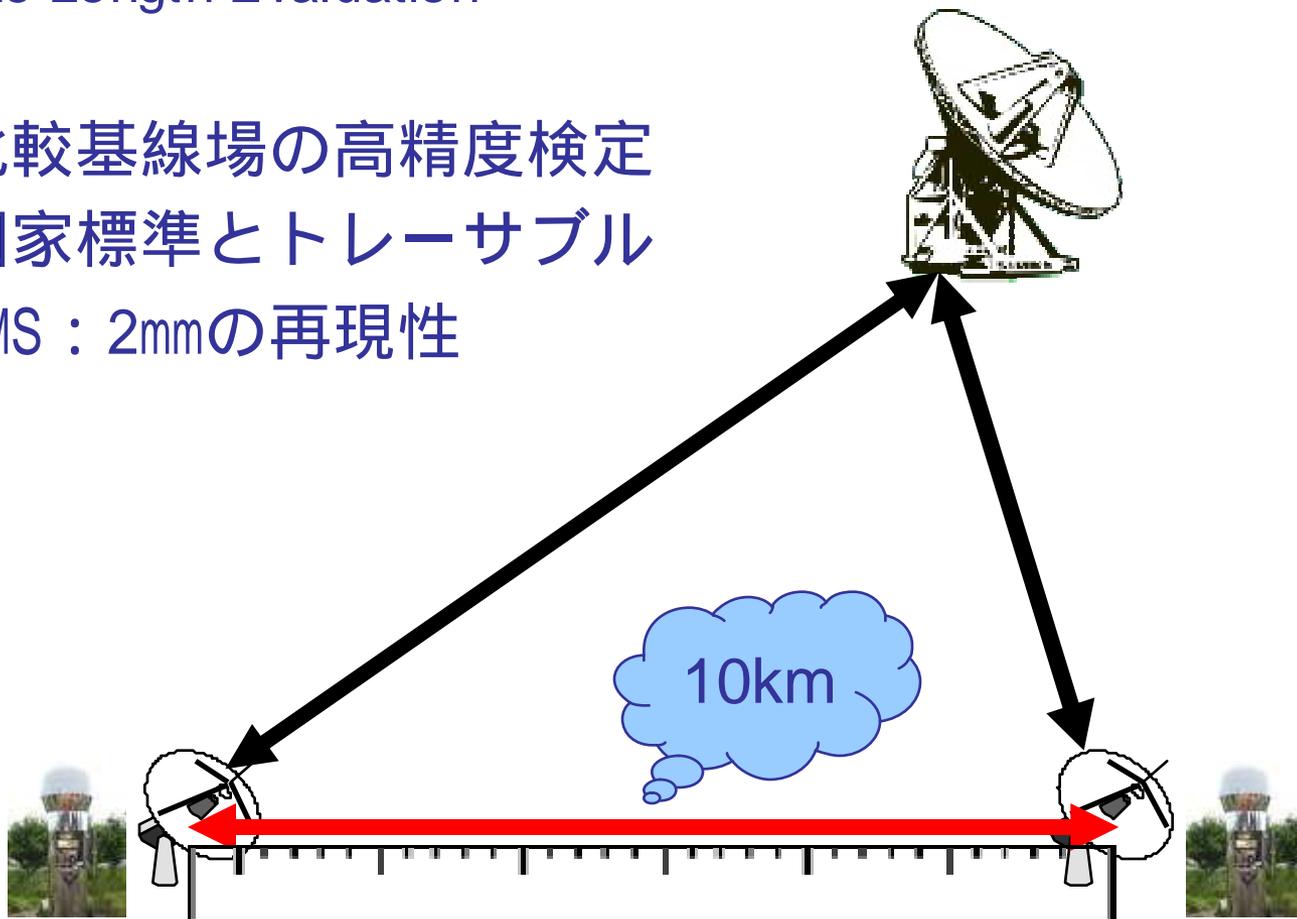


MARBLE システム

詳しくは次の講演

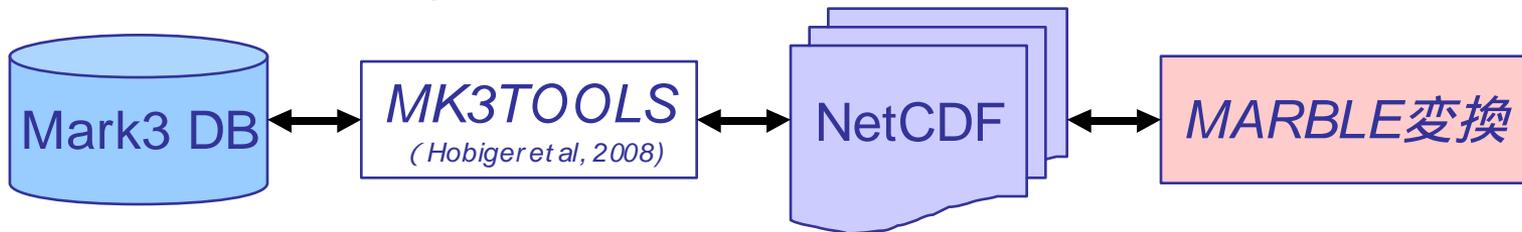
Multiple Antenna Radio-interferometry
for Baseline Length Evaluation

- » 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

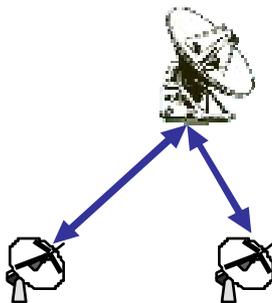
✓ 遅延差の計算 (Database)



✓ 解析

» calc/solve

- 遅延残差
- 座標推定誤差
- 基線長 比較



vs.



✓ 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

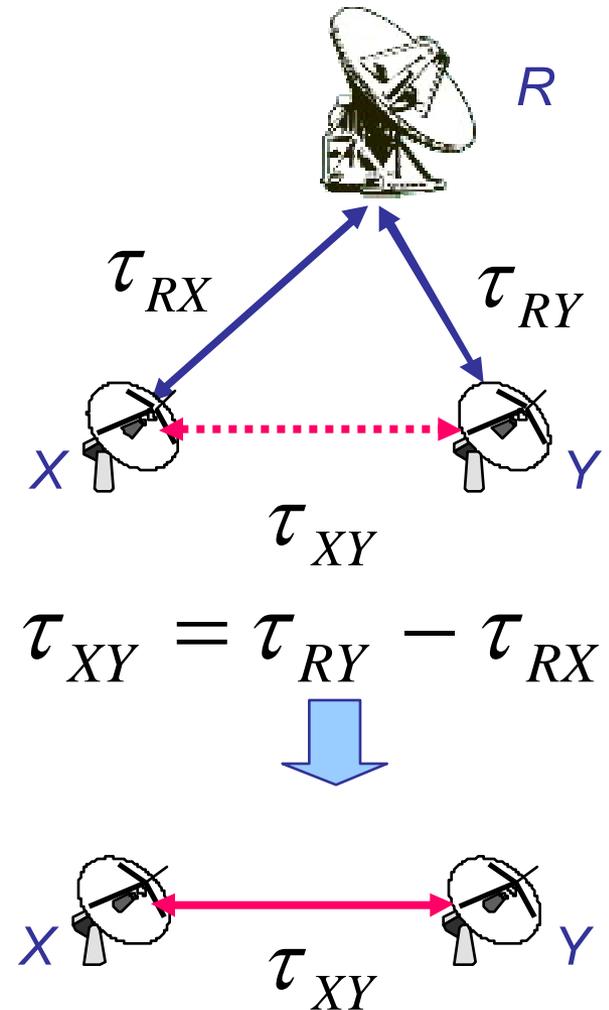
✓ 2つの大 小基線データから
小 小基線のデータを作成

✓ 変換対象

» 観測遅延量，観測遅延変化率

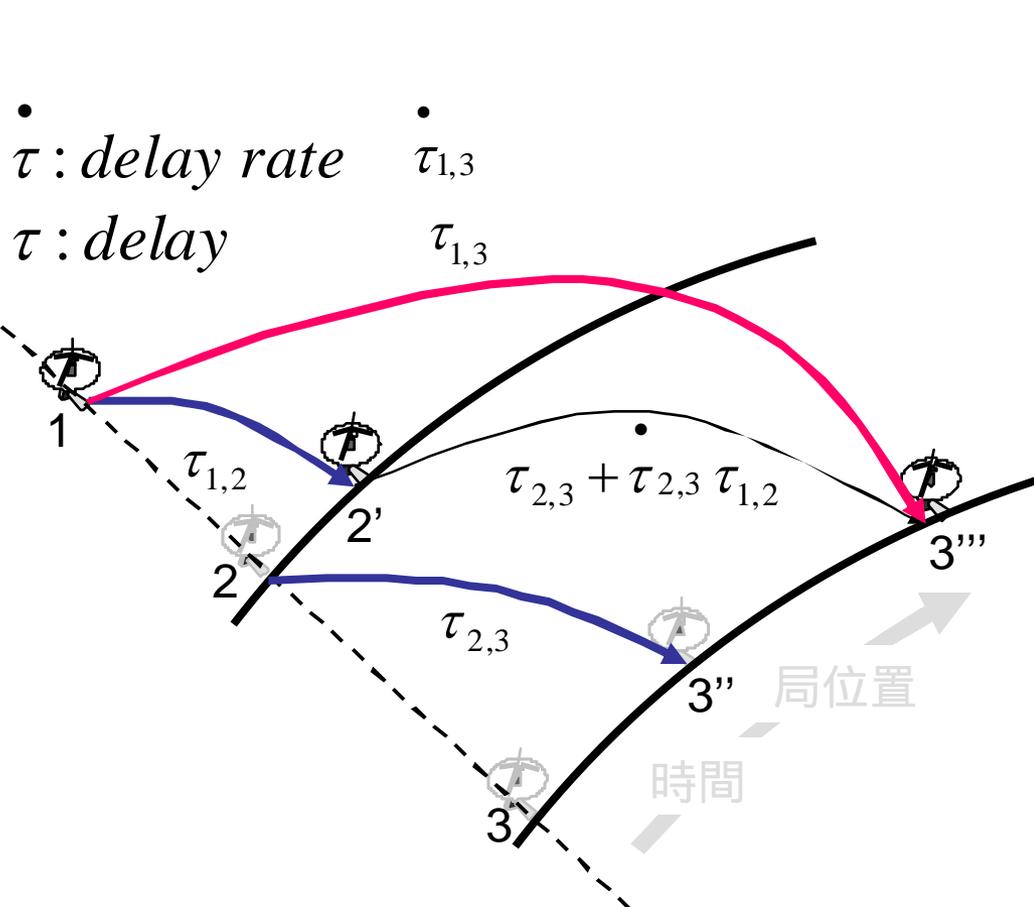
» 遅延誤差，遅延変化率誤差

» 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



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

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

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 (要旨)

- ✓ 鹿島34m , 鹿島11m , 小金井11m
鹿島11m - 小金井11m基線
 - » 従来通り相関 vs. MARBLE変換
 - » 109099630.92mm , 2.68mm , 残差RMS 79.7ps
 - » 109099634.76mm , 1.77mm , 残差RMS 50.6ps

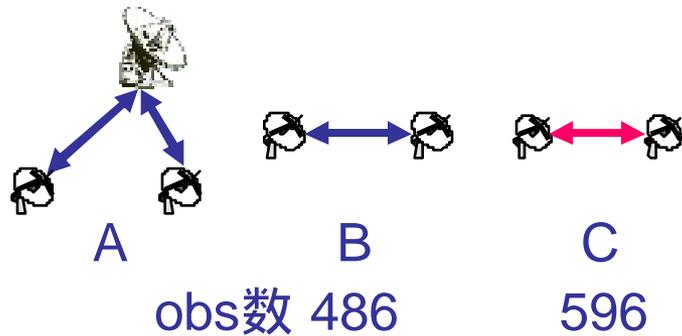
- » 大幅な改善 , 解析に使用可能なスキャン数が増

従来通りの相関処理でうまく処理
できなかったスキャンの改善
遅延差を求める際 , 遅延変化率に寄る
遅延変化を考慮していない
(鹿島11mと鹿島34mの距離が短いので無視できるが)
1週間以上の実験

鹿島 小金井基線

✓ 鹿島34m，鹿島11m，小金井11m

» 2008年8月9日 24h

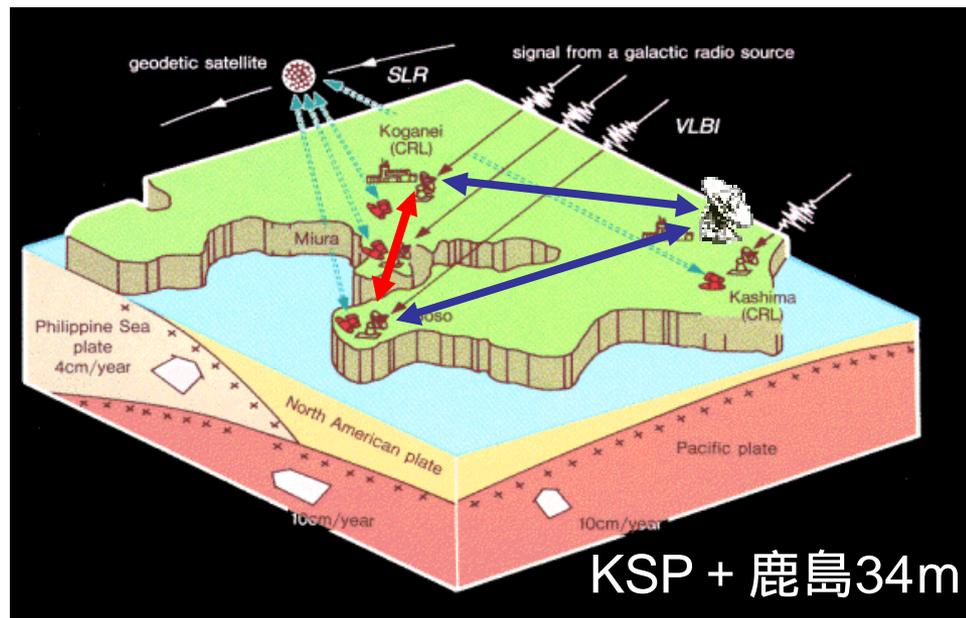
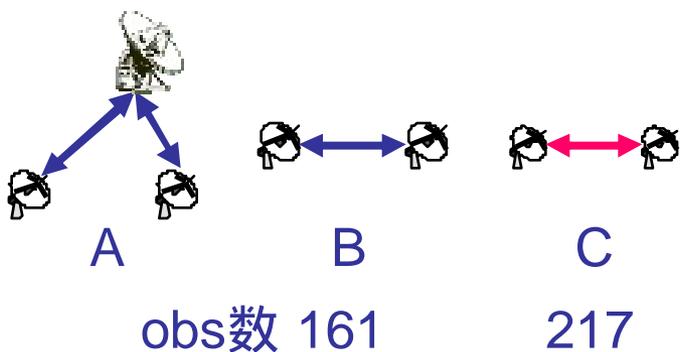


	遅延残差 RMS(ps)	鹿島11m位置推定誤差 (mm)			基線長(m)，誤差(mm)	
		X	Y	Z		
A	32.3	3.4	2.8	3.3	109099.63388	0.65
B	75.9	16.0	10.2	14.2	109099.63789	1.39
C	35.2	6.7	4.3	6.0	109099.63584	5.09
					109099.63934	1.99

KSP

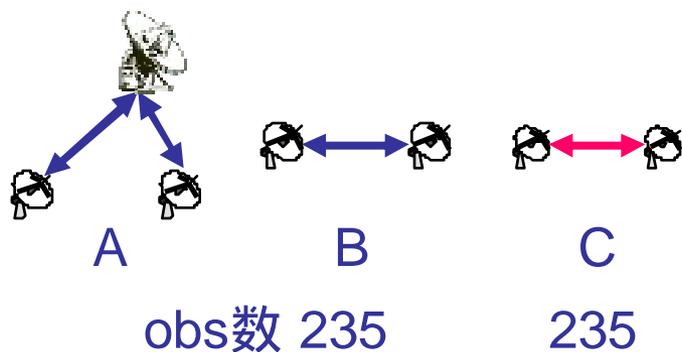
99NOV16

✓ 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		
A	42.0	7.6	6.6	6.8	91870.99700	1.60
B	42.7	7.6	6.5	6.7	91870.99500	2.60
C	22.5	4.6	3.8	4.2	91870.99053	3.43
					91870.99458	2.20

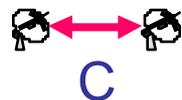
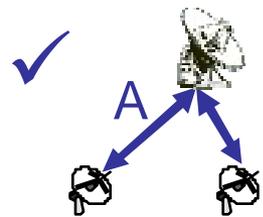
✓ つくば32m, 小金井, 館山



	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

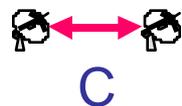
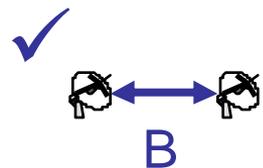
まとめ

✓ 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

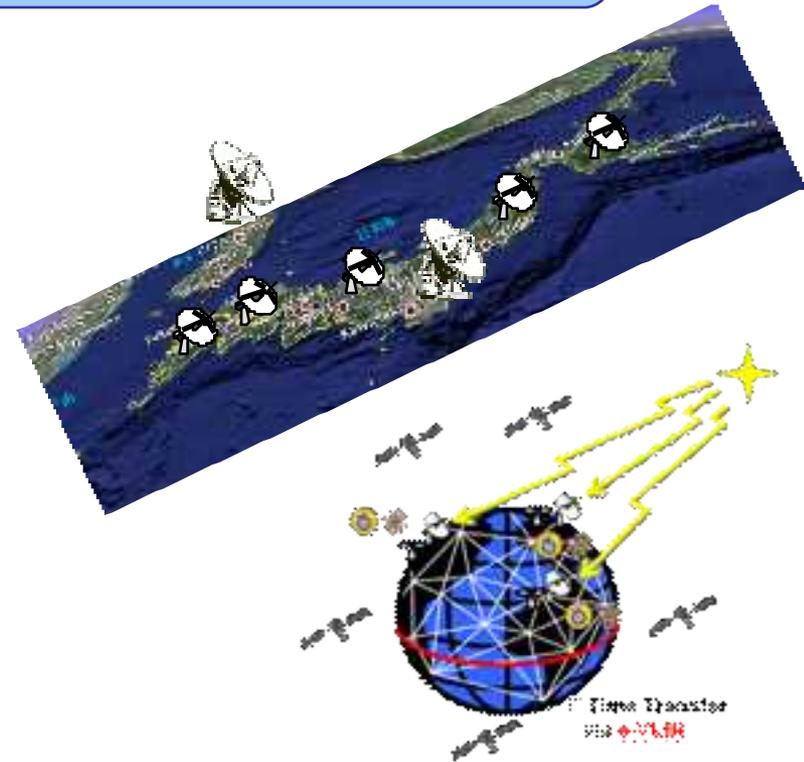
MARBLEコンセプト + MARBLE小型VLBIアンテナ

✓ 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.