

レーザー励起Csガスセル型原子発振器による測地VLBI実験

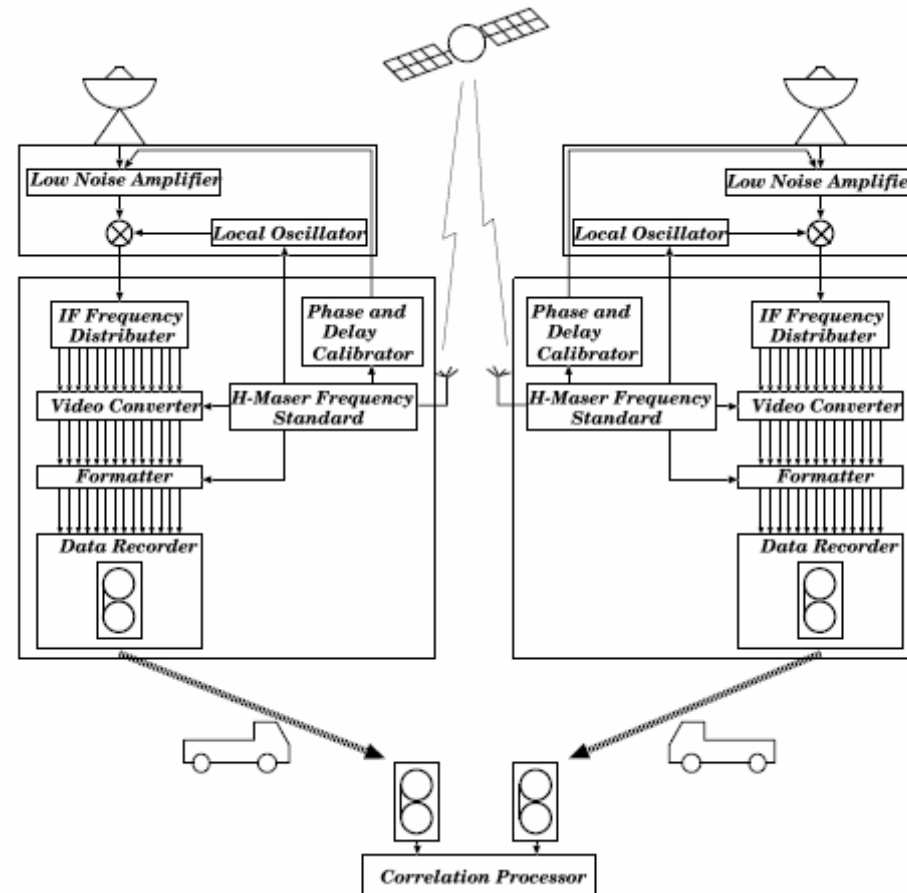
石井敦利^{1,2,3}, 市川隆一¹, 瀧口博士¹
久保木裕充¹, 関戸衛¹, 小山泰弘¹, 大内裕司⁴
¹情報通信研究機構 鹿島, ²国土地理院
³株式会社エイ・イー・エス
⁴アンリツ株式会社

発表概要

- 目的と背景
 - レーザ励起Csガスセル型原子発振器
 - Csガスセル発信器のVLBI観測への利用
 - Csガスセル発信器による測地VLBI実験
 - まとめ
-

目的と背景

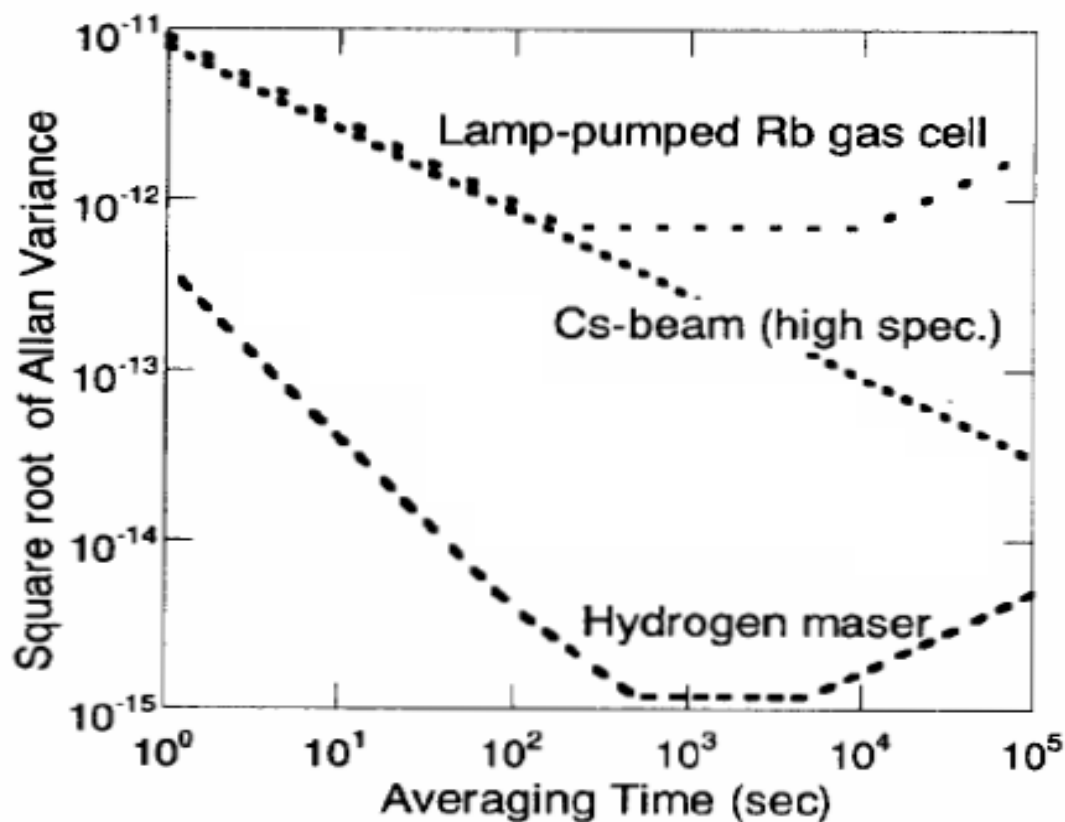
- 可搬形のVLBI観測局を開発中
- VLBI観測には高安定な周波数標準が必要



- 周波数標準には水素メーザ原子時計のみが使われている

目的と背景 contd.

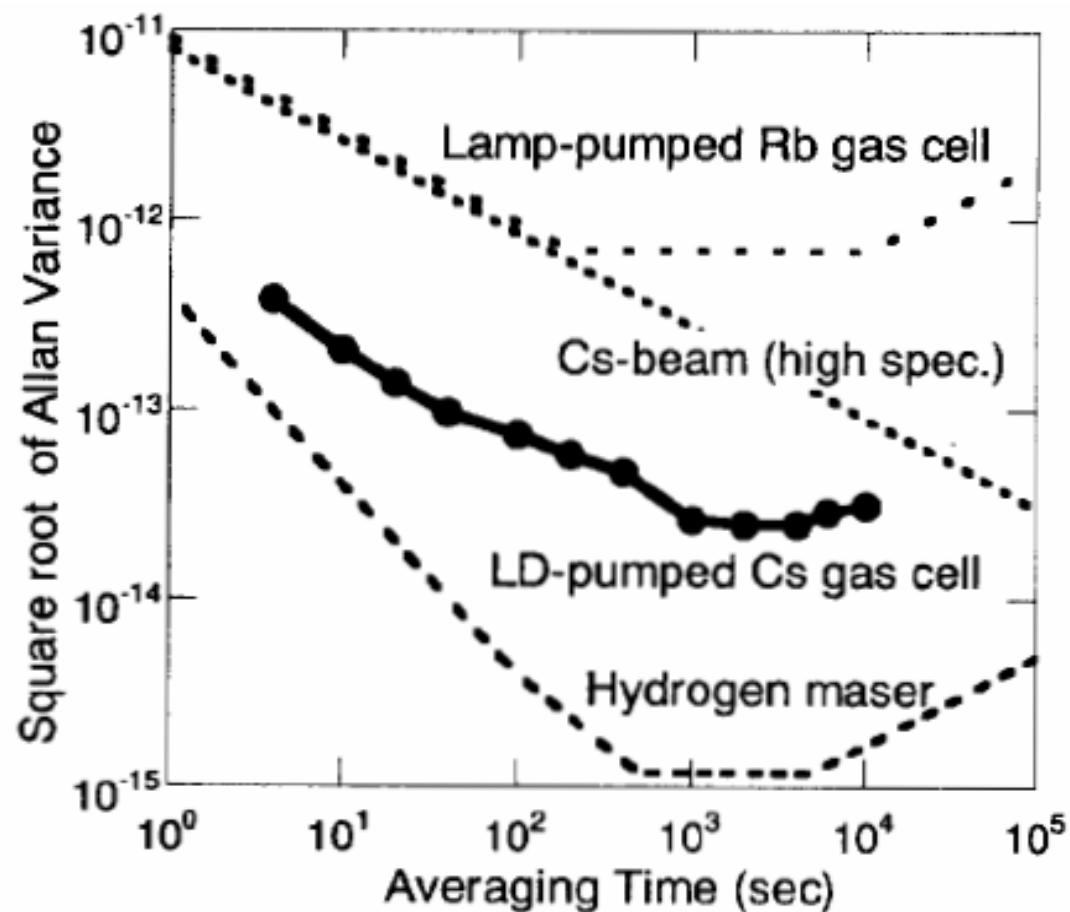
- ▶ VLBIで必要とされる数秒～1日で高安定な(商用)周波数標準が他に無い



- ▶ しかし水素メーザー原子時計は大きく、重い(可搬困難)

目的と背景 contd.

- ▶ レーザ励起Csガスセル型原子発振器
水素メーザよりも小型、軽量で水素メーザに準ずる安定度



測地VLBIに利用可能か？

Ohuchi Y, et al.(2000)

レーザー励起Csガスセル型原子発振器

➤ 構成

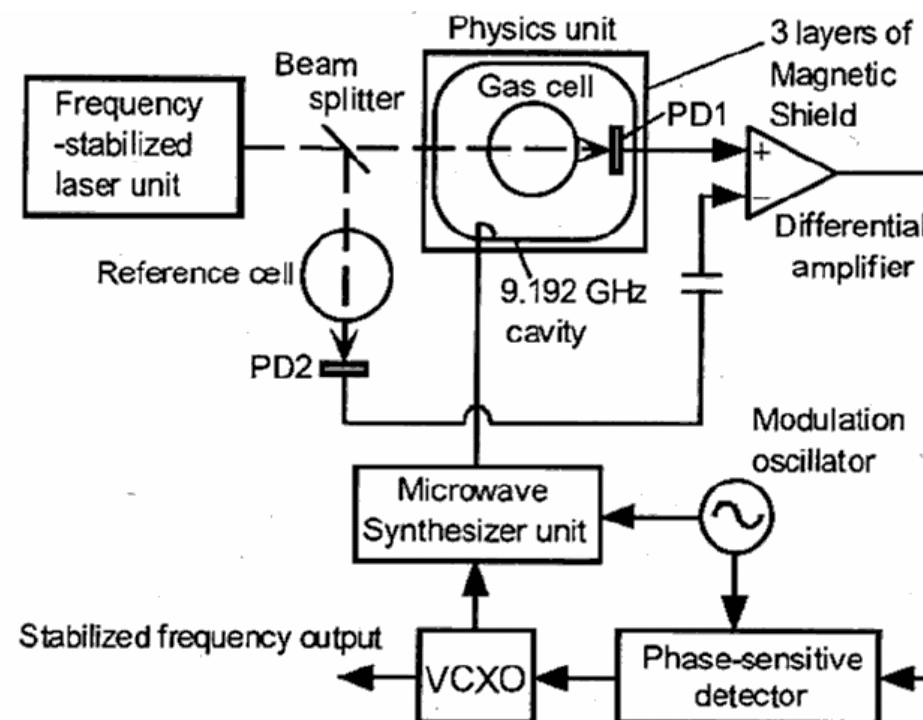
- 方式: 受動型、ガスセル型
- 共鳴検出法: 光吸収量変化
- 遷移周波数: 9.192GHz

➤ 利点

- 小型、軽量
- 短期安定度に優れる
(水素レーザーに次ぐ安定度)

➤ 欠点

- 原理的に周波数の絶対値を出すことができない
(一次標準器としては使えない)



Ohuchi Y, et al.(2000)

Csガスセル発振器のVLBI観測への利用

要求1: VLBI観測の間($T < \text{数100秒}$)、信号のCoherenceを保つこと

■観測周波数 2GHz

Coherence > 0.99 ($T < 1000\text{秒}$)

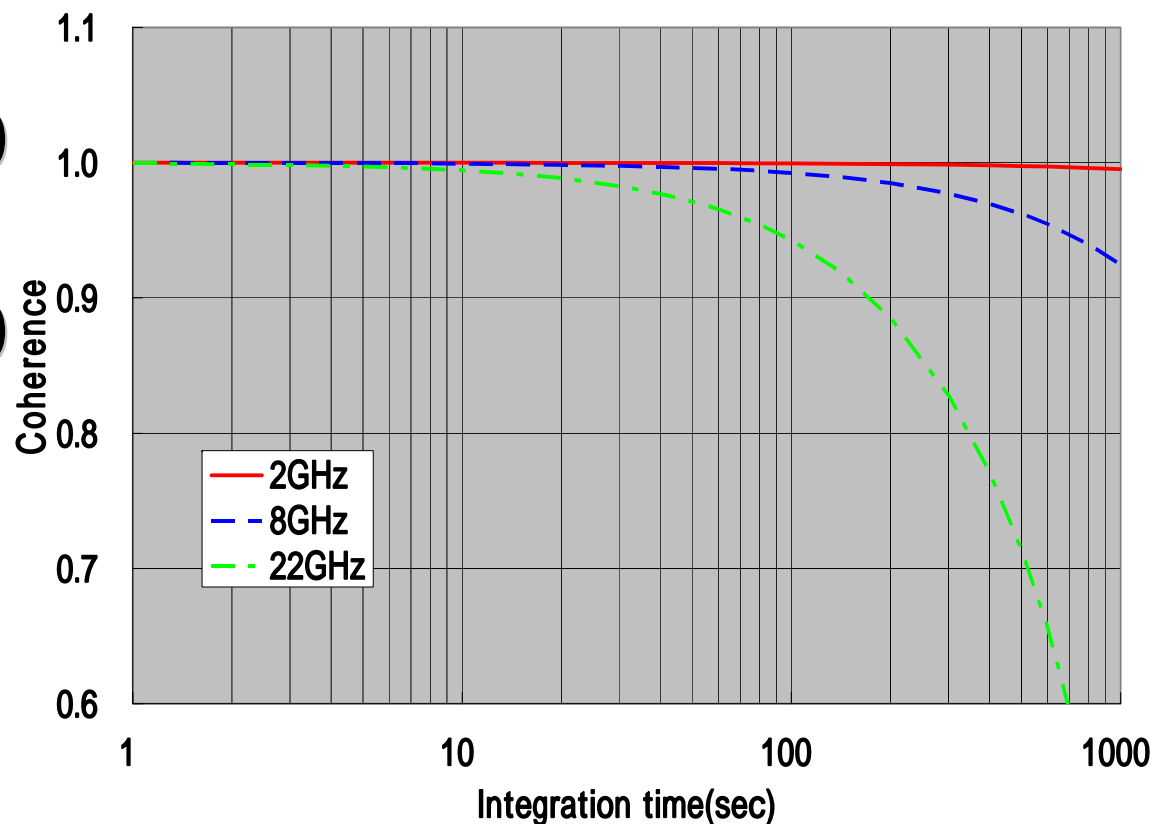
■観測周波数 8GHz

Coherence > 0.92 ($T < 1000\text{秒}$)

■観測周波数 22GHz

Coherence > 0.9 ($T < 150\text{秒}$)

Csガスセルの周波数安定度から計算したCoherence

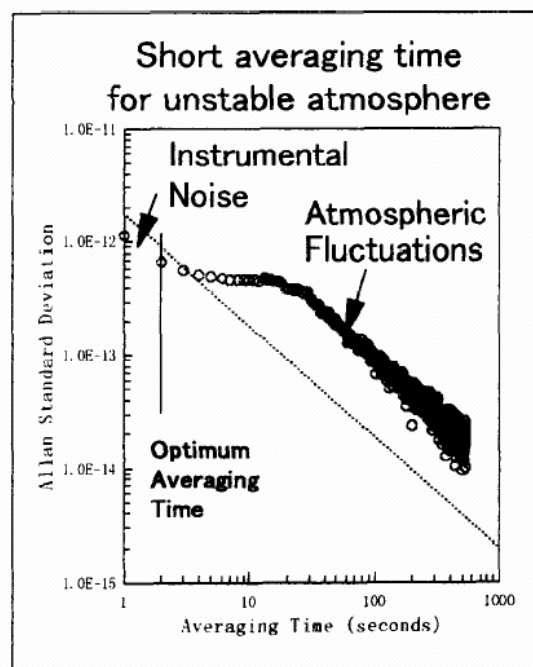
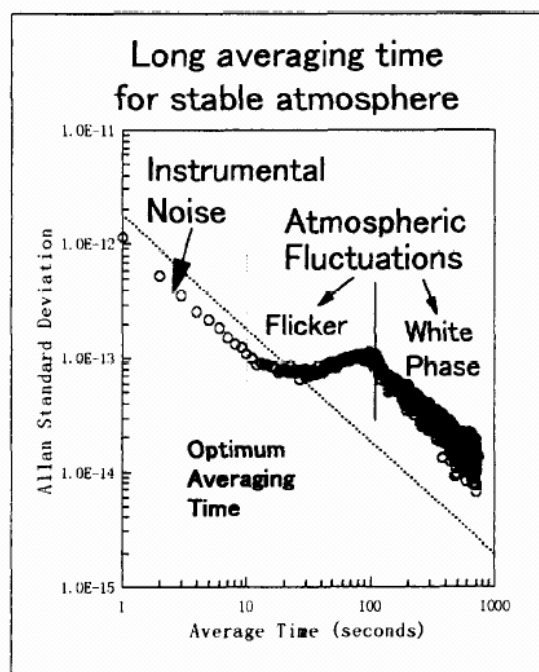


Csガスセル発振器のVLBI観測への利用 contd.

要求2: 発振器の位相ゆらぎが測定対象の位相ゆらぎよりも良いこと

大気による位相のゆらぎ (HALCAの位相伝送リンクによる結果)

The loop phase should be averaged over the optimum time for the better correction.



Stability of the phase transfer link between HALCA and Usuda

Kawaguchi N, et al.(1997)

- 平均化時間10秒 ~ 100秒ではアラン標準偏差は、 $1 \times 10^{-13} \sim 5 \times 10^{-13}$
- 平均化時間100秒以上では1/ でアラン標準偏差が減少

Csガスセル発振器による測地VLBI実験

➤ 目的

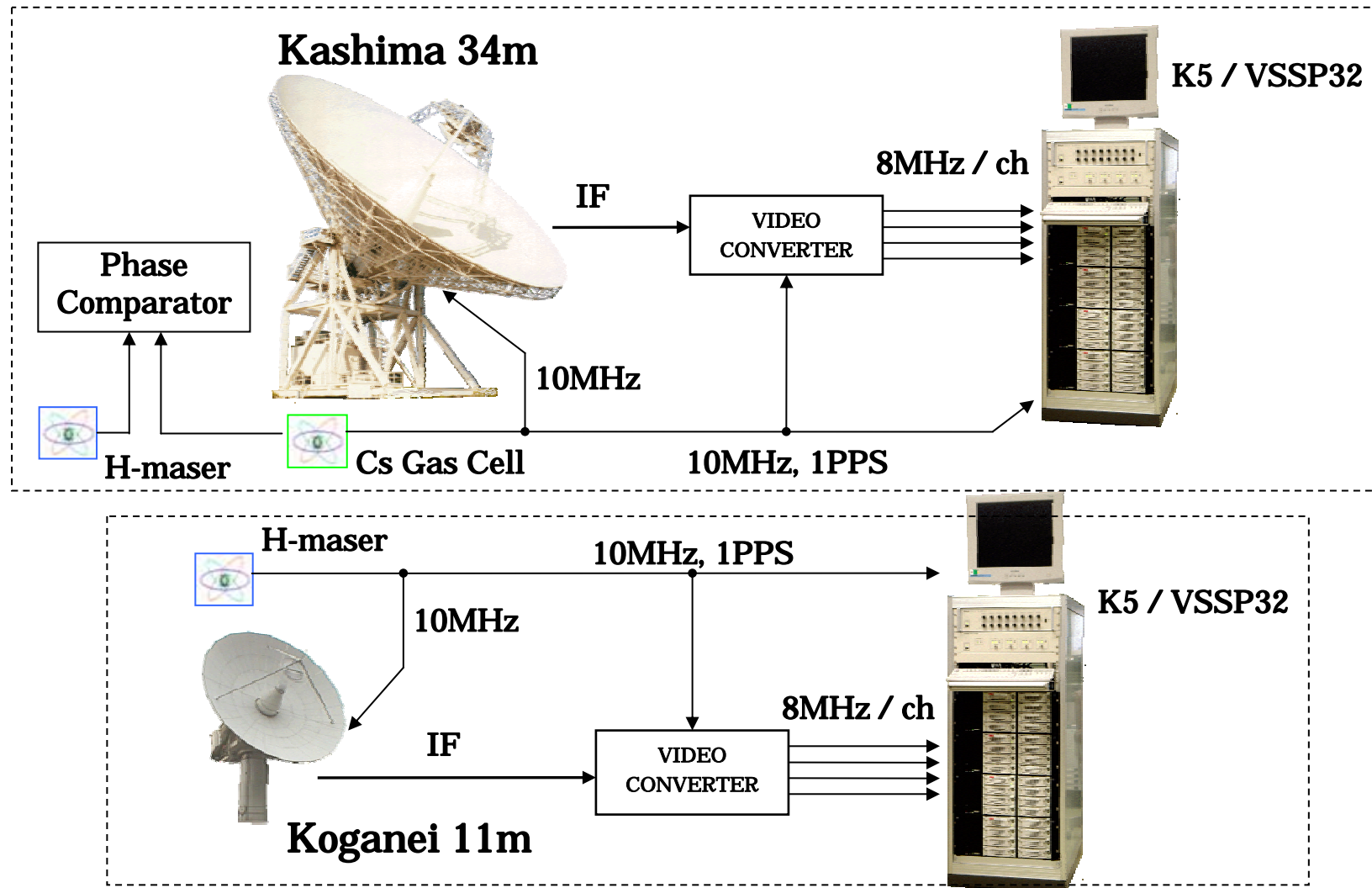
- Csガスセルを周波数標準として測地VLBIを行った場合の測地精度の評価
- クロック変動の推定は可能か？

➤ 実験詳細

- 実験コード: Cs7200
 - 観測局: 鹿島34m - 小金井11m
 - 日時: 2007年7月19日09:00UT ~ 7月20日11:00UT (約26時間)
 - 1観測あたりの積分時間: 30 ~ 84秒
 - 観測数: 1088
 - 記録装置: K5/VSSP32
 - チャンネル構成: S帯 6ch、X帯10ch
-

Csガスセル発振器による測地VLBI実験 contd.

▶ 実験時のブロック図



Csガスセル発振器による測地VLBI実験 contd.

➤ Csガスセル発振器の設置場所(鹿島の水素メーザー室)



水素メーザー室内 24 ± 1

恒温室 23 ± 0.1

Csガスセルによる測地VLBI実験結果

➤ 解析諸元

解析ツール: Calc10.0 / SOLVE 2006.07.19

大気遅延とクロックパラメータは1時間毎に推定

小金井11m局の位置を固定して、鹿島34m局の位置を推定

➤ 測地解析結果

| Date | Actual Duration (hour) | # of Observations (Used/All) | RMS residual (psec) | Baseline Length (mm) |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| CS7200 (2007.7.19) Csガスセル実験 | 25.9 | 1054/1088 | 39 | 109337422.58 ± 1.26 |
| 2007.6.15 VLBI時刻比較実験 | 24.4 | 982/1049 | 32 | 109337424.10 ± 1.17 |
| 2007.6.17 VLBI時刻比較実験 | 37.6 | 1142/1298 | 29 | 109337422.26 ± 1.00 |
| 2007.6.20 VLBI時刻比較実験 | 71.2 | 2880/3018 | 37 | 109337421.45 ± 0.76 |

Csガスセルによる測地VLBI実験結果 contd.

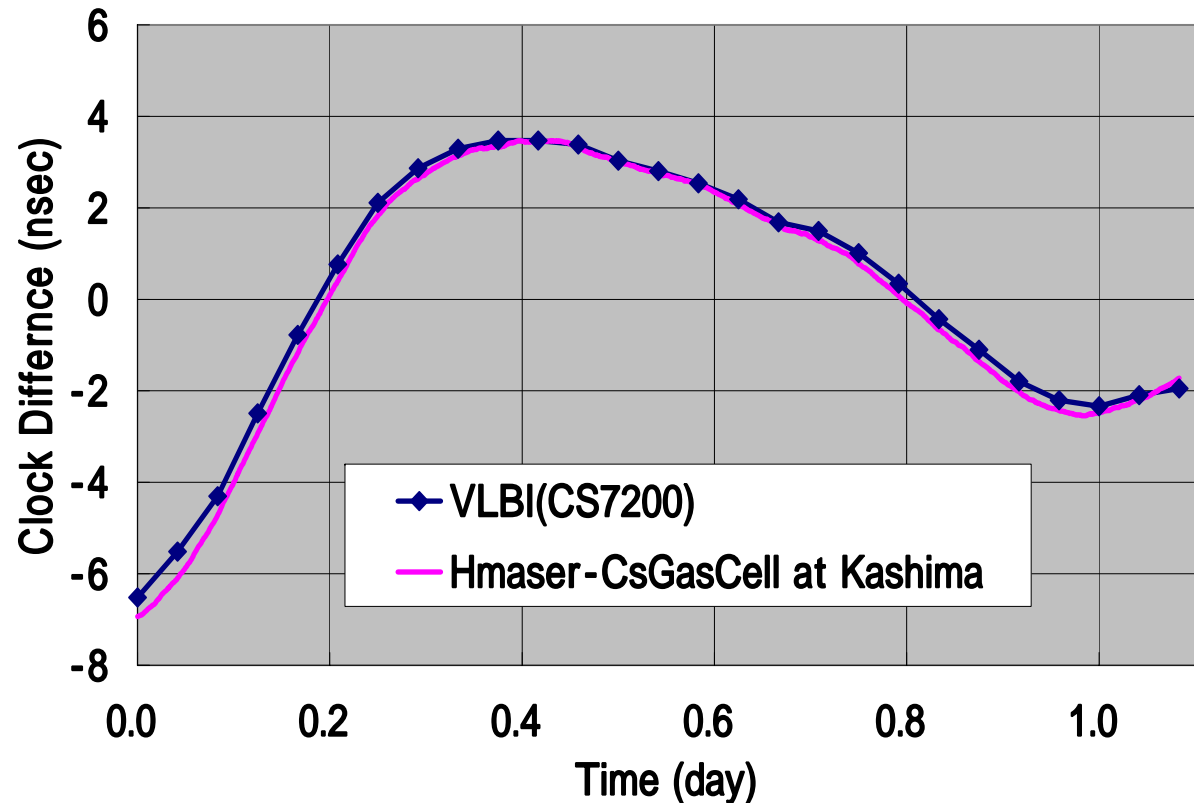
▶ クロック変動推定結果

□ VLBI ◆ 観測した遅延時間から、小金井局の水素メーザを基準とした
鹿島局のCsガスセルの変動を多項式で推定

□ 位相比較器 —

鹿島の水素メーザと
Csガスセルの位相比較

◆ 概ねクロック変動の
推定に成功している



1次の傾きは取り除いてある

まとめ

- Csガスセル発振器を用いて測地VLBI実験を行った
 - 今回の実験条件下
 - ✓ 1局のみCsガスセル発振器を周波数標準とする
 - ✓ Csガスセル発振器は ± 1 で温度制御された室内に設置
では水素メーザを使用した場合と遜色ない測地精度
が得られた。
 - 可搬形VLBI観測局の周波数標準として利用できる
可能性が高い
-