

小惑星探査船「はやぶさ」 軌道決定のためのVLBI観測

市川隆一、関戸衛、大崎裕生、小山泰弘、近藤哲朗
情報通信研究機構鹿島宇宙通信研究センター

吉川真

宇宙航空研究開発機構

大西隆史

富士通 (株)

飛翔体相対VLBIグループ

(宇宙航空研究開発機構、国立天文台、国土地理院、岐阜大学、山口大学)

本日の内容

- はじめに
- 「はやぶさ」 VLBI観測
- 「はやぶさ」 群遅延データ精度の予備的検討
- ISAS/JAXAによる軌道決定の試み
- 位相遅延による「のぞみ」位置決定
- まとめ

はじめに

● 目的

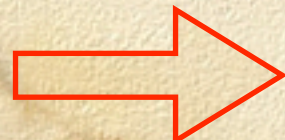
- ★ 相対VLBI観測によるリアルタイム宇宙飛翔体軌道決定の確立をめざす

● これまでの成果

- ★ 2002年9月～2003年6月の期間に火星探査船「のぞみ」をターゲットに約30回のVLBI観測を実施
- ★ 赤経・赤緯の決定精度100mradを達成(位相遅延)

● 問題点

- ★ 特に2003年の観測では、「のぞみ」の信号弱く、狭帯域
- ★ より条件の良いターゲットでの観測評価必要

 **小惑星探査船「はやぶさ」**

小惑星探査船「はやぶさ」

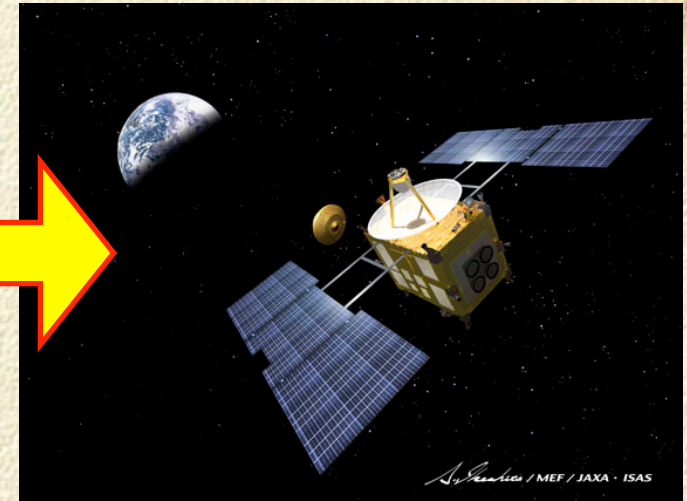
- 小惑星「itokawa」まで行ってサンプルを採取、これを地球に持ち帰るプロジェクトを担う探査船



小惑星「itokawa」に接近



金属球を打ち込んで飛び散った破片を採取



地球に向けてサンプルの入ったカプセルを放出

写真はいずれもMEF小天体探査フォーラム
<http://www.as-exploration.com/mef/index.html>
より

「はやぶさ」 VLBI観測

観測日時

- ★ 2003年11月26日04:00-12:48UT
- ★ 「はやぶさ」、およびクロックオフセット決定のためクエーサーを観測

観測参加局

- ★ 臼田64m(ISAS/JAXA)、つくば32m(GSI)、山口32m(山口大)、岐阜11m(岐阜大)、鹿島34m、鹿島11m

データ取得システム

- ★ K5システム~4MHz、1bitサンプリング

相関処理

- ★ ソフトウェア相関

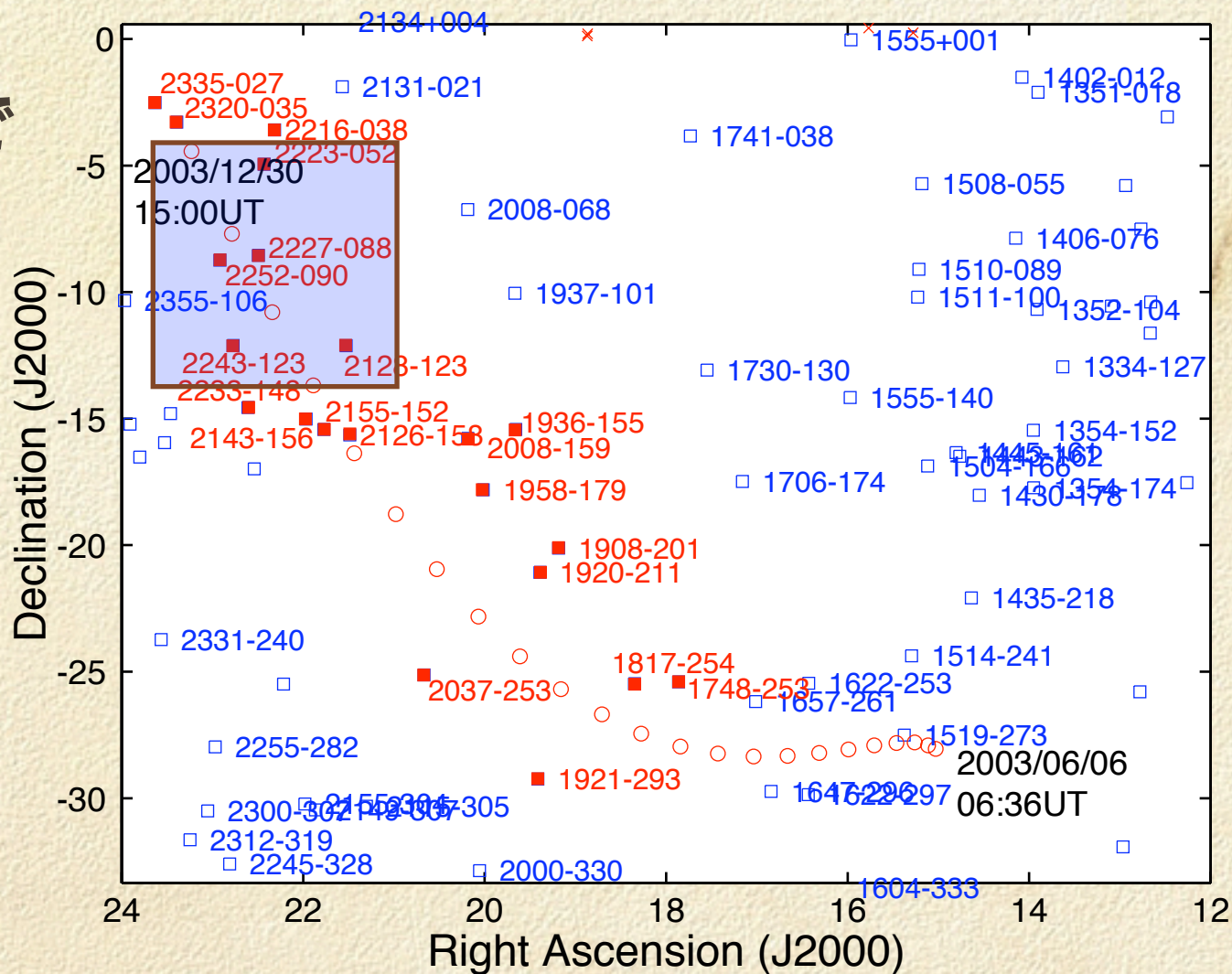


「はやぶさ」 VLBI観測



「はやぶさ」 VLBI観測で
観測候補とした
ICRF電波源

- ★ 離角5度以内
- ★ 十分な強度
- ★ この条件を満たすのはなかなか難しい



相関処理結果



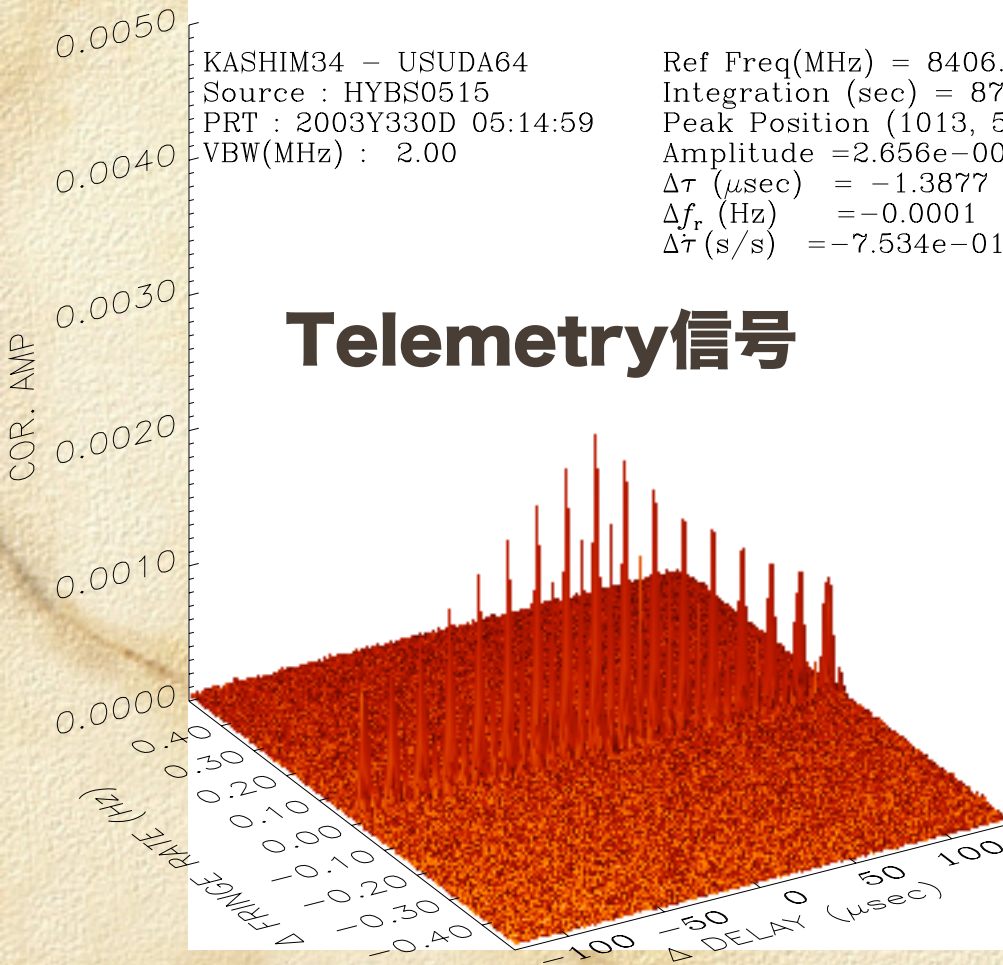
検出された「はやぶさ」信号のフリンジ

COARSE SEARCH FUNCTION (**x**)

KASHIM34 - USUDA64
Source : HYBS0515
PRT : 2003Y330D 05:14:59
VBW(MHz) : 2.00

Ref Freq(MHz) = 8406.99
Integration (sec) = 870.0
Peak Position (1013, 512)
Amplitude = 2.656e-003
 $\Delta\tau$ (μsec) = -1.3877
 Δf_r (Hz) = -0.0001
 $\Delta\dot{\tau}$ (s/s) = -7.534e-015

Telemetry信号

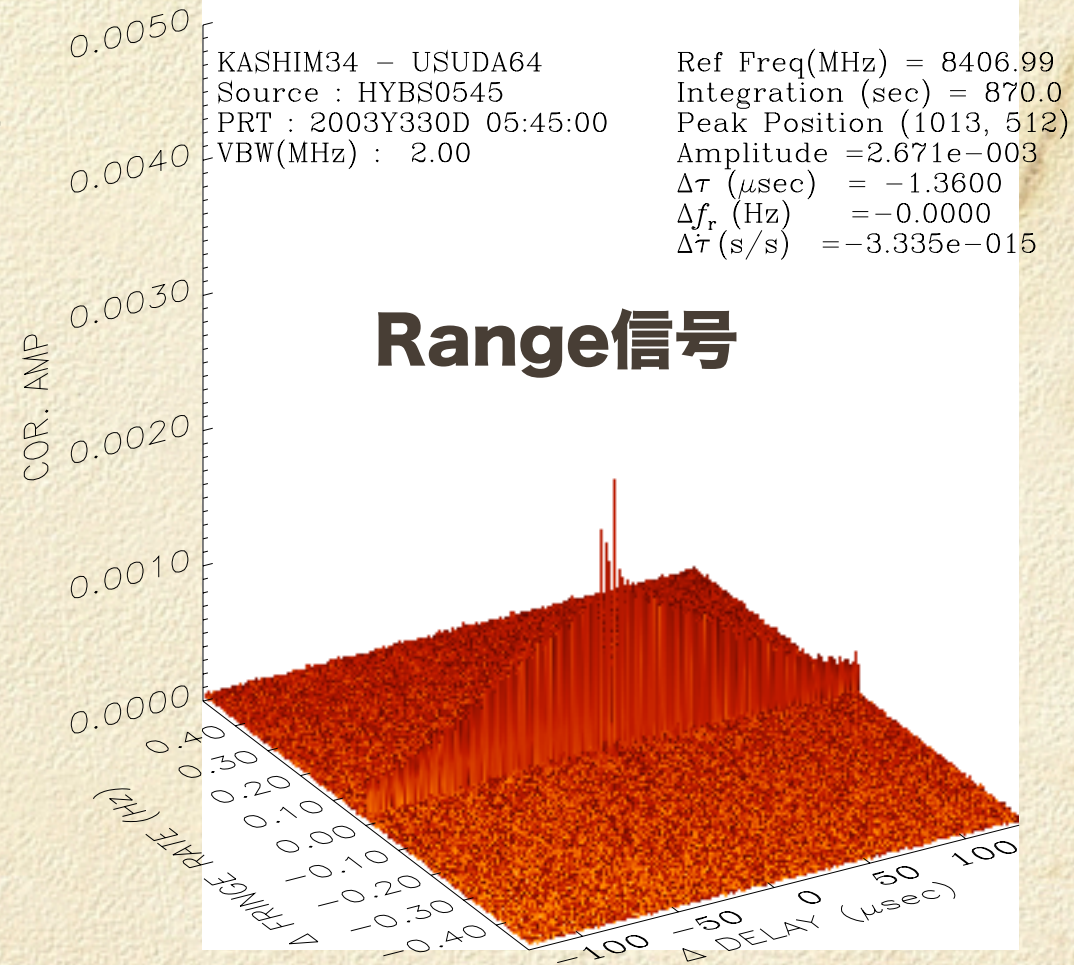


COARSE SEARCH FUNCTION (**x**)

KASHIM34 - USUDA64
Source : HYBS0545
PRT : 2003Y330D 05:45:00
VBW(MHz) : 2.00

Ref Freq(MHz) = 8406.99
Integration (sec) = 870.0
Peak Position (1013, 512)
Amplitude = 2.671e-003
 $\Delta\tau$ (μsec) = -1.3600
 Δf_r (Hz) = -0.0000
 $\Delta\dot{\tau}$ (s/s) = -3.335e-015

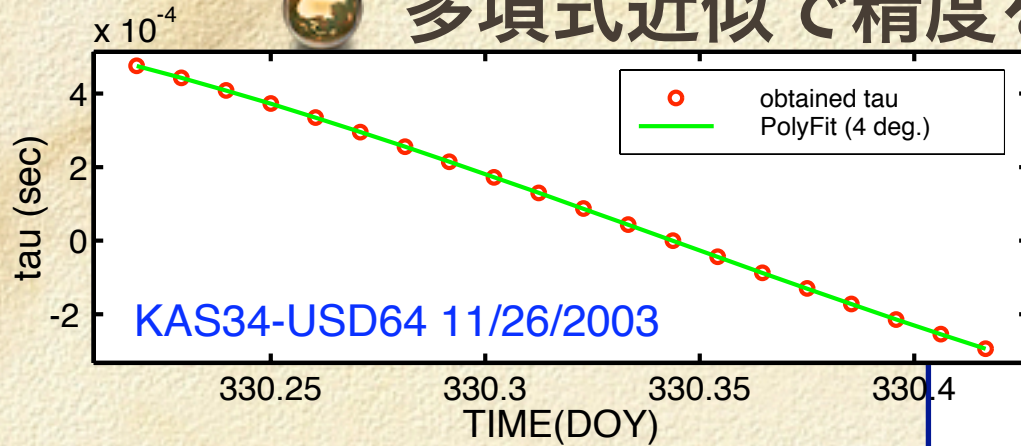
Range信号



群遅延データの精度検討



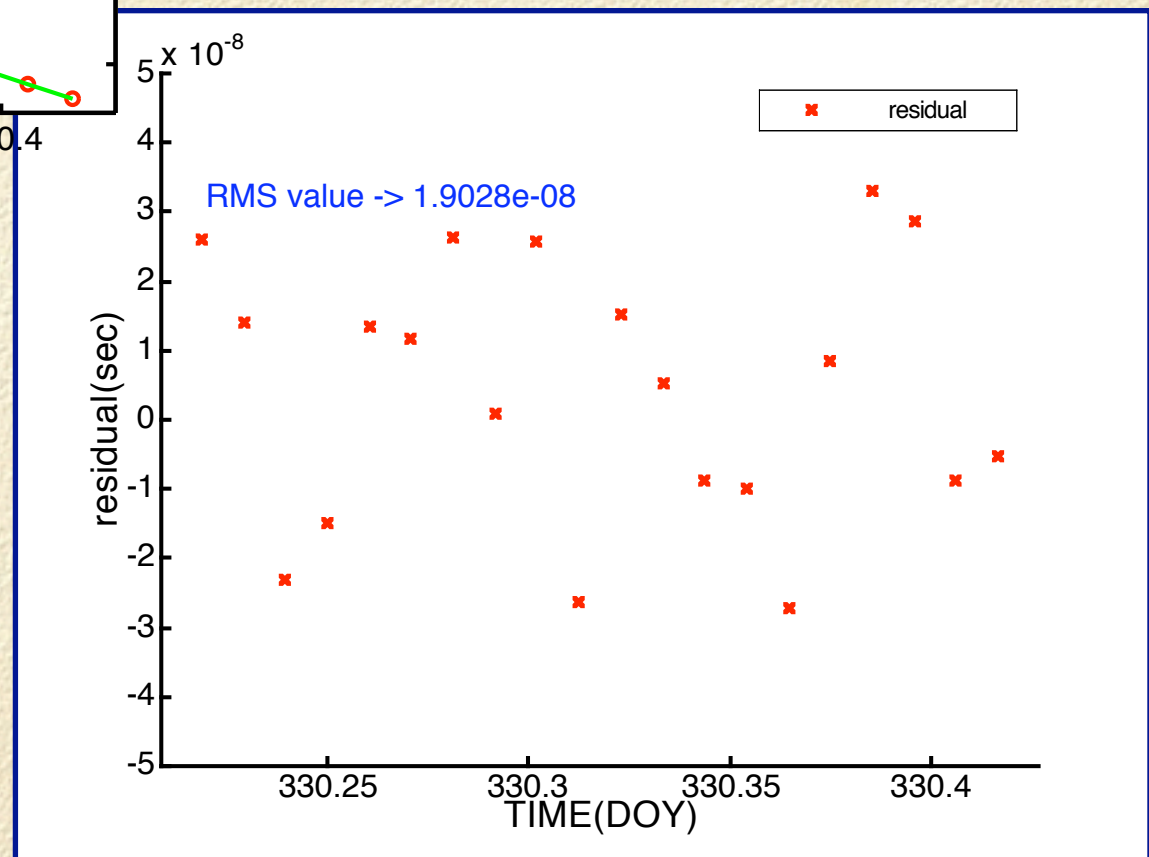
多項式近似で精度を予備的に検討



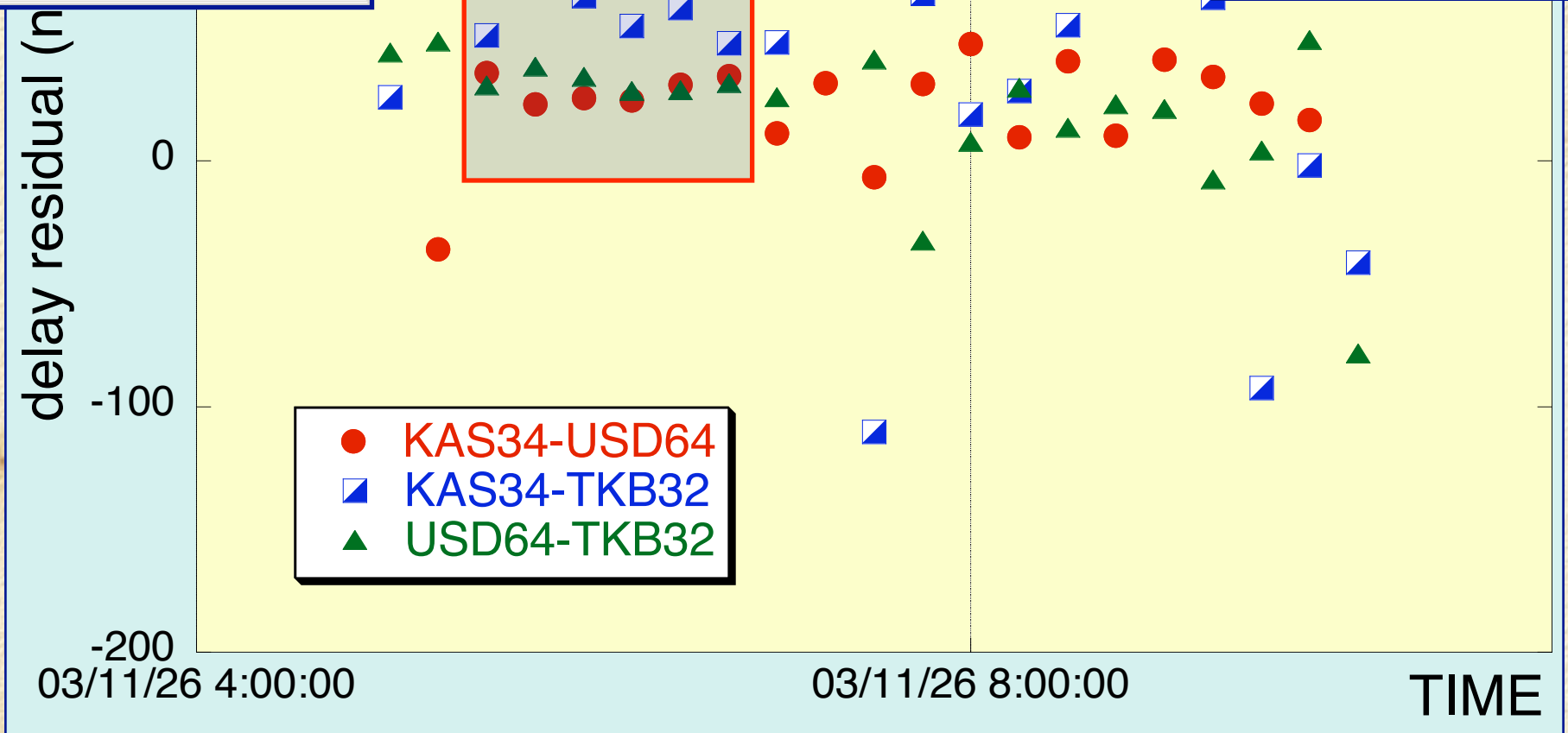
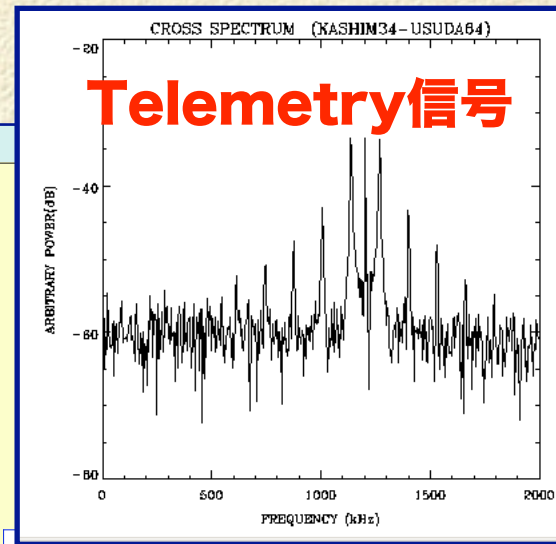
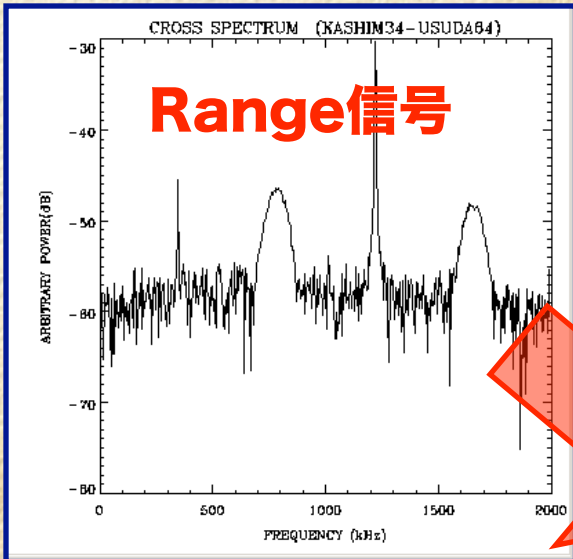
得られた群遅延の時系列に対する
多項式近似の残差のRMSで評価

	RMS
KAS34-USD64	19nsec
KAS34-TKB32	47.8nsec
USD64-TKB32	28.4nsec

**「のぞみ」の結果と
比べて1桁悪い**



ISAS/JAXAによる「はやぶさ」 VLBIデータ評価結果 -R&RR解析結果に対するO-C-



結果

-信号形態による精度比較-

	Telemetry & Range	Range
KAS34-USD64	19nsec	0.7nsec
KAS34-TKB32	47.8nsec	2.2nsec
USD64-TKB32	28.4nsec	0.9nsec

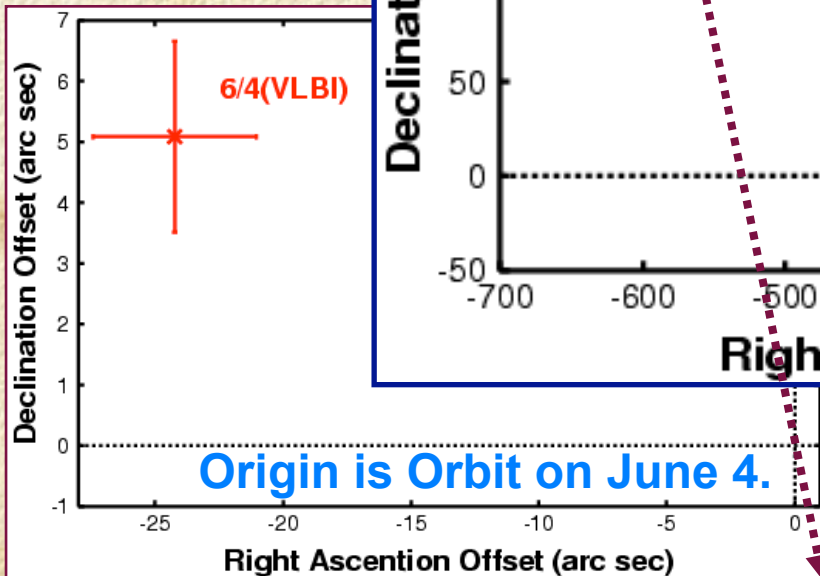
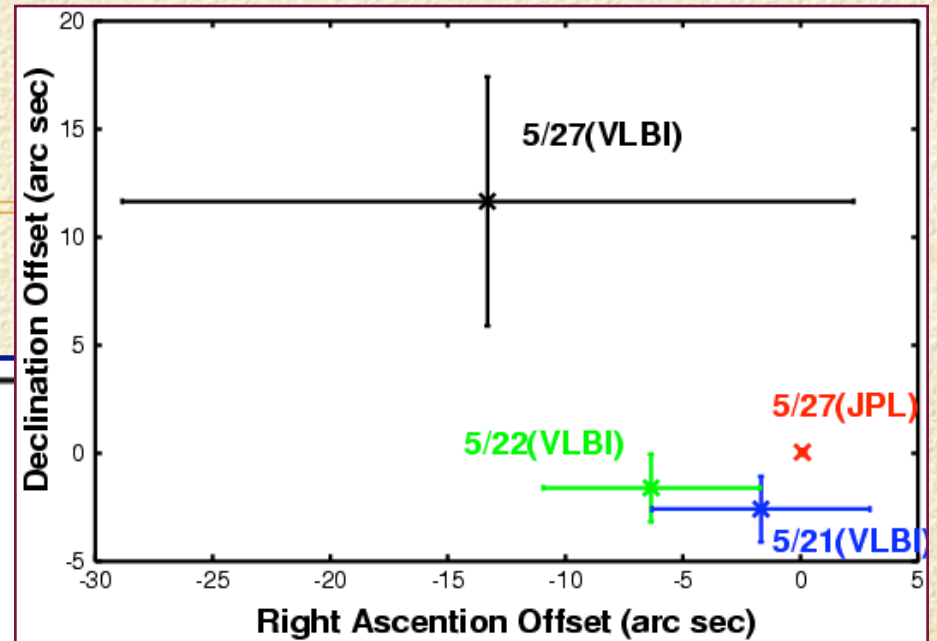
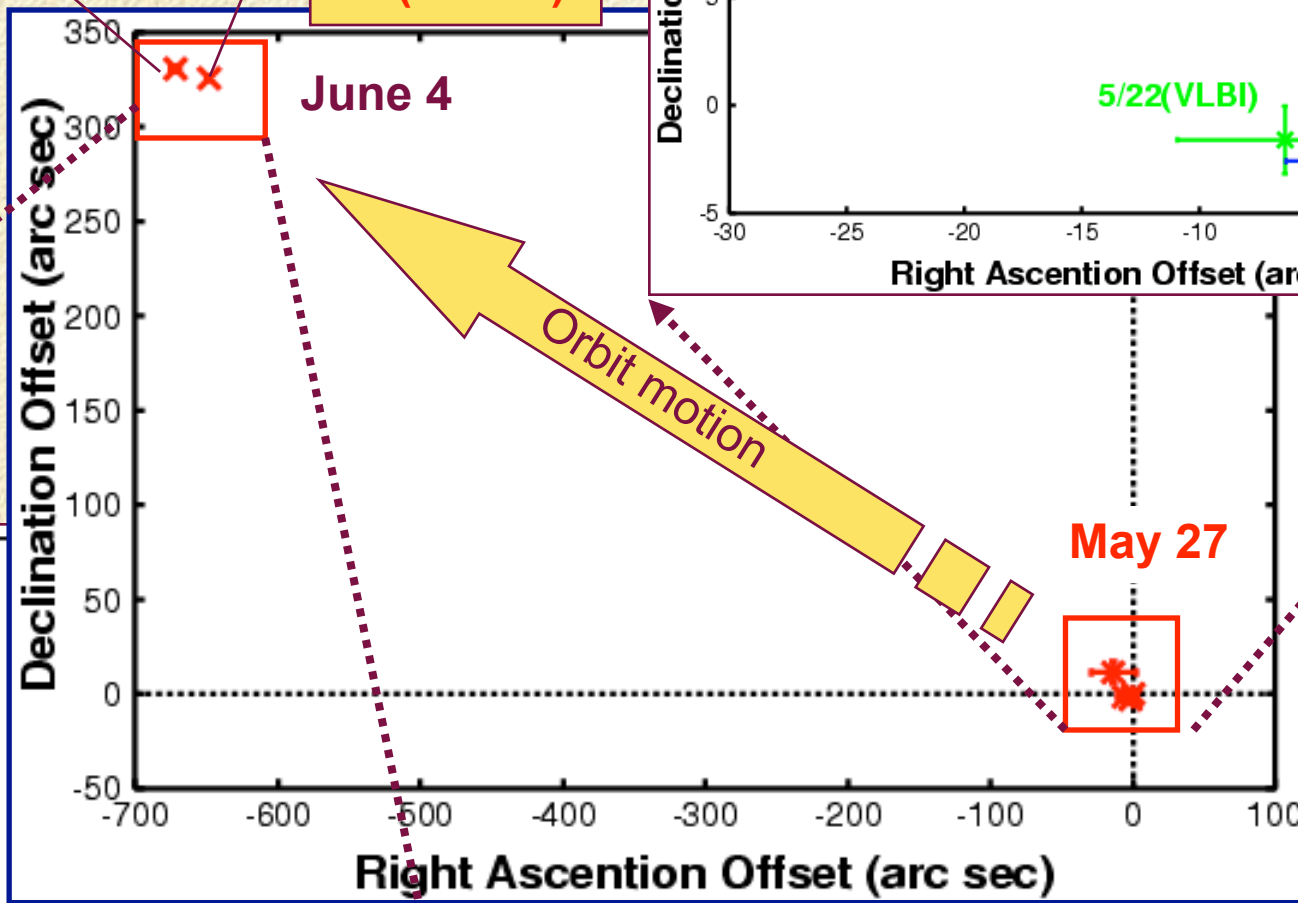
「のぞみ」位置決定 -NICTによる解析-



群遅延による解析

6/4(VLBI)

6/4(R&RR)



Origin is Orbit on June 4.

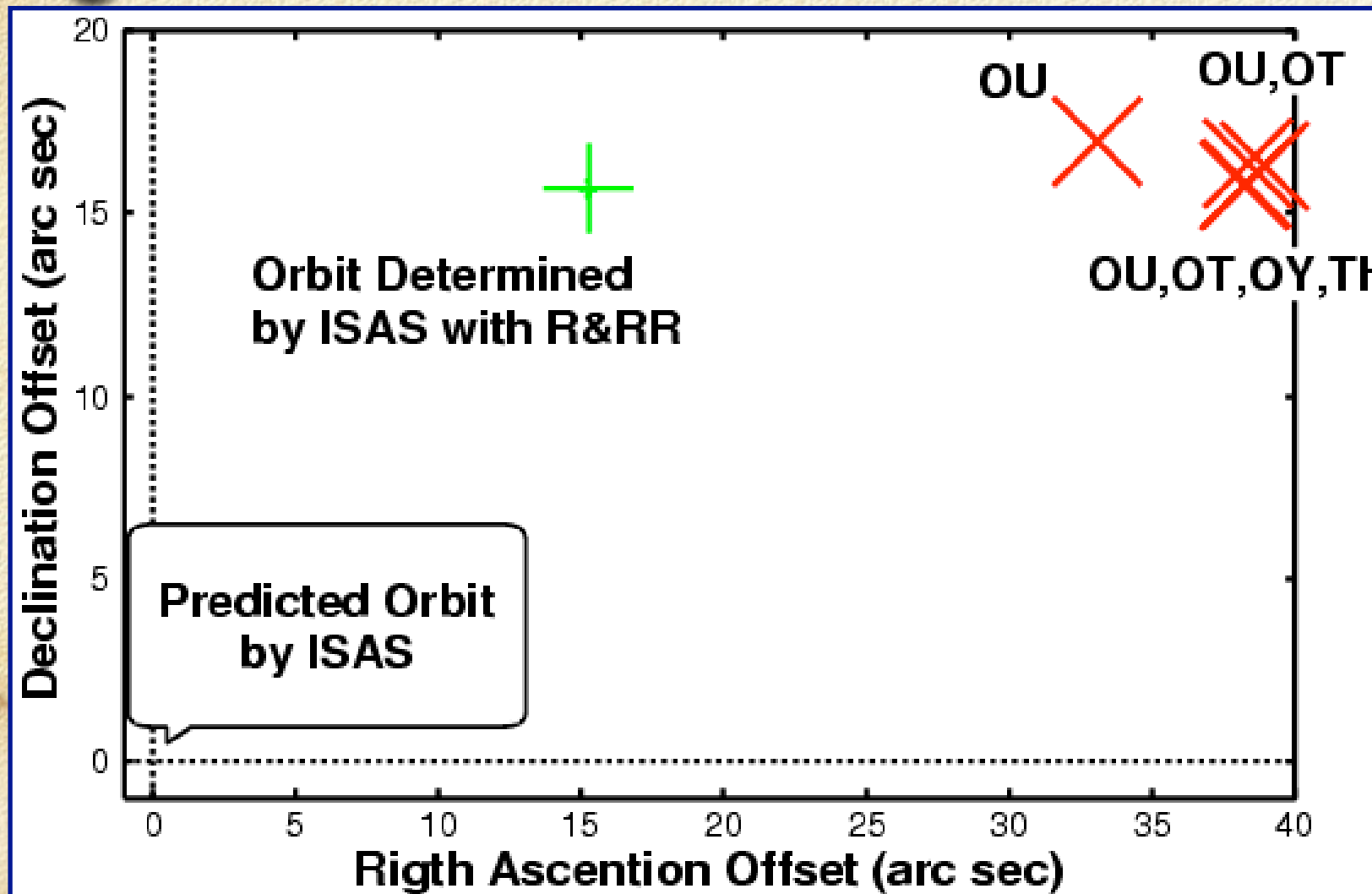
Origin is Orbit on May 27, which was
Determined by ISAS with R&RR

「のぞみ」位置決定

2002年6月4日観測のデータによる解析



位相遅延による解析



まとめ

- 小惑星探査船「はやぶさ」をターゲットに VLBI観測を実施し、探査船の位置決定を試みている
- 予備的な精度評価では、range信号受信の際の群遅延データでRMS1nsec以下を達成
 - ★ Telemetry信号での評価がさらに必要
- 次のステップとして、位相遅延解析による位置決定を試みる
- さらに準リアルタイム位置決定技術の確立を目指す