

# GPS信号を使った 高精度電離層補正

関戸 衛、近藤哲朗、  
川合栄治、今江理人

# 意義・目的

---

VLBI観測の電離層遅延が高精度に補正できると...

- パルサーVLBI観測の高精度化
- 小型VLBI局の測地高精度化
  - 岐阜大学3mアンテナ・ギガビットVLBI
- 測地VLBI受信機系の簡略化・安価
- 16chの有効活用：X帯の広帯域・高SNR化

# 発表内容:

## VLBIとGPSの電離層遅延比較

電離層の群屈折率:  $N(\lambda) = 1 + \frac{r_e}{2\pi} n \lambda^2$ ;  $n$ : 電子密度,  $r_e$ : 古典電子半径

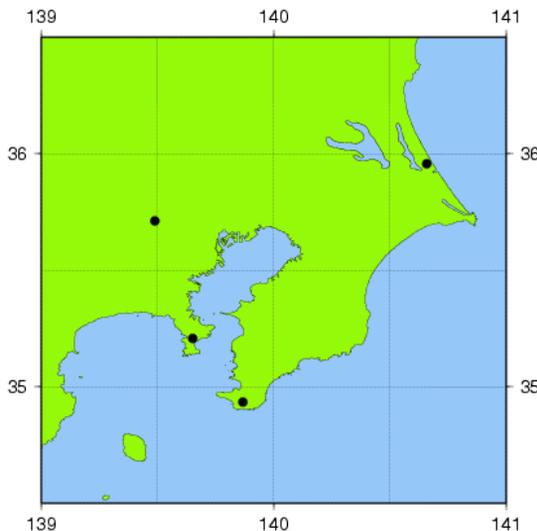
✓ VLBIの場合: 2GHz/8GHz の同時観測

- KSP-VLBI: 鹿島一小金井 基線

✓ G

(

(



(Hz)

MHz)

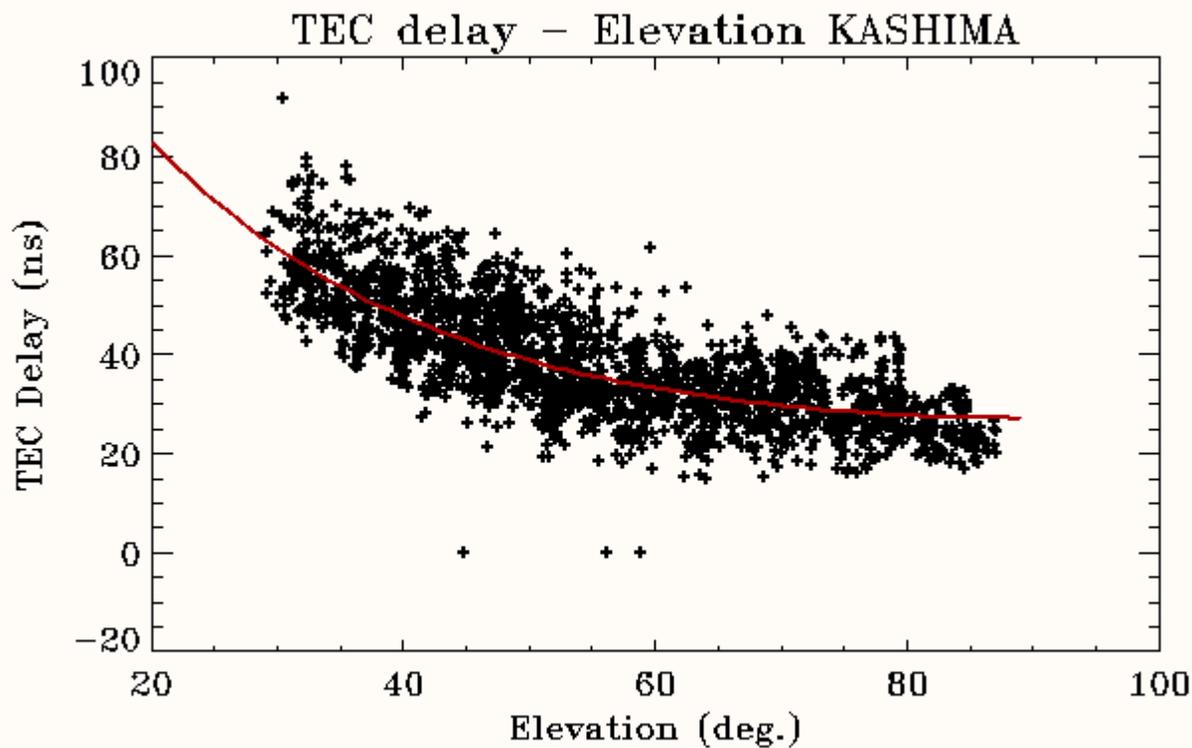
Map

pe (CODE)



# GPS信号を使ったVLBI観測の 電離層遅延補正の課題

衛  
受  
へ  
GL



フセット

のTEC

GPSデータから電離層電子分布 (Local/Global) を推定し、VLBI視線方向のTECを計算する。

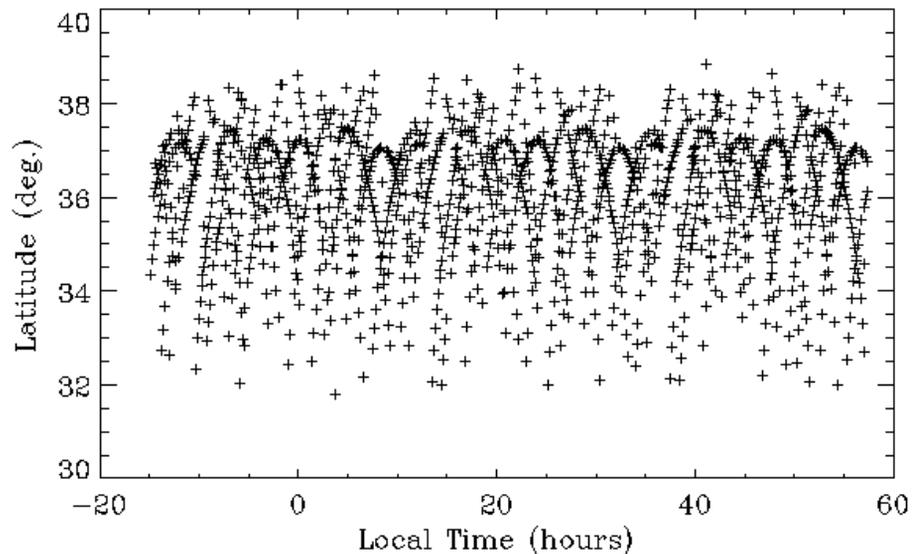
# 電離層電子分布のモデル化

## -高度300km単層球殻モデル

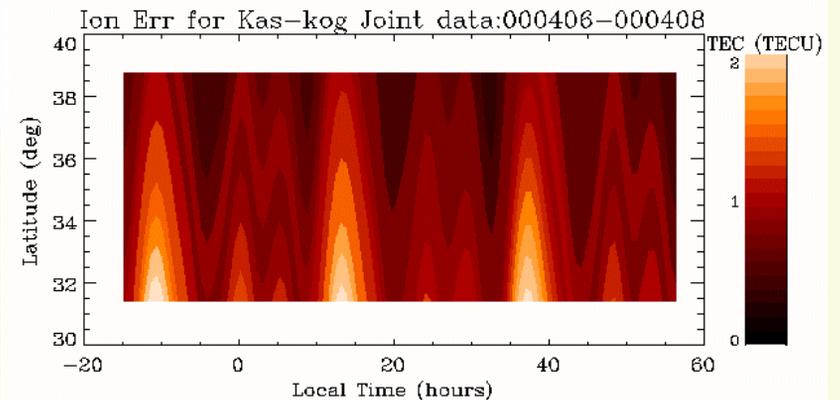
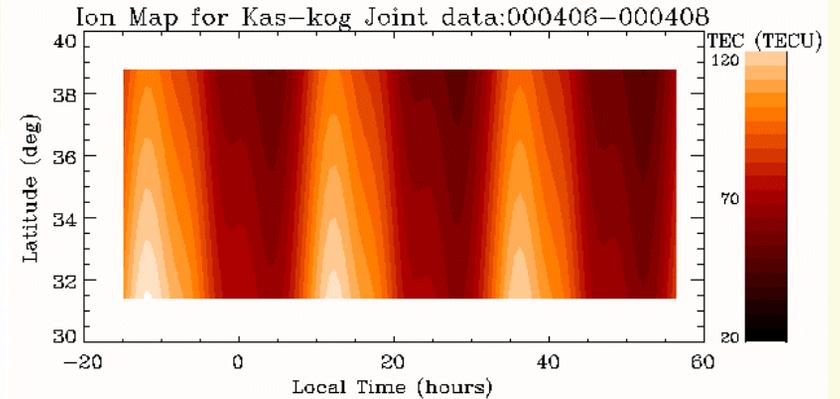
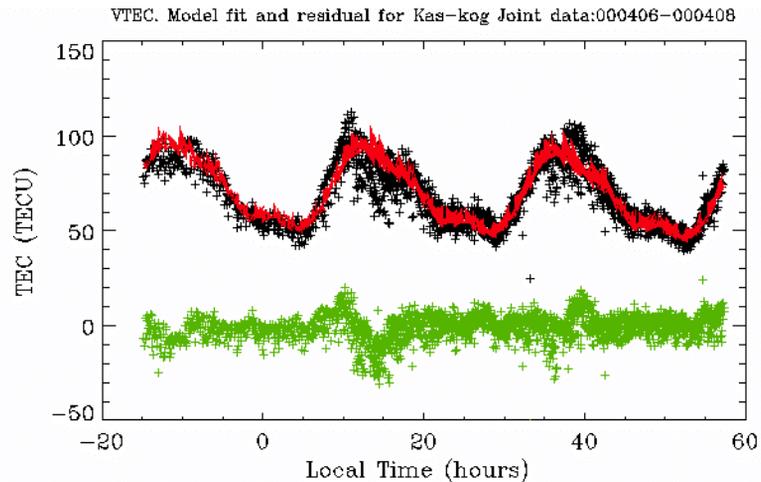
$$VTEC(\lambda, \varphi) = f(\lambda) \times g(\varphi)$$

$$f(\lambda) = c_1 \lambda + \sum_{k=0}^4 \left[ a_k \cos\left(\frac{2\pi k}{T} \lambda\right) + b_k \sin\left(\frac{2\pi k}{T} \lambda\right) \right]$$

$$g(\varphi) = 1 + c_2 \varphi; \quad (T = 24 \text{ hours})$$



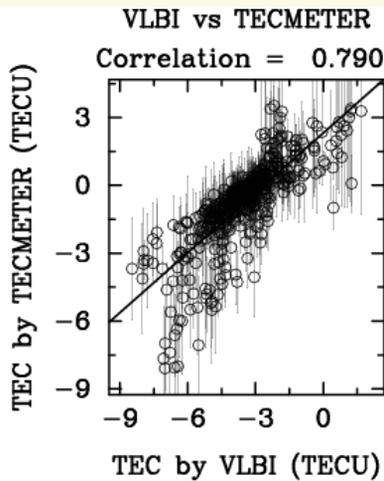
# 電離層電子分布のモデル化



TECMETERを使った観測

# KSP-VLBIとの電離層電子数比較

2000年4月7日のデータ



両局のデータを合わせて電離層マップを推定した場合

相関係数  $\rho = 0.8$

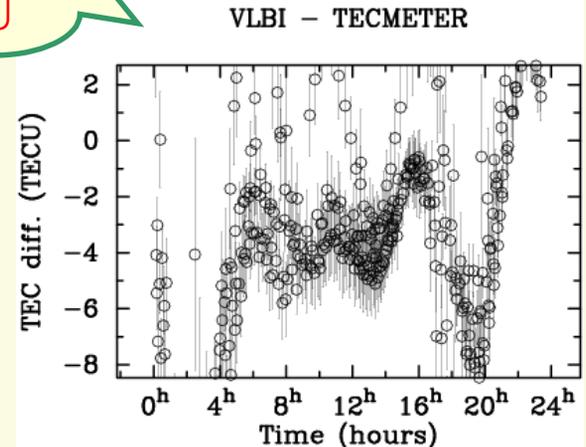
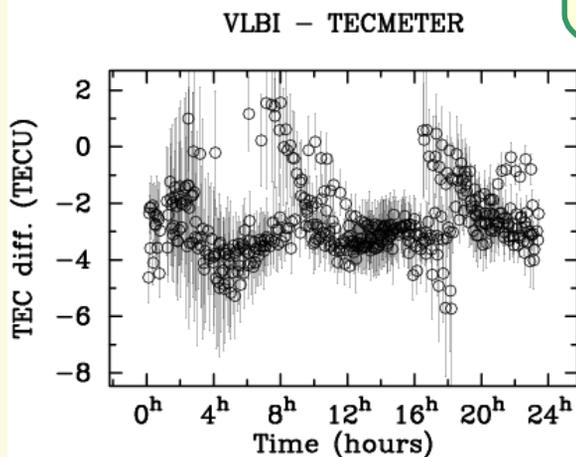
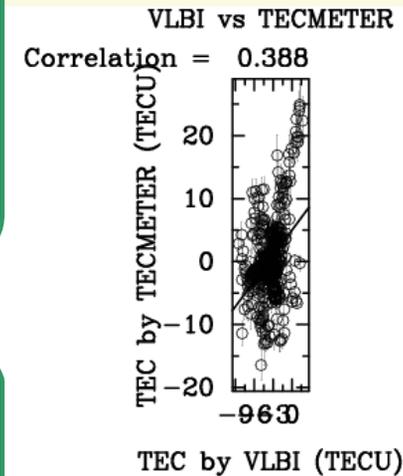
残差RMS=1.2 TECU

(=23ps @ 8.3GHz)

各局毎に電離層マップを推定した場合

相関係数  $\rho = 0.4$

残差RMS=5.6 TECU



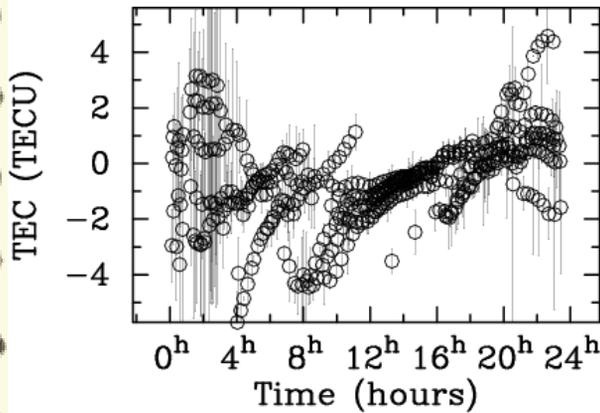


GIM/CODEを使った場合

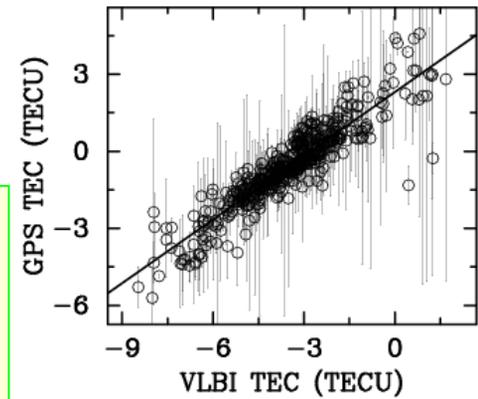
# KSP-VLBIとの電離層電子数比較

2000年4月7日のデータ

GPS Measurement

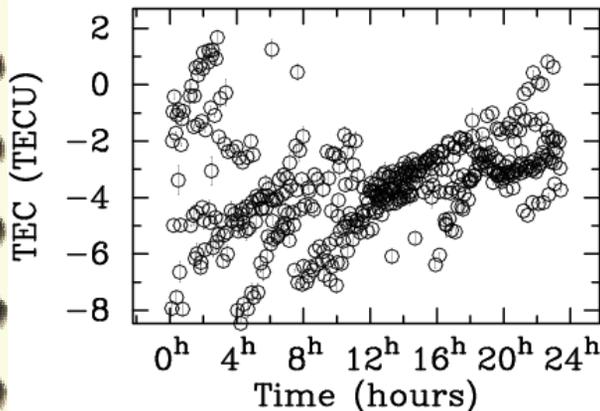


VLBI vs GPS  
Correlation = 0.91

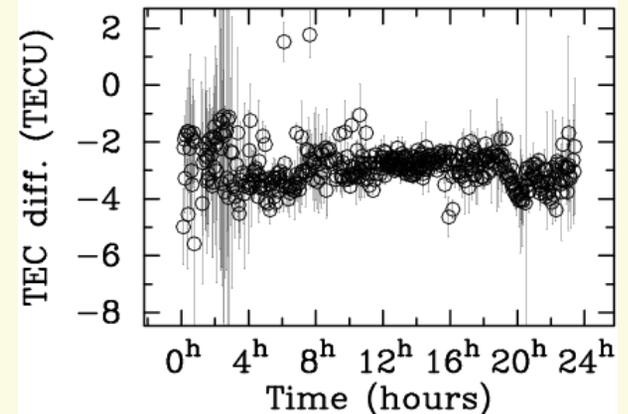


相関係数  $\rho = 0.9$   
残差RMS=0.7 TECU  
(=14ps @ 8.3GHz)

VLBI Measurement



VLBI - GPS



# VLBIとGPSの電離層遅延 比較結果のまとめ

TECMETER(CaseII)で相関係数  $\rho = 0.8$ 、RMS=1.2TECU (=25ps@8GHz)  
GIM/CODEの場合で相関係数  $\rho = 0.9$ 、RMS=0.76 TECU(=16ps@8GHz)

$\sigma_{RMS}^2 = \sigma_{VLBI}^2 + \sigma_{GPS}^2$  と考えると  $\sigma_{VLBI} = 0.4$  TECU であるから  
 $\sigma_{TECMETER} = 1.1$  TECU、 $\sigma_{GIM/CODE} = 0.6$  TECU となる。

Date		4/7-8	4/9-10	4/11-12	4/13-14	4/15-16	4/17-18	Average
Case I TECMETER (局毎の Map)	RMS (TECU)	5.6	5.6	7.4	5.0	8.2	9.7	6.92
	Correlation	0.39	0.0	0.12	0.36	0.15	0.0	0.17
	offset	5.0	-3.6	-1.5	2.0	-0.66	19.8	3.51
	比例係数	1.35	-0.2	0.56	1.1	0.88	-0.1	0.60
Case II TECMETER (単一の Map)	RMS (TECU)	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3	1.0	1.20
	Correlation	0.79	0.75	0.78	0.80	0.76	0.84	0.79
	offset	2.32	2.59	2.90	2.00	2.38	2.93	2.52
	比例係数	0.88	0.87	0.98	0.86	1.08	1.01	0.95
Case III GIM/CODE	RMS (TECU)	0.70	0.89	0.75	0.73	0.82	0.69	0.76
	Correlation	0.92	0.88	0.91	0.92	1.00	0.92	0.93
	offset	2.3	2.9	2.32	2.40	2.68	2.48	2.51
	比例係数	0.83	1.07	1.01	0.95	1.11	1.02	1.00

# まとめ・結論

---

## ✓ 2周波VLBIとGPSによる電離層遅延の結果を比較した

- TECMETER → 相関係数  $\rho = 0.8$ 、 $\sigma = 1.1$  TECU
- GIM/CODE → 相関係数  $\rho = 0.9$ 、 $\sigma = 0.6$  TECU

✓ 単周波VLBIでも、GIM/CODEなどの電離層データを使うことにより2周波VLBIと同程度の補正が可能である。