

K5/VSI システムによる 測地及び時刻比較実験

情報通信研究機構 光・時空標準グループ

瀧口博士,
木村守孝, 近藤哲朗, Thomas Hobiger,
岳藤一宏, 市川隆一, 小山泰弘

内容

- ✓ 背景

 - » VLBIとNICTにおける技術開発

- ✓ K5/VSSPとK5/VS1

- ✓ NICT製ソフトウェア

- ✓ K5/VS1とK5/VSSP32の比較

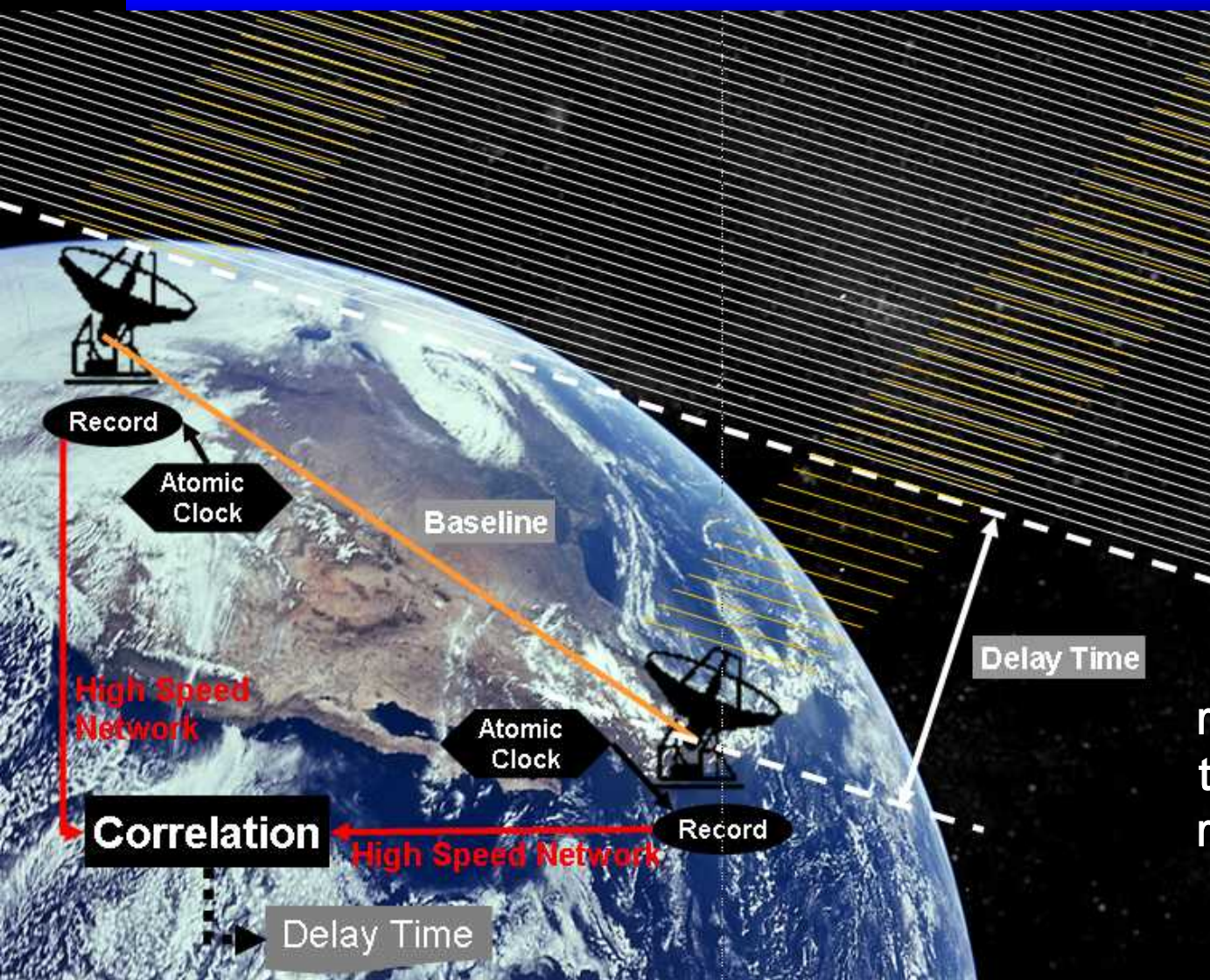
 - » 測地・時刻比較実験

- ✓ まとめ

- ✓ 今後の課題

背景 VLBI

Very Long Baseline Interferometry



measure the arrival time delays between multiple station

背景

K5/VSSP32
ADS3000+
GICO3

本講演

✓ VLBIと
NICTにおける技術開発



K3型観測・処理システム
K3 Observation and Processing System



K4型核相関処理システム
K4 Core Processor System



K5型観測・処理システム
汎用科学サンプリングプロセッサ
K5 Observation and Processing System
(General Scientific Sampling Processor)



K4型観測システム
K4 Observation System

サンプラー
相関器等

巨大 & 高価



小型VLBIシステム
(MARBLE)
初日, 7番目の講演

基準信号
(水素メーザ)



次講演

K5/VSSPとK5/VSI

K5/VSSP

	K5/VSSP	K5/VSSP32
Sampling Speed	40, 100, 200, 500kHz, 1, 2, 4, 8, 16 MHz	40, 100, 200, 500kHz, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64MHz.
Sampling Bits	1, 2, 4, 8	1, 2, 4, 8
No. Channels	1 or 4 (16 with 4 PCs)	1 or 4 (16 with 4 PCs)
Max. Data Rate	128 Mbps (512 Mbps with 4 PCs)	256 Mbps (1024Mbps with 4PCs)
Interface	PCI (Full Height)	USB2.0

VSSP = Versatile Scientific Sampling Processor



K5/VSSP



K5/VSSP32

- ・狭帯域を複数チャンネルで受信
- ・バンド幅合成 = Pcalが必要
- ・測地VLBIの主流

+ K5ソフトウェア群

K5/VSI

	ADS1000	ADS2000	ADS3000
Sampling Speed	1024Mps	64Mps	2048Mps
Sampling Bits	1 bit or 2 bits	1 bit or 2 bits	8 bits
No. Channels	1	16	Programmable
Max. Data Rate	2048Mbps	2048Mbps	4096Mbps
Interface	VSI (2 ports)	VSI (2 ports)	VSI (2 ports)



ADS1000



ADS2000



ADS3000

- ・広帯域で受信
- ・Pcal不要
- ・測地VLBIは数回？

+ GICO3



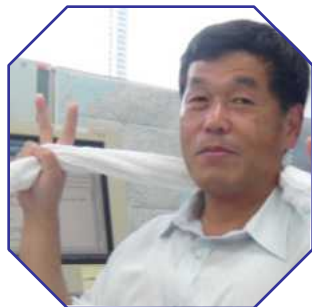
●仕様
 1024チャンネルのマルチポートVSI (VSI) の受信機
 最大 2048 Mbps のデータレート (1024 Mbps の 2チャンネル受信)
 高帯域幅の受信機 (最大 4096 Mbps) の VSI (VSI) の受信機 (1024 Mbps)
 1024チャンネルの VSI (VSI) の受信機
 データレート: 4096 Mbps (1, 1024 Mbps x 4チャンネル)
 ●仕様
 サンプルレート: 1024Mps
 最大データレート: 1024Mbps (1024Mbps x 1024チャンネル)
 最大データレート: 1024Mbps (1024Mbps x 1024チャンネル)
 サンプルレート: 1024Mps (1024Mbps x 1024チャンネル)
 最大データレート: 1024Mbps (1024Mbps x 1024チャンネル)
 サンプルレート: 1024Mps (1024Mbps x 1024チャンネル)
 最大データレート: 1024Mbps (1024Mbps x 1024チャンネル)

ADS3000+

NICT製ソフトウェア

- ✓ K5ソフトウェア群
- ✓ MK3TOOLS
- ✓ GIC03

K5ソフトウェア群



近藤さん作

✓ K5/VSSPシステムを使用する為のソフトウェア群

» サンプルング

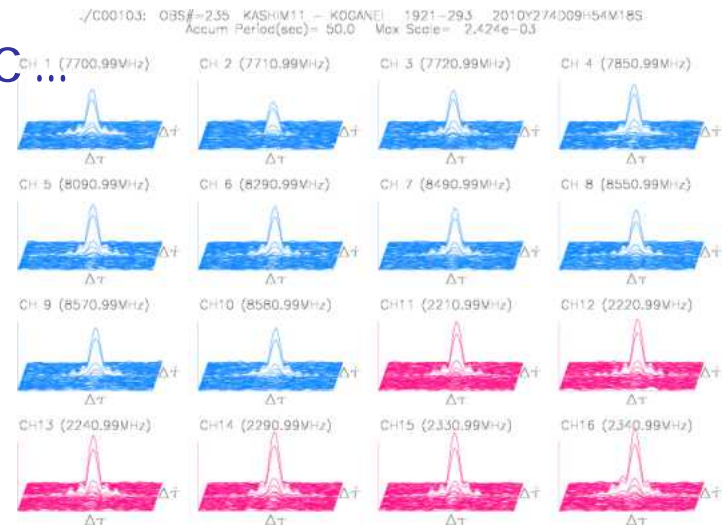
- timesettk, sampling, autoobs, k5tom5, etc ...

» 相関処理

- cor, fx_cor, sdelay, etc ...

» バンド幅合成

- komb, komon, etc ...



K5/VSSPの要

MK3TOOLS



ホビガーさん作

✓ read/write Mark3 DB (VLBI標準DB)
ソフトウェア

- readmk3/writemk3, readkomb, writengs

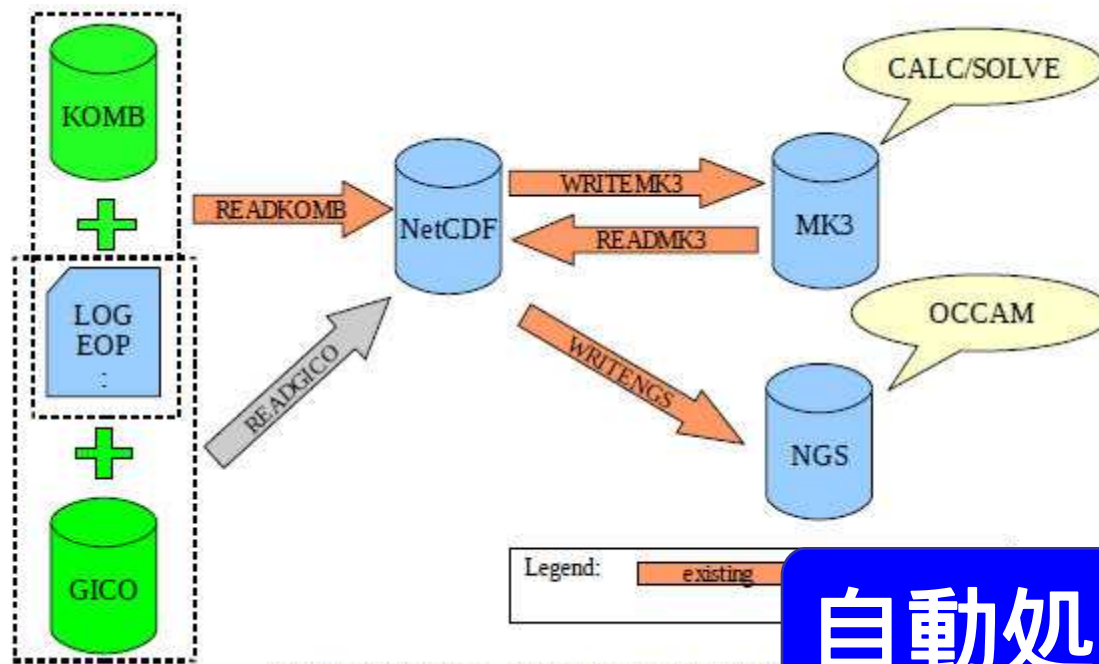
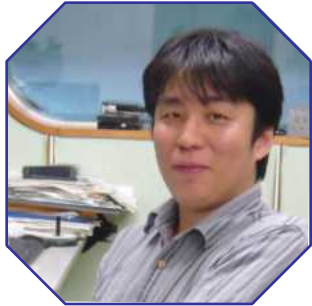


Figure 1: MK3TOOLS – existing and planned modules

自動処理の要



木村さん作

✓ “三鷹FX相関器“互換ソフトウェア相関処理システム

- » VERA用
- » 処理可能形式
 - VERA、Galaxy、K5/VSI、K5/VSSP、Mark-V、(VSOP、K4)
- » 相関出力形式
 - CODA形式、(FITS形式)

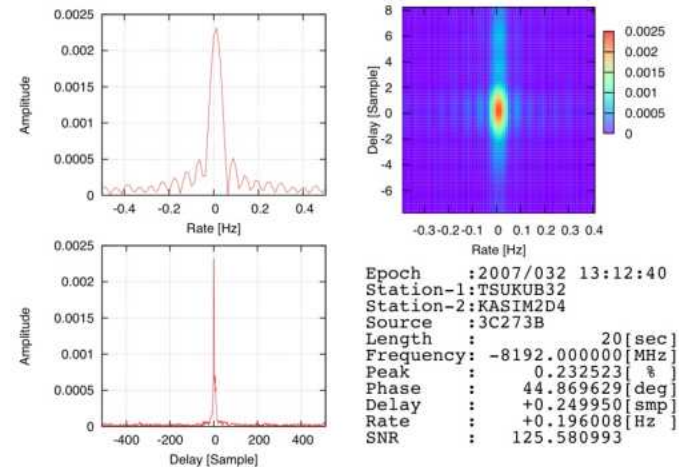
広帯域記録データの処理が可能



三鷹FX相関器

三鷹FXとGICO3の相関処理機能の差異

	三鷹FX	GICO3
最大相関処理局数	5局	10局以上
FFT数	16384点	数百～数百万点程度
相関出力速度	1～40Hz	1～1KHz程度
複数視野	2(2-beam)	無制限 (Multi-beam)
混合相関機能	不可能	可能
偏波観測	不可能	対応



✓ 同種ソフトウェア相関器との比較

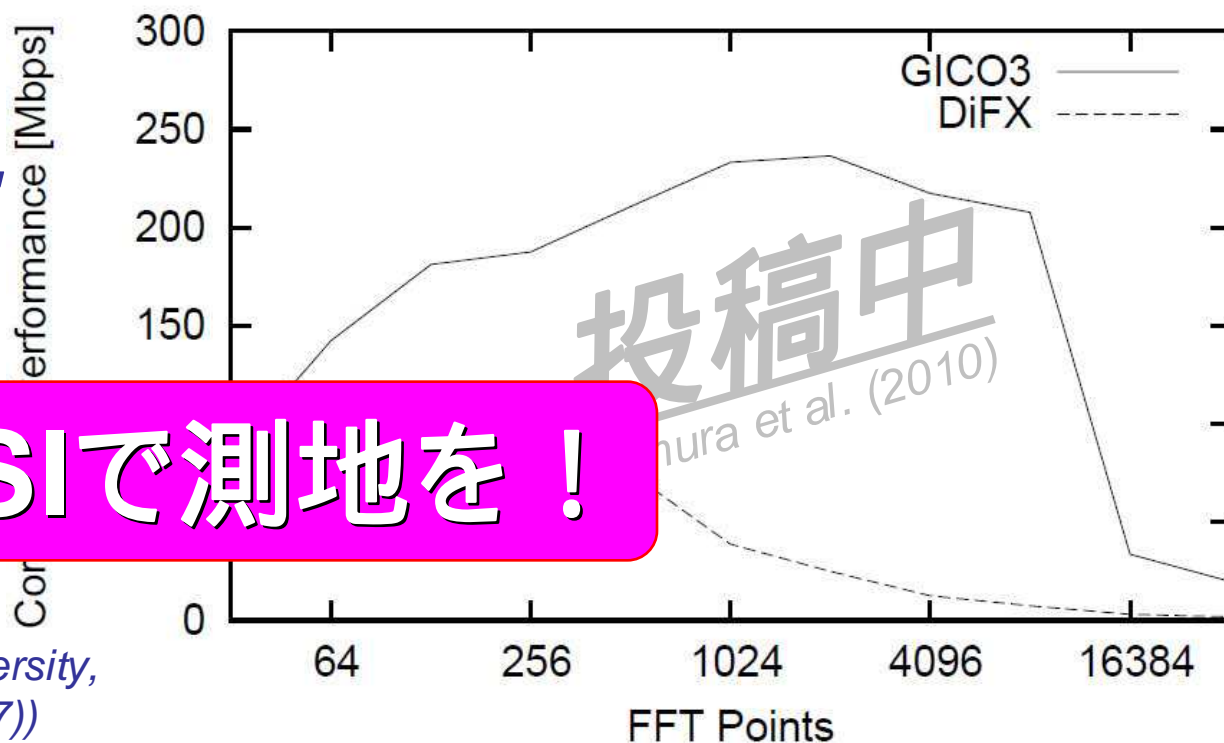
» 6局データの相関処理速度

高速処理！

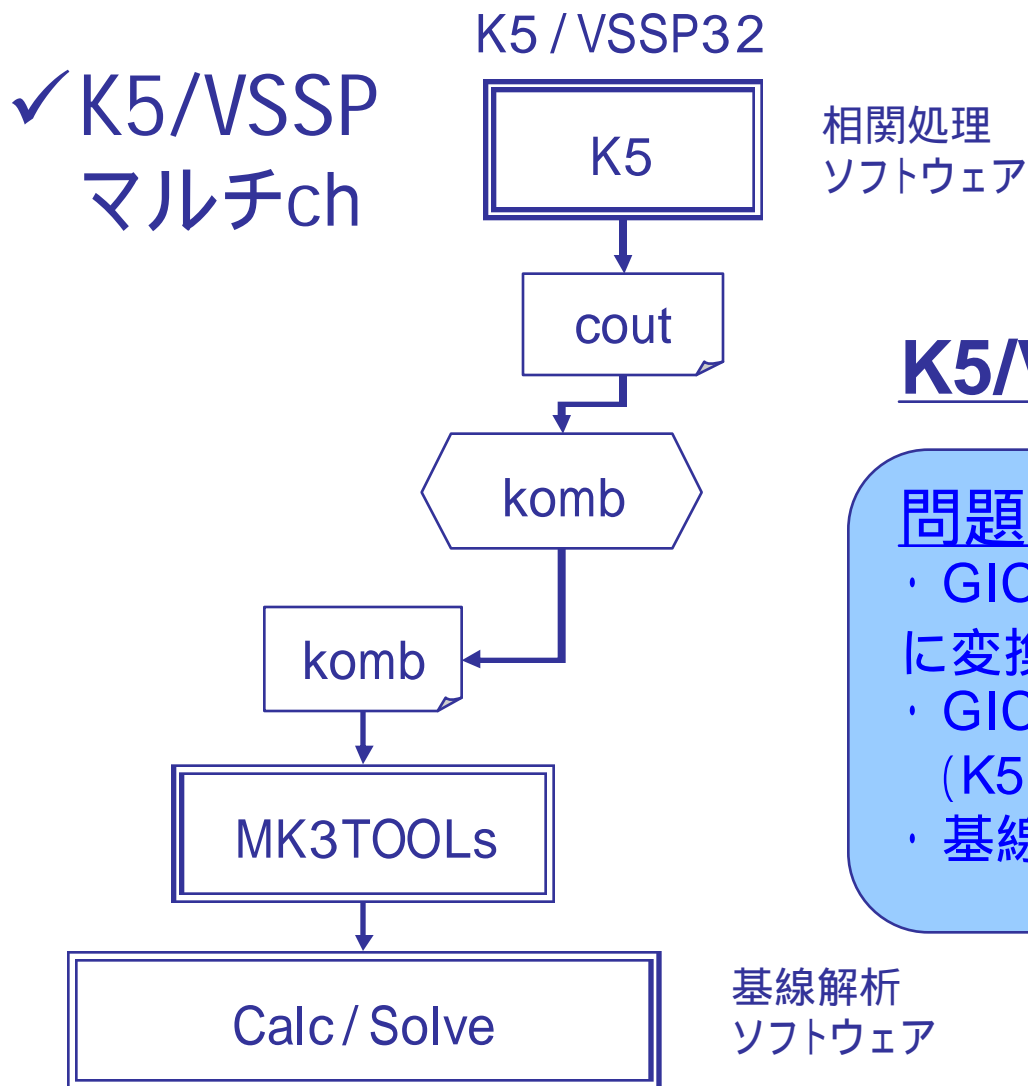
2k FFTポイントでは、
GICO3の方が
10倍速い！

K5/NSIで測地を！**DiFX:**

developed by Swinburne University,
Australia (Deller, T. et al. (2007))



測地VLBI 処理の流れ



K5/VS1で測地

問題点

- ・ GICO3処理ファイルをMark3 DBに変換する手段がなかった.
- ・ GICO3が地球中心基準 (K5では, X局基準)
- ・ 基線解析に必要な情報が不足

K5/VSIで測地

K5 / VSI

K5 / VSSP32

GICO3



komb

MK3TOOLS

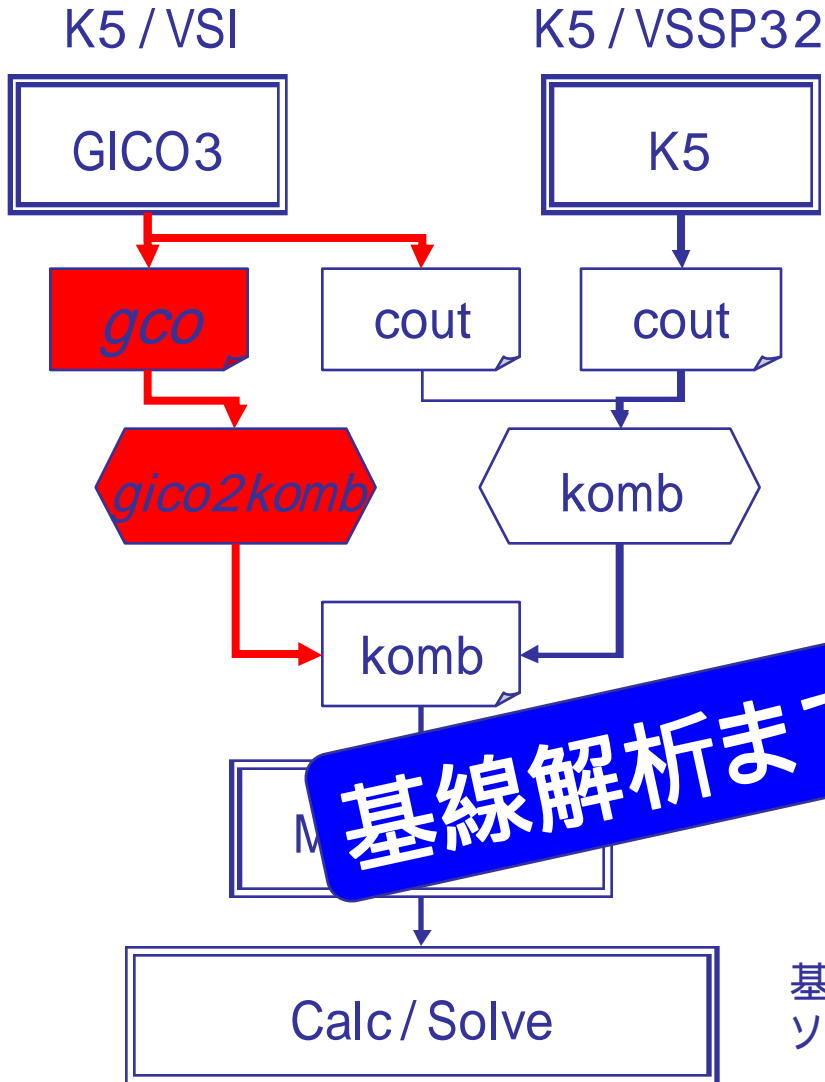
Calc / Solve

より手軽に！

基線解析
ソフトウェア

+ 天文台, 岐阜大, ...

K5/VSIで測地



関連処理
ソフトウェア

✓ GIC03

- » X局基準に変換
- » 中間ファイル作成 (.gco)
- » 広帯域 マルチch (cout)

✓ K5

基線解析までのルート確立!

変換後ファイルに

- » ダミー周波数配列作成

✓ MK3TOOLS

- » singleband オプション追加

基線解析
ソフトウェア

.gco ファイル

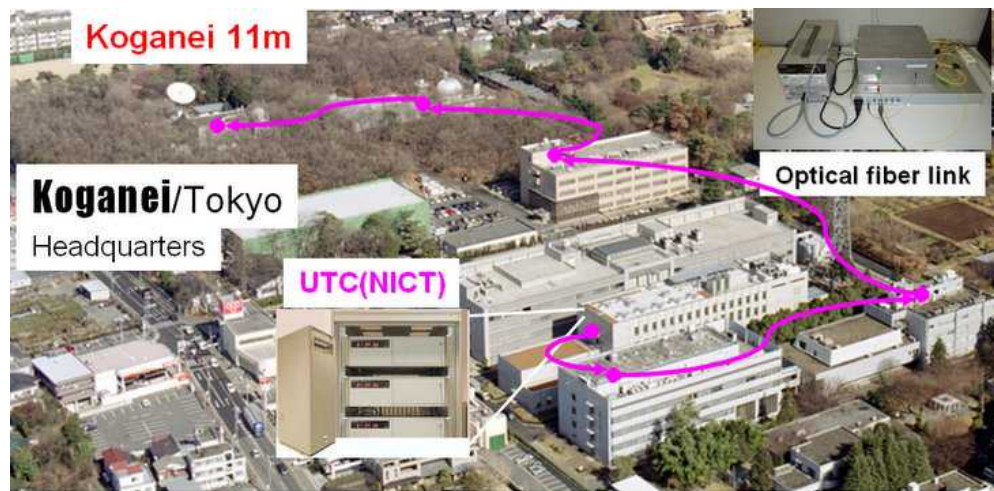
\$EXPER	実験名		
\$SCAN	スキャン番号		
\$STATION-X	X局の1文字コード 局名 局位置		
\$STATION-Y	Y局の1文字コード 局名 局位置		
\$SOURCE	天体名 赤経・赤緯 (J2000分点)		
\$STIME	相関開始時刻		
\$ETIME	相関終了時刻		
\$PRT	(相関開始時刻+相関終了時刻)/2の余りを切り捨てた時刻		
\$UT1UTC	UT1とUTCの差 [sec]		
\$CLKOFFSET	X局, Y局のクロックオフセット		
\$CLKRATE	X局, Y局のクロックレート		
\$APRO ~ \$APR3	時刻PRTにおける、X局を基準としたY局の遅延予測値の微係数 (0次~3次まで)		
\$FREQUENCY	RF周波数(観測周波数帯域の中で最もDC側に近い周波数) [Hz]		} X-band
\$SAMPLE	サンプリング周波数	[sample/sec]	
\$PP	相関出力速度	[sec]	
\$TINTEG	積分時間	[sec]	
\$DELAY	精決定された群遅延残差	[sec]	
\$RATE	精決定されたレート残差	[sec/sec]	
\$AMPLITUDE	相関ピーク値の振幅	[0 ~ 1]	
\$PHASE	相関ピーク値の位相	[Degree]	
\$SNR	相関ピーク値のSNR		
\$FREQUENCY	RF周波数(観測周波数帯域の中で最もDC側に近い周波数) [Hz]		
\$DELAY	精決定された群遅延残差	[sec]	
\$RATE	精決定されたレート残差	[sec/sec]	
\$AMPLITUDE	相関ピーク値の振幅	[0 ~ 1]	
\$PHASE	相関ピーク値の位相	[Degree]	
\$SNR	相関ピーク値のSNR		

K5/VSI, K5/VSSP32の比較

✓時刻比較実験

- » 2010年8月4日 ~
 - 約100時間
- » 2010年10月1日 ~
 - 約38時間

- » 鹿島11 - 小金井11 基線
 - 約109km



同じ基線解析ソフトウェア (Calc/Solve)で解析した結果を比較

K5/VSI, K5/VSSP32の比較

✓ 観測仕様



	K5/VSSP32	K5/VSI (ADS1000)
使用帯域	S/X	S/X
入力周波数帯域	16MHz/ch	512MHz/ch
サンプリングレート	32Mbps/ch, 1bit	1024Mbps/ch, 1bit
チャンネル数	16ch	2ch
X帯の周波数分散のルート	364.8MHz	147.8MHz

K5/VSSP32の観測をメイン

- = スケジュールはK5/VSSPを想定 (K5/VSI 長いスキャン長, 少ない観測数)
- = 有効観測帯域 K5/VSSP > K5/VSI
- = 遅延決定精度 K5/VSSPに対して70% (X帯の周波数分散のルートで約2.5倍, SNRで約1.8倍)

K5/VSI, K5/VSSP32の比較

✓ 基線解析結果

実験日	観測時間 (時間)	観測 システム	遅延残差 (ps)	基線長 (mm)	1 (mm)	水平成分 (mm)	1 (mm)	垂直成分 (mm)	1 (mm)
2010/08/04	105	K5/VSSP32	27.58	109099639.00	0.53	-19.19	0.48	58.81	2.42
2010/08/04	98	K5/VSI ADS1000	28.97	109099639.00	0.57	-16.28	0.52	53.39	2.53
2010/10/01	38	K5/VSSP32	19.23	109099635.43	0.68	-20.91	0.80	66.27	3.00
2010/10/01	38	K5/VSI ADS1000	18.44	109099635.58	0.66	-17.12	0.78	58.12	2.92

K5/VSSP32とK5/VSIの差

0.00

2.91

5.42

0.15

3.79

8.15 mm

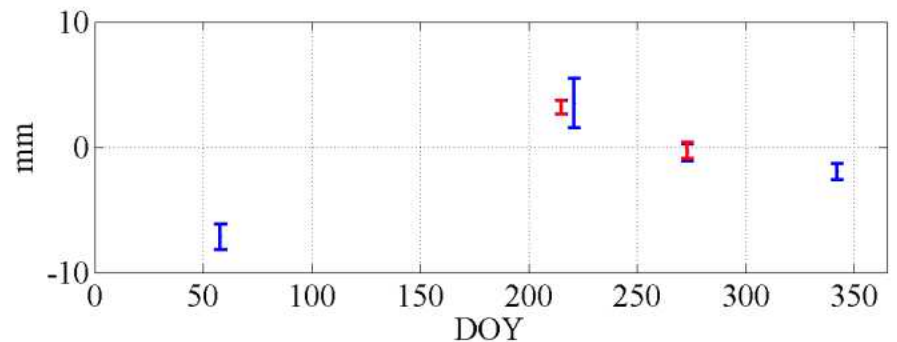
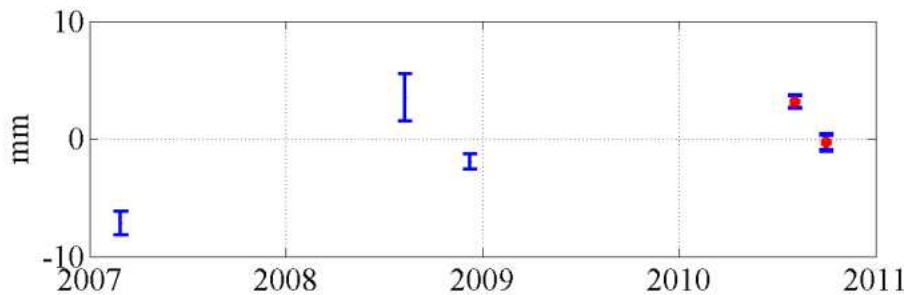
基線長は**mm以下で一致**

水平・垂直成分には**数mm**の差

変換時に時刻差(数msec?)

K5/VSI, K5/VSSP32の比較

✓過去の実験結果との比較



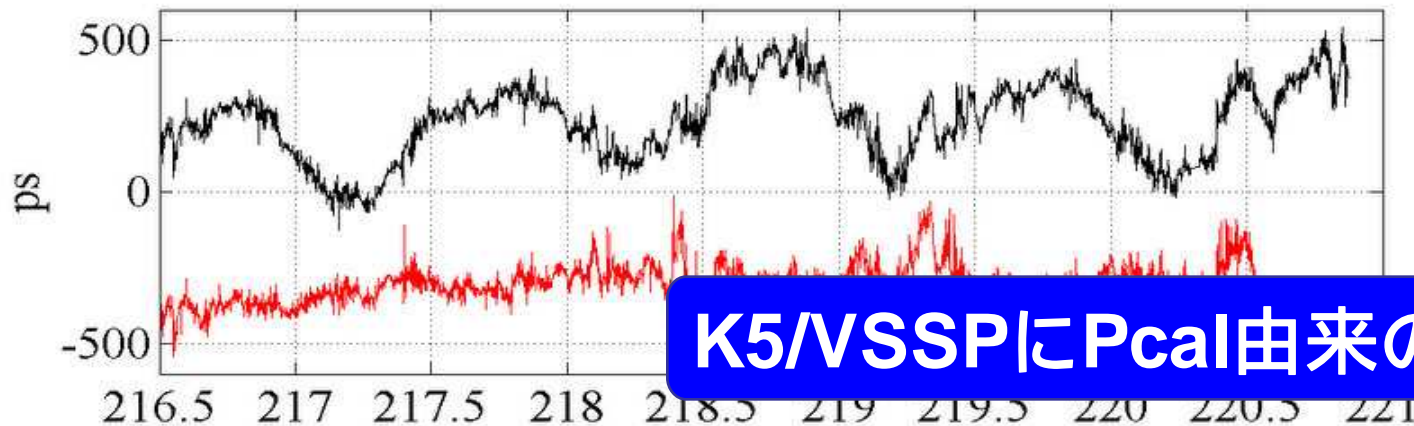
実験日	観測時間	遅延残差 (ps)	基線長 (mm)	1 (mm)	観測システム
2007/02/28	72	20.56	109099628.66	1.02	K5/VSSP32
2008/08/09	24	35.20	109099639.34	1.99	K5/VSSP32
2008/12/08	99	22.96	109099633.88	0.65	K5/VSSP32
2010/08/04	105	27.58	109099639.00	0.53	K5/VSSP32
2010/08/04	98	28.97	109099639.00	0.57	K5/VSI ADS1000
2010/10/01	38	19.23	109099635.43	0.68	K5/VSSP32
2010/10/01	38	18.44	109099635.58	0.66	K5/VSI ADS1000

平均値
 109099635.8414
 との差

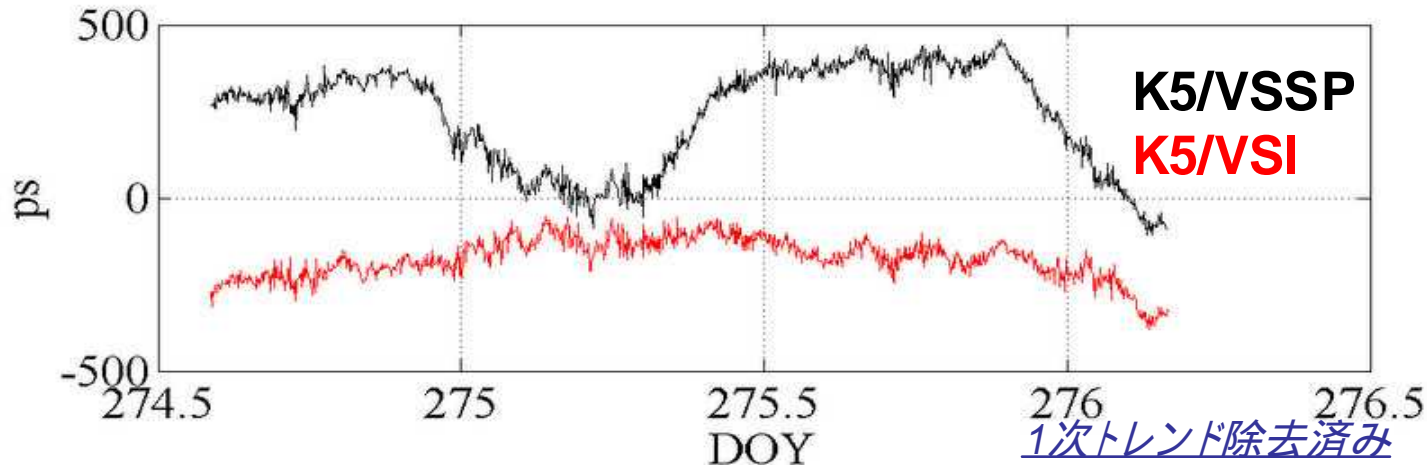
K5/VSI, K5/VSSP32の比較

✓ 時刻比較結果の比較

2010/08/04 ~ 鹿島11m - 小金井11m 間の時刻差



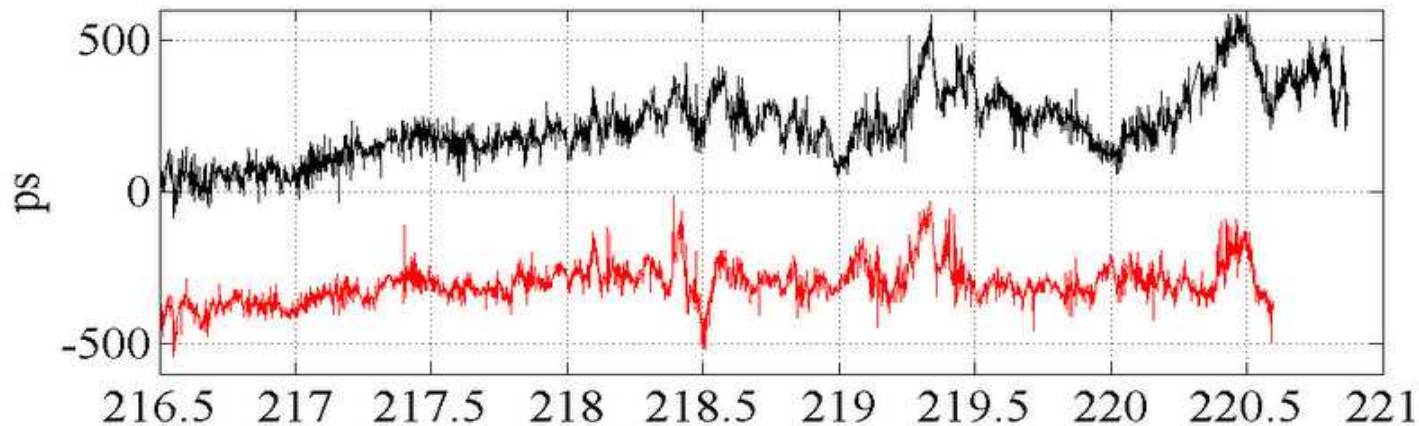
2010/10/01 ~



K5/VS1, K5/VSSP32の比較

✓ 時刻比較結果の比較

2010/08/04 ~ 鹿島11m - 小金井11m 間の時刻差



K5/VS1データからPcal由来の変動を
計算しK5/VSSPのデータを補正

K5/VS1, K5/VSSP32 差のRMS

2010/08/04 ~ 130ps 83ps (Pcal補正後)

2010/10/01 ~ 147ps

まとめ

- ✓ ソフトウェアの改良により
K5/VSIシステムでの測地実験
 基線解析へのルートが確立
 - › K5 , GIC03 , MK3TOOLS
 - .gcoファイル , gico2komb

- ✓ K5/VSI , K5/VSSP32 比較実験
 - › 基線長 : **mm以下で一致**
 - › 水平・垂直成分 : **数mmの差**
 要調整
 - › 時刻差 : Pcal不具合 , 83ps (Pcal補正後)

今後の予定

- ✓ 解析結果のより詳細な比較
& 調整
 - 水平・垂直成分の差の検証
- ✓ K5/VSIシステムを用いた
測地実験
 - 実績を積む



ADS3000+ を用いた広帯域測地実験



✓ Marble実験に本格投入

» K5/VSI (ADS3000+) メイン

- 入力周波数帯域
 - 512 MHz / ch
- サンプリングレングレイト
 - 24 MHz / ch, 1bit



ADS3000+

今週末実施予定!



prototype #1
@KSRC, NICT



ADS3000+



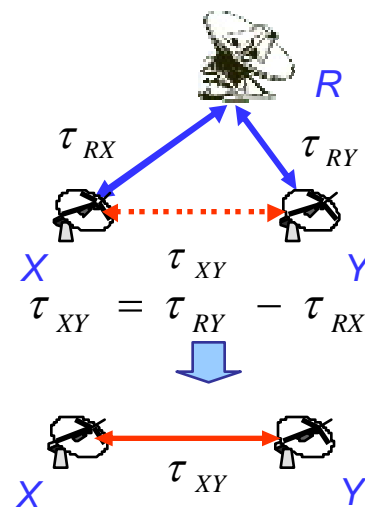
prototype #2
@GSI



ADS3000+

広帯域仕様

チャンネル数
- 2 ch / Station



*Thank you very much
for your attention.*