

鹿島アンテナと歩んだ装置開発

2019年11月23日

VLBI懇談会シンポジウム 鹿島セッション

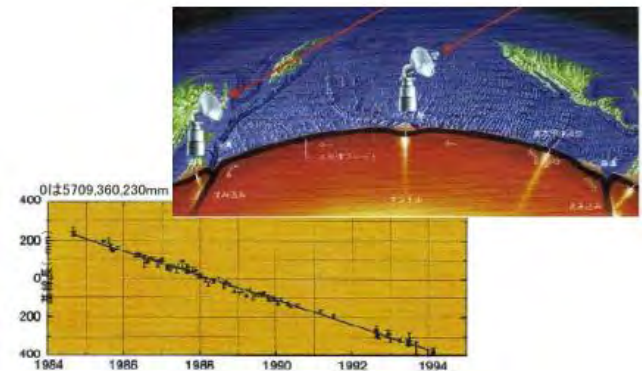
エレックス工業株式会社

鹿島アンテナと歩んだ装置開発

- 鹿島VLBIアンテナの足元では多くのVLBI観測機器が開発されてきた。
 - 弊社が関わらせて頂いた装置開発を振り返る
- 鹿島での装置開発
 - VLBI観測技術に新たな道を開く画期的な開発
 - その当時の最新技術を盛り込んだ面白い開発

K-3相関器 (1983年～)

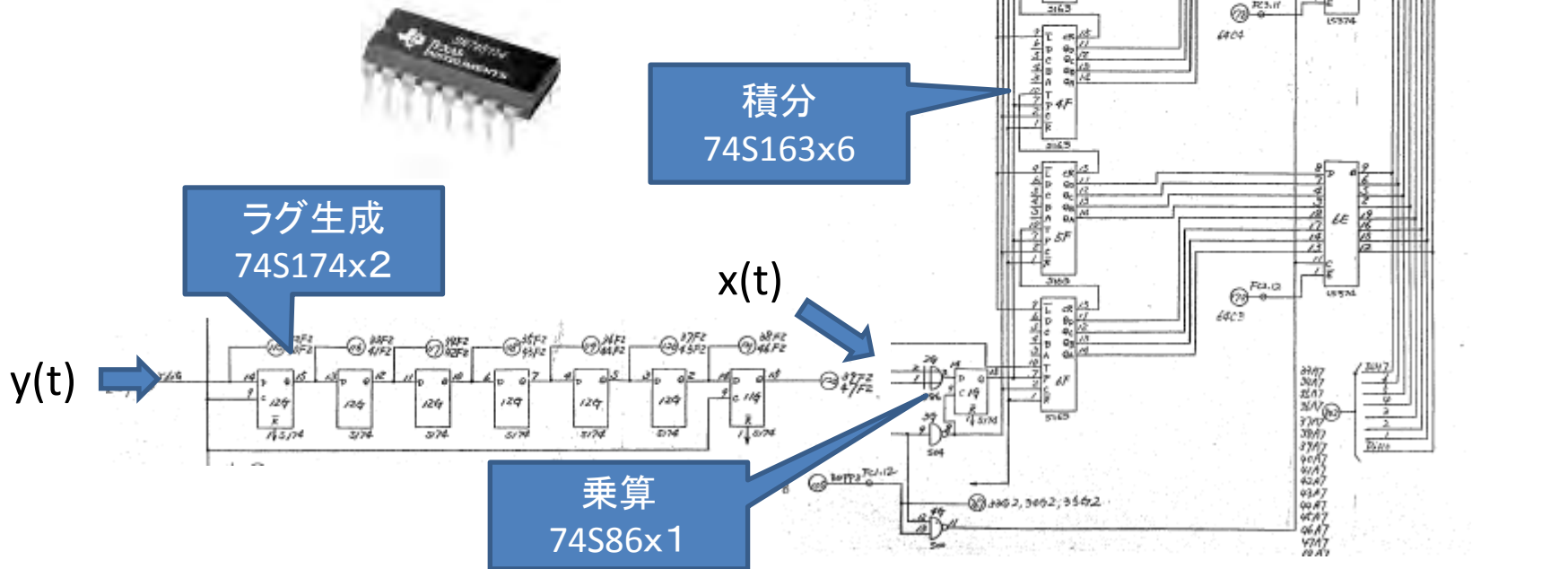
- 鹿島26m(郵政省電波研究所)
 - 初めての実用型VLBIシステム
 - プレート移動を実証
 - 一般紙でも紹介
- 汎用ロジックICを駆使
 - 高速動作の74Sシリーズを使用
 - 8Mbps、8ラグを実現！！
- 多層プリント基板
 - 一般の基板メーカーでは製造できない
 - 競合の大手計算機メーカーの基板工場に生板製造を依頼



K-3相関器 (1983年～)

- すべて汎用ロジックICで構成
 - フリップフロップを7個並べて8ラグ
 - 4bitカウンタを6個並べて1ラグの積分

$$C_{xy}(\tau) = \int x(t) \cdot y(t-\tau) dt$$



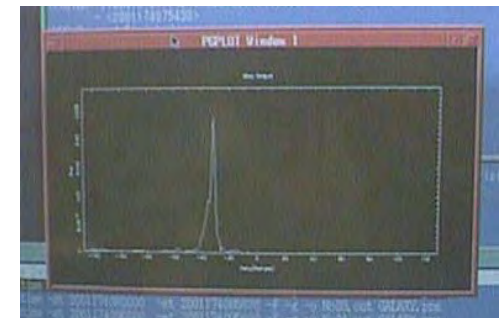
ギガビット相関器GICO/GICO2 (1998年～)

- 鹿島34mアンテナ
- 初めての1GbpsVLBI
 - 従来(256Mbps)の4倍
 - 単一CHで500MHz帯域幅
 - 測地精度の向上
 - NMA相関器用のLSIを利用
- VSI-H規格の採用
 - 東芝ギガビットレコーダ
 - ケーブル1本で1Gbps
 - レコーダ接続規格の共通化
 - 鹿島グループが制定に尽力



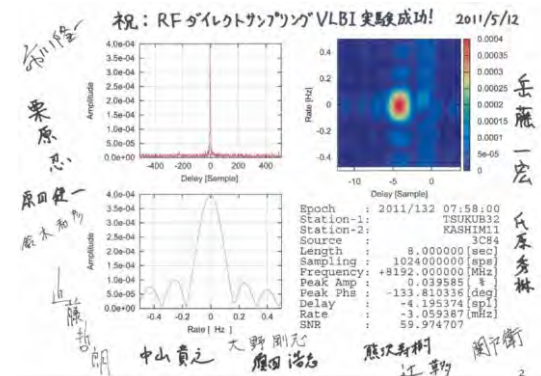
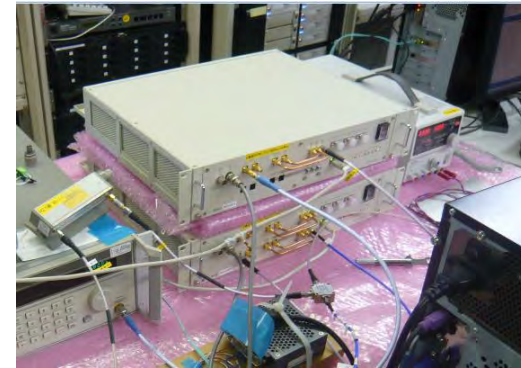
光結合VLBI (2000年～)

- 鹿島34m－臼田64m
 - － 2001年6月
 - － 世界初の1GbpsリアルタイムVLBI観測実験の成功
 - － VLBI専用の回線接続装置
 - － GICO相関器
- 高速光ネットワーク技術とVLBIの融合
 - － 2.4Gbps・SDH・ATM
 - － その後、10GbEthernetへ発展
 - － すぐに結果が分かるリアルタイムVLBIの可能性を示す



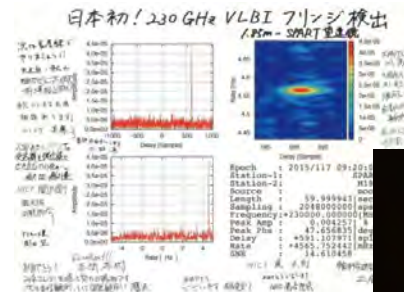
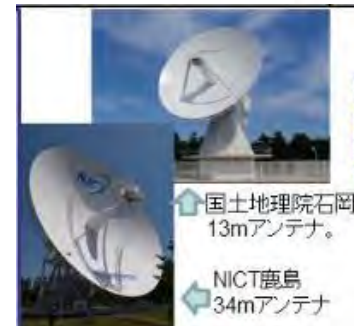
ダイレクトサンプラADX-830 (2010年～)

- RFダイレクトサンプリング
 - 広帯域ADC、アンダサンプリング
 - サンプリングと周波数変換を同時に行う
- 初めてのRFダイレクトサンプリングVLBI実験
 - 2010年 鹿島34mー鹿島11m
 - 2011年 鹿島11mーつくば34m
 - 高次モードでSバンド、Xバンドを同時にサンプリング
- VLBIデジタルフロントエンド化の第一歩
 - アナログダウンコンバータ不要
 - 10GbイーサネットでPCおよびネットワークへ直接出力
 - システムの簡素化



ダイレクトサンプラ K6/Galas (2013年～)

- 広帯域VLBI (Gala-V) 用サンプラ
 - 16Gsp/s・3bit
 - ～20GHzのアナログ入力帯域
 - デジタルベースバンドコンバータ内蔵
 - S/X観測でのフロントエンドのデジタル化を実現
- VGOS対応
 - 2-14GHzのVGOSバンドをダイレクトサンプリング可能
 - 石岡13mでの広帯域観測実験
- ミリ波LBI実験
 - 野辺山10m – 1.85m
 - 230GHz
 - EHTによるBH撮影への重要な布石



まとめ

- 鹿島VLBIアンテナ周辺での装置開発
 - K3関連器
 - ギガビットVLBI (GICO/GICO2)
 - 光結合VLBI
 - ダイレクトサンプラ (ADX・K6/Galas)
 - etc
- いずれもVLBI観測技術のブレークスルーを起こしたエポックメイキングな装置開発
- 今後も日本のVLBI観測技術向上のためにTDCと、そこで使えるVLBIアンテナは必要不可欠！
- TDCの存続と新たなVLBIアンテナの建設に大いに期待しています。