

思い出のバーストVLBI観測装置

The Burst-mode VLBI Equipment, a Study on Enabling Technology

2014年6月2日

松本 欣也（東海大学）

（※ 九州東海大学 → 東海大学へ統合）

当時の 既存技術 v.s. 提案技術

既存技術 (バンド幅合成)

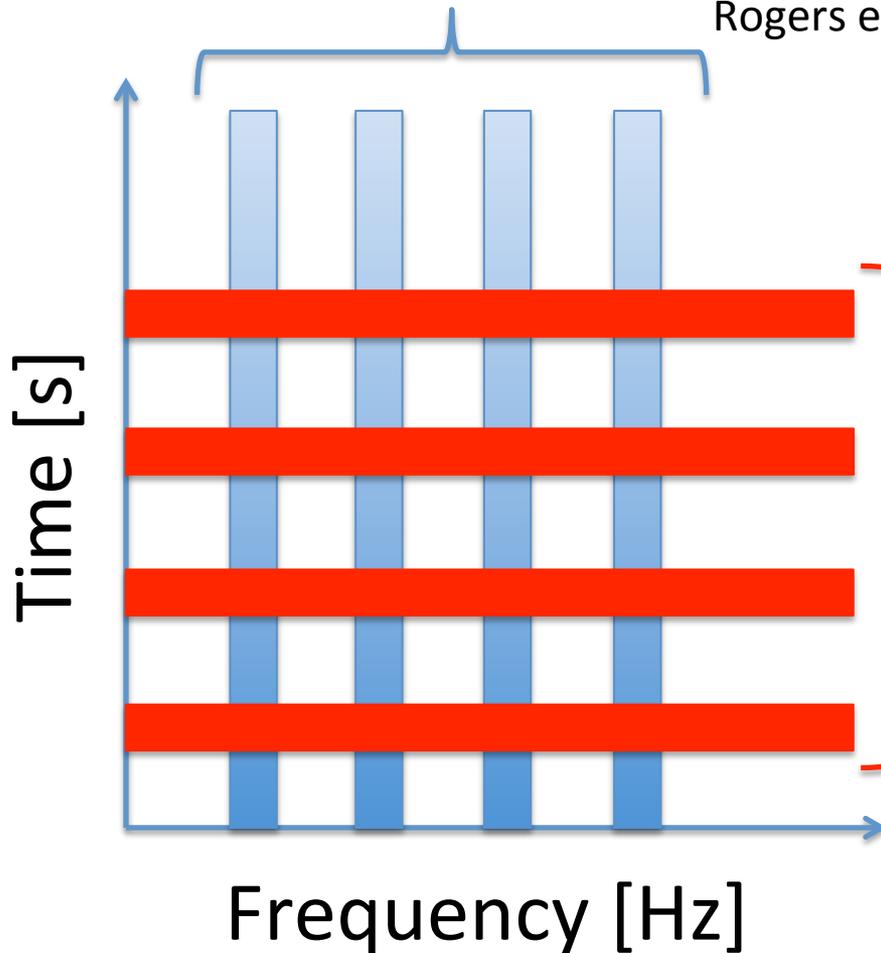
Rogers et al. 1970

1992年頃

主装置: Mark-III & K-3 → K-4

Bandwidth: 2MHz × 14ch etc.

Σ コヒーレント積分 (数秒)



提案技術 (バーストモード)

着想、理論: 川口、待鳥 (1990)

実現法、初期実験: 松本、川口

- ① ミリ波VLBIを見据えて、大気 & システムの干渉性が劣化しない時間内に必要データを取得 (着想検証)。
- ② 同等の観測が可能ならず (技術検証)。
- ③ 高速A/D、バッファメモリが必要 ←→ 次世代VLBI観測の道具が豊かになる

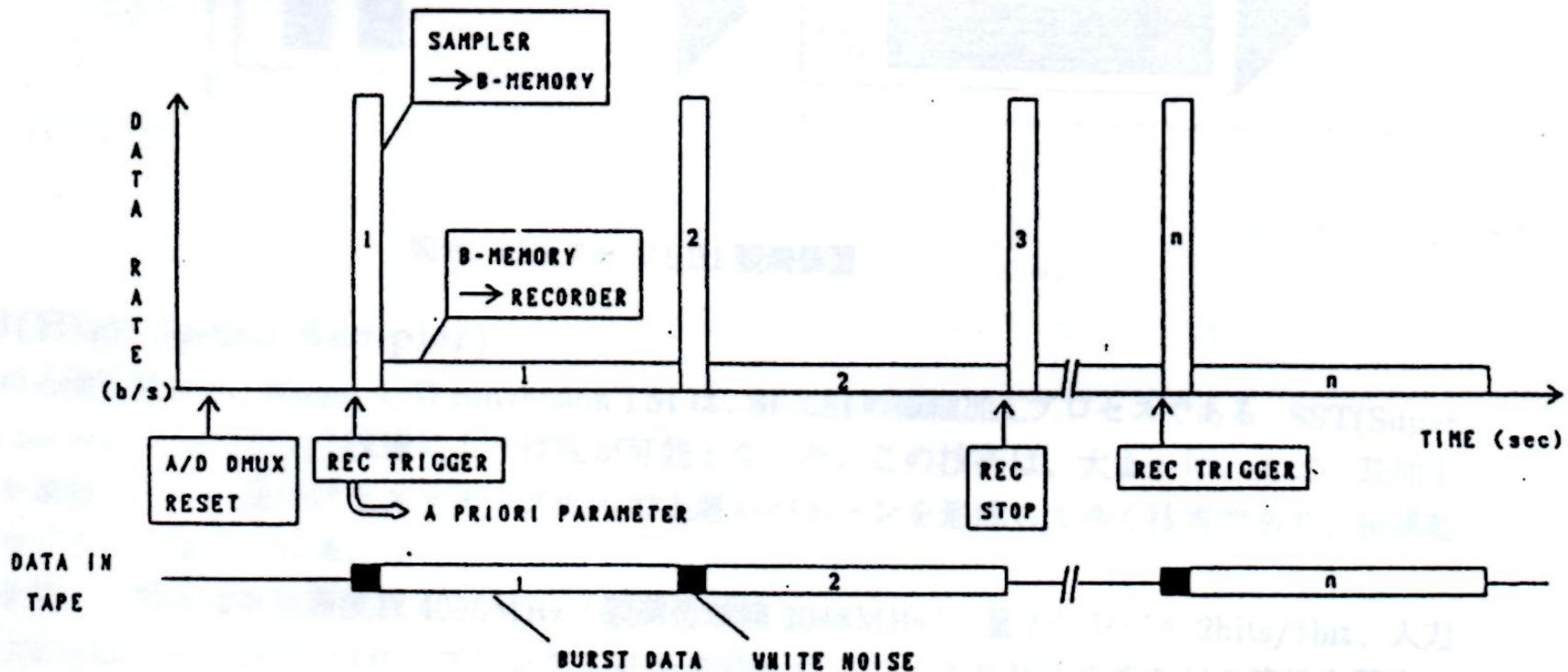


図3. バースト観測手順

2. バースト観測装置の開発

バースト VLBI 観測装置は、高速サンプリング装置 (HSS; High Speed Sampler)、サンプリング・クロック発生器 (SCG; Sampling Clock Generator)、バーストメモリ装置 (BM)、時刻同期装置 (TSS; Time Synchronous System)、およびデジタル・レコーダからなっている (図4 参照)。

開発したサンプリング LSI の応答周波数は、100MHz~4096MHz なので、~4GHz までの IF 周波数内の任意の 2GHz 帯域を選択できる。ただし、相当するアンチ・エイリアシング・フィルタを用意する必要

(松本他、バーストVLBI観測システムの開発、VLBI観測計画シンポ、1992.12.16)

バーストモードVLBI観測装置(1/2)



- サンプリングCLK(日通機)
4GHz、Ext 10MHz同期
- 高速A/D変換器(NEL)
4Gsps 2bit
- バーストメモリ(エレックス工業)
32Gbit, DIR-1000へ

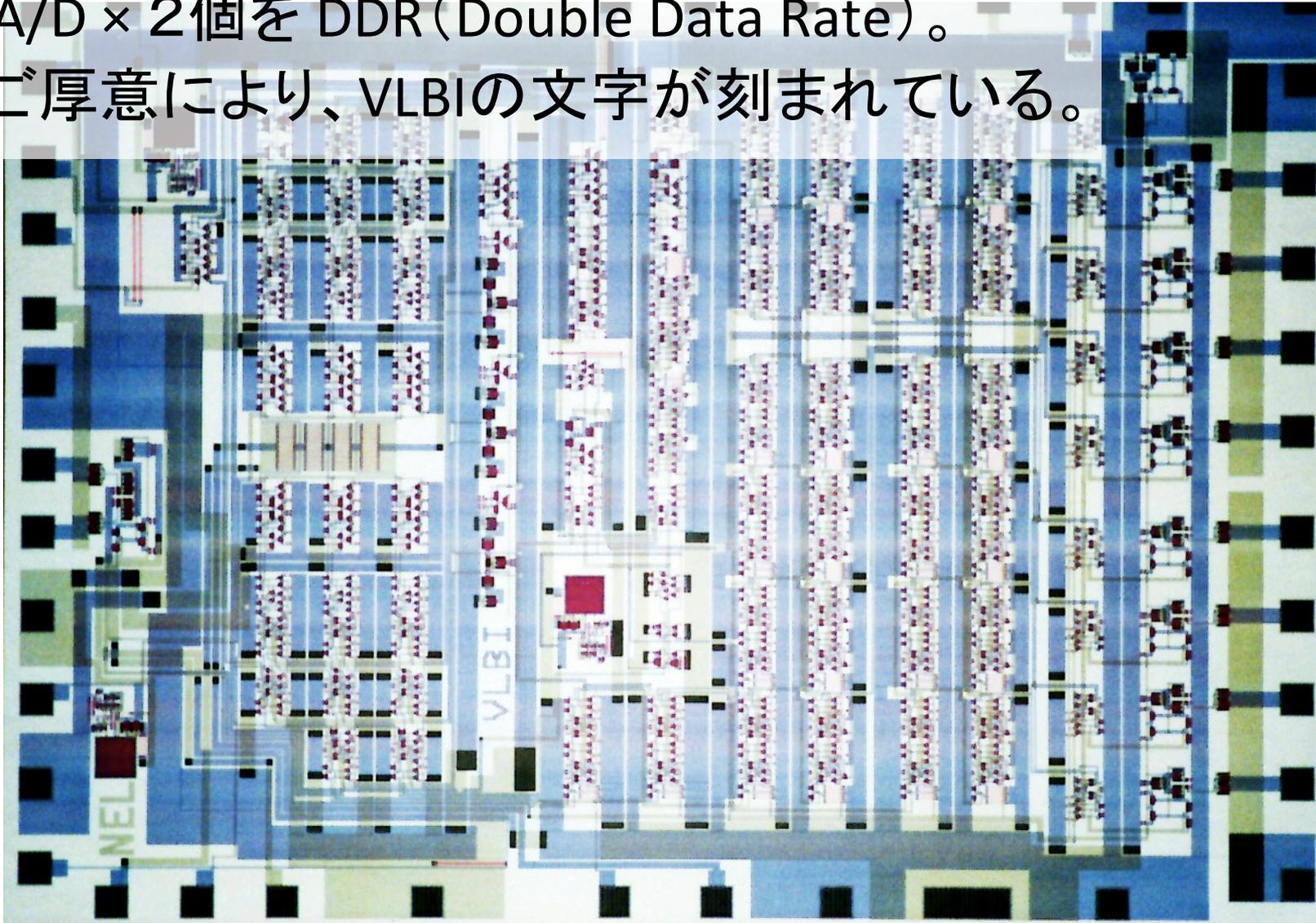
- 相関処理 NAOCO

バーストモードVLBI観測装置(2/2)

- 4Gbps A/D LSI のマスクパターン

2Gbps A/D × 2個を DDR (Double Data Rate)。

NELのご厚意により、VLBIの文字が刻まれている。



研究開発タイムライン

- 1988.4～ 電気通信大学電波応用研(芳野 越夫 先生)
卒業研究: VHF/UHF帯電波パルサー観測 ←→ ISAS平林先生、空電研
- 1989.4～ 電気通信大学大学院博士課程前期
研究会(次世代VLBI) → 三好さん、川口さん、研究室訪問 → 岩田さん
1990.4 国立天文台受託大学院生 → NROの皆さん、CRLの皆さん
- 1991.4～ 同博士後期課程 → 亀野さん
-
- 1990.10.30 22GHz測地VLBIの基準電波源、日本測地学会
- 1991.02.13 KNIFEの観測手順、KNIFEシンポ 等
- 1991.10.15 超広帯域VLBI用高速サンプラー、天文学会
- 1992.07.15 NAOCOのシステム概要、NRO UM #10 → 水沢の皆さん
- 1992.10.13 バーストVLBIの感度改善効果、天文学会
- 1992.12.08 バーストVLBI観測システムの開発、
VLBI観測計画シンポジウム(水沢)
- 1993.09.06 Development of Burst-mode VLBI、
URSI/IAU Symposium



1988.12 電気通信大 菅平宇宙電波観測所

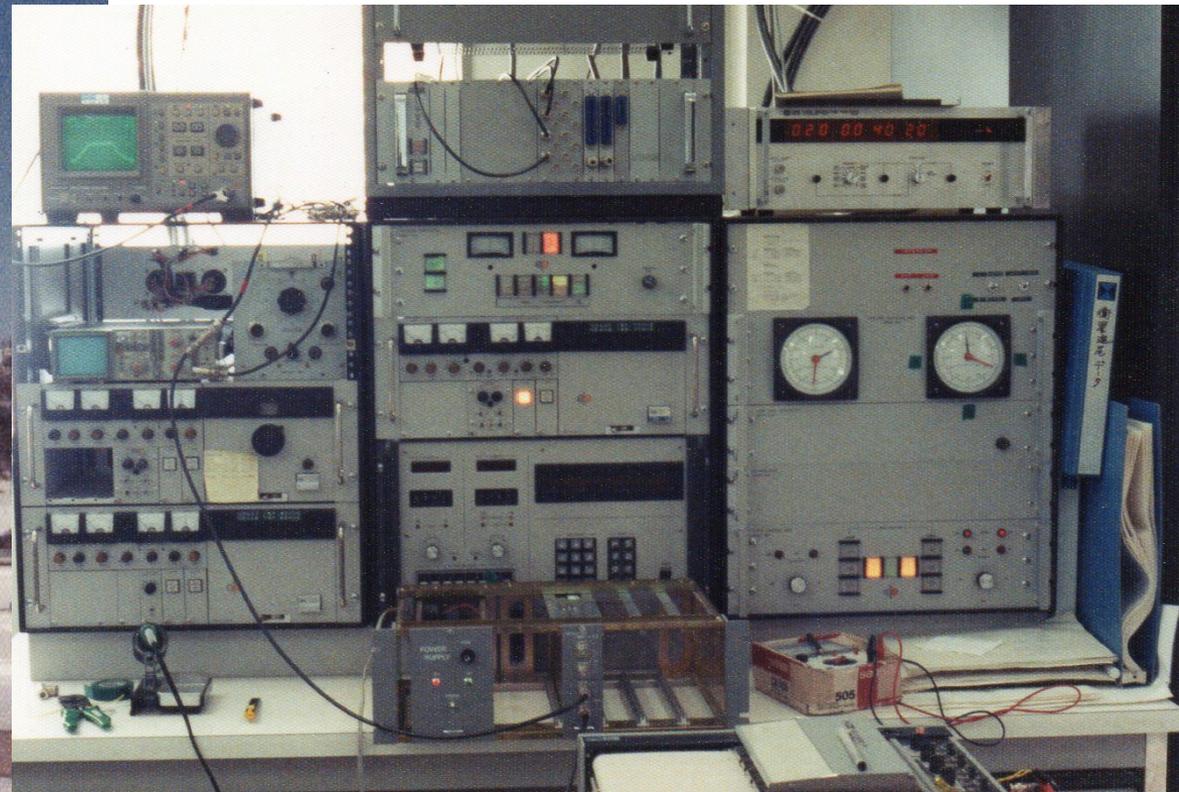
卒論観測@芳野赳夫研

137MHz クロス八木

327MHz 100mシリンドリカル

パラボラ(空電研)

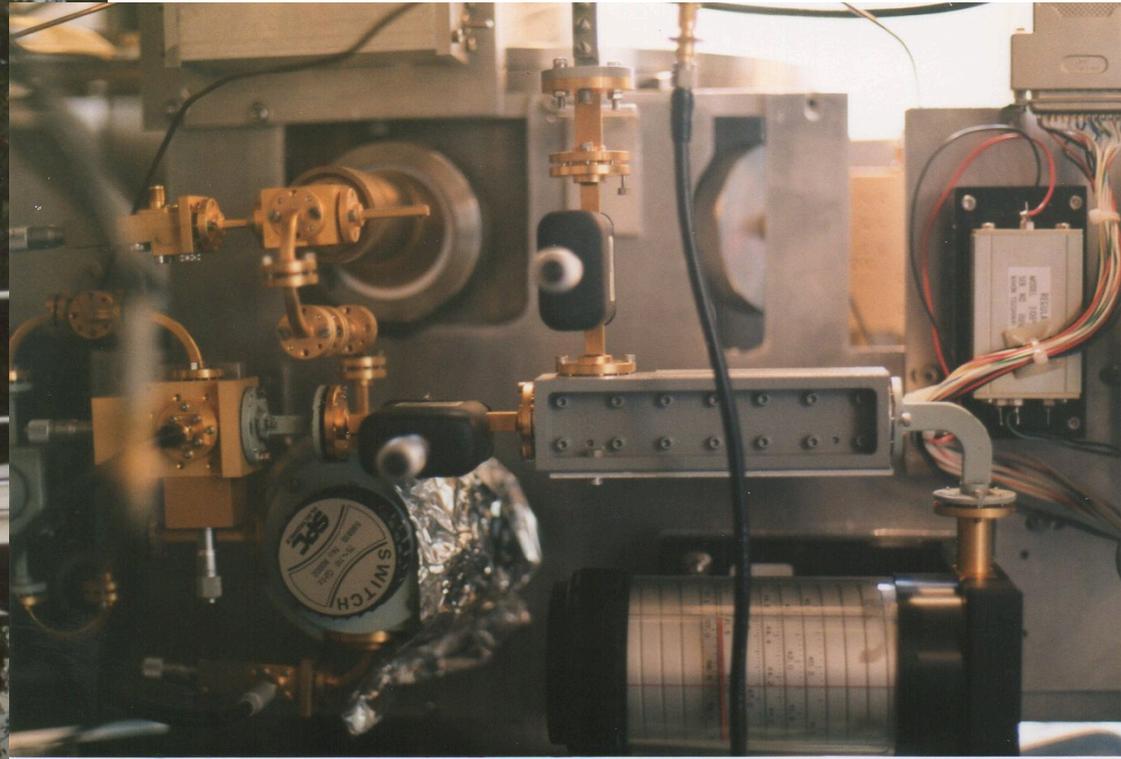
→ 電波パルサ観測 ... 平林先生



1989.4～1990 研究会、観測所訪問等



研究会→三好さん、岩田さん
芳野先生→川口さん@電通大



1990.7 VLBIグループ@NRO



(写真は、国立天文台野辺山宇宙電波観測所20周年より転載)

1990.8.24 KNIFE相関処理@CRL



修士2年から国立天文台受託院生に受け入れていただき、
1990年度電気通信大学修士論文はKNIFE関連でまとめた。

研究開発タイムライン

- 1988.4～ 電気通信大学電波応用研(芳野 越夫 先生)
卒業研究: VHF/UHF帯電波パルサー観測 ←→ ISAS平林先生、空電研
- 1989.4～ 電気通信大学大学院博士課程前期
研究会(次世代VLBI) → 三好さん、川口さん、研究室訪問 → 岩田さん
1990.4 国立天文台受託大学院生 → NROの皆さん、CRLの皆さん
- 1991.4～ 同博士後期課程 → 亀野さん
-
- 1990.10.30 22GHz測地VLBIの基準電波源、日本測地学会
- 1991.02.13 KNIFEの観測手順、KNIFEシンポ 等
- 1991.10.15 超広帯域VLBI用高速サンプラー、天文学会
- 1992.07.15 NAOCOのシステム概要、NRO UM #10 → 水沢の皆さん
- 1992.10.13 バーストVLBIの感度改善効果、天文学会
- 1992.12.08 バーストVLBI観測システムの開発、
VLBI観測計画シンポジウム(水沢)
- 1993.09.06 Development of Burst-mode VLBI、
URSI/IAU Symposium

バーストVLBI観測装置の開発課題 (1991～1993、～1995)

1991～1993 装置の構造等を確定
するため、企業の技術者との打合せ
が重要な研究内容となった

- ① 高速A/D LSI
- ② 高速A/Dの実装(高周波デジタル)
- ③ 高速A/Dの評価(ジッタ、自己相関スペクトル、相互相関スペクトル、実観測)
- ④ バーストメモリ デバイスの確保、実装、評価
- ⑤ レコーダ、相関処理装置 NAOCOの立ち上げに参加
- ⑥ A/D, メモリ, レコーダ揃えて、室内実験、観測実験

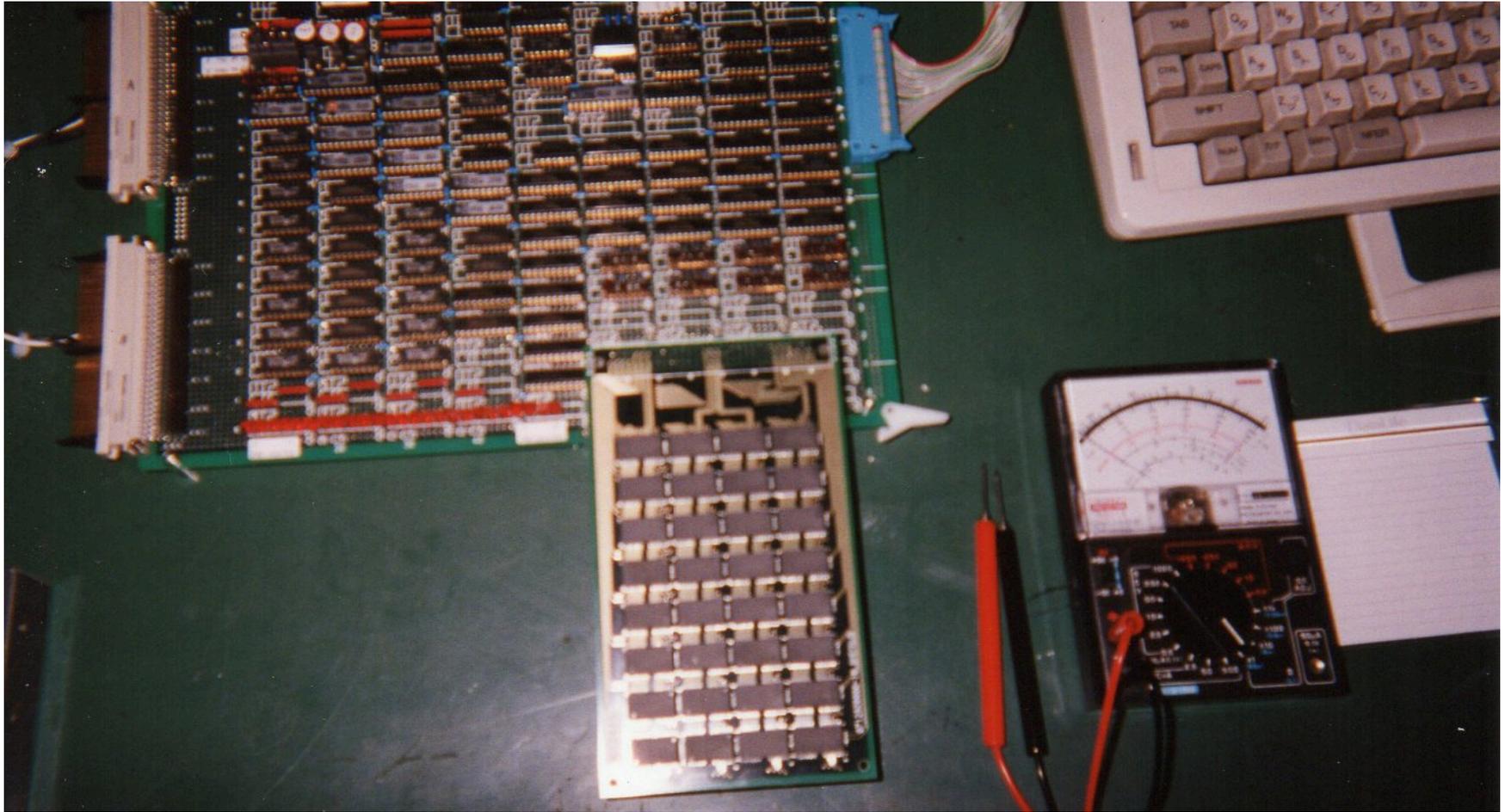
1993.8.10 高速A/D実験@NEL



開発研究での教訓 – 努力、忍耐、発想

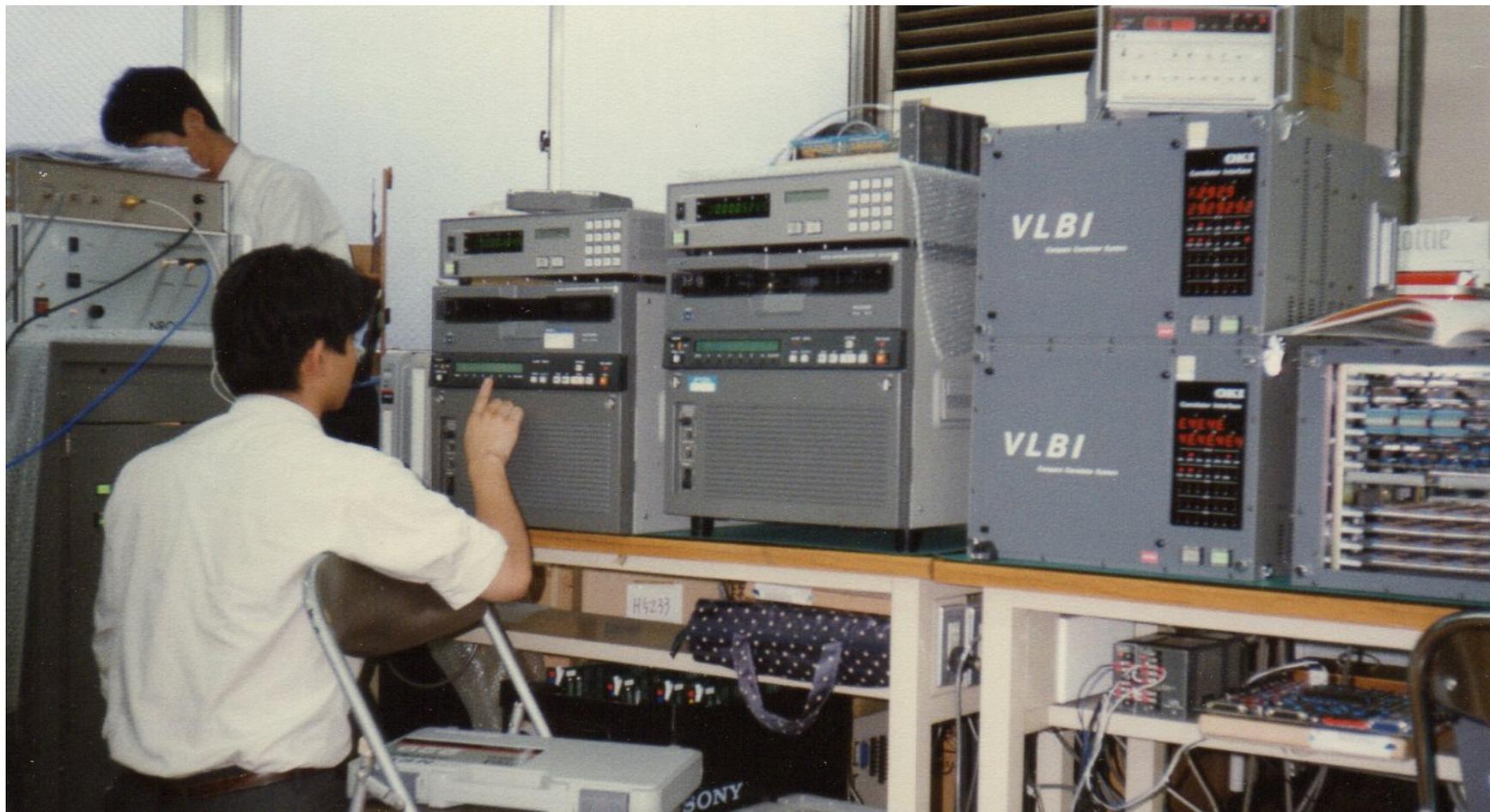
- 高速A/D: Gsps、当時はない。
設計、製造にLSIプロセス要。資金は少ない。
1チャンス、相乗り。
 <-> 忍耐、発想転換、コミュニケーション
- バーストメモリ: 32Gb (当時、不可能とされた)
 資金は少ない。「欠損があってもいい」譲渡交渉
 エレックス工業、日通機、NEL、(NEC、三菱、富士通)等の技術者
 =誠実さ
- NAOCO: 初の2-bit 相関処理。
 HL, LH の相関。一晩で解決(川口)。
 技術系研究者=技術の引き出し、挑戦
- NAOCO: HP(水沢→NRO)での初相関。
 初のグラフィック表示は、相関関数の上下が逆。

1993.8.10 バーストメモリ実験@NEL

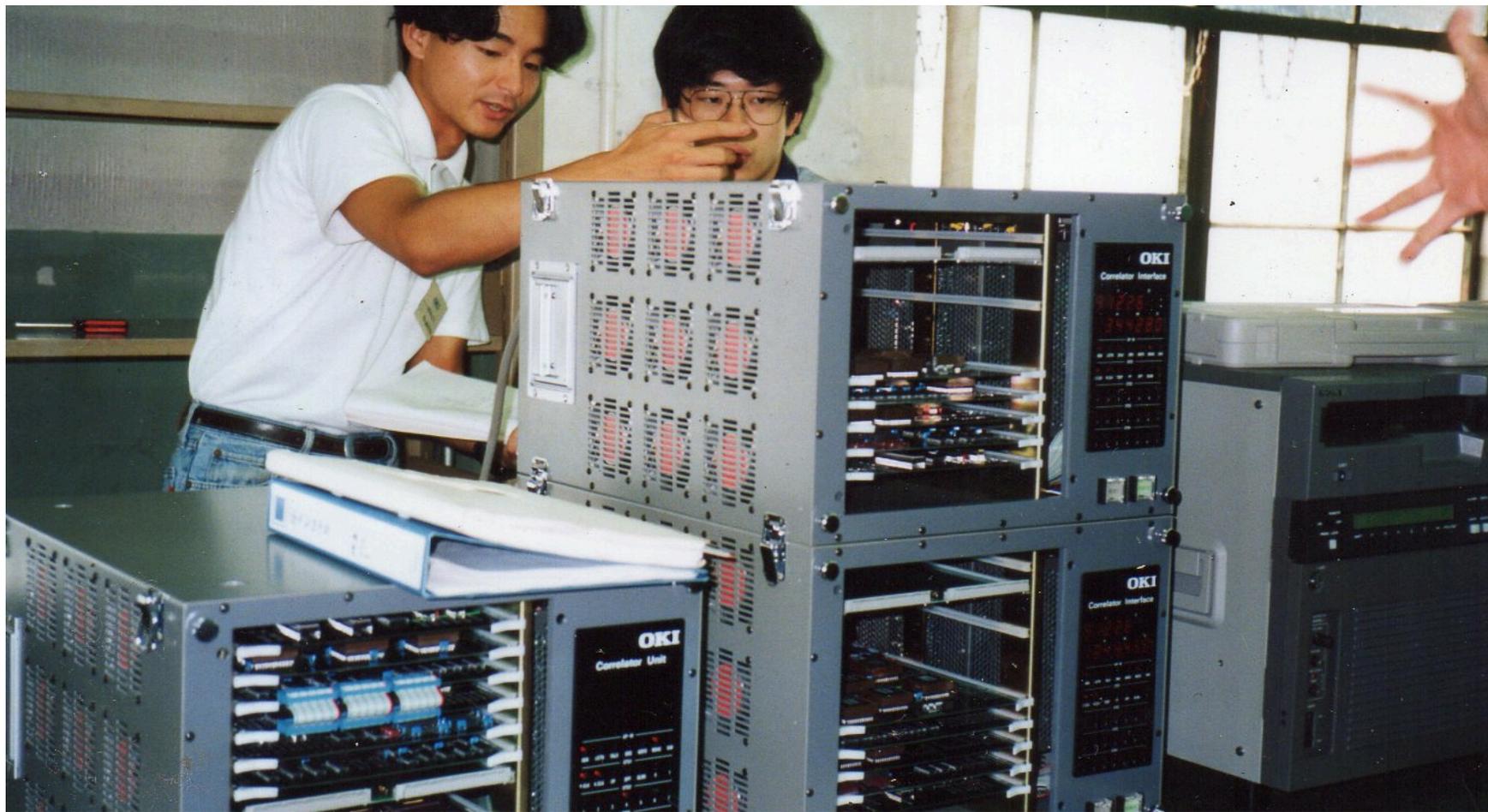


NECより寄贈していただいた不良メモリをボードに実装(OKI)して、治具で不良率を調査している所。あまり不良率は高くなかったと記憶している。

1993.9.01 バーストVLBI相関実験 @OKI(エレクトクス工業)



1993.9.01 バーストVLBI相関実験 @OKI(エレクトクス工業)



1993.9.17 バーストVLBI相関実験 @NRO



まとめ

- 思い出のバーストVLBI観測装置

The Burst-mode VLBI Equipment,

a Study on Enabling Technology

“その装置があっではじめて可能になる”そんな技術