

ソフトウェア分光計 VESPA(VERA SPectrum Analyzer)

別府 浩寿¹, 亀野 誠二¹, 水野 いつみ¹, 並河 大地^{1,2}, 武田 考司^{1,3}, 西田 芳郎¹, 廣田 朋也⁴
 1:鹿児島大学, 2:NTT, 3:富士通, 4:国立天文台

1 概要

VESPA は汎用計算機を用いたソフトウェア分光計であり、VERA 観測局における分光観測用に開発された。従来使用されていた NRFD や DSA といった専用ハードウェア分光計に比べて、低コスト、高分散、観測システムへ導入することの容易さ等において優れた長所を持つ。また、偏波観測やシステム雑音計測など、柔軟性に富む運用が可能である。VESPA 1号機は入来局での運用試験を実施しており、DSA と替わって定常運用に進める段階にある。そして、2011年10月に VESPA2号機を水沢局へ導入した。その結果が次の4つである。

1. NRFD 分光計と分光結果が一致することを目視にて確認。
2. リアルタイムの分光を実現。
3. VFS 運用系と連動した動作を実現。
4. NFS による観測パラメータと分光結果の共有。

2 はじめに

VLBI 観測用デジタル分光計の歴史には、低価格化・汎用機化・ソフトウェア化の流れがある(図1)。また、VESPA の仕様は表1・2の通りである。ソフトウェア分光計を利用することにより、多様な観測モード・高分散分光に応え、従来と比較して低価格にシステムを構築することができる。

3 水沢局へ VESPA 導入・試験

我々は VESPA 2号機を水沢局用に作成し、現運用システムに最小限の変更で導入した(図2)。VESPA は既存の分光計(NRFD, DSA)と同じような動作・役割を果たす。VESPA で分光



図1 分光計の流れ

表1 VESPA の性能

諸元	性能	備考
帯域幅	最大 256MHz	1024Mbps 入力
IF 数	1-16	VERA-DFU の全モード (1024Mbps 入力) に対応
分光点数	最大 262K 点 (524K FFT)	131072,...,2048,1024,... も可能
時間分解能	1 秒	
時間安定性	300 秒以上	VERA 観測信号系の位相 ゆらぎに起因。VESPA 単 体では揺らぎなし。
ダイナミック レンジ	10dB(< 1%) 28dB(< 5%)	

表2 VESPA 本体(計算機)の仕様

OS Linux (CentOS ver. 5.2)
CPU Xeon 64-bit Quad Core x 2
Memory 4 GB
PCI-X 拡張 VSI interface card

したスペクトルを図 3(観測天体は Ori KL,DFU モード-GEO1D, 帯域幅 16MHz, 2bit サンプル,2stream,1024 点 or 262144 点分光。)、VESPA が分光したデータを解析した結果は図 4 の通りである。

3.1 VESPA 分光試験・動作試験・作業

リアルタイムの分光出力を実現 VERA システムから、1 秒間に送られてくるデータを 1 秒以内に分光処理することを確認した。また、リアルタイムのスペクトル表示が可能 (quick look)。試験時の分光モードは [VERA7, 帯域幅 16MHz, ストリーム数 4stream, 分光点数 2048]、また [VERA1, 帯域幅 128MHz, ストリーム数 2stream, 分光点数 2048] である。

3.2 NRFD と VESPA における分光結果が一致

NRFD 分光計と VESPA 分光計について、それぞれの quick look を用いて、分光結果が一致することを目視にて確認。試験時の DFU モードは VERA 1 ~ VERA7、GEO1 など NRFD が対応する各モードに VESPA を同期させて分光を行なった。

3.3 VFS 運用系と連動した動作を実現

1.VFS における NRFD 分光計への通信命令 START/STOP 操作を検知して NRFD と同期して VESPA も分光開始する (NRFD 動作管理プログラム「spectr」から NRFD への信号を TCP/IP を利用して VESPA がキャプチャ)。

2.VFS における NRFD 分光計への分光モード変更設定の通信命令を検知して、NRFD と同期して VESPA も DFU モード (VERA 1 ~ VERA7、GEO1 等) ストリーム数、分光点数、を変更する。

3.4 VESPA 計算機と運用計算機のデータ共有

NFS (Network File System) によって VESPA 計算機と運用計算機 (Single 計算機) のデータを共有する環境を構築。共有するデータは以下の通り。

1. VESPA が出力する分光データ
2. VERASingleDish によって出力される観測パラメータ

4 将来の展望

- VESPA の定常運用
従来の分光計 DSA・NRFD にかわって、VESPA を定常的に運用できる環境の整備。
- ビット分布を利用した T_{sys} 測定
VESPA を利用してビット分布を測定し、分光結果だけでなく、 T_{sys} を 1 秒ごとに測定する機能を実装。参考文献 (Nakatake, Kamenno, Takeda (2010), PASJ, 62, 1361)
- 2 ビーム ON-OFF モード単一鏡観測
2 つのビームを利用し、ON 点と OFF 点を同時に観測することによって、観測時間効率を 2 倍にする。
- 偏波観測への対応
VESPA のソースコードを改修して、偏波観測をするために必要な Cross Power Spectra $\langle RL^* \rangle$, $\langle LR^* \rangle$ を求める機能を追加する。
- OCTAVIA に対応し入力を 10 GbE 化
VESPA 計算機への入力 IF を VSI(PCI-X 拡張ボード ¥120 万) から 10GbE に変更することによってコストダウン
- VERA 石垣局・小笠原局へ VESPA を導入

5 まとめ

今回、VERA 水沢局に設置した VESPA で分光を行い、スペクトルを確認することができた。そして、VESPA は 262144 点分光・複数のストリームを自由に指定し同時に分光ができるなど、従来の分光計と比べて柔軟に分光を行うことができることも確認できた。また、その結果は従来の分光計と比べて問題はなかった。このように、多様な観測モード・高分散分光に応え、また低価格に分光計を設置するには、ソフトウェア分光計が最適であることが確認できたので、将来的には VERA 石垣局・小笠原局等へ導入される日も来ると思われる。

今後、動作の安定性を確認・向上させることにより、単一鏡観測・VLBI 観測等の定常運用へ進めていく予定である。また、VESPA は柔軟な機能拡張性があり、 T_{sys} 測定・偏波観測などに应用できるなど、ソフトウェア分光計はこれからの発展が期待できる。

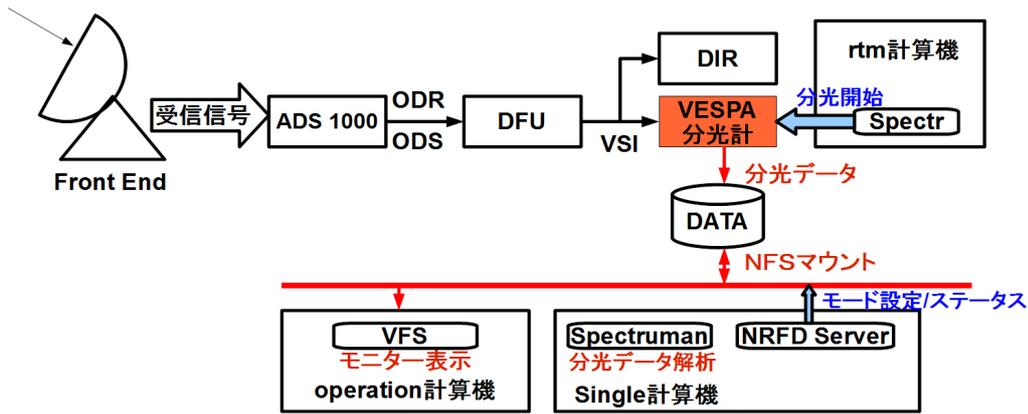


図2 VERA 水沢局における VESPA システム

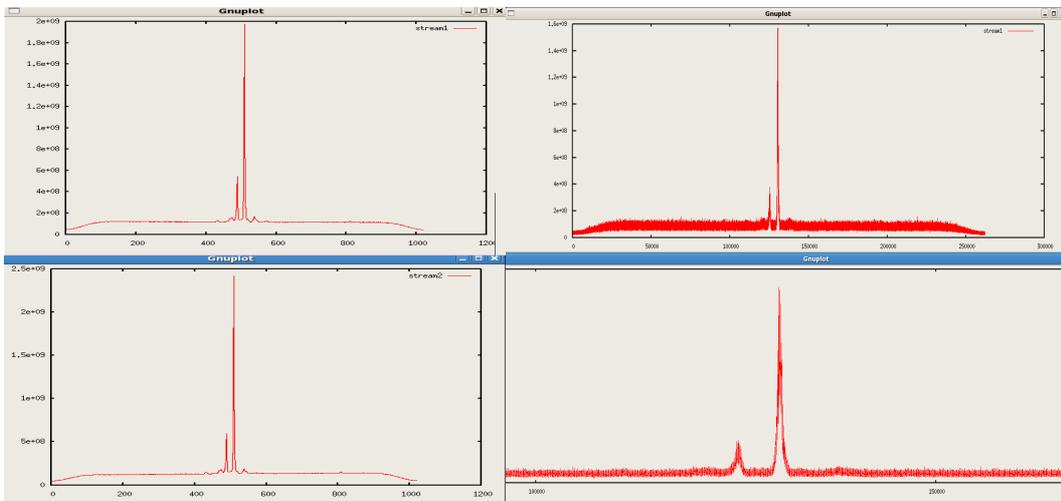


図3 VESPA の quick look 表示。左上図が 1024 点分光・stream 番号 1, 左下図が 1024 点分光・stream 番号 2。右上図が 262144 点分光・stream 番号 1, 右下図が 262144 点分光・stream 番号 2。

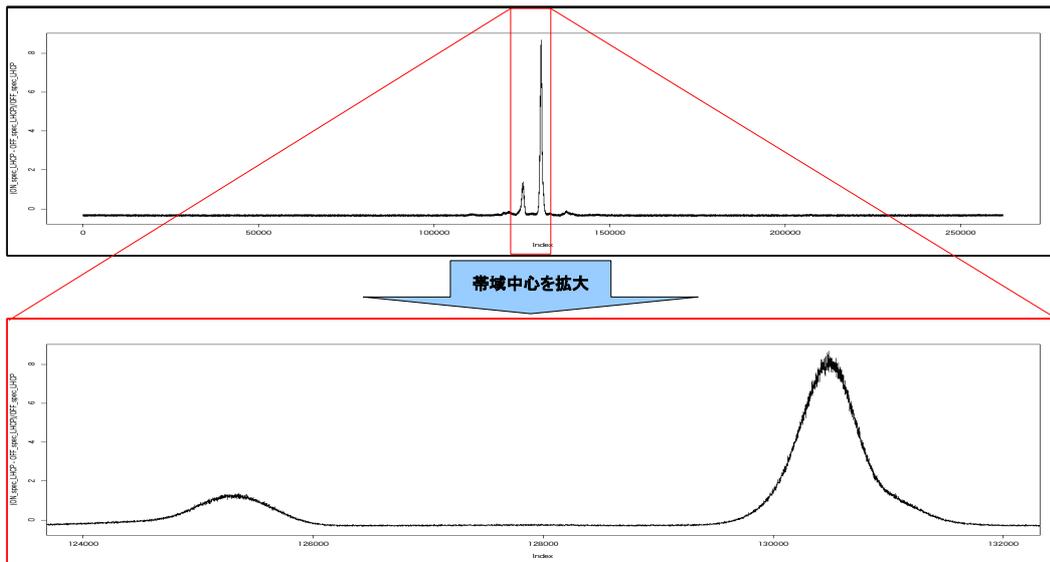


図4 VESPA の分光出力データを解析した結果 (スペクトル off 点差し引きデータ)。観測天体 Ori KL,262144 点分光