

日立局・高萩局を用いた干渉計の立ち上げ

加古琳一, 米倉覚則, 杉山孝一郎, 百瀬宗武 (茨城大学)
近藤哲朗, 関戸衛 (情報通信研究機構)

概要

茨城大学では日立-高萩二素子干渉計の立ち上げを行っており、2015年3月には結合型のハードウェア相関器が導入された。この相関器と K5/VSSP システムで試験観測を行ったので、その報告をする。

0 はじめに

日立局、高萩局ともに 6-9GHz 帯、22GHz 帯受信機が導入されており、JVN や単一鏡観測に利用されている。アンテナの位置関係を図1と表1に示す。現在、2つの干渉計システムが導入されている。一つは K5/VSSP システムで、K5/VSSP32 サンプラーを利用して観測したデータを、専用ソフトウェアで相関処理する。もう一つは結合型ハードウェア相関器で、各局で受信した信号を直接入力し、その場で相関処理をする。

本研究ではこの日立局と高萩局を結合した二素子干渉計を立ち上げ、連続波の高感度観測を実現することである。そこで、K5/VSSP システムと、新しく導入されたハードウェア相関器の両方で試験観測を行った。

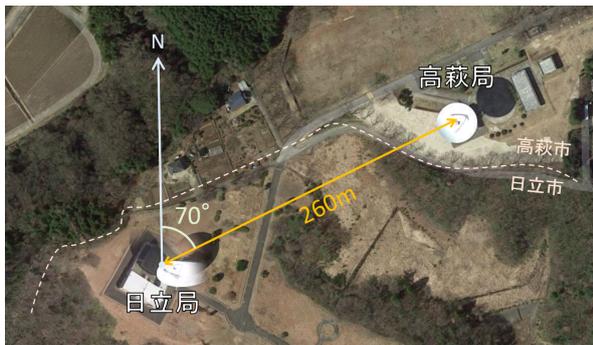


図1: 日立局、高萩局の位置関係。(衛星画像は google Earth より。©2016 Google)

表1: 日立局と高萩局の位置

	日立局	高萩局
東経	140°41'44"	140°41'54"
北緯	36°41'40"	36°41'43"
標高	60m	77m
距離	約 260m	

1 K5/VSSP システムでの観測

K5/VSSP システムでは、2013年8月14日に 3C273B を1日追尾観測した。その結果、フリンジ検出はしたものの、相関強度と位相がともに周期的に変動していた(図2)。この周期は天体の方向もしくは時間に依存していることが分かった。

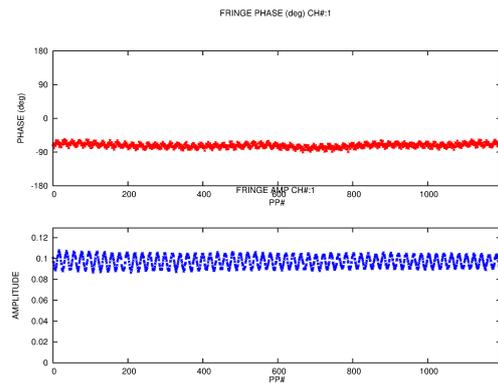


図2: 8/14UT04:00からのデータを単位積分0.05秒で相関処理した結果。相関強度(青、下図)と位相(赤、上図)が周期約1秒で変動している。

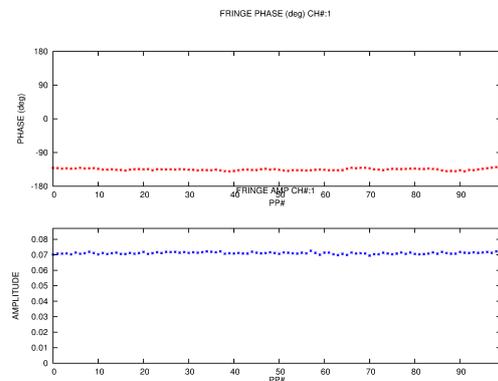


図3: 1/8UT15:08:54からの10秒間を単位積分時間0.1秒で相関処理した結果。周期的な変動はみられなくなっている。

表 2: K5/VSSP システムでの試験観測の諸元

日付	2013/8/14 (226)	2015/1/8 (008)	2015/1/13 (013)
目標天体	3C273B		G188.95+0.89
観測周波数	8448 - 8480MHz		6664 - 6696MHz
備考	—	高萩 LO を日立より 10kHz 低く	—

次に、2015 年 1 月 8 日に、高萩局の LO 周波数を日立局より 10kHz 低くして観測を行った。結果、周期的な変動はみられなくなった (図 3)。LO 周波数をずらすことでフリンジが回転し、追尾残差が均されたのではないかと予想している。

また、2015 年 1 月 14 日にはメタノールメーザー G188.95+0.89 の観測も行った。その結果、クロススペクトルにおいて、位相が 180 度離れた 2 成分に分裂し、強度は周波数方向に広がった成分と細い成分が重なっているように見えた (図 4)。プログラム制作者の近藤氏によると、切り出したデータ数の 2 倍の点数でフーリエ変換していることが原因とのことであった。この現象は連続波観測にはほとんど影響がない。また、メーザーなどのラインスペクトル用のオプションが追加され、問題が解消されたのを確認した。

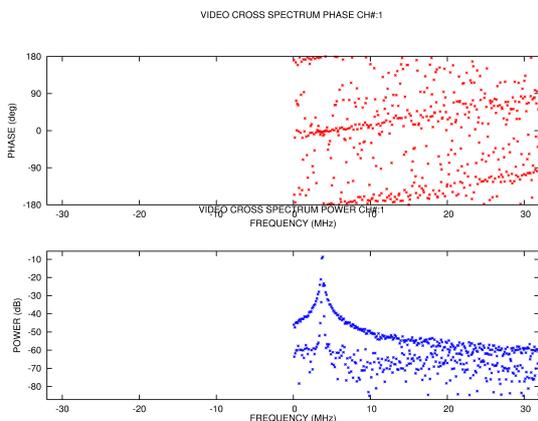


図 4: メーザー G188.95+0.89 のクロススペクトル。位相には 180 度離れた 2 成分が、強度には広がった成分と細い成分が確認できる。

2 ハードウェア相関器での観測

結合型ハードウェア相関器が 2015 年 3 月に導入され、試験観測を行った。フリンジの検出には成功したものの、以下の問題点が見つかった。

- フリンジ位相が時間とともに変化していく

表 3: ハードウェア相関器での試験観測の観測諸元

日付	2015/3/6 (065)	2015/4/10 (100)
目標天体	4C39.25	4C39.25, W3OH
観測周波数	6600 - 7112, 8192 - 8704MHz	

- 6GHz 帯の 1800ch 付近に雑音の混入
- 6GHz 帯の不規則な強度変動

このうち、フリンジ位相の問題は内部処理の不具合であった。ADC からの 8Gbps の信号を間引いて 1Gbps として相関器に入力しているが、間引く際の補正が抜けていたとのことだった。現在はファームウェアの更新により、この問題は解消された。1800ch 付近の雑音は、帯域外の人工的な雑音が入り込んでいることがわかった。この相関器は LO6088MHz を使い、6600-7112MHz を IF512-1024MHz として観測している。そのため、6650MHz 付近の雑音が折り返してしまっていた。また、この雑音の影響により、不規則な強度変動が発生していた。これらの問題は、550-950MHz バンドパスフィルタを高萩局の IF 帯に追加することで改善が見られた。

3 まとめ

日立局・高萩局での二素子干渉計として、K5/VSSP システムと結合型ハードウェア相関器で試験観測を行った。K5/VSSP システムでは相関強度とフリンジ位相に周期的な変動が見られた。また、メーザーでは、クロススペクトルの位相が 2 つの成分に分裂し、強度も 2 成分が重なっていた。周期変動は二局間の LO をずらすことで見られなくなった。また、ラインスペクトル用のオプションがプログラムに追加され、クロススペクトルの異常は解消された。ハードウェア相関器ではフリンジ位相の回転と不規則な強度変動、雑音の混入がみられた。フリンジ位相の問題はファームウェアの更新により解消された。雑音の問題はバンドパスフィルタの追加で改善がみられた。

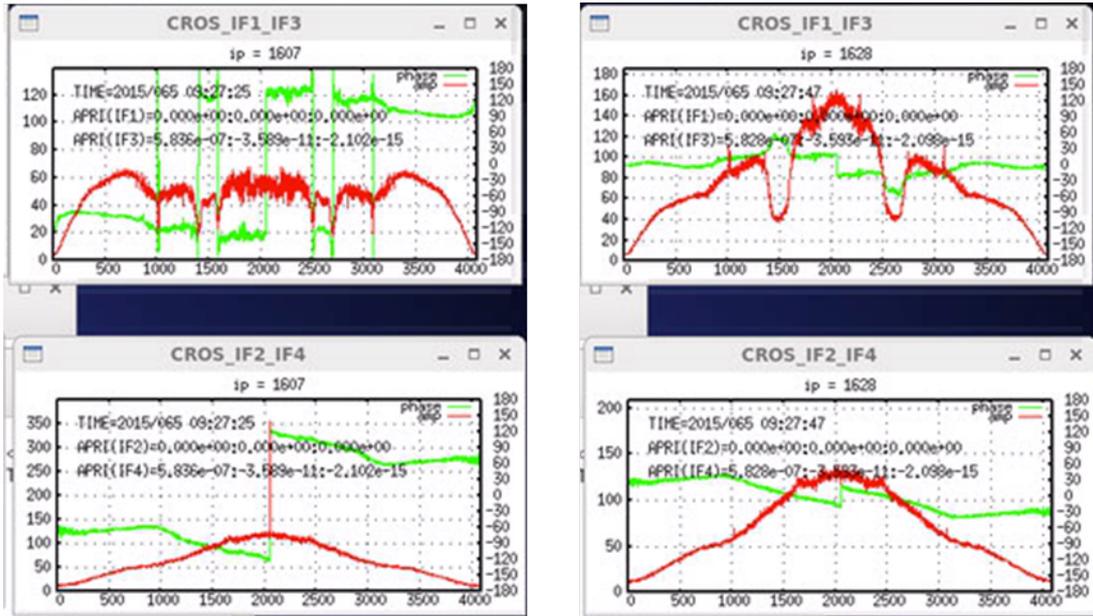


図 5: ハードウェア相関器での 3/6 の観測結果。上段が 6GHz 帯、下段が 8GHz 帯のクロススペクトルで、赤線が強度、緑線が位相を表す。左図は UT9:27:25、右図は 9:27:47 である。6GHz 帯では 700-3300ch の強度がつぶれるような変動が起きている。また、位相の位置がずれているのも確認できる。

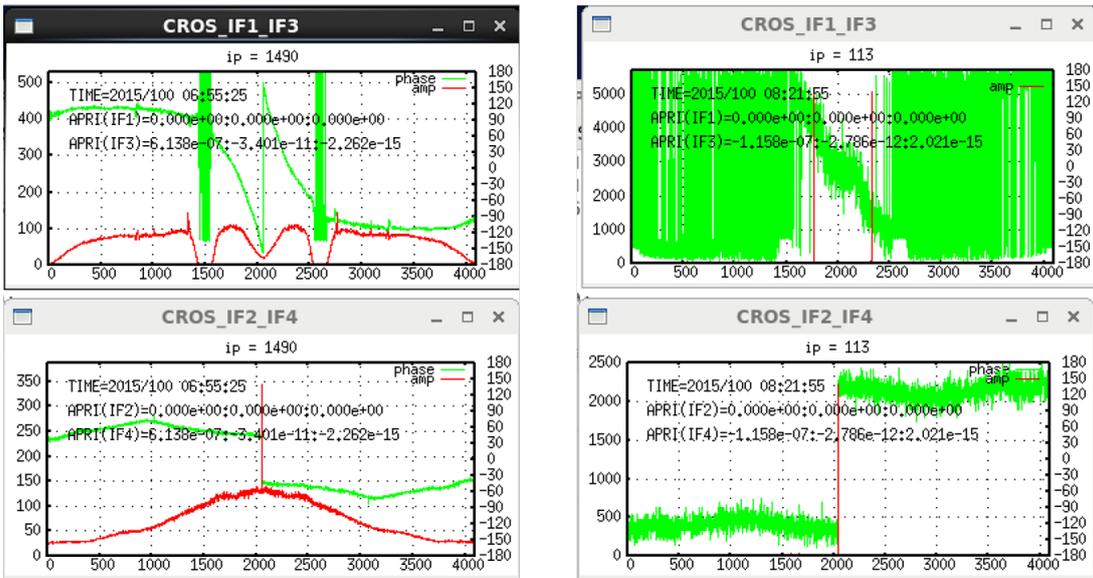


図 6: ハードウェア相関器での 4/10 の観測結果。左図は 4C39.25、右図は G188.95+0.89 のクロススペクトルである。

謝辞

研究をするにあたり、NICT の K5/VSSP 用相関処理ソフトウェアを使用させて頂きました。感謝いたします。