

山口干渉計を用いたOTF干渉計実験

藤沢健太 (山口大学)

要旨

単一望遠鏡の視野より広い範囲で干渉計観測を行う場合、一般には複数の視野で通常の干渉計イメージング観測を行って、その結果を合成する方法がとられる。これに対し、望遠鏡の指向方向と相関処理の位相中心を連続的に変化させつつ観測を行う、干渉計OTF (On-the-Fly) 観測方法の研究を行っている。これまでにスキャン観測及び位相中心のスキャンを行うことに成功しており、今後はこれを広視野に対して適用して微弱天体を検出することを目指している。これまでの2回の実験観測について報告する。

背景・概要・目標

位置が正確にわからない天体を電波干渉計で探査観測することがOn-the-fly干渉計mapping法 (OtFI) の目標である。素子アンテナの視野を連続的に空間的に移動しつつ (On-the-fly) 干渉計として動作させて天体を連続的に検出する。これが実現すると、広視野を干渉計の角度分解能で探査して点源の効率的な検出が可能となる。

本研究では山口干渉計YIにOtFIを実装し、コンパクト電波源の探査観測を行う。今年度の研究目標は、OtFI機能を山口干渉計に実装し、試験観測を行い、基本的な機能を確認することである。そのために必要な機器・ソフトウェアの開発を行い、以下の実験観測を行った。

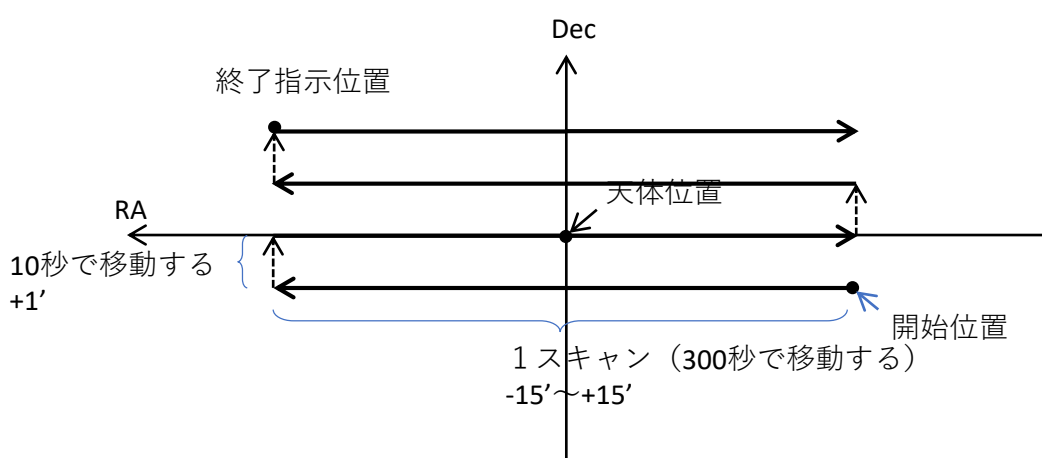
試験観測の目標

望遠鏡のビームを天球面上で連続的にスキャン、また相関処理の位相中心も連続的に天球面をスキャンする。位相追尾の具体的な方法は、相関処理時の目標天体位置を1秒ごとに変え、1秒ごとに相関データを出力した。ビーム・相関位相中心がある天体を通過すると、振幅はビームパターンを表し、位相は時間 (位置) に対して一次関数的に変化するはずである。このデータを得ることが第1の目標。

得られたデータは積分時間が1秒でS/Nが低く、また振幅情報だけでは主ビームの角度分解能程度の位置精度しか得られない。このデータに時間窓を設定してフーリエ変換を行う。これにより時間的に分散したデータを1つに集めることになりS/Nが向上し、またピークの位相から高精度で天体位置を推定できる。この結果を得ることが第2の目標である。

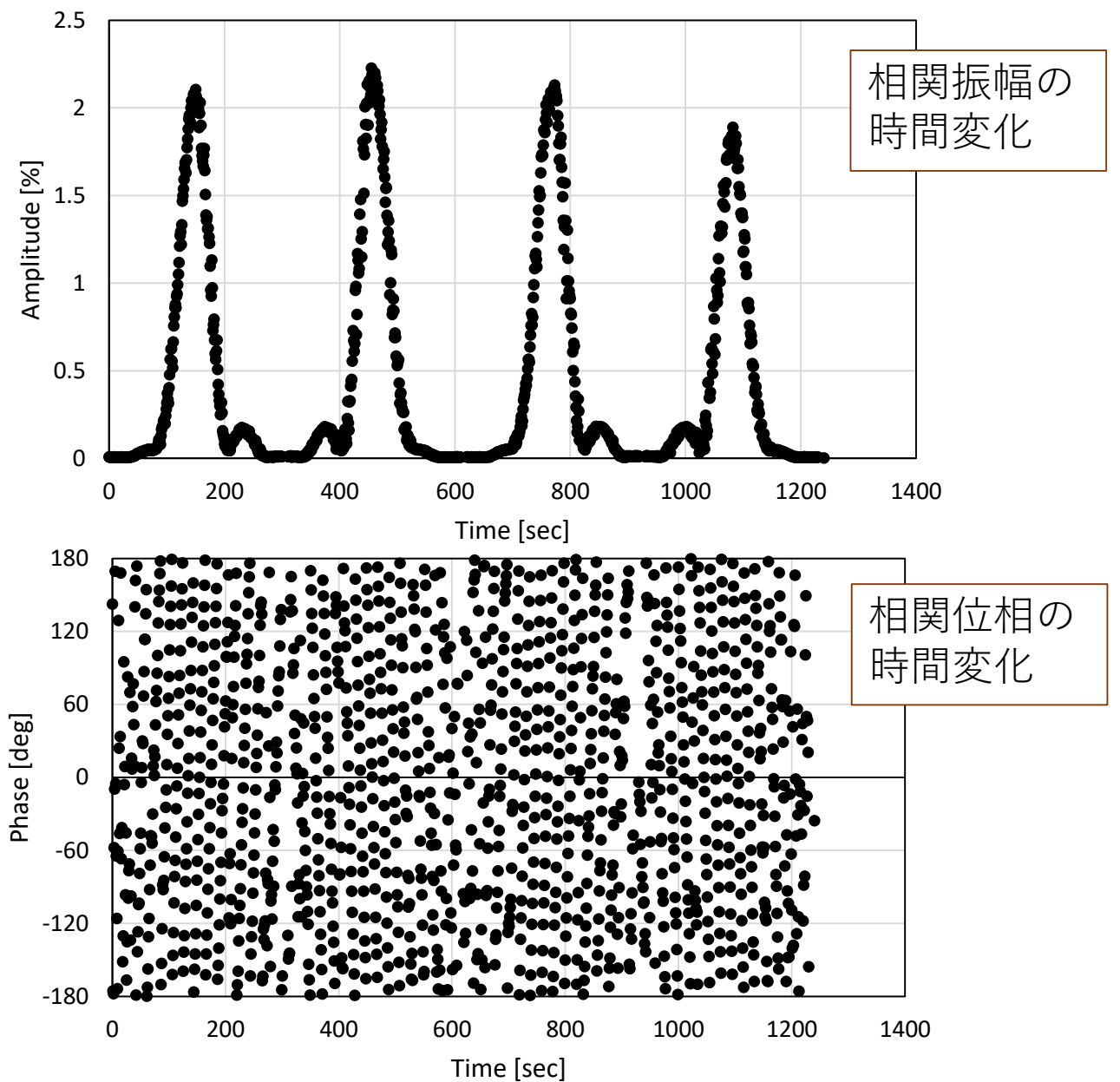
実験(1)

観測日時 2020/6/27 21:30:00-21:50:41 UT
 天気 小雨 $T_{\text{sys}} = 80\text{K}$ (32m), 100K (34m)
 観測対象 3C84 (J2000.0 03 19 48.1601 +41 30 42.106)
 観測方向 Az=60d, El=50-55d
 スキャン RA -15' to +15', Dec -1' to +1'=天体付近を2往復
 スキャン時間 1スキャン=300 sec (合計20分間)
 周波数 8192-8704 MHz
 観測 穂本、藤沢
 スキャンパターンを下に示した。



結果

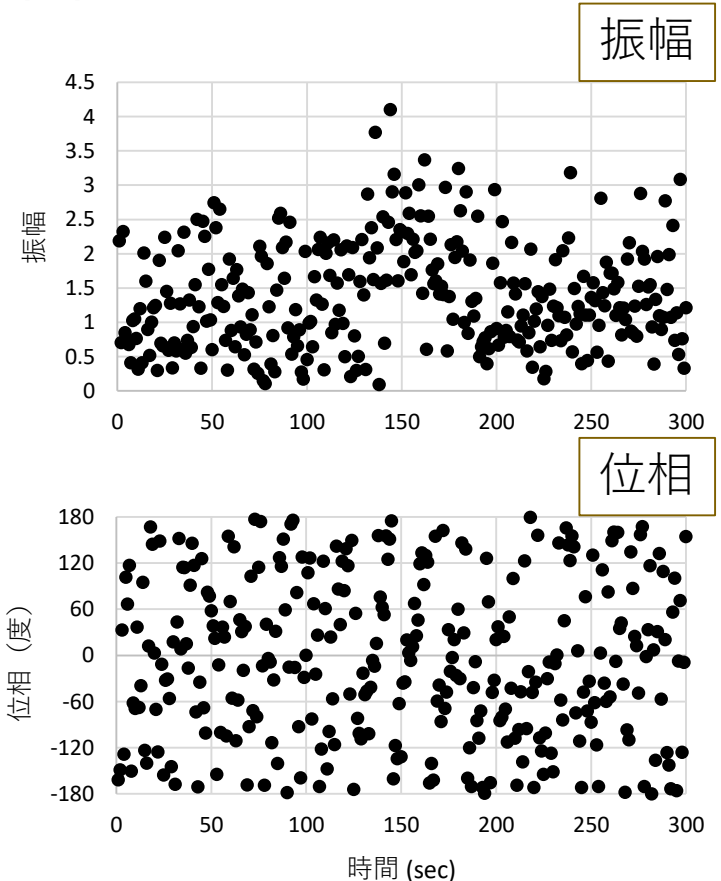
天体を4回通過したことによって、振幅には4回ピーク、位相には直線的な変化が観測された。これは計画した通りの結果である。



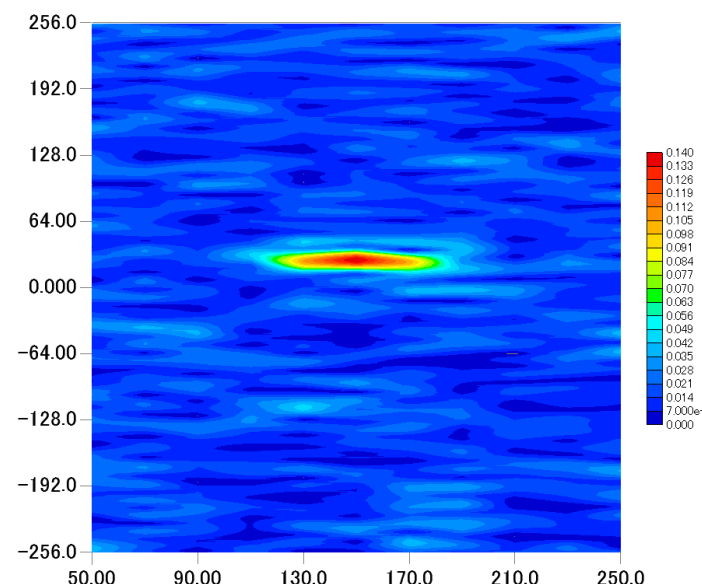
解析と考察

最初の1スキャン (300秒) のデータに人工的にノイズを重畳して模擬データを作成した (右図)。ピークのS/Nはおよそ2.4。

このデータに矩形時間窓 (40秒) を与えてフーリエ変換した。また時間窓を20秒ずつずらして同じ操作を11回繰り返した。この結果得られた2次元空間のカラーマップを以下に示す。明瞭な1つのピーク (S/N ~ 18) が得られている。

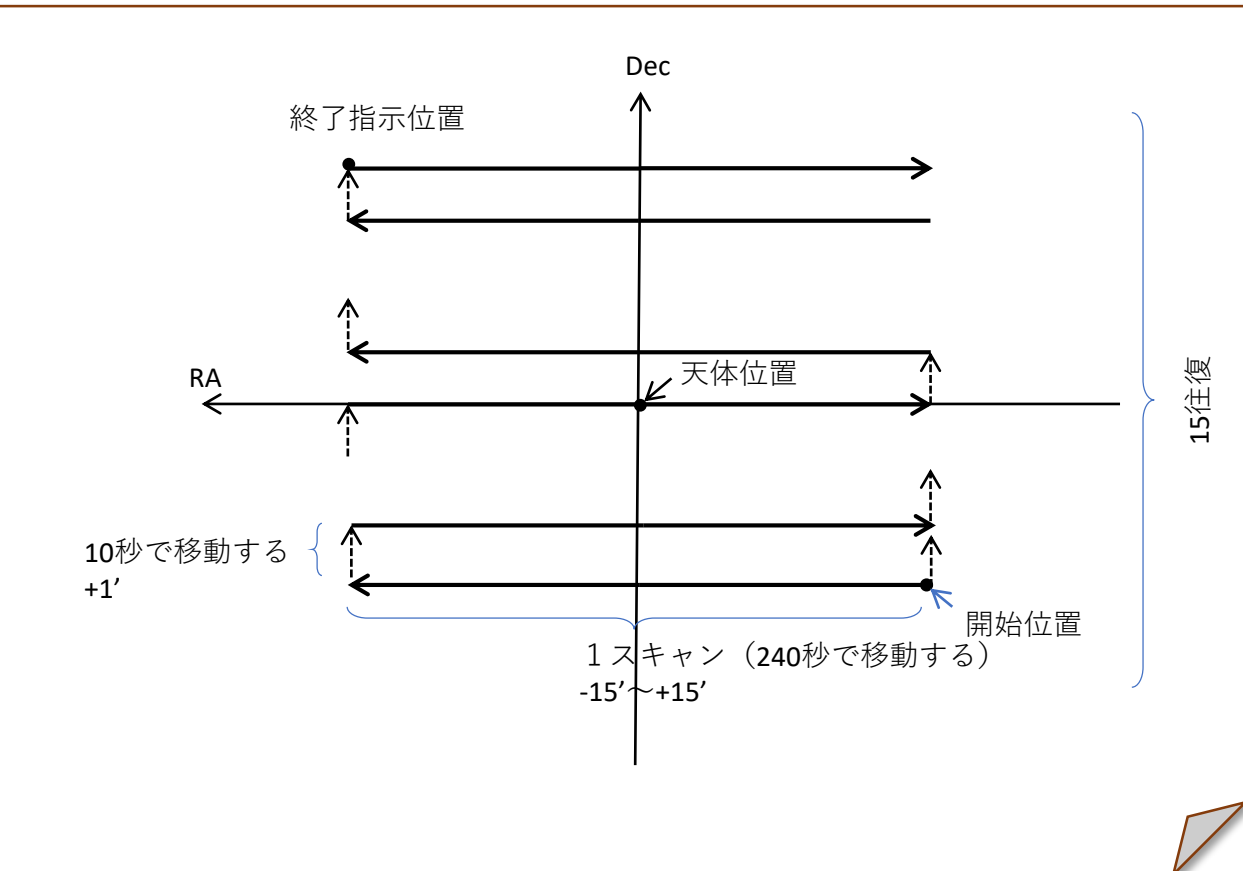


ピーク位置における位相の誤差は未評価であるが、S/Nから3度程度と推測される。干渉計のフリッジ間隔は1.1分角であり、天体の位置決定精度は4秒角程度と推測される。

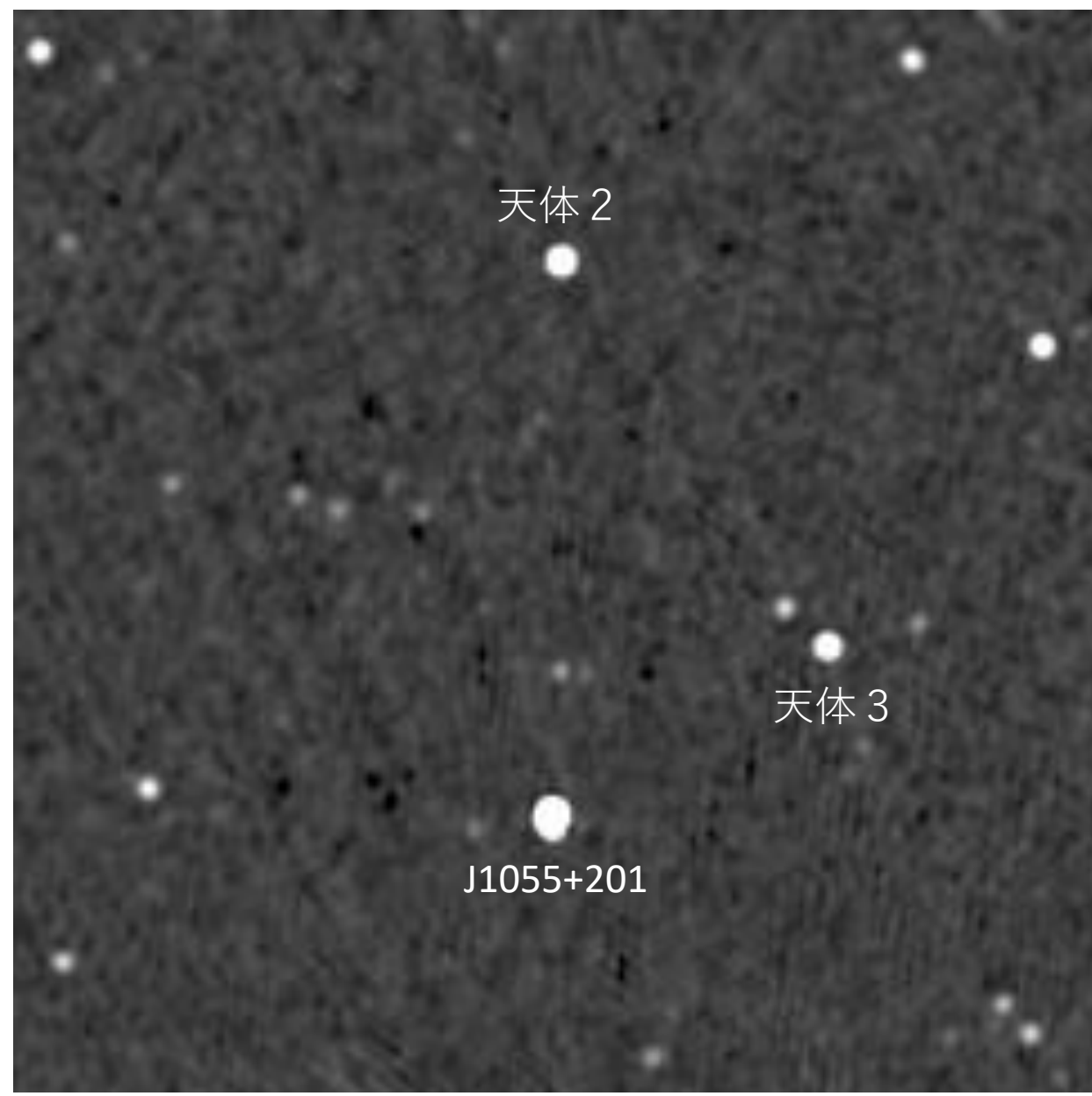


実験(2)

観測日時 2020/9/27 (DOY 271) 03:00:00-05:05:00 UT
 観測中心 J1055+201 (J2000.0 10 58 17.9008 +19 51 50.869)
 スキャン RA -30' to +30', Dec -15' to +45'=天体付近を15往復
 天球領域 約1平方度
 スキャン時間 1スキャン=240 sec (合計2時間)
 周波数 8192-8704 MHz
 観測 穂本、藤沢
 スキャンパターンを下に示した。

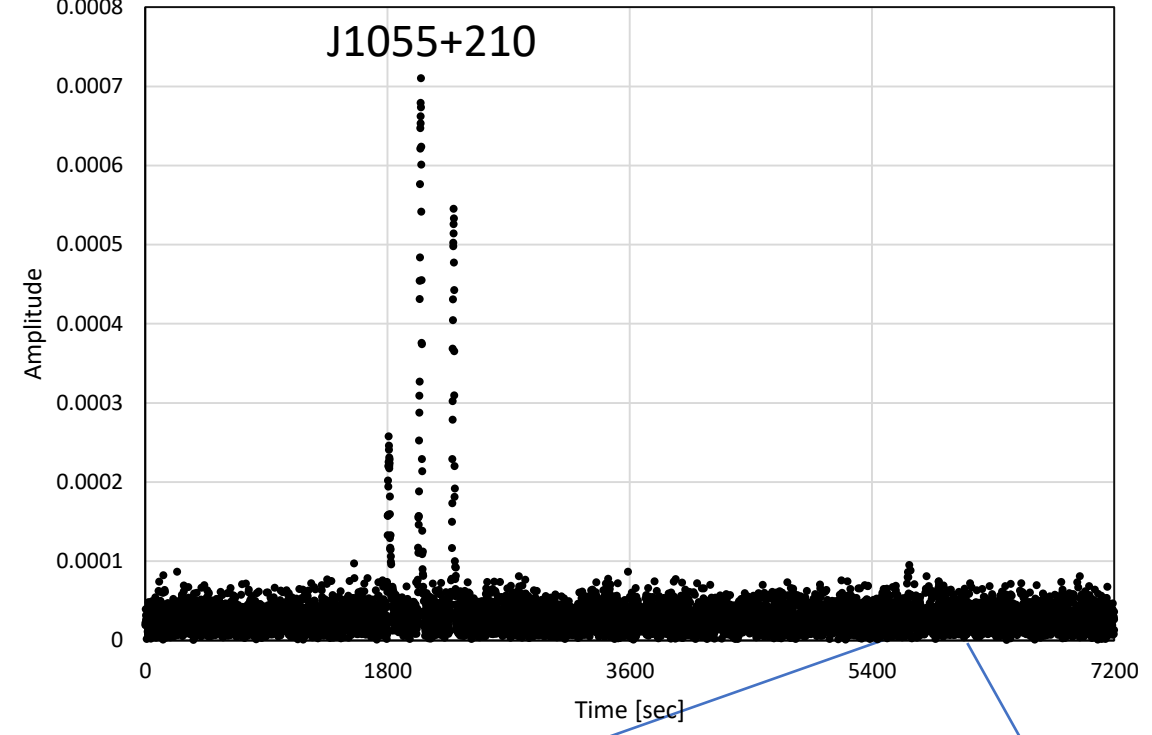


前回の試験観測 (06/27) では赤経のスキャン幅が30分角だったので一度に広げ、また赤緯方向は2往復だったので15往復として1平方度を観測する。1スキャンの時間は300秒を240秒に減らし、スキャン速度は2.5倍となっている。中心に設定した天体 J1055+201は1.4 GHzで2 Jy程度のあまり明るくない天体であり、現実の観測を模擬した。

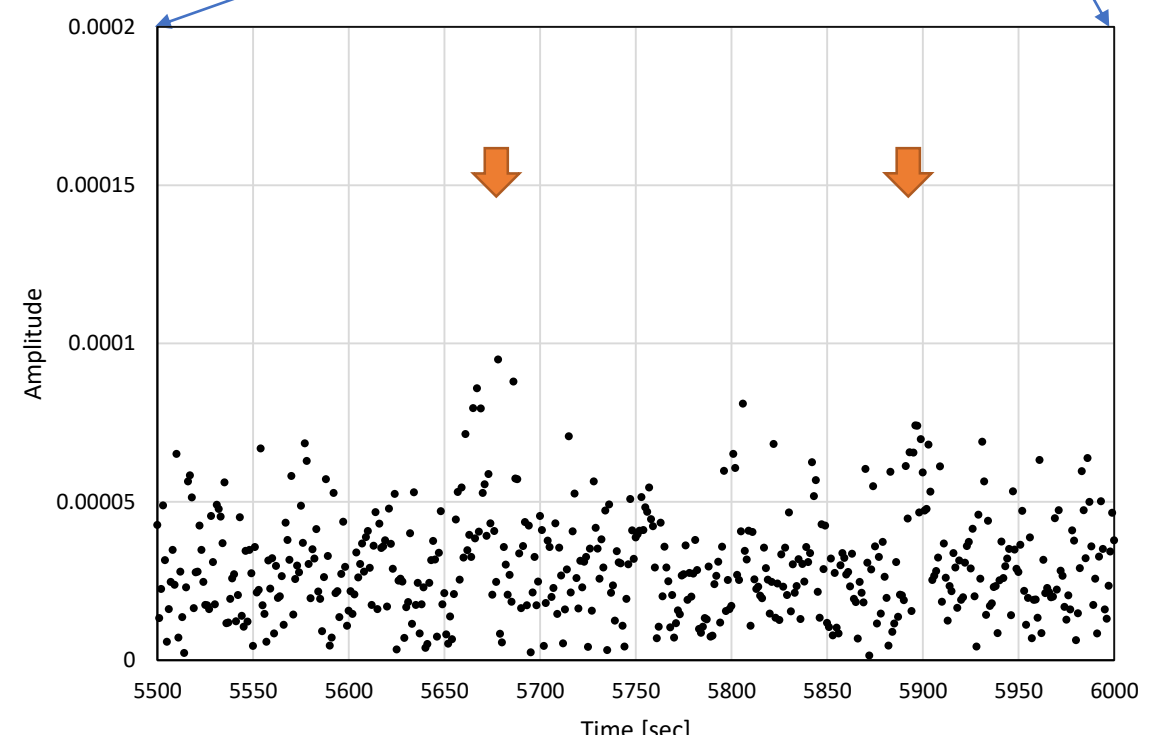


NVSSによる観測領域 (1度×1度) の画像。中心南側に J1055+201があり、この天体はやや広がった構造を持つことが分かる。ピークは2 Jy/beam (1.4 GHz)。ほかにも多数の天体が存在している。天体 2 は400mJy、天体 3 は200mJy。

結果
 相関振幅の時間変化を下図に示した。1800秒から2300秒にかけて3つの大きなピークがみられる。これはJ1055+210を3回のスキャンで検出したことを示している。



5660、5900秒付近にも弱いピークがみられる。これは天体 2 によるものである。この部分を拡大したものが下図である。



これを16秒で時間平均したものが下図である。2つのピークが明瞭に検出されている。ただし位相が回転していることを無視して平均化を行ったため、信号強度は正しくない。位相回転を補正して平均化操作を行うことでさらにS/Nが高まり、現時点では見えていない天体 3 も検出できる可能性がある。

