

茨城 32m 電波望遠鏡の単一鏡分光観測システムの整備

○田中智明、栗橋潤、齋藤悠、滝沢美里、米倉覚則、百瀬宗武、横沢正芳(茨城大学)、廣田朋也(国立天文台)

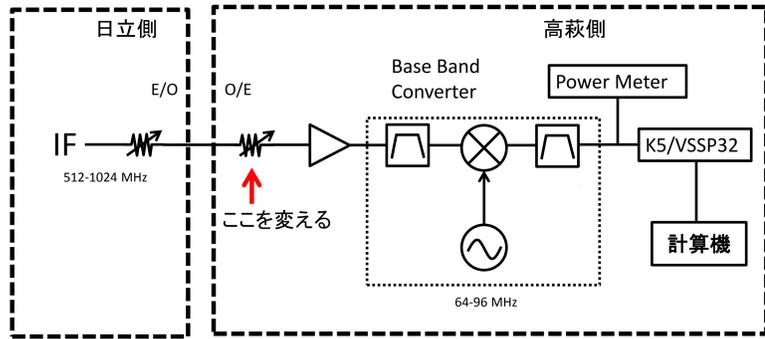
Abstract

現在、茨城大学では、茨城県高萩市および日立市にまたがる2台の32m電波望遠鏡の立ち上げを行っている。観測予定周波数は6.7, 8.4, 22GHz帯である。両望遠鏡の観測環境は整いつつあるが、単一鏡分光観測可能なシステムは整備されていなかった。そこで、デジタル分光計 K5/VSSP32 を用いた単一鏡分光観測システムの開発に着手した。まず K5/VSSP32 のリニアリティ測定を行い、分光計への入力強度のダイナミックレンジを決定した。また、現在着手しているスペクトルの速度軸(V_{LSR})、強度軸(フラックス密度)の正しいラベル付けに関する進捗状況についても報告する。

1. リニアリティの測定

ホーン開口部分に常温の電波吸収体をかぶせ、6-9 GHz 冷却受信機信号(ホワイトノイズ)を K5/VSSP32 で取得した。その際に K5/VSSP32 直前の可変 att で入力強度を -15dBm ~ +10dBm まで変えた。

- 測定日: 2011年9月8日
- 場所: 日立アンテナ
- 観測周波数帯: 6.7GHz 帯
- 分光計の設定: 64 MHz サンプリング, 4 bit, 64 - 96 MHz の高次サンプリング, 10 s 積分
- 日立側 att: 17 dB
- 高萩側 att: 13 - 38 dB
- 偏波: LHCP



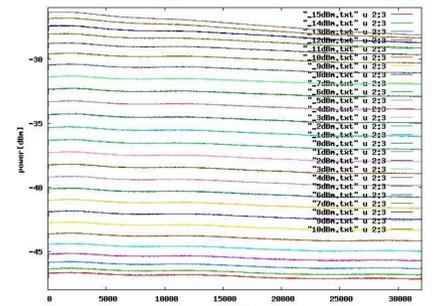
2. 解析方法

分光計直前の可変 att で入力強度を -15dBm ~ +10dBm に設定するが、可変 att の変更できる幅が 1dB 刻みであったため、正確に -15dBm ~ +10dBm を入力することができなかった。そこで、入力強度におおよそ合うように Base Band Converter の後ろにある powermeter で power をモニターして、入力強度を設定した。



Att の値に対応する PowerMeter の値
図の直線は傾き-1の線である。

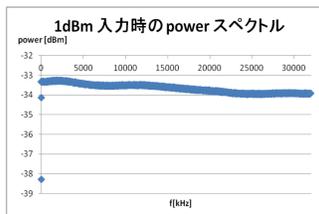
取得したデータを後日PCでFFTを行い、power スペクトルのデータにした。



各入力強度での power スペクトル

取得した各入力強度でのスペクトルを 0dBm 入力時のスペクトルと比較するために、それぞれのチャンネルの power から PowerMeter の Scaling Factor を引き、0dBm 入力時の各チャンネルの power と合わせ、0dBm 入力時の power を基準とした残差の割合を求め、周波数に対する残差の割合のグラフを描いた。

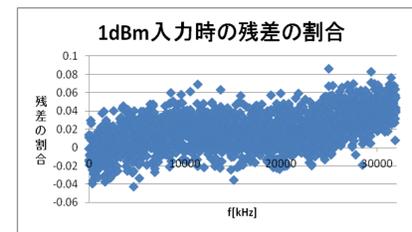
1dBm 入力時の power スペクトル



0dBm(基準) 入力時の power スペクトル



PowerMeter の Scaling Factor を引き、0dBm(基準) 入力時の各チャンネルの power と合わせた周波数に対する残差の割合



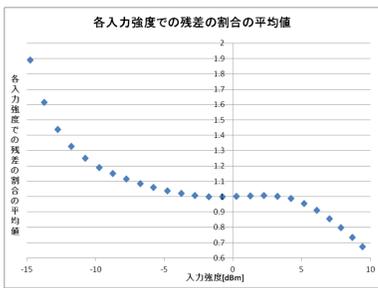
$$\text{残差の割合} = S_A + x_0 - x_A - S_0$$

PowerMeter の Scaling Factor

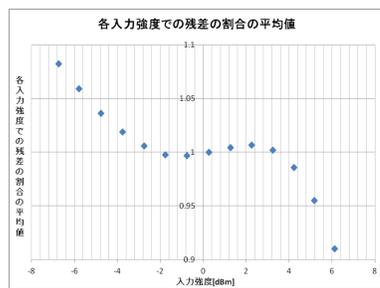
S_A : AdBm 入力時の各チャンネルの power [dBm](n ch) x_A : AdBm 入力時の Power Meter の値 [dBm]
 S_0 : 0dBm 入力時の各チャンネルの power [dBm](n ch) x_0 : 0dBm 入力時の Power Meter の値 [dBm]

その後、残差の割合を全チャンネルで平均して、入力強度に対する残差の割合のグラフを描き、リニアリティがどの入力強度の範囲であるかを判定する。

3. 結果



入力強度に対する残差の割合の平均値のグラフ



入力強度 0dBm 付近の拡大図

・図の縦軸はリニアに直した。

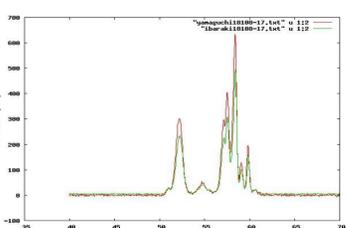
目標となるダイナミックレンジは、R-sky の出力差 ~ 12dB (T_{sys} 20 K) を満たす範囲である。これを満たし、残差の割合が最小になる入力強度の範囲は、-6dBm ~ +5dBm であるが、残差が ~ 6% となる。リニアリティの判定条件は、chopper wheel 法の標準的な誤差 10 - 15% より十分に小さいことが要求される。そのため、今回の測定では残差が ~ 5% 程度になる範囲をリニアリティがあるとした。よって、残差が ~ 5% 程度になる入力強度の範囲 -5dBm ~ +5dBm をリニアリティがある範囲とした。

また、Att の値に対応する PowerMeter の値のグラフから、PowerMeter の値が 7dBm より大きくなると線形性がなくなることがわかる。これは、att 直後のアンプのリニアリティがなくなっていることが原因であると考えられる。

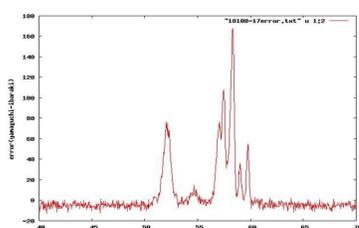
スペクトルの正しいラベル付けに関する進捗状況

- 天体信号を K5/VSSP32 で取得し、計算機でFFTして得られた power スペクトルの横軸を V_{LSR} に変換し、地系ドップラー補正を行うソフトを作成した。そのテストのため山口局で観測された複数のメタノールメーザー源を同時期に日立局でも観測し、比較を行った。

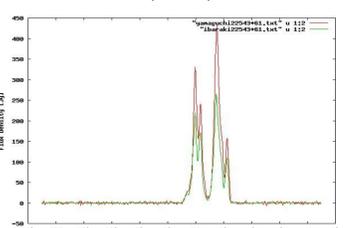
観測局:	日立 (32m)	山口 (32m)
観測日:	2011年9月20日	2011年9月12日 - 9月14日
偏波:	LHCP	RHCP
分解能:	~0.045 [km/s]	
観測周波数:	6.668519 [GHz]	
ON-OFF観測		赤: 山口局 緑: 日立局



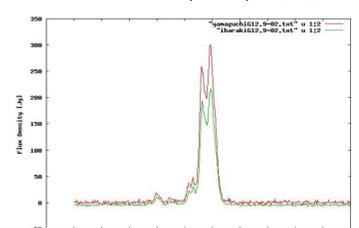
G12.68-0.18 (W33B) のスペクトル



G12.68-0.18 (W33B) の残差



22543+6145 (CepA, G109.86+2.10) のスペクトル



18117-1753 (W33A, G12.90-0.26) のスペクトル

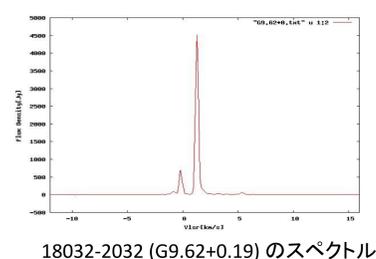
日立局の縦軸は、power を excel でアンテナ温度 T_A^* 、フラックス密度 S_v へと変換を行った。

$$T_A^* = \frac{P_{ON} - P_{OFF}}{P_R - P_{OFF}} \times T_{amb} \quad S_v = \frac{2k_B}{\eta_A A_p} T_A^*$$

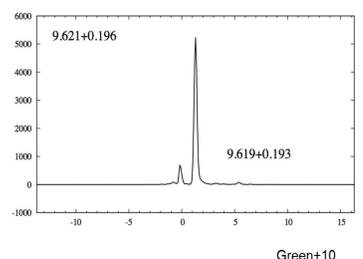
A_p : 物理的開口面積
 η_A : 開口能率

・開口能率の値は、実測値で EL によって値を変えた。(栗橋ポスター参照)

また、異なるメタノールメーザー源も観測し、論文との比較を行った。



18032-2032 (G9.62+0.19) のスペクトル



Green+10

これらのメーザー源の peak の速度を比較したところ ~0.07 km/s の精度で一致した。また、周波数特性も一致した。しかし、フラックス密度は残差が大きく、正確に合わせることはできなかった。原因としては、日立が LHCP、山口が RHCP の観測である点、OFFSET を AZ 方向に 5' しか入れておらず、サイドローブにかかってしまった点などが考えられる。今後追加観測や解析を行い、正しいフラックス密度への変換ができるようにする。

4. 今後の課題

- フラックス密度への変換
- 最適 ON 点積分時間の決定
- 出力データフォーマットの決定 (CASA を予定)
- 安定度の測定
- 試験観測
- 解析ソフトの導入