

IVS Technical Operations Workshop 報告

通信総合研究所 大崎裕生
国土交通省国土地理院 福崎順洋、高島和宏

1. はじめに

2002年2月4日から7日にかけて、つくば国際会議場で第2回 IVS(International VLBI Service for Geodesy and Astrometry)総会が開催された。この総会に多数の VLBI 関係者が参加する機会を利用して、3日間のセッション終了後、国土交通省国土地理院の32mアンテナ VLBI 観測局で表記ワークショップが開催されたので、その内容を報告する。

本ワークショップは、過去には1999年2月と2001年2月の2回、米国のヘイスタック観測所において開催されている。今回は IVS 総会という機会を利用した開催のために、過去2回より短い半日間の日程であった。このため、mini-Technical Operations Workshop として開催された。参加者及び講師は以下の通りである。

参加者：Mario Berube, Raymond Gonzalez, Matthew Harms, Kerry Kingham, Charles Naudet, Matti Paunonen, Duk-Gyoo Roh, Hiroshi Takaba, Gino Tuccari, Alexandr Volvach, Yoshihiro Fukuzaki, Kazuhiro Takashima, Hiro Osaki (計14名)
講師：Brian Corey, Ed Himwich, Dan Smythe, Rkcnard Strand (計4名)

2. ワークショップでの研修内容

ワークショップでは、「MarkIII/IV/VLBA/VLBA4 レコーダを使用する際の注意点について」及び「Radio Frequency Interference(RFI)と位相校正信号(P-cal)について」の2つの内容に関して研修が行われた。

2-1. MarkIII/IV/VLBA/VLBA4 レコーダを使用する際の注意点について

1)テープパスの確認

・テープパスはきれいにクリーニングする。いくらきれいにしてもきれいにしすぎるということはない。チェンバーのドアは真空を保つだけでなく、テープの持つ熱に対するヒートシンクの役割も果たしている。しかし、このドアとテープの間にも摩擦があれば、thin tape の場合には摩擦熱で融けてしまうこともあるので、ドアの摩擦にも注意する。

・テープを forward 方向に動かしてみ、



図 1. VLBA レコーダ

ガイドやローラ以外のものと不必要な接触をしていないかどうか確認する。Reverse 方向についても同じことを行なう。

2) テスト項目

- ・ テープ走行方向が forward/reverse の時の、ピーク位置のシフト

forward 方向に記録済みテープを走行させて、FS9 のコンソールから peak コマンドを入力し、テープのピーク位置を確かめる。

```
st=for,80,off
```

```
peak
```

次に reverse 方向にテープを走行させて、同様にテープ位置を確かめる。

```
st=rev,80,off
```

```
peak
```

この2つの差が $50\ \mu\text{m}$ 以下になっていなければならない。

- ・ stack コマンドでのテープシフトのテスト

peak コマンドで peak 位置を出しておいてから、stack コマンドの引数を \pm に変化させて実行してみ、トラッキング位置の移動を確かめる。

```
peak
```

```
stack=-350,,f
```

```
peak
```

```
stack=350,,f
```

```
peak
```

このトラッキング位置の差が $10\ \mu\text{m}$ 以下でなければならない。

- ・ Door shim test

チェンバーのドアが閉じている場合と微かに開いている場合でどういう違いが生じるかをテストする。まず、バキュームチェンバーのドアが微かに開いている状態を作るため、二つ折にした紙をチェンバーのドアの左上または左下に挟んでレコーダを動作させる。これでピーク位置に合わせ、アナログオシロを使ってアイパターンを見る（デジタルオシロではアイパターンがうまく描けない）。次に、紙を取り除いてからアイパターンを見る。変化がなければ問題なし。もし変化するようであれば、チェンバーのドア内側に取り付けられているアルミ板を付け替える。この板は、1枚で表・裏・左側・右側と都合4回使用することができる。

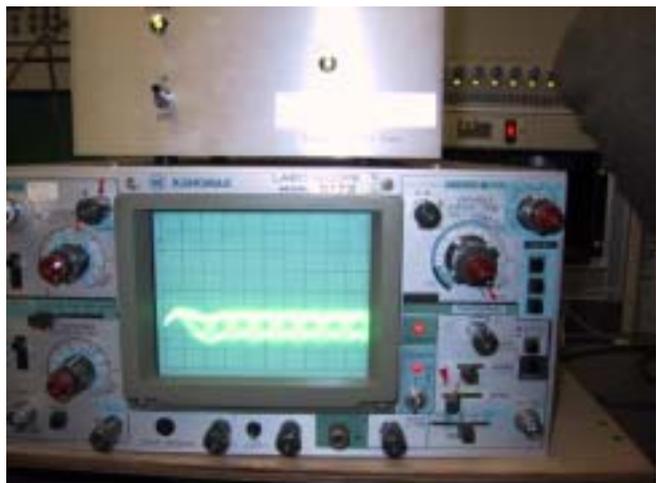


図 2. アナログオシロに現れたアイパターン

Reference

この項目に関するドキュメント類は

<ftp://web.haystack.mit.edu/pub/mark4/memos/267.text>

<ftp://web.haystack.mit.edu/pub/mark4/memos/267.pdf>

にある。また、以下のうち最初の2つは前回のTOWで使われた資料及びそのView Graphである。

<ftp://web.haystack.mit.edu/pub/mark4/Recorder/RecFund/RecFund.pdf>

<ftp://web.haystack.mit.edu/pub/mark4/Recorder/RecFund/RecFundV.pdf>

<ftp://web.haystack.mit.edu/pub/mark4/Recorder/RecFund/TrackLayout.pdf>

<ftp://web.haystack.mit.edu/pub/mark4/Recorder/RecFund/headstackdef.pdf>

<ftp://web.haystack.mit.edu/pub/mark4/Recorder/RecFund/headlocpasses.pdf>

2-2. Radio Frequency Interference(RFI)と位相校正信号(P-cal)について

1)P-cal

P-cal の加えられている周波数帯のパワーを時系列で表すと、P-cal 信号は信号のないフラットな状態の上に周期的なすどいパルスとして現れる。強度は、Xバンドで+10dB、Sバンドで+2~3dB程度である。もしP-calの位相が安定しなければ、観測はCoherencyを失う。

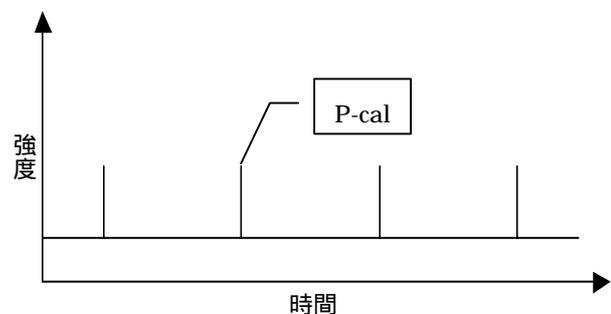


図 3. P-cal の時系列表示

2)混信 (RFI) の影響

観測している帯域の中に他の信号が入って来た場合を考える。例えば観測帯域が2.1-2.4GHzで、その帯域内に20MHzの幅を持った高さ10dBの信号が入って来ると、その影響は $20/300=1/15 \times BW$ 程度と見積もられる。もしこの信号が T_{sys} の10%程度の大きさを持つと、誤差要因になる(次項参照)。また、帯域に入っていない場合でも、非常に強い場合には帯域内に影響が現れる。

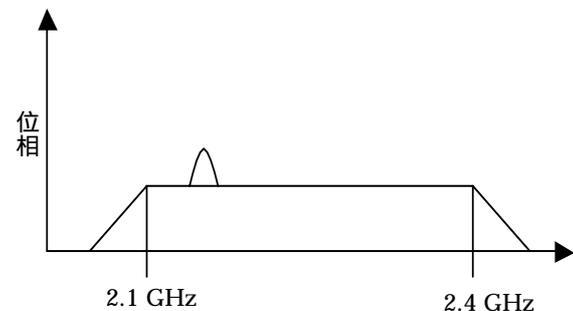


図 4. 観測帯域内の混信

3)RFIの群遅延への影響

観測された各チャンネル毎のデータを使って、周波数と位相の関係をグラフに書くと、通常グラフは傾きを持つ。この傾きは群遅延に相当する。10%を越えるようなRFIが入って

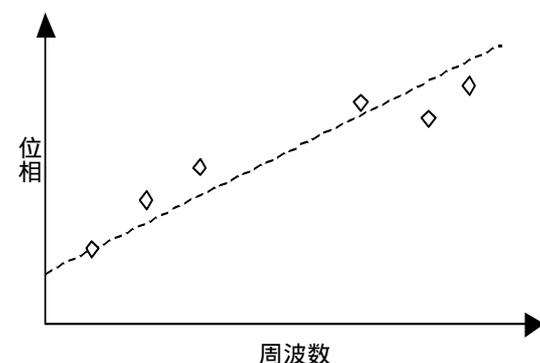


図 5. 周波数毎の位相差 = 群遅延

来ると、この傾きの計算に影響を与え、群遅延の計算で精度が得られなくなる。

北米では既に 2320-2345MHz の帯域に衛星による FM 放送があり、60dB 程度の影響がある。この帯域はもう観測に使えないので、2200MHz 以下か 2380MHz 以上の周波数帯で観測できる周波数を探さなければならない。

4)観測で SEFD を使う理由とその計算方法：

SEFD は、ある天体がどの程度の強度で観測できたかを示す指標である。Tsys ではなく SEFD を使うのは、Tsys 測定の場合には Noise diode を非常に正確に calibrate しなければならない (5% 以内) ことや、フィードをカバーしてもサイドローブがカバーできないことなど、いろいろな困難があるからである。

SEFD は、例えば強度 1000Jy の既知の天体があって、その On-Off の強度差が 600count (count というのは強度を示す任意の単位)、Off でのカウント数が 1200count だったとすると、 $1200\text{count} / (600\text{count} / 1000\text{Jy}) = 2000\text{Jy}$ と計算される。

4)P-cal 信号がスプリアスから受ける影響について

もし、スプリアスが P-Cal と同位相で変化するのであれば、何ら問題はない。スプリアスの位相が Fix されている場合などには問題が生じる。確認のためには、P-Cal の振幅と位相の関係を図にしてみるとよい。位相を変えるには、ケーブルの長さを変えることによってローカル信号の位相を変えるなどする。スプリアスがない理想的な状態であれば振幅は位相の変化に対して直線になるが、スプリアスが存在する時には Single Sine、Double Sine、 450° など、おかしな変動をすることがある。

例えば、振幅が一定で回転が fix されたスプリアスであれば、1 周期の Sine が現れる。また、ダウンコンバータのローカル周波数が整数 (MHz 単位) で表される場合には、目的の P-cal トーンの他に反対側のサイドバンドにも P-cal トーン (イメージトーン) が現れる。通常これはフィルターでカットされているが、カットが十分でなかった

場合には、スプリアスとして混入する。この時イメージトーン側では位相が逆回転するので、Double Sine になる。また、ある局では 450° 周期の変動をしていた例があり、この時には、S-band の IF が X-band に混入していた。

このような問題を避けるためには、スプリアスが P-cal より 50dB 以上小さい (影響は 0.2 度以下) ことが理想であるが、少なくとも 40dB は小さくなるように (影響は 0.6 度以下) 調整を行わなければならない。

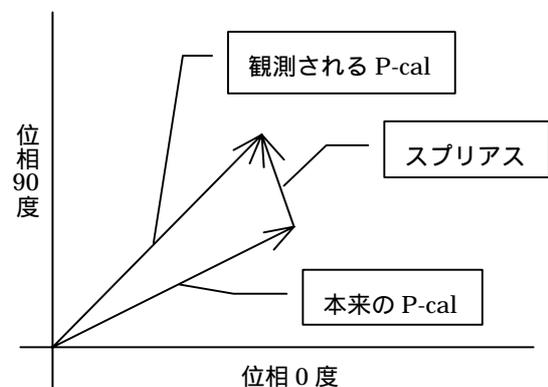


図 6. スプリアスの影響

この項目に関するドキュメントには

Spurious Phase Calibration Signals: How To Find Them and How To Cure Them, Brian Corey, Technical Operations Workshop, March 12-14, 2001

がある。

3. 全体討論

- ・ Stop メッセージの重要性

各観測毎のストップメッセージが重要である。どの観測が失敗したか、その原因は何か、または何だと考えられるか（トラッキングエラー、時計のジャンプ等）をきちんと書いてほしい。観測局から Correlator に送られる情報は、Stop メッセージしかない。