

4.9 日伊実験

木内等

VLBI の原理を学び、一通りシステムを組み上げてみるといろいろと応用してみたいくなるものである。その一つが日伊・日豪実験として行われた 22GHz 実験である。

VLBI の遅延決定精度は受信帯域幅に依存し、広帯域信号になるほど高精度化が期待できる。受信周波数が高くなれば受信帯域幅を広くすることは容易である。これは比帯域（受信帯域／受信周波数）が同じ場合、受信周波数が高くなれば容易に受信帯域幅を上げられることによる。バンド幅合成法（詳細は別章のバンド幅合成参照）は、VLBI の精度を飛躍的に向上させた技術であり、櫛の歯状に収集した僅かなデータであたかも櫛の歯の端から端までの広帯域データ全てを連続に収集したのと等価な精度を得る事ができる画期的な技術である。最近では金に物を言わせ、カー杯高速サンプリングして 1ch で広帯域化し、高精度にしたという触れ込みのシステムが跋扈しているが、局内位相変動補正をしていないなど一寸首を傾げたいくなるものもある。システムに美しさが無く、嘆かわしい感じさえするのは、バンド幅合成という技術で感動した私だけだろうか……。特に測地を主目的にしたシステムでは、局内の位相変動補正は重要である。日伊実験は、高周波でのバンド幅合成法を可能にするために考えられた手法のデモンストレーション実験であり、世界初の試みであった。この手法により、バンド幅合成法の使用周波数制限は無くなる。

バンド幅合成を成立させる肝となる技術の一つが、櫛の歯状に収集される夫々の信号の局内遅延・位相変動を補償する位相較正信号である。これは非常に時間幅の狭いパルス信号を正確な時間間隔で繰り返すことで発生させることができる。時間間隔 T での繰り返し信号は、周波数軸上で位相の揃った周波数 $1/T$ の整数倍の正弦波の集まりとなる。この正弦波が櫛の歯の 1 つずつに入る様にしてやれば、この位相の揃った位相較正信号を基にして、局内遅延・位相変動をキャンセルすることができ、あたかも櫛の歯の端から端までの広帯域データを収集したのと等価な精度を得る事ができる。

ハード的には、ステップリカバリーダイオード（当初はトンネルダイオードを使用、そうですあの江崎ダイオードです）で発生させていたが、VLBI で位相較正信号として使用できる上限は 12GHz 程度であった。パルス幅が狭いほど高

周波まで信号を発生できるため、L 成分の無い抵抗を使用したり、いろいろなドライブ方式を試みたが、高周波化は難しかった。さらに、高周波まで発生させると基準信号の信号位相が逡倍されるため環境の影響を受け易いなど問題点も見えて来た。つまり、そのままでは 22GHz 実験は不可能ということになる。22GHz の 1ch での VLBI はできても、バンド幅合成を用いた高周波 VLBI ができない。

しかしながら、ここでもう一度バンド幅合成の原理に立ち返ってみると、位相較正信号はゼロ Hz で位相がゼロになる必要はないという結論に達する。だったら低い周波数で位相較正信号を発生させ、周波数変換（アップコンバート）したって問題無いはず、ということで発想された日本オリジナルの技術であり、日伊 22GHz 実験で実証を試みた。

当時の鹿島 3 研はお金は（も？）無かったが自由な雰囲気があり、VLBI システムをいじり倒し、いろいろな実験を試すことが許されていた。これも自分たちで VLBI システムを作った結果だと思う。また、上司が新もの好きだったのも“ペーパー”の私には幸いした。

さて日伊 22GHz 実験に話を戻そう。イタリア人は、あのローマ帝国の末裔なわけだが、人生を楽しみながら仕事をしているという印象が残った。初めて駅に着いた時、オンタイムであった事に驚かれた。一方、鹿島から送った荷物はなかなか届かず、空を指差しながら“今あの辺だ”という説明をしていた。観測所はだだっ広く、ゲートの前がイタリアでも有名な庶民的なレストランがあり、昼から自家製のワインを炭酸水で割りながらゆっくりと食事を楽しんでいる。なぜワインを炭酸水で割るのかと聞いたところ、“だって酔ってしまうじゃないか”という回答が帰ってきた。総量規制の概念は無さそうである。イタリア人、何か好きだな。

こんな雰囲気、我々の製作したアップコンバータ方式の位相較正信号を搭載、鹿島とイタリアへ輸送した K-4 システムでの実験が行われた。イタリアのボローニャのアンテナ、システムは技術的に枯れている上、挑戦的な実験であることもあり、皆協力してくれたので、のんびりした雰囲気の中でも不思議とうまく行った。40 ソース、240 スキャンを行い 152 フリンジを得た。初めての 22GHz 測地実験で 3cm を切る精度で基線ベクトルも得られた。