

広帯域バンド幅合成について
On the wide-band bandwidth synthesizing

#近藤哲朗, 岳藤一宏
情報通信研究機構

Tetsuro Kondo and Kazuhiro Takefuji
National Institute of Information and Communications Technology

1. はじめに

現状の測地VLBIシステムでは受信周波数帯は2GHz帯(Sバンド)および8GHz帯(Xバンド)であるが、VGOSと呼ばれる次世代VLBIシステムやNICTで開発中の広帯域VLBIシステムGala-Vでは受信帯が10GHz以上にも跨る超広帯域VLBI観測が計画されている。従来のシステムではサンプラーの制限からチャンネルあたりせいぜい数10MHz帯域幅のデータしか扱えなかった。そのため例えばXバンド中に8チャンネルの異なった周波数チャンネルを設定し、それらを合成することにより等価帯域幅を増やす処理を行っておりこの処理をバンド幅合成と呼んでいる。近年サンプラー自体が広帯域化し、1GHzや2GHz帯域の信号をサンプリングできるようになってきた。そこで、バンド内の帯域幅合成ではなくバンド間の帯域幅合成(広帯域バンド幅合成と呼ぶことにする)の可能性と具体的方法に関して検討を行った。

2. サーチ関数

相関処理で得られたクロススペクトル $S(f, t)$ に対して周波数および時間領域で位相補正を行いながら積分する関数がサーチ関数と呼ばれるものであり

$$F(\theta) = \left| \iint S(f, t) \exp(-i\theta) df dt \right| \tag{1}$$

と表される。ここで θ は遅延残差 $\Delta\tau$ 、遅延変化率残差 $\Delta\dot{\tau}$ および電離層遅延 $\Delta\tau_{ion}(f)$ を使って

$$\theta = 2\pi f \{ \Delta\tau + \Delta\dot{\tau} + \Delta\tau_{ion}(f) \} \tag{2}$$

と表され、 $\Delta\tau_{ion}(f)$ は

$$\Delta\tau_{ion}(f) = \alpha f^{-2} \Delta TEC \tag{3}$$

で与えられ、 ΔTEC は各局に至る伝播路中の全電子数の差(単位はel(電子数)/m²)、 $\alpha = 1.34 \times 10^{-7}$ である。 ΔTEC は 10^{17} el/m² に達することもあるが、その場合SバンドとXバンドでは電離層遅延に約3 nsecの差が生じることになる。(2)式を使って(1)式を書きなおすと

$$F(\Delta\tau, \Delta\dot{\tau}, \Delta TEC) = \left| \iint S(f, t) \exp\{-i2\pi f(\Delta\tau + \alpha f^{-2} \Delta TEC)\} \exp(-i2\pi f \Delta\dot{\tau}) df dt \right| \tag{4}$$

となる。ここで周波数をベースバンド周波数 f_0 と帯域内での周波数 f_v に分けて $f = f_0 + f_v$ とし帯域が狭いと仮定した場合が従来のサーチ関数であり

$$F(\Delta\tau, \Delta\dot{\tau}) = \left| \iint S(f, t) \exp(-i2\pi f_v \Delta\tau) \exp(-i2\pi f_0 \Delta\dot{\tau}) df_v dt \right| \tag{5}$$

となるが $\Delta\tau$ および $f_0\Delta\tau$ に関して2次元フーリエ変換の式となっている。なお広帯域の場合の(4)式は2次元フーリエ変換の式とはなっていないことに注意。

3. 遅延分解関数(バンド幅合成関数)と電離層の影響

(4)式で時間積分の部分を見捨てる

$$D(\Delta\tau) = \left| \int S(f) \exp\{-i2\pi f(\Delta\tau + \alpha f^{-2} \Delta TEC)\} df \right| \quad (6)$$

と記すとこれを遅延分解関数と呼ぶ。なお周波数が複数の帯域に跨った場合にはバンド幅合成関数と呼ばれる。このように広帯域バンド幅合成の場合、電離層の影響が遅延分解関数に含まれてくるのが問題を複雑にしている。Gala-Vシステムで想定している周波数配置(図1)で実際に遅延分解関数を計算して電離層の影響を見てみよう。図2、3に全電子数の差が0の場合および $4 \times 10^{16} \text{ el/m}^2$ の場合を示すが後者の場合メインピークがシフトするだけでなく、より大きなサブピークが現れる。この例に示されるように電離層の影響下では遅延分解関数の計算では遅延を決定することが困難となる。そこで現実的な方法として以下の2つを考えている。

- a. バンド毎に従来の方法で求め最後に電離層遅延を補正する
- b. 全電子数の推定も行いつつバンド幅合成を行う

4. おわりに

広帯域VLBIシステム用のバンド幅合成に関して上述のように2つの方法の検討を行っている。講演時には両者の結果について報告を予定している。

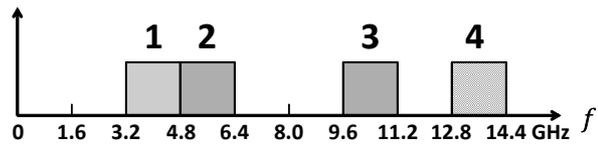


図1. Gala-Vで想定している受信周波数および帯域。

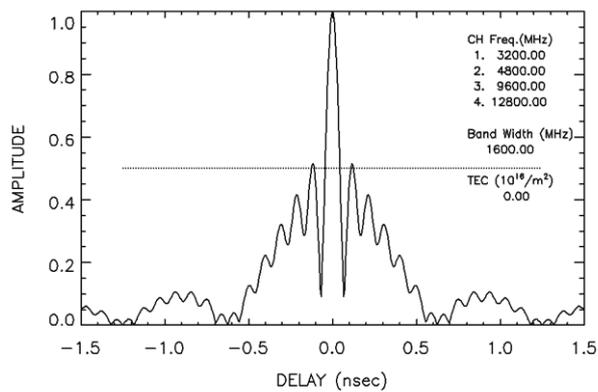


図2. 図1の周波数配置、帯域に対する遅延分解(バンド幅合成)関数。全電子数の差が0の場合。

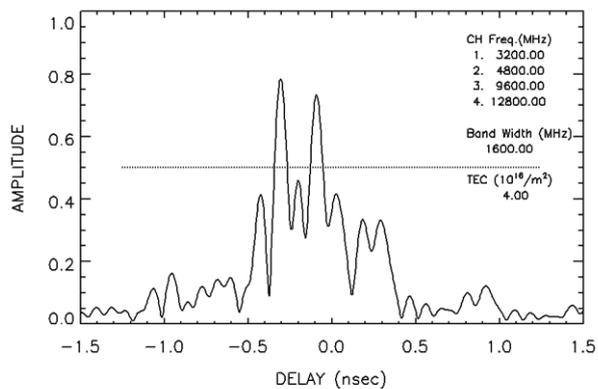


図3. 全電子数の差が $4 \times 10^{16} \text{ el/m}^2$ の場合。