

広帯域バンド幅合成について(その3) On a wide-band bandwidth synthesis III

Tetsuro Kondo and Kazuhiro Takefuji

National Institute of Information and Communications Technology

1. はじめに

受信帯が10GHz以上にも及ぶ広帯域VLBI観測データのバンド幅合成処理方法をほぼ確立した。実際の広帯域VLBI観測データを使用して処理方法の検証を行なったところ、広帯域バンド幅合成に成功しその有効性が検証できた。電離層遅延補正に関しては短基線観測のため電離層の影響が顕著には現れないため、電離層の影響をシミュレーションしたデータを使用した処理を行なった。その結果、補正に必要な電離層全電子数(TEC)の相対値が推定できることが示され、電離層補正法についても検証することができた。

2. 処理アルゴリズム

確立された広帯域バンド幅合成(WBWS)処理アルゴリズムを以下に示す。

- 1)参照スキンの決定:一連の観測の中で強度の強い電波星のスキン(観測)を1つ決めて処理の参照スキンとする。
- 2)バンド間遅延補正データの作成:参照スキンデータを用いて従来法でバンド毎に遅延残差および遅延変化率残差を決定し、更にこれらの残差を補正したクロススペクトルを求める。またバンド毎の遅延残差から一番低い周波数バンドを基準としたバンド間遅延補正データ作成する。
- 3)バンド内位相補正データの作成:2)で得られたクロススペクトルの位相の周波数特性をバンド毎に移動平均または多項式で近似しバンド毎の位相補正データを作成する。
- 4)全スキンの処理:2), 3)で得られた「バンド間遅延補正データ」および「バンド内位相補正データ」を使用してすべてのスキンデータのWBWS処理を行う。更にWBWS処理で得られた遅延残差および遅延変化率残差を補正した広帯域クロススペクトル(バンド幅合成後のクロススペクトル)を求める。
- 5)電離層補正処理:4)で得られた広帯域クロススペクトルを用いて電離層全電子数の補正量 ΔTEC を求め、この ΔTEC を使って各バンドの相関データの位相補正を行なった後、再度WBWS処理を行う。

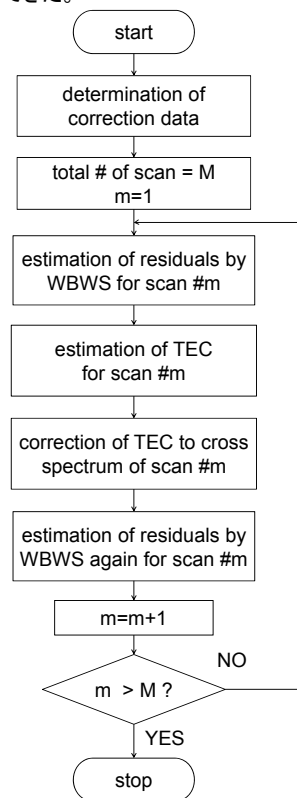


Fig. 1 Flowcharts of WBWS

3. 実処理結果

処理例として2015年8月14-15日に鹿島-石岡基線(基線長約50km)で実施した広帯域VLBI観測データを使用して実際に広帯域バンド幅合成を行なった結果を示す。鹿島-石岡基線は基線長が短く電離層の影響は顕著には現れないが、電離層の影響の検出にも成功した。



Fig. 2 Location of Kashima-Ishiooka baseline.

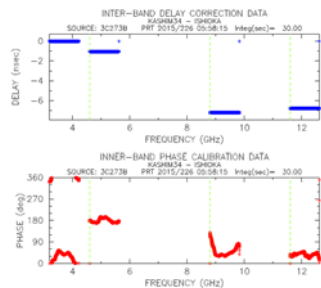


Fig. 3 Inter-band delay correction data and inner-band phase calibration data determined from the reference scan.

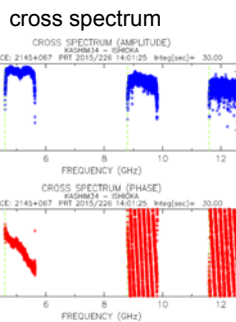


Fig. 4 An example of WBWS results without any correction. WBWS is not succeeded.

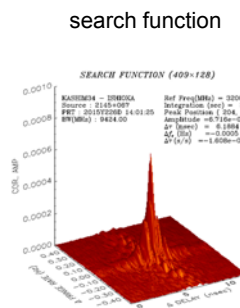
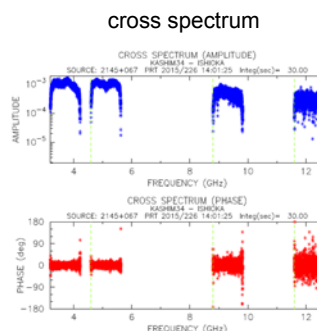


Fig. 5 An example of WBWS results with phase and delay correction. Horizontally aligned phase spectrum means the success of WBWS. Observables $\Delta\tau$ and Δt are given as the position of the maximum peak on a search function.

図4は補正無しでWBWS処理を行なった結果を示すが、位相が周波数に対して回転しており、WBWS処理に失敗していること。図5は図3で示される補正を行なってWBWS処理を行なった結果であるが、位相が周波数に対して水平になっており、WBWS処理に成功している。図5の右側はこの場合のサーチ関数を示すが遅延残差 $\Delta\tau$ および遅延変化率残差 Δt をサーチ関数のピーク位置として得られる。

図6はWBWS処理で得られたTEC(縦軸)とGNSS観測(*)から得られたTEC(横軸)を比較したものである。比較的良好な相関が得られていることからTECの検出に成功していると思われる。TECの推定精度(理論値)は0.001TECUと高精度であるが実際には大気の大擾乱やシステム特性の影響により、図で示される数TECUが実際の精度と考えられる。

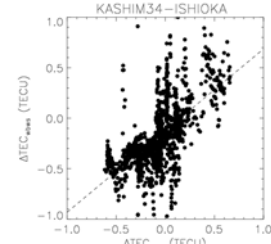


Fig. 6 A comparison of estimated differential (ΔTEC_{wbws}) and calculated differential TECs (ΔTEC_{calc}) which is the difference of slant TECs at two stations calculated from vertical TEC observed by GNSS.

4. おわりに

広帯域バンド幅合成アルゴリズムを開発し実データを処理することによりアルゴリズムの有効性を検証した。その結果、広帯域バンド幅合成に成功し実用的手法をほぼ確立することができたといえる。

電離層補正手法(TEC推定)に関しても実データの基線長が短いにも関わらず良好な結果を得た。今後、大陸間基線等の長距離基線観測を通しての検証を進めて行く予定である。最後に、今回の検証に使用したデータは国土地理院の協力の下に石岡局と鹿島局の間で実施した広帯域VLBI観測によって得られたデータである。観測にご尽力いただいた国土地理院のVLBIグループの皆様に感謝する。

(*)International GNSS Service, Ionosphere vertical total electron data.

[http://cddis.gsfc.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/atmospheric_products.html#iono]

