

単周波数帯 V L B I の 電離層補正について ——その4

関東支所 第三宇宙通信研究室
近藤哲朗、雨谷 純

1.はじめに

国内5ヶ所（稚内、秋田、国分寺、山川、沖縄）のfoF2（またはTEC）データを用いて日本近辺のfoF2（またはTEC）を精度よく推定する方法について色々な方法を見てきましたが[1][2]、412回談話会で検討したように球面近似法が総合的に見て最もよい近似となっていた[3]。この球面近似法を用いて、近似が有効に働く領域を実際にV L B I 移動局となる稚内、国分寺、沖縄で伝播遅延の仰角依存性まで考慮に入れて詳細に検討した。検討には今まで同様にISS-b衛星観測で得られた汎地球電離層モデル[4]を用いた。また、日本国内の電離層観測が3ヶ所となつた場合についての検討結果も報告する。

2.評価方法

今まで経度120E-150E、緯度20N-50Nの範囲内で近似が有効である領域の面積の比較で近似法の良否を評価してきた。この評価法には実際に電波星を観測した場合の伝播遅延の仰角依存性は考慮に入れられない。今回、このではある領域と他の範囲（立体角）の比率で近似法の有効性を評価する（図1）（今までの評価法と延の補正するため近似領域立体角比と呼ぶことにする）。なお仰角による伝播遅延の補正係数としては次式を用いた。

$$F(\theta) = 1/\cos\{\sin^{-1}[R\cos\theta/(R+300)]\}$$

ただし、 θ : 仰角

R : 地球半径(6371.2km)

3.結果

図2に球面近似法を適用した場合の沖縄、国分寺および稚内での近似有効領域を方位角、仰角ダイアグラム上にプロットした一例（12h JST）を示す。図では実際値との差（絶対値）がXバンドの遅延に換算して0.1nsec以上となる領域を++および====のシンボルで表示している。つまりXバンドの電離層、範囲が0.1nsec以下での誤差で補正できることを意味する。図3に示すように電離層、範囲は仰角依存性が大きい。なお仰角による伝播遅延の補正係数として近似領域立体角比を計算（図2で述べた通り）、ただしこれらの図では方位は北(315<AZ<360, 0<AZ<45)、東(45<AZ<135)、南(135<AZ<225)および西(225<AZ<315)の4つに分けて計算した。全時刻、全方位での立体角比の平均値は冲縄、国分寺、稚内に対し0.69, 0.81, 0.83となり、これは日本近辺では高緯度で電離層が薄く、電離層の誤差が最も大きい。これは日本近辺では南北方向に電離層が逆位相で見られるが、これは電離層が南北で最も濃い近似が依然として観測されている。しかししながら、図5の最小仰角のプロットによると、これは日本近辺では南北方向に電離層が逆位相で見られるが、これは電離層が南北で最も濃い近似が依然として観測されている。

4.国内3ヶ所（沖縄、国分寺、稚内）データを用いての球面近似

国内3ヶ所のデータを用いての球面近似も5ヶ所データを用いる場合とほぼ同じ

アルゴリズム（図4）で安定な収束解を得ることができた。アルゴリズムで5ヶ所データの場合と異なるのは固定パラメータを1つから2つに増やし、推定パラメータを4つから3つに減らした点である。近似適用領域面積比（ここでは[3]で用いた評価法と同じように緯度20N-30N、経度120E-150Eの領域内で有効領域の面積比で定義する）の比較を図5に示すが、明らかに5ヶ所データを用いる場合に比べて近似適用領域には劣化が見られ、その劣化は南方において著しい。

5.おわりに

球面近似法を用いて国内5地点で得られた電離層データから見た日本近傍の電離層実際の仰角依存性について述べる。また観測可能な最小仰角は0.1sec以下で補正ができる。V L B I 観測スケジュールを作成する際に役立てる。しかし5地点データの電離層補正是V L B I の場合と比較して、南北において近似有効領域の劣化が激しく、V L B I データはかなりの困難を伴うと思われる。

球面近似法は電離層中で行つてきたりができない。どのようなる状況下でも、そのためにはG P Sによる電離層T E C観測[5][6]が今後もつとも有望であろう。

参考文献

- [1] 近藤 哲朗、雨谷 純、「単周波数帯V L B Iの電離層補正について」、第408回研究談話会資料、1989、4月。
- [2] 近藤 哲朗、雨谷 純、「単周波数帯V L B Iの電離層補正について—その2」、第410回研究談話会資料、1989、6月。
- [3] 近藤 哲朗、雨谷 純、「単周波数帯V L B Iの電離層補正について—その3」、第412回研究談話会資料、1989、7月。
- [4] 松浦 他、「電離圏F2層臨界周波数(foF2)の世界分布」、電波季、Vol.28、pp.315-331, 1982.
- [5] 今江 他、「GPS2周波相関方式電離圏遅延測定装置の開発と受信結果」、第399回研究談話会資料、1988、12月。
- [6] 今江 理人、三木 千絵、「GPS2周波P-code相関位相による電離圏全電子数測定の可能性と測定精度」、第410回研究談話会資料、1989、6月。

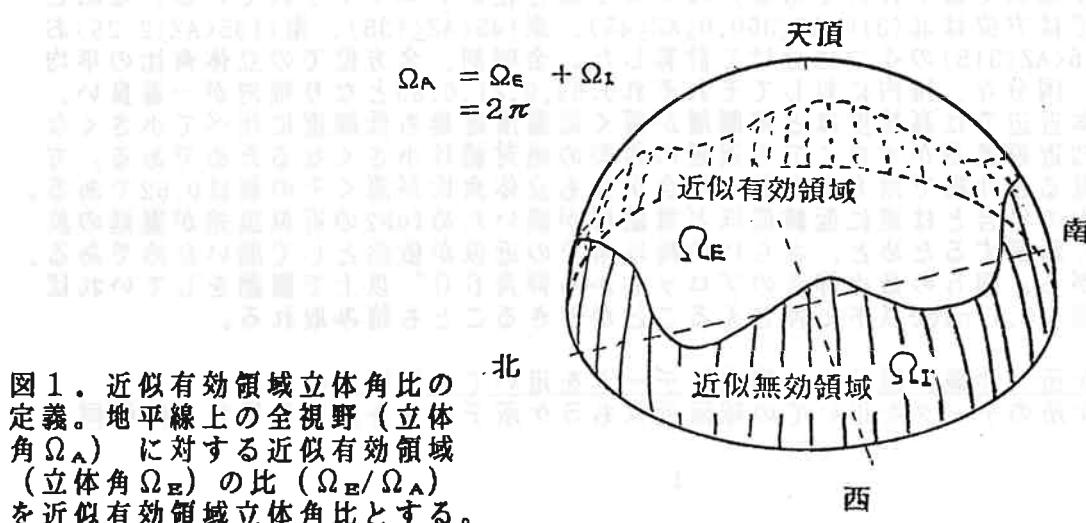


図1. 近似有効領域立体角比の定義。地平線上の全視野（立体角 Ω_A ）に対する近似有効領域（立体角 Ω_E ）の比 (Ω_E/Ω_A) を近似有効領域立体角比とする。

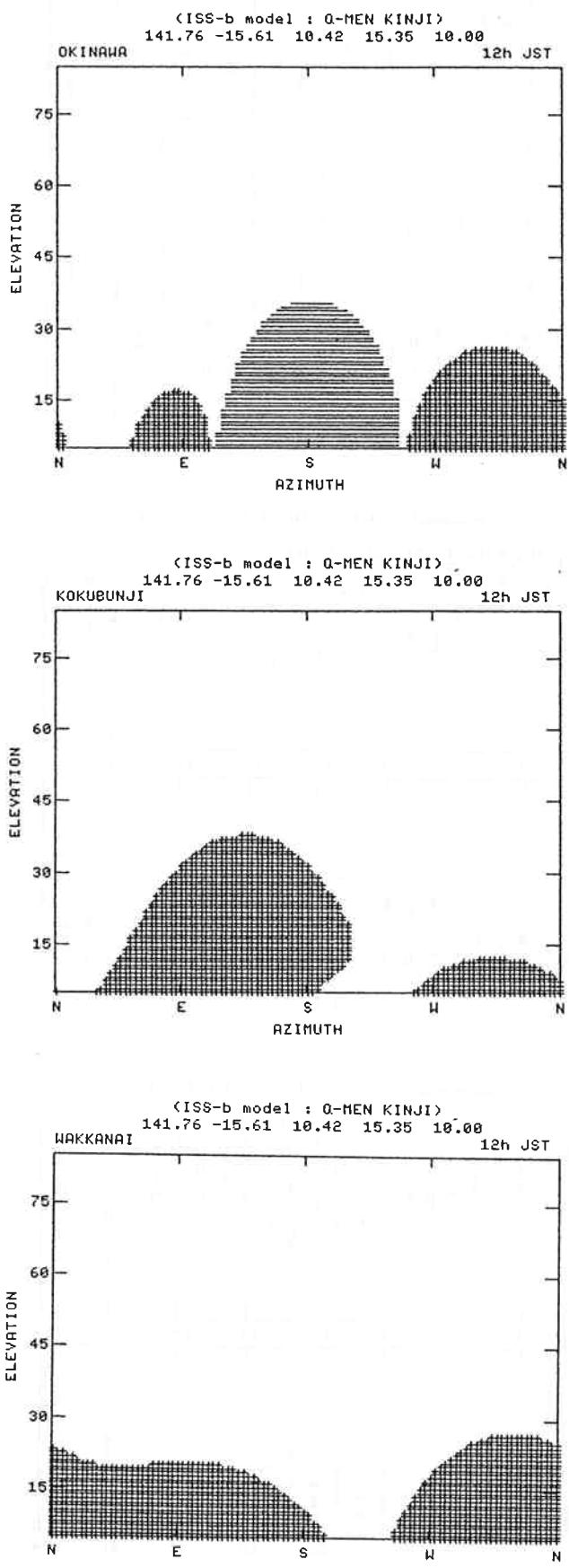
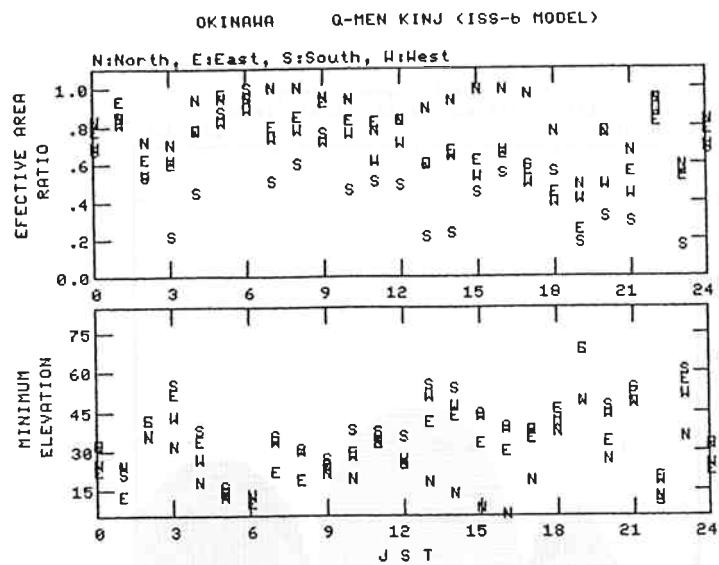
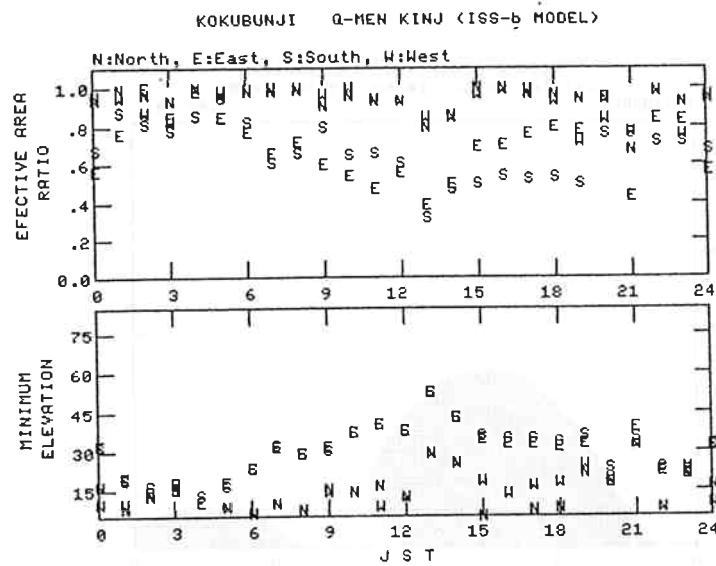


図2. 球面近似法による電離層補正近似有効領域の方位角・仰角依存性 (12 h JST)。上段パネル沖縄、中段パネル国分寺、そして下段パネルは稚内を示す。8GHzでの遅延の誤差に換算し、0.1 nsecを正に越える部分を+++++, 負に越える部分を=====で示す。伝播経路長の仰角依存性は考慮に入れられている。

(a)



(b)



(c)

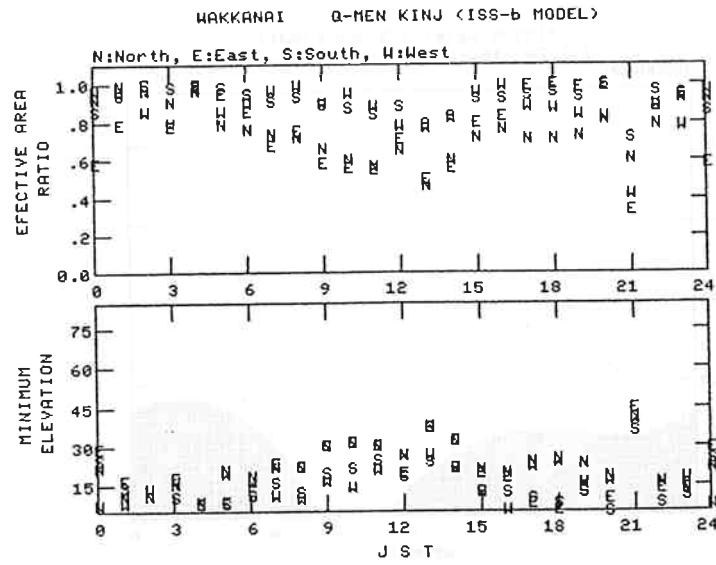


図3. 球面近似法による近似有効領域立体角比及び近似有効最小仰角のJST依存性。方位は北($315 < AZ \leq 360$, $0 \leq AZ \leq 45$)、東($45 < AZ \leq 135$)、南($135 < AZ \leq 225$)および西($225 < AZ \leq 315$)の4つに分けてそれぞれN, E, S及びWのシンボルでプロットしている。立体角比の計算には仰角の範囲 $5^\circ \sim 85^\circ$ を用いた。最小仰角はその方位での近似が無効である領域の最大仰角で定義している。(a). 沖縄。(b). 国分寺。(c). 雉内。

(a) 球面近似（5ヶ所データ）フローチャート
球面近似（3ヶ所データ）フローチャート

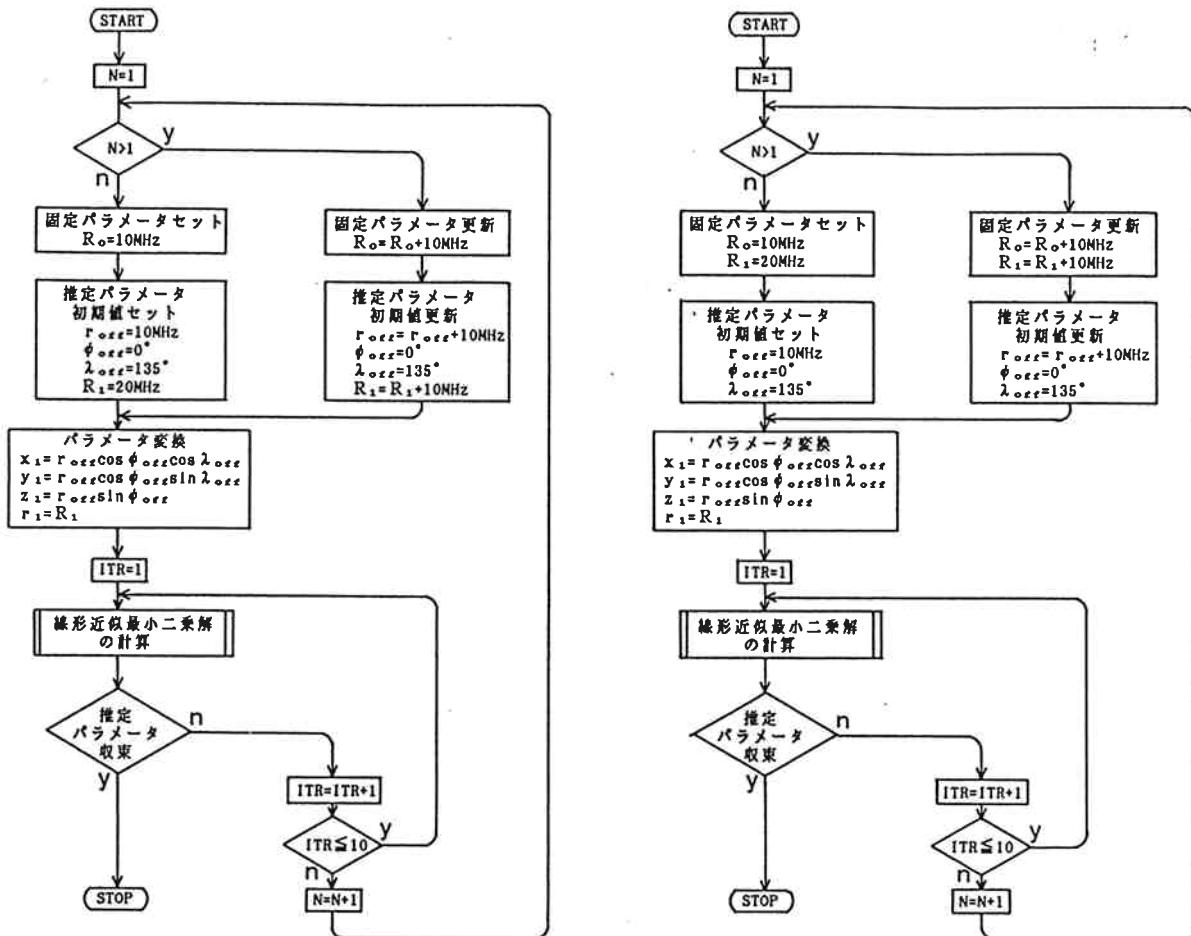


図4. 球面近似法フローチャート。(a) 5地点データ。(b) 3地点データ。

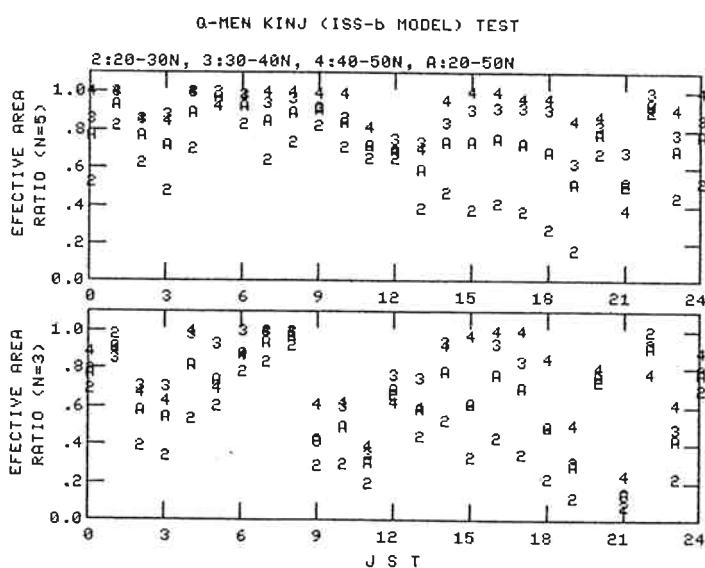


図5. 球面近似法——使用データ点数の違いによる近似有効領域面積比の比較。上段。5地点データを用いて球面近似した場合の近似有効領域面積比のJST依存性。経度範囲120Eから150Eで、緯度範囲40Nから50N, 30Nから40N, 20Nから30N, および20Nから50Nについて、それぞれの領域のすべての範囲が電離層補正有効適用範囲だった場合を1として横軸にJSTを取り、縦軸に有効範囲を面積比でとつて示す。緯度の違いによる面積の違いは補正済みである。下段。3地点データを用いて球面近似した場合の近似有効領域面積比のJST依存性。