

非静力学モデルに基づく遅延勾配評価

市川隆一：通信総合研究所 鹿島宇宙通信研究センター

瀬古弘：気象研究所

島田誠一：防災科学技術研究所

目的：

GPSやVLBIなどの宇宙測地技術から得られたデータの処理に用いる大気伝搬遅延量推定モデルの適用限界を、非静力学大気モデルによる遅延量シミュレーションにより評価する。ここでは、モデルにより推定された遅延勾配と天頂遅延量を、非静力学モデルに波線追跡法を適用して計算した視線遅延量(slant delay)と比較することにより実際の評価を行った。

背景：

今までに実施した、10kmの格子間隔を持つ気象庁10km格子・地域モデルデータによるシミュレーションでは、少なくとも水平スケールで200km以上の現象については遅延勾配モデルの有効性が確かめられている。しかしながら、メソスケール以下の現象や地形の影響を強く受けたローカルスケールの現象下での水蒸気変動に対して従来の遅延勾配モデルがどの程度効果があるかは良くわかっていない。

使用したデータ：

- 格子間隔1.5kmの非静力学モデル
- 対象領域：伊豆半島周辺
- 解析時刻：1997年3月7日00:00UT

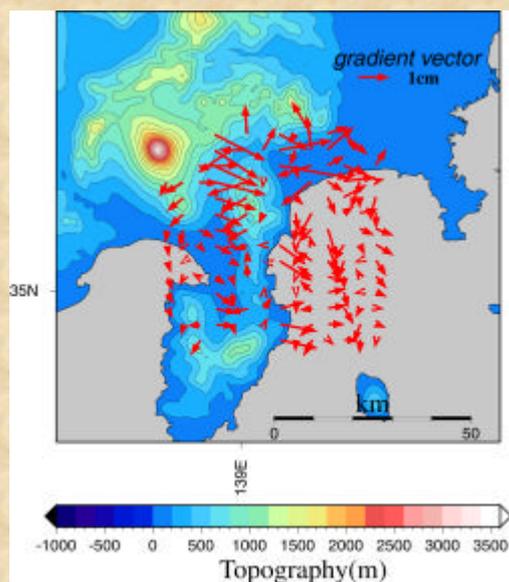


図1 モデル地形

(赤い矢印は非静力学モデルによるslant delayより遅延勾配モデルを用いて推定した勾配ベクトルを示す)

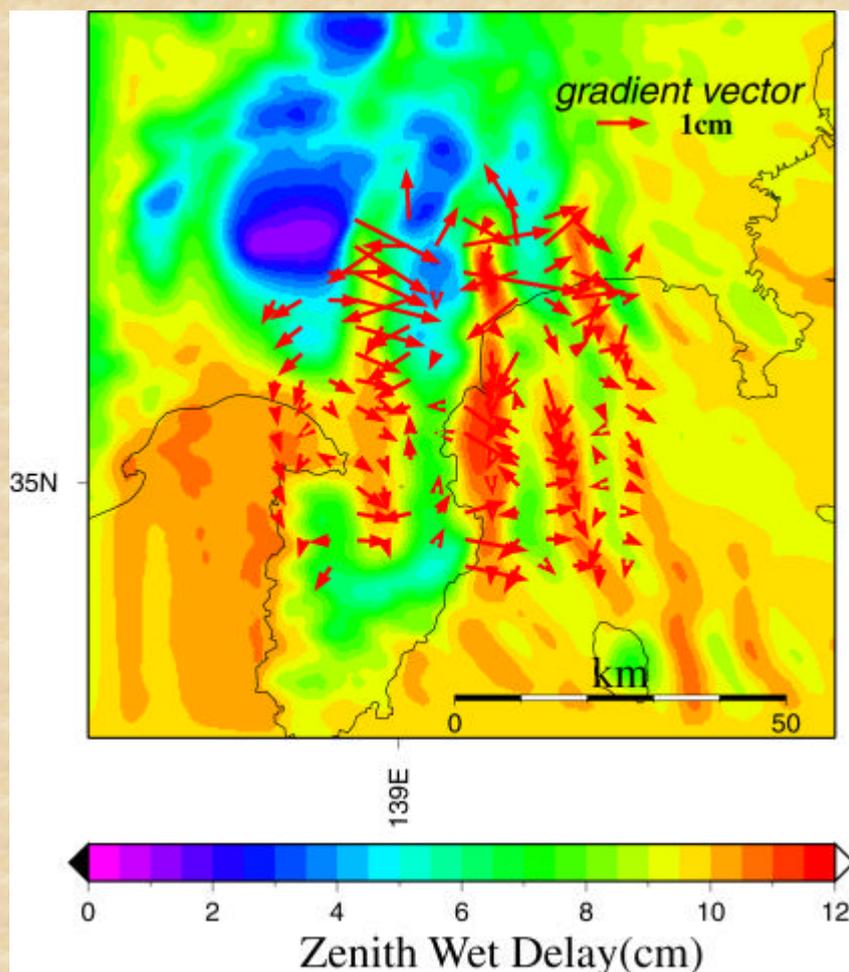


図2 非静力学モデルより計算した天頂遅延量の分布
(赤い矢印は図1と同じく推定した勾配ベクトル)

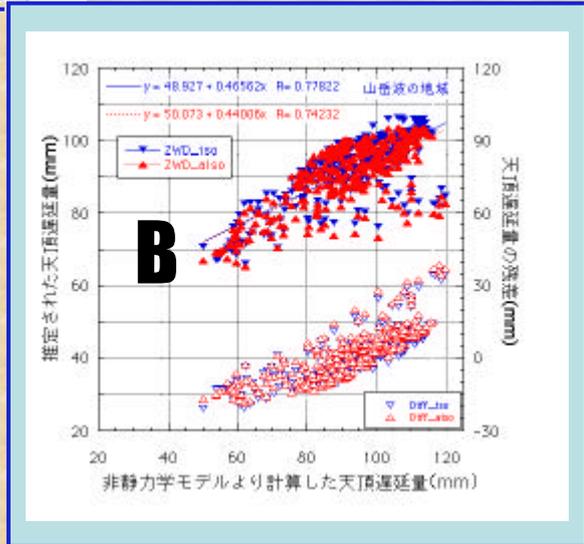
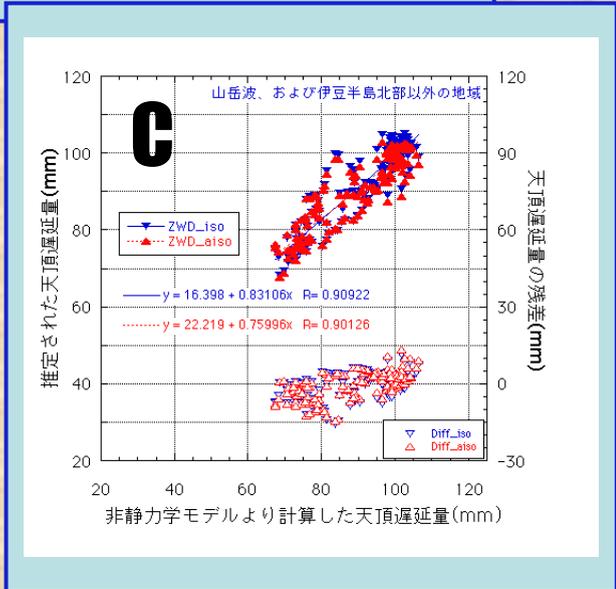
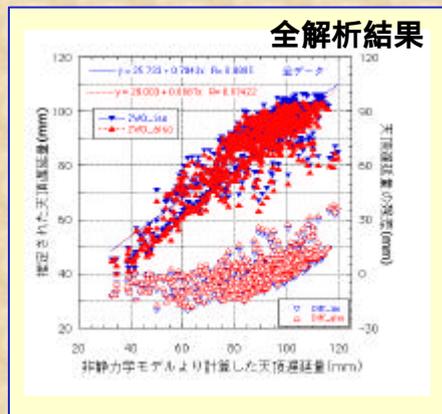
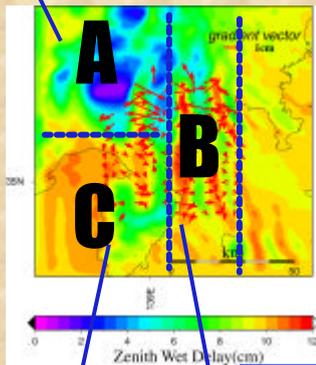
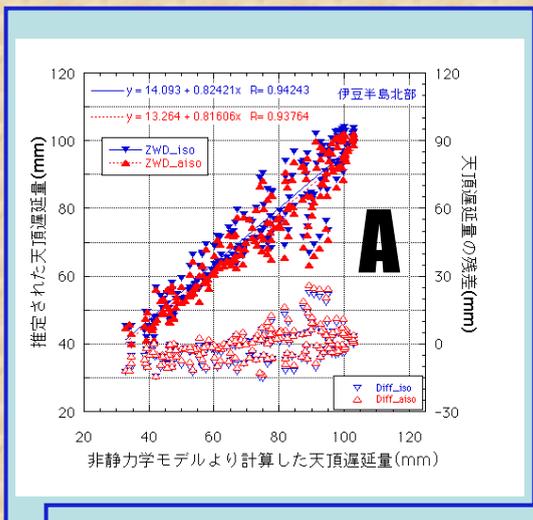


図3 図2のプロットに使用した同時刻の非静力学モデルより計算した天頂遅延量と、このモデルに波線追跡法を用いて計算したslant delayからマッピング関数を用いて推定した天頂遅延量との比較。下向き青三角のプロットが等方マッピング関数(Niellマッピング関数)の場合、及び上向き赤三角のプロットが異方性マッピング関数(Chen&Herring)を用いた場合である。ここでは、図2に示した領域をさらに3つ(A:伊豆半島北部、B:山岳波の影響が見られる領域、C:その他の領域)に分け、それぞれの領域についてのプロットを示した。各マッピング関数による天頂遅延量推定に問題ない場合は、これらのプロットの回帰曲線は1対1の直線になる。しかしながら、図中に示すように、特にB領域では、等方・異方のいずれのマッピング関数でも傾きが0.5以下(図中の回帰曲線近似式参照)であり、天頂遅延量の残差も最大40mmに達し、天頂遅延量推定に大きな誤差が生じている。一方、A領域では10例ほど残差の大きいケースがあるものの、回帰曲線の傾きは0.8以上であり、C領域は残差そのものが15mm以下にとどまる。

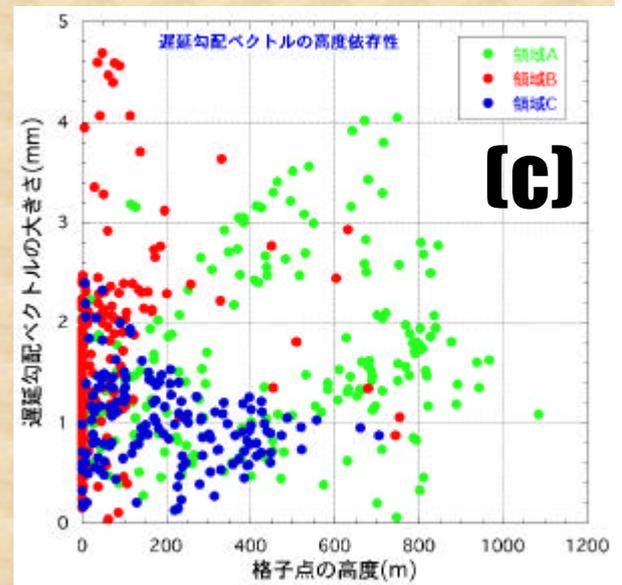
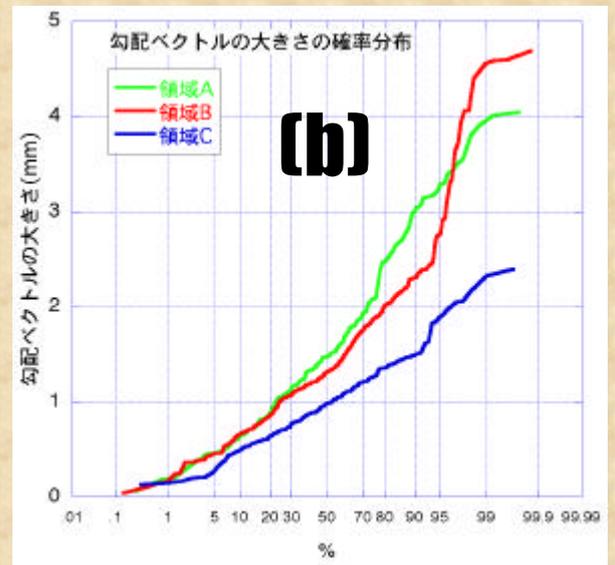
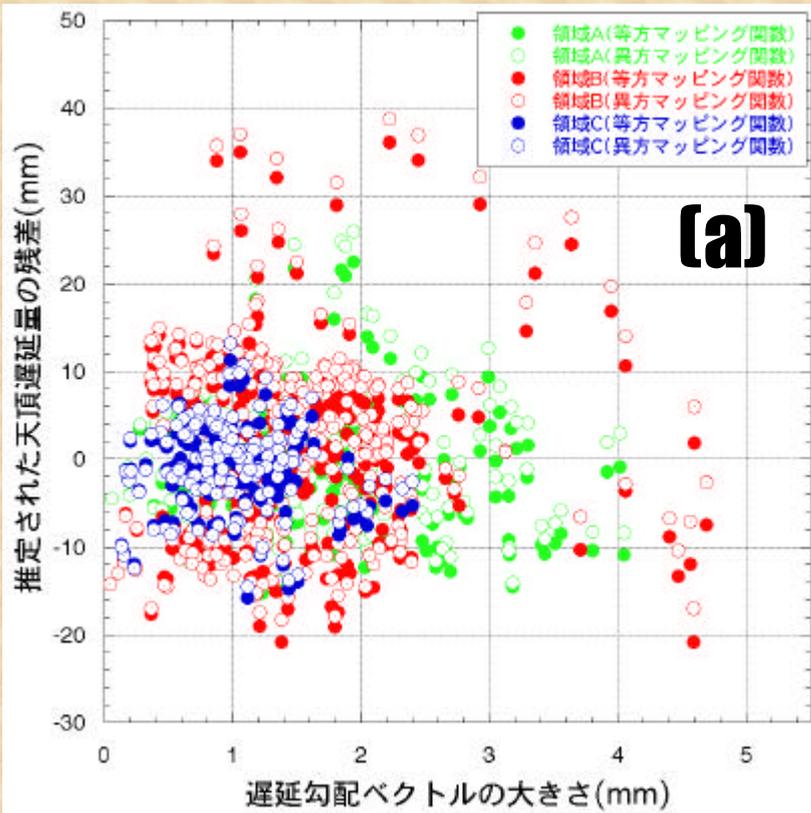


図4 遅延勾配ベクトルの評価

図4-(a)：遅延勾配ベクトルの大きさに対して、等方マッピング関数(Niellマッピング関数)、および等方マッピング関数と異方性マッピング関数[1]を組み合わせそれぞれ推定した天頂遅延量推定残差(非静力学モデルによる天頂遅延量と各マッピング関数による天頂遅延量との差)の相関をとった図。なお、図中の凡例に示した領域A,B,Cの別は図4と同じである。

図4-(b)：遅延勾配ベクトルの大きさの確率分布

図4-(c)：遅延勾配ベクトルの高度依存性

図4(a),(b)によれば、領域Aでは遅延勾配ベクトルの大きさが2mmを越える事例が領域全体の30%を占めるものの、天頂遅延量残差が10mmを越える事例は15%以下であった。一方、領域Bでは遅延勾配ベクトルの大きさが2mmを越えるような顕著な例の割合はA領域に比べて小さいものの、天頂遅延量残差が絶対値で10mmを越える例が領域全体の約1/3を占める。これらに対し、領域Cでは遅延勾配ベクトルの大きさが2mmを越える例は領域全体のうち5%に過ぎず、天頂遅延量残差も絶対値で10mmを越えるのは領域全体のうち6%である。さらに図4(c)によれば、領域Aでの勾配ベクトルの高度依存性が明瞭であり、水蒸気の水平変動に対して伊豆半島北部の地形の影響が顕著であることが示唆される。

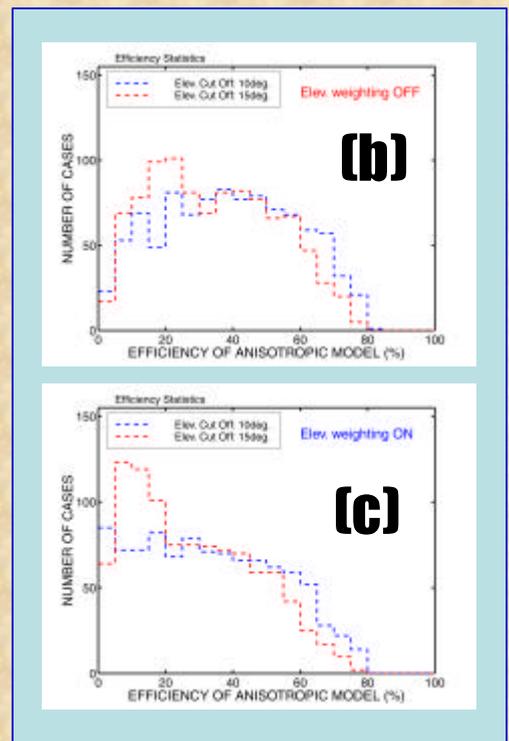
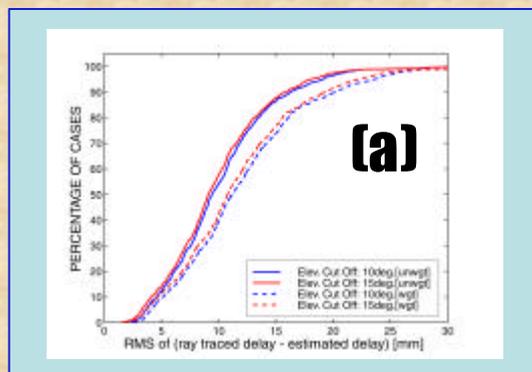


図5 非静力学モデルによる遅延勾配モデルの評価

図5(a)：slant delay残差の確率分布

図5(b),(c)：マッピング関数による遅延量の除去効率

$$\text{除去効率(Efficiency)} = 100 \times (\text{RMS}_{\text{iso}} - \text{RMS}_{\text{aiso}}) / \text{RMS}_{\text{iso}}$$

RMS_{iso} ：波線追跡法によるslant delay-等方性マッピング関数によるslant delay

RMS_{aiso} ：波線追跡法によるslant delay-異方性マッピング関数によるslant delay

低仰角での重み付け「なし(b)」の場合と「あり(c)」の場合についても比較結果を示した。