GNSS局の上下変動 1996-2016: 西南日本の速度プロファイル

Hokkaido University SPACE GEODESY

北海道大学 理学部地球惑星科学科 宇宙測地学研究室 4年 岩佐優太郎

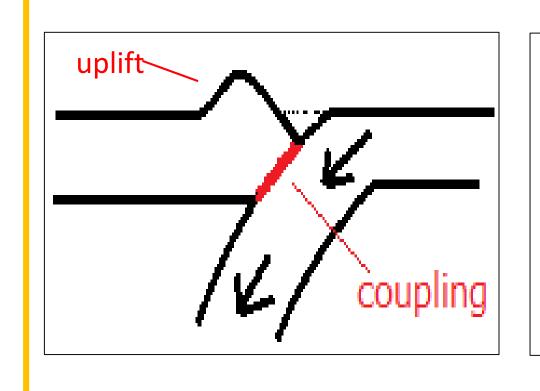
1. 概要

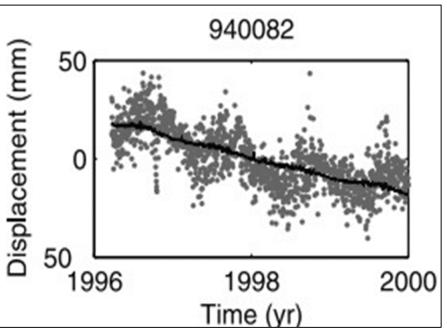
日本列島陸域の地殻変動に関しては、水平成分については多くの研究がされているが、上下成分に注目した研究は少ない。これはGNSS (Global Navigation Satellite System)による測位で は、水平成分に比べて上下成分のノイズが高く、かつ信号が弱い(信号対雑音比が低い)ことによる。しかし、GNSS連続観測網がスタートして20年を経過した今、上下成分はより精度を向 上させて解析できるようになった。代表的な先行研究であるAoki and Schultz (2003)では1996-1999の3年間のみのデータを扱っている。それと比較することによって、より長期間のデー タで上下成分を解析することの意義を見出す。具体的な対象として、本研究では西南日本のGNSS局の上下速度プロファイルについて考察し、得られた上下速度よりプレート間カップリング について数値的に扱った。また、2011年の東北沖地震の数年前からカップリングが徐々に弱くなったことが知られており、本研究では西南日本でもカップリングに時間変化があるか考察した。

2. 先行研究

Aoki, Y. and C. H. Scholz (2003), Vertical deformation of the Japanese islands, 1996-1999, J. Geophys. Res...

- ・水平成分がプレート本体の動きとプレート間カップリングの2つの影響を受けているのに対 して、上下成分はプレート間カップリングの成分のみを取り出すことが出来るというメリットが ある。 → 沈み込み帯のプレート間カップリングについて、上下速度プロファイルを理論計 算と比較することによりカップリングの強さと深さによる違いを議論できる。(fig.1)
- ■1996-1999年のデータを用いて上下変動について時系列解析を行った。(fig.2)
- ・南海トラフからの距離と上下速度を解析してモデルにフィットさせた。(fig.3)





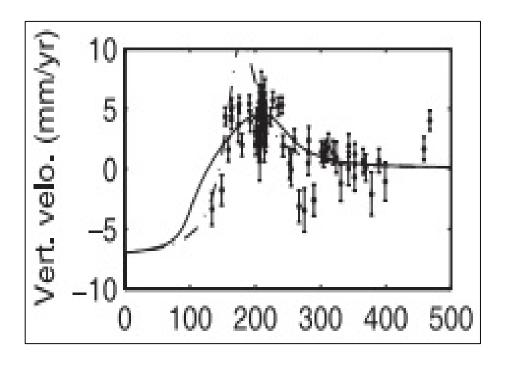


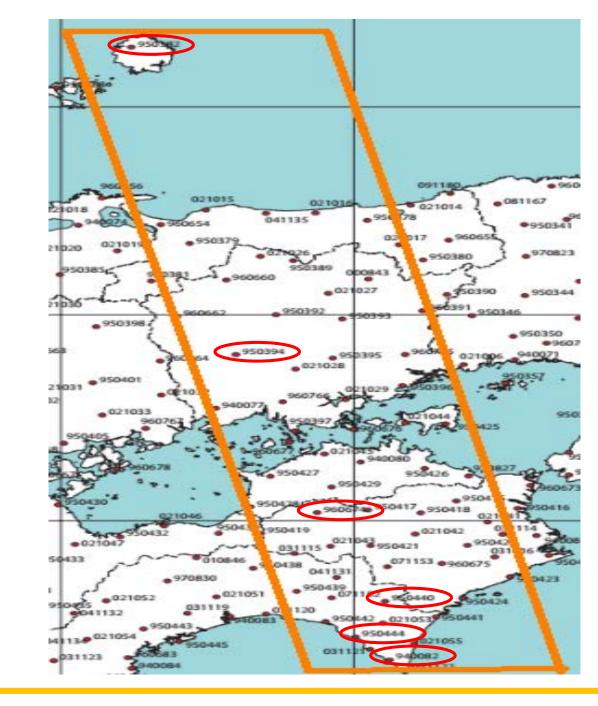
fig.1 沈み込み帯におけるプレート間カッ プリング(結合の強さ)と隆起の様子

fig.2 室戸岬における上下変動の時系列解析 (Aoki & Scholtz, 2003)

fig.3 南海トラフからの距離(km)と上下速度 (Aoki & Scholtz, 2003)

3.解析方法

- •GNSS連続観測システムであるGEONET (GNSS Earth Observation Network System) の上下 変動データ[1996-2016]を用いる。基準局は茨城県つくば市の中央局である。
- ・国土地理院から提供されるF3解(中川他,2009)を使い、アンテナ交換に伴うステップにつ いても国土地理院提供の補正値をそのまま適用する。
- ・断層すべりより地表変位を求めるプログラムdc3d.f(Okada,1992)を使いプレート間カップリ ングをモデル化する。



←研究対象とした領域

←fig.4 本研究でデータを用いた西南日本の地域。赤い楕円で 囲まれた局の解析結果を示す。

> ・上下変動(隆起)を求めるための式 Up = at + b + $c*cos(2\pi t)$

+d*sin($2\pi t$) $+e*cos(4\pi t)$

+f*sin(4 π t)

a-fの6個のパラメータを与える。aがトレンド、c とdの項が年周変化、eとgの項が半年周変化 で4つを合わせて季節変化となる。

•1996-2016年のデータを用いて解析すると右のような結果となる。(fig.5) fig.2(Aoki & Scholtz, 2003)と比べて個々のデータのばらつきが少なく、かつ長期データを使う ことで変化率の推定精度が向上している。ちなみに、途中でトレンドが変化している局では、 直線成分をいくつかの部分に区切ることで、フィットが良くなる(ここでは行わない)。(fig.6)

室戸岬から島根県隠岐の島までの電子基準局での上下変動を順に解析すると、沈降から 始まり徐々に隆起に変わり、徳島県北西部で隆起のピークがある。そこから隠岐の島へ向け てさらに北上すると上下変動はゼロに近づいてゆく。(fig.7)

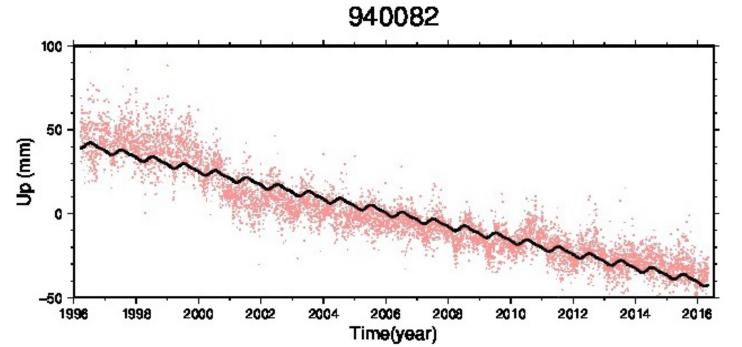


fig.5 室戸岬における上下変動の時系列解析[1996-2016] 季節変化 と直線変化を仮定。

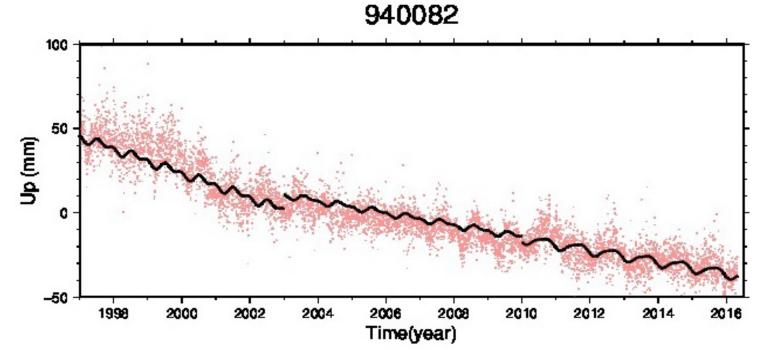
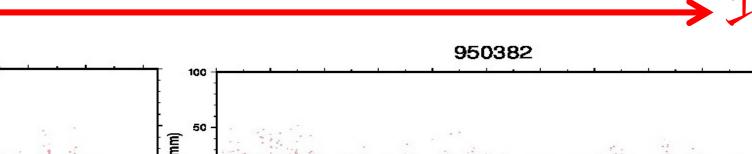
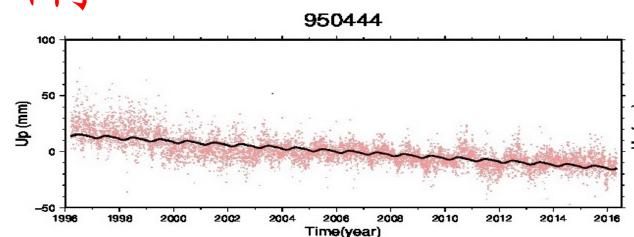
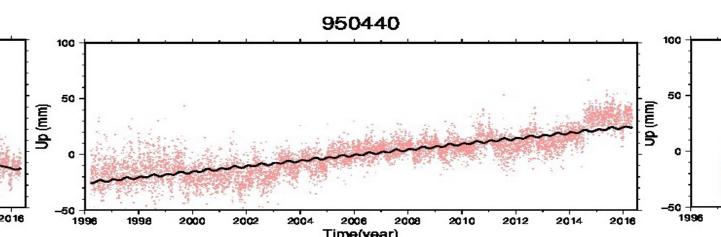
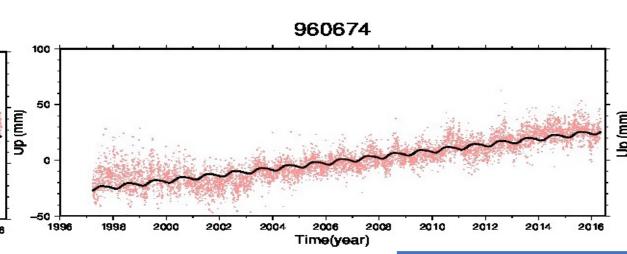


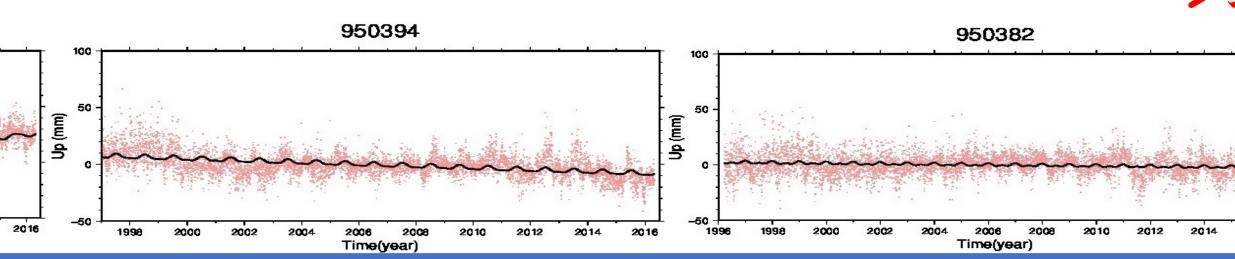
fig.6 フィットさせる直線を、2003年と2010年付近で前後に区切った









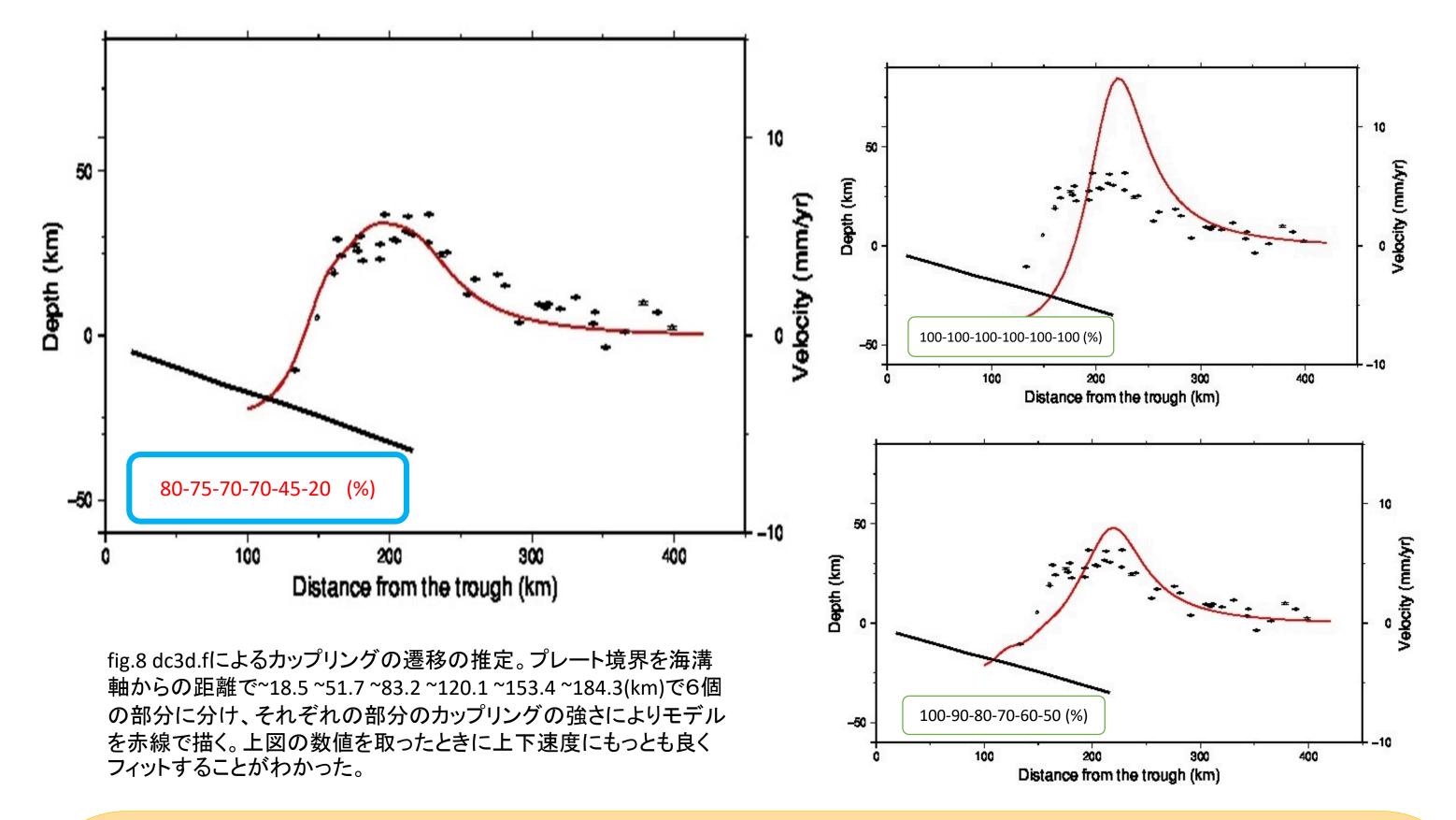


時のフィット例

こおいて赤い楕円で囲った局における上下変動の時系列。左から順に隠岐の島へ向けて北上していく。

-dc3d.fによるプレート間カップリングのモデル化

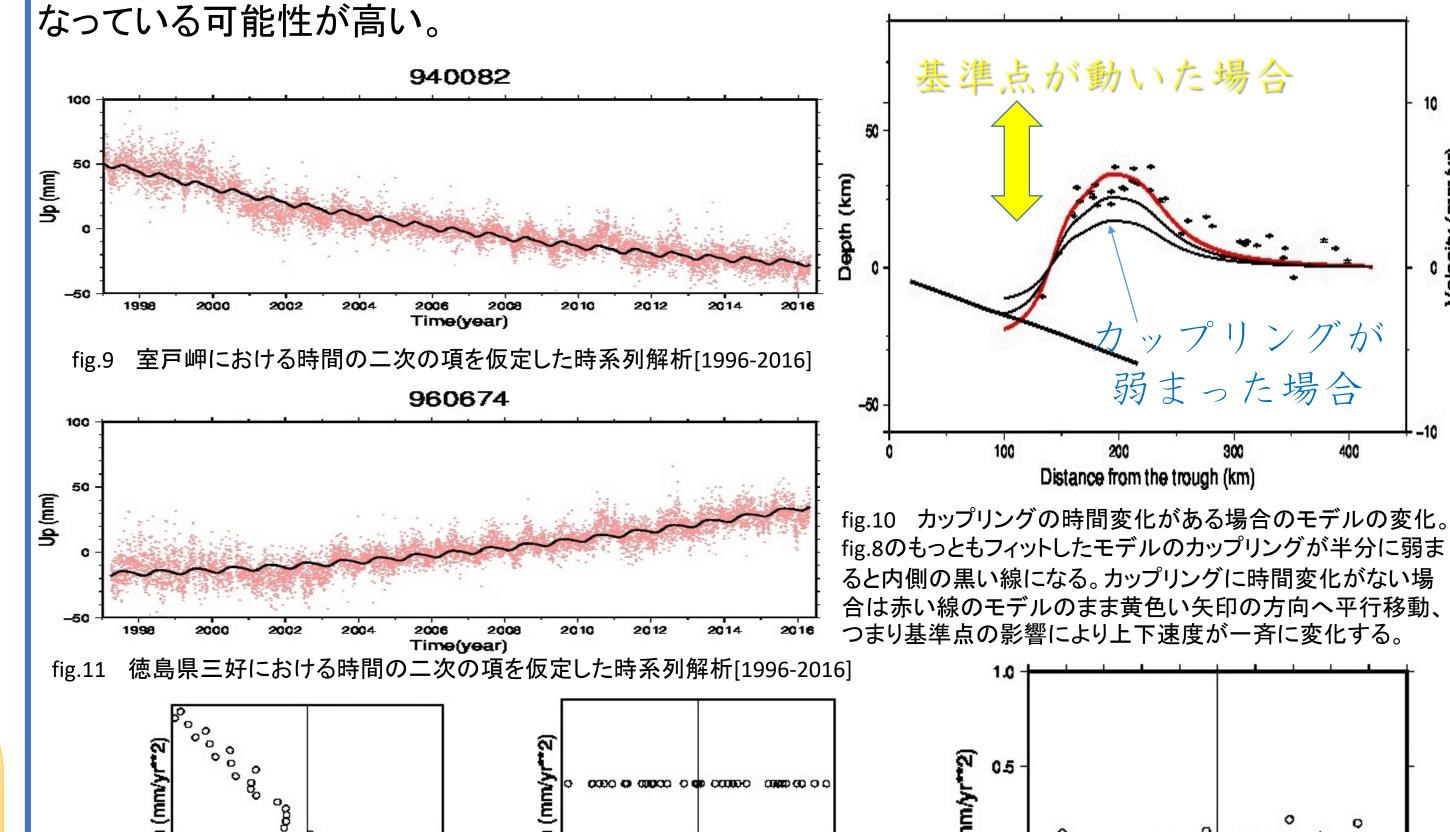
解析により得られた上下速度を南海トラフからの距離ごとにプロットすることで、fig.3と比べて 精度が向上していることがわかる。(fig.8) dc3d.fを用いる際に、プレート境界が完全カップリン グしている状態を100,していない状態を0(%)として、浅部から徐々に弱まると仮定し、その遷移 を推定した。また基準局(つくば)の上下変動を想定して全体の下駄ばきも推定している。



・最近20年間のGNSSデータを用い、西南日本の上下速度プロファイルよりカップリングを推 定したが、カップリングの時間変化について考察する。線形の変化を仮定したこれまでの解 析に時間の二次の項を入れると、室戸岬の沈降が鈍化する結果が得られた。(fig.9)

時間の二次の項は有意であり、これがカップリングの時間変化であるときプレート間カップ リングのモデルが変化する。(fig.10)しかし、これは基準点の動きの影響を受けているだけの 可能性もあり、どちらであるかを調べるために様々な上下速度を示す局で二次の項の大き さを比較した。(fig.11)隆起している局では上下速度が増加する結果となった。

・またトレンドと時間変化の関係を調べた。(fig.12) 本研究の結果では、トレンドによらずニ 次の項の大きさは時間変化がほぼ一定であった。よって、本研究で対象とした西南日本の 地域ではカップリングの時間変化がなく、基準点の動きの影響で時間の二次の項が有意と



6. まとめ

- GNSS局の上下速度の推定誤差が、3年間のデータを用いたAoki & Scholtz (2003) に対し、20年間のデータを用いた本研究では約1/20に小さくなった。
- ・南海トラフにおけるプレート間のカップリングモデルを改良し、浅い部分の強いカップ リングが深い部分で徐々に弱くなる様子を明らかにした。
- 時系列に時間の二次の項を仮定することでモデルへのフィットがよくなることを見出 した。
- -二次の時間変化がトレンドに関係なく一定であるため、原因はカップリングの時間変 化ではなく、基準点の上下動に時間の二次成分があるためである可能性が高い。

関がないため、中の図のケースだと考えられる。

Aoki, Y. and C. H. Scholz (2003): Vertical deformation of Japanese islands, 1996-1999, J. Geophys. Res., 108, B5, 2257, doi:10.1029/2002JB002129,2003

Okada, Y. (1992): Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1018-1040 中川他 (2009): GPS連続観測システム(GEONET)の新しい解析戦略(第4版)によるルーチン解析システムの構築について. 国土 地理院時報. 118. 1-8.

Trend (mm/yr)

fig.12 二つの場合でトレンドと二次の変化に見られる相関の比較。カップリングに時

間変化があると原点を通り傾きを持った直線となり(左)、基準点の影響である場合は

トレンドによらず加速度は一定となる(中)。 実際のデータ(右)は、トレンドと加速に相

Trend (mm/yr)