

ヨーロッパ南東部のひずみ速度場推定 Strain rate field estimation in southeastern Europe

○上田 拓・Anne Socquet・Marianne Métois・岡崎智久・西村卓也

○Taku UEDA, Anne SOCQUET, Marianne MÉTOIS, Tomohisa, OKAZAKI, Takuya NISHIMURA

Strain rate field estimation is important to understand crustal deformation and to investigate the usefulness of geodetic data for seismic hazard assessment. Here, we estimate the strain rate field in Southeastern Europe considering objectively optimized spatial smoothness and incorporating velocity uncertainties. We use GNSS velocity solutions combining ten previously published velocity fields with outlier removed. We apply the basis function expansion method to horizontal secular velocities to estimate strain rate fields. Spatial smoothness is objectively optimized using ABIC. Large extension is estimated in Italy and the Southern Balkans, while in Central and Eastern Europe, extension and compression perturbations of the order of tens of nanostrain/yr are estimated at scales of tens of kilometers. However, these perturbations become much smaller when we divide the target region and apply the strain rate estimation method to each. These results suggest spatial smoothness of strain rate field should be varied from place to place.

1. はじめに

地殻のひずみ速度場を推定することは地殻変動を理解するために重要である。近年、ひずみ速度から計算される測地モーメントと地震カタログから計算される地震モーメントを比較することで、地震ハザード評価における測地データの有用性が示されるようになってきている (e. g., Donniol et al., 2024; Nishimura, 2022)。

ヨーロッパはイタリアやバルカン半島南部のような変位速度が大きな領域と中東部のような変位速度が非常に小さな領域が隣接している。また観測点ごとの変位速度の推定誤差にも大きく異なる。

本研究では観測点ごとの変位速度の推定誤差とひずみ速度場が空間方向にある程度滑らかであることを考慮してヨーロッパ南東部におけるひずみ速度場を推定した。

2. データ・手法

Piña-Valdes et al. (2022)によって取りまとめられたヨーロッパ南東部における GNSS の速度解 (東西・南北) を使用した。周囲の観測点と比べて変位速度が大きく異なる観測点は外れ値として除去した。

Okazaki et al. (2021)で提案された基底関数展開を用いて速度場を推定し、空間微分することでひずみ速度場を計算した。基底関数は 3 次の B スプライン関数を用いて、基底関数の間隔は 15km

とした。本研究では誤差が変位速度の推定誤差に未知のスケールファクター σ を乗じたものであると仮定した。ひずみ速度場の空間方向の平滑化強度は ABIC を用いて最適化した。

本手法では平滑化強度が対象領域に対して 1 つに最適化されるが、変動量が大きく異なる領域が含まれる場合、ひずみ速度場の平滑化強度も領域によって異なる可能性がある。この可能性を検討するために、本研究では対象領域を複数の領域に分割して各領域に対して上記の手法を用いてひずみ速度場を推定した。領域を分割した場合とそうでない場合でどちらの結果がより尤もらしいかは 10 分割交差検証を行うことで評価した。

3. 結果・議論

領域全体に対してまとめてひずみ速度場を推定した場合 (図 1 左)、イタリアやバルカン半島南部において大きな伸張場が推定され、ヨーロッパ中東部において数十 km スケールで数十 nanostrain/yr 程度の伸張と収縮が擾乱する結果が得られた。領域を複数に分割して推定した場合 (図 1 右)、ヨーロッパ中東部において擾乱が非常に小さくなり、より滑らかなひずみ速度場が推定された。10 分割交差検証により、領域を複数に分割して推定した結果がより尤もらしいと評価された。本結果はひずみ速度場の平滑化強度が空間方向に大きく変化することを示し、空間変化を考慮

しない場合、ヨーロッパ中東部のような変動が小さな領域においてひずみ速度を過大評価し、イタリアやバルカン半島南東部のような変動が大きな領域において過小評価する可能性を示唆する。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP22KJ1770 と JP21H05200 の助成を受けたものです。これらの助成に加えてフランスでの在外研究を行うために日本地震学会より海外渡航旅費助成金をいただきました。記して感謝いたします。

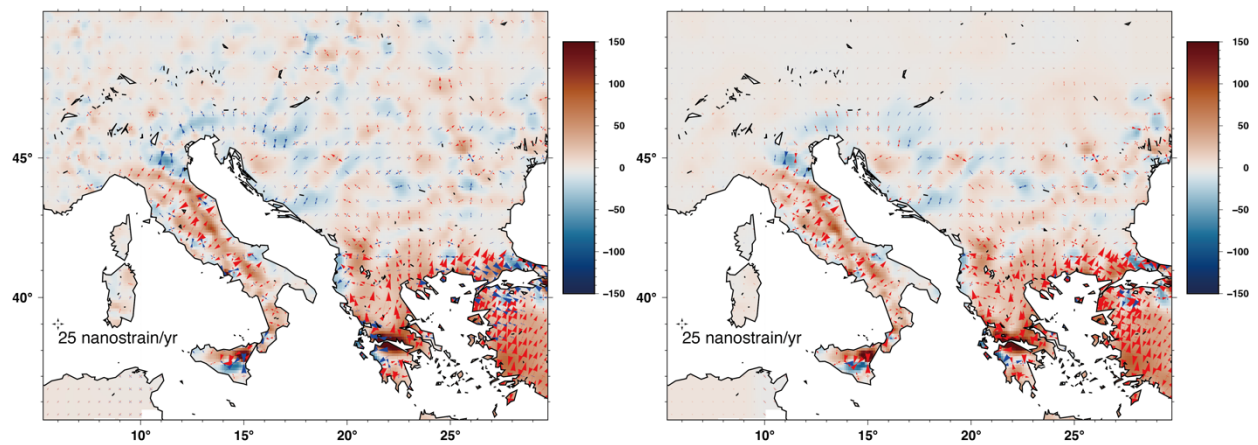


図 1：面積ひずみ速度 (nanostrain/yr) の空間分布。伸張を正、収縮を負とする。矢印は主ひずみ速度 (nanostrain/yr) を示す。(左) 領域全体まとめて推定した場合。(右) 領域を分割して推定した場合。