

GNSS 観測点密度は内陸活断層のすべり速度推定の不確かさにどの程度影響するか？  
How much does the density of GNSS stations affect the uncertainty for estimating the slip rate of inland active faults?

○平子豪・西村卓也

○Go HIRAKO, Takuya NISHIMURA

Traditional block fault models for interseismic deformation (e.g., Hashimoto, 2000) often struggle to accurately model small or complex fault geometries. To overcome these limitations, this study applies an inversion method proposed by Johnson et al. (2024), which utilizes surface strain rates derived from GNSS data, to estimate slip-deficit rates (i.e., fault locking) on inland active faults.

Our approach involves constructing Delaunay triangles using GNSS stations as vertices, utilizing the relative displacement velocities between these stations as input data rather than strain rates. The ultimate objective is to provide a comprehensive estimation of fault slip-deficit velocities across the Japanese archipelago by integrating data from both GEONET and SoftBank GNSS networks.

This presentation specifically focuses on evaluating how variations in observation station density influence the uncertainties of the estimated slip velocities. This analysis is crucial for refining earthquake potential assessments in regions with complex fault systems.

## 1. はじめに

内陸地震の発生ポテンシャル評価を行うのに不可欠な、断層のひずみの蓄積速度を推定する研究は、これまでブロック断層モデル (e.g., Hashimoto, 2000) などを用いて行われてきた。しかし、モデルには様々な限界があり、例えばブロックモデルでは領域を主要な断層に沿って分割するため、小さく複雑な形状を持つ断層を正確にモデル化できないという問題がある。最近、Johnson et al. (2024) は、GNSSデータから得られる断層の直上を除いた断層周辺の地表のひずみ速度から、断層のすべり欠損速度をインバージョンで推定する手法を提案した。この手法は、これまでのモデルでは捉えきれなかった、小さく複雑な形状を持つ複数の断層のすべり欠損速度を同時に推定できるという利点がある。

本研究では、この手法を参考にし、GNSS観測点を頂点にもつドロネー三角形を構築し、ドロネー三角形の辺で繋がれた2つの観測点の相対変位速度をデータとして、内陸活断層のすべり速度をインバージョンで推定することを試みる。将来的に、日本列島の活断層のすべり速度を推定するために、GEONETとSoftBankのGNSS観測点のデータを使用することを見据えて、今回の発表では、観測点密度

の違いが断層のすべり速度の推定にどの程度影響を与えるかを議論する。

## 2. データ・方法

本研究では、Styron (2019) の半無限弾性体中の三角形の形状を持つ断層に任意のすべり速度を与えた時の、地表面の変位を計算するプログラムを使用した。GEONET の観測点が約 20km 間隔、SoftBank の観測点が約 10km 間隔であることを踏まえて、まず三角形を複数組み合わせで表現した矩形断層に単位すべり速度を与えた時の地表面の変位速度の計算を行った。次に、図1のように、観測点でドロネー三角形を構築し、表面の変位の計算結果から、ドロネー三角形の辺で繋がれた2つの観測点の相対変位速度を計算した。最後に、相対変位速度に観測誤差を加えたものをデータとしてインバージョン計算を行い、断層のすべり速度を推定した。この工程を、誤差の大きさを様々に変化させて、2通りの観測点間隔で実施し、結果を比較した。断層の設定は、すべての場合について断層の上端が深さ 0km となるように、①逆断層、②横ずれ断層、③逆断層と横ずれ断層が隣接、の3つのケースで計算を行った。

逆断層に単位すべり速度を与えた時の x 方向の最大変位速度が約 0.06 であることから、観測誤差

は正規分布に従うとしてランダムに生成し、標準偏差を 0.001 から 10.0 までの 37 パターンで与えた。

### 3. 結果・考察

ここでは、実際の逆断層を想定した、傾斜角 45 度、長さ 30km、幅 $10\sqrt{2}$ km にすべり角 90 度の単位すべりを与えた場合の結果を示す。図 2 は、縦軸がインバージョン計算によって推定されたすべり速度、横軸が誤差の標準偏差の対数表示である。

傾斜方向と走向方向のすべり速度をそれぞれ推定し、この場合では傾斜方向のすべり速度の真値が 1.0（破線）である。赤線は観測点が 20km 間隔の場合、青線は 10km 間隔の場合の推定値である。グラフより、観測点間隔が小さい方が、誤差範囲が小さく、より真値に近いすべり速度が得られることが読み取れる。この結果は、観測点間隔が小さいほど、より正確なすべり速度が得られる可能性を示唆している。

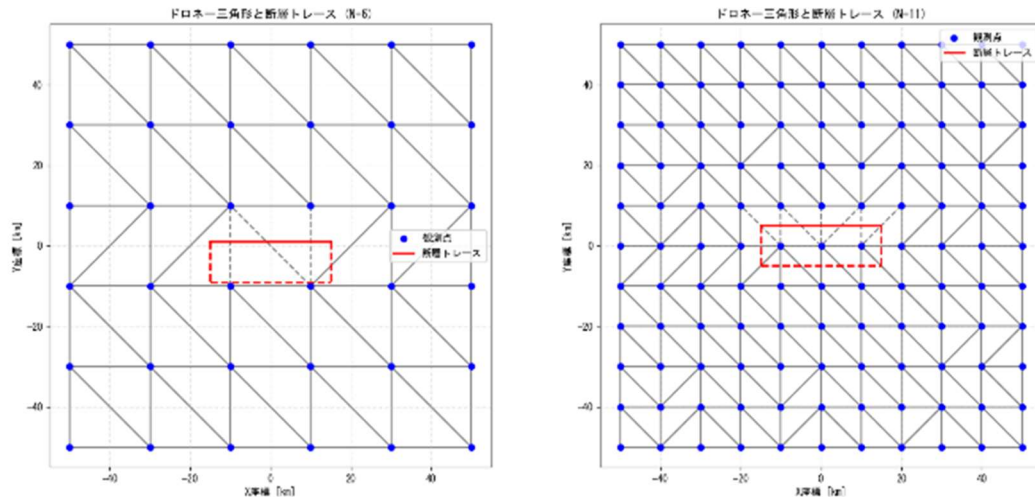


図 1 観測点と構築されたドローネ三角形および断層の位置関係

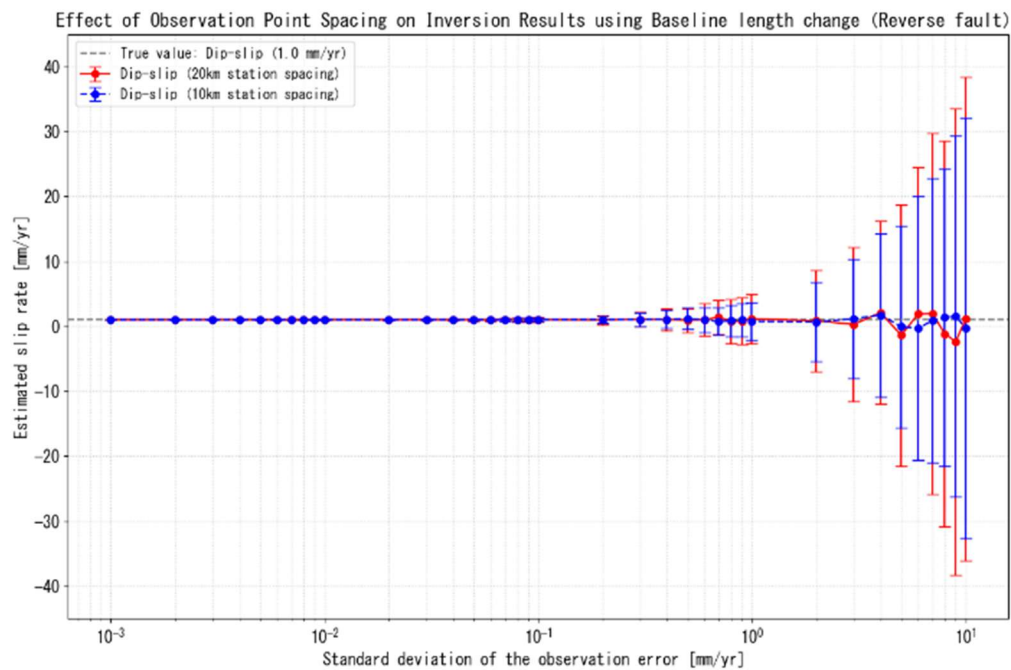


図 2 逆断層における観測点間隔の違いによるインバージョン結果の比較