

[T1-P-24] Three-Dimensional Deformation and Strain Analysis of Strike-slip Sandbox Fault Models Using X-ray CT Images and Digital Volume Correlation

Kazuo Mizoguchi², Ryuhei Sanjo², Keiichi Ueta², *takahiro iida¹ (1. CERES, 2. Central Research Institute of Electric Power Industry)

Keywords : X-ray CT image、Digital Volume Correlation、3D deformation、strain、strike-slip fault、sandbox fault experiment

砂箱を用いた断層模型実験は、断層の発達過程や変位地形の形成機構を理解するための有効な手法として広く用いられている（上田，2003；Dooley and Schreurs，2012）。近年では、デジタル画像相関法（Digital Image Correlation：DIC）により、模型表面の変位やひずみを定量評価する研究が進められている（Adam et al., 2005）。しかし、既往研究の多くは表面画像を対象とした二次元解析に限られており、模型内部で進行する三次元的な変形・ひずみの発達過程を定量的に評価した例は少ない。本研究では、既報（溝口ほか，2026）で示した横ずれ断層模型実験で取得したX線CT画像にデジタルボリューム相関法（Digital Volume Correlation：DVC；Bay et al., 1999；Buljac et al., 2018）を適用し、断層形成に伴う地盤内部の三次元変位・ひずみ場を定量化するとともに、砂箱模型実験へのDVC適用条件について検討した。実験には豊浦標準砂を用いた横ずれ断層模型を用い、地盤内部の画像コントラストを向上させるため、砂鉄を2 wt%混合した試料を作製した。底盤を最大50 mmまで段階的に横ずれ変位させ、各変位段階で医療用高精細X線CTにより三次元画像を取得した。取得したCT画像に対してDVC解析を実施し、地盤内部の変位場、最大せん断ひずみおよび体積ひずみ分布を算出した。また、変形を伴わないCT画像ペアを用いたゼロストレイン解析により見かけ誤差を評価するとともに、解析間隔の違いが累積誤差および誤検出に及ぼす影響を検討した。その結果、砂鉄を混合した地盤ではCT画像のテクスチャコントラストが向上し、砂のみの場合に比べて安定したDVC解析が可能となった。一方、砂鉄の添加による断層構造の形成過程への明瞭な影響は認められなかった。ゼロストレイン解析では、砂鉄混合部における見かけ変位は最大0.14 mm程度、見かけひずみは最大4.5 %程度であり、本実験条件における変位・ひずみの検出限界を明らかにした。また、解析間隔が短すぎる場合には各ステップの見かけ誤差が累積し、逆に長すぎる場合には画像相関の低下による局所的な誤検出が増加したことから、本研究条件では解析間隔2 mmが最も適切であると判断された。DVC解析により、横ずれ断層の発達初期に形成されるリーデル剪断群、続いて発達する低角度剪断群、さらにY-shear断層への変形集中といった一連の断層形成過程を、模型内部の三次元変位・ひずみ場として定量的に可視化することができた。特に、変形の局所化や変形帯の遷移過程を連続的に把握でき、従来のCT画像観察では定性的評価に留まっていた断層発達過程を定量的に評価できることを示した。以上より、X線CT画像とDVC解析を組み合わせることで、断層模型内部の三次元変形・ひずみ場を高精度に評価でき、断層形成・発達過程を定量的に解析する手法として有効であることが明らかとなった。

文献

Adam, J., et al., 2005, Shear localisation and strain distribution during tectonic faulting: New insights from granular-flow experiments and high-resolution optical image correlation techniques. *Journal of Structural Geology*, 27, 283–301.

Bay, B. K., et al., 1999, Digital volume correlation: Three-dimensional strain mapping using X-ray tomography. *Experimental Mechanics*, 39, 217–226.

Buljac, A., et al., 2018, Digital Volume Correlation: Review of Progress and Challenges. *Experimental Mechanics*, 58, 661–686.

Dooley, T. P. and Schreurs, G., 2012, Analogue modelling of intraplate strike-slip tectonics: A review and new experimental results. *Tectonophysics*, 574–575, 1–71.

溝口一生・他，2026，X線CT画像のデジタル画像相関法を用いた三次元変形・ひずみ解析の断層模型実験への適用性の検討．電力中央研究所報告，NR25003．

上田圭一，2003，横ずれ断層系の発達過程ならびに変位地形の形成過程―断層模型実験による検討―．電力中央研究所報告，U03021．