

断層変位によって形成されるプルアパート構造についての有限要素解析

(国研) 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 正会員 竿本 英貴

1. はじめに

2面の横ずれ断層で挟まれる領域では、しばしばプルアパート構造が確認され、国内のみならず国外においてもプルアパート構造についての事例研究がなされてきた。例えば、国内では長野県の諏訪盆地が古くからプルアパート盆地と考えられており、プルアパート構造を念頭においた上で、断層変位に関する調査研究が実施されている¹⁾。

先行研究のほとんどは、個別の事例を対象とした現地調査および数少ないシミュレーションケースに限られており、どのような断層面配置・広域応力場がプルアパート構造を形成しやすいのかという基礎的な検討がほとんどなされていない。この課題に対し、著者は715ケースにおよぶFEM解析を実施し、断層面間のオーバーラップが極端に大きい場合はプルアパート構造の特徴である沈降場が生じにくいこと、沈降量については断層面間のステップオーバー幅よりもオーバーラップ量の感度が高いこと等の知見を得ている。なお、このパラメトリックスタディー(3つのパラメータのグリッドサーチ)は715ケースに及んだが、沈降量を最大化するパラメータの組を高い精度で抽出するには至っていない(せいぜい2 km 刻み)。

この課題に対し、有限要素解析 (COMSOL Multiphysics[®] 上で実装) と最適化アルゴリズムを組み合わせ、プルアパート構造の特徴である沈降場を最大化させるパラメータの組等を高い精度で効率的に抽出した。

2. 問題設定と解析条件

プルアパート構造の基礎検討に関する問題設定を図-1に示す。地殻および断層面上の物性は図中に示すとおりである。モデルには2軸応力条件の初期応力が作用している($\sigma_1 = 30\text{MPa}$, $\sigma_2 = 10\text{MPa}$, σ_1 の作用方位を θ)。また、断層長20km、断層幅15kmの矩形断面が2面、x方向に5kmの距離を隔てて配置しており、断層面の傾斜角はそれぞれ dip_1 ($x = -2.5\text{km}$ に配置した断層について)、 dip_2 ($x = 2.5\text{km}$ に配置した断層について)とする。y方向の断層面間隔を disy とする。ここでは、 θ , dip_1 , dip_2 , disy の4つのパラメータを多目的最適化アルゴリズムNSGA-II²⁾によって最適化する。各パラメータの取りうる範囲は以下のとおり。 $15^\circ \leq \theta \leq 75^\circ$, $80^\circ \leq \text{dip}_1 \leq 100^\circ$, $80^\circ \leq \text{dip}_2 \leq 100^\circ$, $15\text{km} \leq \text{disy} \leq 25\text{km}$ 。

目的関数は2つ設定し、(1)モデル中央部地表における沈降量の最大化、(2)断層面上の横ずれ成分最大化とした。この理由は、プルアパート構造は地表が沈降場となるのが特徴であることと、沈降は横ずれによって形

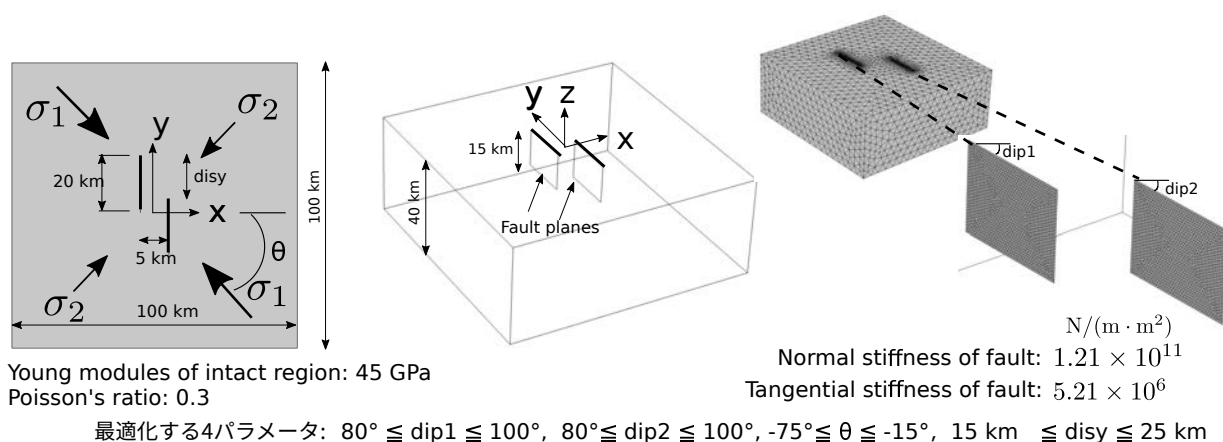


図-1 プルアパート構造の基礎検討のための問題設定と解析条件

キーワード: 活断層, 断層変位, プルアパート, 有限要素法, 最適化

連絡先: 〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7 Tel 029-849-1075

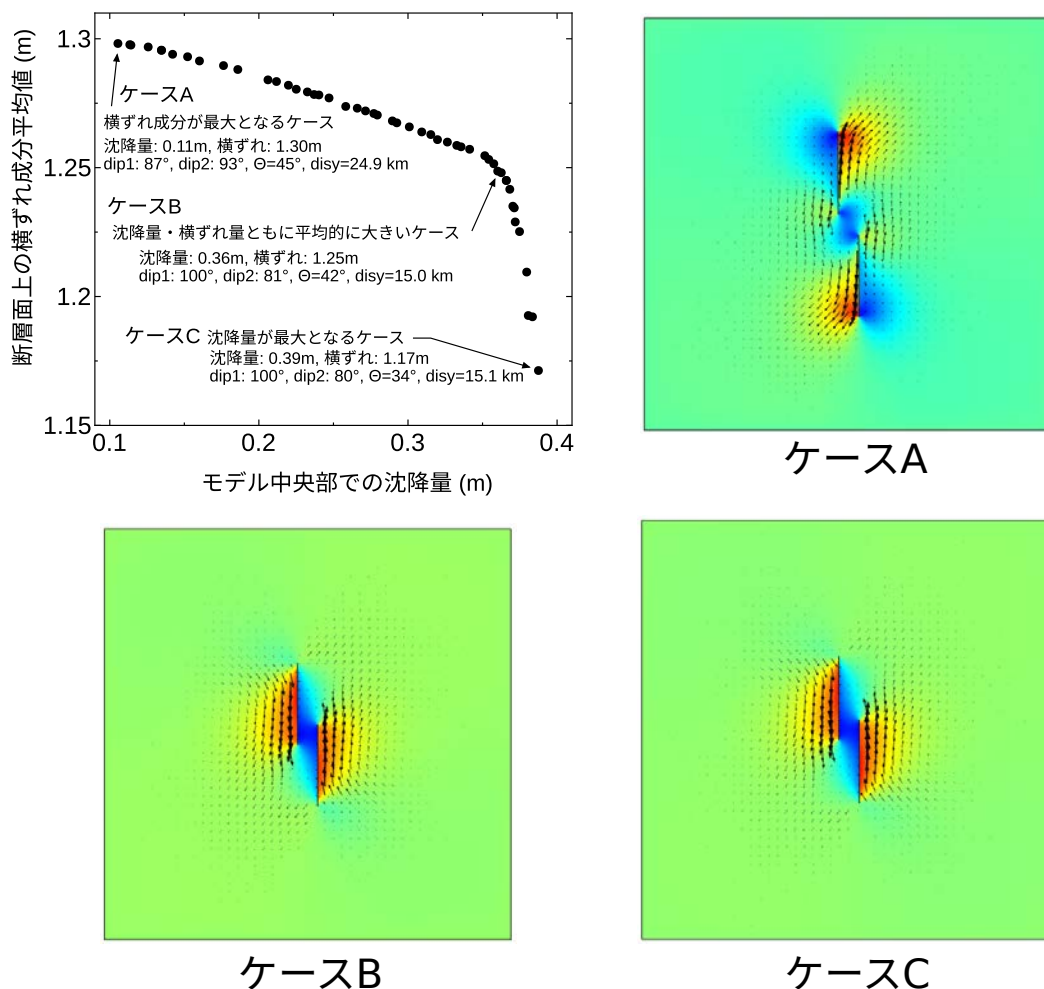


図-2 NSGA-II から得られたパレートフロントとパレート解の例 (青は沈降を，赤は隆起を表す)

成されると考えられていることに依る．NSGA-II で設定した個体数および計算世代数は，それぞれ 50 とした．結果，2500 回のシミュレーションを実施することになる．

3. 結果

図-2(左上) は，NSGA-II から求まる最適化結果 (第 50 世代の 50 個体，横軸:モデル中央の沈降量，縦軸:断層面の横ずれ成分平均値) を示している．図中のケース A は，横ずれが最大化となるケースを，ケース C は沈降量が最大となるケースを，ケース B は両者が相対的に大きくなるケースをそれぞれ示している．ケース B とケース C は地表変位の形態がほぼ同じであるが，これらのケースでは断層面上で縦ずれ成分が卓越している．言い換えれば，2 面の逆断層の食い違いを利用して大きな沈降を生成していると言える．一方，ケース A では断層面上の横ずれ成分が卓越する．このケースでは傾斜角を 90° からわずかに変化させることになる．

4. まとめ

NSGA-II と FEM を組み合わせて，プリアパート構造の沈降量が最大化されるケースと，断層面上の横ずれ成分が卓越するケースの両ケースを系統的に調べた．一般に，プリアパート構造を作る断層面の傾斜角は高角であると想定されているが，傾斜角が $90^\circ \pm 10^\circ$ の範囲内においても，広域応力場や断層面間距離に応じて地表での変位様式が大きく異なることが示唆された．

謝辞：本研究は，文部科学省 科学技術基礎調査等委託事業「活断層帯から生じる連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究 (課題 A)」の一部として実施しました．ここに記して謝意を表します．

参考文献

- 1) 藤森孝俊: 活断層からみたプリアパートベイズンとしての諏訪盆地の形成, 地理学評論 Series A, 64(10), pp.665-696, 1991.
- 2) Deb et al.: A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol.6, No.2, pp.182-197,2002.