

Evaluation of ground motion by kinematic source model considering dynamic rupture process of branch fault for 1896 Rikuu earthquake

*Shuji KUMAGAI¹, Hiroaki MATSUKAWA², Yuta MITSUHASHI², Yusuke SAIJO²

1. Tohoku Electric Power Co.,Inc., 2. Kozo Keikaku Engineering Inc.

1896年陸羽地震では、東傾斜の主断層とそれに共役な西傾斜の分岐断層（川舟断層）で地表地震断層が認められた（松田・他、1980）(1)。この様に分岐断層が認められる場合、主断層と分岐断層が同時に活動した際の地震動評価は、特に分岐断層近傍を含めた領域の地震動予測を行う上で重要である。しかし、主断層と分岐断層を併せた特性化震源モデルの作成、及び特性化震源モデルを用いた地震動評価はこれまでにあまり行われておらず、モデル化に関する知見も十分に得られていない。

分岐断層のモデル化に必要な情報を得る事を目的とした研究例である熊谷・他(2020) (2)では、主断層と分岐断層を含めた断層運動の評価を動力学的アプローチにより行っている。具体的には、陸羽地震を対象に地表地震断層の変位量（松田・他、1980）を評価できるような2次元FEM解析により動力学モデルを構築し、主断層と分岐断層から放出されるエネルギーの比率や両断層の破壊伝播速度の違い等を評価している。

本研究では、特性化震源モデルの作成で従来行われてきた地震調査研究推進本部による、震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）に基づく手順により作成された特性化震源モデルに、熊谷・他(2020)の動力学的なアプローチによる断層運動の評価結果を加味した運動学的な震源モデルを作成し地震動評価を行うことで、分岐断層のモデル化に資する知見を得ることを試みた。また、住家の全潰率・半潰率に基づき推定された地震動強さ（武村・他、2010、神田・武村、2011）(3), (4)との比較も行った。

まず、「レシピ」を参考に、主断層と分岐断層を対象にスケーリングモデルの考え方に則って、主断層及び分岐断層の運動学的な特性化震源モデル（図1、図2）を作成した。次に、熊谷・他(2020)を参考に、2次元FEM解析結果より得られた分岐断層の破壊過程に関する知見を、運動学的な特性化震源モデルに加味した震源モデルを別途作成した。震源モデルに加味した知見は、具体的には以下の2点である。①分岐断層の破壊伝播速度は主断層よりも遅い ②主断層の破壊が断層上端に到達した後に分岐断層の破壊が開始する。

続いて、「レシピ」に基づいて作成した特性化震源モデルと、2次元FEM解析結果の知見を加味して作成したモデルを用いて、統計的グリーン関数法による面的な地震動評価を行い、武村・他(2010)、神田・武村(2011)の震度分布より概算した陸羽地震時の工学的基盤上のPGV分布と比較を行った（図3、図4）。その結果、分岐断層周辺に着目すると、「レシピ」に基づいた特性化震源モデルによる地震動評価結果（図3）は過大評価となったが、2次元FEM解析結果の知見を加味した震源モデルによる地震動評価結果（図4）は分岐断層の破壊伝播速度を遅くさせた影響により地震動強さが小さくなり、PGV分布に近づく傾向となった。なお、主断層近傍では地震動強さに対する分岐断層の寄与は限定的であり、主断層由来の地震動が支配的であった。

本検討では2次元FEM解析結果から得られた分岐断層の破壊過程のうち、破壊伝播速度や破壊開始時刻に着目して運動学的な分岐断層の震源モデルの与条件としたが、分岐断層のモデル化に関する課題として、例えばより詳細な動力学的アプローチを実施し、その解析結果を運動学的な震源モデルの与条件とすることが挙げられる。一方、断層モデル全体の説明性向上に関する課題として、主断層に起因する地震動の再現性向上も必要である。そのために、例えば主断層のアスペリティの配置等の運動学的な特性化震源モデルの検討が挙げられる。また、本検討で用いた住家の全潰率・半潰率に基づき推定された地震動強さ（PGV）は情報として幅を含み、地震動評価結果との比較の際には留意が必要と考えられるため、地震動評価の妥当性確認方法の検討も課題である。

参考文献：(1)松田時彦・山崎晴雄・中田高・今泉俊文：1896年陸羽地震の地震断層，地震研究所彙報，55，1980.，(2)熊谷周治・広谷浄・三橋祐太・西條裕介：1896年陸羽地震の分岐断層から生じた地震動の評価（動力学的破壊シミュレーションによる予備的検討），JpGU-AGU Joint Meeting 2020，SSS15-P20，2020.，(3)武村雅之・高橋裕幸・津村建四郎：1914（大正3）年秋田仙北地震の被害データと震度分布，歴史地震，25，pp.1-27，2010.，(4)神田克久・武村雅之：震度データによる1914年秋田仙北地震の短周期地震波発

生域と地震規模の推定および1896年陸羽地震との比較, 地震, 第2輯, Vol63, pp.207-221, 2011.

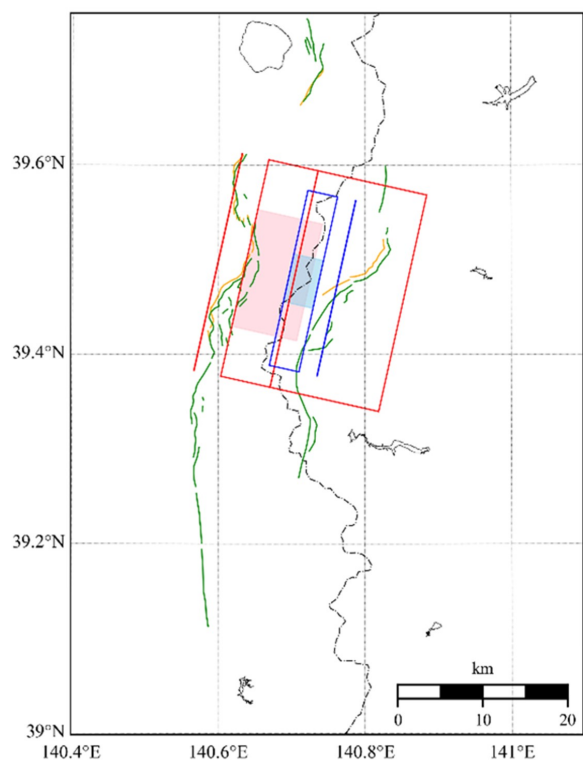


図1 統計的グリーン関数法による地震動評価に用いた断層モデルの配置
赤線は主断層、ピンク色の領域は主断層のアスペリティ、青線は分岐断層を、水色の領域は分岐断層のアスペリティ

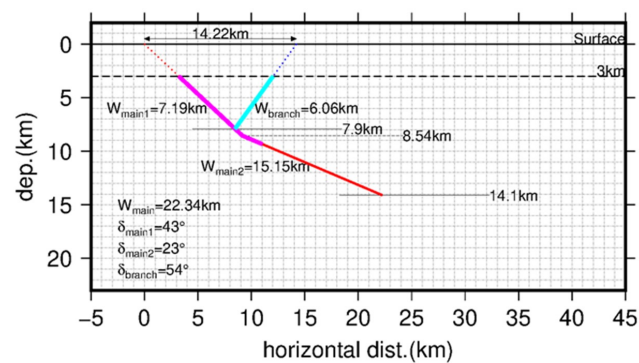


図2 統計的グリーン関数法による地震動評価に用いた断層モデル断面図
赤線は主断層、ピンク色は主断層のアスペリティ、青線は分岐断層を、水色は分岐断層のアスペリティ

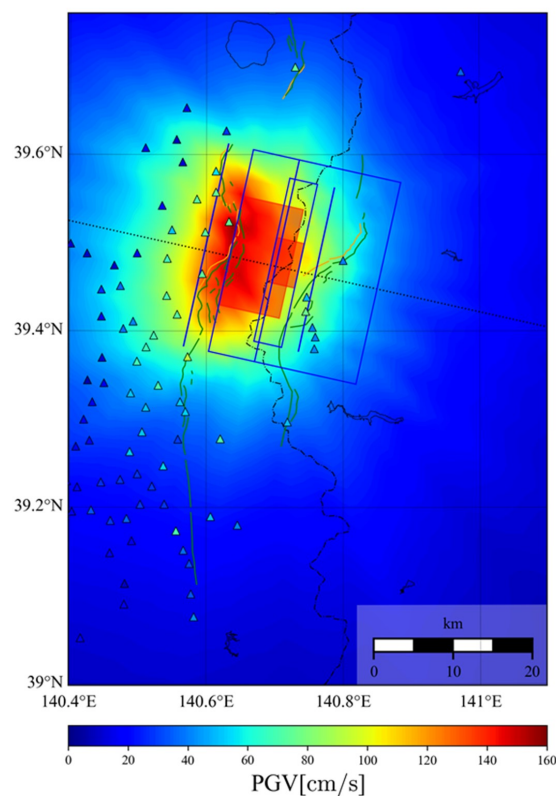


図3 FEM 解析結果を加味しない特性化震源モデルによるPGVの面的分布図

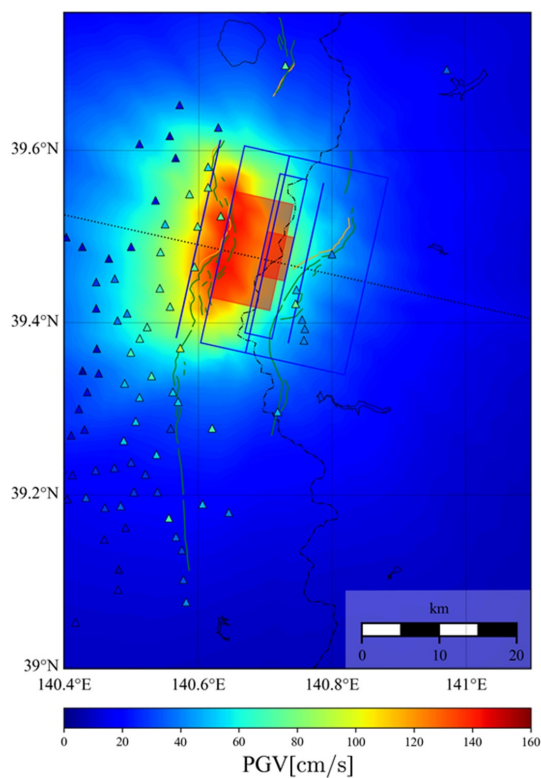


図4 FEM 解析結果（分岐断層の破壊伝播速度）を加味した特性化震源モデルによるPGVの面的分布図