

プレート形状を反映させたモデルによる固着・滑りのシミュレーション

東北工業大学 正会員 ○ 秋田 宏、小出 英夫 非会員 沢田 康次
フェロー会員 神山 眞 正会員 千葉 則行

1. まえがき

一部には「地震予知は不可能」との見解もあるが、著者らのうち神山らは、3年前の東北地方太平洋沖地震の際、GPS データに基づく地殻変動の解析により、3日前から前兆と見られる変化が現れていたことを報告している。もし、数日から数時間の範囲で直前予知ができれば、地震に対する対策や心構えを十分に施すことができ、その社会的な利益は計り知れない。著者らは、プレート間の滑りによる大地震を対象として、プレスリップなどの前兆現象が現れるか否かを、有限要素モデルによる解析で明らかにすることを試みた。既往の研究では、プレート自体の変形、プレートの現実的な形状、自重の影響を考慮した相互作用の解析が見られなかったことに着目したものである。

2. 解析概要

図1が採用した有限要素モデルで、北米プレートと太平洋プレート的一部分を東西方向の断面から見た2次元解析とし、節点数737、要素数655である。両プレートの形状と寸法はこれまでに得られている知識に基づいており、節点1が奥羽山脈に、節点11が志津川（南三陸町）に、節点286が日本海溝に対応している。ただし、材質は全体を花崗岩（密度 2.65g/cm^3 、ヤング係数 $5.2 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比 0.25）とみなして単純化した。両プレートの境界面にはそれぞれに対応する節点を設け、プレート間の相互作用を節点どうしの相互作用として扱っている。つまり、固着している場合は対応する節点は同一変位を取るとし、滑る場合は境界面に垂直方向のみ同一で接線方向は自由とし、再固着した場合はそれまでの変位差を保つとした。固着するか滑るかの差は、境界面に垂直な力に対する接線方向の力の比が最大静止摩擦係数を越えるか否かで判定し、比較のため摩擦係数3種類（0.6、1.3、2.0）を採用した。太平洋プレートを円弧とみなし、境界面で年間8cmに相当する変位量を図1の強制変位支点51点で与え、両プレートの自重も考慮している。なお、比較のため太平洋プレートを水平な長方形とし、北米プレートを三角形としたものと長方形としたものの計3種類を解析の対象とした。2年間にわたる変動を計算したが、運動方程式を解く時刻暦応答解析ではなく、個々の時刻における静的釣り合いを6時間間隔で求めたものである。

3. 固着・滑り

図2が図1のモデルによる境界面（北米プレートでは節点258～286）における固着・滑りの時系列変化で、摩擦係数0.6の場合に関し60日分を示している。赤丸が、その時刻で滑った節点である。一見して日本海溝側（節点286側）の節点が数でも回数でも圧倒的に多く滑っていることがわかる。これは日本海溝側ほど北米プレートが薄くなり、自重による境界面への垂直力が小さくなることで説明

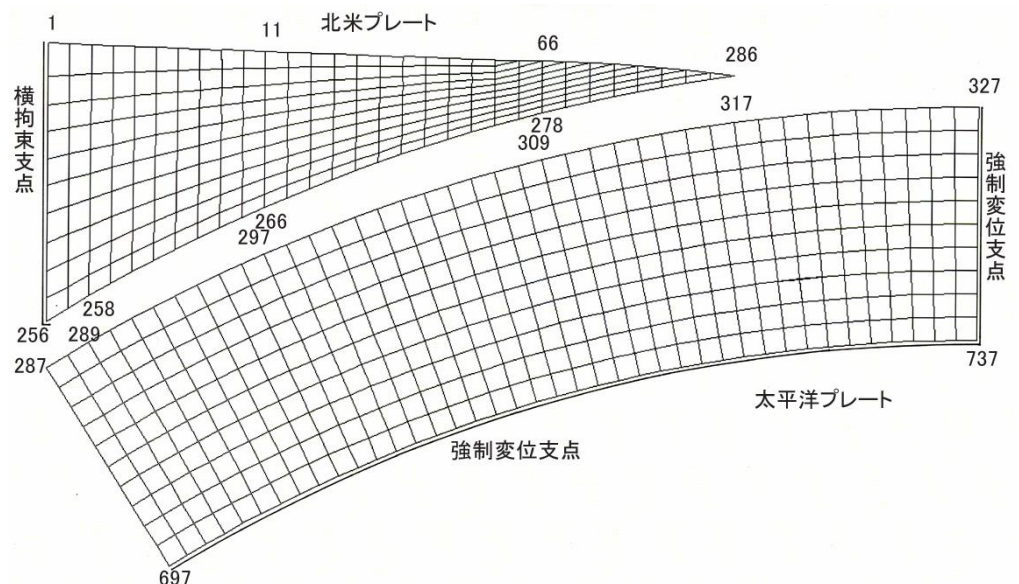


図1 有限要素モデル

できる。興味深いのは、節点265付近で滑り始め順次隣接節点に滑りが伝播する傾向が見られること、散発的にある範囲で数日にわたる滑りが認められ、その中では全節点が同時に滑るのではなく、多くはひとつ置きに節点どうしが交互に固着・滑りを繰り返していることである。

図3は同様の固着・滑りを三角形・長方形モデルについて示したものである。およその傾向は図2と同様であるが、滑る回数、節点数ともに多く、節点258側から滑るのが大部分である。

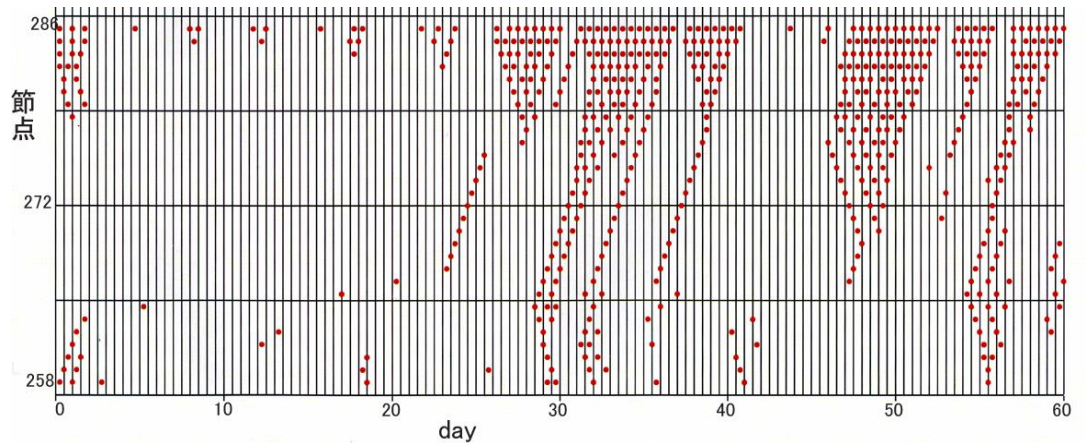


図2 プレート境界面の固着・滑り（図1モデル）

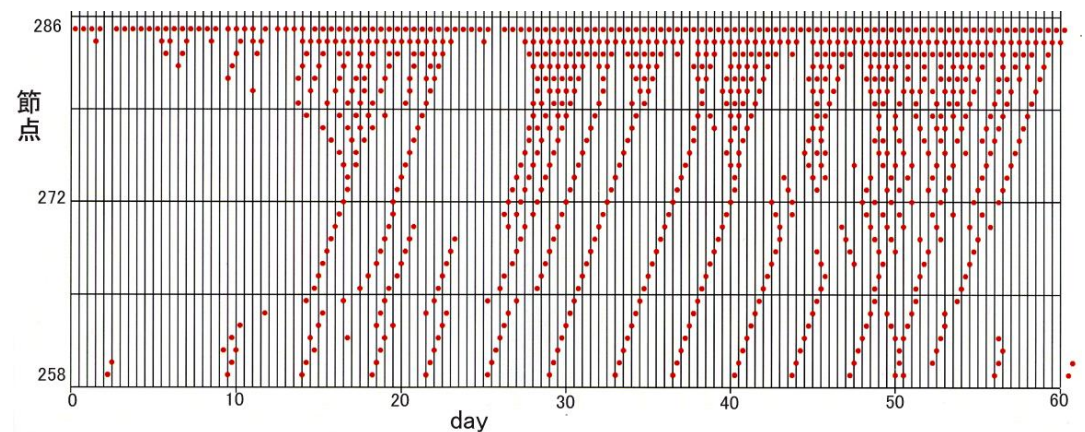


図3 プレート境界面の固着・滑り（三角形・長方形モデル）

3. 境界と地表の変位

図4は4点における変位（水平U、鉛直V）の経時変化で、摩擦係数2.0の場合である。北米プレートの各点が時間の経過とともにマイナス方向（西方）に引きずられ、滑って戻る状況が見られる。興味深いのは625日頃の水平変位で、志津川（U11）と3011地震の震央付近（U278）の変動比率が3倍程度になっていることである。地表の弱い地層の影響が考慮されていないので、不適当な結果ではないと思われる。

4. あとがき

プレートどうしの固着・滑りのシミュレーションで、プレート自体の変形、プレートの現実的な形状、重力の影響を反映させることにより、いくつかの新しい知見が得られた。現段階では、境界面全体に同一の摩擦係数を与えており、アスペリティモデルやバリアモデルを採用していない。今後それらを導入することにより、現実の地震に近いシミュレーションが可能となり、地震の直前予知に有用な知見が得られるものと考えられる。なお、本研究は平成25年度日本学術振興会科学研究費助成（課題番号25630197）のもとに行われたものであることを付記する。

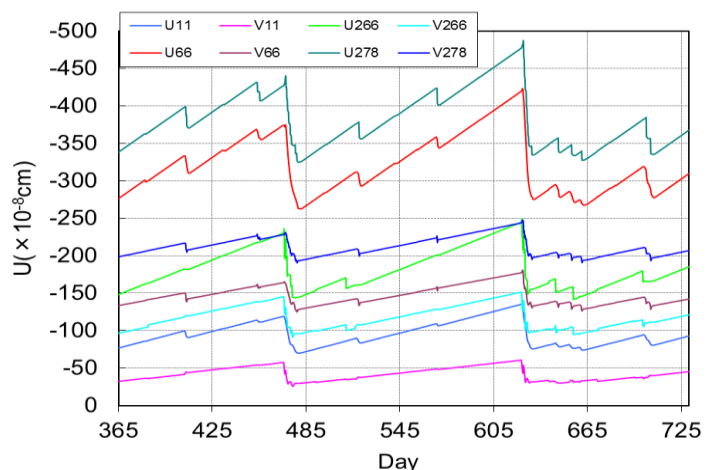


図4 変位の経時変化

参考文献

M. Kamiyama, M. Sugito & M. Kuse : Precursor of crustal movements before the 2011 great east Japan earthquake, Proc. Int. Sympo. Engineering Lessons Learned from 2011 G. E. J. E., March 2012, pp.226-237.