

プレート間滑りの地震発生シミュレーションにおける境界条件等の意外性

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

1. まえがき

大陸プレートと海洋プレートとの滑りによる地震発生シミュレーションを2次元の有限要素モデルにより実行した。主要な着眼点は海洋プレートが剛体ではなく弾性体であること、両プレートが相互作用し相互に変形することであり、形状は長方形とし境界面には一様一定な摩擦係数を用いた。一連の解析から、海洋プレートが剛体か弾性体かの違いや海洋プレートの移動条件により、両プレートの滑り性状が大きく異なることが明らかになり文献1)に詳しく報告した。ここではシミュレーションで得られた結果のうち意外性のある項目を取り上げる。

2. 海洋プレートが剛体の場合の分割モデル

両プレートを弾性体とした解析では、たとえばヤング係数を 10^8 倍にして海洋プレートが剛体の場合に適用できる。その場合の分割モデルは両プレートが弾性体の場合の図1ではなく図2のようになるのである。なぜならば、図1と同じでは海洋プレートが剛体であるから自重をかけても変形せず、大陸プレートも水平に支えられた状態での変形となるからである。そこで、大陸プレートが変形前の、海洋プレートが変形後の状態を初期座標とする。この状態で自重をかけると、大陸プレートは変形して境界面が海洋プレートに密着し、海洋プレートもさらに変形するが、その変形量が 10^8 分の1であるため無視することができ、結果として両プレートが弾性体の場合と同様になるのである。

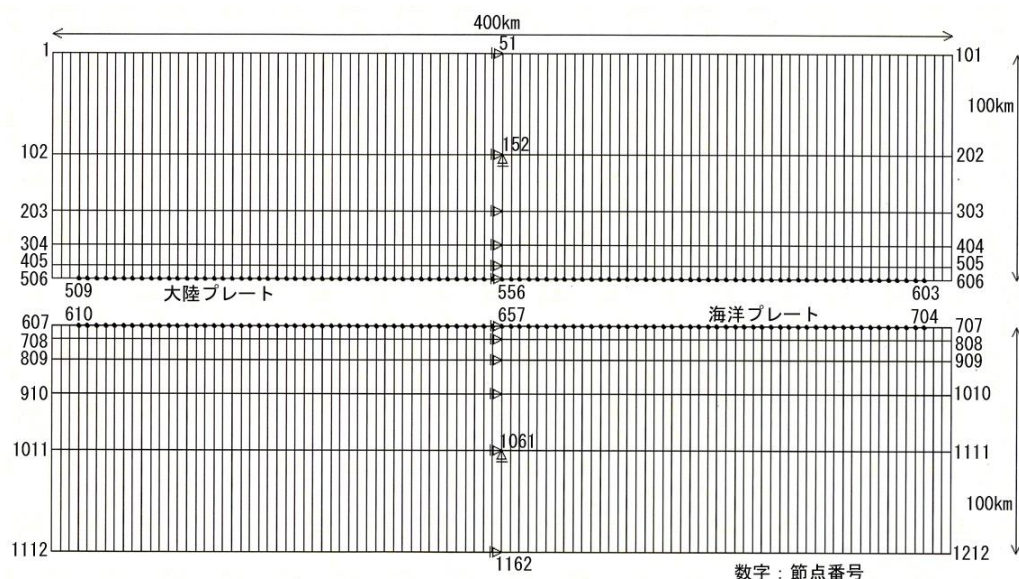


図1 両プレートが弾性体の場合の分割モデル

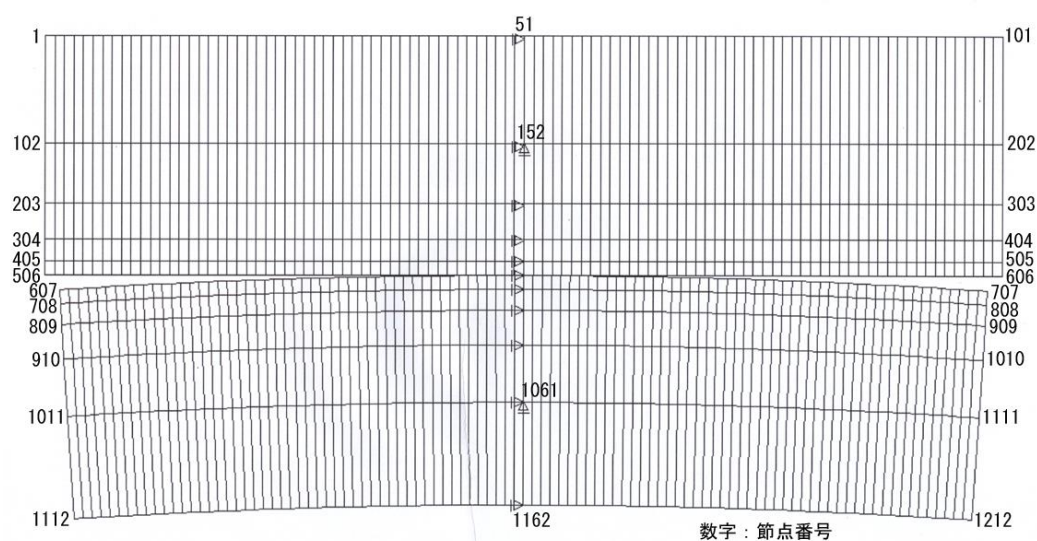


図2 海洋プレートが剛体の場合の分割モデル

3. 自重による変形計算時の摩擦係数

自重による変形を計算する場合にも境界面の滑りが起こるが、その際の摩擦係数の選択には特別の配慮が必要であった。常識的には物性定数であるから、自重による変形でもプレート移動による変形でも同じ定数を用いるのが自然である。ところが自重による変形時の滑りの履歴がプレート移動時の滑りに影響を与えることがわかった。たとえば摩擦係数を0.02として自重による変形を計算した際、水平力・鉛直力の比がわずかに摩擦係数よりも小さくて滑らなかった節点が、プレートの移動による変形を計算するとただちに滑るのである。しかしプレートの移動に先立って自重をかけるのは計算上の都合であり、現実には自重による変形がすでに終わったプレートどうしが相互作用するのであるから、自重による滑りの履歴を反映させる必然性は無いのである。そこで、自重による変形計算時の摩擦係数を0.0002とした結果、水平力・鉛直力の比が全境界点で10桁程度小さくなり、滑りの履歴を実際上無くすことができた。

4. ケース1のみが全面滑りにならない理由

表1に概要を示したが、両プレートが弾性体で移動条件が異なる場合をケース1：海洋プレートを右から押す、ケース2：左から引張る、ケース3：両方、それに加えケース4：海洋プレートが剛体の場合とした。海洋プレートが移動を開始し過渡状態が終わると、定常サイクル状態になり全面滑りが周期的に起こる。表1のように定常サイクル状態に達する期間と全面滑りの周期はケースごとに異なるが、特にケース1は他と極端に異なり、解析した5万年の範囲では全面滑りが起こらない。

図3は滑りの順序と変位を示したケース3の例で、全面滑りは全体が一斉に滑るのではなく、右端から滑り始め順次左方に滑りが伝播し、左端に達して終わるが図には半分のみを示している。一方、ケース1では図3のように右端から中央まで滑って止まり、17年程度間をおいた後、今度は左端から中央まで滑って止まり、107年程度後にまた繰り返すサイクルになっている。境界面の相互作用力で、水平力対鉛直力の比の分布を調べると、ほぼ対称で平鍋状である。ただし完全な対称ではないため、左右の滑りの時期がずれるものと考えられる。

水平力対鉛直力の比が対称になる理由は、海洋プレートが8cm/年で移動するとき、4cm/年で移動する座標系の中央から見ると、海洋プレート右端が4cm/年で近づき、水平支点で静止している大陸プレート左端も4cm/年で近づくので、逆対称な力学状態となっているからである。これはケース1の特色で、他のケースには無い対称性である。

5. あとがき

両プレートが弾性体であるとした解析を通じて、移動条件による差、海洋プレートが剛体の場合との差を明らかにすることができた。また、意外性のある興味深い結果についても言及することができた。

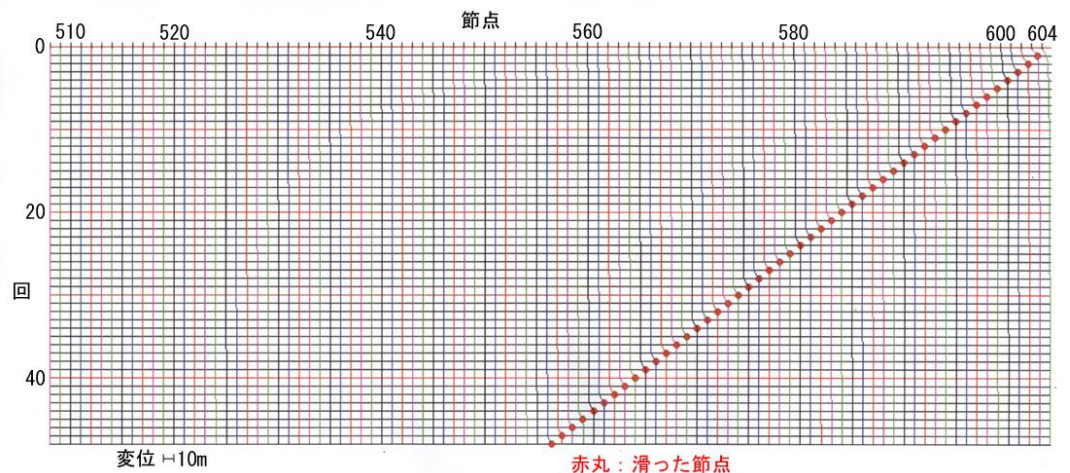


図3 滑りの順序と滑りによる変位（0～48回、20120年、ケース3）

謝辞：本研究は平成

27年度JSPS科研費（課題番号15K06190）を受けたものであることを付記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 秋田宏・他：プレート相互の作用と変形を考慮した地震発生シミュレーション、東北工業大学紀要・理工学編、P.15, 2018.

表1 定常サイクルに達するまでの期間と周期

	移動条件	全面滑り状態までの期間	全面滑り周期
ケース1	右側変位指定	50万年後	不明
ケース2	左側変位指定	4万7720年後	141年、142年
ケース3	両側変位指定	1万6140年後	126年、127年
ケース4	海洋プレート剛体	3万5700年後	63年、64年