



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地震過程の自励振動模型に関する覚書
Author(s)	新保, 勝; Shimbo, Masaru
Citation	北海道大學工学部研究報告, 97, 95-98
Issue Date	1980-02-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41604
Type	departmental bulletin paper
File Information	97_95-98.pdf



地震過程の自励振動模型に関する覚書

新 保 勝*

(昭和 54 年 9 月 29 日受理)

A Note on a Self-Excited Vibration Model of Earthquake Process

Masaru SHIMBO*

(Received September 29, 1979)

Abstract

A single mechanical self-excited vibration model, which represents the energy release process of strain energy in earthquakes, is analyzed mathematically and the minute process of crustal disturbance to the earthquake occurrence is clarified. The repetition and/or periodicity of earthquakes are explained and the possibility of earthquake prediction based on a crustal movement in the preseismic stage is discussed here.

1. ま え が き

地震は地球内部に蓄えられた歪エネルギーがある臨界値をこえたとき、断層運動という形で急激に解放される一種の破壊現象であると考えられている¹⁾。この破壊現象は一般に複雑な性質を持つことから、地球の表面近くを構成する地殻の状態に関する諸々の資料を基礎に、地震の発生時期や場所、規模等をどう予測するかが重要な問題となってくる。

巨大地震は海洋プレートが陸地にもぐり込むことによって起こるとするプレート・テクトニクス理論や多分これに起因すると思われる、地震域においては地震に反復性があるという事実は地震発生に関して一つの可能な模型化の方向を示唆するものである。従来、地殻歪エネルギーの蓄積・解放過程を説明するために、種々の機械的模型が提案され、連立系で地震の発生を計算機で模擬した Kasahara²⁾, Burridge and Knopoff³⁾, 大塚⁴⁾等や単一系で地震サイクルを定性的に説明した島崎⁵⁾等による研究はその意味で興味深いものであるが、これらは、地震予知の観点からすれば、主として地震の反復性の説明に力点がおかれ、地震発生に至る途中経過については余り詳しくふれていないように見受けられる。

以下、上記の模型に共通して見出される単一の自励振動模型を取上げ、地震発生に至る地殻変動の数理的解析を行い、この種の模型を用いた場合に言及できる地震発生の子測問題について簡単に述べる。

2. 自励振動模型

プレート・テクトニクス理論を基礎に、海洋プレートが陸地にもぐり込む過程を単純化して

* 情報工学専攻 情報処理工学講座

図-1のような機械的自励振動系⁶⁾を考える。海洋プレートの移動は一定速度 v のベルト・コンベアで代用し、一定質量 m の陸地がこの上に載っているものとする。 k は地殻の圧縮抵抗を表わすためのバネ定数である。以下、簡単のために粘性抵抗は無視し、陸地と海洋プレート間の静止摩擦係数 μ_s は一定で、動摩擦係数 μ_k は速度によらず一定と仮定する。この系は外乱がある場合には静止摩擦係数及び動摩擦係数の値の差によって自励振動をし、この模型で地震の反復性を表現することができる。

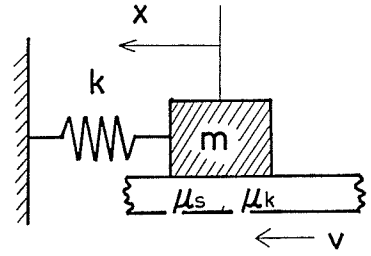


図-1 地震の自励振動模型

地殻の伸縮がない状態で基準時刻、場所を定め、時刻 t における水平方向の地殻変位 $x(t)$ の圧縮側を正に取る。この場合、陸地に働く静止摩擦力がバネによる反力より大である間は陸地は海洋プレートと共に移動し、反力が静止摩擦力と丁度釣り合う時刻 t_1 までこの状態を続ける。したがって、地殻の変位はこの間

$$x = vt \quad (0 \leqq t \leqq t_1)$$

で、 t_1 は

$$t_1 = \frac{\mu_s mg}{kv}$$

与えられる。

時刻 t_1 で陸地は海洋プレートを離れて運動し、この場合の運動方程式は $\omega^2 = k/m$ と置くと

$$\ddot{x} = -\omega^2 x + \mu_k g; \quad \dot{x}(t_1) = v, \quad x(t_1) = \frac{\mu_s g}{\omega^2}$$

となる。ここに $\cdot = d/dt$ である。これから地殻の変位は

$$x = \sqrt{g^2 \left(\frac{\mu_s - \mu_k}{\omega^2} \right)^2 + \frac{v^2}{\omega^2}} \cdot \sin \left\{ \omega(t - t_1) + \delta \right\} + \frac{\mu_k g}{\omega^2} \quad (t_1 \leqq t \leqq t_3)$$

の単振動をし、 $\tan \delta = (\mu_s - \mu_k) g / (\omega v)$ であることがわかる。また、 t_3 は陸地の速度が海洋プレートの速度に一致する時刻で、

$$t_3 = t_1 + \frac{2(\pi - \delta)}{\omega} \quad \text{および} \quad \dot{x}(t_3) = v, \quad x(t_3) = \frac{(2\mu_k - \mu_s) g}{\omega^2}$$

である。その後、陸地は再度海洋プレートに載って移動し、時刻 t_4 で海洋プレートを離れて単振動を繰返すことになる(図-2)。なお、 t_4 は

$$t_4 = t_3 + \frac{2(\mu_s - \mu_k) g}{\omega^2 v}$$

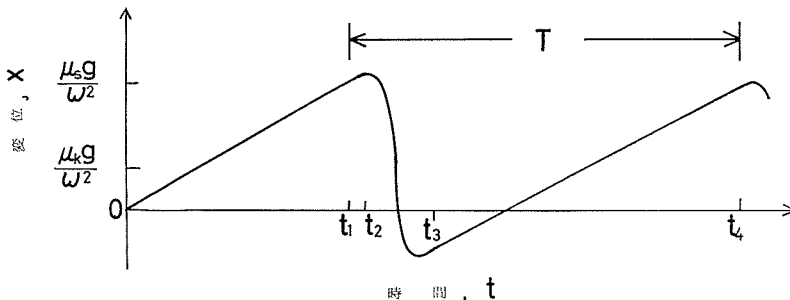


図-2 地震サイクル

で与えられる。

3. 地震の発生と予測

前節に述べた運動は静止および動摩擦係数が一定と仮定したため周期的となるが、これらの係数は通常確率的な変数として扱う必要があることから、一般には運動の反復性が保証されるのみである。地震が周期的に起こる場合には、周期 T は

$$T = t_2 - t_1 = \frac{2(\pi - \delta)}{\omega} + \frac{2(\mu_s - \mu_k)g}{\omega^2 v}$$

で与えられる。また、この模型で解析した地震過程では、陸地が海洋プレートを離れてからの挙動が、つまり、直線状から正弦（余弦）曲線に変化してからの有様が特徴的である。したがって、地殻変位が極大になった時に地震が始まるとすれば、図-2の時間—地殻変位曲線で正弦曲線状に変化した時刻 t_1 から $(\pi/2 - \delta)/\omega$ 時間経過した時刻 t_2 、すなわち

$$t_2 = t_1 + \frac{\frac{\pi}{2} - \delta}{\omega}$$

に地震が発生することになる。

以上は水平運動についてである。実際の運動は垂直運動も混じたものとなるが、結果は基本的に同じである。地殻変動に関して現実の地震でもこのような変化が予想され、図-3に示す南海道地震⁷⁾や新潟地震⁸⁾で観測された地殻隆起はおそらくこの解析を裏付けるものであろう。更に、この模型では図-2に示すように、略言すれば、静止摩擦係数は地震直前における応力あるいは歪を規定し⁵⁾、他方で動摩擦係数は地震直前と直後における応力あるいは歪の平均を規定することになる。

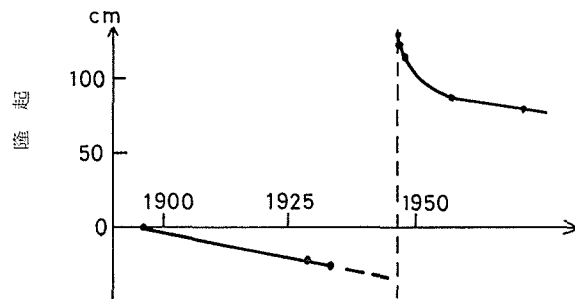


図-3 地殻上下変動（室戸⁷⁾）

4. あとがき

以上、地震を模擬する単一の機械的自動振動模型について既存の解析結果から、地震発生に至る地殻の振動の変動過程を明らかにした。これにより地震の反復性を説明し、別に地震前段階の地殻変動に基づいた地震発生の予測について述べた。実際の地震過程は複雑であり、このような単純化によって求まる意味のある情報は非常に限定したものになることは否めないが、模型化の妥当性と共に、具体的なパラメータの推定や模型の改良、連立系の解析等について今後更に検討する必要がある。

この研究にあたって本学理学部阿部勝征助教には多くの有益な御助言を頂いた。ここに厚く謝意を表する次第である。

文 献

- 1) 阿部勝征：科学，44（1974），p. 139.
- 2) Kasahara, K.: Proc. Japan Acad., 43（1967），p. 483.

- 3) Burridge, R. and L. Knopoff: Bull. Seismological Soc. Amer., **57** (1967), p. 341.
- 4) 大塚道男: 地震, **2**, 24 (1971), p. 13.
- 5) 島崎邦彦: 地震予知連絡会東海部会資料 (1977), p. 32.
- 6) 亘理 厚: 機械振動 (1966), p. 190, 丸善.
- 7) 金森博雄編: 地震の物理 (1979), p. 136, 岩波書店.
- 8) 檀原 毅: 地震予知連絡会会報, **9** (1973), p. 93.