

電子地震なまずの飼育法 (地震サイクルシミュレーションへの招待)

平原和朗



(地球物理学教室固体地球物理学講座地震学研究室)

- ・研究略歴
- ・プレート境界地震
- ・アスペリティモデル:地震と摩擦
- ・電子地震なまずの飼育法(地震サイクルシミュレーション)
岩石の摩擦則
準動的地震発生サイクルシミュレーション
- ・東北地方太平洋沖地震サイクルシミュレーション
- ・南海トラフ巨大地震サイクルシミュレーション
- ・数値地震予報は夢?
(データ同化:豊後水道長期的ゆっくり地震(LSSE)
→南海トラフ全域へ)

2018年2月17日 地球物理学教室同窓会「京大知球会」 @理2号館第1講義室

上記のタイトルおよび内容で講演を行った。最初の研究略歴については、所属・主な研究・印象に残っている地震・火山噴火を、時系列として次ページに記している。大学院では、今思うとずいぶん粗い研究ではあるが、そのころ研究が始められたばかりの地震波走時トモグラフィーを用いた日本列島に沈み込むプレートの3次元構造研究で学位を得た。その後、1983年に防災研助手(測地移動班)として採用され、従来型の地殻変動観測を行っていたが、革新的な地殻変動観測システムと言えるGPS(全地球測位システム)に出会い、地球内部構造研究に加え、地震と測地学を跨ぐGPS地殻変動学(プレート運動、1995年兵庫県南部地震時・余効変動、跡津川断層運動、GPS気象学、ゆっくり地震)に携わることができたのは、幸運だった。1995年兵庫県南部地震後の1996年に名古屋大学に異動し、研究の軸足を地震サイクルシミュレーションに移した。更に2005年に京都大学地球物理学教室に帰任後も主にこの研究を続け、最近では、大気海洋分野で開発されたデータ同化手法を用いて、地震サイクルシミュレーションと地殻変動データ解析を融合させる研究を行っている。

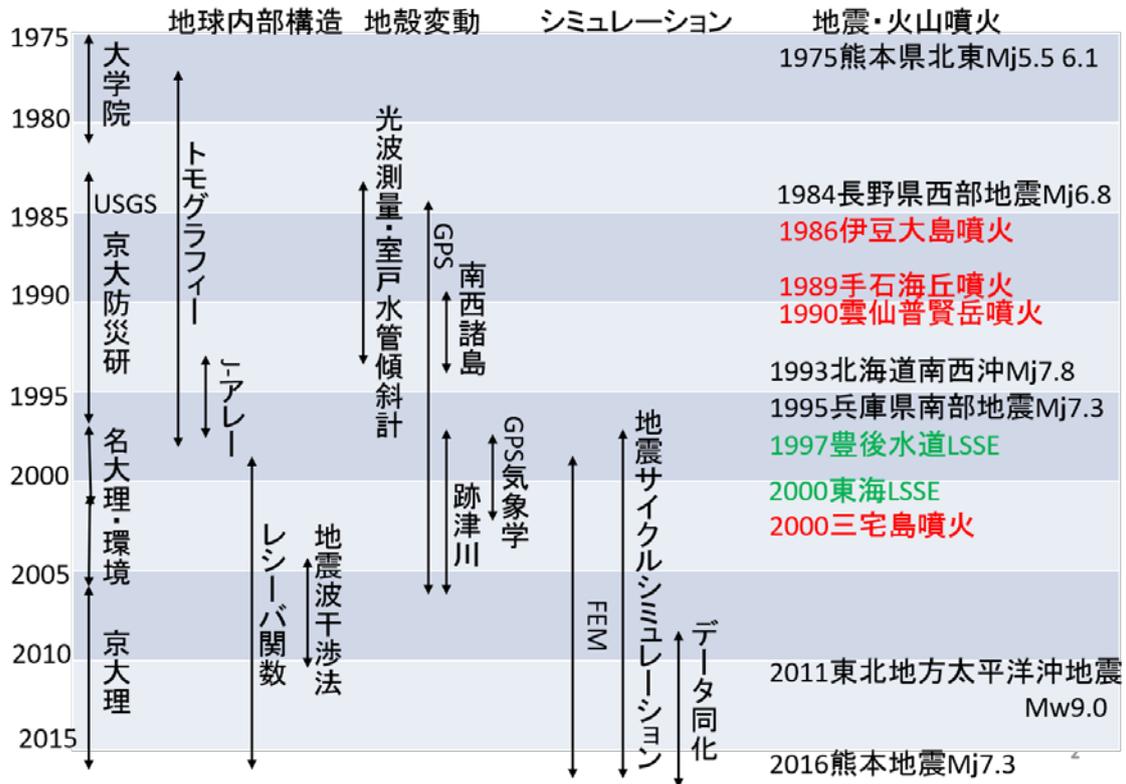
次ページの下段に示した「数値地震予報」を、大学院入試問題として出題したことがある。当時、この出題について激しい議論が交わされたが、なんとか出題に至ったと記憶している。昨今の事情を考えると、今このような問題を出題することは無理であろう。この時、流体系の先生方から出された解答は、基礎方程式がないので地震の数値予報は不可能というものであった。この間に答えようと続けてきた研究が「電子地震なまずの飼育法」であり、本講演は、現状の地震学からの一つの解答と言える。

プレート境界では大地震が繰り返し発生し、この地震の繰り返し発生を地震サイクルと呼んでいる。プレート運動に起因するプレート境界でのすべり発展は岩石の摩擦則に従うとの考えから、1970年代から岩石の摩擦を調べる室内実験が行われ、すべり速度と断層面の状態に依存する摩擦則(速度状態依存摩擦則)がいくつか提唱された。これらの摩擦則を用いて、Tse and Rice(1986)の先駆的な研究以降、2次元から3次元、さらには慣性項を近似した準動的解法から動的破壊過程を含む地震サイクル、および摩擦発熱による熱加圧といった断層面における間隙流体圧変動も考慮した研究、および最近ではこれまでの均質半無限弾性媒質から不均質粘弾性媒質の導入へと発展し、過去の大地震の発生履歴を再現し、将来の地震発生予測へ繋げようとする研究が行われてきた。

しかしながら、2011年東北地方太平洋沖地震(マグニチュードMw9.0)(以下東北地震と略)の発生を予測するモデルは作れなかった。もちろん、地震発生後には、繰り返し間隔が数百年に及ぶこの超巨大地震サイクルを説明するシミュレーションが行われたが、発生時にはこの超巨大地震の発生を想定外と言う他に術がなかった。限られた地域であるが津波堆積物の研究に加えて、幸運にも宮城県沖で海底地殻変動観測がやっと始められ、海域での大きな地震時地殻変動が捉えられ、海溝付近のプレート境界面上で50mをこえる特大地震時すべりが生じたことが明らかにされたことで、繰り返し間隔が数百年に及ぶと初めて分かったと言える状況である。また、今世紀前半に次の地震発生が危惧されている、南海トラフ沿い巨大地震の発生履歴は世界でもよく分かっているとわれ、1707年宝永地震(M8.6)が最大の地震とされていたが、2011年東北地震の発生を受けて見直しが行われ、最大規模の地震は強震動でMw9.0(津波でMw9.1)とした。また、地震発生の繰り返し間隔が200年から90年と変化しており、こういった大きな発生間隔の変化を再現するモデルをまだ我々は手にしていない。それに加え、最近古文書資料の見直しがなされ、発生履歴も大きく変わる可能性が指摘されている。ただ、海域における最近の地殻変動観測の進展は目覚ましく、先に述べたように、超巨大地震である東北地震発生の予見には間に合わなかったが、少なくとも地震時の特大すべり域の解明に大きく貢献している。南海トラフ沿いでも同様な海底地殻変動観測が行われているが、現状では年数回の観測であり、リアルタイム観測ではない。

こういった状況で、「数値地震予報は可能か」という問いに答えるには、摩擦則の問題と言った基礎方程式および歴史地震の履歴の問題の解明に加え、震源域で地震発生に向けてこれから何が生じるのかを捉えるリアルタイム海陸観測システムの構築が急務であると言える。更に、最後に述べた地震サイクルシミュレーションと観測データ解析を融合したデータ同化手法の開発といった、新たな試みも重要との視点から研究を展開している。また、今注目されている機械学習の導入も検討する必要がある。このように「数値地震予報は可能か」という問いに答える、「電子地震なまずの飼育法」研究は、まだまだ始まったばかりと言える。

研究略歴



数値地震予報

1991年度京都大学大学院入試問題 (理学研究科固体地球物理地震学)

以下に述べる「気象の数値予報」を参考にしながら。

「気象の数値予報」に対応する「地震の数値予報」はどこまで可能であるか、また気象の数値予報と異なる本質的な難点があるとすればどのようなことが考えられるか。

参考: 気象の数値予報

今思うと、受験生にとって迷惑な話だが、まじめに考えれば考えるほど、難問と言えるだろう。これをたかだか1時間程度の間で解答せねばならないとは、無茶な話だったかもしれない。現時点ではとても満足のいく解答は書けそうもないが、すべての地震学者に問いたい問題であろう。

(平原、月刊地球、-三雲健教授退官記念号-、号外No.4, 174-178, 1992年)