

首都圏を襲う地震の姿に迫る

～首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等～

東京大学地震研究所 所長 平田 直

1. はじめに

大地震発生による首都圏での被害を軽減するための文部科学省委託事業「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」が始められました。このプロジェクトの中で我々は、どこでどのような地震が発生し、どれ程の大きさの揺れが生じるのかという「理学」的なアプローチによって首都直下地震の姿について迫ります。まず首都圏地域における地震活動について言及し、新たに設置した地震観測網を紹介します。一方で、古文書などの調査から過去に発生した大地震の時系列やその時の震度分布・震源位置を明らかにします。過去の地震活動を現在の地震活動や地下構造に照らし合わせて、今後発生する可能性の高い場所を選び、そこで発生する地震による揺れを考えてみたいと思います。

2. 関東地方は地震の巣

関東地方は、世界で最も地震の多い場所の一つです。この地域では、有感地震が1カ月に約1個の割合で発生していて、明治時代以降、5個のマグニチュード(M)7程度の大地震が発生し、大きな被害をもたらしています(図1)。

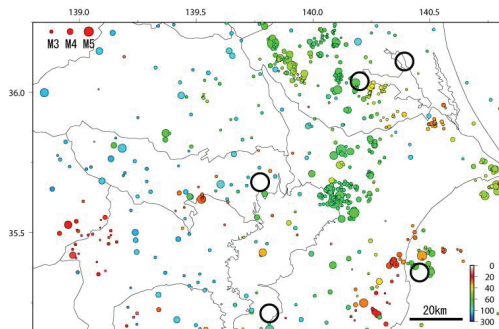


図1 5つの大地震(黒丸)と最近2年間に発生したM2以上の震源。震源の深さをの色で表しました。

関東地方で地震が多い理由は、2つの大陸プレート(ユーラシアプレートと北米プレート)の下に、2つの海洋プレート(太平洋プレートとフィリピン海プレート)が沈み込むという4枚のプレートが交錯する世界で唯一の地域であるからです。地震はプレート同士の相互作用等で発生するため、プレートとプレートの境界やプレート内部、それから陸のプレートの活断層のそばで発生します。関係するプレートの枚数が多いと、それだけ発生する地震の数も種類も多くなるわけです。

3. 最近400年間の地震活動

普段から小さな地震や身体に感じる地震の多い関東地方ですが、これまでは、大正関東地震(1923年)や元禄関東地震(1703年)のようなプレートの境界で発生するM8級の巨大地震が繰り返してきました(図2)。このような巨大地震の発生間隔は200~400年と長く、大正関東地震から80余年経った現在は、次の巨大地震発生までには、まだ若干の時間的猶予があると考えています。しかし過去の事例では、巨大地震と巨大地震が発生するあいだの期間には、M7級の大地震

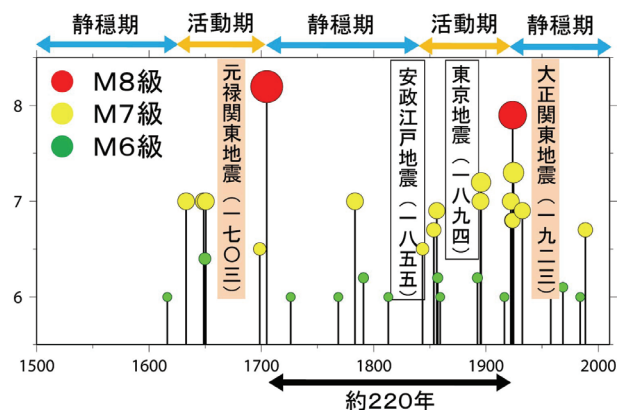


図2 最近関東地方で起きた被害地震の年表

が発生し、江戸や東京に大きな被害をもたらしてきました。当時は近代的な地震観測網がなかったため、それら M7 級地震の震源の位置・深さ・規模などの詳細がわからず、首都直下地震の地震像の把握ができていないことから、対策が困難です。

4. 地下の CT(コンピュータ・トモグラフィ)画像

大きな地震がどこで、なぜ発生するかを理解するためには、沈み込むプレートの形を知ることと普段の小さな地震がどこで発生しているのかを詳しく知る必要があります。特に、関東地方の下では、2 つのプレートがどのように沈み込んでいるか、どこで両者がぶつかり合い、こすれ合っているのかなどを理解することが、地下で発生する地震像を明らかにするために必要です。それに加えて、沈み込むプレートの硬さなどの物性を知り、どこで地震が起きやすいのか、逆に起きにくい場所はどこにあるのか、地震をめったに起こさないでゆっくり変形する箇所があるのか、などを考えることで大地震を起こすことのできる場所の候補が絞られてきます。

これらの事を明らかにする手段として地震波トモグラフィ法という地下の様子を探る方法があります。この手法では、地震の波の伝わり具

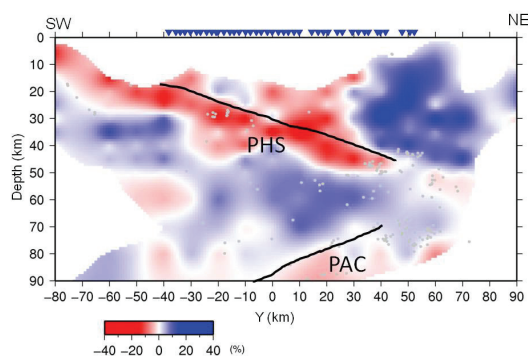


図3 地下の深さ断面図。色は、地震波の速度を表し、赤色は遅い（岩石が柔らかい）、青色は速い（岩石が硬い）ことを示します。図の右が茨城県つくば市、左が神奈川県藤沢市で、フィリピン海プレート（PHS）が南西から北東へ沈む様子がわかります。

合を詳しく調べることによって、地下のかたい岩石とやわらかい岩石の分布がどのようになっているかを、人体の CT 画像を得るように描き出すことができます（図3）。

5. 首都圏に 400 箇所の地震観測点

デジタルカメラは画素数が多いと得られる画像は鮮明になると言えますが、それと同様に、地下構造の解像度を上げるためには、より多くの地震観測点を密に配置することが必要です。これまでの地震観測点は約 20km 間隔で設置されてきました。しかも首都圏中心部には、ほとんど観測点がありませんでした。しかし今回は、東京 23 区を中心により細かく約 2~5km で配置しました。そのため、地下の様子がこれまで以上に鮮明に得られるようになりました。以下のような、約 400 カ所の地震計を集中させる首都圏地震観測網（MeS0-net）を構築中です（図4）。

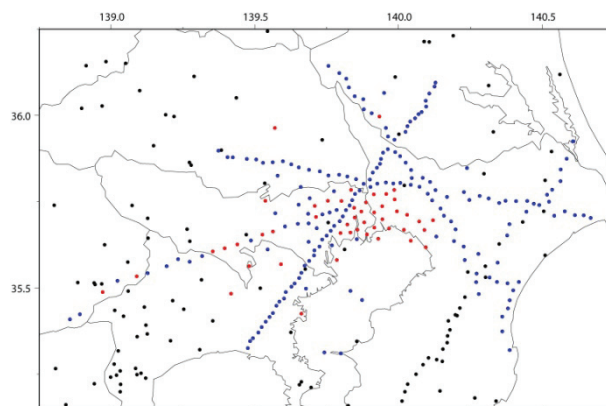


図4 首都圏地震観測網（226 点、青丸+赤丸）黒丸は既存の観測点。

6. 地震観測点の概要

これまで地震観測を行う際には、できるだけ静かな場所を選んできました。しかし、首都圏のような都市部では、工場が稼働していたり、鉄道や道路などにおける交通があつたりして、静かな環境を見つけるのが困難です。そこで、地震計を深さ 20m の井戸の底に設置して、地表の雑振動の影

響から避けることを目指しました（図5）。さらに、一般の震度計に使用されているものと同種の加速度計を設置しているため、大きな地震でも逃さず収録できるため、ゆれの大きさの地域性を知ることができます。

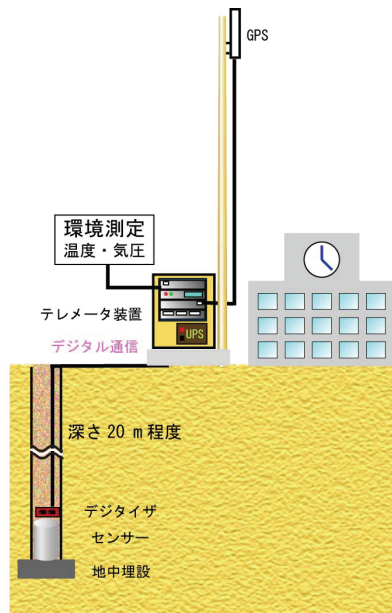


図5 観測点概要（地震計、温度計、気圧計）
地震波形データは、インターネット経由で24時間365日連続して地震研究所へ送られている。

都市部において、このような観測孔を掘ることができる場所として、小中学校を選定しました。学校に設置させていただくということは、設置が可能であるという理由だけでなく、地震を広く知っていただき、理科教育や防災教育にも役立てていただきたいという願いがあります。地震観測だけでなく温度や気圧も同時測定していて、専用のウェブからリアルタイムで観察することができます。すでに、多くの方に地震波形や気温・気圧の記録を利用いただいています。

7. 古文書から見た江戸時代の震度分布

首都圏では昔から大地震が発生し、大きな被害を被ってきました。当時は地震計などの近代的な観測装置はありませんが、多くの人の手によって

書き遺された文書の形で、その時の状況を窺い知ることができます。例えば、生麦村（現在の横浜市鶴見区生麦）で書かれた『関口日記』によれば、文久九年十一月に「神奈川宿荒宿、亀屋家倒れほかにも潰死少々」と記され、家が倒壊したことで死者が生じたことがわかります。このような記述を収集し、被害の程度から揺れの大きさを推定し、当時の地名と現在の地名とを照合することで、この地震の震度分布がおおよそわかります（図6）。

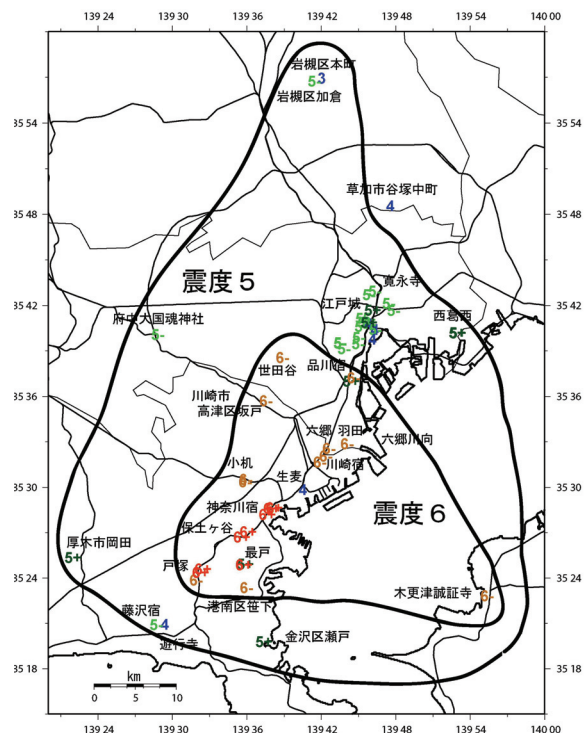


図6 文化九年(1812年)の地震の震度分布

8. どこがゆれやすいのか？

一般的に、震度は震源に近ければ大きくなりますから、震度が大きい地域の中心付近に震源があると考えます。したがって文久九年の地震の場合、震源地は川崎市もしくは横浜市付近と推定されます(図6)。しかし、古文書に記載が無いからといって、被害が生じなかった、というわけではないでしょう。このような震度データだけで震源の位置を決めることは、必ずしも正確とは言えません。そこで、MeSO-net で得られた実際の地震の揺

れから震度を計算し、これと過去の震度分布とを比較してみました（図7）。

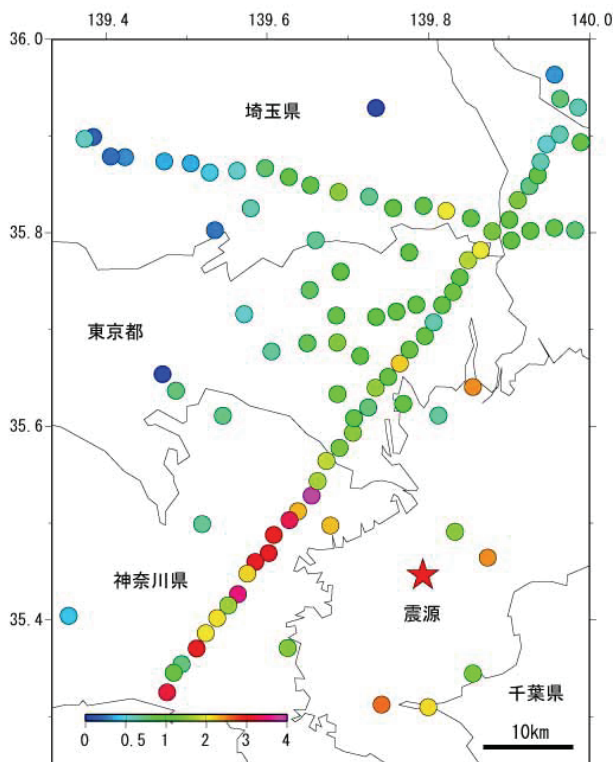


図7 2009年11月14日に東京湾で発生したM4.2の地震の揺れ分布。震源の深さは約40km。観測された震度相当値を色で表わした。赤色がほぼ震度3に、黄色が震度2に、緑色が震度1の揺れに相当する。

文久9年の地震の震度6の地域（図6）と2009年の地震の震度3の地域（図7）は、どちらも川崎や横浜周辺に集中していて、両者の分布のパターンは似ています。おそらく震源は同じような位置にあり、文久九年の地震の方がやや大きな規模だったということが考えられます。しかし、2009年の地震の震源地は東京湾に位置し、必ずしも揺れの大きな所の中心に位置しているわけではありません。これは、地下の構造や地盤の揺れやすさ等に偏りがあるためと考えられます。このことから、過去の地震の震源分布だけを見て、その地震の位置を推定してみても、不確実な部分があることが分かるでしょう。そこで揺れやすさの分布を知るために、多くの地震のデータを集めること

が必要になり、それを基にした地域ごとの地面の揺れをシミュレートすることができます。

このように、古文書等の記載から過去の震度を抽出し、現在の震度分布とシミュレーションとを対比させることで、過去の地震がどこで発生したどんな地震であったか等が明らかになってきます。安政江戸地震(1855年)や明治東京地震(1894年)などの姿を明らかにできれば、同様な地震が現在の首都圏で発生した際の揺れを具体的に見積もることが可能になります。

現在の首都圏には、様々な形状、大きさ、強度の建造物があります。江戸時代とは違い、地上だけでなく地下や海上も利用しているため、それぞれで、ゆれの特徴が大きく変わる事が知られています。それぞれの場所や建物に対応したきめ細かい対策が必要ですが、これまではおおまかな仮定に基づく揺れの推定しかできませんでした。しかし、このプロジェクトでは高密度な地震記録を得ているため、各地点での実際の揺れがわかります。その情報を取り入れることで、それらに対応した耐震・免震機能を設計することができます。壊れにくい、揺れにくい建物が建てられることによって、災害を未然に防ぐことが期待されます。

9. おわりに

首都圏が位置する南関東地域では、今後30年間にM7級の地震の発生する確率が70%と評価されています（地震調査研究推進本部）。さらに、東京湾北部でM7.4の規模の地震が発生したときには、最悪の場合、約1万1千人の死亡者と約112兆円の経済損失が発生してしまうという被害想定が公表されています（中央防災会議）。このような大地震の発生を避けることは、現在の科学技術ではできませんが、切迫している大災害の発生に対して取り組み、大災害の防止および軽減に資する情報を提供することが我々研究者の使命であると考えています。