

11 - 2 地震予知・地震予測・地象予測

— 我々は地震予知から地震予測に本当に頭が切り替わったのか？ —

Earthquake prediction, Earthquake forecast, Geophysical forecast

気象庁

Japan Meteorological Agency

1. はじめに

社会や個人に突然甚大な被害を与える地震現象は、古くから人々の強い関心を集めてきた。日本においては 1880 年に近代科学を用いた地震学の探求が始められ、地震計の開発と連続観測、地震波の性質や震源の探求、マグニチュードの定義、発震機構の議論など最先端の研究が盛んにおこなわれた。その結果、1960 年代には「点震源的な地震観」がほぼ確立された。その後、プレートテクトニクスへの拒絶と受容、地震、および地殻変動の高感度リアルタイム観測の実現、断層破壊過程の理解、スロー地震やゆっくり滑り現象の発見等を経て、現在、我々は「地震現象とは岩と岩が断層面を境に時空間的な多様性をもってずれること」であるという地震観を持つに至った。

一方、地震学は地震現象の科学的な探究を目的とすると同時に（と言うよりは当初はむしろ）、災害軽減がその学問の動機づけの一つであった。地震学会（第一期）、震災予防調査会、地震研究所、地震予知連絡会等々の設立に見られる通り、繰り返し、地震を予知して災害を軽減する、という目標、目的が必ず掲げられてきた。その後、地震現象の探求が進み、また度重なる大規模な地震災害を被った結果、社会が使いやすい形で「いつ」、「どこで」、「どのくらい」の地震が起きるかを予めズバリ一言で言う地震予知は困難であるという組織的運動（ムーブメント）が生じた。社会がイメージする地震予知に関する用語も、災害像を予めズバリ一言で言いあてることを含意する「地震予知」ではなく、「地震予測」と変えるべきであるという動きがある。

2. 社会に存在する根強い点震源的な地震観と現在の地震観への腹落ち

現在、我々は「地震現象とは岩と岩が断層面を境に時空間的に多様性をもってずれる現象である」という地震観を持つに至ったことは既に述べたが、この地震観に基づけば、「いつ」「どこで」地震が起きるか、つまり断層がいつどこでずれ始めるか、あるいは「どのくらい」の地震になるか、つまり断層のずれがどのようにずれ終わるかは、仮に同じ断層面がずれたとしても、その時々で異なることになる。例えば、断層が人間に感じる強震動を生じないままゆっくりずれ続けることもあるし、足摺岬沖でずれ始めた断層がユニラテラルに東にずれ進んで遠州灘でずれが止まっても、和歌山県沖でずれ始めた断層がバイラテラルに東西にずれ進んで最終的には足摺岬沖から遠州灘までずれても、あるいは、複数ある主破壊域が 20 秒の間隔でずれても 2 時間、あるいは 10 日間の間隔でずれても、断層のずれに時空間的な多様性があると考えれば本質的には同じ現象のはずである。しかし、1960 年代に成立した点震源的な地震観に依れば、これらは別の現象となる。

このことは「いつ」、「どこで」、「どのくらい」の地震が起きるかを予め知る、いうなれば「震源要素予知」の概念はもはや時代遅れであることを意味する。どれだけ現在の地震観を語っても「震源要素予知」の概念と闘わなければならないのは、地震予知の概念云々より、現在の地震観に関する周知啓発の不足、あるいは今となっては古くなってしまった「点震源的な地震観」のパラダイムの呪縛を説くことが出来ていない証左ではないだろうか。これは、いわゆる専門家である人々の中

でもきちんと整理されていない面があるかもしれない。

3. 地震の発生を予めズバリ知るのは困難。一方、天気予報は災害をピタリとは当てない。

自然現象を予測するという観点では、近接分野に天気予報の分野がある。当初は天気分野も、ある地点における、つまりピンポイントの嵐の有無を予めズバリあててを期待された。その後、天気分野は prediction から forecast への道を選択し、厳しい観測環境、予報の失敗などで幾多の犠牲者を出しつつも、天気図の発明、現象の科学的解明等を行い、数値予報技術にみられるような科学的かつ確率的に天気予報を取り扱うさまざまな手法を開発してきた。スーパーコンピュータの利用により天気予報の精度は年々向上してきたが、現在でも将来の天気をズバリ予測できるわけではない。一方、近年、短期予報分野は、天気図で状況の相場観を示しつつ、レーダー画像等の解析により、観測値を近未来の予測とともに時々刻々面的なアニメーションとして表示する高解像度ノウハウキャストと呼ばれる手法にシームレスに接続することで、実学的科学技術として人口に膾炙することとなった。このアプローチは地震予測にも示唆を与えるものだろう。

例えば、落雷の予測は地震現象と同様、ピンポイントの発生や被害予測を社会に適用できるほどの時空間精度で予めズバリあててことは困難である。その代わり、雷が起きる可能性が高くなっていることを注意喚起する予報を出したり、落雷位置をリアルタイムで時々刻々と表示したりしている。地震現象も、その発生を予めズバリあててことは困難であっても、強震動を励起しないまま断層面がゆっくりずれている場合や、隣接地域で大規模な断層のずれがあった場合、あるいは地下深部から流体等が上昇する場合など、観測可能な地震活動や地殻変動が発生し、地下でいつもと違う現象が起きていることを時間軸上で時々刻々力学的に把握できることがある。いわゆる余震の見通しや南海トラフ地震臨時情報、北海道・三陸沖後発地震注意情報、あるいはスロースリップや地下からの流体の上昇に伴う地震活動に関する解説情報等にも見られるように、「地震、つまり強震動を生じさせるような断層の急激なずれ現象はほとんどの場合、突然発生するものである」という前提の上で、ある領域の断層面、あるいはその周辺でいつもと違う力学的な状況が発生していないかを監視し、その後を予測、リアルタイムで状況を伝えるという科学技術を追求する方向性は目新しいものではない。これは最新の科学技術の開発と言うよりは、現在の地震観の下での既存概念の再整理と言う面がある。

4. 地震予知から地震予測、地象予測に向かう実学的概念の転換

本稿では、地震予知の啓発に関しては、まず 1960 年代までの点震源的な地震観から、「地震現象とは岩と岩が断層面に境に時空間的に多様性をもってずれる現象である」という現在の地震観への概念の転換が社会で重要であることを述べた。また、現在の地震観の下、「地震、つまり強震動を生じさせるような断層の急激なずれ現象はほとんどの場合、突然発生するものである」という前提を受け入れた上で予測の概念の再整理を行えば、通常と異なる力学現象が生じていないかを監視し、その後を予測、最終的に断層のずれが強震動を生じる速度に加速した際に、それをリアルタイムで知らせるまでをシームレスにつなぐ実学分野を創り出すことは可能であろうということも述べた。これが地震予知から地震予測、あるいは、もし地震予測という言葉が示すイメージと相いれなければ、地象予測と呼ばれる概念へのパラダイムシフト、つまり「“地震現象が起きるか否かを予めズバリ知ることではない” 予測」という概念への転換の本質と考える。

気象学と地象学との比較

気象学

長期予報 30 30 40

差分法で解く。あまりに長い時間予測するので計算間隔は粗い。その代わり熱収支とかいろいろ別の条件を入れる。

地象学

長期予測(地震サイクル)

差分法的に解く。100年に一度地震が起きることなどは再現されてきたが、ずばり地震の発生を指し示すわけではない。

短期予報

差分法で解く。細かいメッシュ、細かい計算間隔で予測するが、2週間ほど先まで。ポーガス等も入れる。常に最新の初期値と比較して日々修正。

高解像度降水ナウキャスト

外挿。差分法は解かない。1時間後まで。近づいてくる雨雲を見て行動を決める。

最後はキキクルを見る。

緊急地震速報、津波警報

緊急地震速報は点震源の解析解と実際の観測値から予測。津波警報は初期値は仮定で差分法的に予測してDB化。これらは最後はスマホから聞く。

↑ **現在ここが特異的に発達**

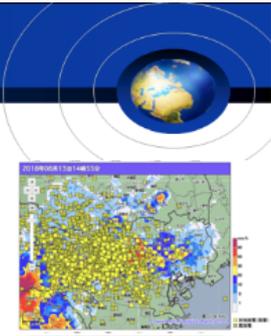
↑ **現在ここが特異的に発達**

天気図は災害の有無について一言もいってない

外挿の世界

結局、雨雲や揺れ、津波が近づくと逃げる。

地震予知ではありません




2025/8/19 地震予知連絡会重点検討課題

14

(大阪管区気象台 東田進也)

Osaka Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency Shin'ya TSUKADA