

大地震後の地震活動評価に関する照会対応
Response to Inquiries about Seismic Activity Assessment after a Large Earthquake

○宮澤理稔

○Masatoshi MIYAZAWA

A large earthquake is followed by aftershocks with a smaller magnitude or by a larger earthquake, i.e., a mainshock. After the first large earthquake, seismologists are asked questions if this is the mainshock or foreshock. There are scientific approaches to address this issue using probabilistic theories based on statistical relationships, e.g., Omori-Utsu law for aftershock decay, Gutenberg-Richter law for a magnitude-frequency relationship, and ETAS model for epidemic-type aftershock sequence. However, it would be difficult for non-specialists to correctly understand the implications of the statements given in the statistical and probabilistic language. We revisit the cases of the 2016 Kumamoto earthquake sequences and the 2019 Ridgecrest, CA earthquake sequences and discuss how the scientists respond to inquiries about seismic activity assessment subsequent to the occurrence of large earthquakes, including distant ones.

1. はじめに

大地震が発生すると、地震学者はその後の地震活動がどう推移するかという予測に迫られるほか、その予測に関して様々な方面から問い合わせを受けることがある。これに関して、余震活動推移に関する統計学的モデルとしての大森-宇津則や、規模別頻度分布を示す Gutenberg-Richter 則、地震活動標準モデルである ETAS モデルなどを使うことにより、将来の地震発生に関する確率値を定量的に求めることができる。ところがこの値の意味することを正しく理解することは、専門家以外の者にとって容易ではなく、その伝え方や説明の仕方は頻繁に議論の的となっている。

日本では 1995 年兵庫県南部地震の発生をきっかけに設立された地震調査研究推進本部（地震本部）において、「余震の確率評価手法について」（地震調査委員会，1998）が公表され、これに基づき気象庁が大地震後の余震発生に関する定量的な予測を行ってきた。しかし 2016 年熊本地震に見られたような、M6.5 の大地震（前震）の 28 時間後に M7.3 地震（本震）が発生した事例は、地震活動がいわゆる本震-余震型のみで推移し、大地震後はそれより小規模な地震活動しか起きないという誤解を与えかねないという問題点を露わにした。そのため見直し作業が行われ「大地震後の地震活動の見直しに関する情報のあり方」（地震本部地震調査委員会，2016）に基づき、気象庁は「余震」とい

う言葉を使わず、より簡便な数値表現で大地震後の地震活動に関する予測を公表するようになった。

2016 年熊本地震と似た様な事例として、2019 年に米国カリフォルニア州リッジクレストで、M6.4 の大地震の約 32 時間後に M7.1 の地震が発生した。大きな前震を伴ったことと、複雑な横ずれ断層系で発生したこと、その規模について、熊本地震と比較すべき点が多い。熊本地震と異なり大きな被害をもたらさなかったが、米国地質調査所 (USGS) は最初の地震発生後から、それより規模の大きな地震が発生する可能性を含めて、余震の発生予測を定量的に行い公表してきた。予測手法そのものは日本で利用されているものと基本的に同じであった。USGS による公表には、確率論的な予測値と根拠となるデータが示されると共に、その意味について解説されるため、専門家から専門家でない人までに対して必要な情報が含まれている。

地震予測に関する不確実な情報や確率的な表現をどのように伝えていくかという点は、数多くの議論が既になされてきている。本発表では、最近の 2016 年熊本地震、2019 年リッジクレスト地震を例に、日米の地震活動予測に関する情報の発信の仕方について、地震学者の視点から比較する。その上で、大地震（遠地大地震を含む）が地震活動に及ぼす影響の予測に関する問い合わせへの対応について、「南海トラフ沿いの異常現象」を含め考察する。

2. 熊本地震後見直された地震本部の余震予測とリッジレスト地震を巡る USGS の余震予測

熊本地震以降の地震活動予測は、「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」(地震本部, 2016) に基づいている。大きな規模の地震が発生したとしても、直ちにそれを本震とは呼ばず、一連の活動が収束した後に、(もしあれば前震、) 本震、余震と呼ぶこととなる。特に大規模地震が発生した後は、地震活動の見通しを M ではなく震度を基準として発表する。発生直後は過去事例や地域特性に基づき同程度の揺れを呼びかけ、データの十分揃った一週間後には、余震発生モデルに基づき、揺れの発生確率を本震直後や平常と比較して発表する。それまでの M を基準とした発表に比べ震度を用いることは、被災住民に対してより防災行動につなげやすいと考えているためであるが、地震活動予測計算方法自体は変わっていないため、全体的に慎重な発表となっている。

一方で2019年リッジレスト地震のM6.4前後に、USGS では早期の余震観測に基づく地震の発生予測を twitter などを通じて公開している他、メディア取材にも答えている。モデルパラメータを与えるにはデータの精査が必要ではあるが、合理的な仮定に基づいて行い、必要なモデルやパラメータ値は全て web で公開された。半ば当然であるが、当初の規模よりも大きくなる可能性についてもゼロではないために言及している。これは日本が公表を放棄した方法である。報道等でも今後の見通しとして、そのことを忘れずに言及している。そしてM7.1本震が発生した。これら余震の発生の見通しについてはルーチン的に行っているものであり、説明もそれに基づくものである。重要なのは科学的な根拠に基づいて、必要な情報を開示していることであり、引き続きこの様な発表のあり方は重要だと認識されている。(USGS 研究者私信)。

3. 大地震が発生後の地震活動の予測に関する照会への対応

上の例を踏まえて、大地震後の地震活動予測に関して照会を受けたときに、研究者としてどう対応するかという本題に入る。この必要性は地震調査委員会の大規模地震に関する評価には踏み込んだ内容が含まれない(含められない)ためでもある。

まず現在の科学的知見に基づき、大地震発生直後の地震記録と地震発生に関するモデルを用いて、余震の活動を確率論的に予測することができる。

しかし最もありうるシナリオが実際に起きるわけではない。経験的にも、大きな地震後、余震活動は活発に起きるが時間と共に徐々に減衰する、その中では規模の大きい地震の発生する可能性は平時より高くなる、そして本震よりも大きな地震が発生することもある。過去事例にもあるように様々なシナリオがあることを、科学的根拠に基づき伝えていく必要がある。これは従来のスタンスと変わらないであろう。また、より大きな地震が控えているときには、規模別頻度分布の指標となる b 値が小さくなるのが熊本地震などで報告されているが、経験則として重要な情報である。

更に着目すべきことは、いわゆる「南海トラフ沿いの異常な現象」があった際の照会対応である。「南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応のあり方について」(中央防災会議, 2018) は、南海トラフで発生する可能性のある大規模双子地震について、一つ目の大地震発生後に次の大地震への対応策を提示した。地震学的背景には地震統計学に基づく予測がある。これについては地震学会モノグラフ「第6号 南海トラフ地震臨時情報：科学的データや知見の活用」(2020)に地震学会員の様々な考え方が掲載されている。現象や防災対応の規模は大きく異なるにしても、先に述べた2016年熊本地震や2019年リッジレスト地震の際の対応と比べてみれば、一律に値を区切って現象の評価することの難しさが窺える。

大地震が別の大地震を誘発するのは、これまでに見てきた隣接するような場所に限らない。大地震が、離れた場所で地震波の揺れを介して別の大地震を誘発される事象(遠地誘発)がある。その因果関係は研究されているが、余震活動に関して経験的に得られているようなモデルは存在しない。例えば世界のどこかで巨大地震が発生したときに、それが日本の地震活動にどのような影響を及ぼすのか、日本で大地震が発生するののかに対して科学的根拠を持って評価するためには、様々な事例を認識しておく必要がある。これまでの研究では、大規模データを用いて揺れの強さに応じた誘発地震の活発度合いが調べられている。更に余震活動という既存の枠組みに当てはめるために、誘発する地震波の震幅に等価な M を求める研究も行われている。ただどのような場合においても前例や観測事実を基に、考え得るシナリオを提示していくという基本的な考え方は普遍的である。