

1. 従来の地震動ハザード評価の課題

1.1 東北地方太平洋沖地震を契機に指摘された課題

2011年3月11日、わが国の観測史上最大の超巨大地震である東北地方太平洋沖地震 (M 9.0) が発生した。この地震により宮城県の築館において震度7が観測されるなど、岩手県から千葉県・神奈川県に至る広い範囲で大きな揺れが観測された。

図1に、刊行予定だった2011年版全国地震動予測地図の確率論的地震動予測地図のうち、50年超過確率（対象とする地震または地震群によって特定の期間内に地震動の強さがある値を超える確率）2%となる震度を表した地図と、東北地方太平洋沖地震の際に観測された各地の震度の比較を示す。ここでは、東北地方太平洋沖型の地震のような平均発生間隔が長い地震（600年程度とされている）による地震動ハザードをできるだけ見易くするために、これまで公表されてきた確率論

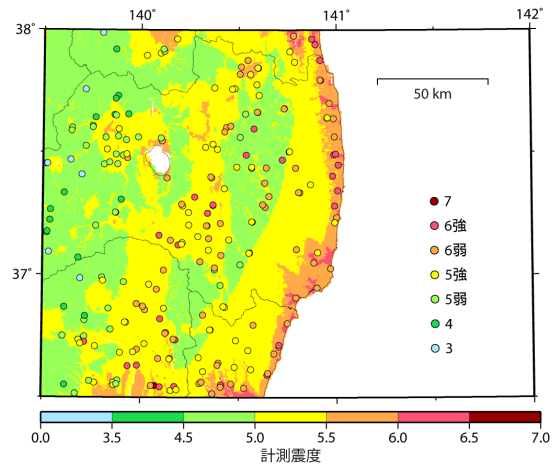


図1 2011年の確率論的地震動予測地図で50年超過確率2%となる震度の分布と東北地方太平洋沖地震で観測された震度の比較。

的地震動予測地図のうち最も再現期間が長い50年超過確率2%の地図（再現期間2500年に相当）を示している。なお、再現期間は、「ある地点においてある強さを超えるような地震の揺れが、平均して何年に一度起きるか」を示す。これを見ると、福島県や栃木県北部、茨城県北部では観測震度6強の地点が5弱と予測されていたなど、大幅な過小評価になっており、これらの地域では全国地震動予測地図が安心情報を与えてしまっていた可能性が指摘されている。

また、Geller (2011)は2010年版全国地震動予測地図の確率論的地震動予測地図（今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布）と1979年以降の死者10名以上の被害地震の震央位置を見比べて、これら被害地震が相対的に確率が低い地域で起きていることを指摘した。しかし、地震が起きた後にその震央付近で強い揺れに見舞われる確率が小さくなるのは当然のことであるから、2010年より前の地震に関するGeller (2011)の指摘は意味をなさない。そこで、最も早く公

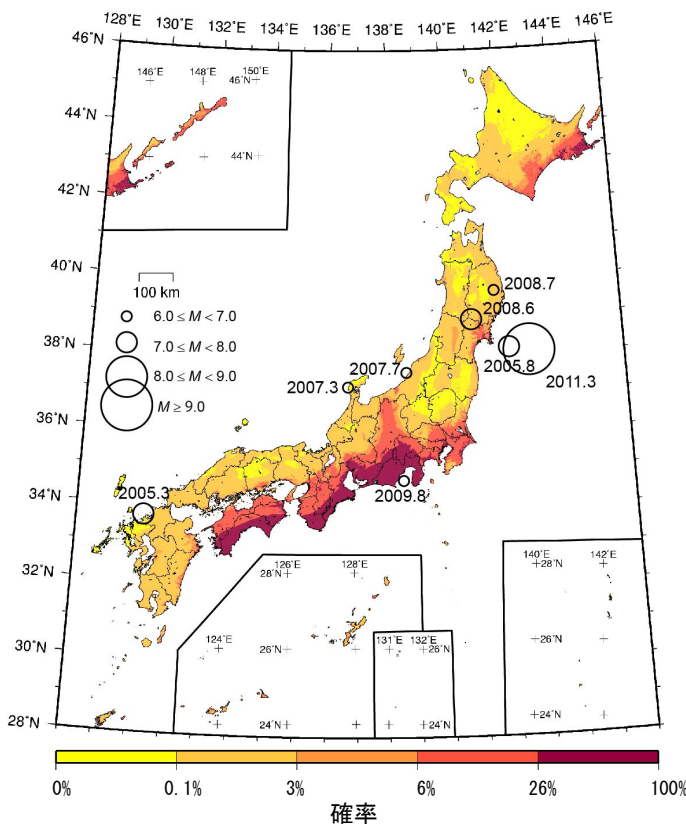


図2 2005年版全国地震動予測地図の確率論的地震動予測地図（今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布）と2005年以降に発生した理科年表記載の被害地震。

表された2005年版の確率論的地震動予測地図と、2005年以降、東北地方太平洋沖地震までに発生した、理科年表（瀧瀬、2011）に記載の被害地震の震央位置を見比べてみた（図2）。この図において、確率の数値と震央の位置は本来、直接比較することがもちろんできないが、Geller (2011)が行ったように相対的に確率が低い（あるいは高い）地域の場所と震央位置を比較するという、場所の比較をすることは可能なはずである。

図2を見ると、これらの地震はすべて、震度6弱以上が観測されているにもかかわらず、2つの例外（2005年宮城県沖の地震と2009年駿河湾の地震）を除いて、震度6弱の30年超過確率が低い方から数えて一番目または二番目の区分の領域で発生している。つまり、2005年にさかのぼって正しい見比べをしてみても、Geller (2011)が指摘しているとおおり、震度6弱の超過確率が相対的に低い領域（あるいは海溝型地震ならその近く）で、震度6弱以上を観測した被害地震の多くが発生している。被害地震ならば震央やその周囲で強い地震動が発生していたはずであり、実際に2005年以降のすべての被害地震で6弱以上の震度が観測されている。したがって、地震動の超過確率と被害地震の震央に対して場所の比較を行った図2は、図1ほど直接的ではないが、間接的に確率論的地震動予測地図の予測と実績の比較を表している。このことは、2.1節で詳述される実績の確率相当値の分布と、実績期間の被害地震の震源域の分布を見比べると、両者が似通っていることから推測できる。以上から、被害地震の震央とその周辺の地域にとっては、確率論的地震動予測地図が誤った判断に結びつくような安心情報となった可能性があり、ひいては地震本部の目標の1つである「国民の地震防災意識の高揚」の実現を危うくしてしまったかも知れない。これが東北地方太平洋沖地震を契機に指摘された、従来の確率論的地震動ハザード評価の課題である。

1.2 課題の原因について

ここでは、1.1節で示した課題の原因の候補を検討し、それらを4つにまとめた。まず、原因の第一の候補として、従来の地震動ハザード評価に用いられた手法に問題点はなかったかを考える必要がある。たとえば、Geller (2011)やStein et al. (2011)では、全国地震動予測地図の確率論的地震動予測地図の作成に用いられた手法には欠陥があるという指摘がなされていた。この「手法の有効性」については、2.1節で検討を行う。ここでは、石川・他 (2011)による検討結果を示すことにより、確率論的地震動予測地図により特定の期間にある強さ以上の揺れに見舞われると予測されるメッシュ数期待値（メッシュ数期待値については、「2.1 手法の有効性に関する検討」を参照）が、実際に発生している地震による地震動ハザードと調和的であることを示し、確率論的地震動予測地図で用いられている手法の基本的枠組みの有効性を示す。

課題の原因の第二の候補は、地震調査委員会の長期評価や全国地震動予測地図において、東北地方太平洋沖型の地震の震源断層や、被害地震を発生させた活断層があらかじめ特定されていなかったことである。たとえば前者については、複数の研究により、過去に東北地方中南部の太平洋沖において大きな津波を引き起こす地震が発生したことは指摘されていたものの、これらの知見を含めた長期評価の改訂については、東北地方太平洋沖地震が発生した時点では審議中であったため、長期評価や全国地震動予測地図に反映されていなかった。平成23年11月25日に、東北地方太平洋沖地震により得られた知見や宮城県沖地震、貞観地震に関する新たな知見を踏まえて公表された「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）」では、東北地方太平洋沖型の地震の繰り返し発生間隔は600年程度とされている。2.2節では、仮に東北地方太平洋沖地震が事前に想定されていた場合について検討し、確率論的地震動予測地図における予測震度が過小評価にはならないことを確認する。

課題の原因の第三の候補としては、長期評価に含まれていない地震についての確率論的地震動予測地図における扱いがあげられる。従来の地震動ハザード評価では、長期評価を補うために、

長期評価で扱われていない地震については、「震源断層をあらかじめ特定しにくい地震」として取り込めるような考慮がなされていた。しかしながら、これらの地震の規模は、長期評価をおこなった領域で過去に発生した地震のうち、固有規模の地震を除いた既往最大の地震の規模を上限としてきた。このことは、過去に発生した地震の規模以上の地震は将来起こらないと仮定しているものであり、将来発生する可能性のある大地震の規模を過小評価してしまう可能性がある。2.3節では、「震源断層をあらかじめ特定しにくい地震」の最大規模を大きくして地震活動モデルにおける不確実性を大きくとることで、震度の超過確率が增大することを示す。

最後に、第四の候補として、低頻度の地震による地震動ハザードの表現方法があげられる。従来行ってきたような30年間を対象とした確率論的地震動予測地図では、平均活動間隔が長い、低頻度の地震による地震動ハザードが、捉えにくくなってしまう。2.4節では、この問題の一つの改善策として、非常に長期間の平均的な地震活動モデルに基づいて確率論的地震動予測地図を作成し、これにより低頻度の地震によるハザードを捉えやすくなることなどを示す。