

2. 地震活動の評価モデルの概要

2.1 地震活動のモデル化の方針と概要

確率論的地震動ハザードの評価条件のうち、地震活動の評価モデルは、平成 17 年 3 月、平成 18 年 9 月、平成 19 年 4 月、平成 20 年 4 月、平成 21 年 7 月並びに平成 22 年 5 月に公表された確率論的地震動予測地図（地震調査委員会，2005b、地震調査委員会，2006b、地震調査委員会，2007b、地震調査委員会，2008b、地震調査委員会，2009c、地震調査委員会，2010b）において、新たな知見に基づく改良が反映されてきたものの、同一の基本方針に基づくモデルが用いられてきた。

その後発生した 2011 年東北地方太平洋沖地震は、当時の確率論的地震動予測地図の地震活動のモデルに含まれておらず、地震活動モデルの課題が明らかとなった。この地震の発生を受けた検討結果に基づき、「今後の地震動ハザード評価に関する検討」（地震調査委員会，2012b）が公表され、その中では、従来の手法を適用した確率論的地震動予測地図に加えて、改良を加えたモデルによる評価結果も試算の形で提示された。

本報告で示す 2013 年版の確率論的地震動ハザード評価の地震活動モデルは、「今後の地震動ハザード評価に関する検討」（地震調査委員会，2012b）の延長で作成したものであり、3 種類のモデルを作成している。ただし、その後に改訂・公表された長期評価結果や新たな知見を反映させるとともに、時間が 1 年経過したことによる地震発生確率の変化を考慮している。また、震源を予め特定しにくい地震の発生頻度を設定するための地震カタログについても更新している。

2013 年起点の確率論的地震動ハザード評価のための地震活動のモデルは、以下の 3 種類のものを作成する。

（1）従来モデル

従来のモデルの作成方針に準拠したものであり、長期評価に基づく大地震の地震活動のモデルと、長期評価されていない、より小規模な地震に対する震源断層を予め特定しにくい地震とで構成される。本報告では、長期評価の改訂がなされていない領域の地震活動モデルについては、基本的に従来通りとする。

（2）検討モデル

2011 年東北地方太平洋沖地震がその時点での地震動予測地図における地震活動モデルに含まれていなかったことへの反省から、従来のモデルでは不十分と考えられる部分について、不確実さを考慮して改良を加えたモデルである。本報告では、長期評価の改訂がなされていない領域に対しても、新たな知見を踏まえた新たな地震活動のモデル化を試みる。

（3）参照モデル

沈み込むプレートで発生する地震に関して、検討モデルよりも大きな不確実性を考慮し、マグニチュードが 9 クラスの地震までを Gutenberg-Richter（以下、G-R）の関

係式を用いてポアソン過程で評価するモデルである。

2012年12月に公表された「今後の地震動ハザード評価に関する検討」(地震調査委員会, 2012b)では、従来のモデルを含む2つの地震活動モデルによる地震動ハザード評価の試算結果が示されている。また、藤原・他(2012)では、上記の参照モデル(モデル3)の考え方を一部取り入れた確率論的地震動ハザード評価の試算結果も示されている(以下、本報告書では便宜上、2011年・2012年における検討のモデル3と呼ぶ)。本報告書における従来モデル、検討モデル、参照モデルは、基本的にこれらの流れを汲むものであるが、その後公表された「九州地域の活断層の長期評価(第一版)」(地震調査委員会, 2013b)と「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)について」(地震調査委員会, 2013c)の反映、南関東におけるフィリピン海プレートの形状に関する知見などを含めて、さらに改良・更新を加えたものとなっている。

表2.1-1に、今回作成する3つのモデルの概要を、「2011年・2012年における検討」と比較して示す。

表 2.1-1 地震活動モデルの概要

		2011年・2012年における検討			2013年起点			
		モデル1	モデル2	モデル3	従来モデル (モデル1)	検討モデル (モデル2)	参照モデル (モデル3)	
カテゴリー I	想定東海	M8.0, P30=88	同左	同左	M8~9, P30=66.5	同左	同左	
	東南海	M8.1, P30=72						
	南海	M8.4, P30=62						
	南海トラフ連動	M8.4~8.5						
	大正型関東	M7.9, P30=0.18	同左	同左	2011年・2012年における検討のモデル1と同じ	M7.9~8.6 G-Rモデル	同左	
	元禄型関東	なし (P30=0)						
	東北地方太平洋沖型	P30=0	同左	不特定に統合 (*1)	2011年・2012年における検討のモデル1と同じ	2011年・2012年における検討のモデル2と同じ	2011年・2012年における検討のモデル3と同じ	
	三陸沖北部	M8.0, P30=7.3	同左					
	宮城県沖	M7.4, P30=55*	不特定に統合					
	十勝沖	M8.1, P30=1.4	同左	同左	2011年・2012年における検討のモデル1と同じ	同左	不特定に統合 (*2)	
	根室沖	M7.9, P30=47						
	十勝沖・根室沖連動	M8.3, 6回に1回						
	色丹島沖	M7.8, P30=54						
択捉島沖	M8.1, P30=63							
カテゴリー II	南海トラフ震源不特定	Mu = -/7.4	同左	同左	Mu = 8.0/8.0	同左	同左	
	相模トラフ M7	M6.7~7.2, P30=72*	同左	同左	2011年・2012年における検討のモデル1と同じ	Mu = 7.8/7.8	同左	
	震源不特定	Mu = 6.6/-						
	三陸沖北部繰り返し以外	M7.1~7.6, P30=88*	同左	*1 も含めて一括のG-Rモデル Mu = 9.5/8.2	2011年・2012年における検討のモデル1と同じ	Mu = 7.9/8.2	2011年・2012年における検討のモデル3と同じ	
	震源不特定	Mu = 7.0/7.0	同左					
	三陸沖中部震源不特定	Mu = 8.0/7.5	Mu = 8.2/8.2			2011年・2012年における検討のモデル1と同じ		2011年・2012年における検討のモデル2と同じ
	宮城県沖繰り返し以外	M7.0~7.3, P30=61*	Mu = 8.4/8.2					
	震源不特定	Mu = 8.0/7.5						
	三陸沖南部繰り返し以外	M7.2~7.6, P30=51*	Mu = 8.0/7.5					
	震源不特定	Mu = 8.0/7.5						
	三陸房総海溝寄震源不特定	Mu = 8.0/-	同左					
	福島県沖震源不特定	Mu = 8.0/7.5	Mu = 8.2/8.2					
	茨城県沖繰り返し以外	M6.9~7.6, P30=69*	Mu = 8.3/8.2					
	震源不特定	Mu = 8.0/7.5						
	房総沖震源不特定	Mu = 8.0/7.5	Mu = 8.3/8.2					
	東北陸域太平洋プレート内	Mu = -/7.5	Mu = -/8.2	同左				
	十勝根室繰り返し以外	M7.1, P30=82*	同左	同左	同左	Mu = 8.0/8.2	*2 も含めて一括のG-Rモデル Mu = 9.5/8.2	
	震源不特定	Mu = 6.9/7.4	同左	同左	Mu = 6.9/7.5			
	色丹択捉繰り返し以外	M7.1, P30=94*	同左	同左	同左	Mu = 8.0/8.2		
	震源不特定	Mu = 6.9/7.4	同左	同左	Mu = 6.9/7.5			
千島プレート内やや浅い	M8.2, P30=30*	同左	同左	同左	十勝沖~択捉島沖に統合			
やや深い	M7.5, P30=67*	同左	同左	同左				
千島陸域太平洋プレート内	Mu = -/7.4	同左	同左	Mu = -/7.5	Mu = -/8.2	同左		
南関東太平洋プレート	Mu = 7.2/- (南関東M7)	同左	同左	同左	Mu = 8.1/8.2	同左		
小笠原太平洋プレート浅部	Mu = 7.4/7.4	同左	同左	同左	Mu = 8.5/8.2	Mu = 9.5/8.2		
深部	Mu = -/7.0	同左	同左	同左	Mu = -/8.2	同左		

表 2.1-1 地震活動モデルの概要 (つづき)

		2011年・2012年における検討			2013年起点		
		モデル1	モデル2	モデル3	従来モデル (モデル1)	検討モデル (モデル2)	参照モデル (モデル3)
カ テ ゴ リ ー II	安芸灘繰り返し以外	M6.7~7.4, P30=36*	同左	同左	同左	Mu = -/8.0	同左
	震源不特定	Mu = -/6.6	同左	同左	同左		
	日向灘繰り返し以外	M7.6, P30=14*	同左	同左	同左	同左	同左
	一回り小さい	M7.1, P30=73*	同左	同左	同左	同左	同左
	震源不特定	Mu = 6.9/7.2	同左	同左	同左	同左	同左
	南西諸島浅部	なし	同左	同左	同左	Mu = 8.5/8.0	Mu = 9.5/8.0
	深部	Mu = -/8.0	同左	同左	同左	同左	同左
	与那国島繰り返し以外	M7.8, P30=26*	同左	同左	同左	同左	同左
	震源不特定	Mu = 7.3	同左	同左	同左	同左	同左
カ テ ゴ リ ー III	北海道北西沖	M7.8, P30=0.046	同左	同左	同左	M7.8, P30=1*	同左
	北海道西方沖	M7.5, P30=0	同左	同左	同左	M7.5, P30=1*	同左
	北海道南西沖	M7.8, P30=0	同左	同左	同左	M7.8, P30=3*	同左
	青森県西方沖	M7.7, P30=0	同左	同左	同左	M7.7, P30=3*	同左
	秋田県沖	M7.5, P30=3*	同左	同左	同左	同左	同左
	山形県沖	M7.7, P30=0	同左	同左	同左	M7.7, P30=3*	同左
	新潟県北方沖	M7.5, P30=0	同左	同左	同左	M7.5, P30=3*	同左
	佐渡島北方沖	M7.8, P30=3.9*	同左	同左	同左	同左	同左
	日本海東縁震源不特定	Mu = 7.3	同左	同左	同左	Mu = 7.5	同左
	主要活断層帯 (全国)	2011年末までに公表された長期評価を反映	同左	同左	同左	「地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震」を考慮	同左
九州地域の活断層 (帯)	—	—	—	地域評価を反映	同左に加え、複数区間の連動と「痕跡を認めにくい地震」を考慮	同左	
その他震源不特定	Mu = 6.8 (海域 7.0)	同左	同左	同左	Mu = 7.3 (海域 7.5)	同左	

- ・ 1年更新による地震発生確率の変化のみがある場合でも「同左」等の表現を用いている。
- ・ P30は30年発生確率(%)、*はポアソン過程で算出したことを示す。
- ・ Mはマグニチュード、Muの左側はプレート間、右側はプレート内地震の最大マグニチュード
- ・ 参照モデルにおける三陸沖北部から房総沖のM7.6以上の地震の頻度は、2011年・2012年における検討のモデルでは1885年以降のカタログに基づくM7.6以上の地震数をそのまま使用したが、2013年起点では中地震と小地震のカタログに基づくG-R式に基づく頻度の平均値を使用しており、頻度は大きくなっている。中地震カタログ、小地震カタログについては「2.3震源断層を予め特定しにくい地震の評価手法の概要」を参照。
- ・ G-Rモデルは、Gutenberg-Richterの関係式を用いてポアソン過程で評価することを示す。
- ・ 「震源不特定地震」は、震源断層を予め特定しにくい地震を表す。
- ・ 「不特定に統合」は、震源断層を予め特定しにくい地震としてモデル化したことを示す。
- ・ 表の着色については、薄黄色は2012年モデル2での変更点を、灰色は2012年モデル3での変更点を、オレンジ色は2013年モデル1での変更点を、桃色は2013年モデル2での変更点を、薄青色は2013年モデル3での変更点であることを示す。
- ・ 元禄型関東地震は、地震発生確率が極めて小さく計算上考慮していないため、「なし (P30=0)」と表記。

2.2 地震の分類

地震活動のモデル化にあたっては、地震の発生場所、得られている情報（地震調査委員会による長期評価の対象となっているか否かも含む）などにより、モデル化の方法が異なる。モデル化の際に参照する情報を切り口にすれば、対象とする地震を以下のように分類することができる。

A. 長期評価の対象となっている地震

- 1) 主要な活断層帯に発生する固有地震
- 2) 海溝型地震
 - ・ ほぼ同じ震源域で繰り返し発生する地震
 - ・ 震源域が範囲で示されている地震

B. 長期評価の対象となっていない地震

- 1) 震源断層をある程度特定できる地震
 - ・ 主要活断層帯以外の活断層に発生する地震
 - ・ 主要活断層帯に発生する地震のうち固有地震以外の地震
- 2) 震源断層を予め特定しにくい地震

従来は、上記の分類でモデルの内容を記載していたが、今回は 3 種類のモデルが作成されており、モデルによって同じ地震が別の分類に属することがあるため、本報告書では、従来モデル、検討モデル、参照モデルそれぞれについて、以下の分類によりモデルの説明を行う。

1) 太平洋プレートで発生する地震

- ・ 長期評価された地震のうち繰り返し発生する大地震
- ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震
- ・ 震源断層を予め特定しにくい地震

2) フィリピン海プレートで発生する地震

- ・ 長期評価された地震のうち繰り返し発生する大地震
- ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震
- ・ 震源断層を予め特定しにくい地震

3) 陸側プレートの浅い地震

- ・ 主要活断層帯（九州地区を含む）で発生する地震
- ・ その他の活断層で発生する地震
- ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震
（日本海東縁部の地震）
- ・ 震源断層を予め特定しにくい地震

4) 南西諸島および与那国島周辺の地震

- ・ 長期評価された地震のうち震源が特定されていない地震
- ・ 震源断層を予め特定しにくい地震

2.3 震源断層を予め特定しにくい地震の評価手法の概要

地震活動モデルの詳細は、次章以降で述べるが、ここでは、震源断層を予め特定しにくい地震の評価手法に関して、その概要と共通条件をまとめる。

震源断層を予め特定しにくい地震は、その一つ一つについて、事前に発生場所、地震規模、発生確率を特定することが困難であるため、地震群としての特徴を確率モデルで表現するものであり、その評価手法は、「全国を概観した地震動予測地図」（地震調査委員会、2005b、地震調査委員会、2006b、地震調査委員会、2007b、地震調査委員会、2008b）および「全国地震動予測地図」（地震調査委員会、2009c、藤原・他、2009、地震調査委員会、2010b）で用いられているものと同様であり、「確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定）」（地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会、2002）、「確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－北日本）」（地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会、2003）、「確率論的地震動予測地図の試作版（地域限定－西日本）」（地震調査委員会長期評価部会・強震動評価部会、2004）、および「震源を予め特定しにくい地震等の評価手法について（中間報告）」（地震調査委員会長期評価部会、2002a）に準拠することを基本としている。基本的な評価手法は以下に示すとおりであるが、実際には、評価する地域の状況に応じて取扱いを変えている場合がある。それらについては個別の評価のところで説明する。

なお、地震調査委員会（2010b）との大きな違いは、

- ① 使用する気象庁震源データの期間を延長して2010年末までにした。
- ② 2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、震源断層を予め特定しにくい地震の最大マグニチュードを従来よりも大きく設定した。（モデルごとに設定値は異なる）
- ③ 上記②に伴い、マグニチュードが7.6以上の大規模な地震の断層面を個別に設定した。

の3点である。

震源断層を予め特定しにくい地震は、過去に発生した地震のデータに基づき、地震の発生場所、規模、頻度をモデル化する。この際、海溝型地震の長期評価で区分された領域、地震地体構造、震央分布等に基づいて区分された領域を単位として評価する方法（以下、地域区分する方法）と、機械的に区分した東西南北0.1度のメッシュを単位として評価する方法（以下、地域区分しない方法）の両者を用いる。前者は損害保険料率算定会（2000）で用いられている手法に準じたもの、後者はFrankel（1995）におけるsmoothed seismicityの考え方に準じたものである。両者の大きな違いは、地震活動度が一樣と考える領域の大きさである。地域区分する方法での領域は一般に0.1度のメッシュよりも大きいため、地震発生頻度の地域分布の変化（最大と最小の頻度の比や頻度の距離による変化の程度）は、地域区分しない方法による方が強くなる傾向がある。最終的には、地域区分する方法に基づく頻度も0.1度メッシュごとの頻度に換算し、地域区分の有無による結果の平均値を用いている。

地震発生頻度の算定に用いる震源データは、対象地域ごとの条件を勘案して決めているが、

- a) 宇津カタログ（宇津，1982；宇津，1985）のうち1885年から1925年のマグニチュード6.0以上の地震と、平成22年に刊行された気象庁地震火山月報（カタログ編）2011年5月（気象庁，2011）に収録の震源データのうち1926年から2010年のマグニチュード5.0以上の地震のデータを組み合わせたもの（中地震カタログ）
- b) 気象庁震源データのうち1983年から2010年のマグニチュード3.0以上（太平洋プレートとフィリピン海プレートの地震については4.0以上）の地震のデータ（小地震カタログ）

の2つを併用することを基本とする。震源深さは200km以浅のものを用いる。なお、これらのカタログからは、別途モデル化されている地震（主要活断層帯、海溝型地震、主要断層帯以外のその他の活断層）に対応するものは除去する。

余震は、マグニチュード6.0以上の地震の発生後90日以内に、震央を中心とする次式（建設省土木研究所，1983）で表される面積 A (km²) の円内で発生した地震を余震とみなし、機械的に除去する。

$$\log A = M - 3.2 \quad (2.3-1)$$

なお、前震および群発地震は除去していない。

地震の規模の確率分布は、上限値を有するG-Rの関係に従うと仮定して評価し、係数 b は日本周辺の平均的な値と考えられる0.9とする。地震ハザード解析で考慮する最小のマグニチュードは5.0¹とし、最大マグニチュードは過去に発生した地震の規模や関連する長期評価の結果等を踏まえて、地域区分した領域ごとに設定する。

地震の発生時系列は、定常ポアソン過程に従うと仮定する。

¹ 小地震カタログを用いる場合には、マグニチュード3.0（あるいは4.0）以上の地震の発生頻度と、 $b=0.9$ のグーテンベルク・リヒターの関係に基づき、解析で用いる最小マグニチュード5.0以上の地震の発生頻度を算出している。なお、グーテンベルク・リヒターの関係は、 $\log N(M)=a-bM$ 、 $N(M)$ はマグニチュード M の地震数、 a 、 b は係数。