



## 兵庫県南部地震後の被害地震での 推計震度分布図に基づく激震動の出現面積

三浦弘之<sup>1)</sup>, 翠川三郎<sup>2)</sup>

1) 正会員 広島大学 大学院工学研究院, 准教授 博士 (工学)

e-mail : hmiura@hiroshima-u.ac.jp

2) 正会員 東京工業大学 大学院総合理工学研究科, 教授 工博

e-mail : smidorik@enveng.titech.ac.jp

### 要 約

大地震の際に被害を引き起こすような強い地震動がどの程度の範囲で、どのような条件下で生ずるのかを把握するために、1995年兵庫県南部地震後に発生し、震度6弱以上を観測した計21地震における推計震度分布図を用いて、激震動の出現面積やその地盤条件について整理した。地震規模と出現面積の関係を翠川・五艘(1997)による過去の地震での関係と比較したところ、震度6弱以上の出現面積は同程度であるのに対して、震度7の出現面積は小さい傾向にあることを示した。これは、近年の地震は山間部で発生したものが多く、震源付近は揺れにくい岩盤上にある場合が多いためと考えられ、震度7の発生要因として表層地盤の影響が大きいことが再確認された。

キーワード： 激震動, 推計震度分布図, 出現面積, 地盤条件

### 1. はじめに

全国の地震ハザードを概観するために、地震発生確率と強震動予測式を組み合わせた確率論的地震動予測地図が作成・公表され、地震防災対策の基礎資料として利用されている<sup>1)</sup>。これらの予測地図に対して、近年の主要な地震発生との整合性がよくないとの指摘があり、この大きな原因のひとつとして、利用できる地震データが十分でないことが示されている<sup>1)</sup>。先駆的な地震危険度マップを示した河角<sup>2)</sup>も、過去のデータに基づき統計的な手法で得られた予測地図にはもれや限られた期間のデータであるといった不完全性が含まれること、また予測地図を補完する情報として過去の震度の履歴が有用であることを指摘している。したがって、わが国の地震ハザードの大きさを理解する上で、過去の地震ハザードの実績を整理することが必要と考えられる。近年、強い揺れを記録する地震が全国で頻発しており、特に2011年東北地方太平洋沖地震では、宮城県栗原市で震度7の非常に強い揺れが観測されるなど、広い範囲で震度6弱以上の揺れが発生した。このような近年の大地震も含めて、構造物被害を引き起こすような強い地震動が、どの程度の範囲で、どのような条件下で発生しているのかを把握しておくことは重要であろう。

地震動強さの指標のうち、震度は一般に利用されており、過去の地震でも情報が得られていること<sup>3)</sup>から、過去の被害地震における震度分布を収集・整理した研究がなされている。村松<sup>4)</sup>は、1891年濃尾地震から1952年までの被害地震について、震度分布と地震の規模の関係を調べ、震度5や震度6の出現面積とマグニチュードには一定の関係があることを示している。翠川・五艘<sup>5)</sup>は、歴史地震も含めて1995

年兵庫県南部地震までの被害地震を対象として、被害分布や震度分布に関する資料を収集・整理した上で、震度6や震度7の発生頻度や出現面積およびそれらの地盤条件について考察し、震度6だけでなく震度7の出現面積もマグニチュードと一定の関係があることを示した。また、武村・他<sup>6)</sup>は、濃尾地震から兵庫県南部地震までの浅発内陸地震について、震度7の地域の特徴を震源や地盤条件の面から考察している。これらの検討を受けて、村松<sup>7)</sup>は、1923年関東地震から兵庫県南部地震までの浅発内陸地震について、震度6や7の出現面積とマグニチュードの関係を再検討している。

これらの研究で用いられた震度分布は、1995年兵庫県南部地震までの被害地震での被害等から推定したものであるが、この地震以降も2011年東北地方太平洋沖地震をはじめとして、多くの被害地震が発生している。また、1996年以降は計測震度の観測点が全国で急増したことから、観測記録に基づく詳細な震度分布を把握することが可能になった。そこで本研究では、地震ハザードの履歴の特徴を分析することを目的として、兵庫県南部地震後の震度6弱以上を観測した被害地震を対象として、強震観測記録や地盤データに基づき作成された推計震度分布図を整理し、過去の地震によるデータとの比較も行いながら、各震度が出現した地域の面積や地盤条件について検討する。

なお、本研究では翠川・五艘<sup>5)</sup>にならって震度6弱以上の地震動を激震動と、翠川・五艘<sup>5)</sup>により整理された1880年から1995年までの激震動のデータを過去のデータとそれぞれ呼び、過去のデータとの連続性を考慮して同様の指標による分析を行う。また、過去のデータによる震度は、気象庁職員による体感震度や家屋の被害率等から求められたもので、現在の計測震度とは求め方が異なる。ただし、震度5や6については体感震度と計測震度はほぼ一致すること<sup>8)</sup>、また、震度7については、そもそも事例が少なく詳細な比較は難しいものの、兵庫県南部地震の結果を基に計測震度が定義されていること、を考慮して、本研究では過去のデータによる震度と現在の計測震度の間に大きな乖離はないものとして分析することとした。

## 2. 対象とした地震の推計震度分布図

### 2.1 推計震度分布図について

気象庁の震度データベース<sup>9)</sup>から、1996年以降に最大震度が6弱以上となる地震を検索したところ、計40地震が抽出された(2014年12月現在)。これらの中から、本震直後に発生した余震や1地点でしか震度6弱が観測されなかった地震を除外し、本研究では表1に示す計21地震を対象とした。表中の地震

表1 本研究で対象とした地震の諸元と各震度の出現面積

No.	年月日	時間	震源	M <sub>j</sub>	深さ(km)	タイプ	震度6弱の面積(km <sup>2</sup> )	震度6強の面積(km <sup>2</sup> )	震度7の面積(km <sup>2</sup> )	震度6弱以上の面積(km <sup>2</sup> )	参考文献	
1	1997/5/13	14:38	鹿児島県北西部	6.4	9	陸	403	-	-	403	11)	
2	2000/10/6	13:30	鳥取県西部	7.3	9	陸	260	54	2	316	-	
3	2001/3/24	15:27	芸予	6.7	46	中間	154	9	-	163	-	
4	2003/5/26	18:24	宮城県沖	7.1	72	海	536	29	-	565	12)	
5	2003/7/26	7:13	宮城県北部	6.4	12	陸	228	60	-	288	12)	
6	2003/9/26	4:50	十勝沖	8.0	45	海	2,821	237	3	3,061	-	
7	2004/10/23	17:56	新潟県中越	6.8	13	陸	926	331	9	1,267	10)	
8	2005/3/20	10:53	福岡県西方沖	7.0	9	海	86	-	-	86	10)	
9	2005/8/16	11:46	宮城県沖	7.2	42	海	2	-	-	2	10)	
10	2007/3/25	9:41	能登半島	6.9	11	陸	912	154	-	1,066	10)	
11	2007/7/16	10:13	新潟県中越沖	6.8	17	中間	1,019	112	-	1,131	10)	
12	2008/6/14	8:43	岩手・宮城内陸	7.2	8	陸	645	34	-	679	10)	
13	2008/7/24	0:26	岩手県沿岸北部	6.8	108	海	55	-	-	55	10)	
14	2009/8/11	5:07	駿河湾	6.5	23	海	57	-	-	57	10)	
15	2011/3/11	14:46	東北地方太平洋沖	9.0	24	海	9,237	1,127	66	10,430	10)	
16	2011/3/12	3:59	長野県北部	6.7	8	陸	266	49	1	317	-	
17	2011/3/15	22:31	静岡県東部	6.4	14	陸	139	6	-	145	10)	
18	2011/4/11	17:16	福島県浜通り	7.0	6	陸	478	12	-	489	-	
19	2011/4/12	14:07	福島県浜通り	6.4	15	陸	420	40	-	459	-	
20	2013/4/13	5:33	淡路島付近	6.3	15	陸	2	-	-	2	10)	
21	2014/11/22	22:08	長野県北部	6.7	5	陸	444	-	-	444	10)	
参考文献がーとなっているものは新たに推計震度分布を計算したものを表す							合計	19,087	2,253	82	21,423	

のマグニチュードや震源深さは気象庁による値を記載し、翠川・五艘<sup>5)</sup>にならい、発生位置によって陸の地震、海の地震、中間の地震の3タイプに分類した。

激震動の出現面積を求めるにあたって、本研究では気象庁が公開している推計震度分布図<sup>10)</sup>を利用することとした。推計震度分布図とは、気象庁が震度5弱以上を観測した地震を対象として、地震観測記録を基に表層地盤の増幅度を考慮して、1kmメッシュ間隔での震度を推計し、地震計のない地点も含めて震度を面的に表現したものである<sup>10)</sup>。本研究では、公開されている推計震度分布の画像データから震度6弱以上となる地域を読み取り、各震度の出現面積を算出した。

ただし、推計震度分布図が公開されるようになったのは2004年以降であるため、2003年までに発生した地震に対しては推計震度分布図が得られていない。そこで、推計震度分布図に代わるものとして、1997年鹿児島県北西部の地震、2003年に発生した宮城県沖の地震と宮城県北部の地震については、公開されている資料や報告書に記載されている震度分布<sup>11, 12)</sup>が利用できる。これらの震度分布は主に気象庁や防災科学技術研究所（K-NETやKiK-net）による計測震度データを基にして作成されたもので、推計震度分布図と同等のものであると判断し、これらを用いることとした。一方で、2000年鳥取県西部地震、2001年芸予地震、2003年十勝沖地震についてもK-NETやKiK-net等の記録に基づく震度分布図が示されているが<sup>例えば、13, 14)</sup>、これらの地震については、その後自治体や北海道開発局等の他の観測記録が利用可能となっており、より多くの観測記録を用いることでさらに正確な震度分布図が作成できるものと考え、推計震度分布図を計算することとした。

また、推計震度分布図が得られている2004年以降の地震のうち、2011年に発生した長野県北部の地震および福島県浜通りでの2つの地震の計3地震については、震央周辺において観測値に比べて大きな震度が広い範囲で推定されており、やや不自然な震度分布となっていた。例えば、長野県北部の地震では震源の近傍に位置する1観測点で最大震度6強が記録されているが、推計震度分布図ではこの観測点を含む広い範囲で震度7が推定されていた。これらの地震では震央付近での観測点が疎らなために震度分布が適切に評価されていないものと推察される。そこで、推計震度分布図の作成の際に用いられていないK-NETやKiK-net観測点の記録を追加することで、不自然な震度分布を改善できるものと考え、これらの計3地震についても、できるだけ多くの観測記録を収集して、推計震度分布図を求め直すこととした。

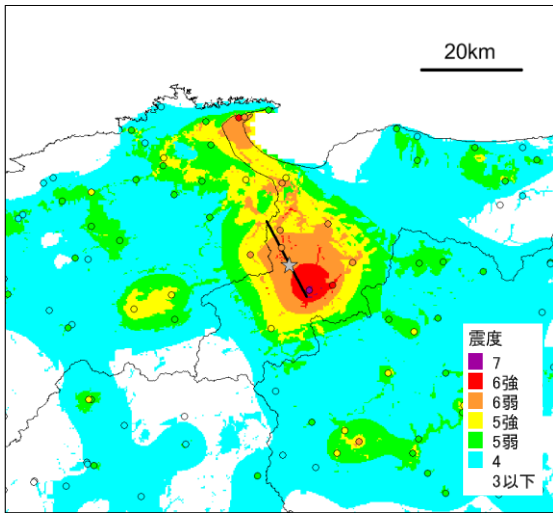
## 2.2 推計震度分布図の作成

推計震度分布図の作成に際し、まず気象庁、K-NET、KiK-net、港湾空港技術研究所および自治体の震度計ネットワークによる観測記録を収集した。また、鳥取県西部地震では震源近傍に位置する賀祥ダムの観測記録、芸予地震では広島市地震情報ネットワークシステムの観測記録、十勝沖地震では北海道開発局の地震情報伝達システム(WISE)による観測記録も使用した。表層地盤データについては、250mメッシュによる地形・地盤分類メッシュマップ<sup>15)</sup>を使用した。推計震度計算は文献<sup>16, 17)</sup>による手法を参考にして行った。まず、計測震度と最大速度の関係式<sup>18)</sup>を利用して、観測された計測震度を最大速度に変換し、各地点での250mメッシュマップによる最大速度の地盤増幅度で除すことで、硬質地盤上での最大速度を推定した。次に、断層からの距離減衰特性<sup>19)</sup>をトレンド成分としたSimple Kriging法による空間補間を行い、硬質地盤上での最大速度分布を得た。断層面については、既往の研究で提案されている断層モデル<sup>20~23)</sup>や発震機構・余震分布<sup>24, 25)</sup>から推定される断層面を利用した。さらに、全てのメッシュに対して前述の地盤増幅度を掛け合わせ、地表面での最大速度分布を求めた上で、計測震度と最大速度の関係式<sup>18)</sup>を用いて計測震度に変換し、推計震度分布図を得た。なお、気象庁による推計震度分布図の計算方法と本研究による計算方法とは本質的には同じであると考えられる。

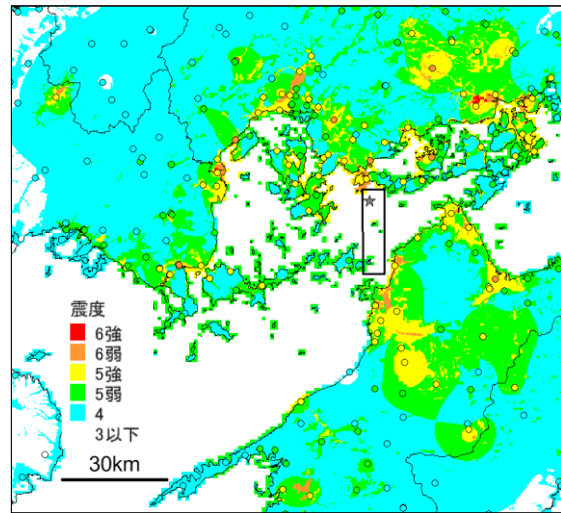
推計震度分布図を求めた計6地震における計算結果を図1(a)~(f)に示す。図中の丸で示す点が地震観測点を表し、色が計測震度の大きさを表す。地図上に色分けされたメッシュが推計震度を計算した結果で、計測震度の大きさと同じ色分けで示している。観測点周辺では、計測された震度と同じ震度が広がっている様子が確認できる。

## 3. 激震動の出現面積と地震規模

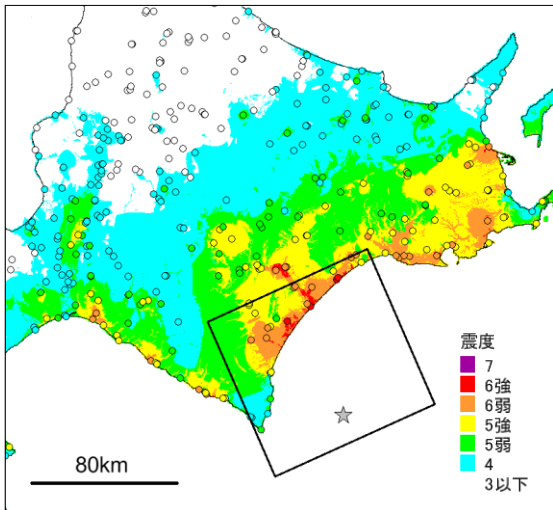
本研究で対象とした計21地震の推計震度分布図による激震動が生じた地域の分布を図2に示す。震度7を紫色、震度6強を赤色、震度6弱を橙色でそれぞれ示している。図より、東日本の太平洋側や北陸地方で激震動が現れた面積が大きく、西日本は比較的面积が小さいことがわかる。表1中には各震度の出現面積も示している。表1に示すように、震度6弱以上の出現面積は全体で約2.1万km<sup>2</sup>であり、その約半分は東北地方太平洋沖地震で発生したものとなっている。また、複数の地震で震度6弱以上の地震動が



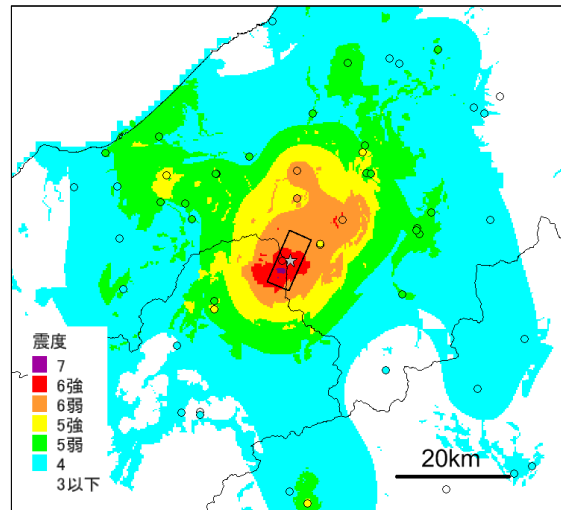
(a) 2000年鳥取県西部地震



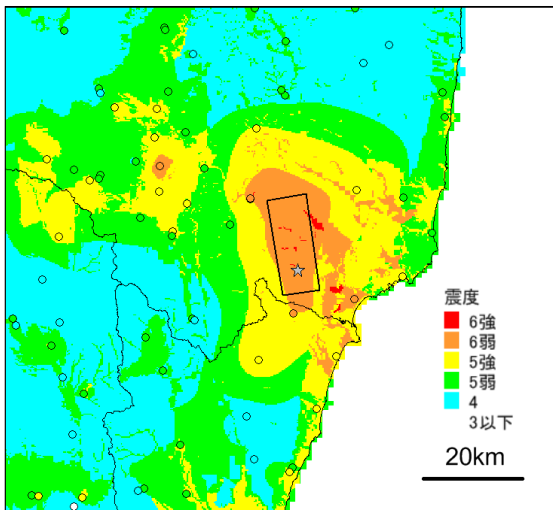
(b) 2001年芸予地震



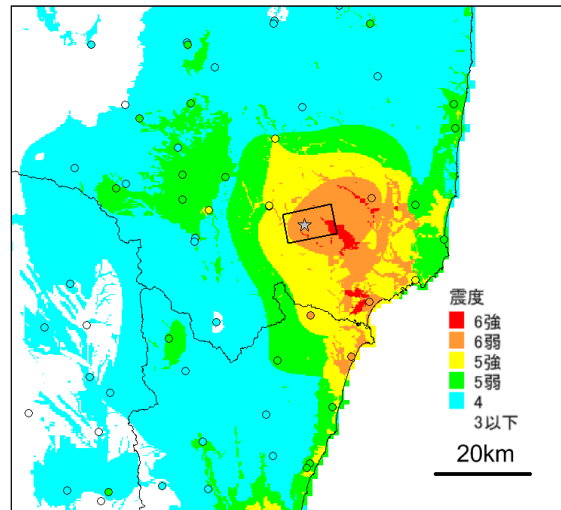
(c) 2003年十勝沖地震



(d) 2011年長野県北部の地震



(e) 2011年4月11日福島県浜通りの地震



(f) 2011年4月12日福島県浜通りの地震

図1 本研究で作成した推計震度分布図

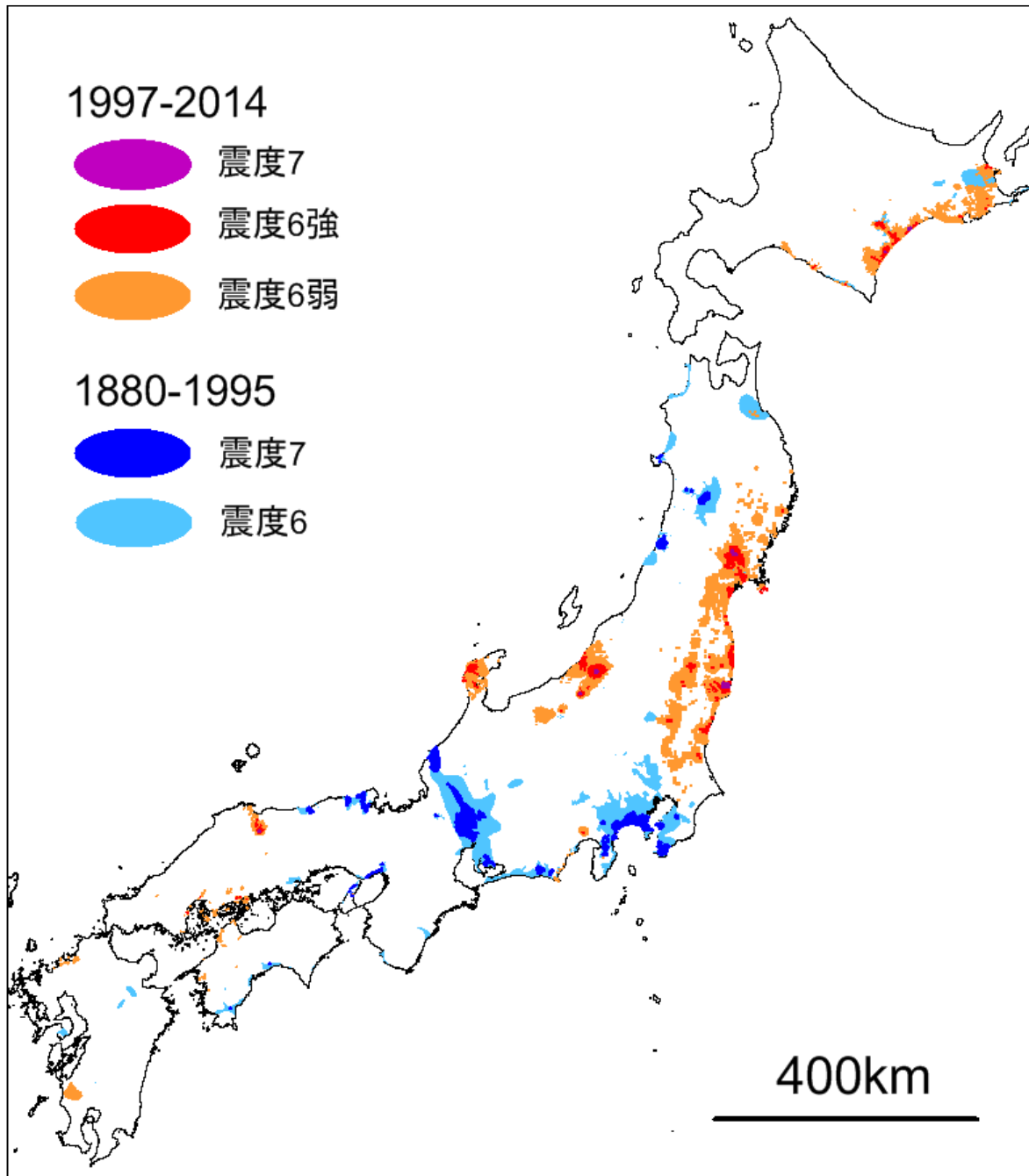


図2 激震動が生じた地域の分布

重複して現れた地域の面積は約2000km<sup>2</sup>であった。重複する面積を除外すると面積の総和は1.9万km<sup>2</sup>となり、日本の国土が約38万km<sup>2</sup>であることを考慮すると、最近の約20年間で国土の約5%の地域で震度6弱以上の地震動が現れたこととなる。また、震度7が出現した地震は、鳥取県西部地震、十勝沖地震、新潟県中越地震、東北地方太平洋沖地震、長野県北部の地震の5地震であり、過去のデータと同様にM6.8以上の陸の地震ないしM8を越える海の地震であった。その出現面積は全体で計82km<sup>2</sup>であった。

図2には比較のため、過去のデータによる激震動の分布を、震度7を青色で、震度6を水色で示している。関東地方、中部地方の広い範囲で震度7を含む激震動が現れており、東北地方、近畿地方の日本海側および瀬戸内海側においても激震動が現れている。また、震度6以上の出現面積は、重複する地域を除いて約2.7万km<sup>2</sup>、震度7の出現面積は3200km<sup>2</sup>であった。本研究による対象期間は約20年間であるのに対して、過去のデータは約100年間であり、対象期間の比は約0.2となることを考えると、本研究によ

る出現面積は、震度6以上は過去のデータの約0.7倍と比較的大きい。しかし、東北地方太平洋沖地震を除くと約0.3倍となり、両者の面積の関係は整合的ともいえる。一方で、本研究での震度7の面積は過去のデータの0.03倍程度と顕著に小さい。

各地震での震度6弱以上および震度7の出現面積とマグニチュードの関係を示したものを図3および図4に示す。図には比較のため過去のデータによる結果も併せて示している。また、図3には村松<sup>4,7)</sup>による関係式を、図4には翠川・五艘<sup>5)</sup>による関係式と村松<sup>7)</sup>による関係式も併せて示している。図3をみると、本研究による陸の地震における結果は、2005年宮城県沖の地震や2013年淡路島付近での地震のように面積が小さいものもあるものの、概ね過去のデータや村松の式<sup>4,7)</sup>と対応している。また、海の地震での出現面積は、陸の地震での面積の0.1~0.5倍程度の大きさで、過去のデータによる海の地震でのデータの傾向と一致している。以上のように、震度6弱以上の面積については、本研究のデータと過去のデータの傾向に大きな違いはみられなかった。

一方で、図4の震度7の出現面積をみると、震度7が観測された地震は5つであり、そのうち、鳥取県西部地震では約2km<sup>2</sup>、十勝沖地震では約3km<sup>2</sup>、新潟県中越地震では約9km<sup>2</sup>、東北地方太平洋沖地震では約66km<sup>2</sup>、長野県北部の地震では約1km<sup>2</sup>であった。過去のデータの傾向と比べると、海の地震については過去のデータの数が少なく違いについて議論できないが、陸の地震については地震規模に対して出現面積は小さく、過去のデータと整合しているとはいえない。このことが、前述した本研究で対象とした地震での震度7の面積の総和が小さいことにつながっている。

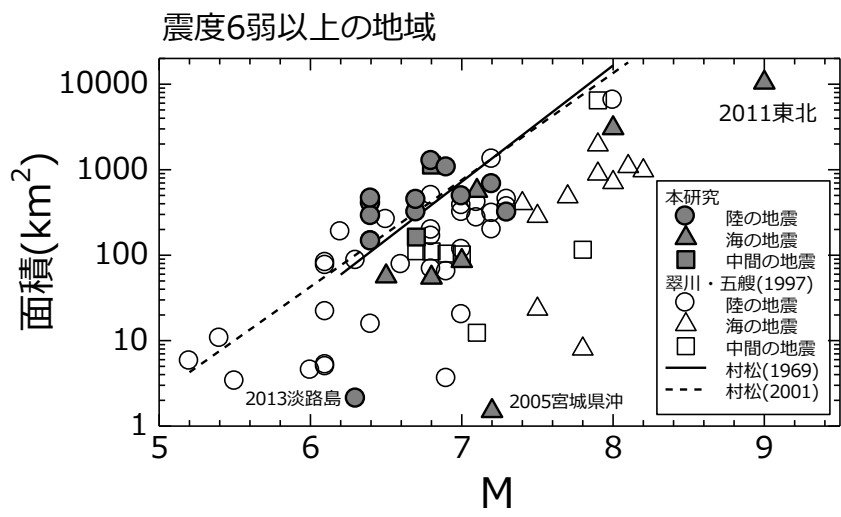


図3 マグニチュードと震度6弱以上の出現面積の関係

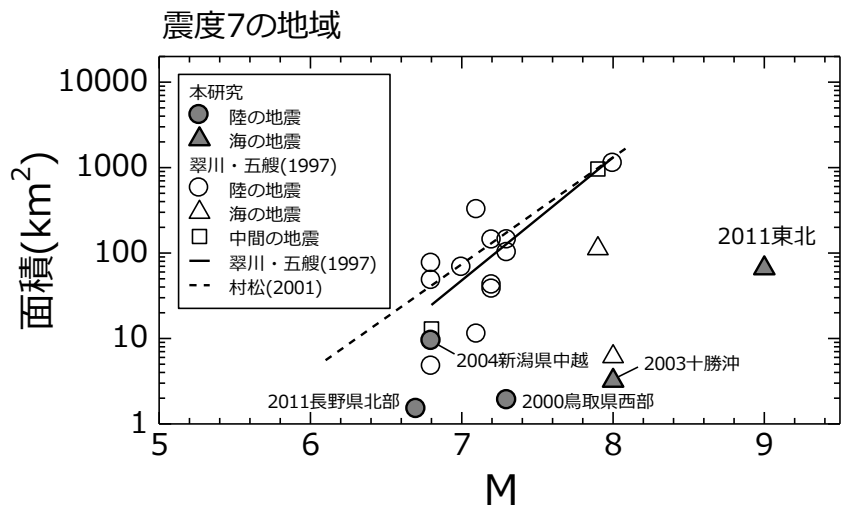


図4 マグニチュードと震度7の出現面積の関係

#### 4. 激震動の出現面積と表層地質の関係

翠川・五艘<sup>5)</sup>では、震度7の発生条件として表層地質の影響が非常に大きいことを指摘している。本研究で対象とした近年の被害地震は山間部で発生したものが多く、表層地質の影響により震度7の面積が小さかった可能性が考えられる。そこで、本研究で対象とした地震についても、翠川・五艘<sup>5)</sup>と同様に、激震動の出現面積と表層地質との関係を検討した。ここでは、震度6弱以上が重複して現れた面積は除外した面積の総和で以下議論することとした。

図2に示す本研究で求めた震度分布に対して、各表層地質<sup>26)</sup>別に震度6弱以上、震度7の地震動が生じた地域の面積を計算した。表層地質は、沖積層、洪積層、第四紀火山性岩石ないし新第三紀層、古第三紀ないしそれ以前の層、の4種類に分類した。国土全体におけるそれぞれの地質の占める割合は、約10%、約10%、約35%、約45%である。本研究のデータに対して、表層地質ごとの震度6弱以上および震度7の出現面積をまとめたものを図5に示す。震度6弱以上、震度7ともに、沖積地盤や洪積地盤での面積に比べて、それ以外の層（以下、岩盤）における出現面積の方がやや大きかった。特に、震度7の計82km<sup>2</sup>のうち約65%に相当する約55km<sup>2</sup>は岩盤上で発生しており、このうち約2km<sup>2</sup>は鳥取県西部地震、約2km<sup>2</sup>は十勝沖地震、約5km<sup>2</sup>は新潟県中越地震、約44km<sup>2</sup>は東北地方太平洋沖地震、約1km<sup>2</sup>は長野県北部の地震で発生していた。比較のために、過去のデータにおける震度6以上および震度7の表層地質別の出現面積を図6に示す。過去のデータによる傾向は、本研究による傾向とはやや異なり、沖積地盤での出現面積が最も大きく、特に震度7では顕著に大きかった。

これは、過去のデータでは1891年濃尾地震、1923年関東地震、1948年福井地震など震源域が平野部を含み、激震動が広い範囲で生じた地震が比較的多いものに対して、近年の被害地震では鳥取県西部地震や新潟県中越地震のように山間部で発生したものが多く、震源から非常に近い範囲には沖積地盤や洪積地盤が少なかったためと推測される。このことを確認するため、震度7が発生した地震はM6.8以上の陸の地震がほとんどであること<sup>5)</sup>を考慮して、1880年から2014年までに発生したM6.8以上の陸の地震（1880～1995年までの13地震および1997～2014年までの5地震の計18地震）を対象として、震源近傍の地域における各地質の占める面積を算出した。M7程度の地震では断層からの距離が10km程度の範囲まで震度7が出現していること<sup>5)</sup>から、断層までの距離が10km以内の地域を震源近傍とした。断層からの距離は、既往の文献<sup>19, 24, 27～32)</sup>による断層モデルより算出した。

図7に対象とした地域における各表層地質の占める面積の割合を示す。図では、過去のデータによる地震と本研究で対象とした地震に分けて表示している。これを見ると、本研究による近年の地震の震源近傍は、約90%は岩盤からなり、沖積地盤の占める面積は非常に小さく、全体の5%程度であった。一方で、過去のデータによる地震の震源近傍は、岩盤の占める割合が70%と沖積地盤や洪積地盤に比べ大きいものの、沖積地盤の占める割合は近年の地震によるデータと比べて大きく、全体の20%強が沖積地盤であった。このことが、過去のデータに比べて本研究のデータの震度7の地域の面積が小さかった大きな原因のひとつであると指摘できる。

前述した国土全体における各表層地質の占める割合は、本研究のデータと過去のデータの中間的な値を示しており、本研究のデータと過去のデータを合わせたものが、より均一に分布した地震によるデータを示すものと考えられる。そこで、翠川・五艘<sup>5)</sup>にならって、表層地質毎に全国の全面積に対す

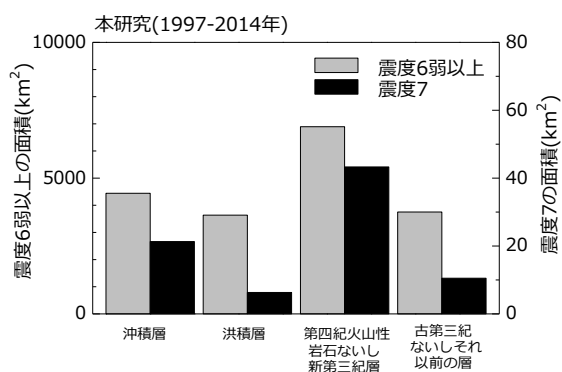


図5 表層地質別の震度6弱以上および震度7の出現面積（本研究）

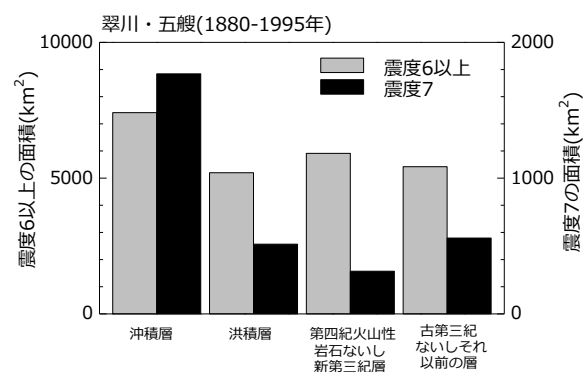


図6 表層地質別の震度6弱以上および震度7の出現面積（翠川・五艘<sup>5)</sup>）

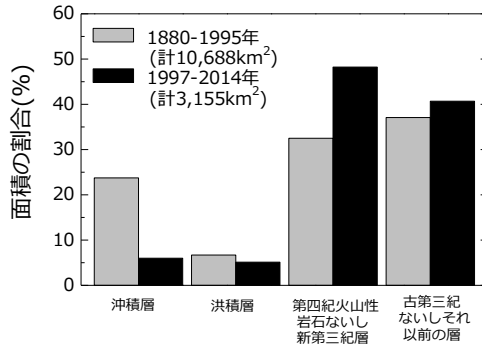


図7 断層距離 10km 以内の地域における各表層地質の占める面積の割合

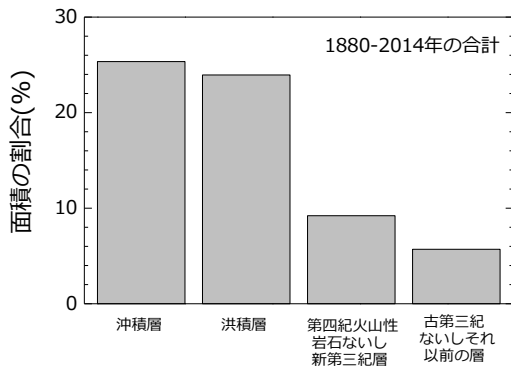


図8 表層地質毎の全面積に対する震度6弱以上の地域の面積の割合

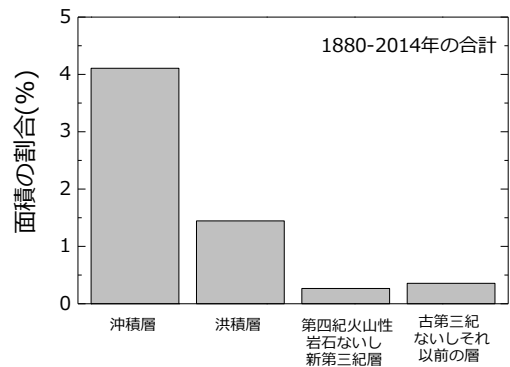


図9 表層地質毎の全面積に対する震度7の地域の面積の割合

る震度6弱以上および震度7以上の面積の割合を計算して図8および9に示す。図8より、震度6弱以上の揺れは、岩盤では全国の10%以下の範囲でしか出現していないのに対して、沖積地盤の約25%、洪積地盤の20%強の範囲で出現しており、地盤が軟弱な地域で出現しやすいことがわかる。用いたデータは1880年から2014年の135年間のものであるため、沖積および洪積地盤上では50年間で平均的に震度6弱以上の地震動を受ける割合は10%程度と概算できる。

震度7については、図9に示すように、岩盤では0.3%程度、洪積地盤では1%強の範囲でしか出現していないが、沖積地盤では全国の約4%の範囲で出現しており、沖積地盤上では50年間で平均的に震度7の地震動を受ける割合は1.5%程度と概算できる。このように、震度7の揺れは特に沖積地盤で発生しやすい傾向がみられ、震度7が発生する条件として、表層地盤の影響が非常に大きいことが再確認された。

なお、本研究のデータによる震度7の面積が、過去のデータに比べて小さくなったその他の要因として、震度分布の求め方の違いも可能性として考えられる。しかし、過去のデータに比べて震度7の面積が顕著に小さかった鳥取県西部地震の場合、被害の最も大きかった日野町安原地区でも木造建物の大破率は20%弱で<sup>33)</sup>、被害からも震度7の地域は狭かったものと考えられ、被害分布と本研究での震度7の地域に大きな乖離はないものと考えられる。

## 5. 結論

本研究では、わが国での地震ハザードの大きさを概観することを目的として、1997年から2014年までに発生し、震度6弱以上を観測した計21地震を対象として、強震観測記録に基づく推計震度分布図を基に、激震動の出現面積を求め、過去の地震によるデータと比較した上で、それらの特徴を整理した。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 最近の約20年間で震度6弱以上が現れた面積は約2万km<sup>2</sup>であり、その約半分は2011年東北地方太平洋沖地震によるものであった。震度6弱以上の出現面積はわが国の国土の約5%に相当し、震度6弱以上の揺れがそれ程希な現象ではないことを再確認した。



- 2) マグニチュードと出現面積の関係については、震度6弱以上の地域については過去の地震による傾向とほぼ同じとなること、震度7の地域はマグニチュードの大きさに比べて面積が顕著に小さい傾向にあることを示した。
- 3) この原因として、震度7の揺れは、震源近傍であっても沖積層のような軟弱地盤でないと発生しにくい傾向にあり、近年の地震では沖積地盤が広く分布する平野周辺でのものが少なく、内陸の山間部で発生した地震が多かったためであることを示し、震度7の評価には表層地盤の影響が非常に大きいことを再確認した。

## 謝 辞

本研究では、推計震度分布図の計算に際して、気象庁、防災科学技術研究所(K-NET, KiK-net)、港湾空港技術研究所、北海道開発局地震情報伝達システム(WISE)、広島市地震情報ネットワーク、賀祥ダムおよび自治体の震度計による強震観測記録を使用させていただいた。記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：全国地震動予測地図2014年版 ～全国の地震ハザードを概観して～、[http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic\\_hazard\\_map/shm\\_report/shm\\_report\\_2014/](http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2014/)、2014年。
- 2) 河角廣：わが国における地震危険度の分布、建築雑誌、No.773、1951年、pp.3-8。
- 3) 宇佐美龍夫：最新版 日本被害地震総覧 [416]-2001、東京大学出版、2003年、605p。
- 4) 村松郁栄：震度分布と地震のマグニチュードの関係、岐阜大学教育学部研究報告、Vol.4、1969年、pp.168-176。
- 5) 翠川三郎、五艘隆志：過去の事例に基づく激震動の発生頻度に関する基礎的考察、日本建築学会構造系論文集、No.502、1997年、pp.55-60。
- 6) 武村雅之、諸井孝文、八代和彦：明治以後の内陸浅発地震の被害から見た強震動の特徴 -震度VIIの発生条件-、地震 第2輯、第50巻、1998年、pp.485-505。
- 7) 村松郁栄：震度分布と震源との関係、地震 第2輯、第53巻、2001年、pp.269-272。
- 8) 横田崇、川上徹人、尾崎友亮、下山利浩、近藤さや、岡部来、吉田知央、坂本誠一、能勢努、辻村晃一、下坪善浩：震度に関する検討について、験震時報、第75巻、2011年、pp.61-105。
- 9) 気象庁：震度データベース検索、<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>、2015年。
- 10) 気象庁：過去の推計震度分布図、<http://www.data.jma.go.jp/svd/eww/data/suikai/eventlist.html>、2015年。
- 11) 熊本大学工学部環境システム工学科・九州東海大学工学部建築学科：1997年鹿児島県北西部地震被害調査報告書、1997年。
- 12) 日本建築学会：2003年5月26日宮城県沖地震の地震災害調査報告・2003年7月26日宮城県北部の地震災害調査報告、2004年。
- 13) 斎田淳、Shabestari, S.、松岡昌志、山崎文雄：鳥取県西部地震及び芸予地震の計測震度の空間分布推定、第11回日本地震工学シンポジウム論文集、2002年、pp.2265-2270。
- 14) 日本建築学会北海道支部：2003年十勝沖地震災害調査報告、2004年。
- 15) 防災科学技術研究所：地震ハザードステーションデータダウンロード、<http://www.jshis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html>、2014年。
- 16) 末富岩雄、石田栄介、磯山龍二：空間補間による地震動分布推定の高精度化のための一検討、第28回地震工学研究発表会、土木学会、2005年、Paper No.0191。
- 17) 松岡昌志、山本直孝：250mメッシュVs30と強震記録に基づく地震動マップの即時推定システム(QuiQuake)、地域安全学会梗概集、No.25、2009年、pp.97-98。
- 18) 藤本一雄、翠川三郎：マグニチュードの影響を考慮した計測震度と地震動強さ指標の関係式、日本地震工学会論文集、第10巻、第2号、2010年、pp.1-11。
- 19) 司宏俊、翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文集、No.523、1999年、pp.63-70。
- 20) 池田孝明、三輪滋、釜江克宏、入倉孝次郎：経験的グリーン関数法を用いた2000年10月6日鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション、日本建築学会構造系論文集、第561号、2002年、pp.37-45。
- 21) 四国電力：伊方発電所基準地震動Ssの策定について、[http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/senmon/shidai/taishin\\_godo\\_WG3/taishin\\_godo\\_WG3\\_25/sonota.pdf](http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/senmon/shidai/taishin_godo_WG3/taishin_godo_WG3_25/sonota.pdf)、2009年。
- 22) Nozu, A. and Irikura, K.: Strong-Motion Generation Areas of a Great Subduction-Zone Earthquake:

Waveform Inversion with Empirical Green's Functions for the 2003 Tokachi-oki Earthquake, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.98, No.1, 2008, pp.180-197.

- 23) 気象庁地震予知情報課・気象庁気象研究所：福島県浜通りから茨城県北部にかけての地震活動、[http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou86/03\\_02.pdf](http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou86/03_02.pdf)、2011年。
- 24) 防災科学技術研究所：Hi-net高感度地震観測網 2011年3月12日・4月12日長野県北部の地震、<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/n-nagano110312/>、2011年。
- 25) 防災科学技術研究所：Hi-net高感度地震観測網 東北地方太平洋沖地震以降の茨城県北部・福島県東部の地震活動、<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/n-ibaraki110319/>、2011年。
- 26) 地質調査所：日本地質図第3版（CD-ROM版）、1992年。
- 27) 佐藤良輔：日本の地震断層パラメーター・ハンドブック、鹿島出版会、1989年、390p。
- 28) 国立防災科学技術センター：地震断層付近の震害に関する調査、防災科学技術研究資料、No.39、1979年、117p。
- 29) Kamae, K and Irikura, K: Source Model of the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake and Simulation of Near-Source Ground Motion, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.88, 1998, pp.400-412.
- 30) 国土地理院：2004（平成16）年新潟県中越地震、<http://www.gsi.go.jp/cais/topics-topic041023.html>、2004年。
- 31) 国土地理院：平成19年(2007年)能登半島地震を起こした震源断層の姿、[http://www.gsi.go.jp/cais/notohanto-fault\\_model.html](http://www.gsi.go.jp/cais/notohanto-fault_model.html)、2007年。
- 32) 国土地理院：平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震に伴う地殻変動（第2報）、<http://www.gsi.go.jp/johosystem/johosystem60032.html>、2008年。
- 33) 林康裕：地震動強さと木造建物被害、木構造と木造文化の再構築、日本建築学会近畿支部、2001年、pp.184-193。

（受理：2015年8月19日）  
（掲載決定：2016年1月25日）

## **Destructive Ground Motion Areas Based on Iseismic Maps of Damaging Earthquakes after the 1995 Kobe Earthquake**

MIURA Hiroyuki <sup>1)</sup> and MIDORIKAWA Saburoh <sup>2)</sup>

1) Member, Associate Professor, Hiroshima University, Dr. Eng.

2) Member, Professor, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

### **ABSTRACT**

In order provide basic data for strong ground motion distribution of the recent damaging earthquakes, the occurrence areas of destructive ground motion are collected from isoseismic maps of the earthquakes and their characteristics are examined. The results show that the areas of seismic intensity more than 6 lower almost agree with the previous earthquake data while the areas of seismic intensity 7 are smaller. We also confirmed that the distance from the earthquake fault and the local ground condition largely affect the occurrence of the destructive ground motion.

*Keywords: Destructive ground motion, Iseismic map, Area, Site ground condition*