

積雪寒冷期の大規模地震に対応した建物リスク 評価手法の基礎的研究

Study on Method of Seismic Vulnerability Functions of Wooden Buildings in Snowfall and Cold Region

竹内 慎一¹⁾、戸松 誠²⁾、千葉 隆史³⁾、川村 壮⁴⁾

Shinichi Takeuchi¹⁾, Maokoto Tomatsu²⁾, Takafumi Chiba³⁾, Takeshi Kawamura⁴⁾

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
建築研究本部
北方建築総合研究所

Northern Regional Building Research Institute

Building Research Department

Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization

¹⁾ 地域研究部環境防災グループ主査 ²⁾ 地域研究部環境防災グループ研究主幹 ³⁾ 建築性能試験センター安全性能部構造判定課主査
⁴⁾ 地域研究部環境防災グループ研究職員

¹⁾ Chief of Regional Disaster Management ²⁾ Senior Research Manager of Prevention and Environment Group ³⁾ Chief of Structural Safety Judgment Section, Building Performance Testing Center ⁴⁾ Researcher of Prevention and Environment Group

概要 Abstract

積雪寒冷期の大規模地震に対応した建物リスク評価手法の基礎的研究 Study on Method of Seismic Vulnerability Functions of Wooden Buildings in Snowfall and Cold Region

竹内 慎一¹⁾、戸松 誠²⁾、千葉 隆史³⁾、川村 壮⁴⁾
Shinichi Takeuchi¹⁾, Maokoto Tomatsu²⁾, Takafumi Chiba³⁾, Takeshi Kawamura⁴⁾

キーワード : 損傷度関数、木造住宅、耐震性能、被害率関数、建築年代
Keywords : *Damage index function, Wooden houses, Seismic performance index, Vulnerability function, Construction year*

1. 研究概要

1) 研究の背景

阪神・淡路大震災や東日本大震災は冬期に甚大な被害の地震が発生しているが、北海道は冬期に震度7の地震発生の経験はない。1993年1月に発生した釧路沖地震は、積雪寒冷条件が被害の拡大と減少の両方の原因となった。2008年に公表された北海道の地震被害想定は、積雪による構造物への影響や寒冷地の住宅仕様による耐震性などの積雪寒冷条件が十分に考慮されていない。一方、北海道の自治体では、大規模地震発生時に積雪寒冷条件が地震被害にもたらす影響を考慮した防災対策が望まれる。自治体における積雪寒冷期の地震防災対策の検討のため、積雪寒冷条件が地震被害にもたらす影響を考慮したリスク評価手法が必要である。

2) 研究の目的

大規模地震時に、積雪寒冷条件が建物被害に与える影響を考慮した建物リスク評価手法構築のための課題整理と基礎的な検討を行うことを目的とする。

2. 研究内容

1) 積雪寒冷期の地震ハザードの評価 (H29~30年度)

- ・ねらい: 公表されている活断層調査の結果などによる大規模地震の発生確率と積雪寒冷期の気象条件(積雪深、気温、地盤凍結など)から地域のハザードを評価する。地震の発生確率が高く、積雪寒冷期の気象条件が厳しい地域を抽出する。
- ・試験項目等: 大規模地震の発生確率、気象条件を考慮した高リスク地域の抽出

2) 積雪寒冷条件を考慮した建物リスク評価手法の基礎的検討 (H29~30年度)

- ・ねらい: 既往の地震被害や評価手法から積雪寒冷条件が影響する建物倒壊に関わる被害項目を整理し、定量的に評価可能な項目を抽出する。建物被害の積雪寒冷(積雪荷重や積雪寒冷地の住宅の耐震性など)によるリスクの拡大と減少の要因を整理する。積雪寒冷条件下の建物リスク評価手法構築のための課題を整理する。
- ・試験項目等: 既往文献の整理、被害想定手法の整理・検討、被害率関数の構築の課題整理

¹⁾ 北方建築総合研究所地域研究部環境防災グループ主査 ²⁾ 北方建築総合研究所地域研究部環境防災グループ研究主幹 ³⁾ 建築性能試験センター安全性能部構造判定課主査 ⁴⁾ 北方建築総合研究所地域研究部環境防災グループ研究職員

¹⁾ Chief of Prevention and Environment Group, Northern Regional Building Research Institute ²⁾ Senior Research Manager of Prevention and Environment Group, Northern Regional Building Research Institute ³⁾ Chief of Structural Safety Judgment Section ⁴⁾ Researcher of Prevention and Environment Group, Northern Regional Building Research Institute

目 次

1. 研究の背景と目的	1
2. 積雪寒冷期の地震ハザードの評価	1
(1) 地震の発生確率	1
(2) 積雪寒冷の気象条件	1
(3) 気象条件を考慮した高リスク地域の抽出	2
3. 積雪寒冷条件を考慮した建物リスク評価手法の基礎的検討	2
(1) 建物被害の積雪寒冷によるリスクの拡大と減少の要因	2
(2) 被害想定手法の整理	2
(3) 被害想定手法の検討	3
4. まとめ	7
(1) 研究の成果	7
(2) 被害率関数の提案、課題整理	8
(3) 今後の展開	8

1. 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

阪神・淡路大震災や東日本大震災は冬期に甚大な被害の地震が発生しているが、北海道は冬期に震度7の地震発生経験はない。1993年1月に発生した釧路沖地震は、積雪寒冷条件が被害の拡大と減少の両方の原因となった。2008年に公表された北海道の地震被害想定は、積雪による構造物への影響や寒冷地の住宅仕様による耐震性などの積雪寒冷条件が十分に考慮されていない。一方、北海道の自治体では、大規模地震発生時に積雪寒冷条件が地震被害にもたらす影響を考慮した防災対策が望まれる。自治体における積雪寒冷期の地震防災対策の検討のため、積雪寒冷条件が地震被害にもたらす影響を考慮したリスク評価手法が必要である。

(2) 研究の目的

本研究は、大規模地震時に積雪寒冷条件が建物被害に与える影響を考慮した建物リスク評価手法構築のための課題整理と基礎的な検討を行うことを目的とする。

本研究のフローを図1に示す。

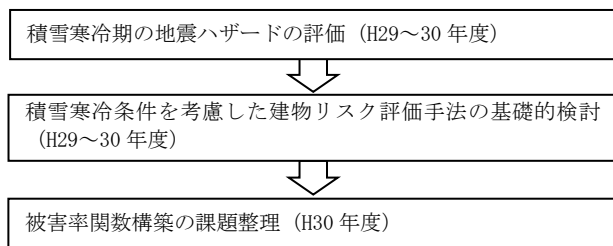


図1 研究のフロー

2. 積雪寒冷期の地震ハザードの評価

公表されている活断層調査の結果などによる地震の発生確率と積雪寒冷期の気象条件から地域のハザードを評価する。地震の発生確率が高く、積雪寒冷期の気象条件が厳しい地域を抽出する。

(1) 地震の発生確率

地震の長期評価(地震発生確率)と住宅・土地統計調査結果を元に全道の傾向を分析する。地震の長期評価は、J-SHIS地震ハザードステーションで公表されている30年間の震度6弱以上の揺れに見舞われる確率(250mメッシュ単位)を用いる(図2)。次に地域の危険度を分析するため、メッシュ単位に地震発生確率毎の木造住宅の曝露数を推定する。これは平成27年国勢調査の250mメッシュ単位人口と平成25年住宅・土地統計調査結果をもとに250mメッシュ単位の木造戸数を推定した。図3に震度6弱発生確

率別の木造戸数を示す。

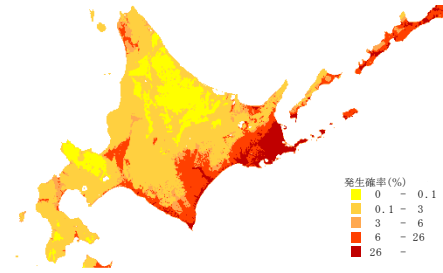


図2 30年間・震度6弱以上の発生確率

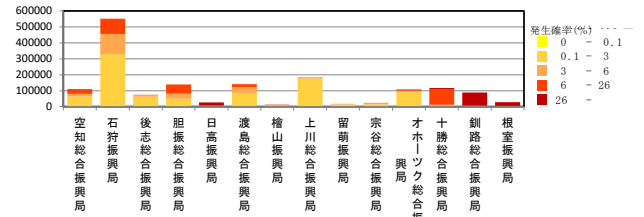


図3 震度6弱発生確率別の木造戸数

(2) 積雪寒冷の気象条件

積雪寒冷の指標としてメッシュ単位の2010(気象庁)による1月最低気温(°C)、年最深積雪深(cm)の1kmメッシュ単位データを利用する(図4、5)。これは30年間の観測値から気温・積雪等の年平均値を推定したものである。地震の危険度と同様に、各気温、積雪深さの階級ごとにメッシュ単位で集計した木造戸数を図6、7に示す。

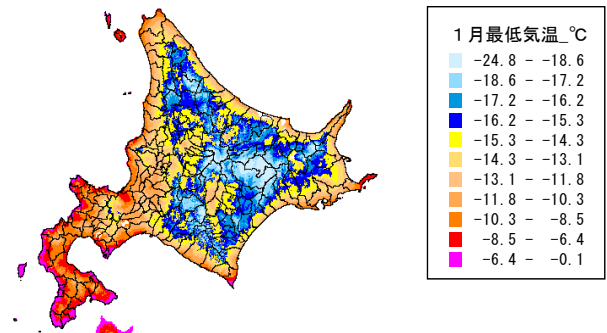


図4 1月最低気温(°C)

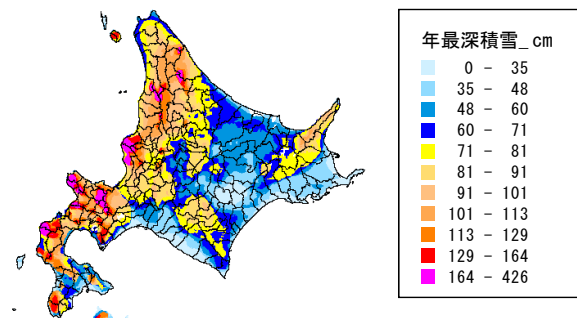


図5 年最深積雪深(cm)

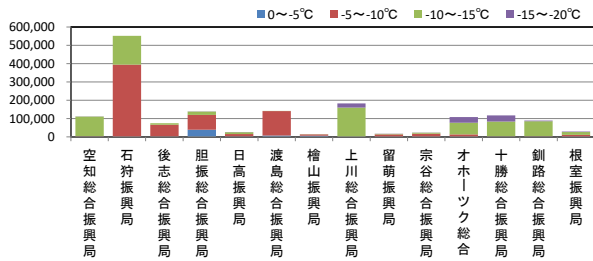


図6 最低気温別の木造戸数

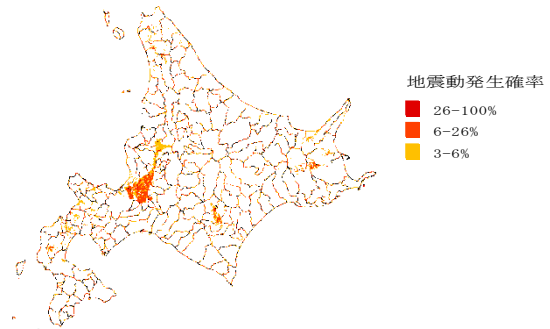


図8 発生確率3%以上・積雪深100-150cm
地域

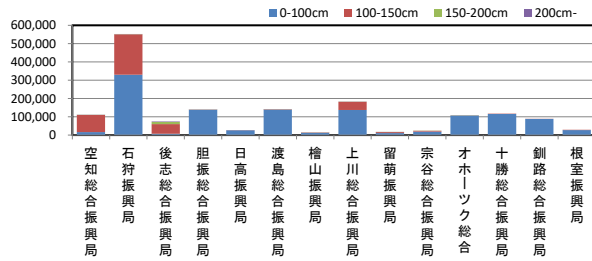


図7 積雪深さ別の木造戸数

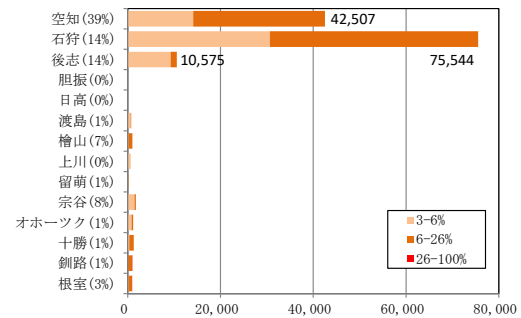


図9 発生確率3%以上・積雪深100-150cm
地域の木造戸数

(3) 気象条件を考慮した高リスク地域の抽出

地震発生確率(J-SHIS)の長期評価のデータ(30年間で震度6弱以上の揺れに見舞われる確率)、メッシュ平年値(気象庁)の最深積雪深、H27住宅土地統計調査結果などから推計した木造戸数を用いて、メッシュ単位のデータを構築し、道内の市町村毎に地震ハザードを分析した。

地震発生確率3%以上・積雪深100-150cmの冬期間の危険度の高い地域を抽出すると(図8、9)、石狩中部、北部～空知の市町村で地域に含まれる木造戸数が多い。特に札幌市、江別市、岩見沢市で特に戸数が多い(図10、11)。

3. 積雪寒冷条件を考慮した建物リスク評価手法の基礎的検討

(1) 建物被害の積雪寒冷によるリスクの拡大と減少の要因

積雪寒冷条件が影響する建物倒壊に関わる影響要因として、積雪の影響は①主に積載荷重としての影響、②屋根雪の動的挙動が既往分野では検討されている。本研究では被害拡大要因として、積載荷重の影響を検討する。

寒冷の影響は①寒冷地の木造住宅の建物仕様、②凍結地盤の影響などが挙げられる。既往における凍結地盤による建物や地盤変状への影響の論文は少ない。本研究では被害減少要因として、寒冷地の木造住宅の建物仕様(耐震性能)の影響を検討する。

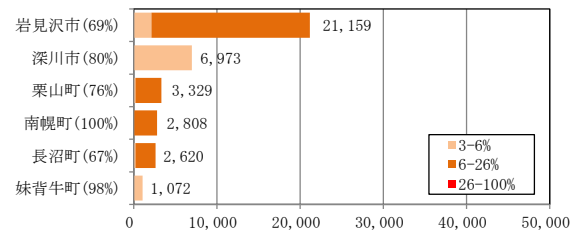


図10 発生確率3%以上・積雪深100-150cm
地域の木造戸数(空知管内)

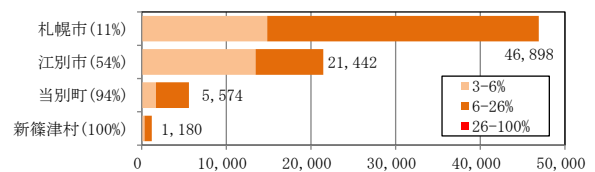
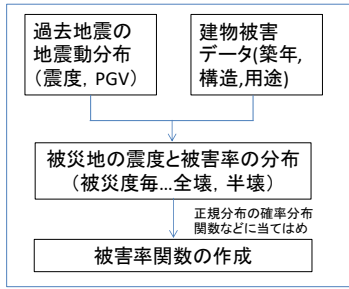


図11 発生確率3%以上・積雪深100-150cm
地域の木造戸数(石狩管内)

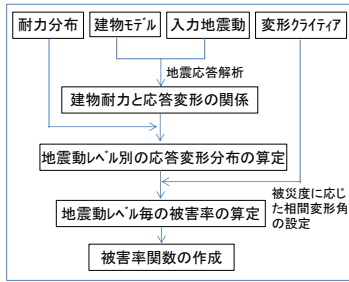
(2) 被害想定手法の整理

図12に建物リスク評価手法の特徴と課題を示す。



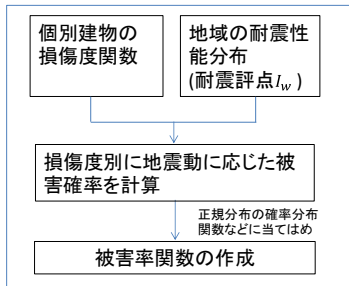
村尾・山崎(2000), 翠川(2011) 他

a) 地震被害資料に基づく構築方法¹⁾²⁾



宮腰ら(2005), 境・飯塚(2009)他

b) 地震応答解析に基づく構築方法³⁾⁴⁾



岡田・高井(2004), 田畑・岡田ら(2007)他

c) 耐震診断結果に基づく構築方法⁵⁾⁶⁾

図12 木造住宅の被害率関数の構築方法

建物リスク評価手法(=建物の被害率関数)は、建物モデルを設定し地震応答解析を用いて構築する方法(図12-a)、過去の地震被害情報を用いて構築する方法(図12-b)などに分けられる。応答解析による方法の設定条件の多さや、過去の地震被害による方法は被害地域の特性が強いなど、手法の特徴・課題を整理した。

(3) 被害想定手法の検討

評価手法の検討として、地域の耐震診断結果から被害評価の地域性の抽出が容易である、図12-cの方法を用いて、寒冷地の木造住宅の耐震性能、積雪荷重の影響について分析する。

1) 耐震診断結果に基づく被害率関数構築方法

地域の耐力分布をあらわす木造住宅群の耐震評点(I_w)の分布と、震度と耐震性能、損傷度の関係をあらわす個別建物の損傷度関数F(s)(式1、図13、

- 特徴
- ・事実データのみに基づき、信頼性が高く、構築が容易
- 課題
- ・被災地の地域性を強く反映
 - ・資料は被災自治体に限定

- 特徴
- ・建物の周期特性や耐震性能分布など地域性を反映可能
- 課題
- ・建物モデル化の適否に加え設定条件が多いことが課題

- 特徴
- ・耐震性能分布を使って構築が容易、地域性を反映可能
- 課題
- ・診断結果が少ない場合、耐震性能分布の推定が必要

表1)⁶⁾⁷⁾を用いて、地域の木造住宅群の被害率関数を推定する。

$$F(s) = 1 - \exp(-s/\eta)^m \quad \dots \text{式1}$$

F(s) : ダメージデックス

s : 地震動入力 (震度、PGV)

m、η : Weibull 分布のパラメータ

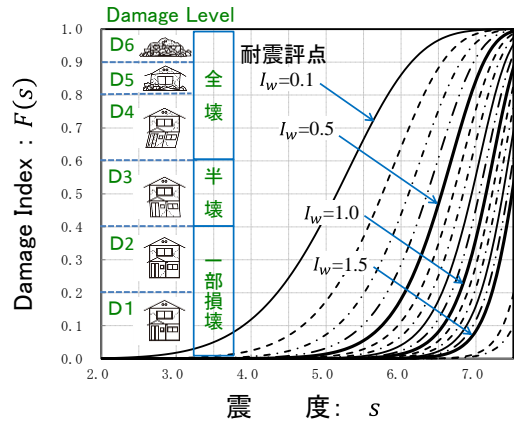


図13 木造住宅の損傷度関数

表1 損傷度関数のパラメータ

I _w	m	η	I _w	m	η
0.1	6.77	5.43	1.0	22.52	7.25
0.2	9.19	5.98	1.1	24.18	7.33
0.3	11.12	6.31	1.2	25.87	7.39
0.4	12.85	6.53	1.3	27.58	7.46
0.5	14.49	6.71	1.4	29.31	7.52
0.6	16.10	6.85	1.5	31.04	7.57
0.7	17.68	6.97	2.0	38.59	7.80
0.8	19.28	7.08	2.5	37.41	7.97
0.9	20.88	7.17			

2) 寒冷地の木造住宅の耐震性能を考慮した関数

① 寒冷地の木造住宅の耐震性能分布の検討

寒冷地の木造住宅の建築年代別の耐震評点分布を推定する。木造住宅の仕様は時代によって異なることから、7つの建築年代(1950年以前、1951-1960年、1961-1970年、1971-1980年、1981-1990年、1991-2000年、2001年以降)に分けて検討する。

北海道が戸建木造住宅を対象に実施した耐震診断結果429件(無積雪時)^{注1)}をデータとする(図14)。地域における耐震性能分布を表す耐震評点 I_w の確率分布は、対数正規分布 f_{I_w}(x) (平均値 λ、標準偏差 ζ) と良く合うとされ⁸⁾、式2で表される。

$$f_{I_w}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\lambda}{\zeta}\right)^2\right] \quad \dots \text{式2}$$

1971年以降については、件数が十分あるために対数正規分布に当てはめ評点分布を推定する。1970年以前はデータ数の少ない、あるいはデータが無い

め推定方法を別途検討する。

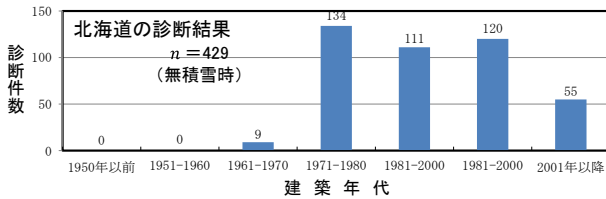


図 14 北海道の木造住宅耐震診断結果

② 1971 年以降の評点分布の推定

1971 年以降の建築年代の評点分布は、道の診断結果を対数正規分布に当てはめて推定した(図 15)。

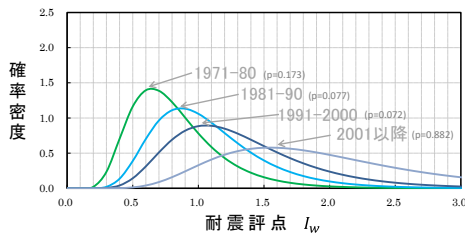


図 15 1971 年以降の建築年代の評点分布

③ 1961-1970 年の評点分布の推定

1961-1970 年の評点分布はベイズの定理を用いて推定する。ベイズの定理(式 3)⁹⁾は新しいデータや情報を利用することによって、既に計算されている確率分布を更新する。事前分布として全国を対象として診断を実施している木耐協の同じ年代の分布を、尤度関数として北海道の診断結果を設定し、1961-1970 年の評点分布を事後分布として求める。図 16 に推定した分布を示す。

$$f''(\theta) = k \cdot L(\theta) \cdot f'(\theta) \quad \dots \text{式 3}$$

$f''(\theta)$: 事後分布

$f'(\theta)$: 事前分布

$L(\theta) = P(\varepsilon|\theta)$: 尤度関数

k : 正規化係数

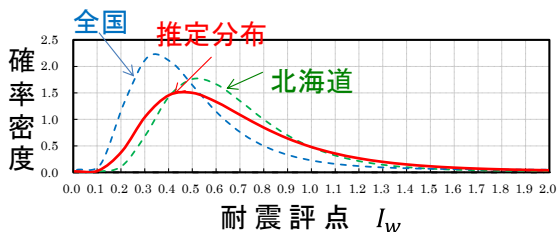


図 16 1961-1970 年の評点分布

④ 1950 年以前の評点分布

1950 年以前の評点分布については、道の診断結果にデータがない。そのため 1950 年以前に発生した大

規模地震である、1952 年十勝沖地震の被害情報を利用する。過去の資料¹⁰⁾から 1952 年十勝沖の震度と被害率の関係を求め、損傷度関数を利用して評点分布を逆計算する。求めた分布は当時のものであり、劣化の影響を考慮し現時点の分布を推定する必要がある。中嶋・岡田による年数と老朽度の関係式¹¹⁾より耐力減を推定する。図 17 に推定分布を示す。

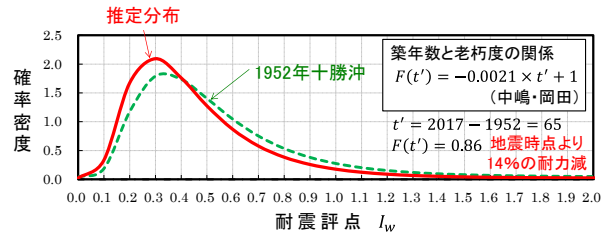


図 17 1950 年以前の評点分布

⑤ 1951-1960 年の評点分布

1951-1960 年の評点分布は、データや周辺年代に大規模地震がないため、日本木造住宅耐震補強事業者協同組(以下、「木耐協」という)が全国の木造住宅を対象に実施した耐震診断結果^{注2)}に基づいた、全国分布の傾向によって評点分布を推定する。1950 年代の全国分布は 1950 年以前と 1961-1970 年の中間値をとる。北海道も同様の傾向として推定する。図 18 に推定した分布を示す。

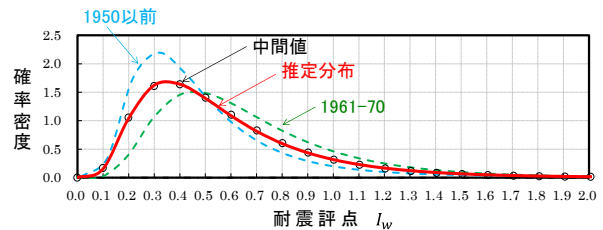


図 18 1951-1960 年の評点分布

⑥ 北海道の木造建物の耐震評点分布

以上から推定した北海道の木造建物の耐震評点分布を図 19、表 2 に示す。建築年代が進むともの耐力分布が強くなる傾向となっている。推定した北海道の分布を木耐協による全国の分布と比較すると、1950 年以前については全国分布に近く、時代が進むにつれて北海道の分布の平均値やばらつきが大きくなる傾向となっている(図 20)。これは北海道の木造住宅の寒冷地仕様の変遷に応じたものと推測される。

また同じ新耐震以降の建築年代であっても耐震評点分布の形状が異なり、例えば耐震基準が改定された 2001 年以降は、1981-1990 年に比べて耐震評点 1.0 以上の割合が多い。

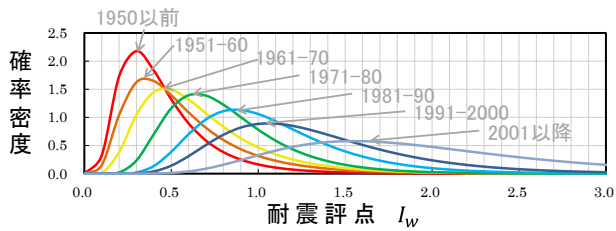


図 19 北海道の木造建物群の耐震評点分布

表 2 耐震評点分布の係数

	積雪深	λ	ξ
1950年以前	0m	-0.942	0.544
1951-1960年	0m	-0.720	0.572
1961-1970年	0m	-0.519	0.504
1971-1980年	0m	-0.277	0.403
1981-1990年	0m	0.001	0.376
1991-2000年	0m	0.209	0.391
2001年以降	0m	0.605	0.410

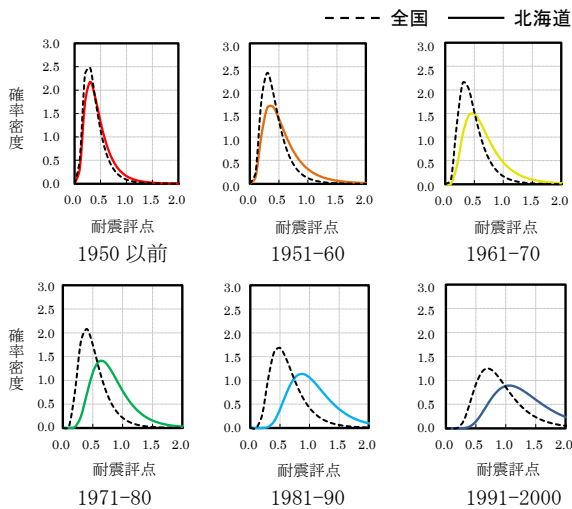


図 20 全国と北海道の評点分布の比較

⑦ 北海道の木造建物群の地域被害率関数

推定した北海道の建築年代別の評点分布を損傷度関数に適用し、被害率関数を構築した。被害率関数は地震動入力を s としたとき、平均値 μ 、標準偏差 σ の正規分布 $V(s)$ (式4)で表される。図21、表3に全半壊および全壊の被害率関数を示す。

$$V(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^s \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{s-\mu}{\sigma}\right)^2\right] ds \quad \dots \text{式4}$$

⑧ 胆振東部地震の実被害数との比較

被害率関数の検証のため、胆振東部地震の実被害数¹²⁾と構築関数による想定被害数を比較する。

被害想定データのデータとして、震度分布は気象庁観測点等の計測震度を、建築年代別木造住宅棟数は道の地震被害想定データを用いる。被害率関数は⑦の

構築関数と、比較のために全国ベースの中央防災会議の被害率関数¹⁴⁾を用いる。

予測した想定被害数と胆振東部の実被害数の比較を図21および表3に示す。図22は、胆振東部地震の実被害数を横軸に、構築関数の被害想定数を縦軸に、市町村毎の数値をプロットした。厚真町は揺れによる全壊数が不明のため4~6割と仮定している。

表4の被害数の比較をみると実被害比(=予測値/実被害数)は、全国ベースの中央防災会議の関数では約7倍と大きいのが、本研究で構築した関数では1.6~1.7倍となり、高精度な予測が可能となった。構築関数は、全国関数に比べて、北海道の寒冷地の仕様を反映していることが確認できた。

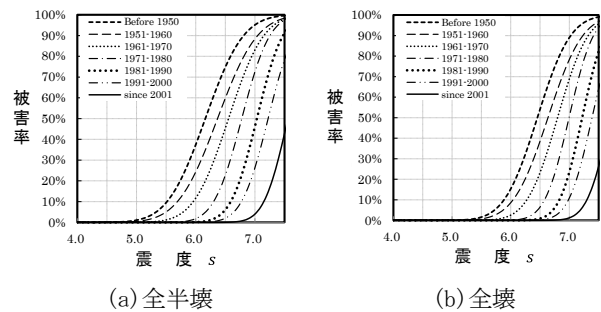


図 21 北海道の木造建物群の被害率関数

表 3 被害率関数の係数

	1950以前	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001以降
全半壊	μ	6.162	6.368	6.554	6.778	7.033	7.558
	σ	0.506	0.529	0.466	0.372	0.345	0.352
全壊	μ	6.455	6.636	6.799	6.995	7.220	7.388
	σ	0.444	0.465	0.409	0.326	0.304	0.314

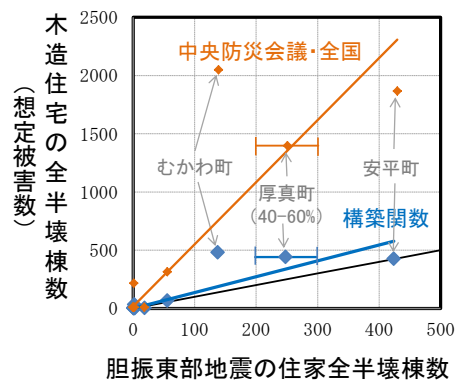


図 22 胆振東部の実被害数と想定被害数の比較

表 4 胆振東部の実被害数と想定被害数の比較

	木造住家全半壊棟数	実被害比 =想定数/実被害数
胆振東部地震(11月9日時点)	845 ~ 945	-
本研究(構築関数)	1,469	1.6 ~ 1.7
全国(中央防災会議)	5,714	6.1 ~ 6.8

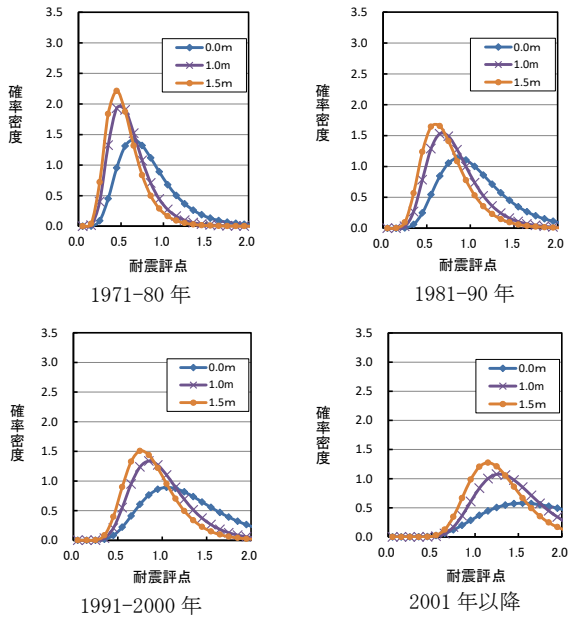


図 23 積雪荷重を考慮した 1971 年以降の分布

表 5 評点分布の係数(1971 年以降、1.0m)

	積雪深	λ	ξ
1971-1980 年	1.0m	-0.564	0.380
1981-1990 年	1.0m	-0.257	0.356
1991-2000 年	1.0m	-0.048	0.331
2001 年以降	1.0m	0.324	0.278

表 6 評点分布の係数(1971 年以降、1.5m)

	積雪深	λ	ξ
1971-1980 年	1.5m	-0.674	0.379
1981-1990 年	1.5m	-0.374	0.366
1991-2000 年	1.5m	-0.158	0.327
2001 年以降	1.5m	0.207	0.264

3) 積雪荷重を考慮した関数

北海道の木造住宅耐震診断結果および、2)-⑥で推定した北海道の建築年代別の耐震評点分布をもとに、積雪深の条件を変えて評点分布を再計算し、積雪荷重を考慮した被害率関数を推定する。

①積雪荷重を考慮した 1971 年以降の分布の推定

北海道の木造住宅耐震診断結果(図 14)をもとに、積雪深の条件を変えて耐震評点を再計算する。再計算した耐震評点をもとに、再計算した耐震評点を対数正規分布に当てはめて、積雪深ごとの分布を推定する。

積雪深 1.0m および 1.5m の積載荷重を考慮した 1971 年以降の分布を図 23、表 5、6 に示す。

②積雪荷重を考慮した 1970 年以前の分布の推定

1950 年以前、1951-60 年、1961-70 年の 3 建築年代は、耐震診断結果データがないため、再診断による推定方法が利用できない。

そのため年代の最も近い 1971-80 年の対数正規分

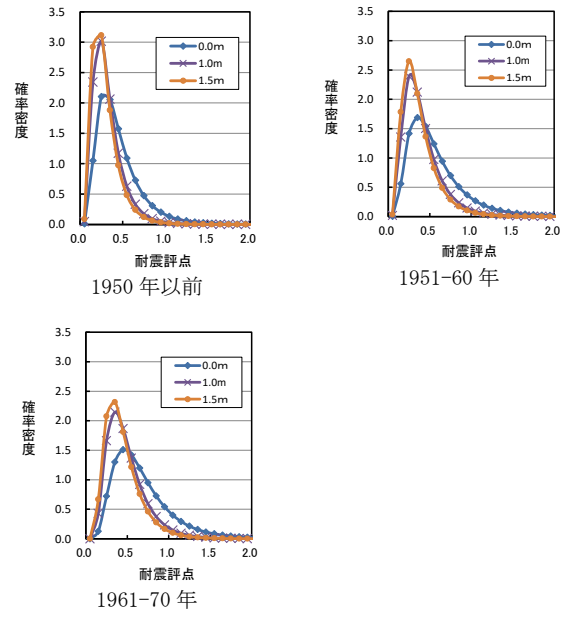


図 24 積雪荷重を考慮した 1970 年以前の分布

表 7 評点分布の係数(1970 年以前、1.0m)

	積雪深	λ	ξ
1950 年以前	1.0m	-1.251	0.511
1951-1960 年	1.0m	-1.033	0.537
1961-1970 年	1.0m	-0.823	0.474

表 8 評点分布の係数(1970 年以前、1.5m)

	積雪深	λ	ξ
1950 年以前	1.5m	-1.348	0.511
1951-1960 年	1.5m	-1.129	0.537
1961-1970 年	1.5m	-0.920	0.474

布の積雪深ごとの分布形状から、1970 年以前の分布を推定した。

具体的には、1970 年以前の分布の積雪深 0m の対数正規分布の最頻値に対する、1.0m、1.5m の最頻値の割合が 1971-80 年の分布と同じと仮定し、平均値を求める。

つぎに 1971-80 年の積雪深 0m の分布の標準偏差と 1.0m・1.5m の標準偏差との比を用いて、1970 年以前の 1.0m・1.5m の標準偏差を推定する。

積雪深 1.0m および 1.5m の積載荷重を考慮した 1970 年以前の分布を図 24、表 7、8 に示す。

③ 積雪荷重を考慮した地域被害率関数

推定した北海道の建築年代別の評点分布を損傷度関数に適用し、被害率関数を構築した。

図 25・表 9 に積雪深 1.0m の全半壊と全壊の被害率関数を、図 26・表 10 に積雪深 1.5m の全半壊と全壊の被害率関数を示す。

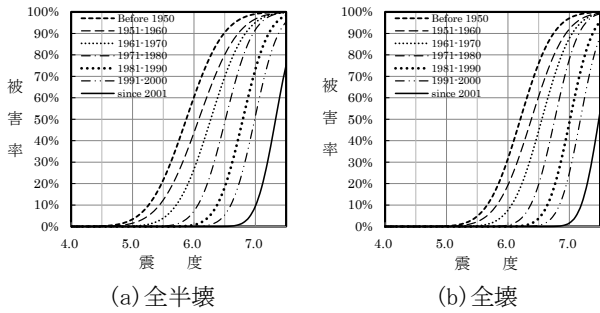


図 25 北海道の木造建物群の被害率関数
(積雪深 1.0m)

表 9 被害率関数の係数 (積雪深 1.0m)

		1950	1951	1961	1971	1981	1991	2001
		以前	-1960	-1970	-1980	-1990	-2000	以降
全半壊	μ	5.87	6.08	6.27	6.51	6.80	6.99	7.33
	σ	0.48	0.50	0.44	0.35	0.33	0.30	0.25
全壊	μ	6.20	6.38	6.55	6.76	7.01	7.18	7.48
	σ	0.42	0.44	0.39	0.31	0.29	0.27	0.22

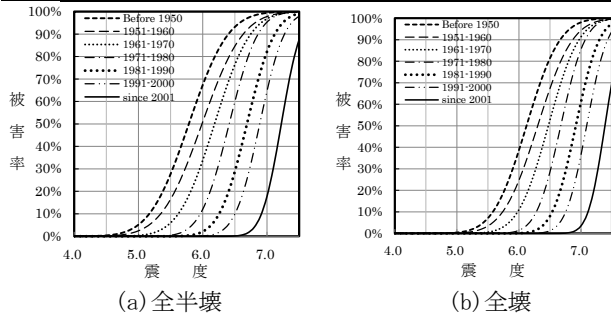


図 26 北海道の木造建物群の被害率関数
(積雪深 1.5m)

表 10 被害率関数の係数 (積雪深 1.5m)

		1950	1951	1961	1971	1981	1991	2001
		以前	-1960	-1970	-1980	-1990	-2000	以降
全半壊	μ	5.78	5.99	6.18	6.41	6.69	6.89	7.22
	σ	0.48	0.50	0.44	0.35	0.34	0.30	0.24
全壊	μ	6.12	6.30	6.47	6.67	6.92	7.09	7.39
	σ	0.42	0.44	0.39	0.31	0.30	0.26	0.21

④ 積雪荷重を考慮した木造住宅被害の試算

積雪条件を考慮した地震危険度が高い地域である岩見沢市を対象に、積雪深ごとの木造住宅の予測被害量の比較を行う。

建物データは、平成 27 年国勢調査の 250mメッシュ単位人口と平成 25 年住宅・土地統計調査結果をもとに推定した、250mメッシュ単位の建築年代別木造住宅戸数(岩見沢市:木造住宅 3 万 1 千戸)である(図 27)。

予測の対象地震は、岩見沢市直下の地震である石狩低地東縁断層帯主部¹²⁾とした(図 28)。

積雪条件を変えて推定した被害率関数を利用し、木造住宅被害数を試算した結果を図 29 に示す。積雪荷重(積雪深 1.0~1.5m)の影響により、無積雪に比べて被害が 2.1~2.7 倍と試算された。

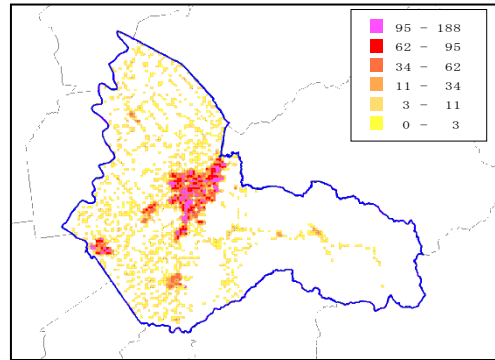


図 27 岩見沢市の木造住宅の戸数分布

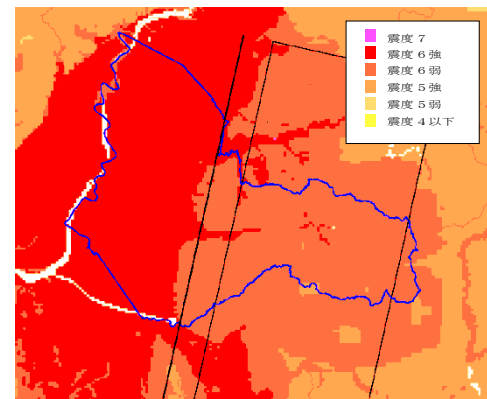


図 28 石狩低地東縁断層帯主部の震度分布

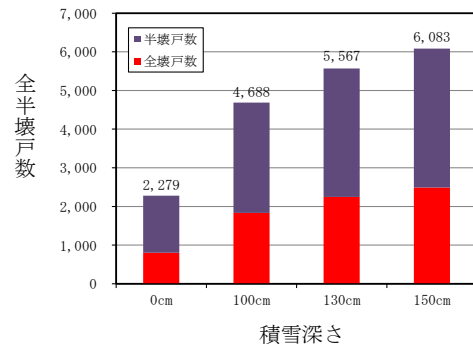


図 29 積雪荷重を考慮した木造住宅被害の試算結果

4. まとめ

(1) 研究の成果

本研究の成果は、以下のとおりである。

- ① 寒冷地仕様である北海道の木造住宅の評点分布を推定
- ② 診断データが少ない場合の耐震評点分布の推定方法を提案
- ③ 耐震評点分布を用いて北海道の地震被害率関数を構築
- ④ 積雪深を仮定した場合の被害率の増加を検証

(2) 被害率関数の提案、課題整理

積雪寒冷条件下の建物リスク評価手法構築の課題は以下のとおりである。

①主に積載荷重としての影響

- ・地震被害想定に用いる評価(地域)単位ごとの積雪深の設定方法

②寒冷地の木造住宅の建物仕様、耐震性能

- ・耐震性能分布を北海道単一で表現。地域や住宅用途によって細分化できる可能性
- ・胆振東部地震の被害率に基づく胆振地域の検証

[参考文献]

- 1) 村尾修・山崎文雄:自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数、日本建築学会構造系論文集、第 527 号、pp. 189-196、2000 年 1 月
- 2) 翠川三郎:兵庫県南部地震以降の被害地震データに基づく建物被害関数の検討、日本地震工学会論文集、Vol. 11、No. 4、pp. 34-47、2011 年
- 3) 宮腰淳一・神原浩・石井大吾・田村和夫・山口亮・名取晶子・吉村昌宏:建物耐力と変形性能のばらつきを考慮した被害関数の作成手法、構造工学論文集、Vol. 51B、pp. 105-110、2005 年 3 月
- 4) 境有紀・飯塚裕暁:非線形地震応答解析による地震被害推定を目的とした平均的な木造建物群モデルの構築、日本地震工学会論文集、第 9 巻、第 1 号、pp. 32-45、2009. 1.
- 5) 岡田成幸・高井信雄:木造建築物の損傷度関数の提案と地震防災への適用—地震動入力を確定的に扱う場合—、日本建築学会構造系論文集、第 582 号、pp. 31-38、2004 年 8 月
- 6) 田畑直樹・岡田成幸・高井信雄:建物損傷度関数と棟死亡率関数の地震防災への利用方法—人命損失に着目した木造低層建物の被害率関数の作成と侵害予測例—、日本建築学会構造系論文集、第 611 号、pp. 39-46、2007 年 1 月
- 7) 竹内慎一・岡田成幸・中嶋唯貴:地域性及び時代性を考慮した木造建築物の地域地震被害率関数構築法の提案—北海道を例とした耐震評点分布を利用する方法—、日本建築学会構造系論文集、No. 753、pp.1549-1559、2018 年 11 月
- 8) 中埜良昭・岡田恒男:信頼性理論による鉄筋コンクリート造建築物の耐震安全性に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、No. 406、pp. 37-43、1989 年 12 月
- 9) Alfredo H-S. Ang, Wilson H. Tang (伊藤學・亀田弘行監訳、阿部雅人・能島暢呂訳): 土木・建築のための確率・統計の基礎、丸善株式会社、pp. 425-463、2007 年
- 10) 十勝沖地震調査委員会:十勝沖地震調査報告 1952 年 3 月 4 日、1954 年 9 月

(3) 今後の展開

今後の展開として、自治体の地震被害想定や住宅の耐震化による減災効果の検証、応急危険度判定の判定計画の研究へ活用を図るとともに、重点研究「北海道想定地震に対応した住宅等の復旧・耐震改修技術の開発(H31-33)」(建築性能試験センター主管)へ活用する。

- 11) 中嶋唯貴・岡田成幸:時間軸上の死者低減率最大化を主目標とした木造住宅耐震化戦略の策定—東海・東南海連動型地震を対象とした東海4県への適用事例—、日本建築学会構造系論文集、第 623 号、pp. 79-86、2008 年 3 月
- 12) 北海道総務部危機対策局危機対策課:平成 30 年北海道胆振東部地震による被害状況等(第 102 報)、2018 年 11 月 9 日 17 時 00 分現在
- 13) 中央防災会議:日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会第 17 回日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定手法について、2006 年 1 月
- 14) 北海道:平成 28 年度地震被害想定調結果報告書、2018 年 2 月

[注釈]

- 1) 北海道が戸建て木造住宅を対象に 2004 年版診断の方法で 2006-2009 年に実施した 429 件の耐震診断結果
- 2) 日本木造住宅耐震補強事業者協同組合(木耐協)が 2004 年版診断の方法で 2005-2008 年に行った 8,624 件の耐震診断結果