

空き家等の木造老朽建物の自然災害危険度の見える
化による地域の減災対策

Disaster-reduction measures in a region based on
visualization of natural disaster risk of wooden old
vacant houses

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

Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization
Building Research Department Northern Regional Building Research Institute

概 要

Abstract

空き家等の木造老朽建物の自然災害危険度の見える化による地域の減災対策

Disaster reduction measures in a region based on visualization of natural disaster risk of old wooden abandoned houses

堤 拓哉¹⁾、植松 康²⁾、高橋 徹³⁾、千葉隆弘⁴⁾

Takuya Tsutsumi*, Yasushi Uematsu**, Toru Takahashi***, Takahiro Chiba****

キーワード : 空き家、自然災害、大雪、強風、見える化

Keywords : Abandoned house, Natural disaster, Heavy snow, Strong wind, Visualization

1. 研究概要

1) 研究の背景

人口減少に伴う空き家の増加が社会問題化しており、豪雪地帯では放置され管理されていない空き家が雪荷重で倒壊する被害が多発している。今後、空き家の利活用を含めた対策が本格化していくと予想されるが、雪荷重および強風による空き家の損傷や周辺被害が空き家対策における懸念材料となっている。

2) 研究の目的

空き家対策に資する基礎的知見整備のため、空き家棟数の推計および自然災害（大雪、強風）に関する被害関数の構築を行い、GISを用いて空き家の自然災害危険度の見える化を図ることを目的とする。

3. 研究内容

1) 被害実態の把握（H25-27年度）

- ・ねらい：空き家等木造老朽家屋の被害状況の整理、被害実態を把握する。
- ・試験項目等：文献調査、現地調査

2) 空き家対策に関するアンケート調査（H25年度）

- ・ねらい：空き家による被害の現状等を把握する。
- ・試験項目等：アンケート調査

3) 危険度評価手法の検討（H26-27年度）

- ・ねらい：強風および大雪など自然災害に対する危険度評価の手法を構築する
- ・試験項目等：構造解析・統計解析

4) GISによる空き家危険度の見える化（H26-27年度）

- ・ねらい：空き家の危険度を地図上にプロットして視覚的に示す
- ・試験項目等：GIS解析

¹⁾ 環境研究部環境グループ 主査 ²⁾ 東北大学大学院工学研究科 教授 ³⁾ 千葉大学大学院工学研究科 教授 ⁴⁾ 北海道科学大学 教授

*Chief Resercher, Environment Group, Environmental Research Division **Professor, Graduate school of Engineering, Tohoku University ***Professor, Graduate school of Engineering, Chiba University ****Professor, Hokkaido University of Science.

3. 研究成果

1) 文献調査・被害調査

被害調査により木造家屋の被害パターンを明らかにした。大雪被害では軒折れ、小屋組被害が多く、強風被害では屋根葺材の剥離・飛散、小屋組被害が典型的な被害であった(図1)。

2) 空き家対策に関するアンケート調査

空き家による被害が発生した自治体は全体の4割、この内、強風による外装材の飛散・落下が67%、雪による倒壊が37%で発生していることを明らかにした(図2)。

3) 危険度評価手法の検討

大雪および強風による被害モデル(屋根部材)を作成し、積雪深ならびに最大瞬間風速と屋根部材の被害確率に関する被害関数を導出した(図3)。

4) GISによる空き家危険度の見える化

道内全市町村の空き家棟数の推計を行い、被害関数を用いて算出した大雪による軒被害および小屋梁被害についてGISを用いて図示し、危険度に見える化した(図4)。なお研究成果は空き家棟数の推計値と被害関数を基にした推計結果であることに留意する。

4. 今後の見通し

空き家対策に関する研究および委託業務等における基礎資料として活用を図る。また、推計結果の取り扱いについて関係部局等と協議を進める。



(a)雪荷重による軒折れ被害



(b)屋根葺き材の剥離・飛散例

図1 大雪および強風による被害パターンの整理

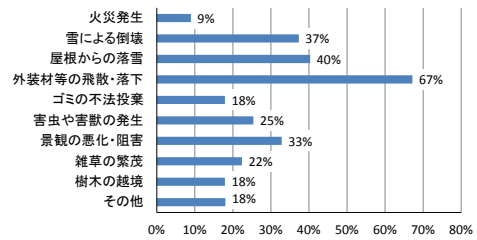
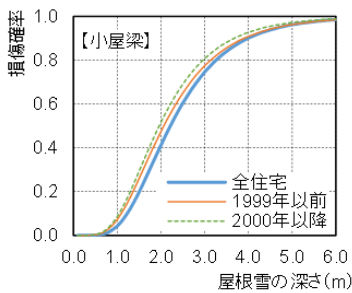
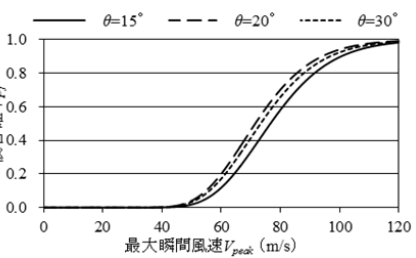
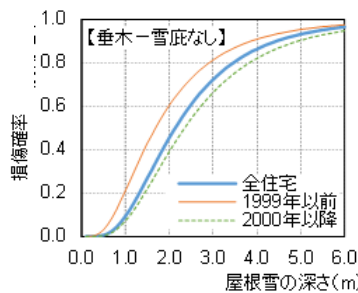


図2 空き家による被害状況



(a)屋根雪深さと屋根部材(小屋梁、垂木)損傷確率との関係



(b)最大瞬間風速と屋根の損傷確率との関係

図3 大雪被害ならびに強風被害を推計するための被害関数の構築



(a)木造戸建空き家棟数の推計結果



(b)大雪による小屋梁損傷棟数



(c)大雪による軒垂木損傷棟数

図4 大雪被害の推計結果とGISを用いた見える化

目 次

1.	はじめに1
2.	被害実態の把握2
3.	空き家対策に関するアンケート調査4
4.	危険度評価手法の検討5
5.	空き家危険度の見える化15
6.	まとめ17

1. はじめに

(1) 研究の背景

1) 空き家問題の現状

人口減少に伴う空き家の増加が社会問題化しており(図 1-1)、豪雪地帯では放置され維持管理されていない空き家が雪荷重で倒壊する被害が多発している(写真 1-1)。

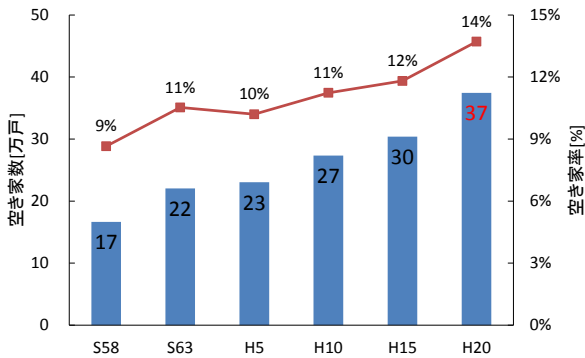


図 1-1 北海道の空き家数および空き家率の推移¹⁾



写真 1-1 雪荷重による空き家の倒壊例

空家等対策の推進に関する特別措置法(以下、空家特措法)の制定により、空き家の利活用を含めた対策が本格化すると予想されるが、大雪や強風など自然災害による空き家の損傷や周辺被害が空家対策における懸念材料となっている。

空家特措法では倒壊等の危険性のある空き家を「特定空家等」に指定し、指導や除却を行うこととなっているが、「特定空家等」の指定は、損傷程度が著しいなど現状の危険度を評価して行われる。このため、稀な大雪や強風が起きた際には大量の特定空家が一挙に発生する恐れがある。一方で、大雪や強風発生時にどの程度の特定空家が発生するかは不明

であり、現状では事前の備えや被害を減らす対策を検討することは出来ない。空家特措法の制定以降、損傷が進み特定空家に相当する状態か否かを判断する判断基準については、全国各地で自治体による検討が進められているが(例えば²⁾、どの程度の特定空家が発生する恐れがあるかなど、潜在的な危険性を評価する手法は構築されていない。北海道では度々、局地的な大雪や強風被害が発生しており、空き家の増加と自然災害が重なると甚大な被害に繋がる恐れがある。

2) 空き家の将来動向

北海道の年代別住宅ストックをみると(図 1-2)¹⁾、新耐震基準前の住宅ストックは約 59 万戸ある。これらの長期的利用には多額の改修費用が必要であり、人口減少による住宅ストック必要数の低下が見込まれることから、ストックとしての活用は困難であることが予想される。今後、除却や適正な管理を促す施策の推進が図られない場合、地域の安全上、問題となる特定空家が著しく増加する恐れがある。

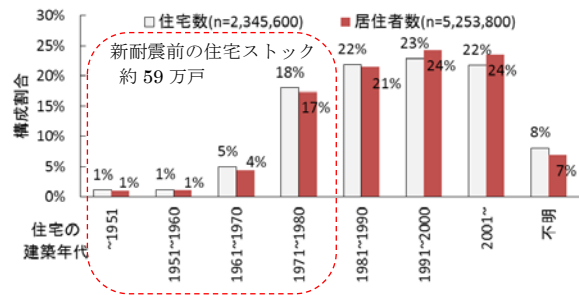


図 1-2 北海道の年代別住宅ストック¹⁾

3) 空き家数と自然災害リスクの地域性

空き家の発生数は人口減少と深く係っていることから、住宅需要の少なくなった人口減少が多い地域における空き家数は自然と多くなる。一方、地域の自然災害リスクは気候特性と深く係っており、一般に日本海側や道東では大雪被害のリスク、沿岸部では強風被害のリスクが高い。大雪や強風は建築物への外力(雪荷重および風荷重)として捉えられ、地域ごとに設計値として規定されている³⁾。

地震防災の分野では地域別に入力地震動を設定し被害棟数を試算する「地震被害想定」が各地で行われ、地震防災対策に活用されている⁴⁾。被害棟数を試算する際に用いられているのが、地震による震度

と被害確率の関係から成る被害関数である。空き家の大雪および強風による自然災害リスクも同様の手法で評価し、地域毎に被害数を試算できる可能性がある。大雪は日本海側が多いなどの地域性を有し、空き家棟数は人口減少が進む地域で、その数を増していることから、空き家による被害リスクも地域性を有すると考える。市町村毎に特定空き家等の発生数もしくは潜在的な危険性を見積もることが出来れば、今後、空き家対策に係る施策を検討する上での基礎資料となりうると考える。

(2) 研究の目的

空き家対策に資する基礎的知見整備のため、空き家棟数の推計および自然災害（大雪、強風）に関する被害関数の構築を行い、GISを用いて空き家の自然災害危険度の見える化を図ることを目的とする（図1-3）。



図1-3 空き家の自然災害危険度の見える化

(3) 研究内容

研究内容は下記の4項目である。

- 1) 被害実態の把握 (H25-27年度)
 - ・ねらい: 空き家等木造老朽家屋の被害状況の整理、被害実態を把握する。
 - ・試験項目等: 文献調査、現地調査
- 2) 空き家対策に関するアンケート調査 (H25年度)
 - ・ねらい: 空き家による被害の現状等を把握する。
 - ・試験項目等: アンケート調査
- 3) 危険度評価手法の検討 (H26-27年度)
 - ・ねらい: 強風および大雪など自然災害に対する危険度評価の手法を構築する。
 - ・試験項目等: 構造解析・統計解析
- 4) 空き家危険度の見える化 (H26-27年度)
 - ・ねらい: 空き家の危険度を地図上にプロットして視覚的に示す。
 - ・試験項目等: GIS解析

[参考文献]

- 1) 総務省: 住宅・土地統計調査

- 2) 愛媛県: 県内における「特定空き家等」と判断するための判断基準(案)について, 2015.12
- 3) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説, 2015
- 4) 北海道: 平成26年度地震被害想定結果, 2016.3

2. 被害実態の把握

本章では、空き家等木造老朽家屋の被害パターンを整理するため被害実態を把握する。

(1) 大雪被害

調査は上川、空知、後志、石狩管内で行った。調査した被害事例を写真2-1～2-5に示す。被害状況を見ると、一部損壊に相当する被害では、軒折れや軒の変形の被害例が多く（写真2-1～2-2）、半壊に相当する被害では、小屋組損傷まで至る例が多くみられた（写真2-3）。草刈らは¹⁾、雪荷重による損傷パターンをまとめ、軒の損傷被害から小屋組の損傷に進み、倒壊に至る例が多いとしている。空き家は暖房など生活排熱が無いいため、居住者がいる住宅に比べ屋根雪が多くなる傾向にあり、雪荷重による小屋組の変形量も大きくなる²⁾。

本研究における大雪を対象にした被害関数の構築では、これらの典型的被害パターンを踏まえ、雪荷重による「軒垂木の損傷」と「小屋組の損傷」を対象に検討を行う。



写真2-1 軒折れの被害例（旭川市）



写真2-2 軒折れの被害例（鷹栖町）



写真 2-3 小屋組の被害例（幌加内町）

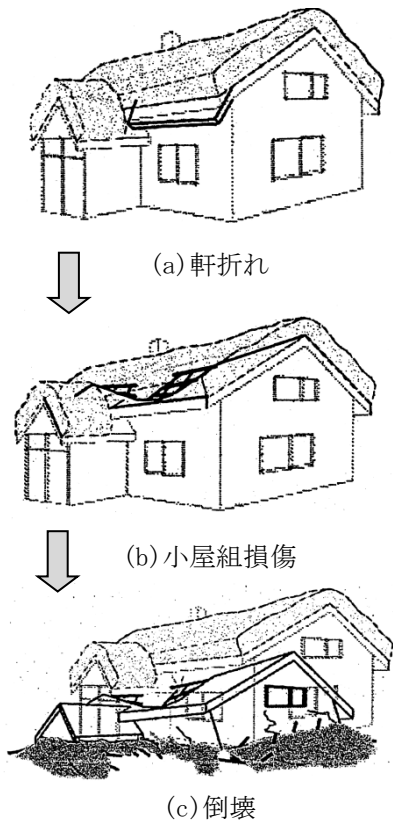


図 2-1 空き家の雪による典型的被害パターン¹⁾

(2) 強風被害

1991 年台風 19 号など、北海道や東北地方に大きな強風被害をもたらした過去の台風による被害調査結果を整理し、木造老朽住宅を中心として強風被害の特徴を整理した。

1991 年台風 19 号により甚大な被害を受けた青森県弘前市より入手した罹災証記録を用いて強風被害のデータベースを作成し、被害の特徴を整理した。罹災証明書には、「被害箇所」、「被害状況」、「被害の

程度」が示されている。1280 棟の被害住宅について、被害箇所を「建物全体」、「屋根」、「壁面」、「窓ガラス」、「その他開口」、「ベランダ・物干し台・手摺など」、「軒・庇」、「天井・床面」、「内装・建具・家具」、「アンテナ・看板その他付属品」、「煙突」、「車庫」、「倉庫・物置・小屋」、「その他非住家」、「塀・生垣・その他建物以外」、「その他」の 16 項目に分類した。被害箇所ごとの被害の割合を図 2-2 に示す。屋根部の被害が特に多く、また壁面部や窓ガラスなどの外装材の被害も多くみられている。

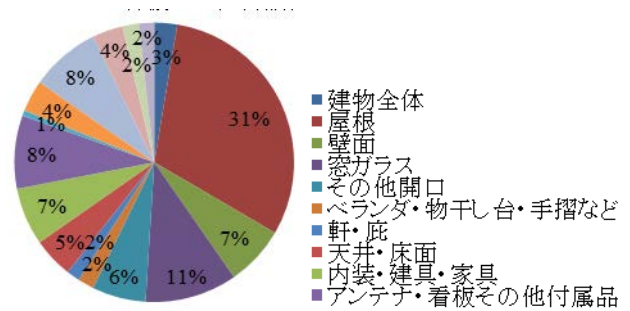


図 2-2 台風による住家被害の特徴 (n=1280)

2004 年台風 18 号により甚大な被害を受けた北海道札幌市及び函館市の被害写真をもとに被害の特徴の整理を行った。調査対象 38 棟中、屋根部、壁面部、および開口部(ガラス)に被害を受けたのは、それぞれ 78.9%(30 棟)、23.7%(9 棟)、および 7.9%(3 棟)であった(図 2-3)。また、屋根部については、4 棟において野地板の被害があり、その中で 2 棟は小屋組まで被害が及んでいる。代表的な被害の例を写真 2-4~2-6 に示す。



写真 2-4 屋根葺き材の被害例



写真 2-5 小屋組被害例



写真 2-6 壁面の被害例

調査結果を基に、積雪寒冷地の空き家等老朽木造住宅の強風被害のシナリオとして、以下の2つを想定することができる。

①シナリオ1～外装材の剥離・飛散 (図2-3)

→ 屋根・壁面の隅角部・端部に大きな局部風圧が作用 → 風力が外装材(特に、金属板を代表とする外装仕上げ材)の耐力を上回って外装材が剥離・飛散

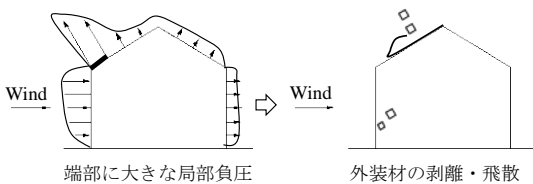


図 2-3 外装仕上げ材の強風被害のシナリオ

②シナリオ2～小屋組の破損 (図2-4)

- A. 開口部の破損が無い場合：軒先に大きな局部風圧が作用→軒桁と垂木の接合部の破損 → 屋根の飛散
- B. 開口部の破損がある場合：→内圧の急激な上昇

→ 屋根小屋組に大きな風力が作用 → 柱・梁接合部あるいは軒桁と垂木の接合部の破損 → 屋根の飛散

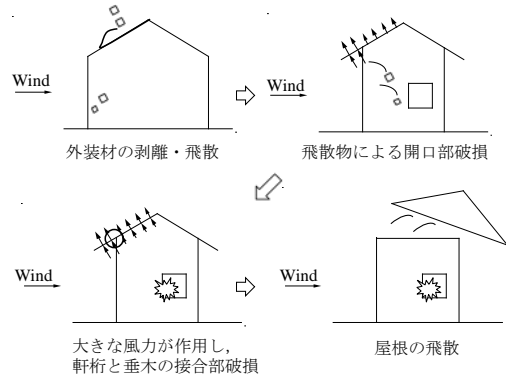


図 2-4 小屋組の強風被害のシナリオ (開口部破損)

シナリオ1では外装材(屋根葺き材)が対象となるため、経年劣化や維持管理の状況が被害に大きく影響すると考えられる。シナリオ2においても、小屋組の経年劣化を考える必要があるが、小屋組耐力の低下は、接合部も含めて、小屋裏換気が適切になされていれば、外装材に比べて小さいものと考えられる。

[参考文献]

- 1) 草苺敏夫、田沼吉伸、前田憲太郎、千葉隆弘、串山 繁、堤 拓哉、本間裕二：大雪による建物倒壊危険度判定方法の策定、日本建築学会北海道支部論文集、No. 87, pp. 43-46, 2014
- 2) 堤拓哉：空き家の屋根雪調査、日本雪工学会誌、Vol. 29, No. 3, pp. 214-221, 2013. 7

3. 空き家対策に関するアンケート調査

空き家の被害実態を把握するため、道内179市町村を対象にアンケート調査を行った。調査時期は2014年1月、アンケートの回収率は84% (150/179)である。

図3-1に管轄内の管理不全な空き家棟数を示す。「不明」以外の回答では、10～50棟が29% (43/150)と最も多く、100棟以上の割合は14% (33/150)あり、300棟以上と回答した自治体も2% (3/150)あった。今後、空き家数の増加に伴い、管理不全な空き家の棟数も増えることが予想される。

所管内の管理不全な空き家による住民からの苦情や相談の有無を図3-2に示す。81% (122/150)の自

自治体が苦情や相談を受けた経験を有しており、管理不全な空き家による問題は全道的問題であると言える。図 3-3 に管理不全な空き家による被害の有無を示す。44% (66/150) の自治体において管理不全な空き家による被害が発生している状況にある。

図 3-4 に管理不全な空き家による被害の内容を示す。最も多いのが外壁材の飛散・落下 (67%) であり、次いで屋根からの落雪 (41%)、雪による倒壊 (38%) であり、強風および雪に関連する被害が発生している自治体が多い状況にある。

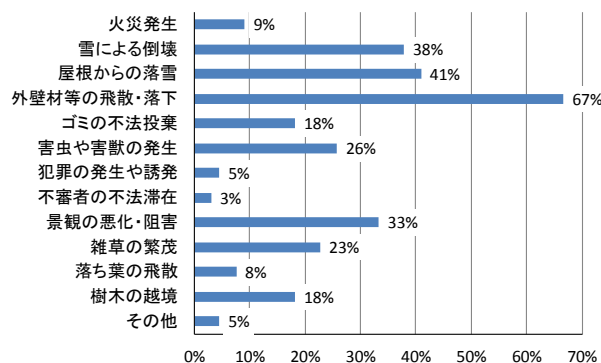


図 3-4 管理不全な空き家による被害の内容 (n=66)

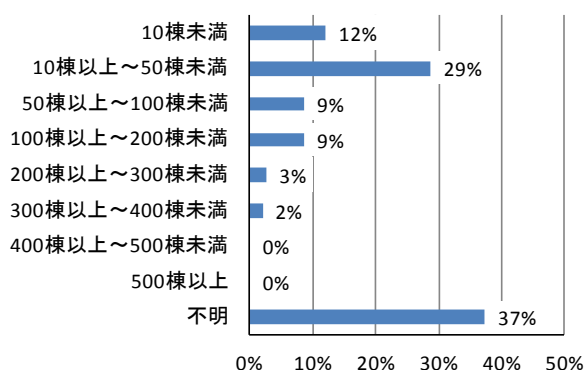


図 3-1 管轄内の管理不全な空き家棟数 (n=150)

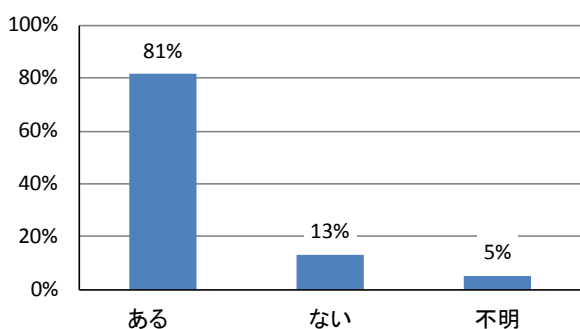


図 3-2 空き家に関する苦情・相談 (n=150)

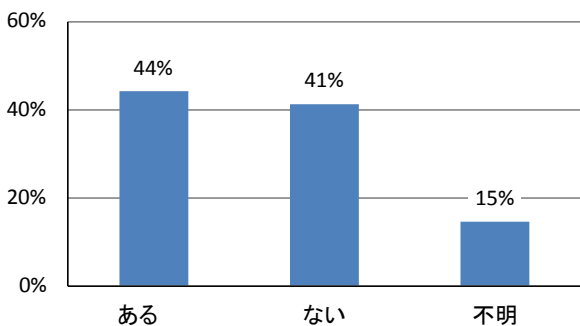


図 3-3 管理不全な空き家による被害 (n=150)

4. 危険度評価手法の検討

3章のアンケート調査結果によれば空き家の強風および雪による被害発生が多い状況にある。本章では2章における被害分析を踏まえ、大雪被害および強風被害に関する危険度評価手法の検討を行う。

(1) 大雪被害

大雪による被害では「軒の損傷」および「小屋組被害」が典型的被害であることから、両者の被害発生を確率的に求めることにより、危険度の評価を行うこととする。

1) 構造モデルの設定

本研究では、北海道の在来軸組構法住宅における図面を収集し、小屋梁および垂木の構造モデルを検討する。表 4-1 に示す 98 棟の図面を収集し、小屋梁、垂木の部材寸法、スパン、ピッチ等の仕様を整理した (図 4-1)。

表 4-1 図面を収集した住宅の所在地

振興局	市町村	棟数
石狩	札幌市	35
	石狩市	6
	江別市	2
	北広島市	1
上川・宗谷	旭川市	1
	美瑛町	1
	枝幸町	1
後志	共和町	32
	岩内町	10
	倶知安町	2
	寿都町	2
	二セコ町	1
渡島・胆振	函館市	1
	伊達市	1
十勝	帯広市	1
	音更町	1
合計		98

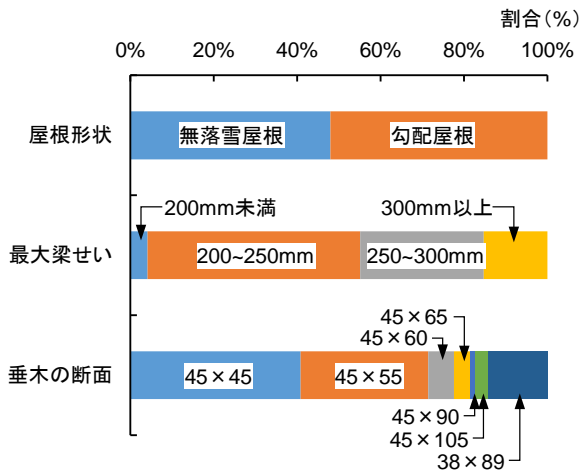


図 4-1 図面から収集した住宅の仕様

収集した図面に基づく小屋梁の構造モデルを表 4-2 に示す。表のように、屋根の雪荷重が垂木、母屋、小屋束の順に伝達し、その小屋束から小屋梁へ荷重が作用するモデルとした。本研究で図面を収集した住宅では、表 4-2 に示す 4 種類のモデルが存在した。表中の k_M は、式 (1) における構造モデル別の係数である。

$$P = \frac{C_D \cdot F_b \cdot Z}{L \cdot k_M} \quad (1)$$

ここで、 P は損傷荷重、 C_D は荷重の継続期間に関する係数、 F_b は材料の基準強度、 Z は断面係数、 L は小屋梁のスパン、 k_M は構造モデルによる係数である。次に、損傷積雪深 d は、荷重係数を C_L 、単位積雪重量を ρ 、屋根の固定荷重を D_L 、小屋束のピッチを L_1 、小屋梁のピッチを L_2 として以下の式 (2) で表される。

$$d = \frac{1}{C_L \cdot \rho} \left(\frac{P}{L_1 \cdot L_2} - D_L \right) \quad (2)$$

荷重の継続期間に関する係数 C_D および荷重係数 C_L は、損傷積雪深が小さく算定される中短期（短期積雪）を想定したことから、 $C_D=1.6/3$ 、 $C_L=1.0$ とした。小屋梁の断面係数 Z は、小屋束と小屋梁との短ほぞ接合による断面欠損を考慮して 0.85 倍した²⁾。構造モデルによる係数 k_M は表中に示す通りであり、単位積雪重量は 3.0 kN/m^3 とした。小屋束のピッチ L_1 は該当する構造モデルに応じて算定し、小屋梁のピッチ L_2 は収集した図面から住宅ごとに直接読み取った。

表 4-2 小屋梁の構造モデル

小屋梁の構造モデル	k_M
	0.25
	0.33
	0.50
	0.60

垂木における損傷積雪深を算定するための構造モデルを図 4-2 に示す。図のように、母屋の上部に垂木が取り付けられているものとし、軒桁から垂木が延長することにより軒の出が生じているモデルとした。

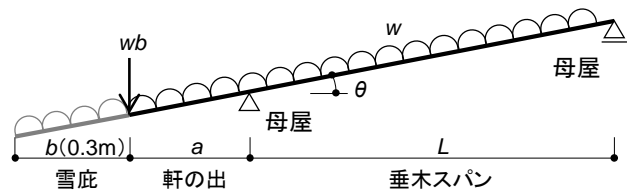


図 4-2 軒の構造モデル

雪荷重は等分布荷重として作用することとし、軒先に雪庇が形成されている場合は等分布荷重のみを雪庇分延長し、その雪庇の荷重は軒先に集中荷重として作用させた。雪庇の出については、30cm とした。垂木の損傷積雪深 d は、軒部と中間部のそれぞれで算定し、いずれか小さい方の値をした。まず、軒部の損傷荷重 M は、荷重の継続期間に関する係数を C_D 、材料の基準強度を F_b 、垂木の断面係数を Z 、垂木の勾配を θ 、軒の出を a 、雪庇の出を b とすると、以下の式 (3) と (4) で表される。

$$M = \frac{2C_D \cdot F_b \cdot Z \cdot \cos\theta}{a^2 \cdot \alpha} \quad (3)$$

$$\alpha = 1 + \frac{2b}{a} \quad (4)$$

中間部の損傷荷重 w は、最大曲げモーメント力が生じる距離を x 、垂木のスパンを L とすると、以下の式(5)と(6)で表される。

$$W = \frac{2C_D \cdot F_b \cdot Z}{X^2 \cdot \cos\theta} \quad (5)$$

$$X = \frac{L^2 - a^2 - 2ab}{2L \cdot \cos\theta} \quad (6)$$

本研究では、上記の軒部と中間部のうち、小さい損傷荷重から損傷積雪深 d を算定した。損傷積雪深 d は、荷重係数を C_L 、単位積雪重量を ρ 、垂木ピッチを L_3 、屋根の固定荷重を D_L とすると、以下の式(7)で表される。

$$d = \frac{1}{C_L \cdot \rho} \left(\frac{W}{L_3} - D_L \right) \quad (7)$$

荷重の継続期間に関する係数 C_D および荷重係数 C_L は小屋梁の場合と同様とした。垂木の断面係数 Z は短ほぞ等による欠損がないことから、その値を低減しないこととした。また、単位積雪重量は小屋梁と同じく 3.0 kN/m^3 とし、垂木のピッチ L_3 は、図面調査を行った全住宅において 455 mm であった。

2) 材料の基準強度と損傷積雪深の算定方法

既存の木造戸建住宅における材料の基準強度は一定ではなく、ばらつきを有するものであると捉えた。既往の強度試験²⁾で得られた北海道産トドマツの平均値および標準偏差を用いて正規乱数を発生させ、これらの様々な基準強度を各住宅に割り当て、損傷積雪深が小さくなる基準強度の組合せをモンテカルロ的に導いた。正規乱数による組合せ導出の繰り返し回数は20万回とした。なお、本研究では、部材の腐朽・劣化に伴う基準強度の低減は考慮していない。ここで、材料の基準強度 F_b の確率分布の一例を図4-3に示す。図のように、既往の強度試験で得られた平均値 $\mu = 40.7 \text{ N/mm}^2$ 、標準偏差 $\sigma = 10.3 \text{ N/mm}^2$ の正規分布に従っている。

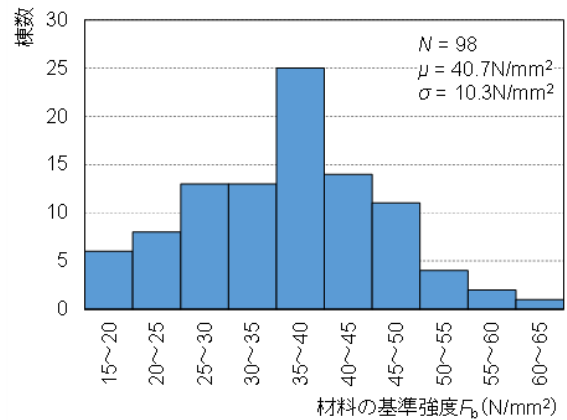


図 4-3 材料の基準強度

3) 損傷積雪深の確率分布と被害関数

図4-4に小屋梁の損傷積雪深、図4-5に垂木の損傷積雪深を示す。図の建築年は図面調査の対象とした住宅の建築年である。図4-4をみると建築年と小屋梁の損傷積雪深との間に明瞭な相関関係はみられない。小屋梁の損傷積雪深は、 $0.5 \sim 5.0 \text{ m}$ の範囲で大きくばらついている。垂木の損傷積雪深との関係を見ると、ばらつきが大きいものの、新しい住宅ほど損傷積雪深が増加する関係がみられる。

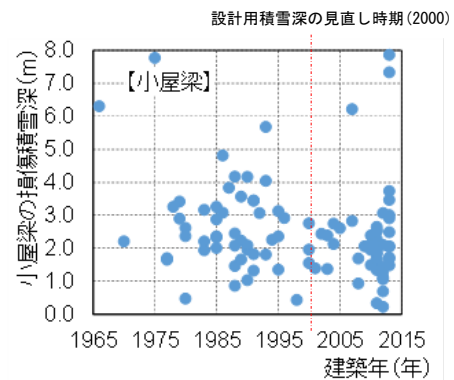


図 4-4 小屋梁の損傷積雪深

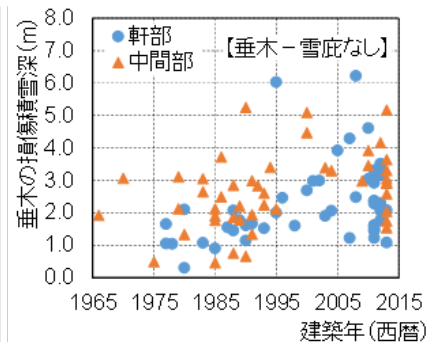


図 4-5 垂木の損傷積雪深

ここで、各住宅の損傷積雪深から非超過確率を求め、被害関数の構築を試みる。損傷積雪深の非超過確率は、各住宅の損傷積雪深を大きい順に並べ替え、Hazenプロットに基づいて算定した³⁾。次に、損傷積雪深と非超過確率との関係に適合する累積分布関数を検討した。その結果を図4-6、図4-7に示す。小屋梁および垂木で累積分布関数の形状が異なるものの、いずれにおいても対数正規分布の累積分布関数で対応することが可能である。

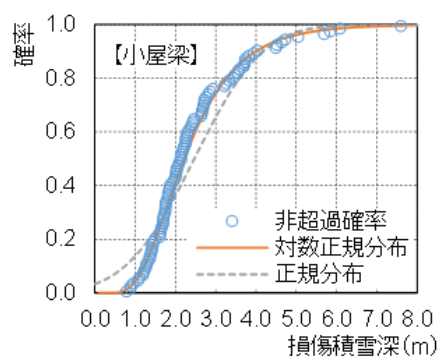


図4-6 小屋梁の損傷確率と確率分布

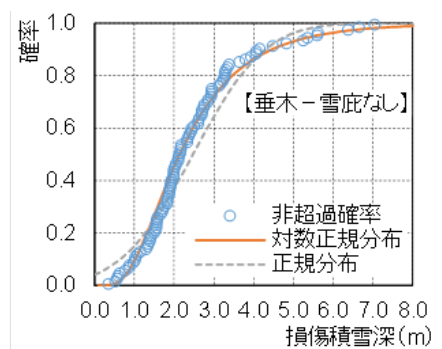


図4-7 垂木の損傷確率と確率分布

次に、小屋梁および垂木の被害関数として表したものを図4-8～図4-9に示す。小屋梁における全住宅を対象とした被害関数を見ると、屋根雪の深さが1.0m程度の場合、損傷確率は5%程度と小さい。屋根雪の深さが2.0mに達すると損傷確率は約40%となり、急激にリスクが高くなる。損傷確率80%以上で大半の住宅において小屋組が損傷する屋根雪の深さは3.0m以上である。雪下ろしなど適正な管理がなされない空き家では雪荷重が低減される機会がないため、損傷のリスクが一般の住宅に比べ高くなる。

垂木における全住宅を対象とした雪庇がない場合

の被害関数を見ると(図4-9)、屋根雪の深さ1.0mで損傷確率が約10%、屋根雪の深さ2.0mで損傷確率が約45%であり、小屋梁に比べて損傷リスクが高い。

以上の結果を見ると、垂木の損傷リスクが小屋梁に比べて高く、2章における調査結果の傾向と合致する。

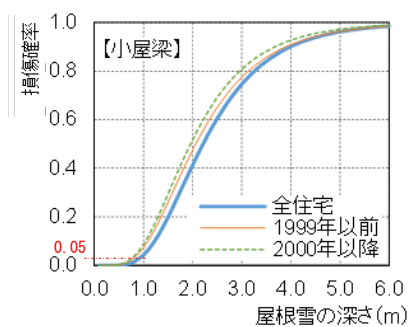


図4-8 小屋梁の被害関数

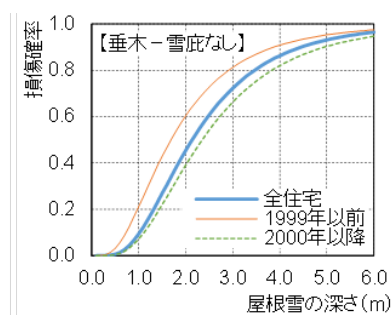


図4-9 垂木の被害関数

(2) 強風被害

1) 風力の算定

住宅の強風被害のほとんどが屋根に発生しているのでここでは屋根に注目する。2章における被害のシナリオ1においては狭い領域に作用する風力が対象となる。一方、シナリオ2では、過去の被害調査結果によれば、軒先に作用する大きな局部風力によって軒桁と垂木の接合部が破壊し、それがトリガーとなって被害が拡大するというものが多い。積雪寒冷地の木造住宅の場合、軒の出のある場合がほとんどであり、この部分には上面に負圧、下面に正圧が作用するため大きな風力が作用して被害の原因になる。

そこで、そのような風力を、最新の研究成果が反映されている日本建築学会「建築物荷重指針・同解説(2015)」(以後、「荷重指針」と呼ぶ)⁴⁾に基づき

算定する。外装材用ピーク風力 W_c は次式で与えられる。

$$W_c = q_H \cdot \hat{C}_c \cdot A_c \quad (\text{N}) \quad (8)$$

ここに、 q_H は速度圧で、空気密度 ρ ($= 1.22 \text{ kg/m}^3$)と屋根平均高さでの風速 U_H (m/s)を用いて、次式で与えられる。

$$q_H = \frac{1}{2} \rho U_H^2 \quad (\text{N/m}^2) \quad (9)$$

\hat{C}_c はピーク風力係数で、次式で与えられる。

$$\hat{C}_c = \hat{C}_{pe} - C_{pi}^* \quad (10)$$

ここに、 \hat{C}_{pe} はピーク外圧係数、 C_{pi}^* は「外装材用内圧変動の効果を表す係数」である。荷重指針では、0または -0.5 と定められているが、ここでは外圧として負圧を考えているので、 $C_{pi}^* = 0$ とおく。 A_c は外装材の荷重負担面積(m^2)であり、ここでは 1m^2 とする。

ピーク外圧係数は建物の形状(屋根形状、屋根勾配など)と部位によって大きく変化する。荷重指針では、陸屋根、切妻屋根、片流れ屋根、並びに、寄棟屋根に対して領域ごとにピーク外圧係数を屋根勾配の関数として定めている。

2) 屋根葺き材の耐力のモデル化と強風被害予測

① 耐力の推定

強風被害のシナリオ1においては、経年劣化した屋根葺き材の耐力を評価する必要がある。積雪寒冷地の木造住宅では、屋根葺き材としてカラートタンなどの金属板が一般に用いられる。本研究では、老朽木造住宅を対象としていることから、屋根葺き材の初期強度 R_0 (風圧換算)は、平成12年建設省告示第1458号が定められるまで外装材の耐風設計で一般的に使われていた昭和46年建設省告示第109号(以下「告示109号」と呼ぶ)による風荷重に基づき、以下のように仮定する。

$$R_0 = v \cdot W_{c_cod} \quad (\text{kg/m}^2) \quad (11)$$

ここで、 v は安全率を表す。外装材では耐力のばらつきや不確実性を考慮し、 $1.5 \sim 3$ 程度の値がとられる

ことが多い⁵⁾。 W_{c_cod} は告示109号による単位面積当たりの風荷重であり、速度圧 q と局部風力係数 C の積として次式で与えられる。

$$W_{c_cod} = q \cdot C \quad (\text{kg/m}^2) \quad (12)$$

$$q = \begin{cases} 60\sqrt{h} & (h \leq 16\text{m}) \\ 120\sqrt[4]{h} & (h > 16\text{m}) \end{cases} \quad (\text{kg/m}^2) \quad (13)$$

ここで、 h は設計対象部位の地上高さ(m)である。局部風力係数 C は、図4-10のように屋根や壁面周辺部を指定し、その領域での値として $C = -1.5$ と定めている。

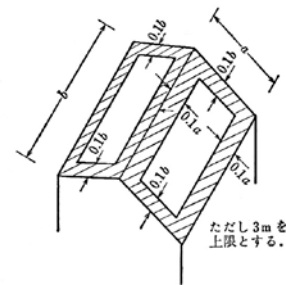


図4-10 屋根面の局部風圧考慮部分

積雪寒冷地の外装材は厳しい劣化外力に晒されるため、耐力評価においては経年劣化を考慮しなければならない。築年数 T の木造住宅外装材の耐力 $R(T)$ は、低減係数 $f(T)$ を用いて一般に次式のように表すことができる。

$$R(T) = R_0 \cdot f(T) \quad (14)$$

ここで、 R_0 は新築時の木造住宅外装材の耐力である。住宅外装材耐力の経年劣化に関する資料はほとんどないのが実状である。ここでは林ら⁶⁾および文献⁷⁾を参考にして、低減係数 $f(T)$ を次式で仮定する。

$$f(T) = \exp \left\{ -\alpha \left(\frac{T}{\beta T_0} \right)^2 \right\} \quad (15)$$

ここで、 α は劣化速度を表す係数で、外装材の種類や構工法、並びに、外装材の置かれている環境に依存する。 α の値が大きいほど劣化の進行が速いこと

を意味する。 T_0 は設計で想定する耐用年数、 β は維持保全に関する割増係数である。 T_0 および β が大きいほど $f(T)$ で表される耐力低減係数の変化は緩やかになる。

②強風被害予測

屋根葺き材の被害確率を推定に当たっては以下の仮定を設ける。

- A) 屋根葺き材の耐力 R の算定においては、風力係数を1.5、安全率 ν を2.0(外装材の耐風性能評価において一般的に使われる平均的な値)とする。また、 R は場所によらず一定とする。
- B) (15)式における耐用年数 T_0 は30年とする。通常の耐久設計においては、築年数 T が耐用年数 T_0 に達すると修繕や更新により初期の耐力まで回復するが、ここでは空き家を主対象としているため、そのような修繕や更新は行われぬものとする。
- C) 耐用年数に達した時点における耐力の低減係数は0.7とする。
- D) (15)式における維持保全に関する割増係数 β は1.0とする。すなわち、耐用年数を高めるための特別な措置は行われぬものとする。
- E) 変動係数はいずれも0.35とする。
- F) ここで計算対象とする住宅は以下の通りとする。
 - ・2階建てを想定し、屋根平均高さ H は7.5mとする。
 - ・屋根は切妻とし、勾配は15°または30°とする。

$T_0=30$ 年としたとき、築年数 T が耐用年数 T_0 に達した時点における被害確率 p_f と屋根平均高さでの設計風速 U_H (10分間平均風速)の関係を図4-11に示す。 $\theta = 15^\circ$ の場合には屋根端部でピーク外圧係数が大きくなるので(図4-10)、被害確率が高くなる。 $U_H = 30\text{m/s}$ 程度で被害率が約0.5にも達する。一方、 $\theta = 30^\circ$ の場合には被害率は0.1程度と低い。 $\theta \geq 30^\circ$ とすれば被害率はさらに低下する。

図4-12は、耐用年数を $T_0 = 30$ 年と設定したとき、被害率曲線($p_f - U_H$ 関係)が築年数 $T(=20 \sim 50)$ 年によってどのように変化するかを見たものである。ここでは、修繕・更新等による耐力の回復は想定していないので、 $T > T_0$ となると被害率曲線は急激に低風速側にシフトする。

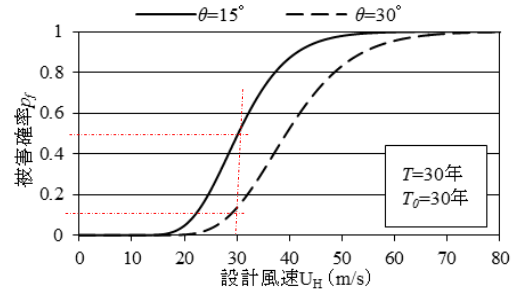


図4-11 被害確率と風速 U_H の関係

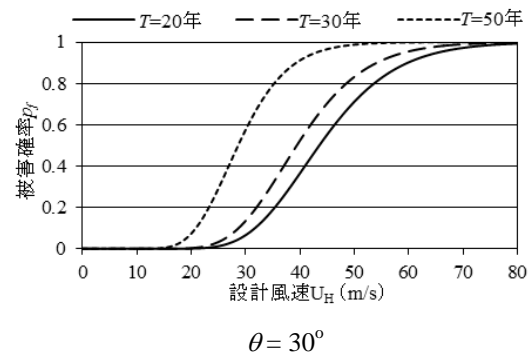


図4-12 築年数による被害確率の変化($T_0 = 30$ 年)

2) 小屋組の強風被害予測

①外力の算定

強風被害のシナリオ2において、垂木と軒桁接合部に作用する外力 S は、はねだしの単純梁と仮定すると次式で与えられる。

$$R = \left(w_1 a + \frac{w_1 a^2}{2l} + \frac{w_2 l}{2} \right) \cdot p \quad (16)$$

ここで、 a 、 l 、 w_1 、 w_2 はそれぞれ図4-13に示す軒先長さ、軒桁と母屋の距離、軒先部の単位面積あたりの等分布荷重、それ以外の屋根部の等分布荷重を表す。また、 p は垂木間隔を表す。

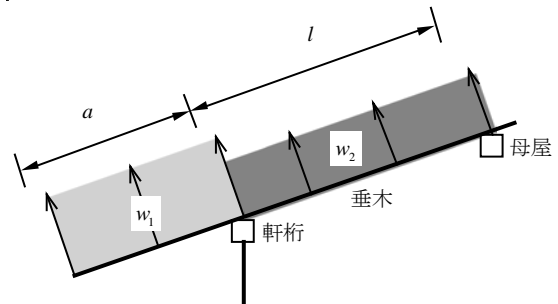


図4-13 屋根部に作用する風力

等分布荷重 w_1 、 w_2 については、屋根部に作用する風荷重とともに下向きの固定荷重による押さえも併せて考慮する。風荷重については(8)～(10)式により算定を行うが、シナリオ2ではピーク風力係数 \hat{C}_c を次式のように補正した風力係数 C_c を用いて算定することで最大瞬間風速 V_{peak} と被害確率 p_f の関係を求める。

$$C_c = \frac{\hat{C}_c}{(1 + g_p I_z)^2} \quad (17)$$

ここで、 g_p はピークファクターを表し、ここでは3.5とする。また、 I_z は乱れの強さを表す。

以上より、単位面積あたりの屋根部の等分布荷重 w は以下のように表される。

$$w = \frac{1}{2} \rho V_{peak}^2 |\hat{C}_c| - w_D \cdot \cos \theta \quad (18)$$

ここで、 w_D は単位面積あたりの固定荷重を、 θ は屋根勾配を表す。

固定荷重、外装材用風荷重の変動係数は荷重指針においてそれぞれ0.05～0.1、0.32～0.35程度と定められていることから、ここでは0.36と仮定する。

②耐力の算定

垂木軒桁接合部の耐力は、実物大耐力試験によって得られた統計値に基づいて算定する(図4-14、写真4-1)。破壊性状は垂木の割れ、垂木の釘の引き抜けが主であった。

既往の研究⁸⁾においては、試験結果から得られる最大耐力に、施工性の影響などによって想定される耐力低減に要因を考慮した補正係数 α と試験時と施工時との支持間隔の違いを考慮した補正係数 N を乗ずることによって最大耐力が求められていた。しかし、施工時において垂木は野地板等によって固定されていると考えられるため支持間隔の違いによる影響は小さいと考えられる。したがって、ここでは補正係数 α のみ考慮する。

以上より、耐力 R の平均値 μ_R と変動係数 ν_R はそれぞれ以下のように仮定する。

$$\mu_R = \mu_\alpha \cdot \mu_R \quad (19)$$

$$\nu_R = \sqrt{\nu_\alpha^2 + \nu_R^2} \quad (20)$$

ここで、 μ_R 、 ν_R はそれぞれ実物大耐力試験における最大荷重の平均値、変動係数を表す(表4-3)。

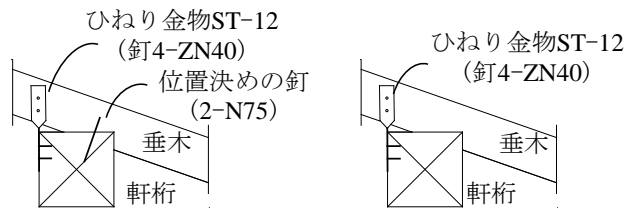


図 4-14 試験体概要



写真 4-1 軒桁-垂木接合部の実大試験

表 4-3 実大試験における最大耐力の統計値

試験記号	破壊性状	平均値	変動係数
		(kN)	
3.5-2P	垂木の割れ	2.94	0.16
2.5-2P	垂木の割れ	3.42	0.14
	垂木の釘の引き抜け	3.79	0.12
6-2P	垂木の割れ	3.12	0.17
3.5-5P	垂木の割れ	3.36	0.15
3.5-11P	垂木の割れ	3.28	0.10
3.5-2CN	垂木の割れ	2.33	0.14
	垂木の釘の引き抜け	2.45	0.16
3.5-2C	垂木の割れ	3.15	0.14

③強風被害予測

垂木軒桁接合部の被害確率を推定する。部材あるいは部材間接合部の耐力を R 、風力により作用する力を S で表せば、 R および S いずれも確率量(確率変数)である。破壊現象は $R < S$ となった場合に生じ、破壊確率 p_f は次式で与えられる。

$$p_f = \int_0^{\infty} f_s(s)F_R(s)ds = \int_0^{\infty} f_R(r)[1-F_S(s)]dr \quad (21)$$

ここに、 $F_R(x)$ および $F_S(s)$ はそれぞれ R および S の確率分布関数(非超過確率)を表す。 S と R の平均値が同じであっても、ばらつきが大きくなると、与えられた S あるいは R に対して、 $R < S$ となる確率が大きくなるので p_f は大きくなる。いま、 R と S のいずれも対数正規分布に従うと仮定すると、破壊確率 p_f は次式で与えられる。

$$p_f = P[R \leq S] = 1 - \Phi \left[\frac{\ln(\mu_R / \mu_S)}{\sqrt{\nu_R^2 + \nu_S^2}} \right] \quad (22)$$

ここで、 μ_R : 耐力 R の平均値、 μ_S : 風力 S の平均値、 ν_R : 耐力 R の変動係数、 ν_S : 風力 S の変動係数(標準偏差と平均値の比)である。また、 Φ [] は標準正規分布の確率分布関数を表す。

ここで、計算対象とする住宅は以下の通りとする。

- A) 2階建てを想定し、屋根平均高さ H は 7.5m とする。
- B) 屋根は切妻とし、勾配は 15° (2.5寸)、 20° (3.5寸)、 30° (6寸) とする。
- C) 軒先長さ a 、軒桁と母屋の距離 l 、垂木間隔 p はそれぞれ 0.6 (m)、0.91 (m)、0.455 (m) とする。
- D) 屋根葺き材は薄鉄板葺き(下地あり)を想定し、荷重指針より、256 (N/m²) とする。

また、計算に当たって以下のような仮定を設ける。

- イ) 軒先部、それ以外の屋根部の風力係数はそれぞれ荷重指針の値を用いる。また、飛来物によって窓ガラス等が破損して正の大きな室内圧が発生した場合はピーク内圧係数として +1.5 を用いる。計算で用いた屋根の部位ごとのピーク風力係数 \hat{C}_c と屋根勾配の関係を図 4-15 に表す。
- ロ) 地表面粗度区分Ⅲを想定し、乱れの強さ I_z は荷重指針から 0.26 とする。
- ハ) 補正係数 μ_a 、 ν_a はそれぞれ 0.8、0.2 とする。
- ニ) 耐力の算定の際に用いる統計値は勾配が 15° (2.5寸)、 20° (3.5寸)、 30° (6寸) でそれぞれ 2.5-2P、3.5-2P、6-2P で得られた値を用いる。

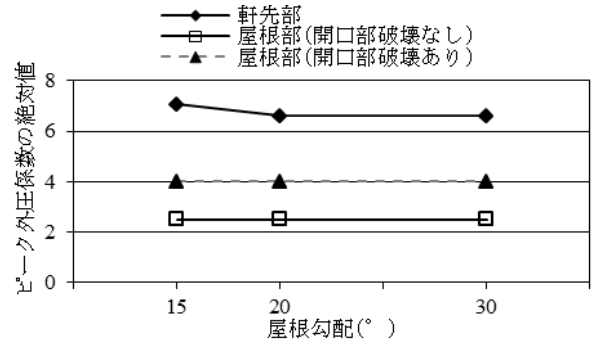


図 4-15 外装材用ピーク外圧係数

開口部の破壊を想定しないとき、被害確率 p_f と最大瞬間風速 V_{peak} の関係を図 4-16 に示す。

図 4-15 では、 $\theta=15^\circ$ である場合の軒先部のピーク風力係数は大きい値を示しているが、 $\theta=15^\circ$ の破壊確率が最も小さく、シナリオ 1 とは逆の傾向を示していた。これは、低勾配になると破壊性状が変化し、耐力値に大きな影響を与えるためであると推察される。

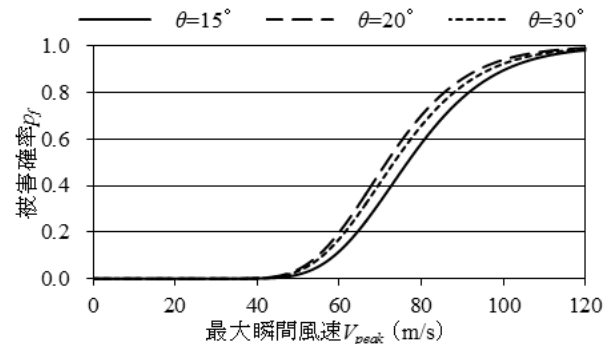


図 4-16 被害確率と最大瞬間風速 V_{peak} の関係

図 4-17 は、 $\theta=20^\circ$ としたときに、被害率曲線 ($p_f - V_{peak}$ 関係) が、開口部破壊がある場合とない場合でどのように変化するかをみたものである。開口部が破壊すると被害率曲線は低風速側にシフトしている。

また、図 4-18 は、 $\theta=20^\circ$ としたときに、被害率曲線 ($p_f - V_{peak}$ 関係) が、屋根葺き材が薄鉄板葺きである場合と瓦葺きである場合でどのように変化するかをみたものである。屋根葺き材を瓦葺きとする場合については、荷重指針より和形粘土瓦葺き(ふき土あり)を想定した固定荷重 930 (N/m²) を用いた。薄鉄板葺き等の軽い屋根である場合は被害率曲線が低風速側にシフトしていることが分かる。

積雪寒冷地の木造住宅の特徴として、屋根葺き材として金属板が用いられていること、開口部に本州で一般に用いられている雨戸がないことが明らかになっており⁹⁾、今回の予測結果からこれらの特徴は小屋組の被害を助長していると考えられる。

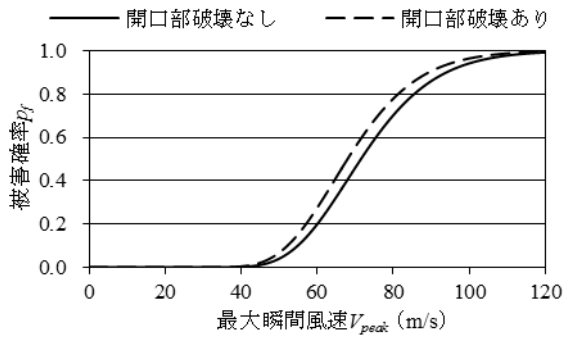


図 4-17 開口部破壊による被害確率の変化

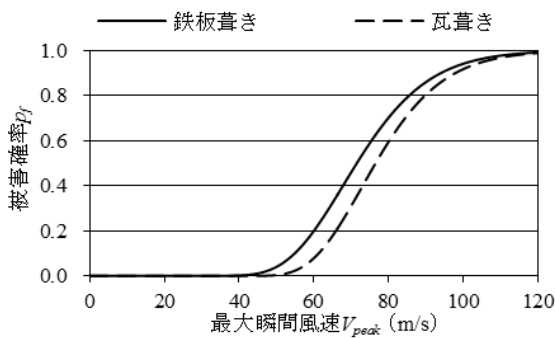


図 4-18 屋根葺き材の種類による被害確率の変化

(3) 腐食等の劣化を想定した垂木材の曲げ試験

1) 検討概要

大雪被害、強風被害のいずれにおいても軒の垂木が損傷する被害事例が多く、前述の危険度評価においても、腐食による断面欠損は被害リスクを増すことに繋がる。空き家を対象とした被害調査においても腐食等の劣化が見られる垂木の損傷が散見される(写真 4-2)。ここでは、腐食による断面欠損が軒の強度に及ぼす影響に関する基礎的知見を得るため、長期間屋外に曝露されていた木材の強度試験を実施した。



写真 4-2 劣化した軒垂木の損傷

2) 実験概要

実験にはウッドデッキとして長年屋外に曝露されていた針葉樹材を用いた。実験は JIS の木材曲げ試験を参考に集中荷重をスパン中央に加えるものとし、試験体が破壊するまでを計測した(図 4-19、写真 4-3)。試験体寸法は調査で得られた垂木材の断面寸法を基本に、曝露した材木において実験可能な断面とし(写真 4-4)、試験体本数は全部で 20 本とした。実験では試験体重量、含水率、載荷部の荷重、中央たわみ、同断面内の引張ひずみと圧縮ひずみを計測した。

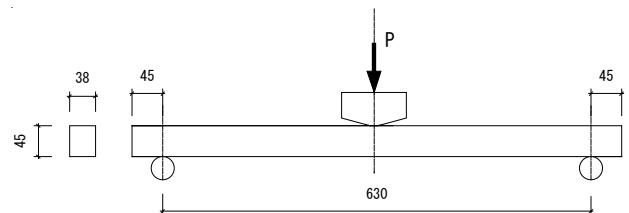


図 4-19 実験概要図

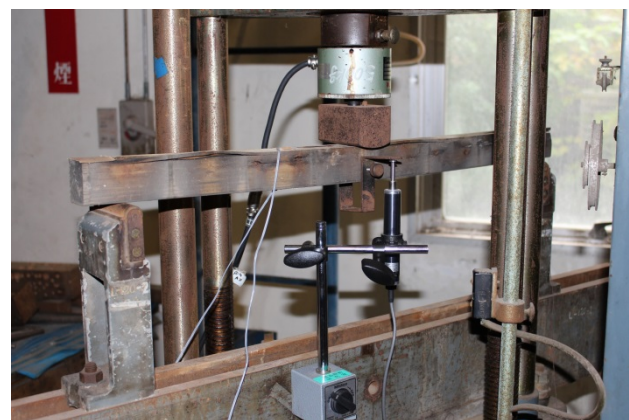


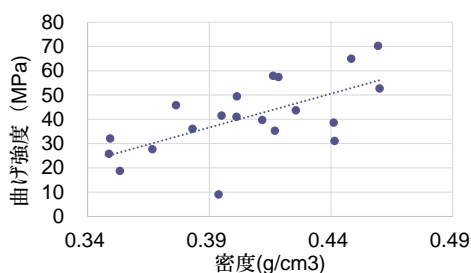
写真 4-3 試験状況



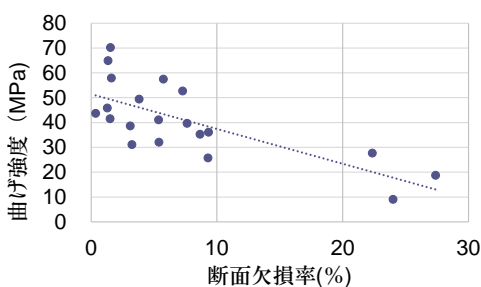
写真 4-4 試験体の断面例

3) 実験結果

図 4-20 に密度および断面欠損率と曲げ強度との関係を示す。図に示すように密度、断面欠損率と曲げ強度は概ね比例関係にある。



(a) 密度



(b) 断面欠損率

図 4-20 実験結果

曲げ強度を目的変数とし、各パラメータを説明変数として重回帰分析を行い、関係性の低いパラメータを整理した結果、以下の回帰式が得られた。

$$\sigma_b = 187\rho - 1.70L_c - 23.5$$

ここで σ_b :曲げ強度(MPa)、 ρ :密度(g/cm^3)、 L_c :断面欠損率(%)。実験値の曲げ強度(実験強度)と、得ら

れた重回帰式より算出した曲げ強度(推定強度)との相関関係図4-21に示す。実験強度と推定強度の相関係数は 0.82 であり、腐食による断面欠損が、軒垂木の曲げ強度に及ぼす影響が大きいことが示された。

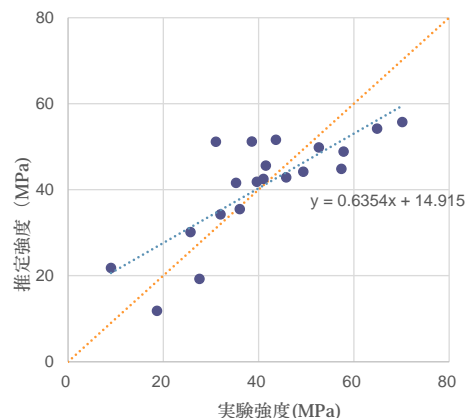


図 4-21 実験値と推定値の関係

[参考文献]

- 1) (財)日本住宅・木材技術センター編：木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008 年版), 2008. 12
- 2) 飯島泰男, 園田里見：国内の製材曲げ強度試験データの収集と分析 その 1 収集データの概要と分析方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), C-1, pp. 33-34, 2010. 9
- 3) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説, pp. 109-115, 2004
- 4) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説, pp. 12-73, 2015
- 5) 日本建築学会：実務者のための建築物外装材耐風設計マニュアル, 2013
- 6) 林 康裕, 更谷安紀子, 森井雄史：木造住宅の経年劣化と地域地震環境を考慮した地震時損傷度予測手法, 日本建築学会構造系論文集, No. 615, pp. 77-84, 2007
- 7) 日本建築学会：建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説, 2003
- 8) 喜々津仁密, 河合直人：構成部材の引張載荷試験に基づく木造小屋組の耐風性能評価に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 74, No. 646, pp. 2181-2188, 2009
- 9) 大垣直明, 谷口尚弘：新築戸建住宅における住宅様式・材料普及構造に関する研究, 日本雪工学会誌, Vol. 13 (3), pp. 236-243, 2009

5. 空き家危険度の見える化

2章、3章で把握した空き家の被害状況、4章における危険度評価手法の検討を踏まえ、本章では以下の手順により、空き家の大雪による危険度を見える化することを試みる。

- ①統計資料に基づく市町村別の空き家棟数の推計
- ②建築物荷重指針に基づく市町村別の地上積雪深の設定
- ③4章で検討した積雪深と小屋組（小屋梁および垂木）の損傷確率に関する被害関数を用いた大雪時の空き家の損傷棟数の試算
- ④GISによる危険度の地図化

（1）市町村別の空き家棟数の推計

試算対象は全域が豪雪地帯である北海道の179市町村とした。空き家棟数の推計には、総務省により5年毎に実施されている平成25年度の住宅土地統計調査（以下、統計調査）¹⁾と厚生労働省による人口動態²⁾を用いた。本章で損傷棟数の試算を行う空き家は、別荘や賃貸・売却のため空き家となっている物件ではなく、大雪時に特に問題となる居住世帯が長期に亘り不在な状態にある空き家（統計調査では空き家/その他の住宅に分類）の木造戸建とする。

住宅土地統計調査は市および人口1万5千人以上の町村を対象としており、北海道では51の自治体がこれに該当するが、残り128自治体の空き家棟数は不明である（表5-1）。空き家棟数の推計には、52市町の人口動態における5年間の自然減（死亡者数）と統計調査による空き家棟数の関係を用いた（図5-1）。図に示すように5年間の死亡者数と空き家棟数の相関性は極めて高い。これは人口動態における社会増減（転入転出）は、集合住宅等の売買もしくは賃貸物件の占める割合が高く、その他に分類される空き家の増加への寄与が少ないためである。このため人口の社会増減および自然増減を合わせた人口増減と空き家棟数の関係を調べると、人口がプラスの市町村で空き家棟数が増えるという矛盾が生じる。

木造戸建棟数および腐朽損傷棟数については、統計値のある34市（札幌市を除く）の空き家棟数に占めるこれらの割合（木造戸建棟数：0.68、腐朽損傷棟数：0.39）を算出し、その割合を残りの144町村に適用した¹⁾。木造戸建空き家棟数の推計結果を図5-2に示す。木造戸建空き家棟数は全道総計で約12万5千棟、この内、腐朽損傷ありの棟数は約4万7

千棟と見積もられた。

表5-1 空き家棟数の推計（北海道）¹⁾

属性	数	空き家棟数	木造戸建	腐朽損傷
市	35	統計値	統計値	統計値
人口1万5千人以上の町村	16	統計値	推計値	推計値
人口1万5千人未満の町村	128	推計値	推計値	推計値

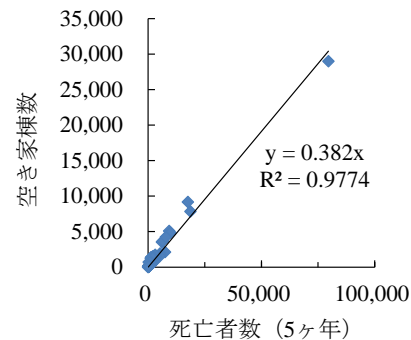


図5-1 自然減（死亡者数）と空き家棟数の関係^{1), 2)}

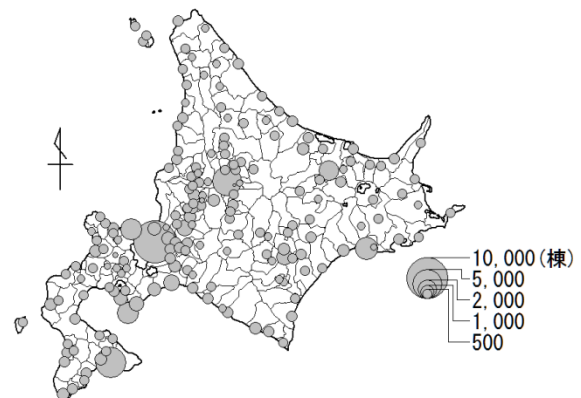


図5-2 木造戸建の空き家棟数の推計結果

（2）市町村別の地上積雪深の設定

ここでは空き家が10年程度放置される場合のリスクを試算することとし、各市町村で10年に1回発生する程度の大雪による被害を想定した。建築物荷重指針に基づき、再現期間10年の地上積雪深を市町村別に設定した³⁾。積雪未観測点では降水量と気温から推定した値、気象観測点が無い市町村については、最寄の気象観測点の値を適用した。市町村別の再現期間10年の地上積雪深を図5-3に示す。

図5-3によれば建築物荷重指針に基づいて設定した再現期間10年の地上積雪深が、平成12年に設定された雪荷重を算定する際の垂直積雪量と同程度の

値となっている地域も散見される。これは建築物荷重指針の算定手法では、昨今の豪雪時における観測値も統計値に含まれているほか、気象観測点が無い市町村があること、気象観測に用いられている降水量計の捕捉損失補正⁴⁾に改善の余地があるためと考える。

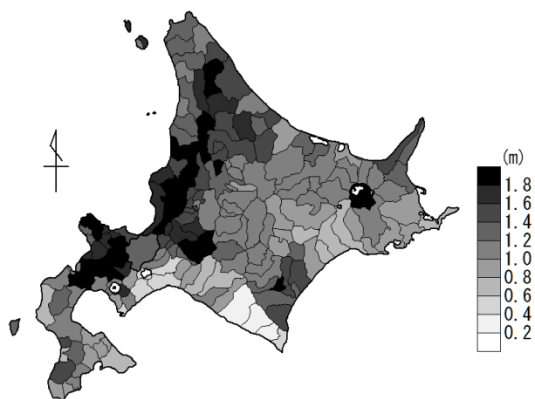


図 5-3 再現期間 10 年の地上積雪深

(3) 試算条件

被害関数には 4 章で検討した小屋梁および軒垂木を対象とした積雪深と損傷確率との関係を用いた(図 5-4)。この被害関数は図面調査から在来軸組構法住宅の部材断面、スパン、軒の出等を抽出し、小屋梁および軒垂木の構造モデルを設定、材料強度をモンテカルロ的に与え、損傷確率と屋根雪の深さの関係を関数化したものである。

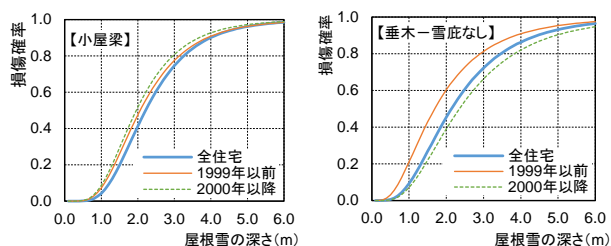


図 5-4 試算に用いた小屋梁と軒垂木の被害関数

地上積雪深を屋根上積雪深に換算する際の屋根形状係数は、建築物荷重指針における基本となる屋根形状係数 μ_r のみを考慮することとし、屋根勾配は一律に最も厳しい条件である 0° 、風速は気象庁の観測点における 1 月と 2 月の平均風速を与えた。気象観測点が無い市町村については、最寄の気象観測点の値を適用した。

(4) 試算結果

図 5-5 に 10 年に一度の大雪時における空き家の小屋梁の損傷率、図 5-6 に軒垂木の損傷率を示す。小屋梁の損傷率の平均値は 0.16、最大値は 0.72、軒垂木の損傷率の平均値は 0.24、最大値で 0.74 であり、雪の多い日本海側の市町村において損傷率が高い傾向にある。

損傷率が極端に大きく試算された市町村があった要因として、積雪深および風速を観測している気象観測点が限られているため、両者に推定値を用いたこと、屋根勾配を最も不利な条件である 0° とし、雪荷重に勾配による低減を与えていないことが影響していると考えられる。

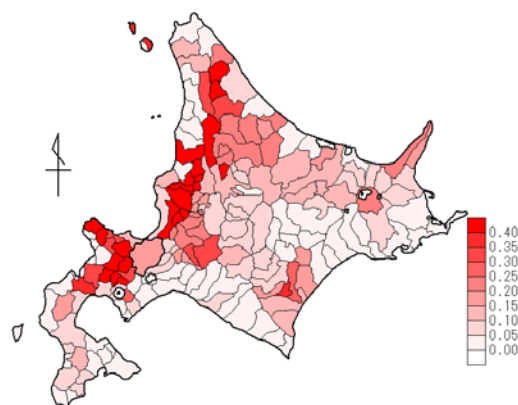


図 5-5 小屋梁の損傷率

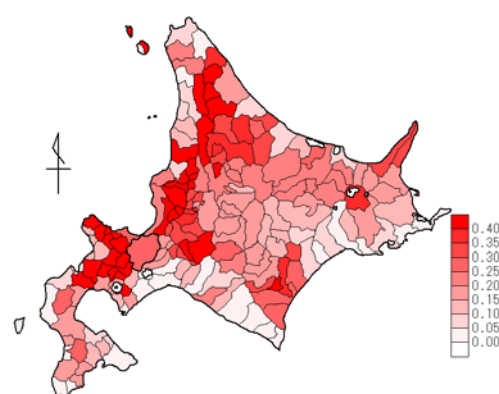


図 5-6 軒垂木の損傷率

図 5-7 に小屋梁の損傷棟数、図 5-8 に軒垂木の損傷棟数を示す。小屋梁の損傷棟数は全道総計で約 1 万 7 千棟弱となり、空き家棟数および積雪の多い日

本海側～石狩湾周辺の被害が顕著である。

一方、太平洋側などの沿岸部の被害は比較的少ない。これは図 5-3 に示すように地上積雪深が少ないことに加え、風が強く屋根形状係数が小さくなったことが影響している。軒垂木の損傷棟数についても小屋梁被害と同様の傾向にあるが、損傷棟数は総計約 2 万 7 千棟余りとなり、その被害規模は極めて大きく、大雪時において空き家の損傷を防ぐには、雪下ろし等の維持管理が不可欠である。

図 5-9 に腐朽損傷のある空き家を考慮した小屋梁の損傷棟数を示す。個々の空き家における腐朽損傷の程度が不明であるため、腐朽損傷がある空き家における小屋梁の断面欠損を一律 30%とした。被害総計は約 35%増え約 2 万 3 千棟余りとなった。4.(3)における実験結果でも明らかのように、腐朽損傷が空き家の耐力に及ぼす影響は極めて大きい。

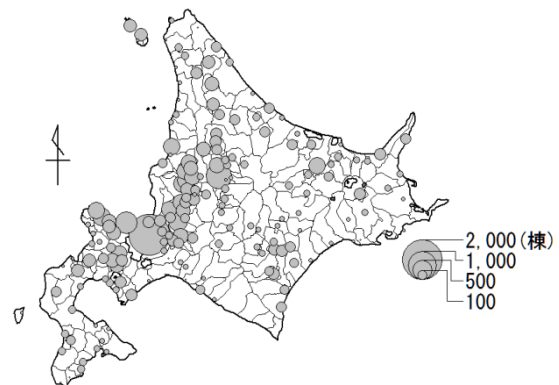


図 5-9 小屋梁の損傷棟数
(劣化による断面欠損を考慮)

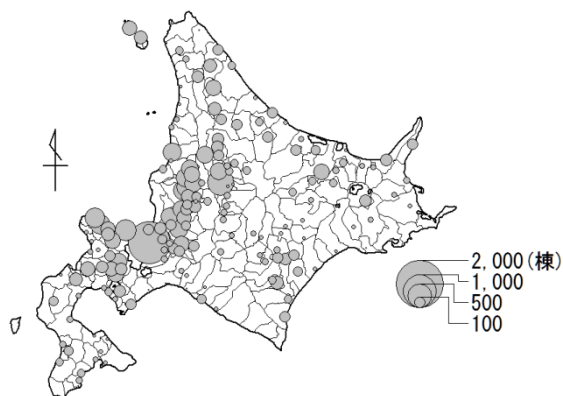


図 5-7 小屋梁の損傷棟数

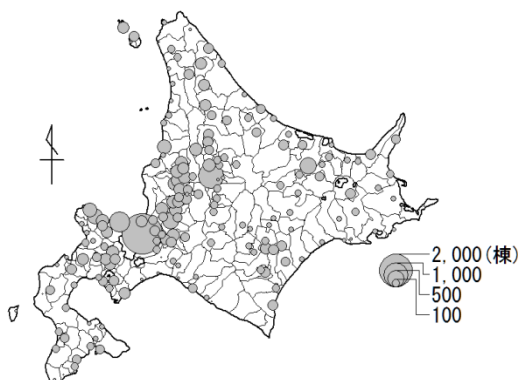


図 5-8 軒垂木の損傷棟数

[参考文献]

- 1) 総務省：平成 25 年住宅土地統計調査，<http://www.stat.go.jp/>
- 2) 厚生労働省：人口動態調査，<http://www.mhlw.go.jp/>
- 3) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，pp.266-283，2015.
- 4) 中井専人，横山宏太郎：降水量計の捕捉損失補正の重要性，天気，No.56，pp.69-74，2009.

6. まとめ

空き家対策に資する基礎的知見整備のため、空き家棟数の推計および自然災害（大雪、強風）に関する被害関数の構築を行い、GIS を用いて空き家の自然災害危険度の見える化を検討した。研究により以下の知見が得られた。

- 1) 被害調査により被害パターンを明らかにした。大雪被害では軒折れ、小屋組被害が多く、強風被害では屋根葺材の剥離・飛散、小屋組被害が典型的な被害であった。
- 2) 空き家対策に関するアンケート調査により、空き家による被害が発生した自治体は全体の 4 割、この内、強風による外装材の飛散・落下が 67%、雪による倒壊が 37%で発生していることを明らかにした。
- 3) 大雪および強風による被害モデル（屋根部材）を作成し、積雪深ならびに最大瞬間風速と屋根部材の被害確率に関する被害関数を導出すると共に劣化による断面欠損の影響を評価した。
- 4) 道内全市町村の空き家棟数を推計し、被害関数を用いて、大雪による軒損傷および小屋梁損傷を試算し、GIS を用いて地図化を行い、空き家の自然災害危険度が見える化した。

研究成果は空き家対策に関する研究および委託業務等における基礎資料として活用を図る。また、推計結果の取り扱いについて関係部局等と協議を進める。研究成果は空き家棟数の推計値と被害関数を基にした推計結果であることに留意する必要があり、今後、空き家棟数、損傷率等の推定精度向上に向けた検討を進める。

[謝辞]

被害調査およびアンケート調査の実施に際し、自治体の皆様から多大なるご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

本研究は JSPS 科研費 25282122（基盤研究 B、代表者：堤拓哉）の助成を受けたものである。