

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：80122

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282122

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Disaster reduction measures in a region based on visualization of natural disaster risk

研究代表者

堤 拓哉 (Tsutsumi, Takuya)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・その他部局等・研究員

研究者番号：40462345

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,900,000円

研究成果の概要(和文)：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。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。空き家の危険度評価手法の検討を行い、大雪および強風による被害モデルを作成し、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。空き家棟数の推計を行い、被害関数を用いて算出した市町村別被害についてGISを用いて図示し、危険度を見える化した。

研究成果の概要(英文)：According to the damage investigation of old wooden houses, broken eaves and roof truss damage induced by the heavy snow, and also, peeling of roofing material and roof truss damage by the strong wind were typical damages, respectively. As the result of the questionnaire survey on vacant houses, the damage induced by vacant houses occurred 40% of the total local governments. Scattering or dropping of the exterior material due to strong winds was 67% and collapse due to snow occurred in 37%. The risk assessment techniques of vacant houses have been studied to create damage models induced by heavy snow and strong winds. The estimation for the number of vacant houses in Hokkaido region and the assessment of snow damage on vacant houses by using fragility curves have been performed. The snow disaster risk has been visualized by using GIS based on the result of this study.

研究分野：雪氷工学

キーワード：空き家 自然災害 大雪 強風 見える化

1. 研究開始当初の背景

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。

北海道の年代別住宅ストックをみると、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。

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. 研究の方法

(1) 被害調査

文献調査、現地調査等により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。

(2) 空き家被害に関するアンケート調査

自治体を対象としたアンケート調査により空き家による被害の現状等を把握する。

(3) 危険度評価手法の検討

構造解析および統計解析等により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

(4) GISによる空き家危険度の見える化

空き家の自然災害による損傷棟数を試算しGISを用いて視覚的に示す。

4. 研究成果

(1) 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。大雪による被害状況を見ると、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1)、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)。

強風被害では、屋根・壁面の隅角部・端部に大きな局部風圧が作用し、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・飛散する被害(写真3、図1)が多く、開口部の破損がある場合には、内圧の急激な上昇から屋根小屋組に大きな風力が作用し、柱・梁接合部あるいは軒桁と垂木の接合部の破損により屋根が飛散する被害に至るケースもある(図2)。



写真1 軒折れの被害例



写真2 小屋組の被害例



写真3 屋根葺き材の被害例

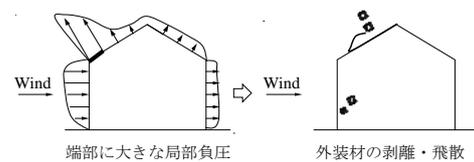


図1 外装仕上げ材の強風被害

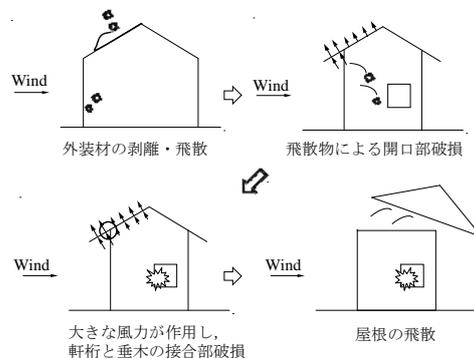


図2 屋根の飛散被害

(2) 空き家被害に関するアンケート調査
北海道内の自治体へのアンケート調査(回収率84%:150/179)により空き家による被害実態を明らかにした。空き家により何らかの

被害が発生した自治体は全体の 4 割に上り (図 3)、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 (図 4)。

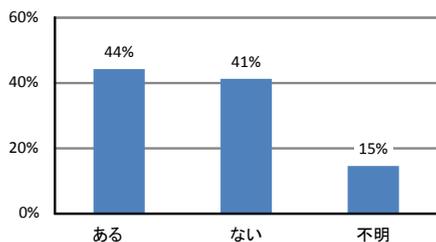


図 3 管理不全な空き家による被害 (n=150)

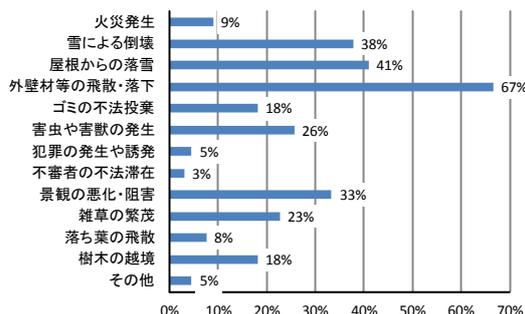


図 4 管理不全な空き家による被害の内容 (n=66)

(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。

①大雪被害

大雪を対象とした被害関数は、戸建住宅を対象とした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 (図 5)、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 (図 6、図 7)。

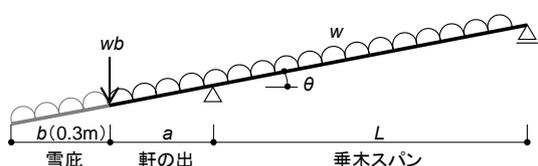


図 5 軒の構造モデル

図 6 より小屋梁の被害関数をみると、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。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。

図 7 より垂木の被害関数をみると、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。

以上の結果をみると、垂木の損傷リスクが小屋梁に比べて高く、被害調査結果の傾向と合致する。

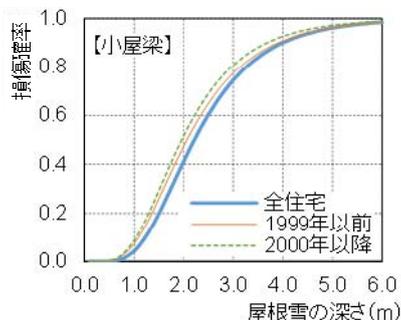


図 6 小屋梁の被害関数

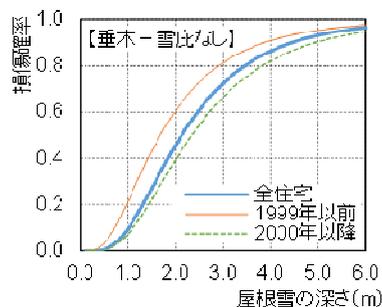


図 7 垂木の被害関数

②強風被害

強風を対象とした被害関数は、既往研究成果を用いて軒および小屋組に作用する風力を算定し、屋根葺き材および小屋組の耐力についてはモデルおよび部材強度試験等により設定した。これらを用いて構築した被害関数より屋根角度と屋根葺き材の被害確率の関係をみると、勾配が緩い屋根は屋根端部でピーク外圧係数が大きくなるので、被害確率が高くなる (図 8)。

一方、小屋組の被害確率については、開口部の破壊および屋根葺き材の種類が被害確率に影響を及ぼし、開口部の破壊がある場合、屋根葺き材が鉄板葺きの場合は被害率曲線が低風速側にシフトする (図 9、図 10)。

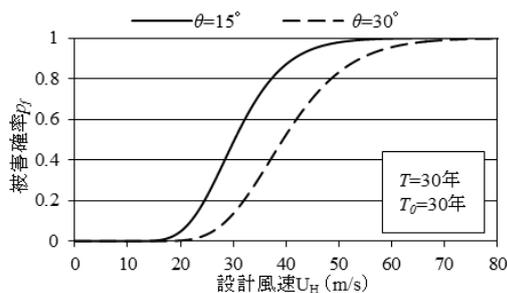


図 8 屋根葺き材の被害確率と風速の関係

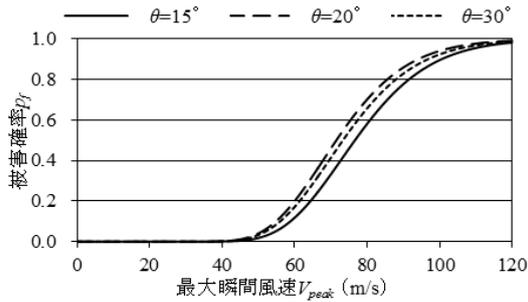


図9 小屋組の被害確率と風速の関係

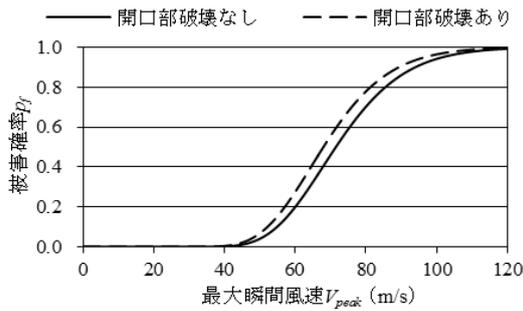


図10 開口部破壊による被害確率の変化

(4) 腐食等の劣化の影響に関する検討

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。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。

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(写真4)。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た。



写真4 試験状況

③ 実験結果

図11に断面欠損率と曲げ強度との関係を示す。図に示すように断面欠損率と曲げ強度は概ね比例関係にある。

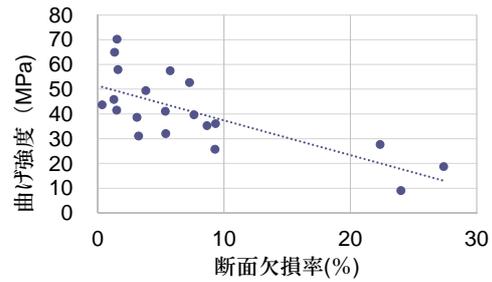


図11 実験結果

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、 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12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。

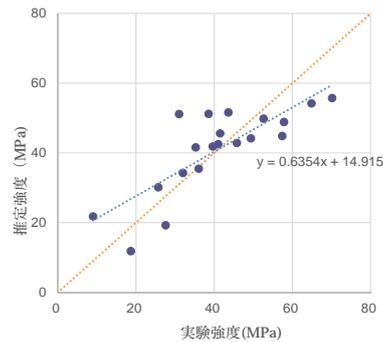


図12 実験値と推定値の関係

(5) GISによる空き家危険度の見える化

① 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)と厚生労働省による人口動態を用いた。本研究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1)。空き家棟数の推計には、52市町村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13)。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。木造戸建空き家棟数の推計結果を図 14 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 1 北海道の空き家棟数の推計

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

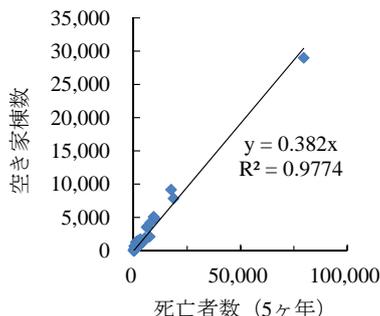


図 13 死亡者数と空き家棟数の関係



図 14 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。日本建築学会の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。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 15 に示す。

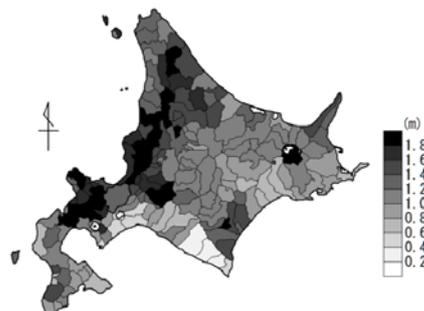


図 15 再現期間 10 年の地上積雪深

③試算条件

被害関数には前述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。

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_b 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 16 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 17 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。

図 18 に小屋梁の損傷棟数、図 19 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 15 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。

腐朽損傷のある空き家を考慮した小屋梁の損傷棟数については、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)の実験結果でも明らかのように腐朽損傷による断面欠損が空き家の耐力に及ぼす影響は極めて大きい。

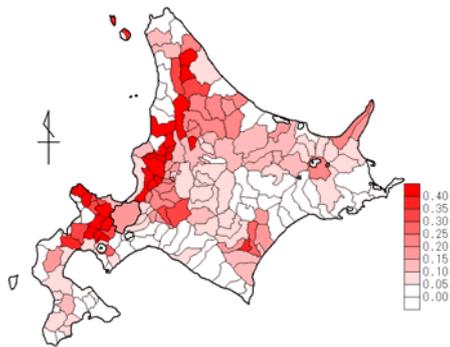


図 16 小屋梁の損傷率

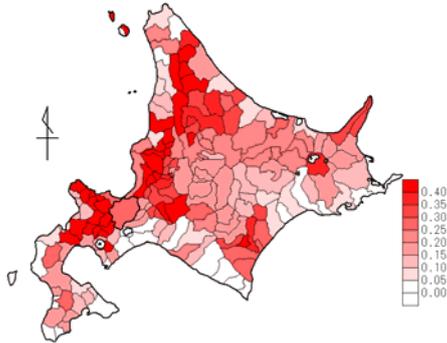


図 17 軒垂木の損傷率

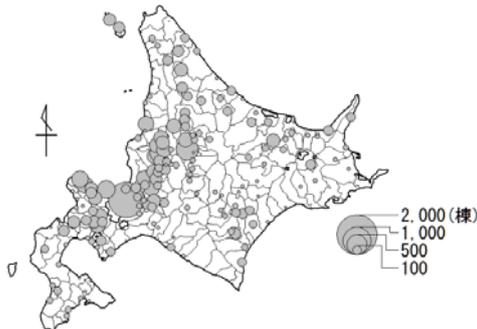


図 18 小屋梁の損傷棟数

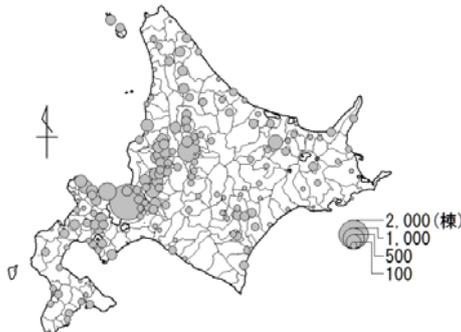


図 19 軒垂木の損傷棟数

(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る、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。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計3件)

- ① 堤拓哉：北海道の空き家対策に関する研究, 第87回日本建築学会北海道支部研究発表会, 2014. 6. 28, 釧路市
- ② 堤拓哉、千葉隆弘、高橋徹：被害関数を用いた大雪による空き家の損傷棟数の試算, 2016年度日本建築学会大会, 2016. 8. 24, 福岡市
- ③ 吉田早智子、植松康ほか：積雪寒冷地における木造住宅の小屋組接合部耐力試験に基づく強風被害予測に関する研究, 2016年度日本建築学会大会, 2016. 8. 25, 福岡市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堤 拓哉 (TSUTSUMI Takuya)
北海道立総合研究機構・北方建築総合研究所・環境研究部・主査
研究者番号：40462345

(2) 研究分担者

高橋 徹 (TAKAHASHI Toru)
千葉大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：10226855

千葉 隆弘 (CHIBA Takahiro)
北海道科学大学・工学部・准教授
研究者番号：40423983

植松 康 (UEMATSU Yasushi)
東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：60151833