

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01258

研究課題名(和文) 積雪期地震の災害発生メカニズムの解明と都市地震危険度評価手法の開発

研究課題名(英文) Clarifying the Mechanism of Winter Earthquake Disaster in Snow and Development of Risk Assessment Method for the Earthquake in Urban Areas

研究代表者

水田 敏彦 (Mizuta, Toshihiko)

秋田大学・地方創生センター・教授

研究者番号：30342455

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、過去の豪雪地帯の積雪期(12月～3月)に発生した地震被害について、各種被害報告、新聞記事などを収集・整理し、その結果、冬の地震、特に積雪下の地震防災を考える上で参照すべき被災事象、問題点を明らかにした。さらに、マルチエージェント手法を導入して、屋根雪や道路の堆積雪、建物倒壊の状況、社会条件として除雪などソフト面も考慮した地震危険度評価モデルを構築し提案した。

研究成果の概要(英文)：In this study, by collecting and examining the disaster reports and the newspaper articles about the past earthquake disaster in snow region in the snow season (during December to March), the disaster situation and the point of issues of winter earthquake that is especially should be referred when the earthquake disaster prevention in snow is considered, are clarified. Also, by using the Multi-Agent systems, the earthquake risk assessment model that considers the piled snow on the roofs and roads, the situation of wreck of buildings, and snow plowing, is constructed and suggested.

研究分野：地震防災

キーワード：積雪寒冷地 積雪期 地震被害 文献調査 地震災害危険度 マルチエージェント 避難 秋田県横手市

1. 研究開始当初の背景

北海道・東北などの積雪寒冷地においては、冬期地震が発生した場合、堆積雪や屋根雪による被害の拡大が予想される。特に積雪に伴う避難および救助・救急活動といった直後対応には多くの困難が伴う恐れがあり、冬の対策を抜きに地震防災計画を立案することは考えられない。例えば2011年の東日本大震災や1995年の阪神・淡路大震災は冬の期間に発生した。東日本大震災は3月、阪神・淡路大震災は比較的温暖な地域での震災であったにもかかわらず、寒風の中での救助・救急活動、避難所や被災家屋での採暖の問題や健康の問題まで様々な問題を投げかけた。これらの状況は積雪寒冷地での被災の場合に置き換えられる。このように、積雪寒冷地においては従前の被害想定およびそれに基づく防災計画では不十分であり、地域の状況にあった地震危険度評価手法の開発をしておくことは、北海道・東北などの積雪寒冷地において緊急の課題ではないかと考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、積雪寒冷地の地震災害の防止・被害軽減化に貢献する、積雪期地震の災害発生メカニズムの解明と新たな地震危険度評価手法の開発である。現在広く用いられている評価手法は、首都圏を中心として夏期を対象に開発されたものであり、屋根雪や道路の堆積雪による被害の拡大、積雪に伴う避難および救助・救急活動、などの問題があった。本研究は、過去の積雪期地震時の被災と対応の実態を解明し、雪による住宅の振動特性変化の実測調査を行い、さらには避難行動や除雪などソフト面の対応を評価手法に取り込むことで、積雪寒冷地特有の自然条件・社会条件を反映した地震危険度評価を可能とする。また、今後の地震危険度評価や防災計画のあり方に一定の指針を提示する役割も期待できる。

3. 研究の方法

(1) 積雪寒冷地における地震時の積雪による被災と対応の実態調査

日本の国土の半分は豪雪地帯対策特別措置法に基づく「豪雪地帯」であり、多くの被害地震が豪雪地帯で冬期間に発生している。これまでの豪雪地帯の積雪期（12月～3月）に発生した地震災害の調査・分析を実施する。地域資料や当時の新聞記事を含む文献調査を進め、家屋および人的被害、地震発生後長期間に亘る社会・経済的影響とその後の復旧過程について明らかにし、積雪下の地震防災を考える上で参照すべき被災事象、問題点を整理する。

(2) 積雪寒冷地の冬期間における地震防災に関する現状の把握

自治体（秋田県横手市）の防災担当職員を対象に聞き取り調査を実施し、冬期間にお

ける防災上の現状と課題を把握する。また、積雪寒冷地の住宅については一般に開口部が少ない（壁が多い）、瓦屋根を用いない、凍上対策から堅固な基礎を用いる等から、耐震的に有利であると定性的に言われているが、特に屋根雪荷重による住宅の卓越周期の変化などが考えられる。そこで、秋田県内の住宅について、夏期と冬期、屋根の雪下ろし前後の微動観測を実施し、積雪寒冷地住宅の振動特性を把握する。

(3) 積雪寒冷地のための地震危険度評価手法の提案

地盤・建物・道路情報を収集し、地震災害危険度評価に必要なデータベースを構築する。次に、構築した建物・道路データベースを基に、マルチエージェント手法を導入して、屋根雪や堆積雪、建物倒壊の状況から、道路閉塞や避難行動を考慮可能なシミュレーションモデルを構築する。さらに、(1)や(2)で得られた知見についても考察を加え、積雪寒冷地の地震発生後の諸問題も考慮した形で地震危険度評価手法の提案を行う。また、市民・自治体を交えた地震危険度評価システムの啓発と検討を行う。

4. 研究成果

(1) 積雪寒冷地における地震時の積雪による被災と対応の実態調査

1914年3月15日秋田仙北地震、1927年3月7日北丹後地震、1961年2月2日長岡地震、2004年10月23日新潟県中越地震（地震後の積雪被害）、2011年3月12日長野県北部地震について、各種被害報告、新聞記事などを収集・整理し、積雪下の地震防災を考える上で参照すべき被災事象、問題点を明らかにすることができた。特に、1927年（昭和2年）の北丹後地震は、積雪期の被害地震のなかでは被害が大きく（M7.3、死者2912名、住家全潰5024棟）、被災状況としては、倒壊家屋から雪を掘って脱出救助され、震災当日より雪上での避難生活を余儀なくされていたこと、さらに、地震後の雨、風、吹雪により救護救援活動が遅れ、地震後の降雨による融雪水害が震災翌日より広い範囲で数多く発生し被害が拡大したことを明らかにした。このように、積雪寒冷地については、冬期に地震が発生した場合、雪の問題は地震発生時の積雪の問題だけではなく、その後の救援・復旧の過程で様々な問題を生じていることが明らかにされた。

さらに、これまで積雪期の地震として取上げられてこなかった1854年12月23日の安政東海地震に着目し、南海トラフで発生する巨大地震で日本海側の雪国において被害があったことを明らかにした。また、関連して、1968年5月16日の十勝沖地震の秋田県で発生した被害についても被害状況を整理し、太平洋沖の地震で日本海側の秋田でも被災し影響を受けたことを明らかにした。

(2)積雪寒冷地の冬期間における地震防災に関する現状の把握

①冬期間における防災上の現状と課題

横手市役所の危機管理課と消防本部の職員を対象に聞き取り調査を実施した(平成27年12月実施)。調査の結果、主なものとして以下のようなことが挙げられた。

- ・屋根に雪がある状態での被害状況を市は想定出来ていない。そのため、救援については考えるところまで達していない。おそらく巨大地震発生時には、除雪自体が無理ではないかと考える。
- ・道路除雪が出来なければ、ほとんどの救助活動に大変な支障が出ると思われる。
- ・屋根雪の重さで家の扉(特に引戸)が動かなくなることがあり、避難等に影響する。また、民家でも非常口(勝手口)は雪で塞がれるところも多く、雪囲いのため脱出口が少なくなる。
- ・落雪によるLPGボンベ・灯油ホームタンクの本体・配管破損によりガス漏れや灯油漏れが多くなる。建物火災の際、屋根に積雪がある場合、倒壊危険が高いため消火活動には注意が必要である。
- ・地震災害発生時の緊急避難場所は積雪時には雪捨て場となっている。また、避難場所は建物までは除雪がされていると思うが、非常口等はされていないだろう。除雪しない公共施設の駐車場もあることから、有事の際、支援隊に駆け付けてもらっても駐車場の確保に難儀する。

②積雪寒冷地住宅の振動特性の把握

1m程度の屋根雪が圧雪された状態で微動観測を4棟で実施した。図1に観測から得られたフーリエスペクトルの一例を示す。また、観測した建物の様子を写真1に示す。建物の長辺方向の卓越周期については、雪下ろし前(青破線)0.19秒、雪下ろし後(黒破線)0.13秒、短辺方向については、雪下ろし前(青実線)0.22秒、雪下ろし後(黒実線)0.15秒となった。積雪時の卓越周期は無積雪時の30%程度大きくなることが明らかとなった。その他の横手市の住宅3棟についても、卓越周期が30%程度大きくなる結果となった。

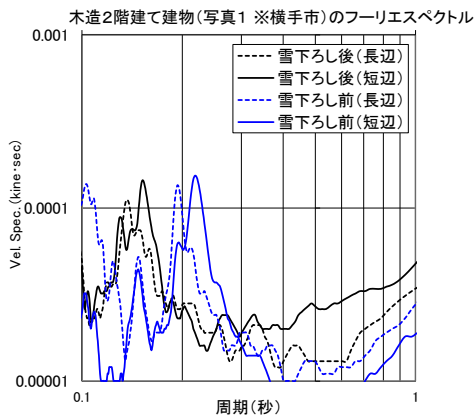


図1 屋根の雪下ろしに伴う建物の振動特性の変化の例



写真1 建物の振動特性実測調査の様子
(上:屋根雪下ろし中 下:屋根雪下ろし後)

(3)積雪寒冷地のための地震危険度評価手法の提案

①地盤・建物・道路データベースの構築

開発ツールとして(株)構造計画研究所のartisocを用いた。シミュレーションに必要なデータベースについては国土地理院刊行の数値地図(国土基本情報)を基に、必要なコンテンツ(道路中心線・道路縁・建物形状等)を抽出し、これらの座標情報をartisocで利用出来る座標系に変換して使用した。

②マルチエージェントシステムを用いた積雪期地震災害シミュレーションモデルの構築

エージェントの設計は「住民」「車両(除雪車・重機)」と「建物」「道路」「避難所・避難場所」を定義し、そして被害の状況に応じて生成される「瓦礫」「落雪」「救助要請者」のエージェントをモデル化した。建物の例を図2に示す。建物については、多角形(ベクトルデータ)で作成されているため、50cm単位で多角形にセルの中心点が含まれるメッシュを選択して変換した。

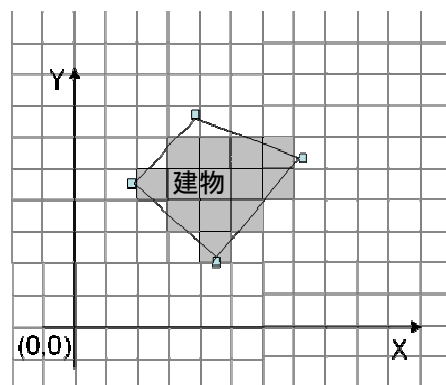


図2 モデルの例(建物)

屋根の落雪の例を図3に示す。屋根雪の落雪についても50 cm単位で考慮できるようにした。

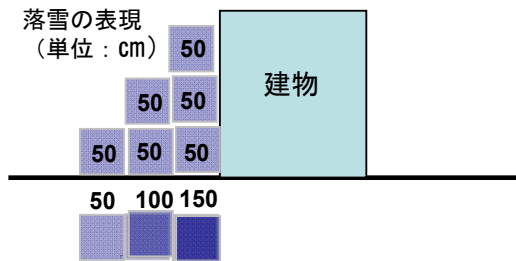


図3 モデルの例(屋根の落雪)

③積雪期地震災害評価手法の提案

②のモデルを基に、建物倒壊と堆積雪の状況から、道路閉塞や避難行動をシミュレーションする新たなシステムを提案した。

地震発生後、屋根雪や倒壊した建物の瓦礫が家屋の脱出口や一部の道路を塞ぐ。このような状況で、住民は避難活動を行う。途中、救助要請者を発見した住民は救援するか、避難を続行するか個人の判断で行動し、塞がれている道路や危険な場所は避け、被害の少ない道路を通りながら最終的には避難所まで向かう。また、除雪車は閉塞した道路の除雪を行い、重機は家屋倒壊により発生した瓦礫などを撤去し、閉塞した道路の復旧や家屋倒壊等により閉じ込められた住民の救出を行うことができる。なお、シミュレーションするシステムは、コントロールパネルにより住民や車両の数、速度、除雪能力などの条件を自由に設定できるようにした。条件設定画面を図4に示す。①住民エージェント数②積雪量③車両台数(除雪車・重機)④建物倒壊率⑤移動速度(住民・除雪車・重機)⑥除雪能力(住民・除雪車)⑦除雪幅(住民・除雪車)⑧表示サイズを変更することができる。

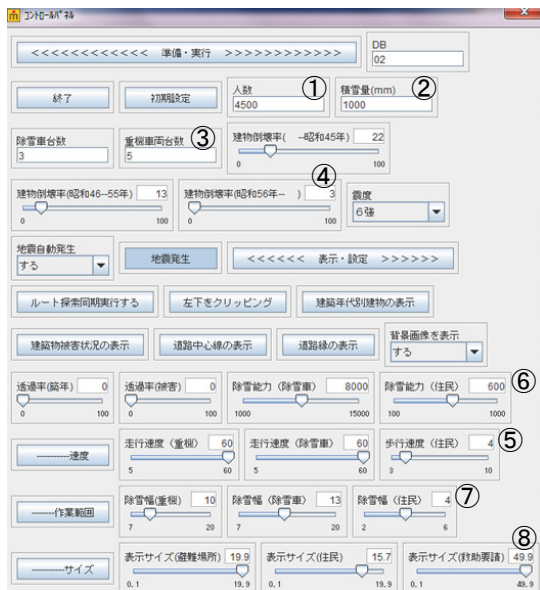


図4 条件設定画面

図5に積雪期地震災害シミュレーションの横手市への適用例を示す。避難行動については、ダイクストラ法を利用し最短経路計算で得られた結果を使用している。空間のモデル化にあたっては、対象地域を横手市中心部とその周辺とし、セルの1辺を1mとするメッシュ構造の2次元格子モデル、サイズは南北5000×東西4445として構築した。

また、シミュレーション結果を踏まえ、横手市役所の危機管理課、消防本部の職員、横手市民(共助組織連合会9団体代表者)を交えた意見交換会を実施(平成28年10月実施)し、積雪期の地震災害に関する啓発と提案したシステムの有効性の確認・検討を行った。

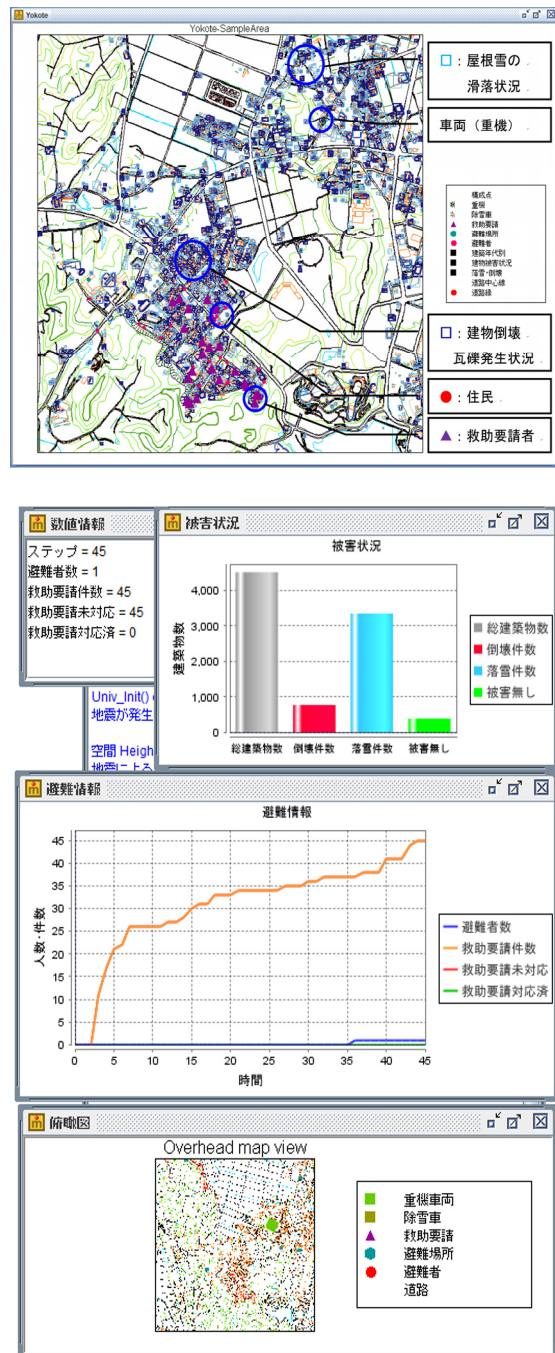


図5 提案したシステムの横手市への適用例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ①水田敏彦、鏡味洋史：1968年十勝沖地震の秋田県における被害に関する文献調査、東北地域災害科学研究、査読なし、第54巻、pp.177-180、2018.
- ②水田敏彦、鏡味洋史：積雪期に発生した1927年北丹後地震の雪に関する新聞記事による文献調査、日本建築学会技術報告集、査読有り、22巻、第52号、pp.1165-1168、2016.
- ③水田敏彦、鏡味洋史：積雪期の被害地震の文献調査—1854年安政東海地震の雪に関わる被害に着目して—、日本建築学会技術報告集、査読有り、22巻、第51号、pp.821-824、2016.
- ④水田敏彦：マルチエージェントモデルを用いた雪害シミュレータの検討と試作、東北地域災害科学研究、査読なし、第52巻、pp.229-232、2016.

[学会発表] (計6件)

- ①水田敏彦、鏡味洋史：1968年十勝沖地震の秋田県における被害に関する文献調査、東北地区自然災害科学研究集会講演予稿集、2018年1月6日、八戸ポータルミュージアムはっち
- ②水田敏彦、鏡味洋史：1914.3.15秋田仙北(強首)地震の被害に関する文献調査—その6秋田大学鉱業博物館所蔵の写真帳—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2017年9月3日、広島工業大学
- ③Toshihiko MIZUTA : Simulation of evacuation behavior from earthquake in snow season utilizing multiagent system、Proceedings of 16th World Conference on Earthquake Engineering、2017年1月12日、チリ・サンチアゴコンベンションセンター
- ④水田敏彦：マルチエージェントシステムを用いた積雪期地震災害シミュレーションモデルの構築、日本建築学会大会学術講演梗概集、2016年8月26日、福岡大学
- ⑤水田敏彦：マルチエージェントモデルを用いた雪害シミュレータの検討と試作、東北地区自然災害科学研究集会講演予稿集、2016年1月9日、福島県杉妻会館
- ⑥水田敏彦、鏡味洋史：1927年北丹後地震の積雪による被災と対応に関する文献調査、歴史地震研究会(京丹後大会)、2015年9月22日、京丹后市峰山総合福祉センター

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水田 敏彦 (MIZUTA, Toshihiko)
秋田大学・地方創生センター・教授
研究者番号：30342455

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

鏡味 洋史 (KAGAMI, Hiroshi)