

平成 21 年 6 月 24 日現在

研究種目： 基盤研究（B）
 研究期間： 2006～2008
 課題番号： 18310127
 研究課題名（和文）地震と豪雪の複合災害の被害想定および地域防災に関する研究

研究課題名（英文）

研究代表者

上村 靖司（KAMIMURA SEIJI）
 長岡技術科学大学・機械系・准教授
 研究者番号：70224673

研究成果の概要： 数値地理情報システム（GIS）を活用して「中越地震と平成 17 年豪雪の複合被害」を数値地図上に統合、避難行動および避難空間のシミュレーションをするシステムを開発した。また「地震－豪雪複合災害の被害想定アンケート」を被災地住民に対して実施し、積雪期地震の場合に被害想定を行った。これらより建物倒壊数の増加、火災発生数の増加に加え、避難空間の不足、移動の困難が深刻であることが明瞭になった。

次に、積雪期地震の建物被害想定のため、積雪を加载した建築物模型を振動台上で加震し、建物の振動応答および積雪の破壊状態を観察する実験が行われた。またこのモデル実験を計算機上で再現できる個別要素法に基づくシミュレーションプログラムも作成され、積雪の破壊現象などが再現され、プログラムの有効性が明らかになった。

積雪期に斜面上の雪に加震力が加わった時、雪崩が発生するかどうかの積雪不安定度の理論的検討が進められた。また積雪層シミュレーションモデル SNOWPACK による面的雪崩危険度予測の手法が、地震による加震力を加えた問題について適用されその有効性が確認された。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
18 年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
19 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
20 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
総計	15,300,000	4,590,000	19,890,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 ・ 自然災害科学

キーワード：雪氷災害・自然災害・地震・防災・シミュレーション工学

1. 研究開始当初の背景

2004 年 10 月 23 日、新潟県中越地方は最大震度 7 を記録する大規模な地震に見舞われた。ちょうど 2 ヶ月後から降り始めた雪は 19 年ぶりの記録的な豪雪（平成 17 年豪雪）とな

り、“地震と豪雪の複合災害”による甚大な被害を被った。この経験は過去にも世界にも類を見ないものであり、もし中越地震があと 1 ヶ月、あるいは 2 ヶ月、3 ヶ月遅く発生していたらどうなっていたか、その場合はどの

ように対応すべきか、という積雪寒冷地共通の深刻な課題をあらためて浮き彫りにした。

積雪期地震や積雪期直前地震への対策は、防災計画の項目として上がってはいても、十分な検討や準備がなされてきたとはいえず、学術的な研究成果の蓄積も極めて乏しい。今回の地震と豪雪の経験を契機としてとらえ、積雪寒冷地の総合防災対策に繋がる研究を積極的に推進し、本格的な再検討に取組まなければならないと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、学術的視点から、豪雪地における積雪期地震の災害リスクの解明と対策・対応のあり方の検討を進め、政策提言の礎とすることを旨とする。具体的には以下の4項目について取組んだ。

- (1) 中越地震と平成17年豪雪の複合的被害の整理・分析
- (2) 積雪期地震の被害想定(建物・道路)
- (3) 発災後の防雪施設の復旧過程の整理とシミュレーション
- (4) 市民防災学の視点から、上記研究で得られた知見の整理と啓蒙手段の検討

3. 研究の方法

- (1) 中越地震と平成17年豪雪の複合的被害の整理・分析

①被災状況データの数値地理情報システム(GIS)による一元的なデータ整理と分析

「中越地震・雪氷災害調査検討委員会」が調査・記録した被害情報及び行政機関が把握している膨大な被害情報について、時系列で空間データを記録・分析できる地理情報システム(時空間GIS)を利用して、中越地震被災地における震災から豪雪にわたる被害状況を整理・把握する。具体的な項目としては、倒壊家屋の位置・時期、人的被害の発生場所・時期・発生原因・被害者のプロフィール、雪崩および融雪土砂崩れの発生分布である。

②アンケート及びヒアリング調査の分析

中越地震被災地における冬期の状況に関して、既往の調査報告・関連資料を収集するとともに、行政担当者及び被災地住民等に対して、アンケート及びヒアリング調査を実施し、主に住民生活の視点から被害や支障を具体的に把握する。

- (2) 積雪期地震の被害想定(建物・道路)

①建築物の被害想定シミュレーション

建物被害数の想定は、死傷者および要救助者数想定の基礎データとなるため、積雪期地震の被害想定及び初動の救助体制を検討する上で、第一段階として不可欠な作業である。中越地震では、地震後に豪雪が襲ったことで倒壊に至った建築物が多いことから、荷重の載荷順序が建造物の信頼性に与える影響という観点での各種資料の再調査および現地

調査を行う。また典型的な木造住宅をモデル化し、個別要素法に基づくコンピュータシミュレーションにより木造建造物のフレーム解析を行う。

②雪崩による集落孤立シミュレーション

中越地震では、中山間地における地震に伴う土砂災害が、多数の集落孤立を生むことを実証した。積雪期の地震が発生すると、通常状態で雪崩発生危険度を把握する諸条件(降積雪条件、斜度、植生など)に加震という条件が加わるため、雪崩が頻発することは間違いない。頻発した雪崩が道路網を寸断し、想定範囲を超える集落孤立が深刻な問題となることは明らかである。

これまでの積雪期地震の過去の雪崩発生の記録から雪崩の発生事例を抽出し、その特徴と被害状況について整理する。

- (3) 発災後の防雪施設の復旧過程および技術の整理とシミュレーションモデルの構築

①防雪施設の復旧過程および技術

消雪パイプや流雪溝といった積雪地域の生活を守る施設の数々も、中越地震によって甚大な被害を受けた。復旧作業のプロセスにおいては、通常の施工技術とは異なる、時間・資材・人的資源の制約の下での特殊な技術とアイデア、すなわち復旧工学的な視点が必要であった。また、例えば、消雪パイプにおいても、現場施工式とプレキャスト式では、震災被害の程度にも顕著な差が出ており、被害を受けにくい、あるいは復旧がしやすい工法も明らかになった。

制約条件の多い中での以上の経験は、整理して後世に伝えるべき価値の高いものである。既に被災した小千谷市における防雪施設の復旧工事に関わるデータは入手しており、このデータの整理(GIS)と分析によって、復旧プロセスを再現する。

②防雪施設の復旧シミュレーションモデルの構築

今回の経験は、震災から積雪期までに2ヶ月の時間猶予があった。しかし、地震が1ヶ月後に発生していれば、猶予は1ヶ月である。その場合には、応急復旧のレベルが相当に低い段階で冬となるため工事が滞り、住民生活に重大な支障をきたしていたであろう。①のデータ整理を基礎として、GISシステム上で気象データと重ね合わせることにより、その場合の被害度のシミュレーションが可能となる。その結果を踏まえて、応急復旧の優先順位を決めるなどの対応策の事前検討も視野にいれ、復旧シミュレーションのためのGISシステムの構築を目指す。

- (4) 市民防災学の視点から、上記研究で得られた知見の整理と啓蒙手段の検討

初動における減災の鍵を握るのは、いわゆる自助・共助である。その担い手である市民の防災力(物理的・精神的備え)を高めるこ

とが極めて有効な防災となる。そのことを踏まえ、積雪期地震に関わる以上の研究で得られた知見を踏まえ、防災教育、防災研修、防災キャンプといった具体的な啓蒙手段を構築しながら、知見の啓蒙普及を図る。このプロセスには、行政機関の参画を得ながら、地域防災計画への反映を意識しながら進める。

4. 研究成果

まず、数値地理情報システム(GIS)を活用して「中越地震と平成17年豪雪の複合被害」を数値地図上に統合するデータベースを開発した。次に、「地震-豪雪複合災害の被害想定アンケート」を実際に被災した住民に対して実施し、その分析の結果、積雪期地震の場合に建物の全壊数が中越地震の5.5倍になるなどの想定が導かれた。コメント欄への自由記述からは、地震-豪雪複合災害の場合、建物倒壊数増加、火災発生数増加だけでなく、避難空間の不足(特に自家用車による避難の場合)を強く懸念していた。

避難空間に注目して小千谷市の避難計画と実際の視点避難所の状況を現地調査し、GIS上で避難行動および避難空間のシミュレーションを行った。

避難移動に関しては、都市部で車による移動がほぼ不可能になる地域が見られ、徒歩でも避難所への到達に数時間を要するケースもあることがわかった(図1)。

避難空間については、新潟県における地域防災計画で指定された学校校庭などの避難空間の9割が屋外にあり、うち冬期に使えない空間が8割を占めていて、指定避難所では全く容量が足りないことが明らかとなった。山間部でもほとんど公共の避難所ではまかなえない場合があることもわかった。

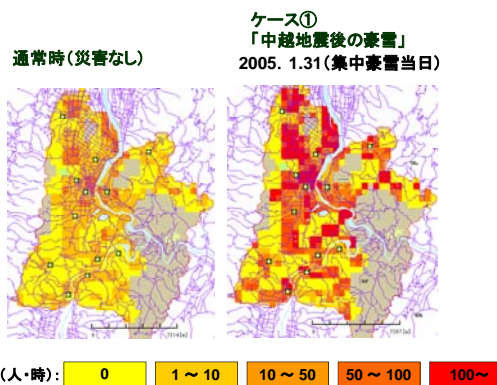


図1 GISによる避難シミュレーション

除雪によって急遽空間を確保した場合のシミュレーションも行ったが、理想的な条件下で10時間連続して除雪をおこなっても半分程度の避難容量しか確保できないことが明らかになった。

次に、積雪期地震の場合の建物被害の想定

のため、積雪を加载した建築物模型を振動台上で加震し、建物の振動応答および積雪の破壊状態を観察する実験が行われ、必ずしも雪は振幅を増幅するだけでなく、条件によっては積雪による振動減衰効果もあり得ることがわかった。また、屋根雪が湿り雪で弱層が存在する場合は、地震により屋根雪が破壊する可能性が高いこと、その破断前後の試験体応答加速度は屋根雪滑動の拘束が強いと増大すること、屋根雪が滑動し易いすべり面の場合に試験体の応答が減少すること、などが明らかになった。

またこのモデル実験を計算機上で再現できる個別要素法に基づくシミュレーションプログラムも作成され、積雪の破壊現象などが再現され、プログラムの有効性が明らかになった(図2)。

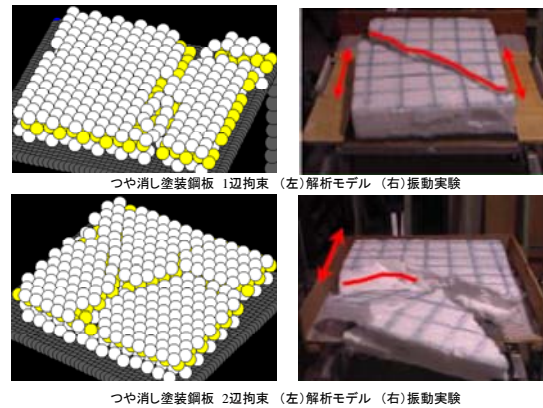


図2 積雪が戴荷された建物モデルの個別要素法シミュレーションと加震台実験

積雪期に斜面上の雪に加震力が加わった時に、雪崩が発生するかどうかの積雪不安定度の理論的検討が行われた。そこで新たに安定度という指標が定義され、その有用性が検討された。特に、地震時に積雪が載った状態の雪崩予防柵にかかる雪圧を水平震度と積雪深の関数として表現する理論式が導かれた。予防柵の設計の基礎資料として有用な知見を導き出すことができた。

気象データを入力として、リアルタイムでの積雪層の変成を再現するシミュレータとして実績のあるSNOWPACKを用い、面的雪崩危険度予測手法の構築を進めた。モデル地域に対して適用された結果、地震時の雪崩誘発の危険度判定の一つの指標として有効であることが確認された。

以上の知見に基づき、市民防災への展開として、図4に示すようなGISを活用する地震被災後の雪道の危険度点検や、積雪期の地震や、地震直後の積雪に備えて、除雪ボランティアをトレーニングする、「雪かき道場」のプログラムが開発され、研究期間中の3年間

の間に、新潟、長野、富山、山形の各県で延べ23回開催された。

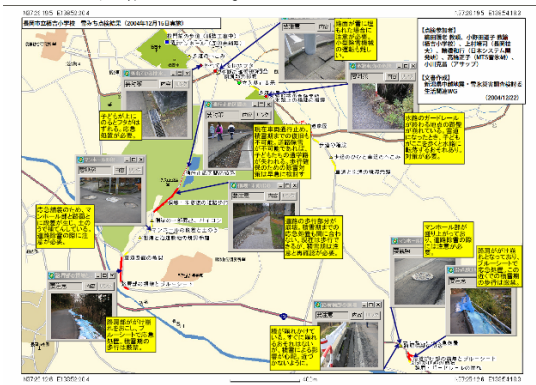


図4 GIS上に整理された地震被災後の雪みちの危険度点検結果

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12件)

- ① 千葉隆弘, 宗像真木彦, 苫米地司, 高橋 徹, 植松武是, 雪荷重を考慮した在来軸組構法住宅の耐震性に関する研究 札幌市の2階建て既存住宅の地震応答解析, 構造工学論文集, Vol.55B, pp. 139-144, 2009, 査読有
- ② 千葉隆弘, 苫米地司, 高橋 徹, 植松武是, 論文名, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 74, pp. 25-32, 2009, 査読有
- ③ 宗像真木彦, 千葉隆弘, 苫米地司, 植松武是, 高橋徹, 札幌市における木造住宅の耐震性について, 北海道工業大学研究紀要, Vol.36, pp. 275-280, 2008, 査読有
- ④ 上石勲, 上村靖司, 渡邊洋, 佐藤篤司, 他5名, 地震と大雪の複合災害の発生と対策—中越地震と中越沖地震の実態—, 第20回ふゆトピア研究発表会論文集, 巻, p. 20, 発表年, 査読有
- ⑤ 高橋徹, 雪と地震の複合災害について, 日本雪工学会誌, No.24 No. 1, pp. 36-37, 2008, 査読有
- ⑥ 上石勲・平島寛行・山口悟・佐藤篤司・町田敬, 崩壊斜面ならびに法面における雪崩発生状況と予測手法の検討, 寒地技術論文・報告集, Vol. 23, pp. 181-185, 2007, 査読有
- ⑦ 千葉隆弘, 苫米地司, 高橋徹, 植松武是, 積雪地域の都市部における木造住宅の屋根雪処理別の地震対策について, 日本雪工学会誌, Vol. 23No. 5, pp. 327-335, 2007, 査読有
- ⑧ 千葉隆弘, 苫米地司, 高橋徹, 植松武是, 木造住宅における地震時の屋根雪滑動と構造体との動的相互作用に関する基礎的実験, 日本雪工学会誌, Vol. 23No. 5, pp. 336-342, 2007, 査読有
- ⑨ 上村靖司, 最後の因業翁 (いんごうじさ)

～高齢化進む豪雪地に学ぶ, 道路, 7, pp. 20-23, 2007, 査読無

⑩ 上村靖司, 越後雪かき道場, ゆき, No.68, pp. 34-39, 2007, 査読無

⑪ Toru Takahashi, Tsukasa Tomabechi, Seiji Kamimura, Outline and characteristics of snow disaster during 2005-2006 winter season in Japan, Structural Failure, Vol. 23, pp. 331-340, 2007, 査読有

⑫ 上村靖司, 豪雪地域の防災まちづくりのシナリオ, CD Support, 1(1), pp., 2006, 査読無

〔学会発表〕(計30件)

- ① 高橋徹, 建築物のリスクマネジメント, 日本雪工学会雪氷研究大会 2008・東京, 2008/09, 東京大学本郷キャンパス
- ② 千葉隆弘, 振動による屋根雪の滑動を考慮した木造住宅の地震応答解析について, 日本雪工学会雪氷研究大会 2008・東京, 2008/09, 東京大学本郷キャンパス
- ③ 千葉隆弘, 積雪地域における木造住宅の耐震性について～その6 振動による屋根雪滑動時の雪質とすべり面が構造体の応答性状に及ぼす影響, 日本建築学会, 2008/09, 発表場所
- ④ 千葉隆弘, 積雪地域における木造住宅の耐震診断と耐震補強に関する研究～札幌市の2階建木造住宅を対象とした場合, 日本建築学会, 2008/08, 発表場所
- ⑤ I. Kamiishi, Damage and Restoration of the Snow avalanche control Structures hit by the 2004 Mid Niigata Earthquake at Niigata, Japan, ICSE VI, 2008/06, Whistler
- ⑥ S. Kamimura, The Chu-etsu Earthquake and 2005 Snow-hazards Coupling, ICSE VI, 2008/06, Whistler
- ⑦ T. Takahashi, Structural Damage in 2006 Heavy Snow in Japan and Reconsideration for Snow Load, ICSE VI, Whistler
- ⑧ 千葉隆弘, 振動による屋根雪の摩擦抵抗力と構造体の応答特性に関する実験的研究, 日本建築学会, 2008/06, 発表場所
- ⑨ 佐藤篤司, 新聞記事より収集した雪氷災害の最近の変動—新潟県, 北海道を例に—, 第23回寒地技術シンポジウム, 2007/12/23, 札幌コンベンションセンター
- ⑩ 上村靖司, 地震後の防雪施設の復旧履歴のデータベース化と道路被災度シミュレータの開発, その2, 雪氷学会, 2007/09/27, 富山大学
- ⑪ 千葉隆弘, 札幌市における木造住宅の耐震性について その1 耐震診断と耐震改修の効果, 第24回日本雪工学会, 2007/09/25, 富山大学
- ⑫ 千葉隆弘, 積雪地域における木造住宅の耐

震性について その 3 屋根雪の動的挙動が構造体の応答性状に及ぼす影響, 日本建築学会, 2007/08/29, 福岡大学七隈キャンパス

⑬ Takahiro Chiba, Study on seismic performance of timber structure in snowy region, Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, 2007/08/02, 東京大学柏の葉キャンパス

⑭ 千葉隆弘, 屋根雪の動的挙動が構造体の振動特性に及ぼす影響に関する基礎的研究, 日本建築学会北海道支部, 2007/07/21, 北海道職業能力開発大学校

⑮ 松澤勝, 地震発生時の斜面積雪の安全率評価に関する一考察, 日本雪氷学会北海道支部研究発表会, 2007/06/21, 北海道大学

⑯ 高橋 徹, 複数の災害が時間差を置いて発生する事象に対する構造信頼性の考え方, JCOSSAR2007, 2007/06/20, 日本学術会議

[図書] (計 2 件)

① 高橋 徹, 朝倉書店, 建築大百科事典(「豪雪に対する設計を考える」), 2008, 2 (pp.74-75)

② 高橋徹, 技報堂出版, 3.2 荷重の統計, 付録A, 付録B 事例に学ぶ建築リスク入門, 2007, 152

[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

http://snow.xrea.jp/winter_eq/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上村 靖司 (KAMIMURA SEIJI)

長岡技術科学大学・機械系・准教授

研究者番号: 70224673

(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

松澤 勝 (MATSUZAWA MASARU)

(独) 土木研究所・寒地土木研究所・寒地道路研究グループ・統括主任研究員

研究者番号: 00414201

佐藤 篤司 (SATO ATSUSHI)

(独) 防災科学技術研究センター・雪氷防災研究センター・センター長

研究者番号: 30414410

上石 勲 (KAMIISHI ISAO)

(独) 防災科学技術研究センター・雪氷防災研究センター・任期付研究員

研究者番号: 60455251

千葉 隆弘 (CHIBA TAKAHIRO)

北海道工業大学・空間創造学部・講師

研究者番号: 40423983

渡邊 洋 (WATANABE HIROSHI)

(3) 連携研究者

なし

