

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 地震被害軽減のための災害情報の効果的活用に関する研究

氏 名 倉田 和己

論 文 内 容 の 要 旨

我が国は近い将来、巨大地震によって大きな被害を受ける。内閣府による南海トラフ巨大地震の被害想定では、最悪の場合死者 32 万人、経済被害額 220 兆円という数値が示され、これは我が国の災害対応能力を大きく超える被害である。そのような被害拡大の一因として、ヒト・コト・モノにまつわる脆弱性の増大が指摘できる。人間（ヒト）に関する脆弱性とは、災害への危機感や、対策に関する当事者意識の低さ、災害時の対応能力の減退が該当する。その背景には地域コミュニティの衰退による災害文化や教訓の喪失、共助力低下、災害弱者増加などが考えられる。社会制度（コト）に関する脆弱性には、社会機能の都市一極集中に伴う、交通や情報、エネルギー等のインフラ寸断の影響拡大が挙げられる。建築物（モノ）に関する脆弱性としては、建築物の大規模化による多人数同時被災、高層化や家具増加による室内危険度の増大、災害危険度の高い軟弱地盤への建築物の増加等が該当する。

このように、個人レベルから社会制度まで広範に存在する脆弱性を解決するため、本研究では次の 3 つの被害軽減策をテーマとして扱う。第一のテーマ（2 章）は、建築物（モノ）の耐震性強化である。耐震化の推進に当たっては、建物所有者である住民一人ひとりの意識向上が欠かせない。第二のテーマ（3 章）は、地域共助力（ヒト）の強化である。すなわち公助の限界を認識した上での、地域コミュニティによる減災対策の推進である。第三のテーマ（4 章）は、災害時の初動対応（コト）強化である。災害発生直後に、関係者間で情報共有がなされれば、初動対応が大きく強化されると考えられる。これらのテーマに関しては、いずれも 1995 年の阪神淡路大震災以降、多数の既往研究が存在している。しかしながら、2016 年の熊本地震でも同じ課題が指摘されるなど、未だ十分に解決されていない。一方、災害情報の活用を支える情報通信技術はこの 20 年

間で目覚ましい進歩を遂げており、かつて実現困難だった情報サービスが今では当たり前のもので普及している。そこで本研究では、情報通信技術を用いた災害情報の活用を、各テーマ共通のアプローチとして用いている。本研究で示す方法論や技術開発と、それらの検証により、今後さらに高度化していく情報通信技術を、地震被害軽減に結びつける上での基礎的な知見を得ることを目指した。

2章では、耐震化推進のアプローチとして重要な市民意識の啓発手法に関し、現在主流となっている「振動体感」に着目した。その上で、振動体感における現状の問題点として啓発効果と安全性・利便性が相反するという課題を指摘し、仮想現実のソフトウェア技術を用いてこれの解決を試みた。具体的には、既存の振動体感環境に仮想現実ソフトウェアを追加実装することで、安全性を保ったまま心理的なインパクトを高めることを目標とした。既往研究および認知心理学の知見を活用し、耐震化啓発のために必要なシステム要件を次の3点に整理した。第一に「揺れに伴う周辺状況の可視化」として、3Dモデリングによる仮想現実技術を核に、室内家具の挙動やそれに伴う効果音を再生する技術を構築した。第二に「個人の状況に応じた具体的揺れの再現」として、分散相互運用サーバ技術を基にした、任意地点・任意建物の応答波形生成フレームワークを構築した。第三に「揺れ体感の利用機会拡大」として、開発したソフトウェアを可搬型の震動体感環境として利用したり、既存の振動台に組み合わせたりする方法論の実践と評価を行った。既往研究では、啓発用途において任意地点・任意建物の揺れを再現できるものではなく、既存の震動体感環境に連動する映像システムを容易に追加できるようにした点は、本研究で示す新たな方向性である。大規模実験設備向けシステム、および個人向けの可搬型システムを用いた検証では、利用者の反応から「気づき」や「納得」といった認知が得られ、啓発において有効であることを確認した。さらに既存の振動体感環境に追加実装するタイプを開発し、利用者アンケートを通じた検証で耐震化対策意向の認知が向上することを評価した。以上より、仮想現実ソフトウェア技術を用いて、安全性・利便性を保ったまま啓発効果を向上させる試みが有効である事を確認し、方法論の正しさを示すことが出来た。

3章では、地域コミュニティの共助力を向上させる手法として、時空間情報の活用による地域活動の活性化手法を提案した。2011年の東日本大震災を踏まえ、災害に強い社会の構築と、災害からの速やかな回復を実現するために、地域の共助力向上が必要とされている。そのためには、地域コミュニティの構成員が、地域の地理的・社会的特性を踏まえて、適切な活動を展開する必要がある。具体的には、地域特性情報と過去の災害教訓に着目し、これらをGIS上で可視化するシステムを開発

した。地域特性を可視化できる既存の GIS に対して、同一システム上に時間軸の概念を実装し、具体的な災害教訓を重ねて可視化できる点が新しい。また、システムには「①地域の土地利用変遷を把握するための詳細な時系列ベースマップ」「②地域の災害危険度を把握するためのハザード・リスク情報」「③両者の相関を説明するための災害教訓データ」の 3 点をデータベースとして実装した。開発したシステムの検証として、地域コミュニティの防災ワークショップによる実証実験を実施した。その成果からは、システムを活用することにより、ワークショップファシリテータの専門性に依存せず、コミュニティ構成員の議論を通じて、地域の課題を抽出できることを示した。また、地域コミュニティが具体的な対策意向を持てる事も明らかになった。さらに、システムを地域学習の教材として実装する上での課題を検証するため、共助活動の拠点となる 4 か所に設置し、ログの分析を通じて詳細な利用実態を明らかにした。このような、防災教材システムの実運用に基づいたビッグデータの分析は他に例がなく、ソフトウェア設計やデータベース内容が利用傾向に及ぼす影響を定量的に示せたのは新たな成果である。さらに、システム運用者となる自治体担当者へのヒアリングを通じて、費用面の課題をクリアすれば地域に実装できる可能性が高いという結論を得る事ができた。

4 章では、効率的な災害初動対応を実現するために、地域社会の災害時情報共有を高度化する仕組みを構築した。災害時の情報共有に求められる要件を、過去の災害および近年の情報通信技術の活用例から、「即時性」「双方向性」「組織横断」に集約し、ここに「平常時と災害時の連続性」の要件を加えたうえで、具体的なシステムの機能として実装した。また、既存の情報共有システムの普及を妨げる課題として「最先端デバイスが要求される」「システムを活用する体制が無い」の 2 点を挙げ、本システムでの解決目標に設定した。平常時における複数の地域コミュニティを対象とした実証実験と、2016 年の熊本地震における専門家の調査利用を踏まえ、開発したシステムが当初設定した要件を十分満たしている事を確認した。特に、熊本地震における現地調査では、1 ヶ月で 1000 件を超える情報が集約でき、それに災害状況を俯瞰するためのマップデータを重畳することで、実際の災害対応支援本部において活用がなされた事は大きな成果である。さらに、現時点で社会に普及した、一般的なスマートフォンと小規模なクラウドサーバのみを用いて、実運用の展開が可能であることを示した。また、社会のシステム活用体制構築の試みとして、愛知県沿岸部の工業地帯における社会実験を行い、参加した有志企業 16 社から得られた意見の分析を通じて、本システムを地域に実装するための知見を整理することが出来た。具体的には、企業間の BCP 連携において本格的な利活用を求める声

が上がり、一方で課題としてシステム運用主体の明確化や、事前の活用計画策定などが浮かび上がった。本システムに類する枠組みは民間企業において多数発表されており、今後社会に普及していくと考えられる。本研究の成果は、システム自体の新規性よりも、むしろそれを活用して得られた有効性の評価と課題にまつわる知見に有る。

以上の成果より、本研究の3テーマそれぞれについて、情報通信技術を用いた災害情報の効果的活用により、ヒト・コト・モノの「脆弱性」を改善できることを示した。これにより本研究の成果を活用することで、総合的な地震被害軽減に寄与するものである。また、本研究で用いた情報活用のための技術は幅広く、今後関連分野の技術革新があった場合、各テーマのうちいずれかのアプローチを改良することができ、さらなる地震災害軽減効果を見込むことが出来る。