

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 31 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22246071

研究課題名(和文)古地図・図会・浮世絵等と地震工学情報を統合した納得感のある減災行動誘発手法の開発

研究課題名(英文)Development of promotion method of disaster mitigation action by combining the integrated earthquake engineering information with ancient maps, pictures, ukiyoe prints

研究代表者

福和 伸夫 (Fukuwa, Nobuo)

名古屋大学・減災連携研究センター・教授

研究者番号：20238520

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,500,000円、(間接経費) 9,150,000円

研究成果の概要(和文)：切迫する大地震を前にして、抜本的な災害被害軽減のため、危険を回避する土地利用と、個々人の耐震補強を進めるための研究が必要とされている。そこで、本研究では、古地図や図会、浮世絵などの非地震工学的情報と、強震動や、地盤、建築物の耐震性などの地震工学情報とをWebGIS上で統合すると共に、地震時の状況をVR技術により再現するシステムを構築することにより、納得感とわが事感のある減災行動誘発手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：To prepare coming huge earthquakes, a study on the method to promote for the individuals to make the proper land use avoiding seismic risk and the seismic retrofitting is necessary for drastic disaster damage reduction. We developed a system to demonstrate the situation in the earthquake using a virtual reality technology and a web geographical information system to combine the non-earthquake engineering information such as ancient maps and old printings and pictures like 'zue' and 'ukiyo-e' with the earthquake engineering information such as seismic ground motions, surface geology, soil and structures. Using these systems, methods to promote an action to reduce a disaster are developed through a feeling of assent and person concerned awareness.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、建築構造・材料

キーワード：減災 行動誘発 地震工学 古地図 図絵 浮世絵 微動

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初は、「東日本大震災の発生前の」段階であった。この時点での中央防災会議の試算によれば、東海・東南海・南海地震や首都直下地震など、今世紀前半に予想される我が国の地震被害は最悪200兆円と予想されていた。その主たる原因は危険地域への居住地の拡大と建物損壊にあり、土地利用の見直しと耐震化の推進が急務であると考えた。

危険地域への居住回避と耐震化推進の阻害要因は、国民の意識の問題にある。国民一人一人が土地による地震危険度の違いや耐震化の重要性を認識するようにすることが、地震災害軽減の根幹になると認識していた。

政府は、長期戦略指針「イノベーション25」を示し、我が国が中長期的に取り組むべき課題として、安全・安心な社会形成を取り上げ、世界一安全で安心な社会を目指すとした。想定される地震被害は甚大であり、無対策のまま地震を迎えれば、我が国は国難とも言える状況となることが分かっていた。

研究代表者は、内閣府が進める災害被害を軽減する国民運動の活動に中心的に参画し、各地での耐震化推進に全力を注いだ。その中で、わがこと感と納得感のある減災行動誘発手法の開発が不可欠であることを痛感した。

そこで、本研究では、国民が身近に感じる地誌・史、古地図、図会、浮世絵、地形などの情報と地震工学情報を統合化することにより、納得感とわがこと感を醸成し、土地利用や耐震化・家具固定などの減災行動を誘発する方法の構築を意図した。

なお、研究期間中に、東日本大震災が発生し、南海トラフ巨大地震に対する被害予測の見直しもあり、上記課題に加え、高層建物等の長周期地震動対策が喫緊の課題となった。このため、1年早く、基盤研究(A)「東日本大震災に学ぶ南海トラフ巨大地震での長周期建物の挙動予測・再現と耐震対策促進」を申請し、これに着手することになった。

2. 研究の目的

都市社会の高機能化と人口偏在・少子高齢化は災害への耐力を減じ、我が国社会は巨大地震により破綻しかねない。この回避には、個々人の耐震化努力が不可欠であり、政府や自治体は、耐震化推進のため地震防災戦略や耐震化促進計画を策定し、ハザードマップ作り、耐震診断・改修補助、安価な耐震改修工法の開発など、様々な施策を展開してきた。しかし、その進捗は芳しくない。その最大の原因は国民一人一人の意識にある。

全国民が正しい歴史観・社会観と災害観を持てば、個々人が耐震化・家具固定などの減災努力をし、国民総力で災害被害の軽減を図ることができる。そこで、本研究では、個々人が社会の実態を見つめ地震災害のイメー

ジ力を作り、納得感と我が事感を持って、適切な土地利用、耐震化と家具固定を進められる減災行動誘発手法の構築を目的とした。

研究代表者は、耐震化推進の実践活動に携わる中で、①地震ハザード・リスクの理解、②地震危険度に対する納得感、③我が身の問題という我が事感、④身近な人の説得、⑤信頼できる専門家の助言と解決策提示、のプロセスを経れば、確実に耐震化行動に誘導できることを学んだ。そこで本研究では、各種地震工学情報と地理・地学・歴史・社会等の災害関連情報を融合することで、説明力を持った地震災害情報を創出し、理解→納得感→我が事感→説得→解決策提示による新たな減災行動誘発手法を開発することを意図した。

3. 研究の方法

個々人の地震災害に対するイメージ力を作り、納得感と我が事感を持たせ、耐震化と家具固定を抜本的に進める減災行動誘発法を新たに構築するために、下記の研究項目を実施した。

- ① 研究に必要な基礎データの収集とWebGISの構築
- ② 高解像度地下構造モデルの構築と強震動予測、高精度地震応答予測、室内地震時挙動予測とバーチャル振動体感環境構築
- ③ 人口データと家屋データ・社会構造との相関分析と被害予測、地震被害量と社会の対応力との対比と多面的被害シナリオ作成
- ④ 減災行動誘発用ユビキタス型防災教育システムの開発と教育啓発現場への適用

4. 研究成果

- (1) 研究に必要な基礎データの収集とWebGISの構築

まず、江戸の切絵図や名古屋城下の代表的古地図、明治以降の古地図や都市計画基本図を収集した。また、江戸時代に描かれた対象地域の国絵図・郡絵図・村絵図を収集し、これをラスター情報として電子化した。また、江戸時代以降の土地利用の変遷や地名の変化を実感できる環境を整えた。

次に、日本陸軍、GHQが撮影した空中写真を収集・オルソ処理し、現代の空中写真と共に、WebGIS上で利用できるようにした。また、空中写真から標高判読することで、当時の標高データを高解像度で作成し、現代に至る土地利用や地形の改変状況(切土・盛土・埋立)の一部をデジタル化した。

さらに、広重や北斎などによる浮世絵(広重の江戸名所百景・東海道五十三次、北斎の富嶽三十六景など)、江戸後期のガイドブックである名所図会(小田切春江らによる尾張名所図会)、明治・大正期の絵葉書、など、かつての風景をビジュアルに描いた図画・写真を収集し、電子情報化した。合わせて、当

該地点の現風景をデジタル化した。さらに、戦前に撮影された風景写真を広く収集した。

また、単点常時微動計測とH/Vスペクトル分析により当該地点の地盤震動性状を把握した。さらに、これらを活用して、ビジュアルにまちの変遷と災害危険度の関係を理解できる環境を整え、古地図や空中写真、地形の変遷などと共に、閲覧することで、災害危険度の高い地域への人間活動の拡大の問題を実感できるシステムを構築した。

一方、古文書などの文字情報に関しては、元禄地震や宝永地震・宝永噴火の被害を克明に記した尾張藩士・朝日文左衛門による鸚鵡籠中記や、関東地震、昭和の南海地震の被害データなどを収集しデジタル化した。

これらの各種情報を大型タッチパネル上で表示できるWebGIS構築事例を図1に示す(左上図が大型タッチパネル、右上図が尾張名所図会と現代の写真の対比、下図の画面左が旧版地形図の上に尾張名所図会・今昔写真・伊勢湾台風被害写真の位置をプロットしたもの、画面右が現在の地図上にかつての集落(赤)とため池(青)を重ね書いたもの)。

これらのデータは、本研究の基礎となるものであり、その研究成果は(2)以降の研究に活かされている。なお、関東地震の被害データや免震建物データについては、⑫⑬⑮などに研究論文として公表している。



図1 各種情報を表示するWebGIS

(2) 高解像度地下構造モデルの構築と強震動予測、高精度地震応答予測、室内地震時挙動予測とバーチャル振動体感環境構築
東海4県の自治体・ライフライン企業が所有する地盤・地震観測データを収集しデータベース化した。また、国研が保有していた更新地震計を活用した強震観測システム構築し建物の基礎データの収集を行った(①⑥)。

さらに、広域の高解像度地下構造モデルを構築し、地震観測データを組み合わせ、相反定理を活用した新たな強震動予測法を開発し強震動予測を行った(②⑦⑨)。

また、代表的な建物の解析モデルを作り、地震応答解析を実施し、居住場所に応じた揺れを予測した。さらに、室内の家具の転倒シミュレーション技術を開発した(③)。

その上で、地震時に住民が遭遇する揺れや様相を再現するバーチャル振動体験環境を構築した(⑩)。

図2は収集した地盤データの表示システム、図3地下構造の推定システム、図4は室内転倒シミュレーションの事例、図5は実現したバーチャル振動体験環境である。

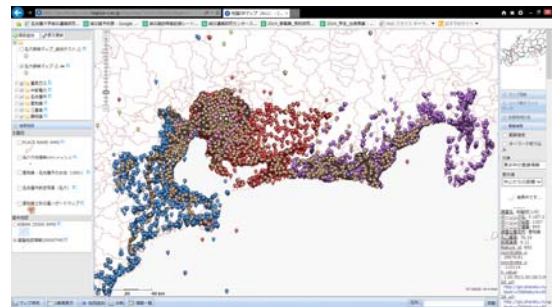


図2 収集したボーリングデータ



図3 地下を覗くWebGIS



図4 家具転倒シミュレータ



図5 バーチャル振動体感システム

(3) 人口データと家屋データ・社会構造との
相関分析と被害予測

国勢調査データなどに基づき、人口の地理的分布、年代分布、時代変化をGIS上で分析すると共に、就業者人口と社会構造（医療・消防・建設・産業）、人口の年代分布と家屋の建築年代分布との対応を検討した。

さらに、強震動予測結果と人口・家屋・経済データを用いて、東海・東南海地震発生時の物的・人的・経済的被害を予測した。

なお、この検討作業については、東日本大震災後に、愛知県、名古屋市、三重県、静岡県で被害予測調査が本格的に実施されることになったため、この調査の中で検討を行うことにした。具体的な検討成果は各自治体の被害調査報告書にとりまとめられているのでそれを参照することにした。

研究成果の一部は、⑪⑰に公表している。

(4) 地震被害量と社会の対応力との対比と多
面的被害シナリオの作成

社会の対応力（医療・消防・建設など）と被害量とを対比し、発災時の社会の対応可能性を把握し、地震時の社会の様相を明らかにした。これにより、人別・時間別・場所別の多面的な発災時被災シナリオを描いた。さらに、社会の対応力を超える地震災害を同定し、減災（耐震化）目標レベルを明らかにした。

これらの分析に関しても、各自治体の被害予測調査の中で検討を本格的に実施し、それを踏まえた地震対策アクションプランや、耐震化目標の策定へと結実している。

描き出した被災シナリオについては、戸建て住宅と高層マンションの家族を対象として、絵本の形で電子出版化し（⑲⑳）、ホームページ上でも閲覧できるようにした。

<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/escape/>



図 6 被災シナリオの電子絵本化

(5) 減災行動誘発用ユビキタス型防災教育シ
ステムの開発と教育啓発現場への適用

各種の情報やシナリオを、相互分散運用技術を利用してデータベース化し、Google Mapを用いたWebGISや、GoogleEarthなどを介して利用できるシステムを開発した。また、

地震時挙動をリアルタイムでシミュレーションするシステムを構築した（⑧）。また、地震の揺れの音や動画を自動生成する新たな手法を構築した（⑤⑭）。さらに、これらをスマートフォンやタブレット端末で活用できるシステムを開発した。

これらの端末を利用し、理解→納得感→我が事感→説得→助言・実践のプロセスを実現する防災教育システムを構築し、各地で育成



(a)外観



(b)2階減災ライブラリー



(c)1階減災ギャラリー



(d)減災カフェ

図 7 名古屋大学減災館

してきた防災リーダーや防災ボランティアと共に、場所や時間を選ばず、減災行動へと誘導する活動が可能となった(④⑩)。

このシステムは、発災時には災害対応システムとしての利用も容易であり、また、まちの探索ツールとして利用も可能である。現在は、名古屋都市センターの展示スペースに常設され、名古屋市消防部局でも防災まちづくり活動に活用されはじめている。こういった活動が市民の具体的な防災行動に及ぼす影響についての心理学的検討も行った(⑩)。

これらの成果は名古屋大学減災連携研究センターで進めている人材育成・防災啓発活動に適用している。具体的には、防災・減災カレッジ、防災アカデミー、減災カフェ(図7)、高校生防災セミナーなどの人材育成の場に加え、テレビ各局の地震防災特番などで広く活用されている。

なお、本研究を推進する過程で、名古屋大学に、減災連携研究センターを設置し、さらに、2014年3月には、成果を広く市民に提供する場として、減災館(図7)を建設した。館内の減災ギャラリーや減災ライブラリーでは、本研究成果を市民がいつでも利用できるようになっている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計27件)

- ① 松下卓矢、飛田潤、福和伸夫：長期の強震観測に基づく複数の中低層建物の応答特性とその変化、構造工学論文集、Vol. 60B, pp. 871-882, 2014、査読有
- ② 平井敬、福和伸夫：3次元有限差分法と相反定理を用いた堆積盆地の地盤震動性状の評価手法、日本建築学会構造系論文集、第78巻、第694号、pp. 2083-2192, 2013、査読有
- ③ 松下卓矢、倉田和己、飛田潤、福和伸夫他：振動台実験に基づく地震時室内被災状況のモニタリング技術とシミュレーションの開発、日本建築学会技術報告集、No. 43, pp. 871-874, 2013、査読有
- ④ 福和伸夫：建築物の地震対策と防災意識、「防災対策と市民意識」特集号、地盤工学会誌、Vol. 61, No. 3, pp. 6-9, 2013、査読有
- ⑤ T. Hirai, K. Kurata, N. Fukuwa and M. Mori : Synthesis of Earthquake Sound Using Seismic Motion Record and its Application to Audiovisual Earthquake Experience System, Proc. of 15th WCEE, Paper No. 380, 9p., 2012、査読無
- ⑥ J. Tobita, N. Fukuwa, T. Nishizawa and K. Imaeda : Long-term Structural Monitoring and Damage Detection of High-rise Buildings by use of Fiber Optic Sensors, Proc. of 15th WCEE, Paper No. 3756, 8p., 2012、査読無
- ⑦ 平井敬、福和伸夫：強震観測記録を利用したモーメントマグニチュードの即時推定、地震 第2輯、第65巻、1号、pp. 31-42, 2012、査読有
- ⑧ 倉田和己、福和伸夫、護雅史、飛田潤：強震動データの活用と説明力向上により利用者の想像力を喚起し耐震化を誘導するための建物応答シミュレーションソフトウェア開発、地域安全学会論文集、17号、10p., 2012、査読有
- ⑨ 平井敬、福和伸夫：強震記録に基づく東北地方太平洋沖震による地殻変動分布の算定、日本建築学会構造系論文集、第77巻、第673号、pp. 341-350, 2012、査読有
- ⑩ 護雅史、川端寛文、松田曜子、福和伸夫：青少年を対象とした耐震まちづくり啓発のための枠組みづくり、学術雑誌「減災」、第5号、pp. 45-51, 2011、査読有
- ⑪ 白瀬陽一、榊原啓太、福和伸夫、護雅史：耐震診断結果に基づく公営集合住宅建物の地震被害率の予測に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第76巻、第664号、pp. 1087-1094, 2011、査読有
- ⑫ 林章二、福和伸夫、松波秀子：歴史的建造物の保存修復事例に基づく保存方針と耐震補強方法の対応関係の分析、構造工学論文集、Vol. 57B, pp. 653-664, 2011、査読有
- ⑬ 林章二、福和伸夫、宮腰淳一：1923年関東地震における鉄筋コンクリート造建物の被害に関する研究—動的特性に基づく構造被害の評価—、日本建築学会構造系論文集、第76巻、第661号、pp. 481-489, 2011、査読有
- ⑭ 平井敬、福和伸夫：地震の音を作る—地震動と同じ継続時間を有する音の作成法—、地震 第2輯、第63巻、3号、pp. 153-163, 2011、査読有
- ⑮ 田中佑治、福和伸夫、飛田潤、護雅史：国内免震建物のデータベース構築と現状分析、日本建築学会技術報告集、第17巻、第35号、pp. 79-84, 2011、査読有

- ⑯ 豊沢純子、唐沢かおり、福和伸夫：小学生に対する防災教育が保護者の防災行動に及ぼす影響、教育心理学研究、第 58 巻、第 4 号、pp. 480-490、2010、査読有
- ⑰ 池田政人、林孝幸、倉田和己、福和伸夫、護雅史：復旧・復興戦略策定のための地域対応力を考慮した地震災害定量化に関する基礎的研究、第 13 回日本地震工学シンポジウム、pp. 706-713、2010、査読無
- ⑱ 倉田和己、福和伸夫、護雅史：VR 技術を用いた時刻歴波形の動画表示による強震記録・応答予測の説明力向上、第 13 回日本地震工学シンポジウム、pp. 1866-1870、2010、査読無

〔学会発表〕（計 51 件）

〔図書〕（計 3 件）

- ⑲ 福和伸夫他：じしんからかぞくをまもる本①筋飼家のものがたり、レスキューストックヤード、80p.、2011.9
- ⑳ 福和伸夫他：じしんからかぞくをまもる本②高居家のものがたり、DLmarket、118p.、2013.5（電子出版）

〔その他〕

<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福和 伸夫 (FUKUWA NOBUO)
名古屋大学・減災連携研究センター・教授
研究者番号：20238520

(2) 研究分担者

飛田 潤 (TOBITA JUN)
名古屋大学・災害対策室・教授
研究者番号：90217521

護 雅史 (MORI MASAFUMI)
名古屋大学・減災連携研究センター・准教授
研究者番号：40447842