

## 二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月13日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]  
 国立大学法人京都大学 防災研究所  
 [職・氏名]  
 准教授 倉田 真宏  
 [課題番号]  
 JPJSBP 120191002

1. 事業名 相手国: ニュージーランド (振興会対応機関: RSNZ)との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 医療施設の地震への備え及び損傷診断法の向上

(英文) Advancement of Seismic Preparedness and Damage Prognosis Procedures of Hospitals

3. 共同研究全実施期間 2019年4月1日～2022年3月31日 ( 3年 0ヶ月)

4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)

the University of Auckland・Senior Lecturer・Quincy Ma

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額	4,712,500 円
内訳	
1年度目執行経費	2,337,500 円
2年度目執行経費	2,375,000 円
3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究全実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	13名
相手国側参加者等	4名

\* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	5	0	2(0)
2年度目	0	0	0(0)
3年度目	0	0	0(0)
4年度目			(0)

\* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:本委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は本委託費で滞在費等を負担した内数。

## 8. 研究交流実績の概要・成果等

### (1)研究交流実績概要(全期間を通じた研究交流の目的・研究交流計画の実施状況等)

本研究では、(A) 診療行為の構成要素の相互依存性を考慮し、より多くの情報に基づいた病院の避難勧告を可能にすること、(B) 病院の性能評価と意思決定の枠組みを将来標準化するための改良型損傷・機能喪失ツールを導入すること、および(C) 危険な非構造部材と医療機器の特定と改善を通じて病院の耐震性を向上させること、を目的とした交流を実施した。下記の計画を遂行することで所定の成果を収めた。

#### 病院施設の包括的機能評価指標の構築

目的 A に関連して、日本とニュージーランドの病院施設の災害対策マニュアル、災害時の事業継続性計画などの資料を収集し、その比較を通して両国における耐震対策の利点・欠点を分析した。また、両国における被災調査結果などを精査するとともに、病院施設の災害訓練状況を視察し、現状の対策の実効性を検証した。具体的には、2019年10月にニュージーランド側研究者が京都を訪問し、京都大学医学部附属病院の災害訓練状況や病院の事業継続性計画(BCP)などに関する情報を収集した。また、京都市消防局の消防指令センターを訪問し、最新の消防システムや地域の高齢者などへの対応方法について、情報を収集した。2019年11月には、日本人研究者がウェリントン市とオークランド市を訪問し、ニュージーランド官邸のもとで災害対応を主導する National Crisis Management Centre や、両市域全体の地域医療を支える Wellington Regional Hospital や Auckland City Hospital を視察し、災害時対応マニュアルなどに関する説明を受けた。オークランド大学にて本プロジェクトのキックオフミーティングを実施し、具体的な成果のビジョンや研究方法を協議するとともに双方の保有する資料の相互理解を図った。ニュージーランドでの視察内容は、図1に示す報告書にまとめている。



図1 NZ 視察報告書の表紙と内容(抜粋)

目的 B に関連して、2020年度は日本とニュージーランドの病院施設の災害訓練等に参画し、現状の対策の実効性を検証することを予定していた。しかしながら、渡航制限に加えて病院への立ち入りが制限されたため、災害訓練への参画を断念した。そこで、2020年10月に規模を縮小して実施された京大病院の災害訓練に防災研の研究者がオンラインで参加し、京都府内の震度6想定における患者の受け入れ手順を確認した。さらに、2020年12月に兵庫県耐震工学研究センター(通称Eーディフェンス)で実施された4層鉄骨病院建物の実大震動台実験では、京大病院の医療者が損傷観察に参加し、現状の事業継続性計画(病院BCP)に不足している項目を検討するとともに、構造設計者による建物の応急危険度判定の手順を確認した。その様子をオンライン会議ツールにより京大病院の医療従事者にリアルタイムで配信し、その録画をニュージーランドの研究チームに共有した。図2は大鶴教授ならびに兵庫救急センターの医師が試験体内の被害を調査する様子である。

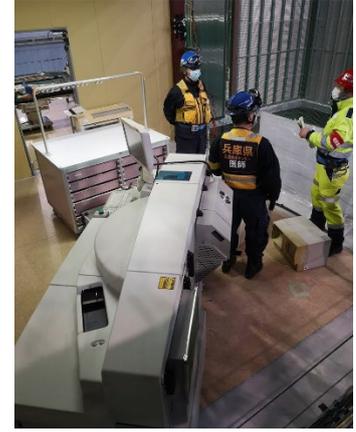


図2 E-ディフェンスにおける震動台実験:(左)試験体内の手術室;(右)医療者による損傷観察の様子

### 非構造部材や医療機器の地震時挙動の可視化ツールの開発

目的Cに関連して、医療施設の事業継続性や機能性判定においては、構造躯体の損傷のみならず非構造部材、設備や医療機器の損傷度判定ならびに継続使用性評価が重要となる。日本側の代表者や共同研究者の一部は医療機器メーカーなどに協力を依頼し、京都大学防災研究所にて医療機器の振動台実験を実施しており、実験時の映像データをアーカイブしている。またキャスターの初期条件と床材の性質が地震時の挙動に与える影響について、2019年度に実験を実施した。これらの実験について、動体解析ソフトを用いて非構造部材や機器の動きを物理データとして抽出し、実験データを利用して仮想空間で非構造部材・什器・医療機器などをシミュレーションする環境(ツール)の一部を構築した。また、小型の無線通信を備えた映像記録用ビデオカメラを新たに導入し、動体解析に適した映像取得システムの構成を検討した。

ニュージーランド側の研究者と協力して、物理データを利用して構築した医療機器の物理エンジン用モデルを拡張し、地震時の医療機器の動きだしについて検討した。床材には、病院施設で使用されるシート材として、①AC60(柔らかく分厚い)、②TAS58(AC28の下に発泡床材)、③AC28(柔らかく厚い)④MJ20(普通)、⑤MF20(硬く薄い)、⑥CL20(厚み普通、防滑性あり)を選んだ。結果はキャスターの仕様が単輪か双輪によらず、最も硬い床(MF20)だと最大床加速度(PFA)が80galで動き出すのに対して、最も分厚く柔らかい床材(AC60)であれば、250galまで動き出さない。分厚く柔らかい床(AC60、TAS58)でのみ単輪と双輪で違いがあり、S/M\*で単輪は静止したが、双輪は動き始めた。

大型震動台実験にて、医療機器および手術台上の人体模型の付加計測を実施した。医療機器の移動量を把握するために、プログラミング言語Pythonにおいて、動体解析コードを組んで、試験体内の各居室に配置した医療機器の動きを分析した。図3に示す試験体4階の居室右側では、上側にAC28、下側にMJ20を床材として使用している。2種類の床材上に配置され、他の機器との干渉が比較的少なかった機器として、4点固定のベッドと前2点固定の人工呼吸器の挙動を報告する。居室内部を撮影した映像で機器の動きを追跡した結果を図4に示す。Kobe-16X、Kobe-16Y、OS2-20Yでの建物4F加速度は0.4G程度で、Kobe-50XとOS2-50XYでは1G程度である(Gは重力加速度)。柔らかく厚みのあるAC28上で移動量が大きく低減された。特に、0.4G程度の床加速度応答であれば、AC28上のベッドはほぼ動いていない。1.0G程度まで大きくなると、ベッドの応答に差はなかった。人工呼吸器はベッドより重心位置が高く、OS2-20Y以降の加振ではロッキングしながら移動する現象が観察された。この場合には移動量が大きく増加しており、Kobe-50X以降は床から脱輪したためデータがない。

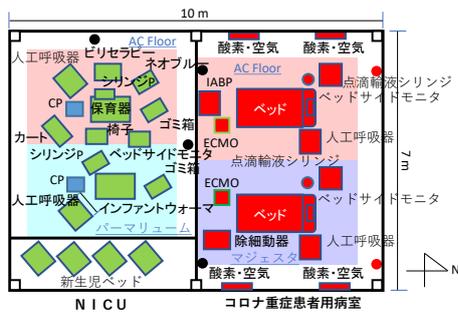


図3 耐震棟4Fレイアウト図

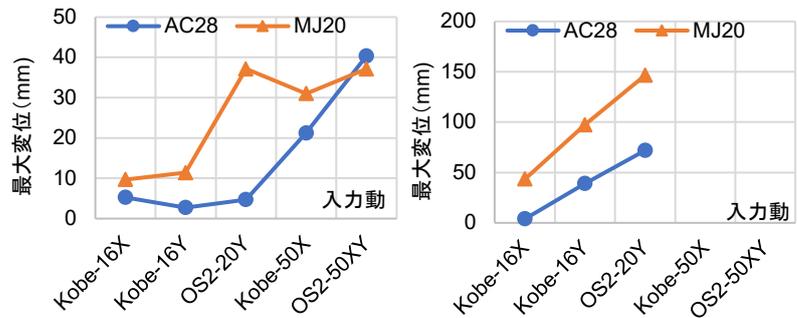


図4 医療機器の移動量 (コロナ重症用病室) : (右) ベッド ; (左) 人工

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等, 学術的成果)

2019年度に収集した日本とニュージーランドの病院施設の災害対策マニュアル, 災害時の事業継続性計画などの資料を用いて, 両国における病院システムの脆弱性分析を実施した。特定診療行為を成立するために必要な構造要素・非構造要素・重要機器・設備を特定し, 各要素の連関図を作成した。脆弱性の高い要素については, 過去の実験データや解析データなどの工学的情報を収集して, 要素間因果関係の数理モデル化に取り組んだ。今後は医療関係者との協議や地震時の被災状況との整合性分析などを進め, モデルの改善に努める。

医療機器メーカーなどに協力を依頼して京都大学防災研究所にて実施した医療機器の振動台実験や参加したE-ディフェンスの実大実験では, 医療機器のキャスターの初期条件と床材の性質が地震時の挙動に与える影響を定量化することに成功した。ニュージーランド側と協力して構築した医療機器の物理エンジン用モデルにより, 実験で確認された地震時の医療機器の動きだしや転倒挙動について正確に予測することが可能になった。

上記の成果については, 会議論文等で概要を発表しており, 今後はピアレビュー付き学術論文への投稿を準備している。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学术交流することによって得られた成果)

両国の研究者の協力により, 医療施設の災害対策マニュアル, 災害時の事業継続性計画などの資料を収集し, その比較を通して両国における耐震対策の利点・欠点を分析した。また, 両国における被災調査結果などを精査するとともに, 病院施設の災害訓練状況を視察し, 現状の対策の実効性を検証した。今後は両国において病院の災害対策マニュアルや事業継続性計画への提案を進めていく予定である。また, 医療機器の実験計画, 実験結果の分析, および物理エンジン用モデルの構築において, 大学院生を含めた積極的な交流を展開した。構築したモデルについては, 検証を進めたうえで, 病室の被害シミュレーションなどに生かすとともに, 学術雑誌に知見を発表していく。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展, 社会生活の質の改善, 現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

研究グループでは, 地域医療への貢献を目指して, 本事業の現地視察やオンライン交流で得られた災害対策に対する知見を連携する病院施設関係者と共有してきた。国内では, 京都市左京区内の病院間で連携して地震時の被害状況を共有するシステムの導入を進めている。医療機器の実験や物理エンジン用モデルを用いた数値解析シミュレーションで得られた結果から構築した被害関数を同システムに導入した。

研究代表者が分担する実大医療施設の震動台実験に際して, 医療施設の地震時挙動に関するブラインド解析コンテストを企画した。解析コンテストでは, 医療施設内の非構造部材や医療機器の被害推定の

精度が高くないことが明らかになった。このような、解析ツールの精度評価を試みる機会は多くなく、今回のコンテストの結果をもとに、解析ツールの高度化に向けた議論が発展することを期待している。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取り組み, 成果)

本事業には、両国の若手研究者と大学院生が多く参画し、研究成果の一部は修士論文3編に反映されている。また、現在博士課程に所属する大学生も博士論文に反映する予定である。また、参画していた京都大学の若手研究者のうち2名は、2022年4月から他大学の准教授と他病院の重要ポストに常勤職を獲得した。将来は、事業に参画した学生や若手研究者が、両国の交流を継続して研究者として活躍することが期待される。

(6)将来発展可能性(本研究交流事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

代表者と共同研究への参加者の一部は、医工連携による病院防災に関する研究課題を科学研究費助成事業に提案し採択された(課題番号:21H04598, 種目:基盤研究A, 研究タイトル:工学的・医学的見地から評価する地震被災地域における地域医療のクリフエッジ)。本事業に参加したニュージーランドの Quincy Ma 博士と Megan Boston 博士も海外協力者として研究課題に参加している。ニュージーランドにおいては、残念ながら現時点では採択に至らなかったが、両博士を中心に本事業に関連する課題について大型の研究プロジェクトを提案している。本事業に参画した研究者を中心に、病院防災の高度化を目指す研究の世界的な展開を目指す。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記述してください)

例:大学間協定の締結, 他事業への展開, 受賞, 産業財産権の出願・取得など

ニュージーランド側の参加者が所属する Auckland 大学とは以前から大学間協定が存在している。本事業は協定の深化の一助となった。