

一般共同研究（課題番号：29G-02）

課題名：災害拠点病院の地震時事業継続性評価メソッドの構築 (Development of Serviceability Evaluation Methodology for Disaster Base Medical Centers)

研究代表者：大鶴 繁

所属機関名：京都大学大学院医学研究科 初期診療・救急医学

所内担当者名：倉田 真宏

研究期間：平成 29 年 4 月 1 日 ～ 平成 31 年 3 月 31 日

研究場所：京都大学医学部附属病院 初期診療・救急医学，救急部

京都大学防災研究所 地震防災研究部門 池田・倉田研究室 及び振動台実験施設

共同研究参加者数：14 名（所外 9 名，所内 5 名）

- ・大学院生の参加状況：3 名（修士 2 名，博士 1 名）（内数）
- ・大学院生の参加形態 [資料収集・分析]

研究及び教育への波及効果について

医療機関の特殊性を理解し災害医療にも精通した京都大学医学部附属病院（京大病院）の救急医と、耐震工学・構造に詳しい防災研の研究者が共同して、救急医療と耐震工学の分野横断型連携により、災害拠点病院の地震時における事業継続性評価法の構築に取り組んだ。病院被害の著しかった熊本地震の調査結果をもとに、近い将来にその発生が予想される首都直下型地震や南海トラフ巨大地震に備えるため、災害医療を担う災害拠点病院の防災対策を事業継続性の観点より検証した。その過程で各医療機関単体での病院 BCP による防災対策の限界が浮き彫りとなり、地域（医療圏）単位での BCP 策定が不可欠であるとの結論に達し、京大医学部・同附属病院と京大防災研との連携により、京大防災研究所内に「**地域医療 BCP 連携研究分野**」を新たに設置するに至った。本研究プロジェクトに参加した工学研究科修士課程の大学院生は 3 名であり、1 名は医療機関の建物安全性自動診断支援システムの開発を軸に、引き続き博士課程で研究に取り組んでおり、また 1 名は震災時における病院施設耐震性能および医療機能の評価をテーマに研究に取り組み、医療機器の耐震性能に関し医療現場に提言を行い、さらに 1 名は京都市内の災害拠点病院 BCP の現状と課題をとりまとめた。

研究報告

(1) 目的・趣旨

災害時の病院機能低下は、傷病者への外来対応に支障が生じ、さらに入院診療の継続までもが困難となると最悪の事態である「病院避難；入院患者の避難」を余儀なくされ、多大なる搬送資源（救急車、航空機等）・医療資源（DMAT 等）を要し、被災地への影響は計り知れない。近い将来起こるであろう首都直下型地震や南海トラフ巨大地震に備えるため、防災・減災の観点から、**事業継続計画 business continuity plan; BCP** の概念が、医療機関の防災計画にも不可欠なものと認識され、厚生労働省により災害拠点病院には病院 BCP の策定が義務付けられた。より良い病院 BCP の策定には分野横断・多職種連携による取り組みが必要であり、京都大学医学部附属病院と防災研究所は、熊本地震で病院避難に陥った 11 病院への現地合同調査の経験と結果を受け、災害拠点病院の地震時事業継続性評価メソッドの構築を目指す。

(2) 研究経過の概要

京大病院救急部と防災研究所地震防災研究部門は、平成 28 年 2 月より災害拠点病院の事業継続性向上を目指し共同研究を開始していたが、同年 4 月の熊本地震発災及び同年 10 月に行った合同調査を経て、救急医と耐震工学者に加えて医療情報の

専門家、臨床工学技士や医療ソーシャルワーカー（社会福祉士）などからなる、分野横断・多職種連携チームである京都 iMED 防災研究会（Kyoto informatics-Medicine-Engineering research against Disaster）を組織した。同研究会のメンバーを中心に、京大病院の病院避難を包括する BCP の策定、また同院の災害対策訓練の企画・実施・検証、さらには病院被災度即時把握システムの開発に向けた実験活動を行った。

(3) 研究成果の概要

A) 病院避難ガイドラインの策定

平成 28 年度の熊本地震現地調査とその後の復旧・復興過程におけるデータを収集・解析し、建築学会にてその研究成果の発表を行った。病院避難は、事前耐震診断が不十分であれば建物への不安を原因として、また事前耐震診断が十分であったとしても水不足（建物の配管・設備損傷及び地域的な断水による）を原因として行われていた。医療継続性や避難の決定は迅速に（発災後 24 時間以内）行われており、応急危険度判定等の建物やライフラインの専門家による評価を待つ時間的余裕はなく、事後診断に基づく避難判断は現状では困難であることが判明した。また、病院避難の判断は、災害の種類や範囲により受入側の要因等相対的に判断がなされ、さらに病院避難に伴う病院の経済的損失等新たな課題も明らかとなった。各医療機関単体での病院 BCP による防災対策の限界が浮き彫りとなり、地域（医療圏）単位での BCP 策定が不可欠であるとの結論に達した。`病院避難、意思決定支援の足がかりとなる京大病院 BCP を、マルチハザードに対応すべくリソース（医療資源）に着目したアプローチで平成 29 年度に策定した。平成 30 年 3 月 3 日に災害医療連携シンポジウムを左京医師会共催のもとで開催し、地域医療 BCP 構築の必要性を京都府下に広く提言した。京大医学部・同附属病院と京大防災研との連携により、平成 31 年度より京大防災研究所内に「地域医療 BCP 連携研究分野」を新たに設置するに至った。新分野のミッションステートメントとして、①地域医療 BCP 協創の「場」の提供、②地域医療 BCP「京都モデル」の開発と検証、③地域医療防災を担う人材の育成、を掲げ始動する。

B) 災害拠点病院の BCP および被災度即時把握システムの開発

a) 事業継続性（BCP）評価：

京大病院をモデルケースとして、診療科ごとに機能低下の原因となる脆弱性を同定し、必要とされるリソース、復旧までにかかる時間をまとめ、事業継続性を評価しつつリソースベースの病院 BCP を策定した。平成 30 年度には、より実効性の高い病院 BCP とするため、策定した京大病院 BCP の再検証やこれに基づく災害訓練などを通して、まずは最もニーズの高いと思われる同 BCP の災害レベル 3（京都市で震度 6 弱以上）に関し、さらなる改訂を実施した。今後も PDCA サイクルにより適宜改訂を図る予定である。

b) 拠点病院の病院機器や非構造部材の耐震度分類：

災害弱者の生命維持に関わる医療機器の地震時の基本的な挙動を把握するために、透析装置（透析室・透析機械室）や未熟児用の保育器などの振動台実験を実施した。熊本をはじめ過去の観測地震波を入力とした場合には、転倒や移動による衝突の可能性があることが明らかになった。医療機器は移動用に取り付けられたキャスターのロック状態により、転倒の危険性や地震時の移動量が大きく異なった。4 つのキャスターのうち前 2 輪をロックした場合に、機器の累積移動量が抑えられる傾向が確認されたが、全てのキャスターをロックした場合には転倒の危険性を認めた。さらに実験結果を基に、機器ごとのフラジリティ曲線の構築とそれに基づく耐震度の分類を試みた。キャスター固定の場合には、被害は地震入力の大きさと重心の高さに依存し、被害軽減策としては、新規設計の場合は重心位置の変更と脚部の幅の変更を、現行機器の場合は足元に錘を設置するなどの対策が推奨される。京大病院の施設課・ME（臨床工学）センターならびに医療機器メーカーの協力を得て、特に耐加速度性と耐衝撃性の観点から、病院特有の 2 次構造部材や非構造部材（病棟をつなぐ渡り廊下、配管設備など）や医療機器について耐震性分類手法の構築を試みるべく、それらを対象とした耐震性評価試験を進めている。

c) 病院施設への事業継続性判定システムの設置：

熊本地震での病院被害調査で浮き彫りになった、建築構造の専門家不在時の事業継続に関わる意思決定を支援するシステムの策定に向けて、平成 29 年度より京大病院の病院建物に 8 つの地震計を設置し、建物の損傷度と医療機能の低下

度を評価する仕組みを構築するため、計測及び解析を開始した。平成30年度には、引き続き病院及び近隣の地震観測記録等を統合し、発災直後に病院に設置される災害対策本部や病院施設系職員、及び派遣 DMAT 等に、病院建物被害の程度を即時に報告し病院避難を含めた医療機関の災害時意思決定を支援するシステムの枠組みを構築した。災害拠点病院は複数の建物からなる大規模複合施設であるため、その際同時に、地震計を設置する建物数を限定的に抑えつつも、敷地内全体の被害を推定する手法の開発にも着手している。

C) 医療拠点防災に関わる国際協力体制の構築

平成23年のカンタベリー地震（ニュージーランド）で被災した病院施設の現地調査を実施し、医療継続の意思決定に関するデータを収集・分析を行った。平成31年11月にはオークランド大学で、医療防災・災害医療をテーマとした国際シンポジウムを開催することが決まり、災害拠点病院の新たな防災対策の構築に向け提言を行う。

(4) 研究成果の公表

下記報告に加え、令和元年5月に防災研究所社会防災部部門に、京大医学部及び同附属病院との共同研究のための新分野として新たに「**地域医療BCP連携研究分野**」を設立し、同年6月29日には京大医学部創立百周年記念施設 芝蘭会館（稲盛ホール）にて、設立記念シンポジウムを開催する。また、病院被害調査および振動台実験については、救急医療や耐震工学に関連するジャーナルに近く成果を発表する予定である。

【論文・梗概・学会発表】

- 1) Shimoto M, **Ohtsuru S**, Cho K, Tsutsumi T, Koike K, Sugiyama O, Aida S, Kurata M, Maki N, "Multidisciplinary Hearing and Analysis of Hospital Evacuation After the 2016 Kumamoto Earthquake", ICEM 2019 (Seoul)
- 2) Cho K, **Ohtsuru S**, Shimoto M, Tsutsumi T, Aida S, Sugiyama O, Ihara M, Kurata M, Maki N, "Multidisciplinary Approaches For Strengthening Hospital Disaster Preparedness", ICEM 2019 (Seoul)
- 3) 下戸 学, **大鶴 繁**, 趙 晃済, 堤 貴彦, 小池 薫, 相田伸二, 杉山 治, 倉田真宏, 牧 紀男, 「激甚災害に対する地域医療BCP構築の取り組み」, 第24回日本災害医学会総会 シンポジウム 2019年3月(米子)
- 4) 下戸 学, **大鶴 繁**, 趙 晃済, 堤 貴彦, 庵原美香, 相田伸二, 杉山 治, 鈴木教雄, 倉田真宏, 牧 紀男, 「地域医療BCP分野の激甚災害に対する取り組みと課題: Health Emergency and Regional Disaster Risk Management Research by Kyoto iMED to Prepare, Respond, and Recover against Strong Disaster」, 京大防災研研究発表講演会 2019年2月
- 5) Kawai T, Sugiyama O, Shimoto M, **Ohtsuru S**, et al., "What's Going On? : A Disaster in Disaster Communication Between Medical Teams at Hospitals", *CSCW'18 Companion* 2018; 265-268
- 6) Shimoto M, **Ohtsuru S**, Cho K, Tsutsumi T, Sugiyama O, Aida S, Kurata M, Maki N, "Business Continuity Plan for the Regional Medical Care in Kyoto City designed by Kyoto iMED, informatics-Medicine-Engineering research against Disaster", APCDM 2018 (Kobe)
- 7) **大鶴 繁**, 「災害医療の現場から」, 京都大学防災研究所: 第3回地震火山グループ研究会(招待講演) 2018
- 8) 河合俊樹, 茅野宏紀, 神原春香, 松村耕平, 杉山 治, 下戸 学, **大鶴 繁**, 野間春生, 黒田知宏, 「災害派遣医療チーム内におけるSNS ベース情報管理システムの提案と開発」, *IPSJ interaction* 2018; IP10: 487-489
- 9) Kurata M, Hitomi M, Shimoto S, **Ohtsuru S**, Shimoto M, Cho K, Sugiyama O, Aida S, "Hearing and Analysis of Hospital Evacuation after The 2016 KUMAMOTO Earthquake", *European Conference on Earthquake Engineering* 2018
- 10) Kawai T, Kambara H, Matsumura K, Noma H, Sugiyama O, Shimoto M, **Ohtsuru S**, Kuroda T, "Design and Implementation of a Social Networking Service-Based Application for Supporting Disaster Medical Assistance Teams", *Innovation in Medicine and Healthcare 2017, Smart Innovation, Systems and Technologies* 2018; 71:165-172
- 11) 趙 晃済, 和田拓也, 人見真由, 新本翔太, 相田伸二, 堤 貴彦, 下戸 学, **大鶴 繁**, 倉田真宏, 「震災時における病院施設耐震性能および医療機能の評価 その5. 京都大学医学部附属病院における地震計導入と健全度評価システムの導入」, 建築学会全国大会 2018 (東北)

- 12) 人見真由, 新本翔太, 倉田真宏, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 相田伸二, 「震災時における病院施設耐震性能および医療機能の評価 その4. 医療機器の地震対策の検討」, 建築学会全国大会 2018 (東北)
- 13) 人見真由, 新本翔太, 倉田真宏, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 相田伸二, 「震災時の病院施設耐震性能および医療機能の評価 その3. 振動台実験に基づく医療機器の耐震性能評価」, 建築学会近畿大会 2018 (大阪)
- 14) **大鶴 繁**, 「地域医療 BCP 構築のための災害医療連携シンポジウム 報告 ～ 熊本地震に学ぶ ～」, 左京医師会報 2018
- 15) **Kyoto iMED**, 「地域医療 BCP 構築のための災害医療連携シンポジウム: 熊本地震に学ぶ」, 災害医療シンポジウム 2018 年3月 (京都)
- 16) 下戸 学, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 堤 貴彦, 庵原美香, 相田伸二, 杉山 治, 鈴木教雄, 倉田真宏, 牧 紀男, 「救急医療と耐震工学とが連携した京都市の自然・人為災害に対する地域医療 BCP (事業継続計画) 構築: Business Continuity Plan for the Regional Medical Care in Kyoto City designed by Kyoto iMED, informatics-Medicine-Engineering research against Disaster」, 京大防災研研究発表講演会 2018 年2月
- 17) 倉田真宏, 人見真由, 新本翔太, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 下戸 学, 杉山 治, 相田伸二, 「震災時における病院施設耐震性能および医療機能の評価 その1. 熊本現地調査に基づく病院機能低下メカニズムの分析」, 建築学会全国大会 2017 (広島)
- 18) 山崎友也, 人見真由, 新本翔太, 倉田真宏, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 相田伸二, 「震災時における病院施設耐震性能および医療機能の評価 その2. 医療機器の振動台実験 (実験概要と結果)」, 建築学会全国大会 2017 (広島)
- 19) 人見真由, 新本翔太, 倉田真宏, 山崎友也, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 相田伸二, 「震災時における病院施設耐震性能および医療機能の評価 その3. 医療機器の振動台実験 (実験結果の分析)」, 建築学会全国大会 2017 (広島)
- 20) 倉田真宏, 人見真由, 新本翔太, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 下戸 学, 杉山 治, 相田伸二, 「震災時の病院施設耐震性能および医療機能の評価 その1. 熊本現地調査による病院機能低下メカニズムの把握」, 建築学会近畿大会 2017 (大阪)
- 21) 人見真由, 新本翔太, 倉田真宏, **大鶴 繁**, 趙 晃濟, 相田伸二, 「震災時の病院施設耐震性能および医療機能の評価 その2. 振動台実験による医療機器の地震時挙動の把握」, 建築学会近畿大会 2017 (大阪)