

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 16 日現在

機関番号：33401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00701

研究課題名(和文) 病院の事業継続性を高める医療防災プロダクトのデザイン開発

研究課題名(英文) Design and Development on Product in Medical Disaster Prevention

研究代表者

竹田 周平 (TAKEDA, Shuhei)

福井工業大学・工学部・教授

研究者番号：60511954

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：日本は地震大国であり、阪神淡路大震災や東日本大震災など、地震被害が発生し続けている。病院も例外でない。これらの医療機関は、発災後に多くの多発外傷等の重篤患者の救命医療活動を行うことになる。しかし過去の災害を振り返っても、医療機関の地震時の被害は継続して発生していることが指摘される。以上の様な背景から、本研究は、医療施設の防災上の課題を明らかにし、看護師等の統計調査等を通じて、日常の医療活動に影響を及ぼさない医療施設の防災減災システムの最適化を目指すものである。研究では、病院に従事するスタッフから病院の課題を調査し、医療防災プロダクトのデザインの試作と運用を繰り返し、デザイン案を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、医療施設の災害後の機能保持を目指し、医療現場に従事するスタッフのユーザビリティの向上も考慮した医療防災プロダクトのデザイン案を提案することが目的である。これは近年の多発する災害対応を加速させるため、社会的また学術的な意義が高く、最終的な結果は国民に安全安心した環境を提供することに貢献する。研究期間中に看護師などから意見を集め統計的な分析をし、医療防災プロダクトの実用化に向けた開発・検証を企業と共に実施した。

研究成果の概要(英文)：Nearly 20% of the world's earthquakes of magnitude 6.0 or greater have occurred in or around Japan. Japan has suffered great damages from the massive earthquakes (such as the Great East Japan Earthquake of 2011) and the inland crustal earthquakes (such as the Great Hanshin-Awaji Earthquake of 1995). Focus on the hospital, many hospitals in affected areas have been damaged by the massive earthquake. In this research, I focused on developing the design of medical disaster prevention system. To clarify issues on medical disaster prevention, I conducted a survey questionnaire in some hospitals. And I designed a medical disaster prevention product (for dialysis treatment).

研究分野：地震防災学，耐震工学，構造工学

キーワード：医療防災プロダクト デザイン開発 医療防災 臨床工学技士 防災減災 ロボティクス

## 1. 研究開始当初の背景

我が国は世界的にみても大規模な地震が発生する地震大国である。例えば 1923 年の関東大震災、1995 年の阪神淡路大震災では、都市部に甚大な被害をもたらした。この後も、新潟をはじめ、十勝沖、岩手内陸、福岡西部など国内の様々な場所で地震が発生している。そして 2011 年に三陸沖を震源とする東日本大震災が発生した。つまり、国内は地震活動が活発な時期にあると言える。したがって、国内で生活を継続するためには、防災・減災対策は必要不可欠である。

ひとたび規模の大きな地震が発生すると、病院では多くの多発外傷等の重篤患者の救命医療等が必要であることは説明するまでもない。このことから、病院の機能保持(事業継続)は極めて重要である。このような状況において、1995 年の阪神淡路大震災の発生を契機に、これまで医療現場では防災に対する意識が希薄だった思想を打開するために、全国に約 550 医療機関を災害拠点病院に指定した。一方で、諸外国においては、病院の設置基準として、院内・院外に災害対応計画が義務づけられている。これは病院が置かれている環境を適切に踏まえ、防災・減災に対する対応を事前に計画しておくものである。しかし国内の病院では、この様な防災・減災対応が十分に計画されていないことが指摘される。これに加え、近年の医療機関は日常の業務が多忙化・多様化しており、発生頻度の低い地震対策の優先順位低い状態にある。これに加え国内の病院の耐震化率はいまだ 70%程度 の状況にあることも課題である。

このような潜在的な課題が開かれな中、2004 年の新潟県中越地震では、災害に強靱であるべき災害拠点病院が大きな損傷を受けて病院としてのすべての機能を失ったこと、また 2011 年の東日本大震災において、岩手県・宮城県・福島県の 3 県に位置する病院の 2/3 が何らかの被害を受けるた。

そして未来に着目すると、首都直下型地震や南海トラフの巨大地震の発生も懸念されている。

以上から、将来に発生する可能性が高い海溝型巨大地震及び首都直下型地震へ備えるために、外傷等の重篤患者に対する医療活動や、現時点で治療を受ける患者への医療継続の保持、また病院で従事するスタッフの安全性を確保するために、医療現場の実情に最適な防災・減災対策(計画)を講じることが急務である。

## 2. 研究の目的

本研究は、病院に従事する看護師とのヒアリングやアンケート調査を通じて、医療施設の防災上の課題を明らかにすると共に、日常の医療活動に影響を及ぼさない医療施設の防災・減災対策を、医工連携で加速させることを目的とする。この研究では、災害拠点病院の協力のもとで実施し、医学や看護分野と工学分野の学際分野に着目し、即効性の高い防災対策が可能となる医療防災プロダクトをデザインする。

第一段階では、先行調査で明らかとなっている条件、すなわち「日常の医療活動に支障を及ぼさないプロダクト」といった基本条件に基づき、災害拠点病院をはじめ国内の病院に従事する看護師やスタッフを対象としたヒアリング及びアンケート調査を実施し、学際的なアプローチから潜在的な医療施設の課題を抽出することを目的とする。

第二段階では、第一段階で明らかとなった課題や原因を解決するために、医療機器の防災対策(医療機器の機能保持)に対する対策案を探求する。その中で、近年患者数が増加傾向にある「慢性透析患者」を取り上げ、これらに対する防災装置、すなわち、いざという震災時での、機器の転倒や過度な移動を防ぎ、地震後でも直ちに透析が可能となる後付けの医療防災プロダクトのデザインを検討することを目的とする。

第三段階では、これまでに得られた結果に基づき、医療従事者へフィードバック、デザイン案や試作品を通じて要求される性能や操作性を確認、機能やデザインの改善を繰り返し、開発を進めることを目的とする。

以上から、病院管理者、病院スタッフをはじめ、医療機器メーカーなどの医療関係者と防災を専門とする研究者との医工連携により、国内の医療機関の飛躍的な防災・減災性向上を加速させることを目的としている。

### 3. 研究の方法

#### 1) ヒアリングおよびアンケート調査

看護師をはじめ、医療機関に従事するスタッフに対してヒアリング調査を実施した。また、ヒアリングで得られた情報に基づきアンケート調査を別途実施した。

ヒアリング調査は、福井県内の病院および大学院に所属する学生（社会人・看護師）を対象に実施した。調査の内容は、現在従事する病院また過去に勤務した経験のある病院など、過去のすべての病院環境から、病院の防災対策をソフトとハード面からの課題や不安な要素に関する情報を得ることを目指した。この結果、防災対策はとても重要である認識はあるものの、日常の医療活動が多忙であり、その都度の防災時の安全性を踏まえた対策は、継続性に課題がある実情を確認することができた。また、勤務する病院に災害に対するマニュアルが整備されているケースも認められたが、看護師がこのマニュアルを閲覧したことがないこと、またどこに保管しているのか不明との不安要素も確認できた。さらには、医療機関の機能維持に着目したヒアリングでは、人工透析、人工呼吸器、ICU内に位置する様々な機器、また電子カルテの整備に伴い、モニターの重要性などの情報をえることができた。さらに、法的なソフト対策の改善も有効であるとの結果であった。これは、キャスターなど移動が伴う機器

は、必要に応じてロックを必須とするなどを意味する。

これらの結果を受けて、全国を対象に、看護師に対するアンケート調査を実施した。アンケート調査では、これまで災害経験の有無を含めた看護師の属性情報、アンケート対象者が感じる不安要素、病院の課題、発災後も病院を機能維持させために重要と感じる施設や医療機器などを項目別に調査を実施した。この結果、看護師への防災対策に対する意識を向上するための教育的なソフト対策に加え、日常の医療活動に支障を及ぼさないような対策でないと導入することが難しいなど、当初予定していた重要条件を再認識すると共に、人工透析機器、人工呼吸器、また治療で使用するガスボンベの転倒対策、モニターの破損防止などの対策の優先など有益な情報を得ることができた。また、防災マニュアルなどの周知などの必要性も確認することができた。

このような調査を実施する中、2016年4月に熊本県において、震度7が連鎖して発生する熊本地震が発生した。地震観測を実施してから、このように震度7が連続して発生したことは初めてのことであり、前震で破損した後に本震で致命的な被害に至ったため、被害が拡大した。この件は当初計画に含まれていなかったが、この研究の質を高めるためには、被災した状況を十分に調査し、この結果をデザイン開発に反映する必要がある。以上から、熊本地震の調査を実施した。また、様々な機関が調査した被害報告も含め被害状況の把握に務めた。

調査した代表的な結果を示すと、熊本赤十字病院では停電と水不足により外来患者の透析治療ができない状況に至った。この課題を解消するために、患者を県外の医療機関への紹介などの対応も迅速に実施しものの、道路網の寸断や交通が混乱することに加え、鉄道などの公共交通機関も動いていない状況

では困難を極めた。その結果として、熊本県内の透析施設 94 施設のうち 27 施設である 28.7%の施設で一時的に機能が停止した。熊本市内の透析施設においても、一時的に透析ができない状況になったが、その後復旧された。つまり、今回の地震でも人工透析機器およびこれらのシステムに被害が発生した。

また、ここでも当初計画に含まれていなかったが、調査の中で臨床工学技士と連携することが可能となった。臨床工学技士は、病院内の医療機器を管理する重要な職務を担うエンジニアである。対象地域は、宮城県および福島県の東北（東日本大震災を経験した地域）をはじめ、東京都や神奈川県、および千葉県の関東（首都直下型地震の発生が懸念される地区）、京都府や大阪府、兵庫県の関西（阪神淡路大震災を経験した地域）、また熊本ある。この連携により、様々な院内の環境に関する情報を得ることが可能となり、よりデザイン開発の質を高める結果を得ることに至ったことに大きな成果が認められる。

## 2) 透析に着目した防災対策

ヒアリング調査やアンケート調査から得られた情報・開発の条件に基づき、近年患者数が増加傾向にある「慢性透析患者」を取り上げ、この患者に対する医療施設の防災および減災対策を研究する。

ここでは、関西地区に位置する病院および診療所に従事する医療スタッフおよび医療機器メーカーの協力のもと、後付けで防災・減災性が向上する医療防災プロダクトのデザイン（システム全体のデザイン、医療機器単独のデザイン）を検討した。図-1 に透析に関するシステム図を示す。透析は、水道水から水の供給を受け、水処理システム（RO装置）を経て、透析液供給装置、透析用監視装置、そしてアナライザーを経由して患者と血液を循環している。またここで不要となった廃液を排出する構造からなる。

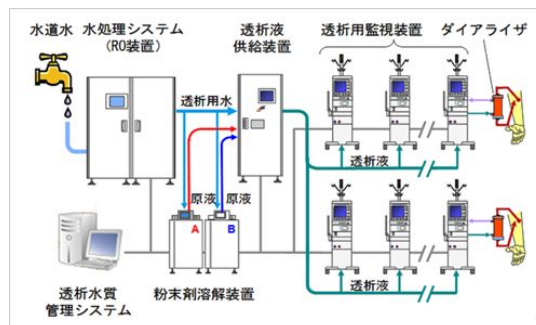


図-1 透析システム

また、透析を行う病院、また診療所は衛生面や細菌感染防止の観点から、二階以上に治療室が設置されることが多い。このことから、建物の増幅の影響を考える必要がある。

またキャスター付きの医療機器は、これらをロックしない場合、振動特性では比較的周期が長い領域で卓越振動数が認められる。しかしながら、キャスターをロックした場合は、卓越振動数が短周期化することが明らかである。一方で、地震の波形は、陸域で発生する場合と海域で発生する場合、また地表面の地盤条件から、短周期が卓越する地震、また長周期成分が卓越する地震と様々なタイプが存在する。このような状況は、医学や看護学を専門とする医療従事者や病院スタッフは未知の現象である。また、医療機器の周辺には、電源ケーブルやチューブなどの装置があるが、これらにより、キャスターフリーの状況で地震により変位が認められると一時的に移動が制限され転倒に至る可能性もある。

以上から、キャスターロックの効果や多種の地震動に対する現象の解明を行うために、振動実験を試みた。ただし、医療機器メーカーとの共同での開発であり、NDA の都合上ここでは詳述することができない。

また、震災後の対応について、スタッフに装着することができるロボット支援装置についても、有効性を検証する実験を実施した。なおこれらの結果については、医療従事者や病院スタッフによる発表会において報告

し、使用者側からの意見をフィードバックできる機会を設けた。この発表は、兵庫県内で二回、東京都内で一回実施した。この際、臨床工学技士からの意見を得ることが可能となった。これにより、実用性の高いデザイン開発を実施できたことに大きな成果が認めれる。

#### 4. 研究成果

研究の成果については、調査した結果の中で、病院や診療所における防災・減災上の課題をとりまとめた報告を論文、および学会の口頭発表で実施した。

また当初予定していなかった成果にて、特筆すべき点が2つある。一点目は、研究中に熊本地震（2016年4月）が発生し、震度7が連鎖的に発生したことも影響し、熊本県内をはじめ近郊で被害が認められたことである。ここでは、熊本県で発生した医療機関の被害状況を調査すると共に、今回も医療機関にいくつかの被災が発生した内容を整理した。ここでは、益城町に位置する病院で、透析用監視装置が特有の被害が確認された。また、実施にこの地震で被害を受けた病院で勤務するスタッフからヒアリング調査を行い、有益な情報を得ることができた点に大きな成果が認められた。

もう一点は、研究計画当初では想定していなかった、臨床工学技士とのネットワークの構築である。臨床工学技士の分野は医工連携が多く実施されていること、また様々な機器の管理を担う重要な職務であり、そのような立場のエンジニアから、発災時やその後の医療現場で必要となる機能や、機器の優先順位、また院内の様々な環境やその課題に関する有益な情報を入手できたこと、また試験するための環境が多数で整った点である。

一方で、近年高度在宅医療が増加傾向にあり、重要な機器を家庭で使用するケースが認められ、この結果として、発災時に在宅医療現場の安全性がどの程度確保されているの

かなど、新たな課題が明らかとなった。また、医療機関は防災対策が必要である認識はあるものの、防災対策に関する整備費用が準備できないなどの物理的な課題が顕在化していることも明らかとなった。さらには、独自で防災対策を試みる病院、診療所も確認されたが、これらは科学的な根拠に基づくものではなく、独案で整備していることも認められた。この点は科学的な証明が必要である。

なお、今回はプロダクトデザインを実際に開発したが、NDA・守秘義務の都合上、企業からの許可が得られた場合、新たな機会に報告を実施する。

#### 5. 主な発表論文等

竹田周平；医療防災プロダクトのデザイン開発に関する課題，日本デザイン学会第3支部研究発表会，2018.2.

竹田周平；熊本地震における医療施設の被害と防災減災対策に関する課題調査，日本デザイン学会 2018 年春季研究発表会，2018.6.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

竹田周平 (TAKEDA, Shuhei)

福井工業大学・工学部建築土木工学科・教授

研究者番号：60511954