

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：34511

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26670920

研究課題名(和文) システムシミュレーションを用いた病院防災ベストプラクティスに関する基礎的研究

研究課題名(英文) Basic study for best practice of hospital disaster mitigation plan with system simulation

研究代表者

横内 光子 (YOKOUCHI, Mitsuko)

神戸女子大学・看護学部・教授

研究者番号：10326316

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、地震と津波災害に対する病院の防災・減災対策について、システムシミュレーションの手法を用いて客観的指標による計画と評価を目指した基礎的な研究として、防災・減災対策のベストプラクティスを提示することを目的とした。災害対策に積極的に取り組み、事業継続計画の策定と修正を実施するモデル病院の対策について、システムシミュレーションの手法を用いて実験を行った。その結果、例えば避難計画では、担送患者の割合が10%増加すると全体の避難時間が2.34倍延長するなど、搬送方法別患者割合による避難時間の変化や昼夜の人員配置の違いによる避難時間への影響など、対策の効果を客観的なデータで示すことが可能となった。

研究成果の概要(英文)：In this research, we present best practices for disaster prevention and reduction measures as basic research aiming at planning and evaluation by objective indicators on the disaster prevention and reduction measures of hospitals against earthquake and tsunami disaster using the system simulation method. We conducted experiments using the system simulation method on the disaster mitigation plan of a model hospital actively working on disaster countermeasures and continuing the formulation and modification of BCP. As a result, in evacuation plans, if evacuation time is increased by 10%, the total evacuation time is increased by 2.34 times, such as the evacuation time due to the proportion of patient types by transportation method and the evacuation time due to difference in day and night personnel allocation. It was possible to show the effect of plan by objective data.

研究分野：臨床看護学

キーワード：病院防災 ベストプラクティス システムシミュレーション 防災・減災対策 BCP

### 1. 研究開始当初の背景

阪神・淡路大震災を契機として、我が国の災害医療体制の方向性は大きく見直され、地域単位での医療の強化や応援体制の整備、災害拠点病院の整備、広域災害・救急医療情報システムの整備など、災害時医療確保のための体制整備が図られてきた。病院自体の防災については、病院防災マニュアル作成ガイドラインが示され、各病院が災害時起こりうる被害を予測し、平時よりその対応策を実施することで、病院自体の被害を最小限に留め、災害時医療の確保を図ることが求められている。しかし、2011年の東日本大震災においては、被災3県の病院380施設のうち全壊10施設、一部損壊が290施設に上った。また、研究代表者らが東海地域の200床以上の病院を対象として行った防災対策調査では、ほとんどの病院でマニュアルは作成されているものの、震度や津波の予測に応じた対策を取り入れている施設は3分の1にとどまり、約4分の1の施設で災害対策の内容は不十分であると評価していた。災害は非日常的であるが故に、各病院に適した防災・減災対策の考案や効果・効率性を評価することは困難である。

そこで、本研究では、地震と津波災害の防災・減災対策について、調査により収集した多様な対策を、システムシミュレーションの手法を用いて客観的指標により評価する。今回は基礎的な研究として、主に典型的なモデル病院における立地条件や構造、診療機能特性に応じた最適な防災・減災対策のベストプラクティスを提示することを目的とする。将来的には多様な立地条件や施設の物理的・機能的条件を設定し、その条件下でのシミュレーション結果から、特定条件下での最適なベストプラクティスを提示することを目指す。

本研究の特色は、防災・減災対策の評価に、システムシミュレーションの手法を取り入れる点にある。研究代表者らは、これまでシステムシミュレーションを用いた客観的な指標による医療・看護の業務改善点の明確化、改善策の比較に取り組んできた。コンピュータ上のシステムシミュレーションにより、現実では比較困難な多様な条件下で、複数の対策を実施した際に、特定の指標がどのような結果になるかを、客観的に評価することが可能である。例えば避難経路の相違による一定時間内の避難可能者数や避難渋滞発生距離や頻度の比較、外部医療支援人員の投入先の相違による診療件数や診療待ち時間の比較など、現実的に評価が困難な災害対策についての評価が可能となる。

このような災害対策の評価方法を確立できれば、一定の指標に基づく根拠のある病院防災・減災対策の知識を蓄積することが可能となる。多様な立地条件や構造、診療機能特性に応じた最適な防災・減災対策のベストプラクティスを提示することで、病院個別の効果的な防災・減災対策策定の推進に役立つも

のと考える。

### 2. 研究の目的

本研究では、地震と津波災害の防災・減災対策について、調査により収集した多様な対策を、システムシミュレーションの手法を用いて客観的指標により評価する。今回は基礎的な研究として、主に典型的なモデル病院における立地条件や構造、診療機能特性に応じた最適な防災・減災対策のベストプラクティスを提示することを目的とする。将来的には多様な立地条件や施設の物理的・機能的条件を設定し、その条件下でのシミュレーション結果から、特定条件下での最適なベストプラクティスを提示することを目指す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 研究方法の概要

本研究では、南海トラフ巨大地震の災害対策を想定し、被害予測地域の病院を対象として、第一に防災・減災対策の現状把握と、病院共通の対策並びに立地・構造・機能類型別に見た個別対策の要件を明らかにするための質問紙調査を実施した。第二に、協力施設への訪問調査によって、より詳細な防災・減災対策の情報、被害予測と関連した立地条件、病院の構造・機能に関する情報を得て分析し、ベストプラクティス案を抽出した。第三に、訪問調査情報から、システムシミュレーション実験に向けた病院システムのモデル化を行い、立地条件・病院構造・診療機能の類型別に、質問紙調査と訪問調査から抽出した防災・減災対策のベストプラクティス案を、システムシミュレーション実験によって評価した。

#### (2) 防災・減災対策質問紙調査

目的：立地条件・構造・診療機能類型による防災・減災対策の現状把握と共通要件の抽出。  
対象：南海トラフ巨大地震の被害予測がなされている東海北陸、近畿、中国四国、九州の200床以上の総合病院を対象とし、層化無作為抽出にて調査対象病院の標本を抽出した。  
調査方法：郵送質問紙法により、サンプリングされた病院の看護部宛に調査協力を依頼する文書とともに、質問紙を郵送し同封の封筒で個別の回収を行った。

調査内容：建物階、延べ床面積、築年、改修・増築年、耐震・免震化などの建物の基本情報、病床数、職員数、病棟・外来、手術室、ICU、透析室などの診療ユニット、平均外来患者数、平均入院患者数、平均在院日数など診療機能に関する基本情報、ならびに防災・災害対策に関する実施状況、工夫点、困難な点などとした。

#### (3) 協力施設の訪問調査

目的：立地条件・構造・診療機能類型に基づくベストプラクティス案の抽出とモデル要素の収集。

対象施設：研究協力で同意の得られた施設から、被害予測と関連した立地条件、建物の構

造、診療機能の類型を代表する典型的な施設で、災害対策を積極的に進めているモデル病院を抽出した。

調査方法：

研究代表者と研究分担者が直接施設を訪問し、詳細な聞き取り調査を行った。なお、許可を得て施設の設備等映像による記録を行なった。

診療ユニットの個数や位置関係、人員配置や診療工程の概要、ライフラインの状況など病院システムモデル構築のために必要な要素について情報を得た。

#### (4) 病院システムモデルの構築とシミュレーション実験

目的：シミュレーション実験を行うためのコンピュータ上の仮想病院基本モデルの構築し、防災・減災対策のシミュレーション実験による評価。

方法：システムシミュレーションソフトウェア ARENA を用いて、類型化された複数のモデル病院について、コンピュータ上の仮想システムモデルを構築する。モデルの構築にあたっては、協力施設とシステムシミュレーションに関する専門家の協力を得た。

#### (5) 倫理的配慮

研究の実施に当たっては、所属施設の倫理委員会の承認、ならびにモデル病院の倫理委員会の承認を得て実施した。

### 4. 研究成果

#### (1) 郵送質問紙調査による病院防災・減災対策の現状

近畿2府4県(大阪・京都・滋賀・奈良・兵庫・和歌山)にある病院のうち、病床数が200床以上かつ手術室を有すると考えられる全病院の看護部防災担当者の方を対象とした質問紙調査を2014年7~8月に、四国4県(徳島県、香川県、愛媛県、高知県)と九州7県(福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県)の病院のうち病床数200床以上を有する全病院の看護部防災担当者を対象とした調査を、平成27年6月~9月に実施した。

近畿地方の調査では、回収率は17.8%(49件)、有効回答率は95.9%(47件)であった。近畿地方の病院は沿岸部が14.9%、都心部が59.6%と都心部にある割合が高く、東海地方と比較しても有意な差が出た。体制面では食料備蓄は平均2.7日、医薬品を備蓄している病院の割合は70.2%など、備蓄面で不安があった。また災害拠点病院は災害拠点病院ではない病院に比べ救護所の設置やマニュアル改訂などの防災対策に関するいくつかの項目で有意に行っている割合が高かった。施設面では新耐震基準が導入された1981年以降の病院の割合が86.0%と高かったが、1981以前の建築で耐震補強もしていない病院もあった。家具固定率が90%以上の部門は4項目で東海地方のほうが有意に高かった。教

育・防災訓練について教育は76.6%で東海地方は75.0%とほぼ同じ割合で行われており、防災訓練では、実施している病院の53.2%が他施設・機関との協働で行っていた。

中国・四国地方の調査では、回収率は17.1%(87件)であり、そのうち有効回答率は98.9%(86件)であった。回答のあった全施設のうち、地域のハザードマップにおいて病院がどこに位置するか把握している施設は71件(82.5%)、把握していない施設は14件(16.3%)であった。また、今後起こりうる地震の最大予測震度と津波の最大到達水位予測を把握している病院は44件(51.2%)であり、把握していない病院が39件(45.3%)であった。防災マニュアルは80件(93%)の施設が保有していた。津波の被害予測と防災マニュアルの津波対応の関係では、ハザードマップにて津波予測被害地内であると回答した施設21件のうち、5件は津波に対応を保有しておらず、予測津波到達水位が「0mより大きく5m未満」として施設19件のうち10件は津波に対応したマニュアルを保有していなかった。医薬品備蓄については「あり」が34件(39.5%)、「なし」が17件(22.1%)、「不明」が11件(12.8%)であった。また、防災減災教育は16件(18.6%)の施設で行われていなかった。自由回答記述においては、備蓄や具体的対策、防災訓練・教育の不十分さへの不安や、責任者やリーダーが不明確である、方法が分からない、日常業務との両立の困難さや予算不足などの理由から防災対策がうまく進まないこと、職員の災害への意識の低さなどが挙げられていた。

#### (2) モデル病院のベストプラクティス

モデル病院は139床の岐阜県にある病院で、東日本大震災と病院の新築を契機に、平成24年から事業継続計画(以下BCP; Business Continuity Plan)の策定を開始した。当初BCPの雛形を手本として作成を進めるものの、使えるBCPには程遠い状態にあったという。BCPとは、災害等の非常事態発生による事業の被害を予測して、ダメージをできる限り低減し、事業を継続、復旧するための準備体制と方策をまとめた計画である。県のBCP策定支援事業の対象として支援を受けながら、ミッションベースのBCP策定とそれに基づく訓練と計画の修正に取り組み、院内で定着させることに成功している。BCP策定の波及効果として、災害をはじめとしたトラブルへの職員の関心の向上や職場風土の醸造とともに、非常時を想定した日常業務の改善によるサービスの質の向上が認められている。その成果が認められ、2016年には政府の内閣官房国土強靱化推進室のガイドラインに基づいたレジリエンス認証を受けた病院の第一号となった。

#### (3) 避難シミュレーション分析

群集密度関数を活用し、モデル病院の4階病棟のシミュレーションモデルを構築した。患者タイプを担送、護送、独歩の3タイプに

分類し、先行研究より測定された移動速度と必要面積をパラメータとして用いた。4階病棟60床に入院している60名の患者について、病院の実データから平均的な担送患者の割合を21%、護送患者を56%、独歩患者を13%と設定し、条件を変えて100回のシミュレーション実験を実施した。

日勤で看護師が12名いる場合は、4階の各病室から1階フロアまですべての患者の避難に要する時間は、平均28.17分であり、担送患者が最も搬送に時間を要することが明らかとなった。独歩の患者は、最も遅いケースで21.17分かかるものの、平均すると5.49分で1階までの避難が完了することが示された。担送患者の割合を10%~70%まで変化させた場合、看護師12名の日勤体制では、避難時間の平均値は、担送患者70%時の最小28.24分から、担送患者40%の最大28.91分まで大きな変動はないが、看護師4名の夜勤体制では、70%時の最小30.97分から10%の最大45.99分まで、患者割合の減少に伴う避難時間の延長が明らかとなった。

#### (4) 考察

病院防災・減災対策調査の結果から、これまでに調査を実施した東海地域を含め、南海トラフ巨大地震が予測される太平洋沿岸の3地域の災害対策の現状を明らかにした。今回対象となった3地域においては、全国に比較して耐震化率が低く、特に、近畿地方、四国・九州地方では400床未満の中小規模病院において耐震化が進んでいないことが推察された。このような構造上の特徴に対して、家具固定を実施しているのは、いずれの地方においても30~40%台にとどまっており、免震化・耐震化されていない施設が30%以上を占める近畿地方や四国・九州地方においては、病院の構造的な防災・減災対策が十分でないことから、比較的簡便である防災対策としての家具固定を推進することが課題であると考えられた。

体制面の備えとして、3地域を通じて地震や火災に対する災害予測を持って対応を検討しているが、河川洪水、台風といった自然災害については、十分検討されているとはいえない現状が明らかになった。その一方で3地域において対応する災害マニュアルに違いが認められ、一部の施設においては地域特性を踏まえた自施設の災害予測を持って対応マニュアルの作成の取り組んでいることが考えられたことから、今後はこのような地域特性に基づいた災害予測を踏まえたマニュアル作成への取り組みを推進していくことが課題になると考えられた。教育・訓練における備えとして、3地方とも防災訓練の実施率は高かったが、自施設内での実動訓練が多く、いずれの地方においても地域との連携を図り効果的な防災体制の構築が課題になると考えられる。

災害マニュアルについては、ベストプラクティスモデル病院のようなより汎用性の高

いBCP策定が求められる。厚生労働省は、2012年の医政局長通知「災害時における医療体制の充実強化について」により、医療機関が自らの被災を想定したBCPの作成を推進している。しかし2012年時点の内閣府のBCP策定状況に関する調査において、BCP策定済みの医療施設は7.1%であり、電気事業66.7%、通信事業40.0%、ガス事業40.5%など、他のライフライン事業者と比較すると極端に少ない。その理由としては、策定に必要な情報・スキル・ノウハウ・人員の不足が上位に挙げられている。本研究の調査でも、特に全病院の60%弱を占める中小規模の病院では、対策の遅れが目立っていた。今後は、国内の病院の60%を絞める中小規模病院でのBCP策定が大きな課題となる。

モデル病院では、例年多様な想定で避難訓練を実施している。訓練後には参加スタッフ全員でディスカッションを行い、そこで出た意見はBCPの修正に反映されている。また、訓練の実施により、災害に対する職員の関心の継続と、日常業務改善につながるという効果も得られていた。一方で、訓練には多大な人的・時間的なコストがかかるという側面もある。また、数回の訓練状況から、対策の妥当性を評価することの限界もある。本研究で実施したシミュレーション実験により、実際に訓練での検証が困難な夜勤体制での避難時間や、患者タイプ別の避難時間などが客観的データとして得られた。シミュレーションによって提案した避難方法を、今後実訓練で実証し、さらに詳細なプランの改善に役立てることも可能である。BCPの策定と評価において、システムシミュレーションの手法は、人的・時間的なコストを節約しながら効果的な対策の立案・評価に役立つことが示された。

#### (5) 結論

南海トラフ巨大地震が予測されている太平洋沿岸地域の病院の中でも、400床以下の中小規模病院で建物の耐震化が進んでおらず、なおかつ家具固定等の対策も十分でない状況が明らかとなった。マニュアルの整備や災害対策訓練の実施率は高く、これまでの震災の経験が活かされている面も認められた。一方で、部門別の対策や、水害についての対策の実施率は高いとはいえ、BCPのような汎用性の高い全体的な危機管理の対策が必要である。

県の助成事業の支援を受けて、BCPの策定に取り組み、組織的に災害対策の風土が形成されるとともに、継続的にBCPの改善に取り組んでいるモデル病院をベストプラクティスとして、シミュレーションによる分析を実施した。避難についてのシミュレーション実験により、日勤帯と夜勤帯の人員配置の相違による避難時間の相違や、搬送種別の患者割合の変化による避難時間の変化などを客観的に示すことが可能となった。今後は、中小規模の病院を対象とし、シミュレーションの手法を用いたBCP策定支援の展開につな

げたい。これによって、効率的かつ効果的な災害対策の支援が可能となる。

最後に、本研究にご協力くださったすべての方々に深く感謝申し上げます。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

横内光子, 震災を踏まえた災害医療の発展と課題, 日本地震工学会誌, 招待, 28, 34-40, 2016.

横内光子, 井上学, 水野亜里沙, 東海地方の病院における災害対策の現状と課題, 日本災害看護学会誌, 査読有, 17(3), 42-57, 2016.

武田あや乃, 横内光子, 桑海峡, 古田唯, システムシミュレーションによる大学避難経路の検討, ITヘルスケア, 査読有, 11, 103-106, 2016.

Mitsuko Yokouchi, Yuri Hasegawa, Ryosuke Sasaki, Rie Gaku, Yukinori Murata, Nobuko Mizuno, Asuka Inaba, Toshinori Tanaka, Operations analysis of hospital ward evacuation using a crowd density model with occupancy area and velocity by patient type. Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference, 査読有, Accepted in 6/14/2017.

〔学会発表〕(計 6 件)

横内光子, 井上学, 高田和, 村田幸則, 長谷川有里, 病院の災害対策を推進する要素の抽出と概念化, 日本災害看護学会第 17 回年次大会, 仙台国際センター(宮城県仙台市), 2015 年 8 月 8 - 9 日.

村田幸則, 横内光子, 水野亜莉沙, 長谷川有里, 手術部門の災害対策における問題と課題の特徴, 日本災害看護学会第 17 回年次大会, 仙台国際センター(宮城県仙台市), 2015 年 8 月 8 - 9 日.

高田和, 岡本真愛, 横内光子, 近畿地方の病院防災・減災対策の現状 - 病院全体の防災・減災対策の現状と今後の課題 -, 日本災害看護学会第 17 回年次大会, 仙台国際センター(宮城県仙台市), 2015 年 8 月 8 - 9 日.

岡本真愛, 高田和, 横内光子, 近畿地方の病院防災・減災対策の現状 手術室における防災・減災対策の現状と今後の課題, 日本災害看護学会第 17 回年次大会, 仙台国際センター(宮城県仙台市), 2015 年 8 月 8 - 9 日.

竹内友理, 田中彩音, 横内光子, 四国・九州地方の病院防災・減災対策の現状 - 病院全体の防災・減災対策の現状と課題 -, 久留米シティプラザ(福岡県久留

米), 2016 年 8 月 26 - 27 日.

田中彩音, 竹内友理, 横内光子, 四国・九州地方の病院防災・減災対策の現状 - 手術室における防災・減災対策の現状と課題 -, 日本災害看護学会第 18 回年次大会, 久留米シティプラザ(福岡県久留米), 2016 年 8 月 26 - 27 日.

〔図書〕(計 0 件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

なし

取得状況(計 件)

なし

〔その他〕

ホームページ等

なし

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

横内 光子 (YOKOUCHI, Mitsuko)

神戸女子大学・看護学部・教授

研究者番号: 10326316

##### (2) 研究分担者

村田 幸則 (MURATA, Yukinori)

藤田保健衛生大学・医療科学部・助教

研究者番号: 00566101

水野 暢子 (MIZUNO, Nobuko)

藤田保健衛生大学・医療科学部・教授

研究者番号: 80338201

##### (3) 連携研究者

なし

##### (4) 研究協力者

岳 理恵 (GAKU, Rie)

桃山学院大学・経営学部・准教授

稲葉 明日香 (INABA, Asuka)

医療法人友愛会・岩砂病院・岩砂マタニティ・経営企画室部長

田中 利典 (TANAKA, Toshinori)

医療法人友愛会・岩砂病院・岩砂マタニティ・医療技術部長

長谷川 友里 (HASEGAWA, Yuri)

神戸女子大学・看護学部・助手

佐々木 亮輔 (SASAKI, Ryosuke)

神戸女子大学・看護学部・助手