

総合研究報告

令和4・5・6年度厚生労働行政推進調査事業費補助金(地域医療基盤開発推進研究事業)
「大規模災害時における地域連携を踏まえた更なる災害医療提供体制強化に関する研究」

分担研究総合研究報告書

「災害時における医療ニーズとリソースの定量的評価に関する研究」

研究分担者 森村 尚登(東洋大学情報連携学学術実業連携機構教授)

研究要旨

【目的】地域の实情に応じた都道府県の国土強靱化計画の策定支援を行うために、災害時における医療ニーズとリソースの定量的評価指標の開発と定量的評価ならびにマッピングによる可視化を検討する。【方法】①大規模地震想定:ウェブ上に作成した「災害時の医療ハザードマップ」を精緻化。②河川氾濫による浸水害想定:標準化リスク評価法の策定。【結果】①令和3年度に策定したハザードマップのグラフの整理、見やすいレイアウト、マップ中の文字の大きさ、用語修正などを行い、行政担当者や非専門家でも直感的に操作しやすく視認性の高い構成を実現。②荒川下流域現地視察:河川氾濫の脆弱箇所と周辺医療機関との位置関係などに関して調査船で視察調査を実施。次に水害が地域医療リソースに及ぼすリスクの評価手順の標準化の試み:EMISデータと、既に公表されている内閣府による大規模水害リスクのシミュレーション情報などを活用して、対象地域内医療機関類型や属性とインフラ(特に電源)情報を地図に落とし込んだうえで、仮想水害の時間経過と病院被災程度の関係を検討した。【結果・考察】①今回主にユーザインターフェース(UI)の視点から改訂したウェブアプリケーションは、災害拠点病院ごとのカバーエリアにおける医療需給比を容易に可視化し、地域内の脆弱性に基づく計画策定支援に寄与するものと思われる。②-1. 非動的評価:全国網羅的に公表されているデータセットと医療機関ごとの電源設置場所情報等を用いることによって、想定河川が及ぼす浸水害医療リスクアセスメントの一部(電源機能)を簡便に行うことができた。②-2. 動的評価:行政が示す破堤までの2~6時間における段階的な河川氾濫の警告レベルを念頭に置いたうえで、想定病院の動的・経時的リスク評価指標として、「浸水ナビ(国土交通省)」を活用した河川プロットデータ中の、「最も早い破堤後の浸水到達時間」、「最大浸水深」、「最長浸水継続時間」、「病院立地場所における家屋倒壊の程度」を選択し、仮想病院の場所においてシミュレーションを行い、リスクを可視化し、リスク評価のためのデータソースの提示と具体的な方法を提示した。【結語】大規模地震を想定したユーザインターフェース(UI)の視点から改訂したウェブアプリケーションは災害拠点病院ごとのカバーエリアにおける医療需給比を容易に可視化し、地域内の脆弱性に基づく計画策定支援に寄与する。また、浸水害時は主に医療供給側のリスク評価が重要であり、病院被災の経時的程度の定量化、可視化は、地域の脆弱性を明確にし、その強化補強の計画策定に大いに寄与する。

研究協力者

田中 淳:東京大学大学院情報学環特任教授
猪口 正孝:東京都病院協会会長

清田 和也:さいたま赤十字病院院長
高橋 耕平:横浜市立市民病院救急科部長
問田 千晶:信州大学医学部救急集中治療医学講師
大田 祥子:日本薬科大学薬学部医療ビジネス薬科

学科教授

野口 英一：戸田中央メディカルケアグループ災害対策特別顧問

蛭間 芳樹：株式会社日本政策投資銀行、東京大学生産技術研究所協力研究員

A. 研究目的

地域ごとの災害種別の医療ニーズとリソースの定量的評価による都道府県の国土強靱化計画の策定支援が本研究結果の目指すところである。地域の実情に応じた災害医療体制を提供するため、災害時における医療ニーズとリソースの定量的評価を各都道府県に反映し、都道府県の国土強靱化計画の策定支援は重要である。本分担研究の目的は、都道府県毎の「災害時の医療ハザードマップ」の作成と医療提供面で脆弱なエリアの抽出を可視化する手法を確立することである。今までに本研究班は、首都直下地震（東京湾北部地震）を想定における「東京都内」の災害時の医療需給比（リスクリソース比：RRR）の定量的評価とその可視化を試みてきた。医療需要として想定災害における予測傷病者数と重症者数を、また医療供給力の指標として、平時の医療供給力とその修飾因子を規定してきた。平時の医療供給力は、病院ストラクチャー・インフラストラクチャーの維持の程度に係る項目であり、病院の総病床数、医師数、看護師数で表現してきた。また修飾因子としては、人・モノに係る補給力・輸送力に影響を与えられ「道路リンク閉塞因子」に着目して検討してきた。加えて東京を中心とした関東圏におけるRRRを算出しウェブサイト上での可視化を試みてきた。

以上に鑑み、本分担研究班の具体的な研究目的は、第一にウェブ上に作成した大規模地震災害を想定した「災害時の医療ハザードマップ」の精緻化によって視認性並びに操作性の向上であり、第二に河川氾濫による浸水害の医療リスクの評価方法の策定である。

B. 研究方法

① 「大規模地震災害を想定した医療需要可視化サイト」の視認性・操作性向上に関する研究：

まず昨年度同様に、対象地域の各災害拠点病院の診療担当エリアを半径 2km 圏と仮定して各病院の『医療需要』と『調整医療供給力』の比（『需給均衡比（Hospital Risk-Resource Ratio：RRR）』）と、病院ごとの災害時必要支援量（Additional T スコア：a-T スコア）を算出した。また、Hospital RRR と a-T スコアの組み合わせを用いて『災害時支援優先度』を決定し、各病院を 5 類型に分類した。a-T スコアを算出するにあたり、昨年同様の方法を用いて、まず平時の病院医療需給均衡比（Base RRR）を算出した。各病院あたりの平時の急性期の医療需要の定量指標を『一日あたりの救急患者数』とし、この値を当該病院の総合 T スコアで除した値を Base RRR とした。次に、Base RRR の 2 倍までの繁忙を許容し、Base RRR×2=病院エリア内の災害時負傷者数 / (a-T スコア + T スコア) の式から a-T スコアを算出した。次に、これらの数値をマッピングして、令和 3 年度の研究において試行版として開発した「大規模災害における医療需要可視化サイト」（URL：<http://rrrgis.sakura.ne.jp/>、ユーザー名 rrr、パスワード Rrr20210331）に反映させた。このサイトのユーザビリティの向上を目的として、今後の一般公開を見据えて、本研究班の協力研究者を対象として、本サイトの使用感ならびに改善点を narrative に抽出した。利用者が、災害医療の提供にかかわるリスクを示す指標を確認するのみではなく、病院が自院の災害リスクを減ずるための対策を立てたり、行政が地域の災害医療体制整備計画に役立てたりすることができることが理想である。これらを踏まえて、ウェブアプリケーションのユーザビリティについて評価し改善点を抽出した。本研究班協力者自身がエンドユーザの視点からウェブアプリケーションを操作し、探索的に評価を行った。評価にあたった 10 名中 7 名は災害および救急医療の現場や提供体制整備のあり方に精通しており、エンドユーザ

の特性や目標、利用状況に適合した評価者と考えられる。評価の視点は、UI (User Interface (ユーザインターフェース)) の改善の必要性、すなわちユーザーとコンピュータとが情報をやり取りする際に接する、機器やソフトウェアの操作画面や操作方法の改善点を念頭に置いて行われた。

② 河川氾濫による浸水害のリスク評価

検討に先立ち荒川下流域現地視察を実施した。河川氾濫の脆弱箇所と周辺医療機関との位置関係などに関して調査船からの視察調査を実施。仮想水害対象を荒川下流域とした。2023年12月8日に国土交通省関東地方整備局荒川下流河川事務所の協力を得て調査船上から以下の項目について調査した。

- 1) 荒川とその氾濫の特徴
- 2) 浸水想定において東京都と埼玉県でそれぞれ影響が大きい地点の確認
- 3) 浸水想定において重要水防個所など、越流の可能性が高い地点の確認

上述情報を収集し、当該地域の各医療機関への影響を検討した。

②-1. 非動的評価

浸水害が地域医療リソースに及ぼすリスクの評価手順の策定を目的として、既に公表されている内閣府による大規模水害リスクのシミュレーション情報などを活用して、対象地域内医療機関類型や属性とインフラ (特に電源) 情報を地図に落とし込んだうえで、仮想水害の時間経過と病院被災程度との関係を基にリスクを評価していく手順を検討した。

②-2. 動的評価

河川氾濫警告に係る行政担当策定の指標について以下のサイトを参考にして、検討を行った。

防災気象情報と警戒レベルとの対応について:

国土交通省気象庁

(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/alertlevel.html>)

そのうえで、全国の河川氾濫想定におけるリスク

評価時に必要な項目と方法の標準化を図った。対象河川を荒川とし、リスク評価対象病院は、当該地域の災害拠点病院・地域中核病院ほかすべてとした。一級河川 (国管理) の場合には浸水ナビ (国土交通省: <https://suiboumap.gsi.go.jp/>)、そうでない場合には市町村作成ハザードマップを用いて、下記項目を病院ごとのリスクとして検索する。

※例: 浸水ナビを活用した場合、プロットされた仮定の破堤場所ごとのデータを抽出し、以下のデータを抽出した。

- a. 河川プロットデータ中で「最も早い破堤後の浸水到達時間」(いわゆる緊急度)
- b. 同データ中で「最大浸水深」(いわゆる重症度)
- c. 同データ中で「最長浸水継続時間」
- d. 病院立地場所における家屋倒壊の程度 (検討中)

これらのデータを以て対象病院のリスク評価指標とし、各病院のリスクを明らかにした。

C. 研究結果

① 「大規模地震災害を想定した医療需要可視化サイト」の視認性・操作性向上に関する研究:

評価者により抽出された問題点を基に、下記の項目について改訂を行った。

1. サイト内文言変更
 - 1-a: サイト文言変更
 - 1-b: グラフ文言変更
 - 1-c: UI ボタン文言変更
2. 地図・グラフ機能のUI改善
 - 2-a: 地図・グラフの切り替え UI 変更
 - 2-b: 自治体表示機能の未選択時の非表示化
3. 地図機能の改善
 - 3-a: 地図・グラフの表示順序変更
 - 3-b: 病院検索・負傷者表示機能の UI 変更

② 河川氾濫による浸水害のリスク評価 荒川下流域現地視察

岩淵水門から下流の荒川 (荒川下流域) は、度重

なる洪水から首都東京を守るため、人工的に掘削された放水路(大正 13 年<1924>通水)である。放水路部分の長さは 22km で対岸との距離は約 500m である。荒川下流域は、首都圏を貫流する典型的な都市河川であり、人口や資産が極度に集中しているため、治水安全度も極めて高い地域といえる。2023 年 12 月 8 日に協力研究者とともに、荒川下流域を災害対策支援船(図1)で視察した。当該地域の水防に係る行政担当者から水位のモニタリングとアラートの仕組みや裾野が広くなだらかな堤防(スーパー堤防)による水防の取り組み、加えて堤防決壊に係る重点地域と対策の取り組みなどについて放水路を遡上しながら説明を受けた。また近隣の災害拠点病院や地域の中核病院の位置をおおまかに視認し概ねの距離感を共有した。



図1 災害対策支援船「あらかわ」

② -1. 非動的評価

浸水害

厚労科研「国土強靱化計画をふまえ地域の実情に応じた災害医療提供体制に関する研究(平成 31 年 4 月～令和 3 年 3 月): 浸水害時の医療リソース減少に関する研究(森村分担研究班研究協力者 高橋耕平報告)*」の手法(図2, 3, 4)を用いて、以下のような評価手順を作成した。



図2 荒川氾濫シミュレーションによる経時的浸水程度の推移*

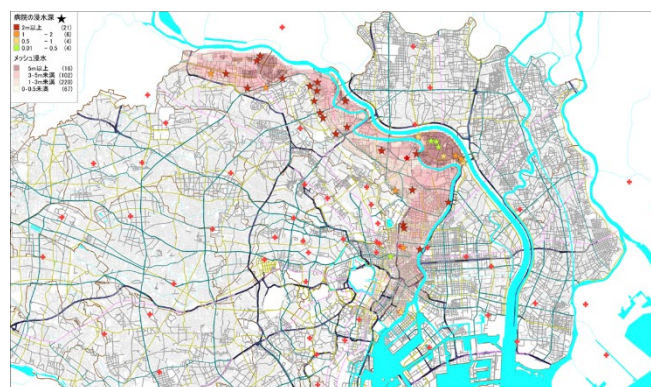


図3 荒川氾濫シミュレーションによる経時的浸水地域内医療機関の位置*

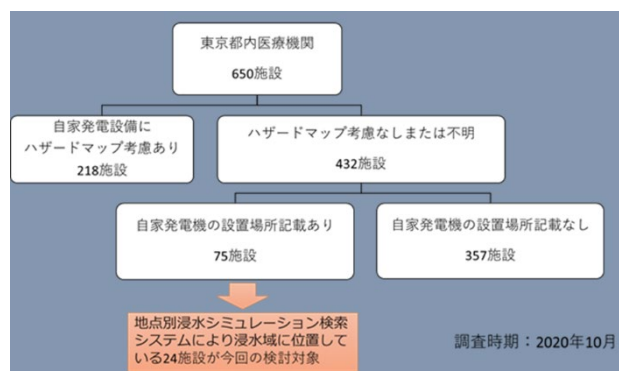


図4 EMIS を用いた医療機関の浸水リスク評価(荒川モデル)*

□ 水害が地域医療リソースに及ぼすリスクの評価(浸水害医療リスクアセスメント)手順

例(東京都豊島区)

1) EMIS上検索(図5)

病院基本情報	浸水情報	自家発電情報	電源喪失リスク	備考
医療機関名	最大浸水深 (m)	浸水継続時間 (時間)	EEEEEEEE (備考)	電源喪失の可能性
病院	0	15分00	なし	
病院	0.4	10分10	なし	
病院	0	0	なし	
病院	0.25	0	なし	
病院	2.58 6~9	00	あり	電源設備の位置情報不明
病院	0	0	なし	
病院	1.57 3~6	0	あり	電源設備の位置情報不明
病院	0.88	0	あり	電源設備の位置情報不明
病院	0.24	0	なし	
病院	0.17	0	なし	
病院	0	0	なし	
病院	1.73	10分10	なし	ハザードマップを考慮した対象ありのためリスクなしと判断

図5 EMIS入力データからの当該地域内病院のリスク評価

(ア) 住所記載のある対象地域(市区町村)の病院を抽出。

(イ) 自家発電装置の記載の有無と場所の確認

2) 浸水想定地区に立地しているか否かを確認

(ア) まず国土交通省の浸水ナビ(一級河川のみを対象)で確認: 浸水ナビ(国土交通省)

<https://suiboumap.gsi.go.jp/>



(イ) 次に自治体(例:東京都)が提供しているサイト(浸水リスク検索サービスで確認: 浸水リスク検索サービス(東京都) https://www.kensetsu2.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/river/chusho_seibi/risk/kensaku.html を利用して最大浸水深を検索。



(ウ) 床上浸水の基準が0.5m以上の浸水であることに鑑みて、敷地内に0.5m以上の浸水が想定される病院を電源喪失リスクがあると定義する。

(エ) リスクありに類型化されたいずれの病院も電源設備の正確な位置情報を必要とするので、本結果をスクリーニング結果ととらえたうえで、最終的には対象となった病院へのヒアリングによりリスクの確認を行う。

以下に本手法によるマッピングの例を示した(図6)

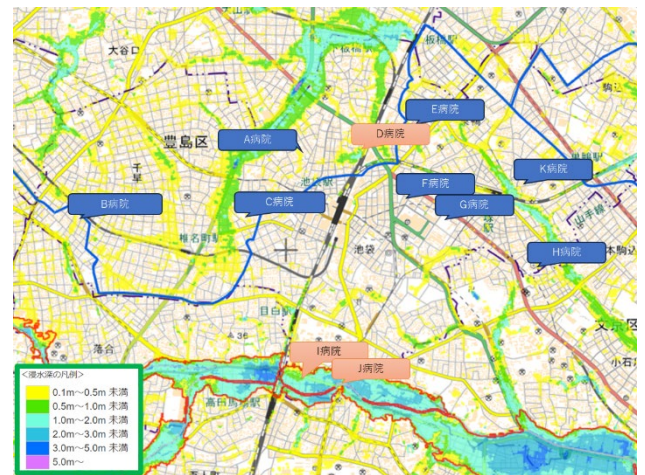


図6 リスクアセスメント結果のマッピング

③ -2. 動的評価

浸水ナビを活用し、方法の章で示したデータを抽出して、京成本線荒川橋橋梁付近の病院(*: 仮想)におけるリスク評価の例を図7, 8に示した。



図7. 浸水ナビによる荒川下流域におけるデータ抽出: ●仮想破堤場所(破堤そのもののリスクに基づくものではなく、河川を網羅的に解析するためにプロットされたもの); ●仮想病院の位置(*)に最大浸水深をもたらず仮想破堤場所; X実際に破堤リスクの高い場所(京成本線荒川橋梁近)

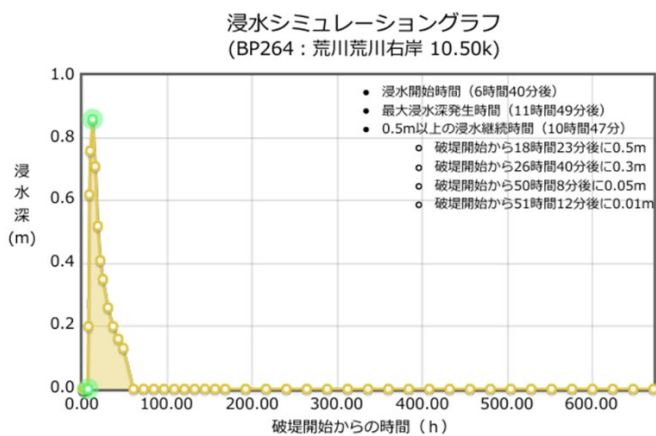


図8. 仮想病院の場所(*)における浸水深の経時的推移(最大浸水深をもたらすと予測される場所が破堤した場合のデータを用いた)

D. 考察

本研究班によるウェブアプリケーションの特徴は、災害時の需要と供給をマップで視覚化するとともに、首都直下地震の際の病院ごとの支援必要度を指標にして視覚化したことにある。GIS によって医療の需要や供給について視覚化されているものは多くあるが、災害時の需要と供給を統合させて視覚化したツールは多くはない。

今回本研究班が開発した指標は、事前に災害対応を計画するための指標、つまり道具の利用が望まれると考える。指標の視覚化に GIS を用いる手法は、都市計画や医療提供体制の検討などにおいて多くみられる。Kaneko らは、4 つの医療サービスを選択し、年齢別人口などの公表されたデータから、地域別の医療必要量をランキングし、定量的なニーズを可視化することによって、健康政策立案における意思決定支援の促進になることを報告した(Kaneko Y, Takano T, Nakamura K. *Visual localisation of community health needs to rational decision-making in public health services. Health Place.* 2003;9:241-251.)。

本研究において、視覚化された病院ごとの「医療支援必要度」は、効果的な病院への資源の配分や、実際に災害時にサービスを提供すべき場所の洗い出し

と対策など、病院管理者や医療施策の立案者の意思決定を支援できる可能性がある。このような仕組みは、意思決定支援システム (Decision support system; DSS)、あるいは、都市計画などにおいては立案支援システム (Planning support system; PSS) と呼ばれている。

一方で、具体的な災害対策にウェブアプリケーションを十分役立てるにはさらなるウェブアプリケーションの機能の検討が必要である。Hooper⁴ らは、都市計画において研究として作成した評価の枠組みを具体的な都市計画に役立たせるための要素として以下の 4 つをあげている。①計画前のみでなく、計画後の変化の視覚化 ②いくつかプランにおける変化について、ステークホルダーや利害関係者の理解を得ること、③指標値の具体的な改善程度を示す事による計画の説明と周知、④地域住民からのフィードバックに対する即時的な計画への反映と効果である。

(Hooper P, Boulange C, Arciniegas G, Foster S, Bolleter J, Pettit C. *Exploring the potential for planning support systems to bridge the research-translation gap between public health and urban planning. Int J Heal Geogr.* 2021;20:36. doi:10.1186/s12942-021-00291-z)。

今後、ウェブアプリケーションの公表に向けて、指標の妥当性とユーザビリティ向上のために、関係者による Think-aloud 法による評価を継続していく予定である。またその公表に際しては、関係者への十分な説明のプロセスが重要である。さらにウェブアプリケーションを実社会で活用するためには、対策を反映させた後の変化が視覚化できるものが理想的であり、ウェブアプリケーションの機能のさらなる検討が必要であると考ええる。

河川氾濫による浸水害のリスク評価については、まず非動的評価指標として、病院所在地における最大浸水深と病院所有の電源設備(自家発電など)の位置関係に着目し、電源喪失リスクを評価した。情報ソースとして所有の電源設備(EMIS 情報、ならびに最大浸水深(国土交通省「浸水ナビ」

<https://suiboumap.gsi.go.jp/>)を用い、全国の災害拠点病院を評価し、類型化を行った。今年度の動的解

析は、Hospital Hazard Time Window Map の策定を念頭に置いて、浸水ナビを利用し、病院が浸水した際におこる電源喪失などのリスク算定に加えて、時間的要素(浸水開始までの時間や浸水継続時間など)を評価項目に加えた。これによって各病院はより具体的なリスクの想定が可能になり、BCPの視点での具体的な対応策立案に寄与する。

今回確認した行政の警報システムに基づき、国が管理する一級河川では、通常浸水リスクが生じる可能性がある場合は事前(通常6時間前くらい)に警報が出されることになっている。また、2時間前には氾濫危険水位や氾濫警戒水域などの情報が出されて、それによって市町村の避難指示や勧告が出されることが再確認された。つまり、実際に堤防が決壊する前に、避難指示や勧告が出される仕組みになっている。したがって、今回検討した破堤から病院が最大浸水深をきたす時間については、あくまでも「破堤してから」であり、警報レベル5(黒)になってからの時間ということになる。行政としては破堤する前に避難などの対策をとるよう警告するものであることに論を待たないが、今回は総合的リスク評価の視点からあえて破堤後の時間も含めて評価することにした。なお、河川ごとに重要水防箇所が指定されている(荒川下流河川事務所の重要水防箇所:

<https://www.ktr.mlit.go.jp/arage/arage00226.html>)が、

その定義が曖昧なため今回は使用しないことにした。国管理以外の河川の浸水リスクは浸水ナビではわからないので、市区町村の持つハザードマップを参考にリスクを算出することができ、その際のハザードとして、家屋倒壊、浸水継続時間、浸水深度が必要になる。なおハザードマップを用いた場合には時間的要素は加味できない点が現時点での課題である。

また、病院への浸水そのものによるリスク評価に加えて、

下水機能など排出機能低下による病院機能低下などのリスク評価についても今後検討する必要がある。

E. 結論

今回主に UI の視点から改訂したウェブアプリケーションは、需給比を容易に可視化し、地域内の脆弱性に基づく計画策定支援に寄与するものと思われる。

浸水害時は主に医療供給側のリスク評価が重要であり、病院被災の経時的程度の定量化、可視化は、地域の脆弱性を明確にし、その強化補強の計画策定に大いに寄与する。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

特になし。

H. 研究発表

1. 論文発表

・ 特になし

2. 学会発表

・ 特になし

I. 知的財産権の出願・登録状況

特になし