

大震災において病院に来院する重傷者数を推計する手法とその活用に関する研究
(博士論文 要旨)

安藤繁 (DD15501)

はじめにでは、大震災を繰り返さざるを得ない日本では、発生する負傷者の救命が社会的課題であり続けているが、救命を担う病院が医療機能継続計画 (BCP) を策定する際に最も曖昧な部分が来院する負傷者数である。よって、このテーマを研究するにあたり知る必要があるファクターの状況を分析し、来院負傷者数を推計する手法を確立することは社会的要請への回答になると位置付けている。

なお、本研究の主たるシミュレーション対象は、最大の人的被害が想定される東京と救命医療を最も必要とする重傷者としている。

第1章では推計手法の検討に関係する主要なファクターの状況を確認するとともに、それらを踏まえた研究の目的を定めている。

まず、「負傷者を受け入れる病院」について状況を確認している。大震災の被害は広域にわたるため、これへの対策は公共機関が主導すべき課題になる。よって、全都道府県の「地域防災計画」、「地域保健医療計画」および詳細版である「災害時医療救護計画」を概観し、自治体が規定する災害時の医療救護体制と負傷者を受け入れる病院の指定状況を確認している。また、東京都等の自治体では、応急手当てを受けた負傷者の内、最終的に重傷者は「災害拠点病院 (阪神・淡路大震災により制度化)」に、中等症は救急病院に收容されるフローを定めるとともに、発災後の時間経過についてフェーズを区分し、フェーズごとに必要な活動を規定していることを指摘している。

次に、「発生する重傷者数」について、各自治体でどのように計算されているのかを調べ、発生する死傷者数 (内、重傷者数) については、東日本大震災を契機に全国的に見直された「地震による被害想定調査」において計算され、市区町村ごとの集計結果が公開されている。その計算プロセスは、地域特有の地震の想定、建物倒壊や火災等の原因ごとの物的被害想定、人的被害想定となっており、ほぼ全国共通の手法によっていることを示している。なお、この調査では、各都道府県に所在する各分野の研究者が参加し最新の知見を導入するとともに、「最悪の事態を想定する」点が特徴的である。しかしながら、この調査においても発生する負傷者と受け入れる病院との関係を明らかにしていないことを指摘している。

更に、「負傷者を病院につなぐ搬送」について検討している。ここでは、重傷者の容態は時々刻々悪化するため、救命には受傷から治療開始までの時間要素が不可欠である一方、自治体の医療救護計画はこれに触れていないこと、外傷系の救急医療分野では、「予測生存率 (Ps: Probability of survival)」を用いた救命の判定手法がみられるが、個別症例への適用に限られていることを指摘するとともに、一般的な救命の限界時間に関するデータが見当たらないため、救急統計で搬送時間が重要な指標となっている状況を踏まえ、「最短時間 (距離) での病院到達」が救命の確度を高めること、また、救急医療の知見を参考にすると1時間以内での治療開始が望ましいことという新たな条件を追加することを述べている。

なお、負傷者数と病院を結び付ける既往研究の多くは、市民の病院選択を重視している。これら

には、ハフモデル手法を用いた試算、住民の病院選択に関するアンケート調査、阪神・淡路大震災時に病院に来院した被災患者の居住地調査等があるが、市民の判断に着目した来院重傷者数の予測手法は社会的な確立には至っていない状況であることを指摘している。

こうした条件に基づき、研究の目的を「大震災において病院に来院する重傷者数を推計する手法を構築するとともにその活用の可能性を検討する」こととしている。

研究の方法は、既に社会で共有されている自治体の公開データ（指定病院一覧、人的被害想定等）を用い、重傷者の発生場所と人数および病院所在地との関係をGIS（地理情報システム）で分析する、また、シミュレーション検討における対象を東京とするとしている。

研究の手順は、重傷者数を格納する地域メッシュと病院分布のGISファイルを作成し、「道路距離計算ソフト」で各メッシュから最短距離の病院を抽出して、その病院ごとにグループ化したメッシュの重傷者数を集計するプロセスで行うことを述べている。

第2章では、来院重傷者数の推計における基本情報として、重傷者の分布データである「重傷メッシュ」と、それを受け入れる「指定病院データ」の作成を行っている。

まず、「重傷メッシュ」は、被害想定の区市町村別重傷者数を人口比（メッシュ人口÷区市町村人口）で配分して求めたメッシュごとの重傷者数を、国勢調査の250m人口メッシュに結合して作成している。また、重傷メッシュは、想定地震（東京都は4地震）と発災時刻（3時刻）ごとに作成することを述べている。なお、重傷者の分布をGISで描画すると、東京湾北部地震モデルでは区部全体かつ特に城東と城南に、多摩直下地震モデルでは東京都全域に、立川断層モデルでは立川市周辺の局所エリアに重傷者密度が濃い傾向がみられることを明らかにしている。

次に「指定病院データ」については、該当する指定病院の名称が自治体により異なるため、重傷者を収容する「災害拠点病院」と中等症を収容する「災害連携病院」の2種類に整理し、全体を「災害病院」と総称している。この災害病院のデータは、国交省の国土数値情報ダウンロードサービスが提供する医療施設データから自治体の指定病院一覧の病院を抽出し、筆者が付与する分類コードとナンバリングを結合して作成することを述べている。また、シミュレーションで使用するために都の県境6kmのバッファ内の災害病院を対象病院としており、GISで描画した災害病院の分布は、区部、特に都心5区に多く、周辺に行くに従い密度が薄くなる傾向がみられることを明らかにしている。

第3章では、「重傷メッシュ」と「災害病院データ」を用いて、開発した道路距離計算ソフトにより来院重傷者数の推計を行っている。ここにおいて、重傷者の生存率は、受傷後に短時間で治療を開始することにより高まるので、最短距離の病院への搬送を基本ルールとしている。

具体的には、約16,000の重傷メッシュの中心と266の災害病院間の道路距離（道路閉塞を考慮し、幅員5.5m以上の道路を使用）を計算し、次に、最短距離の災害病院ごとに該当メッシュをグループ化し、メッシュの重傷者数を集計して来院重傷者数を求めており、このメッシュ群を「災害時診療圏」と名付けている。

また、災害病院と80の災害拠点病院の道路距離を計算し、最短距離の災害拠点病院ごとに災害連携病院をグループ化しており、この病院群を「災害病院連携圏」と名付けている。災害拠点病院

が最終的に収容する重傷者数は、グループの災害連携病院と自院に来院する重傷者数の合計になることを述べている。

推計の結果から、想定地震により来院重傷者が変化する状況がみられ、東京湾北部地震では葛飾区で1,065人の重傷者が来院する災害病院が発生するなど非現実的ともいえる人数となることを明らかにしている。併せて、局所的な立川断層帯地震では区部の病院は一桁代で、最大は立川市の病院で699人であり、多摩直下地震モデルでは東京湾北部地震ほどではないが区部においても来院重傷者が発生し、広域的に被災する想定地震であること、相模トラフを震源とする元禄型関東地震では城南エリアの災害病院に多くの来院重傷者が見られることを明らかにしている。

第4章では、来院重傷者数の推計手法の活用として、「自力救命圏」、「カバー率」および「病院選択肢」について述べている。

まず、阪神・淡路大震災以降、救急隊等の公助の限界が明らかになり、救命活動の主体が自助・共助に移るとともに自家用車利用が制限される中では、受傷場所から災害病院までの距離は大きな問題になることを指摘している。このため、道路距離計算ソフトには、搬送速度と搬送時間（距離）を指定して、指定時間内に災害病院に到達できるメッシュ群を出力する機能（「自力救命圏」という。）およびメッシュごとに指定時間内に到達可能な病院数を出力する機能（「病院選択肢」という。）を装備していることを述べている。

生存率確保の可能性が高い1時間を「クリティカルアワー」と称して、そのうち徒歩搬送30分（速度40m/分、距離1,200m）で災害病院に到達できるメッシュ群を「自力救命圏（徒歩）」とし、災害時診療圏の重傷者数に対する自力救命圏の重傷者数の割合を「カバー率」としている。このカバー率は、区部が高く都心周辺区から多摩エリアにかけて低くなる傾向がみられること、そこでは救命活動の困難エリアが発生していることを明らかにしている。

次に、災害病院が近接する地域では、最短距離という単一の条件設定により設定する災害時診療圏が半円形等の不自然な形状になることに対し、「病院選択肢」は、メッシュ（重傷者）を起点とした病院選択を表す方法であり、重傷者の病院選択という条件設定と併せることにより、自然な災害時診療圏の設定となることを明らかにしている。

第5章では、その他の方法として、ボロノイ分割による来院重傷者数の推計および「地震に関する地域危険度測定調査」のデータを用いる重傷メッシュの作成について述べている。

まず、災害病院を母点とするボロノイ分割により災害時診療圏を求める方法は、GISのみで推計が可能であることを示し、道路距離計算による推計との比較を行っている。この比較において、道路距離計算の推計人数をボロノイ分割の推計人数で除した数値の分布を分析すると、平均が1.01で標準偏差が0.23であり、災害時診療圏が狭いケースで乖離が大きくなること、30%程度の相違が生ずるケースがあること等の傾向を理解した上での使用が考えられることを述べている。しかしながら、ボロノイ分割は、災害時診療圏が1ポリゴンであり分かり易い特徴を持つ一方、自力救命圏および病院選択肢の分析が困難であり、あくまで簡易法に留まることを指摘している。

次に、東京都の危険度測定調査は、町丁目単位での建物倒壊危険量データを公開しているため、重傷者メッシュの重傷者分布の詳細化への活用の可能性を検討している。ここにおいて、被害想定

と危険度測定調査は、計算手法において類似する部分があるが、それらの目的と手法が異なっており、危険度測定調査のデータを重傷メッシュの作成に使用することは困難であることを指摘している。

第6章では、研究の総括と残された課題について述べている。

まず、研究の総括については、自治体は、災害時の医療体制を定めて災害病院を指定するとともに、発生する重傷者数を計算しているが、発生する重傷者と指定病院との関係を示していない。これに対し、本研究では、重傷者の救命条件から「最短距離病院への搬送」を新たなファクターとして加え、この考え方に基づいて発生する重傷者と最短距離の災害病院とを関係づけて来院重傷者数を推計するシミュレーションを行ったことを述べている。

そして、来院重傷者数の推計結果を用いることは、災害病院が複数の想定地震でのケーススタディを行って医療機能継続計画を改善する契機となり、また、自院の耐震性と受入れ能力の限界を検討するとともに地域の病院全体で対応を協議する契機となる可能性があることを見出している。

また、本研究では自力救命圏、病院選択肢およびカバー率の考え方を提案しており、これらは重傷者の救命活動に資するに留まらず、災害病院の分布状況を加えて分析することにより、災害病院の立地環境を分類する方法、自家用車利用を容認すべきエリアの抽出方法、あるいは災害病院が近接している立地環境での災害病院のグループ化の検討等につながる可能性があることを指摘している。

次に、残された課題として、本研究の目的は「災害病院での来院重傷者数の推計」であるが、筆者の研究目標は、「防ぎえた死」の低減であり、災害病院および災害時の医療救護体制の改善であることを述べ、この目標達成に向けて残された課題は、他県での推計、容態悪化モデルの構築、負傷者の受療行動モデルの構築、災害病院の受入れ限界の調査、到達困難エリアの改善策、広域オーバーフロー対策のモデル構築、および負傷者が発生しない市街地形成であることを述べている。