

TRISim を用いた大規模災害時の 病院内トリアージ運用方法の予測

日大生産工 (院) ○小林 篤史 日大生産工 古市 昌一

1 まえがき

大規模災害が発生する場合や救急医療の場合、緊急度の異なる傷病者が診察や治療を受けに多数来院するため、医療機関は平時と異なる対応をする必要性が生じる。このような状況下における医療手法として、トリアージがある。トリアージとは一人でも多くの傷病者に対して最善の治療を行う手法である。日本では、日本救急医学会が2012年にJTAS (Japan Triage and Acuity Scale)¹⁾として標準化した。この手法は各病院の標準的なトリアージに基づいて使用されているが、病院ごとに利用されているトリアージプロトコルは異なっている。そのため、各病院の運用者は病院の特性に合わせて運用方法等を検討している。運用方法の検討にはトリアージプロトコル、緊急度基準及びトリアージ結果のような病院ごとの特性を考慮することが重要である。従来このような観点の研究では調査研究^{2,3)}や計算機シミュレーション研究がある。計算機シミュレーションによるものは待ち行列を利用した研究⁴⁾が従来から実施されている。近年ではこれに加えてマルチエージェントシミュレーションによる研究が多く実施されている^{5,6)}。このようなことからマルチエージェントシミュレーションによる検討が求められている。そこで、各病院の運用者へ病院の特性を考慮できるトリアージ運用方法検討マルチエージェントシミュレーションツールTRISim⁷⁾を提案及び開発した。しかし、将来発生すると予想される大規模災害⁸⁾に対して適用したことがなく、この環境下における病院内トリアージ運用方法に関する解析評価及び提案可能性については不明であった。

そこで本研究ではTRISimを将来発生すると予想される大規模災害が発生した場合にある病院を対象とした病院内トリアージの運用方法の初期検討ができることを示す。

2 TRISimの概要

図1にTRISimの概要を示す。患者が救急車、あるいは徒歩により来院し、医師あるいは

トリアージナースからトリアージを受けて緊急度が判定される。判定結果を基に患者は手術あるいは処置を受けて入院し、病状が改善次第退院するかあるいは診察を受けて、手術あるいは入院、退院する。この救急部門の一連の流れをシミュレーションすることにより、トリアージ運用方法の提案及び検討が可能なマルチエージェントシミュレーションツールがTRISimである。

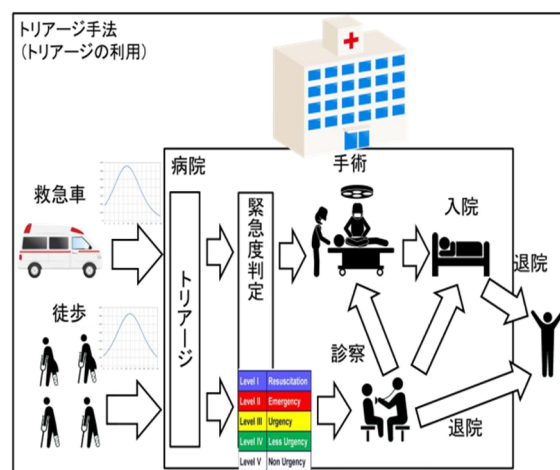


図 1 TRISim の概要

3 TRISim システム構成

図2にTRISimのシステム構成を示す。

本研究では日本の一般的な救命救急センターを対象とし、トリアージが実施される部門である救急部門を対象としてモデル化する。

システムの構成としては次の通りである。部屋の構成として診察室、手術室、初療室、観察室、重症観察室、ICU、HCU、一般病棟、待合室、X線室、CT室、MRI室、血管造影室とし、エージェントの構成として、医師、看護師、医療技師及び患者とする。各エージェントのふるまい及び各部屋の役割は公刊文献上に記載されているプロセス等を基に構成されている。患者エージェントに関しては公刊

Prediction of triage operation method in hospital
for large scale disaster with TRISim

Atsushi KOBAYASHI and Masakazu HURUICHI

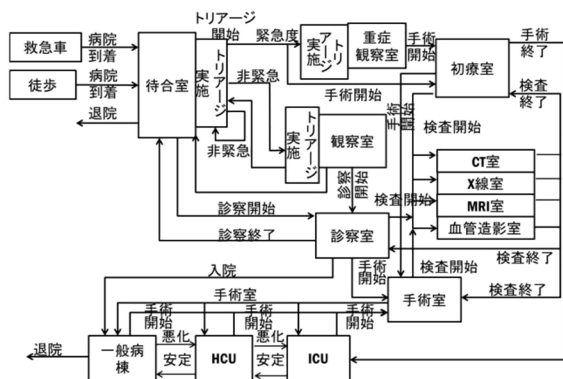


図2 TRISimシステムのシステム構成

文献を基にした詳細な傷病状態のモデル⁹⁾及び生存確率¹⁰⁾を考慮したモデルとする。

まず、来院した患者エージェントは待合室に入り、看護師エージェントからトリージを受け緊急性が判定される。緊急性が低い場合は診察室へ移動し、診断を受け、診断結果に応じて退院、手術及び入院となる。緊急性が高い場合は初療室へ搬送され処置を受けた後ICU、HCU、一般病棟を経て、退院するというプロセスを経る。必要に応じて各種検査を受けるものとする。

4 シミュレーション実験

TRISimへ未実施であった将来発生すると予想される大規模災害に適用した場合のシミュレーション結果の解析検討を行う。TRISimシステムを適用した場合に適切な結果の提示が可能性の検証する。

4.1 シナリオ設定

東京都が想定している平成24年度首都直下型地震⁸⁾を基にシナリオ設定する。ここでは複数の想定の中うち、気象条件が冬18時、風速8[m/s]のもとM7.3の首都直下型地震が発生したと想定する。

対象病院として、東京都にあるT病院を想定する。構成される部屋を救急部門に関連する部屋を含め、診察室、手術室、初療室、ICU、HCU、一般病棟、待合室、X線室、CT室、MRI室及び血管造影室とする。医師は診察室、手術室、初療室、ICU及びHCUに所属するものとする。看護師は診察室、手術室、初療室、ICU、HCU、一般病棟及び待合室に所属するものとする。医療技師はICU、HCU、X線室、CT室、MRI室及び血管造影室に所属するものとする。表1にT病院の構成数を示す¹¹⁾。

患者の来院人数は次のように推定する。首都直下型地震が発生した場合における災害拠点病院への機能評価に関する研究¹²⁾、阪神淡路大震災における医療実態調査アンケート¹³⁾を基に算出する。本研究ではT病院が所在する区において発生した負傷者のうちある割合がT病院へ来院するものとする。本研究では対象とするT病院がある区に設置されている各病院の受け入れ率を算出し、それをもと

表1 T病院の設定パラメータ

	部屋数	医師数 (1部屋当り)	看護師数 (1部屋当り)	医療技師数 (1部屋当り)
診察室	6	6(1)	12(2)	0
手術室	23	23(1)	92(4)	0
初療室	14	28(2)	56(4)	0
観察室	0	0	0	0
重症観察室	0	0	0	0
ICU	40	40(1)	80(2)	0
HCU	0	0	0	0
一般病棟	1	1(1)	1163(1163)	0
待合室	1	0	8(8)	0
X線室	12	0	0	12(1)
CT室	6	0	0	6(1)
MRI室	7	0	0	7(1)
血管造影室	5	0	0	5(1)
超音波室	0	0	0	0

に患者の来院数を算出している。本研究では以上を基に1日1102人来院するものと想定する。さらに、常時入院患者が在院していると想定され、災害拠点病院の空床率は平均して約20%であることから¹⁴⁾、病床数の80%は患者が入院しているものと想定する。T病院では病床数が1163であることから、973人の患者が一般病棟に入院しているものとする。

1日単位で来院する患者の到達分布を図3に示す。阪神・淡路大震災時における分析を基に病院間の傷病者搬送に関する考察を実施した研究¹⁵⁾を基に患者の到達分布をガンマ分布により推定している。

縦軸が各時刻における来院患者の割合を表し、横軸が経過時間を表す。初期時間は阪神淡路大震災が発生した時間AM5:46を基にAM5:00とし最大を24時間後のAM5:00とする。

実験期間はシミュレーション時間で1日とし、シミュレーションを10回行った後に得られた結果を平均して解析検討を実施する。

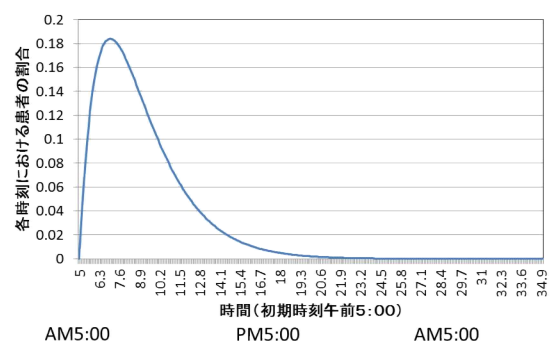


図3 大規模災害時における患者の到達分布

4.2 シミュレーション結果

図4に初療室の変化による患者の待ち時間の推移を示す。

縦軸が待ち時間[秒]、横軸が初療室数を表す。JTAS3, 4, 5はそれぞれ緊急度基準を3, 4, 5段階とした場合のJTASプロトコルの結果を

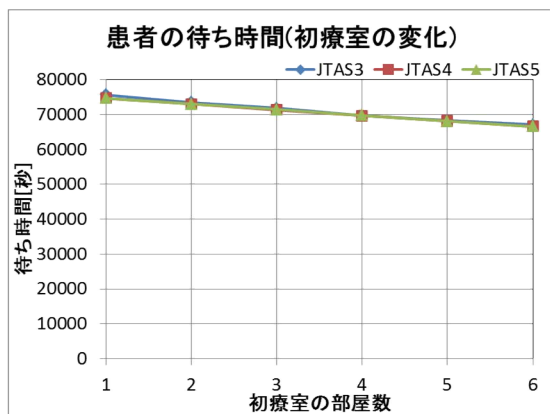


図4 患者待ち時間の推移

表す。初療室が増加するに従い、待ち時間が減少していくことがわかる。さらに増加していくと現実的に対応可能な待ち時間になると考えられる。

図5に初療室の変化による患者の生存確率を示す。

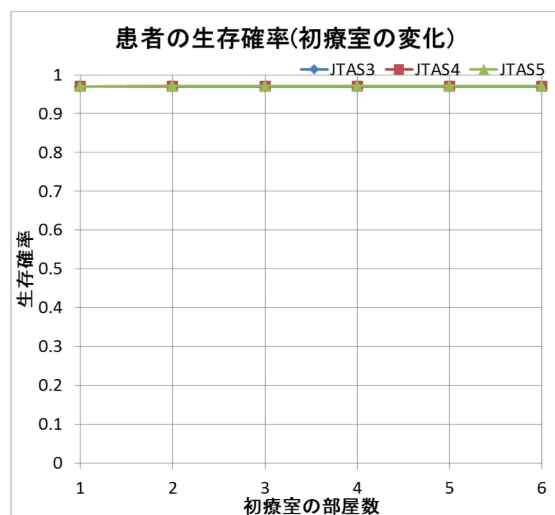


図5 患者生存率の推移

縦軸が生存確率、横軸が初療室数を表す。JTAS3, 4, 5はそれぞれ緊急度基準を3, 4, 5段階とした場合のJTASプロトコルの結果を表す。初療室が増加しても生存確率は一定であることがわかる。以上より初療室を増加させたとしても患者生存率に影響はないものと考えられる。

図6に初療室の変化による患者の診察時間の推移を示す。

縦軸が診察時間[秒]、横軸が初療室数を表す。JTAS4, 5に関しては初療室が増加しても、診察時間はほぼ一定であることがわかる。

これは初療室増加が診察室へ受診する患者数に影響がないため、このような結果になったものと考えられる。JTAS3では他の緊急度基準よりも診察時間が減少しているがこれは他の緊急度基準よりも緊急レベルを高めに判定される患者が多いため、診察室で診察する

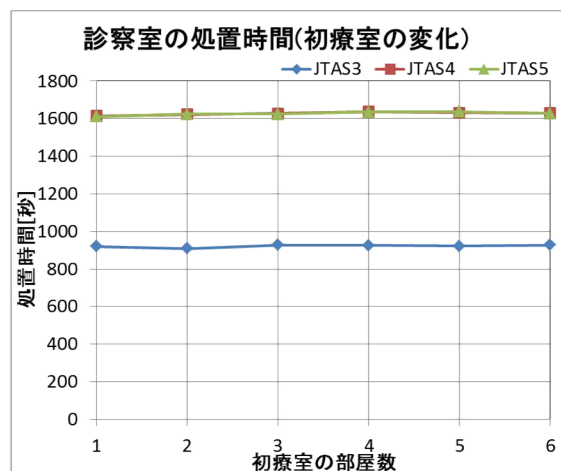


図6 診察時間の推移

患者が少なくなり、このような結果が得られたと考えられる。

図7に初療室変化による初療室における患者の処置時間の推移を示す。

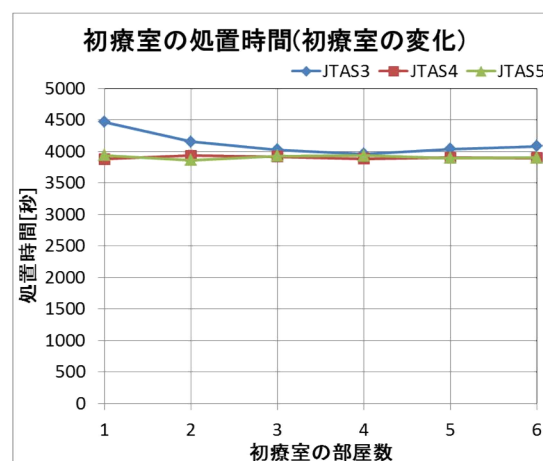


図7 初療室における処置時間の推移

縦軸が処置時間[秒]、横軸が初療室数を表す。JTAS3, 4, 5はそれぞれ緊急度基準を3, 4, 5段階とした場合のJTASプロトコルの結果を表す。JTAS4, 5に関して、初療室が増加しても処置時間はほぼ一定であることがわかる。これは初療室に対処できないほどの患者が来院していないため、初療室の増加による効果が薄いものと考えられる。一方、JTAS3のみ処置時間が減少している。これは他の緊急度基準よりも緊急レベルが高めに判定される患者が多いため、初療室で処置を受ける患者が多くなることからこのような結果が得られたと考えられる。

図8にトリアージ別受診数を示す。縦軸が受診数、横軸がトリアージ緊急度レベルを表す。JTAS3, 4, 5はそれぞれ緊急度基準を3, 4, 5段階とした場合のJTASプロトコルの結果を表す。

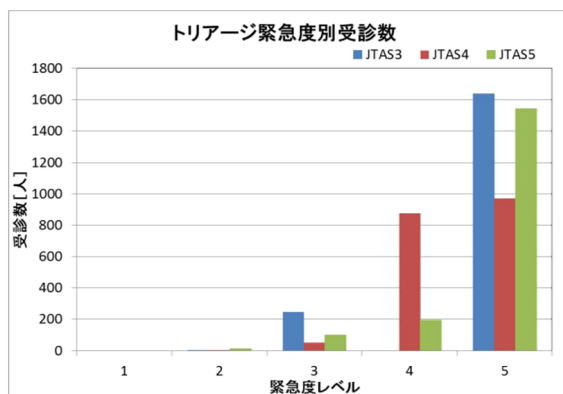


図8 トリアージ緊急度別受診数

トリアージ緊急度別にレベルが高いほど人数が減少していることを表すことがわかる。この傾向は想定される首都直下型地震での負傷者の構成と類似した傾向になっていることがわかる。さらに、JTAS4において緊急度レベル4及び5ではほぼ同等の人数になっているのはJTAS4とJTAS5の緊急度レベルの基準がほぼ同じであると考えられることからこのような結果となったと考えられる。なお、JTAS3で緊急度レベル4がないのは緊急度レベル5に4が集約されているためこのようになっていると考えられる。さらにJTAS3はJTAS4, 5よりも緊急度レベル3判定される患者が多い。これは他のJTAS緊急度判定と比較するとJTAS3が高めに判定するためと考えられる。

以上より、将来発生すると予想される大規模災害における解析にも適用可能と考えられる。

5 まとめ

病院内トリアージ運用方法マルチエージェントシミュレーション支援ツールTRISimを将来発生すると想定される大規模災害へ適用し、初期評価を実施した。部屋数の変化による患者の待ち時間の減少、診察時間がほぼ一定などの結果を得ることができた。以上よりTRISimを利用することにより、将来発生すると想定される大規模災害に対する運用方法への初期評価をすることができた。

今後の課題として、より詳細な解析及び検討を実施する予定である。

「参考文献」

- 1) 日本救急医学会, 日本救急看護学会: 緊急度判定支援システム JTAS 2012ガイドブック, へるす出版(2012).
- 2) 衛藤真古都, 丹治直土, 大木容子, 芝岡多美子: 救急外来での院内トリアージにおける待ち時間の分析, 共済医報, 64-1 (2013) p. 44-49.

- 3) 上野幸廣: 看護師による救急外来でのトリアージシステムの質に関する検討, 日本救急医学会雑誌, 20-3, (2009) p. 116-125.
- 4) Di Lin, Jonathan Patrick and Fabrice Labeau: Estimating the waiting time of multi-priority emergency patients with downstream blocking, Health Care Manag Sci, 17, (2014) p. 88-99.
- 5) Ana Paula, Centeno Richard Martin and Robert Sweeney: REDSim: A Spatial Agent-Based Simulation For Studying Emergency Departments, Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, (2013) p. 1431-1442.
- 6) Michael Schaaf, Gert Funkat, Oksana Kasch, Christoph Josten and Alfred Winter: Analysis and prediction of effects of the Manchester Triage System on patient waiting times in an emergency department by means of agent-based simulation, GMS Medizinische Informatik Biometrie und Epidemiologie 10-1 (2014) p. 1-10.
- 7) Atsushi Kobayashi and Furuichi Masakazu: "TRISim: Triage Simulation of a Simulation System to Exploit and Assess Triage Operation for Hospital Managers", Spring Simulation Multi-Conference 2016. Society for Modeling and Simulation International (2016).
- 8) 東京都: 首都直下地震等による東京の被害想定, (2012).
- 9) 日本外傷診療研究機構: 日本外傷データベース報告 2014, (2014) p. 1-64.
- 10) 藤木直子, 阪本雄一郎, 本村陽一, 西田佳央, 野口昭治: ペイジアンネットワークを用いた生存率予測モデルの統計的学習と評価, 人工知能学会全国大会第23回, (2009).
- 11) 吉村 美保, 金田 尚志, 目黒 公郎, 宮崎 早苗, 天野 玲子, 原田 賢治, 橋田 要一, 塚田 博明, 赤塚 健一: 地震時に災害拠点病院に期待される機能の評価 — 医学部附属病院とICUSによる共同検討プロジェクトの進捗報告 —, 生産研究, Vol. 59, No. 3 (2007), p. 303-308.
- 12) 兵庫県保健環境部医務課, 災害医療実態アンケート調査結果, (1995).
- 13) 東京都福祉保健局, 東京都の医療施設, 2015.
- 14) 東京医学会, 東京大学医師会, 東京大学医学部: 東京医学: 東京大学大学院医学系研究科・医学部年報, vol. 126, (2013).
- 15) 池内淳子, 矢田雅子, 権丈英理子, 東原紘道: 大規模地震災害時における病院間の傷病者搬送に関する考察—阪神・淡路大震災時における分析を通して—, 地域安全学会論文集, No. 19, (2012).