

病院のトリアージ運用方法検討のための

シミュレーションシステムの開発と初期評価

日大生産工(院) ○小林 篤史 日大生産工 古市 昌一

1 まえがき

規模の大きな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。トリアージは日本救急医学会が2012年に標準化したJTAS (Japan Triage and Acuity Scale)¹⁾等の標準的なトリアージに基づき病院ごとに運用方法等が検討されている。運用方法検討には病院ごとの特性を考慮することが必要であり、特にトリアージの手法、緊急度基準、トリアージの結果に関する事後評価の反映が重要である。近年このような観点からの研究ではマルチエージェントシミュレーション（以下MASと略する）によるトリアージ手法の評価²⁾、トリアージ結果に関する事後評価、患者の待ち時間及び在院日数解析^{3,4)}があることから、シミュレーションによる検討が求められている。そこで本研究ではトリアージ運用方法に関して各病院内で自らMASを用いて検討するための方法を提案し、病院の運用者が院内の環境変化等に合わせて柔軟に対応可能な環境の構築を目指す。

2 システム構成

図1にトリアージモデルの概要を示す。患者が救急車両及び徒歩により来院し、医師あるいは看護師からトリアージにより緊急度を判定する。判定結果に基づいて、手術、応急処置を受けて入院する、あるいは診察を受けたあとに退院する。このようなシーケンスをシミュレーションにより実施し、トリアージの運用方法のためのシミュレーションシステムの開発と初期評価を行う。

2. 1 想定シナリオ

トリアージ運用方法に関するMASによる検討が評価できるようにここでは大規模災害、阪神淡路大震災相当の地震が発生し、多数の傷病者が1日以内に約1000人程度病院に来院することを想定する⁵⁾。病院としてトリアージ

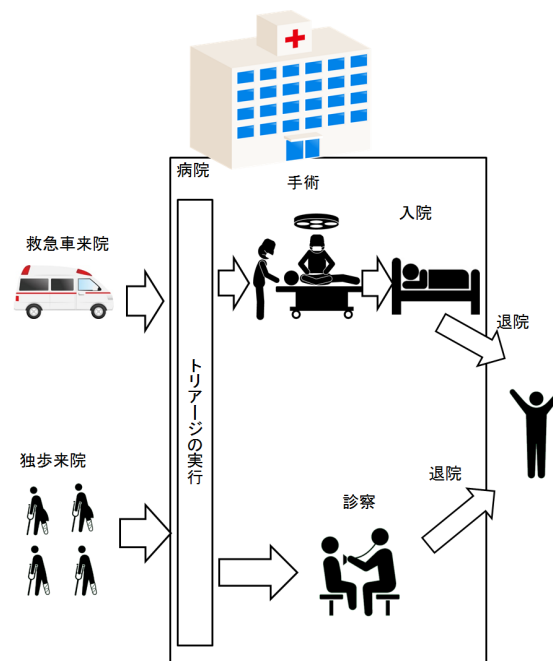


図1 トリアージモデルの概要

実施部門であり、最も高度な治療が可能な救命救急センターに指定されている病院の救急部門を想定する。構成病室として診察室、検査室、初療室、集中治療室(ICU)、高度治療室(HCU)、一般病棟、観察室及び重症観察室とする。構成エージェントは医師、看護師、医療技師及び患者とする。

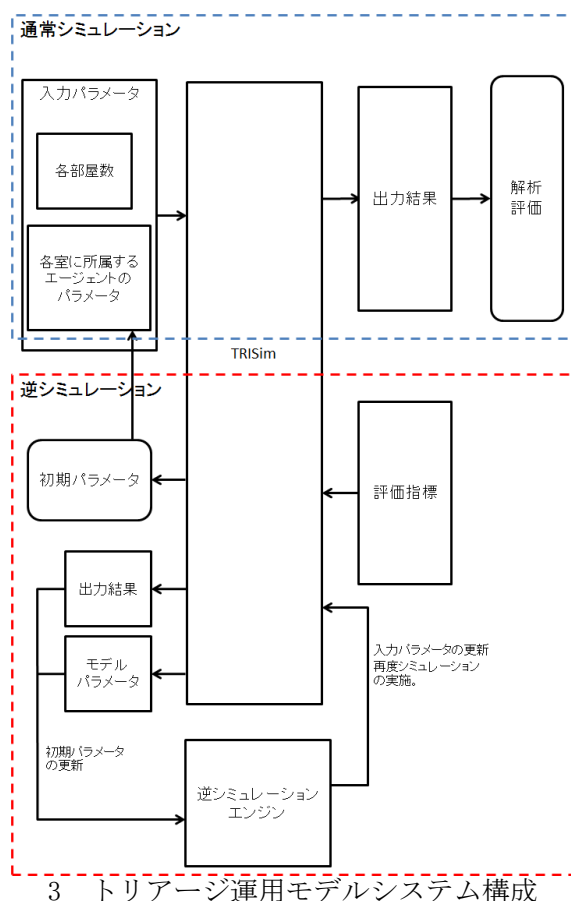
2. 2 病院内トリアージシステム

図2に提案システムの構成を示す。システムプロセスとして、患者がある到達分布に従い到達し、傷病状態に応じて病室を移動し、処置等を受け入院あるいは退院する。各室の役割は次の通りである。

・待合室では、聖隷浜松病院における臨床カルインディケーターにおいて調査された1日における時間別の到達分布⁶⁾に従い、患者エージェントは徒歩あるいは救急車両により来院し、トリアージを受ける。トリアージを受けた患者エージェントは蘇生、緊急、準緊急、低緊急、及び非緊急の5段階で緊急

A Development of a Simulation System to Exploit and Assess Triage Operation for Hospital Managers and Initial Evaluation

Atsushi KOBAYASHI and Masakazu FURUICHI



設定する¹⁴⁾。さらに経験年数に応じて検査時間が異なるものとする。

2. 4 トリアージ運用モデルシステム構成

定義したトリアージモデルのシステム構成及びエージェントモデルを基にして、図3に運用モデルのシステム構成を示す。上部の点線で囲んだ部分は通常シミュレーションプロセス、下部の点線で囲んだ部分は逆シミュレーションプロセスを表す。逆シミュレーション¹⁵⁾とはシミュレーション結果として得たい評価指標を設定し、それを最適にするモデルを構成する多数のパラメータを進化計算手法により推定する手法である。この手法を使用することにより、モデルパラメータの設定における恣意性を少なくすることが可能となり、モデル設定の手間の削減にもつながる。

通常シミュレーションのプロセスでは入力パラメータにおいて、救急部門の部屋数及び部屋ごとに所属する医師エージェント、看護師エージェント及び医療技師エージェントのパラメータから構成される。外部ファイル(csv形式)により定義される。この設定ファイル群に定義されたパラメータを用いて、TRISimと呼ばれる定義したトリアージモデルを実装したものに入力し、トリアージシミュレーションを実施する。実施後シミュレーション結果として、出力結果が出力される。出力結果は外部ファイル(csv形式)として、医師エージェン

ト、看護師エージェント、医療技師エージェント及び患者エージェントの結果が出力される。医師エージェントでは診察時間、手術時間、初療室処置時間等が出力される。看護師エージェントでは対応時間、現在の観察時間、総観察時間、現在のトリアージ経過時間、総トリアージ対応時間等が出力される。医療技師エージェントでは対応時間、検査時間等が出力される。患者エージェントでは待ち時間、観察時間、診察時間、手術時間、総入院時間、ICU入院時間、HCU入院時間、一般病棟入院時間、生存確率等が出力される。これらデータを用いて評価解析を実施する。

逆シミュレーションプロセスでは、初期設定として評価指標を設定し各エージェントモデルを構成するパラメータをランダムに割り振る。次に設定したパラメータを基にTRISimにおいてシミュレーションを実行し、シミュレーション結果を得る。得られたシミュレーション結果及び設定したモデルパラメータを逆シミュレーションエンジンに入力し、評価指標を最適にするように進化計算手法を使用してモデルパラメータの更新を実施する。更新したモデルパラメータを使用して、再度TRISimによりシミュレーションを実行する。

これを繰り返すことにより、評価指標に最適なモデルの初期パラメータを決定する。このパラメータを用いてTRISimを実行することで、より運用に適した解析評価が実施可能となる。

3 評価方法

構築したシステムを用いて、シミュレーションの評価を実施する。評価方法として、1つ目に部屋数の増減、2つ目に医師、看護師、医療技師数増減、3つ目に看護師のトリアージ手法及びレベルの変更による、患者の処置、診察及び検査までの待ち時間の変化、患者の生存率の変化を解析する。

さらに逆シミュレーション手法を使用して、様々な評価指標からモデルの初期パラメータの推定を行い、より詳細なモデルの解析や結果の解析評価を実施する。従来手法ではビットストリングGA(Genetic Algorithm)による手法が多く^{16,17)}、必ずしも大域的最適解へ収束するとは限らないため、本来想定する結果が得られない可能性がある。近年進化計算に関する研究の発展は目覚ましく、実数値ベクトルを遺伝子型として扱う実数値GAを利用することにより、従来のGAよりも、多峰性関数における大域的最適解への収束が実現されている¹⁸⁾。さらに、他の手法として粒子群最適化法(PSO)^{19,20)}、人工蜂コロニー法(ABC)^{21,22)}があり、多峰性関数の高次元における収束性に関する研究が活発にされており、特にABC法は他の手法と比較して高次元であっても大域的最適解に収束しやすい特徴を持っている。

本研究では従来の手法及びABC法を比較し、

より適した最適化手法を使用することでより詳細なトリアージ運用方法の提案をすることが可能となる。

4 まとめ

トリアージ運用方法におけるシミュレーションによる検討法の提案を実施した。院内のトリアージ運用方法を検討するため、システムは救急外来を想定し、医師、看護師、医療技師、患者により構成した。各部屋は公刊文献を基にしてパラメータの設定及びシーケンスを作成した。さらに、これら構築したシステムを基にトリアージの運用モデルシステムのシーケンスを作成した。作成したシステムは通常シミュレーションのほかに逆シミュレーションによる検討も可能であり、より詳細なシミュレーション検討が可能である。今後、実験条件及び評価項目をもとにして、トリアージ運用方法を MAS により検討し、様々な評価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) Muthukkaruppan Annamalai, et al, “Agent-oriented Simulation of Emergency Department Re-Triage Based on Allocated Time to Treatment”, IEEE Conference on Biomedical Engineering and Sciences, (2014) p.397-402.
- 3) Ana Paula Centeno Richard Martin, Robert Sweeney, “REDSim: A Spatial Agent-Based Simulation For Studying Emergency Departments”, Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, (2013) p.1431-1442.
- 4) Michael Schaaf, Gert Funkat, et al, 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.
- 5) 池内順子, 矢田雅子他, 大規模地震災害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, 19, (2012) p.1-9.
- 6) 聖隷浜松病院クリニカルインディケーター 2014 年度, http://www.seirei.or.jp/hamamatsu/about/clinical_indicator/default.html, (閲覧日 2015.10.8).
- 7) 厚生労働省, 平成 23 年患者調査, (2013).
- 8) 日本外傷診療研究機構, 日本外傷データバンク報告 2014, (2014) p.1-64.
- 9) 日本外傷学会: 外傷初期診療ガイドライン改定第 4 版 JATEC, へるす出版, (2012).
- 10) 入江聡五郎, SIMHAMA テキスト Clinical Physiology of Vital Signs バイタルサインの生理学的解釈法, <http://okinawa-clinical-sim.org/assets/files/SIMAHAMA%20Clinical%20Physiology%20og%20Vital%20Signs%20Text%20PDF.pdf>, (閲覧日 2015.10.8)
- 11) 藤木直子, 阪本雄一郎他, ベ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).
- 12) 厚生労働省, 平成 23 年度受療行動調査, (2013).
- 13) 厚生労働省, 外科系学会社会保険委員会連合による「手術等の難易度及び時間に係る調査」の概要と調査結果について, (2005).
- 14) 国立研究開発法人国立がん研究センター東病院, <http://www.ncc.go.jp/jp/nccce/consultation/xsenkensa.html>, (閲覧日 2015.10.8).
- 15) 倉橋節也, 寺野隆雄, 逆シミュレーション手法による人工社会モデルの分析, 計測自動制御学会論文集, 35(11), (1999) p.1454-1461.
- 16) 大堀正人, 倉橋節也, 逆シミュレーション手法による排出権取引市場分析, 第 21 回人工知能学会全国大会, (2007).
- 17) 倉橋節也, 歴史をシミュレーションする中国における科挙・家族・文化資本の関係, 日本ソフトウェア科学会, 25, 4, (2008) p.252-260.
- 18) 小林 重信, 実数値 GA のフロンティア, 人工知能学会誌, 24, 1, (2009) p.147-162.
- 19) 増田和明, 栗原謙三, 全体最良解更新状況に応じた探索特性調整機構をもたせた新型 Particle Swarm Optimization モデル, 電気学会論文誌, 130, 4, (2010) p.573-579.
- 20) Choosak Pronsing, Manbir S.Sodhi, et al, Novel self-adaptive particle swarm optimization methods, Methodologies and Application, (2015) p.1-14.
- 21) 宇谷明秀, 長島淳也多他, Artificial Bee Colony(ABC)アルゴリズムの高次元問題に対する解探索性能の強化, 電子情報通信学会論文誌, 94, 2, (2011) p.425-438.
- 22) Wei-feng Gao, San-yang Liu, et al, A novel artificial bee colony algorithm with Powell's method, Applied Soft Computing, 13, (2013) p.3763-3775.