# 非医療従事者の一次救命による救護環境の計画手法に関する研究

○山田悟史\*<sup>1</sup> 遠藤伸太郎\*<sup>2</sup>, 宗本晋作\*<sup>3</sup>, 小峯力\*<sup>4</sup>

キーワード: FirstResponder, ByStander, 一次救命 (FirstAid), 救急救命, 自動体外式除細動器 (AED), マルチエージェントシミュレーション (MAS)

## 1. はじめに

救急医療環境の充実化については様々な取組みが実 践・検討されており、筆者らも人口分布に応じたドク ターヘリ・ドクターカー関連施設の最適配置問題に関 する研究を発表し自治体に提供してきたい。一方近年 では、医療従事者のみによる有事対応の限界と自助・ 共助の重要性への対応として,「非」医療従事者によ る一次救命措置 (FirstAid) の重要性にも着目が集 まっている。「非医療従事者による自動体外式除細動 器 (AED) の使用のあり方検討会報告書」<sup>2)</sup>を一つの契 機に多くの取組みが行われており、代表例には AED 使 用講習会が挙げられる。また現場に居合わせた非医療 従事者による救護活動が救命率に関わることを示す研 究調査も公表されており、FirstAid をテーマにもつ学 会や活動組織も増えている<sup>3)</sup>。また医療機関に従事し ていない潜在救命士の活用についても着目が集まって いる<sup>4)</sup>。これらの「非」医療従事者によるFirstAidに おいて着目されているのは「FirstResponder(以下, FR)」と「ByStander (以下, BS)」である。本研究で は偶然居合わせた人を「BS」とし、「BS」ではあるが救 護行動を行う意思と技能を有した人物を「FR」とする。 この言葉を用いると「FR」育成と「BS」の救護行動確 率の向上が非医療従事者に拠る救護環境の充実化と言 える。しかしその計画手法に関する研究は十分とは言 えない。非医療従事者の救護行動の不確実性を含めた 救急医療環境の評価・計画手法が十分ではなく, 救護 活動開始までの時間及び救命率の視点から「FR」を何 人まで育成することが有効なのか、「BS」の救護行動確 率をどの程度まで高めることが有効なのか示す知見が 少なく、各組織の意思に委ねられている。また両者の 状態に応じた AED などの関連設備の数・位置を定量的 に計画する手法に関する知見も数少ない。

以上から本研究はFirstAidに対するSelf-Efficacy が高いFirstResponderを育成することの有効性、有効性の上昇の変化の観点における目標値、人の状態に応じた設備機器の定量的な計画手法を提案することを目的とする。本稿では「胸骨圧迫・AED処置開始までの時間・救命率」と「FR人数」の関係について報告する。

# 2. 研究概要

# 2.1 研究対象

本研究はMass Gathering Medicineや医療従事者による救急医療サービスのみでは救護体制が十分とは言えない事象を対象としている。この観点から場所は東京都千代田区に位置する皇居とし、人は周辺のランナーとする(図1)。皇居の外周路の約5kmを利用し

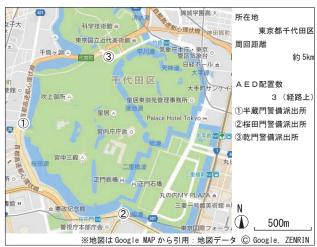


図1 研究対象

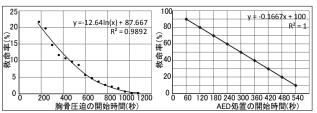


図2 時間と救命率の関係

たランニングは通称「皇居ラン」と呼ばれ、同コースを対象としたイベントも多数開催される一般市民のランニング愛好者に人気のコースであり、また都市部におけるランニング習慣の象徴的な存在でもある。都心の緑地であることや皇居といった場所性・景観に加え、信号のない周回コースであること、一周の距離が健康的なランニングの目安とされている 5km に近いことが人気の利用に挙げられる。行政としてもこれを支援しており、ランニングステーションの設置など、まちづくりの一環として取り組みが行われている。本研究のテーマでもある突発的な心停止に対する非医療業務者の一次救命については、経路上としては AED が 3 箇所配置されている。

# 2.2 研究方法

解析にはMulti-Agent System (MAS) を用いる。MAS はシミュレーション空間にエージェントを配置し、エージェント毎の振る舞いをアルゴリズムとしてモデリングすることで局部作用の連鎖として全体の結果を観測する手法である。本研究では、FRの存在確率をCPR 認識率、AED 認識率と置き換え、両変数の設定値毎の一次救命措置の開始時間(胸骨圧迫(以下、CPR)・AED 処置)と推測される救命率を観測する。時間と救

命率の関係は図2の回帰式とする<sup>5)6)</sup>。

シミュレーションにおけるエージェント (ランナー) のアルゴリズムを図3に示す。まずランナーの位置・速度・視野, CPR 認識率, AED 認識率をシミュレーション・エージェント毎に設定する。位置はネットワークグラフのリンク上のランダムな地点とする。走行速度は平均8km/h,標準偏差4km/hの正規分布を仮定しエージェント毎に設定する。視野距離は8m,視野角90度とする。なおランナーは皇居ランニングの規定に応じて反時計回りのみに周回し,視野内のランナーを外側に回避して追い越しを行う。そして走行中にランダムに患者となる。この時点が時間観測の始点である。

次に一次救命開始について示す。患者以外のラン ナーは同視野内に患者を視認すると, 全ランナーのう ち63%が患者のもとに駆け寄る。駆け寄った際にCPR を認識している FR は CPR を即時に開始する。この時点 が CPR 開始時点である。 CPR を観測対象とする場合は 一人でも CPR を開始したらシミュレーション終了とす る。AED 処置については、駆け寄ったランナーが AED 認識者であれば、自身ではAEDをとりにはいかず、現 場に駆けつけた他のランナーに AED を要請し、要請に 応じるランナーが現れるまで CPR と AED 要請を続ける とする<sup>※1)</sup>。患者を視認し現場に訪れた際に AED 要請を 受けたランナーは AED 要請対応確率 62% で要請に応じ る。AEDに向かう際は現場の地点に応じた最寄り AED に向かい取得し、AED を FR へと渡す。FR は AED を受け 取ったら即時起動して 28 秒で取り付け, 53 秒後に AED 処置を施す。この時点が AED 処置開始時点である。以 上のような設定で FR 存在確率に置き換えた CPR 認識率 と AED 認識率を 1% から 100% まで変化させ, 一次救命 の開始時間と救命率を観測する。各設定値におけるシ ミュレーション回数は1000回である。

# 2.3 設定値に関わる調査

「ランナーの人数」「患者視認時に駆け寄る割合」「AED 要請対応確率」「AED 起動から電気ショック開始までの時間」は調査に基づく設定値である。概要を示す。

ランナー人数計測の場所は桜田門前,日時は2016 年7月11日から14日の4日間における朝(6:30~ 7:00), 昼 (11:30 ~ 12:00), 夜 (21:30 ~ 22:00), 計測時間は各 30 分間である\*\*<sup>2)</sup>。結果,朝は平均 121 ± 20.43 人, 昼は平均 34 ± 9.71 人, 夜は平均 80 ± 27.45人という結果が得られ、シミュレーションでは 突然死の危険性が指摘される朝を想定し120人とした。 患者視認時に駆け寄る割合と AED 要請対応確率につい ては,首都圏の大学生 405 人(男性 245 人,女性 160 人, 20.02 ± 3.16 歳) を対象とした質問紙調査により算出 した。「駆け寄る」と回答した割合は約63%であった\* <sup>3</sup>。AED 要請対応確率は約62%であった<sup>※4)</sup>。AED 取り 付け時間, AED 起動から電気ショック開始までの時間 について,首都圏の一般成人6人(男性5人,女性1人, 26.00 ± 4.43 歳) を対象に、急病人が発生し対象者 が一次救命処置を実施していることを教示し、レール ダル社のレサシアンとトレーニング用 AED を使用し起

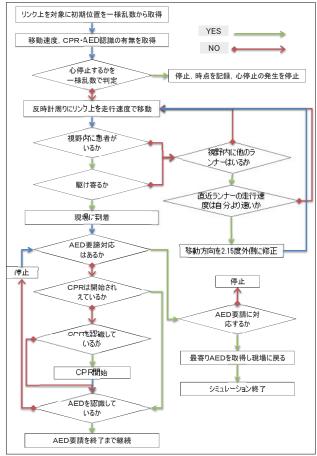


図3 シミュレーションの流れ

表 1 設定値

| 項目        | 値  | 項目                  | 値  |
|-----------|--|---------------------|----|
| ランナー人数(人) | 120  | 駆け寄る人の割合(%)         | 63 |
| 視野距離(m)   | 8  | AED起動からショックまでの時間(s) | 53 |
| 視野角(°)    | 90   | AED要請対応確率(%)        | 62 |
| 走行速度(m/s) | N( $\mu$ , $\sigma$ 2), $\mu$ = 8, $\sigma$ =4 |                     |    |

動から電気ショック開始までの時間を計測した。電気 ショック開始までの時間は52.15 ± 4.56 秒であった。

# 3. 解析結果

## 3.1 CPR 開始時間と救命率

まず1項では、CPR が必要な患者が発生した場合に、CPR が出来るFR がどの程度の確率で皇居周辺のランナー愛好者に存在することが望ましいかを解析する。CPR 開始時間から救命率に変化した値の度数分布を図4に、確率分布を図5に示す。CPR 認識率が高くなるに従って平均値と散らばりも変化していることが視覚的に読み取れる。その推移を平均値\*\*5)と誤差範囲の変化として図6に示す。また累乗モデルを用いた回帰モデルも併せて示す。これをみると、平均値の向上は線形ではなく、ある境界点まで曲線上に大きく改善し、その後は改善がゆるやかな線形になっている。散らばりの小ささも救護環境の頑健性として重要だが、本稿ではまずは平均値に着目する。境界点を把握するために平均値の変化率を示したのが図7である。これをみるとCPR 認識率約5%において救命率向上の変化が最終

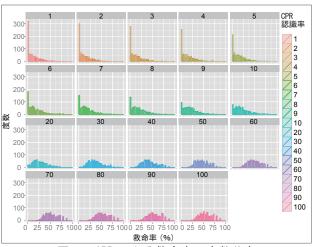


図4 CPRによる救命率の度数分布

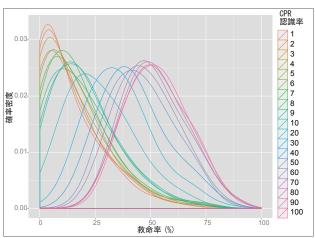


図5 CPRによる救命率の確率分布

的な一定の変化率に近付き始めている。これは第一段階の目標値であると考えられ、その有効性は救命率約8% (CPR 認識率 1% に対する変化割合約 200%) の向上である。次に認識率約 20% において変化率がほぼ一定になり、以降は一定の変化率でほぼ線形に向上している。これは第二段階目の目標値であると考えられ、その有効性は救命率約 22% (CPR 認識率 1% に対する変化割合約 350%) の向上である。

次に救護環境の頑健性を救命率の散らばりと解釈し、標準偏差の推移を分析する。標準偏差においてはCPR 認識率の変化に従いほぼ直線で推移しており、平均値のように変化率から目標値を設定することが困難であった。そこで頑健性について「救命率 0% という結果がほぼ起きない」ということを、「確率のという結果がほぼ起きない」ということを、「確率的に極めて稀である」と解釈すると、「確率分布における確率密度曲線を正規分布と仮定した場合に、平均値を中心とした両側確率が約 99.7%(標準偏差の約 3 倍等6)となる境界点が 0%に至るか否か」と分析することが出来る。この観点からみると、認識率約 45%において救命率 0% が起こる確率は極めて稀となり、救護環境が一定の頑健性を備え始めている。これが頑健性の観点における目標値であると考えられる。

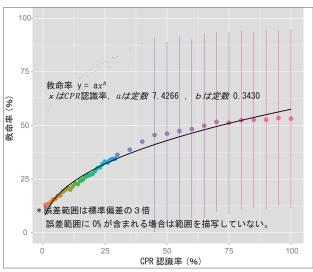


図6 CPR による救命率の平均値及び誤差範囲の推移 と回帰モデル(累乗モデル)

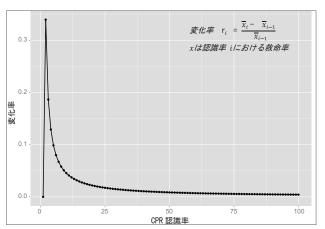


図7 CPRによる救命率の平均値の変化率の推移

# 3.2 AED 処置開始時間と救命率

2項では、AEDが必要な患者が発生した場合に、AED 処置が出来る FR がどの程度の確率で存在することが望 ましいかを解析する。救命率の確率分布(図8)をみ ると AED 設置数3では AED 認識率が高くなったとして も救命率 0% の確率密度が高く、散らばりが大きいまま 代表性の高い平均値を形成していない。つまり AED 設 置数3ではAED認識率を高くしたとしても救命率が高 く頑健な救護環境の形成は困難であると考えられる。 本稿では現状における目標値を示すために、救命率5% 以下の回数の推移に着目する。図9をみると、AED認 識率約6%において減少の推移が最終的な一定の変化率 に近付き始めている。これは第一段階の目標値である と考えられ、この段階で救命率 5% 以下の回数が AED 認 識率1%に対して約50%に減少している。次に認識率 約20%において変化率がほぼ一定になっている。これ は第二段階目の目標値であると考えられ、この段階で 救命率 5% 以下の回数が AED 認識率 1% に対して約 32% に減少している。

# 4. まとめ

以上のように本稿は CPR 認識率・AED 認識率を FR 存

在確率に置き換え、両者を変数としたマルチエージェ ントシミュレーションを行い、両者の目標値と有効性 を検証した。両者はともに高ければ高いほど救護環境 として望ましいが, 現実的には限界があり, また向上 の労力も大きい。この観点からは、まず CPR 認識率に ついては可及的速やかに第一段階の目標値(約5%)を 達成することが強く望まれ、継続して第二段階の目標 値(約20%)を目指すことが有効である。またさらに 救護環境を頑健にするためには第三目標値(約45%) も達成することが望ましい。但し、頑健性の目標値に は本稿が意図した有効性上昇の観点における目標値と しての意味合いは希薄である。次に AED 認識率である が、AED 設置数3ではAED 認識率を高くしたとしても 救命率が高く頑健な救護環境の形成は困難であると考 えられる。ランナーへの一次救命に関わる啓蒙・教育 だけでなく経路上へのAED設置が必要と考えられる。 現状を前提に目標値を示すとすれば第一段目標値は約 7%, 第二段階目標値は約20%であると考えられる。

以上のよう本稿では目標値の提示や人的状況に応じた AED 配置検討の可能性を示した。現在は設定項目の調査を実施しており,目的に応じた行動のモデリングの検討を今後の課題とし,AED の追加配置の検討を行う予定である。また本稿では FR を条件付確率 100%で一次救命を行うとし,患者・FR・協力者の位置を不確実性として取り扱ったが,ByStander においてはSelf-Efficacyに応じて一次救命を行うかそのものに不確実性がある。この不確実性は患者属性も含め様々な要因に左右されると考えられる。尺度作りも含め,ByStander の Self-Efficacy を変数とするシミュレーションも課題とする。

## 謝辞

本研究は石川仁憲氏(日本ライフセービング協会)・久徳康史氏(中央大学研究開発機構)らとの共同研究の一部として実施中の内容である。ご助言とご協力に御礼申し上げます。

## 注

- ※1) 一時救命のマニュアルおいて「AED を探すために現場を離れる」ことよりも「CPR を継続しながら AED を要請する」ことが推奨されている。そのため救急医療に関する知識と処置を行う意識を有した FR はこれに従うと考えられるためこのような設定とした。なお本稿における AED 認識の認識には使用方法だけでなく場所の認識も含んでいる。そのため AED 要請は最寄り AED への場所の教示も含まれている。
- ※2) 計測時間は皇居ランのコース約5km一般的な走行速度である時速10km/hで走り切る時間として設定した。なおランナーと通行人に分けて計測した。
- ※3) 回答にあたり対象者には、公共の場で急病人が発生したこと、近くに医療従事者はいないことを教示した。それ以外の教示が必要な場合は各項目において教示した。また回答における注意点として、急病人は知人・年齢や症状に関係なく答えるように依頼した。以下各項目に関する詳細を示す。患者視認時に駆け寄る確率については、対象者を視認した場合、駆け寄るか否かについて「駆け寄る」・「駆け寄らない」・「わからない」の3件法で回答を依頼した。
- ※4) 三つの場面(① AED 設置場所を指定された,② AED 設置場所は指定されないが,自分が設置場所を知っている,③ AED 設置場所を指定されず,自分も設置場所を知らない)それぞれに「応じる」,「応じない」,「わからない」の3件法で回答を依頼した。
- ※ 5) 本稿では散らばりが大きい CPR 認識率の段階でも,全ての結果を外れ値とは扱わずに平均化している。

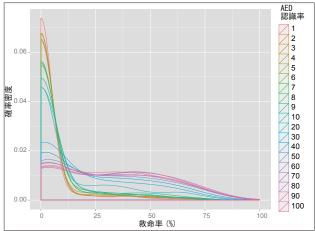


図8 AEDによる救命率の確率分布

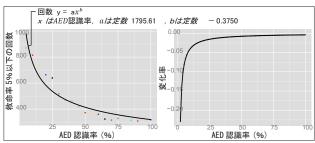


図9 AED による救命率 5% 以下の回数の推移 左図:回数の推移 右図:変化率の推移

※6) 本稿ではほぼ正規分布となる平均値のサンプリング分布を シミュレーションとして得ているため標準偏差の3倍の区 間から「極めて稀」を考察した。なおこの区間は推測統計 おいて標準誤差から算出される信頼区間や区間推定とは意 味が異なる。標準偏差も不偏分散を用いた推定値ではなく 実行回数1000回を対象とした標本標準偏差である。

## 参考文献

- 01) 山田悟史,吉川優矢,大山智基,大内宏友,及川清昭:ドクターヘリ運用効果の可視化と関連施設の配置計画に関する研究ー 医療行為開始までの短縮時間と救命率の向上率及び人口を用いた検証-,日本建築学会計画系論文集,第78巻,pp.2163-2172, 2013.10
- 02) 非医療従事者による自動体外式除細動器 (AED) の使用のあり 方検討会報告書,構成労働省,2004.7
- 03) 日本救護救急学会,http://jfem.jp/index.html
- 04) 平成27年度救急業務のあり方に関する検討会報告書,消防庁, 2016.3
- Mikael Holmberg, Stig Holmberg, Johan Herlitz: Effect of bystander cardiopulmonary resuscitation in out-of hospital cardiac arrest patients in Sweden, Resuscitation 47, pp. 59-70, 2000
- 06) Mary P Larsen, Mickey S Eisenberg, Richard O Cummins, Alfred P Hallstrom: Predicting Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Graphic Model, Annals of Emergency Medicine, 22(11), pp. 1652-8, 1993. 11
- 07) 山田悟史,遠藤伸太郎,宗本晋作,小峯力:FirstResponder 育成及びByStanderのFirstAidに対するSelf-Efficacy向上の有効性の検証とAED配置に関する試行,日本建築学会大会(九州)学術講演会梗概集,pp.83-84,2016.8,日本建築学会
- 08) 山田悟史,遠藤伸太郎,小峯力:FirstResponder 育成及び ByStander の FirstAid に対する Self-Efficacy 向上の有効性 の検証と AED 配置に関する試行,第44回日本救急医学会総 会・学術集会,日本救急医学会
- \*1早稲田大学 人間科学学術院 人間環境科学科 助教・博士 (工学)
- \* 2 中央大学 理工学部 人間総合理工学科 助教・博士(コミュニティ福祉学)
- \*3立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 准教授・博士 (工学)
- \* 4 中央大学 理工学部 人間総合理工学科 教授・博士(救急救命学)