

# 一次救命を実施する非医療従事者の存在確率をふまえたAEDの適正配置

○中島昌暉\*<sup>1</sup> 山田悟史\*<sup>2</sup> 岩田伸一郎\*<sup>3</sup> 江川香奈\*<sup>4</sup>

キーワード：AED, FirstResponder, ByStander, 一次救命, 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向け医療機関を主に多様な取り組みが検討・実施されている。しかし超高齢化社会の到来を要因の一つに、医療従事者のみによる対応の限界と、「非」医療従事者の自助・共助の重要性が指摘されている。それらにおいて特に言及が多い症例が加齢と共に発生のリスクが高まる突発性心停止である。突発性心臓停止は、処置の精度よりも開始時間が予後に強い影響を与えることが特に指摘される症例である。そのため「非」医療従事者による一次救命(FirstAid)による要救助者の救命の重要性である。社会的な普及・啓蒙の例にはAEDがある。AEDは「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>を契機に多くの取り組みが行われており、例としてAED使用講習会などが挙げられる。しかし「非」医療従事者の一時救命には「不確実性」が含まれる。しかし、「一次救命を行うかが不確実である」という「非」医療従事者の不確実性を踏まえた上で、AEDを用いて充実した救急医療環境を構築する計画論が不十分であるという側面もある。

「非」医療従事者によるFirstAidにおいて着目されているのは「ByStander(以下、BS)」とFirstResponder(以下、FR)」である。本研究では、要救助者が発生した現場に偶然居合わせた人を「BS」とし、「BS」ではある救命行動を行う意思と技能を有した人物を「FR」とする。FRの育成とBSの救助参加率の向上が、非医療従事者に拠る救命環境の充実化といえ

る。しかし、FRの育成やBSの救助参加率の向上の明確な目標値に関する知見が少なく、また両者に対応したAEDの数や位置を計画する手法はさらに少ない。AEDの配置に関しては、「一定間隔で配置するのが望ましい」や「施設タイプごとの配置数目安」程度の曖昧な計画論が主流である。

以上のことから本研究では、「FirstResponderの人数」と「AED処置開始までの時間・救命率」の関係性を把握することにより、適切配置にむけた「AED増設の効果」と「FirstResponder育成の目標値」を提示することを目的とする。

## 2. 研究概要

### 2.1 研究対象

本研究は医療従事者による一次救命を期待することが困難な対象として京都市伏見区にある「伏見稲荷大社と稲荷山」を選定した。伏見稲荷大社と稲荷山は迷路性が高く敷地内に人口分布に偏りがある事例である(図1)。伏見稲荷大社は全国各所にある稲荷神社の総本山であり、全国から多くの観光客が訪れている。また近年訪日外国人の数が増加しており、外国人観光客の数も増加している。観光の対象としては、大社への参拝や千本鳥居だけでなく伏見稲荷大社の後ろに位置する稲荷山の登山(通称「お山めぐり」)がある(図2)。お山めぐりは一周約4Kmあり、道中には熊鷹社や御劔社、一ノ峰があり、国内外問わず人気の観光スポットになっている。しかし、お山めぐりのルート上には1ヶ



図1 伏見稲荷大社の概要

所しかAEDが設置されておらず、要救護者が発生した場合、いち早くFRがその現場に遭遇し、一次救命を開始することを期待せざるを得ない対象である。なお本研究のテーマである突発性心停止を想定した非医療従事者の一次救命については、要救護者に対するAEDを使用した救命活動を想定した。AEDは伏見稲荷大の境内の社務所、警衛所の2か所、稲荷山の御膳谷奉拝所に1か所配置されている。まずは現状で分析した後にAEDを追加して分析を行った。

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の存在割合を変数とし、変数の設定値毎の一次救命 (CPR・AED) の開始時間と推測される救命率を観測する。また、AEDを既存の3カ所に加えて新たに4カ所を増設した場合の一時救命処置開始時間と救命率を観測する。時間と救命率の関係は図3の回帰式とする<sup>4) 5)</sup>。シミュレーションでの要救護者発生から一次救命までのアルゴリズムを図4に示す。エージェント (観光客) の数は、京都市産業観光局の京都観光総合調査から単位時間当たりの人数を算出した (表1)<sup>\*1)</sup>。人口分布の偏りは、観光客が多く居る伏見稲荷大社の境内と千本鳥居がある奥社奉拝所までの道のりにエージェントを多く配置し、お山めぐりのルートに残りのエージェントを配置した。歩行速度は0.8m/sから1.3m/sの間で各エージェント毎に設定する<sup>6)</sup>。視野距離は8mで、各エージェントは設定してあるネットワークグラフのリンク上を等確率で分岐しながら周回する。

次に一次救命について示す。エージェントは視野距離内に患者を視認すると、患者に駆け寄る。そのエージェントが一次救命を行うことができ、且つCPRが行われていなければCPRを開始し、近くのエージェントにAED要請を行う<sup>\*2)</sup>。AED要請を受けたエージェントはAED要請対応確率62%で要請に応じ最寄りのAEDへと向かいAEDを持ってくる。AEDの取り付けに28秒、AEDが処置を開始するまでに53秒掛かる。CPR開始時間は、患者が倒れてからFRがCPRを開始するまでの時間である。またAED処置開始時間は、患者が倒れてからAEDが届き、処置を開始するまでの時間である。

以上のような設定でFRの存在割合を5%から100%まで5%ずつ変化させ、一次救命の開始時間と救命率を観測する。今回の課題点でもある「お山めぐり」のルート上にある荒木神社、奥社奉拝所、辻亭、熊鷹社の4カ所にAEDを追加し、上記の設定と同様のシミュレーションも行う。なお、各設定値におけるシミュレー



図2 伏見稲荷大社

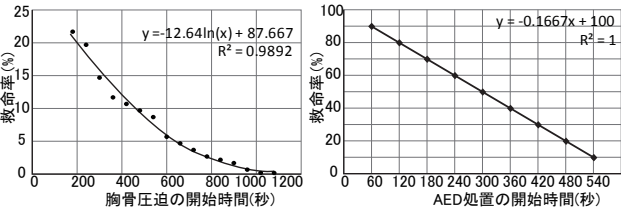


図3 時間と救命率の関係

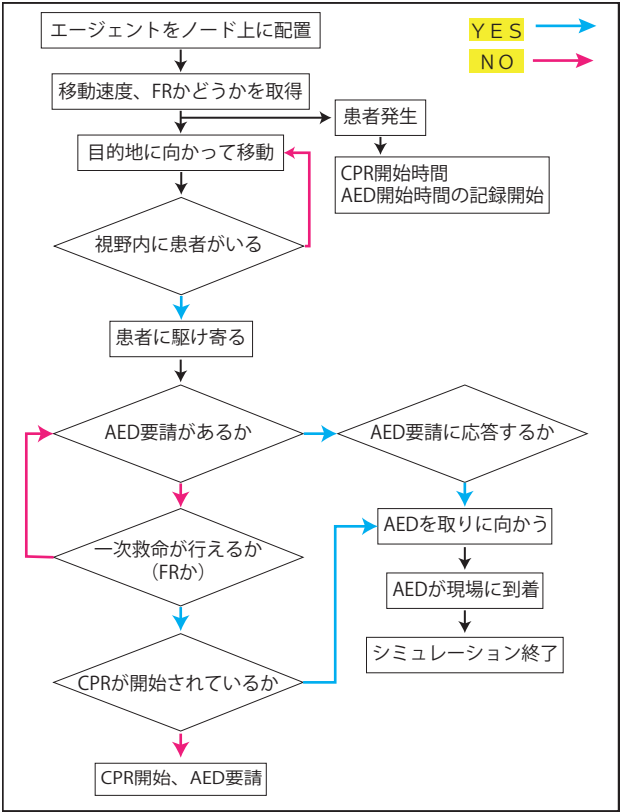


図4 アルゴリズムの概要

表1 シミュレーションの設定値

| 項目        | 値               | 項目                  | 値  |
|-----------|-----------------|---------------------|----|
| ランナー人数(人) | 300             | AED要請対応確率(%)        | 62 |
| 視野距離(m)   | 8               | AED取り付け時間(s)        | 28 |
| 走行速度(m/s) | 0.8~1.3         | AED起動からショックまでの時間(s) | 53 |
| AED数(個)   | 既存:3, 増設:4(計7個) |                     |    |

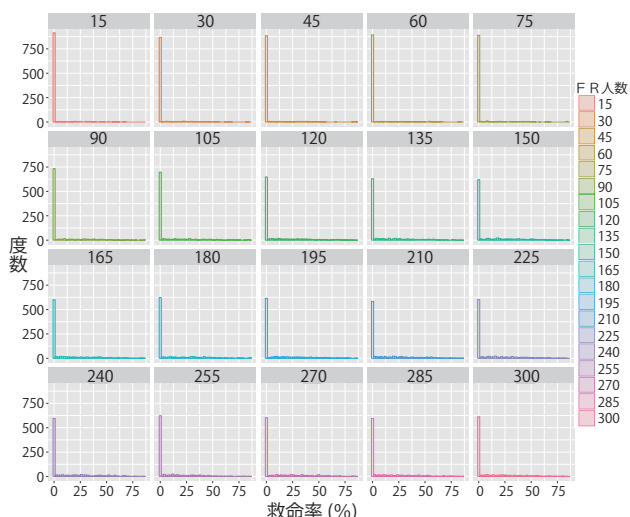


図5 AEDによる救命率のヒストグラム（現状）

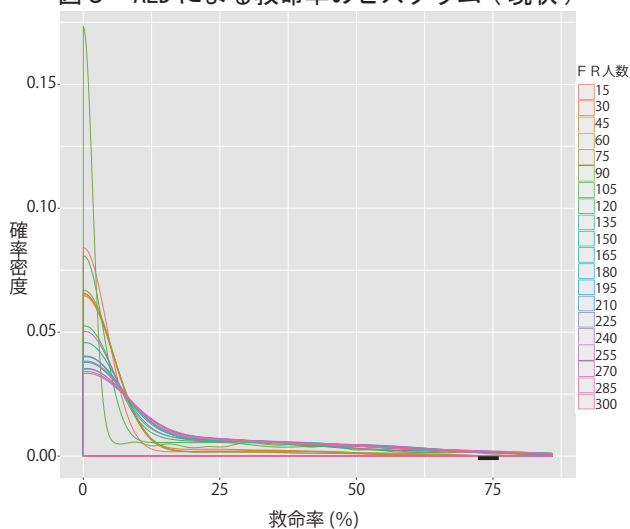


図6 AEDによる救命率の確率密度曲線（現状）

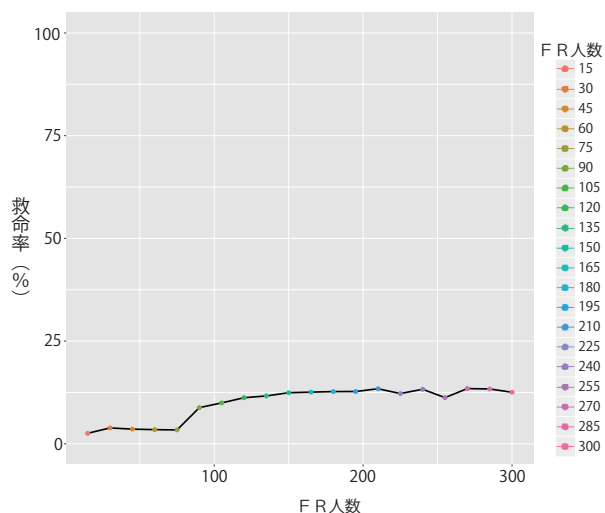


図7 AEDによる救命率の平均値プロット（現状）

シモン回数は1000回である。以降の章に解析結果を示すがCPRについては省略する。

### 3. 解析結果

#### 3.1 既存のAED数の救命率

既存のAED数での各FR存在割合毎の救命率のヒストグ

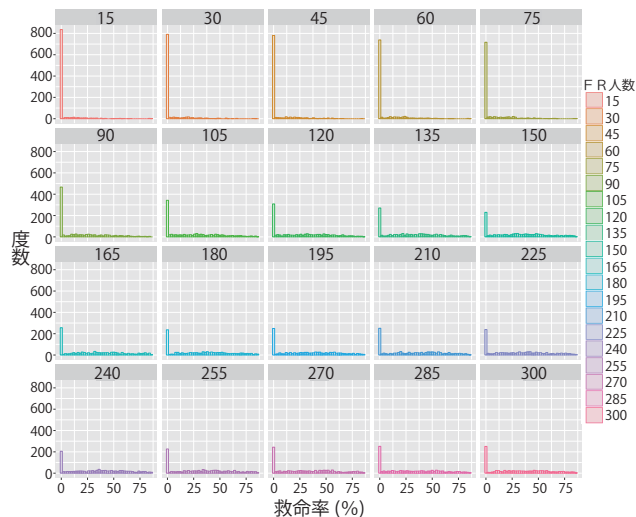


図8 AEDによる救命率のヒストグラム（増設）

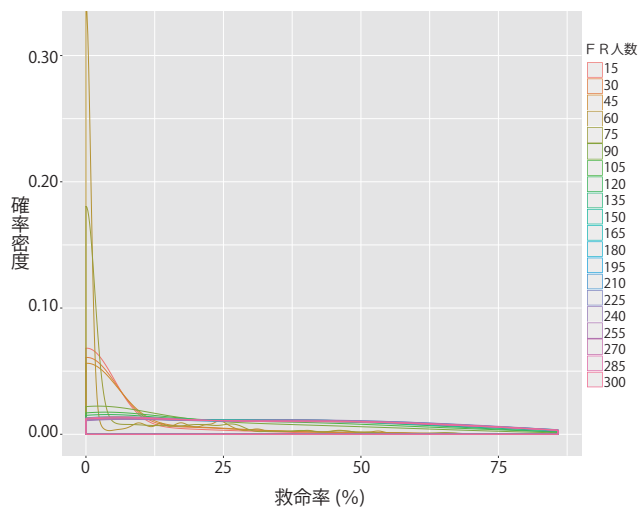


図9 AEDによる救命率の確率密度曲線（増設）

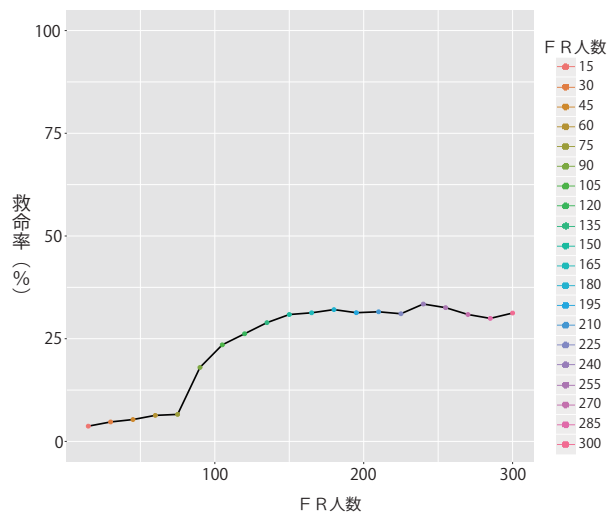


図10 AEDによる救命率の平均値プロット（増設）

ラムを図5・確率分布を図6に示す。2つの図から読み取れる顕著な傾向は、FRの存在割合を増やしていくほど救命率0%の確率密度が減少する傾向である。救命率の平均をみると、FRが15人から75人（5%～25%）まではほぼ横ばいであるが、75人から90人（25%から



30%)の間で急激に上昇している。しかしその後は救命率の上昇が緩やかになっている(図7)。

以上より、FRの存在割合の増加にしたがって救命率0%の確率は減少していくが、救命率の平均の観点からはFR育成の目標値は全体の30%であると推測される。

### 3.2 AEDを増設した場合の救命率

既存の3カ所AEDに加えて新たに4カ所AEDを設置した場合の解析結果を示す。配置位置は図1の通りである。前章と同様に各FR存在割合毎の救命率のヒストグラムを図8・確率分布を図9に示す。既存のAED数の結果と同様に、FRの存在割合の増加にしたがって救命率0%の確率が減少していつていることが分かる。図10は各FRの存在割合毎の救命率の平均である。こちらも既存のAED数の結果と同様に、FRが15人から75人(5%~25%)まではほぼ横ばいであり、75人から90人(25%から30%)の間で急激に上昇している。しかし90人(30%)以降も150人(50%)まで救命率は上昇を続け、150人(50%)を超えた付近で横ばいとなる傾向が読み取れる。つまりAEDを増設することの効果が認められる。

以上のことより、既存のAED数の場合と同様にFRの存在割合の増加にしたがって救命率0%の確率は減少していくが、平均の救命率の上昇は存在割合が50%までである。このことからFR育成の目標値は全体の50%であると考えられる。

## 4. 考察とまとめ

有効なFRの育成の目標値に関しては、既存の場合では30%、増設した場合は50%であった。救命率を比較してみると、増設した場合のほうが救命率0%の確率の減少の幅が大きく平均値の上昇の上限も高い。AEDが既存の場合も増設した場合は75人(25%)において急激な上昇が始まる点は同様である。しかし、既存の場合は90人(30%)で救命率の状態の効果が頭打ちとなる一方で、増設した場合は150人(50%)まで上昇を続けた。これはFRが多くても「助からない」という危機的な事例が生じる可能性が高い環境から、FRが多ければ救命率は低いとしても助かる可能性が0%ではない環境へと変化したことを示している。

以上のことより、現状をベースとすればFRの育成の目標値は30%程度であると考えられる。しかしAED数という救急医療環境を救命率から評価すると不十分と言わざるを得ない結果となった。そのため本研究では1パターンではあるがAEDを増設した。その効果は本稿で示したように認められ、AEDを増設することは適正な配置計画に向けた有効な投資であると考えられる。またこの場合のFRの育成の目標値は全体の50%

であることを分かった。しかしAED数をさらに増加すれば救命率はさらに上昇する可能性もある。またAED増加の効果が頭打ちとなるAED数も存在するはずである。今後はこの点を課題する。また、伏見稲荷大社の滞在者数とその分布、お山めぐり中の分岐確率、患者属性による救命行動の参加率などの心理的要因、などのシミュレーションにおける条件の精緻化も今後の課題とする。

## 謝辞

本研究は科学研究費基盤(C)「非医療従事者の一次救命における不確実性をふまえたAED・サインの適正配置(18K04524、研究代表者:山田悟史)」の助成を受けて実施したものである。記して深謝を表する。

## 注

- ※1) 伏見稲荷大社の入場客数に関しては、伏見稲荷大社側も調査を行っておらず、関連する資料にも観光客数に関する記載はなかった。そのため、京都市産業観光局が2013年に行った京都観光総合調査<sup>7)</sup>をもとに伏見稲荷大社へと訪れている観光客の総数を算出した。平成25年度の京都市の観光客は5,162万人で、外国人観光客は113万人であった。そのうち、伏見地区を訪れた日本人観光客は全体の7.6%、伏見稲荷大社を訪れた外国人観光客は全体の26.4%であった。そこから単位時間当たりの入場者数を求めた。
- ※2) 一時救命のマニュアルにおいて「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。

## 参考文献

- 01) 山田悟史, 遠藤伸太郎, 宗本晋作, 小峯力: 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, 第39回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集: 報告pp. 205-208, 2016. 12, 日本建築学会
- 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, 厚生労働省, 2013. 9
- 03) 伏見稲荷大社ホームページ, <http://inari.jp/>
- 04) 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
- 05) 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
- 06) 山崎昌廣・佐藤陽彦: ヒトの歩行一步幅、歩調、速度およびエネルギー代謝の観点から一, 人類誌, 98(4), pp. 385-401, 1990
- 07) 京都観光総合調査, 京都市産業観光局, 2013  
[https://kanko.city.kyoto.lg.jp/chosa/image/kanko\\_chosa25.pdf](https://kanko.city.kyoto.lg.jp/chosa/image/kanko_chosa25.pdf)
- 08) 山影進: 人工社会構築指南 artisocによるマルチエージェント・シミュレーション入門
- 09) 兼田敏之: artisocで始める歩行者エージェントシミュレーション
- 10) [https://www.goriluckey.com/archives/20150922\\_fushimiinaritaisha.html](https://www.goriluckey.com/archives/20150922_fushimiinaritaisha.html)

\*1 立命館大学 理工学専攻 建築都市デザインコース

\*2 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 講師・博士(工学)

\*3 日本大学 生産工学部 建築工学科 教授・博士(工学)

\*4 東京電機大学 情報環境学部 助教・博士(工学)