

非医療従事者の一次救命の不確実性をふまえた AED・サインの適正配置 - 伏見稲荷大社を対象としたマルチエージェントシミュレーション -

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143180018-6 中島 昌暉
(指導教員 山田 悟史)

1. はじめに

今日の日本は超高齢化社会を迎えようとしており、各医療機関が救急医療環境の充実化に向けた多様な取り組みを検討・実施している。しかしそれと同時に、医療従事者のみによる救急医療の対応の限界と、「非」医療従事者の自助・共助の重要性が指摘されている。それらの一例に心原性心肺機能停止（以下、心停止）が挙げられる。心停止は加齢と共に発症のリスクが高まり、処置の精度よりも発症から処置開始までの時間が予後に強い影響を与える症例である。そのため、非医療従事者による一次救命（心肺蘇生や AED 処置^{*1} など）の重要性が高まっている。しかし、非医療従事者の一次救命には「不確実性」が含まれる。例として、非医療従事者が一次救命を行う技能や意思を有しているか、AED の場所を知っているかなどが挙げられる。

このような分野において、「ByStander（以下、BS）」と「FirstResponder（以下、FR）」という用語がある。「BS」は要救助者が発生した現場に偶然居合わせた人である。「FR」は、「BS」であるが救命行動を行う意思と技能を有した人物である。非医療従事者による救急医療環境の充実のためには、「FR 育成」と「AED やサインなどの設備」の両者が重要で

ある。しかし現状において、両者を組み合わせた計画手法や指針は、筆者らが知る限り見当たらない。つまり、人的要因に対応した「AED やサインの配置計画手法（配置効果の検証手法）」、設備的要因に対応した「FR 育成の目標値（育成効果の検証手法）」が提示されていない^{*2}。

以上のことから本研究で具体的な事例を対象に、人的要因（対象地の滞在人数・FR 存在割合）・設備的要因（AED 配置数・サインの有無）の組み合わせごとの「救命率」を把握する。これにより、「AED 数による救命率の差（3.1 項）」・「サインの有無による救命率の差（3.2 項）」・「有効な FR の育成目標（3.3 項）」を明示し、両者を組み合わせた設備・人の計画手法を提示する。

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^{*3}（図 1）。お山めぐりのルートで要救助者が発生した場合、施設管理者による迅速な一次救命は困難であり、FR による一次救命に期待せざるを得ない対象である。



図 1 伏見稲荷大社の概要

Proper Arrangement of AED and Sign Consider that Uncertainty of Doing First Aid by Non-medical Workers

-Multi-Agent Simulation of Fushimi-Inari Taisha -

2.2 研究方法

滞在人数・AED数・サインの有無・FR割合のパターン毎のシミュレーションを実施し救命率の比較分析を行った。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。

シミュレーションは筆者らの先行研究³⁾を拡張し図2のアルゴリズム及び表1の設定値で実施した。シミュレーションはAED処置開始時間までの時間を観測するものであり、救命率は既往研究⁶⁾⁷⁾から回帰式を作成した算出した(図3)。

滞在人数、敷地内の分布割合(催事日と平常日)、回遊行動・主要な分岐点における分岐確率(催事日と平常日)は現地調査・統計資料を基に図4のように設定した。調査日は2018年11月8日(催事日)と2020年1月13日(平常日)である。調査においては、主要な回遊経路の把握、主要な分岐点において20分の断面通行量調査を行った。

AED数は3パターンとした(図4)。現状は、社務所・警衛所・御膳谷奉拝所の3カ所である。増設パターンにおいては、AEDの管理面を考慮しながら滞在人数の分布も加味して、AED有効圏域が広範になるような場所を選定した。配置数7個のパターンにおいて増設した場所は、奥社奉拝所・熊鷹社・荒木神社・辻亭の4カ所である。配置数を11個のパターンにおいてさらに追加した場所は、公衆トイレ前・三ツ辻・四ツ辻・御劔社の4カ所である。

サインの有無のパターンにおいて、現状は「無し」である(図4)。「有り」においては、AEDの数と位置に応じてルールによりサインを追加した。AED使用時間と救命率の関係(図3)から、AEDのある位置から歩行速度が最も遅い(0.8m/s)エージェントが往復540秒で移動できる距離(以下、限界距離)の位置、もしくは主要な分岐点に配置するルールである。但し、AEDから限界距離内に主要な分岐点が存在する場合、限界距離の位置にはサインを配置せず、主要な分岐点のサインのみとした。

以上のような設定でFRの存在割合を5%から100%まで5%ずつ増加させ一次救命の開始時間と救

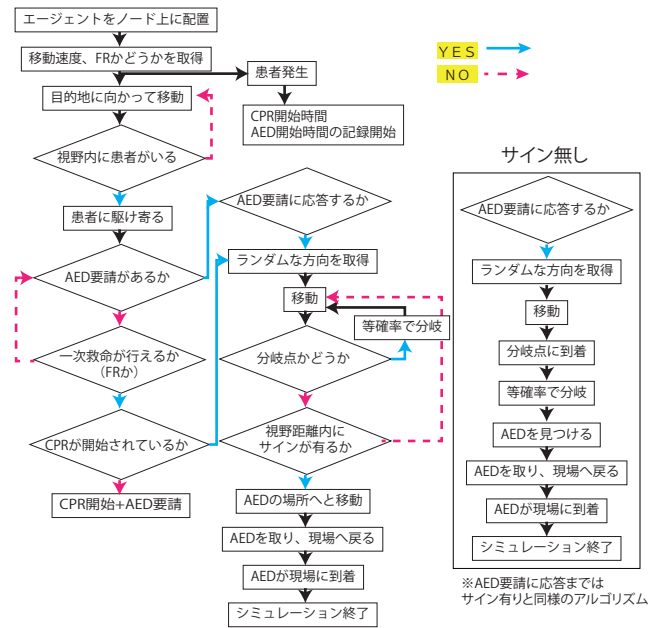


図2 アルゴリズム

表1 シミュレーションの設定値

項目	値	項目	値
視野距離(m)	8	AED要請対応確率(%)	62
走行速度(m/s)	0.8~1.3	AED取り付け時間(s)	28
		AED起動からショックまでの時間(s)	53
観光客数(人)	2800, 1200, 500		
AED数個	3, 7, 11		

視野距離、AED要請対応確率、歩行速度は参考文献³⁾⁴⁾⁵⁾を参照

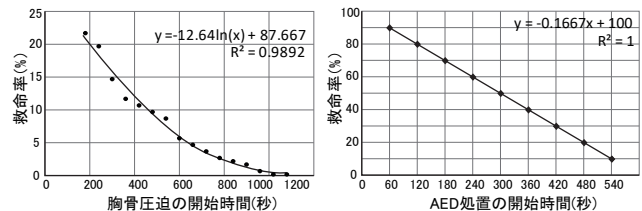


図3 時間と救命率の関係

命率を観測した。シミュレーションにおいてはCPR開始時間も記録しているが原稿に収まらないため割愛する。シミュレーター回数は各1000回であり、人数3パターン、AED数3パターン、サインは有り無しとの2パターン、計18パターン実施した。

3. 解析結果

3.1 AED数による救命率の差異

人数ごとの救命率の平均値を図5、6、7に示す。また、変数ごとの救命率を表2に、AED数による救命率の差を表3にまとめる。いずれの図もFRの割合が増えていくにつれて救命率は上昇しており、AED数が増えると救命率も高くなる事が分かる。

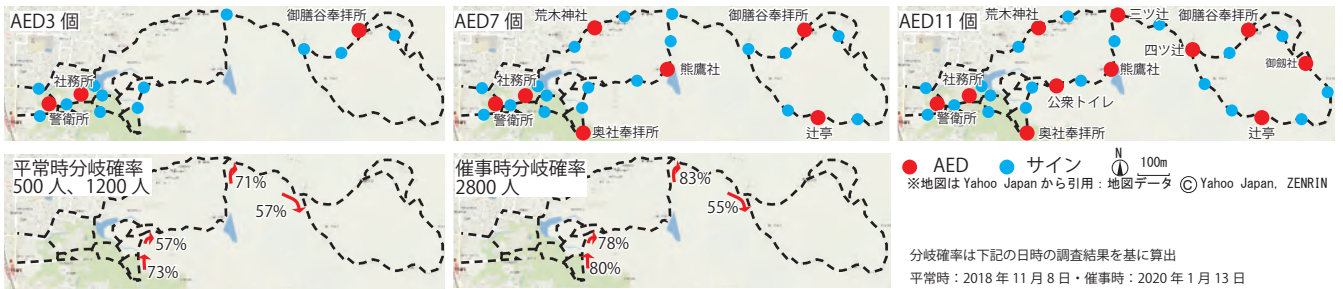


図4 AED・サインの配置場所及び観光ルートの分岐割合

具体例を挙げると、1200人・AED7個の時、サイン有りの場合、FR5%で救命率が16.4%でFRを100%にすると29.4%へととなり、救命率は13.0%上昇した。表3はAEDを増やしたことで救命率がどの程度改善かを表している。1200人・サイン有りを例に挙げると、AEDが3個と7個で救命率を比較した場合、FR5%の時は13.6%救命率が改善した。つまり、AED数による救命率の差は「AED増設の効果」と言うことができる

3.2 サインの有無による救命率の差異

表4はサインの有無による救命率の差である。この表を見ると、全てのパターンにおいてサイン有りの方が救命率が高くなっていることが分かる。しかしながら、AED数3個の場合の救命率の差はほとんどが2%以下であり、サインの効果があまり無いことが分かる。

3.3 有効なFRの育成目標

表5は各パターンの有効なFRの育成の目標値である。500人・AED3個・サインありの場合(図5)、救命率はFRの割合を増やしていくにつれて上昇していくが、上昇が緩やかで、上昇幅も小さいため、有効なFRの育成の目標値を明示することは難しい。1200人・AED7個・サインありの場合(図6)、救命率はFR20%まで比較的急な上昇をし、その後は緩やかな上昇で救命率もほぼ横ばいとなるため、有効なFRの育成の目標値は20%であると考えられる。

4. 考察とまとめ

■ AED数による救命率の差

現状のAED数と増設した場合の救命率を比較した時にAEDを増設した場合のほうが救命率が高くなっていることが分かる。また、AEDを3個から7個への増設と7個と11個への増設の救命率の上昇幅を比

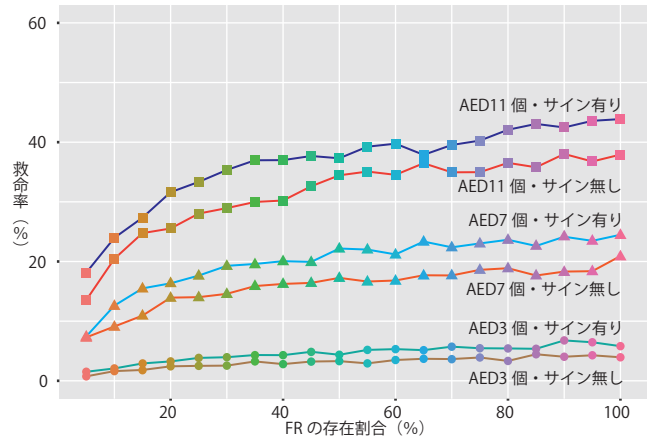


図5 500人の場合の救命率

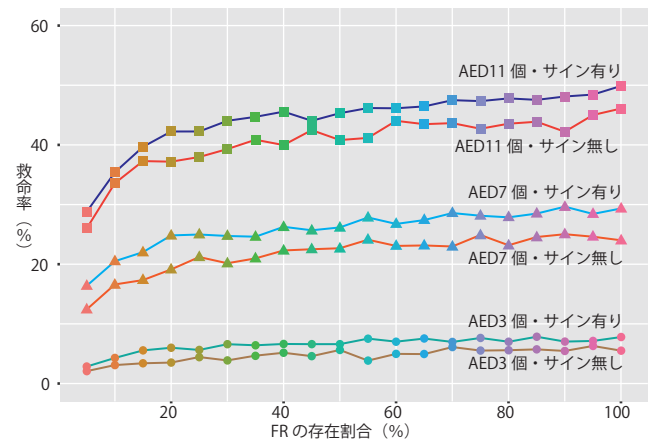


図6 1200人の場合の救命率

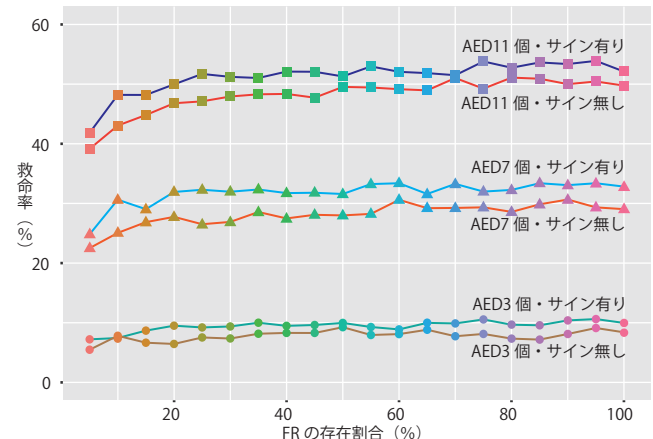


図7 2800人の場合の救命率

較した時、500人・1200人は11個まで増設した場合でも上昇幅は伸びている。しかし、2800人の場合、後者の上昇幅が前者の上昇幅よりも低くなっているため、11個以上の増設した場合、救命率の上昇の頭打ちに近いことが推測される。

■サインの有無による救命率の差

どのパターンでもサイン有りの救命率のほうが高くなり、サインの配置効果は有ると考えられる。しかし、救命率の上昇幅が最大でも6.0%と低く、サインのみでは効果は薄いと考えられる。

■有効なFRの育成目標

有効なFRの育成に関しては、現状をベースに考えるのならば、救命率の上昇が緩やかであることから、明確な目標値を明示することは難しい。AEDを増設した場合の育成の目標値は表5となっている。

伏見稲荷大社の現状はFRが多く存在していたとしても救命率が10%以下という危機的な状況である。その改善方法として、サインの配置よりもAED増設が効果が大きいことが分かった。今回、配置効果と育成効果の検証を行い、その効果を把握できた。今後はそれらの要素を組み合わせた救急医療環境を構築していく必要がある。

今後の課題点として、AED増設・サインの配置等の比較検証や、更なるAEDの増設を行い、最適配置の導出などが挙げられる。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。

注釈

- ※1) AEDは自動体外式除細動器(Automated External Defibrillator)を指す。「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」(参考文献1)を契機に多くの取り組みが行われており、一例としてAED使用講習会などが挙げられる。そこで本研究のテーマである心原性心肺機能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。
- ※2) 設備的要因である日常生活の場へのAED配置は進んでいるが、その配置計画手法は、指定された距離間隔に配置する、程度に留まっている。人的要因についてはAED講習会などが組織内で自主的に行われているが、組織内の人的・予算のリソースの範囲で努力する、程度に留まっているのが現状である。事実、AEDは有効に活用されているとは言えない状況である。実際の救急医療現場の記録をまとめた総務省の報告によると、2016年に目撃された25,569件の心停止のうち「FR」によるAED処置が記録されているのはわずか約4.7%(1,204件)に留まっている(参考文献2)。明確な数字は示されていないがAEDが近くにあって処置されない、AEDを探したが近くなかった、場所が分からなかった、などの要因が示されている。
- ※3) 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、国内外問わず多くの観光客が訪れている。観光の対象として、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。

表2 変数ごとの救命率

	500人・サイン有り			500人・サイン無し		
	FR5%	目標値	FR100%	FR5%	目標値	FR100%
AED3個	1.5	-	5.8	0.7	-	3.9
AED7個	7.4	19.2	24.5	7.3	13.9	21.0
AED11個	18.1	37.0	43.9	13.5	35.1	37.9
	1200人・サイン有り			1200人・サイン無し		
	FR5%	目標値	FR100%	FR5%	目標値	FR100%
AED3個	2.8	-	7.8	2.1	-	5.5
AED7個	16.4	24.8	29.4	12.4	21.2	24.0
AED11個	28.8	45.5	49.8	26.0	41.1	46.1
	2800人・サイン有り			2800人・サイン無し		
	FR5%	目標値	FR100%	FR5%	目標値	FR100%
AED3個	7.2	-	10.0	5.5	-	8.3
AED7個	24.8	30.6	32.8	22.5	27.7	29.0
AED11個	41.8	50.0	52.1	39.2	46.8	49.8

※目標値はFRの育成の目標値のことである

表3 AED数による救命率の差

	500人・サイン有り		500人・サイン無し	
	FR5%	FR100%	FR5%	FR100%
3個と7個の差(%)	5.9	18.7	6.6	17.1
7個と11個の差(%)	10.7	19.4	6.2	16.9
3個と11個の差(%)	16.6	38.1	12.8	34.0
	1200人・サイン有り		1200人・サイン無し	
	FR5%	FR100%	FR5%	FR100%
3個と7個の差(%)	13.6	21.6	10.3	18.5
7個と11個の差(%)	12.4	20.5	13.6	22.1
3個と11個の差(%)	26.0	42.1	23.9	40.6
	2800人・サイン有り		2800人・サイン無し	
	FR5%	FR100%	FR5%	FR100%
3個と7個の差(%)	17.6	22.8	17.0	20.7
7個と11個の差(%)	17.0	19.3	16.7	20.8
3個と11個の差(%)	34.6	42.1	33.7	41.5

表4 サインの有無による救命率の差

	500人		1200人		2800人	
	FR5%	FR100%	FR5%	FR100%	FR5%	FR100%
AED3個	0.8	1.9	0.7	2.3	1.7	1.7
AED7個	0.1	3.5	4.0	5.4	2.3	3.8
AED11個	4.6	6.0	2.8	3.8	2.6	2.3

表5 有効なFRの育成目標

	500人		1200人		2800人	
	サイン有	サイン無	サイン有	サイン無	サイン有	サイン無
AED3個	-	-	-	-	-	-
AED7個	30%	20%	20%	25%	20%	20%
AED11個	35%	55%	40%	35%	10%	20%

参考文献

- 01) 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
- 02) 平成29年版救急・救助の現状, 総務省, 2017. 12
- 03) 中島昌暉, 山田悟史, 岩田伸一郎, 江川香奈: 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, 第41回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集: 報告 pp. 278-281, 2018. 12, 日本建築学会
- 04) 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
- 05) Fruin, J. J. (著) 長島正充(訳): 歩行者の空間一理論とデザイン— 鹿島出版会. 1997
- 06) 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
- 07) 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
- 08) 山崎進: 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