

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 -

Appropriate Placement of AEDs and Signs Considering the Uncertainty of Doing First Aid
by Non-medical Workers
-Multi-Agent Simulation of Fushimi-Inari Taisha -

山田 悟史¹・中島 昌暉²

Satoshi Yamada and Masaki Nakashima

¹立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 任期制講師・博士（工学）（〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1）

Lecturer, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr. Eng.

²株式会社 CBRE（〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 明治安田生命ビル）

CBRE in Japan

This paper presents a quantitative planning method for AEDs and signs, and presents the findings for a specific target area. Although primary lifesaving of non-medical personnel is important in sudden cardiopulmonary arrest, primary lifesaving of non-medical personnel involves "uncertainty". However, there is no planning approach that takes into account the uncertainty. Therefore, we proposed a Multi-Agent Simulation with variables such as "number of people", "route selection", "primary lifesaving behavior", "first responder presence", and "placement of AEDs and signs". In the analysis, the relationship between the above variables and the "life saving rate" was clarified, and the effect of increasing the "AED and sign" according to the assumption of "non-medical workers" was presented.

Keywords: Non-medical worker, Uncertainty, First Aid, AED, Sign, Proper Arrangement times

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。例には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、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。そのため心肺蘇生や自動体外式除細動器(以降AED)による非医療従事者による一次救命の重要である。近年では「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」¹⁾を契機にAED使用講習会などの多くの取り組みが行われている。しかし課題も多い。それは非医療従事者の一次救命に含まれる「不確実性」である。具体的には、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、等が挙げられる。このような観点において「ByStander(以降BS)」と「FirstResponder(以降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。この用語を用いれば、非医療従事者による救急医療環境の充実化には「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、人的要因に応じた「AEDやサインの配置計画手法(配置効果の検証手法)」、設備的要因に応じた「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。そのためAED配置が進む一方でその配置計画の手法は「指定された距離を目標に配置する」程度に留まっている。AED講習会についても、期待される効果予測に基づく育成目標は示されておらず、人的・予算のリソースの範囲で努力する、というのが現状である。実際の救急医療の記録においてもAEDが十分に有効活用されているとは言い難い状況であり^{注1)}、「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。このような背景は歴史的都市における観光施設も例外ではない。むしろ2.1項に後述する性質を持つこともあり、多数の人々が訪れるため特に救急救命環境の充実化が望まれる。また「安全安心」は日本の魅力である。広い視点でとらえれば、充実した救急救命環境は備えるべき「おもてなし」の一つであり、魅力の強化につながるとも考えられる。

以上のことから本研究は歴史的都市の著名な寺社である「伏見稲荷大社」を取り上げ、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

(1) 研究対象

研究対象は施設管理者・医療従事者による一次救命が困難な対象として京都市伏見区「伏見稲荷大社と稲荷山」を選定した(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、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。しかし、お山めぐりのルートで要救護者が発生した場合、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

(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の結果として全体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。

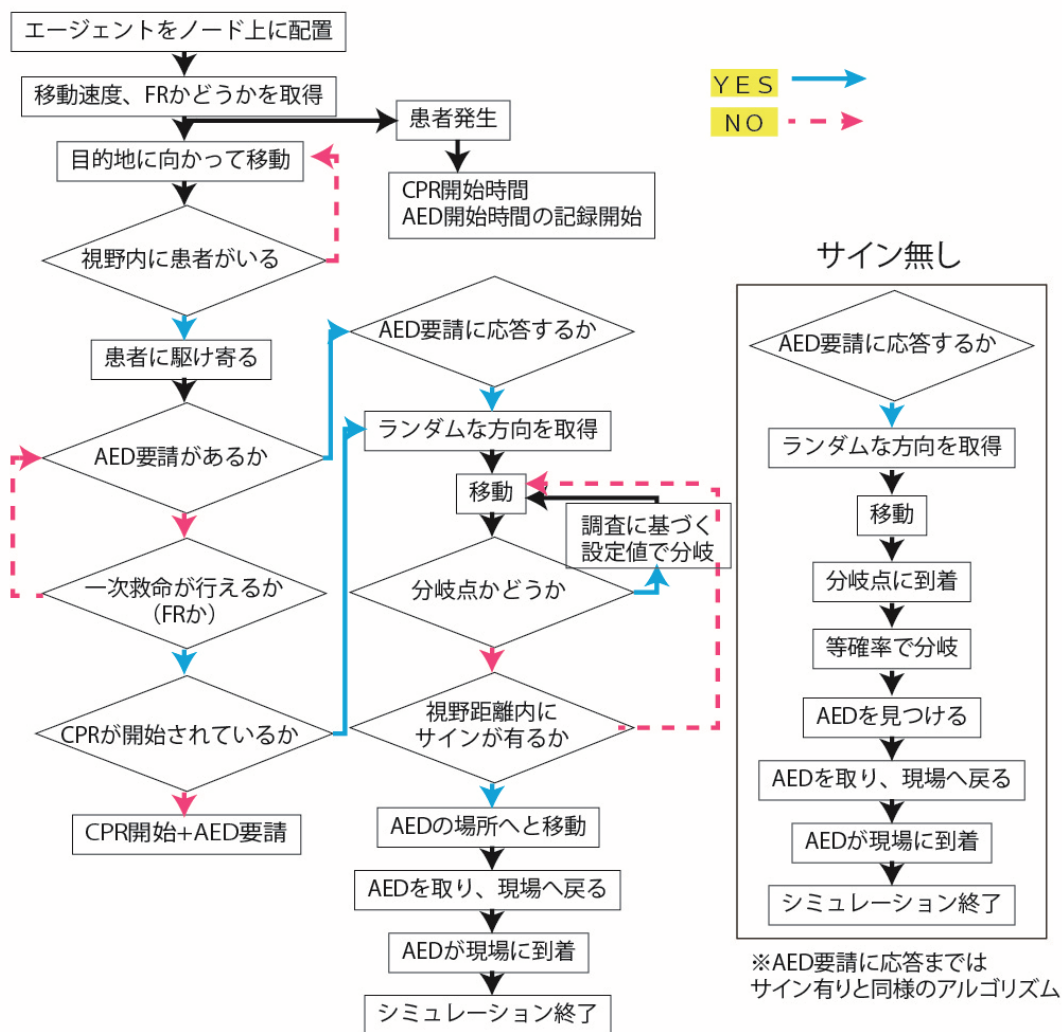


図2 アルゴリズム

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) ・筆者らの調査から設定

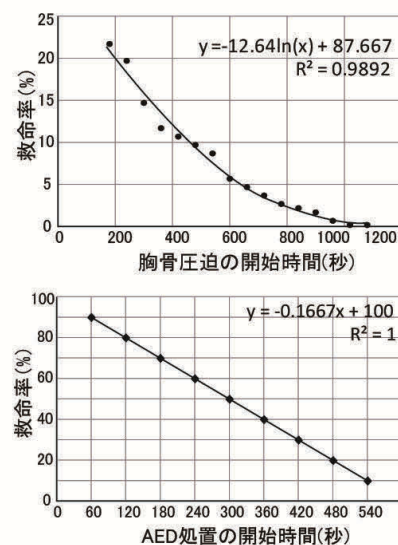


図3 時間と救命率の関係

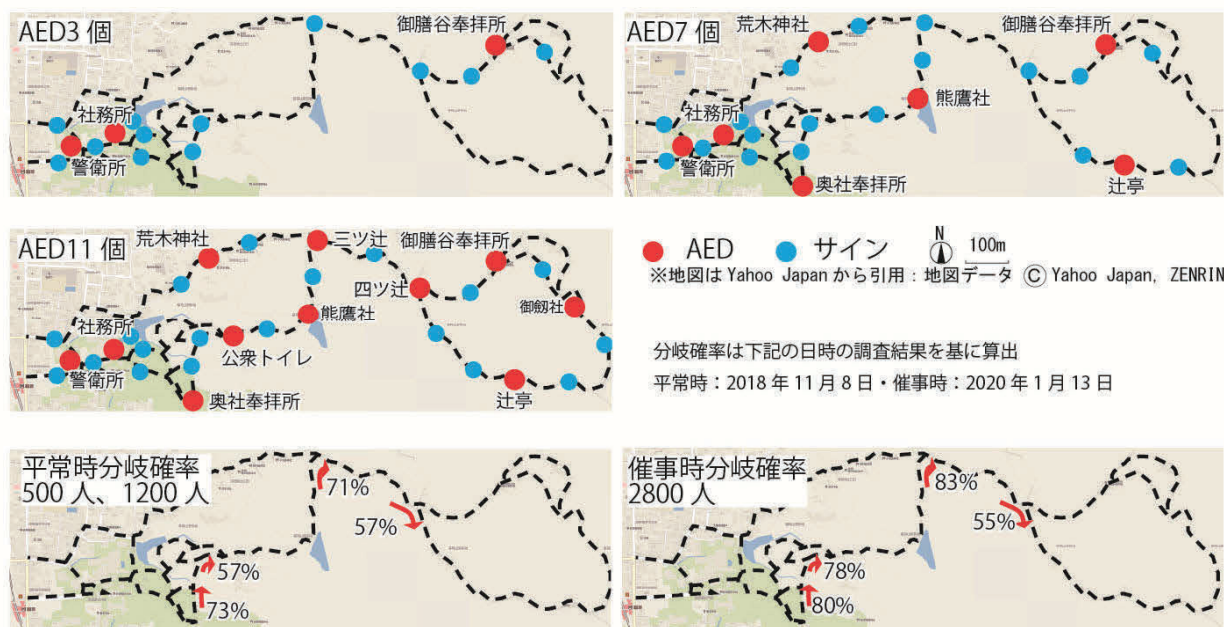


図4 AED・サインの配置場所及び観光ルートに分岐割合

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ヵ所である。増設パターンはAED管理・滞人数の分布・AED有効圏域の広がりから選定した。配置数7個においては、一般的にAEDは施設に付帯するものと認知されていること及び管理の観点から「奥社奉拝所・熊鷹社・荒木神社・辻亭」の4ヵ所に配置した。配置数11個においては、分岐的・長い経路の中間点及び有効圏域が過度に重ならないことに配慮しながら場所を選定し「公衆トイレ前・三ツ辻・四ツ辻・御劔社」の4ヵ所とした。

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の数と位置に応じたルールによりサインを追加した。ルールはAED使用時間と救命率の関係(図3)から設定した。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というルールである。但し、AEDから限界距離内に主要な分岐点が存在する場合は限界距離の位置にはサインを配置せず主要な分岐点にのみ配置した。

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命率を観測した。シミュレーションにおいてはCPR(心肺蘇生)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。シミュレーション回数は各1,000回であり、人数3パターン・AED数3パターン・サインは有り無しの2パターンで計18パターン(計18,000回)を実施した。

3. 解析結果

(1) AED数による救命率の差

各パターンの救命率の平均値を図5に示す。図中のプロットは各パターンにおけるFR増加と救命率の推移を示している。この結果を救命率の平均値として示した表が表2-Aであり、パターン及びFR割合間の差を示した表が表2-B・表2-C・表2-Dである。AED数を増設することにより救命率の上昇は表2-Bが示している。

「1200人・サイン有り」を例に読み取ると、FR5%においては3個から7個への上昇幅は13.6ポイント、7個から11個へは12.4ポイント、3個から11個へは26.0ポイントである。この上昇幅を各パターンにおける「AED増設の効果」と解釈することができる。FR100%の方がいずれのパターンにおいても上昇幅が大きい傾向が読み取れる。またAEDを増設した場合の上昇幅についてFR5%とFR100%の上昇幅の変化割合を比較すると、2倍以上である500人想定に対して2800人想定は小さい。

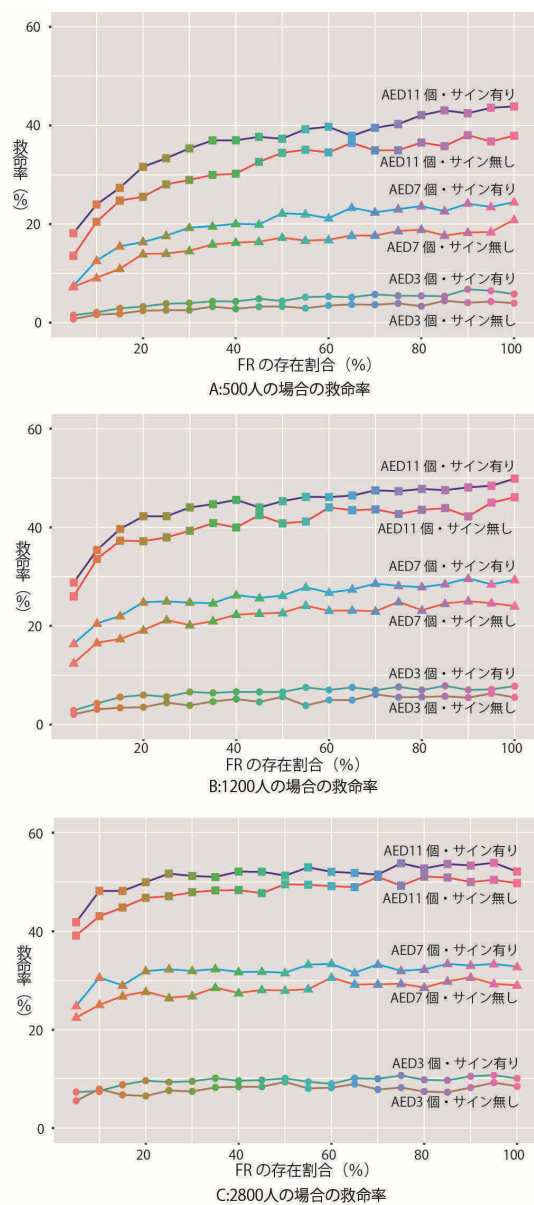


図5 救命率の変化

表2 結果の比較

A: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

B: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	20.4	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

C: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

D: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%

(2) サインの有無による救命率の差

表2-Cはサインの有無による救命率の差の平均値である。当然ながら全パターンにおいてサイン有り方の救命率の方が高いが、サイン有りにすることによる上昇幅は小さいことが分かる。

(3) 有効なFRの育成目標

表2-Dは図5から読みよった各パターンの有効なFRの育成の目標値である。「500人・AED3個・サイン有り(図5-A)」を例にすると、救命率がFRの割合の増加に応じて上昇していくが、その上昇は緩やかであるため有効なFRの育成の目標値の把握が難しいことが分かる。次に目標値を記入した「1200人・AED7個・サイン有り(図5-B)」を例にみると、救命率がFR20%まで上昇した後に緩やかな上昇となり救命率がほぼ横ばいとなっている。このことから有効なFRの育成の目標値は20%であると分析した。

4. 考察とまとめ

・AED数による救命率の差：AED増設の効果を救命率の上昇幅として提示した。AEDをいくつまで増設することが有効であるかは重要な視点であるが、「3個から7個に増設した場合」と「7個から11個に増設した場

合」の救命率の上昇幅の差異を表2-Bから比較した結果、いずれのパターンでも7個から11個に増設した場合の救命率の上昇幅が小さくなる傾向は見られなかった。管理の観点から上限を11個としたが、さらに増加させることで救命率はさらに上昇する可能性もあると考えられる。この閾値の把握は今後の課題である。

・サインの有無による救命率の差：AED数と同様にサイン設置の効果を救命率の上昇幅として提示した。しかし表2-Cからその効果をみると、最大でも6%と全体的にAED増設・FR目標値達成と比して効果が小さいと考えられる結果となった。またパターンによって異なる確率的な距離（要救助者－FR－サイン－AEDの距離）による効果の差も小さい結果となった。

・有効なFRの育成目標：FR育成目標値を図5から把握した。AED数が現状においては明確な目標値の明示が難しい結果となった。これは同時に設備的要因（AED・サイン）の不足を意味していると考えられる。AEDを増設した場合には曖昧ではあるが変曲点が見られる傾向にあり、目標値を表2-Dのように把握した。また、AED増設に重ねてFR割合を5%から100%とすることに注目すると、想定人数によって異なる傾向が見られた。一般的にAED配置及びFR育成は多数の人が集まる場所の方が優先される。しかし1症例に対する救命率の期待値からみると、500人という少ない想定人数の方がAED増設を行った上でFRを育成した際の救命率の変化が大きい結果となった。これは要救助者が想定人数に関らず1人は必ず発生しかつ1人であること、FRが割合として存在していることに起因するが、少ない想定人数の方がAED増設に重ねてFRを育成しその存在割合を5%から100%にする効果が高い結果となった。

・対象地について：シミュレーションの設定条件下ではあるが、現状ではFRが多く存在していたとしても平均的な救命率が10%以下という状況であることを把握した。次に、AED増設・サイン設置を行った場合の効果を3種の想定人数にてシミュレーションした。その結果から、管理と分かり易さを考慮したAED増設数11個までの範囲ではあるが、サイン設置よりもAED増設が優先されることを効果予測シミュレーションから明示した。有効なFR育成目標値も併せて明示した。

以上のように本研究は、人的要因(対象地の滞在人数・FR存在割合)と設備的要因(AED配置数・サインの有無)の組み合わせごとの「救命率」のシミュレーションから、設備・人の両者を組み合わせた定量的な計画手法を提示した。また知見としても実際の対象地を対象に「AED数による救命率の差」・「サインの有無による救命率の差」・「有効なFRの育成目標」を考察した。今後の課題には、AED増設・サイン設置の更なる比較検証や最適配置の導出などが挙げられる。シミュレーション条件の精緻化も今後の課題である。

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）」の助成を受け実施した。記して深謝を表する。

注

注1) 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²⁾。

参考文献

- 1) 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
- 2) 平成29年版救急・救助の現状, 総務省, 2017.12
- 3) 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
- 4) 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.
- 5) Fruin, J. J.(著)長島正充(訳)：歩行者の空間—理論とデザイン—, 鹿島出版会, 1997.
- 6) 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.
- 7) 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
- 8) 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
- 9) 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