

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04524

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Appropriate planning of AEDs and signs in light of uncertainty in primary lifesaving by non-medical personnel

研究代表者

山田 悟史（Yamada, Satoshi）

立命館大学・理工学部・准教授

研究者番号：00551524

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：非医療従事者による救急医療環境を充実させるには、現状及び計画の評価検証手法が必要ですが、手法が十分ではありません。そこで主に下記の3項目について研究を行いました。

1項目目は「建築・施設単位のスケールの手法として、突発的な心肺停止状態の要救助者が発生した際の際の非医療従事者の一次救命行為による救命率をMulti Agent Systemを用いて確率現象として評価する手法の提案」です。2項目目は「都市スケールの手法として、AEDを指定時間内に利用可能な範囲とその範囲に含まれる人口の把握手法の提案」です。3項目目は「覚知を早期化するためのカメラによる転倒検知システムの提案」です。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医療従事者の方々だけに頼らず私達自身がお互いの生命を護り合える環境が必要です。突然の重大な体調悪化に対しては、医療従事者の方々だけでは生命を護り切れないこともあるからです。そこで普及が進んでいるのがAEDです。普及が進む今、私達の生活環境は生命を護り合うという意味で良い状態なのではないでしょうか。現状を知ることが将来を考える上で重要です。そこでこの研究では、現状の良し悪しを測り、より良くするための計画の良し悪しを測る方法を提案しました。この研究の意義は「お互いの生命を護り合える環境の実現に役に立つように、数字として現状と計画の良し悪しを判断する方法を提案した」ことです。

研究成果の概要（英文）：In order to enhance the emergency medical care environment by non-medical personnel, evaluation and verification methods for the current situation and plans are necessary, but these methods are not sufficient. Therefore, we conducted research on the following three items. The first item is "a proposal for a method to evaluate the life-saving rate of non-medical personnel by primary life-saving actions in the event of a sudden cardiopulmonary arrest of a person requiring emergency care as a probabilistic phenomenon using a multiagent system, as a method on the scale of buildings and facilities. The second item is "Proposal of a method for understanding the area where AEDs are available within a specified time and the population included in that area as an urban scale method" and the third item is "Proposal of a camera-based fall detection system for early recognition.

研究分野：建築情報学

キーワード：AED 救命率 救急医療 非医療従事者 転倒検知 Multi-Agent-Simulation GIS 深層学習

## 1. 研究開始当初の背景

救急医療の根幹は医療機関です。しかし超高齢者化社会を迎えつつある近年では、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ます。代表例は突発的な心臓停止です。加齢とともに発生リスクが高まる事例でもあります。亡くなった命の中には、医療業務従事者以外だとしても早期に一次救命が施されていれば救えたかもしれない命があります。後遺症も同様です。このような事例では「非医療従事者による一次救命」が要救助者の命を左右し、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医療分野において数多く指摘されています。

上述の背景から AED 設置と講習会が広まっていますが、「一次救命を行うかが確実ではない」という非医療従事者の不確実性も直視した上で、AED を用いて充実した救急医療環境を構築するための計画論が未成熟です。AED 認識率を例にすれば、認識率が低ければ AED が多数設置されていても効果は希薄で高い救命率は期待できません。このような場合は救命教育が効果の最大化に有効です。一方で、認識率が高いが設置数が足りない状況では AED 増設が効果的です。このように、AED の数と位置は人的要因とのバランスによって決まります。しかし対応する計画論が希薄です。その原因の一つは人的要因の不確実性の取り扱いづらさです。救命率は時と場合によって異なります。その結果を予測して現状を評価することは容易ではないからです。建築情報学にはこのような現象を確率現象として扱う専門性があります。これは実社会での活動を担う自治体・病院・民間が保持する専門性とは異なる専門性です。そこで学術的機関が担うべき内容として建築情報学の観点を活かして研究に取り組みました。

## 2. 研究の目的

### (1) AED に関する救急医療環境の評価シミュレーション手法の構築

時と場合によって異なる結果が生じる現象の結果を予測して現状を評価すること、それは「不確実性を含んだ結果の把握」であり、「結果の確率分布の把握」を意味します。この研究の目的はそれを施設単位で実行可能にすることです。研究期間の後半では都市単位の評価方法の提案も目的に加えて研究を実施しました。

### (2) AED・サインの適正配置及び社会実装

(1) で提案する手法を実際の計画で使用して貰うためには、適用例を明示することも重要です。そのため実在する事例を取り上げ評価と計画を行い、適用例を示すことも研究の目的として研究を実施しました。施設単位では皇居周辺のランニング、伏見稲荷大社、を対象にしました。都市単位では東京都大田区を対象にしました。

## 3. 研究の方法

### (1) Multi-Agent System (MAS)

救急医療環境を評価する手法の提案として「結果の確率分布の把握」を行うために本研究は、Multi-Agent System (MAS) を用いて、調査に基づくシミュレーションを構築しました。MAS は仮想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シミュレーションです。この研究ではエージェントは人に該当します。一次救命の基本的な流れは、①平常時の移動、②患者の認識、③現場着、④一次救命判断、⑤処置開始です。この5段階に必要な調査を実施しアルゴリズム化しました。

### (2) Geographic Information System (GIS)

(1) の方法は施設単位では実行可能である一方、都市という広域の単位では実行困難なことが分かりました。エージェントの数と行動の複雑さをふまえると妥当ではないと判断したためです。そこで電子的な地図上都市の解析が可能な GIS を用いて、AED から指定時間以内に到達可能な範囲、重複する範囲、含まれない範囲と人口分布を把握する方法を提案しました。

### (3) Deep learning

上記の研究実施と並行して、研究期間の終盤では救命率に強い影響を与える覚知の早期化に関する研究にも着手しました。施設管理者または一般の人に要救助者が発生したことを、人間だけに依存せずに知らせるためです。研究では汎用性を勘案し心肺停止に限定せず、人が転倒したことを検知するシステムとしました。方法には Deep learning を基盤に開発された姿勢推定技術を用いました。人間の姿勢を把握するのに有用な関節などの位置を映像から推定する技術である。この技術と転倒しているか否かを判別するためにサポートベクターマシン・決定木・深層学習を用いた分類器を方法に採用しました。

## 4. 研究成果

### (1) 評価シミュレーション手法の提案

要救助者の発生から AED 処置までを図 1 のようにアルゴリズム化したシミュレーションを提案しました。既往研究や調査をもとに、視野距離は 8m、移動速度は 0.8-1.3(m/s)、AED 要請対応確率は 62%、AED 取り付け時間は 28 秒、AED 起動からショックまでの時間は 53 秒としました。

### (2) 適用例の例示

適用例の一つ目は皇居の外周路です。提案手法が完全な直線の経路と曲がり角を持つ経路で結果が異なる範囲は曲がり角を中心に半径 8m の範囲内です。そのためこの結果は他の事例でもある程度は参考になります。そこで健康的なランニング距離とされている約 5km の皇居の外周路としました。ランニング行為の象徴的な対象であることも理由です。AED が 3 か所から 4 か所に増設した場合の効果を測定した例が図 2 です。横軸は救命率です。縦軸はその救命率の確率密度です。色が異なる曲線の色は AED を認識している人数の割合を示しています。この曲線の推移から AED を増設する計画の効果を評価することができます。また AED を認識している人を増やすという救命救急に関する教育・啓蒙活動が救命率という視点からどの程度効果があるのか、どの程度を目標にすればよいのか、を知ることができます。具体的な数値としての研究成果は発表原稿を参照してください。

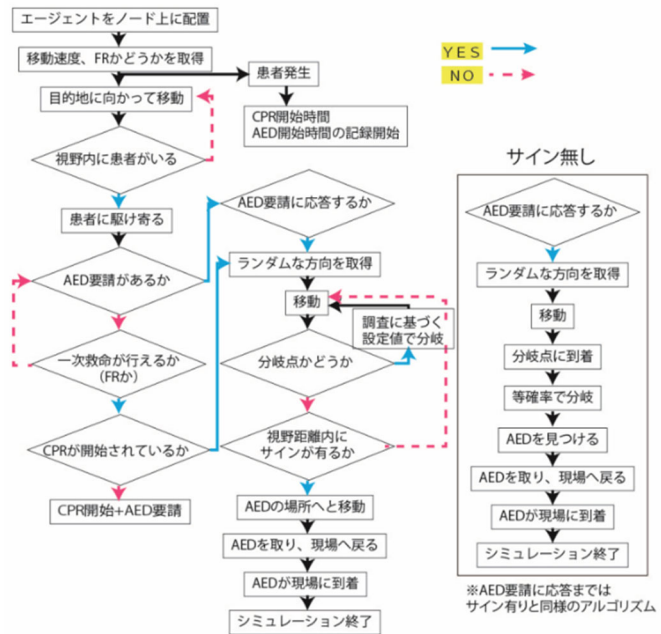


図. 1 シミュレーション手法

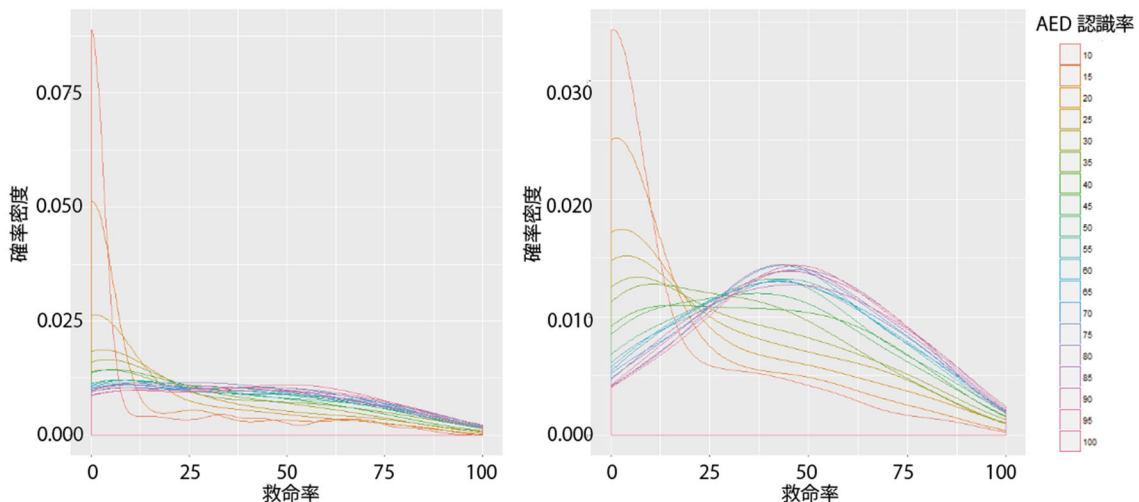


図. 2 シミュレーション結果 (左図 AED 数 3, 右図 AED 数 4)

### (3) 都市単位での評価手法の提案

東京都大田区を対象に都市単位での評価手法も提案しました。これには評価・計画を実施する対象を都市単位という広い単位から段階的に狭い単位へ絞り込むという意味もあります。まず実際に AED を保有している施設管理者に対して設置・運用状況の調査を行いました。次に AED を有効時間以内に利用可能な圏域と圏域内の人口を、図 3 のように時間帯別に把握する手法を提案しました。点は AED の位置を示しています。そこから広がる範囲は歩行速度 66.6m/min で 229.5 秒以内に往復可能な範囲を示しています。また時間帯によって利用可能な AED が変化する実情を示しています。発表原稿では範囲内の人口についても分析しました。このような図を示す方法には、都市単位の計画前提となる現状を把握できるという意義があります。

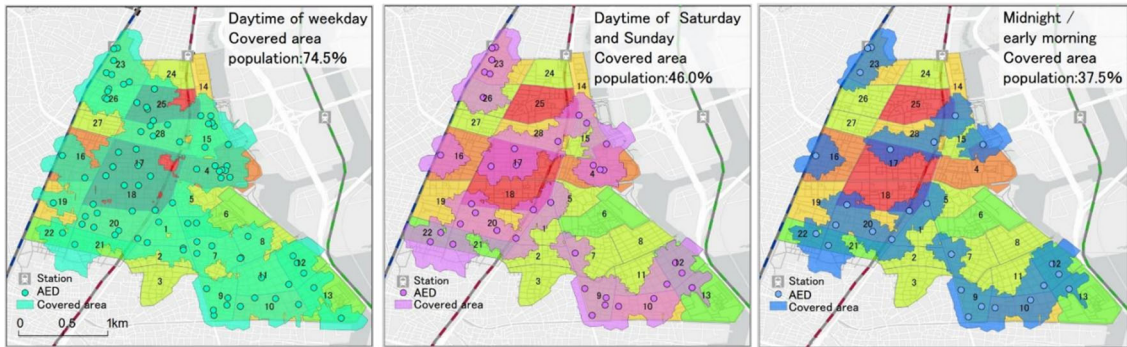


図. 3 解析結果 (左：日中，中心：土日，右：深夜)

### (4) 覚地を早期化するための発展的な研究 (転倒検知)

Deep Learning を基盤として関節情報を抽出する OpenPose に着目した転倒検知システムの精度検証をしました。既往研究には室内での転倒者に対して約 91%の精度で検知できる報告があります。しかし、撮影条件や解析方法の違いによる精度比較や、精度の詳細や信頼性が不明瞭です。そこで後述する 4 要因が転倒検知の精度に与える影響を把握しました。4 要因のうち 2 要因は撮影時の要因である撮影仰角 (30°・45°・60°)、転倒姿勢 (横向き・仰向き・うつ伏せ) です。残りの 2 要因は解析時の要因であり、関節情報の取得数 (4 水準)、転倒と通常を分類する機械学習のアルゴリズム (決定木・ニューラルネット・サポートベクターマシン) です。それぞれの精度を明らかにした上で、研究に用いた学習画像に類似の状態であればほぼリアルタイムで約 95%の正解率で転倒と通常を検知するが可能なシステムの試作を作成しました。また転倒を見逃さない、という視点に立った場合の精度も検証しました。図 4 は転倒と歩行時の姿勢推定の様子です。このように映像から取得した関節情報から転倒を検知するシステムを研究しました。具体的な数値としての研究成果は発表原稿を参照してください。



図. 4 姿勢推定の様子 (上：転倒，下：歩行)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>山田 悟史, 中島 昌暉   | 4. 巻<br>14                |
| 2. 論文標題<br>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 | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>歴史都市防災論文集  | 6. 最初と最後の頁<br>203 - 208   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）                                      | 国際共著<br>-                 |
| 1. 著者名<br>北本英里子, 山田悟史, 宗本晋作, 及川清昭  | 4. 巻<br>42                |
| 2. 論文標題<br>移動コストを考慮した街路ネットワークの媒介中心性分析                                      | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集                                       | 6. 最初と最後の頁<br>114-117     |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                     | 国際共著<br>-                 |
| 1. 著者名<br>中島昌暉, 山田悟史   | 4. 巻<br>12                |
| 2. 論文標題<br>松山城における非合理的避難の割合と被害の推移に関する研究                                    | 5. 発行年<br>2018年           |
| 3. 雑誌名<br>歴史都市防災論文集  | 6. 最初と最後の頁<br>107-112     |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）                                      | 国際共著<br>-                 |
| 1. 著者名<br>EGAWA Kana, ARAKI Nozomi, YAMADA Satoshi                         | 4. 巻<br>86                |
| 2. 論文標題<br>AEDの施設単位及び都市空間における運用状況の把握と課題                                    | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ)       | 6. 最初と最後の頁<br>1882 ~ 1891 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.3130/aija.86.1882                            | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）                                      | 国際共著<br>-                 |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>KITAMOTO Eriko, YAMADA Satoshi, MUNEMOTO Shinsaku, OIKAWA Kiyooki | 4. 巻<br>85                |
| 2. 論文標題<br>勾配を取り入れた街路ネットワークの中心性の研究  | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ)        | 6. 最初と最後の頁<br>2267 ~ 2276 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3130/aija.85.2267                            | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている(また、その予定である)                                       | 国際共著<br>-                 |

〔学会発表〕 計9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>柴田拓海, 山田悟史                                      |
| 2. 発表標題<br>深層学習を用いた異常検知による転倒把握に関する研究-OpenPose による特徴量抽出と分類- |
| 3. 学会等名<br>第44回情報・システム・利用・技術シンポジウム                         |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>柴田拓海, 山田悟史                          |
| 2. 発表標題<br>カメラ映像に対する深層学習を用いた転倒検知の精度比較          |
| 3. 学会等名<br>日本建築学会大会(北海道)学術講演梗会, 2022.9, 日本建築学会 |
| 4. 発表年<br>2022年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>江川香奈, 山田悟史, 依田育士                       |
| 2. 発表標題<br>医療施設における傷病者受け入れスペース設営マニュアルの 掲載内容に関する考察 |
| 3. 学会等名<br>日本建築学会大会(北海道)学術講演梗会, 2022.9, 日本建築学会    |
| 4. 発表年<br>2022年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>中島昌暉, 山田悟史, 岩田伸一郎, 江川香奈                                  |
| 2. 発表標題<br>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                        |
| 3. 学会等名<br>第42回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集：報告pp.308-311, 2019.12, 日本建築学会 |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>中島昌暉, 山田悟史, 岩田伸一郎, 江川香奈                                 |
| 2. 発表標題<br>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                       |
| 3. 学会等名<br>日本建築学会大会(北陸) 学術講演梗概集(建築計画), pp. 809-810, 2019.9, 日本建築学会 |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>中島昌暉・山田悟史・岩田伸一郎・江川香奈              |
| 2. 発表標題<br>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 |
| 3. 学会等名<br>第41回情報・システム・利用・技術シンポジウム           |
| 4. 発表年<br>2018年                              |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>北本英里子・山田悟史・及川清昭          |
| 2. 発表標題<br>傾斜地に立地する都市の街路ネットワーク解析の提案 |
| 3. 学会等名<br>第41回情報・システム・利用・技術シンポジウム  |
| 4. 発表年<br>2018年                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>中島昌暉, 山田悟史                         |
| 2. 発表標題<br>マルチエージェントを用いた非合理的避難の割合と被害の推移に関する研究 |
| 3. 学会等名<br>日本建築学会大会(東北)学術講演会                  |
| 4. 発表年<br>2018年                               |

|                                 |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名<br>北本英里子, 山田悟史, 及川清昭    |
| 2. 発表標題<br>多次元グラフ理論による建築都市の定量把握 |
| 3. 学会等名<br>日本建築学会大会(東北)学術講演会    |
| 4. 発表年<br>2018年                 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                          | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)             | 備考 |
|-------|--|-----------------------------------|----|
| 研究分担者 | 小峯 力<br><br>(Komine Tsutomu)<br><br>(60382826)     | 中央大学・理工学部・教授<br><br><br>(32641)   |    |
| 研究分担者 | 江川 香奈<br><br>(Egawa Kana)<br><br>(10648603)        | 東京電機大学・理工学部・助教<br><br><br>(32657) |    |
| 研究分担者 | 岩田 伸一郎<br><br>(Iwata Shinichiro)<br><br>(30314230) | 日本大学・生産工学部・教授<br><br><br>(32665)  |    |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件



8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|