

ABMを用いたAEDの最適配置に関する研究

市川学 佐々木美絵（国立保健医療科学院）Dingding Chao（東京大学）

Study on Optimal Location of AED by Using ABM

*M. Ichikawa, M. Sasaki (National Institute of Public Health)
and D. Chao (University of Tokyo)

概要— 本研究では、エージェントベースのアプローチを採用し、これまでに明らかにされた AED の使用状況の分析結果を活用して、住民として表現されたエージェントに AED を使用するに至る経緯を確率的イベントとして適用することで、現実世界における AED の利用状況を再現するシミュレーションモデルの構築を目指す。本研究では、心原性心停止の発生から目撃、AED および心肺蘇生を含む処置、搬送、病院収容、診療終了までの一連の転帰に関連するプロセスを構築することによって、AED の最適な配置について提案することを目的とする。また、将来に起こりうる現象を想定して、AED に関する政策評価を行う際の評価ツールとして活用されることを目指す。

キーワード: AED, ABM, 最適配置

1 はじめに

1.1 背景

我が国の病院外における心原性心停止は年間約 7 万件発生しており、病院外救急システムを充実させていくことが重要な課題となっている¹⁾。病院外で目撃された心停止症例に対し、その場に居合わせた人が早期に心肺蘇生と除細動を行えば高い生存率が得られることが明らかにされている²⁾。また、救命率の向上のためにはその場に居合わせた市民による早期除細動は極めて重要であり、一般市民による除細動の促進は、多くの地域で導入され、その有効性が示されている。近年、救急隊の出動件数は平成 16 年より年間 500 万件を超える膨大な数に達しており、2010 年は、前年と比べて 6.7% 増の 546 万 3,201 件と過去最高の出動件数となった。この増加率は、平成 7 年の増加率 (7.6%) 以来、15 年ぶりの高い伸び率である³⁾。中でも急病による出動が 73% と最も多く (前年より 248,814 件増)、急病のうち、心疾患による死亡割合は全体の 38.5% と最も高い値を示している。いずれも 1963 年に救急業務が始まって以来、最多となっている。また、通報を受けてから救急車が現場に到着するまでの平均時間は 7.9 分 (前年比 10 秒遅延)、病院に収容するまでの平均時間も 36.1 分 (前年比 1 分 20 秒長) と過去最長となっており、救急需要の増大が住民の救命率の低下に影響を与えることが危惧されている。一方で住民の安心・安全を確保するためには、限られた人的、物的資源を効果的・効率的に運用する必要がある。我が国の AED の設置は医療機関や各自治体、個人などのイニシアチブによるのが現状で統制が図られていない。我が国では、2004 年 7 月から AED による一般市民の除細動が許可され、非医療施設での AED の普及台数および、市民による除細動症例の社会復帰率は急速に増加を認め、AED の使用状況の詳細も明らかとなっている。市民の AED 使用の効率性を高める上でも、AED の効率的設置及び運用に向けたシミュレーションを用いた検証は、病院外救急システムを充実させていくうえで、極めて重要である。

1.2 目的

本研究では、これまでの AED 設置及び普及に関する背景を踏まえつつ、エージェントベースのアプローチを採用し、これまでに明らかにされた AED の使用状況の分析結果を活用して、住民として表現されたエージェントに AED を使用するに至る経緯を確率的イベントとして適用することで、現実世界における AED の利用状況を再現するシミュレーションモデルの構築を目指す。本研究では、心原性心停止の発生から目撃、AED および心肺蘇生を含む処置、搬送、病院収容、診療終了までの一連の転帰に関連するプロセスを構築することによって、AED の最適な配置について提案することを目的とする。また、将来に起こりうる現象を想定して、AED に関する政策評価を行う際の評価ツールとして活用されることを意識する。

2 モデル

2.1 モデルの概要

本研究では、1 つの自治体を表現した仮想都市モデルにおいて、その自治体に住民をエージェントと見立てたシミュレーションモデルを構築する。このモデルにおいては、エージェントが住む複数の地区を、現実世界の行政境界に従ってモデル内に空間を定義する。また、教育施設や文化施設、商業施設も現実世界の存在数に合わせて定義する。仮想都市で生活するエージェントは、通勤や通学、買い物などの日常行動を取ることを基本とし、その行動とともに仮想都市内を移動する。この日常行動を取る中で、確率的に心配停止症例を起こすことによって、どこでどの時刻に AED を使用されるかの可視化を試みる。これまでの統計分析により、年齢別の心停止症例の発生件数、心停止症例の発生件数、心肺蘇生の有無、心肺蘇生までの時間、AED の利用状況など、心停止症例発生からその後の治療経緯にまつわる分析内容をエージェントの行動として実装を試みる。合わせて、どこに配置された AED の使用頻度が高く、また、どこかの AED の使用頻度が少ないかの検討も試みる。AED には使用期限が定められており、AED の交換に際しては、シミュレーションの結果を考慮して設置場所を検討できるだけの判断材料をシミュレーション結果から提供することを目指す。そ

の他、心配停止症例に該当したエージェントについては、発見されるかされないか、救急隊の処置を受けられか受けられないか、医療機関にどのくらいの時間で搬送されるかを考慮した状態遷移をモデルで実装することで、心配停止症例発生後の経緯も可視化を行う。なお、モデルの構築手法については、エージェントベースのアプローチを採用し、社会シミュレーション言語 SOARS を用いて構築する。以降、設計するモデルの詳細について説明する。

2.2 場の定義

モデルの場については、AED を利用する可能性がある住民が生活する場と AED の設置場所から構成する。AED を利用する可能性がある住民が生活する場は、標準地域メッシュの 4 次メッシュ (500m 四方) を利用することとし、日本全国をモデルの場の対象とする。各メッシュは、5 歳刻みの性別を区別しない人口を属性値として持つ。後述するエージェントは、各メッシュにおける 5 歳刻みの性別を区別しない人口をもととして、年齢区分を持った状態で定義する。なお、各メッシュで生活する住民の居住地については、該当メッシュの重心に居住地を構えるものとする。Fig. 1 は、大阪市周辺の 4 次メッシュの境界を表す。この 1 つ 1 つのメッシュの重心にて住民が存在していることとする。

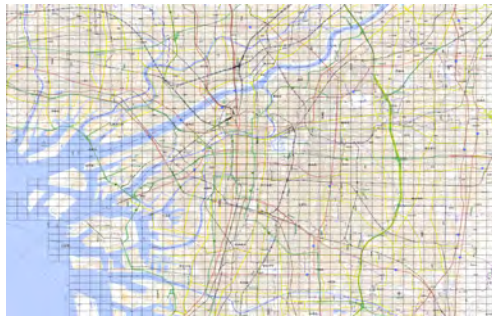


Fig. 1: 大阪市周辺 4 次メッシュ

AED に関しては、厚生労働省の AED の適切な管理等の実施に関する政策によると、AED の設置場所に関する情報の共有が必要であることの説明がされており、一般財団法人日本救急医療財団を通じた AED 設置情報の共有を行っている (Fig. 2 参照)^{4) 5)}。



Fig. 2: 財団全国 AED マップ⁵⁾

一般財団法人日本救急医療財団によれば AED の登録は義務ではなく、設置者の裁量に任せられている。そのため、全国 AED マップで表示される AED が日本全国に設置されている AED ではない。自治体によっては、独自に自治体に設置されている AED の情報を公開しているところもあるが、全ての自治体で公開がされているわけでもない。本研究では、AED に関する情報は、全国 AED マップで得られる情報を利用することとした。なお、各 AED は台数、設置施設種別区分と精

度情報を属性値として持つ (Table 1 参照)。設置施設種別区分は、例えば「消防・海保・防衛関係施設」「医療施設」や「学校・保育施設」があり、16 区分となる。

Table 1: AED の精度⁵⁾

精度	説明
A	「点検担当者の配置あり」、「新規登録日 (情報更新日を含む) から 2 年未満」及び「ピンの移動歴あり」
B	「点検担当者の配置あり」及び「新規登録日 (情報更新日を含む) から 2 年以上 4 年未満を経過」、ただし、ピンの移動歴は問わない
C	「点検担当者の配置なし」又は「新規登録日 (情報更新日を含む) から 4 年以上を経過」

なお、大阪市周辺を例にとると、4 次メッシュと AED 設置の状況は、Fig. 3 のようになる。この情報を SOARS で読み込み既述した情報を持つモデルの場として定義する。その他、エージェントとなる住民の行動にも依存するが、日常生活の中で移動先となる学校や商業施設、事業所についての情報については、施設情報であれば国土数値ダウンロードサービス⁶⁾及び事業所については e-Stat 政府統計の総合窓口⁷⁾より情報を取得してモデルの場へ反映する。



Fig. 3: 大阪市周辺 AED マップ

2.3 エージェントの定義

AED を利用する可能性のある住民を、本モデルにおける意思決定主体となるエージェントとして定義する。エージェントは、属性値として 5 歳刻みの年齢区分を持つ。また、エージェントは、場の 4 次メッシュを持つ 5 歳刻みの性別を区別しない人口をもとにして該当する 4 次メッシュの重心に生成されるものとする。なお、全エージェント数が増える場合は、エージェント数のスケールダウンが行えるようにする。以下、エージェントの具体的な行動を説明する。

2.3.1 エージェントの日常行動

本モデルにおけるエージェントは、常に居住区となる 4 次メッシュの重心に位置するのではなく、仕事や学業の時間帯であれば勤務先となる事業所や学校に移動する。また、買い物をするのであれば、近隣の商業施設に向かう。その他、行動分類に応じて該当する施設もしくは施設のある 4 次メッシュに時間帯に合わせて移動する行動をとる。このエージェントの時間帯別の行動内容については、国民生活時間調査 2010 の調査結果をもとに人の生活行動決定モデルを構築した川村

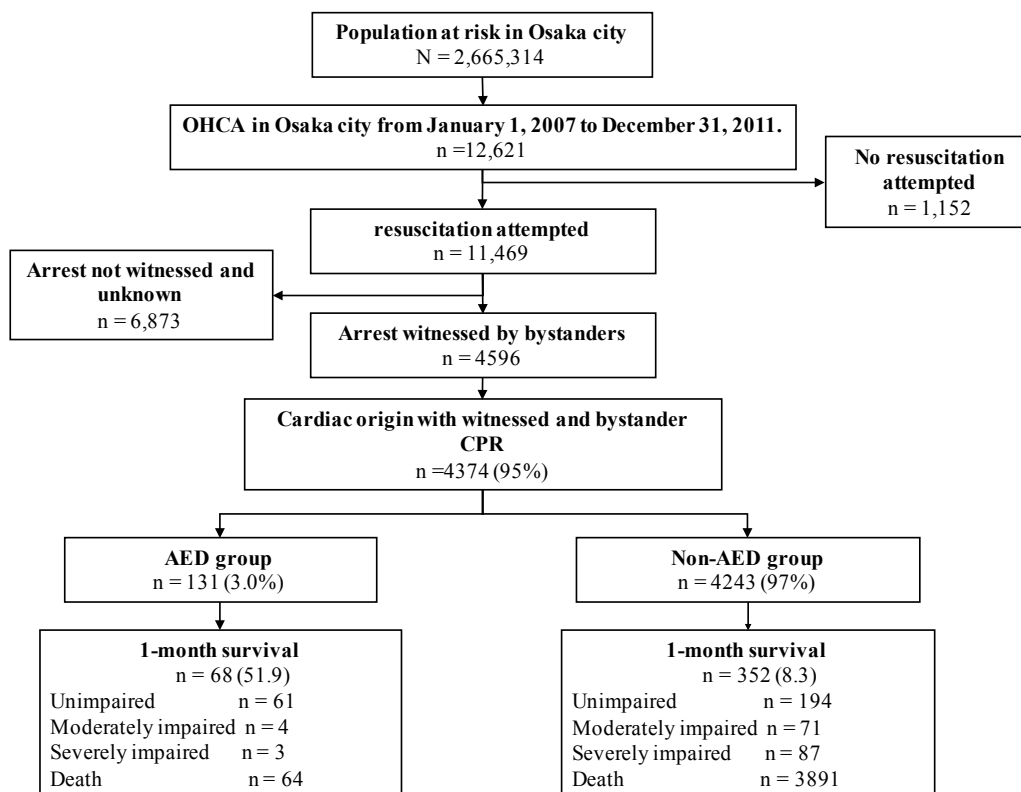


Fig. 4: 心肺停止からのプロセス

らの研究を参考に、エージェントの日常行動モデルを設計する⁸⁾。

2.3.2 エージェントの AED 利用に関する行動

AED を使用しなければならぬ心原性心停止の発生、及びその目撃から心肺蘇生を含む処置、搬送、医療機関への収容、診療終了までの統計的情報については、ウツタイン大阪プロジェクト⁹⁾にて収集されている基礎データを基とした。ここでのデータより、大阪市の全人口を対象に、心肺停止の事例発生数、蘇生施工有無、心原性心停止の発生数、AED を利用数などが得られる。これらの情報をもとに、心停止事例の発生からのプロセスを表現する。各プロセスの事例数については、Fig. 4 に示す。

Fig. 4 からは、各状態への遷移確率が事例数に応じて設定することができる。そのため、日常生活を送っている中で、確率的に心肺停止の事例を発生させ、その後のプロセスをたどることでのどの地域のどの AED が利用される可能性があるかを可視化することが可能になる。

3 今後の展開

これまで、公衆衛生や医療の分野においては、治験データや医療統計データ、保険点数などを活用した振り返りに重点が置かれた研究内容が多く行われてきた。つまり、得られた情報（データ）から、どのようなことに原因があったのか、どのような現象が起きていたのか、何と何に相関があるのかといった内容を明らかにするといった内容の研究が行われてきている。本研究で取り上げる AED についても、AED の設置に関する政策や AED の利用状況の統計情報を分析することで、AED の利用率の向上や心肺停止事例が発生した際

の AED が与える影響及びその患者の治療経緯というものが明らかになってきている。

特に、AED に関する統計情報を分析した関連研究において多く共通している内容は、得られた分析結果を活用して今後の AED のあり方を検討する際に、統計分析のアプローチだけでは限界が存在することを指摘している点である。これは、統計分析だけでは、AED の設置基準、利用のされ方、AED の配置の検討などの今後のあり方に関する分析を行う際に、別の手法を検討せざるを得ないことを意味しており、事実エージェントベースのアプローチを利用した研究が期待されている。

本研究においては、このような背景も含め、これまでの AED に関する関連研究と、AED に関する統計情報を活用して、エージェントベースのアプローチを採用した AED の最適配置に関するシミュレーション研究の可能性を検討してきた。すでに AED の利用率については、統計的情報が集められており、AED を利用する起因となる心肺停止からの処置プロセスがマルコフ過程 (Fig. 4) で示すことが可能であることが判明した。つまり、AED を利用する可能性のある人間をエージェントとして捉えることで、その後の状態遷移が記述できるということである。また、心肺停止については、常に居住地区で発生するわけではなく、行動の内容（例えば、スポーツをしている）に応じて、その発生確率にブレが生じるものの、日常生活の中で発生するものである。エージェントに日常生活の行動モデルを反映することによって、モデルでは日常生活中に心肺停止事例を確率的に発生させ、その後の治療プロセスを見える化するとともに、どのような地域、時間帯、行動中に AED を使うことになったのかを検討するこ

とが可能になるさらに、AEDの6年という耐久性を考慮すると、数年後のAED寿命や年齢層の変化による利用状況の変化や、それに伴うAEDの設置に関しての検討を行えることが、本研究で構築予定のモデルが貢献できる最大の内容と考える。

本研究において構築するモデルが、AEDを必要とする人々およびそれに関わる人々、AEDに関する政策などに指針となる情報を提供できるものとなることを期待する。

謝辞

本研究は、若手研究 A 15H05349 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 厚生労働省, 人口動態統計の概況 (2009) .
- 2) Hallstrom, A. P., J. P. Ornato, M. Weisfeldt, A. Travers, J. Christenson, M. A. McBurnie, R. Zalenski, et al: Public-Access Defibrillation and Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest, The New England Journal of Medicine, 351-7, 637/646(2004).
- 3) 総務省消防庁. 平成 22 年の救急出動状況 (2011)
- 4) AED を点検しましょう! http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iyakuhin/aed/index.html
- 5) 財団全国 AED マップ <https://www.qqzaidanmap.jp>
- 6) 国土数値情報ダウンロードサービス <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 7) 政府統計の総合窓口 <http://www.e-stat.go.jp/>
- 8) 川村, 市川, 出口: 多様性を考慮した動的な生活行動決定モデルの構築, 第 9 回社会システム部会研究会資料, 27/32 (2014)
- 9) ウツタイン大阪プロジェクト <http://www.osakalifesupport.jp/utstein/>