

# 住宅内心停止への AED 利活用促進に向けた 社会シミュレーション分析—相模原市を対象として

○江尻雄一 原田拓弥 大内紀知 (青山学院大学)  
村田忠彦 (関西大学) 佐々木美絵 (東京大学)

## Social Simulation Analysis for Effective Utilization of Automated External Defibrillator for Cardiac Arrest at Residences in Sagami City

\* Y. Ejiri, T. Harada, N. Ouchi (Aoyama Gakuin University),  
T. Murata (Kansai University) and M. Sasaki (University of Tokyo)

**概要**— 日本国内には推定約 60 万台の AED が設置されているが、2018 年の心停止傷病者 79,400 人のうち、一般市民によって AED 使用された傷病者数は 1,254 人であり、AED の活用が十分に行われているとは言い難い。そこで本研究では、神奈川県相模原市を対象に、住宅内心停止を想定した AED 配置に関する分析を行う。また、AED 利活用促進に向け、社会シミュレーションによる分析を行う。結果から、現状の AED 配置が不十分である可能性や、「より多くの傷病者が発見された場合」、「より多くの発見者が AED の運搬を試みた場合」、「AED の追加設置を行った場合」に AED 使用率の向上や AED までの距離の短縮といった AED 利活用促進につながることを示した。

**キーワード:** AED, 心停止, 社会シミュレーション, 合成人口データ

## 1 はじめに

### 1.1 心停止の発生状況と AED による除細動

2018 年、国内での心肺機能停止傷病者は 127,718 人であった<sup>1)</sup>。このうち約 66% がより多くの時間を過ごす住宅内で発生している<sup>1)</sup>。心肺機能停止のうち、心臓を原因とするものを心原性心肺機能停止と呼ぶ。これがいわゆる心停止である。2018 年の心停止傷病者は 79,400 人であった。また、心停止の多くは心室細動、いわゆる心臓のけいれん(冠攣縮)が原因と言われている。このけいれんを取り除くためには AED という医療機器を用いて電気ショックを与え、除細動を実施する必要がある<sup>2)</sup>。心室細動後、生存率が 1 分ごとに約 7% から 10% 減少すると言われており<sup>3)</sup>、傷病者の生存には迅速な AED による除細動の実施が求められる。また、心室細動によって、心臓が正常に動かなくなり、十分な酸素が届かなくなった細胞は次々に壊死していく。脳は 3 分間から 4 分間の血流停止によって重大な障害を受け始める。そのため、傷病者の社会復帰には、迅速な AED による除細動が求められる。

### 1.2 日本における AED 利活用の現状

AED はアメリカをはじめ世界各国で一般人にも使用が許可されている医療機器である。日本においては 2004 年より非医療従事者による使用が許可され<sup>4)</sup>、現在国内には推定約 60 万台の AED が一般使用向けに設置されているという<sup>5)</sup>。

しかし、日本において十分に AED が利活用されているとは言い難い。2018 年、心原性心肺機能停止傷病者 79,400 人のうち、一般市民によって発見された傷病者数が 25,756 人であった。そのうち、発見後の対応が 119 番通報のみであった傷病者数は 10,791 人、一般市民によって何らかの応急手当が実施された傷病者数は 14,965 人、一般市民によって AED による除細動が実施された傷病者数はわずかに 1,254 人であった。各対応別の一か月後の生存率は、119 番通報のみが 8.95%、何らかの応急手当が実施された場合が 17.49%、AED による除細動が実施された場合が 55.90% であった<sup>1)</sup>。こ

れらを踏まえ、日本において AED の利活用を促進することが必要であり、今後より多くの命を救うことにつながると考えられる。

### 1.3 AED 利活用促進に向けた取り組み

AED を使用するためには、傷病者を発見し、AED の運搬が試みられ、運搬可能な位置に AED が設置されていることが必要である。日本循環器学会 AED 検討委員会・日本心臓財団<sup>6)</sup>及び、アメリカ心臓協会(American Heart Association)のガイドライン<sup>3)</sup>によると、5 分以内に除細動を実施することで高い救命率を期待できる。また、5 分以内の除細動を実現するには、傷病者を発見してから、2 分で AED の必要性を認知し、時速 9km の速歩で運搬し、AED 到着後 1 分で除細動すると仮定した場合、AED が片道 150m 以内に設置されていることが求められるという<sup>6)</sup>。

AED の利活用を促進するために様々な技術の活用や取り組みが行われている。ここでは、より多くの傷病者を発見するための技術の活用や取り組み、より多くの人々に AED の必要性を伝える取り組み、日頃からの準備を促すような活動について紹介する。

より多くの傷病者を発見するために、心拍測定や転倒検知が可能なスマートウォッチ、寝転ぶだけでも心拍が測定できるベッド、カメラを通じて状況を確認できるシステムなどが開発されている。特に、スマートウォッチのなかには装着者が転倒して一定時間動かないでいると、警報音を鳴らして周囲に知らせるほか、自動で 119 番通報をしてくれるものがある。このように、センサーや IoT をはじめとする技術の活用によって、今後の傷病者の発見率向上が期待される。

傷病者を発見したのち、より多くの人々が AED の運搬を試みるように、講習の実施、AED メーカーやメディアによる AED を用いた救命事例の公開や報道が行われている。特に、2018 年の消防本部による応急手当講習は約 200 万人もの受講者がいた。また、講習が開始された 1994 年から 2018 年までに累計約 3,182 万人が受講している<sup>7)</sup>。しかし、実際には、AED の必要性を認知したとしても、最寄りの AED の位置を把握し

ていなければ運搬することできない。上記の講習等では、日頃からの備えとして自分の身の回りの AED を調べておくことが呼びかけられている。最寄りの AED は、インターネット上のサービス<sup>7,8)</sup>を通じて簡単に調べることができる。これらの活動によって AED 利活用に向けた意識醸成が期待できる。

#### 1.4 保健・医療分野における社会シミュレーションの活用

実社会での実証実験などによる検討が難しい分野において、社会シミュレーションを用いて意思決定の支援することが期待されている。保健・医療はそのような分野のひとつである。

保健・医療の分野には、多様なステークホルダーがあり、それぞれの視点におけるリスクや便益が複雑に絡み合っている。一方におけるリスクマネジメントが他方には不便益として影響する場合もある。保健・医療の分野におけるリスクマネジメントの共通した問題として、市川<sup>9)</sup>は、「保健や医療のサービスは、住民（患者）の生死や健康管理に直結しているものであり、リスクマネジメントのための評価実験を実社会において行うことが非常に難しい」という点を挙げている。このような問題に対して、現実を模した解像度の高いモデルを用いた社会シミュレーション分析を用いて、想定されるシナリオが秘める可能性の可視化を試みることでより一層の検討の深まりや、意思決定の支援につながると考えられる。

シミュレーション技術を駆使した意思決定支援の例に、COVID-19 感染拡大対策の検討がある。昨今の COVID-19 感染拡大は日本のみならず全世界の課題である。対策を検討するうえで、実社会において評価実験を行うのは至極困難である。この問題に対し、数理シミュレーションモデルを用いた感染拡大予測<sup>10)</sup>やエージェントベースモデルの社会シミュレーションを用いた感染拡大予防策の推定<sup>11,12)</sup>が行われている。

#### 1.5 先行研究

AED は 2016 年時点で推定約 60 万台設置されており、現在も追加設置が行われている。しかし、先行研究<sup>9)</sup>によると、住宅内での心停止を想定すると、適切な配置が行われているとは言い難い場合があるという。先行研究<sup>9)</sup>では、埼玉県所沢市の合成人口データ<sup>13)</sup>と日本救急医療財団全国 AED マップ<sup>7)</sup>に掲載のある所沢市内 629 箇所の AED の位置情報を用いて、住民の居住地と設置されている AED の距離を直線距離と道路距離により計測している。その距離が 300m 以内の場合、5 分以内の AED 使用が可能と判断している。

所沢市の合成人口データにおいて、AED から 300m 以内に居住している人口の割合は、直線距離では約 82.9%、道路距離では約 55.7%であった。現在、ドローンによる AED の直線的な輸送が日本やアメリカで実証実験<sup>14)</sup>が行われているものの、実用化には至っておらず、AED は道路に沿った運搬が現実的である。道路距離では、40%以上の住民が 300m 以内に AED が設置されておらず、市内に適切な AED 配置がなされているとは言い難いことがわかる。

#### 1.6 本研究の目的

本研究では、より多くの方の命を救うため、より一

層の AED 利活用に向けた検討を進める。まず、我が国の AED の使用率が低水準であることや、先行研究<sup>9)</sup>において AED の市中配置が適切に行われていない可能性が指摘されていることを踏まえて、相模原市・同市緑区・同市中央区・同市南区の合成人口データ<sup>13)</sup>を用いて、住民の居住地と設置されている AED との距離を分析する。次に、現在行われている AED 利活用に向けた様々な取り組みを踏まえて、相模原市・同市緑区・同市中央区・同市南区の合成人口データを用いて、三つの施策（傷病者を発見する確率が向上した場合、より多くの発見者が AED の運搬を試みる場合、AED が設置されていない建物に AED の追加設置を行った場合）を想定して、それぞれどのように今後の AED 利活用につながるのか、社会シミュレーション分析を通じて、その可能性の可視化を試みる。

## 2 本研究の分析方法

### 2.1 分析対象地域

本研究では神奈川県相模原市を分析対象地域に用いる。そのため本節では、相模原市の成り立ちや基本的な情報において触れておく。相模原市は、平成 18 年 3 月 20 日に津久井町・相模湖町と、平成 19 年 3 月 11 日に城山町・藤野町と合併を行い、現在の相模原市になった。また、平成 22 年 4 月 1 日より政令指定都市として登録されている。政令指定都市登録に伴い、緑区、中央区、南区が設置された。なお合併された津久井町、相模湖町、城山町、藤野町はすべて現在の緑区に含まれている。市内各区の面積は緑区が 253.9km<sup>2</sup>、中央区が 36.9km<sup>2</sup>、南区が 38.1km<sup>2</sup>であり、緑区が最も大きく、中央区と南区は同程度である。人口密度は、相模原市全体では 2191.5 人/km<sup>2</sup>、緑区が 683.8 人/km<sup>2</sup>、中央区が 7314.0 人/km<sup>2</sup>、南区が 7277.7 人/km<sup>2</sup>であり、緑区の人口密度は中央区と南区の 10 分の 1 以下である。ここでは面積と人口密度のみを取り上げているが、同じ相模原市であっても環境が異なることが分かる。

### 2.2 AED の配置に関する分析

相模原市・同市緑区・同市中央区・同市南区を対象に、自宅での心停止発生を想定した場合、AED の配置が適切に行われているか、住民の居住地と設置されている AED の距離を分析する。また、本研究において AED が運搬可能であるかどうかの基準には、日本循環器学会 AED 検討委員会・日本心臓財団<sup>6)</sup>が 5 分以内の AED 使用を実現するための想定として、AED 運搬の所要時間には 2 分間、その間の運搬速度には分速 150m を挙げていること踏まえて、直線距離 150m 以内に AED が配置されているか否かを用いる。

### 2.3 住宅内での傷病者発生から AED 使用までのシミュレーション

#### 2.3.1 シミュレーションモデル

相模原市、同市緑区、同市中央区、同市南区を対象に、住宅内にて傷病者が発生してから、傷病者を発見できるか、発見者が AED の運搬を試みるか、AED が運搬可能な範囲にあるかという視点を含んだ社会シミュレーションモデルを用いて、傷病者を発見する確率が向上した場合、発見者が AED の運搬を試みる確率が向上した場合、AED が設置されていない対象地域内

の建物に対して、無作為に AED の追加設置を行った場合の 3 つの施策を想定し、それぞれ AED 利活用にどのような影響を与える可能性があるのか可視化を試みる。本項ではここで用いたシミュレーションモデルについて紹介する。

Fig. 1 にシミュレーションモデルのフローチャートを示す。このシミュレーションでは、365 日間一日ずつ、対象地域の住民一人ずつ判定を行う。まず、一人目の住民に対して、「傷病者発生確率 $o$ 」に基づいて、心停止が発生するかどうかを確率的に判定する。ここで心停止が発生しなかった場合は、次の住民の判定に移る。心停止傷病者が発生した場合、「傷病者が発見される確率 $p$ 」を用いて、傷病者が発見されるかどうかを確率的に判定する。傷病者が発見されなかった場合、発見されなかった傷病者として記録し、次の住民の判定に移る。傷病者が発見された場合は「対象地域 $i$ において、発見者が AED の運搬を試みる確率 $q_i$ 」を用いて、発見者が AED の運搬を試みるかどうかを確率的に判定する。発見者が運搬を試みない場合は、AED の運搬を試みられなかった傷病者として記録し、次の住民の判定に移る。発見者が運搬を試みる場合、設置されている AED が直線距離 150m 以内にあるかどうかを判定する。AED が直線距離 150m 以内にある場合、AED が使用された傷病者として記録し、次の住民の判定に移る。AED が直線距離 150m 以内でない場合、「AED を追加設置する建物の割合 $r$ 」に基づいて追加設置された AED が直線距離 150m 以内にあるかどうかを判定する。追加設置の AED が直線距離 150m 以内にある場合、追加設置の AED が使用された傷病者として記録し、次の住民の判定に移る。ない場合は AED の運搬に失敗した傷病者として記録し、次の判定に移る。このように全住民の判定をし、365 日間分の判定を終えたのちシミュレーションを終了する。

### 2.3.2 ベースシナリオの作成と考慮する施策

本研究では、まず上記のモデルの「傷病者が発見される確率 $p$ 」、「対象地域 $i$ において、発見者が AED の運搬を試みる確率 $q_i$ 」、「AED を追加で設置する建物の割合 $r$ 」の三つのパラメータを調整してベースシナリオを作成する。次にこれら三つのパラメータを変化させることで、傷病者を発見しやすくする施策の効果、発見時により多くの人々が AED の運搬を試みる施策の効果、AED の追加設置をする施策の効果を反映し、ベースシナリオと比較する。なお、本研究では、パラメータの変化は一つずつ行う。

まず、ベースシナリオの作成について説明する。このベースシナリオは、この次に説明する施策の反映をした結果、どの程度 AED の利活用につながるのかを比較する基準を定めるために作成する。ベースシナリオのパラメータは、収集したデータに基づく値や、シミュレーションの結果から得られた値を用いて設定する。「傷病者が発見される確率 $p$ 」には 2015 年に発生した心原性心肺機能停止傷病者 73,697 名のうち 24,496 名が一般市民に目撃されたことから<sup>1)</sup>、この実目撃割合  $24,496 / 73,697 = 0.332$  を用いた。「対象地域 $i$ において、発見者が AED の運搬を試みる確率 $q_i$ 」には、2015 年に一般人によって目撃された心原性心肺機能停止傷病者 24,496 名のうち、1,103 名に除細動が実施されていることから<sup>1)</sup>、この傷病者目撃後の AED 実使用率

$1,103 / 24,496 = 0.0450$  と、すべての心肺機能停止傷病者に対し、AED の運搬が試みられる状況を想定したシミュレーションを実施し、その AED 使用率を用いて、傷病者目撃後の AED 実使用率 0.0450 をシミュレーションにより算出された AED 使用率で割った値を設定した。「AED を追加で設置する建物の割合 $r$ 」はベースシナリオでは追加設置する必要がないので 0.0 に設定した。Table 1 に  $q_i$  を設定するために使用した各地域における  $(p, q_i, r) = (1.0, 1.0, 0.0)$  の AED 使用率 (100 回平均) を示す。Table 2 に各地域のベースシナリオとして設定した  $p, q_i, r$  の値を示す。Table 2 に示した各地域の  $p, q_i, r$  を用いて、ベースシナリオのシミュレーションを実行した。Table 3 に各地域のベースシナリオの AED 使用率 (100 回平均) を示す。2015 年の心原性心肺機能停止傷病者 73,697 名のうち一般市民によって AED が使用された傷病者は 1,103 名であり、AED の実使用率は約 0.0150 である。Table 3 に示した各地域のベースシナリオにおける AED 使用率は、この AED の実使用率 0.0150 と比較して、近い値であることが確認できる。

つぎに、三つのパラメータによる施策効果の反映について説明する。まず、「傷病者が発見される確率 $p$ 」をベースシナリオから、1.5、2.0、2.5、3.0 倍と変化させ、より多くの傷病者が発見される場合のシナリオを作成し、AED の使用率を観察する。次に、「対象地域 $i$ において、発見者が AED の運搬を試みる確率 $q_i$ 」をベースシナリオから、1.5、2.0、2.5、3.0 倍と変化させ、発見時により多くの人々が AED の運搬を試みる場合のシナリオを作成し、AED の使用率を観察する。そして、「AED を追加で設置する建物の割合 $r$ 」を 0.000 から 0.100 まで 0.001 ずつ変化させ、AED の追加設置が行われた場合のシナリオを作成し AED 使用率、AED の運搬成功率、AED と傷病者の距離を観察する。

## 3 実験結果

住民の居住地位置情報や年齢には相模原市緑区、同市中央区、同市南区の 2015 年の合成人口データにおける世帯居住地位置情報を用いる。それぞれの人口は緑区 159,826 人、中央区 251,420 人、南区 257,679 人であった。

AED の位置情報には、相模原市と同市近隣自治体の AED の位置情報を用いる。ここで、相模原市だけでなく近隣自治体の AED の位置情報も用いる理由は、実社会において市区町村等の境を越えて AED を運搬することが考えられるためである。相模原市の AED の位置情報には全国 AED マップ<sup>7)</sup>に掲載されている 677 台を用いる。相模原市の近隣自治体は 11 ある。そのうち座間市、大和市、町田市は AED の設置場所の緯度経度をオープンデータとして公開しており<sup>15-17)</sup>、これを用いる。厚木市、八王子市、上野原市、道志村は AED の設置場所の住所をオープンデータとして公開しており<sup>18-21)</sup>、これらについては東京大学空間情報科学研究センターが提供する「CSV アドレスマッチングサービス」<sup>22)</sup>を用いて、緯度経度に変換した。愛川町、清川村、山北町では AED の設置場所が公開されていなかったため、神奈川県がオープンデータとして公開している AED の設置場所の住所<sup>23)</sup>から三自治体のものを抜粋して「CSV アドレスマッチングサービス」を用いて変換を行った。西多摩郡檜原村については公開され

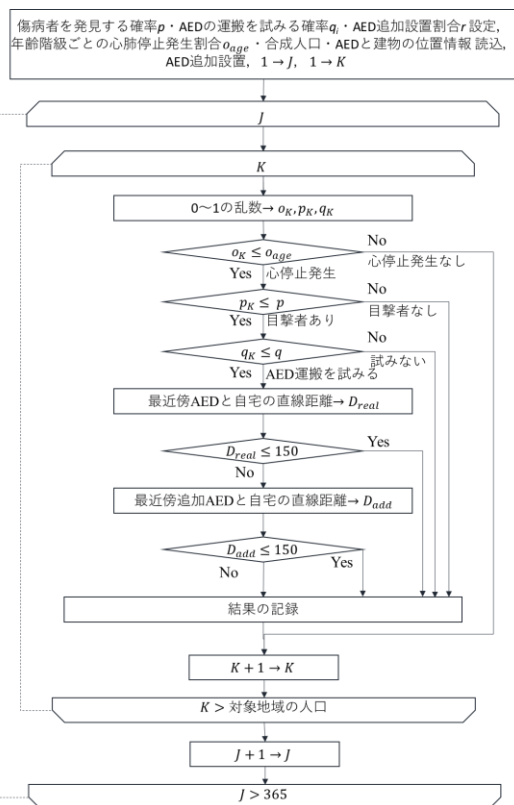


Fig. 1: シミュレーションモデルのフローチャート

Table 1:  $(p, q_i, r)=(1.0, 1.0, 0.0)$  の AED 使用率 (100 回平均)

	相模原市	緑区	中央区	南区
AED 使用率	0.0155	0.0172	0.0151	0.0149

Table 2: ベースシナリオにおけるパラメータ設定

	傷病者が発見される確率 $p$	発見者が AED の運搬を試みる確率 $q_i$	AED を追加で設置する建物の割合 $r$
相模原市	0.332	0.154	0.000
緑区	0.332	0.189	0.000
中央区	0.332	0.143	0.000
南区	0.332	0.143	0.000

Table 3: ベースシナリオの AED 使用率 (100 回平均)

	相模原市	緑区	中央区	南区
AED 使用率	0.292	0.238	0.314	0.314

ていなかった。なお、相模原市内の建物から直線距離 150m 以内に同村の建物は確認できなかった。

傷病者の発生確率  $o$  として、2015 年における年齢階級ごとの心肺機能停止傷病者発生割合  $r$  を使用した。なお、ここで非心原性心肺機能停止傷病者も含めているのは、人が倒れた時にそれが心臓によるものであるかどうかを判断することは非医療従事者には難しいという点や、実際に毎年数百件以上、非心原性心肺機能停止傷病者に対しても AED による除細動が実施されている点を考慮したためである。

AED の追加設置を行う建物には、基盤地図情報から取得した 2015 年 10 月付近の相模原市の建築物情報を、先述の相模原市の AED の位置情報を用いて AED が設置されている建物を除いてから使用した。この建物の数は緑区 90,290 棟、中央区 85,494 棟、南区 81,990 棟で、相模原市全体では 257,774 棟であった。

Table 4 に相模原市、同市緑区、同市中央区、同市南区の合成人口データにおける住民の居住地と AED の平均距離を示す。AED までの平均距離が本研究にて基準としている 150m を下回るような地域はなかった。最も距離が大きかったのは、最も人口密度の低い緑区で、基準の 2 倍に迫る 298.9m であった。Table 5 に各地域の AED から直線距離 300m 以内に居住している住民の割合と 150m 以内に居住している住民の割合を示す。Table 5 から現在の AED の配置では、すべての地域において多くの住民が 2 分以内の AED の運搬が難しい状況に置かれていることがわかる。Tables 4, 5 から相模原市においても、AED の配置が十分に行われているとは言い難いということがわかる。

Fig. 2 に「傷病者が発見される確率  $p$ 」を相模原市、同市緑区、同市中央区、同市南区のベースシナリオから、1.5、2.0、2.5、3.0 倍と変化させた場合の AED の使用率 (100 回平均) を示す。すべての地域において、発見率の向上に沿った AED の使用率の向上が見られた。この結果から、現状の AED 配置でも、より多くの傷病者を発見するための技術の活用や取り組みには十分な効果があることが考えられる。

Fig. 3 に「対象地域  $i$  において、発見者が AED の運搬を試みる確率  $q_i$ 」を、相模原市、同市緑区、同市中央区、同市南区のベースシナリオから、1.5、2.0、2.5、3.0 倍と変化させた場合の AED の使用率 (100 回平均) を示す。すべての結果において、発見者が AED の運搬を試みる確率の向上に沿った AED の使用率の向上が見られた。この結果から、現状の AED 配置でも、より多くの人々に AED の必要性を伝え、日頃からの準備を促すような活動には十分な効果があることが考えられる。

Fig. 4 に「AED を追加で設置する建物の割合  $r$ 」を 0.000 から 0.100 まで 0.001 ずつ変化させていき、相模原市、同市緑区、同市中央区、同市南区の AED が設置されていない建物に対して、無作為に AED の追加設置を行った場合の AED の使用率 (100 回平均) を示す。すべての地域において、追加設置を行うことで AED の使用率向上が見られた。しかし、追加設置をすればするほど使用率が向上するというわけではなく、ある程度上昇したあとは一定であった。この結果から、AED を数千台規模で追加設置した場合にはもちろん、数百台規模だとしても AED 使用率の向上に効果があると考えられる。なお、それぞれの AED 使用率の最高値は、相模原市が 0.0509、緑区が 0.0672、中央区が 0.0472、南区が 0.0469 と異なっている。これらの違いはベースシナリオの設定において、AED の使用率を実値に近づけるため、「対象地域  $i$  において、発見者が AED の運搬を試みる確率  $q_i$ 」を対象地域  $i$  ごとに調整した結果であり、各地域のそのものごとの違いによるものではない。この結果を踏まえ、各地域のベースシナリオの設定の違いによる影響を除いたうえで、AED の追加設置による AED 利活用に対する効果を観察するため、発見者が AED の運搬を試みた際に直線距離 150m 以内に AE

Table 4:住民の居住地から AED までの平均距離 (m)

	相模原市	緑区	中央区	南区
居住地から AED までの平均距離 (m)	298.86	216.42	225.07	239.45

Table 5: AED から 300m 以内・150m 以内に居住している住民の割合

	相模原市	緑区	中央区	南区
住民の割合 (AEDから300m以内)	0.7404	0.6311	0.7921	0.7577
住民の割合 (AEDから150m以内)	0.2929	0.2422	0.3135	0.3042

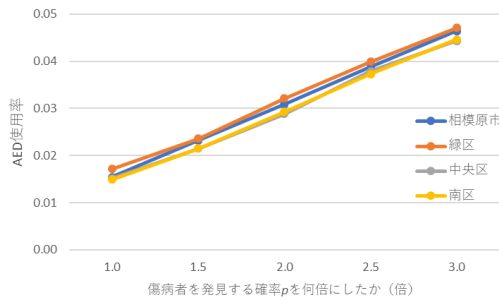


Fig. 2: 発見率 $p$ を向上させた場合の AED 使用率

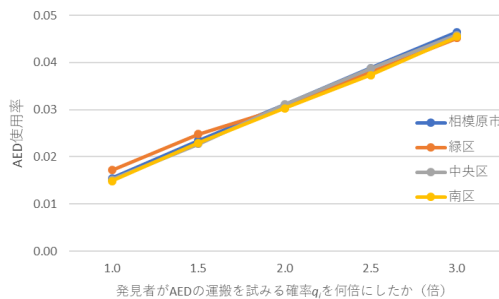


Fig. 3: AED の運搬を試みる確率 $q_i$ を向上させた場合の AED 使用率

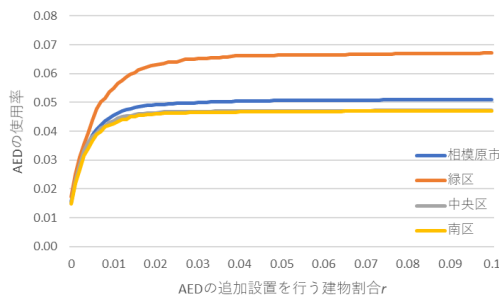


Fig. 4: AED 追加設置を行う割合 $r$ と AED 使用率

D が配置されている割合, すなわち AED の運搬成功率と全傷病者と AED の距離を計測した。

Fig. 5 に「AED を追加で設置する建物の割合  $r$ 」を 0.000 から 0.100 まで 0.001 ずつ変化させた場合の AED 運搬成功率 (100 回平均) を示す。ここでの運搬成功率とは、発見者が AED の運搬を試みた際に、直線距離 150m 以内に AED が配置されている割合のことである。

Fig. 5 より、すべての地域において、AED の追加設置を進めるにつれ、運搬成功率が 1.0 に漸近していく様子が確認できる。この結果から、AED の追加設置を進めることで、発見者が AED の運搬を試みたものの運搬可能な AED がない傷病者の数を 0 に近づけることができるといえる。

Fig. 6 に AED 運搬成功率 0.35 から 0.95 (0.05 刻み) を達成するために、必要とされる AED 追加設置割合  $r$  を示す。Fig. 6 から、このシミュレーションにおいて、例えば AED の運搬成功率を比較的高水準だと思われる 90% にするためには、相模原市では 1.1%, 同市緑区では 1.7%, 同市中央区では 0.9%, 同市南区では 1.0% の建物に AED を追加設置する必要があることなどがわかる。

Fig. 7 に「AED を追加で設置する建物の割合  $r$ 」を 0.000 から 0.100 まで 0.001 ずつ変化させた場合の傷病者と AED の平均距離 (100 回平均) を示す。すべての地域において、AED の追加設置を進めていくにつれて、傷病者と AED の距離が短くなる様子が確認できる。実社会において、AED と傷病者の距離が短くなった場合、AED の運搬時間が短縮され、より迅速な AED の使用が可能になると考えられる。心臓が正常な働きを失い、刻一刻と傷病者の容体が悪化していく中で、AED の追加設置によって迅速な AED の使用を可能にでき、傷病者の後遺症を軽減し、社会復帰率の向上につながると考えられる。

Fig. 8 に AED と傷病者の平均距離を 250m から 50m (20m 刻み) にするために必要とされる AED 追加設置割合  $r$  を示す。文献<sup>6)</sup>の想定においては 5 分以内の除細動実施を行うために 150m 以内に AED があることが必要とされているが、Fig. 8 から、このシミュレーション

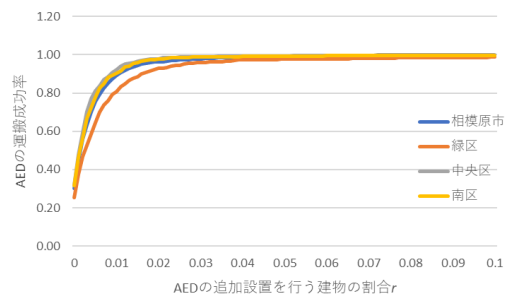


Fig. 5: AED の追加設置を行った際の AED 運搬成功率

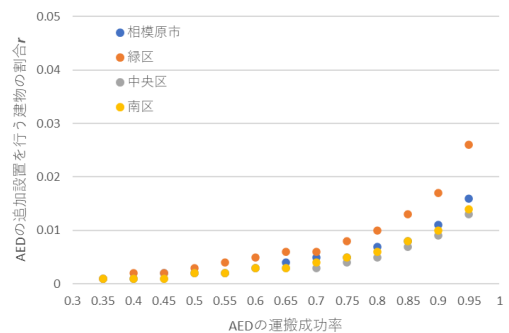


Fig. 6: AED 運搬成功率 0.35 から 0.95 (0.05 刻み) を達成するために必要な AED 追加設置割合  $r$



ョンにおいて、傷病者と AED の平均距離を例えば 150m 以下にするためには、相模原市では 0.3%，同市緑区では 0.6%，同市中央区では 0.2%，同市南区では 0.2% の建物に AED を追加設置する必要があることがわかる。

#### 4 結論と今後の課題

本研究では、相模原市における住宅内心停止に対する AED 利活用促進に向け、距離計算を用いた AED 配置に関する分析と、より多くの傷病者が発見された場合や、より多くの発見者が AED の運搬を試みた場合、対象地域内に AED が追加設置された場合を想定した社会シミュレーション分析を行った。

AED の配置に関する分析においては、5 分以内の除細動実施に必要な AED と傷病者の距離基準として、文献<sup>9)</sup>における想定をもとに直線距離 150m を用いた。この基準を満たす住民の割合は、相模原市が 0.293，緑区が 0.242，中央区が 0.313，南区が 0.3042 であり、相模原市において適切に AED が配置されているとはいえない現状が明らかになった。

三つの施策を想定した社会シミュレーション分析においては、それぞれの施策の効果が AED の利活用促進につながることを示した。「傷病者が発見される確率 $p$ 」や、「対象地域 $i$ において、発見者が AED の運搬を試みる確率 $q_i$ 」を向上させたとき、それらに沿って AED の使用率が向上した。この結果から、より多くの傷病者を発見するための技術の活用や取り組み、そして、より多くの人に人々に AED の必要性を伝え、日頃からの準備を促すような活動には AED の使用率を向上させる可能性があることがわかった。「AED を追加で

設置する建物の割合 $r$ 」を向上させた場合については、AED の使用率向上だけでなく、AED が必要な時にきちんと供給できる体制を整えることや、AED の運搬時間を短縮し、傷病者の社会復帰率向上につながる可能性があることがわかった。また、各地域において目標とする AED 運搬成功率・AED までの平均距離を実現するためにはどの程度の AED 追加設置を行う必要があるか目安にできる結果を示した。

本研究では 3 つのパラメータをそれぞれ一つずつ変化させたシミュレーションを実施した。しかし、実社会では、AED の利活用を促進する取り組みは同時に進められている。そのため、複数の施策の効果を反映した際の結果の分析は今後の課題である。

また、ベースシナリオの設定にも課題がある。現状の設定では Fig. 4 のように結果に対して不必要な影響を与えてしまう場合がある。また、ベースシナリオの設定の際、シミュレーション上の AED 使用率が全国の実使用率と等しくなるようにパラメータの調整を行っているが、対象地域の AED 使用率と全国の AED 使用率は少なからず違いがあることが考えられる。今後の課題として、結果に対して不必要な影響を与えないような設置や管理にかかる費用負担という影響も加味したベースシナリオの作成方法を検討することが必要である。

そして、モデルにおいても課題がある。まず、住宅内で発生した傷病者の発見に関して、本研究ではどのような傷病者に対しても一律な確率を用いて、発見されるかどうかを判定しているが、現実には住宅内で倒れた場合、それが発見されるかどうかはその家庭の環境（何人暮らしか、日中在宅かなど）によって大きく左右される。この点を本研究のモデルでは考慮できていない。

次に、AED の運搬を試みるかどうかの判定においても、一律な確率を用いて判定しているが、ここにも課題がある。現実には、例えば、傷病者を発見した際、自分の周りに自分以外誰もいないような状況で傷病者を置いて AED の運搬を行うのか、といった発見時の状態が AED の運搬を試みるかどうかを左右することが想定される。また、一般人による AED の使用が許可されたのは 2004 年であるため、年齢層によって AED に関する意識は異なることが想定される。

さらに、本研究の施策の一つである AED の追加設置を進めていくにつれて、身の回りで AED を見かける回数が増え AED に対する意識が高まることも想定できる。しかし、このようなパラメータ変化の横断的な影響を考慮できていない。

そして、AED を運搬できるか否かについても、課題がある。運搬時の速度に分速 150m を想定しているが、ここも主に年齢によって運動能力が異なりうることが考慮できていない。また、距離の計測に直線距離を用いており、道路距離や建物の高さ、地形の起伏など考慮できていない点がある。

本研究では相模原市の隣接自治体のうち、厚木市、八王子市、上野原市、道志村、愛川町、清川村、山北町に設置されている AED の住所を「CSV アドレスマッピングサービス」を用いて緯度経度に変換している。これらの AED の住所のうち、号や番地単位の精度で変換できなかった住所が 109 件あるものの、相模原市との境が地続きである小字内に位置するものはわずか

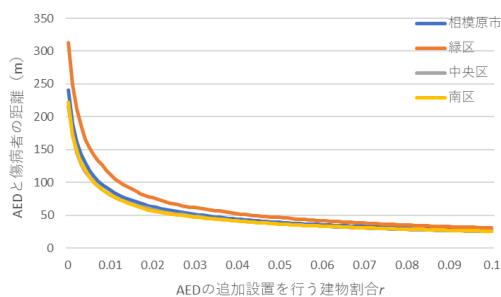


Fig. 7: AED の追加設置を行った際の傷病者と AED の平均距離

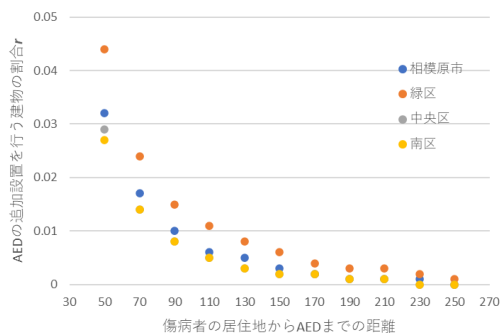


Fig. 8: AED までの平均距離を 250m から 50m (20m 刻み) にするために必要な AED 追加設置割合 r

に 25 件であり、本研究において「CSV アドレスマッチング」の精度による影響は小さいと考えられる。しかし、今後、本研究のシミュレーション対象地域を他地域へと展開する際、号や番地単位の精度で変換できない住所が多く含まれる場合には、緯度経度で登録されているデータを用いて、住所からの変換をなるべく避けることが望ましい。

以上のような今回のモデルでは考慮できていない点があることや、シミュレーションの元になった情報の精度は本研究の課題である。今後は、モデル全体の解像度のバランスを取りながら、そして、なぜその設定が正しいのかを十分に考慮しながら、個人の属性を設定し、エージェントベースシミュレーションを作成する。また、シミュレーションの結果により確かな意味を待たせるためデータを精査する。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 20K10362, JST 未来社会創造事業 JPMJMI20B3, 2020 年度関西大学研究拠点支援経費 研究課題「合成人口データの利活用に関する研究」の助成を受けたものです。また、合成人口データは、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点、および、革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの支援によります (jh190056-MDH, jh-200022-DAH, hp190215, hp200262)。記して感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 総務省消防庁：令和元年版 救急救助の現況 (2020)
- 2) 日本 AED 財団：AED の知識, <https://aed-zaidan.jp/knowledge/index.html> (2020 年 12 月閲覧)
- 3) American Heart Association : Part 4: The Automated External Defibrillator, *Circulation*, **102**-1, 60/76, [https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/circ.102.suppl\\_1.I-60](https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/circ.102.suppl_1.I-60) (2000)
- 4) 日本マーケティング学会：第 10 回医療マーケティング研究報告会レポート「医療におけるデジタル・マーケティングの可能性」, <http://www.j-mac.or.jp/past-researchproject/12839/> (2020 年 12 月閲覧)
- 5) 日本心臓財団ホームページ：AED の普及状況, <https://www.jhf.or.jp/check/aed/spread/> (2020 年 12 月閲覧)
- 6) 日本循環器学会 AED 検討委員会, 日本心臓財団：AED の具体的設置・配置基準に関する提言, *心臓*, **44**-4, 392/402 (2012)
- 7) 財団全国 AED マップ：ようこそ日本救急医療財団 全国 AED マップへ, <https://www.qqzaidanmap.jp/> (2021 年 1 月閲覧)
- 8) 日本全国 AED マップ, <https://aedm.jp/> (2021 年 1 月閲覧)
- 9) 市川：医療分野におけるリスクマネジメント 地理情報分析と社会シミュレーション技術を用いた検討, 計測と制御, **57**-6, 407/412 (2018)
- 10) 日本経済新聞：「対策ゼロなら 40 万人死亡」 厚労省 クラスター対策班, <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO58067590V10C20A4CE0000/> (2021 年 1 月閲覧)
- 11) 倉橋：新型コロナウイルス (COVID-19) における感染予防策の推定, 人工知能学会論文誌, **35**-3D, 1/8 (2020)
- 12) 日本経済新聞：コロナ感染予防, 外出抑制が効果大 筑波大が試算, <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO60508720Y0A610C2I00000/> (2021 年 1 月閲覧)
- 13) 村田, 市川, 後藤, 杉本, 伊達, 塙, 原田, 棟朝, 李：日本人口の保護レベル別合成データ配布システム, 第 36 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 269/272 (2020)
- 14) AMP Catch the business inspirations : AED の運搬時間が従来の 1/5 に. 日本初のドローンによる“AED 運搬実験”, <https://ampmedia.jp/2018/08/10/drone-medical/> (2021 年 1 月閲覧)
- 15) 座間市：AED 設置箇所 (市内公共施設), <https://www.city.zama.kanagawa.jp/www/contents/1535689260847/index.html> (2021 年 1 月閲覧)
- 16) 大和市：大和市公開型地図情報サービスに掲載されている地点情報データ一覧 (オープンデータ), <http://www.city.yamato.lg.jp/web/jyoho/opendatachitendata.html> (2021 年 1 月閲覧)
- 17) 町田市：AED 設置箇所一覧, <https://www.city.machida.tokyo.jp/shisei/opendata/shisetsu/aed.html> (2021 年 1 月閲覧)
- 18) 厚木市：自動対外式除細動器 (AED) を設置していません, <https://www.city.atsugi.kanagawa.jp/shisei/15001/opendata/category/seguridad/d033420.html> (2021 年 1 月閲覧)
- 19) 八王子市：福祉関連オープンデータ, <https://www.city.hachioji.tokyo.jp/contents/open/002/p005875.html#> (2021 年 1 月閲覧)
- 20) 上野原市：市内 AED 設置場所について, [https://www.city.yuenohara.yamanashi.jp/gyosei/docs/aed\\_basyo.html](https://www.city.yuenohara.yamanashi.jp/gyosei/docs/aed_basyo.html) (2021 年 1 月閲覧)
- 21) 道志村：AED 設置場所, [http://www.vill.doshi.lg.jp/ka/info.php?if\\_id=548&ka\\_id=1](http://www.vill.doshi.lg.jp/ka/info.php?if_id=548&ka_id=1) (2021 年 1 月閲覧)
- 22) 位置参照技術を用いたツールとユーティリティ 東京大学空間情報科学研究センター：CSV アドレスマッチングサービス Geocoding Tools&Utilities, <https://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode-cgi/geocode.cgi?action=start> (2021 年 1 月閲覧)
- 23) 神奈川県：AED に関するオープンデータ <http://www.pref.kanagawa.jp/docs/b8k/cnt/f533905/index.html> (2021 年 1 月閲覧)