

AED 使用率向上のための社会シミュレーション分析による 直線距離と道路距離の比較

○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)

Comparisons between Straight and Road Distances Using Social Simulation Analysis for Improving AED Usage

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

概要— 2020年の心停止傷病者 79,376人のうち、一般市民によって AED 使用された傷病者数は 1,092人であり、AED の活用が十分に行われているとは言い難い。そこで先行研究は、住宅内心停止を前提に、実社会における AED にまつわる取り組みや技術の活用を踏まえて、社会シミュレーション分析を用いてそれらが AED 利活用促進につながることを示した。しかし、モデルやベースシナリオのパラメータ設定には課題が存在した。特に、AED までの距離を直線距離で算出している点は、実際の運搬を考慮できていない。そこで本研究では、先行研究に改善を加え、相模原市を対象に AED の運搬が試みられる確率が向上した場合及び対象地域内に AED の追加設置を行った場合の効果の可視化と直線距離と道路距離での乖離の可視化を試みた。

キーワード: AED, 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

2020年、国内での心肺機能停止傷病者は 125,928人であった¹⁾。このうち約 68%がより多くの時間を過ごす住宅内で発生している¹⁾。この割合は 2018年・2019年と比較して、わずかながら上昇している。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。2020年の心停止傷病者は 79,376人であった。

また、心停止の多くは心室細動及び無脈性心室頻拍、いわゆる心臓の痙攣(冠攣縮)が原因と言われている。この痙攣を取り除くためには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²⁾。一般市民も AED という機器を用いることで、電気ショックを与えることができる。日本循環器学会 AED 検討委員会・日本心臓財団の AED 設置に関するガイドライン³⁾によると、高い救命率が期待できるのは 5分以内に除細動が実施された場合だという。そして、この 5分以内の除細動を実現する流れとして、傷病者を発見してから、2分で AED の必要性を認知し、2分間で運搬し、AED 到着後 1分で除細動することが想定されている。AED の運搬の速度を時速 9km と仮定すると、2分間で運搬を終えるためには AED が片道 150m 以内に設置されていることが求められる。AED の設置に関するガイドライン³⁾には、「直線距離であればおよそ 300m 間隔の配置で対応可能」となると記載されている。

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⁴⁾、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⁵⁾。これら AED の設置場所は、駅や役所、診療所をはじめとする公共施設が中心である

ものの、発生割合の大きい住宅内での心停止への AED 使用率を向上させるために、各メーカーが家庭用 AED の販売を促進している^{6,7)}。

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。2020年、心原性心肺機能停止傷病者 79,376人のうち、一般市民によって発見された傷病者数が 25,790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 10,816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 14,974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 1,092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 8.2%、何らかの応急手当が実施された場合が 15.2%、AED による除細動が実施された場合が 53.2%であった¹⁾。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 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、消防本部による応急手当講習の受講者は、2020年はCOVID-19の影響で約60万人であったが、例年は約200万人もの受講者がいる。また、講習が開始された1994年から2020年までに累計約3,440万人が受講している¹⁾。

さらに、最寄りのAEDの位置を簡単に調べることができるインターネット上のサービス⁸⁾も公開されている。これらの技術の活用や取り組みによってAED利活用の促進が期待できる。

1.4 先行研究

保健・医療のように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・医療の分野における共通した問題として、市川¹⁰⁾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思える。

著者ら¹¹⁾は、神奈川県相模原市の緑区、中央区、南区を対象に、住宅内心停止を前提とした、傷病者の発生からAEDの運搬までを想定した社会シミュレーション分析を行い、3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、対象地域内の建物にAEDが追加設置された場合)について、AEDの利活用促進につながる可能性の可視化を試みた。

この研究の課題は4つある。それぞれ原因と合わせて記載する。まず、先行研究¹¹⁾のモデルには「傷病者が発見されるか否か」を確率で判定したうえで、発見者がAEDの運搬を試みるか否かを確率で判定するという、二連続での確率判定が存在するため、結果の解釈が難解になっていた。次に、住宅内での心停止にもかかわらず、単独世帯においても他の世帯と同様に発見有無の判定やAEDの運搬を試みるかの判定が行われているため、単独世帯の状況を考慮できていなかった。そして、AEDまでの距離を直線距離により算出していたため、AEDが運搬可能な範囲内にあるかの判定が実際の運搬に即していない恐れがある。最後に、ベースシナリオのパラメータ設定により、結果が不必要な影響を受けている。より具体的には、ベースシナリオでのAED使用率を対象地域間で統一するために、AEDの設置が充実していない緑区の「発見者がAEDの運搬を試みる確率 q_i 」のベースシナリオでの設定が、他の区より高く設定されているため、施策の効果が大きく見積もられていた。

ほかにも、AEDの配置状況に対して焦点を当てた研究も行われている。市川¹⁰⁾は、埼玉県所沢市を対象に、合成人口データ¹²⁾と日本救急医療財団全国AEDマップ⁸⁾のAED位置情報を用いて、住民の居住地から最寄りのAEDまでの直線距離と道路距離を計測している。住宅内での心停止に対して5分以内にAED使用可能な住民の割合は、直線距離では82.9%であり、道路距離では55.7%であった。著者ら¹³⁾は、神奈川県相模原

市の緑区、中央区、南区を対象に、合成人口データ¹²⁾とAEDオープンデータ¹⁴⁾²¹⁾を使用して、住民の居住地から最寄りのAEDまでの直線距離と道路距離を計測している。それぞれが150m以内であった住民の割合は、緑区においては、直線距離が24.2%、道路距離が7.7%、中央区においては、直線距離が31.3%、道路距離が9.2%、南区においては、直線距離が30.4%、道路距離が8.6%であった。これらの先行研究^{10,13)}から、直線距離の計測は、道路距離での計測と比較して、結果を楽観的なものにする恐れがあるといえる。

1.5 本研究の目的

先行研究¹¹⁾では、AED利活用に向けた様々な取り組みを踏まえて、傷病者の発生からAEDの運搬までを想定した社会シミュレーション分析を行った。しかし、シミュレーションモデルには前節で述べた4点の課題がある。特に、AEDまでの距離に関して、文献³⁾では、2分以内のAED運搬を実現するための一例として、直線距離300m間隔のAED配置を挙げている。しかし、先行研究^{10,13)}から、直線距離と道路距離では乖離が生じることが示唆される。

そこで、本研究では、先行研究¹¹⁾のモデルを改良し、AED利活用促進に向けた施策効果の可視化及び、直線距離と道路距離での乖離の可視化を試みる。改良点は4つある。まず、前モデルの二つの確率判定を、「AEDの運搬が試みられるか否か」の一つに統合し、結果の解釈性の改善を図る。次に、傷病者が単独世帯の場合は、その後の確率判定は行わず、単独世帯の状況を考慮する。そして、道路距離での計測を追加で行い、より実際の運搬に近いものとする。最後に、ベースシナリオの設定は行わず、その代わりに3段階の状況シナリオを設定して、シミュレーションを行う。

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253.9km²、中央区が36.9km²、南区が38.1km²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/km²、緑区が683.8人/km²、中央区が7314.0人/km²、南区が7277.7人/km²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 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

相模原市緑区、同市中央区、同市南区を対象に、住宅内での心停止発生からAEDの運搬までの流れを考慮したシミュレーションを実施する。具体的には、同居人有無、AEDの運搬が試みられるか否か、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る。そして、数段階の状況シナリオに対して施策を適用し、AED使用率に与える影響の可視化を試みる。状況シナリオは、AEDの運搬が試みられる確率を三段階に設定して作成する。この三段階の状況シナリオに対して、AEDが設置されていない対象地域内の建物への無作為なAEDの追加設置という施策を適用し、シミュレーション上のAED使用率を観察する。

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、「年代別心停止発生確率 l 」に基づいて、心停止が発生するか否かを確率的に判定する。ここで心停止が発生しない場合は、次の住民の判定に移る。発生した場合、傷病者の所属世帯が単独世帯であれば、次の住民の判定に移る。単独世帯以外の場合は、状況シナリオとして設定した「AEDの運搬が試みられる確率 p 」を用いて、AEDの運搬が試みられるか否かを確率的に判定する。運搬なしの場合は、次の住民の判定に移る。運搬ありの場合、居住地から最寄りのAEDまでの直線距離及び道路距離を測定し、次の住民の判定に移る。なお、ここでのAEDとは、事前に取得した実際のAED位置情報に、「AED追加設置を行う建物の割合 q 」に基づき、対象地域内のAED未設置の建物から無作為に抽出される、新たにAEDが設置される建物の位置情報を加えたものを指す。以上のような判定を進め、全住民に対して365日間分終了したら1試行とする。

3 実験結果

まず、実験に用いたデータについて記す。本研究に必要なデータは、対象地域内の住民の居住地や年齢、所属世帯の世帯人員を含む個票データ、年齢階級別の心停止傷病者発生割合、対象地域内及び周辺に設置されているAEDの位置情報、対象地域内の建物の位置情報、対象地域内の歩行可能な道路の情報である。

住民の個票データには、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10セット分を使用した¹²⁾。年齢階級別の心停止傷病者発生割合には、2015年における年齢階級ごとの心肺機能停止傷病者数¹⁾を2015年の国勢調査での年齢階級別の人口で割った値を使用した。なお、ここで非心原性心肺機能停止傷病者も含めたのは、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、非心原性心停止傷病者に対してもAEDが用いられている点を考慮したためである(尚、非心原性の場合、AEDを用いたとしてもショックは実施されない)。AEDの位置情報には、実社会において市区町村等の境を越えたAEDの運搬が実施される可能性を考慮して、相模原市に加えて同市近隣自治体、神奈川県が公開するオープンデータ¹⁴⁻²¹⁾のAEDの位置情報を用いた。なお公開されている所在地に関する情報が住所のみのものは、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」²²⁾を用いて、緯度経度に変換した。建物の位置情報には、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設置済みの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棟であった。道路情報にはOpenStreetMapを用いた。

次に、モデル内のパラメータ設定について記す。本研究のモデルが含むパラメータは、「AEDの運搬が試みられる確率 p 」と「AED追加設置を行う建物の割合 q 」である。「AEDの運搬が試みられる確率 p 」は状況シナリオを決定するパラメータである。また、本モデルにおける p は、先行研究¹¹⁾のモデルのパラメータ p, q_i の確率判定を統合したパラメータである。先行研究¹¹⁾のベースシナリオにおける p, q_i の設定値が、緑区・中央区・南区の順に $p \times q_i = (0.0627, 0.0475, 0.0475)$ であることを踏まえ、 $p = 0.05, p = 0.10, p = 0.15$ の三段階の状況シナリオでの実験を行った。「AED追加設置を行う建物の割合 q 」は、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の追加設置を行うという施策をモデル内に反映するためのパラメータである。先行研究¹¹⁾の結果において、5%の建物にAEDを追加設置した時点で、AED使用率の変化率が小さくなっていることから、0.00から0.049まで0.001ずつ q の値を変化させて実験を行った。

なお、実験は合成人口1セットごとに10試行ずつの計100試行実施した。また、本研究でのAED使用率

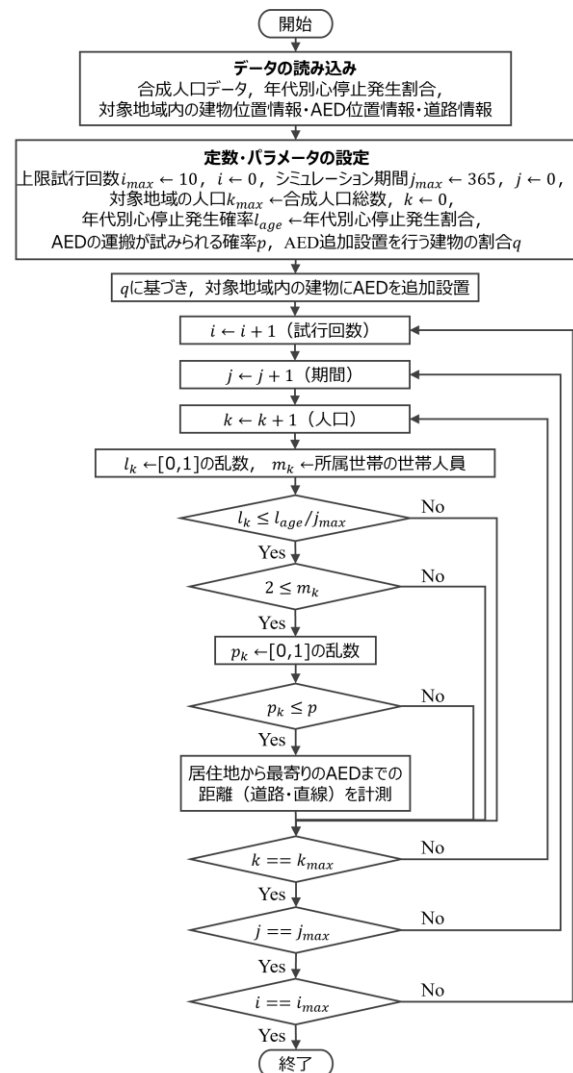


Fig. 1: シミュレーションモデルフローチャート

とは、一試行での全傷病者に対する AED の運搬が試みられかつ最寄りの AED までの距離が直線距離もしくはは道路距離で 150m 以内の傷病者の割合を指す。

実験結果を Fig. 2 から Fig. 7 に示す。Fig. 2 は緑区の直線距離の結果、Fig. 3 は緑区の道路距離の結果、Fig. 4 は中央区の直線距離の結果、Fig. 5 は中央区の道路距離の結果、Fig. 6 は南区の直線距離の結果、Fig. 7 は南区の道路距離の結果である。それぞれ、横軸に AED 追加設置を行う建物の割合 (パラメータ q の値) を、縦軸に AED 使用率を取っている。100 試行分のシミュレーション結果を、AED の運搬が試みられる確率 (パラメータ p) 別に色分けしてプロットした。さらに、100 試行分の平均結果に対して、以下の式で近似を行った曲線を描画した。

$$\text{AED の使用率 (100 試行平均)} = aq^b + c \quad (1)$$

なお、式中の a, b, c はパラメータであり、100 試行平均結果に対して、最小二乗法を用いて推定を行った。Fig. 8 は緑区、Fig. 9 は中央区、Fig. 10 は南区の、直線距離及び道路距離での 100 試行平均結果と近似曲線を示している。推定したパラメータ及び残差平方和 (RSS) を Table 1, 2 に示す。Table 1 は直線距離での結果を、Table 2 は道路距離での結果を表している。

Fig. 2 から Fig. 7 より、全ての区において、AED の追加設置を行うことで、シミュレーション上の AED 使用率は向上している。また、AED の運搬を試みる確率の向上によっても、AED 使用率の向上が見られた。そのため、実社会における AED 使用率向上のためにも、AED の追加設置やいざという時に AED の運搬に移れるような教育を行うことが有効だと考えられる。

Table 1, 2 について、どのモデルも RSS の値が小さく、実測値に対する近似式のあてはまりは良い。ただ、道路距離のモデルに比べて、直線距離のモデルは RSS が大きくなっている。この点に関しては、100 試行平均結果のばらつきが道路距離に対して直線距離の方が大きい可能性や近似式の選択が妥当でない可能性が考えられる。

Fig. 8 から Fig. 10 より、道路距離での結果と比較して、直線距離での結果は、AED 使用率の AED 追加設置割合に対する変化率の変動が大きい。ここから、直線距離による計測は、AED の追加設置を進める初期の段階では、施策の効果を過大評価し、AED の追加設置を進めるにつれて過小評価すると考えられる。

先述の直線距離計測による過大評価について、どの程度の差が生じるのかを見るために、Table 3 に AED 追加設置を行う建物の割合を、それぞれの近似式に代入して得た値を示す。なお、スペースの都合で、AED 追加設置を行う建物の割合が、0.000 から 0.005 まで 0.001 ずつと 0.005 から 0.030 まで 0.005 ずつの計 11 列を示している。Table 3 について、例えば、緑区、 $p = 0.05$ の二行を比較すると、直線距離での AED 追加設置を行う前 (現状の AED 配置) の近似値 0.085 は、道路距離では、AED 追加設置を行う建物の割合 0.001 と 0.002 の時の近似値の間であることがわかる。さらに、直線距離においての AED 追加設置を行う建物の割合が 0.001 の時の近似値は、道路距離では、AED 追加設置を行う建物の割合 0.015 と 0.020 の時の近似値の間であることがわかる。すべての列において、このような過大評価が起きている。また、ほかの行政区・AED の運搬が試みられる確率の組み合わせについても、同

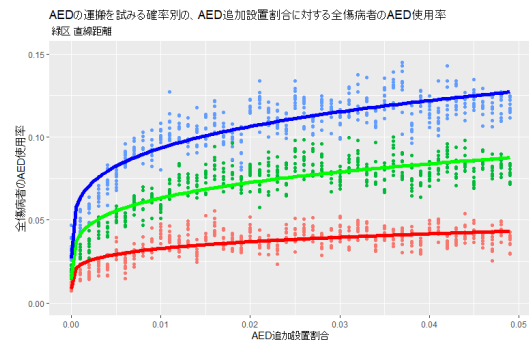


Fig. 2: シミュレーション結果と近似曲線 (緑区、直線距離)

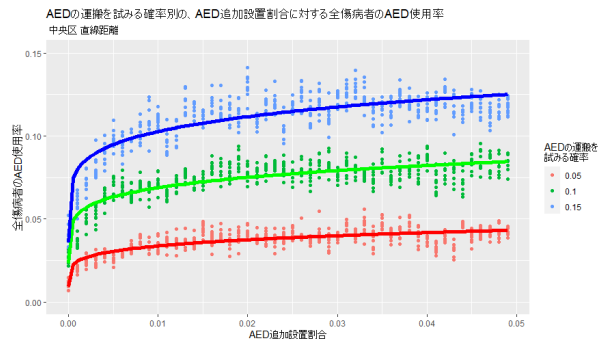


Fig. 4: シミュレーション結果と近似曲線 (中央区、直線距離)

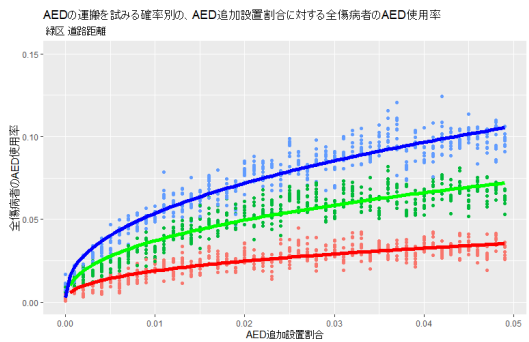


Fig. 3: シミュレーション結果と近似曲線 (緑区、道路距離)

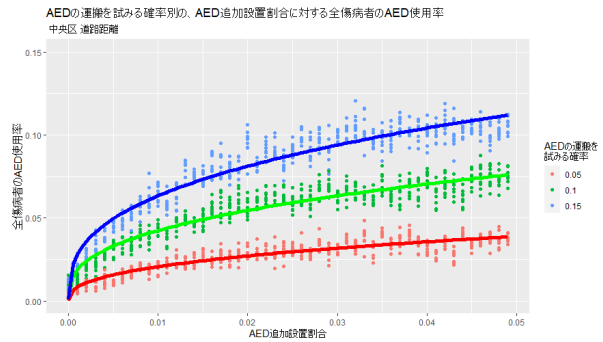


Fig. 5: シミュレーション結果と近似曲線 (中央区、道路距離)

様の直線距離計測による過大評価を確認できる。

4 結論と今後の課題

本研究では、AED 利活用促進に向け、相模原市を対象地域とし、先行研究¹¹⁾を改善したうえで、AED の運搬が試みられる確率が向上した場合及び対象地域内に AED の追加設置を行った場合の効果の可視化と直線距離と道路距離での乖離の可視化を試みた。シミュレーションの結果から、AED の追加設置及び、有事に AED の運搬に移れる体制の構築によって AED 使用率が向上すると考えられる。また、得られた結果に対して非線形近似を行い、道路距離での計測に対して、直線距離での計測では、AED の追加設置を進める初期の段階では、施策効果の過大評価が起こることを示した。

本研究の今後の課題として、まず、モデルについては、世帯状況の考慮が不十分である。本研究では、単独世帯において傷病者が発生した場合に、その後の判定を行わないことで、先行研究¹¹⁾の課題であった単独世帯の考慮を解消した。しかし、世帯状況による違いは単独世帯に以外にも存在する。例えば、二人世帯において、片方に突然心停止が発生した際に、その場を離れて AED の運搬を行うか、といった違いが考えられる。この点は、改善の余地がある。次に、結果の解釈について、本研究では運搬可能な AED までの距離として 150m を一律に採用しているため、運搬者の運動能力の違いを考慮できていない。例えば、運搬者の年齢によって運搬可能な距離を変化させるなど、改善の余地がある。最後に、結果を非線形近似している部分について、直線距離での結果と道路距離での結果にあてはまりの違いが生じており、より適切な近似式が

存在する可能性がある。

本研究では、直線距離と道路距離の比較に焦点を置いた。現状、道路に沿った運搬が現実的であるが、ドローンによる AED 運搬戦略に関する研究²³⁾や実証実験²⁴⁾が行われており、直線的な運搬が実現する可能性がある。今後の展望として、ドローンによる直線的な AED 運搬の可能性の評価にもつながると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 19K23229, 20K10362, JST 未来社会創造事業 JPMJMI20B3, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (jh210040-MDH), HPCI システム利用研究課題による支援 (hp200262), 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。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：令和 2 年版 救急救助の現況 (2021)
- 2) 日本 AED 財団：AED の知識, <https://aed-zaidan.jp/knowledge/index.html> (2020 年 12 月閲覧)
- 3) 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,

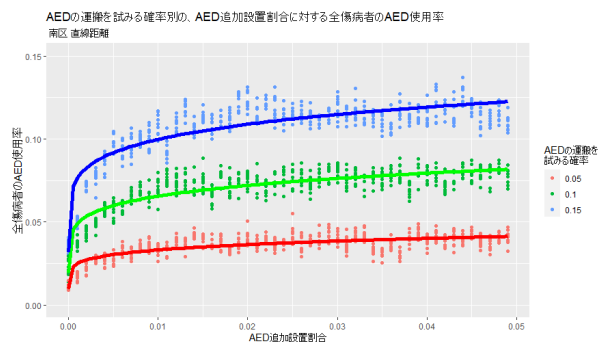


Fig. 6: シミュレーション結果と近似曲線 (南区, 直線距離)

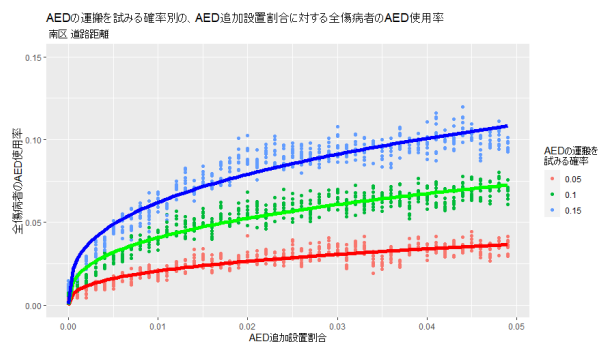


Fig. 7: シミュレーション結果と近似曲線 (南区, 道路距離)

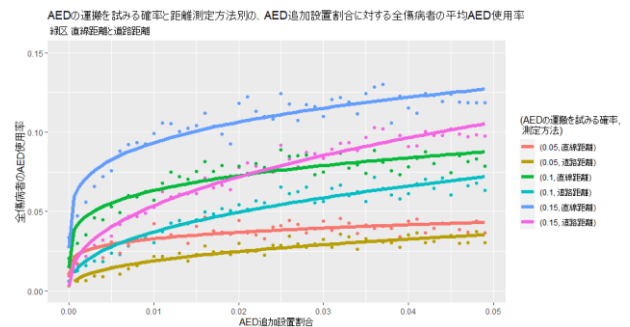


Fig. 8: 100 試行平均結果と近似曲線 (中央区)

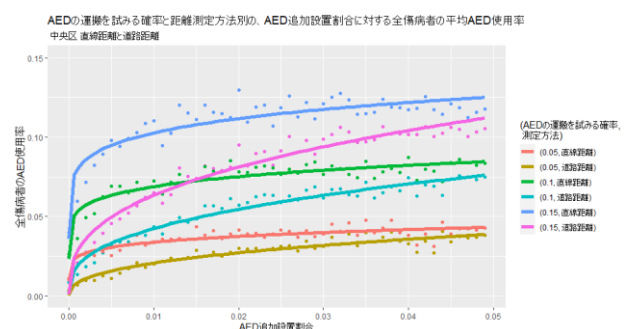


Fig. 9: 100 試行平均結果と近似曲線 (中央区)

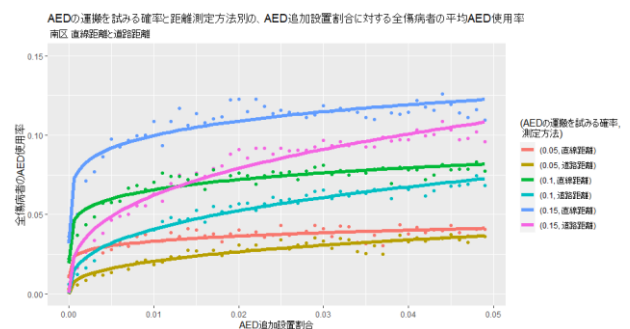


Fig. 10: 100 試行平均結果と近似曲線 (南区)

Table 1: 近似式のパラメータ (直線距離)

	直線距離				
	p	a	b	c	RSS
緑区	0.05	0.06834	0.22409	0.00846	0.00101
	0.10	0.15727	0.25438	0.01450	0.00206
	0.15	0.21818	0.25800	0.02683	0.00293
中央区	0.05	0.06271	0.20563	0.00945	0.00068
	0.10	0.10755	0.18677	0.02333	0.00136
	0.15	0.15420	0.18171	0.03591	0.00280
南区	0.05	0.05572	0.18883	0.00981	0.00064
	0.10	0.11049	0.18960	0.01941	0.00104
	0.15	0.15675	0.18071	0.03157	0.00276

※表中のpはAEDの運搬が試みられる確率を指す

Table 2: 近似式のパラメータ (道路距離)

	道路距離				
	p	a	b	c	RSS
緑区	0.05	0.11632	0.39328	-0.00017	0.00047
	0.10	0.25128	0.41203	-0.00058	0.00113
	0.15	0.38697	0.44000	0.00264	0.00130
中央区	0.05	0.12717	0.39650	0.00021	0.00047
	0.10	0.23294	0.38123	0.00216	0.00083
	0.15	0.33206	0.36369	0.00117	0.00166
南区	0.05	0.10851	0.36062	0.00004	0.00041
	0.10	0.21651	0.36361	0.00026	0.00059
	0.15	0.31120	0.35273	0.00075	0.00165

※表中のpはAEDの運搬が試みられる確率を指す

Table 3: 行政区・AEDの運搬が試みられる確率・距離測定方法別の近似値

AED追加設置を行う建物の割合	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030
緑区, p=0.05, 直線距離	0.0085	0.0230	0.0254	0.0271	0.0283	0.0293	0.0328	0.0351	0.0369	0.0384	0.0396
緑区, p=0.05, 道路距離	-0.0002	0.0075	0.0099	0.0117	0.0131	0.0143	0.0188	0.0221	0.0248	0.0271	0.0291
緑区, p=0.10, 直線距離	0.0145	0.0416	0.0469	0.0504	0.0531	0.0554	0.0632	0.0685	0.0726	0.0760	0.0790
緑区, p=0.10, 道路距離	-0.0006	0.0140	0.0188	0.0224	0.0252	0.0277	0.0371	0.0439	0.0496	0.0544	0.0587
緑区, p=0.15, 直線距離	0.0268	0.0635	0.0707	0.0756	0.0793	0.0824	0.0933	0.1007	0.1064	0.1111	0.1151
緑区, p=0.15, 道路距離	0.0026	0.0212	0.0278	0.0327	0.0367	0.0402	0.0536	0.0636	0.0718	0.0790	0.0854
中央区, p=0.05, 直線距離	0.0095	0.0246	0.0269	0.0284	0.0296	0.0306	0.0338	0.0359	0.0375	0.0388	0.0399
中央区, p=0.05, 道路距離	0.0002	0.0084	0.0110	0.0129	0.0145	0.0158	0.0207	0.0243	0.0272	0.0297	0.0319
中央区, p=0.10, 直線距離	0.0233	0.0529	0.0570	0.0597	0.0617	0.0633	0.0688	0.0724	0.0751	0.0773	0.0792
中央区, p=0.10, 道路距離	0.0022	0.0189	0.0240	0.0276	0.0305	0.0331	0.0424	0.0491	0.0546	0.0592	0.0633
中央区, p=0.15, 直線距離	0.0359	0.0799	0.0858	0.0896	0.0925	0.0948	0.1027	0.1078	0.1117	0.1148	0.1174
中央区, p=0.15, 道路距離	0.0012	0.0281	0.0358	0.0413	0.0457	0.0495	0.0634	0.0733	0.0812	0.0880	0.0939
南区, p=0.05, 直線距離	0.0098	0.0249	0.0270	0.0284	0.0295	0.0303	0.0332	0.0350	0.0364	0.0376	0.0385
南区, p=0.05, 道路距離	0.0000	0.0090	0.0116	0.0134	0.0149	0.0161	0.0207	0.0239	0.0265	0.0287	0.0307
南区, p=0.10, 直線距離	0.0194	0.0492	0.0534	0.0561	0.0582	0.0599	0.0656	0.0692	0.0720	0.0743	0.0762
南区, p=0.10, 道路距離	0.0003	0.0178	0.0229	0.0264	0.0293	0.0318	0.0408	0.0473	0.0525	0.0569	0.0608
南区, p=0.15, 直線距離	0.0316	0.0766	0.0826	0.0864	0.0894	0.0917	0.0998	0.1050	0.1089	0.1121	0.1147
南区, p=0.15, 道路距離	0.0008	0.0280	0.0355	0.0409	0.0451	0.0488	0.0621	0.0715	0.0791	0.0855	0.0911

※表中のpはAEDの運搬が試みられる確率を指す

392/402 (2012)

- 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)
- 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)
- 日本光電：「まさか」に備える家庭用AED。 , https://www.aed-life.com/information/home_aed/ (2022年1月閲覧)
- PHILIPS：自宅にAEDを備えれば助かる命があります, <https://www.philips.co.jp/healthcare/consumer/aed/home-aed> (2022年1月閲覧)
- 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)
- 日本全国AEDマップ, <https://aedm.jp/> (2021年1月閲覧)
- 市川学：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)
- 江尻, 原田, 大内, 村田, 佐々木：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, 第24回社会システム部会研究会, 80/86 (2021)
- 村田, 市川, 後藤, 杉本, 伊達, 埴, 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)
- 江尻, 原田, 大内：合成人口とAEDオープンデータを活用した相模原市のAEDカバー率の分析, 第26回社会システム部会研究会, 24/30 (2021)
- 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)

- 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)
- 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)
- 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)
- 八王子市：福祉関連オープンデータ, <https://www.city.hachioji.tokyo.jp/contents/open/002p005875.html#> (2021年1月閲覧)
- 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 (2021年1月閲覧)
- 道志村：AED設置場所, http://www.vill.doshi.lg.jp/ka/info.php?if_id=548&ka_id=1 (2021年1月閲覧)
- 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)
- 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)
- Boutilier JJ, et al：Optimizing a drone network to deliver automated external defibrillators, *Circulation*, 135-25, 2454/2465 (2017)
- PR TIMES：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://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000059.000020194.html> (2022年2月閲覧)