

タクシーによる AED 運搬の実効性に関する研究

日大生産工（院） ○小山 佳織

日大生産工 岩田 伸一郎

1. はじめに

AED(自動体外式除細動器)は、突然的な心停止状態への救急措置に有効とされる医療機器である。取り扱いが簡便で、既に一般市民による使用が認められている状況の中、全国の自治体には設置に向けた早急な対応が求められている。平成 27 年度の総務省消防庁の報告^{注1)}によると、目撃された心原性心停止の症例のうち、AED が使用されたのは 4.9% の症例のみで、いざというときには使用されなかった例が非常に多い。公共施設や事業所に多く設置されているため夜間の使用が不可能であるといった利用時間の制約があることや、一般市民に AED 利用に関しての知識が十分に浸透していないことから普及率の低さの原因になっていると考えられる。

2011 年にロンドンで登場した AED を搭載したタクシー(以下、AED タクシー)は 2014 年に日本に導入され、大阪で日本救護救急財団^{注2)}とタクシー事業者組合による実証実験が行われた。2006 年 4 月より東京無線タクシー^{注3)}が、東京 23 区・三鷹・武蔵野市を営業区域とするタクシーで初めて AED タクシーの稼働を開始している。終日営業する AED タクシーには利用時間の制約がなく、乗務員に AED に関する知識や技能を持たせることで、救命率の向上が期待される。

以上の背景を踏まえ、本稿では現在稼働する全てのタクシーに AED が搭載されることを仮定した場合の AED タクシーの効果について AED が現場に到着するまでの時間を変数とした評価モデルを作成して救命率の可視化を行う。AED タクシーがカバーすることができる圏域について検証し AED タクシーが有効な AED の運搬システムとなるための運行台数等の条件について考察する。

2. 研究方法

2-1 研究の概要

タクシーは救急車両同様、地理的条件や道路網による影響や制約を大きく受けていることから道路網を地域空間情報として捉え、道路網を考慮した分析を行う必要がある。

そこで、ArcGIS を用いて AED 需要発生時における地域空間情報と関連した AED タクシーの出動圏域の可視化を行う^{注4) 注5)}。

2-2 選定地域

本稿では、渋谷区・新宿区・豊島区など大繁華街と隣接し、終日タクシーの交通量が多い中野区を対象とする。今回タクシーの走行する道路を、普通車交通量が比較的に近い主要道路に限定する。その中で、中野区刊行『平成 31 年中野区統計書』に主要道路として交通量の数値が正確に記載されている都道に限る。中野区の主要道路と大まかな地域区分の名称を(図 1)に示す。

タクシーには営業区域が存在し、必ずしも登録区域だけで営業しているわけではないが、本稿では他区を走行する中野区登録のタクシーと中野区で走行する他区登録のタクシーをほぼ同数であると仮定し、中野区内で中野区登録のタクシーが走行しているとの設定に基づく、閉鎖系モデルを用いた検証を行う。

2-3 分析手法

タクシーの営業スタイルには、
(A)「流し営業」(B)「付け待ち営業」(C)「配車営業」の 3 種類が存在するが、本稿では、AED の需要発生地点(以下、需要点)を中野区内の任意の地点とした場合の 3 つの各営業スタイルにおける AED タクシーのカバー圏域について検証する。

(A) 需要点から主要道路まで AED タクシーを徒歩で呼びに行き、遭遇後タクシーで需要点へ向かうパターン。走行する全ての稼働タクシーを対象とする場合と空車タクシーのみを対象とする場合を展開する。

(B) 中野区内のタクシー乗り場まで AED タクシーを徒歩で呼びに行き、タクシーで需要点へ向かうパターン。

(C) 需要点からタクシー会社に連絡し、GPS 自動配車システム(以下、配車システム)を利用し AED タクシーが需要点へ向かうパターン。

3. AED タクシーのカバー圏域の評価モデル

3-1 流し営業の評価モデル

稼働する全タクシーを対象とする場合、①主要道路を走行する 1 日のタクシー運行台数から②昼間 12 時間の中野区内全主要道路を運行中のタクシーが走破する延走行回数を把握する。②で求めた走行台数を交通量に基づいて各道路ごとに台数を割り当て、③各道路の交通量に対するタクシーの網羅する回数を算出する。その結果から各主要道路でタクシーに遭遇する平均時間を求め、④現場処置時間に対する AED タクシー

A study on possible conditions and effectiveness of AED taxi

kaori KOYAMA, Shinichiro IWATA

のカバー圏域を算出する。

また、空車タクシーのみを対象とする場合、①'1日の稼働しているタクシーの中で空車タクシーの台数、②'昼間12時間の中野区内全主用道路を運行する空車タクシーの延走行回数、③'各道路の交通量に対する空車タクシーの網羅回数、④'現場処置時間に対する空車タクシーのカバー圏域として算出する。今回は時間帯による交通量の変化については考慮していない。

1日の中野区タクシー稼働台数(台)

$$X = x \times \alpha \cdots \textcircled{1}$$

x : 中野区タクシー保有台数(台)

α : タクシー実働率(%)

$$X_1 = X \times \beta \cdots \textcircled{1}'$$

β : タクシー実車率(%)

タクシー実働率は、東京タクシー・ハイヤー協会刊行『年度別特別区・武三地区タクシー輸送実績』の「平成31年度実働率」から、タクシー実車率は、同紙「平成31年度実車率」から参照する。

昼間12時間の全主要道路を走るタクシー延走行回数(回/12時間)

$$Y = X \times V_0 \times 12 / M \cdots \textcircled{2}$$

V_0 : 中野区道路平均旅行速度(km/時)

M : 中野区道路総延長(km)

$$Y_1 = X_1 \times V_0 \times 12 / M \cdots \textcircled{2}'$$

中野区道路平均旅行速度は、『PAREA-Traffic 交通センサス』の「昼間12時間平均旅行速度/上り・下り」中野区内道路の平均から求める。

中野区道路総延長は、中野区刊行『平成31年中野区統計書』の「64.道路の種類別・幅員別延長及び面積」から参照する。

各道路の交通量に対する単位道路長さあたりのタクシー走行回数(回/分)

$$Y_n = Y \times K / A \times 720 \cdots \textcircled{3}$$

K : ある道路 k の交通量(12時間)^{注7)}

A : 中野区内道路の平均交通量(12時間)

$$Y_{1n} = Y_1 \times K / A \times 720 \cdots \textcircled{3}'$$

各道路の交通量は、中野区刊行『平成31年中野区統計書』の「区内主用道路交通量」から参照する。

現場処置時間に対するAEDタクシーカバー圏域(m)ある道路 k に対してタクシーが1台通過するまでの時間を Y_n より求める。(分)

$$Y_t = 1 / Y_n$$

$$Y_{1t} = 1 / Y_{1n}$$

$$L = (T - Y_t) \times (V_1 \times v / (V_1 + v)) \cdots \textcircled{4}$$

T : AED初動時間(分)

V_1 : タクシーの移動速度(m/分)

v : 人の移動速度(m/分)

$$L = (T - Y_{1t}) \times (V_1 \times v / (V_1 + v)) \cdots \textcircled{4}'$$

タクシーの移動速度は、中野区道路平均旅行速度(V_0)

と同数を扱う。人の移動速度はAED使用時の緊急性を考慮し、本来の歩行速度の2倍程度の10km/時に設定する。歩行速度は、不動産で利用される4.8km/時を参考にする。

3-2 付け待ち営業の評価モデル

AED初動時間を変数とした時のタクシー乗り場から需要点までの距離を算出する。タクシー乗り場には常にタクシーが待機していることを前提とする。

$$L = T \times V_1 \times v / (vV_1 + v)$$

T : AED初動時間(分)

V_1 : タクシーの移動速度(m/分)

v : 人の移動速度(m/分)

3-3 (C) の評価モデル

需要発生時、配車センターに電話し配車システムを利用することでAEDタクシーを呼び寄せる。除細動開始時間を変数とした時の配車システムの中でマッチングしたタクシーが需要点まで向かう距離を算出する。

配車センターに電話するまでの時間はないものとし、電話をかけてからマッチングしたタクシーが需要点に向かい始めるまでの時間を、東京タクシー・ハイヤー協会の配車システムによる情報と東京エムケイ株式会社刊行資料より5分と仮定する。また、東京タクシー・ハイヤー協会の配車システムによる情報から、配車システムが需要点からマッチングする最大距離は2kmとする。

配車センターの配車システムだけでなく、個々のタクシー会社に直接電話で配車を要請する場合も(C)に含む。

$$L = T \times V_1 - 5$$

T : AED初動時間(分)

V_1 : タクシーの移動速度(m/分)

(C)では、到達圏解析に利用するポイントに指定がなく任意の需要点となるため、今回は中野区内で最も乗降客数の多いJR中野駅^{注6)}を中心に均等に間隔をあけ地図上にプロットした。間隔は配車システムのマッチングする最大距離の2kmを採用する。

(A)(B)(C)で算出した数値を属性値として入力し、到達圏解析で地図上に可視化する。その結果を(図2)～(図4)に示す。

4. 解析結果

(図2)では、中野区総面積に対するAEDタクシーカバー圏域の面積比率は、3分以内で約11%、5分以内で約53%を締める。5分以内に除細動開始可能な主要道路は、環状七号線、環状六号線、東京所沢線、千代田練馬田無線のみで、生存率70%の3分圏内では中野区総面積15.59km²のうち約1.73km²の面積のみのカバー率となっている。特に鷲ノ宮や沼袋、中野と東中野の間、南台の地域では流し営業のタクシーは捕まりづらく。生存率50%の5分圏内にも含まれない

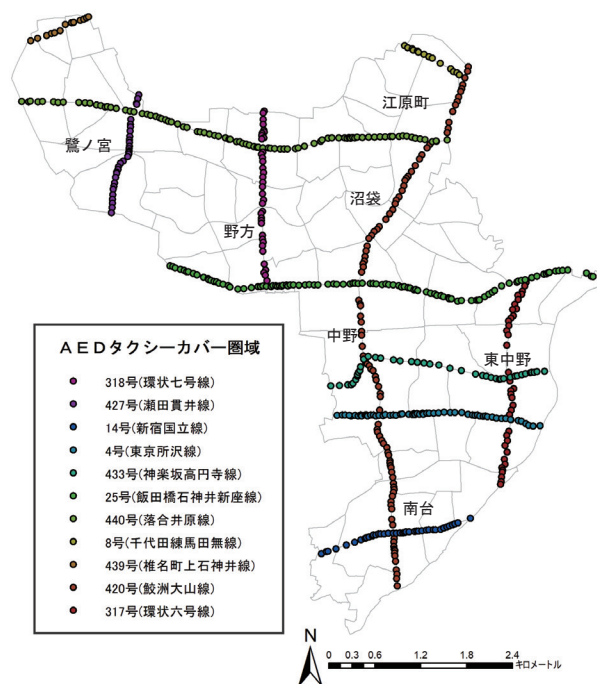


図1 主要道路・地域名称

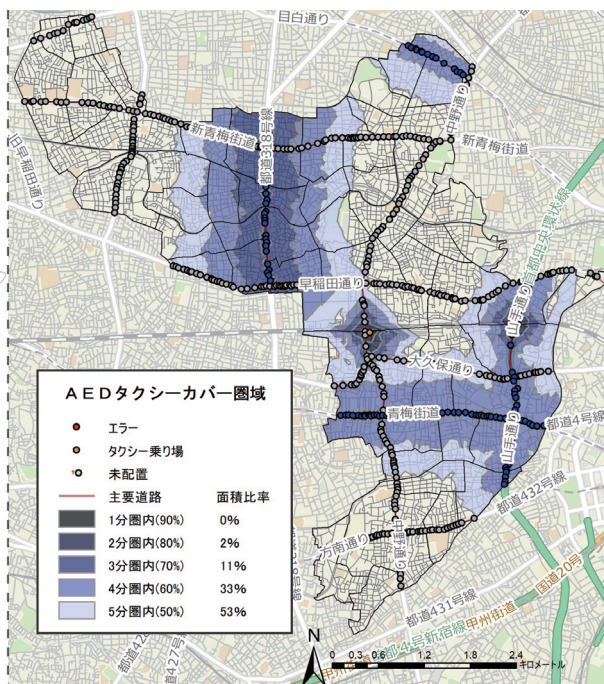


図2 空車タクシー対象 (A), (B) 統合時カバー圏域

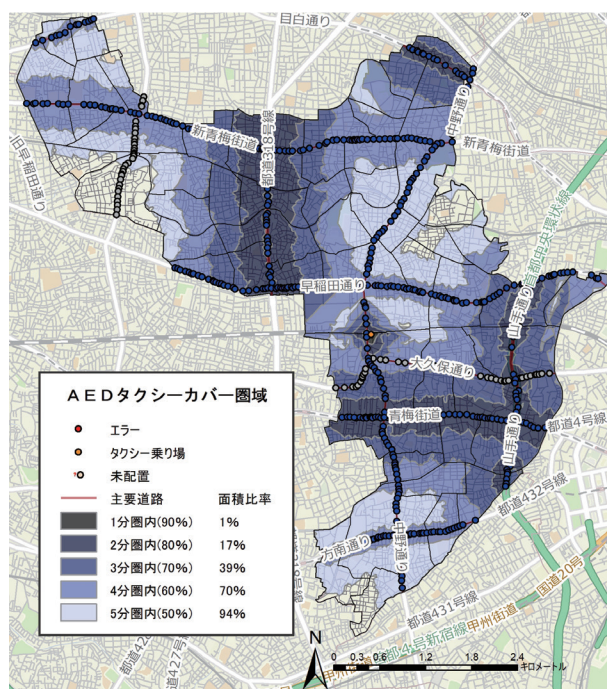


図3 稼働タクシー対象 (A), (B) 統合時カバー圏域

ことが分かる。

(図3)では、中野区総面積に対するAEDタクシーカバー圏域の面積比率は、3分以内で約56%、5分以内で約94%を締める。こちらも交通量の多い環状七号線、環状六号線、東京所沢線、千代田線馬田無線のタクシー走行回数が高く、生存率70%の3分圏内では中野区総面積15.59km²のうち半分近くである約6.15km²の面積をカバーしている。空車タクシーのみを対象としている(図2)と比較すると、(図2)ではAED初動時間が5分だったカバー圏域は2~3分程度でカバーが可能であり、約2倍にパフォーマンスが向上

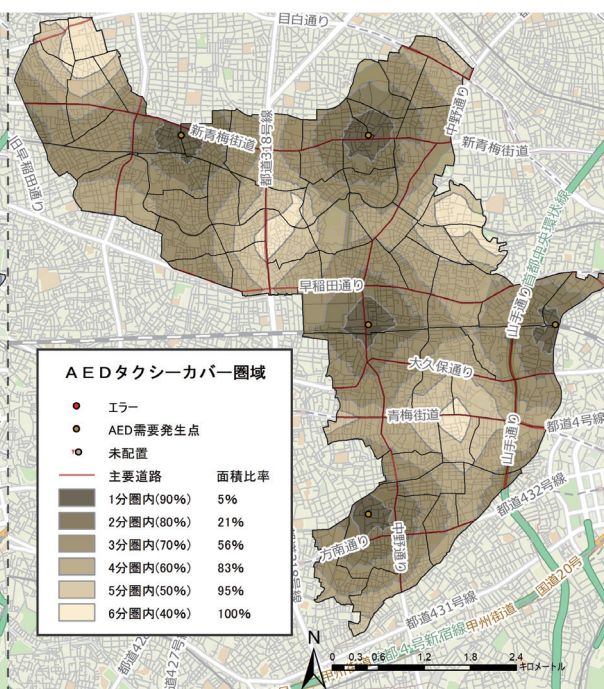


図4 (C) 評価モデルのAEDタクシーカバー圏域

する。また、生存率50%の5分圏内では中野区のほぼ全域となる約14.59km²の面積をカバーしている。鷺ノ宮の南方部、南台地域は生存率50%以下の圏域となりカバーしきれていない範囲があり、カバーできている地域でも5分圏内が大きく広っており生存率は50%となる。

(図4)は、需要点を均等に中野区に配置した場合のカバー率を可視化した。2kmごとの需要点のカバー圏域に3~4分圏内でぶつかり合っている。中野区総面積に対するAEDタクシーカバー圏域の面積比率は、3分以内で約56%、4分以内で約83%を締める。

5. 考察

アメリカ心臓協会心肺蘇生法ガイドライン 2005 によると除細動までの時間が 1 分経過するごとに生存率は約 10% 低下する。この内容を踏まえ、考察していく。

(図 2) から、本来流し営業中の空車タクシーを捕まえる方法で AED タクシーを呼ぶと、交通量の多い主要道路では効果を生むがそれ以外の道路や地域ではあまり効果がないことがわかる。しかし、(図 3) から主要道路で遭遇した全タクシーを需要点に向かわせることができると、現場処置時間に対するカバー圏域は、生存率 50% の 5 分圏内では中野区のほぼ全域にまで拡大する。また、生存率 70% の 3 分以内で AED の使用が可能である場合、生存者の脳の回復が期待でき、中野区面積約 6.15km²は除細動開始時間が 3 分以内で可能なため、約半分の地域で生存者の社会復帰に大きく貢献できる。この結果から、緊急時に流し営業中のタクシーを実車の状態であっても、AED を届けることができるシステムを構築すれば AED タクシーの有効性は格段に上がると考える。

(B) 付け待ち営業では、中野区内のタクシー乗り場である中野駅南口タクシー乗り場と東中野駅前タクシー乗り場の 2 つが対象となる。(図 2)(図 3) 共に、東中野駅前タクシー乗り場は、環状六号線と重なる地点にあるため流し営業でカバー可能な範囲である。一方、中野駅南口タクシー乗り場は飯田橋石神井新座線と神楽坂高円寺線の間に位置し、(A) 流し営業の結果で主に 5 分以内のカバー圏域になっているところを、中野駅中心にさらに救命率を向上させていることがわかる。中野駅南口タクシー乗り場は中野区内で最も乗降客数の多い公共交通機関である JR 中野駅と隣接しているため、タクシーの往来も多く AED タクシーの効果を期待できる。

(図 4) から、配車営業でタクシーがマッチングする最大距離である 2km の間隔同士で 3 ～ 4 分圏内をカバーし合っている。生存率 60% の 4 分圏内は、中野区総面積の約 8 割である約 13km²の面積をカバーしている。これらから、需要点は中野区全域に及び交通状況なども影響するが、(A) や (B) と比べピンポイントで AED タクシーを呼び出せるため救命率向上に大きく貢献する。

(図 2) から (図 4) のカバー圏域に加え、現状固定設置されている常設 AED を共に利用することで、AED による救命率は格段に上がると考えられる。鷺ノ宮や南台のような救命率向上があまり見込めない地域には、救急病院や昼夜問わず使用可能な固定 AED の配置の検討が必要である。

6. 今後の課題

今回の分析結果により、近年の救急活動広域化への

有効な対応策として、除細動開始時間短縮に AED タクシーが有効であることを確認することができた。

タクシーの運行実態、道路交通量や旅行速度実態は時期や時間帯によって異なるが、今回の評価モデルはそれらを考慮せずに算出した。より正確な道路状況の把握は、救命率向上へ向けた重要な課題となるため、今後は時間帯による交通量も変数として加えていく。また、今回の評価モデルは人口密度や地域ごとの建築用途は考慮しなかった。多く心原性心停止が起こる場所は主に家の中であるため、より AED を必要とする地域を割り出すために中野区内の住宅密集地や分布の割合を考慮し検討していく必要がある。

注

- 注 1) 公益財団法人日本 AED 財団「AED の知識」による。<https://aed-zaidan.jp/knowledge/index.html>(2020.10.14 確認)
- 注 2) 救急救命士の利活用及び病院前救護に関する教育、普及啓発を含む全般的な事業を行うことを目的として設立された一般財団法人(wikipedia2020.4.6 確認)
- 注 3) 東京都 23 区・武蔵野市・三鷹市を営業区域とするタクシー会社によって組織されている協同組合(wikipedia2020.10.14 確認)
- 注 4) 空間データ基盤に株式会社ゼンリン発行の地形、道路、行政界、行政名称、施設名称等の情報についての地域別詳細図である『広域・詳細地図データベース Zmap area II』を使用する(ゼンリン HP 参照)。
- 注 5) 主要道路の交通量、旅行速度に国際航業株式会社刊行の国土交通省が道路交通の現状と問題を把握し、道路整備計画を策定するための基礎的調査である交通センサスの観測データおよび観測地点・区間形状を現寸縮尺 1/2.5 万の地図データである『PAREA-Traffic 交通センサス』を使用する(データ仕様書参照)。
- 注 6) 中野区発行『平成 31 年中野区統計書』の「81. 鉄道路線駅別乗降客数」より参照。

参考文献

- 1) 片岡裕介, 浅利靖, 他:「需要密度に対する供給効果を最大化する AED の最適配置地点」.Theory and Applications of CIS, Vol.14, No.2, pp.1-9, 2006
- 2) 福本雅之, 松尾幸二郎, 他:「デジタル日報データによるタクシー利用の実態把握と公共交通施策への活用に関する研究」.交通工学 論文集, 第 3 巻, 第 2 号(特集号 B), pp.B_61-B_66, 2017.2
- 3) 南部繁樹, 吉田傑, 他:「プローブデータの分析に基づく救急車への緊急走行支援方策の検討」.国際交通安全学会誌, Vol.34, No.3, 2009.12
- 4) 牧野内信, 手島優, 他:「防災・救急医療システムにおけるドクターヘリと救急車両の連携による医療圏域の構築に関する実証的研究」.日本建築学会・情報システム技術委員会, 第 36 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, 2013