

東京大学公共政策大学院

自動体外式除細動器(AED)導入に 関する 費用便益分析

「公共政策の経済評価」2012年度

第7班

秦知人 高草木伸 朱烽楓 佐々木美絵

2013/02/11

目次

Executive Summary

1. はじめに
 - 1.1. 研究の背景
 - 1.2. 基本事項の整理
 - 1.2.1. 我が国における心原性心停止の現状
 - 1.2.1.1. 除細動を必要とする不整脈の原因疾患
 - 1.2.2. 虚血性心疾患によって突然死をきたす病態
 - 1.2.3. 電氣的除細動の効果
 - 1.2.4. 自動体外式除細動器(AED)とは
 - 1.2.5. AEDを用いた除細動の医行為
 - 1.2.6. 非医療従事者によるAEDの使用
 - 1.2.7. 我が国のAED普及の現状
 - 1.3. 研究目的
 - 1.4. 独創的な点及び予想される結果と意義
 - 1.5. 研究計画・方法
 - 1.5.1. 効用分析
 - 1.5.2. 便益分析
 - 1.6. 本論文の構成
2. 分析枠組み
 - 2.1. 分析枠組みの概要
 - 2.2. With ケース、Without ケースの設定
3. 便益、費用の推定方法
 - 3.1. 心停止後生存患者の QALYs の算出方法
 - 3.1.1. 応急処置別心停止発生数及び1ヶ月後の転帰
 - 3.1.2. 1ヶ月以降の生存確率
 - 3.1.3. 障害による QALYs の weight
 - 3.2. 統計的生命価値
 - 3.3. AED に関わる費用の推定
 - 3.3.1. 本体コスト
 - 3.3.2. メンテナンスコスト
 - 3.3.3. トレーニングコスト
 - 3.4. 医療費
 - 3.4.1. 救急治療医療費
 - 3.4.2. 外来治療医療費
 - 3.5. 介護費の推定
 - 3.5.1. 介護費用のケース
 - 3.5.2. 施設介護と訪問介護サービス別の介護費
 - 3.5.3. 家族の機会費用
4. 結果/感度分析
 - 4.1. AED 耐用年数 6 年/12 年の 2 ケースの比較
 - 4.2. 感度分析

4.3. 便益、費用の内訳

5. 場所別費用便益分析

5.1. 概要と分析枠組み

5.2. 結果

5.3. 結果の分析

5.4. 政策提言

6. 結論

6.1. 本研究のまとめ

6.2. 本研究の限界と今後の研究課題

倫理的検討事項

謝辞

References

Appendix

1年後の転帰に関する実データ

Executive Summary

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。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(Cardiopulmonary Resuscitation, CPR)と除細動を行えば高い生存率が得られることは明らかにされており、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る。一般市民による除細動(Public Access Defibrillation, PAD)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。医療資源は準公共財としての性質をもつため、効率性の分析には経済的側面からの評価が不可欠である。しかしながら、我が国の自動体外式除細動器(Automated external defibrillator, 以下 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。病院外救急システムを充実させていくうえで、AEDの効果的設置に向けた効率性の分析には経済的側面からの評価が不可欠である。

分析枠組み

大阪市の心停止患者のうち応急処置としてAED及びCPRが実施された患者を対象とし、両者が応急処置として存在する場合(with ケース)と、AEDが存在せずCPRに限られる場合(without ケース)の便益と費用を比較した。想定される便益としては、AEDによる心停止患者の生存者数、生存年数、及び生活の質の向上、費用としてはAEDに関わる費用(本体費用、メンテナンス費用、講習会費用)、生存者の増加による医療費、介護費の増加が挙げられる。これらの便益、費用をAEDの耐用年数1サイクル(6年間)を分析年数として比較した。便益の金銭化価値はマルコフモデルを用いて心停止後生存者の質調整生存年(quality-adjusted life years, 以下 QALY)を求め、それを統計的生命価値で乗じることで求めた。医療費、介護費に関しては、with ケース、without ケースそれぞれの生存者数に応じて費用が発生するとして求めた。また、心停止の発生場所毎の評価のために、場所カテゴリー別においても同様の分析を行った。

結果

場所別の分析を含めた結果は以下の通り。

場所	B-C (1)	AED 一台 当たり B-C (2)	B-C(1年あたり) (3)	AED 一台当 たり B-C(1年 あたり) (4)	ICER(Cost per QALY gained) (5)
ベース	465,045,461	147,306	77,507,577	24,551	10,055,912
職場	-308,178,006	-386,188	-51,363,001	-64,365	28,262,750
病院	-463,327,428	-582,070	-77,221,238	-97,012	98,615,246
老人ホーム	-75,426,982	-527,461	-12,571,164	-87,910	43,697,921
学校	-134,626,934	-357,101	-22,437,822	-59,517	21,498,134
公的	-97,902,771	-540,899	-16,317,128	-90,150	29,878,872
駅	375,950,395	1,927,951	62,658,399	321,325	2,902,696
スポーツ	350,049,629	3,125,443	58,341,605	520,907	2,012,527

考察と政策提言

大阪市全体におけるベースケースの純便益は正となり、AED 導入による便益はその費用を上回ると判断された。場所別分析においては、駅及びスポーツ施設における AED の配置は費用便益分析的に効率的であったが、それ以外の場所(職場、病院、老人ホーム、学校、公的施設)においては純便益が負の値となり、これらの場所に AED を新たに整備する場合には慎重な検討が必要であることが示唆された。

本研究の限界

データの制約などの理由により、以下の限界が存在する。

- 最大限入手可能な実データを用いたが、実データが得られなかった医療費等に関しては推定によるものである。
- 本結果は日本で唯一場所の情報を含む実データを持つ大阪に限定したため、他地域への一般化妥当性(代表性)を必ずしも保つものではない。
- 本研究はあくまで現状整備されている AED に対する分析であり、AED の個数が変化した場合などに便益がどのように変化するかについては、更なる検討が必要である。

1. はじめに

1.1. 研究の背景

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¹、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。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³、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⁴⁻⁶。

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。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⁷。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が、医療資源は非排除性をもつものであり、準公共財としての性質をもつため、効率性の分析には経済的側面からの評価は不可欠である。市場における資源配分は消費者の効用に基づいて判断されるので、市場経済では消費者の選択に委ねればよい一方で、医療の場合は、専門家と消費者の間で情報の非対称性が存在し、効用関数と健康の生産関数の形状を正しく知ったうえで選択を行っていると考えられることには無理がある。こういった場合、費用便益分析などの手法を用いて第三者が効率的な資源配分を計算することは意義をもつ。

費用効用分析においては、生活の質(quality of life, QOL)によって価値づけされた生存年数であるQALYを用いることが可能であり、さらに、費用の増分を新たに獲得されたQALYで除したcost per QALY gainedを用いることで、各医療サービス間での比較検討が可能となる。また、費用便益分析においては、医療サービスのみならず、他の一般の公共事業等との比較検討が可能となる。

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⁸、非医療施設でのAEDの普及台数⁹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¹⁰、AEDの使用状況の詳細も明らかとなった¹¹。AEDの効率的設置及び運用に向けた費用便益分析による検証は、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。さらに、医療資源の効率化を図る目的で行う本研究は、医療技術評価の導入段階にある我が国の医療経済評価の構築の一端を担うものとして応用可能性を持ち得ている。新たなエビデンスの提唱に加え、より合理的な蘇生の普及・教育体系の構築が期待できる。

1.2. 基本事項の整理

救命の連鎖(Chain of Survival)¹の改善が心停止例の生存率向上に寄与することは明らかであり、多くのエビデンスが集積されている。しかし、生存率はいまだ低率にとどまっており、心停止から除細動開始までの時間をいかに短縮するかが課題とされてきた。

1.2.1. 我が国における心原性心停止の現状

1.2.1.1. 除細動を必要とする不整脈の原因疾患

病院到着時に心停止状態であった患者の剖検の報告²や、東京都監察医務院が行った剖検の報告³によると、心原性心停止をもたらす具体的疾患としては、虚血性心疾患を中心とし、心筋症、心筋炎、大動脈解離などが含まれる。

1.2.2. 虚血性心疾患によって突然死をきたす病態

心室細動による不整脈死、ポンプ機能の不全、心筋の破裂などがあり、それぞれの頻度は十分に明らかとなっていないものの、虚血性心疾患を原因とした心室細動及び無脈性心室頻拍の頻度は相当程度高いものと考えられている。従って緊急の電氣的除細動を必要とする心室細動及び無脈性心室頻拍の原因となる具体的疾患としては、虚血性心疾患を中心として、その他、心筋症など、これらの不整脈を生じる疾患が含まれるものと考えられている。

1.2.3. 電氣的除細動の効果

心臓は、刺激伝達と心臓の収縮が秩序をもって規則的に起こることで、全身へ血液を流すという機能を果たしている。このため、刺激の発生および伝達が乱れると、心臓の拍動と血液の流れも影響を受ける場合がある。このうち、心室細動は、心室のいろいろな部分が無秩序に興奮し、その結果、規則的な心室の動きがなくなってしまう状態である。これによって全身の血液の流れが止まるものをいう。また、無脈性心室頻拍は、心室で多くの刺激が規則的に生じる心室頻拍のうち、頻度が多すぎることによって心室の収縮機能が十分果たせず、全身の血液の流れが止まってしまうものをいう。

電氣的除細動は、心臓に一過性の高エネルギーの電流を流し、この電気ショックによって心臓の異常な興奮を抑制して、正常な刺激の発生と心臓の動きを取り戻す治療法であり、心室細動や無脈性心室頻拍といった生命に関わる重大な不整脈が生じた際には、直ちに行わなければならない。

心電図が心室細動又は無脈性心室頻拍の波形を示す場合に救命が成功する可能性は、発症から基本的心肺蘇生処置が開始されるまでの時間と、発症から電氣的除細動が行われるまでの時間によってほぼ規定され、より迅速に実施された場合ほど救命率は良好である。

一方で、救急搬送の充実により、通報から救急隊員の現場到着時間は短縮傾向にあるが、救急隊員の到着までの間に現場に居合わせた者(バイスタンダー)等によって電氣的除細動(AED)が速やかになされれば、その患者の救命(社会復帰)にとって有効となることが期待される。

¹119番通報、早期の心肺蘇生、早期の電気ショック、次救命処置の連続行動を示し、心停止例の救命に必要とされる一連の流れを指す

²高松道生剖検結果からみた内因性来院時呼吸停止(突然死)例の死因の検討. 日本救急医学会雑誌 2000; 11: 323-32

³東京都監察医務院事業概要. 平成 15 年版.

1.2.4. 自動体外式除細動器(AED)とは

1.2.4.1.

心臓が心室細動を起こし心停止になった場合に、心臓に電気ショックを与え、心臓を正常に戻す(除細動する)医療機器。

1.2.4.2.

AEDは、薬事法(昭和35年法律第145号)の「高度管理医療機器」及び「特定保守管理医療機器」に指定⁴。

1.2.4.3.

「高度管理医療機器」(薬事法第2条第5項)医療機器であり、副作用又は機能の障害が生じた場合(適正な使用目的に従い適正に使用された場合に限る。)において人の生命及び健康に重大な影響を与える恐れがあることからその適切な管理が必要なものとして、厚生労働大臣が薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて指定するもの。

1.2.4.4.

「特定保守管理医療機器」(同法第2条第8項)

医療機器のうち、保守点検、修理その他の管理に専門的な知識及び技能を必要とすることからその適正な管理が行われなければ疾病の診断、治療又は予防に重大な影響を与えるおそれがあるものとして、厚生労働大臣が薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて指定するもの。

AEDの使用は医療行為であるため、①医師、②医師の指示の下での看護師、③救命救急士等の使用に限定。しかし、2004年7月、厚生労働省通知により、一定条件の下、非医療従事者もAEDの使用が可能となる⁵。

1.2.5. AEDを用いた除細動の医行為

心室細動及び無脈性心室頻拍による心停止者に対するAEDの使用については、医行為に該当するものであり、医師でない者が反復継続する意思をもって行えば、基本的には、医師法(昭和23年法律第201号)第17条違反となるものであること。

1.2.6. 非医療従事者によるAEDの使用

1.2.6.1.

救命の現場に居合わせた一般市民がAEDを用いることは、一般的に反復継続性が認められず、医師法違反にはならないものと考えられる。

1.2.6.2.

一方、業務の内容や活動領域の性格から一定の頻度で心停止者に対し応急の対応をすることが期待、想定されている者がAEDを用いても医師法違反とならないものとされるための条件は、以下の4条件によるものとする。

- ・医師等を探す努力をしても見つからない等、医師等による速やかな対応を得ることが困難であること。
- ・使用者が、対象者の意識がないことを確認していること。
- ・使用者が、AED使用に必要な講習を受けていること。
- ・使用されるAEDが、医療機器として薬事法上の承認を得ていること。

尚、2004年の厚生労働省の通知以降、救命の現場に居合わせた一般市民がAEDを使用しても、医師法違反には該当しない。

⁴平成16年厚生労働省告示第297、298号

⁵「非医療従事者による自動体外式除細動器(AED)の使用について」(抜粋)(平成16年7月1日付け医政発第0701001号、厚生労働省医政局通知)

1. 2.7. 我が国の AED 普及の現状

わが国の AED は、2004 年 7 月以降急速に普及し、非医療機関への AED 普及台数⁶ は 2005 年の 9,906 台から 2007 年は 8 万 8,265 台、2008 年には 14 万 9,318 台と急速に拡大し⁷、世界有数の AED 普及国家と言える。

大阪府では、全国に先駆けて 1998 年に消防と医師会、救急医療機関が協力し、大阪府民約 880 万人を対象に、ウツタイン様式による院外心停止患者の前向き大規模地域網羅的な疫学研究(ウツタイン大阪プロジェクト)を開始し、地域の救急システムの検証を行っている。その後、この流れは全国に拡大し、2005 年には総務省消防庁によるデータ収集が始まるに至っている。

同庁の全国統計データを用いて行われた調査では、院外心停止患者 31 万 2,319 人のうち、18 歳以上で目撃者(バイスタンダー)がいた心原性心室細動(VF)症例 1 万 2,631 人を対象とし、電気ショックの適応がある VF 症例のうち、AED を受けた患者の割合は、設置された AED 数が増加するに伴って、2005 年の 1.2%から 2007 年には 6.2%へ有意に増加した(トレンド P < 0.001)。また、虚脱から除細動までの時間は、VF 症例全体に比べて AED 症例で短縮を認めた(11.6 分対 3.2 分)(図 1)。

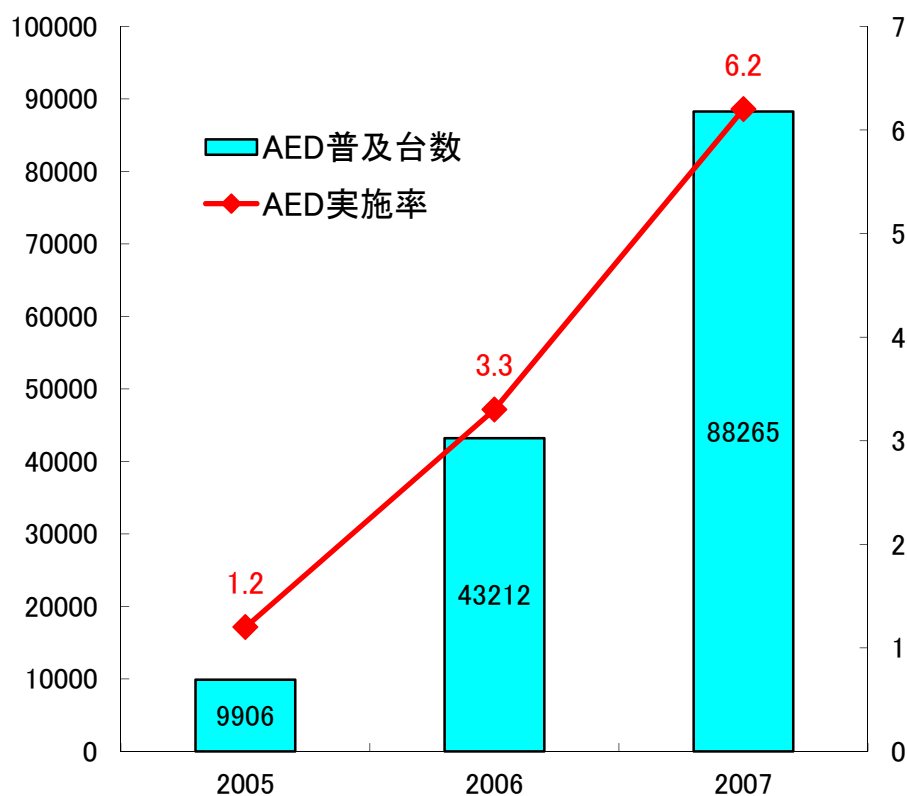


図 1. 公共の場への AED 設置台数⁸

⁶販売台数から消防・医療機関への販売台数を引いた数字を公共の場に設置された AED 台数とした。AED は同年 7 月に非医療従事者による使用が解禁されている

⁷平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業)循環器疾患等の救命率向上に資する効果的な救急蘇生法の普及啓発に関する研究(H21-心筋-一般-001)

⁸販売台数から消防・医療機関への販売台数を引いた数字を公共の場に設置された AED 台数とした。AED は同年 7 月に非医療従事者による使用が解禁されている。

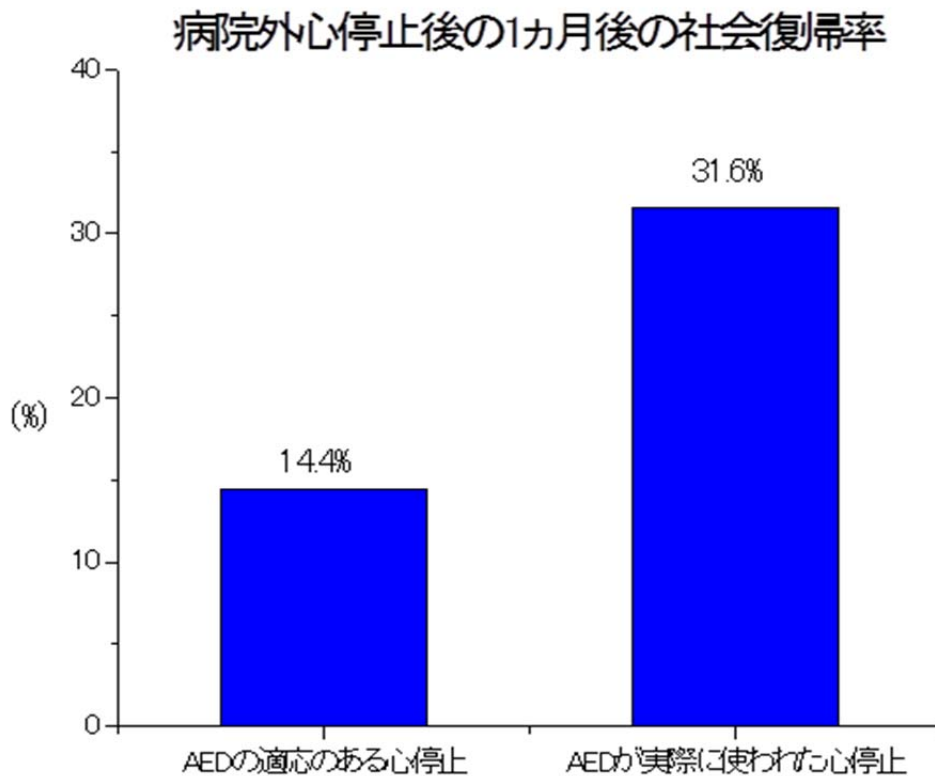


図 2. VF 症例と AED 除細動例の転帰の経年変化⁹

神経学的予後良好での 1 か月生存は、対象全体で 14.4%、AED を受けた患者に限定すると 31.6%であり、2005 年の 24.4%から 2007 年には 34.3%に上昇した(図 2)。

また、可住面積当たりの公共の AED の数が 1km² 当たり 1 個未満(1,000m 四方に 1 個未満)から 4 個以上(500m 四方に 1 個以上)へ増加するとともに、除細動までに要する時間は平均 3.7 分から 2.2 分に短縮し(P<0.001)、年間・人口 1,000 万人当たりの神経学的予後良好な 1 か月生存数は 2.4 人から 8.9 人に増加した(P=0.01)(図 3)。

⁹Kitamura et al. Nationwide Public-Access Defibrillation in Japan. N Engl J Med. 2010;362:994.

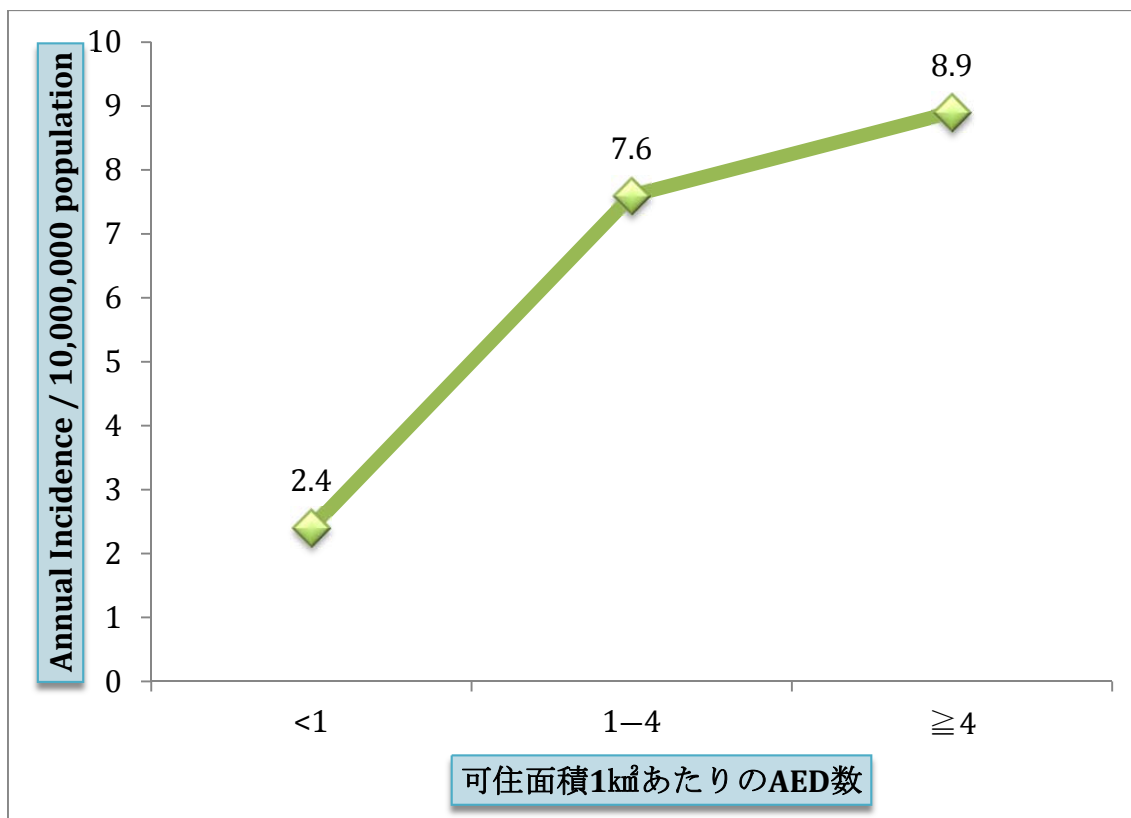


図 3. 人口一千万人当たり可住面積 1 km²あたりの AED 台数と生存率

以上の結果を踏まえ、国家規模の AED の普及により、院外心停止患者の生存率が向上することが実証されたことがと結論付けられ、なかでも除細動を行うことが市民でも救急隊でも効果に差はなく、重要なのは除細動までの時間が短縮されることである。

このように、AED の普及・救命効果は明らかとなったが、普及に対する医療経済的視点による評価は未だ行われていない。

1.2. 研究目的

本研究は、わが国における AED の適正導入台数について便益分析の手法を用いた経済評価を行い、現状設置されている AED に対して心停止患者の蘇生による便益は、その費用を上回るものであるかを評価することを目的とする。

また、AED が設置されている場所別に同様の分析を行うことにより、AED の最適配置のための示唆を与える。

1.3. 独創的な点及び研究の予想される結果と意義

日本の病院前心停止統計データは、世界にも類を見ない質の高い悉皆データとして、多くの学術誌で高い評価を受けている。また、我が国における AED の急速な普及は他国家からも注目されており、AED の効率的配置を目指した費用便益分析による評価を行う本研究は、国内外問わず、救急医療体制の整備と政策立案に大いに貢献することが期待できる。また、AED の戦略的配備の側面においても、市民に対するより合理的な蘇生の普及・教育体系の構築に寄与するものであり、社会的貢献度は高い。

さらに、我が国における医療の費用対効果・便益に関する調査は途上にあり、医療技術評価の導入が検討されている現段階において他への応用可能性は極めて高く、医療評価手法の発展に寄与するものと期待できる。

また、医療分野において費用便益分析を用いる研究は稀であり、異なる分野の公共財や政策における効率性の比較が可能となる点において優れている。

1.4. 研究方法

本研究は、わが国における AED の適正導入台数について便益分析の手法を用いた経済評価を行う。

推計及び分析

- AED 一台あたりの関連費用を、初期費用(AED 本体費用、設置費用、講習受講費など)および維持費用(消耗品費用、講習受講費用、その他管理費など)のそれぞれについて推計する。
- 電極パッドやバッテリーなど消耗品及び AED 本体は、それぞれ耐用年数に到達した際に同等品の買換が発生するものと仮定した上で、AED 一台あたりの関連費用を推計する。
- モデルは決定樹と一部マルコフモデルを併せて分析モデルとする。
- 効果分析のアウトカムは 1QALY あたりの追加費用を表す増分費用効果比(incremental cost-effectiveness ratio: ICER)によって行う。ICER は AED 使用群の非使用群に対する費用増分を QALY 増分で除することで求める。
- 効用分析のアウトカムは脳機能分類(Cerebral Performance Categories; 以下 CPC)を重みづけした QALY と、AED 関連費用の推計値を用いて、費用効用分析を行う。
- 便益分析のパラメーター
 - With ケース; AED が行われたケース
 - Without ケース; CPR のみが行われたケース
 - CPR が行われた患者の 1 ヶ月後における障害の程度が、With ケースと Without ケースで同じ割合で分布すると仮定する
 - 1 ヶ月後以降の生存確率については、はじめの 1 年を 80%、次の 1 年を 85%とする¹⁰。
- 結果の頑健性の検討のため、感度分析を行う。
- 利用可能な大阪市のデータを用い、設置場所別費用対便益について検証する。

1.4.1. 効用分析

脳機能分類(Cerebral Performance Categories; 以下 CPC)を QALY へ変換した値を効用値として用いることとし、過去に EQ-5D という包括的尺度で妥当性が検証された論文の値を引用する。

CPC1~2(社会復帰した人)の割合、CPC5(死亡した人)の割合、1 人救命あたりに必要とされた AED 設置費用、1QALY(質調整生存年)あたりの費用対効用を算出する。

1.4.2. 便益分析

Willingness-to-pay(WTP)を用いて調査された統計的生命価値を金銭価値として用い、場所別社会的純便益を算出する。

¹⁰ Cram, et al. Value Health. 2003.

2. 分析枠組み

2.1. 分析枠組みの概要

本分析においては AED の一斉導入を仮定した場合に、それによって得られる便益が AED 購入・メンテナンスなどの費用を上回るかを推定する。データの制約上、大阪市を分析の対象とする。分析の対象となる年数は、AED の耐用年数に合わせて 6 年とし、AED の使用 1 サイクルにおける純便益を求める。本分析で考慮する、AED 導入によって発生すると予想される便益、費用は以下の通りとなる。

便益

- a) 心停止患者の生存確率の向上、その後の生存年数の改善

費用

- b) AED の購入、メンテナンス、講習会等にかかる機材の費用及び時間費用
- c) 心停止患者の生存割合上昇による医療費の増加
- d) 心停止による重症患者の減少に伴う介護費用の減少

便益 a)については、2007 年-2011 年大阪市ウツタインデータ(病院前心停止データ)¹¹より、心停止患者のうち AED が実施されたケースの 1 ヶ月後の生存割合を、CPR のみ実施されたケースの 1 ヶ月後の生存割合と比較することで求める¹²。1 ヶ月後以降の生存年数については利用可能なデータがないため、マルコフモデル¹³に基づいて推定する(図 2.1.参照)。

生存者の効用は後遺症の程度によって割引されると考えられるため、障害別の生活の質(Quality of Life; QOL)で調整された生存年数価値(Quality Adjusted Life Years; QALYs)を用い、心停止後の経過から計算される QALYs の合計に一年当たりの統計的生命価値(Value of a Life-Year; VLY)をかけたものがグロスの便益となり、これの With ケース、Without ケース間の差を取ったものが AED 導入による生存確率、生存年数向上の便益となる。

¹¹本データにおいては、2011 年までの全ての心停止患者に対して、AED、CPR の実施有無、1 ヶ月後の経過及び障害の程度に加え、心停止発生場所のデータが利用可能である。AED が非医療者によって広く実施されるようになったのが 2007 年であるため、本研究では 2007 年から 2011 年の 5 年間のデータを用いる。これに伴い、分析の対象も大阪市に限定する。

¹²ここで比較する With ケース(AED が導入された場合)、Without ケース(AED が導入されない場合)については、次項 2.2. において詳しく説明する。

¹³ 未来の挙動が現在の値だけで決定され、過去の挙動と無関係であるという性質を持つ確率過程。

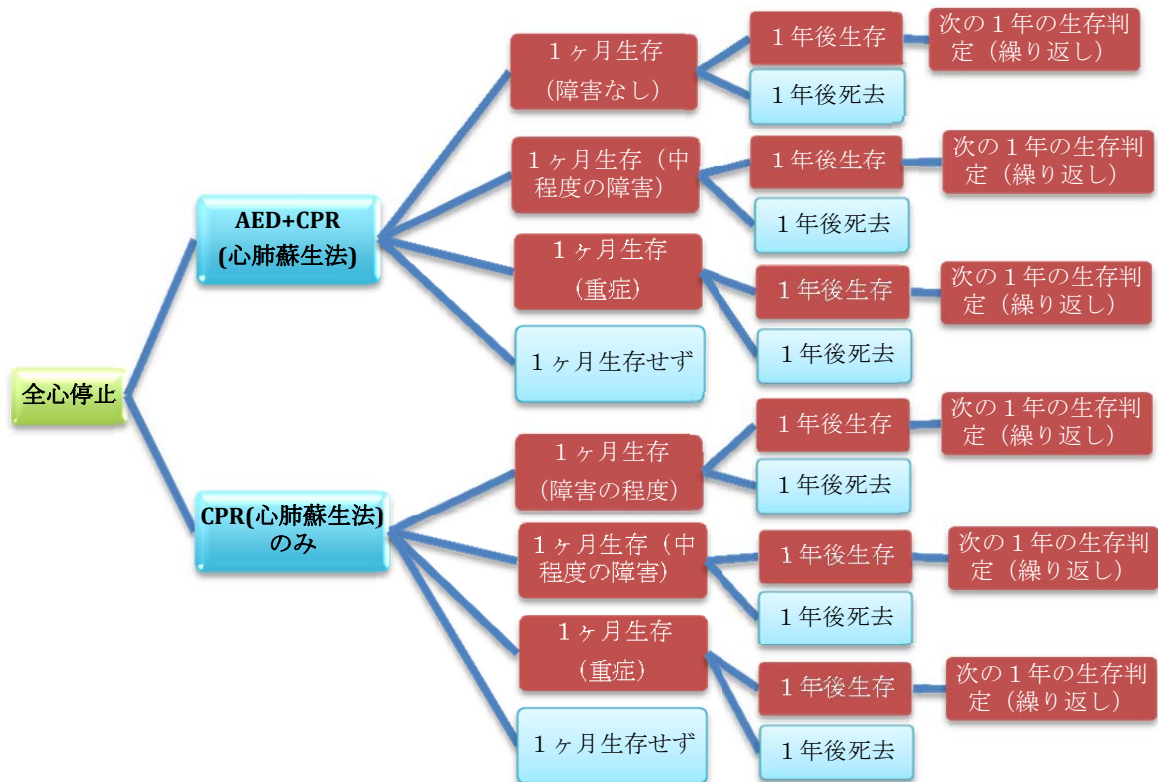


図 2.1. マルコフモデルの模式図

費用 b)については、財団法人日本救急医療財団のホームページの AED 設置場所検索¹⁴により大阪市全体の AED の個数(3,157 個)を求めた。ここで考慮されるのは、AED の購入費用(AED 本体、収納ケース等)、メンテナンス費用(バッテリー、電極パッド交換等)、講習会の時間費用となる。

費用 c)、d)については、心停止 1ヶ月後以降の生存患者に対して、障害の程度に応じて所定の医療費、介護費がかかると考えた。便益 a)においてマルコフモデルで推定された生存患者に対して、医療費については 1ヶ月生存時点及び一年ごとに、介護費については 1年ごとに障害別に異なる費用が発生すると考える。

便益 a)、費用 c)、d)は、ウツタインデータにおける各変数の 2007 年から 2011 年の 5 年間の平均値をもとに 1年に発生する心停止の頻度、AED の使用頻度などを算出し、便益、費用を推定する。6年間の分析範囲において、同じ便益、費用が 1年ごとに発生すると仮定した。これらの便益、費用はサンプルの平均年齢における平均余命¹⁵の年数まで発生すると仮定した。これを以下の図 2.2. の模式図に示す。

¹⁴財団法人日本救急医療財団のホームページの AED 設置場所検索。

<http://www.gqzaidan.jp/AED/aed.htm> (accessed on 4. February. 2013.)

¹⁵ある年齢時点におけるその後の生存年数の平均値。ベースケースの場合は 37 年。厚生労働省「第 21 回生命表(完全生命表)」を元に算出した。

<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/21th/index.html> (accessed on 5. February. 2013.)

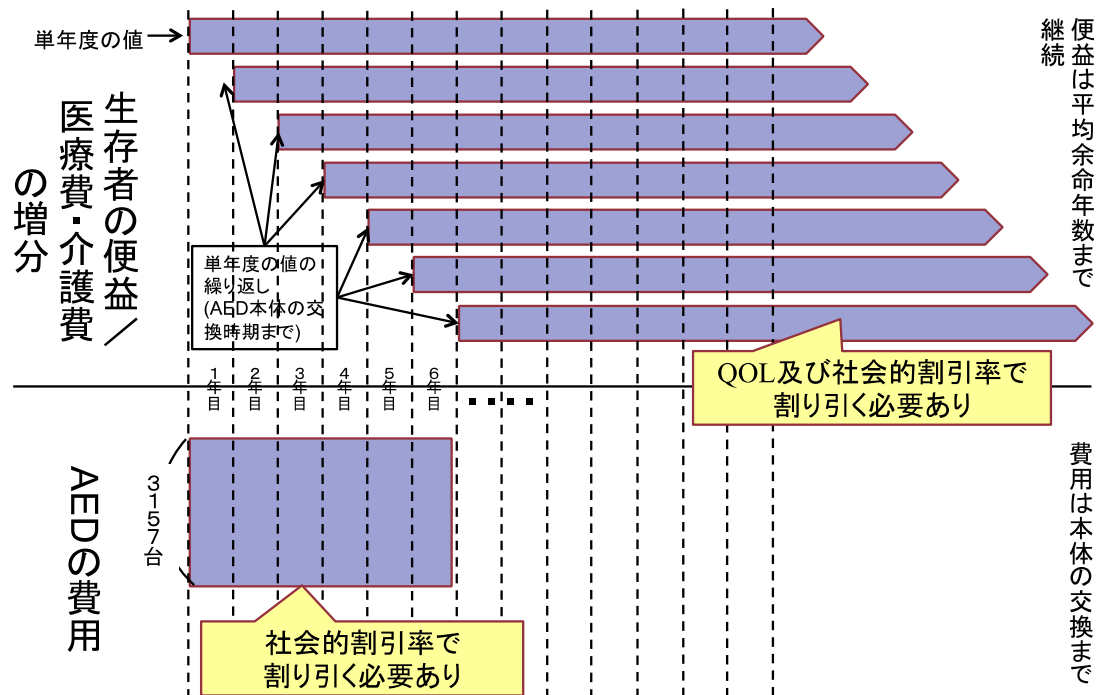


図 2.2.便益・費用発生の様式図

2.2. With ケース、Without ケースの設定

心停止後の生存者のうち、純粋に AED に帰する費用、便益を求めるために、以下のように With ケース(AED 有り)、Without ケース(AED 無し)を設定した。

With ケース: データにおける全ての心停止のうち、応急処置として AED 及び CPR のみ (CPR-only)が実施されたケースを対象とし、1ヶ月後までの経過は実データより引用する。

Without ケース: AED が存在しないと仮定し、With ケースにおいて AED が実施されたケースについては CPR のみが行われたと仮定する¹⁶。CPR 実施後の1ヶ月後の転帰は、障害の程度及び生存確率が With ケースにおける CPR-only 群と同じ割合で分布すると仮定して推定した。

¹⁶AED が実施された患者に対して、AED が存在しない場合にも CPR が実施されるとする根拠は、AED を実施するに先んじて CPR がなされることとなっているためである。実際、CPR がなされることなく AED が実施されたケースはウツタインデータにおいてもほとんど見られなかった。

3. 便益、費用の推定方法

3.1. 心停止後生存患者の QALYs の算出方法

2.1. で説明した通り、心停止後の生存患者の QALYs の算出には、大阪市ウツタインデータにおける応急処置の有無、1ヶ月後の転帰のデータから、1ヶ月後の障害の程度を引用する。1ヶ月後以後の経過については、1年後の生存確率、2年後以降の生存確率を設定し、マルコフモデルに基づいて推定する。このように求められた全ての患者の生存年数の期待値を、障害の程度に応じて重みづけされた QOL 値を用いて、QALYs を求める。また、障害の程度は1ヶ月後における脳機能評価(CPC)に基づき、障害無し(Unimpaired)、中程度の障害(Moderately impaired)、重症(Severely impaired)、死亡(Death)に分類した¹⁷。以下、各パラメーターについて説明する。

3.1.1. 応急処置別心停止発生数及び1ヶ月後の転帰

2007年から2011年の大阪市におけるウツタインデータによると、応急処置別の心停止発生数は以下の通りであった。

表 3.1. 応急処置別心停止発生数の経年変化

応急処置別心停止発生数(年別)	2011	2010	2009	2008	2007	1年あたり平均
AED	31	22	32	24	22	26.2
CPR-only	907	853	858	813	812	848.6

出典: 大阪市ウツタインデータ(2007年-2011年)

表 3.1. に見られるように、心停止の発生は偶然的な部分が大きく、その年によってばらつきがみられる。1年に発生する数に最も近いと思われる数値を使用するため、本分析では2007年から2011年の5年間の平均値を採用した。

また、応急処置別の1ヶ月後の転帰に関する障害の割合に関しても、以下の通り、上記同様、5年間の平均を採用した。

表 3.2. 応急処置別障害の程度の割合

障害の程度	患者数の割合	
	AED が実施されたケース	CPR-only のケース
Unimpaired	46.6%	4.6%
Moderately impaired	3.1%	1.7%
Severely impaired	2.3%	2.1%
Death	48.1%	91.7%

出典: 大阪市ウツタインデータ(2007年-2011年)

通常助からないケースが多い心停止において、AED が生存率を上昇させるということが確認される。1ヶ月後までの転帰については、以上の値をベースケースにおいて用いる。

¹⁷CPC は 1 から 5 までの 5 段階で評価され、数字が大きいほど障害の程度が重く、5 が死亡となっている。一般的に CPC1 及び 2 は社会復帰と扱われることから unimpaired とし、CPC3、4、5 はそれぞれ moderately impaired、severely impaired、death とした。

3.1.2. 1ヶ月以降の生存確率

1ヶ月以降の生存確率については有効なデータが得られなかったため、先行研究(Cram, et al. Value Health. 2003.)における心停止後生存した場合の1年後生存率、及びそれ以降の1年間の生存確率のパラメーター(それぞれ80%、85%)を用いた。この値は障害の程度によらず一定であり、特に中程度の障害、重症の患者に対しては生存確率を過大に見積もっている可能性があるが、実際に観測された値が得られない以上このパラメーターを用いることとした¹⁸。

3.1.3. 障害による QALYs Weight

2.1.で触れたが、QALYsは障害の程度に応じたQOLによって重みづけに違いが生じると考えられる。本分析においては、障害別のQOLのパラメーターとして先行研究のレビューにより、最も現状に近いと判断したCram, et al. Value Health. 2003.が用いた値を採用することとした¹⁹。(Unimpairedの場合0.85、Moderately impairedの場合0.2、重症の場合0.1)

3.2. 統計的生命価値

我が国において、市民に対し交通事故におけるWillingness-to-pay(WTP)を測定したもので、内閣府による「交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書(平成19年3月)」において算出された調査結果が存在する。

この調査は、交通事故を対象としているものの、我が国においてWillingness-to-pay(WTP)を測定した、現状最も精度が高く、信頼性が高いものであることから、本研究の統計的生命価値の算出においては、この値(2億2600万円)を用いることとした。

統計的生命価値(VSL)を1年あたりの統計的生命価値(VLY)を用いて表す算定式は以下のとおりである。この式のVSLに2億2600万円を代入し、VLYについて解くことで、1年あたりの統計的生命価値を算出することができる。

$$VSL = \sum_{t=1}^L \frac{VLY}{(1+r)^t}$$

L:平均余命 r:社会的割引率 VLY:1年あたりの統計的生命価値

上記の式を用いたVLYの算定には平均余命を仮定することが必要である。そのため、まず上記の研究報告書において統計的生命価値算出に用いているアンケートの回答者の平均年齢を推定した。当該アンケートは、「18以上25歳未満」、「25歳以上30歳未満」、「30歳以上35歳未満」、「55歳以上40歳未満」、「45歳以上50歳未満」、「55歳以上60歳未満」、「65歳以上」のカテゴリーから同人数(200人)ずつサンプルを抽出している。平成18年度当時の人口ピラミッドをこれに当てはめ、加重平均した平均年齢は44.9歳であった。これを当時の日本人の平均寿命82.5歳から差し引き、平均余命を37.6歳とした。

社会的割引率は4%とした。

VLYは年齢によらず一定であるという仮定を置き、上記の式を用いることで、1年あたりの統計的生命価値は1172万円と算出された。

¹⁸2008年、2009年のウツタインデータについては、1年後の転帰に関するデータが存在したが、欠損値が多くそのまま適用できなかった。これについてはAppendixで詳しく記す。

¹⁹障害無しの場合でもQOLが1とならないのは、一度心停止を起こしているのその後同様の発作が発症するリスクがあり、また、薬物加療等、生涯定期的な精密検査目的での受信が必要であり、疾病と付き合っていかなければならない状況であるためとされる。

3.3. AED に関わる費用の推定

3.3.1. 本体コスト

本体コストは、AED 本体価格、AED 収納ケース、壁固定費の 3 つを合計して求めた。まず AED 本体価格については、日本において AED を販売している 6 つのメーカー（フィリップス、日本光電、カルディアックサイエンス、フィジオコントロールジャパン、CU メディカルシステム、ZOLL）の価格を基に平均的な価格を算出した。AED 収納ケース及び壁固定費については、各社への費用に関するヒアリングを参考に算出した。これより、AED1 台につき、本体価格 370,000 円、収納ケース 70,000 円、壁固定費 15,000 円が得られた。これらはすべて 1 年目の年始に発生すると仮定している。

3.3.2. メンテナンスコスト

メンテナンスコストは、バッテリー交換費、パッド交換費を合計して求めた。まずバッテリー交換費については、1 台当たりの価格として国内シェア首位の 45% を占める日本光電にヒアリングした値を用い、一度の交換当たり 18,000 円であるとした。

AED のバッテリーは、一般的に 2 年で交換することが多いことから、現状に即し、バッテリー交換の頻度を 2 年に 1 回とし、AED 耐用年数までの合計を算出した。次にパッド交換費については、パッド 1 対あたりの価格として、同じく日本光電に問い合わせた価格を用い、一度の交換当たり 6,800 円とした。AED のパッドは 1 度使用されると交換する必要があり、また、AED の使用如何にかかわらず、パッドの使用期限が来た場合には交換する必要がある。本研究においても、パッドの使用期限である 2 年を採用した。最大限現状に即した仮定をおくため、AED が使用された回数分だけパッドの交換が発生し、残りの未使用の AED の数だけ使用期限を迎えるパッドがあるという設定で、AED 耐用年数まで合計し、パッド交換費を算出した。パッド交換が AED の費用全体に占める割合は非常に小さいことから、一度使用されたパッドは AED の耐用年数までの期間中再度使われることはないという仮定に基づき計算した。

3.3.3. トレーニングコスト

トレーニングコストは、トレーニング資機材費、トレーニング受講者の時間機会費用、講習会消耗品費を合計して求めた。まずトレーニング資機材費については、2004 年当初、トレーニング資機材に関してほぼ独占状態であったレールダル社の一般的に用いられるトレーニングセット価格(104,475 円)を用いた。トレーニング資機材費は、初期に購入し継続的に使用されるため、今回は 1 年目の年始に費用として発生し、AED の耐用年数まで使用すると仮定した。

次にトレーニング受講者の時間機会費用については、受講者 1 人の 1 時間あたり機会費用を 1,000 円と仮定し、平均年間受講者数(H18-H23)と平均的な受講時間(3 時間)を掛け合わせ、AED 耐用年数まで合計して算出した。次に講習会消耗品費については、マネキンフェイスシールドやトレーニングパッド、マネキン消毒用アルコール綿などを含む。いずれも、100 回以上のトレーニング経験のある著者自身の経験から、マネキンフェイスシールドやトレーニングパッドに関しては最も一般的に使用されているレールダル社の価格を参考に、アルコール綿に関しては、トレーニングとして用いられているものの多くが、医療用の製品あるため、その価格を用いることとした。これより受講者 1 人あたりの消耗品費 141 円を算出し、平均年間受講者数を乗じて、AED 耐用年数までの総額として算出した。

以上 3.3.1. から 3.3.3. の議論により、AED に関わる費用は下記表 3.3. の通りにまとめられる。6 年間で AED に関わる費用はおよそ 21 億円となり、AED1 台につき約 67 万円となった。

表 3.3. AED に関わる費用

			1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	
AED 本体コスト	1年目年始めに発生	AED 本体価格(円)	37 万円	37 万円					
		AED 数量(台数)	3,157	3,157					
		AED 耐用年数(年)	6	6					
		AED 本体費用*数量(円)	117 百万円	117 百万円					
		AED 収納ケース/一台	7 万円	7 万円					
		壁固定費(税別)/一台(円)	15,000	15,000					
		収納&壁固定費合計(円)	26,834 万円	26,834 万円					
メンテナンスコスト	3年目、5年目の年始めに発生	バッテリー交換費/AED 一個(円)	18,000				18,000		
		バッテリー交換費(円)	5,683 万円		5,254 万円		4,858 万円		
		バッテリー交換費(割引後)(円)	10,111 万円						
	毎年年末に発生	パッド交換/AED 一個(円)	6,800						
		パッド交換(一度の使用につき交換)/年(円)	178,160	171,308	164,719	158,384	152,292	146,435	140,802
		パッド交換(使用期限切れ)/2年(円)	2,111 万円		1,951 万円		1,805 万円		1,668 万円
		パッド交換(割引後)(円)	5518 万円						
トレーニングコスト	毎年年初に発生	トレーニング資機材	104,475	104,475					
		トレーニング受講時間平均(h)	3	9,562 万円	9,194 万円	8,841 万円	8,501 万円	8,174 万円	7,860 万円
		年間受講人数(H18-23年の平均)(円)	30,444						
		トレーニング受講時間の時間損失(円)	9,133 万円						
		講習会消耗品/受講者1人(円)	141						
		講習会消耗品/1年	430 万円						
		トレーニングコスト(割引後)(円)	52,143 万円						

3.4. 医療費

3.4.1. 救急治療医療費

入院日数及びそれにかかる治療費を公表されているデータなどから算出する。入院後辿りうる疾患経過を専門家等のヒヤリングを含め、CPC1～2の障害別に仮定し、障害状況によって変化する状況を考慮しつつ、特定入院料・入院環境料・指導管理料・検査・投薬・リハビリ・処置・材料費等それぞれについて詳細に設定し、各障害別に推定医療費を試算。DPC及び、出来高それぞれの推定を行い、複数の仮定に基づく差異は感度分析にて対応する。

1 カ月までの医療費(入院医療費)

障害別に辿る治療経過についてエキスパートオピニオンおよび障害別実データを参考とし、包括支払い、及び出来高払いそれぞれについて推定²⁰。

重症患者は最低でも30日入院を全員(100%)がしていることから、この時の入院医療費(包括支払い)をreferenceとして、障害なしの患者(30日入院率66%)、中等度障害の患者(30日入院率84%)のそれぞれの医療費を最小値(ベース値)として推定。また、各障害別に辿る過程において、最もコストのかかる手術・検査等を行った場合を仮定し、入院費を含め、包括払い+出来高払い額を最大値として推定した(表3.4.)。

表 3.4. 障害別入院医療費

障害の程度	医療費
Unimpaired (障害なし)	1,140,665
Moderately impaired (中等度障害)	1,453,680
Severely impaired (重症)	1,722,880
Death (死亡)	103,020

3.4.2. 外来治療医療費

1 年後以降の医療費(外来医療費)

行政公開データである疾患別総額医療費データ²¹の 카테고리のうち、心停止後に最も診断が付けられ得る”ら虚血性心疾患”血の医療費を引用し、通院にかかる医療費は、虚血性心疾患カテゴリーの中で一人あたり一定であるという仮定の下で、一人当たり年間医療費を以下の通り推定した。

虚血性心疾患の総額医療費 229111 億円

全患者人数 2,234,0741 人(推定)

→ 一人当たり医療費 102,548 円

²⁰ 包括払い方式は、特定の疾患に定額の報酬が支払われる方式。出来高払い方式は、実際に行った医療行為ごとに医療機関が報酬の支払いを受ける方式。前者は過少診療、後者は過剰診療になりやすい。(厚生労働省 平成 24 年度診療報酬改定について)

²¹ 厚生労働省. 入院外傷病分類別にみた医療費. 平成 22 年度 国民医療費の概況.

3.5. 介護費の推定

3.5.1. 介護費用のケース

退院後、CPC3 及び 4 の入院後生存症例のうち、要介護 4 及び 5 に該当するものが介護の必要なケースと仮定し、介護費を推定した。

療養型病院への入院・介護施設入居（施設介護）のケースと、家族による介護・訪問介護（在宅介護）のケースの 2 つを想定した。（図 3.1.介護費用の分類）

ケースによって介護費用の内訳は異なっており、施設介護の場合、発生する費用は要介護度 4 または 5 の患者の施設における介護費用であり、在宅介護の場合、発生する費用は居宅介護サービス等の費用と家族の介護費用と考えられる。

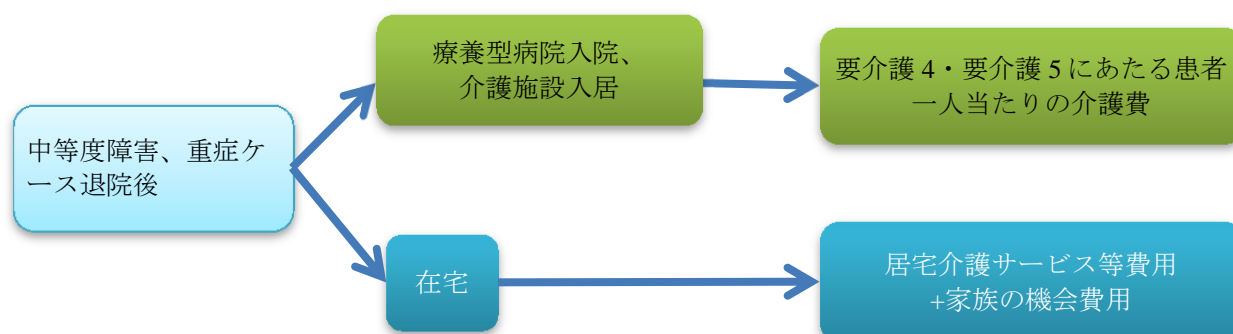


図 3.1.介護費用の分類

厚生労働省による介護給付費実態調査の概況、要介護度別にみた同居の主な介護者の介護時間の構成割合（国民生活基礎調査）などの公表データ²²によって、介護施設入居及び、在宅の場合に分けて介護費を試算した（表 3.5.）。

3.5.1. 施設介護と訪問介護サービス別の介護費

介護施設入居の場合の介護費用は Moderately（中等度障害）及び Severely（重症）それぞれの一般的臨床症状より、Moderately の介護レベルは要介護 4、Severely は要介護 5 とし、介護度 4 または 5 に当てる患者のみを対象とした。

「平成 23 年度 介護給付費実態調査の概況（平成 23 年 5 月審査分～平成 24 年 4 月審査分）」の「要介護状態区別にみた施設サービス別受給者 1 人当たり費用額」の内、施設介護費にあたる、「介護福祉施設サービス」、「介護保健施設サービス」、「介護療養施設サービス」の全てを合算し、その平均を一人当たりの介護施設費とした。

さらに、現実的に考えると、施設入居となるか、在宅介護が必要となるかについては患者の状態や家庭状況、世帯収入家庭収入などのファクターによって異なるため、施設入居介護費と居宅介護サービス等の介護費は施設入居と在宅とを分けて考える必要がある。公開されている行政データのうち、施設入居介護と在宅介護（訪問介護）サービスの利用割合が提示されている値を用い、施設と在宅のそれぞれの障害別利用割合を考慮し年間一人当たりの介護費を推定した。その結果、年間一人当たりの施設介護費は、Moderately の場合 3890 万円、Severely の場合 413 万円と推定された（表 3.5.）。

²²要介護度別の施設・在宅割合. 2012 年 3 月. http://www.kitouweb.jp/data/dl_data/201301/kaigo_houkoku3.pdf (accessed on 11 February, 2013.).

在宅介護費用は介護費同様、「平成 23 年度 介護給付費実態調査の概況(平成 23 年 5 月審査分～平成 24 年 4 月審査分)」の「サービス種類別にみた受給者 1 人当たり費用額及び費用額累計」の内、「居宅サービス及び居宅介護支援」が在宅介護費に該当するとし、これらを加算した値を用いた。

施設介護と同様に施設と在宅のそれぞれの障害別利用割合を考慮し、年間一人当たりの介護費を推定した。ここで、在宅介護においては、Moderately、Severely それぞれに大きな費用の差はないと仮定し、年間一人当たりの在宅介護費総額は 1,62 万円と推定した。

表 3.5. 介護サービスによる介護費²³

障害の程度	障害別介護サービス利用割合(%)		介護施設入居の場合の年間一人あたり介護費(円)	年間一人当たり居宅介護サービス費用(円)
Moderately	施設	55.2	3,886,800	1,627,200
	在宅	44.8		
Severely	施設	77.3	4,130,400	
	在宅	22.7		

3.5.2. 家族の機会費用

在宅介護の場合、介護を行う家族は機会損失を生じるため、費用便益を計算するとき無視できない。機会費用の推算について、まず時間価値を金銭化させなければならない。一般的に、家族の中で介護に携わる者は賃金の低い方であるので、その機会費用は最低賃金に近いと見積もられる。一方、職を辞め介護に専念しなければならないケースもあることを考慮すると、その機会費用は最低賃金よりも大きいと考えられる。家族介護者の機会費用が、介護サービスの費用(介護ヘルパーの平均賃金と仮定)よりも安い場合のみ、家庭での介護を選択すると考えられる。そのため、在宅介護時の家族介護者の損失は、「最低賃金」≤「家族介護者の機会費用」≤「介護ヘルパーの平均賃金」と仮定できる。これで、最低賃金と介護ヘルパーの平均賃金の平均値(1,008.5 円/時間)を家族介護者の平均一時間当たりの機会費用として概算した²⁴。

さらに、家族が一日のうち、介護に当てる時間の割合について、「平成 24 年厚生労働省国民生活基礎調査」の「家族介護の時間」に基づき、一般的な介護者の生活状況に合わせ、「ほとんど終日」を 10 時間、「半日程度」を 5 時間、「2～3 時間程度」を 2.5 時間、「必要な時に手をかす程度」を 1 時間と定めた(表 3.6.)²⁵。

これらの時間を考慮した要介護度 4, 5 それぞれの機会費用の期待値を概算した値が下記の表 3.7.のとおりである。(表 3.7.)

²³要介護度別の施設・在宅割合. 2012 年 3 月.

²⁴厚生労働省.賃金構造基本統計調査(都道府県別速報)の概況.介護職員(訪問介護職員を含む)の時給

²⁵ここでは示していないが、当該統計表に家族一日介護時間の調査結果には「不詳」であるケースもあるので、各割合の合計は 100%ではない。

表 3.6. 要介護度別にみた同居の主な介護者の介護時間の構成割合 (%) ²⁶

要介護度	ほとんど終日 (10 時間)	半日程度 (5 時間)	2～3 時間程度 (2.5 時間)	必要な時に手をかす程度 (1 時間)
要介護 4	48.4	15.8	10.5	14.5
要介護 5	51.6	20.5	7.9	3.9

表 3.7. 要介護 4 及び 5 の機会費用期待値

	一日当たり	一年あたり
要介護 4 機会費用期待値 (最小値)	6,826	2,491,500
要介護 5 機会費用期待値 (最大値)	7,719	2,817,366

Moderately impaired (中等度障害)、Severely impaired (重度障害)は要介護度 4 もしくは要介護度 5 に値すると仮定した上で、それぞれの機会費用期待値の一年あたり平均値は 249 万円、282 万円となり、家族の一年当たりの機会費用のベース値は、2,65 万円と推算された。この値に在宅介護費を加えた値が、在宅介護費用の合計となり、年間一人当たり介護費は、428 万円と推定された。

表 3.8. 要介護 4 及び 5 の機会費用期待値

(円)	一日当たり	一年当たり	1 年あたりベース値(平均)
要介護 4 期待値	6,826	2,491,501	4,118,701
要介護 5 期待値	7,719	2,817,366	4,444,566
ベース		2,654,434	4,281,634

²⁶ 厚生労働省. 要介護度別にみた同居の主な介護者の介護時間の構成割合. 平成 22 年国民生活基礎調査の概況. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/index.html> (accessed on 11 February 2013)

4. 結果/感度分析

4.1. AED 耐用年数 6 年/12 年の 2 ケースの比較

これまでに述べてきた便益・費用を算出するための各パラメーターをまとめると、下記表

4.1.1. の通りとなる。

表 4.1.1. 便益・費用に関するパラメーターのまとめ

便益に関するパラメーター

パラメーター	ベースの値	感度分析の幅	出典
応急処置別心停止患者数			
AED	26.2	-	大阪市ウツタインデータ (2007-2011)
CPR-only	848.6	-	大阪市ウツタインデータ (2007-2011)
1 年後生存確率	0.8	0.6 - 0.9	Cram et al (2003)
その後 1 年間の生存確率	0.85	0.8 - 0.9	Cram et al (2003)
障害別 QOL 割引率			
Unimpaired	0.85	0.7 - 1	Cram et al (2003)
Moderately impaired	0.2	0 - 0.4	Cram et al (2003)
Severely impaired	0.1	0 - 0.2	Cram et al (2003)
統計的生命価値	226 (百万円)	100 - 400 (百万円)	「交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書(平成 19 年 3 月)

費用に関するパラメーター(単位:万円)

パラメーター	ベースの値	感度分析の幅	出典
AED 購入、メンテナンス、トレーニング費合計(6 年間)	211,416	-	各社公表価格の平均
障害別入院医療費(最初の 1 ヶ月間)			DPC 診療報酬制度改定点数表に基づき推定。(平成 24 年度診療報酬改定について(厚生労働省))
Unimpaired	114	(Severely impaired の医療費に対応)	
Moderately impaired	145		
Severely impaired	172	172 - 235	
1 ヶ月以降の年間通院医療費	10.3	-	入院外傷病分類別にみた医療費(平成 22 年度 国民医療費の概況(厚生労働省))
障害別年間介護費(施設入居・在宅の場合の加重平均)			平成 23 年度介護給付費実態調査の概況(厚生労働省)
Moderately impaired	406	在宅介護の年間費用を 411 宅介護の年間で動かす	
Severely impaired	416		

上記のパラメーターを用いて、AED の耐用年数を 6 年及び 12 年と設定した時の費用便益分析の結果はそれぞれ下記表 4.1.2. の通りとなった。

表 4.1. 2.耐用年数別の費用便益分析の結果

AED 耐用年数を 6 年とした場合

with - without(6 年間)	465,045,461
with - without(6 年間×2 サイクル)	832,577,644

AED 耐用年数を 12 年とした場合

with 合 without(1,559,025,908)

表 4.1.2. によると、AED 耐用年数 6 年、12 年のいずれの場合にも、純便益の変化は正となった。つまりベースケースにおいては、AED による生存者の QALYs 増加による便益が、AED 設置にかかる費用及び医療費・看護費の増加等の費用を上回ることがわかった。

さらに、AED を 6 年間で交換し 2 サイクル運用したケースと、12 年間そのまま使用し続けたケースを比較すると、12 年間使用し続けた場合の方が 2 倍近い便益を発生させることがわかった。これは、AED の耐用年数を 6 年とした場合に発生する 1 サイクル終了後の AED 購入費用その他の初期費用が節約できるためと考えられる。

4.2.感度分析

ベースケースにおいては不確実なパラメーターを用いているため、それらのパラメーターの値を取りうる範囲で動かし、oneway 及び twoway の感度分析を行った。(青色のセルがベースケースを表している。)

まず、1 年生存率と 2 年目以降生存率について twoway で動かした結果は下記表 4.2.1. の通りとなった。

表 4.2.1. 1 年生存率(行)と 2 年目以降生存率(列)による感度分析の結果

	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9
0.8	-564,500,244	-433,975,585	-303,450,926	-172,926,266	-42,401,607	88,123,051	218,647,711
0.85	-183,914,943	-21,674,842	140,565,258	302,805,360	465,045,461	627,285,562	789,525,663
0.9	378,169,638	587,250,121	796,330,604	1,005,411,088	1,214,491,571	1,423,572,054	1,632,652,536

表 4.2.1. によると、1 年目生存率がベースケースを超える 0.85、0.9 の場合は、2 年目以降の生存率によらず純便益の変化が正となった。また、2 年目以降生存率がベースケースを超える 0.9 の場合は、1 年目以降の生存率によらず純便益の変化が正となった。しかし、二つのパラメーターがベースケースを下回る場合には、純便益の変化が負となる場所がある。このことから、純便益の変化が正となるためには、生存率が概ねベースケース以上の高水準である必要があることがわかる。

このパラメーターによって純便益の値が大きく左右されるため、設定の妥当性が十分に検討される必要がある。しかしながら、本来であれば生存率は障害の程度に依存し、中程度障害及び重症の患者の方が生存率は低いと考えられる。これらの患者の QALYs は QOL で大きく割引される一方、医療費、介護費が他の患者よりも大きいため、本分析の設定は純便益を過小評価していると考えられる。そのため、ベースケースにおける値を次善の策として用いることは問題ないと考えられる。

次に、障害別の QOL 割引率についてそれぞれの組み合わせにより two-way で動かした結果を下記表 4.2.2. に示す。

表 4.2.2. 障害別の QOL 割引率の組み合わせによる感度分析の結果

QOL 割引率(unimpaired)(行)と QOL 割引率 Moderately impaired)(列)

	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
0	16,417,561	160,405,325	304,393,090	448,380,854	592,368,618	736,356,383	880,344,147
0.05	20,583,713	164,571,477	308,559,241	452,547,006	596,534,770	740,522,534	884,510,299
0.1	24,749,864	168,737,629	312,725,393	456,713,158	600,700,922	744,688,686	888,676,451
0.15	28,916,016	172,903,781	316,891,545	460,879,309	604,867,074	748,854,838	892,842,602
0.2	33,082,168	177,069,932	321,057,697	465,045,461	609,033,225	753,020,990	897,008,754
0.25	37,248,320	181,236,084	325,223,849	469,211,613	613,199,377	757,187,142	901,174,906
0.3	41,414,471	185,402,236	329,390,000	473,377,765	617,365,529	761,353,293	905,341,058
0.35	45,580,624	189,568,388	333,556,152	477,543,917	621,531,681	765,519,445	909,507,210
0.4	49,746,775	193,734,540	337,722,304	481,710,068	625,697,833	769,685,597	913,673,361

QOL 割引率(unimpaired)(行)と QOL 割引率(Severely impaired)(列)

	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
0	32,943,367	176,931,131	320,918,895	464,906,660	608,894,424	752,882,189	896,869,953
0.05	33,012,768	177,000,532	320,988,296	464,976,060	608,963,825	752,951,589	896,939,354
0.1	33,082,168	177,069,932	321,057,697	465,045,461	609,033,225	753,020,990	897,008,754
0.15	33,151,569	177,139,333	321,127,097	465,114,862	609,102,626	753,090,390	897,078,155
0.2	33,220,969	177,208,733	321,196,498	465,184,262	609,172,026	753,159,791	897,147,555

QOL 割引率(Moderately impaired)(行)と QOL 割引率(Severely impaired)(列)

	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0	448,242,053	452,408,205	456,574,356	460,740,508	464,906,660	469,072,812	473,238,964	477,405,115	481,571,267
0.05	448,311,453	452,477,605	456,643,757	460,809,909	464,976,061	469,142,212	473,308,364	477,474,516	481,640,668
0.1	448,380,854	452,547,006	456,713,158	460,879,309	465,045,461	469,211,613	473,377,765	477,543,917	481,710,068
0.15	448,450,255	452,616,406	456,782,558	460,948,710	465,114,862	469,281,014	473,447,165	477,613,317	481,779,469
0.2	448,519,655	452,685,807	456,851,959	461,018,111	465,184,262	469,350,414	473,516,566	477,682,718	481,848,870

表 4.2.2. によると、すべての場合において純便益の変化は正となった。このことから、障害別の QOL 割引率がどのような値をとっても、結果は変わらないということがわかる。より詳細にみると、Moderately impaired の患者と Severely impaired の患者の QOL 割引率が変化しても純

便益の変化はほとんど変わらない(4億円台から動かない)のに対し、unimpairedの患者のQOL割引率の変化には大きく結果が左右される(他の2変数がベースケースの時、3千万円台～8億円台の間で変化する)ことがわかる。

次に、社会的割引率について oneway で動かした結果、下記表 4.2.3.の通りとなった。

表 4.2.3. 社会的割引率(行)による感度分析の結果

0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
-453,675,017	-91,611,082	98,661,023	285,220,414	465,045,461	635,663,331

表 4.2.3. によると、社会的割引率が 0.02 以上の場合は、純便益の変化は正となった。日本の公共投資における社会的割引率は 4%(今回のベースケース)を採用しており、また、多くの海外各国・各機関においても概ね 2%以上の値を採用²⁷していることから、社会的割引率の不確実性を勘案しても、純便益の変化は正になるとして問題ないと考えられる。

次に、統計的生命価値について oneway で動かした結果は下記表 4.2.4. の通りとなった。

表 4.2.4. 統計的生命価値(単位:円)(行)による感度分析の結果

100,000,000	226,000,000	400,000,000
-909,021,002	465,045,461	2,362,565,815

表 4.2.4. によると、統計的生命価値が 2 億 2600 万円と 4 億円の場合は、純便益の変化は正となった。政府公式見解の統計的生命価値は「交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書(平成 19 年 3 月)」による 2 億 2600 万円(今回のベースケース)である。また、下記表 4.2.5 のとおり、諸外国の研究における統計的生命価値はそれを超える水準となっている。(2002 年為替レートの高水準である 1ドル=116 円を用いても、200 万ドル=2 億 3200 万円である。)これらのことから、統計的生命価値の不確実性を勘案しても、純便益の変化は正になるとして問題ないと考えられる。

²⁷U.S. Office of Management and Budget 7%、U.S. General Accounting Office and U.S. Congressional Budget Office 2±2%、U.S. Panel on Cost-Effectiveness in Health and Medicine 3%、U.S. Environmental Protection Agency 2-3%、Federal Treasury Board Secretariat in Canada 8%、British Columbia Crown Corporations Secretariat 8%、British Treasury 3.5%

表 4.2.5. VSL の推計範囲 (2002 年米ドルベース)²⁸

Boardman et al. (2005)	400 万ドル [200 万ドル- 600 万ドル]
Miller(2000)	410 万ドル [370 万ドル- 510 万ドル]
Mrozek and Taylor(2002)	280 万ドル [214 万ドル- 320 万ドル]
Viscusi and Aldy(2003)	- [570 万ドル- 787 万ドル]

次に、在宅介護の機会費用と1か月後までの医療費(列)を twoway で動かした結果は下記表 4.2.6. の通りとなった。

表 4.2.6. 在宅介護の機会費用(行)と1か月後までの医療費(列)の感度分析の結果

	4,118,701	4,281,634	4,444,566
1,722,880	461,279,885	465,045,461	468,811,038
2,348,850	435,251,276	439,016,853	442,782,429

表 4.2.6. によると、すべての場合において純便益の変化は正となった。このことから、在宅介護の機会費用と1か月後までの医療費がどのような値をとっても、結果は変わらないということがわかる。一つ一つの値を詳細にみても、純便益の変化はほとんど変わらない(4億円台から動かない)ことがわかる。

²⁸ Anthony E. Boardman, David H. Greenberg, Aidan R. Vining, and David L. Weimer (2005): Cost-Benefit Analysis, Concepts and Practice, Third Edition

注: Miller は 68 の、Mrozek and Taylor は 33 の、Viscusi and Aldy は 49 の国際的研究を基にメタアナリシスを実施。ただし、上記の VSL 推定値は、Miller は米国における VSL、Mrozek and Taylor は“平均的労働者”の VSL、Viscusi and Aldy は米国民の VSL として算定したもの。

出典: 「交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究報告書(平成 19 年 3 月)」内閣府政策統括官(共生社会政策担当)

4.3. 便益、費用の内訳

費用便益分析における便益と費用の内訳はそれぞれ下記表 4.3. の通りとなった。

表 4.3. 便益と費用の内訳

内訳	便益・費用金額(6年間)	1年当たり(6で除する)
便益		
QALYs 増分×VLY	2,464,595,402	410,765,900
費用		
医療費の増加	92,094,061	15,349,010
介護費の増加	-206,708,947	-34,451,491
AED 費用	2,114,164,827	352,360,805
便益-費用	465,045,461	77,507,577

表 4.3. によると、QALYs の増加による便益は約 25 億円となった。また、費用を見てみると、直接的な AED 費用(初期費用、ランニング費用、トレーニング費用)が約 21 億円と大きな割合を占めている。その他、医療費が約 9000 万円増加している。これは、AED の導入によって心停止生存者が増えたことによると考えられる。一方、介護費は約 2 億円減少(便益が発生)しているが、これは中程度障害・重症患者の数が減ったことによると考えられる。

ここで挙げられた便益・費用のうち主要なものは、予想された通り QALYs の増分と AED に関わる費用であった。したがって、心停止後の生存者の増加に伴う医療費、介護費の増減よりも、AED の個数に対してどの程度の QALYs の増加が期待されるかという点が AED に関する費用便益分析的に重視されるべき点となる。続く場所別費用便益分析においては、この点に着目して議論を進める。

5. 場所別費用便益分析

5.1. 概要と分析枠組み

本項においては、2007年-2011年の大阪市ウツタインデータの心停止発生場所のデータを基に、場所ごとの純便益を求める。これによって、具体的にどのような場所にAEDを配置するのが効率的であるかが詳細に示される。分析の対象とする場所カテゴリーは、職場(オフィス)、病院内、老人ホーム、学校、公的施設(市役所等)、駅、スポーツ施設である²⁹。それぞれの場所に配置されたAEDの個数はベースケースと同様に、財団法人日本救急医療財団のホームページのAED設置場所検索³⁰から引用した。

基本的な分析の方法はベースケースと同じだが、一部場所別の特性を踏まえて変更した：

- 心停止後のQALYsの増加を計上する年数は、それぞれの場所ごとの平均年齢から平均余命を計算し直したため、場所ごとに異なっている³¹。
- 場所ごとのAEDの個数に合わせて、AED講習会の受講人数をスケールダウンした。

場所別の心停止発生数はベースケースと同様、2007年から2011年の発生件数の1年当たり平均をとった。場所ごとのAED、CPR実施数、平均余命、AEDの個数は以下表5.1の通りである。

表 5.1. 場所別 AED、CPR 実施数、平均余命、AED 個数³²

場所	AED 実施数	CPR 実施数	平均余命	AED 個数
ベース	26.2	848.6	17	3,157
職場	3.6	32.2	29	798
病院	1	12	17	796
老人ホーム	2.6	200.6	7	143
学校	1.4	2.4	42	377
公的	1	3	24	181
駅	7	5.4	26	195
スポーツ	2.4	3.8	23	112

ここで留意すべきなのは、心停止の発生が起こる可能性は絶対的に低く、そのうちAEDが実施される件数はより少ない点である。ここでは5年間の平均値を採用しているが、それでも

²⁹同データにおいては心停止発生場所のカテゴリーとして、ここで挙げた以外にも家、道路上、救急車内、空港のデータが存在したが、市民等によるAEDの実施の可能性が低い、設置されたAEDの個数を推定できない、大阪市に存在しない(空港の場合)などの理由から分析の対象外とした。

³⁰<http://www.qqzaidan.jp/AED/aed.htm> (accessed on 4, February, 2013)。ここでなされているカテゴリー分けはウツタインデータと必ずしも一致しなかったため、データに合わせる形で一部改変した。

³¹これによって、場所ごとに異なる集団の特性を考慮することができる。例えば、平均年齢の高い老人ホーム等においては心停止後の生存年数は他の場所より低いと考えられるが、QALYsの計上年数を平均余命までに限定することでこの点を分析に含めている。

³² AED、CPR 実施数は大阪市ウツタインデータ(2007年-2011年)より計算。平均余命は場所ごとの平均余命を大阪市ウツタインデータ(2007年-2011年)より計算し、厚生労働省「第21回生命表(完全生命表)」を参照して求めた。場所別のAED個数は財団法人日本救急医療財団のホームページのAED設置場所検索(<http://www.qqzaidan.jp/AED/AED.htm> (accessed on 4, February, 2013))による。

なお、特に心停止発生件数の少ない場所においては真の AED 実施数の期待値を反映していない可能性がある。しかしながら、データの制約上本分析では表 5.1. のデータに基づき分析する。

5.2. 結果

場所別の費用便益分析の結果は下記表 5.2. の通りとなった。

表 5.2. 場所別費用便益分析の結果

場所	B-C (1)	AED 一台 当たり B-C (2)	B-C(1 年あたり) (3)	AED 一台当 たり B-C(1 年 あたり) (4)	ICER(Cost per QALY gained) (5)
ベース	465,045,461	147,306	77,507,577	24,551	10,055,912
職場	-308,178,006	-386,188	-51,363,001	-64,365	28,262,750
病院	-463,327,428	-582,070	-77,221,238	-97,012	98,615,246
老人ホーム	-75,426,982	-527,461	-12,571,164	-87,910	43,697,921
学校	-134,626,934	-357,101	-22,437,822	-59,517	21,498,134
公的	-97,902,771	-540,899	-16,317,128	-90,150	29,878,872
駅	375,950,395	1,927,951	62,658,399	321,325	2,902,696
スポーツ	350,049,629	3,125,443	58,341,605	520,907	2,012,527

表 5.2. によると、駅、スポーツ施設を除く全ての場所で純便益が負となった。左側の列からそれぞれ 6 年間における B-C(1)、6 年間における AED 一台あたり B-C(2)、1 年当たりの B-C((1)を 6 で除した)(3)、1 年当たりの AED 一台あたり B-C((2)を 6 で除した)(4)、ICER(5)が示される。AED1 サイクルの 6 年間において、最も純便益の低い病院において約 4.6 億円の損失となり、一方純便益の最も高い駅においては約 3.6 億円の便益となった。また、規模の大きさを考慮して比較するために AED 一台当たりの B-C を求めると、駅、スポーツ施設における AED 一台当たりの純便益はベースケースのそれを大きく上回る一方、それ以外の場所においてはベースケースと比べても 2~4 倍のスケールの負の純便益が発生するという結果となった。AED1 台あたりの費用が 6 年間で約 67 万円であったことを考えると、これらの場所においては AED の費用に対してほとんど生存年数向上による便益が発生していないこととなり、AED の配置過多の可能性が指摘される。この可能性を検討するために、次項 5.3. において場所別の詳しい分析を行った。

5.3. 結果の分析

場所別の AED の最適配置数を考えるため、場所ごとの AED の使用状況をまとめたものを表 5.3. に示す。

表 5.3. 場所別 AED 使用状況³³

場所	AED 一台当たり B-C (1)	心停止頻度 (2)	心停止目撃率 (3)	CPR 実施率 (4)	AED 実施率 (5)	AED 使用回数(5年間)/AED 個数 (6)
ベース	147,306	100%	45%	35%	1.04%	4.15%
職場	-386,188	2.35%	58%	42%	4.38%	1.63%
病院	-582,070	0.75%	86%	67%	5.26%	0.63%
老人ホーム	-527,461	10.74%	42%	75%	0.96%	9.09%
学校	-357,101	0.19%	67%	75%	29.17%	1.86%
公的	-540,899	0.36%	50%	43%	10.87%	2.76%
駅	1,927,951	1.09%	65%	44%	25.36%	17.95%
スポーツ	3,125,443	0.30%	82%	82%	31.58%	10.71%

表 5.3. は左側の列からそれぞれ、AED1 台当たり B-C(1)、ベースケースを 100%としたときの場所別の心停止発生頻度(2)、心停止目撃率(3)³⁴、CPR 実施率(4)³⁵、AED 実施率(5)³⁶、AED 一台当たりの使用回数³⁷を示す。この表から、以下のような点が指摘される。

職場については、比較的高い割合で心停止が起きていることが確認されるが、心停止目撃率は低い割合にとどまっており、AED の設置個数に対して、AED の使用回数もベースケースと比べて低い。一方、AED 実施率についてはベースケースよりも高い割合となっている。これらを総合的に勘案すると、心停止の目撃は低いものの、発見されれば比較的高い可能性で応急処置が実施され、AED も利用されることが考えられる。その高い利用率にも関わらず純便益が負となるのは、AED 設置個数に対して AED の使用回数が低く、AED の設置過多であるためであると考えられる。これは AED が一つのオフィスごとに必要となるため、オフィス利用人数に対して必要となる AED の個数が多くなるためであると考えられる。

病院については、心停止目撃率も高く、AED 実施率も比較的高いが、設置個数に対する AED 利用率は低い。これの原因としては、第一に病院においては AED にかわる除細動器を用いる機会が多い可能性が高いことが予測される。そのため、他の場所に比べて AED の必要性は低いと考えられる。第二に、クリニックのような小規模病院においても AED が設置されていることが大きい。24 時間稼働していない一般開業病院等での利用率は AED へのアクセ

³³ 大阪市ウツタインデータ(2007 年-2011 年)を基に筆者計算。

³⁴ 全ての心停止件数に対し、第三者の目撃があったケースの割合。ここでいう心停止目撃とは、患者が倒れた瞬間にその場に誰かいた、もしくは倒れる音を聞いて即座に駆けつけたケースを指す。

³⁵ 全ての心停止件数に対し、CPR が実施されたケースの割合。

³⁶ 全ての心停止件数に対し、AED が実施されたケースの割合。

³⁷ AED 個数に対する、2007 年から 2011 年の 5 年間で AED が実施された件数の割合。

スから考えても少ないことが予測され、こういった場所の AED が一台あたりの利用率を下げて
いる要因のひとつであると考えられる。

老人ホームについては、高齢入所者が相対的に多く、発症のリスクが高い集団であることな
どからも、心停止の発生頻度が高いことは予測がつく。そのため AED 設置個数に対する利用
率も高い。一方で心停止目撃率は低く、心停止頻度に比して AED の利用率は低くとどまっ
ている。また、患者の平均年齢が高いため、計算上生存年数上昇による便益が低く見積もら
れた結果であり、これらが老人ホームにおいて純便益が低くなった要因であると考えられる。

学校については、心停止の発生頻度はそれほど高くないものの、AED の実施率は比較的
高い。また、患者の平均年齢が最も低いため、心停止後の生存による便益は最も大きくなると
考えられ、純便益は負であるもののその絶対値は他の場所とくらべて小さい。AED の利用率
の高さにも関わらず純便益が負となるのは、オフィスの場合と同様、利用人数に対して必要と
なる AED の個数が多いためであると考えられる。学校は他の施設と比べ面積が広く、一つの
学校あたり複数の AED が設置される必要があるのがその理由である。

市役所などの公的施設については、AED の実施率は比較的高いが、一台当たりの利用率
はベースケースと比べると低い。純便益が負となった原因としては、目撃率が低いことと、心停
止発生件数に対して若干 AED が多く配置されていることが挙げられる。

駅については、ベースケースと比べても大きな純便益の値となった。日本の都市部の特徴と
して人口が集中していることが挙げられるが、それに比例して心停止の発生頻度も高いと考
えられる。AED の実施率も高く、これは駅員などが AED の扱い方を熟知しており、スムーズな応
急処置が行われていることの結果だと考えられる。AED 設置個数に対する利用率も高く、最
適に近い配置状況であると言える。

スポーツ施設においては、駅と比べて心停止の発生頻度と AED 設置個数に対する利用率
は低いものの、純便益は大きい。この差は主に目撃率の差から生じていると考えられ、スポ
ーツ施設においては監視員による目撃がなされ、適切な応急処置が受けられるためであると考
えられる。こちらも最適に近い配置状況であると言える。

以上の分析を踏まえた上で、各場所における最適配置数の一つの判断材料として、下記
表 5.4. のとおり純便益が 0 となる AED 個数を場所別に求めた。ここでは AED 利用による
QALYs の増加が同じだと仮定している。

表 5.4. 純便益が 0 となる時の AED の個数

場所	現状の AED 設置数 (1)	B-C が 0 となる時の AED 個数 (2)	(2)-(1)	(2)/(1)	AED 使用回数(5 年間)/(2)
ベース	3,157	4,079	922	1.29	3.21%
職場	798	338	-460	0.42	3.85%
病院	796	104	-692	0.13	4.80%
老人ホーム	143	30	-113	0.21	42.82%
学校	377	176	-201	0.47	3.98%
公的	181	35	-146	0.19	14.37%
駅	195	756	561	3.88	4.63%
スポーツ	112	635	523	5.67	1.89%

表 5.4. の各列は、左側からそれぞれ現状の AED 設置数(1)、純便益が 0 となる時の AED 個数、純便益が 0 の時と現状の AED 個数の差、純便益が 0 の時と現状の AED 個数の比、純便益が 0 の時の AED 個数と 2007 年から 2011 年の 5 年間ににおける AED 使用回数の割合を示す。この表から、純便益が負である場所においては、純便益が 0 となる AED 個数のおよそ 2 倍から 7 倍の AED が設置されていることとなる。特に表 5.4. において(2)/(1)の値が低い病院、老人ホーム、公的施設については、AED が供給過多となっている可能性が高いと考えられる。

また、表 5.4. の一番右の列で示される、純便益が 0 の時の AED 個数と 5 年間の使用回数の割合は、5 年間に全 AED のうちのどの程度の割合が使用されれば純便益が 0 となるかを示す。この値が場所ごとに大きく異なるのは、同じ回数だけ AED が実施されても生存者数の増加及び生存年数の増加はその場所の心停止患者に依存するためである。すなわち、老人ホームや公的施設などのこの割合が高い場所については、AED が実施されたケースにおいても QALYs の増加が少なかったことを意味している³⁸。例えば、ベースケースにおいては 5 年間で 3.21% の AED が利用される必要があることとなる。

なお、ここまでの議論は AED の設置個数と AED の使用回数が互いに独立である(相関を持たない)という仮定をおいたものである。

最後に、AED の数量が変化した場合にどの程度純便益が変化するかを調べるために、QALYs の増加による便益が一定だと仮定した場合に、AED を一つ増やした際の純便益の変化(減少分)³⁹を場所ごとに求めた。表 5.5 にこれを示す。

³⁸5.1.でも述べたが、心停止の発生、AED の実施数に対して利用可能なデータが少なく、この値が真の期待値を表していない可能性があることを付け加えておく。しかしながら、AED が実施されたケースにおける生存率の上昇、生存年数の増加の程度が場所ごとに異なり、そのため純便益を 0 にするために必要な利用回数は場所によって異なるという点については明らかである。

³⁹すなわち、純便益の AED 個数に対する弾力性。ここではその絶対値を示す。

表 5.5 AED を一つ増やした場合の純便益の変化

場所	純便益の変化(%)
ベース	0.11%
職場	0.22%
病院	0.14%
老人ホーム	0.89%
学校	0.50%
公的	0.68%
駅	0.18%
スポーツ	0.19%

表 5.5. によると、現状において AED を一つ増やした場合の純便益の変化の割合が最も大きいのが老人ホームで 0.89% であり、AED の個数の規模が他と比べ大きいベースケースを除けば、これが最も小さいのは病院で 0.14% である。ここで他の場所と比較して純便益の変化の割合が大きかった老人ホーム、学校、公的については、新たに AED を導入する際には検討が必要であると考えられる。

5.4. 政策提言

以上の議論により、場所ごとの AED の配置状況の効率性が示された。ここで留意すべきなのは、本分析の純便益の値は決して絶対的な判断材料ではなく、純便益が正であるからといって効率性の面から最適な配置がされているとは限らない点である。しかしながら、本分析の枠組みの中で異なる場所の効率性を比較することは有効であり、この分析で相対的に AED の効率性が低い場所については検討が必要であると考えられる。

また、もう一点留意すべきなのは、本研究はあくまで事後分析である以上、AED の費用の大部分がその購入によるサンクコストであることを考慮すると、今後新たに設置する AED に対して一つの判断材料を提示したにすぎない。したがって、現状の AED をどのように配置するかよりも、今後 AED を整備するにあたってどのような点が注意されるべきかを考える。ここから以下のような政策提言が導かれる。

第一に、場所別の純便益によると、駅、スポーツ施設における AED の設置状況は効果的であると考えられる。一方で、その他の場所における AED の配置は純便益が負となっていることから伺えるように、改善の余地があると考えられる。特に、表 5.5. において示した、AED を増やした際の純便益の変化の割合が大きい場所については、AED を新しく導入する際には慎重な議論が必要と考えられる。ここで考えられるのは、老人ホーム、学校、公的施設が挙げられる。

第二に、AED による便益はその配置個数だけでなくどの程度の割合で活用されているかにも大きく依存するため、一つの AED がより活用されやすいように配置し、緊急の場合にも迅速に AED を実施できるような訓練、準備を整えることが重要である。スポーツ施設において心停止の頻度がさほど高くないものの大きな便益が観察されたのは、心停止の目撃率が高く、また多くのケースで AED が実施されたことが大きいと考えられる。当然ながら、人が一人助かることによる便益は非常に大きなものであるため、AED の有効活用による便益の上昇を図ることは、費用便益分析的に見ても大きな価値があると考えられる。

6. 結論

6.1. 本研究のまとめ

本分析においては、大阪市における現状配置されている AED に対して、その活用による心停止患者の生存率、生存年数の向上の便益と、AED の費用、医療費、介護費の増加を比較することで費用便益分析を行った。結果、便益は費用を上回ることが示され、市民等による AED の実施は社会的に望ましいことが示された。また、場所別の費用便益分析においては、特に駅、スポーツ施設における AED の整備は効率的であることが示されたが、その他の場所についてはその効率性が疑われる結果となった。これによって、今後 AED を新たに設置する際に慎重な検討が必要となる場所が示された。

ここで留意されるべきなのは、費用便益分析はあくまで判断材料の一つとして捉えられるべきであり、価値判断を示すものではないという点である。本分析で純便益が負となる場所に対して AED の設置個数を減らすことを提唱する意図はなく、その配置の是非はそれぞれの主体の判断に委ねられるべきであることを追加しておく。

6.2. 本研究の限界と今後の研究課題

結びにかえて、本研究の限界と、そこから導きだされる今後の研究課題を示す。

第一に、本研究においては分析に必要な実データが全て利用可能であった訳ではなく、必要に応じて推定せざるを得なかった点において、内的妥当性に欠ける。例えば、1ヶ月後以降の生存率は純便益の値を大きく左右することが感度分析の結果示された。このようなパラメータを可能な限り実データに置き換えていくことでより信頼性の高い分析が実現される。

第二に、本分析の対象は大阪市に限定されており、他の地域や、日本全国においての AED の効率性を示していない点で外部妥当性を保証できるものではない。しかしながら、場所別の検討をするに当たり、データが存在するのは日本全国で大阪のみであり、現状ある best available なデータを用いた点における新規性は高い。また、他の地域における、病院前心停止データのエビデンスの集積に必要な項目を検討する点において、インセンティブを与える情報を提示するものとして、極めて重要な調査結果である。それによって、今後さらなる対象地域の拡大が可能となれば、地域間での比較が可能となり各地域の特性に応じた提言が可能となることが期待できる。

第三に、本研究があくまで現状の AED に対する ex-post の分析である点である。データの限界によって、AED の整備を検討するに当たり、場所別での検討を行えたことは非常に画期的であるが、その他のより明確な判断材料の提示ができるものではなかった。本研究で AED の費用便益分析において最も影響の大きい要素は AED 自体の費用とその利用率であることが示されたことを踏まえ、今後の研究課題としては AED の利用率および、地理的、社会的要因の関係や AED 個数と利用率の関係などを定量的に示すことが挙げられる。これによって、より現実に即した政策提言が可能になると考えられる。

第四に、適応による交絡の可能性の存在が挙げられる。AED の適応となる病態は、心室細動、および無脈性の心室頻拍の状況のみであり、本データで AED を利用され、蘇生された患者は元来 AED によって蘇生されやすい性質を持つ病態であったといった影響は除去されていない。倫理的問題により、Randomized Controlled Trial は不可能であるが、最大限、適応による交絡を考慮した検討が必要となり、今後の課題である。

倫理的検討事項

申請者はヘルシンキ宣言に基づく倫理規範に従って研究を行うために、東京大学研究倫理セミナーを受講した(2011年5月24日)。

1. 個人情報の保護

1-1. データの匿名化および連結可能性の有無

・ウツタインデータ; 情報に関する連結は、消防局が行う。対象者特定情報を削除し、新たな番号を付与して匿名化したデータを研究者に提供するため、研究者において、データと個人識別情報を連結することはできない。

・医療費データ; 個人情報は病院事務が連結不可能匿名化を行い、研究者において、データと個人識別情報を連結することはできない。

1-2. 個人情報および個人データの取扱者の範囲

研究者は匿名化されたデータのみを扱う。

1-3. 資料の保管および処理方法

調査により得られたデータを取扱う際は、被験者の秘密保護に十分配慮する。データは電子化されており、施錠できる部屋の特定のパソコンのみにおいて、パスワードを設定し保管する。また、研究成果公表後、判読不明な状態で廃棄する。

2. 説明と同意

ウツタインデータは消防局が通常業務として記録している病院前心停止統計を利用する。これらの行政資料は、個人を識別できる情報を含まない部分について情報公開法に基づく情報公開の対象となる。すなわち、資料として連結不可能匿名化されており、個々の対象者から同意を得ることはできない。また疫学研究の倫理指針の適応外に該当するため、個別の同意を得ることは求められていない。

謝辞

本稿を作成するにあたって、御指導と御教示を賜りました東京大学公共政策大学院の岩本康志教授、政策研究大学院の城所幸弘教授に、厚く御礼を申し上げます。

また、お忙しい中データ提供にご尽力くださいました、大阪市消防局 救急部救急課 係長、大阪市の救急隊員ならびに救急診療に携わる方々、ならびに議論を通じて多くの知識や示唆を頂いたティーチングアシスタント、同級生、先輩諸氏に深く感謝申し上げます。

なお当然のことながら、本稿で示された見解はすべて筆者らによるもので、所属する機関やご協力を頂いた方々の見解ではないことを明記いたします。

References (“1. はじめに 1.1. 研究の背景”の部分の引用)

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, no. 7 (Aug 12, 2004): 637-646. doi:10.1056/NEJMoa040566.
3. Gazmuri, R. J., V. M. Nadkarni, J. P. Nolan, H. R. Arntz, J. E. Billi, L. Bossaert, C. D. Deakin, et al. "Scientific Knowledge Gaps and Clinical Research Priorities for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Identified during the 2005 International Consensus Conference on ECC [Corrected] and CPR Science with Treatment Recommendations: A Consensus Statement from the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, Australian Resuscitation Council, European Resuscitation Council, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, and the New Zealand Resuscitation Council); the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee; the Stroke Council; and the Cardiovascular Nursing Council." *Circulation* 116, no. 21 (Nov 20, 2007): 2501-2512. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.186228.
4. Valenzuela, T. D., D. J. Roe, G. Nichol, L. L. Clark, D. W. Spaite, and R. G. Hardman. "Outcomes of Rapid Defibrillation by Security Officers After Cardiac Arrest in Casinos." *The New England Journal of Medicine* 343, no. 17 (Oct 26, 2000): 1206-1209. doi:10.1056/NEJM200010263431701.
5. Page, R. L., J. A. Joglar, R. C. Kowal, J. D. Zagrodzky, L. L. Nelson, K. Ramaswamy, S. J. Barbera, M. H. Hamdan, and D. K. McKenas. "Use of Automated External Defibrillators by a U.S. Airline." *The New England Journal of Medicine* 343, no. 17 (Oct 26, 2000): 1210-1216. doi:10.1056/NEJM200010263431702.
6. Caffrey, S. L., P. J. Willoughby, P. E. Pepe, and L. B. Becker. "Public use of Automated External Defibrillators." *The New England Journal of Medicine* 347, no. 16 (Oct 17, 2002): 1242-1247. doi:10.1056/NEJMoa020932.
7. 総務省消防庁. 平成 22 年の救急出動状況. 2011
8. Mitamura, H. "Public Access Defibrillation: Advances from Japan." *Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine* 5, no. 11 (Nov, 2008): 690-692. doi:10.1038/ncpcardio1330; 10.1038/ncpcardio1330.
9. 厚生労働科学研究. AED の設置状況. 2007
10. Kitamura, T., T. Iwami, T. Kawamura, K. Nagao, H. Tanaka, A. Hiraide, and Implementation Working Group for the All-Japan Utstein Registry of the Fire and Disaster Management Agency. "Nationwide Public-Access Defibrillation in Japan." *The New England Journal of Medicine* 362, no. 11 (Mar 18, 2010): 994-1004. doi:10.1056/NEJMoa0906644; 10.1056/NEJMoa0906644.
11. Sasaki, M., T. Iwami, T. Kitamura, S. Nomoto, C. Nishiyama, T. Sakai, K. Tanigawa, et al. "Incidence and Outcome of Out-of-Hospital Cardiac Arrest with Public-Access Defibrillation. A Descriptive Epidemiological Study in a Large Urban Community." *Circulation Journal : Official Journal of the Japanese Circulation Society* 75, no. 12 (2011): 2821-2826.

Appendix

1年後の転帰に関する実データ

3.1.2. で述べた心停止1ヶ月後以降の生存率のパラメーターを推定するための参考として、2008年、2009年の大阪市ウツタインデータに存在していた心停止1ヶ月後生存患者の1年後の転帰のデータをまとめる。このデータは1年後まで追跡が可能であった患者に限られているため、特に中程度障害、重症の患者に対しては追跡がなされずに欠損となっているケースが多く観察された⁴⁰。そのため、このデータは参考資料にとどめ、実際の分析には先攻研究の値を用いた。下記表 A.1. においてその詳細を示す。

表 A.1. 心停止1ヶ月後生存患者の1年後の転帰⁴¹

障害の程度	2009			2008			2008、2009 平均		
	n(欠損以外/全て)	1年後生存率(欠損値を無視した場合)	1年後生存率(欠損値を死亡とした場合)	n(欠損以外/全て)	1年後生存率(欠損値を無視した場合)	1年後生存率(欠損値を死亡とした場合)	n(欠損以外/全て)	1年後生存率(欠損値を無視した場合)	1年後生存率(欠損値を死亡とした場合)
障害無し	106	0.9906	-	117	0.9658	-	223	<u>0.9776</u>	-
中程度	29/41	0.9655	0.6829	25/49	0.92	0.4694	54/90	<u>0.9444</u>	<u>0.5604</u>
重症	28/43	1	0.6512	27/59	0.7037	0.322	55/102	<u>0.8545</u>	<u>0.4608</u>

表 A.1. の各年の列で示されている値は、左からそれぞれ1ヶ月生存患者数のうち1年後の転帰が判断できる件数及び全ての1ヶ月生存患者数、欠損値を無視した場合の1年後の生存率、欠損値を死亡と仮定した場合の1年後生存率(最小値)となっている。他の心停止に関するデータと同様年ごとのばらつきが大きいため、2008年、2009年の平均値を参照されたい。ここで示されているように、中程度障害、重症の患者について相当数の欠損が確認され、それによって1年後の生存率も大きく左右される。欠損値を無視した場合、1年後の生存率は障害無し、中程度障害、重症の場合でそれぞれおよそ98%、94%、85%であると推測された。一方、中程度障害、重症の場合に欠損値を全て死亡と仮定すると、生存率は40%程度低下する。そのためこの値は不確実であると考えられ、先攻研究の値(障害によらず最初の1年80%、その後の1年間は85%)を使うに至った。この値は障害無しの患者に対しては低い値であるため、便益を過小評価することになると考えられる。また、追跡がなされずに欠損となったケースの多くにおいて患者は死亡していると考えられるため、中程度障害、重症の場合の1年後生存率は最小値に近い値であると考えられる。AEDが実施されれば中程度障害、重症の障害が残る可能性が低下するため、1年後の生存率において障害の程度を考慮しないことは

⁴⁰欠損となっているケースのうち、死亡日時などの他のデータから1年後の経過がはっきりと判明される患者に対しては一部1年後の経過を推定したが、1年後の生存が確認できないケースが中程度障害、重症患者の場合に存在した。

⁴¹大阪市ウツタインデータ(2008年、2009年)を基に筆者計算。

便益を過小評価すると考えられる。したがって、本研究における純便益の値は確実なものではなく、便益を過小評価している可能性がある点を留意されたい。