

地方生活圏における救急医療システムの整備計画手法に関する一考察*

A Planning Methodology for Improving Emergency Medical Systems in Rural Areas

喜多 秀行[†]・瀧本 貴仁[†]

By Hideyuki KITA and Takahito TAKIMOTO

1. はじめに

居住地を選択する場合、人々は最寄りの駅や商店、学校などの生活基盤サービス施設がどの程度整っているかに関心を抱く。なかでも、救急医療や消防、警察、災害救助などの緊急安全サービスは人の生死や財産の保全に直接関わっているため、それらのサービスがどの程度提供されているかということに対する関心が高い。そこで、本研究では緊急安全サービスのなかでも特に必要とする可能性が高い救急医療サービスに着目した。平成5年度における全国の救急業務の実施状況¹⁾によれば、搬送人員は285万人余りにも上り、約50人に1人が救急車で搬送された計算となる。

さて、生活基盤サービスの提供水準を念頭に置く場合には、通常、商店の種類や規模、あるいは学校の教育水準といった当該施設が提供するサービスの内容だけでなく、これらの施設までの距離や利用可能時間の長さといった利用のしやすさが重要な要素となっていることが多い。したがって、人々が認識しているサービスの提供水準を定量化するにあたっては、何がその本質であるかをよく見極めておく必要がある。また、救急医療サービスの対象となる傷病の種類は多岐にわたり、出血のように一般の人々でもある程度の応急処置が可能なものもあれば、呼吸停止や心停止のように救急隊員や救急救命士が施す高度な応急処置を必要とするものもある。傷病の種類によっては発生した場所で必要な応急処置を迅速に受けられないこともあるため、救急医療サービスの提供水準はこうした傷病の種類を加味したものでなければならないと考える。

このような考え方に立ち、喜多・広坂・盛田²⁾は、傷病者の救命が救急医療サービスの本質であるとの認識から、救命率（救急医療を必要とする傷病者の発生数に対する救命者数の比率）をもってサービス提供水準を表す指標とし、想定したいくつかの救急医療システムに対する救急医療サービス提供水準の地点別評価を試みた。しかし、この研究は所与のシステムの評価にとどまっており、サービス水準を高めるために既存の救急医療システムをいかに改善すべきかという整備計画の策定方法については触れていない。

救急医療システムも他のシステムと同様いくつかのサブシステムから構成されている。地域の救急医療システムを改善することにより着目している地点のサービス提供水準を高めようとする場合、現実には整備に要する時間や予算上の制約などが存在するため、どこからどのような順序で改善を進めるかが問題となる。そこで、本研究では、救急医療システムを構成するサブシステムの整備内容とトータルシステムの評価指標である救命率の変化との関係を明らかにし、サービス水準の向上に対する寄与度がより大きなサブシステムを見出すことにより、効率的な救急医療システムの整備計画を策定する方法論を提案する。また、事例研究を行いその有用性を検討する。

2. 救急医療システムの整備計画手法の一提案

(1) 基本的な考え方

救急医療システムの各構成要素（現場、消防署、搬送病院、救急車など）は、そのシステムの評価値（サービスの提供水準）と密接な関係にある。また、システムは、消防署から現場まで、現場から病院に搬送するまでといったいくつかの段階（ステージ）に分かれ、それぞれはサブシステムを構成しており、現場の位置、搬送手段といった構成要素の組み合わせで

*キーワード：計画情報、整備効果計測法、地域計画

[†]正会員 工博 鳥取大学工学部社会開発システム工学科
〒680 鳥取市湖山町南4-101 TEL:0857-31-5313
FAX:0857-31-0882

[†]学生会員 鳥取大学大学院工学研究科社会開発システム工学専攻

各ステージの所要時間（以下ステージ別所要時間という）が決まってくる。救急医療システムで重要なのは、どれだけ早く高度な治療を受けられるかということであるため、本研究では、いくつかのステージの中から所要時間が相対的に長いかつ、その短縮が比較的簡単なステージの所要時間を短縮することに着目する。

この際、サブシステムの改善が直ちにステージ別所要時間の短縮に結びつかないことがある、という点に留意しておく必要がある。複数のサブシステムが同時に並行して機能し、これらのサブシステムにおける作業が全て終了しないと次のステージに移れない場合がそれである。このとき、次のステージの開始時刻は、最も遅く終了する作業の終了時刻になる。つまり、個々のステージ内で次のステージの開始時間を支配しているサブシステムを見つけ、その中から改良すべきサブシステムを見つけ出すことにより、よい整備計画案を策定しようとするのが本研究で提案する手法である。この手法の全体の流れを簡単に表したものが図1である。

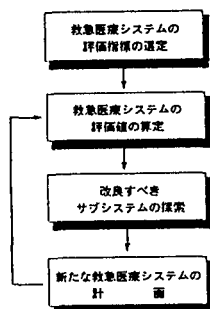


図1 システムの整備計画手法のフロー

以下に、本手法に用いるシステムの評価指標について説明する。

(2) 治療レベル別治療開始時間

現在の救急医療では傷病者が発生した場合、傷病者は、救急隊員、救急救命士などの応急処置、いわゆるプレホスピタル・ケアを受けながら医療施設に搬送されることが多い。傷病者に施せる医療行為は、救急隊員、救急救命士、医師により異なり、以下ではこれを治療レベルと呼ぶ。

図2は、ステージ別所要時間と治療レベル別治療開始時間の関係を例示したものであり、図中の矢印

の長さが、各時間の長さを表している。システムは傷病の発生から医師の治療開始に至る複数のステージから成り立っており、どのステージ別所要時間を短縮しても最終治療段階である医師の治療開始時間の短縮につながる。

図中には示していないが、各ステージの開始時刻は一つ前のステージに関係する作業の終了時刻により規定される。

また、治療レベルごとの治療開始時間（以下「治療レベル別治療開始時間という）はステージ別所要時間を足し合わせることで以下のように算定できる。

$$t_k = t_{k-2} + \sum_m t_{k-1,m} \quad (1)$$

$$t_{k-1,m} = \max_n \{t_{k-1,m,n}(S)\}$$

ここに、 $t_{k-1,m}$ は治療レベル k の第 m ステージである。 $t_{k-1,m,n}(S)$ は $t_{k-1,m}$ に関係する n 番目の作業を意味し、サブシステム S の改良により変化する。

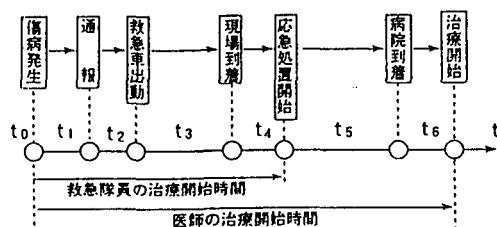


図2 ステージ別所要時間と治療レベル別治療開始時間の例

(3) 傷病種類別救命率

治療開始時間が早ければ早いほど救命率は高くなり、逆に遅くなればなるほど低下する。治療開始時間と救命率を関係づけた曲線を救命率曲線といい、傷病ごとに異なる。そこで、救命率曲線の形状に着目し、傷病の種類ごとに救命率曲線をいくつかのパターンに分類して検討を進める。

本研究で用いる傷病種類別救命率曲線は従来の研究³⁾をもとに、治療レベル k の治療開始時間 t_k における傷病の種類 i の救命率曲線 $f_{i,k}$ を次式のロジスティック曲線与えた。

$$f_{i,k}(t_k) = 1 - \frac{1}{1 + \exp[-a_{i,k}(t_k - b_{i,k})]} \quad (2)$$

ここに、 $a_{i,k}$ 、 $b_{i,k}$ はパラメータである。

図3は、傷病種類別救命率曲線の一例を示したもので、傷病の種類だけではなく、治療レベルによっても曲線の概形が異なる。また、治療開始時間の変化に対する救命率の感度に大きな差異があることに注意されたい。

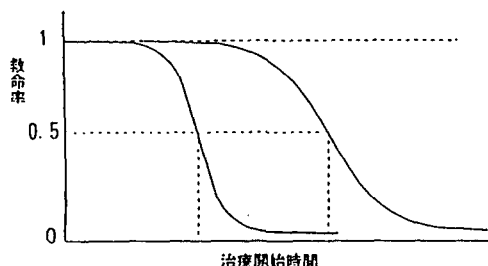


図3 傷病種類別救命率曲線の一例

(4) 地点別評価指標

傷病者が搬送病院に搬送されるまでに治療レベルの異なるいくつかのプレホスピタル・ケアを受ける。治療レベル k で救命に成功する確率は、それまでの治療段階 k' ($k' = 1 \sim k-1$) で救命に至らず、第 k 段階で救命に成功する確率であるから、治療レベル k の治療開始時間 t_k における傷病の種類 i の救命率 $P_{i,k}$ を次式で与えた。

$$P_{i,k} = \begin{cases} f_{i,k}(t_k) [\prod_{k'=1}^{k-1} \{1 - f_{i,k'}(t_{k'})\}] & (k \geq 2) \\ f_{i,1}(t_1) & (k = 1) \end{cases} \quad (3)$$

この $P_{i,k}$ は、発生時刻 h 、発生地点 x にも依存するため $P_{i,h,x,k}$ と書き直すと、最終治療レベル K の治療終了後の全救命率 $P_{i,h,x}^{total}$ は、

$$P_{i,h,x}^{total} = \sum_{k=1}^K P_{i,h,x,k} \quad (4)$$

となる。また、傷病ごとに発生確率は異なり、発生時刻によって搬送病院も異なってくるため、式(4)に傷病の種類 i 、発生時刻 h のそれぞれの発生確率 P_i 、 P_h を掛けて重み付けし、地点別評価指標 $S(x)$ を次式で与えた。

$$S(x) = \sum_i \sum_h P_i P_h P_{i,h,x}^{total} \quad (5)$$

複数の評価地点を有する地区の評価値を算定する場合は、 $S(x)$ に各地点の人口のその地区における相対比率を掛けて重み付けした評価値を算定すればよい。

3. 事例分析

(1) 対象地域と想定条件

提案した計画モデルを用いて事例分析を行った。対象地域は山間過疎地域であるT県東部8町村とした(図4参照)。

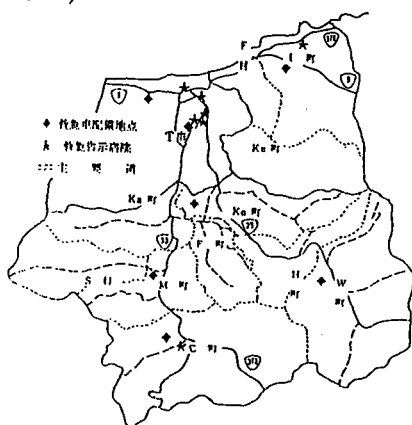


図4 事例分析の対象地域

簡単のため救命率曲線は「傷病種類 i ($i = 1 \sim 3$)」によって3種類(それぞれ心停止、呼吸停止、出血多量が相当)⁴⁾、治療レベルにより3種類(救急隊員 ($k = 1$)、救急救命士 ($k = 2$)、医師 ($k = 3$))の計9パターンに分類した。この3つの傷病の発生確率を傷病種類 i ($i = 1 \sim 3$) の発生確率として使用した。また、地区別評価値はその地区内の地点別評価値の単純平均とした。

(2) 分析結果

関係諸指標を算定したところ、システム整備前のステージ別所要時間のうち、搬送ステージで所要時間がかかっていることが分かった(図5)。搬送ステージの所要時間を短縮するための改善策としては、医療施設の増設、搬送区間の道路整備、ヘリコプターの導入などが挙げられる。これらの中から実現性の高いものとして、搬送手段を救急車からヘリコプターに変えたシステムの整備を想定した。その結果、搬送時間が短縮され、地区別評価値も上昇した(図6)。

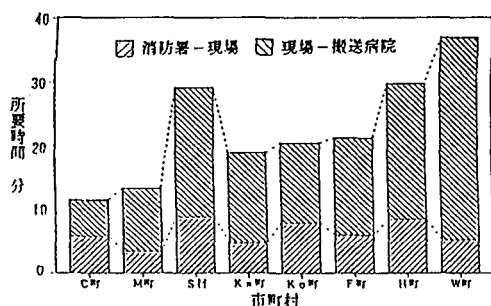


図5 ステージ別所要時間の比較

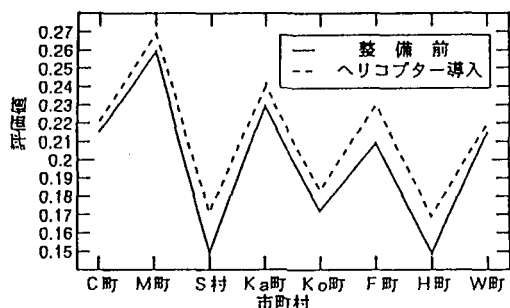


図6 サービスの提供水準の比較

評価値をさらに向上させるには傷病者を収容したヘリコプターがいかに早くヘリポートを出発できるかを考えなければならない。これは、ヘリコプターが基地からいかに早く現場近くのヘリポートに到着できるか、または、いかに早くそのヘリポートに傷病者を搬送できるかにより規定される。

前者に関する改良としてヘリコプター基地の再選定、後者に関する改良として道路整備をそれぞれ想定し検討したところ、後者の方がヘリコプターのヘリポートを出発する時間が短縮でき評価値も上がるという結果が得られた。これは、対象地域内に最寄りのヘリポートまで遠い評価地点が比較的多く存在し、このことが評価値の低さに影響していたためと考えられる。

図7は、ヘリコプターの導入を想定した場合の傷病種類 $i=2$ に関する地点別評価値の分布である。同一町村内であってもサービスの提供水準にはかなりの差が存在していることが見て取れる。これは谷筋に沿って線状に集落が存在する山間地の地理的特性に起因するもので、このことから地点別評価

の必要性が理解される。評価値の高い地点●印はこの種の傷病を被った場合でも助かる可能性がかなり高いが、評価値の低い地点◆印ではこのシステムのもとでは助かる可能性が余りないため、この種の持病を抱えている人にとってはサービス提供水準の低い地区といえる。

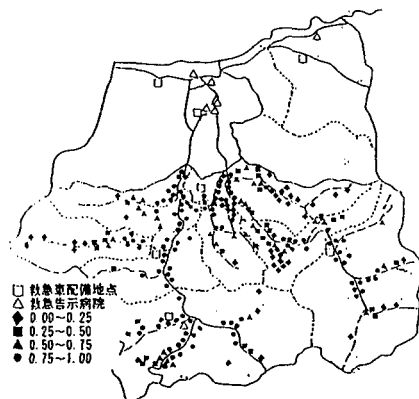


図7 地点別評価値の分布(傷病種類 $i=2$)

4. おわりに

本研究で提案した評価指標により、様々な傷病に対する救急医療システムの評価が可能となった。また、地域の実態に即したシステムの評価をきめ細かく行うための指針を得ることができるという点で、提案したステージ別所要時間に着目したシステムの整備計画法の有用性が確認された。今後は提供すべきサービス水準に関する検討を行う必要がある。

〔参考文献〕

- 1) 消防庁編: 平成6年度版 消防白書 大蔵省印刷局, pp.194, 1994.
- 2) 喜多秀行・広坂信秀・盛田哲史: 救急医療サービス提供水準の居住地点別評価, 土木計画学研究 講演集, No.17, pp.843~846, 1995.1.
- 3) 菊池雷三: わが国における航空医療の確立について, pp.18~21, Heri and Heriport, 1990.6.
- 4) Eisenberg, M.S., et al. : Cardiac Resuscitation in the Community, JAMA, vol.241, No.18, pp.1905~1907, 1979.