

三次救急搬送活動を対象とした医療情報デジタル伝送システム運用のための アンテナ基地局配置方策に関する研究

金沢大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○ 福田 正輝
 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 フェロー会員 高山 純一
 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 正会員 中山 晶一郎

1. はじめに

現在、救急医療は、全国的な医師不足による医療サービスの低下、救急搬送患者の受け入れ拒否件数の増加、救急サービスの地域間格差など、多くの課題を抱えており、救急搬送・救急医療体制の整備・充実は重要な課題である。

重篤救急患者を中心に扱う三次救急搬送においては、搬送先の医療機関である三次救急医療機関数が少なく、その大半は、県庁所在地などの都市部に集中して立地している傾向があり、医療機関までに搬送する時間に地域間格差が生じている。そのため、従来から迅速かつ的確な救命処置が求められており、プレホスピタルケア（病院前救護）の充実が患者の救命率や入院後の回復率（予後）に影響すると考えられている。

現在、患者を搬送中の救急車と医療機関との間の通信手段として、救急無線の他に携帯電話を用いた音声による通話が一般的である。しかし、音声のみのコミュニケーションでは、患者の容態を正確に伝えるためには時間を要する場合がある。また、医師が救急隊員に対して適切な治療方法を指示するためには、患者の容態変化を具体的に知る必要があり、音声のみの報告では不十分であるといえる。

そこで、患者の心電図や血圧などの詳細なバイタルデータや患者全体像が把握できるような静止画像・動画などのデータを医療機関に伝送し、医師は、その画像データをもとに救急救命士に対して処置の指示・指導を行う医療情報デジタル伝送システムの導入¹⁾が検討されている。

2. 研究の目的

医療情報デジタル伝送システムを運用していくためには、通信設備の整備・維持管理が必要になる。一般的に、通信回線については、携帯電話や無線 LAN のような公共回線を用いることが考えられる。しかし、

医療情報を扱う以上、一定レベル以上の精細な画像品質やなめらかな画像が求められ、画質を落とさなく輻射しない回線の安定性が求められる。

そこで、本研究では、動画像を中心とした多様な情報が伝送できることに加えて、1 基地局あたりの通信可能エリアが比較的広く、基地局配置の自由度も高い「VHF マルチホップ無線システム」を用いた医療情報デジタル伝送システムの運用する際のアンテナ基地局の配置方法を考える。そして、アンテナ基地局を効率よく配置する方策を検討するとともに、石川県加賀地域における導入を検証する。

3. アンテナ基地局の配置方策の検討

3.1 対象地域

本研究の対象地域においては、石川県加賀地域である小松市内におけるアンテナ基地局の配置を検討する。小松市は、人口約 11 万人の都市であり、石川県の南西部に位置している。しかし、三次救急医療機関は、県庁所在地である金沢市に集中しているため、搬送には高速道路を利用することになり、少なくとも 30 分以上かかる地域である。そのため、重篤患者にとっては、救急車内での初期治療が極めて重要になり、医療情報デジタル伝送システムの運用が望まれる地域の 1 つである。

3.2 カーラーの救命曲線

アンテナ基地局が許容できる通信可能エリアには、限界があり、基地局を中心に半径 2km 以内が限界とされている。そのため、より多くの搬送において、通信を可能にするためには、救急車がよく走行する経路上に配置することが重要である。しかし、重篤救急患者を搬送する三次救急搬送においては、搬送時間が救命率に大きく影響すると考えられるために、単によく利用する経路沿いに基地局を配置するのではなく、搬送時間や救命率を考慮する必要がある。

そこで、救命率の表す関数として、時間経過と死亡率の関係を示したカーラーの救命曲線を用いることとする。式(1)に算出したカーラーの救命曲線式を示す。

$$R_1 = 1 - \left\{ \frac{1}{1 + \exp(4.80861 - a\alpha t)} \right\} \quad (1)$$

なお、 α : 救急救命士の応急処置効果、 t : 搬送時間、 a : 定数項を示す。また、 R_1 は救急要請場所からアンテナ基地局配置候補地までの搬送に用いる曲線であり、通信可能エリアを通過した後は、デジタル伝送効果を考慮し、 R_2 (式(1)の α を β に変更した式)を用いる。 β は、医療情報デジタル伝送の効果を示す。ただし、現段階では医療情報デジタル伝送が生存率に与える影響が未知であるため、本研究では、パラメータ α 、 β の値は $\alpha=0.9$ 、 $\beta=0.8$ とする。

3.3 定式化

アンテナ基地局の配置位置を検討する際、評価値を算出する必要がある。評価値が示すものは、配置候補値に流入する生存患者数と目的地までに生存する患者数を足し合わせたものとする。そして、アンテナ基地局の配置数に応じて、候補地の評価値を足し合わせて最大となる候補地の組み合わせを求める。また、制約条件としてアンテナ基地局の配置数とアンテナ基地局同士の距離を設定し、これらを0-1整数計画問題として定式化する。

$$\text{最大化: } Z = \sum_i \sum_j a_{ij} R_1(t_{ij}) x_j + \sum_i \sum_j a_{ik} R_2(t_{ik}) x_j \quad (2)$$

$$\text{制約条件: } \sum_j x_j = p \quad (3)$$

$$d_j \geq l \quad (4)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad (5)$$

z : アンテナ配置候補地の評価値

a_{ij} : 救急要請地区*i*から配置候補地*j*に流入する搬送数

R : 生存率 (カーラーの救命曲線) を表す関数

x_j : アンテナ配置の有無(0, 1変数)

p : アンテナ基地局数

d_j : アンテナ基地局同士の距離

l : アンテナ基地局同士の制約条件

i : 救急要請ゾーン番号

j : 主要交差点番号

k : 三次医療機関番号

救急要請場所のゾーン数については、平成17年国勢調査の統計区を参考にして25ゾーンとする。また、三次救急医療機関への搬送患者数については、市単位の搬送件数データのみ入手可能であったため、ゾーンの人口比率に応じて配分した。そして、救急要請ゾーンからアンテナ基地局配置候補地までは、最短経路を選択し、搬送時間を算出する。

3.4 システム導入による人的損失額減少の検証

医療情報デジタル伝送システムを導入した際に、「人的損失額」がどのくらい減少するのか、計算することによって、本システムの導入効果を検証する。人的損失額とは、治療関係費・休業損失・慰謝料・遺失利益などを示す。内閣府政策統括官がまとめた報告書²⁾によれば、死傷者一人あたりの人的損失額は、死亡損失 D_l は2976.4千円、重症損失 S_l は807.2千円であるとされている。そこで、カーラーの救命曲線を用いて、「死亡率 D_r 」と「重症率 S_r 」を定義することにより(図1)、人的損失額を算出する(式(6))。

$$C = D_r \times D_l \times a_{ij} + S_r \times S_l \times a_{ij} \quad (6)$$

具体的な配置結果や人的損失額の計算結果については、講演時に示す。

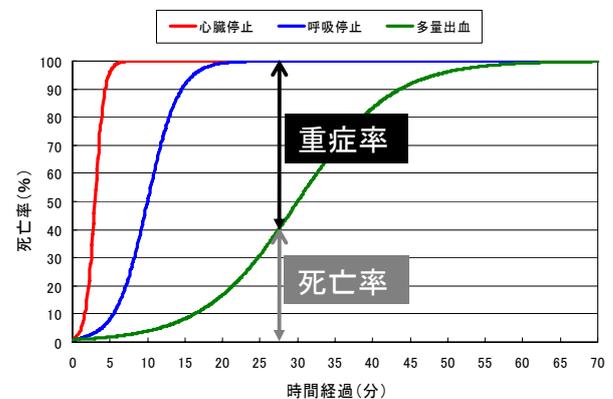


図1 死亡率と重症率の定義

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(B)(代表者:高山純一, 金沢大学)による研究成果の一部である。ここに記して感謝したい。

参考文献

- 1) 総務省北陸総合通信局: 救急業務用高度医療情報伝送システムに関する検討会報告書, 2006. 2
- 2) 内閣府政策統括官(共生社会政策担当): 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, 2007. 3