

愛知県 A 市における 救急車の最適配備問題について

02005163 南山大学 *稲川 敬介 INAKAWA Keisuke

01204423 南山大学 鈴木 敦夫 SUZUKI Atsuo

1. はじめに

本研究では、愛知県 A 市における 救急車の配備問題に、稲川ら [3] で得られた手法を適用し、その最適性を調査する。

A 市は都市部と山間部を持つ 歴史ある町であり、現在 47,901 世帯、132,133 人が暮らしている。東西に 12.8km 南北に 13.6km と広がっており、総面積は 111,62km² である。同市における平成 13 年の救急出動件数は 3,633 件であり、その件数は年々増加している。それにもかかわらず、A 市の救急車の台数は過去 10 年間変わっていない。図 1 は過去 10 年間の救急車出動件数の合計と、その原因が急病である件数の推移である。各年において急病は総件数の半分以上を占めている。

A 市における 平成 4 年の人口は 127,454 人であり、平成 13 年までに増加した人数は 4,679 人である。この 10 年間の人口増加率は 3.7% ほどであるのに、出動件数の増加率は 56.9% ときわめて高い。このことから、救急システムへの期待が高まっていることがわかる。

消防庁が定めた基準消防力によれば、A 市における救急車保有基準台数は 5 台である。しかしながら、現在 A 市では 4 台の救急車しか保有していない。消防ポンプ自動車やはしご自動車などはこの基準を満たしているが、様々な事情により救急車だけがその基準を満たしていない。われわれはこの問題に対してモデル化をおこない、A 市の救急システムにおける現状のシステム評価をおこなう。

2. 救急車の配備問題

救急車の配備問題に対しては、待ち行列理論 [4] などを用いた研究が従来からおこなわれてきた [1, 2]。ここで、待ち行列理論を配備問題に適用するために用語の定義をおこなう。サービス要求に対応するために出動中である救急車は、サービス中であるという。次に、ある施設に配備されているすべての救急車がサービス中であるとき、この施設はビジー状態にあるという。また、ビジー状態にない施設は、アイドル状態にあるという。

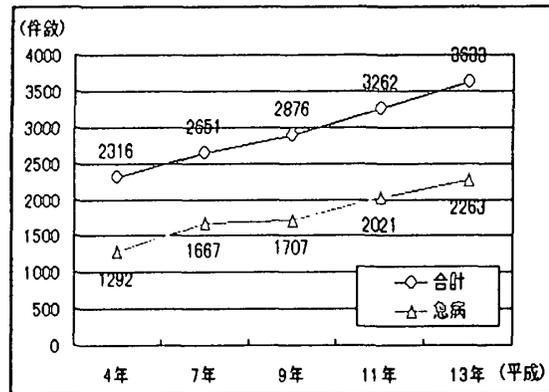


図 1: 過去 10 年間の出動件数の推移

あるサービス要求が発生したとき、サービス中の救急車はこのサービス要求に対応することができない。よって、サービスをおこなう救急車には、サービス可能な状態とサービス不可能な状態がある。このような状態の変化を通常のメディアン問題の枠組みで扱うことはできない。したがって、われわれは稲川ら [3] で提案した手法を A 市における救急車の配備問題に適用し、まず現在の配備の評価をおこなう。最適性の基準は、

- すべての施設がビジー状態である確率 P_b ,
- 救急車の平均現場到着時間 w ,

である [3]。

3. A 市における救急システム

現在 A 市では、4 台の救急車が、本署に 2 台、二つの分署に各 1 台ずつ配置されている。図 2 は A 市の主要道路地図と、救急車格納施設の位置を示した図である。A 市の東部は山間部であり、発生件数は少ないが、1 回の出動には比較的長い移動時間を必要とする。市街地は図 2 中の 本部 付近に集中しており、発生件数も多い。また、近年南部に多くのマンションが建設され、この付近の発生件数の増加は著しい。

A 市では、市全体を各署へのサービス要求処理割り当ての優先順位により 6 つの管区に分類している。たとえば、第 3 管区内で要求が発生したとき、はじめに分署 1 が対応可能であるかを調べる。もし分署 1 がビジー状態であり、これに対応できない場合は、

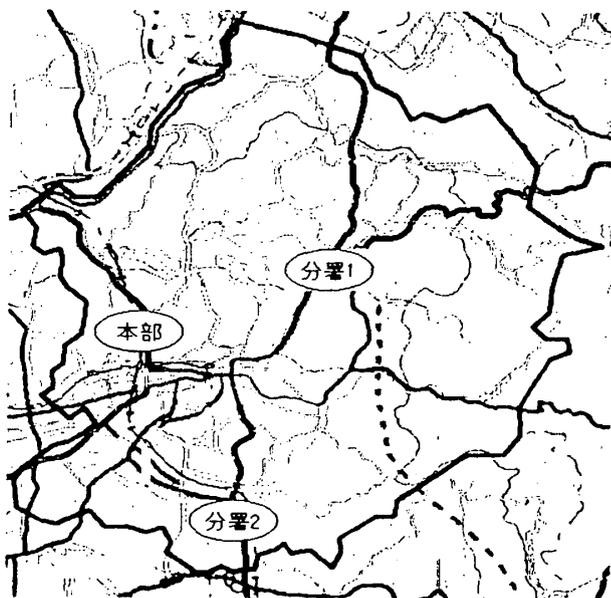


図 2: A 市の主要道路地図と救急車格納施設

二番目の優先順位を持つ本署に処理が回される。もし本署もビジー状態であり、これに対応できない場合は、三番目の優先順位を持つ分署 2 に処理が回される。6つの管区は、それぞれがこのような、異なるサービス要求処理割り当ての優先順位を持つ。これは、稲川ら [3] のモデルにおいて施設が 3箇所に配置されたとき、その施設を核とする 2 次のポロノイ領域は 6 つに分割されるという仮定に対応している。

4. 計算実験

A 市の救急システムをモデル化し、確率という見地からこれを評価する。用いたデータは、A 市における平成 13 年の 8:00 から 22:00 までの発生件数、サービス要求への平均対応時間、そして各距離データである。

われわれは、A 市が実際に使用している 6 つの管区内のそれぞれの人口を求め、総発生件数を管区別の人口の割合で比例配分する。ここから 6 つの管区におけるサービス要求の平均到着時間間隔を求める。また、サービス要求への平均対応時間と距離データにより各救急車がそれぞれの管区に出動したときの平均サービス時間を求める。このとき、救急車の移動速度を 40km/時、移動以外に必要なサービス時間の平均を 40 分と設定する。これらの情報をもとに、以下では大規模な連続時間型マルコフ連鎖を適用して各状態にある確率を計算する。

A 市における現在の体制のシステム評価をおこなうと、すべての施設がビジーである確率 P_b は約 0.0008

と得られる。このときの平均現場到着時間 w は約 4.6743 となる。また、サービス要求が最も近い救急車によって処理される確率は、0.6811 と得られる。この確率は、3箇所の配置場所に少なくとも 1 台の救急車が待機している確率である。次に、現在の 3 施設を利用して、車両台数を変化させた場合のシステム評価についても計算する。表 1 はその主な結果である。これにより、現在 A 市が保有している施設だけを用いた場合は、現在の配置台数が最適であることがわかる。

表 1: 車両台数を変化させたときの計算結果

本部	分署 1	分署 2	P_b	w (分)
2 台	1 台	1 台	7.7757×10^{-4}	4.6743
1 台	2 台	1 台	7.9713×10^{-4}	4.7609
1 台	1 台	2 台	8.7590×10^{-4}	6.4349
2 台	2 台	0 台	8.6922×10^{-4}	6.7408
2 台	0 台	2 台	8.5504×10^{-4}	6.3480
0 台	2 台	2 台	9.5150×10^{-4}	7.9083
3 台	1 台	0 台	9.4279×10^{-4}	7.8644

5. おわりに

今回の研究では、大規模な連続時間型マルコフ連鎖を実際の救急システムに適用し、モデルの実用性を示した。今後は、A 市の消防本部に協力を依頼し、より詳細なデータを用いて計算をおこなう予定である。また課題としては、車両台数を増やしたモデルや、新たな指標の構築などがあげられる。

参考文献

- [1] O. Berman, R. C. Larson and S. S. Chiu, "Optimal Server Location on a Network Operating as an $M/G/1$ Queueing," *Opns. Res.* **33**, 746-770(1985).
- [2] Grace M. Carter, Jan M. Chaiken and Edward Igall, "Response Areas for Two Emergency Units," *Opns. Res.* **20**, 571-594(1972).
- [3] 稲川敏夫, 鈴木敏夫, "連続時間型マルコフ連鎖を用いた配置問題について," 2002 年日本 OR 学会春季研究発表会 アブストラクト集 pp.160-161, 2002.
- [4] Ronald W. Wolff, "STOCHASTIC MODELING AND THE THEORY OF QUEUES," Prentice Hall, Inc., 1989.