

最適化の考え方(2) —救急車の最適配置—

財団法人 消防科学総合センター
研究員 山 瀬 敏 郎

1. 目的関数の定義

ある消防機関にM台の救急車があり、これをNか所の消防署所に最適配置することを考える。最適化を行う場合、まず何をもって最適とするかの指標、すなわち目的関数を明確にしておかなければならない。救急車の最適配置を検討するにあたって、いろいろな目的関数が考えられる。ここでは、出動に一定時間以上を要する救急事案件数を最小にする配置を最適配置とする。具体的には、出動に8分以上を要する一年間の救急事案件数とした。もちろん、地域の実状に応じて5分以上でも10分以上でもかまわない。ここで、出動とは消防署所を出発してから救急事案の発生現場に到着するまでをいう。

救急活動の目的からすると、署所を出発してから患者を病院に搬送するまでの時間を考慮した方がよいように思われる。しかし、病院への搬送は、患者の病状、病院の受け入れ体制などに影響され、救急車の配置には直接関係しない。したがって、上記のように出動時間だけを考えてさしつかえない。

2. 最適化の方法

いま救急車台数(M)は消防署所数(N)より少なく、一つの署所に2台以上配置しないことを前提に、前回で述べた山登り法を用

いて最適配置を求める。そのときのフローを図1に示す。救急事案が地域の特定期所に非常に偏って発生しないかぎり、最適解が一つの署所に2台以上配置するものの中にふくまれることはまずあり得ないと思われる。救急車台数が消防署所数より多い場合も、すべての署所に必ず1台配置するとして同様に解く

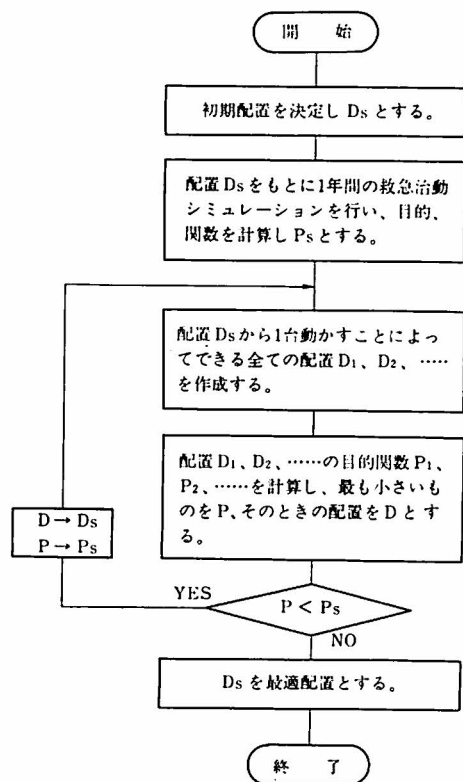


図1 救急車配置の最適化アルゴリズム

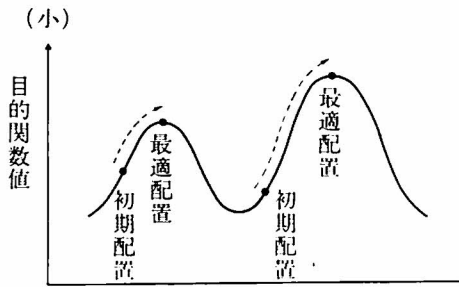


図2 初気配置と最適配置（山登り法）

ことができる。

山登り法により最適化を行う場合、初期配置によって到達する解、すなわち最適解が異なってくる可能性がある。しかし、どのような配置を初期配置とするかについて悩むことはあまり意味がない。図2に示すように、良い（ここでは目的関数が小さい）初期配置からスタートしたからといって、必ずしも良い解が得られる保証はない。したがって、初期配置は適当にきめてやればよく、通常は現状の配置を初期配置としておけばよい。

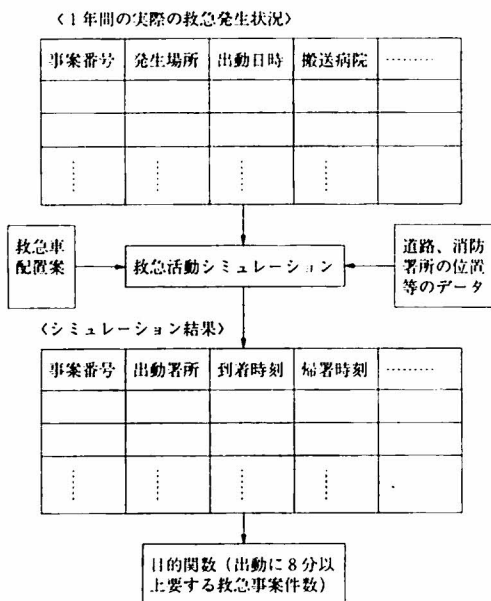


図3 救急活動シミュレーションの概念

3. 目的関数の計算

一つの救急車の配置案に対する目的関数、すなわち出動に8分以上要する救急事案件数は、対象地域における実際の救急発生状況をもとに、一年間の救急活動シミュレーションを実行することにより求める。シミュレーションにより目的関数を計算するときの概念を図3に示す。

4. 救急活動シミュレーション

救急活動の流れは、概ね図4のようになる。通報については救急車の配置と関係がないので除き、出動隊の決定以降についてシミュレーションを行う。目的関数は出動時間だけを考えたが、出動した救急車は、患者の搬送が終わり署所にもどった後でないと次の救急事案に出動できないため、救急活動シミュレーションは出発から帰署までを対象としている。現実には、帰署途中に次の発生場所に出動することもあり得るが、ここでは考慮していない。

5. ケーススタディ

上記に基づいて開発したシステムを実際の

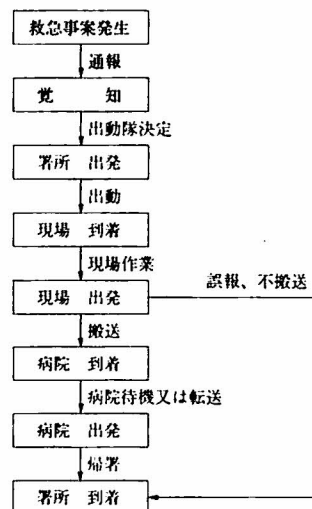


図4 救急活動の流れ

地域に適用しながら、システムの基本的な考え方について概説する。

(1) 対象地域

東京近郊のある都市を対象にケーススタディを行った。当地域には、図5に示すように12の消防署所（A～L）があり、そこに10台の救急車を配置する。同図のように、対象地域を町丁目で区切ることにより地区を設定し、救急事案はこれらの地区の中心で発生するとした。

(2) 救急事案

当地域では、年間に約1万件の救急事案が発生している。ここでは、昭和61年の救急統計から次の項目を取り出し、目的関数を計算するための救急活動シミュレーションの入力とした。すなわち、昭和61年の救急発生状況をもとに救急車の最適配置を行ったことになる。

- ・発生場所（町丁）
- ・出勤日時



図5 ケーススタディ対象地域

- ・現場作業時間
- ・搬送の有無、搬送場所（町丁）
- ・転送の有無、転送場所（町丁）

個々の事案に関するこれらの項目から、

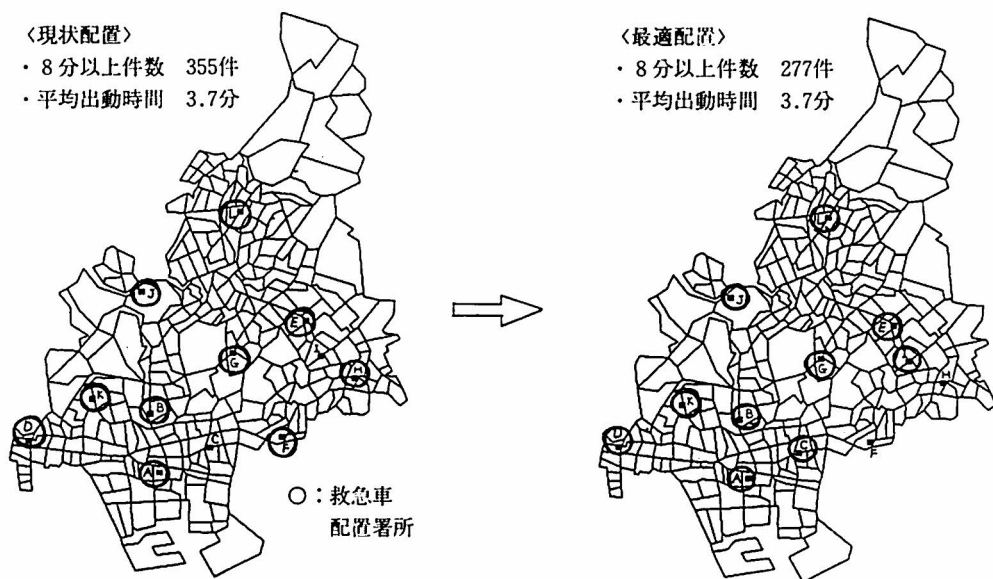


図6 救急車配置の最適化

ある配置案に基づいて出動署所を決定し、出動、搬送、転送、帰署に要する時間を計算することにより、1年間の救急活動のシミュレーションを行い、目的関数の値を計算する。

(3) 救急車の走行

市街地図をもとに道路ネットワークを設定し、救急車はネットワークの最短経路を通して走行するとした。走行速度は、出動、搬送、転送時が600m／分（36km／時）、帰署時が300m／分（18km／時）としている。

(4) 救急車の出動順位

通常、救急車が配置してある署所ごとに、救急車の出動範囲が決められている。しかし、最適配置を求める場合には、現在救急車が配置されていない署所に配置したときの活動シミュレーションも行う必要がある。したがって、各地区に対して、ネットワーク上の走行距離の近い順に第1から第12まで出動署所を決めておき、出動順位が高く、かつ救急車が待機中の署所から出動するものとした。

(5) 救急車配置の最適化

現状の救急車の配置を初期配置として上記のシステムを適用した結果、図6に示すような最適配置が得られた。目的関数である出動に8分以上要する救急事案件数は、355件から277件に減少している。ただし、1件あたりの平均出動時間はいづれも3.7分ではほとんど変化していない。

また、現状配置と最適配置における消防署所別の出動比率は、図7のようになった。両者を比べると、最適配置の方が偏りが少なくなっていることがわかる。

6. おわりに

ここで述べたケーススタディは、システムのテスト的な性質のものであり、地域の評価を行ったものではない。実際に地域の評価を行うにあたって、信頼性の高い結果を得るためには、救急車の走行をできるだけ現実に近いかたちでシミュレートすることが最も重要である。したがって、道路ネットワークの形状はもとより、走行速度を道路や時刻（昼夜間）によって変えるなどの配慮が必要になる。

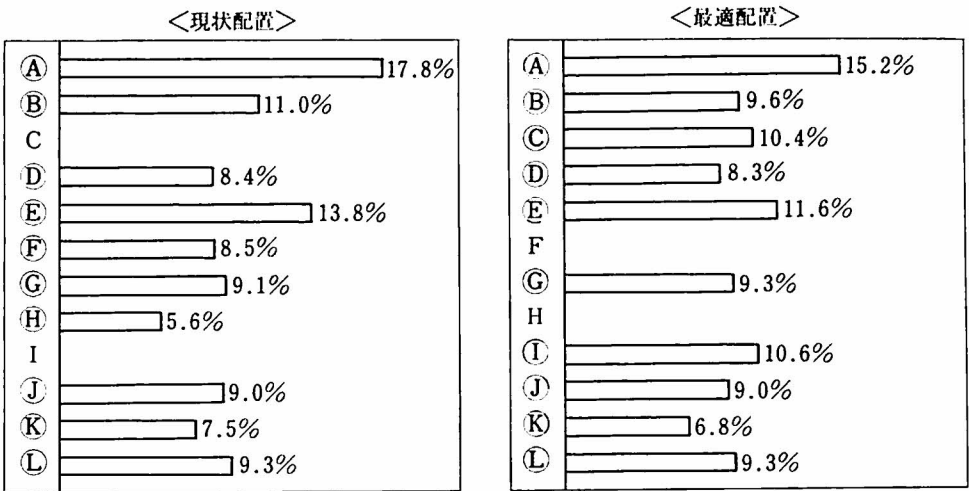


図7 消防署所別の救急車出動比率