

愛知県 瀬戸市における 救急車の管区割り問題について

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、事例研究として愛知県瀬戸市における救急車の管区の最適化を紹介する。瀬戸市は西側に都市部、東側に山間部を持ち、東西に12.8km南北に13.6kmと広がっている。平成16年6月現在、同市には49,312世帯、132,101人が暮らしている。平成15年の救急出動件数は4,275件であり、その件数は年々増加している。瀬戸市における平成4年の人口は127,454人であり、同年の出場件数は2,316件である。この13年間の人口増加率は1.0365ほどであるのに、出動件数の増加率は1.8459ときわめて高い。このことから、救急車システムへの期待が高まっていることがわかる。われわれは救急車システムの改善を目的として、適正な管区を提案する。また、同市では2004年3月に新しくトンネルが開通する。これにともなう管区の変化についても考察をおこなう。

2. 管区について

現在瀬戸市は4台の救急車を持ち、本署に2台、東署と南署にそれぞれ1台ずつ配備されている(図1参照)。急病人の搬送依頼などのサービス要求が発生したとき、その発生現場に最も近い署の救急車がこれに対応する。しかしながら、最も近い救急車がすでに他のサービス要求に対応中である場合は、このサービス要求に対応できないので、その次に近い救急車に対応する。このように、特定の地区の住民は救急車に対する割当優先順位を持っている。この割当優先順位によって分けられた地区を、瀬戸市消防本部では管区と呼んでいる。瀬戸市の管区の数6であり、これは署の数3の順列の総数に対応する。

瀬戸市の管区は、実際に距離などを計測して作られたものではなく、市の成り立ちに沿いながら、長年の経験を用いて作られたものである。よって、現在の管区が適正な管区であるかどうかはわからない。また、2004年3月には本署と南署の間に新しくトンネルが開通する。これを受けて瀬戸市では、同年同月に管区の見直しをおこなう。われわれは線形計画法を用いて適正な管区を求め、見直しの原案として妥当な管区を提案する。

3. 管区の作成

管区の決定には移動距離、または到着時間の最小化を目的とする単純な線形計画法を用いる。われわれは瀬戸市の管区割り問題を以下のように定式化する。

$$\begin{aligned} \min. \quad & \sum_j \left\{ (\alpha d_{1j} + \gamma d_{2j} + \beta d_{3j}) x_{j1} \right. \\ & + (\alpha d_{1j} + \beta d_{2j} + \gamma d_{3j}) x_{j2} \\ & + (\beta d_{1j} + \alpha d_{2j} + \gamma d_{3j}) x_{j3} \\ & + (\beta d_{1j} + \gamma d_{2j} + \alpha d_{3j}) x_{j4} \\ & + (\gamma d_{1j} + \beta d_{2j} + \alpha d_{3j}) x_{j5} \\ & \left. + (\gamma d_{1j} + \alpha d_{2j} + \beta d_{3j}) x_{j6} \right\}. \\ \text{s.t.} \quad & \sum_k x_{jk} = 1, \quad \forall j. \end{aligned}$$

ここで、 d_{ij} は i 署から j 町丁目までの距離または到着時間であり、 α, β, γ は、十分な大きさを持ち $\alpha > \beta > \gamma$ の関係を保つ任意定数である。

4. 管区作成計算結果とその評価

はじめに瀬戸市で実際に使用されている管区を表現する(モデル1)。次にゼンリン電子地図帳Z6で各署からそれぞれの地区(町丁目単位)までの最短距離行列 $\{d_{ij}\}$ を計測し、移動距離最小化となる管区を作成する(モデル2)。さらに平成13年から15年の瀬戸市消防本部救急データを用い、各署からそれぞれの地区までの3年間の平均到着時間を求める。また、データ数の少ない(5件未満)地区に対しては、3年分のデータを用いて回帰分析をおこなう。回帰分析は都市部と山間部では移動速度に差があるため、各署から管区1,2,管区3,4,管区5,6への出場をそれぞれ区別しておこない、簡単のためすべて原点を通る一次関数とする。これらを併せて平均到着時間行列 $\{d_{ij}\}$ を作成し、総平均到着時間の最小化をおこなう(モデル3)。

最後に、トンネルの効果を考慮するため、トンネルの効果が強くあらわれると思われる管区1,2,5,6の各地区から本署と南署までの最短距離を同じくゼンリン電子地図帳Z6により求め、トンネルを考慮した平均到着時間行列 $\{d_{ij}\}$ を作成し、総平均到着時間の最小化をおこなった(モデル4)。また、すべてのモデルにおいて α, β, γ はそれぞれ100,10,1とし、計算には、数理計画ソフト What's BEST! を用いた。図1から4は、それぞれのモデルの計算結果である。

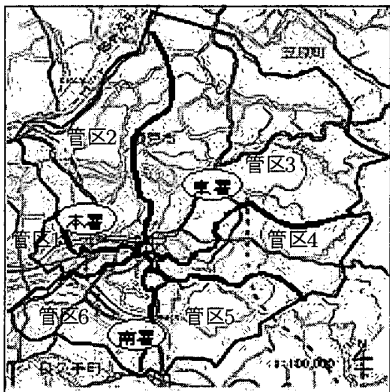


図 1: 瀬戸市の実際の管区

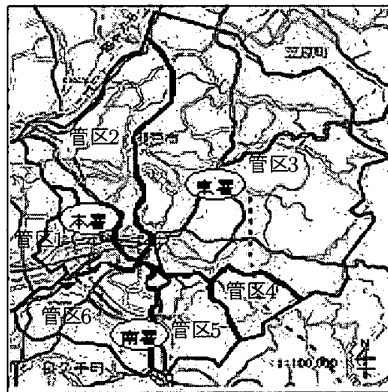


図 2: 距離のみで計算した管区

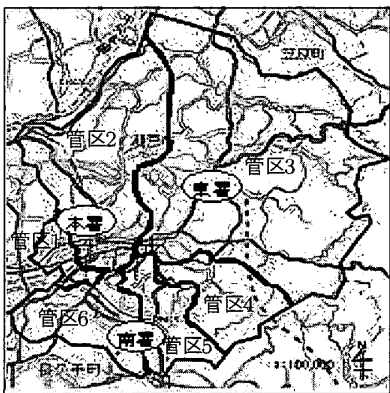


図 3: データより計算した管区

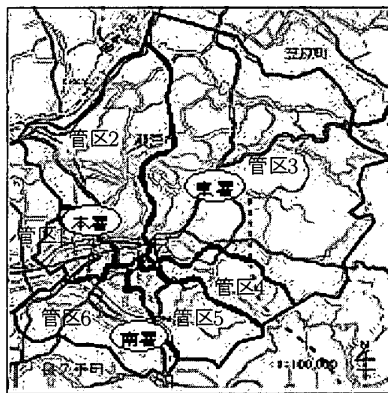


図 4: トンネルを考慮した管区

表 1: 各管区の割当優先順位

管区番号	割当優先順位
管区 1	本署→南署→東署
管区 2	本署→東署→南署
管区 3	東署→本署→南署
管区 4	東署→南署→本署
管区 5	南署→東署→本署
管区 6	南署→本署→東署

表 2: 性能評価の計算結果

モデル	r	P_b
1	4.4893	0.0021
2	4.4369	0.0018
3	4.3995	0.0019
4	4.3483	0.0019
5	4.4104	0.0018
6	4.4600	0.0018

この結果が妥当であることを示すため、稲川ら [2] のモデルを用い、連続時間型マルコフ連鎖を適用して管区の性能評価をおこなう。性能評価には、

- 救急車の平均現場到着時間 r ,
- ブロッキング率 P_b ,

の二つの指標を用いる。ここでブロッキング率 P_b とは、すべての救急車がビジー状態である確率であり、 $P_b \leq .01$ であれば十分であると仮定する。また、性能評価に用いたデータは、平成 15 年一年間の 8:00 から 22:00 までの出場件数、サービス要求への平均対応時間、各平均到着時間行列 $\{d_{ij}\}$ である。

計算結果は表 2 にまとめてある。モデル 1,2,3 の性能評価にはモデル 3 の管区割り方で求めた到着時間行列 $\{d_{ij}\}$ を用い、モデル 4 にはトンネルの効果を組み入れた到着時間行列 $\{d_{ij}\}$ を用いている。

5. 重複配備の効果

現在瀬戸市では、本署に 2 台の救急車が配備されている。しかしながら、管区の決定にこの効果は取り入れられていない。そこで、本署までの到着時間とそれ以外の署までの到着時間を .9:1.1 で割った到着時間で管区を決定した場合の性能評価をおこなう。この距離をモデル 3 と 4 に適用して管区を決定する。ただし、性能評価に用いる到着時間行列はモデル 3, 4 と同じものを使用する。

モデル 3 と 4 にこれを適用した結果 (モデル 5, 6) は、それぞれ平均到着時間 $r = 4.4104, 4.600$ となり、ブロッキング率 $P_b = 0.0018, 0.0018$ を得る。よって、モデル 3, 4 の方がモデル 5, 6 より平均到着時間が小さいということがわかる。

6. おわりに

今回の研究では、適正な管区を求め、またその性能評価をおこなうことができた。また、トンネルの新設という効果をモデル内に組み入れ、新たな管区の提案をおこなうことができた。さらに、いくつかの管区の性能評価により、管区の作成には重複配備の効果を取り入れないべきであることがわかった。

参考文献

[1] R. C. Larson, "Hypercube Queueing Model for Facility Location and Redistricting in Urban Emergency Service," *Comput. & Opens. Res.*, Vol. 1, pp.67-95(1974).

[2] 稲川敬介, 鈴木敦夫, "連続時間型マルコフ連鎖を用いた緊急車両の最適配備問題について," 2004 年日本 OR 学会和文論文誌 47, 2004 (掲載予定).

[3] Ronald W. Wolff, "STOCHASTIC MODELING AND THE THEORY OF QUEUES," Prentice Hall, Inc., 1989.