

モンテカルロ法による配置密度算出

森脇 康介 今野 貴洋 古川 嘉識 廣田 剛久

NTTコムウェア株式会社

1. はじめに

消防署の配置や AED(自動体外式除細動器)の配置、駆けつけサービスなど、公共性の高いサービスや不偏性が求められるサービスにおいては、どこにいても一定時間内にそのサービスを受けられることが求められる。どこにいても高い確率でそのサービスを受けられるようにするためには、その設備や拠点の配置密度を高めることが求められるが、社会的または経済的な理由等により、制限を伴うことも少なくない。このため設備や拠点の必要最低限の配置密度を試算し、サービスの提供可能性を評価する手法が必要となる。[1]などのように試算の条件が複雑な場合や確率的な要素を含む場合など解析的な方法で行うことができない場合には、個別のサービスに応じて条件化し、モンテカルロ法によるシミュレーションにより試算する手法がある。消防署や AED の配置では、サービス提供者の位置が固定であるが、本稿では、児童に危険が起こった際に地域住民によるボランティアが駆けつけるというサービスを対象とする。そしてサービス提供が駆けつけ確率に依存するモデルにおいてサービスの享受者(児童)と提供者(ボランティア)双方の位置が非固定であることよりモンテカルロ法による試算方法を提案した上で、シミュレーションによりボランティア配置密度を試算・評価する手法を示す。

2. モンテカルロ法の適用

配置密度をモンテカルロ法で求めるためには、次のような方法が考えられる。

1. サービスエリアを想定したシミュレーションのための領域を設定し、領域内にサービス提供のための設備・拠点が i 箇所($i=0,1,2,\dots$) 存在するとき、
 - ◆ 領域内の任意の格子点 (x,y) が、 i 箇所の設備・拠点のうち少なくとも 1 箇所からサービスを受けられる確率を $S_i(x,y)$ で表し、全ての (x,y) について $S_0(x,y)=0$ とする。
 - ◆ i 番目の設備・拠点 V_i がサービス可能距離

r を半径とする円内の格子点にサービスを提供できる確率を Q_i で表し、サービスを提供する機会の確率密度分布に従った乱数とする。

- ◆ 領域内の任意の格子点 (x,y) が、 i 番目の設備・拠点 V_i からサービスを受けられる確率を $P_i(x,y)$ で表し、次の値をとる。

- $((x_i, y_i)$ までの距離 $\leq r$ となる (x,y) について $P_i(x,y)=Q_i$
- $((x_i, y_i)$ までの距離 $> r$ となる (x,y) について $P_i(x,y)=0$

2. i 番目の設備・拠点 V_i を設置し($i=1,2,3,\dots$)、全ての格子点 (x,y) で次式より $S_i(x,y)$ を求める。

$$S_i(x,y)=S_{i-1}(x,y)+(1-S_{i-1}(x,y))P_i(x,y)$$

3. 設備・拠点 V_i の位置 (x_i, y_i) から r を半径とする領域が、シミュレーション領域の境界を越える場合は、シミュレーション領域がトラス形をしているものとする。

4. $\min(S_i(x,y))$ が一定以上となった時点でシミュレーションを停止。配置した総設備・拠点数 i をシミュレーション領域の面積で除して単位面積当たりの設備・拠点の配置密度とする。

このようにして求めた配置密度が、
 (求めた配置密度) \leq (実現可能な配置密度)
 を満たせるかを評価する。

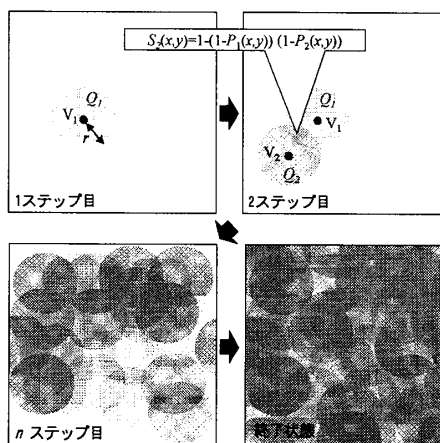


図 1: モンテカルロ・シミュレーションの概要

以上の方法を、ボランティア駆けつけモデルに適用した場合の評価結果を以降で紹介していく。

Calculation of service density based on Monte Carlo simulation

Kosuke MORIWAKI, Takahiro KONNO,
 Yoshinori FURUKAWA, Takehisa HIROTA
 NTT COMWARE CORPORATION

3. ボランティア駆けつけモデル

昨今報じられることが多い、児童が巻き込まれる事件・事故の対策として、図2のようなシステム・モデルを定義した。

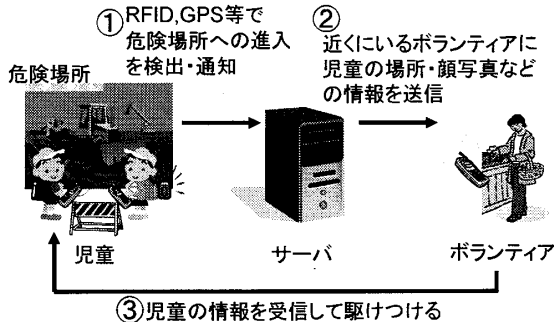


図2: ボランティア駆けつけモデルの概要

一般の警備会社が駆けつけるような機械警備サービスにおいては、各自治体が通報から現地到着までの努力目標値を25分として設定していることが多い。この25分を本ボランティア駆けつけモデルでも努力目標値として設定した場合、システムの操作時間等を差し引き、ボランティアの駆けつけ速度や、GPSの最大誤差などを考慮すると、駆けつけ可能な半径 r は1500m弱であった。また、専業主婦・パートタイマーを対象としてボランティア参加可否動向をアンケートにより調査すると同時に、GPS携帯電話を貸与し、位置情報を収集することで外出動向も調査し、曜日別・時間帯別にボランティアの駆けつけ可能な確率の確率密度分布を求めた。この確率密度分布に従う確率で、駆けつけ可能な範囲に駆けつけるという条件で、モンテカルロ法によるシミュレーションを適用した。

4. 結果と考察

以下、ボランティアへの連絡が確実に取れるように、例えば9人分(低学年×平均クラス数より3学年×3クラス分とした)のボランティアが選出できる条件を想定して評価を行う。表1はモンテカルロ法によるシミュレーションを実施し駆けつけに必要なボランティア密度を求めた結果である。1人を選出するのに必要なボランティア密度を求め9倍することで、9人を選出するために必要なボランティア密度としている。

表1: 駆けつけに必要なボランティア密度[人/km²]

	平均	平均×9
平日8:00~8:30	1.87	16.8
平日13:00~15:00	1.20	10.8
休日8:00~18:00	1.13	10.2
全曜日8:00~18:00	1.52	13.6

これを使って実際の自治体にボランティア駆けつけモデルを導入した場合、

(求めた配置密度) ≤ (実現可能な配置密度) を満たす範囲を定量的に評価し確認する。具体的には次の式を用いて、ある都道府県の自治体に適用した場合で評価した。

$$\frac{M}{S_a} \times L \leq \frac{C}{S_b} \times \frac{G \times (1-E) \times B \times P}{R}$$

- M:モンテカルロ・シミュレーションで算出したボランティア数
- L:ボランティアリスト数
- S_a:シミュレーション面積
- S_b:自治体の面積
- C:自治体の児童数
- G:低学年率
- E:正社員率
- B:複数児童養育を考慮する係数
- P:参加率
- R:宅地率

自治体ごとに想定される実現可能なボランティア配置密度を表2に示す。シミュレーション結果より16.8人/km²以上のボランティア密度が確保できるのは人口遍在(宅地率)を考慮しない(R=1とする)場合K市まで、考慮する場合S町までサービスが可能であることがわかる。また、選出するボランティア数を少なくするなどの対応によりカバーできる範囲を広げることが可能と考えられる。

表2: 想定される実現可能なボランティア配置密度

市町村名	面積[km ²]	児童数	面積[km ²]あたりの想定ボランティア数
A市	17	10,500	61.70
B市	21	9,100	44.14
C市	61	25,900	42.85
D市	57	23,100	40.84
E市	86	31,100	36.75
F市	21	5,700	27.47
G市	35	8,100	23.12
H市	51	11,500	22.65
I市	272	51,900	19.32
J市	115	21,300	18.76
K市	43	7,200	16.91
L市	35	4,900	14.29
M市	35	3,400	9.68
R村	28	800	2.97
S町	23	600	2.77
T市	110	2,500	2.27
U市	146	3,300	2.26

5. まとめ

本稿では、モンテカルロ法を用いて位置が非固定であるサービス提供者の必要密度を算出する一手法を示した。この手法をボランティア駆けつけモデルに適用し、本稿で示した評価方法を使って実際の自治体に適用すると、駆けつけ努力目標値である25分以内の駆け付けが広範囲で可能であることがわかった。本手法により他のサービス等でも、サービス提供者の位置が固定でなくても、コストを掛けずに、パラメータを調整しながらシミュレーションを繰り返し、実施可否やその条件を検討することが可能となる。例えば、タクシーの配車モデルや警察官のパトロールモデルなどの応用が考えられる。

参考文献

- [1]国土交通省 都市計画運用指針 防災街区整備地区計画作成技術指針(参考)「特定地区防災施設の配置ピッチ、配置密度について」