

救難活動モデルに関する検討

九州大学大学院 学生会員 古川 隼 正会員 松永 千晶
 正会員 大枝 良直 正会員 角 知憲

1. はじめに

1995年1月17日に発生した阪神淡路大震災においては多くの人々が倒壊家屋のガレキの下に生き埋めになり、消防・自衛隊や周辺住民の人々によって救難活動が行われた。災害で生き埋めになった場合、生残率は時間とともに低下するため、数日以内に救助する必要がある。

そこで、本研究においては救出速度を向上する方法を考えるための基礎的なモデルを構築することを目的とする。

2. 救難活動モデルの基本的概念

①救難活動モデルにおける仮定

搜索速度 V を次式で定義する。

$$V = KR^a \tag{1}$$

ここに、 K : 速度係数、 a : 速度パラメーター、 R : 被災密度で、ここでは面積当たりの被災者数で代表する。被災者発見救出確率 Q は一定とし、 $Q = Q_0$ とする。また、救出活動は1日ごとに行うものとし、1日一定時間搜索を行って引き上げ、次の日は前日に搜索したエリアについては速度を速めて搜索し、外のエリアに搜索を広げていくものとする。搜索エリア S の上限は S_0 とする。

②救難活動モデルの概要

(A)第1日目の活動

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{搜索速度 } V_1^1 = K [R_1^1]^a \tag{2} \\ \text{搜索エリア } S_1 = V_1^1 \times 1 \equiv V_0 \tag{3} \\ \text{エリア } S_1 \text{ 内搜索時間 } t_1^1 = 1 \tag{4} \\ \text{救出確率 } P_1^1 = Q_0 R_1^1 = Q_0 R_0 \equiv P_0 \tag{5} \\ \text{ } S_1 \text{ 内被救出者率 } q_1^1 = P_1^1 S_1 = P_0 S_1 \tag{6} \\ \text{1日目全領域救出者率 } q_T^1 = q_1^1 \tag{7} \end{array} \right.$$

(B)第2日目の活動

1). S_1 内

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{搜索速度 } V_1^2 = K [R_1^2]^a \tag{8} \\ \text{面積当たり被災者数 } R_1^2 = R_1^1 [1 - q_1^1] \tag{9} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{エリア } S_1 \text{ 内搜索時間 } t_1^2 = S_1 / V_1^2 \tag{10} \\ \text{救出確率 } P_1^2 = Q_0 R_1^2 \tag{11} \\ \text{ } S_1 \text{ 内被救出者率 } q_1^2 = P_1^2 S_1 \tag{12} \end{array} \right.$$

2). S_1 外方の S_2

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{搜索速度 } V_2^2 = V_1^1 = V_0 \tag{13} \\ \text{面積当たり被災者数 } R_2^2 = R_1^1 = R_0 \tag{14} \\ \text{エリア } S_2 \text{ 内搜索時間 } t_2^2 = 1 - t_1^2 \tag{15} \\ \text{搜索エリア } S_2 = V_2^2 t_2^2 \tag{16} \\ \text{救出確率 } P_2^2 = Q_0 R_2^2 \tag{17} \\ \text{ } S_2 \text{ 内被救出者率 } q_2^2 = P_2^2 S_2 \tag{18} \\ \text{2日目全領域被救出者率 } q_T^2 = q_1^2 + q_2^2 \tag{19} \end{array} \right.$$

(C)第 n 日目の活動

1). S_1 内

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{搜索速度 } V_1^n = K [R_1^n]^a \tag{20} \\ \text{面積当たり被災者数 } R_1^n = [1 - q_1^{n-1}] R_1^{n-1} \tag{21} \\ \text{エリア } S_1 \text{ 内搜索時間 } t_1^n = S_1 / V_1^n \tag{22} \\ \text{救出確率 } P_1^n = Q_0 R_1^n \tag{23} \\ \text{ } S_1 \text{ 内被救出者率 } q_1^n = P_1^n S_1 \tag{24} \end{array} \right.$$

2). S_m 内 ($m < n$)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{搜索速度 } V_m^n = K [R_m^n]^a \tag{25} \\ \text{面積当たり被災者数 } R_m^n = [1 - q_m^{n-1}] R_m^{n-1} \tag{26} \\ \text{エリア } S_m \text{ 内搜索時間 } t_m^n = S_m / V_m^n \tag{27} \\ \text{救出確率 } P_m^n = Q_0 R_m^n \tag{28} \\ \text{ } S_m \text{ 内被救出者率 } q_m^n = P_m^n S_m \tag{29} \end{array} \right.$$

3). S_n 内

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{搜索速度 } V_n^n = V_0 \tag{30} \\ \text{面積当たり被災者数 } R_n^n = R_0 \tag{31} \\ \text{エリア } S_n \text{ 内搜索時間 } 1 - \sum_{m=1}^{n-1} t_m^n \tag{32} \\ \text{救出確率 } P_n^n = Q_0 R_0 \tag{33} \\ \text{ } S_n \text{ 内被救出者率 } q_n^n = P_n^n S_n \tag{34} \end{array} \right.$$

4). $S_n = S_0$ ($n+1$ 以後)

(C)の2). 項のみ

$$n \text{ 日目全領域被救出者率 } q_T^n = \sum_{j=1}^n q_j^n \tag{35}$$

なお、下添字は搜索エリア区分を、上添字は搜索日数

を示す。

3. 阪神大震災へのモデルの適用

初期パラメーターを決定するため、阪神大震災における消防活動の記録を基にモデルを適用した。この際、各消防署によって救出活動がまちまちであるために各消防署の平均を対象とした。救出速度 V は R_0 を基準として定義した。面積当たりの被災者数 R_0 の初期値は不明であるために $R_0 = 1$ とし、搜索エリアの上限 S_0 は $S_0 = 1$ とした。

モデルの適用結果を実測値と共に図-1に示す。この時、パラメーターの値はそれぞれ $K_0 = 0.73$ 、 $Q_0 = 0.37$ 、 $a_0 = -0.98$ であった。

4. 救難活動の推定結果及び考察

図-2の(A)に速度係数 K を固定して被災者発見救出確率 Q を変化させた時、図-2の(B)に Q を固定して K を変化させた時の被救助者人数変化を示したグラフをそれぞれ示す。図-2の(A)より K を固定して Q を変化させた場合、初期段階での被救助者人数が実測値と比較してかなり多くなった。図-2の(B)より Q を固定して K を変化させた場合、初期段階における被救助者人数は実測値と比較して若干増加したものの、 K を固定して Q を変化させた場合よりも少なかった。これは、被災者発見救出確率 Q を高めたほうが搜索速度を速めて同じ場所を何回も搜索するよりも効率的であることを示している。

5. おわりに

本研究では、救難活動モデルの構築とその適用性について検討した。その結果、搜索速度 V を速めて同じ場所を何回も搜索するよりも被災者発見救出確率 Q を上げるほうが効果的であることが分かった。今後の課題としては、被災者発見救出確率のパラメーターに救難活動時における各種装備等の要因、例えば被災者を発見するための装備と被災者を救出するための装備との区別、速度係数と実災害データとの比較検討、さらに被災密度の評価を組み込むことによりモデルの信頼性を更に向上させることにある。また、地震災害予想モデル等にも組み入れて総合的な災害予想モデルへと発展させることである。

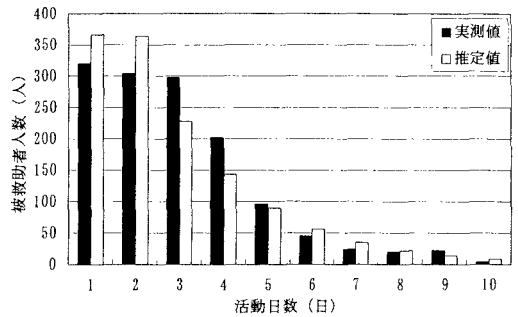


図-1 初期パラメーター推定時の被救助者人数変化を示したグラフ

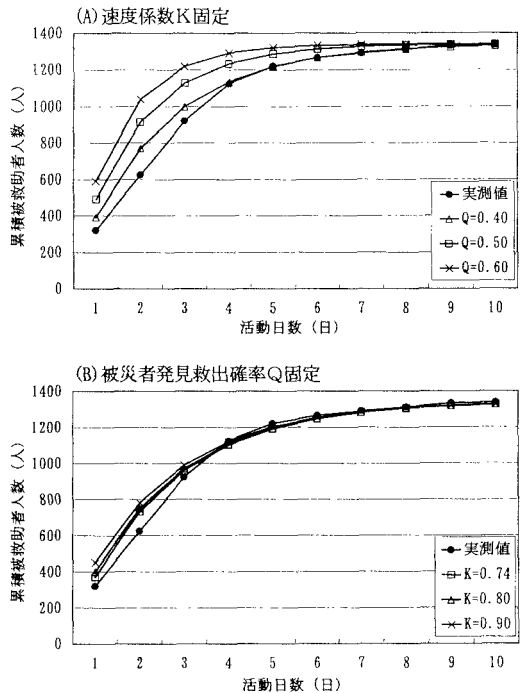


図-2 速度係数 K を固定、又は被災者発見救出確率 Q を固定させたときの被救助者人数の変化を示したグラフ

6. 参考文献

- 1) 神戸市消防局編集：阪神淡路大震災における消防活動の記録，神戸市防災安全公社・東京法令出版，平成7. 5. 25