

## 神戸市における震災時の消防計画と消防部隊訓練システムに関する一考察

### *One Consideration on the Fire Protection Plan and the Fire-brigade Training System in Kobe City*

上村 雄二\*, 木下 茂信\*\*, 坊池 道昭\*\*\*, 矢野 公一\*\*\*\*, 高井 広行\*\*\*\*\*

By Yuji UEMURA, Sigenobu KINOSHITA, Michiaki BOUIKE, Kouichi YANO and Hiroyuki TAKAI

In this paper we describes the fire protection plan in Kobe City and the fire-brigade training system based on the detailed simulation of fires spread. This system was based on event oriented, and the trainees were required quick decisions of commands or fire fighting actions. This system provides various conditions of training. The results were estimated with fire continuous times and the numbers of burned house and others.

*Keywords: Fire Protection Plan, Fire-brigade Training System, Simulation*

#### 1. はじめに

兵庫県南部地震では、消防部隊の不足から、同時に発生した多数の火災、救助事案に対し充分に対処することができなかつた。また、災害防御活動を支える情報の収集伝達、食料、飲料水等の物資補給、資機材、燃料等の後方支援も充分に行えず、効率的な部隊活動ができなかつた。神戸市においては、これらの教訓を踏まえ、大規模災害時の初動段階において、

キーワード: 防災計画、シミュレーション

\*正員 神戸市消防局予防部予防課

(〒650 神戸市中央区加納町 6-5-1)

TEL:078-325-8511 FAX:078-325-8529

\*\*非会員 神戸市消防局予防部予防課

(〒650 神戸市中央区加納町 6-5-1)

TEL:078-325-8511 FAX:078-325-8529

\*\*\*非会員 兵庫消防署主幹

(〒650 神戸市兵庫区荒田町 1-21-1)

TEL:078-512-0119

\*\*\*\*正会員 応用技術(株)

(〒530 大阪市北区南森町 1-2-23)

TEL:06-363-3031 FAX:06-363-4896

\*\*\*\*\*正会員 近畿大学工学部建築学科 教授

(〒739-21 東広島市高屋うめの辺1番)

TEL:0823-34-7000 FAX:0824-34-7011

同時多発災害に対応できるよう、消防力の強化、業務執行体制の充実を図る消防計画を作成している。

今回の震災では、本部管制機能では対応できず、部隊運用や活動統制などを各消防署単位で行わざるを得なかつた。通信回線の途絶や輻輳などにより本部管制機能が十分に機能しない場合に個々の出動部隊が明確な権限と責任のもとで円滑な現場活動が行えるように、大規模災害時の出動指令、無線運用、指揮体制のあり方なども含めたより実践的で総合的な消防活動指針マニュアルを作成しており、それに沿った実践的な研修、訓練の実施が重要である。

現在、神戸市消防局が行っている消防隊の訓練は、毎回テーマを決めて実施されている。それは、各人の任務分担を事前に定め、それぞれがその役割を忠実に遂行することに主眼が置かれている。しかし、最初にテーマが定められているため、動きが決まってしまう、訓練の効果が薄い。

ここでは、詳細な延焼シミュレーションシステムをベースとした消防部隊訓練システムを構築したので報告する。同システムにおいては、活動隊の構成員が訓練中の動きを瞬時に判断することが要求され、その行動の良否が判定されるなど自由度の高いシミュレーション訓練が可能となっている。

## 2. 神戸市の消防計画

神戸市の消防計画は、震災における教訓を踏まえ、大規模災害時においても市民の安全を確保することができる消防体制の実現を目指すことにある。

この計画は、消防の体制の強化から市民の防災への対応力を高める等多岐にわたっているが、ここでは、大規模災害時においても消防活動力を維持し、迅速で統制のとれた現場活動や情報活動が実現できるように、計画した部分を、簡単にまとめて記載する。

### (1) 消防組織の充実

#### a. 消防部隊の増強

専任救助隊の増隊、指揮体制の充実、災害活動を支える後方支援体制の整備、車両、資機材の充実に図る。

#### b. 勤務体制の改善

隔日勤務者の勤務体制を3部交代制に改め、隊員任務の固定化を図る。

#### c. 消防署の業務執行体制の充実

#### d. 消防本部組織の充実

### (2) 初動体制の強化

#### a. 職員待機寮の整備

短時間に職員を召集できるよう、旧市街地の消防署・出張所の建替え時に順次職員待機寮を整備する。

#### b. 非常召集体制の見直し

非常召集システムや参集場所・方法を抜本的に見直し、実効のあがるものにする。

#### c. 災害初期の市職員の応援

市の組織力を生かし、災害初動段階において消防職員以外の市職員が防災活動を行う仕組みづくりを検討する。

#### d. ヘリコプターによる情報把握

ヘリコプターの365日24時間稼働体制を確立する。また、ヘリコプター運行情報システムの導入

### (3) 情報通信体制の整備

#### a. 通信衛星(スーパーハート)を利用した画像伝送システムの導入

広域的な応援を必要とする大規模な災害が発生し

た場合に災害情報をいち早く伝達し、国の機関等による状況把握や初動対応がスムーズに行えるよう通信衛星(スーパーハート)を利用した画像伝送システムを導入する。

#### b. 新通信システムの導入

消防活動用業務無線にデジタル方式による新通信システムを導入する。

#### c. 代替回線の確保

中継器の故障等による無線の途絶化を防止するために市内5カ所の無線中継基地の回線をループ化するなど、代替ルートの確保を進める。

### (4) 多様な消防水利の確保

#### a. 雨水、下水処理水等の利用

海水利用システムの構築、河川での取水ピットの設置、雨水貯留システムの整備、雨水幹線の利用

#### b. 生活用水等との兼用

飲料水兼貯水槽の設置、学校プールの利用、公園の親水化等生活用水との兼用を図る。

## 3. 消防部隊訓練システムの概要

消防部隊訓練システムは、延焼シミュレーションシステムをベースとし、任意に設定された地区、気象条件のもとで、1ステップ毎に表示される延焼状況画面のなかで、訓練受講者は、その時点で可能な指揮判断、部隊展開を選択し、訓練を行う。選択された指揮判断、部隊展開は、延焼シミュレーションの消防力の変化に反映され(火災重量の減少、着火条件の変化等)、その後の延焼状況が変化する。訓練の良否は鎮圧までの所要時間や延焼棟数で評価され、また、訓練結果はデータベースに保存される。システム構成の概要を図1に示す。なお、本システムはWindow95環境下のパソコン上で稼動する。

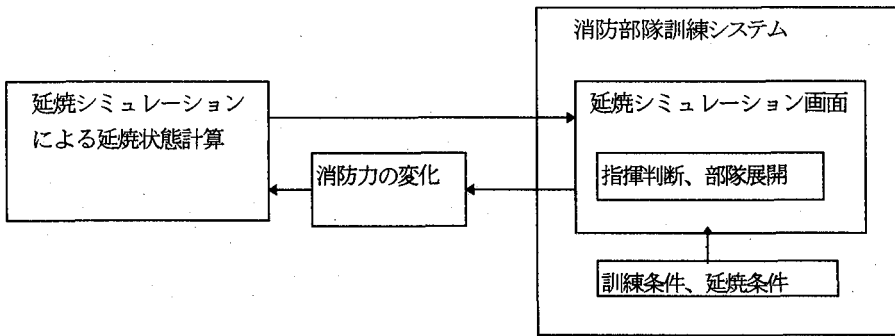


図1 消防部隊訓練システムの構成

#### 4. 消防部隊訓練システムの機能

消防部隊訓練システムは、大きく訓練データ作成機能、訓練受講機能、訓練結果表示機能から構成される。消防部隊訓練システムの機能構成を図2に示す。

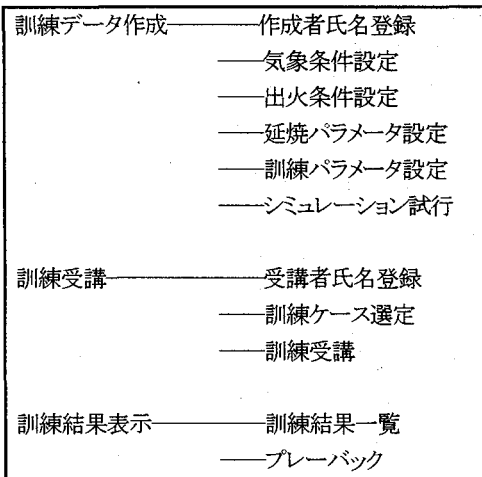


図2 消防部隊訓練システムの機能構成

##### (1) 訓練データ作成機能

訓練データ作成機能は、作成者氏名登録機能、訓練対象地区選定機能、気象条件選定機能、出火条件設定機能、延焼パラメータ設定機能、訓練パラメータ設定機能、シミュレーション実行機能からなる。

訓練パラメータ設定では、訓練に関連するパラメータの設定を行う。パラメータの設定項目を以下に示

す。

- 出火から通報までの所要時間
- 通報から出動指令までの所用時間
- 出動までの所要時間
- 出動から現場到着までの所要時間
- 現場到着から火災状況確認所要時間
- 現場到着から水利部署選定所要時間
- 部隊増強要請から現場到着までの所要時間
- ホース延長所要時間
- 救急活動所要時間
- 筒先からの放水量
- 訓練打ち切り時間

シミュレーション実行機能は、消防力が働かない状態での延焼シミュレーションを実行する機能であり、出火からの延焼状況が画面表示される。

##### (2) 訓練受講機能

訓練受講機能は、受講者氏名登録機能、訓練ケース選定機能、訓練実行機能からなる。

訓練受講機能は、受講者は訓練を受ける機能であり、延焼シミュレーションのなかで、イベントがおこる各時間断面で、受講者は指揮判断、部隊行動を選択することができる。これらの判断、行動は消火活動として延焼シミュレーションに反映される。また、救助活動は、災害弱者の救出を算出する。

シミュレーションが終了すれば、訓練結果の統計値として、以下の数値を出力する。

出火時刻  
 通報時刻  
 出動時刻  
 現場到着時刻  
 放水開始時刻  
 鎮圧時刻  
 車種別出動台数  
 放水量  
 焼損棟数  
 焼損面積  
 焼損床面積  
 重要建物焼損棟数  
 災害弱者救助人数

個々の出動車両の活動記録として、以下の項目を出力する。

出動時刻  
 現場到着時刻  
 活動開始時刻  
 活動終了時刻  
 筒先放水量

### (3) 訓練結果表示機能

訓練結果表示機能は、訓練結果一覧機能、プレーバック機能からなる。

訓練結果一覧機能は、訓練結果の内容を表示するものであり、プレーバック機能は、訓練シミュレーションの内容を自動トレースし、その状態の経過を画面上に表示するものである。表示速度の調節、一時停止、画面の印刷が可能である。

## 5. アルゴリズムとイベント

### (1) アルゴリズム

訓練シミュレーションの進展はイベント駆動のアルゴリズムで進められる。

イベントはリストで表現され、リストはスタックされてゆく。リストは、イベント種類、時刻、パラメータ、次のリストポインタで構成される。

システムは、現在時刻と最初のリストポインタを持っており、1リスト毎に処理を進める。

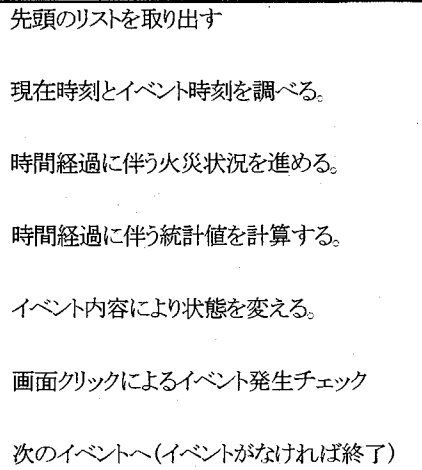


図3 イベント駆動のアルゴリズム

### (2) イベントの種類内容

用意されてるイベントを以下に示す。

- a. 出火イベント
- b. 時間経過イベント
- c. 終了イベント
- d. 気象イベント
- e. 通報イベント
- f. 第1出動イベント
- g. 出動イベント
- h. 現場到着イベント
- i. 火災状況確認イベント
- j. 第2出動イベント
- k. 第3出動イベント
- l. 命令出動イベント
- m. 水利部署イベント
- n. 筒先展開イベント
- o. 消火活動イベント
- p. 消火活動停止イベント
- q. 消火転戦イベント
- r. 水利バックアップイベント
- s. サポート活動イベント
- t. 救助活動イベント
- u. 次イベント

### (3) 訓練の展開

訓練に伴うイベントの典型的な起承パターンを示す。

訓練開始  
建物火災発生  
通報  
出動指令、出動  
現場到着  
現場火災状況確認  
増強要請  
水利部署  
筒先展開  
消火活動  
救助活動  
水利バックアップ活動  
サポート活動  
消火転戦  
移動  
火災の鎮圧  
訓練終了

訓練受講では、出火や一定時間(1分)毎の時間経過イベント加え、第一出動、現場確認などの自動派生イベント、水利部署、増強要請、筒先展開等の受講者選択イベントによりシミュレーションが展開する。

シミュレーション過程において、時間の経過があるごとに、火災の延焼状況が計算され、画面に表示される。消火活動は、筒先に最も近い燃焼中の建物と、未燃焼建物に働くものとし、燃焼重量の低下(焼け残り)、延焼影響力の低下、着火条件の上昇に反映される。

救助活動は、救助車アイコンを救助必要者のいる建物に置くことにより活動開始し、対象建物が着火するまで救助活動を行う。

火災が鎮圧状態になった時点で、訓練は終了する。従って、その後の撤収活動は、本訓練では対象外となっている。

### 6. 消防力の反映方法

消火活動、消防力の指標としては、消火活動に参加した筒先数を指標とする。

消火活動の対象となる建物は、個々の筒先アイコンが置かれた位置に最も近い燃焼中の建物である。

延焼シミュレーションにおいては、建物を1棟毎に取り扱い、また、延焼状態を燃焼過程、伝播過程、着火過程に分けてモデル化している。そこで、消防活動による影響をモデル化するに当たり、消防活動による働きを3つの各過程で検討した。

#### (1) 燃焼過程

消防活動は、燃焼している建物に対し、放水あるいは破壊し、火災の縮小化を図る。これにより、放置しておけば、燃えてしまう部分が焼け残ることになる。

これは、焼け残り部分が放水量に比例するものとしてモデル化する。

延焼面積と鎮圧までの放水量の神戸市における実績データをもとに、消防車の放水により、 $60\text{kg}/\text{m}^3$ の焼け残り効果があることし、燃焼過程では、消火対象建物への累積放水量から焼け残り重量を算出し、放水により焼け残り量が増加することで燃焼過程の消防力をモデル化した。

また、燃焼している部分を破壊したり、放水することにより火炎を小さくする効果があるが、これは、モデル化の対象としてない。

出火後10分から、消防力(筒先数0から4)が働いた場合の燃焼状態を図に示す。

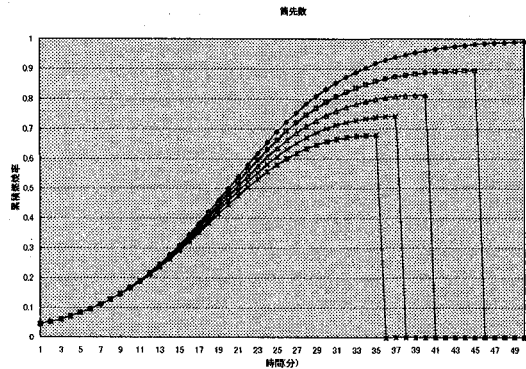


図4 消防力による建物の燃焼状態

#### (2) 伝播過程

消防活動では、放水することにより、輻射等による延焼を阻止したり、接炎による延焼を阻止する活動を行う。これにより、消防活動が行われない場合に比べ、火災は延焼し難くなる。すなわち、火災の伝播を小さく

くする効果がある。ここでは、その効果を個々にモデル化することが困難なため、燃焼している建物に対する消防力(筒先数)の充足の割合を指標とし、伝播係数の低減化をモデル化する。

消防力と火災規模の関係は、おおよそ投入される筒先数と火災規模(火災面周長)とのバランスで決まる。ここでは、燃焼建物の1階床面積から、燃焼建物の火災面周長を推計し、1本の筒先の受持ち範囲を10mとして消防充足率を計算した。

伝播係数への影響は、消防活動による、延焼の伝播過程における効果を、以下の消防係数で定義し、

$$\text{消防係数} = 1 - 0.5 * \text{SQRT}(\text{消防充足率})$$

伝播係数に乗ずることにより表現する。

標準状態において、消防力が出火後10分より2分毎に1筒先づつ4個まで、順次投入された場合の延焼影響量を図5に示す。

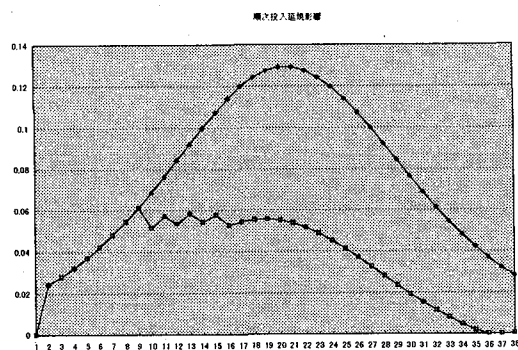


図5 消防力が順次投入された場合の延焼影響量

#### 参考文献

- 1) 神戸市消防局編集:阪神・淡路大震災における火災状況—神戸市域—、1996年8月
- 2) 神戸市消防局編集:神戸市における地震火災の研究、1996年11月
- 3) 矢野他:大規模震災火災の延焼シミュレーションに関する研究、土木計画学研究発表会 H8年11月
- 4) 日本火災学会:火災便覧、共立出版、H9年5月
- 5) 堀内三郎:建築防火、朝倉書店

#### (3) 着火過程

燃焼たてものに隣接する未着火に対し、放水、破壊等の活動を行い、消防活動がない場合に比べ、着火を阻止する効果がある。

ここでは、隣接建物の着火条件を上げる(着火し難くすることによりモデル化を行う。

消防力は、燃焼建物に対し割り当てられるため、燃焼建物への消防充足率を指標とする。

#### 6. 消防部隊訓練システムの利用、評価

消防部隊訓練システムは神戸市内の消防署より数署を選定し、職員への訓練をととして運用実証する予定であり、消防部隊訓練内容の妥当性について、訓練指導者および訓練受講者に対するアンケート調査を実施し、評価される。

#### 7. おわりに

本システムの開発実証は、(財)阪神・淡路産業復興推進機構の震災地区産業高度化システム開発実証事業の一環として実施された。また、開発実証にあたり協力を頂いた元神戸市消防局の杉山宗義氏、ならびに応用技術(株)の松井武史氏、服部佳明氏に感謝します。