

地震時における消防力運用の最適化システムに関する研究開発

財団法人 消防科学総合センター

山 瀬 敏 郎

1. はじめに

大規模地震時において多数の火災が発生した場合、被害を最小限に食い止めるためには、現有の消防力をどのように運用すればよいかを把握することが重要である。そのため消防庁消防研究所では、昭和56年度から、発災時に機能するためのシステムとして「地震時における消防力運用の最適化システムに関する研究開発」を行っており、当センターが委託を受けてシステム開発を行ってきた。以下にその概要について述べる。

2. システムの基本的考え方

地震時の多発火災を想定した場合、火災初期と火災拡大後では防御目的及びそれに伴う消防力運用はかなり異なってくる。したがって、火災初期の消防力運用を消防力一次運用、火災拡大後の消防力運用を消防力二次運用と呼び別個にモデル化を行った。

- 消防力一次運用——火災初期の段階において、火災の鎮圧あるいは延

焼阻止を目的とし、各消防署単位にその管轄区域内で行う消防力の運用

- 消防力二次運用——一次運用で消火しきれなかった火災が拡大した段階において、避難の安全確保を目的として広域で行う消防力の運用

3. 消防力一次運用モデル

消防力一次運用モデルは、地震と同時に発生すると仮定して入力された複数の火災に対し、各消防署所にある消防車の最適な出場方法を求めるためのものである。

時間的な適用範囲は出火後1時間程度とし、各消防車は、初期出場（消防署所から最初の火災へのお出火）の後、1回の転戦を行うものとする。

対象地域は、25mメッシュで表現し、1つ

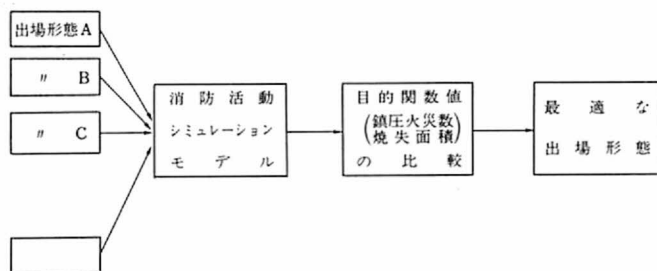


図1 消防力一次運用モデルにおける出場形態の最適化の方法

の消防署の管轄区域程度を対象としている。

出場形態の最適化を行うにあたって、目的関数値としては鎮圧火災数及びある時刻の焼損面積とする。どちらを優先させるかは任意であるが、ここでは鎮圧火災数を優先させた。すなわち、最も多くの火災を鎮圧したものの中で焼損面積が最少となるような出場形態を最適とする。

最適化の方法はシミュレーションによる方法を用い、1つの出火パターンについて、考えられるすべての出場形態に対する目的関数値を消防活動シミュレーションモデルにより計算させ、その値を比較することにより最適出場形態を求める。(図1)

消防力一次運用モデルでは、初期条件として、各消防署所の消防車配置台数、出火点及び気象条件(風速、風向)を与えることにより、以下の出力を得ることができる。

- ① 消防力を運用しないときの出火後1時間の延焼範囲
- ② 消防車の最適出場形態及びそのときの鎮圧可能な火災(図2)
- ③ 最適出場を行った場合の出火後1時間の延焼範囲

4. 消防力二次運用モデル

消防力二次運用モデルは、一次運用で消火しきれなかった火災が、ある程度拡大した段階から避難が完了するまでの期間を対象とし、避難を安全に行うために優先的に防御する必要のある地点(優先防御地点)と防御すべき時間(延焼遅延時間)が与えられることを前提とする。

すなわち、避難を安全に行うために重要となるいくつかの優先防御地点への延焼をある

時間だけ遅らせてほしいという要求に対し、現有の限られた消防車で防御活動を行うとして、最大の効果が得られるような運用方法とそのときの防御可能な地点を求めることを目的としたモデルである。

消防力運用の効果は、防御可能な地点数、あるいは安全に避難を行うことができる人数等により評価することができる。後者の場合は、各優先防御地点について、単位時間だけ延焼を遅らせることによって安全に避難できるようになる人数が与えられている必要があり、現段階では、前者により評価している。

二次運用モデルでは、対象地域は広域となるため、地域を忠実に表現できるよう街区の形状をそのまま入力している。

本モデルは、延焼予測モデル、消防車配置モデル及び消防車運用モデルからなり、システム運用時における延焼範囲、消防車配置、気象条件(風速、風向)、優先防御地点及び延焼遅延時間を初期条件として与えることにより、以下の順に各モデルが機能する。

- ① 延焼予測モデルにより、各優先防御地点の延焼時刻及び延焼経路を求める。
- ② 消防車配置モデルにより、各優先防御地点について、要求される時間だけ延焼を遅らせるためには、いつまでに、どこに、何台消防車を配置すれば良いかを水利及び道路等の条件を考慮して求める。そのとき消防車台数の制限は考えない。
- ③ 消防車運用モデルにより、限られた台数の消防車が初期条件で与えられた地点にあるとして、できるだけ多くの優先防御地点が防御できるような消防車の運用(消防車の配置地点、配置時刻、配置台数及び転戦方法)とそのときの防御可能な地点を求め

る。

③で得られる結果が消防力二次運用モデルの出力であり、出力例を図3に示す。

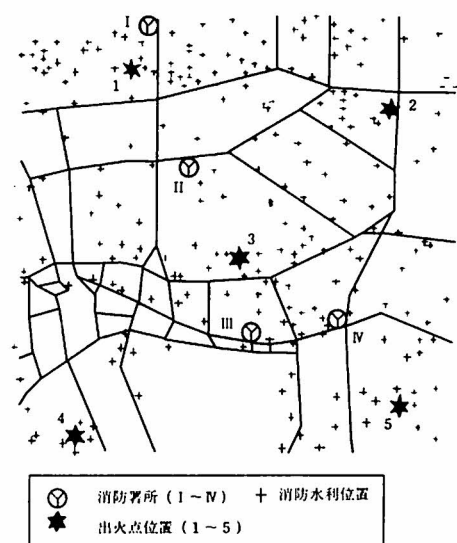
一次、二次運用モデルともに、初期条件の入力及び結果の出力はグラフィックディスプレイの画面上で行われる。

5. 今後の課題

以上にシステムの概要を述べたが、本シス

テムはまだ研究段階にあり十分なものではない。今後検討すべき課題として次の点があげられる。

- ① 消防力運用の評価等を行うための仮定式や仮定値の検証
- ② 最適化アルゴリズムの改良
- ③ 発災時だけでなく、計画にも利用できるような機能の拡張



a. 地域条件と出火点

(風速 5 m/s) 鎮圧可否: ○は鎮圧可能と仮定

出火点	消防車	出火点	消防車	出火点	消防車	出火点	消防車
1	1	1	8 (分)	○	2	39 (分)	○
2	1	8	○	2	39	○	
3	2	13	○	2	36	○	
4	2	12	○	2	39	○	
5	3	19	○	2	40	○	
6	3	19	○	2	41	○	
7	5	10	○	4	43		
8	5	12	○	4	45		

(風速 8 m/s)

出火点	消防車	出火点	消防車	出火点	消防車	出火点	消防車
1	1	8 (分)	○	2	36 (分)		
2	1	8	○	2	36		
3	1	19	○	2	39		
4	2	11	○	4	44		
5	2	19	○	4	43		
6	5	13	○	4	46		
7	5	10	○	4	43		
8	5	12	○	4	45		

(風速 11 m/s)

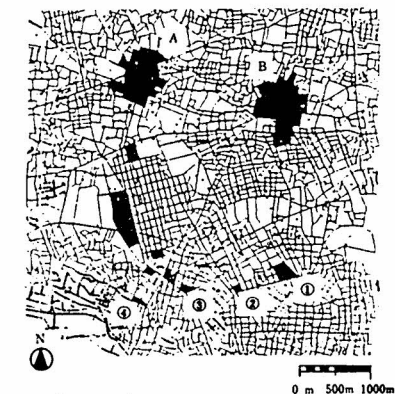
出火点	消防車	出火点	消防車	出火点	消防車	出火点	消防車
1	1	8 (分)	○	2	36 (分)		
2	1	8	○	2	36		
3	1	19	○	2	39		
4	2	11	○	2	43		
5	3	19	○	5	41		
6	3	19	○	5	41		
7	3	12	○	5	46		
8	5	10	○	5	33		

b. 最適出場結果と鎮圧の可否

図2 消防力一次運用モデルの出力結果



a. 対象地域と初期条件



b. 出力結果

図3 消防二次運用モデルの出力結果