

5.2 地域消防力の最適運用に関する研究（東京大学大学院工学系研究科）

5.2.1 研究の概要と目標

阪神淡路大震災時のような同時多発災害の場合、限られた公設消防力での対応には限界があり、とりわけ木造密集地の多いわが国の都市部においては同時多発火災の一部が大規模な延焼火災となる可能性も否定できない現実がある。したがって、このような同時多発火災の被害を軽減するには、公設消防のみならず消防団、自主防災組織、一般住民の対応力に期待するところが大きい。そこで、本研究では、公設消防力だけでなく地域住民によるこうした消防活動力を加味した消防力を以下「地域消防力」と名づけ、地域における消火活動能力としての評価を行うとともに、その潜在的可能性の向上と最適化の方向を探ることとした。また、この研究を通じて、地域における火災危険度と減災能力に関しての情報共有を図り、地域減災技術の開発との結合を行うことを目的とする。

具体的には、モデル地域を対象として、既存の基盤技術であるリアルタイム火災延焼予測システムに地域住民による消火活動力を加味した地域消防力最適運用システムを構築し、このシステムを利用して地域火災危険度を推定、伝達することにより地域における情報共有化を公的機関および住民との間で図り、住民に対して予想火災被害様相の理解を求める。さらに、このシステムにより地震時等の同時多発火災に対して限られた消防機関および地域住民防災組織における防災資源をどのように運用して連携を図れば最適の効果が得られるか等についてシステムの検討を行い、その成果を住民に周知させるとともに防災訓練等に反映する。

本年度は、まず地域における消防力として有効に機能する消防防災資源として何が存在するか、またそれらの整備状況や地域消防力の担い手に関しての現状把握と有効活用の方策を検討した。さらに、住民による消火能力を考える際の基礎となる地域消防力の評価手法のプロタイプを構築し、これを用いたケーススタディを行って、こうした評価手法の考え方や有効性を検討した。

5.2.2 地域消防力評価（マクロシステム）に関する分析方法

(1) 既往研究の調査と研究方針

地域の防災対応能力に関する既往の研究^{1), 2), 3), 4), 5)}では、こうした地域消防力の評価を試みている例があるが、評価に多くの基礎データを必要とする場合が多い。本研究では既往研究を踏まえつつ、入手が容易な公表資料を基に検討できる理解しやすい評価を行うことで、多くの地域に適用可能な汎用性の高いモデルの作成を検討する。研究の流れは以下の5段階である。

- ①対象とする火災進展レベルの選定；地域消防力で対応する火災規模の設定
- ②基礎統計資料収集；対応能力評価のため対象地域データ（公表資料）を収集
- ③火災進展レベルごとの対応能力の考え方；火災対応の主体や活用資機材の設定
- ④地域評価の実施；ケーススタディ地域における評価モデルの作成
- ⑤評価結果の検討；④から課題等を把握

以上の各項目について検討し、評価方法を作成する。また、東京都北区の資料を活用、実際の地域に対する評価方法のケーススタディを試みる。

(2) 活用資料

表 5.2-1 に示す通り、国勢調査や全国消防便覧等から評価の基礎データを得る。ケーススタディ地域とする東京都北区、東京消防庁 王子消防署管内の消防防災資源の情報は北区防災課、王子消防署の協力により入手した。これらの情報は住民が居住地域内を調査すれば把握可能と考える。

表 5.2-1 活用資料等

資料名	活用内容
平成 12 年 国勢調査	地域の世帯数
平成 15 年 「消防に関する世論調査」	地域住民の自主消火能力関係の 情報
平成 15 年全国消防便覧	消防団の人員等
東京都北区地域防災計画	消防団、自主防災組織の体制や人 員
北区防災地図 (ヒアリング結果含む)	自主防災組織の 可搬ポンプ配置
王子消防署管内図 (ヒアリング結果含む)	消防水利、消防団可搬ポンプの配 置

(3) 分析方法

a) 地域住民対応の火災レベル

「出火～1 棟程度の火災に対する周囲への延焼阻止まで」を地域住民で対応可能な火災とし、その間を次のように 3 段階に区分、各火災レベルに応じた消火用資機材と消火の主体に対して活動可能な人員、資機材の配置場所等の条件を加味し、地域消防力の評価方法を作成する。各レベルの定義と対応能力は以下の通りである。

①初期消火レベル

概ね「出火～天井着火まで」とし、出火建物住人の家庭用消火器による消火活動を評価する。

②炎上防止レベル

「天井着火～出火室全室火災まで」とし、街頭消火器による近隣住民の消火活動と消防団、自主防災組織の可搬ポンプによる消火活動を評価する。

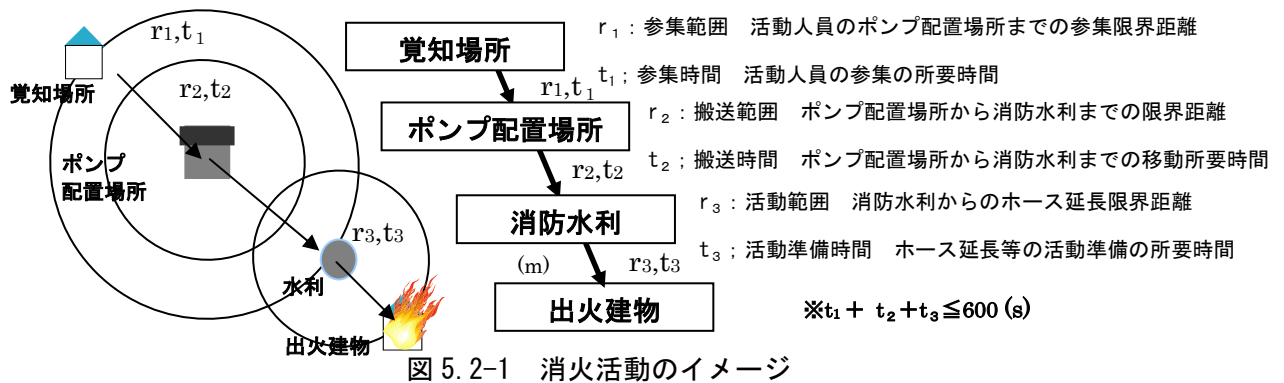
③隣棟延焼阻止レベル

「火元棟から隣棟に延焼するまで」に消防団、自主防災組織が可搬ポンプを用いて行う周辺建物への延焼阻止活動を評価する。

b) 活動能力評価項目

ここでは評価方法のケーススタディとして、3 つの火災レベルのうち隣棟延焼阻止段階での可搬ポンプの活動能力評価を行う。消防団員と自主防災組織要員が可搬ポンプで隣棟延焼阻止を行うには、

「火災覚知→可搬ポンプ配置場所へ参集→可搬ポンプの水利までの搬送→活動準備→消火活動開始」という一連の流れ(図 5.2-1)を隣棟延焼までに行う必要があるとする。隣棟延焼(一棟程度火災)までの時間は既往研究 1)を参考に出火後 10 分とし、ここから出火建物からの隣棟延焼阻止に成功する可能性のある条件範囲に地域がどの程度、面積的にカバーされるかを検討、地域消防力の評価を行う。



①参集範囲 r_1

参集範囲 r_1 について、可搬ポンプの運用には消防団員、自主防災組織要員から 4 名の活動員が必要となる。地域の消防団員、自主防災組織要員の密度から活動員 4 名が存在する面積の半径を r_1 とし、(式 5.2-1)、(式 5.2-2)を用いて参集する範囲と時間を求める。北区の面積は 20.59km²、消防団員数は 195 名であるが、自主防災組織で消火を担当する消火班の人数は不明であるため、表 5.2-2 に示す地域の世帯数を用いて式 5.2-1 により算出する。

$$\text{参集範囲 } r_1(m) = \sqrt{\frac{(\text{地域面積} / \text{活動員数}) \times 4}{\pi}} \quad \dots \text{式 5.2-1}$$

$$\text{参集時間 } t_1(s) = \text{参集範囲 } r_1 / \text{駆けつけ速度} \quad \dots \text{式 5.2-2}$$

自主防災組織要員数(消火班)

$$= (\text{一般世帯数} - \text{高齢者世帯数}) / \text{自主防災組織の編成班数} - \text{消防団員数} \dots \text{式 5.2-3}$$

(消火、情報連絡、救出救護、避難誘導、給食給水の 5 班で編成)

表 5.2-2 世帯数(北区)

	一般	高齢者夫婦	高齢者単身
世帯数	152849	11311	14468

式 5.2-3 より消火班は 25219 名である。人員数の差から密度と参集範囲に大差が生じるため、消防団のポンプは消防団員、自主防災組織のポンプは自主防災組織要員が活用するものとし、各々のポンプ配置場所を中心に参集範囲を設定する。ここで駆けつけ速度が 2m/s の場合、参集範囲ならびに駆けつけ時間は以下の数値となる。

参集範囲 r_1 (m) = 367 (消防団員), 32 (自主防災組織要員)

駆けつけ時間 t_1 (s) = 184 (消防団員), 16 (自主防災組織要員)

②搬送範囲 r_2

搬送範囲 r_2 は、可搬ポンプの搬送時間を t_2 、搬送速度を v_p とし、道路形状を考慮した値で除する。搬送時間 t_2 は延焼阻止活動の限界時間である 10 分から参集時間 t_1 とホースの延長等の準備に要する時間²⁾ (放水開始時間) (表 5.2-3) t_3 を除いたものである。

北区では可搬ポンプ 1 台にホース 5 本 (1 本 20m) が積載されている。放水開始所要時間について、消防団の評価は消防団の B 級ポンプの式を、自主防災組織の評価には防災市民組織の D 級ポンプの式を用いる。搬送速度 v_p を 1m/s とした場合、搬送範囲は式 5.2-3 となる。

表 5.2-3 ホース延長時間 (=ホース本数)

活動主体	ポンプ等級	放水開始時間 (S)
消防団	B 級	$t_3(s) = 17x + 15$
防災市民組織	D 級	$t_3(s) = 34x + 30$

$$\text{搬送範囲 } r_2(m) = \frac{t_2 \times Vp}{\sqrt{2}} = \frac{(600 - t_1 - t_3) \times Vp}{\sqrt{2}} \quad \dots \text{式 5.2-3}$$

上記の式により、

放水開始時間 $t_3(s) = 100$ (消防団), 200 (自主防災組織)

搬送時間 $t_2 (s) = 316$ (消防団), 384 (自主防災組織)

搬送範囲 $r_2 (m) = 223$ (消防団), 271 (自主防災組織)

③消火活動範囲 r_3

消火活動範囲 r_3 はホース延長長さに道路形状を考慮し、式 5.2-4 となる。

$$\text{活動可能範囲 } r_3(m) = \frac{hx}{\sqrt{2}} \quad (h = \text{ホース1本の長さ}, x = \text{ホース本数}) \quad \dots \text{式 5.2-4}$$

北区の場合、活動可能範囲 $r_3 = 70m$ である。

5.2.3 地域消防力評価 (マクロシステム) のケーススタディ

東京都北区内の東京消防庁 王子消防署管内 (面積 6.18km², 人口 109054 人, 世帯数 54870 世帯) を対象にケーススタディを行う。同地域は道路の狭隘な住宅密集市街地が多く、管内の建築棟数 23770 棟のうち 19585 棟 (82%) が木造、防火造である。

電子地図上に北区防災課、及び東京消防庁王子消防署から入手した可搬ポンプ配置場所、及び防火水槽の位置を表記 (図 5.2-2)、この地図上に参集範囲、搬送範囲、消火活動範囲を表示させることで北区王子消防署管内の分析を進める。なお、本論では範囲が広域であることを踏まえて電子地図を活用した分析を行ったが、通常の紙ベースの地図を準備し、記入することで地域の分析は可能であると考え。

可搬ポンプの部署位置を防火水槽とした場合の各条件の範囲を地図上に記し (図 5.2-3)、そこから各条件範囲に基づくカバー範囲とカバー率を示す。(表 5.2-4) 数値上では区内のほぼ全域 97.1% が搬送範囲にカバーされることになる。この搬送範囲内の水利 (全水利 228 箇所中 226 箇所)

を中心とした活動範囲のみで延焼阻止活動が可能となり、その総面積は 2.58km²、地域の 44.1% が地域消防力にカバーされることになる。しかし、水利の偏在から地域内には活動範囲の空白域が存在(図 5.2-4)、また活動範囲の重複、ポンプ台数の限界を考えると実際の活動範囲の合計面積はより小さくなると考えられる。

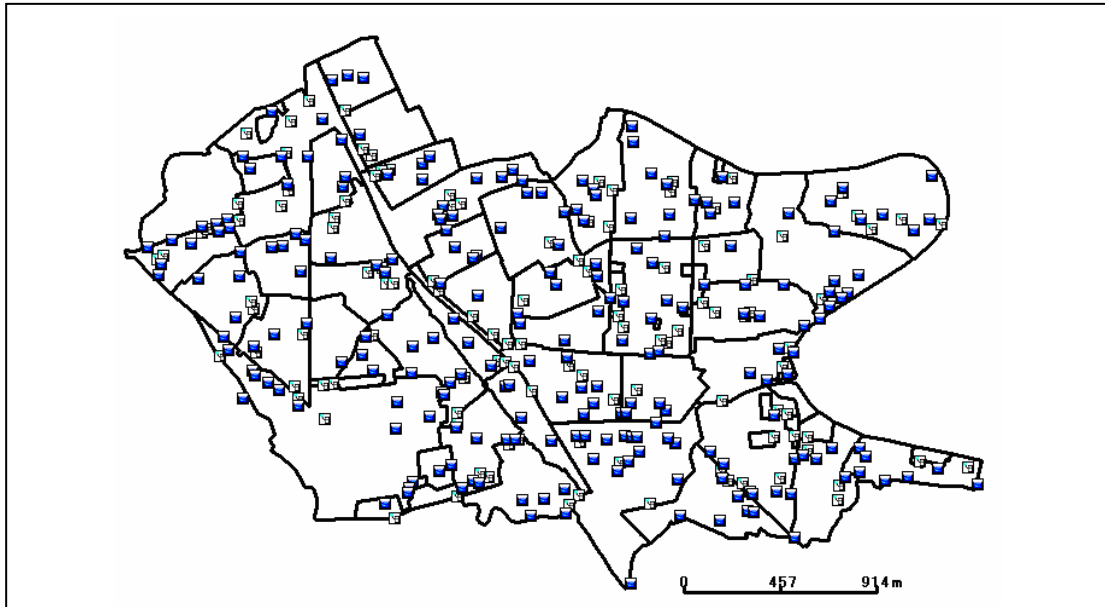


図 5.2-2 地域における消防資源の表示

表 5.2-4 各カバー面積

搬送範囲	消防団 ; 2.25 km ² (38.5%)
	自主防災組織 ; 5.66 km ² (97.0%)
搬送範囲計	5.68 km ² (97.1%)
活動範囲	2.58 km ² (44.1%)
実質的な活動範囲	2.55 km ² (43.7%)

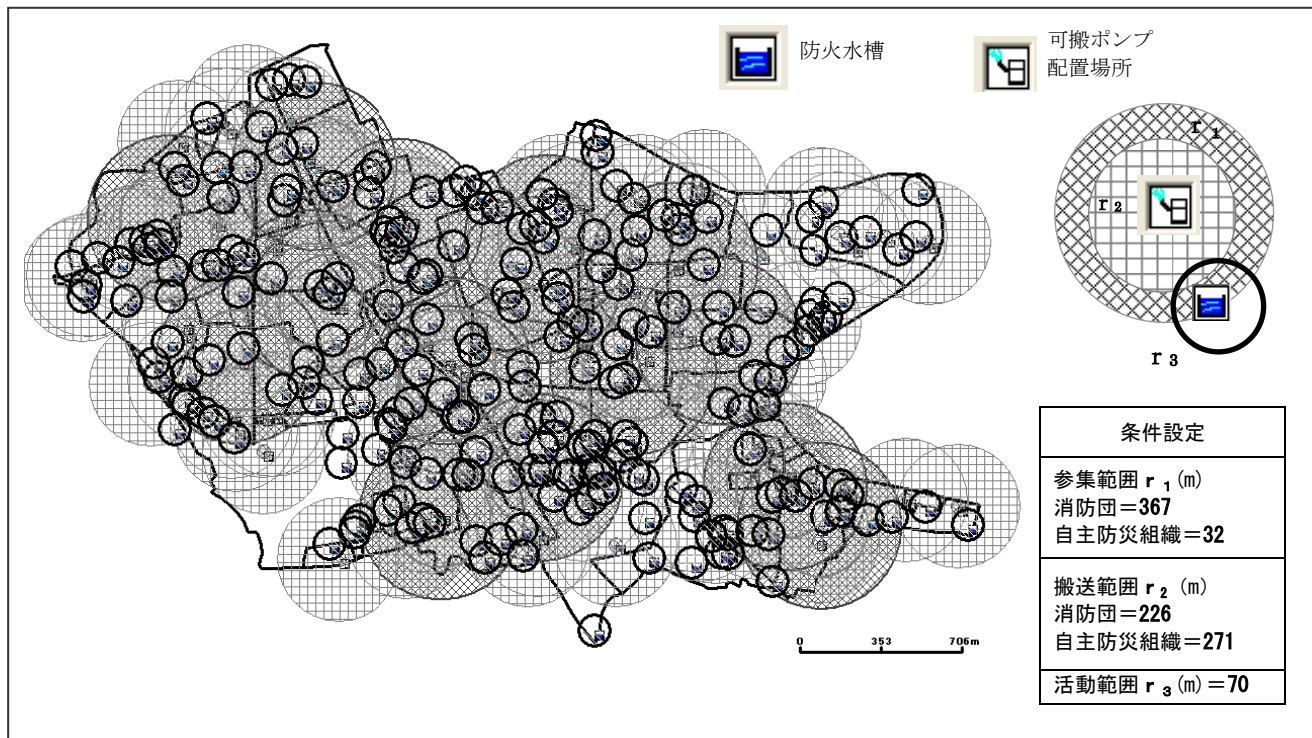


図 5.2-3 王子消防署管内ケーススタディ結果

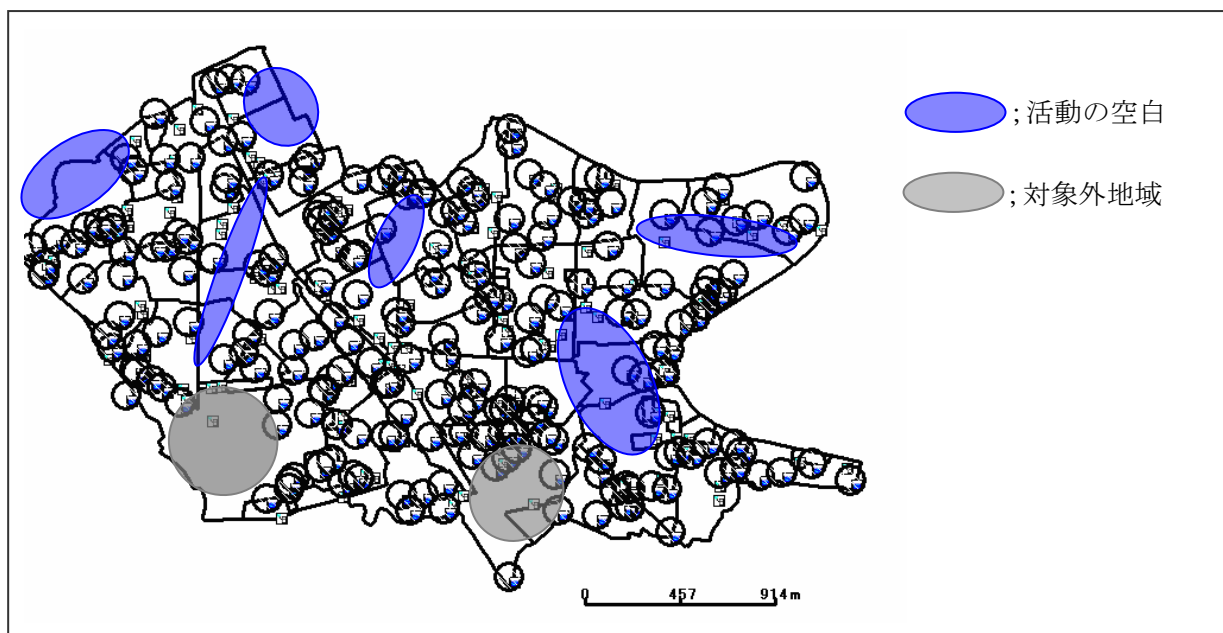


図 5.2-4 空白域

5.2.4 地域消防力評価（マクロシステム）の今後の課題

地域の実情に即した評価を行うには、今回のケーススタディ結果に活動人員の訓練率や地域の建築物データ等の各種条件を加味する必要がある。今後は必要な条件の整理と共にそれらを手入の容易な資料から設定する手法の検討、改良を行っていきたいと考える。また、各火災レベルにおける評価をリンクさせ、地域の総合評価の実施が可能な評価手法を構成できるよう検討する。

5.2.5 地域消防力最適運用システム（マイクロシステム）の試作

上記までの地域消防力評価手法は、いわばマクロ的な地域消防力評価ということができる。我々は、このマクロ評価システムの検討と平行して、既存の基盤技術であるリアルタイム火災延焼予測システムに地域住民による消防活動力評価を加味した地域消防力評価を火災成長予測とともに時間経過別にダイナミックに行うことができる地域消防力最適運用システムというマイクロシステムのプロトタイプを試作を行った。この試作システムによって、モデル地域（現在の設定では東京都北区上十条5丁目地区、及び兵庫県神戸市長田区）において、公的機関および住民との間で地域火災危険情報の共有化を図ることを目的としたケーススタディを行うことが可能となり、システムの精度向上や改良に向けての課題を検討した。以下に上十条5丁目地区を例としてシステムの概要を述べる。

(1) 地域消防力データ作成

①GISソフト上の操作と地域消防力運用システムへの実装

北区上十条の防災マップから屋外消火器、防火水槽、可搬ポンプ配置場所のデジタイズを行う。加えて、北区上十条の消防力データを処理し、地域消防力運用システムに実装する。（図5.2-5）

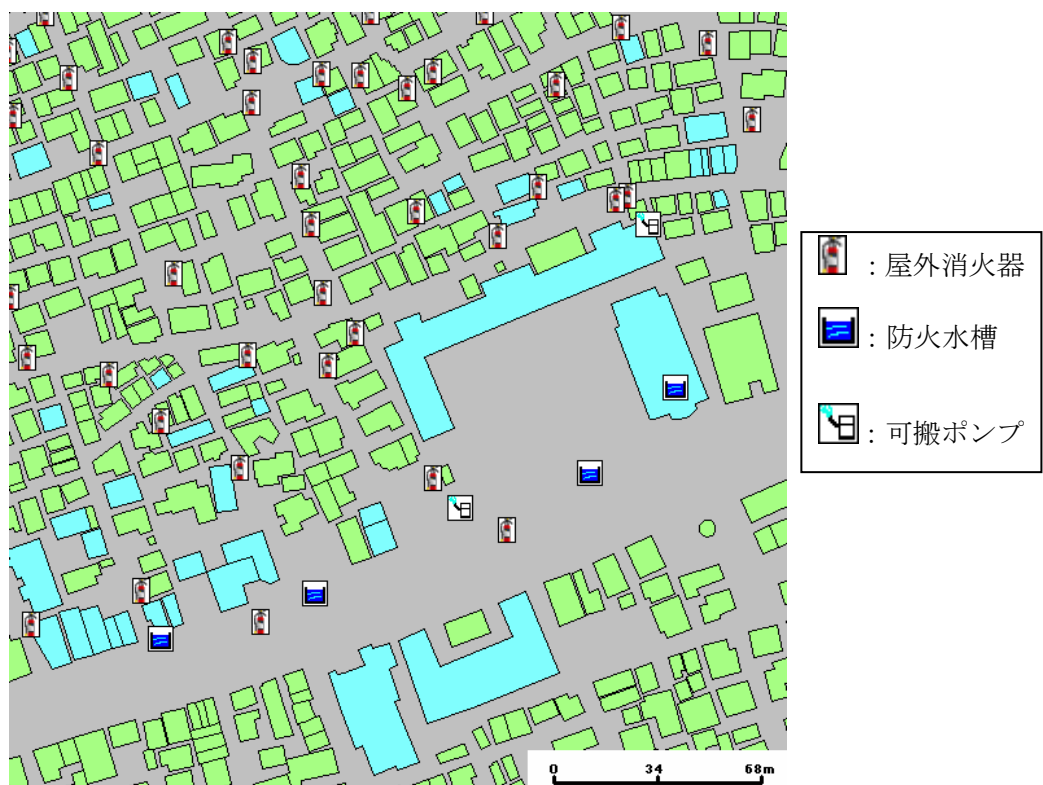


図 5.2-5 地域消防力運用システムに実装した北区上十条の消防力データ

(2) 地域住民による初期消火

既存の広域応援システムをもとに、地域住民による火災の初期消火を考慮できるように以下のシステムを構築した。

①サンプル地域の追加を容易にするため都市データをフォルダリスト読み込み形式とする。システムを起動するとダイアログ(図 5.2-6)が表示,次にファイル指定ダイアログ(図 5.2-7)が表示される。

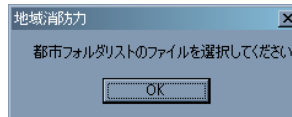


図 5.2-6 都市フォルダ指定指示ダイアログ

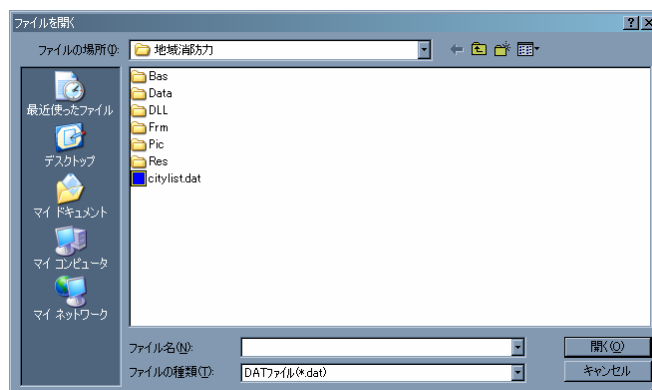


図 5.2-7 リストファイル指定ダイアログ

②フォルダリストファイルを指定後に都市選択ダイアログ(図 5.2-8)から対象都市を選択する。

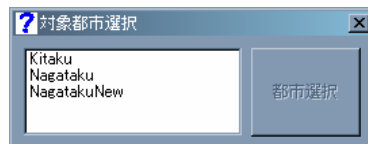


図 5.2-8 都市選択ダイアログ

③都市選択をするとシステムが起動し, 図 5.2-9 に示した状態になる。

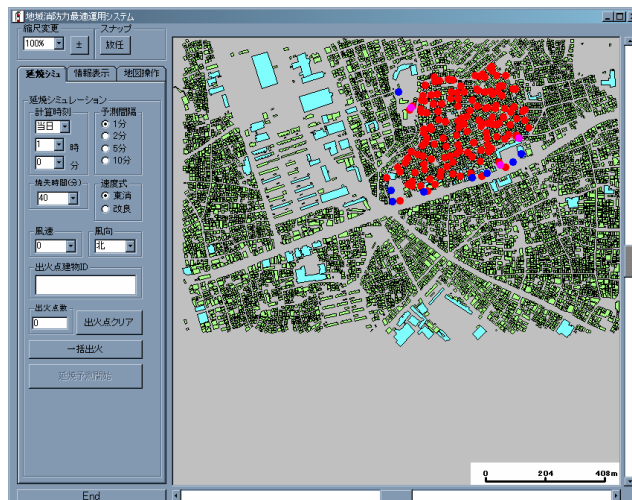


図 5.2-9 システム起動後

ここで、地域消防力最適運用システム(試作版)の機能を述べる。

・地域消防力の検討に伴う各種パラメータ設定機能

今後のケーススタディの実施等を見据え、パラメータ変更機能を付加する。

- 1) 住民覚知を1分刻みパラメータ設定とする。
- 2) 住民走行速度を1km/h単位パラメータ設定とする。
- 3) 可搬ポンプの駆け付けは以下の式で算定し情報表示を行う。

可搬ポンプの駆け付け時間

$$= \text{ポンプ配置場所への住民の参集時間} + \text{直近防火水槽までの可搬ポンプ搬送時間} \\ + \text{防火水槽から出火建物までのホース延長時間}$$

この際「ポンプ置場まで住民が駆け付ける時間」と「可搬ポンプの運搬時走行速度」がそれぞれ「倉庫駆付」及び「水利駆付」としてパラメータ設定できる。(図5.2-10中の①及び②)

・住民による初期対応を意識した延焼状況表示機能

住民による初期消火を意識したシステム構築のため、延焼シミュレーション計算時間をデフォルトで1時間までとし、延焼状況を1分刻みで表示する。出火点における建物重心から建物壁面までと壁面から隣棟までの延焼経路を色分けして表示、延焼経路が延焼速度式から求めた延焼時間を超えた場合(つまり、地域住民による消火可能かどうかのリミットを迎えた場合)に色が変わることで判断ができる。(図5.2-11)

・住民への支援情報提供機能

出火点をAlt+クリックすることで、消火可能リミット時間以内に駆け付けられる屋外消火器数を表示する。また、駆け付け可能な消防資源の情報表示を表示時間と情報をリンクさせ、表示する機能を持たせる。(図5.2-10中の③)

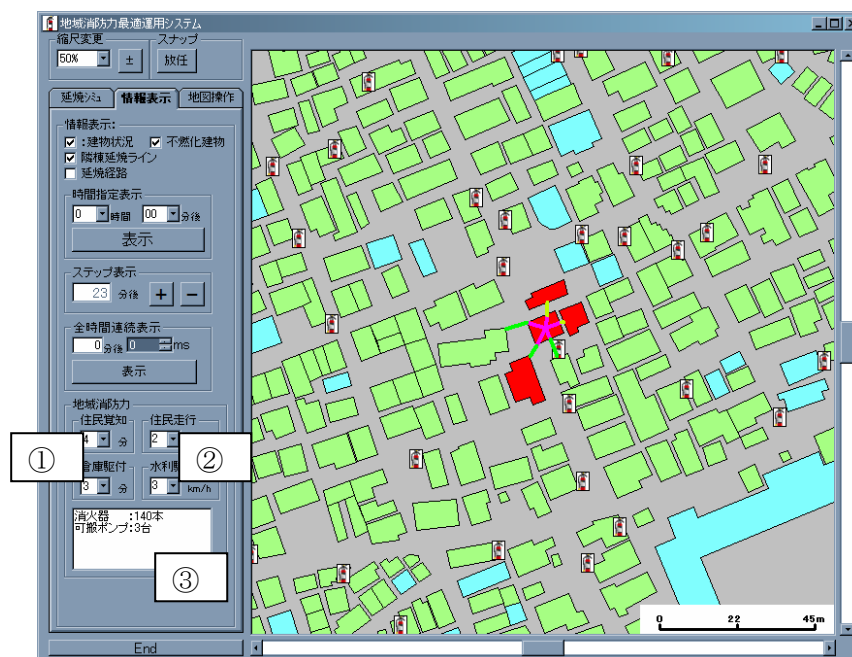


図 5. 2-10 地域消防カシステムの実行イメージ

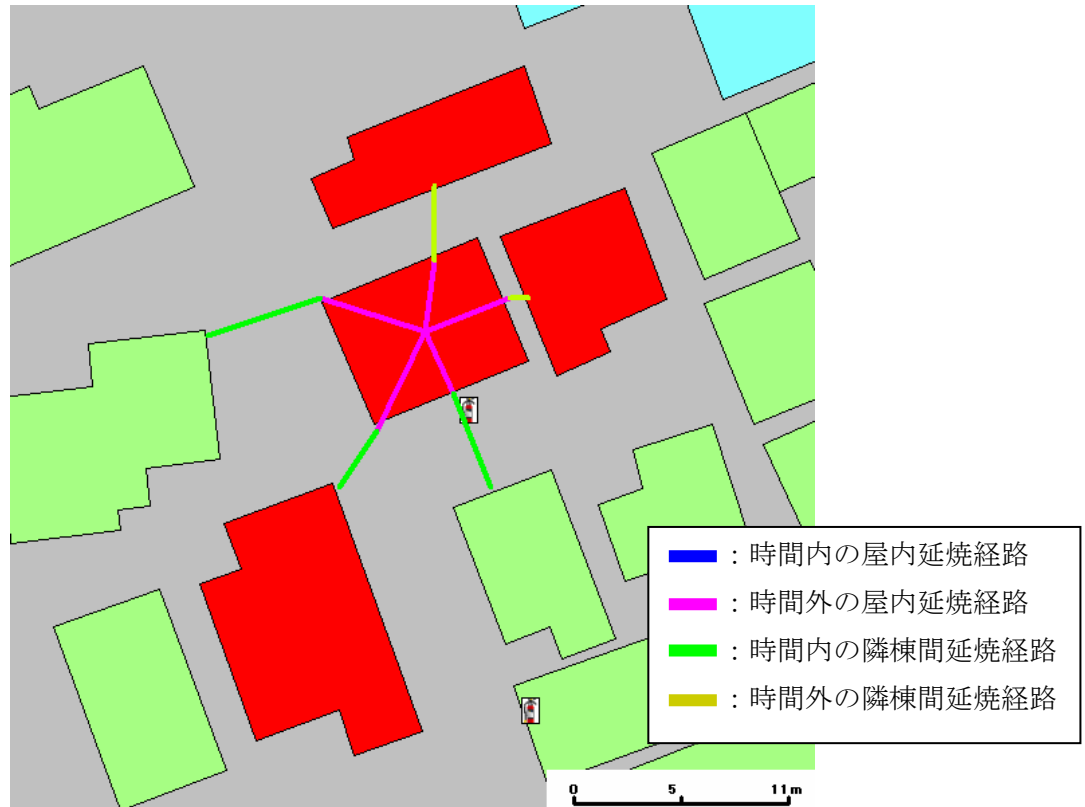


図 5.2-11 地域住民の消火可能リミットに応じた延焼経路の色分け

参考文献

- 1) 東京消防庁：「東京直下の地震を踏まえた地域防災力向上策等震災対策の在り方」，火災予防審議会答申，1997. 5
- 2) 東京消防庁：「地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策」，火災予防審議会答申，2001. 3
- 3) 総務省消防庁：「地方公共団体の地域防災力・危機管理能力評価指針の策定」，調査報告書，2003. 3
- 4) 吉澤亮，加藤孝明，小出治：震災時における地域消防力の初期消火性能に関する評価，東京消防庁 消防科学研究所報，pp.197-202，2004. 10
- 5) 加藤孝明：「防災まちづくり支援システムの開発」，地域安全学会発表梗概集，pp.70-73，2002. 11