6.3 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）

6.3.1 研究の概要と目標

「危機管理対応情報技術による減災対策」は，国の諸機関から地域住民までが利用可能な災害情報共有プラットフォームを構築し，我が国の災害対応能力を総合的に向上させる技術の開発を目指すものである．そのうち，当機関では同共有技術を構成する「地域消防力の最適運用に関する研究」のサブテーマについて開発を行う．本研究では，地域消防力最適運用システムを情報共有プラットフォームと接続し，プロジェクト全体での総合的な連携に対応したシステム整備を実施する．また，整備した内容についてはケーススタディ，および実証実験を通して検証を行い，システムの実用版の構築を行う．

6.3.2 目的

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的検討を行い，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．また，地域消防力最適運用システムを情報共有プラットフォームと接続し，プロジェクト全体での総合的な連携に対応したシステム整備を実施する．また，整備した内容についてはケーススタディ，および実証実験を通して検証を行い，システムの実用版の構築を行う．

6.3.3 16 年，17 年度研究成果レビュー

平成 16 年度は，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．

平成 17 年度は，情報共有プラットフォームを介して行うシステム連携の準備段階として，地域消防力最適運用システムと NPO 法人　安全安心マイプランが開発を担当する避難シミュレーションシステムとの接続を実施した．2005 年 11 月に実施した愛知県豊橋市での実証実験において延焼シミュレーション結果に基づく道路危険度情報を避難シミュレーションシステムに提供，同システム上での住民への避難経路情報提供の円滑な作動を確認した．

また，東京都北区や神戸市長田区をモデル地域としたケーススタディを継続し，前述の道路危険度表示および情報提供機能の追加，計算速度の向上等の改良を行った．

6.3.4 18 年度の研究概要

最終年度である本年度は，地域消防力最適運用システムの基礎となる延焼シミュレーションシステムと情報共有プラットフォームとの接続システムを開発し，情報共有プラットフォームを介し，避難誘導シミュレーションとの連携を図ることによって，情報共有を通じての減災対策に役立てるものとする．

(1) 情報共有プラットフォームへの接続技術の開発

a) デジタル情報で収集された出火点情報の自動入力

消防研究センター，工学院大の端末にて収集された出火や延焼，さらには道路被害状況などに関する情報を共有プラットフォームを介して延焼シミュレーションシステムに入力し，自動で延焼予測の結果や消防力運用効果および道路への火災危険度予測情報の表示･出力を行えるようにしくみを構築し，検証する．

b) 延焼予測結果や消防力運用効果，道路への火災危険度予測等，計算結果の自動表示･出力などの情報共有プラットフォームへの情報提供

シミュレーション結果を自動的に情報共有プラットフォームに提示できるしくみを構築し，検証する．

(2) 地域消防力運用システムの整備･機能の向上

a) 情報共有プラットフォームへの接続に必要となるシステムの整備・調整を行う．

b) モデル地域におけるケーススタディ，および実証実験の結果を通じて，地域消防力最適運用システム本体の機能および精度向上を継続する．

6.3.5 18 年度の研究成果

(1) 情報共有プラットフォームへの接続技術の開発

a) 延焼シミュレーションシステムを共有情報プラットフォームへ接続する仕組みの構築

共有情報プラットフォームとの接続，データの受信は提供されたライブラリを利用して行った．また，シミュレーション結果を情報共有プラットフォームに送信するために，延焼シミュレーションシステム内部に解析データ変換システムを実装した．

また，共有情報プラットフォームの接続設定情報や，延焼シミュレーションシステムの稼動に必要なスキーマ情報をネットワーク設定画面（**図 6.3-1**）で登録することで，延焼シミュレーションシステムを完全に自動化して共有情報プラットフォームと接続し情報の監視を可能とした．

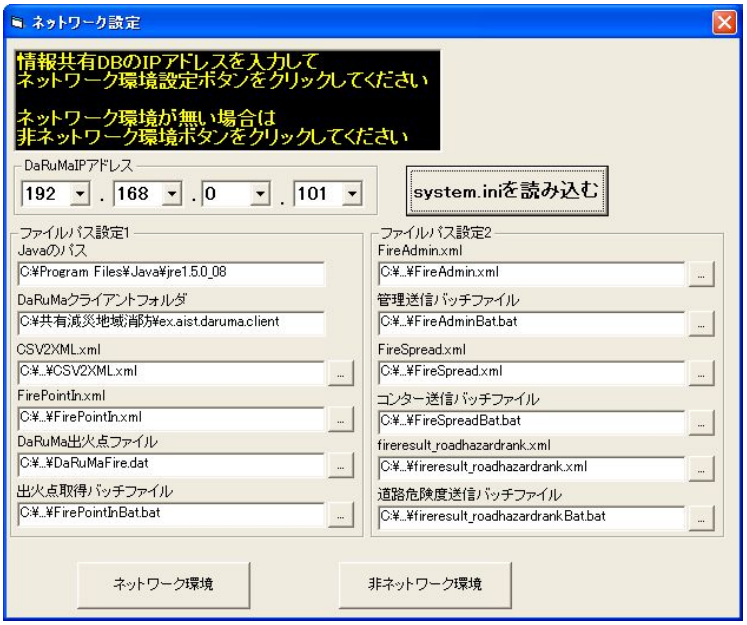


図 6.3-1　ネットワーク設定画面

b) 情報共有プラットフォームからの情報の入力

消防研究センター，工学院大の端末にて収集された出火や延焼などに関する情報を，一定時間（デフォルトで 10 分）ごとに情報共有プラットフォームに接続し，その時点で入力されている火点情報と，出火時間情報等（**表 6.3-1**）を自動的に取り込み，火点情報（**図 6.3-2**）に基づいて 6 時間後までの延焼シミュレーションを実行するシステムを開発した．延焼シミュレーション実行時の表示を**図 6.3-3** に示す．

表 6.3-1　入力出火点情報

入力情報	入力データ
出火点	座標点
出火時間	実際の時間
延焼の有無	延焼中と鎮火または誤報の区別

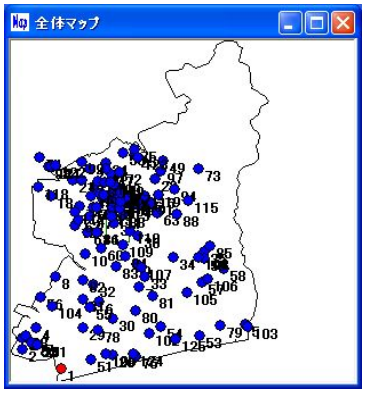


図 6.3-2　火点情報表示

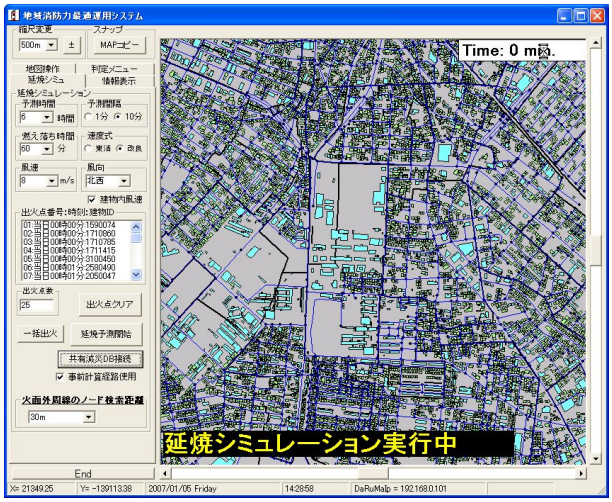


図 6.3-3　延焼シミュレーション実行画面

c) 道路危険度判定の実行と出力

延焼シミュレーション計算結果から，火災延焼により一時間後に通行危険の生じる恐れのある道路リンクを抽出し，その道路リンクが出火から何分後の時点で危険となるかを出力し共有情報プラットフォームに送信する．

この情報を基に，避難シミュレーションシステム（開発：NPO 法人　安全安心マイプラン），交通シミュレーションシステム（開発：産業総合研究所）で道路の通行危険を反映させた最適避難路情報，交通渋滞情報に反映され，本部活動支援システム（開発：消防研究センター）等の表示システムでの表示等が可能となる．道路危険度判定アルゴリズムについては計算コストの削減を目標にアルゴリズム等の見直しを加え，出火点が増大しても短時間に計算が完了する仕様にした．共有情報プラットフォームに出力する道路危険度情報を**表 6.3-2** に示す．

表 6.3-2　道路危険度情報

出力情報	出力データ
延焼シミュレーション実行時間	実際の時間
危険道路情報	道路リンク ID
道路が 1 時間後に危険と判定される時間	シミュレーション実行時間からの経過時間

d) 延焼範囲と燃え落ち範囲の計算実行と出力

延焼シミュレーション実行時間から 6 時間後まで，1 時間ごとの延焼範囲と燃え落ち範囲を延焼シミュレーション結果から計算を行い情報共有データベースに出力した．この情報を基に，本部活動支援システム，WebGIS システム（開発：工学院大学，豊橋技術科学大学）で，リアルタイムに被害予測情報の表示が可能となる．共有情報プラットフォームに出力する延焼状況度情報を**表 6.3-3** に示す．

表 6.3-3　出力延焼状況情報

出力情報	出力データ
延焼シミュレーション実行時間	実際の時間
被害予測時間	シミュレーション実行時間から6時間後まで1時間ごと
延焼範囲	ポリゴン情報
燃え落ち範囲	ポリゴン情報

e)延焼シミュレーションの負荷実験と実行時間の検証

延焼シミュレーションシステムで，火点数が増大したときにリアルタイムに計算が可能であるかを検証するために，延焼シミュレーションの負荷実験を行なった．火点数とシミュレーションシステム実行時間の関係を**表 6.3-4** に示す.火点数が 100 点を超えても安定して動作した．125 点の出火点で，シミュレーション実行時間は 7 分程度で実行できることが検証された.

表 6.3-4　火点数とシミュレーションシステム実行時間

火点数	火点読込時間	延焼シミュレーション計算時間	道路危険度判定計算時間	延焼建物範囲計算時間	燃え落ち建物範囲計算時間	全計算時間
10	0:01	0:02	0:01	0:04	0:04	0:35
25	0:02	0:03	0:12	0:12	0:11	1:03
50	0:05	0:06	0:48	0:28	0:29	2:19
75	0:10	0:09	1:36	0:57	0:42	3:57
100	0:15	0:12	2:31	1:06	0:51	5:18
125	0:22	0:15	3:29	1:25	1:06	7:00

動作条件：　CoreDuo T2500 2GHz　1.5GB-RAM

(2) 地域消防力運用システムの整備･機能の向上

モデル地域として，東京都北区，神戸市長田区，愛知県豊橋市を選定し，対象地域の空間データの整備と情報の更新を行った．地域消防力に関連する，防火水槽，可搬ポンプ配置場所，防災資源の配置場所は各消防本部等から提供してもらった，配置図を加工し，システムへの実装を行った．それぞれの地域でケーススタディを実施し，実証実験の結果等を通じて，地域消防力最適運用システム本体の機能および精度向上を継続して行った.

6.3.6 豊橋市実証実験

(1) 目的

東海・東南海地震による豊橋市内の被害想定によると出火件数は約 150 件と想定されている.

地域の消防力を上回る，このような多数の火災が同時多発する事態においては，早期の火災情報の入手とともに，こうした火災情報を基に迅速に一定時間後の火災被害予測を行い，的確な消防力運用や避難誘導に役立てる必要が重要である．我々の研究グループは，情報共有プラットフォームを介して得られる出火情報（位置と出火時刻など）に基づき延焼シミュレーションをリアルタイムに行い，この延焼予測結果を再び情報共有プラットフォームに送り返すことにより，避難誘導シミュレーションとの連携をはじめ，情報共有を通じての関係各機関における防災対策に役立てることを目的としている．豊橋市における実証実験の概念図を**図 6.3-4** に示す．

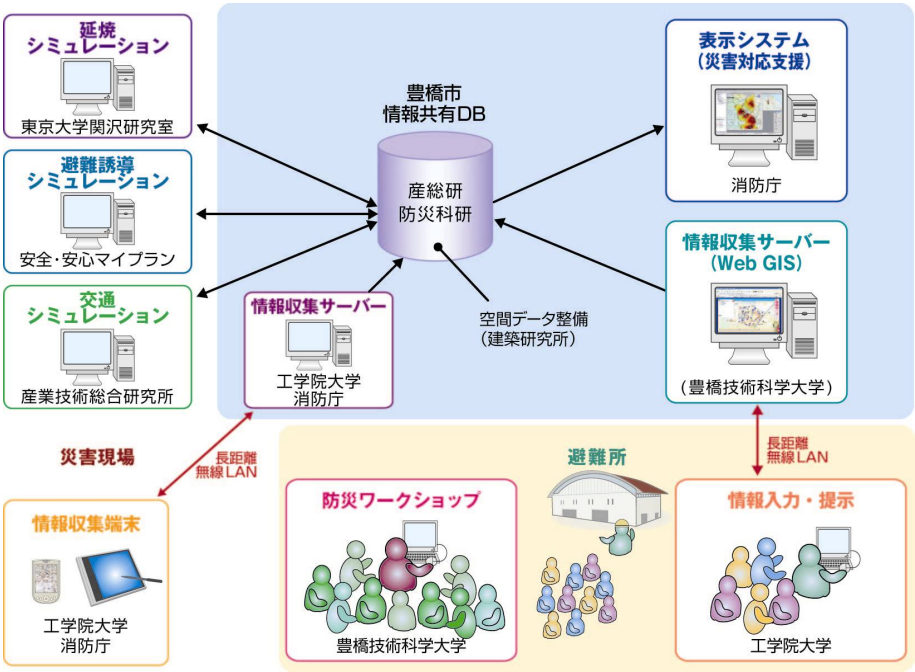


図 6.3-4　豊橋市における実証実験の概念図

(2) 実証実験シナリオ

・地震発生と共に，市内各所での被害情報が情報収集端末等から共有情報プラットフォームに入力される．入力された情報の中から出火情報（位置と出火時刻など）に基づき延焼シミュレーションをリアルタイムに行い，延焼予測情報と，火災による道路危険度予測情報を共有情報プラットフォームに出力する．

・延焼予測情報は，共有情報プラットフォームを介して，災害対策本部に設置される本部活動支援システムに，1 時間後から 5 時間後までの延焼予想範囲を表示させることにより，的確な消防力運用に役立てる．

・延焼予測情報は共有情報プラットフォームを介して，避難所等に設置される WebGIS システムに，1 時間後から 5 時間後までの延焼予想範囲を表示させることにより，住民への被害情報を提供する．

・火災による道路危険度情報は共有情報プラットフォームを介して，避難誘導シミュレーション

と交通シミュレーションで情報共有され，道路の通行危険を反映させた最適避難路情報，交通渋滞情報の解析を行い，災害対策本部に設置される本部活動支援システムと避難所等に設置される WebGIS システムに表示させることにより的確な避難誘導に役立てる．

(3) 実証実験の結果

a) 共有情報プラットフォームへの接続

共有情報プラットフォーム接続設定画面により，豊橋市実証実験で用いる共有情報プラットフォームの接続設定情報や，延焼シミュレーションシステムの稼動に必要なスキーマ情報をネットワーク設定画面（**図 6.3-1**）で設定を行うことで，延焼シミュレーションシステムを完全に自動化して共有情報データベースと接続し監視可能となった．情報共有データベース監視画面を**図 6.3-5** に示す．

図 6.3-5　情報共有データベース監視画面

b) 火点情報の取り込みと延焼シミュレーションの実行

一定時間（10 分）ごとに共有情報データベースに接続し，その時点で入力されている火点情報と，出火時間情報を自動的に取り込むことができた．火点情報に基づいて 6 時間後までの延焼シミュレーションを実行した．

c) 道路危険度判定の実行と出力

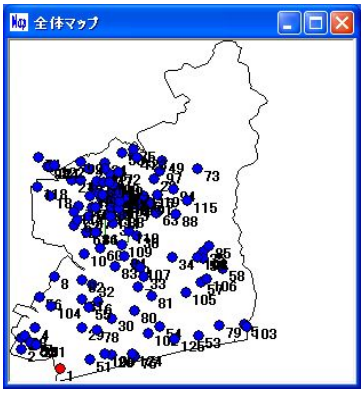
延焼シミュレーションの実行結果に基づき，延焼シミュレーション実行時間から 6 時間後まで，道路が 1 時間後に危険と予測判定される時間を 10 分単位で計算を行い，道路危険度予測情報を情報共有データベースに出力した．

d) 延焼範囲と燃え落ち範囲の計算実行と出力

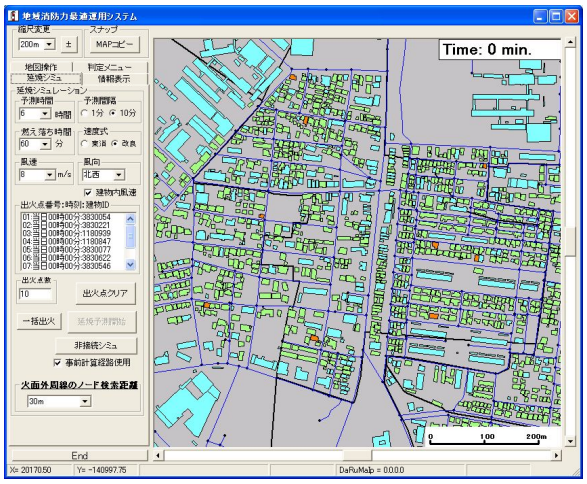
延焼シミュレーション実行時間から 6 時間後まで，1 時間ごとの延焼範囲と燃え落ち範囲を延焼シミュレーション結果から計算を行い，延焼状況情報を情報共有データベースに出力した．

(4) 実証実験解析結果例

延焼シミュレーションの計算結果表示と本部活動支援システムでの表示例を**図 6.3-6～図 6.3-11** に示す.

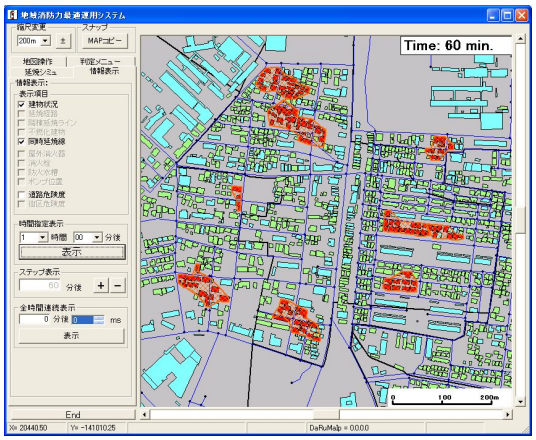


全体マップ表示

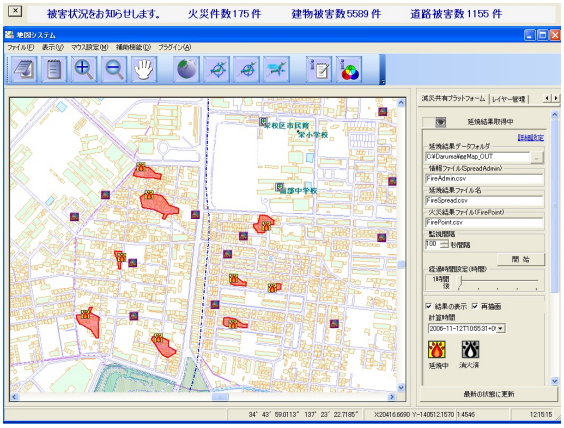


延焼シミュレーション画面

図 6.3-6　入力された火点情報表示

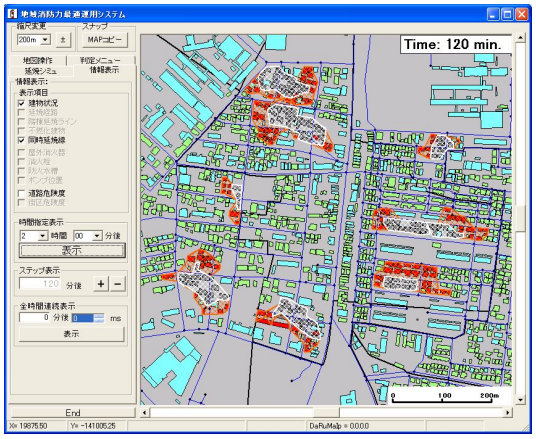


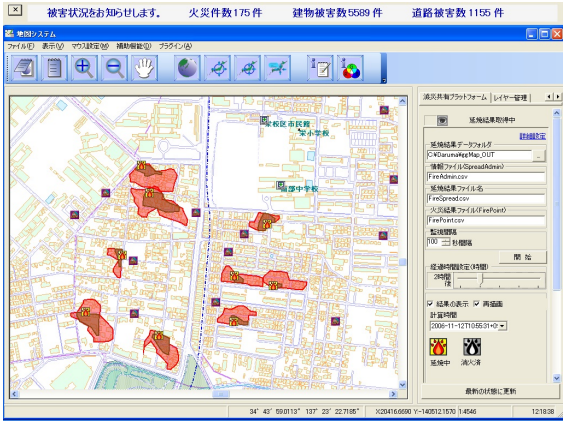
延焼シミュレーション画面



本部活動支援システム表示画面

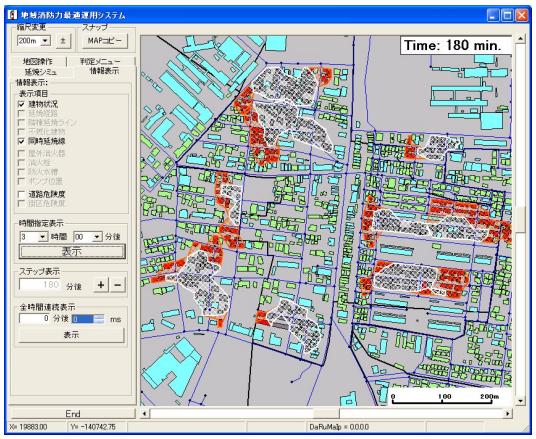
図 6.3-7　1 時間後の延焼予測画面表示

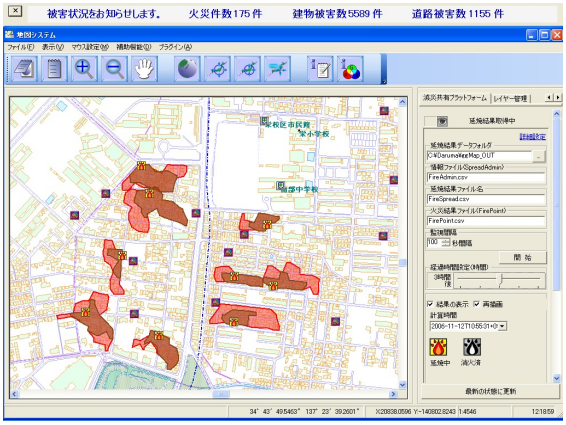




延焼シミュレーション画面　　本部活動支援システム表示画面

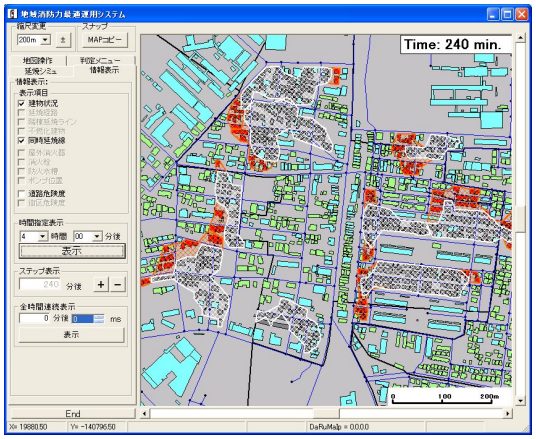
図 6.3-8　2 時間後の延焼予測画面表示

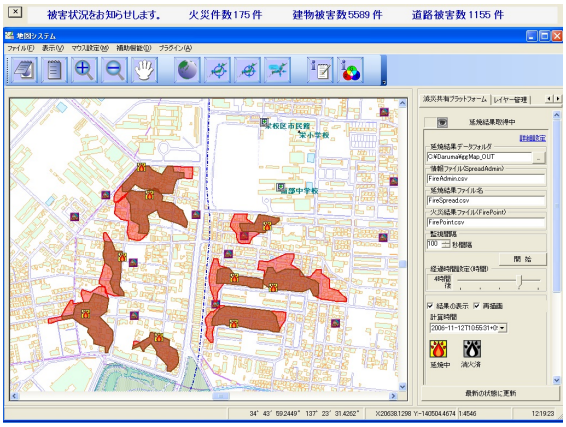




延焼シミュレーション画面　　本部活動支援システム表示画面

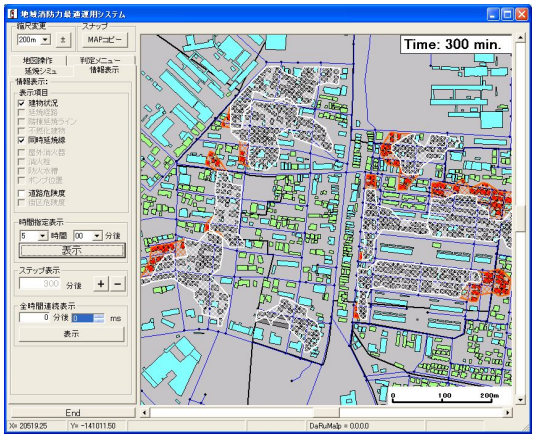
図 6.3-9　3 時間後の延焼予測画面表示



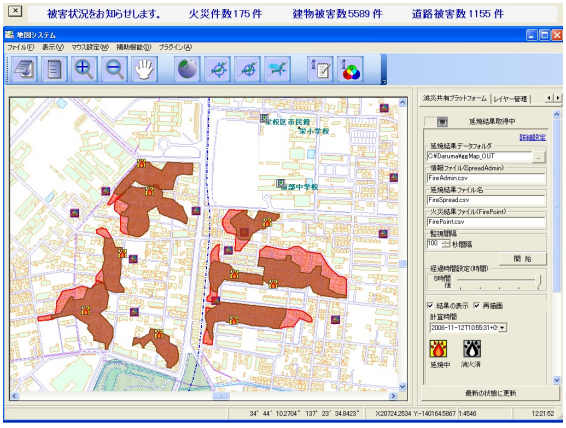


延焼シミュレーション画面　　本部活動支援システム表示画面

図 6.3-10　4 時間後の延焼予測画面表示



延焼シミュレーション画面



本部活動支援システム表示画面

図 6.3-11　5 時間後の延焼予測画面表示

(5) 実証実験のまとめ

自動化した延焼シミュレーションシステムを構築し，情報共有データベースを介して情報の入・出力を可能とした．豊橋市実証実験において，最終的な火点数が約 150 点になったが，延焼シミュレーションシステムは問題なく稼動した．また，情報共有データベースと接続している他機関のシステムとの連携も問題なく行われ，情報の共有化が実現できた．

6.3.7 まとめ

研究目標であった，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的検討を行い，地域消防力最適運用システムを構築した．ケーススタディ等で，このシステムを利用して地域火災危険度を推定，伝達し，住民に対して予想火災被害様相の理解を求めることができ，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ことができた．

また，地域消防力最適運用システムを情報共有プラットフォームと接続し，プロジェクト全体での総合的な連携に対応したシステム整備を実施することができ，ケーススタディおよび実証実験を通して検証を行い，システムの実用版の構築を行うことができた．