

平成21年 3月25日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18360289

研究課題名（和文）

地方都市の良好な市街地形成に寄与する防災まちづくり支援 WebGIS 開発と実証実験

研究課題名（英文）

A WebGIS Tool to Aid Community-based Planning for Disaster Mitigation in Local Cities

研究代表者

大貝 彰 (OHGAI AKIRA)

豊橋技術科学大学・工学部・教授

研究者番号：10160433

研究成果の概要：本研究は、地方都市の防災まちづくりの推進に寄与するため、地域住民の防災意識啓発、まち歩きと課題整理、市街地整備の素案づくり、防災訓練などの実践的取組に役立つ、インターネット上で使える防災まちづくり支援ツールの試作版を開発し、防災まちづくりに取組む地域現場での運用実験を行い、その有用性を示した。またこれらのツールを活用した防災まちづくりアクションプランニング手法の提案に向けた課題を整理した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,900,000	0	6,900,000
2007年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2008年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
年度			
総計	14,500,000	2,280,000	16,780,000

研究分野：都市計画・地域計画

科研費の分科・細目：都市計画・建築計画・

キーワード：都市整備，地方都市，計画支援技術，防災まちづくり，GIS

## 1. 研究開始当初の背景

## 1) 安全な市街地形成と支援技術

大震災時において、甚大な被害が予測される木造密集市街地の改善は、国の都市再生プロジェクトに取り上げられるほど重要な課題である。そこでは、地域の実情に応じて、効果的な防災性向上を図るため、住民が主体となって合意形成し、相互に連携を図りながらまちづくりを推進していくことが求められている。このような防災まちづくりの支援技術開発とその成果を活かした住民の防災意識の向上や安全な市街地形成の推進方針が喫緊の課題となっている。

## 2) 地方都市の防災まちづくり

一方、地方都市の防災まちづくり推進を考

えると、そこには東京、大阪とはその問題の規模、レベル、質において異なる「密集」市街地が存在している。

これまでの筆者らの成果から、地方都市の地震防災上の問題市街地は、ほぼ「集落基盤未整備型」「旧市街地基盤未整備型」「耕地整理型」に分類され、面的広がり、建物密度、危険度レベルが東京、大阪のそれとは基本的に異なること、また、その市街地は戦災を受けずに戦前からの町並みが継承・残存している部分もあり、地域資源としての町並み景観的価値を有する箇所と一致するケースが多い。当然ながら、そのような地区では70年以降の新市街地にはない旧来の地域コミュニティが存在している。市街地の問題がある

特定の問題に特化しているわけではなく、防災と景観、市街地整備を総合的に捉え、地域住民のまちづくり意識啓発と住民参加型の計画策定、事業実施を図ることにより、災害に強い良好な市街地形成を図って行くことが求められると言える。このため、技術開発やまちづくり推進方策で検討すべき事項が自ずと異なってくる。

## 2. 研究の目的

以上の背景と問題意識から、本研究は、地方都市の木造「密集」市街地を解消し、住民主体による良好な市街地形成の推進に役立つ防災まちづくり支援ツール開発と、それを活用した防災まちづくりアクションプランニング手法の確立を目指して研究を進めてきた。

具体的には、地方都市の景観にも配慮した防災まちづくり推進に寄与することを狙いとして、次の2点を目的とした。

1) Web上で操作できる統合型GIS支援ツールの開発と実証実験を行い、そのツールの有用性と実用化に向けた課題の検討

2) 実践的研究開発を通じたツール活用による防災まちづくりデザインプロセスの教材試作

## 3. 研究の方法

目的1)に対しては、防災まちづくりワークショップの現場で、有効に機能し、参加者の防災意識啓発、市街地整備素案づくり、そして地域防災力の向上に役立つ防災まちづくり支援WebGISの試作版の開発を進め、防災上問題のある市街地整備を考えるワークショップ現場での運用実験を行い、その有用性と実用化の課題を検討してきた。

システムの役割としては、地域防災点検マップ作成を支援し、市街地整備に伴う延焼抑止効果や災害時行動困難性の低減効果等を住民が視覚的に理解することで、ハード・ソフト両面の防災対策の立案を支援し、またソフト面では地域の主体的取り組みや防災意識などの地域防災力評価を支援することを目指したもので、これらの機能を備えた次のようなツール開発に取り組んできた。

①防災点検マップ作成支援ツール、②3mセル単位の延焼シミュレーションによる延焼危険度評価手法、③避難等の災害時行動困難性評価手法、④市街地整備方策検討支援ツール、⑤防災対策立案支援ツール、⑥地域防災力評価支援ツールの6つの支援ツールである。

目的2)に対しては、上記の各種支援ツールの防災まちづくり現場での実証実験を積み重ねながら、研究代表者が主宰し、研究分担者が参加する「地方都市防災まちづくり研究会」での地方都市の防災まちづくり計画論、

実践論にかかわる議論も踏まえながら、地方都市の町内会等で活用されることを前提に、PDCAサイクルによる継続的な取り組みを可能する、支援ツールを活用した災害に強いまちづくりアクションプランニング手法として取りまとめることを目標に、その枠組みを検討してきた。

## 4. 研究成果

(1)延焼シミュレーションと延焼危険度評価手法のシステム化

(延焼シミュレーション)

木造の古い建物が密集する市街地では、延焼の抑制が重要課題の一つである。地域住民が主体となる防災まちづくり現場で、デジタルマップ上に再現した実際の市街地を対象に延焼シミュレーションを実施し、道路拡幅や広場・公園の整備、建物の耐火化などの整備を施した状態と現状市街地の延焼シミュレーション結果を比較し、整備前と整備後の延焼の広がり方の違い、つまり市街地整備による延焼抑止効果の情報を、視覚的に分かり易く定量的に提供できれば、具体的防災対策の検討や防災まちづくりの気運を高めるための意識啓発に役立つ。

図1は、開発した延焼シミュレーション結果の表示例である。

この機能は、出火点や風向・風速を任意に設定可能であり、出火点は複数設定することもできる。市街地整備のメニューとしては、建物構造の変更、建物の撤去、道路拡幅、空地・公園整備などが用意されている。また、整備前後のシミュレーション結果を比較表示することも可能である。

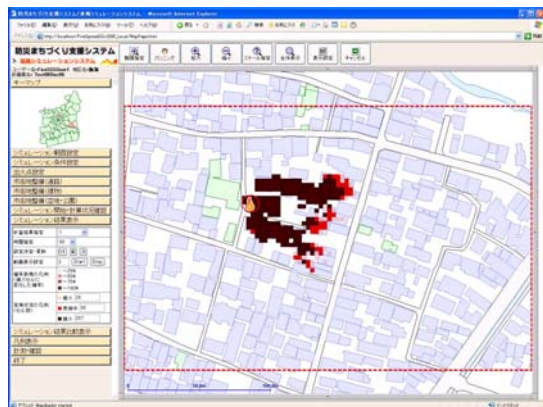


図1 Web上での延焼シミュレーションの様子  
(延焼危険度評価手法)

延焼シミュレーションは、ある任意の出火点と風向・風向下における延焼の状況を情報提供するものである。それは住民の防災に対する意識啓発に極めて有効なツールであることを、実証実験を通じて明らかにした(図書①)。しかし一方で、行政と住民が協働で具体的な市街地整備計画を検討する場面では、現状市街地の延焼危険性を計画的観点か

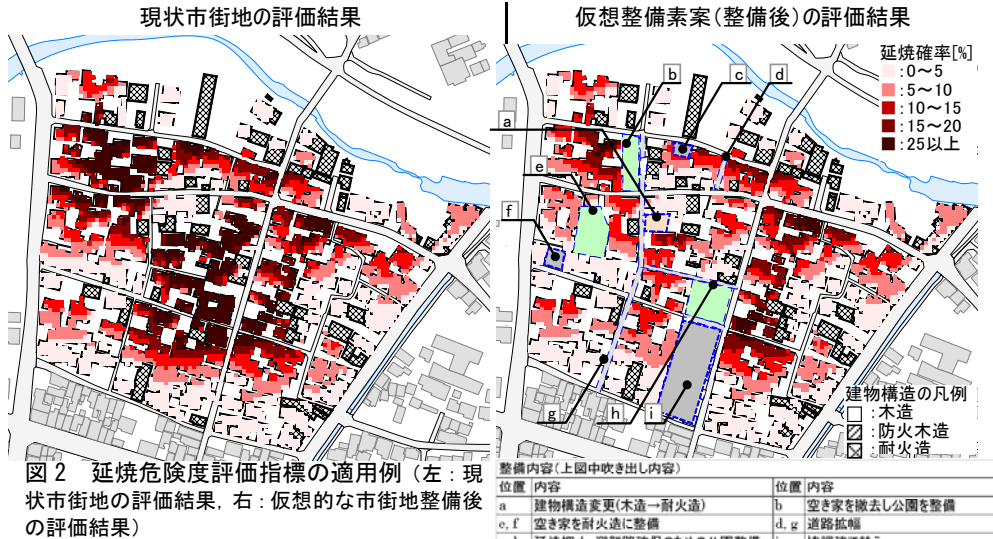


図2 延焼危険度評価指標の適用例(左:現状市街地の評価結果, 右:仮想的な市街地整備後の評価結果)

ら科学的・客観的に評価する必要があると考えられる。また、住民らが作成した整備素案の合理性や妥当性を包括的に評価、検証する場面も想定される。そのため、検討対象地区全体の燃えやすさ=延焼のしやすさの定量的評価が必要である。

このようなニーズに応えるため、ここでは、拙稿(論文⑤)の延焼CAモデルを用いて、延焼危険度評価手法を開発し、そのシステム化を試みた。

ある対象エリア内の出火可能性のあるすべてのセルを対象に、東西南北4方向の風向(風速は対象エリアの平均風速)ごとにシミュレーションを行い、その結果の各セルの延焼回数から延焼確率を求め、これをセル単位の延焼危険度指標とした。ここで言う延焼回数とは、各シミュレーションで出火から2時間後に鎮火状態となった回数を指す。式で示すと以下のとおりである。

$$P_i = \frac{N_i}{S \times W \times I} \times \frac{Au}{As} \times 100$$

ここで、 $P_i$ はセル*i*の延焼危険度評価値、 $N_i$ はセル*i*の延焼回数、 $S$ は対象エリア内の出火可能性のあるセル数、 $W$ は風向数(=4)、 $I$ はイテレーション回数、 $Au$ は延焼確率を求める基準となる一定面積、 $As$ は対象エリア面積である。

実際の試算では、延焼危険度評価指標として求める延焼確率を、「半径50m以内で火災が発生した場合に当該セルが延焼を受ける確率」と定義し、 $Au$ は7850m<sup>2</sup>とした。 $I$ は50回とした。

この指標による延焼危険度評価ツールは、現状市街地や市街地整備代替案の延焼危険度を客観的に評価可能な機能である。図2に延焼危険度評価の例を示す。

(2)災害時行動困難性評価手法とシステム化  
「防災まちづくり総プロ(H12-14)」で開発された手法を踏襲して、ここではまちづく

り現場での活用を前提に、建物単位で行動困難性を評価する手法を開発した。評価対象は、地方都市での活用を前提に、「近隣待避場所への避難」「一時避難地への避難」「消火活動」「救出救護活動」とした。

本手法は、建物倒壊に伴う道路閉塞状況を考慮した、各建物から避難地等までの最短経路による非到達確率と到達距離をモンテカルロシミュレーションで求める。このため評価指標として安定した信頼性の高い値を得るためには繰り返し演算回数が問題となる。またまちづくり現場での活用を考えると、計算時間の問題も生じる。そこで、手法開発では最短経路探索のアルゴリズム改良に加え、繰り返し演算回数と演算時間に影響を与える要因の分析を行い、その上でバラツキの小さい信頼性の高い評価値(ここでは、シミュレーションごとの建物単位の非到達確率の誤差が5%以内に収まる建物数が対象地区全建物数の70%を越える場合としている)を得る必要最小限の繰り返し演算回数と演算時間を推定するための重回帰モデル式を構築した。

現時点では、信頼性ある評価値を得るには、道路ネットワークの規模と行動の目的地数が大きい場合には数時間以上の時間を要する。まちづくり現場の話合いの場でリアルタイムに評価結果を得るには、評価演算を高速演算サーバやグリッド環境等の分散処理技術が不可欠である。今回構築した重回帰モデル式から、必要最小限の演算回数と演算時間の情報を得ることができ、Web上でのリアルタイムなレスポンスを可能にする演算サーバ環境と統合したWebGISシステムの構築に目途を立てることができた。

図3は、近隣待避場所への非到達確率を示す。地方都市の問題市街地では局所的密集がほとんどであり、いざという時のとりあえずの避難地として、近隣の空地や駐車場が多く存在する。まちづくりの現場で、整備による

定量的かつ視覚的な行動困難性の低減効果に関する情報の提供で、防災対策等を話し合う有効な材料となると考えられる（論文④）。

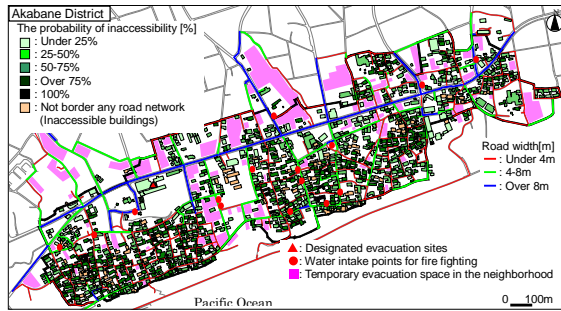


図3 災害時行動困難性評価手法の適用例

(1) 課題の選 → (2) 課題の重要性の検討 → (3) 対策案の検討 → (4) 評価基準の設定 → (5) 対策案の評価 → (6) 結果の評価

課題に対する対策を検討しましょう

(1) 課題	(2) 重要度	(3) 対策提案	(5) 対策の評価	(6) 結果の評価
道の狭い	0.74	提案   提案確認	評価   評価確認	確認
おぼろしい建物	0.068	提案   提案確認	評価   評価確認	確認
建物が密集している 密集度	0.21	提案   提案確認	評価   評価確認	確認

(4) 評価基準の設定 | 評価基準の選定

操作ガイドをクリックすると操作ガイド内容の表示/非表示を切替えます。  
解説 | 対策を評価するための基準って何? をクリックすると内容の表示/非表示を切替えます。

図4 防災対策立案支援ツールの一場面

### (3) 防災対策立案支援ツールの開発

本ツールは、防災まちづくりワークショップ（WS）で具体的な防災対策を住民が考える際の合意形成支援を目的に開発した。

システムは、WSで住民が地区の防災上の課題を検討する場面での利用を想定した課題検討サブシステム、防災対策の立案を検討する場面での利用を想定した対策検討サブシステム、及び課題と対策のデータベースから構成される。課題検討には一対比較法を、対策検討にはAHPを用いている。

試験開発したシステムの実証実験結果から、本ツールがWS参加者の防災上の課題や対策に対する考えの相違を調整しながら防災対策をまとめ、合意を図っていく際に有効であることを示した（論文⑦）。

図4は、整理された課題に対する対策を考える際の一場面である。

### (4) 地域防災力評価支援ツールの開発

これは、防災まちづくり支援技術の一つとして、自治会等の地域コミュニティレベルの地域防災力を評価する手法の開発を試みたものである。

既往研究と防災に関する専門家へのヒアリング調査を基に、地域の災害時対応能力を構成すると考えられる評価の視点と項目、指標を設定し、その上で、評価構造の階層をISM（Interpretive Structural Modeling）を用いて定量的に構築した。さらにAHPを用いて、各評価項目の重み付けを行い、地域の災害時

対応能力評価のための階層構造を構築している。加えて、DEMATEL法（Decision Making Trial and Evaluation Laboratory）を用いて、地域の災害時対応能力の基礎となる評価項目間の影響関係とその度合を明らかにした。

そして、愛知県豊橋市の自治会を対象として、試験的に開発した手法を適用し、この手法により地域の災害時対応能力の定量的評価が可能であることを確認した（論文①）。

### (5) 統合 WebGIS 試作版の開発

現在までに、①防災点検マップ作成支援ツール、②3mセル単位の延焼シミュレーションツールと延焼危険性評価手法、③災害時行動困難性評価手法、④市街地整備方策検討支援ツールを統合的に Web 上で使えるプロトタイプシステムを構築している。また⑤防災対策立案支援ツールは、独立した Web システムとして試験的に開発した。

各ツールは、これまでに実際の防災まちづくりWSの住民同士の話し合いの場で活用して、その有用性を実証してきた。

図5は、②の延焼シミュレーションシステムにおけるGISサーバとクライアント側とのデータフローを示す。

また図6に示すように、②の延焼危険性評価手法と③災害時行動困難性評価手法とGISの統合では、膨大な処理時間を要する評価計算を専用の高速演算サーバが負担し、GISサーバとのデータ入出力を可能とするシステム環境構築の目途を立てることができた。これにより、まちづくり現場で、仮想的な市街地整備の延焼抑止効果と災害時行動困難性の低減効果を、よりリアルタイムに確認できる情報提供が可能となる。

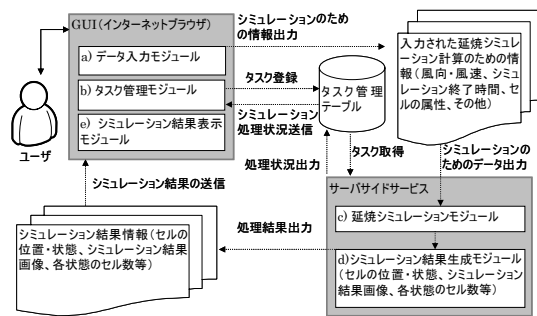


図5 延焼シミュレーションシステムのGISサーバとクライアントの各種モジュールとデータフロー

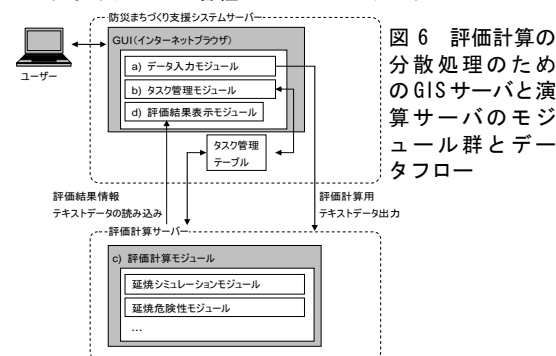


図6 評価計算の分散処理のためのGISサーバと演算サーバのモジュール群とデータフロー

システムの基盤となる地図データは、自治体で整備している都市計画基礎調査等のデジタル地図で十分に対応できる。これに建物構造、建築年代、階数、道路幅員等の属性情報、および避難地や水利等の防災関連施設の位置情報があれば、システム運用は可能である。

データ整備の容易さも考慮してシステムは自治体単位での導入・運用を想定して開発してきた。まちづくり現場でのシステム活用は一般に自治会単位となることが想定されるため、システムのトップページからユーザ名とパスワードで入り、まずは対象となる地区を選択することから始まる。

図7は、ある検討対象地区での地図、延焼シミュレーション結果、災害時行動困難性評価、防災点検マップを表示した例である。

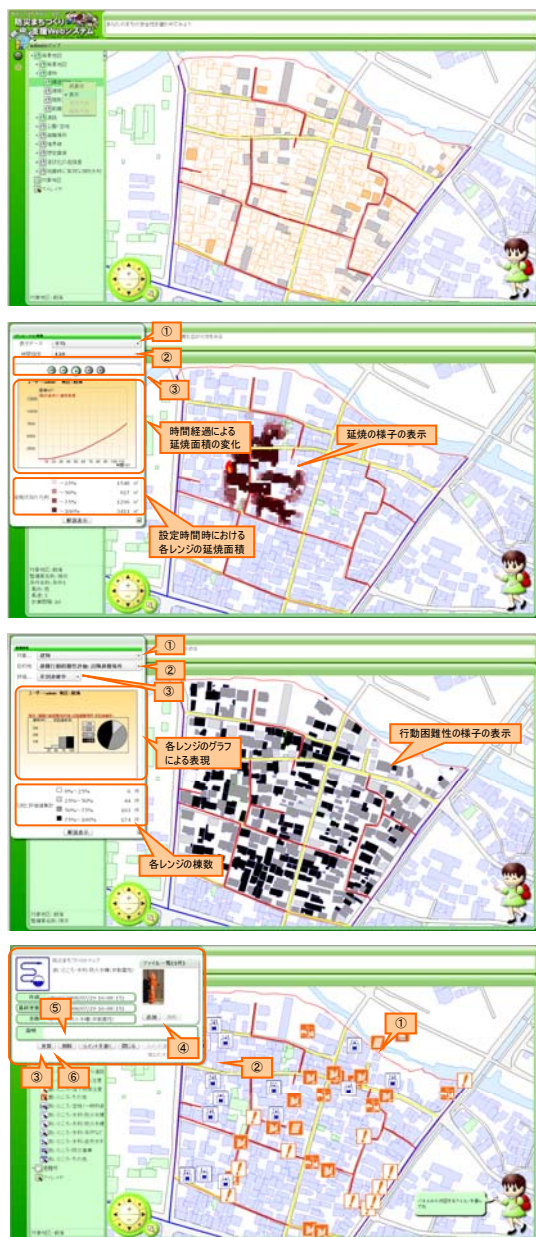


図7 統合 WebGIS 試作版 (最上段: 地図情報表示例, 2 段目: 延焼シミュレーション実施例, 3 段目: 災害時行動困難性評価例, 最下段: 防災点検マップの例)

(6) 「ツールを活用した災害に強いまちづくりアクションプランニング手法」

独自に開発してきた各ツールの有用性検証を目的として、住民と行政が協働で話し合う防災まちづくりWS等の現場で実証実験(図8参照)を繰り返し実施してきた。これらの実証実験は、一方でツールを活用したアクションプランニング手法を検討する場でもあった。これら実践的取組を通じて、地方都市の問題市街地の改善に役立つ、ツール活用によるアクションプランニング手法の提案に向けた課題等の整理を行ってきた。

住民主体の防災まちづくりの取組初期の意思啓発、まち歩きと課題整理、目標づくり、耐震診断ローラー作成や防災訓練・DIG等の実践段階、実践結果の確認と点検、目標達成に向けた改善策の検討といったPDCAサイクルに基づく、地方都市の実情に配慮したまちづくり手法と、各場面におけるツールを活用した取組手法の提案を予定している。

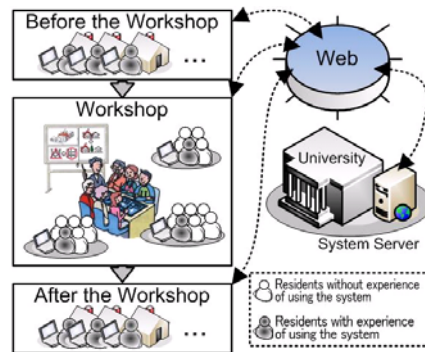


図8 WSでのツール活用の実証実験風景

(7) 今後の課題と展望

まちづくり現場での統合 WebGIS ツールの利活用という実用化に向けた課題として、

- 1) グリッドコンピューティング等の分散処理技術の援用によるリアルタイム評価
- 2) より分かりやすく直感的理解を支援し、合意形成を容易にする情報提供技術
- 3) 素人でも操作が容易なインターフェイスの提供
- 4) システムの運用・管理上の課題整理などが挙げられる。

また、ツール活用によるまちづくり手法の確立に向けては、地方都市の実情に応じた防災まちづくりの計画論の確立と、防災のためのまちづくりではなく、防災から始まる持続的まちづくりのプランニング・デザイン手法へ展開していく予定である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計26件)

- ① 郷内吉瑞, 大貝彰, 鷗心治, 加藤孝明, 村上正浩, 渡辺公次郎, 日高圭一郎: 自治会に着目した定量的地域防災力評価手法開発の試み, 日本都市計画学会都市計画論文集, 43-2, 査読有, 34-40, 2008
  - ② Y. Gohnai, A. Ohgai and K. Watanabe: A Simulation Model Development of Firefighting Activity by Community Residents Against Co-seismic Fire Spread Using Multi-Agent System: As a Support Tool for Community-based Disaster Prevention Planning, 9<sup>th</sup> Design and Decision Support System in Architecture and Urban Planning Conference, Netherland, CD-ROM, 査読有, 2008
  - ③ 大貝彰, 郷内吉瑞: PDCA サイクルに基づく持続的防災まちづくりアクションプランニング手法の開発, 豊橋技術科学大学地域協働まちづくりリサーチセンター年報, 3, 査読無, 25 - 34, 2008
  - ④ Y. Gohnai, A. Ohgai, S. Ikaruga, T. Kato, M. Murakami, K. Hitaka, K. Watanabe, T. Yamamoto: An Evaluation Method for Emergency Response Activities During Earthquakes in Japanese Local Cities: A Tool for Supporting Community-based Planning for Disaster Mitigation, Proceeding of 10th Int. Conf. of Computers in Urban Management and Urban Planning in Brazil, Paper214, 査読有, 2007
  - ⑤ A. Ohgai, Y. Gohnai, K. Watanabe: Cellular automata Modeling of fire spread in built-up areas - A tool to aid community-based planning for disaster mitigation, Computers, Environment and Urban Systems, 31, 査読有, 441-460, 2007
  - ⑥ 大貝彰, 郷内吉瑞: 防災まちづくり推進のためのアクションプランニング手法の調査研究, 豊橋技術科学大学地域協働まちづくりリサーチセンター年報, 2, 査読無, 75 - 84, 2007
  - ⑦ 大貝彰, 郷内吉瑞: 防災まちづくりワークショップのための防災対策立案支援システムの試験的開発, 日本都市計画学会都市計画論文集, 41-3, 査読有, 283-288, 2006
- [学会発表] (計21件)
- ① 山元隆稔, 大貝彰: 延焼危険性評価と行動困難性評価を組み込んだ防災まちづくり支援システムの試験的開発, 日本建築学会東海支部研究報告集, 47, 2009.2, 岐阜じゅうろくプ

ラザ

- ② 上原友, 大貝彰, 加藤孝明, 郷内吉瑞, 山元隆稔: 災害時緊急行動困難性評価手法の特性分析 その1: 評価誤差の要因分析, 日本建築学会大会講演梗概集(中国), 2008, 9, 広島大学
- ③ 阿部陽介, 大貝彰他: WebGIS 基盤の防災まちづくりワークショップ支援システムの有用性検証 その1: システム概要と実証実験概要, 日本建築学会2006年度大会(関東), 2006.9, 神奈川大学

[図書] (計1件)

- ① Y. Gohnai, A. Ohgai, S. Ikaruga, T. Kato, M. Murakami, K. Hitaka, K. Watanabe: Development of a Support System for Community-based Disaster Mitigation Planning Integrated with a Fire Spread Simulation Model using CA, in "Innovations in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning", Springer, 35-51, 2006

[その他]

統合 WebGIS 試作版アドレス:

<http://brasilia.tutrp.tut.ac.jp/SEDIP/Login.aspx> (userID と password 要)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大貝 彰 (OHGAI AKIRA)  
豊橋技術科学大学・工学部・教授  
研究者番号: 10160433

### (2) 研究分担者

鷗 心治 (IKARUGA SHINJI)  
山口大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号: 30264071  
加藤孝明 (KATO TAKAAKI)  
東京大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号: 30251375  
村上正浩 (MURAKAMI MASAHIRO)  
工学院大学・工学部・准教授  
研究者番号: 90348863  
日高圭一郎 (HITAKA KEIICHIRO)  
九州産業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 80320141  
渡辺公次郎 (WATANABE KOJIRO)  
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス  
研究部・助教  
研究者番号: 30372717

### (3) 連携研究者

なし