

阪神・淡路大震災の経験を基にしたリスク対応型地域空間情報システムの開発

畑山 満則

阪神・淡路大震災をもとに災害直後から利用できる情報システムの要件としてリスク対応型地域空間情報システム (RARMIS) の概念が示され、これを実現するシステムの研究が行われている。本研究では、RARMIS概念を満たす住民対応を考慮した地方自治体情報管理システムについて、1) ハードウェア・インフラストラクチャ、2) データベース、3) 人材確保の面の実現手段を検討し、これを実現するために開発した時空間地理情報システムDiMSISと神戸市長田区における防災訓練での適応実験について説明する。

Development of Risk-Adaptive Information Management System based on the Experience in the Great Hanshin-Awaji Earthquake

Michinori Hatayama

Through the experience with disaster and recovery support activities obtained as a result of the Great Hanshin-Awaji Earthquake, the information systems to be used in times of disaster must be able to adapt the following three risks: 1) hardware & infrastructure, 2) database, and 3) human resources. To achieve these capabilities, we have proposed, as a concept, the Risk-Adaptive Regional Management Information System (RARMIS). Then, to actualize this concept, we have developed DiMSIS, a multi-dimensional spatial temporal information system. Here we will report on effective information processing in emergencies using a case study for the disaster drill in Nagata ward, Kobe city.

1. 緒言

阪神・淡路大震災を契機に地理情報システムの防災応用に対する関心が高まっている¹⁾。これらのシステムは災害予測を行なうものがほとんどであり、災害直後での有効な利用を考慮したものは少ない。地震などの自然災害においては、災害直後に計測された数値と地盤情報などを利用して災害規模などの予測を行なうシステムが開発されている。これらは災害をマクロな視点で捕らえるものであり、政府や県、政令指定都市レベルでの意思決定に対しては有効な情報をもたらすが、被災者である住民レベルでの対応に対しては、ミクロな視点からのきめの細かい情報が必要とされるため有効とはいえない。住民レベルの災害対応への²⁾³⁾情報処理技術の応用に関しては、近年、様々な研究が行われているが、人間系までを含めた情報システムの災害時におけるリスク要因までを考慮したシステムはほとんど存在しない。

本研究では、災害直後から住民対応を考慮した利用ができる地方自治体情報管理システムについて、人間系までを含めた災害リスク要因を分析し、得られた技術面、運用面からの課題に対応できる情報システムを構築するための手段を提案、検証することを目的とする。まず、問

題の明確化を行うため、災害発生時の住民対応を中心とする対応体制について述べ、その際に考慮すべき災害リスク要因に関して考察を行う。次に、考察したリスク要因を考慮した情報処理システムに関しての提案を行い、これを実現するための手段について述べる。最後に神戸市長田区における総合防災訓練でのシステムの適用事例をもとに、提案したシステムの有効性の評価と今後の発展性についての考察を行う。

2. 神戸市における災害情報システムの構成

本研究の対象である地方自治体では、防災基本計画に基づき地域防災計画を作成し、これに基づき各種の災害対策が実施される。神戸市の地域防災計画は阪神・淡路大震災の教訓を踏まえた実践的で先進的な計画であり、他の自治体の計画立案にあたって参考にされることが多い計画である⁴⁾ことを踏まえて、ここでは、神戸市の地域防災計画⁵⁾⁶⁾⁷⁾における情報処理の取り扱いについて考察を行う。

神戸市の地域防災計画では、神戸市の情報ネットワークに関して、市本庁から見た視点と区役所からみた視点の2つの図が描かれている。市本庁においては、災害対策本部が防災情報センターとして機能し、住民は各区本部を通して接触を持つ存在として位置づけられている (図1)。

間をとられるため、早期復旧は非常に難しい。特にネットワークベースの集中管理系のシステムを構築していた場合、サーバ、ネットワークのトラブルに対しては専門家のサポートが必要とされるが、専門家は、人材確保が難しく、さらに専門家自身が被災していたり、交通手段の切断により現地に到達できない場合もある。このような厳しい状況下ではシステム復旧に優先順位がつけられる。つまり、図1において上位階層に位置付けられる市対策本部などではサーバやネットワークは早期の回復が望めるが、大量の情報処理に追われ一刻も早い情報システム利用を求められる各区本部などの住民対応機関の復旧は後回しにされがちである。また、安定な電源供給が達成されない可能性もある。

(2) データの問題

災害直前の最新データを利用できることが望ましいが、そのためには、短周期の定期的なデータメンテナンスが必要となる。現状はデータメンテナンスを委託している場合が多く、予算との兼ね合いで次のメンテナンス時期が決定される。この方法は、一定の信頼性を持ったデータを作成する方法としては適しているが、必要ときに最新の情報を供給できない可能性がある。もし、最新のデータが利用できたとしても、履歴情報がなければ、住民からの問い合わせに対応できない可能性もある。特に、町村合併などで住所が変更された場合では、その後、前の住所と現在の住所の両方の情報に対応する必要があり、最新情報だけでは対応できない。

(3) 人材の問題

災害時には短時間に大量の情報処理をする必要がある。これに対応するためには、多数の情報システム操作者が必要となるが、情報リテラシーの格差がある現状の自治体体制のみでは対応は難しい。また、自治体職員は、情報システム操作者としての作業以外の業務に追われ、手が回らなくなる可能性がある。

4. リスク対応型地域空間情報システム

3章で考察したリスクに対応するため、以下のコンセプトを持つ空間管理システムを提案する。

(1) 災害直後のシステム構成

阪神・淡路大震災のような都市型大災害発生時には、災害現場、避難所、病院等の拠点で同時に様々な活動が展開される。現地対策本部は

被災地に点在する情報の収集活動の拠点となる。災害対策本部は現地対策本部から個々に収集された情報を統合し、被災していない地域からの後方支援をもとに、状況判断と意志決定を行い、その情報を被災地の現地対策本部にフィードバックする意志決定の拠点となる。このような活動拠点を結び、レスキュー活動などの緊急活動を効率良く支援するシステムは図3に示すような全体構成となる。このシステムを構成する各活動拠点は、作業内容により、以下の3つに分類できると考えられる。

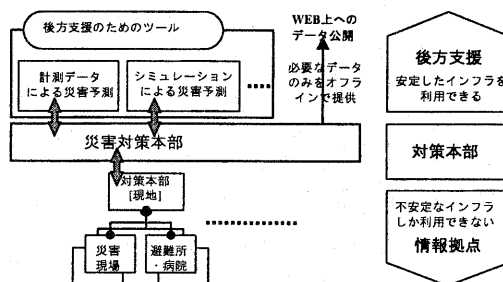


図3 災害発生時の情報処理システムの構成

[対策本部]

災害発生時のシステムにおいて、中心に位置し、多くの情報が集められる。災害の規模に応じて階層的な体制が構築され（図3では2階層）、上位階層ほど安全な場所に設置され、情報システムの災害時におけるリスク要因のうちハードの問題も早急に解決される。しかし、被災地内部での通信が完全であることは期待できない。

情報処理を用いた活動として、以下のような作業が考えられる。操作性の良く、多様な可視化が可能なシステムが求められる。

- 情報拠点で収集される情報（被災地情報）の管理。
- 被災地情報の後方支援機関への提供。
- 後方支援機関での分析結果をもとにした、今後の活動事項の決定。

[情報拠点]

災害発生時のシステムの中で、最先端に位置する機関で、必ず被災地に存在する。災害現場、避難所、病院などがこれにあたる。情報システムの災害時におけるリスク要因のすべてが表面化する可能性がある。これらのリスクを軽減化するため、自治体は、情報処理の面でも地元の自主防災組織と連携することを考慮に入れる必要がある。

情報処理を用いた活動として、以下のような作業が考えられる。携帯性に優れ、操作性の良

いシステムが求められる。

- 情報収集（被災現場の状況、避難所の状況など）と対策本部への伝達
- 対策本部で決定された事項の実行
- ローカルなエリアでの意志決定と情報管理
[後方支援]

災害分析解析、救助救援戦略研究機関などがこれにあたる。被災地ではない場所に存在すると考えられるため、情報システムの災害時におけるリスク要因に関しては考慮する必要はない。

情報処理を用いた活動として、以下のような作業が考えられる。複雑な解析や大量のデータ処理が必要とされるので、システムは操作性より機能の豊富さを要求される。

- 災害発生時の観測データ（地震計情報など）の集計
- 航空写真や衛星写真などのデータ収集
- 対策本部から送られた情報の分析
- 分析・収集された情報の対策本部への伝達

(2) 平常業務からの連動による人材確保

平常業務から、災害時に利用することを考慮した地理情報を作成できるシステムを利用することで、最新データ作成を自治体職員で作成できる体制を構築する。また、システムの操作系を統一し、平常時からシステム操作者の人材育成と教育プログラムの整備を行うことで、人材の問題の軽減化が可能となると考えられる。窪田らの研究⁹⁾では、このコンセプトを持つシステムと、平常時のシステム操作者教育用のマニュアルを利用することで、災害時の情報入力ボランティアを災害時に育成できる可能性を示している。

(3) ホロニック（自律分散協調型）システム

情報システムの災害時におけるリスク要因のうち、ハード面での問題を回避するためには、簡易な代替を組めるシステム構成が求められる。これを可能にするためにサーバ/クライアントという明確な役割分担を行わないシステムを提案する。具体的には、複数のコンピュータ端末が、個々にすべてのデータを持ち、事前に打ち合わせたタイミングで、修正履歴データを交換することでデータの共有を図る¹⁰⁾。これにより、全てのコンピュータが互いのバックアップを持つシステムが構築される。修正履歴データは、交換フォーマットを規定しておき、その交換手段は規定しないものとする。これにより、ネットワークが動作している場合は、これを用い、動作していない場合は、フロッピーディスク等の記録媒体を用いて交換することが可能になる。つまり、データ交換に関しても複数の代替手段

を持つことが可能となる。このシステムの問題点は、全端末が最新の更新情報をリアルタイムに共有できないことにある。(2)を満たすために災害時のみでなく平常時にもこのコンセプトを持つ情報システムを利用する必要があるが、長田区役所を含む複数の自治体における平常時業務の分析と実務を担当する職員からのヒアリング調査の結果、ほとんどの自治体業務では、決まった周期（例えば1日おき）のデータ統合の必要はあるが、データ入力したと同時にそのデータを別の端末で参照する必要はないことがわかったため、現実的な稼動にも支障のないシステム構成であると考えられる。

(4) 時空間地理情報システム

履歴情報を取り扱えるようにするため、時空間地理情報を管理できるシステムをベースとしたシステムを構築することを提案する。本研究では、著者らが開発した時空間地理情報システム DiMSIS¹¹⁾を利用することでこれを可能にした。DiMSISでは、時空間情報を効率よく取り扱うために、記憶容量の小さな位相構造算出型のデータ構造を提案している。これと近年のPCの記憶容量の大規模化により、ノートパソコンに、都市の基盤となる情報を持たせることは可能となった。これによりノートパソコン用いたホロニックシステムの構築が可能となる。ノートパソコンはバッテリー駆動可能であるため、安定な電力供給がない場合でも、利用可能であるし、自動車バッテリーからの電源供給も可能である。これにより情報システムの災害時におけるリスク要因の1つであるハード面の問題は回避可能となった考えられる。また、データ面の問題に関しては、精度を必要とする業務での利用を考えない場合は、都市の変化をリアルタイムにチェック可能な自治体職員の手でメンテナンスすることで軽減化可能であると考えられる。この作業は平常時に行われることになるが、自治体職員は、データ更新段階での操作ミスがボトルネックの1つであると考えていることが長田区固定資産税課職員に対するヒアリング調査でわかっている。しかし、時空間で情報管理することで更新履歴蓄積も可能となり、データ更新ミスにも履歴を遡ることでやり直しができることから上記のボトルネックを解消できる可能性があると考えている。著者らのグループでは現在、複数の自治体（神戸市は含まれていない）で自治体職員の手によるデータ更新に関する実験を行っている¹²⁾。

5. 神戸市長田区総合防災訓練での適用

著者らのグループは、神戸市長田区において阪神・淡路大震災の翌年1996年以降、年に1度の総合防災訓練で4章で提案したコンセプトの実現に向け、技術面以外の課題の回避または軽減化に関する評価実験を行ってきた。ここでは、情報システムの災害時におけるリスク要因を考慮した実現に焦点を当て、適用実験に関する考察を行う。

(1) 訓練想定と実施内容

防災訓練では、「集中豪雨を発端とする連鎖的災害」を想定している。連鎖的災害の内容については、年によって内容が異なる。訓練内容の概要は以下のようになっている。

- 初動対応訓練：危険地区警戒パトロール・広報など
- 避難・救助訓練：避難所救護所開設・避難誘導など
- 救援・救護活動：救護活動・緊急物資搬送・など
- ライフラインの応急復旧訓練：ガス施設応急復旧など
- 消火訓練：地域住民の消火・消防署の消火

(2) システム構成とデータベース

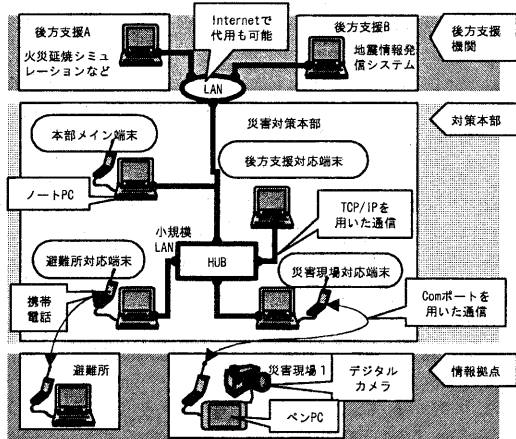


図4 長田区総合防災訓練のシステム構成

情報システムの災害時におけるリスク要因のうちハードの問題は、システムを時空間地理情報システムをベースとして作成し、ホロニックシステムを構築することで回避可能となる。これよりシステム構成は、図4に示すような形での実装を行っている。システムでは、初動対応訓練、避難・救助訓練での情報処理を行うことを目的とし、対策本部、後方支援機関、被災

地情報拠点から構成される。対策本部はここでは、長田区役所を指し、被災地情報拠点として災害現場と避難所を置いた。後方支援機関は、センサ情報の取得や各種の分析を行う被災地外にある専門機関を想定した。データの共有は、対策本部と修正履歴地理情報を交換することで可能となる。被災地情報拠点と対策本部のデータ通信は、無線通信（図4では、携帯電話だが、アマチュア無線による通信も実験済み）を用いたピアツーピア接続で実現した。後方支援機関と対策本部間及び対策本部内でのデータ通信はDHCPサーバを用いたLANを訓練開始直後に構築し、これを利用した。これらの通信手段が動作しない場合を想定した、記憶媒体を用いた修正履歴交換による情報共有の実験も行った。

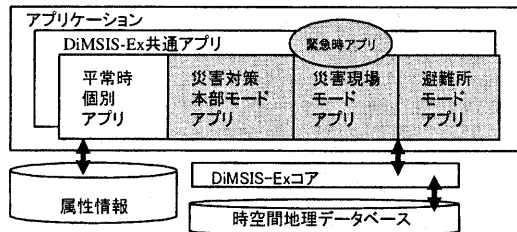


図5 対策本部、情報拠点のソフトウェア構成

対策本部、情報拠点でのソフトウェアは、図5に示すように時空間地理情報システムDiMSISを基盤として実装しており、後方支援機関では、DiMSISで時間を指定することで、エクスポートされたある時点の地理情報に基づいて情報処理が行われるようになってきている。緊急時アプリケーションで必要とされる機能については、長田区で災害時に総務情報班となるまちづくり推進課と長田消防署とのミーティングを重ねることで決定した。

(3) 利用したデータ

訓練で利用した平常時のデータは、長田区都市計画用地図データ、長田区内の指定避難所、長田区内の水防危険箇所、住民情報、平常時の状態（静止画・動画）である。長田区は神戸市の1部であり、都市計画用地図データ、住民情報の修正に関しては市全体の取組みとなるため、これらのデータの更新は行っていない。つまり、データ面に関する実験は行っていない。以下に、各データの概要と更新の可能性について示す。

a) 都市計画用地図データ（長田区全域）

神戸市都市計画局が作成した1:2500相当の都市計画用地図データ。全ての情報はこの地図を基盤として位置と時間情報とともに記述され

る。国、自治体などで計画して作られる道路などはその担当部署で入力が可能である。また、住民が建設する建物については固定資産業務を担当する部署において調査が行われるのでこれをもとに、自治体内の自治体内の平常業務で更新作業を行える可能性があると考えられる。

b) 長田区内の指定避難所（全箇所）

長田区内の全指定避難所の位置と名称。避難所開設、避難経路決定の資料となる。長田区で指定しているため長田区役所内の平常業務で更新作業を行える可能性がある。

c) 長田区内の水防危険箇所（全箇所）

消防署が調査している水防危険箇所の領域と名称。警戒パトロール結果の整理、避難勧告地域の設定の資料となる。長田消防署で更新可能であり、長田区役所との情報連携も可能である。

d) 設定箇所付近の住民情報

付近の住民の位置（1人1点の代表点）と属性。毎回の災害設定に最も近い地形を持つ水防危険箇所を選び、実験用の設定箇所として入力している。避難者確認における資料となる。住民票の管理を地理情報ベースに置き換えることにより、長田区での更新は可能である。しかし、住民票は、居住実態を示していない場合があるため、自主防災組織などの地域コミュニティと連携を図り実態情報を作成してもらうことも考えられる。2000年の実験では、地元の防災福祉コミュニティの協力を得て、災害弱者と考えられる高齢者の情報作成を行ってもらうことで、その可能性を示した。

e) 設定箇所付近の平常時の状態

設定箇所付近の平常時の状態を示す静止・動画像情報と撮影位置・方向の情報。避難経路決定時の資料となる。区役所のいくつかの部署で行っているの区内現地調査（苦情処理など）で収集されたデータを活用することで長田区役所内の平常業務で更新作業を行える可能性がある。

(4) 平常業務との連続性

長田区まちづくり推進課（現まちづくり支援課）では、1999年よりDiMSISを基盤とした空地管理システムを平常業務に導入し、情報管理を行っている。空地管理は、阪神・淡路大震災以降に、倒壊家屋の撤去はしたが、その後の処理がなされず空地のまま残っている場所の管理であり、主に付近住民からの苦情と草刈の要望への対応業務である。この業務は、災害時の情報収集・管理業務と作業手順が似ているため、情報システムの災害時におけるリスク要因の人材面での問題の軽減化につながる。その可能性を実証するため、防災訓練では、システム操作は、まちづくり推進課職員が行っている。

(5) 実験内容

以下の操作実験を、長田区まちづくり推進課職員の手で行なった（図6）。実験中の画面は、対策本部長である長田区長の前にも表示され、長田区まちづくり推進課長により説明が加えられる。また、2002年には神戸市長にも説明された。



図6 対策本部での実験の様子（2000年6月）

[対策本部]

- 危険地域の特定
- 平常時／災害時での写真、ビデオデータ参照
- 避難経路の特定
- 住民安否情報確認（情報拠点との関連）
- 災害現場写真参照（情報拠点との関連）
- シミュレーション結果参照（後方支援機関との関連）

[情報拠点]

- 住民安否情報の確認
- 災害現場写真の地図への登録
- 収集したデータの共有化（対策本部との関連）

[後方支援機関]

- 地震動分布情報の共有化（地震情報発信システム）

リアルタイム地震被害想定システム¹³⁾より作成される地震動分布を長田区地図データ上に表示する。

- 火災延焼シミュレーション

長田区の地図データと火災発火点を与えることで1時間後の延焼状況（消火活動なし）のデータを作成する。シミュレーションには、RoboCupRescueシミュレータを用いている¹⁴⁾¹⁵⁾。

(6) 評価と考察

本適用実験では、ハードの問題を回避できるシステムの構築と、人材の問題の軽減化可能性

の検証である。1996年から2002年までの継続的な実験で、様々な情報が寄せられる災害本部のメインパートの操作を担当した自治体職員は4名（転送されてきたデータを受信するサブパートの操作は、ボランティアを想定して実験に参加していた大学生が行った）、災害現場での操作に担当は、自治体職員5名であった。避難所での操作は、阪神・淡路大震災でも避難所運営にボランティアとして関わった地元の防災福祉コミュニティやまちづくり協議会の職員が担当した。対策本部内で区長端末操作をした自治体職員は、平常時に時空間地理情報システムを用いた空地管理処理システムを利用しているため、システムの詳細な説明を必要としないでも、各機能を利用できた。さらに、時間制約のある緊迫した場での利用したため、現実の災害時に利用するために必要なユーザインターフェースへの要求（ハード面における入力デバイスの工夫や、ソフト面でのGUIの改良）を出してもらうことができた。この要求にソフト、ハードの面から対応することで、実際に利用できるシステムにより近づいたと考えられる。

さらに、データ面、人材面の問題の軽減化を考慮した場合、自主防災組織などの地域コミュニティとの連携が重要となる。本実験では、長田区内の防災福祉コミュニティと連携し、その可能性を探っている。人材面に関しては、情報入力ボランティアとして避難所での情報処理を行ってもらうことで、その可能性を示した。主な作業は、避難者の確認と対策本部への報告である。事前にGISベースのソフトウェア利用経験のない数人の自治体職員を対象にしたシステム試用実験（各人1回づつ）を行った結果から、キーボード入力に対して心理的嫌悪感を感じる人が多く、情報リテラシーの低い人ほどその感覚が強いことがわかったため、事前に住民情報を入力し、マウスクリックのみで操作を可能にするようソフトウェアを実装した。住民情報は、平常時の地域コミュニティ参加者の名簿作成と連動して、GISベースでの入力・更新を行ってもらった（ここでは、災害弱者である高齢者の情報に限定）。これは、神戸市都市計画図上でこのようなデータを管理することで、区役所との災害時での情報連携が可能になること、つまりデータ面の問題を回避する1つの手段であることを示している。

最後に、後方支援機関との連携について考察する。この連携により、災害直後の空白期間の情報が埋められたり、今後の被災状況の変化の予測が可能になる。つまり、対策本部などでの次の意思決定を支援する情報が得られることであり、データ面の問題と密接な関係があると考

えられる。本研究では、地震動分布情報の共有化と火災延焼シミュレーションを行った。前者は区全体での状況把握の判断材料として利用可能である。後者は、消防署での利用可能性以外に、地域での救助戦略の判断材料としても利用できることがわかった。図7は、防災福祉コミュニティ作成した高齢者の情報（★で表示）と、発火から1時間後で消防活動がなかった場合の火災延焼シミュレーションの結果を重ね合わせたものである。これにより、火事に巻き込まれる可能性のある高齢者を把握することが可能となる。



図7 火災延焼シミュレーションと災害弱者の位置

6. 結 言

本研究では、災害時における情報システムのリスクを考慮した自治体情報システムの構築に関する提案と評価実験を行った。長田区総合防災訓練における、1996年からの継続的な評価実験の結果、訓練で想定されている小規模な災害に対しては、実用可能な段階にあることが確認された。また、2000年以降はこの情報システムの枠組み内での付加的な活動として、簡易移動型定点観測システムや携帯電話による広報活動などのより実践的な取組みや、レスキューロボットとの連携¹⁶⁾といった将来を見据えた取組みも行われている。今後の課題としては、データ面の問題と人材面の問題の軽減化に焦点を当てた研究を行う必要がある。阪神・淡路大震災規模の災害では、今回の防災訓練では想定していない数の情報が区役所に寄せられることになる。これらの情報を整理、蓄積、管理していくには、情報処理技術の向上のみの研究では不可能であると考えられる。現在の活動を継続的に行うことに加え、提案システムに関して人間系を含め

た総合的な見地から検討する予定である。さらに、長田区役所の上部機関に当たる神戸市との情報連携に関わる部分への提案システムの拡張や、地域コミュニティと自治体の災害時での情報連携に関わるリスク・コミュニケーション¹⁷⁾に関しても検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 亀田弘行編集：文部省緊急プロジェクト「兵庫県南部地震をふまえた大都市災害に対する総合防災対策の研究」報告書，1995.
- 2) 瀧本浩一・橋本幹男：小さな自治体向け災害時支援システムの開発～情報の整理，共有，発信について～，地域安全学会論文集，No.4，pp.335-344，2002.
- 3) 中津川市ホームページ 中津川市防災情報ネットワーク：<http://bousai.city.nakatsugawa.gifu.jp/about.html>
- 4) 田口尋子・林春男：災害対応業務の標準化に向けた IDEF0 手法による評価手法の開発－神戸市・防災対応マニュアルを例に－，地域安全学会論文集，No.4，pp.267-274，2002.
- 5) 神戸市防災会議：神戸市地域防災計画（防災対応マニュアル（概要版）），地震対策編，防災データベース），2001
- 6) 長田区役所（長田区災害対策本部）：長田区防災組織計画，2001
- 7) 神戸市ホームページ 平成 13 年度情報化のあらまし：<http://www.city.kobe.jp/cityoffice/06/022/aramashi/index.html>
- 8) 神戸市市民局市民安全推進室市民防災課：こうべ防災ネット 神戸市総合防災通信ネットワークシステム，神戸市広報印刷物平成 12 年度第 344 号，2000
- 9) 窪田崇斗，畑山満則：自治体空地管理型業務のための平常時・災害時連続運用対応システムの開発，地域安全学会論文集，No.4，pp.275-280，2002.
- 10) 畑山満則・松野文俊：災害時での利用を考慮した時空間地理情報システムにおけるデータ構造に関する考察，情報処理学会論文誌：データベース，Vol.41，No.SIG1(TOD5)，pp.40-53，2000.
- 11) 畑山満則・松野文俊・角本繁・亀田弘行：時空間地理情報システム DiMSIS の開発，GIS－理論と応用，Vol.7，No.2，pp.25-33，1999.
- 12) 吉川耕司・角本繁・藤井篤・玉置昌史：時空間情報システムの自治体業務支援への適用性の実証－岐阜県白川町の時空間データベース構築およびシステム導入事例－，地理情報システム学会講演論文集，Vol.10，pp.193-198，2001
- 13) 蛭沢勝三・久野哲也・柴田勝之・阿部一郎・角本繁・亀田弘行：多次元地理情報システム DiMSIS との連携が可能な地震情報緊急伝達システムの開発，地域安全学会梗概集，No.10，pp.133-136，2000.
- 14) 畑山満則・角本繁・亀田弘行：時空間情報管理による緊急時情報伝達システムの開発－神戸市長田区総合防災訓練への適応－，地域安全学会梗概集，No.10，pp.125-128，2000.
- 15) 田所論・北野宏明監修：ロボカップレスキュー緊急大規模災害救助への挑戦，共立出版，2000.
- 16) 児島隆生・松野文俊・畑山満則：地理情報と複数のセンサ情報を融合した自律移動ロボットのナビゲーション，GIS - 理論と応用，Vol. 10，No.1，pp. 75-83，2002.
- 17) 畑山満則・井上芳明・石黒周：リスク・コミュニケーションへの RoboCupRescue シミュレータの適応に関する考察，SICE SI2002 講演論文集(I)，pp.267-268，2002.