



## 災害情報可視化システムの開発

村崎大輔<sup>1)</sup>、藁科光徳<sup>1)\*</sup>、小池英之<sup>2)\*\*</sup>、  
荒川淳平<sup>1)</sup>、上田真史<sup>1)</sup>、竹内郁雄<sup>3)</sup>

1) 東京大学情報理工学系研究科 創造情報学専攻  
e-mail: violet@nue.ci.i.u-tokyo.ac.jp

2) 電気通信大学 電気通信学研究科 情報工学専攻

3) 東京大学 情報理工学系研究科 創造情報学専攻、教授 博士（工学）

### 要 約

震災等の発災時には、負傷者や建物倒壊等の様々な災害情報が発生し、これらの情報を災害対応者が効率的に収集・整理して的確な意思決定を行うことが求められる。そして、意思決定を適切な現場人員へ迅速かつ容易に、かつ正確に通達しなければならない。筆者らは最新の情報技術を活用することで効果的な情報共有と意思決定を実現すべく、災害情報の可視化と意思伝達を行うシステムに求められるユーザインタフェースのガイドラインを策定した。このガイドラインに基づいた災害情報の可視化システムのプロトタイプを開発し、その有効性を実証実験を通して確認した。

キーワード： ヒューマンインタフェース、可視化、災害対応、地理情報システム

### 1. はじめに

地震等の発災時には、負傷者や建物倒壊等の様々な災害情報が発生する。これらを災害対策本部やレスキュー隊員等の災害対応者が幅広く収集して意思決定を行うことが求められる。そして、災害対策本部の意思決定を適切な現場人員へ迅速かつ容易、かつ正確に通達することが要求される。現状の災害対応は、このような情報収集に紙地図やファックス、意思決定の伝達には音声通話による防災無線等が利用されており、情報が錯綜した場合への効率的な対応が課題となっている。特に大規模災害では、消防や警察等の組織を横断した情報共有が必要とされる。これまで日本で発生した大規模災害の事例において、現状の情報収集・伝達の方法やシステムで十分に効率的な情報共有と災害対応活動が行われてきたとは言い難く、多くの課題を残している。

このような災害対応に情報技術、特に地理情報システム (GIS - Geographic Information System) を応用する研究が進められている。日本においては阪神・淡路大震災の復興支援活動における応用<sup>1),2)</sup>が成果を上げている。シミュレーション技術の進歩やネットワークの発達に伴い、発災直後に要員やセンサネットワーク等から収集した情報を意思決定に活用するための試み<sup>3),4),5),6)</sup>も研究されている。

また、入出力デバイスの進歩がGeoCollaborationとも呼ばれる地理情報システムの新しい応用<sup>7),8)</sup>を生み出している。これは災害対応要員の共同作業に効果を発揮する。

しかしながら、災害対応に適したユーザインタフェースについて根本から考察した研究は数少ない。

\* 現職：株式会社いい生活

\*\* 現職：日本ヒューレット・パッカー株式会社

特に様々な部署が連携して災害に対応するために求められる情報共有インタフェースや、災害報告から意思決定、災害対応要員への伝達、対応完了報告までのワークフローに対して一貫したインタフェースを設計し、実装を行った事例は更に少なく、災害対応への情報技術の活用はまだ十分とは言えない。

本論文では、最新の情報技術を活用することで上述の問題を解決すべく、災害対応要員の共同作業を想定した災害情報可視化システムの実現について述べる。

## 2. 災害情報可視化システム

震災に限らず多くの災害情報は、その多くを地理情報と関連づけて定義することが可能であり、かつそのような関連づけが必要とされる。災害情報を扱うにあたって、筆者らは情報が位置する地理情報をキーとしてデータベース上で管理することを基本とした。すなわち、本論文で扱う災害情報はシステムの利用者が災害情報の種類に応じて定義した地物（ユーザ定義地物）として地図上に表現される。空間情報として解釈できる地理情報を付与することで、災害情報の可視化は直観的になる。最低限、空間の代表点に災害情報の種類を示すアイコンを定義して描画すればよい。

しかし、アイコンのみでは災害情報の詳細を網羅して提示することが難しい。災害報告のあった時刻・報告者名や報告者が撮影した写真などがその例である。このような情報に対しては、ユーザがマウスカーソルをアイコン上に移動させる等の操作を行うことで必要な情報を表示するようにした。一方で負傷者の状態や浸水時の水位については、意思決定において常時把握されるべき情報であると考え、アイコンのデザインを修飾することで提示した。また、地図上に表示する情報についてはユーザが立場や状況に応じて容易にカスタマイズ可能なように注意した。これらの配慮により、ユーザが取捨選択した情報を常に把握しつつ、必要に応じて詳細な情報を取得することを可能にしている。

上述した地図情報とは異なる形で情報を提示することが有効な場合もある。例えば、河川の水位情報は、計測した河川の位置と観測時刻を地理情報として関連づけることが可能であるが、利用状況によっては時系列に沿った水位の時間変化を折れ線グラフなどで表示するほうが状況判断しやすい場合もある。

災害情報の可視化システムは、ユーザと利用環境に応じて様々な計算機環境で動作させることが求められる。例えば、現場に展開する災害対応要員に対しては、一般的なPCではなくタブレットPCや携帯電話等のモバイル機器の利用が必要であろう。これらのモバイル機器では画面の大きさに制約が生じるため、これを考慮した形での可視化手法や入力インタフェース<sup>9),10)</sup>が求められる。

### 2.1 マルチマウスによる共同作業の実現

災害情報可視化システムで災害対応要員の共同作業を実現するには、システムへの入力インタフェースも重要である。近年、紙地図のような使いやすさやテーブル上での共同作業を実現する研究<sup>11)</sup>も盛んである。筆者らは複数ユーザが一つの画面を共有するSingle Display Groupware (SDG)<sup>12)</sup>に着目し、マウスを複数接続してSDGを実現するマルチマウス<sup>13)</sup>を提案して災害情報可視化システムに取り入れた。

### 2.2 減災情報共有プラットフォーム

上に述べた災害情報を可視化するには、その情報を格納したデータベースが必要である。このデータベースは他の様々な災害情報管理システムと接続し、情報を共有できる相互接続性を備えていなければならない。筆者らは、この要求を満たすデータベースとして情報共有プラットフォームのリファレンス実装であるDaRuMa<sup>14)</sup>を使用した。

## 3. 災害情報可視化システムの実装ガイドライン

筆者らは、まずGUI (Graphical User Interface)のガイドラインを策定した。紙面の制約上、本論文では一般的なGUIデザインについて<sup>15)</sup>は言及せず、災害情報可視化システム特有の方針について述べる。

災害情報可視化システムは、発災時にユーザが初めて利用するのではなく、防災訓練などを通じて予めトレーニングを行うことが一般的である。そこで、本ガイドラインではユーザが必要最小限はシステムに慣れていることを想定したが、システムを使い始めれば誰でも短時間で理解可能なように配慮した。

また、災害対応のマニュアルやワークフローは災害対応部局によって異なることを想定する必要があり、このようなカスタマイズをユーザ自身が行えるようにすることも考慮した。

### 3.1 基本的な画面設計

災害対応関係者が取り囲む紙地図に代わる画面は、巨大ディスプレイがない、あるいはあっても高価な現状では、情報共有のための最も貴重な共有資源である。すなわち、限られた画面上に多くの情報を表示できるよう、画面の利用効率を高める必要がある。そのためインタフェースの画面は、地図を全画面に表示することを基本とする。筆者らが構築したプロトタイプシステムの画面を基に、基本的な画面設計と利用例を図1に示して説明する。

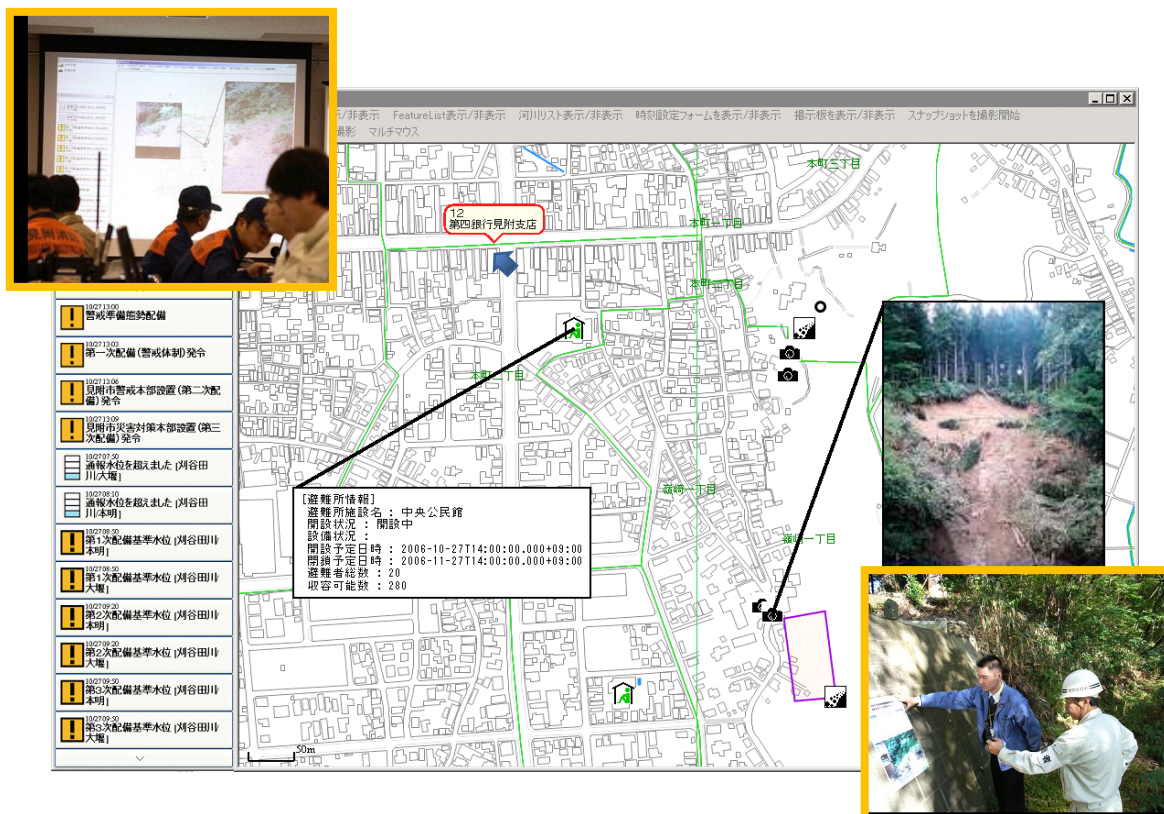


図1 災害情報可視化システムの画面構成

後述する見附市の防災訓練で実際に運用したプロトタイプの画面である。赤枠の吹き出しはカーソル移動によりポップアップした簡易説明文（画面上部中央）、その下にはクリックによって表示された詳細ウィンドウが表示されている。ウィンドウは障害にならない位置へ移動することができ、アイコンとの間に線を描画することで対応を図示する。枠線が紫色の長方形は、現場から報告された土砂崩れの範囲を示している（画面右下）。カメラアイコンをクリックすることで、写真を地図上に重ね合わせて表示できる。また、テキスト情報として災害報告や集計情報を時系列で整列して表示している（画面左）。

### 3.2 地図描画

地図に常時表示する文字情報は、災害対応に必要なランドマーク的信息に限定する。表示されるのは町丁目や目標物、避難所などである。災害時には、動的に多数のユーザ定義地物を表示するため、画面が繁雑にならないよう表示する文字情報は一般的な地図に比べて少なくするように配慮する。

災害情報などのユーザ定義地物を描画する際には、その全てにアイコンを与える。地物が折れ線やポリゴンで表現される場合にも、その代表点にアイコンを表示させる。アイコンを表示することで、ユー

ザがマウス等によって地物を指定する際に必要な領域を保証することができる。また、地物が重なって描画される場合にも、ある程度システムがアイコンの配置を工夫することで重複を避けることができる。しかしながら大量の情報を全てアイコンで表示させるには限界がある。この場合は、縮尺に応じて情報を集約して一つのアイコンに纏めることが有効であろう。筆者らは現在、より広域の自治体の連携を目指した研究プロジェクト（文部科学省 広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究（京都大学防災研究所））において、縮尺対応の表示法の研究を進めている。

ユーザ定義地物を描画する際には、アイコン以外の説明的な文字列は地図上に常時表示しない。地図に常時表示されない情報を取得するために、マウスのカーソルを地物上に移動させるマウスオーバーや地物をクリックすることで、タッチペンの場合は地物をタッチすることで、キー操作のみ利用可能な場合は特定のキーを押すことで瞬時に詳細情報や凡例を表示できるようにする。ユーザが地物をマウスオーバーした場合には、遅延無く地物の簡単な説明を吹き出しで表示するようにし、クリックすることでさらに詳細な情報をポップアップウィンドウで表示するようにする。

今日のGUIで普及しているツールチップではマウスオーバーから一定時間の遅延を置いてテキストを表示している場合が多い。しかし、本ガイドラインでは吹き出しの情報を操作対象の地物を検索するために利用することを想定しており、このような遅延は効率の低下を招くため好ましくない。遅延なく吹き出しが表示されるため、吹き出しの情報量は簡潔にし、マウスが地物を出た場合はすぐに消えるようにして邪魔にならないようにする。このような吹き出しやポップアップは、災害対応という緊急性を要する状況でシステムを初めて使ったユーザにとっては特に重要であり、システムへの習熟を早める効果がある。

### 3.3 地図に表示されるアイコン


















地図上に描画されるアイコンは、全てオブジェクトや状態を示すアイコンとする。オブジェクトアイコンは、そこに災害対応要員や負傷者など、何かが存在することを示す。状態アイコンは、そのアイコン上の地物が何らかの状態にあることを示す。これには住宅倒壊や火災などが該当する。

ユーザがシステムに指示するための制御アイコンやボタンなどは、地図や常時表示される画面には極力表示しないものとする。このような制御アイコンは現場の災害対応要員への指令を表現することがあり、画面に常時表示されていると誤操作を引き起こす原因となり得る。また、現存の地理情報システムには、各種の制御アイコンが30個以上も並ぶ例<sup>16)</sup>が見られる。このような指示については後述するオブジェクト先行型の手順に従って操作できるようにする。

### 3.4 ユーザ定義地物の描画スタイル

ユーザ定義地物を線分・多角形・アイコン等で描画する場合には、主題図作成において提唱されている指標<sup>17)</sup>を基に一貫性を持たせるようにする。筆者らがガイドラインで採用したスタイルを表1に示す。

表1 ユーザ定義地物の描画スタイル

色	住民関係	
	対応行動	
	被害程度	 <  <  < 
	安全・対応済	
明度	何らかの程度	 <  <  < 
太さ	重要度	 <  < 
波線	時相	 過去  現在  未来

まず、画面上に表示される情報を災害対応の深刻度を基に分類して対応する描画色の色相を指定する。分類例と対応する色相の例を挙げると、保護すべき対象（緑：住民や避難所）、対応中の事象（青：行動中の隊員や対処中の被害）、危険度・重要度が高く即時に対応すべき事象（紫から赤）、警戒すべき事象（橙ないし黄）、安全と判断できる事象（水色：対応を完了した被害）等がある。これらの色相設計はJIS Z 9101（安全色及び安全標識）が基準としている「黄（注意）→黄赤（危険）→赤（高度の危険）」や「緑（避難）」、「青（情報）」等の使い分けにも合致する。

値の程度を表現するには、描画色の明度を利用する。程度の深刻な情報は暗く描画され、程度の低い情報は明るく描画されるようにする。画面は白地図を踏襲した明度100%の白色を背景色としているため、暗く描画される情報ほど背景とのコントラストが高まり目立って表示されるようになる。

一般的な主題図のスタイルでは値の程度を色相によって表現しているものも多いが、ここでは採用しない。この例として温度分布が挙げられ、低温値に寒色を割り当てて高温値に暖色を割り当てることがよく行われている。しかしながら本ガイドラインが対象としている情報提示では多様な主題を一面に統合する必要があるため、色相の使い分けは情報の分類のみに限定し、混乱を避けるようにした。

次に、被害の重要度を線分の太さで表現する。重要な被害ほど太い線で描画して画面中に占める面積が大きくなるようにする。ただし、線を太くしすぎると周囲の情報を覆い隠すため、一定以上の太さを持つ線は半透明に描画する。最後に、過去や未来の情報を表現するために破線と透明度を利用する。

このような一貫性のある文法を導入することにより、ユーザへの認知負荷を低減することができる。

### 3.5 アイコンのデザイン

地物やユーザ定義地物のアイコンのデザインには、図2に示すような一貫性を持たせるための文法を導入した。標準となっているピクトグラムが存在する場合には、それを踏襲する。

アイコンを文法要素の組み合わせで表現する場合、各々の要素が干渉して判別を困難にしてしまう場合が考えられる。そこで、他の要素と組み合わせる頻度の高い要素については複数のデザインを設定し、アイコンの利用目的に応じて選択できるようにした。図2では「対応中」と「対応完了」が該当する。

アイコンの大きさは16～24ドット四方のピクセルサイズを基準とする。この値は、現在普及している100dpiディスプレイを基準として画面内での配置数と視認性のバランスが両立できるものである。

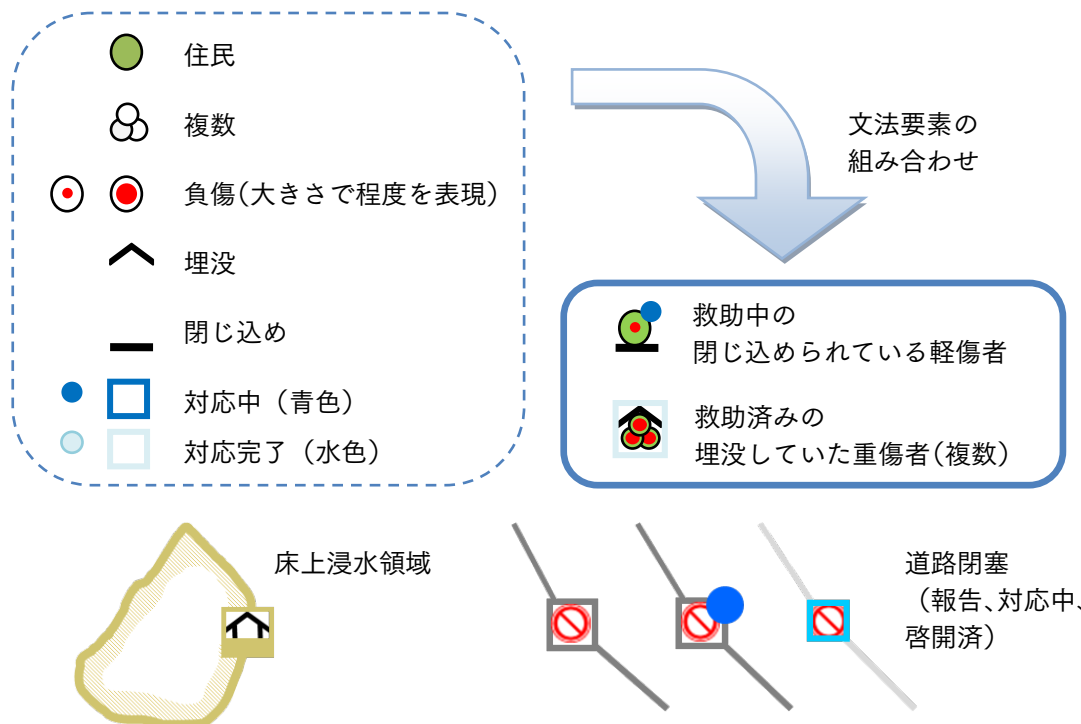


図2 アイコンの文法と描画例

### 3.6 シミュレーション等による予測値の表示

シミュレーション等によって得られる予測値は意思決定に重要な役割を果たす。しかしながら多くのシミュレーション結果を地図上に描画する際には、その値を簡略化する必要がある。特にメッシュデータで得られる予測値については、そのままでは複数の主題を重ね合わせて表示するには適さない。

そこで、細かすぎる情報は意思決定に重要な閾値によってフィルタリングするようにする。例えば最近の台風の前報画面<sup>18)</sup>では、高精度な前報データを基に24時間先に暴風域に入ると予想されている領域を輪郭線で提示している。また、震災被害の推定に有用な面的地震動分布についても、建物倒壊等の被害が発生しうる危険度によって分類が可能であろう。このように「一定時間後までに危険な状態になる領域」で分けられる境界線によって、多様な主題を一つの地図画面上に重ね合わせて表示する。

市民の避難予測といったエージェントシミュレーションの結果表示にも、ある程度の簡略化は重要である。例えば、空間クラスタリングを応用した階層的な可視化<sup>19)</sup>が有効であろう。

予測値を地図上に描画する際には、表1に示した波線やハッチングを用いて実測値との容易な区別を可能にする。また予測を表現するアイコンをクリックしたりすることで、表示・非表示を即座に切り替えることができるようにする。

### 3.7 ジオコーディングの積極的な利用

既存の会話ベースの災害報告手法やGIS化されていない帳簿ベースの災害報告システムでは、位置情報として緯度経度を含んだ厳密な値を得ることが難しい。このような情報でも、地図上に可視化するためには最低限位置情報を付与しなければならない。そこで、筆者らは住所や建物名称等から対応する緯度経度を求めるジオコーディング (Geocoding) を積極的に取り入れることにした。日本の住所については、有用なデータベース<sup>20)</sup>が整備されており、これを利用するWebサービス<sup>21)</sup>も運用されている。建物名称については住宅地図等のデータベースを利用して対応付けを行うことができる。

加えて、負傷者情報を集計して行政区の負傷者数を推定するといった、幾何情報から帳簿形式への対応付けも行った。この集約処理はルールベースで自動化し、集計の粒度はカスタマイズ可能にした。

## 4. システムへの入力インタフェース

災害対策本部や現場での情報提示は、情報提示が入力インタフェースと密接に関係している。前述したポップアップ表示を考えても、マウス操作が情報提示に介在していることは明らかである。そこで、ガイドラインではシステムへの入力インタフェースも含めて設計した。

### 4.1 モードの排除

システムのインタフェースは大きくモーダルとモードレスに分類することができる。モーダルインタフェースはシステムがユーザが気づかない部分で幾つかのモードを持ち、ユーザが同じ操作を行ってもシステムの振る舞いがモードによって異なるものである。モードレスインタフェースはシステムがモードを持たず、ユーザが同じ操作を行えば常にシステムが同じ振る舞いを示すものである。

GUIアプリケーションで実装されることの多い確認画面 (ダイアログ) はモーダルインタフェースの典型例である。確認画面が表示されている間は確認モードに遷移しており、通常は確認操作以外の一切の操作を受け付けない。ユーザが他の動作を行いたい場合はキャンセル等の指示を行う必要がある。

筆者らはアプリケーションからモードを可能な限り排除するようにした。前述の詳細情報のポップアップ表示をした場合でも、この操作によって所謂「詳細表示」等のモードに入ることはない。ユーザがポップアップ領域以外の場所をクリックした場合、ポップアップ表示は消去され、その直後にクリックした地点に対応した動作が実行される。注意深くインタフェースを設計することで、システムが備えるモードは2種類までに削減することができる。これは、「通常モード」と図3に示した新規ユーザ地物を作成するための「形状指定モード」である。モードはカーソルの形を変えることによって明示する。

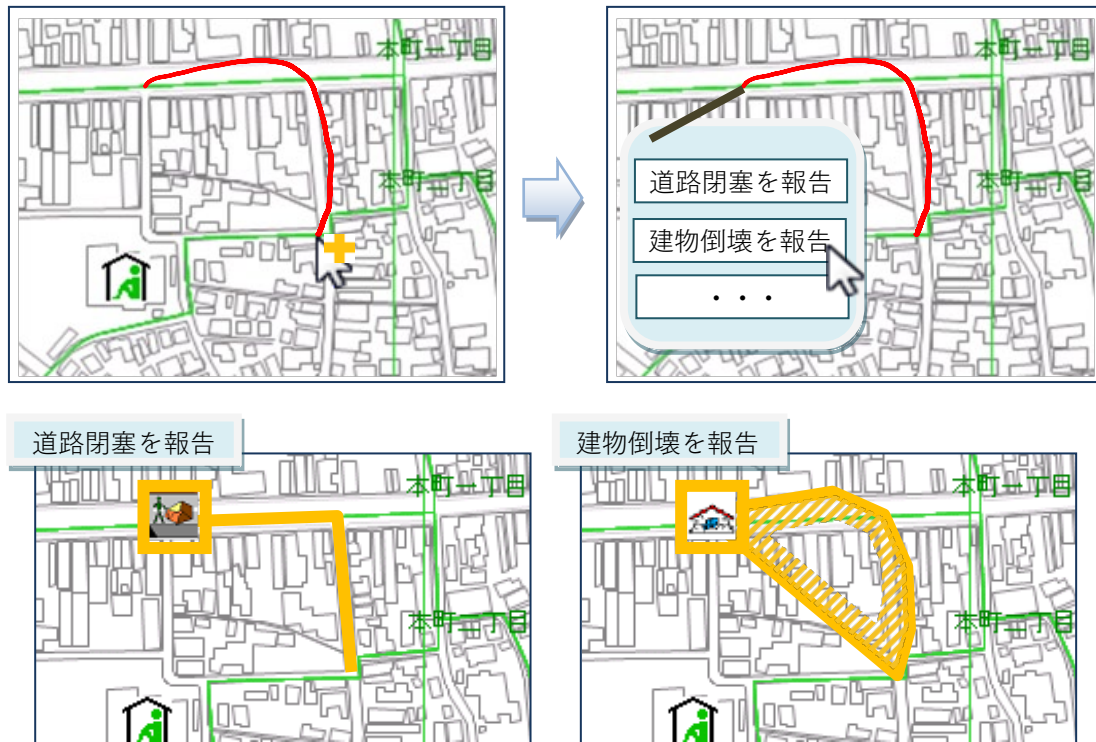


図3 被害報告に見る新規オブジェクトの作成手順

被害報告を例に図示して説明する。地図上の空白部分からドラッグを開始すると、システムは「形状指定モード」に移行する（左上）。ドラッグが完了すると、入力した軌跡からユーザ定義地物を作成し、該当する報告内容を選択するためのウィンドウをポップアップする（右上）。軌跡が開曲線か閉曲面であるかは、ここで選択される報告内容の種類に応じてシステムが決定する（下）。報告内容に応じて自由曲線から折れ線への単純化や、道路中心線への位置合わせが自動的に適用されていることにも注目されたい。

#### 4.2 オブジェクト先行方式による操作

システムへ指示を出す操作手順は、原則としてオブジェクト先行方式とする。つまり、先立って対象となる地物やユーザ定義地物といったオブジェクトを選択し、続けてユーザが実行したい機能を選択する。機能の一覧は、操作者の権限に基づいて実行可能かつ必要なものをポップアップ表示する。

オブジェクト先行方式を一貫して採用する場合には考慮すべき点が二つある。一つは対象となるオブジェクトが画面上で重複している場合である。これにはユーザがカスタマイズ可能な優先度を利用し、よく使う選択対象地物を第一候補とするようにする。優先度が明示的に指定されていない場合、地図画面の描画順序から推定する。もう一つは先行して指定すべきオブジェクトが画面上に存在しない場合であり、これは図3で述べたように新規オブジェクトの位置・形状を先行して指定することで一貫性を保つ。

オブジェクト先行方式と対照的で、本ガイドラインが採用しなかったインタフェースに機能先行方式がある。これはユーザが実行したい機能をメニューやボタンを通じて最初に指示するものである。

機能先行方式では、多様なユーザが選択しうる内容を全て画面内に表示する必要がある。特に権限の異なるユーザが、それぞれ自分のマウスを使って同じ画面を共有している場合は混乱と誤操作の原因となる。この問題は、多くのGUIアプリケーションが備えるメニューバーに格納されているアイテム数を観察するとわかりやすい。多機能なアプリケーションほど、これらの要素数は一画面に収まらないほど増加する。対して右クリック等で表示されるコンテキストメニューは、初回のクリックによって指定されたオブジェクトに応じて機能を絞り込むことができ、小さなメニューボックスに収まる量となる。

#### 4.3 ユーザがカスタマイズ可能なポップアップ項目

ポップアップする情報や機能の内容は、ユーザが容易にカスタマイズできるようにした。ユーザの変更は即座にアプリケーション側のメニュー項目やボタンなどの並び方に反映されるか、ユーザからの指示に基づいて更新可能である。これは、刻々変化するシナリオ化が困難な災害に対して柔軟な対応を確保するために重要な機能である。カスタマイズの内容はXML等の汎用的なデータ形式によって保存・読み込みを行うようにする。これによって機能カスタマイズを行うエディタ等の作成が容易になる。

#### 5. プロトタイプの作成

筆者らは、災害情報の可視化・情報伝達システムのプロトタイプを作成した。この構成を図4に示す。

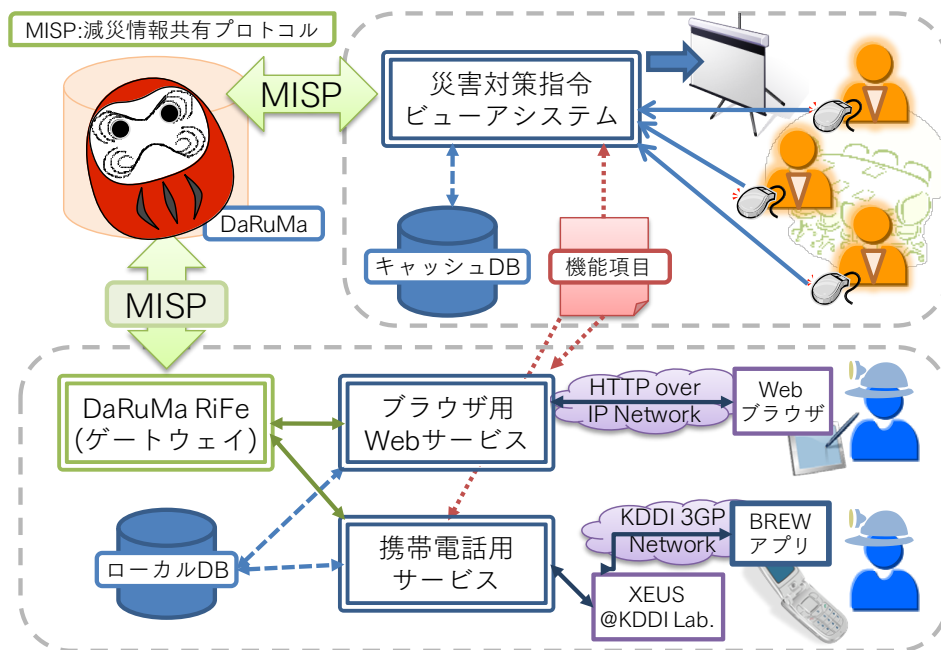


図4 プロトタイプシステムの構成

災害対策本部向けの災害情報可視化システムは、Microsoftの.NET Frameworkを利用して実装したプログラムである。マルチマウスを利用して一つの画面を共有した共同作業が可能である。

現場向けの災害情報可視化システムは現場上での通信手段が多様化している状況を踏まえ、携帯電話上で動作するシステムとタブレットPCで動作するWebサービスの二種類を実装した。携帯電話上で動作するアプリケーションはKDDI研究所のSVG (Scalable Vector Graphics) ビューア<sup>22)</sup>を基に作成したもので、内蔵カメラで撮影した写真やGPSから得られた現在位置をDaRuMaへ登録する機能が特徴である。タブレットPCで動作するWebサービスはPCのWebブラウザとアドホックネットワーク等のIP到達性さえあれば動作可能な自立性が特徴である。

これら三種類のシステムは上述した実装ガイドラインに沿って実装したものであり、地図表示の機能については画面の広さを除いて同程度の表現力を備えている。また、ポップアップするメニューに表示する災害報告や災害対応の項目と動作内容については、単一の機能項目ファイルを用いてカスタマイズすることが可能である。これにより、各自治体の災害対応に合わせた柔軟な運用を実現できた。

#### 6. 実証実験

プロトタイプシステムの効果を実証実験を通して確認した。本論文では、筆者らが行った実証実験3点について概要を述べる。



## 6.1 豊橋市飽海地区での情報共有実験

2005年11月20日、愛知県豊橋市飽海地区で地震を想定した災害対応訓練が開催された。筆者らはこの機会を頂き情報共有実験を行い、本部要員の共同作業と現場要員への対応指示の有効性を確認した。

ここでは地理情報システムを用いて災害報告の収集を行う試み<sup>23)</sup>について十分になされていた。そこで筆者らはプロトタイプシステムを用いて現場から報告された災害情報を本部の大画面で共有し、本部要員から現場要員へ対応指示が行えることの有効性について実験と確認を行った。この実験では図4に示したプロトタイプシステムのうち災害対策本部向けのシステムと現場向けのタブレットPCで動作するWebサービスを使用し、これらをPHSのデータ回線で接続して運用した。システムの評価は大学院生が行い、消防・救助・道路啓開を担当する本部要員に1名ずつ、本部からの指示を受けて行動する現場要員に消防2名、救急2名、土木1名を割り当てた。

実験の流れは以下の通り。予め監督者が図5にあるような災害シナリオを作成した。シナリオは要員の初期位置、基本的な移動ルート、その要員が発見すべき災害、共通して認識すべき建物被害、道路閉塞などが書き込まれた、要員ごとに異なる紙地図図である。実験開始時に現場要員役へシナリオを渡し、それぞれのルートに沿って現場を歩き回ってもらった。紙地図上の災害位置は、視認できる場所に達した時点でプロトタイプシステムを利用して報告してもらった。本部要員は一切のシナリオを知らないまま、現場からの報告に基づいて判断し、現場に指令した。現場への指令は「どこそこ方面を（領域指定をして）調べよ」、「必要なら折れ線を使って経路指定をして」「消火に急行せよ」、「この道路の閉塞を啓開せよ」といったものであり、現場要員役は指令に従い現場を移動し、シナリオ上の災害が書き込まれた地点で一定時間経過（対応作業）すると指令の完了（消火完了や救助完了）を報告、もしくは道路閉塞にぶつかった場合には失敗を報告してもらうようにした。



図5 紙地図上に記入されたシナリオ

実験地域は愛知県豊橋市飽海町（200m四方）、実験の所要時間は30分、シナリオの規模は火災2ヶ所、道路閉塞が数カ所、埋没者4名程度とした。この実験で用いたプロトタイプの動作画面を図6に示す。

実験の結果、本部要員間の情報共有が効果を発揮し、火災2件は災害地点にある道路閉塞を啓開した上で消防の現場要員が到着でき、早期消火に成功した。この消火活動では本部要員に対して火災地点と道路閉塞地点が同一画面で表示されていたことで、本部要員の間で管轄外の災害情報を伝達する必要を無くし、災害対応に必要なコミュニケーションのための作業を軽減できたことを確認した。

半面、埋没者2名は現場要員が埋没地点に到着できず、実験の時間内に救出できなかった。これは回線の不良等が原因で、本部要員から現場要員へのコミュニケーションが阻害されたためである。

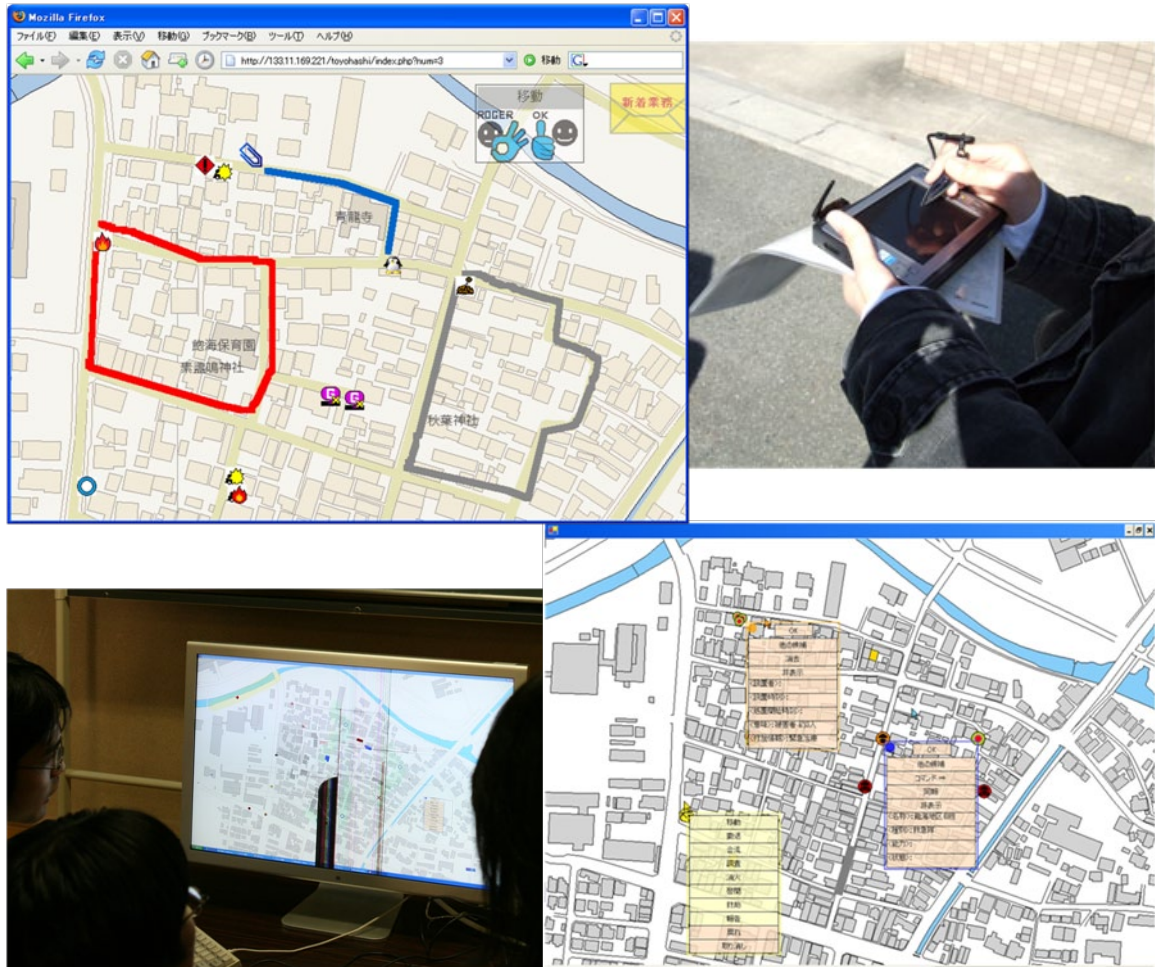


図6 豊橋市飽海地区で用いたプロトタイプ of 動作画面

現場向けのシステム（左上）と災害対策本部向けのシステム（右下）は、細部は異なるものの本論文で述べたガイドラインに沿った実装がなされている。現場要員役の評価者は地図上の経路を実際に歩き回りながら活動した（右上）。本部要員役の評価者は単一の画面を共有し、担当する現場要員への指示を行った（左下）。

## 6.2 見附市の予備実証実験

2006年3月22日に行った新潟県見附市の予備実証実験では、後述する実証実験に向けてシステムの評価者へデモンストレーションを行い、課題を洗い出すことを目標とした。

この予備実証実験では水害を想定した災害シナリオを作成し、見附市の防災訓練参加者（災害対策本部要員と現場要員の双方を含む代表者）に災害の報告・対応指示をデモンストレーションした。

実験の対象地域は、実際に洪水による水害があった新潟県見附市の刈谷田川東部に面する今町一丁目周辺の500m四方とした。実験の進行は見附市役所の会議室で行い、GUI機能の検証に集中するため前述の実証実験で行った現場の移動は省略した。プロトタイプシステムは図4のうち災害対策本部向けのシステムと現場向けのタブレットPCで動作するWebサービスを使用し、これらを無線LAN経由で接続して運用した。

消防署員らの意見では、マルチマウスやマウスオーバーによる住宅表札のポップアップ機能が好評であった。ただし、要員一人一人の位置情報を提示する必要性については、疑問の声もあった。本部では粒度の低いマイクロな情報ではなく、もう少しマクロな情報で判断を下すとの指摘があった。

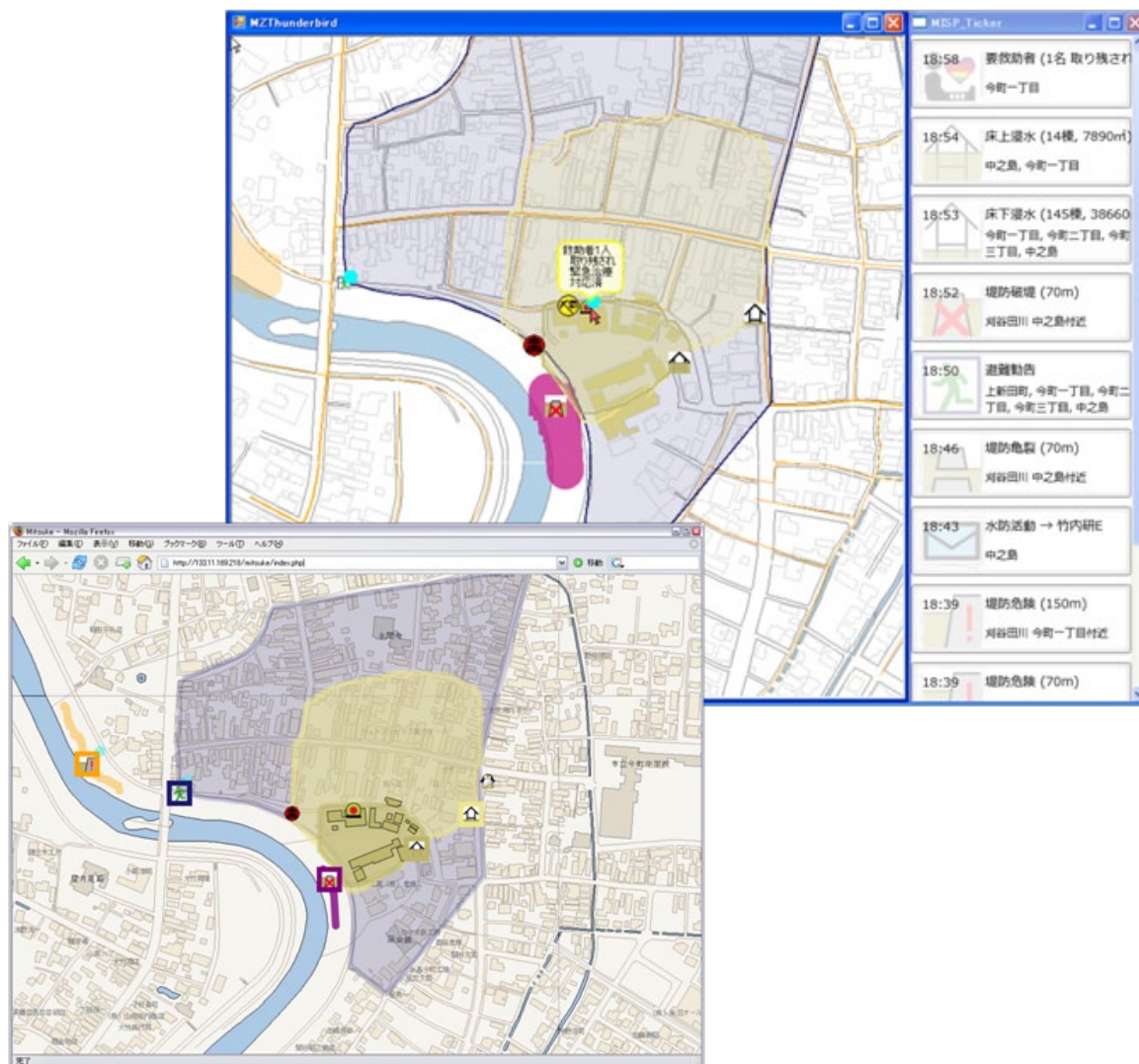


図7 見附市の予備実証実験で用いたプロトタイプの動作画面

平成16年に新潟県見附市の刈谷田川で発生した洪水で、自治体が実際に行った災害報告と対応行動をプロトタイプシステムを用いて再現した画面である。災害対策本部向けのシステムでは、新たに被害情報等を文字情報として一覧表示する機能を追加した(右上)。加えて、図4で示した機能項目ファイルに水害に対応するための項目を追加している。現場向けのシステムも含め、この機能項目ファイルのカスタマイズのみで水害への対応行動が実現できている(左下)。

### 6.3 見附市の実証実験

2006年10月27日に実施した新潟県見附市の防災訓練においてプロトタイプシステムを運用し、危機管理対応情報共有技術による減災対策プロジェクトで策定した防災訓練のシナリオに基づいて災害報告・情報可視化・意思決定・対応指示のワークフローを実行してプロトタイプシステムの有用性を確認した。



システムの評価者は見附市の災害対応要員10名強であり、図8に示すように従来の災害対応行動規範と併せてプロトタイプシステムを用いた災害対応を行ってもらった。防災訓練の枠組みの制約から、本部画面での入力の実験は正規には行わなかったが、一部で簡単な検証操作を行った。

この実証実験では、図4で示した全てのプロトタイプシステムを利用し、現場向けのWebサービスは長距離無線LAN経由で接続した。実証実験では長距離無線LANの電波状況が悪く、Webサービスは本部との交信が行えなかった。



### 現場写真報告

1. ソフトキー2を押すと、メニューが表示される。
2. 「写真報告」を選び決定。
3. いくつかメッセージが表示された後でカメラが起動する。
4. 決定キーで撮影すると、確認画面が表示される。
5. 決定キーで確定すると、メッセージが表示されて地図表示に戻り成功。



**図8 見附市の実証実験**

この実証実験で新たに評価した、携帯電話上で動作するプロトタイプシステムを中心に説明する。防災訓練の際に、評価者である職員の方には従来の災害報告に併せてプロトタイプシステムを操作して現場写真の撮影と報告を行ってもらった（左上）。評価者へは、実験の1週間前に操作方法についての説明を行った（右上）。現場からの報告は防災無線での音声通話と同程度の時間内に本部側のプロトタイプシステム（下の中央画面）へ送信され、情報の共有が実現できた。本部からの対応指示についても、これまでの実験と同様に本部側の画面を操作して現場への通達を行うことができた。

筆者らが実装ガイドラインで重視した容易に習熟できるインタフェースについては、評価者へのトレーニングを通して有効性を確認することができた。プロトタイプシステムの報告機能はスライド1枚ずつ画面で説明できる程度の簡単なものである。評価者は40分程度の説明と操作実習を受けてもらうだけで、プロトタイプシステムを用いて災害報告を行うことができた。この時間は数日単位のカリキュラムを必要とする一般的なシステムのトレーニングに比べると十分に短いと言える。

参加者へアンケートを行った結果、筆者らが提案した災害情報可視化システムは概ね高い評価を得た。特に、現場から報告された土砂崩れの写真が地図に正確にリンクして表示される機能が好評であった。

#### 6.4 考察

上述した実証実験の結果、災害情報可視化に基づく情報共有が減災に効果的であることを確認できた。特に新潟県見附市の実験では、筆者らが提案した手法が防災訓練のシナリオを通して効果的に働くことを実証しており、実用性は高く評価できる。詳細についてはプロジェクトの報告書<sup>24)</sup>を参照されたい。

開発したシステムは要員一人一人や被害者一人一人が見えるようなマイクロな情報が中心であった。災害対応の現場で求められる情報の粒度と項目については今後も調査と検討が必要である。しかし、GUI

ガイドラインは災害情報の粒度によらない普遍的な事項を扱ったものである。実装するシステムが提示する情報をマイクロなものからマクロなものへ変更することは、ガイドラインを変えずに可能である。

## 7. まとめ

筆者らは発災対応時の効果的な情報共有と意思決定を実現すべく、災害情報可視化と意思伝達のワークフローに最新の情報技術を活用することを目指した。まず、意思伝達システムに求められる可視化手法やユーザインタフェースを検討し、そのGUIガイドラインを策定した。さらに、ガイドラインに基づいた災害情報可視化・意思伝達システムのプロトタイプを開発した。実証実験を通して、災害情報可視化にもとづく情報共有が減災に効果的であることを確認した。

## 謝 辞

本研究は、科学技術振興調整費「危機管理対応情報共有技術による減災対策」の一環として行われた。

本研究は、東京大学空間情報科学研究センターの研究用空間データ利用を伴う共同研究(研究番号100)による成果であり、以下のデータを利用した。ゼンリン提供：ZmapTownII (shape版) 新潟県見附市 2003年 (市区町村コード 15211)、ZmapTownII (shape版) 愛知県豊橋市 2003年 (市区町村コード 23201)。

## 参考文献

- 1) 角本繁、畑山満則：災害管理地理情報システム (GIS) の構想とシステム開発-阪神・淡路大震災の経験を生かして-、地域安全学会論文報告集、No5、1995年、pp. 419-424.
- 2) 畑山満則：災害時での利用を考慮した時空間地理情報システムに関する研究、東京工業大学博士論文、2000年.
- 3) 兵庫県知事公室防災企画課防災通信室：災害対応総合情報ネットワークシステム (フェニックス防災システム) について、消防科学と情報、通号58、1999年、pp. 22-28.
- 4) 文部科学省研究開発局防災科学技術研究所：大都市大震災軽減化特別プロジェクト III.1 震災総合シミュレーションシステムの開発 III.2 大都市特性を反映する先端的災害シミュレーションの技術の開発、平成14年度成果報告書、2003年.
- 5) A Zerger, DI Smith: Impediments to using GIS for real-time disaster decision support, Computers, Environment and Urban Systems, Volume 27, Issue 2, March 2003, pp. 123-141.
- 6) 阿部圭一、渡辺尚：画像処理とアドホックネットワークを利用する災害復旧支援システム-ReSIA プロジェクトの全体構想一、電子情報通信学会総合大会講演論文集、2004年、p. 283.
- 7) Alan M. MacEachren, Isaac Brewer, Guoray Cai, Jin Chen: Visually-Enabled Geocollaboration to Support Data Exploration and Decision-Making, Proceedings of the 21st International Cartographic Conference, August 2003, pp. 10-16.
- 8) M Mecella, T Catarci, M Angelaccio, B Buttarazzi, A Krek, S Dustdar: WORKPAD: an Adaptive Peer-to-Peer Software Infrastructure for Supporting Collaborative Work of Human Operators in Emergency/Disaster Scenarios, International Symposium on Collaborative Technologies and Systems (CTS'06), 2006, pp. 173-180.
- 9) P. Clegg, L. Bruciatelli, F. Domingos, R.R. Jones, M. De Donatis, R.W. Wilson: Digital geological mapping with tablet PC and PDA: A comparison, Computers & Geosciences, Vol. 32, Issue 10, December 2006, pp. 1682-1698.
- 10) 青木政勝、米村俊一、武藤伸洋、阿部匡伸：携帯電話を用いた災害時情報共有システムにおける入力手法の検討、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 107、No. 552、2008年3月、pp. 31-36.
- 11) 小林和恵、片田敏孝、桑沢敬行、成田篤信、平野光徳、加瀬一朗：先進的なユーザ・インタフェース技術を適用した災害シミュレーションシステムの開発、地域安全学会論文集、No.9、2007年11月、pp.103-109.
- 12) J. Stewart, B. B. Bederson, A. Druin: Single display groupware: a model for co-present collaboration, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, May 1999, pp. 286-293.
- 13) 上田真史、竹内郁雄：災害情報共有インタフェースおよびSDGミドルウェアの開発、情報処理学会

第47回プログラミング・シンポジウム、2006年。

14) 野田五十樹、下羅弘樹、目黒淳一、羽田靖史、松井宏樹、横田裕思：減災情報共有システムDaRuMaの実装と各種システム連携、第7回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2006年、pp. 2A4-2.

15) 日本人間工学会・アーゴデザイン部会 スクリーンデザイン研究会編 代表編者 菊池安行、山岡俊樹：GUIデザイン・ガイドブック—画面設計の実践的アプローチ、海文堂、1995年初版、2001年第2版。

16) Mauro De Donatis, Lorenzo Bruciatelli: MAP IT: The GIS software for field mapping with tablet pc, Computers & Geosciences, Volume 32, Issue 5, June 2006, pp. 673-680.

17) Brewer C. A.: Color Use Guidelines for Data Representation, Proceedings of the Section on Statistical Graphics, American Statistical Association, August 1999, pp. 55-60.

18) 気象庁編：気象業務はいま 2006 進化する防災気象情報、佐伯印刷株式会社、2006年6月。p17.

19) T.C. Sprenger, R. Brunella, M. H. Gross: H-BLOB: A Hierarchical Visual Clustering Method Using Implicit Surfaces, Proceedings of the 11th IEEE Visualization 2000 Conference (VIS 2000), 2000, pp. 61-68.

20) 国土交通省国土計画局：街区レベル位置参照情報ダウンロードサービス、<http://nlftp.mlit.go.jp/isy/>

21) 相良毅、有川正俊：日本の住所体系に適した分散アドレスマッチングサービス、地理情報システム学会講演論文集、Volume 9、2000年、pp. 183-186.

22) 小林亜令、高木悟、井ノ上直己：携帯電話のためのSVGデータ符号化方式、映像情報メディア学会技術報告、Vol.28、No.7、2004年、pp. 37-42.

23) 柴山明寛、遠藤真、滝澤修、細川直史、市居嗣之、久田嘉章、座間信作、村上正浩：地震災害時における情報収集支援システムの開発（災害）、日本建築学会技術報告集、No.23、2006年、pp. 497-502.

24) 防災科学技術研究所他：文部科学省科学技術振興調整費 重要課題解決型研究「危機管理対応情報共有技術による減災対策」平成18年度委託業務成果報告書、2007年。

(受理：2008年6月2日)

(掲載決定：2008年10月1日)

## A Viewer System for Disaster Information Sharing

MURASAKI Daisuke<sup>1)</sup>, WARASHINA Mitsunori<sup>1)</sup>, KOIKE Hideyuki<sup>2)</sup>,  
ARAKAWA Jumpei<sup>1)</sup>, UEDA Masafumi<sup>1)</sup>, and TAKEUCHI Ikuo<sup>3)</sup>

1) The Department of Creative Informatics, Graduate School of  
Information Science and Technology, University of Tokyo.

2) The Department of Computer Science, University of Electro-Communications.

3) Professor, The Department of Creative Informatics, Graduate School of  
Information Science and Technology, University of Tokyo, Dr. of Eng.

### ABSTRACT

In emergency operation against a disaster like earthquake, decision makers are required to collect and share exact information on its various damage such as victims, collapsed buildings and so on. Then they should give directions as quickly, easily and correctly as possible to the operators in the field. Our focus in this paper is to give a guideline of Graphical User Interface for efficient disaster information sharing to support decision making. We also implemented prototypes of a viewer system based on our guideline, and confirmed its effective in a few field experiments.

*Key Words: Human Interface, Visualization, Disaster Mitigation, Geographic Information System*