6.2 減災情報可視化システムテム（東京大学報理工学系研究科）

6.2.1 研究の概要と目標

災害情報共有を進めるためには，本当に必要な情報を抽出し，それらの記述方法を統一した上で，様々なシステムに取り込めることが必要である．本研究項目では，災害に対応して効果的な減災計画の立案を行うために，災害や事故が発生したときに現場から集まってくる情報や，マルチエージェントシミュレーションの結果を，いろいろな部門の危機管理担当者の目的別に整理された最適な形で表示する技術と，表示に対する種々の入力インタフェースを開発する．初めて見た人にもひと目で見てわかりやすい表示方式と，自然かつ容易な入力方式を目指す．すなわち，現行の紙地図やファックスに取って代わる，危機管理責任者のスムーズな意思決定支援に役立つ災害情報可視化システムを開発する．

最終年度である今年度の目標は以下のとおりである．

多様なレベルでの災害対応意思決定を支援するための情報提示・入力技術基盤として，種々の防災関係機関や，自治体が再利用しやすいソフトウェアモジュール群を完成させる．また，情報提示・入力技術基盤は多種多様な装置になるべく広く対応できるようにする．

上記技術基盤に基づいた具体的なシステムを実証実験の場を借りて開発する．その際，自治体の職員に実際に触ってもらえるレベルの完成度を目指す．特に，日常業務との連携・連続性を担保できるようなシステムを構築する．

6.2.2 研究の方法

3.4 節で述べられている自治体用情報共有プロトタイプシステムとの連携と役割分担が今年度の見附市における実証実験では重要になる．そのため，防災科学技術研究所と密な打合せを通して，見附市実証実験向けの調整を行った．

多種多様な装置の一つとして，ありふれていて，自治体職員にもすぐ使える装置として，GPS とカメラのついた携帯電話を現場のための情報機器として採用した．このため，KDDI 研究所と共同で新しい機能の開発を行った．これについては KDDI 研究所と NDA（守秘義務契約）を交し，全面的なサポートをいただいた．

6.2.3 現場端末

災害発生時に現場隊員が災害情報を入力するためのシステムとして，2 種類のシステムを開発した．一つは昨年度より開発を進めてきたタブレット端末用のものであり，もうひとつは今年度新たに開発した携帯電話用のものである．

(1) タブレット端末システム（MazER）

これは昨年度に豊橋市の実証実験，および見附市の予備実証実験のためにプロトタイプ開発した PDA（Vaio-U）を用いた現場用の端末のためのシステムを改良したものである．このシステムは 800x600 の PDA としては高解像度の画面をもったタブレット PC の上で開発された．昨年度末に情報表示・入力端末として十分な機能をもっていたが，今年度はプロジェクトの研究の進展に合

わせて，主に以下の改良を行った．

a) 共有データベース DaRuMa への対応

昨年度時点での MazER は，竹内研究室で開発した本部システムと直接通信を行い，本部システムが内部的に持っていたデータベースに対して災害情報の送信や受信を行っていた．このため，他のシステムと情報を共有していなかった．これは減災情報共有プラットフォームの情報共有データベースである DaRuMa がまだ完全にフィックスしていなかったためである．

今年度は，仕様が定まった DaRuMa への対応を行った．具体的には，従来の本部システムに対して独自のプロトコルで行っていた情報の登録・取得を，DaRuMa がサポートしている MISP に完全に準拠して行うようにした．この際，MazER への変更を最小限に留めるために，DaRuMa に対して情報の登録・取得を行う専用のアダプタ（DaRuMaRiFe; DaRuMa RESTful Interface for End systems）を新たに開発した．DaRuMaRiFe は DaRuMa や MISP に関する知識を持ち，端末システムに対して RESTful なインタフェースを提供する Web サービスであり，オープンソース J2EE（Java 2 Enterprise Edition）コンテナである Tomcat と， SOAP（Simple Object Access Protocol）スタックなどを含むオープンソース Web サービスエンジンである Axis の上で動作する（**図 6.2-1**）．REST については，http://ja.wikipedia.org/wiki/REST を参照されたい．

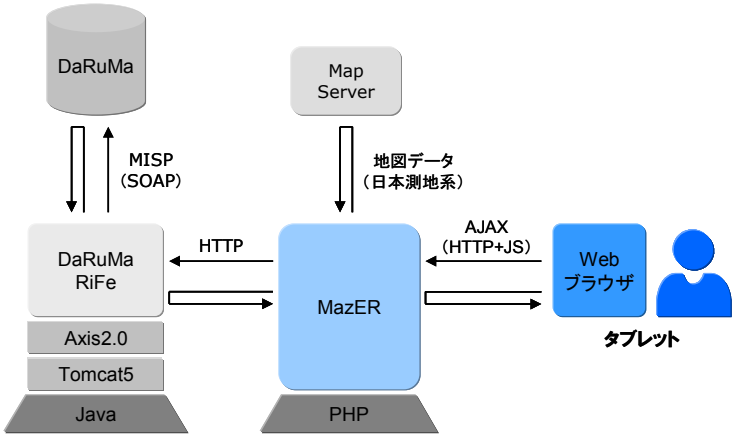

図 6.2-1　MazER のシステム構成

図 6.2-2 PDA 上の全体情報表示

MazER は DaRuMaRiFe と単純な HTTP 通信（情報を登録するときは POST，取得するときは GET）を行うことで，DaRuMa に関する煩雑な知識を必要とせずに，情報の登録・取得が行える．逆に DaRuMaRiFe はやりとりされる情報の中身やスキーマ等の知識は有しない．このようにすることで双方のシステムの独立性を高めることができた．これは，DaRuMa のスキームが頻繁に変更されることに対して効果的であった．

b) 新スキーマへの対応

DaRuMa への対応と同時に，竹内研究室で扱っていた情報のスキーマ変更を行った．これは，新潟県見附市での実証実験を念頭にお

いて，実際の災害報告や災害対応計画に照して，従来のスキーマの不足していた点の補完や表現の異なる点の変更等を行ったものである．

この新しいスキーマの策定に伴い，MazER では操作メニューや情報表示アイコンの追加・変更を行った．

c) 全体情報掲示機能の追加

新スキーマでは，「要請」や「宣言」といった，個々の部隊ではなく全体で共有される情報が新たに定義された．新たにこれらの全体情報を時系列に並べて表示する機能を追加した（**図 6.2-2**）．

(2) 携帯電話システム

両手を使わないといけない PDA よりも使いやすいシステムについていろいろ検討を進めた．当初最も有望なシステムは Web カメラを備えたヘッドマウントディスプレイ（これは眼鏡のようにかける）と，ポケット等に入れた小型の PDA のペアであった．これは機能的には非常に優れているものの，現時点では高価であり，かつシステムとして統合するには技術的にいろいろな壁があることが調査の結果がわかった．このため，一旦こちらの開発を中断し，安価で日常的に多くの人に使われている携帯電話を現場用のシステムに利用する開発に全力を注ぐことになった．

携帯電話端末用システム（MazK）は今年度新たに開発した隊員システムである．携帯電話が持つカメラ機能や GPS 機能を活用して，簡単で効果的な災害情報の獲得を目指して開発を行った．

a) システム構成

MazK は，MazER と同様に実際に隊員が操作する部分とそれらを束ねる部分からなるサーバ・クライアントモデルのシステムであり，サーバとクライアント間は HTTP で通信を行う．

DaRuMa との情報のやりとりは MazER と同様にサーバ側が DaRuMaRiFe を利用することで実現し，新たなコーディングを避けた．また，扱う情報も大部分が MazER と同じであったため，情報の構築や処理の部分も MazER とでコードの共通化を行った．地図画像の生成も MazER と同様に Map Server を用いた．ただし，地図座標には，MazER で利用した日本測地系ではなく，携帯電話の GPS 測位に利用される世界測地系を用いた．

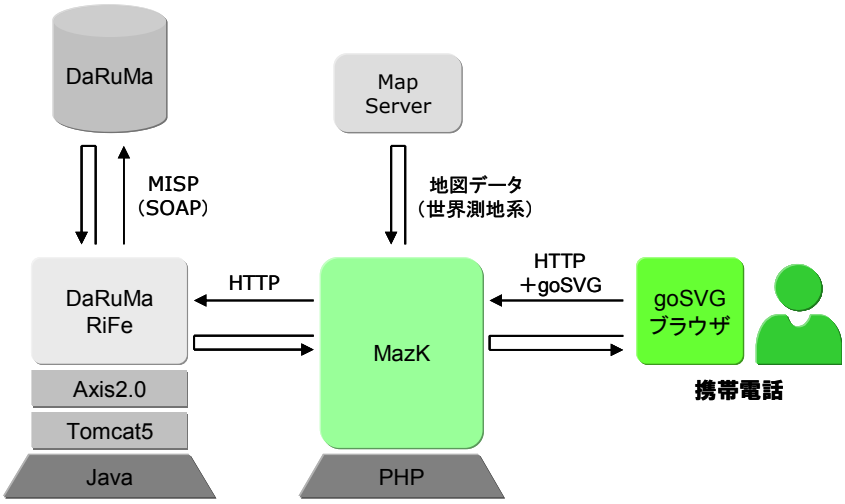

図 6.2-3　MazK のシステム構成

携帯電話上の表示には，goSVG（g-contents over Scalable Vector Graphics）形式を採用し，その閲覧には KDDI 研究所により開発された「goSVG ブラウザ」（に本研究向けに改造が施されたもの）を利用した．

サーバ側は，ブラウザからの要求に応じて，MapServer から取得した地図データと DaRuMa（RiFe）

から取得した情報をもとに goSVG データを生成して提供する（図 6.2-3）.

MazK は以下に示す 5 つの機能を持つシステムである.

b) 簡易情報表示機能

この機能は，MazER が持つ情報表示機能の簡易版として実装した．これは，タブレット端末と比べて携帯電話端末は表示領域や表現効果が限定されるためである．MazER と同様に情報をアイコンとして地図の上に表示し，アイコンがフォーカスされたときに補足的に文字情報を表示する（図 6.2-4）.

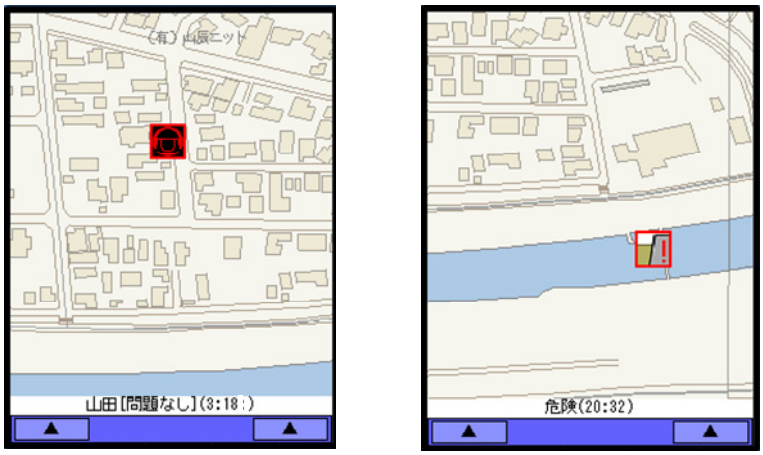

図 6.2-4　携帯電話上での簡易表示

MazK 独自の機能としては，隊員を示すアイコンを選択することで，その隊員（に対応付けられた電話番号）に電話をかけて通話できる機能を実現した.

c) 簡易災害報告機能

この機能も上述の情報表示機能と同様，MazER が持つ災害報告機能の簡易版である．タブレット端末では，ペン入力を使うことで直感的に素早く災害範囲を入力することができるが，現在のほとんどの携帯電話端末ではボタン操作のみで災害範囲を入力しなければならない.

そこで，地図に範囲を入力するのではなく，あらかじめ定めた範囲図形（点，円，長方形）に地図のほうを移動・拡大縮小・回転させて「合わせる」入力方法を考案した.

この機能は，goSVG ブラウザが範囲図形の種類と地図の表示位置（緯度・経度），拡大率，回転角をサーバに送信し，サーバ側で計算することで範囲を決定するように実装した．この計算の際，他機関のシステムが古い日本測地系しか扱えなかったため，座標の修正も同時に行うようにした（図 6.2-5）.

図 6.2-5　携帯電話からの簡易災害報告

d) 隊員状況通知機能

隊員の現在の位置と状態（移動中，作業中，負傷中など）を通知する機能は MazER にも実装されている機能である．ただ，MazER では隊員の位置を通知する際に，地図上で自分のいる位置を選択する必要があった．これに対して MazK では，携帯電話の GPS 機能を利用して，自動的に隊員の正確な位置を測位して求めて通知することで，隊員が毎回位置を入力する作業を行わずに済むようにした．市販の GPS 装置より，携帯電話に埋め込まれた GPS の機能や精度が高いことがわかった

e) 現場写真報告機能

現場写真報告機能は文字通り災害現場の写真を報告する機能である．この機能は，携帯電話のカメラ機能を使った MazK 独自の機能である．

隊員が現場をカメラで撮影することでその写真が報告される．また，撮影と同時に GPS で測位を行うことで撮影位置も報告するようにした．これにより，隊員は単純に写真を撮るだけで，本部システムの地図上には撮影場所に撮影した現場写真を表示することができる．なお，写真を撮影した方角を位置情報とともに報告する機能を計画していたが，実験の結果，携帯電話では信頼性のある情報が得られなかったため，今回の開発には取り込まなかった．

f) 指令受信・応答返信機能

本部からの指令は任意のタイミングで隊員に対して送られる．このため，MazER では，JavaScript を用いて指令がないかどうかを頻繁にチェック（ポーリング）している．しかし，goSVG ブラウザでは，JavaScript のようなスクリプトがサポートされておらず，ポーリングで指令をチェックすることができない．そこで MazK では，サーバ側が DaRuMa(RiFe) から指令を取得すると，その指令をメールに変換して，送るべき隊員端末のアドレスに送信する．これにより，ポーリングすることなく任意のタイミングで隊員に指令を伝達することができる．

さらにその指令に対する応答（了解，拒否，完了など）はメールの本文に含まれている URL を選択することで，サーバ側に応答の種類が伝わり，サーバ側が DaRuMa(RiFe) に対して応答情報を送信することで実現される（図 6.2-6）．

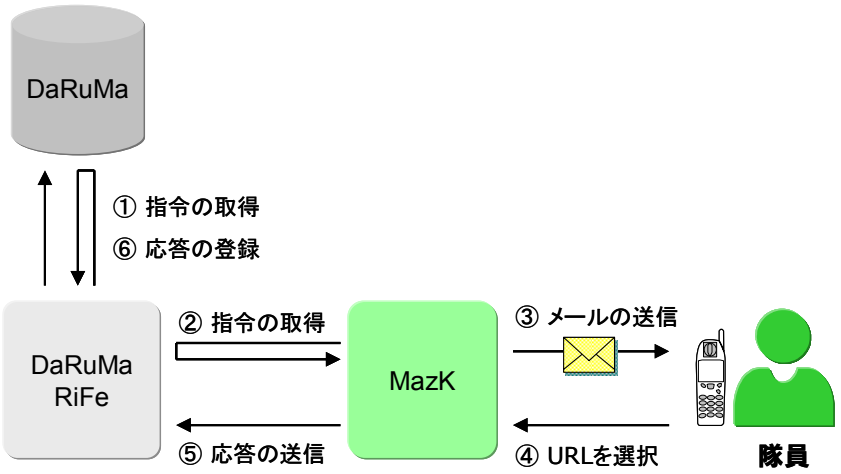

図 6.2-6 指令の通達と応答の通知

6.2.4 災害対策本部システム

災害対策本部では広く紙地図が用いられている．紙地図は価格の安さ・使用の容易さなどのメ

リットも多く備えているが，ある場所での表示内容を異なる場所でも共有する機能や，表示形式･表示情報の取捨選択機能といった情報に対する操作能力が欠けている． これら紙地図の使用感を維持しつつ情報操作能力を付加した災害対策本部用インタフェース MazThunderbird を開発した．

目標は，

・紙地図と同じ操作感を維持する，すなわち，容易な操作，複数人の同時使用を実現する
・本部と現場隊員とのあいだの報告・指令など，スムーズな情報共有・連携を実現する
・多様な機関が情報を共有するため，多種類の情報を柔軟に表示できるようにする
・紙地図では出来なかった表示情報の取捨選択・操作機能を充実させる

であったが，それらをすべて達成することができた．

(1) 横置きシステム用フレームワーク

災害対策本部では，紙地図を机上に広げ，周囲を囲んで意思決定のための相談が行われるが多い．そのようなシステムを構築するため，横置きシステム用フレームワーク (Rotation Frame Framework) を実装した．

フレームワークは基本となるフレームとそれらを表示するフレームビューアから成り立つ．ユーザは基本のフレームを拡張し独自のフレームを実装することができる．フレームビューア内では，ユーザから送られてきたフレームを自由に移動したり回転したりすることができる．フレームビューアは竹内研究室が開発したマルチマウス機能（担当，上田）を搭載しており，複数の人間が同時にフレームを操作できるようになっている．また画面を囲んだ任意方向からの操作に対応できるように，マウスの移動方向を変更できる．

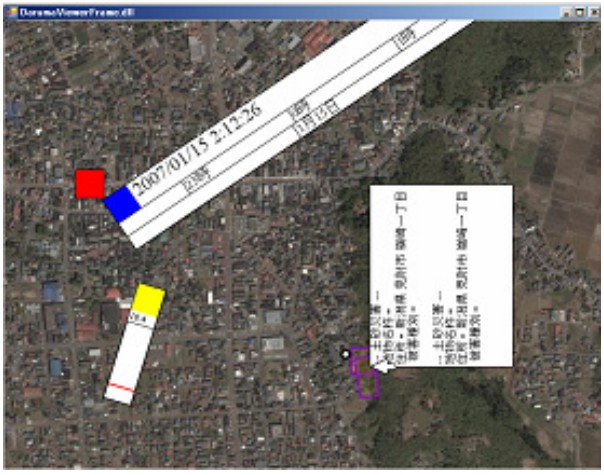

図 6.2-7 横置きシステム用フレームワーク

本部インタフェースのプロトタイプ．複数のフレームが自由に回転し，ユーザは自分の向きに合わせて操作できる．

このフレームワークは今回の実証実験での災害対策本部だけでなく，紙地図を用いる状況全般，さらには横置き画面を任意方向から見るような状況全般に適用することができ，応用範囲は広い (**図 6.2-7**)．

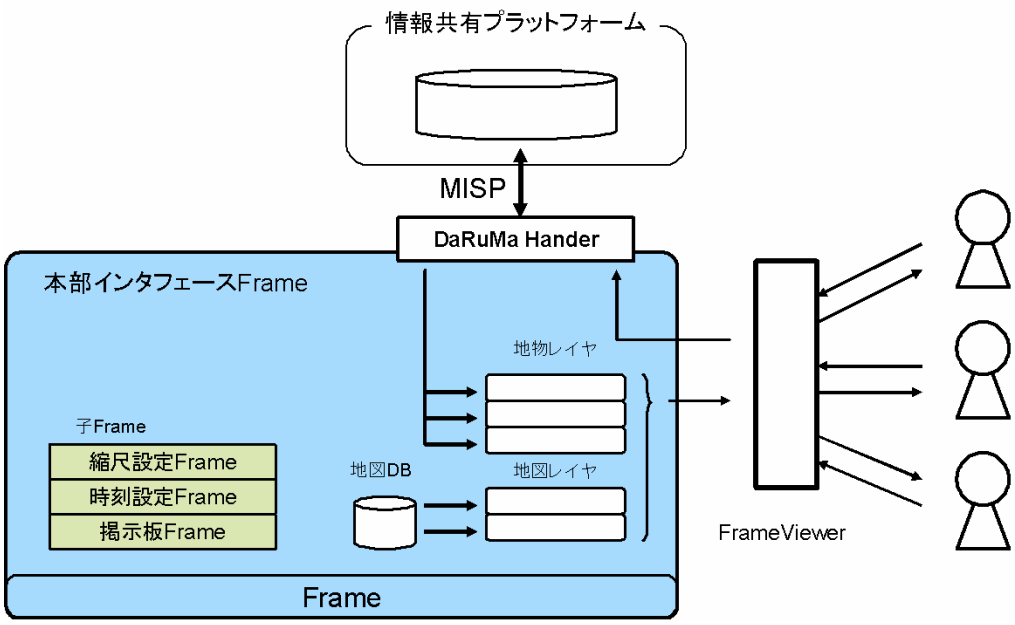

図 6.2-8　本部インタフェースのシステム設計構成図

(2) 本部インタフェース

a) システム設計

前述のフレームワークに基づいて，情報共有プラットフォームに接続する形で実装した（図 6.2-8）．DaRuMa ハンドラは MISP を用いて情報共有プラットフォームをポーリングしながら災害情報を取得し，対応するレイヤに登録する．また地図データベースから得られた地図データも個別のレイヤに配置し，重ね合わせてフレームビューアで表示する．フレームビューアを介して得られたユーザからの操作によりレイヤ情報の変更などを行い，必要があれば DaRuMa ハンドラを介して情報を登録する．

また，本部フレームは子フレームとしていくつかのフレームを持つ．代表的なものは

・縮尺設定フレーム：　地図の縮尺を設定する

・時刻設定フレーム：　取得する災害情報の時刻を設定する

・掲示板フレーム：　文章による情報を表示する

である．

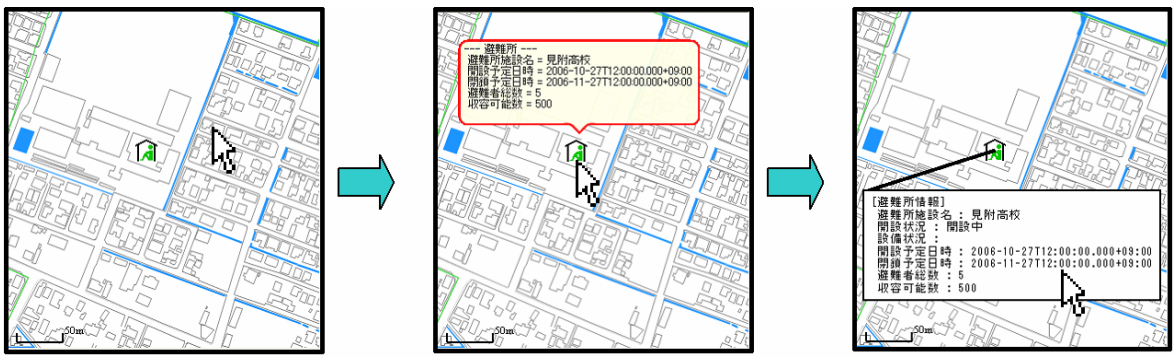

図 6.2-9 容易な操作方法

b) GUI

単純な操作はほとんどマウスによって完了する．簡易情報は，地図画面上に表示されている地物にマウスオーバーするだけでポップアップされる．もう少し細かい機能・情報を利用したい場合は，マウスクリックによって出るプルダウンメニューを用いる（図 6.2-9 および図 6.2-10）．これにより，PC に慣れていない人が初めて触る場合でも簡単に操作することができる．

領域に関する機能（災害報告，行動指令など）を使用したい場合は，左ボタンをクリックしながらドラッグによる領域描画 ⇒ ボタンを離したときに出てくるプルダウンメニューから選択，という方法をとる．

インタフェースの利用はほぼこの 3 つの操作．マウスオーバーとクリック，プルダウンメニュー，領域描画のみで行えるようにした．

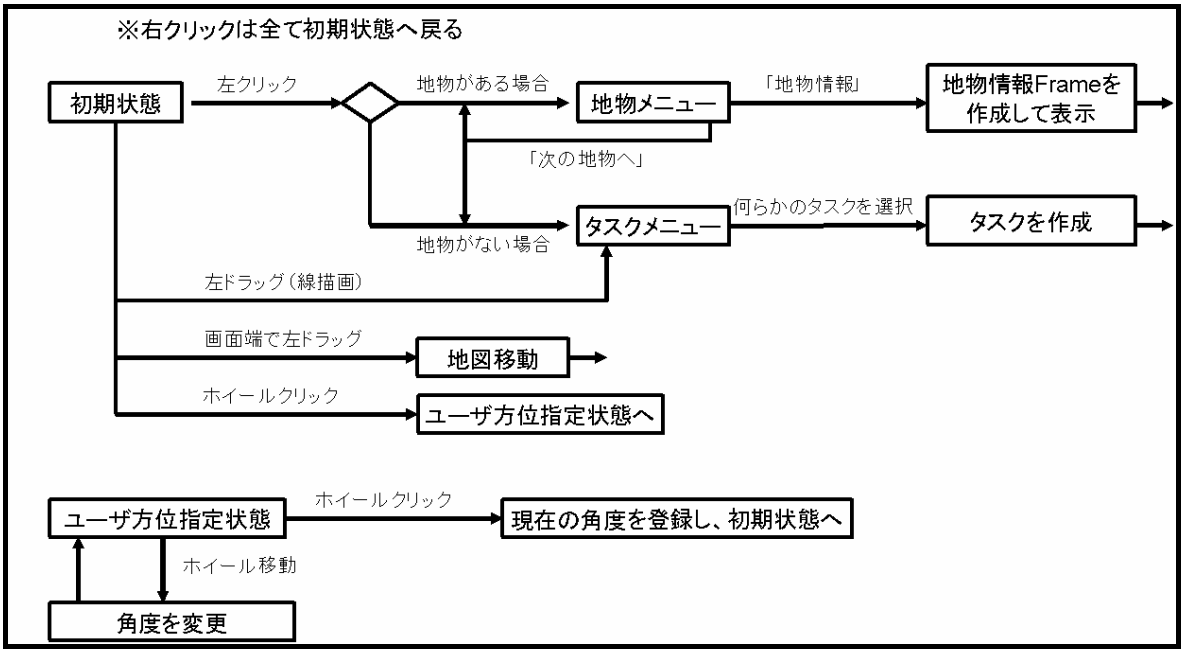

図 6.2-10 GUI 操作の流れ

c) 指令系統の実装

本部インタフェースは，災害対応用携帯端末アプリケーション（Vaio-U，携帯電話にて実装）に向けて指令を送ることができる．これにより現状の防災無線や電話などによって行われている本部と現場隊員間のインタラクションに地図情報を加えることができ，また音声では残すことが難しかった過去の指令情報も残すことが出来る．

現実的には災害対応計画を立てるような役職の人間が個々の隊員に直接指令を出すことはあまりなく，また指令系統も各々の機関で異なる．そこで，本部インタフェースと現場隊員の中間に司令所アプリケーションを実装し，実際に指令を発行する役割を本部インタフェースから分離した（図 6.2-11）．司令所は 1 つでも良いし，異なる司令系統ごとに複数存在しても良い．

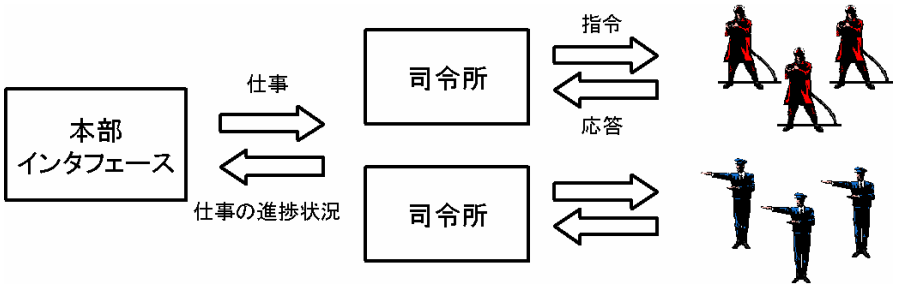

図 6.2-11 司令所を導入した司令系統

図 6.2-12 司令所アプリケーションプロトタイプ

本部インタフェースは，「～を行え」という仕事だけを発行する．その仕事をこなすのに相応しいと思われる司令所は，適切な隊員に対して指令を発行する．1 つの仕事に何人従事させるかは司令所の人間が決定し，本部には伝わらない．司令所は現場隊員からの応答を確認し，現在の仕事の進捗状況を本部に返答する．何をもって仕事の完了とみなすか，などの判断も司令所が行い，本部はただ現在の状況を知るのみである．これには以下の利点がある．

・「隊員」の存在を本部の人間から隠す．これにより本部の人間は発生している災害とそれに対する仕事，仕事の進捗状況のみに注目することになり，状況の把握と災害対応計画がやり易くなる．

・異なる司令系統の機関が存在しても解決できる．

・司令系統は複雑であり，本部インタフェースで実現するのが困難だが，アプリケーションを分離することにより指令に特化したインタフェースを実装できる．また各々の機関が自組織にふさわしいと思われる司令所アプリケーションを作成し，差し替えることができる（図 6.2-12）．

(3) 他機関との連携

a) 挙動定義ファイル

情報共有プラットフォームに新しい機関が接続してきてもインタフェースが活用できるように，地物データの挙動を外部ファイルによって動的に定義できるようにした．新しい機関のデータが登録された場合，それらをどのように扱うかという情報を挙動定義ファイルに記述する．記述内容は主に「タイミング」と「挙動」のペアである．

・タイミング：イベントを起こす状況．情報の新規登録時・情報の更新時・地物へのマウスオー

バー時，地物へのクリック時など

・挙動：どんな行動を起こすか．画面へ描画する・メニューを出す・ポップアップを出す・掲示板フレームへ文章を出力するなど．将来的にはプラグイン機能を実装して，より柔軟な挙動を実現すべきである．

b) データコンバータ

挙動定義ファイルだけでは扱えない災害情報が存在するため，災害情報を変換するアプリケーションであるデータコンバータを実装した．データコンバータは DaRuMa から変換対象の情報を取得し，本部インタフェースが扱える形に直して DaRuMa に再登録する．データコンバータは以下の用途で用いた．

・本部インタフェースが表示する他機関の災害情報の中で，隊員用携帯端末でも表示できた方がよい情報がある（逆も同様）．そのような場合の隊員用災害情報への変換に用いる．

・現状の挙動定義ファイルの考え方では，複数の情報が集まって 1 つの意味を表すような災害情報は操作できない．そのため，複数の情報を集めて 1 つの情報にまとめるのに用いる．

6.2.5 表示アイコンの標準化

災害情報提示に一貫性をもたせるために統一的な原則に基づくアイコンを設計した．以下では，昨年度の報告書に記載されたものから変更があったもの，あるいは新しく追加されたものを中心に紹介する．これらのアイコンは，大都市大震災軽減化特別プロジェクトの震災総合シミュレーションシステムのビューアにも採用することとし，適用範囲を広げた．なお，すべてのアイコンをここに示すと膨大になるので，現場隊員用のアイコンについては省略する．

エージェントアイコンを図 6.2-13 に示した．災害対応エージェントは基本的に青，住民に関するものは基本的に緑という原則が貫かれている．住民被害については昨年度の報告書に記載した．

災害に関するアイコンを図 6.2-14 に示した．水害に関するアイコン，減災対策に関するアイコンが増強された．

意味	人	車		
消防隊			市長	
救急隊			かけつけ要員	
道路啓開隊			建設部	
警察			総務部	
救助隊			農林商工部	

図 6.2-13　エージェントアイコン

法面、歩行可能		避難民		現場写真	
法面、通行不可		応援要求		資材（飲料水・食料）	
陥没、歩行可能		堤防危険		資材（毛布・衣料品）	
陥没、通行不可		堤防洗掘		資材（医薬品）	
瓦礫、歩行可能		堤防漏水		資材（ブルーシート・土嚢）	
瓦礫、通行不可		堤防越水		資材（その他）	他
冠水、歩行可能		破堤		避難所	
冠水、通行不可		がけ崩れ		停電	
水位 LV1		地滑り		電話不通	
水位 LV2		土石流		道路規制	
水位 LV3		床上浸水		渋滞	
水位 LV4		床下浸水		道路シミュレーション結果	8:88
水位 LV 5		冠水			

図 6.2-14 災害アイコン

6.2.6 結論

災害情報表示および災害情報入力に関して，自治体職員がすぐに習熟できるようなインタフェースを開発した．ここで開発した技術の中には，見附市の実証実験には実際に使われなかったものも多いが，技術としての一貫性を保つために，きちんと実装を進めた．実証実験に使われた機能が実際にどのように動いたかなどについては 8.2 節で述べる．

災害対応に使われる情報機器は普段から使い慣れているものがベストである．その点で GPS とカメラのついた携帯電話は，画面上でいろいろな描画をするオーサリング機能がまだ不十分であるが，十分に使えるものであることを確信した．今後，携帯電話の機能が増強されれば，現場の災害対応端末として活躍することが期待できる．

災害対策本部における情報提示はこの研究開発で，一つの原点を示すことができたと考える．

設計と実装は大学院生の協力を得て，ほとんど大学の研究室内で行なったが，携帯電話のオーサリング機能の一部の実装については KDDI 研究所の小林亜令主査をはじめとする研究員の方に多大な協力をしていただいた．ここに深く感謝する．