

災害時情報共有のためのプロトコルおよびその実装

Protocol and an Implemented System for Information Sharing on Disasters

下羅 弘樹
Hiroki SHIMORA
産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
h.shimora@aist.go.jp

横田 裕思
Hiroshi YOKOTA
筑波大学 教育開発国際協力研究センター
University of Tsukuba
yokota@criced.tsukuba.ac.jp

松井 宏樹
Hiroki MATSUI
シーエムディーラボ
CMD Laboratory Inc.
matsui@cmdlab.co.jp

野田 五十樹
Itsuki NODA
産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
I.Noda@aist.go.jp

柴山 明寛
Akihiro SHIBAYAMA
情報通信研究機構
National Institute of Information and Communications Technology
shibayama@nict.go.jp

羽田 靖史
Yashusi HADA
(同上)
had@nict.go.jp

目黒 淳一
Jun-ichi MEGURO
早稲田大学
Waseda University
meguro@power.mech.waseda.ac.jp

キーワード: disaster, database, protocol, information, integration

概要

災害時情報共有のためのプロトコル、およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案する。災害時において情報共有をいかに行うかは迅速な災害対応を行う上で重要であるが、実際の災害現場では紙ベースあるいは閉鎖的なシステムによる情報管理が行われており、十分な情報共有が行なわれていない。提案するシステムは、プロトコルとしてオープンな標準規格を用い、既存システムを柔軟に接続する事ができる。

1. はじめに

災害時において減災につながる情報共有を行うには、さまざまな災害情報に係わるシステムをいかに連携させるかが重要である。減災に関わる情報システムには、現場レベルの詳細な情報を扱うシステムから、都道府県や国のようなマクロな情報を扱うシステムまでさまざまなものがあり、また市町村間や現場での情報共有のような横の連携、市町村と都道府県のような縦の連携などが効率的に行なわれないと適切な処置を行うことはできない。

しかしながら、各システム間のデータ表現形式の違いや通信方式の相違等といった技術的な問題や、扱う情報項目の違いや必要とされる情報精度の違いといった社会的な問題もあり、現在のところ有効な情報共有が行われているとはいえない。被害を大幅に軽減させるためには、現場レベルから都道府県、国レベルまでの共有をいかに行うかが重要な課題である。

この問題に対して、汎用性が高く構造化されたデータ

を扱える XML フォーマットの各種標準を用い、災害に関連するシステムを柔軟に連携できるように減災情報共有プロトコル MISP を設計し、公開した。また、そのプロトコルを扱うデータベース管理システムの実装である DaRuMa の開発を行った。

2. 現状の災害時情報共有における問題点

大震災等の物資や人材が十分に確保出来ない状況では、いかに現状を把握し、適切な対応行動を行うかが重要となる。災害に関わる共有すべき情報は、地理的に分散されており、それら一つでは判断材料とならなくとも、それらが組み合わせられることで有効な情報となるため、包括的に情報を共有する必要がある。

現在、さまざまな災害情報を扱うシステムが用いられているが、それらは十分に連携されているとはいえない。例えば、現在災害時のほとんどの自治体では、入ってくる情報が機械的に整理、集計することが可能なもので

あっても、職員がそれを手作業で整理し、現在の状況を上位機関にファクシミリで報告する作業にかなりの手間が取られている。災害時は、必要となる作業量が膨大であり、人手の不足する状況となるが、自治体のシステムとその上位機関のシステムの連携がコンピュータシステムを通してスムーズに行えるようになれば、その作業に人手を割かずに済ませることができる。しかしながら、このような関係各組織間のスムーズな連携を行えるようにするには現在のところ課題も多い。大きな問題の一つは、各組織間での共有に必要な情報の表現方法の統一的な形式化がまだなされていないことである。防災分野の研究では、自治体の災害対応調査等を行ない災害対策本部等でどういった情報がやりとりされたかといった調査がこれまで行われてきているが、これらはコンピュータ上で扱えるものというよりは、より概念的で大まかな項目の整理である。実際にコンピュータ上で情報を扱うためには、詳細まで構造を決定しなければならないが、この両者の間には大きなギャップがあり、現在のところ災害時に必要な情報を網羅的に、かつ整理された共通的で電子的に扱える情報構造は存在しない。そのため、将来災害における標準的な情報構造を規格化していくことが重要である。

また、規格化と同時に考えなければならないのが、災害に関わる情報の多様さである。地震における被害情報だけでも建物倒壊、土砂崩れ、道路被害など様々なタイプの情報があり、さらに、雪国では雪害との複合災害、大都市部では帰宅難民など、地域性のある情報の表現が必要となる。そのうえ、テロ対策や新感染症など、時代を経るに従い、新たな類の災害が出現することや、災害の様相が変化することも考えられる。また、広域ではおおまかな災害の位置が判明していれば指示を出せたとしても、現場ではメートルオーダーの情報を共有する必要がある等、扱われる場所が異なれば、同じ対象を表現していても必要となる情報の質は異なる。このような複雑性を考慮に入れずに情報構造を固定してシステムを作成してしまうと、将来の変化に対応できない。標準的な情報表現は容易に拡張可能で、変化に柔軟に対応できるものでなければならない。さらに、システム連携のためには、コンピュータシステムとしての現実的な実現性と、システム構築の容易性も考慮する必要がある。例えば上記の情報表現は、検索の効率性など現実的な時間で処理できるものである必要があるであろうし、大規模なサーバなど特別なハードウェアを必須とするものでは普及を見込むことはできない。さらに、すでに稼働しているシステムをリプレースしなければならないのであれば、導入することが困難な機関も多いであろう。

現状では、どのような情報を共有し、その情報をいかにコンピュータ上で表現するのが災害を軽減するのに最も効果的かということは必ずしも自明ではないため、今後社会工学的な分析、既存のシステムや紙やファクシミリ

ベースの処理等との親和性等も考慮しながら、コンピュータで現実的に扱える共通の構造を、実際の災害対策業務を行う関係各機関らとともに策定していくことが重要であり、そのため扱われる情報構造の変化にも強いシステムを設計する必要がある。

3. 情報共有データベースシステムの要件

このような状況において、災害時に有効な情報共有を行うためには、情報共有データベースシステムは以下のような要件を満たす必要がある。

●データの表現力

システムで扱われる情報構造は、当然であるが災害時に必要なさまざまな情報を表現できる必要がある。具体的には以下のものが挙げられる。

○文字列、数値等一般的なデータ

地名、人名、物資の量など文字列や数値は一般的によく使われる。当然ながらこれらは扱える必要があるが、それに加えて検索で被害の大きいものだけをピックアップする、などのように数値の大小や文字列の比較で検索できる必要がある。

○地理データ

災害においては崖崩れ、火災など、位置が重要となる情報が大半をしめる。よって、位置や範囲等の地理的なデータを保存するとともに、十分な速度で地理的な検索を行なえる必要がある。

○時刻データ

災害時の状況は、時々刻々と変化するため、ある情報がいつの情報であるかは非常に重要である。また一つの情報の中にも複数の時刻を持つものも存在する。例えば、1件の崖崩れ被害報告の中に通報時刻、確認時刻、報告時刻のように複数の時刻データが存在することがありうる。

○画像等のデータ

写真、動画等の情報は、被害の実状を把握する上で非常に有効な情報であり、これらテキストデータ以外の情報も扱えることが重要である。

○構造化されたデータ

実際に災害時に扱われる情報は、被害の場所、通報時刻、その被害の写真データや報告者情報、註釈等のように組み合わせることで扱われることがほとんどである。またこの場合の通報者情報は、人名や連絡先等、複数の項目から構成されることがありうる。情報を単に列挙してまとめるだけでなく、階層的に情報を組合せて表現できることが望ましい。

よって、SQLのようなフラット化された単なる表ではなく、入れ子構造のような階層化され、整理されたデータを扱えることが重要である。

●データ構造の部品化、再利用

災害時に共有されることで有効な情報は多数あるが、

それぞれの情報の構造を別々に一から定義すると、同一の事象を表現するための定義が複数できてしまい収拾がつかなくなる。特によく使われるものについては部品化して定義し、統一的な表現が行なえるようすべきである。すでに定義されている形式を用い新しい形式を作成できること、現状存在するデータ構造を共通化、再利用できることが重要である。

- 暗号化、認証

災害時に扱うデータは全てのデータが公開して良いものばかりではない。例えば、避難所に避難した地域住民のリストは、倒壊した家屋の下敷きになっている被災者を効率的に探索する際には有力な情報となるが、このような個人に関わる情報は十分注意して扱う必要がある。認証やデータにアクセスする権限のチェックが必要である。

- 分散管理

大震災時には停電、コンピュータネットワークの断絶が起こる可能性がある。分散して情報を管理した場合であっても問題なく動作し、情報の欠落なく結合できる必要がある。

- 検索機能

災害情報を共有して必要な情報を詳細なレベルまで収集し、必要なときに必要なものが入っている状態にすることは重要であるが、災害対応時にはこれら全てを見るだけの十分な時間はない。重要な情報をすばやく見付けられることが重要であり、地域、人や場所、物などさまざまな検索条件において検索できることが必要である。検索条件に関しては、災害においてはさまざまな状況が考えられるので、単に事前に検索条件を準備するだけでなく、汎用的で柔軟な検索条件を指定できることが重要である。

4. 減災情報共有プロトコル

前節で述べた要件を元に減災情報共有プロトコル MISP (Mitigation Information Sharing Protocol) を設計した。設計にあたり可能な限り現存の、ISO 等ですでに標準化され広く使われている規格を採用し、現存のシステムや今後作成されるシステムとの親和性を高めることを目指した。標準の採用は同時に既存のツール等をそのまま利用出来るという利点があり、災害以外の目的のためのシステムとの連携や応用が期待できる。また、レスキューロボットやセンサーシステムのような、大きな計算能力の期待できないシステムでも扱えるようシンプルさを保つよう努め、プロトコルを設計した。

設計した MISP は、WFS(Web Feature Service) をベースとした XML ベースのプロトコルであり、WFS と関連する GML(Geography Markup Language), XML Schema, WFS, SOAP(Simple Object Access Protocol) 等の各種標準を用い、その上で災害情報を共有する

にあたり、不足すると思われる部分を追加する形で規定した。XML 系の各種標準をベースとしたことで、構造化した情報を自然な形で扱え、またその定義は XML のデータ構造記述言語の一つである XML Schema を用いて記述するようにしたため、情報構造自体を XML データとして共有することができる。地理表現、時刻表現には GML を、検索等には柔軟な検索形式が定められている WFS を用い、認証・暗号化に SOAP を用いた。基本的にはこれらの規格をそれらをそのまま採用し、必要と思われるところを拡張した。

図 1 に MISP の機能を示す。MISP で取り扱う機能は、一般的なデータベース管理システムと、基本的には同じである。データの入力、検索、修正、削除が主な機能となる。MISP が WFS と大きく異なる点は、保存するデータの型を実行時に XML Schema によって定義、登録し、構造を共有化することができる点である。このため、運用時にシステムを停止させずに更新が可能であり、システム統合作業時等に、共有するデータ構造(以下スキーマ)を追加・修正してリアルタイムにテスト・修正することが可能である。スキーマを固定せず、動的に変更可能としたことにより、今後、防災、減災研究による、より良い情報共有スキーマが提案された場合にも、プロトコルやデータベースシステム実装を変更することなく対応することができる。

また、データベース間での情報共有のための仕組み TransactionID も追加した。WFS は基本的にはサーバ間でのデータ共有については考えられておらず、これを補完するため、TransactionID というシンボル化されたタイムスタンプを扱う機能を追加した。TransactionID の導入により、指定した時点のトランザクション以降に追加、変更があった情報のみを取得することができ、差分のみを交換することで、少量のデータのやりとりだけで最新データへの追従が可能である。データベースシステム間での情報共有や、ビューワなどの多量のデータを扱いつつも即時性の重要なシステムに対しても有効である。

5. 実装

5.1 データベースシステム DaRuMa

我々は MISP に準拠した実装の一つとして DaRuMa (DAtabase for Rescue Utility MAnagement) を作成した。DaRuMa の構造を図 2 に示す。プロトコル処理や通信処理を行ったうえで、MySQL にデータを格納する構造となっている。

DaRuMa の特徴は以下のとおりである。

- 大規模データ

内部で、データの保持に広く利用されており実績のある MySQL を用いており、大規模データを安定かつ高速に検索・操作できる。

- マルチプラットフォーム

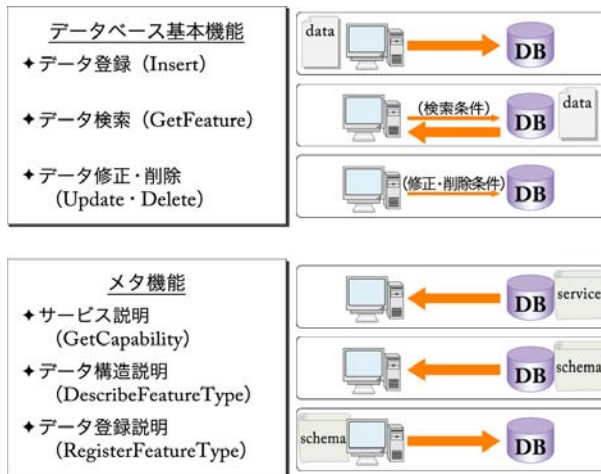


図 1 MISP の機能

Java によって記述しており, MySQL と Java の動作する複数のプラットフォーム (Linux, FreeBSD, Windows) で動作可能である。

- 動作環境
ノートPC等の比較的力なマシン上でも動作する。
- フリーソフトウェア
オープンソースソフトウェアとして公開しており自由に使用できる。

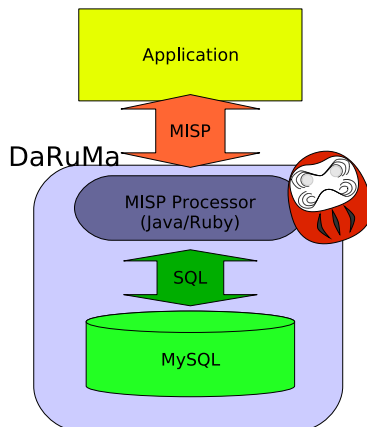


図 2 DaRuMa の構造

5.2 DaRuMa を用いたシステム統合フレームワーク

災害を軽減化するには多数の機関が協力して情報を共有する必要がある。通常, 災害関連機関はすでにそれぞれ独自にシステム化を行っており, これらすべてを統一した標準化したシステムに置き換えることは現実的ではない。そのため, これら既存システムに対し, いかに少ない追加, 変更にて情報を共有化できるようにさせられるかが重要となる。MISP/DaRuMa の開発においては, 複数の機関で個別に開発されたシステムを短期間で比較的容易に接続できることに留意して開発を進めた。プロトコ

ルに可能な限り標準の規格を採用するのみならず, 接続を容易とするための接続支援ツール群を開発し, DaRuMa と同様フリーで公開した。

作成した接続支援ツールは以下のとおりである。

- CSV 接続ツール
CSV ファイルを入出力として, それを MISP に変換して接続を行なうツール。CSV ファイルで入出力を行うことができるシステムを, MISP によって接続することができる。
- XML 接続ツール
XML ファイルを入出力として, それを MISP に変換して接続を行なうツール。XML ファイルで入出力を行うことができるシステムを, MISP によって接続することができる。
- スキーマエディタ
スキーマをグラフィカルに作成するツール。詳しい構造が分からないユーザでもスキーマを構築することができる。

これらツールを用いることで, 既存のシステムをそのまま, もしくは CSV, XML を入出力とするよう拡張するだけで, MISP による通信が可能となる (図 3)。

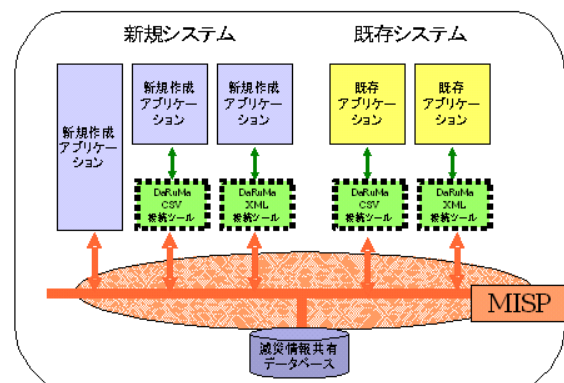


図 3 Daruma を用いたシステム統合フレームワーク

6. 適用事例

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」にて, 災害に関連する各種情報システムを DaRuMa をコアとして連動させるシステム統合を行った。このプロジェクトでは, 見附市, 豊橋市にて実証実験を行い, 災害救助対策の主体となる自治体の関係部署に加え, 電力, ガス会社などのインフラ企業, 避難所や市民の活動などを支える各情報システムを連携させ, さらに県や国などへの情報伝達を一貫して行うシステムの統合を試みた。実証実験により, システム連携が実際に災害に対して有効であるか, また統合システムの構築

が容易であるかを確認した。

6・1 見附実証実験

2006年10月27日に新潟県見附市役所にて、水害を対象として防災、減災に関わる多数の機関、多数の各種情報システムを DaRuMa を介して情報システム統合を行う実証実験を行なった。本実験では、市役所の複数の関係部署および消防・警察と、電力・ガスなどのライフラインの情報を DaRuMa を介して統合し、相互に情報を共有することを試みた。同時に、災害ボランティアなどからの携帯端末を使った通報や水位観測センサからの自動通報なども統合し、災害対応にあたる職員が災害対応活動に専念できる統合システムを構築した。

本実証実験により統合したシステムやデータ、役割は以下のとおりである。

- 減災情報共有データベースシステム (DaRuMa)
共有のコアとなるデータベースシステム (産業総合技術研究所, 防災科学技術研究所)
- 災害対応管理システム
自治体の災害対応業務を扱うシステム (防災科学技術研究所)
- 消防庁情報共有システム JGN-II (Japan Giga Network II) 災害 (消防庁), 新潟県情報ハイウェイを消防庁の設置した無線 LAN のネットワークを用いて消防庁から見附市まで接続し、災害情報を集計した結果を取得するシステム
- 災害情報可視化システム
災害対策本部等のために、現在状況を地図上にグラフィカルに表示するシステム (東京大学竹内研究室)
- 携帯端末システム
携帯端末を用いて画像情報、位置情報を登録するシステム (東京大学竹内研究室)
- 水位情報収集システム
現在水位の情報を自動的にデータベースシステムに登録するシステム (東京大学竹内研究室)
- 交通シミュレーションシステム
浸水による通行不可道路を反映した交通シミュレーションを行うシステム (産業総合技術研究所)
- 避難誘導シミュレーションシステム
住民を避難させるための安全な経路をシミュレーションによって提案するシステム (安全・安心マイプラン)
- 災害ナビゲーションシステム
水位情報を監視し、防災体制の発令が必要になった際に自動的に発令を促すシステム (NTT アドバンステクノロジー)
- ガス情報システム
ガスの供給停止区域情報を登録するシステム (東京ガス)
- 電力情報システム
停電区域情報を登録するシステム (東北電力)

- 広報支援システム
WebGIS によってマスコミに対し情報提供を行うシステム (工学院大学)
- 新潟県情報共有システム
長岡市, 三条市, 柏崎市, 見附市の情報を集計するシステム (総務省実証実験)
- 基盤データ
全体で共有するための基盤地図データ (建築研究所)
- 災害対策業務検証
実証実験を記録をもとにした, 災害対策業務の検証 (東大目黒研究室)

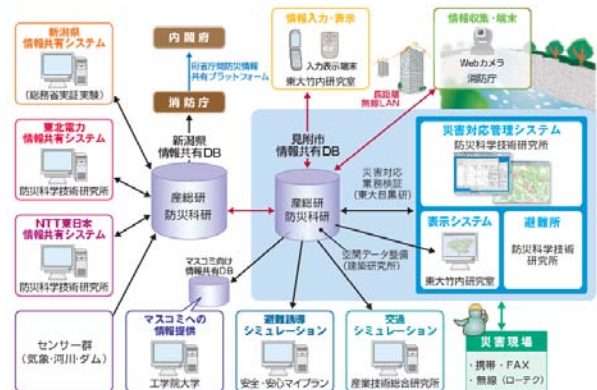


図 4 見附実証実験全体図

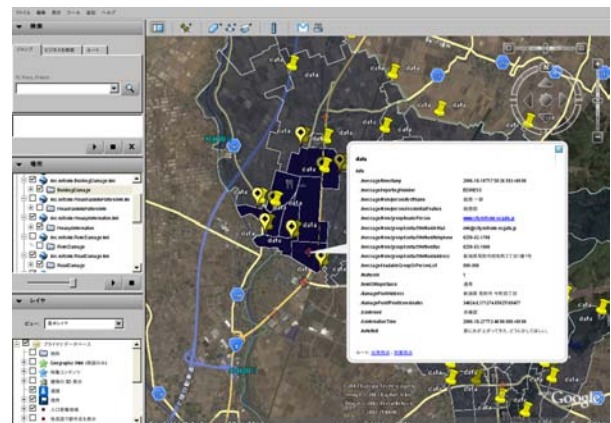


図 5 見附実証実験結果

図 5 は共有された情報を Google Earth 上で表したものである。これらの結果は、Google Earth を接続して表示しているが、これは本システムが、GML 等、標準的な規格を用い、クライアント-サーバ形式によってデータ保存と、データ処理や表示等を分離した設計のため、発展性のある拡張が可能であることを示す一つの例でもある。

6・2 豊橋実証実験

2006年11月12日に愛知県豊橋市にて、地震を対象として多数の各種情報システムを DaRuMa を介して統合した。本実験では、避難所に来る市民からの膨大な情報を DaRuMa を使って整理・統合し、それらの情報を元に、火災延焼や交通渋滞予測、避難経路探索などを行い、災害対応行動を円滑に進めるのに有用な情報提供を行うことを試みた。結果を表示したものを図7に示す。

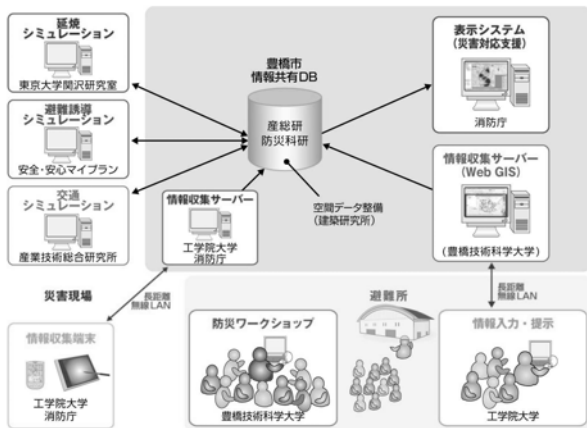


図 6 豊橋実証実験全体図

本実証実験により統合したシステムは以下のとおりである。

- 情報共有データベースシステム (DaRuMa)
共有のコアとなるデータベースシステム (産業総合技術研究所, 防災科学技術研究所)
- 広報支援システム
WebGIS によってマスコミに対し情報提供を行うシステム (工学院大学)
- 避難所システム
避難所にて市民を対象に情報の共有を行うシステム (豊橋技術科学大学)
- 火災延焼シミュレータ
火災のシミュレーションを行い、今後の時刻ごとの予想延焼範囲を計算するシステム (東京大学関沢研究室)
- 情報提示システム
災害対策本部, 住民に対して情報を表示するシステム (消防庁)
- 交通シミュレーションシステム
道路状況を反映した交通シミュレーションを行うシステム (産業総合技術研究所)
- 避難誘導支援システム
火災の情報を考慮した避難経路を提案するシステム (安全・安心マイプラン)
- 長距離無線 LAN
ネットワークが断絶した際でも利用できる, 無線を用いたネットワークシステム (消防庁)

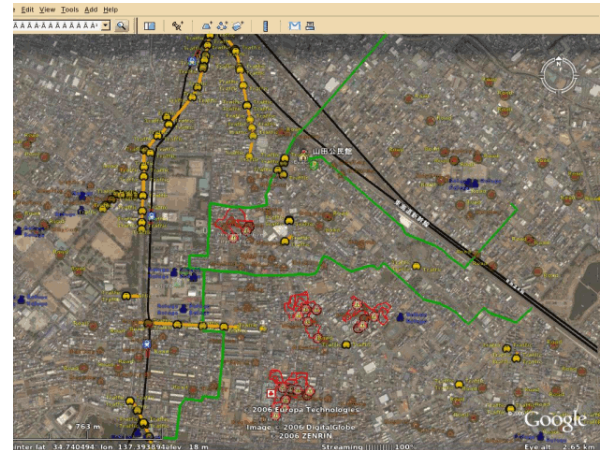


図 7 豊橋実証実験結果

6・3 レスキューロボット実証実験

科学技術振興費「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」において、バルーン型上空ロボット、瓦礫内ロボットによる情報を収集する実験を行った。山古志村にて行った実証実験では、バルーン型上空ロボットによって観測された映像情報を MISP を用いて DaRuMa に登録し、現場と災害域外で広域に連携させ情報を共有した (図8)。また、ノイズ処理を災害域外で行ない、広域における後方支援が可能であることを示した。

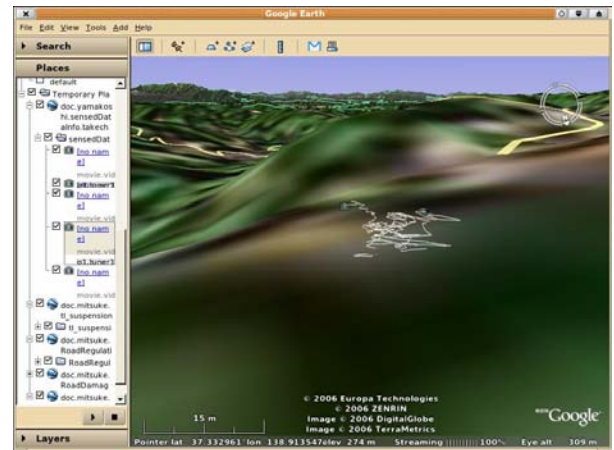


図 8 バルーン型上空ロボット移動結果

瓦礫内ロボットによる画像収集実験では、倒壊家屋をモデル化した評価試験フィールド, 要救助者をモデル化した評価試験用ダミーを用いて、足場の不安定で移動の困難な倒壊家屋内にレスキューロボットを投入し、要救助者の探索を行う実験を行ない、瓦礫内を走破するロボットにより収集された画像データ, およびロボットの位置データを DaRuMa に登録し共有した (図9)。これらロボットのような大きな計算能力を用いることのできない組み込みシステムであっても, DaRuMa に接続して情報の登録が可能であること, これら救助活動に効果的な

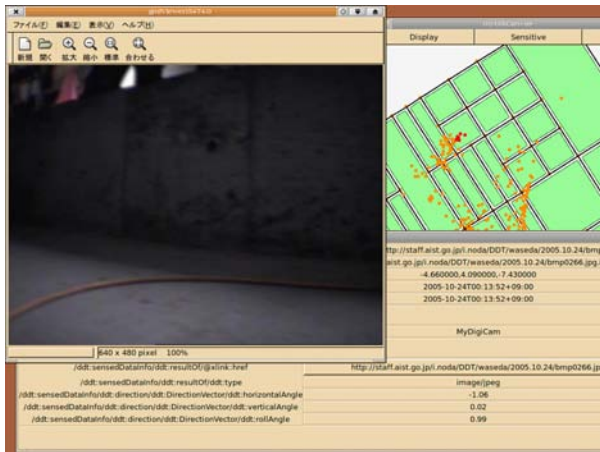


図 9 瓦礫内ロボット画像，移動結果

まで伝えることは、データ量を考えるとこれは効率的ではない。今後、DaRuMa を階層化や P2P 化するなどして複数接続し、いかにして情報を適切な場所に適切に伝えることができるか、ということが重要な課題となると思われる。

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」および科学技術振興費「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」による研究助成によって行われました。

詳細なレベルでの情報の共有を行えることを確認した。

6.4 システム統合開発

見附実証実験，豊橋実証実験共，多数の機関が参加し，多数のシステムを DaRuMa を通して統合させた。また，レスキューロボット実証実験ではロボットという比較的情報連携の難しいシステムとの統合も行った。システム統合においては，データ構造の摺り合わせ，結合テスト等多くの作業が必要になるが，データ構造を運用時にランタイムで登録できる機能を付与したことや，ツール群を用意し既存システムとの結合を容易にしたこと，プロトコルをシンプルに保ったことなどにより，見附，豊橋の実証実験では，数回の打ち合わせによる比較的短時間でシステム統合が実現できた。打ち合わせでは，開発者が集まり，ノート PC を持ち込んで，データ構造の摺り合わせや結合テスト等を行ったが，この際 XML，XML Schema 等の特徴である，データが定義可能かつ可読であったことは，接続においてデータを入力する側，入力されたデータを参照する側ともにテストやデバッグなど開発に対し非常に有効であった。

7. まとめと今後の課題

MISP/DaRuMa を XML，GML，WFS，SOAP 等のオープンな規格を用いて，災害時の情報共有を行うプロトコル/システムを提案・実装し，またその有用性を検証するため複数の実証実験を行った。実行時にデータ構造の登録を可能にしたことにより，システム統合作業を容易にし，またこれらオープンな規格を用いることで発展性のある柔軟なシステム連携が可能となった。

実験では，マイクロレベルでの共有，マクロレベルの共有を共通のプロトコルを介して行い，ミクロ，マクロ双方で情報の共有が可能であることを確認した。しかし，実際にマイクロレベルの詳細な情報をそのまますべての機関