

# 超高解像度表示装置を応用した災害情報提示 GIS における 情報整理手法の検討

櫻庭彬<sup>†1</sup> 石田智行<sup>†2</sup> 江原康生<sup>†3</sup> 柴田義孝<sup>†1</sup>

災害対策拠点における災害に関する情報を元にした被害状況の迅速な掌握と理解は、災害発生直後に最も重要なタスクであるとされている。特に大規模災害の状況下では、大量の被害情報をもとにした意思決定は早期に復旧や救援活動の指示に重要である。これまでの紙ベースでの状況管理では迅速な災害対応に対応することは難しいと考えられるほか、状況報告が煩雑で、現場からの報告が遅延する問題が生じていた。本稿では、超高解像度表示装置と GIS を利用した災害情報の提示、共有手法について論述する。本提案では、災害対策拠点に災害状況を表示するための超高解像度表示装置を設置し、共有作業空間として被害情報のマッピング機能を提供する。共有作業空間は情報掌握を担当する災害対策本部職員に状況を提示するとともに、他市町村や上位組織などの他の拠点との間で相互に状況の掌握を支援する。また、このような協働システムでは、利用者が無制限に共有作業空間にアクセスすると領域の情報の整合性に課題が生じるおそれがあると考えられるため、本稿では、各拠点から多地点を結んだ情報共有における情報の整理を目的として、各拠点に作業のとりまとめを行う利用者を配置し、情報の整合性を確保する手法を検討した。

## 1. はじめに

災害が発生した状況下では、災害対応を行う機関は迅速かつ正確な情報収集および伝達を行うことが求められる。特に発災直後の初動期においては、被害状況がもっとも必要とされる情報であること<sup>1)</sup>が指摘されており、災害への対処を行う地方自治体においても、災害の規模や応急対策の実施に必要な被害情報を優先的に収集すること<sup>2)</sup>が発災初期の重要な任務となっている。これは被害状況をもとに道路の啓開などの復旧作業や、生存者の捜索などを計画するため、発災直後の初期段階において最も重要な情報とされているためである。

国、都道府県、また市町村は災害発生時には災害対策本部を設置することになるが、そこには被害情報、住民の安否情報、救援物資の到着、ライフラインの状況、警察、消防、自衛隊等の救援部隊やボランティアの活動状況など、発災後の時間経過や復旧状況に応じた多種多様な情報が報告され、その情報をもとに意思決定を行う。災害対策本部は、**図 1**のように階層型の構造をもち、市区町村に対する都道府県のような上位機関へは報告、都道府県に対する市区町村のような下位機関には上位機関からの指示や情報共有が行われる。

市町村に対する都道府県などの上位機関に対しては状況報告の義務が法令で定められているが、報告に際する手間が多大であることが指摘されている。しかし、報告の遅延が生じると、上位機関での意思決定に影響を及ぼすことが考えられる。

それに加えて、今日の災害対策本部で最も多用されている状況の提示手法は災害対策地図と呼ばれる紙ベースの地図<sup>3)</sup>であり、現場から逐次報告される被害状況のリアルタイムでの追跡は困難となる。

このような災害時の被害状況の掌握に有効とされている

のが、地理情報システム(GIS)を応用した防災情報システムである。内閣府では、地震防災情報システム(DIS)と称される、GIS をベースとした情報共有システムの運用が行われている<sup>4)</sup>。DIS では、被災状況の早期把握と的確な初動対応、また被災状況の早期把握と関係機関における情報の共有化を行うことにより、応急復旧対策にあたっての迅速かつ的確な意思決定を支援することを目的としている。省庁単位では、国土交通省が電子防災情報システムを活用し、リアルタイムでの状況提示を行う基盤を構築している<sup>5)</sup>。このように、今日では GIS ベースの被害状況提示は実際の災害対応の現場においても幅広く使用されている。

その一方で、既存の PC などでの運用が想定された GIS ベースの災害情報提示手法はこれまで多数提案されてきたが、通常が表示装置の利用が前提であることから、複数人でのディスカッションや広範囲な地域の状況監視などには制約があるものと考えられる。

ところで、ネットワーク技術や計算機処理能力の向上によって PC クラスタリング技術が発展し、さらにはディスプレイ装置が安価で高性能な製品の入手が容易になった背景から、タイルドディスプレイウォール(TDW)技術が発展してきている<sup>6,7,8,9)</sup>。TDW システムは複数の汎用表示装置を格子状に連結させ、単一の超高解像度ディスプレイを実現させることができ、これまでは大規模データの可視化や高臨場感通信のために使用されてきた。TDW は一度に多数の情報を提示することが可能であり、災害時の情報提示の一手段としての利用を筆者らは検討してきた<sup>10)</sup>。

本稿では、TDW システムのような超高解像度表示を可能とするデバイスを共有ディスプレイとして、そこに被害情報を電子地図上にマッピング表示させて被害情報の掌握を支援する手法について述べる。このシステムは、災害対策

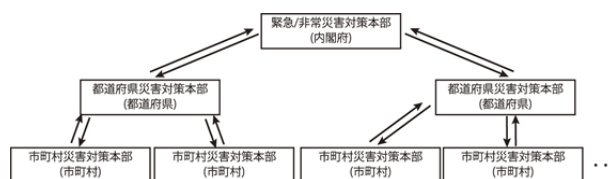


図 1. 災害対策本部の階層的構造と設置者

<sup>†1</sup> 岩手県立大学  
Iwate Prefectural University

<sup>†2</sup> 茨城大学  
Ibaraki University

<sup>†3</sup> 大阪大学  
Osaka University

拠点をネットワークで結び、各拠点で被害情報をマッピングする作業空間を共有することにより、各拠点からの報告を一元的に管理することを目的としている。提案システムにおいては、電子地図上に被害情報の画像や図形による表示により、災害対策本部の担当者に被害の状況とその地理的位置を提示する。

また、本システムでは多地点に利用者が分散し、また各拠点に複数の利用者が存在するユースケースが想定されるといった、一種の CSCW(Computer-supported cooperative work)の性格を有する。本稿では、各拠点に被害情報を整理するユーザを配置し、共有空間の無秩序な情報の配置を防ぐ手段を備えるべく、その概要について検討した。

## 2. 関連研究

GIS をベースとした災害の被害状況を提示し、または共有することを目標とした防災情報システムはこれまでに多数提案がなされてきている。特に災害対策本部が発災初期の被害の状況を一般住民に対して提供する一方で、住民に情報提供を求めることにより、早期の情報収集を可能にしているアプローチが多く見られる。これにはモバイル端末によるシステムへのアクセスを考慮したものが多く、端末に搭載された GPS 受信機など<sup>11)</sup>を利用した位置情報を付加した被害画像により、効率的な被害状況提示を可能にしている<sup>12)</sup>。

GIS アプリケーションをターゲットとした複数人による協調作業のユースケースにおいては、作業を行う利用者が地理的に同じ場所に存在する、いわゆる co-location を想定しているものが存在する。文献<sup>13)</sup>では物理的に同じ場所に存在するユーザ間での地図を使用した協調作業を行う手法を論述しており、地図画面の同期や、地図上の任意の地点をポインタ表示により共有して注目させる機能などが協働のためのツールとして提示された。しかしながら、複数の拠点で分散して作業する複数の利用者間での協同作業を重点的に検討した GIS はこれまでそれほど検討されてこなかったことが推察される。

一方、2000年代に入り、計算機の処理能力向上とネットワーク性能の向上を背景とした PC クラスタリング技術の進展により、実用的な TDW 環境がいくつも提案されてきた。TDW の最大の特徴は、構成の柔軟性であり、用途や設置場所の条件などに応じてディスプレイウォールと表示ノードの構成を自由自在に設定できる。これらの技術を応用して、これまでに流体などの可視化を行うツールとしてだけでなく、高臨場感コミュニケーションや、インフォーマルコミュニケーションなどの応用的分野における利用の提案が行われてきている。

筆者らはこれまでにゲームコンソール用の入力デバイスを利用して TDW 環境上で動作するアプリケーションへの

操作を行う手法<sup>14,15)</sup>を検討してきたが、特定のアプリケーションを想定したものではなく、またその精度は改良の余地があるものであった。

## 3. 提案システム

本節では、市町村や都道府県が設置する災害対策本部で運用されることを目的とした、高解像度表示環境を利用した被害状況提示と共有を行う “LIVEWall(Large-disaster Interactive Visualization Environment on Display Wall) System” のコンセプトについて述べる。

### 3.1 LIVEWall System の概要

本システムは、災害対策本部において、災害状況掌握を行う職員に対して管轄地域内の被害情報の提示を行うとともに、他の災害対策拠点、特に上位機関の災害対策本部との間で被害情報とその地理的位置の共有を行うことにより、災害対策における意思決定の支援につなげることを目的としている。

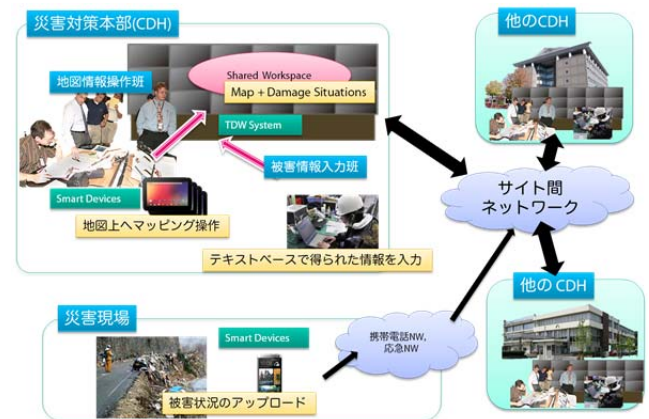


図 2. LIVEWall の概要

LIVEWall システムでは図 2 に示すように、災害情報の提示に TDW を各拠点における共有ディスプレイとして使用し、TDW 上で電子地図上に重畳表示した被害情報を画像や図形として示す。共有ディスプレイ上の表示は、各災害対策拠点間で共有され、一元的な被害状況としてシステムで管理される。本システムは複数の災害対策本部で被害状況のマッピングに使用する電子地図と重畳表示された被害情報を、共有ワークスペースと呼ばれる空間で管理する。作業者は共有ワークスペースの上に被害情報を追加、更新、削除するなどの操作を通じて被害情報を提示を行う。

また、災害時に有効なツールとするには、日頃から使用されるツールとしての設計が必要であることがわかっている。このため、本システムは通常時から地域の状況の監視や地域のイベントでの活用を可能にする設計が求められる。たとえば、平常時には防災訓練だけでなく、交通状況の提示や、マラソン大会などの地理的広範囲にわたるイベントの状況を表示するようなシナリオを平常時の利用として想

定している。

### 3.2 TDW の利用の利点

本提案手法において TDW を使用する利点は、次の 4 点が挙げられる。

第一に、TDW は地理的広範囲の地図画像を高縮尺のまま表示を可能とする特徴があげられる。一般的な WebGIS のように表示エリアの頻繁なパン操作を必要としないことから、一度に複数の作業者が同じ地図を見ながら作業を行うことが想定される災害対策業務に適していると考えられる。

第二に TDW の特徴として、ある程度の物理的な大きさを有するため、各拠点内で行われる協働作業に適していることが想定される。これまでの災害対策においては、災害対策地図を机上に広げ、複数の作業者がそれを囲んで作業を行うというものが一般的であった。既存の一般的なディスプレイを主な表示端末とした場合、複数人による提示された情報を元にする意思決定のための議論を行うには、必ずしも適切なデバイスではないものと考えられる。

また、TDW 環境は情報の集約に適した表示デバイスであると考えられる。これまでの実際の災害対応では、例えば壁に貼った地図で被害状況の地理的な位置を確認しながら、その横にプロジェクタで PC の画面を投影するという利用が行われてきた。昨今の TDW では一般的な PC のデスクトップイメージを投影できるものが多いことから、単一のディスプレイウォールに複数の種類の情報を提示することが可能であり、統一的な情報の提供を行うことにより、意思決定プロセスをスムーズにすることが可能と考えられる。

加えて TDW 環境は非常にスケーラブルな構成が可能であり、対象とする災害や管轄地域の地理的規模、またはコストや災害対応に使用する部屋の大きさに応じて柔軟に適応可能な特徴が利点として挙げられる。

図 3 に、実際の TDW 環境に電子地図を投影した一例を示す。この表示シナリオでは、北緯 38.97 東経 141.63 (WGS84 座標系) を中心点とした、ズームレベル 15 (2 万 5 千分 1 地形図相当) の電子地図を、南北に約 2.27km、東西に 10.6km の範囲において縮小することなく表示することが可能となった。



図 3. TDW 上への電子地図の表示

### 3.3 システム構成

本システムの構成を図 4 のように示す。

LIVEWall はクライアント・サーバアーキテクチャによる構成をとっている。各拠点のクライアントとサーバとを結ぶサイト間ネットワークは、被害情報画像やその他の被害情報、外部からの情報収集や電子地図データを取得するためインターネットへも接続される。クライアントは各拠点において、拠点内での共有ワークスペースに対するインタラクションのとりまとめとディスプレイ上へのワークスペース表示のほか、サーバとの通信機能を提供する。一方で、各サイトに表示される共有ワークスペースの管理やその上のコンテンツの管理はサーバサイドで行われ、サーバは災害情報クラウドのような、ストレージの分散などによる。これにより、複数の都道府県レベルにまたがる大規模災害が発生した状況においても、統一的な被害情報を管理への対応を可能とする。

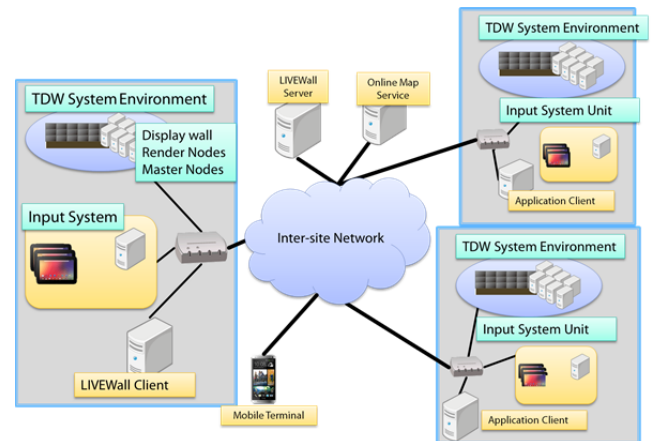


図 4. LIVEWall システム構成

### 3.4 共有ワークスペース

本提案手法では、各拠点において共有ワークスペースへの複数人による同時操作を可能とする。一つの超高精細ディスプレイに表示された被害状況を、複数人が担当するエリアや災害を分担しながら追加や修正を行うことが可能となり、作業の効率化が期待される。

LIVEWall においては、一つの対応中の災害に対して、複数のワークスペースを持つことができることとした。ワークスペースは相互に重ね合わせた表示を行うことを可能としており、ワークスペースごとに異なる種類の災害を提示することを可能とする。これにより、時空間データを考慮した被害情報の提示を考慮している。一例を示すと、あるワークスペースは津波の浸水域を管理する一方で、別のワークスペースでは数時間前に鎮圧した市街地の火災の延焼状況を提示するなどの、時空間にとらわれない幅広い状況の提示を行うことが可能である。

地図上の画像は、特に地理的に近接した地点との紐付けを多く行うと互いに重なり合いが生じることがあり、本システムが目指す一覽性を損ねる結果をもたらすことが想定

される。本システムでは、同じ状況を示す画像や地理的に近接した被害画像をグループとして管理し、通常時はグループをまとめて表示する。グループの内部にある画像は、ユーザがグループにインタラクションすると展開表示されるため、必要に応じた情報の提示を試みた。

### 3.5 操作するユーザ

LIVEWall が想定するユーザは、大規模災害の発生後に災害対策本部で被害状況の掌握を行う被害情報収集担当の職員を想定しており、システム上次の3種類に分類した。

- **地図情報担当者(IMO: Information Mapping Officer)**

電子地図上に画像の配置や図形の描画により被害情報をマッピングし、災害対策本部が管轄する地域の災害表示を更新する。加えて文字情報担当者が入力した文字情報と被害状況の画像や図形との紐付けを行う。ワークスペースとのインタラクションは、**図 5**のように *Portal Device* と呼ぶタブレット端末を利用して行い、タブレットには、実際のワークスペースと同期した縮小表示部分が表示されており、そこを通じてワークスペースを操作する。各拠点では複数台のタブレット端末があり、共有画面を見ながらタブレットをコントローラのように操作する。

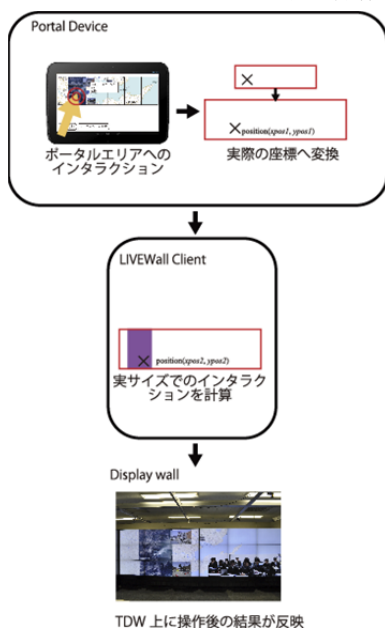


図 5. IMO によるタブレット端末の利用

- **文字情報担当者(Text Information Officer: TIO)**  
警察、消防や自衛隊などの外部の組織から災害対策本部に対して提供される情報のうち、画像などによらない状況を文字ベースの情報にして、システムへの入力を行う。ワークスペースとはインタラクションせず、サーバ上のワークスペース

管理データを操作する。TIO は一般的な PC を利用して、テキストベースでの管理を行う。

- **被害状況調査者(On-site Spotter: OS)**

災害対策本部から、被害が発生した現場に派遣され、現地からスマートフォンなどの GPS レシーバを内蔵した携帯端末により災害の情報を災害対策本部に直接送信する役割をもつ。

これらの役割の利用者は、それぞれの任務に応じた情報を使用して、災害の状況をワークスペース上に配置し、またはワークスペース上の管理情報を操作していき、意思決定につながるような状況提示を行う。

### 3.6 サイト間ネットワーク構成と災害時通信への考慮

災害時情報通信は、地域防災計画によれば情報ハイウェイや防災行政無線を運用して行うことが定められているほか、総合行政ネットワークなどをバックボーンとすることも期待されている。しかしながら文献<sup>16)</sup>によると、電源の喪失や通信ケーブルの破損により、発災直後に使用できた通信手段はトランシーバや衛星電話など、限られたものであったことが報告されている。

LIVEWall システムはサイト間ネットワークを構成するため、Delay Tolerant Networking<sup>17)</sup> や複数の通信を多リンク化した強固な通信路を構成する手法<sup>18)</sup> をベースにした技術を、情報ハイウェイや一般の公衆回線が寸断された場合にバックボーンとして使用することを想定している。

### 3.7 プロトタイプ

本手法の有効性の検証のため、LIVEWall のプロトタイプ環境を現在構築、実装している。TDW ミドルウェアはいずれの環境においても、Scalable Adaptive Graphics Environment (SAGE) 3.1<sup>8)</sup>を使用し、対応する SAGE アプリケーションを実装している。クライアントとサーバの実装には、C++を使用し、フレームワークには Qt 5.1<sup>19)</sup>を使用した。電子地図の表示には JavaScript を利用し、Web ページのレンダリング機能は QtWebKit<sup>20)</sup>が提供した。また、SAGE アプリケーション実装のため SAGE Application Interface Library (SAIL)を使用している。

地図情報担当者が操作するタブレットデバイスは、ASUS Nexus 7 を想定している。電子地図フォーマットは国土地理院が提供する地理院地図<sup>21)</sup>を使用した。

## 4. コーディネータによる情報整理

先述したように、災害対策本部は内閣府を頂点とした階層構造を有しており、災害対策本部間のインタラクションを考慮すると、対策拠点は 1 対多または多対多の構成をとることとなる。ところが、それぞれの災害対応拠点には 3.5

節で論じた地図情報担当者(IMO)が複数存在し、おのおのの作業が単一の作業空間内のコンテンツへの作業を行った場合、地図上のオブジェクトを無制限に操作したことに起因した混乱が生じる恐れがある。また無秩序な共有ワークスペースへの操作は、情報の整合性を保証しないまま他の拠点と情報共有を行うことになり、正確でない情報を報告することが予測される。

このため LIVEWall では、各拠点にモデレーションを行うためのコーディネータと呼ばれる作業者を配置する。コーディネータは、各拠点で地図情報担当者の行った操作に関する災害情報を監査し、あるいはその被害状況の提示の方法が適切かを判断する。そして問題がない場合はその操作を承認して他の拠点と共有することを許可する一方、不適当であった場合は各拠点内で誤情報を封じ込めることにより、情報の整理が行われるような手法を検討した。

モデレーションが未完了の被害状況は、共有ディスプレイでは半透明など、監査が完了した被害状況とは区別して表示される。

図 6 では、コーディネータの作業の概念を示す。たとえば、ある作業者がワークスペースに新しい被害状況画像を追加すると、サーバに反映する前に仮の作業として各拠点で保存される。コーディネータは当該の被害情報が正しいか、また被害情報の配置場所が適切かを監査し、正しければ操作の承認を行う。そして当該の操作の承認により他の拠点にその画像と位置がサーバを経由して伝達される。本システムでは、文字情報担当者の一部がコーディネータとして作業に参加する。

#### 4.1 モデレーションのシーケンス

モデレーションにしたがって行われる通信シーケンスを図 7 に示す。各拠点のクライアントを使用して、IMO がワークスペースに対して行う操作をサーバに更新するまでのシーケンスを表している。各通信では、被害状況を一意に特定可能な 128bit の GUID<sup>10)</sup> を付加して、操作や監査の対

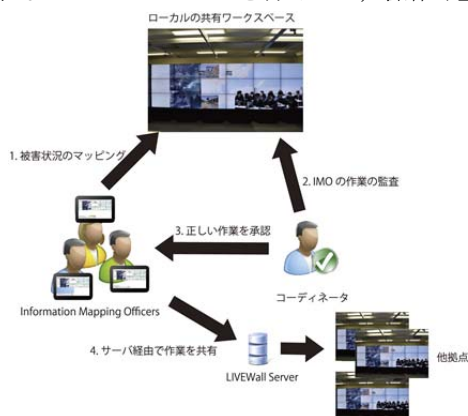


図 6. モデレーションにおけるアクタと流れ

象となる被害状況を指定する。

IMO が操作の端末を通じてワークスペース上の被害情報の更新 (Update) 操作 (被害情報の追加, 変更, 削除処理) を行うと、各拠点のクライアント内部にあるコミット候補ストア (Commit Candidate Store: CCS) に一時的に保存される。コーディネータは情報の整合性や配置を精査して、情報が適切であり、配置や表示に問題がないと判断すると、サーバに対してコミット (Commit) 処理を行い、当該の災害状況を他の拠点に配信することを承認する。その一方、当該の情報が不適当であれば、その情報は破棄 (Discard) される。破棄された被害状況は CCS から削除され、当該のオブジェクトは Update 前の状況に復元される。この場合、IMO は再度その情報を確認した上でワークスペース上に再配置し、再度コーディネータの監査を受ける必要がある。

他拠点でコミットされ、サーバに通知された被害情報は各拠点で監査作業を行っているコーディネータがいるものとして、無条件に各拠点へ配信される。仮に配信された情報に問題がある場合は、その拠点と別途コミュニケーションを取りながら相互に状況のすりあわせを行い、どちらかの拠点の IMO が当該の情報に関するアップデートを行う。その後、その拠点のコーディネータが改めてコミット操作を行い、修正する必要がある。

- 地図情報担当者 (IMO) の作業
- コーディネータの作業
- 他サイトからのコンテンツ配信

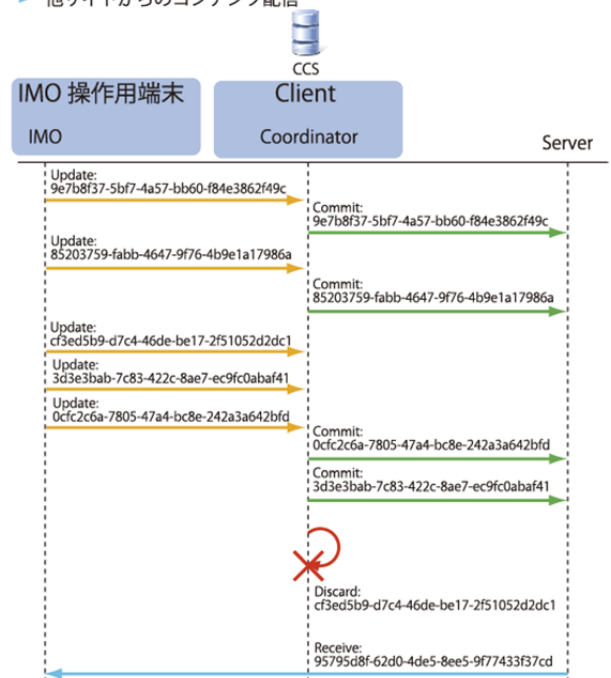


図 7. モデレーションでの通信シーケンス

#### 5. おわりに

災害発生時の初動において、被害情報収集とそれをもとにした意思決定は災害対応における重要なタスクであるが、

現状で使用されている状況の提示は多くの課題を有している。一方で、GIS をベースとした防災情報システムはよく使用されるようになり、また、超高精細表示環境を実現する技術の成熟を背景として、筆者らはこれらを利用した被害情報の提示手法の検討について行ってきた。

本稿では、地方自治体が災害時に開設する災害対策本部での運用を考慮した、超高精細表示環境を使用して災害状況の提示と、他の拠点との共有を行う GIS、LIVEWall System のコンセプトについて論述した。本システムでは、超高解像度での情報提示が可能な表示装置を利用し、地理的広範囲の被害状況を一覽性と詳細性を両立させながら、複数の作業で閲覧可能にすることで、意思決定に必要な情報の提示を試みている。また、利用者が取り扱う情報の種類に応じてユーザを3分類し、それぞれに適した入力手法を提供することで、効率的な被害状況のマッピング作業を提供することが可能となる。

LIVEWall では複数の拠点に複数の作業者が一つの共有作業空間に対して操作を行うことを考慮して、各拠点に被害状況や提示方法の監査を行うコーディネータと呼ばれる管理的な利用者を配置し、作業空間の無秩序な利用による一覽性の阻害を防ぐような仕組みを検討した。

現在プロトタイプシステムを実装中であるが、これを利用した本手法の有効性の検証実験を計画している。検証には仮想災害対策本部を模した TDW を設置した部屋で行うユーザビリティの評価のほか、複数の部屋に TDW を配置した災害対応のためのネットワークを構築することを検討している。また、3 以上の対策本部を模した対応シナリオでは、テストベッドネットワークである JGN-X<sup>22</sup> を使用して複数の TDW システムでの通信が必要なケースを想定した実験を計画中である。これらの評価フェイズでは、ネットワークの利用状況の測定や、コンテンツ配送にかかる遅延などを測定した性能面での評価を行う予定である。それに加えて、地方自治体の防災情報の専門職員の意見を交えた実践的なユーザビリティに関する評価と検討の実施を検討している。

## 参考文献

- 1) 渡部和雄, 大石貴弘, 橋本民雄, 大石新市, 渡辺伸一郎, 三本松広樹: “被災者・行政支援情報システムの研究開発”, 日本災害情報学会第2回研究発表大会予稿集, pp.163-172 (2000).
- 2) 岩手県: “岩手県地域防災計画 (本編)”, <http://www2.pref.iwate.jp/~bousai/link/newpage1.html>
- 3) T. Ishida, A. Sakuraba, N. Uchida, Y. Shibata: “Proposal of Disaster Management Support System Using Tiled Display Wall Environment”, Proc. of 2013 16th Int'l Conf. on Network-Based Information Systems, pp.305-310 (2013).
- 4) 内閣府: “防災対策実行会議 (第2回) 資料3 災害情報の収集と分析について”, <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/jikkoukaigi/02/pdf/3.pdf>
- 5) 国土地理院: “平成26年度予算概算要求 (国土地理院関連分) に

ついて”

<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/26yosan-youkyu.html>

6) Multi Tiled Display using Chromium -

<http://cseweb.ucsd.edu/users/rchandra/chromium.html>

7) K. Doerr, F. Kuester: “CGLX: A Scalable, High-Performance Visualization Framework for Networked Display Environments”, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol.17, Issue 3, pp.320-332 (2010).

8) J. Leigh, L. Renambot, A. Johnson, R. Jagodic, H. Hyuejung, E. Hofer, D. Lee: “Scalable Adaptive Graphics middleware for visualization streaming and collaboration in ultra resolution display environments”, Proc. of Workshop on Ultrascale Visualization 2008, pp.47-54 (2008).

9) G.P. Johnson, G.D. Abram, B. Westing, P. Navr'til, K. Gaither: “DisplayCluster: An Interactive Visualization Environment for Tiled Displays”, Proc. of 2012 IEEE Int'l Conf. on Cluster Computing, pp.239-247 (2012).

10) 櫻庭彬, 石田智行, 江原康生, 柴田義孝: “超高精細表示環境を利用した災害状況の提示・共有手法”, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol.2013, No.6, pp.150-156 (2013).

11) 成田俊輔, 柴田義孝: “屋内外を考慮した位置情報を利用した被災者支援システムの提案”, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.70, No.4, pp.4-875-876 (2008).

12) 佐々木豊, 柴田義孝: “統一的な時系列記録を可能とする分散型災害情報共有システム”, 第19回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.272-278 (2011).

13) 足利えりか, 小牧大治郎, 原隆浩, 服部元, 西尾 章治郎: “協調地図アプリケーションにおける携帯端末の種類による地図操作の違いに関する調査”, データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2012), DEIM Forum 2012 A8-5 (2012).

14) 櫻庭彬, 柴田義孝: “タイルドディスプレイ環境向けポインティング入力インタフェースシステムの評価”, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol.15, pp.190-191 (2010).

15) A. Sakuraba, T. Ishida and Y. Shibata: “An Input Method for High-resolution Large 2D Desktop Environment Using Wireless Device”, Proc. of 2012 Int'l Conf. on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp.1-6 (2012).

16) 釜石市: “釜石市東日本大震災検証報告書 (案)”

17) 金田知展, 中村嘉隆, 高橋修: “DTN を用いた災害時通信システム構築法の提案”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集, pp.964-969 (2013).

18) 佐藤剛至, 柴田義孝, 内田法彦: “SDN によるコグニティブ無線技術を基盤とした災害に強いネバー・ダイ・ネットワークに関する研究”, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol.2013, No.6, pp. 46-52 (2013).

19) <http://qt-project.org/>

20) <https://trac.webkit.org/wiki/QtWebKit>

21) <http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/index.html>

22) <https://www.jgn.nict.go.jp/>

すべて URL は 2013-02-11 アクセス