

## IT 防災の展開

竹内郁雄 (東京大学 情報理工学系研究科 創造情報学専攻)

概要 望みもしないのに地震・風水害などが「ユビキタス」な災害大国日本では、防災が大きな関心事である。防災はもとより学際的な分野であるが、最近情報技術 (IT) やロボット技術 (RT) を防災に活かすという研究開発が積極的に進められるようになってきた。この講演では、IT によってどのように防災ができるのか、そのために必要な要素技術や技術統合がなにかについて、筆者がここ数年関わってきた研究の経験を踏まえて簡単に紹介する。ユビキタスコンピューティングの技術は IT 防災にも大いに貢献すると思われる。

### 1 はじめに

Folk theory (民族理論?) の中に研究補償説なるものがある。たとえば、机の上の書類や手帳の情報が片付かない人はデータベースの研究をする、日本語が満足に使えない人が自然言語処理の研究をする、などである。要するに、研究者は自分の苦手のことを生涯の研究テーマにするという説である。思い当たる節の人が多に違いない。しかし、筆者が最近防災関係の研究に関わっているのは、苦手なのではなくて、自分が災いを起こしまくる人間だかららしい。災いを起こす者は、災いを防ぐ研究をしなければならない。まるで、天啓、もとい、天刑だが、folk theory といえども最新の事例に対処するためには不絶の研究が必要だということをも語っている。

さて最近、ともかく災害が多い。テロのような人為的災害が増えてきたこともあるが、気候が極端に走るようになったし、災害被害者の母集団となる人口が増えて、人が従来住んでなかったようなところにも人々の生活基盤が広がってきたことが原因だろう。しかも、今世紀半ばまでに東海、東南海付近に巨大地震が起こることが確実視されている。気候不順はいつどんなわけのわからぬ大雨をもたらすか予測がつかない。まさに日本では災害がユビキタスである。その上、サイバーテロも加わるとなると世界的にユビキタスとなる。

災害を未然に防ぐ、あるいは災害が起こったときの被害を最小限にとどめるという研究は長い歴史をもつ。災害の予測も含めた科学的な研究は主に地球物理の分野であり、被害を最小限に食い止める工学的な研究は主に土木の分野である。しかし、ご他聞に洩れず、いまやどこにでも食いつくダボハゼのような情報技術 (IT) の登場が期待されるようになってきた。そのほかにロボット技術 (RT) も重要な応用分野として防災を謳うようになってきた。今日的には、ユビキタスセンサも RT の一分野と

して位置付けられているようで、なにかしら能動的なアクションをすればセンサも立派なロボットということである。しかし、情報やセンサは、洪水を止めることも、火災を消すこともできないし、怪我した人を治療することもできない。しかし、情報は火災が起きないようにすることも、怪我をしないようにすることも可能にする。本稿は、IT 防災に関する筆者の理解をこれまでに関わってきた研究の経験から紹介し、ユビキタスコンピューティングに関わる諸兄の関心を呼び起こすことを狙っている (逆効果かもしれない)。

本文は筆者が関わることになった 3 つの IT 防災プロジェクトの順に随想のように進む。

### 2 RoboCupRescue

筆者が NTT の研究所から大学に移った当初、湯水のように (?) 研究費が使えた環境との落差に驚き、学生諸君となにをしたらコストパフォーマンス抜群の研究ができるかと思案していたとき、RoboCup なる日本発の国際競争的協調研究プロジェクトがあることを知った (たとえば、<http://www.robocup.or.jp/>)。2005 年に人間の World Cup チャンピオンチームに勝てるロボットチームを作ろうというとてもないプロジェクトなのであるが、とりあえずロボットの頭脳を養成するためにシミュレーションだけの競技会も発足した。つまり、PC 上でプログラムを組めば、世界のチームと仮想サッカーフィールドで試合ができる。しかも、実時間分散人工知能の研究課題がゴロゴロと転がっている。

サッカーをしたことのない学生諸君にプログラムを書いてもらい、当時現役プレイヤーであった筆者ははサッカーの戦術指導だけをしながら細々と研究室を立ち上げた。その間の事情は文献 [1] に詳しい。そうこうしているうちに国内で頭角を現し、いつしか国内 1~2 位になった。だが、世界の壁は高い。

1999 年から、RoboCup にはサッカーのほかに災害救助活動のためのロボットを開発する RoboCupRescue が開始

された。これも日本発で、1995年の阪神淡路大震災で学生を失ったRT関係の先生方の熱意もあって生まれたプロジェクトである<sup>[2]</sup>。当面は倒壊建物に埋まったあるいは閉じ込められた被災者を発見するためのロボットの開発が目標になっている。サッカーと同様、RoboCupRescueにもシミュレーション部門が開設された。これは災害救助ロボットの頭脳というよりも、人間の防災活動(消防、救急、道路啓開)自体のシミュレーションから入っている印象である。これはとりもなおさず、組織化された人間の防災活動がまだ絶対的性能を勝ち得ていないことの裏返しである。

RoboCupのシミュレーションはサッカーにしろ、レスキューにしろ、本物のエージェントプログラミングが要求される。たとえば、サッカーの場合、1チーム11人(!)のエージェントは、ネットワーク経由で仮想サッカーフィールドと接続しており、相手はもちろん味方のエージェントとの直接の交信ができない。エージェントには視野が制限された視覚と、距離が制限された(他人の発話を聞くための)聴覚があり、外界はその2つの「感覚器官」で得られる情報で認知しなければならない。現在の二次元サッカーシミュレーションのルールでは、どうも視力が0.2ぐらいのプレイヤーがサッカーをしている雰囲気である。RoboCupRescueも同様で、エージェントの視界は半径10mと異常に狭い。しかし、これらの制約はシミュレーションをマルチエージェント問題として挑戦的なものにするために非常に有効である。実際、RoboCupサッカー二次元シミュレーションリーグは、本物のロボットが右往左往している実機リーグに比べるとはるかに人間に近いサッカーをする。

さて、RoboCupRescueシミュレーションの基盤となるシステムを筆者の研究室の小藤哲彦が開発したおかげかどうか、災害救助エージェントの開発も順調に進み、2年ほど前まで世界大会ではいつも1~2位の成績を修めることができた。現在は、成績を上げるためにルールの穴をつくような開発ではなく、実時間分散協調問題のテストベッドとしてRoboCupRescueに関わるように軌道修正している。実際、RoboCupRescueシミュレーションシステムの枠組は十分に奥が深く、これを使って、異なる組織間、あるいは組織内の隊員間での情報交信(通信容量は当然のことながら、極めて限られている)をどのように行なうべきか、誰がどのように状況判断をすべきかの研究がかなり正確に行なえる。次に述べる大大特に先駆けて、多くの実験データを得ることができた。

中でも興味深いのは、シミュレーションシステムの中に配置される数十の災害対応エージェントのうちいくつかを人間に置き換える「人間参加型シミュレーションシステム」の援用である。RoboCupRescueシミュレーションシステムの枠組では各エージェントがシミュレーション

カーネルにネットワーク接続しており、そこから自分に認知できる情報だけもらい、自分の取る行動を返すというループを繰り返しているだけなので、エージェントプログラムの部分を(適切なGUIを用意すれば)人間に置き換えるのは容易である。人間参加型シミュレーションでは、エージェントプログラミングをするより容易にいろいろなデータが取れる(エージェントの「代理」をやらされる人間が疲れるという難点はあるが)。これは単なるゲームとしても面白いが、防災訓練にも十分活用できる。

実際、人間参加型シミュレーションの実験により、情報遅延や誤情報がどれくらい災害の拡大につながるか、組織間の通信手段の差(電話での会話のみと画面も共有できる間の差など)がどのように防災対応行動の判断の差に関係するかのデータが得られた。

また、本部と現場の状況判断のバランスについても昨年度の徹底したシミュレーションで有意な結果が得られた。当り前の結論であるが、通信制約が厳しい災害時に、情報が不完全ながらも散発的に集まってくる本部の大局的判断と、周辺の細かい状況が把握できる現場の局所的判断は、どちらかが一方的に優先するものではなく、状況次第で使い分けるのが最も減災効果が高いことが判明した。

RoboCupRescueシミュレーションは現実の防災活動を完全に反映しているわけではないが、国際競技会で数年以上にわたって採まれてきているだけあって、エージェントシミュレーションに織り込む戦略によく反応した結果を出すモデル問題と言えよう。しかし、今後はもう少しリアリティを増すべきであろう。

### 3 大大特の震災総合シミュレーションシステム

2002年度から5ヶ年計画で始まった文科省の「大都市大震災軽減化特別プロジェクト(以下、大大特)」では、大都市地殻構造の調査や巨大な実大振動台の建設などに加えて、災害対応にITとRTを活用することを目的の一つに掲げている。これは従来の地震防災研究プロジェクトにはなかった新機軸である。特にITに関する主要開発課題の一つである「震災総合シミュレーションシステム」は、ITを具体的に自治体の防災に活かすことを目標とした挑戦である。情報は<http://www.kedm.bosai.go.jp/>から得られる。

#### 3.1 震災総合シミュレーションシステム開発の概要

大大特の震災総合シミュレーションシステムは、シミュレーションというITを使い、震災発生時の各種の防災対応の意思決定支援に役立つ総合的な情報システムを構築することを目指している。我々はそのために従来の災害シミュレーションでは採用されなかったエージェントモ

デルを採用した。すなわち、災害進行のシミュレーションにおいて、災害対応要員や被災住民を可能なかぎり、固有の意思をもった個々の人間としてモデル化し、単純化された数理モデルでは得られないような「深い」ミクロな結果を得ることを狙ったわけである。対応行動以外の、地震動の推定、建物倒壊などの物理計算は、従来のシミュレーションモデルより高精度にし、エージェントシミュレーションとスムーズに接続する。火災延焼など、消火活動を行なうエージェントにより時系列的に影響を受けるものは、物理現象と人為的な行動の相互作用をきちんとモデル化する。実はこれはすでに RoboCupRescue で簡易版として実現されているが、あちこちの研究機関で分散開発された最新の要素シミュレータ（サブシミュレータ）を組み合わせ、現象の複合をきちんとシミュレーションすることは決して容易ではない。実際、最先端の燃焼シミュレータは火炎の形まで考慮するが、水がかかることを考慮していなかったりする。

いずれにせよ、すべてを単一のシミュレータで実現することは不可能なので、言語や OS の異なる多数のサブシミュレータの集合体としてシステムが実現されることになる。これが「総合」の所以である。サブシミュレータは大別して物理計算がメインの災害分析・推定シミュレータ群と、エージェントシミュレーションを利用して時間発展計算をする災害予測・対応シミュレータ群とに分類される。

大大特の震災総合シミュレーションシステムのベースとなったリスク対応型地域管理情報システム (RARMIS) の概念<sup>[9]</sup>は、大震災のような危機状況への緊急対応を行なう情報システムは自治体の日常業務とシームレスに連続しているべきであり、震災発生直後の混乱期の救命救助活動のみならず、復旧・復興過程でのスムーズなロジスティクスや行政対応、さらには事前の防災対策にも活用されるべきと提唱している。これを技術的にブレイクダウンすると、広義の時空間地理情報システム (時空間 GIS) を、シミュレーションシステムのすべてのサブシミュレータのピボットにおくということになる (図 1)。

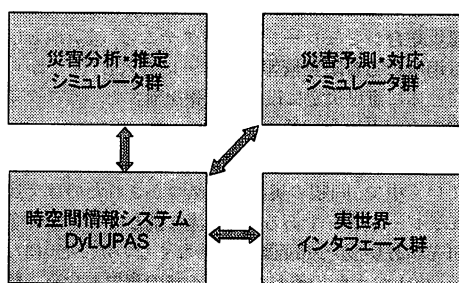


図 1. 震災総合シミュレーションシステムの構造

結局、震災総合シミュレーションシステムの実現のためには、強力な時空間 GIS の技術開発、震災に関わる多数の物理シミュレータの開発、および巨大な数のエージェントの行動を実装できるマルチエージェントシステムの開発の間の切磋琢磨と協調が必要になる。研究基盤や言葉の異なる多数の研究者たちが同じ土俵で仕事をしなければならない。作る母体がまずはヘテロなマルチエージェントシステムである。研究室内で学生たちと楽しくサッカーシミュレーションプログラムを開発するのはスケールが違う。

災害分析・推定シミュレータ群は、いわゆる科学技術計算的なシミュレータの集合体であり、多くは震災直後の極めて短時間に起こる現象を分析・推定するものである。これらは、その後の災害進展予測の初期値となるものである。これらのシミュレーション技術に関してはすでに多くの実績が積み上げられており、地盤情報などの基礎データがしっかりしていればかなり確度の高い分析・推定が行なえることが経験的にわかっている。大大特では、実際に家一軒一軒の倒壊確率を計算することを目指している。

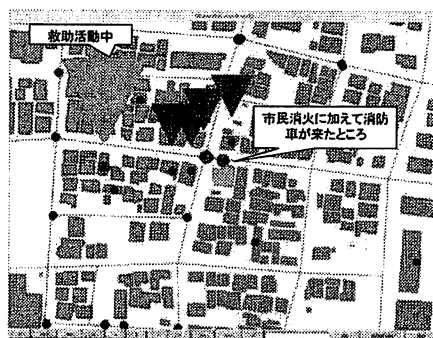


図 2. エージェントシミュレーションの様子 (拡大図)

一方、大大特で新たな技術挑戦として取り組むことになった災害予測・対応シミュレータ群は、巨大なマルチエージェントシミュレーションを課題としたため、数多くの壁にぶつかることになった。もとより一人一人の人間の行動を正確にシミュレーションすることは不可能である。それが、例えば 1 万人を越すレベルで扱おうというわけであるから、どの程度リアリティのある近似を行なうかが当初の最も熱い議論となった。我々が当初決めた解像度 (たとえば、時間粒度 5 秒) は、エージェントの行動の種類を相当に絞っても、高性能の PC クラスタで実時間より 1 桁以上速いシミュレーションができるかどうかギリギリのところである。図 2 に川崎市でのエージェントシミュレーションの様子のごく一部を拡大して示した。

災害予測・対応シミュレータ群は数キロメートル四方

の比較的広い地域を対象としているので、PC クラスタを用い、地域分散をベースとした分散シミュレーションを行なっている。差分方程式でモデル化できるような物理現象が基本的に近接作用の伝播で計算可能なのに対し、エージェントシミュレーションでは、エージェントが遠くのものを見て反応するとか、通信のように距離と無関係な遠隔相互作用があるなど、単純なメッシュ化での分散計算の切り分けでは効率良く対処できない事象が数多く出現する。このように巨大な数のエージェントと、遠隔相互作用がシミュレーション結果に影響することが、分散化による計算のモジュール化を阻害し、分散計算アーキテクチャの設計を容易ならざるものになっている。

### 3.2 震災総合シミュレーションをどう使うのか

これまで述べてきたような技術課題もさることながら、震災総合シミュレーションシステムを自治体にどう使ってもらえるか、自治体にとってどのように魅力的に見せるかも重要な課題である。

震災総合シミュレーションシステムには、震災が起こる前、つまり事前の使い方（市民啓蒙、防災訓練、都市防災計画など）と震災直後、つまり事後の使い方（災害推定・予測に基づく災害対応責任者の意思決定支援）の二面性がある。

シミュレーションとはいえ、事前の使い方に大きな効果があることは、ある程度実証されている。また、仮想的なシミュレーションによって市民を巻き込んだ自治体の防災計画の立案にも寄与できると期待される。単なるハザードマップと異なり、適切な対応行動によって減災に役立つことが具体的に示せれば、それなりの効果があるからである。実際、我々は、市民が初期消火に努めた場合としなかった場合、市民が近隣の埋没者を掘り起こす努力をした場合としなかった場合で被害に大きな差がでることを（当たり前であるが）具体的にシミュレーションで示すことができた。また、名工大の伊藤暢浩らは消防戦略の差で震災時の火災延焼の広がりにもどのような差が出るかをシミュレーションした<sup>14)</sup>。このようなストーリー作りは震災総合シミュレーションシステムの見せ方として重要である。

エージェントシミュレーションはマイクロシミュレーションである。大局的な意思決定のためには、マイクロな予測結果の詳細は必要ではなく、マイクロ現象の集積としてのマクロ現象が有用である。最初からマクロモデルでシミュレーションするのではなく、エージェントモデルというマイクロシミュレーションを行なうことの意義をわかしてもらうためには、エージェントモデルでしかできないことと説得できる上記のようなシミュレーションストーリーを多数用意しなければならない。

事後の使い方では、現実の観測データが時間が経つに

つれて次々に入力されてくるので、それらを反映したシミュレーションの再計算が時々必要になる。しかし、被災者エージェント、つまり市民の所期配置などは、もとよりほとんど入力不可能である。事後のこのような条件のもとで、震災総合シミュレーションは一体なんの役に立つのかという素朴な疑問が生じるのは当然である。同じ実時間予測計算である台風の進路予測シミュレーションとは、必要な実観測データの密度の違いが大きい。さらに、発災直後の混乱期には、情報が著しく欠如する。情報が上がってこないことが危ない証拠とすら言われている。シミュレーションによって情報の空白を埋めて、少なくともどこそこを重点的に調査するべしといった意思決定を助けることが期待される。その失見当期を越えて、意思決定支援に役立つためには、被災現状での対応行動の複数の案の効果を比較できることが必要であろう。そのためには、予測計算が実時間の1桁倍以上の速度で進行することが必要である。これはシミュレーション精度との厳しいトレードオフである。

筆者は文献[5]において、真の「分散シミュレーションシステム」は、現場の隊員のPDAで彼らが直面している現象（例えば火災）を局所簡易シミュレーション（現場の情報が直に入るので簡易でもかなり正確）で行なうというモデルを提唱した。中央の統合シミュレーションシステムはそれらの結果を統合するとともに、それらに気象予測、周囲の状況、応援部隊の位置など適切な環境条件を供給するという役割をする。局所シミュレーションの行なわれていない場所、つまり情報空白地帯については、現在の震災総合シミュレーションシステムの枠組で計算を行なう。こうすれば、現場に密着したより正確な災害予測・対応情報を得ることができる。まさに、「ユビキタスシミュレーション」である。現場にいわゆるユビキタスなインフラが備わっていれば、このようなユビキタスシミュレーションはさらに効果的になるであろう。

自治体での活用を考えると、現状の震災総合シミュレーションシステムは、少なくともエージェントシミュレーション部分に関しては事前の使い方のほうが経済メリットが大きそうだ。高度な計算パワーを要するフルセットの震災総合シミュレーションシステムは、被災地とは異なる場所にある防災情報センターに導入し、そこから被災自治体に意思決定に役立つ情報を流すというスタイルを取るのが当面合理的である。

我々が震災総合シミュレーションシステムの開発を進めていく中で、問題の奥深さに気づかされたのは交通流シミュレーションである。交通流に関してはすでに多くの研究があり、かつ市販製品も少なくないが、大規模な都市で、車1台1台の流れをドライバの意思も含めて精緻にシミュレーションできるものは筆者の知るところ、まだ存在しない。難しさの最も深い根は、大規模にシミュ

レーションしようとする分散シミュレーションが必須となり、分散シミュレーション固有の問題が浮き上がってくるところにある。近接作用だけではモデル化できないこと、車エージェントが分散システムの中で頻りに移動することが効率の高い分散シミュレーションを困難にしている。

交通流は災害時のような異常な混乱だけでなく、日常的にも小さな異常が多発する現象である。これは社会シミュレーションとして興味深いだけでなく、日常的にサービス可能な、経済的効用も期待できる有用な題材である。日本の次期スーパーコンピュータがいろいろ議論されているが、物理シミュレーションだけを追い求めても金太郎館にしかならない。単なるスピード競争ではない、スーパーコンピュータの、質の異なる新しい展開が社会シミュレーションから生まれるのではないかと期待している<sup>[6]</sup>。

#### 4 危機管理対応情報共有技術による減災対策

長たらしい名前であるが、これは2004年から開始された3年間の科学技術振興調整費のプロジェクトである。情報共有プロジェクトと略す。これも詳しい情報は<http://www.kedm.bosai.go.jp/> から得られる。

このプロジェクトは、災害発生時に情報がいろいろな政府省庁、防災機関、自治体、住民等の間でタイムリーにかつ適切に共有できていないことを是正することを目標としている。現状では、住民向けに報道機関が放送を用いるほかは、自治体等における災害時の情報伝播手段はほとんどが電話とファックスである。1995年の阪神淡路大震災のときの首相官邸への情報伝達の遅延は近代国家とは言えないくらいのものであったが、2004年の中越地震では情報伝達遅延は大いに改善された。実際、中越地震で首相官邸危機管理室への報告が一番遅れたのは上越新幹線の脱線で、22分後だった。しかし、それでも災害現場における自治体の情報の処理はともIT時代といえない前近代的なものである。また、異なる防災関係機関の間の情報流通・共有も万全からはほど遠い。

情報共有プロジェクトでは、(迂余曲折があったが)XMLベースの減災情報共有プロトコル(MISP, Mitigation Information Sharing Protocol)に従い、関係機関のもつ情報が必要なつど引き出せるようにし、これを情報共有プラットフォームとして実体化することを目標としている。ともかく共通プロトコルができあがり、タネとなる接続システムが増えれば、TCP/IPと同様、いろいろな機関が草の根的につながり始めることが期待される。

現在、ほとんどの自治体の災害対策本部は机上に大きな紙地図を広げて災害状況の記録や災害対応の検討・立案を行なっている。端的に言えば、情報共有プロジェクトの売りの一つは、紙地図を電子地図に置き換え、災害情報の

表示、災害対応情報の入力がかたに各機関で共有できるようにすることである。現場からの報告も可能なかぎり電子化する。情報共有プラットフォームのあちこちにはMISP経由で来た情報を蓄積する情報ハブ(DaRuMa)がある。もちろん、アクセス権限などのセキュリティは担保する。言うだけなら簡単であるが、災害対応に関わる機関の行動規範やそれらの機関がもっている既存のデータベースなどをMISPでつなぎ込むことを考えると道のりは長い。

とはいえ、筆者の率直な印象では、現状の日本の防災事情を見ると、防災にITを活かすなら、情報共有プロジェクトのほうが緊急の課題である。事後使用の震災総合シミュレーションシステムのみ生み出す結果は災害時に発生する膨大な情報混乱の中で、意思決定のための意義ある情報として位置付けられよう。これを情報共有プラットフォームに載せれば、適切な責任者(担当者)が適切に意思決定を行なうことが可能になる。また、災害状況のデータを震災総合シミュレーションに素早く入れて、より正確な推定や予測計算を行なうためにもスムーズな情報共有が必須である。すなわち、情報共有プラットフォームと震災総合シミュレーションシステムは役割もシステム開発としても相補的な関係にある。実際、我々はこの相補関係を双方の開発推進のバネとしている。

#### 4.1 情報提示・入力ガイドライン

さて、筆者の研究室は情報共有プロジェクトの中で、災害時に使う情報提示・入力方式を担当している。CUIもちろんあるが、GUIがメインである。多様なレベルでの災害対応意思決定を支援するために、災害対策本部、現場など各種の環境に応じた表示・入力機器を想定した汎用的な情報提示・入力方式を定めなければならない。異なる画面サイズ、あるいは異なる通信環境において、情報提示・入力ポリシーの技術的一貫性を保つことがポイントである。その上で、ユーザーごとに表示のカスタム化が行なえるメカニズムを構築しなければならない。

一般論として、情報提示において必要な視認性、実時間性(スムーズな情報更新)、一覧性と詳細性の両立・切り替えなどの多様な表示制御を追求することはもちろんであるが、災害時特有の問題として、いろいろな確度の雑多な情報が重畳するにもかかわらず、基本的に不完全な情報を表示しなければいけないことがある。また、災害の進展履歴や情報の鮮度のような時系列・時間情報の空間表示、表示を混乱させないためのカスタム化可能な情報フィルタ、情報欠如という情報の表示、他機関との情報共有状況自体の表示(いわばメタ表示)などが必要になる。

ポリシーの一貫性に関して、たとえば画面サイズのバリエーションの大きさが変わっても、統一的な画面表示

のポリシーをどう貫くかをまず決めなければならない。災害対策本部では大画面を使えるが、現場の隊員は携帯電話程度の小さな画面しか使えない。どちらでも表示されるアイコンや幾何図形の基本「文法」は共通していたほうがよい。また、入力手段も変化する。潤沢な入力手段が使える本部と異なり、現場ではスタイラスや携帯電話のボタンぐらいしか使えない。文献 [7] を見ると、「GUIデザイン学」が立ち上がりつつあるように見える。これを参考にしながら、以下に抜粋するようなガイドラインを設計した(マウス入力に限定して説明する)。ガイドラインの詳細は20ページ以上に及ぶが、開発したすべてのシステムはこれに従うようにした。

- 画面は最大限地図表示のために使う。つまり、メニューバーや凡例などを常時表示しない。
- 地図上には本来の地物のほかに、アイコン、折れ線、領域などの「ユーザ定義地物」を描く必要がある。これらの意味の説明的な文字列は入れない。マウスオーバーにより、地物に関する短い情報を吹き出しで出す。
- メニューはマウスクリックによりポップアップする。背後の地図を隠さないように、メニューは半透明とする。
- アイコンはすべてオブジェクトアイコン(その場所になにかがあることを示す)または状態表現アイコン(なんらかの状態であることを表現する)とする。操作アイコンは原則として使わない。現場に対する指令等は、アイコンではなく、指令者と受信者に共通で理解性の高い言語表現を媒介して行なう。ただし、現場からの報告等ではわかりやすいアイコンを用いる。
- ユーザ定義地物のデザインには、一貫性のある「文法」をもたせる。たとえば、オレンジ、赤、紫の順に危険度・緊急度を高くする、対応行動に関するものは青など。使用者の認知負荷を下げ、いきなり使い始めてもすぐ習熟できるようにするためである(予稿集がカラーでないためここには掲載しない)。
- 入力は機能先行方式ではなく、オブジェクト先行方式とする。つまり、まず対象となるオブジェクト(地物、ユーザ定義地物)を選び、それに対してどのような操作をするか(機能)を選ぶ。これにより機能アイコンを画面上に常時表示する必要がなくなる。
- オブジェクト先行方式においてどのようなメニューがポップアップするかは、XMLで簡潔に記述できるようにする。ユーザがXMLを修正すれば、メニューの形やボタンの並び方などに反映される。
- 入力はユーザの認知負荷の少ないモードを基本とする。モードが必要な場合は、注視点にあるマウスカーソルなどの形・色を変える(事実上、モード

は2個しかない)。

## 4.2 マルチマウス

上記のガイドライン策定とは別に、災害時に有用になる入力方法として「マルチマウス」ミドルウェアを開発した<sup>[6]</sup>。これは最近注目され始めたSDG(Single Display Groupware)の一つの手法である。現在、災害対策本部では、紙地図の周囲に関係者が並び、お互い話をしながら、それぞれの職掌範囲でその地図とインタラクションする。これを電子化するためには1枚の画面に複数人の入力インタフェースが必要になる。これを実装したのがマルチマウスである。1台のWindows PCにUSBハブを通して(最大128台の)USBマウスをつなぐことができ、それぞれのマウスに独立したカーソル、メニュー操作、速度、動作範囲を付与することができる。Windowsの低レベルのRaw Inputを横取りして実装した。

従来のグループウェアは、分散システムを暗黙の前提としていたが、SDGは逆転の発想である。同じ場所に集まり、かつ画面を共有することにより、人間同士のコミュニケーションが緊密になるので、子供の教育などで注目されているらしいが、災害時も当然有効である。また、汎用のミドルウェアなので、ゲームに使うととても面白いものができると思われる。このミドルウェアは近日中に公開する予定である(発表時点では公開されているかもしれない)。

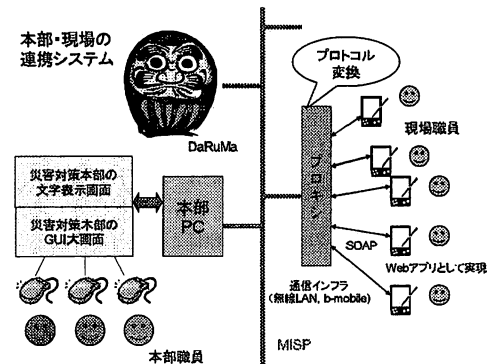


図3. 本部・現場連携システムの構成

## 4.3 実証実験のために開発したシステム

以上を要素技術として、実際に災害時に情報共有プラットフォームを通して使えるようなシステムをいくつか開発した。一つは災害対策本部と現場職員の連携を想定したシステム(仮称、MazThunderbird)であり、もう一つは避難所における住民の安否情報入力システムである。

### (1) 災害対策本部と現場職員の連携システム

災害対策本部は、1400 × 1050 のプロジェクト大画面または 2560 × 1600 の高精細液晶画面を擁する PC を使い、現場端末にはとりあえず開発環境として便利だった Vaio U 5 台を用いた。本部は主に C# で実装し、現場端末は移植性を考慮し、JavaScript + PHP を使い、Web アプリケーションとして実装 (なんと 15,000 行) した。通信はなんでもよいが、本格的に実験するときは b-mobile (遅い!)、デモ程度であれば無線 LAN を使う。システム構成を図 3 に示す。プロキシは現場と本部間のプロトコル変換と、現場用の地図サーバの役割を果たす。現場からの電子報告は、一旦 DaRuMa を経由し、本部がポーリングすることによって本部画面に反映される。現場から電話などで来た報告は本部画面で入力する。DaRuMa に入った情報で現場に必要なものはプロキシがポーリングし、適宜現場に送る。これによって、分散した現場間でも情報共有がなされる。

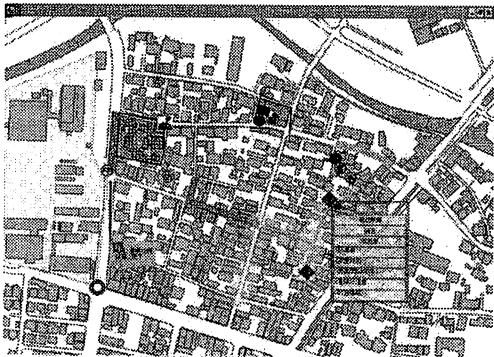


図 4-1. 豊橋市の実験での本部画面

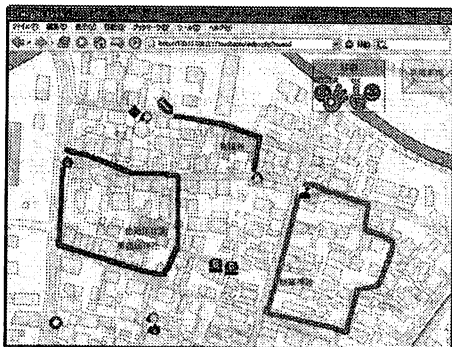


図 4-2. 豊橋市の実験での現場端末画面

図 4 に示したのは 2005 年 11 月に愛知県豊橋市で行なった実験の準備のときのスナップショットである。実証実験では、なにも事前に知らされていない本部要員 2

名と現場 5 名が、筆者の用意した想定シナリオに基づいて仮想災害現場で火災の延焼を防いでくれた。これは震災用であるが、2006 年 3 月には新潟県見附市では水害用のシステムとして衣更えしてデモを行なった。ここではマウスだけの入力から自動的に文字列によるテロップを流すシステムも加えた。2006 年 10 月末に本格的な実証実験を行なう。

このようなシステムを開発してみて感じるのは、GPS もさることながら、RF タグなどがユビキタスなインフラとして設置されていればもっとスムーズかつ確実に現場と本部の連携ができるということである。

## (2) 避難所安否情報入力システム

避難所には多くの被災住民が集まってくる。現在は自治体職員が紙の帳簿ベースで避難状況を把握しているが、これを電子化しない手はない。防災訓練では、若干個人情報保護にケアしないとイケないが、本番ではそれを越えた現実対応が必要である。

開発したのはマルチマウスを活かした並列入力可能な簡易システムである。次ページの図 5 に豊橋市の実証実験で使用した画面を示す。一つの町が 6 個の部会ごとに色分けされており、対応した色のマウスが机の上に並べられている (実際にはこんなに凝る必要はない)。各マウスのカーソルは対応する部会の外に出ることはできない。つまり、6 人が同時にお互いに干渉せずに入力ができるようになっていた。家の表札はマウスオーバーで吹き出すので、自分の家を探すのはそれほど難しくない。自分の家のところでマウスをクリックすれば、銀行 ATM 並みの簡単なダイアログボックスが個別にポップアップしてくるので、マウスのみで入力すればよい。

このシステムの最大の特徴はともかく手軽に実現できることである。プロジェクト、ノート PC、USB ハブが 1 台ずつと USB マウスが数台あればすぐに組み立てることができる。プロジェクトがなければ、マウスを 2 個ぐらいに減らしてもいいかもしれないが、プロジェクトを使ったほうが避難民同士の情報共有に役立つ。

老人の中にはマウスをまったく触ったことのない人もいたが、周りの人に助けられながら入力することできた。実際の避難所での実用には、入力情報の吟味も含め、もう少し改良の必要があろう。

## 5 まとめに代えて

IT を防災に活かすということは、机上の IT から飛び出すということである。IT の新たな展開は、新しいアプリケーションから生まれるというのは筆者の昔からの信念である。新しいアプリケーションの中には新たな基礎技術、基盤技術を要求するものがある。つまり IT の美味しいタネが転がっている。ユビキタスコンピューティン

グもいたずらに抽象化せず、具体的なアプリケーションを想定すると、そこに斬新な基礎技術の必要性が転がっているに違いない。筆者の場合、IT 防災の展開ではなく

て、IT 防災の「転開」となることを大いに期待した所以である。実際、ここまで述べてきたように、面白い汎用性のある問題をいくつも見つけることができた。

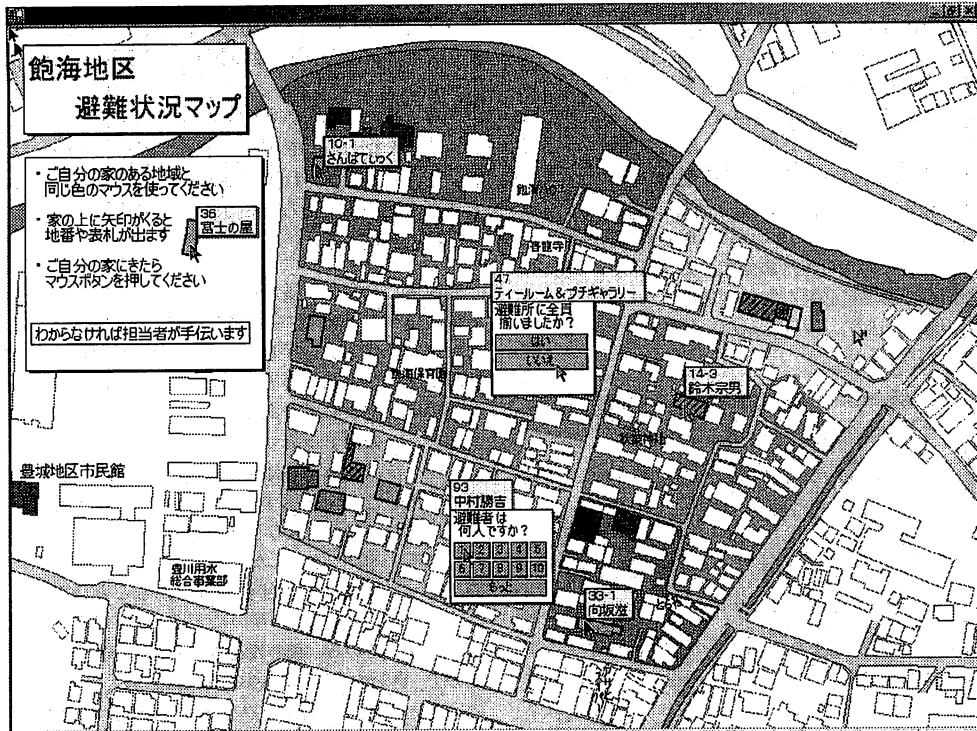


図 5. 避難所安否入力の画面 (6 並列, マウスオーバーで地番と表札が出ている)

**【謝辞】** これらの研究で用いた地図データは東大空間情報科学センターとの共同研究によって提供されたものである。

**【参考文献】**

- [1] 松原仁, 竹内郁雄, 沼田寛: ロボットの情報学, NTT 出版, 2001.
- [2] 田所諭, 北野宏明編: 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.
- [3] 亀田弘行: 平常時と災害緊急時が連携する自治体情報システムの実現を! リスク対応型地域管理情報システム (RARMIS) 構築の勧め (2002). <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku/6/siryu2.pdf>
- [4] 伊藤暢浩, 渡邊日出光, ほか: 震災総合シミュレーションによる名古屋シナリオについて, 人工知能学会第 20 回全国大会, 1E2-4, 2006 年 6 月.
- [5] Ikuo Takeuchi: A Massively Multi-Agent Simulation System for Disaster Mitigation, Toru Ishida, Les Gasser and Hideyuki Nakashima (eds.) Massively Multi-Agent Systems I, pp.272-286, Lecture Notes in Artificial Intelligence 3446, Springer Verlag, 2005.
- [6] 竹内郁雄: 将来 (2010 年前後を想定) の研究目標とスーパーコンピューティング環境について (2005). [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/shiryu/007/05081501.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/shiryu/007/05081501.htm)
- [7] 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, 2004 年第 2 版.
- [8] 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 46 回プログラミングシンポジウム, 2006 年 1 月.