

人工衛星を利用したリアルタイム通信とモバイルGIS-GPS

碓井照子

文修士 奈良大学 文学部地理学科 (〒 631-8056 奈良市山陵町1500)

近年の衛星移動体通信とモバイルGIS-GPSにおける飛躍的な技術進歩は、地震防災システムの将来に移動体・モバイルGIS-GPSの融合したマルチメディアサービスを実現化させる。平常時でのこれらのサービスを災害時のリアルタイム地震防災に連動させる社会システムが必要である。本発表では、移動体通信における人工衛星を利用した衛星通信の特性を地上通信と比較し、移動体通信による位置情報取得サービスの現状を分析する。また、位置情報を付加した被害データの転送実験をモバイルGIS-GPSと衛星通信とを結合したリアルタイム地震被害情報転送システムについて報告する。

Key Words : real-time monitoring system satellite telecommunications
Mobile GIS GPS positioning services

1.はじめに

阪神・淡路大震災後、GISを利用した地震防災が実用化され、都道府県、政令指定都市での早期被害推定システムも改良されてきた。¹⁾ また、震災直後には、リアルタイム地震防災に関するシンポジウムも開催され、都市防災のあり方も変わってきた。²⁾ リアルタイム地震防災の基本的な考え方は、山崎によると「地震動を遠隔監視し、その情報にもとづいて被害防止、もしくは軽減のための対応を迅速に開始すること」であり、ユレダスやCUBEのような地震情報システムとSIGNALやEPEDATのような早期被害推定システムをさす場合が多いとしている。³⁾ 前者は、地震計ネットワークと地震情報伝達が重要な要素であり、後者は地震動分布の即時推定と地盤・構造物等のデータベース構築が必要である。リアルタイム地震防災におけるGISの利用は、主に後者の開発の中で先駆的な利用がなされてきた。⁴⁾ またオブジェクト指向型の地震防災システムも開発され、⁵⁾ GISとリアルタイム地震防災との関係は深い。⁷⁾

しかし、近年におけるWebGISやモバイルGISGPSの開発は、緊急時の被災住民への被害・避

難情報の伝達をはじめ、被害情報の被災現場からのリアルタイム収集を可能にさせてきたといえる。

⁸⁾ 従来の早期被害推定システムは、主に、災害時の緊急対応を支援するものが多かったが、GISの近年の技術進歩は、避難住民への情報伝達と被災地からの被害情報の発信と避難誘導情報の受信などの被災住民支援機能もリアルタイム地震防災の3つ目の機能として実現化させてきたといえる。米国では、FEMAとESRI(Environmental Systems Research Institute)がハザードマップのインターネット配信サービスをしており、住民は、居住地域のハザードマップを常に見ることが出来るのである。

このWebGISにモバイルGISとGPSをリンクさせ、自分の現在位置がハザードマップ上に表示されると避難誘導にも利用可能である。つまり、住民は、被災情報や危険情報(火災の場所や遮断された道路情報など)をインターネットから配信サービスを通して受信し、地図上に示された自分の現在位置から状況を自己判断して、適切な避難を実現することが可能なるからである。日本では、形態電話での地図配信サービスも実用段階

に入っており、近い将来、携帯電話やPHSにハザードマップが表示され、緊急時の避難行動における避難住民の意思決定支援がなされるであろう。WebGISを搭載したモバイルGIS-GPSは、移動体通信とリンクしてより小型化し、多数の携帯電話ユーザーが日常時の多様な情報サービスネット（グルメ情報、銀行利用システム、観光情報配信サービス、時刻表サービスなど）を、緊急時には災害対策本部からの緊急避難情報サービスに切り替えて利用することになるからである。災害時には、人工衛星を利用した移動体通信の双方向性が重要である。

WebGISやモバイルGIS-GPSの急速な技術発達によりリアルタイム地震防災は、早期被害推定システムによる防災担当者の意思決定支援だけでなく、避難住民の避難行動の意思決定支援システムとしても利用される日も近い。また、特にこのような被災住民と災害対策本部を結ぶ通信システムは、災害時には、地上通信が破壊されるゆえに、人工衛星を利用した衛星通信の重要性も増大する。本研究は、リアルタイム地震防災にWebGISがどのように利用されるのか、さらに、人工衛星を利用した現在位置情報システムとしてのモバイルGIS-GPSと移動体通信における技術的問題について、奈良市での実験結果から考察する。

2. WebGISと災害情報配信サービス

米国のFEMAにおいては、近年、防災対策における標語が‘Building a Disaster Resistant

Communities”であり、これは、クリントン政権が推進しているNSDI（National Spatial Data Infrastructure 国土空間データ基盤）整備政策¹に関係している。1998年の大統領演説でコミュニティ政策におけるGISの重要性が指摘され、全米でGISを利用したコミュニティとGISの実験的プロジェクトが実施されたからである。

このFEMAとESRIのプロジェクトでは、WebGISにより、図1に示したようなハザードマップを住民はいつでも閲覧可能になっている。これはノースリッジを検索し表示したものである。ハザードマップの断層や都市をクリックすると、住民は地震にかんする詳細な情報もリンクサイトから入手可能である。FEMAのホームページに図1に示したような“Do you know your RISK?”があり、ここをクリックするとESRI社が管理提供するハザードマップのサイトへリンクされる。前述したような災害に関する地図や情報をインターネットで容易に入手でき、学校教育や企業、地域社会での防災意識向上に利用されているのである。

日常生活の中から防止意識をたかめ、災害に強いコミュニティを形成する政策は、GISとコミュニティ政策の防災へのアプローチであり、FEMAではProject Impactの中で民間企業との提携事業として積極的に展開し、年々増大する防災関係予算の縮小を意図しているのである。米国のこのような実践との直接的な関係はないが、

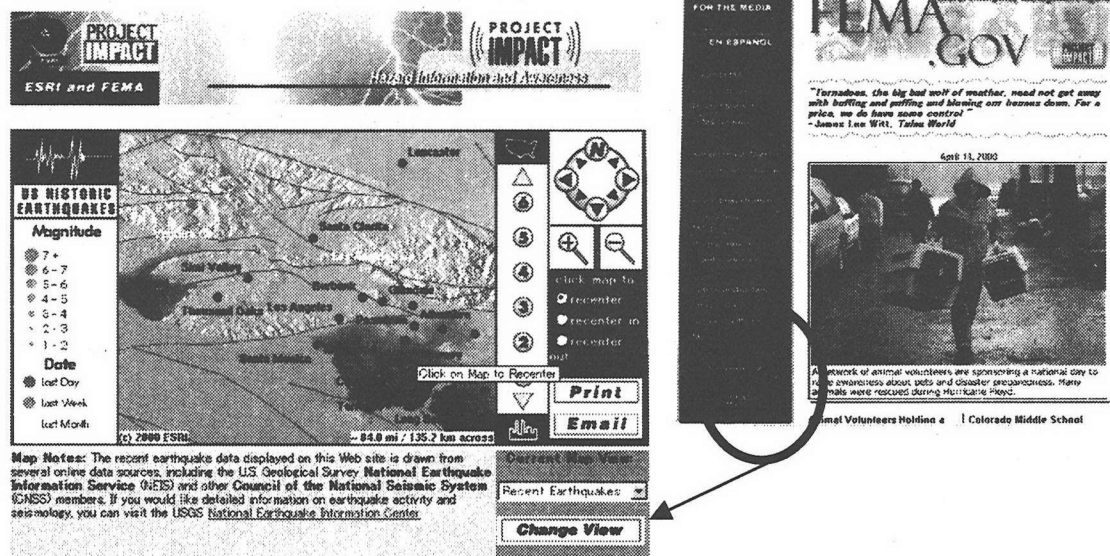


図1、FEMA-ESRIにWebGISによるオンラインハザードマップ

阪神・淡路大震災時の KOBE-net 活動や福和らが開発した安震君 (Anti Seismic Hazard Information Keeping UNit ANSHIN-KUN)⁸⁾ も震災情報の共有化や地域社会の防災意識の向上や震災に強いコミュニティづくりを目指すのが国での先進的な事例であろう。日本においても国土空間データ基盤整備が進展するにつれ、GIS 利用の基盤整備により Web GIS を利用した防災対策は容易になると考えられる。

また、日本では、IT 革命で携帯電話市場の飛躍的な進展により、移動体通信・Web GIS・モバイル GIS-GPS がリンクした情報化社会が形成されようとしており、そこでは、携帯電話などへの防災情報の配信サービスなども可能になると考えられる。NTT ドコモの位置情報サービスをはじめ、超小型化する GPS などは、わが国では、米国とも異なった形でのつまり、携帯電話にハザードマップが簡易表示され、そこに位置情報がポイントで追加されて、携帯電話等により常に防災端末を携帯するような時代が来ると思われる。日常時には、娯楽やグルメ、金融、天気などの情報配信サービスを受信し、緊急時には、災害対策本部からの災害情報がハザードマップという視覚的な情報で提供されるということである。そのためには、NTT が開発した FEN モデルによる地図のハザードマップのデフォルメ技術や超圧縮画像データ高速転送の技術、精度のよい位置情報の取得、GPS-GIS の超小型化技術、衛星通信などが求められている。本研究では、その日の為に、小型 GPS (ソニー) の性能実験と人工衛星による移動体通信の現況について説明する。

3、移動体通信と位置情報取得サービス

(1) 衛星通信の問題点

現在、利用者が最も多い移動体通信は、携帯電話であり、1970 年に米国で開発され、日本では 1979 年にアナログセルラー式の自動車電話がその先駆けである。セルラー方式とは、基地局中心にした小さな無線ゾーンをセルと呼び、それぞれのセル間での無線干渉がないように地域をセル単位に分割したものである。1985 年の電気通信事業の自由化により 1988 年、日本移動体通信 (IDO) が NTT と同方式でサービスを開始し、1989 年には、関西セルラー電話がモトローラー方式 (TACS) でサービスを開始した。その後、1993

年から NTT 移動通信網会社がデジタル方式の携帯電話サービスを開始し、1997 年に無線パケット通信による 28.8kbps サービスを開始した。第二電電 [株] DDI のセルラーグループが 2000 年 1 月から 64Kbps のパケット通信サービス (packet One) を開始している。

一方、人工衛星による衛星通信サービスは、全地球規模と日本全土 (200 海里を含む) に分けられ、前者にはイリジウム、オーブコムが後者には NTT ドコモの静止衛星 (N-STAR) がある。しかし、イリジウム社が 1999 年 8 月 13 日に米国連邦破産法チャプタ-11 の適用をうけ、クレイグマッコー氏のイリジウム投資撤回が 3 月 3 日に発表されると、日本イリジウムも 2000 年 3 月 18 日に廃業した。従って、現行では、全地球規模ではオーブコム衛星による衛星通信のみがサービスされていることになる。⁹⁾ 全地球規模ではないが日本の N-STAR の 2 機は、低軌道静止衛星であり、日本領土のみのサービスエリアに限られて通信可能である。NTT ドコモの衛星通信サービスは、低軌静止衛星で N-STAR (高度 36000 km 2 機 南方仰角 45 度の範囲で 4.8kbps) でなされているが、後述する位置情報サービスは、衛星携帯電話ではサポートされていない。しかし、後述する携帯電話での位置情報サービスの拡張が検討されており、2000 年 5 月からは、衛星パケット通信サービスが予定されている。これが実現されると 64kbps の最高通信速度が可能になり、地上通信と衛星通信が連動した位置情報サービスの提供も 2000 年全半期には開始されるであろう。

表 1 は、衛星通信と地上通信の性能を比較したものである。これによると現行では、衛星通信の通信速度が 4.8kbps と低いため、メール等の文字型メッセージの転送のみが可能であり、地図や画像等のマルチメディア通信への利用は難しい。しかし、地上通信と衛星通信との連携による通信環境が整備されると前述した移動体通信とモバイル GIS-GPS はより融合した形で多様なサービスが提供可能になる。又、次世代移動通信システム IMT 2000 が実用化段階に入る 2001 年からは、ベクトル地図や画像の電送が容易になり、モバイル GIS-GPS は移動体通信とはより融合することは確実である。リアルタイム地震防災にもこれらの通信手段が容易に使用可能になるといえる。そこで重要になるのは、リアルタイム地震防災にこれ

表 1. 移動体通信の性能比較 (2000 年 3 月末現在)

名称	通信範囲	速度 (kbps)	手軽さ	範囲	端末値段	使用料	通信速度	新規/事務手数料
イリジウム衛星通信(廃止)	地球全域	2.4kbps	△	◎	×	×	×	10000円
オーブコム衛星通信	地球全域	4.8kbps	×	◎	△	△	×	5000
NTTDokomo衛星通信	日本領土	4.8kbps	○	○	◎	△	×	3000
デジタル携帯電話	ほぼ全国	9.6kbps	◎	○	◎	△	△	3000
NTTDoCoMoパケット通信	サービス地域限定	28.8kbps	◎	○	◎	×	○	3000
セルラー、IDO CdmaOn	ほぼ全国	64kbps	◎	○	◎	△	△	3000
PHS α DATA6	サービス地域限定	64kbps	○	×	○	○	◎	2700
PHS α DATA3	都市中心	32kbps	◎	△	◎	○	○	3000
PHSPIAFS6	サービス地域限定	64kbps	○	×	○	○	◎	3000

らの技術を利用するためには、移動体通信と webGIS とモバイル GIS-GPS の融合における位置情報取得の問題点を整理しておくことである。

なぜなら、GIS は、本質的に位置情報と他の情報を結合することに重要性があり、位置情報とリンクしていない GIS などは、ありえないからである。

(2) 位置情報取得システム

現在、移動体通信での位置情報取得システムは2種類ある。①地上の移動体通信基地局アンテナによるもの ②GPS によるものである。PHS による位置情報サービスは①によるものであり NTTドコモの今何処サービスが有名である。

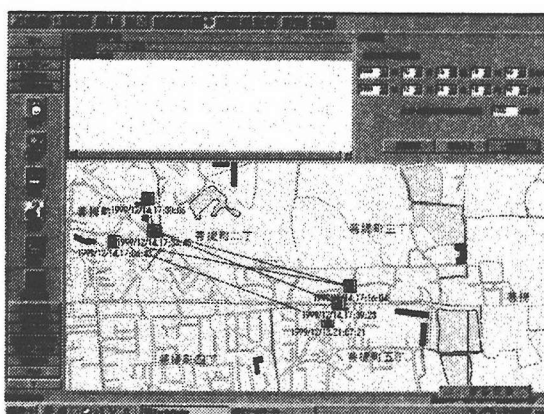


図 2 PHS による位置情報取得実験例(奈良大)
地図中の矢印は、位置ぶれの距離である。

① 地上基地局による位置情報サービス

PHS の基地局は、他の携帯電話等と異なり、基地局の通信範囲が半径 300m 程度と短く、エリア内の PHS と常時無線通信が可能である。基地

局内のサービスエリアに入るとその電界強度(電波の強さ)がわかり、この電波の強さから基地局からの距離を計算することが可能になる。したがって、3 コ以上の基地局からの距離により、現在位置を計算するのである。基地局数が多い方が精度も良く、5 点以上の方が理想的である。平均位置精度は 100m で最小 70m から最大 200m の範囲である。問題点は、PHS のアンテナ数に依存している点であり、奈良大学での実験 (GIS ソフトは Earthfinder を使用) では郊外の住宅地での実験故に PHS アンテナ数が少ないので、図 2 のようなかなりの位置ぶれを起こした。郊外の住宅地で PHS アンテナの少ないところでは、位置精度は特に悪い。しかし、アンテナ数が増加するとかなりの精度が改善される。しかし、災害時には、基地局のカバー範囲が狭いので基地局アンテナも被災地域にあると考えられ、倒壊するゆえにリアルタイム防災での利用には難しいものがある。

② GPS による位置情報サービス

移動体通信による位置情報サービスは、カーナビゲーションを除けば歩行用にはロカティオ端末でなされている。ロカティオは、EPSON のモバイルコミュニケーターとして販売されているが、GIS の位置情報サービスを小型端末機として製品化したもので、1999 年から発売され商品化されたものである。これは、移動体通信と融合したモバイル GIS-GPS で、現在では、i-point ネットワークサービスによる位置取得情報サービスを提供している。観光や天気情報をはじめ、多目的サービスの提供がなされており、次世代の移動体通信—GIS-GPS を先取りしたものである。内蔵した GPS 機能で自分のいる位置を地図画面上で確認することができ、

i-Point ネットワークの DGPS サービスにより位置補正も可能である。GPS 電波が届かない地下や建物内では PHS 位置情報サービスがサポートしているが、前述したNTTドコモではなく、DDIポケットのH⁺(エッジ)端末および□-DATA32 対応電話機、アステルグループのデータ通信型位置情報サービス(P ナビ/データ)対応電話機である。地図は広域地図・中域地図・詳細地図の3段階の縮尺で表示できるが、現在では、画像の地図が中心でベクトル地図はサポートしていないが、近い将来は、可能になる。

この種の移動体-モバイル GIS-GPS の融合化した製品は、今後、急速に開発され、GIS の大衆利用時代が2000年初期には到来すると言える。NTTドコモも1999年から地下街などでも位置情報が取得可能なスナップトラック社のGPS技術を利用した位置情報サービスを実施するため、1999年7月に地図会社10社、GPS会社5社、端末会社18社でコンソーシアムを設立し、歩行ナビゲーション用のサービス提供に向けて研究開発をはじめた。位置情報サービスやPHSの「いまどこサービス」などを統一的に利用可能とする共通プラットフォーム、「DoCoMo Location Platform (以下、DLP)」の構築に向けて、DLP検討会で技術的な検討がなされている。

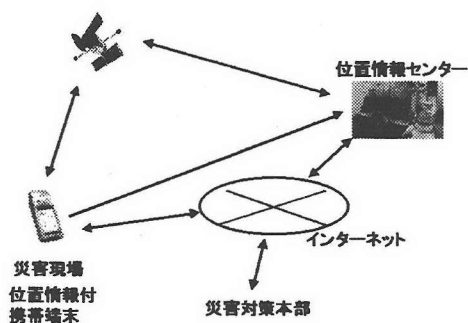


図3 位置情報センターと位置情報付携帯電話

IMT2000により本格的なマルチメディア通信が可能になると図3に示したような通信ネットワークが形成されることになり、日常的なサービスから災害時への移行サービスも可能になる。その時、この位置情報サービスセンターと災害対策本部との日常的な関係が必要になるであろう。

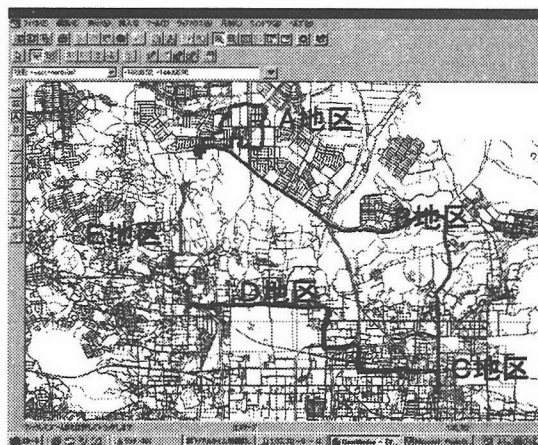


図4 位置情報取得実験地区（奈良市内）

4、小型GPSによる位置情報取得実験

(1) 建物密集度別実験

PHSによる位置情報サービスを利用した実験では、PHSアンテナ数に依存した位置制度が見られたので、小型GPSを利用した位置情報取得実験を実施した。この研究には、日立造船情報システムのGISソフトGeomediaを使用し、小型GPSは、ソニー社のIPS8000を使用した、IPS8000は、人差し指程度の小型GPSであり、1秒刻みで位置情報が取得でき、DGPSではないがかなり高精度な位置取得が可能である。

GPSの位置精度は、都市内部ではマルチパスの影響を受けるため5つの地域に分けてGPSの位置取得実験を行った。IPS8000は、感度の良い小型GPSでモバイルパソコンに容易に接続でき、操作は非常に簡単である。5種類の地域について1秒間隔で位置を計測した。図4は、その実験範囲である。A地区は、PHSでは位置精度が悪く出た奈良大周辺の平城ニュータウン、B地区およびD地区は国道である。C地区は、奈良町と呼ばれる古い町並み地域で、道路幅は3m未満で密集している。E地区は、郊外の農村地域を含む地域である。A地区においては図5に示したようにDGPSではないがかなり高い精度の位置情報を取得しており、位置精度を補足しなくてもリアルタイム地震防災に使用可能である。つまり、3m未満程度の位置精度を有している。しかし、奈良町地区では、図6に示したように位置精度が悪く、災害時には使用しがたい。特に道路幅が3m未満の歴史的町並み地域である。国

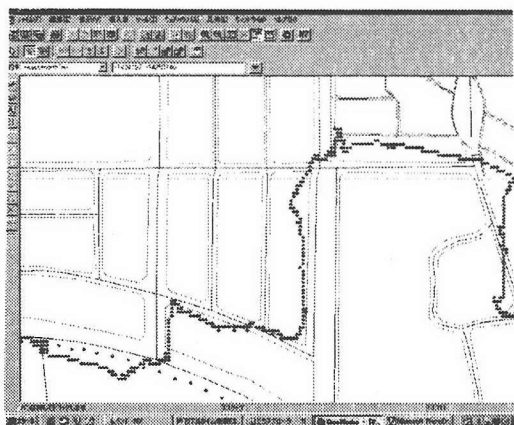


図5 A地区平城ニュータウンの位置精度

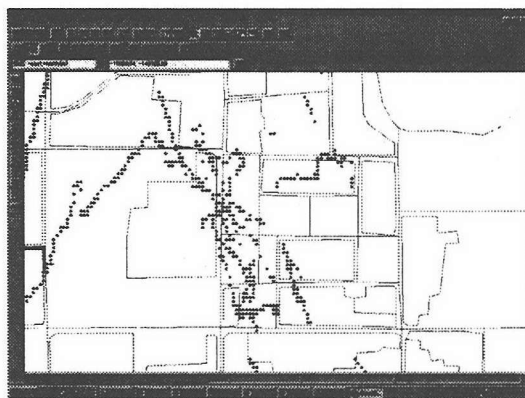


図6 C地区奈良町の位置精度

道や農村地域では、位置精度は良く、3m未満程度の位置精度であった。

5、まとめ

近年の移動体通信の普及には目覚ましいものがあり、災害時にも携帯電話はかなり利用されるといえる。その中でも衛星携帯電話は災害時には適したものである。しかし、現在では、イリジウム社の廃業等に見られるように利用者数の確保に関して地上通信網利用各社との競争が激しい。地上局のアンテナを利用した PHS による位置情報サービスはいまどこサービスなどで実用化されているが、アンテナ数に依存するため、問題点も多い。しかし、次世代移動体通信 IMT 2000 が実用化されると本格的な携帯電話等によるマルチメディアサービスが増大すると予想される。2000 年前半期には、衛星通信にも対応した携帯電話に、位置情報取得機能が付加され、移動体通信-GIS-GPS が融合したロケーションのようなモバイル携帯端末が日常的に利用されるであろう。そこでは、位置情報を容

易に取得し、平常時には観光や時刻表、天気、キャッシングサービスが提供される。GPS 等を搭載した位置情報取得携帯電話を人々が日常的に携帯する故に、災害時には、これらの位置情報取得携帯電話が、災害情報端末に移行するような社会システムの整備が必要である。そこでは、webGIS による位置情報センターが災害時にも重要な役割を果たすことになる。そして、平常時から、FEMA-ESRI に見られたような webGIS によるハザードマップをベースに防災情報の提供サービスが、これらの位置情報取得携帯電話のサービスとして提供されることが必要である。

参考文献

- 1) 消防科学総合センター：地震被害予測システムに関する検討調査報告書、120p.、1997.
- 2) 亀田弘行：防災情報システムのあり方、都市震災と防災システム、第10回大学と科学公開シンポジウム組織委員会編、クバプロ、P.77-88,1996.
- 3) 山崎文雄：リアルタイム地震防災のために地震動モニタリング、第1回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集、pp.5-12、土木学会リアルタイム地震防災研究小委員会、1999.
- 4) 山崎文雄：地理情報システムの都市地震防災への応用、GIS—理論と応用、4-1、pp.61-69、地理情報システム学会、1996.
- 5) 石田栄介・福和信夫：オブジェクト指向による都市地震防災情報統合 GIS の構築、第1回都市直下地震災害総合シンポジウム pp.233-236,1996
- 6) 福和信夫・飯田正憲・西阪理永・河村康弘・飛田潤：地震動評価地理情報システム'QuSE'の構築、日本建築学会技術報告集、6号、pp.225-229,1998.
- 7) 碓井照子・橋本潤治：電子地図とGPS搭載の携帯型パソコンGISの開発・地域現場からの災害情報取得システムの応用モデル、地理情報システム学会論文集、5、pp.39-42,1996.
- 8) 福和信夫：GISの開発とインターネット利用、文部省科学研究費特定領域研究A(1)計画研究C-1研究代表者山崎文雄「社会基盤システムの実時間制御技術」pp.147-170,2000.
- 9) 碓井照子：モバイルGIS-GPSを用いた被害データの収集と伝達、文部省科学研究費特定領域研究A(1)計画研究C-1研究代表者山崎文雄「社会基盤システムの実時間制御技術」pp.171-180、2000.