

災害緊急時におけるモバイルコンピューティングの活用

浦本 祐次[†] 北村 新三^{††}

先の阪神・淡路大震災では、通信回線の途絶や輻輳が生じ、また情報収集が音声中心であったことがその処理を煩雑とし、地震による破壊規模の把握を困難とした。ここでは、そのような困難さに対処するために、第1の問題には複数のモバイル通信を用意し、また第2の問題に対しては、音声通信に「いつ、どこで、どのような」といったマルチメディア指向の情報を付加する応用システムを提案する。特に簡易型GPSとPHS基地局を利用した位置取得ツールを開発し、その応用性を実験的に調べた。

Utilization of Mobile Computings in Disaster Emergency

YUJI URAMOTO[†] and SHINZO KITAMURA^{††}

In the case of Hanshin-Awaji Earthquake, most of communication lines were interrupted and overcrowded, also vocal communication, mainly used at that time, was tedious for processing and summarizing the size of destruction caused by the earthquake. In this paper, we propose an application system which copes with such difficulties by providing multiple mobile communication tools for the first problem, and by adding multi-media oriented information on 'when, where and how' to vocal communication for the second problem. Especially, the position identifying tools using a simple GPS and PHS cell stations are developed and their applicabilities are experimentally examined.

1. はじめに

大都市直下型地震が発生した場合、地震情報（震度、震源、マグニチュード、余震の状況等）、津波情報および地震によって発生した被災情報を早期に収集することは被災自治体が応急対策を実施するうえで必要不可欠な問題である。

先の阪神・淡路大震災においても被災情報が収集できず、初動体制の確立に大きな影響が生じたといわれている。早期情報収集の目的には被害の概括状況をつかみ、上部機関への報告、応急体制の確立を行うことである。被災状況を迅速かつ適確につかむためには日頃から情報収集という行為に慣れておく必要がある。そのためには災害時のみに動作するのではなく、平常時から災害を意識したシステムが重要となる。その一例として、最近、各自治体等で検討されている高所カメラからの定点観測等はその1つといえるが、映像主体である点、高所からの望遠的な映像である点を考慮す

ると災害時における完全な概括状況の収集手段とはいえない。そこで、モバイルコンピューティングの機動性を活用することが災害時情報に求められる「いつ、どこで、どんな状況」であるかの概括状況報告等に役立つと考えられる。

本提案では、さらに情報収集の有効性を高めるため、「どこで」を特定する際に簡易型GPSとPHS基地局を利用した自動位置取得ツールを用いたシステムを考案し、その検証を行い被災情報収集時の有効性を確認した。これにより被災情報収集における位置特定が容易となり、住所情報の誤投入防止に役立つものと考えられる。

以下では、2章で研究の背景として阪神・淡路大震災での情報ニーズが時間経過ともない変化していく状況をとらえ、必要となる情報メディアの整理を行う。3章では、モデルシステムの提案をするにあたって、被災情報収集時の要求条件の整理と位置情報取得のための通信設備の利用としてPHS基地局についての検討を示す。さらに4章でモデルシステムの実装について述べる。5、6章では、検証結果の紹介とそれに基づく考察を述べる。最後に防災システムとして今後に取り組むべき課題としてのまとめを行う。

[†] 通信・放送機構神戸リサーチセンター

Telecommunications Advancement Organization of Japan, Kobe Research Center

^{††} 通信・放送機構/神戸大学工学部

Faculty of Engineering, Kobe University

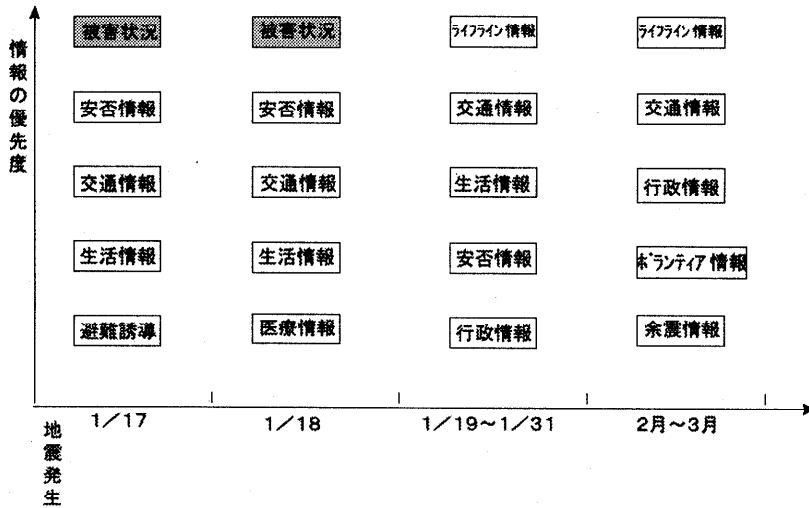


図 1 災害時情報の時系列
Fig. 1 Time series of information in disaster.

2. 研究の背景

2.1 災害情報の時系列的整理

災害を時系列的に分類した報告は多く、緊急期、復旧期、復興期 I、復興期 II という概括的な分類から、警報期、脅威期、衝撃期、被害査定期、救助期、救援期、復興期の詳細に分類したもので、さまざま研究がなされている。本論文では地震発生直後の情報が錯綜している状態の「地震発生当日」、応急対応の必要に迫られる 2 日目の「混乱期」、日常生活の活動を取り戻す 1 週間前後の「復旧・復興期」、生活環境もやや落ち着く頃の 1 カ月以降の 4 段階に分けて情報を整理した結果に基づく¹⁾。

災害時情報を時系列に見た図 1¹⁾ から明らかなように、被災直後は被害の状況、近親者の安否に関するどちらかといえば自分を取り巻く情報が優先されている。これが時間の経過とともに、ライフライン情報、交通情報という生活を維持していくための情報へと変化していく傾向が把握できる。

2.2 情報ニーズからのメディア分類

災害発生後の情報ニーズ中でも優先度の高い「被害状況」「安否情報」について、それを提供すべきサービス形態と物理メディアについて分析する。まず、情報内容に対して提供すべき最適なサービス形態（電話、パソコン通信、インターネット web 等）を抽出する。その方法として、情報ニーズの要求レベルとサービス形態の特性として「検索性」「緊急性」「理解容易度」「双方向性」「同報性」の 5 カテゴリーを 5 段階に

表 1 情報内容、サービス形態とメディア

Table 1 Information contents, modes of service and corresponding media.

情報内容	サービス形態	物理メディア
被害情報	① 公共放送	① テレビ
	② インターネット web	① 携帯電話 ② 衛星携帯電話 ③ CATV
	③ 公共放送	① ラジオ
安否情報	① インターネット web	① 携帯電話 ② 衛星携帯電話 ③ CATV
	② インターネット news	① 携帯電話 ② 衛星携帯電話 ③ CATV
	③ インターネットメール	① 携帯電話 ② 衛星携帯電話 ③ CATV

分類し適正なサービス形態を決定する。その次にサービス形態を実現するために可能となる物理メディアの特性である「対災害性」「端末携帯性」「端末移動性」「広域性」「普及率」「伝送速度」「伝送容量」「双方向性」「同報性」「経済性」「可用性」の 11 カテゴリーより分析を行い、表 1 に示す結果を得た。この結果からも明らかなようにテレビ、携帯電話をはじめとした物理メディアに電波を用いた情報通信が重要であることが分かる。

2.3 災害時における PHS と携帯電話の比較

また、阪神・淡路大震災時点ではサービスが開始されてなかった PHS は普及が進み、PIAFS 提供における通信速度 (32 Kbps)、長時間の通信能力、基地局を

表 2 防災適用面から見た携帯電話と PHS
Table 2 Portable telephone and PHS for disaster prevention uses.

	携帯電話	PHS
電源	商用電源のバックアップあり	商用電源のバックアップなし
交換機までの回線	専用ケーブル	一般市内回線
セル半径	数 Km	100~300 m 程度
移動速度	高速移動可能	歩行速度
端末送信電力	数百 mw	10 mw
通話時間	相対的に短い	相対的に長い
付加サービス	独立網で自由が効く ・優先呼び可	ISDN 網に依存される ・優先呼び不可
基地局耐震度	強度	弱度

介さない子機間どうしでの通信等を考慮すると、災害時通信メディアとして 1 つの選択枝となりうる。携帯電話と PHS を災害時に関する特性に注目して表 2 に整理した。この表からは、基地局への電力供給面、基地局から交換機までの接続回線面において、PHS の場合には携帯電話に比して信頼性が劣ると考えられる。

3. モデルシステムの提案

3.1 被災情報収集時に求められる条件

3.1.1 被災現場での要求

被災現場での情報収集に割く時間として第 1 は被災情報を集めるための時間、第 2 は集めた情報を災害対策本部に転送する時間がある。被災情報を迅速に集めるためには情報収集機器の操作性が大きくかかわってくる。一方、情報を送るには、現地で収集した情報を PHS、携帯電話等を用いて収集した場所から直接送信することが迅速な情報収集の面からは望まれる。自治体のイントラネット等で学校、避難所等に設置される情報収集端末から入力することは、その場所への移動時間が必要となることから現場からの通信回線が使えない場合の代替手段として位置付けておくべきである。

また、災害時には交通遮断、道路の混雑等を考え、被災現場へ人が持ち運びできる重量であることが必要である。携帯する情報機器としては、視覚的に状況を伝えられるデジタルカメラ、ビデオ等の映像機器、「いつでも、どこでも」情報伝達に使用できる通信機器は災害対策本部へ情報を送るために最低限必要とされる。

さらに、阪神・淡路大震災において、NTT では所内、所外設備の被害のほかにも通話量が平常時の 50 倍にもなり、輻輳が長時間にわたったと報告されている²⁾。また、携帯電話においては地震の発生週で約 4 倍のトラヒックがあったが、多少かかりにくい状況で

あったとはいえ被災地からの発信は十分可能であったと報告されている³⁾。しかし、今日の携帯電話の増加数(平成 10 年 6 月末:約 3407 万台,当時の約 8 倍)を考えると、通話量の増加によるシステム輻輳は当時とは大きく異なると考えられる。防災システムへのモバイルコンピューティング適用を考えた場合、平常時にも増して通信手段の確保が必要となってくる。今回作成のモデルシステムにおいてはこれに多様な通信メディアで対応している。適用可能な通信メディアとしては、携帯電話(パケット、回線)、PHS(アナログ、PIAFS)、有線回線、衛星回線、イントラネット等である。

3.1.2 災害対策本部側での要求

災害時には情報量が多く、人手で情報の組織化を行うことは困難な状況である。災害時の利用局面を考えると、情報は「被害状況」、「場所」、「時間」の組合せで利用されるパターンが多く、これらのパラメータにより自動的に関連付けし組織化することが必要である。当然、組織化された情報については、通常使い慣れている WWW ブラウザ環境等でデジタル地図にリンクさせて視覚的にとらえられることが重要であり、これについても一部報告している⁴⁾。また、現地から集められた被災情報については、大型ディスプレイ等を設置し、対策を検討・決断する組織が同時に視聴できることが必要であるとともに、入力された被災情報から、早期の支援体制を確立するためには、映像、音声によるマルチメディア的な情報以外に瞬時に被害想定がきうようなシステムとの連動が望まれる。

3.2 簡易型 GPS と PHS 基地局利用

モデルシステムでは、位置情報の自動取得を行うことにより被災情報収集者の操作を簡略化し、また土地勘の欠如、精神的動揺等により位置特定誤りを防止する観点より、自動的に位置情報を取得できる簡易型 GPS と PHS 利用方式を第 1 とする。簡易型 GPS とは GPS 衛星からの電波を利用するものであり、PHS 利用方式とは PHS において自分が現在使用できる基地局の所在地を全国に数カ所配置された位置情報センターから緯度、経度情報として受信し利用するものである。ここで、簡易型 GPS と PHS 利用方式の併用を考えた場合、どちらか一方で取得を試み、結果が失敗するとき、別のツールでの取得を行ったのでは、取得決定までの時間が長くかかることになる。それゆえ、本モデルでは、位置取得時間の短縮を図るため、簡易型 GPS と PHS 利用方式とを同時に稼働させ位置情報を取得する方式とした。モデルシステムのイメージを図 2 に示す。

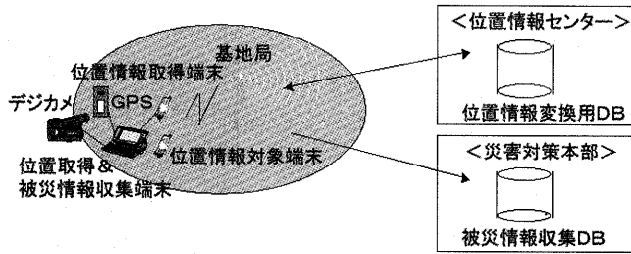


図2 被災情報収集システム

Fig. 2 Disaster information collection system.

4. 被災情報収集モデルシステムの実装

4.1 携帯情報端末側での機能

(1) 位置情報の取得

簡易型GPSとPHS基地局利用により位置情報取得を行い、先に取得した情報を優先的に使用することにした。もし、両方で取得不可能な場合を考慮して、自動取得ツール以外からの位置情報収集への移行も可能とする。これは今回のモデルでは、住所情報により補完を可能とした。情報内容としては、市/区/町/丁目のプルダウンメニューにより選択する方式とした。

(2) 画像収集インタフェース

デジタルスチルカメラで撮影した被災情報を静止画像として収集する。本モデルでは、収集した画像をメールに添付する際に一覧できるインタフェースとした。

(3) 通信回線への接続

Windows95搭載のダイヤルアップネットワークによる接続を基本とした。接続不可能な場合を考慮し、LAN対応での通信も接続形態をLAN経由に変更するのみの操作で通信が可能となるようにした。

(4) 収集情報のメールへの編集、送信機能

情報収集サーバ側では通常使い慣れている電子メールによるインタフェースで被災地からの情報を収集するため、端末側においてメールに編集して送信する。1メールの送信リトライは3回を限度として実施し、送信不可時はメッセージをユーザに表示し、センターアクセス条件が可能となき一括して送信できるように送信履歴簿を設けて管理することにした。

(5) セッション切れを考慮した保存、一括転送機能
有線に比して安定性に劣る無線通信での接続、転送途中でのセッション切れを考慮して、収集したファイルの保存および一括して転送できることを可能とした。

4.2 サーバ側での機能⁴⁾

(1) オープンなユーザインタフェース

インターネットメール、WWWブラウザ等の普及している環境を使用する。このことは、先に述べた平

常時からの利用を考えた場合に重要な事項である。

(2) リアルタイム情報共有化機能

情報の発信からタイムラグを置かず、即時に情報の掲示を行う。

(3) スキーマレスデータ構造機能

突発的に発生する新しいデータ項目を扱うことを考慮し、情報の詳細項目の定義をできるだけ減らして、内容記述の自由度を上げる。

(4) 情報組織化機能

住所名称や日時の検索が容易にできるように、住所名称または緯度・経度情報と時刻情報で入力された情報の整理・組織化を行う。

(5) 地図マッピング機能

情報の検索を行ううえで、地図上に収集蓄積された各情報をマッピングするために、情報に緯度・経度および住所名称およびランドマークとのデータリンクを行う。

5. 実験による検証結果

5.1 位置情報収集の過程

位置取得に対し、簡易型GPSとPHS基地局利用の位置取得ツールを使用した本システムにおいて簡易型GPSを使用したとき、都心部ではビル影の影響等によりGPS衛星が受信できなかったり、マルチパスの影響により取得位置が大きく変化したりすることが考えられる。

ビル街部、海岸部における簡易型GPSとPHS基地局を利用した位置情報捕捉率（取得可能数/取得回数）は、ビル街部では60回の試行で簡易型GPSは85%（51/60）、PHS基地局は100%（60/60）、海岸部では20回の試行で簡易型GPSは100%（20/20）、PHS基地局は80%（16/20）であった。ここで、ビル街部とした地域は高層ビルが立ち並び、GPS衛星からの電波に影響が生じると想定されるエリアとした。海岸部については、GPS衛星からの電波に影響が生じないと思われる、ビル群、樹木等の少ないエリアと

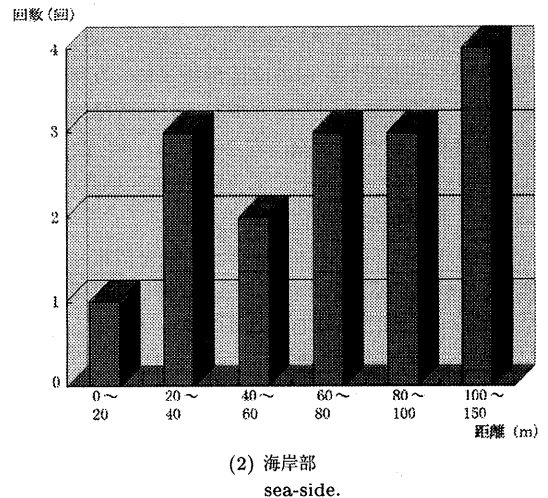
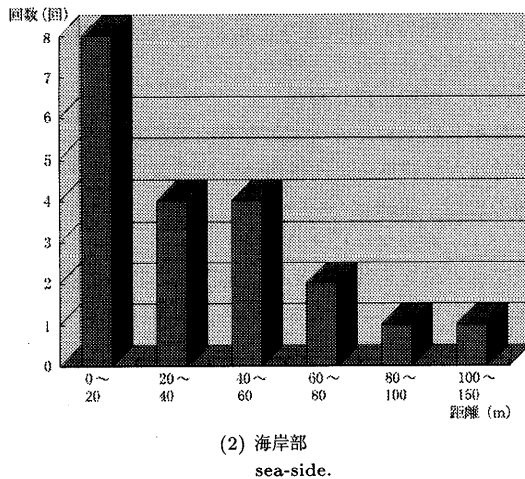
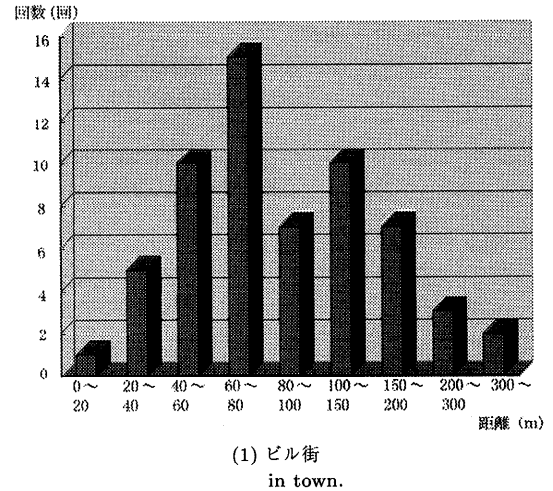
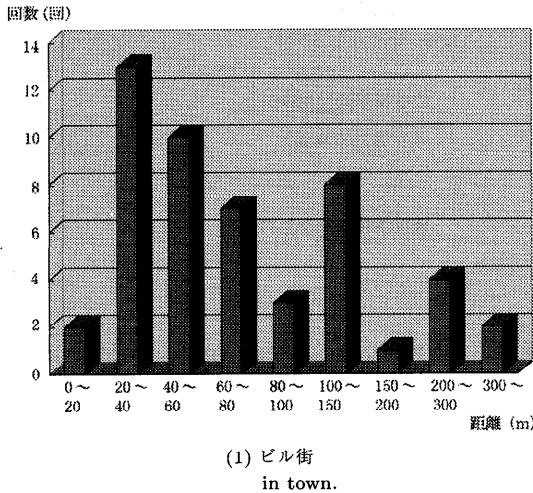


図3 簡易型 GPS での測定誤差
Fig. 3 Measurement errors in simple GPS.

図4 PHS での測定誤差
Fig. 4 Measurement errors in PHS.

した。具体的には神戸市三宮周辺でのビル街および三宮突堤付近の海岸が検証エリアである。この結果より、ビル街では GPS 衛星からの電波が受信しにくいと考えられているが、実際の検証結果では、ビル街部においても 85% との高い比率で捕捉が可能であり、かなり使用できるということが分かった。次に GPS 衛星からの電波のビルの側面等における反射、回折等の影響で、どの程度デジタル地図上にマッピングさせた場合に誤差を生じるかの測定については、ビル街部における誤差は最大 359.4m、最小 18.0m であり平均は 90.6m、海岸部における誤差は、最大 129.3m、最小 1.1m であり平均は 38.0m であった。

同様の測定を PHS 利用方式について行った場合、ビル街部における誤差は最大 570m、最小 16.1m で

あり、平均は 109.4m、海岸部における誤差は、最大 494.6m、最小 11.1m であり、平均は 209.3m であった。ビル街部と海岸部における差は、1つの基地局におけるマイクロセルエリアの広さに影響するものである。海岸部においては PHS 基地局からの電波を遮るものが比較的少なく、かなりの範囲を1つの基地局からの電波でカバーしている。簡易型 GPS と PHS 基地局利用で取得した緯度、経度情報をデジタル地図 (1/2500) にマッピングした際に発生した誤差を図3(1)、図3(2)、図4(1)、図4(2)に示す。

5.2 通信メディアを利用した送信実験

携帯電話、PHS (アナログ)、PHS (PIAFS) を用い公衆系無線回線および有線回線を利用した被災情報収集システムにおける接続検証を行い、表3に通信

表 3 各メディアでの送信時間

Table 3 Transmission time for each media.

通信回線	送信時間 (s)	特記
携帯電話 (回線)	80.3	-
携帯電話 (パケット)	37.9	-
PHS (アナログ)	81.8	-
PHS (PIAFS)	30.0	-
有線電話 (アナログ)	41.1	PC 内蔵モデム
有線電話 (アナログ)	21.2	外付けモデム

媒体と送信時間との関係をまとめた。送信時間は画像ファイル (48 Kbyte の JPEG) をサーバ側へメールに添付し転送する時間である。ただし送信時間は、端末側モデルシステムで「PPP 接続完了」メッセージ表示から「メッセージ送信完了」までの時間を測定した。

6. 考 察

6.1 位置精度と防災適用局面

今回、位置を特定するために自動収集ツールとして簡易型 GPS および PHS 基地局情報での取得を想定して検証を行った結果、都市部 (ビル街) においても自動収集が可能であり、この方式を用いて位置取得を試みた場合は、粗い位置特定 (200 m 程度の誤差内) が可能である。自動位置取得における位置情報は緯度、経度情報であり、鳥瞰的に被災情報をとらえることのできる GIS (Geographic Information System) との連動をサーバ側で用いる本システムの場合、緯度、経度でエリアを特定できる自動位置取得方法は有効な手段である。

災害時に位置情報を付与して集められた情報は、対策本部で防災活動に関する意志決定を行ううえで活用され、早期の応急対応の実施 (自衛隊災害派遣要請、広域応援要請) 等が可能となるとともに、この収集した情報を市民に公開することにより被災者が発災直後に必要としている、震災地域の情報の共有化が可能となる。災害初動期に収集される情報の内容と位置情報の精度との関連を表 4 に整理した。

6.2 位置精度の向上

PHS システムでの基地局からの電波は出力が 10~500 mW (セル半径が 200 m 程度)、周波数が 1.9 GHz であり直進性を持つ特徴がある。基地局から近距離で見通しが良い状態での位置取得を試みた場合には、測定地点での電界強度は十分に強いと考えられる。この特徴を利用すれば、ある電界強度以上を測定点で受信していれば、ビル街等における簡易型 GPS の位置情報より平均値において信頼性が高い可能性がある。構内用 PHS において電界強度から位置を推定する方法については報告されており⁵⁾、そこでの位置精度と

表 4 情報内容と位置精度

Table 4 Information contents and accuracy for identifying the position.

情報内容	位置精度	位置情報入手
<救援・救助にかかわる> けが人、生き埋め、 ガス漏れ 危険物漏洩 火災・延焼(消火活動要請)	位置限定	住所情報
河川被害情報 道路・橋梁被害 がけ崩れ、崩壊危険箇所 建物倒壊・道路破壊等の 区域内全体被害情報	粗い特定位置	簡易 GPS (PHS 基地局)

しては、屋内で平均誤差が約 11 m、屋外で約 23 m である。そこでこの研究でも公衆用 PHS における実験を行い、電界強度と PHS 基地局からの距離を測定したところ図 5 のような結果を得ることができた⁶⁾。

図 5 から分かるように、円内で表示した電界強度 70 [dB μ v] 以上の電界強度で受信していれば自位置と PHS 基地局とは 40 m 以内の範囲内にいるということが分かる。当然、基地局出力を考慮したデータ収集が必要であるが、ここでは基地局の出力電力は 20 mW に固定したものである。これより被検索 PHS の利用している基地局と受信電界強度が把握できるであれば、電界強度が強いところにおいては、位置推定エリアを縮小して考えることも可能であることが期待できる。提案システムにおいても簡易型 GPS と PHS 基地局利用との併用システムで両ツールより位置情報が取得できた場合に、あらかじめ PHS 基地局からの誤差範囲を想定することができれば、取得ツール選択の条件とすることができる。

6.3 本提案システムの実運用に向けた提言

ここでは、提案システムを用いて実証実験を行うことにより確認できたこと、および今後の防災システムの運用を想定したいくつかの提言を行う。

(1) 位置取得と通信時間

都市型災害現場での情報収集については提案の方法でかなりの位置情報の自動取得が可能であること、ならびに情報転送についても携帯電話、PHS の公衆系無線通信および公衆系有線通信により通信確認検証を行い、提案システムにおける通信時間を明確にした。

(2) 災害緊急時の通信メディア対策

しかし、災害緊急時を想定した場合においては、公衆系通信メディアのみを考えた災害緊急時システムでは、通信面での備えが不十分といわざるをえない。それゆえ、これからの行政区域内での災害時通信を考えた場合、行政区域内イントラネットにより、市中の主

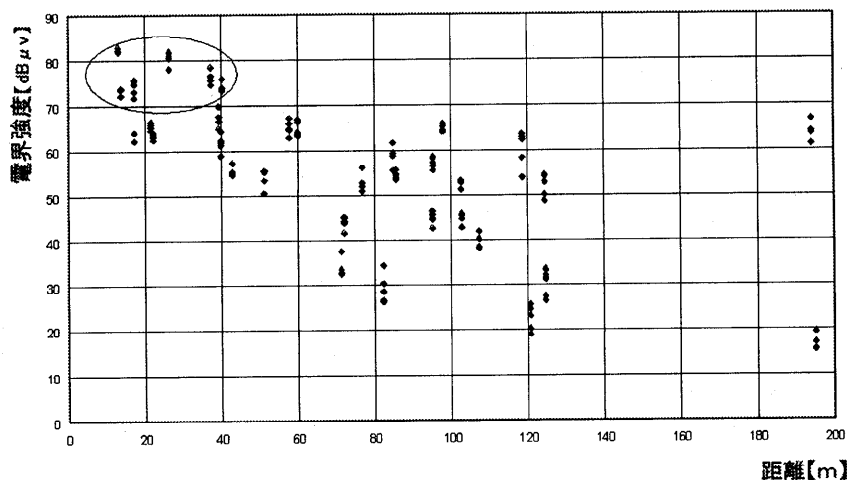


図5 電界強度と距離

Fig. 5 Field intensity and distance.

要な拠点（避難所、学校等）に情報コンセントを設置し情報の受発信を行えることが、通信の孤立化を防止する観点から必要と考える。今回提案のシステムも現場からの情報伝達が不可能な場合、情報コンセントを利用することにより迅速なる被害情報把握を可能としてある。提案システムでは、通信メディアを公衆系通信を利用したダイヤルアップ接続か情報コンセント（LAN）を選択するかを情報収集の途中でも簡易な選択で設定できるようにし、ユーザインタフェースの操作性向上を図ってある。

(3) 携帯パソコンに求められる条件

戸外での現場収集に際しては、実験で用いたパソコンの液晶画面では非常に見にくく、作業のためにフード等で日蔭を必要とした。この対策としては、入力項目の少なさとともに白昼下でも鮮明に表示可能とする「スーパーモバイル液晶」等を採用したディスプレイ搭載のパソコンを用いることが必要と考える。

7. おわりに

本論文では、災害時情報収集に対して有効な手段となるモバイルコンピューティング利用について提言した。特に、簡易型GPS、PHS基地局を利用した自動位置取得方法については、この方式を用いることによりかなりの精度で位置取得が可能であり、位置特定の自動化に十分役立つものである。また、これらのシステムについては、災害時のみを意識したのではいざというときに使い物にならないという反省をふまえ、各種工事現場よりの作業報告、イベント情報の即時報告等で常時から使用できるようなユーザインタフェー

スを備えたシステムにグレードアップしていく必要がある。また、本モデルで利用したPHS位置情報については、災害現場の位置を知るためののみ使用したが、災害時のように情報が錯綜している中であって、災害対策本部より屋外で作業する人に対し作業指示を出す場合等、あらかじめ居場所を把握することによりの確かな指示を出すことも可能となる。

参考文献

- 1) 兵庫ニューメディア推進協議会: 災害時における情報通信のあり方に関する研究, pp.18-20 (1995).
- 2) 永井正樹: 震災に強い通信設備の構築を目指して, 情報通信学会誌, Vol.14, No.1, pp.20-23 (1996).
- 3) 森下俊三, 三石多門, 日野了一: 携帯電話の大規模災害対策, NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル, Vol.3, No.4, pp.7-10 (1996).
- 4) 西村知也, 中田幸男, 田中克己: 防災通信ネットワークにおける時空間型マルチメディアデータベースの構成について, 情報処理学会研究報告, Vol.97, No.7, pp.125-131 (1997).
- 5) 杉浦雅貴, 金谷悦己, 中野剛, 村田浩: 構内用PHS位置検出実験システムの開発, 情報処理学会研究報告, Vol.97, No.117, pp.13-18 (1997).
- 6) 浦本祐次, 北村新三: 位置情報に着目した災害時情報収集システムに関する考察, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, A-14-12, p.174 (1998).

(平成10年8月31日受付)

(平成11年1月8日採録)



浦本 祐次 (正会員)

昭和 29 年 7 月生。昭和 48 年御船高校卒業。同年日本電信電話公社 (現 NTT) 入社。デジタル交換機の研究開発に従事。平成 8 年度より通信放送機構神戸リサーチセンターに

おいて次世代防災通信システムの研究開発に従事し現在に至る。



北村 新三

神戸大学工学部教授。昭和 15 年 5 月生。昭和 41 年神戸大学大学院工学研究科修了。大阪大学工学部助手、神戸大学工学部助教授を経て教授。平成 10 年より工学部長。シス

テム制御理論、生体情報処理等の研究に従事。工学博士。平成 10 年度システム制御情報学会会長、平成 8 年度より通信放送機構神戸リサーチセンタープロジェクトリーダー等。