携帯型地理情報システムの開発

東明 佐久良、佐藤 裕人、小坪 宏則

Development of a Mobile GIS

Sakura SHINOAKI, Hiroto SATO and Hironori KOTSUBO

Abstract: GIS in business is catching on. As it increases its office use and receives wide recognition of its potential, even field workers want to use it out of office. On the other hand, some companies have introduced mobile computing technique to their enterprise information system thanks to the development of mobile terminals and mobile telecommunication infrastructure. There are, however, several restrictions and difficulties to integrate these techniques into a mobile GIS, mostly due to the characteristics of GIS and the immaturity of mobile computing environment.

This paper explains one solution to overcome these difficulties and develop a mobile mapping system already in practical use. The new method makes use of CD-ROM and mobile phone. Furthermore, this paper discusses how to expand and incorporate mobile GIS into enterprise information system with an example of location system utilizing GPS.

Keywords: GIS, AM/FM, Mobile Terminal, CD-ROM, GPS, Mobile Computing, Location System.

1. はじめに

近年、地理情報システム (GIS: Geographic Information System) の利用が盛んである。その用途は、設備管理をはじめ、顧客管理、エリアマーケティング、都市計画支援等、多岐にわたる。例えば、大手のガス事業者は、社内の各事務所で利用可能なマッピングシステムの構築を完了し、実運用している。このような企業は、当初、地下埋設物図面管理を主とした設備管理を目的としてシステム開発に着手したが、現在では、その用途を拡大し、販売戦略立案システムや保安設備更新計画立案システムといったアプリケーションを、営業部門や計画部門でも広く利用している (Kotsubo, 1994)。こうしてGISのオフィス内での利用が拡大し、その有効性が広く認識されるにつれ、自動車等の移動体の中、または路上や工事現場等の屋外、さらには客先等、オフィス外の様々な場所においてもGISのデータベース (以下、DBと略

す) を検索したいという現場業務員側からの要望が増大しつつある。即ち、マッピングや顧客情報等に関するホストコンピュータ上のDBを、緊急保安業務、設備管理業務、営業業務等の現場の最前線で有効活用可能にする携帯型のGISの構築が望まれている。

一方、最近の携帯型情報機器と移動体通信基盤の技術進歩に伴い、企業情報システムにモバイルコンピューティングを取り入れた事例もいくつか見られるようになってきた。しかし、モバイルコンピューティング指向のGISを構築するためには、大量の地図情報を扱わねばならないというGISの特質や、現状では低速のデータ通信しか行えない移動体通信環境等、考慮せねばならない多くの課題がある。

また、企業情報システムにおけるモバイルコンピューティングでは、移動体とオフィスとを情報通信ネットワークで結び、両者の情報共有と連携を促進することに真価が発揮される。携帯型GISの場合にも、をどのように利用することにより、この「連

東明: 〒260-91 千葉市美浜区中瀬2-3 東京ガス(株)
Tokyo Gas Co., Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi,
Chiba, 260-91 Tel. 043-296-5734

携」の効果を生み出すかが、興味深い課題となる。

本論文では、まず、携帯型GISを開発する際の課題について概説する。次に、携帯型GISを実現するための技術開発について具体例を用いて説明する。さらに、携帯型GISと連携して動作するオフィス側のシステムとしてロケーションシステムについて述べ、今後の携帯型GISの技術開発について展望する。

2. 携帯型GIS開発上の課題

携帯型のGISを実現する場合、単に、デスクトップ機上のアプリケーションを携帯機に移植すれば事足りるというものではない。携帯機の特徴・使用環境を十分に考慮したシステム構築が必要となる。携帯型GISを開発する際に、特に留意しなければならない課題について、以下に述べる。

2.1 地図DBの取り扱い

GISが取り扱う地理情報DBの特徴は、図形情報と属性情報から構成され、データ量が膨大であることである(岡部 他、1992)。例えば、東京ガスのGISの場合、1メッシュ(350m×250mの区域)当たりの本支管と地形に関するデータだけで100～150KBの容量となり、さらに供給管、家形等に関するデータを加えると300～500KBになる。このメッシュが、供給エリア全体で約3万枚にも及ぶ(東明、1994)。このような地理情報DBをどのようにして携帯機上に構築し、検索・更新の仕組みを提供するかが、最も大きな課題である。特に、現在のところ、携帯機に内蔵できる入力／更新可能な大容量記憶媒体が存在しないので、大容量のデータの保持方法、および、実用に耐えうる応答速度の確保が問題となる。

2.2 通信処理

携帯システムの場合、ホストシステムまたは別の端末といった他のシステムと連携させることにより、情報の共有・有効利用が促進され、その価値が飛躍的に増大する。この「連携」を実現するために、他システムと通信する手段が必要となる。

しかし、現状では、一般に利用できる移動体通信媒体で、長時間安定したデータ通信リンクを維持す

るのは困難である(Ishikawa、1992；佐藤、1993)。従って、1回のトランザクションは、可能な限り短時間で完了するような利用形態に設計しなければならない。例えば、通信するデータの量を、できる限り少なくする工夫が必要である。

2.3 高速描画

携帯システムの使用は、顧客と対面しながら、または路上で等、落ち着けない状況の中で行われることが多い。従って、その情報処理は、高速に行われる必要がある。GISの場合、地図情報の描画・表示に時間を要することが多いので、高速描画処理の実現が特に重要である。携帯機は、一般に、デスクトップ機と比較してハードウェア資源・能力ともに小さいので、描画ロジック等に一層の工夫が必要となる。

2.4 小画面に対応した画面設計

携帯を可能とするために、機器は小型・軽量でなければならない。現在市販されている携帯機は、最大でも機器サイズはノート型のA4、画面サイズは10インチ程度である。一方、携帯機のディスプレイである液晶は、輝度・コントラストが低いので、CRTディスプレイより低解像度(100～120DPI程度)でなければ画面が見辛い。現在のノート型携帯機の標準的な画面は、解像度約80DPI、画素数(横×縦)640×480である。今後も、機器サイズの制限から画面サイズを大きくできないとすると、画素数は最大でも1024×768程度が限度であり、デスクトップ型GISのプラットフォームの主流であるWSの標準的な画面の画素数1280×1024と比較して小さい。

地図の表示が主要な機能のひとつであるGISにおいては、携帯機のこの小さな画面サイズ・画素数がアプリケーション構築の制限となる。従って、携帯型GISは、縮尺によらず小画面の地図表示で目的が満足されるアプリケーションに適用すべきである。

2.5 操作性

屋外で、立ったままの姿勢での利用をも可能とするために、操作性は、携帯機の重要な要素である。市販携帯機の多くは、簡易な入力機能を、ペン入力機構もしくはタッチパネルにて実現している。

属性検索を行うために画面上の細かな地図要素をポインティングするという操作を要するGISアプリケーションには、タッチパネルよりペン入力の方が適している。また、ペン入力は、走り書きのメモのようなラスタ図形情報の入力にも、非常に適している。しかし、現状では、ペン入力にしても、手書き文字認識機能が未だ柔軟な実用の域には達していないため、ワープロ文書入力のように多くの文字データの入力・更新を行う目的には適していない。入力すべき情報が予め決まっており、その一覧をメニューから選択すれば事足りる様な定型業務に適用しやすい。従って、携帯型GISでは、ペン入力方式で、ポインティングとドラッグのみを基本操作とするユーザインタフェースのアプリケーションを設計すべきである。

2.6 セキュリティの確保

GISでは、地理情報の他に、顧客情報等の機密やプライバシー保護の観点から重要な情報を取り扱うことが多い。この場合には、システムの不正使用や情報の漏洩を防ぐセキュリティ対策が必要となる。

2.7 位置情報の利用

GISは、地理情報を取扱うものなので、その携帯型システムでは、特に測位システムと組み合わせることにより応用範囲が広がる。中でも、近年、商業的に注目されている測位システムは、アンテナの現在位置を地球上の点として捉え、緯度・経度・高度として出力するGPS (Global Positioning System)である。これを携帯システムに組み込むと、現場業務者の現在位置情報を利用したアプリケーションの構築が可能となる。車に搭載され、運転者を支援するナビゲーションシステムは、その典型的な例である。

3. 携帯型GISの技術開発と具体的運用

携帯型GISを実現するには、2.で述べたように様々な課題がある。中でも、膨大な地図情報を、携帯機の限られた計算機資源で如何に取り扱い、素早く処理するかが重要である。この課題を解決するために、新たに「CD-ROMと移動体通信を組み合わせ

た地図DBアクセス方式」を考案した。そして、緊急保安業務で利用する携帯型GISとして車載マッピングシステムを開発し、実際に運用している(東明他、1993)。以下に、このシステムの概要と技術開発のポイントについて述べる。

3.1 開発の目的

ガス、電力、上下水、電信電話等のユーティリティ事業者における設備管理業務の中で、特に重要な業務は、緊急保安業務、即ち、日常の事故防止保安と災害等の非常時の緊急対応である。大手ガス事業者における一般的な緊急保安業務は、保安用緊急車両と基地の間の連携によって行われる。基地では、緊急出動依頼通報を受け付けると、まず、現場状況に関するできるだけ詳細な情報を収集する。この時、マッピングシステムによって地下埋設物図面情報を検索し、現場周囲の配管状況を確認する。次に、待機中またはパトロール中の緊急車の中から現場に急行しやすい車を探し、出動指令を出す。この後、現場に到着した緊急車と基地の間で、連絡を取りながら適切な措置をとる。この連絡は、従来、無線による音声連絡とFAXを用いて行われてきたが、連絡に要する時間の増大、FAX等の既存通信媒体での伝達可能な情報の質・量の限界等の問題があった。

車載マッピングシステムは、これまで基地の中でしか利用できなかったマッピングシステムを、車両等の移動体においても基地と同レベルで利用可能にし、移動体側の自律的な活動を促進するものである。

3.2 システム構成

「CD-ROMと移動体通信を組み合わせた地図DBアクセス方式」の基本的な考え方は、以下の2つである。

- 1) 携帯機によるデータアクセスを高速に行うため、基本的な地図DBはCD-ROMに格納し、携帯機にローカルに持たせる。
- 2) CD-ROM上のデータは更新できないので、最新の地図データが必要な場合は、移動体通信を用いてGISホストコンピュータの地図DBにアクセスして検索する。

この考え方を体現した車載マッピングシステムのシステム構成を、図1に示す。システムの中核をなす車載PCは、CPUが i80386SX、メインメモリ8MB、ハードディスク80MBで、A4サイズのペンPCである。このPCに、耐振性の高い車載型のCD-ROMドライブユニットを直接、SCSI接続している。移動体通信媒体としては、アナログ方式の自動車電話を用いている。モデムは、自動車電話回線に対応した、データ通信モデム兼FAXモデムとして使用可能なものである。印刷装置としては、従来から連絡用に利用していた既設のFAXを流用し、FAXモデムのローカルFAX機能を利用することにより、車載PCからプリンタとして印刷出力する。GPS受信機は、車載PCのRS232Cポートに接続する。さらに、デジタルスチルカメラで撮影した画像を格納したICメモリカードを、車載PC本体に接続することが可能である。これにより、カラー静止画像をペンPCに高速に取り込み、回線経由で送信することができる。

3.3 機能概要

本システムの機能は、以下の4つに大別される。

3.3.1 地図DB検索機能

地図情報を検索・表示すべき場所の指定方法としては、以下の3つがある。

1) 住所(または図面番号)によるマニュアル指定

一般のデスクトップ型GISの住所検索機能と同様

図1 車載マッピングシステム構成

のものである。まず、階層的にメニュー表示される行政区名・町村名の一覧表から所望のものを選択し、次いで、丁目番地号を数字で指定する。

2) GPSを利用した自動指定

GPSから座標データを取り込み、車両の現在位置を中心に設備図面が検索される。本機能により、住所検索の手間を省くことが可能である。常時、本機能を作動させておくと、現場到着時には現場の図面が検索・表示されている。

3) 基地端末からの遠隔指定

基地側に設置された既存のマッピング端末で、予め設備図面を検索しおき、その図面位置情報を、基地側から指定した車両の車載端末に送る。その結果、車両側では、該当図面が自動的に表示され、検索操作を行う必要が無い。

3.3.2 地図情報の描画機能

図2に、本システムの画面表示例を示す。

指定された地域を中心とした周辺の概略の地図が見出し図として画面右上に描画される。その中の一部が、詳細図として埋設ガス管情報と重畳して詳しく描画される。詳細図で表示される地域は、見出し図中に矩形枠で表示される。見出し図・詳細図の縮尺、および描画するオーバーレイは、設定メニューによって、任意に指定できる。

3.3.3 属性情報の表示機能

埋設ガス管の管種、口径、圧力等の属性情報は、シンボル表示されている各々の対象をペンでピックアップすることにより、ポップアップ・ウィンドウ中に表示される。

3.3.4 現場状況の報告機能

定型の報告事項(動態、伝票)、および地図を含んだメモ情報をホストコンピュータに送信することができる。報告された情報は、関連する他システムに転送が可能である。

また、デジタルスチルカメラを使用して、現場で写真を撮影し、その画像データを移動体通信によって基地側のマッピング端末に送信・表示することが可能である。これにより、現場の正確な状況を基地

図2 システム画面表示例

側で把握することが可能となり、的確な指示を行うことができる。

3.4 開発上のポイント

本システムの開発に際し考慮した具体的ポイントについて、以下に述べる。

3.4.1 地図DBの取り扱い

GISホストコンピュータで管理している既存のマッピングDBは、年間60万件にのぼるガス導管関連工事に伴い、日々更新され最新状態に保たれている。CD-ROM版の地図DBは、毎年、このホストコンピュータ側のマッピングDBからダウンロードして作成する。

CD-ROMは、1枚当たり約600MB大容量の情報が格納可能であり、メディアコストが安価でありながら、かつ、保守が容易であるという特長を持つ記憶媒体である。従って、同一情報を大量に頒布するのに適している。しかし、この媒体は書き込み専用で内容の更新ができないので、CD-ROM版地図DB作成後に更新された情報の提供方法に工夫が必要となる。そこで、以下の運用形態をとる。通常、ユーザは、CD-ROM版地図DBを参照する。本システムは、原則として現場で使用されるが、現場状況がCD-ROM版地図DBの内容と異なっている場合には、通信を介してホストコンピュータ側の最新DBを参照する。この運用形態により、次の2つの効果が得られる。

- 1) 携帯型システム側では、地図DBをローカルに持つことにより、データアクセスを高速に行える。
- 2) ホストコンピュータ側では、地図DBをCD-ROMにより分散DB化することにより、ホスト側へのアクセス頻度を抑え、負荷の軽減が図られる。

地図データは、縦横数百mのメッシュ単位のオーバーレイに分割されており、それぞれ固有のメッシュ番号、オーバーレイ番号で管理されている。データへのアクセスはメッシュ、オーバーレイ単位でランダムに行えることが必要である。そこで、指定データのCD-ROM上の所在位置を素早く見つけ出し、大量のデータを高速で転送できるデータ構造を設計した。

3.4.2 通信処理

本システムでは、最新の地図情報が必要な場合、ホストコンピュータから検索することが必要になる。通信回線を使って地図情報を転送する仕組みは、クライアント・サーバモデルで構成されている。クライアントである車載システムと、ホストコンピュータ側の通信サーバおよびDBサーバが連携する。最新データの送信要求をホストコンピュータ側に送出すると、これに対応して、ホストコンピュータ上のDBサーバが表示区域内に限定して、地図DBを切り出し、順次データが転送される。

移動体と通信サーバの間は、自動車電話回線および公衆回線上でモデム間のエラーフリー機能を利用したファイル転送を行う。これにより、アプリケーションレベルの通信プロトコルが、簡素化されている。

1回のトランザクションに要する時間を、可能な限り小さく抑えるために、「通信回線を通じて転送するデータ」を以下の条件を満足するものに制限することが効果的である。

- ・詳細図で表示されているエリアに含まれるもの
- ・指定されたオーバーレイに対応したもの

3.4.3 高速描画

CD-ROMはハードディスクに比べアクセス速度の遅い媒体であり、また、車載PCのCPU処理能力は比

較的に低い。実用に耐える描画速度の実現ために以下の工夫を施している。

- ・隣接した周辺メッシュの相対レコード番号を自メッシュレコード内に書き込んでおく。これにより、周辺へのスクロール速度が向上される。
- ・車載PCの表示分解能に合わせて地図データファイル内のショートベクトルデータを間引きし、描画データ量を圧縮する。

3.4.4 小画面に対応した画面設計

デスクトップ型のシステムでは、画面上に描画・表示していた属性情報は、携帯機の小さな画面中では収まりきらないことが多い。そこで、属性情報は、対象をピックアップすることによりウィンドウ表示される方式を採用した。属性検索に際しては、ピックアップする対象に応じてカーソルの形状を変えることにより、どの種類の対象に関する属性が検索されるのかを明示する。

3.4.5 操作性

緊急保安業務という緊張状態においてもシステム操作が容易に行える様、車載コンピュータとしてペンPCを採用した。ユーザインタフェースは、メニューから選択する形式で統一し、ペンで画面を触るのみの簡単な操作で動作するものにし、キーボード操作は、一切排除した。

また、メニューが深い階層構成になると操作が煩雑になるので、機能を厳選し、メニュー階層を極力少なくした。

3.4.6 セキュリティーの確保

本システムは、ガス設備情報という、機密上重要な情報を取り扱うので、次の2つの対策を施している。

1) データの暗号化

CD-ROMの内容は、すべて暗号化されている。これにより、CD-ROMのみが紛失した場合に対応する。

2) パスワードによるアクセス制限

検索アプリケーションの起動にあたり、パスワード入力を義務付けている。これにより、正規の操作

者以外の不正使用、または車載システム機器あるいは車両の盗難等の不測の事故に対応する。

4. オフィス側システムとの連携

車載マッピングシステムは、主として、車両側独自の情報活用を促進する携帯型GISであった。しかし、携帯型システムを利用したモバイルコンピューティングの真価は、移動体とオフィスとの情報共有と業務連携を促進することにある。そこで、車載マッピングシステムと連携して動作する基地側のシステムとしてロケーションシステムを開発した。以下に、このシステムの概要を述べる。

4.1 開発の目的

ロケーションシステムは、基地において、複数台の車両の現在位置と作業状態を一括管理できるようにするシステムである。システムの画面上では、常時、全車両の位置、状態、ならびに出動目的地を確認できる。また、同一画面上で、車両付近のガス設備情報の検索や車両との情報交換を行うことが可能である。これにより、配車を効率的に行い、緊急出動依頼通報受け付けから緊急車到着までの時間短縮と作業の円滑化を図る。

4.2 システム構成

本システムは、基地側に設置されたPC上で稼働し、車両側の車載マッピングシステムと連動して機能する。図3にシステム構成を示す。

基地PCは、専用線または公衆回線でホストコンピュータと接続する。この構成により、基地、車両、ホストコンピュータが相互に情報伝達を行うことが可能となる。

基地では車両の配車状況と受付状況をPC画面の地図上で把握し、適切な指示を行う。具体的には、各車両に設置されたGPSが出力する位置情報を移動体通信を介して収集し、基地のPC画面の地図上に表示する。

本システムは、基本的に公衆回線による非同期通信で接続する仕様であるため、基地の場所の変更、車両台数の変更、管轄エリアの変更に柔軟な対応が

可能である。

また、緊急車に、本システムのロケーション機能を持つPCを搭載すると、その車両を移動可能な指令車として利用することができる。これにより、地震等、大規模な災害時に、機動的な対応が可能となる。

図3 ロケーションシステム構成

4.3 機能概要

図4に、システム画面表示例を示す。システムの機能は、大別して次の4つである。

4.3.1 車両の現在位置と状態の自動表示

基地の管轄エリア全体の道路ネットワーク図を背景とした画面上に、全車両の現在位置がマーク表示される。マークの位置は、車両の移動に伴って自動的に更新される。また、車両の作業状態に対応してマークの色も更新される。出勤先の場所もこの上にマーク表示される。

4.3.2 車両付近のガス設備図面情報の自動検索

画面上の車両マークをクリックすると、その車両付近のガス設備図面情報が自動的に検索・表示される。これは、車両の位置座標を検索キーとして、ホストコンピュータの地図DBサーバにアクセスすることにより実現される。

4.3.3 車両へのガス設備図面情報の送付

ガス設備図面情報の検索は、住所や図面番号によっても行える。検索した設備図面情報を、指定した

車両に対して送信することが可能である。これは、車載マッピングシステム側の遠隔指定図面検索機能と連動する。

図4 システム画面表示例

4.3.4 車両との双方向メッセージ通信

車両と基地との間で、移動体通信を介した双方向のメッセージのやり取りが可能である。具体的には、デジタルスチル画像とメモ情報である。必要に応じてこの機能を利用し、言葉で伝えにくい情報の交換を行い、作業指示を行う。

5. 今後の課題

携帯型GIS技術開発の今後の展開における課題について以下に記す。

5.1 完全な携帯端末化

現状では、車載マッピングシステムは、ペンPCに付属させる周辺装置が多いため、厳密に言うと携帯が難しい。緊急保安業務では、工事現場等の車両の外で行われる作業が多いので、本システムは、究極的には携帯での使用が望まれる。真の携帯利用を実現することにより、ガス工事に係る設計、工事管理作業など、現場で地図を必要とする他業務への適用も可能となる。そこで、以下の2つの方向でペンPCの携帯使用を検討する。

- ・1回の作業で必要な地図データをさらに絞り込み、そのすべてを移動体通信を介して供給する。
- ・ペンPCに、大容量記憶媒体を内蔵する。

5.2 文字数値DB情報の取り込み

これまでに、移動体通信を用いた車載システムーホストコンピュータ間の双方向通信機能を実現した。このホストコンピュータを、顧客情報、営業情報等の文字数値情報DBを管理する他のホストコンピュータへの通信ゲートウェイとしても利用し、顧客のガス使用状況、所有機器等に関する最新情報を地図上にビジュアルに展開表示できるようにする。これにより、営業等の保安以外の業務分野における携帯型GISの利用を図る。

5.3 CD-ROM収録情報の拡充

現在CD-ROMに収録してあるのは、マッピングDB中の基本情報のみである。今後は、高層ビル等の重要建物の内部のガス設備に関する図面や外観写真などの画像情報等も収録していく。現状では、これらの情報は、まだ紙ベースで管理し、製本して車載しているが、電子ファイル化し、CD-ROMに格納することにより、製本費用・搭載スペースの合理化を図る。

5.4 各種通信媒体への対応

現行システムではアナログ方式自動車電話を使用しており、通信コストが比較的高額である。新たにサービスが開始されたデジタル方式の媒体（デジタル自動車電話等）への移行も検討し、通信の速度および信頼性の向上と低コスト化を図る。

5.5 高精度測位システムの利用

現在、GPSは最大100m程度の測位誤差を有し、また、都心部等では、ビルの影響で作動しない地点も存在する。今後、ディファレンシャルGPSや、ジャイロを利用した自立航法等による、より高精度な測位システムの応用を試みる。測位精度が向上すると、ガス工事の際の測量データの自動入力、さらには竣工図面自動作成等に携帯システムを利用することも考えられる。

5.6 音声入出力の利用

システム操作性をさらに向上させるために、音声出力機能を使用し、操作ガイダンス等を音声で行うことを検討する。また、音声入力機能を使用した音

声メールによる業務連絡も検討する。これにより、現行の音声通話を、電子メールに置き換えて蓄積通信し、通信効率の向上を図る。また、システムへの音声操作指示も検討する。音声による操作が可能になると、たとえ機能を大幅に追加し、メニューの多層化が避けられなくなっても、メニュー間のジャンプが可能なので、操作性を犠牲にせずに済む。

6. おわりに

戦略的な情報システムを構築する手法として注目を集めているモバイルコンピューティングとGISを統合したシステムを実現するための具体的な技術開発ならびに応用展開について述べた。本論文で説明したシステムは、移動体とオフィスとの間で情報を共有し、連携して行われる業務の支援システムとして、広範な応用が可能である。

今後も、新しい利用法の提案ならびに利用技術の開発に努めていきたい。

参考文献

- 岡部篤行, 貞広幸雄, 今井修, 訳 (1992) 「入門地理情報システム」, 共立出版.
- 佐藤昭彦 (1993) 無線通信の伝送品質, 「日経ニューメディア別冊: モバイルコンピューティング」, 121-126.
- 東明佐久良 (1994) 地下埋設物管理のための地理情報システムの開発とその実用上の評価, 「GIS-理論と応用」, 2, 117-129.
- 東明佐久良, 高田充, 佐藤裕人, 秋田義一, 小坪宏則 (1993) 保安業務支援システム: マッピングシステムによる緊急出動業務支援, 第24回石川賞受賞記念公演予稿集, 33-45.
- Ishikawa, Y. (1992) Creation and Use of a Personal Computer Based Mobile Mapping System, *Proc. of 5th IGT symposium*.
- Kotsubo, H. (1994) An Integrated Geographical Information System in Tokyo Gas, *Proc. of 19th World Gas Conference*.
- Ueno, H., Kawai, A., Sato, H. (1989) Development of a Mobile Mapping System for Use in Emergency Gas Line Maintenance Vehicles, *Proc. of IEEE VNIS'89*, 177-184.