



個別研究報告：インターネットと携帯型地図システムで 何が変わるか？

上原，邦昭

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究成果報告会 発表論文集:35-42

(Issue Date)

1998-12-08

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/80020118>



インターネットと携帯型地図システムで何が変わるか？

上 原 邦 昭†

近年、電子地図を利用した地理情報システムの研究が盛んに行なわれている。本稿では、インターネット技術を応用して、公共機関、商業施設、飲食施設などからの情報提供者からの情報を得ながら、モバイルコンピュータ上の地図データを動的に更新するシステムについて述べる。本システムでは、インターネット上にサーバを構築しておき、モバイルコンピュータが地図を更新するときのみサーバに接続する形態を採用している。また、モバイルコンピュータの可搬性を活かして GPS (Global Positioning System) を利用している。GPS 受信機から得られる自分の位置情報を電子地図上に表示すれば、サーバからの情報更新を局所的に抑えることができ、通信コストを抑えることができるという利点がある。

1. はじめに

近年のエレクトロニクス技術の発達により、いわゆるパーソナルコンピュータの小型化が急速に進んでいる。このような小型化は PDA (Personal Digital Assistant: 個人用の携帯型情報機器) として特化したものと、モバイルコンピュータ (ノート型パソコン) と呼ばれる、パーソナルコンピュータの汎用性を残しながら小型化を押し進めようという2つの流れがある。

また、PDA の新しい機能として、ユーザの現在位置を測る機能 (測位機能) が注目を浴びている。測位機能を備える携帯機器としては、カーナビゲーション (カーナビ) が知られている。カーナビは GPS (Global Positioning System: 全地球的測位システム) を用いて実現された自動車用の道案内システムである。GPS⁴⁾ は、地球上を周回する人工衛星からの電波 (軌道情報、誤差情報、ステータス情報など) を捉えて緯度や経度を計測するシステムである。

一方、インターネットの普及と携帯電話や PHS といった無線通信インフラの整備によって、前述した PDA やモバイルコンピュータからインターネット上にある様々なコンテンツやデータにアクセスできる環境が整ってきている。

このようなハードウェアの進化や情報インフラの整備に加えて、コンテンツ自身の整備も進んでいる。一つは地図のデータベース化である。地図データベース

は、地図会社が編集作業の効率を上げるために積極的に進めている。このような地図データベースを活用することで、地図を使ったコンテンツを容易に開発することができるようになる。

さらには、位置に関連した情報提供の整備も急速に進んでいる。たとえば、アトラス社のジオアトラスというソフトウェアは、タウンページデータベースと地図データベースを組み合わせた製品である。タウンページデータベースには、電話番号、住所、業種、名前が入力されているため、そこから検索して、地図上に検索結果を表示することができる[☆]。

図 1 には、上記の要素技術を組み合わせて得られる新たな機能やサービスを同時に示している。図 1 のうち、車の配車サービスは、タクシーや貨物の配送車などの営業車に GPS 受信装置を搭載し、配車を統括する営業所が、車両の現在位置を確認したり、得意先に一番近い車両を手配する用途に利用されている。また、情報提供サービスとは、インターネットを介して WWW サーバから提供される、天気予報、飲食店情報、電話帳、時刻表、駐車場の空車情報などのサービスである。最後の VICS サービスとは、財団法人道路交通情報通信システム (VICS) センターが運営する渋滞情報提供サービスである。VICS センターは警察庁、郵政省、建設庁の3省庁によって設立され、道路交通情報の収集、処理、編集、送信を行なっている。ユー

† 神戸大学都市安全研究センター

Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University

☆ 具体的には、タウンページデータベースから、住所の何番何号までが分かり、住所データベースからは、その建物がどの緯度経度にあるかが分かるために、地図上のそのデータに合致した箇所にアイコンを表示することが可能になる。

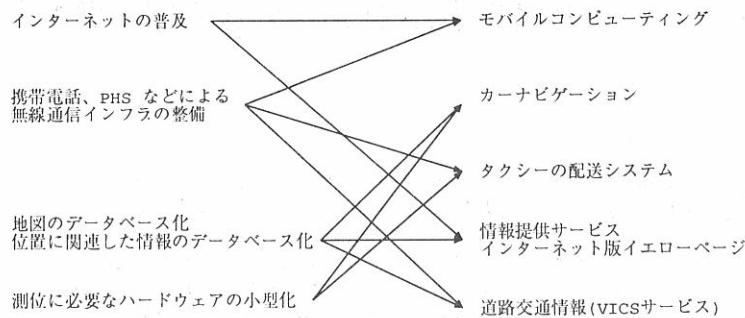


図1 要素技術の関わり方

ザが渋滞情報提供サービスを受けるためには、VICS 対応のカーナビを車に装着している必要がある。なお、VICS 情報は一般道路の光ビーコン、高速道路の電波ビーコン、あるいは FM データ多重放送を通じて受信されるようになっている。

2. 基本的な考え方

前章では、個々の要素技術の発展について述べたが、本章ではこれらの要素技術を統合した携帯型地図システムのあるべき姿について考える。既に述べたように、地図データベースの利点は、既存の地図に新たな位置情報の追加や修正などが容易に行なえる点にある。さらに、それらの情報をインターネット上の WWW サーバなどで公開すれば、他人との情報の共有が可能になる¹⁾。このため、地図データベースは企業活動や災害救助活動などで、盛んに利用されている⁶⁾。たとえば、地図データベースを利用すれば、災害時には

- (1) 病院の受け入れ可能患者数などの情報を電子地図に書き込み、救急車両がどこに行けばいいかを指示する、
- (2) 水道管やガス管などの場所を電子地図に書き込み、障害が生じた場所を表示して効率的な復旧を指示する、

などが実現可能となる。

一方、このようにデータの更新が優れている地図データベースにも問題点がある。すなわち、上記のような用途で用いられる地図データベースは非常に大規模になり、紙の地図のように簡単に持ち歩いたり、いつでも参照できるわけではない。これは特に阪神淡路大震災のような緊急事態が生じたときに問題となる。

また、ネットワークの切断などで巨大なサーバ上に置かれた地図データベースにアクセスすることができない場合には、サーバ上にいかに有用な情報があったとしても参照することはできない。しかしながら、モバイルコンピュータに個人用の地図データベースを構

築すれば携帯可能となる。さらに、携帯電話や PHS などの無線通信インフラを利用して、インターネットを介してサーバ上の情報にアクセスすれば、災害時でも他人との情報の共有が可能となる。以上の観点を考慮して、本研究では、紙に印刷された地図の利点である可搬性と、地図データベースの利点であるデータの動的性を合わせ持つ携帯型地図システムの開発を行なっている。

2.1 地図データの形式

地図データの形式を定めるデータフォーマットは、携帯型地図システムの性格を決めるきわめて重要な要素となる。地図データベースで用いられているデータフォーマットは、大きく分けると次の2種類がある。ラスタ型は地図そのものを一枚の図として扱うフォーマット型である。ラスタ型を用いると、地図としては非常に美しく表示されるが、地図上の道路や建物の座標値をデータとしてもたないために、データの修正・変更ができないという問題がある。



図2 ラスタ型フォーマットによる地図

また、ベクトル型は地図を構成する様々な情報を線として扱うフォーマット型である。美しさの点ではラスタ型に劣るが、建物の形や道路のネットワーク構造などをデータとしてもつため、様々な処理を施すこ

とが可能である。

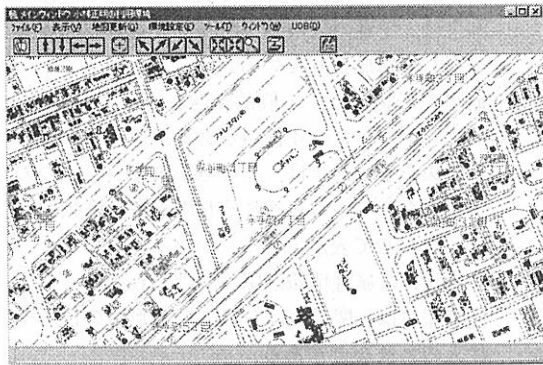


図3 ベクトル型フォーマットによる地図

本システムでは、地図の美しさよりも、建物がどこにあるか、ある緯度経度に対応する場所が地図のどこかといった情報が必要になるので、ベクトル型のフォーマット形式を用いている。また、地図データは株式会社ゼンリンの協力を得て、電子住宅地図 Zmap を利用している。Zmap は建物に関する豊富な情報を巨大な地図データベースである。

2.2 自分の位置情報

GPS 衛星は、全地球をカバーするように 6 つの軌道にそれぞれ 4 個ずつ、全部で 24 個の衛星が地球を周回している。このため、地球上のどこにいても、天空には最低 6 個、最大 10 個の GPS 衛星が存在する。それぞれの GPS 衛星は原子時計を内蔵し、現在の時刻を電波として地球に向けて常に放っている。GPS 受信機は、GPS 衛星からの電波をキャッチすると、衛星との距離を算出して、地球上の緯度経度を割出している。原理的には、2 個の GPS 衛星があれば高さを除く地球平面上の位置を計算できるが、実際には基準となる時刻を得るために、もう 1 個の衛星を必要とする。これを 2 次元測位と呼ぶ。図 4 に 2 次元測位の原理を示す。さらに、高さまで算出する 3 次元測位の場合は、全部で 4 個の衛星からの電波をキャッチしなければならない。

GPS からの情報で自分の位置がわかれば、地図上の数ある物体の中から自分に最も近いものを探しだすなどの検索が可能になる。図 5 に GPS 受信機の画面写真を示す。GPS 受信機の液晶部には、天空にある GPS 衛星全体と受信可能な GPS 衛星がグラフィカルに表示されている。また、この GPS 受信機はシリアルケーブル (RS-422 規格) を経由して、モバイルコンピュータに接続することができる。

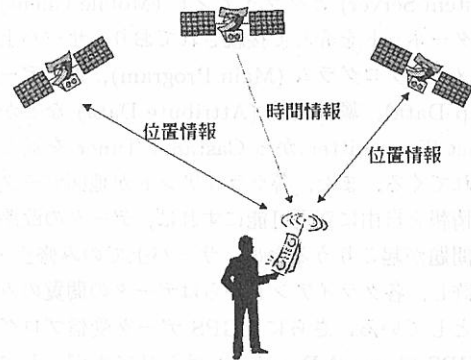


図4 GPS による 2 次元測位の原理



図5 ハンディ GPS 受信機 GARMIN40

3. 本システムの概要

以上のことから、モバイルコンピュータの使用によって、デスクトップコンピュータでは実現できない新たな機能を携帯型地図システムに盛り込むことができることが分かる。つまり、GPS とモバイルコンピュータを接続すれば、自分の位置情報を画面上の地図にマーキングできるようになる。さらに、本システムでは、モバイルコンピュータをクライアントとし、各クライアントがそれぞれ個別に地図データを持つようなシステムとして設計している。しかし、このようなシステムでは、各クライアントが別々のデータをもつことになり、情報の共有という携帯型地図システムの利点が失われてしまう。このため、クライアントからインターネットにアクセスする機能を付加している。具体的には、どこかに一つのサーバを置き、情報の修正変更はそのサーバに対してのみ行ない、ネットワークを介して地図データや属性情報をダウンロードするようにしている。

本システムの概要を図 6 に示す。本システムではサー

バ (System Server) とクライアント (Mobile Client) がインターネットを介して接続されており、サーバ上にあるメインプログラム (Main Program)、地図データ (Map Data)、属性情報 (Attribute Data) などが Castanet Transmitter から Castanet Tuner を通して送られてくる。また、各クライアントが地図データや属性情報を自由に変更可能にすれば、データの改悪などの問題が起こりうるため、サーバ上でのみ修正・変更を許し、各クライアントからはデータの閲覧のみが可能としている。さらに、GPS データ受信プログラム (GPS Connect Program) はシリアルポートに接続された GPS 受信機 (GPS Receiver) から送られ

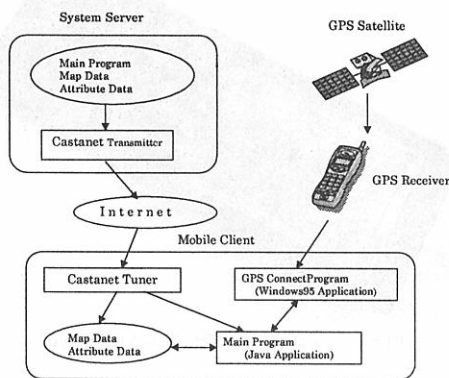


図6 本システムの概要

本システムが稼働中の Mobile Client と GPS 受信機を図7に示す。

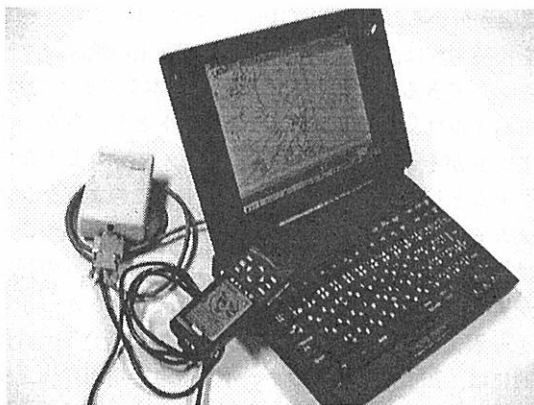


図7 モバイルコンピュータとGPS受信機の接続

3.1 地図データフォーマット

本システムの地図データとなる Zmap の特徴を以

下に示す。

- (1) 表示用データは線の集合で表されている。線の集合は、任意の数のつながっている線を部分集合として構成されている。
- (2) 地図の形状には、一般的な線、点、ポリゴン、中抜きポリゴンの4種類がある。道路や鉄道など意味をもつ形状は、それらが集まって一つの階層をなしている。それぞれの階層は選択的に重ね合わせて表示できる。
- (3) 各形状には属性情報が関係づけられている。属性情報には、関係づけられている形状の住所や住人の名前などがある。

Zmap の表示画面を図8に示す。図8上の地図は神戸大学の周辺を表している。マウスを用いれば、表示されている地図を拡大縮小したりスクロールさせることができる。



図8 Zmap の画面

Zmap は大規模な地図データベースであるため、蓄積されている情報も膨大である。このため、本研究で実験するのに十分な地域のみ（特に神戸市内）の情報を Zmap の Add-in プログラムで切り出して利用している。さらに、不要な情報は地図データフォーマットから削除している。本システムの地図データフォーマットの特徴を以下に示す。

- (1) 表示用データは線の集合で表されている。線の集合は、任意の数のつながっている線を部分集合として構成されている。
- (2) 地図を構成する形状は次の2種類からなる。
線形状 (Line 型) 主に道路や鉄道の輪郭を表すために用いる。
ポリゴン形状 (Polygon 型) 主に建物を表

するために用いる。

- (3) 病院や公的機関など意味的に同じものを集めて一つの階層としている。それぞれの階層は、選択的に重ね合わせて表示できる。
- (4) 各ポリゴン形状には属性情報を関係づけている。属性情報には、関係づけられているポリゴン形状の説明を記した HTML データなどがある。

3.2 自動更新ソフトウェア群

本システムでは、稼働時にすべてのデータをクライアントに置き、モバイルコンピュータとサーバ間では更新すべきデータのみをやり取りしながら、両者間での情報の共有を実現している。このデータのやりとり、つまりクライアントのデータを自動更新するためのソフトウェアとしては、米 Marimba 社で開発された Castanet を使用している。Castanet はプッシュ技術に応用し、データのみでなく Java で書かれたプログラムを Channel として一まとめにして、サーバからクライアントへ配信するソフトウェアである⁵⁾。Castanet Tuner の画面を図 9 に示す。

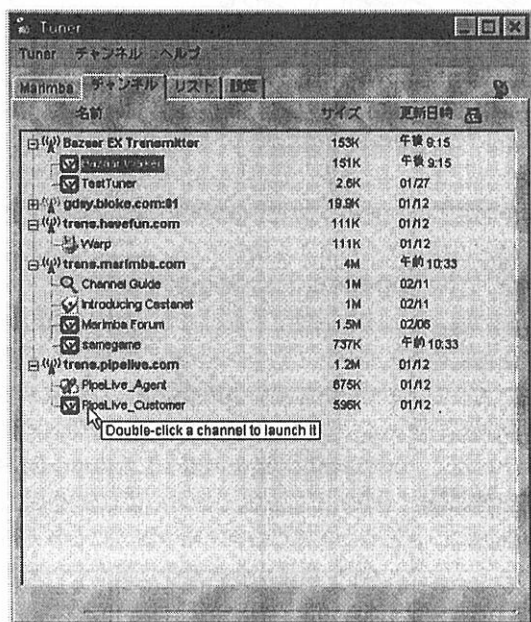


図 9 Castanet Tuner の画面

図 9 の中央には Castanet Tuner に登録されている Transmitter と Channel が表示されている。Channel をダブルクリックすれば、Castanet Tuner を起動することができる。また、サーバの IP アドレスを新たな Transmitter として登録すれば、登録されたサーバから Channel を受信することができる。

3.3 プログラム構成

本システムは Castanet 上の Java で記述されたプログラムの集まりである。また、プログラムを含めて、地図データや属性情報のすべてが Castanet の Channel として作成される。クライアントは、本システムが Channel として登録されている Transmitter にアクセスして、プログラムやデータをダウンロードする。ただし、すべてのデータをダウンロードするのは最初の起動時のみで、次の接続からは変更された地図データや属性情報のみがダウンロードされる。したがって、何らかのトラブルでネットワークが寸断されて Transmitter にアクセスできなくなっても、最後に起動した状態で本システムを再起動することができる。また、ネットワークに接続できる手段を確保してから Transmitter にアクセスすれば、その時点での最新の地図データを得ることができる。

GPS 受信機は GPS 衛星からの位置情報をシリアルポートを経由してコンピュータに送っているが、Java にはシリアルポートからデータを読み取る機能が用意されていない⁷⁾。このため、GPS のデータ読み取り部のみ Windows95 ネイティブなプログラムとして Microsoft VisualC++ で記述し、Java プログラムの間でデータ通信して GPS からのデータ読み取りを実現している。また、セキュリティの関係上、Castanet は各マシンにネイティブなプログラムを配信することはできないために、GPS データ読み取りプログラムはクライアントマシンに予めインストールしておき、Java で書かれたメインプログラムとは別に起動するようにしている⁸⁾。

3.4 GPS データの座標変換

緯度経度は一意的に地球上の場所を示しているわけではなく、利用する測地系によって数百メートルの誤差を示すことが多い。誤差の発生は、地球が完全な真円ではなく、南北にわずかに潰れた楕円体であることに起因している。地球の赤道半径と歪みを示す偏平率はいくつか発表されているが、日本ではベッセル楕円体という $a = 6377397.155m$, $f = \frac{1}{299.152813}$ の楕円体を利用している。ただし、 a は赤道半径、 b は偏平率である。これに対して、GPS ではより地球の形を正確に表す WGS-84 と呼ぶ $a = 6378137m$, $f = \frac{1}{298.257223563}$ の楕円体を利用している。なお、ベッセル楕円体を基準にした測地系を TOKYO 測地系と呼び、WGS-84 楕円体を基準にした測地系を WGS-84 測地系と呼ぶ。

日本では、明治の中頃に国土の測量が行われた際に TOKYO 測地系が採用されたため、それ以後の地図 (Zmap を含む) はすべて TOKYO 測地系を基準に

している。しかしながら、GPS では WGS-84 測地系を基準にしているため、緯度経度の誤差が生じている。この誤差を補正するためには、座標変換を行わなければならない。WGS-84 測地系の緯度、経度、高度から変換された三次元直交座標系の x, y, z は以下の式によって測地系変換を施され、TOKYO 測地系の三次元直交座標に変換される。

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cos L \\ Y &= (N + H) \cos B \sin L \\ Z &= \{N(1 - \exp^2) + H\} \sin B \end{aligned} \quad (1)$$

さらに、以下の式によって TOKYO 測地系の緯度、経度、高度になる。

$$\begin{aligned} B &= \arctan \left\{ \frac{Z + \exp'^2 b \sin^3 \theta}{p - \exp'^2 a \cos^3 \theta} \right\} \\ L &= \arctan \left(\frac{Y}{X} \right) \\ H &= \left(\frac{p}{\cos B} \right) - N \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、

$$\begin{aligned} N &= \frac{a}{(1 - \exp'^2 \sin^2 B)^{\frac{1}{2}}} \\ p &= (X^2 + Y^2)^{\frac{1}{2}} \\ \theta &= \arctan \left(\frac{Za}{pb} \right) \\ \exp'^2 &= \frac{a^2 - b^2}{a^2} = f(2 - f) \\ \exp'^2 &= \frac{a^2 - b^2}{b^2} \end{aligned}$$

である。 (x, y, z) は点の位置を表す座標、 B は緯度、 L は経度、 H は楕円体からの高さ、 a は準拠楕円体の赤道半径、 b は短軸の長さ、 f は偏平率である。また、WGS-84 測地系から TOKYO 測地系への変換は、変換式 (1) によって得られた x, y, z の各値に $\Delta X = 146.43m$, $\Delta Y = -507.89m$, $\Delta Z = -681.46m$ をそれぞれ加算してやればよい²⁾。以上の式から得られた TOKYO 測地系の緯度経度の値を、さらにガウスクリュージュ等角投影図法によって平面座標に変換して地図座標を得ている³⁾。

4. システムの応用例

以下では、本システムを利用して実現可能な応用例を示す。

4.1 医療施設の表示

本システムの実行画面を図 10 に示す。図の左半分に表示されている地図は阪急六甲駅近辺を中心とした表示である。道路は線形状、建物はポリゴン形状とし

て表されている。また、マウスがアてられている建物(鏡医院、画面上では Kagami Iin と表示されている)に関する医療情報(診察時間、専門科目、電話番号)を HTML データにしたものが図の左半分に表示されている。また、右上の GPS ボタンをクリックすれば GPS 受信機からのデータ読みとりを開始することができる。さらに、その他のボタンで 2D 表示と 3D 表示を切替えたり、地図の拡大縮小やスクロールを行うことができる。

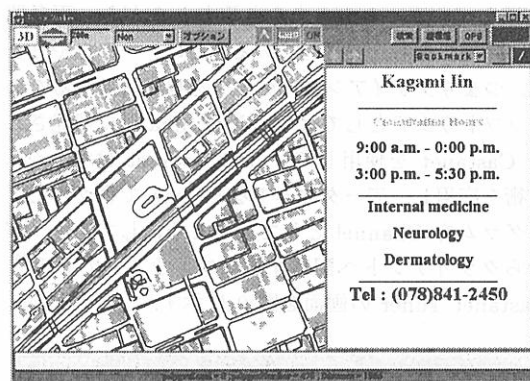


図 10 本システムの実行画面

4.2 位置情報の測位

すでに述べたように、GPS を用いた測位には誤差が生じる。このため、以下では実際に測位を行ってどれほどの誤差が生じるかを検討する。実験での測位時間は、GPS 受信機が測位に必要な数の GPS 衛星(本実験の場合は 2 次元測位で十分なので、最低 3 個の衛星を捕捉する必要がある)をキャッチしてから 5 分間としている。また、測位時間の最後に得られた値を実験結果としている。なお、実験結果を測位時間内の平均ではなく、測位時間中の最後の値としたのは、GPS 受信機の値が GPS 衛星を捉え始めの頃は安定せず、時間が経つとともに正確な結果を出すようになるからである。また、GPS 衛星からの電波は雲などの障害物にあまり強くないため、晴天の日の実験を行なった。

図 11 に神戸大学工学部情報知能工学科棟前の駐車場で測位した結果を示す。四角の印は測位した位置、菱形の印は GPS から得られた結果を示している。図 11 における GPS で測位した位置と実際の位置との誤差は 49.7m である。同様に、JR 六甲駅前のバス停で測位した結果は 39.8m である。また阪急三宮駅東口から出た交差点で測位した結果は 94.6m である。この 3 回の実験の結果からもわかるように、GPS の示す位置と実際の位置との間には、30m から 100m

の誤差が生じている。

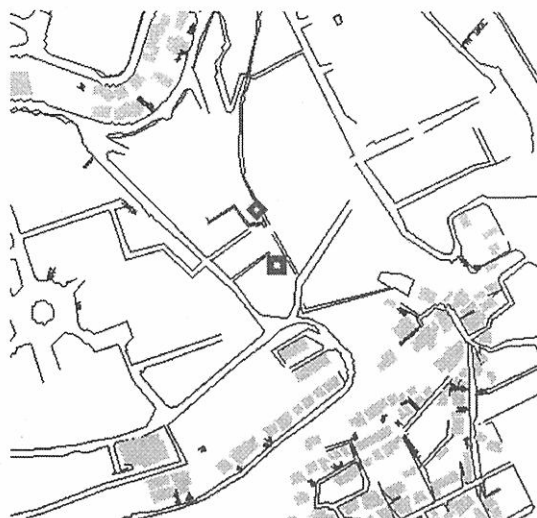


図 11 情報知能工学科棟近辺のデータ。

5. ま と め

携帯型地図システムは、地図データを容易に修正変更できる点や共有が可能な点など、利用価値は高い。しかし、地図データには含まれている情報が多いため、インターネットのような帯域の狭いネットワークに情報を通すことは負荷がかかり過ぎる。このため、従来、インターネットを活用した携帯型地図システムはあまり考えられなかった。

一方、公共性の高い地図をオープンに公開する必要性は、特に阪神淡路大震災といった緊急事態が発生したときに高まる。その観点から、本システムの最大の利点は、サーバにすべての情報を一本化し、クライアントは地図データの変更部分のみを自動更新して、地図データの更新を行う際のネットワークへの負荷を緩和させることにある。また、本システムの応用範囲は緊急事態だけでなく、観光地や商店街などのきわめて限定された地域に密着した情報を、データの自動更新という機能を用いてリアルタイムで提供するというサービスも考えられる。今後は、以下のようなシステムの拡張が必要になると考えられる。

まず第1に、GPS によって生じる誤差の補正について検討しなければならない。前章で述べたように、GPS による測位では誤差が最大で約 100m 発生する。このような誤差を補正するために、以下のような技術が提案されている。

- (1) 慣性航法: ジャイロ装置を車のタイヤに取りつけ、速度と進行方向から移動位置を計算する。

ただし、得られる値は測定開始場所からの相対的な位置なので、GPS で原点となる位置を記憶させる必要がある。

- (2) マップマッチング機能: 車が通るのは必ず道だと仮定して、GPS から得られた位置が道の上でない場合には、強制的に近くのに道に位置をあわせる。
- (3) DGPS: Differential GPS の略称である。GPS に比べて測位精度は高く、誤差は数メートルと言われている。公的機関があらかじめ測定した誤差の値を、電波ビーコンや FM 放送などで携帯型地図システムに送る。

以上の方法を組み合わせることによって、最近のカーナビゲーションシステムでは誤差をほぼ 0 に近い状態にすることが可能になっている。しかしながら、慣性航法は速度と進行方向を得るために、特別な測定機器を携帯する必要がある。また、DGPS では誤差に関する情報の獲得に、電波ビーコンや FM 放送を利用するため、通信業者との協力が必要となる⁴⁾。このため、GPS による誤差の補正として、携帯型地図システムではマップマッチング機能による補正を研究していくことが望ましいと考えられる。

第2に、地図データサイズの圧縮について検討しなければならない。本システムは、インターネットを介して地図データをサーバからクライアントに送っている。本研究では、データのサイズが小さくなるように地図データフォーマットを再定義したが、道路や建物など多くの情報を持つ地図データの場合には、データサイズの肥大化が避けられない。今後は、より小さなサイズで必要な情報を持つ地図データフォーマット、地図データの圧縮に関する研究も検討する必要があると思われる。

最後に、地図の検索機能を充実しなければならない。本システムでは、GPS によって得られた自分の位置情報を検索のキーワードにして、距離を考慮した地図検索を行なうことができる。さらに、データの変更部分のみを更新できる Castanet の機能を利用すれば、交通の渋滞状況や商品の価格といった、通常の電子地図では持つことのできない動的で細かな情報を常時更新することも可能である¹²⁾⁹⁾。このようにして得られた多種多様な地図情報の中から、必要な情報を的確に選び出す柔軟な検索機能の検討が必要になるとと思われる¹³⁾。

謝 辞

地図データ Zmap を提供して頂いた株式会社ゼンリ

ンに感謝致します。また、本システムの開発を手伝って頂いている本学工学部情報知能工学科（現在、NTTソフトウェア）高田義之君および小林正明君に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 菅原秀夫, 大沢 裕: ネットワーク分散型地理情報システム, 電子情報通信学会 1996 年総合大会, D-354 (1996).
- 2) 日本測地学会: 新訂版 GPS — 人工衛星による精密測位システム —, pp.174-177, 日本測量協会 (1989).
- 3) 細野武庸, 井内 登: 基準点測量, pp.255-262, 日本測量協会 (1987).
- 4) 岡村秀昭, 清水隆夫: アトラス RD for Windows 95 徹底ガイドブック, pp.162-245, ソフトバンク (1996).
- 5) 株式会社アスキー: 月刊アスキー 6 月号, pp.401-404, 株式会社アスキー (1996).
- 6) 国土地理院: <http://www.gsi-mc.go.jp/>
- 7) Sun Microsystems Inc.: <http://www.sun.com/>
- 8) Marimba Inc.: <http://www.marimba.com/>
- 9) 田野倉保雄, 五十嵐幸雄: 走り出すコネクテッド・カー, 日経エレクトロニクス, No.714, pp.115-131 (1998).
- 10) 坂本真一: ウェアラブル・コンピュータの誕生, 日経エレクトロニクス, No.718, pp.51-55 (1998).
- 11) 枝洋樹, 今井拓司: 手のひらにナビゲータ, 日経エレクトロニクス, No.721, pp.109-131 (1998).
- 12) 今井拓司: インターネットを流れる位置情報の標準化, カーナビや PDA ねらう, 日経エレクトロニクス, No.723, pp.41-44 (1998).
- 13) 水口充, ジョージ ボーデン, 柏木宏一, 増井俊之: なめらかなユーザインタフェースによる地図情報検索システム, コンピュータソフトウェア, Vol.14, No.3, pp.51-60 (1997).