

GoogleMap と数値地図 2500 を活用した災害時 最短避難経路提示システムの開発

渡 邊 博 之^{†1} 成 田 祐 一^{†1} 大 山 勝 徳^{†1}
加 瀬 澤 正^{†1} 武 内 惇^{†1} 竹 中 豊 文^{†1}

災害時に現在地から避難所までの最短経路を地図上に提示することは、安全で迅速な避難を行うために重要である。本研究では、国土地理院発行の数値地図 2500 を基に ID とグループ番号を付けて道路を作成する方法を提案している。避難所や通行不能箇所は XOOPS をプラットフォームとしてデータベースに登録している。現在地は、携帯電話では GPS や基地局、WiFi 付ノート PC ではアクセスポイントを基に測位し、避難所までの最短経路をダイクストラ法で求め、移動経路と共に提示している。実験運用の結果、GoogleMapsAPI 関数では公道を辿るが、数値地図 2500 では実際の避難経路に近い提示ができた。本手法と実測値との誤差は 6% であり、実測値は横断歩道や道路の凸凹で長めとなることを示した。

Development of Shortest Path System for Emergency Use of Google Map and Digital Map 2500

HIROYUKI WATANABE,^{†1} YUICHI NARITA,^{†1}
KATSUNORI OYAMA,^{†1} TADASHI KASEZAWA,^{†1}
ATSUSHI TAKEUCHI^{†1} and TOYOFUMI TAKENAKA^{†1}

It is important to present the shortest path from the current location to the shelter on the map for finding shelters safely and rapidly in the case of a disaster. In this research, the method of making many paths is proposed by the assignment of ID and group number based on the digital map 2500 of the Geospatial Information Authority of Japan. XOOPS is one of the platforms used for the registration of shelters, paths, and broken paths to data base. The present location is estimated by a cellular phone, or estimated by a laptop computer with WiFi, based on the access point. The shortest path by Dijkstra method, and the walking path are presented. As a result of experimental use, it could be shown that the path of the digital map 2500 gives better matches for the actual walking paths more often than the GoogleMapsAPI function. The relative error by the calculation value and the measurement value was 6%, and it showed that the measurement value was longer than the calculation value due to bumps in the crosswalk and the slope.

1. はじめに

本年 3 月 11 日の東日本大震災では、従来から利用されている携帯電話の「災害用伝言ダイヤル」に加え、新たに PC のインターネット機能を利用した「災害用伝言板」が登場し、1 週間で 123 万件以上のアクセスがあった。災害時には携帯電話の回線が混雑するため、PC の利用できる環境であれば、断片的な情報でも有効である。しかし、伝言ダイヤルや伝言板は避難所までの誘導を対象としたシステムではない。大震災でなくても洪水、土砂崩れなどの発生において、現在地から避難所までの最短経路を地図上に提示できれば、安全で迅速な避難を行うことができる。避難所は各市町村のハザードマップなどで公開されているが、これをシステム化するにはいくつかの問題点がある。

第 1 は避難経路作成の問題点である。経路探索を行うには通行不能箇所を交通渋滞に、避難所を目的地に置き換えれば、カーナビシステムが活用できるが、有料の地図をダウンロードする必要がある。質の高い地図を無料で利用するには GoogleMap が一般的であり、経路と距離を提示するアプリケーションも提供されている¹⁾。しかし、GoogleMapsAPI の提供する経路は公道に限られ、構内や避難所の入口は考慮されていない。また、数多い経路の中から最短経路を求める方法が問題となる。

第 2 は現在地と避難所を検索時に入力しなければならない問題点である。現在地は、携帯電話では GPS 衛星や基地局から取得できる。これに対して、GPS 機能をもたない PC では現在地の取得方法が問題となる。

第 3 は災害時に実際の道路に通行不能箇所が生じ、迂回ルートが分からず、通行止めや交通渋滞に遭遇する問題点である。一般に、通行不能箇所は行政担当者など「管理ユーザ」の巡回パトロールによって把握できるが、これらの作業には多くの労力と時間が必要となる。

第 4 は携帯電話や PC で登録した道路や避難所は、それぞれ独立したシステムではデータが連携できない問題点である。データベースの共有によって情報は共有できるが、携帯電話は回線容量が小さく、PC のように豊富な機能が使えない。これに対して、PC ではメモリ容量が大きいため、移動経路などはサーバのデータベースを利用しなくてよい場合がある。

本研究では、通行不能箇所を避けて避難所までの安全な最短経路を携帯電話や PC で地図上に提示するシステムを開発している。先ず、国土地理院発行の数値地図 2500²⁾ を基に道路を ID とグループ番号を付けて作成する方法を提案している。避難所は XOOPS をプラットフォームとしてデータベースに登録している。現在地は、GPS 付携帯電話（以下では GPS の有無に関わらず携帯電話と略す）では GPS や基地局を基に、

^{†1} 日本大学工学部
College of Engineering, Nihon University

WiFi 付ノート PC（以下ではノート PC と略す）ではアクセスポイントを基に測位し、避難所までの最短経路をダイクストラ法で求めている³⁾。このため、「一般ユーザ」は現在地と避難所の入力、及び最短避難所の選択を考える必要はない。また、「管理ユーザ」が XOOPS を用いて通行不能箇所を設定を行えば、それを考慮した最短避難所と経路を提示している。移動経路は携帯電話ではデータベースを用い、ノート PC では画面ごとのセッションデータを用いて提示している。実験の結果、経路作成法による避難所の違いを検討した。また、通行不能箇所の設定によって、避難経路がどのように変化するかを示した。更に、携帯電話やノート PC による現在地の測位誤差、経路算出法と実際の距離との誤差について検討した。

2. 関連研究

第 1 の問題点である経路作成に関しては、「ぐるなび」や「駅すばあと」のように現在地と目的地を指定すれば、距離や時間を重みとして 2 点間の最短経路を検索するシステムがある⁴⁾。GIS と携帯電話を活用して避難所などの情報を収集するシステムも提案されている⁵⁾。しかし、いずれも避難所をリンクによって指定しているに過ぎず、数多い道路から避難所までの経路を地図上に作成していない。

第 2 の問題点である現在地の取得法に関しては、WiFi 無線 LAN のアクセスポイントを基に現在地を取得する方法が考えられる⁶⁾。PlaceEngine を用いた測位法はショッピングサイトの探索に活用した例はあるが、災害時の避難所検索への報告はない。

第 3 の問題点である通行不能箇所の設定に関しては、多くのユーザから通行止めや交通渋滞箇所を入力してもらうため、SNS の一つである XOOPS をプラットフォームとしたプログラムの開発がある。例えば、GoogleMap 上に緯度と経度を指定し、記事の書き込みや写真のアップロードが可能な gisBoard である⁷⁾。しかし、通行不能箇所の設定はできない。また、この度の大震災で、Google では Picasa をアプリケーションとして避難者名簿を「名簿画像公開システム」で公開している⁸⁾。しかし、位置情報を処理していないため、写真の提示に過ぎず、避難所が地図上に提示されない。

第 4 の問題点である携帯電話や PC の利用に関しては、GPS 付携帯電話を用いて避難所までを個別誘導する報告がある⁹⁾。また、列車ダイヤ乱れによる経路選択支援システムを用いて最短経路を示すだけでなく、通常経路と迂回経路の予想所要時間を合わせて提供するシステムも開発されている¹⁰⁾。しかし、前者は携帯電話、後者は PC 専用であって、一方が他方の代替として利用できないシステムである。

3. 経路作成と最短避難経路算出

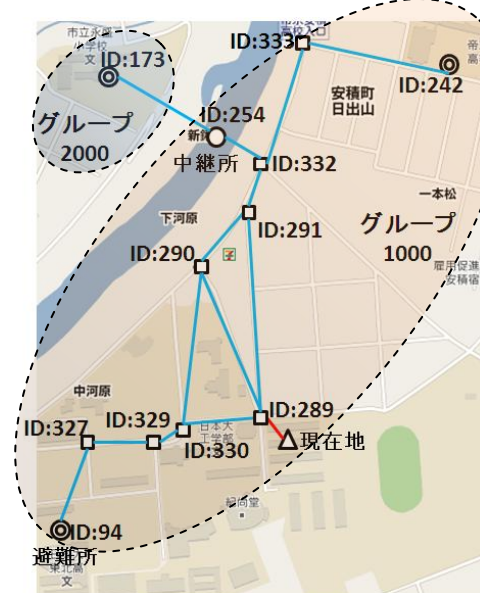
PC の場合は GoogleMapsAPI 関数の loadFromWaypoints を用いることによって道路に沿った距離が計算できる。しかし、携帯電話では JavaScript が利用できないため、

この API を用いることはできない。そこで、携帯電話や PC で GoogleMap 上に道路を描くため、国土地理院が発行する数値地図 2500 を用いる。数値地図 2500 は XY 軸を基にする平面直角座標系が用いられ、福島県の原点は 9 系（北緯 36°，東経 139° 50'）に属している。一方、GoogleMap ではグリニッジ子午線と赤道の交点を原点として、極座標系（標高 h，経度 θ ，緯度 ϕ ）の緯度経度を degree 形式で表している。そこで、数値地図 2500 を GoogleMap の位置座標に変換して 2 点間の距離を求める。

3.1 数値地図 2500 による経路作成

図 1(a)は数値地図 2500 で描いた避難所までの経路を示している。避難所、中継所、道路点などには ID を設定する。△は現在地 (ID=0:日大)，◎は避難所 (ID=94:東北高，ID=173:永盛小，ID=242:帝京高)，○は中継所 (ID=254:永盛小への橋，ID=253:道路点)，□は道路点である。

図 1(b)は数値地図 2500 のファイル形式であり、XML となっている。「道路」タグには道路名が書かれ、「coordinate」タグには道路点の位置座標が書かれている。日大は原点から北に 151km，東に 48km に位置することがわかる。これらのタグを 1 行ずつ解読し、「道路」の ID と、「coordinate」の XY 座標を読み取る。また、次式を用いて緯度 X と経度 Y を、それぞれ緯度 ϕ と経度 θ に変換する¹¹⁾。



(a) 経路と避難所

(a) Paths and shelters

```
<道路 id="RB070900204061">
  (略)
<controlPoint>
<column><direct>
  <coordinate> 151015.7 48456.5 </coordinate>
</direct></column>
<column><direct>
  <coordinate> 151004.8 48455.5 </coordinate>
</direct></column>
</controlPoint>
  (略)
</道路>
```

(b) 数値地図 2500 のファイル形式

(b) File format of digital map 2500

図 1 数値地図 2500 による経路と避難所の例

Fig. 1 Example of path and shelter by digital map 2500

$$\varphi = \varphi_0 - \frac{1}{2} \frac{1}{N_1^2} \tan \varphi_1 \left(1 + \eta_1^2 \left(\frac{y}{m_0} \right)^2 + \dots \right) \quad (1a)$$

$$\theta = \theta_0 + \frac{1}{N_1 \cos \varphi_1} \left(\frac{y}{m_0} \right) - \dots \quad (1b)$$

但し、 φ_0 は座標系原点の緯度、 θ_0 は座標系原点の経度、 $\eta_1^2 = e'^2 \cos^2 \varphi_1$ である。また、 φ_1 は道路点 1 の緯度、 m_0 は座標系原点の縮尺係数、 N_1 は卯酉線曲率半径、 e' は第二離心率である。

災害時の目的地は避難所であるため、避難所と道路を結ぶことは意味があるが、避難所と避難所とを結ぶことは意味がない。そこで、避難所と避難所以外（中継所、道路、現在地）を区別するため、カテゴリを設ける。現在地は新たな任意の位置に道路点として追加され、最短の道路点と接続される。しかし、現在地と最短道路を直線で接続すると、山、谷、川、線路などをまたぐ箇所が生じ、実際には通行不能の状況が生じる。そこで、現在地に対応する住所を探索し、どの道路付近に属するかを区別するため、グループ番号を設ける。この提案は、ip アドレスをネットワークアドレスとホストアドレスに分解することに相当する。

表 1 は図 1 の経路設定の例を示している。道路と道路は「ID」に「接続先 ID」を設定することによって結ばれる。また、ID には緯度経度から住所を割り出す逆ジオコーディング¹²⁾を用いてグループ番号を付ける。現在地の ID は常に 0 であり、GPS によって測位された緯度経度から住所が検索され、グループ番号が自動で付けられる。

表 1 図 1 における経路設定の例

Table 1 Example of setting paths for Fig.1

ID	名称	カテゴリ	グループ	接続先 ID
94	東北高	避難所	1000	327
173	永盛小	避難所	2000	254
242	帝京高	避難所	1000	333
254	小学橋	中継所	1000	173,332
289	五叉路	道路点	1000	290,291,330
290	道路点 A		1000	289,291,330
291	道路点 B		1000	289,290,332
327	西門 B		1000	94,329
329	西門 A		1000	327,330
330	本館		1000	289,290,329

3.2 最短経路算出のアルゴリズム

現在地から半径 1km 以内の避難所を選択するため、2 点間の距離を測地線航海算法で求める。1km はいくつかの避難所が存在する範囲であり、かつ道路点が多いと計算処理が長時間に及ぶため、計算範囲を限定するために設定した距離である。次に、選択された避難所までの最短経路をダイクストラ法で求める。

(1) 測地線航海算法

地点 1 の緯度を φ_1 、経度を θ_1 、地点 2 の緯度を φ_2 、経度を θ_2 とすると、それぞれの化成緯度 λ_1 、 λ_2 は次式で表される。

$$\lambda_1 = \tan^{-1} \left(\frac{B}{A} \tan \varphi_1 \right), \quad \lambda_2 = \tan^{-1} \left(\frac{B}{A} \tan \varphi_2 \right) \quad (2)$$

但し、 $A=6,378,140\text{m}$ （地球赤道半径）、 $B=6,356,755$ （地球極半径）である。また、緯度・経度は dms 形式を degree 形式に変換し、更に角度をラジアンに変換した単位を用いる。地球を球形と見なした時、球面上の距離 x は次式で表される。

$$x = \cos^{-1} \{ \sin \lambda_1 \cdot \sin \lambda_2 + \cos \lambda_1 \cdot \cos \lambda_2 \cdot \cos(\theta_1 - \theta_2) \} \quad (3)$$

従って、測地線航海算法による 2 地点間の直線距離 d は次式で表される。

$$d = A(x + \Delta \rho) \quad (4)$$

但し、 $\Delta \rho$ は Lambert-Andoyer 補正であり、次式で表される。

$$\Delta \rho = \frac{F}{8} \left\{ \frac{(\sin x - x)(\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)^2}{\cos^2(x/2)} - \frac{(\sin x + x)(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)^2}{\sin^2(x/2)} \right\} \quad (5)$$

但し, $F=(A-B)/A$ である.

なお, GoogleMapsAPI には 2 点間の直線距離を求める関数として次式で表される geoGetDistance がある.

$$\text{geoGetDistance} = 69.09x \quad (6)$$

式(4)の角度を[deg]から[rad]に, 距離を[m]から[mile]に変換し, $\Delta \rho = 0$ とすると, 式(6)が得られる.

(2) ダイクストラ法による最短経路の算出

全道路点数を m , 最短経路が確定している点 i の集合を $N=\{\dots, m\}$, 始点 S から避難所までの未確定の点 j の集合を $U=\{1, 2, \dots\}$, 各道路点の前の道路点を表す配列を a_i , 各道路点の距離を d_{ij} とする時, ダイクストラ法は以下の手順 1~手順 4 によって各道路点への最短経路が一つずつ確定される方法である.

手順 1: 初期状態は $N=\{0\}$, $U=\{1, 2, \dots, m\}$, $a_0=0$, $a_j=\infty$, $p_j=0$ (但し, $j=1, 2, \dots, m$) とする.

手順 2: i に隣接する全ての道路点 j において, $a_j > a_i + d_{ij}$ かつ $d_{ij} < \infty$ ならば $a_j = a_i + d_{ij}$, $p_j = i$ とする.

手順 3: $\min a_j = a_{j_0}$ (但し, $j_0 \in U$) となる j_0 を求める.

手順 4: j_0 を U から取り除き, N に加える. $U=\emptyset$ なら終了する. そうでない場合は, $i=j_0$ において手順 2 に戻る.

実際のプログラムでは配列を用いず, リスト構造で道路点を管理することによって, メモリ容量の軽減と高速化をはかっている.

3.3 移動経路の提示

避難所までの経路は同じでも, 現在地までの移動経路はユーザーによって異なる. 移動経路が提示できれば, 交差点などで次に進む方向が把握できるため, 一般ユーザは安心して避難所まで移動できる. そこで, 携帯電話の場合は個体識別番号と現在地をデータベースに保存し, 最短避難経路と共に移動経路を GoogleMap 上に提示する. 一方, PC ではセッションを利用して現在地を保存することによって, サーバとの通信回線を最小限にして移動経路を提示する.

4. システム構成

クライアントは GPS 付携帯電話や WiFi 付ノート PC で構成している. サーバは CMS の一つである XOOPS2.1.4 をプラットフォームとして, 「管理ユーザ」, 「登録ユーザ」, 「一般ユーザ」によって異なる情報を提供するコミュニティサイトを構成している. XOOPS は SNS 技術を活用しているため, 迅速かつ信頼できる情報が収集できる. プ

ログラムの開発には PHP5.2, データベースには MySQL5.1 を用いている.

図 2 は本システムの構成を示している. サーバは道路登録プログラム, 避難所登録プログラム, 避難所提示プログラムで構成され, それぞれ道路情報, 避難所・中継所情報, 移動位置情報がデータベースに保存される. 先ず, 管理ユーザまたは登録ユーザがノート PC を用いて道路登録プログラムで数値地図 2500 を基に ID とグループ番号を付けてデータベースに道路を登録する (①). 次に, 携帯電話またはノート PC から避難所登録プログラムを用いて, 避難所や中継所の名前, 緯度経度, 記事, 画像を避難所・中継所情報としてデータベースに保存する (②). 「一般ユーザ」が携帯電話またはノート PC で URL を指定することによって避難所提示プログラムにアクセスする (③). このとき, 携帯電話では GPS 衛星や基地局の測位要求が中継会社へ送信され, 中継会社からの現在位置が携帯電話へ送信される (④). 携帯電話の個体識別番号と現在地がデータベースに登録され (⑤), 移動経路として提示される (⑥). ノート PC ではアクセスポイントを基にした現在地が PlaceEngine 会社からノート PC へ送信され (④), セッションデータとして保存される. サーバでは現在地から半径 1 km 以内の避難所を基にダイクストラ法によって最短経路が求められ, クライアントに避難所と移動経路が提示される (⑦).

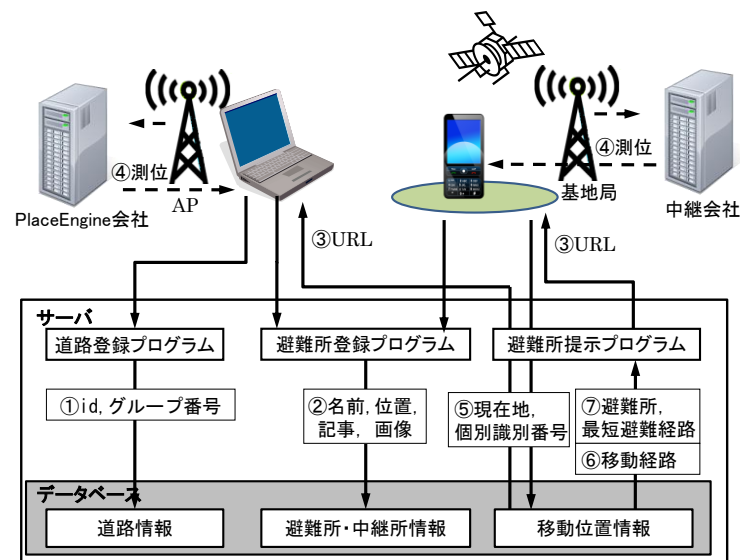


図 2 災害時最短避難経路提示システムの構成
Fig. 2 Composition of shortest path system for emergency

5. 運用と結果

「管理ユーザ」やボランティアなどの「登録ユーザ」は携帯電話や PC を用いて避難所や通行不能箇所をデータベースに登録する。また、「管理ユーザ」は道路点を作成し、ID とグループ番号を付けてデータベースに登録する。「一般ユーザ」は携帯電話やノート PC によってサーバにアクセスする。以下では、現在地から避難所までの最短経路が経路算出法によってどのように異なるかを検討している。また、携帯電話やノート PC による現在地の測位誤差、避難経路算出法と実際の距離との誤差について検討している。

5.1 避難所の登録

図 3 は「管理ユーザ」が携帯電話でログインした場合の避難所登録画面を示している。(a)はエージェント (DoCoMo) が検出されて現在地の緯度と経度が取得され、GoogleMap 上にマーカが示されている。現在地の補正が必要な場合は、テンキーでマーカを移動させて避難所を登録する。(b)はその後の記事編集である。避難所名や写真のアップロードを行う。(c)はグループ登録であり、住所一覧を参考にグループ番号を入力する。

図 4 は「管理ユーザ」が PC でログインした場合の避難所登録画面を示している。

(a) 避難所登録 (b) 記事編集 (c) グループ登録

(a) Registration of shelters (b) Editing of text (c) Registration of groups

図 3 携帯電話による避難所登録 (管理ユーザ)

Fig. 3 Registration of shelter by a cellular phone (administrator)

(a) 避難所登録

(a) Registration of shelters

(b) グループ登録

(b) Registration of groups

図 4 PC による避難所登録 (管理ユーザ)

Fig. 4 Registration of shelters by PC (administrator)

(a)のgisBoardで⁷⁾、右下の「書込み」をONにした後、地図上のマーカーを用いて避難所の緯度経度を指定し、避難所名の編集や写真のアップロードを行う。更に、緯度経度に対応する住所を基にグループ番号を付加する。(b)はグループ登録の画面を示している。橋などの中継点は接続先IDを入力する。洪水などで橋が崩壊の恐れがある場合は、接続先IDをなくすか、通行不能箇所チェックをマークする。

5.2 最短避難経路と移動経路の提示

図5(a)はノートPCでサーバにアクセスした場合の最短避難所画面を示している。左下の「現在地を取得」をクリックすると、PlaceEngine会社によって取得された緯度経度がサーバに送信される。マーカーは半径1km以内の避難所5箇所を示している。細い赤線は避難所までの最短直線(2点)である。川があるため、避難所までは直線で行けず、橋を渡った永盛小が2番目の最短経路となる。太い赤線はGoogleMAP関数による最短経路2点である。学内の道路もあるが、公道を通る道路となっている。地図上の左上スクロールバーによって拡大・縮小、移動が行われる。マーカーをクリックすることによって携帯電話やPCで登録した避難所の記事が提示される。実際の経路は東北高の西門が閉鎖されているため、GoogleMapsAPI関数の避難経路のように通行できない。また、マーカーのある避難所の入り口までの道路ではなく、公道で止まっている。太い青線は移動経路を示している。現在地と道路は結ばれていない。移動経路は次に進むべき方向が不明の場合に、コンパス代わりに経路の選択に役立ち、過去に移動した距離の把握に役立つ。

図5(b)は数値地図2500で作成した経路を示している。東北高までは実際に歩く経路に近く、直線とGoogleMapの中間の経路となっている。経路は避難所の入口まで結ばれている。現在地と道路とも結ばれている。移動の途中で通行不能箇所が生じた場合は、新たな最短避難所と経路が提示される。

5.3 通行不能箇所による経路変化

図6(a)は携帯電話でサーバにアクセスした場合の避難所を示している。GPS付携帯電話のエージェント(DoCoMo)が判別されている。スマートフォンや無線LAN付ノートPCの場合はMSIEと示される。現在地から半径1km以内の避難所2箇所がGoogleMap上にマーカーで示されている。テンキーを操作することによって、地図の移動や倍率の変更ができ、周辺の道路状況を詳細に見ることができる。最短避難所の2箇所(A点、B点)のリンクをクリックすると、写真付避難所の情報が提示される。(a)は橋が通行可の場合であり、現在地からの最短避難所はA点の東北高(609m)である。次はB点の永盛小(867m)である。なお、永盛小へは直線距離で753mである。これらは図5(b)と同一経路である。

図6(b)は洪水で永盛小への橋が通行不能となった場合の最短避難経路である。避難所Aは同じであるが、避難所Bは帝京高の1,083mに変更され、永盛小へは2,222mと変化している。3月11日の東日本大震災時には通行不能の橋が生じ、周辺道路が混雑



(a) GoogleMapsAPIによる避難経路
(a) Paths for emergency by GoogleMapsAPI



(b) 数値地図2500による避難経路
(b) Paths for emergency by digital map 2500

図5 PCによる避難所(一般ユーザ)
Fig. 5 Paths and shelters by PC (general users)



(a) 「橋」が通行可の場合 (b) 「橋」が通行不可の場合
(a) In case of non-broken bridge (b) In case of broken bridge

図 6 通行不能による避難所の違い

Fig. 6 Shelters and paths difference between non-broken bridge and broken bridge

した。現在、永盛小付近に車の通行可能な橋が建設中であり、完成すれば災害時の避難において有用になると考えられる。

5.4 現在地の測位誤差

現在地を工学部基準点（緯度 37.35959，経度 140.38419）として，GPS 付携帯電話，携帯電話，無線 LAN 付ノート PC を用いて緯度経度を測定し，基準点との誤差を調べた。

表 2 は携帯電話とノート PC による基準点と測位点の誤差を示している。10m 以内の誤差を評価するため，緯度・経度は小数点 4 桁以上で表している。GPS 付携帯電話は人工衛星の移動に伴って電界強度が変化するため，測定回数ごとに現在地が異なる。GPS 衛星と現在地との通信回数 1 回毎の平均誤差は 33m である。複数回通信による緯度の平均と経度の平均から求めた誤差は $\pm 7m$ である。人工衛星からの電波を 1 回で測定するよりは，現在地を連続して測位したほうが，誤差は小さくなる。GPS の精度は民生用の場合，平地で半径 10m の仕様である。測定点の工学部基準点の前には 4 階

建ての本館があるため，33m と大きい。最近の GPS の精度は 10m 以内になっているが，今後発売される GPS 受信機はこれよりも誤差が小さくなると考えられる。携帯電話の簡易位置情報（オープン i エリア）は基地局からの電界強度で位置を特定するため，現在地に変化がなければ，測定回数に依らず緯度経度は同一値である。1 つの基地局で広範囲のエリアをカバーしているため，平均誤差は約 77m と大きい。しかし，建物が多くても市街地のほうが郊外より基地局が多いため，誤差は小さい。最短避難所までの相対誤差は 6% であり，避難所の誘導には問題ないと考えられる。

無線 LAN 付ノート PC はアクセスポイントの出力が小さいため，携帯電話に比べて電界強度が安定しない場合がある。利用できる範囲は電波の届く範囲に限定されるため，誤差は小さい。アクセスポイントの設置点は 3 階であるが，10m 離れた 1 階でも基準点との誤差は 3m であった。

表 2 携帯電話とノート PC による測位誤差

Table 2 Measurement error by cellular phones and notebook PC

携帯の種類	現在地（基準点）		基準点との誤差[m]
	緯度	経度	
GPS 付携帯電話	37.35984	140.38391	33 (1 回毎平均) ± 7 (複数回平均)
	37.35943	140.38457	
	37.35941	140.38411	
簡易位置情報	37.36030	140.38440	77
無線 LAN 付ノート PC	37.35960	140.38418	3~30

5.5 経路算出法による誤差

表 3 は現在地（工学部基準点）から避難所までの距離を示している。人間の遠近の感覚は指数関数的であるため，現在地から 400m，800m，1,600m 近くの避難所を検討した。測地線航海算法は直線距離の算出法である。GoogleMapsAPI 関数には，2 点間の直線距離を求めるために geoGetDistance があり，経路での距離を求めるために loadFromWaypoints がある。前者は基準点からの遠近に関わらず，測地線航海算法に対して誤差は $\pm 1m/km=0.1\%$ である。式(4)と式(6)は同一値であることがわかる。後者は geoGetDistance と loadFromWaypoints との中間値となっている。()内はアナログメジャーを用いて避難所までを往復し，平均した距離である。アナログメジャーでは道路の斜面等の高低差，凸凹の影響や，横断歩道を渡るなどのため，長距離になる場合が多い。本手法の実測に対する誤差は遠近に関わらず 50m 程度で，相対誤差は 6% 以内である。また，緯度方向は経度方向に比べて誤差が大きい。これは，地球を楕円または球面として計算することによる誤差と考えられる。

表 3 2 点間距離の算出法

Table 3 Distance between 2 places by some calculation methods

算出法	現在地からの距離[m]		
	東北高	永盛小	浮洲公園
測地線航海算法 (直線)	455	752	1489
geoGetDistance (直線)	454	751	1489
loadFromWaypoints	1049	978	1866
本手法 (実測の経路)	458 (467)	813 (862)	1588 (1642)

6. おわりに

本研究では、数値地図 2500 の道路を構成する緯度経度に ID とグループ番号を付けることによって、現在地から避難所までの経路を作成する方法を提案した。サーバは XOOPS をプラットフォームとしているため、管理ユーザや登録ユーザが携帯電話やノート PC を用いて避難所を共通のデータベースに登録できる。一般ユーザは携帯電話やノート PC を用いてサーバにアクセスすると、測地線航海算法で計算された現在地から半径 1km 以内の避難所を基に、ダイクストラ法を用いて求めた最短経路が GoogleMap 上に提示するシステムを開発した。

実験運用の結果、GoogleMapsAPI 関数を用いた場合は公道を辿った。しかし、数値地図 2500 を用いた場合は避難所の入り口や私道が道路として登録できるため、実際に近い経路が提示できた。また、通行不能箇所が容易に設定できるため、安全な最短経路が提示できた。特に、永盛小の橋は東日本大震災の時、周囲の橋が通行不能であった時に有用であった。更に、ノート PC では現在地をセッションに保存することによって移動経路を提示した。GPS 付携帯電話は衛星との通信回数を多くすることによって誤差が小さくなることを明らかにした。また、ノート PC は通信可能な範囲がアクセスポイントに限定されるために測位誤差が小さく、携帯電話で通信回線が混雑する場合の代用になることが明らかになった。避難経路の算出法については、GoogleMapsAPI 関数の geoGetDistance は基準点からの遠近に関わらず、測地線航海算法と同じ距離であった。本手法で求めた経路と実測値との移動経路は距離に関わらず 50m 程度の誤差であった。また、実際の移動経路は横断歩道や道路の凸凹などのため、計算値より長めであった。

参考文献

- 1) GoogleMapsAPI 関数,
<http://code.google.com/intl/ja/apis/maps/documentation/javascript/v2/reference.html>
- 2) 数値地図 2500(空間データ基盤)国土地理院, <http://www.gsi.go.jp/MAP/CD-ROM/2500/t2500.htm>
- 3) 渡邊, 他 5 名: “ノート PC と携帯電話を用いた災害避難経路提示システムの開発”, 2011 年電子情報通信学会総合大会, D-9-1, 77 (2011).
- 4) (株)ヴァル研究所: 駅すばあと, <http://ekiworld.net/3>.
- 5) 八木浩一: “携帯電話基地局情報を活用した交通流観測精度の実験的検証”, 日本災害情報学会第 9 回学会大会, pp.1-6 (2007).
- 6) クウジツ(株): PlaceEngine, <http://www.placeengine.com/>
- 7) gisBoard モジュール: http://cosmos.js.yamanashi.ac.jp/yn_webgis/modules/mydownloads/
- 8) Picasa Web AlbumsGoogleJapan, <http://picasaweb.google.com/tohoku.anpi>
- 9) 川村, 楠神, 菅原: “歩行移動を考慮するバス経路探索システム”, 情報処理学会論文誌, 46, 5, pp.1207-1210 (2005).
- 10) 土屋, ほか 5 名: “列車ダイヤ乱れ時における経路選択支援システムとその受容性評価”, 情報処理学会論文誌, 49, 2, pp.868-880 (2008).
- 11) GIS 国土地理院ホームページ, <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/>
- 12) 座標から住所を割り出す(逆ジオコーディング), <http://www.finds.jp/wsdocs/rgeocode/>