

電子地図に反映するためのGPS機能付きカメラによる測位に関する検討

Examination of latitude and longitude data measured using a GPS camera
to make pinpointing in an electronic map坂本憲昭[†], 森博美[†], 近藤章夫[†], 小沢和浩[†]

Noriaki Sakamoto, Hiromi Mori, Akio Kondo, Kazuhiro Ozawa

1. はじめに

GPS (Global Positioning System) による位置情報の利用は、ここ1, 2年で急速に広がっており、たとえば、Webサービスにおける位置を利用したゲーム、携帯端末における位置認識、農業・土木における作業支援、鉄道における運転支援、防災における地滑り予測など、多岐にわたる分野で活用されている^{[1],[11]}。著者のひとりも統計に用いられる個票データに経緯度を追加することを提案し、その活用に関する研究を進めている^{[15],[16],[17]}。

ひとつの事例として、防災分野における位置情報の利用を紹介する。地震により電柱や建造物等が損害を受けて住所表記や表札等が確認できない場合、記録したい損害家屋の位置情報をGPSにより測位し、あらかじめ位置情報が登録された電子地図に照らし合わせることで、現在地の把握や、損害家屋の迅速な把握ができる。さらに現場写真を登録することで、罹災証明書(全壊、大規模半壊、半壊の認定)の迅速な発行につながり、復旧に役立つことが指摘されている^{[2],[4],[12]}。

防災分野に限らずGPSが利用されるようになった背景には、最近GPS機能付きコンパクトデジタルカメラ(以下、GPSカメラと略す)が最新機種でも4万円以下で入手できることや、GPS機能付きスマートフォンの利用者が増えているため、これらを利用して容易に経緯度を取得できるようになったことがあげられる^[3]。ソフトウェアの面からも、ジオコーディング(住所から経緯度を求める)および逆ジオコーディング(経緯度から住所を求める)するWebサイトを容易に構築できるようになっている^[9]。

しかしながら、数十万円以上のGPS装置なら数cmの誤差で済むが、コンパクトデジタルカメラなどの民生機器に使われる安価なGPS測位用チップには“ラスト10[m]問題”と称される誤差が存在し^{[6],[11]}、これを打破するためには、たとえばカーナビが加速度センサーを利用するように補足手段が必要である。コンパクトデジタルカメラとデジタル一眼レフカメラの棲み分けが不変なように、チップメーカー側の方針として今後も安価なGPS測位用チップの誤差は変わらないと考える。スマートフォンの場合には、

GPS測位用チップだけではなく、携帯基地局の情報を利用した位置情報の補正がおこなわれているが、購入するだけのGPSカメラとは異なり、携帯会社との契約が必要なため継続的なコストが発生する。また、圏外や災害時に通信ができない場合には基地局の情報がなくなり、誤差はGPSカメラと同等になると考えられる。よって、現地で測位する機器として安価なGPSカメラの利用は今後も主流になると判断する。

ところが主たる課題として、前述の“ラスト10[m]問題”の誤差により、測位した建造物と電子地図上の建造物が一致しない可能性がある。そのため、前述の防災分野の事例では、現場でパソコンを使用して位置を補正する作業が必要となっている^{[2],[4]}。そのほか、地図とのマッチングにとられずに、GPS単独測位における誤差の低減方法としては、安価なポータブルGPS受信機自体の研究^[7]、測位計算の新たな手法の提案(捕捉した衛星数が少ない場合や、誤差の補正方法など)^{[5],[10]}などがあげられる。

本研究では、精度向上を目的とした従来研究における

- 現場に新たに機器を持ち込む、補正のデータを加味する
- GPS機器自体の研究・開発
- 受信したGPSデータにおける測位計算方法の改善
- 測位誤差原因の追及

などではなく、一般の調査員が簡単に操作できる市販のGPSカメラをそのまま使用することを前提にする。それによる測位方法が簡単に実施できる提案内容であることを要件に、現地で経緯度を測位した建造物について、その経緯度で電子地図に照らし合わせたときに、正しい建造物が抽出されるための測位方法と測位結果を処理するアルゴリズムを提案するものである。具体的には、道路に面する建造物の両角2か所での測位と、道路の方角、道路に対する建造物の位置を記録する。アルゴリズムについては本文で示す。実証実験を通して、単純に1か所で測位するよりも、提案手法によれば正しい建造物の特定がより確実になることを示す。

2章ではGPSカメラの精度や必要な有効桁数について述べる。3章では測位した経緯度を電子地図に入力し、建造物の抽出について問題点を示す。この問題点を解決する

[†] 法政大学経済学部

ための測位方法とアルゴリズムを4章で示し、5章で実測により提案手法の有効性を示す。最後にまとめと今後の課題について述べる。

2. GPS 機能付きカメラについて

GPS カメラの動向を示すと、旅の行程や撮影場所の経緯度の記録を目的に販売機種が増加しており、2010年3月は3メーカーからの販売に対して、2011年3月現在では8メーカーから販売されている。このうち4メーカーの機種では撮影対象の方角も記録でき、一部の機種はモーションセンサーを組み合わせることで屋内での位置情報の把握にも対応している。

2.1 誤差について

民生機器で使用される安価な GPS 測位用チップの誤差 10 [m] を前章で述べたが、各メーカーの GPS カメラの取り扱い説明書に誤差の記載はない。一部の製品に“数百メートルの誤差を生じる場合がある”旨の記載がある。実際に使用場所や状況等により影響を受ける場合が多く、建造物の影響で天空が開けていない場合などで測位できないことが多い(測位に関するこの問題は、将来、準天頂衛星システムの完成により解決することが示されている^[13])。

建造物の判別のために誤差の影響を考えると、建築法上(接道義務: 建築基準法 43 条 1 項)敷地は道路に 2[m] 接していれば許されるため、最短で 2[m] 間隔で並ぶ建造物の判別のためには誤差 1[m] 以下が望ましい。しかしながら、一般的な建造物の大きさを考えて、また、安価な GPS 測位用チップの使用を前提にして、本研究では誤差を低減するのではなく、ひとつの目安となる 10[m] の誤差を前提にして提案をおこなう。

2.2 有効桁数について

日本周辺で緯度 0.0001[deg] の違いは約 11[m]、経度 0.0001 [deg] は約 9 [m] である。したがって誤差 10[m] は、小数点以下 5 桁目を四捨五入して 4 桁目の数値が約 ±1[deg] 程度の違いに相当する。したがって本稿では原則として下 5 桁までを表記する。

2.3 誤差の検証

2010年3月発売の GPS カメラ(製品名: Panasonic LUMIX DMC-TZ10)。測地系は世界測地系であり、Google Maps と同じ WGS84) を使用して測位をおこない、この機種の誤差を検証する。真値として国土地理院が設置した日本経緯度原点(日本における地理学的経緯度を定めるために基準となる点)に GPS カメラを置いて 10 回測位する。日本経緯度原点の経緯度を Table 1、原点の写真を Photo 1、測位結果の評価を Table 2 に示す。誤差の評価は、従来研究や GPS に関する書籍では、測位した位置(これを真値とする)

と測位して得られた経緯度の位置までの 2 点間の距離で表現しているが、本研究では、のちに提案手法で誤差を扱うために、緯度、経度それぞれについて誤差を評価することにする。具体的に緯度の誤差は、経度は Table 1 の値に固定して、Table 1 の緯度と、測位結果の緯度 10 回平均値との距離を求める。経度の場合も同様に、緯度は Table 1 の値に固定して求める。距離の計算はヒュベニ(Hubeny)の公式を用いた^[14]。

Table 2 より 10 回平均による誤差は 10[m] 以下を満足しているが、標準偏差の値が大きい。緯度と比べて経度の誤差が大きい傾向がみられ、全体の最大誤差は 19[m] である。

Table 1 日本経緯度原点の座標

緯度	35 度 39 分 29.1572 秒	(35.65810 [deg])
経度	139 度 44 分 28.8759 秒	(139.74135 [deg])



Photo 1 日本経緯度原点

Table 2 日本経緯度原点の測位結果

測位日時 (2011 年)	3月4日 13時	3月29日 9時	3月29日 15時	
緯度	平均[deg]	35.65807	35.65815	35.65812
	誤差[m]	3.2	6.0	2.3
	標準偏差[m]	4.4	3.8	2.7
	最大誤差[m]	9.5	13.6	8.4
経度	平均[deg]	139.74142	139.74144	139.74142
	誤差[m]	6.0	7.7	-5.7
	標準偏差[m]	7.0	4.8	6.7
	最大誤差[m]	15.2	15.7	19.0

3. 電子地図における建造物の抽出について

地図の Web サービスでは、経緯度を入力することにより、その位置と最も近い建造物を地図上に示す。(株)ゼンリンが提供する地図を使用する「Google Maps」「Yahoo! 地図」「Mapion」「goo 地図」、(株)昭文社が地図を提供する「ちず丸」、インクリメント P (株) の地図を使用する「MapFan」、東京大学空間情報科学研究センターが提供する「CSV アドレスマッチングサービス、シンプルジオコーディング実験」、(財)日本地図センターが管理・運営している「電子国土ポータル」など無料で使用できる Web サービスが数多く公開されている。これらのなかで本研究では、従来研究と多くのカメラメーカーが利用している

Google Maps を対象にして検討をおこなう。

Google Maps が示す経緯度の精度を確認するために、Google Maps で日本経緯度原点の位置を確認する。Table 1 の経緯度を Google Maps に入力し、地図にマーカーされた結果 (緑色下向き矢印) が Photo 2 である。現在、国土交



Photo 2 Google Maps が示す日本経緯度原点



Fig.1 マンションの測位結果を地図に反映した結果



Fig.2 マンションの住所から検索した結果

通省狸穴分室の建物は存在しない。現地で道路からの距離を巻尺で測定し、地図の縮尺から求めた距離を比較した結果、現実の位置と地図で示された位置は経緯度方向ともに1[m]以下で一致している。

次に、一例として東京都文京区のマンション「パークスクエア文京音羽」での GPS カメラによる測位結果 (測位位置を Fig.1 で記号★で示す) 緯度 35.7141[deg], 経度 139.7301[deg] を Google Maps に入力し、地図にマーカーされた結果 (緑色下向き矢印) を Fig.1 に示す。また、このときに Google Maps が抽出した建造物は都道 435 号線となっている (A の赤いアイコン)。一方、マンションの住所 (文京区音羽 1-8-3) を Google Maps に入力し、地図にマーカーされた結果 (A の赤いアイコン) を Fig.2 に示す。他のマンションでも確認したが、Google Maps のアルゴリズムは経緯度を直接入力した場合、地図上でその位置を緑色下向き矢印で示し、さらに、登録されている建造物のなかで最短距離の建造物を赤いアイコンで示す (Fig.1)。建造物とその住所、経緯度が登録されていると推測され、住所やマンション名から、その登録されている経緯度により地図上の位置を示す。したがって、測定した経緯度が Google Maps に登録されている経緯度と最短でなければ、この例のように、都道 435 号線を抽出してしまう。

Fig.3(a)は、Fig.1 で用いた測位位置 (★) の経緯度を地



Fig.3(a) 測位位置の経緯度から検索した結果



Fig.3(b) 測位位置の経緯度から検索した結果

図上で求め(地図上のマウス位置の経緯度を表示する Web サービスの機能を利用), その値を Google Maps に入力した結果である。Fig.3(a)では, 経緯度の位置は道路上であるが, 最も近い建造物として正しいマンションの住所を抽出している。一方 Fig.3(b)の例では, 「関根ビル」を測位する位置を考えて, Fig.3(a)と同じ方法で抽出した結果である。おそらく距離が近い方として名称がない建造物 (Fig.3(b)左側のAの赤いアイコン) を抽出している。「関根ビル」を示す経緯度は Fig.3(b)右側のAの赤いアイコンの位置となっている。この原因は, 建造物の経緯度が建造物のほぼ中央に位置しているため, 道路での測位との“ずれ”によるものである。

以上より, GPS による位置情報の利用を考えたとき, たとえば電子地図に各建造物の位置情報を事前に登録しておき, 別途現地で収集した位置情報を使って地図上の対象建造物を特定したい場合, GPS カメラと Google Maps は同じ測地系 (WGS84) を用いているにもかかわらず, 測位誤差を原因として, 現地で測位したはずの該当建造物とは異なる建造物を抽出する可能性がある。また, Fig.3(a)の例では問題がなかったが, Fig.3(b)に示したように, 測位位置と, 地図上の住所や建造物が登録されている位置との“ずれ”による間違いも考えられる。次章でこれらの問題に対する提案をおこなう。

4. 測位方法に関する提案

本研究ではGPSカメラの誤差があることを前提にして, また, ロジックが未公開を前提にして, Google Maps が抽出する建造物の確度を高める手法を提案する。そのために検討すべき課題は, 3章で示した以下の2点である。

- ◆ GPS カメラにおける測位誤差
- ◆ Fig.1 に示したように測位位置は道路上に対して, Google Maps が示す建造物の経緯度は Fig.2 に示すように建造物の中心位置と推測され, その位置的な相違
そこで, 建造物は一般的に道路に面して建築されていることから, 現地における位置情報の取得に際して, 以下の方法を提案する。

- ◆ 道路に沿って測定対象の建造物の各両端から測位する
- ◆ 道路の方角を記録する
- ◆ 道路に対する測定対象の位置 (道路の方角を示す直線を考え, その直線の傾きを北 0[度]から時計回りの方向で南 180[度]までの範囲で表現する。その直線に対する測定対象の建造物の位置として, 北を上にして「直線の上側」, 「直線の下側」の2種類で表現する)

Fig.4 を用いて説明すると, 対象建造物は「パークスクエア文京音羽」, ★で示す位置2か所で測位をおこない, さらに道路の方角 (矢印の角度) を測定する。方角については, 電子コンパス機能がある GPS カメラでの測定に限ら



Fig.4 提案する測位位置と方角の記録

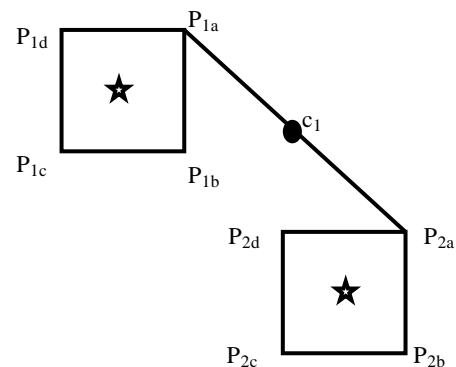


Fig.5 測位位置2か所における測位誤差の範囲

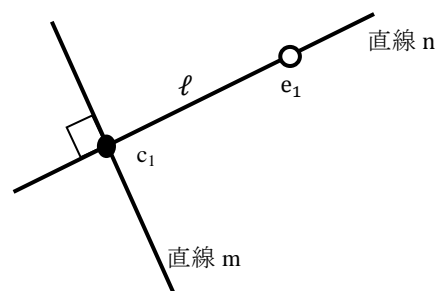


Fig.6 予測位置の算出

ず, 電子コンパス機器による単独測定, または現地での実測ではなく地図から求めてもよい。Fig.4 の場合, 道路の角度は 160 度, 対象建造物の位置は「直線の上側」となる。ここで, 建造物の正面ではその建造物の影響を受けて測位できない場合があるが, 角による測位の方が天空への視界が開け衛星の捕捉に有利という副次的効果がある。

次に, 前述の3つのデータ (測位結果と方角, 道路に対する建造物の位置) を Google Maps に照らし合わせ, 該当する建造物を抽出するアルゴリズムについて説明する。Fig.5 に示すように, 現地で収集した2か所の測位位置 (記

号：★)における経緯度の各誤差範囲を矩形(記号：□)で表す。

経緯度の各誤差範囲は矩形で表現し、真値はその範囲内であり中心とは限らない。この理由は、測位誤差は正規分布とはならないことが指摘されており^[8]、本研究でも真値は矩形の範囲内であることのみを仮定する原理である。誤差は真値が中心の正規分布ではないため、円ではなく矩形を用いる。

矩形の角 P_{1a} と角 P_{2a} を結ぶ直線を考え、その中点 c_1 を求める。すべての角の組み合わせ ($P_{1a} \sim P_{1d}$ と $P_{2a} \sim P_{2d}$) を考えると中点は9点 ($c_1 \sim c_9$) となる。

次に Fig.6 に示すように、Fig.5 の中点 c_1 を通り、データとして求めた道路の方角を傾きとした直線 m を求め、中点 c_1 で直交する直線 n を求める。直線 m は Fig.5 の角 P_{1a} と角 P_{2a} を結ぶ直線とは異なることに注意されたい。この提案内容は、測位誤差は矩形の範囲内であるが、角 P_{1a} と角 P_{2a} に関係はなく、すべての組み合わせを考え、方角は提案手法を阻害せずに得られることを前提にしている。

直線 n 上で中点 c_1 から距離 l 離れた位置を予測位置 e_1 として求める。 e_1 は直線 n 上で c_1 を中心にして反対側にも得られるが、3つめのデータである道路に対する測定対象の位置と同じ側を選択する。中点は9点あるから予測位置も9点 ($e_1 \sim e_9$) となる。

この原理は、直線 m は道路に沿った直線であり、直線 m に沿って建造物が位置する。そして、中点で直交した直線 n 上に電子地図に登録している位置情報があるとみなすことにある (Fig.7 参照。計算で求める予測位置が記号○、電子地図に登録されている位置がAの赤いアイコン)。

電子地図上の建造物の経緯度の位置は地図を提供する側の方針で決まり、また、建造物の大きさもさまざまであり、距離 l は一意に定まらないことから、計算では $l=5[m]$ と設定する。最後に予測位置 e_1 に最も直線距離が近い位置に存在する電子地図上の建造物を抽出する。予測位置は9点あるから9個の建造物が得られるため、それらのなかで真値と直線距離に近い順に順位付けをおこなう。



Fig.7 建造物の検索

5. 実証実験

提案手法の有効性を確認するために実験をおこなうが、その測位場所の要件として、以下を満足する必要がある。

- 道路が直線であること。
- 測位位置周辺のすべての建造物が電子地図に登録されていること。ひとつの住所で複数の建造物が存在する場合、住所や経緯度で検索すると、代表と思われるひとつの建造物だけが抽出されるためである。一例を Fig.8 に示す。おおよそ□で示した範囲の位置の経緯度で建造物を抽出した場合(住所で抽出した場合も含む)、該当する3件の建造物に対して、つねにAの赤いアイコンで示した建造物が抽出される。



Fig.8 同一住所(豊島区西池袋 2-21-13)

以上の要件を満足する地域として、東京都文京区音羽通り(都道435号線)を選択した。道路に面する建造物のほとんどが分譲または賃貸マンションであり、実験のために必要な Google Maps に登録されていない建造物の名称や住所は、不動産会社の Web サイトから調べることができる。

音羽通りに対して左右50m前後の範囲において、Google Maps に表示されているすべての建造物の各経緯度を Google Maps を使って求め、その結果を一覧表にした。実験では Google Maps を直接検索するのではなく、提案手法の有効性を確認するために、このようにして作成した建造物名称とその経緯度の一覧データを検索対象とした。地図に描かれているだけの建造物については、現地や Web サイトで名称と住所を調べ、その経緯度は建造物の中心(目測)の位置の値を Google Maps で調べた。また、Google Maps で住所と建造物の不一致が一部に見られたので修正している。対象区域の地図を Fig.9(a),(b)に、見本として検索対象の一覧データの一部を Table 3 に示す。

2章で検証した GPS カメラを用いて実証実験をおこなう。道路の方角については、電子コンパス(Wintec 製 WSG-1000)により測定する。

現地で7つの建造物を対象として測位した結果を Table 4 に、提案するアルゴリズムで建造物を抽出した結果を Table 4 にあわせて示す。Fig.9(a),(b)上で対象とした建造物を四角で囲んでいる。



Fig.9(a) 実験対象区域



Fig.9(b) 実験対象区域

Table 3 検索データの一部

建造物名称	住所 文京区音羽	緯度	経度
加藤ビル	1-9-6	35.71460	139.72996
音羽白樺ビル	1-10-1	35.71453	139.73026
池田ビル	1-10-4	35.71463	139.73022
(株)瀬水水産	1-10-4	35.71446	139.73018
ヒルズ音羽	1-107	35.71473	139.73037

測位対象として「パークスクエア文京音羽」は大規模建造物(日付を変えて2回測位),「ティエラ文京音羽」は間口が狭い建造物(日付を変えて2回測位),「音羽 YK ビル」も間口が狭く道路向かい側に大規模建造物がある。「加藤ビル」は「ティエラ文京音羽」に対して道路反対側,「ストーク音羽」は道路に面した側と裏通りに面した側で測位,「(株)瀬水水産」は裏通りに面しており,「清水ハイツ II」は道路の方角が異なる場合である。

Table 4 の“位置”「北」「南」は測位した位置(北側の角,南側の角),“地図上の位置”は測位した位置の経緯度をマウスで地図上から求めた値である(説明の都合上これを①とする)。“測位結果”はGPSカメラによる実測値で1回だけ測位した結果である(説明の都合上これを②とする)。“誤差(緯度,経度)”は,①の値を真値として,2.3節と同じ計算方法で緯度,経度それぞれについて求めた。“誤差(距離)”は参考として①と②の2点間の距離である。

“抽出順位(A)”は,比較のため提案手法は用いずに,測位結果1か所に距離が近い順に建造物を抽出し,該当する建造物が抽出された順位である。-の記号は10位以内には抽出されなかった結果である。

“抽出順位(B)”の場合は,測位誤差を0とする場合(すなわちFig.5の矩形なし)であり,測位結果2か所の midpoint (Fig.5に示した2つの★記号を直線で結んだ midpoint)1か所に, Fig.6のアルゴリズムを適用した場合である。

“抽出順位(C~F)”は, Fig.5に示した誤差範囲としてアルゴリズムに与える誤差のパターンであり,その内訳をTable 5に示す。すなわち Fig.5の矩形の大きさを設定している。C~Fの値については,一般的に示されている誤差10[m]($\pm 0.0001[\text{deg}]$)と,2章の結果である最大誤差19[m]に基づき誤差20[m]($\pm 0.0002[\text{deg}]$)を想定した値である。

Table 4 A,Bの結果を比較すれば,誤差範囲を無視して提案するアルゴリズムを適用するだけでも,3位や4位などの悪い順位が改善されることを示している。

Table 4 B,Cの結果を比較すれば,顕著な違いはないが,Bの場合は測定結果2点をそのまま利用することから,予測位置が最も真値に近いという前提になり,これは誤差が正規分布にしたがうとみなすことになる。詳細については,今回は距離 $\ell=5[\text{m}]$ と設定していることを含め,他地域での

検証など今後の検討としたい。

Table 4 D,E,Fは提案できない結果となった。測位結果の誤差が10[m]以下にもかかわらず、アルゴリズムでは誤差範囲を大きくとることで逆に建造物を間違える原因になっている。

ところで、「音羽 YK ビル」は抽出されなかった。この原因は測位結果の両方の誤差が大きいためと考えられる。誤差が大きくなった原因は特定できないが、捕捉された衛星の数が5個であり若干少ない。測位結果2か所のうち、どちらかの誤差が大きくとも、片方の誤差が小さければ、正しい建造物を抽出している。また、「パークスクエア文京音羽」は規模が大きいため間違える確率が低いことが考えられる。「(株) 瀬水水産」の場合は捕捉された衛星の数が3個と5個であり、「音羽 YK ビル」と同じく大きい誤差が要因と考えられる。道路方向が異なる「清水ハイツII」が正確に抽出されている事由は、周囲に建造物が密接していないことが有利に働いたと考えられる。

6. おわりに

本研究では、GPS カメラにより現地で収集した測位結果

を用いて Google Maps による建造物の抽出について検討した。GPS 測位の誤差を原因として、GPS カメラで対象とした建造物とは異なる建造物を Google Maps が抽出する可能性がある。その対策として、建造物の両端での測位、道路の方角と、道路に対する建造物の位置を記録すること、それらのデータを使用した抽出のためのアルゴリズムを提案し、実証実験により有効性を示した。提案手法には現地にパソコンや新たな測定機器を持ち込む必要がなく、一般の調査員が簡単に実施できる特徴がある。

今後の課題としては、

- ・5章実験結果 Table 4 B,C で顕著な違いが見られなかったことに対する検討
 - ・距離 $l=5[m]$ とは異なる設定値での検討
 - ・戸建てが密集した住宅街での実験
 - ・誤差が正規分布ではないこと、および1回の測定に3~5分要し、現実では同じ場所で何回も測位する時間的余裕は考えられないが、2回測定した場合の検討
 - ・方角記録も可能な他メーカーのGPS機能付きコンパクトデジタルカメラによる実験
- などがあげられる。

Table 4 測位および抽出結果

建造物名称	位置	地図上の位置[deg]		測位結果[deg]		誤差[m]			抽出順位					
		緯度	経度	緯度	経度	緯度	経度	距離	A	B	C	D	E	F
パークスクエア文京音羽	北	35.7142	139.7301	35.7141	139.7300	7.4	7.5	10.6	1	1	1	1	2	2
	南	35.7138	139.7303	35.7139	139.7303	5.8	5.6	8.0	2					
	北	同上	同上	35.7139	139.7299	28.4	17.4	33.3	1	1	1	1	2	1
	南			35.7139	139.7303	9.3	10.5	14.0	4					
ティエラ文京音羽	北	35.7146	139.7296	35.7145	139.7297	4.5	14.0	14.7	1	2	1	3	1	3
	南	35.7145	139.7296	35.7145	139.7296	0.7	0.7	1.0	2					
	北	同上	同上	35.7146	139.7297	2.8	10.3	10.7	4	2	2	1	-	1
	南			35.7144	139.7298	9.2	25.5	27.2	1					
音羽 YK ビル	北	35.7167	139.7285	35.7165	139.7289	12.9	43.3	45.1	-	-	-	-	-	-
	南	35.7166	139.7286	35.7164	139.7292	20.6	73.5	76.3	-					
加藤ビル	北	35.7146	139.7299	35.7147	139.7301	9.5	24.2	26.0	2	1	1	5	2	6
	南	35.7145	139.7299	35.7145	139.7298	3.8	11.5	12.2	-					
ストーク音羽	北	35.7145	139.7296	35.7144	139.7297	6.7	9.8	11.9	-	1	2	1	1	4
	南	35.7144	139.7297	35.7143	139.7298	4.3	14.1	14.8	1					
ストーク音羽 (裏側)	北	35.7144	139.7293	35.7143	139.7291	7.7	26.1	27.2	1	1	1	3	4	5
	南	35.7143	139.7294	35.7142	139.7295	4.3	10.0	10.8	3					
(株) 瀬水水産	北	35.7145	139.7301	35.7147	139.7300	17.9	15.3	23.4	4	2	2	1	4	2
	南	35.7144	139.7302	35.7140	139.7306	36.1	48.1	60.1	-					
清水ハイツII	西	35.7173	139.7290	35.7171	139.7292	14.0	20.6	24.9	1	1	1	1	1	1
	東	35.7173	139.7291	35.7172	139.7292	9.2	11.7	14.8	1					

Table 5 測位誤差の与え方

誤差	緯度[deg]	経度[deg]
A	提案手法を適用せず	
B	0	0
C	±0.0001	±0.0001
D	±0.0001	±0.0002
E	±0.0002	±0.0001
F	±0.0002	±0.0002

謝辞：本研究は科学研究費補助金（課題番号：22330070）の助成を受けたものである。

文 献

- [1] ITS 情報通信システム推進会議編、「図解これでわかったGPS 第2版」, 森北出版, 2005
- [2] 岡田啓太, 山本敬介, 増田真吉, 福山薫, 伊藤宏, 中瀬古二

- 生, 南部智康, 小倉泰司, 「災害発生に備えたデータ整備と防災計画への時空間情報システムの活用」, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.15, pp.135-138, 2006
- [3] 平田勝茂, 加藤哲, 「デジタル端末を利用した新しい現地調査手法について」, 応用測量論文集, Vol.18, pp.101-107, 2007
- [4] 古戸孝, 佐々木光明, 臼井真人, 福山薫, 角本繁, 「被災地の情報収集と整理-時空間情報処理による危機管理技術の研究開発(6)」, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.17, pp.173-176, 2008
- [5] 野村昌史, 田中敏幸, 米川雅士, 「GPSを用いた3衛星下における測位アルゴリズム」, 第25回センシングフォーラム(計測自動制御学会), Vol.25, pp.263-267, 2008
- [6] トランジスタ技術編集部編, 「GPSのしくみと応用技術」, CQ出版社, 2009
- [7] Masashi YONEKAWA, Toshiyuki TANAKA, 「Implementation of an Efficient High-Accuracy Model for Personal GPS Receivers」, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.3, No.3, pp.206-212, 2010
- [8] 桑秀行, 武富貴史, 佐藤智和, 横矢直和, 「GPS測位の信頼度と外れ値を考慮した動画像とGPSからのカメラ位置・姿勢推定」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.110, No.188, pp.229-236, 2010
- [9] 谷謙二, 「ジオコーディングと地図化のWebサイトの構築とその活用—Google Maps APIを利用して—」, 埼玉大学教育学部地理学研究報告, 30号, pp.1-12, 2010
- [10] 田中敏幸, 松下孝, 「市街地での衛星測位の精度改善に関する研究」, 測位航法学会, 平成22年度全国大会, 2010
- [11] 特集「決め手は位置情報」, 日経エレクトロニクス, 3月7日号, pp.43-71, 2011
- [12] 小千谷市役所, 「中越大震災における小千谷市の取り組み」, esri Japan Web サイト, GIS活用事例, http://www.esri.com/industries/case-studies/02_kiki/cs02_01.pdf (2011年4月20日現在)
- [13] 宇宙航空研究開発機構, 人工衛星プロジェクト みちびき(準天頂衛星初号機), <http://www.satnavi.jaxa.jp/project/qzss/index.html> (2011年4月20日現在)
- [14] 国土地理院 測地部, 便利なプログラム・データ, 測量計算, 計算式, <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/algorithm/> (2011年4月20日現在)
- [15] 森博美, 「統計調査における地点情報の把握による統計の情報価値の新たな展開について」, 経済志林(法政大学経済学部学会), Vol.78, No.3, pp.249-280, 2011
- [16] 森博美, 「Constraints in Use of the Data Duo to Insufficient Obtaining of Location Information and a Breakthrough in Statistics」, 経済志林(法政大学経済学部学会), Vol.78, No.4, pp.303-320, 2011
- [17] 森博美, 「The GPSed Datasets and the Possibility of Exploring the Micro-based Concept of Regional Potentiality」, 経済志林(法政大学経済学部学会), Vol.79, No.1, pp.125-140, 2011