法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-07-04

GPSカメラによる電子地図上の構造物抽出に関する提案

坂本, 憲昭 / Sakamoto, Noriaki

(出版者 / Publisher)
法政大学経済学部学会
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
経済志林 / 経済志林
(巻 / Volume)
81
(号 / Number)
1
(開始ページ / Start Page)
37
(終了ページ / End Page)
53
(発行年 / Year)
2013-07-15
(URL)
https://doi.org/10.15002/00009016

GPSカメラによる
電子地図上の構造物抽出に関する提案

坂　本　憲　昭

1．はじめに

GPS（Global Positioning System）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）による位置情報の利用が，ここ数年で急速に拡大している[1), 2)]。本研究では活用をより現実的なものにするために，GPSカメラで測位した建造物を，測位した経緯度を使って電子地図に登録された建造物のなかから抽出する利用について検討する。そのような事例のひとつとして，防災分野における利用があげられる。地震などにより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経緯度をGPSにより測位し，あらかじめ経緯度が登録された電子地図に照らし合わせることで，現在地や損害家屋の把握ができる。そのとき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[3), 4), 5)]。GPSカメラであれば測位と写真撮影を一緒におこなうことができるため効率的であり，最新機種でも４万円以下で入手できるためコスト的にも導入しやすい。また，個票データ（総務省統計局 事業所・企業統計調査）に経緯度を付与する研究が進められており[6), 7)] 地図に掲載されていない事業所を現地調査する際，安価で一般の調査員が操作しやすい測位機器として，経緯度と事業所名や住所表記を一緒に記録できるGPSカメラは有用である。その測位結果と地図とのマッチングという作業も利用事例のひとつで

ある。

しかしながら，おもに次の理由から，測位した対象とは異なる建造物を電子地図上に登録された建造物のなかから抽出する可能性がある。ひとつの原因は，GPSカメラなどの民生機器に使われる安価なGPSチップでは，時には100mを越える大きな誤差が存在する[1), 8)]。対策として同じ位置で複数回測位することが考えられるが，誤差分布は正規分布で適切に近似できないことが指摘されており[9)]，また，著者の定点測位実験でも測位値は偏りなくばらつく。そのため精度が必ずしも向上するものではない。さらなる原因は，GPSカメラの測位誤差がゼロだったとしても，測位位置と電子地図に登録されている対象の建造物の経緯度との“ずれ”である。

解決のためには，

- 防災分野の研究事例では，現場にパソコンを持ち込んで位置を補正[3), 4)]
- 誤差を低減することを目的とした安価なポータブルGPS受信機の研究・開発[10)]
- 捕捉した衛星数が少ない場合などの測位計算に関する提案[11), 12)]

などの補正や測位精度向上を目指した研究があげられる。これらの研究とは異なり，文献13）は，現地で測位した建造物を測位結果の経緯度で電子地図に照らし合わせたときに，正しい建造物を抽出す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した。正しいとは，測位した建造物と電子地図から抽出された建造物が一致することである。提案内容は以下の条件を前提にしている。

- 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
- 一般の調査員が簡単に実施できる測位方法である

文献13）は，実証実験により単純に建造物の正面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した。しかしながら，測位のたびに衛星の捕捉と計算を最初からやり直すコール

ドスタートによる測位実験であったため，使用したPanasonic LUMIX DMC-TZ10（2010年３月発売）では，測位に最低でも５分以上を要した。当機種のホットスタートによる測位間隔も５分であり，現地で次々に測位するためには５分以上の間隔をあける必要がある。ホットスタートでは，最初はコールドスタートで測位し，２回目以後は衛星の軌道情報を記憶している状態から測位計算を始めるため，コールドスタートよりも測位に要する時間が短い。そこで本論文では，短時間で調査を済ませるためにホットスタートで測位時間の間隔が短いCASIO EX-HG20G（2010年11月発売）を使用する。さらに，文献13）で提案したアルゴリズムの内容を改善し，最後に提案手法の効果を得るための条件を導く。

２．GPS機能付きカメラについて

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く，一部の製品に“数百メートルの誤差を生じる場合がある”との記載だけがある。そこで，はじめに機種の誤差を検証する。真値として国土地理院の日本経緯度原点（日本における地理学的経緯度を決めるために基準となる点。**Photo1** 参照）にGPSカメラをおいてコールドスタートにより各10回測位する。測位自体ができないと検証できないため，補足した衛星数が５個以上の条件による結果を有効とした。測位結果を **Table 1** に，あわせて参考値として文献13）で使用したGPSカメラの結果を示す。距離の計算はHubenyの公式を用いる[10)]。

GPSカメラの誤差については，文献８），13）のほかにもひとつの指針としてRMS（Root Mean Square 測定値の約70%が存在する誤差の円の半径）＝10m を指摘する資料が多い。GPSの精度としては一般にRMSが使われているが，**Table 1** に示すように，いずれの機種でも緯度に比べて経度の誤差が大きい傾向がみられる。本研究ではこの結果を踏まえ，のちに提案するアルゴリズムにて，緯度の誤差10m，経度の誤差10m，または経度の誤

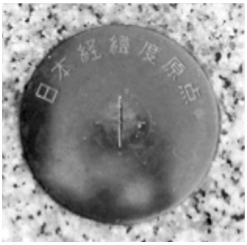

Photo 1 the origin of the longitude and latitude in Japan.

Table 1 the result that a camera measured the origin. (m)

		DMC-TZ10*	EX-H20G
latitude	error average	1.0	4.2
	standard deviation	5.3	6.3
	maximum error	9.5	21.2
longitude	error average	0.3	17.5
	Standard deviation	13.5	11.8
	maximum error	34.6	39.3
RMS		15.9	30.3

*文献13）

差が大きい傾向から経度の誤差20mとして検討することにする。

３．測位方法と抽出アルゴリズムの提案

無料で利用できる地図のWebサービスには，経緯度を入力することにより，その経緯度と登録された建造物のなかで最も距離が近い（ロジックが未公開であるため推測である）建造物を示す機能がある。本研究は，これらのWebサービスのなかで，従来研究と多くのカメラメーカーが利用しているGoogle Mapsのデータを利用し，電子地図が抽出する建造物の確度を高める手法を提案する。本研究で用いるGPSカメラは，Google Mapsと同じWGS84（World Geodetic System 1984）の測地系である。

提案の背景を述べると，**Fig.1** に示すように測位位置★①は道路上であ

るが，Google Mapsが示す建造物の経緯度は建造物の中心位置▲②と推測され，その位置的な違いがある。その結果，**Fig.1** の①の測位に対して②を抽出しなければならないが，①と②の位置の違い，および③の測位誤差があり，Google Maps は④の建造物を抽出してしまう。

この問題を解決するために，建造物は一般に道路に面して建築されていることから, 文献13）では以下に示す測位方法とデータの記録を提案した。

〈測定データ〉

(1) 道路に沿って測定対象の建造物の両角で測位する。

(2) 道路の方角を記録する。道路と平行な直線を考え，その直線の傾きを北 0［deg］から時計回りの方向で南180［deg］までの範囲で表現する。

(3) 道路に対する測定対象の位置を記録する。上記（2）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（右側）」,「直線の下側（左側）」の 2 種類で表現する。

Fig.2 を用いて説明すると，対象建造物は太線でなぞったマンションであり，★で示す位置 2 か所で測位をおこなう。さらに北を 0［deg］とした道路の方角（時計回り。矢印の角度）を測定する。方角については，多くのGPSカメラには方角を測定するコンパス機能があるが，電子コンパスによる単独測定，または現地での実測ではなく地図から求めてもよい。Fig.2の場合，道路の角度は160［deg］，対象建造物の位置は「直線の上側」となる。ここで，角による測位は建造物の正面で測位するよりも天空への視界が開ける場合があり，衛星の捕捉に有利という効果がある。

次に，**〈測定データ〉**（1）～（3）をGoogle Mapsのデータに照らし合わせ，まずは，該当する建造物を抽出する考え方について説明する。

① **Fig.3** に示すように，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：□）で与える。

② 矩形の角P_{1a}と角P_{2a}を結ぶ直線を考え，その中点c_1を考える。すべての角の組み合わせ（P_{1a}～P_{1d}とP_{2a}～P_{2d}）を考えると中点は 9 点となる。以下では例としてc_1について述べる。

③　**Fig.4** に示すように，**Fig.3** の中点 c_1 を通り，**〈測定データ〉**（2）で求めた道路の方角を傾きとした直線 m を求め，中点 c_1 で直交する直線を n とする。直線 m は **Fig.3** 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。この提案は，測位とは独立して得られる方角を利用するものである。

④　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 とする。e_1 は直線 n 上を c_1 を中心にして**〈測定データ〉**（3）と同じ側で与える。中点は 9 点あるから予測位置も 9 点となる。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 上に電子地図が登録している経緯度の位置があるとみなすことにある。

①～④の計算手順を整理し，建造物を抽出するアルゴリズムを次に示す。

〈建造物抽出のアルゴリズム〉

（1）予測位置 9 点を求める。①～④の手順を整理すれば，**Fig.5** に示すように 2 か所の測位位置（記号：★）を結んだ中点 c を通る直線 m と c で直交する直線 n を求め，c から距離 ℓ 離れた直線 n 上の点 e を求める。e を含み，かつ，e を中心として **Fig.3** に示した経緯度の誤差範囲を与える。その結果，前述の④ 9 点と同じ予測位置（**Fig.5** 記号：○）が得られる。

（2）**〈測定データ〉**（3）を満足して，予測位置に最も直線距離が短い（この距離を k とする）位置に存在する電子地図上の建造物を抽出する。

（3）予測位置 9 点から得られた建造物 9 棟の順位付けを行う。

文献13）では，（3）において距離kの昇順に順位付けをした。1 位であれば正しい建造物を抽出できたと考えると，測定対象として選んだ 8 棟の建造物のうち，1 位が 5 棟，2 位が 2 棟，抽出失敗が 1 棟という結果であった。

本研究では，改善のために（3）の 9 棟において同じ建造物の頻出数の降順による順位付けを示す。これは，可能性が高いという多数決の判定もあ

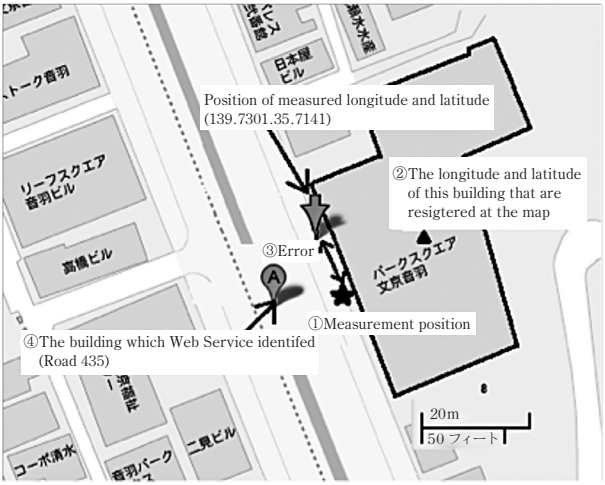

Fig.1 the result that the latitude and longitude measured by GPS camera is reflected in the digital map.

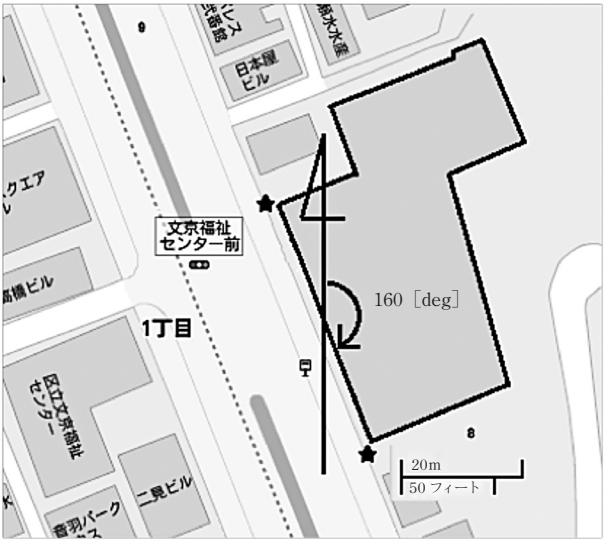

Fig.2 the position and direction that an investigator measures.

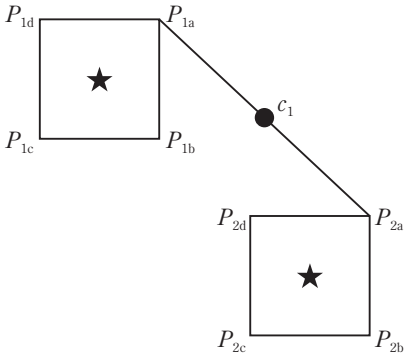

Fig.3 the extent of an error of the results that GPS camera measured.

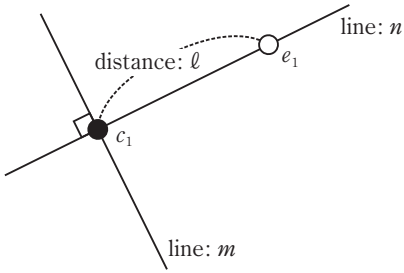

Fig.4 the calculation position of the building.

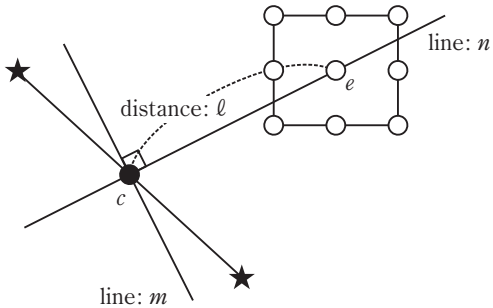

Fig.5 the calculation method of the predictive positions.

わせて示すことで確度を高めることを目的としている。文献13）の実験に本手法を適用した結果，１位の５棟，抽出失敗の１棟には変化がなかったが，２位の２棟がともに１位の抽出に改善した。

４．実験および考察

（1）東京都文京区都道435号

都道435号の両側に位置する建造物について，１章で示したEX-HG20Gによるホットスタートによる測位で実験をおこなった。建造物の位置を **Fig.6**，抽出結果を **Table 3** に示す。建造物の大きさはさまざまであり距離 ℓ は一意に定まらないが，**Fig.6** に示した建造物群の平均値（都道右側 ℓ =14m, 左側 ℓ =11m）を用いた。以下に **Table 3** の内容と記号を説明する。

No.1：建造物の正面（**Fig.1** ①）で測位をおこない，提案手法を用いずに建造物を抽出した結果である。

No.2：**Fig.5** の誤差範囲がゼロの場合である。予測位置 e から最短距離の建造物を示す。記号○は正しい建造物，そのうち記号●は間違った建造物の抽出を示す。

No.3：**Fig.5** の c 点を測位位置２か所（**Fig.2** ★）の結果から求めずに，No.1で用いた建造物の正面（**Fig.1** ①）で測位した結果をあてはめたものである。**Fig.5** に示すように予測位置は９点となるから抽出された建造物ごとの頻出数を記載している。**Fig.5** の矩形の大きさは，No.4～No.6の結果から，もっとも良いNo.4と同じ大きさを用いた。

No.4～No.6：**Fig.3**，**Fig.5** における矩形の大きさを2章で検討した結果から**Table 2** で与える。min（miniumn）は文献13）の手法である９棟のうちで最短距離の建造物を記号○で示し，そのうち記号●は間違った建造物である。fre（frequency）は本提案手法である頻出数を記載している。

以上の結果に対して比較検討すべき事項を示す。

Table 2 the parameter that an investigator must coordinate in algorithm.

No	2	3	4	5	6
error of the latitudem	0	10	10	10	20
error of the longitudem	0	10	10	20	20

- アルゴリズム適用の有無（No.1，No.2の比較）
- 測位位置１か所と２か所（No.3，No.4の比較）
- 誤差（矩形）の大きさ（No.4～No.6の比較）
- 最短距離（文献13）と頻出数（本提案）（min, freの比較）

Table 3 の結果から，正面で測位した結果をそのまま用いれば，すべての建造物において異なる建造物を抽出する。提案するアルゴリズムを適用することにより（No.2以降），著しい改善がみられる。No.2～No.4を比較すれば，正面１か所の測位（No.3）よりも提案する2か所の測位（No.2，No.4）に効果がある。No.2とNo.4～No.6を比較すれば，No.4がすべて正しい建造物を抽出している。

「音羽ハウス」「都民住宅アーバンシティー音羽」では１位を抽出しているが頻出数が少ない。これは建造物が小さいことが原因と考えられる。**Fig.7** に示すように原理上も

〈条件〉建造物の道路に面する幅＞誤差の大きさ

を満足する必要がある。**Fig.7** は左端（A～E）が建造物の中心位置，右側の破線矩形が誤差（**Fig.5**）の大きさ３種類を示す。破線上の記号は，左端A～Eのなかで最短距離を示す。Cが正しい建造物とすると，**〈条件〉**を満たせば予測位置９点すべてが正しい建造物を抽出する。確認のために，**〈条件〉**右辺の誤差の大きさを10mとして，建造物の幅が10m以下で並ぶ地域で検討をおこなう。

（2）東京都江東区都道319号

都道319号沿いの建造物を対象に実験をおこなう。建造物の位置を **Fig.8**，抽出結果を **Table 4** に示す。上段下段の違いは日付を変えて測定し

たものであり，表現内容は **Table 3** と同じである。距離 ℓ は 5 mを用いた。

Table 4 から「サンフル豊洲」以外はほとんど正しく抽出できていない。「サンフル豊洲」の道路に面する幅は22.8mであり，そのほかは10m未満である。前述の**〈条件〉**を確認するために，実験（1）(2）の結果から建造物の幅と頻出数の最大値の関係を **Fig.9** に示す。**Fig.9** から20m以下の幅では頻出数が減少していく傾向がわかる。

Fig.6 the measurement targets.

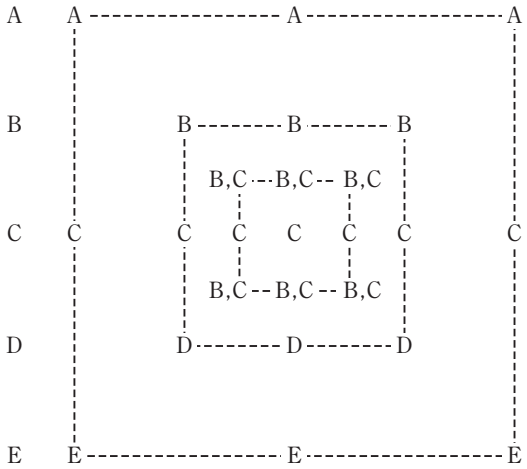

Fig.7 the relationship between the size of the error and the building which is the nearest from the estimate position.

Fig.8 the measurement targets.

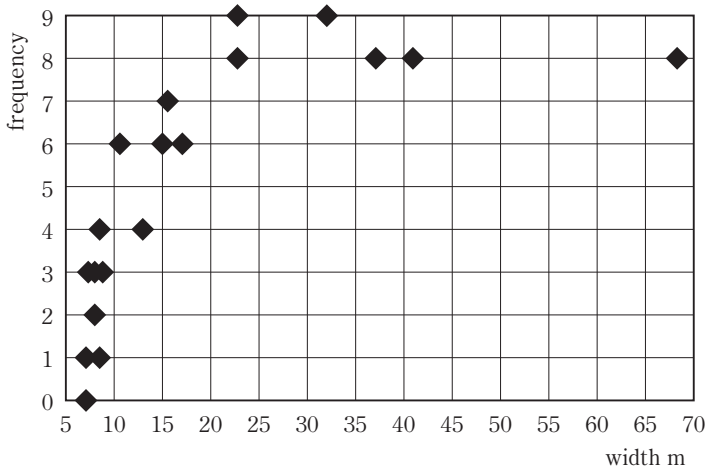

Fig.9 the relationship between the width of the building and the frequency of the buildings which was identified by (1)(2)No.4.

5．おわりに

本研究は，GPSカメラにより現地で測位した結果を用いて，電子地図に登録された建造物のなかから測位対象とした建造物を抽出するための測位方法と抽出アルゴリズムを提案した。提案手法は，調査のために数多くの測位機器を購入することを鑑み，安価なGPSカメラを用いて一般の調査員が簡単に実施できるという特徴がある。１章で述べたように防災マップや個票データに経緯度が付与されていれば，そのデータベースに対して本手法が適用可能である。今後の課題として，短時間で測位可能な他機種GPSカメラによる実験，**〈条件〉**を満足しない場合に対する改善があげられる。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（課題番号：22330070）の一部助成を受けたものである。

参考文献

1）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，43/71（2011）

2）GPS搭載デジタルカメラの可能性，アサヒカメラ，No.6，121/131（2011）

3）岡田，山本，増田，福山，伊藤，中瀬，南部，小倉：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, 135/138（2006）

4）古戸，佐々木，臼井，福山，角本：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, 173/176（2008）

5）小千谷市役所，中越大震災における小千谷市の取り組み，ken-mane.kensetsu-plaza.com/bookpdf/29/fa_03.pdf（2013年３月20日現在）

6）森：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，法政大学経済学部学会経済志林，Vol.78, No.3, 249/280（2011）

7）森：The GPSed Datasets and the Possibility of Exploring the Micro-based Concept of Regional Potentiality，法政大学経済学部学会経済志林，Vol.79, No.1, 125/140（2011）

8）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）

9）粂，武富，佐藤，横矢: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, 229/236（2010）

10）M. YONEKAWA，T.TANAKA: Implementation of an Efficient High-Accuracy Model for Personal GPS Receivers，SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.3, No.3, 206/212（2010）

11）野村，田中，米川：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, 263/267（2008）

12）田中，松下: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）

13）坂本，森，近藤，小沢：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，情報処理学会Fit2011，函館短期大学，N-032, 481/488（2011）

14）国土地理院Webサイト，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/
（2013年3月20日現在）

Table 3 the results that the proposed algorithm select a building.

building name	No.1	selected building	No.2	No.3	No.4		No.5		No.6	
				fre	min	fre	min	fre	min	fre
音羽サンハイツ	都道435号	音羽サンハイツ	○	4	○	7	○	6		5
		クレイン音羽				2		3	●	3
		清水印刷紙工								1
		光文社本社ビル		5						
光文社本社ビル	都道435号	光文社本社ビル	○	8	○	8	○	8	○	5
		音羽サンハイツ		1		4		1		2
		光文社第二ビル								2
光文社第二ビル	護国寺SIAビル	光文社第二ビル	○		○	6		5	○	4
		イトーピア音羽		6		3	●	3		3
		光文社本社ビル				3		1		2
		文京音羽郵便局		3						
イトーピア音羽	オトワイースト	イトーピア音羽	○	2	○	6	○	6	○	6
		光文社第二ビル				3		3		3
		文京音羽郵便局		7						
文京音羽郵便局	護国寺SIAビル	文京音羽郵便局	○	4	○	8	○	8	○	6
		イトーピア音羽		5		1		1		3
東急ドエルアルス音羽	護国寺SIAビル	東急ドエルアルス音羽	○		○	9	○	9	○	7
		文京音羽郵便局		4						1
		三井音羽ハウス								1
		イトーピア音羽		5						
音羽ハウス	プライズ音羽	音羽ハウス				3		2		
		サンビューハイツ音羽				2		2		1
		一般住宅B	●			2	●	1		1
		一般住宅C			●	2		3		3
		そのほか						1		各1
		プライズ音羽		3					●	
		音羽コート		6						
八千代保育園	音羽コート	八千代保育園	○		○	8	○	8		7
		一般住宅C				1		1	●	2
		音羽コート		9						
護国寺SIAビル	都道435号	護国寺SIAビル	○	2		6		4		3
		花音		3	●	2	●	2		1
		中銀音羽マンション				1		2		3
		オトワイースト		4				1	●	1
		八千代保育園								1
都民住宅アーバンシティ	光文社本社ビル	都民住宅アーバンシティ		1		4		3		3
		大林ビル	●	4	●	3	●	3		1
		杉本ビル		4		2		3	●	4
		花和ビル								1

min:miniumn, fre:frequency

Table 4 the results that the proposed algorithm select a building.

building name	No.1	selected building	No.2	No.3	No.4		No.5		No.6	
				fre	min	fre	min	fre	min	fre
サンフル豊洲	都道319号線	サンフル豊洲	○	9	○	9	○	6	○	7
		一般住宅						3		2
	都道319号線	サンフル豊洲	○	5	○	8	○	6	○	6
		一般住宅		4		1		3		3
APEX豊洲	APEX豊洲	APEX豊洲		5		1		2		2
		小滝酒店	●	1	●	5		3	○	3
		一般住宅		2		3	●	4		3
		そのほか		1						1
	都道319号線	APEX豊洲	○	1	○	4		3		2
		小滝酒店		5		4	●	3		3
		一般住宅		3				1		
		そのほか				1		2	●	4
豊洲医院	都道319号線	豊洲医院		3		1		2	○	2
		APEX豊洲	●	1	●	5		3		2
		小滝酒店				1		2		2
		ケーキ屋		2				1		1
		そのほか		3		2	●	1		2
	都道319号線	豊洲医院		1		2		2		1
		APEX豊洲	●	4	●	3	●	2	●	1
		小滝酒店		1		1		2		2
		ケーキ屋		1		1		2		2
		一般住宅		2		2		1		1
		そのほか								2
ケーキ屋	ケーキ屋	ケーキ屋		4		2		3		1
		豊洲医院	●	1		3	●	2		2
		APEX豊洲				2		1		2
		メゾン豊洲		3						
		そのほか		1	●	2		3	●	4
	ケーキ屋	ケーキ屋	○	3		3	○	2		2
		豊洲医院		2	●	2		1		1
		APEX豊洲						1		1
		メゾン豊洲		1		1		1		1
		そのほか		3		3		4	●	4
メゾン豊洲	都道319号線	メゾン豊洲		3		3	○	3		1
		ケーキ屋	●	4	●	4		1		2
		豊洲医院		1				1	●	2
		そのほか		1		2		4		4
	メゾン豊洲	メゾン豊洲	○	2		3	○	2		2
		ケーキ屋		2	●	2		1		1
		豊洲医院						1		
		そのほか		5		4		5		6
たつみBM	都道319号線	たつみBM		5	○	3		3		1
		メゾン豊洲	●			4		2		2
		ヤマケンビル		4				1		1
		そのほか				2	●	3	●	5
	荻原商店（地図外）	たつみBM	3		3	○	3		1	
		メゾン豊洲	●	4		4		2		2
		ヤマケンビル						1	●	2
		そのほか		2	●	2		3		4

min:miniumn, fre:frequency

Measurement position and algorithm for the Structure on a digital map by using GPS camera

Noriaki SAKAMOTO

《Abstract》

This paper proposes a method to pinpoint the building by using a camera having GPS, and an algorithm to select the building on the digital map. For example, we think that an investigator measures the longitude and latitude of a building by using this method on the field, and uses the algorithm to check the building on the digital map in the office. In this process, it resolves two problems. One is errors of the longitude and latitude with GPS camera, and one is the different of the position that an investigator measures and the position of the longitude and latitude of the building on the digital map.

Key Words. GPS, GPS camera, digital map