

携帯電話のカメラ画像，GPS 情報および地図情報融合による ユビキタス環境の構築

— 武蔵野市における車イス利用者の為のバリアフリー情報 —

平野 研人^{*1}，浅川 健太^{*1}，鈴木 暢^{*1}，林 慰彦^{*1}，因 雄亮^{*1}，村上 仁己^{*2}

Construct of ubiquitous environment by integration of camera and GPS of mobile phones and map information

— Barrier-free information for wheel chair users in Musashino city —

Kento HIRANO^{*1}，Kenta ASAKAWA^{*1}，Toru SUZUKI^{*1}，Yasuhiko HAYASHI^{*1}，Yusuke IN^{*1}，Hitomi MURAKAMI^{*2}

ABSTRACT : This paper introduces a new system of barrier-free information as integration of camera and GPS of mobile phones and map information. The system will help wheel chair users to find restroom and parking lots easily.

We apply a new method to obtain high precision images when enlarged or reduced and to make a high-speed processing possible. In addition, we realize two innovative technologies: (1) prismatic markers and (2) display of several details information. By (1), a marker easily distinguished among others, While they were conventionally monochrome. By (2), one can indicate several information of different kind, like restroom and parking lots for example, at the same time on the map. We consider that this new system will contribute as a information navigation system of Musashino city.

Keyword : cell phone, camera, GPS information, GPS error, wheel chair, map

(Received september 5, 2008)

1. まえがき

現在の日本の課題として①少子高齢化，②安心・安全，③環境，がある。これらの課題を解決する手段として，情報通信技術 (ICT : Information and Communication Technologies) が期待されている。中でも，携帯電話は，我々の社会で最も普及しているネットワーク機器であり，多くの国民が保持かつ日常的に使用している使い慣れた端末である。⁽¹⁾ だれもが，24 時間身につけている唯一の情報収集・伝達機器でもあることから，特にその応用が効果を発揮すると思われる。

我々は，社会に行き渡ったカメラ付き携帯電話とこの携帯電話に付属している GPS (Global Positioning System) 機能⁽²⁾⁽³⁾，およびグーグル地図と組み合わせる事で何

が出来るか，特に上に述べた現在の日本の課題に，少しでも解を与えることが出来るか検討を行っている。この日本の課題を解決する手段として，昨今，最も普及している携帯端末である携帯電話が注目されている。

そこで本研究では成蹊大学のある武蔵野市で安心・安全，環境といった課題を解決する 1 例として，バリアフリー情報の HP を作成し，この作成過程で生じた携帯電話の GPS 特性について検討する。

2. 現在の携帯電話と GPS 情報

現在携帯電話は，日本の市場で 1 億台以上普及している情報端末機器である。この携帯電話を使用する事により，いつでもどこでも便利で有益な情報を入手する事ができる。ユビキタス環境の構築，情報取得の為の重要なツールである。

^{*1} 成蹊大学大学院工学研究科電気電子専攻博士前期課程

^{*2} 成蹊大学理工学部情報化教授

2007年末で88%の携帯電話端末にカメラが装備されている。これらカメラ画像の仕様は、若干機種よって異なるが最近ではデジタルカメラと同等の性能であり、300-350万画素という高品質画像を実現している。またすでに、500万画素の携帯電話カメラも商用化されている。撮影した画像はEメールに添付し、すぐに他の携帯電話やPCに送ることが可能であり、多様な画像表現を可能としている。またこの画像を撮った場所のGPS位置情報を表示することができる。

位置情報は、我々の日常生活に極めて有用な情報である。これからの社会インフラには必要不可欠な情報になることは必須である。このような観点から、昨年、日本ではすべての携帯電話にGPS位置情報機能を標準装備することが決定されている。この機能を使用すれば、現在の位置情報あるいは撮影画像を地図上に表示することができる。ただし、GPS位置情報には、場所によっては誤差が生じることが知られている。各種資料によれば、一般にGPSの誤差は周りに何も無い場所で1m以内、大きな建物の近くなどで15m以内、建物内で100m以内といわれている。後述するが、今回筆者らが測定した武蔵野市の場合では、周りに何も無い場所においては15m以内であったが、周りに建物などがある屋外で30～100m、屋内においては約50～数百mで、屋内でも大きなビルでの内部では最大1000mの誤差が生じていることがわかった。

3. バリアフリー情報の HP 作成

我々は携帯電話、カメラ、GPS 情報、地図情報を融合させ、現在の日本の社会問題を解決する 1 例として武蔵野市のバリアフリー情報の HP を作成した。

武蔵野市をさらに住みよい街にするためには、車いすユーザーの方たちが訪問しやすい街、安心・安全な街にする事の必須条件だと考えている。そこで今回、成蹊大学のある武蔵野市の市民、そして若者が最も集まる街、吉祥寺をもつ武蔵野市を訪れる方で、車いすを使う方用のトイレ、駐車場等のバリアフリー情報を表現したシステムの開発を行った。本システムはすでに成蹊大学にサーバを設置し、外部に公開している。

(<http://www.ci.seikei.ac.jp/murakami/>)



図 1-1 吉祥寺駅内のトイレ情報



図 1-2 図 1-1 の写真の拡大時

本研究では携帯電話で撮影、取得した画像にGPS情報を付け、その画像をグーグル地図上にGPS情報をもとに貼り付ける。貼り付けた、画像は誤差があるので位置を手動で修正する。またバリアフリーのトイレや駐車場の情報を見やすく表示するために、マップ上で印の色分けを行った。

またこれらバリアフリー情報の画像を見やすく、高速に拡大・縮小できる方式、拡大しても画像品質が保たれる技術を採用した。⁽⁶⁾さらに位置情報に加え、トイレに関する情報、ドアの開く方向、背もたれや添え木の有無のなどを記述している。

また本研究で開発したシステムでは従来方式と比較をすると20%程度のメモリ容量でシステム構築が可能となり、携帯電話での閲覧も従来よりも高速化が可能となる。携帯電話での閲覧が可能となることで、いつでもどこでも車いすユーザーのサポートになるのではないかと考えている。

4. GPS 情報の誤差

今回我々がHPを作成する際、携帯電話で撮影した画像に位置情報を付けて、その位置情報をもとに地図上に張り付けた。その位置情報はどれも想定以上に誤差があり、そのままではバリアフリー情報としては使えなかったのがで手動で位置情報を修正した。

GPSを使用するうえで用途にもよるが、誤差の大きさは極めて重要である。例えばトイレを探している時に、

表示している道が隣の道にズレて表示されていたら、大問題になる。一般にGPSの誤差は周りに何も無い場所で1m以内、大きな建物の近くなどで15m以内、建物内で100m以内といわれている。そこで今回それを再確認する目的で、携帯電話のGPS機能を使用して詳細な誤差計測を行った。

5. 実験状況

今回は武蔵野市にある成蹊大学構内の以下の7ヶ所で、3時間毎に1日4回、2週間測定を行った。測定した場所については①樹木に覆われている場所、②周りに何も無い場所、③頭上や周囲が建物に囲まれている場所、④～⑦建物内である。また④、⑤は⑥、⑦に比べ測定位置が建物の下層階なので誤差はより大きいと予測される。④、⑥は⑤、⑦に比べ窓から離れているためさらに誤差が大きいと予測される。

- ① 正門前
- ② 中庭
- ③ 建物の間
- ④ 6階立ての建物の中で1階の中心部
- ⑤ 6階立ての建物の中で1階の端の窓際

- ⑥ 6階立ての建物の中で6階の中心部
- ⑦ 6階立ての建物の中で6階の端の窓際

今回は2つの日本を代表する携帯会社A社とB社の携帯端末を使用した。A社の端末はGPS情報と基地局からの情報による誤差補正を行っている。一方B社はGPS情報だけでデータを測定するので、A社よりもある程度多く誤差が出ると想定される。

6. 実験結果

A社とB社の測定結果を表1,2に示す。ここでは上記7つの場所での誤差を、平均、最大誤差、最小誤差、分散、標準偏差により示している。その結果、測定条件の良い（周りに建物がない）場所では、10～50m、建物の近くでは、50～80m、建物の中などでは、100m以上、最大1000m以上の誤差が観測された。これらの測定では、時間ごとによる大きな誤差の違いは見られなかったが、天気については、若干ではあるが、とくに曇りや雨の場合は誤差量の増大が生じた。このように、一般的に言われているようなGPSとはかなり異なる測定結果であることが確認できた。

表1 A社の端末：誤差平均値、最大誤差、最小誤差、分散値、標準偏差(単位はm)

A社	正門	庭	3と8号館の間	8号館1Fの中	8号館1Fの窓	8号館6Fの中	8号館6Fの窓
平均	28	19	26	84	52	51	46
最大誤差	120	80	110	500	100	130	140
最小誤差	3	5	1	20	5	15	5
分散	756	192	477	4976	700	601	735
標準偏差	27	14	22	71	26	25	27

表2 B社の端末：誤差平均値、最大誤差、最小誤差、分散値、標準偏差(単位はm)

B社	正門	建物の間	庭	8号館1Fの中	8号館1Fの窓	8号館6Fの中	8号館6Fの窓
平均	18	62	21	431	232	478	97
最大誤差	50	90	600	1150	640	1100	650
最小誤差	3	5	5	55	15	25	5
分散	151	15822	288	57851	40003	84653	25259
標準偏差	12	126	17	241	200	291	159



図2-1 A社の端末の測定結果：中庭(地図の縮尺は2.5cm当たり50m)



図2-2 B社の端末の測定結果：中庭 地図の縮尺は2.5cm当たり50m)

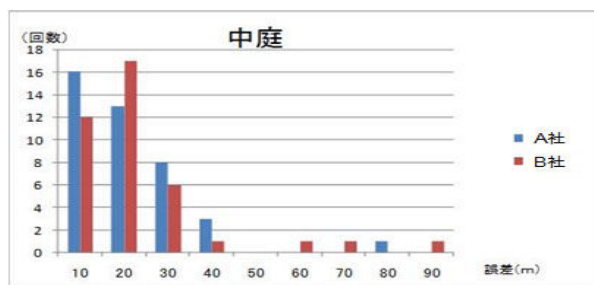


図3 両社の端末の測定結果:図2-1, 2-2の誤差頻度



図4 A社の端末の測定結果:建物の1Fの中心部の縮尺は2.5cm 当たり200m)

図2, 4, 6は①(正門前)と④(6階建ての建物)の中の1階の中心部)についての測定結果を2次的に地図上に示したものである。晴れはピンクの印、曇りは黄色の印、雨は紫の印で示した。この図からもわかるように、曇りや雨での測定結果である、黄色の印、紫の印は、真の場所から外に分散している様子が見て取れる。

以下は誤差測定結果の概要である。

1. 正門前、中庭での誤差はA社、B社ともに平均して20m程度であった。この両計測地でのGPS計測では、周りに障害となるもの(大きな建物など)がなかったため、屋内に比べて誤差はかなり少なかった。
2. 建物の間の測定である③では誤差の大きさは10mから100mの誤差であった。この誤差の原因はマルチパスによるものが大きいと考えられる。A社では基地局補正をおこなっているため、誤差が屋外の他の場所と変わらなかったが、B社の計測結果ではマルチパスの影響と思われる影響が如実に表れている。
3. 建物内の計測結果はA社とB社の誤差の差は大きく違った。図3, 5, 7に示すようにA社の端末の誤差は実際の位置近辺にまとまっているが、B社の端末の誤差は大きく分散してしまった。稀にはあるがGPS情報の取得に失敗し基地局の場所を示したケースや、1000mを越える大きな誤差を示すこともあり、建物内での衛星情報だけでの位置特定は難しい、といえる結果となった。
4. A社のように携帯基地局からの信号を使用し誤差補

正を行えば誤差が縮小されることが確認できた。しかしながら建物内ではそれでも約60mの誤差が発生する結果となった。

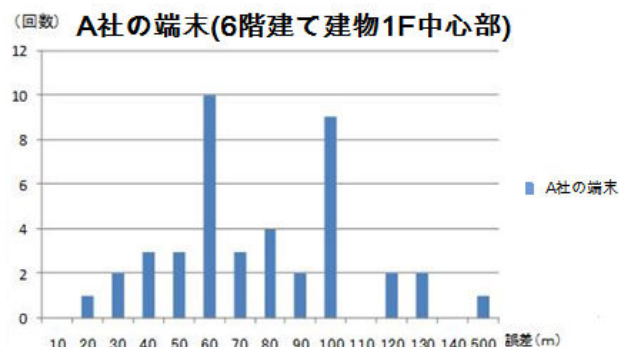


図5 A社の端末の測定結果:図4の誤差頻度



図6 B社の端末の測定結果:建物の1Fの中心部の縮尺は2.5cm 当たり200m)

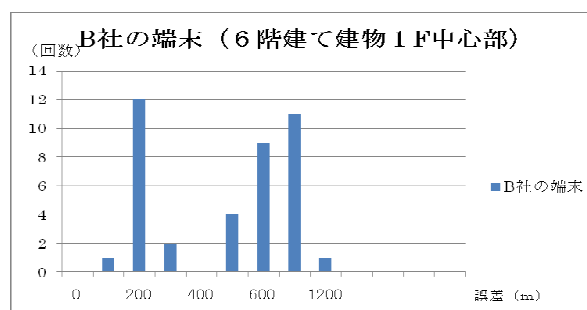


図7 B社の端末の測定結果:図6の誤差頻度

7. GPS 誤差の偏り特性

ここで測定された測定誤差を、上記6章での1次的な量からの評価に加えて、偏り特性を精密度と正確度により評価した。⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 精密度と正確度により、どの方向にどれだけの誤差があるかという、2次的な評価が可能である。精密度とは繰り返しのある観測値(あるいは繰り返しのある一連の観測値から得られた数量)の標本平均に対する近似性を意味する。正確度とは、観測値(あるいは観測値から得られた数量)の真値に対する近似性を意味する。

この精度度は以下の式によって求められる。

$$\sigma_{H_precision} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (1)$$

この式において、 $\sigma_{H_precision}$ は平面上の測定誤差、 σ_x は x 軸方向の標準偏差、 σ_y は y 軸方向の標準偏差を表す。 σ_x^2 と σ_y^2 は以下の式で求められる。

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1} \quad (3)$$

これらの式において、 n は観測値の総数、 x_k は k 回目の測定における x 軸方向の座標、 y_k は k 回目の測定における y 軸方向の座標、 $\bar{x}$ は x 軸方向の観測値の平均、 $\bar{y}$ は y 軸方向の観測値の平均である。

測定した A 社の誤差を地図上でプロットすることで、ほとんど全ての計測地点で、誤差の偏りを確認した。なお本論文では図 2, 4 の 2 地点を例に示す。その偏りを解析したところ、図 8 の白丸の点に示すように、全結果の重心点は真値より北に 5m、東に 20m の地点である。つまり偏りの重心点は真値より北に 5m、東に 20m の地点である。図 8 は表 1 の全結果と偏りの重心点を示す。測定当初は、いろいろな測定条件で誤差が発生し、真値の周りに分散すると想定していたが、ここで述べたような誤差の偏りが存在することがわかった。

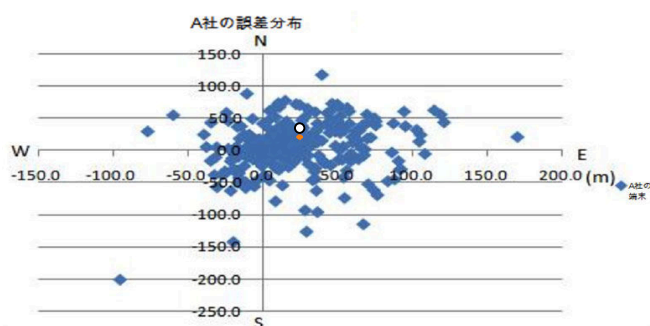


図 8 A 社の GPS 誤差の分布と分布の重心点 (橙色の点が北に 5m、東 20m の地点)

また、その測定時間についてみると、測定結果であるが、測定結果が出るまでの時間は平均して A 社、約 5 秒、B 社、約 15 秒であった。測定時間が B 社の方がかなり長かったため B 社の方が電池の消費が早かった。GPS の実用化に際して、携帯電話の電池消費は今後の問題であろう。

8. 今後の課題

本研究では携帯電話で撮影、取得した画像に GPS 情報を付け、その画像をグーグル地図上に GPS 情報をもとに貼り付けることによるバリアフリー情報の HP 作成と、この際に生じる、GPS 誤差情報の詳細な測定、これらデータの偏り解析を行った。このデータをもとに位置情報の偏りを自動的に補正するシステムの構築の可能性が示された。

本実験において、成蹊大学近辺では、測定条件の良い（周りに建物がない）場所で、10–50m、建物の近くでは、50–80m、建物の中などでは、100m 以上、時として 1000m の誤差であった。また、平均誤差の偏りは北に 5m、東に 20m であった。この誤差偏りを利用すれば誤差の縮小が可能となる。

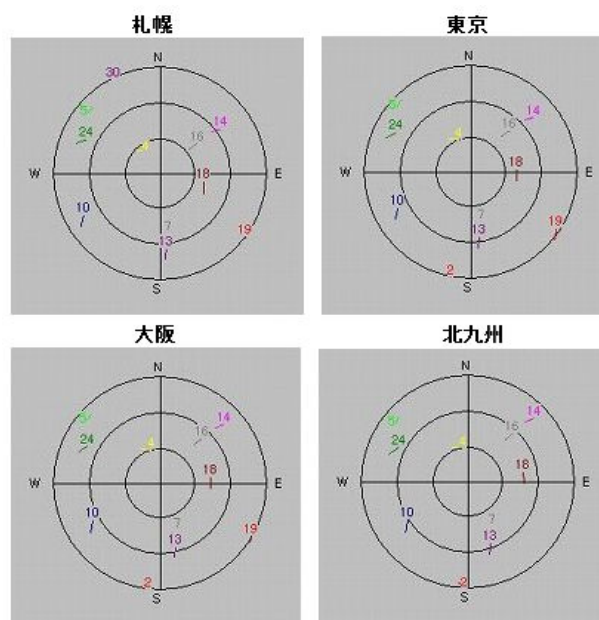


図 9 全国の同時刻の衛星の取得できる位置と数

今後は、この誤差の偏りが地域特性なのか、基地局によるものなのかを解析する必要がある。例えば今回は東京の武蔵野市で実験を行ったが、緯度経度の違う場所でも誤差の偏りはでるのか実験を行いたい。図 9 に示すように衛星の角度、取得できる数は日本国内なら全国どこでも同じ角度、同じ数の衛星を取得できる。つまり、日本ではどこでも同じ結果が得られると思われるので、それを確認することも今後の課題となる。

今回、我々が携帯電話を持って武蔵野市内でバリアフリー情報を取得し、地図上に表示した。今後は、武蔵野市民、武蔵野市を訪れた方が気づいたバリアフリー情報を携帯電話カメラで写し、この地図上に張り付け、皆で

このシステムを成長させられるよう準備していきたい。

このバリアフリー情報を、携帯電話で見れるようにする事も必要である。トイレの場所は地図上で把握できるが、トイレに関する重要な情報である、ドアの開け方、添え木のある・なし、等の付帯情報を読むことが難しい。そこで、携帯電話用として、この付帯情報を拡大表示する機能を追加することが必要である。

GPS 情報の誤差が改善されれば様々なシーンでの活躍は期待されるだろう。今回作成したような HP だけでなく、携帯電話のカメラ画像を利用する事により、幅広い応用が考えられる。例えば災害時などに人が倒れているか、災害の状況などの発見、通報を可能にする。また GPS 情報を使用することによりさらなる詳細情報の表示が可能となる。具体的に、場所の確認やその場所周辺の地図の入手、移動経路の確認や時速の表示、移動時におけるリアルタイムのナビゲーションなど老若男女が使用できる技術である。

9. おわりに

GPS 情報の精度向上はこれからの社会に必要不可欠な問題である。本稿で示された GPS 誤差の縮小可能性はこれからの GPS 情報を使用するシステムに役立つと考えている。このシステムを応用し我々が作成した HP は今日本が直面している課題、少子高齢化、特に安心・安全にいささかでも役にたつ情報と自負している。

我々が作成したシステムが普及することで、今後暮らしやすい街になり、また街の活性化にもつながると考えられる。さらに地域貢献だけでなく社会貢献が可能になると考えている。このシステムの応用によりいつでもどこでも誰でも安心して安全な町づくりが可能と期待される。

謝 辞

本論文を完成させるに当たり、情報科学科教授渡辺一衛先生には貴重なコメントを頂きました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- [1] 浅見徹 “ユビキタスネットワークのアーキテクチャ”
- [2] “ケータイ白書 2008” モバイル・コンテンツ・フォーラム
- [3] Leick, A. (1995) “GPS satellite surveying 2nd edition” John Wiley & Sons, New York
- [4] B.ホフマン-ウェレンホフ, H.リヒテネガー/J.コリンズ “GPS 理論と応用” Spriger Japan 2005
- [5] 森北肇 “これでわかった GPS” 森北出版株式会社 2004
- [6] 寅市 和男 “D.T.P へのフルーエンシ函数近似化手法”日本印刷学会誌, vol.39, no3, pp.169-179(May 2002)