

地図作成学習における相対的位置情報を用いた GPS の誤差低減手法

中澤 啓介[†] 井上 智雄[‡] 重野 寛[†] 岡田 謙一[†]

慶應義塾大学大学院理工学研究科[†] 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科[‡]

近年 GPS 搭載のモバイル PC や携帯端末などの IT 技術により、地図作成のような野外学習を支援する新しいスタイルの教育実践が始まっている。しかし野外学習のようにある一定範囲のフィールド上での活動では GPS の誤差は大きく影響してしまう。例えば観察結果を地図上にまとめる際、学習者が意図していない場所に観察結果が表示されてしまうと十分な学習を期待できない。そこで本研究では野外学習での地図作成において緯度経度情報のような絶対的な位置情報と、「～の右」のような相対的な位置情報を地図上で取り扱う。相対的位置情報は GPS などのセンサーが自動的に位置を判断するのではなく、オブジェクト間の位置関係を人の視点から判断することによって取得する。そしてこの絶対的な位置情報と相対的な位置情報を併用することで GPS の誤差を低減させる手法を提案する。

To reduce GPS error using relative geographic information in map making learning

Keisuke Nakazawa[†] Tomoo Inoue[‡] Hiroshi SHIGENO[†] Kenichi Okada[†]

Graduate School of Science and Technology, Keio University[†]

Graduate School of Library, Information and Media Studied University of Tsukuba[‡]

In recent years, a new educational practice such as map-making learning using IT technology such as a mobile PC or a handheld unit of the GPS deployment begins. However an error of GPS influences these educational activities within a certain definite range, and observer result is not displayed on a map where observer is not intended. So students cannot expect enough learning. In this paper, we describe a technique for mapping objects such as insects and plants in the field on a blank map for mobile learning. And when we make a map using our system, we propose utilization of relative geographic information in addition to a GPS data. It does not automatically get location information by GPS, but get location information by using person's eye. With the help of man's ability of recognizing placement of objects and geographical relations between objects, objective geographic information with a small error given by a GPS is effectively compensated.

1 はじめに

GPS(Global Positioning System) を搭載したノート PC やタブレット PC, そして携帯電話などのモバイル端末利用者が急増し、ユーザーの位置に基づいた情報提供サービスや歩行者ナビゲーションといったモバイル環境下での位置情報の利用方法に注目が集まっている [1][2]。また教育の場においてもコンピュータ

や携帯端末を利用した学習や、インターネットを利用した調査や情報発信が盛んであり、校区内などの身近な地域を対象として、あるテーマに沿って調査を行うことが広く行われている。このような学習では身近な地域の調査をし、その調査結果を地図にまとめるといった学習方法が取られていることが多い。地図作りは地域全体を把握することを促し、また自分が気づいたことや発見したことを地図上にどう表

現すればいいのかを地図を作成しながら考えさせる．自分の住んでいる身近な地域や市について観察・調査した結果を地図上に表していくことで、主体的に学習を進めていくものと考えられる．今まではこのような地図を用いた活動は紙地図上に書き込むことで調査結果をまとめていたが、最近ではGPS搭載のモバイルPCや携帯端末などのIT技術により支援する新しいスタイルの教育実践が始まっている [3][4]．しかし野外学習のようにある一定範囲のフィールド上での活動では、GPSの誤差は大きく影響してしまう．学習者が観察した結果を地図上にまとめる際、位置情報に誤差が発生すると、学習者が意図していない場所に観察結果が表示されてしまい、十分な学習を期待できない．また木や花といった観察対象が密集している場合、GPSで取得した位置情報は重なってしまい非常に分かりにくいものとなる．

そこで本研究では野外において、発見・観察したオブジェクトの地図上への位置配置の際に、従来一般的な緯度経度や空間座標といった絶対的な位置情報とは異なる、オブジェクト間の位置関係を表す相対的位置情報の利用を提案する．現在主に利用されている位置情報はセンサーが自動取得する絶対的なものばかりである．絶対的位置情報の利点として、位置を定量的に扱える、地図上での位置が一意に決まる、といったことが挙げられる．これらは地図上での位置を確認したり、またその位置から何か情報を得たい時には有効的である．しかしセンサーから取得する位置情報には誤差が生じる場合があり、誤差が生じた場合絶対的位置情報の様な単独の位置情報だけから情報を得ることは困難となる．本研究で利用する相対的位置情報は人の位置認識により取得される．人が自分の位置を他人に伝えたり、ナビゲーションを行う際使われる情報は「建物の右」といった自分から見て周りに何があるか、つまり周辺情報である．対象オブジェクトの周辺情報を人の視点から得ることで、絶対的位置情報を単独で用いるより位置情報は明確になる．本研究ではこれを利用してGPSの誤差が低減可能だと考えた．

本稿では第2章において本研究の背景と関連研究を、第3章において相対的位置情報を用いた提案手法について説明し、第4章で本システムの構成を、第5章で本手法について評価し、それぞれについて述べていく．

2 関連研究

現在活発に行われている位置情報の研究は、屋外や屋内でどれだけ精度よくセンシングできるか、またその取得した位置情報をどのように利用するかといったものである．位置情報取得にはカーナビゲーションなどで広く用いられているGPSを用いる場合が多いが、地下などGPS衛星が捉えることのできない場所や、屋外においても建物の影となり衛星が捉えにくい場所がある．そのような場合はRFIDや赤外線を用いることで屋外・屋内を問わず位置をセンシングすることが可能となってきた [5]．これにより歩行者ITSの分野では歩行者をより安全に、そして快適に歩くための情報を提供することが可能となっている [1][6]．本研究では人の位置認識を利用して位置情報を取得している．これまでのセンサーが自動的に取得する位置情報は人にとっては分かりにくく、また物と物の位置関係、繋がりを表現することができなかった．人の視点から位置情報を検出することで物と物の位置関係や繋がりとといった相対的な位置情報も取得できる点に特徴がある．

次にGPSの誤差についてだが、現在一般的に利用されているGPSの誤差は10m程度だと言われている．そしてその誤差を補正するためにあらかじめ正確な位置が分かっている基準点に受信器を設ける相対測位(D-GPS)方式や、相対測位と同じく基準点の利用とGPSと基準点の電波の位相差を見る干渉測位方式がある [7]．D-GPSで50cm~5m、干渉測位方式では10~50mmと非常に高性能だが、これらは今までの単独測位のGPSとは違った受信機が必要なため、精度に比例して高価になってしまう．それに対して本研究では人の視点から取得した相対的位置情報を利用した誤差低減を試みている．これはアプリケーション上での誤差低減なので、GPS受信器の他に特別な受信器が必要なく誰でも簡単に安価に行える点に特徴がある．

次に学習についてだが、野外での自然体験といったグループ学習を支援するシステムが増えている [8][9]．野外で調査した位置情報付きの地図データを表示したり、デジタルカメラ等の画像やタブレットPC上で作成した絵図、メモ等を用いて話し合いを行うことで、高い学習効果を得ることができたという報告もある [3]．これら野外での活動では学習者にGPSを持たして観察結果をまとめさせている．しかし場所によっては正確に位置が取得できないような場合もあり、観察者の意図とは大きくずれてしまう．本研

究ではこのような地図作成学習で観察したオブジェクトの位置を取得する際に、従来の GPS と観察者の位置認識を用いることで地図上に表示させていく。対象オブジェクトの周りに何があるのか観察することで誤差が低減されるので、観察結果をそのまま誤差低減に利用していることが特徴である。

3 相対的位置情報の利用

3.1 相対的位置情報の種類

本研究ではセンサーが自動的に取得する絶対的な位置情報に対して、オブジェクト間の相対的な位置情報に注目している。そして相対的位置情報の取得方法として人の視点を利用している。人が目で見て判断する位置情報には様々な種類があり以下に例を挙げる

- 距離提示型：近い，遠い，そば，付近，～沿い
- 方向提示型：上，下，前，後，右，左，向こう
- 位置提示型：内，外，中，境，まわり，真ん中

距離提示型は対象物が観察者から見てどの程度離れた場所にあるのかを示すために使用されている。人によって遠い，近いなどは個人差がありどれもあいまいな情報である。方向提示型は観察者や対象物の周囲の状況を表すために使用されている。東西南北などといった絶対的に方向が決まっており、全ての人にとって共通の方向を示す情報とは違い、前後左右といった情報は物体の位置や方向によって決まっている相対的な方向を示している。位置提示型は方向の制約以外の制約を表すものである。

本研究では GPS の誤差を低減するために、対象オブジェクトの周辺情報を表す方向提示型と位置提示型に注目し、相対的位置情報の利用を試みた。誤差低減を行いたい対象オブジェクトの周辺情報を各々の視点から取得し、周辺情報と対象オブジェクトの位置関係から位置を決定していく。

3.2 相対的位置情報を用いた誤差補正

本研究では相対的位置情報を利用して対象オブジェクトの誤差低減を行っている。利用する相対的位置情報は方向提示型と位置提示型でオブジェクト間の位置関係を表すものである。その中でも日常でよく

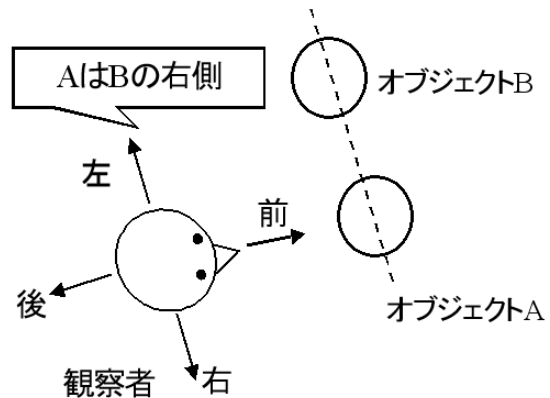


図 1: 相対的位置情報の取得

使われる周辺情報を表す言葉として「前，後，左，右，中」の 5 つに注目した。オブジェクト間の相対的位置情報は人の視点から取得していく (図 1)。

図 2 では、GPS で取得した各オブジェクトに誤差が生じたとする。その誤差を低減するために、相対的位置情報を利用していく。誤差低減の対象となるオブジェクトに注目をする。このオブジェクトの周辺にはオブジェクト 1，オブジェクト 2，オブジェクト 3 と 3 つのオブジェクトが存在している。まず対象オブジェクトとオブジェクト 1 の位置関係に注目する。この 2 つのオブジェクトの位置関係は GPS で位置を取得した際にズレが生じたため、データ上正しい位置関係情報を失ってしまった。そこで人の視点によって取得された相対的位置情報を基に、この 2 つのオブジェクトの位置関係を修正していく。対象オブジェクトとオブジェクト 1 の実際の位置関係は人の視点から分かるので、GPS で得られたオブジェクト 1 の位置情報を基準として、実際の位置関係を表した平行線上に対象オブジェクトは存在することとなる。そこで GPS で得られた対象オブジェクトの位置からその平行線上に垂線を下ろした位置を、オブジェクト 1 との位置関係を考慮した対象オブジェクトの位置とする。同様に対象オブジェクトとオブジェクト 2，対象オブジェクトとオブジェクト 3 についてもそれぞれの位置関係を考慮して対象オブジェクトの位置を決定していく。こうして対象オブジェクトに対して 3 つの位置が決定される。最終的な位置はこの 3 つの位置の重心を補正された位置とする。

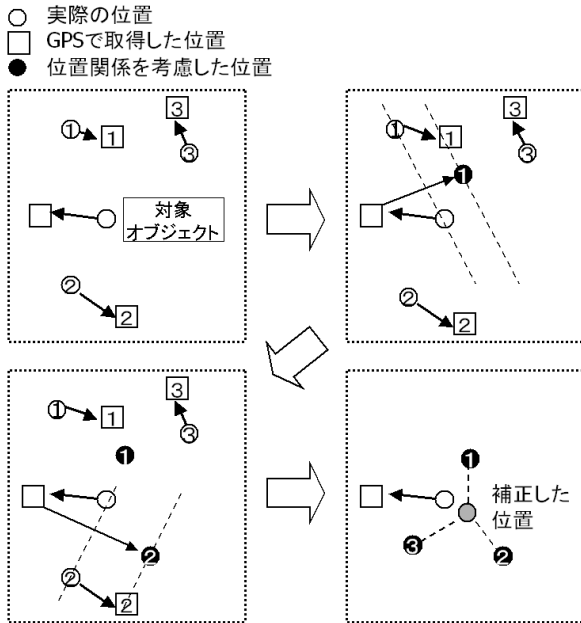


図 2: 誤差低減手法

4 アプリケーションへの実装

4.1 実装環境

野外学習において、観察・調査したオブジェクトの位置を記録し、地図上に整理するためのモバイルアプリケーションを構築した。相対的位置情報を用いることでGPSに誤差が発生した場合でも誤差を低減し地図上に配置していく。タブレットPCに電子コンパス内蔵のGPSを接続し、GPSからの緯度経度情報と人の位置認識を用いて野外で収集・撮影したオブジェクトをその場で地図上に整理していく(図3)。このような野外での活動にPDAを使用したという前例[10]もあるが、ディスプレイが小さいため地図が十分に表示されず[11]地図作成には不適であると考えタブレットPCを使用した。またタブレットPCを用いることでペン操作という自然な入力方法でコンピュータを学習環境に取り入れることができ[12]、野外での活動にも適している。

4.2 システムの利用手順

本システムは野外で発見した虫や植物といったオブジェクトの画像を、その位置に従って整理し地図上に表示する。インターフェースはコンテンツ編集画面(図4)と地図画面(図5)とから構成されている。

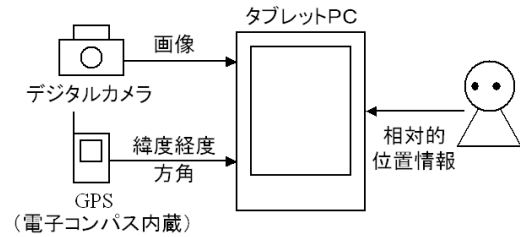


図 3: システム構成

システム利用者は発見したオブジェクトをデジタルカメラで撮影し、コンテンツ編集画面に送る。コンテンツ編集画面では、デジタルカメラで撮影したオブジェクトに以下のデータを付加する

- 発見した場所の緯度経度情報
- システム利用者の向いている方向
- システム利用者から見たオブジェクトの周辺情報

発見した場所の緯度経度情報はGPSで、システム利用者の向いている方向は電子コンパスで取得しどちらも自動的に付加される。システム利用者から見たオブジェクトの周辺情報はコンテンツ編集画面内の周辺情報リストから選択し、対象オブジェクトと周辺情報の相対的位置情報をシステム利用者自身の視点から判断してコンテンツ編集画面内で手動で付加する。例えば対象オブジェクトが花でその花が木の右側に咲いていたら、コンテンツ編集画面上で花の画像を選択し、周辺情報リストから木の画像を選択する。そして「関連付け」から「右」を選択する。この「右」といった相対的位置情報と電子コンパスから取得したシステム利用者の向いている方向を組み合わせることで、花と木の位置関係が決定する。周辺情報リストの項目はシステム利用者が既にマッピングしたオブジェクト、もしくは道路や建物といった地図上に表示されている情報となっている。このように学習者が観察したオブジェクトは、観察時に学習者自身によって複数の周辺オブジェクトと位置的に関連付けられていき、そのたびに本手法を用いて誤差低減を行い地図上に表示されていく。

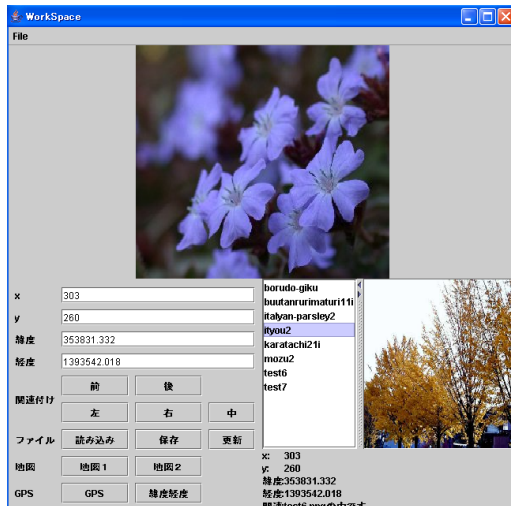


図 4: コンテンツ編集画面

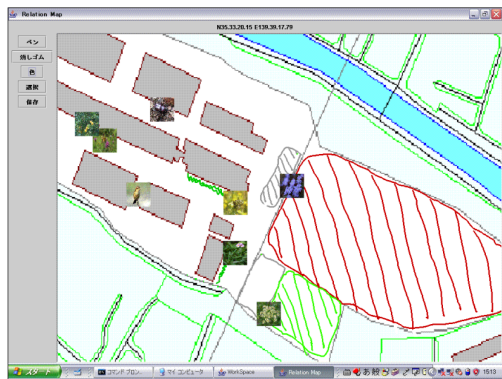


図 5: 地図画面

5 評価と考察

5.1 実験環境

相対的位置情報を用いて GPS の誤差低減を試みた本手法を評価するため、実験を行った。本実験では相対的位置情報を用いて関連付ける周辺オブジェクトの個数を増やしていき、その個数によってどの程度誤差が低減されていくのかを、シミュレーションによって測定した。実験パラメータは表 1 である。この GPS と電子コンパスの値は本研究で構築したシステムに用いた GPS (Garmin-eTrex) の精度を基に決定している。

表 1: 実験で使用するパラメータ

関連付けるオブジェクトの個数	1 ~ 10 個
各オブジェクトの位置	100m × 100m のフィールド内 (ランダムに決定)
GPS の誤差	最大 10m (ランダムに決定)
電子コンパスの誤差	± 5 ° (ランダムに決定)
計測回数	100 回

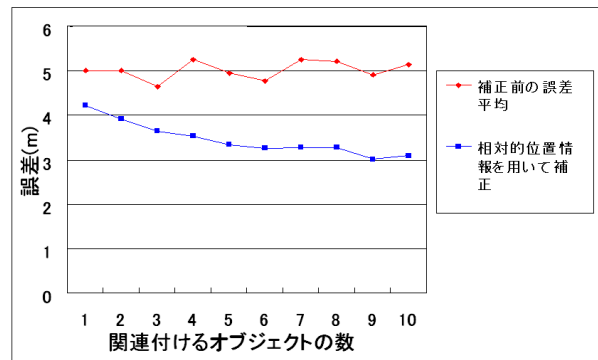


図 6: 実験結果

5.2 結果と考察

本実験より得られた結果を図 6 にまとめる。結果のグラフは横軸が関連付けたオブジェクト数で単位は個数、縦軸が実際の位置との誤差の大きさで単位は m である。値は計 100 回計測した値の平均値となっている。

図 6 に示すように、関連付ける周辺オブジェクトの個数が増えるにつれて、誤差が低減していくことが分かる。これは 1 つ 1 つのオブジェクトに誤差が生じていても、相対的位置情報を用いて関連付けていくことで、全体的に誤差が相殺され、結果誤差が小さくなっていくからである。そのためどの程度誤差低減が可能かは、GPS の特性によるところがある。例えば、GPS で位置情報を取得したオブジェクトの位置が同じ方向にズレてしまった場合は、本手法で低減される誤差は小さなものになってしまう。逆に様々な方向に誤差が発生した場合は本手法は有効的に誤差が低減可能である (図 7)。また関連付けていく周辺オブジェクトの個数を 10 個以上に増やしていても、誤差はある一定値以上には小さくならなかった。今回の実験パラメータの場合はだいたい 2.5m 程度に収縮していった。本手法はオブジェクト間の右や左といった方向のみに注目しているため、低減

- 実際の位置
- GPSで取得した位置

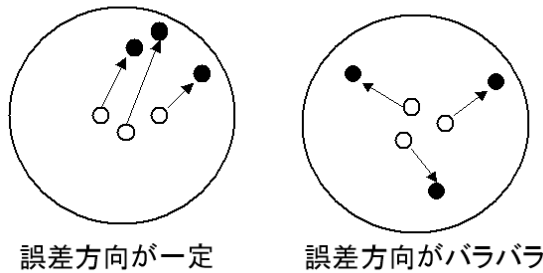


図 7: 誤差方向

できる値に限界があった。より厳密にオブジェクト間の距離まで相対的位置情報として得ることができれば、より良い結果が得られると予想される。

6 おわりに

本研究では人の位置認識により取得される相対的位置情報に注目をした。これは「建物の右」といった自分から見て周りに何があるか、つまり周辺情報である。そしてこの相対的位置情報を利用してGPSから取得される絶対的位置情報の誤差が低減可能だと考えた。本手法を用いて野外学習での観察・調査したオブジェクトを位置に従って地図上に整理するための地図作成アプリケーションを構築した。オブジェクトの地図上の位置を決定する際に、人の視点から得た相対的位置情報を用いて誤差低減を行うことで、GPSで取得した観察オブジェクトの位置がズレた場合でも他のオブジェクトと位置的に関連付けることで誤差を低減することができる。本手法を評価するためにシミュレーションによる実験を行った。その結果、相対的位置情報を用いて関連付けるオブジェクトの個数を増やせば誤差は低減していくことが分かった。またある一定値以上には低減されないことも分かった。今後は相対的位置情報の中でも方向だけに注目するのではなく、オブジェクト間の距離についても注目し、本手法に応用することでより精度の高い結果を得ることが課題である。

参考文献

- [1] 山本友理, 屋代智之, 重野寛, 岡田謙一. 歩行者用道路上におけるリアルタイムな混雑情報の取得・提供手法. 情報処理学会研究報告-MBL, Vol. 29, pp. 37-42, 2004.
- [2] Jenna Burrell, Geri K.Gay, Kiyo Kubo, and Nick Farina. Context-aware computing: A test case. *UbiComp*, Vol. LNCS 2498, pp. 1-15, 2002.
- [3] 中馬悟郎, 村瀬康一郎, 加藤直樹, 益子典文, 横山隆光, 加藤喜久, 吉田隆治. GISとタブレットPCを活用した学習支援. Eスクエア・アドバンス平成15年度教育・学習へのIT活用シンポジウム, p. 22, 2004.
- [4] 南幸弘, 太田弘, 坂井繭美. モバイル型マルチメディア端末を用いた教育gisの開発. 日本測量調査技術会論文, Vol. No80-3, pp. 13-18, 2001.
- [5] 鷗沼宗利. 人の歩行動作認識技術を応用した自律的位置検出手法. 電子情報通信学会論文誌, Vol. j87-A No1, pp. 78-86, 2004.
- [6] 鷗沼宗利. Rfidを用いた歩行者の経路誘導 視覚 障害者向け道案内システム. 情報処理学会誌, Vol. 45 No9, pp. 918-922, 2004.
- [7] 柳原徳久, 初本慎太郎. さまざまな次世代gps測位方式: 1.rtk-gps. 情報処理学会誌, Vol. 43 No.8, pp. 831-835, 2002.
- [8] 岡田昌也, 山田暁通, 吉田瑞紀, 垂水浩幸, 粥川隆信, 守屋和幸. 現実仮想経験拡張型システムdigitaleeによる協調型環境学習. 情報処理学会論文誌, Vol. 45 No1, pp. 229-243, 2004.
- [9] 北原圭吾, 丸山祐太, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一. 実世界指向インタフェースを用いた時空間コンテンツによる協調学習支援システムの開発. 情報処理学会研究会報告-GN, Vol. 56, pp. 37-42, 2005.
- [10] 石塚丈晴, 堀田龍也. Pdaを端末としたwebベースの学習支援・授業評価システムと小学校における実践. 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, 2005.
- [11] Patrick Baudisch and Ruth Rosenholtz. Halo: a technique for visualizing off-screen objects. *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 481-488, 2003.
- [12] 梶本佳照, 尾崎さとみ. タブレットPCを利用した手書き電子教材の実践検証. Eスクエア・アドバンス平成15年度教育・学習へのIT活用シンポジウム, p. 150, 2004.