

ウェアラブル環境におけるユーザの相対的位置関係を用いた 位置検索システムの提案

上田 道[†] 佐藤 玲奈[†] 増永 良文[‡]

[†] お茶の水女子大学人間文化研究科数理情報科学専攻 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

[‡] お茶の水女子大学理学部情報科学科 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

E-mail: [†] {michi, reina.017}@dbl-lab.is.ocha.ac.jp, [‡] masunaga@is.ocha.ac.jp

あらまし 近年ウェアラブルコンピューティングの研究興隆により、位置検索システムやナビゲーションシステムに関する研究・開発が多数報告されるようになってきた。しかし、そのほとんどが GPS やジャイロセンサなどの機器を用いた提案であり、たとえば GPS が上手く作動しない屋内や高層ビルが密集した市街地では機能の実現に支障をきたすことが懸念される。そこで、本稿では、そのような機器を用いず、屋内でも屋外でも検索可能な位置検索方法を提案する。その位置検索方法は、ウェアラブルコンピュータに格納されている地図を使い、ユーザから見える建物オブジェクトとその方向を指定することで、ユーザを基準とした相対的位置関係から絶対位置を求めるものである。本稿では、さらにこの考え方を進めて、携帯電話は最小のウェアラブルコンピュータであるとの認識に立ち、上記の考えと携帯電話サービスを融合させた位置検索システムを提案する。

キーワード ウェアラブルコンピュータ, 位置検索システム, 地図, 相対的位置関係, 絶対位置, 携帯電話

A Proposal of a Location Identification System using Relative Positions of a User in Wearable Environment

Michi UETA[†] Reina SATO[†] and Yoshifumi MASUNAGA[‡]

[†] Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University 2-1-1

Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8610 Japan

[‡] Department of Information Science, Faculty of Science Ochanomizu

University 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8610 Japan

E-mail: [†] {michi, reina.017}@dbl-lab.is.ocha.ac.jp, [‡] masunaga@is.ocha.ac.jp

Abstract Many researches and developments of location identification systems and navigation systems have come to be reported corresponding to the recent progress of wearable computing. However, because the most are the proposals using apparatus such as GPSs and gyroscope sensors, it is anxious about causing trouble when such systems are used in indoor or in the city area of high buildings where GPS does hardly work. In this paper, in order to resolve this problem, we propose a novel location identification method that can be worked on indoor or outdoor situation seamlessly. The location identification method does not

use the above apparatus but use the map stored in the wearable computers so that the system can calculate the absolute location of a user using the relative positions of building objects with respect to the user's current position. Furthermore, based on the recognition that cellular phones are the smallest wearable computers, we also propose a novel location identification system that is realized by integrating a cellular-phone service with the above-mentioned idea.

Keyword Wearable computer, location identification system, map, relative location relation, absolute location, cellular phone

1. はじめに

ウェアラブルコンピューティングの普及に伴い、位置検索システムやナビゲーションシステムの研究・開発が盛んに行われるようになってきている。これらのシステムは様々な場面で必要とされるであろうことは疑いない。たとえば、誰しも街を歩いていて迷った経験があるだろう。特に、田舎から都会に出てきて最初に降り立った駅の中や、海外を旅行したときなど、一体自分はどこにいるのか、どちらに向かって歩き出せばよいのか途方にくれるという経験をもった人も少なくないであろう。自分がどこにいるかという位置情報は初めて訪れた場所なら地図などを見ない限り分からないのは当然であり、地図を見たとしても理解に苦しむ場合も多々ある。

このような状況を改善するために、ウェアラブルコンピュータを用いてユーザの現在地を確認し、それをもとにしかるべきナビゲーションを行うシステムが多数報告されるようになってきた。それらの研究・開発は用いる機器やアイデアで多岐にわたるが、もっとも普通の発想はユーザはウェアラブルコンピュータに加えてGPSやジャイロなどの位置センサを装着してユーザの絶対位置を計測し、そのユーザの位置情報をもとにHMDのシースルーのディスプレイに目的地や現在地などの情報を現実世界に重畳して提供することである。

しかしながら、GPSが上手く作動しない屋内や高層ビルが密集した市街地では機能の実現に支障をきたすことが懸念される。位置を検索するためには、GPSではなく無線タグなどを用いた方法も提案されているが、無線タグが埋め込まれていない場所では機能しない。

そこで、本稿では、そのような機器を用いず、屋内でも屋外でも検索可能な位置検

索方法を提案する。この提案にあたっては、ウェアラブルコンピュータの持つ介在性に注目することからはじめた。つまり、ウェアラブルコンピュータの提唱者である Steve Mann はその特徴を3つの要件としてまとめている[1]: 恒常性(Constancy), 増幅性(Augmentation), 介在性(Mediation)。この特徴の一つである介在性はウェアラブルコンピュータは衣類のようにユーザと外界を媒介する役割を持ち、ウェアラブルコンピュータは人間の身体を物理的に、情動的にカプセル化するという意味を持つ[2]。本研究ではこの介在性に注目して、ウェアラブルコンピュータを身につけたユーザが、ユーザの居場所をユーザがおかれている外界の状況と照らし合わせて自動認識するという位置検索システムの構築を行っている。

ここで、そのような考え方で設計・開発している我々のシステムの特徴は次のようにまとめられる:

位置検索のための特殊な機器を用いていない。

ユーザを主体とした相対的位置関係を用いている。

屋内でも位置検索が可能である。

ここに、は、従来のシステムが多用してきた位置検索のためのGPS、地磁気センサ、電子コンパスなどの機器は一切用いないことをいう。ただし、ユーザの居場所をカバーする2次元の地図は用意することとする。

は、GPSやジャイロセンサなどの機器に頼らずにユーザが認識した位置情報と判断に任せて位置決めをすることをいう。ここに、相対的位置関係とは、ユーザが視認するオブジェクトがユーザから見て「前」にあるとか「後」にあるといったユーザを基準とした位置関係のことを言う。例えば

「前」に郵便局が見える、「後」に交番が見えるといった情報である。この相対的位置関係から絶対位置を求める。

は、屋外の位置決めの方法としてしばしば GPS が用いられるが、GPS は屋外で使えるとはいえ少なくとも衛星が 3 個見える環境でなければ原理的に 2 次元地図上の位置は同定できない。さらに、屋内では GPS を用いることはできないからジャイロセンサなどを用いた位置検索が提案されている。しかし、これではユーザが屋外にいるのか、屋内にいるのかで位置検索の考え方やシステムが変わることになる。ウェアラブル環境では、ユーザが屋外にしようが屋内にしようがシームレスに位置決めができるシステムの構築が希求されている。

2. 関連研究

本章では、ウェアラブルコンピュータとさまざまな機器を用いた位置検索システムおよびナビゲーションシステムの研究についてこれまでの研究を幾つか紹介する。

GPS を用いたシステムは屋外での使用を主眼とする。耳の不自由な人をナビゲートするナビゲーションシステムがユーザインタフェースを分かりやすくすることで提案されている[3]。GPS と電子コンパスを用いた研究では、HMD でユーザが見ている現実世界に道や建物、仮想オブジェクトを含んだ地図を重畳させて可視化することでユーザに情報を提供し、ナビゲーションを行うシステムが開発されている[4]。GPS は使用環境に限られるということで、近年では赤外線で通信を行う IrDA や無線通信をする RFID を用いた研究もされている。「ウェアラブル注釈提示システム」では、それぞれの ID を屋内の場合は天井などに、屋外の場合は看板や建物に埋め込み、その ID を認識する受信機をユーザが持ち歩き、その信号を受けると、「この建物は何か?」、「この部屋は何か?」という情報が注釈として提示されるナビゲーションシステムである[5]。また、米軍プロジェクトで開発された兵員用慣性端末機を一般個人用としたもので PointmanDRM[6]がある。これは、地磁気センサと加速度センサによって距離を算出

し、GPS 情報が正確でない場合を判断して自立運用可能な位置検出システムである。

しかし、これらの研究ではウェアラブルコンピュータに装着する機器が増えれば増えるほど大きな装置になり、高価なシステムになるので、普段の生活の中で一般ユーザが用いるシステムとして、ウェアラブルな環境でユーザが自分の位置認識をしたいと欲したときに必ずしも適している方式とは言い難い。身に付けてしまえばウェアラブルコンピュータであり、今後の小型化に期待するという意味ではいいかもしれないが、実現の可能性は低い。そこで、次のような位置検索方法を提案する。

3. ユーザからのオブジェクトの相対的位置関係を用いたユーザ位置検索モデルと実装

3.1. 相対的位置と 2 次元空間の格子点近似

本来、2 次元空間における 2 つのオブジェクト間の空間的關係には(a)距離関係、(b)方向関係、(c)位相関係を考えることができるが、本稿で提案する位置検索はユーザからオブジェクトがどの方向に見えるかという方向関係に着目して行う。この方向は「東」に見えるとか「北」に見えるとかいう絶対的な方向ではなく、自分の「前」に見えるとか「右」に見えるとかいう意味で“相対的”である。

次に、地図が表す 2 次元空間は連続空間であるので連続空間を前提とした位置決めアルゴリズムを開発することもできるが、ユーザが指定する方向関係は時として大雑把であり、「前」に見えるといってもぴったり正面ではないこともあるので、そのような意味で 2 次元空間は方向指定に曖昧性を許容できるモデル化が好ましい。そこで、我々は 2 次元空間を連続空間で表現するのではなく格子点に近似することで曖昧性を許容することを考えた。つまり、位置決めはユーザからの相対的位置関係の情報を格子点に方向ベクトルとして与えて計算する。その結果、ユーザに方向指定の曖昧性を許すことができると同時に計算時間も速くな

る．次節でそのアルゴリズムを詳述する．

3.2. 位置決めアルゴリズム

オブジェクト A, B の視認情報からユーザの現在地に最も近い格子点を求めるアルゴリズムを次に示す．ここで, $X, Y_A, Y_B,$

Z_{X,Y_A}, Z_{X,Y_B} は次のように定義される．

- 地図上でユーザが動き回ることのできる道路レイヤの内部にある等間隔な格子点集合(X)
- 建物などのオブジェクト A,B と道路レイヤとの境界線, つまり線分を等間隔に区切った, オブジェクト点集合(Y_A, Y_B)

- X と Y_A, Y_B で可視・不可視の判断をしたときの格子点上の可視点集合

$$Z_{X,Y_A} = \{ Z_{X,Y_A} \mid i = 1, \dots, n_{X,Y_A} \}$$

$$Z_{X,Y_B} = \{ Z_{X,Y_B} \mid i = 1, \dots, n_{X,Y_B} \}$$

【位置決めアルゴリズム】

- (1) A,B を共に見ることのできる候補点集合(W)を求める：

$$W = Z_{X,Y_A} \cap Z_{X,Y_B} = \{ W_j \}$$

$$(j = 1, \dots, m)$$

- (2) W の各点に対してベクトル $\overrightarrow{V_{A_j}}, \overrightarrow{V_{B_j}}$ を計算する．長さは常に 1 で, ベクトルの向きは A,B のオブジェクトが見えるようなユーザの向きなので, A が前に見えるならば格子点 W_j から A へ向かい長さ 1 のベクトルを与え, 後に見えるならば A とは逆向きに長さ 1 のベクトルを与える．

$$\overrightarrow{V_{A_j}} = \{ \overrightarrow{v_{A_j}} \}$$

$$\overrightarrow{V_{B_j}} = \{ \overrightarrow{v_{B_j}} \} \quad (j = 1, \dots, m)$$

- (2) W の各点について, 点が持っている複数のベクトルを加算し, そのベクトルの長さが最長である点, またはその集合 P を出力する．

$$P = \{ W_j \mid W_j \in W (\forall_i) (|\overrightarrow{v_{A_j}} + \overrightarrow{v_{B_j}}| \geq |\overrightarrow{v_{A_i}} + \overrightarrow{v_{B_i}}|) \}$$

一般に該当するオブジェクトは複数見つかる．この場合は全ての組み合わせで検索する必要がある．例えば, A として 3 件, B として 2 件あった場合, $3 \times 2 = 6$ 回のベクトル加算をする．結果は, 閾値を儲け, ベクトルの大きさがその閾値以上のものを検索結果とする．

図 3 は道が十字路のある空間にユーザがいて, オブジェクト A が「前」, オブジェクト B が「後」に見える場合のベクトル計算の結果を示している．各オブジェクトが可視できる格子点にベクトルを与える．オブジェクト A は点オブジェクトなので各格子点に A が前に見えるようなベクトルを 1 つ与える．オブジェクト B は線オブジェクトであり, 3 点に等間隔に区切られているので, 各格子点にオブジェクト B が後に見えるようなベクトルを 3 つ与える．図 3 では, この合計 4 つのベクトルの内積を計算し, 閾値以上の結果が 1 点出力されている．

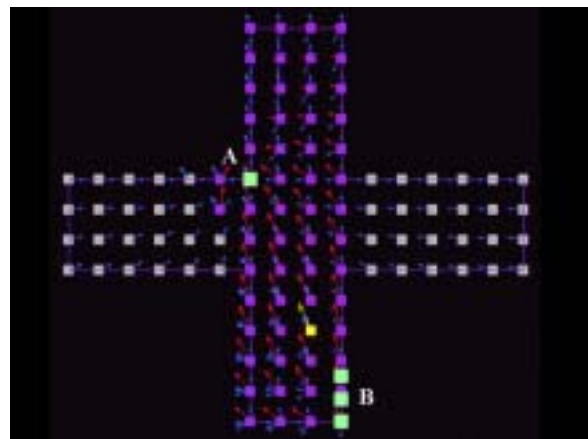


図 3 : 格子点を与えてベクトル計算した時の例

Fig.3 Result of Vector Calculation under a Sample Grid Points

3.3. 位置検索の実験結果

図 4 は JR 新宿駅西口周辺での屋内の位置

検索を想定した実験結果を示している。使用した 2 次元地図は新宿駅構内図をもとに通路や広場の境界線を我々が実測して得たデータとオブジェクトデータをもとに作成したものである。前処理としてこれらをもとに格子点データ、可視・不可視データが自動生成されるモジュールを作成した。加えて、ベクトル計算モジュールも作成した。図 4 は、宝くじ売り場が「前」、みどりの窓口が「後」という検索条件から得られた結果であり、4 つの候補点が表示されている。ユーザはシステムとのインタラクションにより、さらにオブジェクトとその相対的位置関係を入力することにより現在位置を絞り込むことができる。

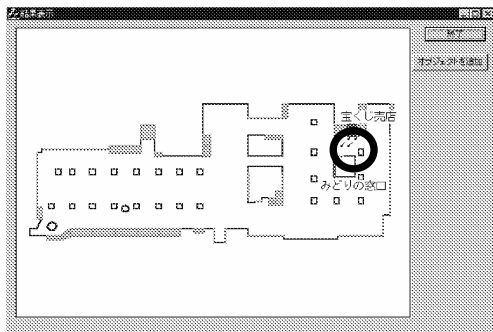


図 4：相対的位置関係を用いた実験結果
Fig.4 An Empirical Result of Location Identification using Relative Location Relations

4. 携帯電話の新しいアプリケーションの提案

携帯電話は最小のウェアラブルコンピュータであるとの認識に立ち、上記の考えと携帯電話サービスを融合させた位置検索システムを提案する。

4.1. 位置決めアプリケーションの概要

携帯電話は最小のウェアラブルコンピュータである。提案する位置決めシステムはこれまで述べてきたユーザから見たオブジェクトの相対的位置関係を用いてユーザの位置決めを行うものの、位置決めの処理プログラムは携帯電話と PPP 接続されたサー

バサイトで行う。アイデアのポイントは、その際どこの地図を使って位置決め計算を行えばよいかを決めなければならないが、ユーザの位置をあらかじめ絞り込むために NTT ドコモが提供している位置検索サービス「オープン i エリア」サービス[7]を用いることにある。さらに現在では、ユーザが身に付けた小型シースルー HMD に、携帯電話の画面を出力させるといった研究[8]も発表されており、これを利用すれば最低限の機器による、まさにウェアラブルな位置決めシステムが実現されることとなる。

現在、P-in Comp@ct などの一般的なカード型 PHS を利用して位置情報を取得できる本人位置情報取得サービスの「ここ Navi」や NTT ドコモの「いまどこサービス」がある。これらも GPS などの位置検出専用のデバイスを使わずにユーザの位置を同定しようという点では本研究と同じ目的を有すると言えるが、たとえば「いまどこサービス」の位置情報は 100 ~ 200m の誤差を伴う。一方、本研究は相対的位置情報を供給することによりユーザの絶対位置を正確に知ろうとする点がこれらのサービスと本質的に異なる。

4.1.1. 「オープン i エリア」について

上述の NTT ドコモの「オープン i エリア」は、PDC-P 方式 i モード及び FOMA 方式 i モードに提供する位置情報の取得機能であり、「オープン i エリア」対応サイトにアクセスして取得される基地局情報をもとに、その基地局がどのエリアに属するかをドコモサーバと通信し、コンテンツサーバに通知してくれるサービスである。ここで言うドコモサーバとは NTT ドコモ側のサーバのことをいい、コンテンツサーバとは、我々が設置するサーバのことをいう。コンテンツサーバでは、通知情報をもとにユーザが該当するエリアに関連する情報などを提供することが可能になる。このときのエリアというのは、緯度経度情報ではなく、NTT ドコモが規定したエリアコードのことであるが、このエリアコードは緯度経度情報に変換することができる。

4.1.2. システムの概要

ユーザがコンテンツサーバにアクセスすることで、まず、「オープンiエリア」サービスを用いてドコモサーバが基地局を介し、ユーザの位置情報をコンテンツサーバに通知する。この位置情報がエリアである。これにより、ユーザの位置をある範囲に絞ることができるので、我々が開発するシステムはその範囲をカバーする地図を用意して、その地図上で相対的位置情報を使ってユーザの絶対的位置を同定すればよいことになる。ここで必要となるのが地図データベースと、建物データベースである。地図データベースとは地図データのことであり、本稿ではZENRIN社のZMAP-TOWNを用いる。建物データベースは検索の有用性を考慮し、ユーザが指定する建物オブジェクトをカテゴリ化してデータベースに格納しておく。(図5)

エリアが決定すれば、次にユーザが立っている現在地、方向を基準として、見える建物と方向を携帯電話から文字入力するかあるいはメニューを選択して指定する。ユーザからの相対的位置情報をもとに上で述べた位置検索方法を用いて絶対位置検索を行う。そして検索結果であるユーザの現在地を地図データと共に携帯電話の画面に表示する。

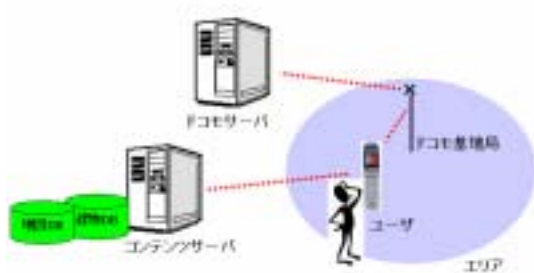


図5：システムの全体像
Fig.5 A System Overview

システム構成は図6の通りである。モジュール、データベースは全てコンテンツサーバに存在するものである。ユーザがコンテンツサーバにアクセスすることで得られ

るエリアと、入力して得られる建物オブジェクトとその方向のデータをもとに、位置検索を行う。位置検索はエリアで指定された範囲のみ地図データベースから抽出して検索を行う。

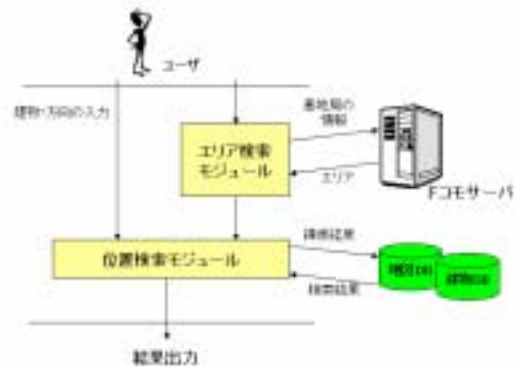


図6：システムの構成図
Fig.6 A System Configuration

4.2. ユーザインタラクション

4.2.1. 開発環境

携帯電話はNTTドコモの製品を用い、ユーザのエリア情報の取得として、「オープンiエリア」サービスを使用する。地図データとしては図形情報データベース、属性情報データベースがそれぞれレイヤ構造になっていて、空間オブジェクトも存在することから、ZENRIN社のZMAP-TOWNを使用する。

4.2.2. 開発モデル

図4のように、建物オブジェクトとその方向の指定は少なくとも2回行い、さらに指定する場合は追加指定をする。



図 7：携帯電話の画面の遷移
Fig.7 Transition of Handy Phone Screen
Images

5. まとめと今後の課題

屋内、屋外にも用いることができる位置検索方法を提案し、その機能の一部を実装し、提案している方法が実際に作動することを確認した。この方法は GPS などの位置検索のための機器を用いない点で有用性がある。また、携帯電話は最小のウェアラブルコンピュータであるとの認識に立ち、この考えと携帯電話サービスを融合させた位置検索システムを提案した。

今後は、今回提案した携帯電話のアプリケーションの実装を行い、建物データベースのカテゴリ化の検証をしなければならない。そして、さらに携帯電話というすでに整えられた環境をもちいることでウェアラブルという概念を提案していきたいと考える。

【謝辞】

本稿第 4 章で述べた位置検索アルゴリズムは本学の卒業生である安田桜(現在日立製作所)が在校時に筆者らと共に開発した。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金萌芽研究「ウェアラブルデータベースとその可能性」(平成 14・15 年度)の補助を受けた研究である。また、本研究は科学技術振興事業団(JST)の戦略的基礎研究推進事業(CREST)「高度メディア社会の生活情報技術」プログラムの支援を受けている。ここに記して謝意を表する。

文 献

- [1] Steave Mann, "Definition of "Wearable Computer", Proc. The 1998 International Conference on Wearable Computing ICWC-98., Fairfax VA, May 1998.
- [2] 廣瀬通孝, "ウェアラブル・コンピュータの展開", 情報処理学会論文誌, vol.40, no.9, pp.873-877, 1999.
- [3] A.Helal, S Moore, and B.Ramachandran, "Drishti: An Integrated Navigation system for Visually Impaired and Disabled," The Forth International Symposium on Wearable Computers, pp149-156, 2001
- [4] R.Suomela, and J.Lehikoinen Nokia research Center, "Context Compass," The Forth International Symposium on Wearable Computers, pp147-154, Atlanta, Georgia, October 16-17, 2000.
- [5] Ryhei Tenmoku, Masayuki Kanbara, and Naokazu Yokoya, "Geometric Registration Using Positioning Infrastructures and a Pedometer for Wearable Augmented Reality," The 2nd CREST Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing, pp. 14-22, Nara, Japan, May 23-24, 2003.
- [6] Silicon Sensing Systems Japan Ltd. <http://www.spp.co.jp/sss/j/pointman.htm>
- [7] NTTDoCoMo, Inc. http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/imode/ia/rea/open.html
- [8] <http://www.is.aist.go.jp/weavy/Demo-j/Overview-j.html>