

WHEN-becomes-WHERE: WiFi セルフロギングによる 継続的位置履歴取得とその応用

暦本 純一[†] 味八木 崇^{††}

個人の位置を継続的にかつ正確に認識・記録することは、記憶支援・行動履歴マイニング・自動ログ生成・パーソナルアシスタントなど、各種のライフログ応用に適応可能な基盤技術である。通常の位置認識には GPS を用いる場合が多いが、衛星の捕捉に時間を要する、屋内での利用が困難など、位置履歴ロギングに適用するには問題があった。本論文では、周辺の WiFi アクセスポイント電測情報を携帯デバイスが記録し、それを位置情報一括して変換することで位置履歴を得る方法を提案し、プロトタイプ実装および各種応用について報告する。利用者は単に携帯デバイスを持ち歩くのみで位置履歴が自動的に記録されていき、利用者が作成する任意の時刻印つきデータ（たとえば写真）は位置つき情報に変換可能である。また、利用者の行動パターンを継続的に記録することで、各個人に特化した認知地図の自動生成などの応用が可能になる。

WHEN-becomes-WHERE: continuous location archiving with WiFi self-logging

JUN REKIMOTO[†] and TAKASHI MIYAKI^{††}

Continuously logging one's geographical position is a fundamental technology for various "life-logging" applications, such as memory aid and information organization systems. GPS is one possibility for such technology, but is not able to track indoor locations. We focus on WiFi location detection technology that estimates device's location based on received WiFi beacon signals. It works both indoor and outdoor, and estimated accuracy is often comparable to that of GPS. We report our continuous location logging system, or a "self-logging" system, using this technology. It records WiFi information every few minutes and lately converts this information to location logs. We present various application examples/ideas based on this proposed self-logging system.

1. はじめに

“Lifelog”あるいは“Reality Mining”⁸⁾と総称される、個人の行動履歴をできるだけ完全に記録し、それを記憶補助・情報整理・コミュニティ分析等に適用しようという発想の研究が多く行われている¹⁾。このような個人履歴情報として、もっとも有効性が高いと思われるデータのひとつが位置情報である。

もし、人生の任意の時点におけるその人の居場所を正確に特定することができれば、その時刻に撮影した写真の位置も自動的に推定できるし、各個人の位置履

歴情報を集約することで、誰に会ったのはいつどこであるか、などの行動履歴検索や、さらには都市や施設の動線解析や、利用パターン解析などへの適用が可能である。このような、各利用者の継続的な位置履歴記録をセルフロギングと呼ぶことにする。

セルフロギングを実用的に行うためには、利用者の負担を増やさず、利用場面の制約を受けずに、精度の高い位置認識を行う必要がある。

セルフロギングを実現するためにまず考えられるのは GPS の利用であろう。実際、単体で動作し、位置をメモリー等に記録するタイプの GPS デバイスが市販されている。これらの製品は主に山歩き等の屋外行動での位置ロギングを用途として想定しているものと思われる。

しかし、日常生活でのセルフロギングを想定すると、生活の大半は屋内ないしビル街であり、GPS のみで位置測定を行うことは困難である。屋外は GPS で、屋

[†] 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 インタラクショナルラボラトリ

Interaction Laboratory, Sony Computer Science Laboratories, Inc.

^{††} 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻
Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

内はジャイロセンサー等の自律航法で、という構成¹⁰⁾も考えられるが、機器構成が複雑になるし、屋内に長時間滞在している場合の精度の確保が困難である。また、セルフロギングでは単に緯度・経度からなる位置だけではなく、ビルの「何階」にいたか、などの情報も重要であろうが、GPS からその種の情報を得ることは困難である。

Eagle らは Bluetooth 装備の携帯電話を被験者グループに配布し、Bluetooth のレンジ内にある物体、ビーコン、他人（が所有する携帯）などを時刻つきで記録することで、利用者の生活パターンやコミュニケーション構造などの分析に適用している⁸⁾。この研究では、携帯電話基地局 (GSM) を利用した絶対位置も考慮されているが、GSM 基地局の粒度の低さから、Bluetooth による「近接関係」が主に利用される履歴情報となっている。

ウェアラブルカメラの映像を記録し、それを解析して利用者の現在位置を推定する研究も数多く行われている^{5),9)}。しかし、画像解析のコスト・精度の点で GPS と比肩すべき性能や簡便性を得ているとはいえない。また常時カメラを装着するための利用者の身体的・心理的負荷は非常に大きい。装着型カメラに対する社会的なコンセンサスも得られているとは言えない。

以上の検討を踏まえて、本研究では無線基地局を利用した位置認識技術、とくに WiFi 方式位置認識^{6),11),14),15)} を利用したセルフロギングに着目する。この方式は、無線 LAN アクセスポイントからの信号情報を使って位置を認識するものであり、屋内外問わず利用でき、ビルフロア情報などの補助情報を得ることも可能である。この方式をセルフロギングに適用することで、利用者は、WiFi 装備携帯デバイスを単に持ち歩くだけで、位置履歴情報を記録することができる。

WiFi 方式位置認識では、WiFi アクセスポイントの位置データベースと、受信した WiFi ビーコン情報（以下 WiFi 電測情報）の照合を行って位置を推定するのが通常である。一方、セルフロギングの目的では、通常は電測情報の記録のみを行い、あとでまとめてデータベース参照を行って位置情報に変換することが可能であり、携帯機器が動作時にデータベースと連携する必要がなく、単に電測情報をフラッシュメモリ等に記録する機能があればよい。この特性により、利用者が携帯すべきデバイスの構成を非常に簡易なものにすることができる。

本論文では、この発想に基づいて試作したセルフロギングシステムについて報告する。まず、我々が開発した無線 LAN 位置基盤システム PlaceEngine¹⁴⁾ に



図 1 PlaceEngine を使用した位置推定の例：通常の Web ブラウザ上で現在位置の取得および現在位置を基点とした情報検索が可能になる

ついて紹介し、次にセルフロギングシステムによって可能になる各種応用についての議論を行う。

2. PlaceEngine 位置基盤システム

PlaceEngine は、無線 LAN アクセスポイントを利用した位置基盤システムである。IEEE802.11b/g などの無線 LAN アクセスポイントは、定期的にビーコンパケットを発信しているが、それを WiFi 機能を装備した携帯機器が受信し、その際に得られる情報（アクセスポイント ID と受信信号強度値 RSSI (received signal strength indication) をもとに、アクセスポイント位置データベースを参照して機器の位置を推定する。位置推定に際して、その無線 LAN アクセスポイントと通信接続を行う必要はなく、単にビーコンパケットを受信できることが条件である。図 1 に、PlaceEngine の典型的な利用例を示す。

GSM など、携帯電話の基地局からの信号強度を利用した位置推定では、各基地局の位置がすでにわかっているという前提で位置推定を行うことができる。一方、無線 LAN アクセスポイントは不特定多数の利用者によって設置されており、その位置は一部の例外を除いて未知である。従って、携帯電話の場合と異なり、アクセスポイント位置を推定したデータベースを構築することが重要なコア技術となる。PlaceEngine におけるアクセスポイント位置データベース構築の詳細については既報¹⁴⁾に譲るが、平均推定誤差 9.7m の精度でアクセスポイント位置を推定したデータベースが構築されている。データベース中の電測情報にフロア情報などのタグを添付することで、緯度・経度に加え

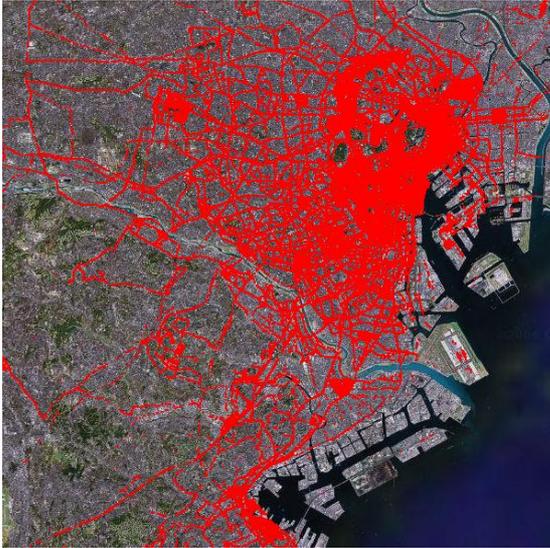


図 2 アクセスポイント位置推定結果: 約 25 万箇所のアクセスポイント位置の推定結果

て施設名・フロア名などの補助情報を検索結果として返すことも可能である。さらに、集合知の発想に基づき、エンドユーザが位置の問い合わせを行う行為自体を、位置推定データベースの精度向上に利用する機構を提供している。

図 2 に、PlaceEngine が保持しているデータベースによるアクセスポイント推定位置を示す。

3. セルフロギングシステムの構築

次に、PlaceEngine を利用したセルフロギングについて考察する。WiFi 搭載携帯機器を常に持ち歩き、利用者の位置履歴を記録するというのが基本方針だが、PDA 等の携帯機器の連続使用可能時間は数時間程度であり、一日の行動記録を再充電なしに行うことは難しい。そこで、通常はスリープ状態にしておき、タイマーで一定時間ごとにスリープ状態から復帰し、WiFi 電測を行い、それをファイルにセーブする方式を採用する。

通常の PlaceEngine の利用方法では、電測情報を位置情報に変換するために PlaceEngine サーバーへの問い合わせを行うが、セルフロギングの場合は、単に受信したビーコンパケット情報（電測情報）の記録のみを行い、サーバーとの通信は行わない。したがって携帯中はネットワークとの接続は必要としない。収集したログデータは、ネットワーク接続可能な状態のときに一括して位置情報履歴に変換する。

以上の方針に基づいて、既存の PDA (Willcom W-ZERO3) を利用したセルフロギングシステムを試作

```

139.724556 35.626261 1157024264 wifi
139.724315 35.626311 1157024325 wifi
139.724399 35.625942 1157024387 wifi
139.724263 35.626309 1157024448 wifi
139.715426 35.633614 1157024692 wifi
139.715033 35.63386 1157024753 wifi
139.715033 35.63386 1157024814 wifi
139.715033 35.63386 1157024875 wifi
139.715033 35.63386 1157024936 wifi
139.682615 35.60666 1157025607 wifi
139.664109 35.583979 1157025973 wifi
139.662247 35.581179 1157026034 wifi
139.659815 35.576127 1157026095 wifi
139.65462 35.565561 1157026253 wifi
139.648527 35.555817 1157026315 wifi
139.646514 35.552622 1157026377 wifi
139.639583 35.543508 1157026438 wifi
139.634768 35.53706 1157026499 wifi
139.63443 35.536479 1157026560 wifi
139.632995 35.535917 1157026621 wifi
139.632985 35.535898 1157026682 wifi
139.631946 35.535918 1157026743 wifi
139.729694 35.625775 1157023899 wifi
139.728877 35.626261 1157024020 wifi
139.725959 35.627074 1157024210 wifi
139.724885 35.628941 1157024142 wifi
139.724556 35.626261 1157024264 wifi
139.724315 35.626311 1157024325 wifi
139.724399 35.625942 1157024387 wifi
139.724263 35.626309 1157024448 wifi
139.715426 35.633614 1157024692 wifi
139.715033 35.63386 1157024753 wifi
139.715033 35.63386 1157024814 wifi
139.715033 35.63386 1157024875 wifi
139.715033 35.63386 1157024936 wifi
139.682615 35.60666 1157025607 wifi
139.664109 35.583979 1157025973 wifi
139.662247 35.581179 1157026034 wifi
139.659815 35.576127 1157026095 wifi
139.65462 35.565561 1157026253 wifi
139.648527 35.555817 1157026315 wifi
139.646514 35.552622 1157026377 wifi
139.639583 35.543508 1157026438 wifi
139.634768 35.53706 1157026499 wifi
139.63443 35.536479 1157026560 wifi
139.632995 35.535917 1157026621 wifi
139.632985 35.535898 1157026682 wifi
139.631946 35.535918 1157026743 wifi

```



図 3 取得した位置履歴情報と、ALPSLAB route によるルート再生

した。一定時間（たとえば 3 分）ごとにタイマーでスリープ状態から起動し、WiFi 電測・記録を行う。一回の電測・記録に要する処理時間は 3 秒程度なので、常時オンの使用状態と比較して約 40 倍のバッテリー節約が見込まれる。実際、この構成で、二日間以上の連続記録が可能であった。

記録されたログファイルを PlaceEngine サーバーに送り、WiFi 電測測位情報を位置データベースと照合を行うと、最終的な位置情報履歴が得られる。現時点で、RSS 準拠位置フォーマット⁴⁾、GoogleEarth で用いられる KML、および Germin GPS デバイス、カシミール 3D などの地図ソフトで利用されている PCX5 形式への変換がサポートされている。

図 3 に、このようにして採取した位置ログの例と、ALPSLAB route によって位置履歴を再生する例を示す。

4. GPS との比較

図 4 に、市販携帯 GPS (SONY VGP-BGU1) を用いて得られた位置履歴と、WiFi 測位によって得られた軌跡とを示す。WiFi 位置認識の精度は、周辺のアクセスポイントの個数・アクセスポイント推定精度等に左右されるので、GPS との単純な比較は困難であるが、図の例では GPS に匹敵する推定精度を達成し



図 4 WiFi 測位による位置履歴と GPS との比較

ているのがわかる。ビルが建て込んでいる地域や屋内に移動した場面では GPS の精度が悪化しているが、WiFi 方式では位置推定が継続して成功していることも確認できる。

また、GPS は、電源投入直後の測位（コールドスタート）に通常数 10 秒以上の時間を要する。したがって本論文のシステムのような、スリープ状態から定期的に復帰してロギングする手法を GPS に適用することは原理的に困難であることを指摘しておく。

5. セルフロギングの効果・応用

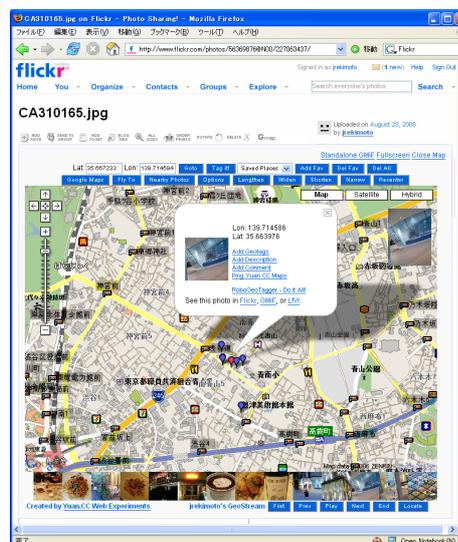
前節で説明したセルフロギングシステムにより、利用者にほとんど操作負担をかけることなく、精度の高い位置情報を記録することが可能になった。以下では、このようなログ情報の応用可能性について議論する。

5.1 写真への位置情報添付

撮影したすべての写真に位置情報が添付されていれば、場所ごとに写真を閲覧したり、地図に写真を関連付けたりすることが可能になる。また、Flickr のような写真共有サイトで、大量の写真データに位置情報が添付されるようになると、Photo Tourism¹³⁾ で試みられているように、ある位置付近で撮影された写真を大量に収集し、画像処理を施して、撮影対象の 3 次元復元を行うなどの応用が可能になる。

GPS 付きカメラは既に市場に存在しているし、カメラつき携帯で GPS が利用可能な機種は非常に多い。しかし位置情報の添付がそれほど普及していないのは、GPS 測位に要する時間が、写真撮影という行為に見合わない、屋内やビル街で撮影しても GPS 測位が成功しない、などの理由によると考えられる。

セルフロギングにより、利用者に特別な操作負担をかけることなく、通常のカメラで撮影した時刻印付きの写真データと、位置ログを時間軸上でマッチングす



Tags

- geotagged [x]
- geo:tool=PlaceEngine [x]
- geo:lat=35.6649220649615 [x]
- geo:lon=139.713850037321 [x]

図 5 写真への位置情報の自動添付

ることで、写真データに位置情報を添付させることができる。カメラ自体に特別なハードウェアやセンサーの装備を要求せずに、すべての撮影データに位置情報が添付されることになる。

図 5 に、セルフロギングによって位置情報を添付した写真ブラウジングの例を示す。通常デジタルカメラで撮影した写真を Web 上の写真共有サイトである Flickr²⁾ にアップロードし、同時にセルフロギングデータから位置情報を生成する。撮影時刻の前と後で最も近い位置履歴をそれぞれ検索し、その 2 地点から線形配分で写真撮影時点での位置を推定する。推定した位置（緯度・経度）を写真に対する位置タグ (geotag) として添付する。以上の処理は Flickr API を利用したスクリプトによって自動的に行われる。

写真の地図上でのブラウジングには Flickr 用の greasemonkey プラグインである GMiF³⁾ を利用している。このようにして、従来は明示的に GPS 等で撮影時に位置を添付するか、手操作で緯度・経度を添付していた作業がすべて不要になり、あらゆる写真（あるいは動画）情報に自動的に位置情報を添付させることが可能になった。

上記の方法は、デジタルカメラとは独立したセルフロギングデバイスを携帯する場合であった。一方、デジタルカメラの種類によっては、ケーブルレスでファ

イルのアップロードや印刷を行うために WiFi 機能を装備した製品が登場してきている。このようなデジタルカメラに、シャッターを押すごとに WiFi 電測情報を写真データと一緒に記録する機構を用意すれば、上記の方法と同様にして、写真に位置を添付させることは容易であろう。

5.2 行動履歴に基づいた情報検索・コミュニケーション

位置を常に記録することで「あの日散歩中に見かけた店の名前は」など、位置・時間・行動に依存した情報検索が可能になる。また、同様の機構を複数人で共有することで「あの日の夜のパーティで同席だった人たちにメッセージを送る」のようなコミュニケーションが可能になる。

“forget-me not”¹²⁾ は、このような行動履歴に基づいた情報検索の先駆的な例だが、Active Badge が整備されたオフィス環境に利用が限定されていた。本研究の方式を利用することで、一般的な生活空間で履歴ベース情報検索を行うことが可能になる。

5.3 音声記録等へのアノテーション

ボイスメモは、そのメモのコンテキストが同時に記録されていないと、あとから意味を解釈するのが困難な場合がある。ボイスメモにも位置が常に記録されることにより、「オフィスで作成したメモ」「散歩中に入れたメモ」「レストランで入れたメモ」のようなコンテキスト情報が添付されて、メモを作成した時点での状況を想起する補助になると期待できる。

また、ボイスメモに限らず単に周辺の音を常時記録しておき、それに位置履歴情報をタグづけることで、「会議室での会話」「通勤途上に聞こえてきた音楽」などが検索できるようになる。

5.4 履歴のブラウジング・イベントの自動抽出

蓄積される行動履歴情報の量が増えてくるにつれて、その情報を効率的にブラウジング・検索する技術も必要になる。個人の行動パターンは、毎日の通勤・通学など、一般的にはかなり規則的なものである。したがって単純に履歴情報を閲覧すると、ほとんど同じ情報の繰り返しになってしまう。一方、この規則的なパターンから逸脱した行動履歴は、たとえば旅行や出張などであり、個人の行動履歴中の「イベント」として後で参照する必要が高いものであると考えられる。

そこで、行動履歴パターンからイベントを自動抽出する方式を考える。毎日の位置履歴を集計して、一日の各時刻における利用者位置の存在確率を求めておく。試作システムでは 5 分ごとに、利用者がどの場所にいるかの位置存在確率を求めている。行動履歴をその存

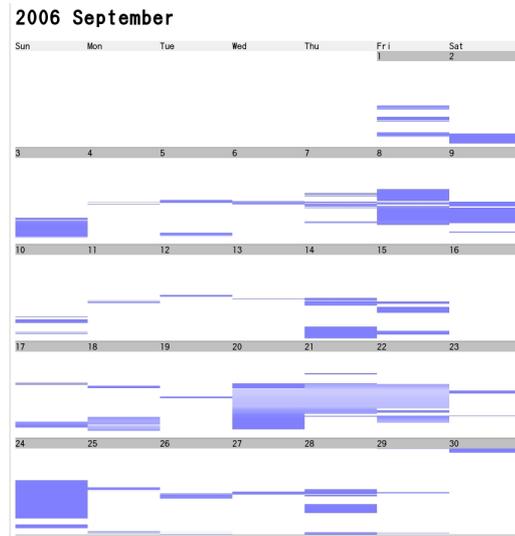


図 6 イベントの自動抽出：位置履歴から、通常の行動パターンから逸脱した部分を抽出して図示したもの

在確率と照合し、確率が一定値以下である箇所をイベントとして記録する。たとえば昼に勤務先に居る場合は（履歴上、その場所にいる確率が高いので）イベントとはならないが、深夜に勤務先で作業している場合は（履歴上での存在確率が低いので）イベントとなる。このようにして抽出したイベントをカレンダー風にして表示したのが図 6 である。このようにして、行動履歴からイベントを自動抽出し、過去の行動内容を効率的にブラウジングすることが可能になる。

5.5 行動履歴の視覚化：認知地図の生成

認知科学の分野では、人間が空間を把握する際の心象として「認知地図」という概念を用いる¹⁶⁾。認知地図は、本人の理解としてのランドマークの位置関係や、本人が重要と思っているもの、そうでないものなどが反映されている。図 7 は、個人の存在確率分布に基づいて地図を変形させており、本人の何らかの「重要度」が地図変形に反映されていると考えられる。

地図変形には、情報視覚化の分野でよく用いられる Fisheye view を応用した。通常の Fisheye view では、一個ないし少数の「フォーカス点」を中心にして表示平面を拡大することでフォーカス点付近の情報をより精密に観測することができる。本論文の場合、地図を一定間隔のグリッドに分割し、それぞれのグリッドにおける位置履歴の存在確率を重みとして地図を変形させている。図に示されるように、この利用者がよく訪れる（あるいは勤務している）箇所付近が大きく拡大して表示されている。このように、個人の移動履歴を自動取得し、地図上に視覚化表示することで、個人

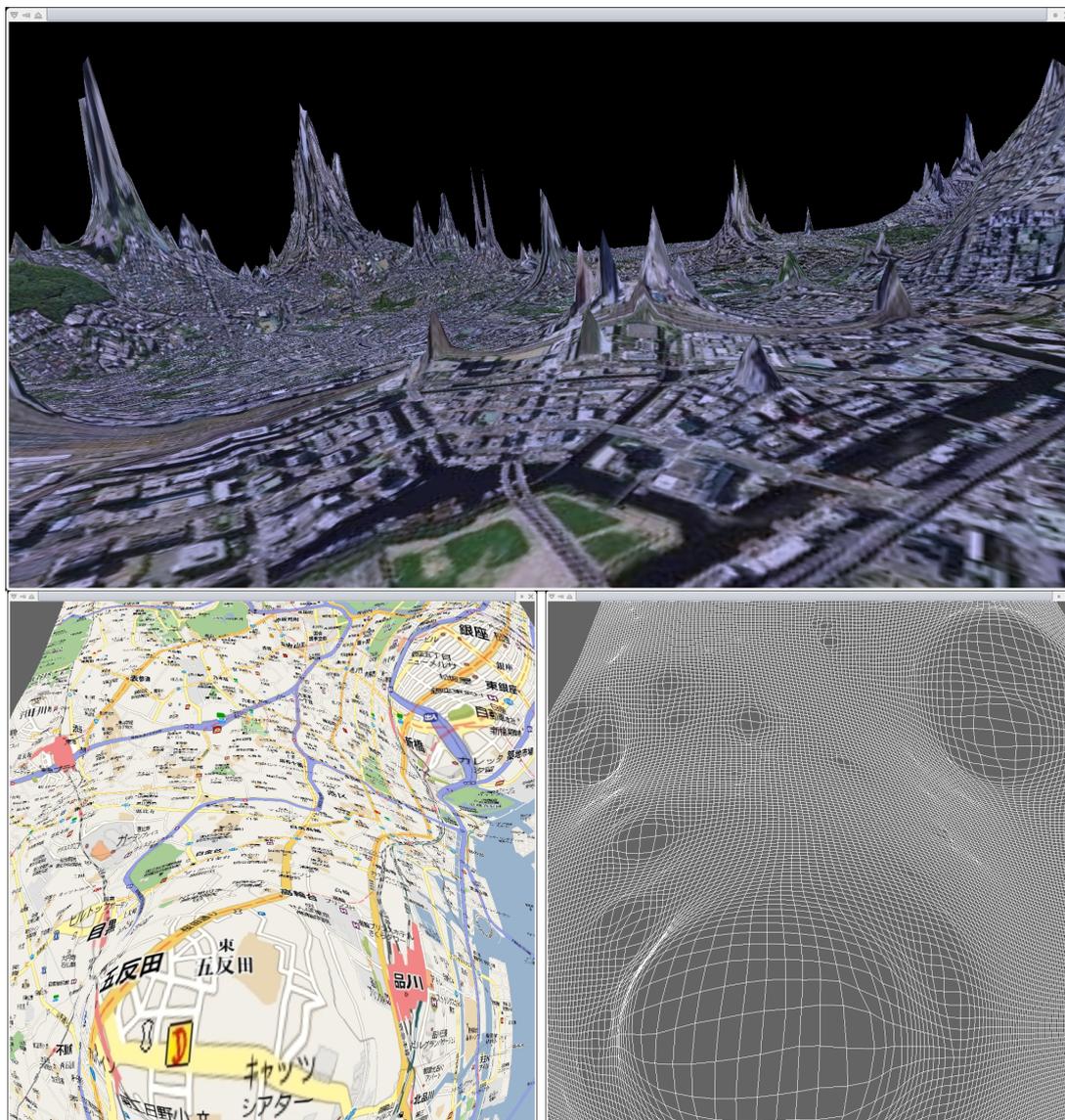


図 7 行動履歴による認知地図生成の試み: (上: 行動履歴による利用者の位置存在確率を地形図の高さ情報に反映させる。よく訪れる地域が山脈をなすように視覚化されている。下: 存在確率を、多点 Fisheye 方式に基づいて、地図の各領域の面積に反映させた例。)

の行動パターンや趣味・嗜好などを分析，個人間での比較，などに用いることができるのではないかと期待している。

5.6 日記・ブログ自動生成

位置履歴から，ブログ文章のスケルトンを自動生成することが可能になる。たとえば

2006/09/01 (Fri)

00:00-12:25 自宅

12:30 川崎市中原区小杉町三丁目

12:35 世田谷区東玉川一丁目

12:45 目黒区下目黒二丁目

12:50-13:25 品川区上大崎二丁目

13:30 品川区東五反田五丁目

13:35-15:15 勤務先

15:30 品川区上大崎三丁目

15:35 渋谷区恵比寿西二丁目

15:40 渋谷区神宮前六丁目

15:45 渋谷区富ヶ谷一丁目

15:50-16:45 渋谷区富ヶ谷二丁目

17:35-19:40 勤務先
 19:45 品川区東五反田二丁目
 19:50-20:10 品川区東五反田一丁目
 20:15 品川区上大崎三丁目
 20:20 品川区上大崎四丁目
 20:30 世田谷区奥沢二丁目
 20:35 川崎市中原区新丸子町
 20:40 横浜市港北区日吉本町一丁目
 20:45-23:55 自宅

は、セルフロギングデータ中の緯度経度情報を住所表記に逆変換して自動生成した位置移動情報の一例である。この例でもわかるように、単純な住所表記でもかなり行動が再現されているが、「自宅」「勤務先」などのラベルを併用することで視認性が高まっている。

このような方法の延長で、

午前 9:00 まで自宅
 10:00 大学到着
 12:00 会議室 ABC で ***とミーティング
 14:00-16:00 講義
 16:00 研究室
 20:00 ***で***と食事
 22:00 帰宅

程度の文章を履歴情報から自動生成することは十分可能だと考えている。また、生成された文章を下地に実際にブログ文章に仕上げていくという利用形態も実用的であろう。

5.7 物品の移動履歴トラッキング

WiFi 電測デバイスを物体に添付して、その移動軌跡を記録する。将来的にはオンラインショッピングの配送等で「配送経路保障」のようなサービスが提供されるようになるかも知れない。同様に、ペットに添付すればその行動履歴を記録することが可能になる。

5.8 セキュリティ応用

個人の位置履歴とは別に、WiFi 機器それぞれについても、上記の方法で位置履歴を取ることが可能である。たとえば、ノートパソコンが、自分の位置を常に記録し続けることが可能になる。ノートパソコンが、普段利用される位置を学習することによって、新規の場所で利用される場合にのみパスワード等で使用者認証を行うことが考えられる。すなわち、いつもその機器を利用しているオフィスや会議室ではパスワードレスで操作できるが、別の場所で利用するときにはパスワードで利用者を確認する。利用者認証に失敗すると、機器の操作をロックし、現在位置をあらかじめ設定し

てある通知先に通報する。

このようにして、通常は矛盾した関係にある利便性と安全性を両立させ、普段は煩雑な認証作業を避けつつ、盗難・紛失等が発生した際にも、機器に記録されている情報が流出する危険を防ぐことができる。

6. ま と め

WiFi 位置認識基盤 PlaceEngine を利用し、個人の位置情報を継続的に記録するセルフロギングシステムを構築した。位置記録は屋内外を問わず可能であり、一般的な推定精度は GPS に匹敵する。ロギングに際して携行すべき機器は WiFi 搭載携帯機器のみであり、特殊なハードウェアや特殊な装着形態を要求しない。このように位置ロギングが一般化することによって、写真への位置の添付等の応用が可能になることを確認した。今後は、長期にわたるセルフロギングの分析や、個々のセルフロギング結果を統計的に集約した場合の効果の検証、また輝度センサや加速度センサなどの他のロギングデータとの情報統合⁷⁾ などを行っていきたい。

一般に、実世界の事象は 5W1H (when, where, who, what, why, how) の属性を持っている。本研究のシステムを利用することにより、時刻と位置が相互に対応づけられることになるので、when = where と言うことができる。通常、情報に時刻を関連付けることは、位置を記録することよりもはるかに簡単なので、時刻付き情報がすべて位置つき情報になることによる意義は大きい。

さらに、仮に多くの利用者が when=where な履歴を持ったとすると、それらを総合すれば「いつ・どこで・誰と会ったか」などの情報を再構築することが可能である。これは、when=where=who が相互に関連づけられていると考えることもできる。

what, why, how は、単純な位置履歴だけでは再現することは困難であるが、ある時刻に撮影した写真に写っている建物の名前を特定するために、画像解析と位置情報を併用するなど、ある程度 what に踏み込んだ解析を行うことも可能であろう。

このように、位置履歴そのものは単純な情報だが、時刻印のついた種々の情報を統合することで、5W1H のかなりの要素に対応づけを行うことで、LifeLog の中核を成す情報として利用が可能になる。

本論文では WiFi 位置認識に特化してセルフロギングを議論したが、他の認識手段、たとえば携帯電話・PHS 基地局から得られる(粒度の荒い)位置情報との併用も興味ある課題であろう。

本論文のWiFi位置認識は、アクセスポイントの位置も未知の状態からすべてを推定する方式に基づいている。一方、特定のオフィスや施設など、アクセスポイントの位置が仮定できる場所や、集中的に電測情報によるキャリブレーションを行える環境では、現状の推定精度よりさらに高い精度の位置推定を行うことが可能であろう。この場合、利用者が持つデバイスは同じままで、特定の環境ではさらに細かな位置認識（たとえば部屋の中でどこに座っているか）をログとして残すことができると予測している。

また、現時点での構成でも実用性は高いと考えるが、GPSロガーに類似した、WiFi電測機能とその記録に特化した超小型セルフロギング専用デバイス、あるいはWiFiロギング機能とGPSロギング機能の複合デバイスなど技術的には構築可能であろう。「WiFiファインダー」と通称される、WiFiアクセスポイントの有無のみを検知する専用デバイスが市販されているが、本論文のセルフロギングデバイスも、本質的にはWiFiファインダー+メモリーセーブ程度の機能であるので、キーホルダーサイズのロギングデバイスが構築可能であり、利用可能性がさらに広がるものと考えている。

謝 辞

議論に参加して頂いた、ソニーコンピュータサイエンス研究所 メンバ諸氏に感謝する。

参 考 文 献

- 1) CARPE 2004.
research.microsoft.com/CARPE2004.
- 2) Flickr. www.flickr.com.
- 3) Flickr: geotagging flickr.
www.flickr.com/groups/geotagging.
- 4) location-formats.
microformats.org/wiki/location-formats.
- 5) Hisashi Aoki, Bernt Schiele, and Alex Pentland. Realtime personal positioning system for wearable computers. In *ISWC*, pp. 37–43, 1999.
- 6) Paramvir Bahl and VenkataN. Padmanabhan. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system. In *INFOCOM (2)*, pp. 775–784, 2000.
- 7) Brian Clarkson. Life patterns: structure from wearable sensors. *Ph.D thesis, MIT Media Laboratory*, 2002.
- 8) N. Eagle and A. Pentland. Reality Mining: Sensing complex social systems. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.10, No.4, 2006.
- 9) M. Kourogi, T. Kurata, and K. Sakaue. A panorama-based method of personal positioning and orientation and its real-time applications for wearable computers. In *ISWC2001*, pp. 107–114, 2001.
- 10) Masakatsu Kourogi, Nobuchika Sakata, Takashi Okuma, and Takeshi Kurata. Indoor/outdoor pedestrian navigation with an embedded gps/rfid/self-contained sensor system. *16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2006)*, pp. 1310–1321, 2006.
- 11) Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scott, Timothy Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powledge, Gaetano Borriello, and Bill Schilit. Place Lab: Device positioning using radio beacons in the wild. In *Proceedings of Pervasive 2005*, 2005.
- 12) Mik Lamming and Mike Flynn. Forget-me-not: Intimate computing in support of human memory. In *FRIEND21 '94 International Symposium on Next Generation Human Interfaces*, 1994.
- 13) Noah Snavely, Steven M. Seitz, and Richard Szeliski. Photo tourism: Exploring photo collections in 3D. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol.25, No.3, pp. 835–846, 2006.
- 14) 暦本純一, 塩野崎敦, 末吉隆彦, 味八木崇. PlaceEngine: 実世界集合知に基づくWiFi位置情報基盤. インターネットコンファレンス 2006, pp. 95–104, 2006.
- 15) 伊藤誠悟, 河口信夫. locky.jp: 無線LANを用いた位置情報・測位ポータル. 情報処理学会研究報告 モバイルコンピューティングとユビキタス通信, No. 2005-MBL-34(4), pp. 25–31, 2005.
- 16) 若林芳樹. 認知地図の空間分析. 地人書房, 2000.