

## 歩行・停止情報を用いたユーザの移動経路推定に関する一考察

宮下 浩一<sup>†1</sup> 寺田 努<sup>†2</sup> 西尾 章治郎<sup>†1</sup>

あらまし: 現在, ユーザの日常生活や体験をデジタル化し記録する, ライフログに関する研究が盛んに行われている. このライフログにおいて重要なコンテキストである位置情報の取得方法は多数存在しているが, 消費電力が大きくウェアラブルコンピューティング環境の有限なバッテリーでは長時間にわたる運用が難しい, 測位精度が低い, 使用できる環境が限られる, などいずれの手法も問題を有している. そこで本稿では, 消費電力の小さな歩行認識デバイスを用いて, ユーザの2状態(歩行中・停止中)のみを認識し, その情報と地図情報を元にユーザの位置を推定するシステムを提案する. 提案手法では, ユーザが停止する地点は交差点であると仮定し, 歩行時間から推定した歩行距離と, 交差点間の距離が等しい経路を求める. 本手法と既存の位置取得方法を組み合わせることにより, 10分程度の歩行であれば, 歩行した経路の候補をある程度絞り込めることがわかった.

### A Study on Route Inference Method using Walking/Staying Status

KOICHI MIYASHITA,<sup>†1</sup> TSUTOMU TERADA<sup>†2</sup> and SHOJIRO NISHIO<sup>†1</sup>

ABSTRACT: Recently, there has been increasing interest on researches for life-log systems that record the users' daily life and experience. There are several methods to acquire user location that is very important context on life-log systems. However, these methods have problems such as large power consumption, low accuracy, and environmental restriction in the field of wearable computing. Therefore, in this paper, we propose a new method to acquire user location. our method requires a small and low battery device like pedometer, and estimates user location by matching the recognized user status walking/staying and the map information. The calculation result confirms that our method correctly estimates the route within 10 minutes.

#### 1. はじめに

近年の情報機器の小型化・軽量化に伴い, コンピュータを常に身に付けて生活するウェアラブルコンピューティングが注目を集めている. ウェアラブルコンピューティングでは, さまざまなセンサやコンピュータを身に付けることで, ユーザは時間や場所を選ばずにコンピュータを利用できるようになる.

ウェアラブルコンピューティングにおけるアプリケーションの一つとして, いつ・どこで・何をしたのかなどの, ユーザの日常生活や体験をデジタル化し記録する, ライフログが注目を集めている. ライフログを行うことで, 例えば, 一日を振り返って日記を書く, 忘れ物・落し物に気付いた時に落とし場所を特定する, 日々の健康状態を管理する, 更には自叙伝を作成するといったことが可能となる.

このライフログにおいて, 「どこで」にあたる位置情報は重要なコンテキストであり, 現在多数の位置取得

方法が提案されているが, 低消費電力で常時高精度に位置を取得することは難しい. 例えば GPS による測位では, 測位誤差は約 30m とある程度高い精度が得られるが, 消費電力が約 0.5W と, ウェアラブルコンピューティング環境で常時利用するには大きな電力を要する.

そこで本稿では, 消費電力の小さな歩行認識デバイスを用いて, ユーザの2状態(歩行・停止)を認識し, その情報と地図情報を元にユーザの位置を推定するシステムを提案する. 提案手法では, ユーザが停止する地点は交差点であると仮定し, 歩行時間から推定した歩行距離と, 交差点間の距離が等しい経路を求める. 本手法と既存の位置取得方法を組み合わせることにより, 10分程度の歩行であれば, 歩行した経路の候補をある程度絞り込むことができる.

本稿の構成は以下の通りである. 2章では本研究に関連するウェアラブルコンピューティングや位置測位の研究を紹介し, 3章で筆者らが提案する経路推定手法を説明する. 4章にて提案手法の評価結果および考察を示し, 最後に5章で本稿のまとめを行う.

<sup>†1</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

<sup>†2</sup> 神戸大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Kobe University

## 2. 関連研究

### 2.1 ウェアラブルコンピューティング

コンピュータやさまざまなセンサを身につけるウェアラブルコンピューティングでは、ユーザは時間や場所を選ばずにコンピュータを利用できる。このようなウェアラブルコンピューティングシステムを用いることで、例えばユーザを目的地まで案内するウォークナビゲーションシステムやユーザの健康状態を常に監視し危機を知らせるシステム<sup>2)</sup>などユーザの日常生活に密着したサービスが提供できる。

### 2.2 ライフログ

ウェアラブルコンピューティングを利用したアプリケーションに、ユーザの日常生活や体験をデジタル化し記録するライフログがある。これは、カメラで撮影した写真やビデオで撮影した動画、マイクで録音した音声、身につけたセンサから得られたデータを解析し得られたユーザの状態や行動などのコンテンツを、時間や場所、キーワード等によりタグ付けして保存することである。

ライフログにおけるコンテンツ生成やタグ付けに関する研究は現在盛んに行われている。例えば、ユーザが身につけた各種センサを用いてユーザの状態や行動を認識するコンテキストウェアの分野では、Kristofらの加速度センサなどの複数のセンサを用いた行動認識システム Porcupine<sup>1)</sup>が知られている。また、堀らは映像コンテンツからコンテキストを推定しタグ付けする手法<sup>9)</sup>を提案している。この手法では、ビデオの映像や音声と共に、脳波計から得られた $\alpha$ 波の波形や、モーションセンサから得られたユーザの状態・行動、GPSで取得した位置情報を検索タグとして保存することで、ユーザがライフログビデオを効率よく閲覧・検索できるようにしている。

ライフログを支援するデバイスとしては、リコーのGPS機能連携デジタルカメラやauのGPS機能付き携帯電話、デジタルカメラに接続可能なSonyのGPSユニットなど、写真と撮影した場所を記録する機能をもつデバイスがある。撮影した写真は、例えば、Google PicasaとGoogle Earthを用いて、地図上に重畳させて表示できる。このように、コンテンツに位置情報を付加して保存することで、ユーザは撮影時の状況を思い出しながら楽しくコンテンツを閲覧でき、また、フォルダ内の写真一覧から写真を探すよりも簡単に目的の写真を見つけることができる。しかし上記のデバイスは、GPS受信機を常時ONにすると消費電力が大きくなり、撮影時のみ電源を入れると測位までに時間を要するためにすぐに撮影できないという問題がある。

### 2.3 省電力なウェアラブルシステム

ウェアラブルコンピューティングでは、電力が有限であるため、効率の良い電源管理が求められる。低消

費電力なウェアラブルコンピューティングシステムの構築に関する研究に、村尾らが提案するCLAD<sup>10)</sup>がある。CLADは、ウェアラブルコンピューティング環境においてユーザが複数個および複数種のセンサを装着する状況を想定して、ウェアラブルコンピュータとセンサの間に位置するセンサ管理デバイスである。CLADは柔軟な電源制御による省電力および柔軟なエラー制御によりデータの信頼性を実現する。具体的には、ユーザの利用するアプリケーションに合わせ使用するセンサを選択する電源制御機能や、異常なデータを出力するセンサの有無を監視するエラー検出機能、過去のセンシングデータや他のセンサとの相関を用いて故障したセンサの代わりとなるデータを生成する擬似データ生成機能を有している。筆者らはこの擬似データ生成機能を利用し、センサが正常に動作する環境においても、意図的に冗長なセンサの電源を制御することで消費電力を抑える手法を提案している。しかしこの擬似データ生成機能は、例えば肘の加速度センサのデータを手首や肩の加速度センサのデータから推測するなど、同種もしくは類似するセンサを組み合わせることを想定しており、少なくとも1つ以上の位置取得デバイスは常時電源を入れておく必要がある。

### 2.4 位置取得手法

冒頭で述べたGPS以外にも、位置を取得する手法は多数存在する。河口らは、サーバにWiFiのアクセスポイントの電波情報と位置とを関連付けたデータベースを構築し、ユーザが取得できるWiFiの電波から現在位置を推定する手法<sup>5)</sup>を提案しており、Locky.jp<sup>12)</sup>にてサービスを提供している。類似するサービスに、Place Engine<sup>13)</sup>やGoogle My Location<sup>11)</sup>などがある。これらの手法はGPSの電波が取得できない地下などでも位置を測位できるが、サーバに登録されたアクセスポイントの位置情報に精度が依存し、測位精度は5-100m程度とばらつきが大きい。また無線LANによる通信も電力消費が大きい。

RFIDを用いた位置の推定に関する研究も盛んに行われている。椎尾らはPassive型RFIDを用いたユーザ位置検出システム<sup>4)</sup>を提案している。彼らはRFIDリーダを着けた履物と、RFIDタグを敷き詰めたカーペットを用いて、室内での高精度な位置検出システムを提案している。また、Active型RFIDを用いた手法は、川島らの実証実験<sup>6)</sup>により誤差2.5mと高い測位精度が得られることがわかっている。しかし、RFIDの通信範囲エリアは、Passive型で数m、Active型でも十数mと狭いため、環境に多数のRFIDタグを埋め込む必要がある。

また、ウェアラブルコンピューティングにおける位置推定手法には、3次元位置姿勢センサである磁気トラッカと姿勢センサであるジャイロを身につけた環境において、ユーザの歩行軌跡を求める濱口らの手法<sup>8)</sup>や、室内に配置した画像マーカをユーザの身につけた

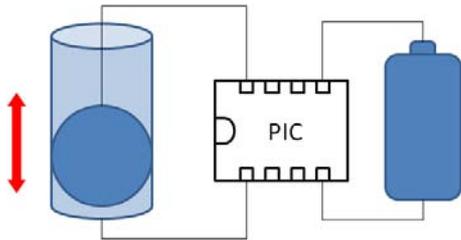


図1 歩行・停止記録デバイス

カメラで撮影し、マーカとのタグ付けされた位置情報からユーザの位置を特定する羽原らの手法<sup>7)</sup>などがある。前者はセンサから得られるデータの誤差が蓄積されてしまい、長時間の運用には向かない、後者は、画像マーカを設置した環境に利用範囲が限定されるという問題点を有している。

### 3. 提案手法

#### 3.1 想定環境

想定環境として、ユーザの状態（歩行・停止）のタイムスタンプを記録できるデバイスを身に着けているものとする。例えば、石川らが提案する加速度センサから歩数やユーザの状態を認識するデバイス<sup>3)</sup>や、歩数計型デバイスで、歩数カウント機能と振動が生じた時刻を保存する機能を有するものである。我々は省電力性の観点から、図1に示すような歩行認識デバイスを想定している。このデバイスは、図の左に位置する筒内の球が、ユーザが歩く度に振動する。停止中は球が筒の床面と接地しており電流が流れるが、震動すると床から離れるため回路が断線する。この断線したタイミングをPICが記録しておくことで、始めに想定した歩行・停止のタイムスタンプを記録できる。本研究ではこれらから得られる、歩行開始時刻と停止時刻を元に歩行経路の推定を行う。

また、前提として、ユーザは交通法規を遵守し、交差点で赤信号であれば信号待ちをし、横断歩道以外で道路を横断することはないものとする。また、歩行中に立ち止まったり、走りだしたり、来た道を折り返すことはない普通の歩行を想定する。すなわち、ユーザはある程度同じ速度で歩行し、ユーザが停止する地点は交差点のみとしている。併せて、歩行開始位置は得られていることも前提とする。

#### 3.2 想定シナリオ

我々が想定するシナリオを説明する。ユーザは、GPSやRFIDなどの位置取得デバイスを身に着けており、日常の移動履歴をライフログとして保存したいと考えているが、消費電力の問題等で、数分おきの一定間隔でしか現在位置の更新を行えない。そのような環境で、例えば、以下のような利用シナリオが考えられる。

- 落し物をしたことに数時間後に気付いたユーザが、落とした位置を知るためにライフログ中の位

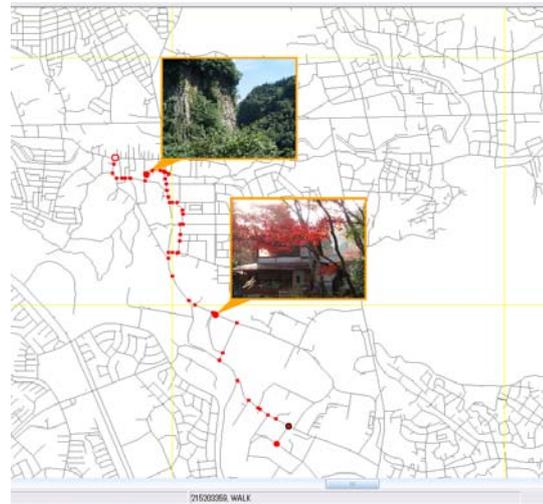


図2 プロトタイプ

置情報を参照するも、飛び飛びの位置情報しか得られない。そこで、歩行認識デバイスをPCへ接続し、歩く・止まるの情報を与えることで、点と点であった位置情報の間を結ぶ線である経路がわかり、ユーザは落し物を探しやすくなる。

- 家族で散歩をしながらたくさんの写真を撮った。家に帰ったユーザは写真の整理をするために、地図上に写真をマッピングしようとするが、撮影した枚数が多く手間である。そこで、提案手法にて得られた経路上に、写真を撮影した時間から撮影場所を推測して地図上に提示することで、ユーザの写真管理を助ける。
- 健康促進のために毎日欠かさず散歩をするユーザが、歩行認識デバイスを用いることで、散歩中の歩数だけでなく、歩いた軌跡も地図上に表示されるようになり、ユーザの散歩へのモチベーションが維持される。

本手法が想定するアプリケーションの一つに、写真を地図上にマッピングして表示するアプリケーションがある。提案手法を用いて推定した歩行経路上に、撮影時間から写真を撮影した位置を計算し地図上に表示する。アプリケーションのプロトタイプを図2に示す。

#### 3.3 経路推定手法

本手法では、道路網をネットワークに見立て、交差点をノード、交差点間の道路をリンクとして考える。また、道路リンクの端点である交差点ノード以外では、他の道路リンクと接続しないものとする。

本研究では、以降、歩行開始地点から目的地まで歩くことを総歩行、歩き始めてから交差点で停止するまでを部分歩行と呼ぶ。総歩行はいくつかの部分歩行で構成される。歩行ログには、部分歩行の開始時刻と終了時刻の組が複数個記録されている。

提案手法では、歩行ログと歩行開始のノードから経

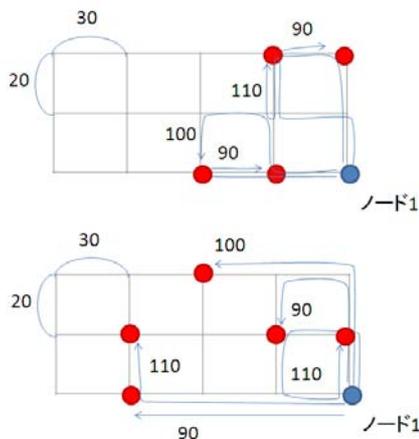


図3 終点ノード候補（見易さのため2つに分けて表示）

路の推定を行う。始めの部分歩行に対し、歩行速度  $v$  と部分歩行の歩行時間  $t$  から、ユーザの歩行距離  $v \times t$  を求める。歩行距離には上下十数%のマージン  $m$  を持たせ、歩行開始ノードからのリンク長が最短歩行距離 ( $v \times t \times (1 - m)$ ) から最長歩行距離 ( $v \times t \times (1 + m)$ ) の範囲に入る経路を探し、その終点ノードを保持する。

例えば、図3のような、縦20m横30mの格子からなる地図において、ノード1を歩行開始ノード、ユーザの歩行距離  $v \times t = 100m$ 、マージンを0.1とした場合、ノード1からの経路長が90~110mの範囲にある、9個の赤色ノードが終点ノードの候補として選択される。

さらに、1つ前の部分歩行の終点ノードを次の部分歩行の開始ノードとして、新たに経路を探索する。この操作を全ての部分歩行に対して行い、総合的な歩行経路を導出する。

### 3.4 フィルタリング

上記の手法を単純に適用した場合、高々10分程度の歩行でも、候補となるノードが膨大になり現実的な解が得られない。これは図3からもわかるように、候補の経路には折り返しや回り道まで含まれてしまうからである。そこで、候補となるノードを絞るためにフィルタを適用する。提案するフィルタは、部分歩行内で用いるものと、歩行全体で用いるものに分けられる。

#### 3.4.1 部分歩行で用いるフィルタ

- 折り返し防止フィルタ  
部分歩行内で以前通過したノードへ再び戻ってくる経路を削除するフィルタである。このフィルタを用いると部分歩行中で、折り返しや巡回する歩行は削除される。
- 始点終点長フィルタ  
回り道をしている経路を削除するフィルタである。部分歩行の始点ノードと終点ノードの直線距離と経路長とを比較する。具体的には、 $(\text{始点終点長} \times \beta) < (\text{経路長})$  となる経路は候補から削除す

る。 $\beta$ は定数で、経路長が始点終点長の $\beta$ 倍以上であれば候補から削除される。

#### ● 最短経路長フィルタ

回り道をしている経路を削除するフィルタで、部分歩行の始点ノードと終点ノードを結ぶ最短経路長と比較する ( $\text{最短経路長} \times \gamma) < (\text{経路長})$  となる経路は削除する。 $\gamma$ は定数で、経路長が最短経路長の $\gamma$ 倍以上であれば候補から削除される。

### 3.5 歩行全体で用いるフィルタ

#### ● 直線距離フィルタ

歩行開始ノードから、停止候補の交差点ノードまでの直線距離と、歩行時間  $t$  と歩行速度  $v$  から求めた歩行距離とを比較する ( $\text{直線距離}) < (t \times v \times \delta)$  となる経路は削除する。 $\delta$ は定数で、直線距離が歩行距離  $t \times v$  の $\delta$ 倍を下回る場合、歩行開始点からあまり離れていないとみなし削除する。

### 3.6 経路のスコアリング

上記の手法で絞った経路を、歩行速度の変化を元にスコアリングする。提案手法では、歩行距離  $v \times t$  にマージン  $m$  を持たせて、その範囲内の経路はすべて候補としている。そのため、各部分歩行において、経路長÷時間で得られる速度には差が出るが、一般にユーザの歩行速度は、全体を通して一定であると考えられるため、速度の変化が小さい経路の方がより尤もらしいと考えられる。

具体的なスコアリング手法は、各部分歩行における速度を経路長と時間から算出し、各々の部分歩行の速度から、総歩行の平均歩行速度と部分歩行の速度の分散を算出し、分散の値を経路のスコアとする。スコアが小さな経路ほどより上位の結果として出力される。

## 4. 評価

### 4.1 評価環境

日常的な歩行における、歩く・止まるの情報を、ユーザが手動で記録したものの15件（平均歩行時間13分）を対象に経路探索を行った。地図情報としては国土地理院の発行する1/2500の数値地図を用いた。それぞれのファイルに格納されている情報は以下のとおりである。また、ユーザの歩行速度は一定の値（1.5m/s）とした。これは一般的な成人男性の歩行速度である。

### 4.2 評価結果

フィルタを一つも用いずに経路の探索を行った場合、高々10分間の歩行にも関わらず、候補リンクの数が膨大になり発散した。フィルタを用いない場合、折り返しなどを許してしまうため、短い道路リンクがあると、1回だけ折り返す・2回折り返す・折り返さないなどのように何通りもの経路が生成できてしまうためである。

日常の歩行においては折り返しや巡回などは、少な

表 1 マージンと終点候補のノード数

試行	マージン				総歩行時間 (秒)	停止回数
	0.05	0.10	0.15	0.20		
1	57(27)	85(49)	99(46)	111(55)	727	1
2	260(115)	292(187)	318(188)	332(214)	736	0
3	234(64)	271(99)	315(61)	362(90)	437	0
4	763(685)	950(664)	N/A	N/A	977	2
5	414(195)	466(85)	513(234)	549(345)	590	1
6	291(-)	568(-)	768(760)	913(809)	938	3
7	321(224)	619(406)	648(341)	692(127)	716	2
8	58(-)	63(-)	75(63)	80(64)	578	1
9	202(160)	316(240)	N/A	N/A	1244	1
10	N/A	N/A	N/A	N/A	1189	1
11	349(295)	517(408)	592(469)	769(413)	1058	2
12	13(-)	35(-)	59(44)	72(57)	772	2
13	318(-)	376(361)	581(201)	622(74)	681	3
14	7(-)	21(6)	23(9)	26(12)	521	1
15	355(20)	439(321)	489(35)	568(129)	847	0

くとも歩き始めてから 1 度止まるまでの部分歩行においてはほとんど起こらないと考えられるため、以降では、部分歩行における折り返しフィルタは常に使用するものとする。

#### 4.2.1 歩行速度のマージンと終点候補数の関係

歩行速度のマージン  $m$  を変化させ、終点ノードの候補の数を確認した。結果を表 1 に示す。ただし、候補となるノードが膨大で発散した場合は、N/A としている。また、“( )”内の数字は、スコアリングした結果をソートして得られた正解ノードの順位である。“-”は正解ノードが終点候補のノード群に含まれていなかったことを意味する。歩行 9, 10 では、終点候補のノード数が膨大になり、正しく終点候補を導くことができなかった。この 2 歩行は、歩行時間が 20 分を超える歩行であり、かつ、住宅地や市街地を歩行していたため、条件を満たす経路が無数に存在していると考えられる。以上から、20 分程度の歩行に対しては、単純に提案手法を用いることができないと言える。

歩行 6, 8, 12 では、マージンが 0.05 や 0.10 の場合、正解ノードが終点候補のノード群に含まれていない。その原因としては、速度の設定が実際の速度とは異なっている可能性と、ユーザの歩行速度が変化した場合の、終点ノードの候補リンク数について調べた。結果を表 2 に示す。

この結果より、試行 6, 8 においては、ユーザの歩行速度が設定した速度 (1.5m/s) よりも早かったため、速度 1.5m/s でマージンが 0.10 の場合は、正解ノードが発見できなかったと考えられる。一方、試行 12 では、歩行速度を 1.4m/s, 1.6m/s とした場合、マージンを 0.15 としても正解ノードを発見できなかったことから、設定速度は適切で、ユーザの歩行速度が変化しただと考えられる。

表 2 速度と終点候補のノード数

試行	速度 (m/s)	マージン			
		0.05	0.10	0.15	0.20
6	1.4	210(-)	421(-)	570(-)	813(-)
	1.5	291(-)	568(-)	768(760)	913(809)
	1.6	426(-)	725(705)	964(716)	1051(446)
8	1.4	17(-)	38(-)	53(-)	72(-)
	1.5	58(-)	63(-)	75(63)	80(64)
	1.6	38(-)	59(2)	70(16)	77(51)
12	1.4	65(-)	148(-)	243(-)	342(-)
	1.5	13(-)	35(-)	59(44)	72(57)
	1.6	144(-)	284(-)	395(-)	465(331)

#### 4.2.2 フィルタと終点候補数の関係

次に、提案手法で述べた各種フィルタを用いた場合の、最終的な候補のノード数を調べた。マージンは先の評価より 0.15 とした。始点終点長フィルタにおける  $\beta$  は 1.4、最短経路フィルタにおける  $\gamma$  は 1.2、直線距離フィルタにおける  $\delta$  は 0.6 とした。結果を表 3 に示す。

結果より、フィルタを用いることで、終点の候補となるノードが絞られていることがわかる。一方で、候補を絞りすぎてしまい、正解ノードまで候補から外れてしまっている場合もある。理想的なフィルタは、正解ノードは残しつつ候補となるノードを減らすフィルタであるが、フィルタを単独で使用した場合、いずれの手法も一定の効果は得られており、どれかひとつが優れているというわけではない。

フィルタなしでは、候補となるノードが膨大になっていた走行ログ 9, 10 は、どのフィルタを用いても、フィルタなしと同様、発散してしまった。この 2 つの歩行はともに、周辺に道路がたくさんあるような住宅地や市街地を 20 分近く歩行している場合である。このような長時間の歩行への対処法としてはマージンを小さくすることが考えられる。図 4 に示すように、マージンが 10% から 15% へ 1.5 倍増加すると、該当するエリ

表 3 フィルタと終点候補のノード数

試行	フィルタなし	フィルタあり			総歩行時間 (秒)	停止回数
		始点終点長	最短経路長	直線距離		
1	99(46)	29(3)	49(5)	37(2)	727	1
2	318(188)	59(59)	247(149)	101(79)	736	0
3	315(61)	167(30)	227(77)	184(38)	437	0
4	1141(-)	1229(935)	1340(1085)	905(-)	977	2
5	513(234)	478(65)	456(44)	267(77)	590	1
6	768(760)	779(775)	978(976)	590(584)	938	3
7	648(341)	247(85)	642(359)	307(150)	716	2
8	75(63)	37(16)	70(26)	23(7)	578	1
9	N/A	N/A	N/A	N/A	1244	1
10	N/A	N/A	N/A	N/A	1189	1
11	592(469)	510(-)	653(538)	292(200)	1058	2
12	59(44)	12(5)	31(19)	17(9)	772	2
13	581(201)	505(63)	574(87)	287(39)	681	3
14	23(9)	3(1)	6(1)	6(1)	521	1
15	489(35)	172(-)	332(-)	219(-)	847	0

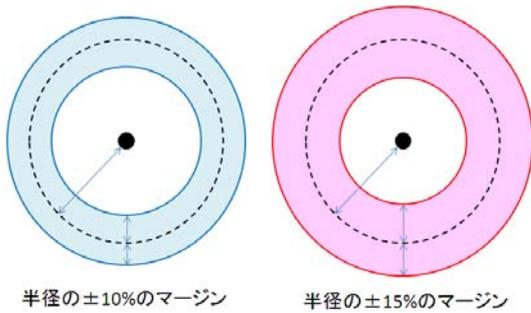


図 4 マージンと候補ノードの関係

アの面積は  $(1.5)^2$  倍になり、該当するノード数は面積にある程度比例すると考えられることから、マージンを小さく設定することが候補数の削減に有効であると言える。

#### 4.2.3 フィルタの組み合わせと終点候補数の関係

提案手法で述べた各種フィルタを組み合わせで用いた場合の、最終的な候補のノード数を調べた。マージンは先の評価より 0.15 とした。始点終点長フィルタにおける  $\beta$  は 1.4、最短経路長フィルタにおける  $\gamma$  は 1.2、直線距離フィルタにおける  $\delta$  は 0.6 とした。結果を表 4 に示す。フィルタを組み合わせで用いることで、全体的に、候補となる終点ノードの数が絞れていることがわかる。また、始点終点長フィルタと最短経路長フィルタを組み合わせた場合、終点ノードの候補の数が、他の場合と比べ多くなっている。これは、始点終点長フィルタと最短経路長フィルタは共に部分歩行に対して用いるフィルタであるため、組み合わせても効果が薄くなったためであると考えられる。

また、試行 6 のように、フィルタを単体で用いるよりも組み合わせで用いた方が、終点ノード数が増える場合がある。この理由を図 5 を用いて説明する。例えば、フィルタを単独で用いた場合に、ある部分歩行でノード 1 からノード 2 へ行く経路が二つ見つかった場

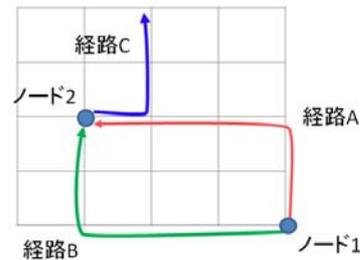


図 5 フィルタの利用によるノード数の増加

合、次の部分歩行においては、折り返し防止フィルタより、経路 C は考慮されない。一方、フィルタを組み合わせで用いた場合、始めの部分歩行で経路 B のみが見つかった場合、次の部分歩行では経路 C まで考慮されてしまう。このような理由から、フィルタを用いることで、逆に候補数が増加する結果となる場合もあることがわかった。

これらを総合的に考えると、全てのフィルタを組み合わせた場合が最も効率よく候補を絞り込んでいるが、部分歩行でのフィルタと歩行全体で用いるフィルタを各々 1 つ持ちいた、始点終点長フィルタと直線距離フィルタの組み合わせと比べ大きな差がないことから、後者で十分であるといえる。

## 5. ま と め

本研究では、歩行認識デバイスを用いた位置取得手法を提案した。提案手法は、ユーザが歩いていた時間から、ユーザの移動距離を算出し、移動距離が近いルートを探索する処理を行い、フィルタで現実的でない経路を取り除き、終点ノードの候補を得るものである。評価の結果、10 分を超える走行では、候補となるノードの数が膨大になったことから、提案するシステムを実現するためには、少なくとも 10 分程度に 1 回

表 4 フィルタの組み合わせと終点候補のノード数

試行	始点終点長 +最短経路長	始点終点長 +直線距離	最短経路長 +直線距離	全て	総歩行時間 (秒)	停止回数
1	29(3)	26(2)	34(2)	26(2)	727	1
2	58(27)	59(30)	98(39)	58(27)	736	0
3	165(121)	167(123)	181(9)	165(121)	437	0
4	1231(956)	750(532)	885(618)	749(533)	977	2
5	363(75)	239(61)	258(67)	228(58)	590	1
6	1223(1214)	669(660)	763(731)	656(647)	938	3
7	556(382)	225(37)	312(166)	225(144)	716	2
8	37(16)	14(5)	21(7)	14(5)	578	1
9	N/A	N/A	N/A	N/A	1244	1
10	N/A	N/A	N/A	N/A	1189	1
11	524(115)	227(42)	296(40)	228(22)	1058	2
12	264(183)	217(149)	254(-)	222(152)	772	2
13	549(137)	265(29)	288(32)	264(26)	681	3
14	14(4)	4(1)	6(2)	3(1)	521	1
15	172(-)	172(-)	216(-)	172(-)	847	0

の割合で、GPS 等を用いて位置情報を更新する必要があることがわかった。また、部分歩行と歩行全体を考慮したフィルタを組み合わせることで、効率よく候補を絞り込むことが可能だとわかった。

今後の課題としては、歩行認識デバイスを実装し、実運用していくことが挙げられる。また、本研究では前提条件として歩行開始ノードのみを与えたが、一定間隔で位置情報が更新される環境では、歩行開始ノードと歩行終了ノードを得ることができるため、始点終点ノードが与えられた環境で、どの程度正しい経路を導出できるのか調べる必要がある。手法の拡張案としては、提案手法で設定した歩行距離のマージンを、各部分歩行の歩行時間が短い場合はマージンを大きく、歩行時間が長い場合はマージンを小さくするなど、歩行時間に応じて動的に変化させることが考えられる。

## 謝 辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A)(17200006)の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) K. Laerhoven, H. Gellersen: "Spine versus Porcupine: a Study in Distributed Wearable Activity Recognition", in *Proc. of ISWC 2004*, pp.142-149 (2004).
- 2) K. Ouchi, T. Suzuki, and M. Doi: "Life-Minder: A wearable Healthcare Assistant," in *Proc. of IWSAWC 2002*, pp.791-792 (July 2002).
- 3) 石川尊之, 堀 鉄郎, 河崎, 晋也, 相澤, 清晴: "ライフログに向けた加速度センサからの歩行検出", 電子情報通信学会総合大会講演論文集, Vol.2004, pp.314 (Mar. 2004).
- 4) 椎尾一郎: "RFID を利用したユーザ位置検出シス

テム", 情報処理学会研究会報告 (00-HI-88), pp.45-50 (May 2000).

- 5) 河口信夫: "Locky.jp: "無線 LAN を用いた位置推定とその応用", 電子情報通信学会技術研究報告 (ITS), Vol.107, No.161, pp.1-4 (July 2007).
- 6) 川島和也, 貝沼達也, 岩尾忠重, 藤野信次: "ActiveRFID を用いた位置検出方式及び実証実験", 電子情報通信学会技術研究報告 (IN), Vol. 103, No.691, pp.49-54 (Feb.2004).
- 7) 羽原 寿和, 町田 貴史, 小川 剛史, 竹村 治雄: "画像マーカを用いた屋内位置検出機構とその評価", 電子情報通信学会技術研究報告 (MVE), Vol.102, No.220, pp.65-70 (July 2002).
- 8) 濱口明宏, 神原誠之, 横矢直和: "装着した 3 次元位置姿勢センサによるウェアラブルユーザの自己位置推定", 電子情報通信学会技術研究報告 (MVE), Vol.105, No.566, pp.19-24 (Jan. 2006).
- 9) 堀 鉄郎, 相澤清晴: "ライフログビデオのためのコンテキスト推定", 情報処理学会研究報告, Vol.2003, No.125, pp.157-162 (Dec. 2003).
- 10) 村尾和哉, 竹川佳成, 寺田 努, 西尾章治郎: "装着型センサの電源制御機構をもつ低消費電力なコンテキストウェアシステムの設計と実装", 映像情報メディア学会技術報告, Vol.31, No.28, pp.57-60 (June 2007).
- 11) Google, <http://www.google.com/gmm>.
- 12) Locky.jp, <http://locky.jp/>.
- 13) PlaceEngine, <http://www.placeengine.com/>.