

コンシューマ・システム論文

TLIFES を利用した徘徊行動検出方式の提案と実装

大野 雄基¹ 手嶋 一訓¹ 加藤 大智¹ 山岸 弘幸¹ 鈴木 秀和¹ 旭 健作¹
山本 修身¹ 渡邊 晃^{1,a)}

受付日 2012年12月14日, 採録日 2013年4月26日

概要: 少子高齢化と核家族化により, 高齢者の徘徊行動や孤独死などが問題視されている. そこで, 我々はスマートフォンとモバイルネットワーク環境を利用した統合生活支援システム TLIFES (Total LIFE Support system) を提案している. TLIFES は, スマートフォンを介して住民が情報を共有し, 安心して生活できる社会を作るための支援システムである. 本論文では, TLIFES を利用した弱者の徘徊行動検出方式を提案する. 管理サーバで弱者の通常行動範囲を自動的に学習し, 弱者がこの範囲を逸脱した場合に徘徊行動と判断して, あらかじめ登録されたメールアドレス宛にメールを配信する. 提案方式を実装し, 動作検証を行った結果, 正確に徘徊行動が検出されることを確認した.

キーワード: TLIFES, スマートフォン, 見守り, 徘徊行動

A Proposal of a Method for Detecting Wandering Behavior and Its Implementation Using TLIFES

YUKI OHNO¹ KAZUNORI TESHIMA¹ DAICHI KATO¹ HIROYUKI YAMAGISHI¹
HIDEKAZU SUZUKI¹ KENSAKU ASAHI¹ OSAMI YAMAMOTO¹ AKIRA WATANABE^{1,a)}

Received: December 14, 2012, Accepted: April 26, 2013

Abstract: Wandering behavior and solitary deaths of elderly people are recently becoming serious problems, which is caused by a trend in nuclear families, and a declining birth rate in Japan. In order to cope with such situations, we have been proposing an integrated system utilizing mobile networks and smartphones, called TLIFES (Total LIFE Support system). TLIFES is the system for safe and secure living of citizens through the smartphones. This paper proposes a method for detecting wandering events of elderly people in their daily life. The management server automatically learns the normal range of activities, and tracks the deviation range of behavior in elderly people. We have implemented the proposed system and confirmed the effectiveness.

Keywords: TLIFES, smartphone, watching, wandering behavior

1. はじめに

わが国では着実に少子高齢化が進んでおり, 65 歳以上の高齢者が占める割合が 2010 年には 4 人に 1 人となっている. 2050 年にはそれが 2.5 人に 1 人になると予測されている. その一方で核家族化も進んでおり, 全世帯の 20%以上が高齢者世帯 (2 人または独居) であることが報告されて

いる [1]. このような状況から, 高齢者の徘徊行動や孤独死, 在宅介護の負担, 運転事故の多発などが深刻な社会問題となっている. 自治体などのヒアリングによると, 特に後期高齢者の徘徊行動の対策は喫緊の重要課題である.

超高齢社会では, 高齢者の安全で安心な暮らしを守り, さらに高齢者の社会参画や QOL 向上のため, 様々な活動を支援することが重要である. 家族, 行政, 医療機関, 近隣などの人々が, 高齢者の健康状態をつねに見守り, 情報を共有できるシステムを構築できると有用である. ここで, 見守られる側の対象者としては, 高齢者に限らず, 子ども, 医療患者, 障がい者などの方々も考えられ, 同様の

¹ 名城大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Meijo University, Nagoya, Aichi 468-8502, Japan

^{a)} wtnbakr@meijo-u.ac.jp

システムで対応可能である。そこで、本論文ではこれらの対象者を総称して弱者と呼び、弱者を総合的に見守ることができるシステムの実現を目指す。

弱者を見守るための既存システムとして、都市再生機構の「見守り安心ネット公田町プロジェクト」[2]やNEDOの「ホームヘルスケアのための高性能健康測定機器開発」[3]がある。しかし、これらのシステムは住居内にセンサ機器を設置することを想定しており、住居内において弱者の行動を把握することを実現しているが、弱者が外出した場合のことが想定されていない。

総務省が支援する事業として、弱者を見守ることを目的とした類似システムがいくつか存在する。特に、東海地方における「ICTを利活用した安心・元気な町づくり事業(三重県玉城町)」[4]や、九州地区における「ユビキタス見守り情報ネット(ひご優ネット)」[5]などでは、弱者の方にスマートフォンを配布し、外出時にも弱者の位置を把握することを可能としている。しかし、これらの事業は自治体やNPO団体が主導するものであり、最新の技術を駆使したものではない。そのため、把握できる情報が位置のみに限定されている。

「どこ・イルカ」[6]、「パーソナルセキュリティシステム」[7]、「イマドコサーチ」[8]、「安心ナビ」[9]と呼ばれる、弱者用に商品化された位置把握システムがある。弱者の方に携帯装置を所持してもらい、見守る側が弱者の位置をWEB上から確認することができる。また、あらかじめWEB上で設定された範囲に入った場合やそれを越えた場合に見守る側に通知する機能がある。しかし、これらのシステムはその範囲をあらかじめWEB上で設定する必要がある。

徘徊検出に関わる学術研究としては、大きく分けると、施設内での徘徊検出[10],[11],[12]と、外出時の徘徊検出[13],[14]がある。前者は小型の電波発信機を使い、後者はGPSを利用する点が共通している。文献[10]は電波発信機に個人を特定できる情報を付加するのが特徴である。文献[11]は見守り側の人の活動を支援するのが目的のシステムで高齢者にはICタグを保持してもらおう。文献[12]は電波発信機の位置検出にはどのような方式が適しているかを検討する研究である。いずれも施設内での徘徊検出にのみ対応するもので、本論文の趣旨とは目的が異なる。文献[13]はGPSの捕捉衛星数が2つしかとれなかったとき、前後の位置情報より徘徊老人の正しい位置を推測するものである。文献[14]はGPSにより取得した情報をマップ上に表示し、自作のナビ機能を提供するものである。いずれも高齢者の位置を推測するのが目的で、過去の位置履歴を活用するという発想はない。

我々はスマートフォンとモバイルネットワーク環境を利用した統合生活支援システム TLIFES (Total LIFE Support system) を提案している [15], [16], [17], [18], [19]. TLIFES は、スマートフォンを介して住民が情報を共有し、

安心して生活できる社会を作るための支援システムである。TLIFES では、個人のライフログ、災害発生時の避難サポート、地域コミュニティの活性化などに加え、弱者の見守りを実現することができる。

本論文では、TLIFES を利用して喫緊の課題となっている弱者の徘徊行動検出方式を提案する。管理サーバで弱者の通常行動範囲(通常時に行動する範囲)を自動的に学習し、弱者がこの範囲を逸脱した場合に徘徊行動と判断する。徘徊行動が検出された場合、あらかじめ登録されたメールアドレス宛にメールを配信する。提案方式を実装し、動作検証を行った結果、正確に徘徊行動が検出されることを確認した。

以下、2章で徘徊行動対策の既存システムの概要とその課題について述べ、3章でTLIFESの概要について述べる。4章で徘徊行動検出方式、5章で試作システムの実装、6章で評価について述べ、最後に7章でまとめる。

2. 徘徊行動対策の既存システム例

本章では、近年における弱者の徘徊行動の検出に関連した既存システムの例を紹介する。

2.1 ユビキタス見守り情報ネット(ひご優ネット)

弱者の位置を把握するシステムとして、「ユビキタス見守り情報ネット(ひご優ネット)」[5]がある。これは、独居高齢者や支援が必要な弱者にスマートフォンを配布し、地域見守り要員や介護サービス関係者がつねに弱者の位置をインターネット上で把握することができる。

しかし、このシステムはスマートフォンから取得する情報は位置情報のみであり、見守る側へ迅速に情報を提供することができない。さらに、1人の弱者に対して多くの見守る人が必要であり、多くの人に負担がかかる。

2.2 どこ・イルカ

外出中の弱者の見守りに特化したシステムとして、「どこ・イルカ」[6]が商品化されている。これは、弱者に専用の携帯装置を所持してもらい、PHS基地局の電波強度から位置を取得して、管理サーバに送信する。見守る側は、パソコンのWEB上から弱者の位置を確認できる。また、WEB上で円形の通常行動範囲の設定を手動であらかじめ設定できる。この通常行動範囲を越えた場合や、携帯装置の緊急通報ブザースイッチを押した場合に、見守る側に弱者の位置を記した緊急通報メールを送る機能がある。

しかし、このシステムは位置の取得にPHSを利用しており、PHSエリア内でしか使用できない。また、通常行動範囲の設定をあらかじめ手動で設定する必要があり、その範囲も自宅などを中心とした半径を指定することしかできない。さらに、異常時に連絡をとる手段は別途準備する必要がある。

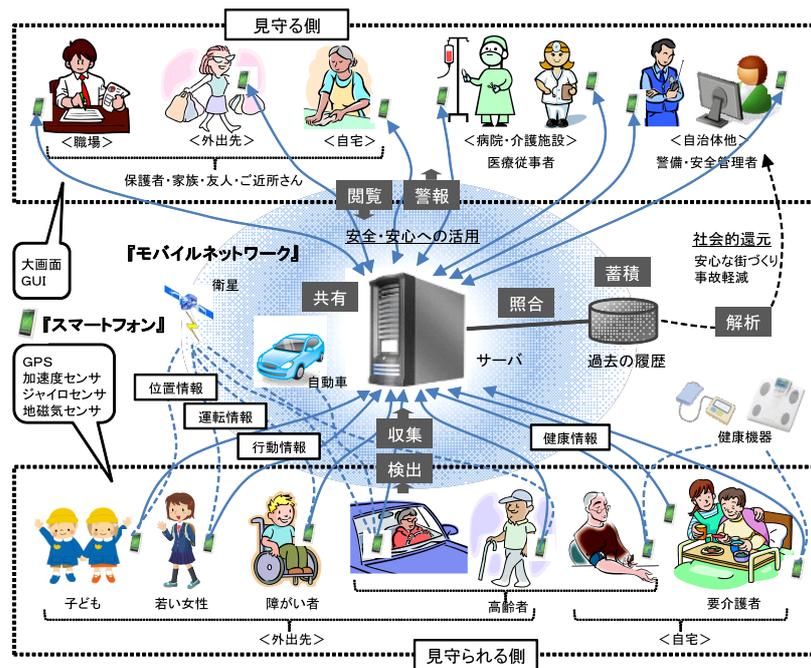


図 1 TLIFES の構成
Fig. 1 Configuration of TLIFES.

2.3 パーソナルセキュリティシステム

弱者を不測の事態から見守るシステムとして、「パーソナルセキュリティシステム」[7]がある。これは、「スマートフォンによる弱者見守りシステム」[20]をベースとしたものであり、弱者に専用アプリケーションをインストールしたスマートフォンを所持してもらい、GPS から位置を取得して、管理サーバに送信する。専用アプリケーション上で通常行動範囲をあらかじめ手動で設定しておき、GPS を利用して現在地が設定した通常行動範囲内にあるかどうかを判断する。どこ・イルカに比べ、通常行動範囲は道路上に合わせて作成できるなど詳細に設定することができる。また、通常行動範囲は複数設定することができる。スマートフォンから得た位置が設定した通常行動範囲外にいた場合、見守る側にメールを配信する。

しかし、どこ・イルカと同様に通常行動範囲の設定をあらかじめ手動で設定する必要がある。また、弱者自身があらかじめ設定しておいた通常行動範囲の選択を自宅の出発時などに毎回行う必要がある。そのため、経路が限定されるうえ、弱者にも負担がかかる。

3. TLIFES

本章では、徘徊行動検出方式のベースとなる TLIFES の概要について説明する。特に、TLIFES の機能の中でも弱者の見守り機能に着目して記述する。

3.1 TLIFES の構成

図 1 に TLIFES の構成を示す。TLIFES では、すべての住民がスマートフォンを身に着けることを前提とする。

スマートフォンには、センサ類(加速度センサ、GPS など)を通して対象者の位置や行動などを把握し、インターネット上の管理サーバに定期的にそれらの情報を送信する。管理サーバに蓄積された対象者の情報は、許可された人であれば家庭端末(パソコン)や携帯端末(スマートフォン、タブレット)からいつでも閲覧できる。管理サーバには過去の情報が蓄積されているため、現在の状態と比較することにより異常を検出し、弱者の異常を検出する。

3.2 スマートフォンの機能

スマートフォンは、スマートフォン自体に搭載されたセンサ類を利用したセンシング、および周辺機器との連携によるセンシングによりセンサ情報を収集する。センサ情報には、位置情報、行動情報、健康情報、運転情報がある。

スマートフォン自体によるセンシングでは、加速度センサ、GPS などを利用し、位置情報や行動情報を収集する。位置情報は GPS により緯度経度のほか、移動速度や進行方向も取得できる。行動情報は弱者が何をしているのか、どういう状態なのかを示す情報である。具体的には、歩行して移動している場合(歩行移動中)、歩行しているが同じ場所に停滞している場合(歩行停滞中)、自宅などに停滞している場合(停滞中)を検出できる。これらは単位時間あたりの歩数カウントと移動距離の関係から判定する。その他、スマートフォンを放置している場合(放置中)、自家用車に乗車している場合(自家用車乗車中)、自家用車以外の他人の車やバス、電車などの公共車に乗車している場合(公共車乗車中)も判定する。自家用車には以下に示すように専用の機器を設定しておき、Bluetooth のペアリン



図 2 位置情報と行動情報を表示した画面

Fig. 2 Display of location and action information.

グにより乗車している状態を判定する。

周辺機器との連携によるセンシングでは、通信機能を備えた健康機器からの健康情報（体重、血圧など）や、自家用車に搭載する専用端末から取得する運転情報（ふらつき、居眠り運転など）を Bluetooth 経由で収集する。運転情報は、健康情報と同じ位置づけで、弱者のそのときの状態を把握するための1つのバロメータと見なすことができる。

スマートフォンで収集したこれらのセンサ情報はインターネット上の管理サーバに定期的送信される。

3.3 管理サーバの機能

スマートフォンから送信されてきた情報を管理サーバに蓄積し、個人ごとにデータベースを構築する。管理サーバに蓄積された自分自身の情報を家庭端末や携帯端末から閲覧することにより、私生活や健康管理について後で振り返ることができる。また、あらかじめ閲覧を許可された人（家族、医療従事者など）であれば、管理サーバに蓄積された弱者の情報をいつでも閲覧できる。

管理サーバではデータベースの情報を解析することにより過去の履歴との差異を求め、スマートフォン単体では判断できなかったようなアラームを検出する。たとえば、いつもとは違う血圧、いつもは行かない場所にいるなどの状態である。後者が本論文の主題となる徘徊行動の検出に相当する。

アラームを検出すると、その後はネットワーク経由でエンドエンドの連絡をとりあい迅速な対応を可能とする。具体的には、あらかじめ登録されたメールアドレス宛に弱者の異常発生を記したメールを配信する。その他の連絡手段としては、ワンタッチのチャット、通話機能などを準備している。また、管理サーバは弱者の位置を常時把握してい

るため、弱者のいる場所までのナビゲーションを表示できる。このように、弱者の異常発生時には迅速な対応が可能である。

そのほかに特定の場所（自宅、勤務地、危険地域など）の周辺から弱者が外へ出たとき、および中に入ったときの検出も可能である。ただし、この検出にはあらかじめ場所の登録が必要である。

3.4 閲覧情報の表示例

図 2 に位置情報と行動情報を WEB 上で表示した例を示す。地図上のマーカーは、GPS やネットワーク環境から取得した位置、および行動情報の判定結果である。マーカー内に表示しているアルファベットは、L が放置中、S が停滞中、W が歩行移動中を示している。

折れ線グラフは1日の歩数の累積を示している。折れ線グラフの横軸は時間の経過を示しており、どの時間帯で行動していたのが確認できる。

4. 徘徊行動検出方式

本章では、TLIFES を利用した弱者の徘徊行動検出方式を記述する。

4.1 徘徊行動の定義

TLIFES で検出する徘徊行動の定義は以下のとおりである。

(1) 位置に関する徘徊行動

通常は行かない場所に弱者がいる事象を指す。たとえば、通常は自宅、病院、ショッピングセンタなどの近辺で行動している弱者が、そのほかの場所にいる場合に徘徊行動であると判断する。

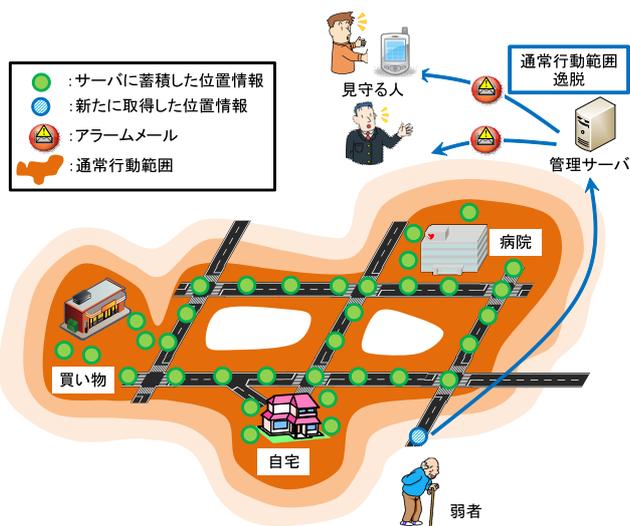


図 3 徘徊行動検出方式の概要

Fig. 3 Overview of the wandering behavior detection method.

(2) 時間に関する徘徊行動

通常は特定の時間帯にいるはずの場所に弱者がいない事象を指す。たとえば、夜間の時間帯に自宅ですごす弱者が、別の場所にいる場合に徘徊行動であると判断する。

4.2 徘徊行動検出方式の概要

図 3 に徘徊行動検出方式の概要を示す。管理サーバには、弱者の過去の位置情報が蓄積されている。この位置情報を用いて、それぞれの場所に弱者が存在する確率密度を算出し、弱者の通常行動範囲を学習する。通常行動範囲は全期間を通したもののほか、1日の中の時間帯ごとの部分も学習する。なお、通常行動範囲は毎日更新する。この学習結果と時々刻々送られてくる弱者の位置情報を毎回比較することにより、徘徊行動を検出する。徘徊行動を検出した場合、あらかじめ登録されたメールアドレス宛に弱者の徘徊行動を知らせるメールを配信する。

4.3 通常行動範囲の学習

まず、矩形形状の範囲を定め、その範囲内における弱者の存在確率分布を近似的に計算する。矩形形状の範囲を等間隔の $M \times M$ のメッシュに分け、得られた N 個の位置情報 x_k ($k = 1, \dots, N$) から、メッシュの (i, j) 番目の要素 $m_{i,j}$ における存在の確率密度を

$$f(i, j) = \sum_{k=1}^N \exp\left(-\frac{\|x_k - p_{i,j}\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

と定義する。ここで、メッシュ要素 $m_{i,j}$ の中心座標を $p_{i,j}$ とし、 σ は位置計測の揺らぎと、計測の頻度 (回数) による不確かさのために設定する揺らぎである。メッシュの細かさは、過去の位置情報の蓄積データ数との兼ね合いで決定する。学習の過程で過去の位置情報が最初の矩形形状の範

囲の外にあった場合は、新たな矩形形状の範囲を定め、学習範囲を増やしていく。

また、1日を1時間ごとに24個の時間帯に分けその時間帯ごとに、さらに、弱者の移動速度に応じて、高速移動と低速移動の2つのグループに分け、それぞれについて同様の計算を行う。したがって、確率密度関数は、時間帯 (24種類) と移動速度区分 (2種類) を指定したときに1つに決まる。ここで、移動速度に応じてグループを分ける理由は、停滞中の場合と、乗車中など移動速度が速い場合とでは、位置情報の数が大きく異なるため、徘徊行動の検出方法を分けて考える必要があるためである。

4.4 徘徊行動の検出

4.3節で述べた確率密度関数を用いて、徘徊行動の検出を行う。スマートフォンから定期的に送付されてくる位置情報と、該当するメッシュに対応する確率密度から、弱者が徘徊行動している確率を求め、これがある閾値を超えたときに徘徊行動であると判断する。全学習期間について作成した密度分布を用いることにより、位置に関する徘徊行動を検出する。具体的には、 N 回の観測において、最後の m 回の観測地 (位置) から以下の量を計算し、それがある閾値 C を超えた場合に徘徊行動とする。

$$S_N = \sum_{k=N-m+1}^N -\log f(i_k, j_k) \quad (2)$$

ここで、 i_k, j_k はそれぞれ時刻 k において弱者がいる位置を含むメッシュ要素の x 方向、 y 方向のインデックスである。確率密度関数として、期間全体のデータを用いた確率密度で計算した値 S'_N と、該当する時間帯のデータのみを用いて計算した確率密度 S_N を用意し、以下に示すように N 番目の期間が異常であるか否かを判定する。それぞれの確率密度に関するしきい値を c' 、 c とおくと、 $S_N > c$ かつ $S'_N > c'$ 、または $S_N \leq c$ かつ $S'_N > c'$ のときは位置の異常と判定し、 $S_N > c$ かつ $S'_N \leq c'$ のときは時間の異常と判定する。 $S_N \leq c$ かつ $S'_N \leq c'$ のときは正常と判定する。

5. 試作システムの実装

本章では、TLIFES に追加した徘徊行動検出機能の実装について述べる。追加実装は管理サーバのみであるため、ここでは管理サーバのモジュール構成を示す。なお、スマートフォンとしては Android を使用し、GPS による位置情報の取得は1分に1回とした。

5.1 管理サーバのモジュール構成

図 4 に管理サーバのモジュール構成を示す。センサ情報格納処理モジュール、センサ情報登録処理モジュール、通常行動範囲更新処理モジュール、行動判定処理モジュール、定期メール配信処理モジュールは C 言語、メール配

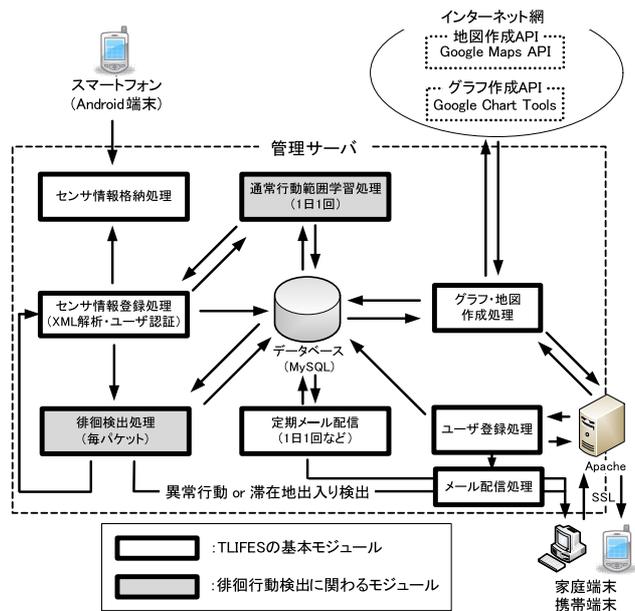


図 4 管理サーバのモジュール構成

Fig. 4 Module configuration of the management server.

信処理モジュールは C 言語と PHP により作成した。グラフ・地図作成処理モジュールとユーザ登録処理モジュールは PHP と HTML, JavaScript により作成した。通常行動範囲更新処理モジュールは 4.3 節, 行動判定処理モジュールは 4.4 節に記述した内容を実行するモジュールである。

5.1.1 TLIFES の基本モジュール

センサ情報格納処理 スマートフォンから送信されてきたセンサ情報をキューに格納する。キューに格納している間はセンサ情報登録処理からのアクセスができないよう排他制御を行う。

センサ情報登録処理 キューに格納したセンサ情報を XML 解析ライブラリを使用して解析した後、ユーザ認証を行い、正常なパケットであればデータベースに登録する。データベースは MySQL を使用した。

定期メール生成処理 あらかじめ登録されたメールアドレス宛に弱者の状態を記したメールを定期的 (1 回 1 日など) に配信する。

メール配信処理 他モジュールからのメール送信指示に従って、あらかじめ登録されたメールアドレス宛にメールを配信する。

グラフ・地図作成処理 家庭端末や携帯端末からの閲覧要求を Apache から通知されると、データベースからセンサ情報を呼び出し、グラフ作成 API や地図作成 API と連携して閲覧情報を生成する。地図作成 API としては Google Maps API^{*1}を、グラフ作成 API としては Google Chart Tools^{*2}を使用した。

ユーザ登録処理 TLIFES を利用する人のアカウントを作

*1 Google Maps API: <https://developers.google.com/maps/>

*2 Google Chart Tools: <https://developers.google.com/chart/>

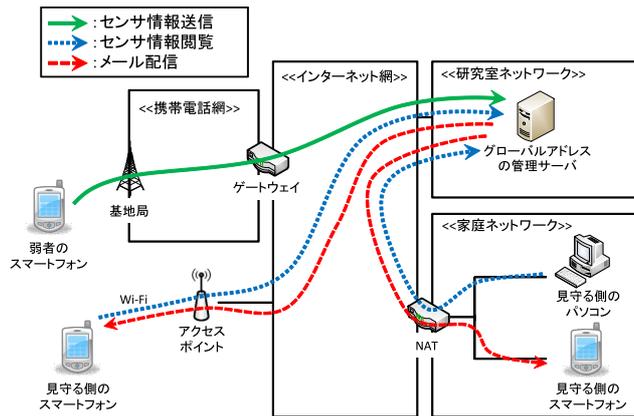


図 5 評価システムの構成

Fig. 5 Configuration of the prototype system.

成する。メールアドレス、公開するセンサ情報、公開する相手などを登録する。

5.1.2 徘徊行動検出に関わるモジュール

通常行動学習処理 センサ情報登録モジュールから 1 日 1 回呼び出され、過去の位置情報から通常行動範囲を求める。今回は暫定的に、3,000m 四方の領域 (矩形形状の範囲) を 50 × 50 のメッシュに分割して計算し、 $\sigma = 60 \text{ m}$ とした。移動速度の分類は 25 km/h を境として、高速移動と低速移動の 2 つのグループに分けた。通常行動範囲を学習する際の期間は 1 カ月とした。

徘徊検出処理 パケットを受信するたびにセンサ情報登録モジュールから呼び出され、報告された位置情報が通常行動範囲内にあるかをどうかを判定する。今回は、1 分ごとのサンプリングで過去 3 回分のデータから S_N を計算し異常を判定した。

6. 評価

本章では、評価方法と評価結果について述べる。

6.1 評価方法

図 5 に評価システムの構成を示す。Android 端末から取得したセンサ情報を携帯電話網、および Wi-Fi 経由で定期的に大学研究室内に設置したグローバルアドレスの管理サーバへ送信した。

なお、使用したスマートフォンは Galaxy Nexus, OS は Android 4.1, 携帯電話網は NTT ドコモの 3G 回線を使用した。TLIFES を実装したスマートフォンを被験者 (学生) に所持してもらい、1 カ月間にわたり位置情報を取り続けた。次に別の 1 カ月についてラベリングした行動事象とを比較することにより、異常の検出が正しく行われたかどうかを検証した。

6.2 通常行動範囲の学習結果

図 6, および 図 7 に通常行動範囲の学習結果を示す。

図 6 は 1 カ月間の位置情報から得られた確率密度関数を、図 7 は 1 カ月間のうち午前 8 時から午前 9 時までの 1 時間に限定した確率密度関数を示している。

両方の図に現れている 2 つの顕著なピークは大学と自宅に対応している。1 カ月間にわたって計算した確率密度関数では、大学にいる確率密度の方が高くなっているが、時間を限定すると自宅にいる確率密度の方が高くなる。この

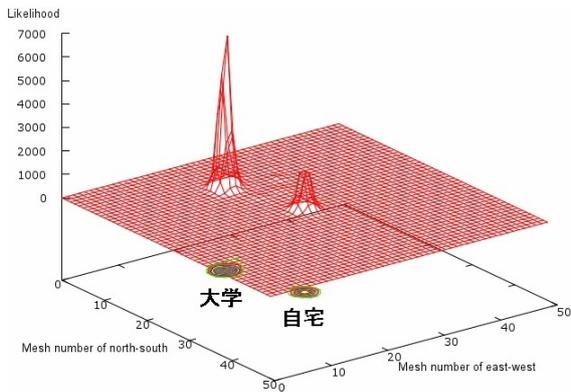


図 6 1 カ月間の確率密度関数

Fig. 6 Probability density function for one month.

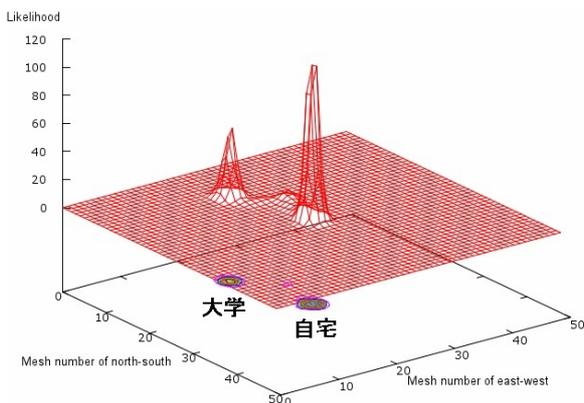


図 7 1 カ月間の午前 8 時から午前 9 時までの確率密度関数

Fig. 7 Probability density function from 8 am to 9 am for one month.

ように時間帯という条件がつくことによって、確率分布が大きく変化することが分かる。また、自宅大学間の移動経路上にもピーク値は低い確率密度が存在しており、正しく学習されていることが分かる。

6.3 徘徊行動の検出結果

1 カ月間の位置情報により算出された確立密度を用いて、別の 1 カ月について検出された異常行動と、人手で行動をラベリングした事象とを比較することにより、徘徊検出が可能であるかどうかを調査した。ラベリングの基準は以下のとおりである。位置に関するラベリングは、停滞時と移動時で以下のように設定した。すなわち、停滞時においては、現在の位置が 1 カ月間で延べ丸 1 日以上観測される場所である場合を、移動時においては、現在の位置が 1 カ月間で 4 回以上観測される場所である場合を正常と判断し、それ以外の場合を異常、すなわち徘徊と判断した。また、時間についてのラベリングは、日常の行動の時間帯からのズレが ± 1 時間以内を正常、2 時間以上ズレた場合を異常と判断した。

図 8 に、位置と時間に関する徘徊行動検出結果 (上) と位置に関する徘徊行動検出結果 (下) を示す。図において、異常と判定された部分に記号をつけ、記号の説明として、表 1 に位置の異常検出と実際の行動との関係、表 2 に時間の異常検出と実際の行動との関係を示した。

ここで、表 1 における記号 a, d, e, g, p (GPS データの誤りと記載) は、システム上の不具合と判断し、実際の異常判定からは除外している。たとえば、自宅にいるはずなのに、GPS データとしてモンゴル周辺にいるかのような情報が突発的に報告されることがあった。これは明らかに今回の実装範囲とは別の原因の不具合と考え、徘徊とは判断しなかった。記号 l, m, o, q, u については、初めて訪れた場所に行っていたことが被験者本人の行動と合わせて確認することができた。なお、GPS に係る上記不具合は、現在は解消されている。表 2 は、時間に関する異常である

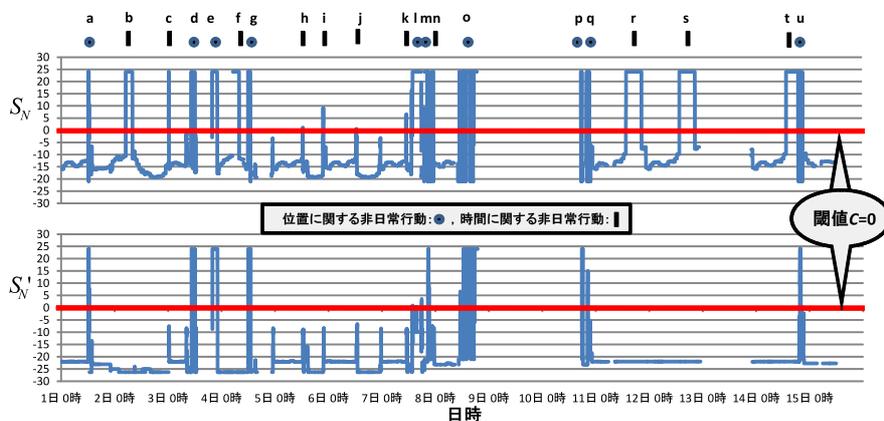


図 8 位置と時間に関する徘徊行動検出結果 (上) と位置に関する徘徊行動検出結果 (下)

Fig. 8 Wandering detections in location and time (top) and in location (bottom).

表 1 位置の異常検出と実際の行動との対応付け

Table 1 Association between abnormal detection and actual behavior in position.

記号	実際の行動
a	GPS データの誤り
d	GPS データの誤り
e	GPS データの誤り
g	GPS データの誤り
l	広場
m	買い物
o	釣り
p	GPS データの誤り
q	ガソリンスタンド
u	下宿から実家への道中

表 2 時間の異常検出と実際の行動との対応付け

Table 2 Association between abnormal detection and actual behavior in time.

記号	そのときの行動	普段の行動
b	大学	自宅
c	登下校	自宅か大学
f	大学	自宅
h	登下校	自宅か大学
i	登下校	自宅か大学
j	登下校	自宅か大学
k	登下校	自宅か大学
n	薬局	自宅か大学
r	自宅	大学
s	自宅	大学
t	自宅	大学

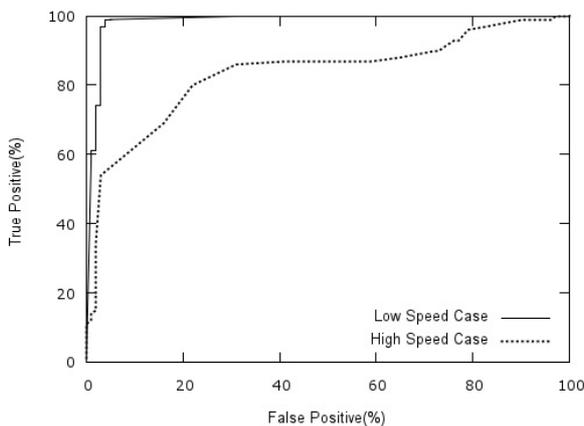


図 9 徘徊行動検出率

Fig. 9 Detection rates of wandering behaviors.

ため、そのときの行動と普段の行動を併記した。すべての記号部分において、普段の行動と違うことをしていたことを確認した。

図 9 に低速移動、および高速移動の 2 つのケースについての徘徊行動の検出率を示す。ここで得られる検出率は位置に関する徘徊行動であり、時間に関する徘徊行動は含まれない。また、前述の GPS の不具合に起因する異常検

出は除外している。低速移動の場合にはかなりの確度で検出することができたが、高速移動のケースについては検出率が若干落ちるという結果が得られた。高速移動と定義した時速 25 km/h 以上の場合、位置情報の観測数は全体の約 5%程度であり、観測数が少なくなっている。このため行動範囲の学習において、正しい確率密度が得られなかったものと考えられる。高速移動の場合には、観測期間をより長くとる必要があると考えられる。

6.4 通常行動範囲の学習時間と徘徊行動の検出時間

通常行動範囲の学習に要する処理時間（全体の確率分布、およびそれぞれの時間帯における確率分布）と、徘徊行動の判定に要する処理時間を求めた。

その結果、通常行動範囲の学習に要する処理時間は 1 人あたり約 21 秒、徘徊行動の判定に要する処理時間は約 1 ミリ秒であった。これらはともに C 言語で実現されており、AMD Phenom 2.8 GHz CPU 上の結果である。通常行動範囲の学習に要する処理時間は 1 人あたり約 21 秒要したが、行動範囲が狭くなると処理時間が速くなる。今回の被験者の行動範囲が移動直線距離 100 km と広がったため、約 21 秒という比較的長い時間を要したと考えられる。長い時間を要した具体的な原因は、移動直線距離が広がると矩形の範囲 $M \times M$ が広がり、メッシュごとの確率密度 $f(i, j)$ の計算が増えるためである。

6.5 今後の展望

今後は、通常行動範囲の学習時間と徘徊行動の検出時間を用いて、TLIFES に許容できる人数について評価を行う予定である。TLIFES では、1 万人以上のユーザを許容する予定であるため、その人数に耐える管理サーバを構築する必要がある。具体的には、通常行動範囲の学習の処理を別サーバに移行するなどが考えられる。

今回の被験者は学生であったが、これと比較して高齢者は行動範囲がより狭く、歩行速度が遅いという違いがあることが想定される。前者は学習すべき地域が狭まるため、学習時間が短縮される。後者については位置情報の数が相対的に多くなるため、学習の精度が上がる方向になる。したがって、被験者が高齢者になったとしても、徘徊検出という機能には影響がないものと考えられる。ただし、実運用では技術的なことよりも別の要素が課題として浮き彫りになると考えている。想定される課題としては、以前行ったことのある場所を徘徊するような場合は、今回の方式ではリアルタイムでのアラームを検出することができない。また、そもそも高齢者の方々がスマートフォンを保持していなければ本機能を利用することができない。このため、高齢者向けの SNS (Social Network Service) のような機能を TLIFES にとりこみ、高齢者の方々が率先してスマートフォンを持つようになるしくみが別途必要になると考え

ている。

7. まとめ

本論文では、TLIFES を利用した弱者の徘徊行動検出方式を提案した。過去の位置情報から行動範囲を学習し、現在の位置が行動範囲を逸脱したときに徘徊行動と判断する。徘徊を検出した際には、あらかじめ登録されたユーザに対してアラームメールを送信し、迅速な対応を可能にする。試作システムを実装し、徘徊行動を検出できることを確認した。

今回は被験者を学生で実験を行ったが、被験者を実際の弱者として検証実験を行う必要がある。また、車など移動速度が速い際には検出率が十分ではなかった。今後はGPSで得られる進行方向などの情報を考慮して確率密度を補正するなどの方式について検討する。さらに、学習期間を増やして、曜日による違いなども考慮した判定が行えるようにしたいと考えている。

謝辞 本研究は、SCOPE/PREDICT の委託研究に基づく結果である。

参考文献

[1] 厚生労働省：各種統計調査（オンライン），入手先 (http://www.mhlw.go.jp/toukei_hakusho/toukei/index.html) (参照 2012-12-08)。

[2] 独立行政法人都市再生機構：見守り安心ネット公田町プロジェクト（オンライン），入手先 (<http://www.ur-net.go.jp/>) (参照 2012-12-08)。

[3] 柏木宏一：健康機器向け通信プロトコルとその標準化動向，情報処理学会誌，Vol.50, No.12, pp.1215-1221 (2009)。

[4] 三重県玉城町：ICT を利活用した安心・元気な町づくり事業（オンライン），入手先 (<http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/tool/kohosiryu/hodo/22/05/img/0527-3-2.pdf>) (参照 2012-12-08)。

[5] NPO 法人熊本まちづくり：ひご優ネット（オンライン），入手先 (<http://portal.higoyou.net/>) (参照 2012-12-08)。

[6] ユビキタス：どこ・イルカ（オンライン），入手先 (<http://www.dokoiruka.jp/>) (参照 2012-12-08)。

[7] e-セレス：パーソナルセキュリティシステム（オンライン），入手先 (<http://www.e-sares.co.jp/>) (参照 2012-12-08)。

[8] NTT ドコモ：イマドコサーチ（オンライン），入手先 (<http://www.nttdocomo.co.jp/service/safety/imadoco/>) (参照 2012-12-08)。

[9] KDDI：安心ナビ（オンライン），入手先 (<http://www.au.kddi.com/anshin/>) (参照 2012-12-08)。

[10] 山本博美，若松秀俊，糸井 節：個人識別可能な痴呆性徘徊老人の電子保護システム運用と効果，電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol.J80-D-2, No.1, pp.359-362 (1997)。

[11] 中川健一，杉原太郎，小柴 等，高塚亮三，加藤直孝，國藤進：実社会指向アプローチによる認知症高齢者のための協調型介護支援システムの研究開発，情報処理学会論文誌，Vol.49, No.1, pp.2-10 (2008)。

[12] 青野雅樹：介護施設内における徘徊老人の位置情報追跡システムの研究，電気通信普及財団研究調査報告書，Vol.49, No.24, pp.576-587 (2009)。

[13] 渡辺浩亘，牧野秀夫，北條晴正，石井郁夫：検出領域を拡大した GPS 方式徘徊老人探索システム，電子情報通信学会技術報告，Vol.HCS97-10。

[14] 五十嵐晃，真柄賢太郎，野中 敏，大野 宏：GPS 測位技術を用いた徘徊老人の位置探索システム，電気学会論文誌 D，Vol.122-D, No.6, pp.609-616 (2002)。

[15] 大野雄基，土井善貴，手嶋一訓，加藤大智，山岸弘幸，鈴木秀和，旭 健作，山本修身，渡邊 晃：弱者を遠隔地から見守るシステム TLIFES の提案と実装，コンシューマ・デバイス&システム研究報告，Vol.2012-CDS-3, No.2, pp.1-8 (2012)。

[16] 山岸弘幸，加藤大智，手嶋一訓，鈴木秀和，山本修身，渡邊晃：高齢者を遠隔地から見守るシステムの提案と実装，マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム論文集，Vol.2011, No.1, pp.684-690 (2011)。

[17] 加藤大智，山岸弘幸，鈴木秀和，小中英嗣，渡邊 晃：スマートフォンとセンサを活用したリモート見守りシステムの提案，マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム論文集，Vol.2011, No.1, pp.691-696 (2011)。

[18] Yamagishi, H., Kato, D., Teshima, K., Suzuki, H., Yamamoto, O. and Watanabe, A.: Proposal and Implementation of a System to Remotely Watch the Health Conditions of Elderly Persons, *IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2011)*, pp.42-47 (2011)。

[19] Kato, D., Yamagishi, H., Suzuki, H., Konaka, E. and Watanabe, A.: Proposal of a Remote Watching System Utilizing a Smartphone and Sensors, *IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2011)*, pp.36-41 (2011)。

[20] 特定非営利活動法人大一朝日・サポート：大一朝日・サポート（オンライン），入手先 (<http://www.dai1asahi.com/>) (参照 2012-12-08)。



大野 雄基 (正会員)

2011 年名城大学理工学部情報工学科卒業。2013 年同大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士課程修了。



手嶋 一訓 (正会員)

2011 年名城大学理工学部情報工学科卒業。2013 年同大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士課程修了。



加藤 大智 (正会員)

2011 年名城大学理工学部情報工学科卒業。2013 年同大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士課程修了。



山岸 弘幸 (正会員)

2012年名城大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年富士通システムズ・ウエスト(旧, 富士通中部システムズ)に入社。現在, 同社ビジネスソリューション本部ソーシャルネットワークソリューション事業部CRMソリューション部配属。ユビキタスサービス, ネットワークシステム等に興味を持つ。



渡邊 晃 (正会員)

1974年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。1976年同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年三菱電機株式会社入社後, LANシステムの開発・設計に従事。1991年同社情報技術総合研究所に移籍し, ルータ, ネットワークセキュリティ等の研究に従事。2002年名城大学理工学部教授, 現在に至る。博士(工学)。電子情報通信学会, IEEE各会員。



鈴木 秀和 (正会員)

2004年名城大学理工学部情報科学科卒業。2006年同大学大学院理工学研究科情報科学専攻修了。2009年同大学院理工学研究科電気電子・情報・材料工学専攻博士後期課程修了。2008年日本学術振興会特別研究員。2010年より名城大学理工学部助教。ネットワークセキュリティ, モバイルネットワーク, ホームネットワーク等の研究に従事。博士(工学)。電子情報通信学会, IEEE各会員。



旭 健作 (正会員)

2001年名城大学理工学部電気電子工学科卒業。2003年同大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程修了。2008年同大学院理工学研究科電気電子工学専攻博士課程修了。同年名城大学理工学部助教, 現在に至る。博士(工学)。無線通信や音響に関する信号処理の研究に従事。平成14年度情報処理学会東海支部学生論文奨励賞受賞, 平成16年度電気関係学会東海支部連合大会奨励賞受賞。電子情報通信学会, 日本音響学会, IEEE各会員。



山本 修身 (正会員)

1987年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻修士課程修了。東京工業大学理学部助手, (株)管理工学研究所研究員, 青森大学工学部情報システム工学科助教授を経て, 2004年名城大学理工学部情報工学科助教授, 2007年同准教授, 2008年同教授。博士(工学)。GPUを用いた幾何的計算, パズルにおける探索の効率化等に興味を持つ。日本応用数理学会, 電気学会, IEEE各会員。