

平成24年度 修士論文

邦文題目

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TLIFESの提案と実装

英文題目

**Proposal of TLIFES Using SmartPhones and
Mobile Network Environments and Its
Implementation**

情報工学専攻

(学籍番号: 113430006)

大野 雄基

提出日: 平成25年1月31日

名城大学大学院理工学研究科

内容要旨

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 の機能の一つである弱者の見守りについて着目する．特に，喫緊の課題となっている弱者の徘徊行動の検出を目指す．管理サーバで弱者の通常行動範囲を自動的に学習し，この範囲を逸脱した場合に徘徊行動と判断して見守る側にメールを配信する．TLIFES に弱者の見守りの基本部分を実装し動作検証を行った．その結果，徘徊行動が検出されることを確認した．

目次

第1章	はじめに	1
第2章	徘徊行動対策の既存システム	3
2.1	どこ・イルカ	3
2.2	パーソナルセキュリティシステム	4
2.3	徘徊高齢者 SOS ネットワークシステム	5
第3章	提案システム TLIFES	6
3.1	TLIFES の全体像	6
3.2	TLIFES の用途	7
3.3	TLIFES の対象者	7
3.4	スマートフォンの機能	8
3.5	管理サーバの機能	11
第4章	徘徊行動検出方式	13
4.1	徘徊行動の定義	13
4.2	徘徊行動検出方式の概要	13
4.3	通常行動範囲の学習方法	14
4.4	徘徊行動の検出方法	15
第5章	TLIFES の実装	17
5.1	スマートフォンのモジュール構成	17
5.2	管理サーバのモジュール構成	18
第6章	評価	21
6.1	試作システムの構成	21
6.2	閲覧情報の表示結果	22
6.3	アラーム検出結果	22
6.4	メール配信結果	24
6.5	既存システムとの比較	25
第7章	まとめ	26

謝辭	27
研究業績	30

第1章 はじめに

我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．そのため，高齢者がどこにいても見守ることができるシステムの構築が急務である．

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常に見守り，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自宅内にセンサ機器を設置することを想定しており，自宅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，予め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予めWEB上で設定できる範囲が限定されている．

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 [10–14]。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 の機能の一つである弱者の見守りについて着目する。特に、弱者の徘徊行動の検出を目指す。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ことが検出された場合に徘徊行動と判断する。この通常行動範囲を逸脱した場合に徘徊行動と判断して見守る側にメールを配信する。TLIFES に弱者の見守りの基本部分を実装し動作検証を行った。その結果、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章で提案システム TLIFES について述べる。4章で徘徊行動検出方式、5章で TLIFES の実装、6章で評価について述べ、最後に7章でまとめる。

第2章 徘徊行動対策の既存システム

本章では、弱者の徘徊行動対策に関連した既存システムを紹介する。

2.1 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。図 2.1 に、どこ・イルカの概要を示す。どこ・イルカは、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。

図 2.2 に、どこ・イルカの徘徊行動対策を示す。予め WEB 上で円状の通常行動範囲の設定を手動で設定できる。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 エリア内でのみ使用できない。また、通常行動範囲の設定が自宅を中心とした円状の範囲のみの設定しかできない

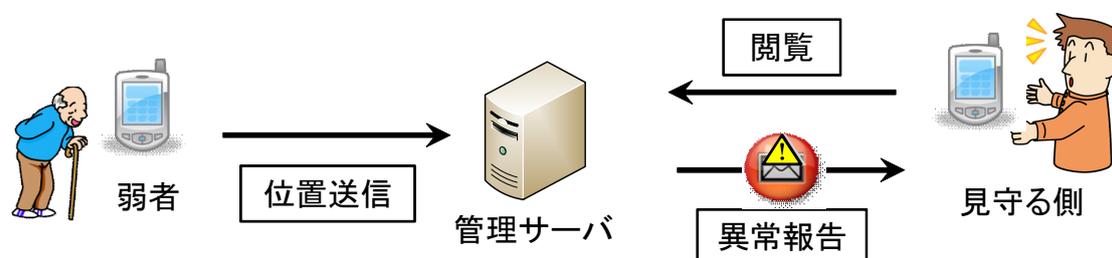


図 2.1 どこ・イルカの概要

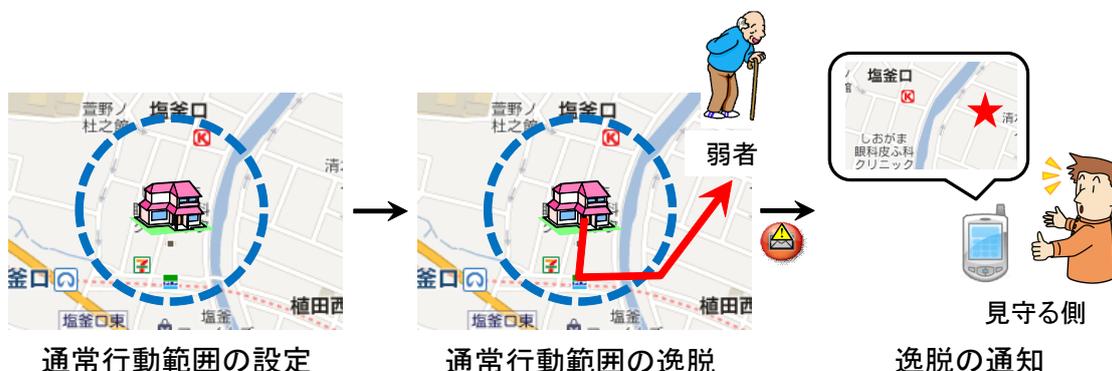


図 2.2 どこ・イルカの徘徊行動対策



図 2.3 パーソナルセキュリティシステムの概要

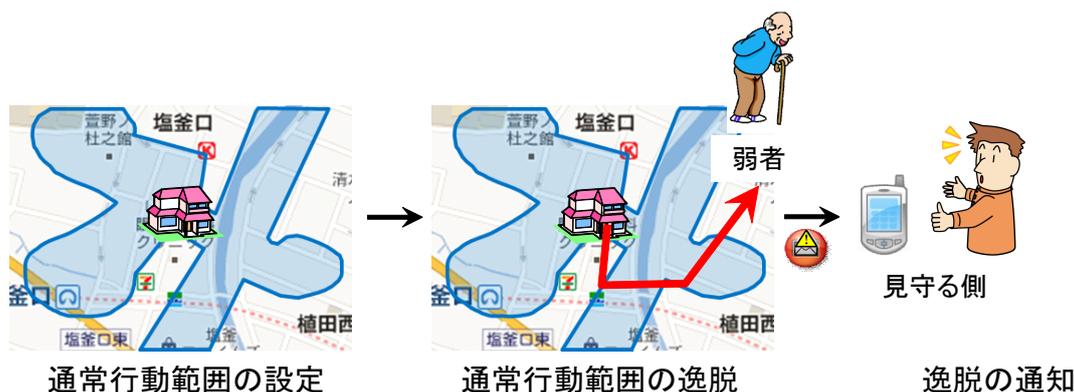


図 2.4 パーソナルセキュリティシステムの徘徊行動対策

ため、きめ細かい見守りができない。さらに、通常行動範囲の設定を予め手動で設定する必要があるため、弱者や見守る側に負担がかかる。

2.2 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。図 2.3 に、パーソナルセキュリティシステムの概要を示す。これは、「スマートフォンによる弱者見守りシステム」[15]をベースとしたものである。パーソナルセキュリティシステムは、弱者に専用アプリ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。

図 2.4 に、パーソナルセキュリティシステムの徘徊行動対策を示す。どこ・イルカと同様に弱者の通常行動範囲を予め設定しておき、GPS を利用して現在地が設定した通常行動範囲内にいるかどうかを判断する。通常行動範囲は複数設定することができる。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。スマートフォンから得た位置が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。また、緊急連絡ボタンをタップすることで不測の事態も見守る側に伝えることができる。

しかし、弱者が予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、どの通常行動範囲を使うかを毎回行う必要がある。そのため、別の通常行動範囲を行動する場合、再度ルート選択を行う必要があり、弱者に負担がかかる。どこ・イルカと同様に通常行動範囲

の設定を予め手動で設定する必要がある。さらに、弱者の現在位置を見守る側がパソコンなどから確認できる機能がない。

2.3 徘徊高齢者 SOS ネットワークシステム

徘徊行動により所在不明となった場合に早期発見，早期保護を図るため，横浜市では「徘徊高齢者 SOS ネットワークシステム」[16]を運営している。徘徊高齢者 SOS ネットワークシステムは，徘徊している方を横浜市全体で見守り保護するためのシステムである。弱者が所在不明と気付いた場合，まず家族が警察や SOS ネットワーク連絡機関に電話にて連絡する。そして，警察や福祉保健センター，地域ケアプラザなどの機関が搜索する。その際，発見協力機関のタクシー，バス，電車の交通機関などと協力し，幅広く連携して搜索や保護に当たる。

しかし，弱者が所在不明になってから搜索するため，弱者の身に危険が及ぶ可能性がある。また，多くの人で所在不明者を搜索するため効率的でない。

第3章 提案システム TLIFES

本章では、提案システム TLIFES について説明する。特に、弱者の見守りに着目して記述する。

3.1 TLIFES の全体像

図 3.1 に、TLIFES の全体像を示す。TLIFES では、全ての住民がスマートフォンを身に着けることを推奨する。スマートフォンには、センサ類（加速度センサ、GPS など）を通して弱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機能を持たせる。管理サーバに蓄積された情報は、家庭端末（パソコン）や携帯

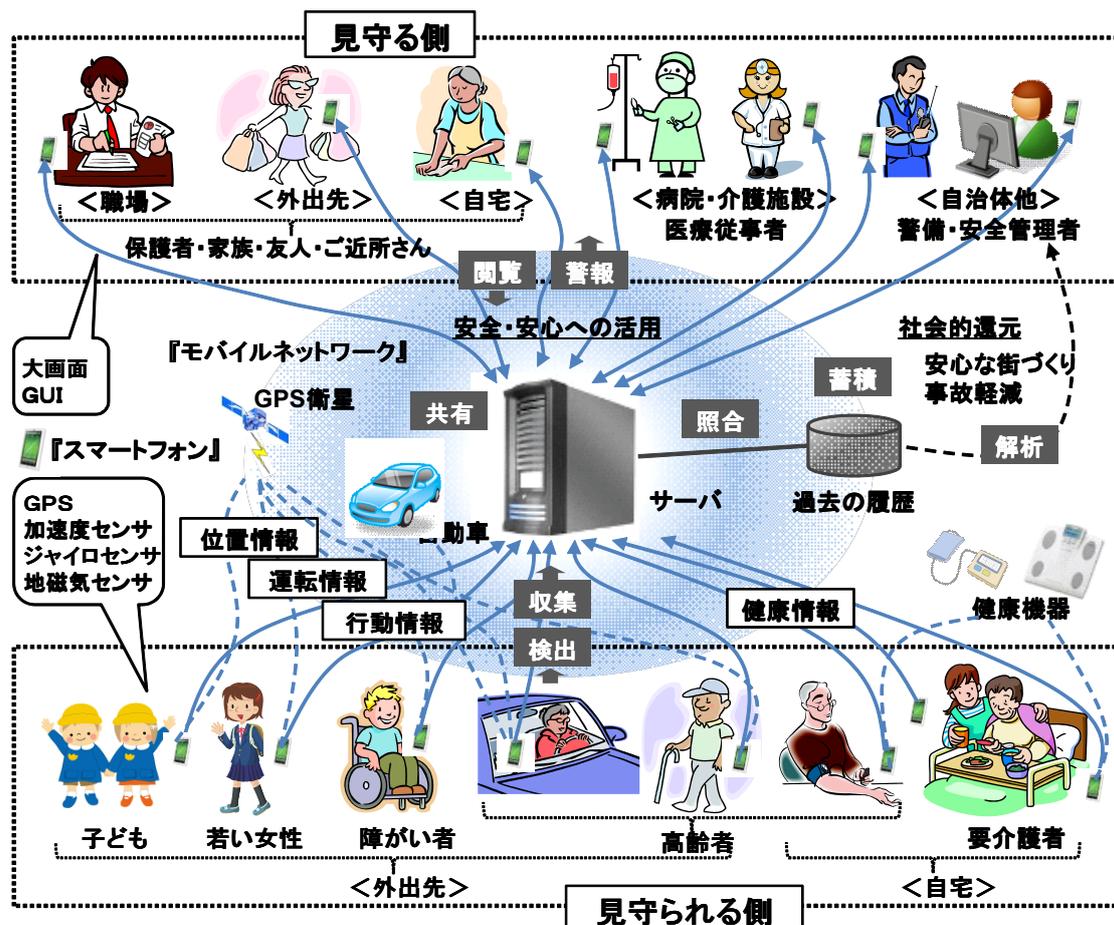


図 3.1 TLIFES の全体像

端末（スマートフォン，タブレット）から閲覧できる．また，管理サーバに蓄積された情報は，自分以外の人に共有することができる．これらのことから TLIFES は，住民の安全，安心への活用に結びつけることができる．

3.2 TLIFES の用途

TLIFES では，弱者の見守り，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を実現することができる．

1. 弱者の見守り

弱者の見守りとして利用する．弱者の異常発生時（徘徊行動，体調不良など）において迅速な対応をすることができる．

2. 個人のライフログ

個人のライフログとして利用する．日記や写真などを記録することができる．

3. 災害発生時の避難サポート

災害発生時における避難サポートに利用する．地震や津波などの災害時に，高台などの避難所までナビゲーションする．

4. 地域コミュニティの活性化

SNS（ソーシャルネットワークサービス）として利用する．自分の情報を友だちや家族，近所の人などと共有することができる．さらに，ゲームをすることができ競うことができる．

3.3 TLIFES の対象者

TLIFES の対象者は，子供（～12 歳程度），自分自身（12～60 歳程度），元気な高齢者（60～75 歳程度，元気な障がい者など），後期高齢者（75 歳程度～，介護が必要な高齢者など）などが考えられ，対象者により様々な用途が可能である．

1. 子供

子供の登下校の見守りとして利用する．

2. 自分自身

自分自身のライフログ（日記，行動管理，健康管理）として利用する．

3. 元気な高齢者

外出先や運転時，自宅内にいる場合の見守りとして利用する．

4. 後期高齢者

後期高齢者の常時見守りとして利用する．特に社会問題となっている徘徊行動の早期検出を重視する．

3.4 スマートフォンの機能

スマートフォンには、センサ情報の取得、行動の判別、歩数の計測、センサ情報の送信、及びアラーム時の対応がある．

3.4.1 センサ情報の取得

スマートフォンに搭載されたセンサ類を活用し、位置情報、行動情報、健康情報、運転情報のセンサ情報を取得する．センサ情報の取得方法には、スマートフォン自身に搭載されたセンサ類を利用したセンシング、及び周辺機器との連携によるセンシングがある．周辺機器との連携により、スマートフォン自身に搭載されているセンサ類から取得できる情報以外の情報を取得することができる．

1. スマートフォン自身によるセンシング

スマートフォン自身によるセンシングでは、スマートフォン自身に搭載されたセンサ類から以下の情報を取得する．

(a) 位置情報

位置情報には、緯度経度の他、移動速度や進行方向がある．GPS から取得する．スマートフォンの消費電力を削減するため、位置情報の取得間隔は状況に応じて動的に変更する．

(b) 行動情報

行動情報には、弱者が何をしているのか、どういう状態なのかがある．GPS や加速度センサなどのセンサ類を最大限に活用して取得する（3.4.2 参照）．

2. 周辺機器との連携によるセンシング

周辺機器との連携により以下の情報を取得する．

(a) 健康情報

健康情報には、体重、血圧などがある．これらの情報は、通信機能（Bluetooth）を備えた健康機器（体重計、血圧計など）から取得する．健康機器で取得した情報は、Bluetooth 経由で弱者が持つスマートフォンに転送される．

表 3.1 判別方法

	歩数 歩 (分当たり換算)	歩数 < 歩 (分当たり換算)
移動距離 m (前回との移動距離)	歩行移動中	公共車乗車中
移動距離 < m (前回との移動距離)	歩行停滞中	停滞中

(b) 運転情報

運転情報には、速度、ふらつき、居眠り運転などがある。これらの情報は、弱者が所持するスマートフォンとは別に、運転情報を取得するための車載専用スマートフォンを設置し、このスマートフォンのセンサ類を用いて取得する。健康情報と同様に、ここで取得した情報は Bluetooth 経由で弱者が持つスマートフォンに転送される。運転情報は、健康情報と同じ位置づけで、弱者の状態を把握するための1つの情報とみなすことができる。

3.4.2 行動の判別

定期的に弱者が今どういう状態なのかという行動情報を取得する。取得する行動情報には放置中(就寝中)、歩行移動中、歩行停滞中、停滞中、公共車乗車中、自家用車乗車中がある。行動情報の判別方法を以下に示す。歩行移動中、歩行停滞中、停滞中、公共車乗車中は、表 3.1 にも示す。

1. 放置中(就寝中)

机の上などにスマートフォンが置かれている場合、または寝ている場合に相当する。弱者がスマートフォンを身に付けていないことが考えられる。加速度センサが全く変化がない場合に放置中と判断する。

2. 歩行移動中

外を歩行して移動している場合に相当する。前回との移動距離がある値 m より大きい場合、かつ1分あたりの歩数がある値 歩より大きい場合に歩行移動中と判断する。

3. 歩行停滞中

自宅内、病院内などの狭い範囲で歩行している場合に相当する。前回との移動距離がある値 m より小さい場合、かつ1分あたりの歩数がある値 歩より大きい場合に歩行停滞中と判断する。

4. 停滞中

椅子などに座っている場合や立ったまま動かずにその場で作業している場合に相当す

る．前回との移動距離がある値 m より小さい場合，かつ1分あたりの歩数がある値 n より小さい場合に停滞中と判断する．

5. 乗車中

(a) 公共車

自家用車以外の他人の車やバス，タクシー，電車などに乗車している場合に相当する．前回との移動距離がある値 m より大きい場合，かつ1分あたりの歩数がある値 n より小さい場合に公共車乗車中と判断する．

(b) 自家用車

自家用車で運転，または運転せずに乗車している場合に相当する．弱者が所持するスマートフォンとは別に，運転情報を取得するための車載専用スマートフォンを設置し，この車載専用スマートフォンと弱者が所持するスマートフォンで Bluetooth ペ어링がとれた場合に自家用車乗車中と判断する．

3.4.3 歩数の計測

歩数をリアルタイムに計測する．この歩数は，行動の判別などに利用する．

加速度センサから X 軸，Y 軸，Z 軸の値を取得してベクトル値を算出する．加速度センサから取得するデータにはノイズが多く含まれてため，バターワースフィルタを用いて歩行時に発生する周波数に近い周波数成分を通過させることによってノイズを除去し，歩行時に発生する波形を取り出す．これにより得られた値に所定の閾値を設定し，波形がその閾値を通過するごとに歩数としてカウントする．

3.4.4 センサ情報の送信

スマートフォンで取得したセンサ情報は，XML 形式に整理した後，UDP により管理サーバへ定期的（10分に1回など）送信する．XML 形式に整理することにより，管理サーバは受信したセンサ情報の種類を判別することができる．また，スマートフォンから送信されるセンサ情報の種類が増加した場合も対応できる．

3.4.5 アラーム時の対応

弱者に異常が検出した場合，チャット，掲示板，通話などを通して情報交換を行う．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する．

3.5 管理サーバの機能

管理サーバには、データベースの管理、アラーム検出、アラーム時の対応、メール配信、閲覧情報の生成、ユーザ登録、及び情報共有相手の設定がある。

3.5.1 データベースの管理

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。データベース内のセンサ情報は、閲覧情報の生成や徘徊行動などのアラーム検出に使用する。

3.5.2 アラーム検出

管理サーバ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。例えば、いつもとは違う血圧、いつもは行かない場所に行ってしまうなどである。後者が徘徊行動の検出に相当する。徘徊行動の検出については、4章で詳しく述べる。

3.5.3 アラーム時の対応

異常検出後は、ネットワーク経由でエンドエンドの連絡を取り合い迅速な対応を可能とする。具体的には、予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が配信する。メールには URL が記載されており、必要に応じてワンクリックで管理サーバのセンサ情報を閲覧できる。

3.5.4 メール配信

メール配信の種類には、アラームメールとお知らせメール、定期配信メールがある。これらのメールは、予め登録されたメールアドレス宛に配信する。

アラームメールは、アラームが検出した場合に配信される。お知らせメールは、予め登録した場所（自宅、病院、ショッピングセンターなど）の周辺から弱者が外へ出た時、及び中に入った時に配信される。定期配信メールは、弱者の状態を記したメールを定期的（1日1回など）に配信される。

3.5.5 閲覧情報の生成

家庭端末や携帯端末から管理サーバに蓄積されたセンサ情報を閲覧する場合は、ユーザ ID とパスワードを入力してユーザ認証し、WEB ブラウザ上で閲覧できる。弱者が自分自身の

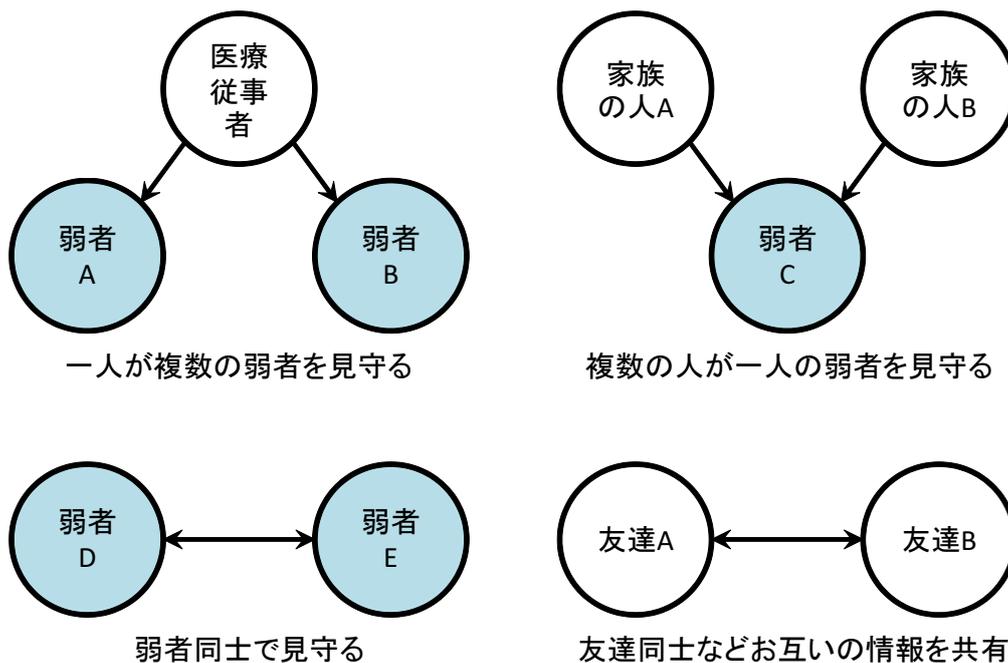


図 3.2 情報共有相手の設定により行えること

閲覧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、予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閲覧できる。なお、管理サーバと家庭端末、携帯端末間の通信には SSL を使用して暗号化する。

3.5.6 ユーザ登録

ユーザ登録は WEB ブラウザから行う。機能としては、新規に TLIFES を利用する人のアカウント作成、登録情報変更などがある。

3.5.7 情報共有相手の設定

スマートフォンで取得した自分のセンサ情報を誰に共有するのかの情報共有相手の設定を行える。

図 3.2 に、情報共有相手の設定により行えることを示す。医療従事者などの一人が複数の弱者の見守り、家族など複数の人が一人の弱者の見守りに利用できる。現在、老々介護が社会問題となっており、弱者同時で見守る場合が考えられる。そのため、弱者同時で自分の情報を共有し、弱者同士での見守りに利用できる。

また、情報共有相手の設定を応用することにより、見守り以外の用途にも利用できる。例えば、友だち同士で情報を共有することにより SNS のように使える。

第4章 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を検出する見守りについて記述する。

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通りである。

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。通常は自宅、病院、ショッピングセンターなどの近辺で行動していると考えられるが、その他の場所にいる場合に徘徊行動であると判断する。

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。夜間の時間帯に自宅で過ごす、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 4.1 に、徘徊行動検出方式の概要を示す。本方式ではまず、矩形の範囲を定め、その範囲内での弱者の存在確率分布を近似的に計算する。管理サーバには、その範囲における弱者の位置情報が蓄積されている。この一定期間蓄積された位置情報を用いて、それぞれの場所に弱者が存在する存在確率を算出し、弱者の通常行動範囲を学習する。存在確率は、全期間を通したものの他、一日の中の時間帯ごとの部分も計算する。全期間を通したものをを用いることにより位置に関する徘徊行動、一日の中の時間帯ごとの部分を用いることにより時間に関する徘徊行動を検出することができる。

学習した通常行動範囲と定期的に得られる弱者の位置情報と比較することにより、徘徊行動を検出を行う。徘徊行動を検出した場合、予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アラームメールを配信する。なお、通常行動範囲は、過去の位置情報をもとに1日1回更新する。

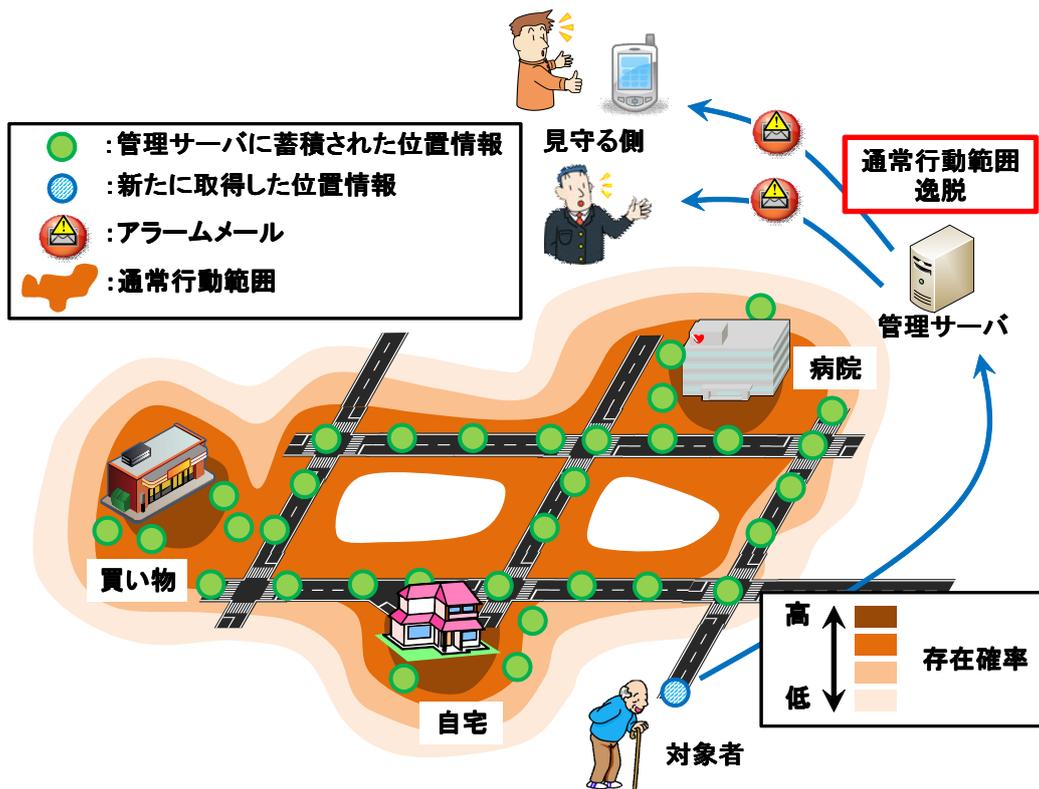


図 4.1 徘徊行動検出方式の概要

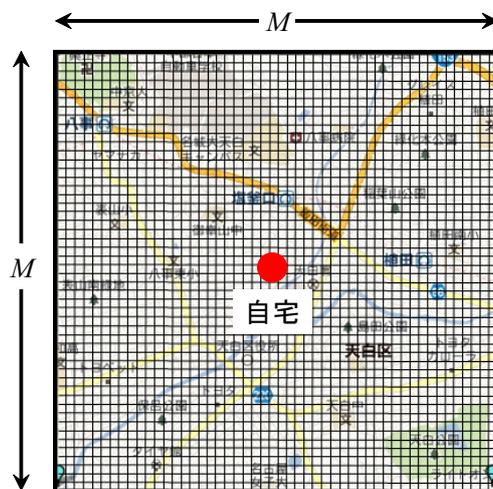


図 4.2 矩形形状の範囲

4.3 通常行動範囲の学習方法

矩形上の範囲における存在確率の計算ではまず、この範囲を図 4.2 のように等間隔の細かな $M \times M$ のメッシュに分ける。自宅を中心に行動すると考えられるため、自宅を中心とした矩形形状の範囲を定める。図 4.3 のように管理サーバに蓄積されている 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 $m_{i,j}$ における存在確率(尤度)を求める。

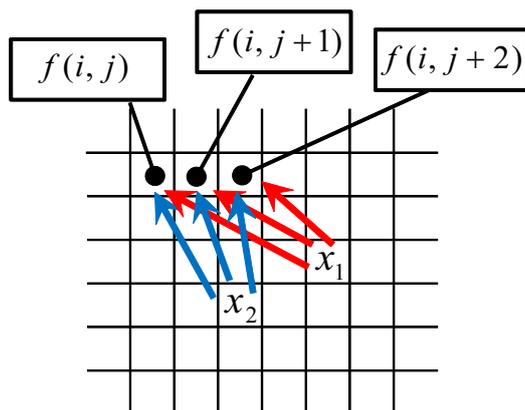


図 4.3 メッシュごとの尤度 $f(i, j)$ の計算

この尤度を

$$f(i, j) = \sum_{k=1}^N \exp\left(-\frac{\|x_k - p_{i,j}\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4.1)$$

と定義する．ただし，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，学習に用いられる観測データの個数と関係しており，メッシュをより細かくすれば，メッシュ要素 1 個あたりに入ってくるデータ数が少なくなり，そのメッシュ要素に対応する尤度の推測が難しくなる．一方，メッシュ要素の大きさを大きくすれば，データ数は増えるが，位置の解像度が低下する．

このようにして，一定期間に得られたデータから確率密度関数を計算し蓄える．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．従って，確率密度関数は，時間帯（24 種類）と移動速度区分（2 種類）を指定した時に 1 つに決まる．移動速度に応じてグループに分ける理由は，乗車中など移動速度が速い場合は位置のプロットが少ないため，同様のパラメータでは通常行動範囲を適切に学習できないためである．

4.4 徘徊行動の検出方法

4.3 で述べた確率密度関数を用いて，徘徊行動の検出を行う．定期的に分られる位置情報と，該当するメッシュに対応する尤度から，弱者が徘徊行動であることの主観確率をベイズ更新することにより，ある閾値を超えた時に徘徊行動であると判断する．実際は 4.3 で述べた学習により求めた尤度を加算し，それがある閾値を超えた時に徘徊行動と報告する．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が検出する．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。

$$S_N = \sum_{k=N-m+1}^N -\log f(i_k, j_k) \quad (4.2)$$

ただし, 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とする。ここでは, 過去 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 を計算している。

また, この時さらに確率密度関数として, ここで考えている期間全体についてのデータを用いた尤度で計算した値 S' と該当する時間帯のデータのみで計算した尤度を用いて計算した S を用意し, S' が閾値を超えた場合, 「位置に関する徘徊行動」と判定し, S のみが閾値を超えた場合, 「時間に関する徘徊行動」とであると判定する。

第5章 TLIFESの実装

本章では，TLIFESの基本機能を実装したので，その内容について記述する．

5.1 スマートフォンのモジュール構成

図 5.1 に，TLIFESにおけるスマートフォンのモジュール構成を示す．

Passometer：加速度センサから加速度を取得して歩数を計算する．3軸加速度の合成，バターワースフィルタ処理によるノイズの低減，歩行判定，歩数のカウントを行う．

BehaviorDetermining：センサ類から取得した情報をもとに行動判定を行い，GPS や Wi-Fi による BSSID¹ 検索，Bluetooth の接続要求タイミングを決定する．

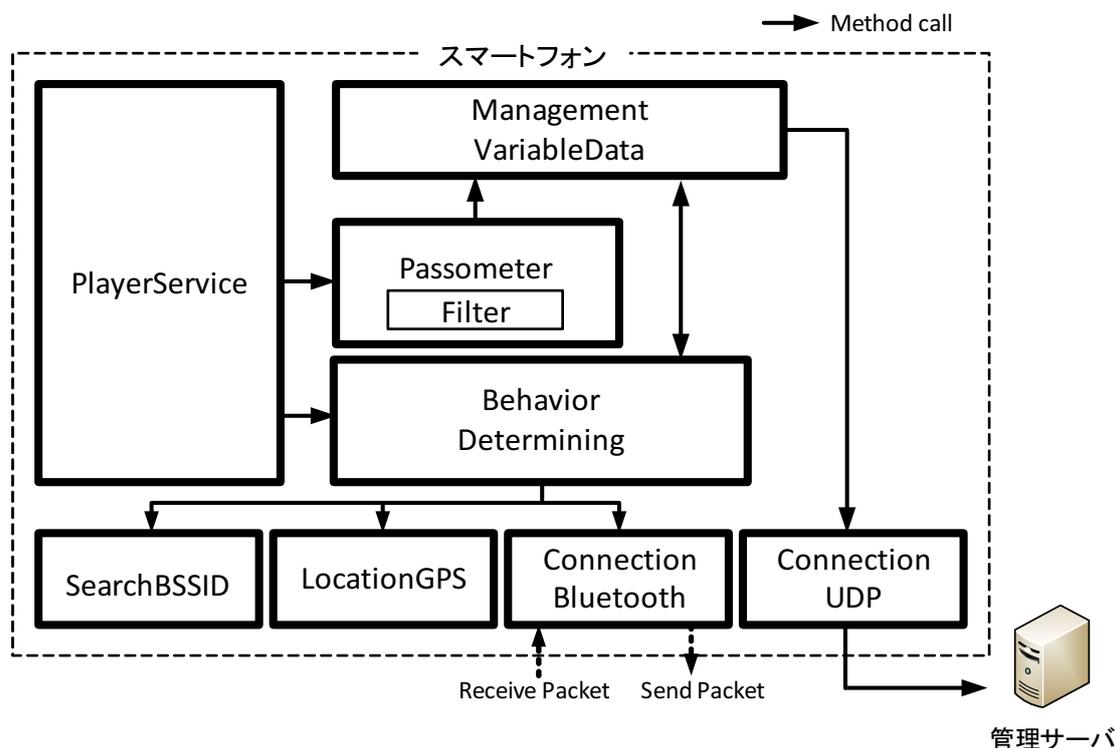


図 5.1 スマートフォンのモジュール構成

¹BSSID とは，Basic Service Set Identifier の略語で，IEEE 802.11 シリーズの無線 LAN におけるネットワークの識別子の一つで，48 ビットの数値である．通常は，その無線 LAN の MAC アドレスと同じものである．

SearchBSSID : Wi-Fi を用いて周囲の BSSID を検索する。BSSID の取得結果を BehaviorDetermining に渡し、ユーザが移動しているかの判定を行う。ユーザが移動していると判別できる場合は GPS を起動する。

LocationGPS : 位置情報の取得を行う。位置情報を取得する間、GPS 受信機の捕捉衛星数と SNR を常に確認し、一定時間後の 2 つの値が閾値未満の場合、GPS による位置測位を終了する。逆に、2 つの値が閾値以上の場合、位置測位が失敗するか位置情報が取得できるまで継続して位置情報の取得を行う。

ConnectionBluetooth : 周辺に接続可能な Bluetooth 機器がないか検索を行う。自家用車に搭載されている車載器向けに Bluetooth 接続要求を送り、接続が確立出来るかを確認する。車載器と Bluetooth 接続出来る場合には、車載器から位置測位や速度、危険運転の判定結果などの情報を取得する。

ManagementVariableData : 取得したセンサ情報を保存する。センサ類から取得した情報や行動判定の結果などを保存する。

ConnectionUDP : データクラスに格納されたセンサ情報を取得し、XML 形式に変換した後に定期的に管理サーバへ UDP にて送信する。

5.2 管理サーバのモジュール構成

図 5.2 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と行動判定処理モジュールは、徘徊行動検出に直接関わる処理である。

5.2.1 TLIFES の基本モジュール

センサ情報格納処理 : 一度に大量のパケットを受信した場合に対応するため、ソケットで受信したセンサ情報を全てキューに格納する。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実装した。

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 MySQL にてデータベースに登録する。

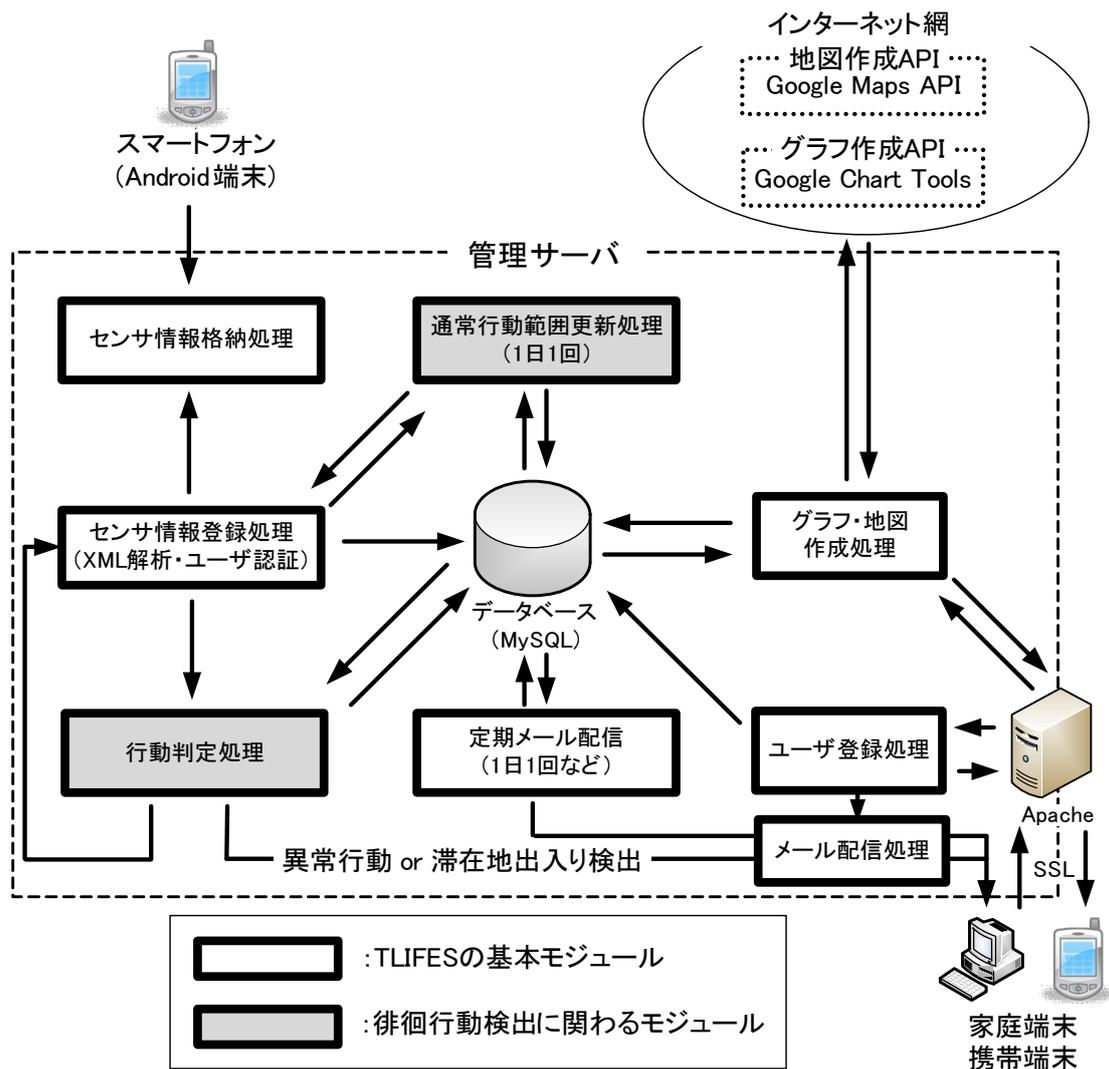


図 5.2 管理サーバのモジュール構成

定期メール配信処理 : 予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配信指示に従って、予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 API²を、グラフ作成 API としては Google Chart Tools³を使用した。

ユーザ登録処理 : TLIFES を利用する人のユーザ登録を行う。メールアドレス、共有するセ

²Google Maps API: <https://developers.google.com/maps/>

³Google Chart Tools: <https://developers.google.com/chart/>

ンサ情報，センサ情報を共有する相手などを登録する．

5.2.2 徘徊行動検出に関わるモジュール

通常行動範囲更新処理：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，3000m四方の領域（矩形状の範囲）を 50×50 のメッシュに分割して計算し， $\sigma = 60$ mとした．移動速度の分類は25km/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ヶ月とした．

行動判定処理：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であるかを判断し，徘徊行動かどうかを判定する．また，予め登録した場所の周辺から弱者が外へ出た時，及び中に入った時を判定する．

第6章 評価

本章では，試作システムの実装結果について記述する．

6.1 試作システムの構成

図 6.1 に，試作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，及び Wi-Fi 経由で定期的に大学研究室内に設置した管理サーバに蓄積した．その後，パソコンやスマートフォンから管理サーバにアクセスし，センサ情報を閲覧した．

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．また，私が TLIFES を実装したスマートフォンを所持し，1 ヶ月間の位置情報を管理サーバに蓄積したものを利用した．

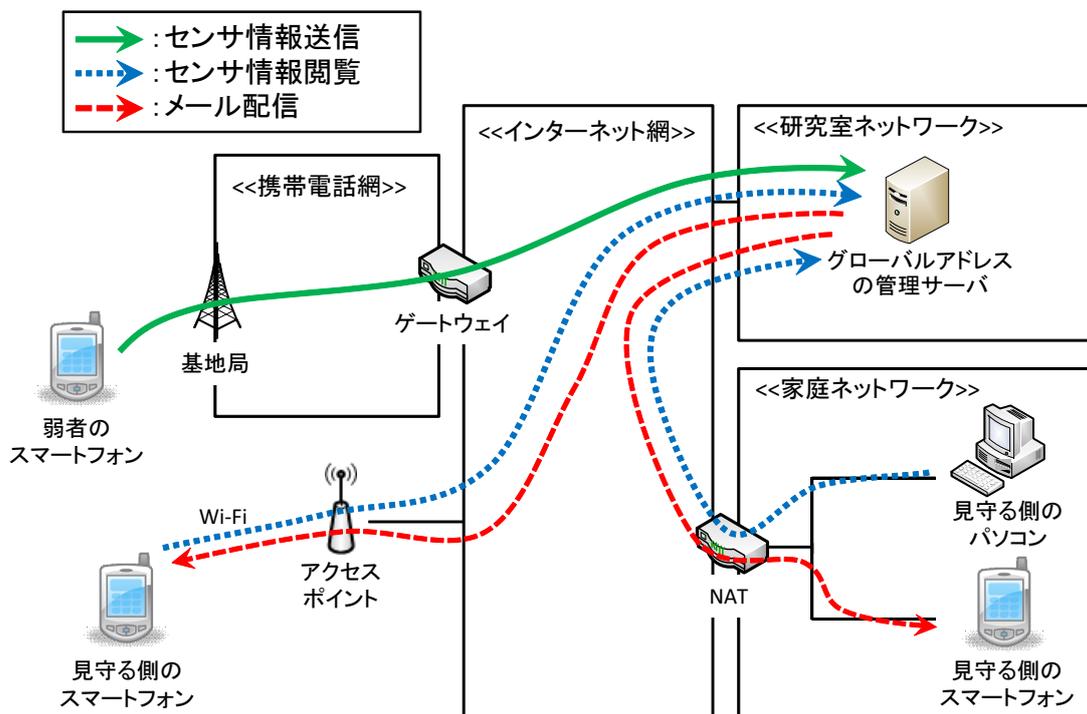


図 6.1 試作システムの構成



図 6.2 位置情報と行動情報を表示した画面

6.2 閲覧情報の表示結果

図 6.2 に、位置情報と行動情報を WEB 上で表示した画面を示す。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、及び行動情報の判定結果である。マーカー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。この画面によりリアルタイムに自分自身や弱者の履歴を確認できる。

折れ線グラフは 1 日の歩数の変化を示している。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かが確認できる。

6.3 アラーム検出結果

TLIFES で検出するアラームの中で、徘徊行動時のアラーム検出結果について述べる。

6.3.1 通常行動範囲の学習結果と徘徊行動の検出結果

図 6.3、及び図 6.4 に通常行動範囲の学習結果を示す。図 6.3 は 1 ヶ月間の位置情報から得られた確率密度関数を、図 6.4 は 1 ヶ月間のうち午前 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。管理サーバ内において、通常行動範囲を学習していることを確認した。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 ヶ月間に渡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。時間帯という条件がつくことによって、確率分布は大きく変化していることが分かる。

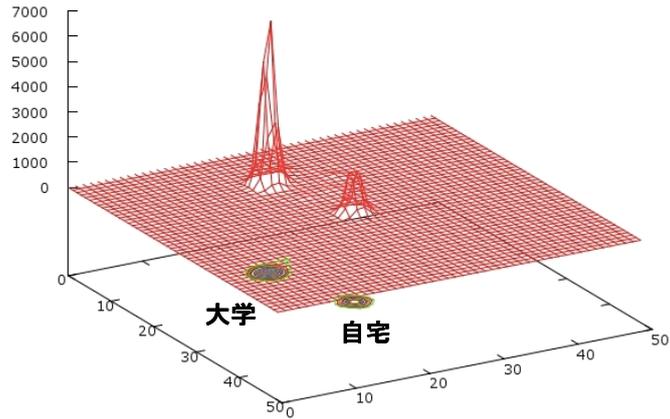


図 6.3 1ヶ月間の確率密度関数

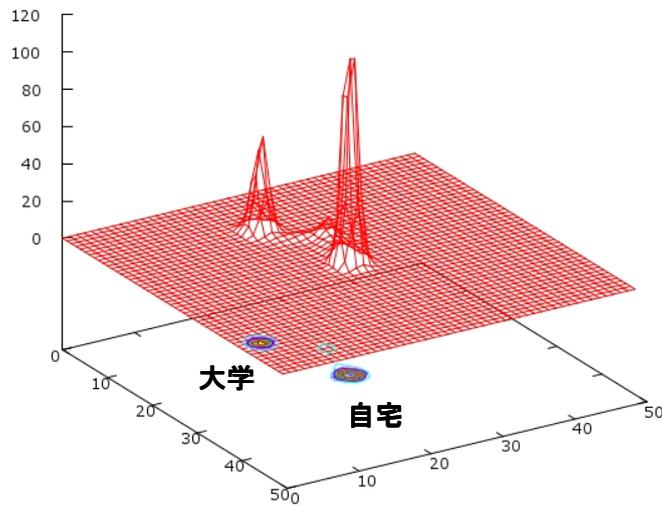


図 6.4 1ヶ月間の午前8時から午前9時までの確率密度関数

図 6.5 に、時間に関する徘徊行動と位置に関する徘徊行動の検出結果を示す。半月分のデータについての S (時間帯ごとに別々に蓄えたもの), 及び S' (24 時間を 1 つの時間帯として蓄えたもの) の変化を示している。1ヶ月分の位置情報全てを用いて作られた確率密度分布を用いた判定のための値 S' と、該当する時間帯の位置情報のみによって作られた確率密度分布を用いた値 S を比較することにより可能となり、それぞれの閾値を超え徘徊行動と判断した部分を楕円で示している。ここで楕円で示した個別のケースについて、普段行かない場所への移動するケース(位置に関する徘徊行動)と普段と違う時間に移動しているケース(時間に関する徘徊行動)を正しく判定できていることを確認できた。

通常行動範囲の学習期間として暫定的に 30 日間としたため、今後はどの程度の学習期間が妥当なのかを検討していく。

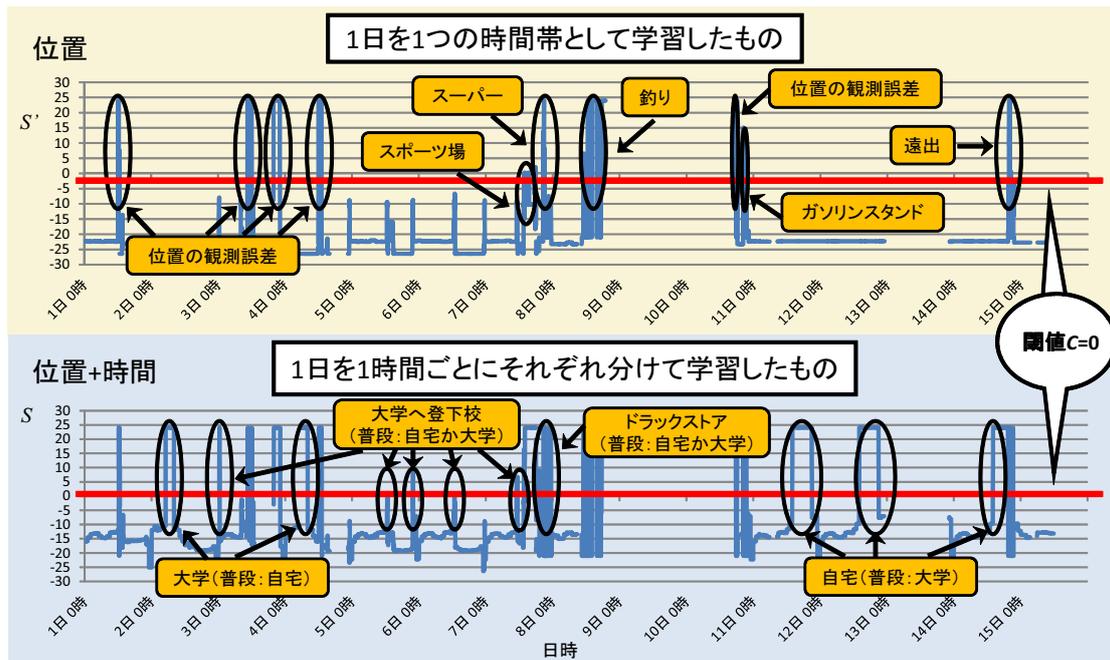


図 6.5 時間に関する徘徊行動検出（上）と位置に関する徘徊行動検出（下）

6.3.2 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，及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．AMD Phenom 2.8GHz CPU，4GB メモリ上の結果である．

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．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100km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上の範囲 $M \times M$ が広がり，メッシュごとの尤度 $f(i, j)$ の計算の量が増えるためである．

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，その人数に耐え得る管理サーバを構築する必要がある．

6.4 メール配信結果

図 6.6 に，メール配信の表示例を示す．通常行動範囲を逸脱した場合に徘徊行動と判断して，予め登録したメールアドレス宛にアラームメールを配信することを確認した．メールの宛先はパソコンのみでなく，各キャリアの携帯端末であっても通知・表示された．また，定期配信メールとお知らせメールも正しく通知・表示されることを確認した．



図 6.6 メール配信の表示例

表 6.1 既存システムとの比較

	パーソナル セキュリティシステム	どこ・イルカ	TLIFES
自宅・外出中・運転中	外出中	外出中	自宅・外出中・運転中
把握できる情報	位置	位置	位置情報・行動情報 運転情報・健康情報
情報共有相手の設定	無	無	有
通常行動範囲の設定	手動	手動	自動

6.5 既存システムとの比較

表 6.1 に、既存システムと TLIFES との比較結果を示す。既存システムのパーソナルセキュリティシステム、どこ・イルカと TLIFES を比較する。

既存システムでは弱者を把握できる場所が外出中に特化されているが、TLIFES では自宅、外出中、運転中を想定しており総合的に見守ることができる。

既存システムでは把握できる情報が、弱者が現在いる位置のみに特化されているが、TLIFES では位置情報、行動情報、運転情報、健康情報を取得することができる。そのため、既存システムに比べて弱者の状態を詳細に把握でき、きめ細かい見守りを行うことができる。

既存システムでは自分自身の情報を誰に公開する設定をすることができないが、TLIFES ではその設定をすることができる。そのため、現在老々介護が問題となっているが、弱者同士の見守りに応用することができる。

既存システムでは通常行動範囲の設定を予め手動で行う必要があるが、TLIFES では管理サーバが自動的に通常行動範囲を学習する。そのため、予め手動で設定する場合と比べて弱者や見守る側に負担とならない。また、見守る側が弱者のそばにいない場合において有効である。

第7章 まとめ

本論文では、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 TLIFES を提案した。TLIFES の機能の一つである弱者の見守りについて着目し、喫緊の課題となっている弱者の徘徊行動の検出の実現を目指した。

試作システムを実装し、位置情報などの閲覧情報の生成、通常行動範囲の学習していることを確認した。また、通常行動範囲を逸脱した場合に徘徊行動と判断して予め登録されたメールアドレス宛にメール配信することを確認した。

通常行動範囲を学習する際に、今回は被験者を学生で実験を行った。今後は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、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。

謝辞

本研究を進めるにあたり，多大なる御指導と御教授を賜りました，渡邊晃教授に心より感謝いたします．

本研究を進めるにあたり，多大なる御指導と御教授を賜りました，山本修身教授，中野倫明教授，柳田康幸教授，山田宗男准教授，小中英嗣准教授，川澄未来子准教授，旭健作助教，鈴木秀和助教に心より感謝いたします．

本研究を進めるにあたり，有益な御助言や御討論を賜りました，渡邊研究室，鈴木研究室，TLIFES グループの皆様心より感謝いたします．とりわけ，大学院生，本研究テーマである TLIFES グループにて深い議論をしていただいた，渡邊研究室の加藤大智氏，福山陽祐氏，細尾幸宏氏，五島秀典氏，戸田尚希氏，三鴨勇太氏，伊藤智洋氏，鈴木一弘氏，土井敏樹氏，松尾辰也氏，吉岡正裕氏，ルバサンクアマルサイハン氏，竹腰昇太氏，石黒彰大氏，平岩慎太郎氏，鈴木研究室の金丸幸弘氏，上酔尾一真氏，小菅王春氏，清水皓平氏，津田一磨氏，畠基成氏，川北千晶氏，河北晋吾氏，山本研究室の手嶋一訓氏，川澄研究室の小菅泰知氏，松原真介氏，竹谷勇人氏に心より感謝いたします．

最後に，研究を進めていく中，いつも暖かく支えていただいた家族の皆様心より感謝いたします．

参考文献

- [1] 厚生労働省, 各種統計調査 : http://www.mhlw.go.jp/toukei_hakusho/toukei/index.html.
- [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 : <http://www.ur-net.go.jp/>.
- [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 : <http://www.soumu.go.jp/soutsu/tokai/tool/kohosiryo/hodo/22/05/img/0527-3-2.pdf>.
- [5] NPO 法人熊本まちづくり, ひご優ネット : <http://portal.higoyou.net/>.
- [6] コビキタス, どこ・イルカ : <http://www.dokoiruka.jp/>.
- [7] e- セレス, パーソナルセキュリティシステム : <http://www.e-sares.co.jp/>.
- [8] NTT ドコモ, イマドコサーチ : <http://www.nttdocomo.co.jp/service/safety/imadoco/>.
- [9] KDDI, 安心ナビ : <http://www.au.kddi.com/anshin/>.
- [10] 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).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 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).
- [14] 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).

- [15] 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 :<http://www.dai1asahi.com/>.
- [16] 横浜市旭区 ,徘徊高齢者 SOS ネットワークシステム :<http://www.city.yokohama.lg.jp.cache.yimg.jp/asahi/madoguchi/koreisyougai/haikai-sos.html>.

研究業績

研究会・大会等

1. 大野雄基, 手嶋一訓, 加藤大智, 鈴木秀和, 旭 健作, 山本修身, 渡邊 晃: TLIFES を利用した徘徊行動検出方式の提案と実装, Vol. 2013-CDS-6, No. 12, pp. 1-8 (2013).
2. 加藤大智, 竹腰昇太, 大野雄基, 鈴木秀和, 旭 健作, 渡邊 晃: TLIFES における省電力化を目的とした位置測位手法の提案と実装, Vol. 2013-CDS-6, No. 13, pp. 1-6 (2013).
3. 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).
4. 手嶋一訓, 大野雄基, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 渡邊 晃, 山本修身: 高齢者見守りシステムのための日常行動パターンの取得と非日常行動の検出, 2012 年度電子情報通信学会総合大会, ISSP-P-126, (2012).
5. 手嶋一訓, 大野雄基, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 渡邊 晃, 山本修身: 高齢者みまもりシステムのための行動履歴の蓄積と非日常行動の検出, 平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, (2012).
6. 平岩慎太郎, 大野雄基, 鈴木秀和, 渡邊 晃: TLIFES を利用した避難誘導システムの提案, 平成 24 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, (2012).
7. 大野雄基, 土井善貴, 手嶋一訓, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 山本修身, 渡邊 晃: 高齢者の徘徊を検出する見守りシステムの提案, 平成 23 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, (2011).
8. 土井善貴, 大野雄基, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 小中英嗣, 渡邊 晃: スマートフォンを利用した弱者見守りシステムの提案, 平成 23 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, (2011).
9. 手嶋一訓, 大野雄基, 土井善貴, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 渡邊 晃, 山本修身: 高齢者見守りシステムにおける行動履歴の取得と異常行動の検出について, 平成 23 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, (2011).