

平成26年度 卒業論文

和文題目

TLIFESにおける加速度センサによる
乗車判定方式の提案

英文題目

**Proposal of Behavior Recognition Method
by Acceleration Sensor in TLIFES**

情報工学科 渡邊研究室
(学籍番号: 110430112)

丸山 敦志

提出日: 平成27年2月12日

名城大学理工学部

概要

我々は、スマートフォンの通信機能とセンサ機能を活用し、見守る側(家族や地域の人など)と見守られる側(高齢者や子どもなど)で情報を共有することにより、住民全員が安心して生活できる社会を作るシステムとして統合生活支援システム TLIFES(Total LIFE Support system) を提案している。TLIFES では、見守りをする際、ユーザの行動情報を利用するため、行動判定は欠かせない要素である。初期の TLIFES では行動判定に GPS や Wi-Fi、加速度センサの情報を利用していた。しかし、GPS や Wi-Fi は消費電力が大きく、スマートフォンの稼働時間に大きな影響を与えていた。また、GPS や Wi-Fi は取得できる場所が限られており、正しく判定できない場所が存在し、誤判定されている場合もあった。そこで、現在比較的消費電力の少なく、情報を取得する際、場所に影響されない加速度センサを用いた行動判定に仕様が変更されている。しかし、ユーザが乗り物に乗っている状態を判定する乗車判定が提案されておらず、現状正しく判定することができない。そこで、本稿では、TLIFES における加速度センサを用いた乗車判定の方式を提案を提案する。また、Android 上に実装を行い、評価を行った。

目次

第1章 序論	1
第2章 TLIFES	2
2.1 概要	2
2.2 TLIFES で取得する情報	3
第3章 初期の TLIFES における行動判定方式	4
3.1 取得するセンサ情報	4
3.2 行動判定の内容	4
3.3 行動判定の手順	5
3.4 消費電力の測定	6
3.4.1 測定方法	6
3.4.2 測定条件	7
3.4.3 測定結果	7
3.4.4 考察	7
3.5 課題	8
第4章 加速度センサを用いた行動判定方式	9
4.1 取得するセンサ情報	9
4.2 行動判定の内容	9
4.3 行動判定の手順	10
4.4 課題	11
第5章 乗車判定の提案	12
5.1 加速度センサで取得できる情報	12
5.2 提案方式のアルゴリズム	13
5.2.1 軸調節の処理	14
5.2.2 フィルタ処理	14
5.2.3 振幅制限の処理	17
5.2.4 2乗平均値の確認	19
第6章 実装	21

第7章 評価	23
7.1 評価方法	23
7.2 処理毎の評価	23
7.3 認識率の評価	25
7.4 認識率に対する考察と課題	25
7.5 課題に対する解決案	27
第8章 まとめ	29
謝辞	31
参考文献	33
研究業績	35

第1章 序論

我が国では、少子高齢化が社会問題として問題視されており、2060年には65歳以上の高齢者が占める割合が2.5人に1人になると予想されている [1]。さらに、1998年から2011年の13年間で高齢者単身世帯の数は、約200万世帯も増加するなど高齢者の核家族化も社会問題として問題視されている [2]。このような状況から高齢者の徘徊行動や孤独死などが深刻な社会問題になっている。そのため、高齢者がどこにいても見守ることができ、かつ地域の住人同士が交流し合えるシステムが求められている。一方で Android や iPhone に代表されるスマートフォンが普及したことにより、GPS や Wi-Fi、加速度センサ、地磁気センサといった様々なデバイスが搭載された端末が手軽に利用できるようになった。そこで、我々はスマートフォンの GPS や各種センサにより得られたデータを蓄積したデータベースを利用するシステムとして統合生活支援システム TLIFES (Total LIFE Support system) を提案している [3-4]。

TLIFES は、スマートフォンのセンサ類から収集した情報を利用し、ユーザの行動を判定する。収集されたセンサ情報は定期的に管理サーバへ送信され、ユーザごとにデータベースに蓄積し、許可されたメンバであればいつでも閲覧が可能である。管理サーバは過去の履歴からユーザの危険を検知し、ユーザに危険が及んでいると判断した場合、予め登録されているメールアドレスにアラームメールを配信する。従来の TLIFES では、Wi-Fi や GPS の情報を利用し、ユーザの行動判定を行っていた。しかし、消費電力が大きいことや GPS、Wi-Fi が受信できない場所が多く誤判定するなど課題が多く存在した。そこで、現在の TLIFES では、GPS や Wi-Fi を利用した行動判定ではなく、どこでも利用が可能で、かつ低消費電力で利用可能な加速度センサのみを用いた行動判定を行っている。判定するユーザの行動は、「放置中」、「歩行中」、「乗車中」、「静止中」の4種類を想定している。しかし、乗車中を判定するアルゴリズムが検討されておらず、早急に解決しなければいけない課題となっていた。

スマートフォンの加速度センサを用いた行動判定方式として加速度センサから得られた加速度値と予め集めておいたサンプルデータを比較することにより、行動判定を行うものがある [5]。この方法では、静止、歩く、走る、電車、バス、自動車、自転車の判定を行っているが、それぞれの状態のサンプルデータを事前に取得しておく必要がある。

そこで本稿では、サンプルデータを必要とせず、かつ上記の課題を解決することのできる方法として、加速度センサのみを用いた乗車判定の方式を提案する。また、提案方式を Android 上に実装し、認識率の評価を行った結果、高い精度で判定ができることを確認した。

以下、2章で現状の TLIFES の概要と課題、3章で提案方式の概要と処理の流れについて述べる。4章では、提案方式を実装した環境などについて述べる。5章では、提案方式の評価について述べ、6章でまとめる。

第2章 TLIFES

2.1 概要

図 1 に TLIFES の全体像を示す。

TLIFES では、すべてのユーザがスマートフォンを所持していることを前提とする。スマートフォンの通信機能とセンサ機能を利用し、ユーザ同士が情報を共有できるシステムを実現している。センサ情報の取得には、スマートフォンに搭載されている GPS や加速度センサ、地磁気センサなどを用いる。スマートフォンから取得したセンサ情報を定期的にインターネット上の管理サーバに送信し、ユーザごとのデータベースに蓄積する。蓄積された情報は、許可されたメンバであればいつでも閲覧することができる。管理サーバでは、現在と過去のセンサ情報を比較することにより、ユーザの異常の検出を行う。異常が検出された場合は、予め登録されているメールアドレスにアラームメールを配信する。これにより、ユーザの緊急時でも迅速な対応が可能となる。

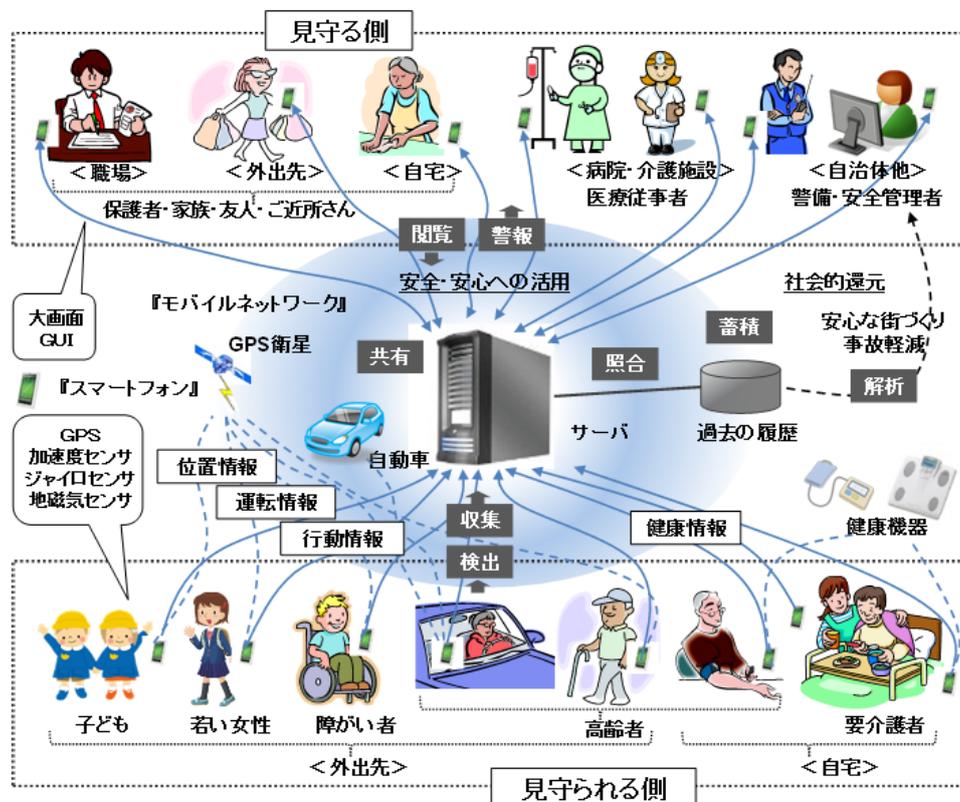


図 1 TLIFES の全体像

2.2 TLIFES で取得する情報

(1) 位置情報

ユーザの移動が検出された場合、GPS による位置測位を行う。移動の検出は一定以上の歩数カウントにより判定する。GPS で取得する情報は緯度経度の他に、移動速度と進行方向の情報も取得する。これらの情報は移動履歴に利用するだけでなく、ユーザの徘徊行動検出等にも利用する。

(2) 行動情報

行動情報は、ユーザが現在何をしているかを示す情報であり、加速度センサを用いて取得する。行動情報として放置中、歩行中、乗車中、静止中などの判定を行う。

(3) 健康情報

健康情報は Bluetooth 機能が搭載された健康機器から取得する。健康機器には、体重計、血圧計がある。

第3章 初期の TLIFES における行動判定方式

TLIFES 初期の行動判定方式は、ユーザの停滞を検出することにより、GPS の起動タイミングを減らし、消費電力の低減を図っている [7]。ユーザの停滞把握には加速度センサ、Wi-Fi といった消費電力の比較的少ないデバイスを利用する。スマートフォンの保持判定や BSSID を用いた移動・停滞判定によりユーザの移動が検出された場合、GPS を起動し位置測位を行う。ユーザが停滞中と判定され、ユーザの移動が検出されなかった場合は、前回取得した位置から大きく移動していないため、GPS による位置測位を行わない。以上の提案により GPS の起動頻度を減らし、消費電力削減を行っている。以下に従来の行動判定方式とその課題について述べる。

3.1 取得するセンサ情報

初期の TLIFES では、スマートフォンに搭載されている GPS、Wi-Fi、加速度センサで取得することができる情報を利用して行動判定を行う。

(1) GPS

緯度経度を取得する。ユーザの位置情報の取得に利用し、時間ごとの位置情報を経路履歴とする。また、位置情報と時間から速度を算出し、行動判定に利用する。

(2) Wi-Fi

Wi-Fi 機能を利用して BSSID(Basic Service Set Identifier) を取得する。BSSID はアクセスポイントの固有の値であり、MAC アドレスと同一である。定期処理ごとに BSSID を取得し、前回取得したものと比較することでユーザの移動・停滞判定に利用する。

(3) 加速度センサ

加速度センサを用いて、3 軸の加速度値を取得する。取得した加速度値は 3 軸合成し、歩数計の歩数カウントやユーザがスマートフォンを保持しているかどうかの判定に利用する。

3.2 行動判定の内容

従来の行動判定方式において、判定結果として出力する行動を以下に述べる。

(1) 放置中

加速度センサを用いて判定する。ユーザがスマートフォンを机の上などに置いた状態で、サーバへの定期送信間にユーザが一度もスマートフォンに触れていない状態を「放置中」とする。

(2) 停滞中

GPS や Wi-Fi を用いて判定する。ユーザが前回の位置情報と比較して大きく移動しておらず、一定の範囲内に居る場合、「停滞中」と判定する。

(3) 歩行中

加速度を用いた歩数計の平均歩数が一定値以上である場合、ユーザが歩行していると判断し、「歩行中」と判定する。

(4) 歩行停滞中

「停滞中」であるが、平均歩数が一定値以上である場合に、ユーザが大きく移動していないが歩行中であるとし、「歩行停滞中」と判定する。

(5) 移動中

位置測位完了後、前回の位置より一定距離離れた位置に移動したときユーザが移動していると判断し、移動中と判定する。移動中は、「高速移動中」、「低速移動中」、「歩行移動中」に分類され、移動距離と経過時間から算出した速度が一定値以上である場合、「高速移動中」と判定する。速度が一定値未満である場合、平均歩数を確認し、一定値以上であれば「歩行移動中」、一定値未満であれば「低速移動中」と判定する。

3.3 行動判定の手順

図 2 に行動判定方式の処理手順を示す。また、行動判定方式の特徴である 4 つの判定を以下の (1)~(3) に示す。(4) では、捕捉衛星数を用いた GPS 制御について述べる。

(1) 加速度値によるスマートフォン保持判定

加速度センサを用いて、ユーザがスマートフォンを所持しているかどうかの判定を行う。定期処理実行間である 2 分間に加速度センサより取得できる加速度値に変化がなかった場合、「放置中」と判定する。「放置中」と判定された場合、ユーザが移動していないと判断し、GPS による位置情報の取得は行わない。

(2) BSSID による移動・停滞判定

Wi-Fi のアクセスポイントの固有の値である BSSID を用いて、ユーザの移動・停滞を判定する。周囲の Wi-Fi の BSSID を検索し、前回取得した BSSID と同じものを取得した場合、前回取得した Wi-Fi の電波到達範囲である 100m 以内からユーザが移動していないと判断し、「停滞中」と判定する。前回取得した BSSID と一致するものを取得しなかった場合、ユーザが大きく移動したと判断し、GPS による位置測位を行う。

(3) GPS による移動判定

GPS の位置測位完了後、得られた位置情報を用いてユーザの移動を詳細に判定する。前回取得した位置情報からの移動距離を経過時間で除算することで速度を算出する。速度が 10km/h 以上である場合、ユーザが高速に移動していると判断し、「高速移動中」と判定する。速度が 10km/h 未満である場合、歩数を確認し、歩数が毎分 60 歩以上の場合、「歩行移動中」と判定する。歩数が毎分 60 未満の場合、「低速移動中」と判定する。

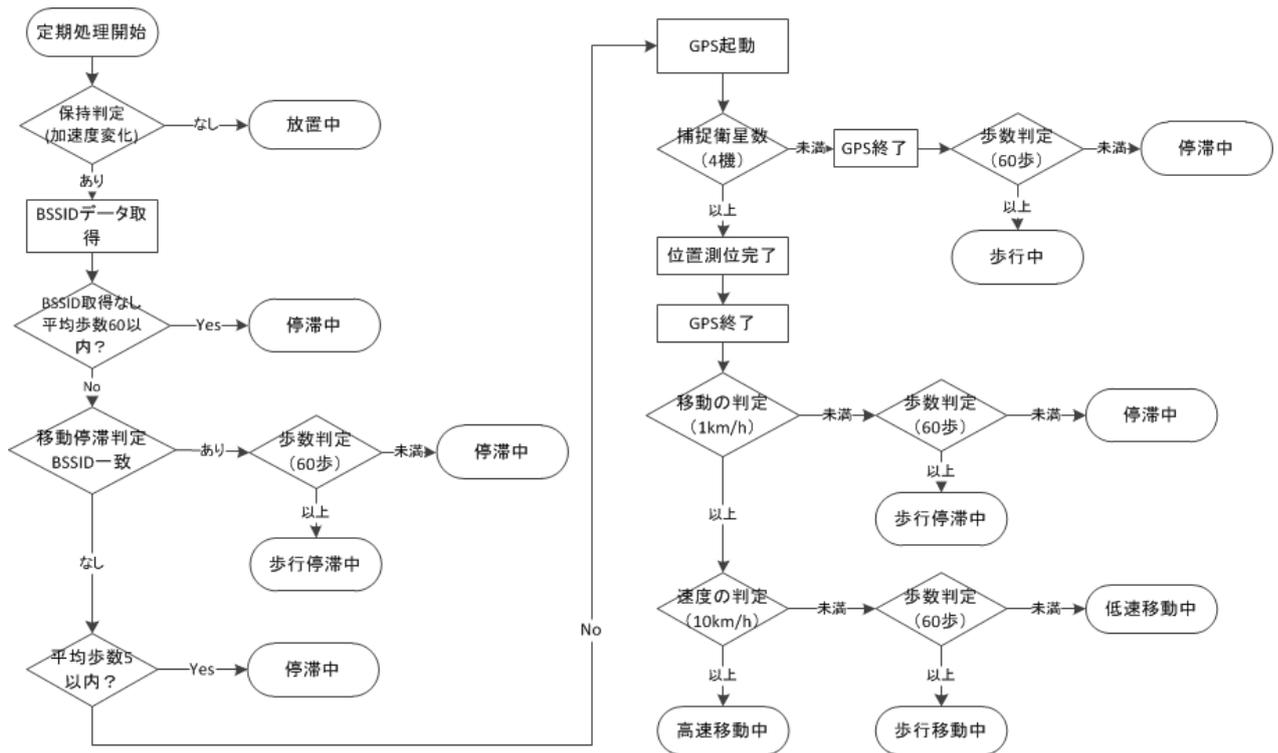


図 2 従来の行動判定方式

(4) 捕捉衛星数を用いた GPS 制御

GPS の長時間起動は消費電力が大きく、スマートフォンの稼働時間に大きく影響する。また、室内や地下鉄などでは、GPS による正確な位置測位が行えないため、無駄な消費電力が発生してしまう。そこで、従来の行動判定方式では、捕捉衛星数を用いた GPS 制御を行っている。GPS 起動後、10 秒経過時点で SNR(Signal to Noise Ratio) と捕捉衛星数が一定値未満の場合、正確な位置測位が行えないと判断し、即座に GPS を終了する。SNR と捕捉衛星数が一定値以上の場合、GPS による位置測位を継続し、位置測位完了後 GPS を終了する。

3.4 消費電力の測定

行動判定方式を利用した TLIFES アプリケーション利用時のスマートフォンの消費電力について述べる。

3.4.1 測定方法

測定に用いてスマートフォンと Android アプリケーションを以下に示す。CORE Power Profiler はスマートフォンの消費電力を詳細に測定できるアプリケーションである。

- スマートフォン：SAMSUNG GALAXY NEXUS
- アプリケーション：CORE Power Profiler[6]

3.4.2 測定条件

以下の測定条件(1)~(3)で3時間分の測定を行い、1時間あたりの平均値を結果として示す。

測定条件(1)：室内でWi-Fiの設定をオフにしたスマートフォンを所持し、停滞した状態。判定は歩数をにより決定。

測定条件(2)：周囲にWi-Fi環境のある室内でWi-Fiの設定をオンにしたスマートフォンを所持し、停滞した状態。判定はBSSIDにより決定。

測定条件(3)：GPSの受信可能な屋外でWi-Fiの設定をオフにしたスマートフォンを所持し、停滞した状態。判定はGPSによる位置情報と歩数により決定。

3.4.3 測定結果

測定条件(1)~(3)の状態において3時間分の測定を行った。測定結果として1時間あたりの平均値を表4に示す。単位はmAs/hである。

測定条件(1)と測定条件(2)を比較すると、測定条件(2)は、Wi-Fiにかかる消費電力が増えた。また、CPUにかかる電力も増加し、TLIFES全体としては測定条件(1)の約1.16倍の電力を消費した。測定条件(1)と測定条件(3)を比較すると、測定条件(3)は、GPSにかかる消費電力が増えた。また、CPUにかかる電力も増加し、TLIFES全体としては測定条件(1)の約1.35倍の電力を消費した。

表1 各条件の消費電力

	条件	Wi-Fi 設定	判定結果	TLIFES 全体	CPU	GPS	Wi-Fi	加速度センサ
(1)	室内	設定オフ	停滞中	131662	131179	0	0	480
(2)	室内	設定オン(APあり)	停滞中	153528	152580	0	3948	474
(3)	屋外	設定オフ	停滞中	179034	173568	4983	0	480

3.4.4 考察

測定条件(1)に対し、測定条件(2)のTLIFES全体の消費電力が約1.16倍であった。測定条件(1)では、停滞中を判定する際に常に計測している歩数を利用している。歩数は加速度センサから取得できる加速度値を利用しているため、GPSやWi-Fiを利用せず、停滞判定が可能である。それに対し、測定条件(2)では、Wi-FiのBSSIDを利用し、移動・停滞判定を行っている。そのため、Wi-Fiの起動にかかる電力やBSSID取得の際にCPUにかかる電力が増加すると考えられる。また、測定条件(1)に対し、測定条件(3)のTLIFES全体の消費電力が約1.35倍であった。測定条件(3)では、GPSから取得した位置情報から速度を算出し、速度の値により移動・停滞判定を行っている。そのため、GPSの起動にかかる電力や位置情報を用いた移動・停滞判定の際にCPUにかかる電力が増加すると考えられる。また、歩数の計測は常に行っているため、測定条件(2)、(3)の状態においても加速度センサに対する電力が存在する。

これらのことから、同じ「停滞中」と判定されていても Wi-Fi の BSSID を用いた移動・停滞判定や GPS の位置情報を利用した移動・停滞判定による処理に比較的大きく電力を消費することがわかった。

3.5 課題

2.3.2 項で述べたように、Wi-Fi の BSSID を用いた移動・停滞判定や GPS による移動・停滞判定による消費電力が大きい点が従来の行動判定方式の課題として挙げられていた。また、スマートフォンの機種によって BSSID を全て取得することができない場合があることが確認されており、これによる判定の誤りが発生する。

そのほか GPS による移動・停滞判定の際、GPS による位置測位が行えない場所が存在する地下鉄などに乗車した後、歩いているが「高速移動中」と判定されてしまう場合がある。これは、移動距離と経過時間から算出する速度が実際にユーザが移動している速度と異なるため判定を誤る。

これら現状の行動判定の課題を解決し、実現可能かつ有用性を考慮した行動判定方式を 4 章で記述する。

第4章 加速度センサを用いた行動判定方式

3.5 節で述べた初期の行動判定方式の課題を解決するために現在は加速度センサのみを用いた行動判定方式を検討している [8]。加速度センサは比較的消費電力が小さく、情報を取得するときの場所に依存することがないことが利点である。この方式では、Wi-Fi や GPS の情報を行動判定に利用せず、スマートフォンに搭載されている加速度センサのみを利用して、ユーザの行動判定を行う。判定結果においても実用性を考慮し、放置中、歩行中、乗車中、静止中の4つを出力する。以下に行動判定方式とその課題について述べる。

4.1 取得するセンサ情報

現状の行動判定方式では、スマートフォンに搭載されている加速度センサを利用して情報の取得を行う。加速度センサから3軸の加速度値を取得し、歩数計の歩数カウント、ユーザがスマートフォンを保持しているかどうかの判定、乗り物に乗車しているかどうかの判定に使用する。

GPS は、行動判定の結果によりユーザの移動を検出した場合、ユーザの位置情報更新にのみ利用し、行動判定では使用しない。

4.2 行動判定の内容

加速度センサを用いた行動判定方式では、判定結果は実現可能かつ、有用性がある点を考慮し、以下の(1)~(4)の行動を判定結果として出力する。

(1) 放置中

3.2 節の(1)と同様である。ユーザがスマートフォンを所持せず、放置されていると判断された場合、「放置中」と判定する。

(2) 歩行中

3.2 節の(3)と同様である。ユーザが歩行している状態を「歩行中」と判定する。

(3) 乗車中

ユーザが乗り物に乗車している状態を「乗車中」と判定する。

(4) 静止中

ユーザがスマートフォンを所持しているが、椅子に座っている、立っているなど動かず、静止している状態を「静止中」と判定する。

4.3 行動判定の手順

加速度センサを用いた行動判定の処理手順を図3に示す。また、加速度センサを用いた行動判定方式の特徴である3つの判定を以下の(1)~(3)に示す。

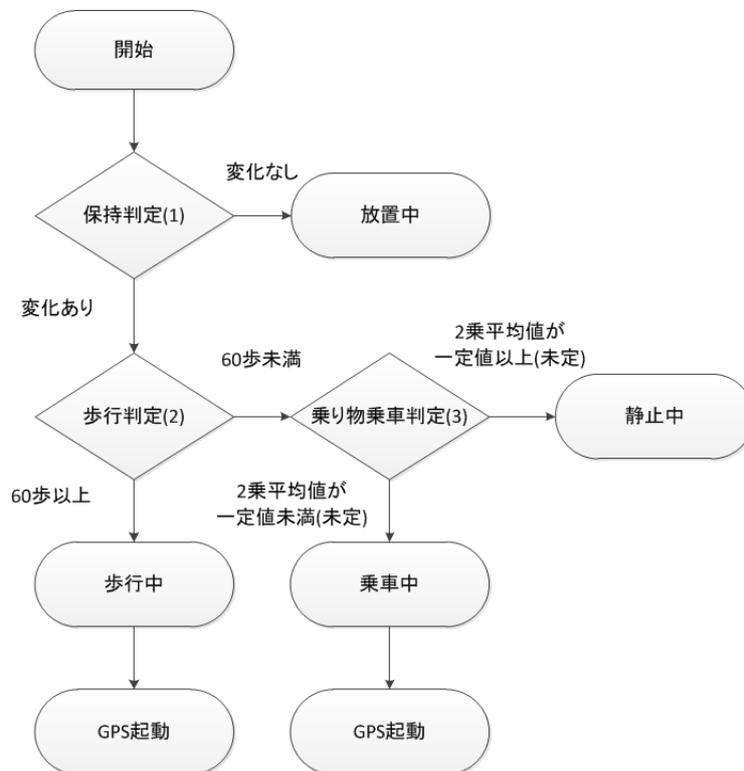


図3 現状の行動判定方式

(1) スマートフォンの保持判定

サーバへの定期送信間である2分間、加速度センサの値に変化がない場合、「放置中」と判定する。加速度値に変化がある場合は、ユーザーがスマートフォンを保持していると判断し、歩数を用いた歩行判定を行う。

(2) 歩行判定

2分間の歩数を計測し、1分間の平均歩数を算出する。その歩数が60歩/分以上である場合、ユーザーが歩行して移動していると判断し、「歩行中」と判定する。1分間の歩数が60歩未満の場合、加速度センサを用いた乗り物乗車判定を行う。歩行中と判定された場合、ユーザーが移動しているのでGPSを起動し、位置情報の取得・更新を行う。

(3) 乗り物乗車判定

車や電車などの乗り物に乗車している時に加速度センサで検出することのできる高周波ノイズを利用して判定を行う。加速度値の2乗平均値が一定値以上の場合、ユーザーが何らかの乗り物に乗車していると判断し、「乗車中」と判定する。加速度値の2乗平均値が一定値未満の場合、ユーザーがスマートフォンを所持しているが静止していると判断し、「静止中」と判定す

る。ここで、乗車中と判定された場合、ユーザが移動しているので GPS を起動し、位置情報の取得・更新を行う。

また、「歩行中」および「乗車中」と判定されたときに GPS を起動する際、3.3 節の (4) で述べた捕捉衛星数を用いた GPS 制御を利用する。そのため、位置測位を行える場所ではユーザの位置情報を更新し、位置測位を行えない場所では位置情報の更新を行わない。

4.4 課題

乗車判定の詳細なアルゴリズムが検討されておらず、現状スマートフォンの保持判定、歩数による歩行判定の後、無条件に「静止中」と判定されてしまう。これでは、ユーザの正確な行動を把握することが出来ず、早急に解決しなければいけない課題である。

そこで、5 章で加速度センサのみを用いた乗車判定について提案する。

第5章 乗車判定の提案

ここでは、4.4節で述べた課題を解決するために、スマートフォンに搭載されている加速度センサを用いた乗車判定の提案を行う。提案方式では、乗車時に加速度センサで連続的に観測することができる乗車時特有の揺れを軸調節の処理やフィルタ処理、振幅制限の処理を加えることにより検出しやすくし、乗車判定に利用する。また、スマートフォンに搭載されている加速度センサで取得できる加速度値には特徴が存在する。本章では、はじめに加速度センサで取得できる情報について述べた後、提案方式の乗車判定について述べる。

5.1 加速度センサで取得できる情報

図4にスマートフォンを机に放置し、触れていない状態の加速度値を示す。図5にユーザがスマートフォンをズボンのポケットに入れ、歩行している状態の加速度値を示す。図6に歩行時と同条件でユーザが椅子に座り、静止している状態の加速度値を示す。図7に歩行時と同条件でユーザがスマートフォンを所持し、電車に乗車している状態の加速度値を示す。また、図4～図7は、縦軸は加速度合成値、横軸は時間を表している。

図4のスマートフォンを机の上に放置した状態の加速度値では、放置しているにも関わらず加速度値は振動していることがわかる。また、振動の中心が0からずれ、 $0.5m/s^2$ 付近で振動していることがわかる。この軸のずれは、図6、図7にも確認することができ、加速度値を取得した時のスマートフォンの向きによってずれの大きさや向きが変わることが確認されている。これらは、スマートフォンに搭載されている加速度センサの精度や加速度センサ内部で発生するノイズが原因ではないかと考えられる。図5では、図4、図6、図7と違い、加速度値に周期性が見られる。また、加速度値の大きさも $10m/s^2$ 付近と他よりも大きな値が検出される。図6では、図4で確認できた軸のずれに加え、ユーザの身体の揺れなどが原因で生じる低周波の振動やユーザが立ち上がった時、座り直したりしたことで生じる突発的な振動が含まれている。図7では、図4や図6よりも加速度値が大きく、全体に渡って振動している。他の状態では観測できないため、この揺れが乗車時特有の揺れであると考えられる。また、乗車時においてもユーザがスマートフォンを所持しているため、図6の加速度値にも加わっていた身体の揺れなどが原因で生じる低周波の振動や立ち上がった時などに生じる突発的な振動も乗車時には加わっていると考えられる。

以上のことから、判別対象である静止時の揺れと乗車時の揺れを比較すると、静止時の揺れには、加速度センサの精度や加速度センサ内部で生じるノイズによる振動に加え、ユーザの身体の揺れによって生じる低周波の振動、立ち上がった時などに生じる突発的な振動が含まれていると考えられる。また、乗車時の揺れには、静止時の揺れに加え、乗車時特有の振動が加わっている

と考えられる。提案では、加速度センサの精度による軸ずれやユーザの身体の揺れによって生じる低周波の振動、立つなどによって生じる突発的な振動を除去することにより乗車時特有の振動を検出しやすくし、乗車判定に利用する。

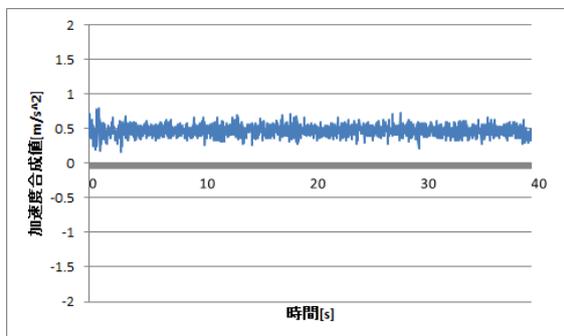


図4 スマートフォンを放置している状態の加速度値

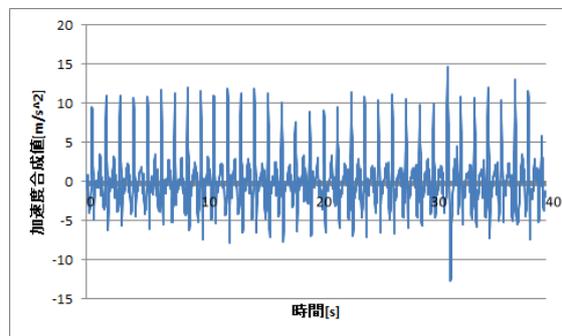


図5 ユーザが歩行している状態の加速度値

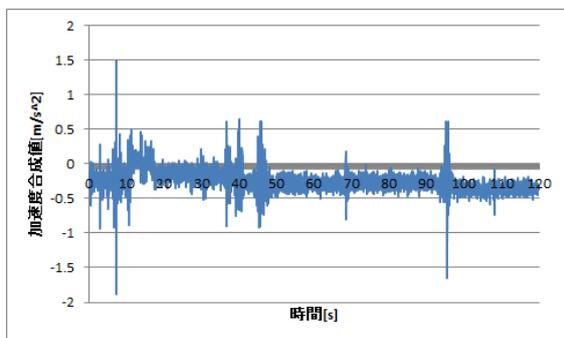


図6 ユーザが静止している状態の加速度値

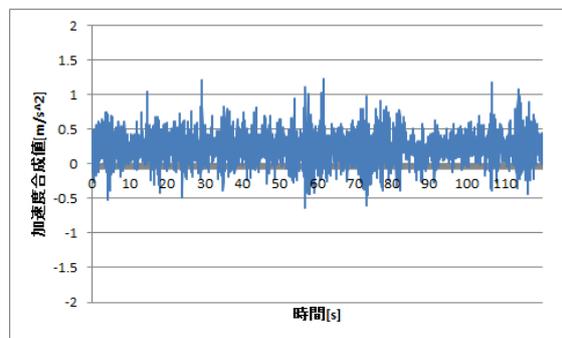


図7 ユーザが電車に乗車している状態の加速度値

5.2 提案方式のアルゴリズム

提案する乗車判定の処理手順を図8に示す。

本提案では、サーバへの定期送信間である2分間の加速度値から、乗車時特有の揺れを検出して乗車判定を行う。まず、スマートフォンに搭載されている加速度センサの精度による軸のずれを除くため、軸調節の処理を行う。次に、ユーザの身体の揺れなどによって生じる低周波の振動を除去するために、フィルタ処理を行う。その後、立ち上がった際などに生じる突発的な振動を除去するために振幅制限の処理を行う。最後に加速度値の2乗平均値を算出し、その値が一定値以上である場合、乗車時特有の加速度値が存在すると判断し、「乗車中」と判定する。2乗平均値が一定値未満の場合、ユーザはスマートフォンを所持しているが静止している状態であると判断し、「静止中」と判定する。以下に乗車判定の際に行う処理の詳細を述べる。

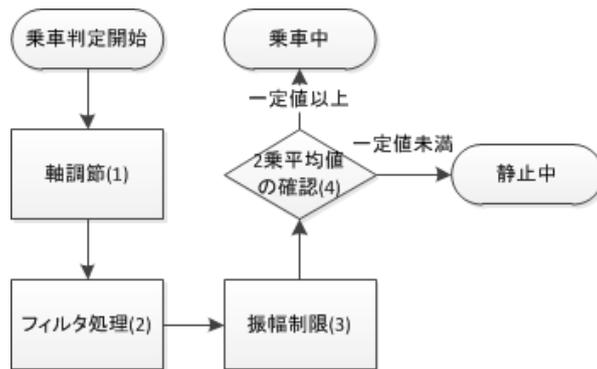


図8 現状の行動判定方式

5.2.1 軸調節の処理

図4のような軸のずれが生じてしまうと2乗平均値が大きく変わってしまい、乗車中と静止中を判別することが困難になる。さらに軸のずれはスマートフォンの向きによって大きさや向きが変わってしまうことが確認されているため、乗車判定に利用する2分間の加速度値毎に軸調節を行う必要がある。

そこで、本提案では2分間の加速度値の平均値を算出し、元の加速度値から引くことにより、軸の調節を行う。図6の静止時の加速度値に対し、軸調節の処理を行った結果を以下の図9に、図7の乗車時の加速度値に対し、軸調節の処理を行った結果を以下の図10に示す。図9、図10から図6、図7に見られた軸のずれが除去できていることがわかる。

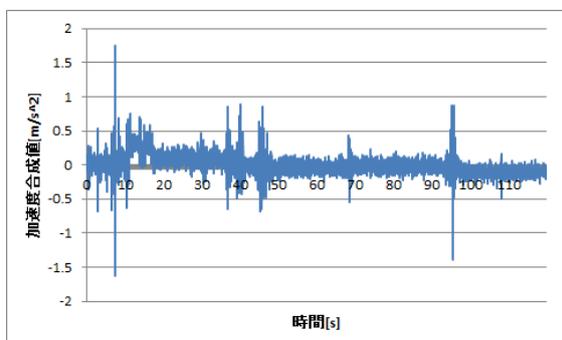


図9 静止時の加速度値に軸調節を行った結果

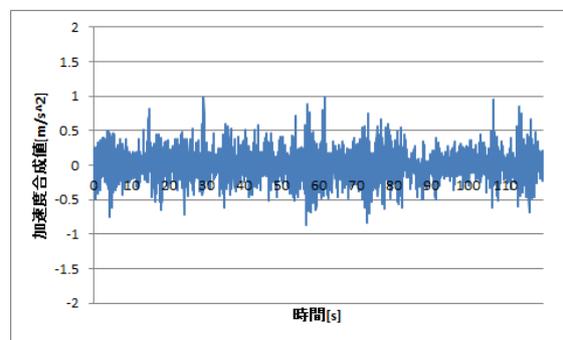


図10 乗車時の加速度値に軸調節を行った結果

5.2.2 フィルタ処理

ユーザの身体の揺れなどが原因で生じてしまう低周波の振動は、加速度値を0の軸からずらす要因となり、2乗平均値を大きく変化させる。そのため、2乗平均値によって乗車中と静止中を判別することが困難になる。

そこで、本提案では軸調節後の加速度値に対し、HPF(High Pass Filter)をかけることにより、上記で述べた低周波の振動を除去する。その際、乗車時に検出することができる乗車時特有の振動を除去しないようなカットオフ周波数のフィルタを適切に設定する必要がある。

図 11 にスマートフォンを放置している状態の加速度値の周波数成分を示す。また、図 9 のユーザが静止している状態の加速度値の周波数成分を図 12 に、図 10 のユーザが乗車している状態の加速度値の周波数成分を図 13 に示す。図 11, 図 12, 図 13 は縦軸をパワースペクトル、横軸を周波数で表している。図 12 と図 13 に存在している黄枠内の周波数成分は図 11 の加速度値の周波数成分には見られない。また、図 13 の赤枠内の周波数成分が図 12 の加速度値の周波数成分には見られず、乗車時の加速度値の周波数成分にのみ観測することができる。これらのことと放置時、静止時、乗車時の加速度値の特徴を考慮すると、黄枠内の周波数成分は放置時には見られず、静止時と乗車時の両方に見られるユーザの身体の揺れによる低周波の振動、もしくは、ユーザが立ち上がった時などに生じる突発的な振動を表していると考えられる。また、図 13 の赤枠内の周波数成分は、乗車時の加速度値にしか存在しないことから、乗車時特有の振動を表していると考えられる。そのため、黄枠内の周波数成分を除去し、かつ赤枠内の周波数成分を除去しないようなフィルタをかける必要がある。

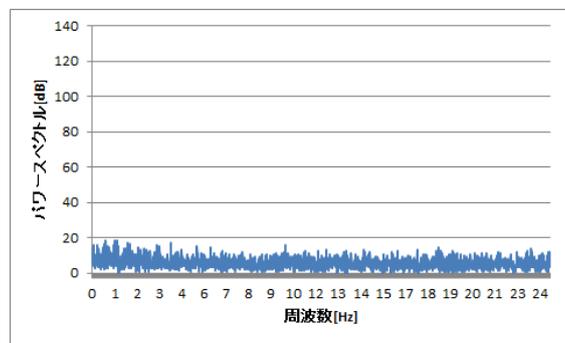


図 11 放置時の加速度値の周波数成分

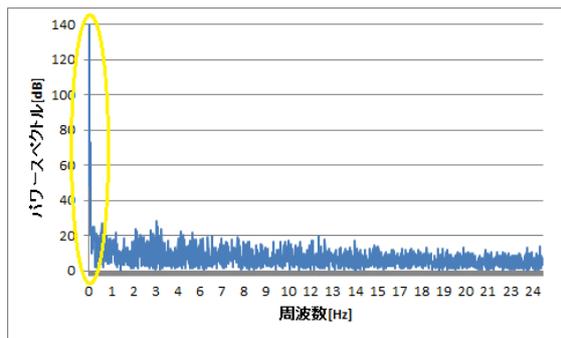


図 12 静止時の加速度値の周波数成分

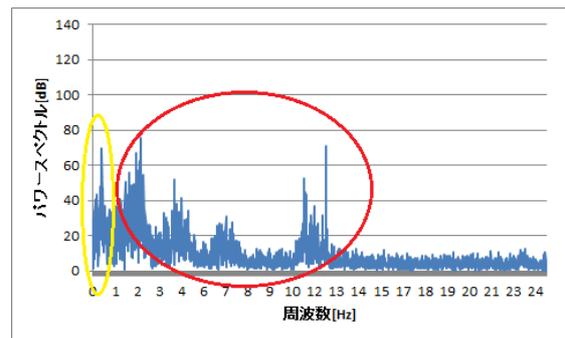


図 13 乗車時の加速度値の周波数成分

そこで、本提案ではカットオフ周波数が 0.5Hz である下記の式 (5.1) と式 (5.2) で表された HPF を利用し、低周波の振動を除去する。式 (5.1), 式 (5.2) は、まず軸調節後の加速度値を LPF (Low Pass Filter) に通し、その後 LPF 通過後の加速度値を元の軸調節後の加速度値から引くことで HPF

を実現している．式(5.1)の $g(i)$ は LPF 通過後の加速度値， $g(i-1)$ は一つ前の LPF 通過後の加速度値， $x(i)$ は軸調節後の加速度値，式(5.2)の $acceleration(i)$ は HPF 通過後の加速度値を表している．式(5.1)は LPF を表しており，一つ前の値を参照することで加速度値が平滑化され，高周波の波を除くことができる．式(5.2)は軸調節後の加速度値から式(5.1)で得られた値を引くことで低周波の波を除くことができる．

$$g(i) = 0.9 * g(i-1) + 0.1 * x(i) \quad (5.1)$$

$$acceleration(i) = x(i) - g(i) \quad (5.2)$$

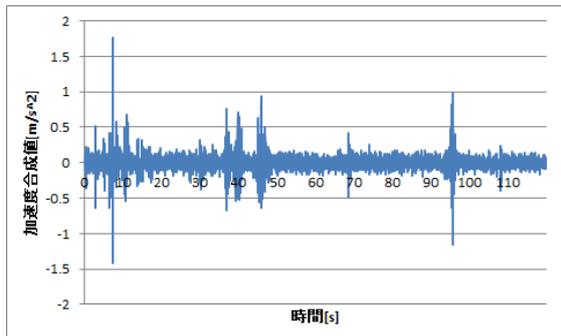


図 14 静止時の加速度値にフィルタ処理を行った結果

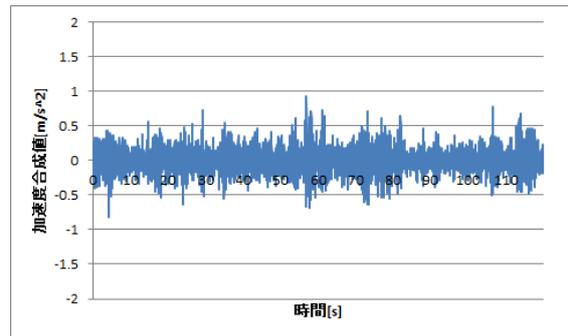


図 15 乗車時の加速度値にフィルタ処理を行った結果

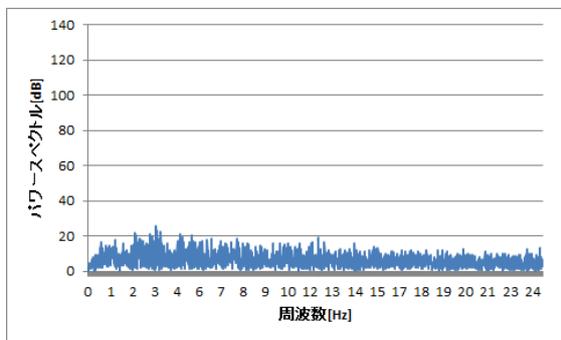


図 16 HPF 通過後の静止時の加速度値の周波数成分

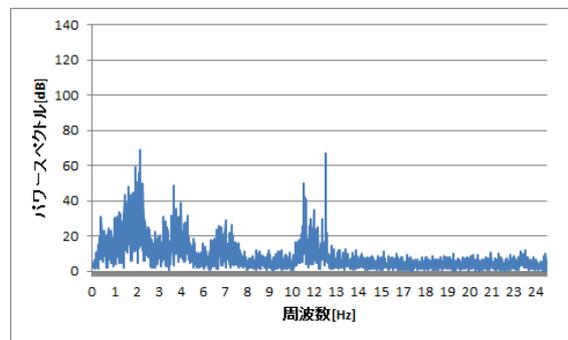


図 17 HPF 通過後の乗車時の加速度値の周波数成分

上記で述べた HPF を利用し，静止時(図 9)と乗車時(図 10)の加速度値にフィルタ処理を行った結果を図 14 と図 15 に示す．図 9 と図 14 を比較すると，図 9 で見られた軸のずれを生じてしまう低周波の波が除去できていることがわかる．また，図 10 と図 15 を比較すると，図 10 で見られた乗車時特有の全体に渡って存在している振動は除去されず，残っていることがわかる．

さらに，図 14 の加速度値の周波数成分を図 16 に，図 15 の加速度値の周波数成分を図 17 に示す．図 12 と図 16，図 13 と図 17 を比較すると，ともに黄色の線で囲った箇所の周波数の波が除去されている．また，図 13 の乗車時の加速度値に存在した赤い線で囲った箇所の周波数の波は図 17

にも存在している。これらのことから、フィルタ処理を行うことにより、乗車時特有の加速度値を残したまま軸のずれを生じてしまうような低周波の波が除去することができる。

5.2.3 振幅制限の処理

軸調節の処理とフィルタ処理により、軸のずれを生じてしまうような低周波の振動とスマートフォンに搭載されている加速度センサの精度による軸のずれは除去することができたが、図 14 の静止時の加速度値を見ると、いまだ突発的な振動が存在している。この揺れは突発的に大きな値がでるため 2 乗平均値を大きく変化させ、乗車判定の際の誤判定の原因となる。これを除くため提案方式では、振幅制限の処理を行う。閾値以上の加速度値が検出された場合、その加速度値と前後 50 個の加速度値を 0 に書き換え、2 乗平均値から除くことにより突発的な振動を除去する。しかし、乗り物乗車時の加速度値は乗り物により振幅の大きさが異なり、振幅制限に用いる閾値を固定の値で設定してしまうと、正しく振幅制限を行うことができない。

図 18 にユーザがスマートフォンをズボンのポケットに入れ、電車に乗車している状態の加速度値、図 19 に図 18 と同条件でスマートフォンを所持し、車に乗車している状態の加速度値を示す。なお、図 18、図 19 とともに軸調節の処理、フィルタ処理を行った後の加速度値を表している。図 18 と図 19 はともに乗車中の加速度値であるが、振幅の大きさが大きく異なる。

そこで、乗車判定に利用する 2 分間の加速度値によりダイナミックに閾値を決定する。閾値は 2 分間の加速度値のばらつき具合により決定する。

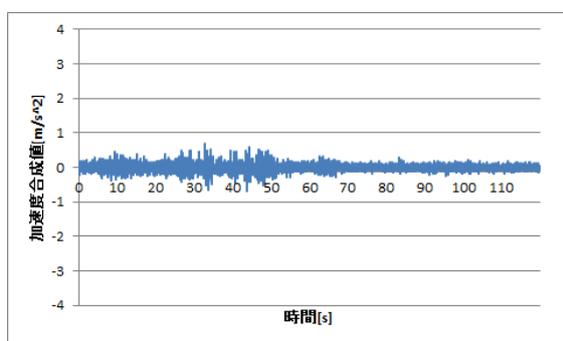


図 18 電車乗車時の加速度値

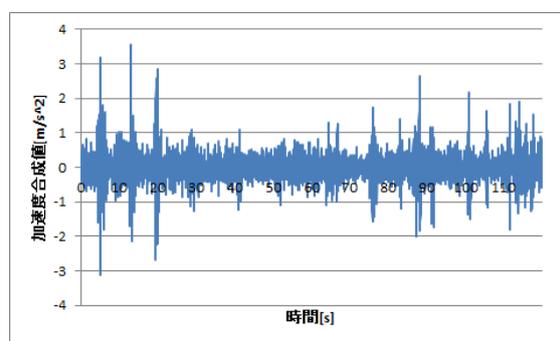


図 19 車乗車時の加速度値

図 20 に地下鉄乗車時、近鉄線乗車時、JR 線乗車時、車乗車時、静止時の加速度値の絶対値の存在率を示す。図 21 は図 20 の拡大図となっており、図 20、図 21 とともに横軸は加速度値の絶対値、縦軸は存在率を示している。図 20 から各状態で傾きが異なることがわかる。比較的大きな揺れが全体に渡って存在している車乗車時の加速度値の分布をみると、傾きが緩やかになっており、逆に比較的揺れが少ない静止時の加速度値の分布をみると、0.0~0.1 の間の傾きがかなり大きくなっている。そこで、本提案では、この傾きの違いを利用して振幅制限時の閾値を決定していく。

図 21 のデータ存在率 10 %付近を見ると、どの状態の加速度値の分布のさほど差がなく、静止時とそれ以外を区別することが困難である。また、図 21 のデータ存在率 1 %付近を見ると、静止時の加速度値の分布と比較的揺れの少ない地下鉄乗車時の加速度値の分布との差が小さく、区別

することが困難である。図 21 のデータ存在率 5 % 付近の加速度値を比較すると静止時とそれ以外の乗車時の状態に差があり、比較的区別がつきやすくなっている。そこで、データ存在率 5 % 付近の加速度値を利用することで静止時のように比較的揺れが少ない場合は閾値を低く、車乗車時のように比較的揺れの大きい場合は大きい閾値が決定されるようにする。また、加速度センサで取得できる加速度値は振動しているため、2 分間の加速度値のデータ存在率 5 % 付近の加速度値を閾値に設定すると振幅制限により突発的な揺れ以外の揺れも除去してしまう可能性がある。そこで、今回は加速度値のデータ存在率 5 % 付近にあたる加速度値から猶予を設け、1 倍、1.5 倍、2 倍、2.5 倍、3 倍の値を閾値とし、振幅制限を行った結果からどの程度猶予を設けるのかを決定する。このとき、大きな揺れが生じる車乗車時の加速度値のデータが除去されすぎないこと、揺れの小さな地下鉄乗車時と静止時を区別できることを念頭において閾値を決定する必要がある。

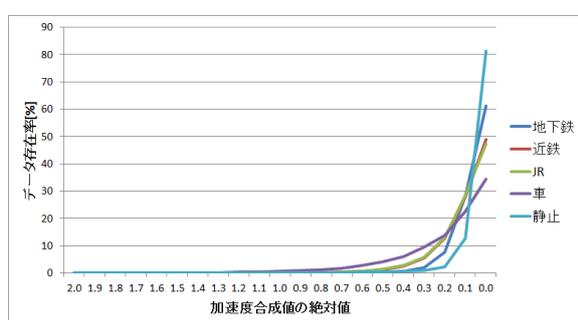


図 20 各状態における加速度値の分布

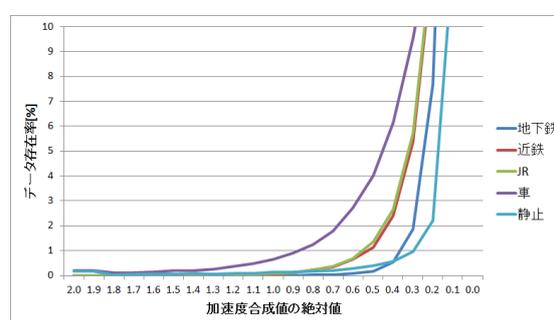


図 21 各状態における加速度値の分布 (拡大)

表 2 に閾値を 1 倍、1.5 倍、2 倍、2.5 倍、3 倍に変更し、車乗車時の加速度値に対して振幅制限を行った場合の加速度データ残量率を示す。また、表 3 に閾値を 1 倍、1.5 倍、2 倍、2.5 倍、3 倍に変更し、地下鉄乗車時の加速度値と静止時の加速度値に対して振幅制限を行い、その後に算出した 2 乗平均値を示す。

表 2 から閾値を 1 倍とし振幅制限の処理を行った場合と閾値を 1.5 倍とし振幅制限の処理を行った場合の車乗車時の加速度値のデータ残量率はどちらも 5 割を切っており、より大きな揺れが生じた場合に加速度値がほとんど除去されてしまう可能性がある。表 3 の地下鉄乗車時の加速度値の 2 乗平均値から、閾値 2 倍と閾値 2.5 倍を比較すると差は 0.001 ほど閾値 2.5 倍に設定した時の方が大きくなる。また、表 3 の静止時の加速度値の 2 乗平均値から、閾値 2 倍と閾値 2.5 倍を比較すると差は 0.0004 ほどで、閾値を 2 倍から 2.5 倍に大きくした場合は、静止時よりも地下鉄乗車時の 2 乗平均値の方が大きく上昇することがわかった。同様に閾値 2.5 倍から閾値 3 倍に大きくした場合は、地下鉄乗車時が 0.0003 ほど 2 乗平均値が大きくなるのに対し、静止時は 0.0007 ほどしか大きくなっていない。これは地下鉄乗車時よりも静止時の方が 2 乗平均値が上昇してしまい、地下鉄乗車時と静止時の 2 乗平均値が近づいてしまう。そのため、2 乗平均値によって乗車中と静止中と判定する際の多少困難になってしまう。

以上のことから本提案では、加速度値のデータ存在率の 5 % を下回る加速度値から 2.5 倍の値を閾値とし振幅制限を行う。

表 2 振幅制限後の車乗車時の加速度値データ残量率

	車乗車時の加速度値 のデータ残量率
閾値 1 倍	0.16923
閾値 1.5 倍	0.45081
閾値 2 倍	0.65377
閾値 2.5 倍	0.75558
閾値 3 倍	0.84158

表 3 振幅制限後の車乗車時の加速度値データ残量率

	地下鉄乗車時の加速度値 の 2 乗平均値	静止時の加速度値 の 2 乗平均値
閾値 1 倍	0.0089318	0.0036144
閾値 1.5 倍	0.012767	0.0040826
閾値 2 倍	0.014197	0.0046326
閾値 2.5 倍	0.015212	0.0050736
閾値 3 倍	0.015528	0.0057802

図 22 に図 14 の静止時の加速度値に対して振幅制限の処理を行った結果を示す。また、図 23 に図 15 の乗車時の加速度値に対して振幅制限の処理を行った結果を示す。

図 22 では、振幅制限の処理を行うことにより図 14 で存在していた突発的な揺れを除去することが出来ていることがわかる。また、図 23 では、乗車時特有の加速度値は除去されていないことから、2 分間の加速度値によってダイナミックに閾値を変更できていることがわかる。

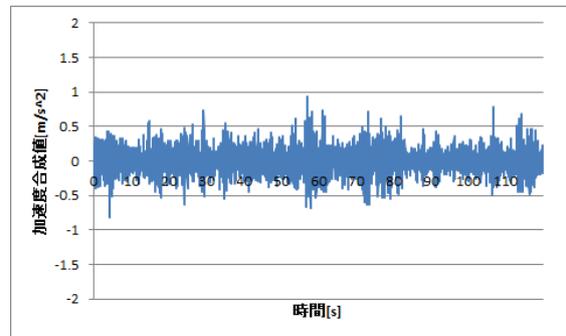
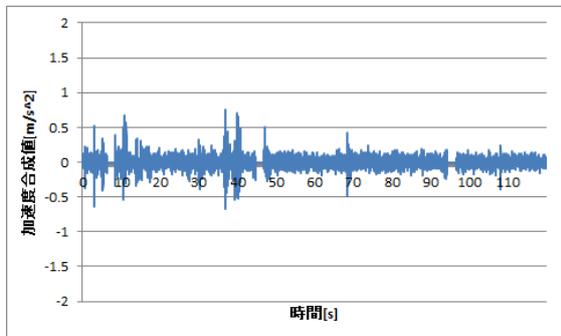


図 22 図 14 の加速度値に振幅制限処理を行った結果 図 23 図 15 の加速度値に振幅制限を行った結果

5.2.4 2 乗平均値の確認

最後に軸調節の処理，フィルタ処理，振幅制限の処理を行った後の加速度値の 2 乗平均値を算出し，静止時と乗車時を判別する。図 24 に軸調節の処理，フィルタ処理，振幅制限の処理後のそれぞれの状態の加速度値の 2 乗平均値の散布図を示す。赤い菱形は地下鉄乗車時，青い菱形は近鉄線乗車時，緑の菱形は JR 線乗車時，黒い菱形は車乗車時，黄色い菱形は静止時の加速度値の 2

乗平均値を示している。

図 24 から静止時の加速度値の 2 乗平均値は比較的小さくほとんどが 0.01 より下に位置している。それに比べ、他の乗車時の加速度値の 2 乗平均値は 0.01 より上に位置している。このことから、本提案では、2 乗平均値の閾値を 0.01 とし、0.01 以上の場合、ユーザが何らかの乗り物に乗車していると判断し、「乗車中」と判定する。0.01 未満の場合はユーザはスマートフォンを所持しているが静止している状態であると判断し、「静止中」と判定する。図 22 のユーザが静止している状態の加速度値の 2 乗平均値を算出すると、0.008056 と、0.01 より小さい値となった。また、図 23 のユーザが乗り物に乗車している状態の加速度値の 2 乗平均値を算出すると、0.02967 と、0.01 より大きい値となった。これらの結果からユーザが静止している状態の加速度値とユーザが乗車している状態の加速度値の判別が出来ていることがわかる。

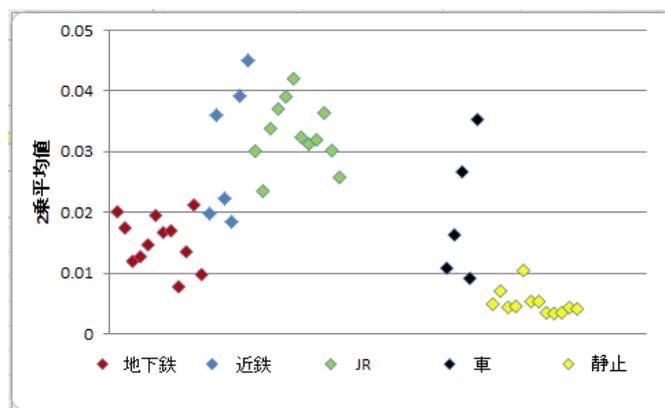


図 24 各状態における 2 乗平均値の散布図

第6章 実装

図25に TLIFES におけるスマートフォンのモジュール構成を示す。スマートフォンには Android4.1 の Galaxy Nexus を利用し、実装を行った。本提案では、乗車判定を行うために既存の TLIFES に Ride モジュールを追加した。以下に提案する乗車判定に関するモジュールについて述べる。

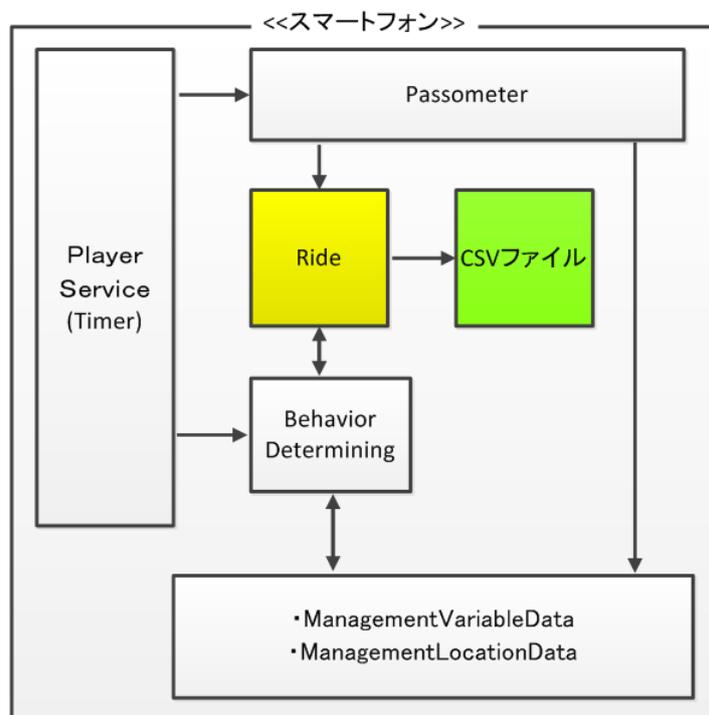


図 25 スマートフォンのモジュール構成

(1) Passometer

40ms 毎にスマートフォンに搭載されている加速度センサから加速度値を取得し、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、歩数のカウントを行う。また、乗車判定に利用する2分間の3軸合成後の加速度値を格納する。

(2) Behavior Determining

2分毎に加速度センサから取得した情報を元に行動判定を行う。スマートフォンの保持判定、歩数による歩行判定を行い、放置中、歩行中でなかった場合に乗車判定を行うため、Ride を呼び出し、乗車判定の結果を取得する。また、歩行中、乗車中であった場合にGPSの接続要求を行う。

(3) Ride

Passometer で格納した 2 分間の 3 軸合成後の加速度値を取得し、乗車判定を行う。ノイズ除去のための軸調節の処理、フィルタ処理、振幅制限の処理を行い、ノイズ除去後の加速度値の 2 乗平均値を算出する。算出した 2 乗平均値により静止中と乗車中の判定を行、結果を Behavior Determining に返す。また、評価に利用するためにそれぞれの処理後の加速度値と判定結果をスマートフォンの内部ストレージ内に CSV ファイルとして出力する。

(4) Management Variable Data ・ Management Location Data

各センサから取得した情報や行動判定の結果などを保存する。

第7章 評価

7.1 評価方法

提案方式を実装した Android のスマートフォンをユーザがズボンの前ポケットに入れた状態で所持し、乗車判定の認識率を確認する。乗車する乗り物は、地下鉄(名古屋～塩釜口間)、近鉄(名古屋～弥富間)、JR(舞阪～豊橋間)、車(軽自動車)に乗車する。また、ユーザが静止している状態にも乗車判定を行い、正しく静止中と判定されているかの確認も行う。静止中の判定も乗車時と同様に提案方式を実装した Android のスマートフォンをユーザがズボンの前ポケットに入れた状態で所持する。また、提案した乗車判定の際にノイズ除去のために行う軸調節の処理、フィルタ処理、振幅制限の処理により乗車判定に利用する加速度値の2乗平均値がどの程度変化するかを確認を行い、それぞれの処理毎の評価を行う。

7.2 処理毎の評価

図 26 に乗車時と静止時の2分間の加速度値に対し、軸調節の処理、フィルタ処理、振幅制限の処理の順に行った時の加速度値の2乗平均値の推移を示す。

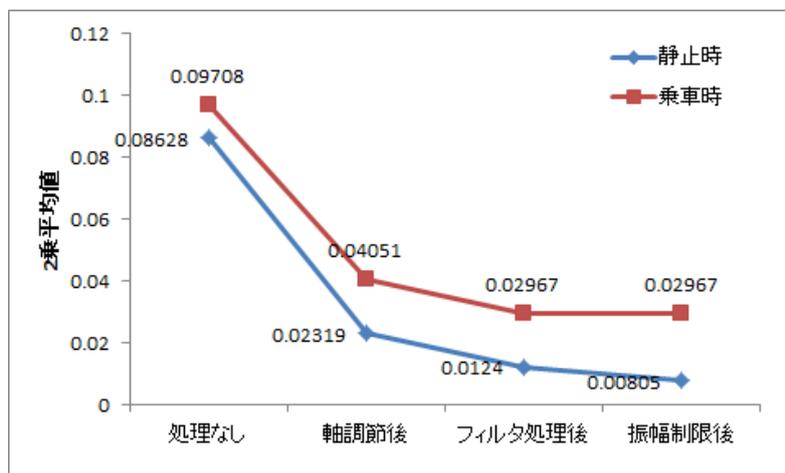


図 26 静止時・乗車時の加速度値における処理毎の2乗平均値の推移

図 26 から、静止時と乗車時の加速度値に対し、軸調節の処理、フィルタ処理、振幅制限の処理を順に行った時の2乗平均値の推移を比較すると、「処理なし」の状態の静止時と乗車時の2乗平均値の差は0.01ほどであるのに対し、「振幅制限後」の状態、つまり、すべての処理後の2乗平均

値の静止時と乗車時の差は0.02ほどとなっている。これは、軸調節の処理、フィルタ処理、振幅制限の処理を行うことにより、静止時の加速度値の2乗平均値と乗車時の加速度値の2乗平均値の差が大きくなり、静止中と乗車中を2乗平均値で判別する際、判別が付きやすくなったことを表している。

また、それぞれの処理毎に注目すると、軸調節の処理後の2乗平均値は、静止時と乗車時の両方とも大きく減少した。さらによく見ると、乗車時よりも静止時の方が大きく減少していることがわかる。静止時、乗車時ともに2乗平均値が減少したことについて、これは軸調節の処理によって除去することが出来るスマートフォンに搭載されている加速度センサの精度によるずれは、静止時、乗車時などの状態に関係なく、すべての状態において加わっているからであると考えられる。乗車時よりも静止時の方が2乗平均値の減少が大きかったのは、静止時の方が乗車時よりもユーザの動きが目立つからであると考えられる。加速度センサの精度によるずれは、スマートフォンの向きにより大きさや向きが変化する。また、車や電車に乗車している状態のユーザはあまり動かず、静止している状態のユーザは立ったり、座ったり、歩いたりなどの行動を起こす。それらのことから、静止時においてはスマートフォンの向きが変わり、軸のずれが変化すると考えられる。

フィルタ処理後の2乗平均値について、静止時、乗車時ともに同程度減少した。これは、フィルタ処理によってユーザの身体の揺れなどが原因で生じる低周波の振動が除去できること、静止時、乗車時ともにユーザが同条件でスマートフォンを所持していることを踏まえると、静止時、乗車時ともにユーザの身体の揺れによって生じる低周波の振動が検出され、除去されたからであると考えられる。しかし、今回は同程度2乗平均値が減少したが、ユーザの身体の揺れは、ユーザにより異なることや乗車判定を行う毎に異なることが予想されるため、2乗平均値の減少の仕方は乗車時と静止時で一緒であるとは限らないと考えられる。

振幅制限の処理後の2乗平均値について、乗車時では2乗平均値が変化せず、静止時では2乗平均値が減少した。これは、振幅制限時の閾値を加速度値のばらつきによりダイナミックに決定しているからであると考えられる。ユーザが乗車している状態においては、加速度値全体に渡って乗車時特有の振動が存在しており、加速度値のばらつきがあまり大きくないため、振幅制限の処理により2乗平均値が減少しなかったのではないかと考えられる。ユーザが静止している状態においては、ユーザが止まっているときの加速度値はスマートフォンを放置している状態の加速度値に近く、非常に小さい。また、ユーザが歩いたり、立ったり、座った際の加速度値は比較的大きく、突発的である。これらのことから、ユーザが止まっているときの加速度値と立ったりした時の加速度値の差が大きく、ばらついているため、振幅制限により除去され、それにより2乗平均値が減少したのではないかと考えられる。

上記で述べたようにそれぞれの処理においてユーザが静止している状態の加速度値の特徴と乗車している状態の加速度値の特徴を捉え、乗車時特有の振動を検出するためのノイズ除去が適切に動作していると考えられる。

7.3 認識率の評価

表4にそれぞれの状態において乗車判定を行った結果から算出した認識率を示す。乗車判定は2分間の加速度値を利用して行われるため、表4中のサンプル数は、2分に1つ生成される。また、乗車中の判定は電車や車に乗車し、電車や車が動き出してから目的地に到着するまでを乗車中と判定する。そのため、電車に乗車し、途中の駅に停車した場合でも下車する駅でない場合は「乗車中」を正判定とする。

表4 それぞれの状態において乗車判定を行った結果

	サンプル数	正判定数	誤判定数	認識率 [%]
地下鉄	51	22	29	43.14
JR	167	149	18	89.22
近鉄	55	53	2	96.36
車	72	72	0	100
静止	124	101	23	81.45
合計 (乗車)	345	296	49	85.80
合計 (乗車+静止)	469	397	72	84.65

表4の結果からJR乗車時、近鉄乗車時、車乗車時においては認識率が90%近くでしており、正しく乗車判定できていることがわかる。しかし、地下鉄乗車時においては、認識率が40%ほどしかなく、他の状態の乗車時よりも低い結果となった。また、静止時の認識率はおよそ80%という結果となった。合計を見ると、乗車時のみの認識率の合計も乗車時と静止時の認識率の合計もともに80%を超える結果となった。

7.4 認識率に対する考察と課題

車乗車時の加速度値に対して振幅制限の処理までを行った結果を図27に、近鉄乗車時の加速度値に対して振幅制限の処理までを行った結果を図28に、JR乗車時の加速度値に対してフィルタ処理までを行った結果を図29に、図29の加速度値に対して振幅制限の処理を行った結果を図30に、地下鉄乗車時の加速度値に対して振幅制限の処理までを行った結果を図31に、静止時の加速度値に対してフィルタ処理までを行った結果を図32に、図32の加速度値に対して振幅制限の処理を行った結果を図33に示す。また、上記で述べた「フィルタ処理まで」とは、軸調節の処理、フィルタ処理を行ったことを表しており、「振幅制限の処理まで」とは、軸調節の処理、フィルタ処理、振幅制限の処理を行ったことを表している。

図27、図28から車乗車時と近鉄乗車時においては、乗車判定により乗車時特有の振動を検出しやすくできていることがわかる。また、車乗車時、近鉄乗車時ともに加速度値が半分以上残っていることから、振幅制限時利用する加速度値毎にダイナミックに決定する閾値の設定がうまくできていることがわかる。

図29は、JR乗車時の加速度値であるが、「静止中」と誤判定されたものである。図29の右側の

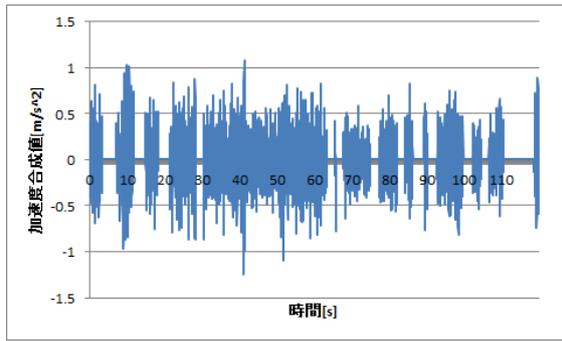


図 27 振幅制限後の車乗車時の加速度値

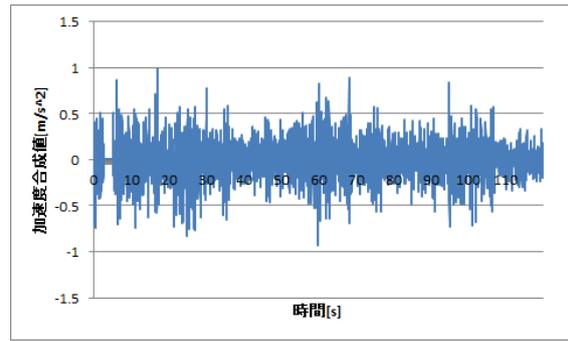


図 28 振幅制限後の近鉄乗車時の加速度値

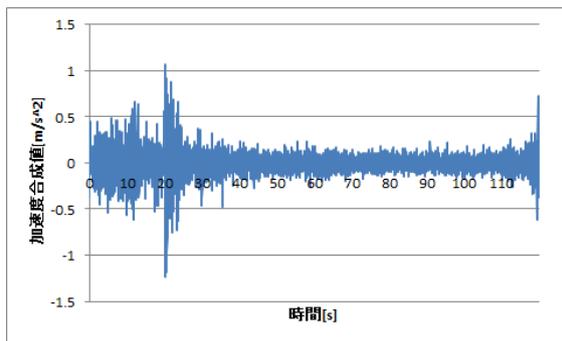


図 29 HPF 通過後の JR 乗車時の加速度値

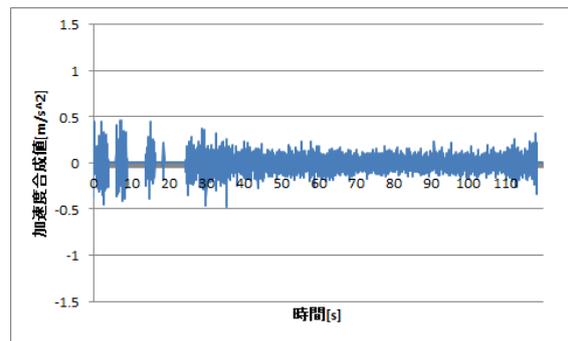


図 30 図 29 の加速度値に振幅制限を行った結果

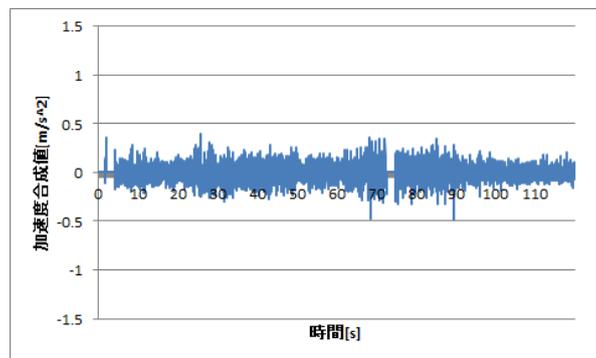


図 31 振幅制限後の地下鉄乗車時の加速度値

加速度値が左側の加速度値に比べ、非常に小さくなっていることがわかる。これは、電車が途中の駅に停車しているために乗車時特有の振動が検出できなかったことが原因である。また、図 30 は図 29 の加速度値に対し、振幅制限の処理を行った結果である。振幅制限の結果、左側の乗車時特有の振動が除去されていることがわかる。これは、電車が停車している時間が長く、全体の加速度値のばらつきが小さくなってしまい、振幅制限時の閾値が低く設定されてしまうことが原因であると考えられる。それにより、2 乗平均値が小さくなってしまい「静止中」と誤判定してしまう。

図 31 は地下鉄乗車時の加速度値であるが、「静止中」と誤判定されたものである。図 31 から地下鉄乗車時は比較的加速度値が小さく、振幅制限の処理によりあまり加速度値が除去されていないにもかかわらず、2 乗平均値により「静止中」と誤判定されてしまう。これは、地下鉄は他の電車

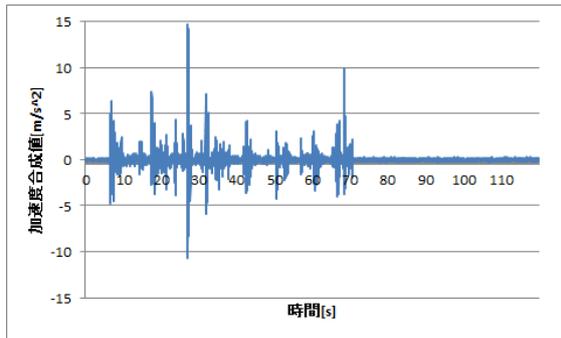


図 32 HPF 通過後の静止時の加速度値

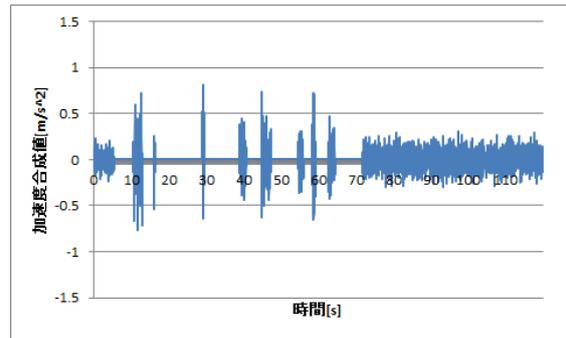


図 33 図 32 の加速度値に振幅制限を行った結果

に比べ走行速度が遅く、また、線路が整備されているため乗車時の振動が小さくなってしまふことが原因であると考えられる。さらに、壁に囲まれた地下を走行するため、風などの外乱も加わらなく、より乗車時の振動が小さくなってしまふ。それにより 2 乗平均値が小さくなり、「静止中」と誤判定されてしまふ。

最後に図 32、図 33 の静止時の加速度値について、図 32 の加速度値は、静止中の加速度値であるにも関わらず、「乗車中」と判定されてしまふたものである。図 32 では、静止時であるがいくらか歩行した形跡が見られる。歩行時の加速度値は乗車時の加速度値に比べ非常に大きいため、全体に渡って存在していなくても振幅制限時の閾値に大きく影響する。図 33 は、図 32 に加速度値に対し振幅制限の処理を行った結果である。図 33 から、振幅制限により歩行時の加速度値が除去しきれず、2 乗平均値を大きくしてしまひ、「乗車中」と誤判定されてしまふた。また、この場合の歩行中の加速度値は毎分 60 歩未満の歩行であるため、歩行中と判定されず、乗車判定の際に利用する加速度値で検出されたと考えられる。

7.5 課題に対する解決案

7.4 節で述べた、乗車時にも関わらず、停車している時間が長いことにより加速度値のばらつきが小さくなってしまふ。それにより、振幅制限時の閾値が小さくなり、結果、2 乗平均値が小さくなってしまひ、「静止中」と誤判定してしまふ。これは、乗り物が動いている時間が短く、移動が少ないと判断できるため「静止中」という判定は正しいと考えることもできる。この場合、位置測位は行わないが問題はないと考える。

地下鉄乗車時のように乗車時特有の振動が小さい場合、2 乗平均値では乗車中と静止中を判別することが困難であることについて、スマートフォンに搭載されている地磁気センサを利用した電車乗車判定の先行研究 [9] では、スマートフォンに搭載されている地磁気センサを利用することにより、地下鉄乗車時を 83 % の精度で認識することが出来ている。これを考慮し、加速度センサと地磁気センサを利用することでより高い精度で地下鉄乗車時を判定することが出来るのではないかと考える。

静止中にも関わらず、歩行時などの大きな加速度値が含まれることにより、乗車中と判定されてしまふことについて、これは、TLIFES で行っている歩数カウントを利用し、歩行を検出した場

合にその加速度値を乗車判定に利用しないなどの処理を追加することによって誤判定を減らせるのではないかと考える。

また、静止時に乗車中と判定されてしまう場合も乗車時に静止中と判定されてしまう場合も、連続して誤判定することは少ないことから、前後の判定を保存しておき、前後の判定を見て、補正をかけることによって認識率を上げることができるのではないかと考える。例えば、「静止中」→「乗車中」→「静止中」と2分置きに判定された場合、2分のうちに何かの乗り物に乗車した可能性が低いことから、間の「乗車中」を「静止中」と補正することにより、誤判定を防ぐことができるのではないかと考える。上記で説明した補正をかける処理を手動で行った結果、認識率が88%まで上昇した。

第8章 まとめ

本稿では、TLIFESにおける加速度センサを用いた乗車判定を提案した。Wi-FiやGPSを使用せず加速度センサのみで行動判定を行う方式は消費電力が少ないこと、誤判定が少ないことが確認されており有用な方法である。そこで、TLIFESでは加速度センサのみを用いた行動判定方式が提案されていた。しかし、乗車判定のアルゴリズムが検討されておらず、課題として残っていた。そこで加速度センサのみを用いた乗車判定方式を提案した。提案方式では、乗り物に乗車しているときに加速度センサで検出することが出来る乗車時特有の振動を利用することで乗車判定を行う。乗車時特有の振動を検出しやすくするために軸調節の処理、フィルタ処理、振幅制限の処理を行うことで加速度センサのみを用いた乗車判定を実現した。また、Androidのスマートフォンに実装し、実測値から認識率を算出することで提案方式の評価も行った。その結果全体として高い認識率で乗車判定を行うことができた。

謝辞

本研究を行うにあたり，研究の方向性や進め方など終始にわたりご指導，ご助言を賜りました指導教官の渡邊晃教授に心より厚く御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり，常日頃からご意見ならびにご助言を受け賜りました，TLIFES 関係者の皆様に深く感謝しております。

最後に，本研究を行うにあたり，本研究室の皆様にも多くの方々から多大な助言と協力を受け賜り，深く感謝しております。

参考文献

- [1] 総務省 情報通信白書 (平成 24 年版) :
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc112120.html>
- [2] 総務省 高齢者の社会的孤立を防止する対策 :
http://www.soumu.go.jp/main_content/000217416.pdf
- [3] 大野雄基, 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: TLIFES を利用した徘徊行動検出方式の提案と実装, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム (CDS), Vol.3, No.3, pp.1-10(2013)
- [4] 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, 研究報告コンシューマ・デバイス&システム (CDS), Vol.2013-CDS-6, No.13, pp.1-6(2013)
- [5] 古川侑紀, 西山勇毅, 大越 匡, 中澤 仁, 高汐一紀, 徳田英幸: 加速度センサのみを用いた移動手段判定アルゴリズムの評価, 研究報告モバイルコンピューティング&ユビキタス通信 (MBL), Vol.2014-MBL-70, No.43, pp.1-7(2014)
- [6] CORE Power Profiler (Android アプリケーション) :
<http://www.core.co.jp/product/embedded/smartphone/corepowerprofiler.html>.
- [7] 加藤大智: 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, 修士論文, 名城大学 (Jan.2013)
- [8] 山田凌大: TLIFES を利用した行動判定方式の提案, 卒業論文, 名城大学 (Feb.2014)
- [9] 石浜峻弘: 状況推定のためのスマートフォンによるセンシングに関する研究, 卒業論文, 名城大学 (Feb.2012)

研究業績

研究会・大会等（査読なし）

- (1) 丸山敦志, 旭健作, 鈴木秀和, 渡邊晃: TLIFES における低消費電力な行動判定方式の検討, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会論文集, Sep. 2014.

展示会

- (1) 情報通信フロンティアセミナー（2014 年 12 月 10 日）
愛知県産業労働センターウインクあいちで開催された情報通信フロンティアセミナーにて、TLIFES に関する展示を行った。



図 34 情報通信フロンティアセミナー出展ブースの様子

