

平成27年度 卒業論文

和文題目

スマートフォンによる乗車判定の認識率向上の提案

英文題目

**Proposal to improve recognition rate of the ride
judgement by smartphone**

情報工学科 渡邊研究室
(学籍番号: 120430098)

水野 誉久

提出日: 平成28年2月10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。行動判定は比較的消費電力が少なく、情報を取得する際、場所に影響されない加速度センサのみを用いた方法で実現している。しかし、現状の方法では、乗車判定における誤判定が多く、正しく判定ができていない。そこで、本稿では、TLIFESで実現済みの加速度センサを用いた乗車判定方式について述べ、認識率向上を目指し、地磁気センサによる補正と前後の判定を考慮した補正について述べ、机上で補正した結果を記述する。

目次

第1章 序論	1
第2章 TLIFES	3
2.1 概要	3
2.2 TLIFES で取得する情報	4
第3章 TLIFES における乗車判定方式	5
3.1 乗車判定方式のアルゴリズム	5
3.1.1 軸調節の処理	5
3.1.2 フィルタ処理	6
3.1.3 突発的な振動の除去	6
3.1.4 2乗平均値による判定	6
3.2 乗車判定の課題	6
第4章 認識率向上の提案	7
4.1 地磁気センサによる補正	7
4.1.1 地磁気センサで得られる情報	7
4.1.2 閾値について	9
4.2 前後の判定を考慮した補正	10
第5章 評価	11
5.1 評価方法	11
5.1.1 認識率の評価	11
5.1.2 認識率に対する考察と今後の課題	11
第6章 結論	13
謝辞	15
参考文献	17
研究業績	19

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、スマートフォンが急速に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(TotalLIFE 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 を利用せず、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による行動判定を行っている。判定するユーザの行動は、実用性を考慮し、「放置中」、「歩行中」、「乗車中」、「静止中」の4種類である。TLIFES で実装されている乗車判定方式では、順に、軸調節の処理、フィルタ処理、突発的な振動の除去の処理を行い、最後に2乗平均値による判定を行い乗車中か静止中か判定を行っている[5]。しかし、現状の乗車判定方式では誤判定が存在している。特に地下鉄においては、認識率が50%程しかなく、精度の低いものとなっている。乗車時に生じる誤判定の原因としては、停車時間が判定に含まれてしまうことや乗車特有の振動を捉えきることができないことが挙げられている。

地下鉄において、加速時および減速時には、モータや車両の電気系統が発する磁気ノイズによって、車内に特徴的な磁場が形成される。また、地磁気センサは加速度センサと同様に消費電力が少ないことから、提案する補正では地磁気センサを使用する。地下鉄における乗車判定では、磁気センサと加速度センサを組み合わせ、乗車する電車の移動状態を高精度に検出するものがある[6]。走行と停車を正確に捉えることで、災害時の効率的な群衆誘導や、遅延状況に基づく柔軟なナビゲーションを行うことを目的としている。TLIFESでは停車状態や走行状態など詳細な乗車情報を必要とせず、乗車しているのかしていないのかを知ることが目的となっている。

本稿では地下鉄における認識率向上のため、加速度センサによる判定結果に対して、補正を目的とし地磁気センサを使用することを提案する。さらに、JR 乗車時や車乗車時にの認識率向上のため、前後の判定を考慮した補正を行う。地磁気センサを使用した補正は、2 分間の三軸地磁気合成量の平均値を算出し閾値以上なら乗車中、未満なら補正を行わないものとした。前後の判定を考慮した補正は、JR 乗車時や車乗車時に連続した誤判定が少ないことに着目し、2 分おきに判定される判定結果をもとに挟まれた間の判定結果を誤判定としてみなし補正をかける。これらの補正を机上で行い評価を行った結果、地下鉄乗車時、JR 乗車時、車乗車時、静止時において、いずれも認識率を 90%以上に向上させることができた。

以下、2 章で TLIFES の概要、3 章で TLIFES で実装済みの加速度センサに乗車判定方式と課題について述べる。第 4 章では、地磁気センサによる補正と前後の判定を考慮した補正について述べる。第 5 章では、補正を行った評価について述べ、第 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。

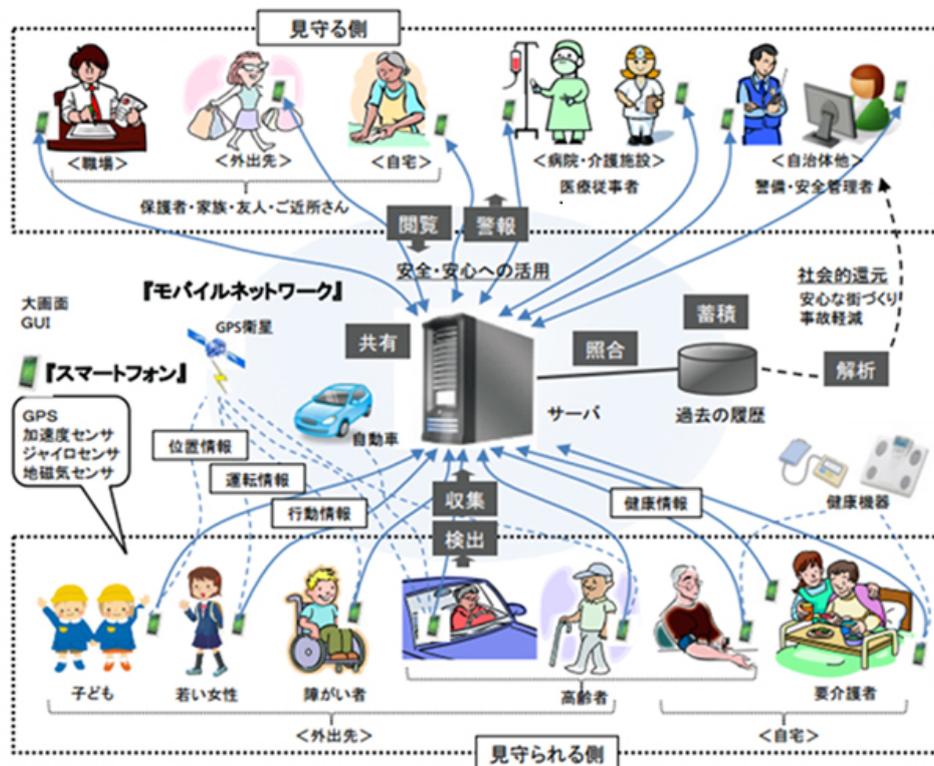


図1 TLIFES の全体像

2.2 TLIFES で取得する情報

TLIFES では様々な情報を取得し、それらの情報をもとに見守りを実現している。

以下に TLIFE で取得する情報について示す。

(1) 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、静止中の判定を行う。

(2) 歩数情報

加速度センサを用いて歩数の計測を行い、1 分間の歩数平均値を算出する。

(3) 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または乗車中により判定する。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。

(4) 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 TLIFESにおける乗車判定方式

TLIFESではスマートフォンに搭載される加速度センサのみを用いて行動判定を行っている。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しないことが利点である。判定結果は実用性を考慮し、放置中、静止中、歩行中、乗車中の4つを出力する。このうち歩行中、乗車中を移動判定に利用してGPSを起動する。しかし、これまでの方法では乗車判定において誤判定が多かった。本章では、現状の乗車判定について説明していく。

3.1 乗車判定方式のアルゴリズム

TLIFESでは20msごとに加速度センサから取得した情報を蓄積している。この情報を利用して2分に1回乗車中と静止中の識別を行う。図2に2分に1回行う現状の乗車判定方式を示す。乗車時特有の揺れを検出して乗車判定を行う。以下、それぞれの処理内容について記述する。

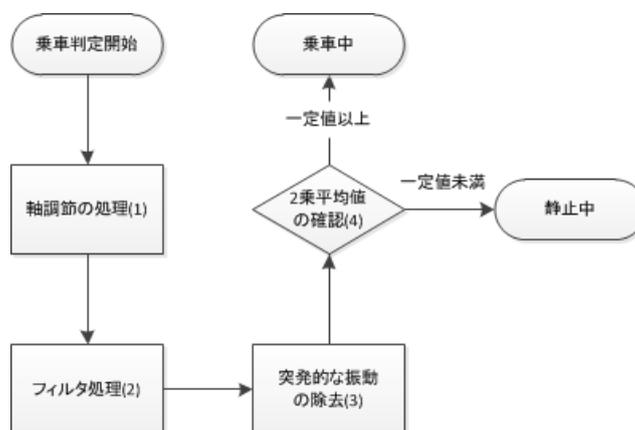


図2 現状の乗車判定方式

3.1.1 軸調節の処理

加速度センサから得られる情報には、スマートフォンの向きや個体差による軸のずれが確認されている。軸のずれは2乗平均値に影響を与えるため、乗車中と静止中を判別することが困難になる。そこで、2分間の加速度値の平均値を算出し、元の加速度値から減算して、軸の調節を行う。

3.1.2 フィルタ処理

ユーザの身体の揺れなどが原因で生じる低周波の振動は、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。そこで、低周波の振動を除去し、乗車時に生じる高周波の振動のみを残すために、HPF(High Pass Filter)にかける。これによって、乗車判定に不必要な低周波の振動を除去する。

3.1.3 突発的な振動の除去

静止時において、立ったり座ったりした際に生じる突発的な振動は、2乗平均値を大きく変化させ、誤判定を生み出す要因となる。そこで、これを除くため閾値以上の突発的な振動が検出された場合、その加速度値と前後50サンプル(前後1秒に相当)の加速度値を0に書き換え、2乗平均値の計算から除外する。このとき、閾値は2分間の加速度値の平均からダイナミックに決定する。

3.1.4 2乗平均値による判定

上記処理を行った後の加速度値の2乗平均値を算出し判定を行う。算出した2乗平均値が閾値以上であれば乗車中、閾値未満であれば静止中と判定する。閾値は、実験データをもとに乗車中と静止中を区別できる値を算出し、固定値として使用している。

3.2 乗車判定の課題

図2による方式の認識率はJR乗車時で85%、車乗車時で84%、地下鉄乗車時で53%という結果が得られている。

地下鉄において誤判定が多い理由として、地下鉄では他の電車に比べて走行速度が遅く、また、線路が整備されているため乗車時の振動自体が小さくなり、2乗平均値が小さくなるということがあげられる。さらに、地下鉄では停車する間隔が短く、2分間の判定において停車時間の割合が多く、2乗平均値をさらに小さくしていることが要因としてあげられる。

第4章 認識率向上の提案

ここでは、加速度センサのみで判定を行う現在の乗車判定方式での認識率を向上させるために二種類の補正方式を提案する。一つ目はスマートフォンに搭載される地磁気センサを使用した補正である。二つ目は、2分間ごとに判定される判定結果をもとに、前後の判定を考慮し補正をかける方式である。

4.1 地磁気センサによる補正

地下鉄を含む電車鉄道列車の周辺ではモータによる影響や架線を通る電流などの影響を受け地磁気量が通常時よりも大きくなる。そこで、地下鉄における認識率向上を目指し、地磁気センサを使用して補正をかけることを提案する。地下鉄で得られる地磁気データにはばらつきがあるため、平均値を判定に利用する。加速度センサの判定の際に2分間ごとに判定を行っているため、地磁気センサにおいても同様に2分間の平均値を算出し判定に利用する。

4.1.1 地磁気センサで得られる情報

スマートフォンをズボンの前ポケットに入れ、地磁気量がどのように変化するかを測定した。図3に地下鉄乗車時の地磁気量の変化、図4に研究室での地磁気量の変化について示す。図3、図4は、縦軸は三軸地磁気合成値、横軸は時間を表している。図3より、地下鉄乗車中に得られる地磁気合成値には周期性がなく、高い値で大きく乱れていることが分かる。これは、モーターなどの影響を受け不規則に変動しているためと考えられる。ばらつきのある地磁気量に対し2分間の平均値を求め、閾値以上の場合乗車中と補正をし、閾値未満の場合補正を行わないものとする。

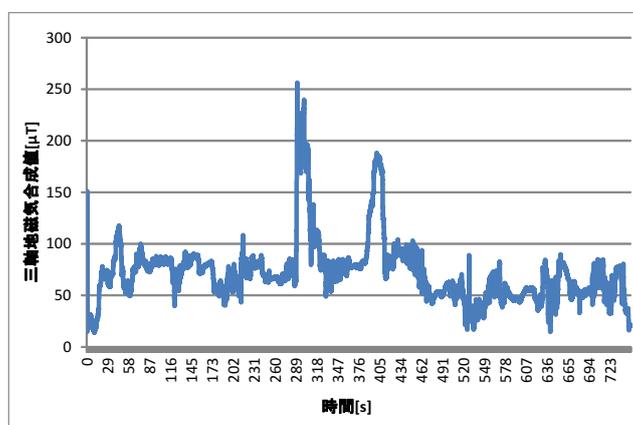


図3 地下鉄乗車時の地磁気量の変化

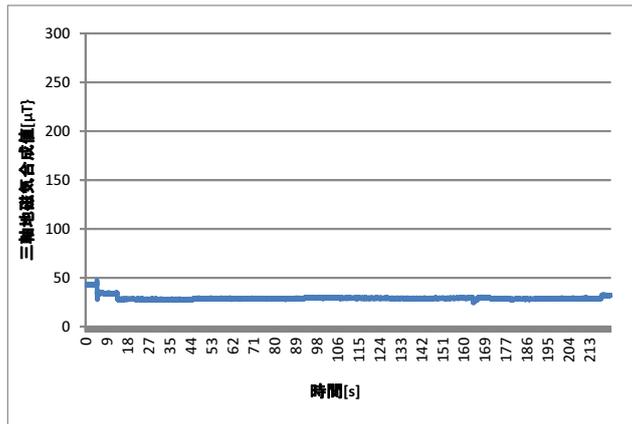


図4 研究室での地磁気量の変化

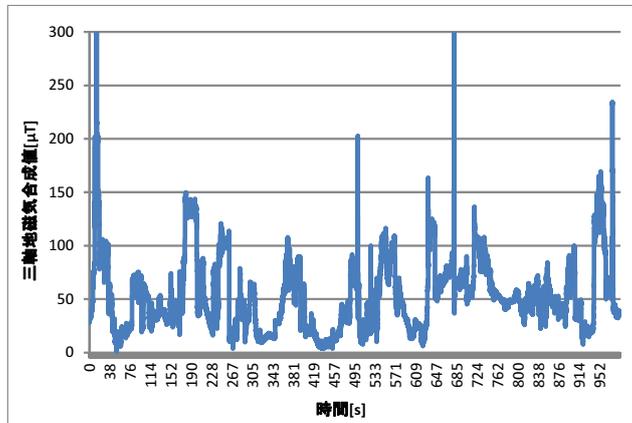


図5 JR乗車時の地磁気量の変化

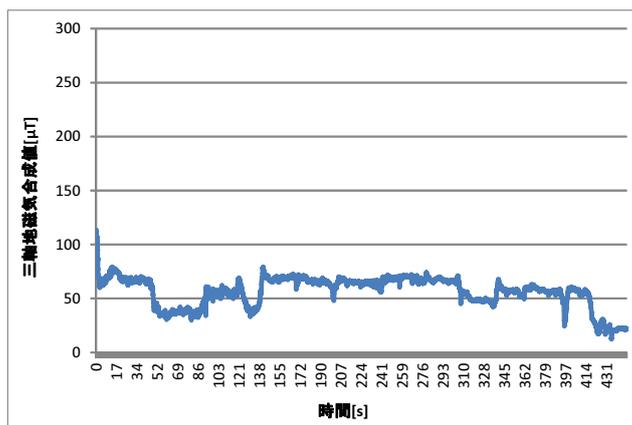


図6 車乗車時の地磁気量の変化

4.1.2 閾値について

閾値を決定するため各状態において地磁気のデータを採取し2分間ごとの平均値を算出した。図7に各状態における平均と分散の散布図を示す。青い菱形は地下鉄乗車時、赤い四角は静止時(渡邊研究室)、緑の三角は静止時(家)の三軸地磁気合成値の2分間の平均と分散の値である。縦軸は分散値、横軸は三軸地磁気平均値 [μ T] である。また、閾値である平均値 $55[\mu$ T] に赤色の線を引いてある。図7から地下鉄乗車時には平均値にばらつきがあるが、静止時には平均値のばらつきが少ないことがわかる。地下鉄においては、モーターの影響などにより地磁気センサから得られる値が大きく変動する場合があったが、静止時には、ユーザーが地磁気に影響を与えるものの近くに行かない限り、地磁気量がばらつくことは少ないことが分かった。地下鉄乗車時に得られたデータは低い値で $50[\mu$ T]、で高い値では $200[\mu$ T] を超える場合があった。リアルタイムで地磁気の変化を調査した結果、80 から $100[\mu$ T] での変動が多く見られた。静止時においては30 から $50[\mu$ T] での変動が多く見られた。

分散の調査も行ったが、静止時において端末を傾けた時やポケットに入れていくらかの歩行をした時に地磁気量が突発的に上がってしまう場合があり、平均値は低いが、分散値が高くなってしまった場合があった。逆に地下鉄乗車時においても平均値は高いが、分散値が低くなる場合があった。そのため、現状では分散値による判定は困難であると判断した。したがって、図7の結果より、静止時と乗車時を判別する平均値の閾値を $55[\mu$ T] とした。

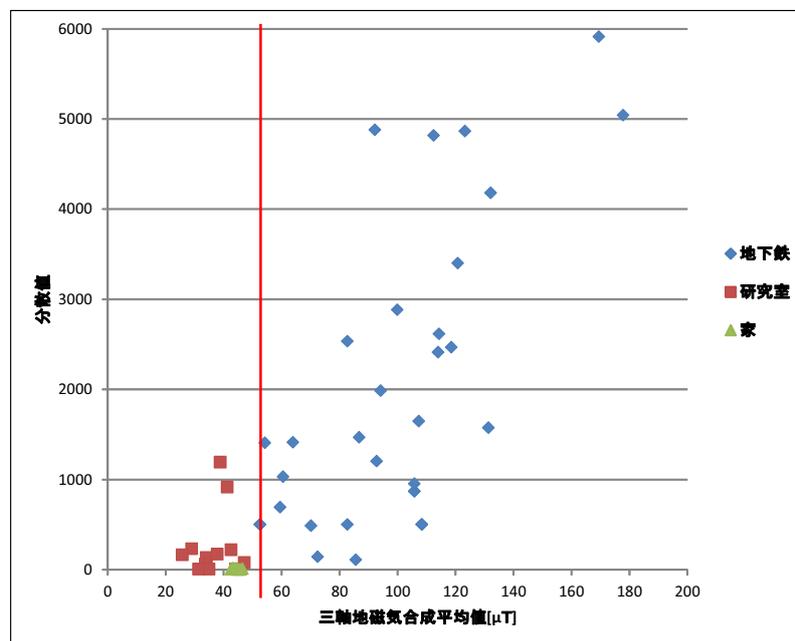


図7 各状態における平均と分散の散布図

4.2 前後の判定を考慮した補正

JR 乗車時と車乗車時、静止時において、判定結果を詳しく調べると連続した誤判定が少ないことが分かった。JR 乗車時と車乗車時には加速度センサのみによる判定で3.2節で示したように約80%の認識率がある。JR 乗車時や車乗車時に生じる誤判定には、停車時間が長いことで判定に利用する2乗平均値を小さくすることがあげられる。また静止時に生じる誤判定は、歩行などにより加速度値が大きくなった際に、突発的な振動の除去処理での閾値に影響し、本来削除されるべき加速度値が削除されず、2乗平均値を大きくすることが考えられる。しかし、TLIFESでは2分ごとに判定を行っているため、連続した誤判定は少なく、前後の判定を考慮し挟まれた間の誤判定を補正することが可能であると考えられる。例えば、図8のように「乗車中」→「静止中」→「乗車中」と判定された場合、乗車中と乗車中に挟まれた「静止中」を前後の判定を考慮し「乗車中」に補正する。同様に、静止中に挟まれた乗車中も、2分間の間に何らかの乗り物に乗り降りした可能性は低いことから、誤判定とみなし、挟まれた乗車中を「静止中」と補正する。

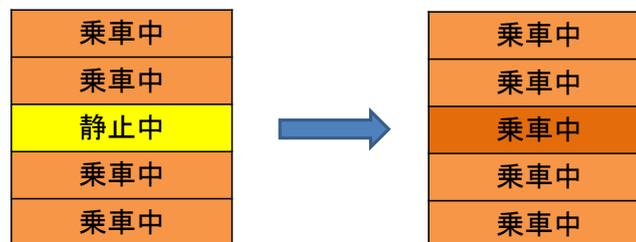


図8 補正のイメージ図

第5章 評価

5.1 評価方法

TLIFES で実現済みの加速度センサによる判定結果をもとに、補正をかけ認識率がどのように変化するのか評価を行った。乗車する乗り物は、車(普通車)、地下鉄(鶴舞 塩釜口間)、JR(多治見 鶴舞間)とした。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るか確認した。乗車時も静止時もスマートフォンはユーザの前ポケットに入れた状態とした。

5.1.1 認識率の評価

表 1 は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。表 1 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。その為、電車に乗車し、途中の駅で停車した場合でも下車する駅ではない場合は「乗車中」を正判定とする。

表 1 提案方式適用時の判定結果

	サンプル数	補正前認識率%	補正後認識率%
①地下鉄	73	53.4	94.52
②JR	221	85.07	92.76
③車	86	83.72	96.51
④静止	97	85.56	90.72

地下鉄乗車時には地磁気センサを使用した補正、JR 乗車時、車乗車時、静止時には前後の判定を考慮した補正を適用した。これらの補正の結果、補正後認識率はすべてにおいて90%以上となり、補正をかけることによって正しい結果が得られることが分かった。

5.1.2 認識率に対する考察と今後の課題

加速度センサのみの判定では地下鉄乗車時において連続した誤判定が多く生じるため前後の判定を考慮した補正ができない。そのため、地磁気センサを使用し補正をかけた。補正後の判定について調査した結果、乗車するときに補正ができていないことが分かった。これは、地磁気量が徐々に上がる傾向があり、乗り始めは平均値が低くなってしまう場合があるため、補正できなかったと考えられる。

図 9 は磁石に密着させた時の地磁気量の変化である。図 9 のように地磁気センサは、金属や磁石、電化製品などに反応を示めず。約 1cm 離すことで、地磁気の変化はなくなるが、金属の上や

電化製品の上などに端末を放置してしまった場合に誤判定が生じる可能性が考えられる。しかし、このような場合、地磁気の値のばらつきは少なく安定していることが分かる。このことから、測定値の分散を利用すれば、放置時に起こりうる誤った補正を防ぐことができると考えられる。しかし、静止時においては、端末の向きを変えたり、ポケットに入れて歩いたりすると、突発的に地磁気の値が大きくなる場合があった。図 10 は静止時における突発的な地磁気量の変化である。図 10 に存在している突発的な地磁気量の変化を除去すれば、静止時においても分散を利用してより精度の高い判別ができると考えられる。

消費電力については、変化が緩やかな地磁気量であるので、測定は 1 秒単位程度でよいと考えられる。加速度センサの測定は 20m 秒単位であり、地磁気センサを 1 秒単位でよいとすると処理負荷は 50 分の 1、すなわち、電力も加速度センサの 50 分の 1 で済む。したがって、地磁気センサにおいても加速度センサと同様に常に起動させ補正をかけ続けることができると考えられる。

JR 乗車時と車乗車においては、停車時間が誤判定の原因としてあげられていた。しかし、JR 乗車時も車乗車時も加速度センサで乗車時特有の振動を検出し、認識率が約 80% となっているため、誤判定の多くは連続することではなく、前後の判定を考慮した補正をかけることで、認識率を 90% 以上にする事ができたと考えられる。つまり、乗車中に挟まれた誤判定に対して補正をかけることで、認識率を向上させることができたと考えられる。

静止時においては、JR 乗車時と車乗車時と同様に連続した誤判定が少ないことから、前後の判定を考慮した補正をかけることによって、認識率を向上させることができた。静止時においてはユーザがいくらか歩行することによって、2 乗平均値を大きくし誤判定が生まれてしまったと考えられる。これらの誤判定については、地磁気センサを使用することが有効であると考えられる。平均値と分散値を利用することで、乗車中と静止中をより正しく分けることができると考えられる。

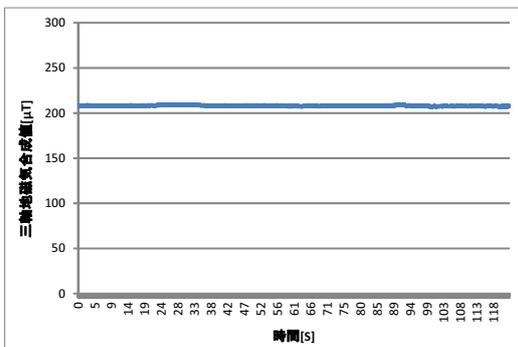


図 9 磁石に密着させた時の地磁気量の変化

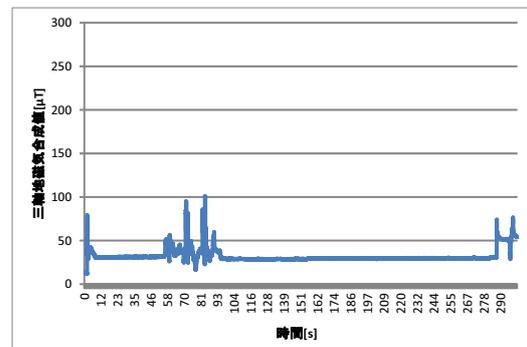


図 10 静止時における突発的な地磁気量の変化

第6章 結論

本稿では、TLIFES における加速度センサを用いた乗車判定方式を示し、認識率向上を目指し、2種類の補正方式を提案し、机上で補正をかけ評価を行った結果を示した。地磁気センサを使用した補正方式では閾値を決め、加速度センサから得られた判定をもとに、三軸地磁気合成値が閾値以上なら乗車中と補正をかけた結果、地下鉄における認識率は90%以上に向上させることができた。また、JR 乗車時、車乗車時、静止時においては、連続した誤判定が少ないことより、前後の判定を考慮した補正をかけることによって、認識率をすべて90%以上にすることができた。

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をしております．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] 丸山敦志, 渡邊 晃: TLIFES における加速度センサを用いた乗車判定方式の提案, 照明学会 第 47 回全国大会講演論文集, Feb.2015.
- [6] 樋口雄大, 山口弘純, 東野輝夫: スマートフォン内蔵センサを用いた鉄道乗車コンテキストの推定, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-MBL-75, No.35, pp.1-8(2015).

研究業績

研究会・大会等（査読なし）

- (1) 水野誉久, 旭健作, 渡邊晃: TLIFES における乗車判定方式の評価, 平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会論文集, Sep. 2015.

