

平成28年度 卒業論文

和文題目

磁気センサを用いた行動判定精度向上の提案

英文題目

**Proposal for Improvement of Behavior Recognition
Method using Geomagnetic Sensor**

情報工学科 渡邊研究室
(学籍番号: 130441128)

馬場 祐樹

提出日: 平成29年2月10日

名城大学理工学部

概要

少子高齢化や核家族化が社会問題となっている。なので、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では見守りシステムや省消費電力のため、行動判定は欠かせない要素である。従来の行動判定方法は加速度センサのみを使用していた。しかし、乗車状態の際に誤判定が起きてしまっていた。特に地下鉄乗車中の際に誤判定が多かった。そこで、本稿では、磁気センサを従来の行動判定方法と併用する方法を提案する。

目次

第1章 序論	1
第2章 TLIFES について	3
2.1 概要	3
2.2 TLIFES で取得する情報	4
第3章 従来 of 行動判定	5
3.1 従来 of 行動判定の内容	5
3.2 従来 of 行動判定の課題	6
第4章 磁気センサ	7
4.1 磁気センサの変化	8
第5章 提案方式	15
5.1 磁気センサによる乗車判定	15
5.2 挟み込み処理による補正	16
5.3 提案方式 of アルゴリズム	16
第6章 評価	18
6.1 評価方法	18
6.2 評価結果	18
第7章 まとめ	19
謝辞	21
参考文献	23
研究業績	23

第1章 序論

我が国では、少子高齢化や核家族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、75歳以上の高齢者は4人に1人になると予想されている。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。そのため、高齢者がどこにいても見守ることができ、かつ地域の住民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やウェアラブル端末のスマートウォッチなどの普及により、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などに搭載されているGPSや各センサにより得られた情報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。TLIFESはユーザが使用しているスマートフォンの様々なセンサから情報を収集して利用し、ユーザの行動判定を行う。ユーザのスマートフォンで収集したデータは定期的に管理サーバに送信し、ユーザごとにデータベースに蓄積していく。

過去のTLIFESはWi-FiやGPSを利用し、ユーザの行動判定を行っていた。しかし、この方法は消費電力が多いことや、Wi-FiやGPSは場所によっては受信できないところもあり、誤判定が発生するなど課題が多く存在した。そこで、現在のTLIFESでは加速度センサのみを利用した行動判定方法を利用している。加速度センサを利用して行動判定を行った場合、情報を取得するとき場所に依存せずどこでも利用することができる。また、消費電力が小さいという利点もある。判定する行動は、「放置中」、「歩行中」、「静止中」、「乗車中」の4つのみとしている。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。しかし、現状のTLIFESの乗車判定方式では地下鉄の乗車認識率が16%と、とても低くなっており、「静止中」や「放置中」と誤判定されている。誤判定の原因としては地下鉄の車両は振動がとても小さく、加速度センサで車両の振動がうまく検出できないことが挙げられる。

地下鉄に乗車している際、磁気センサが地下鉄の車両のモーターに反応し、大きく変動することが確認されている。そのため、磁気センサを利用することにより地下鉄の車両の振動が小さい問題に関係なく判定することが可能と考え、地下鉄の乗車判定として利用する。

本稿では加速度センサはJRや自動車の検出は高精度を記録しているため、磁気センサと加速度センサを併用する行動判定方法を提案する。磁気センサを使用した判定方法は、2分間の三軸地磁気合成値の分散値を算出し、閾値以上なら「乗車中」、閾値未満なら「静止中」または「放置中」と判定する。また、電化製品に限りなく近づけると磁気センサが反応してしまうため、「静止中」や「放置中」の際に突発的な磁気の変化が起きてしまい誤判定の原因となることがある。そのため、突発

的な変化の誤判定を防ぐため、前後の判定を考慮した補正を行う。以上の処理を行ったところ、地下鉄乗車中の認識率は94%まで向上することに成功した。

以下、2章で TLIFES の概要、3章で従来の行動判定方式と課題について述べる。第4章では、地磁気センサを併用した提案方式について述べる。第5章では、提案方式の評価について述べ、第6章でまとめる。

第2章 TLIFES について

2.1 概要

TLIFES とは利用する人全員がスマートフォンを利用していることを前提とした統合生活支援システムのことである。スマートフォンの通信機能やセンサ機能を利用して、ユーザの位置情報や行動情報を共有して誰もが安心して生活できる社会を作る手助けをすることを目的としている。スマートフォンのセンサ機能で取得した位置情報や行動情報は、管理サーバに送信し、データベースに蓄積していく。蓄積された情報は許可されたユーザはいつでも閲覧することができる。また、過去の情報と現在の情報を照合し解析することで、徘徊行動を検出することができ、登録されたユーザにアラームメールを送信する。これにより、ユーザの緊急時でも迅速に対応することができるようになっている。

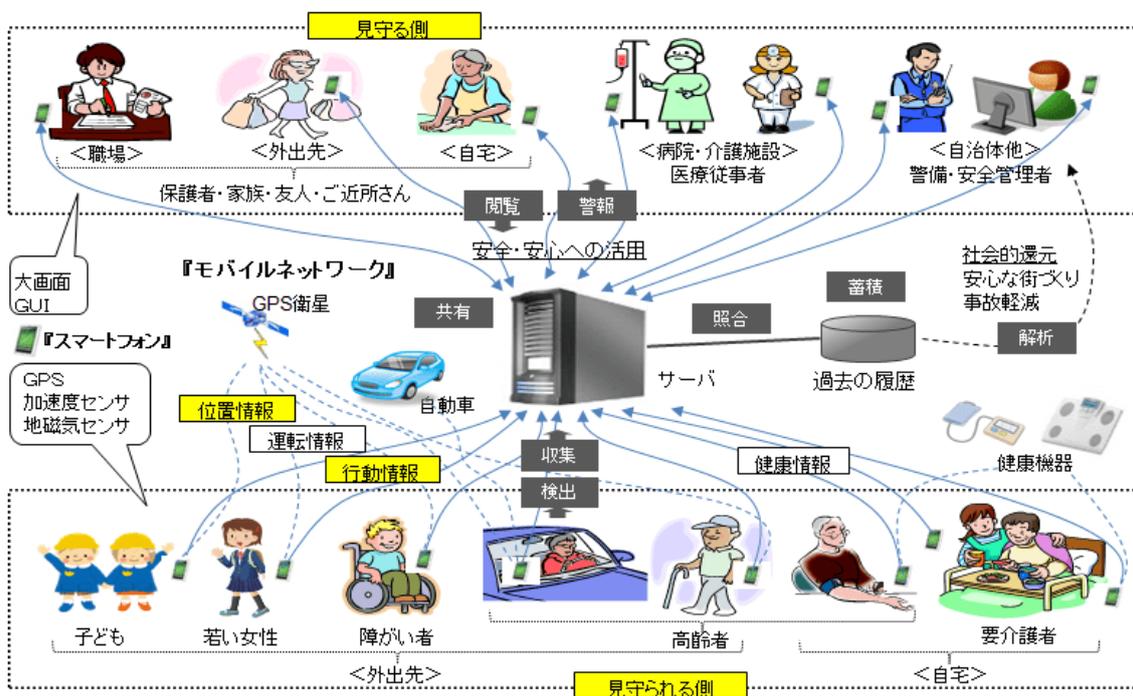


図1 TLIFES の全体像

2.2 TLIFES で取得する情報

TLIFES ではスマートフォンから取得した様々な情報から行動判定を行う。以下に取得する情報を示す。

(1) 行動情報

ユーザが現在何しているかを表す情報であり、加速度センサを使って取得する。放置中、静止中、乗車中の判定に使用する。

(2) 歩数情報

歩数カウンタを使って取得している。2分間に60歩以上歩くと歩行中と判定され、GPSが起動する。

(3) 位置情報

乗車中や歩行中と判定された際にGPSが起動し、位置情報を取得する。この位置情報はユーザの徘徊行動検出にも利用する。

(4) 健康情報

Bluetooth機能が搭載された体重計、血圧計などから取得する。

第3章 従来の行動判定

従来の TLIFES の行動判定は主に加速度センサを利用して判定している。加速度センサは場所を選ばず測定可能である。比較的消費電力が小さく、GPS の起動を移動したと判定した後に限定することでさらに消費電力を抑えることができている。しかし、従来の行動判定は地下鉄に乗車している際、誤判定が多かった。

3.1 従来の行動判定の内容

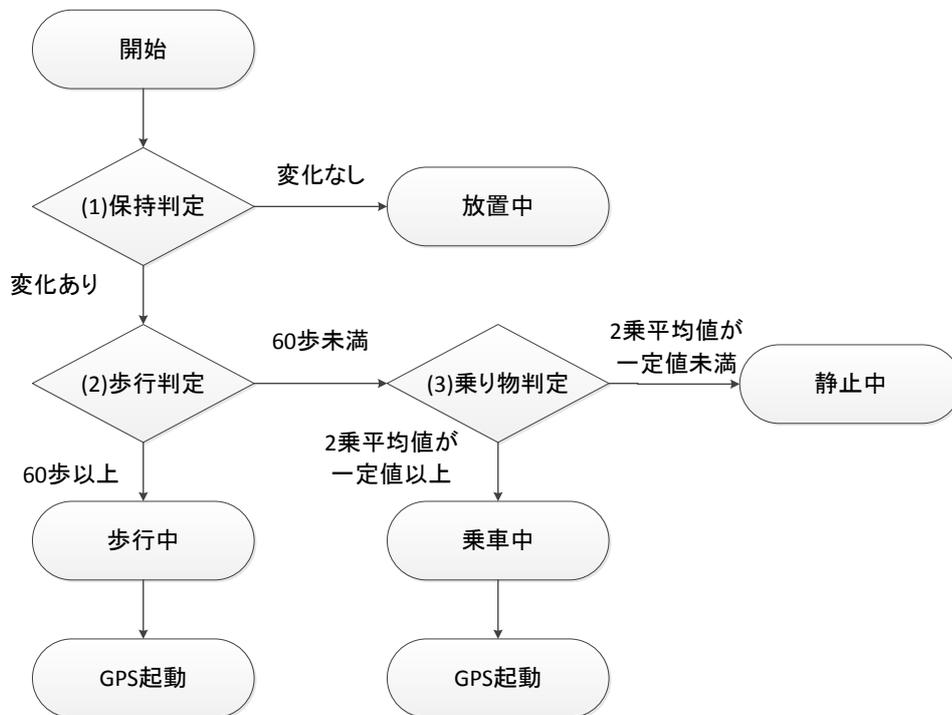


図2 従来の行動判定

(1) 保持判定

加速度センサから得た情報をもとにユーザがスマートフォンを保持しているかどうか判定する。2分間に加速度値に変化があるかどうかを調べて、変化がある場合は歩行判定に移る。変化がない場合は「放置中」と判定する。

(2) 歩行判定

歩数計によって歩数をカウントする。1分間に60歩以上を記録したら「歩行中」と判定する。1分間に60歩未満だった場合は乗車判定に移る。

(3) 乗車判定

車や電車などに乗っている際に発生する高周波な波を利用して判定する。2乗平均値が一定値以上なら「乗車中」、一定値未満なら「静止中」と判定する。詳しい処理は以下に示す。

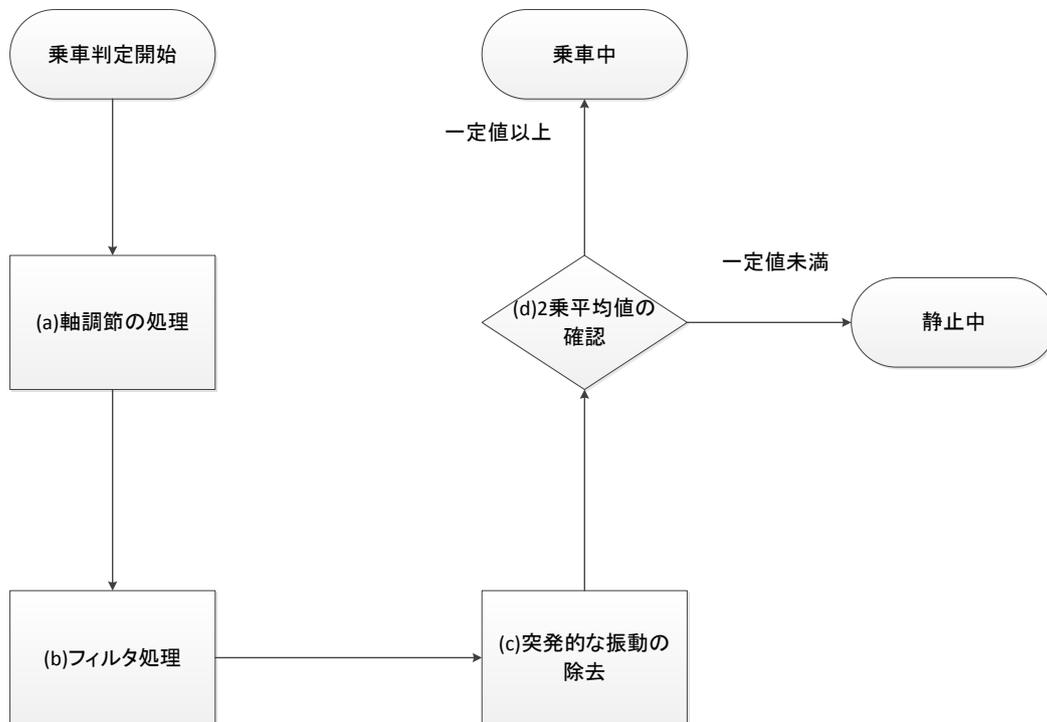


図3 従来の乗車判定

(a) 軸調節の処理

スマートフォンの姿勢や体の向きなどによって軸のずれが生じることがある。この軸のずれは2乗平均値に影響を与え、誤判定の原因となる。そこで、2分間の平均値を算出し、元の加速度から減算することで軸の調節を行う。

(b) フィルタ処理

HPF(High Pass Filter) をかけることによって体の振動によって発生する低周波の振動を除去し、乗車時に発生する高周波の振動を観測しやすくしている。

(c) 突発的な振動の除去

立ったり座ったりすると突発的な振動が起こる。この突発的な振動も誤判定の原因となるため、閾値を設定し、閾値以上の値を検出した際には前後50個のデータを0にすることで突発的な振動を除去する。

3.2 従来の行動判定の課題

従来の行動判定方法では地下鉄に乗車している際に、「静止中」や「放置中」と誤判定されることが多くあり、地下鉄乗車中の行動判定認識率は16%であった。地下鉄に乗車している際に地下鉄の車両の振動をうまく検出できていないことが原因としてあげられる。

第4章 磁気センサ

3.2 節で述べた従来の行動判定方式の課題を解決するために、従来の行動判定方式で使用されているに加速度センサに加え、磁気センサを併用する方式を提案する。磁気センサは地下鉄の車両のモーターに反応し、大きく変動することが確認されている。そのため、地下鉄の車両の振動が小さい問題に関係なく判定することが可能となっている。測定方法はスマートフォンに磁気の変化がリアルタイムで測定できるツールを導入し、様々な行動を行い調査した。以下に調査したものと調査理由の一覧を示す。

- 地下鉄(名古屋-塩釜口間)
従来の行動判定方法において判定精度が低く課題となっていたため調査を行った。
- JR(大垣-名古屋間)
利用する人が多い公共交通機関のため調査を行った。
- バス
利用する人が多い公共交通機関のため調査を行った。
- 自動車
利用する人が多い交通手段のため調査を行った。
- 放置中
TLIFESの行動判定で行う状態の一つであったため調査を行った。
- 新幹線(8月25日9時20分から、名古屋-横浜間)
利用する人が多い公共交通機関のため調査を行った。
- 静止中
TLIFESの行動判定で行う状態の一つであったため調査を行った。
- 静止中(突発的な変化)
静止中を調査している際、特徴的な変化が起きたため調査を行った。
- 地下鉄ホーム
地下鉄に乗車している時に磁気に変化するのが確認できていたため、ホームにいる際にはどのような変化が起きるか気になったため調査を行った。
- 電化製品の近く(電気カーペット)
近づけると特徴的な変化が起きたため調査を行った。
- 踏切の近く
走っている車両に近づくことができるため調査した。

4.1 磁気センサの変化

実際に自分で測定した様々な状況の磁気の変化を示す。それぞれの状態に2秒に一度取得した3軸地磁気合成値の変化と取得したデータを2分に一度平均と分散を算出したものをプロットしたグラフを示す。また、特徴的な変化をしているものはエクセルで周波数分析も行ったものを示す。

(1) 地下鉄

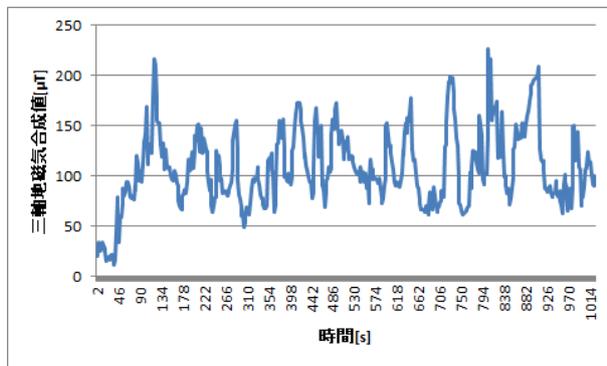


図4 地下鉄の磁気の変化

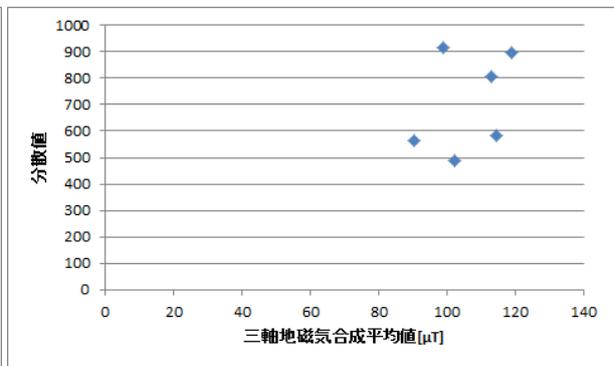


図5 地下鉄の平均と分散

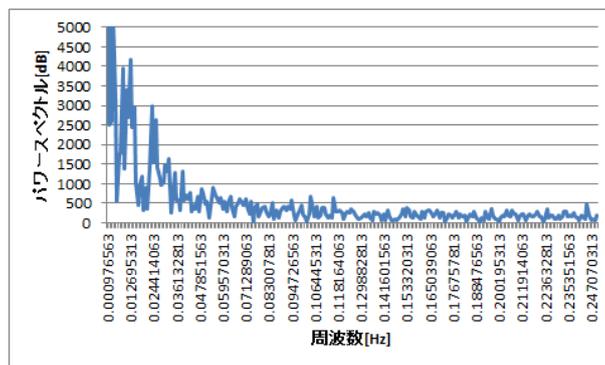


図6 地下鉄の周波数成分

図4は地下鉄乗車中の時の磁気の変化, 図5は地下鉄乗車中の平均と分散, 図6は地下鉄乗車中の周波数成分を示している。地下鉄乗車中は車両のモーターに流れる電流に磁気センサが反応している。そのため、磁気が大きく変化しており、分散値も高くなっているため、磁気センサのみで乗車判定を正確に行えると判断した。

(2) JR

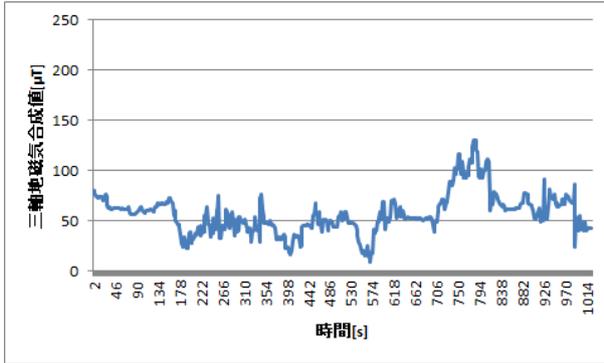


図7 JRの磁気の変化

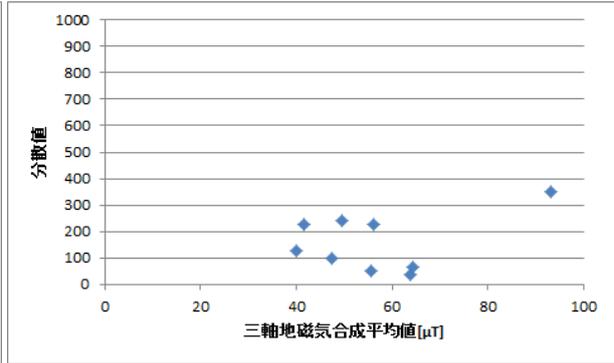


図8 JRの平均と分散

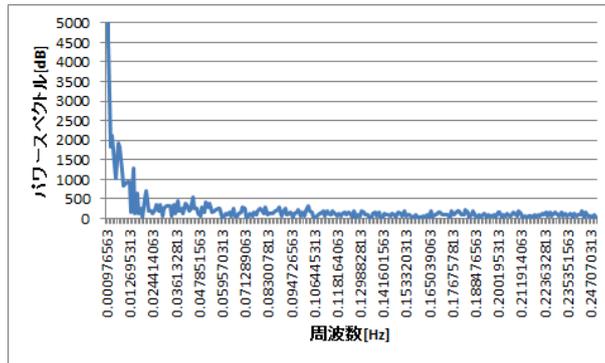


図9 JRの周波数成分

図7はJRに乗車している際の磁気の変化, 図8はJR乗車中の平均と分散, 図9はJR乗車中の周波数成分を示している。JRは地下鉄に比べて全体的に変化は小さい。分散値も大きいものもあれば小さいものもありバラバラであったため、正確にJR乗車中を磁気センサだけで判定することは難しいと判断した。

(3) バス

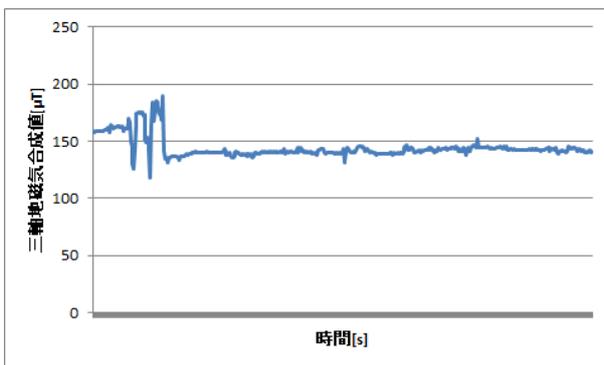


図10 バスの磁気の変化

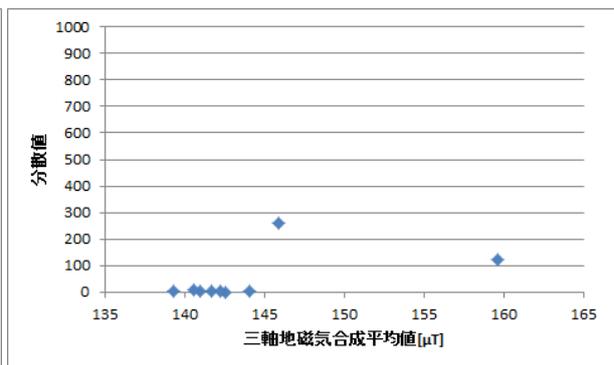


図11 バスの平均と分散

図10はバスに乗車している際の磁気の変化, 図11はバス乗車中の平均と分散を示している。バスは磁気センサが乱れているところもあるが一部であり、全体では磁気の変化は小さい。分散値も小さいものが多いため、バスの乗車判定を磁気センサで行うことは難しいと判断した。

(4) 車

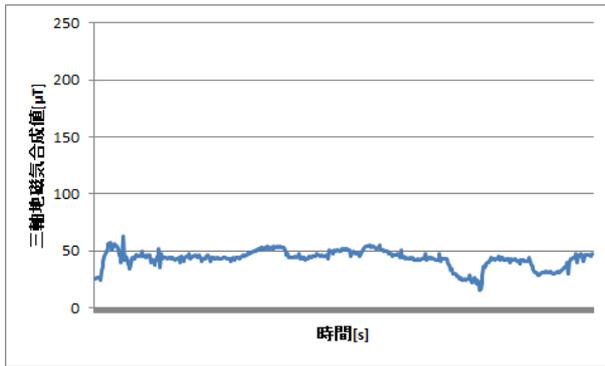


図 12 車の磁気の変化

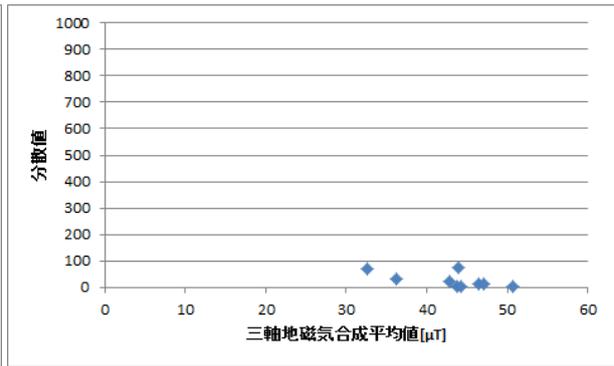


図 13 車の平均と分散

図 12 は車に乗車している際の磁気の変化, 図 13 は車乗車中の平均と分散を示している. 車は磁気の乱れも小さく平均値も小さい. 車に乗るだけでは磁気が乱れることはなかった. 分散値も小さく磁気センサで車の移動の判断は難しいと判断した.

(5) 放置中

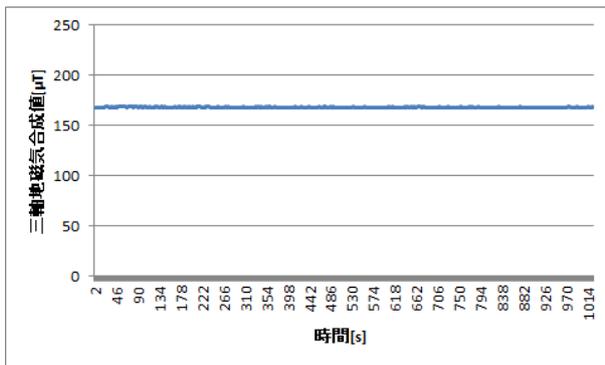


図 14 放置中の磁気の変化

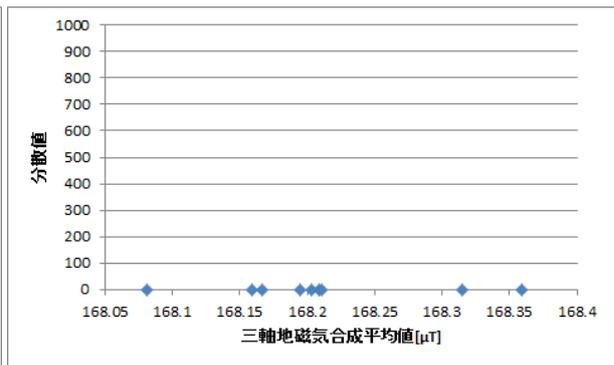


図 15 放置中の平均と分散

図 14 は放置中の磁気の変化, 図 15 は放置中の平均と分散を示している. 放置中の時期の変化はほぼ横ばいであった. 磁気を乱すものが近くになれば誤判定が起きることはないと判断した.

(6) 新幹線

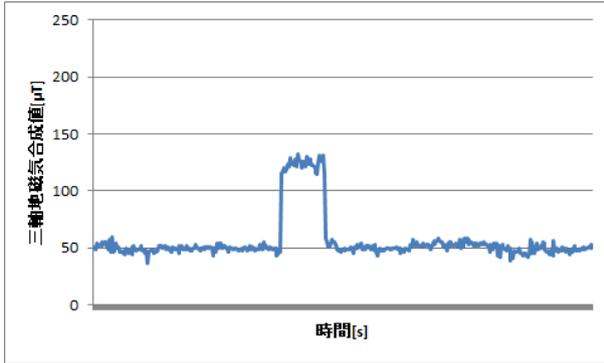


図 16 新幹線の磁気の変化

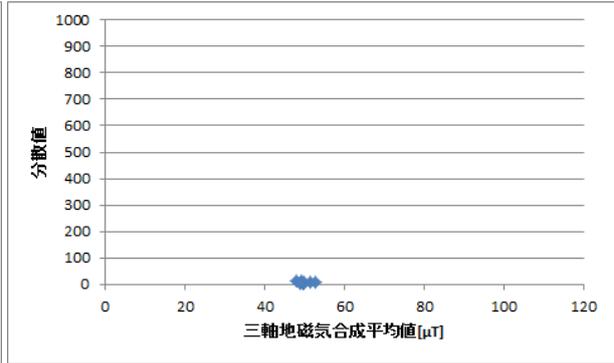


図 17 新幹線の平均と分散

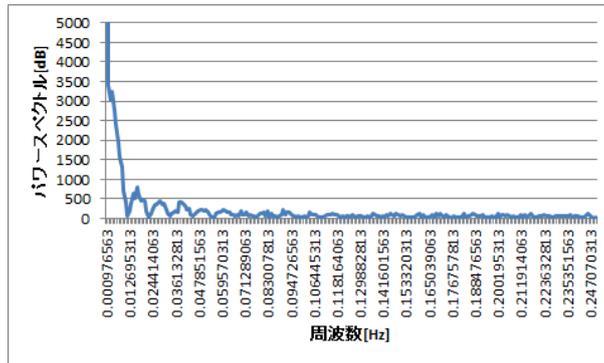


図 18 新幹線の周波数成分

図 16 は新幹線に乗車している際の磁気の変化, 図 17 は新幹線乗車中の平均と分散, 図 18 は新幹線乗車中の周波数成分を示している. 新幹線は一度動いている箇所があるが, それは駅に停車していたりして変わったと予想される. しかし, そのような変化が起きても分散値には影響はしていなかった. それ以外は大きな変化はなく分散値も低い値であった.

(7) 静止中

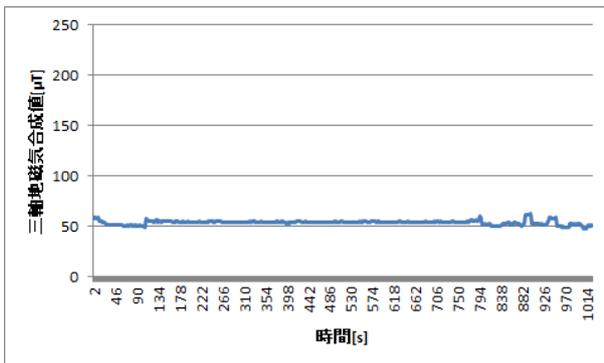


図 19 静止中の磁気の変化

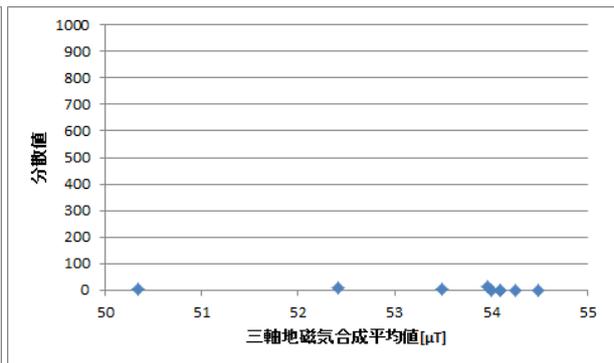


図 20 静止中の平均と分散

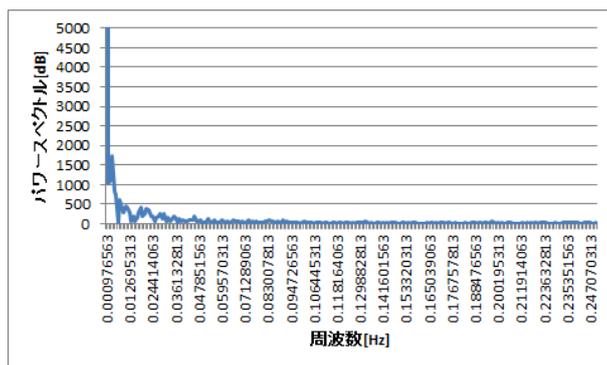


図 21 静止中の周波数成分

図 19 は静止中の磁気の変化, 図 20 は静止中の平均と分散, 図 21 は静止中の周波数成分を示している. 静止中も放置中と似ていてほぼ横ばいであった. 分散値も低く, 磁気を乱すものが近くなかったためだと考えられる.

(8) 静止中 (突発的な変化)

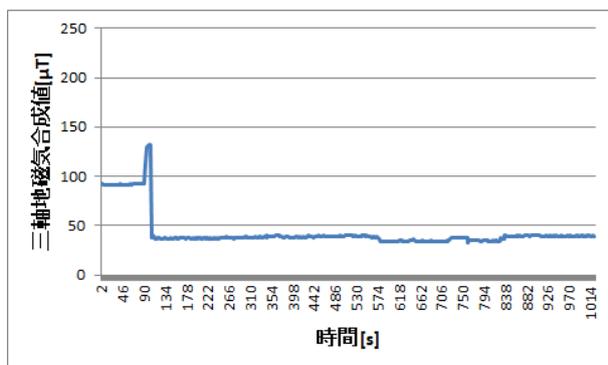


図 22 静止中 (突発的な変化) の磁気の変化

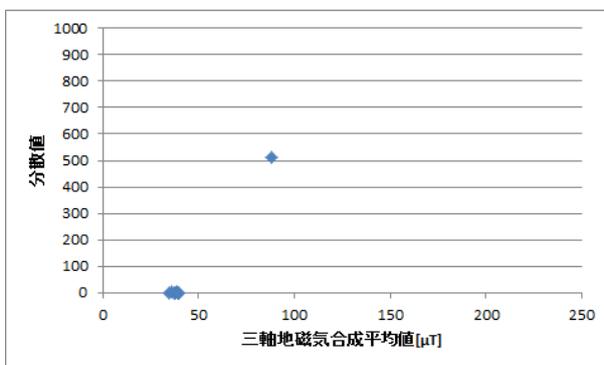


図 23 静止中 (突発的な変化) の平均と分散

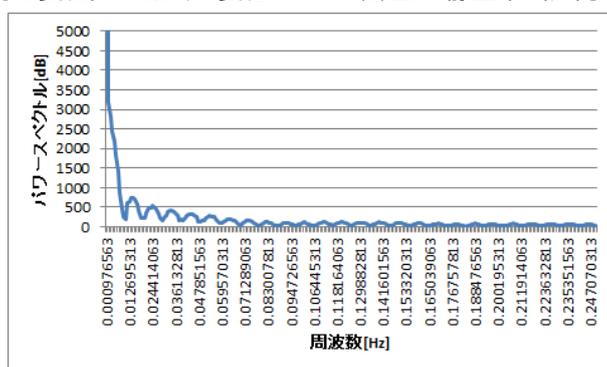


図 24 静止中 (突発的な変化) の周波数成分

図 22 は静止中の際起きた突発的な磁気の変化, 図 23 はその時の平均と分散, 図 24 はその時の周波数成分を示している. 静止中を調査している際に起きた突発的な変化である. 詳細な原因は判明していないが電化製品や金属に近づいたためではないかと推測している. このような変化は分散値が高くなるのがわかり, 誤判定の原因となることが判明した.

(9) 地下鉄ホーム

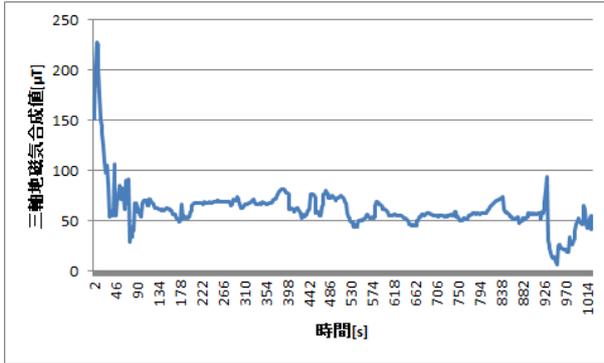


図 25 地下鉄ホームの磁気の変化

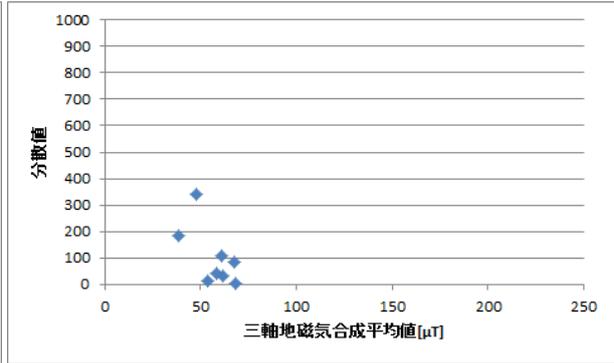


図 26 地下鉄ホームの平均と分散

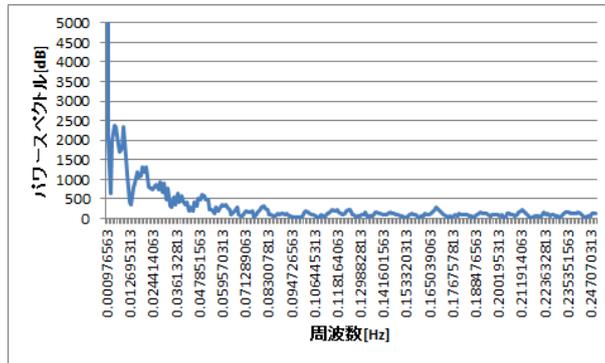


図 27 地下鉄ホームの周波数成分

図 25 は地下鉄のホームにいる時の磁気の変化, 図 26 は地下鉄のホームにいる時の平均と分散, 図 27 は地下鉄のホームにいる時の周波数成分を示している. 地下鉄のホームにいるときは電車が通った際には乱れることが多かった. しかし, 通っていないときはあまり大きく乱れていない. そこで磁気が乱れる原因は車両によるものと判明した.

(10) カーペット

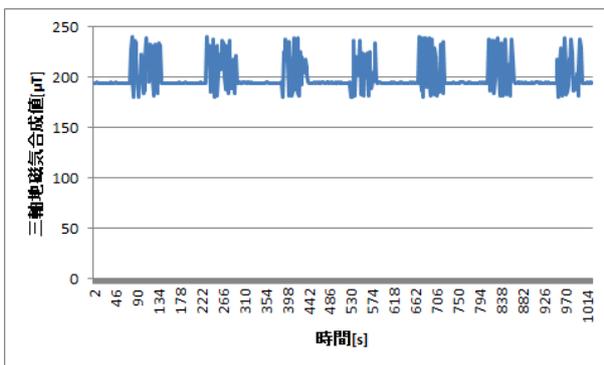


図 28 カーペットの磁気の変化

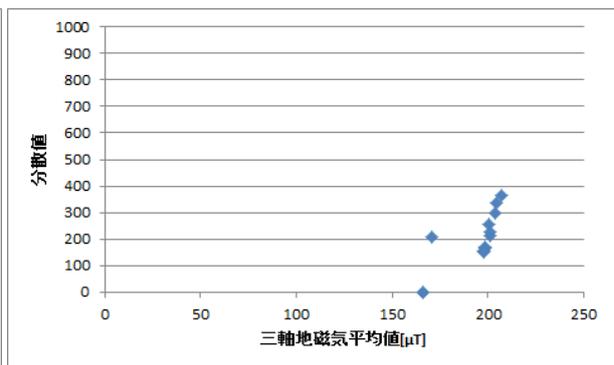


図 29 カーペットの平均と分散

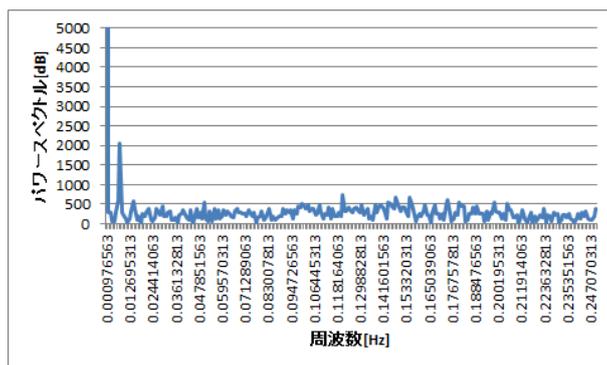


図 30 カーペットの周波数成分

図 28 はカーペットに近づけた時の磁気の変化, 図 29 はカーペットに近づけた時の平均と分散, 図 30 はカーペットに近づけた時の周波数成分を示している. 電気カーペットのスイッチの近くに放置している際に変化していたものである. 磁気センサは電化製品に近づけると反応することがわかった. しかし, 限りなく近づけないと影響は出ないことも分かったため, 使用する際に注意書きを表示することで対応をすることにした.

(11) 踏切

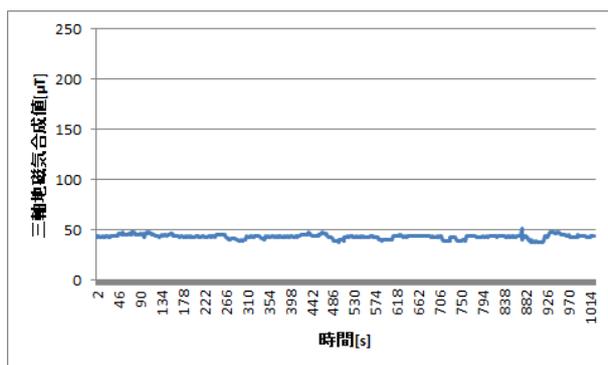


図 31 踏切の磁気の変化

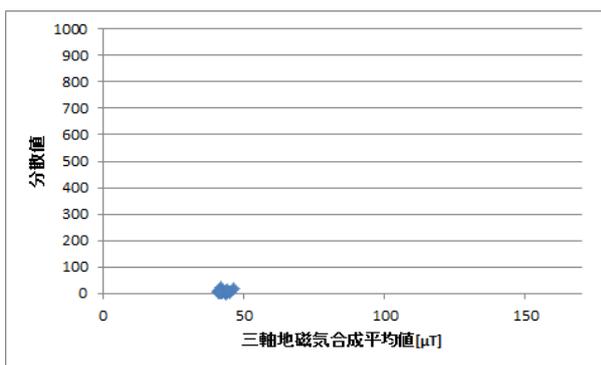


図 32 踏切の平均と分散

図 31 は地下鉄乗車中の時の磁気の変化, 図 32 は地下鉄乗車中の平均と分散を示している. 踏切の近くにいる際電車が近くを通るため反応すると考え測定を行った. しかし, ほとんど反応せず, 分散値も低かった. そのため, 踏切の近くにいることで行動判定結果に影響はないと判断した.

第5章 提案方式

5.1 磁気センサによる乗車判定

4.1 節より地下鉄乗車中のときは「静止中」や「放置中」のときより磁気が大きく変化し、分散値も高くなっているときが多いことが分かった。そのため、2 分間ごとに分散値を算出し、設定した閾値以上の場合は「乗車中」と判定し、閾値未満の場合は「静止中」または、「放置中」と判定するようにした。黒太線は閾値を表している。静止している時はほとんどが閾値未満の値であった。しかし、磁気センサは電化製品など電気が流れるものに限りなく近づけると反応し、大きく変化する場合があるため、使用する際に注意書きとして電化製品に近づけると誤判定が起きる可能性がある旨を記載することにした。そのため、図 33 でも静止中にも関わらず閾値以上の値になる場合が存在する。また、地下鉄のホームにいる際に、電車が近づくと磁気の分散値が高くなってしまふ。その場合、電車に乗る意思があるとみなし、乗車中と判定することにした。

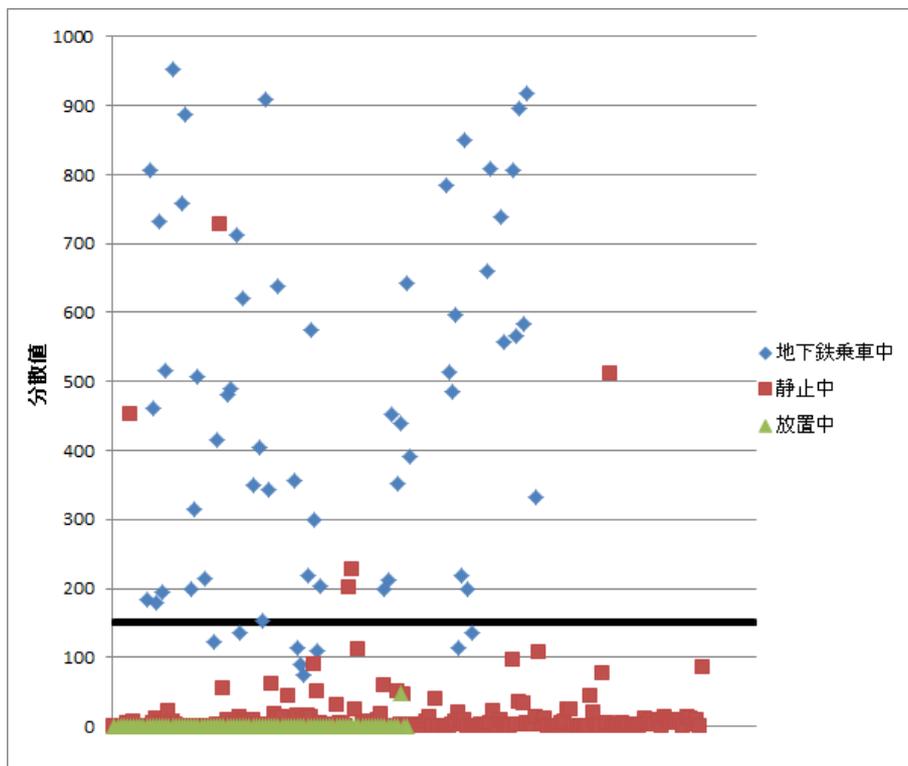


図 33 分散値の比較

5.2 挟み込み処理による補正

5.1 節より静止中や放置中の際でも電化製品に限りなく近づけると分散値が高くなる点が存在した。これは誤判定の原因となるため、静止中の際に分散値が高い値を記録する時は前後の磁気分散値は低く、突発的な磁気の変化によって起きている場合が多かった。そのため、前後の判定を生かした挟み込み処理による補正を行う。図 34 に挟み込み処理の内容を示す。

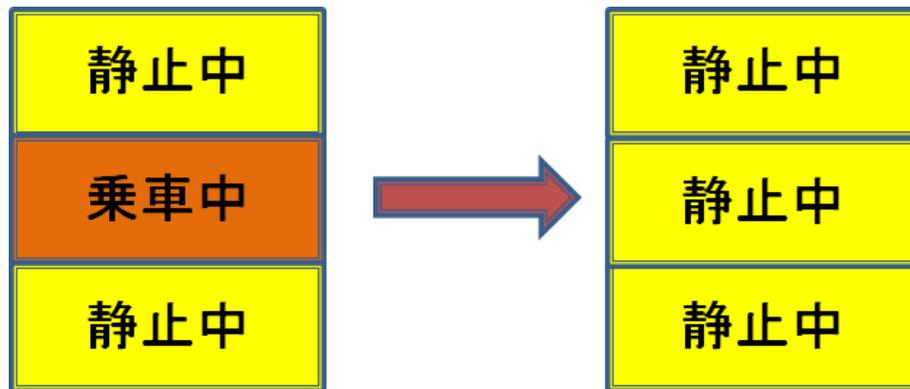


図 34 挟み込み処理

5.3 提案方式のアルゴリズム

図 2 の従来の行動判定方式に磁気センサを併用する提案方式のアルゴリズムを図 35 に示す。従来の方法では地下鉄に乗車している際に「静止中」や「放置中」と誤判定されることが多かった。そこで、地下鉄乗車判定の精度を向上するため、「静止中」と「放置中」と判定される前に磁気センサによる地下鉄の乗車判定を行う。その後、判定結果をもとに挟み込み処理を行い 1 つ前の処理の補正を行う。以上の処理を追加した。

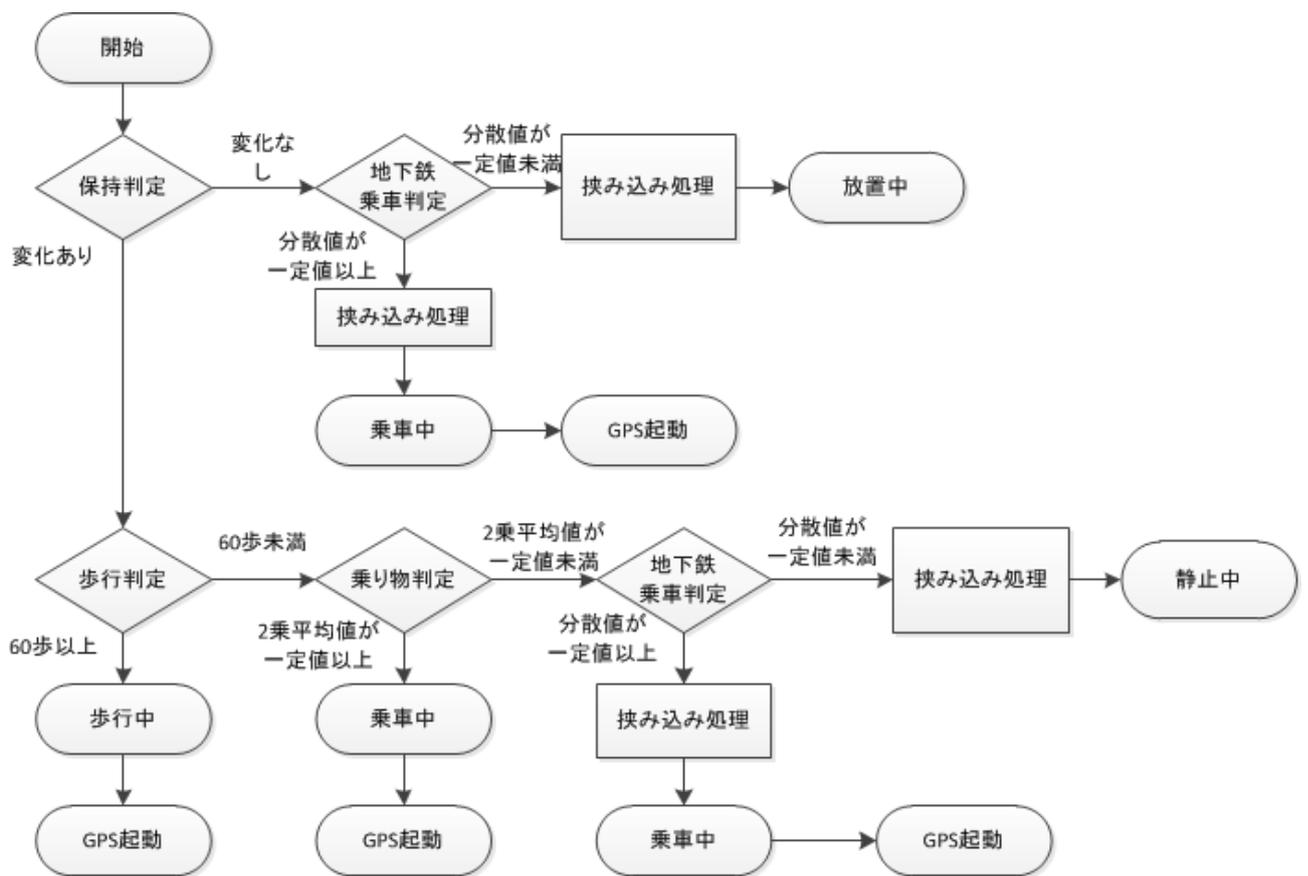


図 35 提案方式

第6章 評価

6.1 評価方法

TLIFES を導入したスマートフォンをズボンの前ポケットに入れた状態で様々な状況の磁気を測定した。提案方式は測定した磁気の分散値を2分に1度算出していき、分散値が閾値を超えるか確認していき行動認識率を計算していった。従来の行動判定方法は実際の行動と従来の行動判定の結果を照らし合わせ行動認識率を計算した。

6.2 評価結果

磁気の分散値の閾値は150に設定した。

表1 評価結果

判定	従来の行動判定方法	磁気センサのみを併用した時	提案方式
JR 乗車中	78 %	91 %	94 %
自動車乗車中	93 %	93 %	93 %
地下鉄乗車中	16 %	94 %	98 %
静止中	83 %	81 %	81 %
放置中	100 %	100 %	100 %

JR 乗車中は従来の行動判定方式だと78%であったが提案方式に当てはめると94%まで精度が向上すると推測される。地下鉄乗車中は加速度センサのみの従来の行動判定方法だと乗車認識率は16%という非常に低い数字であった。しかし、磁気センサを併用して行動判定を行うと94%まで向上すると推測される。さらに、挟み込み処理による補正を行うと98%まで向上すると推測される。静止中と放置中も磁気センサを併用することで加速度センサの判定に影響を及ぼすことはほとんどないと推測される。しかし、静止中の認識率がほかの認識率に比べて低くなってしまうと予想されている。原因の一つに静止中のときに放置中と誤判定されることが多かったことがあげられる。そのため、加速度センサで行うスマートフォンの保持判定を見直す必要があると考えられる。

第7章 まとめ

本稿では TLIFES の行動判定方式の課題である乗車中の誤判定を改善するために、従来の行動判定方法に磁気センサを併用する方法を提案した。磁気センサで測定した三軸地磁気合成値の2分間の変化の分散値を利用して判定する。また、静止中や放置中の際、電化製品に限りなく近づけると分散値が高くなり誤判定の原因となるので、前後の判定を生かした挟み込み処理による補正も行う。実測したデータをもとに評価した結果、地下鉄の乗車認識率は16%から98%まで向上することが成功すると推測された。

謝辞

本研究を進めるにあたり，終始にわたりご指導を賜りました，指導教官である名城大学工学部情報工学科の渡邊晃教授に心から感謝いたします。本研究を進めるにあたり，常日頃からご意見と助言を受け賜りました，TLIFES 関係者の皆様に深く感謝いたします。最後に，本研究を進めるにあたり，本研究室の皆様にも多くの助言をいただき心から感謝しています。

参考文献

- [1] 大野雄基. 他 : 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ピュータ・デバイス&システム (CDS), Vol.3, No.3, pp.1-10, July.2013.
- [2] 丸山敦志 : 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.

研究業績

研究会・大会等（査読なし）

- (1) 馬場祐樹, 旭健作, 渡邊 晃: 磁気センサによる行動判定精度向上の提案, 平成 28 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep. 2016.