

# スマートフォンによる乗車判定の認識率向上の提案

120430098 水野 誉久

渡邊 晃 研究室

## 1. はじめに

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)で位置情報やユーザの行動状態などの情報を共有することにより、住民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) [1] を提案している。TLIFES では、行動情報として乗り物の乗車を含む移動状態の判定を行っているが、乗車判定の認識精度が低い点が課題となっている。そこで、本稿では、TLIFES の乗車判定方式の評価を行い改善策を検討した。

## 2. TLIFES の概要

TLIFES では、関係する人全員がスマートフォンを所持することを前提とする。スマートフォンに搭載されている様々なセンサから情報を取得し、ユーザの行動判定などを行い、定期的にサーバへ報告する。TLIFES では、加速度センサを利用してユーザの移動を検出し、移動したと判断したとき、GPS で位置情報を取得する。この方法により、GPS の起動を最小限に抑え、消費電力を減少させることに成功した。行動判定においては実用性を考慮し、放置中、歩行中、乗車中、静止中の4つを判別することとし、ユーザの行動を把握しやすいようにした。しかし、現状のままでは特に乗車判定において多くの誤判定が存在している。

## 3. 現状の乗車判定方式

車や電車などに乗車しているときは加速度センサで高周波の振動を連続的に観測することが出来る。TLIFES ではこれを利用し、ユーザが何らかの乗り物に乗車しているかどうかの判定を行っている [2]。判定方法は以下の通りである。

### (1) 軸調節の処理

端末の向きや個体差を吸収するため、三軸合成値の平均値が0を中心に振動するように補正する。

### (2) フィルタ処理

乗車中の高周波成分のみを残すため、加速度値をHPF(High Pass Filter)に通し、低周波成分(体の揺れなど)を除去する。

### (3) 突発的な振動の除去

突発的な振動(立ち上がりなど)があったとき、前後のデータを除去する。除去する際の閾値はダイナミックに決定する。

### (4) 2乗平均値による判定

三軸合成値の2乗平均値を算出し、一定値以上の場合は乗車中、一定値未満の場合は、静止中と判定する。

この方法によると認識率はJRで85%、車で84%、地下鉄で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原因として、地下鉄では停車時間の割合が多いことや、乗車時の振動自体が小さいので静止中と判定されることが挙げられる。

## 4. 認識率向上の提案

### (1) 地磁気センサによる補正

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	53.42	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大きくなる。そこで、地下鉄における認識率を向上させるために、地磁気センサを使用し補正をかけることを提案する。得られるデータにはばらつきがあるため、三軸地磁気合成値の2分間ごとの平均値Hを算出し判定に使用する。加速度センサによる判定が静止中の時のHの値が閾値以上であれば乗車中とし、閾値未満の場合、補正を行わない。

### (2) 前後の判定を考慮した補正

JR乗車時と車乗車時、静止時においては、連続した誤判定が少ないことから、前後の判定を考慮して補正をかける。例えば、「乗車中」→「静止中」→「乗車中」と2分おきに判定された場合、間の「静止中」を「乗車中」に補正する。

## 5. 評価

表1に提案方式適用時の判定結果を示す。参考のため、提案方式を適用する前の補正前認識率も示す。地下鉄においては地磁気センサを使用することで認識率が約94%と大幅に改善された。また、JR乗車時と車乗車時、静止時においては、前後の判定を考慮した補正で認識率が90%以上に改善された。

課題として、地磁気センサは磁石、金属、電子機器、モーターなどに反応するため、端末をこれらに近づけると静止時や放置時にも地磁気量が閾値以上となり誤判定となる可能性がある。このような誤判定を防ぐためには、TLIFESで既の実現済みの滞在設定を利用し、自宅や学校では地磁気センサを起動しないように設定する方法が考えられる。

## 6. まとめ

本稿では、現状の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た。机上で補正をかけた結果、認識率を大幅に改善することができた。今後は実装に向けて地磁気センサの起動タイミングや補正をかけるタイミングを検討する。

## 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シューマ・デバイス & システム (CDS), Vol3, 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.

# スマートフォンによる乗車判定の 認識率向上の提案

理工学部 情報工学科 渡邊研究室  
120430098 水野誉久



# 研究背景

- ▶ 少子高齢化, 核家族化
  - 一人暮らしの高齢者増加
  - 高齢者の徘徊行動が社会問題に
- ▶ スマートフォンの普及
  - GPSやWi-Fi, 加速度センサなど多くの機能を搭載

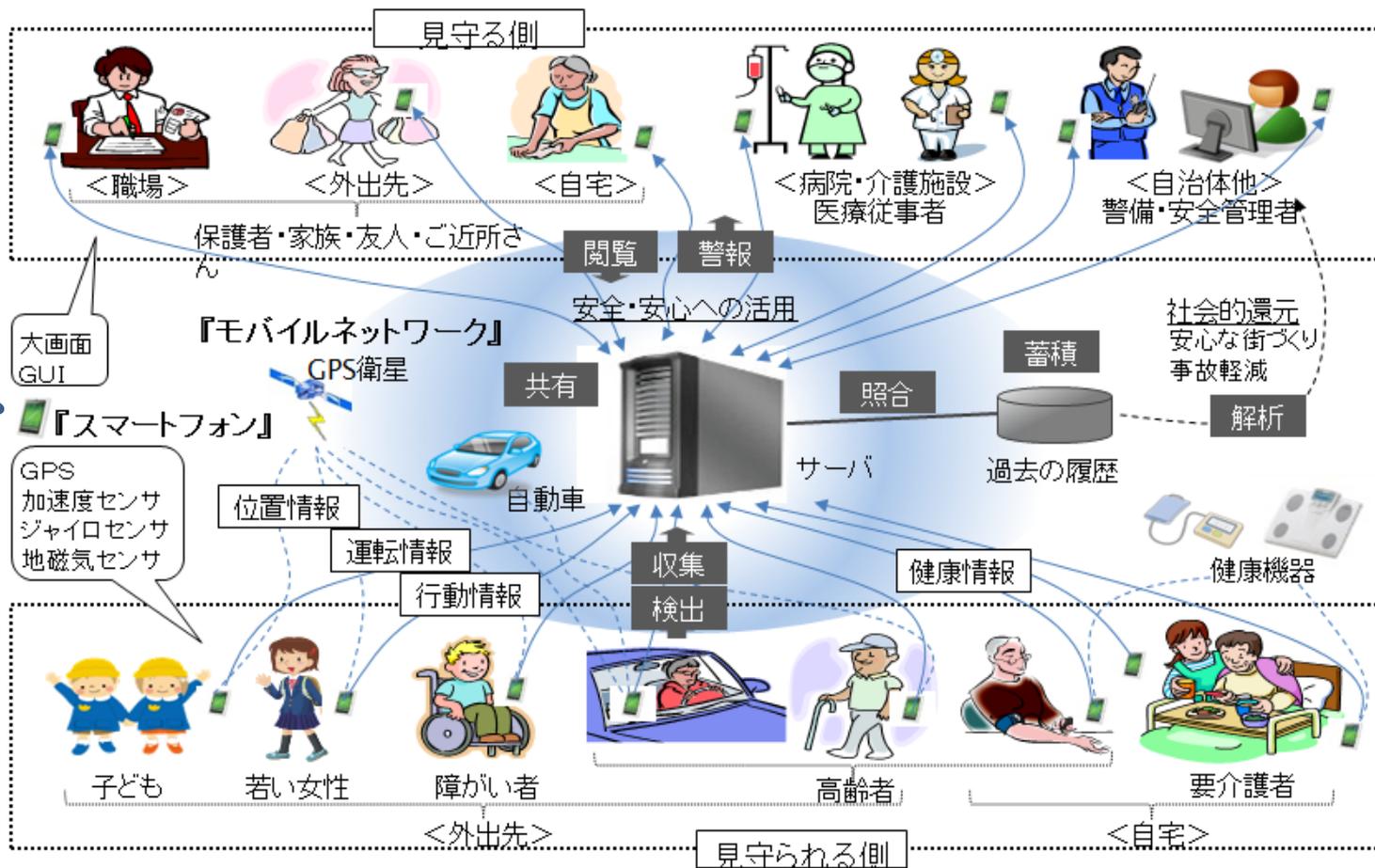


スマートフォンを利用した見守りシステム  
TLIFESを提案

# TLIFESの概要

▶ ユーザはスマートフォンを所持

位置情報  
行動情報



# 行動判定の有用性

- ▶ 高齢者や子どもの見守り
  - 加速度センサの変化から利用者の挙動を検知
- ▶ 消費電力低減
  - 利用者の挙動からGPSの起動を判定

# 現状の行動判定

- ▶ 行動判定に利用するセンサ
  - 加速度センサ
    - ⇒ 場所に依存しない行動判定が可能
    - ⇒ 電力低減が可能
- ▶ 判定する行動
  - 放置中
  - 静止中
  - 歩行中
  - 乗車中

# TLIFES乗車判定方式

- ①軸調節の処理
- ②フィルタ処理
- ③突発的な振動の除去
  
- ④2乗平均値による判定

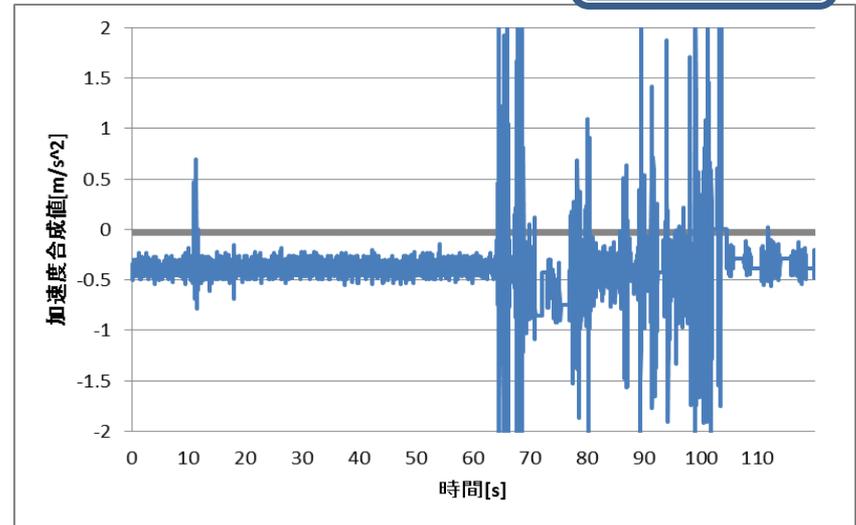


乗車時特有の振動のみを残し  
それ以外の振動を除去する処理

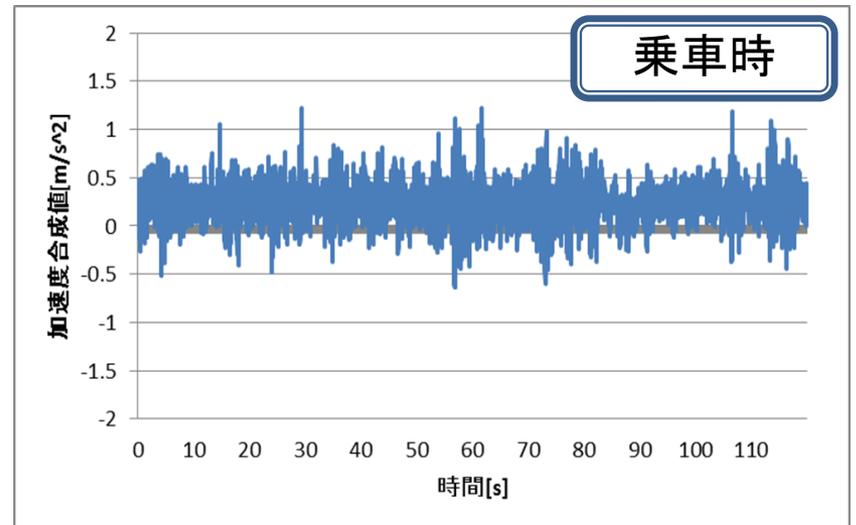
# 乗車時と静止時の加速度値

- ▶ 軸のずれ
- ▶ 身体の揺れなどによる低周波の振動
- ▶ 突発的な振動

静止時



乗車時



# 乗車判定処理(1)

## ①軸調節の処理

- ▶ 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で振動の中心を0軸に調整

軸のずれによる  
2乗平均値の変化を防ぐ

## ②フィルタ処理

- ▶ HPF<sup>\*</sup>をかけることで身体の揺れなどによる低周波の振動を除去

乗車時特有の  
高周波の振動のみを残す

※High Pass Filter

# 乗車判定処理(2)

## ③突発的な振動の除去

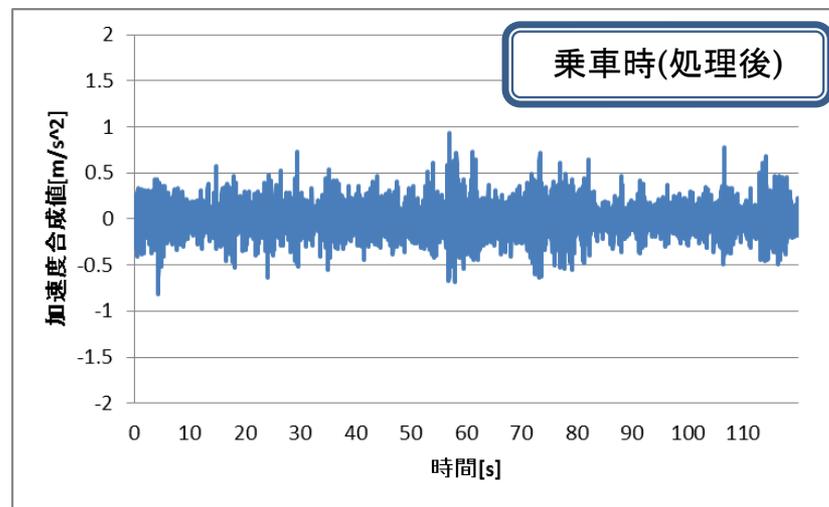
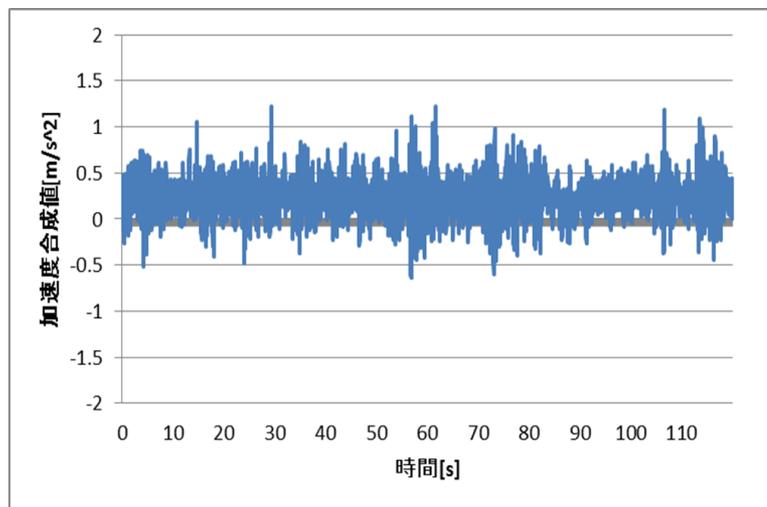
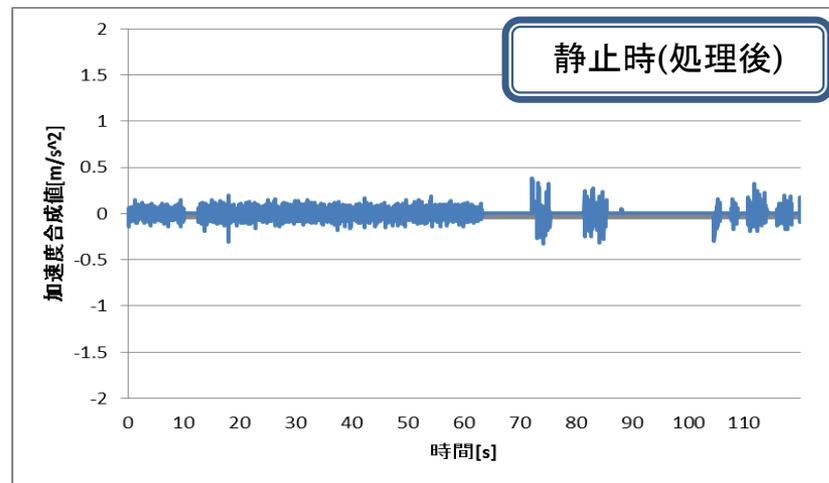
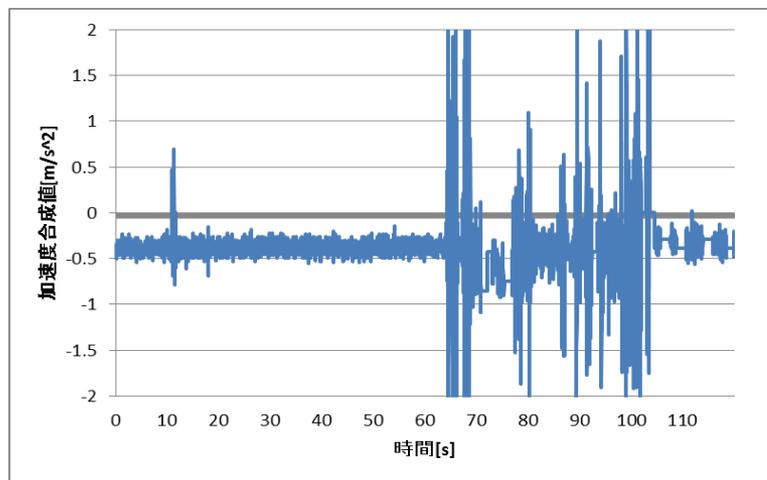
- ▶ 閾値以上の値を検出した場合前後50個のデータを0に書き換える

立ったりした際に生じる  
突発的な振動の除去

## ④2乗平均値による判定

- ▶ 軸調節, フィルタ処理, 突発的な振動の除去後の加速度値の2乗平均値を算出
  - 一定値以上の場合  
⇒乗車中
  - 一定値未満の場合  
⇒静止中

# 処理後の加速度値



# 乗車判定の課題と原因

- ▶ 誤判定が多い(特に地下鉄乗車時)
  - 電車の振動自体が小さい
  - 乗車時において、停車時間が判定に含まれるため2乗平均値が下がる
  - 静止時において、いくらかの歩行により2乗平均値が上がる

地下鉄乗車時には連続した誤判定が存在している  
一方、JR乗車時、車乗車時、静止時には連続した誤判定は少ない

# 認識率を向上の提案

- ▶ 地磁気センサを使用した補正
  - 連続した誤判定が存在する地下鉄乗車時に対して地磁気センサを使用して判定に補正をかける
- ▶ 前後の判定を考慮した補正
  - JR乗車時, 車乗車時, 静止時には連続した誤判定が少ないことから前後の判定を考慮して補正をかける

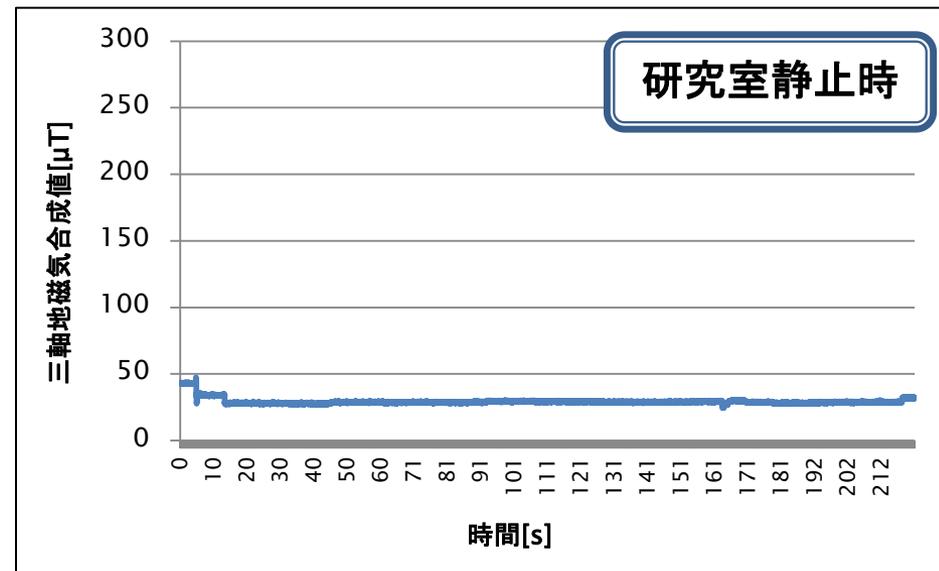
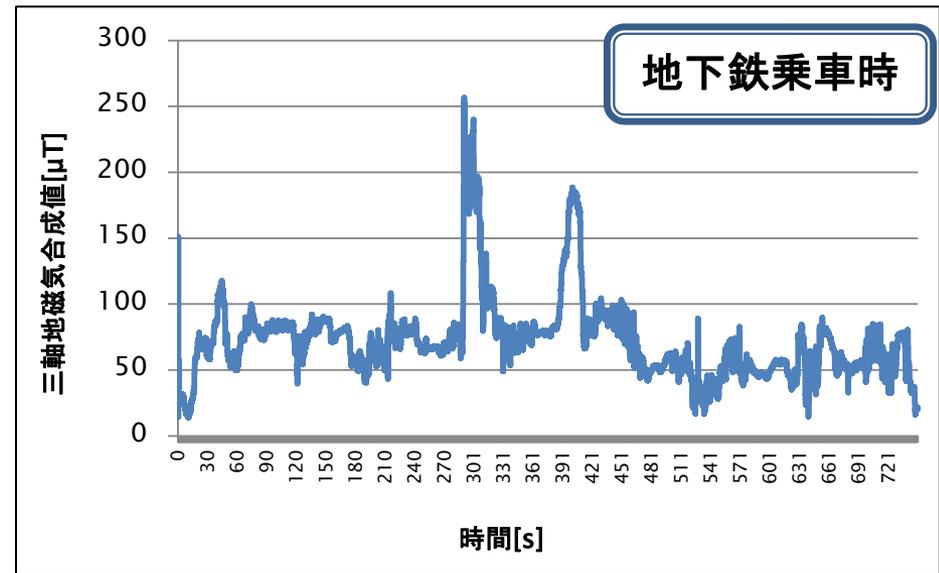
# 地磁気センサを使用した補正

- ▶ 通常時より高い値を示す
- ▶ 波形が乱れている



2分間の三軸地磁気合成値の  
平均値を算出する

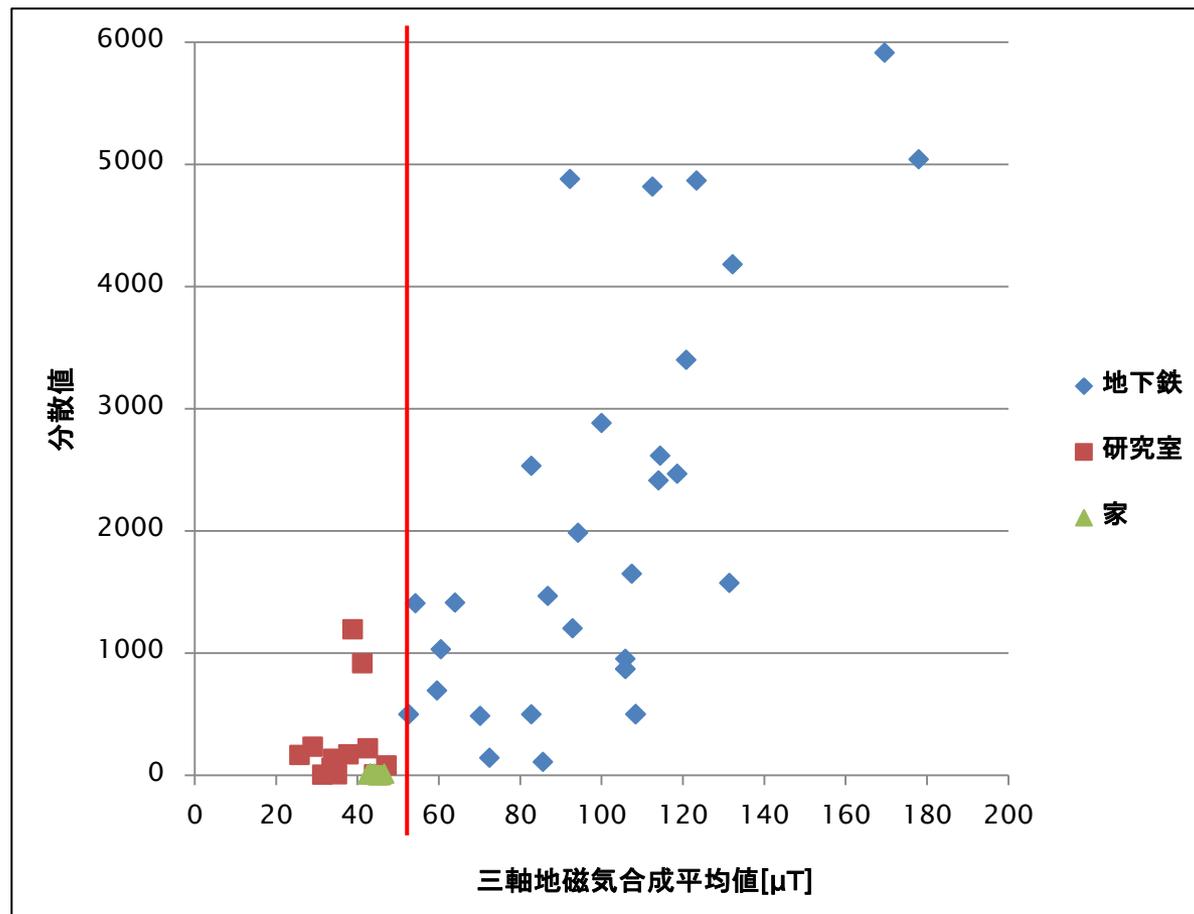
- 閾値以上の場合  
⇒乗車中
- 閾値未満の場合  
⇒補正しない



# 閾値について

## 測定条件

- 端末: GALAXY NEXUS (SC-04D)
- 保持場所: 右前ポケット



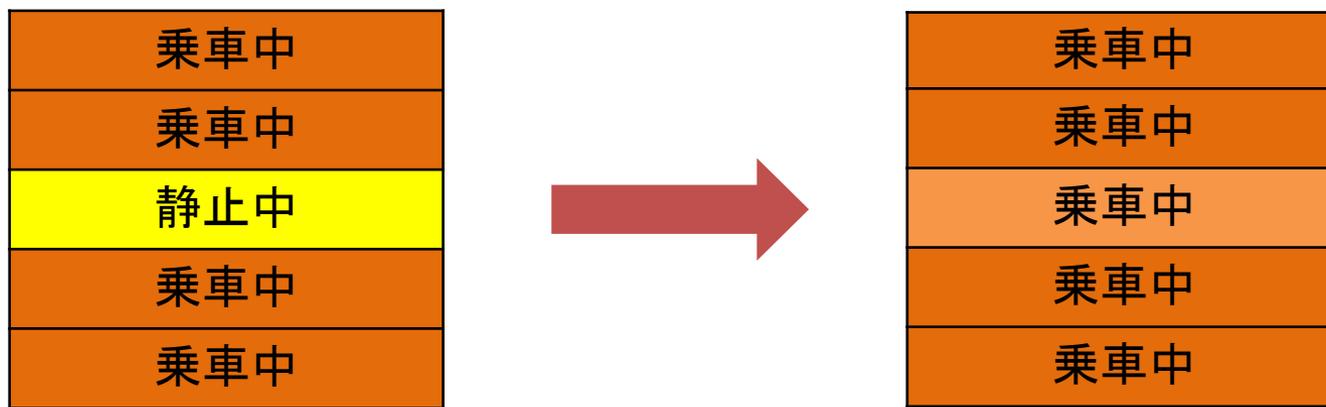
# 前後の判定を考慮した補正

- ▶ JR乗車時, 車乗車時, 静止時において連続した誤判定が少ない

⇒ 前後の判定を考慮して補正をかける

<例>

挟まれた「静止中」は「乗車中」に書き換える



# 提案方式適用時の評価

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

# 課題と検討

## 課題

- ▶ 金属や磁石などに地磁気センサが反応する
  - 放置時に誤った補正をする可能性がある
- ▶ 端末の傾きなどにより突発的に地磁気量が増加する

## 検討

- ▶ 地磁気量の平均値と分散値を利用する
  - 突発的な地磁気量の変化を除去することで、静止時の分散値を下げる

# まとめ

- ▶ 加速度センサのみで乗車判定を行う方式の説明
- ▶ 認識率向上の提案
  - 地磁気センサを使用した補正
  - 前後の判定を考慮した補正
- ▶ 評価と検討
  
- ▶ 今後の予定
  - 提案した方式の実装に向けて検討を行う

# 付録

# 高齢人口の現状と将来

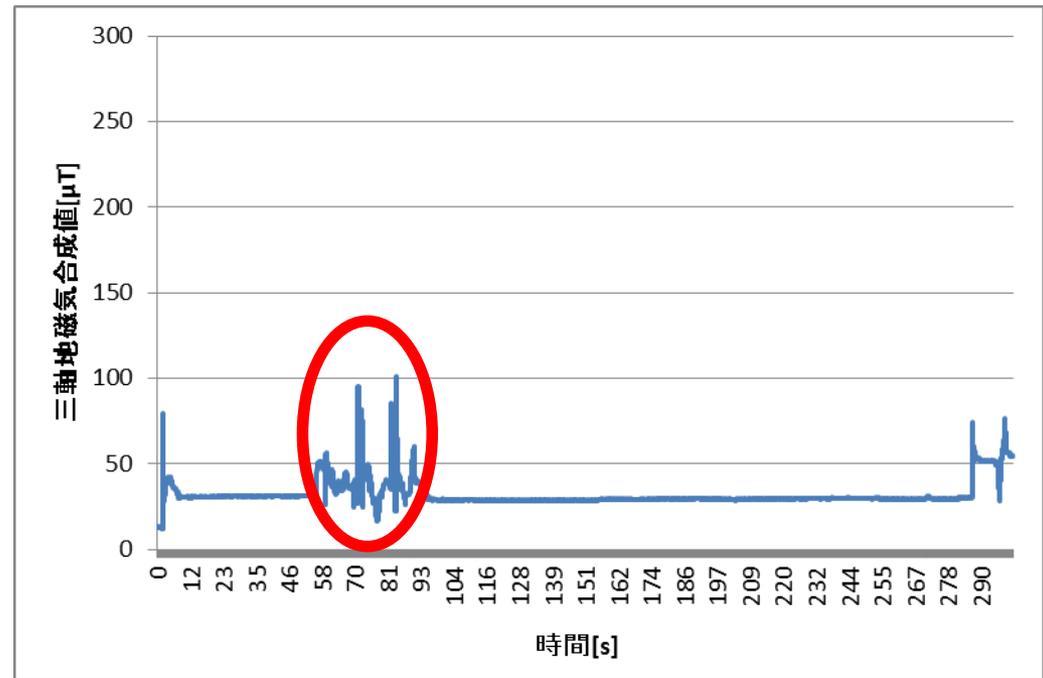
- ▶ 国立社会保障・人口問題研究所によれば、少子高齢化により、高齢人口(65歳以上の人口)は高まり、また、人口減少により、高齢化率(高齢人口の総人口に対する割合)は、高まると予想されている
  - 2013年に25.1%と4人に1人が65歳以上となり、2060年には39.9%と2.5人に1人が65歳以上と予想されている



手軽に見守れるシステムの需要が高まる

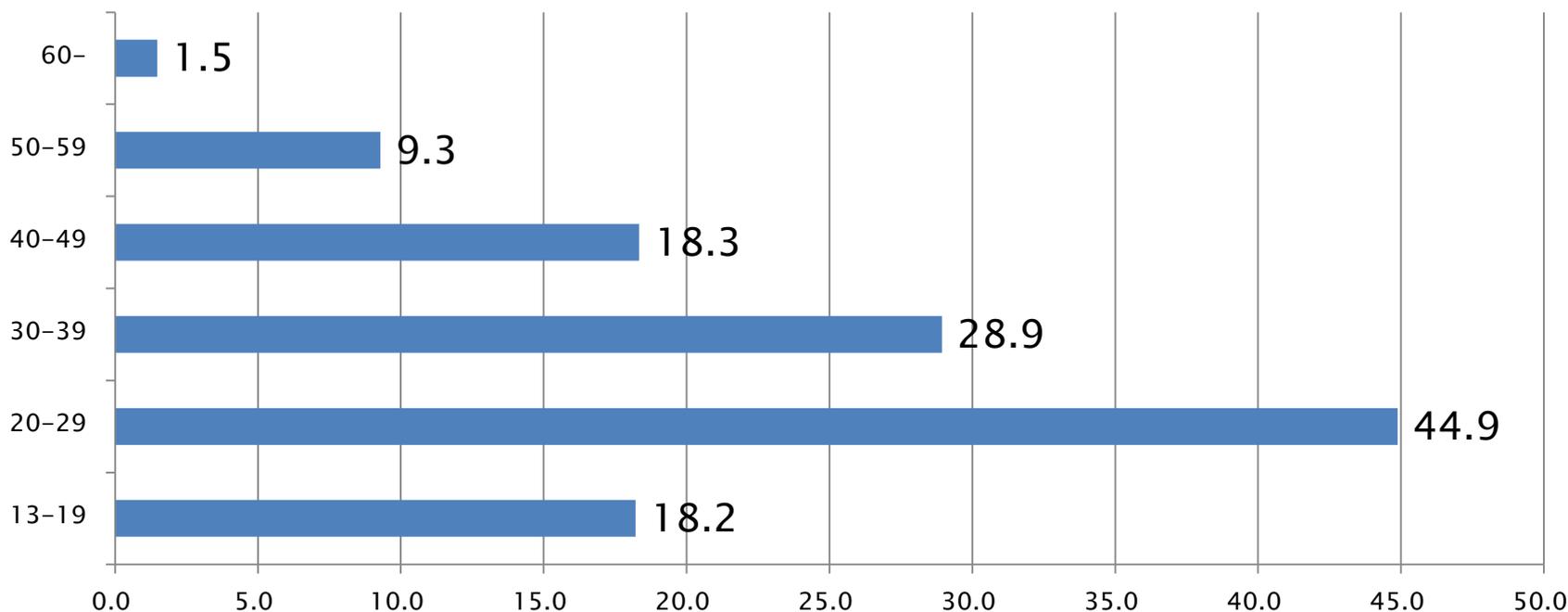
# 突発的な地磁気量の変化

- ▶ スマートフォンの傾きなどによって突発的に地磁気量が増える
- ▶ 歩行などをした際にも突発的な地磁気量の変化が確認されている



# スマートフォンの普及率

- ▶ スマートフォンの世代別個人利用の状況
  - 50歳以上のスマートフォン保有率は約10%



総務省「平成24年通信利用動向調査」

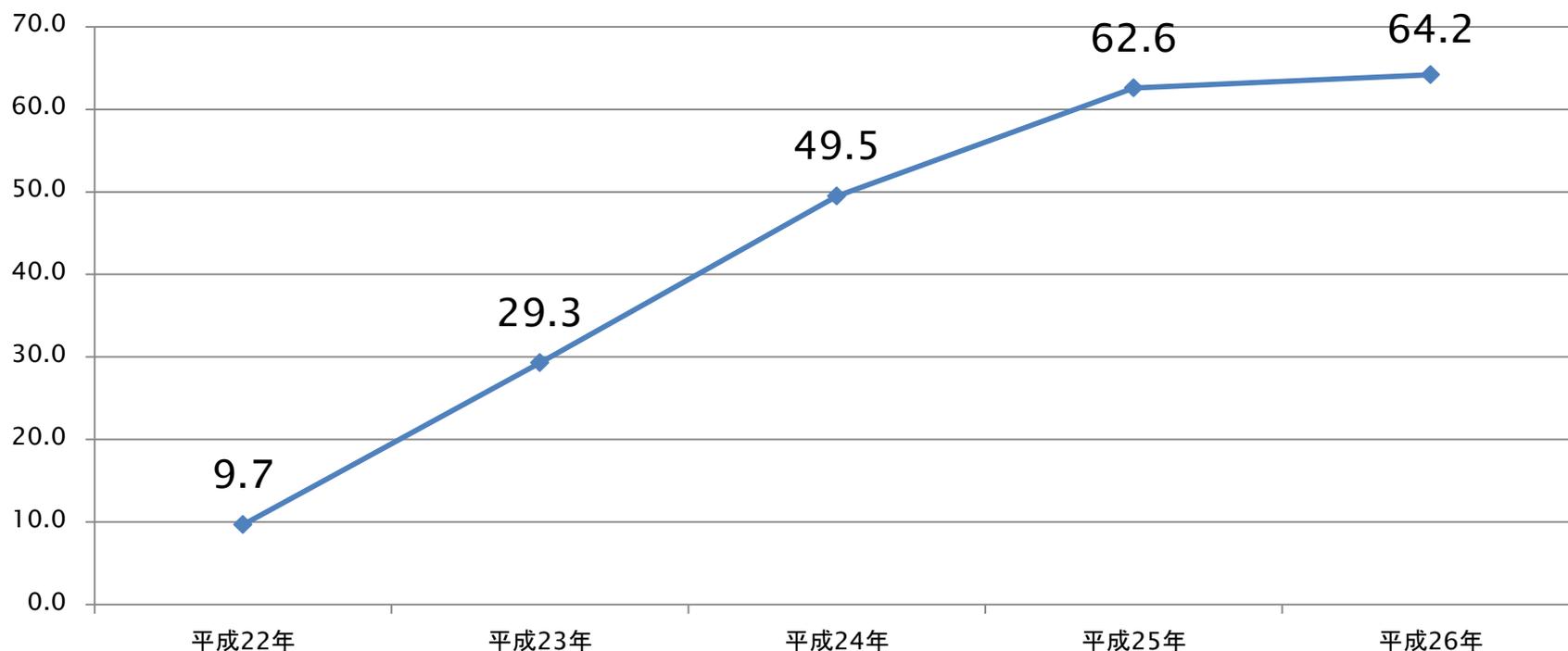
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>

# スマートフォンの普及率の推移

## ▶ スマートフォンの世帯保有率の推移

- 平成22年度から4年で約50%上昇

[%]

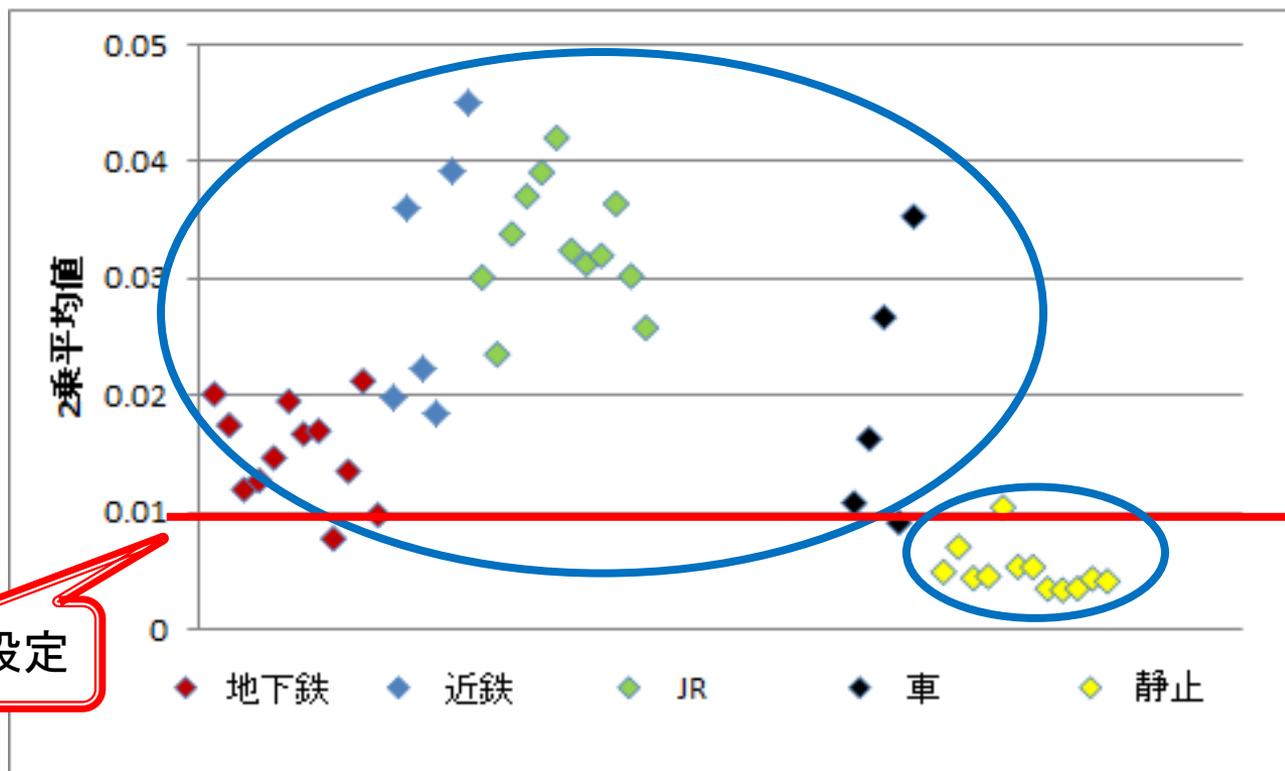


総務省「平成26年通信利用動向調査」

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05a.html>

# 2乗平均値の閾値の決定方法

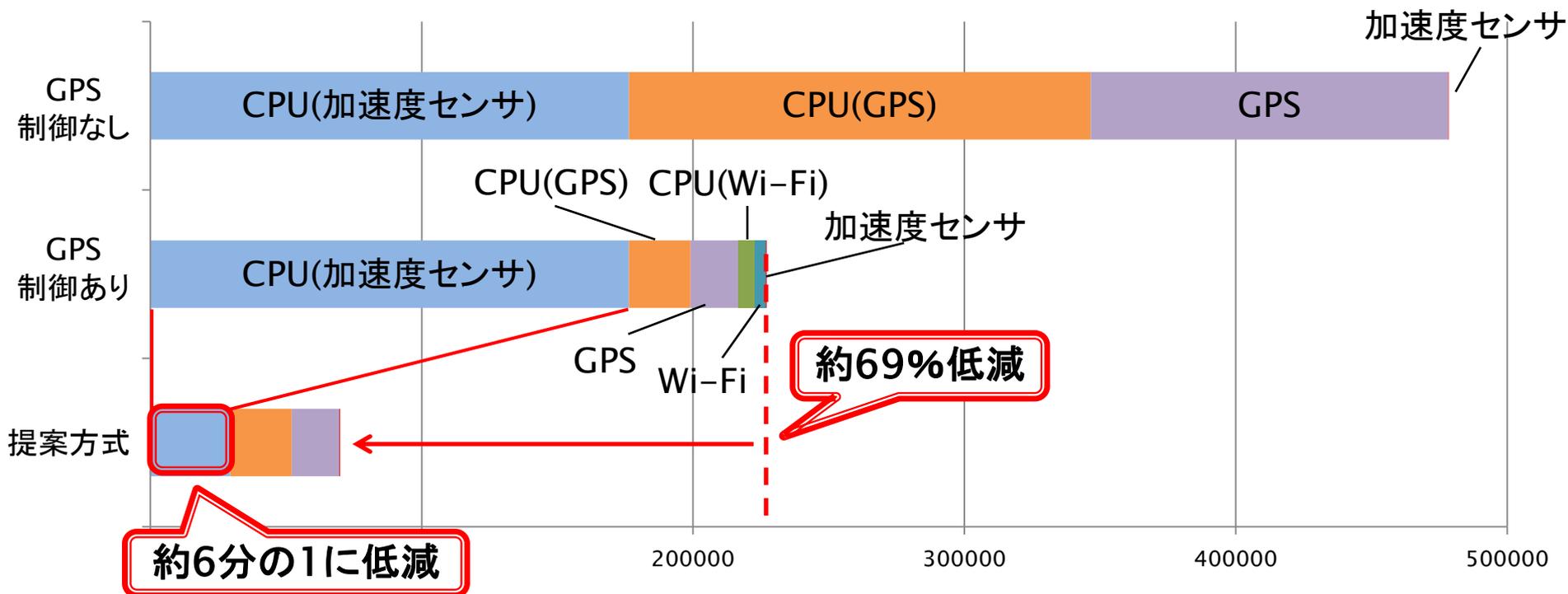
- ▶ 乗車時に比べ、静止時の2乗平均値は値が小さい  
⇒ 中間である0.01を閾値として設定



# 消費電力の予測

- ▶ 通勤・通学，買い物など移動している時間は一日平均4時間ほどであると予想される(※)

⇒一日における消費電力が約69%低減可能

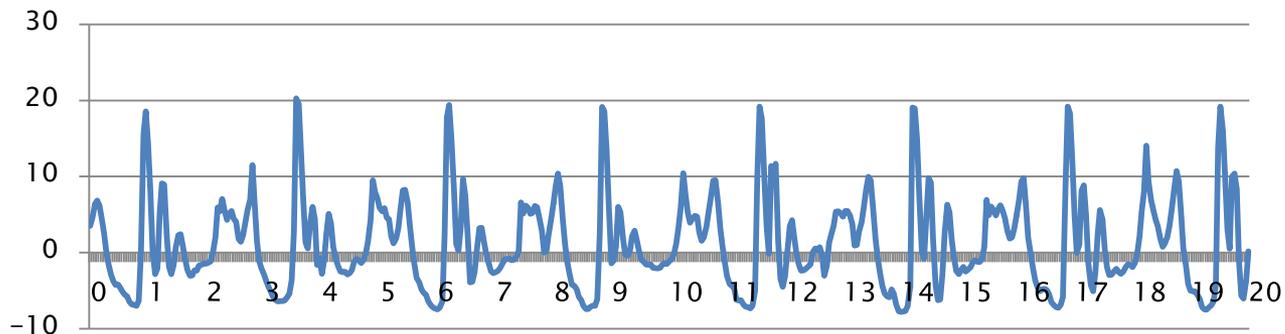


(※)総務省統計局:

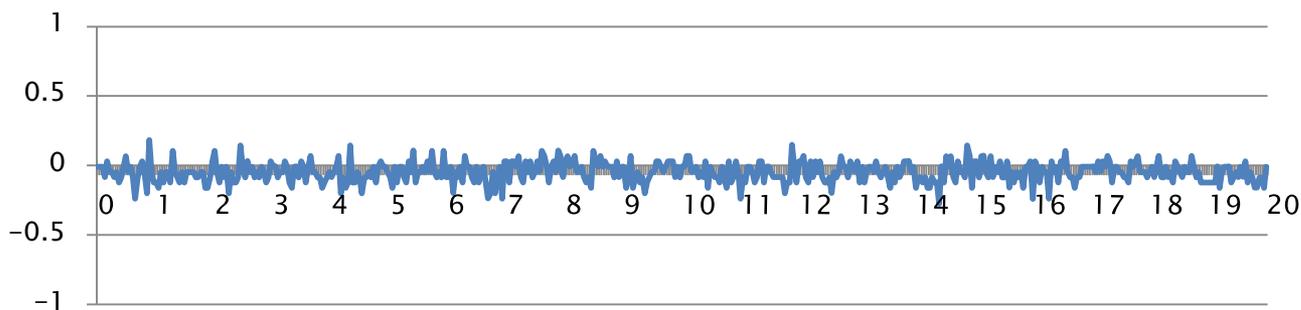
<http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/pdf/houdou2.pdf>

単位:mAs/h

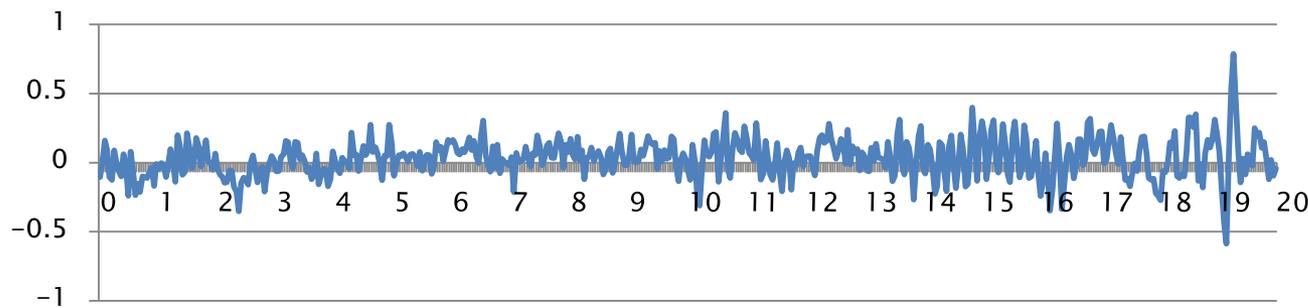
# 加速度センサで検出できる特徴量



歩行中



静止中

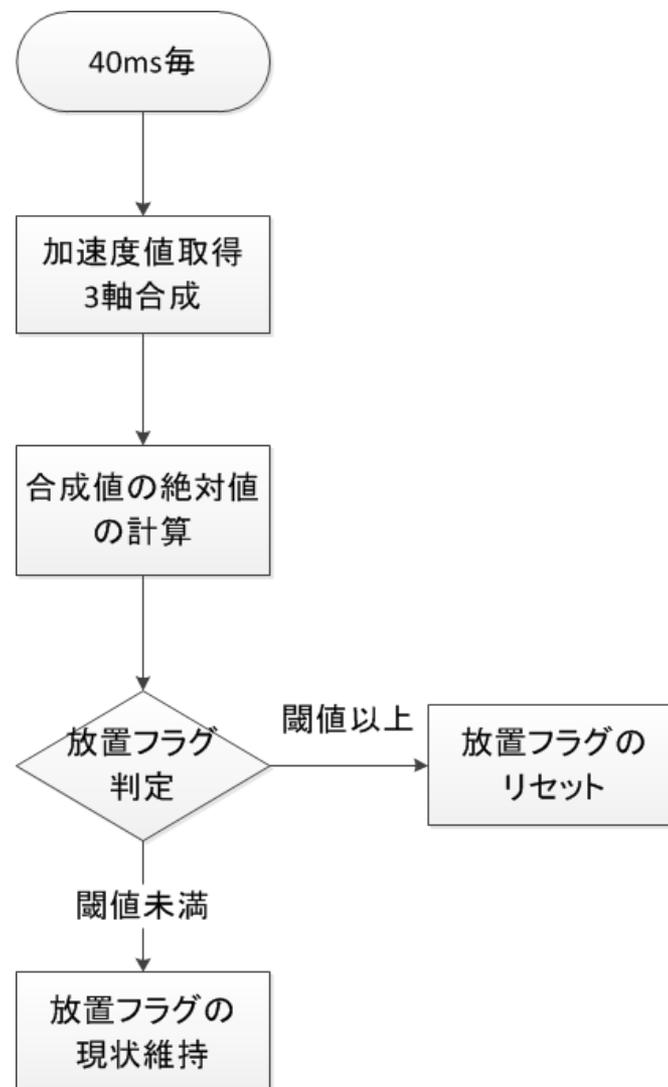


電車乗車中

# 40ms毎のセンサ取得処理

## ▶ 保持判定の処理

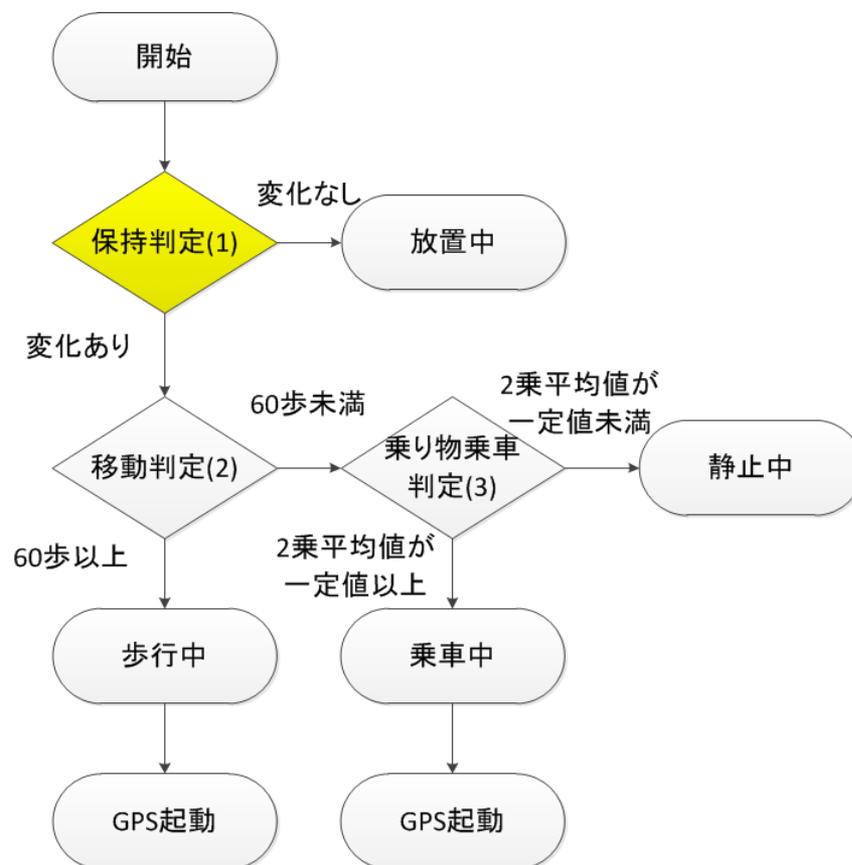
- 加速度取得後, X軸, Y軸, Z軸の3軸合成
- 合成値の絶対値を計算
- 放置フラグ判定
  - 絶対値が閾値未満の場合  
⇒ 放置フラグの現状維持
  - 絶対値が閾値以上の場合  
⇒ 放置フラグのリセット



# 提案する行動判定(保持判定)

## ▶ スマートフォンの保持判定

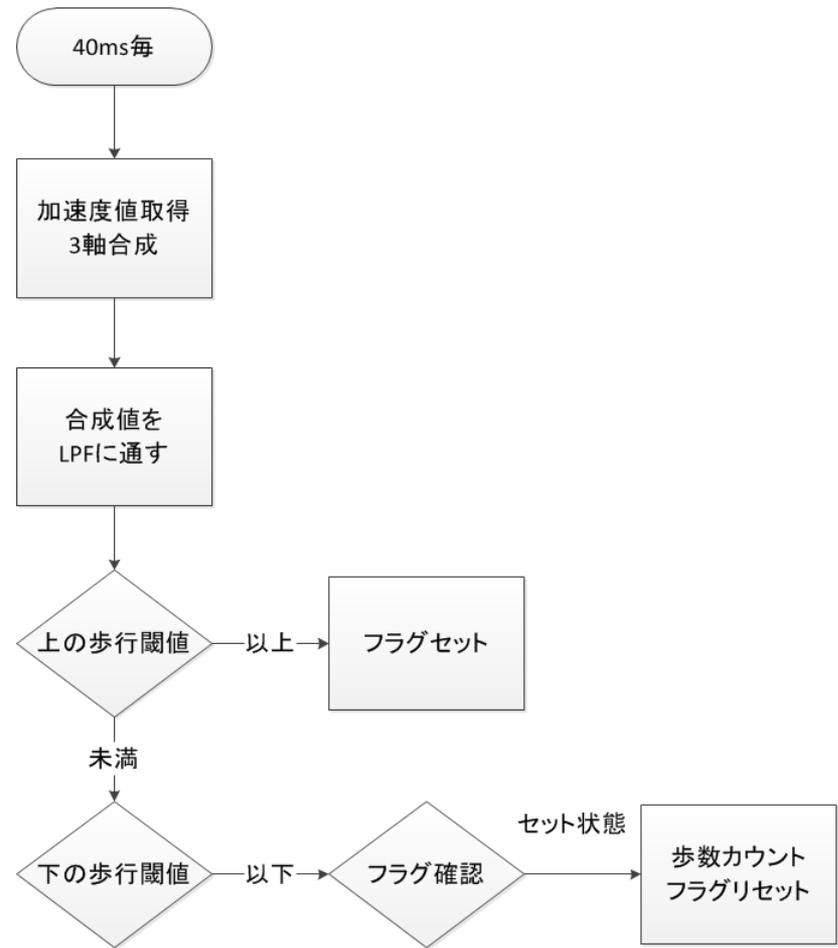
- 2分間スマートフォンの加速度に変化なし  
⇒「放置中」
- 加速度に変化あり  
⇒移動判定を行う
- 放置フラグをセット



# 40ms毎のセンサ取得処理

## ▶ 歩数計の処理

- 加速度取得後, X軸, Y軸, Z軸の3軸合成
- 合成値をLPFに通す
- 上の閾値以上かどうかの確認
  - 閾値以上の場合⇒「フラグセット」
  - 閾値未満の場合⇒下の閾値と比較
- 下の閾値以下かどうかの確認
  - 閾値以下・フラグがセット状態の場合⇒歩数カウントを加算(フラグリセット)



LPF: ローパスフィルタ

# 40ms毎のセンサ取得処理

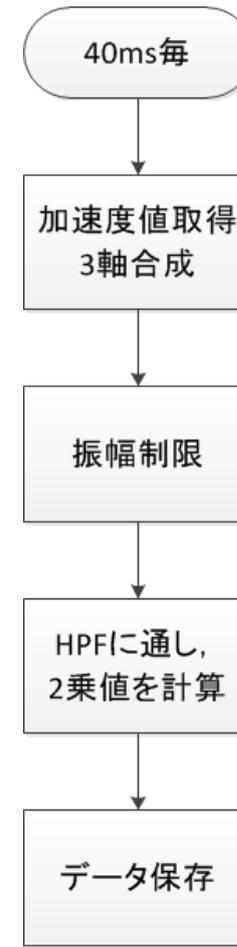
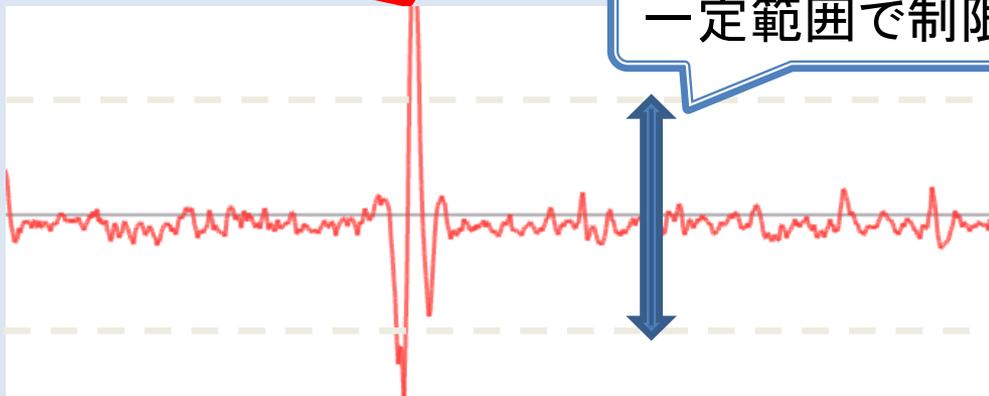
## ▶ 乗り物乗車判定の処理

- 加速度取得後, X軸, Y軸, Z軸の3軸合成
- 振幅制限  
⇒ 誤判定の原因となる歩行時の加速度,

瞬間的な跳ね上がりを0にする

瞬間的な跳ね上がり

一定範囲で制限

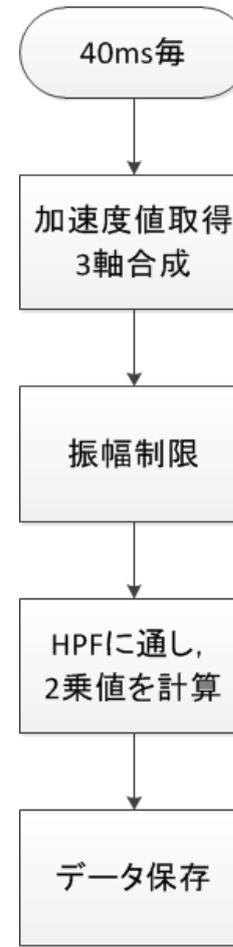


HPF: ハイパスフィルタ

# 40ms毎のセンサ取得処理

## ▶ 乗り物乗車判定の処理

- 加速度取得後, X軸, Y軸, Z軸の3軸合成
- 振幅制限  
⇒誤判定の原因となる歩行時の加速度,  
瞬間的な跳ね上がりを0にする
- HPFに通し, 2乗値の計算  
⇒低周波の揺れを取り除き,  
高周波ノイズを観測しやすくする
- データを保存

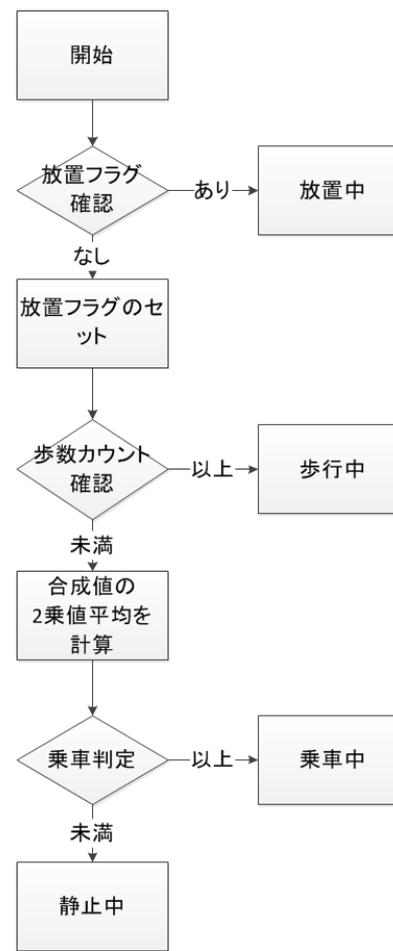


HPF: ハイパスフィルタ

# 提案する行動判定(詳細)

## ▶ 2分毎の処理

- 放置フラグの確認
  - ・ 放置フラグセット状態⇒「放置中」
  - ・ 放置フラグリセット状態⇒放置フラグをセットし, 歩数による移動判定
- 歩数による移動判定
  - ・ 毎分60歩以上⇒「歩行中」
  - ・ 60歩未満⇒加速度合成値の2乗平均値を計算し, 乗り物乗車判定
- 乗り物乗車判定
  - ・ 2乗平均値が一定値以上⇒「乗車中」
  - ・ 一定値未満⇒「静止中」

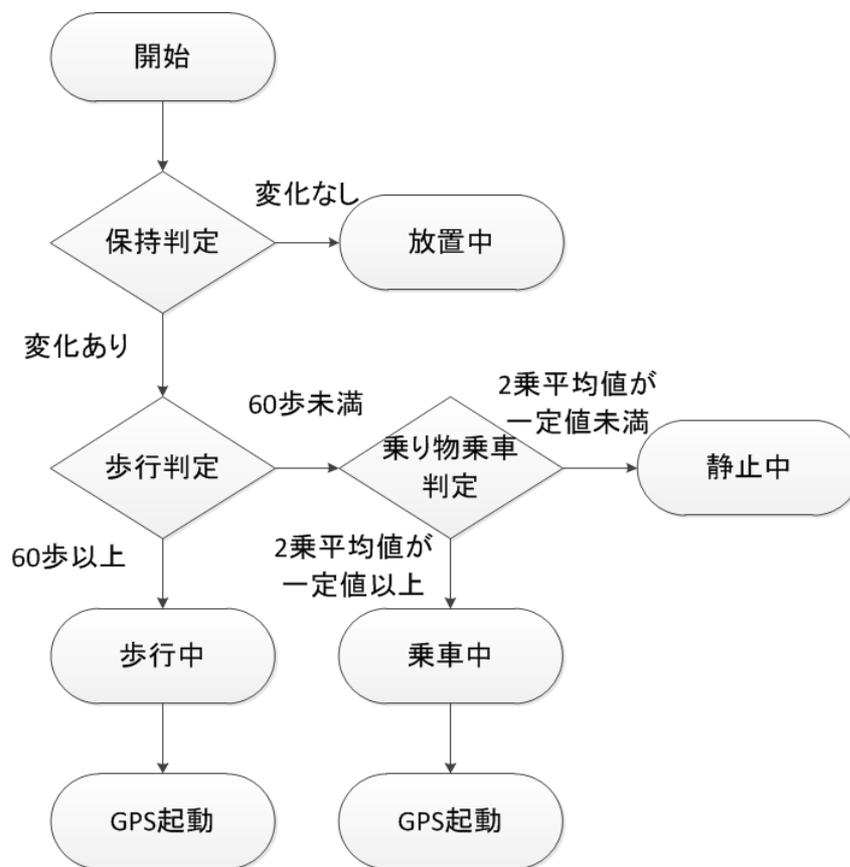


# 提案する行動判定

- ▶ 行動判定に利用するセンサ
  - 加速度センサ
- ▶ 判定する行動
  - 放置中
  - 歩行中
  - 乗り物乗車中
  - 静止中
- ▶ 必要に応じてCPUをサスペンド
  - 放置・静止時

# 行動判定フロー

- ▶ 2分毎に判定開始
  - スマートフォンの保持判定
  - 歩数による歩行判定
  - 加速度センサを用いた乗り物乗車判定



# 処理毎の2乗平均値の推移

- ▶ 処理毎に静止時と乗車時の2乗平均値の差が大きくなっている

