

TLIFES における低消費電力な行動判定方式の検討

丸山 敦志*, 旭 健作, 鈴木 秀和, 渡邊 晃(名城大学)

Study of Behavior Recognition Method Low Power Consumption in TLIFES
Atsushi Maruyama, Kensaku Asahi, Hidekazu Suzuki, Akira Watanabe (Meijo University)

1 はじめに

近年、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。しかし、現状の TLIFES の位置や行動状態を判定する方式では、スマートフォンの消費電力が大きく、稼働時間に大きな影響を与えており、TLIFES の普及の妨げになっている。そこで、本稿では、この課題を解決するため、ユーザの位置や行動状態を判定する手法について検討した。

2 従来の TLIFES の行動判定方式と問題点

TLIFES では TLIFES に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、ユーザの行動判定に利用する。センサ情報の取得には、GPS や Wi-Fi、加速度センサなどを用いる。

従来の TLIFES では消費電力の大きい GPS の起動時間を削減するため、GPS より消費電力の小さい Wi-Fi の情報を利用していた [2]。ユーザがスマートフォンを所持している間は常に Wi-Fi の固有の値である BSSID の情報を取得する。前回取得した Wi-Fi の BSSID と同じ BSSID が確認できた場合、ユーザは Wi-Fi の電波が届く範囲内から外側に移動していないと判断し、GPS による位置情報取得は行わない。

以上の工夫から GPS による電力消費量の削減により、全体的な消費電力量は小さくなった。しかし、Wi-Fi を常に起動しているため、それに対する消費電力が大きくなった。また、GPS の消費電力が減ったことにより、CPU の動作に対する消費電力の割合が相対的に大きくなった。これらの電力を減らすことが現状の課題となる。

3 行動判定方式の検討

上記の課題を解決するために、提案手法では Wi-Fi を利用せず、加速度センサのみを用いてユーザの行動判定を行う。また、必要に応じて CPU をサスペンドすることにより、消費電力を低減する。

Fig.1 に行動判定の処理手順を示す。以下に示す番号は Fig.1 内の番号に対応している。

(1) スマートフォンの保持判定

加速度センサから得られる情報を用いて、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を行う。得た情報に変化がない場合は放置中と判定する。変化がある場合は移動判定を行う。

(2) 移動判定

加速度センサから得た情報により歩数を計測し、ユーザが歩行しているかどうかの判定を行う。1 分間で 60 歩以上の場合 (30 秒以上歩行している状態に相当) は歩行中と判定する。その後、

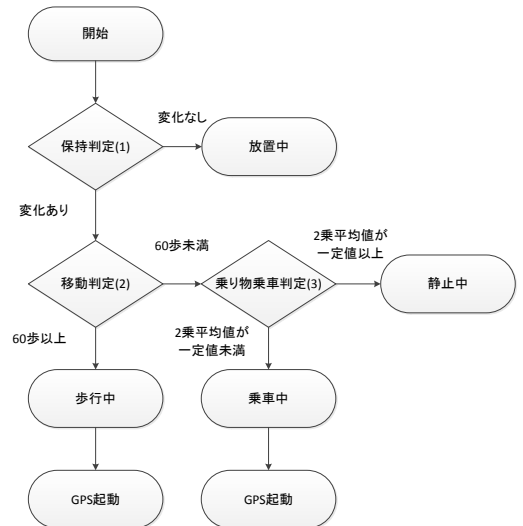


Fig. 1 Proposed method of behavior recognition.

GPS を起動し位置情報の取得・更新を行う。60 歩未満の場合は乗車判定を行う。

(3) 乗車判定

車やバスなどに乗車しているときに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できる。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う。加速度データの 2 乗平均値が一定値以上の場合、ユーザは何らかの乗り物に乗車していると判断する。乗車中と判定した後、GPS を起動し位置情報の取得・更新を行う。2 乗平均値が一定値未満の場合は、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と判断し静止中と判定する。

放置中、静止中と判定している間は、歩数のカウントや加速度データのノイズ除去などの処理を行う必要はないため、CPU をサスペンドし、定期的 (数秒単位) に状態が継続しているかどうかだけを判定する。以上の手法により Wi-Fi を利用せずにユーザの行動判定を行うことができる。また、CPU の処理を減らすことができるため、大幅に消費電力が低減できる。

4 まとめ

本稿では、スマートフォンによる低消費電力のユーザ行動判定の手法について検討した。今後は Android 端末上での実装に反映し、評価を行っていく。

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), Vol.3, No.3, pp.1-10, July.2013.
- [2] 加藤 大智, 他 : 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, Jan.2013.

TLIFESにおける低消費電力な 行動判定方式の検討

丸山敦志 旭健作 鈴木秀和 渡邊晃
名城大学理工学部



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



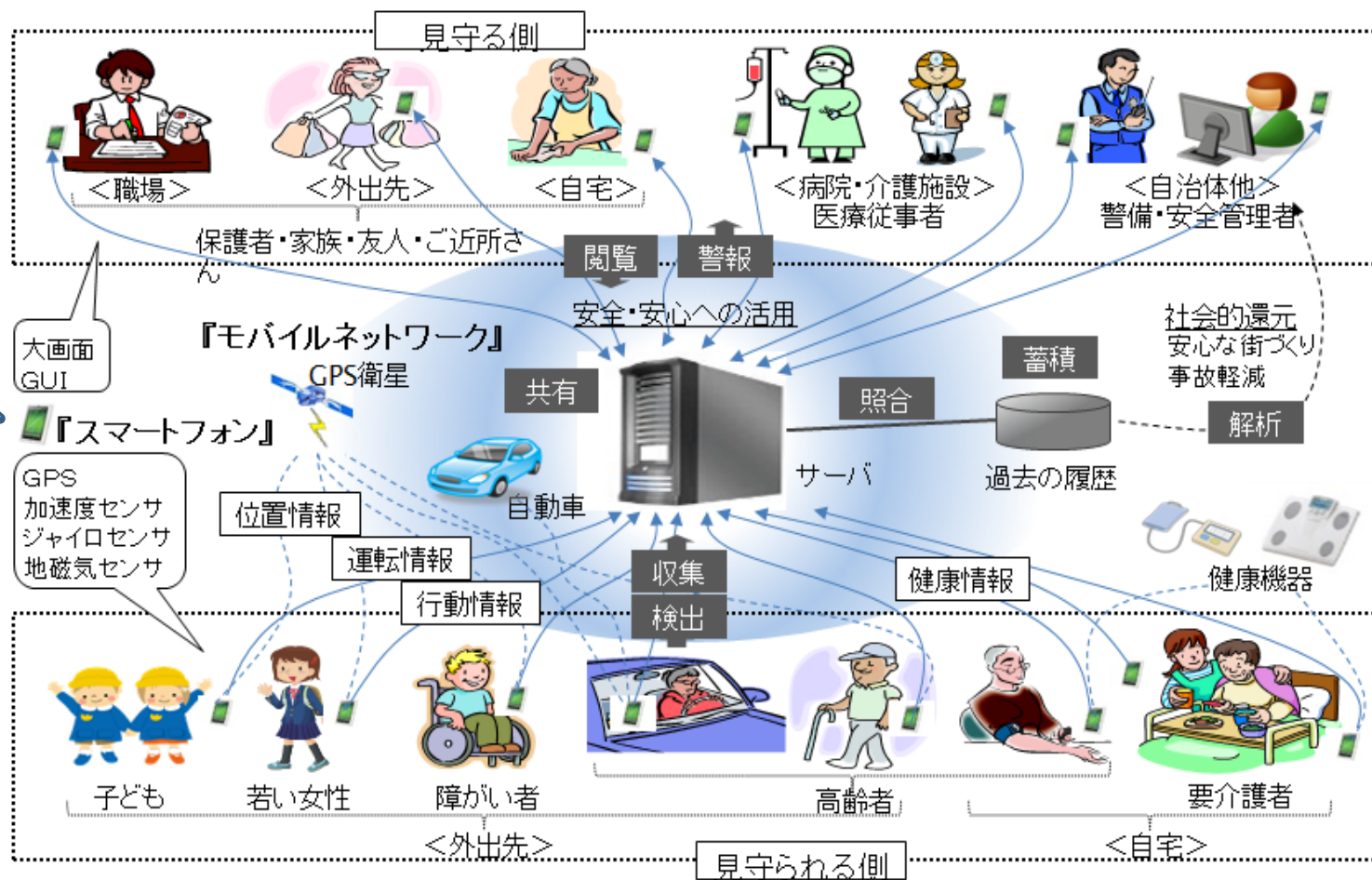
スマートフォンを利用した見守りシステム
TLIFESを提案

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

- ▶ 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

利用者の大きな移動を検知してからGPSを起動



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, GPS, Wi-Fi
- ▶ 判定する行動
 - 放置中
 - 停滞中
 - 歩行中
 - 歩行停滞中
 - 歩行移動中
 - 低速移動中
 - 高速移動中

現状の行動判定(保持判定)

- ▶ スマートフォンの保持判定
 - 加速度センサを利用し, 2分間の加速度を計測
 - 2分間, 加速度に変化がない⇒「放置中」
 - 加速度に変化あり⇒移動・停滞判定を行う



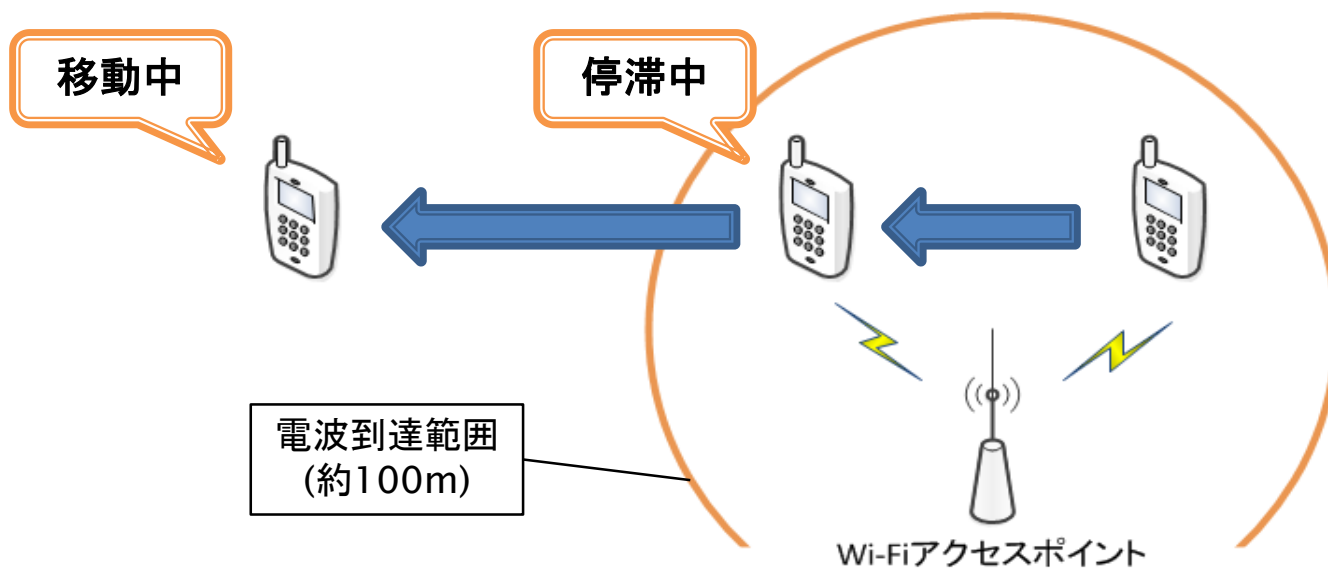
加速度センサの値



加速度変化なし ⇒ 「放置中」

現状の行動判定(移動・停滞判定)

- ▶ Wi-FiのBSSIDを用いた移動・停滞判定
 - 前回取得したBSSIDと同じものを取得
 - ⇒大きく移動していない⇒「停滞中」
 - 前回取得したBSSIDと不一致
 - ⇒大きく移動した⇒GPS起動



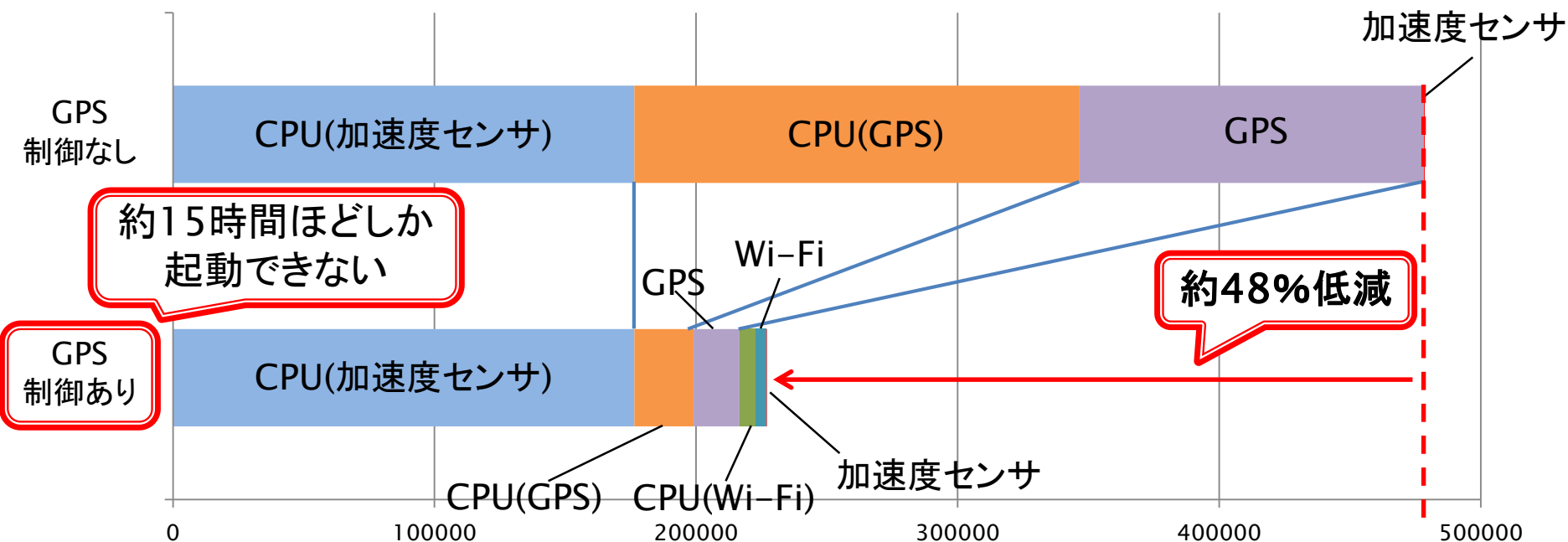
現状の行動判定(移動・停滞・歩行判定)

- ▶ GPS・歩数を用いた移動・停滞・歩行判定
 - GPSから得た距離・時間から速度を計算
 - ・ $\text{速度} = \text{移動距離} / \text{経過時間}$
 - 加速度センサから得た加速度値から歩数をカウント
 - 速度・歩数から「高速移動中」「低速移動中」「歩行移動中」「歩行停滞中」「停滞中」を判定



消費電力測定結果

- ▶ Wi-Fiを用いた移動・停滞判定によりGPSの起動を抑える
⇒ TLIFES全体にかかる消費電力が約48%低減
- ▶ 現状のTLIFESでも約15時間ほどしか連続起動できない
⇒ より消費電力の低減が求められる



消費電力測定アプリ「CORE Power Profiler(*)」を使用

(*)<http://www.core.co.jp/product/smartdevice/outline/corepowerprofiler.html>

現状のTLIFES行動判定の課題

- ▶ 消費電力をさらに小さくしたい
 - Wi-Fiの起動にかかる消費電力がかかる
 - CPUにかかる消費電力が大きい
- ▶ 誤判定が多い
 - 電車乗車時など、GPSによる位置測位が行えない場所が多い
⇒ 電車乗車中などGPSからの情報を受信できない場合、誤判定されてしまうことがある



GPSから得られる位置情報は移動判定に適さない

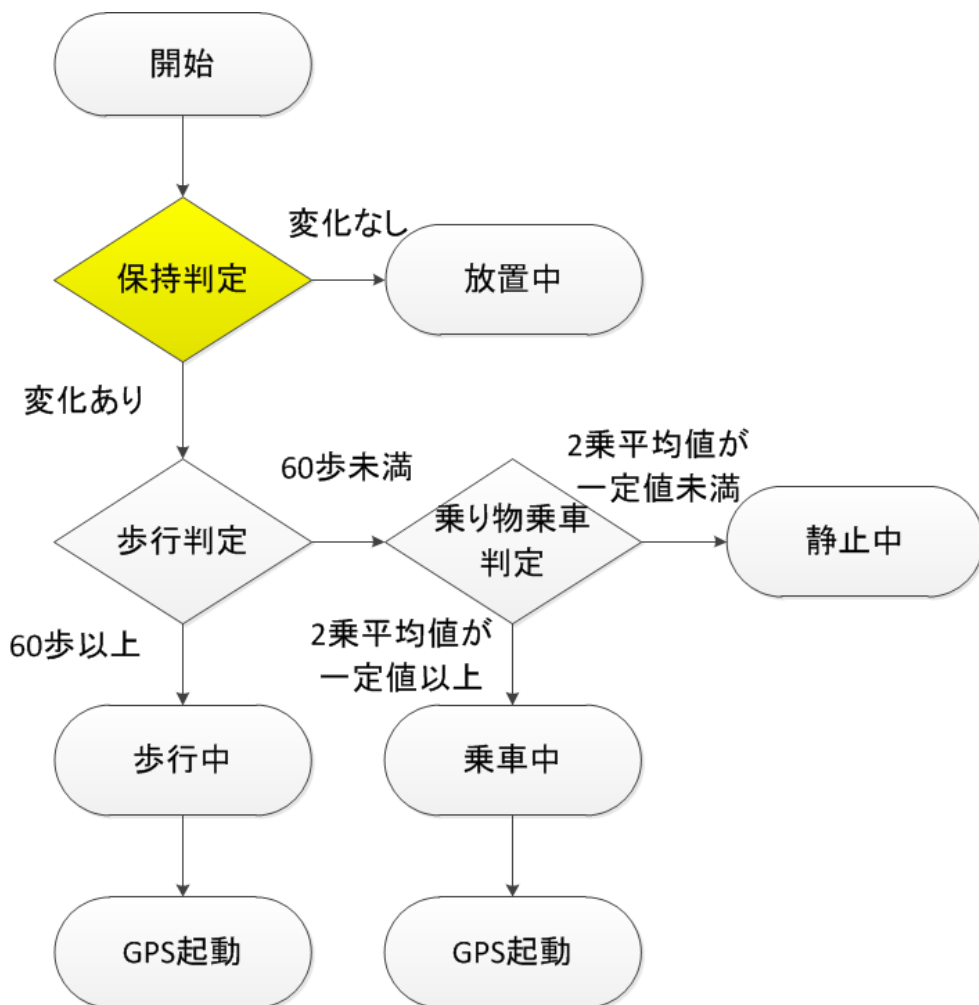
提案方式の概要

- ▶ 行動判定において加速度センサのみを使用
 - Wi-Fi・GPSによる位置情報は使用しない
- ▶ 判定する行動は実用性を考慮し、「放置中」「歩行中」「乗り物乗車中」「静止中」の4つ
- ▶ CPUは歩数カウント時のみ常時起動する
 - 放置・静止時はCPUをサスペンドする

行動判定フロー(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
⇒歩行判定を行う



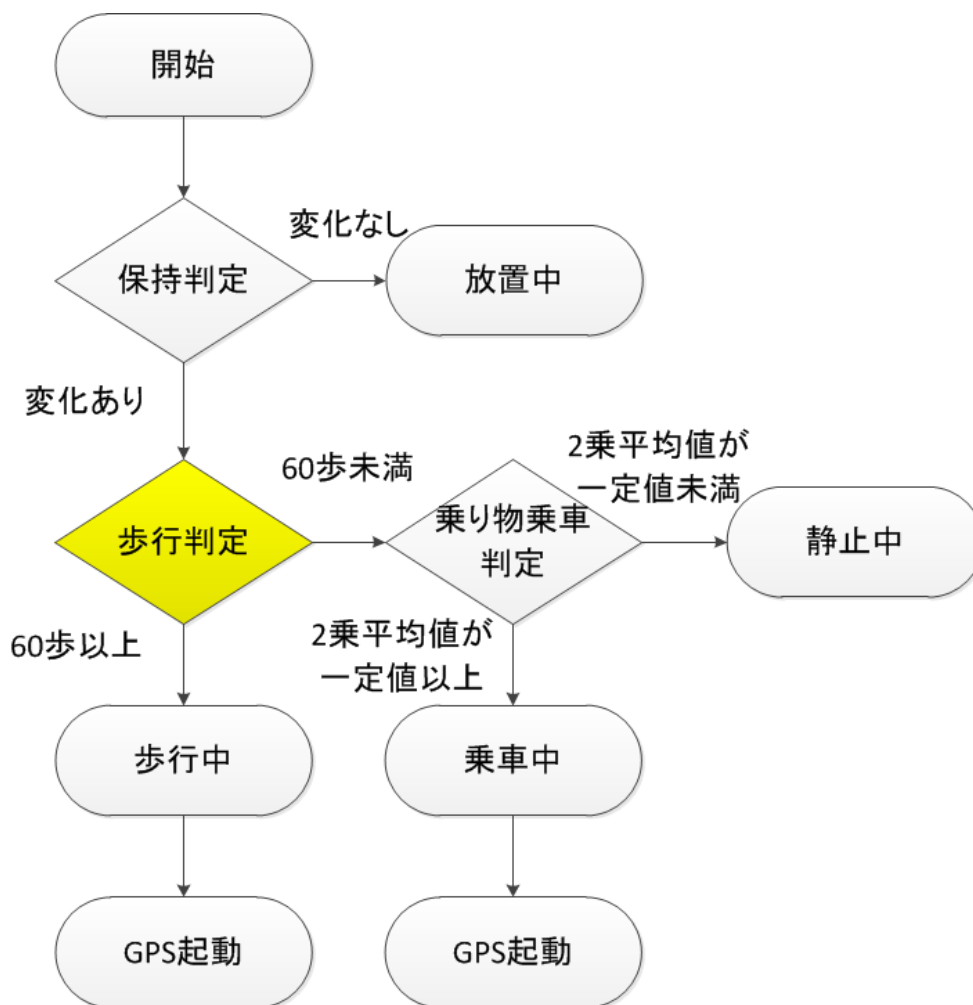
行動判定フロー(歩行判定)

▶ 歩数による歩行判定

- 毎分60歩以上
⇒「歩行中」
⇒GPS起動し、位置情報を更新
- 毎分60歩未満
⇒乗り物乗車判定を行う

※閾値毎分60歩について

人の平均歩数が毎分120歩であり、
判定する時間の半分以上歩いていたら
歩行中と判定するため



行動判定フロー(乗車判定)

▶ 乗り物乗車判定

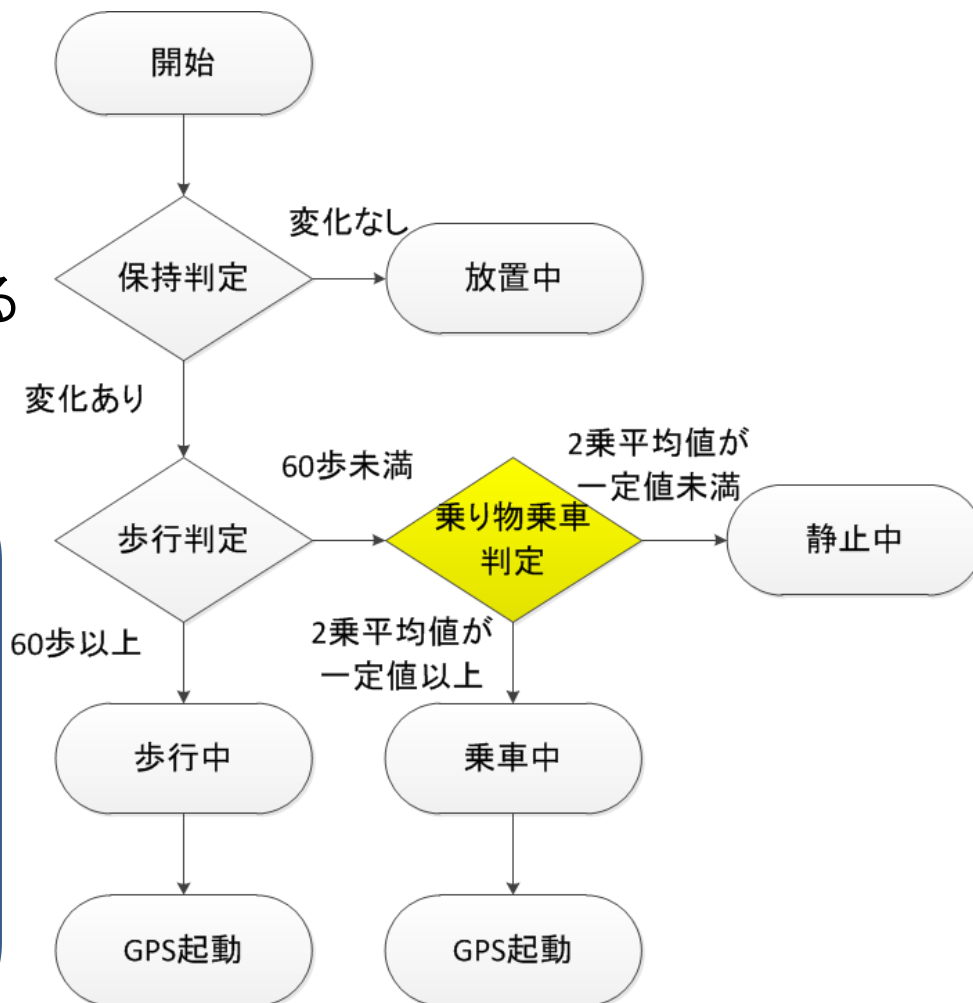
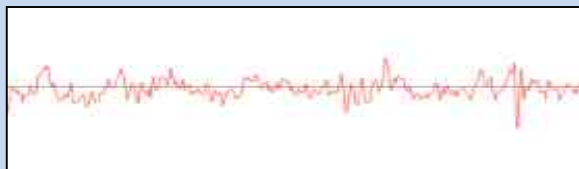
- 加速度データを利用
- 乗り物乗車時に連続で検出できる高周波ノイズを利用

加速度合成値の波形

静止中



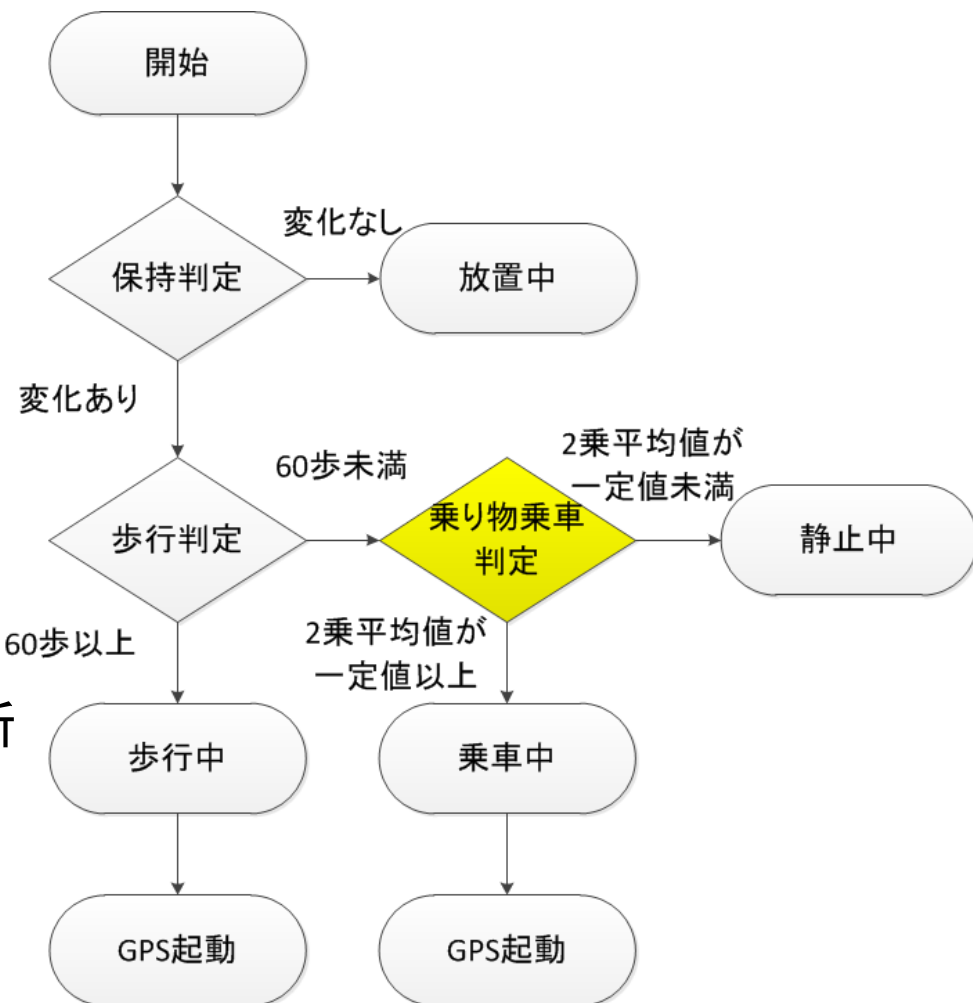
乗り物
乗車中



行動判定フロー(乗車判定)

▶ 乗車判定

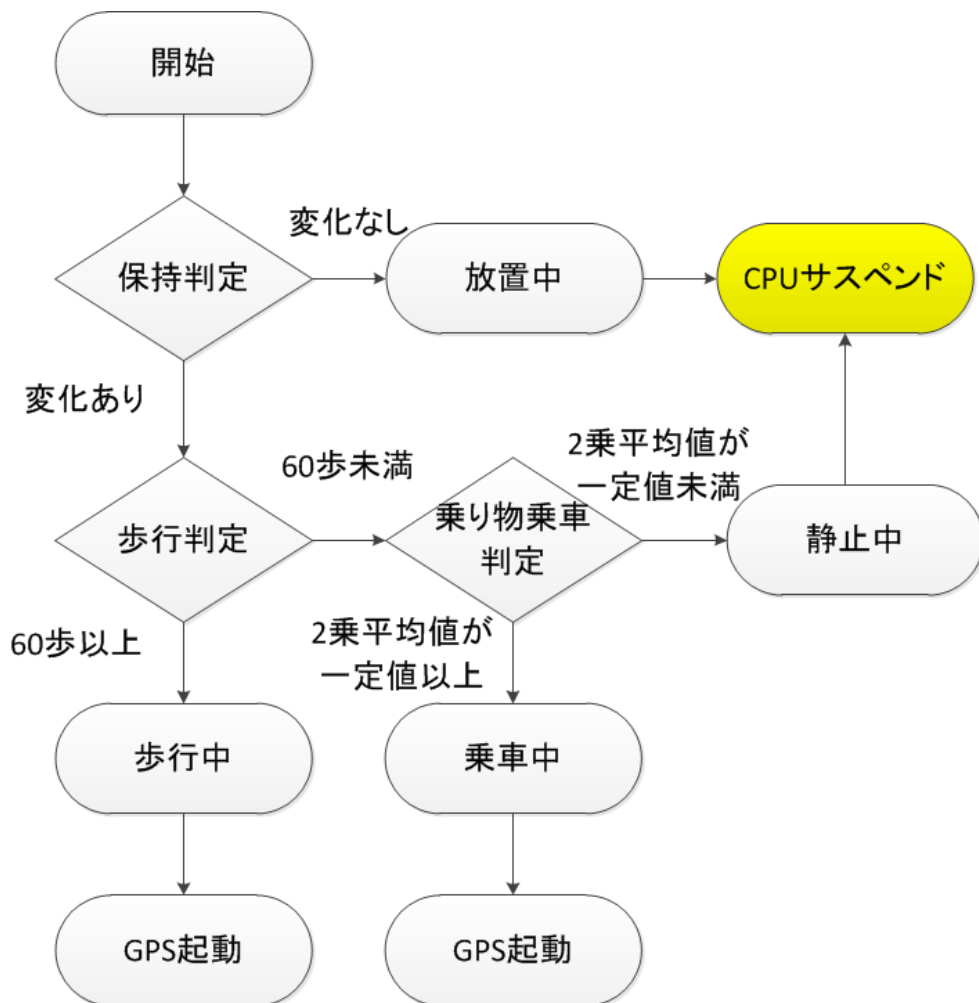
- 加速度データを利用
- 乗車時に連続で検出できる高周波ノイズを利用
- 加速度合成値の2乗平均値が一定値以上
⇒「乗り物乗車中」
⇒GPSを起動し、位置情報の更新
- 一定値未満⇒「静止中」



CPUサスペンド処理

▶ 必要に応じてCPUサスペンド

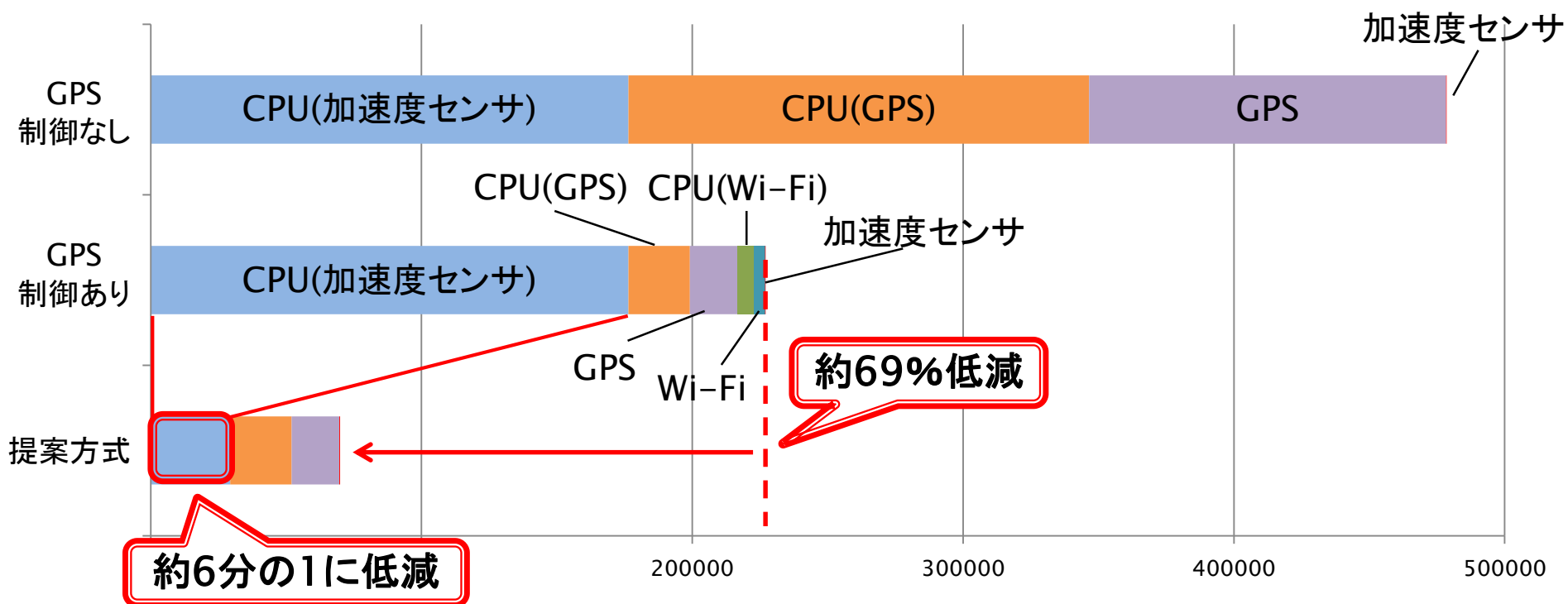
- 「放置中」, 「静止中」と判定
⇒CPUをサスペンド
- 定期的に加速度の状態が継続しているかどうか判定
 - 加速度に変化なし(継続状態)
⇒CPUを再びサスペンド
 - 加速度に変化あり
⇒定期処理開始



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

まとめ

- ▶ 現状の行動判定方式の課題
 - 誤判定が多い
 - 消費電力が大きい
- ▶ 新しい行動判定方式の提案
 - 判定は「放置中」、「歩行中」、「乗り物乗車中」、「静止中」
 - 行動判定には加速度センサのみを利用
 - 必要に応じてCPUをサスペンド
- ▶ 今後の予定
 - 提案内容の実装
 - 行動判定の識別率の評価

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

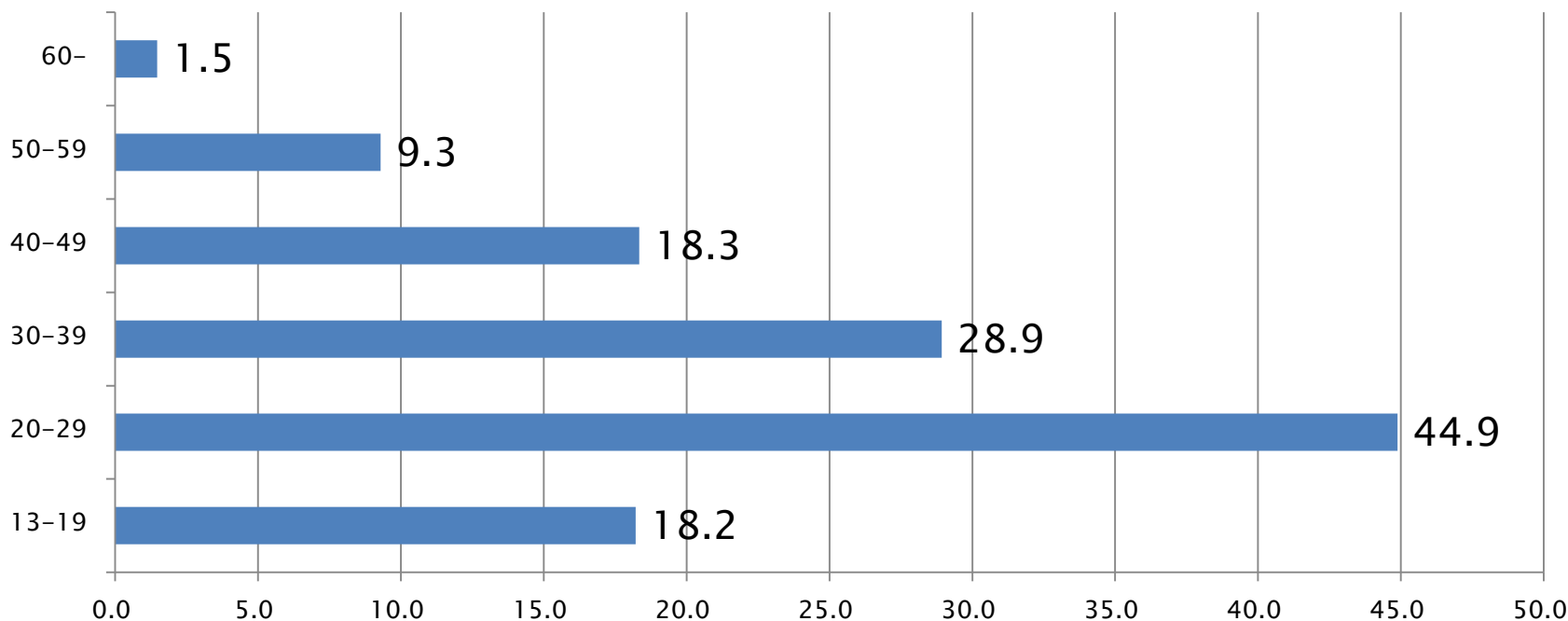


手軽に見守れるシステムの需要が高まる

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」

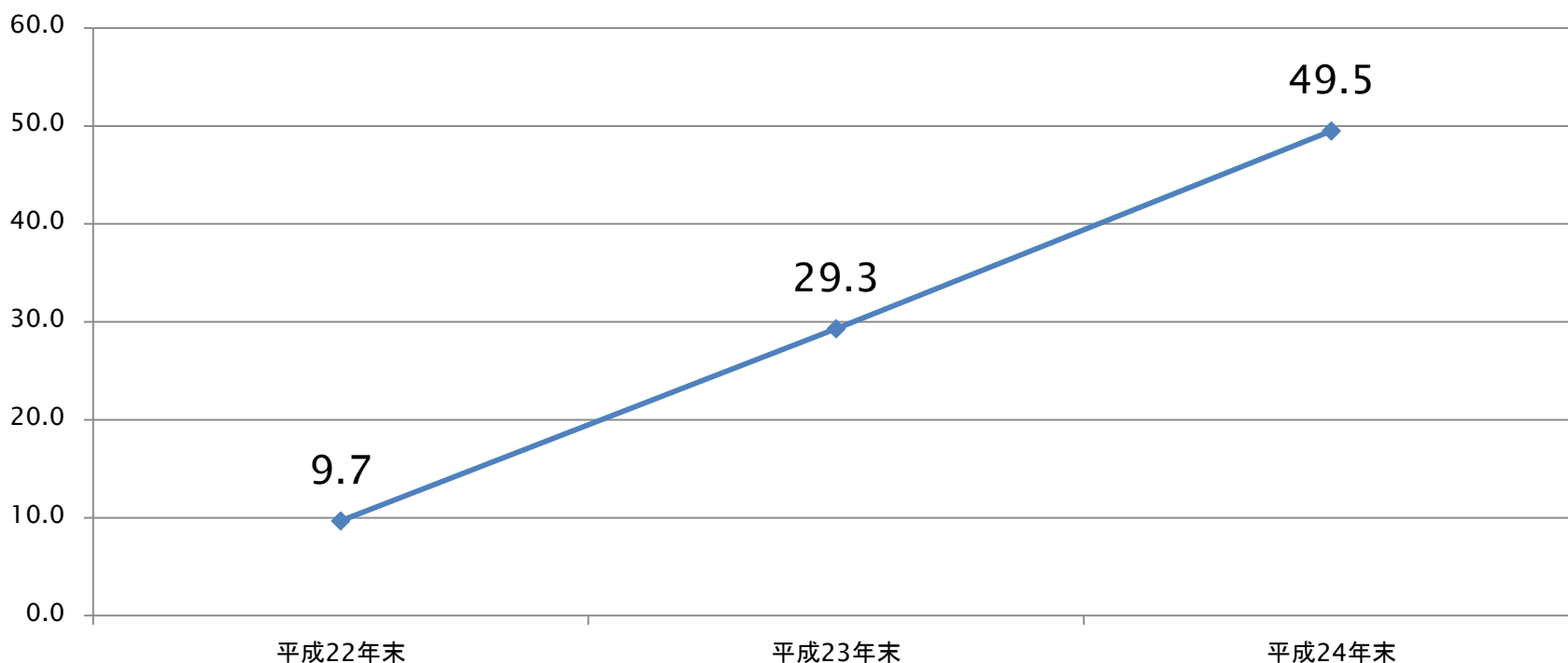
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>

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2年で約40%上昇

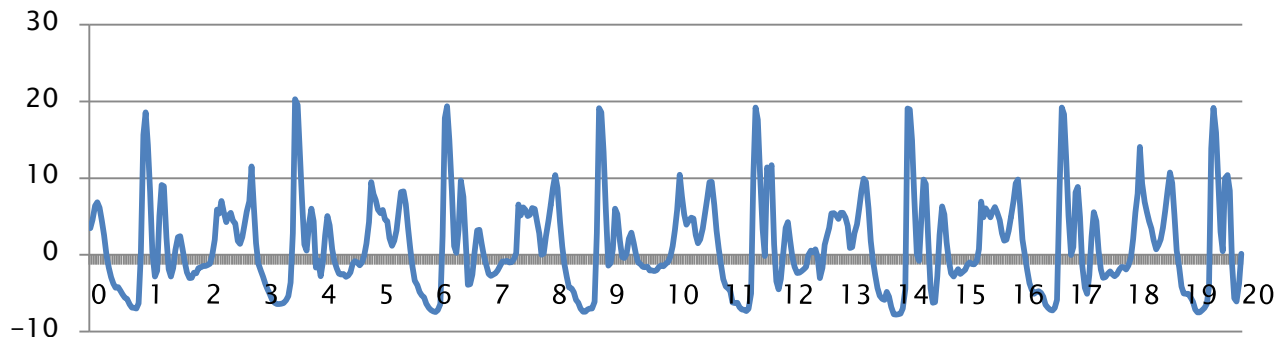
[%]



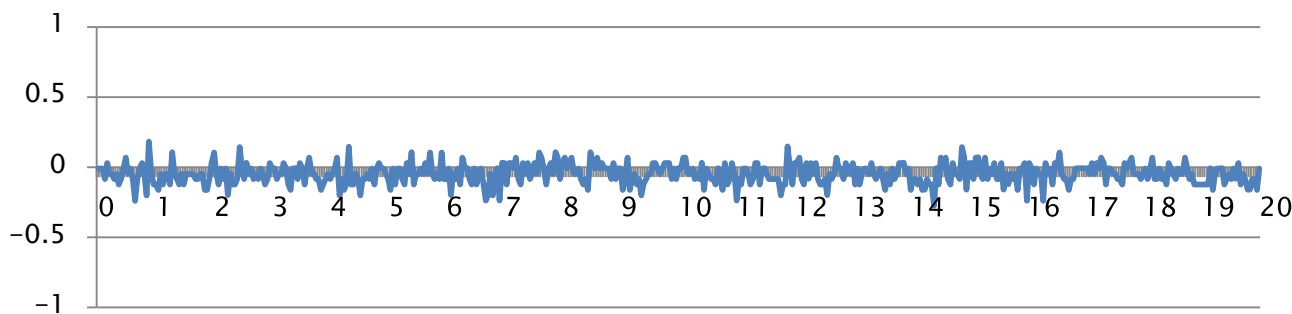
総務省「平成24年通信利用動向調査」

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

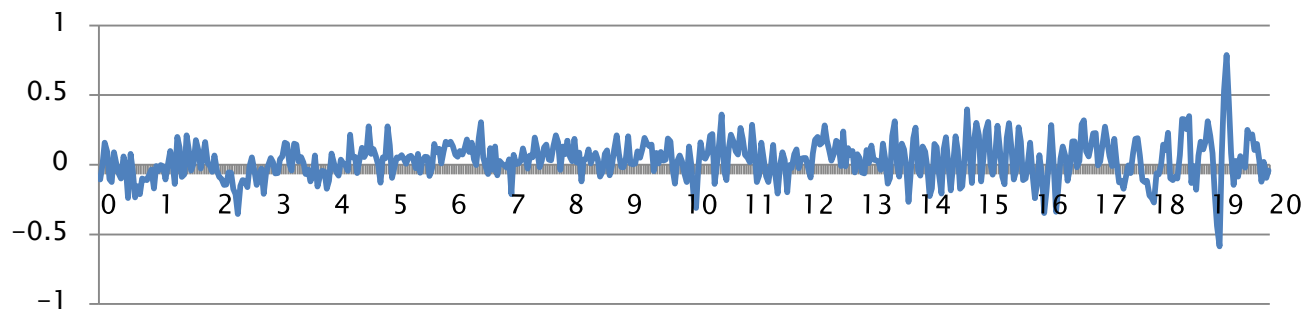
加速度センサで検出できる特徴量



歩行中



静止中

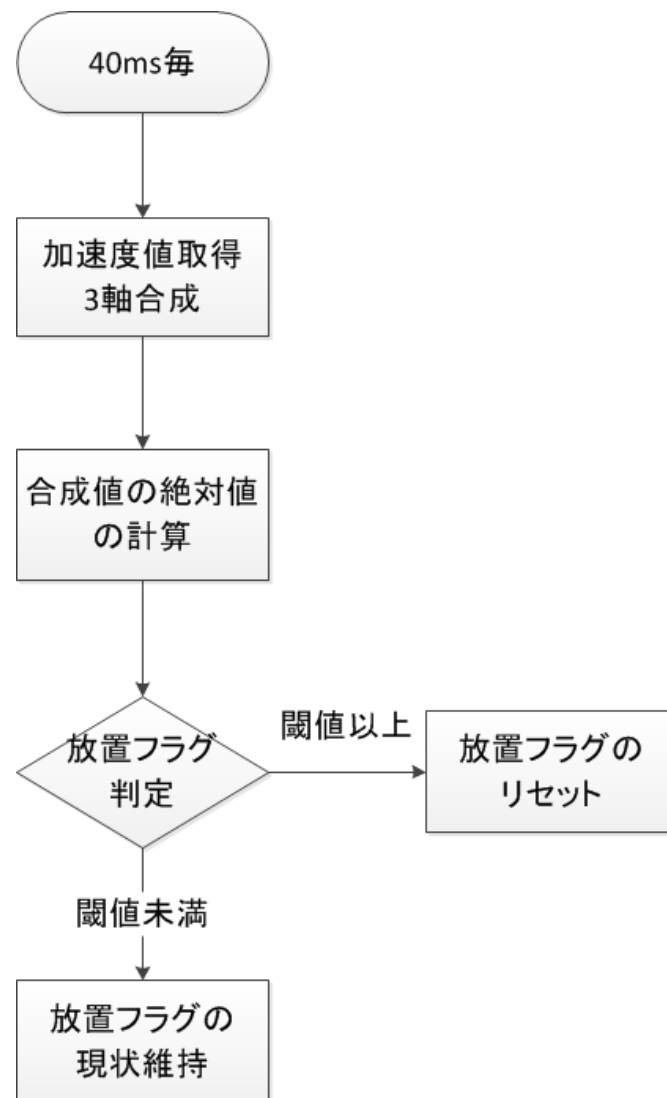


電車乗車中

40ms毎のセンサ取得処理

▶ 保持判定の処理

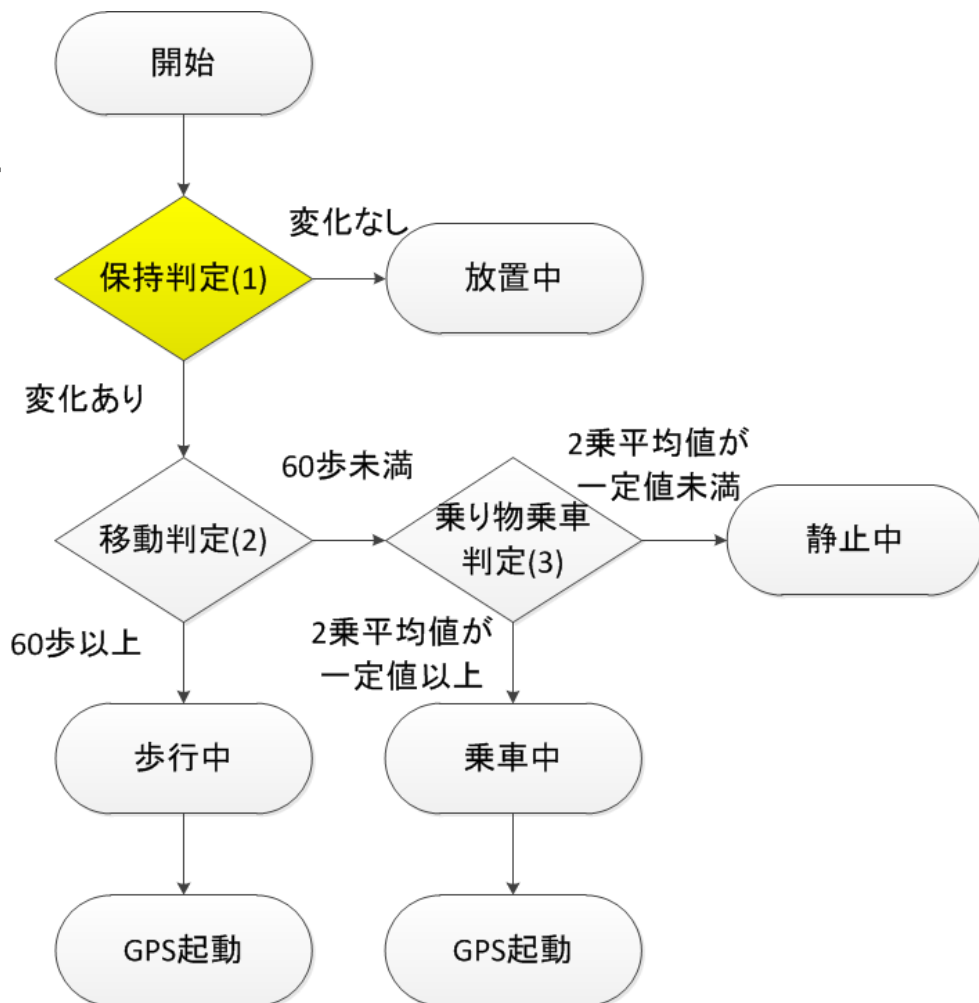
- 加速度取得後, X軸, Y軸, Z軸の3軸合成
- 合成値の絶対値を計算
- 放置フラグ判定
 - 絶対値が閾値未満の場合
⇒ 放置フラグの現状維持
 - 絶対値が閾値以上の場合
⇒ 放置フラグのリセット



提案する行動判定(保持判定)

▶ スマートフォンの保持判定

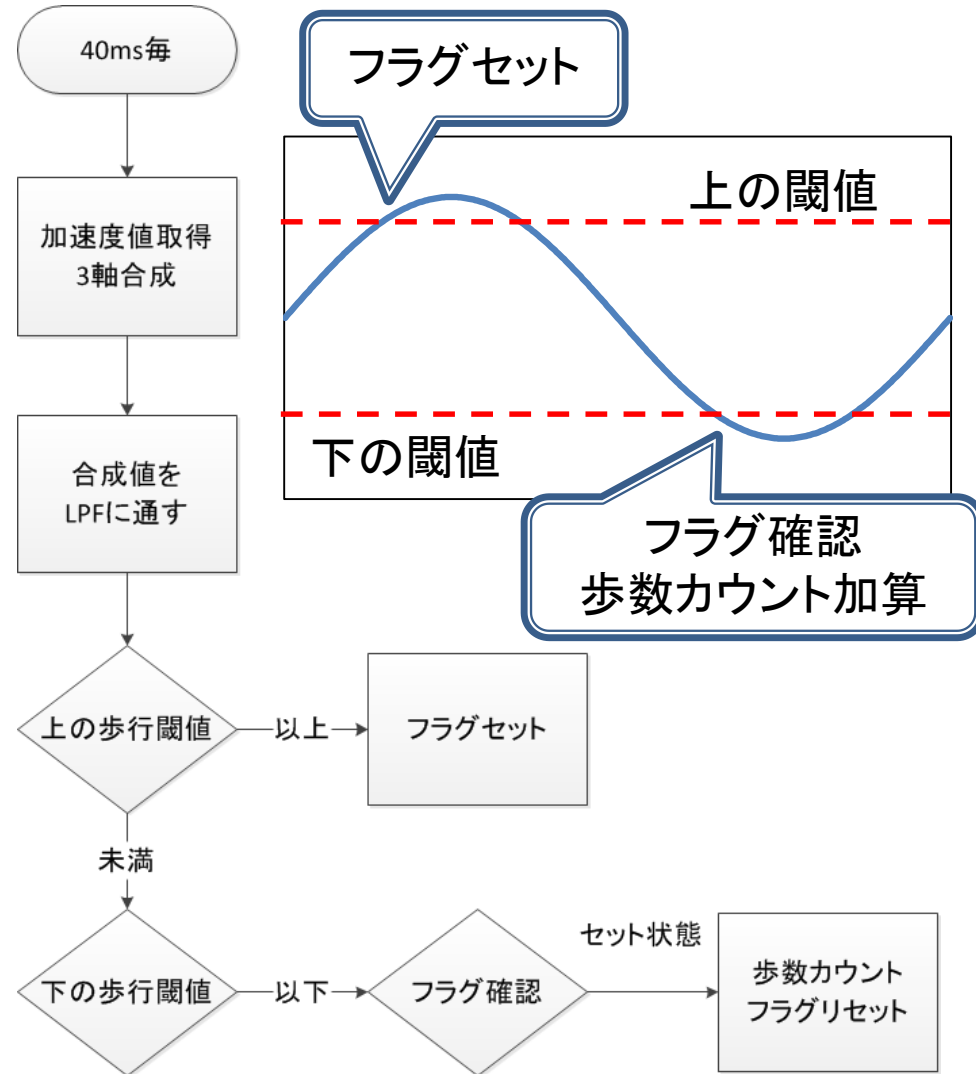
- 2分間スマートフォンの加速度に変化なし
⇒「放置中」
- 加速度に変化あり
⇒移動判定を行う
- 放置フラグをセット



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

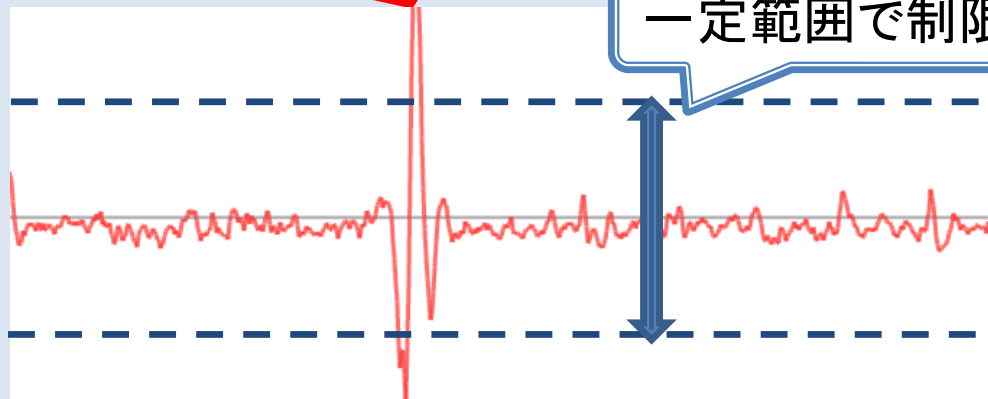
▶ 乗り物乗車判定の処理

- 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

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

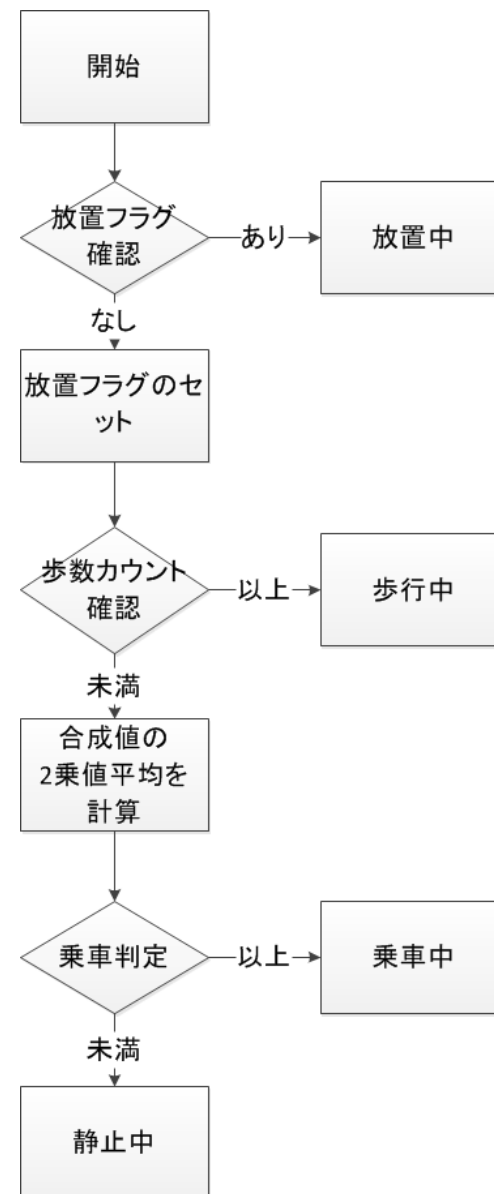
- ・ 放置フラグセット状態⇒「放置中」
- ・ 放置フラグリセット状態
⇒放置フラグをセットし, 歩数による移動判定

● 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」

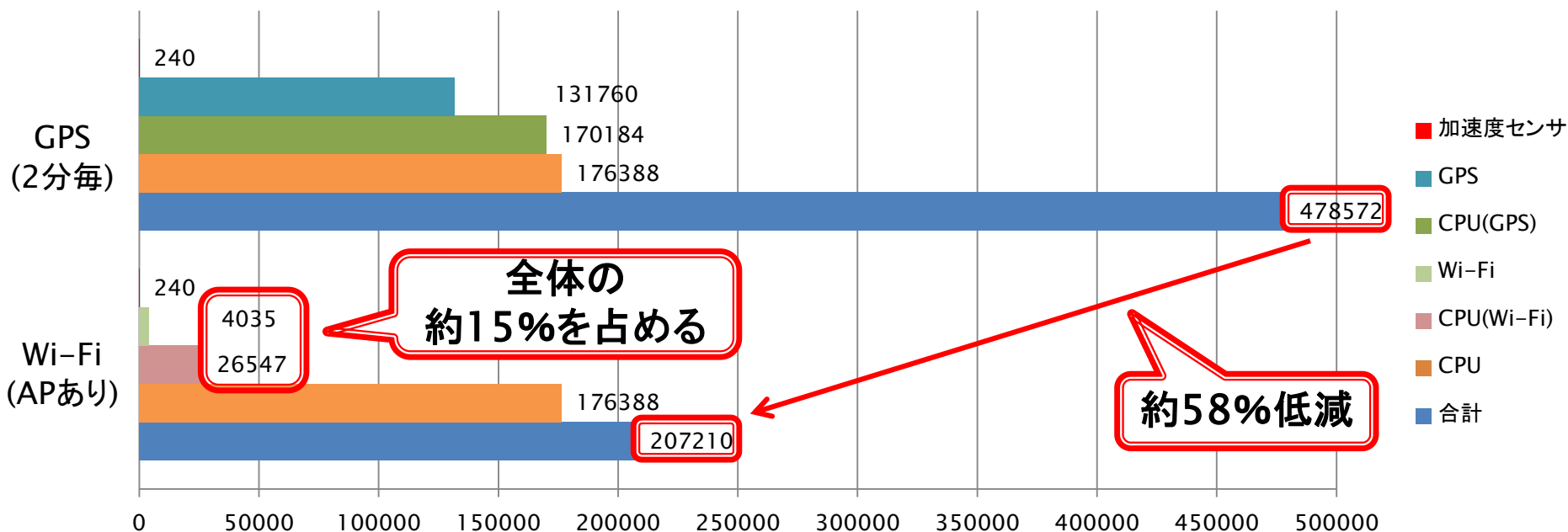


提案する行動判定

- ▶ 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

消費電力測定結果(1 / 2)

- ▶ Wi-Fiを用いた移動・停滞判定によりGPSの起動を抑える
⇒ 停滞時におけるTLIFESにかかる消費電力が約58%低減
- ▶ Wi-Fiを用いることにより, Wi-Fiの起動にかかる消費電力とCPUにかかる消費電力が全体の約15%を占める



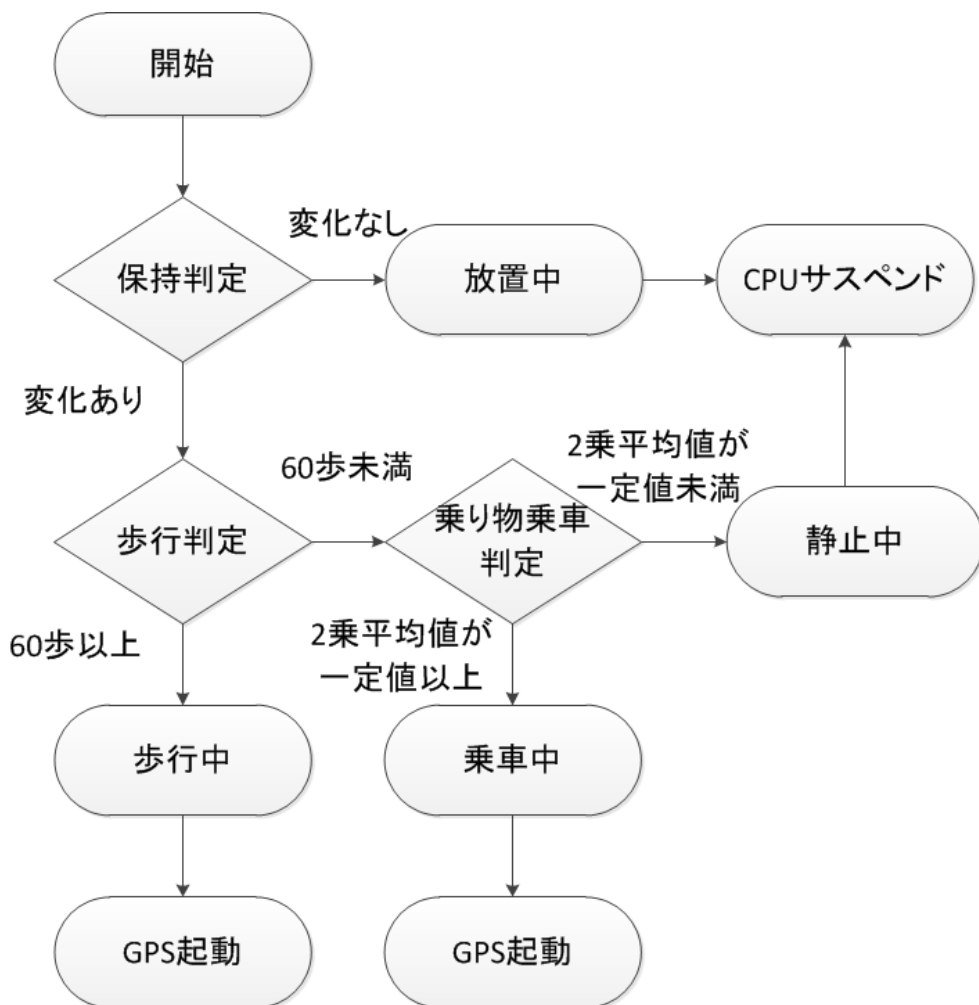
単位: mAs/h

消費電力測定アプリ「CORE Power Profiler(*)」を使用

(*)<http://www.core.co.jp/product/smartdevice/outline/corepowerprofiler.html>

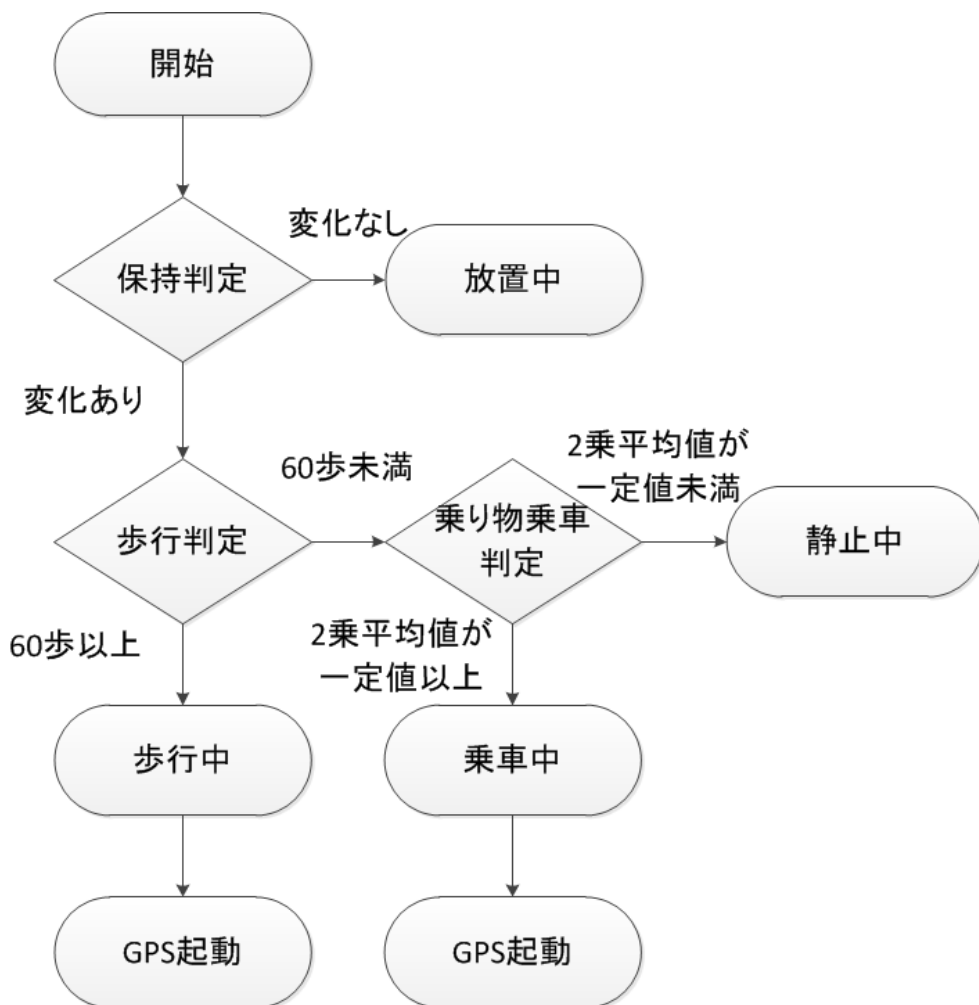
提案方式の特徴

- ▶ 加速度センサのみを利用
 - 行動判定にはWi-Fi, GPSを利用しない(GPSは位置情報更新時のみ使用)
⇒Wi-Fiにかかる消費電力を削減
 - 位置情報を行動判定に使わない
⇒位置情報が取得できない場所においても行動判定が可能
 - 必要に応じてCPUをサスペンド
⇒CPUの処理にかかる消費電力低減



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



消費電力測定結果(2/2)

- ▶ 現状のTLIFES起動時の電池残量低下率
 - TLIFESを起動し, 他のアプリケーションを可能な限り停止
 - 画面オフ・CPUバックグラウンド処理のみ

