

## ライフログセンシングにおける 停留判定精度向上のためのGPS測位誤差除去手法

松倉祐<sup>†1</sup> 光山哲平<sup>†1</sup> 宮崎孝信<sup>†1</sup>  
里中裕輔<sup>†1</sup> 新井イスマイル<sup>†2</sup> 西尾信彦<sup>†3</sup>

近年, 複数のセンサを搭載した携帯端末が広く普及し, 取得したセンサデータをライフログとして利用できるようになりつつある. 中でもGPSで取得できる位置情報を用いたナビゲーションサービスなどが増えている. 将来的には, ユーザが店舗を訪れた際にそのユーザがその店舗に何回も訪れていることがわかれば, その店舗の会員になるようにユーザに推薦するサービスなどが生まれると考えられる.

しかし, GPSで取得した位置情報には, 停止時の緯度経度に一定でないノイズが含まれる問題や, 移動しているのに取得した移動速度が0km/hになるという問題がある. このように, 緯度経度のノイズや移動速度の欠落が存在すると, ユーザが滞在したことを判定するのは困難である. 本稿では, ある特定の範囲内でのユーザの停留を判定するために, 補正した移動速度を用いて停止時の始点と終点の緯度経度を抽出し, 2点の緯度経度から計算した移動速度を用いることでノイズを判定し, 除去する手法を提案する. その結果, ノイズ除去後のユーザの移動軌跡が実際の移動軌跡に近くなり, 通過と判定してしまったGPSデータを停留と判定することができた.

### GPS Measurement Error Margin Removal Technique for Improving Stopping Judgment Accuracy in Life Log sensing

TASUKU MATSUKURA,<sup>†1</sup> TEPPEI MITSUYAMA,<sup>†1</sup>  
TAKANOBU MIYAZAKI,<sup>†1</sup> YUSUKE SATONAKA,<sup>†1</sup>  
ISMAIL ARAI<sup>†2</sup> and NOBUHIKO NISHIO<sup>†3</sup>

These days, the portable devices with multiple sensors widely become used, and the sensor data have come to be used for life logs. Navigation services of using the location information acquired from GPS are increasing. For example,

the service recommends for the user to become a member of the store when the user visits the store if the user has visited the store many times.

However, the location information obtained from GPS has two problems. One is that the noise of latitude and longitude can not acquire constant when the user is stopping. The other is that the passing speed becomes 0 km/h though the user is moving. When the noise in the latitude and longitude and the lack of the speed exist, it is difficult to judge the user stayed. In this paper, we propose a technique for removing the noise included in the latitude and longitude that was able to be acquired from GPS by using the corrected speed to judge the user's stopping in a certain specific place, and evaluate our technique.

#### 1. はじめに

ここ数年のスマートフォンの発展はめざましく, それに伴い多くの人がiPhone<sup>1)</sup> やAndroid<sup>2)</sup> 端末などのスマートフォンを利用するようになってきている. このようなスマートフォンは, 多くのセンサデバイスを内蔵しており, 簡単にGPSの位置情報やWi-Fiのアクセスポイント情報などをセンシングできる. また, スマートフォンは多くの人が普段持ち歩くものであるため, ユーザの行動と密な関係の情報を取得するライフロッガーとして利用することができる. このようなスマートフォンでセンシングした過去の情報(以下, ライフログ)を解析することで, ユーザの過去の行動を踏まえたサービスを提供することができる. たとえば, ユーザが店舗を訪れた際にそのユーザがその店舗に何回も訪れていることがわかれば, その店舗の会員になるようにユーザに推薦するサービスなどが考えられる. ライフログを検索する際, 通常は時刻を指定して検索することが多いが, ユーザが訪れた場所といった特定場所に基づくサービスを行う場合, 「この場所にはいつ滞在したのか」といった場所を指定して検索することで, より効率的に特定地点のライフログを見つけることができる.

ライフログを用いることで, ある特定の場所付近に一定時間留まったこと(以下, 停留)を判定するために, 久野ら<sup>3)</sup> や今澤ら<sup>4)</sup> は, 移動速度が一定以下の緯度経度を用いて停留を判定しているが, ライフログを解析して取得した移動速度をそのまま用いて特定場所付近の停留を判定することは難しい. ライフログの中で, GPSで取得した緯度経度が場所を表

<sup>†1</sup> 立命館大学情報理工学部情報システム学科

Department of Computer Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>†2</sup> 立命館大学総合理工学研究機構

The Organization of Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>†3</sup> 立命館大学情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

ず情報であるが、停止しているにもかかわらず四方八方に移動しているかのように緯度経度が観測されてしまうノイズ(本研究では星型ノイズと呼ぶ)が含まれるという問題がある。このようなノイズが存在する場合、停留を判定したい場所の範囲が小さくなると、緯度経度がその範囲から外に出てしまい、本来は連続していると判定されるべき停留が細切れになってしまう問題が発生する。このような停止時の緯度経度に含まれるノイズを除去するためには、GPS デバイスが自動算出する移動速度であるドップラー速度を用いて、停止時の緯度経度を抽出する必要があるが、移動しているにもかかわらず取得したドップラー速度が 0km/h になるという問題がある。このような問題があるため、ドップラー速度をそのまま停留の判定に利用することはできない。

そこで本研究では、ある特定の範囲内でのユーザの停留を判定するために、信頼できる値に補正した移動速度を用いて停留時の始点と終点の緯度経度を抽出し、2 点の緯度経度から計算した移動速度を用いることで星型ノイズを判定し、除去する手法を提案する。評価を行った結果、星型ノイズを除去した後のユーザの移動軌跡が実際の移動軌跡に近くなり、通過と判定してしまった GPS データを停留と判定することができた。

第 2 章で、特定場所付近の停留を判定する際に GPS データに含まれる問題について述べ、そこから挙げられる要件について述べる。次に、第 3 章で GPS 測位誤差を行う手法を提案する。第 4 章で、提案した手法で星型ノイズを除去し、評価を行ったことについて述べる。また星型ノイズを除去した GPS データを用いて停留判定を行い、測位誤差除去を行うことで停留判定にどのような変化があったかを確認した。

## 2. 停留判定における課題

本章では、ライフログから特定地点付近の停留を判定する際に生じる緯度経度と移動速度の課題を述べ、そこから本研究が満たすべき要件について述べる。

### 2.1 緯度経度の誤測を除去する必要性

GPS で取得できる緯度経度は様々な要因で精度が変化し、緯度経度が取得出来なくなる場合や、取得できる緯度経度の誤差が大きくなる場合がある。中でも、ユーザが停止しているにもかかわらず一定の緯度経度が観測されず、ランダムに四方八方に異なった値が頻りに観測される星型ノイズが大きな問題である。このようなノイズが存在する場合、停留を判定したい場所の範囲が小さくなると、緯度経度がその範囲から外に出てしまい、本来は連続している停留と判定されるべき停留が細切れになってしまうことが発生する。よって星型ノイズを判定し、誤測と思われる緯度経度を位置情報の中から除去する必要がある。

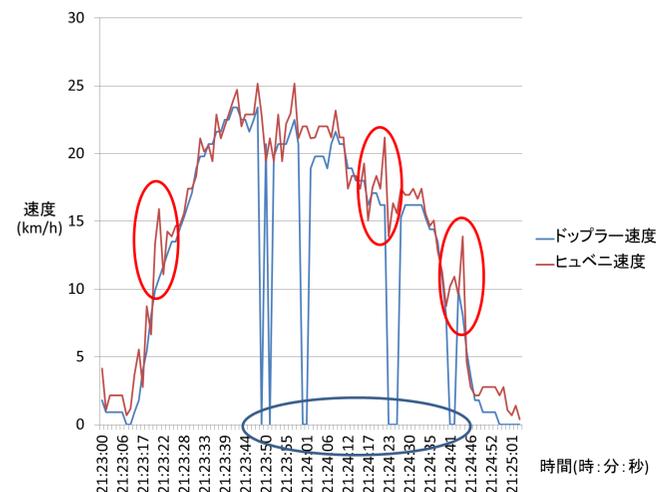


図 1 ドップラー速度とヒュベニ速度  
Fig. 1 Doppler Speed and Hubeny Speed

### 2.2 正しい移動速度を取得する必要性

停止時の星型ノイズを除去するために、移動速度を用いてユーザが停止している区間を判定する必要がある。GPS で取得した位置情報から取得できる移動速度には、ドップラー速度と緯度経度から計算する速度がある。本研究では、ヒュベニの公式(式 1)を利用して 2 点の緯度経度から距離を求め、その距離と所要時間から計算する速度をヒュベニ速度と呼ぶ。このドップラー速度とヒュベニ速度にも以下に述べる問題がある。

$$D = \sqrt{(M \times dP)^2 + (N \times \cos(P) \times dR)^2} \quad (1)$$

D: 2 点間の距離 (m), P: 2 点の緯度の平均, dP: 2 点の緯度差, dR: 2 点の経度差, M: 子午線曲率半径, N: 卯酉線曲率半径

まず、ドップラー速度には、実際に移動しているにもかかわらず取得した速度が 0km/h となる場合が存在する。図 1 は、自転車で移動している間に観測した GPS データのドップラー速度とヒュベニ速度である。グラフで示した範囲はずっと移動していたが、青い丸の部分を見るとドップラー速度が 0km/h になっており、これは衛星の電波の受信状況が悪い

場合や GPS デバイスの周波数の分解能が低いために周波数の細かい変化を取得できないことが原因として考えられる。また、明らかに異常な速度が観測される場合も存在するので、ドップラー速度をそのまま用いて星型ノイズを除去することは難しい。

一方、ヒュベニ速度は、緯度経度から求める移動速度であるため、測位環境などによって生じた GPS の位置情報の誤差の影響を受けてしまう。具体的には、図 1 の赤い丸の部分のように異常に速い速度が計算されたり、急激な速度変化が起こったりするためヒュベニ速度もそのまま星型ノイズ除去に利用することは難しい。

以上のことから、ドップラー速度かヒュベニ速度のどちらかのみを利用するだけでは、星型ノイズの除去を行うことは難しい。よって、ドップラー速度とヒュベニ速度ではなく、信頼できる移動速度を取得する必要がある。

### 3. 補正速度を用いた GPS 測位誤差除去手法

本章では、第 2 章で挙げた要件を満たすための手法について述べる。

#### 3.1 移動速度の補正

正しい移動速度を求めるには、測位精度を向上させたり、周波数の分解能を上げたりすることが考えられる。これらはハードウェアの改良が必要であるが、ユーザに新しいハードウェアを要求することは難しい。よって本研究では、現在のデバイスで取得できるドップラー速度が 0km/h である部分をヒュベニ速度を用いて補正する手法を提案する。

図 2 は図 1 と同じ時刻のドップラー速度とヒュベニ速度である。ここで、図中に緑色の丸で示したようなヒュベニ速度が直前と直後のヒュベニ速度より減少して谷になっている部分をヒュベニ速度の下限と定義する。図 2 を見ると、ヒュベニ速度の下限はドップラー速度に近い値となるものが多数観測され、信頼できる値に近いということがわかる。よって、ドップラー速度が 0km/h でない場合はドップラー速度を移動速度とし、ドップラー速度が 0km/h となる場合には、同時刻のヒュベニ速度が下限であれば、それを移動速度として採用する。ドップラー速度が 0km/h かつ同時刻のヒュベニ速度が下限でない場合、秒単位での観測では直前の速度から急激に変化することは少ないことから、直前の移動速度から変化がないものとする。下限であるヒュベニ速度が 10km/h 以下の場合、星型ノイズの影響で停止しているときに移動速度が計算されている可能性があるので、移動速度を 0km/h とする。このように、ドップラー速度が 0km/h の場合に信頼できるヒュベニ速度を選択して移動速度を補正する。

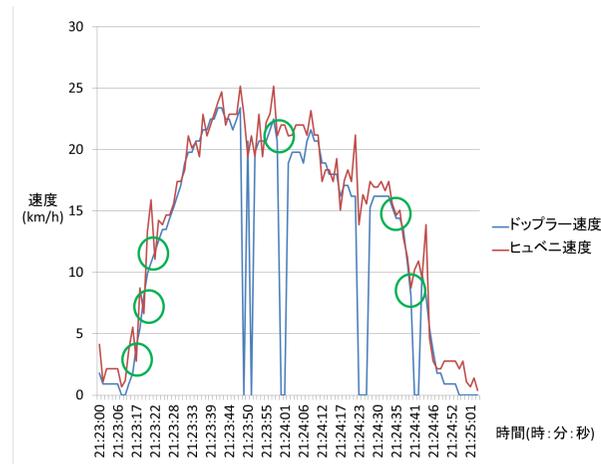


図 2 ヒュベニ速度の下限  
Fig.2 Bottom of Hubeny Speed

#### 3.2 星型ノイズの除去

ユーザが停止している際に生じる星型ノイズを取り除くために、補正した移動速度が 0km/h である範囲はユーザが停留していたものと考え、その始点と終点を結ぶ直線状にユーザがいたものとし、それ以外の GPS データを星型ノイズとして判定する。

図 3 は、歩いて図面左上から右下に移動し、A の範囲にて停留した後に右下に向けて再度移動した GPS データを地図上にプロットしたものである。A の範囲で停留していた時に観測された星型ノイズは、図 3 中の星型ノイズ となる。この時、3.1 節で述べたように補正に用いられるヒュベニ速度が 10km/h 以下の場合にはそれを 0km/h と近似したため、極低速で移動している場合に停留と誤判定されることが発生した。そこで、我々は単純に補正後の速度が 0km/h となった範囲を停留とするのではなく、補正後の速度が 0km/h である期間と停留の開始地点と終点の距離から移動速度を計算し、その速度が 1km/h 以上の場合には移動と判断することとした。

### 4. 実装と評価

本章では、評価に用いた停留判定の実装について述べる。まず、4.1 節でライフログを蓄積する環境について述べ、その後各手法の評価を行う。

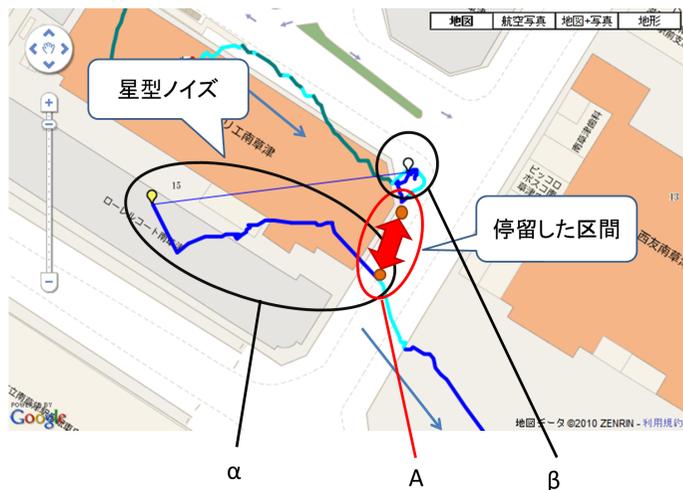


図3 星型ノイズ  
Fig. 3 Star Noise

移動軌跡は補正後の速度が時速 0km/h の場合を青色，時速 0～4km/h を水色，時速 4～16km/h を緑色，時速 16～32km/h を黄緑色，時速 32～64km/h を黄色，時速 64～128km/h をオレンジ色，時速 128km/h 以上を赤色とした。

表1 位置情報データベースのスキーマ  
Table 1 Schema of Location Information Database

カラム名	型	内容
time	Timestamp	位置情報取得時刻
lat	double	緯度
lng	double	経度
acc	int	精度
speed	double	ドップラー速度
devid	int	端末 ID

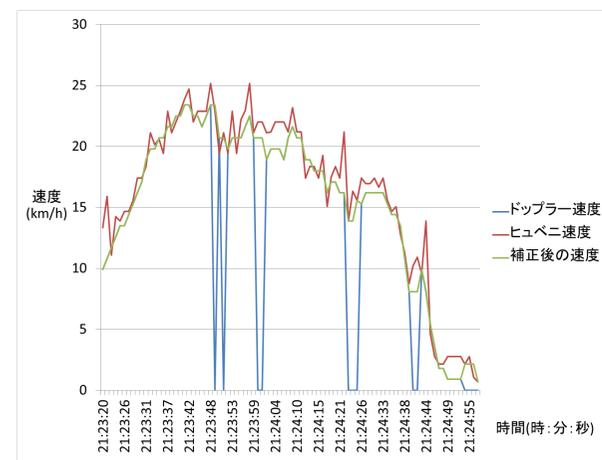


図4 補正後の速度  
Fig. 4 Revised Speed

#### 4.1 KUBIWA フレームワーク

本研究室では、GPS デバイスなどを搭載した携帯端末を常時携帯することで、日常生活において取得したライフログをデータベースに蓄積するフレームワークを開発した<sup>5)</sup>。このフレームワークを用いてデータベースに蓄積したユーザの位置情報を停留判定に用いた。表1に、位置情報を格納するデータベースのスキーマを示す。今回、GPS デバイスを搭載した携帯端末として、HTC Android Dev Phone1 を使用した。

#### 4.2 補正速度の妥当性

図4にある時刻のドップラー速度とヒュベニ速度を補正した移動速度を示す。図4から、

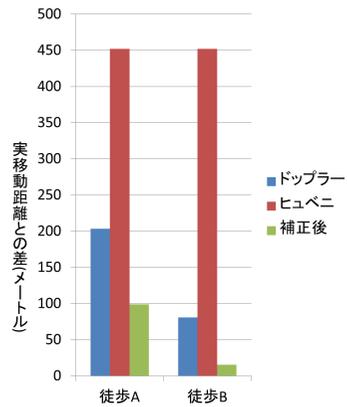


図 5 計算した距離と実距離の差 (徒歩移動)

Fig. 5 Difference between Calculated Distance and Real Distance(Walking)

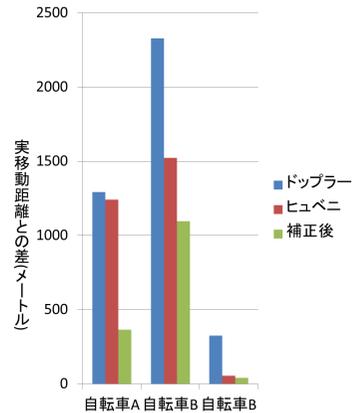


図 6 計算した距離と実距離の差 (自転車移動)

Fig. 6 Difference between Calculated Distance and Real Distance(Bicycle)

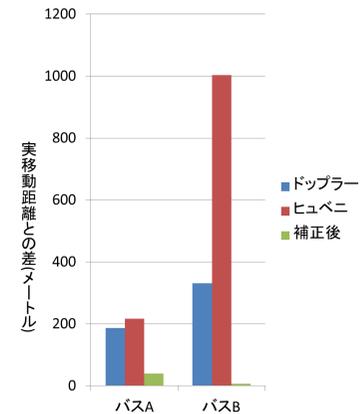


図 7 計算した距離と実距離の差 (バス移動)

Fig. 7 Difference between Calculated Distance and Real Distance(Bus)

ドップラー速度が 0km/h であったところが補正されており、またヒュベニ速度に含まれた異常に速い速度も補正されていることがわかる。また、ドップラー速度、ヒュベニ速度、補正した速度の 3 つの移動速度と移動時間を用いて移動距離を計算したところ、補正後の速度で計算した距離が一番実距離と近くなった。図 5、図 6、図 7 は、3 種類の速度から求めた移動距離と実際の距離との差を示したものである。実際に移動した距離は、Google Maps を用いて緯度経度を取得し、ヒュベニ公式を用いて計算した。

図 5、図 6、図 7 を見ると、補正後の速度で計算した距離は、2 つの速度より実距離に近づいていることがわかる。また、自転車 B の補正後の速度で計算した距離はあまり実距離に近づいていないことがわかる。

#### 4.3 星型ノイズ除去後の移動軌跡の妥当性

図 8 は実際に歩いて移動した移動軌跡と観測したままの GPS データの移動軌跡と星型ノイズ除去した GPS データの移動軌跡を地図上に描画したものである。緑色が実際に移動した軌跡で、紫色が星型ノイズと判定された部分の軌跡、水色が星型ノイズ除去後の軌跡である。これを見ると、紫色の観測したままの移動軌跡よりも水色の星型ノイズを除去した移動軌跡のほうが実際に移動した軌跡に近づいていることがわかる。実際に移動した軌跡に近づいたことを評価するために、GPS データの中で星型ノイズと判定された紫色の区間の移動

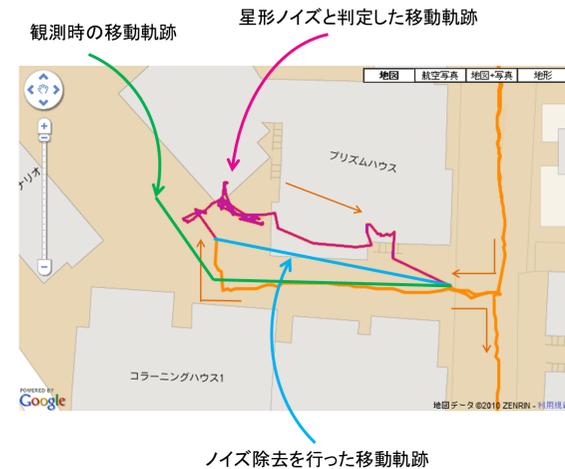


図 8 移動軌跡の比較

Fig. 8 Comparison of Track

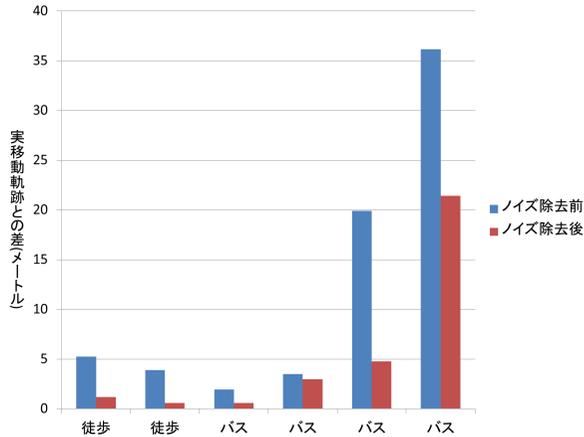


図 9 各始点終点間距離の差  
Fig.9 Difference of the Distance between Start Point and End Point

軌跡の距離をヒュベニの公式で計算した結果と緑色の実際の移動軌跡の距離をヒュベニの公式で計算した結果の差を求めた。その後、星型ノイズ除去を行った水色の軌跡の始点終点間の距離をヒュベニの公式で計算した結果と求めた緑色の実際の移動軌跡の距離をヒュベニの公式で計算した結果の差と比較した。その結果を、図 9 に示す。

図 9 を見ると、軌跡の長さはノイズ除去を行った後のほうが、実際の移動軌跡に近づいている。また図 8 を見ると、星型ノイズ除去を行うことで実際の移動軌跡の距離に近づいていることがわかる。

#### 4.4 停留判定への適用と判定正解率

本研究で提案した手法を用いて GPS 測位誤差を除去し、特定地点の停留の判定を行い、その判定の正解率を求めた。

##### 4.4.1 停留の判定方法

まず、緯度経度を指定して範囲検索を行い、位置情報を取得する。図 10 のように、取得した位置情報の中で指定した緯度経度に最も近い GPS データに注目し、その  $t$  秒前と  $t$  秒後の GPS データからヒュベニの公式を用いて距離を計算した。図 11 は、GPS データを観測しながら歩行して、経過時間が 4 分のところで 30 秒停止し、4 分 30 秒から再び歩き出したときのヒュベニ速度を表したグラフである。図 11 のようにヒュベニ速度計算時に停留

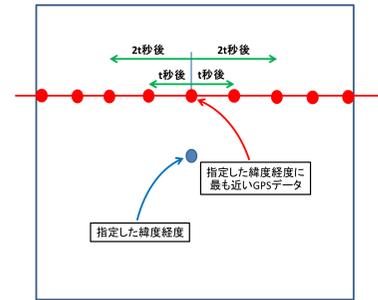


図 10 停留判定手法  
Fig.10 Technique to Judge Stopping

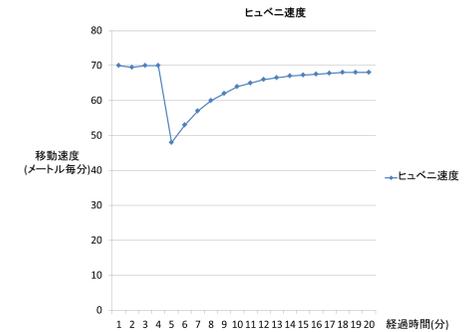


図 11 移動速度の推移  
Fig.11 Transition of Speed

表 2 停留の判定正解率

Table 2 Accuracy Rate of Judgment of Stopping

	停留を停留と判定した回数	停留を通過と判定した回数	通過を停留と判定した回数	通過を通過と判定した回数	判定正解回数
測位誤差除去前	6	2	3	12	18/23
測位誤差除去後	7	1	3	12	19/23

が起きている GPS データが含まれると、計算した歩行速度は大幅に遅くなる。よって、徐々に  $t$  を大きくしながら距離を計算し、その距離から移動速度を求めてその移動速度が人間の平均歩行速度 (60 メートル毎分) よりも遅くなるところを停留と判定した。

##### 4.4.2 停留判定の正解率

GPS でセンシングする際、特定場所付近で 30 秒以上停留した時刻と通過した時刻を記録しておき、その特定地点付近の停留の判定を行った。実際に特定地点付近で 30 秒以上停留した時刻の GPS データを停留と判定した回数と通過と判定した回数、実際に特定地点付近を通過した時刻の GPS データを停留と判定した回数と通過と判定した回数を表 2 に示す。

このように、23 回の停留・通過のうちの 18 回を判定することができ、判定の正解率は 78.26% となった。また、星型ノイズ除去を行った後では、停留を通過と誤判定した GPS データを停留と判定することができ、判定の正解率は 82.6% となった。

## 5. 考 察

### 5.1 移動速度の補正についての考察

自転車での精度が著しく悪いのは、GPS で位置情報を取得したときの天気が雨だったため、ドップラー速度は 0km/h を、ヒュベニ速度は 200km/h を超える値を多く示していたので、このような結果になったと思われる。このようにドップラー速度がほとんど取得できていない場合やヒュベニ速度の多くが異常な速度を示す場合は、移動速度の補正がうまくいかない。ドップラー速度は 0km/h を多く観測するので、移動距離を計算すると実際の移動距離より小さくなった。またドップラー速度はデバイスが観測する周波数によって 0.25m/s 毎に観測され、切り捨てられた部分が存在するので、計算した距離が実際の移動距離より小さくなったとも考えられる。ヒュベニ速度は異常に速い速度を多く出してしまっているので、移動距離を計算すると実際の移動距離より大きくなった。2 つの速度と比べて、補正後の速度で計算した距離は実際の移動距離に一番近くなったが、実際の移動距離よりは小さい場合が多い。これは、ヒュベニ速度は高い周波数で観測されるので、実際にはヒュベニ速度の下限より少し大きな値がドップラー速度に近づくと考えられるためである。

### 5.2 星型ノイズの除去についての考察

第 4 節の評価より、星型ノイズ除去を行った移動軌跡のほうが、センシングしたままの生データの移動軌跡よりも実際に移動した軌跡に近いことがわかる。GPS データの中で星型ノイズと判定された区間の緯度経度とセンシングしたときに実際にいた緯度経度からヒュベニの公式で計算した合計距離の差と星型ノイズ除去を行った始点終点間の緯度経度とセンシングしたときの実際にいた緯度経度からヒュベニの公式で計算した合計距離の差を比較した。図 12 にその結果を示す。

結果を見ると、星型ノイズ除去を行った結果のほうが、センシングしたままの生データより誤差が大きくなってしまふことがわかる。これは、センシングしたときの緯度経度とセンシングを行った緯度経度がすでにずれているからである。提案手法は、緯度経度を修正するものではなく、星型ノイズと思われる緯度経度を除去するだけである。よって、除去した星型ノイズが実際にいた緯度経度から離れているわけではなく、むしろ実際にいた緯度経度に近い場合も存在する。このような原因で、誤差が悪化したと考えられる。また、今回星型ノイズと判定して除去した GPS データには、いずれも移動しているにもかかわらずドップラー速度が 0km/h を示している区間が含まれていた。これは、星型ノイズと移動しているのにドップラー速度が 0km/h を示している区間が連続して現れていたからである。このよ

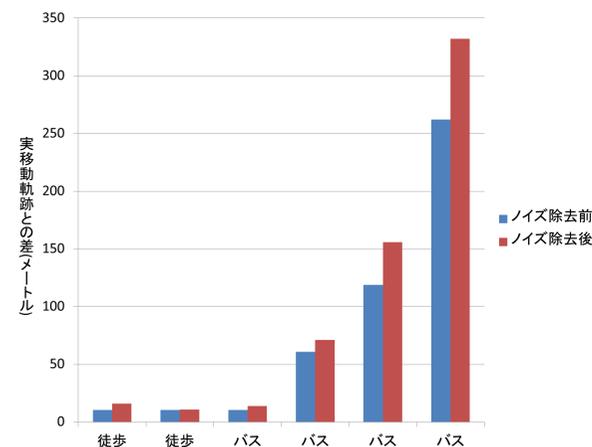


図 12 誤差の合計距離の差

Fig. 12 Difference of Total Distance of Error Margin

うに星型ノイズと移動が連続して現れた場合、星型ノイズだけを除去することができないという問題がある。そこで、連続で星型ノイズと移動が現れている GPS データを分割するために、星型ノイズと判定した区間について、各緯度経度ごとの進行方向の角度の変化量の大きさを調査した。

その結果、図 13 のように、移動している区間では角度の変化量が小さいのに対して、停留して星型ノイズが観測される区間については角度の変化量が大きいことがわかる。このようにドップラー速度が時速 0km/h の区間に星型ノイズと移動が連続して現れる GPS データは、角度の変化量によって星型ノイズと移動を区別することが可能であると考えられる。

### 5.3 停留判定の正解率についての考察

停留の判定は星型ノイズを除去をする前では、75% 以上の割合で停留を判定することができた。星型ノイズを除去した後では、余計な緯度経度が除去されて計算された距離が変化したことでヒュベニ速度も変化し、通過と判定されていた GPS データが停留と判定された。判定が変わった GPS データの星型ノイズを除去する前後では、計算した移動速度が変化していた。同じ時刻のヒュベニ速度を計算したところ除去前は 61.07 メートル毎分、除去後は 34.056 メートル毎分となり、星型ノイズ除去後の速度が減少したことで停留と判定さ

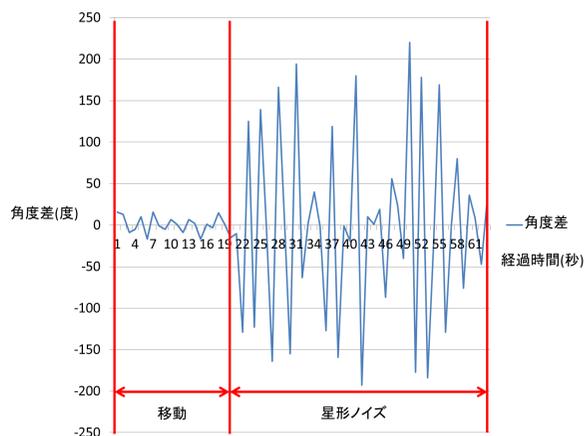


図 13 角度の変化量  
Fig. 13 Change Amount of Angle

れた。よって、ヒュベニ速度を用いて停留を判定する場合には、星型ノイズを除去する手法が有用だと考えられる。しかし、今回の星型ノイズ除去を行う前後の判定正解率はほぼ同じであったため、星型ノイズを除去したことで判定正解率が上昇したとは言い難い。これは、今回評価用の GPS データが晴れの日に観測されたもので、ノイズが大きく現れていなかったが原因と考えられる。雨の日に観測した GPS データでは、大きなノイズが観測され、星型ノイズ除去を行う前後で結果が変動すると考えられる。

## 6. まとめと今後の課題

本研究では、場所に基づくライフログの検索を行うために、GPS を測位した際に生じる位置情報の誤差を除去し、その位置情報を用いてある特定地点付近に停留したことを推定する手法を提案し、その評価について述べた。

提案した手法では、移動速度を補正する際、ヒュベニ速度は下限と判定された場合のみ移動速度として採用したが、ヒュベニ速度の下限は実際の速度より小さいことが考えられる。よって、ヒュベニ速度の採用方法を詳細に設定してヒュベニ速度を採用することで、よりユーザの移動速度に近づくと考えられる。また、星型ノイズと移動しているのにドップラー速度が 0km/h を示している場合が連続して現れた場合、星型ノイズだけを除去することが

できない問題があることを述べ、ドップラー速度が時速 0km/h の区間に星型ノイズと移動が連続して現れる GPS データは、角度の変化量によって星型ノイズと移動を区別することが可能であると述べた。提案手法では、停留と判定するために人間の平均歩行速度を使用している。このままでは歩行時のみの停留判定に留まってしまうので、停留判定に使用する速度を一般化することで、様々な移動手段での停留判定が可能だと考えられる。また、特定地点を指定してライフログを見つけるので、簡単に位置を指定できるインターフェイスが必要であり、センシングを行っている携帯端末上で検索・表示できることが望ましい。よって、過去に調べた特定地点ではワンタッチで検索を行うなどの機能を持たせるなどのインターフェイスの充実が必要であると考えられる。今後は、より精度の高い判定を行うために、これらの課題に対応していく。

## 参考文献

- 1) "iPhone" <http://www.apple.com/jp/iphone/>
- 2) "Android" <http://www.android.com/>
- 3) 久野綾子, 西尾信彦: "パーソナルコンテンツと場所を関連付けるためのプラットフォーム", マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム DICOMO2007
- 4) 今澤貴夫, 小池英樹, 高田哲司: "GPS データを用いた位置認証システムとその停留点算出方式", コンピュータセキュリティシンポジウム 2008 (CSS2008)
- 5) 坂本憲昭, 新井イスマイル, 西尾信彦: "センシング携帯端末と協調動作するウェブアプリケーションフレームワーク" サイバーワールド研究会 (CW) 第 14 回研究会 (2009.11)
- 6) 松村陽介, 川崎俊彦, 相澤清晴: "トラックログを用いたライフログの効率的な閲覧・要約・検索システム", 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2009 年 情報・システム (2), 138, 2009-03-04
- 7) 前司敏昭, 堀口良太, 赤羽弘和, 小宮粹史: "GPS 携帯端末による交通モード自動判定法の開発", 第 4 回 ITS シンポジウム 2005
- 8) 瀬古俊一, 西野正彬, 青木政勝, 山田智弘, 武藤伸洋, 阿部匡伸: "誤差情報を考慮した同行判定手法", 情報処理学会研究報告-UBI, Vol.2008, No.110, pp.65-72(2008-110)
- 9) 青木政勝, 瀬古俊一, 西野正彬, 山田智弘, 武藤伸洋, 阿部匡伸: "ライフログのための位置情報ログデータからの移動モード判定の検討", 情報処理学会研究報告 pp.7-12, 2008