

センサデータと状況検出を用いた 室内位置推定

伊藤雅之[†] 馬建華^{††}

人間の現在位置と過去の位置のログ情報はスマートスペースにおいて重要なコンテキスト情報の一つである。屋内環境においては、GPSによる測位が不可能であるため、無線LANやRFID技術などの方法を用いて位置情報を検出する必要がある。しかしこれらの技術による位置検出は環境に依存するものであり、屋内環境の全てのスペースに対して環境を構築することはコスト面・労力面から考えて困難であると考えられる。そこで本研究では、モバイル端末に付属する加速度センサと方位センサを用いてユーザの室内環境での位置推定に焦点を当てた。各種センサによって得られた速度と方位の情報を利用して、ユーザの位置を推定する。しかし検出された値の誤差は時間軸に比例して増加すると考えられる。そこでデータから検出したユーザの行動状況の情報を利用して、位置管理サーバに格納されている特定位置とユーザの行動状況の情報に関連性を持たせる。この関連性により、行動状況に応じた位置情報の補正を行い、発生する誤差に対応する。

Indoor Location Estimations Using Sensor Data and Situation Detection

Masayuki Itoh[†] and Jianhua Ma^{††}

A user's present location and past movement history (called location logs) are important context information in a smart space. Since the GPS doesn't work in an indoor environment, other positioning techniques such as using a wireless LAN and the RFID technology are commonly utilized to locate a user. However, these techniques are fully depended upon the availability of the wireless LAN and RFID-based environments, which is hard to economically be set in every space. Therefore, this research is to study a position technique using acceleration and orientation sensors embedded in a mobile phone that is carried by a user. The acceleration data is used to detect the user's moving speed and the data from the orientation sensor is used to find the user's moving direction. According to the speed and direction, it is possible to estimate the position of a user moving in a space. Due to errors in the detected speed and direction, the error of an estimated position from an actual position may become larger and larger along the time. So, we use a location management server to correct the error when a user is detected in a specific location whose exact position is stored in the server in advance.

1. はじめに

近年の情報端末の普及の増加や端末技術の発展により、情報端末を使う人間固有の情報を電子化し、情報サービスや研究に用いようとするシステム開発が出現した。既存の情報サービスでは情報端末やシステムの操作を行う際に、ユーザの意志による操作が必要不可欠である。電子化されたユーザ固有の情報をを用いることにより、端末やシステムの操作を、ユーザのシステム使用履歴やユーザの嗜好、時間情報などを利用してユーザの操作を介することなく運用することができる。このような有用性の高い情報サービスの展開が、1990年初頭にマーク・ワイザー氏が提唱した「ユビキタス・コンピューティング」の概念を用いたシステム設計であると言える[1]。

その中でも、ユーザの周囲環境や状況判断する情報を用いて使用者が端末やネットワークの存在を意識することなくシステムの利用を行うことのできる環境構築を目的とする、スマートスペース[2]やライフログ[3]などの研究はその中の一つであり、ユーザ固有の情報を収集・利用する研究は今後より一層の発展を臨むことができる。

ユーザの持つ固有の情報には様々な種類があり、一日を通してのユーザの位置や周囲の環境の情報、ユーザが所属する特定エリアの情報や、対象の端末のアプリケーションやネットワークの使用履歴など、これらの様々な情報を収集することにより、ユーザの行動予測や嗜好などを判断することができる。また、ユーザの行動と位置情報は強く関連性を持ち、近年では様々なシステムや研究に用いられている[4][5]。しかし、これらのシステムやサービスにおいては屋外での利用を想定した、GPS(Global Positioning System)情報を用いたシステム開発が一般的であり、特定の屋内エリアでの厳密な位置情報の利用は困難となっている。室内環境で細かな位置情報検出のためには、無線ネットワークの利用やその他特別な環境情報を用いて検出を行う必要がある[6]。しかし、設備構築の困難さやコスト面に対しての有用性が疑問視されるため、システムの実利用のための環境構築は困難である。

そこで本研究では、屋内環境での位置情報の検出とシステムの利用に焦点を当て、モバイル端末に付属する加速度センサの利用による位置検出を目標とした。位置情報の検出に端末加速度を用いる理由としては、環境に依存することなく室内環境での位置情報取得を目標としたためである。特定室内環境で取得することのできる端末加速度以外の情報は、拡張性の一つとして認識するものとする。加速度センサを位置情報検出へ利用する上では、加速度データのノイズによる誤差を考慮しなければならず、加速度データからの位置情報の検出は困難である。そこで今回は取得した加速度デー

[†] 法政大学情報科学研究科
Graduate School, Hosei University

^{††} 法政大学情報科学部
Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

タを基とした「移動速度の検出」と「ユーザ行動状況」の二つの情報を利用した位置情報の検出を考える。これらの機能を利用した位置検出システムを開発し、検出した情報をスマートスペースなどのシステム開発への利用を可能とする汎用性を持たせたプラットフォーム構築を目標とする。

本論文の構成は以下の通りである。第2章では、今回開発を行ったシステムの概要について記述する。第3章では、加速度センサによるユーザ行動状況と端末移動速度の検出、またそれらの検出におけるフィルタリングや計算方法について記述する。第4章では、取得したデータを保管・共有するための位置情報管理サーバの構築について記述する。第5章で構築したシステムの実際の運用とGUIによる位置情報のモニタリングの流れを記述し、システム全体について評価をする。第6章で結論としてまとめ、最後に課題点と今後の展望を述べる。

2. システム概要

今回提案するシステムでは、モバイル端末に付属する三軸加速度センサと角度センサを用いて、取得した加速度データよりユーザの行動状況と端末移動速度、移動方向を検出する。建物内での位置情報検出のプラットフォームの構築を目的とするため、他システムとの汎用性を持たせるために位置情報管理用のサーバを構築し、位置情報の外部利用や、特定エリア内で利用できる特定のデバイスやネットワークを利用した位置検出を利用することも考慮に入れる。図1に室内位置検出プラットフォームを利用した際の位置検出のイメージ図を示す。

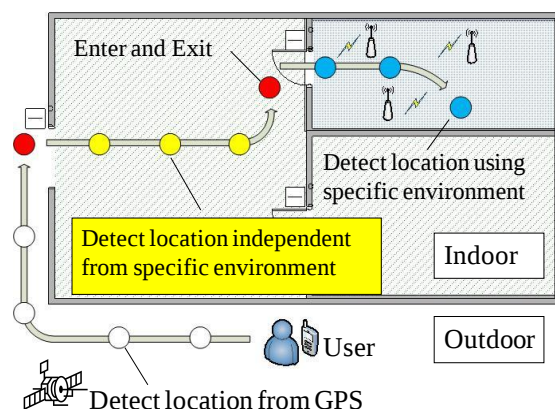


図1 室内位置検出の種類とイメージ

今回のシステムの開発では上記の位置検出イメージ図内での、環境非依存位置検出方法の確立に焦点を当てる。室内での位置検出のためには、特定のネットワークやデバイスによる環境構築を必要とするが、それらの環境がない場合でも室内位置情報の検出を実現できるように、ユーザが持つ端末側でのアプローチを行った。各種センサを用いて端末の移動速度と移動方向を検出して移動座標を求める。また、地図データと行動状況データを関連付けることで、特定の行動の際に地図データ上の登録地点を取得できるようにする。移動座標の計算上で生じた誤差を行動状況によって補正することで、リアルタイムの位置検出を行う。端末側のセンサで移動検出を行いながら位置補正をする処理の流れを以下の図2に示す。

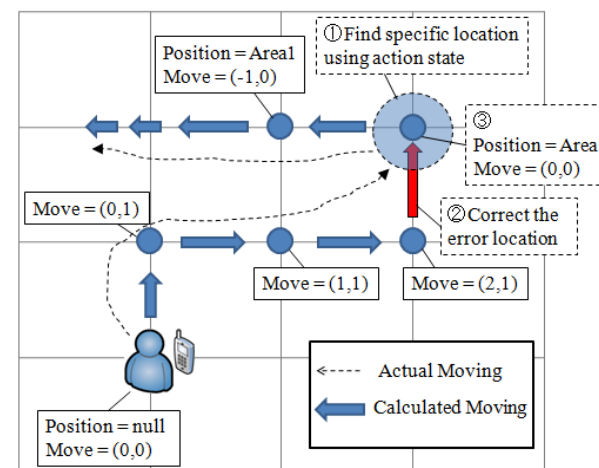


図2 位置検出・位置補正のイメージ

これらの方式によって端末側で取得した位置情報検出に関連するデータをサーバ側のデータベースでログとして保管を行う。保管するデータは端末の移動・行動情報と端末センサで取得した加速度データや角度情報を対象とする。また、サーバ側に保管したデータを利用したアプリケーションとして位置情報のモニタリングを行い、取得した位置情報を他のスマートスペースシステムに利用できるようにシステムを構築する。このようにシステムを構築することで、端末同士の双方向的な位置情報の交換や、高度なスマートスペースシステムの提供などが実現できると考える。加速度データの取得から速度データへの加工とユーザ行動状況の認識、取得データをサーバ側に転送する流れを以下の図3に示す。

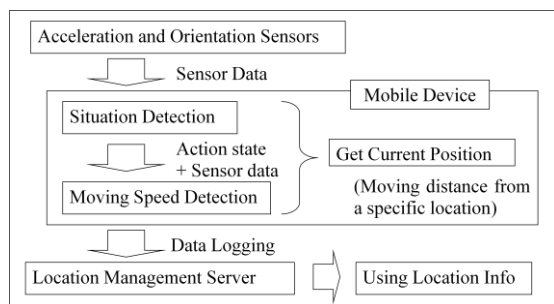


図 3 位置検出とデータの保管・利用

3. 加速度センサの計測

モバイル端末に付属する三軸加速度センサを用いて端末加速度を測定し、ユーザ行動状況と端末移動速度を検出する。三軸加速度センサは、時間毎に端末自体がもつ XYZ 軸の三軸のセンサが受ける加速度の値を測定するものである。三軸加速度センサの技術概要、端末移動速度とユーザの行動状況の検出方法について記述する。

3.1 三軸加速度センサ技術概要

今回使用した端末は、Google 社の提供する Android OS2.1 を搭載したソニーエリクソン社の Xperia 端末である。同端末に搭載されているセンサは加速度センサ、傾きセンサ、地磁気センサ、近接センサ、温度センサである。三軸加速度センサとは、端末が持つ XYZ 軸にかかる加速度を取得する。三軸の各軸方向を以下の図 4 に示す。

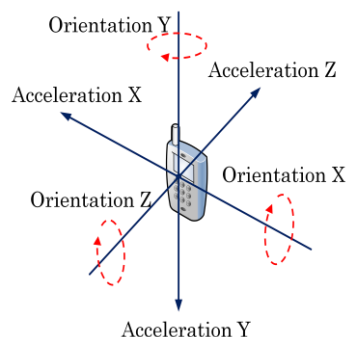


図 4 三軸加速度センサと角度センサの詳細図

また、加速度センサが値を取得する時間間隔は Android OS が提供するライブラリ内で決められており、センサの反応速度を四段階で指定することができる。反応速度を指定する定数名と最小取得周期を以下の表 1 に示す。

表 1 センサ定数名と最小取得周期

Constant Name	Value	Minimum Sampling Cycle
SENSOR_DELAY_FASTEST	0	20ms (50times / s)
SENSOR_DELAY_GAME	1	40ms (25times / s)
SENSOR_DELAY_UI	2	80ms (12.5times / s)
SENSOR_DELAY_NORMAL	3	220ms (5times / s)

今回、約 20ms (ミリ秒) 毎に測定することのできる、SENSOR_DELAY_FASTEST を指定して測定を行った。

3.2 端末加速度データの検出

加速度データより端末の移動速度を検出するための方法について記述する。端末の動きを抽出するために、まず加速度データの不要なデータであるノイズを除去する必要がある。次に、端末方向による三軸加速度センサにおける各軸にかかる重力加速度の考慮をする必要がある。角度センサで取得した端末の傾きと三軸加速度センサの値を利用して、端末座標系の加速度を固定座標系の三軸加速度に変換して固定座標系各軸における移動加速度を計測する。以下の各項目でフィルタリングや計算方法とシステムへの実際の利用方法を示す。

3.2.1 端末加速度データの検出

まず実際に取得した加速度データにかかるノイズの度合いを調べ、それに応じたフィルタリングを考える。加速度センサにかかるノイズとは、端末自体の振動や人体の震えなどによるものである。端末にかかる加速度を調べるために、まずノイズを考慮せずに端末加速度を可視化できるように端末静止時にかかる加速度を測定した。図 5 に端末静止状態の加速度の測定グラフを示す。

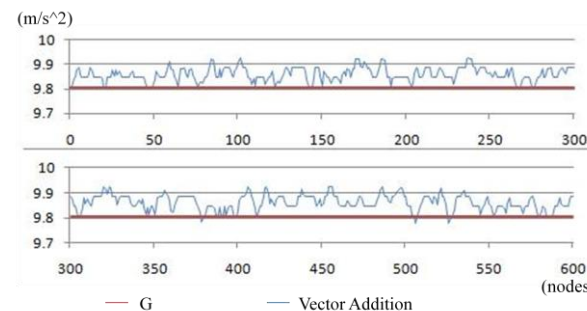


図 5 端末静止時の加速度測定

9.80665m/s² である重力加速度に対して、静止状態の端末加速度の合成値は上記の図 5 のような値が検出される。次に、端末静止状態を維持しながら端末に加速度がかかる状態での値を見るために、エレベータの昇降運動を測定した。端末静止状態で測定するのは、端末にかかるノイズ以外の加速度を確認するためである。端末 Z 軸を重力加速度方向として測定し、加速運動と減速運動時の加速度の変化を見る。図 6 に測定値のグラフを示す。

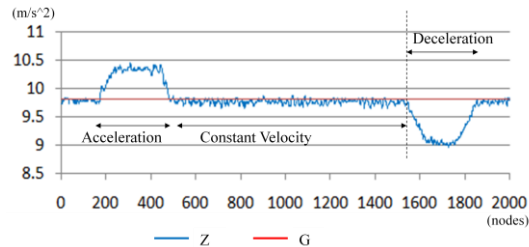


図 6 エレベータ昇降時の加速度測定

取得した値からは上記のように、加速運動と減速運動を見ることができる。重力加速度を Z 軸が取得するように測定をしたため、グラフの加速度値は Z 軸の値を表示している。取得した値からは端末静止時に加速度を取得した時のようにノイズがかかっていることが分かる。ここで、より端末が受ける実際の値に近い加速度データを使用するために、ノイズ軽減のフィルタを通してデータを加工する必要がある。加速度センサのノイズは端末自体の微小な振動の値を取得しているので、高周波を除去し連続的な値に均す必要がある。そこでまず、次式のローパスフィルタを用いて加速度データを加工する。以下の式 1 にローパスフィルタの式を記述する。また、図 7 にローパスフィルタを通したエレベータ昇降運動の加速度の値を示す。

数式 1 ローパスフィルタ

$$\begin{aligned} LowX_{t+1} &= x_{t+1} * (1-R) + LowX_t * R \quad (t=0,1,2,\dots) \\ LowX_0 &= x_0 \end{aligned}$$

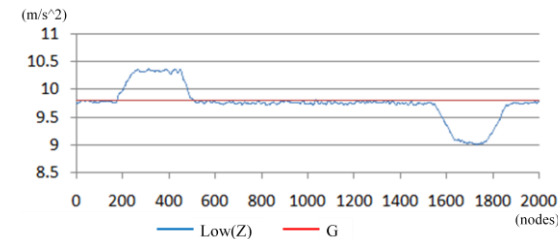


図 7 ローパスフィルタを用いた加速度値

ローパスフィルタを用いてデータの加工を行うと、上記の図 7 のような出力結果となる。R の値を複数パターンに変更して値の出力を行い、元の波形を損なわずにノイズ削減を行える R の値を取得した結果、R=0.9 と設定した。加速度センサから取得した値と比較すると、ノイズ成分が軽減されていることが分かる。

3.2.2 端末方向による絶対座標系加速度の検出

取得加速度値のグラフで示されているように、取得した加速度は常に重力加速度の影響を受けている。そのため、端末の移動の際の加速度を検出するためには、まず取得された各軸の値に重力加速度の成分がどの程度含まれているかを認識する必要がある。そのため、端末方向を利用して三軸の加速度値を絶対座標系に変換し、実際に端末自体にかかる加速度を算出する。絶対座標系に変換するための計算式を以下の式 2 に示す。

数式 2 絶対座標系への変換式

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\phi\cos\theta & \sin\phi\cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \cos\phi\sin\theta\sin\psi & \sin\phi\sin\theta\sin\psi & \cos\theta\sin\psi & 0 \\ -\sin\phi\cos\psi & +\cos\phi\cos\psi & & \\ \cos\phi\sin\theta\cos\psi & \sin\phi\sin\theta\cos\psi & \cos\theta\cos\psi & 0 \\ +\sin\phi\sin\psi & -\cos\phi\sin\psi & & \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix}$$

上記の式を利用して、端末座標系の三軸加速度を絶対座標系に直すことができ、端末の鉛直方向と水平方向の加速度を計測することができる。

3.3 行動状況の検出

人間の行動には一定の規則性があり、加速度センサで取得した加速度値の特徴量を抽出することで、どの動作状況にあるのかを判断できると考えられる。今回、室内環境での位置検出が目的であったため、人間の行動状況を「静止」「歩行」「走行」「階段

昇降運動」「エレベータ運動」など、室内環境で起こりうる運動に分類して行動状況の検出を行った。前項で三軸加速度の絶対座標系への変換を行ったため、絶対座標系でのZ軸加速度を見ることで、鉛直方向の運動を見ることができる。端末座標系での三軸加速度の合成値でも同じように端末にかかる運動による加速度値を見ることができるが、鉛直方向以外の動きも値に含まれてしまうため、絶対座標系のZ軸の値を用いて波形データからの特徴量の抽出を行う。また、特徴量を抽出するために、フーリエ変換による特徴の抽出を行った。各項目における特徴抽出方法を記述する。

3.3.1 変換用データの時間の正規化

加速度センサでデータを取得する際、センサイベントが起こった時にデータを受け取るので、各イベントの時間間隔に微差が生じる。そのため加速度データをフーリエ変換する際に、時間間隔を正規化する必要がある。図8に加速度データの時間間隔正規化の方法を示す。

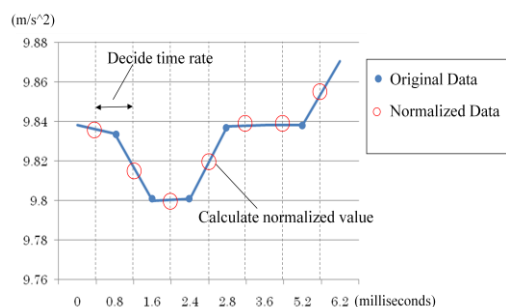


図8 加速度データの時間間隔の正規化

上記の方法で加速度データの時間の正規化を行い、フーリエ変換を行う。加速度データの平均取得時間間隔が約0.01秒であるので、0.01秒間隔を単位時間として、100Hzの波形として正規化データの作成を行った。

3.3.2 加速度データのフーリエ変換

加速度データ取得の際に同時にデータの時間の正規化を行い、高速フーリエ変換を行って波形の特徴を抽出する。今回、512ノード数毎にデータを出し、約5秒間隔で加速度データの高速フーリエ変換を行った。まず、静止状態でのパワースペクトルを求める。図9に端末静止状態のパワースペクトル値の時間平均値を示す。

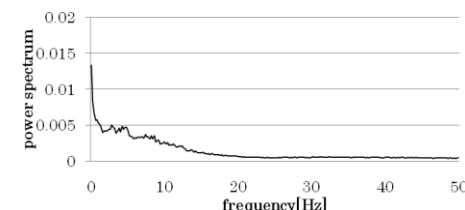


図9 端末静止状態のパワースペクトル値

静止状態では0Hzにピーク値が見られることが分かる。次に、人間の行動状況を判別するための基本動作として、上記に示した各動作の計測を行った。各動作でのパワースペクトル平均値を図10に示す。

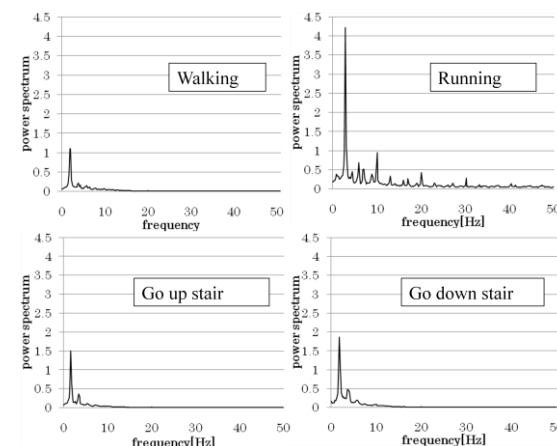


図10 各行動状態のパワースペクトル値

静止状態の波形から出力した結果と比べて、値の大きさにかなりの違いが見える。また、出力したパワースペクトルの値から、基本動作はどの状態も2Hz付近にピークが現れており、この周波数が人間の基本動作の基本周期であることが分かる。スペクトルのピーク値に焦点を当てると、走行と歩行のピーク値の差が明らかとなっているので、ピーク値の大きさを検出の判別要素に用いることができる。また、走行以外の三つの動作を見ると、ピーク値の大きさやその他のスペクトル情報に多少の違いはあるものの明確な差はなく、ピーク値以外での判別手段を確立する必要がある。また、鉛直方向加速度以外にも水平方向加速度であるX軸とY軸加速度の合成値を用いてス

ペクトル値を測定して判別を行ったが、水平方向加速度にも明確な値の差は見ることができなかった。次に、エレベータ乗車時の昇降運動の際のパワースペクトル情報を図 11 に示す。

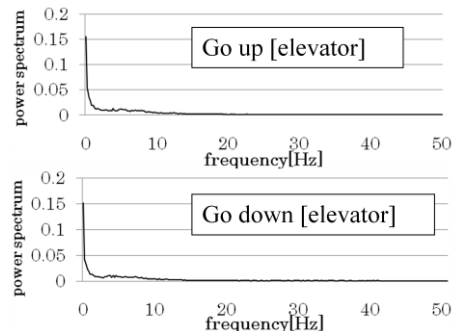


図 11 エレベータ乗車状態のパワースペクトル値

静止状態とエレベータ昇降運動の値を見ると、ピーク値が 0Hz の周波数帯にあり、それぞれの値に十分な差があるため、ピーク値と周波数帯から状態の検出ができることが分かる。しかし、上昇運動と下降運動の間にパワースペクトル値の違いは見られない。しかし、これは加工前の加速度波形上に加速減速の動きが顕著に現れるので時間毎の値の変化を考慮することで、上昇・下降の判別をすることができると考えられる。

人間の行動状況の検出として、静止・歩行（通常歩行・階段歩行）・走行・エレベータ乗車時の判別を行うことができた。しかし、歩行状態と階段運動状態の明確な差をグラフから見てとることは困難である。そこで、鉛直方向加速度から出力した値に対して、より詳細に検出を行う。

3.3.3 歩行状態と階段状態の推定

パワースペクトル値からの判別で、明確な違いがでなかった歩行状態と階段運動状態の特徴量を更に細分化して判別する。まず、ピーク値が出現する周波数帯域を検出し、各周波数帯域での各動作の値を確認する。ピーク値出現周波数帯域を次の表に示す。

表 2 ピーク出現周波数帯域

Peak1	Peak2	Peak3	Peak4	Peak5
0-0.2Hz	1.6-2Hz	3.2-3.8Hz	3.8-4.2Hz	6Hz

各動作時のピーク出現周波数帯域は、歩行動作ではピーク 2・4・5，階段昇り動作ではピーク 2・3，階段降り動作ではピーク 1・2・4 にそれぞれピーク値が出現する。次の表にそれぞれの動作の際のピーク値を示す。

表 3 各ピーク周波数帯域での平均ピーク値の最大値

	Peak1	Peak2	Peak3	Peak4	Peak5
歩行	0.072	1.311	0.086	0.153	0.107
階段昇	0.107	0.861	0.138	0.103	0.025
階段降	0.163	1.135	0.143	0.232	0.061

これらの「周波数帯域に対する各動作でのピーク値の出現度合」と「標準化した各動作のパワースペクトル値との相関関係」の二つの判別要素により、取得した波形に対して判別を行うことで、より関連性のある動作を判別値として算出する。また、取得波形には動作の連続性があるため、可能性の高い動作を連続的に判別することで動作判別の信頼性を高め、動作の検出をする。

3.3.4 行動情報の個人差の検証

人間の行動状態を四種類に分けて検出を試みたが、どの行動状態のパワースペクトル値や形状も個人差の影響を受けるものと考えられる。そこで行動状態検出を複数人で試みて、個人差がどのように現れるのかを検証する。今回、各動作のパワースペクトル値を比較するため、被験者 A,B,C の三人に対して計測を行い、第一ピークと第二ピークの平均値を算出した。以下の表に実測値をまとめて示す。

表 4 各動作計測値の個人差の検証

		Walking		Go up stair		Go down stair	
		Level1	Level2	Level1	Level2	Level1	Level2
A	Hz	1.9	3.9	1.7	3.3	1.9	4
	Value	1.311	0.1531	0.861	0.138	1.135	0.232
B	Hz	1.7	3.8	1.7	3.5	1.7	3.6
	Value	0.918	0.3205	0.8337	0.2583	1.315	0.4263
C	Hz	1.6	3.4	1.7	4	2	4.3
	Value	0.8232	0.4764	0.9695	0.2487	1.386	0.2116

上記の結果を見て分かるように、ピークの存在する周波数帯域に多少のずれがあるものの、どの行動状態もほぼ同じ領域にピークが現れることが分かる。このことから、各動作で検証したピーク値の扱いが不特定多数の人間に対して用いることができるということが分かる。また、ピーク値の出現の周波数帯域や出現したピーク値に個人差が存在するため、個人単位でピーク出現帯域やパワースペクトル値を計測し、標準化したデータを用いてリアルタイム検出で相関関係を求める必要があることが分かる。

3.3.5 移動速度と加速度振幅の関連付け

人体の上下運動を表す鉛直方向加速度の振幅と移動速度の関連性を測定結果から検出した．一定の距離の区間を歩行し，抽出したノード数から得た時間から速度を計算し，加速度の振幅の平均値との関係性を求めた．以下の図 12 に歩行速度と加速度振幅平均の散布図を示す．

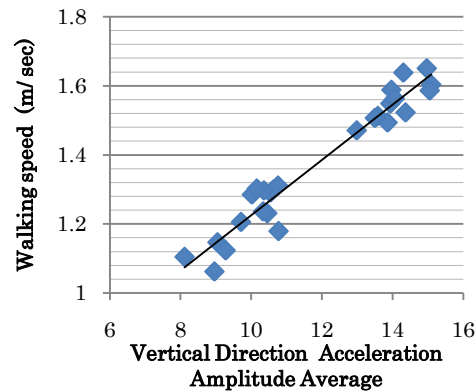


図 12 歩行速度と加速度振幅の関連性

上記の図から，速度と加速度振幅値は関連性が見てとれる．参照データ数を増加して関連の信頼性を上げ，加速度振幅値から歩行中の速度を算出する．

4. 室内位置管理サーバ

ユーザが取得した加速度・行動状況データ，時間情報を保管するために，位置情報管理サーバを構築した．サーバの構築には，CPU : Intel Core 2 Quad Q9560(3.0GHz)，Memory : 4GB(DDR2-800) ， OS : Microsoft Windows Server 2008 Enterprise(64-bit)を搭載した PC を利用した．

モバイル端末からサーバ側へのデータ転送は，今回使用した Android アプリケーションではサーバ側のデータベースにアクセスする開発ライブラリがないため，サーバ側に HTTP リクエストを受け，リクエスト内のデータを指定のデータベースに格納するセクションを PHP で構築し，クライアント側から HTTP リクエストと共にデータを送ることでデータ通信を行った．表 5 にデータベース側での各データの格納形式を示す．

表 5 ユーザデータ格納形式

ID Name	Data Type	Purpose
_id (primary key)	INT	Data Management
Status	TINYINT	Status Data
Value[0] ~ [2]	FLOAT	Data Values
Timestamp	TIMESTAMP	Data Time

「Status」によりセンサデータを一括して管理し，「Value[0]～Value[2]」に各センサデータの実データを格納する．「Timestamp」では，各センサでイベント発生時に出力されるイベント時間を管理する．また，検出した移動座標を保管するためのデータ格納形式を以下の表 6 に示す．

表 6 移動座標データ格納形式

ID Name	Data Type	Purpose
_id (primary key)	INT	Data Management
Build_id	TINYINT	Area Information
moveX	FLOAT	Move X Direction
moveY	FLOAT	Move Y Direction
time	TIMESTAMP	Data Time

「_id」はユーザデータと同じようにデータ管理を行う際に用いる．「build_id」は地図情報に関連付けた位置座標を持つ，階段やエレベータなどの特殊地点を表す．それぞれの id には位置座標を持たせ，初期位置を示す．「moveX」「moveY」は「build_id」によって示された初期位置からの移動座標を表す．初期位置の更新がない場合は，この二つの値を加算していくことによって，現在位置を表現する．「time」はこれらのデータがデータベース上に書き込まれた際に更新される TIMESTAMP を用いる．この時間情報を用いることで，GUI 上で過去の位置を表示する際などの時間表現の基準とする．また，位置情報の利用として，端末側からのデータの更新を受けた際に，リアルタイムで位置情報をモニタリングする GUI の設計を行った．また，他のスマートスペースシステムとの汎用性のために外部データの利用も考える．

5. システム評価

移動座標を検出するシステム評価のために，行動状況の判別と判別による位置補正のシステム動作確認を行った．図 13 が今回の検証に用いた行動の一連の流れである．

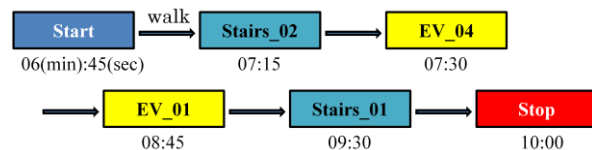


図 13 行動状況検出確認のための動作の流れ

また，動作状態に対応した固定位置を以下の表のように設定した．

表 7 固定座標設定値

	ID	X	Y
default	0	55.5	12.5
EV_01	1	17.0	13.0
EV_02	2	17.0	15.0
EV_03	3	70.0	13.0
EV_04	4	70.0	15.0
Stairs_01	5	12.8	12.0
Stairs_02	6	75.3	12.0

これらのデータを用いて移動座標検出の動作確認を行い，取得した移動データを位置管理サーバ上のデータベースに保管を行った．また，実際の建物内のマップデータを作成して，位置情報と時間情報を利用して地図上に位置座標をプロットした．以下の図 13 に，位置情報のモニタリングをした際の画像を示す．

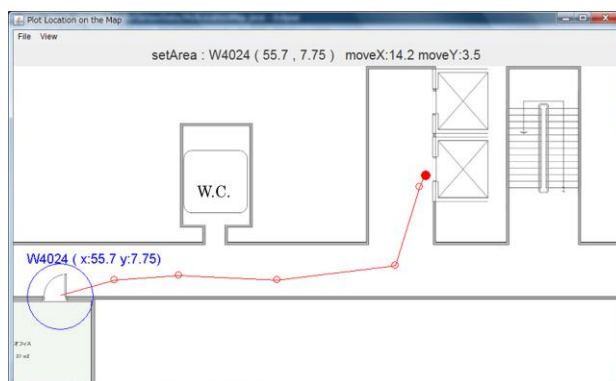


図 14 取得現在位置のモニタリング

図 13 に示したように，ユーザの現在位置をモニタリングすることができた．また，行動状況の取得からユーザの位置をマップデータに登録した固定位置を用いた位置補正を実現した．しかし，モバイル端末の多少の傾きのずれから実際の移動と計算値に誤差が生じるため，連続的な補正が必要である．また，行動状況判別にも難があるため，精度向上の必要性もあると考えられる．

6. 結論と今後の課題

本研究では，モバイル端末の加速度センサによって取得した三軸加速度値から人間の行動状況と端末移動速度を抽出し，位置の計算・補正を行うことで位置情報の検出を行った．また，位置情報の多目的の利用のために位置情報を保守・管理するサーバを構築し，アプリケーションへの利用に至った．これにより，スマートスペースシステムへの位置情報の利用を行うためのプラットフォームを設計・構築することができた．これらの結果から周囲環境に依存しない位置情報の検出を実現し，室内位置情報検出の可能性を広げることができた．今後の課題としては下記のものが挙げられる．

- (1) 加速度からの行動状況検出の高度化
- (2) 取得加速度の平滑化处理
- (3) 行動状況検出の更なる細分化
- (4) 建物内位置情報を利用したシステムの開発
- (5) 端末消費電力問題の改善

今後は以上の点を踏まえて，位置情報検出の精度向上と関連システムの開発を行う．

参考文献

- 1) M. Weiser, : The Computer for the Twenty-First Century, Scientific American, pp94-10, September 1991.
- 2) 佐藤一郎：スマートスペースのプログラミングモデル，情報処理学会論文誌，ISSN0387-5806, Vol.45, pp2655-2665, December 2004.
- 3) 相澤清晴：ライフログ：役に立つために，情報処理学会関西支部支部大会講演論文集，JST 資料番号：L6902A, Vol.2008, pp84-85, October 2008.
- 4) 藤井彩恵，南本真一，山口弘純，東野輝夫：モバイルノードを用いた建造物の位置および形状推定，電子情報通信学会技術研究報告，ISSN0913-5685, Vol.110, No.40, pp107-114, May 2010.
- 5) 西沢洋平，鞍掛隆一，南正輝，森川博之，青山友紀：磁気的手法を用いた位置・方向検出機能統合型面状通信システムの設計と実装，情報処理学会研究報告，ISSN0919-6072, Vol.2005, No.107, pp.33-40, November 2005.
- 6) 廣安知之，三木光範，吉見真聡，横田山都：無線 LAN による位置検出技術，IS Report No. 20091323002, September 2009.