

個人向けモバイル環境センシングを活用した付加価値サービスの検討

大櫛 章裕[†] 榎本 真佑[†] 中村 匡秀[†]

[†] 神戸大学 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

E-mail: †okushi@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 携帯電話や GPS などのセンシング機器を個人で持ち運び、計測したデータを用いた付加価値サービスの研究開発が盛んである。現状は加速度や位置情報など、主にユーザを計測する研究が主流である。一方、温度や湿度など、環境データは従来、百葉箱など、据え置き型の共用設備で計測されてきた。こうした環境データを個人が移動しながら自発的に計測することにより、より詳細で付加価値の高い情報を取得できる可能性がある。本稿では環境データを計測するモバイルセンサをユーザ個人が持ち運び、計測することによってどのような付加価値サービスが実現可能であるか、考察を行う。また、モバイルセンサのプロトタイプを開発し、ケーススタディを行う。

キーワード 環境センシング, モバイルセンシング, 参加型センシング

Considering Value-Added Services Using Environmental Data Collected by Personal Mobile Sensing

Akihiro OKUSHI[†], Shinsuke MATSUMOTO[†], and Masahide NAKAMURA[†]

[†] Kobe University Rokkoudai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

E-mail: †okushi@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract The researches of value-added services by using data measured by mobile terminal such as smartphone and GPS are caught on. In these researches, the devices that measure the user such as accelerometer and GPS are mainly used. On the other hand, environmental data like temperature and humidity is measured by fixed devices. It enables to get detailed and valuable information by means of that users privately measure these data by mobile terminal. In this paper, we discuss that what kind of value-added services can be realized by users carrying on the mobile sensors and measuring the environmental data. We also carry out the case study with prototype of mobile sensor.

Key words environmental sensing, mobile sensing, participatory sensing

1. はじめに

センシングデバイスの高性能化や小型化, ICT 技術の進歩に伴い, 複数のユーザが計測したデータを共有し有効活用する参加型センシングに関する研究が盛んに行われている [1] ~ [5]. ユーザが位置する局所的な情報を広域な範囲から収集し共有することで, 従来の据え置き型センサでは実現出来なかった様々な分野への応用が可能となる.

具体的な適用分野としては, 車に搭載された速度や GPS などのセンサを利用した交通分野での応用 [1], [2] が最も一般的である. 他にも, 携帯デバイスを利用した食事写真の共有による健康支援 [3] や, 車道沿いでの大気質の可視化 [4], 食料品店での商品価格の共有による買い物支援 [5] などが存在する. また SNS サービスを利用した災害情報やイベント情報のリアル

タイムな共有も, 参加型センシングの一つの形態であるといえる. Yahoo! Japan ではユーザ参加型のリアルタイムな天候共有サービス「みんなで実況! 今の天気」[6] を実際に提供しており, 今後 IT 産業界や様々な分野での応用, 実用化が期待できる.

これらの参加型センシングの実現方法を, どのようにセンシングするかという観点から考えると, 周辺環境の変化を自動的にセンシングする方法と, 周辺環境の状況をユーザ自身が解釈しセンシングする方法の 2 つに大別できる. 前者は車載の加速度センサによる交通網の最適化や, 二酸化炭素計測による大気状況の把握などが該当する. この方法は自動計測が可能であるためユーザへの負担が少ないという利点を持つ. しかしながら, その計測対象は非常に限定的であり, ある単一種類 (加速度や二酸化炭素) のセンサを大量の参加者で共有するというコンセ

プトに基づいたものが多い。そのため計測結果は単純なセンサ値の集合になりやすく、複雑な周辺状況（コンテキスト）を読み取ることが難しく、また他の分野やアプリケーションへの応用も難しい。

もう一つのセンシング方法は参加者自身がコンテキストを解釈しセンシング（入力）する方法である。この方法はコンテキストに対する人の解釈が含まれるため、単純な環境センサでは実現が難しい複雑なコンテキストを得ることが可能である。例えば、「晴れている」「雨が降っている」というコンテキストはセンサデバイスでもある程度自動的に取得可能であるが、「陽射しは強いが木陰に入るとさわやかな天気」という複雑なコンテキストは気温と湿度、風量、日照量、気圧などの複数のセンサを組み合わせなければ実現は難しい。一方で参加者主体となって入力する必要があるため、少なからず参加者の負担になるという問題がある。参加型センシングはその特性上、広域に渡る膨大な参加者によるセンシングが必要不可欠であることから、この負担は大きな問題になりやすい。

本研究の目的はユーザへの負担が少なく、かつ様々な分野への応用可能な汎用参加型センシング基盤の実現である。そのために、個々の参加者が自動計測可能なセンシングデバイスを持ち運び、その周辺環境を計測し収集、共有することを考える。自動的なセンシングデバイスを使うことでユーザへの負担を押しさえ、さらに複数種類の環境センサを一元共有することで、高度なコンテキストの推定と様々なアプリケーションドメインへの応用を可能とする。

この目的実現の第一歩として、本稿ではまずユーザ自身の振り返り目的でのセンシングのみに着目する。この個人向けのモバイル環境センシングを利用することで、どのような付加価値サービスやアプリケーションが実現出来るかを検討する。次にモバイル環境センシング用のプロトタイプシステムを開発し、複数センサの組み合わせによりどのようなコンテキストが推定/判別可能かについて考察する。ケーススタディとして、著者自身が沖縄へ旅行した際の行動履歴とプロトタイプシステムで計測したセンシング結果を比較し、各種環境センサの特性とセンサの組み合わせによるイベントの判別可能性について考察する。

2. 準備

2.1 モバイルセンシング

2.1.1 人間を計測する

行動の主体に注目し、その状況や動向をセンシングするセンサは、ユーザの行動推定・予測などに役立てることができる。例えば、コンテキスト推定を行う場合、ユーザの手や足などに加速度センサをつけ、センシングを行う。その値を利用し、ユーザの手や足の動きを検知することで、歩く・走るなどを検知することができる。竹内らの研究[7]では、腰に加速度センサをつけ、その値によって、歩く、立ち止まる、などの、装着者のコンテキストの推定に関する研究を行っている。Kjaergaardらによる研究[8]では、人の集団の認識を、各人からのWiFi信号の強さを計測し、その特徴を調べることによって行っている。

また、人間の手足の動きをセンシングし、遠隔にあるロボットにその行動を再現させることによって人間の立ち入ることができない場所で、ロボットに代わりに活動させることなどでもできる。

行動の主体を細かくセンシングすることによって、その行動に対する情報を得ることができ、数多くのサービスへの活用が可能である。

2.1.2 人間で計測する

ユーザの周辺に注目し、その状況をログとして記録することによって、ユーザへのサービスへ活用することができる。

例えば、「みんなで実況！今の天気」[6]では、「晴れている」「曇っている」などの天気情報をユーザが入力し、ユーザの位置ごとに集計を行うことで地域ごとの天気状況を配信することができる。ユーザの感じた暑い、寒い、暗い、明るいという状況を多くのユーザ間で共有することによって、これから外出しようと考えているユーザに対して情報を提供することができる。

ユーザ自ら“センシング”した情報には個人の主観が入るため、正確な値を示すことができないが、サービスによってはユーザの欲しい情報を、正確な値を提示しなくても提供することが可能である。

2.2 環境センシング

気温や湿度などの環境値は、正確な値を計測するため、気象業務法によって計測方法が定められている。各センサは、それぞれの指定された環境下において、位置を固定され、計測されている。気象庁などから提供される環境値は、全てこの基準元に計測されている。

2.3 課題

環境値を計測するセンサの位置が固定されていることにより、環境値をサービスに利用する際はユーザがどの位置にいるかによってどのセンサを用いるかを選択しなければならない。ユーザが大きく移動している間、用いるセンサの位置を動的に変更しなくてはならない。複数のセンサを用いる場合はセンサごとに選択しなければならないため、負担が非常に大きくなる。

また、実際にユーザの周辺の値を計測しているわけではないため、目的によっては必要な情報を抽出できない。

3. 環境センサ持ち運びによるセンシング

3.1 キーアイデア

前章において述べた課題を解決するため、ユーザが個人個人で複数の環境センサを持ち運んでセンシングを行うことを考える。ユーザ自身が環境センサを持ち運ぶことによって、ユーザがどの位置にいてセンシングしているかを意識することなく環境値をサービスに利用することが可能となる。

また、一般的な環境センサと異なり、ユーザのいる位置においてその周辺の環境値をセンシングできるため、利用可能なサービスの範囲が広がり、例えば、多くのユーザ間でセンサ値を共有することによって新たな付加価値サービスへの応用を行う、などが考えられる。

近年、スマートフォン等の携帯端末の普及やセンサの小型化により、センサを個人で持ち運ぶことが容易になっている。こ

れにより、気温や湿度など、基本的な環境値を様々な場所で計測することが可能となっている。

本稿では、複数の環境センサによって得られた環境値を利用することによってどのようなサービスが利用可能であるかを検討し、また、環境センサ単独で、もしくは複数センサの組み合わせによって得られる情報の整理を行う。

3.2 サービス例

3.2.1 高度な行動振り返り

ユーザの行動の振り返りにセンサ値を用いることにより、そのユーザがどのような行動をとったかの参考にできる。例えば、振動センサの値によってその位置が常に振動していることがわかり、温度センサと湿度センサが一定の値で安定して推移していれば、電車やバスなど、空調機器が利用されている乗り物などで移動している、振動センサの値が大きく揺れており、温度センサの値が少しずつ変化していれば、外を歩いている、などへの参考情報として利用することができる。

これらの情報を利用することにより、旅行の振り返りサービスなどへの応用が可能であると考えられる。ユーザの撮影した写真や GPS ログ、Twitter [9] などから得られる文章ログによる振り返りに加え、各環境センサ値を表示することにより、時間ごとのユーザの環境の変化をより詳細に読み取ることが可能となるため、ユーザの旅行における行動の振り返りに大きな情報を付加することが可能である。

ユーザの行動に着目したセンシングだけでなく、環境センサを複数組み合わせることによって、ユーザがどのような環境の中を推移したか、つまりはどのような行動をしたかを振り返ることが可能である。

3.2.2 参加型センシング

各ユーザが環境センサを持ち運ぶことにより、ユーザの位置ごとのセンシングが可能となる。環境値と同時に GPS ロガーにて GPS データを取得し、多くのユーザと共有することにより、環境値を用いた参加型センシングが可能となる。

具体的なサービス例としては、温度センサと湿度センサを用いて気温と湿度を計測し、その値から不快指数を計算して地図上にマッピングして、多くのユーザのセンサから共有する“快適マップ”や、夜の時間帯に、音量や照度を計測し、GPS データとマッシュアップして人通りや明さを地図上に可視化し共有する“夜道安心マップ”などが考えられる。

センサによって自動計測されたデータを用いることができるので、ユーザはセンシングを意識することなくデータを送信、共有することができる。ユーザのデータ入力への負担が少なく、多くの種類のデータを扱うことが可能であるため、環境センサの参加型センシングへの応用は多くの付加価値を創造できると考えられる。

3.2.3 ライフログとのマッシュアップ

ライフログサービスと環境値をマッシュアップすることにより、新たな付加価値サービスへの応用が可能であると考えられる。ライフログは人間の生活の記録であるため、その周辺の情報である環境値を併用することにより、多くの情報を補完することが可能である。例えば、旅行中に撮影した写真や動画など

を後から見返す際に、気温や湿度、照度などのデータを同時に表示することによって、振り返りのための新たな情報を提供することが可能となる。

また、Facebook [10] の投稿や Twitter [9] でのつぶやき、foursquare [11] でのチェックインなど、リアルタイムで情報を共有できるライフログサービスに対しては、その時点での環境値を同様に付加することによって、より多くの情報を有したコミュニケーションを実現できる。

4. 環境センサの特性分析

4.1 センサ別の特性

4.1.1 温度センサ

温度センサの値により、周囲の温度を計測する。各ユーザが温度センサを持ち運ぶことにより、ユーザの周辺の温度変化を計測することができる。ユーザが移動している間の天候の変化や、冷房、暖房による温度変化を検知することができるため、ユーザの移動中にどのような温度のもとを移動したかを思い出すことが可能であり、高度な振り返りやライフログとのマッシュアップに利用できる。また、位置ごとの温度を計測して共有することによって参加型センシングへの応用も可能である。

4.1.2 湿度センサ

湿度センサの値により、周囲の湿度を計測する。雨などの天候変化による湿度の上昇や、海の近くなど、湿度の高い場所への移動、また、湿度も温度と同じように冷房や暖房による変化を検知することが可能である。湿度の利用は、ライフログとのマッシュアップによるリアルタイムな共有よりも、高度な振り返りや参加型センシングでの共有が主になると考えられる。

4.1.3 気圧センサ

気圧センサにより、周囲の気圧を計測する。台風を含む、低気圧の接近による気圧の変化を検知することができれば、参加型センシングによって天候の変化を予測することが可能であると考えられる。また、標高の変化によっても気圧の変化が生じるため、標高差の生じる移動に関して高度な振り返りが可能であると考えられる。

4.1.4 振動センサ

振動センサにより、ユーザのいる環境において振動が発生しているかを計測する。乗り物に乗っている、あるいは歩いているなど、振動の多い状態と移動せずに静止している、などの振動の少ない状態との違いを調べることができる。振動センサの値はユーザの位置よりもユーザの状態に依存するので、ライフログとのマッシュアップによるリアルタイム共有や参加型センシングではなく、高度な振り返りのために用いるのが主になると考えられる。

4.1.5 音量センサ

音量センサにより、ユーザ周囲の音量を計測することができる。音量センサを持ち運ぶことによって、ユーザの移動中における周囲の音量を計測することができるため、移動中の周囲の環境や移動手段の振り返りなどに利用できる。また、多くのユーザが音量センサで各ユーザの位置における音量を計測し、地図上にマップすることによって地域ごとの騒音状態を調べる

ことも可能である。

4.1.6 照度センサ

照度センサにより、ユーザのいる場所における照度を調べることができる。屋外においての計測では、晴れや曇りなどの天候や、日向、日陰などのユーザの状態の区別をつけることが可能であり、屋内においてはユーザのいる位置における照明の明るさを調べることができる。写真などの情報と組み合わせ、特に自然環境に近い場所の行動などにおける高度な振り返りに用いることができる。

4.2 複数センサの組み合わせ

4.2.1 温度センサと湿度センサの組み合わせ

湿度センサと温度センサを組み合わせることにより、冷房や暖房など、空調機器が利用されている環境にあるかどうかの区別をつけることが可能である。空調機器が利用されていない環境では気温や湿度が高く、空調機器が利用されている環境ではともに低くなる。また、冬季は、空調機器が利用されていない環境では温度と湿度が低く、空調機器が利用されている環境ではともに高くなる。季節や時間などを考慮し、温度センサや湿度センサの値を調べることによって、空調機器の使用下にユーザがいるか、また、どの程度の強さで用いられているかを調べることができる。

4.2.2 温度センサと湿度センサ、気圧センサの組み合わせ

いくつかの環境センサを組み合わせることで、天候の変化を察知することが可能であると考えられる。天候のよい間は気圧が高く、気温の上と逆に湿度が上下する。天候が悪く、雨が近づくと湿度、気圧がともに上昇する。多くのユーザ間でこれらのセンサ値を共有し、変化を可視化することによって、天候の傾向を読み取ることが可能であると考えられる。

4.2.3 振動センサと音量センサの組み合わせ

振動センサと音量センサの組み合わせによって、ユーザの移動状態を検知できると考えられる。移動していない間は振動センサの値は安定しており、歩きや自転車などの移動中には、振動が大きくなり、音量は周囲の環境に依存する。電車や新幹線、船などの乗り物では、移動中につねに振動するのは同じだが、周囲の音量は常に大きい状態である。このような値の変化を利用することにより、高度な振り返りに用いることが可能である。

4.2.4 音量センサと照度センサの組み合わせ

音量センサと照度センサを用い、GPS と組み合わせ、多くのユーザ間で共有することにより、各道路における人の有無などに関する情報を類推することが可能であると考えられる。音量が大きく、照度の高い道は比較的人通りが多く、音量が小さい、照度が低い、データ数が少ない、などの道は人通りが少ない道である、などである。夜に一人で歩くのが不安なので、なるべく人通りの多い道を通りたい、というユーザに対してこれらの情報を提供することが可能である。

5. ケーススタディ

環境センサを持ち運ぶことによって、どのような情報が得られ、サービスに活用できるかを調べるため、環境センサを組み

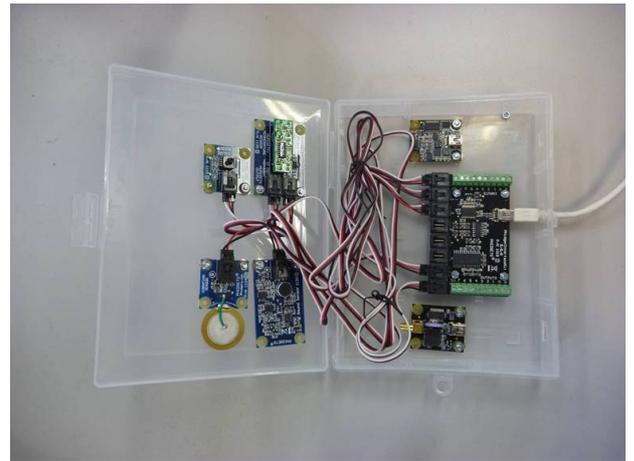


図1 試作機

合わせ、実際に環境値をセンシングする実験を行った。

利用した環境センサは、Phidgets 社の

- 温度センサ (Humidity/Temperature Sensor 1125)
- 湿度センサ (Humidity/Temperature Sensor 1125)
- 振動センサ (Vibration Sensor 1104)
- 音量センサ (Sound Sensor 1133)

の4種類であり、図1のように組み立てている。それぞれの値の単位は、温度は℃、湿度は%、音量はdBである。なお、温度センサ値の単位は℃、湿度センサ値の単位は%、音量センサ値の単位はdBであり、振動センサの値は500を基準に数値の上下によって振動しているかどうかを示している。

図2は、9月12日午前7時50分から午前10時41分までの1秒ごとの温度センサ、湿度センサ、振動センサ、音量センサの値である。

この時間帯の実際の行動は、7時55分にホテルを出て徒歩移動を始め、8時15分ごろに目的地に到着し、屋内で数分待機し、8時30分過ぎから再び徒歩で船乗り場まで移動、到着後、乗船待ちのため屋外で数分待機した後、乗船した。9時に高速船が出発し、9時50分過ぎに目的地に到着し下船、その後徒歩で移動し、小型船に乗って移動した後、徒歩移動で宿へ向かっている。

この情報をもとに、この約3時間の間の各センサ値やその値の変化によってどのような振り返りが行えるかを考察する。

8時前後において、各センサの値の傾向が変化していることがわかる。温度は少しずつ上昇し、湿度も同様に上昇している。振動センサはその時間までは安定しているが、8時ごろから大きく値が変化している。音量センサも8時前より大きな音を拾っていることがわかる。気温や湿度が上昇し、また、振動や音量が大きいため、移動を行っていることが読み取れる。

この時間帯に徒歩移動をしていると考え、次にセンサ値が変化する8時13分前後まで徒歩移動していたことが推測できる。

ここから約20分間、弱い空調機器のある環境化で待機していたため、湿度は右下がりなものの温度は上昇している。振動や音量は安定しており、小さな距離を歩いている間に振動セン

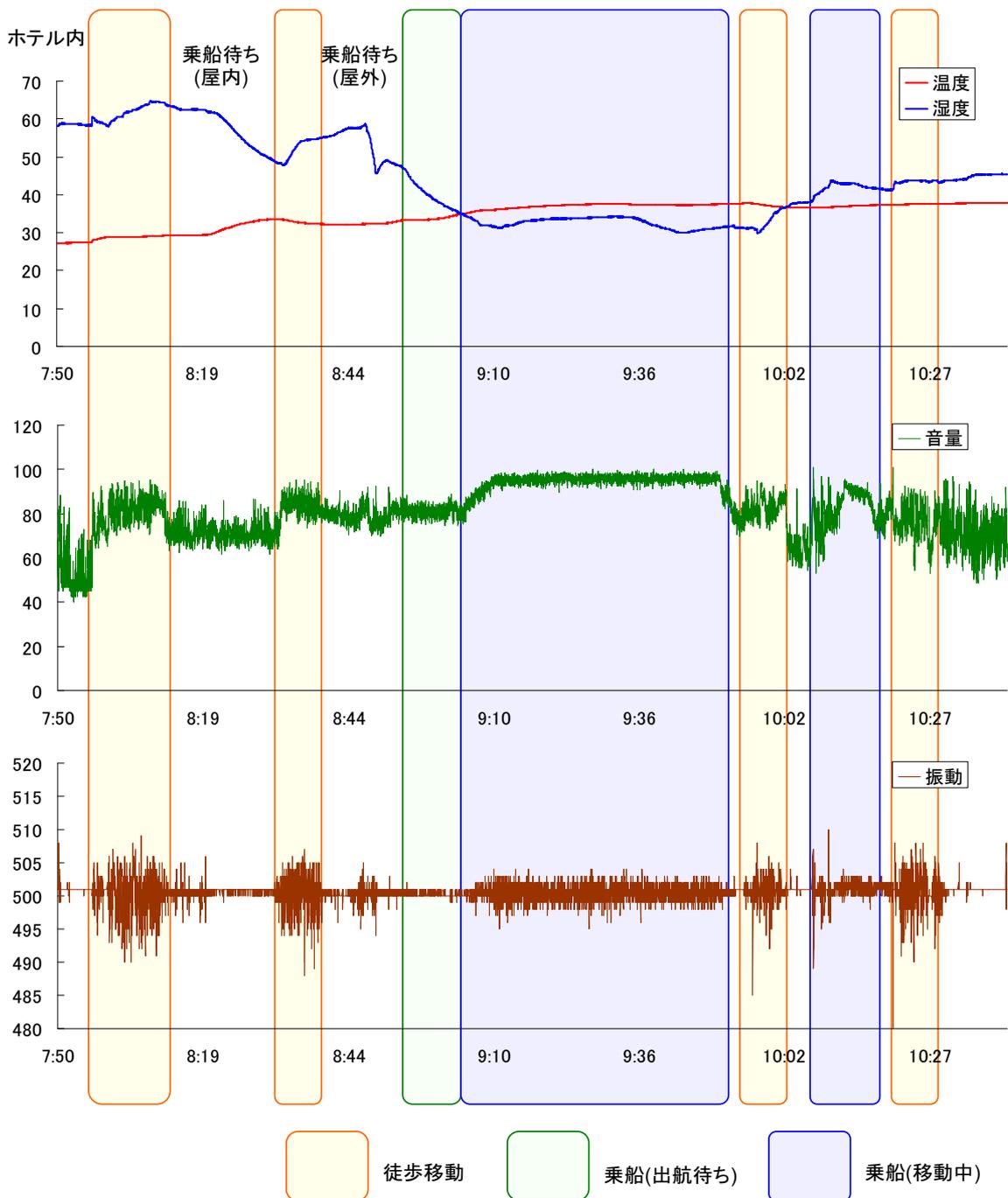


図 2 沖縄旅行での乗船前後のセンサ値とその時刻での実際のイベント

サが少しの間変動しているだけである。

その後、8時33分ごろから再び振動センサや音量センサ、湿度センサの値が変化している。この時間から8時40分まで再び移動をしている、ということが推測できる。

その後数分間、振動センサの値が安定し、音量センサの値も少し下がっている。この間は、船の近くの屋外にて乗船待ちをしており、その影響によって振動センサは安定しているが音量センサは屋内で待機しているよりも少し大きい値になっている。湿度センサの値が下がらないことから空調機器のない室外で待機していることが推測できる。

乗船直後、湿度センサの値が減少している。これは、船内の空調機器の影響であると思われる。温度が下がらないのは、近

くに起動中のノートパソコンを置いていたため、その影響であると思われる。また、船が出発してから、振動センサの値が小刻みに変動し、音量センサの値が高い値で安定している。ここから9時50分ごろまでずっと同じ傾向にあるため、この間は船の中にいる、ということが推測できる。

その後、振動センサが少し大きめに変動していることから、下船後数分間は徒歩で移動していることが推測できる。

振動センサが安定し、音量センサの値も下がった後、再び振動センサの値が変動し始め、音量センサの値が大きくなっている。これまでの傾向と同様に、この時間帯は移動していることがわかり、前後のセンサ値の変動及び時間帯によって、この時間帯には船に乗っていた、ということを思い出すための情報と

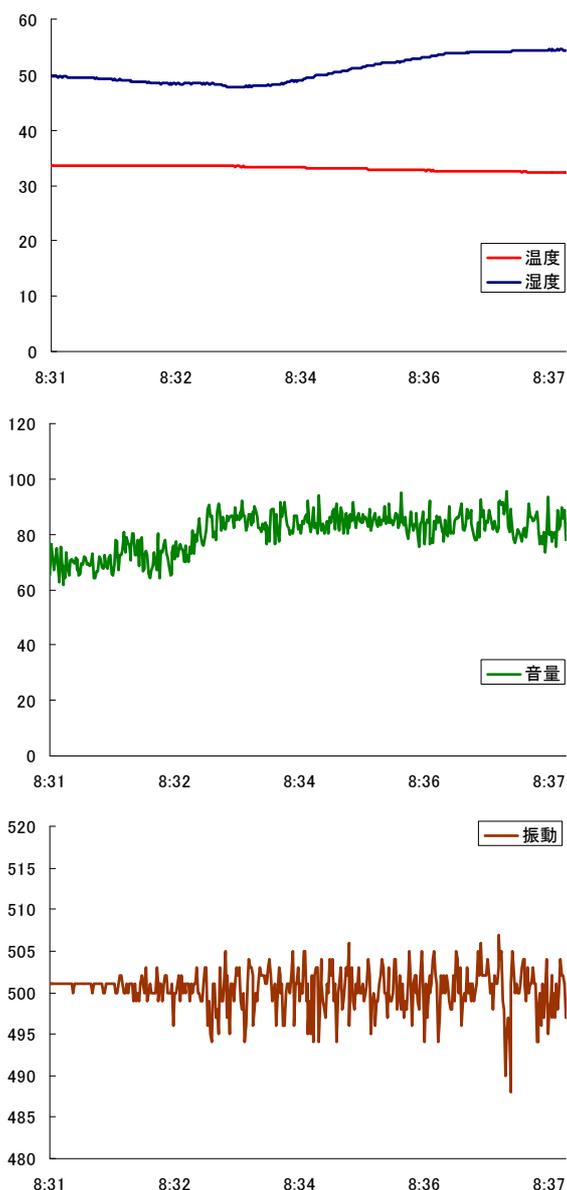


図 3 待機から徒歩移動へ移行する前後のセンサ値の変化

して利用できる。

その後、音量センサと振動センサの値の変動の傾向が変化することから、別の移動手段に変更していることが推測できる。

次に、このセンサ値のうち、8時31分から8時37分のセンサ値を抜き出し、待機から徒歩移動へのセンサ値の変動を考察する。グラフを図3に示す。

振動センサの振れ幅は、はじめは非常に小さく安定しているが、少しずつ変動が大きくなり、センサ値としておよそ10前後の安定した振動を始める。音量センサは振動センサに少し遅れて変動をはじめ、このデータにおいては静止状態よりもおよそ15dB大きい値を中心に記録している。温度や湿度はそのセンサの特性上、すぐに値は変動しないが、少しずつ上昇していく。計測期間が夏季であるので、冬季においては温度や湿度の変動は逆になると思われる。

このように、各センサ単独でなく、複数のセンサを併用する

ことによって、単独で用いるよりも多くの情報を引き出すことが可能であり、本ケーススタディからは、高度な振り返りやコンテキスト推定などに応用が可能であることがわかった。

6. まとめ

本稿では、複数の環境センサを個人で持ち運んでセンシングすることによってどのようなサービスへの応用が可能であるかを検討し、また、環境センサごとの特性や、複数のセンサを組み合わせることでどのようなサービスへ利用することができるか、検討を行った。

今後の課題としては、3.2章で述べたサービスの実装に取り組むことや、その過程において、各センサの値を有効活用するために、センシングを行う間隔や測定方法などの条件の考察などを考えている。

謝辞

この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究C 24500079、基盤研究B 23300009）、および、関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団の助成を受けて行われている。

文献

- [1] R.K. Ganti, N. Pham, H. Ahmadi, S. Nangia, and T.F. Abdelzaher, "Greengps: A participatory sensing fuel-efficient maps application," Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services, pp.151-164, 2010.
- [2] B. Hoh, M. Gruteser, R. Herring, J. Ban, D. Work, J.-C. Herrera, A.M. Bayen, M. Annavaram, and Q. Jacobson, "Virtual trip lines for distributed privacy-preserving traffic monitoring," Proceedings of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services, pp.15-28, 2008.
- [3] S. Reddy, A. Parker, J. Hyman, J. Burke, D. Estrin, and M. Hansen, "Image browsing, processing, and clustering for participatory sensing: Lessons from a dietsense prototype," Proceedings of the 4th workshop on Embedded networked sensors, pp.13-17, 2007.
- [4] P. Dutta, P.M. Aoki, N. Kumar, A. Mainwaring, C. Myers, W. Willett, and A. Woodruff, "Common sense: Participatory urban sensing using a network of handheld air quality monitors," Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, pp.349-350, 2009.
- [5] L. Deng and L.P. Cox, "Livecompare: Grocery bargain hunting through participatory sensing," Proceedings of the 10th workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp.4:1-4:6, 2009.
- [6] YAHOO! JAPAN, "みんなで実況!今の天気". <http://weather.yahoo.co.jp/weather/promo/live/>.
- [7] S. Takeuchi, S. Tamura, and S. Hayamizu, "Human action recognition using acceleration information based on hidden markov model," Proceedings: APSIPA ASC 2009: Asia-Pacific Signal and Information Processing Association, 2009 Annual Summit and Conference, pp.829-832, 2009.
- [8] D.R. Mikkel Baun Kjaergaard, Martin Wirz and G. Troster, "Mobile sensing of pedestrian flocks in indoor environments using wifi signals," Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2012 IEEE International Conference on, pp.95-102, 2012.
- [9] Twitter, Inc., "twitter". <http://twitter.com/>.
- [10] Facebook Places. <http://facebook.com/places/>.
- [11] foursquare. <http://foursquare.com/>.