

センサ情報を共有可能なモバイルシステムの開発と適用

野田 敬寛[†], 吉野 孝[‡], 宗森 純[‡]

モバイルグループウェアを利用する場合、各ユーザの置かれている状況が分からないことから複数人による協調作業が困難な場合がある。我々はセンサを用いて各ユーザの置かれている環境を計測し、そのデータをユーザ間で共有できるモバイルシステムを開発した。本論文ではセンサを用いてユーザの置かれている環境を計測することで、どの程度の精度でユーザの状況を推測できるかを検証した。その結果、温度センサと光センサから得られるデータによって、ユーザが屋内にいるのか屋外にいるのかを推測できることが分かった。また、加速度センサから得られるデータによって、ユーザが歩いているのか静止しているのかを推測できることが分かった。

Development and application of a mobile system which can share sensor information

Takahiro Noda[†], Takashi Yoshino[‡] and Jun Munemori[‡]

It was hard to perform a cooperative work using the mobile computer at times. It is because user cannot feel another user's state or environment. We have developed a mobile system which can share a user's environment information. We use several sensors to get user's environment information. In this paper, we experimented how accurately the sensors show a user's state. We found the followings from the results of the experiments. The lightness and the temperature show whether user is indoor or outdoor. The acceleration shows whether user is walking or stopping.

1. はじめに

近年、携帯電話やPDA、ノートパソコンなどのモバイル機器が急速に普及してきている。また、モバイル機器の普及に伴い無線LANやBluetoothなどの無線ネットワーク技術も発達してきている。これらのモバイル機器と無線ネットワーク技術の普及により、ユーザは移動中にも他のユーザとコミュニケーションを取ることが可能となった。また、モバイルグループウェアを用いた協調作業を行うことも可能となりつつある[1], [2]。

しかし、モバイルグループウェアを用いて協調作業を行うことは、従来のオフィス型グループウェアを用いて協調作業を行うことと比べて困難なことが多い。モバイルグループウェアを用いた協調作業を困難にし

ている要因の1つとして、モバイルグループウェアとオフィス型グループウェアとでは、それを使うユーザの置かれている環境の違いを挙げることができる。

電子会議システムのようなオフィス型グループウェアでは、会議参加者はそれぞれ分散して作業しているが、各参加者はおそらく室内に居り、PCの前に座り、キーボードやマウスなどのデバイスが用意された環境で作業している。自分の作業環境と他のユーザの作業環境を比較した際、ほとんど同じであることが期待できる。それによって各ユーザの置かれた状況や意図する行為（以下、コンテキスト[3]）を推測することができる。これに対して、モバイルグループウェアを用いて協調作業を行う場合は、自分の作業環境と他のユーザの作業環境とが同じであることは、ほとんど期待できない。つまり各ユーザは、お互いにコンテキストを推測することができないまま作業をすすめ、作業が噛み合わないということが起こる。携帯電話で相手呼び出す時ですら、相手が電話に出られる状況にあるのかどうか分からないのが現状である（図1）。

我々はモバイルユーザ周辺の環境情報を各種センサ

[†]和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering,
Wakayama University
[‡]和歌山大学システム工学部デザイン情報学科
Department of Design and Information Sciences,
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

を用いて計測し、そのデータを他のユーザと共有することで、モバイルグループウェアを用いる際のコンテキスト情報の共有が可能だと考えた。そこで、センサ情報を共有可能なモバイルシステムの開発を行った。

本稿では、センサ情報を共有可能なモバイルシステムの開発と適用実験について述べる。

2. コンテキストとアウェアネスの共有

これまでにユーザのコンテキストやアウェアネスの伝達に関する研究において、我々は主に2つの手法を使ってきた。1つはユーザの自己申告によりコンテキストやアウェアネスを伝達するものであり、もう1つはセンサやRFIDを用いてユーザのコンテキストやアウェアネスを抽出し、共有するものである。自己申告の方式としては、予め起こりうるであろうユーザの状況や状態を調べ、PDAや携帯電話を使って選択できるようにし、他のユーザへ伝達する方式である。このようなサービスや自己申告と状況の自動判断を組み合わせたシステムが存在し[4]、比較的手軽に状況や状態、つまりコンテキストを伝達できることが知られている。しかし、リアルタイムの作業では、作業の途中で自己申告の操作を行うことは作業の進行を妨げることになる。一方、センサによるコンテキストやアウェア

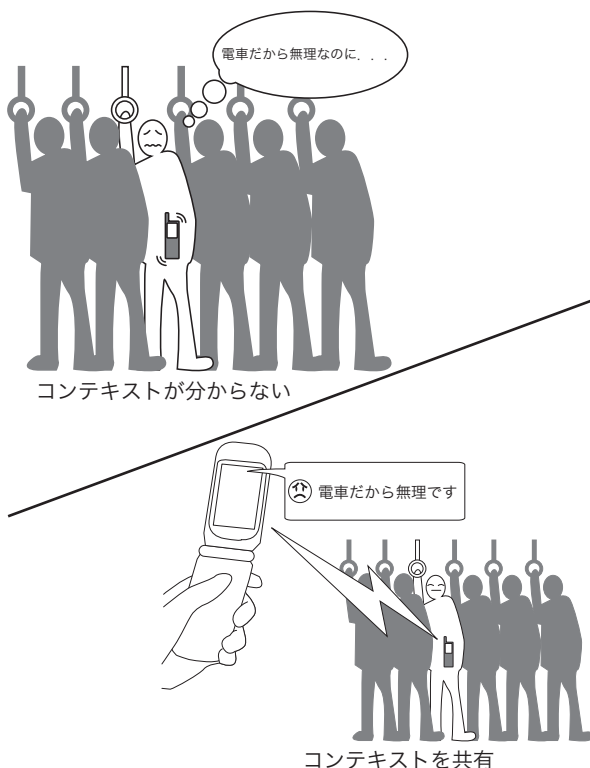


図1 コンテキスト共有のイメージ図

ネスの抽出は、各種センサによりユーザの存在[5]や身体情報を計測する[6]のものであり、高い粒度の情報が得られる。しかし、このようなシステムは計測に用いる端末が大きく(図2)、容易にモバイルシステムへの応用ができないという問題がある。

3. センサ情報を共有可能なモバイルシステムの開発

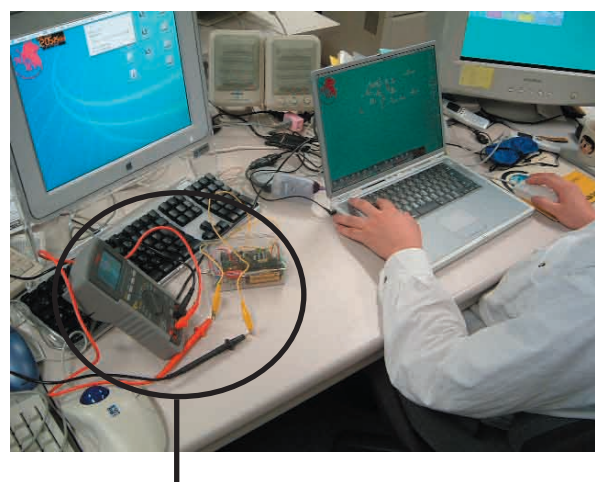
3.1 設計方針

設計方針を示す。

- (1) 協調作業を妨げないセンシング
- (2) 協調作業用の端末を制限しない
- (3) センシングデータのリアルタイム共有

理由

- (1) モバイルグループウェアを用いた協調作業をコンテキストの共有によって支援することが目的であり、ユーザ周辺の環境情報を計測することが協調作業を妨げてはならないと考えた。そのため、ユーザ周辺の環境情報を計測する計測用の端末と協調作業を行う作業用の端末とは別々の端末として実装することを考えた。
- (2) ユーザがどのような作業端末を使って作業するかは、ユーザの置かれている状況に依存する。状況によっては携帯電話やPDAのような小型の携帯端末を使ったり、またはノート型PCを使ったりする。さらに、状況によってはモバイ



人体検出のための計測器

図2 センサを用いた情報共有システム

ル機器だけではなく、室内でデスクトップ PC を利用することもありうる。その際はシームレスにモバイル機器からデスクトップ PC へと作業環境を移行できる方が望ましい。そのため、計測端末と作業端末とのデータの送受信には Bluetooth を用いることにした。

- (3) 本システムは、移動中のユーザが協調作業を行うのに用いることを前提とする。そのため、移動中に刻々と変化するユーザの状況をリアルタイムに伝達できるとともに、協調作業自体もリアルタイムに進められる方が望ましい。しかし、多くのモバイル型センサモジュール [7], [8] がそうであるように、小型化を図ると PHS などのインターネットベースの通信機能を備える事が困難になる。そこで、計測端末と作業端末とを分け、作業端末の通信機能を利用することで、インターネットを利用したリアルタイムな状況の伝達が可能になると考えた。

3.2 システム概要

システムは環境情報を取得する計測端末と協調作業を行う作業端末からなる。図 3 に計測端末、図 4 に作業端末を示す。今回は、作業端末に PDA を用いているが、携帯電話やノート PC などを利用することも考慮している。計測端末と作業端末の間では、計測端末が各種センサから取得したデータを、Bluetooth による通信で作業端末へ送信する。Bluetooth を使うことで作業端末が PDA 以外の端末に変わった場合も比較的簡単に対応できる。作業端末は Bluetooth を用いて受信したデータを PHS データ通信や無線 LAN などを利用してインターネット上の他のユーザに送信する。計測端末と作業端末の実装について下記に詳しく示す。

3.3 計測端末

計測端末は複数のセンサを実装した計測部（図 3 の点線内）とデータの保存、通信を行う PDA（Palm 社、Palm m515）からなる。実装したセンサは温度セン

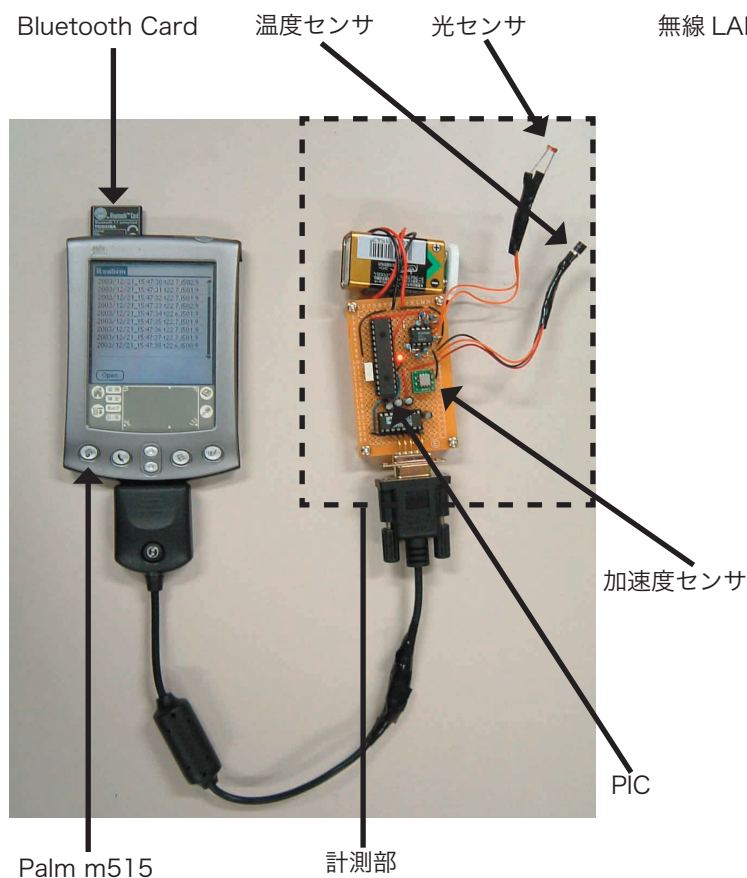


図 3 計測端末



図 4 作業端末

サ、光センサ、加速度センサの計3つで、いずれも市販の製品である。これらのセンサから得られるデータを PIC (Peripheral Interface Controller) マイコンを用いて AD 変換を行い、デジタルデータを RS232C のシリアル通信で PDA へ転送する。PDA は受信したデータを保存し、Bluetooth を利用して作業端末へデータを転送する。温度センサと光センサのサンプリングレートは 1 秒とし、加速度センサはおよそ 10ms とした。これらのセンサや PIC、その他の部品などを 720mm × 460mm の大きさの基盤に実装した。計測部は 9V 形電池 1 個を電源として動作する。

3.4 作業端末

Bluetooth を用いて計測端末からのデータを受信し、PHS データ通信または無線 LAN を用いてインターネット上の他のユーザへデータを転送できるプロトタイプアプリケーションを開発した。このプロトタイプアプリケーションは、PHS データ通信や無線 LAN を使い、インターネットを利用したリアルタイムデータ通信が可能である。また、インターネットを使ったデータ通信を行う一方で、計測端末から送信されてくるセンシングデータを Bluetooth を利用して受信でき、受信したデータも PHS データ通信や無線 LAN を用いてインターネット上の他のユーザと共有できる。

4. 適用実験

4.1 実験方法

計測端末が取得するデータによって、どの程度の精

度でユーザの状況を推測できるかを検証するために実験を行った。被験者は開発した計測端末を持ち運びやすいように図5に示す実験用の鞆に入れ、図6に示すようにして身につけた。取得したデータは計測端末の PDA に記録した。光センサや温度センサの値は時間帯や気候が影響すると考え、実験はそれぞれ異なる時間帯に行った。被験者には和歌山大学システム工学部 A 棟の 801 号室 (A801) を出発し、和歌山大学附属図書館を経由して大学会館の購買部まで行き、また出発地点の A801 まで戻ってきてもらった。図書館ではロビーに設けられたベンチに座って休憩を取り、購買部では商品を選ぶように店内を回るようにした。また、南海紀ノ川駅から南海和歌山市駅までの間を電車に乗車して往復してもらった。屋内から屋外へ出るときや、または屋外から屋内に入るときには携帯電話のメールを用いて現在の自分の位置を送信するようにした。電車に乗車する際も屋内外を移動する場合と同様の手続きを行った。このようにして、自己申告によって得られたユーザの状況と計測端末によって取得したデータを比較した。

4.2 結果と考察

4.2.1 屋内外への移動

図7に昼間 (13 時 20 分～13 時 50 分) の実験の結果を、図8に日没後 (17 時 10 分～17 時 30 分) の実験の結果を示す。図7、8の横軸の値は時間を示し、縦軸の値は温度ならば摂氏を示し、照度ならば PIC にかかる電圧 (mV) を示している。これらのセンサの



図5 実験用の鞆



図6 実験中の様子

示す値は、時間帯を問わず、屋内から屋外へ、または屋外から屋内へ移動する際に大きく変化していることで共通している。温度センサのデータはセンサの特性から緩やかに上昇するが、屋外から屋内へとユーザが移動したことを示すには十分である。また、現在使っている光センサの特性から、受光に指向性があるため壁の位置などによっても値が変化するが、光センサのデータは屋外と屋内との差を大きく示している。

昼間の実験では、ユーザが屋外にいるときは温度センサの値が下降し、光センサの値が上昇していることが分かる。一方日没後の実験では、ユーザが屋外にいるときは温度センサの値、光センサの値が共に下降していることがわかる。このことから、光センサと温度センサから得られるデータと天候や時間帯などを考慮することでユーザの状況を推測できる。

4.2.2 歩行時の移動

図9に加速度センサのデータを示す。図9の横軸の値は時間を示し、縦軸の値はPICにかかる電圧 (mV) で加速度を示している。また、そのときの光センサ

と温度センサのデータを図10に示す。図10の横軸と縦軸の値は、図7、8の値と同じである。加速度センサはある一定の値を超えた時にだけデータを保存するようにしているため、図9のなかで、値が表示されていない部分はユーザが静止していたことを示している。図10から、上記した通りユーザの屋内外への移動の様子が分かる。図9と図10とを見比べると、研究室から図書館までの移動や図書館から大学会館への移動の際に加速度センサに変化が見られる。このことから、加速度センサから得られるデータからユーザが移動しているかどうか推測できる。

4.2.3 乗車時の移動

図11に乗車時の加速度センサの値を示す。図11の横軸、縦軸の値は図9の値と同じである。図12に乗車時の温度と光センサの値を示す。図12の横軸、縦軸の値は図7、8の値と同じである。計測は12時15分から開始し、電車が発車する12時25分までホームで待機していた。発車と停車の際に加速度センサが反応しているが、これは乗車と下車の際に、ユーザが

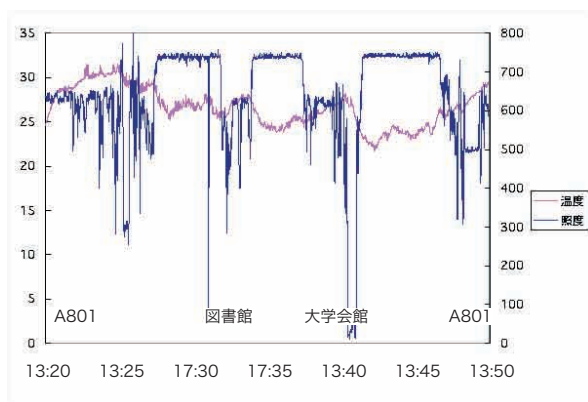


図7 昼間

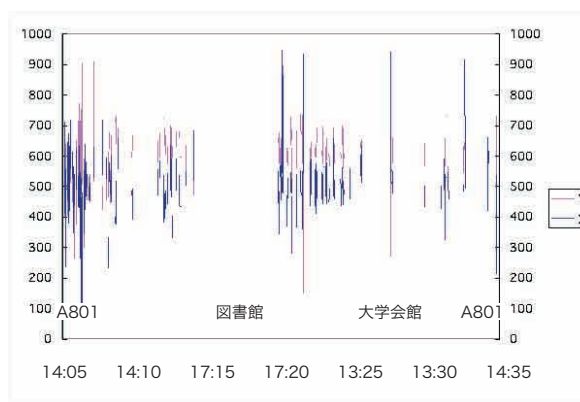


図9 加速度

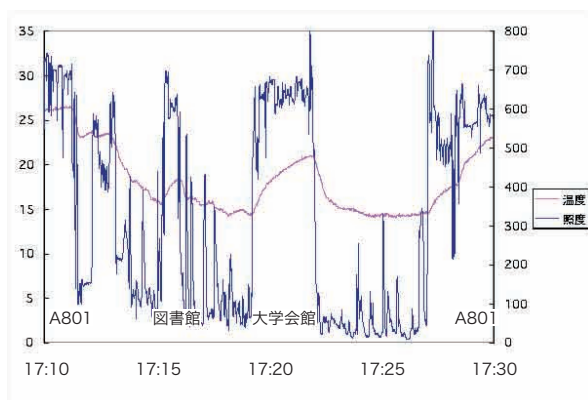


図8 日没後

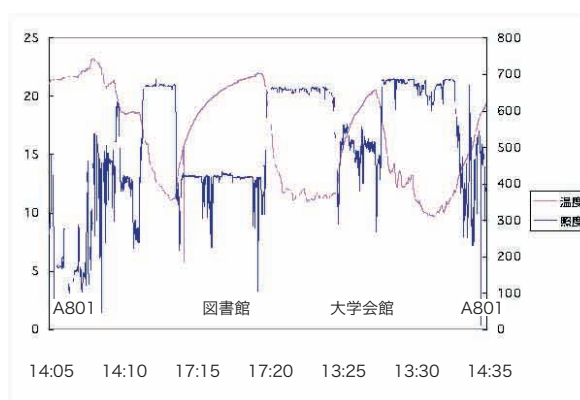


図10 加速度計測時の温度と明るさ

歩いたために得られた値である。温度と明るさについては、ユーザが屋内外へ移動した際の結果と同じである。ただ、光センサの値は昼間の歩行時の変化と比べて、明るいときと暗いときの変化が激しく見られる。これらのことから、ユーザが電車に乗って移動していることも推測できる可能性がある。

5. まとめ

今回、センサ情報を共有可能なモバイルシステムの提案と開発を行った。また、センサ情報によって、どの程度精度でユーザの行動を推測することができるかを検証した。その結果、ユーザ周辺の明るさと温度からユーザが屋内にいるのか屋外にしているかが推測できる。また、加速度センサによって、ユーザが歩いているかどうかを推測できることがわかった。また、ユーザが電車に乗って移動しているということも推測できる可能性がある。

今後の課題として、ユーザが電車や車などの乗り物に乗っているかどうかなどのコンテキストを取得する方法を考え、実装する必要がある。また、ユーザ周辺

の環境情報を共有する際、情報の表現方法を考える必要がある。さらに、モバイル機器を用いた協調作業や情報共有システムなどに本システムを適用し、本システムがモバイルグループウェアを用いた協調作業に与える影響を検証する予定である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金若手研究（B）15700059「移動中の利用者のアウェアネス情報の獲得と伝達に関する研究」ならびに平成15年度（財）電気通信普及財団の支援を受けた。記して謝意を表する。

参考文献

- [1] <http://www.zeosoft.com/>
- [2] 太田雅敏, 吉滝幸代, 川口明彦, 石原 進, 水野忠則: Java 搭載携帯電話における同期式共有ホワイトボード, 情報処理学会 64 回全国大会, pp.437-440 (2002).
- [3] Dey, A.K., Abowd, G.D. and Salber, D.: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, HCI Journal, Vol. 16 (2-4), pp.97-166, 2001.
- [4] 吉野 孝, 森 直人, 宗森 純: 暇々手帳: 半自動申告機能を持つ疎な連帯感支援システム, FIT 2003, pp.345-346(2003).
- [5] 黒田淳平, 吉野 孝, 宗森 純: 多種の情報機器を利用可能なアウェアネス情報共有システム, 情報処理学会研究報告, 2002-GN-47, pp.1-6(2002).
- [6] 宗森 純, 吉野 孝: 五感情報伝達がネットワークアプリケーションに及ぼす影響, 情報処理学会研究報告, 2002-GN-45, pp.101-106(2002).
- [7] <http://www.xbow.com/>
- [8] 田村 大, 福間祥乃, 玉野哲也: コンテキストセンシティブなコンテンツ配信の実現に向けてープロジェクト・MODE の取り組みー, 情報処理学会研究報告, 2003-UBI-1, pp.41-48(2003).

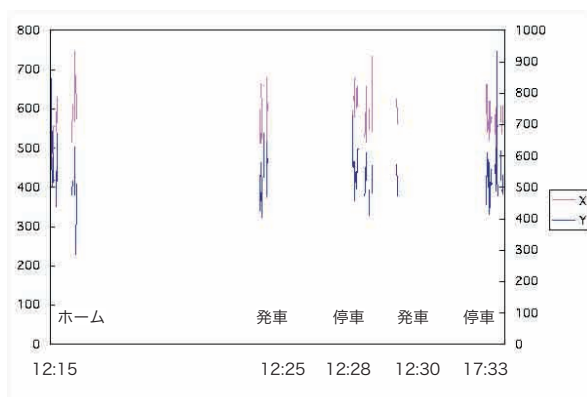


図 1-1 乗車時の加速度

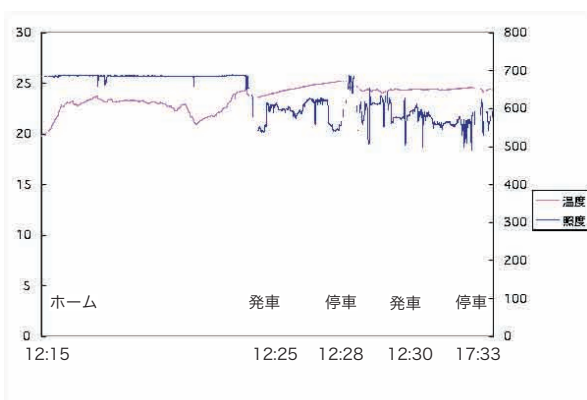


図 1-2 乗車時の温度と明るさ