

行動情報共有システムにおける行動認識と可視化

服部 祐一^{†1} 井上 創造^{†1} 平川 剛^{†2}

本稿では、行動解析のための行動情報を収集する目的として開発した行動情報共有システム「ALKAN2」について述べる。ALKAN2では、ユーザが行った行動のセンサデータと動画を収集し、それらを閲覧できる環境をユーザに提供する。また、ユーザは他のユーザが行った行動をまねることができ、まねた際のデータをサーバに送信することにより、どの程度似ているかなどを判定することができる。また、他のユーザが行ったデータに対して評価することができる。また本稿では、ALKAN2で収集されたセンサデータの行動認識と可視化について述べる。

Activity Recognition and Visualization for Activity Information Sharing System

YUICHI HATTORI,^{†1} Sozo INOUE^{†1}
and Go HIRAKAWA^{†2}

In this paper, we explain the activity information sharing system "ALKAN2", which aims at gathering activity information for activity analysis. ALKAN2 gathers users' activity using sensor data and movie data. Moreover, ALKAN2 prepares display environment for users. A user mimics activities of other users. Moreover, a user sends the mimicked data to the server. As a result, the mimicked data can be objectively evaluated, and other otherIn this paper, we explain activity recognition and visualization for sensor data of ALKAN2.

^{†1} 九州工業大学

Kyushu Institute of Technology

^{†2} 株式会社ネットワーク応用技術研究所

NETWORK APPLICATION ENGINEERING LABORATORIES LTD.

1. はじめに

人間の行動が客観的に計測できるようになれば、様々な応用が期待できる。例えば、医療分野においては生活習慣病の予防のために生活習慣を客観的に計測できる。また、農業分野においては農業従事者の行動記録を自動的に得る事ができるため、作業の効率化を図る事が出来る。また、ダンスや伝統芸能など固有の動きが重要視される分野では、師範などの手本とどれだけ近いかが評価できるため、客観的に習熟度を確認できる。これまでこのような行動の計測は難しかったが、近年、3軸加速度センサを搭載した携帯情報端末が普及しており、それらが可能となりつつある。本研究では、行動を解析するための解析エンジンの構築を目的とする。

しかし、行動を解析するためには多人数かつ多くのセンサデータを集める必要がある。しかし、多くの人から多様なセンサデータを集めることは、容易ではない。ユーザもただデータを収集するだけでは、飽きてしまうため、ユーザに何らかのメリットを与えデータ提供意欲を持ってもらう仕組みが必要となる。

我々は、行動情報共有システム「ALKAN2」を開発した。ALKAN2では、ユーザ自身が自分の行う行動のリストを作成することができるため、様々な行動情報を収集することができる。例えば、ダンスの各動作のリスト、医療作業用のリスト、体操の各動作のリストなどである。また、センサデータだけでなく動画データも用いることにより、他のユーザが行った行動をその動画を見ながら模倣することができ、さらに、模倣したデータに対して類似度を用いたスコアリングを行うことができる。それにより、他のユーザの行動情報とどれくらい似ているかを客観的に確認できる。結果として、ユーザ側は、行動が評価されることにより、モチベーションが向上すると考えられ、多くの行動を行うことが期待できる。そして、管理者側は同じ行動のデータを効率良く収集することができる。ALKAN2のシステム概要を図1に示す。

本稿では、行動情報共有システムにおける行動認識と収集されたデータに対する自己組織化マップ¹⁴⁾を用いた可視化について述べる。

収集されたデータを可視化するという事は、ユーザに対して収集したデータがどういったものであるかというものを見せる点において非常に重要な点である。数値である情報を可視化することにより、そのデータの特徴をユーザに伝えることができる。我々は、それらを実現するために我々は、自己組織化マップ(SOM)を用いた。SOMとは、教師なし学習のニューラルネットワークの一種であり、多次元データを2次元に射影することができる。

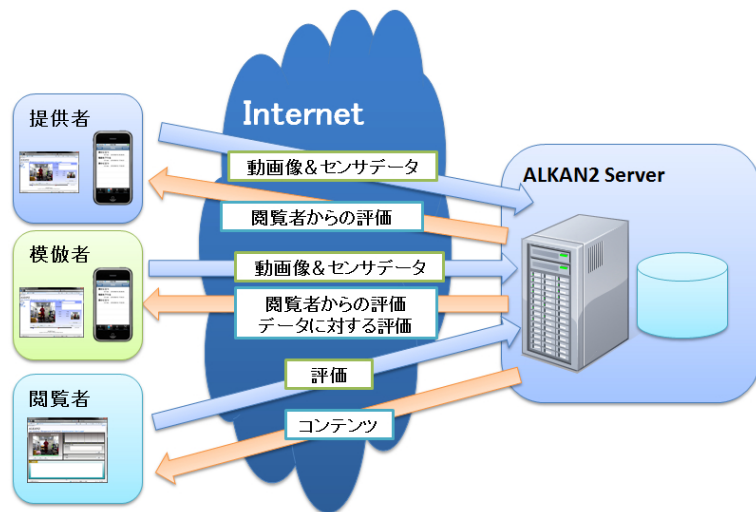


図 1 ALKAN2 概要
Fig. 1 ALKAN2 overview

我々は、SOM を用いることにより、ユーザの重要な要求である自分と似ている行動のユーザはいないか、行った行動にどのような特徴があるか、素人でもわかりやすい表示方法という 3 点において解決を試みた。その結果、特徴の似ているユーザを直感的に把握することはできたが、同じ要素に複数のユーザが対応付けられた場合等の改善が必要であることが分かった。

本論文は、6 つの章からなる。以下では、2 章で関連研究を述べ、3 章で行動情報共有システムについて述べる。4 章で行動認識について述べ、5 章で可視化について述べる。6 章はまとめである。

2. 関連研究

我々は人間の行動を客観的に計測するための行動解析システムの構築を目標としている。行動解析には教師となるデータが必要となり、そのために多くの行動情報が必要となる。大量に行動情報を収集するシステムとして大規模行動情報収集システム「ALKAN」がある²⁾¹⁾。ALKAN では、iPhone や iPod Touch などの携帯情報端末と行動情報を収集するサーバを用い大量の行動情報を収集することを可能としている。ALKAN の概要を図 2 に示す。し

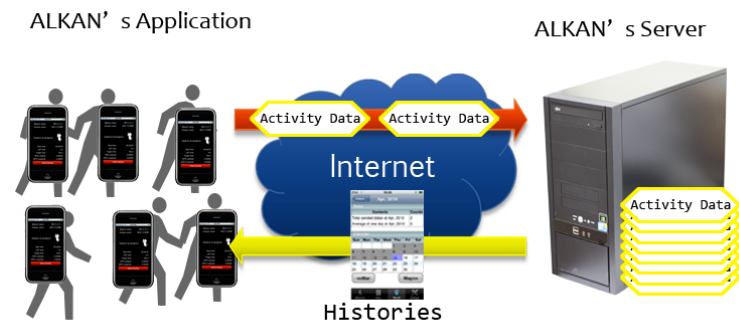


図 2 ALKAN 概要
Fig. 2 ALKAN overview

かし、ALKAN は行動情報を収集するだけのシステムであり行動を行うユーザにメリットがない。また、ユーザが行える行動が固定されているため、システムに登録されていない行動の行動情報は収集することができない。

近年、センサを用いた行動認識が盛んに行われている。文献³⁾では、携帯情報端末とサーバを用い 10 個の行動について行動解析を行っている。しかし、体に取り付けていない“テーブルの上に置く”を除くと取り付け位置が 3 つしかなく、各行動も取り付け位置に対して 3 つずつである。文献⁴⁾では、腕に二つのセンサをつけ行動解析を行っている。また、文献⁹⁾では、腰につけた二つのセンサを用いて行動、構え、自転車に乗るなどを区別している。しかし、これらは一人のユーザで行われており、多くの人に対しては行っていない。文献⁷⁾では、8 人のユーザの腰ともにもセンサを取り付け、動きと強さを解析している。また、文献⁸⁾では、6 人のユーザの腰に 6 個センサをつけ行動と構えを解析している。文献⁹⁾では、10 人のユーザに二つのセンサをつけ、7 つの行動と構えなどを解析している。文献⁵⁾では、20 人のユーザに二つのセンサをつけ、角度と歩く速さを解析している。しかし、ユーザは指示に従って動いているため、これらは実際の日常行動のデータではない。

日常行動の解析を目的とする研究として下記のものがある。文献¹⁰⁾では、二つのセンサを用い作業環境における動きと構えを計測している。また、文献⁶⁾では、間接に 36 個のセンサを用い、タイピングや黒板に書くなどのデータを計測している。しかしこれらは、一人

のユーザに対して行われている。そのため、より多くのユーザのデータが必要である。

これらの研究と比較して、我々の研究は、小規模なスケール、人工のデータではなく、現実の生活に基づいたデータを大規模に集めることができる。さらに、我々はユーザビリティとユーザへの負担を考えスマートフォンに搭載されているセンサなどの一つのセンサを使用して行動データの収集を行う。

文献¹²⁾では、複数の研究室から行動データを収集することを提案している。そして、540人のユーザから6700の加速度データを収集している。しかし、我々のアプローチは、プラットフォームシステムを提案し、利用範囲を広げることでより多くの行動データを収集することである。

3. 行動情報共有システム

3.1 システム概要

本システムは、スマートフォンアプリケーションと行動情報共有サーバからなる。ユーザは、スマートフォンアプリケーションを用い行動情報共有サーバにセンサデータとユーザ情報を送信する。また、動画像に関してはクライアント PC 上のウェブブラウザから行動情報共有サーバに送信する。

3.2 コンテンツ

本システムでは、センサデータと動画像を紐付けた物をコンテンツと呼ぶ。コンテンツとしてサーバに登録することにより、他のユーザが閲覧することが可能となる。コンテンツ閲覧の画面を図3に示す。なお、1つのコンテンツには、複数のセンサデータと複数の動画データを紐付けることができ、2点から動画を撮影した場合や数カ所にセンサを取り付けて計測した場合にも対応することができる。

3.3 ユーザの役割

本システムでは、提供者、模倣者、閲覧者の3種類のユーザの役割がある。なお、ユーザは3種類のどの立場にもなることができる。

3.3.1 提供者

提供者は、コンテンツをはじめに登録するユーザであり模倣者の手本となるユーザである。提供者は、まず、携帯情報端末アプリケーションと録画機器を用い、センサデータと模倣を促すための行動を撮影した動画像データを収集する。その後、それらのデータを行動情報収集サーバにアップロードしコンテンツ登録を行う。また、登録したコンテンツに対して閲覧者から評価を受けることができる。

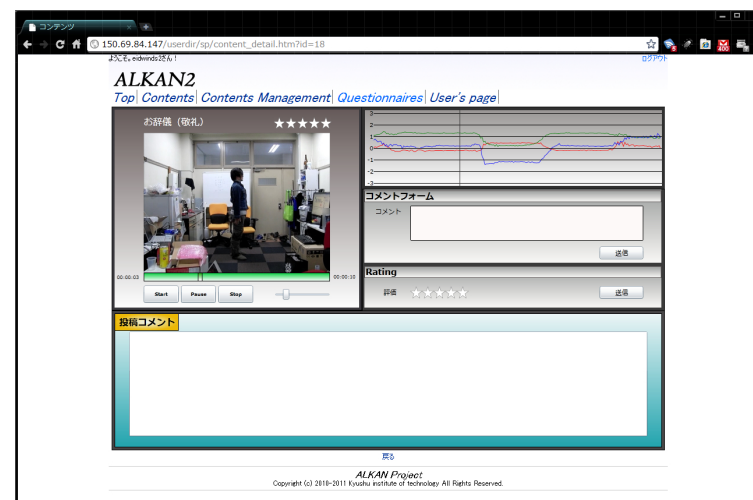


図3 コンテンツ閲覧画面
Fig.3 Contents view

3.3.2 模倣者

模倣者は、提供者の登録したコンテンツを模倣する。模倣には、提供者と同様、携帯情報端末アプリケーションと録画機器を用いる。なお、模倣に関しては携帯情報端末アプリケーションで取得するデータだけでも良い。そして、模倣したデータを登録することにより、提供者のデータとの類似度を判定する。また、提供者同様、閲覧者からの評価を受けることができる。

3.3.3 閲覧者

閲覧者は、コンテンツを閲覧するユーザであり、クライアント PC のウェブブラウザ上でコンテンツを閲覧することができる。そして、登録されているコンテンツに対して五段階評価とコメントによる評価を行う。

3.4 スマートフォンアプリケーション

スマートフォンアプリケーションは、iPod Touch、iPhone 及び iPad で動作する。その実行画面を図4に示す。行動情報を収集するためにユーザは、まず行動種別を選択し、次に取り付け位置を選択する。そして、センシングを開始する。センシングを終了すると、端末にデータが保存される。その後、ネットワークに接続されている際に行動情報共有サーバ

にデータを送信する。また、ALKANでも実装していたランキング機能や履歴機能も一部実装している。

3.5 Web アプリケーション

Web アプリケーションの機能は、下記のとおりである。

- (1) コンテンツ閲覧
- (2) コンテンツ管理
- (3) 動画登録
- (4) 行動種別管理
- (5) ユーザ情報管理

コンテンツ閲覧はクライアント PC を用いウェブブラウザ上で行う。閲覧画面では、動画、センサデータの波形、そのコンテンツの評価及びコメントを閲覧することができる。また、閲覧者はコンテンツを 5 段階評価できるとともに、コンテンツにコメントをつけることができる。

コンテンツ管理では、動画とセンサデータの紐付を行うことができる。

動画登録はクライアント PC を用いウェブブラウザ上で行う。動画登録の画面を図 5 に示す。動画登録の時点で、動画の再生位置の設定を行う。これは、センサデータと動画のずれを補正するためである。また、一覧表示の際に用いるタイトル、説明、サムネイルも動画登録の際に設定する。

行動種別管理では、ユーザの行う行動種別及びそのリストを管理する。行動種別の登録に必要なデータは、タイトル、説明、METs である。METs とは運動強度を示す単位である。また、登録した行動種別をリスト化することにより、多くの行動種別を種類ごとに分類することができる。また、自分の作った行動種別のリストを公開することにより、他のユーザも同じリストを使うことができる。例えば、医療用のリスト、体操用のリスト、農業用のリスト、ダンス用のリストなどを作成することにより、様々な分野に応用することができる。

ユーザ情報管理では、ユーザの基本的な情報を管理する。パスワードの変更やメールアドレスの変更などである。

3.6 行動情報共有サーバ

行動情報共有サーバは、ユーザに Web アプリケーションの機能を提供するとともに、クライアント PC から送信された動画データ及びスマートフォンから送信されたセンサデータの蓄積などを行う。また、スマートフォンと通信を行い、行動種別のリストの更新も行う。

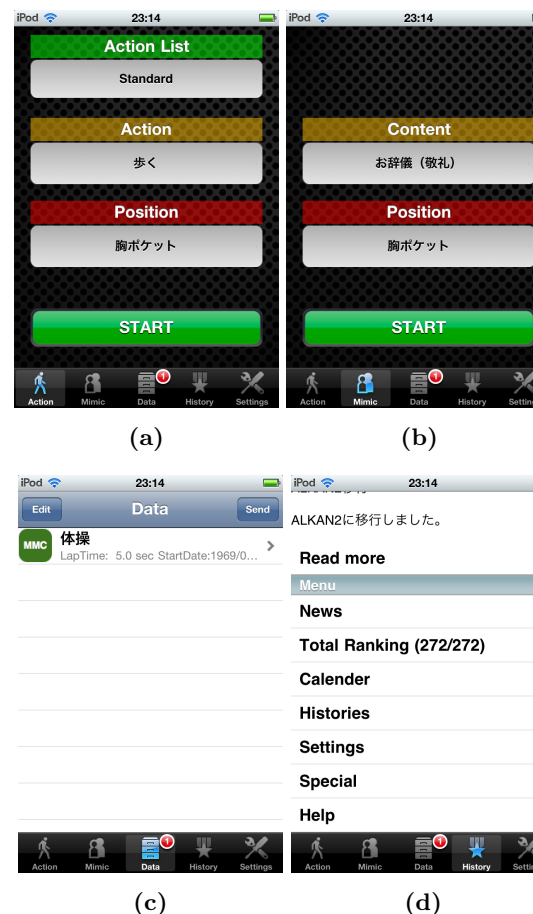


図 4 スマートフォンアプリケーション: (a) 行動選択画面 (b) 模倣選択画面 (c) データ画面 (d) 履歴画面.
Fig. 4 Smartphone's application: (a) select activity (b) select mimic activity (c) data view (d) history view

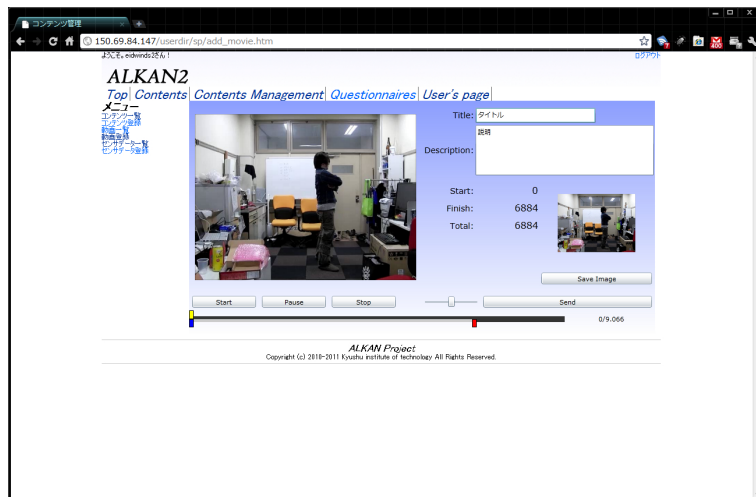


図 5 動画登録画面
Fig. 5 View of add movie

4. 本システムにおける行動認識

本システムにおける行動認識は、模倣者が提供者の行動を模倣した場合に行われる。模倣者と提供者の行動がどの程度似ているかというのを点数として表示するものである。模倣者が提供者の行動を模倣し、その際に収集されたセンサデータをサーバに送信することにより、サーバ上で処理を行う。手順は下記のとおりである。

- (1) 提供者がコンテンツを作成する。
- (2) スマートフォンアプリケーションを使用し模倣者が提供者のコンテンツを模倣する。
- (3) 模倣者が模倣したセンサデータをサーバに送信する。
- (4) サーバ上で処理を行い、Web アプリケーション上で表示する。

5. 収集されたデータの可視化

収集されたデータを可視化ということは、ユーザに対して収集したデータがどのようなものであるかというものを見せる点において非常に重要な点である。数値である情報を可

視化することにより、そのデータの特徴をユーザに伝えることができる。それにより、ユーザは自分がどのような情報を収集しているかを認識することができ、また、他のユーザの特徴を把握することができる。例えば、「歩く」のデータにおいて、可視化することにより、数個のクラスタに分かれていることが分かれば、ユーザは自分がどのクラスタに属しているかを把握することができる。それにより、自分の「歩く」という行動の特徴を直感的に把握でき、さらにそのクラスタにどの程度のユーザが所属するかを把握できる。

本システムで収集されたデータを可視化する方法として自己組織化マップ (SOM) を用いた。SOM とは、教師なし学習のニューラルネットワークの一種であり、多次元データを 2 次元に射影することができる。

本システムでは、生成されたマップ上にユーザのデータの位置を表示することでその行動の傾向、行動が似ているユーザの有無を確認することができる。

5.1 要求分析

収集されたデータを可視化する上で、ユーザの重要な要求は下記のとおりである。

- (1) 自分と似ている行動のユーザはいないか。
- (2) 行った行動にどのような特徴があるか。
- (3) 素人でもわかりやすい表示方法。

まず、一つ目の自分と似ている行動のユーザはいないかという点においては、自分と行動が似ているユーザを確認できることにより、ユーザは自分の行動が他のユーザの行動に近い、あるいは自分だけ他のユーザとは違うといった点を把握することができる。これにより、自分の行動の位置付けを把握することができる。

次に、二つ目の行った行動にどのような特徴があるかという点においては、例えば、「歩く」や「走る」の行動の中でも何種類かのクラスタに分かれることが予想される。可視化することにより、それらをユーザも把握することができユーザは自分がどのようなクラスタにいるかを把握することができる。

三つ目の素人でもわかりやすい表示方法という点においては、特殊な知識がない人であっても可視化した結果を見るだけでそれがどのようなものであるかを把握できる必要がある。

これらの要求を満たすため、我々は SOM を用いた可視化を試みた。SOM を用いることにより、多次元データを 2 次元マップに射影することができ、行動の特徴を表示することができる。

5.2 本システムで使用した自己組織化マップ

本システムで使用した SOM は 6 角形のマップを用いたトラス状 SOM¹³⁾ を用いた。平面状 SOM では、学習する際に中心付近の場合と端の場合で学習面先に差が生じるため、学習に欠陥が生じる。そのため、我々はトラス状 SOM を採用した。

5.3 データの処理

本システムで収集された 3 軸加速度のセンサデータは、iPodTouch や iPhone を使ったものであり、ポケットに入れる動作やポケットから取り出す動作といった取り付け取り出し動作といったものも収集されている。それらの動作は、SOM で学習する上で不要となるため削除する必要がある。そのため、センサデータの前後 15 秒ずつを削除した。15 秒というのは、iPodTouch を取り付け取り出しするのに長い人で約 15 秒かかったためである。また、合計 30 秒を削除するため、合計時間が 30 秒に満たないデータも今回は除外した。

5.4 着色

ユーザビリティを考える上で着色は非常に重要な問題である。我々は、あえて背景となるマップの着色には、グレースケールを用いた。多くの色を用いて着色した場合、ユーザのデータの位置を表示する際に、それらが見えにくくなるためである。本システムでは、ユーザのデータの位置をユーザに見せるという点が重要であるためグレースケールを用いた。ユーザのデータの位置を強調することにより、3 つ目の要求である素人でもわかりやすい表示方法になると考えられる。それらの比較を図 6 図 7 に示す。

5.5 実験

可視化の実験として、システムで収集された 3 軸加速度データの取り付け位置が「ポケット(ズボン右)」の「歩く」のデータ 100 件と「ポケット(ズボン右)」の「静かに座る」のデータ 100 件に対して可視化を行った。SOM のパラメータを表 1 に示す。

表 1 SOM のパラメータ
Table 1 Parameters of SOM

	歩く	静かに座る
マップサイズ	20*20	20*20
学習回数	5000	2000
近傍関数の初期値	12	16
学習率係数	0.4	0.2

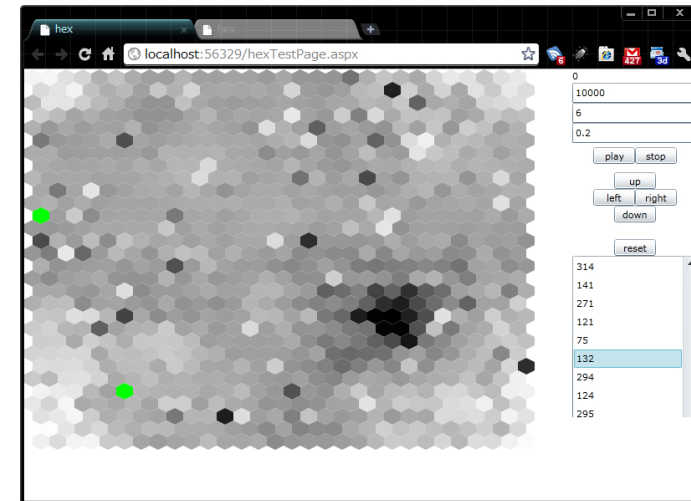


図 6 グレースケール表示
Fig. 6 View of Gray Scale

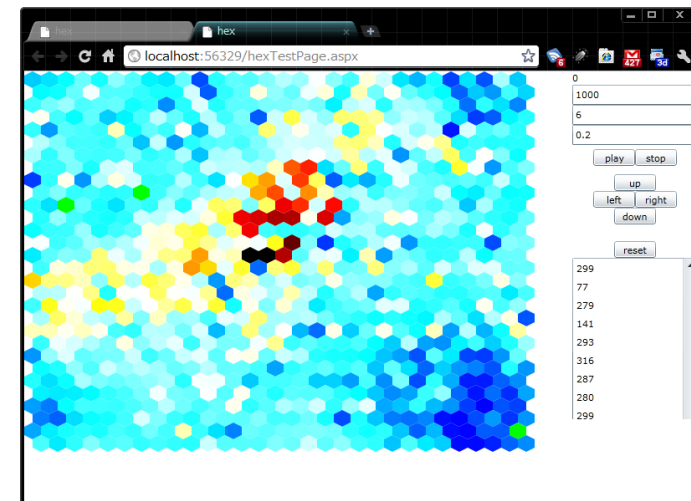


図 7 カラー表示
Fig. 7 View of Color

SOM における手順は、下記のとおりである。

- (1) 全てのデータの中からランダムにデータを取り出し各要素を初期化する。
- (2) データの 1 番目から順に入力し指定回数学習を行う。
- (3) 学習したデータをもとにグレースケールの着色を行う。
- (4) 指定ユーザとユースグリッド距離が最も近い要素に着色を行う。

ユーザごとに着色する色は変化するように設定してある。また、学習する際に使用した特徴量は、行動した時間、3 軸加速度データの XYZ の最大値、3 軸加速度データの XYZ の平均、3 軸加速度データの XYZ の分散である。

5.6 結 果

実験で得られた結果のマップを図 8 図 9 に示す。色のついている要素が選択されたユーザのデータに最も近い要素である。図 8 では、数人のユーザのデータが固まっており、図 9 においても、数人のユーザのデータが固まっている。マップからこれらの固まっているユーザは特徴が似ていることが推測される。これにより、一つ目の要件である自分と似ている行動のユーザはいないかという点において、探ることが可能である。こういった情報をユーザに提供することにより、ユーザの行動が他のユーザと近いところにあるのかそれとも遠く離れているのかという点を把握することができる。

二つ目の行った行動にどのような特徴があるかという点においては、「歩く」については、少なくとも二つのクラスタがあるのが確認できるが、「静かに座る」においては、学習にむらがあるため、確認することができない。しかし、「静かに座る」において、特徴的なクラスタが複数存在しない可能性もある。また、今回の「歩く」と「静かに座る」においても最適な SOM のパラメータは異なるため、各行動において最適なパラメータを探る必要がある。

三つ目の素人でもわかりやすい表示方法という点においては、背景となる SOM のマップをグレースケールにすることにより、ユーザの行動に近い要素を着色した際にその要素が目立つようになった。しかし、各要素に対応するユーザが 1 人なら良いが、複数人になった場合は、着色だけでは対応できない。よって、着色だけでなく要素に対応するユーザ全員を表現する手法が必要となる。

6. おわりに

我々は、行動情報共有システム「ALKAN2」を開発した。ALKAN2 は行動情報を収集

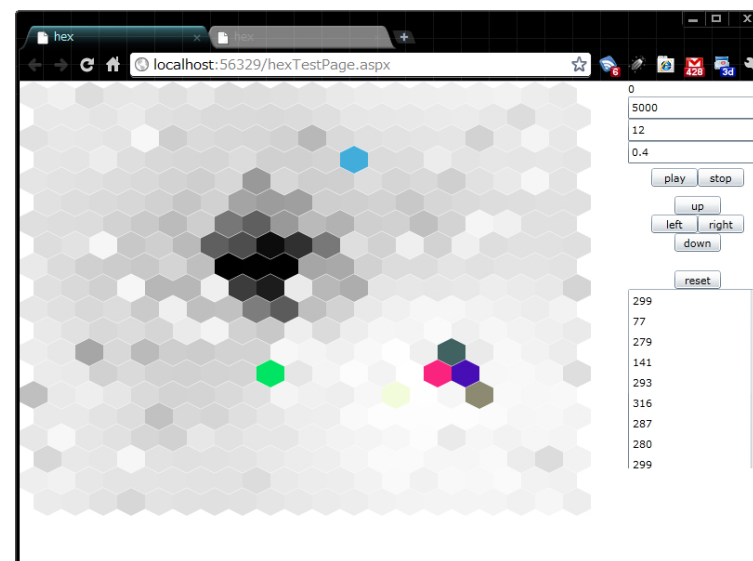


図 8 SOM の結果 (歩く)
Fig. 8 Result of SOM(walk)

するだけであった従来の ALKAN よりも動画像との連携機能や行動に対する他者からの評価を受けることができるようになり、ユーザに行動情報を収集するメリットが発生したと考えられる。そのため、今後、今まで以上の行動情報の収集が期待される。また、自己組織化マップを用い本システムで収集されたセンサデータに対する可視化を行った。その結果、特徴の似ているユーザを直感的に把握することはできたが、同じ要素に複数のユーザが対応付けられた場合の改良等が必要である。また、これにより、得られた類似ユーザに対するアプローチも必要となる。今後、さらなる可視化方法を検討し、ユーザにデータを収集することによるメリットを与えより多くのデータを収集してもらう工夫が必要である。

参 考 文 献

- 1) 服部 祐一, 竹森 正起, 井上 創造, 平川 剛, 須藤 修, ”携帯情報端末による大規模行動収集システムの運用と基礎評価”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2010) 予稿集, pp. 583 - 590, July 6, 2010, Gifu, Japan.

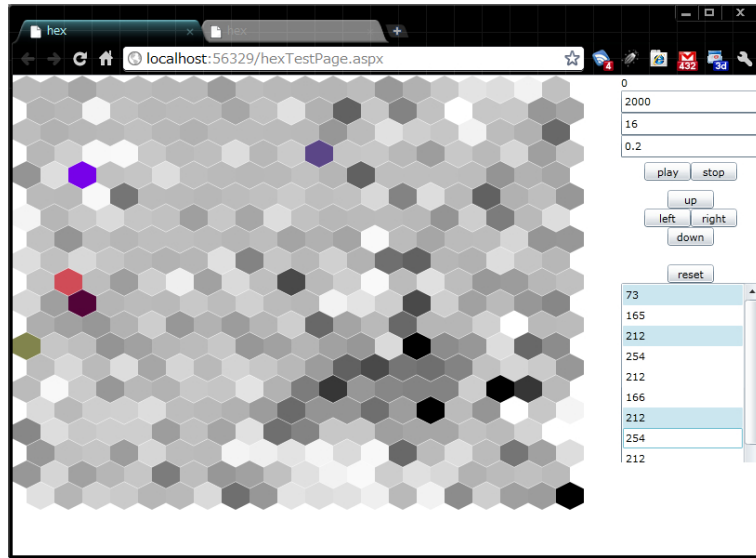


図 9 SOM の結果 (静かに座る)
Fig.9 Result of SOM (sit)

- 2) Yuichi Hattori, Sozo Inoue, Go Hirakawa, Osamu Sudo. " Gathering Large Scale Human Activity Information Using Mobile Sensor Devices ", International Workshop on Network Traffic Control, Analysis and Applications (NTCAA-2010), pp.708-713, Fukuoka, Japan, 2010.
- 3) M. Berchtold, M. Budde, D. Gordon, H. R. Schmidtke, and M. Beigl. " Actiserv: Activity recognition service for mobile phones ", In Proceedings of the Fourteenth International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2010), 2010.
- 4) G.S. Chambers, S. Venkatesh, G.A.W. West, and H.H. Bui. Hierarchical recognition of intentional human gestures for sports video annotation. In Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition, volume 2, pages 1082-1085. IEEE Press, 2002.
- 5) R. Herren, A. Sparti, K. Aminian, and Y. Schutz. The prediction of speed and incline in outdoor running in humans using accelerometry. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(7):1053-9, 1999.
- 6) N. Kern, B. Schiele, and A. Schmidt. Multi-sensor activity context detection for wearable computing. In European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI).

- 2003.
- 7) S.W. Lee and K. Mase. Activity and location recognition using wearable sensors. *IEEE Pervasive Computing*, 1(3):24-32, 2002.
- 8) J. Mantyjarvi, J. Himberg, and T. Seppanen. Recognizing human motion with multiple acceleration sensors. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pages 747-52. IEEE Press, 2001.
- 9) K. Van Laerhoven and O. Cakmakci. What shall we teach our pants? In *The Fourth International Symposium on Wearable Computers*, pages 77-83. IEEE Press, 2000.
- 10) M. Uiterwaal, E.B. Glerum, H.J. Busser, and R.C. van Lummel. Ambulatory monitoring of physical activity in working situations, a validation study. *Journal of Medical Engineering & Technology.*, 22(4):168-72, 1998.
- 11) Ling Bao and Stephen S. Intille, Activity Recognition from User- Annotated Acceleration Data, *International Conference on Pervasive 2004*, pp. 1-17, Springer-Verlag GmbH, 2004.
- 12) N. Kawaguchi, N. Ogawa, Y. Iwasaki, K. Kaji, T. Terada, K. Murao, S. Inoue, Y. Kawahara, Y. Sumi, N. Nishio, "HASC Challenge: Gathering Large Scale Human Activity Corpus for the Real-World Activity Understandings", *Proc. Augmented Human Conference*, 1-5, March, 2011.
- 13) 伊藤正博, 三好力, 増山博, " トーラス状自己組織化マップの学習とその特徴", 第 16 回ファジィシステムシンポジウム論文集, pp. 373-374, 2000.
- 14) D. J. Willshaw, C. Von Der Malsburg, "How Patterned Neural Connections Can Be Set Up by Self-Organization", *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol. 194, No. 1117, pp. 431-445, 1976.
- 15) ALKAN web site, <http://alkan.jp>