# 動画像と加速度データを用いた行動類似度評価システム MimicMotionの開発と評価

右田 尚人[1] 服部 祐一[1] 田中 翔太[1] 井上 創造[1]

**概要**：本研究では，人間の行動解析のために必要な多くの行動情報を集める目的で開発した，行動類似度評価システム MimicMotion について述べる．MimicMotion では，ユーザが行った行動の 3 軸加速度データと，動画像から成るコンテンツを Web サイトで共有できる．また，ユーザ同士が収集した 3 軸加速度データが，どの程度一致しているのかを表した類似度を評価できる．これらにより，多くのユーザの利用につながり，多くの行動情報の収集につながると期待できる．また，開発したシステムが，正しく類似度を判定できるのか調べるために，評価実験を行った．実験では，動かす部位と，動きの激しさに注目して，6 種類のコンテンツを作成し，その点数分布に偏りがないか調べた．実験の結果は，コンテンツ全体の点数分布は，偏りが少なく，正しく類似度を判定できていることがわかった．ただ，コンテンツ別に見ると，動きの激しさの違いで平均点に差があった．この結果を基に，行動の種類別に点数調整を行った．その結果，コンテンツの動きの激しさの違いによる平均点の差を少なくすることができた．

# Development and Evaluation of Behavioral Similarity Evaluation System MimicMotion Using Acceleration Data and Video

Naoto Migita[1] Yuichi Hattori[1] Shota Tanaka[1] Sozo Inoue[1]

## 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，様々な分野への応用が期待できる．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，農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においては，師範などの手本とどれだけ近いかということが評価できるため，客観的に動作の習熟度を確認することができる．これまでこのような行動の計測は難しかったが，近年，3 軸加速度センサやジャイロスコープといったセンサ類を搭載した携帯情報端末が広く普及しており，それらが可能となりつつある．

人間の行動には「歩く」だけを取ってみても，身長や体重などの身体特徴の違いや，速さや歩幅といった歩き方の違いなど，個人によって様々である．このように人間の行動には全て個人差がある．そのため，一言に行動を解析するための解析エンジンの構築と言っても，特定の個人の行動だけではなく，万人の行動を解析できるための解析エンジンでなければならない．そのため多くの人物の「歩く」，「走る」のような行動のデータを収集し，個人差に影響されない行動特有の特徴を見つけ，教師となるデータを作る必要がある．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．また，ユーザもただセンサデータを収集するだけでは飽きてしまうため，継続的にセンサデータを収集することは難しい．そのため，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．そこで本研究では，多くの行動情報収集を目的としたシステムである，行動類似度評価システム MimicMotion の開発を行った．

行動類似度評価システム MimicMotion は，行動情報を作成する携帯情報端末アプリケーションと，行動情報の蓄積と類似度の計算を行うサーバと，コンテンツの再生と管理を行う Web サイトから成る．類似度とは，ユーザ同士が収集した 3 軸加速度データが，どの程度一致しているの

[1] 九州工業大学

かを表したものである．コンテンツは，ユーザ自身が行動する際に，携帯情報端末で計測した 3 軸加速度データと，自分の動きをカメラなどの録画機器で撮影した動画像，もしくは，3 軸加速度データと，既存の動画像の 2 種類がある．作成された行動情報は，ネットワークを通して行動情報収集サーバに送信され，蓄積される．また，コンテンツは Web サイト内で閲覧でき，それらを他のユーザに評価や模倣してもらう仕組みを用いる．これらの仕組みを用いることで，ユーザの動機付けが行われ，多くのユーザの利用につながり，多くの行動情報を収集することができると期待できる．

本研究で開発したシステムが，類似度を正しく判定できず，点数に偏りが出るとユーザの利用には繋がらない. そこで，幅広いコンテンツに対して，正しく類似度を判定できるのか調べるために，評価実験を行った．実験では，動かす部位と，動きの激しさに注目して，6 種類のコンテンツを作成し，その点数分布に偏りがないか調べた．実験の結果は，コンテンツ全体の点数分布は，偏りが少なく，正しく類似度を判定できていることがわかった．ただ，コンテンツ別に見ると，動きの激しさの違いで平均点に差があった．この結果を基に，行動の種類別に点数調整を行った．その結果，コンテンツの動き激しさの違いによる平均点の差を少なくすることができた．

本稿では行動類似度評価システム MimicMotion について 6 つの章で述べる．以下では，2 章で関連研究を述べ，3 章でシステム設計について述べる．4 章で行動類似度評価システム MimicMotion について述べ，5 章でシステム評価実験について述べる．6 章でまとめる．

## 2. 関連研究

近年，携帯情報端末などに搭載されたセンサを用いた行動認識が盛んに行われており，それに伴いそれらのセンサデータを収集する試みが盛んになされている．[1][2][3] 大量に行動情報を収集するシステムとしては，本研究の前進のシステムである大規模行動情報収集システム ALKAN[4] がある．また，大規模に行動情報を収集する取り組みとしては，2010 年から行われている HASC Challenge[5] がある．

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．しかし，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．そこで，本研究では，ユーザにメリットが生じる仕組みとして，「コンテンツを用意し，アップロードすることで，それらを Web サイトで共有できる機能」と，「類似度を評価できる機能」を実装している．

HASC Challenge は，大規模データベースの構築と，認識アルゴリズムとツールの共有を，目的としている．そのために，HASC Challenge 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．行動データの収集状況は，2010 年に行われた HASC Challenge では，540 人のユーザから 6700 個の加速度データを収集している．また，2011 年に行われた HASC Challenge では，136 人のユーザから 7668 個の加速度データを収集している．HASC Challenge では，センサデータ以外にも性別，身長，体重，靴の種類，床の種類などの情報も収集しており，データセットとしてより精度の高いデータを目指している．HASC Challenge の参加者は，行動データを提供することで，過去に収集した行動データを使用できるというフィードバックがある．しかし，このフィードバックだけでは，研究者以外には，メリットは発生しない．そこで，本研究では，いくつかの研究室という狭い範囲だけなく，より幅広いユーザに利用してもらい，かつユーザに類似度という形で，フィードバックを行い，ユーザにメリットが生じる仕組みを用いている．

## 3. システム設計

多くの行動情報収集ができるシステムは，ユーザが行動情報を収集するだけでなく，ユーザが収集した行動情報を元にユーザに動機付けを行うものでなくてはならない．この条件を満たすために，下記のような 6 つの要求を定め，設計を行った．

- 「3 軸加速度データが行動種別と正確に対応付けられている」
- 「行動の記録に使用される携帯情報端末の取り付け位置が明確に記録されている」
- 「ユーザが簡単にいつでも，どこでも行動情報の作成を行える」
- 「大規模に行動情報を収集できる」
- 「ユーザが本システムを繰り返し使用したくなるような，動機付けがされている」
- 「ユーザのニーズに応じて対応できる拡張性をもつ」

これらの要求を満たすために，以下の 3 つの機能を考案した．

- 「コンテンツを用意し，アップロードすることで，それらを Web サイトで共有できる機能」
- 「類似度を評価できる機能」
- 「関節の変位情報であるモーションデータを利用する機能」

なお，モーションデータは，3 軸加速度データに変換し，それを用いる場合もある．これらの機能を実現するために，システムの構成は，行動情報を作成する携帯情報端末アプリケーションと，行動情報の蓄積と類似度の計算を行うサーバと，コンテンツの再生と管理を行う Web サイトとした．

### 3.1　システム概念

システム要求を満たすようなシステムを実現するにあたって，必要な構成や，登場するユーザを把握するために，システムの概念を考案した．考案したシステムの概念図を，図 1 に示す．

**図 1**　考案したシステムの概念

コンテンツは，

- 3 軸加速度データと自分で撮影した動画像
- 3 軸加速度データと既存の動画像
- 3 軸加速度データと自分で取得したモーションデータ
- 3 軸加速度データと既存のモーションデータ
- 自分で取得したモーションデータ
- 既存のモーションデータ

の 6 種類が挙げられ，この中のいずれかを指す．3 軸加速度データは携帯情報端末アプリケーションを使い取得する．動画像やモーションデータを用意する方法は 2 つある．1 つは，動画撮影機器や MicroSoft 社の Kinect などを使用し，自分の行動の 3 軸加速度データを計測すると同時に，動画像もしくは，モーションデータを作成する方法である．1 つは，コンテンツ作成者が行動したい動画像やモーションデータを，既存のものから選ぶ方法である．つまり，動画像の被写体や，モーションデータのモデルは，提供者本人ではない．そのため，3 軸加速度データも用意する場合は，その行動を模倣しながら計測を行う必要がある．ユーザは提供者，模倣者及び閲覧者の 3 つに分類される．提供者は，コンテンツを作成するユーザである．模倣者は，コンテンツを模倣しながら，携帯情報端末アプリケーションで 3 軸加速度データを計測し，計測後，データをサーバ側に送り，類似度を取得できるユーザである．閲覧者は，Web サイトを閲覧するユーザである．

### 3.2　ユースケース図

システムが提供すべき機能を把握するために，システム概念図を基に，ユースケース図を作成した．ユースケース図とは，システムが外部から求められる機能的な要求を表現する図であり，UML2.0 で作成した．作成したユースケース図を，図 2 から図 6 に示す．

図 2 は，携帯情報端末アプリケーションでの，提供者のユースケース図である．ここで必要な機能は，「3 軸加速度データを取得する」，「ユーザ登録をする」，「ログインする」及び「サーバへ行動情報を送信する」の 4 つである．

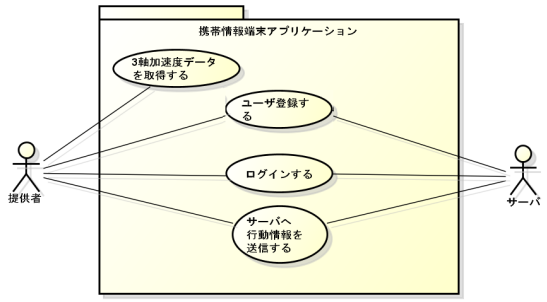


**図 2**　携帯情報端末アプリケーション・提供者

図 3 は，携帯情報端末アプリケーションでの，模倣者のユースケース図である．ここで必要な機能は，「3 軸加速度データを取得する」，「ユーザ登録をする」，「ログインする」，「サーバへ行動情報を送信する」，「類似度を表示する」及び「履歴を見る」の 6 つである．履歴とは，類似度の点数の履歴の事である．

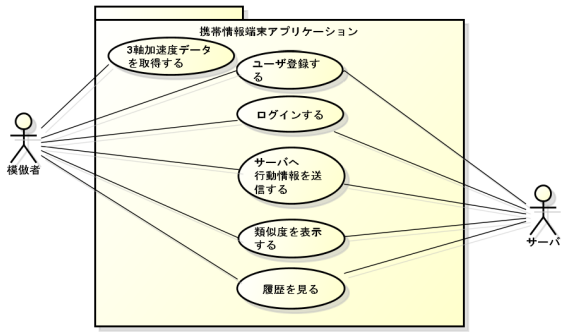


**図 3**　携帯情報端末アプリケーション・模倣者

図 4 は，Web サイトでの，提供者のユースケース図である．ここで必要な機能は，「ログインする」，「ユーザ登録する」，「コンテンツをアップロードする」及び「コンテンツを編集する」の 4 つである．コンテンツの動画像には，YouTube 上のものを利用する．YouTube とは，Google 社が所有する動画共有サービスである．したがって，動画像は YouTube の ID を使って，Web サイト上に再生される．提供者は，コンテンツを用意する際には，動画像の YouTube 上での ID が必要になる．提供者は，用意したコンテンツの動画像が YouTube になければ，用意したコンテンツの動画像を YouTube にアップロードし，動画像の ID を取得する必要がある．

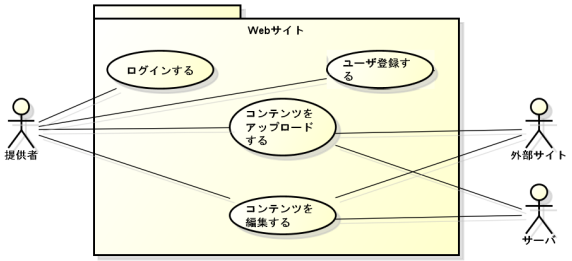


**図 4**　Web サイト・提供者

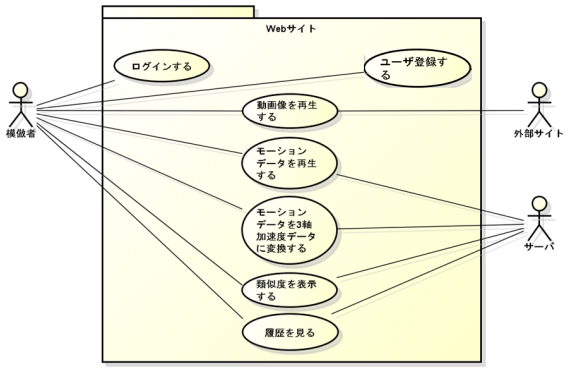


**図 5**　Web サイト・模倣者

図 5 は，Web サイトでの，模倣者のユースケース図である．ここで必要な機能は，「ログインする」，「ユーザ登録する」，「動画像を再生する」，「モーションデータを再生する」，「モーションデータを 3 軸加速度データに変換する」，「類似度を表示する」及び「履歴を見る」の 7 つある．ここでの履歴は，コンテンツを模倣した履歴であり，コンテンツ情報とその時の類似度を確認することが出来る．

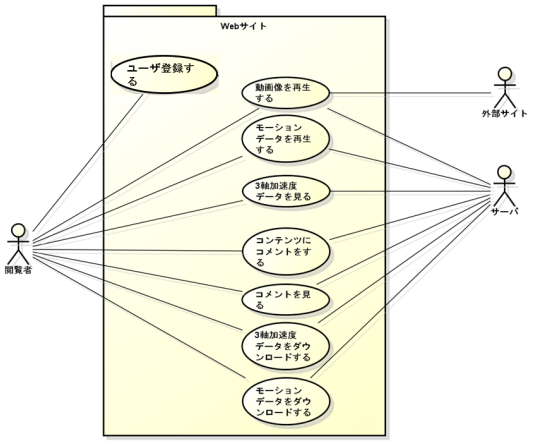


**図 6**　Web サイト・閲覧者

図 6 は，Web サイトでの，模倣者のユースケース図である．ここで必要な機能は，「ユーザ登録する」，「動画像を再生する」，「モーションデータを再生する」，「3 軸加速度データを見る」，「コンテンツにコメントをする」，「コメントを見る」，「3 軸加速度データをダウンロードする」及び「モーションデータをダウンロードする」の 8 つである．

### 3.3　携帯情報端末アプリケーションの仕様

ユースケース図を基に，画面設計を行い，各画面の携帯情報端末アプリケーションの仕様を決定した．主な携帯端末アプリケーションの画面間の関係を，図 7 に示す．図の矢印は，画面遷移の方向を示す．

**図 7**　携帯情報端末アプリケーションの画面間の関係

「TOP 画面」には，システムのロゴと，「コンテンツ名入力画面」，「QR 読み込み画面」，「ユーザ登録画面」，「履歴画面」及び「設定画面」へ遷移するボタンを，遷移先の画面の数だけ作成する．

「コンテンツ名入力画面」には，コンテンツタイトルを入力する画面と，3 軸加速度データの計測を開始し，「3 軸加速度データ計測画面」へ遷移するボタンを作成する．

「QR 読み込み画面」には，コンテンツ ID の情報を含む QR コードを読み取るボタンと，3 軸加速度データの計測を開始するボタンを作成する．コンテンツ ID の情報を読み取るのは，模倣者が，どのコンテンツを模倣するかを識別するためである．3 軸加速度データの計測を開始するボタンは，QR コードでコンテンツ ID を読み取った後に押せるようにし，押したら「3 軸加速度データ計測画面」へ遷移させる．

「3 軸加速度データ計測画面」には，計測中を示す画面と，3 軸加速度データの計測を終了し，「行動情報送信画面」，または「行動情報送信・類似度表示画面」へ遷移するボタンを作成する．どちらに遷移するかは，どの画面から遷移してきたかで決定する．3 軸加速度データと記録の開始時間と終了時間は，CSV 形式ファイルとして携帯情報端

末内部に保存される．

「行動情報送信画面」には，サーバ側へ，コンテンツタイトル，アカウント情報，計測した 3 軸加速度データ，記録の開始時間と終了時間を送信するボタンと，「コンテンツ名入力画面」と「TOP 画面」へ遷移するボタンを，遷移先の画面の数だけ作成する．通信がうまくいかない場合や，3 軸加速度データの計測がうまくいかなかった場合には，エラーを表示する．

「行動情報送信・類似度表示画面」には，サーバ側で計算した類似度を受信し，表示する画面を作成する．また，「QR 読み込み画面」と「TOP 画面」へ遷移するボタンを作成する．通信がうまくいかない場合や，3 軸加速度データの計測がうまくいかない場合には，エラーを表示する．

### 3.4　サーバアプリケーションの仕様

ユースケース図を基に，画面設計を行い，各画面のサーバアプリケーションの仕様を決定した．主な Web サイトの画面間の関係を，図 8 に示す．図の矢印は，画面遷移の方向を示す．

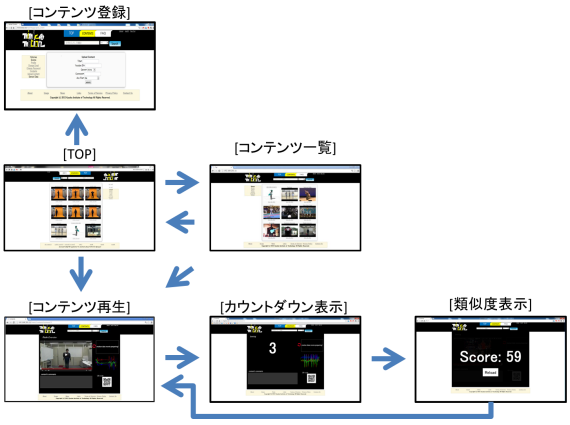


**図 8**　Web サイトの画面間の関係

Web サイトの各画面は，ヘッダー，メイン，フッターからなる．ログイン前とログイン後で，中身が異なる．ログイン前のヘッダー部分には，システムのロゴと，コンテンツの検索バーと，「TOP 画面」，「コンテンツ一覧画面」，「お問い合わせ・FAQ の TOP 画面」及び「ログイン画面」へのリンクをリンク先の数だけ作成する．コンテンツの検索バーとは，コンテンツ名と，ジャンルを指定して，Web サイト内のコンテンツを探す検索エンジンのことである．

ログイン後画面のヘッダー部分には，システムのロゴと，コンテンツの検索バーと，「TOP 画面」，「コンテンツ一覧画面」，「お問い合わせ・FAQ の TOP 画面」，「マイページ画面」，「コンテンツ登録画面」及び「Web サイト・ログイン前の TOP 画面」へのリンクを，リンク先の数だけ作成する．ログインを行わないと閲覧のみしか行えない．

フッター部分は全画面共通で，コピーライトの表記と，「コンテンツ一覧画面」，「使い方画面」，「このページについての画面」，「リンク一覧画面」，「プライバシーポリシー画面」，「お問い合わせ画面」及び「利用規約画面」へのリンクをリンク先の数だけ作成する．

「TOP 画面」には，最新の「コンテンツ再生画面」へのリンク一覧を 9 つ表示し，コンテンツをジャンル別に表示するサイドメニューと，「ユーザ登録画面」と，「ログイン画面」への 2 つのリンクを作成する．「コンテンツ再生画面」へのリンクには，全画面，コンテンツのサムネイル画像を表示する．

「コンテンツ一覧画面」には，「コンテンツ再生画面」へのリンクになっているサムネイル画面を，9 つ表示する画面と，コンテンツをジャンル別に表示するサイドメニューを作成する．「コンテンツ一覧画面」では，見たいコンテンツを選択することで，そのコンテンツの「コンテンツ再生画面」へ遷移する機能を搭載する．

「コンテンツ再生画面」には，YouTube 上の動画像の再生と，モーションデータの再生と，コメントを書き込むことができるコメント欄と，3 軸加速度データの波形と，QR コードの表示を行う画面を作成する．また，3 軸加速度データとモーションデータのダウンロードができるリンクを作成する．コンテンツの再生を行うと 3 秒間のカウントダウンが表示される．これは，提供者と模倣者の 3 軸加速度データ計測開始の時刻同期を行うためである．模倣者が携帯情報端末アプリケーションで行動情報をサーバへ送信した場合には，「類似度表示画面」に遷移する．

「類似度表示画面」では，計算した類似度を表示する画面を作成する．

「コンテンツ登録画面」では，コンテンツタイトル，YouTube ID，ジャンル，詳細，モーションデータ選択，3 軸加速度データ選択の入力をする画面を作成する．

### 3.5　ネットワーク構成

ネットワーク構成は，図 9 のようになる．

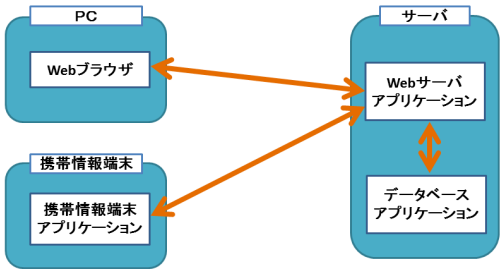


**図 9**　ネットワーク構成

ユーザ側である PC は，Web ブラウザを用いて，Web サーバアプリケーションが表示する Web サイトの閲覧を行う．また，サーバ側と，ユーザ側である PC と携帯情報端末の間では，下記に示す 4 つのデータのやり取りが行われる．

- 行動情報
- ユーザ情報
- コンテンツ情報
- 類似度の点数

行動情報は，コンテンツ ID，アカウント情報，計測した 3 軸加速度データ及び記録の開始時間と終了時間である．ユーザ情報は，ユーザ名，アカウント情報，生年月日，性別，身長及び体重である．コンテンツ情報は，コンテンツタイトル，YouTube ID 及びモーションデータである．これらのデータは全て，データベースアプリケーションに保存する．

## 4. 行動類似度評価システム MimicMotion

設計に基づき，行動類似度評価システム MimicMotion を開発した．MimicMotion では，考案した機能のうち，モーションデータを利用する機能は実装していない．MimicMotion の概念図を図 10 に示す．

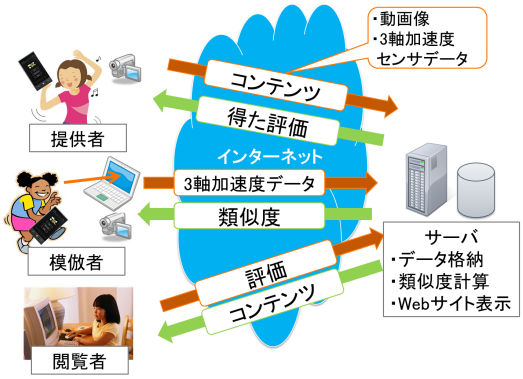


**図 10** MimicMotion 概要

MimicMotion で作成される行動情報には，コンテンツ ID，アカウント情報，ユーザが行動した際に計測した 3 軸加速度データ及び記録の開始時間と終了時間が含まれる．システムの構成は，行動情報を作成する携帯情報端末アプリケーションと，行動情報の蓄積と類似度の計算を行うサーバと，コンテンツの再生と管理を行う Web サイトである．

携帯情報端末アプリケーションには，主に「ユーザ登録」，「コンテンツ作成」及び「模倣」の機能を実装した．携帯情報端末は，右手に持って利用してもらうことを想定している．これにより携帯情報端末の取り付け位置が統一される．

サーバアプリケーションには，主に「ユーザ登録」，「コンテンツ閲覧」，「類似度計算・表示」，「コンテンツ登録」，「コンテンツ管理」及び「ユーザ情報管理」の機能を実装した．これらの機能は，ユーザ登録していないと機能が限定される．ユーザ登録を行わなくても，「コンテンツの閲覧」は行うことができる．類似度の点数は，提供者と模倣者の 3 軸加速度データの相関の値から計算している．

### 4.1 コンテンツ

コンテンツは，

- 3 軸加速度データと自分で撮影した動画像
- 3 軸加速度データと既存の動画像

の 2 種類が挙げられ，この中のいずれかを指す．

### 4.2 ユーザの役割

MimicMotion における 3 ユーザの役割は，提供者，模倣者及び閲覧者の 3 種類である．ユーザはユーザ登録を行えば提供者，模倣者のどちらの立場にもなることができる．閲覧者はユーザ登録を行わなくても，コンテンツを閲覧することができる．各ユーザの動作と役割を下記に示す．

#### 4.2.1 提供者

提供者は，コンテンツを登録するユーザである．3 軸加速度データは，携帯情報端末アプリケーションで計測する．コンテンツの動画像再生は，YouTube 上のものを利用して行う．したがって，コンテンツを用意する際には，動画像の YouTube 上での ID が必要になる．提供者は，用意したコンテンツの動画像が YouTube になければ，用意したコンテンツの動画像を YouTube にアップロードし，動画像の ID を取得する必要がある．また，コンテンツには自由にタイトル名を付けることができる．登録したコンテンツは他のユーザが閲覧する事ができ，他のユーザからコンテンツに対するコメントを受ける事も出来る．

#### 4.2.2 模倣者

模倣者は，Web サイト上のコンテンツ中から模倣したいコンテンツを選択する．コンテンツを選択したら，携帯情報端末アプリケーションを使い，3 軸加速度データを計測する．携帯情報端末は右手に持って使用する．模倣する際，どのコンテンツを模倣するかを識別するために，携帯情報端末アプリケーションで，コンテンツ再生画面上の，コンテンツ ID の情報が含まれている QR コードを読み取る．模倣を始める際には，提供者との類似度を求めるために，3 軸加速度データの取得を，コンテンツの再生と同時刻に始める必要がある．そのために，コンテンツ再生画面に 3 秒間のカウントダウンがを表示し，模倣者はそれに合わせて模倣を始める．この機能により，開始時刻の同期が可能になる．3 軸加速度データを計測後，模倣者は行動情報をサーバ側に送信する．サーバ側では，模倣者が送信した 3 軸加速度データと，提供者の 3 軸加速度データとの相関を計算することで，類似度を 100 点満点で算出する．模倣者は，その点数を Web サイトと携帯情報端末アプリケー

ションのどちらでも確認できる．

#### 4.2.3 閲覧者

閲覧者は，コンテンツを閲覧するユーザで，PC の Web ブラウザ上でコンテンツを閲覧することができる．コンテンツには，コメントをすることができる．閲覧者はユーザ登録を行わなくても，コンテンツを閲覧することができる．閲覧できる内容は，コンテンツ内の動画像と 3 軸加速度データである．3 軸加速度データは波形として表示されている．また，閲覧者はコンテンツに対し，コメントすることで，コンテンツの評価をする事が出来る．

### 4.3 実装環境

本システムは，行動情報を作成する携帯情報端末アプリケーションと，行動情報の蓄積と類似度の計算を行うサーバ，Web サイトからなる．それぞれの実装環境を下記に示す．

#### 4.3.1 携帯情報端末アプリケーション

携帯情報端末アプリケーションは，Microsoft 社の Windows Phone 上で動作する．携帯情報端末アプリケーションの実装は，Microsoft 社の統合開発環境である Microsoft Visual Studio2010 で行った．実装の際，使用したプログラミング言語は C ♯である．

#### 4.3.2 サーバアプリケーション

サーバアプリケーションは，Linux サーバ上で動作し，Web サーバアプリケーションである Apache 及び，データベースアプリケーション MySQL で構築されている．Web サイトの実装は，主に FuelPHP というフレームワークで行った．Web サイトのコンテンツ再生画面の実装のみ，Adobe 社の CS6 を使用した．実装の際，使用したプログラミング言語は PHP，HTML，CSS，及び ActionScript3 である．また類似度の計算には，R を使用している．

## 5. システム評価実験

本研究で開発したシステムが，類似度を正しく判定できず，点数に偏りが出るとユーザの利用には繋がらない．そこで，幅広いコンテンツに対して，正しく類似度を判定できるのか調べるために，評価実験を行った．実験では，様々な動きのコンテンツを人工的に作り，その点数分布に偏りがないか調べた．コンテンツは，動かす部位と，動きの激しさに注目し作成した．作成したコンテンツは，「体を常に動かす」，「体をゆっくり動かす」，「体を時々動かす」，「手を常に動かす」，「手をゆっくり動かす」，「手を時々動かす」の 6 つである．

### 5.1 実験方法

実験で使用したコンテンツは，表 1 に示す動きが含まれる．動きの選択は，分類した 6 種類の動きに基づいて，独自に行った．体を動かすコンテンツでは，手は動かさないものとする．また，手を動かすコンテンツでは，体は動かさないものとする．一つのコンテンツの長さは，約 35 秒前後である．これらのコンテンツを，被験者に，それぞれの 3 回ずつ模倣しもらった．被験者は，ダンススクールなどで特別な訓練を受けていない 20 代〜30 代の一般ユーザ 10 名（男性：9 人，女性：1 人）である．コンテンツ作成者，被験者共に，ダンススクールなどで特別な訓練を受けていない一般ユーザである．ユーザによっては，コンテンツがどのような動きをするか確認するために，最高で 1 度は，コンテンツを閲覧している．コンテンツの作成および，被験者の 3 軸加速度データの計測には，同じ端末を用いた．使用した端末は，TOSHIBA 社の Windows Phone 端末である IS12T である．この端末のサンプリング周波数は，20Hz であり，分解能は，± 2G である．

**表 1** コンテンツの内容

| | 常に動かす | ゆっくり動かす | 時々動かす |
|---|---|---|---|
| 体 | 横移動<br>前後移動<br>一回転<br>ボックスステップ | スクワット | ジャンプ |
| 手 | 両手を回す<br>ペイシング<br>からだをねじる運動<br>腕を上下にのばす運動 | 深呼吸 | ボクシング |

### 5.2 実験結果 1

全コンテンツの点数分布と，コンテンツ別の点数分布を作成し考察を行った．全コンテンツの点数分布を，図 11 に，コンテンツ別の点数分布を，図 12 に示す．

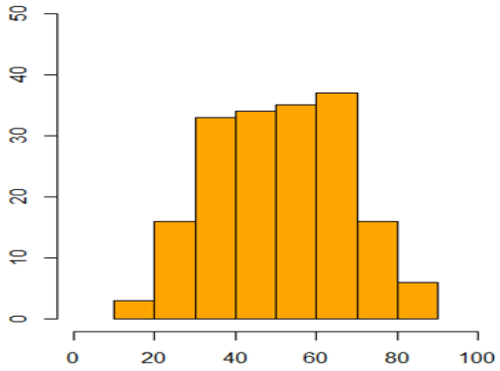


**図 11** 全コンテンツの点数分布

図 11 の横軸は点数であり，0 から 100 の値をとる．縦軸はコンテンツの数である．全コンテンツの平均点は，51 点であり，また点数分布の歪度は, 0.03909282 であった．図 12 の縦軸は類似度の点数で，0 から 100 の値をとる．横軸はコンテンツの種類を表し，左から「体を常に動かす」，

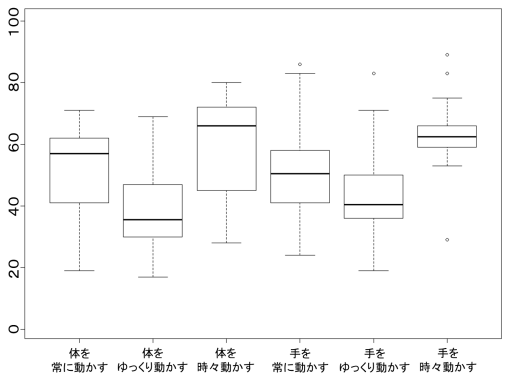


**図 12**　コンテンツ別の点数分布

「体をゆっくり動かす」,「体を時々動かす」,「手を常に動かす」,「手をゆっくり動かす」及び「手を時々動かす」である．また，各コンテンツの平均点は，表 2 のようになった．

**表 2**　類似度の平均点

| | 常に動かす | ゆっくり動かす | 時々動かす |
|---|---|---|---|
| 体 | 52 点 | 40 点 | 58 点 |
| 手 | 52 点 | 43 点 | 63 点 |

図 11 の，歪度が 0 に近いことから，点数の偏りは少ないと言える．したがって，システムは正しく類似度を判定できると言える．ただ，図 12 と表 2 より，コンテンツ別に点数分布を見た場合，動きの部位の違いに注目すると，コンテンツの動きの激しさの違いで，平均点に差があった．動きの激しさの違いで，点数に差が生まれた要因としては，「ゆっくり動かすコンテンツ」や「体を時々動かすコンテンツ」では，タイミングが合わせづらいからであると考えられる．また，今回は「体を時々動かすコンテンツ」には，ジャンプを用いたため，ジャンプの高さの個人差も影響したと考えられる．そこで，行動の種類別に点数調整を行い，点数の差を少なくする計算方法を提案する．

### 5.3　計算方法

行動の種類別に点数調整を行い，点数の差を少なくするために，まず，動きの部位の違いによる点数の差は小さいことから，コンテンツを動きの激しさで，「常に動かす」,「時々動かす」及び「ゆっくり動かす」の 3 種類に分類を行った．その後，それぞれの平均点と分散を揃える計算を行った．まず，コンテンツを 3 種類に分類しなければならない．そこでコンテンツの 3 軸加速度データの，3 軸の 2 乗和平方の値を用いて分類を行うことにした．分布図を図 13 に示す．図は左上から右上は順番に，「体を常に動かす」,「手を常に動かす」,「体を時々動かす」の図である．また，左下から右下は「手を時々動かす」,「体をゆっくり動かす」,「手をゆっくり動かす」の図である．縦軸が 3 軸の 2 乗和平方の値で，横軸がサンプリングデータの数である．図を見ると，「ゆっくり動かすコンテンツ」では，他のコンテンツと比べ，3 軸の 2 乗和平方の値が 1 付近であるのが多いことがわかる．これは 3 軸の 2 乗和平方の値は，完全な静止時には，Z 軸方向にのみ 1G がかかっているため 1 となり，静止状態に近いほど，1 に近い値をとるからである．このことから，下記の式で表される値を割合 1 とし，「ゆっくり動かすコンテンツ」と分類するための閾値を定めた．全コンテンツの割合 1 の値を表 3 に示す．

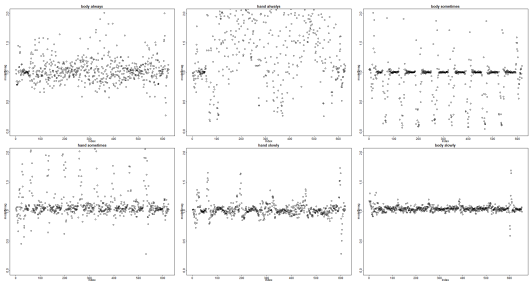

**図 13**　3 軸の 2 乗和平方の値の分布

$$\frac{\text{0.9〜1.1 の値をとるサンプリングデータの数}}{\text{各コンテンツの全体のサンプリングデータの数}}$$

**表 3**　割合 1

| 割合 | コンテンツの種類 |
|---|---|
| 0.5352564 | 「体を常に動かす」 |
| 0.1419458 | 「手を常に動かす」 |
| 0.6553398 | 「体を時々動かす」 |
| 0.6456311 | 「手を時々動かす」 |
| 0.8072289 | 「体をゆっくり動かす」 |
| 0.9018987 | 「手をゆっくり動かす」 |

表 3 より，割合 1 の値が 0.75 以上のコンテンツを，「ゆっくり動かすコンテンツ」に分類することにした．

また，「常に動かすコンテンツ」では，他のコンテンツと比べ 3 軸の 2 乗和平方の値が 1 付近であるのは，少ないことがわかる．このことから，下記の式で表される値を割合 2 とし，「常に動かすコンテンツ」に分類するための閾値を定めた．全コンテンツの割合 2 の値を表 4 に示す．

$$\frac{\text{0.9〜1.1 以外の値をとるサンプリングデータの数}}{\text{各コンテンツの全体のサンプリングデータの数}}$$

表 4 の値から，割合 1 の値が 0.4 以上のコンテンツを，「常に動かすコンテンツ」に分類することにした．

行動の種類別の点数調整は以下の式で行った．

$$Score = \sqrt{\frac{E(V(d))}{V(d)}}(S - E(d)) + (E(d)) \qquad (1)$$

d は動きの激しさを表し，「常に動かす」,「時々動かす」

表 4　割合 2

| 割合 | コンテンツの種類 |
|---|---|
| 0.4647436 | 「体を常に動かす」 |
| 0.8580542 | 「手を常に動かす」 |
| 0.3446602 | 「体を時々動かす」 |
| 0.3543689 | 「手を時々動かす」 |
| 0.1927711 | 「体をゆっくり動かす」 |
| 0.09810127 | 「手をゆっくり動かす」 |

及び「ゆっくり動かす」の 3 種類がある．S は，点数調整前の点数である.E(d) は，動きの激しさ別の点数の平均点である．E(E(d)) は，全コンテンツの点数の平均点である．V(d) は，動きの激しさ別の点数の，分散の値の平方根の値である.E(V(d)) は，全コンテンツの分散の平方根の値である．

### 5.4　実験結果 2

6 種類のコンテンツを 3 種類に分類し直して点数分布を作成し，その後，点数調整を行い，点数分布を作成して，考察を行った. 図 14 に点数調整前の点数分布を，表 5 に点数調整前の平均点と分散の値を示す．また，点数調整後の点数分布を図 15 に，表 6 に点数調整前の平均点と分散の値を示す．どちらの図も，縦軸は類似度の点数で，0 から 100 の値をとる．横軸はコンテンツの種類を表し，左から「常に動かす」,「時々動かす」及び「ゆっくり動かす」である．

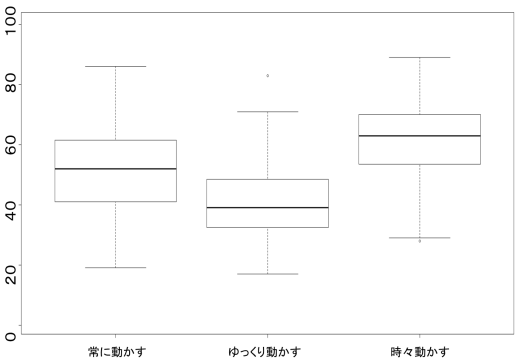


図 14　点数調整前の 3 種類の点数の分布

表 5　点数調整前の平均点と分散

| | 常に動かす | ゆっくり動かす | 時々動かす |
|---|---|---|---|
| 平均点 | 52 点 | 41 点 | 61 点 |
| 分散 | 208 | 195 | 195 |

表 6　点数調節後の平均点と分散

| | 常に動かす | ゆっくり動かす | 時々動かす |
|---|---|---|---|
| 平均点 | 51 点 | 52 点 | 51 点 |
| 分散 | 201 | 200 | 198 |

再計算の結果，平均点も分散も動きの違いによる点数の

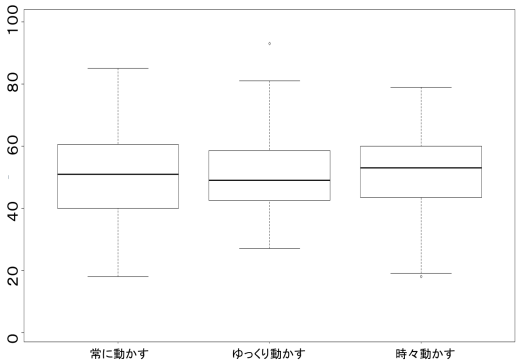


図 15　点数調整後の 3 種類の点数の分布

差を少なくすることができた．点数が完全に一致しなかったのは，点数を丸めた際の影響が出ているからだと考えられる. 本研究で提案した再計算を行うことで，幅広いコンテンツに対して，正しく類似度を判定できるようになると考えられる. ただ，この方法だと，コンテンツが最初に模倣者に利用されるときには，調整に必要な値がないので，コンテンツの模倣された回数が一定の数を超えるまでは，動きの激しさによって点数を加算するなどの工夫が必要になると予測できる．

## 6.　まとめ

本研究では，行動類似度評価システム MimicMotion を開発した．類似度評価を行うことで，ユーザの動機付けが行われ，多くのユーザの利用につながり，多くの行動情報を収集することができると期待できる．またシステム評価実験の結果から，実験で作成した 6 種類のコンテンツの全体の点数分布は，偏りが少なく正しく類似度を判定できていることがわかった．ただ，コンテンツ別に見ると，動きの激しさの違いで平均点に差があった．この結果を基に，行動の種類別に点数調整を行った．その結果，コンテンツの動きの激しさの違いによる平均点の差を少なくすることができた．ただ，点数調整には，事前に点数調節を行いたいコンテンツの，調整を行っていない点数が必要なため，コンテンツが最初に模倣者に利用されるときには，調整できない. そこで，コンテンツの模倣された回数が一定の数を超えるまでは，動きの激しさによって点数を加算するなどの工夫が必要になると予測できる．今後は，システムを公開し，ユーザに利用してもらう予定である．またモーションデータ部分の実装を行い，幅広いユーザの獲得を目指す．

### 参考文献

[1] 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.

[2] R. Herren, A. Sparti, K. Aminian, and Y.Schutz. gThe

prediction of speed and incline in outdoor running in humans using accelerometry h. Medicine & Science in Sports & Exercise,31(7):1053?9, 1999.

[3] 服部 祐一, 井上 創造, "A Large Scale Gathering System for Activity Data using Mobile Devices", Journal of Information Processing, Vol. 20, No. 1, pp. 177-184, September 12, 2011.

[4] Kawaguchi, N., Ogawa, N., Iwasaki, Y., Kaji, K., Terada, T., Murao, K., Inoue, S., Kawahara, Y., Sumi, Y. and Nishio, N.:HASC Challenge: Gathering Large Scale Human Activity Corpus for the Real-World Activity Understandings. Proc of ACM AH 2011, pp.27:1-27:5, 2011.

[5] 中村 優斗, 服部 祐一, 井上 創造, "加速度データと動画像を用いた大規模行動評価システムの開発に向けて", 日本知能情報ファジィ学会九州支部学術講演会予稿集, pp. 21-24, December 11, 2010, Kitakyushu, Fukuoka, Japan.