

# 立ち上がれ勇者：公共交通機関における立ち状態を 動機付けするエンタテインメントシステム

石橋 拓也<sup>1</sup> 山本 景子<sup>1</sup> 倉本 到<sup>1</sup> 辻野 嘉宏<sup>1</sup>

**概要：**混雑中の公共交通機関において、立ち続けることは疲労と退屈さを感じさせる。しかし、通勤・通学時には時間や路線の制約から常に座席に座ることは難しく、無理に座ろうとするとマナーの問題が発生する。そこで本稿では、積極的に立ち続ける動機を与える手法として、GPS および加速度センサを用いてユーザの移動手段および立ち座りを判別し、立ち続けることに対する報酬として育成ゲーム上のキャラクタを成長させるエンタテインメントシステムを提案する。また、ユーザが積極的な行動をとりにくい混雑中の公共交通機関という環境にエンタテインメントを導入するための本システムの設計および実装について述べる。

## Entertainment System for Motivating to Keep Standing in Crowded Public Transportation

TAKUYA ISHIBASHI<sup>1</sup> KEIKO YAMAMOTO<sup>1</sup> ITARU KURAMOTO<sup>1</sup> YOSHIHIRO TSUJINO<sup>1</sup>

**Abstract:** In crowded public transportation such as buses or trains, standing passengers feel fatigue and boringness. However, if they would sit in public buses or trains at any times, it might cause moral hazard. In order to solve the problematic situation, we propose an entertainment system to motivate users to keep standing. In the proposed system, users have their own avatars, and the avatars grow up while the users keep standing in buses or trains. The system discriminates whether an user is standing in a bus or a train with an GPS receiver and an accelerometer on the smartphone. In addition, we discuss the design of the system to entertain users in crowded buses or trains where the users can not move actively.

### 1. はじめに

電車やバスなどの公共交通機関において、混雑時は座席が埋まりやすいため、座席に座ることができない場合がある。特に通勤・通学時は目的地への到着予定時刻と経路が他の乗客と重なることが多く、混雑状況を常に回避することは難しい。電車の混雑緩和のために、ホームに居る電車利用者に対して次に到着する電車の車両ごとの乗車率を提示する手法が提案されている [1] が、全ての車両の乗車率が 100% を超えているような場合は、当然ながら確実に座席に座るといった目的は達成されない。

人は一般に、座っている状態（以降、座り状態）より立っている状態（以降、立ち状態）において疲労を感じる。し

かし、座席に座ることにこだわり、無理に座席を専有しようとする、高齢者や身体障害者などの身体的弱者が座席に座れなくなる可能性が高くなる、というマナーの問題を引き起こす。さらに、満員電車などの混雑している車両に乗っている間は身動きがとれないため、読書やゲームなどの娯楽によって疲労をまぎらわすこともできない。

前述した立ち状態における疲労は、立ち状態に対するモチベーションを与えることで軽減されると考えられる。さらに、乗客が積極的に立ち続けることにより、電車やバスにおけるマナーの改善も期待できる。そこで本稿では、乗客の立ち状態に対する動機付けを目的とした、立ち状態にエンタテインメントを導入するエンタテインメントシステム「立ち上がれ勇者」（以降、「立ち勇」）を提案する。

<sup>1</sup> 京都工芸繊維大学  
Kyoto Institute of Technology

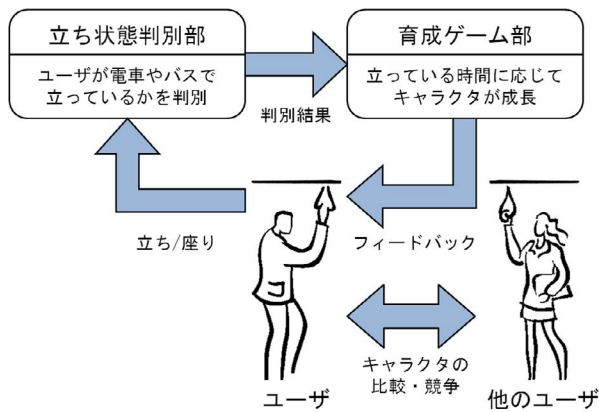


図 1 システムの概念図

Fig. 1 Concept of the system.

## 2. 立つことを動機付けするシステム

### 2.1 立ち状態への EELF の適用

筆者が所属する研究グループでは、日常の活動にエンタテインメントを導入することで、達成感の得にくい作業に対する意欲を向上させることを目指し、そのための枠組みである EELF (Entertainment-for-Everyday-Life Framework) [2] を提唱している。EELF を用いたエンタテインメントシステムのひとつである Weekend Battle [3] は、キーボードの打鍵数やマウスの移動量からユーザの作業量を検出し、それに応じて成長させた仮想的なキャラクタをユーザ間で比較・競争させることで、デスクワークに対する動機付けを行なっている。このシステムはユーザの実作業環境での評価実験において、作業意欲を向上させることが示されている。

公共交通機関での立ち状態の維持は日常活動における達成感の得にくい行為であり、EELF に基づくエンタテインメントシステムによって動機付けを行うことができると考えられる。以降では、公共交通機関における立ち状態に EELF を適用したエンタテインメントシステム「立ち勇」の設計を述べる。

EELF に基づくエンタテインメントシステムを実現するためには、ユーザの主観的な努力度合いを定量化し、それに応じてエンタテインメント性をもつフィードバックを与える必要がある。そこで、公共交通機関での立ち状態における努力度合いの検出と、それに応じたエンタテインメントの提供の 2 部分をそれぞれ検討する。

「立ち勇」の概念図を図 1 に示す。「立ち勇」は、公共交通機関におけるユーザの立ち状態を判別する立ち状態判別部 (2.2 で述べる) と、その判別結果に応じてキャラクタを成長させる育成ゲーム部 (2.3 で述べる) から成る。

### 2.2 公共交通機関における立ち状態の判別

通勤・通学という活動を阻害することなく、公共交通機

関における立ち状態の維持を動機付けするためには、ユーザが公共交通機関において立ち状態であるかどうかをシステムが自動的に判別し、その状態の維持に対してのみ報酬を与える必要がある。

そこで、「立ち勇」の立ち状態判別部では、ユーザが公共交通機関を利用しているかどうかと、ユーザが立っているかどうかを分けて判別する。それぞれの判別手法を 2.2.1、2.2.2 で述べる。

#### 2.2.1 移動手段の判別

公共交通機関を利用した通勤・通学時に人がとりうる移動手段として、「立ち勇」では徒歩・自転車・バス・電車 (地下鉄を含む) を判別対象とする。

前司らの研究 [4] では、GPS 携帯端末で取得した位置情報を用いて被験者の移動速度を計算し、その速度をもとに被験者の移動手段として徒歩・車両 (タクシーやバスを含む)・電車 (地下鉄を含む) の 3 種類をそれぞれ 8 割以上の精度で判別している。ユーザの移動手段がバスまたは電車と判別できれば公共交通機関の利用中であることがわかるため、「立ち勇」でも同様の手法によってユーザの移動手段を判別する。

日本における通勤・通学時においては、一般に乗用車やタクシーには乗車しないため、ユーザの移動手段が車両または電車と判別された場合は、ユーザがバスまたは電車乗車中であると推定することができる。さらに、自転車での移動速度はバスや電車での移動速度よりも平均的に遅いため、徒歩と同様に移動速度によってバスや電車と区別することができると考えられる。そこで、「立ち勇」では前司らの手法に倣い、移動速度が一定未満であれば徒歩または自転車、一定以上であれば電車またはバスで移動中であると判別する。

しかしこの手法では、ユーザの乗車している電車が駅に停車しているときに、移動手段が徒歩または自転車として判別されてしまう問題が生じる。この問題への対応として、電車が駅に停車しているときは駅とユーザの距離が近くなることを利用し、「立ち勇」ではユーザの現在地から駅までの距離が一定未満であれば移動速度によらず電車乗車中として判別することとする。

また、屋内や地下などの GPS による測位ができない状況において、移動手段が正しく判別されない問題が考えられる。通勤・通学時において GPS での測位ができない状況としては、電車がトンネルに入っているときや地下鉄乗車中が挙げられる。ユーザが電車乗車中にトンネルや地下に入った場合は、非測位状態も電車という移動手段が継続される。しかし、徒歩から地下鉄に移動手段を切り替えた場合は、非測位状態とその直前までの移動手段が異なる。この場合、地下鉄での非測位状態に移る直前の測位時の位置情報は、地下鉄の駅の近傍である。以上のことから「立ち勇」では、ユーザが地下鉄の駅の近傍で測位された直後

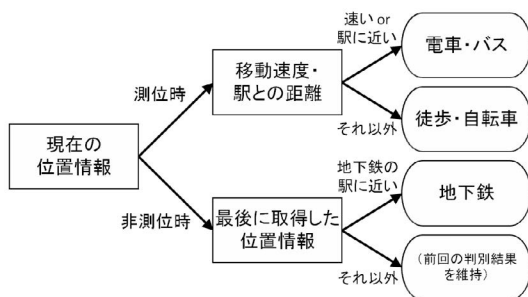


図 2 移動手段の判別フロー  
Fig. 2 How to discriminate transportation.

表 1 移動手段の判別精度  
Table 1 Accuracy of transportation discrimination.

	適合率	再現率	F 値
徒歩・自転車	0.773	0.888	0.827
電車・バス	0.913	0.818	0.863
地下鉄	0.893	0.962	0.926

の GPS 非測位状態の移動手段を電車とは別に地下鉄として判別し、それ以外の場合における GPS 非測位状態ではユーザが直前の移動手段を維持していると判別する。

「立ち勇」におけるユーザの移動手段の判別フローを図 2 に示す。「立ち勇」では、以上で述べた手法にもとづき、ユーザの移動手段として以下の 3 種類を判別する。

- 徒歩または自転車
- 電車またはバス
- 地下鉄

本手法の状態判別精度を評価するため、本手法を GPS 機能をもつ Android 端末に実装し、実際の移動手段と判別された移動手段を比較する予備実験を実施した。実験には徒歩・電車（駅および線路が全て地上にある）・地下鉄による移動をそれぞれ 20 分以上含むコースをひとつ選択し、同一コースの 5 往復分のデータを用いた。なお、ユーザから駅までの距離の計算のため、駅の緯度経度情報 [5] を利用した。

実験結果を表 1 に示す。表 1 の精度は端末の GPS により 1 分毎に取得した位置情報にもとづいて判別した移動手段と、その時点での実際の移動手段を比較して求めたものであり、F 値は適合率と再現率の調和平均を示す。いずれの状態も 0.8 以上の F 値が得られており、システムの運用に十分な精度であると判断される。

### 2.2.2 立ち状態の判別

通勤・通学時におけるユーザがとりうる動作の状態として、「立ち勇」では「立っている」、「座っている」、「運動している（歩行または走行している）」の 3 種類を判別対象とする。

倉沢ら [6] の研究では、被験者に携帯させた加速度センサの測定値をもとに「歩いている」、「立っている」、「座っている」、「走っている」という 4 つの状態を 9 割以上の精

度で判別している。この手法では、ユーザが立っているか座っているかを判別できるのは、端末がズボンのポケットに入れている場合のみに限定されている。

倉沢らの手法はユーザに単一の加速度センサを携帯させるだけで状態を判別できるため、手軽さという観点で優れている。また、ズボンのポケットは携帯端末の一般的な携帯箇所である [6] ため、立ち状態を判別する上で携帯箇所をズボンのポケットに限定しても問題はないと考えられる。

そこで「立ち勇」では、ズボンのポケットに携帯させた端末の傾きおよび過去 5 秒間における加速度の分散からユーザの「立っている」、「座っている」、「運動している」の 3 状態を判別する手法を採用する。先行研究において、本手法により実際の通勤・通学環境でのシステムの運用に十分な精度を得られることが確認されている [7]。

## 2.3 育成ゲームの設計

2.1 で述べた Weekend Battle では、仮想的なキャラクターを成長させる育成ゲームという表現を用いてエンタテインメントを導入している。これに倣い、「立ち勇」でも育成ゲームにおけるキャラクターをユーザの努力の結果として成長させ、他のユーザと比較・競争させるものとする。

以降では、立つことに対する意欲を向上させるエンタテインメントシステムを実装する上で生じると考えられる 4 つの問題点を挙げ、それぞれを解決するための設計を論じる。

### (1) 混雑状況での端末の閲覧・操作の難しさ

Weekend Battle では、定量化した努力度合いの提示のためにキャラクターの成長を視覚化している。しかし、満員電車などの身動きがとれない状況においては、ユーザが端末を閲覧・操作することは困難である。そのため、視覚のみの情報でキャラクターの成長を提示したり、キャラクターの成長のためにユーザに操作を求めることはできない。

これらの問題を解決するために、「立ち勇」における育成ゲームは、ユーザが立っているだけで自動的に進行するものとし、キャラクターの成長の様子は視覚に加えて聴覚への提示を行うことで表現する。

### (2) 立ち続けることによる疲労の蓄積への対応

長時間連続して立っている人ほど肉体的な疲労が蓄積することから、立ち状態に対するモチベーションを維持するために必要な報酬も同様に大きくする必要があると考えられる。

そこで、ユーザの連続して立っている時間が一定時間を越えるたびに、キャラクターの成長効率を向上させる。これにより、長時間連続して立っているユーザの立つことに対する意欲の低下を防ぐことができると考えられる。

### (3) 通勤・通学環境の違いによる有利不利

EELF では、ユーザ間に競争の概念を意識させることにより、システムの使用に対する意欲を向上させている。そ

ここで、キャラクタの成長度合いを示すパラメータ（以降、ステータス）を用意し、他人のキャラクタとの成長度合いを比較することを可能にする。

しかし、単純にユーザが立っている時間に応じてキャラクタを成長させるだけの実装とすると、電車やバスによる通学・通勤時間が長く、立っている時間を長くとれるユーザほどステータスの高さにおいて有利になる。このことから、立っている時間の短いユーザがシステム使用に対する意欲を失ってしまうことが予想される。

そこで、立っている時間以外にキャラクタの成長効率を制御する要因を用意することにより、通学・通勤時間の短いユーザに逆転のチャンスを与える。これにより、通学・通勤時間の短いユーザのシステム使用に対する意欲を維持できると考えられる。

#### (4) 長期使用時の成長度合いの差の広がり

Weekend Battle の長期使用時において、各ユーザのキャラクタのステータス間に差が広がるにつれて、作業意欲を向上させる効果が低下していくという問題が生じることがわかっている [3]。この原因は、キャラクタのステータスの低いユーザが、自分の勝てる可能性を失ったように感じ、キャラクタの育成に意欲を感じなくなるためである。

そこで、「立ち勇」の育成ゲーム部では、一定の周期でキャラクタのステータスを初期状態に戻すことにより、周期ごとに対等な条件下で他のユーザと競うことを可能にする。これにより、ユーザ間でキャラクタのステータスの差が広がり続けることを防ぐ。

しかし、この設計では、一定の周期ごとにキャラクタの成長が取り消されるため、ユーザが長期間頑張ってキャラクタを育てても意味が無いと感じてしまう恐れがある。そこで、キャラクタの成長度合いに影響しない累積要素を用意し、これを一定の周期を超えても引き継げるようにする。こうすることで、システムを長期間にわたって使用することによるメリットが発生するため、長期ユーザのシステム使用に対する意欲を維持できると考えられる。

### 3. 実装：立ち上げれ勇者

「立ち勇」の育成ゲーム部は、立ち状態判別部で得られたユーザの移動手段・状態にもとづいて、プレイヤーの分身となる仮想的なキャラクタを育成ゲーム上で成長させ、その状況をユーザに提示する。育成ゲームが多くの人にとって楽しめるものになるよう、ゲームジャンルとしては家庭用ゲームにおいて一般的な RPG (role-playing game) を模したものを採用する。

「立ち勇」は、日常的に使用されることを前提としているため、特別な機器や準備を必要とせずに使用できることが望ましい。そこで、人が日常的に携帯している単一の端末に立ち状態判別部および育成ゲーム部を統合するために、「立ち勇」は GPS および加速度センサを搭載した Android



図 3 ステータス確認画面  
Fig. 3 Status page.



図 4 効果音設定画面  
Fig. 4 Sound setting page.



図 5 成長方針設定画面  
Fig. 5 Tactics setting page.

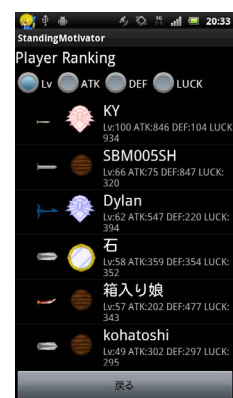


図 6 ランキング表示画面  
Fig. 6 Ranking page.

携帯端末で動作するアプリケーションとして実装した。

#### 3.1 キャラクタ

育成ゲーム部では、キャラクタは「ダンジョン」と呼ばれる仮想的なフィールドを探索することにより、「経験値」を入手する。ダンジョンの深さは「階層」という値で表される。キャラクタの成長度合いを表すパラメータとして、「レベル」、「体力」、「攻撃力」、「防御力」および「幸運」を採用する。レベルは経験値の蓄積によって段階的に増加する値であり、キャラクタの総合的な成長度合いを示す。

キャラクタのステータスは図 3 に示す画面で確認することができる。「Lv」、「EXP」、「HP」、「ATK」、「DEF」、「LUCK」はそれぞれレベル、経験値、体力、攻撃力、防御力、幸運を表している。画面右下には、発生したイベントの結果やレベルの上昇によるステータスの増加量など、効果音で表現されない詳細な成長記録を後から確認するためのスクロール可能なテキストボックスを実装している。

#### 3.2 ゲームの進行

ユーザの移動手段が電車・バスまたは地下鉄であり、なおかつ立ち状態であると判別されているとき、その状態に対する報酬としてキャラクタは体力の続く限りダンジョン

の階層に比例した経験値を一定時間ごとに獲得し続ける。経験値が一定の値に達すると、キャラクタのレベルの値が1増える。レベルの増加時には、攻撃力、防御力および幸運の値が増加する。

またこの状態では、一定時間ごとにダンジョンの階層が自動的に増加する。キャラクタの経験値入手効率はダンジョンの階層に比例するため、長時間立っているときほど単位時間あたりの経験値入手量が多くなる。これにより、2.3(2)で述べた設計を実現する。

キャラクタの育成における単調さを解決するため、立ち状態判別中は一定時間ごとに、キャラクタの成長に影響を及ぼす「探索イベント」または「戦闘イベント」が発生するようにする。キャラクタの体力はこれらのイベントによって変動し、体力がなくなると階層が初期値に戻る。つまり、イベントの種類とその結果によってキャラクタの成長効率が変動する。両イベントの具体的内容は3.3で述べる。

イベントの発生はユーザにとって把握しておきたいゲーム進行上重要な情報であると考えられる。そこで、2.3(1)で述べた満員電車など端末が閲覧できないような状況でも、いつどちらのイベントが発生したかを把握することができるように、それぞれのイベント発生時にそれぞれ異なる効果音を再生する。効果音とイベントの対応は図4に示す画面から確認することができる。

ユーザは図5に示す画面からキャラクタの各ステータスの増加量の割合、探索・戦闘イベントの発生する割合および戦闘イベントにおける敵の強さを調整することができる。立ち状態判別部で座り状態が判別されると、階層が初期値に戻る。運動している状態の判別中は階層・経験値の変動およびイベントの発生が停止する。判別された状態の変化時には変化後の状態にそれぞれ対応した効果音を再生することで、ユーザに状態の変動を通知する。

### 3.3 探索イベントと戦闘イベント

探索イベントではキャラクタがアイテムを入手する。アイテムは体力を回復するための「回復薬」またはキャラクタの外見を変えるための「装備品」であり、回復薬は入手と同時に使用される。装備品を入手すると、それをキャラクタが身につけるものとして設定することにより、キャラクタの外見を変えることができる。装備品の変更は図3に示す画面から行うことができる。入手したアイテムが装備品である確率はキャラクタの幸運に依存し、幸運の値が大きいほど増加する。

戦闘イベントはキャラクタが敵キャラクタと戦うイベントであり、その結果として、キャラクタが体力を失う代わりに追加の経験値を入手する。このとき、キャラクタの体力が0になるとキャラクタはダンジョンを退却したことになる。階層が初期値に戻る。戦闘イベントが起きたとき、キャラクタの攻撃力が高いと入手できる経験値が多くな

り、防御力が高いと体力の減少量が小さくなる。

戦闘イベントにおける体力の減少量および経験値入手量は敵の強さに比例する。したがって、イベントの発生傾向と併せて適切に設定することにより、特定の使用状況におけるキャラクタの成長効率を上げることができる。例えば、戦闘イベントの発生を多めに、敵の強さを強めに設定すると、体力が0になるリスクの増加とひきかえに単位時間あたりの経験値入手量を増加させることができる。この機能により、2.3(3)で述べた、通学・通勤時間の異なるユーザがそれぞれ適した戦略を選択することを可能にする。

### 3.4 キャラクタのランキング表示

他のユーザが育てたキャラクタと自分の育てたキャラクタを比較するために、全ユーザのキャラクタのステータスをサーバに蓄積し、端末の通信機能を用いて図6に示す画面からランキング形式で確認できるようにした。この機能は、2.3(3)で述べた、他のユーザとの比較・競争を意識させるためのものである。

### 3.5 ステータス初期化と累積アイテム

2.3(4)で示したように、キャラクタのステータスであるレベル、攻撃力、防御力および幸運の値は1週間ごとに初期化される。このようにすることで、ある周期において育成したキャラクタのステータスが低かったユーザも、次の周期からは他のユーザと対等な条件でキャラクタの育成を開始することができる。

これに対し、入手した装備品は1週間を過ぎても失われないため、システムの使用期間が長ければ長いほど、キャラクタの外見を多くの選択肢からユーザの好みに合わせて幅広く選ぶことができるようになる。装備品はコレクション要素としてとらえることもできるため、育成ゲーム部のエンタテインメント性の向上も期待できる。この機能は、2.3(4)で述べたシステムの長期使用における設計と対応する。

## 4. 関連研究

日常生活における活動にゲームのメカニズムを導入することによって対象活動の動機付けを行う方法論として、ゲーミフィケーション (Gamification) [8] が知られている。筆者の所属する研究グループで提唱しているEELFは、ゲーミフィケーションに含まれるひとつの枠組みであると考えることができる。

日常生活へのゲーミフィケーションの適用例として、山木ら [9] の提案しているインタラクティブな掃除機システムが挙げられる。このシステムは掃除という単調になりがちな行為の動機付けを目的としており、掃除機に取り付けたマウスやプロジェクタを用いて掃除機と仮想的なオブジェクトとのインタラクションを実現している。

また、山下ら [10] は、運動をより楽しいものにするエクサティンメント（エンタテインメント性のあるエクササイズ）の実現例として、圧力センサを用いてユーザの動きを制限することなくケンケンの動作を検出し、スコア付けを行うシステム「リモートケンケン」を提案している。リモートケンケンも、運動という行為をエンタテインメントの導入によって動機付けしていることから、ゲーミフィケーションの適用例のひとつとして考えられる。

本稿で提案している「立ち勇」は、混雑中の公共交通機関における立ち状態という、ユーザが積極的な行動をとることができない特殊な状況を動機付けの対象としたシステムであり、その点において上述の関連研究と異なる。

## 5. まとめ

本稿では、公共交通機関における立ち状態の問題に着目し、ユーザの立ち状態に対する動機付けを行うためのシステム「立ち上がれ勇者」を提案し、その設計および実装について述べた。

今後の課題としては、実際の通勤・通学環境において「立ち勇」を被験者に使用させる実験を実施することで、立ち状態に対する動機付けの効果を評価することが挙げられる。2.3(4) で述べたように、「立ち勇」は長期使用を前提としたシステムであるため、長期使用時において動機付けの効果が維持されるかどうかを併せて評価する。また、混雑度が高く身動きがとれないような状況のユーザをより動機付けするために、ユーザが乗車中の電車やバスの混雑度を判別し、それに基づいて適切なエンタテインメントを提供する手法を検討することが考えられる。

展望として、電車やバスでユーザが他人に席を譲ったかどうか、車両の中で乗降者の邪魔にならない場所に移動して立っていたかどうかなどの詳細な状況を判別することにより、通勤・通学時におけるユーザの頑張りを総合的に動機付けするエンタテインメントシステムを実現することが考えられる。

## 参考文献

- [1] 轟朝幸, 水野隆二, “都市鉄道におけるリアルタイムな混雑情報提供の有用性の検討 乗車選択行動モデルを用いて”, “土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.4, pp. 787-794 (2010).
- [2] Itaru Kuramoto, “An Entertainment System Framework for Improving Motivation for Repetitive, Dull and Monotonous Activities,” Human-Computer Interaction, Inaki Maurtua (Eds.), In-TEH, Chapter 18, pp. 317-338 (2009).
- [3] 倉本到, 柏木一将, 植村友美, 辻野嘉宏, “Weekend Battle: エンタテインメント性の作業環境への提供により作業意欲を維持向上させるシステム,” HI 学会論文誌, Vol.8, No.3, pp. 331-341 (2006).
- [4] 前司敏昭, 堀口良太, 赤羽弘和, 小宮粹史, “GPS 携帯端末による交通モード自動判定法の開発,” 第 4 回 ITS シンポジウム 2005 論文集 (2005).

- [5] 株式会社コードプラス: 駅データ . j p (online), 入手先 <<http://www.ekidata.jp/>> (2012.10.04).
- [6] 倉沢央, 川原圭博, 森川博之, 青山友紀, “センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法,” 情報処理学会研究報告, UBI, 2006(54), pp.15-22 (2006).
- [7] 石橋拓也, 山本景子, 倉本到, 辻野嘉宏, “公共交通機関における立ち状態を動機付けするシステム,” EC'2011 論文集, pp. 353-359 (2011).
- [8] Gabe Zicbermann, Christopher Cunningham: Gamification by Design; O' Reilly (2011).
- [9] 山木妙子, 小笠原遼子, 椎尾一郎, “インタラクティブな掃除機による情報提示,” 全国大会講演論文集 第 70 回平成 20 年 (4), pp. 4-129-4-130 (2008).
- [10] 山下裕考, 伊藤淳子, 宗森純, “エクサティンメント支援システムリモートケンケンの開発,” 情報処理学会研究報告 グループウェアとネットワークサービス 2009(33), pp. 139-144 (2009).