

# TLIFESにおける省電力化を目的とした 位置測位手法の提案と実装

加藤 大智<sup>1,a)</sup> 竹腰 昇太<sup>2</sup> 大野 雄基<sup>1</sup> 鈴木 秀和<sup>1</sup> 旭 健作<sup>1</sup> 渡邊 晃<sup>1</sup>

**概要:** 我々はスマートフォンのGPSや加速度センサを利用することにより、住民の生活を支援するシステムTLIFES (Total LIFE Support system) を提案している。しかし、TLIFESでは消費電力の高いGPSなどのセンサを利用しており、稼働時間の短さが課題となっている。そこで、本稿ではセンサから得られる情報を元に、GPSによる位置測位に最適な状況かどうかを判別する。GPSによる位置測位に最適でないと判断した場合は位置測位を中止することにより、消費電力を低減する手法を提案する。提案手法をTLIFESに適用した結果、省電力化を実現し、移動経路の把握が同時に実現可能になった。

**キーワード:** TLIFES, 省電力, 見守り, センシング

## Proposal and Implementation of a Positioning Method for the Purpose of Power Saving in TLIFES

DAICHI KATO<sup>1,a)</sup> SYOTA TAKEKOSHI<sup>2</sup> YUKI OHNO<sup>1</sup> HIDEKAZU SUZUKI<sup>1</sup> KENSAKU ASAH<sup>1</sup>  
AKIRA WATANABE<sup>1</sup>

**Abstract:** We have been proposing the system, so called TLIFES (Total LIFE Support system), which supports the lives of residents utilizing smartphones. However, TLIFES has the problem of high power consumption because it uses GPS as the key component. In this paper, we propose the power saving method by judging that GPS should be used or not from other sensing information. As the result of the implementation, it is confirmed that the proposed method can save power consumption efficiently in TLIFES.

**Keywords:** TLIFES, power-saving, watching, sensing

### 1. はじめに

AndroidやiPhoneに代表されるスマートフォンが普及したことにより、加速度センサや方位センサ、GPS、Wi-Fi、Bluetoothといった、様々な機能が搭載された端末が手軽に利用できるようになった。そのため、これらのセンサ情報を活用することにより、ユーザの状況に合わせたサービスの提供や、ライフログとして活用するサービスが登場し

ている[1][2]。

我々はスマートフォンのセンサ類から収集したデータをインターネット上のサーバで蓄積、解析することにより、ユーザの状態を常に把握することができるシステムTLIFES (Total LIFE Support system) を提案している[3][4][5]。

TLIFESではセンサから取得した加速度情報や位置情報を元にユーザの行動判定を行う。そして、システムが危険を検知した場合には、予め登録された人々にアラームメールを送信することにより、ユーザを常に見守るシステムの実現を目指している。ユーザの状況をより正確に把握するためには、常にセンシングを行いデータ取得を行う必要がある。しかし、利用するセンサによっては消費電力が大きく、TLIFESではスマートフォンの稼働時間の短さが課題

<sup>1</sup> 名城大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Meijo University

<sup>2</sup> 名城大学理工学部  
Faculty of Science and Technology, Meijo University

<sup>a)</sup> daichi.kato@wata-lab.meijo-u.ac.jp

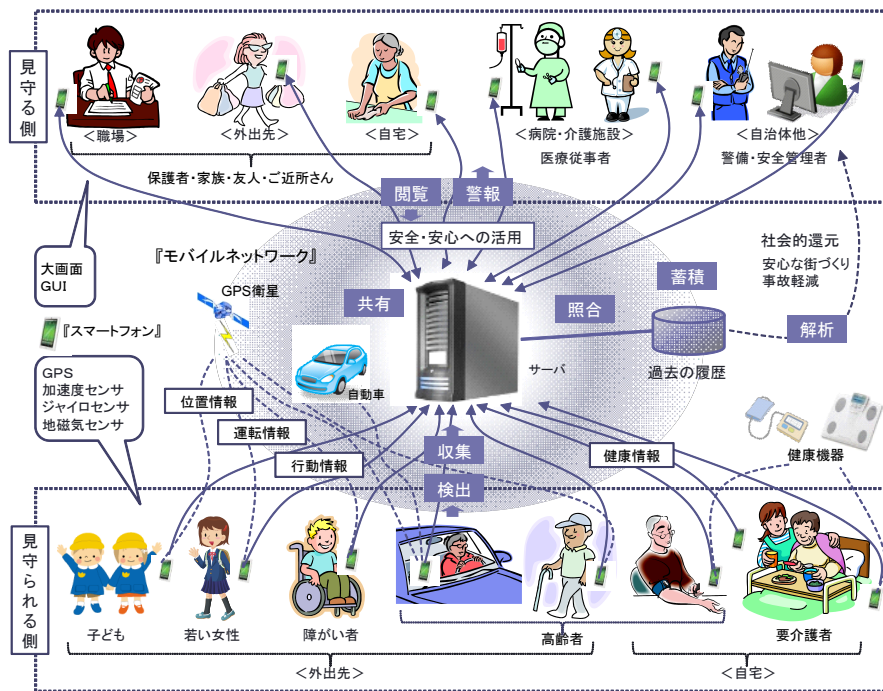


図 1 TLIFES の概要

Fig. 1 Overview of TLIFES.

となっていた。

この課題を解決するために、我々は特に消費電力が多いとされる GPS の効率的な利用方法について検討した。GPS は消費電力が大きいことに加え、必要以上に位置情報を取得しようとする場合がある。例えば、屋内のような GPS 衛星の電波が届かない場所においても位置情報を取得しようと継続して測位を行う。また、自宅や職場などで長時間移動しない場合は、GPS を起動する必要がない場合がある。GPS を効率的に利用していくためには、ユーザの周辺状態を検出し、GPS による位置測位をできる限り減らす必要がある。

位置測位の省電力化を行う提案として、目的地までの距離や移動速度によって更新間隔を変更することにより省電力化を行う手法が提案されている [7]。目的地までの距離が遠い時は更新時間を長く設定し、消費電力が少ないネットワークによる位置測位を利用することで省電力化を行う。しかし、この提案は目的地に到達しているかどうかを判断するためのものであり、明確な目的地がわからない場合や移動経路を残したいと考える場合には利用できない。

また、GPS を効率的に利用する手法として、正確な位置測位ができるかを判定することにより、省電力化を実現する方法が提案されている [6]。位置情報が取得できない場所や位置情報の精度が低い場所では、常時センシングしてもユーザの詳細な位置情報を取得することができない。そこで、消費電力の少ないセンサを段階的に切り替えて、必要な位置測位が行えない環境にいると判定した場合は、位置測位の更新間隔を長く設定することで省電力化を行う。

しかし、この手法はユーザの行動を、位置情報から解析することを目的としているため、TLIFES に適用するには無駄な位置測位が多い。

そこで、本稿では以下の手順により、GPS による位置測位を効率的に行い、省電力化を実現する方法を提案する。まず、加速度センサや Wi-Fi のアクセスポイントの情報からユーザの周囲の状況を推測し、GPS の起動タイミングを決定する。GPS を起動した後も、GPS 受信機の捕捉衛星数や電波強度から屋内、屋外判定を行い位置測位が失敗する可能性のある場所では位置測位を中止する。また、位置情報を取得してからも停滞と移動を判定し、停滞中と判定された場合には GPS の更新時間を長く設定することにより、GPS を効率的に利用し省電力化を実現する。提案方式を TLIFES に実装し、従来の TLIFES と比較して提案方式の有用性について確認した。

以降、2 章では TLIFES の概要、3 章で既存の消費電力削減手法とその課題について述べる。4 章では提案方式。そして、5 章で試作システムの評価を行い、6 章でまとめる。

## 2. TLIFES

本稿では本提案方式の適用を目指す TLIFES の概要について述べる。

### 2.1 TLIFES の概要

図 1 に TLIFES の概要を示す。TLIFES では、スマートフォンの通信機能とセンサ機能を活用し、ユーザどうしが情報を共有できるシステムを実現する。センサ情報の取

得には、スマートフォンに搭載されている GPS や加速度センサ、地磁気センサなどを用いる。スマートフォンは、これらの取得したセンサ情報をインターネット上の管理サーバに定期的送信し、データベースに蓄積する。蓄積された情報は、許可されたメンバであれば家庭端末や携帯端末からいつでも閲覧できる。管理サーバでは、現在と過去のセンサ情報を比較することにより、ユーザの異常やその前兆がないかを判断する。異常が検出された場合には、予め登録されたメールアドレスに対し、管理サーバからアラームメールを配信する。これにより、緊急時においても迅速な対応が可能である。TLIFES は、ユーザ相互の見守りの他、ユーザ自身のライフログ、災害発生時の避難サポート、地域コミュニティの活性化などに寄与することを目指した統合生活支援システムである。

## 2.2 TLIFES の課題

TLIFES ではスマートフォンの加速度や GPS など複数のセンサ類から常にセンサ情報を取得することにより行動判定や異常検知を行う。しかし、スマートフォンのバッテリー容量には限りがあり、常時情報を取得することはできない。特に GPS はセンサの中でも消費電力が大きく、最小間隔で位置情報を取得した場合、GPS のみで連続稼働時間が 1 日未満となってしまう。一方、GPS の更新間隔を長く設定すれば稼働時間を長く出来るが、取得できる位置情報が少なくなる。特に移動中の位置情報が少ないと正しい経路を取得できない。同一の場所に停滞中の場合においては、必要以上に位置情報を取得し電力を消費する。GPS 以外の位置測位手法として、Wi-Fi の電測情報から位置情報を求める方法がある [8]。この方法は、過去に取得した Wi-Fi の電測情報と位置情報を関連付けて位置情報を求めることができる。しかし、アクセスポイントの位置が変化した場合など、頻繁に間違った位置情報が通知される。このため、TLIFES では位置測位の方法を GPS を基本にしており、GPS をいかに効率良く利用できるかが最大の課題となっている。

## 3. 既存の消費電力削減技術

携帯端末を用いた位置センシングにおける電力問題に対しては、多くの研究がなされており、いずれも GPS による消費電力を低減する工夫をしている点が共通している。

近年、場所や時間によって端末の設定を自動的に変更するアプリケーションが登場している [9][10]。これらのアプリケーションでは予め登録されたエリアに入圏しているかどうかを検出する。しかし、入圏しているかどうかは定期的に位置測位で確認するため省電力化が課題となっている。これらのアプリケーションを省電力する手法として、目的地までの距離や移動速度に応じて、消費電力を削減する提案が行われている [7]。目的地までの距離や移動速度

から、速度を維持した場合の目的地までの最短時間を算出する。そして、目的地までの最短時間に係数を乗じた時間を次の測位時間とする。目的地まで十分な距離がある場合には、ネットワークを利用した位置測位を最優先測位手段とすることで省電力化を実現する。しかし、この提案は登録されている特定のエリアに入圏しているかどうかを判断するための手法であり、明確な目的地がわからない場合や移動経路を残したい場合には利用できない。

[6] では、加速度センサ、Wi-Fi、GPS などの消費電力の違いを利用して、必要なセンサを段階的に切り替えることにより、行動認識と並行して省電力化を実現する方法が提案されている。この提案では加速度センサからの情報を常に取得する。取得した加速度に一定の変化が見られた場合は、Wi-Fi で電測情報を収集し、その情報をもとにデータベースに問い合わせる。データベースには過去に取得した電測情報と、GPS による位置測位が過去に成功したかどうかの履歴が蓄積されている。蓄積された過去の電測情報をもとに、次にどの場所に移動しようとしているかを推測し、その移動先が GPS による位置測位が成功する可能性を、蓄積されているデータを元に判定する。蓄積された情報から GPS の位置測位が成功すると判断した場合は、GPS の測位を開始する。失敗すると判断した場合は、GPS の測位を行わず、引き続き Wi-Fi で電測情報を収集する。また、周囲にアクセスポイントがない場所では位置情報の精度を元に品質判定を行い、精度が低い場所では更新間隔を長く設定する。しかし、[6] の手法はユーザの詳細な行動を解析することが目的であり、ユーザの移動経路を把握したい TLIFES に適用するには無駄な位置測位が多い。また、立ち話をしている場合や、畑作業をしている場合など、屋外で長時間停滞している場合の検討はなされていない。

## 4. 提案方式

本章では、ユーザの周囲の状況を把握することにより、GPS を効率的に利用する手法について提案する。周囲の状況の把握には加速度センサ、Wi-Fi といった消費電力の少ないデバイスを段階的に利用する。ユーザが移動していない場合や GPS 衛星からの電波が届かない屋内にいる場合など、位置測位の必要がない場合は、GPS の利用頻度を抑える。位置情報取得後も最新の位置情報と過去の位置情報から停滞判定を行うことにより、更新時間を動的に変更し消費電力削減を行う。

提案方式の処理手順を図 2 に示す。また、その詳細を以下に示す。

### (1) スマートフォン保持判定

加速度センサを用いることにより、ユーザがスマートフォンを保持しているかどうかをチェックする。一定時間の間、加速度センサで取得した値が一定値以下だった場合を放置中と判定する。この場合は、位置は

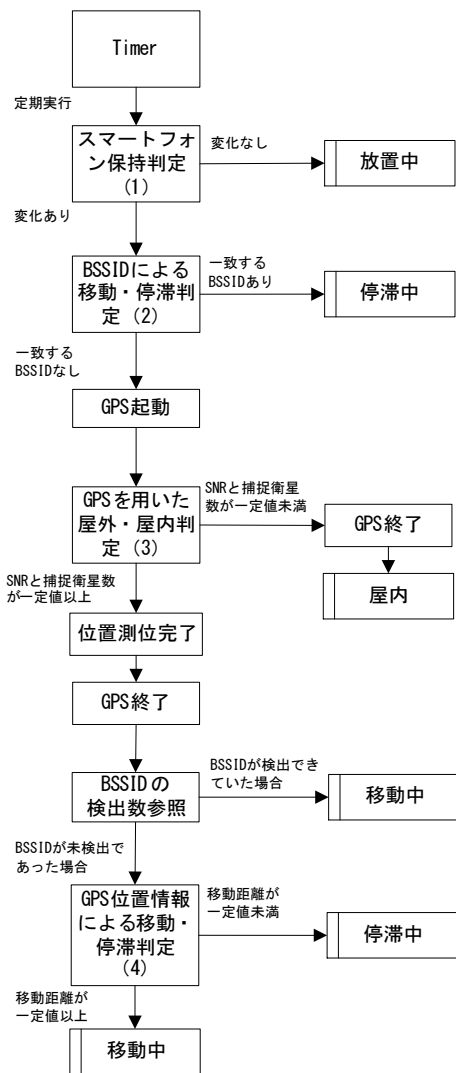


図 2 提案方式の処理手順

Fig. 2 Procedure of the proposed scheme.

変化していないと考えられるため位置測位は行わない。この判定はスマートフォンを置き忘れた場合に限らず、就寝中にも対応できるため大きな省電力効果がある。放置中と判定されなかった場合は(2)の手順でユーザの移動・停滞判定を行う。なお、TLIFESでは加速度センサの値は、40m秒ごとに取得し、歩数の計測に活用している。加速度センサ情報の取得と解析には、ほとんど電力を消費しないことを確認済みである。

## (2) スマートフォンの移動・停滞判定

Wi-Fiを用いて周囲状況を把握することにより、ユーザの移動・停滞判定を行う。Wi-Fiで周囲のBSSID(Basic Service Set Identifier)を検索し、前回取得したBSSIDの組と1つでも一致したBSSIDがあった場合は、Wi-Fiの電波到達範囲内(約100m)であるため、ユーザが大きく移動していない状態(停滞中)と判定してGPSを起動し位置測位を行わない。前回取得したBSSIDと一致するものが1つもなかった場合

は、ユーザが移動していると判定し、GPSによる位置測位を開始する。このとき取得したBSSIDが次の移動・停滞判定の判定基準となる。

## (3) 屋外・屋内判定

ユーザが屋内にいる場合はGPS衛星の電波が届かない場合がある。この場合、データ取得にかかる時間が長くなり、位置測位できない場合でも電力を多く消費する。または、大きな誤差を含んだ位置情報を取得する可能性がある。このような状況に対応するため、捕捉しているGPS衛星数と電波強度から屋内・屋外の判定を行う。GPSは衛星を4機以上捕捉しないと正確な位置情報を取得できない。捕捉衛星数は比較的早く検出できるため、このまま測位を続けるべきかを早期に判断できる。屋内にいて位置情報が取得できないと判定した場合には、GPS測位を即時に中止し、消費電力を抑える。判定にはGPSを起動してから一定時間後のGPS捕捉衛星数と信号対雑音比(SNR)を利用する。捕捉衛星数とSNRが一定値未満であった場合を屋内にいると判定し、位置測位を終了する。GPS捕捉衛星数とSNRが一定値以上だった場合を屋外と判定し位置測位を続ける。

## (4) GPS位置情報による移動・停滞判定

住宅地や都心以外の場所では周囲にアクセスポイントがなく、BSSIDによる移動・停滞判定ができない場所が数多く存在する。そのため、BSSIDが検出できない場合は屋外を移動中と推測しGPSを起動する。しかし、BSSIDが検出できない場所で停滞している場合でも、GPSを起動し電力を消費してしまう。このような状況に対応するため、過去の位置情報と、最新の位置情報から移動距離を算出し、移動・停滞判定を行う。移動・停滞判定の方法は、最新の位置情報と過去に移動中と判定された最後の位置情報を用いる。この2つの位置情報から移動距離を算出する。移動距離が一定値以上の場合を移動中、移動距離が一定値未満の場合を停滞中とする。なお、停滞中と判定された場合には、停滞中と判定される度に一定値を超えない範囲でGPS起動間隔を長く設定していく。また、数回停滞中と判定された後、移動中と判定された場合には起動間隔を短く設定することにより、無駄なGPS起動を減らす。

## 5. 評価

### 5.1 評価方法

提案方式の有効性を確認するために以下の3つケースによる試作システムを作成した。試作システムを持って被験者に歩行してもらい、そのときの移動経路とスマートフォンのバッテリー残量を評価した。被験者は、名城大学に2時間停滞し、その後40分間大学の周りを歩行した後に、再び大学に戻るという行動を行った。



図 3 Case1 における移動履歴  
Fig. 3 Movement history in Case 1.



図 5 Case3 における移動履歴  
Fig. 5 Movement history in Case 3.



図 4 Case2 における移動履歴  
Fig. 4 Movement history in Case 2.

表 1 各ケースにおける GPS 測位回数

Table 1 Number of times during the movement and positioning of stagnation.

|          | Case1 | Case2 | Case3 |
|----------|-------|-------|-------|
| 移動中の測位回数 | 5     | 15    | 13    |
| 停滞中の測位回数 | 25    | 135   | 0     |
| 位置測位回数   | 30    | 150   | 13    |

- Case1: 従来の TLIFES (GPS 取得間隔: 10 分)
- Case2: 従来の TLIFES (GPS 取得間隔: 2 分)
- Case3: 提案手法を適用した TLIFES

各ケースにおける移動履歴表示結果を図 3, 図 4, 図 5 に示す。なお、図中の破線は被験者が歩行した実際の移動経路である。この時の、GPS 測位回数は表 1 のようになった。

## 5.2 移動経路の判別

Case1 では GPS 起動間隔が長く、位置情報から移動経路を正確に把握することができない。また、ユーザが移動していない場合も定期的に位置測位を行うため、30 回の位置測位を行った中で、有用と言える位置情報は移動中の 5 つの位置情報だけである。

Case2 では取得できる位置情報が多いため、移動経路を正確に読み取ることができる。しかし、Case1 と同様に停滞中の位置測位回数が多く、有用な位置情報は全体の 1 割程度である。しかも、停滞中は GPS 衛星からの電波状況が悪い屋内にいるため、位置測位で位置情報を得られないケースが発生している。

Case3 では、名城大学を出発したことを検出し、移動中のみ位置情報を更新することができた。移動経路においても、およその移動経路を把握することができた。

## 5.3 バッテリー残量の変化

各ケースにおけるバッテリー残量の変化を図 6 に示す。

Case1 では 10 分に一度の GPS 起動により、移動中、停滞中のどちらの場合も一定の割合で電池残量が減少している。

Case2 では 2 分に一度の GPS 起動を行なっているため、Case1 と比較して電池残量の減少率が高いことがわかる。

Case3 では、移動中と判定された場合のみ GPS を 2 分間隔で使用するため、移動中の電池残量は Case1 と同等の割合で減少する。しかし、名城大学で停滞している時は、加速度と Wi-Fi を用いた BSSID 検索、GPS の状態などから停滞していることを判定し、GPS の更新を行わないため残量の変化が少ないことがわかる。ユーザは移動しているより、自宅や病院など屋内に停滞している場合が多いと考えられ、提案方式により大きな省電力効果が見込める。また、

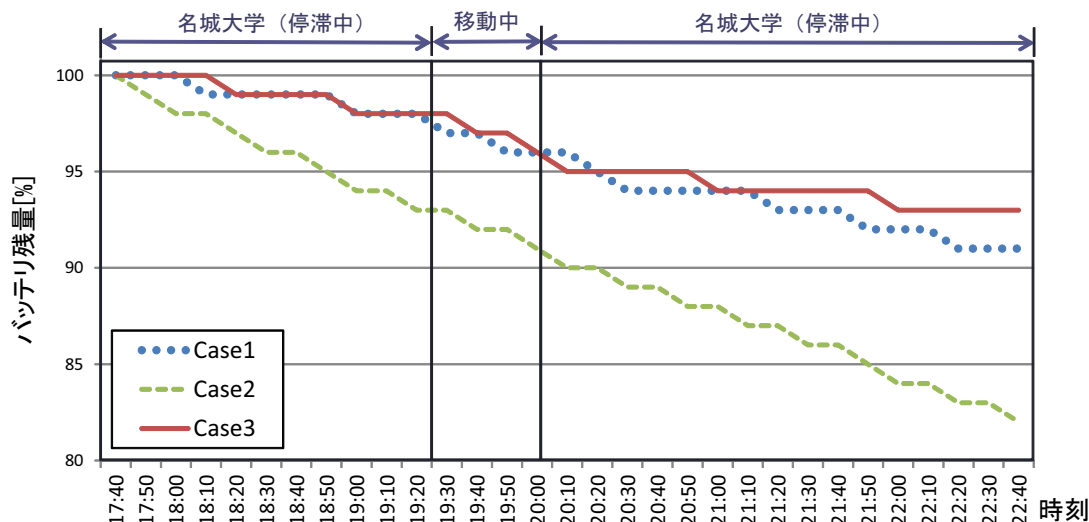


図 6 バッテリー残量の変化

Fig. 6 Results of change in battery level.

今回の実験では Case2 と比較した場合、5 時間で 10% のバッテリー容量の削減に成功した。

## 6. おわりに

本稿では、TLIFES に提案方式を適用することにより、消費電力削減と移動経路の判別に必要な位置情報の取得を適切に実現する手法について提案した。提案方式を TLIFES に導入することにより、消費電力の削減と移動経路の判別に必要十分な位置情報の取得を両立できることを確認した。

今回の評価では、ユーザが移動しない時間帯が多い場合を想定して評価を行った。そのため、自動車や電車などで長時間の移動をする場合の検討が行われていない。今後は、移動時の省電力化の手法についてさらなる検討を行う。

**謝辞** 本研究は、SCOPE/PREDICT の委託研究に基づく結果である。

## 参考文献

- [1] i コンシェル: NTT ドコモ (online), available from <http://www.nttdocomo.co.jp/service/customize/iconcier/> (accessed 2012-12-09).
- [2] GoogleLatitude: Google (online), available from <http://www.google.co.jp/intl/ja/mobile/latitude/> (accessed 2012-12-09).
- [3] 大野雄基, 土井善貴, 手嶋一訓, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 旭 健作, 山本修身, 渡邊 晃: 弱者を遠隔地から見守るシステム TLIFES の提案と実装, コンシューマ・デバイス&システム研究報告, Vol. 2012-CDS-3, No. 2, pp. 1-8 (2012).
- [4] Yamagishi, H., Kato, D., Teshima, K., Suzuki, H., Yamamoto, O. and Watanabe, A.: Proposal and Implementation of a System to Remotely Watch the Health Conditions of Elderly Persons, *IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2011)*, pp. 42-47 (2011).
- [5] Kato, D., Yamagishi, H., Suzuki, H., Konaka, E. and

Watanabe, A.: Proposal of a Remote Watching System Utilizing a Smartphone and Sensors, *IEEE 11th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2011)*, pp. 36-41 (2011).

- [6] 米田圭佑, 里中裕輔, 西尾信彦: センシングモバイルにおける個人特化された省電力機構, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2012-HCI-150, No. 19, pp. 1-6 (2012).
- [7] 中川智尋, 土井千章, 太田 賢, 稲村 浩: コンテキストウェア・サービスのための間欠的切替測位による省電力入圏検出方式, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム論文集, Vol. 2012, No. 1, pp. 349-354 (2012).
- [8] PlaceEngine: Koozyt (online), available from <http://www.placeengine.com/> (accessed 2012-12-10).
- [9] Tasker: (online), available from <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.dinglich.android.taskerm> (accessed 2012-12-10).
- [10] Llama: (online), available from <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kebab.Llama> (accessed 2012-12-10).