

BLE ビーコンを用いた学内見学支援システムの改善

佐藤 清隆¹ 打矢 隆弘² 山本 大介² 内匠 逸²

概要： 本学では，スマートフォン上で動作する音声対話ツールキットであるスマートメイちゃんが開発されている．さらに，スマートメイちゃんを利用した学内見学支援システムが開発されている．この学内見学支援システムでは，スマートフォンを用いて学内見学を支援するシステムである．本研究では，BLE ビーコンを用いて学内見学支援システムに存在する問題を解消し，システム利用者の支援の充実を図ることを目指す．

Improvement of Open-Campus Event System using BLE Beacon

KIYOTAKA SATO¹ TAKAHIRO UCHIYA² DAISUKE YAMAMOTO² ICHI TAKUMI²

1. はじめに

近年，携帯型デバイスでの音声による操作を可能としたサービスが普及してきている．スマートフォンでは，Apple 社の Siri や NTTdocomo のしゃべってコンシェルなどの多くの音声対話システムが利用できる．

現在，本学では音声対話ツールキットである MMDAgent[1] が開発されている．MMDAgent はリアルタイムで描画される CG エージェントによって魅力ある対話を行うことが可能であり，また，オープンソースであるので，MMDAgent を用いることでさまざまな音声対話コンテンツを作成することが可能である．MMDAgent は Windows や Mac OS, Linux などの主要 OS 上で動作する音声対話システムであるが，これを Android スマートフォンに移植したシステムであるスマートメイちゃん [2] が開発されており，スマートフォン上で動作する MMDAgent を用いた音声対話コンテンツの作成も可能である．

スマートメイちゃんを用いたシステムに関連した先行研究 [3] が存在する．先行研究は音声対話を用いて学内見学を支援することができる．しかし，音声対話に用いる学内見学の案内情報は開催者が案内ルートとして作成する必要があり，案内情報全てを記述する必要があるため，案内ルート作成に手間が大きく開催者の負担となる．また，先行研究にはマップを用いて案内を行う機能が存在し，現在

位置や目的地を表示することができるが，先行研究での屋内の位置情報の取得方法では，位置情報の誤差が発生して位置情報の精度が悪くなる問題がある．

本研究では先行研究の問題点を解消し，学内見学の開催者への支援の充実，見学者へのマップを用いた経路案内の支援の充実を図る．BLE(Bluetooth Low Energy) ビーコンを用いた案内方法を先行研究のシステムに導入することを提案する．BLE ビーコンを用いることで，案内ルートに依存しない案内を行うことができる，また，屋内での位置情報の誤差を補正することができる．

2. MMDAgent

MMDAgent は名古屋工業大学国際音声技術研究所で開発されたオープンソースの音声対話ツールキットである(図 1 左)．このツールキットは 3D モデルの描画，音声合成，音声認識や物理演算などの技術を統合したシステムであり，3D キャラクタ表示と連動した音声対話を行うことができる．各技術のエンジンとして，音声認識は Julius[4]，音声合成は OpenJTalk[5]，物理演算は Bullet Physics[6] を採用しており，3D モデルには MikuMikuDance 形式 [7] を採用している．MMDAgent を用いた音声対話の対話内容は，FST(Finite State Transducer) 形式に基づいたスクリプト言語で記述されている．この FST ファイルを編集することで任意の対話内容を設定できる．

¹ 名古屋工業大学 工学部 情報工学科

² 名古屋工業大学 大学院工学研究科 情報工学専攻



図 1 音声対話ツールキット

2.1 スマートメイちゃん

従来の MMDAgent は PC 上のみでしか動作しない。そこで、MMDAgent を Android スマートフォンで利用できるよう移植したスマートメイちゃんが開発されている (図 1 右)。スマートメイちゃんは音声対話にサーバとの通信を必要としないため、遅延の少ない音声対話が行える。対話内容の形式は MMDAgent と同様に FST ファイルを用いているため、開発者が新たな対話内容を作成することができる。

3. 先行研究

MMDAgent を用いた音声対話コンテンツとして、スマートメイちゃんを用いた学内見学支援システムが存在する (図 2)。スマートフォン上のアプリケーションと情報を共有するサーバを用いて学内見学を支援することで、学内見学をより効率的に開催することを目的としている。先行研究で述べられている、従来のスマートフォンを用いない学内見学の問題点を以下に挙げる。先行研究では従来の学内見学の問題点として以下の 3 つを挙げている。

- パンフレットなどの配布する資料を印刷するコスト
- 開催者の学内見学の準備、開催する手間
- 学内見学の時間的制約



Webページ
資料提供 マップを用いた案内 チャット機能

図 2 学内見学システム

これら問題点を解決するために、先行研究では 2 つの案内モードを実装している。1 つ目は従来の学内見学である案内役が見学者を引率する見学を支援する案内者支援モードである。2 つ目はスマートメイちゃんによる音声案内を用

いて見学を支援する音声対話案内モードである。本稿は音声対話案内モードに焦点を当て、説明する。

3.1 音声対話案内モード

音声対話案内モードでは、従来の見学の案内を行う人を必要とせず、スマートメイちゃんを用いて学内見学を行う。スマートメイちゃんを用いた案内を行う事で、学内見学当日にかかる開催者の負担を軽減することができる。また、見学者の時間的な制約を緩和できる。音声対話案内モードでは以下の機能を用いて見学者を支援する。

- 音声による説明・質疑応答
- Web ページを用いて情報公開
- 位置情報を用いた経路案内
- チャット機能による見学者間会話、開催者からの連絡
- 評価機能による開催者へのフィードバック

上記の機能を用いて、以下の流れで見学者は学内を見学する。

- (1) 案内の開始地点でアプリケーションを起動する。
- (2) アプリケーション起動後、スマートメイちゃんに対して案内の開始を知らせる。
- (3) スマートメイちゃんによる、次の説明地点までの道案内を受ける。
- (4) 説明地点に移動し、スマートメイちゃんに到着したことを知らせる。
- (5) 正しく説明地点に着いた場合、スマートメイちゃんによる説明を受け、説明後に質問がある場合に質問してもらう。
- (6) 次の説明地点までの道案内を開始するために、スマートメイちゃんに次の説明に移行することを知らせる。
- (7) (1) から (5) を繰り返し、全ての案内が終了したときアンケート画面を表示し、学内見学に対する評価を行ってもらう。

3.1.1 案内ルートの作成

音声対話案内モードを行うために、予め案内を行う経路と案内情報を用意する必要がある。先行研究では Google Map のマイマップ (旧マイプレイス) を用いて案内ルートの作成を行う (図 3)。以下にマイマップを用いて作成する情報を挙げる。

- 説明地点
- 説明地点への経路
- スマートメイちゃんに読み上げさせる文章
- 説明の際に用いる Web ページの URL
- 予め予想される質問と、質問に対する返答
- 質問に備えて、スマートメイちゃんに新たに認識させたい語句

3.2 位置情報の取得

先行研究のシステムでは、案内を行うために位置情報を

用いる。屋外の位置情報の取得には、GPSを用いる。しかし、屋内では屋外とは異なり GPS 電波を高精度に受信できないので、屋内の正確な位置情報を獲得するために 6 軸センサ搭載の携帯端末を用いた歩行経路推定 [8] を用いる。



図 3 Google Map のマイマップを用いた案内ルート作成

3.2.1 歩行経路推定システムの構成

歩行経路推定システムを正しく動作させるため、動作開始時に“歩行経路推定を始める座標”と“端末が向いている方角”の二つのパラメータが必要である。これらのパラメータを初期設定とし、3 軸の加速度センサと 3 軸のジャイロセンサの変化量を用いて歩行判定を行い、移動した距離と向きの変化量を算出して現在位置を推定する。この手法の利点として、推定場所の事前観測を行わないので、どのような見学経路に対しても手間をかけずに利用できる点が挙げられる。

3.2.2 位置情報取得方法の切り替え

GPS と歩行経路推定システムを用いて位置情報の取得を行う。端末が屋外か屋内のどちらにあるかの判定を行う必要がある。先行研究では GPS によって取得できる“精度”という値を用いて閾値を設けて、屋外か屋内の判定を行い、位置情報取得方法を切り替える。この精度とは、取得した座標の誤差範囲(単位:メートル)を表し、値が小さいほど誤差が少ないことを示す。

3.3 評価実験

先行研究では音声対話モードの興味具合・ユーザビリティ・音声対話による学内見学などの有効性の検証を目的とした実験が、2013 年 11 月 28 日に行われていた。名古屋工業大学の職員の方に、実際に行われている学内見学の内容とコースを Google Map マイマップを用いて作成してもらい、このデータを用いて 10 人の研究室の学生を対象として評価実験を行っていた。実験はスマートフォン Sony XperiaZ1 とマイク付きイヤホンを用いており、実験中の



図 4 実験に用いた案内ルート

スマートフォンとサーバの通信に、モバイル LTE ルータを用いていた。案内ルートは図 4 であり、以下の流れで案内を行っていた。

- (1) 20 号館前にて、メイちゃんからの挨拶を行う。
- (2) 20 号館 1 階のキオスク端末前にて、キオスク端末の説明を行う。
- (3) 20 号館 1 階の PC ラボ前にて、PC ラボの説明を行う。
- (4) 20 号館 2 階の演習室前にて、演習室の説明を行う。
- (5) 20 号館 1 階のサーバ室前にて、サーバ室について説明を行う。
- (6) 2 号館横に駐車されているバス付近にて、メイちゃんからの挨拶を行い、アンケートの入力を行う。

各ステップ間に、メイちゃんによる道案内を行う。アンケートの内容は、以下の項目について最高評価を 5 とする 5 段階評価と、項目ごとのコメント、さらに自由コメント欄を設けて、システム全体のコメントを記入してもらっていた。

- (1) このような学内見学が他の大学で行われていた場合、興味を持ちますか？
- (2) パンフレットと比較してどちらが良いですか？
- (3) スマートメイちゃんとの対話による学内見学はどうでしたか？
- (4) ブラウザを用いた説明方法はどうでしたか？
- (5) 紙に記入するアンケート方法とアプリ上で行う方法、どちらがやりやすかったですか？
- (6) 音声ではなく、ボタンによるメイちゃんとの対話機能はどうでしたか？
- (7) システムの操作性はどうでしたか？
- (8) スマートメイちゃんに話しかけた時の認識率はどうでしたか？
- (9) 実際にいる場所と地図上の位置は正確でしたか？

3.3.1 実験結果と考察

この実験の結果では、表 1 のアンケートの結果と図 5 位置情報の誤差が得られていた。アンケートの結果から、システムの有効性があるが、操作方法などを説明するヘルプ

機能の追加，見学箇所をリスト表示するなどのシステムのユーザビリティの向上や，ユーザの見学したい場所がコース依存であるため案内ルート作成方法を改善する必要があると考察していた。

位置情報については最小 2.8m，最大 140m，平均 25.6m の誤差が発生していた。これは実験中に“説明を聞く”，“壁に貼ってある資料を読む”等の歩行に関係ない動作が含まれていることによって，歩行経路推定システムが“歩行中”と誤判定してしまったことが原因とされている。この結果から，位置情報の誤差を補正する取り組みを行うか，端末の動きに左右されない位置情報取得方法が必要であると考察していた。

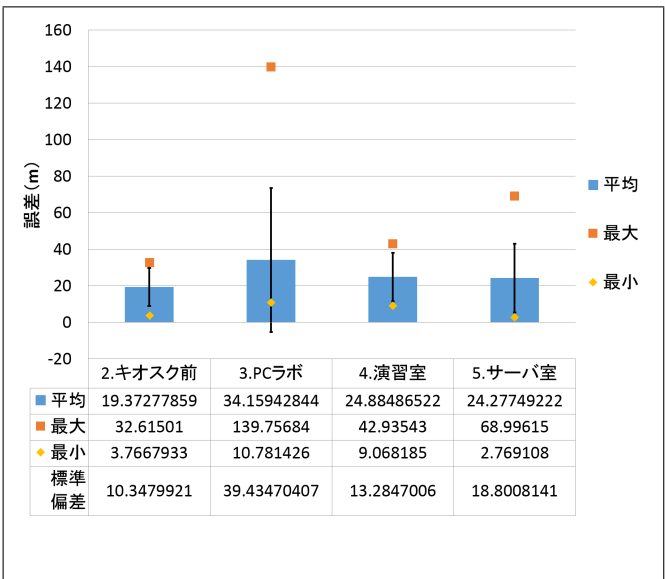


図 5 実験結果：位置情報の誤差

表 1 実験結果：音声対話モードのアンケート

質問	平均	標準偏差
システムの興味度合い	4.4	0.80
対話による見学について	3.7	0.78
ブラウザを用いた説明方法	3.6	1.36
アンケート手法	3.8	1.33
ボタンによる対話機能	3.6	1.22
システムの操作性	3.4	1.43
スマートメイちゃんの認識率	3.0	1.55
位置情報の精度	3.6	1.50

3.4 先行研究の問題点

音声対話案内モードでは，開催者が案内ルートを予め作成しておく必要がある。しかし，3.1.1 項で説明した案内情報を，案内ルート毎に作成する必要があるために開催者の負担が大きい。また，3.3.1 項で示したとおり，屋内での歩行経路推定システムにおける位置情報取得の際には誤差が発生する。目的地に着くまでに誤差を解消する手段が無く

誤差が蓄積するので，屋内での長時間の移動を行うと位置情報の精度低下を引き起こし，マップを用いた目的地への案内を正しく行えない。

4. 提案手法

本研究では 3.4 節で述べた先行研究の問題点を解消し，学内見学の開催者への支援の充実，見学者へのマップを用いた経路案内の支援の充実を図ることを目的とする。BLE ビーコンを用いる機構を先行研究で実装されたシステムに導入し，BLE ビーコンを用いた案内情報の取得，位置情報の補正を行う機能を拡張した学内見学支援システムを実装する。

4.1 先行研究への拡張

提案するシステムで，先行研究のシステムから新たに導入・拡張する機能や機構について説明する。

ビーコン情報の管理

BLE ビーコンを提案システムで用いるために，各ビーコンの情報を管理する必要がある。そこで，先行研究の情報共有サーバにビーコン情報を管理する機構を導入する。各ビーコンに関連付ける情報を以下に述べる。

ビーコン ID : ビーコンを識別する値

座標情報 : 補正する位置の情報

案内情報 : 音声対話の案内文

配置場所情報 : ビーコンが配置されている場所

タグ : 開催者側が任意に付加できる情報

ビーコンからの案内情報の取得

案内情報を管理するビーコンにひも付けし，ビーコンから得られる案内情報を用いることで案内ルートに依存しないスポットの案内が可能になる(図 6)。この手法を追加することで，既存の手法のみ用いる場合による負担を軽減する。また，上述した配置場所情報やタグを用いてビーコンをグループ化し，グループに対して案内情報を付加出来るようにする。これは開催者のビーコンを用いた案内情報作成の際の負担を軽減する。



図 6 提案システムの案内情報取得

位置情報の補正

提案するシステムでは、先行研究の位置情報取得の方法に加えて、ビーコンによる位置情報の補正を行う(図7)．屋内で歩行経路推定システムとビーコンからの位置情報取得を併用することで、歩行経路推定システムで発生する誤差を補正し、位置情報の精度低下の問題を緩和することができる．

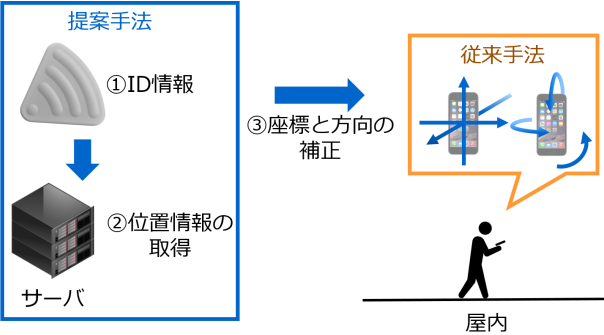


図 7 屋内での位置情報取得

4.2 プロトタイプシステムの実装

BLE ビーコンを用いて位置情報の補正を行う機構を追加したプロトタイプシステムを実装した．追加した機能は以下に示す．

- BLE ビーコンの電波を取得
- サーバで BLE ビーコンの情報管理
- BLE ビーコンの情報を用いた位置情報の補正

実装したシステムは、3.2 節で説明した歩行経路推定システムのパラメータである現在位置の座標と向いている方位の二つの値を変更することで位置情報の補正を行う．座標情報はサーバで管理されている BLE ビーコンの情報を用いて補正を行い、方位はスマートフォンに搭載されている加速度センサと磁気センサから算出して補正を行う(図8)．

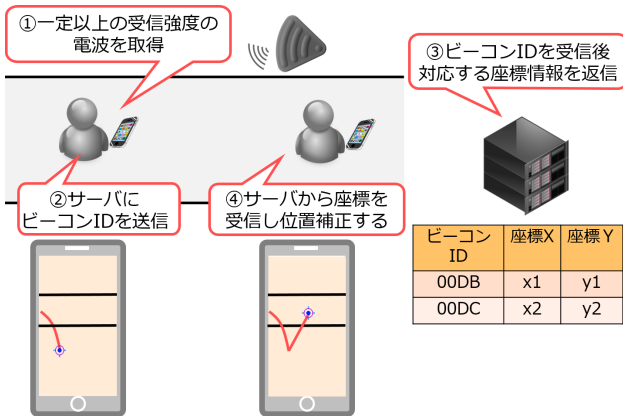


図 8 プロトタイプシステムの補正機能

5. 評価実験

提案手法である BLE ビーコンを用いた屋内位置情報の補正が有効であるか評価するために、先行研究のシステムとプロトタイプシステムを用いて評価実験を行った．

5.1 実験の方法

実験は名古屋工業大学 2 号館 2 階 A 棟で行った．3.1.1 項で述べた案内ルートの作成方法を用いて案内ルート(図9)を作成した．スタートからゴールまでの移動距離はおよそ 155m であり、案内ルートの開始地点と終了地点の座標は表 2 に示す．

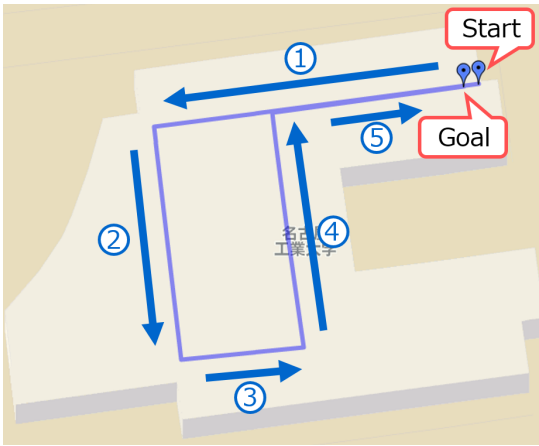


図 9 実験に用いた案内ルート

表 2 案内ルートの座標

	緯度	経度
開始地点	35.15675	136.92501
終了地点	35.15675	136.92498

先行研究のシステムとプロトタイプシステムのそれぞれで作成した案内ルートに沿って歩行し、位置情報を取得する実験を各システムそれぞれで 5 回行った．先行研究のシステムは 3.2 節で述べた歩行経路推定システムを用いて位置情報を取得する．プロトタイプシステムでは、歩行経路推定システムによる位置情報の取得に加えて BLE ビーコンによる位置補正を行う．位置補正を行うために用いた BLE ビーコンは 6 個であり、ビーコンの配置状況を図 10 に示す．用いた端末は以下の通りである(表 3)．

表 3 端末環境

端末名	Xperia Z SO-02E
OS バージョン	Android 4.4.2
CPU	Quad-core 1.5GHz
メモリ	RAM 2GB
電池容量	2330mAh

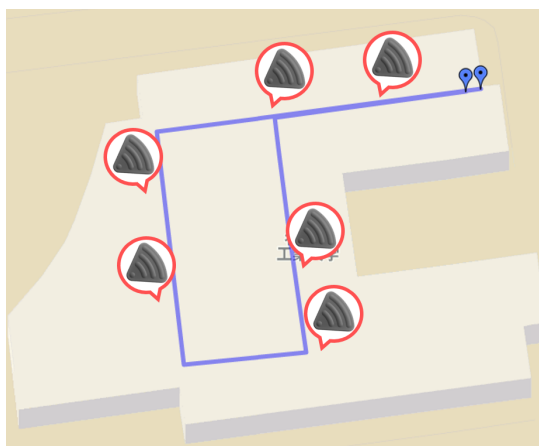


図 10 BLE ビーコンの配置

5.2 実験結果と考察

先行研究のシステムを用いた実験結果を図 11 に示す。また、プロトタイプシステムを用いた実験結果を図 12 に示す。実験結果の図の赤色の線は実際の経路を示し、緑色の線は各システムによって取得した経路を示す。また、青色の丸は Goal に到着した際の端末が推定した現在位置を示し、黒色の丸は補正が行われた位置を示す。実験により得られた位置情報の誤差を表 4 に示す。

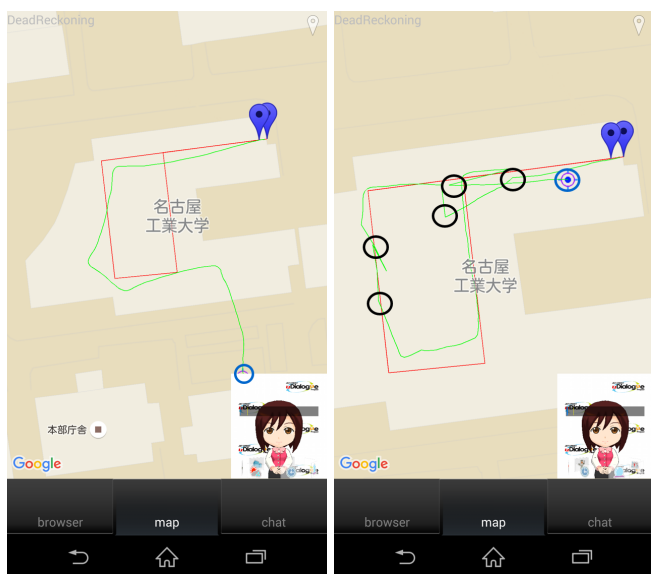


図 11 先行研究の実験結果 図 12 提案システムの実験結果

表 4 位置情報の誤差 (単位:m)

	先行研究	提案システム
平均	74.931	30.771
最大	86.722	63.012
最小	59.472	10.716

先行研究のシステムを用いた実験により、3.4 節で述べた誤差が蓄積する問題を確認することができた。プロトタイ

プシステムを用いた実験では、BLE ビーコンによる補正が行われていることを確認することができた。BLE ビーコンによる補正を行うことにより、歩行経路推定システムで発生した誤差を解消し、概ね案内コースに沿った位置情報の取得を行うことができた。しかし、一部のビーコンで補正が行われない、同一のビーコンによる補正を連続して行ってしまうなど、補正が正しく機能していないことがあった。これは、電波の受信強度を閾値としてビーコン ID 情報送信の有無を判断するので、一部のビーコンで閾値以上の受信強度を得られなかったことや、連続して同一のビーコンから閾値以上の受信強度が得られたことが原因である。

6. まとめ

本研究では、学内見学支援システムに存在する問題を解消し、学内見学の開催者への支援の充実、見学者への経路案内の充実を目的として、BLE ビーコンを用いた、学内見学の案内情報の作成と屋内における位置情報の補正を提案した。提案手法の屋内における位置補正の機能を追加したプロトタイプシステムを実装し、先行研究とプロトタイプシステムの比較実験を行った。比較実験を行った結果、提案手法の有効性を確認した。

今後の予定として、実験により得られた問題を改善し、引き続き提案手法の実装を行う。

参考文献

- [1] 李晃伸 他, “魅力ある音声インタラクションシステムを構築するためのオープンソースツールキット MMDAgent”, 音声言語シンポジウム, Technical Report of IEICE, Vol.2011-SLP-89, No.27, pp.1-6, 2011.
- [2] 山本大介 他, “スマートフォン単体で動作する 3D 音声対話エージェント「スマートメイちゃん」の開発”, インタラクション 2013, IPSJ Symposium Series, Vol.2013, No.1, pp.675-680, 2013.
- [3] 吉田 真基 他, “音声対話を用いた学内見学支援システムの試作”, 情報処理学会 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol.6, pp.254-261, 2013.
- [4] Akinobu Lee, Tatsuya Kawahara, “Recent development of open-source speech recognition engine julius”, APSIPA, pp.131-137, 2009.
- [5] 大浦 圭一郎, 酒向 慎司, 徳田 恵一, “日本語テキスト音声合成システム Open JTalk”, 日本音響学会春季講演集, Vol.1, No.2-7-6, pp. 343-344, 2010.
- [6] Bullet Physics, “Real-Time Physics Simulation”,
- [7] Vocaloid Promotion Video Project, “MikuMikuDance”,
- [8] 田川 達司 他, “6 軸センサ搭載の携帯端末を用いた歩行経路推定”, 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, F4-1, 2011.