

屋内位置情報サービス開発支援環境の構築

小笠原 貴洋[†] 井 垣 宏^{††}
井 上 亮 文^{†††} 星 徹^{†††}

ユーザの屋内における位置情報を検知し、様々な付加価値を提供する屋内位置情報サービスは、センサの配置場所や環境といった様々な要件にもとづいて開発されている。通常、これらのサービスは特定の環境や条件に特化している。そのため、一般家庭等の小規模な屋内といった様々な屋内状況での再利用は考慮されていない。そこで、本研究では、様々な要件に対応することができる屋内位置情報サービス開発支援環境を提案する。提案する環境は、センサによる位置情報推定を行う検知部と、位置情報を保持し API を通じて公開する記録部、検知部の設定を行う支援アプリケーションから構成される。実際に、提案する環境を用いてサービスおよびアプリケーションを開発し、その有用性を確認した。

Development Support System for Indoor Location-Based Services

TAKAHIRO OGASAWARA,[†] HIROSHI IGAKI,^{††} AKIFUMI INOUE^{†††}
and TOHRU HOSHI^{†††}

Indoor Location-Based Services(I-LBS) are developed based on different requirements such as house indoor layout, detecting sensors, and their allocation etc. Such services are specialized for particular environments and be difficult-to-reuse. In this paper, we propose a development support system for I-LBS. This system consists of detecting services which estimate indoor user locations by sensors, a recording service which stores user's location information, and a sensor allocation support system for I-LBS(SSS for I-LBS). The SSS supports to configure the detecting services and the recording service as a web application. With adopting our system to develop I-LBS, we can construct various I-LBS for different requirements.

1. はじめに

ホームネットワークシステムにおいて提供される付加価値サービスの代表的な例として、屋内位置情報サービス³⁾と、その位置情報を用いる位置情報アプリケーション²⁾が挙げられる。屋内位置情報サービスは、RFID や赤外線センサ等のセンサ類を用いてユーザの位置を推定する^{1),4)}。この位置情報は、屋内ナビゲーションシステム²⁾やセキュリティシステム^{*}といった様々な位置情報アプリケーションから利用される。

屋内位置情報サービスを設置する場合、部屋の広さやドアの位置といったレイアウトが異なれば、センサの数・場所や検知アルゴリズムも変わってくる。また、アプリケーションが異なれば、必要とされる位置情報の粒度と精度も変わってくる。例えば、粒度に関しては部屋単位の粗いレベルから1メートル四方の細かいレベルまで、精度に関してはセキュリティシステム並の高精度から照明連動システム⁶⁾並の中程度まで様々である。

これまで屋内位置情報サービスは企業や公共機関への設置がほとんどであったが、今後は少子高齢化・省エネ社会に向けて家庭への設置が期待される。しかし、既存研究の多くは特定のレイアウトに特化したセンサ群とアルゴリズムしか考慮していない。各家庭によってレイアウトや位置情報アプリケーションのニーズは異なるが、センサとそのドライバ以外は再利用することができない。設置場所やアプリケーションが変わるたびに屋内位置情報サービスのほぼ全てを作り直す必要がある。

[†] 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科
Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences, Tokyo Univ. of Technology

^{††} 大阪大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

^{†††} 東京工科大学コンピュータサイエンス学部
School of Computer Science, Tokyo University of Technology

^{*} http://www.adniss.jp/products/ubiq_sol/contacttag.html

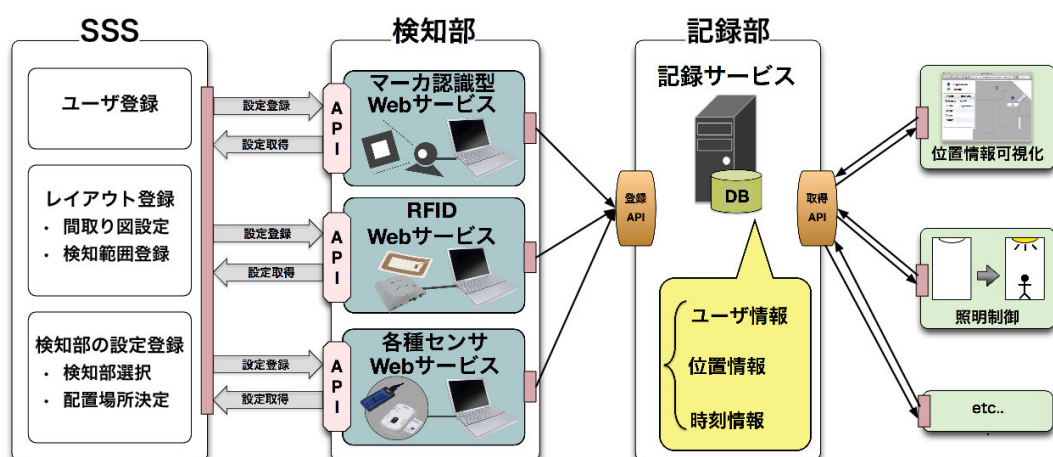


図 1 屋内位置情報サービス開発支援環境の構成
Fig. 1 Architecture of I-LBS development support

本研究では、独立性の高い Web サービスとして構築されたセンサと、それらをレイアウトにあわせて柔軟に配置可能な屋内位置情報サービス開発支援環境を提案し、その有用性を検証する。

2. 屋内位置情報サービス開発支援環境

我々が提案する屋内位置情報サービス開発支援環境は、検知部、記録部とそれらを組み合わせた屋内位置情報サービスの開発を支援する SSS (Sensor Allocation Support System for I-LBS) から構成される (図 1)。検知部はユーザの位置を様々なセンサにより検知・推定し、記録部にその情報を格納する。記録部は検知部から得たユーザの位置情報を保存し、位置情報アプリケーションに公開する。検知部と記録部は、ともに Web サービスとして構築されている。検知部はユーザ推定に係わる設定項目を外部から制御するための、記録部はユーザ位置の情報を格納・取得するための Web-API を公開している。

SSS はこれらの Web-API を利用して、複数の検知部と記録部を組み合わせることで、屋内位置情報サービスの開発を支援することができる。以降では、検知部と記録部について詳述した後、それらを組み合わせる SSS について述べる。

2.1 位置情報検知部

検知部は、画像認識や RFID、各種センサなど様々なデバイス、認識技術を利用してユーザの位置を推定し、記録部に送信する。利用するセンサや認識技術によって、ユーザ位置の推定処理およびセンサの検知内容は異なる。

しかし、センサ等を用いる全ての検知部では、ユーザ登録および検知部の設置情報が必要である。

そこで、ユーザ登録および検知部の位置情報設定を全ての検知部間で共通化する。1つのユーザの位置を推定するシステムを1つの検知部としてサービス化することで、検知部の追加や差し替えに柔軟に対応することが可能となる。

検知部の位置情報設定を共通化するにあたり、検知部に設定しなければならない位置情報を位置推定方式にもとづいて下記のように分類した。

- L1: 検知システムの配置場所によって一意にユーザの位置を推定する。(空間検知型)
- L2: 検知システムの配置場所とそれまでのユーザの位置情報によって新たなユーザの位置を推定する。(ゲート検知型)

検知部が L1, L2 のどちらであるかによって必要とする部屋のレイアウト情報が異なる。そこで各検知部は、必要とする部屋のレイアウト情報のスキーマを返す API とそのスキーマにもとづいてレイアウト情報を登録する API、およびユーザ情報を登録する API をそれぞれ下記の通り公開する。

getLocationSchema: 対象とする検知部が L1, L2 のどちらであるかを検知部が必要とするスキーマとして返す API。ここでは、L1 であれば1つの部屋名と部屋 ID を、L2 であれば2つの部屋名と部屋 ID を含むスキーマを返す。

setLocationInfo: getLocationSchema によって得られたスキーマにもとづき、レイアウト情報が渡される API。

setUserInfo: 検知部で検知する対象となるユーザ情報が渡される API。

setStorageAPI: StorageAPI は記録部のことを指す。推定後のユーザの位置情報を保存し、推定に必要

な位置情報を取得する API の URL がこの API に渡される。

各検知部は設定されたユーザ情報およびレイアウト情報にもとづいてユーザ位置の推定を行い、推定結果を記録部に送る。ただし、タグ ID の登録といった各検知部固有の追加設定は個別に行われる必要がある。

2.2 位置情報記録部

記録部は Web サービス化されており、検知部や位置情報アプリケーションに依存しない形で位置情報の記録・公開を行う。記録部のデータベースには、ユーザ情報、位置情報、時刻情報が蓄積される。また、検知部や位置情報アプリケーションと通信するために API を外部に公開している。ここで公開される API は以下の 2 種類である。

位置情報登録 API: ユーザ情報、位置情報、時刻情報を登録する。主として検知部に呼ばれる。

- setLocationInfo: ユーザ ID、位置情報、時刻情報を引数として呼ばれ、データベースに移動履歴として保存する。

位置情報取得 API: 記録されているユーザの位置情報、時刻情報を返す。検知部と位置情報アプリケーションにより呼ばれる。

- getCurrentLocation: ユーザ ID を引数として呼ばれ、ユーザの最新位置情報を返す。
- getLocationHistory: ユーザ ID と日時の範囲を引数として呼ばれ、指定された期間のユーザの移動履歴（位置情報、時刻情報）の集合を返す。

位置情報登録 API を Web サービスとして公開することで 1 つの検知手法によらず、様々な検知デバイスから記録部を利用することができる。位置情報取得 API は位置情報アプリケーションが必要とする情報を外部に提供する。getCurrentLocation は、指定したユーザの最新位置情報を返す。この API は、主として検知部が L2 の手法で位置推定を行う際、もしくはユーザの最新の位置情報を利用するサービスやアプリケーションに利用される。getLocationHistory は、指定したユーザ ID の移動履歴を引数で与えた日時の範囲のみ返す API である。

記録部のデータベースは、user.location テーブルで構成されている。user.location テーブルには、移動を検知したユーザの ID や移動先の位置情報、検知した時刻が記録される。

2.3 屋内位置情報サービス導入支援アプリケーション (SSS)

SSS は屋内位置情報サービスの開発を支援するた

め、下記に示す機能を備えており、Web アプリケーションとして動作する。

F1: ユーザ登録

F2: 屋内レイアウト登録

F3: 検知部の設置登録

以降では、各機能の詳細を述べる。

2.3.1 ユーザ登録

ユーザ登録機能は、屋内位置情報サービスを利用するユーザの情報を登録する。SSS において、ユーザ ID を登録することで、検知部や記録部で利用されるユーザ情報として自動的に設定される。

2.3.2 屋内レイアウト登録

屋内レイアウト登録は、屋内位置情報サービスを設置する環境の間取り図にもとづいて、どのエリアを位置推定の対象とするかを登録する。図 2 に示すような間取り図上で、マウス操作によって位置推定の対象となるエリアを選択・決定する。エリアの大きさや場所をユーザが指定することで、様々な位置情報粒度やレイアウトを容易に定義することが可能となる。

2.3.3 検知部の設置登録

検知部の設置登録機能は、2.3.2 項で登録したエリアにどの検知部を設置するかを決定する。図 3 に、検知部を配置する際の画面例を示す。この画面では、検知部のリストと決定された屋内レイアウトが表示される。ユーザは、マウス操作によって検知部を屋内レイアウトのどこに配置するかを設定することができる。

ここで、検知部が 2.1 節で述べた L1、L2 のどちらであるかによって、配置可能な場所が変化する。L1 であれば、設定された特定の 1 つのエリア内のみに検知部を配置することができる。L2 の場合は、隣り合った 2 つのエリアにまたがる形でのみ、検知部の配置を行うことが可能となる。

検知部の設置が終了すると、SSS は検知部の設定用 API を自動的に呼び出し、ユーザ情報および位置情報の設定を行う。これらの機能を利用することで、容易に屋内位置情報サービスの開発が可能となる。

3. 実 装

2 章の内容にもとづき、屋内位置情報サービス導入支援アプリケーション (SSS) および、検知部、記録部を実装した。検知部は 2.1 節の内容にもとづき RFID 型検知部とマーカ認識型検知部を Web サービスとして実装した。また、2.2 節の内容にもとづいて記録部を実装した。次に、それぞれについて詳述する。

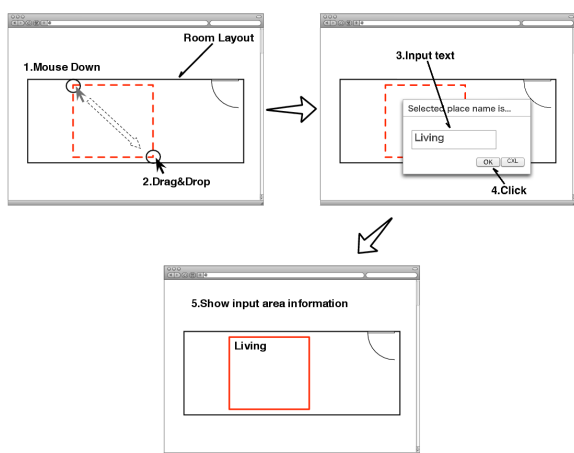


図 2 検知範囲の選択方法

Fig. 2 Select detect area of sensor

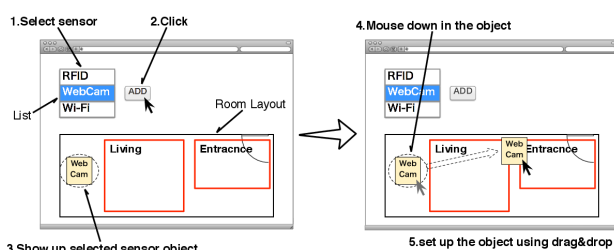


図 3 検知部選択と設定方法

Fig. 3 Select and setup detection parts

3.1 検知部

3.1.1 RFID 型検知部

RFID 型検知部は位置推定方式 L1 である。センサには Felica[☆]リーダを利用した。ユーザが Felica カードをリーダにかざすと、リーダがカードの ID を認識し、リーダの設置場所からユーザの位置を推定し、記録部に送信する。

開発言語は Java SE Development kit 6u26 で、Web サービス構築には Apache Tomcat6.0.32 と Axis2 1.5.4 を用いた。実行環境は Windows XP SP3 で、Felica リーダは Sony の PaSoRi RC-S320 を用いた。

3.1.2 マーカ認識型検知部

マーカ認識型検知部は、位置推定方式 L2 である。Web カメラをセンサとして用い、異なる 2 つの領域の境界に配置する。ここでは、図 4 に示すように、ユーザはマーカ付きスリッパを履いているものとする。マーカ認識型検知部はこのマーカを認識し、ユーザを識別する。その後、記録部からそのユーザがこれまで 2 つ

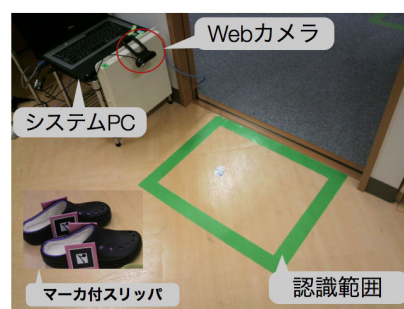


図 4 マーカ認識型検知部

Fig. 4 Detection parts recognize the marker

の領域のどちらに居たかを取得し、その情報にもとづいてユーザの位置を推定する⁷⁾。

開発言語は Java SE Development kit 6u26 で、Web サービス構築には Apache Tomcat6.0.32 と Axis2 1.5.4 を用いた。実行環境は Windows 7 Starter SP1 で、Web カメラは Logicool Webcam Pro 9000^{☆☆}を用いた。

3.2 記録部

開発言語は Java SE Developmentkit 6u21 で、Web サービス構築には Apache Tomcat 7.0.12 と Axis2 1.5.4 を、データベースは Apache Derby 1.5.3 を用いた。また、サーバ PC として Windows 7 Enterprise SP1 を用いた。

データベースは、様々なセンサで検知した位置情報を記録するため、ユーザ情報、位置情報、時刻情報を持つ。記録された位置情報を 2.2 節で述べた API を通じて外部に公開する。

3.3 屋内位置情報サービス導入支援アプリケーション (SSS)

開発言語は JavaScript1.3 と DWR3.0.rc2 を用いており、Web アプリケーションとして公開するために、Apache Tomcat7.0.21 を用いている。

ユーザは SSS を利用して間取り図をアップロードし、マウス操作で検知部用のユーザ情報、位置情報、センサを設定する。具体的な処理は以下の通りである。

- (1) アップロードされた間取り図を表示する。
- (2) 検知部用の位置情報を記録する。
- (3) 選択されたセンサとそのセンサが検知する位置情報を対応する検知部に送信する。
- (4) ユーザ情報と検知部固有の追加設定情報を対応する検知部に送信する。

[☆] <http://www.sony.co.jp/Products/felica/>

^{☆☆} <http://www.logicool.co.jp/ja-jp/webcam-communications/webcams/devices/5867>

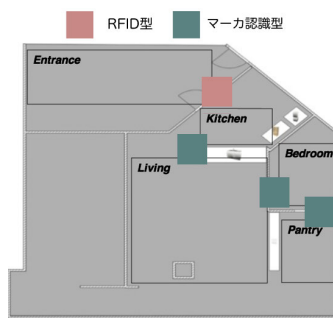


図 5 屋内位置情報サービス設置環境
Fig.5 Environment of set to I-LBS

4. ケーススタディ

図 5 に示す 3LDK の部屋構造の環境に、我々が開発した屋内位置情報サービス開発支援環境を用いて設置する。ユーザの位置推定には 3.1 節で述べた RFID 型検知部 1 台とマーカ認識型検知部 3 台を利用する。今回の屋内位置情報サービス開発における要件は以下の 2 点である。

- 図 5 に示す 3LDK 環境でユーザの位置情報が取得できること。
- 位置情報粒度は部屋単位であるものとする。対象となる部屋は「Entrance」、「Kitchen」、「Living」、「Bedroom」、「Pantry」。

ユーザ操作手順

SSS 利用時の具体的なユーザ操作手順は、以下の 1~5 になる (図 6)。なお、このときすべての検知部および記録部はネットワークに接続されているものとする。

- ユーザ登録
 - 1 ユーザ登録画面に本サービスを利用するユーザ名を入力する。
- レイアウト登録
 - 2 レイアウト選択画面で屋内位置情報サービスを設置する環境の間取り図の画像ファイル (図 5) をアップロードする。
 - 3 図 2 のようにブラウザに表示された間取り図上でドラッグ&ドロップによってユーザの検知範囲を決定する。また、検知範囲の名称を入力する。この名称は、ユーザの位置情報として提示される場所となる。
- 検知部の設置登録
 - 4 検知部群の中から利用する検知部を選択する。
 - 5 画面に表示された検知部をドラッグ&ドロップで検知範囲に重ねる。

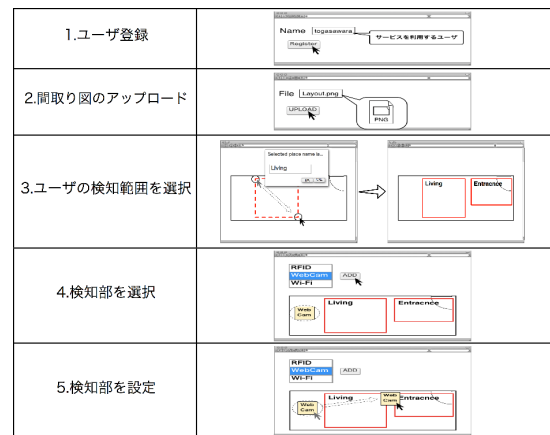


図 6 SSS の利用手順
Fig.6 How to use SSS

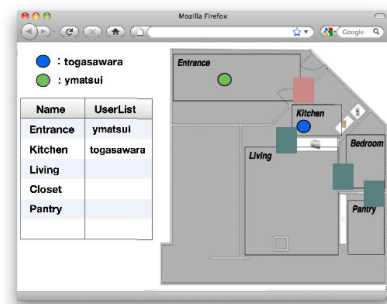


図 7 位置情報表示アプリケーション
Fig.7 Visualization Application of User's location

ユーザが以上の手順を実行しているとき、SSS はバックグラウンドでネットワークに接続された各検知部へのユーザ登録および検知すべき位置情報の登録を API を通じて自動的に行う。その後、ユーザはユーザ登録で追加したユーザ名に対応するマーカと RFID タグをマーカ認識型検知部と RFID 型検知部それぞれに登録する。これは、各検知部特有のユーザ登録処理は共通化されていないためである。

最後に、検知部の設置登録で指定した場所に対応する検知部を配置することで、屋内位置情報サービスが完成した。実際に図 5 に相当する環境に配置した全ての検知部が正常に動作し、ユーザの位置情報が記録部に保存されていることを確認した。また、我々は図 7 に示すような記録部の Web サービスを利用してユーザの位置情報を表示するアプリケーションを開発し、正常に動作することを確認した。

5. 考 察

5.1 利点と限界

ケーススタディにおいて、実際の屋内環境を対象とした屋内位置情報サービスの開発を行った。検知部に使われているセンサや検知システム特有の登録処理を除くすべての処理を SSS で支援できることが確認できた。今後は、検知部 API が持つ位置情報に関するスキーマを改良し、2.1 節で述べた L1, L2 以外のより高度な位置推定を行う検知システムへの対応についても検討していきたい。

5.2 関連研究

既存の多くの屋内位置情報サービスは、位置情報を検知する対象となる屋内環境に複数のセンサを配置することで、ユーザの位置推定を行う⁸⁾。MobiTra⁹⁾ は、家電機器などの固定物に無線 IC タグを貼付け、ユーザが持つ IC タグリーダとの固定物の IC タグ間の通信によって精度は変わるものの、機器の配置状況や部屋構造に柔軟に対応することができる。一方で、無線 IC タグの貼付け箇所と部屋のレイアウトとの対応付けは、開発者が手動で行わなければならない。また、他のサービスとの連携も考慮されていない。Context-Toolkit⁵⁾ は、センサで取得した場所やユーザ、またはユーザ行動といったセンサから得られるデータの組み合わせによるコンテキストの定義・利用を支援するフレームワークである。コンテキストの 1 つとしてユーザの位置情報を登録できるため、屋内位置情報サービス開発の支援も可能であると考えられる。しかし、レイアウト登録や位置情報の設定、検知部と位置情報の連携といった屋内位置情報サービスならではの機能には対応していない。

6. おわりに

本研究では、複数のセンサを組み合わせることでユーザの位置情報を取得することができ、レイアウトによらず再利用可能な屋内位置情報サービス開発支援環境を提案、構築した。提案する環境を用いることで、様々な部屋構造でも屋内位置情報サービスを設置することが可能となった。さらに、ユーザによって位置情報の粒度を組み合わせることで必要な位置情報のみを設定することが可能となり、それらの有用性を確認した。

一方で、検知部特有の情報を登録する際には、ユーザが事前にその情報を把握する必要がある。今後は、ユーザが特有の情報を把握することなく、検知部を設定、設置することができる環境の構築を目指して行きたい。

参 考 文 献

- 1) Bahl, P. and Padmanabhan, V.: RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system, *Proceedings of Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, Vol.2, pp.775–784 (2000).
- 2) Bessho, M., Kobayashi, S., Koshizuka, N. and Sakamura, K.: A space-identifying ubiquitous infrastructure and its application for tour-guiding service, *Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing*, SAC '08, New York, NY, USA, ACM, pp.1616–1621 (2008).
- 3) Gressmann, B., Klimek, H. and Turau, V.: Towards ubiquitous indoor location based services and indoor navigation, *7th Workshop on Positioning Navigation and Communication (WPNC)*, pp.107–112 (2010).
- 4) Lee, S., Ha, K.N. and Lee, K.C.: A pyroelectric infrared sensor-based indoor location-aware system for the smart home, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.52, No.4, pp.1311–1317 (2006).
- 5) Salber, D., Dey, A.K. and Abowd, G.D.: The context toolkit: aiding the development of context-enabled applications, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, CHI '99, New York, NY, USA, ACM, pp.434–441 (1999).
- 6) 坂本一樹, 孫 為華, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実: 照度のフィンガープリンティングとアクティブ照明制御に基づく屋内位置推定手法の提案, DICO2011 シンポジウム論文集, pp.928–935 (2011).
- 7) 小笠原貴洋, 井垣 宏, 井上亮文, 星 徹: 多様なアプリケーションとの連携を考慮したマーカー認識型宅内位置情報サービス, 第 73 回情報処理学会全国大会講演論文集 (第 3 分冊), pp.285–286 (2011).
- 8) 別所正博, 小林真輔, 越塚 登, 坂村 健: 2. ユビキタスコンピューティングと屋内環境の位置認識 (〈小特集〉ユビキタス時代の屋内位置検知技術), 電子情報通信学会誌, Vol.92, No.4, pp.249–255 (2009).
- 9) 峰野博史, 山田罔裕, 水野忠則: 簡易型屋内位置情報システムのための位置検出環境構築方法の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO2004) シンポジウム, Vol.2004, No.7, pp.341–344 (2004).