

屋内位置情報サービス構築支援システム VELSY とその評価

小笠原 貴洋^{1,a)} 井垣 宏² 井上 亮文³ 星 徹³

概要: 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構築されている。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ため、ソフトウェアの再利用性は考慮されていない。本研究では、再利用性に優れた屋内位置情報サービス構築支援システム VELSY を提案する。VELSY は、接続されたセンサによってユーザの位置を推定する検知部と、位置情報を保持し API を通じて公開する記録部、屋内位置情報サービスの設定を支援するアプリケーション SASS から構成される。VELSY が様々な設置環境やアプリケーションへ対応できるかを検証し、システムの動作実験およびユーザビリティ評価を行うことで、その有用性を確認した。

キーワード: 屋内位置情報サービス, ホームネットワーク, 可視化

Evaluation of Development Support System for Indoor Location-based Services

TAKAHIRO OGASAWARA^{1,a)} HIROSHI IGAKI² AKIFUMI INOUE³ TOHRU HOSHI³

Abstract: Indoor Location-Based Services(I-LBS) are developed based on different requirements such as indoor layouts, sensors, and their allocation etc. Such services are specialized for particular environments and difficult-to-reuse softwares. In this paper, we propose a development support system for I-LBS called “VELSY”. This system consists of a sensor services “SS”, a indoor location recorder “ILR”, and a sensor allocation support system “SASS”. A sensor services estimate indoor user locations by sensors. A indoor location recorder stores user’s location information. SASS supports to configure the SS and the ILR as a web application. Using this system, we can construct various I-LBS for different requirements.

Keywords: Indoor Location-based Services, Home Network, Visualization

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], [5]。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*¹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、設置環境の部屋の広さやドアの位置が異なれば、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、位置情報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

¹ 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 University of Technology

² 大阪大学大学院 情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
Osaka University

³ 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

a) togasawara@hil.cs.teu.ac.jp

*¹ http://www.admiss.jp/products/ubiq_sol/contacttag.html

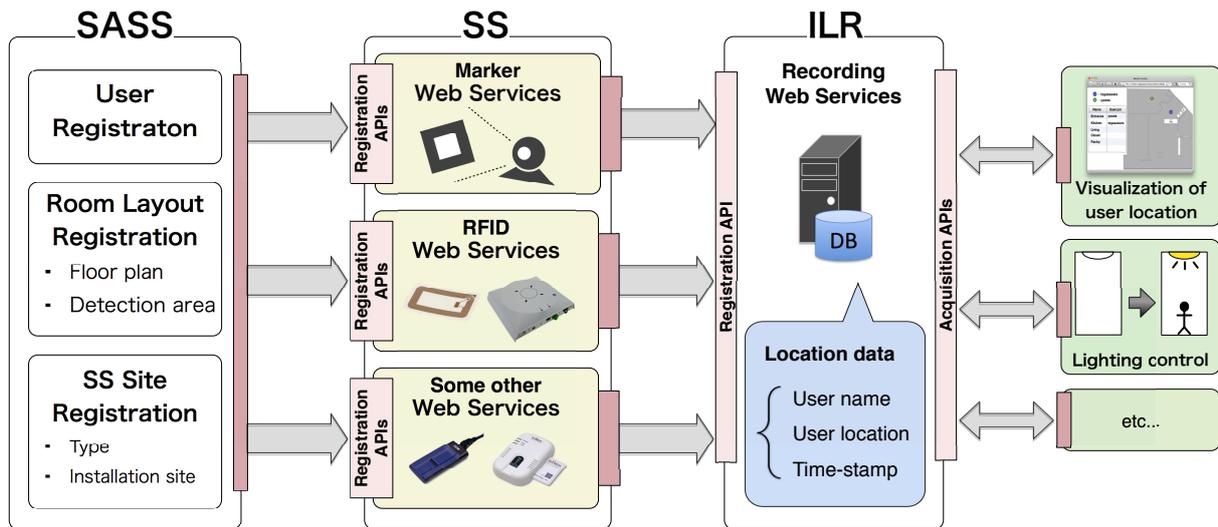


図 1 屋内位置情報サービス構築支援システム VELSY の構成
Fig. 1 The architecture of VELSY

キュリティシステム並の高精度から照明連動システム [7] 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環境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。また、現状では特定の位置情報アプリケーションに特化した屋内位置情報サービスが多い。そのため、センサとそのドライバ以外を再利用することができない。設置環境によって部屋のレイアウトや利用する位置情報アプリケーションは異なると考えられるため、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。

本研究では、Web サービスとして構築されたセンサと、それらを設置環境にあわせて柔軟に配置可能な屋内位置情報サービス構築支援システム VELSY を提案し、その有用性を検証する。

2. 関連研究

屋内位置情報サービスは、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 [9]。RFID やビデオカメラ、無線 LAN など様々な種類のセンサが利用されており、およそ数十センチ四方の粒度でユーザの位置を検出することができる。ユーザの位置情報の粒度と精度は、センサの種類や数によって制御することができ、設置するセンサの数が多ければより細かな粒度となる。

MobiTra[10] は、無線 IC タグが貼り付けられた家電機器などの固定物をユーザが持つ IC タグリーダーが認識することで、ユーザの位置を推定するシステムである。Context-Toolkit[6] は、センサから取得できる情報を組み合わせてコンテキストを定義することができるフレームワークであ

る。例えば、加速度センサと照度センサを組み合わせると、「ユーザが寝ている・起きている」というコンテキストを定義することができる。

このような屋内位置情報サービスを設置するには、ユーザが利用するセンサの種類や数、配置場所を決める必要がある。ユーザは、位置情報アプリケーションが要求する位置情報の粒度と精度を考慮し、これらを調整していく。しかし、既存研究の多くは位置情報アプリケーションの種類や設置環境が 1 つに固定されている。同じアプリケーションの別環境へ設置や、位置情報の粒度・精度の要求が異なる別アプリケーションの設置は考慮されていない。結果として、ユーザは全てのセンサやコンピュータの設定を 1 つ 1 つ書き換えなくてはならず、ドライバなど一部のコンポーネントを除いて、システムのほぼすべての要素を作り直す必要がある。

以上より、位置情報アプリケーションが様々な場所に普及していくためには、ソフトウェアの再利用性を高めつつ、センサの種類や数、配置場所の決定を支援することで、位置情報の粒度や精度を調整できる仕組みが望まれる。

3. VELSY

本研究で提案する屋内位置情報サービス構築支援システム VELSY は、検知部 (SS:Sensor Service)、記録部 (ILR:Indoor Location Recorder)、Web アプリケーション (SASS:Sensor Allocation Support System) から構成される (図 1)。検知部は様々なセンサを用いてユーザの位置情報を推定する。記録部はユーザごとの位置情報を記録し、API を通じてその情報を位置情報アプリケーションに公開する。SASS はこれらの Web-API を利用し、検知部と記録部を柔軟に組み合わせる。これらの構成要素により、ユーザによる屋内位置情報サービスの構築を支援する。検知部

と記録部は、ともに Web サービスとして構築され、各種設定を行う Web-API を公開している。以降では、検知部と記録部について詳述した後に、SASS について述べる。

3.1 検知部

検知部は、ビデオカメラや RFID 等のセンサデバイスとそれを制御するコンピュータとで構成される。検知部に搭載されるセンサの種類によってユーザ位置の推定精度と粒度は異なる。センサが認識した情報をもとに、どのユーザがどこにいたのかを推定する。この動作を実現するためには、各検知部に対して (1) 検知すべきユーザの情報、(2) 検知部の設置場所、の 2 つを設定する必要がある。VELSY では、このユーザ情報と検知部位置の設定を全ての検知部間で共通化している。これにより、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。検知部に接続されるセンサの種類から、位置推定方式を下記の 2 種類に分類した。

L1: 空間検知型 (赤外線センサ、無線 LAN、RFID など)

- 検知部の配置場所によって一意にユーザの位置を推定する。

L2: ゲート検知型 (ビデオカメラ、RFID など)

- 検知部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。

また、検知部は下記の 3 つの API を提供する。

(1) Registration APIs

- setUserInfo(String username, String target)
- setLocationInfo(String location1, String location2)
- setStorageAPI(String url)

setUserInfo を呼び出すことで、ユーザ情報 (ユーザの名前と一意の ID) を設定することができる。VELSY では、各ユーザは RFID タグやマーカを所持して部屋間を移動することを想定している。検知部に接続されているセンサは、ここで登録した ID が検出された時に、その ID に対応するユーザの存在を認識することができる。

setLocationInfo を呼び出すことで、検知部にユーザの存在を認識する領域 (検知領域) を設定することができる。一般に、RFID が接続された検知部の検知領域はリーダからおおよそ 1~2m 未満である。また、ビデオカメラが接続された検知部の検知領域はセンサ設置場所・高さ・角度や解像度によって決定される。この API を呼ぶことで、センサの検知領域を“玄関”や“テレビの前”といったユーザにわかりやすい名称と関連づけることができる。そのため、センサは登録した ID を検知したとき、検知領域に関連づけた名称がユーザの位置であると認識する。

setStorageAPI を呼び出すことで、検知部にユーザの位置情報の送信先 (記録部) を設定することができる。既存の位置推定システムの多くは、検知部 (センサ) と記録部 (データベース) が密に結合されているアーキテクチャを導

入している。そのため、システムで利用することができるセンサの種類や数は限られてしまい、検知領域の粒度や精度、位置推定システムの設置場所を変更することは難しい。

VELSY は検知部と記録部が疎に結合されたアーキテクチャを導入している。この API を呼ぶことで、屋内位置情報サービスや設置場所の要件に応じて、適当な検知部と記録部を設定することができる。

3.2 記録部

記録部は、検知部が送信したユーザの位置情報を受け取り、自身のデータベースへと保存する。記録部も検知部と同様に Web サービスとして構築されており、検知部や屋内位置情報サービスのために以下の API を持つ。

(1) Registration API

- setLocationInfo(String userId, String locationId)

(2) Acquisition APIs

- getCurrentLocation(String username)
- getLocationHistory(String username, Timestamp begin, Timestamp end)

setLocationInfo を呼び出すことで、記録部の持つデータベースにユーザの位置情報を保存することができる。ユーザの位置情報は、ユーザ名・ユーザの位置・時刻情報の 3 つから構成される。検知部からは、ユーザ名とユーザの位置が送信される。記録部では、その情報に時刻情報を付与して自身のデータベースへ保存する。

getCurrentLocation を呼び出すことで、特定のユーザの最新位置情報を取得することができる。この API はユーザ名を引数として渡すことで、そのユーザの最新位置情報を戻り値として返す。

getLocationHistory を呼び出すことで、指定された期間内の特定ユーザの位置情報リストを取得することができる。この API はユーザ名と 2 つの時刻情報 (開始時間、終了時間) を引数として渡すことで、開始時間から終了時間までのユーザの位置情報リストを戻り値として返す。

3.3 SASS

SASS は屋内位置情報サービスの構築を支援する以下の 3 つの機能を持つ Web アプリケーションである。

- ユーザ登録
- 設置環境登録
- 検知部の設置場所登録

以降に、これらの機能を持つ SASS を用いて屋内位置情報サービスを構築する手順について述べる。

初めに、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名を登録することができる。登録されたユーザ名は各検知部で利用されるユーザ名として自動的に設定される。

次に、ユーザは検知領域を定義する (図 2)。SASS は、

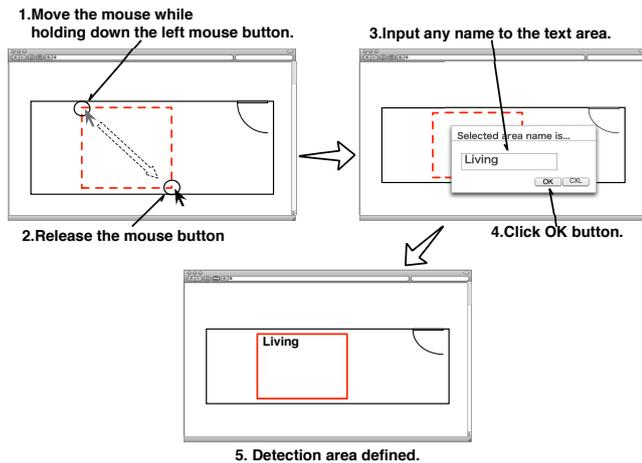


図 2 検知範囲の選択方法

Fig. 2 Selection method of a detection area

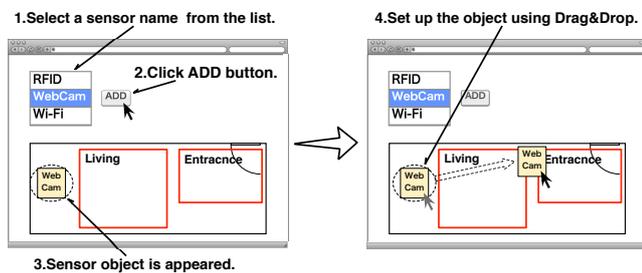


図 3 検知部選択と設定方法

Fig. 3 Selection and configuration methods of SS

ユーザによってアップロードされたシステム設置場所の間取り図を読み込み、表示する。ユーザは、間取り図上にいくつかの領域をマウス(ドラッグ&ドロップ)で選択することで、各領域に“玄関”や“リビング”などわかりやすい任意の名称をつけることができる。これらの領域は、3.1節で述べた検知領域として扱われる。

最後にユーザは、設置する検知部を選択、配置する(図3)。SASSは、ユーザが利用できる検知部の名前をリスト形式で表示する。また、選択された検知部は間取り図上に四角形のオブジェクトとして表示する。ユーザは各検知部のオブジェクトをマウスで移動させ、名称をつけた各領域に重ねることで、検知部と領域を対応づけることができる。これらの操作は定義した全ての領域がセンサと対応付けられるまで繰り返す。センサの数やユーザ数が増えた場合、ユーザは各検知部の Registration API を何度も呼ぶ必要がある。例えば、3つのRFIDリーダがある場合、1つのタグIDに対してAPIを3回呼びださなくてはならない。そのため、SASSはユーザの代わりに一括して、APIを呼び出すようになっている(図4)。

SASSを用いることで、ユーザはどの検知部とどの検知領域が対応づかか理解でき、容易に屋内位置情報サービスを構築することができる。

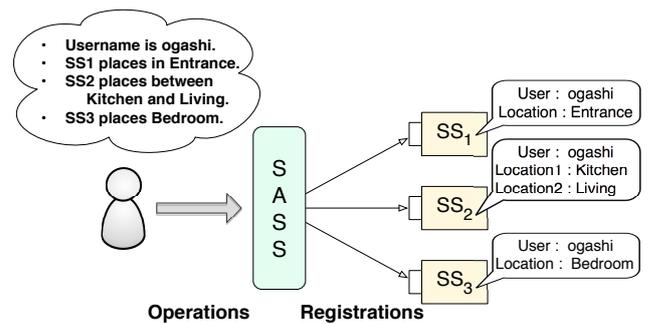


図 4 SASS の動作例

Fig. 4 Mechanism of configuration for SSs using SASS

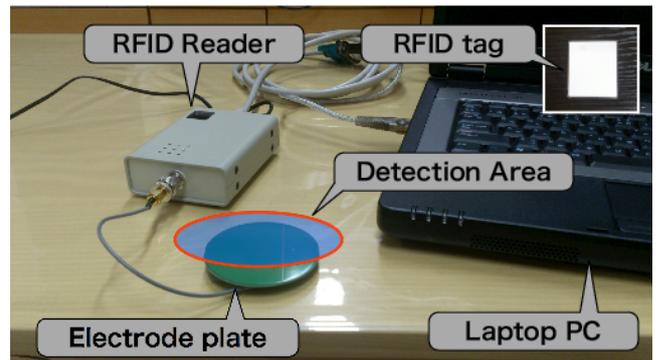


図 5 ショートレンジタイプのRFID型検知部

Fig. 5 The appearance of RFID-SS (Short range)

4. 実装

3章の内容にもとづき、VELSYの構成要素である検知部、記録部、SASSを実装した。検知部は3.1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、3.2節の内容にもとづき、記録部をWebサービスとして実装した。以降に、それぞれについて詳述する。

4.1 検知部

4.1.1 RFID型検知部

RFID検知部として、ショートレンジタイプとミドルレンジタイプの2種類を実装した。この2種類のプロトタイプは、ノートパソコンとRFIDリーダライタから構成される。図5にショートレンジタイプのRFID検知部を示す。RFIDタグを所持したユーザが電極板に手を触れると、リーダはそのタグのIDを認識する。この時、検知部は自身の設置場所からユーザの位置を推定する。図6にミドルレンジタイプのRFID検知部を示す。RFIDタグを胸部につけたユーザがRFIDリーダの前の領域に留まると、リーダはそのタグIDを認識する。この時、ショートレンジタイプと同様にユーザの位置を推定する。Webサービスとして稼働させるため、ショートレンジタイプはAxis2/Java、ミドルレンジタイプはASP.NET/Visual C#で構築した。

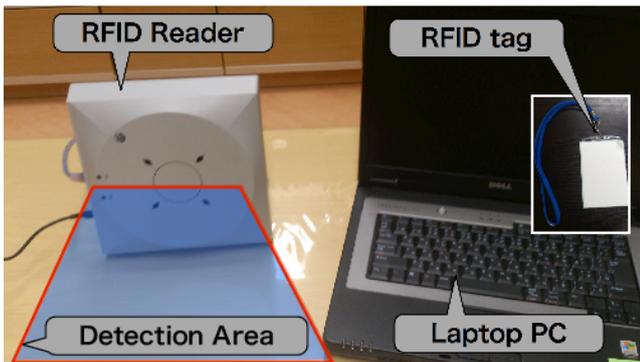


図 6 ミドルレンジタイプの RFID 型検知部
 Fig. 6 The appearance of RFID-SS(Middle range)

```

ij> select * from USER_LOCATION;
    
```

HISTORY_ID	USER_ID	LOCATION_ID	TIME
1	togasawara	Kitchen	2011-04-14 13:58:59.298
2	togasawara	Entrance	2011-04-14 13:59:00.739
3	togasawara	Kitchen	2011-04-14 13:59:11.705
4	togasawara	Living	2011-04-14 13:59:24.056
5	togasawara	Workspace	2011-04-14 13:59:28.926
6	togasawara	Living	2011-04-14 13:59:33.968
7	togasawara	Closet	2011-04-14 13:59:36.021
8	togasawara	Pantry	2011-04-14 13:59:42.373

図 8 テーブル“user_location” のレコードデータ
 Fig. 8 Record data of “user_location” table.

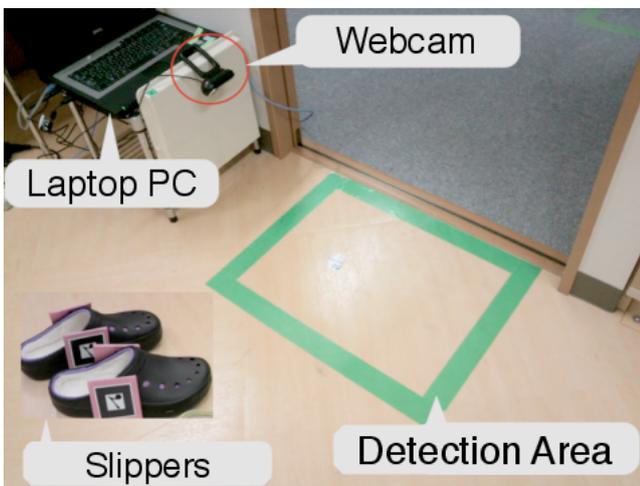


図 7 マーカ認識型検知部
 Fig. 7 The appearance of Marker-SS

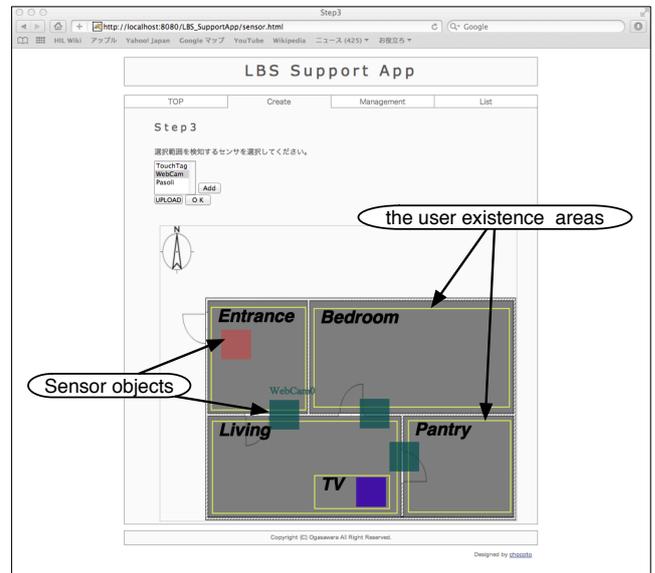


図 9 SASS 利用時のスクリーンショット
 Fig. 9 The screenshot of SASS

4.1.2 マーカ認識型検知部

図 7 に光学マーカを用いた検知部の外観を示す。マーカ認識型検知部のプロトタイプは、ノートパソコンとウェブカメラから構成される。ユーザがスリッパを履いて検知部前の領域 (Detection Area) を通過したとき、検知部はスリッパに付いたマーカを認識し、ユーザと移動方向を判断する。また、検知部の設置場所と移動方向からユーザの位置を推定する。このユーザ情報とユーザの位置情報は記録部へ送信される [8]。Web サービスとして稼働させるために、Axis2/Java で構築した。

4.2 記録部

記録部は Web サービスとデータベースの 2 つから構成される。データベースは、“user_location” テーブルを持つ (図 8)。このテーブルは、フィールド値に History_ID, User_ID, Location_ID, Time を持つ。History_ID は主キーで、レコード数を表す。また User_ID はユーザ名、Location_ID は検知領域の名称を表す。記録部の Web サービスは、Axis2/Java で構築した。

4.3 SASS

図 9 に 2LDK の環境に屋内位置情報サービスを設置する時のスクリーンショットを示す。SASS は、画面下部に間取り図を表示する。その間取り図の上に重ねられている黄色い四角形の枠線と文字は、ユーザが定義した領域とその名前を示している。また、赤・青・緑色の四角形は検知部を示している。図 9 では、4 つの部屋を 3 つのセンサ (RFID リーダライタ (ショート/ミドル)、ウェブカメラ) を用いて、5 つの領域 (“Entrance”, “Living”, “Bedroom”, “Pantry”, “TV”) に分割している。領域 “Entrance” に配置された赤色の四角形はショートレンジタイプの RFID リーダライタを示し、ユーザの入退室を検知する。2 つの部屋の間配置された緑色の四角形はウェブカメラを示し、ユーザの部屋移動を検知する。領域 “TV” に配置された青色の四角形のオブジェクトはミドルレンジタイプの RFID リーダライタを示し、リーダライタから数メートルの範囲でユーザの存在を検知する。

SASS は、Javascript1.3 と DWR3.0.rc2 で構築した。また、Web アプリケーションとして公開するために、Apache Tomcat7.0.21 を利用した。

5. ケーススタディ

屋内位置情報サービスや位置情報アプリケーションに

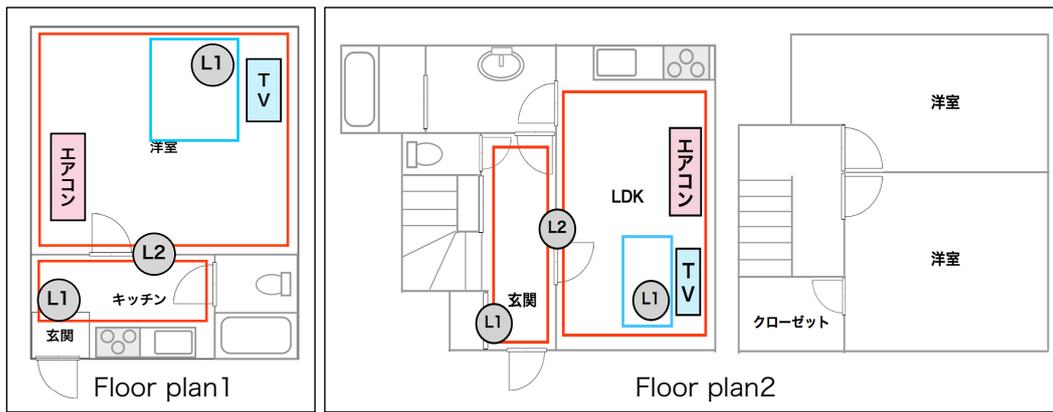


図 10 スマートリビングが設置された 2 種類のレイアウト
 Fig. 10 A case of installation of the smart living service

よって必要となる位置情報の粒度や精度が変わる。そこで、提案システム VELSY によって異なる設置環境に位置情報アプリケーションを実現する屋内位置情報サービスを構築可能であるかを検証した。

今回検証した設置環境は、建築面積・部屋数・部屋の大きさなどが異なる 2 種類である (図 10)。また、位置情報アプリケーションは、以下の 2 種類である。

- スマートリビング
- 照明制御

スマートリビングは、リビングに設置された家電をユーザの位置に応じて制御するサービスである。図 10 の環境では、ユーザがリビングに入室すると室温に応じてエアコンを ON に、退室するとエアコンを OFF にする。また、テレビの前に移動するとテレビの音量を下げ、テレビから離れると音量を上げる。このサービスを実現するためには、リビングに設置されたエアコンとテレビを制御するためのユーザの位置情報が必要になる。そのため、各設置環境の検知部は、図 10 のように配置した。テレビの前とそれ以外の場所との物理的な境界はないため、L1 タイプの検知部を利用し、入退室というユーザの移動を検知するために L2 タイプの検知部を利用した。

照明制御は、各部屋に設置された照明をユーザの位置に応じて制御するサービスである。ユーザが特定の部屋へ入室すると、その部屋の照明を点灯する。また、ユーザが特定の部屋を退室すると、部屋の照明を消灯する。このサービスを実現するために、部屋単位での位置情報が必要となる。そのため、検知部は図 11 のように配置した。部屋単位でのユーザの位置を検出するためには、ユーザが部屋にいることもしくはユーザの部屋間の移動を検知できればよい。そのため、L1 または L2 タイプのいずれか 1 つの位置推定技術があれば対応できる。設置環境が異なる場合も同様である。

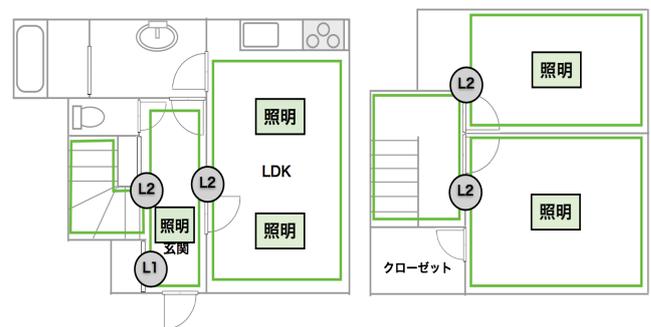


図 11 照明制御の設置例

Fig. 11 A case of installation of the lighting control service

6. 評価実験

提案システム VELSY の評価実験として、システム性能評価および利用評価を行った。VELSY の利用経験がない大学生および大学院生の計 11 名を被験者とし、1 人ひとり VELSY を利用して屋内位置情報サービスを設置してもらった。各被験者には、あらかじめ各工程の利用手順書と設置する屋内位置情報サービスの要件書を配り、一読してもらった。

設置する屋内位置情報サービスの要件は、2LDK の環境にて隣接する 3 つの領域 (キッチン・リビング・ベッドルーム) にユーザ 2 名の位置を検出する屋内位置情報サービスを設置することである。この要件を補足する情報として、以下の 3 つを要件書に記述した。

- 2 名のユーザ情報 (ユーザ名、各検知部で検知される ID)
 - 利用する検知部とその数、配置場所、各検知部の IP アドレス
 - 記録部の IP アドレス
- 以降に、それぞれの実験について詳述する。

表 1 実験工程とそのエラー率
Table 1 The steps and its human/system error rates

工程\被験者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均	工程別エラー率
1. ユーザ登録	2/2	2/2	1/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1.90	4.55(%)
2. 間取り図のアップロード	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1.00	0.00(%)
3. 検知領域の登録	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3.00	0.00(%)
4. 検知領域とセンサの関連づけ	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	3/4	4/4	0/4	3.54	11.36(%)
5. ユーザとセンサの関連づけ	0/4	4/4	0/4	4/4	4/4	4/4	3/4	4/4	3/4	3/4	0/4	2.63	34.09(%)
6. 実空間設置	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	3/4	4/4	4/4	0/4	3.54	11.36(%)
被験者別エラー率	22.22(%)	0.00(%)	22.22(%)	0.00(%)	0.00(%)	0.00(%)	5.55(%)	5.55(%)	11.11(%)	5.55(%)	66.66(%)		

6.1 システムの性能評価実験

6.1.1 方法

被験者が VELSY を利用して屋内位置情報サービスを設置する際、各工程が正しく行われているかどうかと、各工程にかかった時の 2 点から定量評価を行った。

工程項目を表 1 に示す。工程数は 3.3 節で述べた SASS の 3 つの機能を分けた 5 工程と実際の環境に各検知部を配置する 1 工程の計 6 工程になる。SASS を操作して行う 5 工程は操作画面を動画でキャプチャし、被験者がセンサを設置している様子はビデオカメラで撮影することで、各工程にかかった時間と全工程にかかった時間を算出した。

次に、各工程のヒューマン/システムエラー率 E_m を求めた。設定すべき項目数を S_m と正しく設定された項目数を C_m とすると、エラー率 E_m は式 (1) によって求められる。

$$E_m = \frac{C_m}{S_m} \times 100(\%) \quad (1)$$

エラー率が低いほど、被験者およびシステムの正答率が高いといえる。

6.1.2 結果および考察

表 1 に各工程とそのエラー率を示す。各被験者のエラー率に注目すると、被験者 11 のエラー率は 66.66% と他の被験者に比べて高いエラー率を示している。これは被験者が要件を正しく理解しておらず、間違えた設定をしているために起きた事象である。被験者 1 と 3 のエラー率は被験者 11 に次いで高く、22.22% となっている。両者とも工程 5 でエラーが発生している。この要因は被験者による検知部の誤設定で、そのほとんどがタイプミスであった。被験者が、設定した情報を目視する手段がないために起きたと考えられる。工程 5 の工程別エラー率は 34.09% と 1 番高い値となっており、検知部設定時のタイプミスや工程 4 で検知部の配置場所を間違えたことが原因となっている。これらのことから、SASS の操作方法や情報提示を見直す必要がある。例えば、検知部を表す四角いオブジェクト上にマウスを載せると設定値を確認できる仕組みが必要であろう。

各被験者が屋内位置情報サービスを構築するために要した平均時間は 11 分 43 秒で、最短時間は被験者 3 の 7 分 10 秒、最長時間は被験者 7 の 17 分 4 秒であり、被験者間で大きな差が生じた。全ての被験者が初めての利用だったことから、ある程度は操作の慣れによって平均時間が短縮

されると考えられる。

6.2 システムの利用評価実験

6.2.1 方法

VELSY がどの程度使いやすいかを知るために、各被験者に VELSY についてのアンケートを実施した。

アンケート項目を表 2 に示す。このアンケートは、システムユーザビリティスケール (SUS)[4] で定められた項目に従って、VELSY に対する操作や有効性について「1:全くそう思わない、2:あまりそう思わない、3:どちらでもない、4:ややそう思う、5:かなりそう思う」の 5 段階で答えてもらった。また、システムに対する操作で操作性の良かった点、悪かった点も記述してもらった。このアンケートにより、VELSY の有用性やユーザが SASS を利用・操作して、屋内位置情報サービスを設置することをどのように感じたかを把握する。

6.2.2 結果および考察

指標の番号が奇数のものは肯定的な質問であるため回答から 1 を引き、偶数のものは否定的な質問であるため 5 から回答点を引く。これらの点数を合計し、2.5 を掛けた値を 0(使えない)~100(非常に使いやすい)として評価の目安とした。

回答点平均に注目すると、奇数番号で最も高い回答点、すなわち肯定的な回答を得た項目は、7 番である。また、3 番と 8 番の結果からも VELSY の利用方法や操作は被験者にとって理解しやすいと判断できる。一方で、多くの被験者から、検知領域が設定後にしか表示されないため、検知領域を作りにくいというコメントがあった。領域の描画を設定中もリアルタイムに行うことで、操作性についてより良い評価を得ることができ、SUS 値の向上にも繋がると考えられる。

偶数番号で最も高い回答点、すなわち否定的な回答を得た項目は、4 番である。加えて 10 番の結果からも VELSY の利用者は屋内位置情報サービスについての知識がある程度必要となることが分かった。このことから、各工程でユーザが何をしなければいけないかを明確に伝える手段が必要だと考えられる。例えば、工程 4 では検知部をどのように配置すれば検知領域と関連づかを示すことで、ユーザが設定すべき項目を判断できるようにすることが必要で

表 2 アンケート項目とその結果
Table 2 The questionnaire and its answers

項目	回答点平均
(1) このシステムをしばしば使いたい	3.64
(2) このシステムは不要なほど複雑であると感じた	1.64
(3) このシステムは容易に使えと思った	4.00
(4) このシステムを使うために技術専門家のサポートを必要とするかもしれない	2.00
(5) このシステムでは様々な機能がよくまとまっていると感じた	4.00
(6) このシステムでは一貫性の無いところが多くあると感じた	1.64
(7) たいていのユーザはこのシステムの使い方を素早く学べるだろうと思った	4.55
(8) このシステムはとても扱いにくいと思った	1.64
(9) このシステムを使うことに自分は自信があると感じた	3.73
(10) このシステムを使い始める前に多くのことを学ぶ必要があると感じた	1.91

あろう。

SUS スコアの平均は 78.0, 最小値は 62.5, 最大値は 95 とばらつきが見られたが, VELSY はある程度は有用であることが分かった。このことは, 1 番の回答点からも読み取れる。

5 章と 6 章の実験によって, ユーザが VELSY を用いた屋内位置情報サービスを多様な環境に設置できることを確認した。

しかし, SASS における検知領域の粒度や精度は, その検知部に接続されているセンサの性能を考慮した厳密な値を反映していない。そのため, 1 つのセンサがもつ検知領域の許容範囲を大きく超えてしまう設定をユーザが行った場合, ユーザの位置を正しく認識することが難しくなると考えられる。例えば, ユーザが設定した領域が実際の環境では広範囲で, 選択した検知部が局所的なセンサを利用していた場合, 設定した領域を単一の検知部で対応することはできない。また, 壁や什器などの障害物を突き抜けて検知するセンサを検知部に接続して利用することはできない。SASS 利用時に検知部に接続されたセンサで検知できる範囲の限界を可視化することができれば, これらの問題に対応することができると考えられる。

7. 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, 設置環境に依らない再利用可能な屋内位置情報サービス構築支援システム VELSY を提案, 構築した。VELSY を用いることで, 様々な屋内環境でも屋内位置情報サービスを構築することが可能となった。また, 位置情報アプリケーションの要求に応じて屋内位置情報サービスを構築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, 被験者実験を行うことで設定画面の操作性の悪さや情報提示方法など改善すべき点が見つかった。今後は, SASS の操作や情報提示方法を再検討し, ユーザビリティの向上を図っていきたい。

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*, 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] J.Brooke: SUS - a quick and dirty usability scale, In P.W.Jordan, B.A.Weerdmeester, A.L.McClelland(eds.) *Usability Evaluation in Industry*, London: Taylor and Francis (1996).
- [5] 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).
- [6] 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*, pp. 434–441 (1999).
- [7] 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, DICOMO2011 シンポジウム論文集, pp. 928–935 (2011).
- [8] 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室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).
- [9] 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).
- [10] 水谷美穂, 肥田一生, 峰野博史, 宮内直人, 水野忠則: 固定タグを用いた移動端末の測位方式 (セッション 2-A:RFID, センサーネットワーク), 情報処理学会研究報告. マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol. 2006, No. 26, pp. 31–36 (2006).