# BLE を用いた住宅内の生活動線計測手法の研究

1638636　○依藤　司*1
9822239　松下　大輔*2

キーワード：行動計測　部屋滞在行動　屋内測位　ビーコン　スマートフォン　アプリケーション

## 1. 背景と目的

屋内の人員や物品の位置情報を把握する技術の可能性は大きい。これまで筆者らは、超音波測位による看護動線の計測方法の開発を行い、看護動線の特徴を明らかにしてきた。この方法は病棟内の看護動線を詳細に計測することが可能であるが、コストが高く、通信ケーブルの敷設工事が必要であり、導入への障壁も高い(表１)。これに対し、BLE(Bluetooth Low Energy)を用いた発信機は、電源や配線が不要で電池で稼働し､稼働時間も 10 年程度と大きい。また現在一個あたり数百円と安価で小型でもあり、既存・新設建物に容易に導入できる。BLE により現実的なコストで一定精度の常時測位が長時間にわたり簡易に可能になることが明らかになれば､屋内測位の研究に資する｡BLE を用いた住宅内の生活動線計測を行うことにより、本手法の可能性を確認するとともに、計測結果の分析により明らかとなった住宅動線の実態を報告することが目的である。

## 2. 既往関連研究の位置づけ

本論は、ある居住主体の住居内生活行動を時系列に基づく連続的な部屋使用行動として,BLE を用いて計測し､得られる時空間データを分析する手法を提示するものである。

住宅内の生活行動の調査手法は、主として被験者である居住者が自ら記述するアンケート調査やヒアリング調査、生活時間調査に基づいてきた。澤地[1,2]は、生活行動と室内気候の日周期の変化を生活時間調査の手法を用いて記述した。生活時間調査は、単位時間 5 分としているため、その間の複数室の移動は把握できない等の調査方法の限界があると述べている。また山崎[3,4]は、住居における行動と空間の関係を生活時間調査とクラスター化を用いた統計分析により明らかにした。客観化の対象は統計的分析手法に重点が置かれている。人間の意思や記憶に基づく自記留置式調査票やインタビュー等の、データの取得過程に人の主観が介在する調査手法は被験者や調査員や時と場合に依存して、一次データの質や信頼性に予見できない量のリスクを抱える問題がある

本論は BLE を用いた発信機により、観察者非介在の客観的計測を行い、生活行動の客観的な基礎資料の取得が期待できる。また、電源が不要で電池のみで稼働し、稼働時間が大きく、安価で小型でもあり、導入への障壁が低い。BLE により現実的なコストで一定精度の常時測位が長期間にわたり簡易に可能になることが明らかになれば、屋内測位の普及が期待される。住宅の居住者の動線の特徴を明らかにし、それにより今後の住宅計画に生かすことを目標とする。

表１　測位方法の比較

| 課題 | 超音波測位 | RFID | Bluetooth Low Energy(BLE) |
|---|---|---|---|
| コスト | 高い | 高い | 低い |
| 電源や配線 | 必要 | 不要(電池のみ) | 不要(電池のみ) |
| 敷設工事 | 必要 | 不要 | 不要 |
| 導入障壁 | 高い | 高い | 低い |

## 3. 対象と方法

1)調査対象

調査対象は岡山県勝田郡の住宅である。1986 年竣工、地上 2 階建て、延床面積 158.09 ㎡である(図１,図 2)。

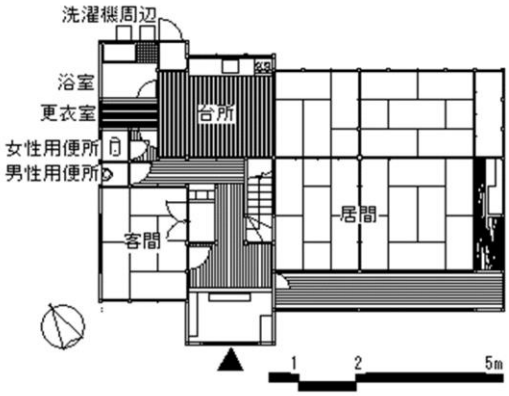


図１　1 階平面図

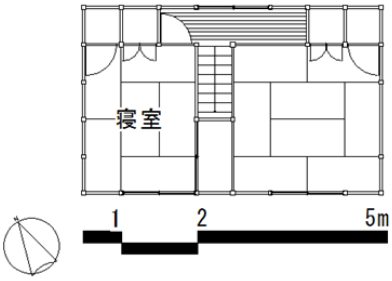


図２　2 階平面図

2）調査期間と対象者

調査期間は、2016 年 1 月 6 日～8 日の 3 日間である。居住者 6 名のうち、主婦の女性 1 名を対象とする(表 2, 表 3)。

**表 2　調査対象者の概要**

| | |
|---|---|
| 性別 | 女 |
| 年齢 | 57 歳 |
| 健康状態 | 良好 |
| 職業 | 無職(主婦) |

**表 3　調査期間中の対象住宅の居住者**

| 年齢 | 性別 | 主な滞在部屋 | 健康状態 |
|---|---|---|---|
| 83 歳 | 女性 | 離れ | 不良（介護） |
| 61 歳 | 男性 | 寝室 | 不良（介護） |
| 26 歳 | 男性 | 離れ | 良好 |
| 24 歳 | 男性 | 離れ | 良好 |
| 22 歳 | 女性 | 客間 | 良好 |

3）調査方法

BLE は、毎秒 1 回程度、定期的にビーコン信号を発信する。筆者らが開発したアプリケーションは、ビーコンを受信すると、ビーコンの ID をインターネット経由で管理サーバーに問い合わせ、位置を特定する。(図 3, 図 4)。

**図 3　発信機（表）**

**図 4　発信機（裏）**

調査は以下の手順で行った。

①調査説明

1 月 6 日(水)に被験者の住居を訪問し、被験者と調査対象住宅の居住者に調査説明を行った。居住者に設置機器が人体や住宅の設備に影響を及ぼさないことや各部屋に設置した発信機に接触することがないようにすること等の確認を行った。被験者に携帯端末の装着方法や装着位置、調査期間の起床時と就寝時の端末の操作方法の説明等を行った。

②対象室選定

被験者へのインタビューより、日常的に滞在する場所は 1 階の居間、台所、浴室、女性用便所、客間と 2 階の寝室と屋外の洗濯機周辺であることから、7 ヶ所に発信機を設置することを決定した(図 5、図 6)。

③機器設置

調査員が調査対象の部屋に発信機を設置した。設置高さは、被験者の端末の装着高さと同程度の床から 1m とした。発信機は各部屋の柱又は壁に、住宅を傷つけることなく剥がすことが可能な両面テープを用いて設置した。また、Wi-Fi アクセスポイントを台所に設置し、中継機を寝室に設置した。

④動作確認実験

調査員が端末を装着して各部屋を移動する実験を行った。女性用便所と更衣室は、2 部屋の間の壁に、同じ高さかつ外壁から同じ距離に設置した。その他の部屋は、近接する部屋に設置する発信機からの距離を長くしたり、壁の配置を利用したりして、滞在部屋ではない部屋に設置した発信機の信号が最も大きくなることがないように、発信機の設置位置を調節した(図 5, 図 6)。各部屋の壁に沿って歩行や部屋の出入りを行い、端末で滞在部屋を正しく計測することを確認した。洗濯機周辺に設置した発信機が最も近いことを示す範囲を測定した。その後、PC 上で正しく屋内測位システムが動作することを確認した。今回の調査は詳細な測位を目的としておらず、各室への在室・不在のみを計測することが目的であるため、屋内測位システムの動作確認は、このような簡易な方法で十分有効であると判断した。

⑤本調査

被験者に調査対象期間の起床時に端末を衣服の肩部分に装着し、普段通りに生活をしてもらった。被験者は外出時と入浴時と就寝時には端末を取り外した。調査を 3 日間継続した。

⑥データ集計・分析

得られたデータの分析を行った。データベースから、テキスト形式でデータをエクスポートした。このデータを元に、滞在部屋の判別と滞在時間、滞在回数の集計を行った。

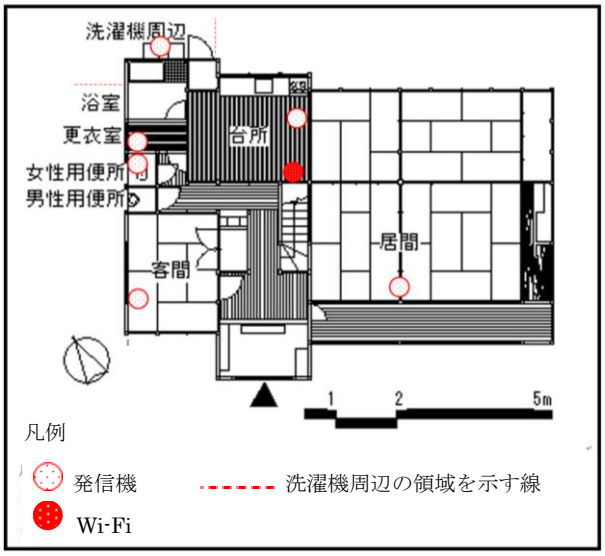


**図 5　1 階機器配置図**

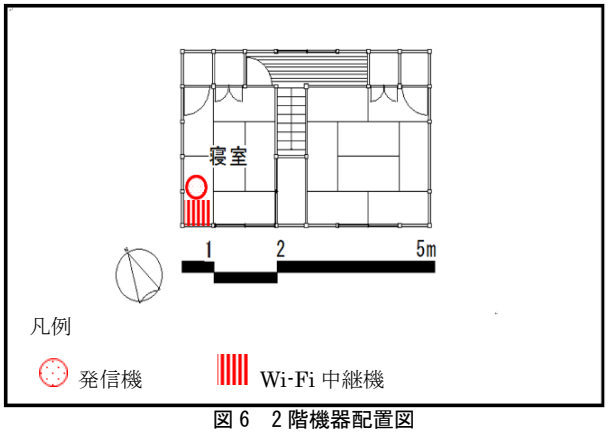


図 6　2 階機器配置図

## 4. 計測データの分析方法

計測データは、時系列に沿った住宅に居住する被験者の測位データが成る。単位時間に最も強い信号を受信した部屋を、その単位時間に滞在していた部屋とみなす。滞在場所を判別したデータから、各滞在部屋の滞在時間と滞在回数を集計した（表４）。

表 4 BLE 測位データの形式

| time | mobileid | uuid | major | minor | proximity | rssi | acc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ①<br>年/月/日/<br>時:分 | ②<br>モバイル ID | ③<br>UUID | ④<br>Major<br>ID | ⑤<br>iBeacon の<br>ID | ⑥<br>iBeacon<br>の相対距離 | ⑦<br>受信信<br>号強度 | ⑧<br>推定距離値 |

## 5. 結果

住宅において、居住者の位置情報を把握し、生活動線を計測することが可能であることが示された。１日目、２日目、全調査日の各場所での滞在時間と滞在回数の割合は図 7、8、9 の通りである。

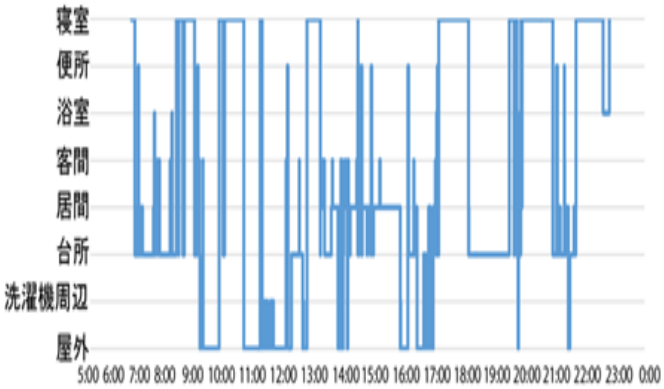


図 7　１日目の部屋使用履歴

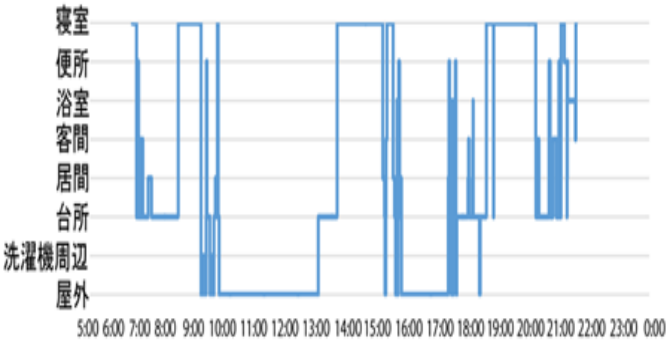


図 8　２日目の部屋使用履歴

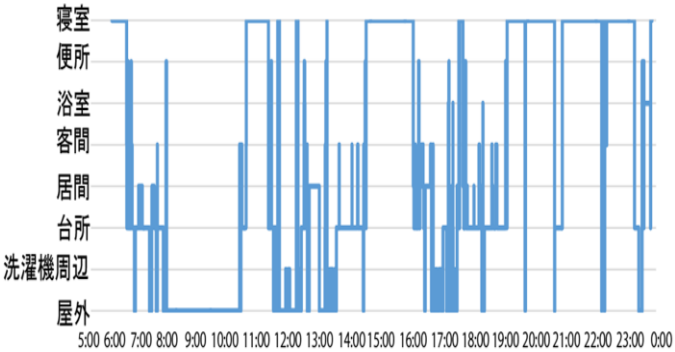


図 9　３日目の部屋使用履歴

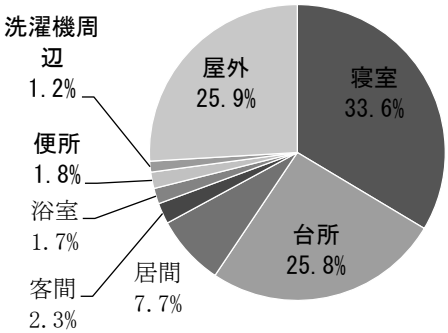


図 10　全調査日の各部屋における滞在時間の割合

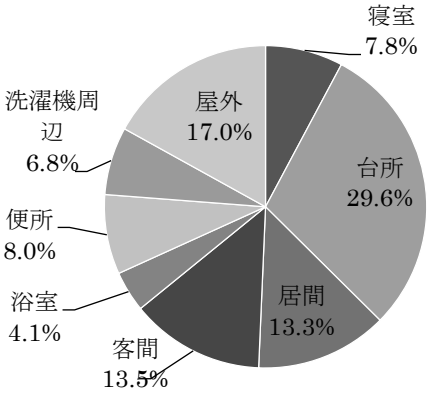


図 11　全調査日の各部屋における滞在回数の割合

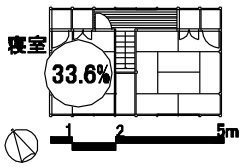


図 12　2 階全調査日の各部屋における滞在時間の割合

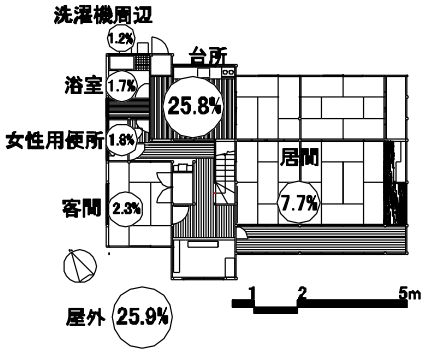


図 13　1 階全調査日の各部屋における滞在時間の割合

全調査日の延べ滞在時間と滞在回数、滞在時間の割合を集計した（図 10、図 11、図 12、図 13）。

全調査日の屋内滞在行動の内、延べ滞在時間の割合は寝室(33.6%)が最大であったが、延べ滞在回数の割合は台所(29.6%)が最大であった（図 10,11）。寝室に滞在している割合は居間に滞在している割合よりも約 25%大きいことが分かった。延べ滞在時間割合が最小であったのは、洗濯機周辺(1.2%)で、延べ滞在回数割合の最小は浴室(4.1%)であった。居住者は全調査時間の約 75%では屋内で行動し、残りの約 25%は屋外で行動していた。

## 5. まとめ

ある住宅を対象に、BLE を用いて部屋使用行動を観測し、部屋使用行動の特徴を明らかにする手法を提示した。居住者の 3 日間の住居内生活行動の特徴を、各部屋の滞在時間、滞在回数により示した。

得られた生活行動の特徴は以下のようにまとめられる。

・全調査日の屋内に滞在している割合は約 7 割、屋外に滞在している割合は残りの約 3 割であるが、 日によって大きく変化していた。

・3 日間で滞在時間割合は洗濯機周辺が最小であったが、滞在回数割合は浴室が最小であった。

・屋外の滞在回数割合は、対象とした全部屋の 2 番目に大きい。このことから、洗濯や主に離れに滞在する家族のもとへ行く頻度が高いことがわかった。

・3 日間で滞在回数は台所が最大であったが、滞在時間は寝室が最大であった。この居住者については、台所と寝室を中心に滞在し、移動する部屋使用行動時間と滞在回数の特徴が明らかになった。

・寝室の滞在時間割合は、居間の滞在時間割合よりも大きい。これは、寝室が居間として使用されていることや、被験者以外の健康状態が不良の家族が滞在する場合、その家族と共に過ごす時間が長いためと考えられる。

・寝室に滞在している割合は居間に滞在している割合よりも約 2 割程度大きかった。

・便所の滞在時間割合は寝室に比べて小さいが、便所の滞在回数割合は、寝室とほぼ同じであった。

・台所と寝室の近接は、移動コストの軽減に資すると考えられる。

・便所の滞在時間割合は寝室に比べて小さいが、便所の滞在回数割合は、寝室とほぼ同じである。便所を、滞在の中心としている台所や寝室に近接することも同様に移動コストの低減に資する。


## 謝辞

本研究は日本建設情報総合センター研究助成（第 2015-17 号）を受けている。



［参考文献］

1) 澤地孝男，松尾陽： 住宅における生活行動の時刻変化(主人と子供の場合)：住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究　その 3. 日本建築学会計画系論文報告集，404，pp.23-36，1989 年 10 月

2) 澤地孝男，松尾陽： 住宅における生活行動の時刻変化(主人と子供の場合)：住宅の室内気候形成に寄与する居住者の行動に関する研究　その 3. 日本建築学会計画系論文報告集，404，pp.23-36，1989 年 10 月

3) 山崎さゆり，高橋公子： 時間量による生活の類型化　生活時間からみた行動と滞留空間の対応関係に関する研究 その 1. 日本建築学会計画系論文集　第 491 号，67-74，1997 年 1 月

4) 山崎さゆり： 行動類型と空間類型の対応関係　生活時間に基づく住居内の行動と空間の対応関係に関する研究　その 2. 日本建築学会計画系論文集　第 504 号，111-118，1998 年 2 月

5) 屈子羽，松下大輔： アクティブ RFID タグを用いた住宅における部屋滞在行動観測手法. 日本建築学会計画系論文集 第 75 巻 第 650 号，797-804，2010 年 4 月

6) Daisuke MATSUSHITA・Toshiro KUMAKAWA・Ikue ICHIKAWA・Ryouko ODAWARA・Etsuko ISOKAWA・Tetsuro YAMASHITA : Management of medical staff utilizing sensing technology: Development of a nursing activities measurement method with ultrasound positioning、Journal of the National Institute of Public Health 2013 Vol.62 No.1 pp.68-80



＊1　岡山理科大学工学部建築学科

＊2　岡山理科大学工学部建築学科　准教授・博士（工学）