

愛知工業大学情報科学部情報科学科
コンピュータシステム専攻（メディア情報専攻）

令和2年度 卒業論文

独立したコミュニティにおける
滞在ウォッチの安定運用のための
システム拡張に関する研究

2020年2月

研究者 K19074 外山瑠起
K00011 八草花子

指導教員 情報一郎 教授

目 次

第 1 章 はじめに	3
1.1 背景	3
1.2 滞在ウォッチの安定運用のためのシステム拡張	4
1.3 論文構成	4
第 2 章 関連研究	5
2.1 屋内位置推定における在室者の検出方法	5
2.2 在室者の検出方法に関する研究	5
2.3 在室者状況の提示方法に関する研究	6
2.4 コミュニケーション促進に関する研究	6
第 3 章 在室管理プラットフォーム	
「滞在ウォッチ」	7
3.1 「滞在ウォッチ」のシステム構成	7
第 4 章 独立したコミュニティにおける滞在ウォッチの安定運用のためのシステム拡張	12
謝辞の例	13
付録 A 論文表紙	14

第1章 はじめに

本章では、研究背景や我々の先行研究について述べ、本研究の目的と概要を説明する。

1.1 背景

近年、社会的に重要な課題の一つとなっているのが、在室者管理の課題である。これは、環境保護やエネルギー効率化、セキュリティ強化などの目的から、家庭やオフィスなどの建物内での生活やビジネスに関する様々なアプリケーションに応用されるためである。例えば、エネルギー管理は、居住者がいる場合といかない場合でエネルギー消費量が大きく異なるため、在室者管理を使用して、建物内のエネルギー消費を最適化できる。また、セキュリティや照明などのシステムの自動化にも応用され、これにより、環境保護やエネルギー効率化を図れる。在室者管理は、災害時や緊急事態においても重要な役割を持つ。災害時には、避難した居住者を確認が重要であり、在室者管理を使用すれば、確認作業をスムーズに行える。

また在室者管理ができれば、コミュニティにおいても様々なメリットがある。その一つに、コミュニケーション促進がある。在室者管理ができれば、コミュニティ内で誰がいるのかを確認できる。これにより、コミュニティ内での交流や活動がスムーズになり、コミュニケーションの促進を行える。例えば、共同生活をする人たちが同じ時間にいる場合には、共同での食事や過ごし方を提案でき、コミュニケーションを促進できる。また、コミュニティ内でのイベントやミーティングの開催タイミングを調整できる。これにより、参加者が多い時間帯に開催できるため、参加者が集まりやすくなり、コミュニケーションの促進を行える。

また近年は新型コロナウイルスの影響により、感染拡大を防ぐ上で有効な手段と考えられている。在室者管理を使用すれば建物内における人流管理が可能になる。これにより、感染者がいる可能性が高い時間帯や場所を特定し、それに対して対策を行える。例えば、感染者がいる可能性のある時間帯には、入退室を制限できる。また、感染者がいた場所を特定ができる。これにより、感染者が訪れた場所の消毒を行えるため、感染拡大を防げる。さらに、建物内における感染者との接触者を特定ができる。これにより、感染者との接触者に対して、隔離や検査を行えるため、早期発見・早期対応ができるようになる。そのためには、病院や医療機関などでは、在室者管理システムを導入し、患者やスタッフの感染リスクを低減するために活用されている。

在室者管理の研究は、学術界や産業界においても注目を集めており、20世紀後半から様々な方法が提案してきた。近年では、様々なセンサを使用した方法が提案されている。例えば、照度センサや温度センサ、音声センサ、カメラなどが使用される。これらセンサを使用して得られたデータを処理し、居住者がいるかどうかを判定する。ただし、これらのセンサを使用した在室者管理は、環境条件や居住者の生活スタイルなどにより精度が異なるため、正確な在室者管理ができない場合がある。また、プライバシー保護の観点から、カメラを使用は避けられる場合が多い。このように、在室者管理は重要な課題であり、様々なアプリケーションに応用されるが、環境やプライバシーにより、正確な検出が難しいという問題もある。他の在室者管理に関する方法として深層学習を使用した在室者管理がある。深層学習は、大量のデータを学習し、高い精度を得られるため、在室者管理においても有効であると考えられている。また、在室者管理においては、プライバシー保護も重要な観点である。深層学習を使用すれば、画像や音声などのデータを特徴量として抽出し、学習を行うため、プライバシーに敏感な情報を取り込まない。しかしながら、深層学習を使用した在室者管理には、大量のデータが必要であり、データ収集や学習には多くのリソースが必要なのが問題点である。

我々の先行研究として BLE(Bluetooth Low Energy) ビーコン (以下、ビーコン) を用いた在室管理プラットフォーム「滞在ウォッチ」を提案しているビーコンは低コストであり、普及しやすいと考えられる。これにより、建物全体に導入が容易であり、在室者検出のカバー範囲を広げるられる。また、ビーコンは低消費電力であり、長期間にわたって使用できる。これにより、在室者検出を 24 時間行えるため、建物内での生活やビジネスに対して常時モニタリングを行える。さらに、ビーコンはプライバシー保護にも優れている。ビーコンは個人を特定できないため、個人情報の保護にも適している。滞在ウォッチは、ビーコンを持ち歩き在室情報を記録するメンバ、現在状況や履歴を閲覧したり API を通して利用する利用者、メンバ管理、メンバへのビーコン配布、利用者の登録を行う管理者、システムを開発する開発者が存在する。メンバの負担軽減のため、室者情報をビーコンで受動的に記録する方法を採用している。ビーコンを持った利用者が部屋に訪れると受信機が検知し、サーバに在室者情報を送信し、データベースに記録する。データベースに保存された情報は、独自に作成した Web API によって外部からの利用が可能である。先行研究として、Web API を使用した退勤管理システムや在室情報可視化システム、部屋利用者の来訪促進システム、コミュニケーションプラットフォームなどがある。

1.2 滞在ウォッチの安定運用のためのシステム拡張

本研究の目的は、滞在ウォッチによる複数コミュニティ間連携の実現である。複数コミュニティ間とは空間的な距離が近いコミュニティスペース間と定義する。例として、大学の研究室間やビルのオフィス間などが挙げられる。滞在ウォッチにおける複数コミュニティ間連携によって得られる利点として、まずコミュニティ間でのコミュニケーションの増加が挙げられる。普段コミュニケーションを取らない別コミュニティの人々とのコミュニケーションが促進される。次に共有や、生産性の向上が挙げられる。他のコミュニティから新しい知見やアイデアを共有することができるため、想像量や創造性が向上する、スムーズなスムーズなコミュニケーションやリソースを共有できるため、生産性が向上する可能性がある。またコミュニティ間のコラボレーションが容易になるため、新しいプロジェクトやイニシアティブが生まれる可能性がある。

しかし滞在ウォッチを複数コミュニティ間で連携するには大きく分けて 2 つの問題点が存在する。まずコミュニティで独立した運用ができていない点が挙げられる。「独立した運用」とは、各コミュニティで自らのシステムや装置を運用できることを指している。複数コミュニティ間で連携するためには、各コミュニティで滞在ウォッチを運用するために必要な設備やシステムを持つ必要がある。それぞれのコミュニティが独立したシステムを持っているれば、各コミュニティが独自に滞在情報を収集し、管理するできるため、それらを連携させられる。しかし既存の滞在ウォッチは單一コミュニティを前提として設計されているため各コミュニティが独立した運用を行えない。次に在室情報を長期に渡り継続的に記録できない点が挙げられる。在室情報の長期的な記録は、コミュニティ間でのコミュニケーションを促進するために必要である。既存の滞在ウォッチで使用される BLE ビーコンのみを使用して運用しているため電池がなくなると在室情報を記録できない。これらの問題を解決した滞在ウォッチの運用を安定運用と定義する。本研究では滞在ウォッチを複数コミュニティ間で連携するために、独立したコミュニティにおける滞在ウォッチの安定運用のためのシステム拡張について提案する

1.3 論文構成

第 2 章では、本研究と関連した研究との違いを比較する。第 3 章では、在室管理プラットフォーム「滞在ウォッチ」について述べる。第??章では、コミュニケーションの機会損失を軽減するシステム「きょうの滞在」について述べる。第??章では本研究に対するまとめと今後の課題について述べる。

第2章 関連研究

本章では、本研究と関連した研究との違いを比較する。2.1節では部屋における在室者検出方法、無線通信技術による検出手法の比較を述べる。2.2節では、部屋におけるスマートフォンやビーコン、ICカードを用いた在室者の検出方法の関連研究について述べる。2.3節では記録された在室者情報の提示方法の関連研究について述べる。2.4節ではコミュニケーション促進の関連研究について述べる。

表 2.1: 測位技術の比較

測位技術	屋外測位	屋内測位	消費電力
GPS	○	×	高い
携帯電話基地局	△	×	普通
Wi-Fi	△	○	普通
BLE	×	◎	低い

2.1 屋内位置推定における在室者の検出方法

以前から在室管理は自動化されれば便利なシステムになると言っていた[?]. 部屋における屋内位置推定にはいくつか在室者の検出方法があり、用途によって人の在否のみと個人を特定する方法がある。滞在ウォッチでは、利用者が目的とする人の居場所を把握できるように、個人を特定する方法に着目する。具体的にはICカードやライブカメラを用いた検出方法があり、これらには導入時に配線工事の手間や高価な機材を必要とするため困難であるとのプライバシーへの配慮が必要である。そこで、自動で在室者情報を記録する無線通信技術による検出方法に着目する。志毛らのBLEを用いた位置情報共有システムの開発[?]では、表2.1の無線通信による測位技術の比較を行った。消費電力が低く、屋内位置推定に向いているBLEを用いた検出方法が有効だと考えた。

2.2 在室者の検出方法に関する研究

大学や会社では在室者を検出する手法を用いて、講義の出欠[?][?][?][?][?]や勤怠管理[?]が行われている。在室者を検出する手法としてICカードを用いた検出方法[?][?][?][?][?][?]や、ビーコンの受信電波強度を利用した検出方法[?][?]がある。

ICカードを用いた在室者検出方法では利用者にICカードを携帯してもらい、専用の機器などを用いて在室者を検出する手法である。必要となる機器を導入した後は利用者はICカードを用いるだけで在室者検出ができる。しかし新たに導入する場合は必要となる機器や、ICカードを登録する手間などコストは高くなってしまう。

ビーコンの受信電波強度を用いた在室者検出方法には二つある。1つ目は利用者にビーコンを携帯してもらい、在室者を検出したい部屋に受信機を置く方法である。部屋利用者の在室者検出はビーコンの受信電波を受信機が取得するだけで行えるので、自動で行える。また、ビーコンはサイズが小さいものが多く、利用者が携帯する負担もからない。在室者検出する部屋に受信機を置き、利用者はビーコンを携帯するだけなのでコストも抑えられる。2つ目に利用者にはスマホを携帯してもらい、在室者を検出したい

部屋にビーコンを置く方法である。スマホの普及が進んでいる[?]ので、導入コストはビーコンのみであるため、1つ目の方法よりもコストを抑えられる。しかし、全員がスマホを所持しているわけではないので、スマホを所持していない利用者には別の検出方法を導入する必要がある。本研究では利用者が自発的に在室者情報を記録する手間を必要としない方法として、部屋ごとに受信機を設置し、個人がビーコンを携帯し自動で検出する方法を採用する。

在室者を検出し、在室者情報を管理するシステムに関する研究がある[?][?][?]. スマホを用いて在室者を検出し、在室者情報を管理するシステムは、スマホを所持している人が多いため、新たに必要となる機器の数が少なく、コストを抑えられる[?]. またビーコンを用いて在室者を検出し、在室者情報を管理するシステムは利用者にビーコンを携帯してもらい、在室者を検出したい部屋に受信機を設置すれば在室者を検出できるので、コストを抑えられる[?][?].

本研究ではスマートフォンを所持していない利用者も想定し、利用者一人一人にビーコンを携帯してもらい、在室者を検出したい部屋に受信機を設置する方法を採用した。

2.3 在室者状況の提示方法に関する研究

在室者を検出した後に在室者情報を用いた在室者状況の提示方法は様々ある[?] [?] [?] [?] [?]. 利用者全員が見られるサイネージに在室者情報を提示するものや、個人が所有しているスマートフォンやタブレットから在室状況を確認できるものなどがある。サイネージに提示する手法を用いた研究を図??[?], 図??[?]に示す。利用者全員が見られるサイネージに提示する手法では、一目で在室情報を確認できる必要がある。スマートフォンやタブレットに提示する手法を用いたものを図??に示す。また個人が所有しているスマートフォンやタブレットから在室状況を確認できる手法ではスマートフォンやタブレットに適するレイアウトを考える必要がある。本研究ではその場にいる人のコミュニケーション促進のために、その場にいる人が見られるサイネージに提示する手法を採用した。

2.4 コミュニケーション促進に関する研究

第三者間のコミュニケーションや知っている人同士のコミュニケーションを支援、促進する研究がある。まず見知らぬ他人や顔だけは知っているがコミュニケーションを取らない人とのコミュニケーションを支援促進するものがある[?][?][?][?]. 気軽に他者とのコミュニケーションができると示唆している。しかし知っている人同士のコミュニケーションを促進するものではなく、あくまで見知らぬ他者やコミュニケーションを取らない人とのコミュニケーションを支援、促進するものである。また公共空間でのコミュニケーションを支援、促進する研究がある[?][?][?][?]. 見知らぬ人や顔だけは知っている関係ではなく、同じ空間を共有している人同士のコミュニケーションを支援、促進するものである。コミュニケーションのきっかけや共有できる情報を提示するものとして、本研究でも同じ空間を共有している人同士のコミュニケーションを促進する方法として参考にする。

第3章 在室管理プラットフォーム 「滞在ウォッチ」

本章では、ビーコンを用いた在室者検出および在室管理プラットフォーム「滞在ウォッチ」について述べる。3.1節では、「滞在ウォッチ」のシステム概要、利用した機器やサーバ、ビーコンと個人の紐付け、在室者推定、在室者管理サーバを述べる。??節では、在室者情報の活用方法として、現在の在室状況を示す在室者情報のリスト、過去の在室履歴を示す滞在時間や曜日別の滞在率による可視化を述べる。??節では、滞在ウォッチによって記録された入退室時刻の評価について述べる。??節では、滞在ウォッチによって記録された在室者情報を用いた応用システムについて述べる。

3.1 「滞在ウォッチ」のシステム構成

滞在ウォッチは、ビーコンを持ち歩き在室情報を記録するメンバ、メンバ管理、メンバへのビーコン配布、利用者の登録を行う管理者、現在状況や履歴を閲覧したり API を通して利用する利用者（メンバや管理者も利用者になりうる）、システムを開発する開発者がおり、メンバがビーコンを携帯し、部屋ごとに設置された受信機によりビーコンを検出する手法で、在室者管理を自動に行う。メンバには一人1つビーコンを携帯してもらう。サーバには部屋利用者の名前とビーコンの ID を登録する。ビーコンは周囲に数秒に1回電波を発信する。受信機がビーコンの電波を受信する間隔は3分である。受信機が検出したビーコンの ID と電波強度はサーバに送信され、日時と在室した部屋名が記録される。記録した在室者情報は Web API を通して利用可能であり、勤怠管理システムや来訪促進システムといった様々な応用を想定している。

部屋の管理者と利用者に必要な情報を提供する「滞在ウォッチ」

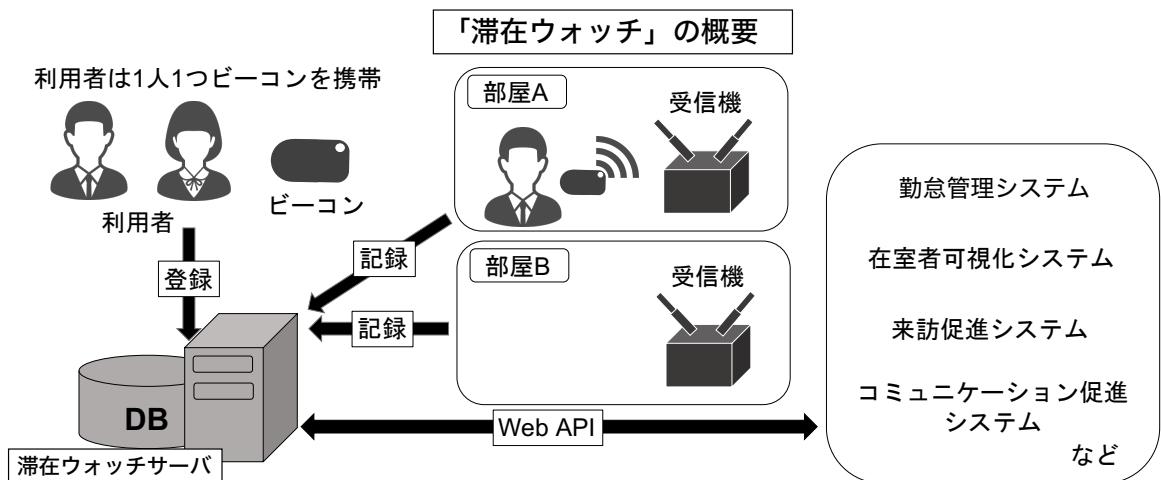


図 3.1: 「滞在ウォッチ」の概要図

本手法に関連するビーコン、受信機、サーバを示す。利用者が持つビーコンには、長期的な運用を考慮し電池交換が可能かつ小型な FCS1301[?] を利用している。ビーコンは図 3.2 のように様々な大きさ

や形のものがある。複数のビーコンの比較を表3.1に示す。ボタンは定期的な電波発信に加えて押した時にも電波発信できるため、点検時に利用できる。FCS1301の用途は、財布やパスケースなどの貴重品に付ける紛失防止や子供の荷物などに付ける見守り支援がある。実際にパスケースに取り付けた様子を図3.3に示す。財布やパスケースに取り付けたり入れても気にならないサイズだとわかる。そのため、利用者が携帯するのに適している。また電池交換の際の様子を図3.4に示す。特殊な器具などを使う必要がなく、簡単に電池交換ができる。FCS1301ではボタンを押すとペアリング、長押しするとスリープモードへ移行し、保管の間省電力モードになる。ビーコンの電波送信の間隔はFCS1301の規格で最大の10秒ごとに設定している。部屋ごと設置する受信機には図3.5の低価格なRaspberry Pi[?]を利用している。1つの部屋に1つずつ受信機を設置する。サーバには、Google Cloud Platform[?]を利用している。



図3.2: ビーコンの種類

表3.1: ビーコンの比較

ビーコン名	サイズ	電池交換	ボタン
FCS1301	縦46.0 mm × 横24.5 mm × 厚さ3.5 mm	○	○
MAMORIO	縦35.5 mm × 横19.0 mm × 厚さ3.4 mm	×	×
WICED	縦60.0 mm × 横37.0 mm × 厚さ10.0 mm	○	○
estimote	縦55.0 mm × 横38.0 mm × 厚さ15.0 mm	×	×



図 3.3: パスケースに取り付けたビーコン



図 3.4: ビーコンの電池交換



図 3.5: 実際に使用しているビーコンを検知する受信機

個人を特定する在室者の検出手法には、個人と在室者情報を紐付けする必要がある。ビーコンを用いた検出手法ではビーコンの ID と利用者の名前をサーバのデータベースに登録している。登録には図 3.6 のウェブサイトを用いて行う。グループ分けとして研究室やチームの属性を追加している。これは可視化において個人の識別を容易にし、来訪促進システムでは連帯感や競争心を刺激でき、ゲーミフィケーション[?]を取り入れる上で有用な情報だと考えている。UUID, major, minor はビーコン固有の識別子であり、先述のビーコンの ID に該当する。

The screenshot shows the 'Attendance Watch' registration interface. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'All Members', 'Occupants', 'Pie Chart', 'Attendance History', and 'Options'. The main title is 'Attendance Watch Registration' with a note '(*マークは入力必須項目)'. The form is divided into sections: 'Personal Information' (個人情報) and 'Beacon Endpoint Information' (ピーコン端末情報). The 'Personal Information' section contains fields for 'Name on Web' (Web上の名前), 'Name on Slack' (Slack上の名前), 'Affiliated Research Group' (所属研究室), and 'Affiliated Team' (所属チーム). The 'Beacon Endpoint Information' section contains fields for 'Beacon UUID' (ピーコンのUUID), 'Major' (ピーコンのMajor), and 'Minor' (ピーコンのMinor). A blue 'Send' button (送信) is located at the bottom right.

滞在ウォッチ

全員 在室者 パイチャート▼ 在室履歴▼ オプション▼

滞在ウォッチへの登録

(*マークは入力必須項目)

個人情報

Web上の名前*

Web上で使う名前

スラック上の名前*

スラック上で使っている名前

所属研究室*

kaji研

所属チーム*

位置情報サービス(LBS)班

ピーコン端末情報

ピーコンのUUID*

e7d61ea3f8dd49c88f2ff2484c07acb9

ピーコンのMajor*

ピーコンのmajor

ピーコンのMinor*

ピーコンのminor

送信 >

図 3.6: 登録画面

第4章 独立したコミュニティにおける滞在ウォッチの安定運用のためのシステム拡張

滞在ウォッチを複数コミュニティ間で運用するには、独立したコミュニティで運用できない、長期に渡り在室情報を継続的に記録できない問題を解決した安定運用を行う必要があり、それに向けた取り組みについて述べる。4.1章で既存の滞在ウォッチに独立運用するためのシステムの再構築について述べる4.2章で利用者の管理とアクセス制御システムの整備について述べる4.3章でスマホアプリによるビーコンと実デバイスの併用について述べる

サーバ側には独立したバックエンドシステムとの連携を容易でありWebアプリケーションがバックエンドシステムとの親和性が高く、より高い可用性とスケーラビリティを実現するができるREST APIを採用した。REST APIは、複数のクライアントからアクセスができるため、様々なデバイスやプラットフォームからアクセスできる。これにより、より広いユーザー層からアクセスができる既存の滞在ウォッチのサーバ側のシステムはpythonを用いて構築されており、動的型付け言語なため保守性が低いものであった。そこで静的型付けであり、高速な処理能力と小さなメモリフットプリントを持つため、Web APIの開発に適しているGolangを採用した。またGolangは並列処理を容易に実現できるため、高負荷な環境でのWeb APIの開発にも適している。さらに、標準パッケージによるHTTPサーバのサポートを持つため、Web APIの開発に必要な機能を簡単に実装できる。これらの特徴から、Golangを使用したWeb APIの開発は、高速でスケーラブルなAPIを提供することができ、開発効率も高い

謝辞の例

本研究を進めるにあたり、多くの御指導、御鞭撻を賜わりました愛知工大教授に深く感謝致します。

また、御討論、御助言していただきました、○×大学工学部電子情報工学科の山谷川介教授、および山谷研究室のみなさんに深く感謝致します。

最後に、日頃から熱心に討論、助言してくださいました愛知研究室のみなさんに深く感謝致します。

付録A 論文表紙

愛知工業大学情報科学部情報科学科
コンピュータシステム専攻（メディア情報専攻）

令和2年度 卒業論文

オブジェクト指向データに対する グラマーモデルの適用

2020年2月

研究者 K00001 愛工太郎
K00011 八草花子
X00012 愛知環状

指導教員 情報一郎 教授