

# ICカードのスキャンとPIRセンサーの入退室ログと実際の記録から未検出ユーザへのメールの通知による整合

山崎 雅也<sup>1</sup> 大沢 恭平<sup>2</sup> 串田 高幸<sup>1</sup>

**概要:** 入退室管理システムにおいて、記録は漏れなく行わなければならない。ICカードのスキャンを使用することで日時と個人の特定、入退室の判定ができる。また、PIRセンサーを使用することで、人を検出した場合に音声通知を行うことで記録を促す。しかし、ユーザが自発的にスキャンを行う必要があるため、忘れることがある。課題は、ユーザがICカードのスキャンを忘れることで記録が残らないことである。本稿では、入退室ログの抽出を利用したスキャン忘れのユーザ検出手法を提案する。基礎実験では、東京工科大学の研究室である Cloud and Distributed Systems Laboratory での入退室の記録を目視で記録し、ICカードスキャンによる入退室管理システムの記録と照らし合わせを行った。評価実験では、実際の記録と提案を適用した際の記録の時刻、名前、入退室の状態の一致率を算出する。評価は、入退室管理システムの記録の数と目視での記録の数から一致率を算出した。基礎実験の結果として、入室の一致率は、7月7日が約84.62%、7月8日が約64.29%、7月9日が約83.33%、7月10日が約52.63%、7月11日が約63.16%であった。退室の一致率は、7月7日が100.00%、7月8日が約55.56%、7月9日が80.00%、7月10日が約66.67%、7月11日が約33.33%であった。7月7日の退室の記録の一致率が100%であり、その他の入退室の記録の一致率は100%ではなかった。結果から、スキャン忘れがあることがわかった。

## 1. はじめに

### 背景

Internet of Things(以下IoTと略す)は、人間を介さずにインターネットを通じてデータの転送ができるシステムである [1]。IoT技術を活用した例として、駅の改札がある [2]。改札では、Radio Frequency Identification (以下RFIDと略す)によってICカードと通信を行っている [3]。RFIDとは、データ搬送装置と質問機との間で行われる非接触型のデータ送受信技術である [4]。また、ICカードは、内部にストレージと処理機能を有している集積回路カードであり、外部からの磁気によって独自のデータを作成または変更することができる [5]。IoTの通信には、Wireless Fidelity (以下Wi-Fiと略す)が使用されている [6]。Wi-Fiは、IoT機器がインターネット接続を確立できる無線通信技術である [7]。RFIDとWi-Fiを使用した例として、ICカードによる出席管理システムがある [8]。カードリーダーにICカードをスキャンさせることで得たID情報をWi-Fiを利用してサーバに送信する。

Cloud and Distributed Systems Laboratory (以下CDSLと略す)では、入退室管理システムを運用している。本システムは、クライアント-サーバ構成である [9]。クライアントはPaSoRiとPC、サーバはESXiのVirtual Machine (以下VMと略す)のUbuntuでそれぞれ構成している。PaSoRiは、Felicaカードの読み書き可能なUSBデバイスのブランドである [10, 11]。CDSLのドア付近にPIRセンサーとESP32を設置している。PIRセンサーは赤外線によって、人や物が発する熱を検知するセンサーである [12]。また、ESP32はWi-FiとBluetoothの機能を搭載したマイクロコントローラである [13]。

入退室管理システムとPIRセンサーを連携し、ドア付近の人の動きを検知した場合にESP32がサーバに検知した時刻を送信する。そして、検知した時刻を受信したサーバからPCに音声通知をするために通信をすることで、スキャンを促している。

CDSLではSlackを連絡手段としており、1限と2限にあるCadence、論文輪講会、勉強会に使用している。また、Googleカレンダーを使用して1限と2限に出席予定のユーザの名前と時間を記録している。

図1はCDSL内の機器の配置を示した図である。ドア付近にユーザを検知するためのセンサーと時刻を送信するためのESP32を設置している。

<sup>1</sup> 東京工科大学コンピュータサイエンス学部  
〒192-0982 東京都八王子市片倉町1404-1

<sup>2</sup> 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科コンピュータサイエンス専攻  
〒192-0982 東京都八王子市片倉町1404-1

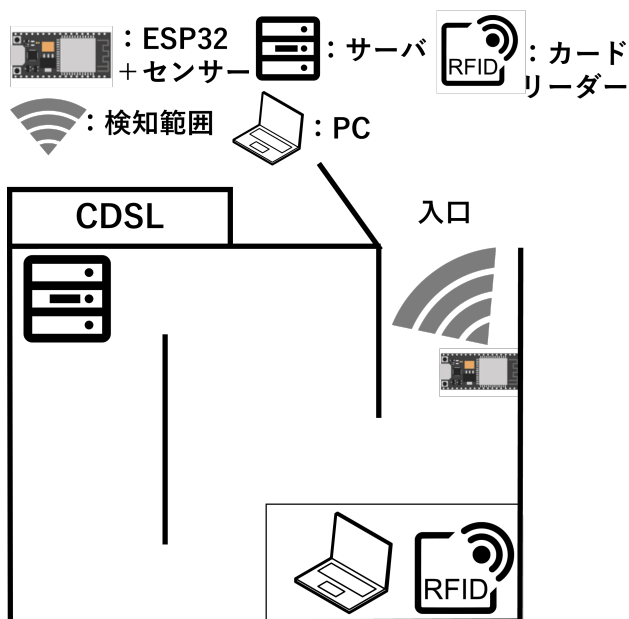


図 1: CDSL 内機器配置の図

## 課題

課題は、IC カードのスキャンがなく、記録が残らないことである。課題の例としては、ユーザが急いで室内に入室した場合がある。入室した場合に PIR センサーが入室したユーザを検知し、時間をログに記録する。ユーザを検知したことが PIR センサーのログには残るがスキャンがされなければ入退室ログが残らない。後から記録し直すことはできるが、入退室の時間や名前が不明になる。そして、誰がいつ入退室を行ったのか PIR センサーと入退室のそれぞれのログで整合できない。

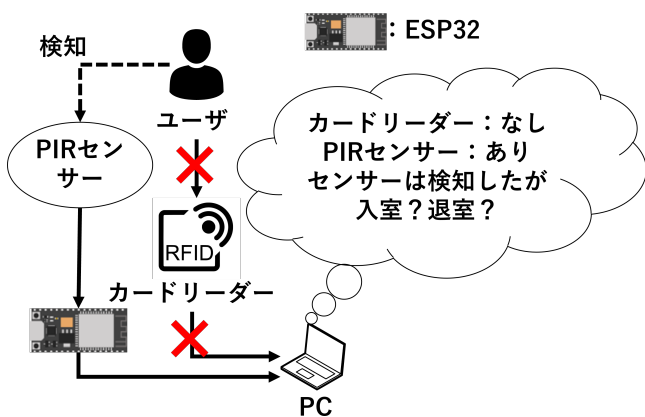


図 2: ユーザがスキャンを忘れた場合の図

図 2は、ユーザがカードリーダーへの IC カードのスキャンを忘れた場合を示した図である。ユーザが入室もしくは退室をする際、カードリーダーにスキャンを忘れた状況では、PIR センサーがユーザを検知した時刻のみが送信される。この場合、ユーザが存在したことだけがわかるため、個人や入退室の特定には制限がある。ログには、誰がいつ

入退室を行ったのかは記録されている。そのため、ユーザの特定ができればスキャンを促し、入退室を記録することができる。

## 各章の概要

第 2 章では、関連研究について説明する。第 3 章では、課題について解決するための提案方式について説明する。第 4 章では、提案した手法の実装について説明する。第 5 章では、評価実験として実験内容と実験結果と分析について説明する。第 6 章では、提案方式についての議論を説明する。最後に、第 7 章にて結論を説明する。

## 2. 関連研究

顔認証の出席管理システムがある [14]。カメラを使用し、学生の顔認識を行う。認識された学生の出席を自動で登録し、手動よりも負担を軽減する。学生自身はカメラが顔を認識できる位置取りを意識すればよい。この研究はカメラに依存しているため、記録に対してカメラの死角による認識不可や室内の照明の影響がある。

QR コードの出席管理システムがある [15]。スマートフォンのカメラで出席位置に貼ってある QR コードを読み取り、出席登録をするシステムである。サーバが ID チェックを行い、学生の位置と情報を把握する。QR コードの発行は低コストだが、サーバへの接続依存や QR コードの経年劣化による読み取りへの影響がある。

室内監視システムによる非接触型 IC カードシステムを活用したルーム管理システムがある [5]。学生が授業中の出席状況や授業に関係ないことを行わないために、コンピュータの操作監視を行う。学生がコンピュータを使用する前提のため、コンピュータを使用しない場合には、手動による確認を行う。

## 3. 提案方式

本稿では、IC カードのスキャンと実際の記録の整合が目的である。そこで、PIR センサーと入退室のログからスキャン忘れのユーザを検出し、メールの通知を行うことを提案する。PIR センサーの検知があり、スキャンの記録がない場合に検出フェーズに入る。その後通知フェーズによって、検出されたユーザに対してスキャンを促す。

以下に検出フェーズと通知フェーズの順で説明する。

### 3.1 検出フェーズ

図 3は検出フェーズについての流れを示した図である。

検出フェーズでは、PIR センサーの検知ログからスキャン記録を照らし合わせるために、入退室ログから時刻と入退室の状態を抽出する。

その他にも退室記録から 10 分以上経過したユーザを検出する。10 分に設定した理由として、ユーザがトイレに

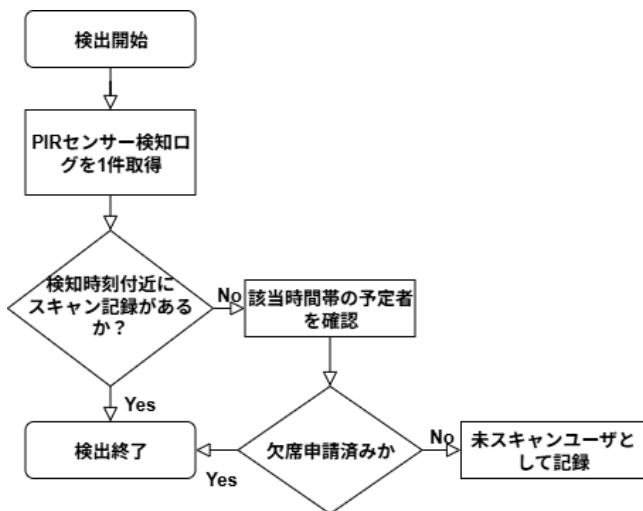


図 3: 検出フロー図

行ってから帰ってくるまでの間の時間を想定したためである。また、カレンダーに予定が入っているが入室記録がないユーザも検出する。その際、Slack にて事前に当日欠席の申請を行っていた場合には、検出する対象から除外する。そして、当日欠席の申請を行わず、来ていない人も検出する。仕組みとしては、予定開始から 15 分以上スキャンがない場合に未入室のユーザとして判定する。

**Algorithm 1** スキャン忘れユーザ検出アルゴリズム

**Require:** 入退室ログ  $L$ , PIR 検知ログ  $P$ , 欠席通知リスト  $A$ , 当日予定者リスト  $S$   
**Ensure:** 検出ユーザリスト  $U$

```

1:  $U \leftarrow \{\}$  { 検出ユーザリストを初期化 }
2: for all 検知イベント  $p \in P$  do
3:    $t_p \leftarrow p$  の検知時刻
4:    $S_p \leftarrow t_p$  付近のスキャン記録
5:   if  $S_p = \emptyset$  then
6:      $u \leftarrow$  当該時間帯の出席予定者
7:     if  $u \notin A$  then
8:        $U \leftarrow U \cup \{u\}$ 
9:     end if
10:  end if
11: end for
12: for all  $u \in S$  do
13:   if  $u$  の入室記録が当日に存在しない and  $u \notin A$  then
14:      $U \leftarrow U \cup \{u\}$  { 予定があるが未入室のユーザを追加 }
15:   end if
16: end for
17: return  $U$ 

```

Algorithm 1 にスキャン忘れユーザ検出の流れを示す。事前に入退室ログ、欠席通知リスト、当日予定者リストを用意する。検出ユーザリストを定義し初期化する。初期化した検出ユーザリストは空のリストとなる。欠席通知リストは、予定があるが事前に欠席を申請しているユーザを記録したリストである。当日予定者リストは、Google カレンダーに記録している名前から取得する。

PIR センサーログと入退室ログからスキャン忘れユーザを検出する。まず、PIR センサーで検知された時刻から 1 分前もしくは 1 分後にスキャン記録があるかを調べる。スキャン記録がない場合は、欠席通知リストから、欠席申請があるか確認する。欠席申請がなければ、スキャン忘れのユーザとして検出ユーザリストに追加する。また、カレンダーに予定があるユーザを確認し、入室ログに記録がなく、欠席申請もない場合は、検出ユーザリストに追加する。

**3.2 通知フェーズ**

図 4は通知フェーズについて示した図である。

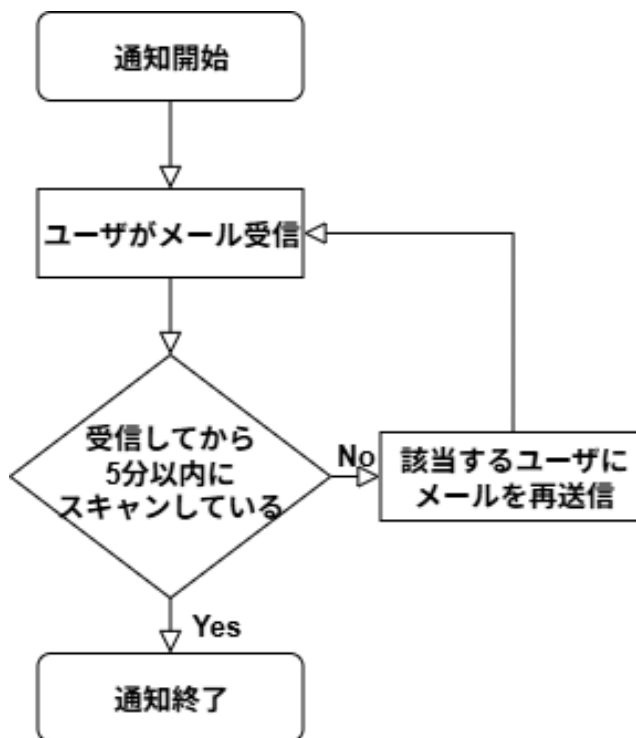


図 4: ユーザへのメール通知

通知フェーズでは、検出されたユーザに対してメールで通知を行い、カードリーダーへのスキャンを促す。スキャン忘れのユーザが検出された場合は、メールを送信する。10分以内にスキャンを行わなければ再度メールで通知を行う。ユーザに対するメールを行う条件は以下の通りである。

- 入室記録はあるが、5時間以上退室記録がない。
- 当日予定があるが入室記録がない

**ユースケース・シナリオ**

図 5は提案を適用した本稿のユースケース・シナリオの図である。

本稿ではユースケースとして、FeliCa に対応したカードリーダーと PC, PIR センサー, モニター, サーバを備えた入退室管理システムを想定する。上記の例として CDSL がある。

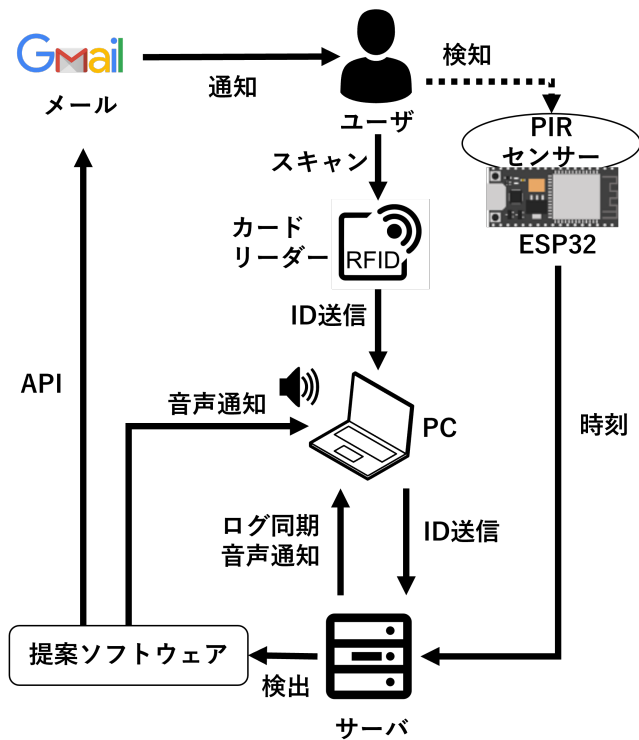


図 5: 提案を適用したユースケースシナリオ

ユーザが CDSL に入室し、IC カードをスキャンをする際に PC に出席予定者の名前表示と音声通知を行う。また、ドア前の PIR センサーが反応した場合、PC の音声通知でスキャンを促す。これにより、ユーザのスキャンをする意識を高め、記録を整合する。

#### 4. 実装

図 6 は実装した入退室管理システムを示した構成図である。

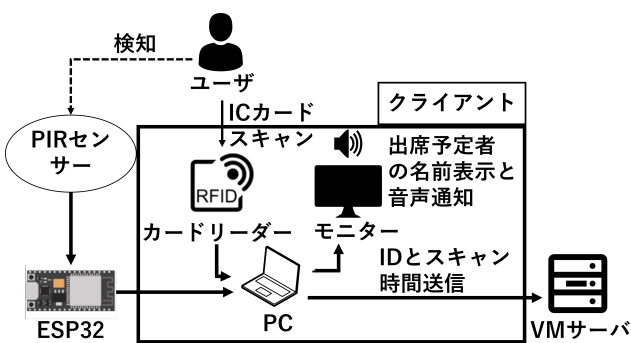


図 6: 入退室管理システムの構成図

サーバとクライアントの実装について説明する。クライアントには、PaSoRi がスキャンした際の情報とセンサーが検知した情報をサーバに送信し、サーバとログの同期を行うプログラムを Python で実装した。また、ローカルでスキャンしたユーザの名前を登録するための csv ファイルを作成した。入退室の状態の切り替えや保持している名前、ID の情報は、サーバで管理している。

詳細な構成としては、サーバには、運用するための `server.py`、入退室やセンサーのログを記録するための csv ファイル、名前や ID を登録するための csv ファイルを置いている。クライアントの PC には、運用するための `client.py`、サーバとログを同期するための csv ファイル、ローカルで運用する際必要になる名前や ID を保存している csv ファイルを置いている。ESP32 では、検知と送信を行うための `main.py` を置いている。

#### 5. 評価実験

評価実験として、PIR センサーと入退室のログから抽出した情報からスキャン忘れだったユーザの記録と実際に目視で確認した記録との一致率を評価する。

##### 実験環境

実験の環境は以下に記述する。

- ESP32  
MicroPython で記述した `main.py` を置いており、PIR センサーの 1 つである HW-416-B を併用している。
- PC  
Python で記述した `client.py` を置いており、PaSoRi と接続している。
- VM サーバ  
Python で記述した `server.py` を置いており、ESXi のハイパーバイザ上で動作している。OS は Ubuntu をインストールしている。

##### 基礎実験

基礎実験では、CDSL の 1 限、2 限の入退室を実際の目視と入退室管理システムのそれぞれで記録した。1 限は 8 時 50 分から 10 時 30 分まで、2 限は 10 時 45 分から 12 時 25 分までの期間である。曜日ごとに 1 限、2 限に来る人が違うので、それぞれの日にちと時間帯で入退室の件数の違いを調べた。それぞれの曜日の予定は表 1 の通りである。

表 1: 曜日ごとの予定の表

	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日
1限(8:50~10:30)	論文輪講会	Cadence	Cadence, 勉強会	Cadence	勉強会
2限(10:45~12:25)	なし	論文輪講会	勉強会	なし	なし

記録内容は、スキャンした時刻と名前、入退室の状態である。実験期間は、月曜日の 7 月 7 日から金曜日の 7 月 11 日の 5 日間である。評価は、実際の目視と入退室管理システムの 2 つの記録から一致率を式 (1) で算出して行った。

$$Mrate = \frac{ERecord}{VRecord} \times 100 \quad (1)$$

以下にそれぞれの意味を示す。

- Mrate: 一致率
- ERecord: 入退室管理システムと実際の記録が一致している件数
- VRecord: 実際の記録の件数

## 実験結果と分析

表 2: 入室の一致率の表

	7月7日	7月8日	7月9日	7月10日	7月11日
一致率(%)	84.62%	64.29%	83.33%	52.63%	63.16%
目視の記録(件)	13	14	18	19	19
目視と一致した記録(件)	11	9	15	10	12

表 3: 退室の一致率の表

	7月7日	7月8日	7月9日	7月10日	7月11日
一致率(%)	100.00%	55.56%	80.00%	66.67%	33.33%
目視の記録(件)	13	9	10	12	12
目視と一致した記録(件)	13	5	8	8	4

表 2と表 3は7月7日から7月11日までの5日間のそれぞれの入退室の記録と一致率をまとめた表である。実際の目視での記録の件数は、入室が7月7日は13件、7月8日は14件、7月9日は18件、7月10日は19件、7月11日は19件であった。そのうち、ICカードのスキャンによる記録と整合している件数は、7月7日は11件、7月8日は9件、7月9日は15件、7月10日は10件、7月11日は12件であった。また、退室の目視の記録の件数は、7月7日は13件、7月8日は9件、7月9日は10件、7月10日は12件、7月11日は12件であった。そのうち、ICカードのスキャンによる記録と整合している件数は、7月7日は13件、7月8日は5件、7月9日は8件、7月10日は8件、7月11日は4件であった。式(1)で算出した入室の一致率は、7月7日が約84.62%、7月8日が約64.29%、7月9日が約83.33%、7月10日が約52.63%、7月11日が約63.16%であった。退室の一致率は、7月7日が100.00%、7月8日が約55.56%、7月9日が80.00%、7月10日が約66.67%、7月11日が約33.33%であった。7月7日の退室の記録の一致率が100%であり、その他の記録の一致率は100%ではない。結果から、スキャン忘れがあることがわかった。

図 7は、7月7日の時間帯ごとの入退室件数のグラフである。7時と9時は入退室は0件だった。10時には退室が2件、11時には入退室がどちらも5件だった。12時には入室が2件で退室が1件だった。8時は入室が最も多く、12時には最も少なかった。

図 8は7月8日の時間帯ごとの入退室件数のグラフであ

7月7日の入室と退室

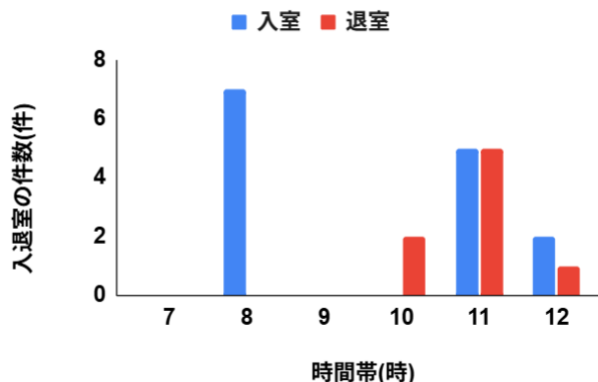


図 7: 7月7日の時間帯ごとの入退室件数

7月8日の入室と退室

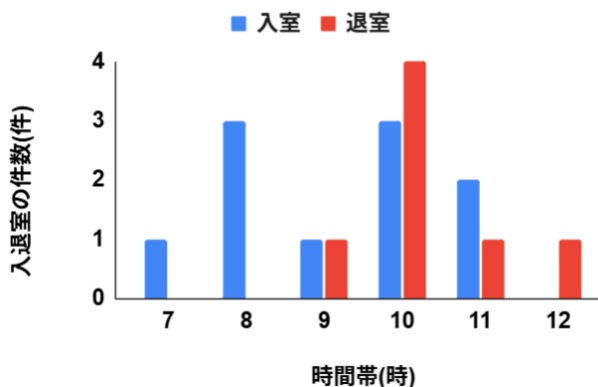


図 8: 7月8日の時間帯ごとの入退室件数

る。7時には入室が1件、8時には入室が3件、9時には入退室がどちらも1件、10時には入室が3件、退室が4件、11時には入室が2件で退室が1件、12時には退室が1件だった。8時と10時が最も入室が多く、10時に退室が最も多かった。

図 7と図 8の結果から、どちらも入室が最も多いのは8時であることが共通しており、表 1から読み取ったことは、1限の論文輪講会や Cadence に参加するための人が多い。また、7月7日に比べて7月8日の9時と10時に入室があるのは、2限の論文輪講会に参加する人がいるためである。

## 6. 議論

本稿では、ICカードのスキャンによる入退室管理システムの記録と実際の記録の整合を目的とした。しかし、提案では入退室ログからスキャン忘れのユーザを検出しているため、そもそものログがとれていなければ意味がない。そこで、Wi-Fi スニффングで MAC アドレスと RSSI 値を検出し、入退室の状態を推定することで一致率を上げることができる [16]。

本稿では、PIR センサーによる検知は行っているが、個

人の特定はしていない。そこで、Wi-Fi の認証ログを使用することでユーザのスマートフォンや PC が Wi-Fi に接続する際に記録される MAC アドレスや ID, 日時から誰がいついたかを確認できる [17]。CDSL の Wi-Fi に接続できる範囲の距離から、誰が入室や退室を行ったのかを確認することができる。この技術によってスキャン忘れを補足し、一致率を上げることができる。

## 7. おわりに

課題は、IC カードのスキャンをユーザが忘れ、記録が残らないことである。提案は、入退室ログからスキャン忘れのユーザを検出する手法である。評価実験では、実際の記録と提案を適用した際の記録の時刻, 名前, 入退室の状態の一致率を算出する。基礎実験では、CDSL の 1 限, 2 限の入退室を目視と入退室管理システムの記録を行った。結果として、入室の一致率は、7 月 7 日が約 84.62 %, 7 月 8 日が約 64.29 %, 7 月 9 日が約 83.33 %, 7 月 10 日が約 52.63 %, 7 月 11 日が約 63.16 % であった。退室の一致率は、7 月 7 日が 100.00 %, 7 月 8 日が約 55.56 %, 7 月 9 日が 80.00 %, 7 月 10 日が約 66.67 %, 7 月 11 日が約 33.33 % であった。7 月 7 日の退室の記録の一致率が 100 % であり、その他の入退室の記録の一致率は 100 % ではないので、結果からスキャン忘れがあることがわかった。

## 参考文献

- [1] Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M. and Khan, A. A.: A review and state of art of Internet of Things (IoT), *Archives of Computational Methods in Engineering*, pp. 1–19 (2021).
- [2] Shirakawa, Y.: JR East contactless IC card automatic fare collection system "Suica", *7th IEEE International Symposium on High Assurance Systems Engineering, 2002. Proceedings.*, pp. 3–10 (online), DOI: 10.1109/HASE.2002.1173094 (2002).
- [3] Knapp, H. and Romagnoli, G.: RFID systems optimisation through the use of a new RFID network planning algorithm to support the design of receiving gates, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 34, No. 3, pp. 1389–1407 (2023).
- [4] Preradovic, S., Karmakar, N. C. and Balbin, I.: RFID Transponders, *IEEE Microwave Magazine*, Vol. 9, No. 5, pp. 90–103 (online), DOI: 10.1109/MMM.2008.927637 (2008).
- [5] Tao, C.: Campus network-based non-contact IC card room management system design, *MSIE 2011*, pp. 1122–1125 (online), DOI: 10.1109/MSIE.2011.5707614 (2011).
- [6] Vikram, N., Harish, K., Nihaal, M., Umesh, R. and Kumar, S. A. A.: A Low Cost Home Automation System Using Wi-Fi Based Wireless Sensor Network Incorporating Internet of Things (IoT), *2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*, pp. 174–178 (online), DOI: 10.1109/IACC.2017.0048 (2017).
- [7] Wang, F.: Neuro-WiFi: A novel neuronal connection underlies the potential interventional target, *Science Insights*, Vol. 43, No. 6, pp. 1179–1196 (2023).
- [8] Thaleparambil, N., Biju, A. and Prathap, B.: Integrated Automated Attendance System with RFID, Wi-Fi, and Visual Recognition Technology for Enhanced Classroom Security and Precise Monitoring, *2024 IEEE International Conference on Contemporary Computing and Communications (InC4)*, Vol. 1, pp. 1–6 (online), DOI: 10.1109/InC460750.2024.10649192 (2024).
- [9] Kim, K.-H. and Han, D.-S.: Performance and scalability analysis on client-server workflow architecture, *Proceedings. Eighth International Conference on Parallel and Distributed Systems. ICPADS 2001*, pp. 179–186 (online), DOI: 10.1109/ICPADS.2001.934817 (2001).
- [10] Usagawa, T., Nakashima, Y., Chisaki, Y., Nagai, T. and Kita, T.: An attendance management system for Moodle using student identification card and Android device, *Proceedings of International Conference on Information, Communication Technology and System (ICTS) 2014*, pp. 199–204 (online), DOI: 10.1109/ICTS.2014.7010583 (2014).
- [11] Yoon, D.: The trend and user behaviors of Japan's IC-Card system, *2009 International Waveform Diversity and Design Conference*, pp. 183–187 (online), DOI: 10.1109/WDDC.2009.4800341 (2009).
- [12] Sahoo, K. C. and Pati, U. C.: IoT based intrusion detection system using PIR sensor, *2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information Communication Technology (RTEICT)*, pp. 1641–1645 (online), DOI: 10.1109/RTEICT.2017.8256877 (2017).
- [13] Babiuch, M., Foltýnek, P. and Smutný, P.: Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing, *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, pp. 1–6 (online), DOI: 10.1109/CarpathianCC.2019.8765944 (2019).
- [14] Lukas, S., Mitra, A. R., Desanti, R. I. and Krisnadi, D.: Student attendance system in classroom using face recognition technique, *2016 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, pp. 1032–1035 (online), DOI: 10.1109/ICTC.2016.7763360 (2016).
- [15] Nuhi, A., Memeti, A., Imeri, F. and Cico, B.: Smart Attendance System using QR Code, *2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, pp. 1–4 (online), DOI: 10.1109/MECO49872.2020.9134225 (2020).
- [16] Li, Y., Barthelemy, J., Sun, S., Perez, P. and Moran, B.: A Case Study of WiFi Sniffing Performance Evaluation, *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 129224–129235 (online), DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3008533 (2020).
- [17] Yuan, Y., Zhu, L. and Joshi, M.: A hierarchical Wi-Fi log data processing framework for human mobility analysis in multiple real-world communities, *Travel Behaviour and Society*, Vol. 39, p. 100985 (2025).