

## 位置情報を用いた教育支援システム Education Support System using Location Information

関口 遼一<sup>†</sup> 渡邊 勇輝<sup>†</sup> 川勝 真喜<sup>†</sup> 大山 実<sup>†</sup>  
Ryoichi Sekiguchi Yuki Watanabe Masaki Kawakatsu Minoru Ohyama

### 1. はじめに

教育現場の ICT 化が進んでいる[1]. それにより, キャンパス内における Wi-Fi 環境の整備が進み, 学生のモバイル端末保有率も増加している. それらを利用した新しい教育支援システムが開発され, 用いられている[2][3][4]. その中には位置情報を用いたものも多くあり, 学生の出席管理や見守り等に用いられている.

屋外では位置測位に GPS が主に使われている. しかし, 屋内では GPS の電波が減衰してしまい, 十分な精度で位置情報を得ることができない. 屋内でも正しく位置を測位できることで, これまでより幅広く様々な教育システムを開発することができる. 屋内における位置測位には, Wi-Fi や BLE ビーコン, IC タグなどを使用した研究が行われている[4][5].

本研究では, 屋内位置測位を用いた教育支援システムの開発を行なう. 具体的には, 出席管理システムと教室間移動タイミング通知システムの 2 つである. 屋内測位は, 東京電機大学北千住キャンパスにすでに設置されている Wi-Fi を用いて行なう.

提案する出席管理システムは, 教員の出席をとる手間を省き, 学生の講義時間内の継続した出席管理を行なうことができる. 評価実験として, 他種類の端末でそれぞれ出席が確認されるまでの時間計測に加えて, 実験に使用したサーバーが同時に処理できるリクエストの上限を調べた.

教室間移動タイミング通知システムは, 主に大学生が講義の開始時刻を忘れることなく出席するためのものである. スマートフォンに搭載されているセンサで推定される移動状態と屋内測位を用いて, あらかじめ講義教室までの移動時間を計測しておく. この移動時間を考慮して, 講義が始まる前の移動を促すプッシュ通知の出すタイミングを, 現在位置に応じて変更するものである. これにより, 講義に遅れることや通知が早すぎて無視してしまうことを防ぐことができる. 評価実験として, センサと屋内測位で正しく移動状態が推定できているかを検証した. さらに, 講義開始前のプッシュ通知が適切な時間に出るかを検証した.

### 2. 関連研究・システム

出席管理に関する従来研究・システムを紹介する.

「レスポ」[6]は, 株式会社レスポが開発した教育支援アプリである. 「レスポ」の機能の一つに出席管理がある. レスポのスマートフォンアプリが GPS から位置情報を取得し, 教室にいるかを判定するというものである.

「Campus eMe」[7]は GPS と Bluetooth ビーコンを組み合わせで出席管理を行なう富士通が開発したアプリである. 岩手大学や長崎県立大学などが導入している. 教室に設置したビーコンと Bluetooth で通信して出欠を把握するシステムである. したがって, GPS がオフになっていても出席管理を行なうことができる.

青木ら[8]は, 授業開始時と終了時の両方で学生証を IC カードリーダーで読み取り, 出席・遅刻・早退・欠席を判定するシステムを構築した.

桶ら[9]は, 教室に提示された QR コードをスマートフォンにより読み取ることで, 出席管理を行なうシステムを構築した.

増田ら[10]は, 携帯端末の Bluetooth 機能を用いた出席管理システムを構築した. これは, 基準端末と呼ばれる端末を, あらかじめ教卓周辺に置いておき, 学生が所持している携帯端末をかざすというものである. 基準端末は, 周囲の検出可能範囲にある全ての携帯端末の電波強度を一定時間ごとに繰り返し測定する. そして最も電波強度の強い携帯端末を, 基準端末にかざされたものとして認識する.

従来研究, システムには以下のような問題点がある. レスポのように GPS を用いた出席管理を行なうと, 学校内の教室を特定できないので教室内にいなくても, 学校内にいれば出席とみなされてしまう. さらに, パソコンやタブレットなど GPS がついていない機種では, システムを利用することができない. そして, Campus eMe で使われている Bluetooth ビーコンは, 設置する手間やコストがかかってしまう. もちろん, Bluetooth センサがついていない端末ではシステムを利用することができない. [8], [9], [10]のシステムでは「かざす」という操作が必要なので, 多くの人数が参加する授業では, 全員の出席確認を終えるまでに時間がかかってしまう. さらに, 授業開始時と終了時と 2 回確認を行なっても, 授業中継続して教室にいたということは判別できない.

次にスケジュール通知に関する従来研究・システムを紹介する.

Google カレンダー[11]は, Google の開発したスケジュール管理アプリである. Microsoft の開発した Outlook[12]にはスケジュール管理機能がある. それらには, 登録されたスケジュールの事前通知機能がある. 事前通知時間を設定することで, そのスケジュールの通知をスマートフォンで受けることができる. しかし, この事前通知時間はユーザーが一律に固定時間を設定するものであり, ユーザーの現在位置を考慮したものではない. 現在位置によっては, あらかじめ決めた事前通知時間では通知が遅すぎたり早すぎたりすることがある.

本研究では, 多くのスマートフォン, タブレット, そしてパソコンでも使える Wi-Fi を用いて屋内測位を行なうことにした. Wi-Fi 環境は, 多くの教育現場に整備されてきている. 屋内測位を用いたこれまでより精度が高く, 授業時間内の持続的な出席管理を行なうシステムと, 屋内位置情報を考慮した教室移動タイミング通知システムから構成される教育支援システムを開発した.

<sup>†</sup> 東京電機大学 Tokyo Denki University

### 3. 位置推定

#### 3.1 推定手法

本研究では、屋内測位の手法として Wi-Fi Finger Printing 法を用いた。Wi-Fi Finger Printing 法は、準備として現在位置を登録し、その場所で取得できる Wi-Fi AP (アクセスポイント) とその電波強度の情報を大量に取得して、DB を作成する。ユーザーは、ある場所ですら場で取得できる Wi-Fi AP 情報を、予め格納されている DB 情報とマッチングすることによって自分の位置情報を知ることができる。

東京電機大学北千住キャンパス 2 号館 2 1 部屋、5 号館 6 6 部屋の計 8 7 部屋で Wi-Fi データを事前に収集した。図 1 に東京電機大学北千住キャンパスの全体図、図 2 に 5 号館 4 階のフロア図を示す。Wi-Fi データは 1 部屋につき 4 隅と中央それぞれ 1 0 0 回、計 5 0 0 回収集した。収集に使用した端末を表 1 に示す。

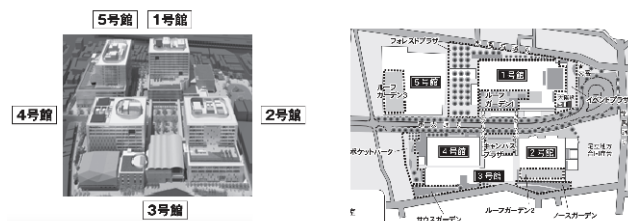


図 1 東京電機大学北千住キャンパス全体図

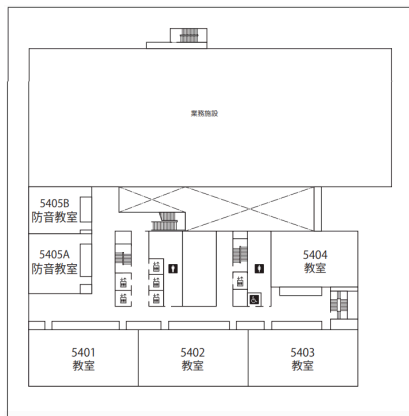


図 2 5 号館 4 階のフロア図

表 1 Wi-Fi データ収集に使用した端末

VAIO S11(2015)	MacBook Pro Mid2012
Arrows M04	Xperia A4
Nexus7(2012)	Kindle Fire HD(7 世代)
Nexus5X	

#### 3.2 システム

収集データに機械学習を行ない学習モデルの作成をした。機械学習には SVM を用いた。サーバーを用意し、クライ

アント端末から送られてきた Wi-Fi 情報と DB 情報をマッチングし、現在いる部屋を予測することで、その結果を返却する。

#### 3.3 評価

学習モデルの評価のために、10 分割交差検証を行なった。検証結果は 99.2% を示した。

### 4. 出席管理システム

従来の「かぎす」操作での出席管理は、多人数の講義では時間がかかる。そのため、講義に使える時間が少なくなってしまう。GPS による出席管理では、屋内での高精度での位置測位ができないため、教室内にいなくても学校にさええすれば出席と判定されてしまう。そこで、本研究では Wi-Fi 屋内測位を用いた出席管理システムを構築した。

#### 4.1 システム構成

本出席管理システムは、ユーザーの端末から講義開始から終了まで Wi-Fi 情報を定期的に取得する。その Wi-Fi 情報をサーバーへ送り、返却値 (学生の位置情報) から学生が出席しているかどうかを教員が確認できる。図 3 に出席管理システム構成図を示す。

本システムは、多人数の講義でも短時間で出席管理ができる。また、講義時間の継続した出席管理も可能である。教員は、出席状況を即座に確認できる。評価として、Windows と Android で出席確認を行なった。Windows では講義教室内の座席に自由に座り、パソコン起動からスタートアップに登録した出席管理アプリによる出席確認までの時間を計測した。Android では、講義教室に入ってから常時起動している出席管理サービスによる出席確認までの時間を計測した。各端末で 20 回計測し、その平均時間を算出した。結果を表 2 に示す。

Android は常時起動しているので 0 秒に対し、Windows ではパソコンの起動時間がかかるので機種別の性能によって異なるが、どれも数 10 秒要する。

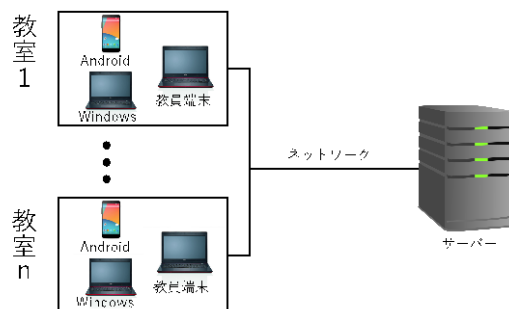


図 3 出席管理システム構成図

表 2 各端末の出席確認までの平均時間

端末名	平均時間 (秒)
VAIO-S11(2015)	38.6
DynabookT75/TB	82.2
Nexus5X	0.0
Nexus7(2012)	0.0
XperiaA4	0.0
Kindle Fire HD(7 世代)	0.0

## 4.2 評価実験

評価実験として、多くの学生が同時に出席すると仮定して、何人までが同時に利用できるのかを調査した。サーバーに使用したパソコンの仕様を表3に示す。今回の実験方法は、4台の MacBook Pro を使って5秒毎にサーバーへのリクエストを10ずつ増やしていき、サーバーからの返答がリクエストそれぞれにあるかを確認する。返答が来なくなるまでリクエストを増やし、サーバーへの同時接続数の限界を調べる。

表3 サーバーに使用したパソコンの仕様

OS	Windows10 Home
CPU	Core i7-6700 3.40GHz
メモリ	8GB

結果として、850のリクエストを同時に処理することができた。それ以上のリクエストを送信すると、サーバーからの返答が10秒以上と遅くなってきてしまうことを確認した。サーバーに使用したパソコンのCPU使用率が高くなっていることから、サーバーの処理が追いつかなくなっていると考えられる。さらに多人数の学生に対応する場合には、サーバーの処理を分散させることや、CPUの性能を上げるといった対策を考える必要がある。

## 5. 教室移動タイミング通知システム

大学生は、週に多くの講義を受講している。一日の講義と講義の間には、長く時間が空くことがあり学生は Google カレンダーや Outlook で講義スケジュールを管理するという工夫をしている。

Google カレンダーは、事前通知時間を設定することで、スケジュールの通知をスマートフォンで受けることができる。しかし、この事前通知時間はユーザーが一律に固定時間を決めるものであり、ユーザーの現在位置を考慮したものではない。現在位置によっては、あらかじめ決めた事前通知時間では通知が遅すぎたり早すぎたりすることが考えられる。

そこで本研究では、Google カレンダーに登録されたスケジュールを現在位置に応じて通知をする Android 端末用の教室移動タイミング通知システムを構築した。

### 5.1 システム構成

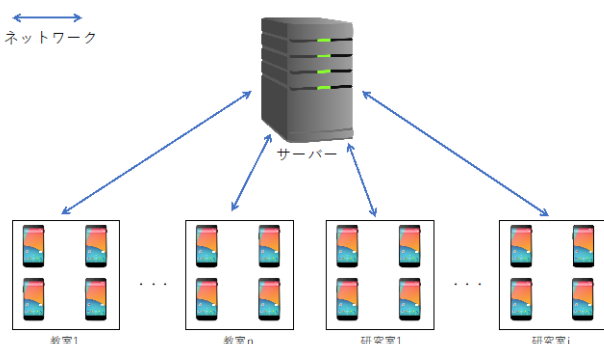


図4 教室移動タイミング通知システム構成図

本教室移動タイミング通知システムは、Google Calendar

API を用いて取得したユーザーの講義スケジュールを、Wi-Fi屋内測位より得られる現在位置に応じて事前通知をする。図4に教室移動タイミング通知システム構成図を示す。

#### 5.1.1 移動所要時間の計測

現在位置を考慮した事前通知をするには、まず教室間の移動時間を計測する必要がある。表4に示すような教室・研究室間の移動時間をユーザーが無意識に自動で収集することを考える。

表4 教室・研究室間の移動時間

	A 教室	B 教室	C 研究室
A 教室		3分23秒	6分2秒
B 教室	3分45秒		6分23秒
C 研究室	5分40秒	6秒32秒	

移動所要時間データ収集のアルゴリズムを説明する。移動時間とは、現在いる場所（停止状態）から目的地で停止した状態までの時間とする。この時間を測定するために、移動状態を推定する必要がある。そこで、1秒毎に図5に示す処理を行ないユーザーの移動状態を推定する。ユーザーの移動状態は、停止「Stop」、歩き「Moving」、エレベーターまたはエスカレーター昇降「Elevator or Escalator」の3つとした。ここで、移動中かどうかかわれば良いので、歩きと階段は同一の状態とした。スマートフォンの加速度センサと気圧センサから移動状態を推定することで、移動中の位置測位を行なう頻度を減らすことができる。それにより、サーバーの負荷を減らすことができる。

停止した状態で屋内測位を行なったら、その結果が Google カレンダーに登録された講義スケジュールの「場所」であるかを判定する。結果が講義スケジュールの「場所」と同じでなければ、その屋内測位結果を出発地点として登録する。結果がその「場所」と同じであれば到着地点として登録し、出発地点として登録した部屋が最後に屋内測位の結果として取得された時間からの経過時間を所要時間データとして記録する。その際には、秒の単位を30秒以上の場合1分繰り上げて、分の単位のみ記録する。Google カレンダーには秒単位での事前通知機能はないためである。

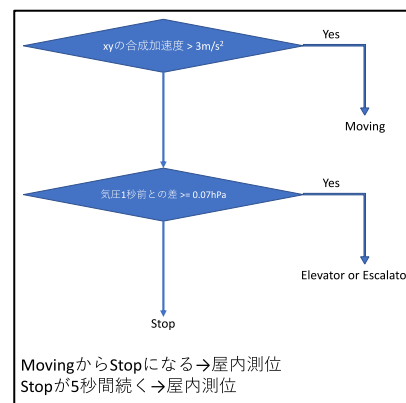


図5 移動状態推定アルゴリズム

#### 5.1.2 通知タイミング計算

移動所要時間データから通知タイミングを算出し、事前通知をするアルゴリズムを説明する。ユーザーは事前に講義の何分前に講義教室へ到着したいかをオフセットとして

登録しておく。屋内測位を行ない、ユーザーの現在位置を取得する。次に、移動所要時間データから出発地点がユーザーの現在いる部屋であるもののみを抽出し、それらから移動所要時間の平均を算出する。このとき、小数点以下は四捨五入する。この時間にオフセットを足した時間を講義開始時間から引いた時刻に Android のプッシュ通知を出す。

## 5.2 評価実験

一つ目の評価実験として、開発した移動状態推定アルゴリズムが正しく動作するかを調べた。今回の実験では、5号館の10階の情報通信サービス研究室から、2号館3階の2302室まで移動した。使用した端末は Nexus5X で、端末をズボンの前ポケットに入れ、移動状態の推定を行なった。

結果として、移動状態の推定を正しく行なうことができた。しかし、Stop が5秒間続いたところで屋内測位をするエレベータ待ちや、混雑しているところで立ち止まっているときに屋内測位をしてしまうことがあった。この解決方法としては2つ挙げられる。一つは、エレベータの待ち時間が30秒程度であるとして、Stop が30秒続いたら屋内測位をするように変更することである。もう一つは、出発地点となり得る場所を予め登録しておくことである。そうすることで、エレベータ前で屋内測位をして、本来の出発地点が上書きされることはなくなる。Stop がどのくらい続いたら屋内測位をするのか、出発地点を予め登録するかを検討する必要がある。

二つ目の評価実験として、Google カレンダーに登録した講義スケジュールが適切に事前通知されるかを調べた。使用した端末は Nexus5X である。講義教室は2号館3階の2302室として、出発地点は5号館10階の情報通信サービス研究室とした。事前に本システムのアルゴリズムで蓄積した教室間移動時間のデータの一部を表5に示す。

表5 情報通信サービス研究室—2302室の移動時間

情報通信サービス研究室—2302室	3分33秒41
2302室—情報通信サービス研究室	4分6秒61
情報通信サービス研究室—2302室	3分28秒64

表5の3つの計測時間は、端末には蓄積データとして、それぞれ4分、4分、3分と記録された。事前通知タイミングはこれらを含む蓄積データから平均を求めて、それにオフセットを足した時間を講義開始時間から引いた時刻に通知が来る。蓄積データの平均時間は3分30秒であった。この場合、平均時間は4分となる。講義教室へは5分前に着きたいので、オフセットを5分とした。つまり、事前通知は講義開始時刻の9分前に来ることになる。

9分前に事前通知が来て情報通信サービス研究室から2302教室へ行ったところ、3分43秒かかった。2302教室へは講義開始前に着くことができた。本システムの事前通知は適切に行われたと言える。

## 6. まとめ

今回は位置情報を用いた教育支援システムとして、出席管理システムと教室移動タイミング通知システムの開発を行なった。

出席管理システムでは、多人数での同時接続を可能とすることができた。より多くの接続数を実現するにはCPUの性能を上げたり、サーバーの数を増やしたりする必要があると考える。

教室移動タイミング通知システムでは、Google カレンダーを利用した屋内での講義スケジュールの移動時間を考慮した事前通知を行なうことができた。移動時間は、ユーザーの無意識にスマートフォンのセンサと屋内測位を用いて記録することができた。この機能は、教員の学内での会議にも使用することができる。さらに、教育以外でも応用が効く。会社の会議の事前通知をすることができたり、移動状態の履歴からエレベータの混雑する時間帯を分析し、会議の終了時間をずらしたりすることが可能となる。屋外にも拡張することで、屋外での移動時間も考慮した事前通知を行なうことができる。

今後、教室移動タイミング通知システムは、屋外からでも事前通知ができる機能の追加を行なう。

## 参考文献

- [1] 文部科学省，“平成30年度以降の学校におけるICT環境の整備方針について”，[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2017/12/26/1399908\\_01\\_3.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/12/26/1399908_01_3.pdf), 2018-12-18 参照
- [2] マピオン・アクティブラーニングマップ [http://blog.mapion.co.jp/release/2016/10/161012\\_30577.html](http://blog.mapion.co.jp/release/2016/10/161012_30577.html), 2019-6-20 参照
- [3] ここココ <https://co4.bitpark.co.jp/column/school-demo.html>, 2019-6-20 参照
- [4] Suining He and S.-H. Gary Chan, “Wi-Fi Fingerprint-Based Indoor Positioning: Recent Advances and Comparisons”, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 18, NO. 1, FIRST QUARTER 2016
- [5] Pavel Davidson and Robert Piché, “A Survey of Selected Indoor Positioning Methods for Smartphones”, IEEE Communications Surveys & Tutorials (Volume: 19, Issue: 2, Secondquarter 2017)
- [6] レスポン <https://respon.jp/>, 2018-12-18 参照
- [7] Campus eMe <https://www.zaikei.co.jp/article/20180103/20419552.html>, 2018-12-18 参照
- [8] 青木茂樹, 他, “出席管理システムの開発・運用と利用状況解析”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J97-D, No.5, pp.1053-1057, 2014
- [9] 桶敏, 他, “出席管理システムの開発”, 石川県立大学年報: 生産・環境・食品:バイオテクノロジーを基礎として, 2015年 2014 巻 pp. 58-65,
- [10] 増田進也, 他, “携帯端末の Bluetooth 機能を用いた出席管理システム”, 第78回全国大会講演論文集, 2016, 1, 639-640, 2016-03-10,
- [11] Google カレンダー <https://calendar.google.com>, 2019-6-21 参照
- [12] Outlook, <https://outlook.office.com/>, 2019-6-21 参照
- [13] 関口遼一, 渡邊勇輝, 大山実, “Wi-Fi 屋内測位を用いた教育支援システム” 2019年電子情報通信学会総合大会 D-15-13, 2019