

# 既存 WiFi アクセスポイントからの受信電波強度を用いた在室人数推定

吉田 拓矢† 谷口 義明†

†近畿大学理工学部情報学科

## 1 はじめに

公共施設や商業施設などにおけるマーケティングや施設管理などの目的で、あるエリア内の人の数や混雑度を求めたいという要求がある。このような場面で通常行われる手動による計測は、人件費が高く、非常に混雑した環境下においては精度が低下する問題がある。そこで、計測を自動化する技術が注目を集めており、カメラなどのセンサを用いる手法や、人が持つ RFID やスマートフォン等の機器を利用する方法等さまざまな人数計測手法が提案されている。一方、近年電波を使った人の行動センシングが注目されている。特に、近年普及が進んでいる WiFi 電波を用いて、侵入者の検知、人の活動範囲の検出、人の脈拍や呼吸数などを計測する検討も着目されつつある [1]。

我々の研究グループでは、図 1 に示すように、既設の WiFi 対応機器における、既設 WiFi アクセスポイントからの信号の受信電波強度を人数計測用端末に収集し、その情報のみを用いて、エリア内の人の数を推定する手法を検討している [2]。本研究では、人が RFID 等の特殊な計測用機器やスマートフォンを持つことを前提としていない。また、既設の WiFi 対応機器を人数推定に流用することを想定している。そのため、追加の設備投資が抑えられる。

本稿では、実験により、提案する人数推定手法の評価を行う。実験では、アクセスポイントとして、近畿大学知的通信網研究室で実際に使用されている市販の WiFi アクセスポイントを用いる。WiFi 対応機器としては、本稿では基礎評価のため、複数台の計測専用の小型機器 Raspberry Pi を室内の定位置に設置して用いる。さらに、構築した実験環境を用いて得られた測定データを用いて、提案手法の精度の評価を行う。

## 2 人数推定手法

本章では提案手法の概要を述べる。手法の詳細は文献 [2] を参照されたい。提案手法では、1 台の WiFi アクセスポイントと  $N$  台の WiFi 対応端末（以降、単に端末）が固定されている屋内環境を想定する。端末としては、例えば、ノートパソコン、テレビ、プリンタ、タブレット等が考えられる。端末で測定した受信電波強度に関する情報は、一定間隔ごとに、専用の端末ないしはサーバ（以降、人数推定用端末）に収集され、人数推定用端末上で在室人数推定が行われる（図 1）。

人数推定用端末では、収集した受信電波強度データに対して、まず、外れ値を除去する前処理を行う。そ

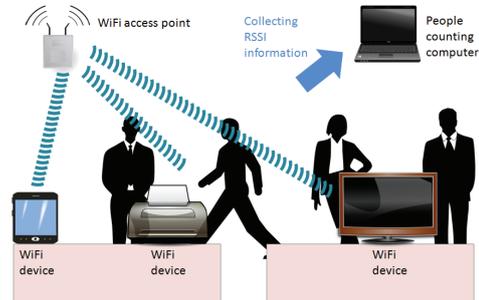


図 1: 想定環境

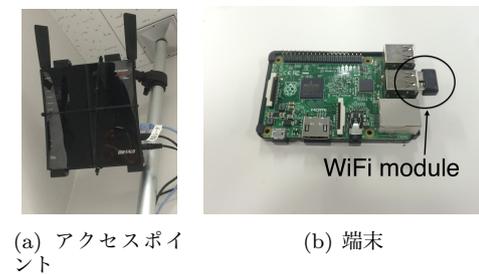


図 2: 使用機材

の後、回帰式を用いて計測区間における在室人数推定を行う。回帰式の係数は、事前学習により取得しているものと仮定する。なお、回帰手法としては、サポートベクター (SVR) 回帰を用いる。サポートベクター回帰は、サポートベクターマシン (SVM) を回帰分析に拡張した学習モデルの一つである。SVR はカーネル関数を適用することで非線形の回帰モデルを構築することができる。カーネル関数にはガウシアンカーネル (RBF カーネル) を使用する。本稿ではガウシアンカーネルの決定境界に関するパラメータである  $\sigma$  に 0.08 を用いる。

## 3 実験評価

### 3.1 実験環境

提案手法を検証するために、近畿大学東大阪キャンパス 38 号館知的通信網研究室に実験環境を構築した。実験では、アクセスポイントとして、一般家庭向けの Buffalo 製 WZR-300HP を使用した（図 2(a)）。端末としては、基礎評価のため、計測専用の Raspberry Pi 2 Model B に WiFi モジュール Buffalo 製 WLI-UC-GNM2 を取り付けられたものを 10 台設置した（図 2(b)）。図 3 に、室内の什器レイアウトおよびアクセスポイントおよび端末の設置レイアウトを示す。なお、計測地点 B、計測地点 C、計測地点 D には上部、中部、下部に 3 台ずつの端末が設置されており、計測地点 A には

Counting people using existing WiFi access point in indoor environment

†Takuya Yoshida †Yoshiaki Taniguchi

†Faculty of Science and Engineering, Kindai University

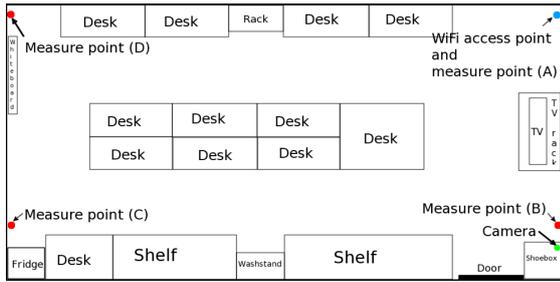


図 3: 室内レイアウト

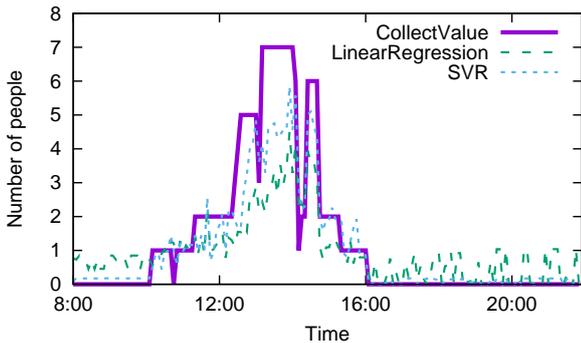


図 4: 正解値と推定値の変化

中部にのみ端末が設置されている。在室人数の正解値は、目視により取得した。

評価においては、実験期間中に特に人の出入りが多かった3日分(2015年6月2日, 6月11日, 6月16日)のデータを用いて、回帰式および回帰モデルを導出した。その後、1日分(6月18日)のデータを用いて、推定手法の検証を行った。また、推定手法の精度を評価するために、正解率、平均絶対誤差(MAE)、平均相対誤差(MRE)を求めた。

### 3.2 評価結果と考察

図4に提案手法(SVR手法)の推定値と正解値を示す。比較の対象として、線形回帰手法を用いた場合の推定値を示している。また、正解率、平均絶対誤差、平均相対誤差を表1に示す。結果より、線形回帰手法よりも、提案手法の方が正解率が高く、平均絶対誤差、平均相対誤差が低いことがわかる。これは、人数と受信電波強度の関係が非線形であることを表している。

次に、学習データ量と推定精度の関係性を確認するために、1日分、2日分、3日分の計測で得たデータをそれぞれ学習データとした場合の推定精度を評価した。その場合の正解率、平均絶対誤差、平均相対誤差を表2に示す。結果より、学習データが多いほど推定精度が高くなることを示している。

最後に、計測位置と推定精度の関係性を示すために、一部の端末のデータのみを用いて人数推定を行った。計測地点A(1台)、計測地点B(3台)、計測地点C(3台)、計測地点D(3台)、上部(3台)、中部(4台)、下部(3台)のそれぞれに設置された端末のみを用いた場合の人数推定を行った。その場合の正解率、平均

表 1: 推定結果

	正解率	MAE	MRE
線形回帰手法	0.455	0.893	0.383
SVR手法	0.772	0.471	0.298

表 2: 学習データ量別の推定結果

	正解率	MAE	MRE
1日分	0.072	2.235	0.741
2日分	0.102	1.596	0.629
3日分	0.503	0.684	0.371

表 3: 人数推定に用いる端末別の推定結果

	正解率	MAE	MRE
全端末	0.503	0.684	0.371
計測地点 A	0.150	1.755	0.508
計測地点 B	0.120	1.455	0.682
計測地点 C	0.174	1.372	0.446
計測地点 D	0.527	0.802	0.468
上部	0.593	0.765	0.427
中部	0.156	1.518	0.529
下部	0.198	1.720	0.540

絶対誤差、平均相対誤差を表3に示す。結果より、一部の端末のみを用いることにより、全ての端末を用いる場合よりも正解率が高くなる場合があることが分かる。計測地点Dにある端末や上部にある端末を用いることにより正解率が高くなった。一方で、平均絶対誤差、平均相対誤差は、全端末を用いる場合が最も低くなった。

## 4 おわりに

本稿では、室内に設置された端末における既存 WiFi アクセスポイントからの受信電波強度のみを用いた在室人数推定の評価を行った。提案手法を検証するために、近畿大学知的通信網研究室に、受信電波強度測定実験環境の構築を行った。また、実験データを用いて、学習データの量や計測に用いる端末と推定精度の関係を検証した。今後の課題としては、精度が収束するために必要な学習データ量の検証、周波数帯等の使用する WiFi 技術を変えた場合の検証、がある。

## 参考文献

- [1] S. Depatla, A. Muralidharan, and Y. Mostofi, "Occupancy estimation using only WiFi power measurements," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2015, to appear.
- [2] T. Yoshida and Y. Taniguchi, "Estimating the number of people using existing WiFi access point in indoor environment," in *Proceedings of ECCS 2015*, Nov. 2015, pp. 46–53.