

Wi-Fi パケットセンサとクラスター分析を用いた 屋内での混雑度推定手法

Congestion Degree Estimation System using Wi-Fi and Cluster Analysis

荻原 崇[†] 諏訪 敬祐[†]

東京都市大学 環境情報学部[†]

1. はじめに

2011年に起きた東日本大震災や2020年に東京オリンピックが開催されることになったなど、屋内・地下での混雑度を推定するシステムの需要が高まっている。

実際にJR東日本から山手線の電車内の混雑度を知ることができる「JR東日本アプリ」が、各観光地の混雑度をWebから確認できる「混んでる?.com」がそれぞれ公開され、多くのユーザーから利用されている。今後もこのような混雑度推定システムが公開、利用されていくと考えられている。

本研究では、Wi-Fi パケットセンサとクラスター分析を用いた混雑度推定手法の検討と提案を目的とする。具体的にはモバイル端末が放出するプローブ要求をキャプチャし、RSSI(受信信号強度)の揺れをクラスター分析する。そうして「範囲内にどの程度のグループ(集団)が存在するか」を分析し、範囲内に存在するテーブル数などと関連付けすることで混雑度推定手法の実質的検証を行う。

2. 既存研究

既存研究の一つとして、中村ら(2008)^[1]が行った、二酸化炭素の濃度によって電車内の混雑度を推定する研究がある。デバイスなどの特別な端末を必要とせず、ユーザーそのものを発信源としているため、センサを置くだけで混雑度推定を行うことができる。しかし、一度二酸化炭素濃度が高くなると、人々が減っても濃度は高いため、精度に課題がある。

二つ目として、米村ら(2013)^[2]が行った、スマートフォンの加速度センサを用いた混雑度推定手法に関する研究がある。加速度センサから人々の歩幅を検出し、その違いから混雑度を推定した。結果、混雑していない状態を83.0%、混んでいる状態を77.5%の精度で推定することができている。しかし、スマートフォンに専用のアプリケーションをインストールし、起動する必要があり、実用性が低いという問題がある。

三つ目として、中野ら(2013)^[3]が行った、モバイル端末から放出されるプローブ要求をキャプチャすることで、混雑度を推定する研究がある。プローブ要求によって送信元のMacアドレスやRSSI(受信信号強度)情報を取得し、混雑度を推定している。結果、電車内と大学の大学の大教室で有用性が確認されている。しかし、人々が自由に出入りできる環境での有用性が確認されていない、ユーザーへの混雑度に関する情報量が少ないといった問題がある。

3. 提案手法

観測場所内のモバイル端末から放出されるプローブ要求を3つのセンサを用いてキャプチャし、端末数とクラスター数の推定を行う。クラスター数とは、人同士が近くに集まり、固まっている集団のことである。

3.1. 混雑度の定義

本研究の混雑度の定義として、テーブル占有率の値から表1のように推定する。テーブル占有率とは、範囲内に存在するテーブルが人々によってどの程度埋まっているかを示す割合であり、以下の計算式で求める。

表1 テーブル占有率と混雑度の対応

テーブル占有率	~20%	21%~50%	51%~80%	81%~
混雑度	空き	小混雑	中混雑	大混雑

$$\text{テーブル占有率} = \frac{\text{グループ数}}{\text{テーブル数} \times \text{テーブルの列数}}$$

3.2. 分析手法

クラスター分析手法としてX-Means法^[4]を用いる。X-Means法はクラスター数を自動で推定し、クラスター分析を行うことができる。

3.3. システム構成

システム構成は図1に示す。モバイル端末から放出されるプローブ要求を3つのパケットセンサを用いてキャプチャし、データを10秒間隔でサーバ上のデータベースへ登録する。その後、ノイズの除去、分析、可視化という流れでデータ処理を行う。分析対象値は各端末のRSSIの「標準偏差」「分散」「平均」を用いる。結果はアプリにてリアルタイムで表示される。図2に混雑度「空き」「大混雑」時のアプリ画面を示す。

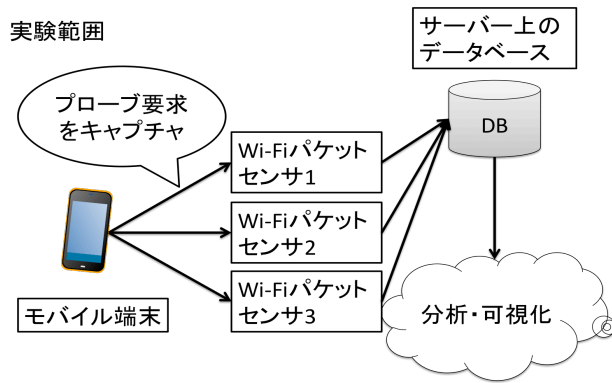


図1 システム構成図

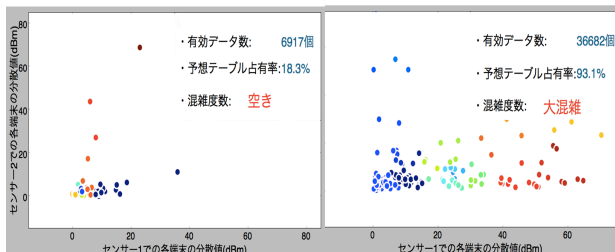


図2 混雑度「空き」「大混雑」時のアプリ画面

4. 評価実験

4.1. 実験環境とクラスター数の理想値

実験は大学内の食堂で行った。席数は264席、テーブル数は29ある。3つのWi-Fiパケットセンサを三角形上に置き、食堂内のモバイル端末から放出されるプローブ要求のみを分析する。実験は2日間、計6回行った。

次にクラスター数の理想値について述べる。本研究ではクラスター分析結果の評価のため、クラスター数の理想値を設定した。本環境では「テーブル1列において、1席以上空いた点」を分岐点とし、その基準でのクラスター数を理想値と設定した。この理想値に近いほど、精度の高いテーブル占有率を求めることができる。

4.2. 実験結果と考察

分析結果のクラスター数と理想値の差の割合とテーブル占有率を図3に示す。①は1回目、②は2回目を示す。全ての実験における差の割合の平均は標準偏差値が58.8%、分散値が23.5%、平均値が69.1%と分散を用いたクラスター数が良い結果となった。また、差が大きく出た実験日12/12の中混雑時1回目に行った実験の値を除くと、12.1%と85%以上の精度で分析を行うことができている。混雑度についても、6回中5回、83%の精度で正しい混雑度を推定することができる。このことから、各端末のRSSIの分散値を用いてクラスター分析することで、理想値に近い分析結果を得ることができ、有効なテーブル占有率を推定することが可能であることがわかった。一度大きな差が生じてしまった理由として、歩行者が多い

たことが挙げられる。歩行者が持つモバイル端末から放出された要求プローブを用いてクラスター分析した場合、RSSI値はその都度変動しているため、違うクラスターとして分析される。その結果、理想値より多くのクラスター数に分割されたと考える。

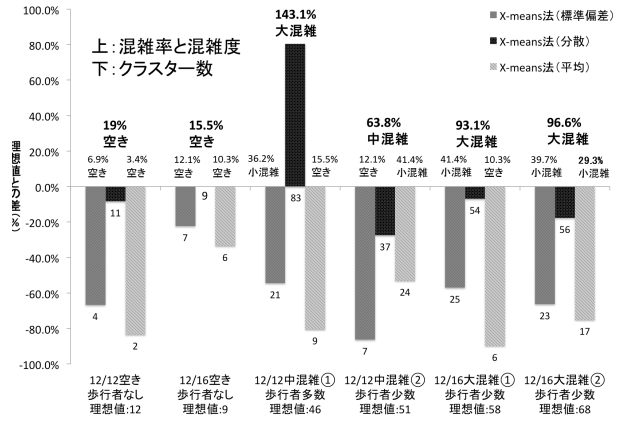


図3 クラスター数と理想値の差の割合と

テーブル占有率

5. まとめ

本研究ではモバイル端末から放出されるWi-Fiパケットをキャプチャし、各端末のRSSIからクラスター分析を行った。その結果、RSSIの分散値を用いてクラスター分析を行うことで、有用なテーブル占有率を推定することができ、混雑度推定システムとしての付加価値を創出することができた。またリアルタイムでの分析が可能であること、分析結果を視覚的にユーザーに表示することで、混雑度推定システムとしての有用性を高めることができたと考える。今後の展望としては歩行者をノイズとして扱い、除去することによる精度向上と、範囲外へ移動した端末を除去するアルゴリズムの検討を行う。

6. 参考文献

[1] 中村友宣、小川剛史、清川清、竹村治雄
「二酸化炭素センサによる鉄道車内混雑度推定を用いたウェアラブル学習システムのための利用者コンテキスト認識」, Technical report of IEICE, Vol1107 (554), 49-54, 2008

[2] 米村敦、大岸智彦、井戸上彰、小花貞夫
「スマートフォンを用いた人の混雑度推定手法の提案と評価」, 情報処理学会報 (Vol. 2013-CDS-8 No5), pp1-8, 情報処理学会, 2013

[3] 中野隆介、沼尾雅之「無線LANアクセスポイントへの検索要求を用いた屋内混雑度推定手法」, 日本データベース学会論文誌 (vol. 12, No. 1), pp121-126, 日本データベース学会, 2013

[4] 石岡恒憲「クラスター数を自動決定するk-meansアルゴリズムの拡張について」, 応用統計学, Vol. 29, No. 3, 141-149, 2000