

令和 6 年 5 月 11 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K11278

研究課題名（和文）センシング情報および無線伝搬特性を活用した群衆行動推定

研究課題名（英文）Crowd Behavior Estimation Utilizing Sensing Information and Radio Propagation Characteristics

研究代表者

小川 将克（OGAWA, Masakatsu）

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：90624411

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：群衆行動推定は、位置、歩行や走行などの行動状態、移動方向に関わる推定により構成される。スマートフォンなどの通信デバイスを持ち歩くことが不要なデバイスフリー環境において、マルチパス伝搬状態を表すチャネル状態情報（CSI）を用いた推定方法の検討を実施した。位置や行動状態、移動方向を高精度に推定するためのアンテナ数や配置方法などの測定条件や、推定アルゴリズムを確立した。CSIを用いた応用例として、物質推定、水位推定、回転数測定、洗濯物の乾燥度推定などの検討を行い、人だけでなくモノに適用した場合における推定手法を確立した。また、無線LANセンシングに関する標準化の動向について調査した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

チャネル状態情報（CSI）を活用して、群衆行動に関わる位置、行動状態、移動方向を高精度に推定するための、アンテナ数や設置方法などの測定条件や推定アルゴリズムを確立したこと。さらに、CSIによるセンシングの応用例を探るために、モノを対象として、物質推定、水位推定、回転数測定、洗濯物の乾燥度推定などの幅広い適用例を示し上で、高精度に推定するための手法を確立したことが、学術的意義や社会的意義がある。さらに、無線LANセンシング（IEEE802.11bf）に関する標準化動向を調査し、学会などで発表したことが社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：The crowd behavior estimation comprises various estimations related to the position, action state such as walking and running, and movement direction. I use the channel state information (CSI), which represents the multipath propagation state, for the estimation method. When the CSI is used as a sensor, people do not have to carry communication devices such as smartphones, resulting in a device-free environment. Using CSI, I established the estimation algorithm and the measurement environment, such as the number of antennas and their locations, to estimate position, action state, and movement direction to achieve high accuracy. As an application example using CSI, I examined the following: the material estimation, the water level estimation, the rotation speed measurement, and the dryness estimation for laundry, etc. I established the estimation technique for applying the person and the thing. I surveyed the standardization activity of wireless LAN sensing, called IEEE802.11bf.

研究分野：無線通信工学

キーワード：無線LAN チャネル状態情報 センシング 機械学習

1. 研究開始当初の背景

遊園地やテーマパーク、花火大会やコンサートなどのイベント会場では、人々が群衆を形成して行動することがある。このような場所での群衆行動は、局所的に発生する混雑状況とも言える。局所的な群衆行動(位置、行動状態、移動方向など)を把握することができれば、人々の移動経路を分散させることにより混雑を緩和することができると考えられる。

日頃から人々が持ち歩くスマートフォンには、通信機能として移動通信システム(LTE)や無線LAN(Wi-Fi)、センサ機能としてGPS(Global Positioning System)や加速度センサ、磁気センサなどが搭載されている。ユーザがスマートフォンを持ち歩くため、通信機能やセンサ機能を活用したライフログを生成するアプリケーションがあるが、個々のユーザのみが対象である。人々のライフログを活用し分析することで群衆行動の確認が可能であるが、個人情報の観点から分析することはできない。

一方、インフラの観点からは、移動通信システムの基地局情報を利用したサービスがあるが、サービス提供者が移動通信事業者に限られることと、基地局のカバーエリアが大きいために局所的な群衆行動を把握することはできない。また、カメラを設置することが考えられるが、プライバシーの配慮からカメラの設置は適切ではない。

ライフログは個人が管理するものであり、個人の属性や存在場所を共有することは好ましくない。個人の場所に関わらない加速度センサや磁気センサ、Wi-Fiの電波を利用することで群衆行動を把握することが望ましい。このように、個人情報やプライバシーを配慮した局所的な群衆移動を推定するための仕組みが確立していない。

2. 研究の目的

群衆行動を推定するために、デバイスからの観点とインフラからの観定の2通りが考えられる。デバイスからの観点は、人々が持ち歩くスマートフォンの情報を活用すること、インフラからの観点は、事前に設置された無線LANの電波を活用することに対応する。前者は、推定のためにスマートフォンを持ち歩く必要があるが、後者はスマートフォンを持ち歩く必要がないデバイスフリーである。群衆行動には、位置、歩行や走行などの行動状態、移動方向が含まれ、位置推定、行動状態推定、移動方向推定を確立する必要がある。なお、本研究を開始した直後にコロナ禍に突入し、多くの人が集まることを避ける必要があったため、モノを対象として、位置や状態の推定方法の確立を目指す。

- (I) デバイスの観点からは、スマートフォンにおける加速度センサと無線LANの受信電力強度(RSSI)を用いた群衆行動推定であり、加速度センサを用いたユーザ行動状態と、RSSIを用いたユーザの近接状態による推定方法を明らかにすることを目的とする。
- (II) インフラの観点からは、無線LANの電波状態であるチャネル状態情報(CSI: Channel State Information)を用いて、人に関わる人数推定、移動方向推定、行動状態推定、位置推定、呼吸数推定などの群衆行動推定のための研究を目的とする。さらに、ユーザがデバイスを持たないデバイスフリー環境における幅広い適用事例として、骨格推定、発音推定、モノに関わる物質推定、水位推定、回転数測定、洗濯物の乾燥度推定などの検討を行い、人だけでなくモノに適用した場合における推定手法を確立することを目的とする。なお、CSIは、MIMO(Multiple Input Multiple Output)-OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)伝送における送受信アンテナ間のマルチパス伝搬状態を示しており、複数サブキャリアによる周波数領域の情報、時間経過による時間領域の情報、複数送受信アンテナによる空間領域の情報で構成される。

3. 研究の方法

多岐に渡るユースケースに対応するための研究を実施したため、代表的な研究のみを取り上げる。

(I) デバイスの観点からの研究

ユーザが持ち歩くスマートフォンに搭載された加速度情報を利用して機械学習により、静止、歩行、走行の行動状態の推定結果と、無線LANアクセスポイントからのRSSIを利用する。各ユーザの行動状態とRSSIはサーバで管理されるとする。時系列に行動状態が変化することを利用して、Gestalt pattern matchingにより、ユーザ間の行動の類似度を算出する。行動状態の類似度が高く、ユーザ間のRSSIの差分が小さければ近接状態と判断できるため、群衆行動であると判定する。

(II) インフラの観点からの研究

(i) CSIの解析による人数カウントと通過方向の検出

CSIを用いた最も基礎的な研究である。送信アンテナ間を人々が列をなして移動することを想定する。複数の送信アンテナと複数の受信アンテナがある場合に複数の伝送路が存在する。人が伝送路を横切るとCSIが変動することを利用して、人数をカウントする。複数の伝送路があ

るため、人が伝送路を横切る順番から通過方向を判定する。

(ii) CSI を利用した機械学習による行動推定

(i)では行動状態が歩行のみで単純であったため、複雑な行動に対応させる。歩行や走行の行動状態はCSI特性に表れる。平均値や分散値などの統計的なCSI特性を分析すると、CSIの分散値は、歩行状態よりも走行状態の方が大きい特徴がある。この特徴を利用して、1, 2, 3人のいずれかが歩行または走行している状態を機械学習(SVM: Support Vector Machine)により分類する。さらに、伝送路数に応じて分類精度の違いを明らかにすることで、分類精度を向上させる手法を確立する。

(iii) CSI を利用した機械学習による位置推定

(ii)では統計的にCSI特性を利用したが、部屋における人の位置によりCSIそのものが異なることを利用する。これはCSIがマルチパス伝搬特性を示しているからである。部屋の前方または後方に、送信アンテナまたは受信アンテナを設置した状態で、伝送路数に応じて機械学習(SVM)による位置の推定精度の違いを明らかにする。

(iv) CSI を利用した機械学習による移動方向推定

オフィスでは天井に無線LANアクセスポイントが設置されていることがある。アクセスポイント間でCSIを取得できれば、人の移動方向を推定が可能となる。(ii)では統計的なCSI特性、(iii)ではCSIそのものを利用するが、移動方向の推定ではCSIの時間的変動を考慮する必要があるため、LSTM(Long Short Term Memory)による移動方向の推定を行う。また、高い推定精度を維持し、設置台数を削減するための設置場所について明らかにする。

(v) CSI を利用した機械学習による水位推定

ボトルの水位(水の高さ)をCSIにより機械学習(線形回帰モデル)により推定する。(ii)~(iv)と同様に分類問題とすると、例えば1cmごとに水の高さのCSIを測定すれば、CSIの再現性から1cmごとの水の高さを推定できる。水の高さとCSIには相関関係があることから、例えば3cmごとにCSIを測定して学習すれば、未知の水の高さのCSIから水の高さを線形回帰モデルにより高精度に推定できることを明らかにする。

さらに、サイズが異なるボトルにおいても、ボトルの断面積比を補正係数とすることで、例えば、小さいボトルを用いてCSIと水の高さで学習を行えば、大きなボトルにおけるCSIから水の高さを推定できることを明らかにする。

(vi) CSI を利用したプロペラ回転数測定

プロペラの回転数に応じてCSIが変動するため、送受信機からのプロペラまでの距離や、プロペラの材質、刃数、刃長が測定精度に与える影響を明らかにする。CSIの各サブキャリアに対して高速フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)をすることで、各サブキャリアの周波数成分が抽出される。サブキャリアごとに周波数成分の大きさが異なるため、正規化後に、全てのサブキャリアの周波数成分を合成する。合成した周波数成分において最大ピークとなる周波数をプロペラの回転数とする。

4. 研究成果

(I) デバイスの観点からの研究

ユーザが持ち歩くスマートフォンに搭載された加速度センサを用いた行動状態の推定により、ユーザごとに時系列の行動状態データを作成する。群衆行動では、ユーザ間で同一動作を行うと考えられるため、ユーザ間で全く同じ行動をすれば、類似度が高くなることが、実験結果からも確認された。さらに、ユーザ間のRSSI差を利用することで、近接状態であることも確認された。RSSI差については、例えば、歩行のユーザと走行のユーザのようにユーザ間で行動状態が異なれば、RSSI差は徐々に大きくなる。従って、ユーザ間の行動状態の類似度が高いと判断された後に、RSSI差により近接状態と判断されれば、群衆行動であると判定できることが明らかになった。

(II) インフラの観点からの研究

デバイスの観点からの研究を実施したが、ユーザのスマートフォンからの情報をサーバで管理することは、データ取得に関するユーザの合意が必要なことが欠点である。スマートフォンのアプリケーション開発に伴うため、スマートフォンの持ち歩きが不要なデバイスフリーによる群衆行動推定が有望視されるとの考えに至った。

(i) CSI の解析による人数カウントと通過方向の検出

建物内の通路で通行者が列をなして移動するとき、方向L→Rの場合は、伝送路Rx1-Tx1、伝送路Rx2-Tx1のように移動方向に合わせて伝送路のCSIが変化する。CSIの変動をカウントすることで通行者数、各伝送路の変動の開始時刻と終了時刻を比較することで移動方向を検出で

きる。

実験による評価では、1~8名で列をなして通路を移動する場合、方向 L→R, R→L ともに、誤りなく人数カウントと移動方向を検出でき、基礎的な結果を得た。

(ii) CSI を利用した機械学習による行動推定

(i)の結果を踏まえて、屋外の通路で複数の通行者が歩行や走行をするとき、通行者数に応じて、CSI の統計量(平均と分散)を用いて SVM により学習することで、通行者数(1~3人)や行動状態(歩行, 走行)の誤りなく推定できた。

(iii) CSI を利用した機械学習による位置推定

人が立つ位置により、CSI 特性が異なるため、人が立つ位置ごとに CSI 特性を学習させることで、CSI から位置を推定できることを明らかにした。

送受信アンテナ数を増やすほど、伝送路数が増えるため、人の位置を多地点から観測することで、推定精度が向上することも明らかになった。

(iv) CSI を利用した機械学習による移動方向推定

天井設置された無線 LAN アクセスポイントをセンサとして利用することを想定し、十字路を通行する通行者の移動方向を推定する。十字路への侵入は4通り、十字路からの退出は3通りのため、十字路に通行者が存在しない場合を含めると13通りある。十字路の1つ通路に送信機(Tx)を設置した場合、残りの3つの通路が受信機(RxN, RxE, RxS)の設置場所の候補となる。(iii)の結果より、伝送路数を増やすことで推定精度が高まることから、3箇所を受信機を設置すればよいが、コストの観点から推定精度を保った状態で設置台数を削減することが望まれる。

LSTM による移動方向の推定結果では、受信機の台数を増加させることで、推定精度が向上する傾向があることが確認された、受信機が1台のとき、送信機 Tx からの見通し内に設置された受信機 RxE を用いるときのみ推定精度が低い結果となった。これは、「N から S への移動」と「S から N への移動」を共に誤ったためである。送信機 Tx と受信機 RxE は見通し内に存在し、送信機 Tx から受信機 RxE への伝搬を横切るときののみ CSI が変動するため、CSI が変動する時間が短く、「N から S への移動」と「S から N への移動」で類似した変動となるためである。一方、送信機 Tx から見通し外にある受信機 RxN, または RxS を利用した場合は、CSI が変動する時間が長くなり、見通し外の伝搬の状態が CSI に表われるために、推定精度が向上することを明らかにした。

(v) CSI を利用した機械学習による水位推定

円柱型のボトルの水位(水の高さ)ごとの違

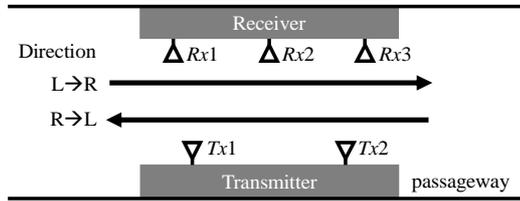


図 1 (i): 実験環境

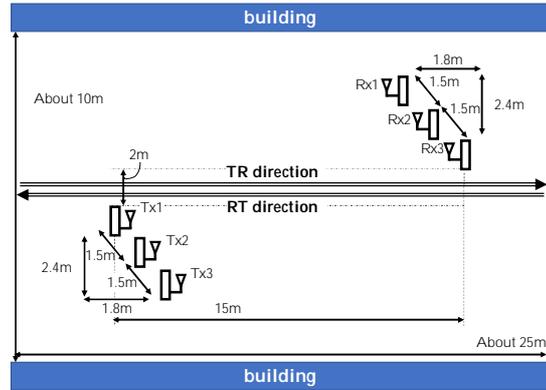


図 2 (ii): 実験環境

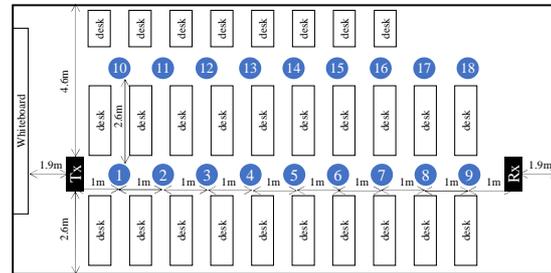


図 3 (iii): 実験環境

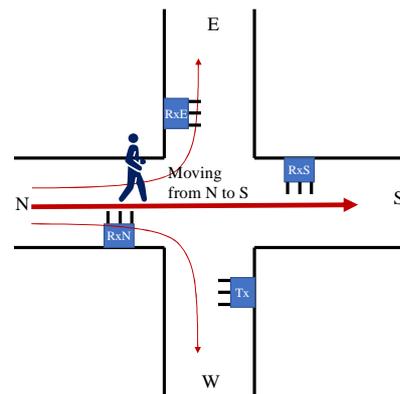


図 4-1 (iv): 実験環境

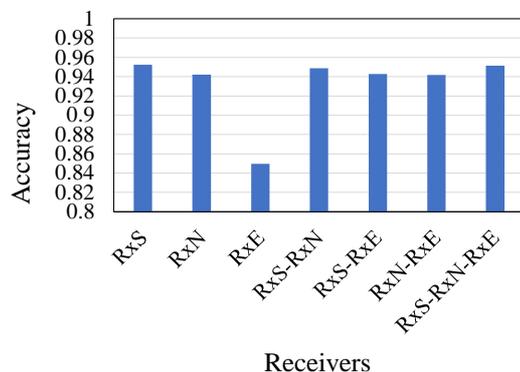


図 4-2 (iv): 移動方向の推定結果

いは, CSI に表れるため, いくつかの水の高さにおける CSI で学習をすることにより, 線形回帰モデルにより, 未知の水の高さを CSI により推定する.

水の高さが 3cm 間隔の CSI により学習した後, 1cm 間隔の CSI で水の高さを推定した結果, 平均絶対誤差 (MAE: Mean Absolute Error) は 0.17cm となり, 高精度に推定できることを明らかにした.

さらに, 底面積が異なる円柱型の 500mL, 1L, 2L のボトルを用いた場合, 同一の水の高さであっても, 底面積が異なるために, 異なる CSI 特性となる. 送受信アンテナからボトルを見たときの水の断面積が CSI に影響を及ぼすと仮定をして, 断面積比 (容器の直径の比率) を補正係数とすることで, 容器サイズ差が小さい場合において, MAE を大きく改善できることを明らかにした.

(vi) CSI を利用したプロペラ回転数測定

プロペラの形状 (刃数), 刃長, プロペラとアンテナ間の距離, 材質の観点から, 回転数を比較する.

プロペラの形状 (刃数) は回転数の測定精度に依存しなかった. 刃長が長いほど CSI が変動しやすくなるために測定誤りが小さく, プロペラとアンテナ間の距離が近いほど CSI が変動しやすくなるために測定誤りが小さいことが確認できた. 材質については, 電波が反射し易いアルミと反射し難いアクリルを比較すると, 材質がアルミの場合は, 著しく測定誤りが小さい. 材質がアクリルであっても, 刃長を長くすれば, 測定誤りが小さくなる.

光電式回転速度計は, プロペラの近距離で測定するものであり, 遠距離では測定できない. CSI を利用することで, 低い誤り率で遠隔からの測定が可能であることを明らかにした.

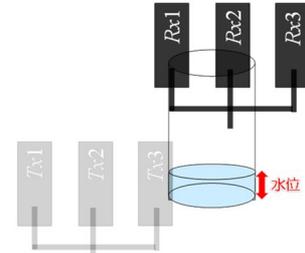


図 5-1 (v): 実験環境

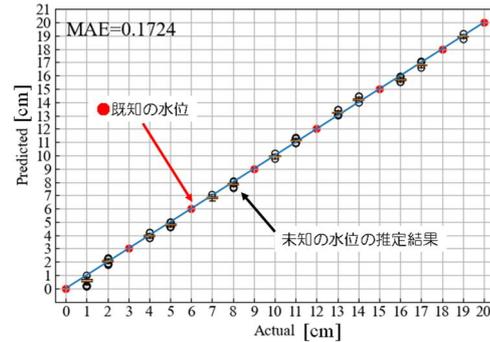


図 5-2 (v): 水量の推定結果

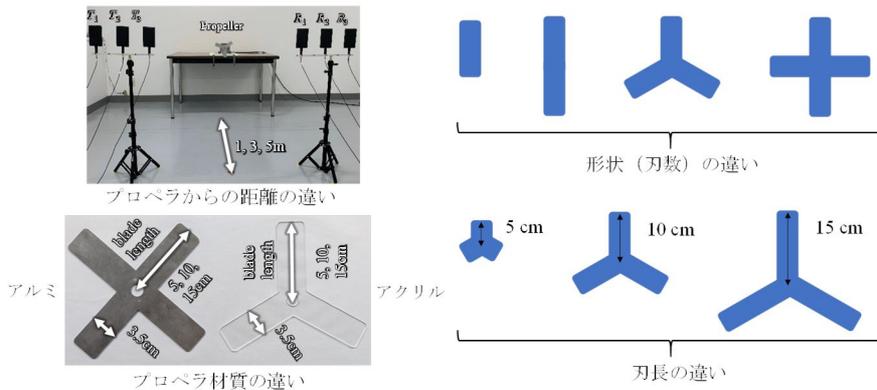


図 6-1 (vi): 実験条件

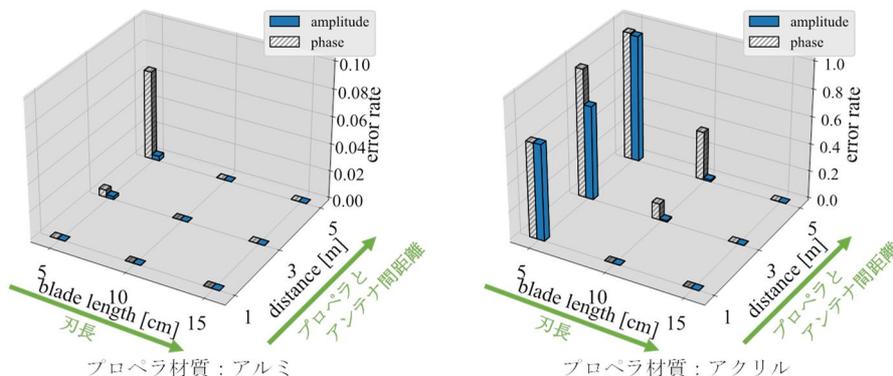


図 6-2 (vi): 測定結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小川 将克, 高橋 卓也	4. 巻 142
2. 論文標題 WLANセンシングによるプロペラの回転速度測定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D	6. 最初と最後の頁 941-947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.142.941	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Ogawa, H. Munetomo	4. 巻 20
2. 論文標題 Wi-Fi CSI-Based Outdoor Human Flow Prediction Using a Support Vector Machine	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2141 ~ 2141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s20072141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計38件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fiセンシングによる洗濯物の乾燥推定の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2023年ソサイエティ大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fiセンシングのユースケース
3. 学会等名 電子情報通信学会無線通信システム研究会 (RCS) (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 上甲 希央, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた口の形の識別からの母音の推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2024年総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小川 将克, 内池 龍生
2. 発表標題 Wi-Fi HaLowによる混雑推定の基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Y. Tian, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた移動物体のラベリング方法の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fiセンシングの基本原理とユースケース
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年ソサイエティ大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西野 颯馬, 小川 将克
2. 発表標題 容器サイズに依存しないWi-Fi CSIによる水位推定
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Tian, 小川 将克
2. 発表標題 実環境におけるWi-Fi CSIによる移動物体の通過区間の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 徳峯 陸, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた呼吸数推定による人数カウント
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西野 颯馬, 小川 将克
2. 発表標題 容器サイズや障害物に依存しないWi-Fi CSIによる水位推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2023年総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Tian, M. Ogawa
2. 発表標題 Material Identification of Moving Objects by Wi-Fi Sensing Using Machine Learning
3. 学会等名 IEICE ICETC2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 無線LANモジュールの技術基準適合証明の取得
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊田 悠, 小川 将克
2. 発表標題 アンテナ特性の違いによるWi-Fi CSIを用いた人の位置推定精度の比較
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Tian, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた移動物体の物質と通過区間の識別
3. 学会等名 電子情報通信学会センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 WLAN Sensing: IEEE 802.11bfの標準化動向について
3. 学会等名 電子情報通信学会短距離無線通信研究会 (SRW) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊田 悠, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた人の位置推定におけるCSI Toolの比較
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Tian, 小川 将克
2. 発表標題 アンテナ特性の違いによるWi-Fi CSIを用いた物質識別の比較
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 蒔苗 樹, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIによる回帰分析に基づく水量推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 卓也, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いたプロペラ材質ごとの回転数計測の精度評価
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山畑 有輝, 小川 将克
2. 発表標題 RGB-Dカメラを利用したWi-Fi CSIによる骨格推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊田 悠, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIによる人の位置推定における機械学習アルゴリズムの比較
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯野 琴都, 小川 将克
2. 発表標題 天井設置APを利用したCSIによる十字路の移動方向識別
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Tian, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた移動物体の通過識別の閾値の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯尾 航大, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fiセンシングによるリアルタイム人流推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2022年総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Kumata, M. Ogawa
2. 発表標題 Indoor Localization based on Wi-Fi CSI in different Tx Antenna Deployment
3. 学会等名 IEICE ICETC2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 熊田 悠, 小川 将克
2. 発表標題 アンテナ配置によるWi-Fi CSIを用いた人の位置推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 YUAN TIAN, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた機械学習による移動物体の物質識別
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三須 啓史, 小川 将克
2. 発表標題 複数受信機におけるCSIを用いた機械学習による人の転倒検出
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fiセンシングによる物体識別の検討
3. 学会等名 電気学会 産業応用部門 スマートファシリティ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirofumi Munetomo, Masakatsu Ogawa,
2. 発表標題 Human Flow Prediction with Wi-Fi CSI using Machine Learning
3. 学会等名 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIによる通過人数カウントと通過方向判定
3. 学会等名 電子情報通信学会無線通信システム研究会（RCS）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田 悠衣, 小川 将克, 山中 高夫
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いたCNNによる物体識別
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金 世伊, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた機械学習による人流推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 棟朝 寛文, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた人の行動推定手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 夏葵, 小川 将克
2. 発表標題 加速度センサと受信強度を用いた群衆行動推定
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 しま子, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた歩行者の通過方向の検出方法
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 将克
2. 発表標題 無線LANによる列車内混雑度推定と歩行者の移動方向検出
3. 学会等名 電子情報通信学会無線通信システム研究会 (RCS) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 棟朝 寛文, 小川 将克
2. 発表標題 Wi-Fi CSIを用いた通過人数のカウント手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2018年ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 物品の乾燥度を推定する推定装置、乾燥システム、制御方法、及びプログラム	発明者 小川 将克	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-080325	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

Masakatsu Ogawa, "IV. Use Cases for CSI Sensing with an Example of Pedestrian Movement Direction Identification," Beyond 5G White Paper Supplementary Volume "Sensing Technologies", Version 1.0, pp. 24-30, March 2024. 小川 将克, "WLANセンシング IEEE802.11bfの標準化動向," 電子情報通信学会誌, Vol. 105, No. 12, 1466-1471, 2022年12月. 小川 将克, "Wi-Fi センシング IEEE802.11bfと計測ツールの概要, 適用例," 月刊EMC, pp. 17-25, 2021年7月.

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------