

IoH センサタグと粒子フィルタによる接触状況判定システム

Contact Status Determination System Using IoH Sensor Tags and Particle Filters

原 佑馬[†]
Yuma Hara島川 博光[†]
Hiromitsu Shimakawa

1 はじめに

飛沫によって感染する新型コロナウイルスや従来のインフルエンザウイルス等の感染症は、オフィスや学校、病院といった多くの人が長時間滞在するような施設の中で特定の感染者から周囲の人間に感染し、感染者集団(クラスター)を発生させる可能性がある。このような感染者集団の発生や拡大を、可能な限り小さく抑制するためには、感染者との接触状況などから感染している可能性が高い人物を判定し、そのような人物に対してのみ自宅待機や検査の実施といった対処をとることが望ましい。

そこで本稿では、IoH センサタグによりセンシングを行い、蓄積した情報から、粒子フィルタ技術を用いて過去の対象者の状態を確率的に推定することによって、対象者同士の接触状況を判定するようなシステムを提案する。

2 既存手法

2.1 既存の位置推定技術

現在普及している位置推定技術として、Wi-Fi を活用した手法がある。この技術では、受信した Wi-Fi の強度によって 3~30m の精度で推定が可能である [1]。しかし、飛沫感染によるリスクは 2m 以内の距離で高くなるため [2]、本稿で提案するシステムにおける接触状況判定のための位置推定技術としては不十分な精度である。さらに、精度を高めるためには基地局数を増やす必要があり、大きい費用がかかるという問題もある。また、飛沫による感染リスクはお互いが向き合っている状態で高くなるが、お互い背中合わせになっているような状態では低くなることから、対象者同士の向きも接触状況の判定において重要な要素となる。しかし、この Wi-Fi を使った位置推定手法では人の向きまで推測することができない。

既存の位置推定技術として、他にも加速度センサを活用したデッドレコニング (DR) が挙げられる。この技術では加速度から速度を計算して更新し、前の時点から移動距離を求めることによって位置を推定する。そのため、正確な初期位置と初速度を与える必要がある他、移動している方向が分からない、センサ情報には誤差が含まれるなどの問題がある。よって、高い精度を期待することができず、単体では本稿で提案するシステムにおける接触状況判定のための位置推定技術としては不適切である。

2.2 既存の接触状況判定システム

新型コロナウイルス感染症の拡大防止を目的として厚生労働省が公式に提供する COCOA は、新型コロナウイルスに特化した接触状況判定システムである。

COCOA はスマートフォン上で動作するアプリケーションであり、Bluetooth によって同アプリケーションが動作している別端末との距離を計測し、同じ端末に 1m 程度の距離で 15 分程度継続して接近している場合に濃厚接触があったと判定する [3]。

学校やオフィス、病院といった施設で接触状況を判定することを考えた場合、COCOA を利用するためには対象者全員がスマートフォンを所持し、COCOA を有効化している必要がある。これは現実的ではない。また、Bluetooth による接触検知では、対象者同士の間の物理的障壁や位置関係を考慮することができず、お互いに背中合わせである状態など飛沫感染のリスクが低い場合も濃厚接触者として判定されてしまう。加えて、飛沫感染のリスクは 2.0m 以内の距離で高くなるため、COCOA が検出する距離では不十分であると考えられる。しかし、通信距離の制約を緩和すると誤検知の問題が悪化してしまう可能性がある。COCOA では、これ以上の検出範囲拡大は困難である。

3 接触状況判定

3.1 IoH センサタグ

IoH センサタグとは、人の動作や位置を安定的に検知するウェアラブルなカード型センサである。本研究で使用する IoH センサタグには赤外線センサと 9 軸センサ、Wi-Fi モジュールが搭載されている。

赤外線センサは、タグの正面に 4 つ搭載されており、タグの前方から上下左右それぞれの方向に同じ角度で傾いている。これにより、それぞれの赤外線センサが影響を受ける範囲が微妙に変化し、それらの情報を統合することで前方のどの位置に熱源が存在するかをある程度推測することが可能となる。

9 軸センサは 3 軸の加速度センサとジャイロセンサ、磁気センサによって構成される。本研究ではこのうち、加速度センサと地磁気センサのみを利用する。

IoH センサタグは一定時間毎に自身の ID と、センサから取得した情報を最寄りの Wi-Fi 基地局を通してサーバに送信する。

3.2 状態推定

2 章で述べたように、加速度センサによるデッドレコニングは単体での精度が高くないが、Girard らの研究 [3] によれば、加速度センサによるデッドレコニングに、超音波センサと粒子フィルタの技術を組み合わせることによって、より高い精度で位置の推定を行うことが可能となる。超音波センサは、超音波

[†] 立命館大学情報理工学部

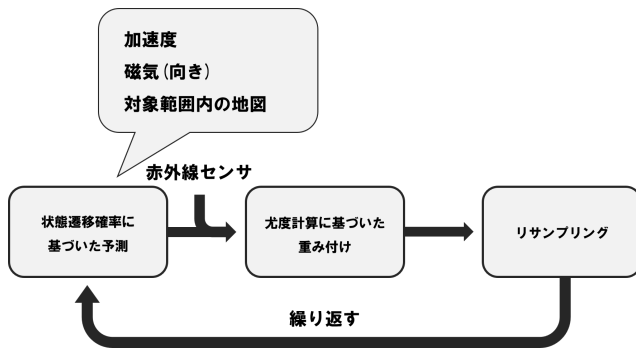


図1 粒子フィルタのサイクル

の反射により距離を測定できる。対象範囲における壁の位置などと照らし合わせることで、状態遷移の結果どの位置にどの向きでいるのかに注目して尤度を計算することが可能である。しかし、超音波センサを用いた手法では、周囲に人やドアがあるような複雑な環境下で精度が落ちる。そのため、複数人での使用とあらゆる施設での使用を前提とした接触状況判定のための位置推定手法には向かない。そこで本稿で提案するシステムでは、すべてのタグ利用者の位置と向き、移動速度を状態とし、超音波センサではなく赤外線センサと地磁気センサの情報を利用することで、より正確な接触状況判定を目指す。

本稿1節で述べたように、赤外線センサの値からは前方のどの位置に熱源があるのかを推定できる。赤外線センサは人の体温にも反応するため、前方のどの位置に人が居る可能性が高いかが分かり、推定された状態における対象者同士の位置関係に注目して尤度を求めることができる。本稿で提案するシステムの目的は接触状況の判定であり、それには対象者同士の位置関係と向きが最も重要となる。赤外線センサによる尤度計算は、同システムにとって適切である。また、地磁気センサの値からは高い精度で向きを計算することができ、加速度センサの値と組み合わせることで、移動方向を導き出すことも可能である。さらに、センサタグからの情報を受信したWi-Fi基地局の受信可能範囲や、対象となる範囲における壁や机のような人の移動を妨げる物体の位置を示した地図を活用することによって、物理的に対象者が存在できない位置にあるような状態の尤度を下げ、対象者の位置推定の確度を上げることができる。

3.3 確率に基づいたアルゴリズム

本稿で提案するシステムでは、過去の時点における対象者の状態の確率分布を粒子フィルタ技術[5]を用いることによって推定し、結果のうち最も尤度が高い状態に注目して接触状況の判定を行う。尚、同システムにおいて濃厚接触とする条件は、推定される状態から計算可能である対象者間の距離、位置関係(お互いの向き)などを自由に調整することができる。

同システムにおける粒子フィルタのサイクルを図1に示す。

粒子フィルタではまず、各粒子が持つ状態と状態遷移確率から、次点における状態を予測する。ここでは、観測された加速度、向き、対象範囲内の地図の情報から、次の状態として尤もらしい状態を予測する。

続いて、観測された赤外線センサの値を基にして、予測した状態の尤度を計算し、各粒子の重み付けを行う。ここで、使用

する赤外線センサの値は、予測で使用した加速度と向きが観測された観測値に含まれるものではなく、その次に観測された観測値に含まれるものを使用する。これは、観測された加速度と向きに基づいて予測した状態は、それらが得られた次の観測値に影響するという考えに基づくものである。本稿の2節で述べたように、赤外線センサの値からは、推定された状態における対象者同士の位置関係に注目して尤度を求めることができる。

粒子の重み付けが完了した後、その重みに応じてリサンプリングを行う。リサンプリングとは、粒子の総数を一定に保ったまま、重みに応じて粒子を分裂・消滅させる処理であり、これによって、より尤もらしい状態を表した粒子を生存させることができる。

4 おわりに

本稿では、着用可能なIoHセンサタグによって得られて蓄積された情報から、粒子フィルタ技術を用いて過去のタグ着用者の位置や向き、移動速度を確率的に推定することで、一定期間内におけるタグ着用者同士の接触状況を判定するシステムを提案した。このシステムを活用することで、タグ利用者の感染症への感染が発覚したさい、その人物から飛沫感染している可能性が高いタグ利用者を検出できる。これら利用者に限定して自宅待機や検査の実施といった早期対処をとることが可能となる。今後は実験などを通して、本システムの有用性を評価する。

参考文献

- [1] Wang Z, Yang Z, Dong T. A Review of Wearable Technologies for Elderly Care that Can Accurately Track Indoor Position, Recognize Physical Activities and Monitor Vital Signs in Real Time. *Sensors*. 2017;17(2):341. doi: 10.3390/s17020341.
- [2] 凌 薇, 市川 真帆, 尾方 壮行, 堤 仁美, 田辺 新一, 堀 賢, 橋本 果歩, 森本 正一. 医療・福祉施設における感染制御に関する研究(第19報) 咳飛沫の近距離曝露を考慮した感染リスク評価. 平成30年度大会(名古屋) 学術講演論文集 第7巻 空気質 編. 名古屋(大同大学 滝春キャンパス). 2018-09-12/14. 公益社団法人 空気調和・衛生工学会.
- [3] 新型コロナウイルス感染症対策テックチーム(2020) 接触確認アプリ及び関連システム仕様書. https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/techteam_20200526_01.pdf
- [4] Girard G., Côté S., Zlatanova S., Barette Y., St-Pierre J., van Oosterom P. Indoor pedestrian navigation using foot-mounted IMU and portable ultrasound range sensors. *Sensors*. 2011;11:7606-7624. doi: 10.3390/s110807606.
- [5] 樋口知之, 予測にいかす統計モデリングの基本, - ベイズ統計入門から応用まで, 第6章 粒子フィルタ: 予測計算を実装する, 講談社, 2011