

大学における COVID-19 対策としての IT を用いた行動履歴記録支援

松原 克弥^{1,a)} 栗石 卓耶¹ 倉茂 雄人¹ 川谷 知寛¹ 林 友佳¹

概要：多数の学生が集まる大学では、COVID-19 対策と日常の活動を両立させる「ニューノーマル」への対応が求められている。日常生活のなかで実践が求められている COVID-19 感染対策のひとつに、行動履歴の管理がある。COVID-19 感染が発覚した場合、保健所の聞き取りや大学等の所属先への報告において、行動履歴の情報提供を求められる。報告された行動履歴は、感染経路や接触者の特定につながる重要な情報源となる。また、所属先組織では、関係者への注意喚起や一時的な封鎖・消毒実施の対象となる構内区域を特定するために、報告された行動履歴を活用することも考えられる。本稿では、BLE ビーコンを用いた滞在履歴記録支援ツールの設計と開発について報告する。大学構内の空間特有の条件や制約、利用時のユーザ負担の少なさ、プライバシーへの配慮などの要件とそれらを考慮したツールの機能設計、導入における課題、普及と活用への取り組みについてまとめる。

キーワード：屋内位置測位、ビーコン、モバイルアプリ、プライバシー保護、新型コロナウイルス感染症

1. はじめに

2020 年 1 月に日本で最初の感染者が確認された新型コロナウイルス感染症（以降、COVID-19）は、1 年以上経過した現在も国内外で流行が継続しており、多数の学生が集まる大学においても、COVID-19 対策と日常の活動を両立させる「ニューノーマル」への対応が求められている。感染症対策のひとつとして、授業のオンライン化が急速に進められてきたが、実習やフィールドワークなどオンライン対応が困難な形式の授業の存在やオンライン授業科目における修了率や単位取得率の低下、対面授業等の直接的な人的交流をとまなう学修機会の確保を求める文部科学省からの通知 [1] もあり、大学構内に学生が滞在することを前提とした COVID-19 対策が求められている [2]。

本取り組みは、IT を活用して「大学における COVID-19 対策」を実現することを目的としている。特に、大学構内が COVID-19 感染源となる、クラスター対策を目的として、クラスター発生の有無と場所を特定するための、行動履歴管理にフォーカスする。これは、COVID-19 に感染した患者やその濃厚接触者、疑似症患者に対して、自治体（保健所）が行う聞き取りや大学等の所属先への報告において、行動履歴の情報提供を求められるためである。報告された

行動履歴は、感染経路や接触者の特定につながる重要な情報源となり、その精度がクラスター対策の有効性を左右する。また、大学においては、注意喚起を行う対象者や一時的な封鎖・消毒実施の対象となる構内区域を特定するために、報告された行動履歴を活用することも考えられる。

本取り組みでは、学生や教職員が大学構内で滞在した場所を推定して記録するモバイルアプリや携帯型デバイスを開発する。大学構内の大部分を占める、建物内における滞在場所を推定するために、BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンを用いる。滞在場所として識別する範囲毎にビーコンを設置し、構内での移動時に携帯したスマートフォンアプリや小型デバイスにおいて、ビーコン信号の受信電波強度 (RSSI) から計算した各ビーコンまでの推定距離によって滞在場所を特定する。推定した滞在履歴はスマートフォン等の受信端末内でのみ記録し、保存する記録には個人や受信端末を特定する情報を含めないようにする。また、本システムの実装においては、プライバシーへの配慮を最大限に考慮する [7]。サーバで個人情報や滞在履歴情報の収集・管理を行わないシステム設計や、外部への情報漏えいの原因となりうるネットワーク通信処理を実装から排除する。記録した滞在履歴は、日常の活動における COVID-19 感染リスクの認知や、感染発覚時の保健所や大学への行動履歴報告をサポートするために用いられることを目指す。

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan
^{a)} matsu@fun.ac.jp

2. 大学における COVID-19 対策

多くの大学では、対面授業の実施を段階的に再開しており、登校する学生数が増加している。一方、大学構内には、クラスター発生のリスク要因である「大人数が狭い空間に長時間滞在する」状況が想定される機会や場所が多数存在しており、実際、大学生の集団感染（以降、クラスター）もいくつか発生している事実がある。そのため、政府や自治体が主導する個人々人における COVID-19 対策に加えて、大学関係者によるクラスター発生への対策が求められている。

2.1 行動履歴管理の重要性

クラスター対策は、患者の感染経路や感染源を推定してクラスターの発生を検出し、クラスター発生場所の封鎖と消毒、および、濃厚接触者の追跡や自宅待機の行動自粛要請などの対処により、以降の感染拡大を防ぐことである。自治体によるクラスター対策として、積極的疫学調査が行われている [8]。積極的疫学調査では、患者やその濃厚接触者、疑似症患者に対して、直近 14 日間の行動履歴の聞き取りが行われる。提供された行動履歴は、感染源や感染経路の推定、濃厚接触者の特定、クラスター発生場所の特定における情報源となる。

また、大学の運営組織からも、学生や教職員を対象として、COVID-19 感染発覚時に、行動履歴を含む報告を求めている。報告された感染情報は、他者接触や体調に関する注意喚起を促す関係者への連絡実施や、感染者が利用した大学施設の封鎖と消毒の実施を行うために活用される。

以上のように、患者や濃厚接触者の行動履歴情報はクラスター対策における重要な情報であり、高い精度が求められる。しかし、記憶だけを頼りに行動履歴を探索するのは非常に困難である。

2.2 先行事例

行動履歴にもとづく感染経路や接触者の特定のために、IT を用いたソリューションがいくつか実現されている。

現在、公立はこだて未来大学では、IT を用いた COVID-19 感染対策のひとつとして、QR コードを用いた教室の入退出管理システムを実現・運用している。QR コードを用いる現手法では、カメラ起動やフォーム入力等の煩雑な作業をとまなうため、特に退室時の登録が行われないことが多く、正確な滞在時間を把握できない可能性がある。また、現システムでは、学生から入力された情報をサーバで収集・管理するため、行動履歴などのプライバシー情報の取り扱いに最新の注意が必要となる。

厚生労働省が主導して開発された、新型コロナウイルス接触確認アプリ COCOA [3], [4] は、近接通信機能 Bluetooth を利用して、お互いに個人が特定できないようにプライバ

シを確保しつつ、新型コロナウイルス感染症の陽性者と接触した可能性について通知を受けることができるモバイルアプリである。アプリがインストールされたスマートフォン間で互いの Bluetooth 信号にのせて発信された ID の受信結果を蓄積することで、COVID-19 患者の ID 情報から接触有無を特定して通知する仕組みである。COVID-19 の感染リスクは、接触した空間の状況（屋内・屋外、密度）に依存するにもかかわらず、COCOA では、互いの接近距離とその時間のみで接触の判断を行うため、例えば、十分な換気が期待できる屋外と密集した閉鎖空間における接触を同等に取り扱う。

東京大学の MOCHA [5] は、BLE ビーコンをキャンパス内に配置し、スマートフォンのモバイルアプリでそれらのビーコン電波を受信することで屋内における滞在場所の推定を行い、その情報をサーバに蓄積するシステムである。サーバに蓄積された情報は、そのユーザが同意すれば、感染者との接触確認や各教室等の混雑状況把握に活用される。

近畿大学の小林ら [6] は、大学構内における学生間のソーシャルディスタンス注意喚起と学内の密状態の把握を目的とした、携帯可能な小型無線デバイスの開発を進めている。デバイスが相互に発信する BLE 信号を受信して、デバイスを携帯する学生間の距離を推定するとともに、その情報をサーバに送信する際に接続した Wi-Fi アクセスポイントの位置から学生の滞在場所を特定する。サーバに収集された情報は、学内の密状況を把握するために用いられる。

前述したこれらの先行事例では、サーバへの情報収集をシステム実現の要としているため、行動への監視に対する抵抗感や収集された情報の漏えい・目的外利用への不安といった、システムを利用しようとするユーザへの心理的負担が少なくない。一方、行動履歴の管理は、COVID-19 感染に備える対策として、日常的に実践することが望ましい。日常の活動における COVID-19 感染リスクの認知と行動履歴の管理を促すために、心理的負担が比較的少ない手法で行動履歴の自己管理を支援するシステムの実現が求められる。

2.3 目的と課題

本取り組みでは、大学関係者が COVID-19 に感染した際に自治体や大学に求められる行動履歴方向への対策として、IT システムにより、日常の行動履歴の記録を容易に行えるようにすることで、学生や教職員が大学構内における滞在場所の履歴を記録し、COVID-19 感染時の行動調査において、記録した滞在履歴にもとづいた精度の高い行動履歴情報が自治体や大学へ提供されることを目的とする。特に、大学構内における滞在場所の履歴を記録することで、構内での活動における COVID-19 感染リスクの認知と行動履歴報告の精度向上による効果的なクラスター対策の実現

を目指す。

本取り組みで実現する構内滞在履歴記録システムは、以下に述べる3つの課題への対処が必要となる。第1の課題は、大学構内における滞り場所の特定方法である。接触者を特定するCOCOAなどの先行事例と異なり、本取り組みでは、教室や研究室等の構内滞り場所を情報源としてクラス発生や接触者の特定を行う。滞り場所にもとづいた接触者の特定では、空間の大きさや換気具合などの場所毎の感染リスクの違いを考慮することが可能である。一方、大学構内の多くが校舎などの屋内であるため、屋内位置測位技術の適用が必須となる。第2の課題は、多様な入構者への対応である。千人以上の多数の学生に対応できるだけでなく、学外から感染が持ち込まれるリスクへの対応として、一時入構ゲストにも対応できるシステムを低コストで実現することである。第3は、システム運用におけるプライバシーへの影響を最小化することである。先行事例で述べたような接触確認アプリが日本を含む各国に導入される際、行動履歴を含む個人情報・データの保護、公益性とプライバシーのバランスに関する議論が起きている[9], [10]。本システムの設計において、プライバシーへの配慮やデータの保護が必須となる。

3. 構内滞在履歴記録システムの実現

本取り組みでは、構内で活動する学生や教職員、一時入構したゲストのなかからCOVID-19感染者が出た場合に、行動調査で得られる情報の精度向上を目指して、大学構内で滞りした場所を記録することを支援するためのシステムを実現する。大学構内のほとんどが屋内であるため、滞り場所の推定を行うための技術として、BLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンを採用する。BLE ビーコンを用いた位置測位技術は、屋内への対応、位置測位粒度、設置の容易さ、省電力、そして、代表的なBLE受信デバイスであるスマートフォンが普及しているという利点がある。

滞在履歴は個人情報に該当するため、その扱いには細心の注意が必要となる。本モバイルアプリでは、特定した滞在履歴をスマートフォン内のローカルストレージにのみ保存する。また、保存する情報にはユーザを特定できる情報を含まないようにする。サーバへの収集を行わないことでアプリ実装にネットワーク通信処理を含まないことで、情報漏えい対策やプライバシーへの配慮を実現する。このことにより、本アプリの利用に対する心理的抵抗感や大学側の個人情報管理の負担を減らすことができる。

記録した滞在履歴は、感染リスクを意識することで行動変容を促すためにアプリ画面で確認できるようにする。さらに、COVID-19感染発覚時に大学事務局に対して任意提出する行動履歴に関する報告として用いることを想定して、スマートフォン内に保存された滞在履歴記録をファイ



図1 ビーコンの設置例

ルとして取り出すことを可能にする。任意提出された滞在履歴は、大学構内での接触有無を確認するための情報提供や、一時封鎖や消毒作業の対象範囲を特定するために用いることができる。

3.1 BLE ビーコンによる位置測位

BLE ビーコンを用いた位置測位では、数メートル程度の範囲毎の滞り場所を推定することを想定して、受信したビーコン信号のTxPowerとRSSI(受信電波強度)で最寄りビーコンを特定し、ビーコンと設置場所のリストから場所を特定する。ビーコンによる位置測位では、図1のように、対象区域内にビーコン発信機を設置して、ユーザがもつデバイスでビーコン受信と位置推定を実施する手法と、小型のビーコン発信機をユーザが携帯して、対象区域に設置したビーコン受信機でユーザのビーコン信号を受信することで位置推定を行う手法がある。前者の手法は、ビーコン発信機の設置が容易であるメリットがあるが、ユーザ毎にビーコン信号を受信できるデバイスを所有している必要がある。しかし、前述のように、スマートフォンが広く普及しているため、受信デバイスの手配は大きな問題とならない。後者の場合、携帯可能なビーコン発信機を手配す



図2 モバイルアプリ LATTE における滞在履歴表示

る必要があるが、現在、財布等に入れておける程度の非常に小さいビーコン発信機も市販されており、入手が容易である。また、スマートフォンを持ち歩かないユーザやゲストなどの一時的な入構者に対してモバイルアプリのインストールを求める必要がないメリットもある。しかし、ユーザの位置情報という個人情報をシステム側で収集することになり、プライバシーへの配慮と収集した個人情報の厳重な取り扱いを必要としてしまう。本取り組みでは、極力個人情報を収集しない方針にそって、前者の手法を用いることとした。

3.2 モバイルアプリによる滞在履歴記録

構内に設置したビーコンからの信号を受信して、特定した滞在場所の履歴を記録するモバイルアプリ LATTE を開発した。滞在履歴記録のためには、構内での移動・活動中も常に携帯している端末への本アプリのインストールが求められるため、学生や教職員の私用端末を利用してもらうことを想定した。プラットフォームの統一化が難しい私用端末に対応するため、React Native による実装により Android と iOS (iPhone/iPad) の両方に対応した。本アプリでは、バックグラウンドで一定間隔毎に iBeacon レンジングを実施することにより、別のアプリ起動中やスマートフォンを直接使用していない間の滞在履歴記録を可能にし

た。特定した滞り場所は、場所を確認した時間とともにタイムライン形式で画面表示することで、ユーザが行動を認識できるようにした (図2 参照)。

実装では、1分毎に iBeacon レンジング処理を呼び出し、最も RSSI が大きいビーコンの設置位置を滞在場所として特定した。ただし、受信環境の不安定さなどにより、一時的に RSSI の値が大きく変化する場合があるため、直近2回のレンジングで、最大 RSSI のビーコンが連続で一致した場合のみ記録することとした。なお、Android の Doze などの OS 省電力制御や、iOS における「連続するレンジングで異なる UUID の信号を受信したときのみアプリへ通知する」という位置情報取得における制約により、数分から数十分間隔があく場合があることを確認した。

本アプリの実装においては、プライバシー配慮と情報漏えい対策として、ネットワーク通信処理を一切排除することとした。そのため、滞在場所の記録も、モバイルアプリがインストールされたスマートフォン内のローカルストレージへのみ行うこととした。また、記録する情報は、ユーザ個人を特定する情報は一切含まれないようにし、滞在場所の名前などの直接的な情報も含めず、ビーコン受信履歴のみとした。ただし、COVID-19 感染が発覚した場合に、保健所や大学へ記録した滞在履歴を任意提供できるように、Android や iOS が提供するアプリ連携機能により、ローカルストレージに保存した滞在履歴記録を外部へ取り出せるようにした。メールアプリとの連携によるメール添付、Google Drive や iCloud 等のネットワークドライブ・アプリとの連携によるネットワークストレージへのアップロードに対応する。

アプリケーションは、主に大学関係者に限定した範囲が対象であること、COVID-19 対応として迅速性が求められることから、テスト向けアプリ配布プラットフォームである DeployGate (Android) と TestFlight (iOS) を利用することとした。

3.3 小型デバイスによる滞在履歴記録

前述のモバイルアプリ LATTE では、スマートフォンへのインストールを必要とするため、スマートフォン非所有者、業務中に私用スマートフォンを携帯することが難しい職員や一時入構ゲストなどへの対応が難しい。本プロジェクトでは、これらの入構者へ対応するために、首から下げるかたちで利用する滞在履歴記録専用デバイス demitasse を開発した。本デバイスでは、携帯しているユーザの構内滞在場所の特定とその履歴の記録を目的として、構内に設置したビーコン信号の受信履歴を記録する機能を実現した。受信した時刻、ビーコンの UUID, major/minor 番号, RSSI 値を記録の対象としている。一方、LATTE のような画面表示は省略し、保存形式も、LATTE が採用している

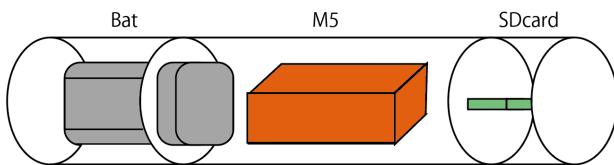
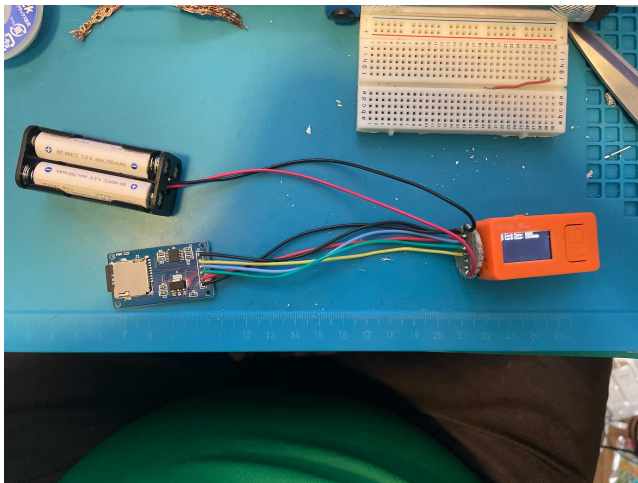


図 3 構内滞在履歴記録デバイス demitasse のプロトタイプ実装

json 形式よりも処理や出力バイト数が少なくなる CSV 形式を採用した。

モバイルアプリ LATTE と同様に、demitasse の実装においては、プライバシー配慮と情報漏えい対策として、ネットワーク通信処理を一切排除することとした。そのため、滞在場所の記録は、microSD へ行う。ゲスト利用では、microSD カードの持ち帰りや滞在履歴の印刷等により記録を保管してもらい、COVID-19 感染発覚時に大学へ任意提供してもらうことを想定している。

demitasse の実装では、単 3/単 4 乾電池で長時間稼働する省電力性と安全性を考慮した設計を行い、M5StickC IoT デバイスを用いた実装 (図 3) を制作した。

4. おわりに

本研究課題では、大学における COVID-19 感染対策のひとつとして、構内における滞在場所の履歴を記録するモバイルアプリと専用デバイスを開発した。研究室や教員室に BLE ビーコンを設置し、開発したモバイルアプリをインストールしたスマートフォンやデバイスを携帯して構内を移動することで、滞在場所のビーコン電波の受信履歴を記録をする。

今年度は、施設管理に関する手続き上での課題が解決できなかったため進めることができなかったが、教室等の共用スペースへの BLE ビーコンの設置を進めて、対面授業を受講する学生に対する本格的な運用を進めていきたい。また、モバイルアプリと専用デバイスのソフトウェア実装コードを OSS (オープンソース) 化することで、機能改善やバグフィックスに関して、本学学生や他の教員などから

のコントリビューションを期待したい。

本開発では、構内入構者それぞれが滞在履歴を記録する機能を実現したが、COVID-19 感染者が発生した場合に備えて、2 者の滞在履歴記録を比較することによる、接触有無の確認機能の実装を進めたい。本機能は、Web ページや Web アプリとして実装することで、感染者のプライバシーを保護しつつ、滞在記録を持つ各ユーザーが接触有無を確認することを可能にする。

また、モバイルアプリの利用を促進する施策を検討している。第 1 の施策は、CO₂ センサを用いた、滞在場所の感染リスクに関する情報提供である。教室向けのビーコンを CO₂ センサを搭載したマイコンボードに置き換えて、ビーコン信号に載せる情報に教室の CO₂ 濃度値を付加する。ビーコン信号に含まれる CO₂ 濃度値から教室の感染リスクを推測した結果を画面表示等で通知することで、滞在履歴記録を行う LATTE アプリに付加価値をつけ、利用促進を実現する。第 2 の施策は、LINE ビーコンを用いた、構内出入口で LATTE アプリの起動/終了を促すリマインダ機能の実現である。スマートフォンの制約上、アプリの起動には、ユーザーの明示的なインタラクションを必要とする。LINE ビーコンを構内出入口に設置して、LINE を通じたりリマインダ通知を行うことで、アプリの起動・終了忘れを防ぐ。

さらなる展望として、構内における滞在位置把握の機能を活用した、視覚障害者のための音声による学内ナビ実現を検討している。また、QR コードによる教室入退室登録システムとの連携による入室時自動起動や退室自動登録を実現したい。

謝辞 本プロジェクトは、公立はこだて未来大学情報システムデザインセンター (大場みち子 センター長) の支援・協力により実施された。

参考文献

- [1] 文部科学省, "令和 3 年度の大学等における授業の実施と新型コロナウイルス感染症への対策等に係る留意事項について (周知)", 2021, https://www.mext.go.jp/content/20210305-mxt_kouhou01-000004520-02.pdf.
- [2] 大学プレスセンター, "各大学の「新型コロナウイルス感染症」の対応について", 2021, <https://www.u-presscenter.jp/article/post-43243.html>, <https://www.u-presscenter.jp/article/post-43302.html>.
- [3] 厚生労働省, "新型コロナウイルス接触確認アプリ (COCOA) COVID-19 Contact-Confirming Application", 2020, <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/cocoa00138.html>.
- [4] 新型コロナウイルス感染症対策テックチーム, "接触確認アプリ及び関連システム仕様書", 2020, <https://cio.go.jp/node/2613>.
- [5] 山下陸, 西山勇毅, 小松寛弥, 川原圭博, "BLE ビーコンを用いた屋内位置推定システムの設計と実装", 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2020-HCI-190, No. 8, pp. 1-7, 2020.

- [6] 小林佑太郎, 谷口義明, 多田昌裕, 波部齊, 越智洋司, 溝渕昭二, 半田久志, 井口信和, ”小型無線端末を用いた大学内ソーシャルディスタンスモニタリングシステムの検討”, 2020 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2020.
- [7] 石井夏生利, ”追跡アプリとプライバシー・個人情報保護”, Chuo Online: 読売新聞オンライン, 2020, <https://yab.yomiuri.co.jp/adv/chuo/research/20200709.php>.
- [8] 国立感染症研究所, ”新型コロナウイルス感染症患者に対する積極的疫学調査実施要領 (2021 年 1 月 8 日暫定版)”, 2021, <https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2484-idsc/9357-2019-ncov-02.html>.
- [9] 個人情報保護委員会, ”新型コロナウイルス感染症対策としてコンタクトトレーシングアプリを活用するための個人情報保護委員会の考え方について”, 2020, https://www.ppc.go.jp/files/pdf/20200501_houdou.pdf.
- [10] 新型コロナウイルス感染症対策テックチーム事務局, ”接触確認アプリの導入に係る各国の動向等について”, 2020, https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/techteam_20200508_02.pdf.