

クラウドセンシングのための 時空間フェンシングのスマートフォンアプリへの実装

須崎 翔太¹ 宮川 信人¹ 梶 克彦²

概要: クラウドセンシングが持つ専用システムの開発, 運用コストという課題を解決するためにクラウドセンシングプラットフォームがある. そのうち, 利用者のモチベーションを向上・維持させるためにインセンティブ要素を提供するクラウドセンシングプラットフォームはいくつかある. 我々はインセンティブ要素と併用可能なディスインセンティブ要素の軽減を目的としたクラウドセンシングプラットフォーム(ラヴラス)を構築する. 本研究ではラヴラスのスマートフォンアプリ(以下, スマホアプリ)を実装する. ラヴラスのスマホアプリにはセンシングプロジェクトダウンロード, センシング依頼通知, 自動センシング, センサデータアップロードの機能が必要である. そのうちセンシング依頼通知, 自動センシングは時空間フェンシングに基づき行う. ジオフエンシングには利用者が視覚的に認識しやすい緯度経度を利用したが, GPSは屋内やビルの多い場所では不安定になる. そこでジオフェンスにマージンを設け, 確実に進入した, 退出したを判定する. また, ラヴラスは実際のユースケースとして遊園地や工場など特定の施設を対象にする可能性がある. その場合ジオフェンスが任意の多角形になる場合がある. そこで利用者を中心に円を書き, その円周上8点にジオフェンシングを行う点を生成する. 生成した点の内1点以上ジオフェンスの内側にある場合, 時空間に進入しそうと判定し, センシングに協力するかどうかの通知を発行する. 8点全てが内側の場合確実に進入したと判定し, 自動センシングを行う. 8点全てが外側の場合確実に退出したと判定し, センシングを終了する. これによりジオフェンスが任意の多角形の場合でも適切にジオフェンシングできる. 本稿ではこれらの機能を実装し, 動作検証を行った. 結果, ジオフフェンスが任意の多角形の場合でも適切に動作した.

Implementation of Spatiotemporal Fencing for Crowd Sensing in a Smartphone App

SHOTA SUZAKI¹ NOBUHITO MIYAGAWA¹ KATSUHIKO KAJI²

1. はじめに

近年, 高機能センサを備えたスマートフォンが増加し, 豊富なセンサが利用できるようになってきている. ゆえに, スマートフォンのセンサを利用した研究はいくつもある [1], [2]. そこで, そのセンシング能力を活かす試みの1つとして, クラウドセンシングがある. クラウドセンシングとは群衆の持つスマートフォンなどの携帯端末に内蔵されたセンサを用いて低コストで大規模にセンサデータを取得し, そこから実世界の様相を把握するための方法論 [3] である. クラウドセンシングは, 現在, 研究や調査に採用されてい

る [4], [5], [6], [7]. クラウドセンシングを実施するには専用システムの開発が必要だが, イニシャルコストやランニングコストが大きくなると思われる. また, 多くの協力者にクラウドセンシングの協力を促すためには, 協力者にかかる手間の軽減や協力者の不安の解消などの課題がある. 協力者にかかる手間としては, スマートフォンの操作・通信といった負担が挙げられる. 協力者の不安としては, 協力者のプライバシー障壁によるデータ提供への心配やセンシングに対する不信感などが挙げられる. さらに, クラウドセンシングではセンシングデータ等のセンシティブなデータを多く取り扱うため, セキュリティやプライバシー保護の対策が必須である.

クラウドセンシングは幅広いデータ収集かつセンシング

¹ 愛知工業大学大学院 経営情報科学研究科

² 愛知工業大学 情報科学部

コストを削減できるため、様々な研究で採用されている。例えば、街頭の明るさ調査、観光スポット調査、騒音調査、温度調査などの研究が進められている [4]。クラウドセンシングは研究だけではなく、自治団体や地域施設の管理者など、様々な人にとって有効になりうる可能性がある。例えば先述の騒音調査や公害物質調査などは、自治団体にとって地域の住みやすさ改善のための重要なデータとなり、そのデータを基によりよい地域や町づくりが可能となる。また、公園管理者にとってはいつどのような場所に人が集まるのか、危険な箇所では子供が遊んでいないか、といった施設の安全確保に有効なデータを収集できる。

しかし、クラウドセンシングプラットフォームにはいくつかの課題があり、それを解決するために我々は時空間フェンシングに基づくクラウドセンシングプラットフォーム「ラヴラス」を提案した。クラウドセンシングのプラットフォームを作成し、クラウドセンシングの容易利用と多様なデータ収集ができるようにして、研究や調査におけるコスト（時間・費用・手間）を大幅に軽減する。また、時空間フェンシングを提案し、クラウドセンシングを利用してセンサデータを集める人（以下、依頼者）はセンシングする範囲の容易な定義、クラウドセンシングに協力してセンサデータを提供する人（以下、協力者）はセンシングされている時空間の明確な認識を期待する。ラヴラスを利用する場合、依頼者は専用の Web アプリケーション、協力者は専用のモバイルアプリケーションを使用する。本研究はラヴラスのモバイルアプリケーションに関する研究である。

2. 関連研究

クラウドセンシングを利用して多くの人々からデータ収集し、推定や分析をする研究はいくつかある。西村らの研究 [5] は、スマートフォンの加速度センサとマイクから歩行動作と周辺の雑踏音をセンシングし、端末周辺の混雑状況の推定を行っている。混雑状況の推定の研究としては、バス内の混雑状況を加速度センサと角速度センサから推定する研究 [6] もある。これは混雑時に利用者が他の利用者を避けるために、体を横に捻ったり、肩をすぼめて移動したりする回避動作のデータを収集し、そのデータから混雑状況を推定するというものである。朴らの研究 [7] では一般の自動車の利用者から加速度センサなどのモーションセンサを用いてデータを収集し、凍結や舗装路などの路面状態や平坦やくぼみなどの路面形状の推定を行っている。

これらの研究では、クラウドセンシングシステムの開発に大きなコストがかかると考えられる。依頼者がクラウドセンシングを実施するには、協力者専用のセンシングスマートフォンアプリや収集したデータを管理するサーバなどを開発する必要がある。そのため、クラウドセンシングを利用してデータ収集したい場合は、クラウドセンシングプラットフォームがあると非常に便利である。依頼者とし

ては、研究毎にセンシング専用のスマートフォンアプリを作成・配布する必要がなくなるため、それらに費やしていた時間や手間の省略が可能となる。協力者としては、研究別のスマートフォンアプリをインストールする手間が省け、研究毎に使い分ける必要もなくなる。そして、共通のスマートフォンアプリの利用により、協力者を他のクラウドセンシングに誘導も可能であるため、多くの協力者獲得にも繋がる。

次に、クラウドセンシングプラットフォームの関連研究について述べる。クラウドセンシングプラットフォームは、協力者の確保が非常に重要であるためモチベーションを向上・維持させる工夫が必要である。協力者のモチベーションを向上させる方法として金銭的インセンティブを利用した研究 [8] や、非金銭的インセンティブを利用した研究 [9] がある。

これらのモチベーション向上・維持方法はインセンティブ要素に着目しており、ディスインセンティブ要素についてあまり述べられていない。本システムではこれらインセンティブ要素と併用が可能なディスインセンティブ要素の軽減を目的としている。

クラウドセンシングのセンシング端末として様々な端末が使用されている。例えば、スマートフォンが使用されている [5][6][10][11]。クラウドセンシングのセンシング端末にスマートフォンを利用するメリットとして、スマートフォンは普及率が高く、新たにセンシング端末を確保、配布、改修する必要がない点が挙げられる。また、クラウドセンシング専用のモバイルアプリを作成すれば、インターネットを介して世界中の人がクラウドセンシングに参加できる。しかし、デメリットとして、協力者がクラウドセンシングに協力しようとする、協力者がそのクラウドセンシングに対応したアプリケーションをそれぞれインストールする必要がある。また、スマートフォンは常に携帯している場合が多く、センサの種類や時空間によってはプライバシーを侵害してしまう。スマートフォンを使用しない例として、市販の環境センサや、専用に開発されたものがある [3][7]。クラウドセンシングのセンシング端末にスマートフォンを使用せず、市販の環境センサや専用に開発したものを使用するメリットとして、長時間のセンシングや大規模なセンシングなど目的に沿ったセンサが使用できる点が挙げられる。デメリットとして、インシヤルコストとランニングコストがかかる点が挙げられる。本研究では時空間フェンシングにより協力者のプライバシーを侵害することなくセンシングを行う。

3. 時空間フェンシングに基づいたクラウドセンシングプラットフォーム

本章では、時空間フェンシングに基づいたクラウドセンシングプラットフォーム（ラヴラス）の詳細について述べ

る。各節は、時空間フェンシングの定義、ラヴラスの全体像、の順に構成されている。

3.1 時空間フェンシングの定義



図 1 ジオフェンシングと時間要素を追加した時空間フェンシング

時空間フェンシングは「ジオフェンシングに時間要素を追加し拡張したフェンシング手法」として定義する。時空間フェンシングの概要を図 1 に示す。ジオフェンシングとは GPS や Wi-Fi, BLE ビーコンといった位置推定技術によって仮想的な境界を生成し、その境界に進入した、あるいは退出したときに特定のサービスを行うフェンシング手法である。位置推定の高精度化や手軽にジオフェンシングを構築できる BLE のようなデバイスの普及に伴って、ジオフェンシングを用いた様々なアプリケーションが実現されている。つまり、時空間フェンシングとは、時間と空間の指定によって仮想的な境界を生成し、その境界に進入した、あるいは退出したときに特定のサービスを行うフェンシング手法である。特定のサービスとは、本研究では「センシング」である。仮想的な境界内に進入したときにセンシングを開始し、境界外に退出したときにセンシングを終了する。

時空間フェンシングのメリットとして、時間とエリアで境界を区切ると依頼者は様々なシチュエーションを指定したクラウドセンシングが可能となる。時空間フェンシングで定義できる範囲は時間と空間を適切に切り離せる範囲である。例えば、午後 3 時から 5 時の公園や開園時間の遊園地である。一方で、時間と空間を適切に切り離せない範囲は定義できない。例えば、時間を適切に切り離せない降雨時のみや、空間を適切に切り離せない移動する電車内などは適さない。

3.2 ラヴラスの全体像

ラヴラスの全体像を図 2 に示す。ラヴラスの一連の流れは「Web アプリでセンシングプロジェクトの定義」、「時空間フェンシング」、「センシング依頼の承諾」、「自動的にセンシング」、「Wi-Fi 環境下で自動的にアップロード」、「データ利用」の順で行う。依頼者はプロジェクト管理 Web ア

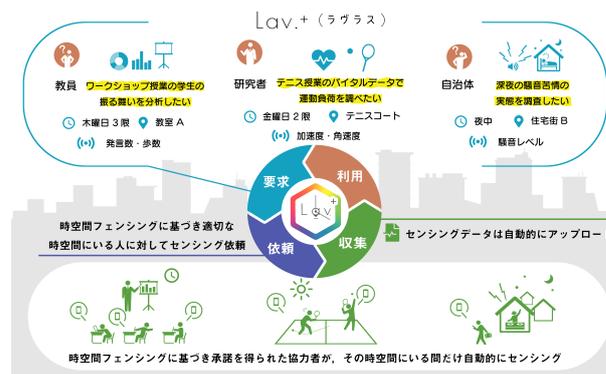


図 2 ラヴラスの全体像

プリにて、センシング依頼の内容を細かく定義し、センシングプロジェクトを作成する。協力者は依頼者の作成したセンシングプロジェクトをダウンロードする。協力者がセンシングプロジェクトに応じて、3.1 節の定義をもとに時空間フェンシングを行い、協力者が設定された時空間にいる場合のみ通知が送られる。協力者がセンシング依頼画面に提示された、依頼者とクラウドセンシングの内容に納得し、センシングに協力する場合センシング依頼に承諾する。協力者がセンシング依頼に承諾し、時空間に進入した場合、バックグラウンドで自動でセンシングが始まる。センシングが終了し、協力者が Wi-Fi 下の場合、センサデータをアップロードする。

本プラットフォームは時空間を適切に設定でき、無意識化でセンシングするクラウドセンシングのみ使用できる。例えば遊園地の経営企業が遊園地の入場者の動向を知るために移動履歴をセンシングしようとしたとする。その場合、時間は遊園地の開園時間から閉園時間、空間は遊園地内、必要なセンサデータは位置情報と加速度と設定する。他にも教員が授業を行う教室の空調管理のために環境測定をしようとしたとする。その場合、時間は授業の行われる時間帯、空間は教室、必要なセンサデータは気温、湿度と設定する。

4. 特定の時空間への進入時に自動センシングするアプリケーション

本章では特定の時空間への進入時に自動センシングするアプリケーションについて述べる。4.1 章ではまずラヴラスのモバイルアプリケーションの要求仕様を定義する。4.2 章では特定の時空間への進入時に自動センシングするアプリケーションの実装に述べる。4.3 章では時空間フェンシングの実装について述べる。4.4 章ではセンシング依頼通知の実装について述べる。4.5 章では自動センシングの実装について述べる。

4.1 ラヴラスのモバイルアプリケーションの要求仕様

ラヴラスのモバイルアプリケーションの要求仕様を図 3



図 3 ラヴラスのモバイルアプリケーションの要求仕様

に示す。ラヴラスのモバイルアプリはセンシングプロジェクトダウンロード、センシング依頼通知、自動的にセンシング、センサデータアップロードができる必要がある。

協力者の物理的コストを軽減させるために、協力者への通知と協力者自身の操作の低減や、端末のデータ通信量を圧迫しない必要がある。協力者への通知を最小限にするために時空間に進入する可能性が高い協力者にのみ通知を発行する必要がある。また、一度センシング依頼に承諾もしくは拒否した協力者には、そのプロジェクトから通知は発行されない必要がある。依頼者は参加できないクラウドセンシングや、一度拒否したクラウドセンシングの通知が発行されると煩わしく感じる可能性がある。そのため、協力者への通知は最小限にする必要がある。協力者自身の操作を低減させるために協力者の操作は、アプリのインストール等を除いてセンシング依頼通知のタップとセンシング依頼画面での承諾拒否ボタンのタップのみにする必要がある。なので、時空間フェンシングやセンシングは全てバックグラウンドで自動的に行う必要がある。協力者はクラウドセンシングに協力するまでの操作や手間が多いと協力をやめてしまう可能性がある。端末の通信量とデータ容量を圧迫しない為にセンシングプロジェクトをダウンロードする時、協力者が参加する可能性があるセンシングプロジェクトのみダウンロードする必要がある。また、センシングが終わった後、Wi-Fiに接続している時に自動でアップロードされる必要がある。

協力者の心理的コストを軽減するために、協力者は使用されたくないセンサデータを削除できる必要がある。また、アップロードした後も使用されたくないセンサデータを削除できる必要がある。なので協力者はすでに承諾したセンシングプロジェクトへの拒否や、既にアップロードしたセンサデータに削除申請が出せる必要がある。一度センシングされたデータが削除できない場合、協力者は気軽にセンシングできない。その場合、クラウドセンシングに参加しづらくなってしまいうため、協力者が減ってしまう可能性がある。

4.2 特定の時空間への進入時に自動センシングするアプリケーションの実装

依頼者の制作したセンシングプロジェクトに対応したセンシングをするためにモバイルアプリを実装する。本アプリは4.1章で述べた内、時空間フェンシング、センシング依頼、自動的にセンシングのみ実装した。実装したアプリの全体図を図4に示す。

時空間に進入する可能性が高い協力者、もしくはすでに時空間の内側にいる協力者にセンシング依頼通知を発行する。センシング依頼通知をタップするとセンシング依頼画面が表示される。協力者はセンシング依頼画面に提示された依頼者とクラウドセンシングの情報を確認し、クラウドセンシングに協力するか否かを選択する。協力者がクラウドセンシングに協力する場合はセンシング依頼画面の承諾ボタンを押し、協力しない場合拒否ボタンを押し。協力者がクラウドセンシングに承諾しており、確実に時空間の内側にいる場合自動的にセンシングされる。協力者が確実に時空間から退出している、もしくはクラウドセンシングに拒否している場合はセンシングが行われない。

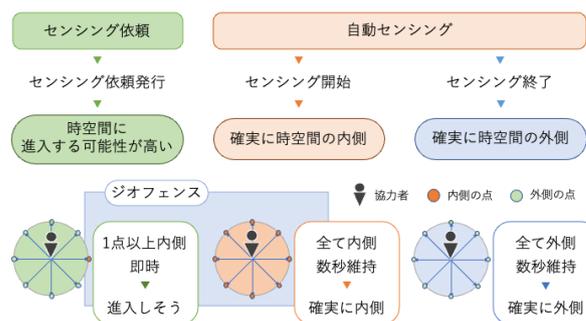


図 4 特定の時空間への進入時に自動センシングするアプリケーションの全体図

4.3 時空間フェンシングの実装

ジオフェンスの生成には緯度経度、BLE ビーコン、Wi-Fiなどが使う手法がある。ラヴラスでは依頼者と協力者がジオフェンスを確実に認識する必要がある。そのため、今回は視覚的に認識しやすい緯度経度を採用した。

ジオフェンスが任意の多角形である場合に対応するためにポリゴンの内外判定アルゴリズムを使用する。点の多角形に対する内外判定を図5に示す。点の内外判定とは、まず点(赤丸)から多角形に対して直線を引く。その線と多角形との交点(青丸)の数が奇数個であれば多角形よりも内側にいる、偶数個であれば多角形よりも外側にいると判定できる。この場合、丁度線と多角形の辺が重なったり、線と多角形の頂点と重なると、誤った判定を行ってしまう。しかし、緯度経度は小数点以下が7桁もあり、位置情報は変化し続けるため、丁度重なる場合は今回考えないものとし

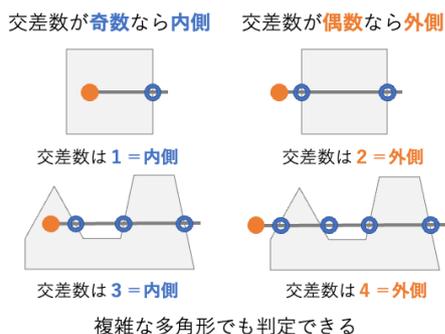


図 5 点の内外判定を用いたジオフェンシング

ている。依頼者が図 5 下部のようにどれだけ複雑な多角形のエリアを設定しても、内部か否かは判定可能である。今回は実装は行っていないが円のようなエリアでも判定は可能である。また、今回は GPS のみを用いたエリア判定のため、平面的なエリア判定しか行えない。1 階や 2 階などの立体的なエリア判定は今後の課題とする。

確実に時空間の内側にいる場合のみセンシングする、時空間に進入する可能性が高い協力者にセンシング依頼通知を発行するなど、様々なシチュエーションに対応するため、時空間の拡大と縮小が可能なマージンを実装した。確実に時空間の内側かどうか判定する場合は時空間を縮小するマージンをとる。時空間周辺にいるかどうかを判定する場合は時空間を拡大したマージンをとる。ジオフェンスが緯線、経線に並行な線のみできている長方形の場合、加算と減算を用いてマージンの実装が可能である。ジオフェンスを拡大する場合は、最北端の緯度と最東端の経度に加算し最南端の緯度と最西端の経度に減算する。ジオフェンスを縮小する場合は、最北端の緯度と最東端の経度に減算し最南端の緯度と最西端の経度に加算する。しかし、本アプリはジオフェンスが任意の多角形に対応する必要がある。ジオフェンスが複雑な矩形の場合に対応するため、ジオフェンスにマージンを持たせず協力者の周囲に内外判定を持つ点を生成した。

4.4 センシング依頼通知の実装

協力者へのセンシング依頼通知を減らすために、センシング依頼通知はクラウドセンシングに参加する可能性が高い協力者に発行する。センシングプロジェクトに設定された時空間に近い協力者とすでに時空間の内側にいる協力者を、そのクラウドセンシングに参加する可能性が高いとする。例えば、すでに始まっているクラウドセンシングの付近にいる協力者や、もうすぐ自分がいる場所でクラウドセンシングが始まる協力者である。なので、時空間を広げるようにマージンを取り、その時空間の内側にいる場合、通知を発行する。センシングプロジェクトに設定された空間から離れた場所にいる協力者はそのクラウドセンシングに参加する可能性が低いとする。例えば、すでに始まってい

るクラウドセンシングから離れた場所にいる協力者である。クラウドセンシングに参加する可能性が低い協力者に通知を発行しても、クラウドセンシングに参加する可能性が低く、たとえセンシング依頼に承諾しても、センサデータがもらえる可能性が低い。また、協力者は参加しないクラウドセンシングの通知が何度も発行されると不快に感じる可能性がある。



図 6 発行される通知とセンシング依頼画面の例

協力者がセンシング依頼通知をタップすると、センシング依頼画面が立ち上がり、依頼者の名前や使用するセンサ、時空間が提示される(図 6)。協力者が提示された情報に納得し協力すると判断した場合、協力者はセンシング承諾ボタンを押してクラウドセンシングに協力する。協力者はセンシング依頼画面に提示される情報を確認する。センシング依頼画面に提示される情報の例として依頼者の名前、使用するセンサの名前とその周波数などがある。この時、協力者は提示された情報に少しでも不信感を覚えたり、納得できない場合はセンシング拒否ボタンを押してクラウドセンシングに協力しない。

4.5 自動センシングの実装

協力者の操作を低減させる為、協力者が確実に時空間の内側でセンシング依頼に承諾している場合、バックグラウンドで自動的にセンシングされる。そのため協力者はスマホアプリを意識して開く必要はなく、アプリケーション自体を終了させなければ途中でセンシングは終了しない。バックグラウンドにより協力者の操作などの負担の軽減に加え、センシングをしているという感覚を意識させないため、より普段の振る舞いのセンシングを期待する。

確実に協力者の時空間の内側にいるかどうかを判定するため、進入時は時空間を狭くするマージン、退出時は時空間を広くするマージンを取る。ジオフェンシングの境界付近かつ位置情報が不安定になると進入退出の判定を繰り返してしまう。また、時空間の周辺で位置情報が不安定にな

ると時空間の外側なのに内側と判定される場合がある。これを防ぐためにマージンを取る。しかし、時空間が小さい場合狭くするマージンを取りすぎると時空間に進入しづらく、または進入できなくなってしまう。例えば縦横どちらかが10m以下のジオフェンスに対して狭くするマージンを5m以上取ると進入できなくなる。同様に時間を狭くするマージンを設定された時間より多くとってしまうと進入できなくなる。そのため時空間を狭くするときのマージンは時空間の大きさを考慮する必要がある。現時点でマージンはセンシングプロジェクト毎に設定している。

クラウドセンシングプラットフォームとして多くのセンサと自由な周波数に対応し、プライバシーを侵害するセンサデータは抽象化した。さまざまなクラウドセンシングに対応するために多くのセンサと周波数に対応する必要がある。例えば、歩行推定では加速度センサ、気圧センサ、角速度センサ、位置情報などが必要になる可能性がある。騒音計測では音センサ、環境測定では温度や湿度が必要になる可能性がある。センサの種類だけではなく自由に設定可能な周波数も必要である。同じセンサでも用途によって周波数はさまざまである。例えば、気圧センサを歩行推定に使う場合高い周波数でセンシングする。一方、天候推定では高い周波数でセンシングする必要がないため、低い周波数でセンシングする。依頼者が作成するセンシングプロジェクトにはセンサの種類とセンサ毎の周波数が設定されている。本アプリではセンシングプロジェクトに沿って、複数のセンサとセンサ周波数に対応したセンシングができる。例えば、加速度を50Hz、気圧を10Hzでセンシングなど、周波数をセンサ単位で設定できる。また、同時に複数の時空間に進入して、複数のクラウドセンシングに参加する場合がある。本アプリはセンシングプロジェクト毎にセンサの種類とその周波数を管理しているため、同時に複数のセンシングが可能である。例えば、加速度を50Hzで取るクラウドセンシングと20Hzでとるクラウドセンシングに同時に協力した場合でも適当にセンシングできる。

5. 動作検証

ジオフェンスが任意の多角形の時、マージンを含め適切に動作しているか検証した。動作検証の設定と評価項目を図7に示す。図7左部のように多角形のジオフェンスを設け、ジオフェンスを通過するように移動する(図7橙色矢印)。評価項目を図7右部に記す。まず、ジオフェンスに進入する可能性が高い協力者に通知を発行しているか確認する。ジオフェンスに進入する可能性が高い協力者は4.4章で述べた通りである。4.3章で述べた通り、協力者につけた内外判定を持つ点が1つ以上ジオフェンスの内側にある時、拡大したジオフェンスに進入したと判定し通知を発行する。次に、確実にジオフェンシングの内側にいる時にセンシングを開始するか確認する。適切に動作している場

合、協力者につけた内外判定を持つ点全てがジオフェンスに進入した時、確実にジオフェンスの内側にいると判定しセンシングを開始する。最後に、確実にジオフェンスから退出している場合センシングが終了するか確認する。適切に動作している場合、協力者につけた内外判定を持つ点全てがジオフェンスから退出した時、確実にジオフェンスの外側にいると判定しセンシングが終了する。



図7 ジオフェンシングの動作検証

動作検証の結果は図8に示す。まず、拡大したジオフェンスに進入した時に通知の発行を確認した。次に、縮小したジオフェンスに進入した時にセンシングが開始するのを確認した。最後に、拡大したジオフェンスから退出した時にセンシングが終了するのを確認した。以上から、適切な動作が確認できたと言える。

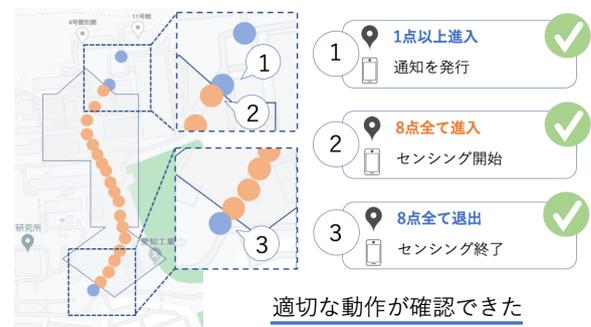


図8 ジオフェンシングの動作検証の結果

6. おわりに

本論ではクラウドセンシングプラットフォームにおけるモバイルアプリに求められる機能の要件定義をした。その中から、時空間フェンシング、センシング依頼、自動でセンシングを実装した。時空間フェンシングの実装ではジオフェンスが任意の多角形である場合に対応するため、ポリゴンの内外判定を使用した。確実に時空間に進入した場合のみセンシングする、時空間に進入する可能性が高い協力者にセンシング依頼通知を発行するなど、様々なシチュエーションに対応するため、時空間の拡大と縮小が可能な

マージンを実装した。また、ジオフェンスが複雑な矩形である場合に対応する為、協力者の位置情報にマージンを設けた。センシング依頼の実装ではまずセンシング依頼に参加する可能性が高い協力者を定義した。次にセンシング依頼に参加する可能性が高い協力者にのみ通知を発行する。また、協力者がセンシングに参加するか否かを判断するセンシング依頼画面を実装した。センシング依頼に承諾し、時空間に進入した場合自動でセンシングする機能を実装した。確実に協力者の時空間への進入と退出を判定するため、進入時は時空間を狭くするマージン、退出時は時空間を広くするマージンを取った。クラウドセンシングプラットフォームとして多くのセンサと自由な周波数に対応し、プライバシーを侵害するセンサデータは抽象化した。

動作検証では時空間フェンシングが適切に行えているか確認した。その結果時空間フェンシングが適切に行えた。また、実際のユースケースを想定して適切にセンシングできているか検証した。その結果さまざまなセンサデータを集められた。

今後の課題として、今回実装に至らなかった時空間フェンシングに基づくクラウドセンシングプラットフォームにおけるモバイルアプリケーションに必要な機能の実装が挙げられる。今回実装できなかったセンシングプロジェクトダウンロードやセンサデータアップロードなどサーバとの連携を実装する必要がある。

時空間フェンシングの課題として、ジオフェンシングにGPSを使用しているためGPSの精度が落ちる屋内で動作が不安定になる点が挙げられる。現時点でジオフェンシングに緯度経度のみを使用しているため、屋内や高層ビルが多くある場所などで想定しているよりもGPSのブレが激しい場合はジオフェンスが適切に行えない。また、緯度経度のみでは1階と2階の判定もできない。そのため、緯度経度でのジオフェンシング以外にBLEやWi-Fiなどの実装が必要である。

参考文献

- [1] A. Suyama, U. Inoue, Using geofencing for a disaster information system, 2016 IEEE/ACIS 15th International Conference on Computer and Information Science, pp. 1-5, 2016.
- [2] 岩本健嗣, 杉森大輔, 松本三千人. 3軸加速度センサを用いた歩行者推定手法, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.2, pp.739-749, 2014.
- [3] 下坂正倫. クラウドソーシングの現状と可能性: 3. クラウドセンシングの研究動向, 情報処理, Vol.56, No.9, pp.891-894, 2015.
- [4] J. Liu, H. Shen, X. Zhang, A Survey of Mobile Crowdsensing Techniques: A Critical Component for the Internet of Things, 2016 25th International Conference on Computer Communication and Networks, pp. 1-6, 2016.
- [5] 西村友洋, 樋口雄大, 山口弘純, 東野輝夫. スマートフォンを活用した屋内環境における混雑センシング, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.12, pp.2511-2523, 2014.

- [6] 細川諒, 白石陽. 利用者の歩行特性と乗降車順を考慮したバス内混雑状況推定手法の提案, 第82回全国大会講演論文集, Vol.2020, No.1, pp.221-222, 2020.
- [7] 朴斌, 相原健郎. クラウドソースによるモバイルセンシングを用いた路面状況推定, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.10, pp.1784-1793, 2018.
- [8] K. Jayarajah, R. K. Balan, M. Radhakrishnan, A. Misra, Y. Lee, LiveLabs: Building In-Situ Mobile Sensing & Behavioural Experimentation TestBeds, MobiSys 16: Proceedings of the 14th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, pp. 1-15, 2016.
- [9] 河中祥吾, 松田裕貴, 諏訪博彦, 藤本まなと, 荒川豊, 安本慶一. 観光客参加型センシングによる観光情報収集におけるゲーミフィケーションの有効性調査, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2018 論文集, Vol.2018, pp.145-151, 2018.
- [10] H. Tangmunarunkit, C. K. Hsieh, B. Longstaff, S. Nolen, J. Jenkins, C. Ketcham, J. Selsky, F. Alquaddoomi, D. George, J. Kang, Z. Khalapyan, J. Ooms, N. Ramathan, D. Estrin, Ohmage: A General and Extensible End-to-End Participatory Sensing Platform, Association for Computing Machinery, Vol.6, No.3, 2015.
- [11] D. Ferreira, V. Kostakos, A. K. Dey, AWARE: Mobile Context Instrumentation Framework, Frontiers in ICT, Vol.2, pp.6, 2015.