

# 社内ランチグループ推薦のための 日常生活におけるユーザ間距離に基づいたグループ検出

小芝 涼太<sup>1</sup> 平部 裕子<sup>1</sup> 藤本 まなと<sup>1</sup> 諏訪 博彦<sup>1</sup> 荒川 豊<sup>1</sup> 長沢 忠郎<sup>2</sup> 岡本 昌和<sup>2</sup>  
奥田 真也<sup>2</sup> 瀧塚 清孝<sup>2</sup> 安本 慶一<sup>1</sup>

**概要:** 近年、ランチ時間を有効利用したシャッフルランチという制度を導入している企業が登場するなど、オフィスの活性化や連携強化の手法として、一緒にランチを取るという行動が注目されている。既存システムでは、システム上でランダムにランチグループが形成される。それによって予期しない出会いが生まれる可能性がある反面、不在者がグループに含まれていたり、実際に行く時間を別途決定する必要があるといった問題がある。そこで、本研究では、スマートフォンに搭載されたセンサを用いて、日常生活におけるユーザ間距離と現在のユーザ間距離を計測し、日々の交流と現在の状況に応じて、適切な人々に適切なタイミングでランチグループを形成する手法を検討している。本論文では、提案システムの実現に向けて開発した Android アプリケーションと、そのアプリケーションを用いて計測したユーザ間距離からグループ検出が可能であることが確認できた。

## Group detection based on user-to-user distance in everyday life for the office lunch group recommendation

RYOTA KOSHIBA<sup>1</sup> YUKO HIRABE<sup>1</sup> MANATO FUJIMOTO<sup>1</sup> HIROHIKO SUWA<sup>1</sup>  
YUTAKA ARAKAWA<sup>1</sup> NAGASAWA TADAO<sup>2</sup> OKAMOTO MASAKAZU<sup>2</sup> OKUDA SHINYA<sup>2</sup>  
TAKIZUKA KIYOTAKA<sup>2</sup> KEIICHI YASUMOTO<sup>1</sup>

### 1. はじめに

近年、企業のような大規模組織において、部署の細分化やプロジェクトの縦割りが原因で、社員間のコミュニケーション不足が深刻な問題となっており、組織内の交流をより活発化させることが必要となっている。組織内の交流を活発化させるため、企業では、運動会や飲み会など様々なイベントが企画されるが、就業時間外の拘束は社内の不満捻出が危惧されるため、ランチの時間を有効活用した交流が盛んに行われている。特に最近では、部署間の垣根を越えたコミュニケーションのきっかけを作るため、シャッフルランチを社内制度として導入するケースが増えてきた。

シャッフルランチとは、ランダムにグループ分けを行い、そのグループでランチを行うものである。企業によって

様々ではあるが、主にエントリー制や全員参加制がある。エントリー制では、他者との交流に対する積極的な参加者には有効ではあるが、参加を躊躇する消極的な参加者の発生を抑制できないため、全社員の交流を図ることができず、部署間の垣根を越えられない可能性がある。全員参加制では、偏りなく全社員との交流を行うことができるが、基本的にはランダムにグループが作成されるため、不在者がグループに含まれていたり、実際に行く時間を別途決定するといった問題が生じる可能性がある。以上のことから、全社員が参加することができ、かつ円滑なコミュニケーションが可能なランチグループを形成するためには、実際の人間関係を考慮し、コミュニケーションが活発化するランチグループの推薦が必要である。

これを実現するには、まず既存の人間関係を抽出する必要がある。既存の人間関係を抽出するには、日常生活をどれだけ共に過ごしているのか、普段どのようなグループでランチへ行っているのか、などを把握する必要がある。こ

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学  
NARA Institute of Science and Technology  
<sup>2</sup> シャープ株式会社

れらを把握するには、人と人との距離、つまり日常生活における物理的な近さを把握することが非常に重要となる。これまでも様々な手法が試されているが、特に代表的なものとして Rijurekha らの GruMon[1] がある。これは GPS と Wi-Fi のアクセスポイントのデータから、どのようなグループで建物間を移動しているかを検出するものである。しかし、Wi-Fi では、同じ建物や同じ部屋にいることは把握できるが、その中でどのようにグループ化されているかは判定できない。従って、オフィスのような区切りのない空間での詳細なグループ検出には適さない。以上のことから、人間関係を考慮したランチグループの推薦には、既存の人間関係を知るためのグループ検出手法の構築と、それを踏まえて部署間が異なりかつ既存の人間関係に基づくグループ推薦アルゴリズムの構築が必要と考える。

本研究では、日常生活の人間関係に基づき、活発なコミュニケーションが生まれるランチグループの推薦を目的とする。そのために、スマートフォンのみで取得可能なデータから、日常生活のユーザー間距離に基づくグループ検出手法を提案する。提案手法では、スマートフォンに搭載されている Bluetooth Low Energy (以降、BLE と略) という通信方式を利用する。BLE 機器は、接続先となるスマートフォンを探索するためにアドバタイズメントパケットと呼ばれる信号を定期的送信している。このパケットはブロードキャスト通信であり、ペアリングなどの接続設定を行うことなく、周辺端末から観測することが可能である。パケットの送信は、HOST の CPU を起こさず、定期的パケットをブロードキャストすることが出来るので、低消費電力である。しかし、アドバタイズメントパケットを観測するには、端末内でパケットをスキャンする必要がある。パケットをスキャンするにあたって、端末は HOST の CPU を起こして、パケットの確認を行う。したがって、5 秒に 1 回のような高頻度のスキャンを行う場合、低消費電力を実現できない可能性がある。そこで、センサハブを用いて、移動状態が変わった時のみパケットのスキャンを行うようにする。センサハブとは、メインの CPU とは別に用意された、センサデータの処理に役割を特化した MCU である。近年、スマートフォンやウェアラブルデバイスには、センサが多数搭載されているため、センサハブを利用することで HOST の CPU を起こさず、センサからのデータを処理することができ、低消費電力を実現することができる。提案方式は、このアドバタイズメントパケットを送受信する機能をアプリケーションに組み込むことで、誰と誰が日常生活で一緒に行動しているかを明らかにする。研究室を一つの社内と想定し、被験者 8 人に普段使っている端末を持ち歩いてもらい、実験を行う。各人の端末間の BLE 信号の受信信号強度 RSSI (Received Signal Strength Indicator) を基に日常生活における物理的近さを取得し、さらに位置情報を追加する事で外出時のグループ検出を行う。

検出されたグループと正解データの比較を行い、提案手法の検出精度を評価する。

## 2. 関連研究・サービス：現状と課題

本章では、本研究に関する関連研究及びサービスについての現状と課題について説明する。

### 2.1 企業が導入しているシャッフルランチの実システムやサービス

近年企業で導入されているシャッフルランチは、社員間のコミュニケーションを促進する新しい社内イベントの 1 つである。社員をランダムに分けてランチグループを作成し、そのグループでランチを行う。シャッフルランチには、エントリー制と全員参加制の大きく 2 つが存在する。

エントリー制は、参加希望者を事前に募り、その希望者をランダムにグルーピングするもので、各企業 (例えば、GREE) が独自にシステムを開発している。しかしエントリー制によるシステムは、社交的な参加者 (他者との交流に対する積極的な参加者) にとって有効ではあるものの、非社交的な参加者 (参加を躊躇する消極的な参加者) の発生が避けられないため、全社員の交流を図ることができず、部署間の垣根を越えづらい可能性がある。

一方、全員参加制のシャッフルランチ向けサービスとして有名なものに、“社内交流ランチ”がある。これは flasco 社が提供するサービスで、シャッフルランチを一括管理するものである。あらかじめ社員情報 (部署名等) をサービスを通して登録し、その後自動的にユーザをランダムにシャッフルしてランチグループを作成する。作成されたグループを人事側が確認、承認すると、ランチグループ全員に向けて一斉にメールが送られる。ランチを行なう場所や日時は、グループ内で独自に決定し、ランチ終了後には、グループに向けて自動的にアンケートが送信される。そのフィードバックが次回以降のマッチングに利用される。完全なランダムシャッフル以外にも、ランチ相手を直接指名し、共通の趣味等の条件を付け加えることで、希望の相手とのマッチング確率を高めることができる。しかしながら、全員参加制のシステムは、基本的に完全なランダムシャッフルであるため、当日にミーティングなどでランチ時間に参加できない社員を含まずにグルーピングすることができない。また実際にランチに行く場所を初見の参加者全員で具体的に決めるといった手間も発生する。

### 2.2 グループ検出の先行研究

Jayarajah ら [2] は、個人の行動が集団のコンテキストによってどの程度変化するかを確認するために、個人の移動パターンと集団の移動パターンを統計的に比較している。このシステムのグルーピングの根幹をなすシステムに、GruMon[1] がある。これは Rijurekha らが発したシス

表 1 機能比較表

	GPS	Wi-Fi	BLE	IR	音	オフィス内外	独自デバイス	消費電力量
Jayarajah ら	○	○	-	-	-	外	無	高
Do, T.M. ら	-	-	○	○	-	内	有	低
岡本ら	-	-	-	-	○	内	無	高
提案手法	-	-	○	-	-	外, 内	無	低

テムで、GPS と Wi-Fi のアクセスポイントのデータから、どのようなグループで建物間を移動しているかを検出するものである。しかし、Wi-Fi では、同じ建物や同じ部屋にいることは把握できるが、その中でどのようにグループ化されているかは判定できない。従って、オフィスのような区切りのない空間での詳細なグループ検出には適さない。

Do, T. M. T. ら [3] は、BLE を用いてグルーピングを行なう手法を提案しており、これは我々のアプローチと類似点がある。

Do, T. M. T. や我々が着目している BLE は、周辺機器と端末間などで通信を行う際に用いられる、近年登場した技術である。BLE は周囲デバイスに対して、直接短いメッセージを送る事ができる上、端末で利用できるその他の通信技術と比較して省電力であることが特徴で、インターネットレス通信の実現手段として期待されている。BLE には、Central と Peripheral と呼ばれる 2 つの役割があり、一般的にはスマートフォンが Central 役、活量計などのウェアラブル機器が Peripheral 役となる。両者の違いは、アドバタイズメントパケットを送信する側か受信する側かということである。Central は Peripheral からのアドバタイズメントパケットを取得してコネクションを結ぶことで通信を行うが、Peripheral 同士、Central 同士の接続を行うことは出来ない。端末間通信を行うためには、Central と Peripheral 機能の両方を備えた端末の存在が重要となる。しかし、現在の市場において、Peripheral 機能を持つ最新の OS と BLE 規格に対応した機種は極めて限られており、Android で Nexus 6 と 9 など数機種のみである。

BLE 規格と似た Bluetooth と呼ばれる規格があるが、これは BLE とは全く異なる通信規格である。BLE と Bluetooth の違いに、通信速度や省電力化が挙げられる。BLE は通信速度が 1Mbps であるのに対し、Bluetooth は最大で 24Mbps である。また BLE の平均消費電力は、Bluetooth の少なくとも 10 分の 1 であり、圧倒的な省電力を実現している。

Do, T. M. T. らは、BLE の信号強度を基にグルーピングのための確率モデルを作成している。数ヶ月に渡って集められたオフィス内の 40 人のデータを利用してパフォーマンス評価を行い、約 60% の精度でグループ検出が可能であることを示した。また赤外線センサのデータをこのモデルに付与することでグルーピングの精度を高め、予め設定された場所と紐付けることで、ミーティングか、コーヒープレ

イク、もしくはチャット中かといった、コンテキスト (状態) 認識にまで拡張している研究も存在する [4]。しかしこれらのシステムは、予め加速度やマイクロフォン、BLE、赤外線センサを搭載した独自のバッジ着用を被験者に必須とするため、一般的なオフィス内でのグルーピングに対しても汎用的とはいえない。

岡本らの提案システム [5] は、個人が持つノート PC のマイクロフォンを利用して環境音を抽出し、各自の音声をそれぞれの PC から拾い認識することで、限られた状況の中で 90 % 以上のグルーピングを可能にしている。しかしながら、これらのシステムは、環境音を利用しているため、外乱による影響を受けやすいという欠点がある。また本手法では開発システムを PC 上で常駐させているため消費電力を考慮していないが、我々の対象端末はスマートフォンであるため、バッテリーを一著しく消費しないことを考慮しなければならない。この点は本研究との 1 つの相違点である。

### 2.3 グループ検出に関する要件と課題

グループ検出手法は大きく 2 つに分けることができる。1 つは、GPS を用いて、絶対的な位置を特定し、その位置情報に基づいてグルーピングする手法である。GPS は屋内で利用できないため、オフィス内のグルーピングには適さない。屋内向けの位置測位手法として、WiFi を用いたものも提案されているが、普及度の面で広く利用可能な手法とは言えない。もう 1 つは相対的な位置を利用するものである。これは、環境音や iBeacon などその場に出ている信号を用いる手法と、名札やスマホなど双方のデバイスから意図的に発信される信号を検知するものに分けられる。

表 1 を踏まえ、グループ検出を実サービスとして実現する要件として、以下の 2 つの条件を満たす必要がある。

- (1) 普及面を考慮し、現在発売されているスマートフォン単体でデータを取得して、サービスを利用可能であること (独自デバイスを必要としないこと)
- (2) 著しくバッテリー消費をしない方式であること

これら全てを満たす方式として、我々は、省電力の通信方式である BLE を搭載し、且つペリフェラルになれる Android 端末を用いて、日常生活におけるユーザ間距離と現在のユーザ間距離を計測し、日々の交流と現在の状況に応じて、適切な人々に適切なタイミングでランチグループを形成する新たな手法を検討する。

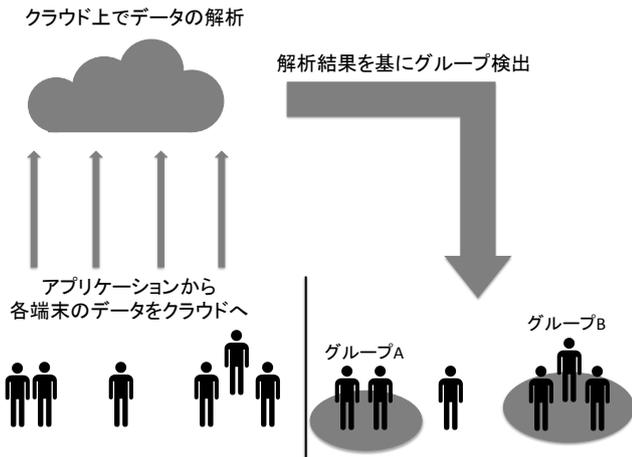


図 1 システム概要図

### 3. 提案システム

本章では、2章の現状と課題をベースとしたシステム概要と、本研究で提案するグループ検出手法について説明する。

#### 3.1 システム概要

提案システムは、日常生活のユーザ間距離に基づいたグループを検出するため、図1に示すように、ユーザ間の距離を計測するためのスマートフォンアプリケーションと、観測された距離に基づいてグループを検出するクラウドシステムから構成される。距離計測には、BLEのアドバタイズメントパケットを用いる。BLEとは、低消費電力、低コストな通信方式として、これまで多くの周辺機器に搭載されている。BLEは周辺の機器にパケットをブロードキャストするほか、Centralの役割を持つ端末とPeripheralの役割を持つ端末に分かれて接続を張り、直接通信を行うことが可能である。Peripheralは機器を発見するための信号としてアドバタイズメントパケットをブロードキャストし、Centralがそれをスキャンして接続を張ることで、相互に通信を行うことが可能となる。そのBLEと共に、位置情報を利用することで、そのグループがどのような場所で検出されたかを把握することができる。提案システムは、ペリフェラルとして動作可能なBLEを搭載したAndroid端末を対象とし、その要件を満たす端末で動作するアプリケーションとして実現する。アプリケーションの詳細は以下で説明する。

#### 3.2 提案アプリケーション

提案するアプリケーションは、ユーザ間距離を測定するにあたって、必要なデータを取得するために作成したものである。図2に提案アプリケーションの概要図、図3に提案アプリケーションの画面構成を示す。ユーザ間距離

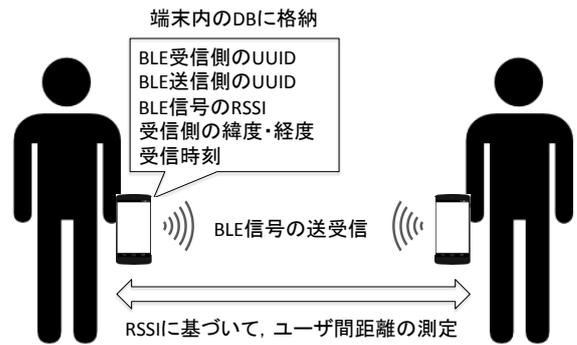


図 2 提案アプリケーション概要図

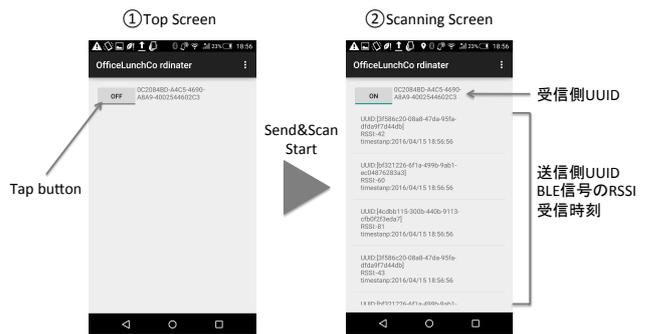


図 3 提案アプリケーションの画面構成

を測定するため、まず初めにユーザは、アプリケーションを起動させ、開始ボタンを押すことにより、アドバタイズメントパケットの送信を開始する。次に、周辺端末は送信側から発せられたアドバタイズメントパケットを受信すると、1)BLE受信側のUUID、2)BLE送信側のUUID、3)BLE信号のRSSI、4)受信側の緯度・経度、5)受信時刻を逐次データベースに格納する。受信の頻度は5秒毎に行われ、常時データの取得を行うため、バックグラウンドでこれらの動作を行うように実装している。他にも、ユーザがどんなデータを取得しているか確認するために、送信側のUUID、RSSI、受信日時を画面に表示している。

#### 3.3 グループ検出

3.2節で取得したデータから、複数のユーザがどのように共に行動しているかを分類する。まず初めに、BLE信号の受信強度に基づいて、ユーザ間距離を測定する。ここで、ユーザ同士のすれ違いによるグループの誤検出を防ぐため、1分間の平均値をとっている。また、ある一定のしきい値を越えたかどうかで、ユーザ同士が共に行動しているかを判断する。次に、位置情報、受信時刻、受信時間を基にしてそのグループがオフィス内で検出されたのか、お店で検出されたのかを推定する。

### 4. 評価実験

本章では、提案システムの有効性を示すため、評価実験を行う。

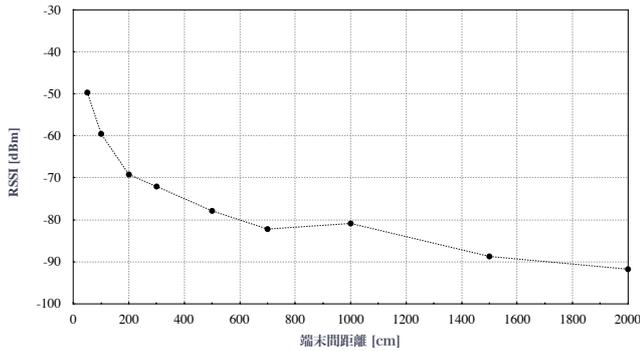


図 4 端末間の距離と RSSI の関係

#### 4.1 BLE 信号の電波特性に関する基本性能評価

静止時における端末間の距離と BLE の信号強度の関係を確認することを目的として、2 台の端末を用いて、BLE 信号の電波特性に関する基本性能の評価を行った。実験は、端末間に障害物がない状態で行われ、安定性を確保するために床に端末を置いて行った。端末間の距離は、50cm, 100cm, 200cm, 300cm, 500cm, 700cm, 1000cm, 1500cm, 2000cm と徐々に大きくし、それぞれの距離で 5 分間のデータ取得を行った。BLE の信号強度は 5 分間の平均値を図にプロットしている。図 4 に実験結果を示す。

#### 4.2 グループ検出

ユーザ間距離に基づいたグループ検出を目的として、研究室を一つの社内と想定し、被験者 8 人に端末を持ち歩いてもらい実験を行った。また本実験は、2016 年 4 月 20 日から 27 日の 8 日間行った。使用するデバイスとして、提案アプリケーションがインストールされた、同機種の Android 端末を使用する。ランチ時のグループ検出における正解データは、“時刻”、“どのユーザと出かけていたか”、“どのお店に行ったか”を各自で記録してもらう。提案手法の評価は、検出されたグループと正解データの比較を行い、を評価する。なお、この時点では、クラウド上の判定サーバは未実装であり、各端末のローカルストレージに蓄積したデータを実験終了後に収集し、事後分析している。時系列分析した結果、以下の 2 つのシナリオに分けて結果を示す。

##### 4.2.1 車移動におけるランチグループ検出

車移動でランチへ出かけた際の移動軌跡を図 5 に示し、それに対応した時系列データを図 6 と図 7 に示す。図 6 は、4 月 27 日 13 時 40 分から 17 時 15 分までの端末 2 台分、図 7 は 4 月 26 日 11 時 50 分から 13 時 15 分までの端末 5 台分を対象としている。

図 5 と図 6 に示した数字は、あらかじめ得られた正解データを基にしており、(1) 研究室から駐車場への移動、(2) 駐車場から店 A への移動、(3) 店 A に滞在、(4) 店 A から駐車場まで移動、(5) 駐車場からスマートハウスへ移動 (6) スマートハウスから研究室へ移動 (7) 研究室でお互

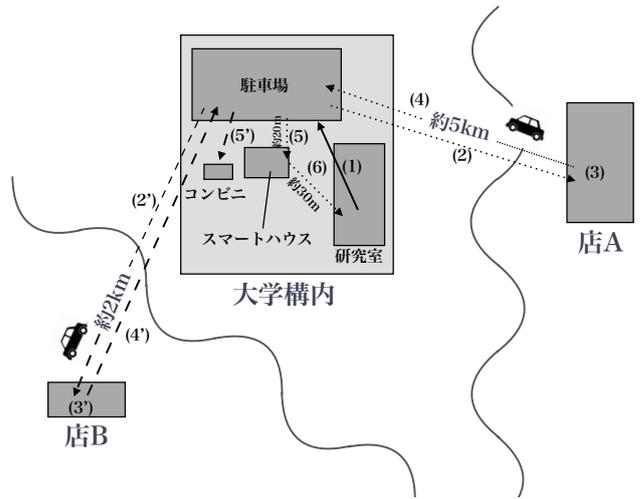


図 5 大学付近のマップ

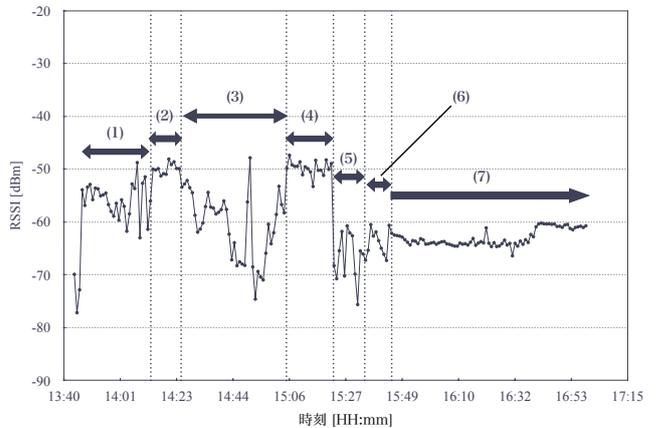


図 6 車移動による RSSI の時系列データ (2 人)

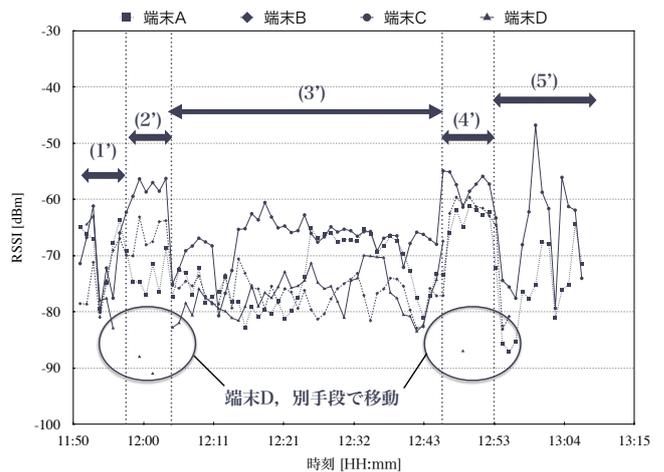


図 7 b:車移動における RSSI の時系列データ (5 人)

いに作業、とする。図 6 において、取得したデータと正解データを比較すると、行動によって特徴が見られることがわかる。車に乗っている時は RSSI の強度が大きく、値のバラツキが小さいことが分かる。この時、RSSI 値の標準偏差は 1.29 であった。これは、車という閉鎖された空間における電波の跳ね返り、かつ車内での移動が少ないことか

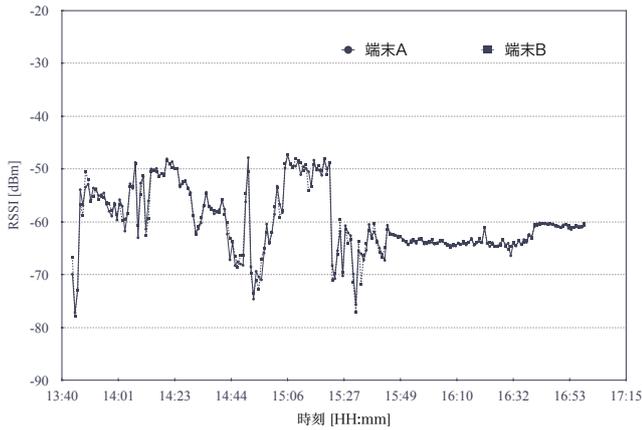


図 8 端末 2 台における時系列データの比較

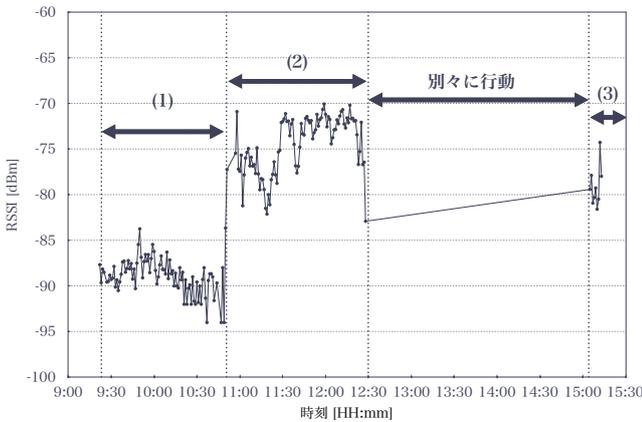


図 9 授業中における RSSI の時系列データ

ら得られた結果だと考えられる。また、徒歩で移動している時は、お互いの距離が変動しやすいため、値のバラツキが大きくなっている。

図 5 と図 7 に示した数字は、同様に、(1) 研究室から駐車場への移動、(2') 駐車場から店 B への移動、(3') 店 B に滞在、(4') 店 B から駐車場まで移動、(5') 駐車場からコンビニへ移動、とする。図 7 において、取得したデータと正解データを比較すると、図 6 と同様に車移動の際には、RSSI の強度が大きく、値のバラツキが少ないことがわかる。また、標準偏差は 2.30 である。このことから、端末が増えることによって、得られる RSSI の強度は小さく、またバラツキが大きくなることがわかる。これは、複数台から BLE のアドバタイズメントパッケージが送信されることによって、お互いに干渉し合うからだと考えられる。

図 8 に 2 台の端末間の受信強度 RSSI を重ね合わせたものを示す。2 つを比較すると、RSSI の値に大きな差はなかった。また、相関係数は 0.98 である。図 8 も同様に比較すると、相関係数は 0.93 である。少し相関係数が小さくなったが、これも先ほどと同様に、端末が増えることによって干渉が起こるからだと考えられる。どちらのケースにおいても、共に行動している時間は、RSSI の値が -80 以上を観測していることがほとんどだとわかった。

#### 4.2.2 授業中におけるグループ検出

授業中、ミーティング中の時系列データを図 9 に示す。図 9 は、4 月 26 日 9 時 00 分から 15 時 30 分までの端末 2 台分を対象とした。図 9 に示した数字は、あらかじめ得られた正解データを基にしており、(1) 同じ授業を離れた席で受けている、(2) 同じ授業を隣の席で受けている、(3) 別々に行動した後、研究室で合流、とする。図 9 を見ると、共に授業を受けている時の方が、RSSI の強度が大きいことがはっきりとわかる。今回のケースにおいても、共に行動している時は、RSSI の値が -80 以上を観測することがわかった。このことから、授業中に関して、共に授業を受けているかどうかを RSSI から推定することが可能である。

### 5. まとめ

本論文では、スマートフォンに搭載されたセンサを用いて、日常生活におけるユーザ間距離と現在のユーザ間距離を計測し、日々の交流と現在の状況に応じて、適切な人々に適切なタイミングでランチグループを形成する手法を新たに提案した。提案システムは、スマートフォンから意図的に識別のための信号を発信し、それぞれの端末が受信した BLE 信号の強度を確認することでグループ化を行うことができるため、独自デバイスを用いることなく、且つスマートフォンにとって省電力でのグループ検出を実現することができる。本提案システムの有効性を示すため、研究室を一つの社内として想定して評価実験を行った。その結果、ユーザ間の距離と RSSI が関係しており、シナリオごとにそれぞれの特徴が見られることができ、かつ -80 付近にしきい値を設定することで、おおまかなグループ検出が出来ることがわかった。また、同一の機種であれば、端末差がほとんど無いため、スキャンの役割を担う端末を減らすことが可能である。

今後は、グループ検出を行うことによって得られた人間関係を基に、不在者を排除するようなランチグループを作成できるメカニズムを構築し、且つそのグループへのレストラン推薦システムの構築を予定している。また、今後の課題として、より消費電力を抑えるためにアドバタイズメントパッケージのスキャンタイミングを選定、Central 端末決定システムの構築、クラウドサーバを用いたデータのリアルタイム分析、が挙げられる。

#### 参考文献

- [1] Rijurekha, S., Youngki, L., Kasthuri, J., Archan, M., Rajesh, Krishna, Balan.: "GruMon: Fast and Accurate Group Monitoring for Heterogeneous Urban Spaces," Proc. of ACM SenSys 2014, pp. 46-60.
- [2] Kasthuri, J., Youngki, L., Archan, M., Rajesh, K, B.: "Need accurate user behaviour?: pay attention to groups!," Proc. of UBICOMP '15, pp. 855-86.
- [3] Trinh, M, T, D., Daniel, G, P.: "GroupUs: Smartphone Proximity Data and Human Interaction Type Mining,"

Proc. of 2011 15th Annual International Symposium on Wearable Computerspp, pp. 21-28

- [4] Trinh, M, T, D., Kyriaki, K., Bruno, L., Fabio, P., Daniel, G, P.: “Inferring social activities with mobile sensor networks,” Proc. of ICMI '13, pp. 405-412.
- [5] 岡本 昌之, 池谷 直紀, 西村 圭亮, 菊池 匡晃, 長 健太, 服部 正典, 坪井 創吾, 芦川 平, ”端末音声の相互相関に基づくアドホック会話の検出,” 日本データベース学会論文誌, Vol. 7, No. 1, pp.163-168, 2008.