

# 無線 LAN 探索時における検出履歴と 写真撮影履歴を用いた社会的関係性の分類

入間川穂高<sup>†</sup> 河野恭之<sup>†</sup>

本研究では周囲に遍在するスマートフォンやタブレット型デバイスなどの無線 LAN クライアントが無線 LAN アクセスポイントへの接続先探索時に発信する Probe Request の検出履歴と写真撮影履歴を用い、実世界上で従来可視化がしづらかった社会的関係性の分類を目指す。まず Probe Request の検出履歴を基に会合日数・連続時間検出を調べることによりパーソナルネットワーク分類を行う。これにより周囲の人々との繋がりの有無の分類を行う。さらに本研究では実世界において能動的に行われる写真撮影を用い、写真撮影時刻を基に Probe Request の検出履歴の関連付けを行い、無線 LAN クライアントの検出特徴を分析することによりパーソナルネットワークごとの繋がりや深さを明らかにし、社会的関係性を分類の可能性を示す。

## 1. はじめに

本研究では周囲に遍在するスマートフォンなどの無線 LAN クライアントが無線 LAN アクセスポイント探索時に発信する Probe Request の検出履歴と写真撮影履歴を用い、社会的関係性の分類を行う。社会的関係性とは任意の人と周囲の人との繋がりや深さを表す指標と定義し、本研究では全く繋がりを持たない繋がりの中から特別な機会を共有した人、並びに同じ繋がりから仲の良い人を分類した。

### 1.1 研究背景

社会には様々な人々の繋がりや存在する。大学を例に取ってみても、同じ研究室の繋がり、学内のサークルや学部・学科を横断した繋がりなど友人関係・知り合いなど多岐に渡る。また同じコミュニティ内でも親しさに偏りが生じ、繋がりや深さも様々なパターンが存在するが、実世界上ではコストや手間の問題で多様な人間関係を解明することは難しいのが現状である。一方で、近年のインターネットの発展により人々は Web 上で活発にコミュニケーションを行い、さらに多様な人間関係が形成されていることにより、Web に着目した人間関係同士の関係性を抽出する研究は多く行われている。

村井 [1] らは政治家の Web サイト間のリンク関係から政治家のクラスタリングや中心性の判定を行っている。また大塚 [2] らは Web サイト間リンクに着目しリンク関係からコミュニティの中での Authority (多く参照されるノード) や Hub (多くの Authority につながるノード) を抽出してコミュニティを構成するメンバーを分析している。これらの研究で扱われている解析対象は特定の目的や関心を持つ集団であり、生活空間を共有する知人や友人と関係性とは異なる性質を持つと考えられる。会田 [3] らは、ユーザ間の通信トラフィックで関係を重み付けしたグラフネットワークを作成して分析を行っている。湯田 [4] らは、SNS (ソーシャル・ネットワーキング・サービス) のリンク関係を用いて人的ネットワークを持つ構造を分析している。これらの研究は Web 上や仮想空間上での繋がりや焦点を

あてており、実世界上での人との繋がりや深さが必ずしも反映されているとは言い難い。今城 [5] らは、RFID タグと加速度センサを用い幼稚園での交友関係を抽出している。この研究手法は実世界での会合関係が正確にとれるが、環境中にセンサを設置する必要性と解析を目的とした特殊なハードウェアを携帯する必要があるという点で負担が大きい。捧ら [6] は写真撮影時の撮影時間・位置情報・人物情報に基づいて任意の 2 者間の社会的関連性から写真探索手法を提案した。この研究手法は写真撮影情報を用いることで、低コストで手間をかけずにコミュニティを導き出しているが、この研究で用いる人物情報は人が写っていない写真には適用できず、位置情報は GPS を用いており屋内などでは測位誤差が生じる問題がある。この問題に対して周囲に遍在する Bluetooth デバイスや無線 LAN アクセスポイントなどの無線デバイスの検出履歴を用いる手法がある。

### 1.2 無線デバイスの検出履歴を用いた研究

徳網ら [7] は Bluetooth (以下 BT) デバイスの検出履歴を用い特定のコミュニティ内での人間関係性を分析する手法の可能性を示した。奥浦 [8] らは、BT デバイスの検出履歴を用い、自らと周囲にいる BT デバイスとの関係性をクラスタリングした上で、写真に BT デバイスを関連付けることによって周囲に存在する BT デバイスの情報を基に写真を探索できるシステムを提案した。ここで用いる検出履歴とは、BT デバイスや無線 LAN クライアントの Inquiry (問い合わせ) に対して Response (応答) したほかの BT デバイスや無線 LAN アクセスポイントのデバイス名 (SSID) と端末固有の ID (MAC アドレス) を蓄積したものである。これらの研究では BT デバイスを人に付随する端末 (属性性) として用い、無線 LAN アクセスポイントの Response を場所に依存する端末 (属地性) として用いることで、人間的関係性や周囲のコミュニティとの繋がりを可視化した。しかし近年、初期状態で探索可能状態になっていない BT デバイスが急増しているため、検出可能な BT デバイスが減少している問題がある。これは徳網や奥浦らの研究の有用性を損なわせる可能性がある。そこで本研究ではスマー

<sup>†</sup> 関西学院大学大学院 理工学研究科 人間システム工学専攻

トフォンやタブレット型デバイスなどの無線 LAN クライアントが無線 LAN アクセスポイントへの接続先探索時に発信する Probe Request (以下 PR) に注目する。これらのデバイスの多くは無線 LAN を搭載しており、各通信キャリアは回線が利用できる場所では携帯通信(3G/4G)ではなく無線 LAN を利用するように勧めている。この流れを受けてコンビニエンスストアや駅構内などで無線 LAN アクセスポイントが増加し、屋外での無線 LAN 利用が広まりつつある。また近年のスマートフォンやタブレット型デバイスの急速な普及[9]により、各通信キャリアが回線の混雑を防ぐ目的で無線 LAN アクセスポイントを利用できる場所では無線 LAN 接続を利用するように勧めている。このことより無線 LAN クライアントの PR が増えると考えられることから、PR を用いて人の流動・分布を解析することを目的とした研究が行われている。中野[10]らは鉄道車両内にアクセスポイントを設置、アクセスポイントからのビーコンに反応した無線 LAN クライアントの PR を受信し鉄道車両内の混雑度を推定した。Musa[11]らはスマートフォンの PR の受信をもとに人の動きをトラッキングし人の移動経路を推定した。本研究では PR を記録・蓄積するロギングプログラムを作成し、日常的に持ち運び可能な端末に実装する。そして端末を日常的に持ち運ぶことで周囲の人の PR デバイスとの会合情報を収集し分析することで社会的関係性の分類を行う。

### 1.3 研究概要

本研究では、社会的関係性を分類するために PR の検出履歴を基に周囲の人との繋がりの有無を示すパーソナルネットワークの分類を行う。しかしこの場合、周囲の人との繋がりの有無しかできないため、繋がりの深さまでは明らかにできない。そこで PR の検出履歴に付け加えて写真撮影履歴を用いる。実世界において写真とは能動的に撮影するものであり、その時周囲にいた人の状況を分析することにより、繋がりの深さを分類することが可能である。例えば、研究室メンバーの中でもゼミでしか合わない人よりも友人関係を形成する人の方が食事やプライベートで写真撮影時に周囲と一緒にいる可能性が高く、繋がりが深い。本研究では、撮影時の時刻をもとに写真撮影履歴に PR 検出履歴の関連付けし、撮影時に周囲にいた無線 LAN クライアントを判別する。そして関連付けられた周囲の無線 LAN クライアントの検出特徴を分析することにより、ユーザと周囲との社会的関係性の分類を行う。

## 2. Probe Request の収集と検出特徴

Probe Request とはスマートフォンやタブレット型デバイスなどの無線 LAN クライアントが周辺の無線 LAN アクセスポイントを検索するために発する信号のことである。こ

の信号は無線 LAN クライアントの無線 LAN 設定を ON にすることで不定期に発信されるもので、無線 LAN アクセスポイントが一定間隔で発信しているビーコンフレームを受信してから無線 LAN アクセスポイントに向けて発信する場合 (パッシブスキャン) と、無線 LAN アクセスポイントからのビーコンフレームを受信できなかった時に無線 LAN クライアントが自ら発信する場合 (アクティブスキャン) の 2 種類が存在する。どちらの場合でも無線 LAN クライアントの PR に対し、無線 LAN アクセスポイントの応答 (Probe Response) を受信した後に、パスワードの授受などでお互いの認証 (Authentication) を行うことにより無線 LAN 接続を可能にする。無線 LAN クライアントの発信する PR には、MAC アドレスという機器固有の ID を持ち他の端末との区別が可能である。本研究では無線 LAN クライアントの PR の検出を記録するプログラムを実装したデバイスをユーザに日常生活の中で常時携帯させる。これにより非接触かつ自動でユーザと周囲の人々との会合情報を記録することができ、無線 LAN デバイスからの PR の検出履歴を解析することにより周囲の人々との繋がりを見つけることができる。本研究では PR を発信する無線 LAN クライアントのことを「PR デバイス」と呼ぶ。

### 2.1 Probe Request ログ

PR デバイスの検出履歴を収集するために、Linux 上で promiscuous mode にて周囲の無線 LAN クライアントの PR をフェッチし、同時にデバイス情報 (日時、MAC アドレス、電波強度、接続先 SSID) を記録するロギングプログラムを作成した。本研究で用いる PR ログには、日常的に持ち運びすることを想定して RaspberryPI ModelB (大きさ: 85mm×56mm/重量: 45g) を使用し、USB コネクタに USB 無線 LAN アダプタ (LpgitecLAN-W150Nu2AW) を挿して無線通信を可能にし、作成したプログラムを実装した。電源にはモバイルバッテリー (cheroo Power Plus2 10400mA) を用い、バッテリーの消耗を防ぐため記録メディア (SD カード) への書き出し処理を 20 秒に一回とした。実際に収集された PR デバイスの検出履歴の一部を図 2 に示す。

2014/10/10 12:05:43.181828	64:20:0c:0b:3a:1a	-75	pwr-q94ed45-1
2014/10/10 12:05:44.718382	bc:92:6b:1a:3c:b6	-69	
2014/10/10 12:05:48.118949	b4:18:d1:b5:92:83	-75	
2014/10/10 12:05:50.361576	50:46:5d:1b:92:4b	-27	
2014/10/10 12:05:54.786675	5c:59:48:57:bd:ce	-87	sbyume.net
2014/10/10 12:05:54.789183	5c:59:48:57:bd:ce	-83	0007405AF4A6
2014/10/10 12:05:55.621469	b4:18:d1:b5:92:83	-73	
2014/10/10 12:06:01.459778	8c:7c:92:83:ce:d2	-87	
2014/10/10 12:06:04.971375	3c:d0:f8:9f:c5:b0	-85	freeboxH
2014/10/10 12:06:04.972627	3c:d0:f8:9f:c5:b0	-85	lunasimone
2014/10/10 12:06:04.973841	3c:d0:f8:9f:c5:b0	-85	swisscom

図 2. PR デバイスの検出履歴の例  
 (日時、MAC アドレス、電波強度、接続先 SSID)

## 2.2 ログデータのマージ

本研究では得られた PR デバイスの検出履歴に対しデータ量の削減のために同一デバイスからの複数の PR のマージを行った。PR デバイスは自動接続設定を行っている複数の無線 LAN アクセスポイントに対してほぼ同じタイミング（約 1/100～1/50 秒程度の間）で PR を発信する。図 3 は 2014 年 8 月 2 日のある時刻に PR デバイスが 5 つの無線 LAN アクセスポイントにほぼ同時に PR の発信を行った際の例である。本研究では PR デバイスの検出履歴より検出日時と MAC アドレスを用いてデバイスの判別を行い、社会的関係性を分類する。そこで PR デバイスの検出履歴よりデータ量削減のために、同じ PR デバイスからほぼ同じタイミングで発せられた複数の PR に関しては、最初に検出された PR のみを抽出し PR デバイスの検出履歴とした。

取得日時	MACアドレス	電波強度	接続先SSID
2014/08/02 14:46:01.449558	50:46:5d:1b:92:4b	-27	konolab-air2
2014/08/02 14:46:01.450816	50:46:5d:1b:92:4b	-27	konolab-air
2014/08/02 14:46:01.453374	50:46:5d:1b:92:4b	-25	iruma
2014/08/02 14:46:01.454654	50:46:5d:1b:92:4b	-25	auhome_aaGSbj
2014/08/02 14:46:01.455923	50:46:5d:1b:92:4b	-25	at_STARBUCKS_WIZ

2014/08/02 14:46:01.449558	50:46:5d:1b:92:4b	-27	konolab-air2
2014/08/02 14:46:01.450816	50:46:5d:1b:92:4b	-27	konolab-air
2014/08/02 14:46:01.453374	50:46:5d:1b:92:4b	-25	iruma
2014/08/02 14:46:01.454654	50:46:5d:1b:92:4b	-25	auhome_aaGSbj
2014/08/02 14:46:01.455923	50:46:5d:1b:92:4b	-25	at_STARBUCKS_WIZ

図 3. (上) PR ログデータのマージ前  
 (下) PR ログデータのマージ後

## 2.3 Probe Request の検出特徴

社会的関係性を分類する上で周囲の人との共在やすれ違いなどの会合情報は重要な要素と考えられる。例えば同じ日数の出会いでも、偶然のすれ違いか、一緒に買い物や食事をしていただけでは両者の関係性は異なるため、それらを判別する必要がある。そこで本研究では会合情報を分析するために被験者（大学教員）に PR ログと無線 LAN のアクセスポイントの検出履歴を記録・蓄積するログ（ASUS 製 Nexus7）の両方を常時携帯させ検出したログデータをもとにすれ違いに着目して両者の比較を行った。屋外での無線 LAN 接続が広まっていることから PR デバイスの検出履歴にはスマートフォンなどの属人性の端末が多く記録され、これに対して無線 LAN アクセスポイントの検出履歴には公衆無線 LAN などの属地性の端末が多く記録されると考えられる。したがって被験者が人通りの多い場所を訪れた時には多くのすれ違いが発生するため、無線 LAN アクセスポイントの検出履歴に比べ PR デバイスの検出履歴の方がより多くのユニークデバイスが記録されることが考えられる。2014 年 8 月 4 日から 2014 年 8 月 7 日までの被験者が学会での会合に参加し、その後を訪れた場所にて検出されたログデータ、一日ごとのユニークデバイスの検出数とその日の主なイベント内容を表 1 に示す。

表 1. 無線 LAN アクセスポイント/PR のデバイス数

	無線 LAN AP	PR	主なイベント
2014/8/4	658	741	往路, 会合
2014/8/5	180	231	終日会合
2014/8/6	2419	4152	仙台七夕祭り
2014/8/7	2163	1932	復路
通算	5128 (-292)	6901 (-155)	※ () 同一 デバイスの重複数

表 1 より無線 LAN アクセスポイントの検出数と PR デバイスの検出数は移動日や研究会に参加した日など周囲の環境により違いは生じるものの近い検出数であったが、8 月 6 日の検出数のみ 1,733 もの差が生じた。特に検出数に差が出た時間帯（16 時～20 時）の無線 LAN アクセスポイントの PR デバイスの検出履歴を可視化したものを図 4 に示す。

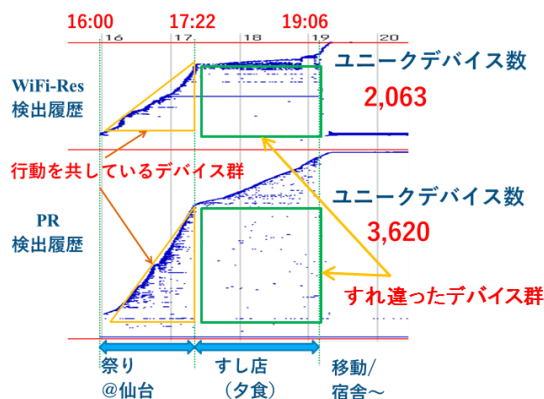


図 4. 無線 LAN アクセスポイント/PR デバイスの検出履歴  
 (2014 年 8 月 6 日 16 時～20 時)

横軸は時間を示し、縦軸に検出された個々のデバイス ID を示す。ログは同じ端末を継続的に検出すると端末情報は水平に表示され、被験者が人混みの中を通過するなどして新しい端末を検出すると、端末情報は斜め上にプロットされる。図 4 は被験者が祭りを訪れたのち夕食をとり、宿舎に向かうまでのものである。この時間帯では無線 LAN アクセスポイントの検出数 2,063 より 1,557 多い 3,620 の PR デバイスを検出した。この日一日の検出数の差 1,733 のほとんどが人混みの多い祭りの時間帯に発生したものであり、PR デバイスの方が属人性のデバイスを多く検出していたことが分かる。またグラフを横軸方向に見ると被験者が祭りを訪れている時は PR デバイスの方が継続的に検出しているデバイスやたまに検出されるデバイスが多いことより、これらのデバイスとは被験者と同じ行動をしているか、もしくは再度すれ違ったことが分かる。さらに被験者が夕食を取り始めるとそれまで継続的に検出されていた PR デバイスがほとんど検出されなくなり、時折食事中に店外を偶然通りかかった PR デバイスの再度会合を検出していることが分かる。これらのことから本研究では PR デバイスの検出履歴を「人に付随する端末情報示す情報源」と位置付け、社会的関係性の分類に用いる。

## 2.4 対象データ

本研究の対象データに、PR デバイスの検出履歴を記録・蓄積するログを日常生活にて大学教員に持たせ 2014 年 9 月 16 日～2015 年 1 月 13 日までの間に収集した PR デバイスの検出履歴を表 2 に対象期間に検出された総 PR 数と 2.3 節によってマージされた PR 数、ユニークデバイス数を示す。

表 2.対象データ

期間	2014 年 9 月 16 日～ 2015 年 1 月 13 日
総 ProbeRequest 数	9,536,009
マージ後の ProbeRequest 数	2,033,804
ユニークデバイス数	236,999

## 3. 社会的関係性の分類

本研究では、PR デバイスの検出履歴を基に被験者と周囲の人との会合日数、連続検出時間に着目して被験者との繋がりの有無を明らかにし、写真撮影履歴を用い繋がりの深さについて分類を行う。

### 3.1 パーソナルネットワーク分類

本研究では、パーソナルネットワークとは個人を中心に他者との繋がりを示すものとし、研究室メンバーなど被験者と繋がりを持つものを同一パーソナルネットワーク、街中で出会っただけの人など全く繋がりを持たないものを非同一パーソナルネットワークと定義する。

#### 3.1.1 複数日検出による分類

パーソナルネットワーク分類において被験者との会合日数に着目する。被験者と何かしらの繋がりのある人は複数日の会合関係を持つと考えられる。そこで本研究では「ある一日」しか検出されなかったデバイスは非同一パーソナルネットワークに分類する。一日のみ検出された PR デバイスと複数日検出された PR デバイスの分類結果、及び総ユニークデバイス数に対するそれぞれの占める比率について表 3 に示す。

表 3.複数日検出による分類

	全 Probe Request の検出履歴	
	一日検出	複数日検出
総 Probe Request 数	2,652,154	6,883,855
マージ後の ProbeRequest 数	563,074	1,470,730
ユニークデバイス数	221,322	15,677
総ユニークデバイス に対する比率	93.4%	6.6%

### 3.1.2 連続時間検出による分類

3.1.1 項で複数日検出された PR デバイスに対して連続時間検出による分類を行う。複数日検出された PR デバイスの中にも、偶然学内ですれ違っただけのデバイスが含まれている可能性があり、このようなデバイスは非同一パーソナルネットワークに分類されるべきである。PR の発信周期は機種や状態によって差はあるものの最大約 60 秒以内で発信される。この特性を最大限考慮して複数日検出された PR デバイスの中で PR が発信されてから 30～90 秒以内に再度検出されたデバイスについては、被験者と行動を共にしていたとし同一パーソナルネットワークへ分類する。以上を用い PR デバイスの検出履歴から分類された同一パーソナルネットワークと非同一パーソナルネットワークの結果を表 4 に示す。

表 4. 連続時間検出による分類

	複数日検出された PR デバイス数	
	連続時間検出	非連続時間検出
総 Probe Request 数	5,832,156	1,051,699
マージ後の Probe Request 数	1,154,147	316,583
ユニークデバイス数	8,368	7,309
総ユニークデバイス に対する比率	3.5%	3.1%

### 3.1.3 パーソナルネットワーク分類の精度評価

3.1.1 項にて同一パーソナルネットワークと分類された PR デバイス群の精度評価を行う。精度評価対象に大学教員である被験者がほぼ毎週同じ時間帯に開講する「研究室のゼミ」「講義（座学）」「講義（実習）」で検出される PR デバイスを被験者の行動記録をもとに抽出する。これらのデバイスと被験者とは複数日かつ連続時間の会合を行うことが考えられるため同一パーソナルネットワークを組むデバイス群として 3.1.1 項にて同一パーソナルネットワーク分類された PR デバイス群との精度評価を行った。表 5 に被験者の行動記録をもとに抽出された PR デバイス数、同一パーソナルネットワークと分類された PR デバイス数、および精度評価の比率を表 5 に示す。

表 5. パーソナルネットワーク分類の精度評価

	研究室	座学	実習
抽出デバイス数	25	309	396
同一パーソナルネ ットワーク分類数	18	168	158
同一パーソナル ネットワーク比率	72.0%	54.4%	39.9%

表5より講義（座学）と講義（実習）の評価が低い結果となった。これは同時刻に行われる隣接教室や偶然近くを通ったPRデバイスを検出したことが原因であると考えられ、対して同時刻に隣接する講義が無い研究室内のゼミの評価は高くなる結果となった。さらに講義（座学）と講義（実習）の評価にも差が出た要因に講義を行う教室内の被験者の位置関係が影響しているものと考えられる。講義（実習）では被験者は主に別講義の隣接する教室側にいるのに対し、講義（座学）では主に隣接する教室とは離れた位置にいる。したがって講義（実習）の方が講義（座学）よりも隣接する教室のPRデバイスを多く検出したことから、精度が低い結果となったと考えられる。

### 3.2 写真関連端末の作成

写真撮影時に周囲にいたPRデバイスを判別するために、写真撮影時刻をもとに写真撮影履歴へPRデバイスの検出履歴の関連付けを行う。スマートフォンやデジタルカメラなどで撮影した写真には、撮影した日時や画素数などがExif[12]領域に保存される。本研究ではExif領域から撮影日時を抽出し写真撮影履歴を生成し、PRデバイスの検出履歴を写真撮影履歴へ関連付ける。デバイスのPR発信間隔を十分考慮して、写真撮影時刻から前後1分間に一度でも検出された全てのPRデバイスを撮影時に周囲に存在したPRデバイスとし、これらのデバイスを写真関連端末と定義する。表6に2.4節と同じ期間に被験者が撮影した写真の枚数と写真関連端末数、および関連付けられたPRデバイスのパーソナルネットワーク分類を行った結果を示す。

表6 写真関連端末履歴

期間	2014年9月16日～ 2015年1月13日
撮影写真枚数	2,933
関連付けされたPRデバイス数	13,844
同一パーソナルネットワーク	2,086
非同一パーソナルネットワーク	11,758

### 3.3 社会的関係性の分類

本節では3.1節で分類したパーソナルネットワークごとに3.2節で作成した写真関連端末履歴を用いて社会的関係性について分類を行う。

#### 3.3.1 非同一パーソナルネットワークの社会的関係性分類

非同一パーソナルネットワークの中から被験者との間に二次的パーソナルネットワークを形成するPRデバイスの分類を行った。二次的パーソナルネットワークとは、普段は被験者との繋がりは持たないが、結婚式などの特別な機会を通じて被験者とのパーソナルネットワークを形成するデバイスのものであり、これらのデバイスは非同一パーソナルネットワークの中でも多くの写真に関連付けられていると考えられる。そこで本研究では、写真関連端末履歴とPRデバイスの関連付けられた回数に着目し社会的関係性の分類を行った。表7に被験者が撮影した写真に対し関連付けられた回数とPRデバイス数、またPRデバイス数の中に含まれる非同一パーソナルネットワーク数を示す。

表7 PRデバイスの写真関連付け回数

写真関連付け回数	1～5回	6～10回	11～20回	21～50回	51回～
PRデバイス数	11,994	1,031	498	267	53
非同一パーソナルネットワーク	10,861	626	223	47	1

表7より非同一パーソナルネットワークに分類されたPRデバイスのほとんどが、写真への関連付け回数が5回以下となった。これは被験者が観光地などでの写真撮影時に偶然周囲に居合わせた人の持つPRデバイスが多く含まれていると考えられる。一方で非同一パーソナルネットワークのPRデバイスの中でも非常に多くの回数に渡り写真に関連付けられたPRデバイスも存在した。図5に非同一パーソナルネットワークの中から特に多くの回数関連付けられたPRデバイスの写真を示す。



(a) 旅行中の船上 (b) 築地の競り市  
 図5. PRデバイスの関連付けが多い写真例

図5(a)は被験者が休暇で旅行にて訪れた時に船上で撮影された中の一枚の写真である。この時間関連付けられたあるPRデバイスはこの一日のみ検出で会合時間は4時間(10～14時)程度のため、旅先のみで出会ったデバイスと考えられる。このPRデバイスは被験者との繋がりを持たない非同一パーソナルネットワークに分類されたにも関わらず、被験者の撮影した90枚もの写真に関連付けられた。撮影された90枚の写真は全て被験者が風景や船内を記念に写したものである。また撮影された写真の他に関連付けられたPRデバイスを比較してみても、このPRデバイスの関連付けられた回数が多く、被験者の多くの特別な思い出の記録の中に一緒にいたことになる。以上よりこのPRデバイスは、被験者の「旅行」という特別な機会の中で二次的パーソナルネットワークを形成するデバイスであるということが分かる。

図5(b)は被験者が早朝に築地魚市場のマグロの競り市を見学した際に撮影した内の、一枚である。図5(a)は一つのPRデバイスが多くの回数、被験者の撮影した写真に関連付けられたのに対して、図5(b)は18個のPRデバイスが被験者の撮影した約45枚の写真に25~40回関連付けられた。この競り市の見学には多くの外国人観光客が被験者と一緒に参加しており、その人たちの持つPRデバイスが集団で写真に関連付けられたことが考えられる。これらのことから、18個のPRデバイスが集団で被験者との「競り市の見学」という特別な機会の中で二次的パーソナルネットワークを形成することが分かる。

非同パーソナルネットワークは被験者との会合がある一日のみか、複数日の出会いでもすれ違いの場合である。今回の検出履歴を用いた例では、非パーソナルネットワークを形成する約22万のPRデバイスが写真への関連付けが行われたのは約1万デバイスと全体の5%未満であり、その中でもほとんどのPRデバイスが1~5回しか写真に関連付けられない結果となった。一方で旅先などの特別な機会を共有していた人の持つデバイスは多く写真に関連付けられていたことから、写真関連端末履歴より関連付けられる回数を評価することにより、非パーソナルネットワークから被験者との二次的ネットワークを分類することは可能である。

### 3.3.2 同一パーソナルネットワークの社会的関係性分類

同一パーソナルネットワークのPRデバイスの検出履歴と写真関連端末履歴を用い、社会的関係性の分類を行う。実世界において被験者の周囲の人々が同じパーソナルネットワーク繋がりを持っていても、繋がり深さは異なることが考えられる。例えば同じ研究室内ではほぼ毎日会合を行うメンバーでも、研究室外のプライベートも繋がりを持つメンバーと研究室内だけの関係のメンバーとの両者の繋がり深さは大きく異なる。本研究では繋がり深さを分類するために、同一パーソナルネットワークごとにPRデバイス検出履歴からデバイスの検出日数と写真関連端末履歴の関連付けられた回数の散布図を作成し、繋がり可視化した上で同一パーソナルネットワーク内の社会的関係性の分類を行う。図6に3.1.3項の同一パーソナルネットワークについて可視化したものを示す。横軸はPRデバイスの検出日数、縦軸は写真関連端末履歴の関連付けられた回数を表し、研究室内のゼミは緑色、講義(座学)は青色、講義(実習)は赤色でプロットした。図6の横軸の検出日数は被験者との会合日数を示し、縦軸の写真関連端末履歴の関連付けられた回数は被験者との特別な機会の共有回数を示している。このことより両軸の値が共に大きければ、被験者との仲が良いことが考えられる。本研究では(1)研究室のゼミ(2)講義(座学)(3)講義(実習)の同一パーソナルネットワークごとに社会的関係性の分類をして、それぞれについての考察を述べる。

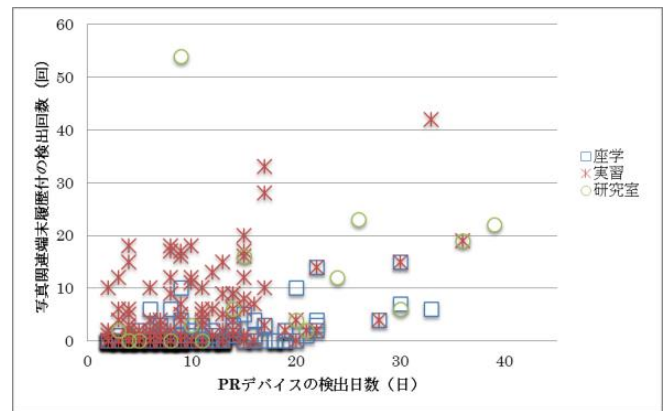


図6. 同一パーソナルネットワークの社会的関係性分類  
 (縦) 写真関連端末履歴の検出回数  
 (横) PRデバイスの検出日数

#### (1) 研究室内のゼミ

被験者は研究室内のゼミのメンバーとは週に一度の定期的なゼミの他に、研究室所属の4年生や大学院生とは日々の研究活動の中での会合が多いと考えられる。その中でも研究室内での会合には研究室への出席率が大きく影響し、会合が少ない学生に関しては、PRデバイスの検出日数が3~20日しか検出されていないものに対して、出席率の高い学生に関しては30日~40日の会合を行う。また昼食も研究室内の学生と一緒に向かうこともあり、出席率の高い学生は昼食時に撮影した写真関連端末履歴にも関連付けられている。研究室内での検出された端末の中で、PRデバイスの一つに、PRデバイスの検出日数が9日と研究室内のパーソナルネットワークの中ではあまり多くないのに対して、写真関連端末履歴には50回以上の検出回数を記録している。このPRデバイスは、日々研究室内で活動を行う4年や大学院生とは違い週に一度の定期的なゼミのみ参加する3年生の学生のものである。この学生は1週間に渡り被験者と海外への学会発表を行ったことがあり、この時に多くの写真に関連付けられた。この場合、可視化した散布図より同じ研究室内のゼミのパーソナルネットワークにおいても、①出席率が高く、被験者と食事など研究室外での行動を共にする研究室内の学生 ②出席率が低く、ほとんど被験者と研究室外での繋がりを持たない学生 ③特別な機会の共有回数が多い学生のように社会的関係性の分類がされる。

#### (2) 講義(座学)

被験者と講義(座学)の受講者はほぼ毎週開講される講義での会合が考えられる。PRデバイスの検出日数に着目すると多くが2日~20日の会合に集中をしていた。これは講義(座学)の受講生の出席日数や隣接教室のPRデバイスも検出履歴に記録されていることが考えられる。また講義(座学)だけでなく学内ですれ違った際の会合も検出履歴に表れていることも考えられる。さらに写真関連端末履歴

に着目すると、多くの PR デバイスが関連付けられておらず、関連付けられても 1~2 回程度のデバイスが多かった。これらは被験者が学内の食堂での食事の写真に関連付けられており、偶然その場に一緒に居合わせたことが考えられる。ほとんどの PR デバイスが同じ検出特徴を持つなか、検出日数が 30 日前後で写真撮影履歴にも 10 回以上関連付けを行われたものが複数存在した。これらのデバイスは、被験者が学外での複数の講演会に参加した時に同じ会場で聴講していた人の持つデバイスであり、この時の写真に関連付けられたものだった。可視化した散布図より同じ講義(座学)のパーソナルネットワークにおいても、①講義(座学)に参加するだけの学生 ②講義(座学)だけでなく、講義外での繋がりを持つ学生のように社会的関係性の分類がされる。

### (3) 講義(実習)

被験者と講義(実習)の受講者はほぼ毎週開講される講義での会合が考えられる。講義(実習)は隣接教室の PR デバイスを多く検出していることから検出日数から特徴を得ることは難しいものとなった。写真関連端末履歴には講義(実習)の受講生が製作した成果物を被験者が撮影した際の PR デバイスが複数関連付けられていた。講義(座学)同様ほとんどの PR デバイスが同じ検出特徴を持つなか、検出日数と写真関連端末履歴の検出回数が共に多いデバイスが存在した。このデバイスは同時刻開講の隣接教室の大学教員の持つデバイスであり、また所属も被験者と同じ学部/学科であることから、学内での会議や打ち合わせ、学外での研究会や講演会で多くの会合が行われたことが考えられる。可視化した散布図より同じ講義(実習)のパーソナルネットワークにおいても、①講義(実習)に参加するだけの学生 ②被験者と繋がり深い大学教員のように社会的関係性の分類がされる。

## 4. まとめと今後の課題

本研究では周囲に遍在するスマートフォンやタブレット型デバイスなどが無線 LAN 探索時に発する信号の Probe Request に着目した。Probe Request を収集するためにロギングプログラムを作成、日常的に持ち運び可能な端末に実装し検出履歴を分析することで人との繋がり有無を分類した。会合日数や連続時間検出に着目し会合情報を分析したところ、約 97% の PR デバイスが被験者と全く繋がりを持たない他人として非同一パーソナルネットワークに分類、約 3% の PR デバイスが被験者と何かしらの繋がりをもつ同一パーソナルネットワークへと分類され、これらは被験者がログを持ち歩くだけで周囲との繋がり有無を明らかにすることができた。そして写真撮影時刻をもとに Probe Request の検出履歴の関連付けし、写真撮影時に周囲いた人の持つデバイスを写真関連端末履歴とすることで被験者と

の社会的関係性の分類を行った。非同一パーソナルネットワークより被験者と特別な機会を共有する二次的パーソナルネットワークを分類し、同一パーソナルネットワークより被験者との様々な繋がりを形成する人の持つ PR デバイスを分類することができた。

今後の課題にパーソナルネットワーク分類にて隣接教室のデバイスも同時に検出してしまい同一パーソナルネットワーク分類の精度が低くなってしまった問題がある。この問題に対しては、Probe Request デバイスの検出履歴に対して電波強度でフィルタリングすることで室外のデバイスを考慮することができると考えられる。

## 参考文献

- 1) 村井源, 山本竜太, 往住彰文, Web サイトデータを活用した計量的人間関係解析のための指針—日本の国会議員 Web サイトから見た政治家の中心性とグループ—, 数理社会学会, 理論と方法 23, pp.111-128, 2008.
- 2) 社会学会, 理論と方法 23, pp.111-128, 2008. 大塚浩史, 大町真一郎, 阿曾弘具, リンク構造を用いたウェブコミュニティ抽出(情報抽出) 電子情報通信学会技術研究報告. DE, データ工学 106(150), pp.73-78, 2006.
- 3) 会田雅樹, 石橋圭介, 已並弘佳, 栗林伸一, 人間関係のグラフ構造とその振舞いについて, 電子情報通信学会技術研究報告. IN, 情報ネットワーク 103, pp.25-30, 2003.
- 4) 湯田聡夫, 小野直亮, 藤原義久, ソーシャル・ネットワーキング・サービスにおける人的ネットワークの構造情報処理学会論文誌 47(3), pp.865-874, 2006.
- 5) 今城和宏, 上坂和也, 柴田征宏, 芳賀博英, 金田重郎, RFID 及び加速度センサによる子どもの交友関係の自動分析情報処理学会研究報告(CD-ROM)Vol.2009, No.1, PageROMBUNNO.UBI-22, 4, 2009.
- 6) 捧隆二, 中村聡史, 田中克己: 写真画像から人間関係抽出とコミュニティに基づく写真検索, 情処研 2012-DBS-156(9), 1-7, 2012.
- 7) 徳網亮輔: Bluetooth デバイスを用いた人間関係の解析, 関西学院大学理工学部卒業論文 2011
- 8) 奥浦圭一郎, 牛越達也, 河野恭之: Contextual Photo Browser: 写真参与情報を利用した写真管理システム, 情処研報. 2011-HCI-141-1, 2011.
- 9) 総務省, 平成 26 年通信利用動向調査ポイント, 2014 年 6 月 [http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/140627\\_1.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/140627_1.pdf) (2015 年 2 月 6 日アクセス)
- 10) 中野隆介, 沼尾正行: 無線 LAN アクセスポイントへの検索要求を利用した鉄道車内混雑度推定 DEIM Forum 2012 A-10
- 11) Musa, A.B.M. and Eriksson, J.: Tracking Unmodified Smartphones Using WiFi Monitors, Proceedings of the 10th AGM Conference on Embedded Network Sensor Systems, SenSys'12, New York, NY, USA, ACM, pp.281-294(2012)
- 12) Japan Electronics and Information Technology Industries Association (2002), Exchangeable image file format for digital still cameras: Exif Version 2.2, <http://www.exif.org/Exif2-2.PDF> (2015 年 2 月 6 日アクセス)