

Wi-Fi パケット観測の精度と個人情報保護

西田 純二¹・宇野 伸宏²・倉内 文孝³・中川 義也⁴・望月 祐洋⁵

¹フェロー会員 株式会社システム総合研究所 (〒550-0002 大阪市西区江戸堀 1-22-4)
E-mail:nishida@jriss.jp

²正会員 京都大学大学院 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)
E-mail: uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)
E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp

⁴正会員 株式会社パデコ インフラ開発部 (〒105-0004 東京都港区新橋 6-17-19 新御成門ビル)
E-mail: nakagawa@padeco.co.jp

⁵非会員 立命館大学 総合科学技術研究機構 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)
E-mail: moma@ubi.cs.ritsumeai.ac.jp

筆者らは移動体が備える Wi-Fi や Bluetooth 機器が発する特定のパケットを匿名化して取得し、交通流を解析するシステム (AMP センサ) を 2013 年に開発し、国内外で多数の実証計測を行った。一部は現在も常設センサとして稼働している。AMP は設置が容易で、有用な交通ビッグデータが得られるが、観測精度はスマートフォンの保有率等の影響を受ける。また、センサ設置環境が受信感度に与える影響も大きい。さらに重要なことは、取得したデータの匿名化方法やデータ解析手法によっては、個人が特定され、プライバシー侵害を惹き起こすリスクが内在することである。そこで本論文では、AMP 計測の特性と精度について改めて検証を行い、プライバシー侵害のリスクとリスク低減対策の事例を紹介する。そして個人情報保護の観点から実施して良い計測・悪い計測について考察を行う。

Key Words: 総合交通計画, 交通情報, 交通行動調査, ITS, 個人情報保護

1. はじめに

Wi-Fi パケットセンサはその名称が一般名詞として使用されるほど国内外で幅広い交通調査に活用され、低コストで実施できる交通観測調査手法として多くの実証計測事例が蓄積されてきた。一般道路や高速道路における自動車交通の流動の解析や渋滞検知における活用、都市圏レベルでの広域的な交通流動の観測、さらには観光客が集中するエリアでの歩行者流動の観測などその用途は幅広い。しかし、無線パケットの固有情報の取得による交通流動計測にあたっては、個人のプライバシー保護にも十二分に配慮した運用手法を徹底しなければ、技術的な課題をいくら解決したとしても、社会の理解を得ることは困難であろう。匿名化や暗号化といった技術的な対策はもちろんのこと、利用目的の開示や取得データの活用の際の制限など、社会倫理上も問題がない形で調査を実施する必要がある。プライバシー保護への配慮に欠けた計測がもし万一実施された場合、それがプライバシー保護に関心の高いマスコミや研究者、個人による告発を

受け、SNS 等での炎上となる騒ぎに発展することは多分に懸念される¹³⁾ことである。過去の類似事例を見ても、例えば公共空間におけるカメラを用いた人流解析のように、いったん炎上した事案の影響は長期間に及ぶ。十分な対策を行って実施しようとしている類似調査までが、利用者の疑念を呼ぶ可能性があるという理由から、実施できなくなる。このような社会的な損失を未然に防ぐためにも、調査を実施する際のプライバシー保護への配慮やデータ利用目的に制限を設け、それをプライバシーポリシーとして開示し、調査実施の倫理性を常に社会に問いつつ運用を行うといった姿勢が重要である。

本論文では Wi-Fi パケットセンサによる計測手法を概括し、その精度を改めて検証したうえで、プライバシー侵害のリスクについて述べる。そして筆者らが過去に実施した計測例をもとに、プライバシー保護のために実施した対策例を示す。最後に今後同種の調査を実施するにあたり、やって良い計測/やっではない計測例を示した。

2. センサの仕組み¹

近年、Wi-Fi 通信機能を持つ携帯用情報機器が急速に普及している。最も普及率が高い端末はスマートフォンであるが、これ以外にもノート PC や携帯用ゲーム機をはじめ、昨今はデジタルカメラにも Wi-Fi 通信機能が装備されている。

これらの機器の多くは、スタンバイ時に Wi-Fi ルータと接続するための探索パケット (Probe Request Frame) と呼ばれる管理パケットを送出している。このパケットの送出間隔は機器によって幅があるが、15 秒から 120 秒程度の間隔で常時発信されている場合が多い。このパケットには端末ごとに与えられた固有アドレス (MAC アドレス) が含まれているため、複数地点に設置したセンサにより取得されたパケットのアドレスを比較することで、さまざまな交通流動解析を行うことができる。パケットに含まれる機器固有の情報は、それ単独では個人の特長を行うことはできないが、例えば狙った個人を追跡して MAC アドレスを取得する等、悪意を持って個人情報との紐付けが行われた場合には、個人の行動追跡が行われる可能性がある。そこで私たちは、取得した MAC アドレスをセンサ内で一方方向関数ハッシュにより変換し、匿名化を行った上で分析処理を行うこととした。このように匿名化 (Anonymous) した MAC アドレスを用いた Probe Request を受信するセンサを、以下では AMP (Anonymous MAC address Probe Sensor) と呼ぶ。なお本論文では Wi-Fi パケットの取得による計測手法を中心に述べているが、Bluetooth においても同様の計測が可能であり、Bluetooth パケットを用いた計測においても本論文で示すプライバシー保護に関する記述は、ほぼそのまま準用できる。

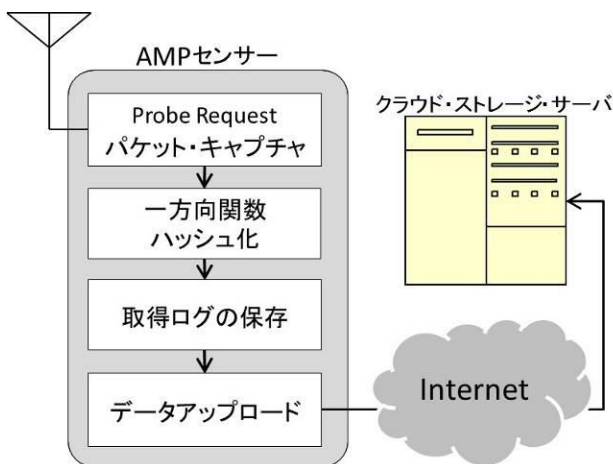


図1 Wi-Fi パケットセンサの仕組み

3. AMPの精度と影響要因

(1) 取得距離

Wi-Fi 機器がアクセスポイントとの間で通信可能な距離は一般の機器では 30 m 程度であるが、AMP では直線距離で最大 200 m 程度の範囲のパケットを受信することができる。しかしこれはスマートフォンを頭の上にかざして保有し、AMP とスマートフォンの間に全く障害物がない場合の距離である。一般的にはスマートフォンをポケットに入れたり、カバンの中に入れて持ち歩くことが多く、AMP とスマートフォンの間に障害物が存在しているケースがほとんどである。保持形態と AMP との距離により受信パケットの電波強度 (RSSI) がどのように変化するかについては、望月、西田らによる論文²に詳しい。この論文から、端末の距離と RSSI、保持形態・障害物の有無と RSSI の関係を以下に示している。

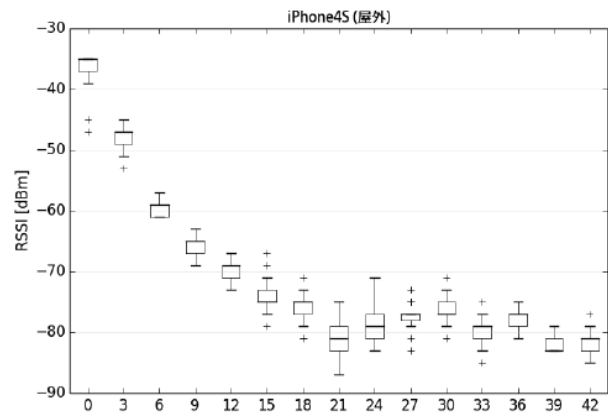


図2 端末の距離と RSSI¹⁾

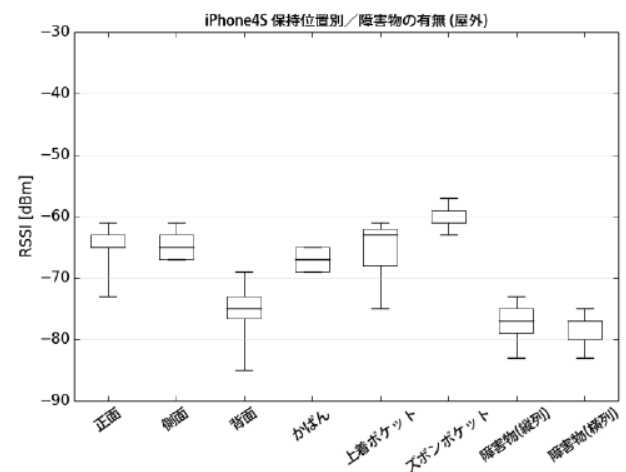


図3 保持形態・障害物の有無と RSSI¹⁾

この結果によれば、端末との距離は 40 m 以上であっても計測は可能であるが、保持形態や障害物の有無によ

¹ Wi-Fi パケットセンサは 2013 年に開発を行った後、その構造や特性はいくつかの論文で発表を行った。この基本的な構造は開発時のままであることから、本章の内容の多くは過去に発表した論文の該当箇所の再掲となっている。

り 10 dBm 以上の減衰が生じている。この計測に用いたスマートフォンは日本の技術基準適合の機器（技適対応機器）であるが、Wi-Fi の電波強度の規制は各国で異なることから、海外観光客の保有するスマートフォン等はより出力が高い場合が多く、さらに広範囲での計測が行われる可能性があることにも留意しておく必要がある。

(2) スマートフォン保有率と Wi-Fi ON 率

AMP が計測対象とするのは Wi-Fi 機能を持つ携帯端末を保有し、かつ Wi-Fi を ON にしている人のみとなる。

スマートフォン保有率は対象者の性年齢構成や職業、地域や国などによって異なっている。

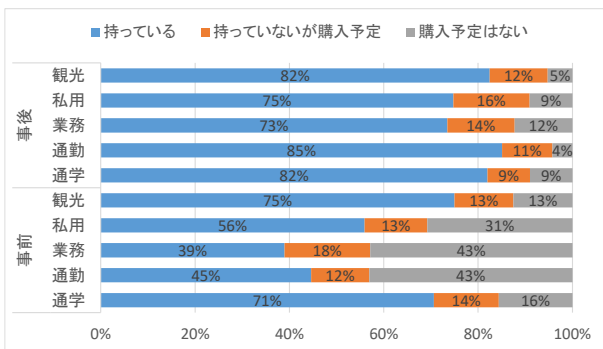
そこでいくつかの異なる地域におけるスマートフォン保有率を調査して比較した。

表 1 は中川、西田、浅尾によるナイロビにおける AMP を用いた交通流動調査²⁾の際に、計測数から流動実数を推計するための拡大係数を得るためのアンケート調査の結果である。表 1 によればナイロビでのスマートフォン保有率は 86.3% と高い。しかし市内ではまだ Free Wi-Fi のサービスがあまり普及していないことから、Wi-Fi を ON にしている割合は低く、24.5% となっている。

表 1 ナイロビにおけるスマートフォン保有率と Wi-Fi ON 率

調査対象	スマホ保有台数	Wi-Fi ON 台数	スマホ保有率	Wi-Fi ON 率
652人	563台	160台	86.3%	24.5%

図 4 はラオスの首都ビエンチャンにおいて、スマートフォンの保有率を調査³⁾したものである。事前調査が 2015 年 8 月、事後調査が 2016 年 5 月であるが、9 か月の間に急速にスマートフォンの普及が進んでいる。ビエンチャンでは喫茶店などでの Free Wi-Fi サービスが多い。本調査では Wi-Fi の ON 率を調査していないが、現地関係者への聞き取りによれば過半は Wi-Fi を ON にしているとのことであった。



事前：2015年8月 事後：2016年5月

図 4 スマートフォン保有率 (ビエンチャン)

図 5, 6 は 2017 年 11 月に京都市東山地区 (清水寺周辺) において観光客を対象にアンケート調査を行った結果から、スマートフォンの保有率と Wi-Fi の ON 率を示した。なお、このアンケート調査は国土交通省委託事業「道路政策の質の向上に資する技術研究開発 - 観光流動把握を目的とした交通流動推定システムの研究開発 -」により実施されたものである。この結果によれば、スマートフォンの保有率は日本人で 86.8%、外国人で 97.1% となっていた。この中で Wi-Fi を ON にしている割合は、日本人で 57.1%、外国人で 75.1% であり、日本人の約半数は Wi-Fi をオフにしている。

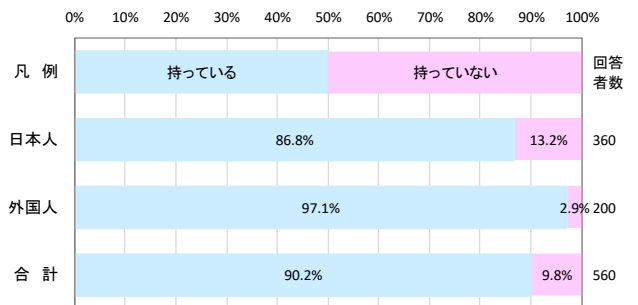


図 5 スマートフォン保有率 (京都東山地区)

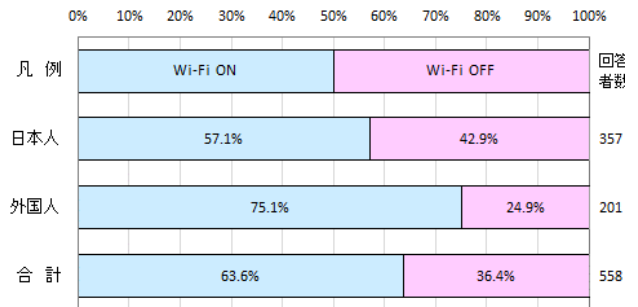


図 6 Wi-Fi ON の割合

図 7 は、スマートフォンを保有しかつ Wi-Fi を ON にしている年代別の割合を示したものである。これを見ると 10 歳代と 70 歳以上の割合が低く、40 歳代が最も高い。AMP による観測結果を用いて流動実数を推計する際には、このように年代別の利用率に差異があることを念頭に置く必要がある。

図 8 はスマートフォンを保有し、かつ Wi-Fi を ON にしている人の来訪国別の割合を示したものである。これを見るとオセアニア、北南米、中国、韓国が高く、日本と台湾、香港が低い。一般にモバイル端末の普及率は先進国よりも途上国の方が高い。この理由は先進国では有線電話や有線インターネットの普及率が高く、モバイル機器を持たなくとも日常生活に支障はないが、途上国ではモバイル端末が有線よりも先に普及したため、モバイル端末への依存度が高いことに依るものであろう。このように国別でスマートフォンの普及率に大きな差がある

ことから、AMP 観測を外国人が多数来訪する地域で実施する際には、結果の読み取りに留意する必要がある。

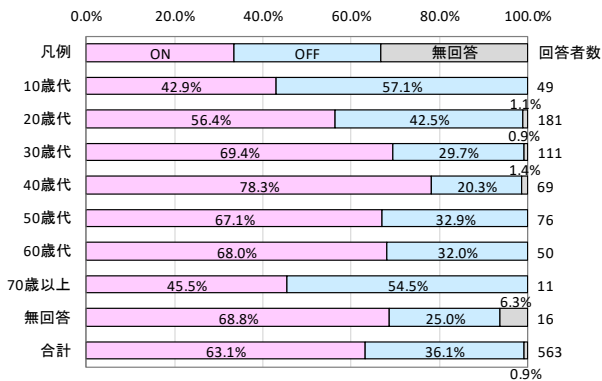


図7 年代別のスマホ保有かつ Wi-Fi ON の割合

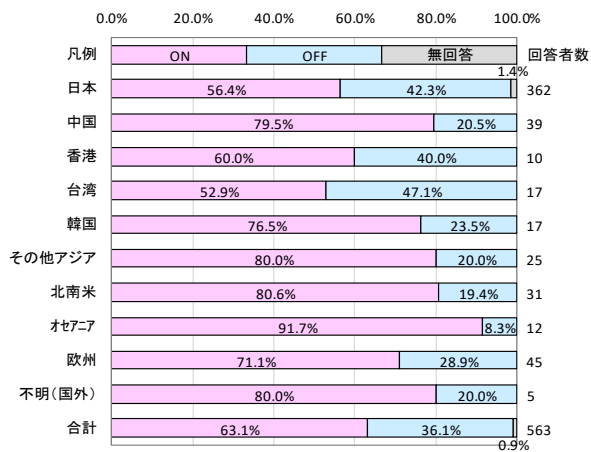


図8 国別のスマホ保有かつ Wi-Fi ON の割合

(3) MACアドレスのランダム化

モバイル機器の追跡によるプライバシー侵害を避けるため、スマートフォン供給大手の Google 社と Apple 社は、2014 年頃より MAC アドレスのランダム化機能を搭載すると発表した。しかしその後、ランダム化を行ってもランダム化機能の実装の不備やスマートフォン自体の脆弱性から MAC アドレスランダム化機能を事実上無効化する研究結果がいくつかの論文により発表された。この結果、Apple 社も Google 社も一時的にランダム化機能を停止させていたと見られるため、現時点ではスマートフォン全台数の中での MAC アドレスのランダム化を行っている割合は少ない。しかしランダム化されたスマートフォンの混入は 1 台のスマートフォンが複数台のように振舞うように観測されるため、調査結果に深刻な影響を与える。そこで筆者らの計測では、ランダム化された MAC アドレスを除去している。ランダム化された MAC アドレスは特徴ある数値を一定箇所に保有するという特性を活用して、ランダム化・パケットを除去するフィルタを開発している。このフィルタを用いるこ

とで、ランダム化されていない MAC アドレスを選択的に取得することができる。

MAC アドレスのランダム化率の算出のために、路側でカウントした実交通量と AMP 取得データから算出された推計交通量を比較する方法を開発したが、この詳細については大田、西田他の論文⁴⁾で発表している。

(4) 設置環境による感度への影響

AMP が取得する Wi-Fi パケットは、2.4 GHz、5 GHz という高い周波数帯を利用している。特に 2.4 GHz 帯は電子レンジが利用している 2.45 GHz と近い周波数帯域にある。電子レンジの加熱特性と比較すると理解できるように、Wi-Fi パケットは水分の多い物体に吸収され、ガラスは透過し、金属では反射される。

すなわち、スマートフォンを服のポケットに入れて持ち運ぶ状態では、Wi-Fi パケットは水分の多い身体を透過することはできない。しかし多くの市街地や室内空間では、AMP と反対側にある建物等がパケットを反射するため、この反射波を受信することで広範囲エリアの計測を行うことが可能となっている。

ところが 2017 年の秋の行楽期に実施した京都東山地区の計測 (図 9) では、設置箇所によりデータ取得率に大きな差異が発生した。下の写真に示す①東大路神幸道では通行交通量に対し AMP 観測データ量は 40%以上と高いが、②下河原高台寺では 25%程度まで低下している。



図9データ取得率の高い地点①と低い地点②

大田、西田らの論文⁴⁾ではこの原因を考察し、取得率に影響を与える設置条件に係る因子を想定し、これを反映した拡大係数の付与方法を提案している。取得率に影響を与える設置条件に係る因子としては、以下がある。

- ・ 周辺に電波を反射しやすい鉄筋コンクリート等の建物がある地点では取得率は高い。逆に木造建築

物や植栽に囲まれている地点では取得率は低い

- AMP 設置高が 2 m 以上と高い場合は、人垣による電波遮蔽の影響を受けにくい。逆に低い場合は AMP 付近の人がパケットを遮蔽し、取得率は低い。
- AMP の前を車両に乗車して高速で通過する場合は取得率は低下する。逆に AMP 周辺で人が滞留する、あるいは歩行速度が遅い場合は取得率は高い。

AMP による観測結果を用いて交通流動実数の推計を行う場合には、AMP の設置地点の特長を考察したうえで、適切な拡大係数を付与する必要がある。

下の写真はナイロビにおける計測の際の AMP 設置状況である。このように都心部で数mの高さにセンサを固定して計測することができれば、高いデータ取得率が期待できる (図 10)。

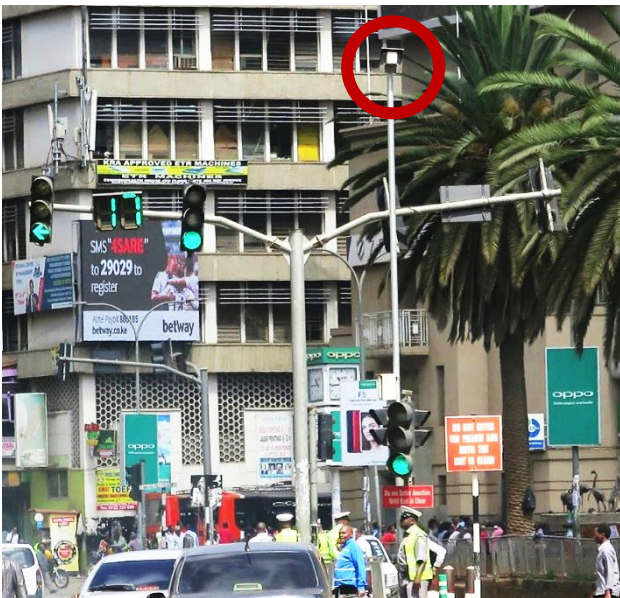


図 10 ナイロビにおける AMP 設置状況

4. プライバシー侵害リスク

(1) 個人情報保護法と総務省ガイドライン

2017年5月に個人情報保護法が改正された。2005年から施行されていた旧個人情報保護法では、個人情報とは「個人に関する情報であり、かつその情報に含まれる記述等によって特定の個人を識別できるものを指す」という定義となっていた。AMP が取得する情報には氏名やメールアドレス、通信内容等を含まないため個人情報には該当しない、という解釈が可能であった。しかしながらこの規定には、「他の情報と容易に照合することができ、それにより特定の個人を識別することができることとなるものを含む」という但し書きが添えられている。個人が保有するスマートフォンの MAC アドレスを何ら

かの手段で取得・推定することができれば、個人の追跡を行うことができることから、この解釈には幅があり、AMP 計測にはグレーゾーンが存在すると言われていた。

2017年から施行される改正個人情報保護法においては、さらに個人情報の定義に、「個人識別符号」が加えられた。個人識別符号とは、身体的特徴を変換した顔認識データや指紋認識データ、公的に付与される番号（旅券番号や免許証番号、マイナンバー等）と定義されており、この定義には MAC アドレスは含まれない。しかし個人のプライバシーが侵害される可能性があるデータであるという指摘があり、総務省では改正個人情報保護法の施行以前から、IT総合戦略本部の下に、「パーソナルデータに関する検討会」を設けて検討が進められた。ここでの議論を踏まえて、総務省は「位置情報プライバシーレポート」を平成26年7月に公開⁹⁾した。

このレポートでは Wi-Fi の MAC アドレスに関して、個人情報との関係を次のように定義している。『個人の PC やスマートフォン等の識別情報（端末 ID 等）などは、一義的には PC やスマートフォンといった特定の装置を識別するものであるが、実質的に特定の個人と継続的に結びついており、プライバシーの保護という基本理念を踏まえて判断すると、実質的個人識別性の要件を満たす。このため MAC アドレス等の契約者・端末固有 ID について、単体では個人識別性を有しないが、同一 ID に紐付けて行動履歴や位置情報を集積する場合、プライバシー上の懸念があるため、「個人情報に準じた形で取り扱うことが適切」である』

すなわち、MAC アドレスは個人情報保護法に定義する個人情報そのものには該当しないが、個人情報に準じた形で取り扱う必要がある、との見解を示したものである。AMP は 2013 年の研究開発の当初から、総務省の位置情報プライバシーレポートと同様の解釈を基本に、個人情報に準じた形で取り扱うべく、データの取得と活用を行ってきた。筆者らがプライバシー保護対策として実施してきた内容は、同レポートの中でも講じるべき必要な対策として位置付けられており、その主要なポイントは以下のとおりである。

- ① データの利用目的、取得の方法、データの取扱い方法等を明示し、利用者への十分な情報提供（WEB、ポスター他）を行う。
- ② 事前の本人同意を前提とするデータ取得とはならないため、データ取得を望まない方に対する計測を避ける方法（Wi-Fi のオフ）の提示やオプトアウトの方法を告知し、その対策窓口を準備する。
- ③ 取得したデータは十分な匿名化を行い、匿名加工情報として取り扱う。
- ④ センサ本体はもちろん、データ通信における暗号化

やデータ蓄積装置に対する外部からの侵入防止等、十分なセキュリティ対策を行う。

- ⑤ 以上のデータ取得及び取扱いの方法，方針をプライバシーポリシーとして公開する
- ⑥ 観測データの第三者への提供は行わない．利用の範囲はプライバシーポリシーに示したデータ利用目的に限定する．目的に沿った解析や研究を外部に委託する場合でも，プライバシーポリシーに沿った取扱いを義務付ける．

(2) 悪用ケースの想定例と連続観測における配慮

具体的に，AMP の取得データが万一流出し，悪用された場合を想定し，そのリスクについて考察する．

AMP システムにおいては，受信した MAC アドレスはセンサ内において直ちに匿名化し AMAC アドレス (Anonymous MAC Address) に変換される．しかし AMAC アドレスであっても，外部に流出した際には個人の特定につながる可能性がある．例えば，AMP 設置箇所付近の会社の出勤簿が不正に入手され，これが AMP 蓄積データと照合された場合，会社での滞在時間が類似している計測サンプルを抽出することで，高い確率で個人を推定することができる．個人の推定につながる記録としては，学校の出席簿，出勤簿，宿帳，車両の運行記録簿，店舗の購買履歴などが考えられる．

このような外部データと照合し個人の推定を行うには，突合できるデータ量が多いほど推定確率は高くなる．このため筆者らの実施する AMP 計測では，ハッシュ関数のソルトを定期的に変更し (デフォルトでは1週間)，かつハッシュ関数を繰り返し適用することで個人の特定リスクを低減させている．この処理を行うことで，1週間前のデータと1週間後のデータの突合はできなくなるため，例えば「1ヶ月間に同じ人が来訪する割合」といった解析へは対応できない．観光施設・商業施設等ではリピート率は非常に重要な指標であるため，長期解析を望む事業者は多いと考えられるが，長期にわたる解析は個人特定のリスクとトレードオフである．

筆者らが1週間ごとに切り替えているのは，観測データに対して週に3日以上観測されたIDを地域住民，それ以外を来訪者として分類するというロジックを適用し，来訪者の解析深度を深くしているからである．この分類により，地域住民を除いた観光回遊分析を行うことができるなど，解析の際に地域住民のプライバシーへの配慮も可能となるからである．

(3) EUの一般データ保護規則 (GDPR)

日本では先述の通り，2017年5月に個人情報保護法が改正されたが，EUでは2018年5月から一般データ保護規則 (General Data Protection Regulation : 以下「GDPR」と

略す) が適用開始となる．GDPRはEU加盟28カ国に周辺3カ国を加えた欧州経済領域 (EEA) における個人情報保護を目的とする管理規則である．

GDPRでは個人データ (personal data) の定義は我が国の個人情報保護法より明確な定義が行われており，MACアドレスやCookie，アクセスしたサイトのIPアドレスなども含まれるとしている．

GDPRのもう一つの特徴は，違反の際の罰則規定が明確に定められていることで，違反者への課徴金は最大で，2000万ユーロ (約26億円) か前年度の全世界売上高の4%のいずれか高い方，と定められている．

我が国の個人情報保護法が6ヶ月以下の懲役または30万円以下の罰金となっていることに比して，課徴金の桁が違っている．課徴金の金額ばかりに目が行きがちであるが，違反行為についても詳細な定義と例示があるため，EEAでビジネスや研究を行う組織だけではなく，個人情報保護に関する対策を検討する上で大変参考になる内容となっている．

5. 個人情報保護対策の事例

(1) 「うめきた」における人流解析 (2014)

筆者らが最初に大規模に公共空間におけるAMP測定の実証実験を実施した事例⁹⁾が「うめきた」における人流解析である．うめきた (グランフロント大阪) に20基のAMPを設置し，年末年始の人の動きを計測した．

実施にあたっては，個人情報保護を専門とする外部有識者により構成される第三者委員会を組織し，指摘事項を踏まえプライバシーポリシーを構築した．この実験では個人情報保護のための対策として，4.(1)の①～⑤のすべてを実施した．この実験で実施した個人情報保護対策はその後のAMP計測におけるひな型となった (図11) ．



図 11 うめきた実証実験の告知ステッカー

(2) ラオス国ビエンチャン市における常設観測 (2015)

2015 年から 2016 年にかけてラオスの首都ビエンチャンに 25 基の AMP を導入し、市内交通流の常時観測を実施⁷⁾した。ラオス国では個人情報保護法が未制定であり、類似の調査事例も存在しなかったことから、関係する政府機関や自治体、交通事業者から構成されるステークホルダー会議を開催して、本調査についての理解を得たうえで実施することとなった。ステークホルダー会議の内容は地元ローカル紙や英字新聞、TV 取材などにより複数回にわたり報道されたため、市民向けの告知を同時に行うことができた (図 12)。



図 12 ラオスにおけるステークホルダー会議

(3) 宮津市における観光流動の常設観測 (2015)

2015 年度に宮津市に 25 台の AMP を設置し、2016 年度にはさらに 25 台の AMP を京都府北部・海の京都エリアに設置した。これらのセンサは現在も常設稼働しており、我が国で最初に大規模に設置された観光流動常時観測システムであると思われる。

調査にあたってはプライバシーポリシーの制定や WEB への掲出を事前に実施し、各市町の観光協会、主要な観光施設などに対する説明を行った。設置箇所には図 13 のステッカーを貼付した。2015 年の調査開始から現在に至るまで、利用者からの苦情・問合せはない。



図 13 海の京都 DMO における告知ステッカー

(4) ケニア国ナイロビにおける流動調査 (2017)

独立行政法人国際協力機構による「ナイロビ都心総合システムおよび環状線事業計画策定プロジェクト」(以下、JICA 調査)において、ナイロビ市内に 40 基の AMP を設置し交通流動の計測を行った。本調査の実施にあたり JICA 調査団及びナイロビ市はケニアの関連法の調査を行ったが、ケニア憲法 31 条における「通信傍受の禁止」、これに関連する情報通信法 (2009) の 31 条、83 条、93 条に「通信の傍受、改ざん、公開の禁止」等の規定を特定した。また一般的に、ケニアでは新しい試みを行うときには、広く意見を聴取する必要がある。そこでケニア国の通信行政を管轄する通信総局とナイロビ市及び調査団が協議したところ、次の対策を行うこととなった。

- ① AMP 調査の実施にあたり、関連する政府機関や通信事業者等から構成されるステークホルダー会議を 2 回開催し、意見を求める
- ② AMP で使用する通信デバイスが通信総局が認可した機器であることの確認を受ける
- ③ その後、一般市民に向けた広報とパブリックコメント収集を実施
全国紙に掲載した広報を図 14 に示す。

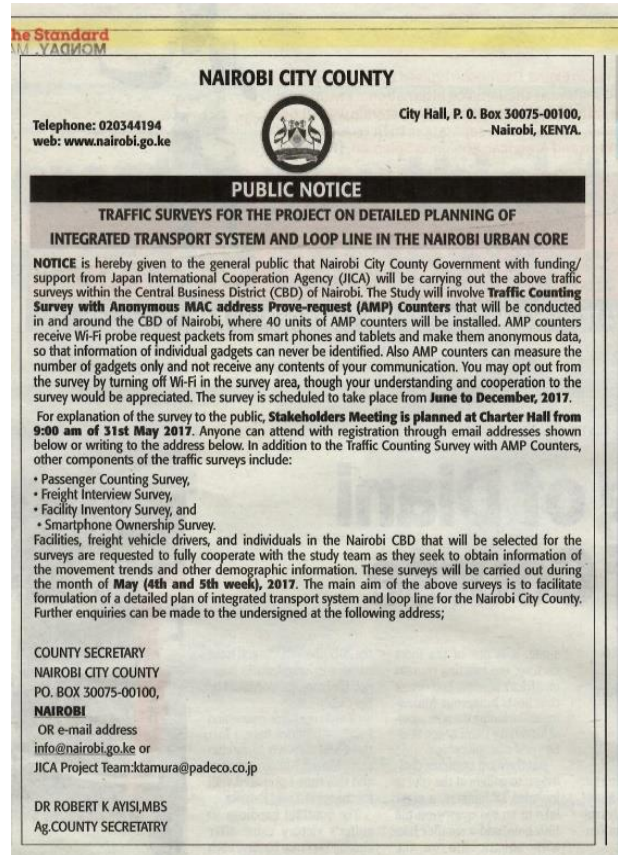


図 14 全国紙による告知

6. やって良い計測／いけない計測

(1) プライバシーポリシーの公開

調査の実施にあたっては、調査主体・調査目的・データの取り扱いなどをわかりやすく記載したプライバシーポリシーの作成とその開示を行う必要がある。被調査者の視点に立てば、例えば街頭に設置されているカメラであっても、防犯目的の場合は許される。しかし地域住民の行動把握のために設置されているとしたら看過できないこととなる。プライバシーにかかわるデータは、そのデータの特性だけで取得の是非が決まるのではなく、利用目的によって被調査者の受容範囲が大きく変化する。

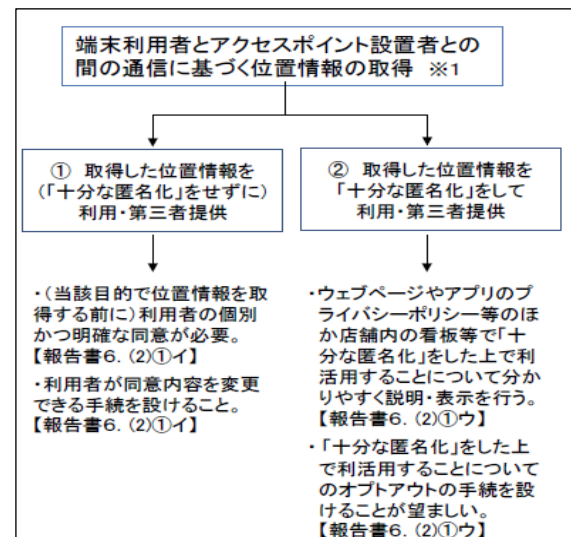
調査が被調査者にとって有益であり、社会性が高いと認められる場合は人物が特定されるような調査であっても受容される。しかし被調査者にとって何等メリットがなく社会性も低い調査であれば、同じ手法でデータ取得が行われたとしても受容されない。プライバシーポリシーの設定と公開が重要な理由はここにある。

AMP あるいは同種の調査は既に国内外で多数の実施例があるが、筆者らがインターネットで検索をした限りにおいては、筆者らが実施した事例以外でプライバシーポリシーをホームページ等で公開している事例を見つけることができなかった。今後実施される AMP もしくは同種の調査においては、プライバシーポリシーの設定と公開に向けた取り組みを行っていただきたい。

(2) 十分な告知

通信パケットを取得して解析を行う調査には様々なバリエーションがあるが、いずれの調査においても被調査者の同意を得ずに実施される場合が多いであろう。4. (1)において示した通り、総務省の位置情報プライバシーレポートにも明記されている通り、Wi-Fi パケットは「個人情報に準じて取り扱う必要がある」情報であることから、本人同意を得ずに実施する調査においては、プライバシーポリシーを定め、調査の実施個所を来訪する利用者に対し、十分な告知を行う必要がある。

この告知により、計測されることを望まない被調査者にWi-FiをオフにしたりAMP設置地点の回避を促すことができる。図 15 の位置情報プライバシーレポートに示されている通り、被調査者の同意を得ない場合には取得した情報を十分な匿名化をして利用する必要があるのみならず、この場合においても十分な告知を行う必要性が示されている。被調査者への十分な告知のない調査は実施してはいけない。



※1: Wi-Fi 位置情報を通信目的以外の目的で利用する場合

図 15 位置情報プライバシーレポート⁹⁾における規定

(3) オプトアウト対策の準備

オプトアウトとは、自らの意思に反して AMAC アドレスが取得された場合に、調査主体へ申し出ることにより、自分のデータを消去するための手続きを行うことである。AMP 調査では事前に被調査者の同意がない場合が一般的であるため、調査の実施前から十分な告知を行ったとしても、自らの意思に反して保有する携帯機器の AMAC アドレスが取得されることがある。

オプトアウトを行うためには、調査の実施の際にコールセンターなど被調査者からの問い合わせ窓口を設け、その窓口担当者から端末機器の MAC アドレスの読み取り方をアドバイスするなど、不安を持つ利用者によるその手順を解説する Q&A を準備するなどの体制整備を行うことが重要である。AMAC アドレスを消去するための技術的な準備を行うだけでは不十分である。

なお筆者らの実施する AMP 調査では 1 週間ごとにハッシュ関数のソルトを変更し、ハッシュ関数を繰返し適用することで匿名化を施す運用を行っているため、1 週間を超えたオプトアウトへの要請に応えることはできない。問い合わせ窓口において、プライバシー保護の観点から十分な匿名化を行って調査を実施するための措置であることを説明し、被調査者の理解を求めていくこととしている。

(4) 十分なセキュリティ対策

AMP による調査では、観測地点に設置するセンサ本体とそのデータを保存・解析するセンターサーバが連携したシステムを構築している。AMP のセンサ端末本体にデータを蓄積し、それを調査完了後に回収して解析を行う方法も考えられるが、この場合は AMP センサ端末が盗難にあった場合には、内部に蓄積されたデータが外

部に漏洩する可能性がある。

このため筆者らが構築したシステムでは、AMP センサ端末内部には機器の通信切断等に備えて短期間のデータログは保有するが、基本的には受信したパケットは即座に匿名化変換処理を行い、暗号化してセンターサーバに送出する。また匿名化関数のソルトは前述の通り、1週間ごとに変更されるため、長期にわたるデータ追跡は不可能であり、個人特定のリスクを低減するために最大限の対策を講じている。

AMP による調査は、小型のマイクロサーバや PC を用意すれば、技術的には比較的手軽に実施することができるが、個人情報保護の観点からの十分な対策を行った上で実施していただきたい。センサ端末への単体対策だけではなく、センサとセンターサーバ間の通信においても、またセンターサーバのセキュリティについても、十分な対策を講じておくことが望ましい。

(5) 個人特定リスクのある情報の取得・分析

Wi-Fi プローブリクエスト・パケットには、RSSI (受信電波強度) や MAC アドレスのほか、SSID が含まれる場合がある。SSID とは Service Set Identifier (サービスセット識別子) の略で、無線 LAN のアクセスポイント (親機) に割り当てる識別コードである。

この SSID に個人の名前や組織の名前などを割り振っている利用者が多いため、SSID の取得と解析は個人特定につながるリスクを増大させる。MAC アドレスを匿名化関数で変換しても、SSID を取得し付加すれば、匿名性が著しく低下する。SSID を利用した国別・地域別の分析など、SSID を活用したいという要求があることは理解できるが、個人特定のリスクを増大させるデータの保持や分析はできる限り避けるべきであると考えられる。

(6) 長期にわたる追跡を行う調査

筆者らが実施する AMP による流動調査では、前述のとおり 1 週間以上の連続した移動追跡ができないようにしている。1 週間という期間の設定に明確な根拠があるわけではないが、先に述べた通り地域住民と来訪者を区別することで、地域住民と判定された ID を除外して解析する方法を提供するなど、プライバシー保護のためにも適切な期間設定であると考えている。しかし、商業施設や観光施設あるいは交通拠点の観測では、より長期にわたる来訪頻度分析などの解析ニーズがあることも事実である。しかし解析期間を長くすることにより、個人が特定されるリスクが高くなるため、長期にわたる計測を実施する場合は、利用者に対して明示的な事前了解を得ておくことが望ましい。

このための対策として、商業施設や観光施設、交通拠点などの場所でフリー Wi-Fi を提供する条件として、利

用者に対して調査の同意を得るという手法が研究されている。秋山らの研究⁸⁾によれば、AMP 計測を行うにあたり、Free Wi-Fi の認証機能を利用して被調査者の合意を得て、その後の観光客の流動分析を行う方法を提案している。このシステムは現在、宮津市域で試験的に運用されている。

7. 今後の課題とまとめ

Wi-Fi パケットの観測による交通流動調査は既に国内外で多くの実施例が報告^{9) 10) 11) 12)}されている。低コストでかつ実施が容易な調査手法として、今後も各方面での活用が期待される。しかし本論文で述べたように、観測データから実数の流動量を推計するには、影響を与える多くの因子がある。また MAC アドレスのランダム化などの新たなプライバシー保護技術が導入されていく中で、AMP 計測の精度を維持するための技術開発課題も残されている。またプライバシー保護の適法性から見ても解釈の幅が残されている。我が国の個人情報保護法ではグレーゾーン (個人情報とは明確に定義できないが、個人情報に準じた扱いを行うべきデータ) として位置付けられる一方、EEA の GDPR では明確にパーソナルデータとして定義され、厳密な取り扱いが求められている。

従って、プライバシー保護のために必要とされる対策や社会的な受容性については、実施する地域や使用目的に応じて幅があると考えられ、今後さまざまな活用事例を踏まえつつ、段階的に確立させていく必要がある。

しかしながら万一、十分な対策を講じずに実施された調査がマスコミ等の攻撃を受け、社会問題化した時には、誤解や疑念を払拭するためには多くの労力を費やす必要¹³⁾があることから、今後実施される調査においては、可能な限りのプライバシー保護対策を講じた上で実施されることを期待する。

本論文では、筆者らが経験し、実施してきた AMP 調査の精度に関する研究成果や、個人情報保護のための対策例をできる限り具体的に紹介した。AMP を調査手法として確立させていくには、今後も実証事例を積み上げていくとともに、基礎的研究の蓄積が重要である。これから AMP あるいは類似のパケットキャプチャによる調査研究を企画する研究機関やコンサルタントの方々に対し、実務的な課題解決の一助となることを期待して本論文をとりまとめた。

謝辞：

京都東山地区における観光客へのアンケート調査は、国土交通省の「道路政策の質の向上に資する技術研究開発 観光流動把握を目的とした交通流動推定システムの

研究開発」により実施されたものです。ここに謝意を表します。

京都東山地区における AMP による観光流動調査は、京都市による「平成 29 年度「安心・安全な東大路歩行空間創出事業」調査・検討業務」により実施されたものです。ここに謝意を表します。

「ナイロビ都心総合システムおよび環状線事業計画策定プロジェクト」は独立行政法人国際協力機構により実施されたものです。調査の支援をいただいた国際協力機構、ナイロビ市、ケニア通信総局に謝意を表します。

海の京都エリアにおける AMP による観光流動調査は海の京都 DMO による「海の京都観光流動調査業務」において実施されたものです。ここに謝意を表します。

ラオス・ビエンチャンにおける観測調査は、独立行政法人国際協力機構 (JICA) の「2014 年度中小企業海外展開支援事業 ラオス国バス位置情報と Wi-Fi パケットセンサを活用したバス利用促進のための交通情報サービスの普及・実証事業」の一環として実施したものです。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 望月祐洋, 上善恒雄, 西田純二, 中野秀男, 西尾信彦: Wi-Fi パケットセンサを利用した匿名人流解析システムの構築, 情報処理学会研究報告, 2014
- 2) 中川義也, 西田純二, 浅尾啓明: AMP 観測による希望線図の即時描画と交通計画, 土木計画学研究発表会・春大会, 2018
- 3) 独立行政法人 国際協力機構 (JICA), 株式会社社会システム総合研究所: ラオス国ビエンチャン市都市交通改善のための位置情報・交通観測システム普及・実証事業 業務完了報告書, 2016 年 10 月
- 4) 大田香織, 大村真輝, 辻堂史子, 浅尾啓明, 西田純二: Wi-Fi 歩行者流動センサによる計測値からの実数推定手法, 土木計画学研究発表会・春大会, 2018
- 5) 総務省: 位置情報プライバシーレポート～位置情報に関するプライバシーの適切な保護と社会的利活用の両立に向けて～, 平成 26 年 7 月
- 6) 西尾信彦, 望月祐洋, 村尾和哉, 中野秀男, 上善恒雄, 西田純二, 吉田龍一, 大田香織, 新井イスマイル: 「うめきた」における Wi-Fi パケット・アノニマス人流解析システムの研究開発, ICT イノベーションフォーラム 2015・戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)
- 7) 西田純二, 森本哲郎, 白濱勝太, 浅尾啓明, 辻堂史子, 上善恒雄: ラオスにおけるバスロケーションシステムと交通観測センサーの実用化, 土木計画学研究発表会・春大会, 2017 年
- 8) 秋山豊和, 上東亜佑稀, 石原真太郎, 望月祐洋, 西田純二: Wi-Fi を用いた人流分析における課題とその解決に向けた Free Wi-Fi 認証機能の検討, ITRC, 2017 年 11 月
- 9) 壇辻貴生, 杉下佳辰, 福田大輔, 浅野光行: Wi-Fi パケットデータをを用いた観光客の滞在時間特性把握の可能性に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, 2017 年 10 月
- 10) 中西航, 小林巴奈, 都留崇弘, 松本拓朗, 田中謙大, 菅芳, 神谷大介, 福田大輔: WiFi パケットセンサによる観光周遊パターンの把握可能性: 沖縄・本部半島における検討, 土木計画学研究発表会, 2017
- 11) Junji NISHIDA・Tomoyuki ADACHI・Kazuhiko MAKIMURA: Traffic Flow Analysis by the Use of Wi-Fi Packets Receiver, 1st IRF Asia Resional Congress & Exhibition, 2014
- 12) 廣川和希, 笹圭樹, 和泉範之, 絹田裕一, 牧村和彦, 西田純二: Wi-Fi パケットセンサを用いた人の行動実態の把握～観光都市・飛騨高山での活用に向けて～, 第 54 回土木計画学研究発表会・秋大会, 2016.
- 13) 映像センサー使用大規模実証実験検討委員会報告書, 2014 年 (平成 26 年) 10 月 20 日

(2018.4.27 受付)

Precision and personal information protection of the Wi-Fi packet observation

Junji NISHIDA, Nobuhiro UNO, Fumitaka KURAUCHI, Yoshiya NAKAGAWA and Masahiro MOCHIZUKI