

GPSログとWi-Fi通信ログとの統合利用による ユーザ行動履歴データ収集

池田 哲夫（静岡県立大学）

武藤 伸明（静岡県立大学）

齊藤 和巳（静岡県立大学）

湯瀬 裕昭（静岡県立大学）

渡邊 貴之（静岡県立大学）

大久保誠也（静岡県立大学）

ICTイノベーション研究センターでは、2014年11月8日に開催された地域イベント「第7回静岡おまちバル」において、Wi-Fiアクセスポイントとの通信ログを収集するシステムを構築した。このシステムの詳細は[武藤15]に詳しい。構築したシステムは、イベント参加者の行動履歴を収集することを主な目的とする。観光情報学の分野においては、行動履歴の収集のためにGPSロガーがしばしば用いられる。そこで、Wi-Fi通信ログ（以下、通信ログと略）とGPSログを統合利用することによって、有用度の高い行動履歴を得られる可能性があるとの想定のもと、GPSログの取得実験も併せて実施した。

実験の結果、次の成果を得た。

おまちバルにおけるGPS精度に関しては、20-30 m程度の精度を確保できることを確認した。

通信ログ、GPSログと滞在店舗との関係が6つに分類されることを明らかにし、うち5つの分類に関して実例を示した。

おまちバル参加店舗において、店舗からの漏洩電波が数十m先まで到達し、その圏内に他の参加店舗が存在するケースがあることに起因して、補正が困難なケースが存在することを確認した。

最後にGPSログと通信ログとが統合利用可能な例として静岡市葵区避難所スタンプラリーを提案した。

キーワード：GPS, Wi-Fi, 行動履歴, 個人情報

1. はじめに

ICTイノベーション研究センターでは、静岡県情報統計局（オープンデータ整備）、静岡市総務局（Shizuoka Wi-Fi Paradise）、静岡情報産業協会、及び、NTT西日本静岡支店との連携体制を確立し、地域の経済・観光活性化に向けた研究を展開している。具体的には、平成26年度より、総務省SCOPE地域ICT振興型研究開発からの委託による「オープンデータとSNS解析による静岡県観光リソース活用支援技術」、及び、ふじのくに地域・大学コンソーシアムからの研究助成に

よる「地域回遊促進に向けた情報推薦システム構築技術」の研究に取り組んでいる。

成果として確立した3つの要素技術の実証評価などのため、2014年11月8日に開催された地域イベント「第7回静岡おまちバル」において、Wi-Fiアクセスポイントとの通信ログを収集するシステムを構築した。このシステムの詳細は[武藤15]に詳しい。

構築したシステムは、イベント参加者の行動履歴を収集することを主な目的とする。観光情報学の分野においては、行動履歴の収集のためにGP

Sロガーがしばしば用いられる。そこで、Wi-Fi通信ログ（以下、通信ログと略）とGPSログを統合利用することによって、有用度の高い行動履歴を得られる可能性があるとの想定のもと、GPSログの取得実験も併せて実施した。

GPSによる位置測定は、複数の衛星の電波を受信することによって可能になるものであり、屋内等衛星電波の受信が困難な環境においては位置測定が不可能である。

一方、通信ログは、アクセスポイント（以下、APと略）の位置が設置住所から計算することが可能であり、屋内等での滞在の軌跡として使用可能である。

観光情報学においてはGPSを用いた実験が多くなされているが、動物園[有馬09]、小樽[深田13]など屋外の移動軌跡を取得する目的での使用がほとんどである。GPSログと通信ログを併用した研究例は見当たらない。

本論文では、研究の目的と課題、研究の前提条件、GPSログ実証実験、実証実験の結果および考察について述べる。

2. 研究の目的と課題

GPSログと通信ログを統合利用することによって期待できることを、図を用いて簡単に説明する。図2-1は、x軸・y軸方向に経度・緯度を用い、z軸方向に時間を用いたログの3次元表示である。屋内滞在を2回行った行動者のログを考える。図2-1左に示すように、屋外移動時には細線で示すGPSログが取得できるが、屋内滞在時間相当の時間帯に欠落が生じる。ここで、太字で示す同一行動者の通信ログ2つが存在すれば、図2-1右側

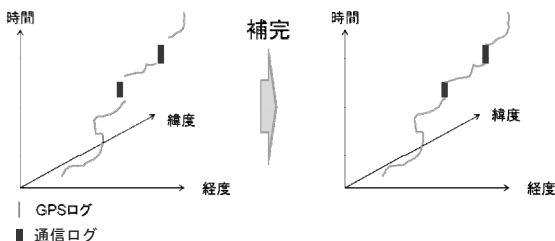


図2-1 GPSログと通信ログ統合利用イメージ

に示すように、GPSログと通信ログを結びつけることにより欠落のない行動履歴の構築が可能になる。

このことを踏まえて、研究の目的は、行動履歴データにおけるGPSログと通信ログの統合利用方法の検討とした。

具体的な研究課題としては、GPSログ単体での有効性の確認と、GPSログと通信ログの統合利用方法の検討、を設定して研究を進める。

GPSログ単体での有効性に関しては、(1)後述するようにおまちバル実施地域の店舗間距離が短いことから、GPSアプリケーションの位置測定誤差が大きくないことの確認を第1の課題とする。また、(2)GPSログ取得実験の協力者はおまちバル参加者の一部であることから、おまちバル参加者全体の行動パターンと大きな偏りのないものであることの確認を第2の課題とする。

GPSログと通信ログの統合利用方法の検討に関しては、(1)Wi-Fi電波の漏洩、GPS位置測定の精度に起因して、通信ログとGPSログの地理的近接度には様々なケースが考えられる。そこで、以下の観点から通信ログの分類を行い、実験での出現頻度を整理することを第1の課題とする。

- ・通信ログは滞在店舗のログか、それとも滞在はしなかったが偶然近傍に存在した店舗のログか
- ・通信ログは、利用者の滞在時間帯（あるいはその近接時間帯）のGPSログから最近接店舗とのログか

ついで、(2)分類ごとに、通信ログを誤り率小で正しい店舗（滞在店舗あるいは移動時においては移動経路に最近接の店舗）に割り当て（補正）可能かの検討を行う。

3. 実験の前提条件

3.1 スマートフォンアプリケーションの利用

同時に実施した通信ログ収集システムがスマートフォンの使用を想定したシステムであること、専用のGPSロガーは高価であること、スマートフォン上のGPSロガーとして容易に使用可能なものが普及し始めたことより、スマートフォンの

アプリケーションとしてのGPSロガーを使用することとした。

具体的なGPSロガーアプリケーションとしては、STUDIO KURA製のSimple Loggerを採用した[SL 15]。前年度に実施した予備実験において挙動が安定していることが確認済みのためである。なお、Simple LoggerにはAndroid版とiPhone版とが存在するが、同じ予備実験においてAndroid版の挙動が相対的に不安定なことが判明しているため、本研究ではiPhone版のみを用いることとした。

ログの取得間隔は、利用者の主要移動手段が徒歩であることと、バッテリーへの影響を少なくすることを考慮して、1分間隔とした。

また、Simple Loggerは、一定時間以上位置情報測定用情報源（GPS用衛星、通信キャリア基地局）が見つからない場合は自動的に一時停止状態に遷移する仕様であることが判明している。今回の実験環境においては、Wi-Fi未設置のバル参加店で買い物・飲食をした際に一時停止状態へ遷移が発生し、その後のログ取得が行えない可能性がある。この可能性を回避するため、利用者への手動対策を依頼した（図3-1）。

Simple Loggerの一時停止中画面の状態を示す（図3-1上半分）と共に、一時停止中でないかを確認する依頼（図3-1下半分）を手順書中に含めた。



・一時停止によるログの空白を少なくするため、以下を実施してください。

店から出たらSimple Loggerが接続中か（一時停止中でないか）を必ず確認。

図3-1 Simple Logger手順書（抜粋）

3-2 スマートフォンの位置測定精度

神谷[神谷2005]では、スマートフォンの一般的な位置測定精度は以下であることが報告されている。

- ・GPS使用時は10 mオーダー。
- ・GPS不使用時（十分な数の通信衛星を捕捉することができず、キャリア基地局からの電波等を利用する場合は100 mオーダー）。

2章で説明した、スマートフォンアプリケーションの位置測定誤差の確認では、誤差が10 mオーダーにおさまることを目標とする。

3.3 Wi-Fi通信距離

Wi-Fiとは無線LANの規格のひとつである。日本において実際に良く用いられるのは、IEEE 802.11 b/a/gであり、その到達距離は阪田ら[阪田06]によると、障害物のない屋外で100 mオーダーである。

屋内においては障害物の存在によって電波が減衰する。金属やコンクリート壁などの素材では電波が大きく減衰（20 dB以上）するが、ガラス窓や木製ドアでは10 dB程度の減衰に留まる。屋外との境界にガラス窓や木製ドアを広い面積で使用した店舗からは周囲に数十mオーダーで電波が漏洩することがありうる。

3.4 おまちバル店舗の距離とアクセス数の分布

おまちバル店舗の店舗間距離が離れていればいるほど、Wi-Fi通信漏洩の影響が小さくなり、通信ログが（近隣店舗のものではなく）滞在店舗のものである確率が高くなることが推定できる。そこで、おまちバル店舗間の距離と通信アクセス数の分布を計算する。店舗数等のデータに関しては[武藤15]を参照願いたい。

まず、図3-2におまちバル参加店舗の地理的分布の概要を示す。静岡駅と駿府城跡の間の地域に密に分布していることが分かる。

次いで、図3-3におまちバルにおける全APアクセスについて、滞在店舗から最近接店舗までの距離と、APアクセス数の分布を示す。

全アクセスについて、滞在店舗から最近接店舗ま



■ : おまちバル参加店舗

図3-2 おまちバル参加店舗の分布

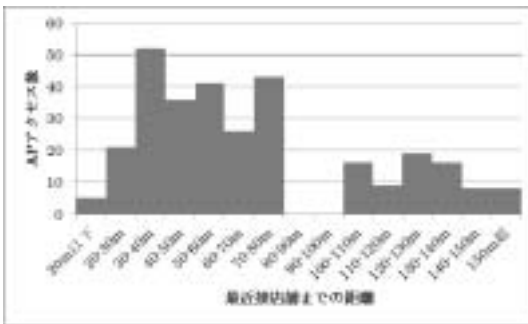


図3-3 最近接店舗までの距離とAPアクセス数

での平均距離は72.2mであった。また、電波の漏洩が問題となる、最近接店舗が20m以内にあったのは全アクセスの1.7%、30m以内は8.7%であった。

4. 実験方法

4.1 実験内容

GPSログは、実験終了後に実験参加者がgpxファイルをICTイノベーション研究センター宛にメールで送付した。

おまちバルの主要実験においては、なるべく多くの利用者に参加してもらうことを狙って、個人情報秘匿化して通信ログの取得を行った。

しかしながら、GPSログとの統合利用を可能にするためには、同一利用者の通信ログとGPSログを紐付けるための情報が必要である。そこで、本実験への参加者に限定して、通信ログとの紐付

け用情報として、実験当日にWi-Fi通信に用いた機器のMACアドレスを聞いた。

また、後日、参加者は滞在店舗名を含む詳細移動経路などの各種質問にメールで回答した。

4.2 実験協力者

SCOPE地域ICT振興型研究開発からの委託による「オープンデータとSNS解析による静岡県観光リソース活用支援技術」の共同研究組織である、静岡県情報統計局、静岡市総務局、及び、NTT西日本静岡支店に実験への参加を依頼した。また、静岡県情報統計局の担当者を通して、GPSログの取得に慣れているオープンストリートマップのコミュニティの方々にも実験への参加を依頼した。

協力者の総数は10名であった。内訳は男性8名、女性2名、20代1名、30代1名、40代5名、50代3名であった。

10名分の取得データの概要は以下のとおりである。

- GPSログ：822ログポイント
- 通信ログ：12店舗での合計16アクセス

5. 実験結果と分析

5.1 GPSログ単独での分析

(1)位置測定精度の確認

まず、実験協力者に教えてもらった詳細移動経路と、実験協力者のGPSログを、GISソフトを用いて突き合せた。GISソフトとしてはESRI社のArcGIS for Desktop Basic 10.2を用いた。これ以降、地理的計算と描画にはArcGIS for Desktop Basic 10.2を用いる。

図5-1に突合結果図の一部を示す。図5-1の背景地図は、国土地理院作成の数値地図（国土基本情報）の道路中心線である。実験協力者の実際の移動経路はGPSログに最短の道路であることが分かった。また、GPSログと最近傍道路との距離は概ね20m以内であることが分かった。

突合調査の結果、特殊な形状である青葉通りを除けば、GPSログに最も近い道路が実際の移動

に用いた道路であるとの結論を得た。

GPSログに最も近い道路が実際の移動に用いた道路である、を前提条件として採用して次の分析を行った。

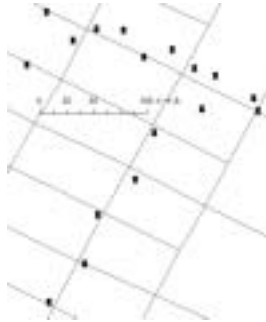


図5-1 実移動道路とGPSログの突合せ例

ArcGISの「最短距離の結合対象オブジェクトとの距離を求める」機能を用いて、GPSログの各ポイントから最近接の道路への距離を計算した。計算結果を図5-2に示す。

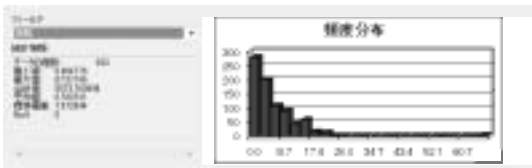


図5-2 ログと最近傍道路との距離分布 頻度分布

平均値が約6.7 m、標準偏差約7.6 mであり、頻度分布からは殆どの距離が約20m以内であることが分かる。

3章からGPSログの精度は一般に10mオーダーであることがわかっており、今回の結果からは、良い精度であると言える。

(2)実験協力者の行動の偏り

複数の移動経路を可視化して分析する代表的な方法としてカーネル密度推定法が知られている。カーネル密度推定法は、密度を計算する地点を中心として、指定した半径内の点密度を、計算地点からの距離減衰効果による重みづけを伴って計算する方法である。カーネル密度は、代表的なGISソフトであるArcGISのエクステンションであるSpatial Analystの機能を用いて計算した。

計算結果を図5-2に示す。

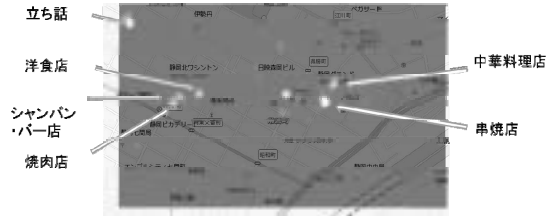


図5-2 カーネル密度推定結果

密度が大きい点は、主要実験[武藤15]における、Wi-Fiアクセス上位店舗所在地付近あるいはハブノード付近がほとんどであり、本実験参加者10名の行動パターンは、おまちバル全参加者のサンプルとしては偏りの少ないものであると言える。

5.2 GPSログと通信ログの統合利用

(1)通信ログ、GPSログと滞在店舗との関係分類

通信ログ（12店舗での合計16アクセス）の分類を行った。

結果を表5-1に示す。補正の観点から特に問題になりうる⑤、⑥の実例を説明する。

表5-1 通信ログ、GPSログと滞在店舗との関係分類

	通信ログが滞在店舗	通信ログが滞在店舗外	
		他店舗滞在中	移動中
店舗滞在or近接時間帯において、GPSログの最近接店舗が滞在店	① 4店舗6アクセス	② 無し	③ 1店舗1アクセス
店舗への滞在or近接時間帯において、GPSログの最近接店舗が滞在店舗以外	④ 4店舗5アクセス	⑤ 2店舗3アクセス	⑥ 1店舗1アクセス

<⑤店舗滞在中に、他店舗APと通信。GPSログの最近接店舗は滞在店舗以外の例>

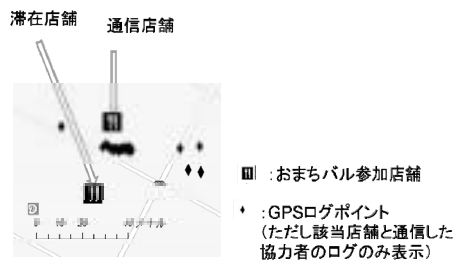


図5-3 ⑤の例

実際に滞在した店舗は図5-3の下側の店舗であるが、通信店舗は上側の店舗であり、GPSログからの最近接店舗も上側の店舗である。GPSログからの最近接距離は滞在店舗との距離が約20mであるのに対して、最近接店舗との距離は約10mである。

<⑥通信店舗近接時の、ログの最近接店舗が該店舗以外の例>

図5-4に例を示す。

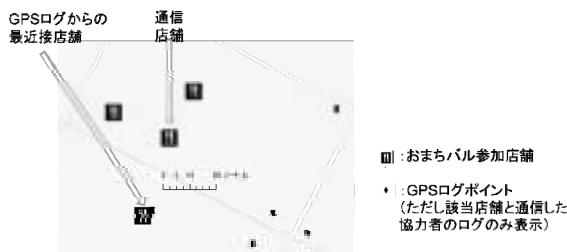


図5-4 ⑥の例

通信店舗は図5-4の上から3番目の店舗、GPSログからの最近接店舗は一番下の店舗（参加店舗シンボルの右肩にログポイントが存在することに注意）である。GPSログからの最近接距離は通信店舗との距離が約30mであるのに対して、最近接店舗との距離は0mである。

(2)補正可能性（通信ログを誤り率小で、正しい店舗に割り当てられる可能性）

滞在店舗のAPと通信したケース（①，④）に関しては補正の必要はない。

移動中に近隣店舗と通信したケース（③，⑥）に関しては、通信時間が短い（移動中のためと考える）ので、一定時間以内（例：2分以内）の通信ログを破棄することによって、対応できる可能性がある。

一方、店舗滞在時に、他店舗APと通信し、GPSログの最近接店舗が滞在店舗以外のケース（⑤）に関しては、GPSログと通信ログを用いるだけでは補正困難である。

⑤のケースが生じる主な原因は、おまちバル参加店舗において、店舗からの漏洩電波が数十m先

まで到達し、その圏内に他の参加店舗が存在するケースがあるためであると考えられる。

しかしながら、3.4節（図5-5）からは、電波の漏洩が問題となる、最近接店舗が30m以内にある通信アクセスは全アクセスの約10%であったことが判明しており、⑤のケースが生じる確率は高々10%程度である。収集したデータの利用方法によっては大きな問題とはならない可能性もある。

5.3 GPSログと通信ログの統合利用例

今回と同様な条件での、GPSログと通信ログの統合利用可能な例を考案してみた。

- GPSログの精度は10-20m.
 - Wi-Fi電波は数十m先までの漏洩がありうる。
- 統合利用可能となるための一つの条件は、通信ログのAPが誤り少なく特定できる程度に、APが互いに離れていることである。

例えば、以下のイベントにおいては統合利用と考える。

☆静岡市葵区避難所スタンプラリー

イベント概要：葵区の避難所[避難所15]にスタンプを用意し、楽しみながら避難所の場所・行き方・設備を体験するイベント

統合利用方法：行動者履歴収集で、GPSログと（体育館等の屋内施設にWi-Fi APを設置しての）Wi-Fi通信ログの統合利用が可能。

参考までに、最近傍避難所との距離を計算した結果を以下に記す。

最小距離：91.4071936447042 (m)

平均距離：828.615758041384 (m)

最大距離：9003.91194139525 (m)

但し安東小に隣接する安東幼稚園を含めると最小距離が小さな値となるため、安東幼稚園は除外して計算した。

6. 終わりに

Wi-Fi通信ログとGPSログを統合利用することによって、有用度の高い行動履歴を得られる可能性があるとの想定のもと、GPSログの取得実験を実施した。

以下の4つの課題を設定して研究を進めた。

課題1. GPSログ単体での有効性の確認

- (1)おまちバルにおけるGPS精度の確認。
- (2)収集したGPSログがおまちバル参加者の偏りの少ないサンプルになっていることの確認。

課題2. 通信ログとの統合利用

- (1)通信ログの分類：以下の観点で分類
 - ・滞在店舗との通信か否か
 - ・GPSログから最近接店舗との通信か否か
- (2)補正可能性：分類ごとの分析を行い、通信ログを、実際の滞在店舗に誤り率小で割り当て可能かの検討。

課題1(1)に関しては、20-30m程度の精度を確保できることを確認した。

課題1(2)に関しては、本実験の協力者の行動が、おまちバル全参加者の偏りの少ないサンプルとなっていることを確認した。

課題2(1)に関しては、6つの分類が可能であり、5つの分類に関して協力者から得られた通信ログの中に複数の実例があることを確認した。

課題2(2)に関しては、おまちバル参加店舗において、店舗からの漏洩電波が数十m先まで到達し、その圏内に他の参加店舗が存在するケースがあることに起因して、補正が困難なケースが存在することを確認した。

最後にGPSログと通信ログとが統合利用可能な例として静岡市葵区避難所スタンプラリーを提案した。

謝辞

本研究は、総務省SCOPE(No.142306004)、及び、ふじのくに地域・大学コンソーシアム学術研究の支援を受けた。

実験に協力していただいた、静岡県情報統計局、静岡市総務局、NTT西日本静岡支店、オープンストリートマップのコミュニティの方々に感謝する。

参考文献

[武藤15] 武藤伸明, 齊藤和巳, 湯瀬裕昭, 渡邊貴之. Wi-Fi設置によるユーザ行動履歴デー

タ収集システムの構築. 経営と情報 (静岡県立大学経営情報学部研究紀要), vol.27, no.2. 静岡県立大学経営情報学部発行. 2015. 採録予定.

[有馬09] 有馬貴之. 上野動物園と多摩動物公園における空間利用の時間変化とその地域的差異. 地理情報システム学会講演論文集, 18, 9-14, 2009.

[深田13] 深田秀実, 奥野祐介, 大津晶, 橋本雄一. 観光歩行行動データに対するGISを用いた3次元可視化手法の提案, 観光と情報 8(1), 51-66, 2013.

[SL 15] Simple Logger(STUDIO-KURA製)
<https://itunes.apple.com/jp/artist/studio-kura/id-289946976>

[神谷05] 神谷泉.測位技術の調査とICタグ,UWBの測位への応用.国土地理院時報 106, 31-36, 2005.

[阪田06] 阪田史郎, 無線 PAN/LAN/MAN/WAN の最新技術動向. I T S 情報通信システム推進会議,2006 .

[避難所15] 静岡市避難地・避難所一覧 (葵区)
<http://www.city.shizuoka.jp/000164582.pdf>

Collection of User Action Histories by Integrated Use of GPS and Wi-Fi Communication Logs

Tetsuo Ikeda, Nobuaki Mutoh, Kazumi Saito, Hiroaki Yuze,
Takayuki Watanabe and Seiya Okubo
School of Management and Information, University of Shizuoka

ICT Innovation Research Center has conducted a demonstration experiment of a system for collecting communication logs between smartphones and Wi-Fi access points in a local event "7th Shizuoka Omachibar" held on November 8th, 2014. The primary purpose of the system for collecting communication logs is to collect action histories of event participants.

GPS logs are often used for collecting action histories in Tourism Informatics studies. We expect that integrated use of GPS logs and communication logs may make it possible to gain more useful action histories. Based on this expectation, an experiment to obtain GPS logs was concurrently conducted.

The followings were outcomes of the experiment.

Accuracy of GPS in Omachibar regions ranged from 20 m to 30 m.

Leakages of radio wave were able to reach locations tens of meters away from the Omachibar participant shops, if they had huge windows. Due to this fact, smartphones sometimes connected to Wi-Fi access points other than the nearest ones. These phenomena made the integrated use of GPS and communication logs difficult.

Finally, a stamp rally was proposed for the Aoi ward evacuation centers in Shizuoka city as a feasible example of integrated use of GPS and communication logs.

Keywords: GPS, Wi-Fi, action histories