

東京都心部と郊外における 走行車両の公衆無線LANアクセスポイントとの 遭遇頻度の基礎調査

山形 英輝^{1,a)} 木谷 友哉^{2,b)} 西岡 哲朗²

概要：我々の研究グループでは、携帯電話基地局網に流れるモバイルデータ通信量を削減するモバイルデータオフローディングの研究を行っている。携帯電話会社は、モバイルデータ通信量を緩和するために、街中に多数の WiFi データオフローディングスポットを設置し、そのエリア内に居る携帯通信端末のデータ通信を WiFi アクセスポイント (AP) に収容するようにしている。しかしながら、WiFi AP のカバーするエリアは限られており、ごく一部の端末のみがデータオフローディングの対象になっているに過ぎない。遅延耐性があるコンテンツに対するデータ通信ならば、車々間アドホックネットワークを利用して、WiFi AP エリア外の携帯通信端末が送受信するデータを WiFi AP まで中継することで、オフローディング率を向上させることができる。本稿では、現在の実際の WiFi オフローディングスポットの位置情報と、現実的な交通流のデータを使って、どの程度の遅延時間で走行車両が WiFi オフローディングスポットへデータの中継できるかの基礎調査を行った。その結果、東京都心部のように WiFi オフローディングスポットの密度が高い領域では、2014 年現在では 10 分以内に 95%以上の車両が WiFi オフローディングスポットと遭遇できることが分かった。

1. はじめに

スマートフォンの普及により携帯電話基地局網を流れるモバイルデータ通信量が増大している。総務省の情報通信統計データベース [1] によれば、我が国のモバイルデータ通信量は、図 1 に示すように、2012 年 9 月で 328.9Gbps であった月平均トラフィック量が 2014 年 3 月には 671.7Gbps となり、1 年半で倍増している。

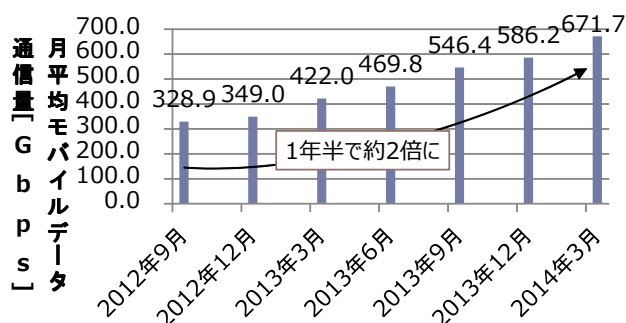


図 1 増え続けるモバイルデータ通信量 ([1] より作成)

携帯電話基地局網の負荷の増加は、通信速度や品質などの低下を招くため、携帯電話キャリア各社は基地局の増強などを行っている。しかし、建設コストの増大や、有限の電波資源の枯渇という大きな問題を抱えている。そこで各社は、コンビニエンスストアや飲食店などに WiFi アクセスポイント (AP) を設置し、そのアクセスエリア内にいるスマートフォンはその WiFi AP を通じてデータ通信をするように推奨して、携帯電話基地局網に流れるデータの負荷低減 (オフローディング) をしている。数 km に及ぶ携帯電話基地局のエリアに比べて、WiFi オフローディングスポットとなる WiFi AP の通信範囲は高々数十 m 程度であり、また、WiFi AP の設置数も限られているため、十分な効果を上げているとは言えない。

我々の研究グループでは、今すぐ送受信する必要のない遅延耐性のあるコンテンツを対象に、データの送信タイミングを遅らせたり、スマートフォンを持つユーザが車両に乗り込んでいる場合に、その車両の移動性を利用して移動後に送信を行うなどしてモバイルデータをオフローディングする手法を提案している [2]。特に、図 3 や図 2 に示すように、車内または道路周辺にいるユーザの送受信するデータを車両が中継し、道中にあるコンビニなどのデータオフローディング用の WiFi AP まで運ぶことができれば、よ

¹ 静岡大学 情報学部

² 静岡大学 大学院情報学研究科

^{a)} h-yamagata@kitanilab.org

^{b)} t-kitani@kitanilab.org



図 2 携帯電話会社の設置するデータオフローディング用 WiFi スポット



図 3 自動車の移動性を利用したモバイルデータオフローディング

りオフローディングの効率を上げることができる。

ところで、車両によって WiFi オフローディングスポットまでデータを運ぶとき、電波ではなく物理的な移動によってデータを運ぶ。そのため車両による中継では、通信の遅延時間が大きくなる。この時間がどの程度であるかが不明であると、今送受信するデータが車両を介しても間に合うのか、それとも携帯電話基地局に直接接続しないと間に合わないのか判断できず、オフローディングプロトコルなどの設計が困難である。また、WiFi オフローディングスポットの密度や車両の移動速度などについては、場所によっても異なるが、まずはその遅延時間の大きさについて基準となる定量的な見積もりが求められる。

本研究では、実際に携帯電話会社が設置している WiFi オフローディングスポットの情報、および、実際のパーソントリップ調査から得られた現実的な交通流データを元にして、走行中の自動車はどの程度の間隔で WiFi オフローディングスポットに遭遇するかを調査した。使用した WiFi オフローディングスポットの情報は 2014 年 6 月にウェブサイト [3] から入手した NTT DoCoMo の情報、また、交通流データは東京大学空間情報科学研究センターの人の流れプロジェクト [4] から得た平成 20 年東京都市圏の情報である。

2. モバイルデータオフローディング

携帯電話基地局網を介するモバイルデータ通信量を削減する方法としては、大きく 2 つに大別される。1 つ目はネットワークの自動選択を用いるもの、2 つ目は遅延耐性ネットワーク（DTN）を用いるものである。

ネットワークの自動選択を用いるものとしては、携帯電話キャリア各社が提供する WiFi AP を利用するものが代表的である。これは、WiFi 接続機能を持つ端末が、WiFi AP の通信範囲内にいるときは WiFi AP を優先的に使うことで、携帯電話基地局網を流れるトラフィック量を緩和するものである。携帯電話キャリア各社は、利用者のよく集まるコンビニエンスストアや飲食店、施設などに WiFi AP を設置して、そのエリア内にいる利用者のスマートフォンなどの端末の通信トラフィックを WiFi AP にオフローディングさせるようにしている。なお、NTT DoCoMo が東京都下に用意する WiFi AP は、2014 年 4 月 5 日に [3] から得た情報では、26,422 件であった。WiFi AP の通信可能範囲は、AP から高々数十 m 程度であり、利用者の活動域を網羅していない。また、自動接続のためには WiFi AP を使うための設定が必要であることや、接続に時間がかかるために移動中の利用者では AP が頻繁に切り替わることで不便を感じるなどがあり、十分活用されているとは言えない。

次に、送受信するコンテンツの遅延許容時間を考慮して、DTN によってモバイルデータ通信量をオフローディングするものがある。まずは、コンテンツの遅延許容時間を利用して、携帯電話基地局網から通信量をオフローディングするのではなく、ピークカットを行う方法について紹介する。すぐさま送受信する必要のないデータ、例えば端末の OS やアプリケーションのバックグラウンドでのアップデートのデータについては、携帯電話基地局の混雑状況に応じて、送受信時刻を遅らせるなどで負荷のピークカットを行うことができる。また、遅延許容時間が十分大きいようなデータであれば、車車間通信ネットワークを用いて、車両にデータを蓄積して中継させることで、別の空いている基地局のエリアに車両が到達したときにモバイルデータ通信を行うことでも、通信トラフィックの分散化が図れる。さらにこれに追加して、車両による送信先を WiFi AP にすることで、携帯電話基地局網から通信量をオフローディングできる。

DTN を用いるデータオフローディングの関連研究としては以下のようなものがある。文献 [5] では、蓄積運搬型転送を用いて WiFi AP までデータの中継する手法が提案されている。同様に、文献 [6] では、バスを用いて WiFi AP までデータの中継する方法が提案されている。文献 [7] では、データの生存時間（TTL:Time To Live）を考慮して、

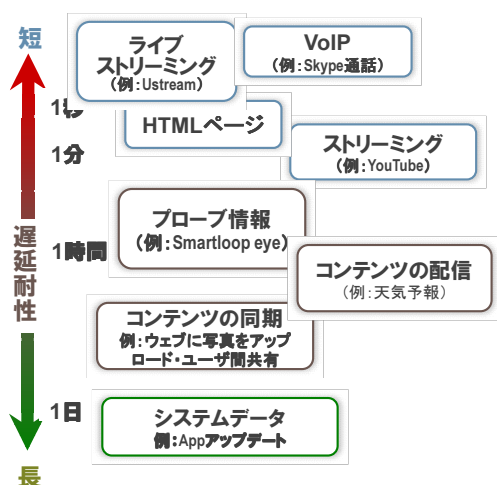


図4 コンテンツの種類と許容遅延時間

データを送信する通信路として携帯電話基地局網と DTN を切り替える手法を提案している。文献 [8] では、基地局の負荷とデータの優先度に応じて、優先度の低い送受信データの通信開始を遅延させる手法を提案している。

我々の研究グループは、MDOP (mobile data offloading protocol) と題して、上記の DTN を用いるモバイルデータ通信量のオフローディングについて、時間的な送受信開始時刻のシフトによる通信データの負荷のピークカット、近隣の空いている基地局エリアへの車両の空間的な移動による同じくピークカット、WiFi スポットへの車両によるデータ運搬による周波数的な通信データのオフローディング、この3つの手法を一括して切り替える統合的な通信プロトコルの提案を行っている。関連研究では、DTN を用いた新しい通信経路のみを提案しているものや、バスのように移動スケジュールが既知の車両を使うなどの制約がある。より効率よくデータオフローディングを行うためには、一般の車両の車載 WiFi 通信デバイスや、車内の搭乗者のスマートフォンによる WiFi アドホックネットワークを利用して WiFi オフローディングスポットへ中継することが望まれる。しかしながら、一般の車両の動きは計画されているものではなく、3つの方法の切り替えの方策を立てるときには、車両が WiFi オフローディングスポットへの中継に要する時間がどの程度であるかを知ることが重要となる。図4に示すように、通信するコンテンツの種類によって許容遅延時間は異なるため、この時間の大小によってオフローディングできる通信量の割合が大きく左右される。

本研究では、この一般車両による WiFi オフローディングスポットへの中継に要する時間がどの程度であるのかを解析する。

3. 一般車両の WiFi オフローディングスポットとの遭遇頻度の調査方法

一般的な自動車が携帯電話キャリアの設置した WiFi オ

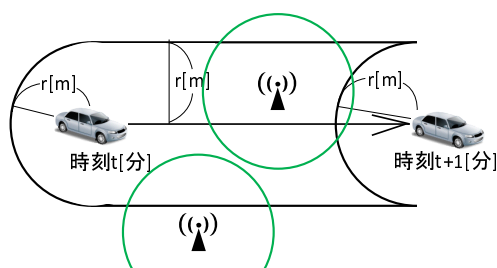


図5 車両と WiFi オフローディングスポットの通信可否判定

フローディングスポットと、どのくらいの頻度で遭遇するかを調査する為には、以下の2つのデータが必要になる。1つ目は WiFi オフローディングスポットが実際にどこに設置されているかの情報、2つ目は一般的な自動車の現実的な交通流 (モビリティ) の情報である。

WiFi オフローディングスポットについては、携帯電話キャリア各社がそれぞれウェブサイトにおいてエリアの情報を提供している。そこで、NTT DoCoMo の提供するウェブサイト [3] から、WiFi オフローディングスポットの情報を取得して利用する。取得は HTML を解析し、WiFi オフローディングスポットの住所の情報を抽出する。

一般的な自動車の現実的な交通流の情報としては、東京大学空間情報科学研究センターの「人の流れプロジェクト」のデータ [4] を使用する。このデータは、実際に行われたパーソントリップのアンケート結果に基づいて生成されたデータであり、現実的な交通流を模擬している。平成20年東京都市圏のデータでは、ある日24時間について1分ごとの70万人分の位置と移動手段についての情報が含まれている。密集具合などを調査する場合では、実際の東京都市圏の人口は1000万人を超えるため70万人のデータでは不十分であるが、今回は自動車で移動している人間がどのくらいの時間間隔で WiFi オフローディングスポットに遭遇するかという評価であるため、十分利用可能である。

上記で得られた情報を元に、図5のように、自動車の移動を1分ごとの位置をつないだ直線で近似し、その軌跡が WiFi オフローディングスポットの通信エリア内に触れるかどうかで、遭遇判定を行う。実際の WiFi オフローディングスポットの通信可能エリアは、コンビニなどの建物における WiFi AP の設置位置や、その建物の建材や周囲の建物の配置などで大きく左右される。本稿での評価では、WiFi AP の通信可能範囲は、パラメータ r [m] で表し、WiFi オフローディングスポットの位置から r [m] 以内に車両が居る場合は、通信可能であるとする。計算の簡単化のために、図5に示すように、1分間の車両の移動について両端点から半径 r [m] の領域、および、移動軌跡に対して進行方向と垂直にそれぞれ r [m] ずつの長方形の領域に1つ以上の WiFi オフローディングスポットがあれば、その時間は WiFi オフローディングスポットと遭遇したと判

```

<tr class="MapiEven" id="m_stripe">
  <td><dl>
    <dt><a href="/b/docomo_wifi/info/BA419027/?kencode=13">紀 尾
    井町ビル</a>&nbsp;</span>
    <span style="color:#333399;"></span>
    <span style="color:#006600;"></span>
    <span style="color:#ff3300;font-weight:bold;"></span></dt>
    <dd class="MapiInfoAddr">東京都千代田区紀尾井町 3-12</dd>
    <dd>無線方式：11a/11b/11g</dd>
  </dl></td>
  <td class="MapiToMap">
    <a href="/m/docomo_wifi/35.6791011_139.7400256_8000/?kencode=13">
    地図</a></td>
</tr>

```

図 6 docomo WiFi サービスエリア検索ウェブサイトの HTML 文書の一部

定する。その領域に 1 つも WiFi オフローディングスポットがなければ、その 1 分間は遭遇がなかったとし、連続して遭遇がなかった時間をカウントし、その頻度を調査する。

3.1 WiFi オフローディングスポットの情報の取得

3.1.1 WiFi オフローディングスポットの住所の取得

NTT DoCoMo の提供するウェブサイト [3] の HTML 文書から得られる WiFi オフローディングスポットの情報は、図 6 のような住所の文字列である。そこで、この HTML 文書から<dd class="MapiInfoAddr">で括られた部分を抽出し、各 WiFi オフローディングスポットの住所を取得した。

3.1.2 住所から緯度経度情報への変換

コンピュータにおいて、WiFi オフローディングスポットと車両の遭遇が計算できるようにするためには、住所ではなく緯度経度の情報に変換しなければならない。本稿では、国土交通省が提供する位置参照情報ダウンロードサービス [9] のデータを用いて、先ほど抽出した住所の文字列データを緯度経度の 2 次元実数データに変換した。上記のサービスから得られる情報は、図 7 に示すような情報であり、該当住所がない場合は変換をせず、該当番地がない場合は最も近い位置で代用した。なお、図 6 の HTML 文書中の<td class="MapiToMap">にある href のリンク先からも緯度経度が抽出できると考えられる。こちらへの対応は今後の課題とする。

3.2 現実的な交通流データの取得

本稿で利用した一般的な自動車の現実的な交通流の情報は、東京大学空間情報科学研究センターの「人の流れプロジェクト」[4] のデータである。「人の流れプロジェクト」のデータは、国土交通省が実施するパーソントリップ調査 [11] で得た情報を、東京大学空間情報科学研究センターが独自に変換したものであり、申請によってデータのダウンロードが可能である。

表 1 人の流れプロジェクトによって提供されるデータの項目

名称	フィールド名	形式
パーソン ID	PID	Char
トリップ番号	TNO	Integer
サブトリップ番号	SNO	Integer
日時	PDATE	Date
経度	LON	Double
緯度	LAT	Double
性別コード	SEX	Char
年齢コード	AGE	Char
住所コード	PADD	Char
職業	WORK	Char
移動の目的コード	PURPOSE	Char
拡大係数	MAGFAC	Integer
拡大係数 2	MAGFAC2	Integer
交通手段コード	DATUM	Char

パーソントリップ調査では、多数の一般市民に、ある日の移動の出発地と目的地、移動手段、出発時間と到着時間、移動の目的などの情報をアンケートによって収集するものである。東京大学空間情報科学研究センターでは、このデータを元にして研究に利用可能な現実的な交通流のデータを生成し、提供している。なお、生データは、ノイズが入っていることやプライバシーの問題などもあり公開はされていない。人の流れプロジェクトで提供されるデータの仕様は表 1 のようになっており、サンプルを図 8 に示す。本稿では、交通手段コードが、“乗用車”および“軽乗用車”であるデータを抽出して使用する。

4. 東京都心部と郊外における遭遇頻度の基礎調査結果

4.1 対象エリアと調査条件

我が国で最もモバイルデータ通信量が集中しているところとして東京都心部、およびその郊外を対象として、走行中の自動車および軽自動車が WiFi オフローディングスポットと遭遇する頻度の基礎調査を行った。対象とするエリアは以下の 3 カ所である。

- エリア A：皇居を中心とする約 5km 四方のエリア（北緯 35.662794～35.707556 度，東経 139.725244～139.780354 度，人口密度 約 10000[人/km²]
- エリア B：杉並区と武蔵野と三鷹の境を中心とする約 5km 四方のエリア（北緯 35.671746～35.716508 度，東経 139.559467～139.614583 度，人口密度 約 13000[人/km²]
- エリア C：日野と国立と立川の境を中心とする約 5km 四方のエリア（北緯 35.660692～35.705454 度，東経 139.389348～139.444456 度，人口密度 約 7000[人/km²]

それぞれのエリアについての地図上の場所を図 9 に示す。なお、人口密度はあくまで目安とし、エリア内にある主な

"都道府県名","市区町村名","大字・町丁目名","街区符号・地番","座標系番号","X座標","Y座標","緯度","経度","住居表示フラグ","代表フラグ","更新前履歴フラグ","更新後履歴フラグ"
"東京都","千代田区","麹町六丁目","5","9","-34965.0","-9246.0","35.684800","139.731181","1","1","0","0"
"東京都","千代田区","紀尾井町","4","9","-35372.0","-9169.6","35.681133","139.732030","1","0","0","0"
"東京都","千代田区","紀尾井町","5","9","-35230.8","-9231.7","35.682405","139.731342","1","1","0","0"

図 7 国土交通省 位置参照情報ダウンロードサービスから得た東京都千代田区の街区レベルのデータの一部

135901,1,1,2008/10/01 06:00:00,139.475185,35.544665,2,8,00008105,14,99,33,0,97
135761,1,1,2008/10/01 06:00:00,139.367149,35.602891,2,9,00008121,14,99,34,0,97
135890,1,1,2008/10/01 06:00:00,139.4232,35.564554,2,15,00008111,8,99,29,0,97
135739,1,1,2008/10/01 06:00:00,139.475185,35.544665,2,10,00008105,14,99,34,0,97

図 8 人の流れデータにおける平成 20 年東京都市圏のデータの一部

市区町村の人口密度から以下のように計算した。

- エリア A: 千代田区, 新宿区, 中央区, 港区の人口密度を平均
 - エリア B: 杉並区, 武蔵野市, 三鷹市の人口密度を平均
 - エリア C: 日野市, 国立市, 立川市の人口密度を平均
- 市区町村ごとの人口密度には [10] の平成 20 年のデータを用いた。

利用した計算機は東芝製のノート PC dynabook RX3 TN266E/3HD (CPU: Intel Core i5-560M プロセッサー 2.66GHz, メモリ: 4GB, SSD 128GB, OS: MS Windows 7 x64) であり, WiFi オフローディングスポットの住所情報を抽出するプログラムには Ruby を, 住所を緯度経度に変換するプログラムには Java を使用した。

NTT DoCoMo の提供するウェブサイト [3] にある東京都の WiFi AP の件数は 26422 件であり, うち 26420 件の抽出に成功した (アクセス日: 2014 年 4 月 5 日)。また, 26420 件のうち, 25715 件の緯度経度への変換に成功した。東京大学空間情報科学研究センターの「人の流れプロジェクト」[4] のデータでは, 平成 20 年東京都市圏の 24 時間分のデータを用いた。

図 10 に, WiFi オフローディングスポットの位置をそれぞれ地図上にプロットしたものを示す。5km 四方の各エリアについて WiFi オフローディングスポットは, エリア A では 3425 カ所, エリア B では 553 カ所, エリア C では 355 カ所が含まれていた。

4.2 評価項目

人の流れプロジェクトのデータは, 実際の都市圏人口と同じだけの人数分のデータではなく, 例えば, 平成 20 年東京都市圏のデータでは 70 万人分のモビリティを生成して, 1 分毎の位置データとして提供している。そのため, 遭遇頻度については, 遭遇数で評価するのではなく, 遭遇する時間間隔で評価する。

実験条件として, WiFi オフローディングスポットの通信可能範囲を表すパラメータ r を 40, 100, 500[m] の 3 種類に固定して, それぞれの場合での遭遇頻度を解析した。

一般的な WiFi AP では見通しで 100m 程度の通信距離があると言われている。しかし, コンビニなどの屋内に設置された場合では, 外の道路まで電波が到達していないことも多い。そこで, 40[m] 程度の場合での評価を行った。また, 車車間通信用途として想定されている IEEE802.11p の規格では, 見通しで半径 300[m] 以上到達することが考えられている。現在の WiFi オフローディングスポットを IEEE802.11p に対応することで大きなオフローディング効果が得られるのであれば, 携帯電話キャリア各社も対応させることが十分考えられるため, それを考慮してより広めの 500[m] の場合でも評価を行った。

4.3 結果

3 つのエリアおよび WiFi オフローディングスポットの 3 通りの通信可能距離についての評価結果を図 11 に示す。

最も WiFi オフローディングスポットの密度が高い皇居周辺のエリア A では, WiFi AP の通信可能距離が 40[m] のときでも 3 分以内に 95% の車両は WiFi オフローディングスポットに遭遇することが分かった。また, 約 75% の確率で次の 1 分間も連続して WiFi オフローディングスポットと遭遇し続けることが分かった。これにより, 3 分程度の遅延が許されるようなコンテンツでも十分, 車両による中継でオフローディングが可能である。エリア A の場合では, WiFi AP の通信可能距離が 40[m] と 100[m] のときの, 連続して WiFi オフローディングスポットと遭遇し続ける確率に, 前者は約 65%, 後者は約 92% と大きな差があった。この場合は, 通信可能範囲を現在の WiFi より広げることが, データオフローディングのゲインを大きく上げることにつながると予想される。一方で通信可能範囲の拡大は WiFi オフローディングスポットの通信負荷の増大を招くため, 通信の品質に影響を与える可能性がある。この影響の詳細な調査は今後の課題とする。

次に, 東京郊外の杉並区と武蔵野市と三鷹市の境界周辺となるエリア B でも, WiFi AP の通信可能距離が 40[m] のときでも 8 分以内に 95% の車両は WiFi オフローディングスポットに遭遇することが分かった。次の 1 分間も連続

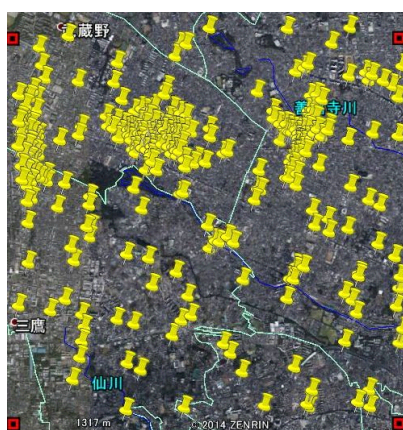


東京都内について人口密度で3段階に分けて5km四方のエリアを選定

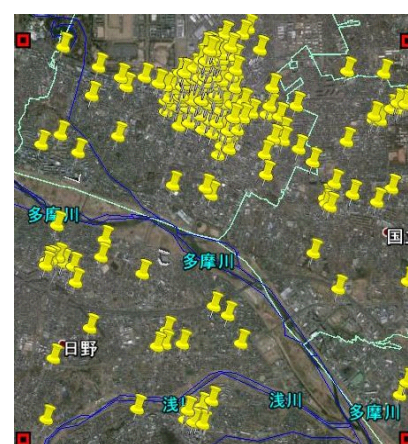
図9 調査評価対象としたエリア



(a) エリア A (人口密度 約 10000[人/km²])



(b) エリア B (人口密度 約 13000[人/km²])



(c) エリア C (人口密度 約 7000[人/km²])

図10 調査評価対象としたエリア

して WiFi オフローディングスポットと遭遇している確率はエリア A より大きく低下して 50%前後であった。また、WiFi AP の通信可能距離が 40[m] と 100[m] のときの、連続して WiFi オフローディングスポットと遭遇し続ける確率には、前者が約 50%、後者が約 60%と大きな差がなかった。それゆえ、WiFi オフローディングスポットの密度が十分高くないときは、WiFi オフローディングスポット数を増やすことが、オフローディングの効率を上げることに重要であると言える。

最後に、日野と国立と立川の境を中心とするエリア C の結果であるが、エリア B の結果と大きな差はなかった。WiFi AP の通信可能距離が 40[m] のときでも 9 分以内に 95%の車両は WiFi オフローディングスポットに遭遇することが分かった。この場合では、初めて WiFi AP の通信可能距離が 500[m] のときでも、連続して WiFi オフローディングスポットと遭遇し続ける確率が 100%を下回った。

5. まとめ

本稿では、実際に携帯電話会社が設置している WiFi オフローディングスポットの情報、および、実際のパーソン

トリップ調査から得られた現実的な交通流データを元にして、走行中の自動車はどの程度の間隔で WiFi オフローディングスポットに遭遇するかを調査した。その結果、我が国で最も WiFi オフローディングスポットの密度が高いと考えられる東京都心部では、各車両の 95%は高々 3 分程度の間に WiFi オフローディングスポットに遭遇することが分かった。

本稿で行った基礎検討では、以下の点で理想化されており、実際の遭遇間隔とは多少乖離する可能性がある。まずは、1 分間に一瞬でも WiFi オフローディングスポットに遭遇すれば、その 1 分間はずっと遭遇していると判定していることである。次に、WiFi オフローディングスポットとの接続時間を考慮していないことである。実際には IP アドレスを取得して通信が行えるようになるまでにはしばらく時間がかかる。例えば、ソフトバンクモバイルの SIM 認証方式の場合、接続には 2~3 秒程度必要である [12]。そのため、WiFi AP の切り替えが多い場合には実際にデータ通信できる時間は限られてしまう可能性がある。最後に、コンビニなどの建物内の WiFi AP と近隣の道路を走る車両が通信できるのかどうかという点である。現在の WiFi

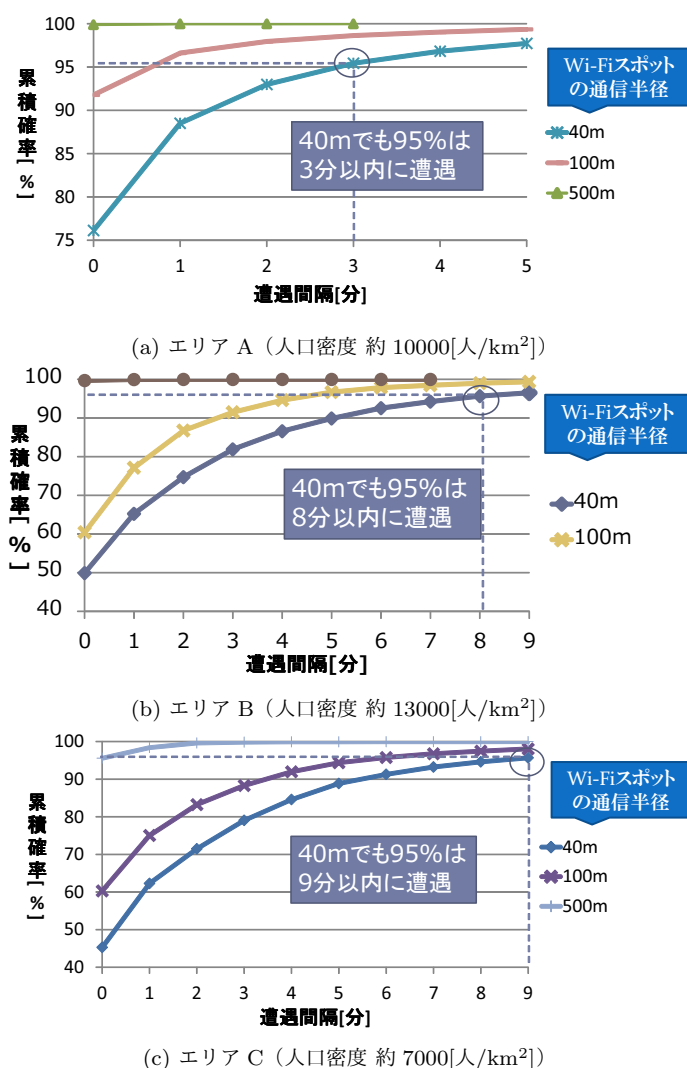


図 11 走行車両が Wi-Fi スポットと遭遇する時間間隔の累積確率

オフローディングスポットの電波は、実際は道路方向には 40[m] も飛んでいない可能性があるため、その調査が必要である。

上記のような検討すべき課題はあるものの、本稿で示した基礎検討結果によって、車両を使ったモバイルデータオフローディングでは、遅延許容時間の大きさを数分から十数分と大きく見積もれることを示すことができた。今後は、今挙げた課題についての対応を行い、より詳細な評価結果を算出することや、対象としているエリアを増やすことを予定している。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 26330102 (基盤研究 (C)「二輪車の車体運動センシングシステムの研究」) の助成を受けたものです。また、本研究で使用している交通流データは、東京大学空間情報科学研究センターとの共同研究プロジェクト「日本および東南アジア諸国における二輪車の移動特性に関する研究」を通じて利用許可を得たものです。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] “分野別データ：通信：トラヒック－我が国の移動通信トラヒックの現状,” 総務省 情報通信統計データベース, 入手先 (<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>) (2014/08/01).
- [2] 西岡哲朗, 木谷友哉, 太田 剛, 峰野博史, “モバイルデータオフローディングプロトコル (MDOP) の提案,” 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム論文集, pp. 613-620 (2014).
- [3] NTT ドコモ, “docomo Wi-Fi エリア 検索,” 入手先 (<http://sasp.mapion.co.jp/b/docomo-wifi/>) (2014/06/01).
- [4] 東京大学空間情報科学研究センター, “人の流れプロジェクト,” 入手先 (<http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>) (2014/06/01).
- [5] S. Dimatteo, P. Hui, B. Han, and V.O.K. Li, “Cellular traffic Offloading Through WiFi Networks,” IEEE 8th International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), pp. 192-201 (2011).
- [6] 榎原 茂, 高井峰生, 金田 茂, “輸送機関網へのデータオフローディングにおける遅延許容可能データのためのデータ配送スケジューリング,” 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集, pp. 887-895 (2013).
- [7] C. Mayer and O. Waldhorst, “Offloading Infrastructure using Delay Tolerant Networks and Assurance of Delivery,” Proceedings of IFIP Wireless Days, pp. 1-7 (2011).
- [8] U. Paul, M.M. Buddhikot, and S.R. Das, “Opportunistic traffic scheduling in cellular data networks,” Proceedings of 2012 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN), pp. 339-348 (2012).
- [9] 国土交通省, “位置参照情報ダウンロードサービス,” 入手先 (<http://nlftp.mlit.go.jp/isy/>) (2014/06/01).
- [10] 東京都総務局, “住民基本台帳による東京都の世帯と人口 平成 20 年 1 月,” 入手先 (<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/juukiy/2008/jy08000001.htm>) (2014/10/17).
- [11] 国土交通省, “都市交通調査・都市計画調査: PT 調査とは?,” 入手先 (<http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/pt.html>) (2014/06/01).
- [12] ソフトバンクモバイル, “「ソフトバンク Wi-Fi スポット」の利便性向上に向けた取り組みについて,” 入手先 (<http://www.softbank.jp/corp/group/sbm/news/press/2012/20121129.03/>) (2014/10/17).