

途上国における社会経済インフラの計画・運営管理にかかるビッグデータの活用手法：
ラオスにおける携帯位置情報と都市・交通インフラ計画への適用にかかる一考察
Big Data Utilization Method for Planning and Management of Socio-economic
Infrastructure in Developing Countries:
A Case Study on GPS Probe Data and its Application to Urban Transport Infrastructure
Planning in Lao PDR

有田 禎之¹, 高橋 君成¹, 佐々木 邦明²

Yoshiyuki ARITA¹, Kiminari TAKAHASHI¹ and Kuniaki SASAKI²

開発途上国においては、データの入手容易性や低廉性から、インフラの計画、整備・運営にかかるビッグデータの活用が期待されている。しかしながら、我が国の支援で実施される都市・交通インフラの計画・設計業務を例にとっても、未だ大規模なパーソントリップ調査を含む各種交通調査や実測調査に頼っており、途上国の計画業務の現場においてビッグデータは有効活用されていない。

本研究では、ラオスにおいてGPSプローブデータを活用し、同国で実施されたパーソントリップ調査と比較しながら、GPSデータの特長、トリップの定義や推計の際の課題を把握し、同GPSデータの都市・交通インフラの計画業務への適用可能性を検証した。

The use of big data is expected to contribute to effective infrastructure planning, development, and operation in developing countries due to its accessibility and affordability to the big data. However, even in case of planning and design of urban and transport infrastructure supported by Japanese government, various physical traffic surveys including large-scale person-trip surveys and traffic count and interview surveys are still in a common exercise, and big data is not effectively utilized in the field of planning and design works in most developing countries.

This study examines GPS probe data in Lao PDR and compares it with a person-trip survey conducted in the same country to understand the characteristics of GPS data and issues in trip estimation and definition, and to verify the applicability of GPS data to urban and transportation infrastructure planning and design in developing countries.

Keywords: 都市交通、ビッグデータ、GPSプローブデータ、開発途上国
Urban Transport, Big Data, GPS log data, Developing Country

1. はじめに

都市・交通インフラ整備への投資の妥当性を検証する交通需要予測とそれに基づく経済・財務分析は、インフラの設計や事業費の積算と並び、交通インフラ整備計画の重要なタスクである。近年、開発途上国においても、大規模な投資を伴う都市鉄道や都市高速の計画・建設が進み、複合的な交通システムを擁する、あるいは計画される都市においては総合的な都市交通体系の整備計画が求められることから、交通需要予測は更に複雑さを増す。この要求に応じて実施される都市交通マスタープランで一般的に使われているのがパーソントリップ調査（以下PT調査）を始めとした実測による各種交通調査と四段階推定法による交通需要予測である。

しかし、現状の交通需要とその性質を把握するために実施されるPT調査は多大な費用と時間、技術を必要とするため、途上国では我が国の技術・資金面での支援抜きでは実施が難しく、途上国が自律的に都市交通マスタープランを策定・更新できない要因の一つとなっている。

一方、我が国においては、総合都市交通体系調査の一環としてのGPSプローブデータ、Wi-Fiアクセスポイントデータ、交通系ICカード等のビッグデータの利活用にかかる研究が進められ、ビッグデータによるトリップの推計や定義づけが行われきた¹⁾。最近では、これらの研究成果として、国土交通省等により、ビッグデータによるPT調査の補完手法に関する手引きが刊行される等、今後、我が国の総合都市交通体系調査でのビッグデータの活用が主流となるであろう²⁾。我が国のこうした知

1 正会員，主任研究員，(株) 国際開発センター

Member, Principal Researcher, International Development Center of Japan

2 正会員，博士（工学），早稲田大学創造理工学部

Member, Dr. Eng. School of Creative Science and Engineering, Waseda University

見・経験を途上国に普及することも国際貢献の一助となるはずである。

本研究では、一般に途上国において入手可能な市販の位置情報の性質を確認し、PT 調査の代替可能性や交通計画への活用の方策について考察する。

2. 途上国及びラオスにおける PT 調査の代替可能性

既往研究では、途上国の都市交通マスタープラン調査で実施される PT 調査に代わり、主に「人口センサス」、「携帯基地局データ」、「MAC アドレス」、「携帯 GPS プローブデータ」といったデータが PT 調査に代替可能性があることが指摘されている³⁾。

一例として、タンザニアの首都ダルエスサラーム市において世界銀行の支援により、携帯基地局データを活用した OD 表の作成を目的とした調査が実施された⁴⁾。同調査では同市の 3%の基地局データを用いて、同データの速度分布から車種別の OD 表が構築された。しかし、基地局データのノイズの処理を含めたデータのクリーニング方法、トリップの定義や特定方法が不明瞭であり、かつ都市交通マスタープランの検討に必要な目的別のトリップや移動コストの断定が困難であり、実務レベルでの運用上の課題がある。

他の事例として、ラオスの首都ビエンチャン、ケニアの首都ナイロビにおいて、独立行政法人国際協力機構（JICA）が支援する業務において、Wi-fi パケットセンサーにより MAC アドレスを特定したトリップの把握及び分析が行われた⁵⁾。同業務では、限定した特定地域に Wifi スポットを設置し、Wifi を常時検索している携帯を記録し、トリップの分析を行っているが、一般的に都市交通マスタープランの検討に要求される都市圏全体を対象としたトリップを把握するには至っていない。

本調査の対象地域であるラオスにおいては、「人口センサス」は 10 年毎に全世帯を対象に実施されているものの、我が国のセンサスの付帯調査のような通勤・通学先や移動手段に関する情報は収集していない。また、「携帯基地局データ」はラオスにおいて個人情報関連法の整備が進んでいないため、監督機関である情報通信省や通信事業者からデータを入手することが困難である。更に「MAC アドレス」は、ラオスの首都ビエンチャンに限っても Wifi サービスを提供するサービス施設やプロバイダーは限定的であり、かつこれらのデータを入手することは困難である。

また、世界銀行の支援により本調査の対象国であるラオスのルアンプラバンにおいて「携帯 GPS プローブデータ」を活用して、新型コロナ禍における交通行動の影響と OD 表の構築が試行的に実施された⁶⁾。上記のタンザニアの調査と同様に、トリップの定義や特定方法が記

載されていないため、実務レベルで「携帯 GPS プローブデータ」の運用を行うには至っていない。

以上の通り、ラオスにおいては「人口センサス」、「携帯基地局データ」、「MAC アドレス」のいずれのデータも PT 調査を代替するデータとして活用可能性が低く、PT 調査を代替する唯一のデータとなる「携帯 GPS プローブデータ」の活用方法が求められている。そこで次章以降ではラオスの携帯 GPS プローブデータの特色とトリップの定義を行いながら同データの PT 調査の代替可能性を検討する。

3. 使用データとその特色

本研究を実施するにあたり、位置情報を提供する会社の HP 等を確認し、うち数社とコンタクトし、各社が提供する位置情報の内容やデータサンプルを入手するとともに、位置情報の購入費用を確認した。このうち、当該国のラオスで記録端末数が多く、かつ費用が低廉な Quadrant 社から位置情報を購入した。なお、後述するパーソントリップ調査（2019 年に実施）との比較や新型コロナウイルスの交通行動への影響を分析するために、3 年間（2019 年～21 年）各 3 か月（5～7 月）のデータを入手した。

一般に、JICA を含む援助機関の支援により実施される途上国の都市交通マスタープラン策定業務では、トリップを特定するために PT 調査が実施されている。PT 調査を含む各種交通調査の実施には数千万円あるいは億単位の費用を要することから、途上国の実施機関が自ら PT 調査を実施したり、都市交通マスタープランを更新することが困難になっている。また、途上国の PT 調査は予算の制約もあり、1 平日を調査期間としているケースが多く、途上国で顕著な交通の週・月・季節変動に対応した計画や自然災害等特定のイベント時の交通計画に対応することが難しい。安価でかつ長期間のデータが入手可能な携帯 GPS プローブデータは途上国の実施機関による入手容易性が非常に高い。

表 1 位置情報提供会社（本研究でのコンタクト先に限る）

会社名	国	保有期間	端末数 (百万)	費用 (米ドル/月)
Lifesight	106	1年	500	3,000
Quadrant	170	2年	500	2,000
Onemata	226	1年	700	11,000
Datastream	163	2年	不明	15,000

Quadrant 社の位置情報は以下の 16 項目の内容を含む。

表2 位置情報の内容

項目	定義
device_id	端末に割り当てられる固有の ID
id_type	端末 ID の種類 (IDFA なら iOS、ADID なら Android)
latitude	イベント時 (アプリ使用時) の緯度
longitude	イベント時の経度
horizontal_accuracy	イベント時の位置座標の水平方向の精度
Timestamp	イベント時のタイムスタンプ
ip_address	イベント時の IP アドレス
device_os	iOS または Android
os_version	iOS または Android のバージョン
user_agent	デフォルトのブラウザのユーザーエージェント
country	ISO2 準拠の国コード
source_id	Quadrant のデータソースの識別コード
publisher_id	アプリ開発者の識別コード
app_id	開発者が設定したアプリの識別コード
location_context	0 (アプリが開いている間に取得されたデータ)、1 (アプリが開いていない、バックグラウンド状態で取得されたデータ)
geohash	座標に対応するジオハッシュ・コード (12 桁)

Quadrant 社の位置情報データは、同業他社同様に個人が所持するスマートフォンにインストールされたニュースや天気予報など特定のアプリケーション（以下アプリ）により収集された GPS 位置情報である。ただし、アプリが位置情報を収集することをユーザーが承認した端末についてののみ、アプリ使用時あるいはバックグラウンドでの起動時をトリガーとして緯度経度や時刻等の情報を記録したものである。従って、ユーザーが対象のアプリをインストールしていない、アプリによる位置情報の取得を許可していない、あるいはアプリを起動していない（バックグラウンド起動含む）場合には、その端末の位置情報は記録されていない。また端末所有者の個人属性情報はデータには含まれていない。なお本研究で対象とするラオス国ビエンチャン都の都市圏の人口は 66.5 万人（2019 年 12 月、6 歳以上の推定人口）、位置情報を記録した端末数は 12,694 台（2019 年 6 月）であり、6 歳以上が 1 台の端末を保有すると仮定した単純計算によるサンプル率は 1.9% となっている。

位置情報記録を分析した結果、以下の性質が明らかになった。(i) アプリ使用が位置情報を記録するトリガーとなっているため、端末によって位置情報を記録している日数や 1 日の位置情報記録回数に大きなばらつきがある、(ii) 1 日に 1~2 回しか位置情報を記録していない端末、あるいは移動していない端末の割合が 3~4 割と大きく、トリップエンドである位置が記録に含まれない可能性がある（図 1、2 参照）、(iii) 反対に 1 日に 100 を超える位置情報を記録する端末もあり、位置情報はト

リップエンドだけでなく移動中の位置情報を含んでいる、(iv) 端末トリップおよびそのベースである位置情報記録数は年次によって増減し、また異なる日が発生し、経年変化、月変動、週間の日変動を分析することが難しい（図 3 参照）、(v) アプリの識別コードやデータ取得時のアプリの状態等に不明・欠損データが多く、位置情報記録の特異値を特定するためのアプリ別の分析や特性把握が難しい。

上述の通り、携帯端末の個人情報が含まれていない、位置情報を提供するアプリの特定が困難、アプリの位置情報の記録方法の特定が困難など、本研究で調達した位置情報の制約があることを指摘した。これらの制約があることに留意しつつ、次章では位置情報を活用したトリップの定義や設定方法について議論する。

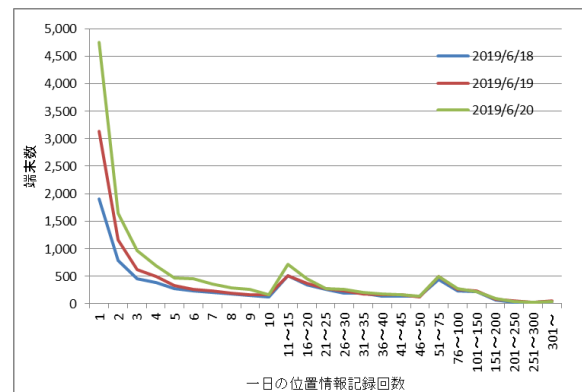


図 1 2019 年 6 月代表日の位置情報記録回数

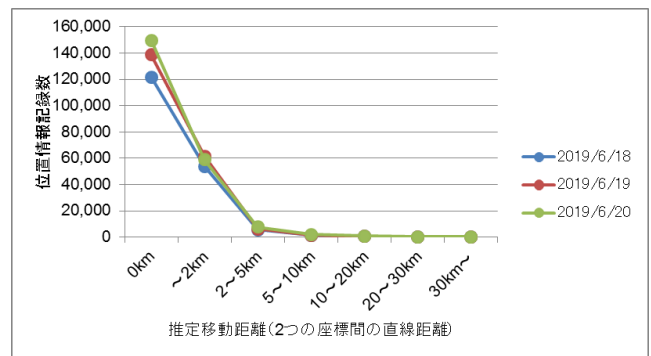


図 2 2019 年 6 月代表日の端末移動距離別記録回数

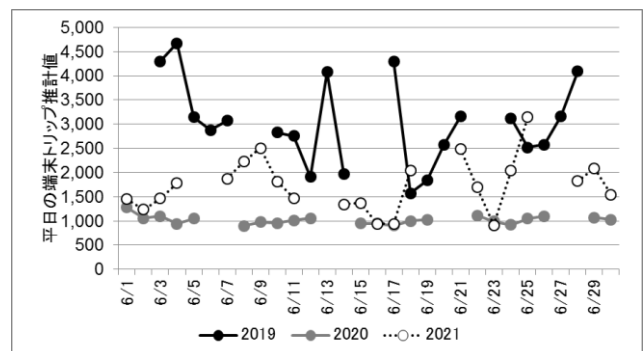


図 3 位置情報記録から推計した 6 月の端末トリップ数

4. 携帯端末の位置情報からのトリップの設定

携帯端末から収集された位置情報は膨大であるため（2019年6月1日～30日の30日間のラオス全国での位置情報記録数は713万レコード）、まずは平日20日間の間にビエンチャン都の一部地域内の座標を記録した端末のみを対象として抽出した（この段階での分析対象の位置情報は257万レコード）。次に、直前に記録された位置・時刻情報から直線距離で100m未満、または経過時間で1分未満の位置情報は、端末が建物あるいは敷地内から移動していないものと見なし、直前の位置情報に代表させることとして、分析対象から除外した（分析対象の位置情報は47.7万レコード）。

図4は、サンプルとして特定端末の2019年6月5日の位置情報記録の緯度経度から算出した直線移動距離の累積値と記録時刻を示したものである。トリップエンドに当たる位置情報の他、移動途中に記録された中間点が混在しており、これを識別し、排除することでODのトリップエンドを推定できると考える。

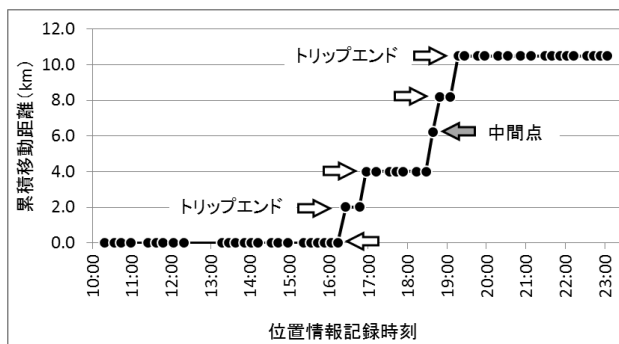


図4 位置情報記録時刻と累積直線移動距離の例

5. PT調査に基づくODとの比較

ビエンチャン都の都市圏を対象としたPT調査は、独立行政法人国際協力機構（JICA）の支援により2019年12月～2020年2月に実施されており、この調査結果から推定されたパーソントリップODと2019年6月平日20日間の位置情報から推計した端末ODの比較を行った。図5にPT調査で設定した対象地域を90に分割した交通ゾーンシステムを示す。

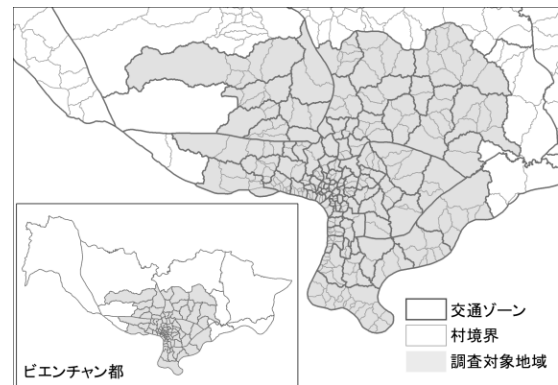
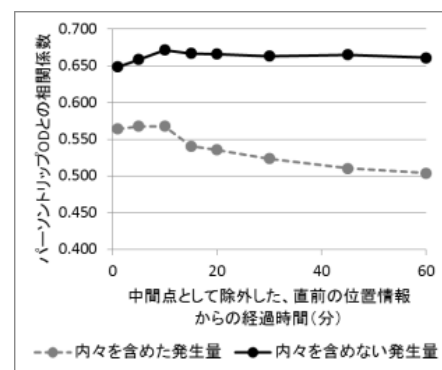


図5 PT調査対象地域と交通ゾーンシステム

位置情報記録の座標に対応する交通ゾーンを特定し、個々の端末の一日ごとの位置記録を時系列に追跡することでその端末のODを推定した。端末によって位置情報記録日数が1～20日と違うため、個々の端末別に位置情報を記録した日数の逆数を補正係数として採用した。この補正係数を集計し、1カ月の平日平均の端末トリップODと定義した。なお、1日のうち1度しか位置情報を記録していない端末は、その日は外出していない、あるいはゾーン内々トリップと見なした。このため端末トリップODのゾーン内々トリップの定義は非外出を含まないPT調査ベースのパーソントリップODとは一致しない。

前述のように、端末トリップODの推計にあたっては、移動中に記録された位置情報である中間点を識別、これを取り除く作業が必要となる。そこで直前に記録された位置情報からの経過時間によって中間点を定義し、これを排除して推計した端末トリップODとPT調査から推計したパーソントリップODの比較を行った。

図6は、PT調査結果から集計されたパーソントリップODのゾーン別の発生集中量と、直前の位置情報からの経過時間を変えながら中間点を排除した端末トリップODの発生集中量との相関係数を示したグラフである。この結果、パーソントリップODの発生集中量との相関が最も高いのは、端末が直前に位置情報を記録した時刻から10分未満の位置情報を中間点と見なして排除したケースであり、この時の相関係数はゾーン内々トリップを含まない場合の発生量で0.671、集中量で0.662となっている。



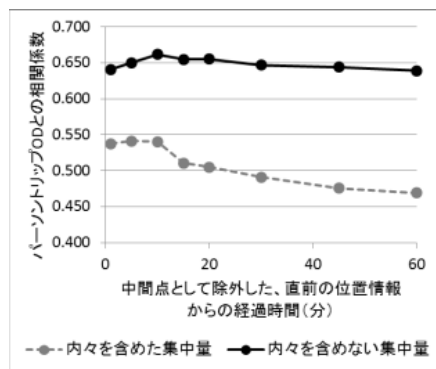


図6 端末トリップとパーソントリップのゾーン別発生集中量の相関（上図：発生量、下図：集中量）

図7は、直前に記録された位置情報からの経過時間が10分未満の位置情報を中間点と見なした場合のゾーン別端末トリップの発生量と、PT調査に基づくパーソントリップの発生量を表したものである。なお、定義が異なるゾーン内々トリップは含めていない。ナイトマーケットや多くの飲食店を含む市街中心部の商業地域のゾーンでは端末トリップの方がPT調査ベースの発生量よりも多く見える傾向があり、PT調査で捕捉されにくいNon-Home baseの業務や私用目的のトリップが端末の位置情報で捕捉されている可能性がある。

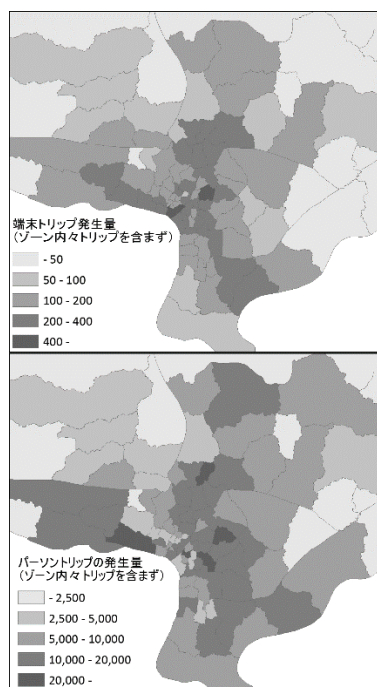


図7 端末トリップとパーソントリップゾーン別発生量

図8は、直前の位置情報からの経過時間を変えながら中間点を排除して推計した端末ODとパーソントリップODのゾーン間トリップ分布の相関係数を示した図である。ゾーン内々トリップを含めない場合、個々の端末が

直前に記録した時刻から10分未満の位置情報を中間点と見なして排除した端末ODが最もパーソントリップODとの相関が高く、相関係数は0.562となっている。

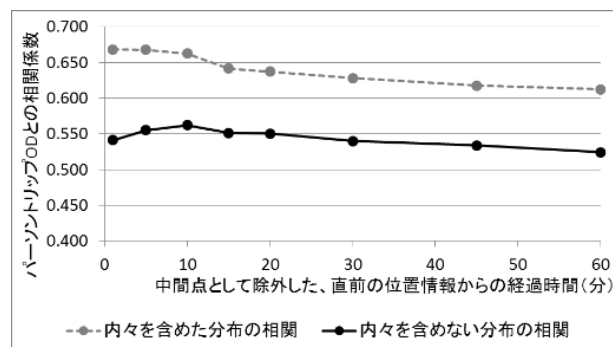


図8 端末トリップとパーソントリップの分布の相関

図9は直前に記録された位置情報からの経過時間が10分未満の位置情報を中間点と見なした場合の端末トリップの希望線図とパーソントリップの希望線図である。トリップの発生量と同様、端末トリップODは市街中心部の短トリップがパーソントリップODより顕著となっている。

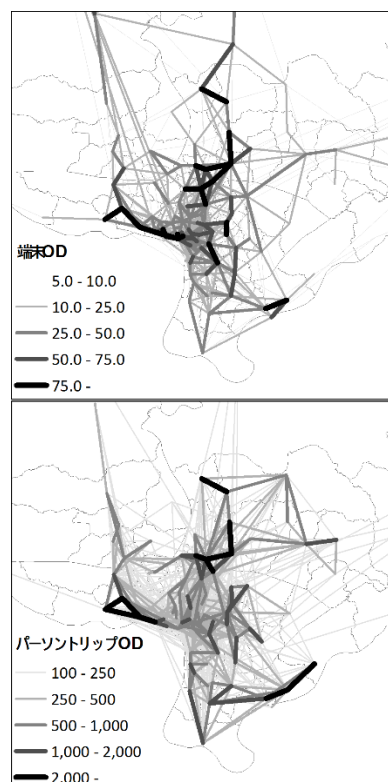


図9 端末トリップとパーソントリップの希望線図

6. 結論と今後の課題

市販の位置情報記録は、位置情報を記録するタイミングがアプリに依存しているため、データとして安定しているとは言い難く、データの品質を考えると長期にわたってデータを集計することが重要であり、また可能であれば複数年のデータを分析し、データの性質を把握することも重要である。

本研究では、複数の位置情報提供会社から位置情報データ取得にかかる費用の低廉性の観点から1社を選定し、位置情報を入手した。位置情報提供会社によっては、個人属性等も位置情報と合わせて提供していることから、位置情報提供会社が保有するデータを比較・検討することも一案である。

位置情報記録からパーソントリップを推計するためには、位置情報記録は端末とその所有者の移動を全て記録している訳では無いことを念頭に置いて、トリップエンドの特定を行う必要がある。データのかなりの割合を占める一日に一回しか位置情報を記録していない端末は、今回は非外出あるいはゾーン内々と仮定して分析を行ったが、有効サンプルに含めないという選択肢もあると考えられる。その場合、一カ月のうち一日の位置情報しか持たない端末など、個人属性が付帯しない位置情報についても端末の性質に着目した分析も有効サンプルの抽出には必要と考えられる。

パーソントリップ調査に基づくパーソントリップ OD との比較・検証においては、母数およびパーソントリップの精度も考えなければならない。位置情報記録は携帯端末を保有し、かつ位置情報を記録し共有することに所有者が同意したアプリが起動している端末が総サンプルとなるため、個人属性によってサンプルが歪んでいる可能性も無くはないが、この補正は困難と思われる。パーソントリップ調査の性質として、Non-Home base の業務・私用目的のトリップが捉えられにくいという点がある。2019年6月の端末トリップと12月のパーソントリップの希望線図を比較した際に、端末トリップ OD の方が市街中心部のトリップを反映している傾向がみてとられ、トリップの目的や性質によるサンプル率の分散は位置情報記録の方が信頼できるかもしれない。

交通手段や移動目的別の現況の交通需要をベースとして将来需要予測モデルを構築する一般的な交通需要予測手法を前提とした場合、個人属性やトリップ目的の情報を持たない位置情報記録のみから現況の需要推計を行うことは困難であり、少なくとも小規模の PT 調査との併用が現実的と考える。

謝辞

本研究で用いた PT 調査データは、独立行政法人国際協力機構（JICA）「ラオス国持続可能な都市交通システ

ム能力向上プロジェクト」で実施した調査結果を提供いただいた。

また本研究は、（一財）国際開発センターの50周年記念事業の一環として、同センターの研究委託費を活用して実施した。同委託事業は、開発途上国における都市・交通インフラの計画、整備・運営管理に利活用可能なビッグデータの特定や計画、整備・運営管理に資するベースラインデータの構築、更にはモデル開発を行うことを目的として、今後3年間継続して研究を行う予定である。

本研究の実施にあたり、ご支援頂いた皆さまにここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所資料（国総研資料第1015号）、携帯電話基地局の運用データに基づく人の移動に関する統計情報の交通計画等への適用に関する共同研究, 2018.05.
- 2) 国土交通省都市局, 総合都市交通体系調査におけるビッグデータ活用の手引き【第1版】, 2018.06.
- 3) 独立行政法人国際協力機構, プロジェクト研究「開発途上国における交通調査および交通需要予測にかかる調査」, 2018.11.
- 4) Dr James Goulding, Mobility Insights in Dar es Salaam: Reports for the Development of Origin-Destination Matrices via Mobile Phone Data, 2020.
- 5) 独立行政法人国際協力機構, 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, 2016.10.
- 6) World Bank and Arup, Fostering Green Mobility in Luang Prabang, 2022.
- 7) 独立行政法人国際協力機構, ラオス国持続可能な都市交通システム能力向上プロジェクト, 現在実施中