

Wi-Fiパケットセンサを用いた観光街路空間における歩行者流動の解析手法の検討

東川 晃久¹・木村 優介²

¹学生会員 京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1)
E-mail: higashikawa.akihiisa.34x@st.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1)
E-mail: kimura.yusuke.8m@kyoto-u.ac.jp

本研究では、Wi-Fiパケットセンサのデータを用いて、観光地の街路空間における歩行者行動や混雑の実態を把握しうる解析方法を検討するとともに、街路の利用状況が目的により異なる歩行者行動に与える影響を明らかにすることを目的とする。具体的には、時間帯別に算出したセンサ間の歩行所要時間分布に対して混合正規分布を当てはめることで、目的により異なる歩行者行動を推定し、目的別の歩行所用時間や混合比を算出する。その上で、歩行所要時間の時間帯ごとの変化について、方向・対象センサ間別に比較し、歩行者による混雑の実態を明らかにする。さらに、目的別の歩行所要時間と、観測データ数や対向流率といったセンサ間の利用状況を示す値との比較により、歩行者密度や対向者の存在に歩行者行動がどのように影響されるかを明らかにする。

Key Words: sensing data, tourist behaviour, pedestrian-flow analysis, EM algorithm, walking speed

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

日本を訪れる外国人観光客は年々増加する傾向にあり、特定の地域や観光施設に多くの人々が集中している。日本の地方都市では観光産業の経済的効果に期待が高まっており、こうした観光客の増加は望ましいことである。しかしその一方で、平成 29 年京都観光総合調査¹⁾において人の多さ・混雑に対する残念度が上位に位置することからもわかるように、過度な集中による混雑は観光の魅力を損なう要因でもあり、緩和・解消が必要な問題であることも確かである。

こうした混雑の緩和・解消には、ある場所に集中する人口だけではなく、街路空間での歩行者の行動や混雑の特性を把握することが重要であり、そのためには時空間的な観光客の流動を面的に把握する必要がある。従来はこのような観光客の面的な流動を捉えることのできる観測データを得ることが困難であったが、近年の Wi-Fi 機能を有するスマートフォン等の普及に伴い、Wi-Fi パケットセンサを用いた調査が可能となっている。具体的には、Wi-Fi 機能を有する機器が発する情報を受信できるセンサを複数箇所に設置することで、時空間的な移動履歴を比較的容易に収集できるようになっている。

このような観光地の街路空間における歩行者行動や混

雑の実態を把握する上で、本研究では観測された歩行者の行動目的に着目し、区間を移動する所要時間の分布や街路空間の利用状況を把握することを試みた。自動車交通とは異なり、街路空間における歩行者は、ある目的地に向かう単純な移動のみを目的として行動するだけではなく、沿道施設での飲食・休憩・ウインドーショッピングや食べ歩き、写真撮影など、街路空間での滞在それ自体を楽しむことを目的にも行動する。特に観光地の街路空間においては、こうした行動が賑わいや混雑にも結びつくことから、区間の所要時間を考える上でも行動目的ごとに特性が異なることが推測される。

以上の背景から本研究では、混雑が発生している観光地の街路空間における歩行者行動や混雑の実態を把握しうる解析方法を検討するとともに、街路の利用状況が目的により異なる歩行者行動に与える影響を明らかにすることを目的とする。具体的には、時間帯別に算出したセンサ間の歩行所要時間分布に対して混合正規分布を当てはめることで、目的により異なる歩行者行動を推定し、目的別の歩行所用時間や混合比を算出する。その上で、歩行所要時間の時間帯ごとの変化について、方向・対象センサ間別に比較し、歩行者による混雑の実態を明らかにする。さらに、目的別の歩行所要時間と、観測データ数や対向流率といったセンサ間の利用状況を示す値との比較により、歩行者密度や対向者の存在に歩行者行動が

どのように影響されるかを明らかにする。

(2) 研究の位置づけ

Wi-Fi パケットセンサに関する既往研究として、交通量の推定性の向上などを含む人流分析のためのシステムの構築・改良と、大域的な移動や経路パタンの分析という 2 種類が主として挙げられる。前者について、望月ら²⁾は基礎分析として信号強度 (RSSI) の距離減衰と障害物や保持状況からの影響を明らかにした。後者について、観光地区全体での滞在時間を分析した壇辻ら³⁾や伊藤ら⁴⁾の研究が挙げられる。壇辻らはアンケート調査により情報を補完して、Wi-Fi パケットセンサデータから来訪者の対象地域までの交通手段を分類し、交通手段による滞在時間の分布の違いを明らかにした。また伊藤らは Wi-Fi パケットセンサデータを利用しクラスタ分析を行う有用性を確認し、観光客と思われるクラスタにおいて観光エリアごとの滞在時間のモデルを提案した。以上のように観光エリア単位での滞在時間、すなわち所要時間の分析は行われているが、街路のスケールに相当する規模でのミクロな分析は乏しい。

また歩行活動の所要時間に関する既往研究として、歩行速度の研究が挙げられる。Fruin⁵⁾や毛利・塚口⁶⁾は歩行密度の上昇により歩行速度が低下する関係にあることを示した。また対向者の存在が歩行活動に影響を与えるとする推測は多く見受けられ、加藤ら⁷⁾は具体的な検証を行うことで高密度でない状態において対向流が歩行速度の低下の要因とはならないことを明らかにした。しかし、混雑時の歩行速度への対向流の影響は不明である。

以上を踏まえた本研究の特徴として、一つの街路に相当する規模の移動を対象とする点、時間帯ごとの歩行者行動を、所要時間の中央値や平均値で表すのではなく、混合正規分布を仮定して行動目的ごとに代表値を推定する点が挙げられる。その上で、所要時間の代表値が歩行者密度や対向者の存在とどのような関連を有し、それがセンサ間の環境によりどのように異なるかを考察する。

(3) 研究対象地と使用データ

研究対象は京都市東山区の清水寺周辺地域（北は八坂神社、南は清水寺までの東大路通以東の地域）である（図-1）。京都観光総合調査⁸⁾によると、この地域を含む清水・祇園周辺は京都市への観光客の半数近くが訪れる京都有数の観光地である。そのため特に桜や紅葉の見ごろである観光シーズン（4、11 月）には慢性的な混雑が生じており、京都市も混雑の緩和・解消に関心を抱いている地域である。

使用するデータは京都市が主体となって行った Wi-Fi パケットセンサによる歩行者流動調査における観測データである。Wi-Fi パケットセンサは対象地内の交差点付近

20 箇所に 2017 年 9 月 22 日から 2018 年 3 月 31 日まで設置された。本研究では、11 月が一番の観光シーズンであり観測データ数が多いこと、11 月 11 日から清水寺のライトアップが行われたためにライトアップ前後の各 10 日間と比較できることから、2017 年 11 月 1 日から 11 月 20 日までの観測データを使用した。利用するデータ項目はパケットの受信時刻、観測センサ番号、Anonymous Mac ID (AMACID: 秘匿化された機器固有の ID)、RSSI (受信強度) の 4 項目である。

本研究では直近のセンサ間のリンクの移動に着目するが、リンクに沿った街路の性格から、ねねの道、二年坂、三年坂や清水坂といった観光要素が集積している観光リンクと、東大路通から観光エリアの中心に移動する性格を有し、単純な移動に用いられる非観光リンクの 2 つを定義し、各 4 つの計 8 リンク (A~H) を対象とした（図-1、表-1）。各リンクについて、清水寺に向かう方向を「上り」、反対方向を「下り」として定義し、リンク X における上り方向を X-1、下りの移動を X-2 と表現する。



図-1 研究対象地とセンサ設置箇所。橙線が表-1の観光リンク、青線が非観光リンクを表す。

表-1 対象リンクの区分および特徴

リンク	センサ区間	直線距離	自動車	歩道
観光	A	No.14 - No.15	205 m	×
	B	No.13 - No.14	221 m	×
	C	No.8 - No.13	208 m	×
	D	No.4 - No.8	305 m	上り
非観光	E	No.20 - No.17	137 m	対面 ○
	F	No.17 - No.14	277 m	対面 ○
	G	No.19 - No.18	155 m	下り
	H	No.18 - No.14	230 m	下り

2. 分析手法

(1) センサ間の歩行所要時間および時間帯別の利用状況の算出

Wi-Fi パケットセンサを用いた観測の長所として機器 (AMACID) ごとの移動履歴を得られる点があり、これにより個々人のセンサ間の歩行所要時間を算出することが可能となる。短所として端末からのパケットの発信位置が正確にはわからないこと、移動の交通手段 (徒歩か自動車か) を把握できないことが挙げられる。

本研究では、ある機器が記録された時点でセンサの直近に存在するという仮定のもと歩行所要時間の算出を行うが、前述の短所を踏まえたデータの特性を考慮し以下の 2 つの処理によるスクリーニングを行った。まず所要時間をより精緻に算出するために、センサに最も近い位置で観測されたと推定されるデータを利用することとした。具体的には、AMACID ごとの時系列データに対して、同センサで連続的に記録された中で RSSI の値が最高のデータを選択するとともに、RSSI の値が一定基準値以下 (-85 以下) のデータを除去した。この基準値については、例えば自動車などによる移動やセンサ間の中央付近で交互に発信をとらえた場合のように、歩行者による移動としては非現実的な短時間の移動の割合が大きくなる RSSI の値を、後述する所要時間のヒストグラムにより確認して経験的に設定した。

以上の処理を施した後も存在する非現実的な歩行移動を取り除くため、次に歩行所要時間として扱う下限値 T_{ij} を設定した。下限値は、RSSI の変化が検知できる距離半径 r と、速歩の速さ V_{bw} を用いて、歩行者の移動しうる限界を考慮した式(1)により求めた。望月らの研究⁹⁾を参考に半径 r については 15 m と定め、また速さ V_{bw} は厚生労働省の定める分速 97.5 m を採用した⁹⁾。

$$T_{ij} = \frac{D_{ij} - 2r}{V_{bw}} \quad (1)$$

ここに、 T_{ij} : センサ ij 間の歩行所要時間の下限値 (min)

D_{ij} : センサ ij 間の直線距離 (m)

r : センサの検知範囲 (= 15 m)

V_{bw} : 速歩の速さ (= 97.5 m/min)

以上の方法により AMACID ごとの時系列データを整理し、各センサ間の歩行所用時間を算出するとともに、時間帯ごとのセンサ間の利用状況を表す観測センサ数を算出した。ここでは、当該時間帯にセンサ間に流入する、つまりはセンサ α からセンサ β の移動についてセンサ α で記録された時刻が時間帯内であるものを対象とした。また観測センサ数から得られる他の利用状況を表す指標として、対象とする移動方向の観測データ数と両方向の

観測データ数の比で定義される対向流率を求めた。

(2) EM アルゴリズムによる時間帯別・目的別の歩行所要時間分布の推定

2.(1) で得られた AMACID ごとのデータから、ある時間帯にあるセンサ間を移動する全ての AMACID の歩行所要時間を把握するとき、ID ごと (歩行者ごと) の所要時間のばらつきはセンサ間での異なる移動パターンに大きく影響を受けるといえる。例えばセンサ間を単純に移動・通過した人々の所用時間は小さい傾向を示し、沿道の店舗等に立ち寄った人々の所要時間はそれよりも長くなるのが想定される。本研究では、このような移動のパターンを行動目的として捉えた上で、異なる目的の所要時間を推定するために、以下の 2 つの仮定を設定した。1) センサ間での行動目的について、「単純な通過を目的とする移動」と「沿道施設での観光を目的とする滞在」の 2 種類、または「単純な通過を目的とする移動」、「ウインドーショッピングや食べ歩き、街路上での写真撮影といった短時間滞在」、「沿道施設での飲食・休憩といった長時間滞在」の 3 種類の行動に区分される。2) 同じ行動目的の人々の所要時間の分布は正規分布に従い、全ての行動目的の所要時間の分布は混合正規分布として表現しうる。

以上の仮定のもとで目的別に分布を EM アルゴリズムを用いて歩行所要時間の分布の推定を行った。EM アルゴリズムは、確率モデルのパラメータを最尤推定する反復法の一つであり、混合分布の推定にしばしば用いられる。反復法の一般的な欠点として、推定値が初期値に依存し局所最適解が得られる場合が存在することがあげられる。このため初期値をランダムに生成して推定を一定回数にわたって繰り返し、対数尤度が最良のモデルを選択した。解析には MathWorks 社の数値解析ソフトウェアである MATLAB を使用した。

具体の推定にあたっては、時間帯別にデータを区分して推定を行なったが、少数の長時間のデータに混合分布全体が影響を受けることを避けるため、「滞在」の目的となる沿道施設が豊富な観光リンクについては 2 時間、滞在行动の目的となる要素に乏しい非観光リンクについては 1 時間という上限を経験的に設定した。その上で、推定された歩行所要時間の分布が実態に則した結果であるか確認するために、その分布の確率密度関数とヒストグラムを用いて検討した。また EM アルゴリズムにおいて得られる混合分布の推定値である各正規分布の平均値と分散および分布の混合比を各時間帯の代表値として扱うために、時間帯別での代表値の推移から特性を確認した。

混合正規分布の推定にあたり、極めて少ない数のデータからでは結果が収束しない場合や一部のデータに過度な影響を受ける場合があるため、ある程度のデータ数が

あることが望ましいとされている。したがって、分布数が3つの場合、経験的に60という閾値を設定し、これ以下のデータ数で推定した結果を使用しないこととした。

(3) 歩行所要時間分布の代表値とセンサ間の利用状況の比較

各時間帯におけるEMアルゴリズムにより推定された歩行所要時間の代表値が観測データ数とどのような関係にあるのか、散布図を用いた比較や相関係数を算出することで分析した。またリンクごとでの分布の違いを比較し、同じリンクにおいても歩行目的や上下方向別に比較を行うことでその差異の要因を考察することを試みた。

さらに、時間帯で区分して散布図を図示することにより、時間帯の違いによる影響を把握した。

3. 分析結果

(1) 時間帯別の利用状況の推移

各センサ間において1時間ごと（6～21時）あるいは2時間ごと（7～19時）の時間帯に観測されたデータ数と対向流率の推移を図-2に示す。観測データ数については、全てのリンクにおいて朝方から昼まで増加するとともに、夕方から夜にかけて減少しており、一般的に想定される

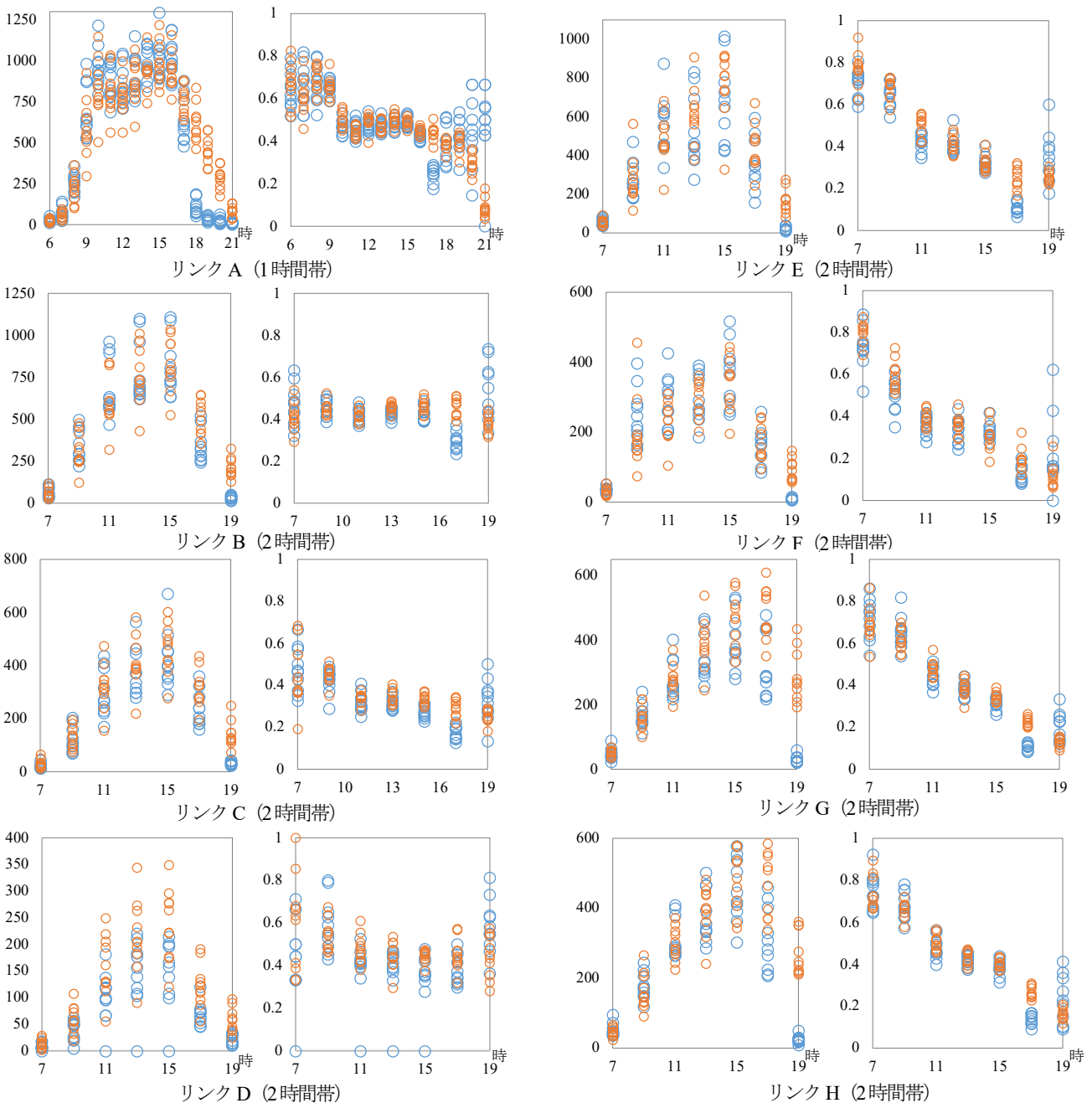


図-2 対象リンクの時間帯ごとの観測データ数(左図)と対向流率(右図)の時系列変化
(凡例 青: 11月1日～10日(ライトアップ実施前), 橙: 11月11日～20日(同実施後))

来街者数の推移と同様の傾向を示している。ピークの時間帯も 15 時前後で大きな差異は見受けられない。特に清水寺のライトアップ実施前後を比較すると、全ての街路においてライトアップ実施後には 17 時以降も観測数が多くなっていることが見て取れる。

対向流率については、A-1, E-1, F-1, G-1, H-1 といった上りの移動では単調減少の傾向にある。これは目的地となる観光施設へ向かう流れが徐々に逆向きとなることを意味している。また B-1, C-1, D-1 では対向流率が 0.5 から 0.7 程度の状態で推移しており、時間帯によらず移動量が多い方向が存在していることが見て取れる。

(2) 混合正規分布の推定結果

a) ヒストグラムと推定結果との対応

歩行所要時間に関するヒストグラムと、EM アルゴリズムによって推定した混合正規分布の確率密度関数とを図-3 に示す。第 1 軸はヒストグラムの度数である観測データ数、第 2 軸は確率密度とした。滞在の目的となる要素（沿道施設）が豊富なリンクである A の結果より、観光が主となる空間においては移動と短時間滞在、長時間滞在の 3 つの分布がヒストグラムと対応する形で推定されている。またそのような要素に乏しいリンク E の結果より、非観光街路においては移動と滞在の 2 つの分布で構成されているように見受けられるものの、3 つの分布を仮定した場合の方がよりヒストグラムの形態に沿った推定結果が得られていることが見て取れる。このような傾向はその他のリンクにおいても当てはまっていた。分布 3 がごく少数の長時間滞在を含むダミーのような働きをすることで、推定の誤差が生じる要因となる最大所要

時間の影響を受けにくくしていると考えられる。

一方、B の結果を確認すると、分布数 3 の赤線の推定結果において、所要時間が 11 分程度の値が上りでは分布 1 から大きく乖離しているのに対して、下りでは分布 1 に含まれる傾向を示している。このような推定結果のゆれが存在することも見て取れる。

さらにリンク B の三年坂、C の二年坂、D のねねの道など、リンクに沿ってそれ自体が観光目的となる街路が存在する場合、単純な移動目的の行動が生じにくい傾向にある。単純移動と短時間滞在に区分できない行動が増加することで、推定にぶれが存在しやすくなっていると考えられる。

b) 混合正規分布の代表値の時系列変化

EM アルゴリズムにより推定した各時間帯の各正規分布を代表する特性値のうち、平均値と標準偏差、および分布の混合比を図-4 に示す。観光街路と非観光街路についてそれぞれ A と E を示した。共通して、平均値は朝から昼に上がり夕方から夜に下がっている。これは観測データ数の推移と同様、一般的に想定される来街者数の推移、すなわちセンサ間の人口の増加減少に関連していることが見て取れる。標準偏差については全体的にばらつきが大きい傾向にあり、特に平均値の大きい分布 3 については非常に大きな値をとる場合もある。

混合比についてはリンクによって差が生じている。観光リンクである A では昼の時間帯に大きな値を示しているが、非観光リンクである E では小さな値を維持している。このことから、分布 3 についてはばらつきが大きく精度に問題は残るものの、長時間滞在の行動をある程度捉えることができていると考えられる。

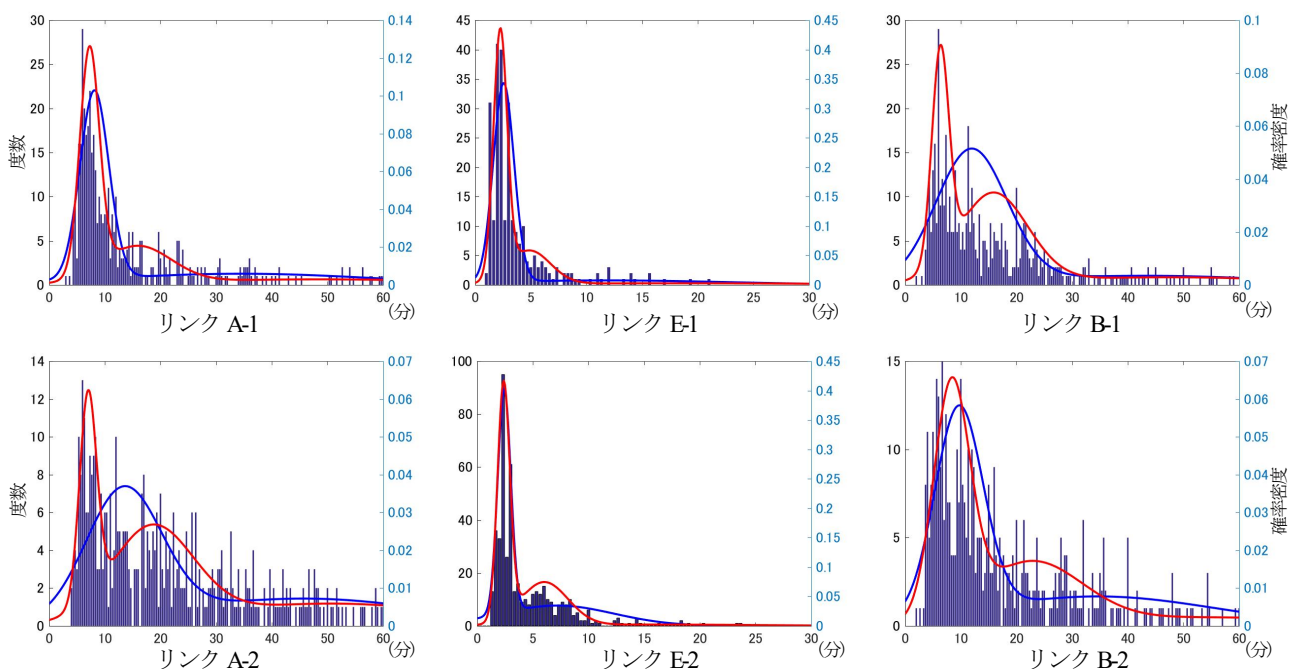


図-3 所要時間のヒストグラムと混合正規分布推定結果（階級幅：20秒。赤線：分布数3の結果、青線：分布数2の結果）

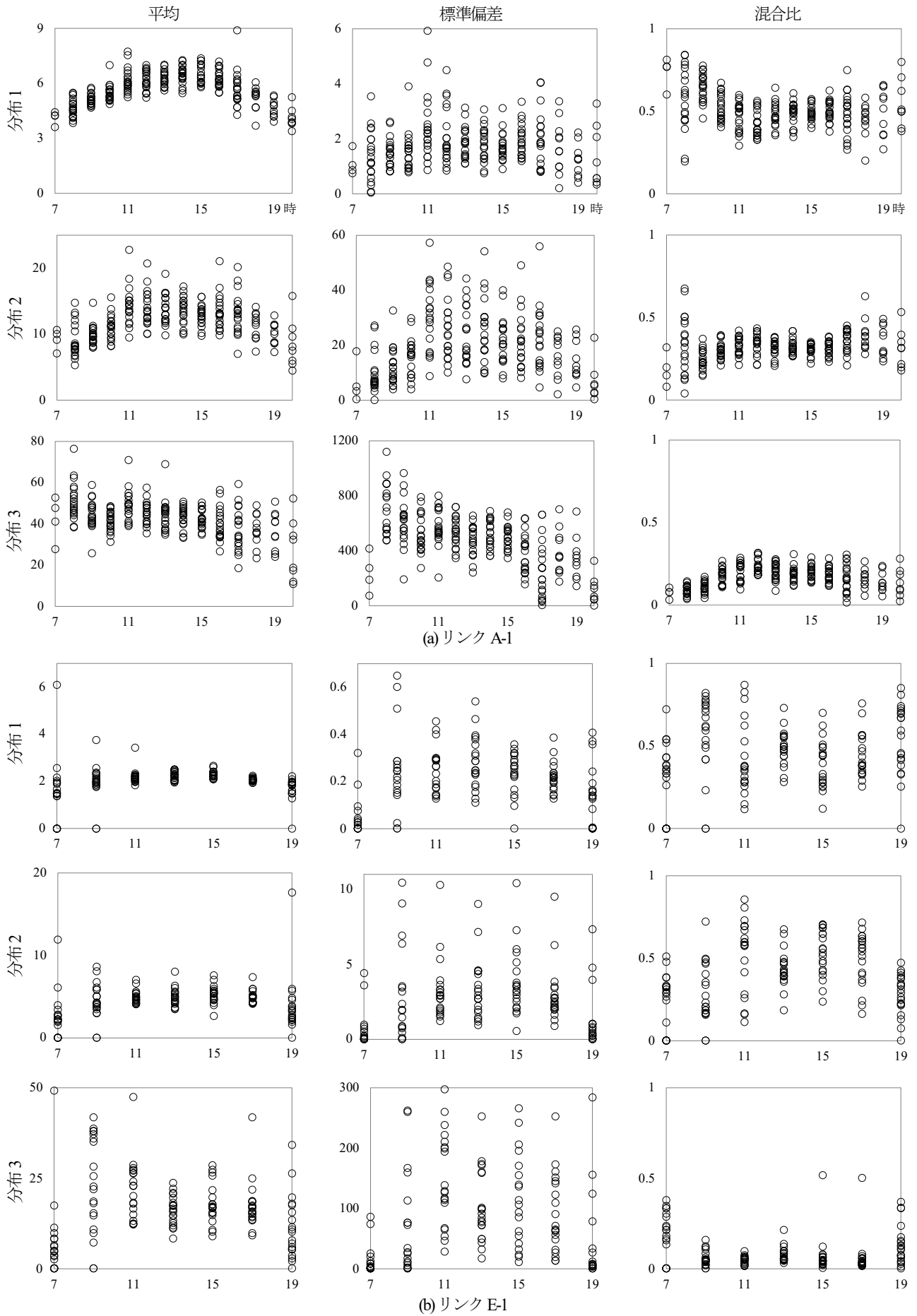


図4 リンク A,Eにおける混合正規分布を代表する特性値の時系列変化

(3) 分布の代表値と利用状況との関係

以上の分布の代表値と利用状況との関連について、両方向からリンクに流入した時間帯ごとの観測データ数と、分布数 3 の推定における分布 1 の平均値と分布 2 の平均値との関係を図-5 に示す。また同じ観測データ数と、分布数 3 の推定結果における両方向の分布 1 の平均値との

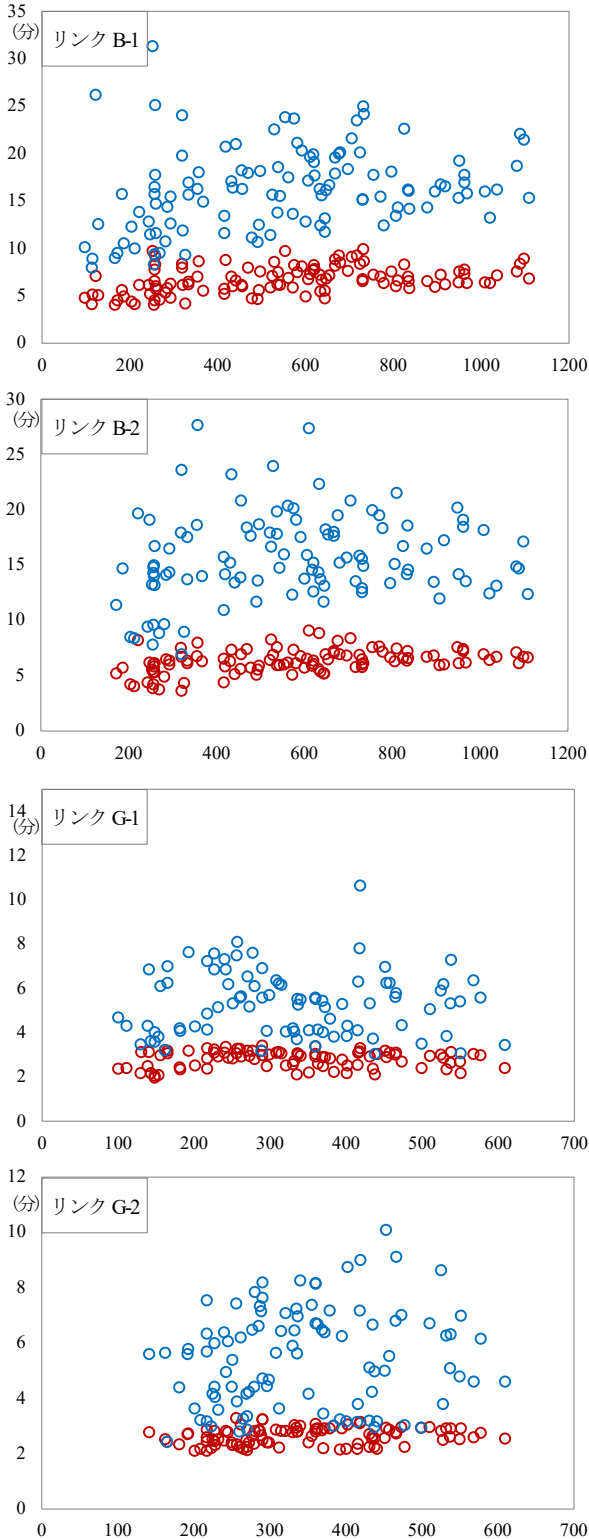


図-5 観測データ数と行動目的別所要時間の散布図
(移動目的：赤，短時間滞在目的：青)

関係を図-6 に示す。さらに各リンクの上下方向の分布 1 (単純移動)，分布 2 (短時間滞在) の目的別に，分布の平均値と観測データ数との相関係数を算出した結果を表-2 に示す。さらに分布 1 の単純移動の平均値を縦軸に，観測データ数を横軸として，各値の時間帯を図示したものが図-7 である。図-5 より，どのセンサ間においても似たような分布形状を示したが，分散は小滞在を表す平均値の方が大きく外れ値も多い傾向にあった。図-6 またリンク A, E, G においては上り下りの分布で大きな違いが見受けられた。また表-2 より，程度の差はあるものの相関を有していることが見て取れる。

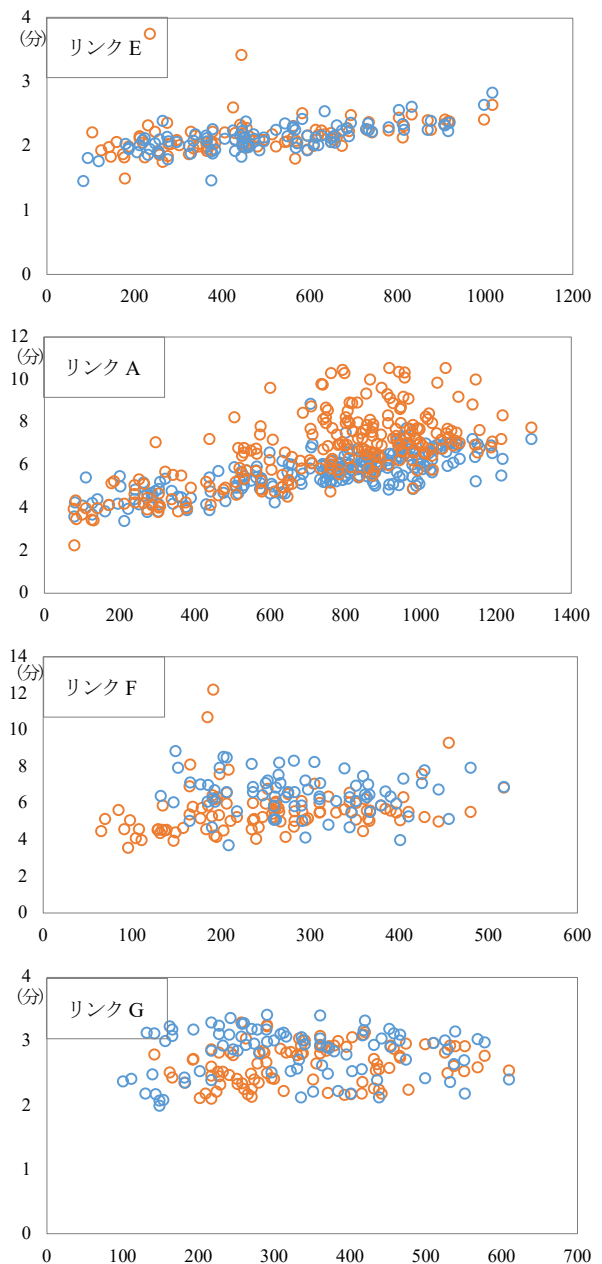


図-6 観測データ数と分布 1 の方向別所要時間の散布図
(上り：青，下り：橙)

表-2 対象リンクの区分および特徴

リンク	移動	短時間滞在	リンク	移動	短時間滞在
A-1	0.746***	0.506***	E-1	0.697***	0.301**
A-2	0.658***	0.558***	E-2	0.347***	0.397***
B-1	0.415***	0.171†	F-1	-0.0879	-0.224
B-2	0.396***	0.296**	F-2	0.217*	0.268**
C-1	0.589***	0.404***	G-1	0.0333	-0.0714
C-2	0.369***	0.164	G-2	0.207*	0.146
D-1	-0.0664	-0.252	H-1	0.192†	0.150
D-2	-0.0518	-0.0585	H-2	0.293**	0.0657

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05, †p<0.1

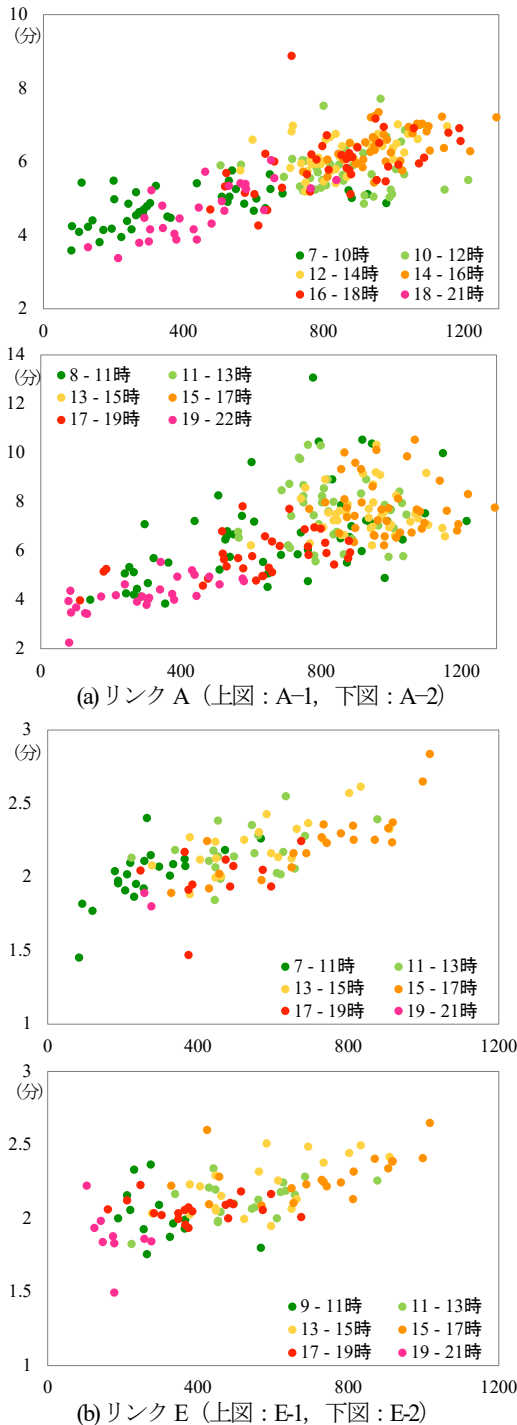


図-7 観測データ数と分布 1 の代表値 (所要時間の平均値) との関係と時間帯変化

4. 考察

(1) 街路ごとの利用状況にみる観光行動

観測データ数の推移について、全体を通してにおいて清水寺のライトアップの影響から 17 時以降も観測データ数が多い傾向が確認できる反面、17 時以前の他の時間帯においてはあまり観測データ数の変化が見受けられない。この要因としてはライトアップ目当ての観光客が増えたのみであり、帰りに混雑には見舞われるとは思われるが 1~10 日と 11~20 日では昼時の観光客の行動自体はあまり変化しないことが考えられる。

また対向流率の推移については、時間の経過と共に単調変化するリンクと一定の状態で維持されるリンクに分けられる。前者のリンクとしては E, F, G, H の非観光リンクおよび A の清水寺直近の観光リンクがあげられ、時間帯によって変化する清水寺への行きと帰りという交通目的を持った行動の割合が直に反映されていると考えられる。後者のリンクとしては B, C, D といった観光リンクがあげられ、清水寺だけを目的としないエリア全体での観光目的の移動に一番よく用いられる経路であり、南から北向きの移動が多いことが示唆された。この要因として、公共交通機関を利用する観光客の場合、京都駅からのバスによるアクセスを考えると五条坂で降車する傾向にあることが想定され、こういった観光客の南から北へ移動が一定存在することが考えられる。

(2) 街路の利用状況や利用時間帯の歩行活動への影響

観測データ数、すなわちリンクにおける人口密度について、表-2 からわかるように単純移動においては程度の差はあるものの多くの街路で相関関係が成り立っており、従来研究されてきたように歩行者密度が高くなるにつれて歩行速度が低下していることが確認できる。また短時間滞在についても、散布図においてばらつきが大きくなるものの、移動と似た分布を示すこと (図-5) や表において単純移動よりも高い相関係数を示す例もあることから、滞在行動にもリンクの人口密度は関係すると考える。

時間帯の影響について、図-7 を見ると同じような観測データ数であった場合に遅い時間帯の方が早い時間帯よりも所要時間が小さくなっている。この要因として、後の予定に時間的余裕がある早い時間帯の方がゆっくり歩き、時間的余裕がない遅い時間帯では早く歩くような人間心理が推測される。また清水寺への移動を目的とするリンクでは早い遅いといった時間帯によって行きと帰りの目的に沿った対向流率となるが、そのようなリンクの上り下りどちらでも同じ傾向にあることから混雑していない状況では主流な向きの移動がそれに逆らう向きの移動であるかは歩行時間に大きな影響を与えないのではいかと考えられる。

(3) 各リンクの歩行所要時間の分布の特徴および混合分布の推定の妥当性

歩行所要時間については、観光街路と非観光街路では長時間滞在しうる目的の多寡から滞在行动の違いが存在し、観光街路では3つ、非観光街路では2つの分布が想定される。しかしながら推定において図-3のようにばらつきが生じることも確かであり、その生じる割合についてもリンクの特徴によって差異が存在する。こうした各リンクの条件の違いによるばらつきを考察する。

まず斜度以外の地理的要因については方向によって変化しないことから、図-6では基本的には同じような分布形状を表すと考えられる。したがって、リンク A, F, G において方向によって分布形状の異なるリンクは何らかの特徴を有すると考えられる。

リンク A については上下方向とも相関がある程度出ているが(表-2)、分布の傾きに違いが見受けられる。この要因として、当リンクが土産物屋の多い清水寺の行き帰りで用いられる街路に沿っていることが考えられる。すなわち、そうした土産物屋に立ち寄る短時間滞在の目的はもちろんのこと、単純移動という土産物屋に結果的に寄らない目的であっても、行きよりも帰りの方で意識する要素、つまりは歩行者の目的によって影響度の変化する要素であると考えられる。

リンク F については F-1 の上り方向での移動目的の平均値の分布形状だけがばらつき、反対に下り方向での短時間滞在の平均値の分布形状がばらついている。これは当リンクにバス用・普通車用共に大規模な駐車場が存在し、上り方向ではセンサ No.17 から駐車場までは徒歩、駐車場からセンサ No.14 までは自動車を用いるような移動が一定数観測データに含まれることに起因すると考える。つまり、上り方向でそうした交通手段を変更する行動が顕著に影響し、行動の所要時間に差異が生じることが考えられる。上り方向においては単純移動における移動時間とたまたま近い値(5分~15分)を取り、下り方向においては単純移動における移動時間よりも大きな値(15分~30分)を取る。この傾向から上りでは単純移動の平均値のばらつきが大きくなり、下りでは短時間滞在平均値のばらつきが大きくなる(図-5)。上りの遅延要素としては駐車待ちの時間、下りの遅延要素としてはバス出発時間までの待ち行動が考えられる。

リンク G については、図-3の破線部分に着目すると単純移動の分布に混ざるような値となっている短時間滞在の推定結果が確認できる。こうした結果においては単純移動の平均値も小さな値となっており、仮定に沿った混合分布の推定ができていない時間帯が多く存在する街路であると考えられる。また同じ傾向はリンク B のでも見受けられ、こういった推定のぶれを減らすために推定精度の向上にも取り組む必要がある。

5. まとめ

本研究では、京都市東山地区清水寺周辺地域を対象に Wi-Fi パケットセンサデータを用いて観光地の街路における利用状況を把握すると共に、EM アルゴリズムによる混合分布推定によって行動目的別の実態を明らかにした。得られた成果は以下の通りである。

- ・ 観測データ数と対向流率の時間帯での推移から、清水寺への行き帰りが街路の利用に大きく影響しており、対向流率に着目すると観光街路と非観光街路では異なる特性が存在する。
- ・ 行動目的ごとに混合分布を推定することで、移動・短時間滞在・長時間滞在のような3つの分布を仮定した結果が歩行所要時間の分布を表しうる。また、得られた代表値と利用状況を比較することで全体的に歩行者密度ともくセンサ間ごとや上り下りにおいても異なる傾向にある。

参考文献

- 1) 京都市産業観光局：平成 29 年京都観光総合調査，2018.
- 2) 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，Vol.2014-MBL-70，No.45，pp.153-160，2014.
- 3) 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—奈良長谷寺参道における試み—，都市計画論文集，Vol.52，No.3，pp.247-254，2017.
- 4) 伊藤伸，倉内文孝，安東直紀，西田純二：Wi-Fi パケットセンサデータによる観光行動把握の可能性に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.56，No.158，2017.
- 5) J.J.Fruin：歩行者の空間～理論とデザイン～，pp.75-91，鹿島出版会，1974.
- 6) 毛利正成，塚口博司：歩行路における歩行者挙動に関する研究，268 号，pp.99-108，1977.
- 7) 加藤邦夫，上原孝雄，中村和男，吉岡松太郎：群集対向流動の解析，日本建築学会論文報告集，Vol.289，pp.119-129，1980.
- 8) 厚生労働省：健康づくりのための運動指針，2006.