

地下街を有する市街地における Wi-Fi パケットセンサーを用いた歩行流動観測に関する研究

吉田 純土¹・新階 寛恭²・河井 裕紀³・絹田 裕一⁴・和泉 範之⁵・西田 純二⁶

¹正会員 国土交通省 中国地方整備局 建政部 (〒730-001 広島市中区八丁堀 2-15)
E-mail: yoshida-j23j@mlit.go.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市研究部 (〒305-0802 茨城県つくば市立原 1)
E-mail: shingai-h92un@mlit.go.jp

³非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市研究部 (〒305-0802 茨城県つくば市立原 1)
E-mail: kawai-h92it@mlit.go.jp

⁴正会員 一般財団法人 計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9)
E-mail: ykinuta@ibs.or.jp

⁵正会員 一般財団法人 計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9)
E-mail: nizumi@ibs.or.jp

⁶正会員 (株) 社会システム総合研究所 (〒550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀 1-22-4)
E-mail: nishida@jriss.jp

中心市街地等において快適な歩行空間を形成し賑わいを創出することの重要性が認識され、様々な歩行促進施策が展開される中で、その施策を評価する指標の一つとして歩行者交通量が取り上げられることが多い。地下街を有する市街地において歩行ネットワークのスケールで歩行流動を把握するためには、Wi-Fi パケットセンサーが簡便さや費用等において最も有利であるものと考えられる。そこで本研究は、地下街を有する西武新宿駅周辺において同センサーを用いた歩行観測を行い、統計値との比較や天候・曜日の違い等による経路選択等の差異について分析を行った。その結果、MAC アドレスのランダム化が進展する 2021 年 3 月時点においても、都市内における歩行者の移動特性と同センサーから得られた歩行流動データの傾向に一定の一致が見られ、その有用性が確認された。

Key Words: *Wi-Fi packet sensor, underground passage way, pedestrian route choice, number of railroad transfer, pedestrian traffic volume*

1. はじめに

我が国においても、中心市街地等の賑わいを創出する上で、快適な歩行空間を形成することの重要性が認識され、トランジットモールの導入や車道から歩行者道への転換、滞留空間の整備等、多様な街路関連施策が各地で実施されている。行政機関においては、それらの施策の効果を評価する指標として、歩行者交通量等が取り上げられることが多い。従来、歩行者交通量を把握する手としては人手によるカウンター調査が中心的な役割を担い、また、歩行者の回遊状況を把握するためにアンケート調査等が補完的に適用されてきた。しかしながら、これらの手法は、多くの人員と費用を要すること、行政機関等歩行空間の管理者の財政状況が厳しいこと、政策評価のためにより多様で広範囲な歩行者交通データが求められていること等を考慮すると限界がある。その一方で、情報技術等の進展に伴い、携帯電話基地局データや GPS、

画像解析、Wi-Fi パケットセンサー等を用いた手法が効率的に歩行動態を観測する方法として注目されている¹⁾。これらの新技術を活用した手法は、時間的・空間的解像度や取得範囲、取得可能データ項目等においてそれぞれ長所・短所を有するため、適用場面や必要とするデータの内容、予算等に応じて適切に選択される必要がある。地下や建築物内に大規模な歩行空間を有する中心市街地において、行政機関等が歩行者の回遊傾向やおおよその歩行者交通量を把握する場合は、Wi-Fi パケットセンサーが最も適しているものと考えられる。その理由として、Wi-Fi パケットセンサーが設置されていれば構造物の内外を問わず観測可能であること、設置ポイント間のおおよその OD 交通量（流動状況）を把握できること、比較的簡便にかつ安価に観測機器を設置できること等が挙げられる。その一方で、近年、端末側から発する MAC アドレスをランダム化する機能の搭載が進展し、従来通り、断面交通量や OD 交通量を把握するための十分なサンプ

ルの取得ができなくなりつつある²⁾との指摘がある点については留意しなければならない。

そこで、本研究は地下街等を有する市街地において歩行者の回遊傾向を簡便に把握する手法として Wi-Fi パケットセンサーに着目し、実際に建築物内・地下街等において観測機器を設置し、同機器から得られるデータをカウンター調査や統計値から取得・算出されるデータ等と比較し、2021 年時点でのその有効性について検証するものである。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

Wi-Fi パケットセンサー（以下、センサーという。）関連の研究について、センサーの基本的性質に関するものと、センサーから取得したデータの分析手法等の応用・実務適用に関するものとに大別し、以下に概観する。

(1) センサーの基本的性質に関する研究

西田ら²⁾は端末・センサー間の距離と受信パケットの電波強度の関係やスマートフォン保有率・ON 率、設置環境による感度への影響、プライバシー保護の考え方、ランダム化の影響等について整理を行っている。その一方で、村井ら³⁾は、ランダム化機能を搭載していないスマートフォンから送信される AMAC アドレスを用いて、歩行者の行動パターン分析を試みている。

大野ら⁴⁾はカーネル密度推定法を用いてセンサーの設置条件（高さ、道路幅員等）によるセンサーの射程距離に関する分析を行っている。

さらに、歩行者交通量との実数とセンサーによる観測数とを回帰分析等により比較する研究として、宮治ら⁵⁾、白ら⁶⁾の研究等が挙げられる。

(2) 応用・実務適用に関する研究

五百蔵ら⁷⁾はセンサーから観測されたユニーク ID を滞在日数や訪問施設等の条件によりデータマイニングを行い、観光客を抽出した上で、沖縄本島内の観光客の周遊状況を分析している。金子ら⁸⁾は、船橋及び仙台の中心市街地の歩行空間にセンサーを設置し、ID を収集した上で、滞在者を識別する判定、歩行者からの距離を識別する判定、移動モードを識別する判定を施した上で、対象とするデータを抽出し、各歩行者道における歩行者の断面交通量に関する分析を行っている。

その一方で、Khaimook ら⁹⁾は最短経路探索及び電波強度に基づいて歩行者の位置を推定し、回遊状況を把握する手法を示し、岐阜市中心市街地における歩行者の回遊状況について通常時とトランジットモール実施時等との比較を行っている。川田ら¹⁰⁾は機器ごとに異なる観測誤差を考慮するため、観測誤差の時間補正を考慮した日集

計選択モデルを構築し、利用者均衡配分モデルに組み込むことにより交通量予測に応用することを示している。

また、末木ら¹¹⁾は、センサーにより取得されるパケット数から断面交通量を推定した上で、さらにこの推定値とセンサーから取得される OD 交通量と経路選択に関する部分的な情報を用いて対象地域全体の OD 交通量を推定する手法を示し、甲府駅周辺市街地の歩行動態に関する分析を行っている。

(3) 本研究の位置づけ

既往の研究より、センサーを用いて歩行者実数等を把握することに関しては、設置状況等により拡大係数や誤差が異なる等の課題があるものの、大まかな歩行動態の傾向の把握に関してはその有効性が一定程度確認されたものと考えられる。こうした研究成果等も踏まえて、観光地や中心市街地等においてセンサーを設置し、歩行者の断面交通量や回遊状況を分析する多くの応用・実務適用に関する研究が実施されている。その一方で、駅間乗換人員等の 1 日あたり数千から数万程度の比較的大規模な歩行者に関して統計データとの比較を行っている研究は確認できない。さらには、Wi-Fi パケットセンサーが他の歩行者流動把握手法と比較し優位性を有する都市内の建築物内・地下街等において歩行者の流動状況を分析する研究は少ない。

そこで、本研究においては、1 日あたり 1 万人程度の流動が推定される西武新宿線西武新宿駅と東京地下鉄新宿駅・新宿三丁目駅との間を乗り換える歩行者について、その動態をセンサーを用いて把握し、観測日・観測時間等による経路選択（経路として、地上ルート、地下ルートが存立する）の状況等について分析する。また、MAC アドレスのランダム化技術が近年急速に普及したことを踏まえ、これに関する現時点（観測は 2021 年 3 月に実施）の影響についても考察を加える。

3. 観測の概要

県庁所在地等の比較的大規模の大きな都市においては、中心市街地等において地下街を有する場合が多い。このとき、構造物の内外で歩行者流動観測が行える Wi-Fi パケットセンサーを手法は、歩行者の移動経路等を把握する上で GPS を用いる手法等の他の観測手法と比較して優位にある。そこで、本研究においては、2 地点間において数千人から数万人程度の規模の歩行流動が存在し、地点間の途中において地上・地下双方の歩行経路が設定され、その 2 地点間の歩行者の移動数がある程度推測可能である区間として、西武新宿線西武新宿駅と東京地下鉄新宿駅・新宿三丁目駅との乗換ルートに着目した。この区間において一ヶ月程度、センサーを用いたプロー

ブ・リクエストの取得を行うとともに、一部の断面、一部の観測日において人手によるカウンター調査を実施した。

(1) 観測手法

後述する調査箇所ごとにセンサーを取得して、歩行者が保有する端末から発するプローブ・リクエストデータを取得する。このプローブ・リクエストデータのうち歩行者が保有する端末固有の ID である MAC アドレスを抽出し、同一の ID をユニーク ID として処理し、分析に用いた。なお、ランダム化されているプローブ・リクエストデータは除外している*。

(2) 調査箇所

本研究が乗換旅客に着目していることから、対象とするエリアは、図-1 に示すとおり、西武新宿線西武新宿駅と東京地下鉄新宿駅・新宿三丁目駅、及びそれらを結ぶ経路とした。経路としては、地上の街路と地下街の双方を含めている。



※背面図として Google map を利用

図-1 調査箇所

(3) Wi-Fi パケットセンサー設置箇所・日時

センサーの設置箇所は図-2 に示すとおり、西武新宿駅と東京地下鉄新宿駅・新宿三丁目駅では、各 1 箇所ずつ、乗換ルート上に関しては、地下街（新宿サブナード内）に 4 箇所設置した。観測日は、2021 年 3 月 1 日から 3 月 31 日までである。



地下鉄新宿駅

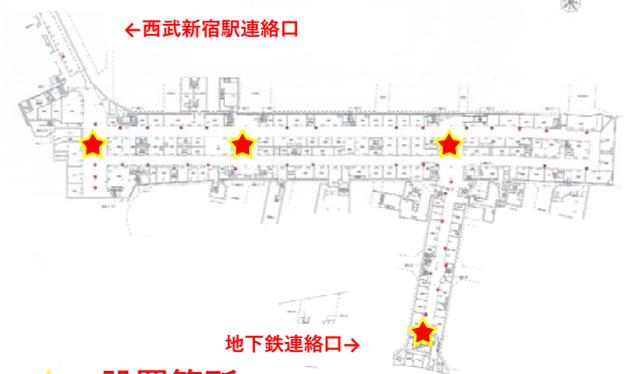


地下鉄新宿三丁目駅



新宿サブナード

←西武新宿駅連絡口



地下鉄連絡口→

★：設置箇所

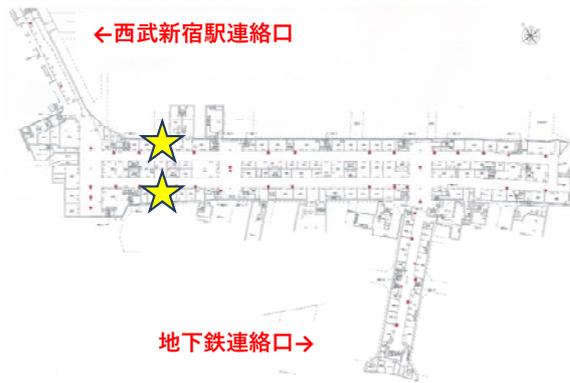
※背面図として西武鉄道 HP 及び東京地下鉄 HP 内の駅構内図を利用

図-2 Wi-Fi パケットセンサー設置箇所

(4) 人手によるカウンター調査の実施箇所・日時

センサーによるユニーク ID の捕捉率（その逆数が拡大係数）を算出するための人手によるカウンター調査の実施は、図-3 に示すとおり、新宿サブナード内（地下街）の 2 箇所で行った。実施日時は、3 月 17 日（木）と 3 月 20 日（土）の 7:00~19:00 のみである。

新宿サブナード



★：カウンター調査実施箇所

図-3 人手によるカウンター調査実施箇所

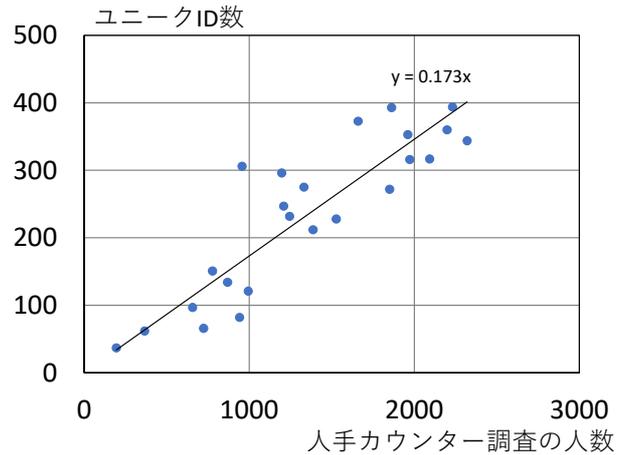


図-4 人手カウンター調査とセンサーの比較

4. 観測の結果

(1) 人手カウンター調査との比較

新宿サブナード（地下街）内で実施した人手によるカウンター調査により得られた歩行者通行量（断面交通量）と Wi-Fi パケットセンサーから得られたユニーク ID 数を 1 時間毎に比較すると表-1、図-4 のようになる。両者の相関係数は 0.883 となった。また、歩行者通行量に対するユニーク ID 数の比（以下、捕捉率という）は 0.173（拡大係数はその逆数で 5.78 程度）となった。

表-1 人手カウンター調査とセンサーの比較

時間帯	【平日】3月17日（木）		【休日】3月17日（木）	
	カウント調査	センサー	カウント調査	センサー
7	723	66	195	37
8	994	121	366	62
9	941	82	657	97
10	777	151	869	134
11	956	306	1245	232
12	1208	247	1659	373
13	1197	296	1862	393
14	1387	212	2093	317
15	1331	275	2198	360
16	1527	228	2231	394
17	1850	272	1961	353
18	2320	344	1972	316

(2) OD 交通量

西武新宿駅を起点として、東京地下鉄の新宿駅並びに新宿三丁目駅終点とする OD 交通量及びその逆方向の OD 交通量を推計するために、各駅の改札内に設置されたセンサーにおいて同日内に同一のユニーク ID が観測されたデータを抽出した。(1)において示したとおり、捕捉率が 0.173 である現状を踏まえると、一つのユニーク ID が複数地点で観測される確率は極めて少なくなる。この点を考慮して、本研究においては、時間帯別の OD 交通量に関しては、平日の観測データをすべて累計して示すこととした（図-5、図-6）。一方で、1 日毎の集計値は表-2 の通りとなる。



図-5 時間帯別 OD 交通量(西武新宿駅⇄地下鉄新宿駅)



図-6 時間帯別 OD 交通量(西武新宿駅⇄新宿三丁目駅)

表-2 日別 OD 交通量

日付	曜日	西武新宿 →(地)新宿三	西武新宿 →新宿三	(地)新宿 →西武新宿	新宿三 →西武新宿
3月1日	月	153	72	92	69
3月2日	火	165	68	94	54
3月3日	水	156	71	97	73
3月4日	木	201	78	84	73
3月5日	金	165	59	103	61
3月6日	土	61	17	50	31
3月7日	日	57	24	43	21
3月8日	月	198	75	97	68
3月9日	火	135	65	73	65
3月10日	水	109	71	81	79
3月11日	木	139	78	63	66
3月12日	金	141	75	72	61
3月13日	土	62	23	39	31
3月14日	日	57	28	29	26
3月15日	月	136	63	99	67
3月16日	火	138	71	66	55
3月17日	水	140	48	86	70
3月18日	木	131	76	71	60
3月19日	金	148	69	64	69
3月20日	土	61	25	40	26
3月21日	日	46	19	31	22
3月22日	月	147	73	66	86
3月23日	火	145	93	70	68
3月24日	水	138	70	69	65
3月25日	木	158	67	83	60
3月26日	金	145	78	76	64
3月27日	土	69	28	30	28
3月28日	日	49	17	26	17
3月29日	月	126	62	67	74
3月30日	火	136	75	77	67
3月31日	水	144	92	67	63

(3) 経路選択の状況

(2)において集計した OD 交通量のうち、新宿サブナード（地下街）内のみを経由したユニーク ID 数を時間帯別に集計すると、表-3 のようになる。ここで、OD 交通量（西武新宿駅⇄地下鉄連絡）は両端のセンサーにおいて観測された同一のユニーク ID の数を示しており、新宿サブナード経由の数は、この OD 交通量のうち、さら

にサブナード内のセンサーで同一のユニーク ID が観測されたものとしている。つまり、新宿サブナード経由の捕捉率は、2 地点間の捕捉率よりもさらに低くなる。この点を考慮して、全体の OD 交通量（2 地点間の交通量）との比較を行う際に、新宿サブナードを経由する ID 数の補正を行った。新宿サブナード内には 4 機のセンサーが設置されていることを踏まえ、4.(1)において算出した捕捉率から、拡大率を 1.88 と仮定した。

さらに、新宿サブナード（地下街）内のみを経由したユニーク ID 数の補正值の全 OD に占める割合を天候別に見ると表-4 のようになる。

表-3 新宿サブナード経由の ID 数

日付	曜日	天候	サブナード 経由 合計	サブナード 経由 補正值 (A)	西武・地下鉄 連絡 合計 (B)	サブナード 経由が 占める割合 (=A/B)
3月1日	月		94	177	386	45.9%
3月2日	火	雨	108	203	381	53.3%
3月3日	水		89	167	397	42.1%
3月4日	木		93	175	436	40.1%
3月5日	金		108	203	388	52.3%
3月6日	土		27	51	159	32.1%
3月7日	日		31	58	145	40.0%
3月8日	月	雨	131	246	438	56.2%
3月9日	火		74	139	338	41.1%
3月10日	水		67	126	340	37.1%
3月11日	木		62	116	346	33.5%
3月12日	金		70	132	349	37.8%
3月13日	土	雨	49	92	155	59.4%
3月14日	日		20	38	140	27.1%
3月15日	月		69	130	365	35.6%
3月16日	火		58	109	330	33.0%
3月17日	水		67	126	344	36.6%
3月18日	木		67	126	338	37.3%
3月19日	金		77	145	350	41.4%
3月20日	土		29	54	152	35.5%
3月21日	日	雨	44	83	118	70.3%
3月22日	月		85	160	372	43.0%
3月23日	火		77	145	376	38.6%
3月24日	水		63	118	342	34.5%
3月25日	木		79	148	368	40.2%
3月26日	金		67	126	363	34.7%
3月27日	土		28	53	155	34.2%
3月28日	日	雨	23	43	109	39.4%
3月29日	月		54	101	329	30.7%
3月30日	火		72	135	355	38.0%
3月31日	水		67	126	366	34.4%

表-4 新宿サブナード（地下街）経由の流動（補正值）全流動に占める割合

	西武新宿 →(地)新宿	西武新宿 →新宿三	(地)新宿 →西武新宿	新宿三 →西武新宿	全体
雨天以外	28.4%	48.1%	33.2%	52.3%	37.6%
雨天	56.1%	64.5%	45.0%	63.0%	55.7%
全体	32.9%	50.7%	35.1%	54.0%	40.5%

(4) 乗り換え時間の状況

(2)において集計した OD 交通量に関して、起点から終点に至るまでの所要時間（乗り換え時間）の平均値を観測時間帯別に整理したものを表-5 に示す。

表-5 時間帯別の乗換時間の平均

時間帯	西武新宿	西武新宿	(地)新宿	新宿三
	→(地)新宿	→新宿三	→西武新宿	→西武新宿
(平日)				
6時台	11.7	10.4	20.2	12.0
7時台	9.3	10.3	12.1	17.0
8時台	9.1	10.6	10.1	10.3
9時台	11.9	15.5	23.6	42.7
10時台	12.1	16.3	24.6	23.1
11時台	10.9	12.4	13.9	20.8
12時台	27.8	26.1	39.8	47.8
13時台	16.6	23.9	22.1	25.5
14時台	12.2	13.9	15.9	14.1
15時台	26.5	44.6	27.4	36.0
16時台	16.7	20.0	19.5	28.1
17時台	11.6	11.7	12.6	14.7
18時台	27.2	27.1	26.1	28.1
19時台	17.7	23.6	14.5	18.9
20時台	11.6	11.8	10.6	13.0
平均	12.7	15.0	19.4	23.1
(休日)				
6時台	10.9	12.6	9.4	8.1
7時台	9.5	18.8	19.9	-
8時台	9.0	10.9	9.2	9.8
9時台	14.3	13.6	31.6	59.2
10時台	11.8	25.7	10.5	25.2
11時台	9.1	15.1	8.6	12.3
12時台	35.0	36.3	41.1	78.0
13時台	19.5	39.6	26.8	26.7
14時台	12.9	19.6	11.4	20.3
15時台	41.7	38.0	51.4	41.1
16時台	18.8	22.6	27.3	28.2
17時台	13.8	10.7	14.8	18.7
18時台	30.5	34.3	36.3	34.6
19時台	18.1	28.4	17.3	20.0
20時台	11.6	17.3	11.0	15.0
平均	18.9	23.9	25.8	29.3

5. 考察

(1) カウンター調査との比較（断面交通量）

1 時間単位で、集計した場合、Wi-Fi パケットセンサーから得られたユニーク ID 数と人手によるカウンター調査から得られた歩行者通行量（断面交通量）を比較し

た場合、一定の相関が見られ、拡大係数が概ね 6 程度で安定しているため、MAC アドレスのランダム化による影響が懸念されているものの、2021 年 3 月時点においてはセンサーを用いた断面交通量の推計に関して一定の有効性があるものと考えられる。ユニーク ID 数及びカウンター調査から得られた歩行者通行量に関して、午前中の数が少なく、昼間から夕刻にかけて増加が見られる点については、地下街に商業施設が配置され、通勤の流れのほか商業施設利用者が地下街に流入していることが影響しているためであると考えられる。

(2) OD 交通量

図-5、図-6 において示されているとおり、郊外から都心へと向かう乗換（西武新宿線→東京地下鉄）の流動については朝ラッシュ時にピークがあり、都心から郊外へと向かう乗換（東京地下鉄→西武新宿線）の流動については夕ラッシュ時にピークがあり、一般的な都市部における旅客流動を表現できていると考えられる。夕方から夜にかけての新宿三丁目駅→西武新宿駅の流れが大きいことに関しては、新宿三丁目駅周辺に商業施設が多く立地し、通勤者が帰宅時にこれらの商業施設等へ立ち寄るために新宿三丁目駅を乗換駅として選択している場合が多いためであると推察される。

表-2 から平日と比較して休日の方が乗換旅客が少なく、休日に関しては、西武新宿線沿線から東京地下鉄沿線への流動（郊外部から都心部（赤坂、銀座等方面）への通勤の流動）が少ないことが要因であると推察される。

表-2 から西武新宿駅及び東京地下鉄の駅（新宿駅または新宿三丁目駅のいずれか）の双方で観測されているユニーク ID 数は、平均 307 である。本研究においては、都市交通年報平成 30 年度版¹²⁾、及び新宿区統計^{13) 14)}から、西武新宿線及び東京地下鉄各線間を乗り換える旅客数は約 13,000 人と推定した**。これらを踏まえると、センサーで捕捉した流動数は実数の 24%程度であると推測される。

(3) 経路選択の状況

西武新宿駅及び東京地下鉄の駅の乗換経路の距離に関しては、西武新宿駅・東京メトロ新宿駅間については新宿サブナード（地下街）経由の方が地上経由より長く、一方で、西武新宿駅・東京メトロ新宿三丁目駅間については新宿サブナード（地下街）経由、地上経由とも同程度である。

こうした中、表-3 及び表-4 に示されるように雨天の場合は、各駅間において新宿サブナード（地下街）経由の占める割合が大きくなる。また、表-4 に示されるように双方の乗換経路が同程度である西武新宿駅・東京メトロ新宿三丁目駅間の乗換旅客の方が西武新宿駅・東京

メトロ新宿駅間よりも新宿サブナード（地下街）経由の占める割合が大きい。これらはいずれも、上述の経路特性を踏まえれば、雨天時に遠回りでも地下の経路を選択するという歩行特性を示しているものと考えられる。

(4) 乗り換え時間の状況

表-4 に示されるように、概ね平日よりも休日の方が乗換時間が長く、平日においては朝ラッシュ時が 1 日のうちで最も乗換時間が短くなっている。またより距離の長い、西武新宿駅⇄地下鉄新宿三丁目駅の方が西武新宿駅⇄地下鉄新宿駅よりも乗り換え時間が長くなっている。商業施設等が集積する新宿三丁目駅において日中から夕刻にかけて乗り換え時間が長くなっている点も特徴である。以上から、通勤時には急いで移動を行い、昼間の買い物等に関連した移動や夕刻の帰宅に関連した移動は比較的遅く、都市内の人流の移動特性を示した結果であると考えられる。

6. まとめ

本研究においては、地上・地下双方の経路を有する鉄道乗換箇所である西武新宿線西武新宿駅と東京メトロ新宿駅・新宿三丁目駅との間における乗換旅客の歩行経路を把握するために、各駅のホーム内及び乗換経路上に Wi-Fi パケットセンサーを設置した上でユニーク ID を取得し、人手カンター調査から得られる断面交通量との比較、統計値から推計される乗換人員との比較を行った。

その結果、センサーにより断面交通については 17% 程度を捕捉し、乗換旅客流動（2 地点間の移動）については 24% 程度を捕捉した。さらに歩行者の経路選択状況や乗換所要時間について、時間帯や天候、平日・休日の別により分析を行った。この分析により、一日のうち朝ラッシュ時の乗り換え時間がその他時間帯と比較して短い、雨の日においては遠回りでも地下街経由の経路選択が増加する等、通常の歩行特性・都市内の通勤者の移動特性等と合致する結果が得られた。これらより、センサーによる歩行者断面交通量・流動数の推計に一定の妥当性が確認されたものと考えられる。

その一方で、携帯電話等の端末において MAC アドレスのランダム化技術の適用が急速に進展し、今後はセンサーによる歩行動態の観測が従来通り行えなくなる可能性が指摘されている。そのため同技術の動向については注意深く把握する必要がある。地下街等を有する地域において数 m から数十 m 程度のスケールで歩行導体を把握する場合において GPS データの利用は限界があり、Bluetooth 電波の利用やカメラから得られる画像を解析する手法等への代替についても検討が必要であると考えられる。

付録

- * ランダム化されているブローブクエストの除外にあたっては（株）社会システム総合研究所の技術を用いている。
- ** 西武新宿駅⇄東京地下鉄新宿駅・新宿三丁目駅の乗換人員に関しては、都市交通年報に記載されているが、定期外の人員が定期の 3% 程度しか計上されてなく、定期外の集計が不十分であると判断した。そこで、本研究においては鉄道事業者等が公表する各駅の乗降人員等のデータにおける定期外・定期の比率を用いて定期外の乗換人員を推計した。また、都市交通年報と乗降人員とで集計年度が異なるため、この点についても補正を行った。

参考文献

- 1) 国土交通省：まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドライン、
<https://www.mlit.go.jp/common/001282666.pdf>
(2021/9/23 閲覧)
- 2) 西田 純二, 宇野 伸宏, 倉内 文孝, 中川 義也, 望月 祐洋：Wi-Fi パケット観測の精度と個人情報保護, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.57, pp.02-09, 2018.
- 3) 村井 大地, 廣井 慧, 米澤 拓郎, 河口 信夫：Wi-Fi パケットセンサを用いた大規模レジュー施設における行動パターンの分析, 情報処理学会, pp.766-771, 2020.
- 4) 大野 沙知子, 中村 俊之, 手嶋 茂晴：人流把握のための Wi-Fi パケットセンサー調査手法に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.75.No.5.pp.02-09, 2019.
- 5) 宮治 卓実, 寺部 慎太郎, 柳沼 秀樹, 田中 皓介：Wi-Fi パケットセンサーを用いた歩行者交通量推計方法の検討, 第 41 回交通工学研究発表会論文集, pp.417-422, 2021.
- 6) 白 林, 卯月 盛夫：Wi-Fi パケットセンサーの実測値から実数への回帰分析, 都市計画報告集, No.19, pp.354-358, 2021.
- 7) 五百蔵 夏穂, 田中 謙大, 中西 航, 神谷 大介, 菅 芳樹, 福田 大輔：Wi-Fi パケットセンシングによる沖縄本島観光周遊パターンの特徴抽出, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.57, pp.01-05, 2018.
- 8) 金子 俊之, 松下 雅典, 森谷 武浩, 齋藤 育門：Wi-Fi パケットセンサーデータを活用した公共空間の面的な人流解析, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.57, pp.02-08, 2018.
- 9) Khaimook Sippakorn, 葉 健人, 八木 優治, 青木 保親, 猪井 博登, 土井 健司：限定設置条件下での Wi-Fi パケットセンサに基づく来街者の回遊行動の把握, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.59, pp.54, 2019.
- 10) 川田 蒼葉, 柳沼 秀樹, 寺部 慎太郎, 田中 皓介：Wi-Fi 観測誤差を考慮した歩行者経路選択モデルの構築, 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.62, pp.32-04, 2020.
- 11) 末木 祐多, 佐々木 邦明：Wi-Fi パケットセンサから得られるデータを用いた市街地における歩行者

- OD 交通量の推計, 都市計画論文集 Vol.54 No.3, pp.718-725, 2019.
- 12) 運輸総合研究所: 平成 28 年度版都市交通年報, 2020
- 13) 新宿区: 平成 27 年度新宿区の概況, <https://www.city.shinjuku.lg.jp/content/000180018.pdf> (2021/9/23 閲覧)
- 14) 新宿区: 令和 3 年度新宿区の概況, <https://www.city.shinjuku.lg.jp/content/000271402.pdf> (2021/9/23 閲覧)
- (2021. 10. 1 受付)