

Bluetooth通信を用いた一般道における交通流計測の適用可能性の研究

尾高 慎二¹・吉井 稔雄²・倉内 慎也³・神戸 信人⁴

¹正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18)
E-mail: odaka@oriconsul.com

²正会員 愛媛大学大学院教授 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)
E-mail: yoshii@cee.ehime-u.ac.jp

³正会員 愛媛大学大学院准教授 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)
E-mail: kurauchi@cee.ehime-u.ac.jp

⁴正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18)
E-mail: kanbe@oriconsul.com

近年、我が国においてBluetoothのMACアドレスを路側で捕捉し、所要時間やOD、経路などの交通流計測について、特に高速道路を対象にその有用性や適用可能性についての研究が進められている。

本稿では、Bluetooth通信による交通流計測の一般道への適用可能性を検討するため、現在整備が進められている愛媛県松山市の松山外環状道路の松山JCT付近から市道松山環状線南部までの間の7交差点（19箇所）を対象に、BluetoothのMACアドレス捕捉調査を実施し、各箇所における捕捉状況、OD及び経路、所要時間の交通流計測状況について分析を行った。それらの結果、一般道におけるMACアドレス捕捉率は平均約4.8%、MACアドレスのマッチングによる、OD、利用経路、所要時間の分析結果から、一般道の交通流計測におけるBluetoothの適用可能性を確認した。

Key Words : Bluetooth, Traffic Flow Analysis, OD Analysis, Route Analysis, Travel Time Monitoring

1. はじめに

諸外国において、BluetoothのMACアドレスを路側で捕捉し、旅行時間やODの計測など交通調査への活用が先行的に進められている。近年、我が国において、Bluetoothをヘッドセットやカーナビゲーション等の電子機器及び携帯電話やスマートフォン等の通信機器へ標準的に搭載されるようになっており、Bluetoothは今後益々の普及が予想されている。そのような中、我が国においても、高速道路及び一部の一般道において、Bluetoothを活用した交通流観測の取り組みが進められており、MACアドレスの捕捉率、MACアドレスマッチングによる旅行時間計測方法やデータクリーニングの考え方、旅行時間の検証から車両感知器データとの旅行時間の検証、OD計測への適用可能性が示されている¹⁾。また、通信技術による交通流計測手法としてスマートフォンのWi-Fiパケットのセンシングによる交通流動解析の試み³⁾も行われており、通信技術を活用した簡便な交通調査手法

に関する研究が進められている。本研究では、我が国において研究事例の少ない一般道において、Bluetoothによる交通流計測手法の適用可能性を確認することを目的に、①一般道におけるMACアドレス捕捉状況の分析、②MACアドレスマッチングによるOD分析、③OD間の利用経路分析、④利用経路所要時間の分析を実施する。

なお、本研究におけるBluetoothによる交通流計測については、北澤ら¹⁾が開発した計測ツールを利用している。

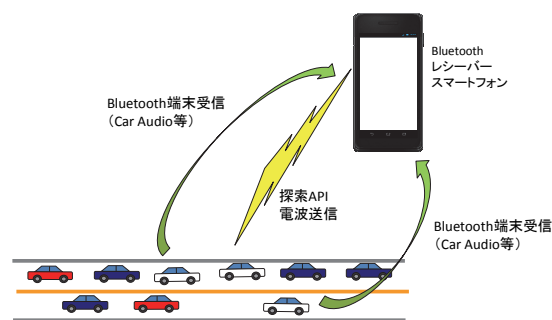


図-1 MACアドレス計測イメージ



図-2 調査対象箇所 (7交差点 : 19箇所)

表-1 交差点別スマートフォン配置数

箇所名	配置数
① 国道33号 天山交差点	5基
② 国道33号 (仮称) 愛媛銀行石井支店前交差点	1基
③ 国道33号 椿神社入口交差点	1基
④ 国道33号 松山南警察署交差点	3基
⑤ 市道 朝生田西交差点	5基
⑥ 市道 徳丸小児科前交差点	1基
⑦ 市道 (仮称) 古川南3交差点	3基
合計	19基

注) (仮称) の交差点名については、本研究において便宜上つけた名称である。

表-2 調査日時及び内容

調査日	平成26年12月17日(水)
調査時間	合計6時間 <ul style="list-style-type: none"> 7:00~9:00 (朝:ピーク時) 13:00~15:00 (昼:オフピーク時) 17:00~19:00 (夕:ピーク時)
調査内容	<ul style="list-style-type: none"> MACアドレス捕捉調査 (交差点:①~⑦) 断面交通量調査 (交差点:①④⑤) ※自動車類及び二輪車 (原動機付自転車含む) 走行調査 (経路:④→③→②→①→⑤)

2. 調査概要

(1) 調査対象箇所及び調査概要

本研究では、現在、整備が進められている愛媛県松山市の松山外環状道路周辺の国道33号(東側)、市道千舟町古川線(西側)、松山外環状道路(南側)、市道松山環状線南部(北側)に囲まれた地域を対象に、図-1に示す7交差点(①~⑦)、19箇所(No.1~19)において、Bluetoothによる交通流計測調査を行った。各交差点におけるスマートフォンの配置数を表-1に、調査概要を表-2に示す。

(2) 調査内容

本調査においては、BluetoothによるMACアドレス捕捉調査、断面交通量調査、走行調査の3つの調査を実施した。MACアドレス捕捉調査では、調査地点において、

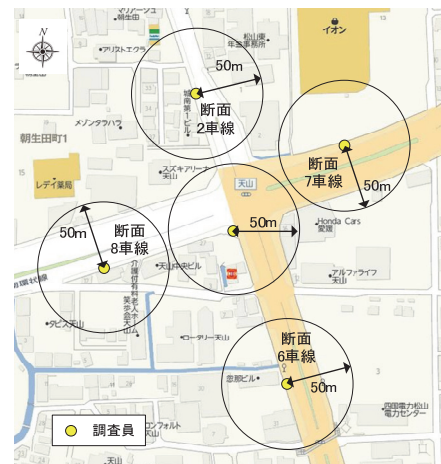


図-3 調査員配置位置イメージ (天山交差点の例)

Bluetooth受信機器(スマートフォン端末)を調査員が携帯し、歩道側端に立ってBluetooth機器のMACアドレス(ハッシュ化)を捕捉した。なお、Bluetoothの観測位置は、過去の研究等の知見から、各調査員から半径約50m以内に別の調査員が入らないように調査員を配置している(図-3)。また、本研究においてはBluetoothを探索するAPIの発行後のタイムアウト時間は5秒に設定し、計測を行った。断面交通量調査は、Bluetooth機器の捕捉率を算出するために、松山自動車道及び松山外環状道路から松山市内中心部への主要な経路上の交差点として想定される、①天山交差点、④松山南警察署交差点、⑤朝生田西交差点において、Bluetooth捕捉の調査員が自動車類及び二輪車(原動機付自転車含む)について、時間別に計測した。走行調査は、MACアドレスによりマッチングされた経路の所要時間を検証するために、④松山南警察署交差点から⑤朝生田西交差点までの経路において、走行回数を1時間に2回とし、合計12回の所要時間を計測した。

3. Bluetoothによる交通流計測方法

(1) MACアドレス捕捉IDの設定及び捕捉数算出方法

本研究においては、一般道におけるMACアドレスの捕捉状況を把握するために、MACアドレスと取得時間帯を基に、捕捉IDを設定する。まず、各箇所観測されたデータをプールし、同一MACアドレスについて、観測時刻順に並べ替える。次に調査時間帯(朝、昼、夕)毎に1つのIDとして計上されるように、捕捉IDを設定し、その捕捉IDの数を箇所別に集計することで、箇所別の捕捉数を算出する。なお、分析結果は4章に示す(表-3)。

(2) 移動を伴わないMACアドレスの特定方法

本研究では、MACアドレスによる交通流を分析する

表-3 Bluetoothによる交通流計測方法

【捕捉IDの設定方法及び捕捉数算出方法】:4章

- 1) データから同一MACアドレスを集約
- 2) 観測された時刻順に並び替え
- 3) 同一調査時間帯毎にIDを設定
- 4) 捕捉IDの数を各箇所集計し捕捉数を算出

【ODの特定方法(捕捉ID1の場合)】:5章

- 1) 最初に観測された箇所を出発地(O)と設定(No.10)
- 2) 最後に観測された箇所を目的地(D)と設定(No.4)

【利用経路の特定方法(捕捉ID1の場合)】:6章

- 1) 観測された時刻と箇所から経路を特定
- ※捕捉ID1の場合、10→7→6→3→5→4 となる

【所要時間の算出方法(捕捉ID2の場合)】:7章

- 1) 通過所要時間との考え方から、捕捉IDの最初の観測時刻と最後の観測時刻の差として算出
- ※捕捉ID2の場合、データID19とデータID9の差として算出
(17:29:15 - 17:23:24 = 5:51)

データID	MACアドレス(ハッシュ化)	観測時刻	調査時間帯	箇所No	捕捉ID
1	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:44:20	朝	10	1
2	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:46:23	朝	7	7
3	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:46:45	朝	6	6
4	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:52:12	朝	3	3
5	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:52:18	朝	5	5
6	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:52:24	朝	4	4
7	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:52:31	朝	4	4
8	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	7:52:34	朝	4	4
9	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:23:24	夕	4	2
10	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:24:01	夕	3	3
11	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:26:48	夕	6	6
12	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:27:29	夕	7	7
13	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:28:23	夕	10	10
14	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:28:34	夕	10	10
15	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:28:42	夕	10	10
16	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:28:47	夕	10	10
17	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:28:54	夕	10	10
18	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:29:05	夕	10	10
19	0039e7a0985dc7c89ce55ede2b611527	17:29:15	夕	10	10

ことを目的としている。しかしながら、MACアドレスは携帯電話やカーナビ等の移動を伴う機器だけに搭載されているわけではなく、デスクトップPCやオーディオなど移動を伴わない機器も存在するため、それらのデータを除去する必要がある。そこで、本研究では後述する調査交差点において、同一交差点のみでMACアドレスが観測され、360秒以上滞留し続けているデータを移動を伴わない機器として、そのMACアドレスデータは除去した。なお、本研究においては、移動を伴わない機器のデータを除去後のデータを対象に分析している。

表-4 MACアドレス捕捉レコード数及びID数

No	箇所名 (交差点No.交差点名,流入方向)	車線数 (断面)	捕捉データレコード数				捕捉ID数			
			朝	昼	夕	総計	朝	昼	夕	総計
1	① 天山 東	7	304	301	290	895	163	171	175	509
2	① 天山 西	8	497	509	591	1,597	284	317	340	941
3	① 天山 南	6	562	581	1,117	2,260	270	286	341	897
4	① 天山 北	2	429	513	494	1,436	182	195	188	565
5	① 天山 中央	—	1,053	983	1,316	3,352	390	360	424	1,174
6	② 愛媛銀行石井支店前 中央	—	670	847	992	2,509	333	328	426	1,087
7	③ 椿神社入口 中央	—	879	712	1,164	2,755	351	331	424	1,106
8	④ 松山南警察署 西	5	171	242	307	720	90	114	137	341
9	④ 松山南警察署 南	4	452	495	433	1,380	231	233	253	717
10	④ 松山南警察署 北	5	673	801	891	2,365	314	328	396	1,038
11	⑤ 朝生田西 東	6	1,175	398	515	2,088	437	242	280	959
12	⑤ 朝生田西 西	7	340	996	1,148	2,484	142	396	430	968
13	⑤ 朝生田西 南	3	208	386	437	1,031	75	106	152	333
14	⑤ 朝生田西 北	2	179	357	683	1,219	80	88	165	333
15	⑤ 朝生田西 中央	—	429	816	616	1,861	220	337	275	832
16	⑥ 徳丸小原科前 中央	—	639	718	809	2,166	173	174	208	555
17	⑦ 古川町3 東	—	60	57	118	235	48	43	84	175
18	⑦ 古川町3 西	—	189	140	190	519	103	74	108	285
19	⑦ 古川町3 北	—	378	190	257	825	118	64	122	304
合計			9,287	10,042	12,368	31,697	1,590	1,422	1,743	4,755

(3) ODの特定方法

本研究においては、(1)において設定した捕捉ID毎に、最初に観測された箇所を出発地、最後に観測された箇所を目的地として、ODを設定する(表-3)。なお、分析結果は5章に示す。

(4) 利用経路の特定方法

本研究においては、(3)において設定した捕捉ID毎のODを基に、観測された時刻順に観測箇所をつなぐことで利用経路を特定する(表-3)。なお、分析結果は6章に示す。

(5) 所要時間の算出方法

本研究においては、(4)において特定した利用経路について、所要時間を最初に観測された時刻と最後に観測された時刻の差として算出した。これは、本調査においては、交差点を調査対象としているため、最初の交差点への流入(最初に観測された時刻)から、最後の交差点からの流出(最後に観測された時刻)までを信号等の影響も踏まえた所要時間と定義し、算出を行う(表-3)。なお、分析結果は7章に示す。

3. MACアドレス捕捉状況の分析

(1) 箇所別MACアドレス捕捉数

表-4に19箇所の調査時間別のMACアドレスの捕捉レコード数及び捕捉ID数を示す。MACアドレスの捕捉数は、①天山交差点の西側(No.2)、南側(No.3)、④松山南警察署交差点の北側(No.10)、⑤朝生田西交差点の西側(No.12)において、約300台/2h以上のMACアドレスが捕捉されている。一方、最も捕捉数が少ないのは、⑦古川町3交差点の東側(No.17)で、約40台/2hとなっており、当該区間の交通量が他の箇所に比較し、少ないことが影響していると考えられる。

(2) MACアドレス捕捉率

本研究では、MACアドレス捕捉ID数を断面交通量(自動車及び二輪車の合計)で除したものをMACアドレスの『捕捉率』と定義し、一般道におけるMACアドレス捕捉状況を整理した。表-5に箇所別のMACアドレス捕捉率を示す。捕捉率を調査した11箇所の平均捕捉率は4.8%と、既往の研究事例と比べて、同程度の水準である。しかしながら、箇所別時間別では2.6~9.2%と捕捉状況にばらつきが見られる。これは、そもそものBluetooth搭載車両の混在状況も影響していると考えられるが、①天山交差点の北側(No.4)、⑤朝生田西交差点

表-5 MACアドレス捕捉率

No	箇所名 (交差点No 交差点名 流入方向)	車線数 (断面)	捕捉機器数(台/2h)				断面交通量(台/2h)				捕捉率			
			朝	昼	夕	総計	朝	昼	夕	総計	朝	昼	夕	平均
1	① 天山 東	7	163	171	175	509	6,336	6,016	6,321	18,673	2.6%	2.8%	2.8%	2.7%
2	① 天山 西	8	284	317	340	941	7,431	7,331	7,650	22,412	3.8%	4.3%	4.4%	4.2%
3	① 天山 南	6	270	286	341	897	6,537	5,927	6,644	19,108	4.1%	4.8%	5.1%	4.7%
4	① 天山 北	2	182	195	188	565	2,752	2,823	3,019	8,594	6.6%	6.9%	6.2%	6.6%
8	④ 松山南警察署 西	5	90	114	137	341	2,015	2,139	2,175	6,329	4.5%	5.3%	6.3%	5.4%
9	④ 松山南警察署 南	4	231	233	253	717	5,098	4,946	5,109	15,153	4.5%	4.7%	5.0%	4.7%
10	④ 松山南警察署 北	5	314	328	396	1,038	5,995	5,551	5,847	17,393	5.2%	5.9%	6.8%	6.0%
11	⑤ 朝生田西 東	6	437	242	280	959	7,595	6,719	7,296	21,610	5.8%	3.6%	3.8%	4.4%
12	⑤ 朝生田西 西	7	142	396	430	826	一部欠損 6,906	7,882	14,788	一部欠損 5.7%	5.5%	5.6%		
13	⑤ 朝生田西 南	3	75	106	152	333	2,364	2,024	2,478	6,866	3.2%	5.2%	6.1%	4.8%
14	⑤ 朝生田西 北	2	80	88	165	333	1,847	1,723	1,792	5,362	4.3%	5.1%	9.2%	6.2%
捕捉機器数(延べ数)			2,126	2,476	2,857	7,459	47,970	52,105	56,213	156,288	4.4%	4.8%	5.1%	4.8%

※No.12の朝生田西交差点の西側の朝の時間帯は、断面交通量に一部欠損があるため、朝の捕捉数から捕捉機器数の総計を計上している。

表-6 MACアドレスマッチングによる調査地点間OD表(6時間合計)

6h合計(台/6h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	発生量
1 ① 天山 東	21	2	5	2	4	3	2	4	5	10	69	0	4	13	2	0	1	0	0	147
2 ① 天山 西	29	6	5	8	1	5	3	8	12	15	46	4	2	26	3	0	0	0	0	173
3 ① 天山 南	19	10	31	24	7	5	3	10	14	13	23	0	5	9	3	0	0	0	0	176
4 ① 天山 北	23	15	13	8	12	16	8	36	50	4	14	4	1	12	7	0	0	0	0	223
5 ① 天山 中央	11	12	4	13	9	4	8	16	17	22	35	0	2	17	2	0	0	0	0	172
6 ② 愛媛銀行石井支店前 中央	8	4	4	7	18	22	5	29	34	3	10	1	1	5	20	0	2	1	1	174
7 ③ 椿神社入口 中央	13	7	6	27	19	23	5	20	28	15	16	2	3	7	8	0	3	0	0	202
8 ④ 松山南警察署 西	16	4	5	20	27	11	9	14	15	8	21	0	3	12	3	1	2	1	1	172
9 ④ 松山南警察署 南	24	13	9	46	39	29	30	16	24	15	33	4	13	18	11	1	9	4	3	338
10 ④ 松山南警察署 北	6	3	4	16	21	10	12	3	35	6	14	1	3	13	5	1	3	2	1	158
11 ⑤ 朝生田西 東	49	15	5	6	19	2	5	1	14	22	32	2	11	14	0	0	1	1	1	199
12 ⑤ 朝生田西 西	66	28	8	13	12	11	10	13	24	41	40	15	18	23	18	5	3	17	3	365
13 ⑤ 朝生田西 南	3	1	1	1	0	1	3	0	0	2	19	16	16	8	0	0	2	7	3	73
14 ⑤ 朝生田西 北	8	5	3	2	2	2	6	1	7	5	7	19	11	20	20	3	0	9	9	130
15 ⑤ 朝生田西 中央	17	8	2	2	4	3	0	0	2	7	9	27	5	6	8	0	0	9	10	109
16 ⑥ 徳丸小児科前 中央	3	4	1	3	4	10	7	2	8	4	6	27	12	13	5	5	2	17	13	133
17 ⑦ 古川町3 東	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2	5	5	9	33	15	8	5	85
18 ⑦ 古川町3 西	0	0	0	0	1	2	4	10	6	2	0	1	1	0	0	2	19	7	7	55
19 ⑦ 古川町3 北	0	0	0	1	0	2	1	4	2	0	0	3	7	4	4	9	11	4	4	52
集中量	296	150	73	198	208	139	142	84	235	280	175	424	71	110	219	138	46	63	85	3,136

の北側 (No.14) の断面2車線の区間において、平均6.0%を超える捕捉率となっている。一方、断面で7車線ある①天山交差点の東側 (No.1) では、平均2.7%と低くなっている。これは、Bluetooth調査員の観測位置から車両走行位置までの距離 (断面車線数) が捕捉率に影響していると考えられる⁴⁾ (図-3)。また、Bluetoothの受信機器の設置方法 (高さや向き等) によっても捕捉率に影響することが考えられる。

4. MACアドレスマッチングによるOD分析

2章で整理したOD特定方法により従い、対象地域における地点間、交差点間のODがどの程度把握可能であるかを明らかにするために、OD分析を行った。

表-6に調査箇所間のOD分析結果を示す。この結果より、調査6時間だけでは、交通量が比較的少ない⑦古川町3交差点では、データが取得できないODが散見されるものの、MACアドレスマッチングによるOD量を把握することは可能であると考えられる。また、交差点単位で集約したOD表として、表-7に調査6時間、表-8に朝ピーク2時間、表-9に夕ピーク2時間の分析結果を示す。これらの結果から、①天山交差点、④松山南警察署交差点、⑤朝生田西交差点間のODがより多くのサンプルで交差点間の交通流動を把握することが可能である。よって、道路整備等による交通流動の変化等の把握にも、観測地点を設けそれぞれの地点をゾーンとして設定することで、

表-7 交差点間OD表(6時間合計)

6h合計(台/6h)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	発生量
① 天山	33	33	196	350	17	1	630	
② 愛媛銀行石井支店前	41	22	68	20	20	3	174	
③ 椿神社入口	72	23	53	43	8	3	202	
④ 松山南警察署	253	50	51	164	19	24	561	
⑤ 朝生田西	280	19	24	137	54	50	564	
⑥ 徳丸小児科前	15	10	7	14	63	24	133	
⑦ 古川町3	3	4	5	24	47	20	103	
集中量	664	139	142	492	687	138	105	2367

表-8 交差点間OD表(朝ピーク2時間合計)

朝ピーク(台/2h)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	発生量
① 天山	7	10	81	124	3	0	225	
② 愛媛銀行石井支店前	9	9	31	8	5	3	65	
③ 椿神社入口	26	6	20	17	2	0	71	
④ 松山南警察署	62	20	8	53	4	4	151	
⑤ 朝生田西	89	3	5	41	14	19	171	
⑥ 徳丸小児科前	2	2	2	4	28	11	49	
⑦ 古川町3	0	0	1	13	10	4	28	
集中量	188	38	35	190	240	32	37	760

表-9 交差点間OD表(夕ピーク2時間合計)

夕ピーク(台/2h)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	発生量
① 天山	12	11	54	125	7	0	209	
② 愛媛銀行石井支店前	17	8	19	7	11	0	62	
③ 椿神社入口	27	13	20	8	4	2	74	
④ 松山南警察署	106	21	24	63	12	13	239	
⑤ 朝生田西	96	7	9	54	18	18	200	
⑥ 徳丸小児科前	5	6	3	4	18	10	46	
⑦ 古川町3	1	4	2	9	24	8	48	
集中量	252	63	57	160	245	60	41	878

ある程度詳細な交通流動の分析が可能になるものと考えられる。

5. OD間の利用経路分析

現在、道路整備等による利用経路の変化状況を把握する簡便な調査手法は未だ確立していない。そこで、前章

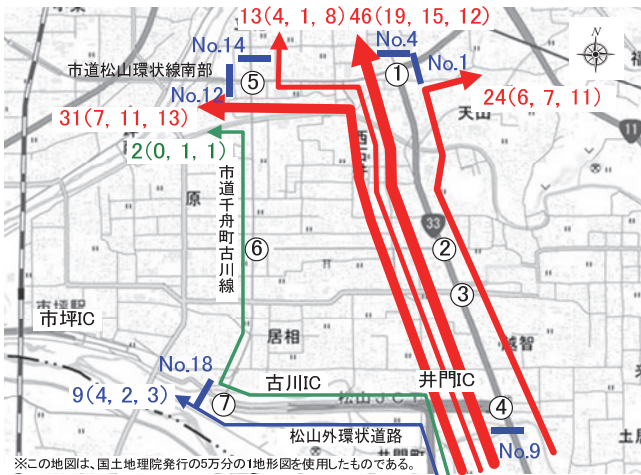


図-4 No.9からの利用経路分析結果

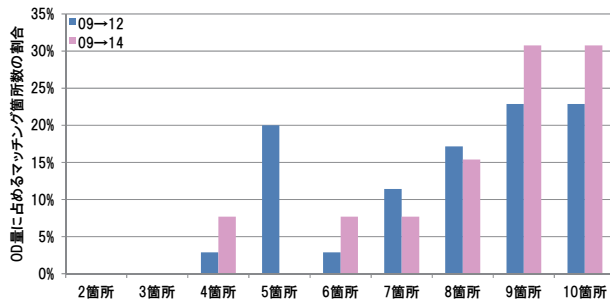


図-5 マッチング箇所数の割合 (No.9→No.12, No.14)

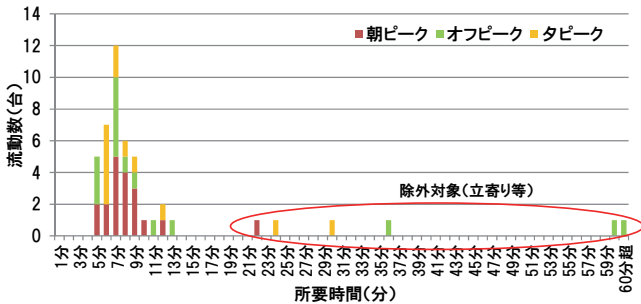


図-6 No.9から No.4の MACアドレスによる所要時間分布

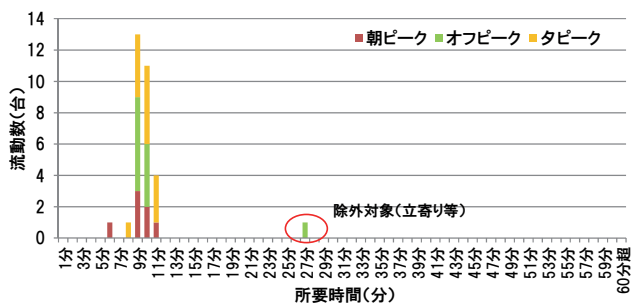


図-7 No.9から No.12の MACアドレスによる所要時間分布

で特定したODのうち、④松山南警察署の南側 (No.9) から流入した交通 (125台) が、どの経路をとおり対象地域から流出したかについて、MACアドレスマッチングにより利用経路を分析することで、その適用可能性を検討する。図-4に利用経路分析結果を示す。この結果から、No.9からの流入交通は、①天山交差点の北側

(No.4) をとおり、松山市中心部へ向かう交通が最も多く、次いで市道松山環状線南部を経由し、⑤朝生田西交差点の西側 (No.12) から流出していることが把握できる。また、No.12へは国道33号経由だけでなく、市道千舟町古川線を経由する交通も確認できたことから、対象地域における環状道路の分散導入機能が発現していることを確認できた。また、No.9からNo.12, No.14までの経路を特定するにあたり、MACアドレスマッチングができた箇所数 (通過箇所数最大10箇所) は、4箇所以上でマッチングできており、10箇所全てでマッチングできている割合もNo.9からNo.12で23%、No.9からNo.14で31%となっていることから、複数箇所のマッチングにより経路が特定可能であることも確認できた (図-5)。

6. 利用経路所要時間の分析

前章で特定した利用経路のうち、MACアドレスマッチングで算出した所要時間の分布状況把握と実際の走行調査による所要時間との比較を行った。No.9からNo.4までのMACアドレスによる所要時間分布を図-6に、No.9からNo.12までの所要時間分布を図-7に示す。これらの結果から、No.9からNo.4では、7分が最頻値となっており、概ね5~13分の間で分布している。一方、20分以上の所要時間も存在している。これらは立寄り (2箇所の間で長時間を要している) や、途中で対象エリア内を周回 (複数地点で何度かマッチングされている流動も本研究では、最初と最後の箇所をODとして設定) している流動であったため、平均所要時間の算出等においては除外すべきデータであるため、今後、分析対象時間と交通流動の分割方法について検討を行う必要がある。No.9からNo.12においては、9分が最頻値となっており、9~11分の間で所要時間が分布しており、所要時間のばらつきが小さい結果となっている。次に、本研究においては、④松山南警察署交差点から⑤朝生田西交差点までの区間において走行調査を実施しているため、それぞれの交差点通過時の所要時間を算出している。No.9からNo.4で時間帯による差は見られず約5~6分、No.9からNo.12においても時間帯による差は見られず約8~9分となっている。走行調査結果とMACアドレスによる所要時間の最頻値に差が生じている。これは、走行調査が1時間あたり2回とサンプル数が少ないこと及び交差点通過時の時刻を記録していることから、厳密にMACアドレス捕捉位置と整合が取れていないことが影響していると考えられる。しかしながら、最頻値との所要時間差は概ね1~2分程度と経路上の信号サイクル長 (約120~160秒) より短いことから、概ね実態の所要時間が算出されていることが推察され、一般道においても所要時間は高い精度で計測が

可能であると考えられる。

7. おわりに

本研究では、Bluetooth通信による交通流計測手法の一般道への適用可能性を検討するため、現在整備が進められている愛媛県松山市の松山外環状道路周辺から市道松山環状線南部までの間の7交差点（19箇所）を対象に、BluetoothのMACアドレス捕捉調査を実施し、各断面における捕捉状況、OD及び経路、所要時間の交通流計測状況について分析を行った。それらの結果、一般道におけるBluetoothの捕捉状況は、平均約4.8%と既往研究と同等の水準で捕捉が可能であり、OD及び利用経路、所要時間の分析も可能であることから、一般道においてもBluetoothによる交通流計測手法の適用は可能であると考えられる。一方で、一般道におけるBluetoothによる捕捉調査及び交通流動計測による交通流動把握のためには、以下のような課題がある。まず、Bluetoothの捕捉状況が調査地点でばらついていることから、Bluetoothの設置方法や距離、また走行状況（自由流、渋滞流）などにより捕捉状況にどのような影響があるかについて明らかにすることで、より効率的で精度の高い捕捉調査が可能になると考えられる。次に、今回の調査結果からは、Bluetoothの『検知率』（Bluetooth搭載車両のうちMACアドレスを捕捉する割合と定義）や『搭載率』（断面交通量に対するBluetooth搭載車両の割合と定義）は明らかとなっていないことから、検知率や搭載率が捕捉率に与え

ている影響も現状明らかとなっていない。よって、Bluetooth搭載車両の検知率についての検証を行う必要がある。また、これらの捕捉率や検知率等とOD表を活用し、実際の交通状況へのODの拡大手法についても検討を行う必要があると考えられる。

今後は、一般道のBluetoothを用いた簡便な交通流動計測手法を確立するため、上記の課題に対する調査・分析手法を検討を進めていく所存である。

謝辞：本研究では、株式会社地域未来研究所のBluetooth計測ツールをご提供いただくとともに、田名部淳様、菅芳樹様には、計測にあたり多くの助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 北澤俊彦, 塩見康博, 田名部淳, 菅芳樹, 萩原武司: Bluetooth通信を用いた旅行時間計測に関する基礎的分析, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.47, 2013.
- 2) 田名部淳, 割田博, 松下剛, 萩原武司: 高速道路におけるBluetoothを用いた交通流計測の取り組み, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.49, 2014.
- 3) 西田純二, 足立智之, 牧村和彦, 森本哲郎, 上善恒雄: Wi-Fi パケットセンサーによる交通流動解析, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.49, 2014.
- 4) 愛媛大学都市・交通計画研究室ホームページ: Bluetoothを用いた交通モニタリングに関する研究, http://www.cce.ehime-u.ac.jp/~keikaku/poster/lab.yoshii_takayama/fujii.pdf (2015. 4. 24 受付)

A STUDY OF APPLICABILITY FOR TRAFFIC FLOW MONITORING IN ROAD USING BLUETOOTH TECHNOLOGY

Shinji ODAKA, Toshio YOSHII, Shinya KURAUCHI and Nobuto KANBE