

# コロナ禍のバス利用の時空間変動に関する研究 — 熊本の IC カードデータの分析から —

劉 強

熊本市都市政策研究所 研究員

キーワード： IC カードデータ、時系列分析、地理的分析、熊本市圏

## 1. 背景と目的

2020年新型コロナウイルス感染症（以下、「コロナ」という。）により、外出や移動が控えられたことで、特に路線バスの利用は自家用車などと比較して大きく落ち込んだ（グーグル, 2020）。国土交通省の調査によると、輸送人数は前年同月比で路線バスが20%~50%減と大幅に減少する結果となった（国土交通省, 2020）。しかし、筆者の知る限りでは、熊本のバス利用に係る具体的な変化を十分に把握するには至っていない。また、バスの利用実態は、従来の調査手法では乗り込み調査やパーソントリップ調査により把握が行われて、断片的な調査から推定されている。前者は全路線に対して実施することは難しく、後者は抽出された対象者のみの回答となるなどの問題を抱えている。

一方、近年のIT技術の発展から、ICT（Information and Communication Technology）の普及は目覚ましく、これによる多様なビッグデータが生成されている。交通分野においては、交通系 IC カードデータが注目されている（嶋本ら, 2014）。IC カードにより、365日バス利用者のデータ収集がされている。収集される IC カードデータは、利用時間や乗降バス停等の記録があり、人々の行動把握が可能な巨大なデータである（近藤ら, 2016）。IC カードデータを用いる交通行動の分析結果は、従来の調査手法では把握することができなかったことを把握することができ、バス利用者の利用状況をより高精度で把握することができる（嶋本ら, 2012）。

上記の背景を踏まえ、本研究の目的は、IC カードデータを利用し、Pythonでのデータ集計結果から2020年バス利用の具体的な変化の特性を明らかにすることである。コロナ発生前（2019年）と発生後（2020年）の一定期間において、バス利用状況がどう変化したかの解明を試み、熊本市圏

を例に、空間と時間の変化の特徴を明らかにする。研究の構成を図1で示す。まず、2節で本研究で用いたデータについて述べる。3節で空間と時間の変化の特徴を解説し、4節で結論として本研究の成果と今後の課題を述べる。

## 2. 取り扱うデータ

熊本市圏でよく利用されている IC カードは、全国相互利用 IC カード（でんでん nimoca、SUGOCA、Suica など）と地域 IC カード（くまモンの IC カード）である。全国相互利用 IC カードは、2013年に相互利用サービスが開始され、2016年から、熊本県路線バスでの対応を開始した。また、地域 IC カードは、2015年にサービスが始まり、2020年には、累計発行枚数が25万枚となった。

本研究は、2019年1月1日から2020年12月31日までの2年間、全国相互利用 IC カードと地域 IC カードの利用データを用いて分析を行った。しかし、生データには不正なデータ（不完全、または不正確なデータ）や破損したデータがある可能性が高い。そのため、PythonでICカードの生データをチェックし、不正なデータと破損したデータを排除する。また、データをPythonで読み込み、余計な項目を取り除いた。本研究で取り扱うデータ項目はカード ID、利用日、乗降車バス停、乗降車時間である（表1）。Pythonでデータを処理した結果によると、2019年に、実際に使われた IC カードは約60万枚であった。コロナの影響で、2020年に使われた IC カードの枚数は前年より約18万枚減少し、約42万枚であった。

表1 本研究で取り扱うデータ項目

対象期間	2019年1月-2020年12月
カード種類	全国相互利用 IC カード、地域 IC カード
データ項目	カード ID、利用日（年・月・日）、乗降車バス停、乗降車時間（時・分）、バス会社

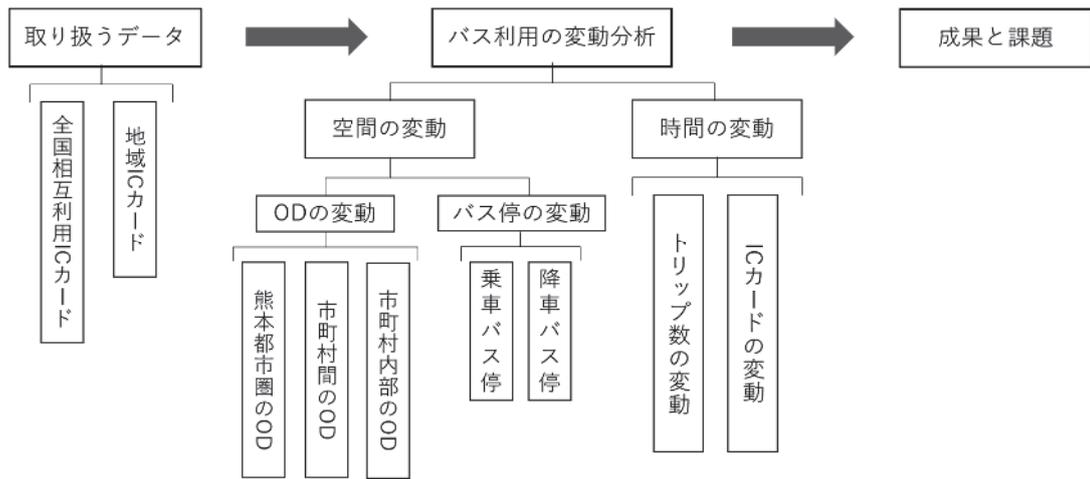


図1 本研究の構成

### 3. バス利用の変動

2020年に使われたICカードの枚数は前年より減っていることが判明したが、バス利用の具体的な変化まではまだ解明されていない。そこで、コロナの影響により、バス利用の空間と時間の変動を考察する。3.1で空間的な変化の特徴を考察し、3.2で時間の変化の特徴を考察する。

#### 3.1 空間の変動

ICカードのデータにより、バス利用の空間の変化を検討していく。対象地区は熊本市を中心とする5市6町1村(熊本都市圏)である。今回の考察は、コロナの影響で人々のバス利用はどう変化したのかを解明するため、ODの変動とバス停トリップ数の変動を明らかにした。ODとは、出発地(Origin)ー目的地(Destination)の略語である(単位:トリップ)。そこで、まずは全体的に、熊本都市圏を対象とし、圏内の市町村の単位で、市町村間のOD(違う市町村のトリップ)と市町村内部のOD(同じ市町村の中のトリップ)はどう変化したのかを明らかにした。また、詳しく見ると、バス停を単位とし、市町村間のODと市町村内部のODのそれぞれの変動も明らかにした。そして、対象地区内の乗降車バス停のトリップ数はどう変化したのかを明らかにした。

##### 3.1.1 ODの変動

#### ① 熊本都市圏のOD

図2は5市6町1村の位置と都市圏のODである。都市圏のODは市町村単位とし、市町村間ODだけではなく、市町村内部のODも含まれている年間トリップ総量である。ここでpythonを利用してODをサンキーグラフで描くと、交通量を図2の線の太さで表現し、移動の方向は左から右へという向きがある。左は2019年のODを表し、右は2020年のODである。また、トリップ数により、市町村内部と市町村間のODの上位16位までを表2に示す。

図2と表2から、2019年と2020年は、中央区内部(中央区ー中央区)のトリップ数が最も多い。2位(東区ー中央区)のおよそ4倍である。また、コロナの影響で、2020年のODトリップ数は2019年より減少しているが、その中でも中央区内部のトリップ数の減少が最も大きい。また、減少の比率から見れば、中央区から益城町までのトリップ数の減少率が最も高く、-39.757%である。理由としては、益城町にある「阿蘇くまもと空港」が、コロナの影響による国内線の運休、減便したためと考えられる。しかし、ODのトリップ数は大きく変わったが、各市町村の順位はあまり変わらない。

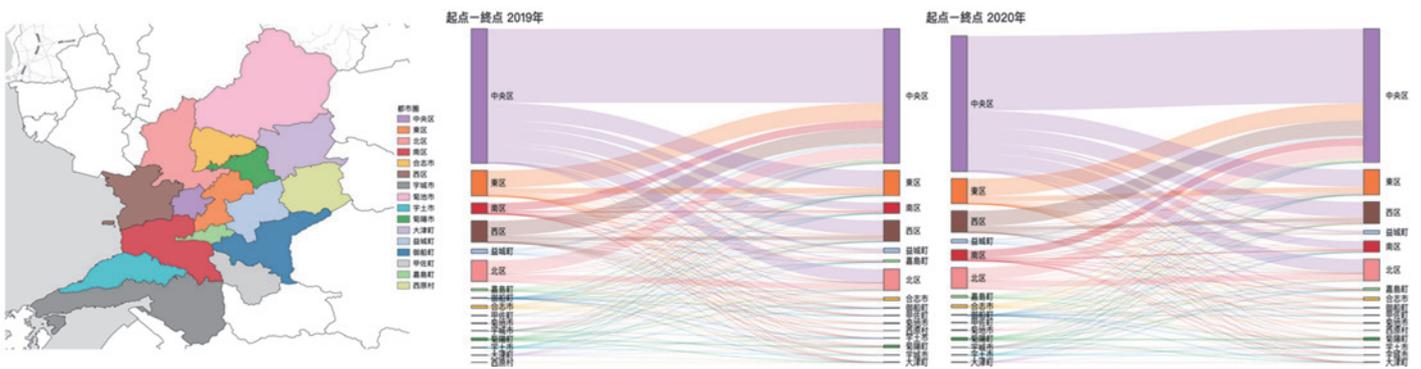


図2 対象地区でのODと区間流量を示すサンキーグラフ

表2 熊本都市圏のODトリップ数(上位16位)

2019年				2020年				調査两年の減少比較		
順位	出発	到着	トリップ数	順位	出発	到着	トリップ数	差	比率	順位
1	中央区	中央区	5753160	1	中央区	中央区	4582824	-1170336	-20.342%	-
2	東区	中央区	1365001	3	東区	中央区	1045402	-319599	-23.414%	-1
3	中央区	東区	1345290	2	中央区	東区	1067909	-277381	-20.619%	+1
4	西区	中央区	1170859	4	西区	中央区	945822	-225037	-19.220%	-
5	中央区	西区	1133293	5	中央区	西区	943073	-190220	-16.785%	-
6	中央区	北区	1044155	6	中央区	北区	840334	-203821	-19.520%	-
7	北区	中央区	1014954	7	北区	中央区	778551	-236403	-23.292%	-
8	南区	中央区	617875	9	南区	中央区	480667	-137208	-22.206%	-1
9	中央区	南区	611043	8	中央区	南区	495380	-115663	-18.929%	+1
10	北区	北区	482472	10	北区	北区	397112	-85360	-17.692%	-
11	東区	東区	406747	11	東区	東区	326128	-80619	-19.820%	-
12	西区	西区	309443	12	西区	西区	257125	-52318	-16.907%	-
13	中央区	益城町	232127	14	中央区	益城町	139840	-92287	-39.757%	-1
14	益城町	中央区	227601	13	益城町	中央区	143537	-84064	-36.935%	+1
15	中央区	合志市	125338	16	中央区	合志市	96344	-28994	-23.133%	-1
16	南区	南区	120472	15	南区	南区	100629	-19843	-16.471%	+1

② 市町村間のOD

①のODに基づいて、市町村内部のODを除くことにより、市町村間のODが得られる。ここで、ODのトリップを直観的にわかりやすい形で表すため、kepler.glで地図上に線で描いた。各市町村の重心を起点と終点として、交通量を線の太さで表す(図3)。図3を見ると、2019年に、中央区と北区、西区、東区、南区の間のトリップ数は他の市町村より大きい。2020年にトリップ数が多い市町村は2019年と同じである。ということは都市圏のバス利用が熊本市を中心とすることが分かる。

また、市町村間のODトリップ数により、バス停のOD(上位16位)を表3に示す。表3から見ると、市町村間のトリップは桜町バスターミナルと熊本駅のODトリップ数が最も多く(1位と2位)、コロナの影響でトリップ数が約14%減少した。また、2020年阿蘇くまもと空港に関

するOD(表3、2019年の3、4、5、6、10、14位)のトリップ数は大きく減少した。阿蘇くまもと空港はコロナの影響を大きく受けたことが分かった。特に、阿蘇くまもと空港から通町筋までのOD数は約25,000のトリップが減少した。阿蘇くまもと空港に関するODの減少率は全部50%以上である。その中で、熊本駅前から阿蘇くまもと空港までのトリップ数は61.524%減少した。このODペアの順位も2019年の10位から2020年の191位までに下がった。この結果は①の結果と繋がっている(中央区から益城町までのトリップ数の減少率が最も大きい)。しかし、コロナの影響を受けてなかったODもある。2020年に、尚綱高等学校はコロナの感染拡大防止策として臨時休校を実施したのに、熊本駅前から尚綱校前までのトリップ数は増えており(表3、2019年の9位)、コロナの影響はほとんど受けていない。

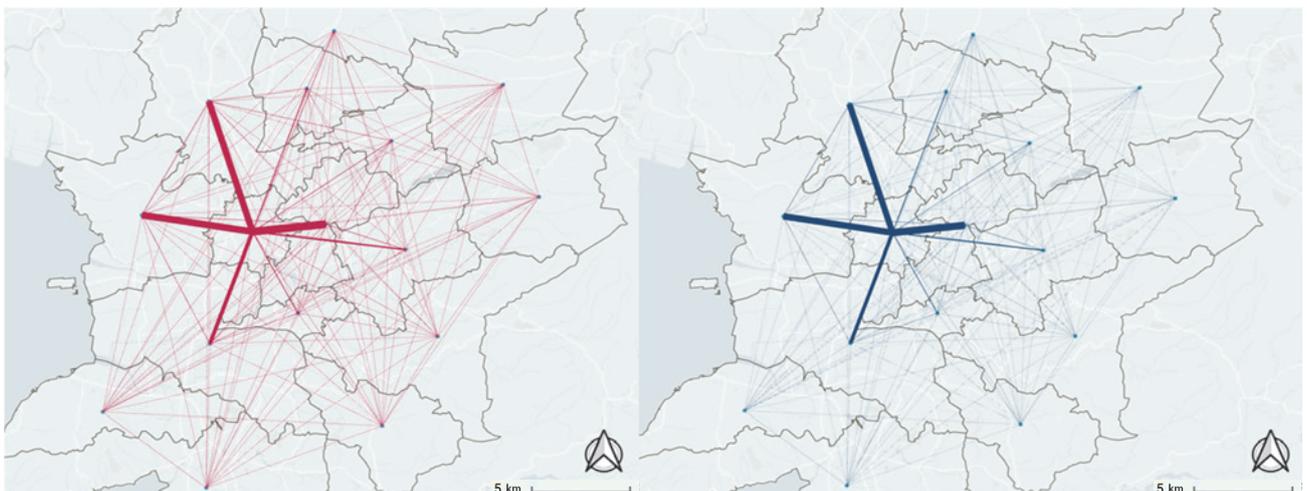


図3 市町村間のOD(左:2019年、右:2020年)

表3 市町村間のODトリップ数(上位16位)

2019年			2020年			調査両年の減少比較				
順位	出発	到着	トリップ数	順位	出発	到着	トリップ数	差	比率	順位
1	桜町バスターミナル	熊本駅前	77559	1	桜町バスターミナル	熊本駅前	66262	-11297	-14.56%	-
2	熊本駅前	桜町バスターミナル	65280	2	熊本駅前	桜町バスターミナル	55768	-9512	-14.57%	-
3	阿蘇くまもと空港	通町筋	47322	7	阿蘇くまもと空港	通町筋	22257	-25065	-52.96%	-4
4	桜町バスターミナル	阿蘇くまもと空港	45252	8	桜町バスターミナル	阿蘇くまもと空港	20547	-24705	-54.59%	-4
5	通町筋	阿蘇くまもと空港	41300	11	通町筋	阿蘇くまもと空港	17111	-24189	-58.56%	-6
6	阿蘇くまもと空港	桜町バスターミナル	37925	9	阿蘇くまもと空港	桜町バスターミナル	20520	-17405	-45.89%	-3
7	通町筋	熊本駅前	37805	6	通町筋	熊本駅前	23828	-13977	-36.97%	+1
8	桜町バスターミナル	イオンモール熊本	31696	4	桜町バスターミナル	イオンモール熊本	26843	-4853	-15.31%	+4
9	熊本駅前	尚綱校前	27081	3	熊本駅前	尚綱校前	27237	156	0.57%	+6
10	熊本駅前	阿蘇くまもと空港	25205	191	熊本駅前	阿蘇くまもと空港	9698	-15507	-61.52%	-181
11	尚綱校前	熊本駅前	25108	5	尚綱校前	熊本駅前	24986	-122	-0.48%	+6
12	桜町バスターミナル	日向崎	22197	10	桜町バスターミナル	日向崎	19007	-3190	-14.37%	+2
13	日向崎	桜町バスターミナル	20588	12	日向崎	桜町バスターミナル	17008	-3580	-17.38%	+1
14	阿蘇くまもと空港	熊本駅前	19513	129	阿蘇くまもと空港	熊本駅前	9176	-10337	-52.97%	-115
15	桜町バスターミナル	田迎一里木	19155	13	桜町バスターミナル	田迎一里木	16000	-3155	-16.47%	+2
16	熊本駅前	通町筋	18269	69	熊本駅前	通町筋	11941	-6328	-34.63%	-53

③ 市町村内部のOD

②で除いた市町村内部のODを図4で表す。ここで、kepler.glを利用して、地図上にODのトリップを線で描いた。内部のODフローが見えるため、市町村単位ではなく、バス停間のODを地図上で表現する。各バス停を起点と終点として、起点から終点までのトリップを地図上に線で描いた(図4)。図4を見ると、中央区内部のトリップの密度は他の市町村より大きい。ICカードのデータによって、コロナの影響で、市町村内部のODトリップ数は2019年の725万から581万までに減少したことが分かった。しかし、この減少は図4には見られない。

また、市町村内部のバス停のODトリップ数を表4に示す。表4のバス停は表3と大きく違いがある。まず、熊本駅や、阿蘇くまもと空港などのバス停がない。また、

表4のバス停の平均トリップ数は表3より大きい。表4を見ると、市町村内部のトリップは2年とも通町筋から桜町バスターミナルまでのODトリップ数が最も多い(1位)。次に、味噌天神前から通町筋までのODは最も大きく減少した。また、表4の市町村内部のODはほぼ20%以上減少した。特に、交通局前から通町筋までの減少率は最も高かった。一つ特筆に値するのは、コロナの影響で16位までのODトリップ数はほとんど減少しているが、1位の通町筋から桜町バスターミナルまでのトリップ数は減少せず、0.644%増えた。コロナが無ければ、通町筋から桜町バスターミナルまでのトリップ数はもっと増える可能性があると考えられる。そして、上位16位までのOD(表4)は全部中央区の内部で、そのうち、通町筋に係るODは14個である。

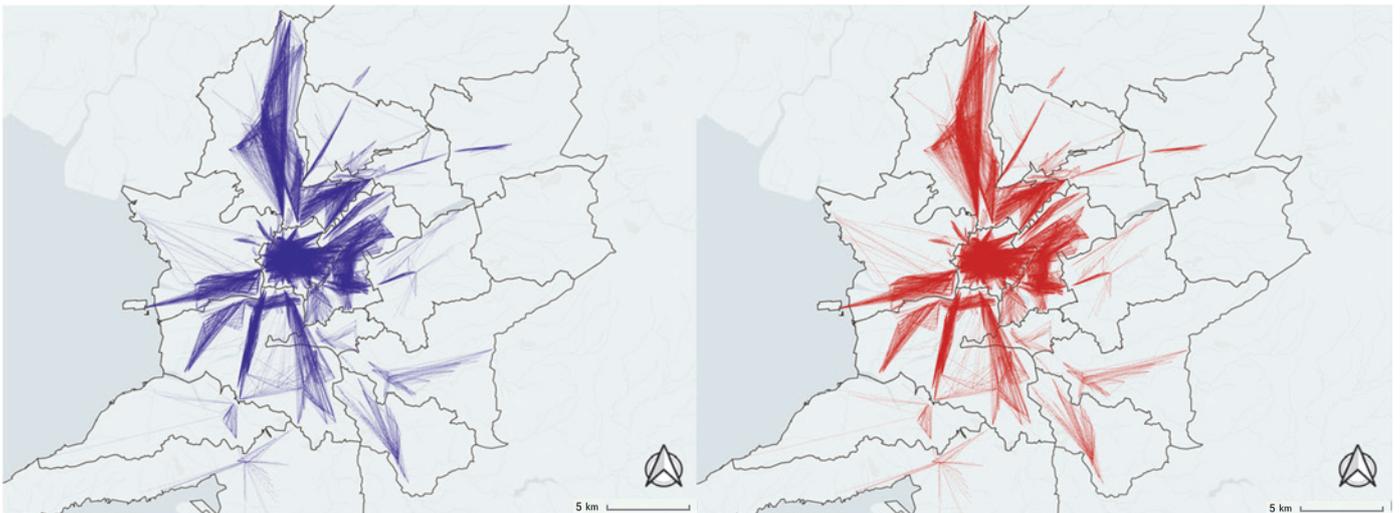


図4 各区内のOD(左:2019年、右:2020年)

表4 各区内の交通ODトリップ数(上位16位)

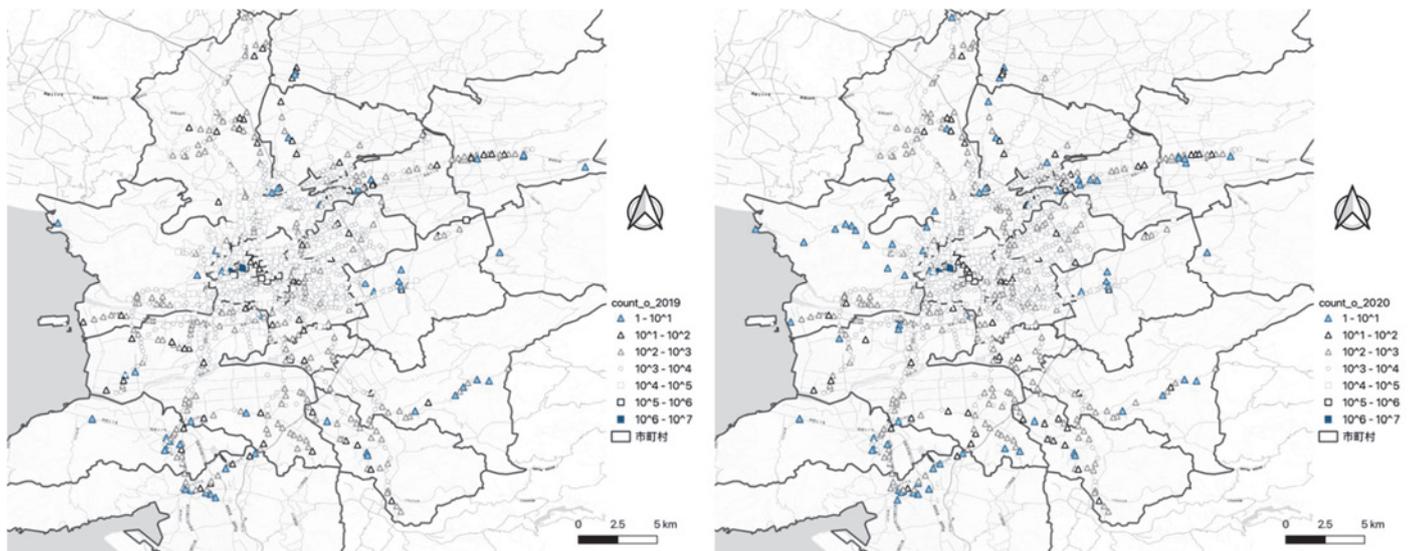
2019年			2020年			調査両年の減少比較				
順位	出発	到着	トリップ数	順位	出発	到着	トリップ数	差	比率	順位
1	通町筋	桜町バスターミナル	76593	1	通町筋	桜町バスターミナル	77086	493	0.644%	-
2	通町筋	水前寺駅通り	52677	2	通町筋	水前寺駅通り	38467	-14210	-26.976%	-
3	味噌天神前	通町筋	52453	3	味噌天神前	通町筋	35971	-16482	-31.422%	-
4	水前寺駅通り	通町筋	45271	8	水前寺駅通り	通町筋	30059	-15212	-33.602%	-4
5	市役所前	京町本丁	43085	7	市役所前	京町本丁	30450	-12635	-29.326%	-2
6	通町筋	水前寺駅前	42457	5	通町筋	水前寺駅前	33413	-9044	-21.302%	+1
7	通町筋	味噌天神前	40640	6	通町筋	味噌天神前	30529	-10111	-24.879%	+1
8	桜町バスターミナル	通町筋	37475	4	桜町バスターミナル	通町筋	33742	-3733	-9.961%	+4
9	浄行寺	通町筋	34571	10	浄行寺	通町筋	25552	-9019	-26.088%	-1
10	交通局前	通町筋	33397	19	交通局前	通町筋	20740	-12657	-37.899%	-9
11	通町筋	北水前寺	32202	11	通町筋	北水前寺	24063	-8139	-25.275%	-
12	京町本丁	市役所前・日本郵政横	32173	9	京町本丁	市役所前・日本郵政横	25993	-6180	-19.209%	+3
13	通町筋	交通局前	31817	16	通町筋	交通局前	21300	-10517	-33.055%	-3
14	北水前寺	通町筋	30895	13	北水前寺	通町筋	22729	-8166	-26.431%	+1
15	国府	通町筋	29454	18	国府	通町筋	20946	-8508	-28.886%	-3
16	水前寺駅前	通町筋	28432	12	水前寺駅前	通町筋	22957	-5475	-19.256%	+4

3.1.2 乗降車バス停の変動

① 乗車バス停

乗車バス停の分布は図5で表している。左図は2019年の出発トリップ数を表し、右図は2020年の出発トリップ数である。ここでQGISを利用し、バス停の年間出発トリップ総量による、バス停(点)を違う形と色で表している。2019年の乗車バス停の数量は1,203ヶ所あり、2020年は1,202ヶ所となっている。図5を見ると、トリップ数が多い乗車バス停は中央区に集中していることがわかる。集計結果を見ると、2020年の出発トリップ数が104以下のバス停が増加したが、104以上のバス停が減少した

ことが分かった。また、乗車バス停のトリップ数により、上位15位までのバス停を表5に示す。表5から見ると、通町筋の出発トリップ数の減少が最も大きいことがわかる。約570,000のトリップが無くなった。表5の減少率はほとんど30%以下ですが、阿蘇くまもと空港の減少率は50%を超えた。この結果も3.1.1の結果と繋がっている。そして、上位15位までバス停はコロナの影響を大きく受け、トリップ数は2019年より減少した。しかし、桜町バスターミナルの減少率は最も小さく、-3.86%であった。桜町バスターミナルの順位も2019年の2位から2020年の1位まで上がった。



出発トリップ数		1-10	10-10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	合計
バス停数	2019年	50	73	234	516	311	17	2	1203
	2020年	77	72	258	524	257	12	2	1202

図5 バス停の出発トリップ数(左:2019年、右:2020年、下:集計結果)

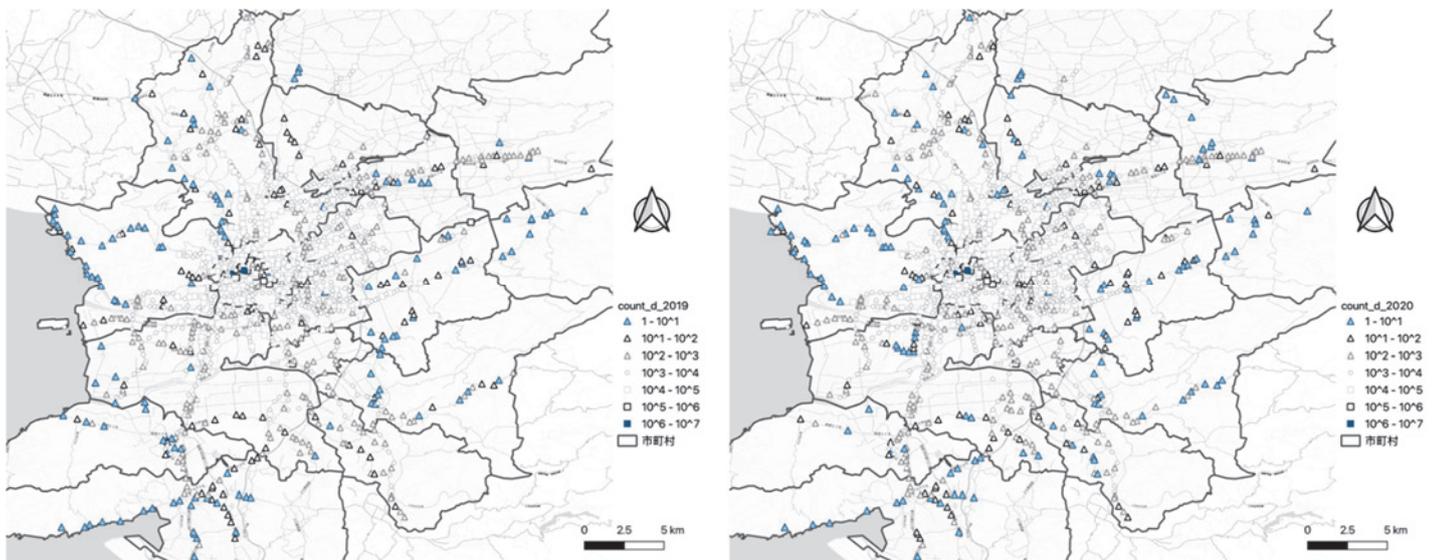
表5 バス停の出発トリップ数（上位15位）

2019年			2020年			調査両年の減少比較		
順位	出発	トリップ数	順位	出発	トリップ数	差	比率	順位
1	通町筋	1946978	2	通町筋	1376492	-570486	-29.301%	-1
2	桜町バスターミナル	1834341	1	桜町バスターミナル	1763528	-70813	-3.860%	+1
3	市役所前	829803	3	市役所前	627483	-202320	-24.382%	-
4	水道町	568736	4	水道町	447172	-121564	-21.374%	-
5	熊本駅前	463785	5	熊本駅前	339474	-124311	-26.804%	-
6	水前寺駅通り	247338	6	水前寺駅通り	195043	-52295	-21.143%	-
7	交通局前	225785	7	交通局前	169849	-55936	-24.774%	-
8	子飼橋	182585	8	子飼橋	131756	-50829	-27.839%	-
9	味噌天神前	175939	9	味噌天神前	130797	-45142	-25.658%	-
10	藤崎宮前	164477	10	藤崎宮前	126660	-37817	-22.992%	-
11	阿蘇くまもと空港	158536	19	阿蘇くまもと空港	77263	-81273	-51.265%	-8
12	京町本丁	145401	11	京町本丁	122446	-22955	-15.787%	+1
13	水前寺駅前	135489	12	水前寺駅前	109153	-26336	-19.438%	+1
14	浄行寺	135176	13	浄行寺	107573	-27603	-20.420%	+1
15	大江渡鹿	124903	15	大江渡鹿	97653	-27250	-21.817%	-

② 降車バス停

降車バス停の分布を図6に示している。図の作り方は図5と同様である。2019年の降車バス停の数量は1,332ヶ所あり、2020年は1,309ヶ所となっており、乗車バス停より多い。また、コロナの影響で、降車バス停は22ヶ所減少し、乗車バス停より大きい。それは、必要がない外出が減少したことに起因すると考えられる。図6を見ると、トリップ数が多い降車バス停も中央区に集中している。集計結果を見ると、2019年と2020年は、到着トリップ数が $10^2$ から $10^5$ までに集中していることが分かった。特に、トリップ数は $10^3$ から $10^4$ までのバス停数が最も大

きい。また、トリップ数により上位15位までの降車バス停を表6に示す。表6を見ると、市役所前の到着トリップ数の減少が最も大きく、約270,000のトリップが無くなった。減少の比率から見れば、阿蘇くまもと空港の減少率が最も高く、-57.011%である。水前寺駅前の減少率も-49.601%と大きく減少している。また、①とは違い、通町筋の到着トリップ数の減少率が最も低くなっている。街中に来る人への影響は比較的に小さいことが分かった。そして、表5と表6を比較すると、通町筋、桜町バスターミナル、市役所前などの出発と到着トリップ数の差が大きい。



到着トリップ数		1-10	$10-10^2$	$10^2-10^3$	$10^3-10^4$	$10^4-10^5$	$10^5-10^7$	$10^6-10^7$	合計
バス停数	2019年	127	110	248	514	314	17	2	1332
	2020年	130	105	261	532	266	13	2	1309

図6 バス停の到着トリップ数（左：2019年、右：2020年、下：集計結果）

表6 バス停の到着トリップ数(上位15位)

2019年			2020年			調査両年の減少比較		
順位	出発	トリップ数	順位	出発	トリップ数	差	比率	順位
1	通町筋	1871543	2	通町筋	1763528	-108015	-5.771%	-1
2	桜町バスターミナル	1592436	1	桜町バスターミナル	1376492	-215944	-13.561%	+1
3	水道町	740748	3	水道町	627483	-113265	-15.291%	-
4	市役所前	721748	4	市役所前	447172	-274576	-38.043%	-
5	熊本駅前	461820	5	熊本駅前	339474	-122346	-26.492%	-
6	市役所前・日本郵政横	261751	6	市役所前・日本郵政横	195043	-66708	-25.485%	-
7	水前寺駅通り	226702	7	水前寺駅通り	169849	-56853	-25.078%	-
8	交通局前	214946	8	交通局前	131756	-83190	-38.703%	-
9	新市街	211981	9	新市街	130797	-81184	-38.298%	-
10	京町本丁	172496	10	京町本丁	126660	-45836	-26.572%	-
11	子飼橋	170781	12	子飼橋	122446	-48335	-28.302%	-1
12	阿蘇くまもと空港	169935	22	阿蘇くまもと空港	73053	-96882	-57.011%	-10
13	水前寺駅前	153303	11	水前寺駅前	77263	-76040	-49.601%	+2
14	藤崎宮前	149223	13	藤崎宮前	109153	-40070	-26.852%	+1
15	味噌天神前	143301	15	味噌天神前	97653	-45648	-31.855%	-

### 3.2 時系列の変動

3.1はICカード利用の地理的変動を確認したが、時系列の変動の検証を行う。2019年と2020年の一定期間において、バス利用状況が時間的にどう変化したかの解明を試み、トリップ数とICカード利用についての変動を明らかにする。

#### 3.1.1 トリップ数の変動

ICカードデータによる2019年の年間総トリップ数は約1,900万である。2020年の年間総トリップ数は前年より約400万減の約1,500万となっている。図7は2019年の日別トリップ数の推移とカレンダーヒートマップである。推移グラフの横軸は日付、縦軸はトリップ数で、通常の日ごとの傾向を示している。カレンダーヒートマップは、繰り返される個別の活動を視覚化する場合に便利である。このグラフでは、色の違いで月、週または日ごとのバス利用者数を視覚的に表示する。カレンダーヒートマップの色が濃いほど、トリップ数が高くなる。推移のグラフとカレンダーヒートマップより、2019年のトリップ数は土日が平日より大幅に少なくなっている。また、平日のうち、金曜日のトリップ数が最も高くなっており、ゴールデンウィークとお盆休みのトリップ数は平日より少ない結果であった。そのことから、路線バスは主に通勤通学に利用されていることが分かる。そして、6月30日は豪雨の影響で、トリップ数が通常の休日より更に少なくなっている。8月6日は平日だが、台風の影響でトリップ数は普段より少なくなっていた。路線バスの利用は天気の影響が大きいことが分かる。最後に、9月14日は桜町熊本の開業初日で、県内のバスが無料で利用できたため、ICカードの利用記録は存在しない。

図8は2020年の日別トリップ数の推移とカレンダーヒートマップである。図8の推移のグラフとカレンダーヒートマップより、2020年も前年と同じく、休日と台風などの影響を受けている日のトリップ数が大幅に少ない。また、2019年のバス利用は起伏しているが、平日は平坦で、大体6万から7万で維持している。一方、コロナの影響で、2020年のトリップ数は、平日でも3万から6万と激しく起伏している。2019年と2020年の推移グラフを比較すると、コロナの影響で、2020年バスの利用状況が大きく変わったことが分かる。

以上のことにより、2020年バス利用状況の変化が解明された。コロナの影響による2020年のバス利用の具体的な変化を捉えるため、次は前年同日比からその変化を捉える。前年同日比の計算方法は以下の通りである。

$$\text{前年同日比} = \frac{2020 \text{ 年利用者数 (日別)}}{2019 \text{ 年利用者数 (日別)}} \times 100\%$$

2020年のトリップ数の前年同日比と感染人数(全国)を図9に示す。コロナに関する記事やニュースなどの情報も示されている。曜日による需要の変動があるので、前年同日というのは日付ではなく、同曜日のことである(2019年は1月7日(月)から、2020年は1月6日(月)から)。図9を見ると、コロナに関する記事やニュースなどがバス利用に大きく影響を与えていると考えられる。2月21日に熊本県での初感染が確認されてから、トリップ数の前年同日比が減少した。また、学校への休校要請(2020/2/28)や東京五輪延期の発表(2020/3/24)などのあとも、前年同日比が減少した。そして、4月から5月の緊急事態期間中は、前

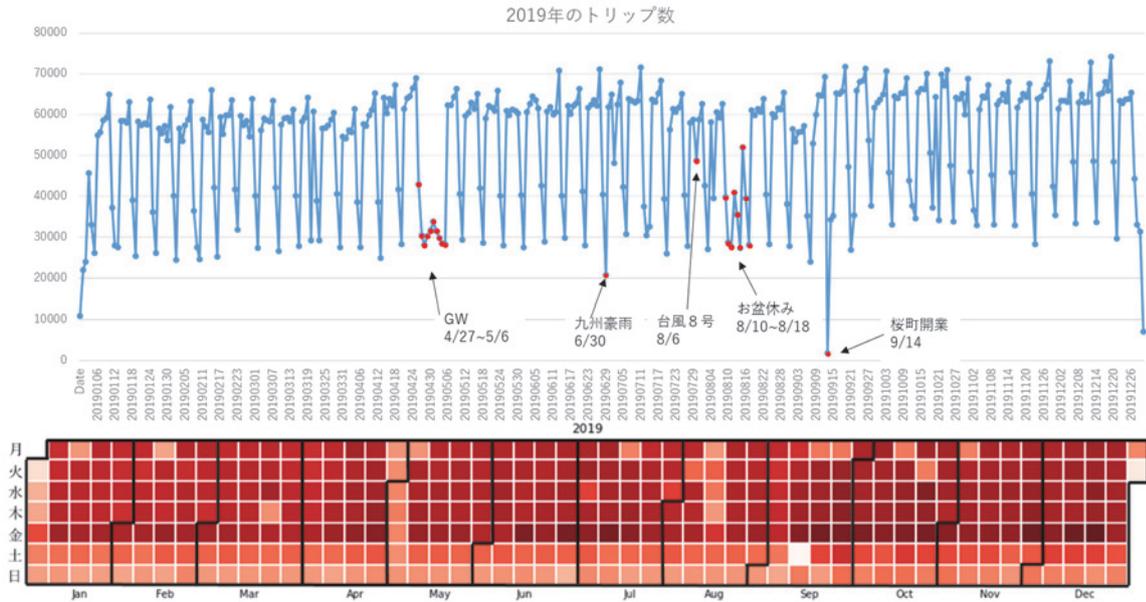


図7 2019年の日別トリップ数の推移とカレンダーヒートマップ

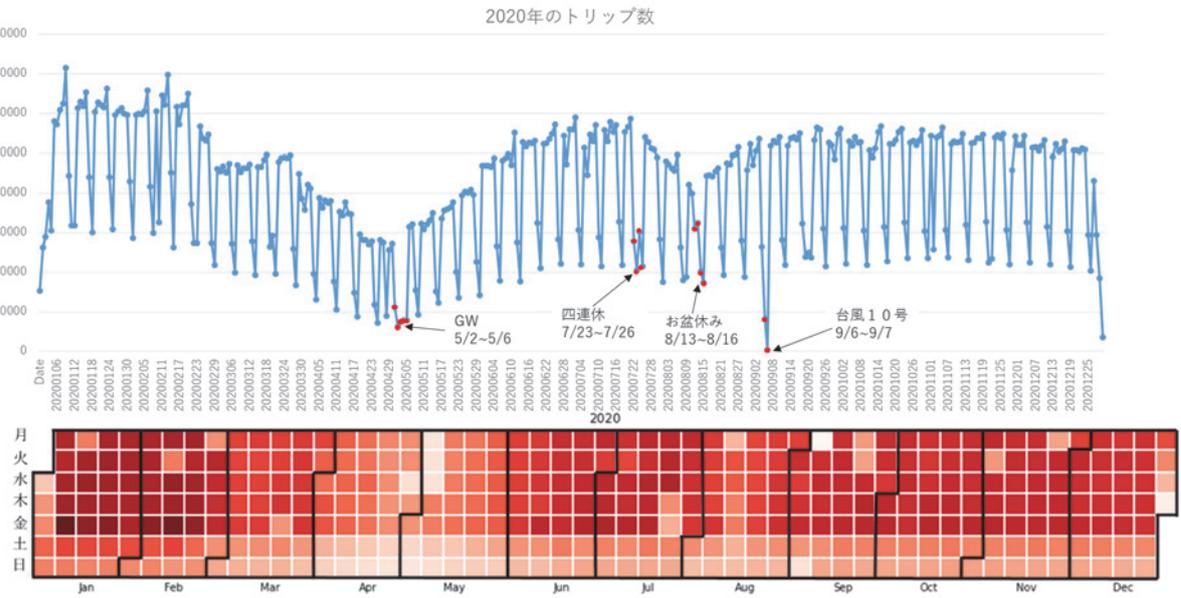


図8 2020年の日別トリップ数の推移とカレンダーヒートマップ



図9 日別トリップ数の前年比

年同日比が20%までに落ち込むなど、大きな影響が発生した。コロナに関する記事やニュースなどはバス利用と負の関係があると推測することができる。

感染人数から見ると、第一波、第二波と第三波が来た時、前年同日比が落ち込んだが、トリップ数の減少幅は次第に少なくなってきており、影響が段々少なくなっていったことが明らかとなった。9月から12月は「コロナ前」の80%くらいまで戻っているが、第一波がもたらした人々の不安が「コロナ慣れ」で段々減ってきたためだと考えられる。

### 3.1.2 ICカード利用の変動

ここでは、ICカード利用の変動特性を検討していく。まずは1日1枚あたりのトリップ数（1日のICカード利用回数の平均値）を捉える。このトリップ数の計算方法は以下の通りである。

$$\text{1日1枚あたりのトリップ数} = \frac{\text{1日中の総トリップ数}}{\text{1日中利用されたICカード数}}$$

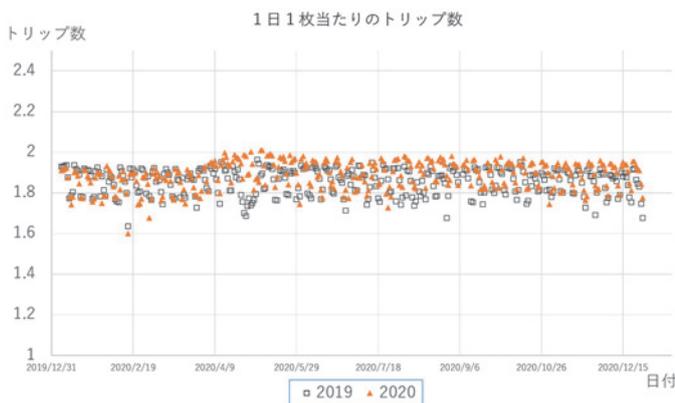


図10 1日1枚あたりのトリップ数

図10を見ると、2020年の点はほぼ2019年の点の上に分布しており、2020年の1日1枚あたりのトリップ数は2019年より高い結果となっていることが予想される。これを検証するため、1日1枚あたりのトリップ数の差を計算した。差を計算するとき、同日付ではなく、同曜日のことである。トリップ数の差の計算方法は下の計算式の通りである。

$$\text{トリップ数の差} = \text{1日1枚あたりのトリップ数}_{2019} - \text{1日1枚あたりのトリップ数}_{2020}$$

結果を図11に表している。横軸の上は2019年より高く、横軸の下は2019年より低い結果である。図11を見ると、2020年の1日ICカード利用回数の平均値は2019年より高い日数が多いことが分かる。また、図11右の階級別平均値の構成から見ると、2020年の平均値が1.9~2の日数が増

えていた。これはすなわち、2020年の総トリップ数は減少しているものの、各ICカードの1日の利用頻度は高くなっていることになる。理由としては、コロナによりもともと利用頻度の低いカードが使われなくなる一方、利用頻度が高いカードが使われ続けるので、2020年にICカードの利用頻度が上がると考えられる。特に2019年の県外からの利用者や、利用回数が少ない利用者はコロナの影響でバスを利用しなくなると考えられる。

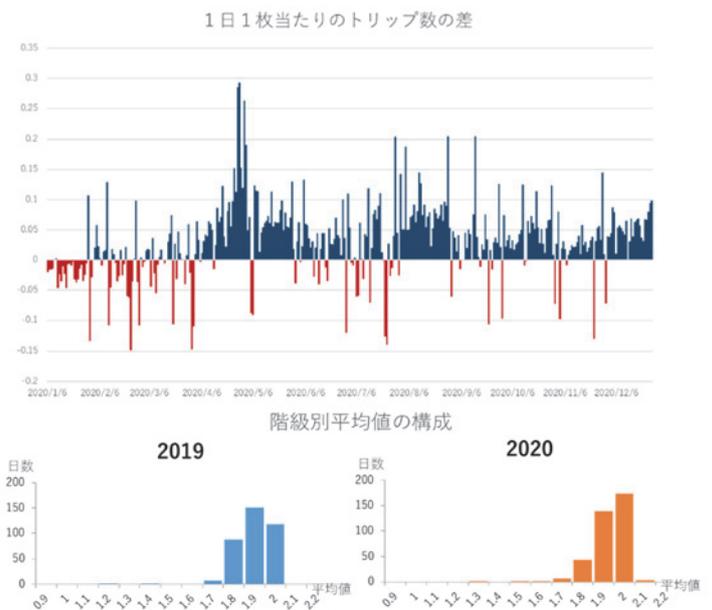


図11 1日1枚あたりのトリップ数の差と構成

## 4. 研究成果と今後の課題

本研究はICカードデータを利用し、2019年と2020年の2年間において、バス利用の空間と時間の変動を明らかにした。ODの変動から、コロナの影響は、バス停の位置によって変わることが分かった。通町筋や、阿蘇くまもと空港などのバス停に關係するODは大きな影響を受けた。しかし、熊本駅前から尚綱校前までのODはコロナの影響が比較的小さかった。また、乗降車バス停の変動から、全体的に見ると、降車バス停は乗車バス停より大きな影響を受けたことが明らかになった。個別的に見ると、通町筋は例外で、乗車トリップ数の減少率は大きく減少したが、降車トリップ数の減少率が小さかった。そして、コロナの影響で、街中のバス停（通町筋、市役所前など）や、熊本駅前、阿蘇くまもと空港等のトリップ数は大きく減少した。

次に、ICカードデータの時間の分析から、コロナの影響を明らかにした。コロナの影響により、バスの利用者は大きく減少し、2020年2月以降前年を下回る状態が続いてい

る。しかし、2020 年 12 月には、トリップ数が 80%程度に回復していた。また、平日と休日のトリップ数には大きな違いがあることが分かった。平日のうちでは、金曜日のトリップ数が最も高く、豪雨や台風などの天気はトリップ数に影響を与えることも明らかになった。更に、コロナに関する記事やニュースなどがバス利用に大きな影響を与えていることが解明された。特に、緊急事態宣言は大きな影響を及ぼした。しかしながら、第一波がもたらした不安が「コロナ慣れ」で段々弱くなり、第二波と第三波が来た時、トリップ数は落ち込んだが、減少の幅が第一波より小さくなっていた。また、2020 年のトリップ数は減少しているが、各 IC カードの 1 日の利用頻度は高くなっていった。

課題として、使われなくなった IC カードの利用者とバス利用を続ける利用者の特性が明らかでない、今後は個人属性のデータと結び付けて、研究を進める必要があると考えられる。また、IC カードは路線バスだけではなく、電車でも利用されているので、今後は電車と組み合わせて分析を進めていく必要があると考えられる。そして、本研究の限界として、上記の結果は IC カード利用者限定し、現金乗車の利用者状況を考えていない点があげられる。

## 謝辞

本稿では、熊本都市バス株式会社より貴重なデータをご提供いただいた。ここに記して謝意を表します。

### (参考文献・資料)

- (1) グーグル (2020) 「COVID-19: コミュニティ モビリティ レポート」 <https://www.google.com/covid19/mobility/?hl=ja>
- (2) 国土交通省 (2020) 「新型コロナウイルス感染症による関係業界への影響について」 <https://www.mlit.go.jp/common/001391152.pdf>
- (3) 嶋本 寛, 北脇 徹, 宇野 伸宏, 中村 俊之 (2014) IC カード利用履歴データを用いた公共交通需要変動分析, 土木計画学研究・論文集 第 31 巻 (特集)
- (4) 近藤 篤史, 嶋本 寛 (2020) IC カードデータを用いた公共交通の運賃制度と乗客行動の関係性分析, 土木計画学研究・論文集 第 33 巻 (特集)
- (5) 嶋本 寛, 倉内 文孝, Schmöcker Jan-Dirk, 羅 罕助, Hassan Seham (2012) スマートカードデータを用いた公共交通利用者行動分析の可能性
- (6) レスポンス (2016) 熊本の電車・バス、全国相互利用 IC カードに対応,

<https://response.jp/article/2016/02/04/269142.html>

(7) 熊本日日新聞 (2020) くまもんの IC カード、25 万枚を突破

<https://nordot.app/615368269365494881?c=92619697908483575>