

路線バス事業者における 交通系ICカードデータの利用意向と 路線バスの利用変動分析

角野 惇¹・猪井 博登²・山室 良徳³・田中 徳人⁴・舘 秀央⁵・土井 健司⁶

¹正会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: kadono.atsushi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

²正会員 大阪大学大学院助教 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: inoi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 (〒533-0033 大阪府大阪市東淀川区東中島4-11-10)

E-mail: yamamuro_y@cfk.co.jp

⁴非会員 宇陀市役所 (〒633-0292 奈良県宇陀市榛原下井足17-3)

E-mail: n-tanaka@city.uda.lg.jp

⁵非会員 奈良交通株式会社 (〒630-8115 奈良県奈良市大宮町1-1-25)

E-mail: hideo.tachi@narakotsu.co.jp

⁶正会員 大阪大学大学院教授 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

バス事業において適切な計画、適切な運行資源の配置を行うため、詳細なバスの利用実態の把握は重要である。この把握に近年普及が進む非接触型ICカードから得られる利用データを用いることが有効であると考えられる。しかし、ICカードデータの活用事例は多くなく、バス事業者におけるデータの蓄積・活用実態は明らかになっていない。そこで、本研究は路線バス事業者におけるICカードデータの活用促進のためにICカードデータの蓄積と活用との関係性を明らかにすることを目的とした。まず、バス事業者におけるICカードデータの活用状況を調査し、事業者規模やデータ蓄積状況等との関連性を分析した。さらに、ICカードデータを用いて、利用者数分布形状によるバス路線の性質を分類した。この分類によって改善を検討すべき便を絞り込むことができた。

Key Words : Analysis of transport behavior, investigation of consciousness, public transportation planning

1. 序論

(1) 本研究の背景

わが国の路線バス事業は、利用者数の減少等により厳しい経営状況となっている。近年では、利用者数の減少ペースは緩やかになっているものの、少子高齢化および生産年齢人口の減少による通勤・通学等のための定期的な利用者の減少など、路線バス事業の更なる衰退を招く要因は依然として変化していない。しかし、現在でも路線バスは重要な交通手段の一つであり、今後も維持されるべきものであることに変わりはない。

そこで、現在のバスの利用状況を把握した上で、需要に沿ったダイヤや運行頻度といった適切な運行計画を定

めることが必要となる。適切な運行計画の立案のため、バスの利用状況を把握できるデータが必要となる。ここで、バスの利用状況を把握できるデータとしては、系統毎・1便毎・バス停毎のバス利用者数やODデータ、運賃収入等が挙げられるが、本研究ではこれらをバス利用データと呼ぶ。バス利用データを把握することにより、例えば需要の少ない便の運行取りやめや車両小型化を行うことで運行コストを削減し、収支状況を改善させることが可能となる。

バス利用データを取得するためには多くの人手や費用がかかることとされており、特に長期間のデータを取得することは困難であった。しかし、近年では技術発展により、バス利用データを容易に取得する手段が登場している。

その一つが交通系ICカード(以下、ICカード)である。ICカードを導入すると乗降バス停や乗降時刻といった利用明細が1件毎に記録されていき、長期間のデータを蓄積することも可能である。本研究ではこれをICカードの利用明細から得られたバス利用データをICカードデータと呼ぶ。ICカードデータを活用することで、これまで行うことができなかった分析を行うことができる。例えば、ある系統において、バス便を利用者数の分布の特徴によって分類することが考えられる。バス利用者数は、天候や曜日等様々な要因によって日々変動する。しかし、一般的なバス利用データの取得方法である調査員がバスに乗り込み乗降者数を計測する手段では、毎日の計測を行うことは困難である。よって、1年に1日等、限られた日数のデータしか得ることができず、バスの利用者数を適切に把握したものとは言い切れない。そこで、長期間のデータを取得可能なICカードデータを活用し、日々の利用者数の分布形状を把握することができれば、バス便を利用者数の分布の特徴によって分類することができる。そして、利用者数の上限・下限・最頻値の推定が可能となる他、改善を検討すべき便を絞り込むことができる。

わが国では約15年前から現在に至るまで、多くのバス事業者においてICカードの導入が進んでいる。これは、ICカードデータを取得可能な事業者が増加していることを意味している。しかし、実際のデータ蓄積・活用実態は明らかになっておらず、両者の関係性も不明である。さらに、事業者がデータ活用の意志を持っているかも不明である。そこで、バス事業者のICカードデータの活用に関する実態と意向を調査し、現在ICカードデータを活用している事業者の特徴を明らかにすることで、ICカードデータの蓄積と活用の関係性を明らかにすることができると考えられる。また、ICカードデータの蓄積と活用に関係があるのならば、ICカードデータの活用促進を考察でき、適切な運行計画の策定が行われ、バス事業改善に貢献できると考えられる。

(2) 既往研究の整理

a) 交通系ICカードデータおよびその活用意向に関する既往研究

ICカードデータを分析した研究で特に多く行われているのが、ICカードデータを用いた需要の把握に関する研究である。例えば、嶋本ら¹⁾は英国で導入されているICカードの4週間分の乗車履歴データを用いて公共交通(バス・地下鉄)の日々の需要変動を把握している。西内ら²⁾はICカード乗車履歴データを用いて、バスや路面電車における乗り継ぎ利用の実態把握を行い、乗り継ぎ結節点の効率性を評価している。その他、公共交通の需要把握以外を目的とした活用事例もある。例えば、今井ら³⁾は道路整備の効果計測を行うために、ICカードデータのバ

ス乗降時刻を用いて旅行速度を算出している。

また、ICカード導入による効果について扱った研究も行われている。例えば、矢部・中村⁴⁾は路線バスへのICカード導入によって乗降時間に与える影響を検証した。その結果、ICカード導入によってバス停での停車時間が短縮し、定時性が向上することを明らかにしている。宇都宮ら⁵⁾はICカードを導入しているバス事業者へ対してアンケート調査を実施し、ICカード導入による効果(利用者数増加や地域活性化等)について把握している。また、この研究ではICカードデータの活用の有無についても調査されている。しかし、データの蓄積年数等の詳細までは踏み込んでいない。

以上のように、個々の研究あるいは事業者においてICカードデータを活用した事例は増えつつある。鉄道ではICカードデータを用いずに改札機で回収された切符によっても需要の把握を行えるが、バスでは行えないため、ICカードデータは重要なものであると考えられる。しかし、全国のバス事業者におけるICカードデータの蓄積・活用状況については明らかにされていない点も多い。

b) バス利用者数の把握に関する既往研究

ICカードデータを活用したものに限らず、バス利用者数を把握しようとした研究は多く存在している。例えば、竹内ら⁶⁾は名古屋市営バス(111路線)において、ポテンシャル理論に基づいた標準乗車人員モデルを作成した。そして、そのモデルを用いて路線毎の乗車人員を推計し、実績乗車人員と比較することで各路線の集客成果を評価した。また、喜多ら⁷⁾は乗降口に設置されたセンサーから計測したバス停別乗降者数を用いてODパターンを推計し、各ODペアの乗降者数を推計した。谷島⁸⁾はバス乗降口上に設置された赤外線センサーを用いて便別・バス停別乗降者数を計測するシステムを構築し、バス事業改善の実践を行った。

以上のように、バスの利用者数を集計・推計した研究は行われているが、利用者数の分布形状について扱った研究は見当たらない。これは、近年まで長期間のバス利用データを取得することが困難であったことが理由として挙げられる。

(3) 本研究の目的

本研究の目的は、路線バス事業者におけるICカードデータの活用促進のためにICカードデータの蓄積と活用の関係性を明らかにすることとする。この目的を達成するためには、現在ICカードデータを活用している事業者の特徴を明らかにする必要がある。そのために、バス事業者におけるICカードデータの活用状況を調査し、事業者規模やデータ蓄積状況等との関連性を分析する。さらに、ICカードデータの活用促進にあたっては、ICカードデータの蓄積が適切な運行計画の策定に役立つものであるこ

とを示すことが望ましい。そこで、ICカードデータを用いてバス便を利用者数分布の特徴によって分類する。そして、分布形状の推定を行うことで、バス利用者数の変動の把握を試みる。最後に、ICカードデータの蓄積と活用との関係性について述べ、活用促進のために働きかけるべき施策について考察する。

2. バス事業者におけるICカードデータの蓄積・活用状況の把握

(1) ICカードデータの活用状況調査の概要

a) 調査概要

本調査はバス事業者における IC カードデータの蓄積や活用の現状を把握するために行ったアンケート調査である。表 1 に調査の概要を示す。

b) 調査で用いる用語の定義

本調査では、ICカードを発行元によって「ハウスICカード」と「他社ICカード」の二種に分類した。ハウスICカードは自社または自社グループ会社が発行しているカードを指す。他社ICカードは自社または自社グループ会社以外の企業等が発行しているカードを指す。

表 1 ICカードデータの活用状況調査の概要

調査時期	2015年5月より調査票送付
調査対象	ICカードを導入している全国のバス事業者 (調査時点で193事業者)
調査票の配布・回収方法	配布・回収ともに郵送
回答件数・回収率	57件(回収率29.5%) (地域別内訳：北海道東北3件,関東10件,中部7件,近畿17件,中国4件,四国2件,九州沖縄14件)
質問項目	事業者規模(バス車両数) ハウス IC カードの導入有無および導入理由 ICカード導入時期 ICカード導入路線の割合 ICカードデータの蓄積期間 ICカードデータ活用の有無等

(2) ICカードデータの活用状況調査の集計結果

ハウス IC カードを導入している事業者は約 40%であった。そして、ハウス IC カード導入事業者の過半数が他社 IC カードも導入している(図 1)。また、約 4 分の 3 の事業者が、IC カードをほぼ全ての路線で利用できるという回答であった。逆に、一部のエリアや路線のみで利用できるといった限定的な導入をしている事業者は少数であった(図 2)。IC カードデータ蓄積期間については、ハウス・他社 IC カードのいずれにおいても、IC カード導入時からの全てのデータが蓄積されているという回答が最も多かった。一方、一定期間のデータを蓄積している事業者も多くおり、その期間にはばらつきが見られる。また、他社 IC カードにおいては、蓄積期間が「わからない」と回答した事業者が全体の 30%程度を占めている(図 3)。

IC カードデータの活用有無について尋ねた結果は、ハウス IC カードにおいてはデータを活用したことが

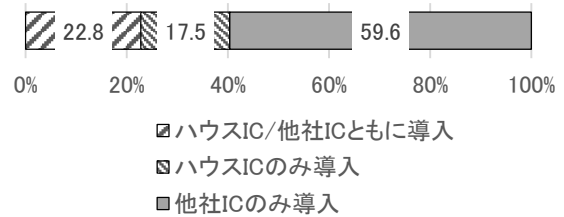


図 1 ハウス IC カードの導入有無(n=57)

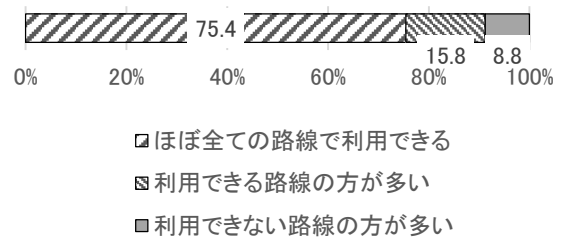


図 2 ICカードを導入している路線の割合(n=57)

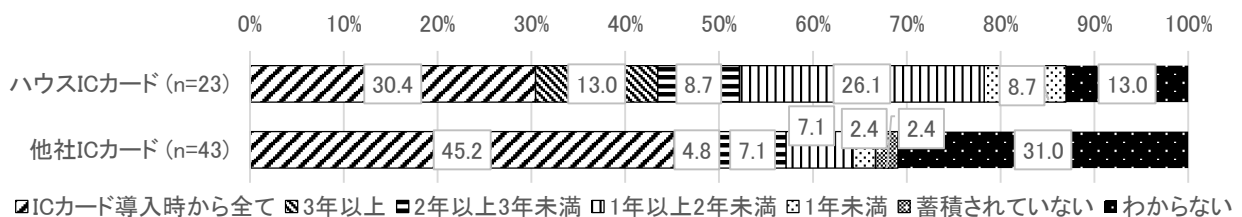


図 3 ICカードデータの蓄積期間

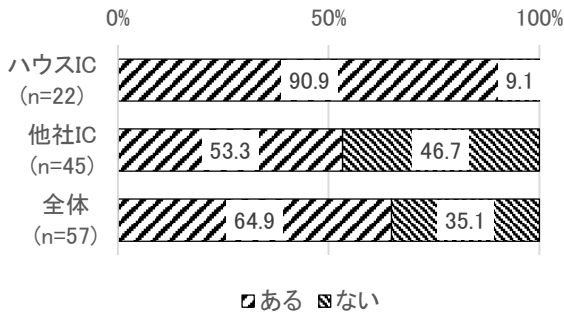


図 4 IC カードデータの活用有無

「ある」という回答が大半であり、他社 IC カードの場合を大きく上回った。回答事業者全体では、約 65%が活用した経験があるという回答であった(図 4)。

3. ICカードデータを分析等へ活用している事業者の特性分析

(1) 分析方法

本章では、2.において行ったICカードデータの活用状況調査の結果を用いて、ICカードデータを分析等へ活用している事業者の特徴を明らかにする。また、本章の分析手法としてロジスティック回帰分析を採用する。

(2) 変数の設定

本章の分析において設定した目的変数および説明変数について述べる。目的変数は「IC カードデータを活用しているか」とする。IC カードデータを活用している事業者が「1」、活用していない事業者が「0」とした。なお、「IC カードデータを活用して集計や分析を行ったことがあるか」という設問においてハウス・他社 IC カードのいずれかに対して「ある」と回答した事業者を「IC カードデータを活用している事業者」とする。

また、説明変数として以下の A~G.を設定する。

A. バス車両数(台)・B. 事業者の本社所在地(北海道・東北・関東・中部・近畿・中国・四国・九州沖縄)・C. ハウス IC カードを導入しているか(導入:1, 未導入:0)・D. IC カード導入からの経過年数(年)・E. 乗降バス停データは取得可能か(可:1, 不可:0)・F. 全線で IC カードを利用可能か(可:1, 不可:0)・G. IC カードデータ蓄積年数(年)

(3) 分析結果

説明変数 A~G.を用いて、ロジスティック回帰分析をステップワイズ法によって行い、適切な変数を選択した。選択された変数を表 2 に示す。なお、この分析に対して尤度比検定を行ったところ、有意水準 1%で帰無仮説が棄却され、有意なモデルであると判断された。

表 2 ロジスティック回帰分析結果

	偏回帰係数	標準化偏回帰係数	p 値
(切片)	-1.522	0.982	0.026*
F. 全線で IC カード利用可能	1.325	0.575	0.085.
C. ハウス IC カード導入	1.536	0.760	0.052.
G. IC カードデータ蓄積年数	0.267	1.067	0.036*

※ * $p \leq 0.05$. $p \leq 0.1$ n=57

(4) 考察

表 2 によると、選択された説明変数のうち有意水準 5%で有意となるものは「G. IC カードデータ蓄積年数」のみであった。しかし、本分析ではサンプル数が 57 と少ないため、有意水準 10%で有意となっている「F. 全線で IC カードを利用可能か」、「C. ハウス IC カードを導入しているか」も説明変数として採用することとした。また、三つの説明変数の偏回帰係数は全て正であった。すなわち、全線で IC カードを利用可能な事業者、ハウス IC カードを導入している事業者、IC カードデータ蓄積年数が長い事業者が IC カードデータを活用していると言え、係数の正負はいずれも妥当であると考えられる。そして、この結果は「IC カードデータの取得範囲が広い事業者」が IC カードデータを活用していると解釈できる。

ただし、現在 IC カードデータを活用している事業者が「IC カードデータを活用するためにデータの取得範囲を拡大した」のか、「IC カードデータの取得範囲を拡大したからデータを活用している」のかは不明である。

表 3 「データ活用有無」・「ハウス IC 導入理由『データ活用したかった』」のクロス集計

		IC カードデータ活用	
		している	していない
ハウス IC カード導入理由「データ活用したかった」	はい	12	0
	いいえ	8	3

表 4 ロジスティック回帰分析結果 (ハウス IC 導入理由に「データ活用したかった」を挙げた事業者を除いた分析)

	偏回帰係数	標準化偏回帰係数	p 値
(切片)	-1.704	0.329	0.022*
F. 全線で IC カード利用可能	1.797	0.824	0.025*
G. IC カードデータ蓄積年数	0.254	0.937	0.045*

※ * $p \leq 0.05$ n=45

すなわち、「IC カードデータの取得範囲拡大」と「IC カードデータの活用」の因果関係についてはまだ断定することはできない。そこで、「IC カードデータの活用有無」と、「ハウス IC カード導入理由『乗車履歴等のデータを収集し、活用したかった』」の 2 項目でクロス集計を行った。その結果を表 3 に示す。

表 3 によると、ハウス IC カード導入事業者のうち、ハウス IC カードの導入理由としてデータ活用を挙げた事業者は約半数である。これらの事業者は全て実際に IC カードデータを活用している。しかし、「データ活用をハウス IC カード導入理由としていないが、IC カードデータを活用している」事業者も多い。これは、ハウス IC カードの導入により事業者の手元にデータが蓄積されることとなり、データが活用されたものと考えられる。

ここで、アンケート回答事業者のうちハウス IC カード導入理由に「乗車履歴等のデータを収集し、活用したかった」を挙げた事業者を除いた上で、初めと同様の目的変数・説明変数を設定し、再びロジスティック回帰分析を行った。その結果を表 4 に示す。このモデルについても尤度比検定を行ったところ、有意水準 1% で帰無仮説が棄却され、有意なモデルであると判断された。初めの分析と比較すると、「F 全線 IC カードを利用可能か」が説明変数として残らなかったが、他 2 つの説明変数は一致した。また、偏回帰係数の正負も同様である。以上のことから、ハウス IC カード導入の際にデータの活用を考えていなかった事業者においても、データ取得範囲を広げることで IC カードデータの活用が進む可能性があると言える。

4. IC カードデータを用いた利用者数の分布形状の推定

(1) 分析方法

本章では、長期間の IC カードデータを用いて、バス利用者数の分布形状を 1 便毎に推定する。そのために、正規分布と対数正規分布に対するカイ 2 乗適合度検定を 1 便毎に行い、これらの分布へ従うとみなせるか否かを検証する。具体的には、あるバス便の利用者数 i を確率変数と捉えたカイ 2 乗適合度検定により、 i が平均 μ および標準偏差 σ の正規分布に従うか否かを検定する (μ , σ は IC カードデータから算出する)。カイ 2 乗適合度検定は、理論的に求められる値(理論値)と観測値との間の差異について検定するものである。帰無仮説は「理論値と観測値の間に差異はない」であるため、帰無仮説が棄却された際には理論値と観測値の間に差異があると言える。よって、本検定における帰無仮説は「利用者数は正

規分布(対数正規分布)に従う」であり、帰無仮説が棄却された場合は「利用者数は正規分布(対数正規分布)に従わない」となる。一方、帰無仮説が棄却されなかった場合は「利用者数は正規分布(対数正規分布)に従わないとは言えない」こととなり、正規分布(対数正規分布)へ従うとみなすことができると言える。以下に、この検定の流れを示す。

まず、5 ヶ月間(2014 年 10 月 1 日～2015 年 2 月 28 日)の IC カードデータを用いて、後述する対象路線のある便における利用者数を 1 日毎に集計する。この集計結果から利用者数が i 人であった日数を算出し、これを観測度数 O_i とする。また、 μ, σ を用いて、正規分布(対数正規分布)に従う際の期待度数 E_i を算出する。ただし、正規分布(対数正規分布)が連続分布であるのに対し、利用者数は 0 以上の整数値のみをとる離散分布であるため、半整数補正を行う。 E_i は式(2)により求められる。

$$E_i = \int_{i-0.5}^{i+0.5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (2)$$

また、 E_i が 5 未満となる確率変数については項目統合を行う。

次に、 O_i, E_i を用いてカイ 2 乗値 χ^2 を算出する。カイ 2 乗値は観測度数と期待度数の食い違いの度合いを表すもので、値が小さいほど仮定した分布に適合していると言える。 χ^2 は式(3)により求められる。

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3)$$

そして、自由度 N が(項目数) - 1 のカイ 2 乗分布における有意水準 5% の限界値を算出し、 χ^2 と比較する。 χ^2 が限界値より大きい際に帰無仮説は棄却され、小さい際に帰無仮説が採択される。

(2) ケーススタディの概要

本章では、奈良県宇陀市⁹⁾を運行する奈良交通の榛原東吉野線・古市場線(以下、対象路線)の IC カードデータを用いて分析を行う。榛原東吉野線は榛原駅から宇陀市内南部の菟田野を経由し、市境を越えて東吉野村役場へ至る路線(全長 18.4km)である。古市場線は榛原駅から菟田野までの路線(全長 9.4km)であり、全ての区間が榛原東吉野線と重複している。対象路線の一日あたりの運行本数は平日ダイヤの際 16.5 往復(内 6.5 往復が榛原東吉野線)、土休日ダイヤでは 14.5 往復(全て古市場線)となっており、榛原駅から菟田野までの区間は概ね 1 時間に 1 往復運行されている。

(3) 分析結果

対象路線のバス便のうち「利用者数は正規分布に従う」という帰無仮説が棄却されなかった、すなわち正規分布に従っているとみなすことができる便は 62 便中 42 便で

あった。また、「利用者数は対数正規分布に従う」という帰無仮説が棄却されなかった、すなわち対数正規分布に従っているとみなすことができる便は 62 便中 54 便であった。以下では、正規分布(対数正規分布)の検定において帰無仮説が棄却されなかった便を「正規分布(対数正規分布)に従う便」、正規分布・対数正規分布のいずれの検定においても帰無仮説が棄却されなかった便を「いずれにも従う便」、正規分布・対数正規分布のいずれの検定においても帰無仮説が棄却された便を「いずれにも従わない便」と表記する。

(4) 考察

カイ 2 乗適合度検定結果を時間帯・方向別に集計したものが表 5 である。表 5 によると、正規分布・対数正規分布のいずれにも従わない便は 62 便中 3 便のみであった。すなわち、大半の便において正規分布・対数正規分布のいずれかに従うとみなすことができると言える。

また、午前の下り便と午後の上り便においては、正規分布に従う便に比べて対数正規分布に従う便が多かった。これは、対象路線では午前には郊外から駅(市中心部)へ向かう利用が多く、午後は駅(市中心部)から郊外へ向かう利用が多い。よって、午前の上り便・午後の下り便は一定の利用者数を獲得しており、正規分布への当てはめが可能になったと考えられる。一方、午前の下り便・午後の上り便では利用者数が 0~2 人程度と極端に少なくなる日が多く、最頻値が平均値より小さくなっており、正規分布よりも対数正規分布への当てはまりが良くなったと考えられる。

図 5 は各便の平均および標準偏差をプロットした散布図である。図 5 によると、標準偏差が 2 を上回る場合や平均が 3 人を下回る場合において対数正規分布に従う便が多いことが読み取れる。したがって、本章の検定によって、便を分布形状の特徴によって分類することができる。例えば、対数正規分布に従う便は平均が小さい場合でも標準偏差が大きい傾向にあるため、観測される利用者数の幅が広い。そこで、利用者数が少ない日・多い日の特徴を探り、運行日を絞り込む等の施策をとることで、収支の改善を図ることが可能となる。

5. 結論

本研究では、路線バス事業者における IC カードデータの活用促進のために IC カードデータの蓄積と活用の関係性を明らかにするため、まず 2. にてわが国のバス事業者における IC カードデータの蓄積や活用の現状を述べ、3. にて現在 IC カードデータを活用している事業者の特徴を明らかにしようとした。そのためにロジスティッ

表 5 カイ 2 乗適合度検定結果の時間帯方向別集計(便数)

	午前		午後		計
	下り	上り	下り	上り	
正規分布に従う便	0	2	3	0	5
対数正規分布に従う便	7	2	2	6	17
いずれにも従う便	3	10	16	8	37
いずれにも従わない便	1	1	0	1	3

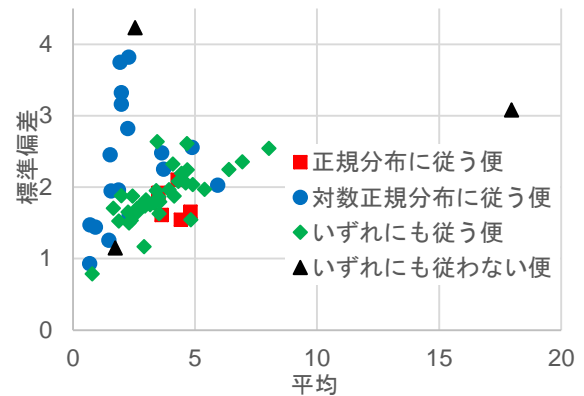


図 5 各便の平均・標準偏差の分布

ク回帰分析を行った結果、「全線で IC カードを利用可能である」・「ハウス IC カードを導入している」・「IC カードデータ蓄積年数が長い」事業者、すなわち IC カードデータの取得範囲の広い事業者がデータを活用していることがわかった。また、ハウス IC カードの導入理由としてデータ活用を挙げなかった事業者においても、実際にはデータ活用を行っている事業者が多く見られた。これは、ハウス IC カードの導入によってデータを得ることが容易になったため、データの活用ができたものと考えられる。

さらに、4. では IC カードデータを用いた分析の一例として、利用者数分布形状によるバス便の分類を行った。そのために、バス 1 便毎の利用者数分布形状の正規分布および対数正規分布への当てはめについてカイ 2 乗適合度検定を行った。検定結果より、時間帯や方向によって正規分布と対数正規分布を使い分けることで実際の値と理論値の食い違いが小さくなり、当てはまりが良くなることがわかった。また、この検定結果を用いることで、利用者数分布形状の性質によって便を分類し、改善を検討すべき便を抽出できるため、より適切なバス運行計画を策定することが可能になる。そして、このような分析は IC カードを導入し、データを蓄積しなければ行えない分析である。

以上より、IC カードデータの蓄積と活用には関係性があり、現在 IC カードデータを活用していない事業者においても、データの取得範囲を広げることでデータ活用が進む。また、IC カードデータは適切なバス運行計画の策

定に寄与するデータであり、長期のデータを蓄積することが重要である。また、ICカードデータの活用を促進するためには、例えば分析システム等の導入と引き換えに、ICカードデータ取得範囲拡大にかかる費用を補助するといった支援を行政が行うことが望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 嶋本寛・北脇徹・宇野伸宏・中村俊之: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, 土木学会論文集 D3, Vol.70, No.5, pp.I_605~I_610, 2014.
- 2) 西内裕晶・岸悠介・轟朝幸:公共交通系 IC カードデータを用いた包絡分析法による乗り継ぎ結節点評価に関する基礎的研究, 土木学会論文集 D3, Vol.69, No.5, pp.I_725~I_734, 2013.
- 3) 今井龍一・井星雄貴・千葉尚・牧村和彦・濱田俊一:バス IC カードデータを用いた定時性評価による道路整備の効果検証に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, pp.I_1271~I_1278, 2012.
- 4) 矢部努・中村文彦:バス IC カードの導入による効果計
- 5) 宇都宮浄人・藤井憲男・中村正:路線バスの IC カード導入の現状と課題—事業者アンケートによる分析—, 運輸と経済, Vol.69, No.4, pp.55~65, 2009.
- 6) 竹内伝史・山田寿史:都市バスにおける公共補助の論理とその判定指標としての路線ポテンシャル, 土木学会論文集, No.425, p183~192, 1991.
- 7) 喜多秀行・月岡修一:路線バスの乗降者データに基づく路線バスの利用者 OD パターン推計とその評価, 土木計画学研究・論文集, No.22, p145~152, 2005.
- 8) 谷島賢:可視化と PDCA3 年モデルを用いた乗合バス事業改善の実証的研究, 埼玉大学大学院博士論文, 2013.
- 9) 宇陀市:宇陀市ホームページ 宇陀市について, <http://www.city.uda.nara.jp/kouhoujouhou/shisei/gaiyou/shoukai/about.html> (2016/01/18 アクセス), 2015.

(2016.4.22.受付)

UTILIZATION STUDY OF BUS AND BUS COMPANY MOTIVATION FOR APPLYING USAGE DATA FROM CONTACTLESS SMART CARD DATA

Atsushi KADONO, Hiroto INOI, Yoshinori YAMAMURO, Norihito TANAKA,
Hideo TACHI, Kenji DOI