

路線バスを対象としたエリア内定額 乗り放題料金制度の導入可能性の検討

村井 藤紀¹・塩見 康博²

¹学生会員 立命館大学大学院 理工学研究科 環境都市専攻 (〒525-8577滋賀県草津市野路東1-1-1)
E-mail:rd0048vi@ed.ritsumei.ac.jp

²正会員 立命館大学 環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)
E-mail: shiomi@fc.ritsumei.ac.jp

近年の情報通信技術の発達によって、交通サービスを取り巻く状況は大きく変化しつつある中、交通サービスの利便性や、効率性の向上のため、既存の交通サービスと新しい交通サービスをまとめて提供することを目指す概念として、Mobility as a Service (略称 MaaS) が注目されている。MaaS において公共交通は、決められたエリア内定額で乗り放題とするような料金制度が採用されることが多く、公共交通を利用しやすい環境が整えられている。

本研究では、このエリア内定額乗り放題料金制度に着目し、ケーススタディとして、立命館大学びわこ・くさつキャンパスに所属する学生を対象に、近江鉄道バスを対象としたエリア内定額乗り放題料金制度を提案し、採算性における導入可能性を検討した。検討の結果、提案した料金制度には、想定した昨年度のバス会社の売上げ以上の売上げが見込まれることが明らかとなった。

Key Words: MaaS, public transportation, bus, fare system, case study

1. はじめに

近年の情報通信技術の発達によって、交通サービスを取り巻く状況は大きく変化しつつある。情報通信技術を利用することで、公共交通など、既存の交通サービスの利便性向上や、乗り合いタクシーやオンデマンド型バス、カーシェアリングといった新しい交通サービスの実現が可能となった。公共交通においては、GPS を用いたリアルタイムでの運行情報の把握や利用者への提供、スマートフォンアプリケーションを通じた乗り換え情報提供や経路案内サービスの普及、交通系 IC カードの利用履歴データを分析し、利用者の行動を把握することによる、運行ダイヤの改善など、より利便性の高い交通サービスを追求し、実現することが可能である。

このように公共交通の利便性を高めることは、より多くの利用者にとって、公共交通が最適な移動手段となる得ることに加え、公共交通を利用した行動の増加や、利用者満足度の向上に繋がると考えられる。一方で、交通サービスの利便性や、効率性の向上のため、既存の交通サービスと新しい交通サービスをまとめて提供することを目指す概念として、Mobility as a Service (略称 MaaS) が注目されている。この MaaS は、今までは個々に行っていた交通サービスを一体的に管理し、提供することで、

様々な交通サービスを組み合わせ、利用することが容易となり、自家用車を保有し、運転することの代替となる得るサービスを目指す概念である。

2016 年からフィンランドのヘルシンキでは、MaaS Global 社による MaaS の概念を取り入れたサービス「Whim」が開始されており、フィンランド以外の国や都市でも、導入へ向けた検討が行われている¹⁾。MaaS の特徴として、定額制の料金制度をとることや、設定されたエリア内の公共交通を乗り放題とすることが挙げられる。本研究ではこのような公共交通を、エリア内、定額で乗り放題とするような料金制度、つまりエリア内定額乗り放題料金制度に着目する。こういった料金制度には、公共交通の利便性の向上や利用促進、また利用者の周遊性の向上や負担の削減などの効果が期待されるが、実際に導入された場合、利用者はどのような利用意向を示すのか、また、公共交通を利用した行動にどのような影響を与えるのか、導入可能性がある料金制度なのか、など十分な知見が得られているとはいえない。

そこで本研究では、ケーススタディとして、立命館大学びわこ・くさつキャンパスに所属する学生及び、近江鉄道バスを対象としたエリア内定額乗り放題料金制度の導入可能性を検討することを目的とする。新しく料金制度としてエリア内定額乗り放題料金制度を設定し、その

料金制度に対する利用意向、支払意思額を問うアンケートを実施する。そしてアンケート結果を用い売り上げ推定モデルを作成し、新料金制度導入時のバス会社の売り上げを推定する。売り上げを維持、増加できる場合を導入可能性があるとし、採算性からみたエリア内定額乗り放題料金制度の導入可能性を検討する。

本稿の構成は以下のとおりである。第 1 章では本研究の背景と目的を述べた。第 2 章では、対象地域の概要、現行料金制度における立命館大学 BKC の学生のバス利用行動特性、第 3 章では、新しく提案する料金制度の概要、実施アンケート概要、アンケート基礎集計結果、第 4 章では、売り上げ推定モデルの概要、推定結果、第 5 章では、本稿のまとめを述べる。

2. 研究対象地域概要

(1) 対象地域の概要

本研究の対象地域を滋賀県草津市、南草津地域とする。この地域では、立命館大学びわこ・くさつキャンパス（以降「BKC」）があり、立命館大学が開学以降人口が増加していることから、学生が継続して集まる地域であるといえる²⁾。立命館大学 BKC の立地概要を図-1 に示す。立命館大学 BKC へアクセスするには、JR 瀬田駅、JR 南草津駅、JR 草津駅の 3 駅のいずれかから、近江鉄道バス³⁾が運行するバスを利用する、もしくは、最寄り駅である JR 南草津駅から徒歩や自転車など利用する方



図-1 立命館大学 BKC 立地概要

法がある。多くの学生は、最寄り駅である南草津駅と立命館大学 BKC 間の距離が 3 km を越えることから、JR 南草津駅からバスの利用を選択し、通学している。

この地域に対して、草津市は大学や学生の存在がまちの賑わいの源泉になること、また学生に対しては、草津を「第二のふるさと」として愛着を持ってもらうといったことを期待している。一方で、現状では、日中の学生の活動がキャンパス内で完結していることや、南草津のまちを知らないまま学生生活を終えているといったことを課題として認識している⁴⁾。本研究対象地域は、大学のある都市としての優位性を活かしてきれていないことが懸念されている。

(2) 現行料金制度における立命館大学学生のバス利用行動

a) 現行料金制度

現在、対象地域において、利用者が選択可能な料金制度として、通常の料金制度に加え、近江鉄道バス IC カード料金制度がある。近江鉄道バスが発行する近江鉄道バス IC カードは積み増し時に 42% のプレミアム率サービスがあり、1,000 円の積み増しで 1,420 円利用可能となる料金制度である。また、近江鉄道バス IC カードは、立命館大学 BKC の関係者だけではなく、地域の住民や、会社員などの多くの日常的にバスを利用する者が利用している。この近江鉄道バス IC カード利用履歴データを集計、分析することで対象地域内のバス利用行動を把握することができる。

近江鉄道バス IC カード利用履歴データを分析し、立命館大学学生のバス利用行動を把握することで、先で述べたような地域の課題をバス利用行動を通して調査する。

b) 近江鉄道バス IC カードデータ概要

近江鉄道バス IC カードは、平成 15 年 4 月に導入された IC カードであり、JR 瀬田駅、JR 南草津駅、JR 草津駅で発着する近江鉄道バスの大津営業所が管轄する路線で利用可能である。カードは無記名式であり、取得できるデータは、利用日、カード固有 ID、利用バス路線、乗車停留所、降車停留所、降車時間などである。本研究で用いる近江鉄道バス IC カードデータは、平成 28 年 4 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日より 305 日間(6 月、11 月欠損)を対象とし、対象地域を IC カードが利用可能な区間である JR 南草津駅、JR 草津駅、JR 瀬田駅と立命館大学 BKC を結ぶバス路線を中心とした地域とし分析を行う。

c) バス利用行動の分析

西内ら⁵⁾が、IC カードデータから取得した公共交通利用履歴を用いた利用行動把握のため定義した、時間的・空間的トリップパターン依存度を近江鉄道バス IC カード利用者に適用することで、IC カード利用者がどの程度活発にバスを利用し行動することが出来ているのか判

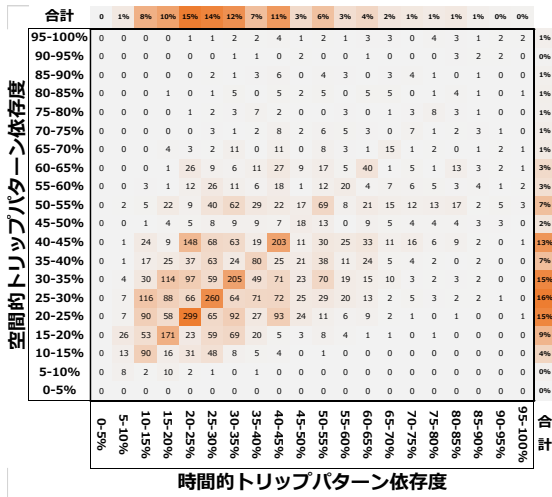


図-2 8月時間的空間的トリップパターン依存度

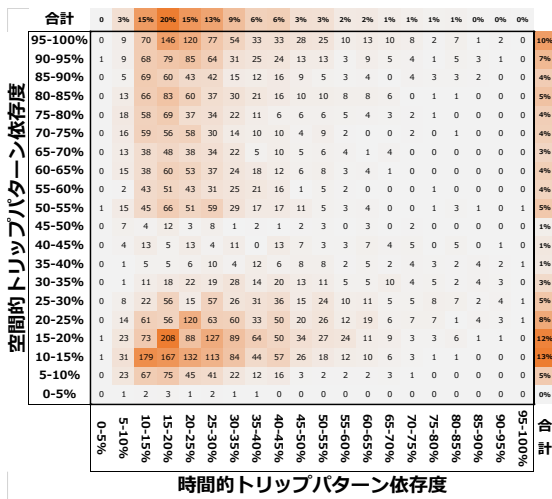


図-3 10月時間的空間的トリップパターン依存度

断する。

西内らの研究では、ある 1 日において出現した DESUCA データ利用履歴の中の時刻 (1 時間単位) の組合せを時間的トリップパターンとし、期間中の、その出現割合時間的トリップパターンと定義した。また、同様にある利用者がデータ取得期間中に、最も多く利用したある 1 日のバス/電停の組合せの出現割合を空間的トリップパターン依存度として定義した。

時間的・空間的トリップパターン依存度が高いということは、日常的に同じ利用時間・同じ乗降バス停パターンでバスを利用していると解釈でき、このような利用者は活発にバスを利用していない、つまり通学や帰宅といった目的でのバス利用が多いと判断できる。一方、時間的・空間的トリップパターン依存度が低いということは、様々な行動パターンを持つこととなり、このような利用者は活発にバスを利用し、様々な目的を持ったバス利用

をしていると判断することが出来る。

本研究では、対象とする期間を学生のバス利用が減る学校休校期間である 8 月と、多くの学生がバスを利用する学校開校期間である 10 月の二つを設け、それぞれ時間的・空間的トリップパターン依存度を求め、比較することで、立命館大学学生の利用特性を調査する。本研究対象に時間的・空間的トリップパターン依存度の分布を 5% 間隔で集計し、示した図を 8 月について図-2 に、10 月について図-3 に示す。時間的トリップパターン依存度の分布は、8 月と 10 月で大きな差は確認できないが、空間的トリップパターン依存度の分布は、明らかに傾向が異なることがわかる。8 月の結果から、高い空間的トリップパターン依存度に該当する ID は少なく、50% 以下に多くの ID が分布している。一方、10 月の結果からは、高い空間的トリップパターン依存度に該当する ID が多く、50% 以上に多くの ID が分布しており、8 月と比べ、依存度が高い値をとる ID が顕著に増加していることがわかる。

よって、立命館大学学生の利用特性として、空間的トリップパターン依存度が高い、つまり、日常的に利用するバス停が限られており、固定的なバス利用をしていることが挙げられる。以上の IC カード利用履歴データの分析結果から、バス利用行動を通じた対象地域の懸念される課題を確認することができた。

3. 新料金制度の提案

(1) 新しく提案する料金制度の概要

研究対象地域において、立命館大学学生のバス利用行動は固定的であり、さらに大学のある都市の優位性を活かしてきれていないことが懸念されることが明らかとなった。そこで、本研究では、立命館大学 BKC に所属する学生を対象とした年間エリア内定額乗り放題料金制度 (以降「新料金制度」) を提案し、その導入可能性の検討を行う。立命館大学 BKC と JR 南草津駅、JR 草津駅、JR 瀬田駅の 3 駅を結ぶ路線を中心としたエリアを設定し、その乗り放題対象となる路線図を図-4 に示す。

(2) アンケート概要

提案した新料金制度の採算性を評価する為、立命館大学 BKC に所属する学生を対象とした新料金制度に対する利用意向及び、最大支払意志額を問うアンケートを行った。設問内容の概要を表-1 に示す。最大支払意志額の設問形式について、回答時のバイアス有無を把握する為、選択回答に自由回答を加えた 2 パターン設けた。本アンケートでは、まず回答者の現在のバス利用状況について設問し、次に回答者は現在の利用状況を踏まえたうえ

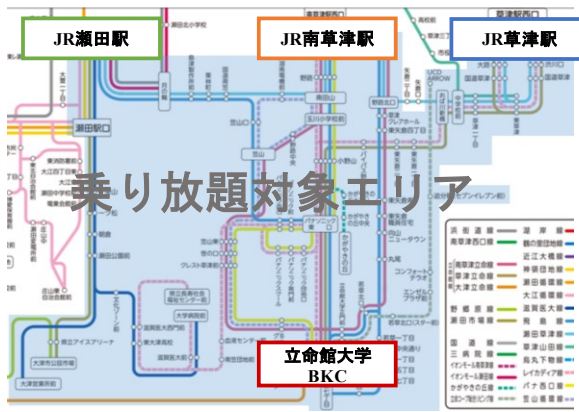


図4 乗り放題対象エリアバス路線図

表-1 アンケート設問内容

設問内容	
現在の対象地域内でのバス利用状況	現在のバス利用頻度
	昨年度のバス利用金額の合計
	通学以外の目的を持ったバス利用頻度
SP設問	新料金制度の利用意向
	新料金制度に対する最大支払意思額
	新料金制度利用時の行動変容
個人属性	所属学部
	回生
	バイト・部活・サークルなどの活動の有無
	年齢
	バスの料金負担者
	下宿をしているか

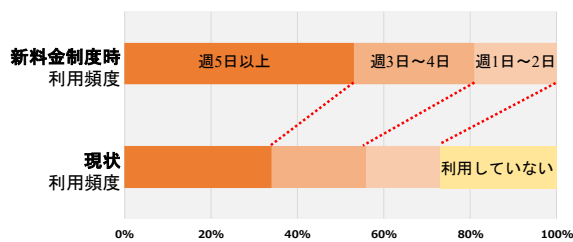


図-5 新料金制度導入時の利用頻度の変化

で、新しい料金制度が導入された場合の利用意向について回答してもらった。

また、本アンケートは、2017年12月28日より SNS や、メール、キャンパス内で配布し WEB 上で回答を得た。集計の結果、SNS・メールでのアンケートでは 80 の回答を、BKC 内でのアンケートでは配布数 300 に対し 78 (回収率 26%) の回答を得た。

(3) アンケート基礎集計結果

集計の結果、64%の回答者が新料金制度の利用に賛成する利用意向を示した。また、この利用賛成者の現状のバス利用頻度と新料金制度時のバス利用頻度を比較した

結果を図-5 に示す。現状ではバスを利用していない回答者が新料金制度を利用する意向を示したこと、また新料金制度時、高頻度のバス利用意向を示した回答者が多数いることがわかり、新料金制度時、バス利用頻度が増加することが示唆される回答結果になった。

また、最大支払意思額の回答結果から、平均の最大支払意思額は、設問形式が選択回答の場合 65,250 円、自由回答の場合 69,271 円となり、大きな差がない回答結果となった。したがって、本研究では、設問方式の違いによるバイアスは無いと判断し、本アンケートの回答結果の分析を行う。

4. 採算性から見た導入可能性の検討

(1) 売り上げ推定モデルの概要

アンケートの回答結果を用い新料金制度導入時の売り上げ推定モデルを 2 段階のモデル (利用選択モデルと料金選択モデル) の 2 項ロジットモデルによって構築した。1 段階目の利用選択モデルでは、全学生を対象とし、新料金制度に対する利用者の賛成確率の推定を行い、利用賛成者数を推定する。さらに利用賛成者を、個人属性を用いてセグメント化する。2 段階目の料金選択モデルでは、セグメントごとに、新料金制度の料金設定に対する利用確率を推定し、新料金制度導入時のバス会社の売り上げ期待値を推定し、昨年度の学生が利用した金額と比較することで、新料金制度の採算性を評価する。

(2) 利用選択モデル・料金選択モデルの構築

a) 利用選択モデル

利用選択モデルでは、アンケートの新料金制度に対する利用意向の設問の回答結果を用い、立命館大学 BKC に所属する学生が新料金制度を利用することに賛成するのか、反対するのか、利用選択モデルを構築し、賛成確率を推定する。そして、この結果を用い、利用賛成者数の推定を行う。全サンプルのうち、モデル構築にあたり必要となる属性データが不明や、必要な質問に未回答であるサンプルを取り除いた 127 サンプルを有効回答とし、新料金制度の提示した料金設定に関わらず、この料金制度を利用しない場合を 0、提示した金額のいずれかで利用する場合を 1 とする二値データとしてロジスティック回帰モデルの構築を行った。

b) 料金選択モデル

料金選択モデルでは、新料金制度の採算性を評価するために、アンケートの新料金制度に対する最大支払意思額の設問の回答結果を用い、料金選択モデルを構築し、新料金制度導入時のバス会社の売り上げ期待値を推定する。ここでは、利用に賛成した回答者 1 人につき、2 万

円から 14 万円まで、5,000 円ごとに計 25 段階の新料金制度の料金を設定した。そこで、賛成者の回答結果を二値データに変換し、(例えば、3 万円を選択した場合、3 万円以下は利用する (=1) , 3 万円以降は利用しない (=0)とする) モデルの構築を行った。

(3) ロジスティック回帰分析

以下に利用選択モデル・料金選択モデルの構築に用いたロジスティック回帰モデル式を示す。

ロジスティック回帰モデル式は k 個目の説明変数 x に関して、以下の式(1)、式(2)が与えられる。

$$\ln\left(\frac{p_{[i]}}{1-p_{[i]}}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_k x_{i,k} \quad \text{式(1)}$$

$$p_{[i]} = \frac{1}{1 + \exp\left(-\left(\sum_{n=1}^K \alpha_n x_{i,k} + \alpha_0\right)\right)} \quad \text{式(2)}$$

ただし、 $p_{[yes]}$ を新しい料金体系に対する賛成確率、または利用確率、 α_0 を定数項、 α_k を説明変数 k におけるロジスティック回帰係数、 x_i を i 番目の説明変数と定義する。

また、学生 i が新料金制度の利用に賛成、または利用を選択した場合を 1、または利用に反対、利用しないを選択した場合を 0 とし、変数 Y_i を以下の式(3)、式(4)のように定義する。

$$Y_i = \begin{cases} 1(\text{利用に賛成, 利用を選択}) & \text{式(3)} \\ 0(\text{利用に反対, 利用しないを選択}) & \text{式(4)} \end{cases}$$

(4) 最尤法によるパラメータの推定

本研究では、ロジスティック回帰モデル構築の際のパラメータの推定は最尤法を用いることとする。各学生の選択が独立に新料金制度の利用に賛成、利用を選択する場合、また利用に反対、利用しないを選択する場合のいずれかをとるとき、パラメータ α_k に対する対数尤度関数 L は以下の式(5)によって表される。

$$L = \log\left(\prod_{i=1}^N p_i^{Y_i} (1-p_i)^{1-Y_i}\right) = \sum_{i=1}^N (Y_i \cdot \log(p_i) + (1-Y_i) \cdot \log(1-p_i)) \quad \text{式(5)}$$

最尤法では、対数尤度が最大になるようにパラメータを決定する。

(5) 推定結果

a) 利用選択モデルによる利用賛成者数の推定

利用選択モデルのパラメータの推定結果を表-2 に示す。立命館大学 BKC に所属する学生数が 12,602 人とする、利用選択モデルを用い、利用に賛成する学生数が 8,718 人であることが推定できる。

b) セグメント化

次に利用賛成者を、個人属性を用いセグメント化する。新料金制度の設定料金に対する感度に差があることに加え、各セグメントに該当するサンプル数が偏らないことを考慮した結果、バス沿線活動者(部活・サークル・バイトをしている者)とバス高頻度利用者(バスを週に 4 日以上利用している者)の二つの属性を用い表-3 に示すように $n1 \sim n4$ の 4 つに新料金制度の利用賛成者をセグメント化した。

表-2 利用選択モデルパラメータ推定結果

説明変数	回帰係数	標準誤差	Z値	p値
定数項	-0.613	0.437	-1.404	
高頻度バス利用ダミー	2.985	0.722	4.137	***
下宿生ダミー	0.985	0.53	1.859	.

N=127, AIC=110.3, 尤度比: 0.173
.p<0.1,*p<0.05,**<0.01,***p<0.001

表-3 セグメント化結果

セグメントNo.	バス沿線活動者	高頻度バス利用者	該当サンプル数
n1	○	○	14
n2	○	×	27
n3	×	○	16
n4	×	×	11

表-4 各セグメントの料金選択モデルパラメータ推定結果

セグメントNo	説明変数	回帰係数	標準誤差	Z値	P値
n1	定数項	6.232	0.638	9.763	***
	提示金額	-0.071	0.007	-10.004	***
N=350, AIC=249.4, 尤度比: 0.485					
n2	定数項	2.763	0.248	11.160	***
	提示金額	-0.038	0.003	-12.560	***
N=675, AIC=353.6, 尤度比: 0.237					
n3	定数項	7.744	0.829	9.341	***
	提示金額	-0.108	0.011	-9.600	***
N=400, AIC=196.9, 尤度比: 0.644					
n4	定数項	3.985	0.614	6.488	***
	提示金額	-0.086	0.012	-7.395	***
N=275, AIC=152.9, 尤度比: 0.498 .p<0.1,*p<0.05,**<0.01,***p<0.001					

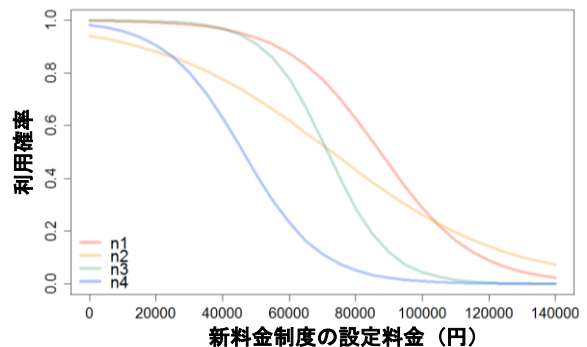


図-6 新料金制度の設定料金と各セグメントの利用確率の関係

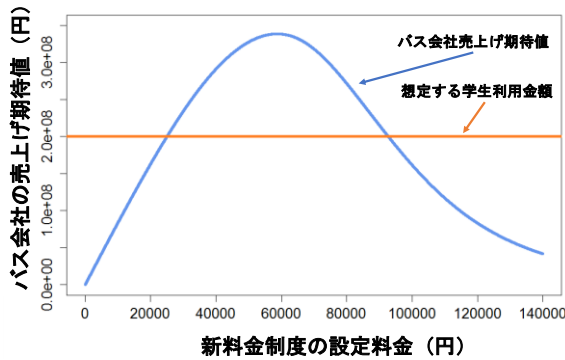


図-7 新料金制度導入時の
バス会社売上げ期待値

c) 料金選択モデルによる各セグメントの新料金制度の利用確率の推定

n1~n4の各セグメントの料金選択モデルのパラメータ推定結果を表-4に示す。この料金選択モデルを用い、新料金制度の料金設定と利用確率の関係を図-6に示す。新料金制度の料金設定が高くなるほど各セグメントの利用確率が下がり、セグメントごとに異なる変化をしていることから、各セグメントが異なる料金感度を持つことがわかる。また各セグメントの利用確率が80%となる設定金額を比較すると、バス沿線活動者、高頻度バス利用者の両方に該当する n1 が最も高い設定金額となり、バス沿線活動者、高頻度バス利用者の両方に該当しない n4 が最も低い設定金額となった。これは、バス沿線で活動する者、高頻度でバスを利用する者ほど新料金制度に対して高い支払意思額を持っていると解釈することができ、妥当な推定結果であると考えられる。

(6) 採算性の評価

新料金制度の設定料金がxの時、バス会社の売上げ期待値S(x)を式(6)に、また、採算性の有無の評価基準を式(7)に示す。

$$S(x) = \left\{ \sum_i \left(n_i \cdot \frac{N_{all}}{N} \cdot s_i(x) \right) \right\} \cdot x \quad \text{式(6)}$$

$$S(x) \geq S' \quad \text{式(7)}$$

ただし、Nは有効サンプル数、 n_i はセグメントiに該当するサンプル数、S'を想定するバス会社の売上とする。

新料金制度の採算性を評価するために、想定するバス会社の売上げ(S')として、ICカードに付与されている学生ダミーをもとに、2017度の学生のバス利用料金の合計金額を推定する。欠損月データは2018年度データを用いることで補完、また現金支払い金額分は、ICカード利用率(82%)より推定し、2017年度学生が利用したバス料金の合計を推定した結果、200,281,431円となった。

そこで、本研究では、想定するバス会社の売上げ(S')を200,281,431円とし、新料金制度の採算性の評価を行う。

式(6)を用い、新料金制度が導入された場合の設定料金と、バス会社の売上げ期待値の関係を図-7示す。これより、新料金制度の設定料金が25,051円から92,649円の時、式(7)を満たし、本研究で提案した新料金制度は採算性のある料金制度であることが示唆される。また、新料金制度の設定料金が58,696円の時、バス会社の売上げ期待値が338,520,186円と最大となることが示された。

5.おわりに

本研究ではエリア内定額乗り放題料金制度に着目し、立命館大学 BKC に所属する学生及び、近江鉄道バスを対象とした年間エリア内定額乗り放題料金制度を提案し、この料金制度に対する利用意向や支払意思額を問うアンケート調査を行った。アンケートの回答結果に基づき、新料金制度導入時のバス会社売上げを推定した結果、新料金制度の導入によって増収が期待できることが示された。そして、新料金制度は採算性においては、導入可能性があることが示唆される。

今後の課題として、新料金制度導入されることによって、利用行動がどのように変容するのかモニターによる交通社会実験を実施するなど、新料金制度がバス利用行動にどのような影響を与えるのか、調査し把握する必要があると考える。

謝辞：本研究を進めるにあたり、近江鉄道(株)にはデータを提供していただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) MaaS GLOBAL : Whim travel by MaaS Global, <https://maas.global/>
- 2) 滋賀県草津市：平成 28 年 3 月草津市人口ビジョン, <https://www.city.kusatsu.shiga.jp/shisei/sei-saku/shikeikaku/sousei/kikaku12016101118173.files/jinko ubijyon.pdf>
- 3) 近江鉄道(バス)・湖国バス：路線図/運賃表 <http://www.ohmitetudo.co.jp/bus/rosen/index.html/>
- 4) 滋賀県草津市：草津市の特性および現状の課題 <https://www.city.kusatsu.shiga.jp/shisei/kenkyu/chousakenkyu/22nendohokoku.files/4fc85901017.pdf>
- 5) 西内裕晶、轟朝幸：交通マーケティング手法検討のための IC カードデータを活用した利用者行動の把握、土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.68, No.2, II_8-II_17, 2012

(2018.?.?受付)

Possibility of in-area ride-free and fixed-rate transit system for local bus

Fujiki MURAI, and Yasuhiro SHIOMI

With the development of information and communication technology in recent years, the circumstances surrounding mobility services are changing drastically. Mobility as a Service (MaaS) attracts attention as a concept aiming to provide existing transportation services and new transportation services collectively for the convenience and efficiency of transportation services. In MaaS, Public transportation is set up a fare system that in-area ride-free and fixed-rates transit system.

In this study, we focused on in-area ride-free and fixed-rate transit system and proposed it for students belonging to Ritsumeikan Biwako Kusatsu campus and Oumi railways bus to examine the possibility of introduction in profitability as a case study.

As a result, it became clear that the proposed fee system is expected to sell more than the assumed sales of the bus company last year.