

京都大学工学部 学生員 ○北脇 徹
 京都大学大学院 正会員 嶋本 寛
 京都大学経営管理大学院 正会員 宇野 伸宏
 京都大学大学院 正会員 中村 俊之

1. はじめに

公共交通事業者は需要の変動に応じた適切なサービス設計を行うことが求められているが、これまでは公共交通利用者の日々の需要の変動を把握することが難しかった。一方、近年では交通系 IC カードの発行枚数が年々増加しており、従来入手困難であった多種多様な交通データの入手が可能になっており、交通行動を分析する手段として注目を集めている。

本研究では、交通需要変動分析における交通系 IC カードの有用性を示すため、英国、ロンドン市内の公共交通機関で利用されている Oyster Card の利用履歴データを用いて利用行動の変動を把握する。その際、きめ細やかな料金形態に対応した多様なカード種別により分類された利用者属性ごとに、利用行動の変動について把握する。加えて、特定の利用者属性に直接的な影響が及ぶと考えられるイベントが、他の利用者属性に及ぼす影響分析の例として、秋休み期間における利用回数の変動について分析する。

2. 分析対象データ概要

本研究では、2011 年 10 月 16 日(日)から 11 月 12 日(土)までの 4 週間 28 日間の約 750 万サンプルの Oyster Card 利用履歴データを用いて分析する。なお、分析対象期間の 2 週目の 10 月 23 日から 30 日は英国の学生の秋休み期間である。以下では、バスと地下鉄利用者に絞り分析をすすめる。

Oyster Card で入手できるデータ項目は、カード ID、利用時間、利用交通機関、料金支払い形態、乗車バス路線等であるが、この中の料金支払い形態の項目を用いて、利用者を以下の 5 つの利用属性に分類した。

- 利用時払いカード：料金をその都度支払う。
- 定期用カード：全交通機関で利用可能な定期券
- BusTram 定期用：バスとトラムで利用可能な定期券
- 無料乗車券：障害者と 65 歳以上対象、全交通機関が無料で利用可能

- 子ども用カード：16 歳以下対象、バスとトラムが
- 無料で利用可能

この 5 つの属性による利用回数、利用者数における構成比を図 1 に示す。利用者数に着目すれば利用時払いカードが占める割合が高いが、利用回数に着目すれば定期用・BusTram 定期用カードが占める割合が高いことわかり、利用属性によって 1 人当たりの利用回数に差があるといえる。また、図 2 に各利用属性における日別の総利用回数を示す。秋休み期間である分析対象期間 2 週目の平日において、子ども用カードで大きな利用回数の減少が見られるが、他の利用属性でも統計的に有意な減少が見られる(5%有意)。これより秋休みによる利用回数の減少は、学生以外の利用者にも影響が及ぶことが窺える。

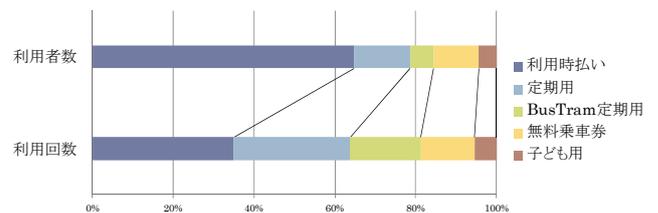


図 1 利用回数・利用者数における利用属性の構成比

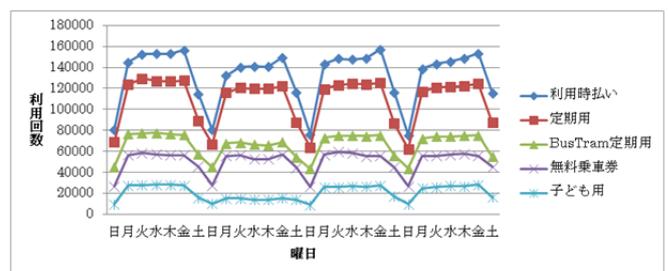


図 2 28 日間(分析対象期間)における日別利用回数

3. 利用属性による個人の利用回数の変動

前章での分析により、カード種別で分類した利用者の属性によって 1 人当たりの利用回数に差が見られることが示唆されたが、本章ではマルチレベルモデル¹⁾を用いて、利用属性による利用回数の変動の違いについて分析する。マルチレベルモデルは、以下に示すように線形回帰モデルにおいて個人、利用属性と階層化したものであるが、級内相関により利用属性により説明できる変動の

割合を算出することができる。

[レベル1：個人による変動]

$$y_{ic} = \alpha_c + \beta_c x_{ic} + \varepsilon_{ic} \quad , \quad \varepsilon_{ic} \sim N(0, \sigma^2)$$

[レベル2：利用属性による変動]

$$\alpha_c = \bar{\alpha} + \delta_c \quad , \quad \delta_c \sim N(0, \rho^2)$$

[級内相関： ω]

$$\omega = \frac{\bar{\rho}^2}{\bar{\rho}^2 + \bar{\sigma}^2}$$

[記号表記]

- i : 個人
- c : 利用属性
- y_{ic} : 利用属性 c , 個人 i の利用回数
- α, β_c : 推定パラメータ
- x_{ic} : 説明変数の値
- $\varepsilon_{ic}, \delta_c$: 誤差項 ($\varepsilon_{ic} \sim N(0, \sigma^2), \delta_c \sim N(0, \rho^2)$)

説明変数がないヌルモデルと、各利用者の土日利用割合、ピーク時 (6:30~9:30, 16:00~19:00) 利用割合を説明変数としたモデルを推定した結果を表1に示す。級内相関はヌルモデルで 0.439 であるが、説明変数を加えても大きく変化していないといえる。したがって、個人の利用回数の変動のうち 4 割以上がカード種別により分類された利用者属性により説明できるが、土日利用割合等の情報により利用回数の変動をさらに詳細に捉えることは難しいといえる。

表1 モデルの推定結果

説明変数	なし (ヌルモデル)	土日利用割合	ピーク時 利用割合
$\bar{\alpha}$	36.826**	38.042**	34.631**
β_c	-	-5.689**	7.322**
ω	0.439	0.439	0.433

** : 5%有意

4. 秋休み期間による利用回数の変動

第2章では秋休み期間において子ども用カード以外の属性においても利用回数の減少が確認されたが、本章では秋休み期間における利用者数の変化を分析するため、各時間帯において秋休み期間以外の平日における利用回数に対する、秋休み期間の平日の利用回数の比率 $N_t^{c,u}/N_t^{c,h}$ ($N_t^{c,h}$, $N_t^{c,u}$ はそれぞれ秋休み, 秋休み以外における属性 c , 時間帯 t の平均利用回数) を算出した。この結果を図3, 4に示す。

図において、比率が1を超えるほど秋休み期間に利用回数が減少していることを示している。子ども用カードにおいては、秋休み期間では、通学時間帯に相当する7時から8時と15時から16時の間に利用回数が大きく減少していることが読み取れる。さらに、利用時払い、

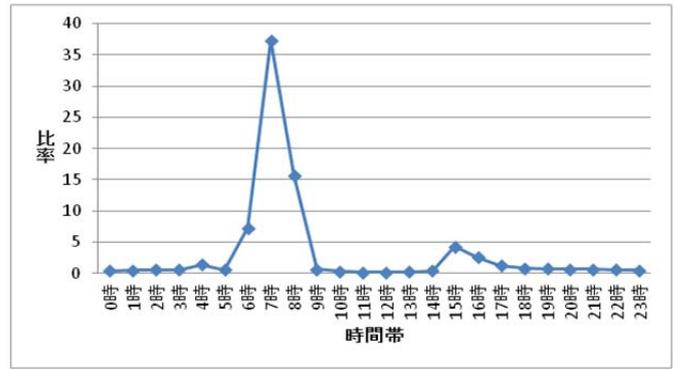


図3 秋休みに対する秋休み以外の利用回数の比率 (平日、子ども用カード)

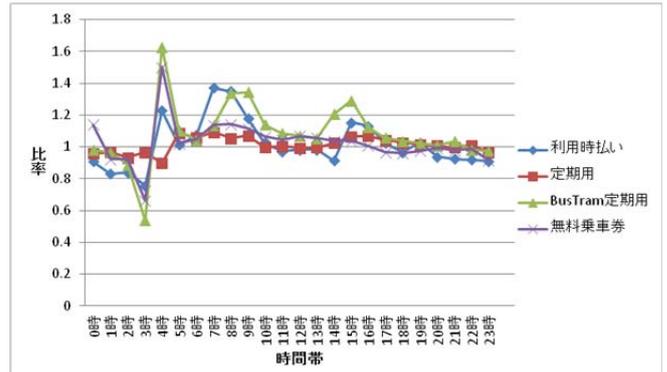


図4 秋休みに対する秋休み以外の利用回数の比率 (平日、子ども用カード以外)

BusTram カード利用者においても通勤時間に相当する7時から9時の間の利用者が減少しており、秋休み期間において通勤客も減少する可能性があることを示唆しているといえる。

5. おわりに

本研究では、英国、ロンドンの公共交通 IC カードデータを用いて、公共交通利用者を料金支払い形態により5つの属性に分類し、地下鉄、バスの利用回数の変動を分析した。その結果、個人の利用回数の変動の4割以上を利用属性により説明できるが、土日利用割合等の情報により利用回数の変動をさらに詳細に捉えるのが難しいことがわかった。さらには、特定の利用者属性に直接的な影響が及ぶと考えられるイベントが、他の利用者属性に及ぼす影響分析の例として、学生の秋休み期間に着目した分析を行った。その結果、秋休み期間による利用回数については、直接影響を受けると考えられる子ども用カード利用者の朝のピーク時間帯が大きく減少しているが、同時に他の利用者属性の朝ピーク時の利用回数も減少していることが確認された。今後の課題として、空間に着目した分析を行う必要があるといえる。

【参考文献】

- 1) Ita Kreft et. al. : 基礎から学ぶマルチレベルモデル-入り組んだ文脈から新たな理論を創出するための統計手法, ナカニシヤ出版 (小野寺孝義ら翻訳)