

抽選型報奨金制度導入による鉄道利用者の 時差通勤の有効性

川崎 智也¹・轟 朝幸²・小林 聡一³

¹正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1-744)

E-mail: kawasaki.tomoya@nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1-744)

E-mail: todoroki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

³学生会員 日本大学大学院理工学研究科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1-744)

E-mail: cssol2010@g.nihon-u.ac.jp

多くの都市鉄道では、朝ラッシュ時に定常的な混雑が発生している。混雑緩和に対する一つの解決策として、時差通勤の協力者に対して抽選で賞金が当たる抽選型報奨金制度がある。本研究では、オーダーロジットモデルを用いて抽選型報奨金制度を導入した場合の鉄道利用者行動モデルを構築した。なお、比較を目的として時差通勤協力者全員に賞金を与える定額型報奨金制度を導入した場合のモデルも構築した。構築したモデルを用いて感度分析を行ったところ、当選金額と当選確率から成る当選期待値を一定にして、当選金額と当選確率を変化させたところ、当選金額 16.2 万円（当選確率 1.24%）までは参加確率は減少し、その後当選金額が上昇するにつれて増加することがわかった。また、構築したモデルを用いて混雑率試算を行った。その結果、当選確率は低くても当選金額が大きい場合に、抽選型制度での時差通勤参加可能性が高いことが分かった。また当選金額が 80 万円以上（当選確率 0.25%以下）になると、定額型制度よりも時差通勤参加可能性が高くなることが示唆された。

Key Words : *lottery incentive, urban railway, off-peak commuting, ordered-logit model, congestion reducing*

1. はじめに

東京圏では、朝タラッシュ時の鉄道混雑が慢性化しており、乗客は身体的・精神的ストレスを受けている。鉄道事業者にとっては、混雑を原因とした遅延が問題となっており、様々な鉄道混雑対策が実施されている。例えば、新線開業や複々線化、設備改良による列車の増発など、ハード面での混雑緩和施策が講じられている。しかし、ハード面での対策では大規模投資が必要であり、実施まで比較的長い時間が必要となる欠点がある。また、ラッシュ時間帯の利用者数に合わせて駅施設を整備すると、1 日の大半を占める非混雑時間帯ではオーバースペックとなる。以上より、今後の混雑緩和施策として、ハード面でのインフラ整備に加え、比較的短期間かつ簡易に実施可能なソフト面での混雑緩和対策が必要であると考えられる。また、混雑時間帯に乗車する乗客を非混雑時間帯に促し、時間帯別の乗客数を平準化することも必要であると考えられる。

ソフト面での鉄道混雑施策は多くはないが実施されている。東京地下鉄株式会社（以下東京メトロ）東西線で

は、2006 年より毎年 12～2 月の三ヶ月間に、「東西線早起キャンペーン」を実施している。当キャンペーンでは期間が限定されていたこともあり、混雑緩和に対して大きな成果が上がっていない。東京メトロへのインタビュー調査によると、2012 年度の早起キャンペーン参加者は施策実施前から非混雑時間帯を利用していた乗客を含めて約 1.1 万人であり、混雑緩和には至っていないのが実情である。

シンガポールでは、MRT（大量高速輸送機関）と LRT（軽量軌道交通）において、2012 年 4 月よりインセンティブ制度を利用した混雑緩和制度を導入している。この制度は、時差通勤にをするとゲームに参加でき、勝敗によって報奨金 1～100 シンガポールドル（約 65～6,500 円）を獲得できるものである。このようなインセンティブ制度を導入したところ、報奨金が一定な施策と比較して参加者が増加したとの報告がある。これは、予め決められた少額の報奨金よりも、より高額な報奨金を得る可能性がある方がオフピーク時の利用が増加するものであると考えられている。シンガポールで実施されている取得金額が変動する時差通勤制度は、日本では

2013 年度から一部の鉄道会社で実施されているものの、具体的な効果は明らかになっていない。

そこで本研究では、シンガポールで実施されている時差通勤制度を応用し、時差通勤参加者を対象に、抽選で賞金が当たる抽選型報奨金制度の導入を仮定し、オーダードロジットモデル（OLM）を用いて鉄道利用者行動分析を行い、抽選型報奨金制度導入による鉄道利用者の時差通勤の有効性を検討する。本研究では、時差通勤施策を 2006 年度から毎年実施している東京メトロ東西線を対象にする。

本論文の構成は以下の通りである。2 章では既存研究をレビューし、本研究の位置付けを述べる。3 章では、本研究が対象とする東京メトロ東西線で実施されている時差通勤推進施策とシンガポールで実施されている抽選型報奨金制度による時差通勤施策にの概要について述べる。その上で、本研究が導入を想定する抽選型報奨金制度の仮定などについて説明する。4 章では、モデル構築のためのアンケート調査概要について述べ、アンケート調査より得られたデータを用いて基礎集計を行う。5 章では、抽選型報奨金制度が導入された際の乗客行動をモデル化し、その結果について考察する。6 章では、5 章で特定したモデルを用いて当選金額と当選確率の設定を変化させることにより時差通勤施策への参加可能性を検討する。7 章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

本研究で導入を仮定する抽選型報奨金制度や時差通勤関連のインセンティブ施策に関連する既存研究について整理し、本研究の位置づけを明確にする。

岩倉ら¹⁾は東京圏の都市鉄道を対象に時間別利用者需要予測モデルを構築し、時間帯別料金制度の導入の影響を分析した。時間帯別料金制度の導入は利用者の始業時刻選択の自由度が高いほど時差通勤に効果的であることが分かった。また、フレックスタイム制度や時差出勤制度が広く社会に普及すれば、時差通勤施策を効果的に実施することができると述べている。混雑緩和を目的として線路容量に近い運行状況下で運行本数を追加すると、列車速度が低下し、利用者の効用を一層低下させる可能性があることも明らかにしている。

植原ら²⁾は通勤者へのインセンティブ付与によるオフピーク通勤促進可能性を検討した。具体的には、乗車ポイント、アクセス費用割引、専用ラウンジ、車内混雑緩和（着席保証など）の四つのインセンティブに対する通勤時刻の転換意向を尋ねる SP 調査を東急電鉄田園都市線利用者に実施した。分析の結果、乗車ポイントの付与がアンケート対象者の約 40%と、通勤時刻の転換意

向が最も高いことがわかった。

佐藤³⁾は名古屋都市圏で実施された交通エコポイントの付与による公共交通利用促進策について、行動モデルを用いて分析した。交通エコポイントの付与方法の一つとして、抽選型報奨金制度による導入可能性について、OLM を用いて分析している。分析の結果、交通エコポイントのように、公共心に訴える施策の還元方式として抽選のようなギャンブル性のある施策は望ましくないと考えられることから、環境意識の高い利用者ほど、抽選型報奨金制度に対して強い忌避感が生じることがわかった。

以上のように、インセンティブ付与により鉄道の時差通勤を促す試みに関する研究はいくつか存在する。また、抽選型報奨金制度により交通エコポイントを付与し、公共交通の利用促進を検討した研究も存在するが、鉄道の時差通勤推進施策として、抽選型報奨金制度導入時の鉄道利用者の行動を分析している研究は筆者が知る限りでは存在しない。

3. 既存の時差通勤推進施策と本研究の仮定

鉄道の時差通勤推進のためのインセンティブ付与は、国内、海外においていくつかの実施事例が存在する。本章では、本研究が対象とする東京メトロ東西線が実施している「東西線早起きキャンペーン」の内容について述べる。また、本研究が導入可能性を検討する抽選型報奨金制度を導入しているシンガポールの事例についても述べる。

(1) 日本の事例

東西線早起きキャンペーンは、2006 年より毎年 12 月～2 月に実施されている。冬季に実施する理由は、着ぶくれ対策も兼ねているためである。2012 年度までは、東西線の上り方面において、図-1 に示した対象区間から設定時間帯に乗車した利用者を対象に、乗車時刻に応じたポイント付与を受ける。なお、降車駅は問われない。取得したポイント数（50 ポイント、100 ポイント、150 ポイント）に応じ、ギフトカード（1000 円、2000 円、3000 円）または TokyoMetroToMeCARD メトロポイント（2000 円、3000 円、4000 円相当）に交換できる⁶⁾。東京メトロへのヒアリング調査によると、2010 年度は約 1.2 万人がこのキャンペーンに参加した。しかしながら 2012 年度には、参加者は約 1.1 万人と減少している。さらに、キャンペーン参加者の 9 割以上が既に早朝時間帯（キャンペーン実施時間帯前後）に利用している乗客であり、混雑時間帯から早朝時間帯に移動した参加者は 600 人程度に留まっている。これは、ラッシュ時混雑率

の 1.5%に過ぎず、早起きキャンペーンの目的であるラッシュ時の混雑緩和を達成したとは言い難い。

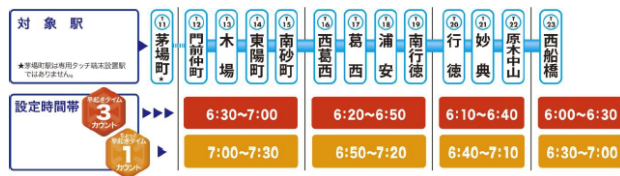


図-1 2012 年度以前の時差通勤施策の対象範囲と時間帯⁶⁾

東京メトロでは、朝ラッシュ時のさらなる混雑緩和を目的として、2013 年度より抽選型報奨金制度による時差通勤キャンペーンを導入した。同キャンペーンでは、東西線と相互直通している東葉高速鉄道線が乗車対象駅に追加された。また、対象時間帯やポイント付与方法は図-2 に示すように変更された。さらに、既存のキャンペーンより少ないポイント数で応募できるようになり、当選すればこれまでよりも豪華な景品を得られるようになった。2012 年度までは景品法などの制約により、少なくとも 17 日間時差通勤に参加する必要があり、最大で 4,000 円相当のメトロポイントを得られるのみであった。しかし 2013 年度より実施の施策では、6 日間の時差通勤に参加することにより、抽選の権利を得られ、最も良い景品では、ホテルペア宿泊券などの景品が当たるようになった⁶⁾。

乗車駅	東葉高速線	八千代中央	八千代中央	船橋日大前	北習志野	船橋山手	東葉高速線	西船橋	東大前	妙典	行徳	南行徳	浦安	西船橋	南船橋	木場	門前仲町
アーリータイム × 1 倍	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55
マスタータイム × 5 倍	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10	5:40 6:10
エキスパートタイム × 3 倍	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40	6:10 6:40
シングルタイム × 1 倍	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55	6:40 6:55

図-2 2013 年度に実施された対象乗車範囲と設定時間帯⁶⁾

(2) シンガポールの事例

シンガポールの MRT 及び LRT 全線では、時差通勤促進施策として、変動型報奨金制度を 2012 年 1 月より導入している。同施策では、専用カードを所有している利用者を対象として、平日に MRT 及び LRT に乗車すると、1km ごとに 1 ポイントが付与される。また図-3 に示すように、非混雑時間帯 (6:30~7:30, 8:30~9:30) に乗車する場合、会員のグレードに応じて、獲得ポイントが 3~6 倍となる。獲得ポイントを用いてゲームに挑戦し、ゲームの結果により 1~200 シンガポールドルを得ることができる⁷⁾。

	Bronze	Silver	Gold	Platinum
Monday - Friday				
Before 6:30am off-peak	1x	1x	1x	1x
6:30 - 7:30am decongesting	3x	4x	5x	6x
7:30 - 8:30am peak	1x	1x	1x	1x
8:30 - 9:30am decongesting	3x	4x	5x	6x
After 9:30am off-peak	1x	1x	1x	1x

図-3 シンガポールにおける乗車時間帯と取得ポイント数⁷⁾

(3) 本研究で導入を検討する抽選型報奨金制度

本研究では、シンガポールで実施されている事例を応用した抽選型報奨金制度を提案する。本研究で導入を検討する抽選型報奨金制度の実施フロー図を図-4 に示す。まず、指定時間以前に対象駅の改札に IC カードをタッチするとポイントがもらえると仮定する。ポイントを得たらくじ引きに挑戦でき、その結果に応じて金銭を得られる仕組みとした。なお、本研究では指定した当選金額が当選した時以外は全てはずれ (0 円) と仮定した。また、SP アンケートによりデータ収集することを念頭に置き、制度の複雑化を避けるため、対象時間は全対象駅において一定とし、得られるポイントは 1 ポイント/日とした。

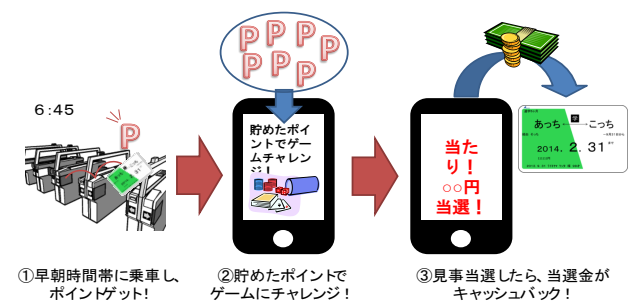


図-4 施策実施フロー図

4. アンケート調査

(1) 調査概要

抽選型報奨金制度が実施された際の利用者行動を分析することを目的として、アンケート調査を実施した。アンケート調査の概要を表-1 に示す。

本研究では、東京メトロ東西線を対象路線とした。これは、同路線が 2006~2012 年度の 7 年間、定額型報奨金制度による時差通勤促進施策を継続的に実施しており、東西線の利用者であるアンケート回答者が本研究で導入を検討する報奨金制度に対して理解しやすいものと考え

られるためである。なお、本研究ではアンケート調査の前にスクリーニング調査を行っており、朝ラッシュ時間帯に、表-2 に示す対象者を抽出した。その結果、302 人のアンケート対象者を抽出することができた。

表-1 アンケート調査概要

項目	内容
調査日時	スクリーニング:2013年10月25日(金)~30日(水) 本調査:2013年11月 1日(金)~ 8日(金)
対象者	①東京メトロ東西線を朝利用している人 ②津田沼・東葉勝田台→門前仲町間から乗車する人 ③東陽町→中野間で降車する人
配布方法	①東京都・千葉県在住パネルに対するスクリーニング ②対象者に対して本調査の実施
本調査内容	①日常行動について ②現在の東西線利用状況について ③抽選型報奨金制度が実施された際の参加意向について ④個人属性 ⑤自由記述欄
回答方法	アンケートサイトにて質問事項に回答
有効回答数	302
有効回答率	96.80%

(2) 基礎集計結果

モデル分析の前に、アンケート調査より得られたデータを集計し、利用者の傾向を把握する。

現状の時差通勤状況を把握するために、時差通勤に参加できる状況であるか、時差通勤をしたことがあるか、などのアンケート対象者の現状を分析する。時差通勤参加可否状況、時差通勤経験有無をそれぞれ図-5、図-6 に示す。

図-5 より、時差通勤制度の有無に関わらず時差通勤に参加可能な利用者は全体の 62%存在することがわかった。また、時差通勤に参加不可能である利用者は全体の 22%に留まった。このことから、時差通勤施策促進の可能性はあるものと考えられる。時差通勤に参加可能と回答した回答者について時差通勤施策への参加方法として最も多かったのは、会社到时差通勤推進制度はないものの、早朝なら時差通勤は可能である利用者が 43%と最も多いことが分かった。これより、時差通勤施策は、ラッシュ時より前の早朝時間帯に実施する方が参加者は多くなる可能性が高いことが示唆される。

図-6 より、ほぼ毎日時差通勤に参加している人は全体の 21%であることが分かった。また、時差通勤に参加していない利用者は全体の 56%であった。このことから、現状では時差通勤が十分に推進されていないことが推察される。朝ラッシュ時間帯前後に着目すると、朝ラッシュ時間前に時差通勤している参加者は全体の 33%であるのに対して、朝ラッシュ時間帯後は 11%となっている。これは図-5 に示した通り、フレックスタイム制など、職場の時差通勤推進施策が十分に整備されていないことがラッシュ時間帯後の時差通勤者が少ない原因であると考えられる。

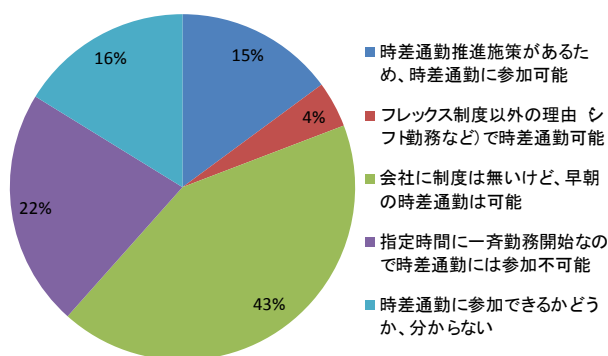


図-5 時差通勤参加可否(N=302)

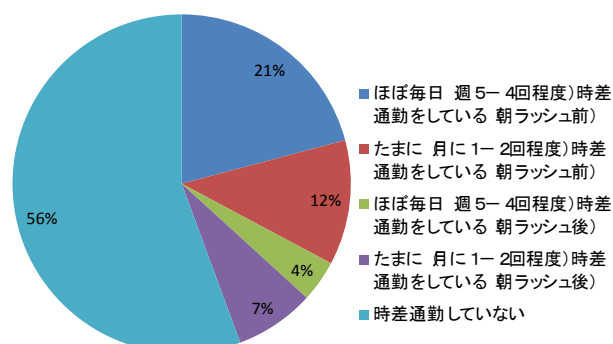


図-6 時差通勤経験有無(N=302)

以上より、時差通勤に参加可能なアンケート対象者は6割以上存在するものの、時差通勤を実際にしている利用者はそのうちの4割程度に留まっていた。アンケートの自由回答欄において、全体の約65%が早起きによって自らのライフサイクルを変化させることに抵抗感有しているためである。朝早の電車に乗るために早起きし、ライフスタイルを変化させることの不効用が時差通勤施策から得られる効用を上回らないため、時差通勤施策への参加者が混雑緩和に至るまで増加しないものと考えられる。そのため、参加者のライフサイクルを変化させるまでに至るのに十分なインセンティブを提示する必要があるものと考えられる。

次に、2012年度まで実施されていた定額型の「東西線早起きキャンペーン」へのアンケート対象者の参加状況を確認する。結果を図-7 に示す。2012年度までの東西線早起きキャンペーンの存在を知っているアンケート対象者は全体の72%と比較的認知されているものの、実際に参加したことがある人は25%に留まっていたことが分かった。これは、2012年度までに実施されていたキャンペーンでは、利用者のインセンティブ付けとしては不十分であったことが示唆される。

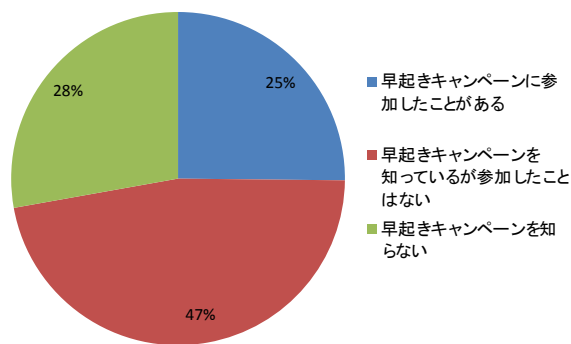


図-7 東西線早起キャンペーン参加経験割合(N=302)

次に、抽選型報奨金制度及び定額型報奨金制度実施時における利用者行動について分析する。抽選型、定額型報奨金制度導入時における各施策実施時の仮定（天気、混雑率、乗車時間など）を表-2、各施策に対する参加意向を図-8 に示す。各施策の参加以降については、「4：ほぼ毎日参加する」、「3：時々参加する」、「2：あまり参加しない」、「1：ほぼ参加しない」の4肢から選択してもらった。なお、各施策の当選金額と当選確率から成る当選期待値は全施策で等しく設定した。

表-2 各報奨金制度実施時の仮定

	施策1	施策2	施策3	施策4	施策5	施策6	現状
1日の天気	晴	晴	晴	雨	晴	雨	晴
混雑率	100%	100%	座れる	150%	150%	座れる	250%
乗車時間	6:30	6:30	6:00	7:00	7:00	6:00	現状
遅延	なし	なし	なし	なし	なし	なし	5分
当選確率	必ず	1%	10%	5%	必ず	0.10%	なし
当選金額	2千円	20万	2万円	4万円	100円	10万	なし
参加に必要な日数	20日	20日	20日	20日	1日	1日	なし

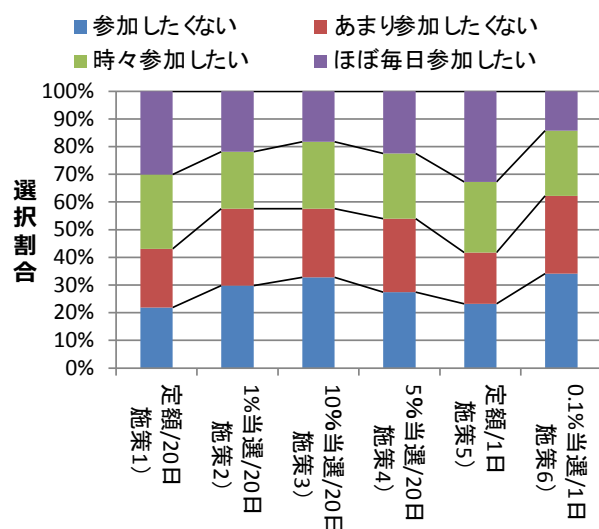


図-8 各施策に対する参加意向(N=302)

また図-8 における「1%当選/20日」については、その施策に参加した際に当選する（賞金がもらえる）確率が1%であり、20日間時差通勤に参加することにより一

回くじ引きに参加できることを示す。

図-8 より、抽選型報奨金制度（施策 2, 3, 4, 6）よりも定額型報奨金制度（施策 1, 5）における参加割合（ほぼ毎日参加したい・時々参加したい）が約 10%高いことが分かる。この結果は、キャンペーンに参加すれば確実に賞品を得ることができる制度を好む人が多いことを示唆している。

また、毎日抽選に参加できる施策（施策 5, 6）よりも、20 日ごとに参加できる施策（施策 1~4）の方が参加意向者は多く、20 日ごとに 10%の割合で当選する施策（施策 3）では参加意向者が少なくなることがわかる。これは、毎日参加できる、または当選確率が高い（当選金額が低い）場合よりも、提示された抽選金額が大きい方が魅力的であるためと推察される。

5. モデルの構築と考察

(1) 効用関数の特定化

本研究では、OLM を用いて抽選型報奨金制度導入時における利用者行動を分析する。非集計分析では、人々の行動は合理的に行われることを前提としているため、効用が最大になる施策が選択されることを仮定している⁷⁾。そのため、施策間の当選金額と当選確率から成る期待値が同じ場合は、各施策の選択確率も同じになる。しかし、本研究で扱う当選金額と当選確率から成る期待値は、その期待値が施策間で同じ場合でも、当選金額が大きい施策は過大に評価され、施策は選択されることが可能で、効用の差は潜在的な心理量と解釈される OLM を用いる⁸⁾。OLM を以下の式(1), (2)に示す。

$$P(k) = \frac{1}{1 + \exp(V_1 - \theta_{k-1})} - \frac{1}{1 + \exp(V_1 - \theta_k)} \quad (1)$$

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_k Z_{ki} \quad (2)$$

$P(k)$: k 番目のカテゴリーを選択する確率
 V_i : 選択肢 i を選択する際の効用確定項
 θ_k : k 番目における閾値
 β_k : k 番目のパラメータ
 Z_{ki} : k 番目における選択肢 i の説明変数

パラメータ推計の結果を表-3 に示す。できるだけ頑健性の強いモデルを構築するため、t 値などの統計量を参考に説明変数を取捨選択し、7 パターンのモデルを構築した。本研究では、抽選型報奨金制度導入時の利用者行動を分析することを主眼に置いているため、当選金額と当選確率の t 値が統計的に有意なモデルを優先的に採

用する。表-3 より、Model 1 と Model 4 を除き、当選金額の t 値が 90%有意水準を満足しない。次に、Model 1 と Model 4 を赤池情報量基準 (AIC) と的中率により比較する。Model 1 の AIC は 4,524 であるのに対し、Model 4 の AIC は 4,528.29 と高い。Model 1 の的中率は 42.1%で、Model 4 は 41.9%となった。以上より、Model 1 は Model 4 と比較して AIC が小さく、的中率が大きいと、本研究では Model 1 を利用者の行動モデルとして採用する。

Model 1 の各パラメータ及び閾値の t 値は 90%有意水準でおおむね良好である。尤度比は 0.11 と幾分低いが、的中率は 42.10%とそれほど低くないため、ある程度の再現性は有しているものと考えられる。なお、「混雑率の差」(混雑時間帯と施策実施時間帯の混雑率の差)の t 値が 1.43 と 90 %有意水準においても有意ではないものの、変数として採用した。これは、表-3 に示す Model 2 に示すように、「混雑率の差」を除いたモデルでは、「当選金額」などの t 値が低くなり、90%有意水準を満足しなくなるためである。

(2) 考察

表-3 の Model 1 の結果を参照して考察を行う。まず、「標準偏差」の係数が負となり、当選確率が高いほど施策への参加者が多くなることが明らかになった。特に、施策以前に非混雑時間帯である早朝時間帯に利用している乗客は確実に金額を取得したいという傾向が強いことが東京メトロへのヒアリング調査より分かっている。また、前述の通り図-8 で示した基礎集計からも、定額型報奨金制度を好む傾向があることが示唆されており、これは妥当な結果といえる。

「早起きキャンペーン非認知ダミー」(認知=0, 非認知=1) の係数は負となり、東西線早起きキャンペーンを知らない者は施策に参加しにくいことがわかった。東京メトロへのヒアリング調査からも施策の周知が重要であると分かっているため、妥当な結果といえる。

「ギャンブル好きダミー」は正の値となり、ギャンブル好きであるほど施策に参加する傾向があることがわかった。普段からギャンブルに興じる人は、本研究で導入するようなギャンブル性(ゲーム性)のある施策に対して興味を持ちやすいと推察される。

「始発駅ダミー」については、負の値となった。始発駅から乗車する場合、最混雑時間帯でも数分待てば座席に座れる可能性が高いため、時差通勤により混雑時間帯を避けるインセンティブが働かないものと考えられる。

「時差通勤可能ダミー」は比較的大きな正の値となった。これは職場などの事情により、そもそも参加できる環境にあることが時差通勤促進にとって重要であることを示唆する結果である。また、「時差通勤参加していないダミー」は負となり、時差通勤を阻害することがわかった。これは現状の通勤スタイルを変更することに対して抵抗感を持っているためだと推察できる。なお時差通勤可能ダミーと時差通勤参加していないダミーの係数を比べると、時差通勤可能ダミーの方が大きい。このことから、時差通勤が可能な人は、現在の実施状況に関わらず、時差通勤推進策に参加しやすいことが考えられる。

また、閾値の t 値が高いことから、各選択肢間の閾値は有意であり、選択肢間に心理的な差が存在することが明らかになった。さらに、回答が施策参加に対して肯定的になるにつれて、閾値の係数も上昇することがわかった。この結果は、選択効用が高い人ほど施策に対しての効用が高く、参加しやすいと考えられるため、期待通りの結果といえる。この結果より、選択肢間の効用差は小さいことが分かった。

6. 感度分析と混雑率の試算

(1) 感度分析

パラメータ推定の結果(表-3 の Model 1)を用いて感

表-3 パラメータ推定の結果

変数	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5		Model 6		Model 7		
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	
当選金額（千円）	0.00355	1.83	0.00219	1.30	0.000631	0.51	0.00355	1.83	0.00289	1.50	0.000133	0.145	0.000109	0.137	
当選確率（％）											0.0021	2.89	0.00543	4.27	
標準偏差（千円）	-0.00639	-2.89	-0.0493	-2.52	-0.0290	-2.31	-0.0637	-2.88	-0.00594	-2.70					
1日で挑戦ダミー	-0.287	-1.77	-0.205	-1.35			-0.286	-1.77	-0.356	-2.22	-0.0895	-0.78			
通勤時間から指定時間の差（分）	-0.0086	-7.14	-0.00943	-8.99	-0.00916	-8.80	-0.00838	-6.94	-0.00817	-6.75	-0.0086	-7.14	-0.00776	-7.49	
東西線乗車時間（分）	0.0113	2.93	0.0112	2.91	0.0112	2.92					0.0113	2.93	0.0114	2.95	
運賃（円）									0.000449	2.14					
乗車時間（分）							0.00600	2.30							
混雑率の差（％）	-0.00211	-1.43					-0.00224	-1.51	-0.00207	-1.40	0.00196	1.31			
早起きキャンペーン非認知ダミー	-0.394	-3.92	-0.392	-3.91	-0.393	-3.91	-0.366	-3.67	-0.39	-3.91	-0.394	-3.92	-0.396	-3.94	
時差通勤可能ダミー	1.15	11.70	1.14	11.6	1.15	11.6	1.15	11.6	1.18	11.91	1.15	11.7	1.16	11.8	
ギャンブル好きダミー	0.475	5.04	0.482	5.12	0.480	5.10	0.476	5.05	0.459	4.88	0.475	5.04	0.467	4.96	
雨天ダミー	-0.361	-3.73	-0.354	-3.66	-0.374	-3.91	-0.362	-3.74			-0.0223	-0.15			
出発駅から東西線までの差（分）	0.0105	1.98	0.0106	1.99	0.0105	1.96					0.0105	1.98	0.0104	1.96	
始発駅ダミー	-0.340	-3.00	-0.342	-3.02	-0.339	-2.99	-0.212	-2.11			-0.34	-3.00	-0.336	-2.97	
時差通勤参加していないダミー	-0.699	-7.07	-0.681	-6.94	-0.685	-6.98	-0.688	-6.96	-0.647	-6.63	-0.699	-7.07	-0.716	-7.29	
閾値	1→2	-1.91	-6.73	-1.61	-8.6	-1.49	-8.99	-1.94	-6.82	-1.774	-6.38	-0.702	-2.15	-0.929	-5.13
	2→3	-0.639	-2.27	-0.335	-1.82	-0.22	-1.34	-0.673	-2.38	-0.51	-1.85	0.572	1.75	0.344	1.90
	3→4	0.701	2.49	1.00	5.40	1.12	6.77	0.662	2.35	0.815	2.95	1.91	5.81	1.68	9.09
サンプル数	1812		1812		1812		1812		1812		1812		1812		
AIC	4524		4524.04		4523.871		4528.29		4540.87		4524		4521.04		
的中率	42.10%		＝		＝		41.90%		＝		＝		＝		

度分析を行う。当選金額の期待値（当選確率と当選金額の積）が 2,000 円で一定になるように設定し、当選金額を 1,000 円ごとに変化させ、施策参加確率の変化を考察する。感度分析の結果を図-9 に示す。

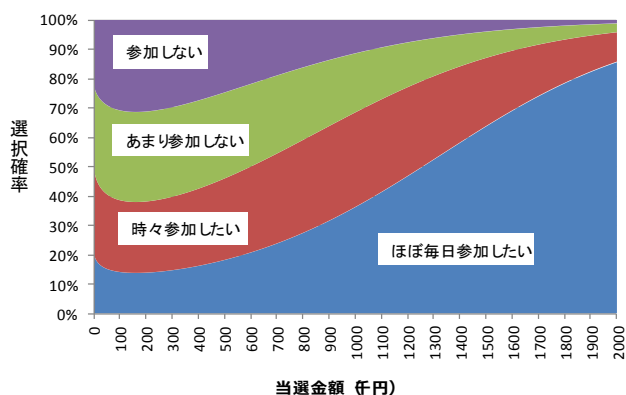


図-9 感度分析の結果

図-9 より、「4：ほぼ毎日参加したい」、「3：時々参加したい」の施策参加に肯定的な選択をする確率は、当選金額 162 万円（当選確率約 1.24%）まで減少した後、当選金額が上昇するにつれて増加することがわかった。また「2：あまり参加したくない」「1：参加したくない」の施策参加に否定的な選択をした確率は肯定的な選択とは逆に、当選金額 16.2 万円の点が選択確率が最大となった。

肯定的な選択の選択確率に着目すると、当選金額 60 万円を超えたときに、定額施策時（2 千円）よりも「ほぼ毎日参加したい」または「3：時々参加したい」を選択する確率が 57%となることが明らかになった。

「3：時々参加したい」の選択確率と「4：ほぼ毎日参加したい」の選択確率が当選金額 95 万円を超えると、「4：ほぼ毎日参加したい」が 33.85%から 33.89%に変化し逆転した。これは当選金額が上がるにつれて、より施策参加に肯定的な「4：ほぼ毎日参加したい」を選択する確率が上昇するためであると考えられる。

感度分析の結果より、当選金額を上げるにつれて時差通勤施策参加の可能性は上昇することが明らかになった。これより、抽選型報奨金制度導入を検討する際は、当選確率は小さくなるものの、当選金額を上げることで参加者が増加するものと考えられる。

(2) 混雑率の試算

これまでの結果を用いて、各施策実施時の最大混雑率の試算を行う。混雑率が高い時間帯は 7、8 時台であることから、現在同時時間帯に乗車していると回答した 251 サンプルを対象として、当選金額と当選確率を表-5 の 6 つのケースように変化した場合の時差通勤する確率を

表-3 の Model 1 を用いて試算する。その確率を用いて、混雑時間帯の乗客数を按分することで時差通勤参加人数を算出する。算出した時差通勤参加人数と現在の輸送力より混雑率を算出する。なお、「3：時々参加したい」の選択者は時差通勤に参加する可能性は必ずしも高くないため、混雑率の試算結果が過大になることを避けるため、「4：ほぼ毎日参加したい」の選択者のみ、時差通勤に参加すると仮定した。また、東京メトロによると、2012 年度まで東西線で実施されていた定額型報奨金制度の時差通勤施策参加推定数が約 600 人であることから、定額型（当選確率 100%）である case1 の参加人数を 600 人と仮定し、Case 2～6 の施策を実施した場合の参加者数を推計し、混雑率を算出した。なお、当選確率と当選金額から成る期待値は 2,000 円に固定した。

表-5 想定するケース

案数	case1	case2	case3	case4	case5	case6
当選金額 (千円)	1	20	200	800	1000	2000
当選確率 (%)	100%	10%	1%	0.25%	0.2%	0.1%
当選金額の期待値に対する当選確率の標準偏差 (千円)	0	6.325	20	40	44.72	63.25

混雑率の試算結果を図-10 に示す。当選確率が比較的高い case 2（当選金額 2 万円）、case 3（当選金額 20 万円）では、現状の施策よりも混雑率が 2.5%増加し、施策を実施しない場合とかわりないことが分かった。case 4（当選金額 80 万円、当選確率 0.25%）では、現状施策の場合と混雑率がほぼ一致した。その後、当選金額を上昇させると、定額型施策よりも混雑緩和効果高いことが分かった。Case 5 の当選金額が 100 万円（当選確率 0.2%）の場合、混雑率が減少することが分かった。また、Case 6 の当選金額が 200 万円（当選確率 0.1%）の場合は混雑率は 190%を下回った。

以上のように、当選の期待値は同じであるものの、当選金額が上がるほど時差通勤施策への参加者は増加することが明らかになった。そのため、抽選型報奨金制度を導入する際は当選金額を大きな値にして施策を実施する必要があることが示唆される。

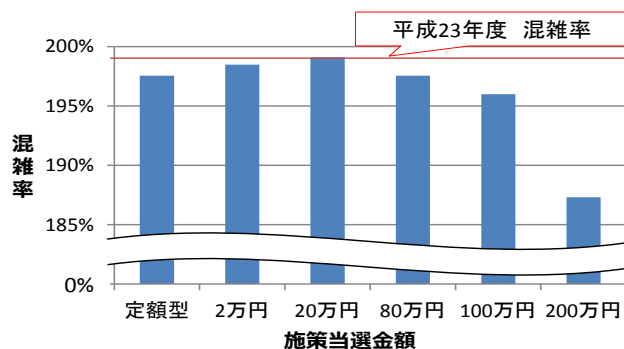


図-10 試算結果

7. おわりに

本研究では、抽選型報奨金制度導入による時差通勤時の鉄道利用者の行動をモデル化し、利用者に重視される要因を特定した。またモデルの結果を利用して、当選確率と当選金額を変化させて（期待値は一定）時差通勤参加確率を推定した。その結果、当選の期待値が 2,000 円の下では、当選金額 16.2 万円（当選確率約 1.24%）のときに最も参加可能性が低く、当選金額 91.5 万円（当選確率 0.2%程度）のときに定額型の施策よりも参加率が上回ることがわかった。また、構築したモデルを用いて施策を実施したときの混雑時間帯における混雑率を算出した。その結果、現状の施策では 1.5%の混雑率緩和に留まっているが、抽選型報奨金制度を導入し、当選金額が 200 万円（当選確率 0.1%）の場合は 13%の混雑率減少につながることが示唆された。また、当選金額 80 万円（当選確率 0.25%）の場合では、混雑率は定額型制度と同等となった。なお、当選金額が 2 万円（当選確率 10%）、20 万円（当選確率 1%）の場合は、現状の施策よりも時差通勤をする参加者が少ないことを示すことができた。以上より、抽選型報奨金制度を実施する場合は、当選確率は幾分低くなるものの、当選金額を高額にすることにより、時差通勤施策への参加者が増加するものと考えられる。

今後の課題として、本研究ではアンケート調査において、当選金額の設定を最大で 20 万円として調査を行った。しかし、感度分析では 100~200 万円のような高額な当選金額を想定して時差通勤施策への参加可能性を検討した。この想定により、感度分析の誤差が大きくなっている可能性がある。そのため、より当選金額が高い場合の参加意向を調査する必要があると考えられる。

謝辞：東京地下鉄株式会社には、「東西線早起きキャンペーン」に関するインタビュー調査にご協力いただきました。ここに謝意を表します。本研究は、日本大学理工学部シンボリック・プロジェクト形成支援事業の支援を受けています。

参考文献

- 1) 岩倉成志, 原田知可子: 都市鉄道のピーク需要分散策を念頭においた時刻別需要予測モデルの研究, 季刊運輸政策研究, Vol.8, No.3, pp.004-015, 2005
- 2) 植原慶太, 中村文彦, 岡村敏之: インセンティブ導入による通勤時刻転換意向に関する研究, 運輸政策研究, Vol.11, No.4, pp.2-9, 2009.
- 3) 佐藤仁美: 環境交通行動促進を目的としたエコポイント施策の行動論的効果分析, 名古屋大学博士学位論文, 2008.
- 4) 東京地下鉄株式会社: 東京メトロニュース, <http://www.tokyo-metro.jp/news/2014/index.html> (最終閲覧日: 2014.2.10)
- 5) Singapore Government Land Transport Authority: INSINC Cash Prize Doubled, Higher Credits to Encourage More Commuters to Shift to Off-Peak Morning Trips, INSINC Participation Doubles to 41,000 and Growing, <http://app.lta.gov.sg/apps/news/page.aspx?c=2&id=07c27cb3-e1f0-4a84-a075-f3c1d91cf36c> (最終閲覧日: 2014.2.10)
- 6) Train, K.: Discrete Choice Methods with Simulation: second edition, Cambridge University Press, 2009.
- 7) 北村隆一, 森川高行, 佐々木邦明, 藤井聡, 山本俊行: 交通行動の分析とモデリング—理論/モデル/調査/応用, 技報堂出版, 2002.

(2014.4.25受付)

Effectiveness of Off-peak Commuting of Urban Railway Passengers by Lottery Incentive

Tomoya KAWASAKI, Tomoyuki TODOROKI and Soichi KOBAYASHI

In Japanese urban railway, heavy congestion frequently occurs at the rush hour in the morning. In order to alleviate this problem, several attempts have been conducted by railway companies, for example, constructing new lines, quadrupling tracks. However, renovation of hardware needs tremendous money and time. Therefore, countermeasure of software would be important to ease the congestion. In this study, we assume lottery incentive scheme to promote off-peak commuting in urban railway of Tokyo. The objective of this study is to estimate the impact of lottery incentive scheme to alleviate railway congestion in the peak period and to find effective price and probability setting for off-peak commuting. As a result of the analysis, it is revealed that setting winning large prize (small winning probability), congestion alleviation is effective to be achieved.