

収益管理手法に基づく交通施策評価方法論の研究

18560518

平成 18 年度～平成 19 年度科学研究費

(基盤研究(C))研究成果報告書

平成 20 年 5 月

研究代表者 兵藤 哲朗

東京海洋大学 海洋工学部 教授

<はしがき>

本研究は、収益管理手法（Revenue Management）に着目し、その基礎理論を整理すると共に、各種の交通施策への適用性を検討した。具体的には、国内旅客航空市場と、高速道路の料金を事例として、主に料金変化と交通行動、そして収益への影響を明らかにする方法論を提示し得た。交通政策において、料金体系の議論は益々盛んになっており、本研究の視点も一定の役割を果たし得ると考えている。

研究組織

研究代表者： 兵藤 哲朗 （東京海洋大学 海洋工学部 教授）

交付決定額（配分額）

	直接経費	間接経費	合計
平成 18 年度	1,500,000 円	0 円	1,500,000 円
平成 19 年度	900,000 円	270,000 円	1,170,000 円
総 計	2,400,000 円	270,000 円	2,670,000 円

研究発表

- ・ 「交通工学」および”Urban Transport 2008”に審査付論文を投稿中

目次

第1章	はじめに	1
第2章	Revenue Management について	
2-1	Revenue Management の概要	8
2-2	Revenue Management の適用事例	8
2-3	座席配分値における概要	9
2-4	保護レベルの計算手法（静的モデル）	10
2-4-1	リトルウッドの2クラスモデル	11
2-4-2	モンテカルロシミュレーション	15
2-4-3	確率近似法	16
2-4-4	EMSR-a モデル	17
2-4-5	EMSR-b モデル	19
2-5	保護レベルの計算手法（動的モデル）	20
2-5-1	EMSR-b モデル	20
2-6	予想収益計算	21
2-6-1	静的モデル	21
2-6-2	動的モデルの予想収益の計算	23
第3章	最適座席配分値と予想収益計算プログラムの構築	
3-1	プログラミングによるシミュレーションの概要	24
3-2	静的モデルによるシミュレーション	24
3-2-1	モンテカルロシミュレーションによる保護レベル	24
3-2-2	確率近似法による最適座席配分値	24
3-2-3	EMSR-a による最適座席配分値	25
3-2-4	EMSR-b による最適座席配分値と予想収益計算	27
3-3	動的モデル	28
3-3-1	EMSR-b による保護レベルと予想収益計算（動的モデル）	28
3-4	まとめ	33
第4章	券種選択モデル	
4-1	選択モデルの概要	34
4-2	モデル構築におけるデータ整理と基礎集計	35
4-3	券種選択モデル構築	45
4-4	推定結果	48

4-5	選択確率計算	50
4-6	感度分析	56
4-7	まとめ	66
第5章	利用者行動を考慮した最適座席配分と予想収益計算	
5-1	概要	67
5-2	ロジットモデルの集計誤差に関する分散の計算	67
5-2-1	誤差伝播の法則について	67
5-2-2	ロジットモデルの集計誤差式	68
5-2-3	計算結果	70
5-3	利用者行動を考慮した最適座席配分と予想収益計算	73
5-3-1	計算プログラム構築	73
5-3-2	計算結果	74
5-3-2-1	搭乗率を変化させた場合	75
5-3-2-2	変動係数を変化させた場合	78
5-3-2-3	観光目的を増加させた場合	81
5-3-2-4	運賃を値上げさせた場合	84
5-4	航空サービス水準決定要因	88
5-5	まとめ	89
第6章	社会実験における料金感度の2地点比較	
6-1	対象社会実験概要	90
6-1-1	栃木社会実験の概要	90
6-1-2	茨木社会実験の概要	91
6-2	使用データ概要	92
6-2-1	日別業務データの概要	93
6-2-2	利用実態データの概要	93
6-3	料金感度比較	93
6-3-1	抽出データ	93
6-3-2	基礎集計分析	95
6-3-3	総交通量の時系列分析	96
6-3-4	ETC 交通量の時系列分析	100
6-3-5	ETC 利用率の時系列分析	103
6-3-6	ETC 料金収入の時系列分析	106
6-4	まとめ	109

第7章	栃木社会実験における料金感度の詳細分析	
7-1	車種別交通量の詳細	110
7-1-1	車種別交通量の基礎集計	110
7-1-2	車種別のOD交通量集計	111
7-2	社会実験による交通量変化	116
7-1-2	車種別の交通量変化	116
7-2-2	平日・土日祝日別の交通量変化	118
7-2-3	車種別構成比の変化	123
7-2-4	車種別時間帯交通量の推移	124
7-2-5	時間帯別構成比の変化	129
7-3	料金弾性値による分析	131
7-3-1	車種別料金弾性値	131
7-3-2	ICペア別料金弾性値	132
7-3-3	時間帯別料金弾性値	133
7-4	利用者の行動変化	134
7-4-1	実験期間と翌年同月との比較	134
7-4-2	実験期間と実験後との比較	138
7-5	まとめ	140
第8章	集計ロジットモデルを用いた料金感度分析	
8-1	集計ロジットモデルの概要	141
8-2	モデル構築におけるデータ補正	142
8-2-1	データ補正の考え方と手順	142
8-2-2	日別営業データにおけるデータ補正	150
8-2-3	利用実態データにおけるデータ補正	155
8-2-4	転換交通量の増減率比較	158
8-3	集計ロジットモデルの構築	159
8-3-1	モデルの基本的考え方	159
8-3-2	モデル式の構造	160
8-4	推定結果と時間価値の導出	166
8-5	感度分析比較	170
8-6	まとめ	180
第9章	料金パラメータを用いた応用分析	
9-1	一般道を含めた総交通量の推計	181
9-1-1	一般道交通量推計の考え方と手順	181

9-1-2	一般道交通量の推計	184
9-1-3	総交通量の推計	191
9-2	料金施策の効果分析	197
9-2-1	区間内割引の効果	198
9-2-2	長トリップ推奨割引の効果	204
9-2-3	短トリップ推奨割引の効果	211
9-3	まとめ	217

第1章 はじめに

2004年の秋に作成した、本研究の申請書には、研究のねらいとして以下の記述を見ることができる。

既存施設の有効利用を図るための有効な TDM (Transportation Demand Management) 施策として、ロードプライシングなど料金施策が世界的に導入されている。特にシンガポールの ERP (Electronic Road Pricing) や、アメリカ・サンディエゴの I-15 道路など、時間帯や交通量に応じて料金を変化させる、いわゆる”Peak Load Pricing”策が IT 進展に伴って一般的になりつつある。このような需要対応型の料金体系は、道路では緒についたばかりであるが、航空産業では 1980 年代後半から Revenue Management (RM) もしくは Yield Management として盛んに実用化が図られてきた。RM は限られた容量を、時間別の価格体系により効率的に配分する考え方であり、航空・ホテル・レンタカー市場で強力な営業武器として近年著しい進展を遂げてきた。関連して、RM を前提とした需要分析の方法論や、収益を最大化する価格体系を決定する最適化手法などが数多く提案されている。本研究では交通市場における RM 手法の導入可能性について検討し、具備すべきモデルの条件や、データ取得の方法論について幅広く考察することを目的とする。既にアメリカ航空業界を中心に導入されている RM 手法であるが、本研究では航空に限らず、種々の交通モードを対象と考え、適用可能性の高いマーケットを明らかにするが、最終ターゲットは民営化元年を迎え新たな料金体系構築が期待されるわが国の有料道路である。

研究遂行中、現実世界に世間に追いかけられるように関連する項目が実現してしまった。例えば、日本航空では 2007 年より、典型的な RM 手法を導入した運賃体系に変わったし(下図)、高速道路の料金体系も ETC の普及に伴い大きく変わりつつある。道路財源の議論がそれに拍車をかけており、プール制を越えた料金システムの検討ツールの必要性も高い。

本画面でご案内する「Web 悟空」について

本画面でご案内する「Web 悟空」は「**ダイナミックプライス**」が適用されます。
ご購入いただく運賃額は、行き・帰り各々の便の予測残席(*)に応じて3段階に変動します。

* 「予測残席」とは現時点における便の最終的な混み具合の予測値です。
(2. に表示の「空席」のことではありません)

イラストはイメージです

タイプA運賃
タイプB運賃
おトク!
タイプC運賃

予測残席が少ない場合
残席
残席
予測残席が多い場合
残席

このようなめまぐるしい背景のもと、本研究では RM の基礎理論を一通り整理し(第2章)、まず国内旅客航空市場を例に、RM に基づいた航空運賃体系の分析を試みている(第3～5章)。そこでは、今まで構築された例がない、「券種選択モデル」を用いた RM 分析を試

みている。また、RMが利用量の分散を扱うことから、蛇足ではあるが非集計モデルの集計誤差について理論的な再整理を行うこともできた。

構成上、連番となっているが、第6～9章は、事例として高速道路の料金社会実験を取り上げている。ここではRMの理論を直接適用する事前段階として、既存データから料金感度を分析可能なツールを構築する方法論を開発している。今日、数多くの料金社会実験が行われていることから、本研究で開発した業務データを用いたモデル構築手法の汎用性は高く、今後の料金体系施策に有益な成果と考えている。

報告書の構成上、結語の章を設けないため、結末部分に付置すべき記述を以下に掲げることをお許し頂きたい。

本研究を遂行するに当たり、以下の研究室卒業生に感謝したい。

まず、小松義孝君には科研が始まる以前より、RMの基礎勉強や、コインパーキングを例とした分析を通じてRMの面白さを確認し得た。また、本稿の航空市場分析は神谷潤君との共同作業の成果である。RMの海外文献を少しずつ一緒に読み解いた記憶が鮮明である。荒木裕也君とは、高速道路社会実験のデータ解析を行った。莫大なデータから、効率的に貴重な成果を抽出した荒木君の努力に感謝する次第である。

なお、第6～9章の分析にあたり、NEXCO及び、(財)高速道路技術センターより貴重なデータ提供と共に有意義なコメントを頂いた。この場を借りて謝意を表する次第である。

第2章 Revenue Management について

2-1 Revenue Management の概要

RM とは、陳腐化商品の価格を動的にコントロールすることにより、機会損失を減少し利益を上げること目的としている。陳腐化商品とは、期限がくると価値が0になる商品を意味し、例として飛行機やコンサートのチケット、ホテルの客室などが挙げられる。これらは空席＝機会損失となるため、可能な限り空席を埋めて機会損失を減らすことで、収益増加となる。

上記の問題に対し最も単純な考えとして、期限が迫るにつれて商品の価格を下げる事が考えられる。しかし飛行機やホテルなどは、ビジネス客のように当日の飛行機利用やホテルを予約するケースも存在し、そのような突然利用客は価格が高くても利用すると考えられる。また、ホテルや飛行機の場合、予約開始前に利用者に対して各クラスの価格を案内するため、日や便によって価格をコントロールすることは不可能である。（ただし、直前割引を除く）

しかし、決定された各クラスの価格に割り当てる座席数をコントロールすることは可能である。

よってRMの考え方は、過去の予約データと実際の動的予約データに基づき、直前利用者のための高価格座席を確保し、その座席数をコントロールすることで収益最大化を図ることである。

2-2 Revenue Management の適用事例

ワシントン・オペラは、米国でも一流のオペラ座の一つだが、1993～94年のシーズンにおける財政状況は予想を下回り、思いがけないような赤字になってしまった。この赤字を次のシーズンで埋めるために新しい財源を見つける必要があった。舞台芸術の団体が収益の不足を補うために取る方法といえば、一般的にはチケット料金を一括して5%以上値上げすることが考えられるが、客離れを心配し断念した。

そこでオペラ座の自動チケット発行システムから得られる情報を基に、2つの戦略を立てた。1つは、各座席の「価値」を実際に席に座って決め、従来の3種類のチケット料金から9種類に変更した。具体的には、それぞれ別のマイクロマーケットに的を絞った料金設定を行った。これにより、チケット価格に大きな幅ができたため、どのような客でも収入に見合ったチケットを購入し、オペラを見ることが可能となった。2つ目は、水曜と週末の需要の違いに対して料金格差を設けた。具体的には、需要の少ない水曜日のチケット料金を値下げし、需要の多い週末の料金の値上げを行った。その結果、週末の予約が取れなかった客や混雑を避けたいと考える客が水曜日にシフトした。

上記のような典型的なRMの手法を用いることにより、次のシーズンには収益が約9%増加した。仮に料金を一括して5%上げた場合、最高の結果を出したとしても、収益の増加は

この半分程度にしかならなかった。また、シーズン開始2ヶ月前までに90%以上が売れ、シーズン会員も増加した。(1)

2-3 座席配分値における概要

\$100、\$75、\$50の3つの料金クラスで設定された便があるとする。この便に対する過去の需要データを基に、総座席数Cが30席におけるこの便の最適座席配分値が12席、10席、8席と求められた場合は、図2-3-1のようになる。

BL_j (Booking Limits)とは、料金クラスjに配置可能な最大座席数(予約限界)を意味しており、 $BL_1 = 30$ は、料金クラス1を利用する乗客は最大で30席となる。よって、最も料金が高いクラス(この場合クラス1)は総座席数と等しいBLを持っている。 PL_j

(Protection Level)とは、料金クラスjで最低確保されるべき座席数(保護レベル) = 最適座席配分値を意味しており、この場合、クラス1は最低12席確保されている。また、クラス2の保護レベルは、上位クラス(この場合クラス1)までの座席保護を含むため、

$PL_2 = 12 + 10 = 22$ となる。そこで、各料金クラスのみ座席保護を NPL_j とすると、

$NPL_j = PL_j - PL_{j-1}$ となる。なお、本研究における最適座席配分値は NPL_j を意味し、保

護レベルを PL_j とする。

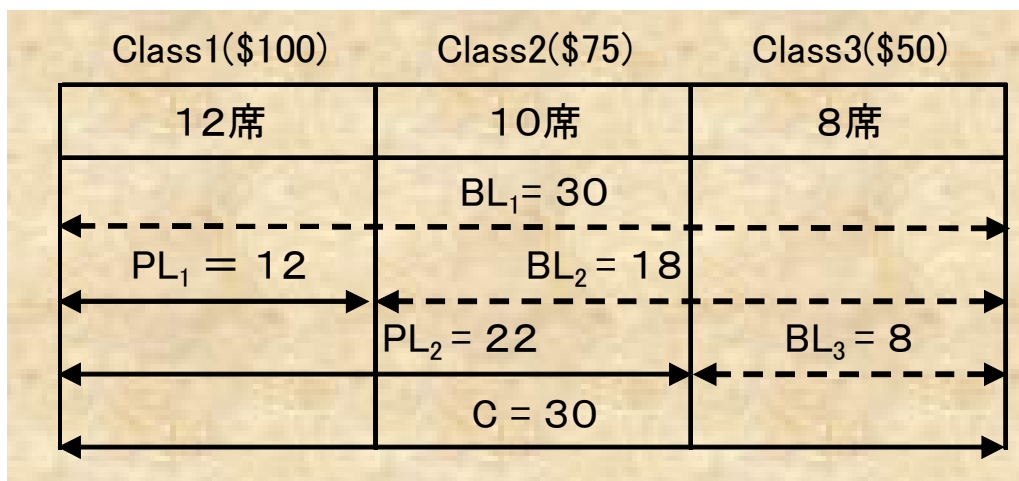


図2-3-1 : 3クラスの BL_i と PL_i の関係

最適座席配分値が求められると、需要の確率によって期待収益を計算し、実際に需要の許可否を判断する。ここで、座席在庫数 x の関数を $f(x)$ とする。 $x \leq 12$ で、1座席あたりの期待収益が $\$75 \leq f(x) \leq \100 の時、料金クラス1のみの需要を受け付ける。同様に、 $13 \leq x \leq 22$ で $\$50 \leq f(x) \leq \75 の時、料金クラス1と2の需要を受け入れ、 $22 < x$ で

$f(x) \leq \$50$ の場合、料金クラス 1、2、3 の全ての需要を受け入れる。(図 2-3-2 参照)
 このとき、この便の需要に対する総収益は最大となる。

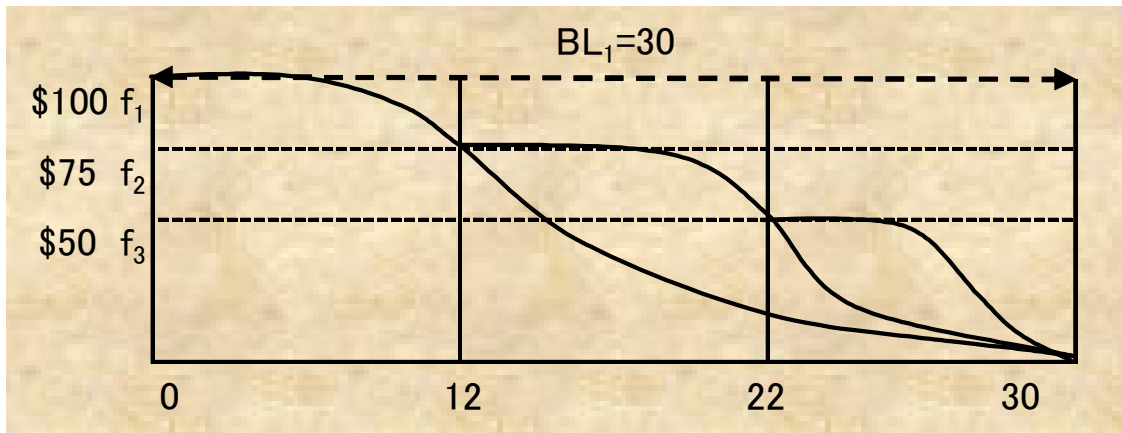


図 2-3-2 : 座席配分に対する期待収益

2-4 保護レベルの計算手法 (静的モデル)

静的モデルはいくつかの詳細について吟味する必要があり、おおまかに 5 つの仮説がある。

- 仮説 1 : それぞれの料金クラスに対する需要は、最も低い料金クラスから順に発生する
- 仮説 2 : それぞれの料金クラスに対する予約は、独立した確率関数である
- 仮説 3 : 所定の料金クラスに対する需要は、座席配分に依存しない
 (特に他の料金クラスの有効性に依存しない)
- 仮説 4 : それぞれの料金クラスに対する需要の総量は、クラスごとに一括して決まると想定し、予約の許可否は単純にどれだけ需要を受け入れるかとする
- 仮説 5 : 団体予約は無いとし、もしあった場合はそれを部分的に受け入れる

以上が静的モデルにおける仮説条件であり、現実解との多少の誤差は生じる。

2-4-1 リトルウッドの2クラスモデル

座席の料金クラスが2つの時の概念図は以下の通りである。

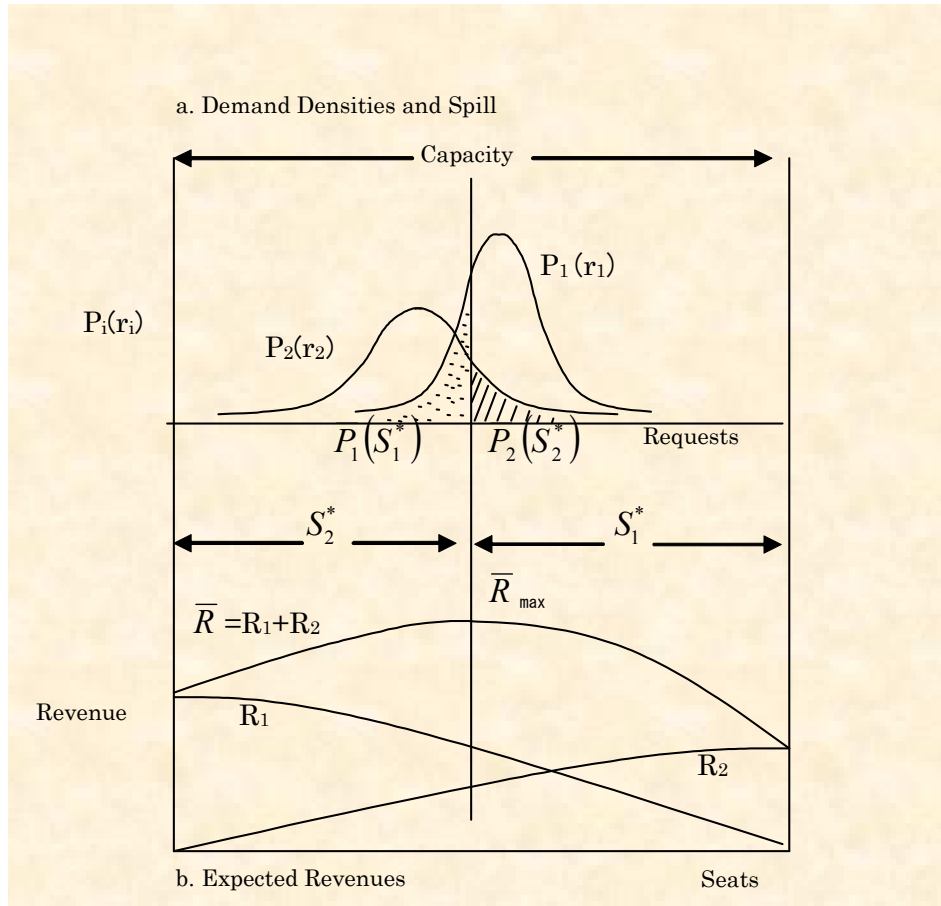


図 2-4-1 : 最適座席配分 (出展: Belobaba)

最初に、料金クラス i で受ける予約総数は確率密度関数 $P_i(r_i)$ に従うと定義する。従って、料金クラス 1 に対して S_1^* 以上の予約を受ける確率(または予約を拒否される確率)は $\bar{P}_1(S_1^*)$ となり、 $P_1(r_1)$ の影の部分で表される。同様に S_2^* 以上の予約を受ける確率は $\bar{P}_2(S_2^*)$ となり、 $P_2(r_2)$ の斜線の部分で表される。この図から総容量に制限がある独立した2つの料金クラス間で、最適な座席配分を求めることが可能なモデル(静的モデル)を仮定することができる。

リトルウッドの2クラスモデルは、量ベースのRMにおける最初のモデルであり、オーバーブッキングやキャンセルがないことを条件とする。

$f_1 > f_2$ ……クラス1とクラス2の価格条件

C ……総座席数

x ……残り座席数

S_j ……クラス j に対する需要

PL_j^* ……クラス j の座席保護レベル

$F_j()$ ……分布関数

通常、予約受付を開始した場合、低料金クラス2に対する需要が最初に訪れる。もし、料金クラス2の予約を受け付けるなら、 f_2 の収益を集める。受け入れないのなら料金クラス1の需要が x か x 以上の場合に限り、座席 x を f_1 で販売する。すなわち、 $S_1 \geq x$ のとき、料金クラス1のために x^{th} 席を確保することによる期待収益(EMSR: Expect Marginal Seat Revenue)は

$$f_1 P(S_1 \geq x) \tag{2.1}$$

である。

その価格が $f_2 \geq f_1 P(S_1 \geq x)$ か、もしくは限界期待値を超える場合、料金クラス2の予約を受け付けることは意味をなす。

もし、残り座席が PL_1^* を超えるなら料金クラス2の予約を受け付け、残り座席が PL_1^* かそれ以下なら料金クラス2の予約を拒否し、料金クラス1の座席保護レベルの為に PL_1^* を取る。

公式

$$f_2 < f_1 P(S_1 \geq PL_1^*) \quad \text{and} \quad f_2 \geq f_1 P(S_1 \geq PL_1^* + 1) \tag{2.2}$$

もし、連続分布関数 $F_1(x)$ が需要予測に使われるとした場合、最適な座席保護レベル PL_1^* はより単純に表すことができる。

$$f_2 = f_1 P(S_1 > PL_1^*) \quad \text{等しく} \quad PL_1^* = F_1^{-1}\left(1 - \frac{f_2}{f_1}\right) \tag{2.3}$$

上記式がリトルウッドの法則である。料金クラス1のために PL_1^* の座席保護レベルを設定することは、リトルウッドの法則に従い最適となる。同様に $BL_2^* = C - PL_1^*$ の予約限界を料金クラス2の需要に適用することは最適となる。

需要 S_1 が通常、平均 μ と標準偏差 σ の正規分布で配分されると仮定する。次に、リトルウッズの法則によって最適な座席保護レベルを求める式

$$F_1(PL_1^*) = 1 - \frac{f_2}{f_1} \quad (2.4)$$

を

$$PL_1^* = \mu + z\sigma \quad (2.5)$$

と表すことができ、

$$z = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{f_2}{f_1}\right) \quad (2.6)$$

の Φ^{-1} が標準正規分布の累積分布関数の逆関数となる。ここで、収益率と需要変動 σ に依存する要因の正負符号を伴い、料金クラス 1 の平均需要 μ を満たすために十分な座席数が求められる。

もし、 $\frac{f_2}{f_1} > 0.5$ であるなら、最適な座席保護レベルは平均需要より低くなり、 $\frac{f_2}{f_1} < 0.5$ なら平均需要より高い値となる。一般に、 $\frac{f_2}{f_1}$ の率が低い場合、料金クラス 1 のために多くの

座席を確保することとなる。

以上をまとめると下記の通りになる。

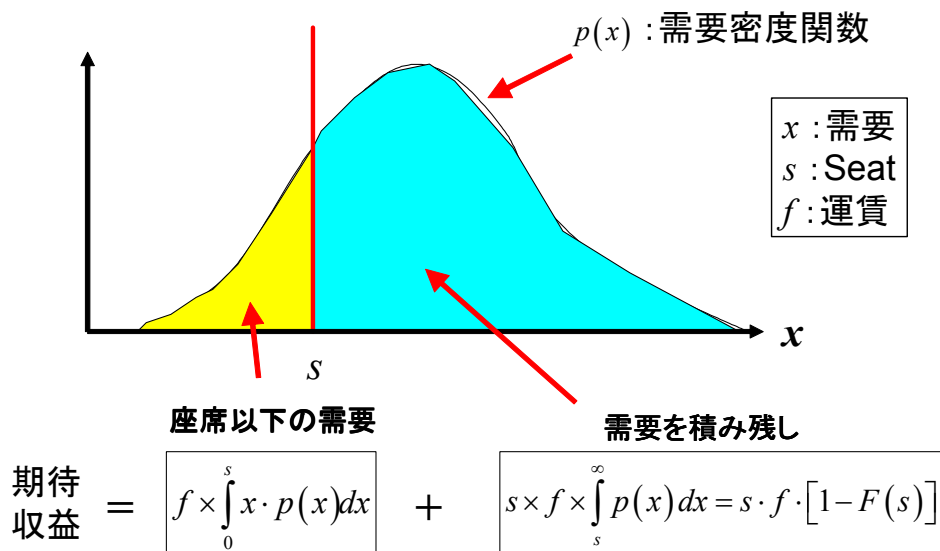


図 2-4-2 : 需要密度関数と期待収益式

上記より、提供座席数が s の場合の期待収益は

$$E[\text{Rev}(s)] = f \times \int_0^s x \cdot p(x) dx + s \cdot f \cdot [1 - F(s)]$$

となり、提供座席数が s の場合の限界期待収益 (EMSR) は

$$\text{EMSR}(s) = \frac{\partial E[\text{Rev}(s)]}{\partial s} = f \cdot [1 - F(s)]$$

となる。よって EMSR は $s=0$ で最大値 f をとり、 $s \rightarrow \infty$ で 0 となる。

上記を基にして、2クラスモデルに拡張すると各クラスの限界期待収益は下記のようになる。

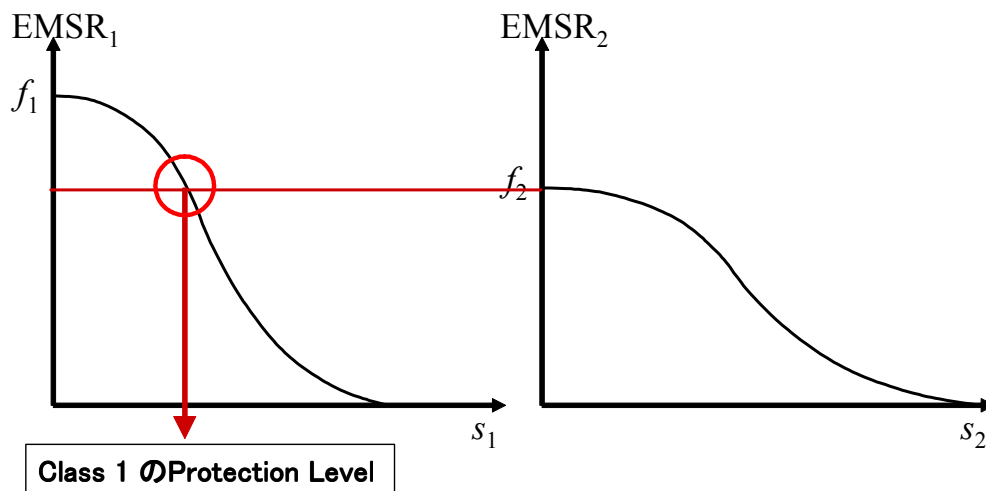


図 2-4-3 : 2クラスの限界期待収益

ここで、クラス 1 における座席保護数は、クラス 1 の EMSR がクラス 2 の価格と等しくなる場合の座席数となる。よってクラス 1 の座席保護数は $f_1 [1 - F(s_1)] = f_2$ となり、その解

は $F^{-1}(s_1) = 1 - \frac{f_2}{f_1}$ によって求められる。

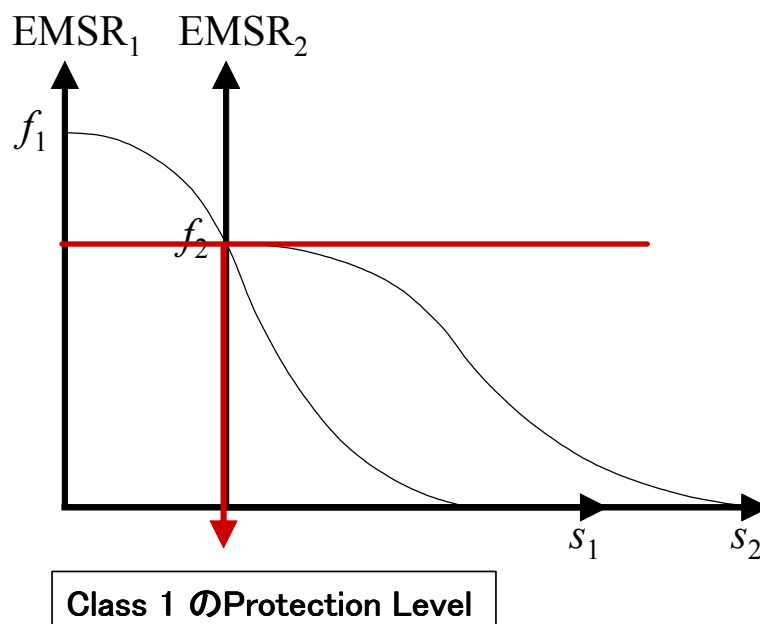


図 2-4-4 : 2クラスの限界期待収益

2-4-2 モンテカルロシミュレーション

最適な保護レベルを計算するためのアプローチとしてモンテカルロシミュレーションがある。ここで n クラスを考え、需要は正規分布に従い各クラスの平均と標準偏差から正規乱数にて発生させる。シミュレーションの繰り返し回数 k を $k=1, \dots, K$ とし、需要乱数ベクトル d^k を $d^k = (d_1^k, \dots, d_n^k)$ とする。次に $j=1, \dots, n-1$ の条件で需要の部分

$$S_j^k = d_1^k + d_2^k + \dots + d_j^k \quad (2.7)$$

を求め、需要ベクトル

$$S^k = (S_1^k, \dots, S_n^k) \quad (2.8)$$

を生成する。ここでステップ 1 から 3 までの条件付き繰り返し計算を行う。

<ステップ 1>

ベクトル $S^k = (S_1^k, \dots, S_n^k)$ を値の大きい順にソートする。ここで $[l]$ を k の要素である l^{th} と示す。ソートされた値は

$$S_j^{[1]} \leq S_j^{[2]} \leq \dots \leq S_j^{[k]}$$

となる。

<ステップ 2>

$$l^* = \left[\frac{f_{j+1}}{f_j} |K| \right], \quad PL_j = \frac{1}{2}(S_j^{[l^*]} + S_j^{[l^*+1]}) \quad (2.9)$$

とおく。

<ステップ 3>

K を $\{k \in K : S_j^k > PL_j\}$ に、 j を $j+1$ にそれぞれ置き換える。

ここで、もし $j = n-1$ ならシミュレーションを終了し、それ以外はステップ 1 に移動する。

上記の手法で最適な保護レベルが求まる。

2-4-3 確率近似法

最適な保護レベルを計算するためのアプローチとして確率近似法がある。ここでモンテカルロシミュレーション同様に n クラスを考え、需要は正規分布に従い各クラスの平均と標準偏差から正規乱数にて発生させる。シミュレーションの繰り返し回数 k を

$k = 1, \dots, K$ とし、需要乱数ベクトル d^k を $d^k = (d_1^k, \dots, d_n^k)$

とする。次に $j = 1, \dots, n-1$ の条件で需要の部分

$$S_j^k = d_1^k + d_2^k + \dots + d_j^k$$

(2.10)

を求め、需要ベクトル

$$S^k = (S_1^k, \dots, S_n^k)$$

(2.11)

を生成する。

初期設定として各クラスの初期保護レベル

$$PL_j = \mu_j + PL_{j-1}$$

を求める。ここで、値を増減させるために、イベント関数

$$H_j(PL, S) = \frac{f_{j+1}}{f_j} - 1[B_j(PL, S)]$$

(2.12)

を定義する。上記式の $B_j(PL, S)$ は

$$B_j(PL, S) \equiv \{S_1 > PL_1, S_1 + S_2 > PL_2, \dots, \sum_{j=1}^j S_j > PL_j\}$$

(2.13)

を意味しており、需要が保護レベルよりも大きい場合はイベント関数の $B_j(PL, S) = 1$ とな

り、逆の場合は $B_j(PL, S) = 0$ を取る。もし、イベントが起こるなら $H_j(PL, S)$ はマイナス

の値となり、それ以外はプラスの値となる。次に、値が早く収束するための増分数を

$$r_k = \frac{a}{k} \quad (a \text{ は任意の数})$$

(2.14)

を定義する。保護レベルは

$$PL^{(k+1)} = PL^{(k)} - r_k H(PL^{(k)}, S^{(k)})$$

(2.15)

で求められる。

2-4-4 EMSR-a モデル

EMSR-a (Expected Marginal Seat Revenue-Var-a) は、座席配分モデルとして最も広く公表されたが、一般に EMSR-b モデルが最も現実解に近い (誤差が小さい) ため、実際は EMSR-b ほど使用されておらず、また文献等で文書化もされていない。

EMSR-a は連続した対のクラスにリトルウッドの法則を応用することにより算出された保護レベルを加えるという考えに基づいている。価格 f_{j+1} でクラス $j+1$ の需要が到着するス

テージ $j+1$ を考える。ここで、クラス $j, j-1, \dots, 1$ の間で1つのクラス k ($k = j$) を考え、 k と $j+1$ を比較する。これらの2つのクラスだけを考えた場合、リトルウッドの法則より、

$$\text{クラス } k \text{ のために } PL_k^{j+1} \text{ の座席を確保する。 } P(S_k > PL_k^{j+1}) = \frac{f_{j+1}}{f_k}$$

(2.16)

同様にクラス k ($k = j-1, j-2, \dots, 1$) と繰り返すことにより、各クラス k のためにどれぐらいの座席を確保するかを計算する。EMSR-a の考えは、それからクラス j やそれ以上の料金クラス全体の保護レベルを計算する。すなわち、保護レベル PL_j に近似するためにこれらの個別の保護レベルの合計を求める。

$$PL_j = \sum_{k=1}^j PL_k^{j+1} \quad (2.17)$$

次に、ステージ j を考え、上記同様の計算を繰り返す。

上記より、EMSR-a は単純に計算でき、Excel などの表計算ソフトでも計算可能という魅力があり、保護レベルの計算にはこれまで最適であった。しかし、EMSR-a より最適な EMSR-b が考えられたため、今では使用されていない。

また EMSR-a は、現実解より多めに保護レベルを導く欠点がある。これは、個別の保護レベルの総和を計算することが、需要によって導き出される平均的効果を見捨てるからである。例えば、ステージ $j+1$ においてすべての未来の需要が同じ収益、すなわち

$f_j = f_{j+1} = \dots = f_1 = f$ であるとする。この場合、EMSR-a では

$$P(S_k > PL_k^{j+1}) = \frac{f_{j+1}}{f}, k = 1, \dots, j \quad (2.18)$$

となる保護レベルを設定する。しかし、これらすべての未来のクラスが同一価格の料金であるため、それらが総和になるために下記式

$$P\left(\sum_{k=1}^j S_k > PL_j^*\right) = \frac{f_{j+1}}{f} \quad (2.19)$$

にて最適な保護レベル PL_j^* を求めるためにリトルウッドの法則を応用することが可能となる。

これは、どのような確率変数とどのような PL_k^{j+1}

$$P\left(\sum_{k=1}^j S_k > \sum_{k=1}^j PL_k^{j+1}\right) \leq \sum_{k=1}^j P(S_k > PL_k^{j+1}) \quad (2.20)$$

でも最適な保護レベル PL_j^* は EMSR-a の保護レベル $\sum_{k=1}^j PL_k^{j+1}$ よりも小さい。料金差があまりない多数のクラスが存在する場合、上記により EMSR-a が悪く機能することを示している。

2-4-5 EMSR-b モデル

EMSR-b モデルは、上記で述べた EMSR-a の欠点を取り除いた新しい座席配分モデルである。EMSR-b もまた、EMSR-a 同様に連続した対のクラスにリトルウッズの法則を応用することに基づいている。これは、それぞれの保護レベルを合計する EMSR-a とは対照的に、それぞれの需要を合計することに基づいている。つまり、未来のクラスからの需要は合計され、価格と加重平均価格が等しい状態で1つのクラスとして取り扱う。

ここで、保護レベル PL_j を求めるためにステージ $j+1$ を考える。

クラス $j, j-1, \dots, 1$ に対する未来の需要の合計を

$$S_j = \sum_{k=1}^j d_k \quad (2.21)$$

とし、クラス $1, \dots, j$ からの加重平均価格を

$$\bar{f}_j = \frac{\sum_{k=1}^j f_k E[d_k]}{\sum_{k=1}^j E[d_k]} \quad (2.22)$$

とする。この場合、リトルウッズの法則により、クラス j とそれ以上のクラスでの保護レベルは

$$P(S_j > PL_j) = \frac{f_{j+1}}{f_j} \quad (2.23)$$

となる。EMSR-b ではクラス j に対する需要は独立していると考えるため、保護レベルは

$$PL_j = \mu + Za\sqrt{\sigma^2} \quad (2.24)$$

$$\left(\text{ステージ } j+1 \text{ にて合計された需要の平均 } \mu = \sum_{k=1}^j \mu_k, \text{ 分散 } \sigma^2 = \sum_{k=1}^j \sigma_k^2 \right)$$

で表記され、

$$Za = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{f_{j+1}}{f_j}\right) \quad \left(\Phi^{-1}(x) \text{ は正規分布の累積分布の逆関数である} \right) \quad (2.25)$$

によって座席配分が行なわれる。次に、ステージ j を考え、上記同様の計算を繰り返す。

上記より EMSR-b は明らかに EMSR-a で欠点であった統計上の平均の影響を捕えており、EMSR-b の利点であるといえる。

しかし、加重平均価格を使用することは、結果として求められる保護レベルと現実解との誤差は、EMSR-a ほどではないが生じる。Belobaba (1989) は、EMSR-a が最適解から約 1.5% 外れるのに対し、EMSR-b は最適解の 0.5% 以内であると報告している。

2-5 保護レベルの計算手法 (動的モデル)

2-5-1 EMSR-b モデル

動的モデルとは、静的モデルに時間の概念を加えたものを意味する。これまでは予約開始前に 1 度のみ過去のデータを用いて最適座席配分値の計算を行っていたが、予約開始後の現状の需要データを計算に組み込むことで計算値はより現実解に近づく。モデルでは予約受付開始後から受付終了までの時間を $1, \dots, t$ 期で分割し、每期ごとに計算を行う。実際の動的モデルの計算は、これまでの静的モデルの一部を以下の式と変更することにより計算が可能となる。

ここで、保護レベル PL_j^t を求めるためにステージ $j+1$ を考える。

クラス $j, j-1, \dots, 1$ に対する未来の需要の合計を

$$S_j^t = \sum_{k=1}^j d_k^t$$

(2.26)

とし、クラス $1, \dots, j$ からの加重平均価格を

$$f_j^t = \frac{\sum_{k=1}^j f_k E[d_k^t]}{\sum_{k=1}^j E[d_k^t]}$$

(2.27)

とする。この場合、リトルウッドの法則により、クラス j とそれ以上のクラスでの保護レベルは

$$P(S_j^t > PL_j^t) = \frac{f_{j+1}^t}{f_j^t}$$

(2.28)

となる。EMSR-b ではクラス j に対する需要は独立していると考えられるため、保護レベルは

$$PL_j^t = \mu^t + Za\sqrt{\sigma^{2t}}$$

(2.29)

$$\text{(ステージ } j+1 \text{ にて合計された需要の平均 } \mu^t = \sum_{k=1}^j \mu_k^t, \text{ 分散 } \sigma^{2t} = \sum_{k=1}^j \sigma_k^{2t} \text{)}$$

で表記され

$$Za = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{f_{j+1}^t}{f_j^t}\right) \quad (\Phi^{-1}(x) \text{ は正規分布の累積分布の逆関数である}) \quad (2.30)$$

によって座席配分が行なわれる。次に、ステージ j を考え、上記同様の計算を繰り返す。

上記式を EMSR-b モデルに組み込み、毎期ごとに過去の需要データと現在の予約データを更新し、 t 回最適座席配分値の計算をする事により、動的シミュレーションが可能となる。

2-6 予想収益計算

2-6-1 静的モデル

通常、予約が一番安い料金クラスから申し込まれ、購入期限が早いため、他の料金クラスよりも先に収益が確定する。今回は4クラスモデルの動的シミュレーションを例にとる。

ここで q は将来の需要の予測値であり、 b は計算時点ですでに予約が確定している座席数である。予想収益の計算では、これまでの座席配分モデルで求めた保護レベルから求めた

BL_j (Booking Limit) と、需要の平均と標準偏差から求める予想需要を使用し、繰り返し

計算を行う。予想収益の計算における仮説条件を以下に記す。

条件1：各クラスの需要は正規分布に従う

条件2：最も低い料金クラスから予約を受け付ける

条件3：クラスで座席が売れ残った場合は、上位クラスにシフトする

ここで4つの料金クラスの場合を考える。各クラスの予約限界 BL_j は

$$BL_j = C - PL_{j-1}$$

(2.31)

であり、4クラスの場合の各料金クラスの予約限界は

$$BL_1 = C$$

$$BL_2 = C - PL_1$$

$$BL_3 = C - PL_2$$

$$BL_4 = C - PL_3$$

となる。また、各クラスの確率需要 S_j は平均 μ_j と標準偏差 $\sqrt{\sigma_j^2}$ の正規乱数にて求め、予

約を受け付ける各クラス容量 q_j は

$$q_j = \text{MIN}[BL_j - \sum_{k=j+1}^{\text{class}} q_k, S_j]$$

(2.32)

$$q_4 = \text{MIN}[BL_4, S_4]$$

$$q_3 = \text{MIN}[BL_3 - q_4, S_3]$$

(class=class 数)

$$q_2 = \text{MIN}[BL_2 - q_3 - q_4, S_2]$$

$$q_1 = \text{MIN}[BL_1 - q_2 - q_3 - q_4, S_1]$$

となる。

各クラスの予想収益は $R_j = q_j f_j$ となり、4クラスの合計収益は

$$\text{Rev} = \sum_{j=1}^{\text{class}} R_j$$

(2.33)

となる。

ここで、各クラスの確率需要を正規乱数にて発生させているため、上記の計算を値が収束するまで繰り返し行い、その平均収益を使用する。

上記式より、もしクラス4で座席が余った場合は、上位クラス（この場合クラス3を示す）にシフトしている。これは現実でもあり得るケースで、実際にビジネス客などの予約締め切り直前に正規運賃（この場合クラス1を示す）で申し込む客の利用にシフトする。

2-6-2 動的モデルの予想収益の計算

4クラスモデルにおける動的モデルの予想収益計算式は以下の通りである。

静的モデル同様に各クラスの t 期における確率需要 S_j^t は平均 μ_j^t と標準偏差 $\sqrt{\sigma_j^{t2}}$ の正規乱数にて求め、予約を受け付ける各クラス容量 q_j^t は

$$q_j^t = \text{MIN}[BL_j^t - \sum_{k=j+1}^{\text{class}} q_k, S_j^t]$$

(2.34)

$$q_4^t = \text{MIN}[BL_4^t, S_4^t]$$

$$q_3^t = \text{MIN}[BL_3^t - q_4^t, S_3^t]$$

$$q_2^t = \text{MIN}[BL_2^t - q_3^t - q_4^t, S_2^t]$$

$$q_1^t = \text{MIN}[BL_1^t - q_2^t - q_3^t - q_4^t, S_1^t]$$

となる。ここで、 t 期においてすでに予約が確定しているクラス j の搭乗客数を b_j^t とすると、

各クラスの予想収益は

$$R_j^t = (q_j^t + S_j^t) * f_j \text{ となり、}$$

4クラスの合計収益は

$$\text{Rev} = \sum_{k=1}^4 R_k^t$$

(2.35)

となる。静的モデル同様、各クラスの確率需要を正規乱数にて発生させているため、上記の計算を値が収束するまで繰り返し行い、その平均収益を使用する。

第3章 最適座席配分値と予想収益計算プログラムの構築

3-1 プログラミングによるシミュレーションの概要

本研究では最適座席配分値（座席保護レベル）と予想収益計算プログラムの構築を、C言語を用いてプログラミングを行い、数値シミュレーションを行った。シミュレーションにおけるテストデータは文献2及び3に掲載されているデータを用い、掲載されている実データから求めた最適値との比較によってシミュレーションの精度検証を行う。計算アルゴリズムは、モンテカルロシミュレーション、確率近似法、EMSR-a、EMSR-bモデルにてそれぞれ構築し、モデルの比較分析を行う。また、予想収益計算時における需要は平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布に基づくと仮定しているため、正規乱数を用いて需要を発生させ、100万回の繰り返し計算を行った。

3-2 静的モデルによるシミュレーション

静的モデルにおけるシミュレーションの場合、予約開始前に過去のデータを用いて1度のみ保護レベル（Protection Level）と予想収益（Revenue）の計算を行う。過去のデータ（テストデータ）として、ある日のある便に対する需要の平均値、標準偏差値、各料金クラスの価格、総座席数を用いた。

3-2-1 モンテカルロシミュレーションによる保護レベル

モンテカルロシミュレーションによる保護レベルの計算では、文献2のテストデータを使用し、3クラスの場合の検証を行った。

表3-2-1：モンテカルロシミュレーション

クラス(j)	価格(pj)	需要初期値		座席保護レベル(PL)	
		平均(μ_j)	標準偏差(σ_j)	最適値	計算値
1	100	20.0	9.0	16.3	15.2
2	70	45.0	12.0	68.3	61.2
3	42				

表3-2-1より、最適解との誤差率は最大で10.4%となっており、予測精度は悪い。また、100万回の繰り返し計算を行うとモンテカルロのアルゴリズム上、多大な計算時間を要した。

3-2-2 確率近似法による最適座席配分値

確率近似法による保護レベルの計算では、文献2のテストデータを使用し、4クラスの場合の検証を行った。また、料金クラス2から4までの価格差を変化させた場合の検証も合わせて行った。

表 3-2-2-1 : 確率近似法 (価格差なし)

クラス(j)	価格(pj)	需要初期値		座席保護レベル(PL)	
		平均(μ_j)	標準偏差(σ_j)	最適値	計算値
1	1050	17.3	5.8	16.7	16.7
2	567	45.1	15.0	42.5	62.1
3	534	39.6	13.2	72.3	102.3
4	520	34.0	11.3		

表 3-2-2-1 より価格差がない場合の、最適解との誤差率は最大で 46.1% であり、精度は悪い。また、計算値は最適値以上の値であるため、低料金クラスの需要を過大に評価していると考えられる。

表 3-2-2-2 : 確率近似法 (価格差あり)

クラス(j)	価格(pj)	需要初期値		座席保護レベル(PL)	
		平均(μ_j)	標準偏差(σ_j)	最適値	計算値
1	1050	17.3	5.8	9.7	9.7
2	950	45.1	15.0	54.0	55.5
3	699	39.6	13.2	98.2	102.3
4	520	34.0	11.3		

表 3-2-2-2 より価格差がある場合の、最適解との誤差率は最大で 4.2% であり、価格差がない場合と比較すると良い結果となっている。通常、各料金クラスにはある程度の価格差が存在するため、確率近似法による精度は良いといえる。

3-2-3 EMSR-a による最適座席配分値

EMSR-a による保護レベルの計算では、確率近似法と同じデータ (文献 2 のテストデータ) を使用し、4 クラスの価格差が変化した場合の検証を行った。また、求めた保護レベルを使用し、総座席数が 80~150 座席まで 10 座席ずつ増加した場合の予想収益計算を行った。

表 3-2-3-1 : 保護レベル計算結果 (価格差なし)

クラス(j)	価格(pj)	需要初期値		座席保護レベル(PL)	
		平均(μ_j)	標準偏差(σ_j)	最適値	計算値
1	1050	17.3	5.8	16.7	16.7
2	567	45.1	15.0	42.5	38.7
3	534	39.6	13.2	72.3	55.4
4	520	34.0	11.3		

表 3-2-3-2 : 予想収益計算結果

総座席数(C)	最適収益	計算収益	誤差率
80	49,666	49,483	0.37%
90	54,846	54,716	0.24%
100	60,063	59,937	0.21%
110	65,112	65,024	0.14%
120	69,916	69,762	0.22%
130	73,975	73,915	0.08%
140	77,177	77,222	0.06%
150	79,544	79,599	0.07%

表 3-2-3-1 より価格差がない場合の、最適解との誤差率は最大で 23.4% であり、精度は悪い。また、計算値は最適値以下の値であるため、低料金クラスの需要を過小に評価していると考えられる。

表 3-2-3-3 : 保護レベル計算結果 (価格差あり)

クラス(j)	価格(pj)	需要初期値		座席保護レベル(PL)	
		平均(μ_j)	標準偏差(σ_j)	最適値	計算値
1	1050	17.3	5.8	9.8	9.7
2	950	45.1	15.0	54.0	50.5
3	699	39.6	13.2	98.2	91.6
4	520	34.0	11.3		

表 3-2-3-4 : 予想収益計算結果

総座席数(C)	最適収益	計算収益	誤差率
80	67,512	68,887	2.04%
90	74,003	74,094	0.12%
100	79,429	79,293	0.17%
110	84,884	84,497	0.46%
120	89,879	89,691	0.21%
130	95,054	94,712	0.36%
140	99,072	99,082	0.01%
150	102,346	102,353	0.01%

表 3-2-3-3 より価格差がある場合の、最適解との誤差率は最大で 6.7% であり、精度は良い。

3-2-4 EMSR-b による最適座席配分値と予想収益計算

EMSR-b による保護レベルの計算では、確率近似法と同じデータ（文献 2 のテストデータ）を使用し、4 クラスの価格差が変化した場合の検証を行った。また、EMSR-a と同様に求めた保護レベルを使用し、総座席数が 80~150 座席まで 10 座席ずつ増加した場合の予想収益計算を行った。

表 3-2-4-1：保護レベル計算結果（価格差なし）

クラス(j)	価格(pj)	需要初期値		座席保護レベル(PL)	
		平均(μ_j)	標準偏差(σ_j)	最適値	計算値
1	1050	17.3	5.8	16.7	16.7
2	567	45.1	15.0	42.5	50.9
3	534	39.6	13.2	72.3	83.2
4	520	34.0	11.3		

表 3-2-4-2：予想収益計算結果

総座席数(C)	最適収益	計算収益	誤差率
80	49,666	49,362	0.61%
90	54,846	54,567	0.51%
100	60,063	59,751	0.52%
110	65,112	64,836	0.42%
120	69,916	69,630	0.41%
130	73,975	73,844	0.18%
140	77,177	77,192	0.02%
150	79,544	79,589	0.06%

表 3-2-4-1 より価格差がない場合の、最適解との誤差率は最大で 19.8% であり、精度は悪い。また、計算値は最適値以上の値であるため、低料金クラスの需要を過大に評価していると考えられる。

表 3-2-4-3：保護レベル計算結果（価格差あり）

クラス(j)	価格(pj)	需要初期値		座席保護レベル(PL)	
		平均(μ_j)	標準偏差(σ_j)	最適値	計算値
1	1050	17.3	5.8	9.8	9.7
2	950	45.1	15.0	54.0	53.3
3	699	39.6	13.2	98.2	96.8
4	520	34.0	11.3		

表 3-2-4-3 より、シミュレーションによる座席保護レベル値と最適値の誤差は最大で 1.4% であり、精度は非常に良い。よって、EMSR-b を使用したシミュレーションによる計算にて収益が最大となる最適な座席配分が可能であるといえる。

表 3-2-4-4：予想収益計算結果

総座席数(C)	最適収益	計算収益	誤差率
80	67,512	69,027	2.24%
90	74,003	74,234	0.31%
100	79,429	79,434	0.01%
110	84,884	84,614	0.32%
120	89,879	89,767	0.12%
130	95,054	94,717	0.35%
140	99,072	99,047	0.03%
150	102,346	102,321	0.02%

表 3-2-4-4 より、総座席数が多くなるほど計算収益値と最適収益値との誤差はなくなり、シミュレーションモデルの予測精度は高くなる。シミュレーションでは、収益計算における需要を正規乱数にて発生させており、乱数の精度に依存するため、座席数が少ないほど誤差が生じると考えられる。

3-3 動的モデル

動的モデルにおけるシミュレーションの場合、予約開始前に過去のデータを用いて最初の保護レベルと予想収益の計算を行う。予約開始後は、実際の予約データ（需要の平均と分散、予約確定者数）を考慮する必要があるため、数日毎に保護レベルの計算を行う必要がある。

3-3-1 EMSR-b による保護レベルと予想収益計算（動的モデル）

動的モデルにおける時間概念として、出発当日の 35 日前から 7 日前まで 1 週間ごとに保護レベルの計算を行う。また、予約が確定した乗客のデータ（Actual Booking）をモデルに加えて計算を行った。入力データは文献 3 のテストデータ（総座席数 107 席）を用いた。動的モデルの計算フローチャートを以下に示す。

（図 3-3-1 参照）



図3-3-1：動的モデル計算フロー

表3-3-1：座席保護レベル計算結果

35日前DATA	クラス(j)	1	2	3	4
DATA初期値	価格(pj)	105	83	57	39
	平均(μ_j)	19	27.5	13.7	8.2
	標準偏差(σ_j)	8.1	14.8	7.1	7.5
	予約確定数(AB)	1	9	5	18
座席配分値(NPL)	最適値	13	27	22	
	計算値	12.4	28.9	20.5	
総座席配分値(TNPL)	最適値	14	36	27	
	計算値	13.4	37.9	25.5	

28日前DATA	クラス(j)	1	2	3	4
DATA初期値	価格(pj)	105	83	57	39
	平均(μ_j)	16.2	23.8	12.6	4.1
	標準偏差(σ_j)	7.9	13.3	5.5	6.6
	予約確定数(AB)	3	15	8	25
座席配分値(NPL)	最適値	10	24	20	
	計算値	9.8	25.4	18.7	
総座席配分値(TNPL)	最適値	13	39	28	
	計算値	12.8	40.4	26.7	

21日前DATA	クラス(j)	1	2	3	4
DATA初期値	価格(pj)	105	83	57	39
	平均(μ_j)	12.9	22	11	3.3
	標準偏差(σ_j)	6.9	11.9	6.2	7.1
	予約確定数(AB)	6	19	10	27
座席配分値(NPL)	最適値	8	22	18	
	計算値	7.3	23.2	16.5	
総座席配分値(TNPL)	最適値	14	41	28	
	計算値	13.3	42.2	26.5	

14日前DATA	クラス(j)	1	2	3	4
DATA初期値	価格(pj)	105	83	57	39
	平均(μ_j)	9.7	19.4	7.9	0.8
	標準偏差(σ_j)	5.8	11.6	5.9	5.4
	予約確定数(AB)	6	24	13	27
座席配分値(NPL)	最適値	6	18	15	
	計算値	5	19.8	13.3	
総座席配分値(TNPL)	最適値	12	42	28	
	計算値	11	43.8	26.3	

7日前DATA	クラス(j)	1	2	3	4
DATA初期値	価格(p_j)	105	83	57	39
	平均(μ_j)	6	17.3	5.8	0.3
	標準偏差(σ_j)	3.7	10.9	4.8	4.3
	予約確定数(AB)	8	30	15	27
座席配分値(NPL)	最適値	4	14	13	
	計算値	3	16.1	10.8	
総座席配分値(TNPL)	最適値	12	44	28	
	計算値	11	46.1	25.8	

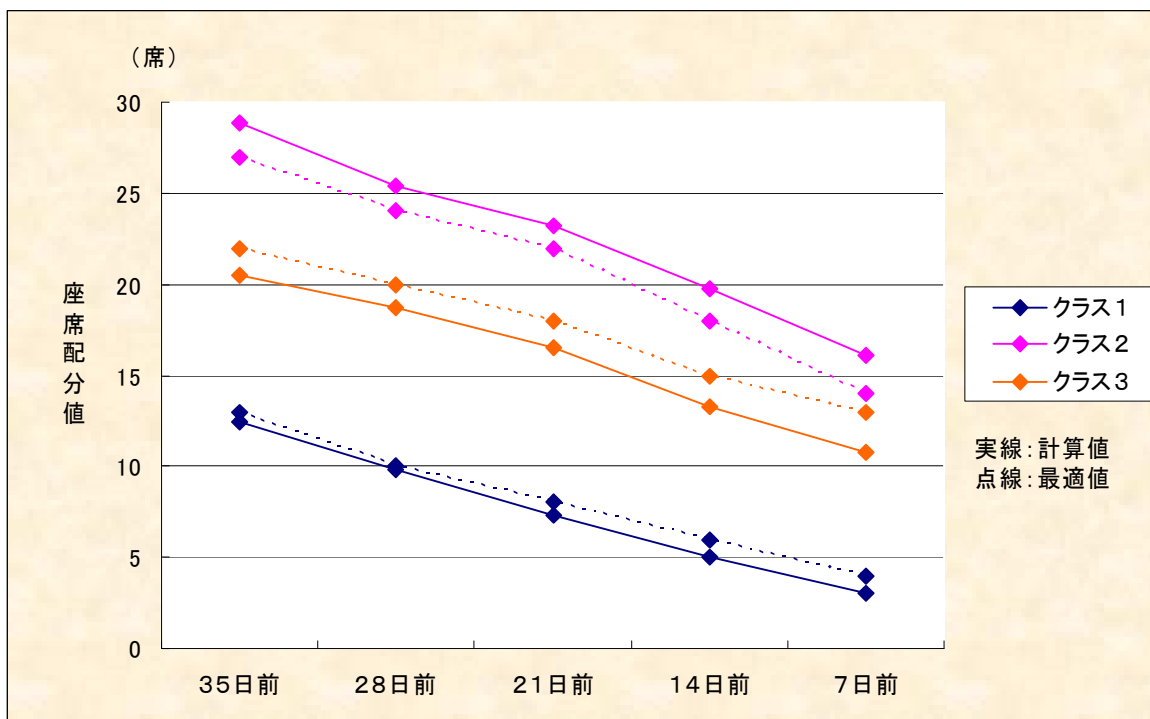


図3-3-2: 最適値との比較 (座席配分値 NPL)

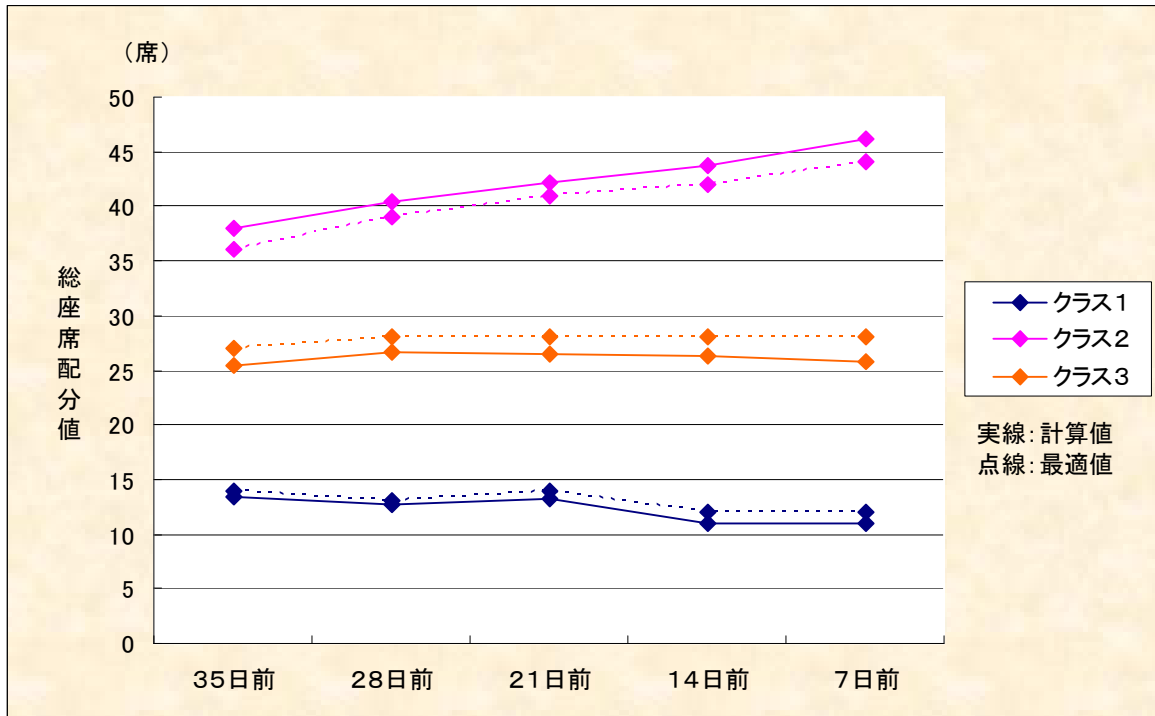


図 3-3-3 : 最適値との比較 (総座席配分値 TNPL)

上記の総座席配分値とは、座席配分値に予約確定者数を加えたものである。結果より、出発日に近づくにつれて座席配分の値は減少している。これは、每期ごとの残り座席数から配分値を計算するために減少する。総座席配分値については、クラス2のみ配分値が増加している。これは、クラス2の予約が予想以上であるために増加している。また、計算値と最適値は多少の誤差（最大2座席の誤差）はあるものの、近い値で同じ傾向を辿っている。よってシミュレーションによる計算にて収益が最大となる最適な座席配分値を求めることが可能であるといえる。

表 3-3-2 : 収益計算結果

DAYS	35日前	28日前	21日前	14日前	7日前
期待収益	7198	7544	7766	7527	7646

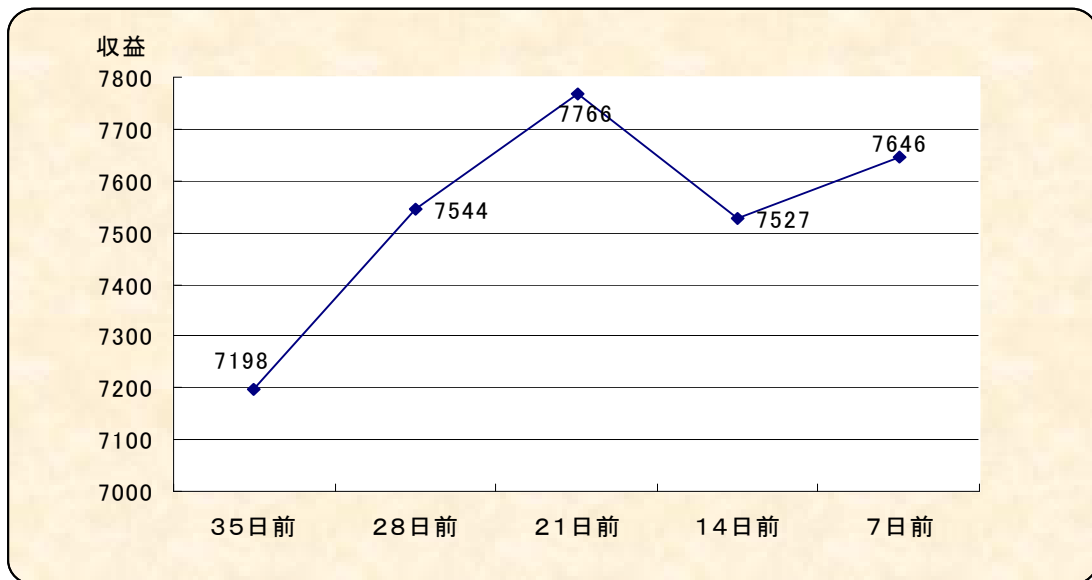


図 3-3-4 : 予想収益の変動

また、図 3-3-4 より、各期で予想収益値が変動しているが、出発日に近づくにつれて変動幅が小さくなり収益が安定している。これは、予約確定者数が将来の需要予測値を上回ったために予想収益値が収束していると考えられる。

3-4 まとめ

本章ではテストデータを用いて、4つのモデルにて最適座席配分値の計算プログラムを構築し、それぞれのモデルの精度検証を行った。また、料金クラスに価格差がない場合は、最適値との誤差が大きいことが明らかになった。これは、リトルウッドの法則上、保護レベルは下位クラスとの価格比によって決まるため、価格差がない場合は誤差が大きくなることは明らかである。一般的には、料金は各クラスによって差があるため、本研究では最適座席配分値の計算には最適値との誤差率が最も低い EMSR-b モデルを使用する。予想収益の計算においては、最適値との誤差は小さいため、モデルの精度が良いことが明らかとなった。

第4章 券種選択モデル

4-1 選択モデルの概要

本研究では、航空サービス水準の決定要因の検証を行うにあたり、現在の国内航空における利用者行動を把握する必要があるため、非集計ロジットモデルにて券種選択モデルの構築を行った。モデルの概念図を以下に示す。

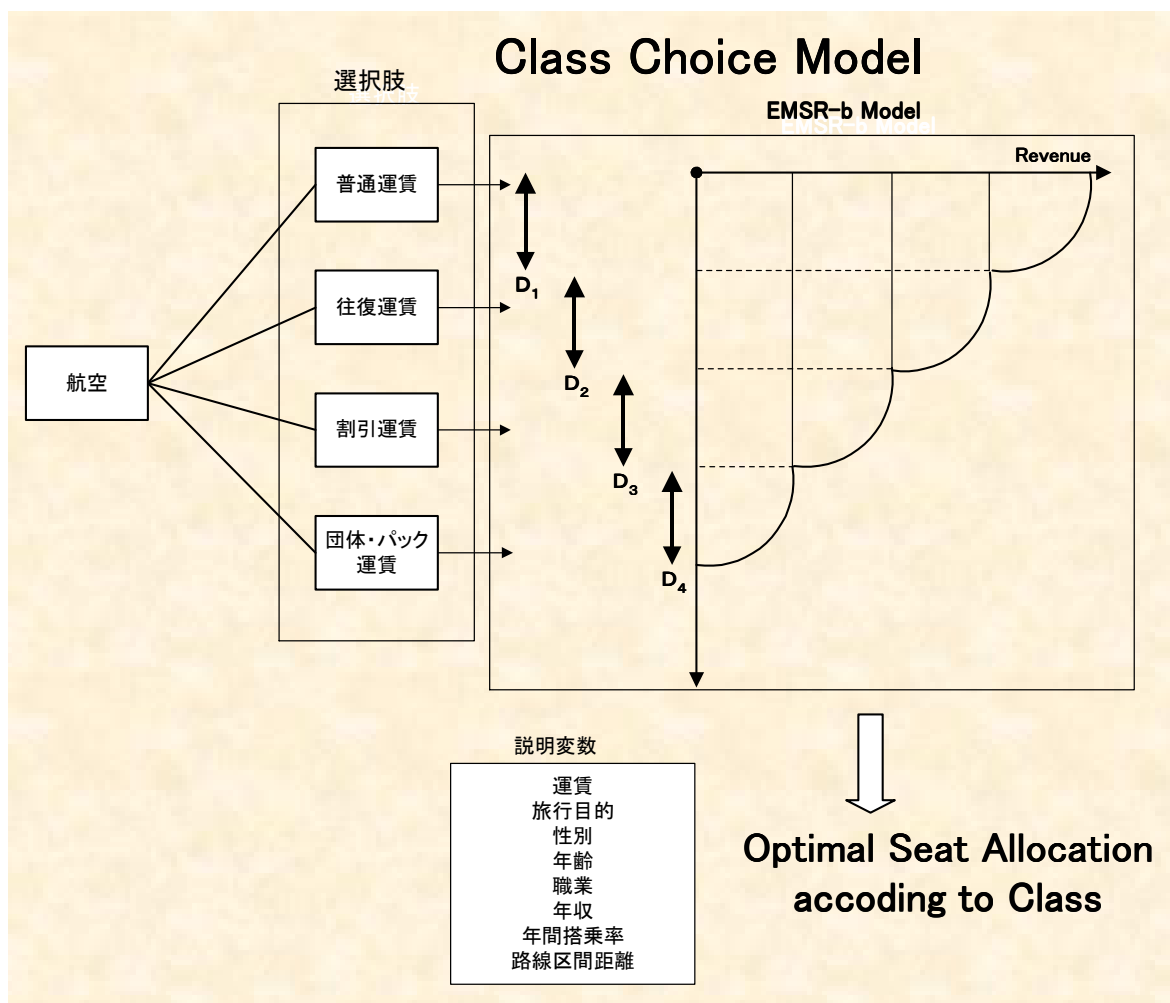


図4-1-1：選択モデル概念図

本章にて券種選択モデルを構築し、推定したパラメータより券種選択確率を求める。求めた選択確率を使用し、5章にて利用者行動を考慮した最適座席配分値と予想収益の計算を行う。

4-2 モデル構築におけるデータ整理と基礎集計

券種選択モデルの構築において、本研究では2003年11月に実施された国内航空旅客動態調査⁽⁴⁾の個票を使用する。実際の入力データは以下の条件にてデータの抽出を行った。

- ① 対象路線を1日1,000人以上利用がある路線とする
- ② 回答項目の分類集約
 - ・ 不明回答のサンプルを削除
 - ・ 回数券運賃の利用者を削除
 - ・ 年齢の幅を10歳区切りに変更
 - ・ 年収の幅を200万円区切りに変更
- ③ 路線コードを追加
- ④ 各路線の各券種に対する運賃データの追加（表：4-2-3）
- ⑤ 各路線の年間搭乗率及び路線区間距離を追加（表：4-2-2）

上記の条件でデータ整理を行った結果、38路線83,144サンプルとなった。（抽出前：321路線166,884データ）抽出された38路線の券種構成比及び、路線の運行・輸送実績を以下に示す。（表4-2-1，4-2-2参照）

表 4-2-1 : 券種構成比

路線コード	出発空港	到着空港	普通価格	往復価格	割引価格	団体価格
1	羽田	新千歳	19%	21%	28%	31%
2	羽田	伊丹	18%	17%	54%	12%
3	羽田	福岡	21%	22%	38%	19%
4	羽田	那覇	16%	12%	14%	58%
5	伊丹	新千歳	17%	12%	20%	50%
6	伊丹	福岡	19%	12%	47%	22%
7	伊丹	那覇	13%	8%	12%	66%
8	福岡	新千歳	14%	9%	18%	59%
9	福岡	那覇	18%	25%	18%	39%
14	関西	新千歳	12%	9%	16%	63%
15	羽田	関西	21%	13%	47%	19%
102	羽田	函館	18%	13%	16%	53%
105	羽田	青森	24%	27%	27%	21%
110	羽田	秋田	22%	17%	45%	16%
117	羽田	富山	24%	19%	42%	16%
118	羽田	小松	24%	20%	32%	25%
124	羽田	出雲	25%	29%	25%	22%
125	羽田	岡山	14%	11%	60%	15%
126	羽田	広島	18%	13%	37%	31%
127	羽田	山口宇部	23%	16%	46%	14%
128	羽田	徳島	29%	21%	27%	22%
129	羽田	高松	25%	22%	33%	20%
130	羽田	松山	20%	19%	38%	22%
131	羽田	高知	20%	22%	30%	28%
132	羽田	長崎	19%	22%	24%	35%
133	羽田	熊本	22%	20%	32%	26%
134	羽田	大分	19%	23%	28%	30%
135	羽田	宮崎	19%	19%	32%	30%
136	羽田	鹿児島	21%	19%	30%	30%
203	伊丹	仙台	19%	13%	17%	51%
217	伊丹	松山	29%	28%	34%	9%
221	伊丹	熊本	21%	17%	26%	36%
224	伊丹	鹿児島	20%	24%	27%	29%
314	新千歳	名古屋	12%	8%	14%	65%
409	名古屋	福岡	19%	10%	27%	44%
415	名古屋	那覇	18%	8%	12%	61%
604	福岡	宮崎	24%	42%	20%	14%
605	福岡	鹿児島	26%	45%	19%	10%

(赤色太字：各路線から見た構成比が最も高い券種)

表 4-2-1 より、全体的にはどの路線も割引運賃や団体・パックによる利用が多いが、羽田・福岡発着ー地方路線のいくつかは普通運賃や往復運賃の利用が多い。また、新千歳

や那覇発着便では、団体・パック運賃の利用が多い。これは新千歳（北海道）や那覇（沖縄）が観光地であることが要因として考えられる。

表4-2-2：月間運行・輸送実績

路線コード	出発空港	到着空港	運行回数	旅客数	座席数	搭乗率	年間搭乗率	距離(Km)
1	羽田	新千歳	2,629	654,518	1,122,456	58.3%	64%	894
2	羽田	伊丹	1,678	539,818	790,724	68.3%	66%	514
3	羽田	福岡	2,691	731,240	1,128,396	64.8%	59%	1,041
4	羽田	那覇	1,314	387,971	564,094	68.8%	72%	1,687
5	伊丹	新千歳	540	116,084	187,188	62%	69%	1,161
6	伊丹	福岡	477	106,489	148,525	71.7%	72%	578
7	伊丹	那覇	300	84,187	124,860	67.4%	70%	1,304
8	福岡	新千歳	360	42,581	106,320	40%	63%	1,614
9	福岡	那覇	729	127,770	174,984	73%	68%	1,008
14	関西	新千歳	298	60,984	97,994	62.2%	59%	1,309
15	羽田	関西	841	156,871	210,695	74.5%	67%	678
102	羽田	函館	480	110,673	179,934	61.5%	60%	786
105	羽田	青森	480	73,001	129,856	56.2%	58%	690
110	羽田	秋田	479	85,845	125,266	68.5%	58%	555
117	羽田	富山	480	99,514	130,436	76.3%	65%	570
118	羽田	小松	660	190,665	267,562	71.3%	64%	528
124	羽田	出雲	299	51,629	74,092	69.7%	57%	801
125	羽田	岡山	600	99,826	132,120	75.6%	63%	685
126	羽田	広島	1,076	242,744	370,076	65.6%	56%	790
127	羽田	山口宇部	480	84,050	124,044	67.8%	59%	935
128	羽田	徳島	420	70,869	109,286	64.8%	61%	703
129	羽田	高松	594	116,035	161,483	71.9%	66%	711
130	羽田	松山	600	127,998	191,066	67%	57%	859
131	羽田	高知	540	82,016	137,386	59.7%	55%	824
132	羽田	長崎	679	131,297	219,974	59.7%	56%	1,143
133	羽田	熊本	1,043	165,518	255,872	64.7%	59%	1,086
134	羽田	大分	600	117,734	165,418	71.2%	62%	928
135	羽田	宮崎	867	120,843	165,722	72.9%	63%	1,023
136	羽田	鹿児島	1,001	211,668	309,473	68.4%	59%	1,111
203	伊丹	仙台	715	99,216	129,142	76.8%	64%	803
217	伊丹	松山	534	55,915	82,244	68%	65%	378
221	伊丹	熊本	480	73,740	104,934	70.3%	60%	621
224	伊丹	鹿児島	659	109,827	135,007	81.3%	69%	655
314	新千歳	名古屋	720	89,553	153,750	58.2%	66%	1,000
409	名古屋	福岡	958	117,361	159,845	73.4%	66%	750
415	名古屋	那覇	420	63,583	92,011	69.1%	66%	1,483
604	福岡	宮崎	410	48,819	66,830	73%	67%	307
605	福岡	鹿児島	566	50,138	67,716	74%	68%	274

(国土交通省：2003年度航空輸送統計年報より) ⁽⁴⁾

表4-2-3：各路線の運賃一覧表

路線コード	出発空港	到着空港	普通価格	往復価格	割引価格	団体価格
1	羽田	新千歳	¥28,000	¥25,450	¥15,400	¥11,000
2	羽田	伊丹	¥18,500	¥16,700	¥11,500	¥8,000
3	羽田	福岡	¥31,000	¥27,850	¥18,500	¥11,000
4	羽田	那覇	¥34,500	¥30,900	¥19,000	¥12,000
5	伊丹	新千歳	¥35,000	¥31,700	¥19,250	¥12,000
6	伊丹	福岡	¥18,000	¥16,200	¥11,000	¥9,000
7	伊丹	那覇	¥28,500	¥25,750	¥15,700	¥11,000
8	福岡	新千歳	¥44,000	¥39,500	¥24,200	¥12,000
9	福岡	那覇	¥22,500	¥20,350	¥12,400	¥9,000
14	関西	新千歳	¥35,000	¥31,700	¥19,250	¥12,000
15	羽田	関西	¥18,500	¥16,700	¥11,500	¥8,000
102	羽田	函館	¥26,500	¥23,600	¥19,000	¥11,000
105	羽田	青森	¥25,500	¥22,550	¥17,500	¥11,000
110	羽田	秋田	¥20,500	¥17,950	¥11,500	¥10,000
117	羽田	富山	¥18,500	¥16,500	¥11,500	¥8,000
118	羽田	小松	¥18,400	¥16,400	¥12,500	¥8,000
124	羽田	出雲	¥26,500	¥23,450	¥20,000	¥10,000
125	羽田	岡山	¥25,500	¥22,450	¥12,500	¥10,000
126	羽田	広島	¥26,000	¥22,650	¥15,500	¥10,000
127	羽田	山口宇部	¥29,000	¥25,950	¥15,500	¥10,000
128	羽田	徳島	¥25,000	¥22,150	¥16,500	¥10,000
129	羽田	高松	¥25,000	¥22,350	¥17,000	¥10,000
130	羽田	松山	¥27,000	¥23,350	¥17,500	¥10,000
131	羽田	高知	¥26,500	¥24,100	¥19,500	¥10,000
132	羽田	長崎	¥33,000	¥29,900	¥20,000	¥11,000
133	羽田	熊本	¥31,000	¥28,050	¥18,000	¥11,000
134	羽田	大分	¥30,000	¥25,900	¥21,500	¥11,000
135	羽田	宮崎	¥31,000	¥27,800	¥18,000	¥11,000
136	羽田	鹿児島	¥33,000	¥29,400	¥21,500	¥11,000
203	伊丹	仙台	¥26,000	¥23,450	¥18,000	¥10,000
217	伊丹	松山	¥14,000	¥12,550	¥9,500	¥7,000
221	伊丹	熊本	¥19,500	¥17,850	¥13,000	¥9,000
224	伊丹	鹿児島	¥22,500	¥20,250	¥15,000	¥9,000
314	新千歳	名古屋	¥31,500	¥28,450	¥17,350	¥12,000
409	名古屋	福岡	¥21,000	¥19,100	¥12,500	¥9,000
415	名古屋	那覇	¥32,500	¥29,000	¥17,900	¥12,000
604	福岡	宮崎	¥16,500	¥14,500	¥12,000	¥7,000
605	福岡	鹿児島	¥15,500	¥13,450	¥7,000	¥6,000

上記の運賃については、日本航空（JAL）の11月の運賃一覧表を基に作成した。⁽⁵⁾ 割引運賃については、前売り21・特割7・特割1の中で最も安い運賃となっており、団体・パック料金については、バーゲンフェアの運賃を設定した。

券種選択モデル構築にあたり、事前のデータ集計として使用する変数（券種・旅行目的・性別・年齢・職業・年収）の基礎集計を行った。その結果を以下に示す。

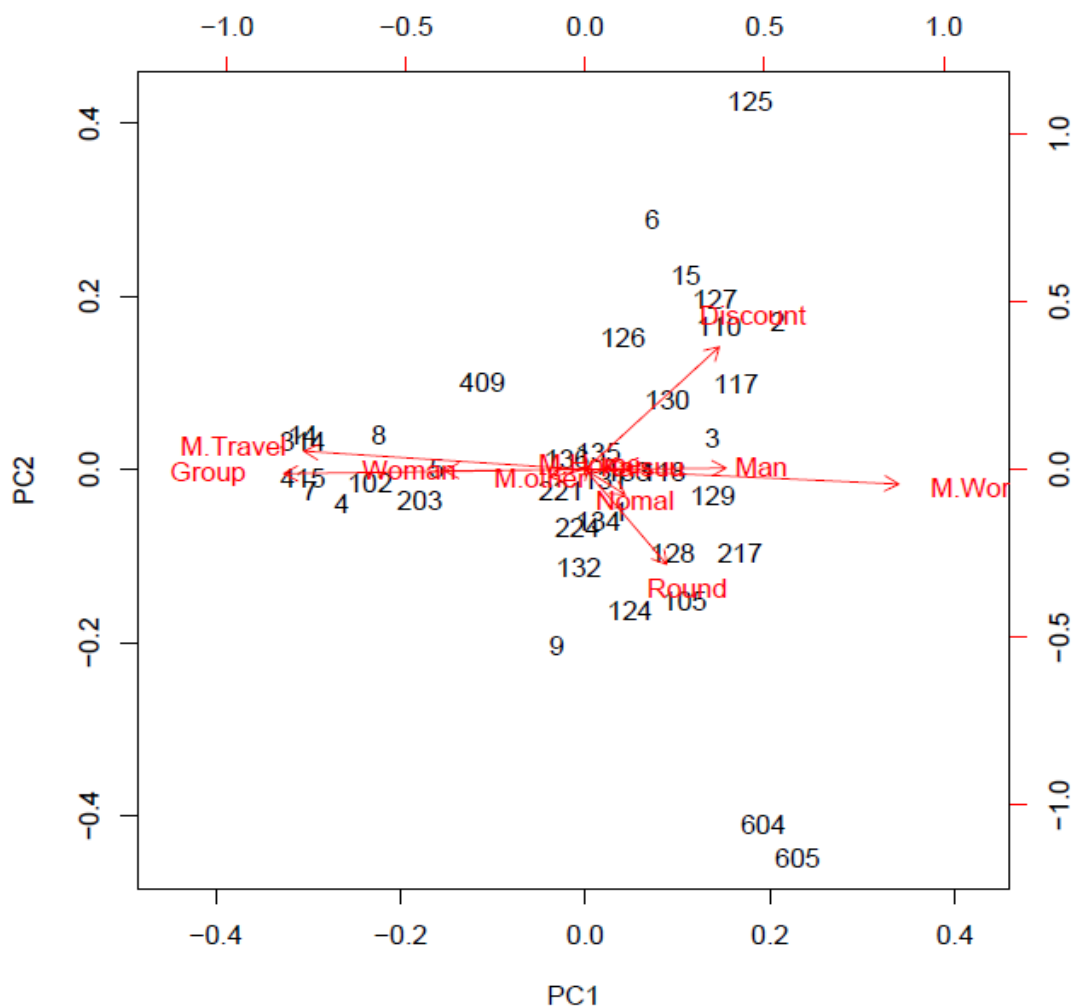


図4-2-1 : 38 路線主成分分析結果

路線別の券種、旅行目的、性別の主成分分析を行った。図4-2-1より、第1軸（PC1）は観光路線とビジネス路線の違いを表している。（左側：観光、右側：ビジネス）また、第2軸（PC2）は提供される運賃クラスに割引料金がよく設定されているか否かを表している。

券種から見た旅行目的のクロス集計では、普通、往復、その他割引運賃の7割以上は仕事目的の旅行者が占めているのに対し、団体・パック運賃の半数以上は観光目的の旅行者が利用している。

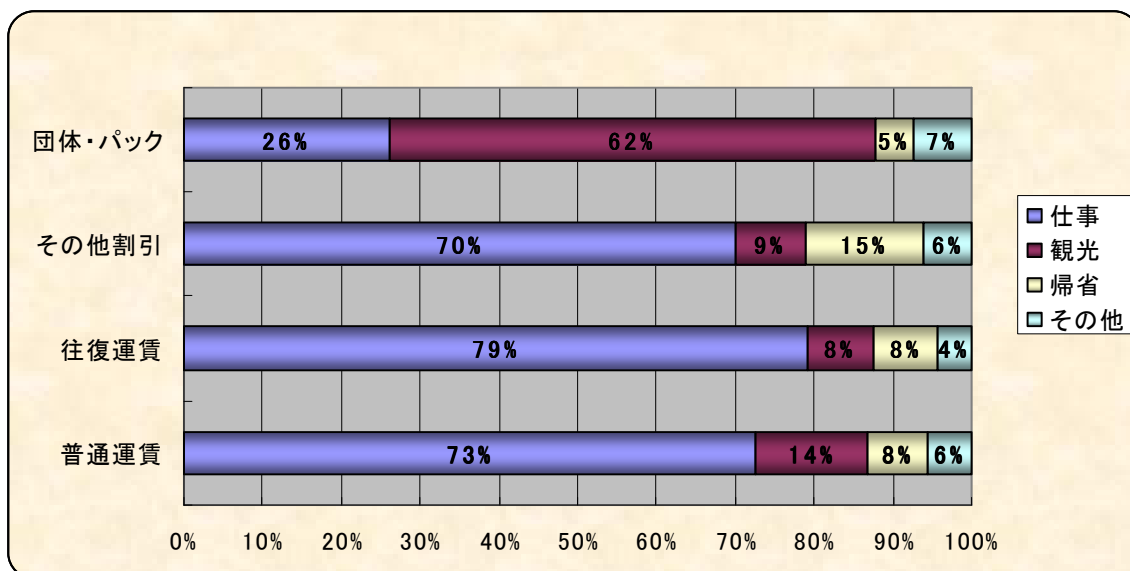


図 5 - 2 - 2 券種×旅行目的

旅行目的から見た券種の割合では、仕事目的の旅行者は他の目的に比べ普通・往復運賃を利用し、観光目的は団体・パック運賃となっている。また、私用・帰省目的の旅行者は半数以上がその他割引運賃を利用している。

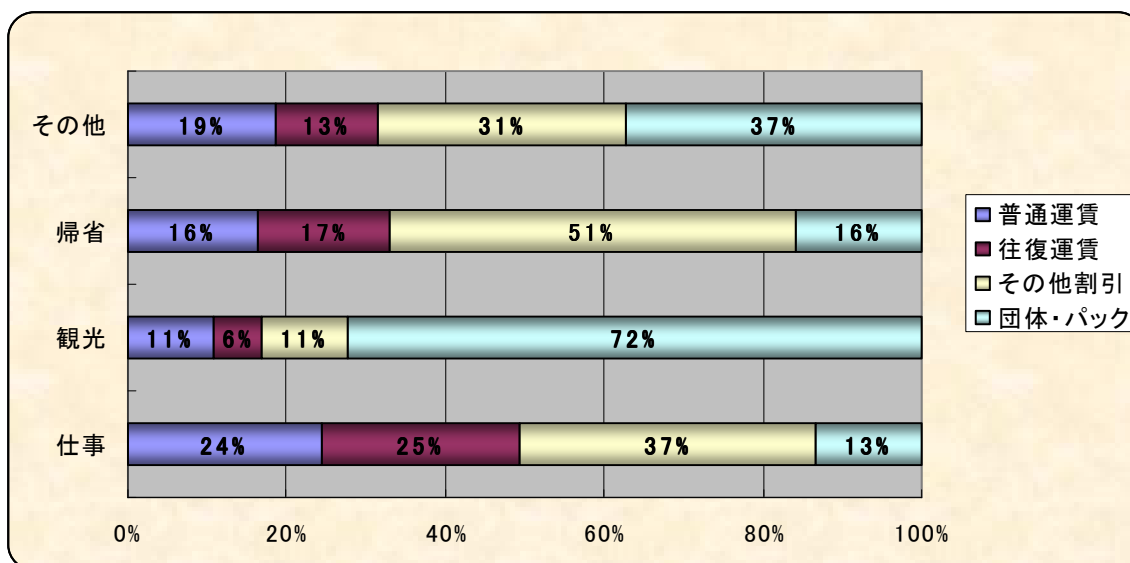


図 5 - 2 - 3 旅行目的×券種

券種から見た性別の割合では、普通、往復、その他割引運賃の7割以上は男性による利用が多いのに対し、団体・パック運賃では男女比がほぼ同じ割合となっている。

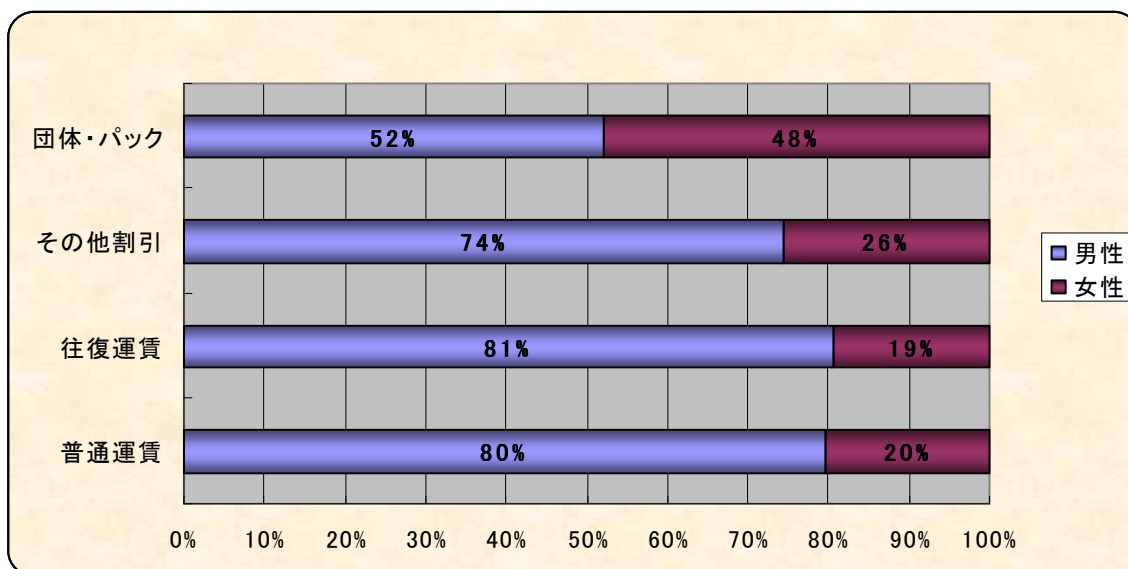


図4-2-4 券種×性別

性別から見た券種の割合では、女性の約半数は団体・パック運賃を利用し、男性はほぼ同じ割合で全ての運賃を利用している。

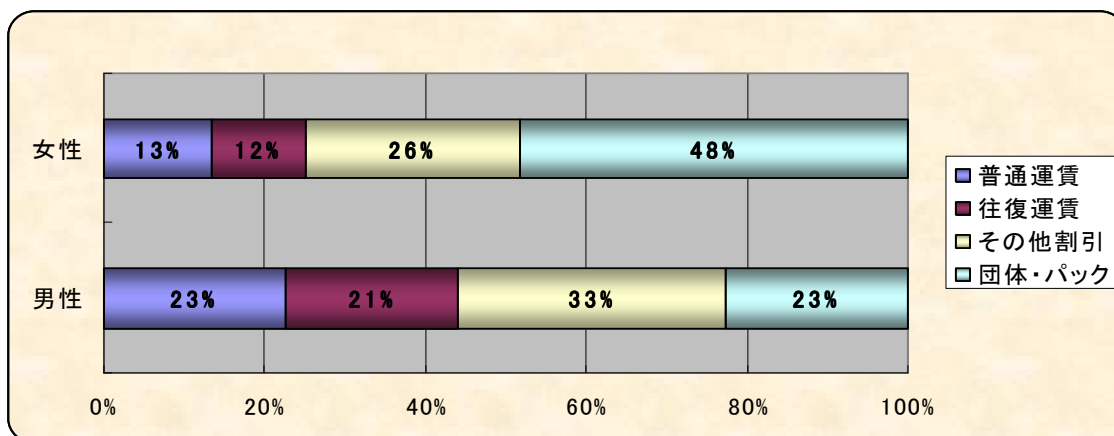


図4-2-5 性別×券種

券種から見た年齢の割合では、普通・往復・その他割引運賃の7割以上が30代から50代の利用者による利用が多いのに対し、団体・パック運賃では他の運賃と比べ60代の利用者が多い。

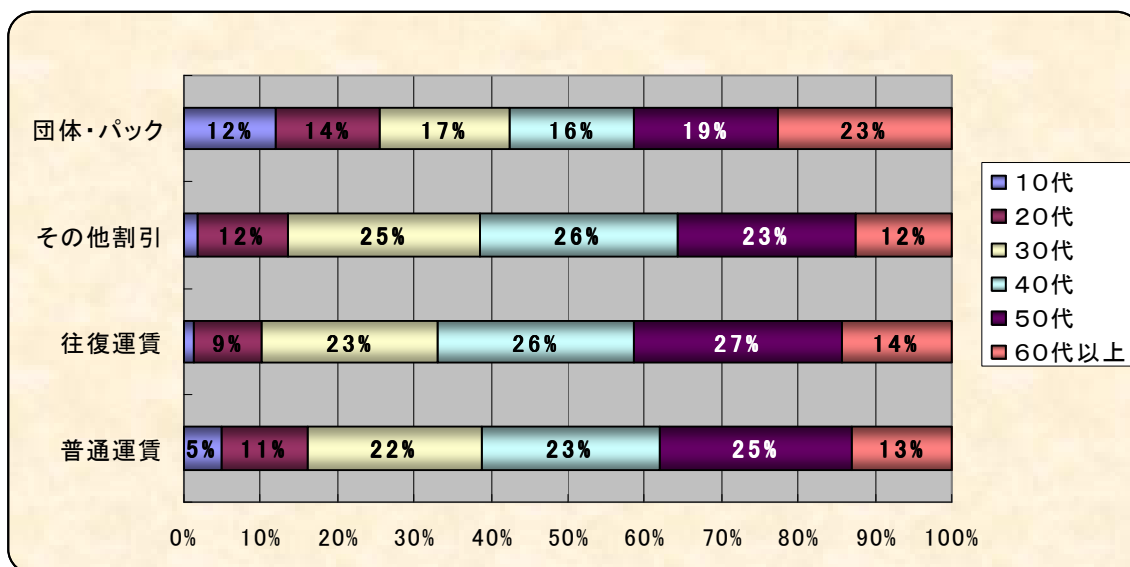


図4-2-6 券種×年齢

年齢から見た券種の割合では、20代以下と60代以上は団体・パック運賃を利用し、30代以上60代未満はその他割引運賃の利用が若干高いものの、ほとんどの運賃クラスを利用している。

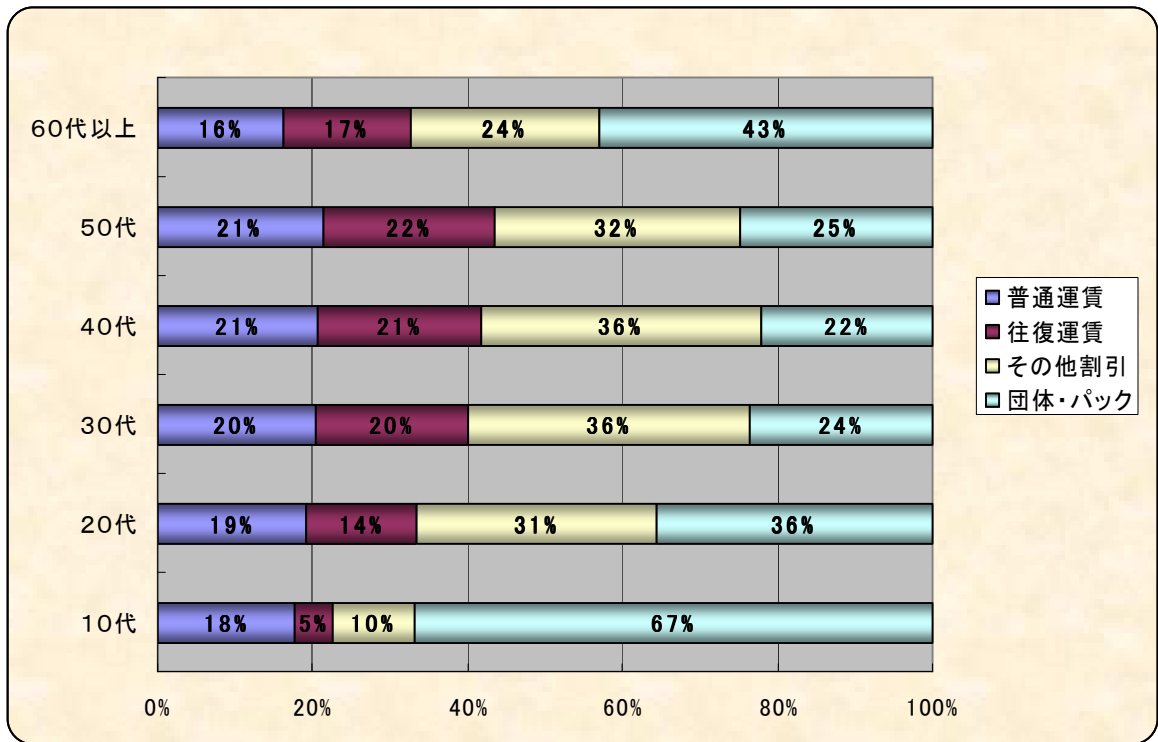


図4-2-7 年齢×券種

券種からみた職業の割合では、普通・往復・その他割引運賃では役員・管理職や会社員が半数以上を占めているのに対し、団体・パック運賃では無職やその他が占める割合が大きい。

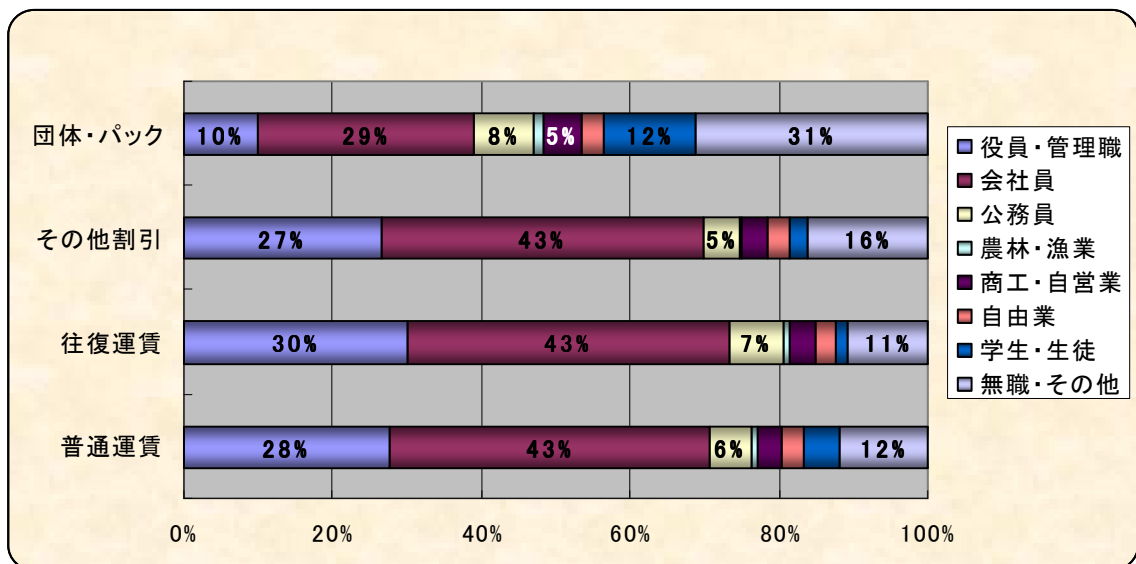


図4-2-8 券種×職業

職業から見た券種の割合では、農林・漁業や無職・その他、学生の半数以上が団体・パック運賃を利用しているのに対し、他の職業では概ね全ての運賃クラスを利用している。

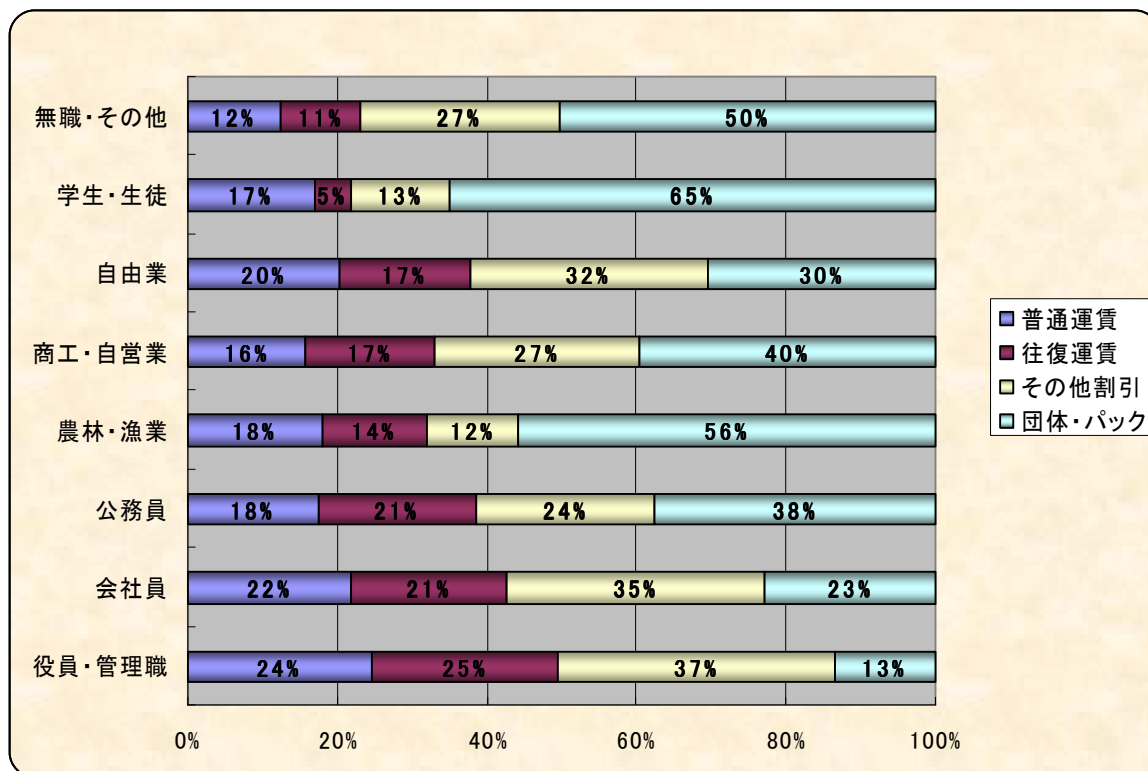


図4-2-9 職業×券種

券種から見た年収の割合では、500万から2000万未満の利用者が普通・往復・その他割引運賃の半数以上を占めており、団体・パック運賃では100万未満の利用者が多い。

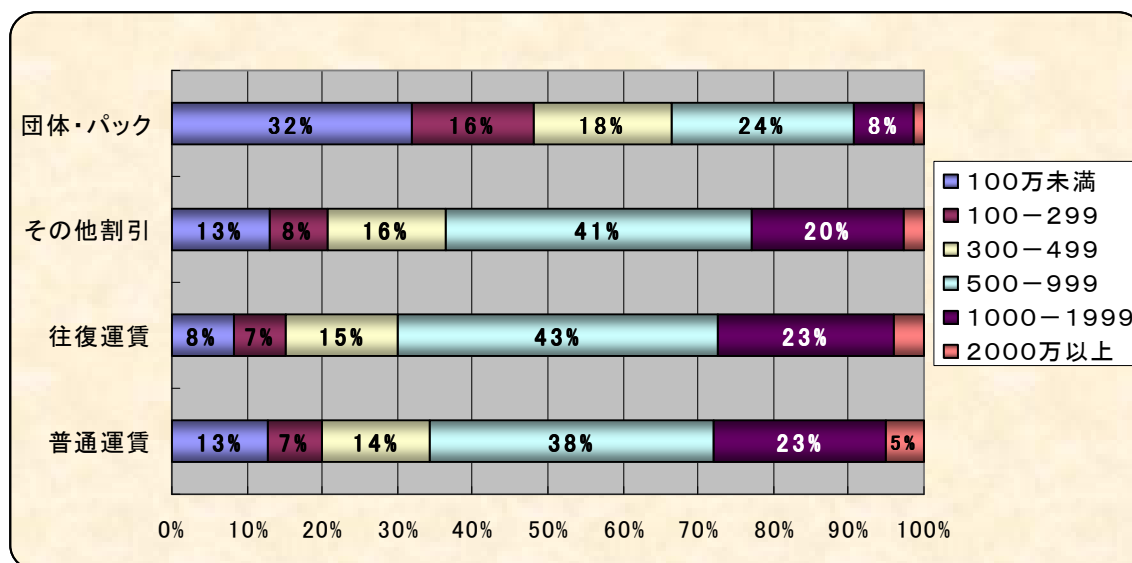


図4-2-10 券種×年収

年収から見た券種の割合では、年収が上がるにつれて普通運賃や往復運賃を利用し、年収の低い旅行者は団体・パック運賃を利用している。

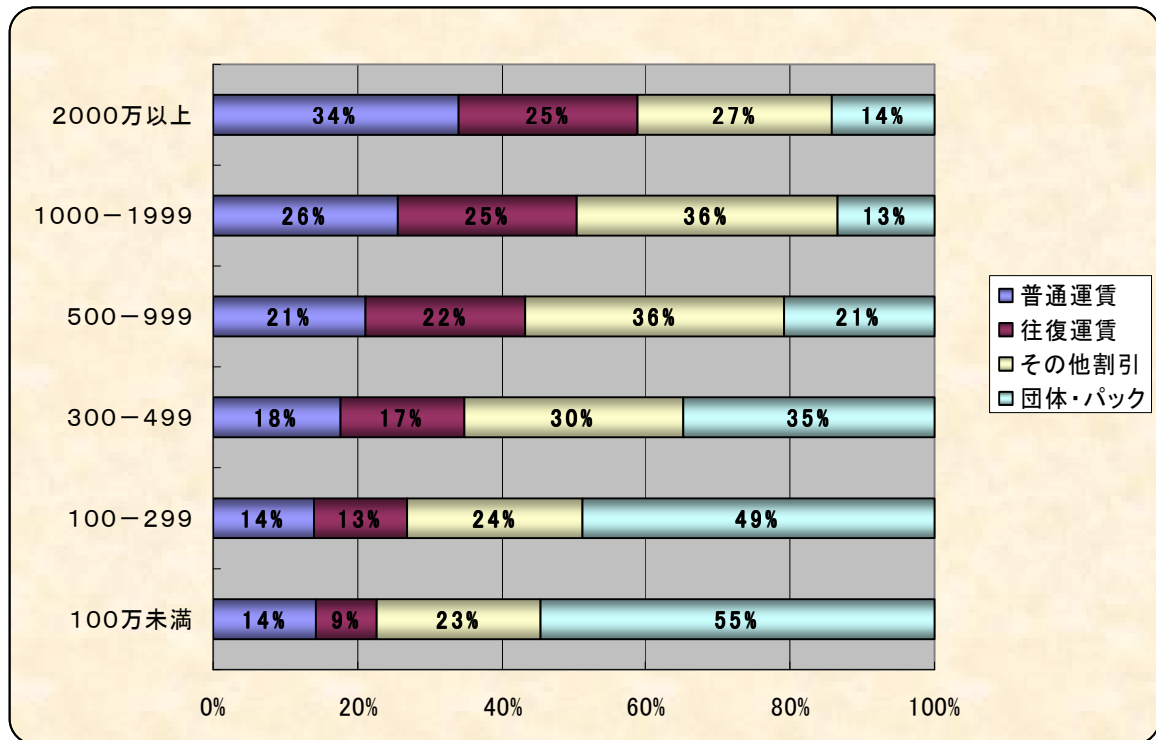


図4-2-11 年収×券種

以上の基礎集計結果より、男性で30代以上の会社員で、年収が500万以上の旅行者は、高い運賃クラスを利用する確率が高い。逆に女性で若年層や高年層の学生や無職で、年収が300万以下の旅行者は団体・パック運賃を利用する確率が高い。このことから、旅行目的が仕事か観光、私用・帰省かによって選択する運賃クラスは異なると考えられる。これは、旅行目的における価格の弾力性の違いが表れているといえる。

4-3 券種選択モデル構築

本研究では、国内航空旅客動態調査のデータ⁽⁴⁾を使用して券種選択モデルを構築するが、その基本となるモデル化の条件は以下の通りとする。

- (1) 券種選択モデルとしては、普通運賃、往復運賃、割引運賃、団体・パック運賃の4者択一のロジットモデルを考える。
- (2) したがって選択肢としては、普通運賃(i=1)、往復運賃(i=2)、割引運賃(i=3)、団体・パック運賃(i=4)とする。
- (3) 券種選択要因として以下の変数を考える。
 - ① 各路線における各料金クラスの運賃

- ② 旅行目的（観光、仕事、帰省・私用、その他）
 - ③ 性別
 - ④ 年齢
 - ⑤ 職業
 - ⑥ 年収
 - ⑦ 各路線の年間搭乗率
 - ⑧ 各路線の距離
- (4) 社会経済属性変数（上記②～⑥）におけるダミー変数の設定を以下の通りとする。
- ② 旅行目的：観光
 - ③ 性別：男
 - ④ 年齢：50歳以上
 - ⑤ 職業：学生・無職
 - ⑥ 年収：1000万以上
- 上記に当てはまる場合は1、それ以外は0とする。
- (5) ここでは分析対象者は同質な評価構造を持つとし、全員に対してその行動を最もよく説明する平均的な評価値、すなわちパラメータ θ を求めるものとする。
上記を式で表すと次の通りとなる。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_{jn})} \quad (4.1)$$

$$V_{in} = \theta_{1i} * Fair_i + \theta_{2i} * Purpose(0,1) + \theta_{3i} * Sex(0,1) + \theta_{4i} * Age(0,1) + \theta_{5i} * Occupation(0,1) + \theta_{6i} * Income(0,1) + \theta_{7i} * Rate + \theta_{8i} * Distance + \theta_{9i} \quad (4.2)$$

ここで、

i : 選択肢（この場合券種） ($i = 1, 2, 3, 4$)

P_{in} : 個人 n が選択肢 i を選択する確率

V_{in} : 個人 n の選択肢 i の効用

θ_{ki} : 選択肢 i の k 番目のパラメータ

とする。上記モデル式の推定用データは以下の通りである。

表 4-3-1 : モデル推定用データ例

1列	2列	3列	4列	5列	6列	7列	8列	9列	10列	11列	12列	13列	14列
サンプル 番号	路線 コード	券種	旅行 目的	性別	年齢	職業	年収	年間 座席率	距離	普通 運賃	往復 運賃	割引 運賃	団体 運賃
1	1	1	1	2	2	2	3	0.643	0.894	2.8	2.54	1.54	1.1
2	1	1	1	1	4	3	4	0.643	0.894	2.8	2.54	1.54	1.1
3	1	1	3	2	5	3	4	0.643	0.894	2.8	2.54	1.54	1.1
4	1	1	1	1	5	2	4	0.643	0.894	2.8	2.54	1.54	1.1
5	1	1	3	1	3	2	4	0.643	0.894	2.8	2.54	1.54	1.1

(運賃は万単位、距離は 1,000km)

モデル推定用データのコードは以下の通りである。(表 4-3-2)

表 4-3-2 : データのコード表

ID	1~83144
路線 コード	1 羽田-新千歳
	2 羽田-伊丹
	3 羽田-福岡
	4 羽田-那覇
券種	1 普通運賃
	2 往復割引
	3 その他割引運賃
	4 団体運賃・パッケージツアー等
旅行 目的	1 仕事
	2 観光
	3 帰省・私用
	4 その他
性別	1 男
	2 女
年齢	1 ~19歳
	2 ~29歳
	3 ~39歳
	4 ~49歳
	5 ~59歳
	6 60歳以上
職業	1 役員・管理職
	2 会社員
	3 公務員
	4 農林・漁業
	5 商工・自営業
	6 自由業
	7 学生・生徒
	8 無職・その他
年収	1 100万円未満
	2 100~299万円
	3 300~499万円
	4 500~999万円
	5 1000~1999万円
	6 2,000万円以上

4-4 推定結果

38 路線 83, 144 のデータを基に、最尤推定法を用いて推定した効用確定項のモデルの推定結果を以下にまとめる。

表 4-4-1 : パラメータ推定結果

選択肢	説明変数	Para.	t値
普通運賃	運賃(万円)	-0.3159	-8.0
	旅行目的/観光ダミー	-1.8865	-67.4
	性別 / 男性ダミー	0.4074	14.5
	年齢/50歳以上ダミー	-0.0330	-1.4
	職業/学生・無職ダミー	-0.3215	-10.7
	年収/1000万以上ダミー	0.6450	20.2
	搭乗率(利用者数/提供座席数)	-1.4768	-5.4
	路線距離(千km)	-0.4582	-7.3
	定数項	1.8609	10.3
往復運賃	運賃(万円)	-0.3159	-8.0
	旅行目的/観光ダミー	-2.4735	-73.3
	性別 / 男性ダミー	0.2810	9.5
	年齢/50歳以上ダミー	0.2150	8.6
	職業/学生・無職ダミー	-0.6763	-20.1
	年収/1000万以上ダミー	0.4443	13.6
	搭乗率(利用者数/提供座席数)	-1.2576	-4.6
	路線距離(千km)	-0.6554	-11.0
	定数項	1.9200	10.7
割引運賃	運賃(万円)	-0.3159	-8.0
	旅行目的/観光ダミー	-2.5523	-93.6
	性別 / 男性ダミー	0.0753	3.0
	年齢/50歳以上ダミー	-0.0474	-2.1
	職業/学生・無職ダミー	-0.2083	-7.7
	年収/1000万以上ダミー	0.4020	13.1
	搭乗率(利用者数/提供座席数)	-2.5040	-9.8
	路線距離(千km)	-1.2610	-32.5
	定数項	3.7000	22.3

サンプル数	83144
初期尤度	-113000
最終尤度	-99180
尤度比	0.122
的中率	47.80%

表 4-4-1 より、観光ダミー係数は普通、往復、割引運賃の券種でマイナスとなっており、観光目的の旅行者に選択されない券種であり、その他の目的（仕事、使用・帰省）で選択される券種であるといえる。男性ダミー、年収 1000 万以上ダミー係数はプラスとなっており、このことから上記の券種は主に会社員に選択されるといえる。また、搭乗率や路線距離が増加すると、上記の券種は選択されにくい結果となった。

表 4 - 4 - 2 : 説明変数の選択肢別平均値・標準偏差

選択肢	説明変数	Ave.	Std.
普通運賃	運賃(万円)	2.701	0.576
	旅行目的/観光ダミー	0.259	0.438
	性別/男性ダミー	0.698	0.459
	年齢/50歳以上ダミー	0.390	0.488
	職業/学生・無職ダミー	0.246	0.431
	年収/1000万以上ダミー	0.206	0.404
	搭乗率(利用者数/提供座席数)	0.627	0.045
	路線距離(千km)	0.902	0.309
	定数項	1	0
往復運賃	運賃(万円)	2.418	0.518
	旅行目的/観光ダミー	0.259	0.438
	性別/男性ダミー	0.698	0.459
	年齢/50歳以上ダミー	0.390	0.488
	職業/学生・無職ダミー	0.246	0.431
	年収/1000万以上ダミー	0.206	0.404
	搭乗率(利用者数/提供座席数)	0.627	0.045
	路線距離(千km)	0.902	0.309
	定数項	1	0
割引運賃	運賃(万円)	1.624	0.333
	旅行目的/観光ダミー	0.259	0.438
	性別/男性ダミー	0.698	0.459
	年齢/50歳以上ダミー	0.390	0.488
	職業/学生・無職ダミー	0.246	0.431
	年収/1000万以上ダミー	0.206	0.404
	搭乗率(利用者数/提供座席数)	0.627	0.045
	路線距離(千km)	0.902	0.309
	定数項	1	0
団体・パック 運賃	運賃(万円)	1.015	0.173
	旅行目的/観光ダミー	0	0
	性別/男性ダミー	0	0
	年齢/50歳以上ダミー	0	0
	職業/学生・無職ダミー	0	0
	年収/1000万以上ダミー	0	0
	搭乗率(利用者数/提供座席数)	0	0
	路線距離(千km)	0	0
	定数項	0	0
普通運賃	share	0.198	
往復運賃	share	0.186	
割引運賃	share	0.313	
団体・パック	share	0.304	

表 4-4-3 : t 値の結果

説明変数	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
運賃(万円)	8.0	8.0	8.0	8.0
	-	-	-	-
旅行目的/観光ダミー	20.1	2.1	93.6	
	+	+	+	
性別 / 男性ダミー	12.0	7.3	3.0	
	+	+	-	
年齢/50歳以上ダミー	0.7	11.8	2.1	
	+	+	+	
職業/学生・無職ダミー	3.7	14.1	7.7	
	-	-	+	
年収/1000万以上ダミー	9.7	1.7	13.1	
	+	+	-	
搭乗率(利用者数/提供座席数)	4.4	5.2	9.8	
	+	+	+	
路線距離(千km)	15.8	12.7	32.5	
	+	+	+	
定数項	12.0	11.3	22.3	
	-	-	-	

上記の t 値については、両側 5%水準で概ね 1.96 以上の値であり、符号条件も共通変数の運賃はマイナス、また社会経済属変数の符号条件も一致しており、問題の無い結果となっている。よって上記のモデルを用いて選択確率の計算を行うこととする。

4-5 選択確率計算

選択確率の計算においては、38 路線の平均値を使用した平均確率と、5 章における RM の適用にあたり、羽田発で 1 便当たりの提供座席数がほぼ同じ、羽田-新千歳、伊丹、福岡、那覇の 4 路線それぞれの平均確率を算出することとした。また、選択確率計算の事前分析として、羽田発着 4 路線の旅客構成比の分析を行った。

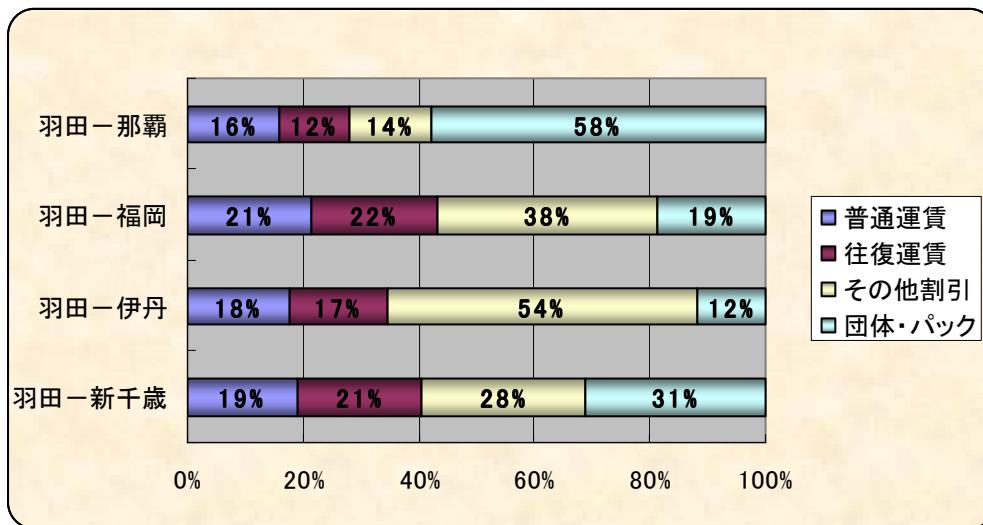


図 4-5-1 : 構成比-券種

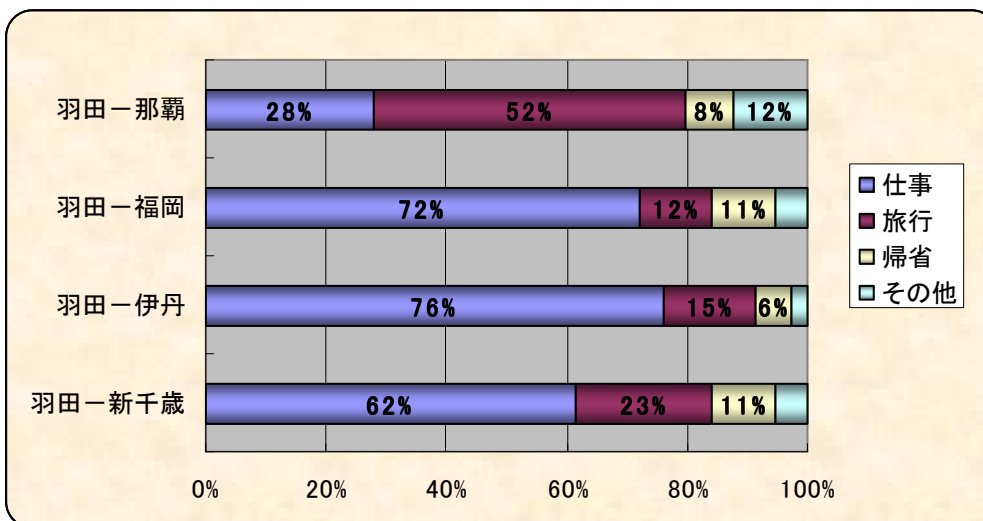


図 4-5-2 : 構成比-旅行目的

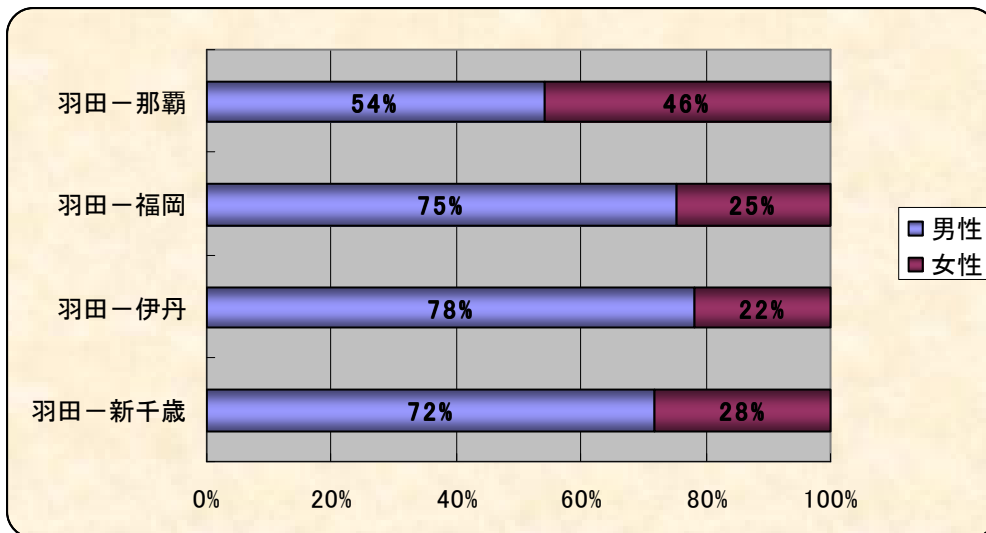


図 4 - 5 - 3 : 構成比-性別

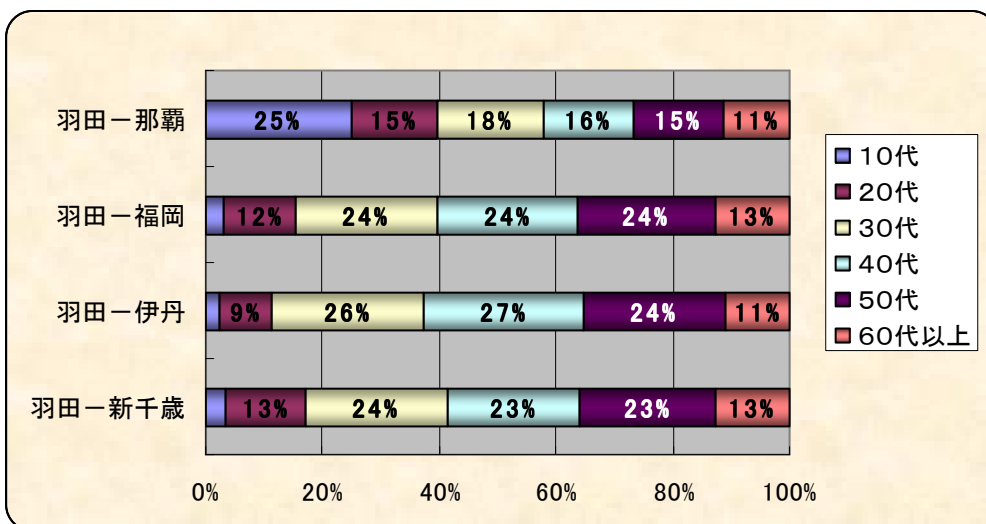


図 4 - 5 - 4 : 構成比-年齢

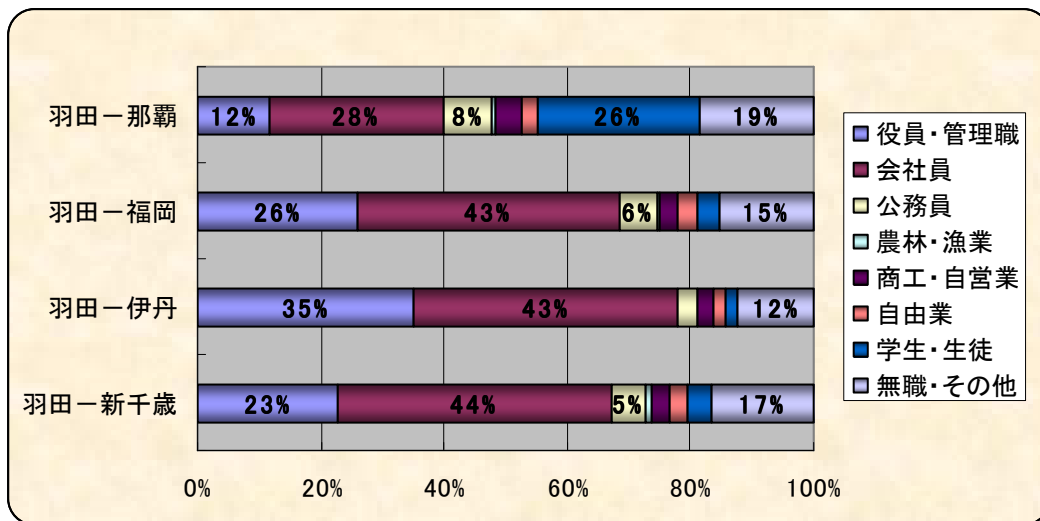


図 4-5-5 : 構成比-職業

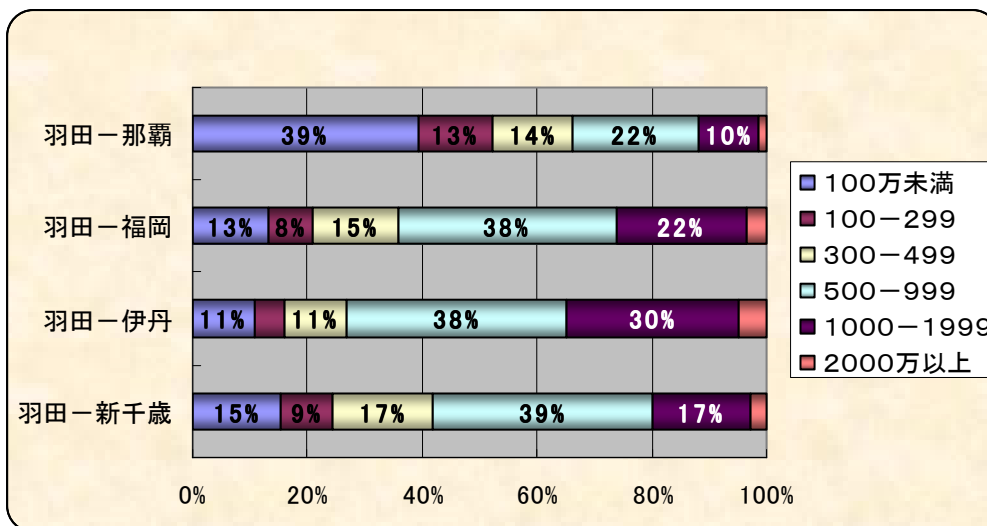


図 4-5-6 : 構成比-年収

価格や旅行目的の構成比より、新千歳、伊丹、福岡路線は仕事目的の30~50代の男の会社員の割合が高いことから、ビジネス路線であると考えられる。また、那覇路線は観光目的で10代の学生・無職の割合が高いことから、レジャー路線であるといえる。利用券種で見ると、伊丹はシャトル便に設定されているため割引運賃の利用が高く、那覇路線は団体・パック運賃の利用が高い。よって各路線の平均選択確率もビジネス路線とレジャー路線では値が異なることが予想される。

選択確率の計算において、本研究では 38 路線全体の平均選択確率と羽田発着 4 路線の平均選択確率を求めた。計算手法として前者は平均値法を、後者は平均値法と社会経済変数による分類法の両方を使用した。計算式は以下の通りである。

平均値法は、データの平均値に最尤推定法にて求めたパラメータを掛け合わせて求められる。ここで、

θ . . . パラメータ行列 (25×4)

\bar{Z} . . . 平均値行列 (25×4)

i . . . 料金クラス ($i=1, 2, 3, 4$)

P_i . . . 料金クラス i の選択確率

とすると、料金クラス i の選択確率 P_i は

$$P_i = (i | \theta', \bar{Z}) \quad (4.3)$$

によって求められる。

分類法は、個人をいくつかのセグメントに分けて、そのセグメントごとに説明変数の平均値を使用し選択確率を求め、それを全グループについて集計することによって求められる。ここで、

S . . . セグメント (社会経済変数 5 つ → $S=1, \dots, 2^5=1, \dots, 32$)

X_S . . . 各セグメントの平均値行列 (25×4)

α_S . . . 各セグメントのシェア

P_{iS} . . . 各セグメントの選択確率

とすると、料金クラス i における各セグメントの選択確率 P_{iS} は

$$P_{iS}(\theta, X_S) = \frac{\text{Exp} \left[\sum_{n=1}^{25} \theta_{in} X_{inS} \right]}{\sum_{i=1}^4 \left(\text{Exp} \left[\sum_{n=1}^{25} \theta_{in} X_{inS} \right] \right)} \quad (4.4)$$

によって求まり、料金クラス i の選択確率 P_i は

$$P_i = \sum_{S=1}^{32} \alpha_S P_{iS}(\theta, X_S) \quad (4.5)$$

によって求められる。

羽田発着 4 路線の平均値法に使用するデータは下記の通りである。

表 4-5-1 : 4 路線データ平均値

路線コード	券種	旅行目的	性別	年齢	職業	年収	年間搭乗率	距離	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
1	2.71	0.23	0.72	0.36	0.21	0.20	0.60	0.90	2.80	2.50	1.50	1.10
2	2.59	0.15	0.78	0.35	0.14	0.35	0.70	0.50	1.90	1.70	1.10	0.80
3	2.54	0.12	0.75	0.36	0.19	0.26	0.60	1.00	3.10	2.80	1.90	1.10
4	3.14	0.52	0.54	0.27	0.45	0.12	0.70	1.70	3.50	3.10	1.90	1.20

上記式によって求めた 38 路線全体の平均選択確率と、羽田発着 4 路線の平均選択確率は以下の通りである。

表 4-5-1 : 38 路線平均選択確率 (平均値法)

	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
選択確率	0.222	0.189	0.325	0.265

表 4-5-2 : 4 路線平均選択確率 (平均値法)

路線	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
38路線平均	0.222	0.189	0.325	0.265
羽田-新千歳	0.221	0.189	0.356	0.234
羽田-伊丹	0.236	0.225	0.391	0.148
羽田-福岡	0.228	0.206	0.353	0.214
羽田-那覇	0.146	0.089	0.113	0.652

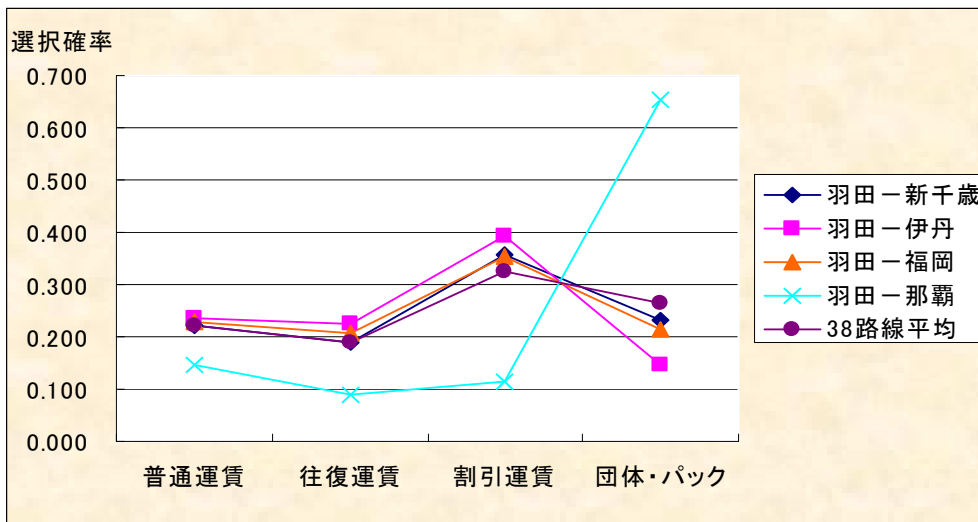


図 4-5-6 : 平均値法による選択確率

表 4-5-3 : 4 路線平均選択確率 (分類法)

路線	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
羽田－新千歳	0.204	0.194	0.329	0.273
羽田－伊丹	0.221	0.221	0.384	0.174
羽田－福岡	0.237	0.222	0.301	0.240
羽田－那覇	0.150	0.116	0.131	0.604

平均値法と分類法では選択確率に多少の誤差は生じるものの、どちらも実用的であり、十分な精度があるとされている。

上記の結果より、38 路線全体では割引運賃を選択する確率が最も高く、次いで団体・パック運賃という結果であった。

羽田－新千歳路線では、観光とビジネス目的の利用者が多いため、割引運賃と団体・パック運賃の選択確率が高い。羽田－伊丹路線では、他の路線と比べ、ビジネス目的の利用者が最も多い路線である。そのため、新幹線との競合もあり、ビジネス路線特有のシャトル便割引が設定されている。よって割引料金の選択確率が高く、団体・パック運賃の選択確率が低いと考えられる。羽田－福岡路線は、伊丹の次にビジネス目的の利用者が多い。よって割引運賃を始め、普通・往復運賃の選択確率が高いと考えられる。羽田－那覇路線においては、他の路線に比べて観光目的の割合が高いということもあり、団体・パック運賃の選択確率が高いと考えられる。

以上の考察から、ビジネス路線では割引運賃や普通・往復運賃を選択する確率が高く、レジャー路線では団体・パック運賃を選択する確率が高いといえる。

4-6 感度分析

近年の世界情勢の悪化や燃料高騰により、海外への観光旅行者が国内へシフトし、国内における観光旅行が増加している。よって今後も国内における観光目的の利用者は増加すると考えられる。そこで本研究では上記(4章5節)の結果を基に、旅行目的において観光の割合を増加させた場合の選択確率の変化について感度分析を行う。分析対象路線は、38 路線全体と羽田発着 4 路線について行う。

分析の方法は、入力データの平均値を用いて、旅行目的における観光の割合を 1.25 倍、1.5 倍、1.75 倍、2 倍に増加させた場合のそれぞれの券種選択確率を計算する。よって比較対象となる初期設定の選択確率は、平均値法で求めた選択確率を使用する。(表 4-5-1、表 4-5-2) 分析結果を以下に示す。

表 4-6-1 : 38 路線

全体	1倍	1.25倍	1.5倍	1.75倍	2倍
普通運賃	0.222	0.219	0.215	0.21	0.204
往復運賃	0.189	0.179	0.169	0.159	0.149
割引運賃	0.325	0.307	0.288	0.27	0.251
団体・パック	0.265	0.295	0.327	0.361	0.396

表 4-6-2 : 羽田-新千歳

羽田-新千歳	1倍	1.25倍	1.5倍	1.75倍	2倍
普通運賃	0.221	0.219	0.217	0.214	0.210
往復運賃	0.188	0.182	0.174	0.166	0.158
割引運賃	0.355	0.341	0.325	0.308	0.292
団体・パック	0.236	0.258	0.284	0.312	0.341

表 4-6-3 : 羽田-伊丹

羽田-伊丹	1倍	1.25倍	1.5倍	1.75倍	2倍
普通運賃	0.236	0.237	0.238	0.238	0.238
往復運賃	0.225	0.221	0.216	0.212	0.207
割引運賃	0.392	0.383	0.374	0.366	0.357
団体・パック	0.147	0.159	0.172	0.185	0.198

表 4-6-4 : 羽田-福岡

羽田-福岡	1倍	1.25倍	1.5倍	1.75倍	2倍
普通運賃	0.228	0.227	0.227	0.226	0.225
往復運賃	0.205	0.202	0.198	0.194	0.189
割引運賃	0.353	0.346	0.338	0.330	0.322
団体・パック	0.215	0.225	0.238	0.250	0.264

表 4-6-5 : 羽田-那覇

羽田-那覇	1倍	1.25倍	1.5倍	1.75倍	2倍
普通運賃	0.146	0.126	0.106	0.088	0.072
往復運賃	0.089	0.071	0.055	0.043	0.032
割引運賃	0.112	0.089	0.069	0.052	0.040
団体・パック	0.653	0.715	0.770	0.817	0.856

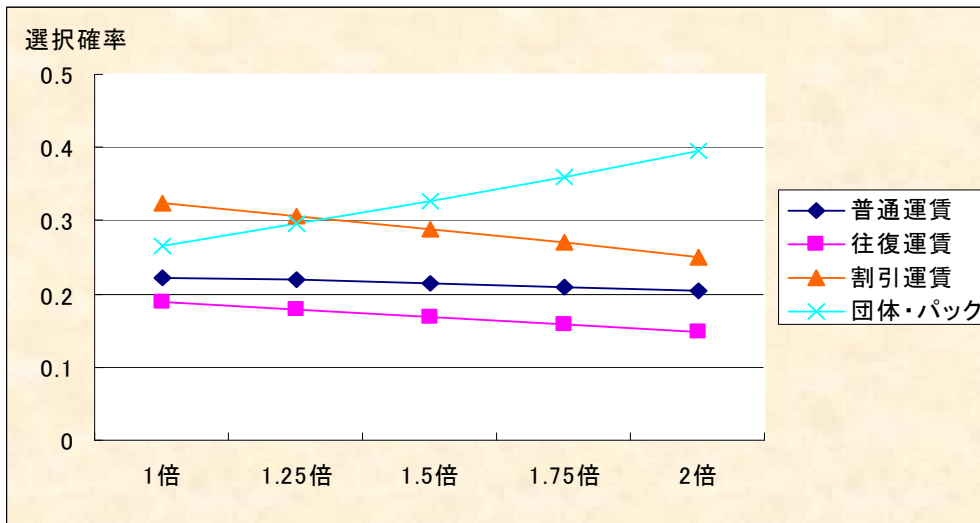


図 4-6-1 : 観光割合変化 (38 路線)

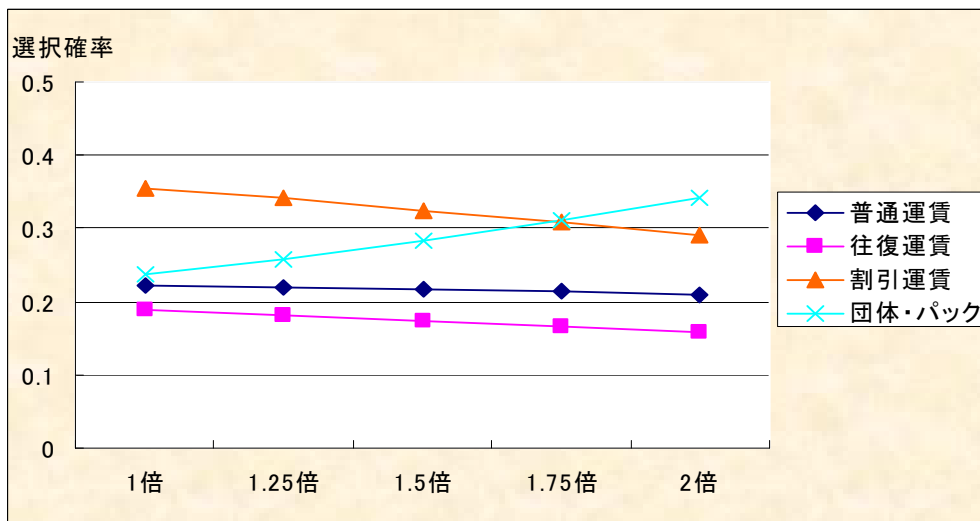


図 4-6-2 : 観光割合変化 (羽田-新千歳)

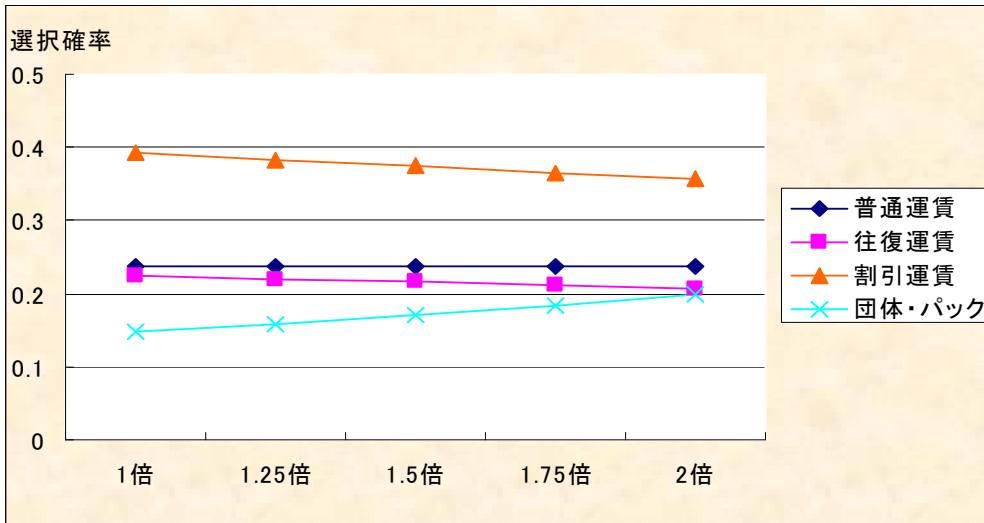


図 4 - 6 - 3 : 観光割合変化 (羽田-伊丹)

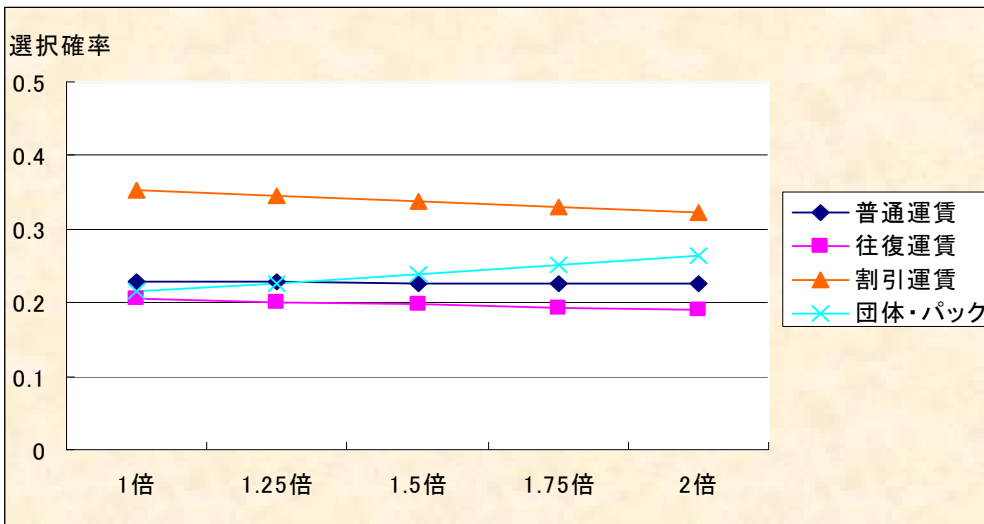
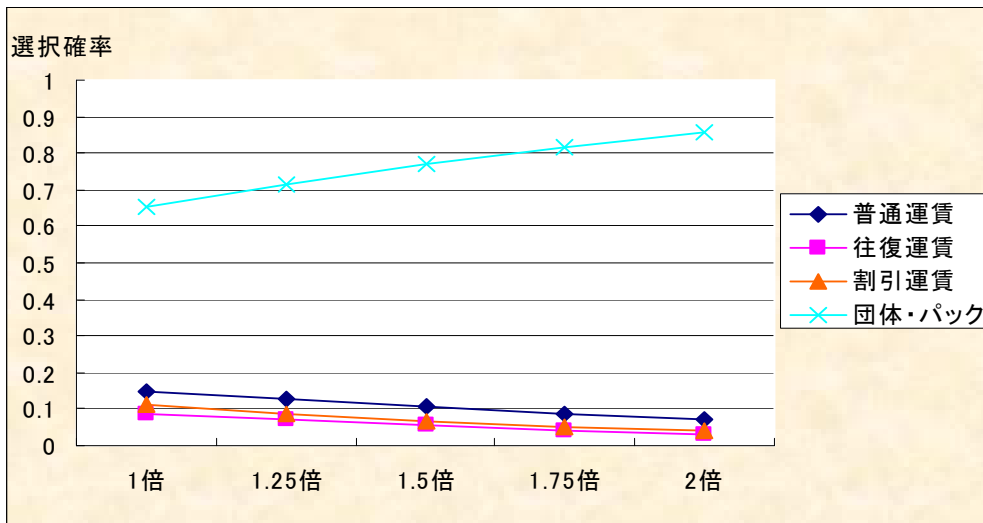


図 4 - 6 - 4 : 観光割合変化 (羽田-福岡)



(注：羽田－那覇のみ、縦軸の最大値が 1.0 で表示)

図 4 - 6 - 5 : 観光割合変化 (羽田－那覇)

感度分析の結果から、観光の割合を増加させると全路線において団体・パック運賃の選択確率が増加し、逆にその他の券種の選択確率は減少している。路線別では、38 路線においては観光の割合が現状の 1.25 倍になると、利用者は割引運賃よりも団体・パック料金を選択する。羽田－新千歳では 1.75 倍で団体・パック運賃の選択確率が最も高くなる。しかし、ビジネス路線の伊丹や福岡では、現状の 2 倍に増加しても、依然として割引運賃の選択確率が高いという結果である。これは、羽田－伊丹、福岡の路線において、現状で観光目的の利用客が他の路線に比べ極めて低いことが要因である。羽田－那覇路線においては、現状ですでに団体・パック運賃の選択確率が高いため、さらに確率が増加する結果となった。

次に、航空運賃を値上げさせた場合の感度分析を行う。近年の航空燃料高騰の影響を受け、国内航空会社は 2006 年から国内・国際線の運賃の値上げを決定した。そこで本研究では、燃料高騰による運賃値上げを考慮した券種選択確率の変化に関する感度分析を行うこととした。使用する値上げ後の運賃は、2006 年 1 月に公開された JAL の届出運賃を使用することとした。また、入力データにおける割引運賃については、前売り 28・特割 7・特割 1 の中で最も安い運賃となっており、団体・パック運賃はバーゲンフェアの運賃を設定した。値上げ後の運賃を以下に示す。

表4-6-6：値上げ後の運賃

路線名	普通価格	往復価格	割引価格	団体価格
	値上げ前運賃			
	値上げ後運賃			
変化率(%)				
羽田-新千歳	¥28,000	¥25,450	¥15,400	¥11,000
	¥29,400	¥26,850	¥12,000	¥12,300
	5%	6%	-22%	12%
羽田-伊丹	¥18,500	¥16,700	¥11,500	¥8,000
	¥19,700	¥17,900	¥9,500	¥9,100
	6%	7%	-17%	14%
羽田-福岡	¥31,000	¥27,850	¥18,500	¥11,000
	¥32,400	¥29,250	¥10,000	¥12,300
	5%	5%	-46%	12%
羽田-那覇	¥34,500	¥30,900	¥19,000	¥12,000
	¥36,100	¥32,500	¥13,000	¥13,300
	5%	5%	-32%	11%
伊丹-新千歳	¥35,000	¥31,700	¥19,250	¥12,000
	¥36,600	¥33,300	¥16,000	¥13,300
	5%	5%	-17%	11%
伊丹-福岡	¥18,000	¥16,200	¥11,000	¥9,000
	¥19,200	¥17,400	¥11,000	¥10,300
	7%	7%	0%	14%
伊丹-那覇	¥28,500	¥25,750	¥15,700	¥11,000
	¥30,100	¥27,350	¥17,000	¥12,300
	6%	6%	8%	12%
福岡-新千歳	¥44,000	¥39,500	¥24,200	¥12,000
	¥45,600	¥41,100	¥15,000	¥13,300
	4%	4%	-38%	11%
福岡-那覇	¥22,500	¥20,350	¥12,400	¥9,000
	¥23,900	¥21,750	¥11,000	¥10,300
	6%	7%	-11%	14%
関西-新千歳	¥35,000	¥31,700	¥19,250	¥12,000
	¥36,600	¥33,300	¥13,000	¥13,300
	5%	5%	-32%	11%
羽田-関西	¥18,500	¥16,700	¥11,500	¥8,000
	¥19,700	¥17,900	¥9,500	¥9,300
	6%	7%	-17%	16%
羽田-函館	¥26,500	¥23,600	¥19,000	¥11,000
	¥27,700	¥24,800	¥13,000	¥12,300
	5%	5%	-32%	12%
羽田-青森	¥25,500	¥22,550	¥17,500	¥11,000
	¥26,700	¥23,750	¥14,000	¥12,300
	5%	5%	-20%	12%
羽田-秋田	¥20,500	¥17,950	¥11,500	¥10,000
	¥21,700	¥19,150	¥11,000	¥11,300
	6%	7%	-4%	13%
羽田-小松	¥18,400	¥16,400	¥12,500	¥8,000
	¥19,400	¥17,400	¥9,500	¥9,300
	5%	6%	-24%	16%
羽田-出雲	¥26,500	¥23,450	¥20,000	¥10,000
	¥27,700	¥24,650	¥14,000	¥11,300
	5%	5%	-30%	13%
羽田-岡山	¥25,500	¥22,450	¥12,500	¥10,000
	¥26,700	¥23,650	¥11,000	¥11,300
	5%	5%	-12%	13%
羽田-広島	¥26,000	¥22,650	¥15,500	¥10,000
	¥27,200	¥23,850	¥11,000	¥11,300
	5%	5%	-29%	13%
羽田-山口宇部	¥29,000	¥25,950	¥15,500	¥10,000
	¥30,400	¥27,350	¥11,000	¥11,300
	5%	5%	-29%	13%
羽田-徳島	¥25,000	¥22,150	¥16,500	¥10,000
	¥26,200	¥23,350	¥14,000	¥11,300
	5%	5%	-15%	13%
羽田-高松	¥25,000	¥22,350	¥17,000	¥10,000
	¥26,200	¥23,550	¥11,000	¥11,300
	5%	5%	-35%	13%
羽田-松山	¥27,000	¥23,350	¥17,500	¥10,000
	¥28,200	¥24,550	¥11,000	¥11,300
	4%	5%	-37%	13%
羽田-高知	¥26,500	¥24,100	¥19,500	¥10,000
	¥27,700	¥25,300	¥11,000	¥11,300
	5%	5%	-44%	13%
羽田-長崎	¥33,000	¥29,900	¥20,000	¥11,000
	¥34,400	¥31,300	¥13,000	¥12,300
	4%	5%	-35%	12%
羽田-熊本	¥31,000	¥28,050	¥18,000	¥11,000
	¥32,400	¥29,450	¥13,000	¥12,300
	5%	5%	-28%	12%
羽田-大分	¥30,000	¥25,900	¥21,500	¥11,000
	¥31,400	¥27,300	¥13,000	¥12,300
	5%	5%	-40%	12%
羽田-宮崎	¥31,000	¥27,800	¥18,000	¥11,000
	¥32,400	¥29,200	¥13,000	¥12,300
	5%	5%	-28%	12%
羽田-鹿児島	¥33,000	¥29,400	¥21,500	¥11,000
	¥34,400	¥30,800	¥13,000	¥12,300
	4%	5%	-40%	12%
伊丹-仙台	¥26,000	¥23,450	¥18,000	¥10,000
	¥27,200	¥24,650	¥12,000	¥11,300
	5%	5%	-33%	13%
伊丹-松山	¥14,000	¥12,550	¥9,500	¥7,000
	¥14,900	¥13,450	¥9,000	¥8,200
	6%	7%	-5%	17%
伊丹-熊本	¥19,500	¥17,850	¥13,000	¥9,000
	¥20,700	¥18,600	¥11,000	¥10,300
	6%	4%	-15%	14%
伊丹-鹿児島	¥22,500	¥20,250	¥15,000	¥9,000
	¥23,700	¥21,450	¥12,000	¥10,300
	5%	6%	-20%	14%
新千歳-名古屋	¥31,500	¥28,450	¥17,350	¥12,000
	¥32,900	¥29,850	¥13,000	¥13,300
	4%	5%	-25%	11%
名古屋-福岡	¥21,000	¥19,100	¥12,500	¥9,000
	¥22,200	¥20,300	¥11,000	¥10,300
	6%	6%	-12%	14%
名古屋-那覇	¥32,500	¥29,000	¥17,900	¥12,000
	¥34,100	¥30,600	¥14,000	¥13,300
	5%	6%	-22%	11%
福岡-宮崎	¥16,500	¥14,500	¥12,000	¥7,000
	¥17,400	¥15,400	¥11,500	¥8,200
	5%	6%	-4%	17%
福岡-鹿児島	¥15,500	¥13,450	¥7,000	¥6,000
	¥16,400	¥14,350	¥7,800	¥7,200
	6%	7%	11%	20%

(注：値上げ前は2005年11月時点の運賃) (6)

上記より、値上げ対象運賃は普通、往復、団体・パック運賃であり、逆に割引運賃は値下げされている。これは、今回の航空燃料高騰による各種運賃の変更において、割引料金を

は事前購入の条件を 21 日前から 28 日前に変更した。その結果、条件が厳しくなった分、値下げをしたと考えられる。

運賃を変更した場合の選択確率の変化を以下に示す。ただし、羽田－富山路線は変更後の運賃が適用される 4 月から路線廃止となったため、今回の JAL のケースでは 37 路線を対象とする。

表4-6-7: 37路線選択確率変化

路線名	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック	
	値上げ前の選択確率								
	値上げ後の選択確率								
	変化率(%)								
羽田-新千歳	0.221	0.188	0.355	0.236	羽田-山口宇部	0.217	0.203	0.380	0.200
	0.208	0.178	0.391	0.223		0.201	0.188	0.425	0.186
	-6%	-6%	10%	-5%		-7%	-7%	12%	-7%
羽田-伊丹	0.236	0.225	0.392	0.147	羽田-徳島	0.226	0.212	0.380	0.182
	0.226	0.216	0.416	0.142		0.216	0.202	0.408	0.173
	-4%	-4%	6%	-4%		-4%	-4%	7%	-5%
羽田-福岡	0.228	0.205	0.353	0.215	羽田-高松	0.232	0.225	0.344	0.200
	0.201	0.181	0.427	0.190		0.213	0.207	0.397	0.183
	-12%	-12%	21%	-11%		-8%	-8%	15%	-8%
羽田-那覇	0.146	0.089	0.112	0.653	羽田-松山	0.221	0.211	0.368	0.200
	0.141	0.085	0.138	0.636		0.201	0.192	0.426	0.181
	-4%	-4%	23%	-3%		-9%	-9%	16%	-9%
伊丹-新千歳	0.173	0.125	0.201	0.500	羽田-高知	0.227	0.196	0.373	0.204
	0.167	0.121	0.226	0.486		0.200	0.173	0.447	0.180
	-4%	-4%	12%	-3%		-12%	-12%	20%	-12%
伊丹-福岡	0.234	0.210	0.352	0.205	羽田-長崎	0.213	0.176	0.307	0.304
	0.231	0.207	0.360	0.201		0.195	0.161	0.366	0.278
	-1%	-1%	3%	-2%		-9%	-9%	19%	-8%
伊丹-那覇	0.169	0.105	0.167	0.559	羽田-熊本	0.220	0.185	0.311	0.285
	0.168	0.104	0.167	0.560		0.205	0.173	0.355	0.267
	-1%	-1%	0%	0%		-7%	-7%	14%	-6%
福岡-新千歳	0.136	0.091	0.139	0.634	羽田-大分	0.219	0.193	0.308	0.280
	0.128	0.086	0.183	0.602		0.196	0.173	0.378	0.253
	-6%	-6%	32%	-5%		-10%	-10%	23%	-10%
福岡-那覇	0.225	0.181	0.278	0.316	羽田-宮崎	0.212	0.187	0.337	0.263
	0.219	0.176	0.296	0.309		0.197	0.174	0.383	0.246
	-3%	-3%	6%	-2%		-7%	-7%	14%	-7%
関西-新千歳	0.147	0.092	0.164	0.598	羽田-鹿児島	0.211	0.178	0.286	0.325
	0.139	0.087	0.199	0.574		0.190	0.161	0.354	0.295
	-5%	-5%	22%	-4%		-10%	-10%	24%	-9%
羽田-関西	0.239	0.207	0.330	0.224	伊丹-仙台	0.201	0.148	0.270	0.382
	0.231	0.200	0.353	0.216		0.188	0.138	0.317	0.356
	-3%	-3%	7%	-4%		-6%	-6%	18%	-7%
羽田-函館	0.201	0.149	0.264	0.385	伊丹-松山	0.227	0.220	0.439	0.114
	0.189	0.140	0.311	0.360		0.222	0.216	0.450	0.111
	-6%	-6%	18%	-7%		-2%	-2%	3%	-3%
羽田-青森	0.225	0.216	0.387	0.172	伊丹-熊本	0.225	0.192	0.380	0.203
	0.212	0.203	0.423	0.162		0.216	0.187	0.403	0.194
	-6%	-6%	9%	-6%		-4%	-3%	6%	-4%
羽田-秋田	0.225	0.216	0.423	0.136	伊丹-鹿児島	0.222	0.198	0.319	0.261
	0.220	0.211	0.437	0.132		0.212	0.189	0.349	0.249
	-2%	-2%	3%	-3%		-4%	-4%	9%	-5%
羽田-小松	0.228	0.212	0.402	0.158	新千歳-名古屋	0.154	0.105	0.184	0.556
	0.217	0.201	0.433	0.149		0.148	0.102	0.213	0.537
	-5%	-5%	8%	-6%		-4%	-4%	16%	-3%
羽田-出雲	0.226	0.202	0.329	0.243	名古屋-福岡	0.213	0.171	0.294	0.322
	0.208	0.187	0.382	0.224		0.208	0.167	0.312	0.313
	-8%	-8%	16%	-8%		-2%	-2%	6%	-3%
羽田-岡山	0.218	0.209	0.423	0.151	名古屋-那覇	0.145	0.088	0.121	0.646
	0.210	0.201	0.444	0.145		0.141	0.086	0.140	0.634
	-4%	-4%	5%	-4%		-3%	-3%	16%	-2%
羽田-広島	0.223	0.194	0.354	0.229	福岡-宮崎	0.221	0.239	0.426	0.114
	0.208	0.182	0.396	0.214		0.217	0.235	0.438	0.111
	-6%	-6%	12%	-7%		-2%	-2%	3%	-3%
					福岡-鹿児島	0.212	0.228	0.457	0.102
				0.212		0.228	0.458	0.101	
				0%		0%	0%	-1%	

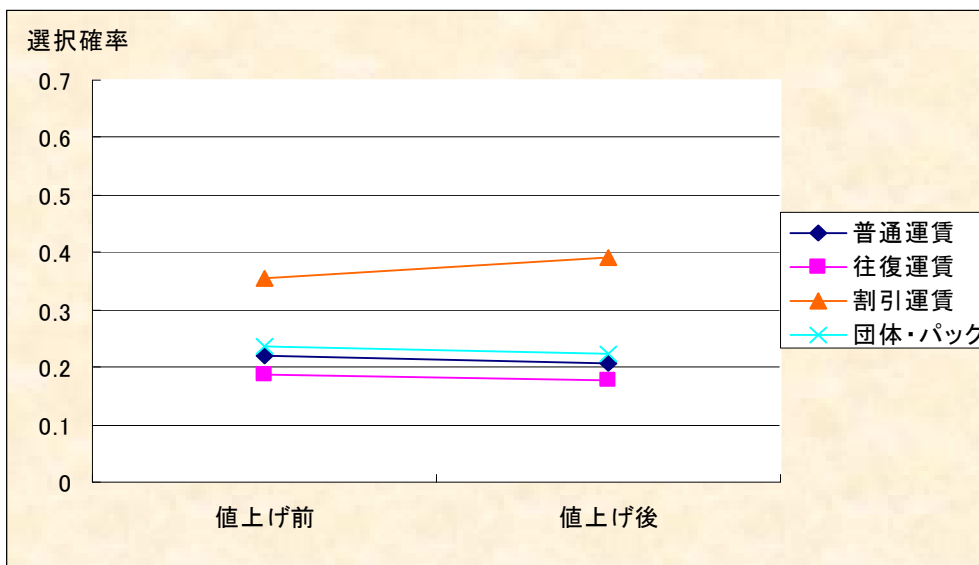


図 4 - 6 - 6 : 運賃変化 (羽田-新千歳)

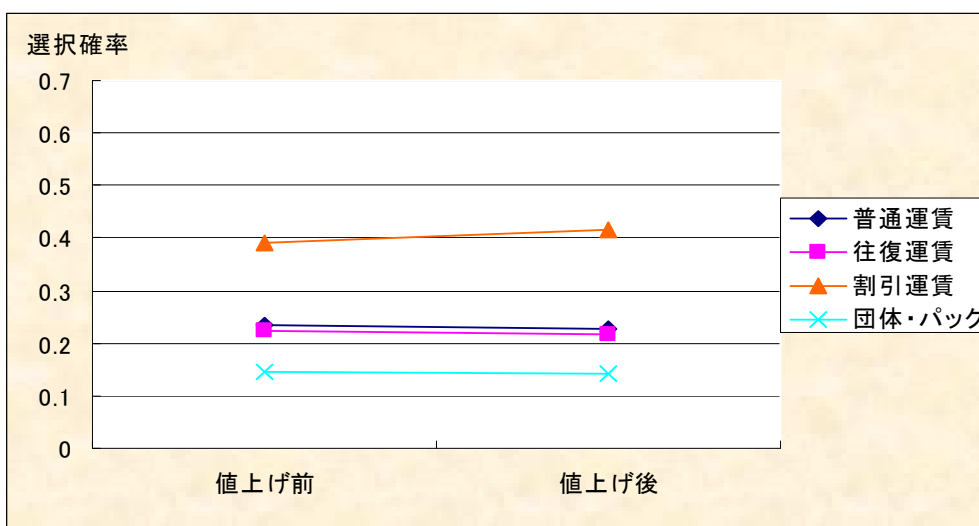


図 4 - 6 - 7 : 運賃変化 (羽田-伊丹)

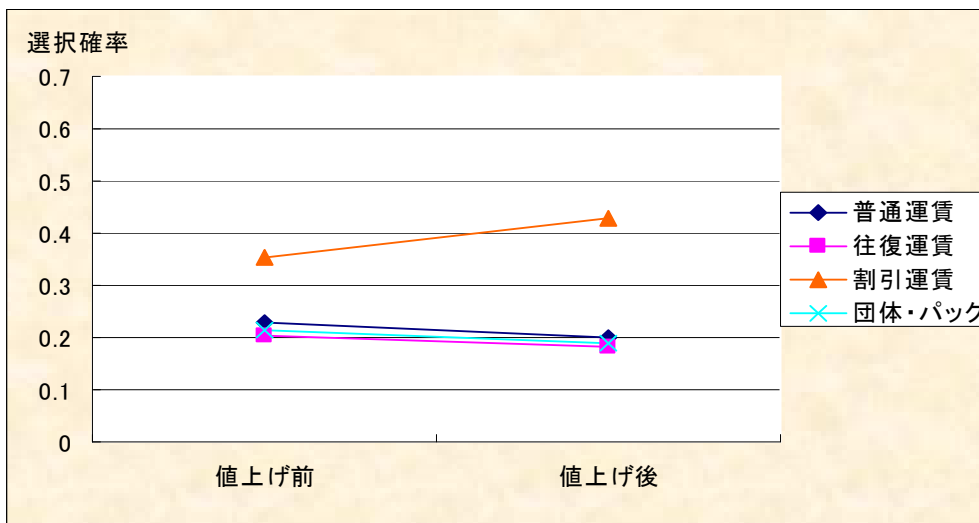


図4-6-8: 運賃変化 (羽田-福岡)

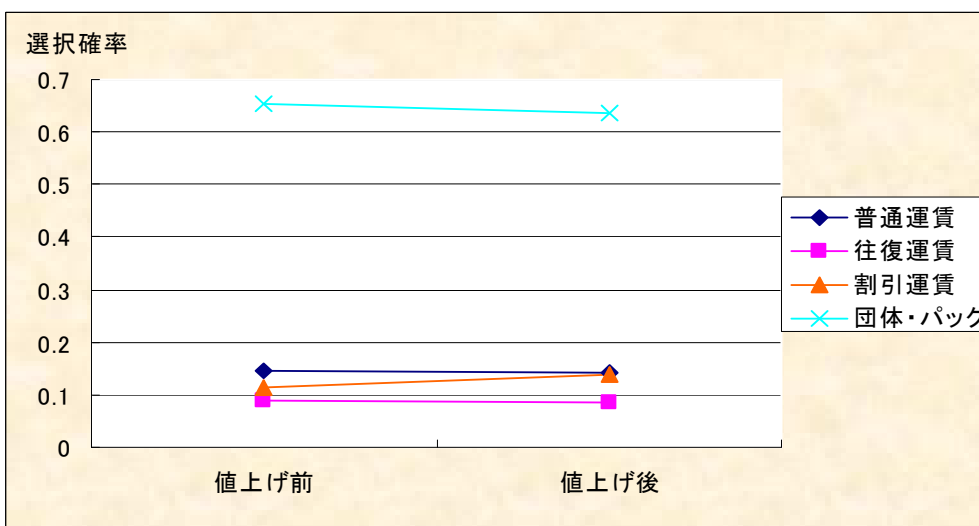


図4-6-9: 運賃変化 (羽田-那覇)

上記の結果から、値上げ対象の券種（普通、往復、団体・パック）については、選択確率が低下し、値下げされた割引運賃については選択確率が上昇した。路線別では、羽田-福岡路線における選択確率が最も変化している。これは、他の3路線に比べ、羽田-福岡路線における割引運賃の最安価格が約半額と大幅値下げされていることが要因と考えられる。また、羽田-沖縄路線については、他の路線に比べて団体・パックの利用者（観光目的）が多いことから、今回の運賃値上げに対する選択確率の変化は低いと考えられる。

4-7 まとめ

本章では非集計ロジットモデルを用いて、券種選択モデルの構築を行った。選択確率を求めた結果、38 路線全体では平均的に割引運賃を利用する傾向が高いが、路線別にみると羽田-伊丹のようなビジネス路線と、羽田-那覇のようなレジャー路線では路線を利用する利用客層が異なるため、券種の選択行動が大きく異なることが明らかとなった。また、近年の国内観光旅行者の増加や燃料高騰による運賃値上げを考慮した分析においても、ビジネス路線とレジャー路線では券種の選択行動が大きく異なることが明らかとなった。

感度分析の結果から、航空サービス全体の需要が観光目的にシフトした場合、団体・パック運賃の選択にプラスの影響を与え、普通、往復、割引運賃クラスの選択にマイナスの影響を与えることが明らかとなった。このことから、羽田-那覇や新千歳のようなレジャー路線では今以上に団体・パック運賃の予約は難しくことが予想される。

また、燃料高騰による運賃値上げは、割引運賃クラスの選択にプラスの影響を与え、普通、往復、団体・パック運賃クラスの選択にマイナスの影響を与える要因であることが明らかとなった。これより、羽田-伊丹や福岡のようなビジネス路線では、普通、往復運賃の予約は減少し、割引運賃の予約は増加すると考えられる。

表 4-7：選択確率に対する要因の影響度

	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
運賃(値上げ前)(万円)	2.80	2.55	1.54	1.10
運賃(値上げ後)(万円)	2.94	2.69	1.20	1.23
t値(運賃)	-8.0	-8.0	-8.0	
t値(旅行目的/観光ダミー)	-67.4	-73.3	-93.6	

以上を考慮し、5章では観光増加や燃料高騰による運賃の値上げが座席配分値と予想収益に与える影響を検証する。

第5章 利用者行動を考慮した最適座席配分と予想収益計算

5-1 概要

本章では、4章の券種選択モデルにて求めた平均選択確率を用いて、2章3章の Revenue Management 手法を使用し、利用者行動を考慮した最適座席配分値と予想収益の計算を行う。また、感度分析によって、航空サービス水準の決定要因について見当を行う。

2章、3章で述べたとおり、ある1便の各料金クラスにおける最適座席配分値は、各クラスの料金の他に、需要（この場合、利用客）の平均と標準偏差（分散の平方根）によって求まる。各料金クラスの平均については、4章で求めた各料金クラスにおける平均選択確率と、全体の需要を掛け合わせるにより求められるが、標準偏差を求める方法を検討する必要がある。ここで、航空会社にとっての分散の要因について以下にまとめる。

- ・時間（便）・曜日・週・月・時期（ピーク期、オフピーク期）
- ・イベント・天候・国内と世界の情勢
- ・過去のデータから予測する際の集計誤差に関する分散

以上の要因を踏まえ、本研究では以下の2つの方法にて分散を検討し、標準偏差値を求めることとする。

- ① ロジットモデルの集計誤差に関する分散値を求め、平均確率で除した変動係数を使用
- ② 変動係数を0.01~0.5まで変化させた場合の各クラスの需要に対する標準偏差を使用
(変動係数とは標準偏差を平均値で除して得られる値)

上記①については Koppelman (1976)⁽⁷⁾ により研究された集計誤差の計算式及び、東京海洋大学の兵藤 (2006)⁽⁸⁾ により研究された誤差伝播の法則を基に計算を行った。

5-2 ロジットモデルの集計誤差に関する分散の計算

5-2-1 誤差伝播の法則について

2変数で表される関数、 $y = f(\theta_1, \theta_2)$ について考える。関数を点、 $(\theta_{10}, \theta_{20})$ の周りで一次のテーラー展開を行う。

$$y - y_0 = \frac{\partial f}{\partial \theta_1} (\theta_1 - \theta_{10}) + \frac{\partial f}{\partial \theta_2} (\theta_2 - \theta_{20}) \quad (5.1)$$

)

ここで、 $y - y_0$ の 2 乗値の期待値が y の分散になることから期待値式を導く。

$$E[(y - y_0)^2] = \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_1}\right)^2 E[(\theta_1 - \theta_{10})^2] + \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_2}\right)^2 E[(\theta_2 - \theta_{20})^2] + 2 \cdot \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_1}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_2}\right) \cdot E[\theta_1 - \theta_{10}] \cdot E[\theta_2 - \theta_{20}]$$

(5.2)

)

分散記号を用いて書き直すと、

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_1}\right)^2 \sigma_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_2}\right)^2 \sigma_2^2 + 2 \cdot \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_1}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_2}\right) \sigma_{12}^2$$

(5.3)

)

という誤差伝播式を得ることができる。この式を一般的な多変量関数に拡張すれば、その一般式は下記の通りとなる。

$$\sigma_y^2 = \sum_i \sum_j \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_i}\right) \left(\frac{\partial f}{\partial \theta_j}\right) \sigma_{ij}^2$$

(5.4)

)

ここで σ_{ij}^2 は母数パラメータ θ_i と θ_j 間の分散共分散行列である。

5-2-2 ロジットモデルの集計誤差式

集計方法として平均値法を考える。

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_j e^{V_j}}$$

(5.5)

)

上記のロジットモデル式について効用項の微小変化を考え、選択確率に関する誤差伝播式を定義すれば、(6.4)式と(6.5)式から、

$$\text{var}[P_i] = \sum_i \sum_j \left(\frac{\partial P_i}{\partial V_i}\right) \left(\frac{\partial P_i}{\partial V_j}\right) \text{cov}[V_i, V_j]$$

(5.6)

)

を得る。ちなみに、

$$\frac{\partial P_i}{\partial V_i} = P_i(1-P_i), \quad \frac{\partial P_i}{\partial V_j} = -P_i P_j \text{ (if } i \neq j)$$

(5.7)

)

である。また、効用項の分散共分散行列 $cov[V_i, V_j]$ を求めればよい

効用項にはパラメータと説明変数が含まれ、それぞれが誤差分散を有する。パラメータの分散共分散行列は情報行列の逆行列として、パラメータ推定結果と共に得ることができる。また、説明変数の分散共分散行列は事後的に設定する必要がある。例えば OD 間の所要時間であればゾーニングに起因する誤差や、時間帯別の変動などに起因する誤差であり、車保有率などの社会経済属性変数であれば、標本調査による誤差（平均値分散式から算出される）として定義可能である。

単回帰 $y = ax$ であれば、右辺の分散は $a^2 \text{var}[x] + x^2 \text{var}[a]$ で定義されるが、同様に効用項の誤差を考える。まず以下の条件や変数を定義する。

選択肢の数：nm 説明変数の数：np

説明変数：X (np 行×nm 列) パラメータベクトル： β (np 行×1 列)

選択肢 i と選択肢 j 間の説明変数分散共分散行列： \sum_{xij} (np 行×np 列)

パラメータ分散共分散行列： \sum_{β} (np 行×np 列)

ここでは説明変数の分散共分散行列を後の式標記を単純化するため、選択肢間の組み合わせで分解標記することとする。

効用の誤差分散は単回帰の例と同様、パラメータ誤差に起因する項と、説明変数誤差に起因する項に分けられ、それぞれ選択肢間の共分散も考慮する必要がある。前者の誤差項からなる選択肢間分散共分散行列を Λ_1 (nm 行×nm 列) とすれば、

$$\Lambda_1 = X \Sigma_{\beta} X$$

(5.8)

)

一方、後者の誤差項からなる選択肢間分散共分散行列の i 行 j 列要素を Λ_{2ij} (スカラー) とすれば、

$$\Lambda_{2ij} = \beta \Sigma_{Xij} \beta \quad (5.9)$$

)
 となる。ここで、(5.9)式を要素とする選択肢間の(説明変数誤差に起因する)分散共分散行列を Λ_2 (nm行×nm列)と再定義する。すると、効用項の誤差分散行列は(5.8)式、(5.9)式から、 $\Lambda_1 + \Lambda_2$ となる。これと、(5.6)式より、各選択肢の誤差分散を推計することができる。

5-2-3 計算結果

4章4節で推定されたパラメータ(表4-4-1)と、推定パラメータの分散・共分散行列(表5-2-1)を用いて、集計誤差に関する分散の数値計算を行う。計算に要する説明変数の分散・共分散行列共分散行列 Σ_{Xij} については、社会経済変数における予測対象OD交通量(=nとする)と母集団(=Nとする)との関係で誤差が生じることから、OD交通量を母集団からの標本抽出と想定し、比率の平均値分散式(5.10)を用いて説明変数の分散とした。

$$\sigma_p^2 = \frac{N-n}{N-1} \cdot \frac{p(1-p)}{n} \quad (5.10)$$

数値計算に用いるデータと設定は以下の通りである。

- ・ 説明変数の平均値は83,144サンプルの平均値(表4-4-2)を用いる
- ・ 説明変数の分散について、Nは各路線の月別利用者数を30(日)で除した値を使用する(国土交通省2003年11月の路線別月別利用者数データ)⁽⁵⁾
- ・ $n = 300$ 、 p は社会経済変数ごとのシェアを使用する

結果得られた分散・共分散行列は表5-2-2の通りである。

表5-2-1: 推定パラメータの分散・共分散行列

	運賃 (共通)	旅行目的 (普通)	旅行目的 (往復)	旅行目的 (割引)	性別 (普通)	性別 (往復)	性別 (割引)	年齢 (普通)	年齢 (往復)	年齢 (割引)	職業 (普通)	職業 (往復)	職業 (割引)
運賃 (共通)	1.55E-03	3.35E-05	3.10E-05	9.30E-06	-7.05E-07	-2.86E-06	4.74E-06	-1.93E-05	-1.71E-05	-2.48E-05	2.41E-05	1.83E-05	-2.57E-07
旅行目的 (普通)	3.35E-05	7.83E-04	2.15E-04	2.15E-04	1.17E-04	4.01E-05	4.00E-05	-7.81E-05	-4.02E-05	-3.96E-05	-1.39E-04	-4.17E-05	-4.28E-05
旅行目的 (往復)	3.10E-05	2.15E-04	1.14E-03	2.18E-04	4.90E-05	1.43E-04	5.21E-05	-4.96E-05	-9.42E-05	-5.27E-05	-3.06E-05	-1.42E-04	-2.88E-05
旅行目的 (割引)	9.30E-06	2.15E-04	2.18E-04	7.44E-04	5.65E-05	6.10E-05	1.08E-04	-3.88E-05	-4.08E-05	-6.56E-05	-5.01E-05	-5.22E-05	-1.13E-04
性別 (普通)	-7.05E-07	1.17E-04	4.90E-05	5.65E-05	7.85E-04	3.22E-04	3.25E-04	-2.67E-05	-1.60E-05	-1.59E-05	2.88E-04	1.13E-04	1.15E-04
性別 (往復)	-2.86E-06	4.01E-05	1.43E-04	6.10E-05	3.22E-04	8.77E-04	3.54E-04	-1.49E-05	-2.73E-05	-1.60E-05	1.10E-04	3.42E-04	1.28E-04
性別 (割引)	4.74E-06	4.00E-05	5.21E-05	1.08E-04	3.25E-04	3.54E-04	6.28E-04	-1.60E-05	-1.63E-05	-2.29E-05	1.13E-04	1.26E-04	2.46E-04
年齢 (普通)	-1.93E-05	-7.81E-05	-4.96E-05	-3.88E-05	-2.67E-05	-1.49E-05	-1.60E-05	5.88E-04	3.09E-04	3.04E-04	-1.26E-04	-7.02E-05	-6.83E-05
年齢 (往復)	-1.71E-05	-4.02E-05	-9.42E-05	-4.08E-05	-1.60E-05	-2.73E-05	-1.63E-05	3.09E-04	6.26E-04	3.19E-04	-6.84E-05	-1.40E-04	-7.07E-05
年齢 (割引)	-2.48E-05	-3.96E-05	-5.27E-05	-6.56E-05	-1.59E-05	-1.60E-05	-2.29E-05	3.04E-04	3.19E-04	5.05E-04	-6.82E-05	-7.17E-05	-1.12E-04
職業 (普通)	2.41E-05	-1.39E-04	-3.06E-05	-5.01E-05	2.88E-04	1.10E-04	1.13E-04	-1.26E-04	-6.84E-05	-6.82E-05	9.07E-04	3.45E-04	3.52E-04
職業 (往復)	1.83E-05	-4.17E-05	-1.42E-04	-5.22E-05	1.13E-04	3.42E-04	1.26E-04	-7.02E-05	-1.40E-04	-7.17E-05	3.45E-04	1.13E-03	3.79E-04
職業 (割引)	-2.57E-07	-4.28E-05	-2.88E-05	-1.13E-04	1.15E-04	1.28E-04	2.46E-04	-6.83E-05	-7.07E-05	-1.12E-04	3.52E-04	3.79E-04	7.34E-04
年収 (普通)	-1.11E-06	7.40E-05	4.06E-05	3.96E-05	-1.35E-04	-7.14E-05	-7.11E-05	-2.01E-04	-1.04E-04	-1.03E-04	1.51E-04	8.37E-05	8.27E-05
年収 (往復)	-2.75E-06	3.20E-05	8.17E-05	3.97E-05	-7.04E-05	-1.49E-04	-7.47E-05	-1.03E-04	-2.17E-04	-1.07E-04	8.41E-05	1.55E-04	8.43E-05
年収 (割引)	9.69E-06	3.21E-05	4.11E-05	6.33E-05	-7.04E-05	-7.46E-05	-1.20E-04	-1.04E-04	-1.08E-04	-1.72E-04	8.56E-05	8.61E-05	1.26E-04
搭乗率 (普通)	4.28E-03	-4.99E-04	-2.09E-04	-2.32E-04	-3.11E-05	-2.72E-05	-8.95E-06	2.50E-04	1.36E-04	1.11E-04	-6.47E-05	-1.20E-05	-5.60E-05
搭乗率 (往復)	3.29E-03	-2.12E-04	-5.57E-04	-2.33E-04	-1.58E-05	-2.99E-05	-2.56E-06	1.36E-04	2.56E-04	1.19E-04	-4.81E-06	-9.28E-05	-4.39E-05
搭乗率 (割引)	3.99E-03	-1.89E-04	-2.09E-04	-4.04E-04	-1.24E-05	-1.47E-05	-1.29E-06	1.32E-04	1.40E-04	1.94E-04	-5.47E-06	-2.29E-05	-1.17E-04
路線距離 (普通)	-2.00E-03	-5.13E-05	-2.00E-05	2.39E-05	2.78E-06	-8.32E-07	-1.21E-05	7.87E-05	5.72E-05	6.70E-05	-1.35E-04	-6.62E-05	-4.13E-05
路線距離 (往復)	-1.76E-03	-1.80E-05	-3.57E-05	3.35E-05	-2.56E-06	1.52E-05	-8.15E-06	5.43E-05	6.36E-05	5.82E-05	-6.79E-05	-1.32E-04	-4.05E-05
路線距離 (割引)	-5.93E-04	8.52E-06	1.50E-05	3.32E-05	-1.10E-06	1.64E-06	4.86E-06	4.29E-05	4.17E-05	5.50E-05	-5.27E-05	-5.43E-05	-9.37E-05
定数項 (普通)	-3.49E-03	6.18E-05	-2.75E-05	-2.02E-05	-6.04E-04	-2.12E-04	-2.29E-04	-3.10E-04	-1.68E-04	-1.47E-04	-2.47E-04	-1.15E-04	-8.17E-05
定数項 (往復)	-2.65E-03	-1.45E-05	7.90E-05	2.82E-05	-2.24E-04	-6.84E-04	-2.60E-04	-1.67E-04	-3.31E-04	-1.54E-04	-1.19E-04	-2.66E-04	-1.05E-04
定数項 (割引)	-2.90E-03	-2.62E-05	-2.79E-05	1.81E-05	-2.32E-04	-2.54E-04	-4.87E-04	-1.68E-04	-1.77E-04	-2.54E-04	-1.15E-04	-1.14E-04	-1.56E-04

	年収 (普通)	年収 (往復)	年収 (割引)	搭乗率 (普通)	搭乗率 (往復)	搭乗率 (割引)	路線距離 (普通)	路線距離 (往復)	路線距離 (割引)	定数項 (普通)	定数項 (往復)	定数項 (割引)
運賃 (共通)	-1.11E-06	-2.75E-06	9.69E-06	4.28E-03	3.29E-03	3.99E-03	-2.00E-03	-1.76E-03	-5.93E-04	-3.49E-03	-2.65E-03	-2.90E-03
旅行目的 (普通)	7.40E-05	3.20E-05	3.21E-05	-4.99E-04	-2.12E-04	-1.89E-04	-5.13E-05	-1.80E-05	8.52E-06	6.18E-05	-1.45E-05	-2.62E-05
旅行目的 (往復)	4.06E-05	8.17E-05	4.11E-05	-2.09E-04	-5.57E-04	-2.09E-04	-2.00E-05	-3.57E-05	1.50E-05	-2.75E-05	7.90E-05	-2.79E-05
旅行目的 (割引)	3.96E-05	3.97E-05	6.33E-05	-2.32E-04	-2.33E-04	-4.04E-04	2.39E-05	3.35E-05	3.32E-05	-2.02E-05	-2.82E-05	1.81E-05
性別 (普通)	-1.35E-04	-7.04E-05	-7.04E-05	-3.11E-05	-1.58E-05	-1.24E-05	2.78E-06	-2.56E-06	-1.10E-06	-6.04E-04	-2.24E-04	-2.32E-04
性別 (往復)	-7.14E-05	-1.49E-04	-7.46E-05	-2.72E-05	-2.99E-05	-1.47E-05	-8.32E-07	1.52E-05	1.64E-06	-2.12E-04	-6.84E-04	-2.54E-04
性別 (割引)	-7.11E-05	-7.47E-05	-1.20E-04	-8.95E-06	-2.56E-06	-1.29E-06	-1.21E-05	-8.15E-06	4.86E-06	-2.29E-04	-2.60E-04	-4.87E-04
年齢 (普通)	-2.01E-04	-1.03E-04	-1.04E-04	2.50E-04	1.36E-04	1.32E-04	7.87E-05	5.43E-05	4.29E-05	-3.10E-04	-1.67E-04	-1.68E-04
年齢 (往復)	-1.04E-04	-2.17E-04	-1.08E-04	1.36E-04	2.56E-04	1.40E-04	5.72E-05	6.36E-05	4.17E-05	-1.68E-04	-3.31E-04	-1.77E-04
年齢 (割引)	-1.03E-04	-1.07E-04	-1.72E-04	1.11E-04	1.19E-04	1.94E-04	6.70E-05	5.82E-05	5.50E-05	-1.47E-04	-1.54E-04	-2.54E-04
職業 (普通)	1.51E-04	8.41E-05	8.56E-05	-6.47E-05	-4.81E-06	-5.47E-06	-1.35E-04	-6.79E-05	-5.27E-05	-2.47E-04	-1.19E-04	-1.15E-04
職業 (往復)	8.37E-05	1.55E-04	8.61E-05	-1.20E-05	-9.28E-05	-2.29E-05	-6.62E-05	-1.32E-04	-5.43E-05	-1.15E-04	-2.66E-04	-1.14E-04
職業 (割引)	8.27E-05	8.43E-05	1.26E-04	-5.60E-05	-4.39E-05	-1.17E-04	-4.13E-05	-4.05E-05	-9.37E-05	-8.17E-05	-1.05E-04	-1.56E-04
年収 (普通)	1.02E-03	6.69E-04	6.72E-04	-1.40E-04	-6.93E-05	-6.80E-05	-1.18E-06	-4.43E-06	-3.93E-06	1.87E-05	5.96E-06	2.59E-06
年収 (往復)	6.69E-04	1.07E-03	6.85E-04	-7.63E-05	-1.46E-04	-7.35E-05	-5.93E-06	6.93E-06	-2.81E-06	1.46E-05	3.34E-05	7.31E-06
年収 (割引)	6.72E-04	6.85E-04	9.49E-04	-4.32E-05	-4.62E-05	-8.74E-05	-2.40E-05	-1.74E-05	-3.30E-06	-1.12E-05	-1.18E-05	-4.21E-06
搭乗率 (普通)	-1.40E-04	-7.63E-05	-4.32E-05	7.35E-02	4.06E-02	4.21E-02	-6.90E-03	-6.19E-03	-2.96E-03	-4.69E-02	-2.58E-02	-2.62E-02
搭乗率 (往復)	-6.93E-05	-1.46E-04	-4.62E-05	4.06E-02	7.48E-02	4.10E-02	-5.58E-03	-4.69E-03	-2.55E-03	-2.59E-02	-4.71E-02	-2.53E-02
搭乗率 (割引)	-6.80E-05	-7.35E-05	-8.74E-05	4.21E-02	4.10E-02	6.47E-02	-6.46E-03	-5.81E-03	-2.23E-03	2.72E-02	-2.60E-02	-4.07E-02
路線距離 (普通)	-1.18E-06	-5.93E-06	-2.40E-06	-6.90E-03	-5.58E-03	-6.46E-03	3.99E-03	2.97E-03	1.46E-03	4.08E-03	3.59E-03	3.91E-03
路線距離 (往復)	-4.43E-06	6.93E-06	-1.74E-06	-6.19E-03	-4.69E-03	-5.81E-03	2.97E-03	3.56E-03	1.41E-03	4.13E-03	2.18E-03	3.40E-03
路線距離 (割引)	-3.93E-06	-2.81E-06	-3.30E-06	-2.96E-03	-2.55E-03	-2.23E-03	1.46E-03	1.41E-03	1.51E-03	1.49E-03	1.12E-03	3.82E-04
定数項 (普通)	1.87E-05	1.46E-05	-1.12E-05	-4.69E-02	-2.59E-02	-2.72E-02	4.08E-03	4.13E-03	1.49E-03	3.23E-02	1.77E-02	1.82E-02
定数項 (往復)	5.96E-06	3.34E-05	-1.18E-05	-2.58E-02	-4.71E-02	-2.60E-02	3.59E-03	2.18E-03	1.12E-03	1.77E-02	3.20E-02	1.73E-02
定数項 (割引)	2.59E-06	7.31E-06	-4.21E-06	-2.62E-02	-2.53E-02	-4.07E-02	3.91E-03	3.40E-03	3.82E-04	1.82E-02	1.73E-02	2.75E-02

表 5-2-3：標準偏差

	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
羽田－新千歳	0.0026	0.0042	0.0070	0.0116
羽田－伊丹	0.0025	0.0033	0.0054	0.0073
羽田－福岡	0.0028	0.0038	0.0049	0.0084
羽田－那覇	0.0048	0.0056	0.0063	0.0161

表 5-2-4：変動係数

	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック
羽田－新千歳	0.013	0.022	0.021	0.042
羽田－伊丹	0.011	0.015	0.014	0.042
羽田－福岡	0.012	0.017	0.016	0.035
羽田－那覇	0.032	0.048	0.048	0.027

上記より、ロジットモデルの集計誤差に関する分散式から求めた標準偏差と、平均選択確率から求められる変動係数は1%～5%の値となっている。

5-3 利用者行動を考慮した最適座席配分と予想収益計算

5-3-1 計算プログラムの構築

数値計算に用いるデータと設定は以下の通りである。

- ・ 対象路線は4章同様に羽田発着4路線（新千歳、伊丹、福岡、那覇）とする
- ・ 価格は4章で使用したデータを用いる（表4-2-3）
- ・ 総座席数は中型機を想定し、300座席とする
- ・ 総需要は
- ・ データの都合上、EMSR-bの静的モデルにて計算を行う
- ・ ループ回数は100万回とする
- ・ 以下の5パターンにて計算を行う
 - ① 6章2節で求めた変動係数を使用し搭乗率は各路線の年間平均を使用（現状の座席配分と予想収益）
 - ② 搭乗率を60%～150%まで変化（ピーク期・オフピーク期を考慮）
 - ③ 変動係数を0.01～0.5まで変化（会社の需要予測が悪化したケース）
 - ④ 観光目的の旅行者を増加させた場合（今後、観光目的の旅行者が増加したケース）
 - ⑤ 運賃を値上げさせた場合（JALの運賃変更を考慮したケース）

なお、本研究における搭乗率は、総座席数に対する需要の割合を意味している。
 以上の条件の基に利用者行動を考慮した最適座席配分と予想収益の計算を行った。

5-3-2 計算結果

上記①の5章2節で求めた変動係数を使用し、搭乗率は各路線の年間平均を使用した場合の計算を行った。使用した搭乗率の年間平均は以下の通りである。

表5-3-1：年間平均搭乗率

路線	羽田-新千歳	羽田-伊丹	羽田-福岡	羽田-那覇
年間搭乗率	64%	66%	59%	72%

計算結果を以下に示す。

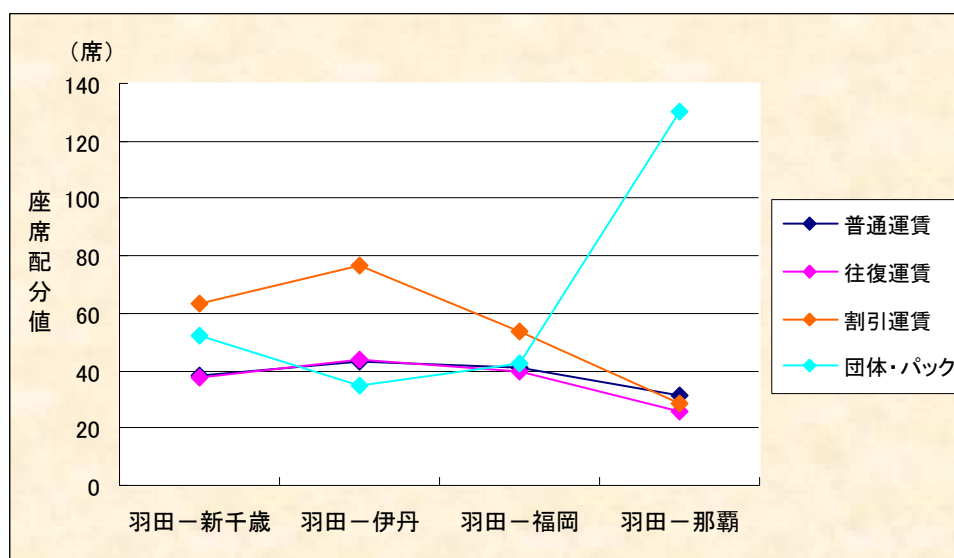


図5-3-1：4路線座席配分値

座席配分値の計算では、4路線平均選択確率と同様の傾向となり、羽田那覇路線では座席の半数以上が団体・パック運賃に割り当てられる結果となった。

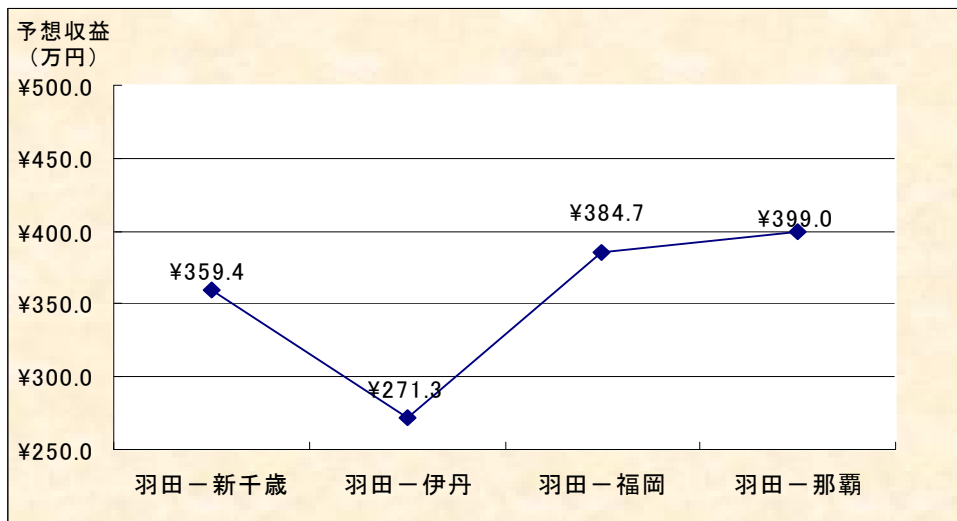


図 5 - 3 - 2 : 4 路線予想収益

上記の結果より、路線の年間平均搭乗率を使用した場合、羽田-那覇路線の収益が最も高く、羽田-伊丹路線の収益が最も低い結果となった。これは、路線における搭乗率と設定運賃の違いが影響を与えていると考えられる。通常、運賃が安い羽田-伊丹路線の収益は低く、新千歳、福岡、那覇と運賃が高くなるにつれて収益は高くなると予想される。そこで、搭乗率の影響を除くため、全路線で同一の搭乗率を設定した場合の計算を行う。

5 - 3 - 2 - 1 搭乗率を変化させた場合

搭乗率は 60%~150% まで変化させた場合の計算を行う。計算結果を以下に示す。

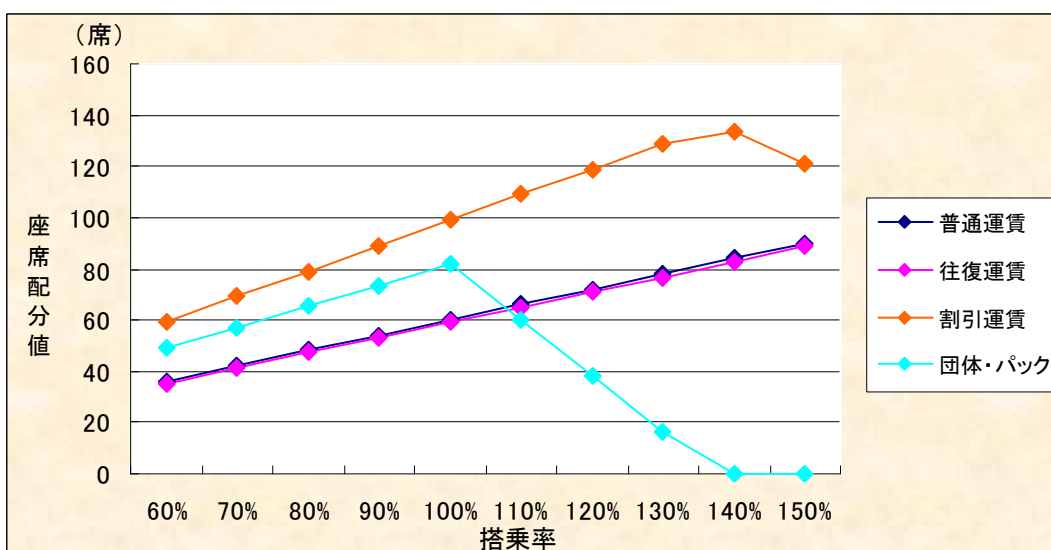


図 5 - 3 - 3 : 羽田-新千歳の座席配分 (搭乗率変化)

羽田－新千歳路線では、搭乗率 100%以上で団体・パック運賃クラスの提供座席数は減少に転じ、140%で団体・パックスの運賃クラスは消滅している。割引運賃クラスでは搭乗率 140%以上で座席数が減少している。これは、搭乗率が 100%を超えた時点で団体・パック運賃クラスのために確保される座席数が割引運賃クラスへシフトし、140%以上で団体・パック運賃クラスの座席数が 0 になるため、割引運賃クラスの座席数は減少する。

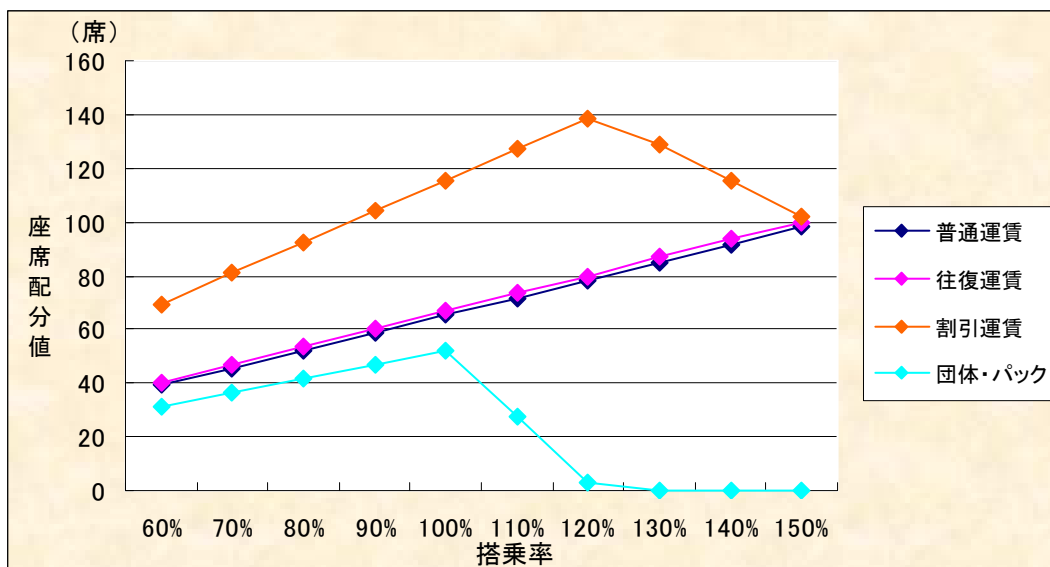


図 5 - 3 - 4 : 羽田－伊丹の座席配分 (搭乗率変化)

羽田－伊丹路線でも同様に、搭乗率 100%以上で団体・パック運賃クラスの座席数は減少している。また、搭乗率 120%以上で団体・パック運賃クラスの座席数は 0 になり、割引運賃クラスの座席数は減少に転じる。

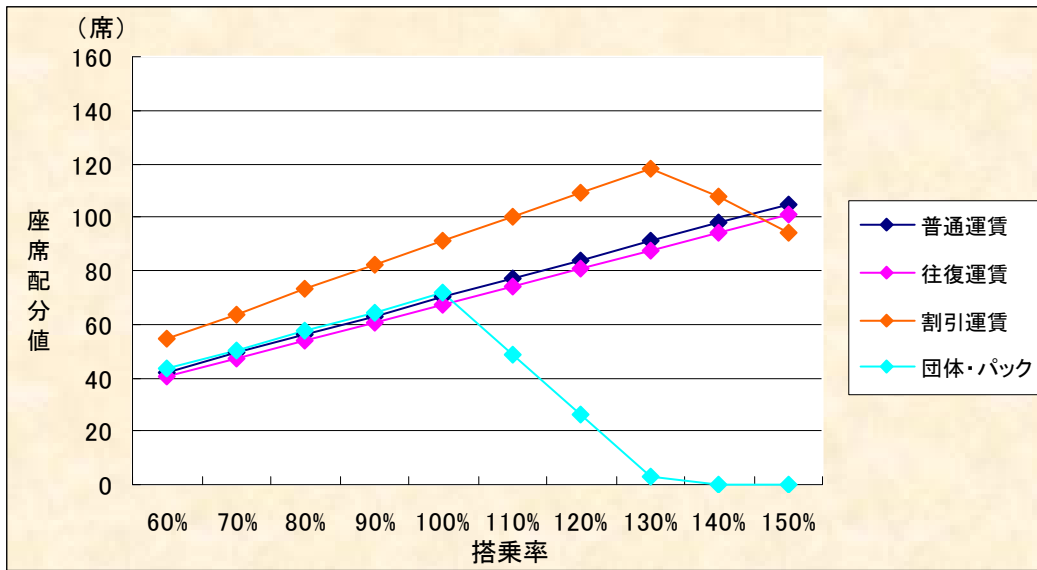


図 5 - 3 - 5 : 羽田ー福岡の座席配分 (搭乗率変化)

羽田ー福岡路線では、搭乗率 130%以上で団体・パック運賃クラスが消滅し、割引運賃クラスの座席数は減少に転じる。

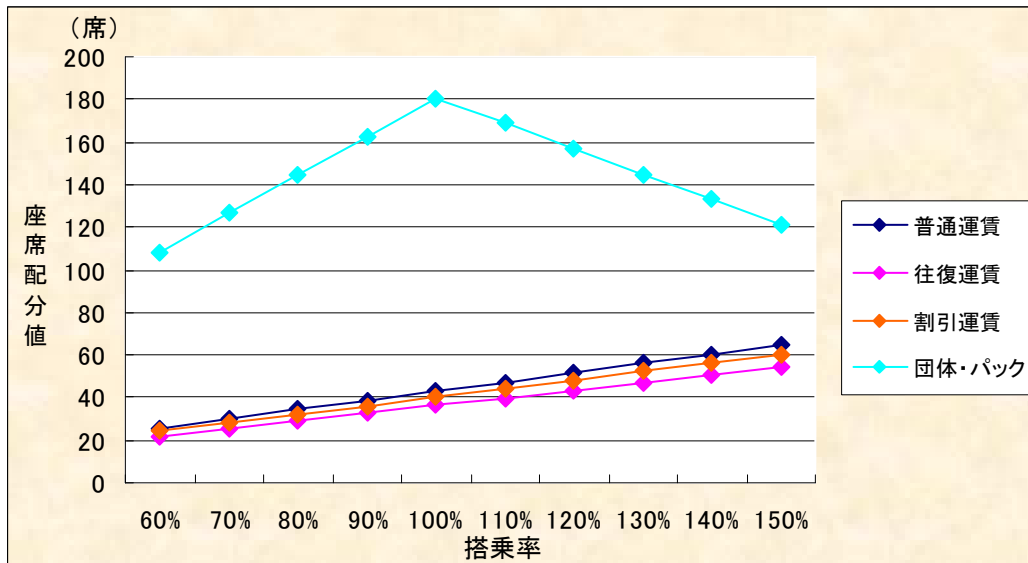


図 5 - 3 - 6 : 羽田ー那覇の座席配分 (搭乗率変化)

羽田ー那覇路線においては、その他 3 路線同様に搭乗率 100%以上で団体・パック運賃クラスの座席数は減少に転じるが、その後も団体・パック運賃クラスの座席数は 0 にならないため、他の 3 つの料金クラスの座席数は増加している。

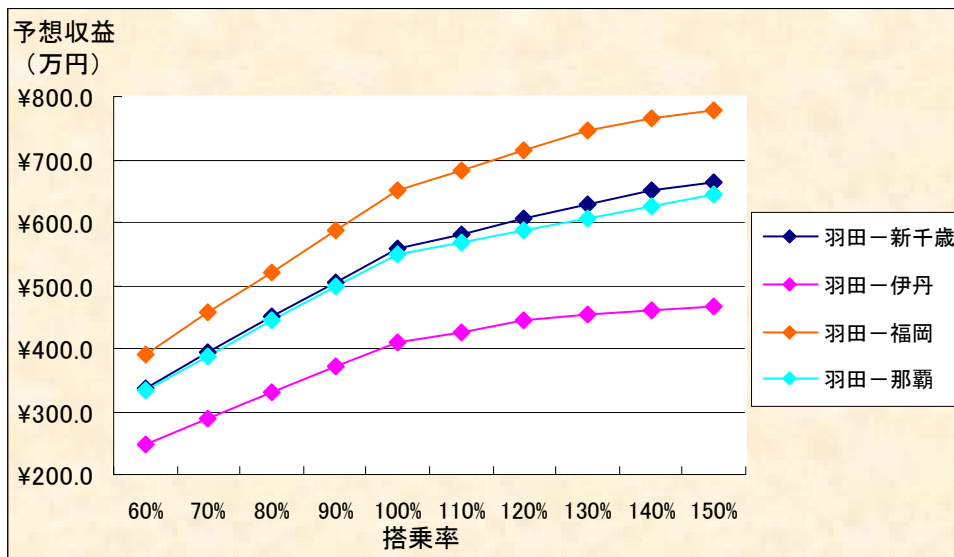


図 5-3-7: 予想収益 (搭乗率変化)

上記の結果より、搭乗率が 100%を超えるとすべての路線において最低料金クラス（団体・パック運賃クラス）の確保される座席数が減少し、上位クラスの割引運賃クラスに座席数がシフトされると考えられる。その後、最低料金クラスの座席数が 0 になった時点で、上位クラスの座席数は減少に転じる。この現象は、リトルウッドの法則（式 3.2）を表しており、割引運賃クラスにおける 1 座席増加に対する期待収益（EMSR）が、団体・パック運賃を上回るために起こる。予想収益では搭乗率 100%以上で増加率は緩やかになり、羽田-伊丹路線においては搭乗率が増加するとともに、収益増加率が安定し、収益がほぼ確定することが予想される。

よって、上記の結果から航空サービス全体の需要が増加する（ピーク期）と、割引料金クラスは廃止され、最終的に普通運賃クラスのみ販売されることは明らかである。

5-3-2-2 変動係数を変化させた場合

次に、変動係数を 0.05~0.75 まで変化させた場合の結果を下記に示す。

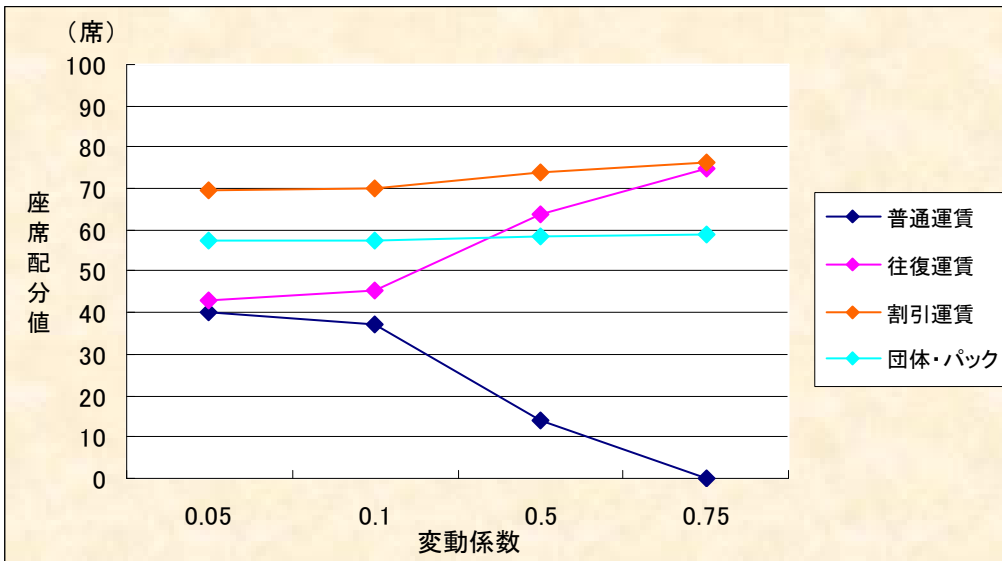


図 5 - 3 - 8 : 羽田-新千歳の座席配分 (変動係数変化)

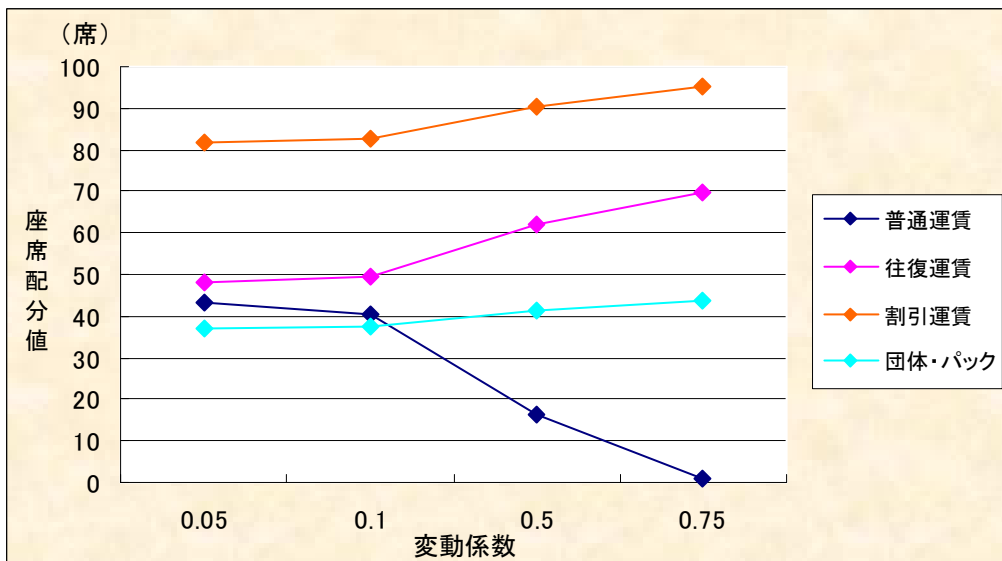


図 5 - 3 - 9 : 羽田-伊丹の座席配分 (変動係数変化)

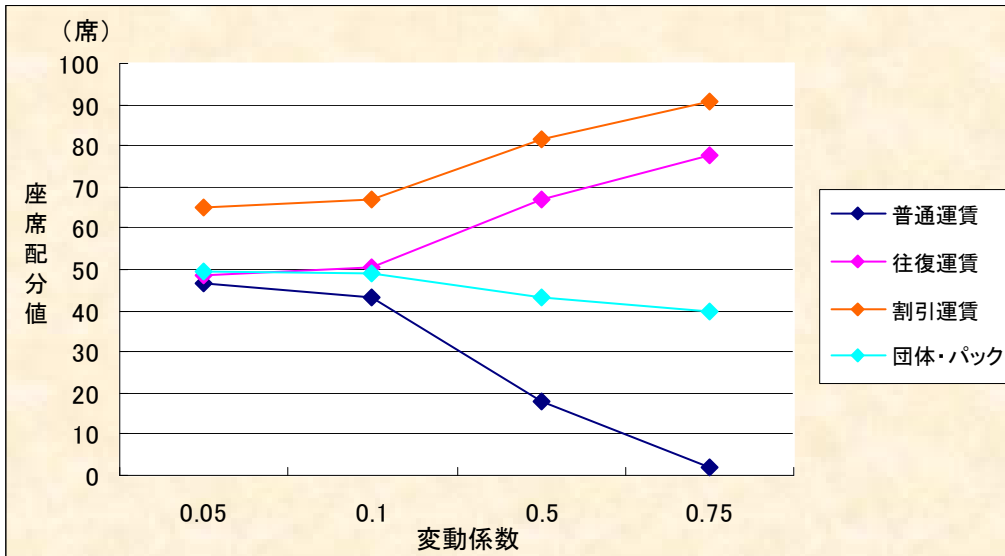


図 5-3-10 : 羽田-福岡の座席配分 (変動係数変化)

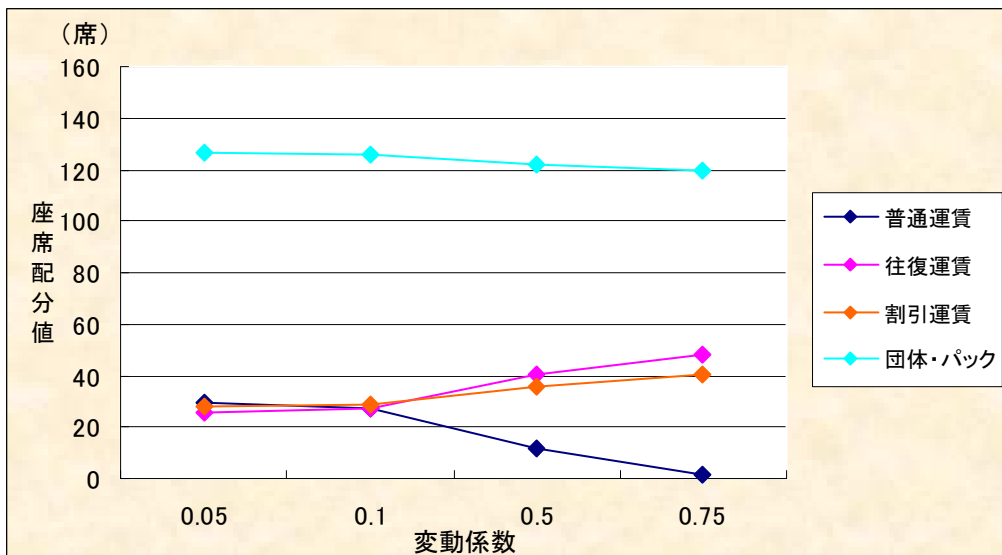


図 5-3-11 : 羽田-那覇の座席配分 (変動係数変化)

上記の結果より、変動係数が増加すると、すべての路線において普通運賃クラスの提供座席数は減少し、往復、割引運賃の提供座席数は増加する。また、団体・パック運賃については、増加する路線と減少する路線がある。

通常、予測制度の誤差や需要のばらつきが多いと変動係数は大きくなるため、結果的に最適でない座席配分が行なわれる。

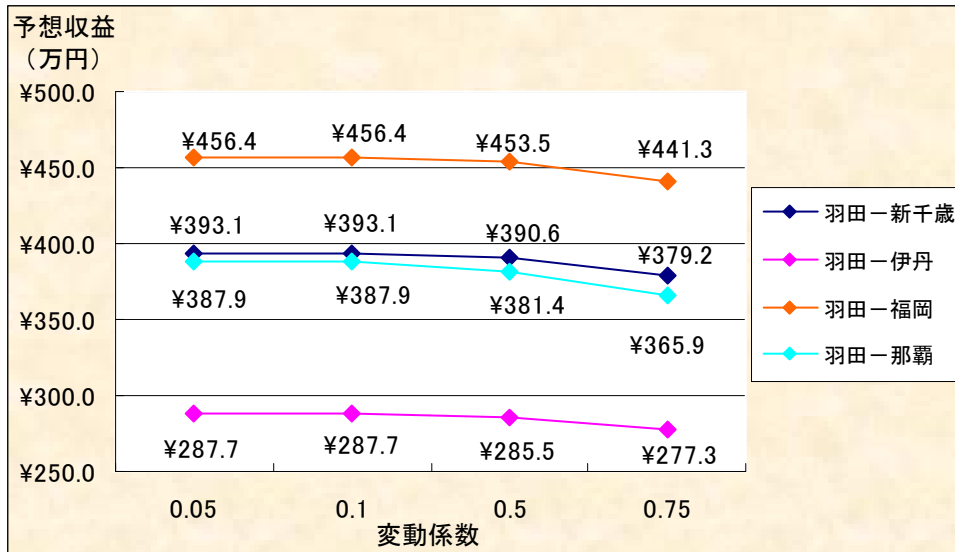


図5-3-1-2：予想収益（変動係数変化）

上記の結果より、変動係数が増加するとすべての路線において収益は減少する。これは予測誤差や需要のばらつきが要因となり、需要を過少または過多に予測するため、最適な座席配分は行なわれていないと考えられる。そのため、高料金クラスの提供座席数は減少し、低料金クラスの提供座席数は増加する傾向がある。このことから航空会社の機会損失が生じていることは明らかである。

5-3-2-3 観光目的を増加させた場合

4章6節の結果を基に、観光目的の利用者を増加させた場合の最適座席配分値と予想収益の計算結果を以下に示す。

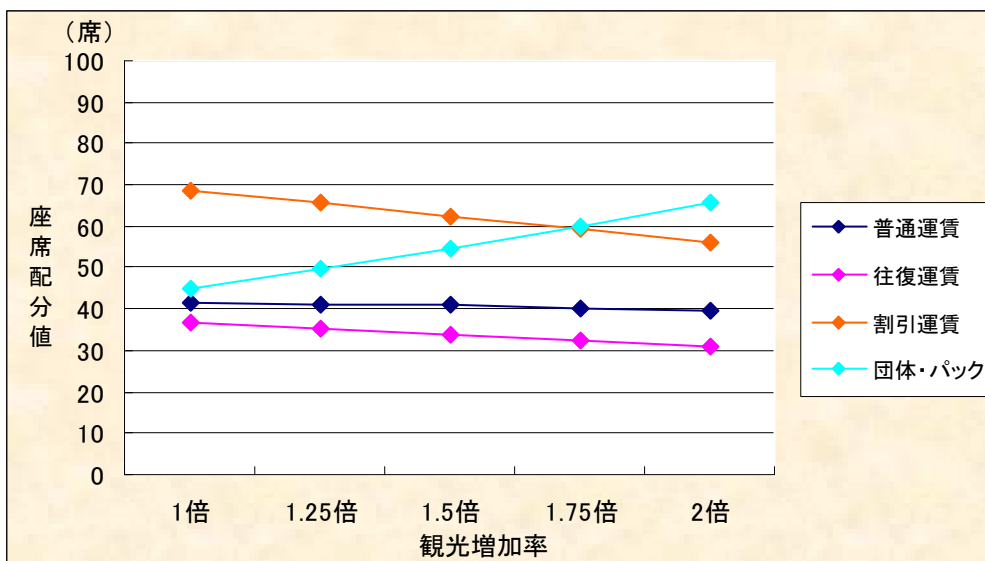


図5-3-13：羽田-新千歳の座席配分（観光目的増加）

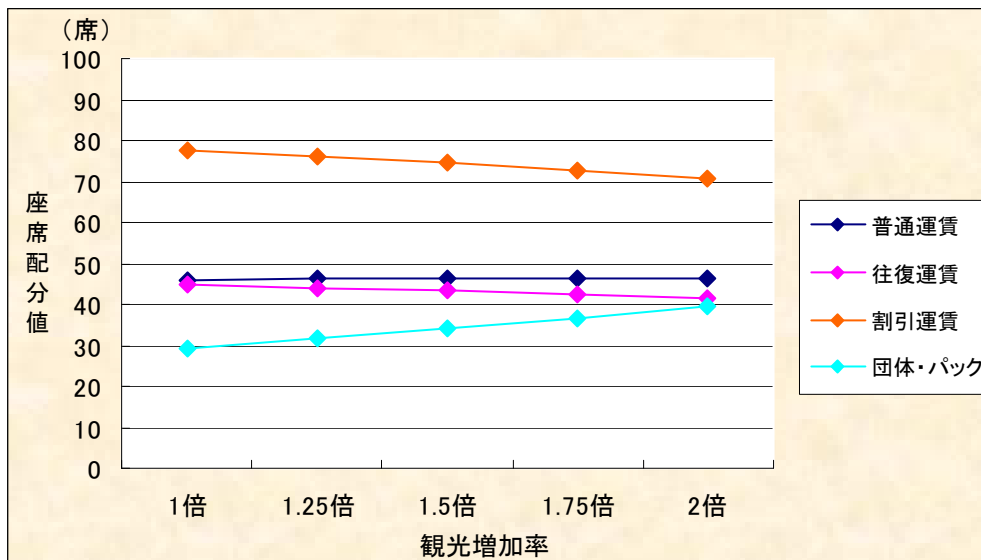


図5-3-14：羽田-伊丹の座席配分（観光目的増加）

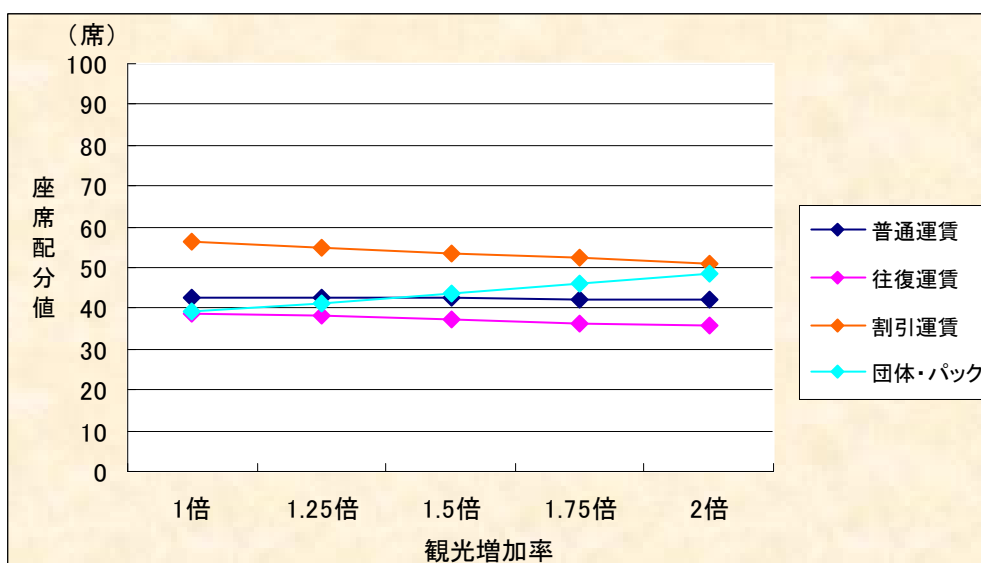


図5-3-15：羽田-福岡の座席配分（観光目的増加）

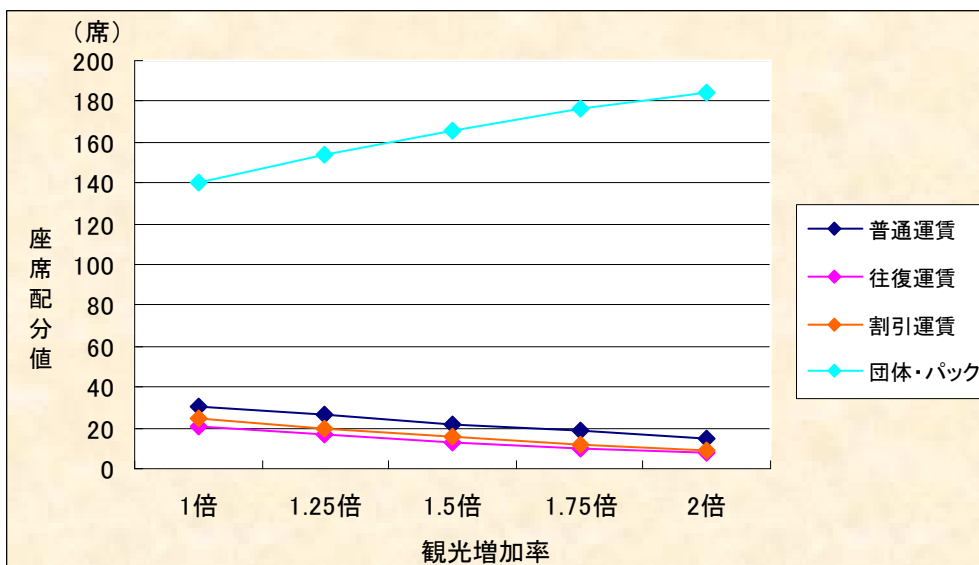


図5-3-16：羽田-那覇の座席配分（観光目的増加）

上記の結果より、観光目的の利用者が増加すると、すべての路線において団体・パック運賃クラスの座席数は増加し、その他の運賃クラスでは減少する。また、羽田-新千歳路線では、観光増加率が1.75倍になると、上位クラスである割引運賃クラスの座席数が、下位運賃クラスである団体・パック運賃クラスの座席数を下回る。



図5-3-17：予想収益（観光目的増加）

上記の結果より、航空サービス全体において観光目的の利用者が増加すると、低料金クラスの提供座席数は増加し、収益が減少することは明らかである。特に羽田－那覇路線のような観光路線では、ビジネス路線と比べ収益が大幅に減少することは明らかである。このようなケースでは、観光目的の利用者が選択する団体・パックの運賃を値上げすることが望ましいと考えられる。

5-3-2-4 運賃を値上げさせた場合

4章6節の結果を基に、航空運賃を値上げさせた場合の最適座席配分値と予想収益の計算結果を以下に示す。

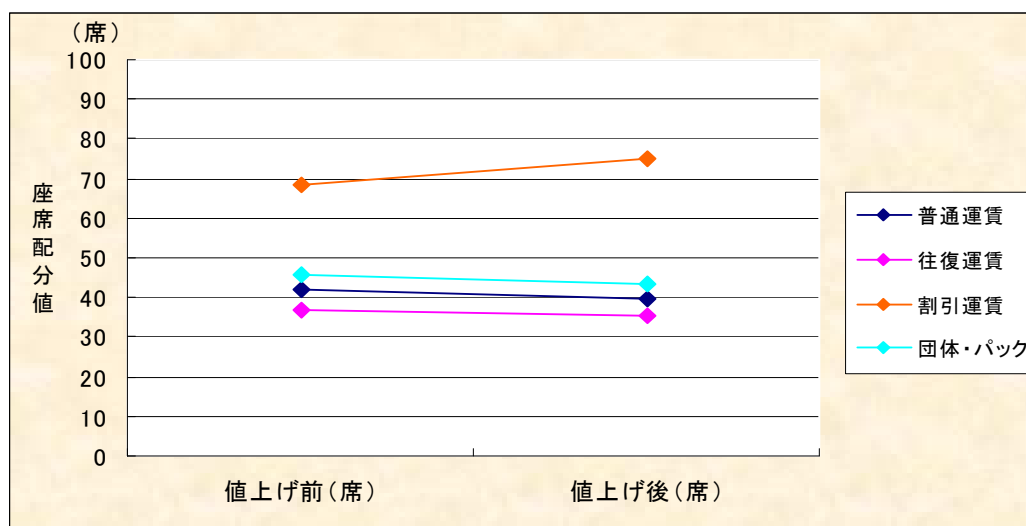


図5-3-18: 羽田－新千歳の座席配分 (運賃値上げ)

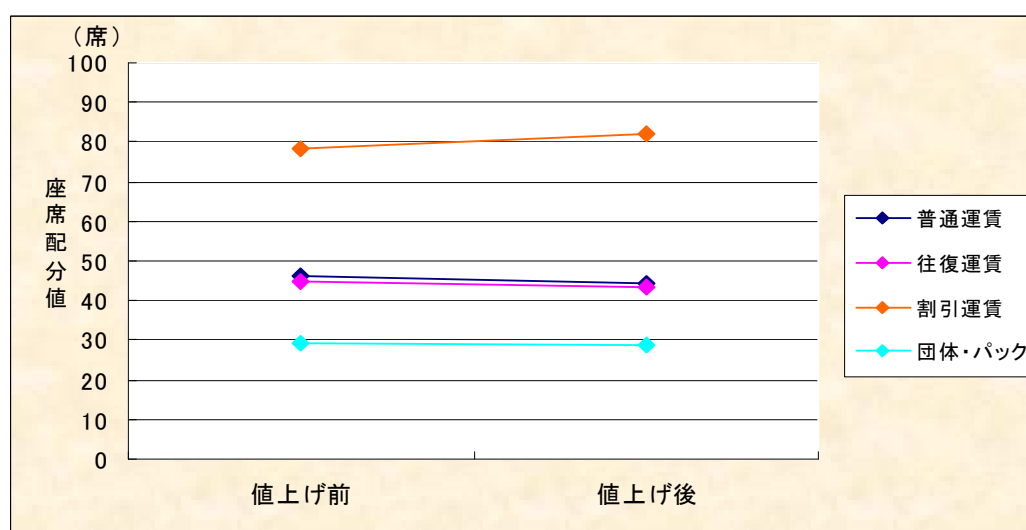


図5-3-19: 羽田－伊丹の座席配分 (運賃値上げ)

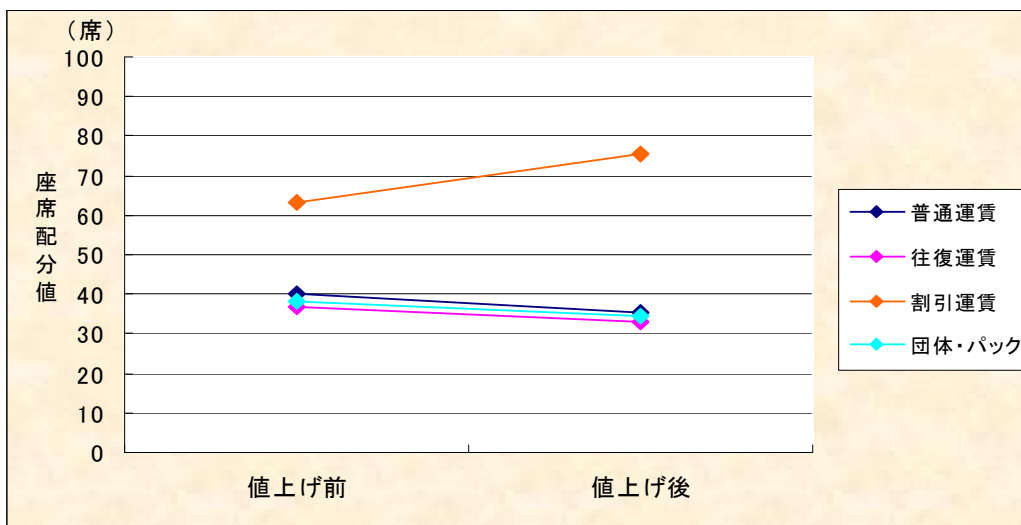


図 5 - 3 - 2 0 : 羽田－福岡の座席配分 (運賃値上げ)

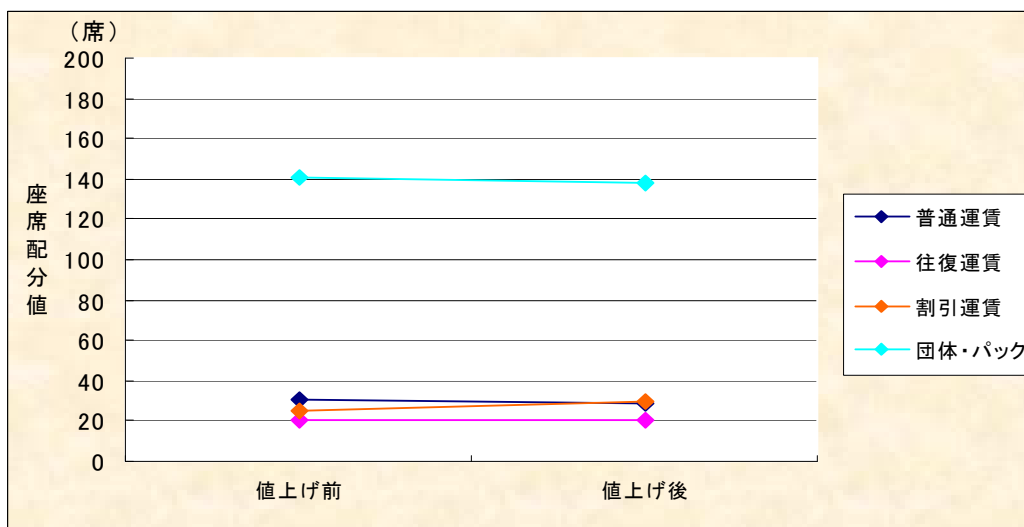


図 5 - 3 - 2 1 : 羽田－那覇の座席配分 (運賃値上げ)

上記の結果より、すべての路線において値上げの対象となった普通、往復、団体・パック運賃クラスの提供座席数は減少し、値下げされた割引運賃クラスの提供座席数は増加している。また、羽田－新千歳、福岡路線においては、値上げに対する利用者の券種選択行動の変化が大きいことが影響し、提供座席数は値上げ前と比べ大幅に増加している。これは、普通、往復運賃クラスを選択していた利用者が、割引運賃クラスにシフトしたためであると考えられる。羽田－那覇路線に関しては、割引運賃クラスより団体・パック運賃クラスを選択する確率が高いため、値上げに対する提供座席数の変化はほとんどない。

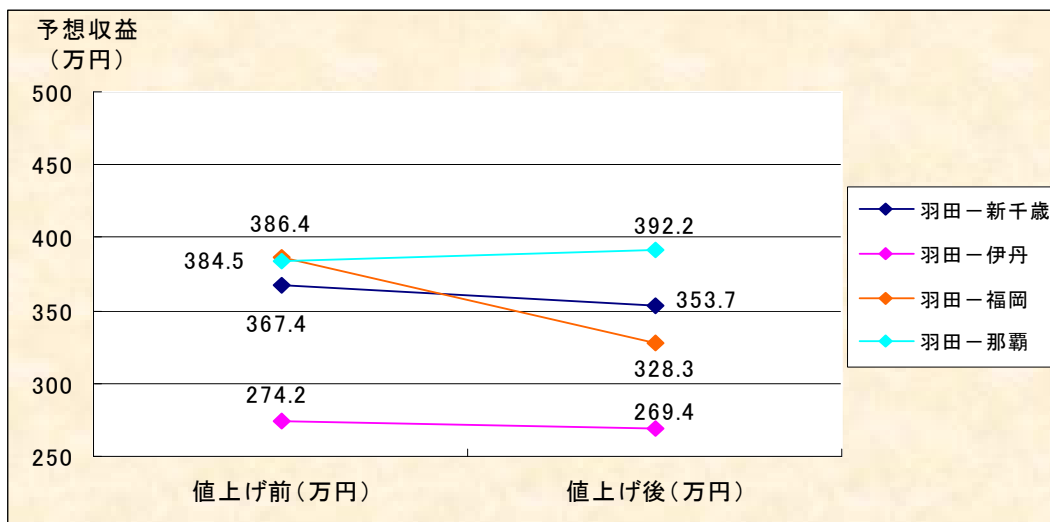


図 5 - 3 - 2 2 : 予想収益 (運賃値上げ)

上記の結果より、ビジネス路線においては、普通、往復運賃クラスから割引運賃クラスへ利用者の券種選択行動が変化するために収益が減少している。レジャー路線においては、値上げに対する利用者の券種選択行動の変化があまり無かったため、値上げにより収益が増加している。このことから、航空サービス全体で今回のような運賃の値上げを行うと、ビジネス路線では収益が減少し、レジャー路線では収益が増加することは明らかである。

上記同様に 38 全路線における、航空運賃を値上げさせた場合の最適座席配分値と予想収益の計算結果を以下に示す。ただし、今回の JAL における運賃変更では、羽田-富山路線が廃止されたため、37 路線の分析を行うものとする。

表5-3-2：37路線分析結果

路線名	普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・バック	予想収益
	値上げ前(席) (円)				(円)
	値上げ後(席) (円)				(円)
	変化率(%)				
羽田-新千歳	41.9	36.8	68.6	45.6	367.4
	39.5	35.2	74.8	43.5	353.7
羽田-伊丹	46.2	45	78.1	29.3	274.2
	44.2	43.6	82.1	28.7	269.4
羽田-福岡	40	36.9	63.3	38	386.4
	35.3	33.1	75.4	34.4	328.3
羽田-那覇	30.2	20.4	24.9	141	384.5
	29.1	20.3	29.4	137.8	392.2
伊丹-新千歳	34.8	26.9	42.4	103.8	413.7
	33.6	26.5	46.9	101	420.4
伊丹-福岡	49.5	45.4	75.4	44.4	286.4
	48.9	44.9	76.7	44.2	302.2
伊丹-那覇	34	23	35.3	116.8	340.8
	33.8	22.8	35.2	117.3	368.7
福岡-新千歳	24.5	17.9	27	118.4	385.9
	23.1	17.5	34.2	112.9	377.9
福岡-那覇	44.7	37.3	56.5	64	304.7
	43.5	36.5	59.5	62.9	314.1
関西-新千歳	25	17.1	29.5	105.4	325.7
	23.6	16.7	34.7	101.9	322.2
羽田-関西	47.2	41.9	66.5	45.1	270.3
	45.6	40.8	70.3	43.9	270.8
羽田-函館	35.1	26.6	47.9	68.8	323
	33	25.8	54.9	64.9	306.6
羽田-青森	38.8	37.8	68.1	30.2	337.3
	36.6	35.9	73.7	28.7	321.9
羽田-秋田	38.4	37.7	73	24	254.9
	37.6	37	75.1	23.5	261.8
羽田-小松	43.2	40.8	77.6	30.4	268.1
	41.1	39.2	82.5	29.3	253.6
羽田-出雲	38.3	34.5	57.5	41.6	339.4
	35.3	32.6	65.5	38.6	313.9
羽田-岡山	40.9	40.3	80.4	28.7	324.5
	39.4	38.9	83.9	28	321.3
羽田-広島	37.1	32.9	60	38.6	303.1
	34.6	31.3	66.2	36.5	282.9
羽田-山口宇部	38.1	36.6	68	35.5	346.8
羽田-徳島	35.3	34.2	75.3	33.4	321.4
	40.5	38.7	69.5	33.1	335.4
羽田-高松	38.7	37.1	74	31.9	328.2
	45.4	44.7	68.8	39.4	370.6
羽田-松山	41.6	41.8	78.1	36.8	335.1
	37.3	36.2	63.4	34.1	330.8
羽田-高知	33.9	33.4	72.3	31.3	292.8
	36.8	32.3	62.2	33.4	330.3
羽田-長崎	32.4	29.1	73	30.1	277.8
	35.3	30.1	52.5	51	367.8
羽田-熊本	32.3	28	61.4	47.1	336.5
	38.3	33.2	55.5	50.1	367.3
羽田-大分	35.7	31.4	62.4	47.5	347.7
	40.2	35.8	58.4	51.9	396.3
羽田-宮崎	36	32.9	69.9	47.5	352.2
	39.4	35.6	64	49.6	391.2
羽田-鹿児島	36.6	33.6	71.8	46.7	367.4
	36.5	31.5	51.2	56.8	386
伊丹-仙台	32.8	29.2	61.9	52.1	347.4
	37.6	28.6	52.7	72.8	333.3
伊丹-松山	35.2	27.4	60.2	68.9	313.4
	43.6	43	85.6	22.5	212.6
伊丹-熊本	42.6	42.4	87.2	22.5	217.8
	39.9	34.7	68.6	36.8	262.6
伊丹-鹿児島	38.3	34.1	72	35.6	258.8
	44.9	40.8	66.2	53.6	331.9
新千歳-名古屋	42.9	39.5	71.4	51.8	325.5
	29.5	21.7	36.9	110.7	352.4
名古屋-福岡	28.4	21.6	41.7	107.2	354.6
	41.1	34.1	58	63.5	281.7
名古屋-那覇	40.1	33.7	60.8	62.2	288.6
	27.6	18.4	24.4	127.9	340.7
福岡-宮崎	26.8	18.4	27.5	125.6	353.6
	44.1	48.2	86.6	23	262.9
福岡-鹿児島	43.2	47.6	88.6	22.5	269.4
	42.9	47.3	93.4	21.3	208.5
	0	0	0	0	9%

注1：太字＝増収路線、赤色枠＝増収、黄色枠＝変化率

注2：変化率＝（値上げ後座席数－値上げ前座席数）／値上げ前座席数

上記の表をもとに、普通、往復運賃クラスにおける変化率の平均を横軸に、割引、団体・バック運賃クラスにおける変化率の平均を縦軸に取った場合の収益変化の変化を以下に示す。

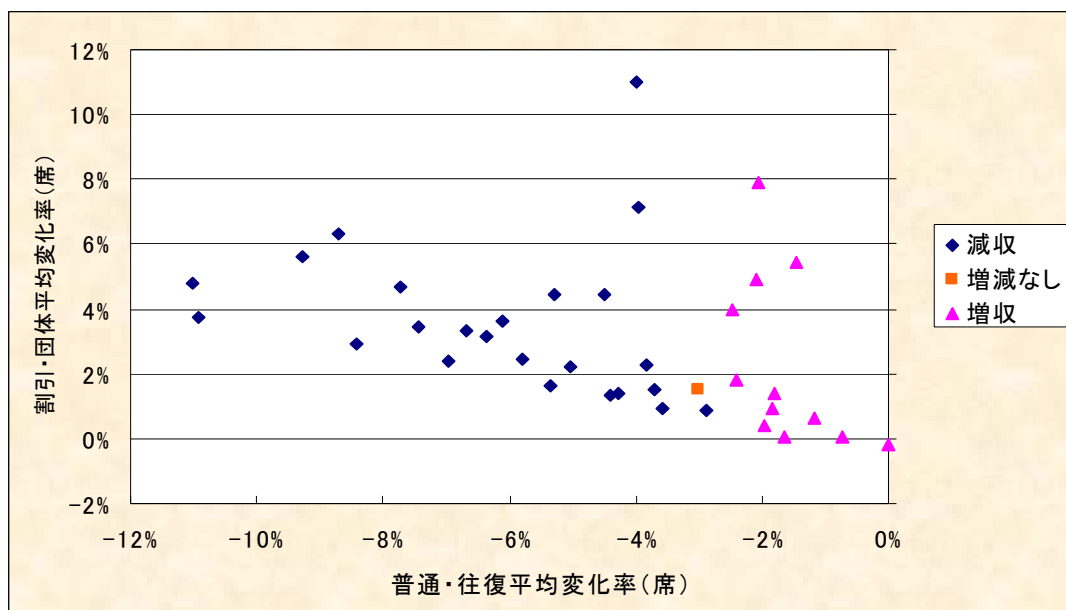


図 5-3-23 : 37 路線収益変化

上記より、普通・往復平均変化率が-2.5%未満の路線では収益が減少し、-2.5%以上では運賃値上げによる収益の増加が予想される結果となった。

5-4 航空サービス水準決定要因の検証

5章3節の結果から、航空サービス全体の需要増加は普通・往復運賃クラスの座席数にプラスの影響を与える要因であり、会社の需要予測精度の悪化は普通運賃クラスにマイナスの影響を与える要因であることが明らかとなった。観光目的の利用者増加については、団体・パック運賃の座席数にプラスの影響を与える要因であることが明らかとなった。また、今回の燃料高騰における運賃の値上げ（今回の JAL のケース）は、割引運賃クラスの座席数にプラスの影響を与え、普通、往復、団体・パック運賃の座席数にマイナスの影響を与える要因であることが明らかとなった。

収益については、搭乗率の増加はプラスの要因であり、需要のばらつきや観光目的の増加はマイナスの要因であることが明らかとなった。また、燃料高騰による運賃の値上げについては、ビジネス路線においては収益にマイナスの影響を与え、レジャー路線ではプラスの影響を与える要因であることが明らかとなった。

（表 5-4-1 参照）

表5-4-1：要因の影響度

要因	路線	提供座席数				予想収益
		普通運賃	往復運賃	割引運賃	団体・パック	
搭乗率増加	羽田-新千歳	+++	+++	++-	++-	+++
	羽田-伊丹	+++	+++	++-	++-	+++
	羽田-福岡	+++	+++	++-	++-	+++
	羽田-那覇	++	++	++	++-	+++
変動係数増加	羽田-新千歳	--	++	+	+	--
	羽田-伊丹	--	++	++	+	-
	羽田-福岡	--	++	++	--	--
	羽田-那覇	--	++	++	-	--
観光目的増加	羽田-新千歳	-	-	--	++	--
	羽田-伊丹	+	-	-	+	-
	羽田-福岡	-	-	-	+	--
	羽田-那覇	--	--	--	++	----
運賃値上げ	羽田-新千歳	-	-	+	-	-
	羽田-伊丹	-	-	+	-	-
	羽田-福岡	-	-	+	-	----
	羽田-那覇	-	0	+	-	+

(注：++-は、増加から減少に転じる事を示す)

座席変化数	増加	減少
10席未満	+	-
10~49席	++	--
50席以上	+++	----

5-5 まとめ

本章では、4章の券種選択モデルにて求めた平均選択確率を用いて、収益管理手法および利用者行動を考慮した最適座席配分値と予想収益の計算を行った。感度分析では、観光増加や燃料高騰が座席配分値と予想収益に与える影響を明らかにした。感度分析の結果から、航空サービス全体の需要にばらつきが生じるほど、高料金クラスから低料金クラスへと提供される座席数が変化し、収益は低下することが明らかになった。同様に航空サービス全体の需要がビジネスから観光へ変化した場合も、低料金クラスの座席が多く確保され、収益が低下することが明らかになった。

また、燃料高騰に対する運賃値上げを考慮した場合、ビジネス路線では下位クラスの座席数が増加するために収益が低下した。レジャー路線では提供座席数に変化がなかったために、運賃値上げにより収益が上昇することが明らかになった。本章4節では、航空サービス水準の決定要因が提供座席数と収益に及ぼす影響を明らかにした。

研究の結果から、利用者行動を考慮した座席配分を行うことで、路線や便ごとにおいて利用者の嗜好条件に適した最適な座席配分が可能であることが明らかになった。これにより、需要増加による収益増加や機会損失の低下が期待されると考えられる。

第6章 社会実験における料金感度の2地点比較

6-1 対象社会実験概要

本研究では栃木で行われた社会実験と茨城で行われた社会実験を対象とし、2つの社会実験における利用者の料金感度比較を行った。ICペアや割引体系などは異なっているが、2005年6月27日～8月31日の共通時期に共に実験が行われているため、この2つの社会実験を比較対象とした。対象とした社会実験の概要を以下に示す。

6-1-1 栃木社会実験の概要

(1) 栃木社会実験1 (スイッチ東北道大実験1)

目的：

東北自動車へ交通を転換させることで、慢性的な交通渋滞を抱える国道4号の渋滞緩和と沿道環境の改善を図る。

対象期間：2004年10月10日～2005年1月9日

対象区間：矢板IC～白河IC (図6-1-1) (※実験区間内での流出入のみが割引対象)

割引率：50%

対象時間帯：全日

対象車種：全車

(2) 栃木社会実験2 (スイッチ東北道大実験2)

目的：

東北自動車へ交通を転換させることで、慢性的な交通渋滞を抱える国道4号の渋滞緩和と沿道環境の改善を図る。2004年の実験では、渋滞が集中する国道4号の矢板～西那須野塩原間の朝夕の通勤時間帯における東北自動車道への転換は微少であったため、実験区間を宇都宮区間まで拡大した。

対象期間：2005年6月27日～8月31日

対象区間：宇都宮IC～白河IC (図6-1-2) (※実験区間内での流出入のみが割引対象)

割引率：50% (※さらに通勤割引、深夜割引も適用される)

対象時間帯：全日

対象車種：全車

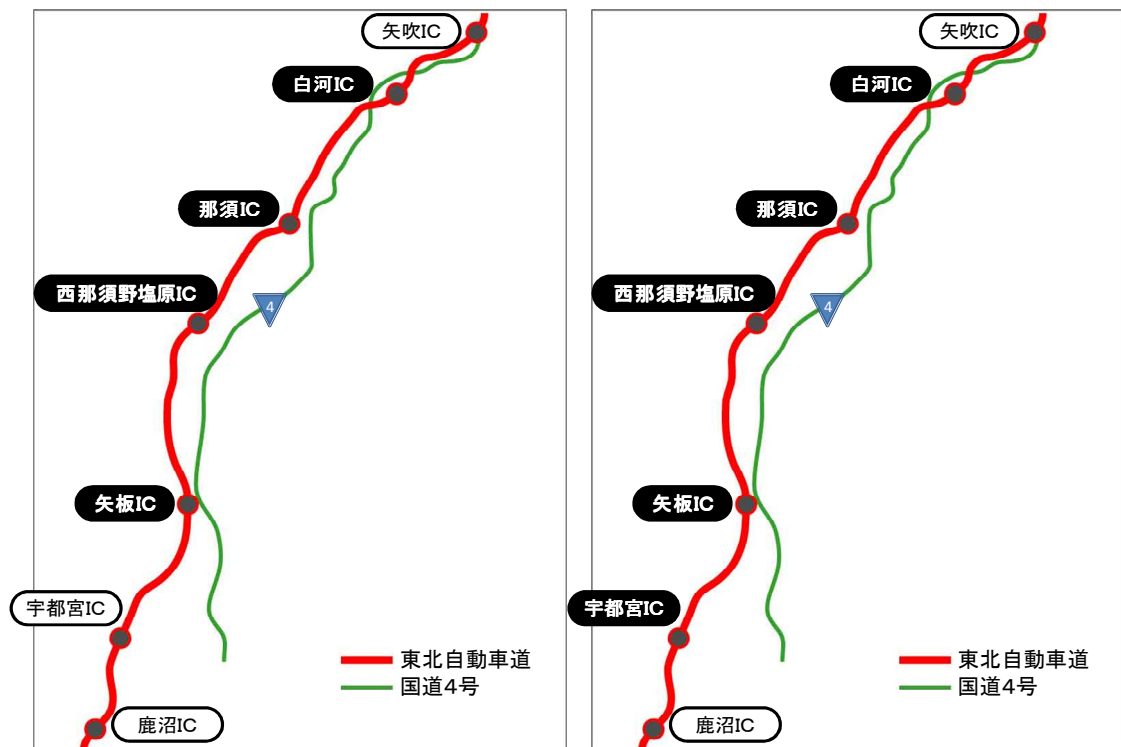


図 6-1-1 栃木社会実験 1 の実験区間 図 6-1-2 栃木社会実験 2 の実験区間

6-1-2 茨城社会実験の概要

(1) 茨城社会実験 1

目的：

日立市をはじめとする県北地域には大規模な工場が多く、国道 6 号や国道 245 号などにおいて慢性的な渋滞が発生している。この実験では、常磐自動車道の通行料金を引き下げることによって自動車の通行を高速道路に迂回させ、日立市内の一般道の交通渋滞緩和を図る。

対象期間：2004 年 9 月 10 日～12 月 9 日

対象区間：日立南大田 IC～北茨城 IC (図 6-1-3)

(※実験区間内での流出入のみが割引対象)

割引率：30% (2004 年 9 月 10 日～10 月 9 日)

50% (2004 年 10 月 10 日～12 月 9 日)

対象時間帯：全日

対象車種：全車

(2) 茨城社会実験 2

目的：

日立市をはじめとする県北地域には大規模な工場が多く、国道6号や国道245号などにおいて慢性的な渋滞が発生している。この実験では、常磐自動車道の通行料金を引き下げることによって自動車の通行を高速道路に迂回させ、日立市内の一般道の交通渋滞緩和を図る。

対象期間：2005年6月27日～8月31日

対象区間：日立南大田IC～北茨城IC（図6-1-4）

（※実験区間内での流出入のみが割引対象）

割引率：50%

対象時間帯：9時～17時

対象車種：ETC車のみ

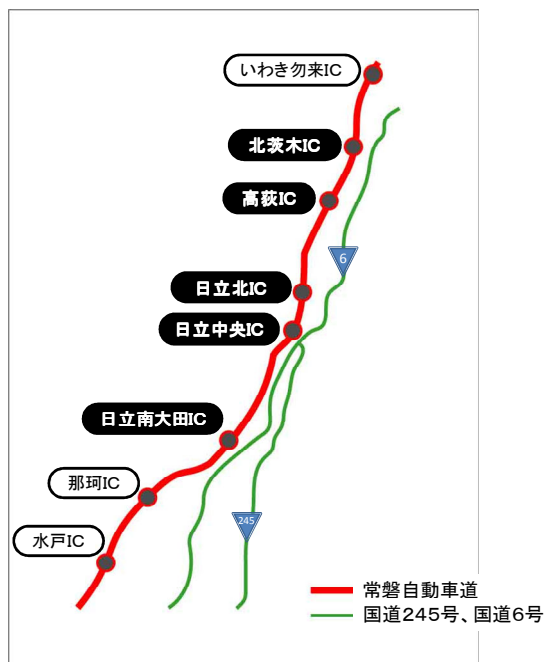


図6-1-3 茨城社会実験1の実験区間

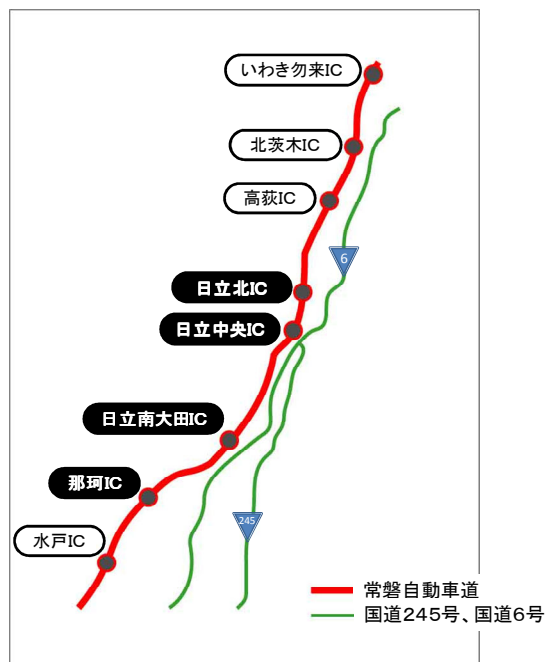


図6-1-4 茨城社会実験2の実験区間

6-2 使用データの概要

本研究では日別業務データ（C2データ）と利用実態データ（ETCデータ）の2つのデータを用いて分析を行った。使用したデータの概要を以下に示す。

6-2-1 日別業務（C2データ）の概要

日別業務データ（以下C2データ）とは、ある日1日の車種別交通量が記載されたデータのことである。全数データとETC利用データの2種類があり、高速道路における個別ICペア交通量を把握することができる。

ただし、東京外環など均一区間や首都高速、阪神高速の利用状況は把握できない。

表6-2-1 C2データのデータフォーマット

利用年月日						利用インターペア				利用車種	インターペア交通量																	
						入口																			出口			
年(和)	月	日	路線	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	
9(6)						X(5)				X(3)				X	9(7)							9(7)						
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

6-2-2 利用実態データ（ETCデータ）の概要

利用実態データ（ETCデータ）とは、個別ICペアの出入IC名、出入時間、仮番号（個人は特定できない）、支払料金などが記載されたデータのことである。仮番号により、ある特定車の利用動向を把握できるのが大きな特徴である。

ただし、C2データと同じく東京外環など均一区間や首都高速、阪神高速の利用状況は把握できない。

表6-2-2 ETCデータのデータフォーマット

利用年月日			利用インターペア				利用時間						ICカード処理区分	特別処理区分	仮番号	SPACE	利用料金									
			出口		入口		入口			出口																
年(西暦)	月	日	路線	IC	路線	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC	IC									
9(8)			X(5)		X(5)		X	9(4)			9(4)			9(4)			9	9	X(16)				X(3)	9(6)		

6-3 料金感度比較

6-3-1 抽出データ

(1) 栃木社会実験における抽出データ

栃木で行われた社会実験における料金感度を分析するため、C2データ、ETCデータ双方において全車種（普通車・大型車・特大車・中型車・軽自動車）の出入データを抽出した。抽出ICは鹿沼、宇都宮、矢板、西那須野塩原、那須、白河、矢吹の7ICである。抽出したデータ件数を以下に示す（表6-3-1）。

表6-3-1 栃木社会実験のデータ件数 (左：C2データ 右：ETCデータ)

年	月	データ数	年	月	データ数
平成16年	9月	87,420	平成16年	9月	312,462
	10月	92,115		10月	359,253
	11月	86,266		11月	366,568
	12月	82,079		12月	374,849
平成17年	1月	74,221	平成17年	1月	358,029
	2月	69,487		2月	385,431
	3月	83,699		3月	505,604
	4月	84,679		4月	575,902
	5月	89,168		5月	633,892
	6月	86,378		6月	595,755
	7月	91,510		7月	757,191
	8月	100,239		8月	833,083
	9月	89,020		9月	758,680
	10月	93,773		10月	841,188
	11月	88,258		11月	845,194
	12月	81,310		12月	788,592
平成18年	1月	76,283	平成18年	1月	714,126
	2月	72,640		2月	720,320
	3月	89,582		3月	894,883
	4月	87,425		4月	864,901
	5月	92,678		5月	925,393
	6月	88,657		6月	906,750
	7月	93,554		7月	970,089
	8月	103,694		8月	1,085,947
	9月	91,807		9月	979,057
	10月	96,995		10月	1,104,455
合計		2,272,937	合計		18,457,594

単位：件/月

単位：件/月

(2) 茨城社会実験における抽出データ

茨城で行われた社会実験における料金感度を分析するため、C2データ、ETCデータ双方において全車種（普通車・大型車・特大車・中型車・軽自動車）の出入データを抽出した。抽出ICは、那珂、日立南太田、日立中央、日立北の4ICである。抽出したデータ件数を以下に示す（表6-3-2）

表6-3-2 茨城社会実験のデータ件数（左：C2データ 右：ETCデータ）

年	月	データ数	年	月	データ数
平成16年	9月	41,860	平成16年	9月	150,046
	10月	44,654		10月	162,407
	11月	42,405		11月	180,772
	12月	41,156		12月	196,324
平成17年	1月	38,256	平成17年	1月	200,879
	2月	35,458		2月	216,098
	3月	42,085		3月	293,545
	4月	41,707		4月	337,785
	5月	43,711		5月	361,235
	6月	41,812		6月	349,732
	7月	44,440		7月	427,242
	8月	48,144		8月	453,726
	9月	43,522		9月	445,998
	10月	45,909		10月	469,000
	11月	43,768		11月	501,084
	12月	41,333		12月	519,912
平成18年	1月	39,446	平成18年	1月	482,130
	2月	37,219		2月	482,711
	3月	44,344		3月	572,284
	4月	42,972		4月	536,858
	5月	45,330		5月	551,066
	6月	42,714		6月	558,772
	7月	45,023		7月	593,243
	8月	49,330		8月	628,408
	9月	43,961		9月	594,961
	10月	46,993		10月	629,501
合計		1,117,552	合計		10,895,719

単位：件/月

6-3-2 基礎集計分析

上記に示したデータを用いて、栃木社会実験、茨城社会実験における基礎集計を行った。集計したのは、実験対象 IC 間交通量と料金収入である。各実験で共通している 2005 年 7 月～8 月と翌年同月である 2006 年 7 月～8 月を集計し、各社会実験における全交通量、ETC 交通量、ETC 料金収入比較を行った（表6-3-3、表6-3-4、表6-3-5）。

※翌年同月で比較を行ったのは実験期間が夏休み（お盆）を挟むため、季節性を考慮にして比較するためである。

	全交通量[1000台]		増減比		全交通量[1000台]		増減比		
	2005年	2006年			2005年	2006年			
栃木社会実験	普通車	684.3	545.4	1.255	茨城社会実験	普通車	654.2	633.8	1.032
	大型車	73.7	42.2	1.747		大型車	65.0	62.4	1.042
	特大車	10.6	5.9	1.792		特大車	14.4	12.9	1.111
	中型車	76.0	57.5	1.323		中型車	62.2	60.0	1.037
	軽自動車	60.3	47.3	1.276		軽自動車	93.5	97.3	0.960
	合計	904.9	698.3	1.296		合計	889.2	866.4	1.026

表6-3-3 実験前後の全交通量比較

栃木 社会 実験		ETC交通量[1000台]		増減比	茨木 社 会 実 験		ETC交通量[1000台]		増減比
		2005年	2006年				2005年	2006年	
	普通車	198.7	256.0	0.776		普通車	247.0	341.1	0.724
	大型車	58.9	37.6	1.567		大型車	52.7	54.0	0.976
	特大車	8.3	5.1	1.621		特大車	11.9	11.1	1.067
	中型車	43.8	39.1	1.120		中型車	33.2	39.5	0.842
	軽自動車	6.1	9.9	0.623		軽自動車	14.9	27.2	0.548
	合計	315.8	347.7	0.908		合計	359.8	472.9	0.761

表6-3-4 実験前後のETC交通量比較

栃木 社会 実験		ETC料金収入[100万円]		増減比	茨木 社 会 実 験		ETC料金収入[100万円]		増減比
		2005年	2006年				2005年	2006年	
	普通車	109.7	210.5	0.521		普通車	45.7	81.6	0.560
	大型車	63.2	58.1	1.088		大型車	15.6	21.9	0.713
	特大車	13.3	13.0	1.017		特大車	5.2	6.9	0.762
	中型車	35.9	43.4	0.828		中型車	7.3	12.1	0.608
	軽自動車	2.7	6.4	0.426		軽自動車	2.4	5.3	0.449
	合計	224.8	331.4	0.678		合計	76.3	127.7	0.597

表3-3-5 実験前後のETC料金収入比較

上記より、全交通量における増減比の合計値は栃木社会実験が1.29と茨木社会実験の合計値1.02よりも高く、社会実験により反応していることがわかる。さらに車種別で比較すると、栃木社会実験の大型車・特大車の増減比が1.74、1.79と高い値を取っており、車種サイズの大きなものが実験に反応していることもわかる。ETC交通量においてもほぼ同様のことが言える。

また、ETC料金収入に関しては、栃木社会実験、茨木社会実験ともに実験中は減収となっているが、栃木社会実験の方が減収は小さく、大型車と特大車に関しては増収している。ここからも車種サイズの感度の高さがわかる。

6-3-3 総交通量の時系列分析

基礎集計をもとに実験中（7月～8月）と実験後（9月～10月）の比較を行ったが、季節変動などの影響もあるため、一概には社会実験の感度の違いを比較できるとは言いづらい。そこで、①全交通量 ②ETC交通量 ③ETC利用率 ④ETC料金収入の4つの観点から時系列分析を行うことで栃木、茨木における社会実験の料金感度比較を行った。

(1) 栃木社会実験

C2データを用いて宇都宮IC～白河IC間の車種別ODを集計し、2004年9月～2006年10月までの総交通量の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す（図6-3-1、図6-3-2、図6-3-3、図6-3-4、図6-3-5）。

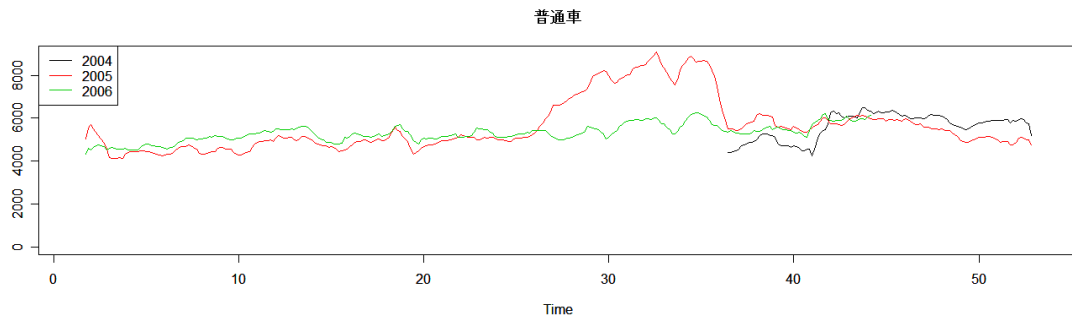


図 6 - 3 - 1 総交通量の曜日変動調整 (普通車)

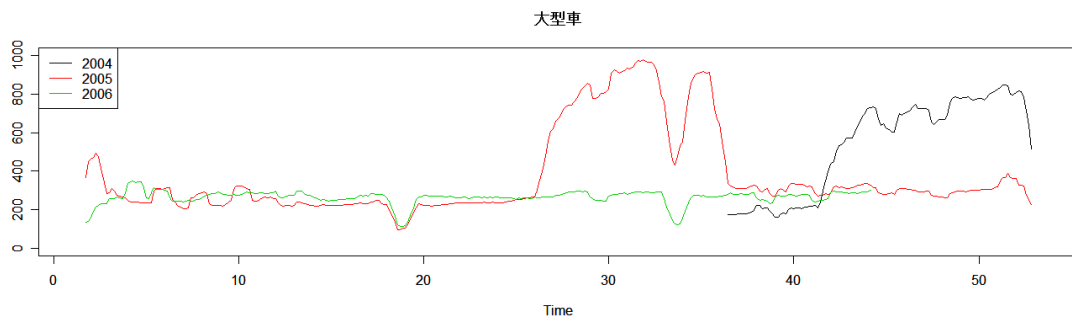


図 6 - 3 - 2 総交通量の曜日変動調整 (大型車)

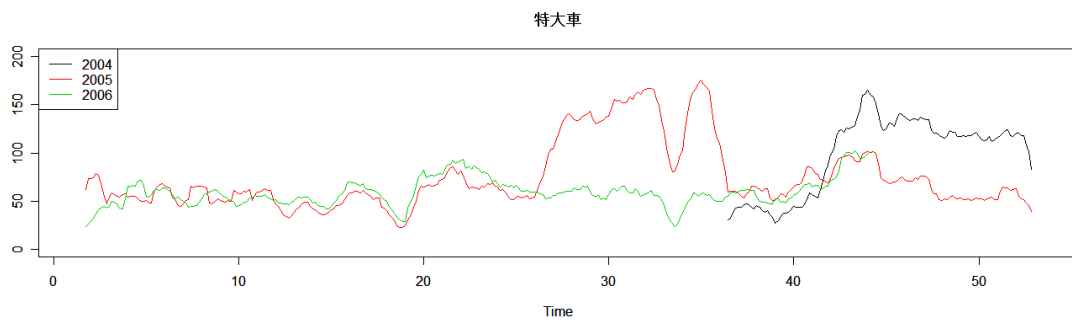


図 6 - 3 - 3 総交通量の曜日変動調整 (特大車)

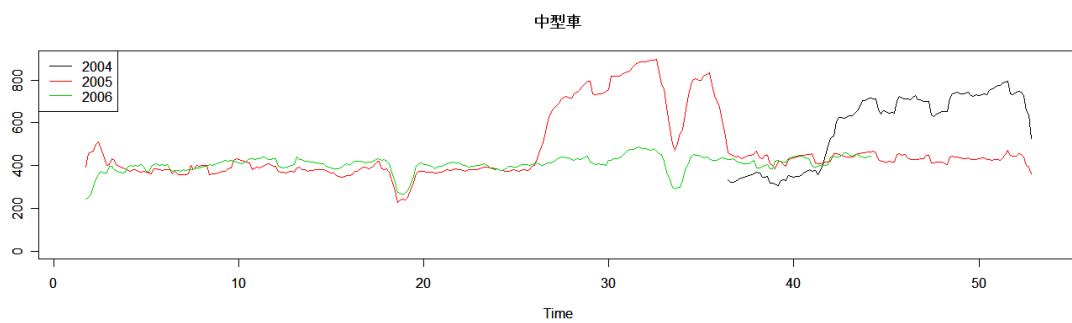


図 6 - 3 - 4 総交通量の曜日変動調整 (中型車)

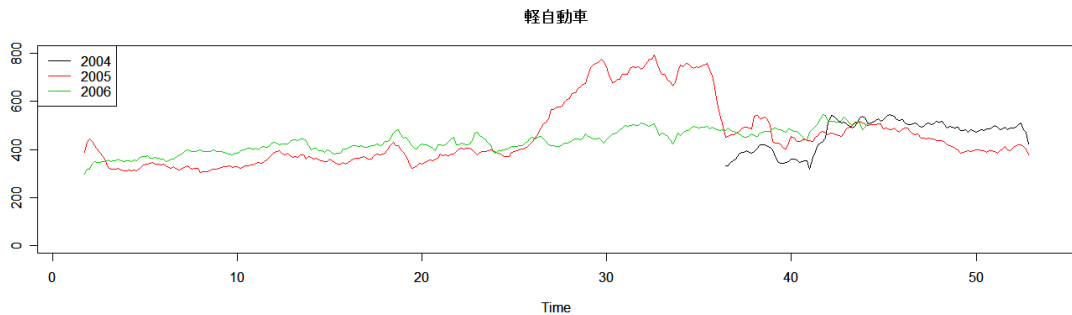


図 6 - 3 - 5 総交通量の曜日変動調整（軽自動車）

図中、黒く競り出し箇所が 2004 年に行われた社会実験、赤く競り出した箇所が 2005 年に行われた社会実験の影響である。図を見ると、2004 年の社会実験では普通車や軽自動車はあまり反応していないが、2005 年の社会実験では全車種が実験に反応していることが読み取れる。

(2) 茨城社会実験

こちらも同様に C2 データを用いて那珂 IC～日立北 IC 間の車種別 OD を集計し、2004 年 9 月～2006 年 10 月までの総交通量の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す(図 6 - 3 - 6、図 6 - 3 - 7、図 6 - 3 - 8、図 6 - 3 - 9、図 6 - 3 - 10)。

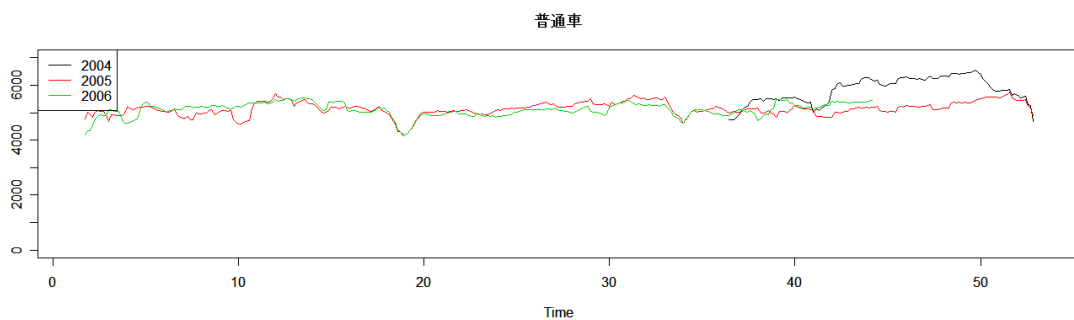


図 6 - 3 - 6 総交通量の曜日変動調整（普通車）

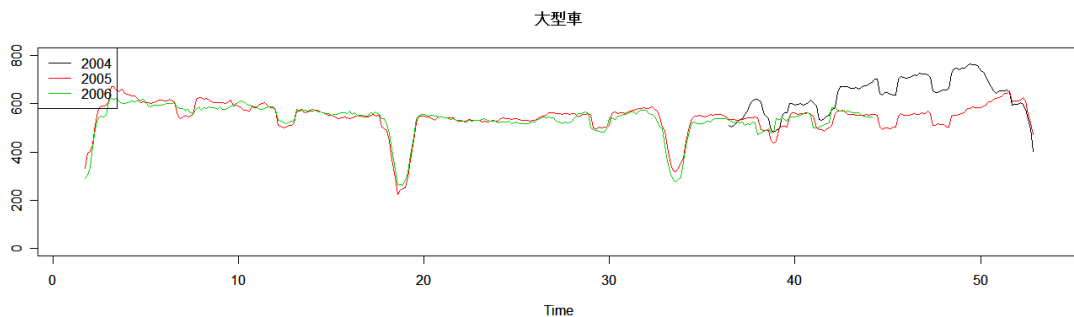


図 6-3-7 総交通量の曜日変動調整（大型車）

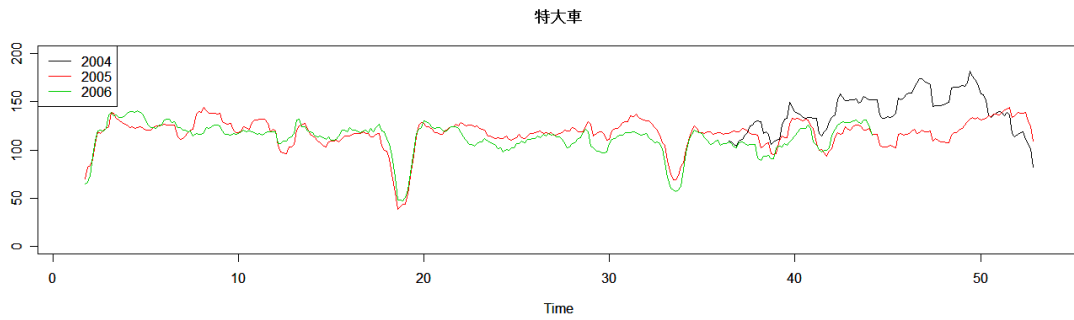


図 6-3-8 総交通量の曜日変動調整（特大車）

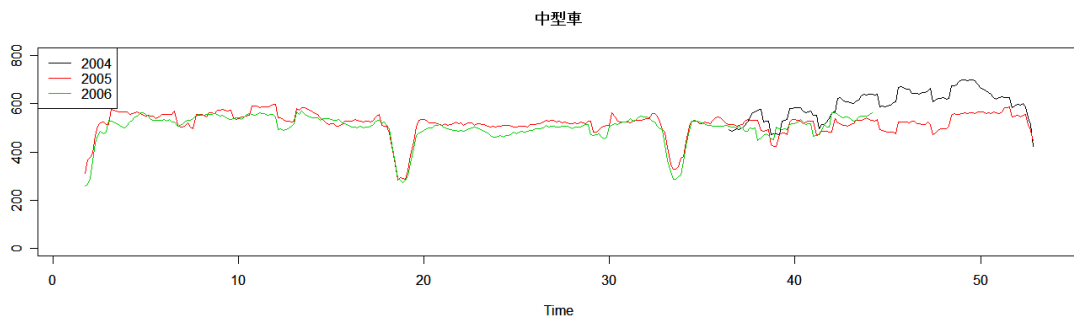


図 6-3-9 総交通量の曜日変動調整（中型車）

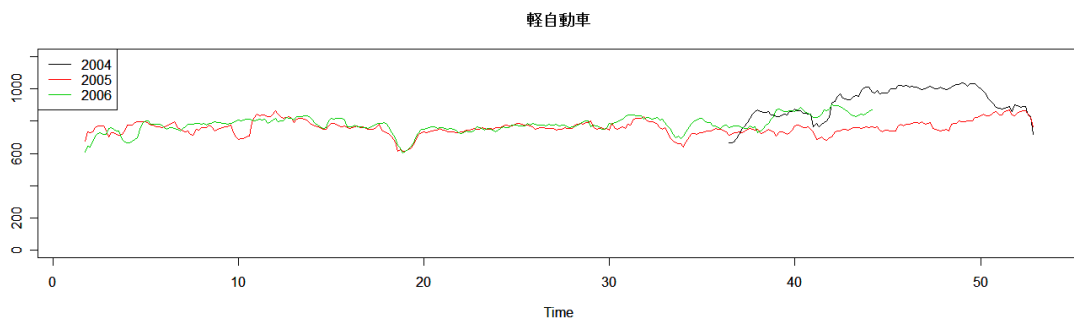


図 6-3-10 総交通量の曜日変動調整（軽自動車）

上図を見ると、2004年の社会実験には若干の反応が見られるが、2005年の社会実験にはほとんど反応が見られない。このことから、2005年の茨木社会実験には、利用者は反応しなかったことがわかり、栃木の社会実験とは対照的な結果となっている。

6-3-4 ETC 交通量の時系列分析

(1) 栃木社会実験

C2 データを用いて宇都宮 IC～白河 IC 間の車種別 OD を集計し、2004 年 9 月～2006 年 10 月までの ETC 交通量の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す（図 6-3-1 1、図 6-3-1 2、図 6-3-1 3、図 6-3-1 4、図 6-3-1 5）。

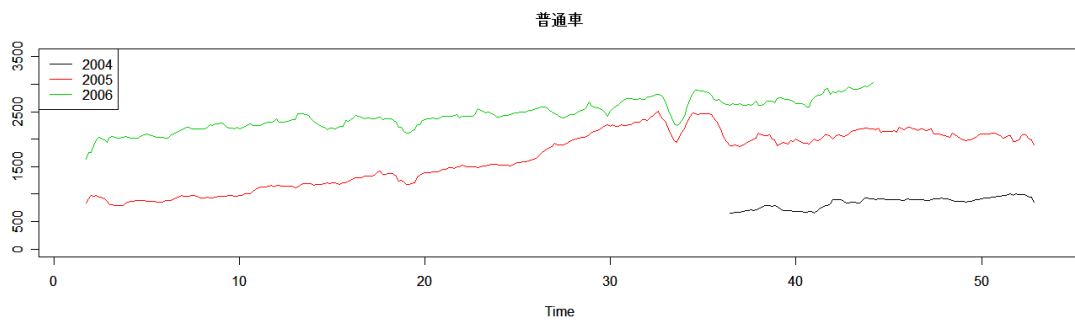


図 6-3-1 1 ETC 交通量の曜日変動調整（普通車）

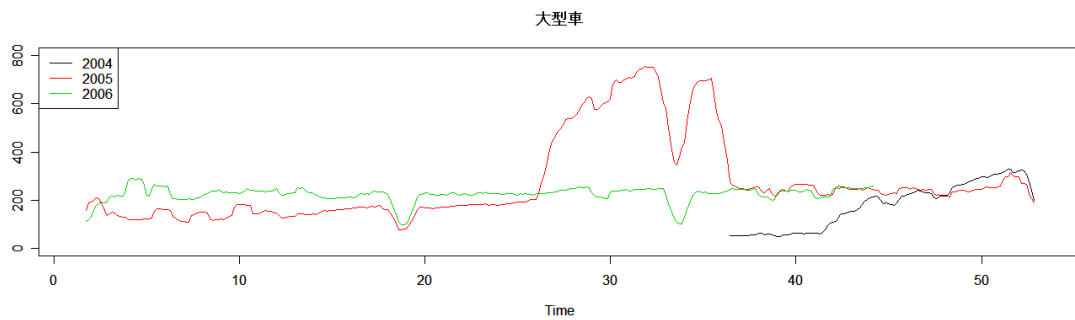


図 6-3-1 2 ETC 交通量の曜日変動調整（大型車）

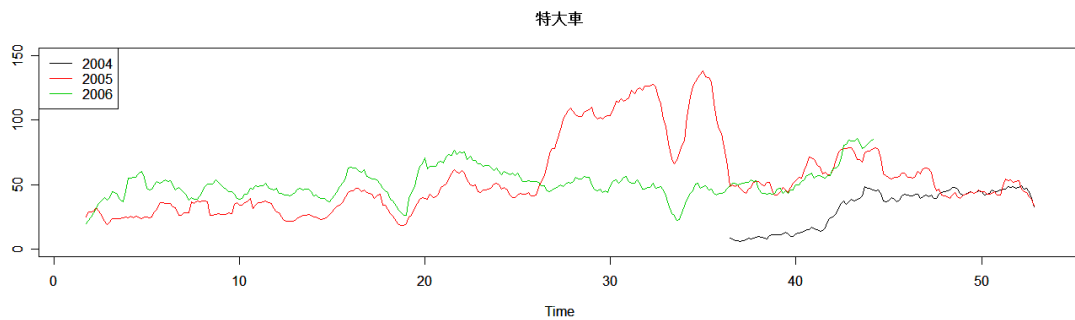


図 6-3-1 3 ETC 交通量の曜日変動調整（特大車）

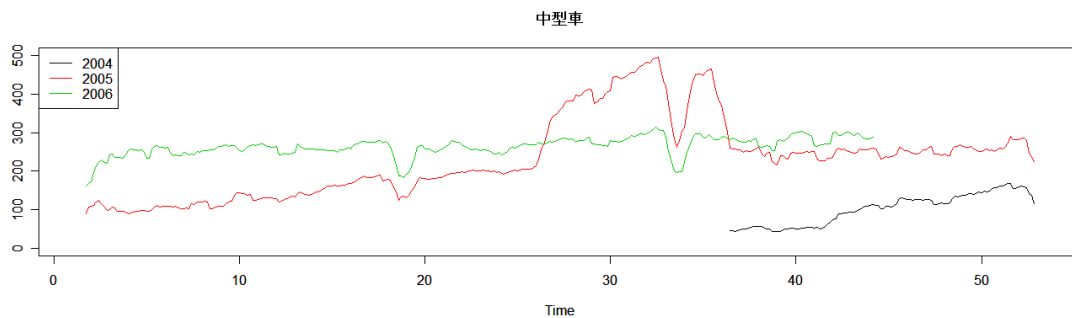


図 6-3-14 ETC 交通量の曜日変動調整 (中型車)

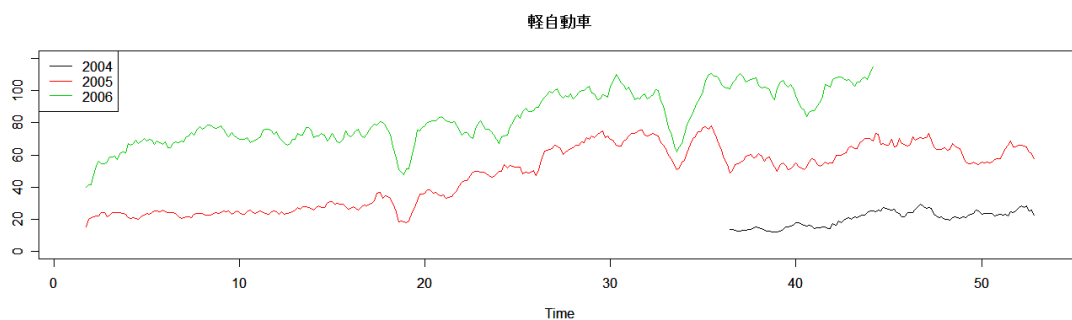


図 6-3-15 ETC 交通量の曜日変動調整 (軽自動車)

上図より、ETC 交通量に限ってみると、全交通量とは違い 2004 年の実験にはどの車種も反応していない。さらに、2005 年の実験下でも普通車と軽自動車に反応が見られない。これは全交通量との大きな違いである。

(2) 茨城社会実験

C2 データを用いて那珂 IC～日立北 IC 間の車種別 OD を集計し、2004 年 9 月～2006 年 10 月までの ETC 交通量の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す (図 6-3-16、図 6-3-17、図 6-3-18、図 6-3-19、図 6-3-20)。

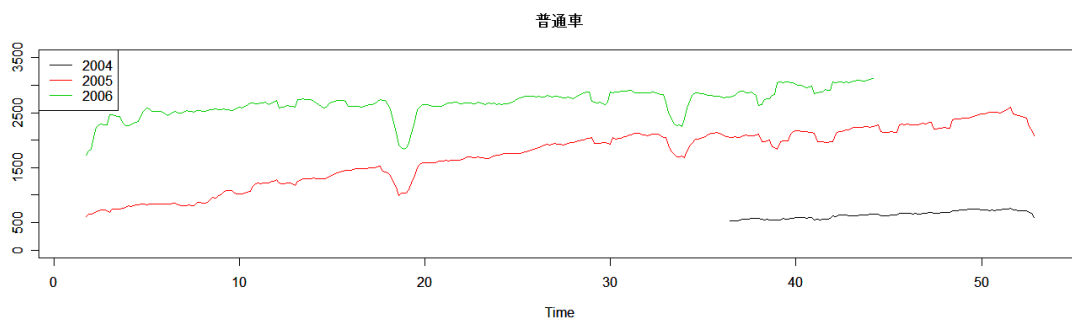


図 6-3-16 ETC 交通量の曜日変動調整 (普通車)

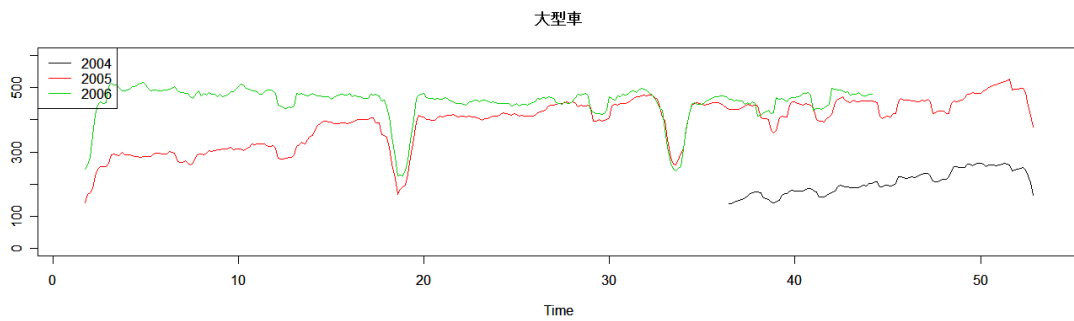


図 6-3-17 ETC 交通量の曜日変動調整 (大型車)

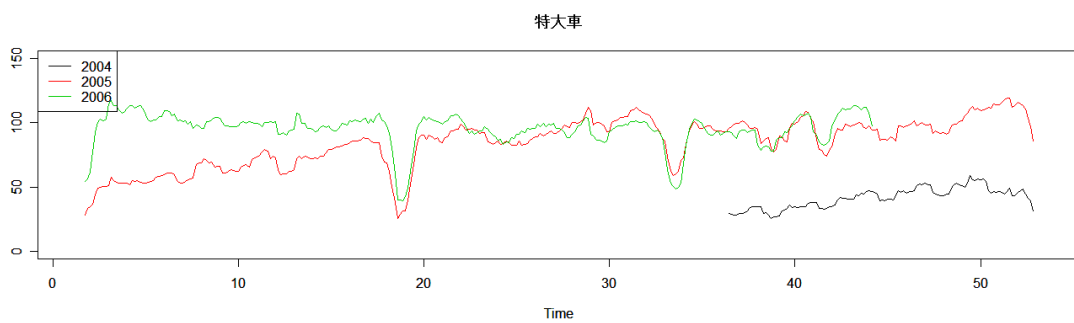


図 6-3-18 ETC 交通量の曜日変動調整 (特大車)

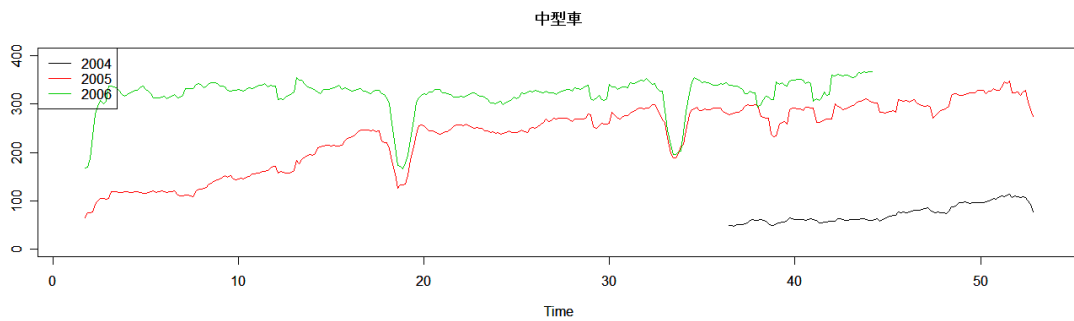


図 6-3-19 ETC 交通量の曜日変動調整 (中型車)

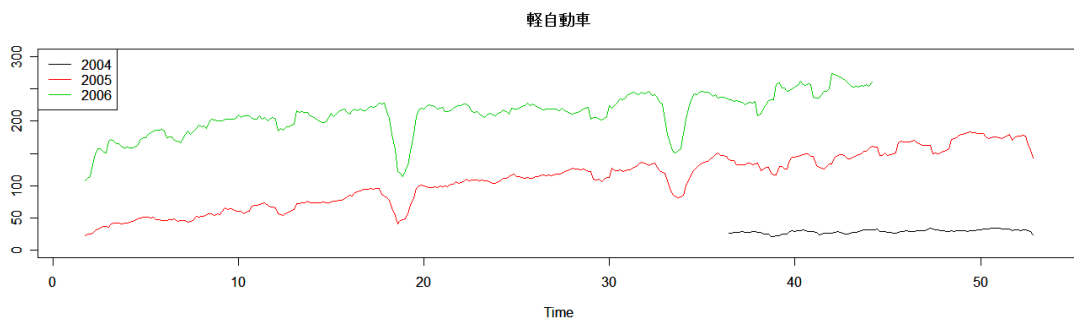


図 6-3-20 ETC 交通量の曜日変動調整 (軽自動車)

上図より、2004年、2005年の社会実験ともにまったく反応が見られない。茨城の社会実験、特に2005年には割引対象がETC車のみに限られているにもかかわらず反応が見られない。

6-3-5 ETC利用率の時系列分析

(1) 栃木社会実験

C2データを用いて宇都宮IC～白河IC間の車種別ODを集計し、2004年9月～2006年10月までのETC利用率の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す(図6-3-21、図6-3-22、図6-3-23、図6-3-24、図6-3-25)。

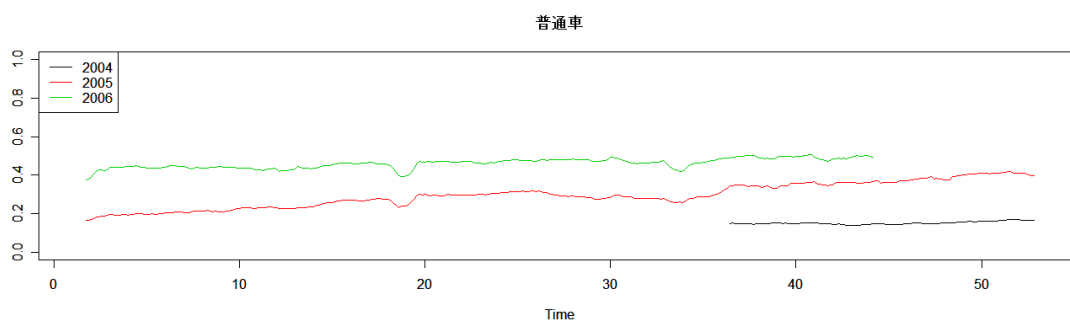


図6-3-21 ETC利用率の曜日変動調整(普通車)

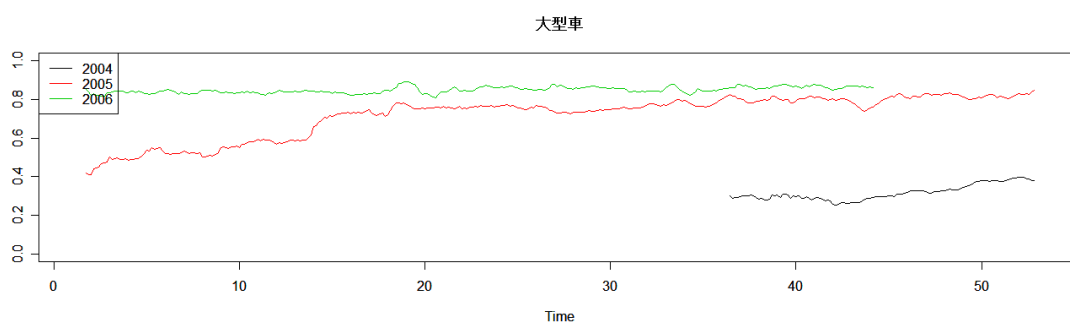


図6-3-22 ETC利用率の曜日変動調整(大型車)

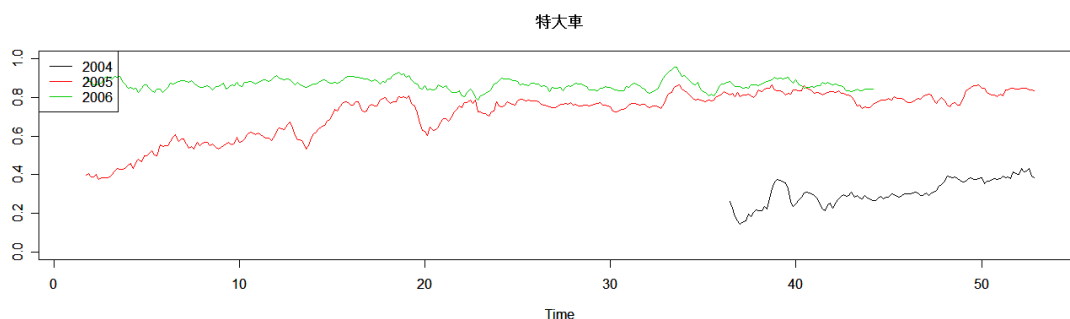


図6-3-23 ETC利用率の曜日変動調整(特大車)

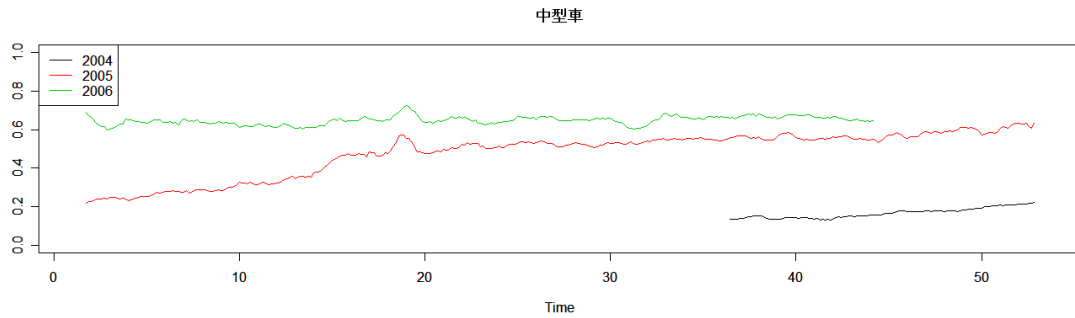


図 6-3-24 ETC 利用率の曜日変動調整 (中型車)

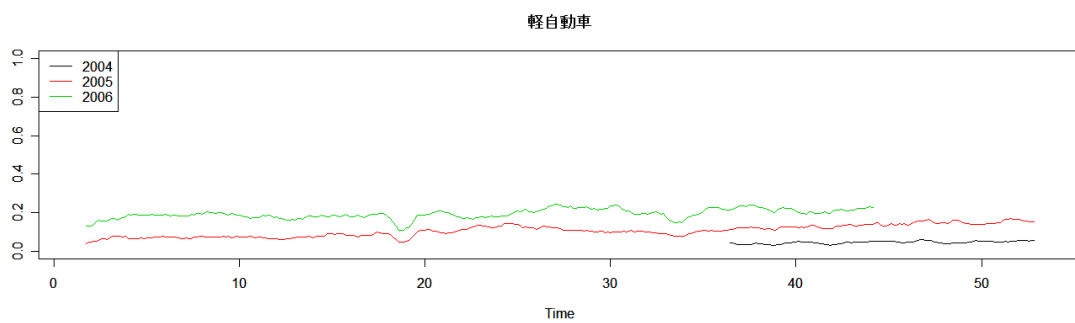


図 6-3-25 ETC 利用率の曜日変動調整 (軽自動車)

上図より、ETC 利用率は実験によって上下しておらず、社会実験では ETC 利用率は増加しないことがわかる。

(2) 茨城社会実験

C2 データを用いて那珂 IC～日立北 IC 間の車種別 OD を集計し、2004 年 9 月～2006 年 10 月までの ETC 利用率の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す (図 6-3-26、図 6-3-27、図 6-3-28、図 6-3-29、図 6-3-30)。

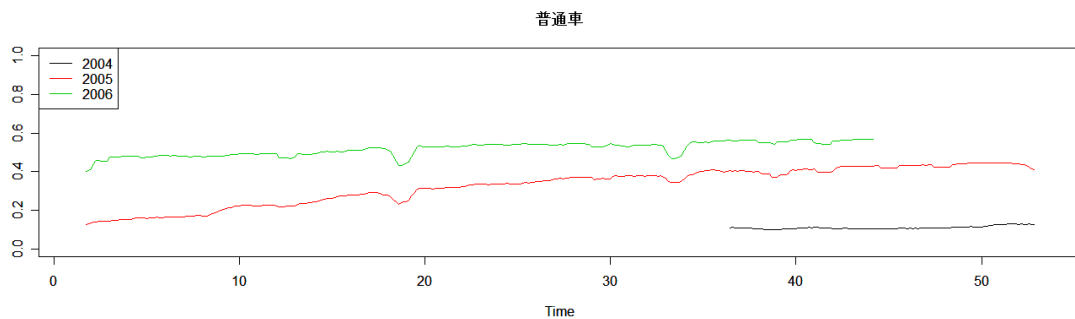


図 6-3-26 ETC 利用率の曜日変動調整 (普通車)

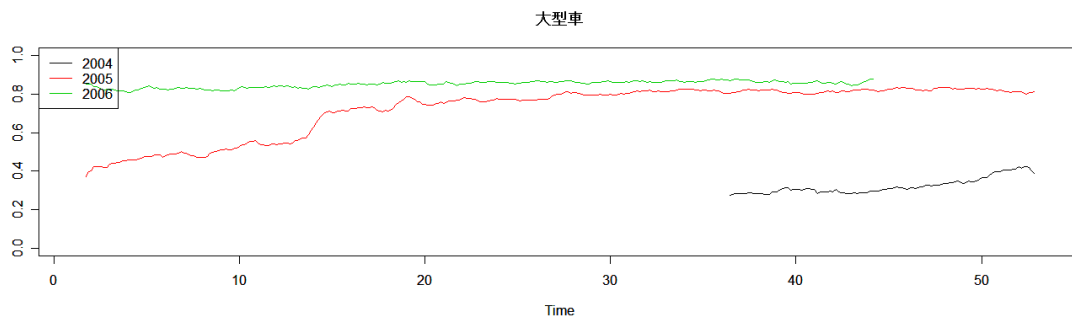


図 6-3-27 ETC 利用率の曜日変動調整 (大型車)

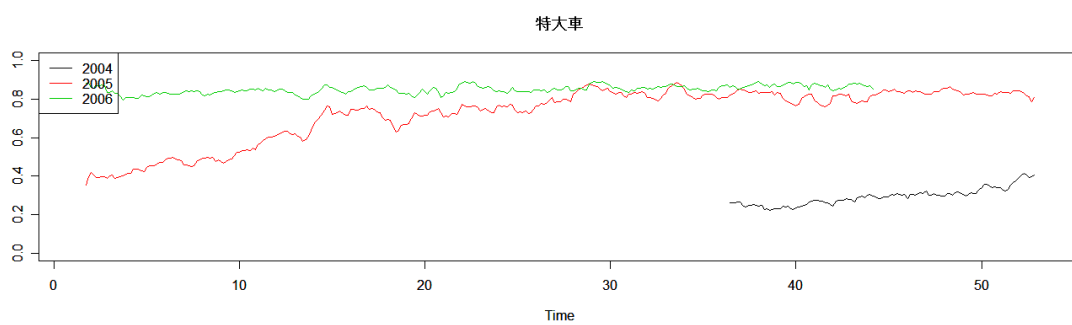


図 6-3-28 ETC 利用率の曜日変動調整 (特大車)

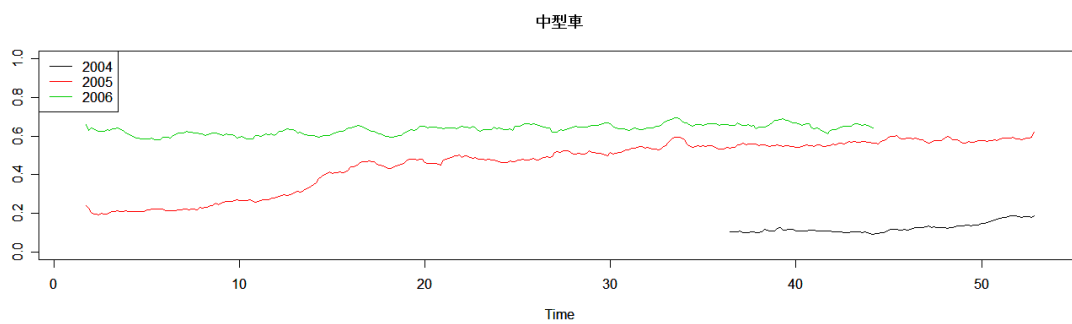


図 6-3-29 ETC 利用率の曜日変動調整 (中型車)

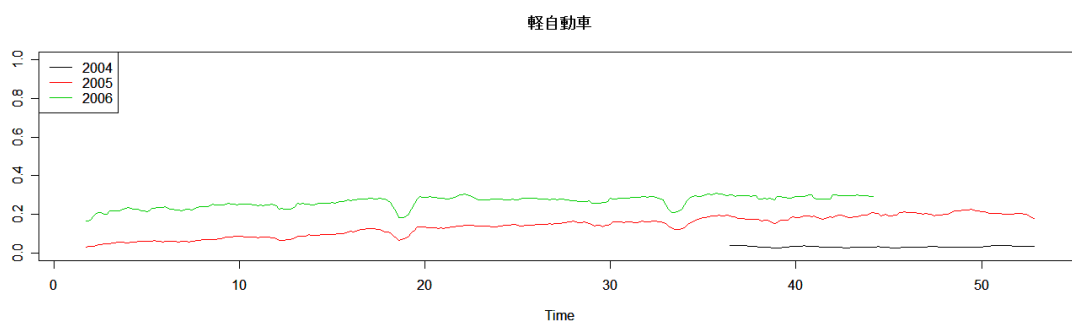


図 6-3-30 ETC 利用率の曜日変動調整 (軽自動車)

図を見ると、栃木社会実験と同様、ETC利用率は実験によって上下しておらず、社会実験によりETC利用率は増加しないことがわかる。

6-3-6 ETC 料金収入の時系列分析

(1) 栃木社会実験

C2データを用いて宇都宮IC～白河IC間の車種別ODを集計し、2004年9月～2006年10月までのETC料金収入の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す(図6-3-31、図6-3-32、図6-3-33、図6-3-34、図6-3-35)。

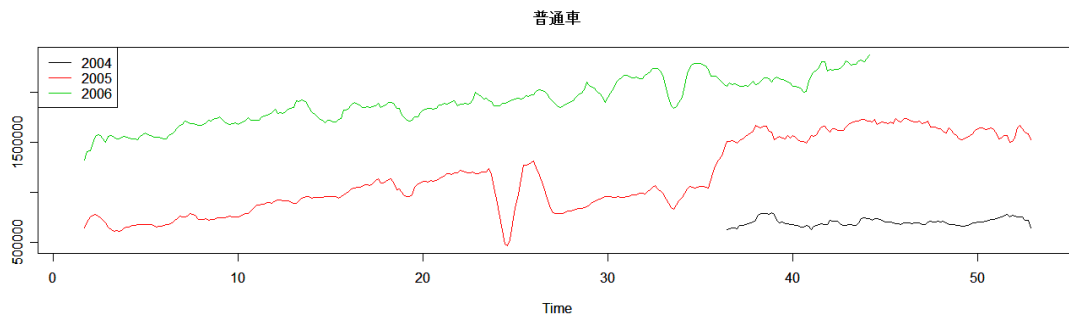


図6-3-31 ETC 料金収入の曜日変動調整 (普通車)

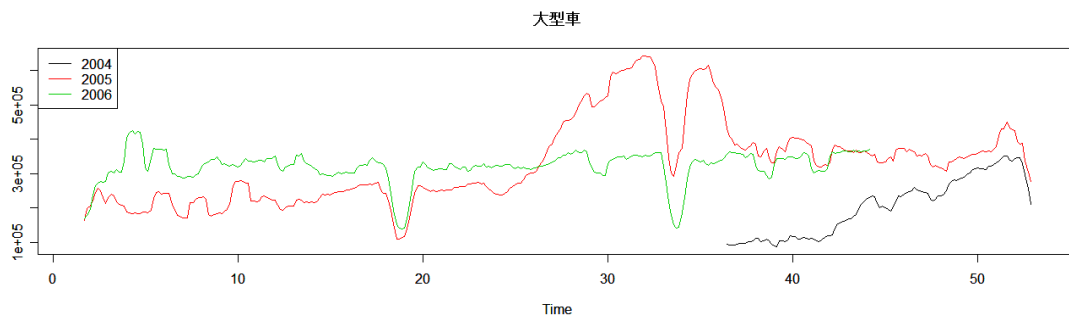


図6-3-32 ETC 料金収入の曜日変動調整 (大型車)

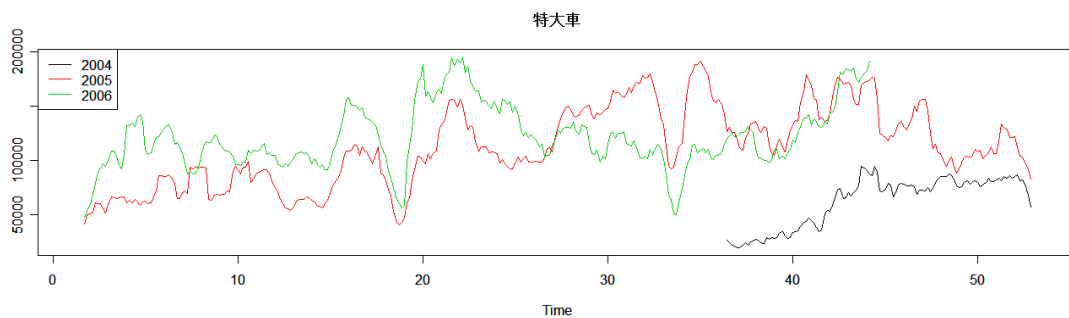


図 6-3-33 ETC 料金収入の曜日変動調整（特大車）

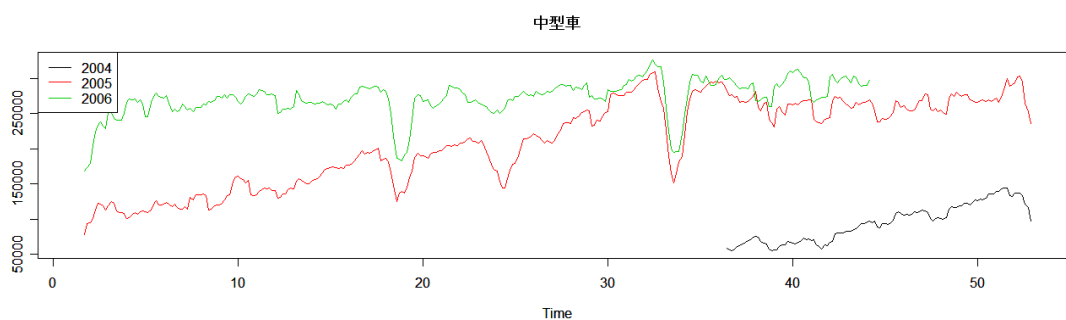


図 6-3-34 ETC 料金収入の曜日変動調整（中型車）

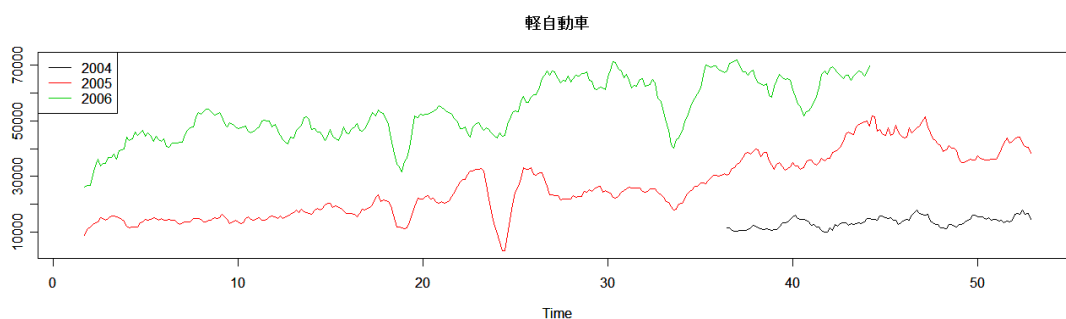


図 6-3-35 ETC 料金収入の曜日変動調整（軽自動車）

料金収入は、2004 年の社会実験では変動は見られないが、2005 年の実験時における大型車と特大車は大きく反応している。料金割引にもかかわらず、増収していることがこの図からも読み取れる。

(2) 茨城社会実験

C2 データを用いて那珂 IC～日立北 IC 間の車種別 OD を集計し、2004 年 9 月～2006 年 10 月までの ETC 料金収入の曜日変動を調整した。集計は上下合計・日単位で行った。その結果を以下に示す(図 6-3-36、図 6-3-37、図 6-3-38、図 6-3-39、図 6-3-40)。

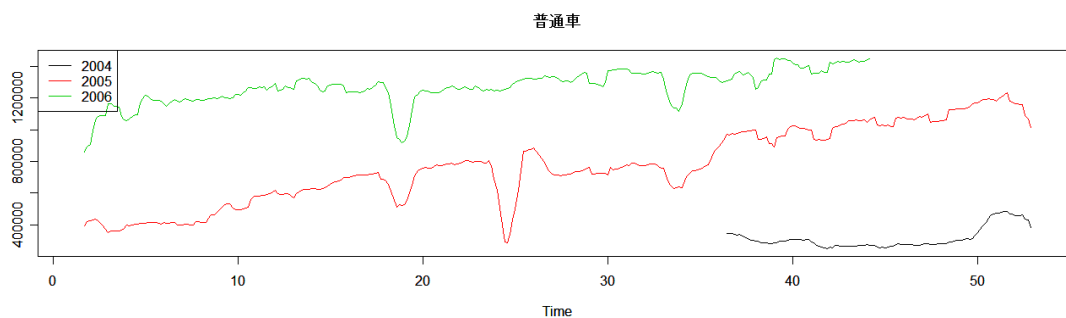


図 6-3-36 ETC 料金収入の曜日変動調整（普通車）

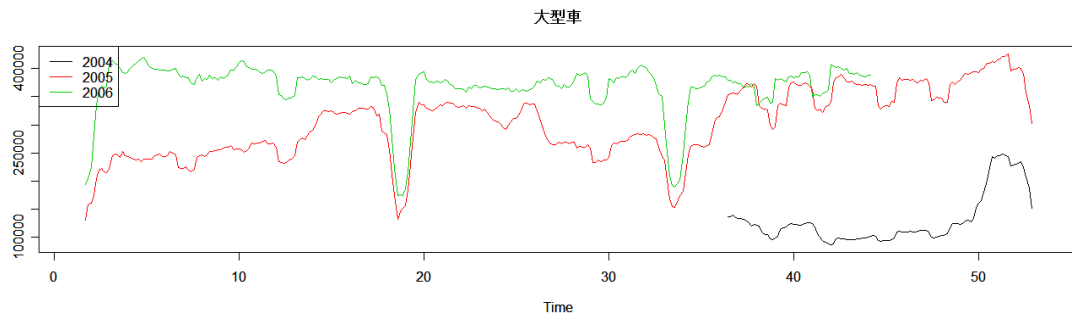


図 6 - 3 - 3 7 ETC 料金収入の曜日変動調整 (大型車)

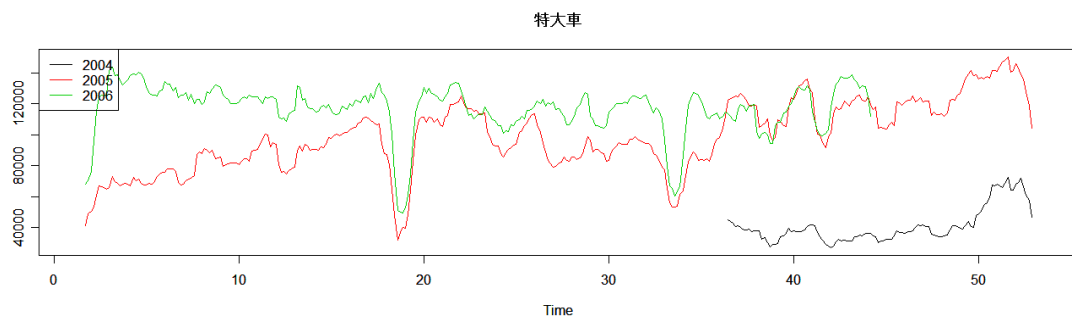


図 6 - 3 - 3 8 ETC 料金収入の曜日変動調整 (特大車)

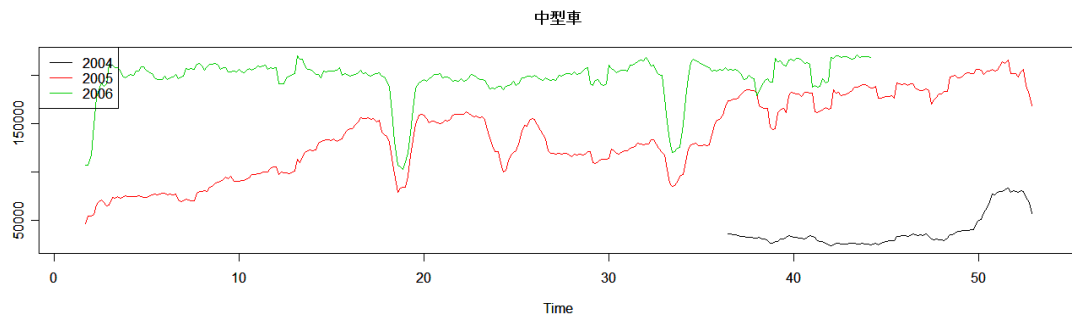


図 6 - 3 - 3 9 ETC 料金収入の曜日変動調整 (中型車)

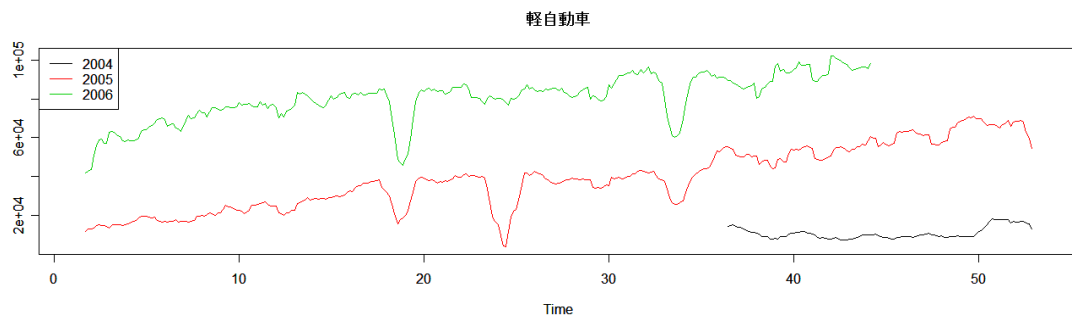


図 6 - 3 - 4 0 ETC 料金収入の曜日変動調整 (軽自動車)

栃木の社会実験とは違い、料金収入に変動は見られない。茨城社会実験の反応の低さによるものだと推察される。

6-4 まとめ

本章では、基礎集計、時系列分析を行うことで栃木、茨木における社会実験の料金感度比較を行った。比較した結果、茨木社会実験では2004年、2005年ともに大きな反応は見られず、社会実験の感度が低いという結果が得られた。しかしそれとは逆に、栃木社会実験では、2004年、2005年の社会実験ともに反応が見られ、特に2005年に行われた社会実験の反応が顕著であった。この結果から、本研究では社会実験の反応がより明確であった栃木社会実験2（「スイッチ東北道大実験2」）を分析対象とし、次章以降でより詳細な料金感度分析を実施することとした。

第7章 栃木社会実験における料金感度の詳細分析

7-1 車種別交通量の詳細

本章では3章で決定した栃木社会実験2「スイッチ東北道大実験2」を対象実験とし、詳細な料金感度分析を行った。まずは実験期間（2005年7月～8月）と翌年同月である（2006年7月～8月）の車種別交通量の詳細を述べる。

7-1-1 車種別交通量の基礎集計

実験期間（2005年7月～8月）と翌年同月（2006年7月～8月）における車種別交通量の基礎集計結果を以下に示す（表7-1-1、表7-1-2）。

表7-1-1 2005年7月～8月の交通量集計（2ヶ月合計）

	全交通量[台]	ETC交通量[台]	ETC交通量内 利用人数[人]	ETC利用率
普通車	684270	198684	51932	29.0%
大型車	73689	58891	12007	79.9%
特大車	10640	8260	2831	77.6%
中型車	76038	43789	7719	57.6%
軽自動車	60308	6148	1389	10.2%
合計	904945	315772	75878	34.9%

表7-1-2 2006年7月～8月の交通量集計（2ヶ月合計）

	全交通量[台]	ETC交通量[台]	ETC交通量内 利用人数[人]	ETC利用率
普通車	545436	256041	74128	46.9%
大型車	42170	37583	9929	89.1%
特大車	5938	5095	2274	85.8%
中型車	57466	39114	7937	68.1%
軽自動車	47259	9876	2340	20.9%
合計	698269	347709	96608	49.8%

7-1-2 車種別のOD交通量集計

実験期間（2005年7月～8月）と翌年同月（2006年7月～8月）における車種別のOD交通量集計結果を以下に示す。

(1) 普通車（表7-1-3、表7-1-4）

※表中、黄色部分が実験区間を示している。

表7-1-3 OD交通量（2005年）

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		24934	21298	17380	9829	2686	1642
宇都宮	24214		46442	62292	39020	22697	2686
矢板	24002	54228		16494	18943	15825	2476
西那須野	16440	61555	13950		7804	9461	1929
那須	7988	38728	15068	9013		10843	3069
白河	2269	22156	11250	10029	12448		5187
矢吹	1509	2510	2215	1832	3703	6226	

表7-1-4 OD交通量（2006年）

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		22313	23487	19880	11031	3583	2419
宇都宮	20860		36740	46927	30104	8109	3081
矢板	25950	40942		12564	15328	7422	2961
西那須野	18990	44839	10679		6710	5681	2350
那須	9489	28339	12137	7216		6499	3288
白河	3201	7896	6175	5894	7678		4865
矢吹	1947	3188	2545	2320	3846	5963	

(2) 大型車 (表7-1-5、表7-1-6)

※表中、黄色部分が実験区間を示している。

表7-1-5 OD交通量 (2005年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		2190	3195	1202	941	656	359
宇都宮	2565		808	1320	561	3873	192
矢板	3709	830		1149	711	18198	1633
西那須野	1396	1114	894		89	647	145
那須	907	726	705	119		211	273
白河	745	4492	13556	495	177		393
矢吹	424	190	1320	84	230	265	

表7-1-6 OD交通量 (2006年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		1962	3460	1016	730	881	682
宇都宮	2001		596	666	275	525	174
矢板	3722	494		1051	681	3399	3065
西那須野	1340	406	710		137	497	243
那須	1036	307	761	70		211	353
白河	839	561	4288	314	155		304
矢吹	764	441	2206	209	299	339	

(3) 特大車 (表7-1-7、表7-1-8)

※表中、黄色部分が実験区間を示している。

表7-1-7 OD交通量 (2005年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		174	138	115	48	84	65
宇都宮	205		70	247	213	449	24
矢板	156	113		145	183	2908	197
西那須野	115	246	118		39	78	16
那須	37	281	188	42		130	79
白河	44	507	2662	102	85		36
矢吹	14	26	174	14	42	31	

表7-1-8 OD交通量 (2006年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		125	191	145	83	113	68
宇都宮	121		69	259	135	99	81
矢板	220	85		118	155	626	356
西那須野	138	226	106		44	50	31
那須	62	136	168	33		65	70
白河	110	81	763	75	88		33
矢吹	58	73	332	43	61	43	

(4) 中型車 (表 7-1-9、表 7-1-10)

※表中、黄色部分が実験区間を示している。

表 7-1-9 OD 交通量 (2005 年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		2835	3549	3162	1367	569	271
宇都宮	3151		2174	3360	1614	3208	270
矢板	4233	2202		1510	1344	9335	893
西那須野	2630	3097	1185		396	1145	238
那須	1372	1694	1312	525		606	236
白河	705	3863	7213	1108	637		675
矢吹	265	232	709	287	286	575	

表 7-1-10 OD 交通量 (2006 年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		2535	3737	3598	1622	600	518
宇都宮	2598		2152	2619	1381	732	250
矢板	4228	1939		1227	1214	2203	1440
西那須野	2798	2647	974		338	645	371
那須	1405	1487	1082	456		621	294
白河	1049	789	2703	581	550		657
矢吹	515	339	1136	403	348	685	

(5) 軽自動車 (表 7-1-11、表 7-1-12)

※表中、黄色部分が実験区間を示している。

表 7-1-11 OD 交通量 (2005 年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		2028	2170	1359	648	205	72
宇都宮	2467		4146	4923	2790	2264	119
矢板	2311	4963		1670	1510	1907	199
西那須野	1268	4961	1442		635	1004	120
那須	611	2781	1319	740		1123	206
白河	201	2312	1366	1043	1307		501
矢吹	77	155	192	162	311	720	

表 7-1-12 OD 交通量 (2006 年)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		1980	2469	1665	776	255	116
宇都宮	2346		3421	3760	2112	571	190
矢板	2744	3930		1133	1128	738	296
西那須野	1694	3605	940		479	540	204
那須	656	1896	898	508		570	237
白河	253	639	708	647	645		613
矢吹	105	207	273	194	304	814	

上記 OD 表から、すべての車種で 2005 年 (実験期間) の黄色部分 (実験区間) の交通量が増加していることがわかる。しかし、この OD 表からでは、どの IC ペアの交通量増減が大きいかわからないことが把握できない。そのため、次項で詳細な実験前後における車種別交通量変化を分析する。

7-2 社会実験による交通量変化

7-2-1 車種別の交通量変化

車種における OD 交通量変化を明らかにするため、車種別における実験期間（2005 年 7 月～8 月）と翌年同月（2006 年 7 月～8 月）の交通量変化を比較した。（図 7-2-1～図 7-2-5）
 ※図中、青は増加交通量（台）、赤は減少交通量（台）を、黄色枠内が実験区間を示す。

Out	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	2621	2189	2500	1202	897	777	10186
宇都宮	3354	0	9702	15365	8916	14588	395	52320
矢板	1948	13286	0	3930	3615	8403	485	31667
西那須野塩原	2550	16716	3271	0	1094	3780	421	27832
那須	1501	10389	2931	1797	0	4344	219	21181
白河	982	14260	5075	4135	4770	0	322	29494
矢吹	438	678	330	488	143	263	0	2340
	10723	57950	23498	28215	19740	32275	2619	175020

図 7-2-1 実験前後の OD 交通量変化（普通車）

Out	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	228	265	186	211	225	323	1438
宇都宮	564	0	212	654	286	3048	18	5082
矢板	13	336	0	98	30	14799	1432	16708
西那須野塩原	56	708	184	0	48	150	98	1244
那須	129	419	56	49	0	0	80	733
白河	94	3931	9268	181	22	0	89	13585
矢吹	340	251	886	125	69	74	0	1745
	1196	5873	10871	1293	666	18596	2040	40535

図 7-2-2 実験前後の OD 交通量変化（大型車）

OD	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	49	53	30	35	29	3	199
宇都宮	84	0	1	12	78	300	57	582
矢板	64	28	0	27	28	2282	159	2588
西那須野塩原	23	20	12	0	5	28	15	103
那須	25	145	20	9	0	65	9	273
白河	66	426	1899	27	3	0	3	2424
矢吹	44	47	158	29	19	12	0	309
	306	715	2143	134	168	2766	246	6478

図 7-2-3 実験前後の OD 交通量変化 (特大車)

OD	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	300	188	486	255	31	247	1457
宇都宮	553	0	22	741	283	2476	20	4045
矢板	5	263	0	283	130	7132	547	8360
西那須野塩原	168	450	211	0	58	500	133	1520
那須	33	207	230	69	0	15	58	612
白河	344	3074	4510	527	87	0	18	8560
矢吹	250	107	427	116	62	110	0	1072
	1353	4401	5588	2172	825	10264	1023	25626

図 7-2-4 実験前後の OD 交通量変化 (中型車)

OD	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	48	209	306	128	50	44	875
宇都宮	121	0	725	1163	673	1693	71	4451
矢板	483	1038	0	537	302	1169	97	3651
西那須野塩原	426	1356	502	0	156	484	84	2988
那須	45	685	421	232	0	553	31	2167
白河	52	1673	658	396	662	0	112	3553
矢吹	28	52	81	32	7	94	0	294
	1105	5047	2686	2666	2013	4023	439	17979

図 7-2-5 実験前後の OD 交通量変化 (軽自動車)

上図より、普通車、軽自動車は実験区間 (黄色枠) の縁部分の増加量が激しいことがわかる。また、大型車、特大車、中型車は、特定 IC ペア (白河—矢板) の増加量が著しいこともわかる。

7-2-2 平日・土日祝日別の交通量変化

平日・土日祝日における OD 交通量変化を明らかにするため、平日・土日祝日別における実験中（2005年7月～8月）と翌年同月（2006年7月～8月）の各車種の交通量変化をそれぞれ比較した。

(1) 普通車（図7-2-6、図7-2-7）

※図中、青は増加交通量（台）、赤は減少交通量（台）を、黄色枠内が実験区間を示す。

OD	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	1635	1624	1702	1092	562	483	6998
宇都宮	2188	0	6325	9432	5013	7654	205	30817
矢板	1279	8738	0	2615	2008	4392	285	19207
西那須野塩原	1836	10101	1143	0	703	1802	374	16559
那須	1053	6221	1611	973	0	2602	287	12677
白河	499	7422	2631	2158	2773	0	90	15473
矢吹	250	414	187	305	174	102	0	1432
	7085	34531	13921	17085	11763	17104	1674	103163

図7-2-6 実験前後の OD 交通量変化（平日）

OD	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	986	665	708	110	355	294	3188
宇都宮	1166	0	3377	5933	3903	6934	190	21503
矢板	669	4548	0	1415	1607	4021	200	12460
西那須野塩原	744	6615	1528	0	391	1978	47	11273
那須	468	4168	1320	824	0	1722	18	8540
白河	463	6838	2544	1977	1997	0	282	14021
矢吹	188	264	143	183	31	161	0	970
	3638	23419	9577	11130	8039	15171	981	71955

図7-2-7 実験前後の OD 交通量変化（土日祝日）

(2) 大型車 (図7-2-8、図7-2-9)

※図中、青は増加交通量(台)、赤は減少交通量(台)を、黄色枠内が実験区間を示す。

Out	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	154	252	78	134	178	304	1100
宇都宮	442	0	167	526	240	2639	5	4239
矢板	6	262	0	79	16	12300	1269	13942
西那須野塩原	17	545	154	0	54	122	83	975
那須	115	367	47	45	0	5	90	689
白河	74	3328	7931	154	20	0	85	11592
矢吹	291	217	766	111	70	55	0	1530
	945	4913	9337	993	534	15519	1826	34067

図7-2-8 実験前後のOD交通量変化(平日)

Out	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	74	13	108	77	47	19	338
宇都宮	122	0	45	128	46	499	13	843
矢板	19	54	0	19	14	2499	173	2778
西那須野塩原	39	163	30	0	6	28	15	281
那須	14	32	9	4	0	5	10	74
白河	20	603	1337	27	2	0	4	1993
矢吹	49	34	100	14	1	19	0	217
	263	960	1534	300	146	3087	234	6524

図7-2-9 実験前後のOD交通量変化(土日祝日)

(3) 特大車 (図7-2-10、図7-2-11)

※図中、青は増加交通量(台)、赤は減少交通量(台)を、黄色枠内が実験区間を示す。

Out \ In	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	45	21	7	20	24	4	121
宇都宮	78	0	6	1	53	302	35	475
矢板	23	34	0	24	24	1970	107	2212
西那須野塩原	8	35	16	0	6	17	10	92
那須	5	125	20	16	0	53	7	226
白河	66	358	1687	18	6	0	0	2135
矢吹	31	36	140	20	11	10	0	248
	211	633	1890	86	120	2376	193	5509

図7-2-10 実験前後のOD交通量変化(平日)

Out \ In	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	4	32	23	15	5	1	80
宇都宮	6	0	7	13	25	48	22	121
矢板	41	6	0	3	4	312	22	388
西那須野塩原	15	15	4	0	1	11	5	51
那須	20	20	0	7	0	12	2	61
白河	0	68	212	9	3	0	3	295
矢吹	13	11	18	9	8	2	0	61
	95	124	273	64	56	390	55	1057

図7-2-11 実験前後のOD交通量変化(土日祝日)

(4) 中型車 (図7-2-12、図7-2-13)

※図中、青は増加交通量(台)、赤は減少交通量(台)を、黄色枠内が実験区間を示す。

Out \ In	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	246	174	387	246	24	210	1287
宇都宮	473	0	1	591	178	2036	8	3297
矢板	0	242	0	240	106	5867	460	6885
西那須野塩原	122	340	175	0	54	378	128	1197
那須	76	207	188	76	0	4	58	609
白河	292	2461	3823	448	47	0	10	7056
矢吹	209	115	362	111	54	94	0	945
	1172	3581	4728	1823	685	8413	874	21276

図7-2-12 実験前後のOD交通量変化(平日)

Out \ In	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	54	14	49	9	7	37	170
宇都宮	80	0	21	160	55	430	28	764
矢板	5	51	0	43	24	1265	87	1475
西那須野塩原	46	140	36	0	4	122	5	323
那須	43	0	42	7	0	19	0	111
白河	52	513	682	109	40	0	8	1504
矢吹	41	8	65	5	8	16	0	143
	267	836	860	363	140	1859	165	4490

図7-2-13 実験前後のOD交通量変化(土日祝日)

(5) 軽自動車 (図7-2-14、図7-2-15)

※図中、青は増加交通量(台)、赤は減少交通量(台)を、黄色枠内が実験区間を示す。

Out \ In	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	79	174	230	120	39	34	676
宇都宮	90	0	463	604	409	904	51	2521
矢板	287	702	0	318	266	715	71	2359
西那須野塩原	297	793	363	0	104	214	59	1820
那須	43	511	210	106	0	370	30	1300
白河	28	905	381	227	399	0	51	1991
矢吹	16	29	45	17	9	10	0	126
	761	3019	1626	1532	1307	2252	296	10793

図7-2-14 実験前後のOD交通量変化(平日)

Out \ In	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野塩原	那須	白河	矢吹	
鹿沼	0	31	125	76	8	11	10	261
宇都宮	31	0	262	559	269	789	20	1930
矢板	146	331	0	219	146	454	26	1292
西那須野塩原	129	563	149	0	52	250	25	1168
那須	2	374	211	96	0	168	1	867
白河	24	768	277	169	263	0	61	1562
矢吹	12	23	36	15	2	84	0	172
	344	2090	1060	1134	710	1771	143	7252

図7-2-15 実験前後のOD交通量変化(土日祝日)

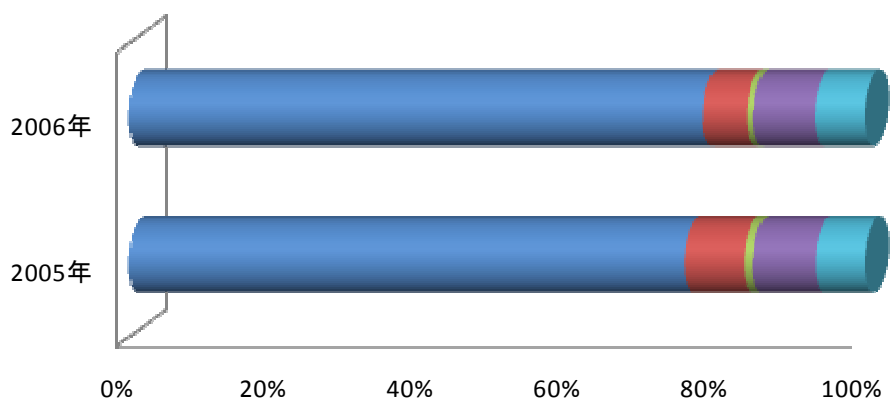
各車ともに、平日・土日祝日でOD交通量変化の増減割合に大きな変化は見られなかった。実験の効果が平日・土日祝日に関係なく表れているからだと思われる。

7-2-3 車種別構成比の変化

実験における車種別料金感度を把握するために、実験期間（2005年7月～8月）と翌年同月（2006年7月～8月）の全交通量、ETC交通量、ETC交通量内利用人数の車種別構成比をそれぞれ比較した（図7-2-16、図7-2-17、図7-2-18）。

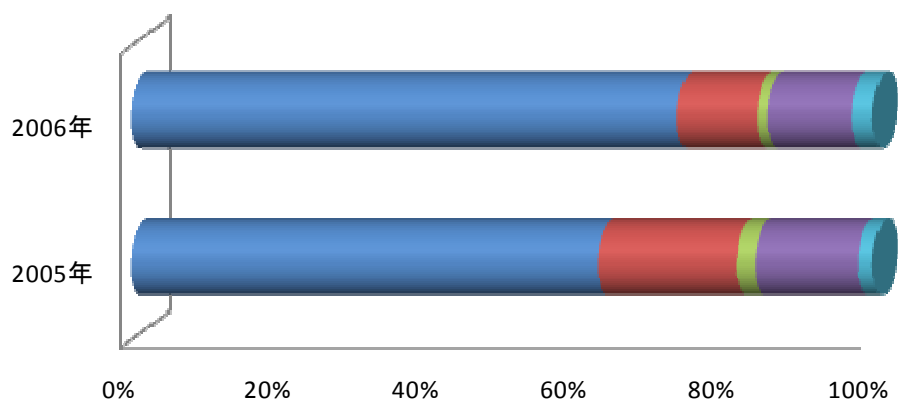
※ETC交通量内利用人数=ETCデータのみが個人特定できるために利用人数が把握できる。

下図を見ると、全交通量、ETC交通量、ETC交通量内利用人数のすべてで、実験期間における大型車の構成比増加が大きいことがわかる。ETC交通量では8%も増加しており、大型車の料金感度の高さがわかる。



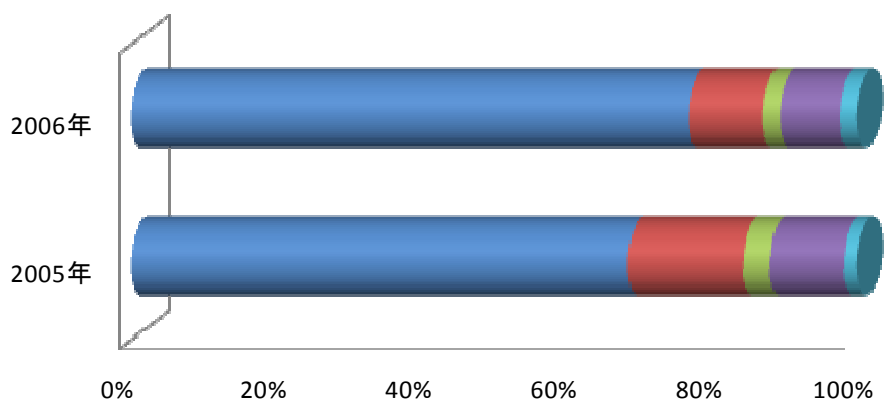
	2005年	2006年
■ 普通車	75.6%	78.1%
■ 大型車	8.1%	6.0%
■ 特大車	1.2%	0.9%
■ 中型車	8.4%	8.2%
■ 軽自動車	6.7%	6.8%

図7-2-16 車種別構成比（全交通量）



	2005年	2006年
■ 普通車	62.9%	73.6%
■ 大型車	18.6%	10.8%
■ 特大車	2.6%	1.5%
■ 中型車	13.9%	11.2%
■ 軽自動車	1.9%	2.8%

図 7 - 2 - 1 7 車種別構成比 (ETC 交通量)



	2005年	2006年
■ 普通車	68%	77%
■ 大型車	16%	10%
■ 特大車	4%	2%
■ 中型車	10%	8%
■ 軽自動車	2%	2%

図 7 - 2 - 1 8 車種別構成比 (ETC 交通量内利用人数)

7 - 2 - 4 車種別時間帯交通量の推移

時間帯別の料金感度を把握するために、実験期間 (2005 年 7 月～8 月) と翌年同月 (2006 年 7 月～8 月) の時間帯別交通量を抽出した (図 7 - 2 - 1 9～図 7 - 2 - 2 1)。

※時間帯別交通量は、ETC データからのみ抽出できるため、交通量把握には ETC データを使用した。

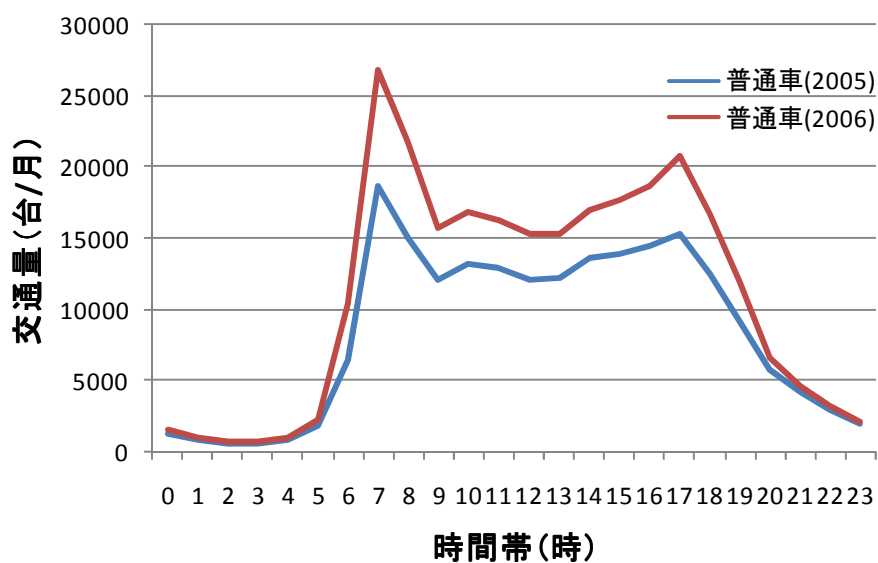


図 7-2-19 時間帯別交通量推移 (普通車)

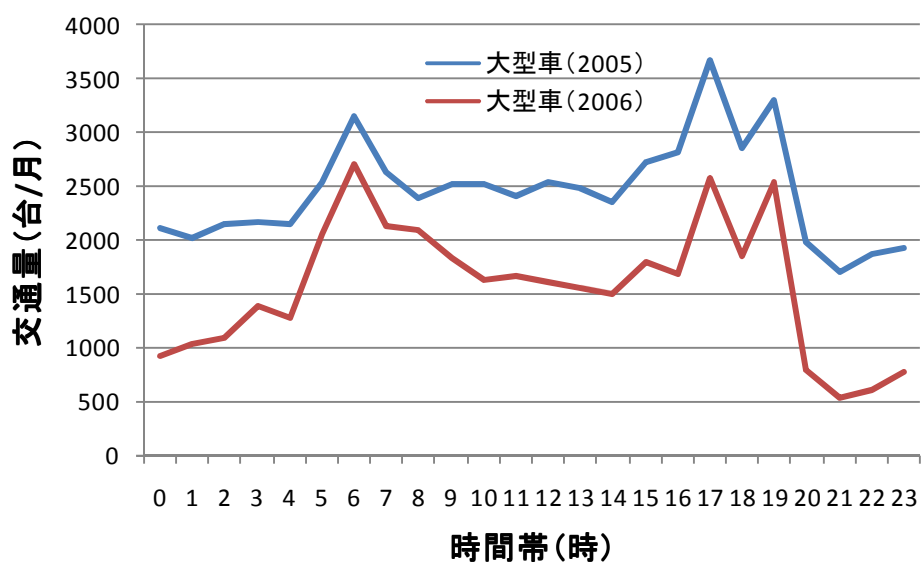


図 7-2-20 時間帯別交通量推移 (大型車)

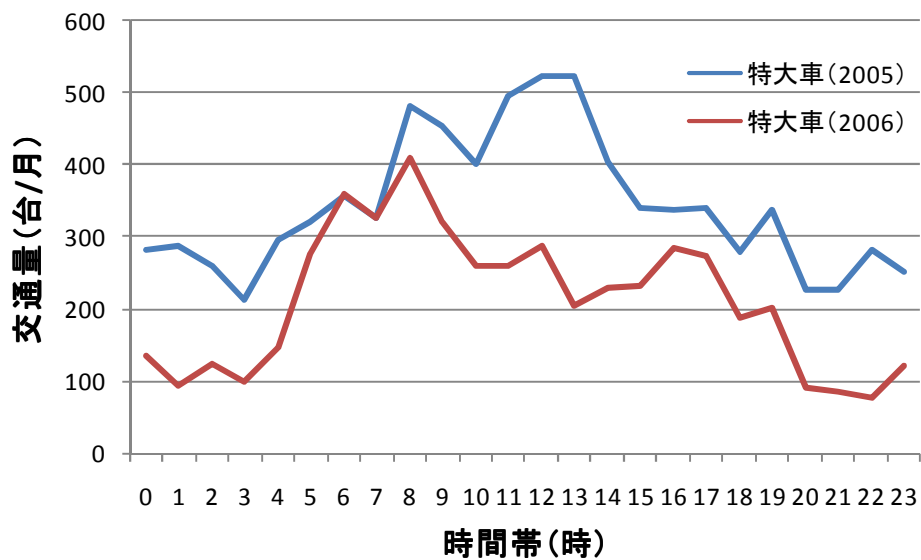


図 7 - 2 - 2 1 時間帯別交通量推移 (特大車)

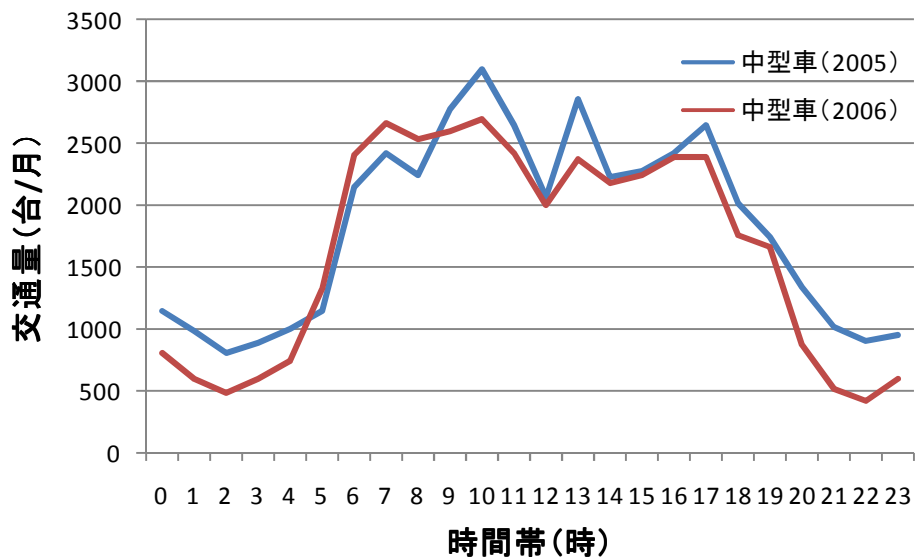


図 7 - 2 - 2 2 時間帯別交通量推移 (中型車)

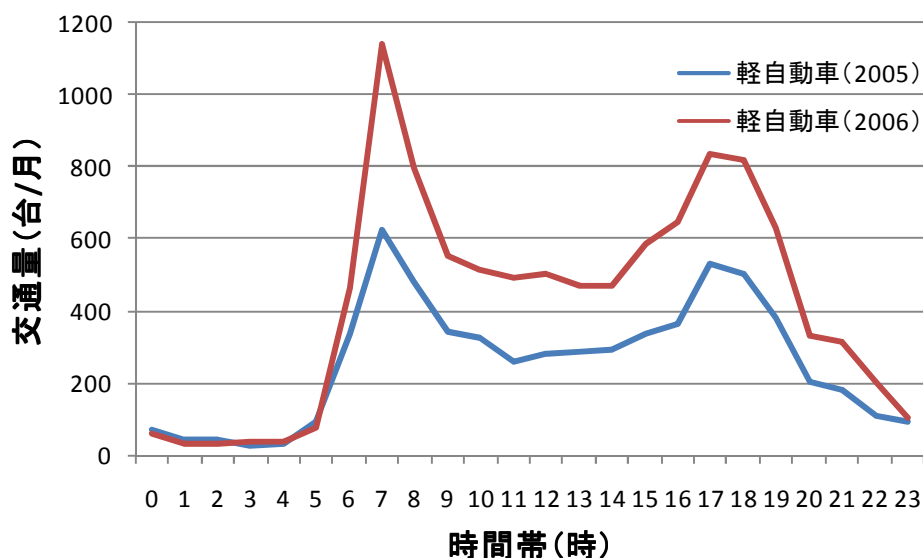


図7-2-23 時間帯別交通量推移 (軽自動車)

大型車・特大車においては、すべての時間帯で実験期間（2005年）交通量の方が多く、特に特大車は朝の通勤帯から夕方の通勤帯にかけての交通量増加が激しい。中型車はあまり交通量に差が見られず、普通車・軽自動車に関しては実験期間後（2006年）の交通量の方が多い。これは交通量が増加したのではなく、ETC利用率の増加分であると考えられる。そのため、ETC利用率を考慮し、実験期間後（2006年）の交通量を補正して再度時間帯別の交通量を比較した（図7-2-24～図7-2-28）

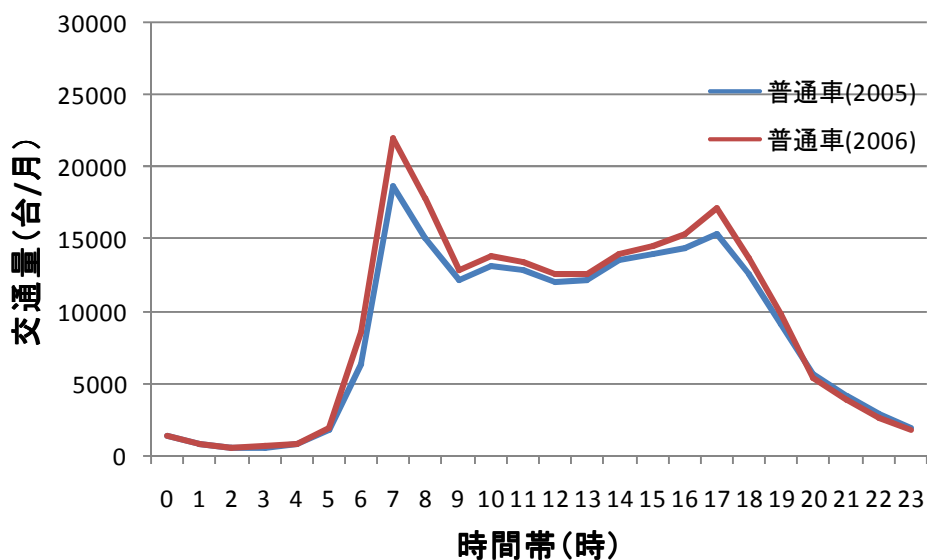


図7-2-24 時間帯別交通量推移 (普通車)

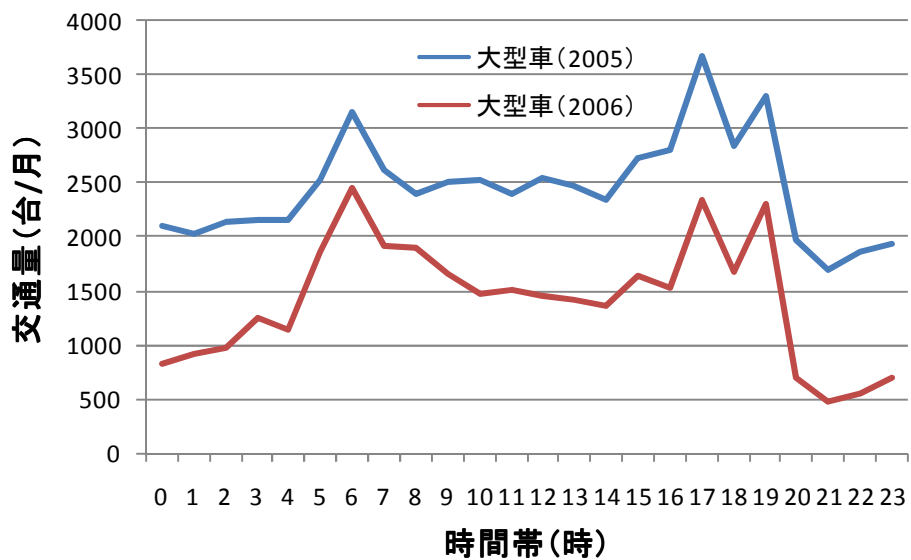


図 7 - 2 - 2 5 時間帯別交通量推移 (大型車)

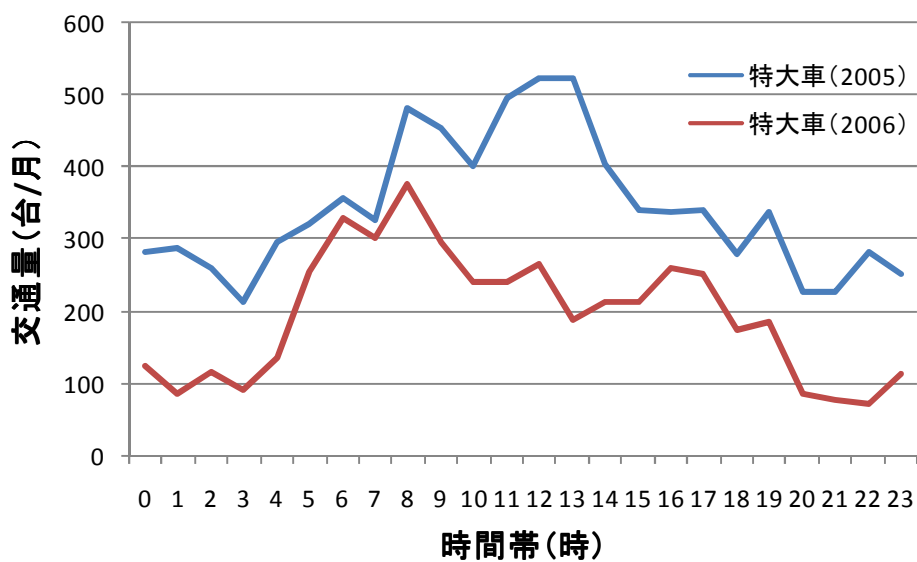


図 7 - 2 - 2 6 時間帯別交通量推移 (特大車)

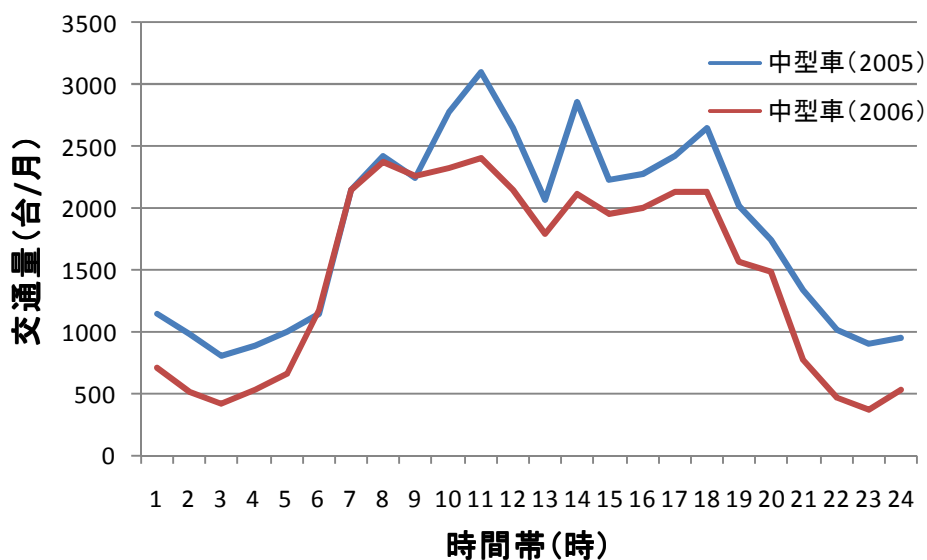


図7-2-27 時間帯別交通量推移 (中型車)

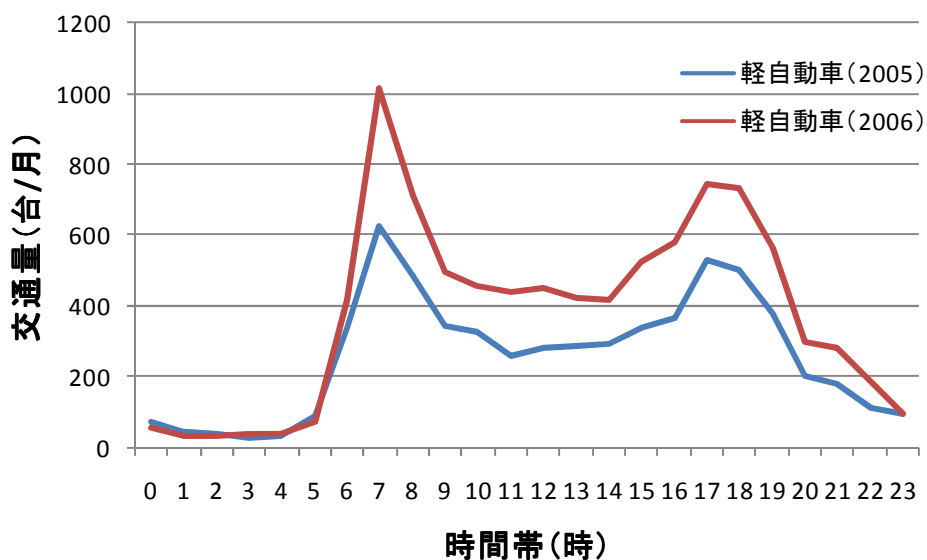


図7-2-28 時間帯別交通量推移 (軽自動車)

大型車・特大車がすべての時間帯で交通量増加が多いことは同じだが、その増加幅は大きくなっている。中型車も朝の通勤帯以後は実験によって交通量が増加していることがわかる。普通車は実験の前後で交通量は変化していない。ただし、軽自動車に関しては、ETC利用率を補正しても実験期間後（2006年）の交通量の方が多く、実験にほぼ反応してないことが明らかとなった。この点はC2データとの違いである。

7-2-5 時間帯別構成比の変化

時間帯による車種構成比の違いをクロス集計により分析を行った。その結果を以下に示す（図7-3-6～図7-3-7）。

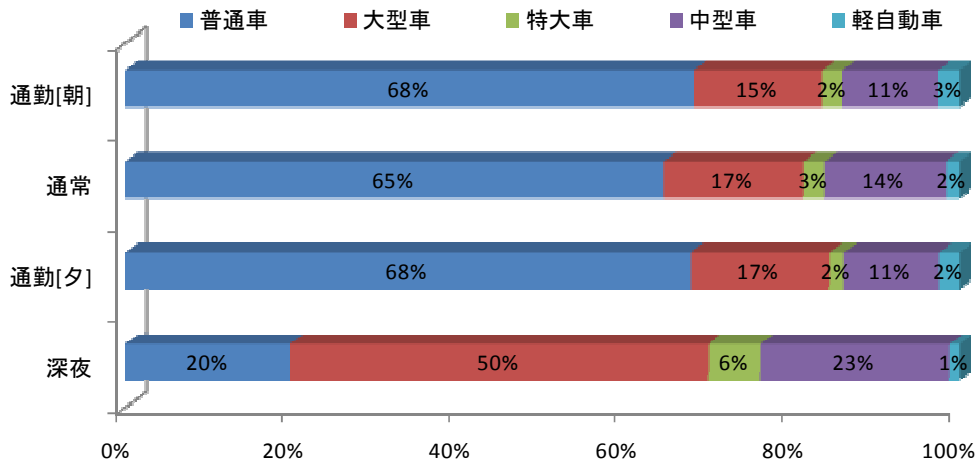


図 7 - 2 - 2 9 時間帯×車種 (2005 年)

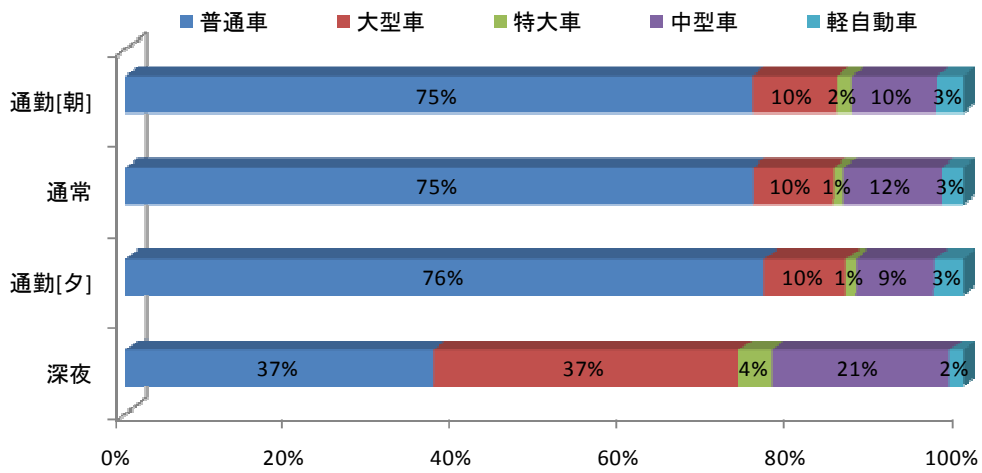


図 7 - 2 - 3 0 時間帯×車種 (2006 年)

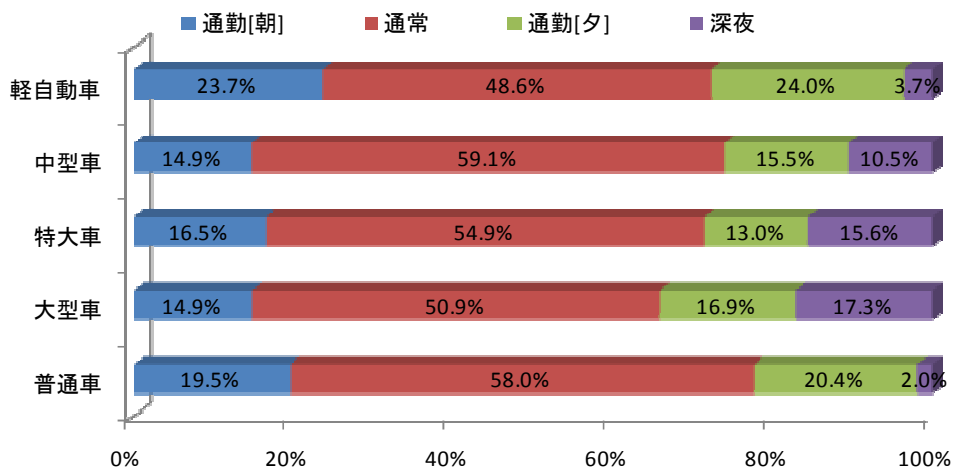


図 7 - 2 - 3 1 車種×時間帯 (2005 年)

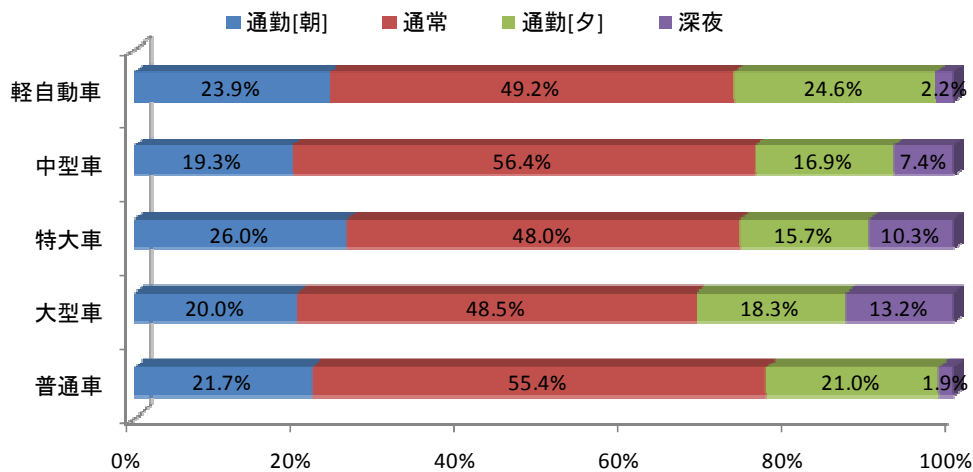


図 7-2-3 2 車種×時間帯 (2006 年)

上図を見ると、時間帯×車種では、大型車がどの時間帯においても構成比が増加しているのがわかる。特に深夜帯では、13%も増加が見られた。また、車種×時間帯では、深夜帯における大型車・特大車の構成比変化も大きい、通常時間帯での変化も大きいということが見て取れる。

7-3 料金弾性値による分析

実験期間 (2005 年 7 月～8 月) と、翌年同月 (2006 年 7 月～8 月) の料金感度を料金弾性値により比較した。料金弾性値は以下の式で与えられる (7.1)。

$$\text{料金弾性値} = - \frac{\text{有料道路の交通量変化率}}{\text{料金変化率}} = - \frac{Q' - (Q + Q')/2}{(Q + Q')/2} * 100 / \frac{P' - \frac{P + P'}{2}}{\frac{P + P'}{2}} \quad (7.1)$$

Q : 交通量 (2006 年) Q' : 交通量 (2005 年)

P : 利用料金 (2006 年) P' : 利用料金 (2005 年)

7-3-1 車種別料金弾性値

式 (7.1) を用いて、車種別料金弾性値をそれぞれ比較した。その結果を以下に示す (図 7-3-1)。

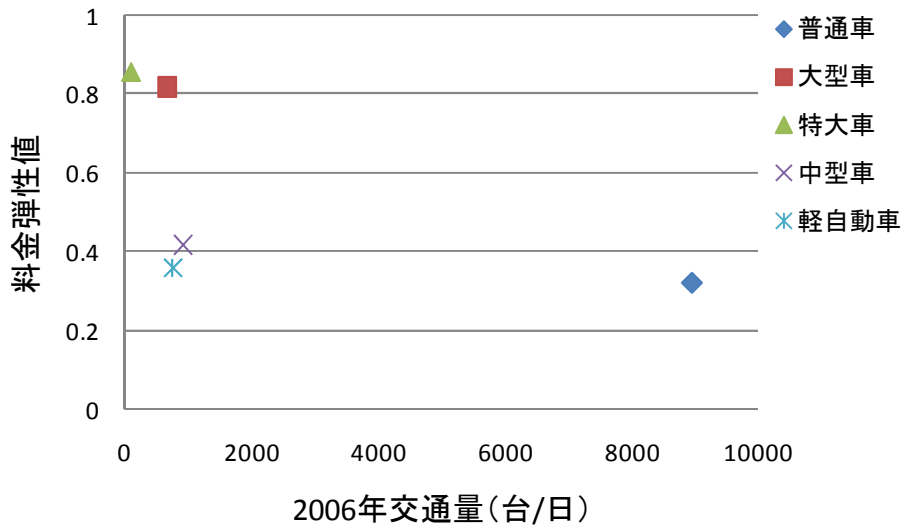


図7-3-1 車種別料金弾性値

上図を見ると、大型車と特大車の料金弾性値はともに約0.8と高く、次いで中型車が0.4、普通車や軽自動車などの小型車は0.4を下回っており、実験にあまり反応していないことがわかる。

7-3-2 ICペア別料金弾性値

車種別と同様に、式(3.1)を用いて、ICペア別料金弾性値をそれぞれ比較した。ICペア料金弾性値は、実験区間内ICペアと実験区間外ICペアの2つを算出した。その結果を以下に示す(図7-3-2、図7-3-3)。

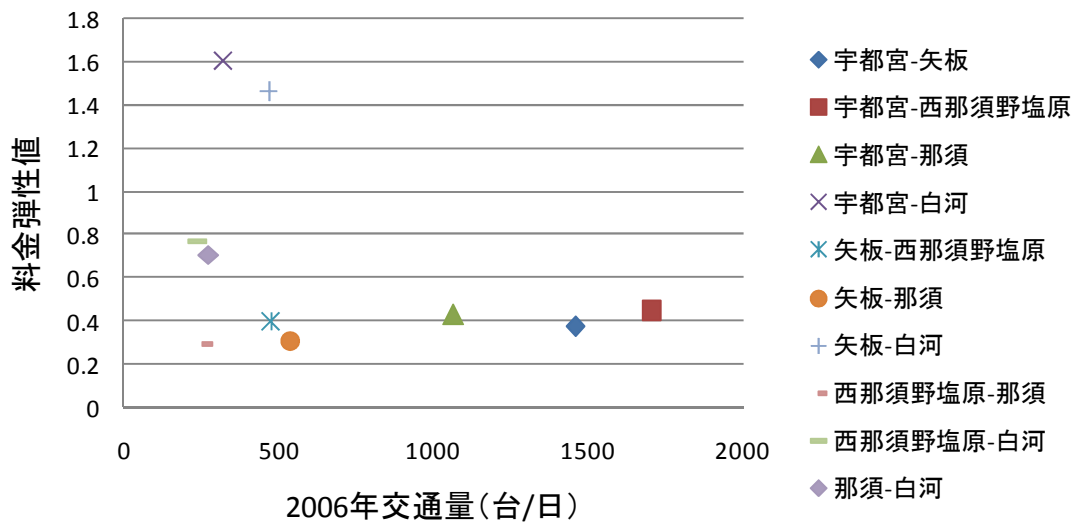


図7-3-2 実験区間内ICペアの料金弾性値

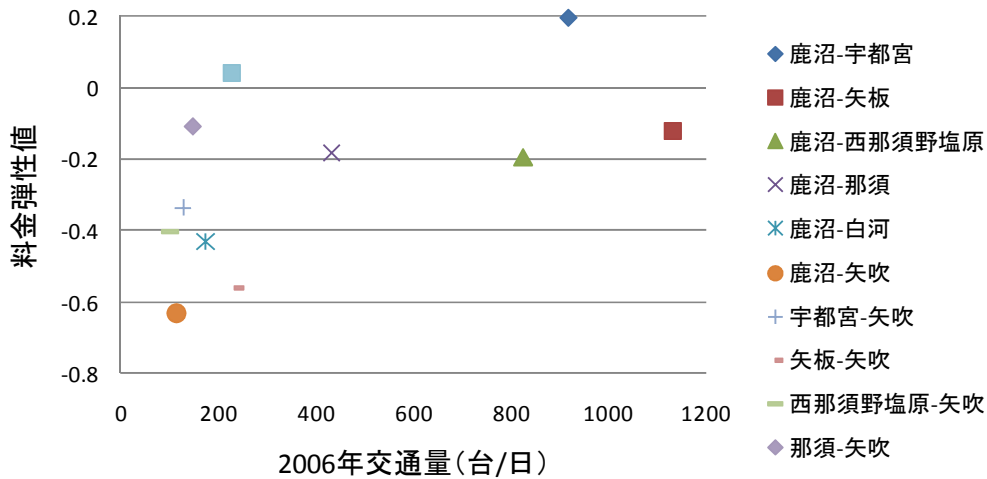


図 7-3-3 実験区間外 IC ペアの料金弾性値

上図より、実験区間内の IC ペアでは、宇都宮-白河と矢板-白河の IC ペアが料金弾性値 1 を超えているのがわかる。しかし、その他の IC ペアの料金弾性値は概ね低く、反応が高い IC ペアとの差が顕著に表れている。一方、実験区間外の IC ペアでは、ほぼすべての IC ペアで料金弾性値がマイナスとなっている。これは、実験区間外を利用している利用者が、実験期間中には実験区間内を利用したのではと推察される。

7-3-3 時間帯別料金弾性値

こちらも同様に、式 (7.1) を用いて時間帯別料金弾性値を比較した。IC ペア料金弾性値は、実験区間内 IC ペアと実験区間外 IC ペアの 2 つを算出した。その結果を以下に示す (図 7-3-4)。

※時間帯別交通量は、ETC データからのみ抽出できるため、交通量把握には ETC データを使用した。

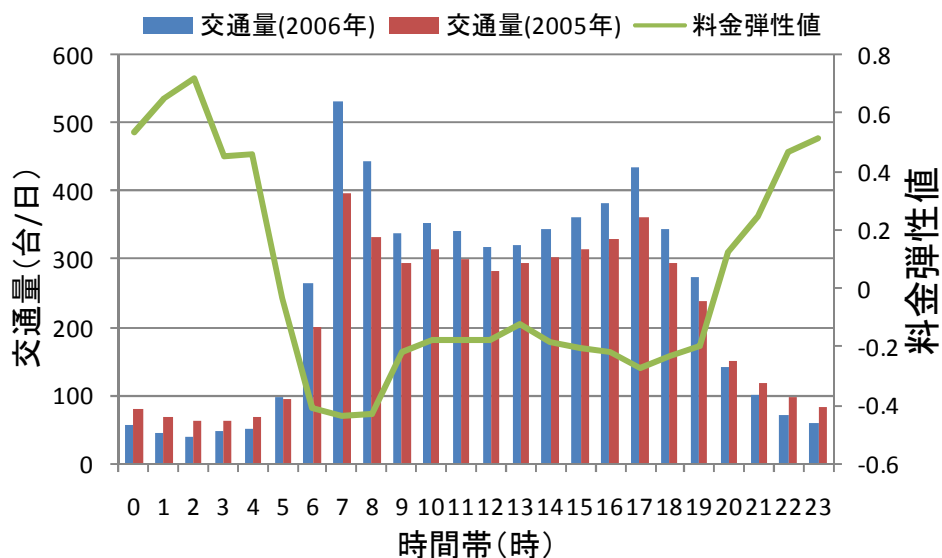


図 7-3-4 時間帯別の料金弾性値

時間帯別の料金弾性値を見ると、早朝と深夜に高い水準で推移しているのがわかる。逆に朝通勤帯から 20 時付近まで、料金弾性値はマイナスになっており、この時間帯での反応は非常に低いことがわかる。ただし、こちらも ETC データのみから交通量を把握しているために、ETC 利用率の増加が影響していると考えられる。そのため、時間帯別交通量推移のときと同様に、実験期間後(2006年)交通量から ETC 利用割合の増分を補正して、再び料金弾性値の比較を行った。

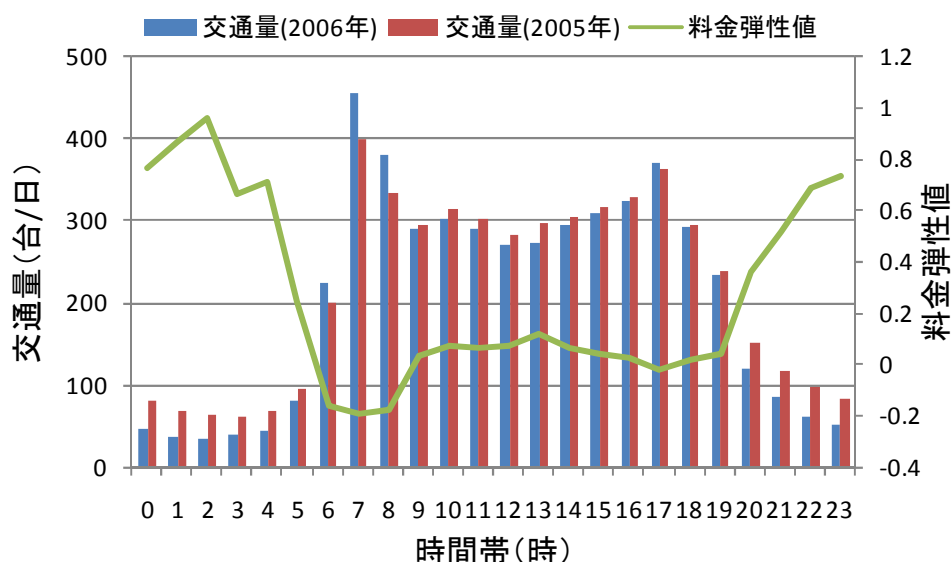


図 7-3-5 時間帯別の料金弾性値 (ETC 利用率補正後)

時間帯別の料金弾性値では、補正前と同様に早朝と深夜に高い水準で推移しているのがわかる。深夜 1 時前後に料金弾性値が 1 に近い値をとり、ピークを迎えている。朝通勤時間帯では、料金弾性値はマイナスになっており、やはり通勤時間帯での反応は非常に低いことがわかる。

7-4 利用者の行動変化

7-4-1 実験期間と翌年同月との比較

料金割引によって生じる利用者の行動変化は、以下の 3 つに大別される。

①一般道からの転換交通

→ 実験中の区間内のみを利用した新規増加利用者

②実験区間外から実験区間内への転換交通

→ 実験中は区間内のみ、実験後は区間外のみ利用

③実験区間内の利用回数増加

→ 実験中の区間内利用回数が実験後よりも多い利用者

上記に示した行動変化①～③における利用者の行動変化を概念図で示すと以下のようになる(図 7-4-1、図 7-4-2、図 7-4-3)。

※図中、赤枠で示した部分の流出入だけが割引される。

	期間	
流出入IC	実験中(2005年)	実験後(2006年)
実験区間内		
実験区間外		

図7-4-1 行動変化①：一般道からの転換

	期間	
流出入IC	実験中(2005年)	実験後(2006年)
実験区間内		
実験区間外		

図7-4-2 行動変化②：区間外からの転換

	期間	
流出入IC	実験中(2005年)	実験後(2006年)
実験区間内		
実験区間外		

図7-4-3 行動変化③：区間内の利用回数増加

上図に示したような、社会実験によって起こる利用者の行動変化を把握するため、ETCデータを用いて実験中（2005年7月～8月）と翌年同月の（2006年7月～8月）の利用者属性を分類した（表7-4-1）。

表 7-4-1 利用者属性の分類

利用者属性	対象期間	利用台数	利用人数
新規交通量	2005年(実験期間)	166631	52784
	2006年(翌年同月)	223324	73469
	合計	389955	126253
区間内のみ利用	2005年(実験期間)	40629	7355
	2006年(翌年同月)	33400	7355
	合計	74029	7355
区間外のみ利用	2005年(実験期間)	12460	2654
	2006年(翌年同月)	12979	2654
	合計	25439	2654
区間内と区間外 双方利用	2005年(実験期間)	99250	11304
	2006年(翌年同月)	87699	11304
	合計	186949	11304

ここで、新規交通量とは、実験期間（2005年）または実験期間後（2006年）のみを利用した利用者のことを示している（図7-4-4、図7-4-5）。

区間内のみ利用とは、実験期間（2005年）と実験期間後（2006年）ともに実験区間内のみを利用している利用者のことを示す（図7-4-6）。

区間外のみ利用とは、実験期間（2005年）と実験期間後（2006年）ともに実験区間外のみを利用している利用者のことを示す（図7-4-7）。

区間内と区間外双方利用とは、実験期間（2005年）と実験期間後（2006年）ともに実験区間内と実験区間外の双方を利用している利用者のことを示す（図7-4-8）。

期間		
流出入IC	実験中(2005年)	実験後(2006年)
実験区間内		
実験区間外		

図 7-4-4 新規増加交通量（2005年のみ）

期間		
流出入IC	実験中(2005年)	実験後(2006年)
実験区間内		
実験区間外		

図 7-4-5 新規増加交通量（2006年のみ）

	期間	
流出入IC	実験中(2005年)	実験後(2006年)
実験区間内		
実験区間外		

図7-4-6 区間内のみ利用

	期間	
流出入IC	実験中(2005年)	実験後(2006年)
実験区間内		
実験区間外		

図7-4-7 区間外のみ利用

	期間	
流出入IC	実験中(7~8月)	実験後(9~10月)
実験区間内		
実験区間外		

図7-4-8 区間内と区間外双方利用

表から、新規交通量は2006年の交通量が2005年の実験期間交通量に比べてかなり多いことがわかる。これはETC利用率の増加分ではないかと考えられる。

また、区間外のみを利用した交通量は2005年も2006年のほぼ変わらない。逆に区間内のみ、区間内と区間外を利用した交通量は2005年の実験期間の交通量の方が多いたことが読みとれる。

しかし、この表からだけでは、上に示したような利用者の行動変化は読み取れない。そのため、分類した利用者属性を行動変化に合わせて、さらに細かく利用者属性を分類した（表7-4-2、表7-4-3、表7-4-4）。

表7-4-2 区間内への転換交通量（※行動変化①、②）

利用者属性	利用台数	利用人数
一般道転換	82252	34473
区間内→区間外	9955	1998
合計	92207	36471

表7-4-3 区間内の利用回数増加（※行動変化③）

利用者属性	増加台数	利用人数
区間内のみ	15643	3221
区間外と区間内	33227	6629
合計	48870	9850

表7-4-5 平均利用回数の比較

利用者属性	平均利用回数 (台/人)
転換交通量	2.52
利用回数増	4.96

表7-4-2、表7-4-3より、増加台数を比較すると、区間内への転換交通量の方が利用回数増に比べて約2倍違いことがわかる。しかし、表7-4-5のように、利用者一人当たりの平均利用回数で比較すると、利用回数増が2倍近く大きい。このことから、交通量の増大は転換交通量が多いが、利用者一人当たりの料金感度では、普段から区間内を利用している利用者の料金感度が高いことがわかる。

7-4-2 実験期間と実験後との比較

実験期間が夏休みやお盆を挟むため、交通量の季節性を考慮して、実験期間（2005年7月～8月）と翌年同月（2006年7月～8月）を比較していた。しかし、利用者の行動変化に関しては、季節性よりもパネル一致を重視する必要もある。そこで実験期間（2005年7～8月）と実験後すぐ（2005年9～10月）の交通量を比較し、同様に利用者属性を分類した（表7-4-6）。

表7-4-6 利用者属性の分類

利用者属性	対象期間	利用台数	利用人数
新規増加交通量	実験期間中(7-8月)	80863	44247
	実験期間後(9-10月)	69248	38402
	合計	150111	82650
区間内のみ利用	実験期間中(7-8月)	61985	10432
	実験期間後(9-10月)	51307	10432
	合計	113292	10432
区間外のみ利用	実験期間中(7-8月)	21912	3963
	実験期間後(9-10月)	22274	3963
	合計	44186	3963
区間内と区間外 双方利用	実験期間中(7-8月)	154210	15457
	実験期間後(9-10月)	135500	15457
	合計	289710	15457

上記表を見ると、新規交通量、区間内のみ利用、区間内と区間外利用のすべてで実験期間の交通量の方が実験後よりも多い。また、区間外のみ交通量もほぼ変わらない。新規増加交通量の違いが翌年同月との比較との大きな違いである。

翌年同月の比較と同様に、この表からでは利用者の行動変化は読み取れない。そのため、分類した利用者属性を行動変化に合わせて、さらに細かく利用者属性を分類した(表7-4-7、表7-4-8、表7-4-9)。

表7-4-7 区間内への転換交通量

利用者属性	利用台数	利用人数
一般道転換	53095	30432
区間内→区間外	6030	2103
合計	59125	32535

表7-4-8 区間内の利用回数増

利用者属性	増加回数	利用人数
区間内のみ	20649	4801
区間内と区間外	36159	6915
合計	56808	11716

表7-4-9 平均利用回数の比較

利用者属性	平均利用回数 (台/人)
転換交通量	1.82
利用回数増	4.85

表7-4-7、表7-4-8より、増加台数の比較では、区間内への転換交通量、利用回数増ともほぼ同じ値であるという結果となった。しかし、利用者一人当たりの平均利用回数で見ると利用回数増が大きく、普段から区間内を利用している利用者の料金感度が高いことがわかる。

7-5 まとめ

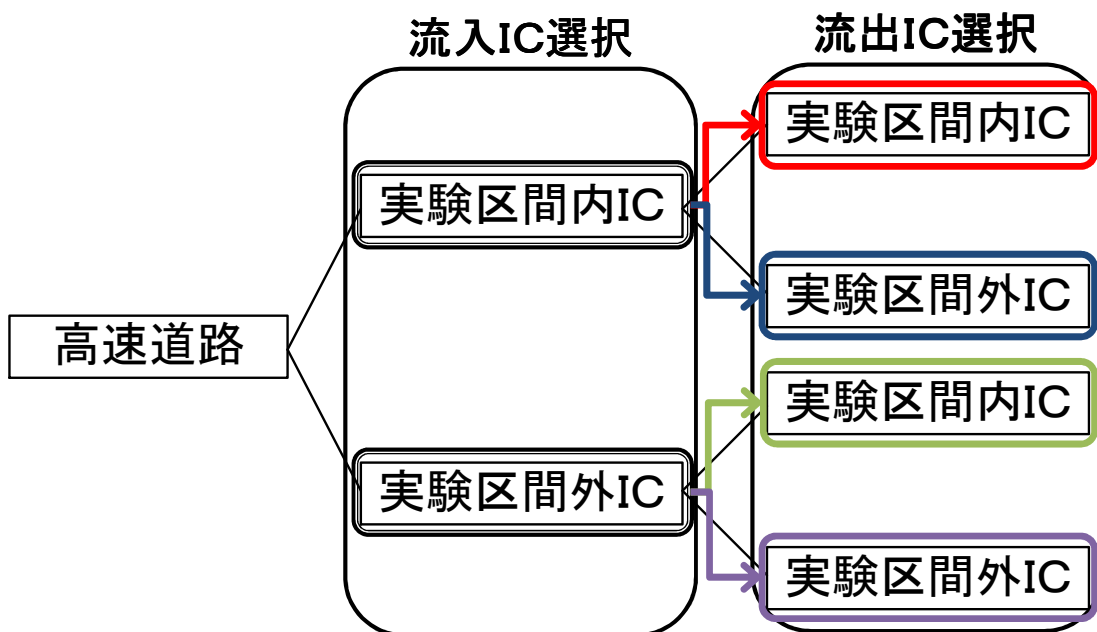
本章では、前章で選定した栃木社会実験において、集計分析による詳細な料金感度分析を試みた。

結果、実験前後のOD交通量変化、時間帯交通量推移、料金弾性値などの車種別の違いを把握できた。また、加えて社会実験によっておこる利用者の行動変化を分類し、ETCデータのパネル一致から利用者の行動変化に合わせた利用属性を分類することで、利用属性による料金感度の違いについても明らかになった。

第8章 集計ロジットモデルを用いた料金感度分析

8-1 集計ロジットモデルの概要

本研究では、社会実験による料金割引の効果を検証するため、車種別集計ロジットモデルの構築を行った。高速利用者が高速を利用する際の IC 選択行動は、以下に示す赤・青・緑・紫の4選択に集約される（図8-1-1）。



※実験区間内IC＝宇都宮・矢板・西那須野塩原・那須・白河
実験区間外IC＝鹿沼・矢吹

図8-1-1 高速利用者の IC 選択概念図

栃木社会実験では、実験区間内での流入出を行った利用者だけに料金割引が適用される。そのため、この社会実験によって増加する交通量は、上図に示した赤ルート選択であると言える。そのとき、高速利用者は以下に示すような高速道路の IC 選択変化を行うと予想される（図8-1-2）。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼			↓	↓	↓	↻	
宇都宮			↓	↓	↓	↻	
矢板	→						←
西那須野	→						←
那須	→						←
白河	↻		↑	↑	↑		
矢吹	↻		↑	↑	↑		

図 8-1-2 予想される IC 選択の変化 (黄色枠内が割引対象)

上記のような利用者の IC 選択行動の変化があると仮定し、車種別集計ロジットモデルを構築することで、車種別の料金パラメータと時間価値を推定する。

8-2 モデル構築におけるデータ補正

8-2-1 データ補正の考え方と手順

集計ロジットモデルで扱うデータは、日別営業 (C2) データと利用実態 (ETC) データの 2 つである。実験期間 (2005 年 7 月~8 月) と翌年同月 (2006 年 7 月~8 月) の 4 ヶ月間データを使用した。以下に集計した OD 交通量、交通量増減率、料金収入増減率をそれぞれ車種別に以下にまとめ示す。

(1) 普通車 (表 8-2-1、表 8-2-2、表 8-2-3、表 8-2-4)

表 8-2-1 2005 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	24,934	21,298	17,380	9,829	2,686	1,642	77,769
宇都宮	24,214	-	46,442	62,292	39,020	22,697	2,686	197,351
矢板	24,002	54,228	-	16,494	18,943	15,825	2,476	131,968
西那須野	16,440	61,555	13,950	-	7,804	9,461	1,929	111,139
那須	7,988	38,728	15,068	9,013	-	10,843	3,069	84,709
白河	2,269	22,156	11,250	10,029	12,448	-	5,187	63,339
矢吹	1,509	2,510	2,215	1,832	3,703	6,226	-	17,995
計	76,422	204,111	110,223	117,040	91,747	67,738	16,989	684,270

表 8-2-2 2006 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	22,313	23,487	19,880	11,031	3,583	2,419	82,713
宇都宮	20,860	-	36,740	46,927	30,104	8,109	3,081	145,821
矢板	25,950	40,942	-	12,564	15,328	7,422	2,961	105,167
西那須野	18,990	44,839	10,679	-	6,710	5,681	2,350	89,249
那須	9,489	28,339	12,137	7,216	-	6,499	3,288	66,968
白河	3,201	7,896	6,175	5,894	7,678	-	4,865	35,709
矢吹	1,947	3,188	2,545	2,320	3,846	5,963	-	19,809
計	80,437	147,517	91,763	94,801	74,697	37,257	18,964	545,436

表 8-2-3 交通量増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.105	-0.103	-0.144	-0.122	-0.334	-0.473	-0.064
宇都宮	0.139	-	0.209	0.247	0.228	0.643	-0.147	0.261
矢板	-0.081	0.245	-	0.238	0.191	0.531	-0.196	0.203
西那須野	-0.155	0.272	0.234	-	0.140	0.400	-0.218	0.197
那須	-0.188	0.268	0.195	0.199	-	0.401	-0.071	0.209
白河	-0.411	0.644	0.451	0.412	0.383	-	0.062	0.436
矢吹	-0.290	-0.270	-0.149	-0.266	-0.039	0.042	-	-0.101
計	-0.053	0.277	0.167	0.190	0.186	0.450	-0.116	0.203

表 8-2-4 料金収入増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.105	-0.103	-0.144	-0.122	-0.334	-0.473	-0.127
宇都宮	0.139	-	-0.582	-0.507	-0.598	0.285	-0.147	-0.307
矢板	-0.081	-0.510	-	-0.650	-0.618	0.028	-0.196	-0.290
西那須野	-0.155	-0.457	-0.659	-	-0.720	-0.268	-0.218	-0.356
那須	-0.188	-0.516	-0.611	-0.601	-	-0.199	-0.071	-0.409
白河	-0.411	0.287	-0.137	-0.241	-0.234	-	0.062	0.025
矢吹	-0.290	-0.270	-0.149	-0.266	-0.039	0.042	-	-0.166
計	-0.123	-0.278	-0.337	-0.373	-0.420	0.058	-0.185	-0.253

(2) 大型車 (表 8-2-5、表 8-2-6、表 8-2-7、表 8-2-8)

表 8-2-5 2005 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,190	3,195	1,202	941	656	359	8,543
宇都宮	2,565	-	808	1,320	561	3,873	192	9,319
矢板	3,709	830	-	1,149	711	18,198	1,633	26,230
西那須野	1,396	1,114	894	-	89	647	145	4,285
那須	907	726	705	119	-	211	273	2,941
白河	745	4,492	13,556	495	177	-	393	19,858
矢吹	424	190	1,320	84	230	265	-	2,513
計	9,746	9,542	20,478	4,369	2,709	23,850	2,995	73,689

表 8-2-6 2006 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,962	3,460	1,016	730	881	682	8,731
宇都宮	2,001	-	596	666	275	525	174	4,237
矢板	3,722	494	-	1,051	681	3,399	3,065	12,412
西那須野	1,340	406	710	-	137	497	243	3,333
那須	1,036	307	761	70	-	211	353	2,738
白河	839	561	4,288	314	155	-	304	6,461
矢吹	764	441	2,206	209	299	339	-	4,258
計	9,702	4,171	12,021	3,326	2,277	5,852	4,821	42,170

表 8-2-7 交通量増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.104	-0.083	0.155	0.224	-0.343	-0.900	-0.022
宇都宮	0.220	-	0.262	0.495	0.510	0.864	0.094	0.545
矢板	-0.004	0.405	-	0.085	0.042	0.813	-0.877	0.527
西那須野	0.040	0.636	0.206	-	-0.539	0.232	-0.676	0.222
那須	-0.142	0.577	-0.079	0.412	-	0.000	-0.293	0.069
白河	-0.126	0.875	0.684	0.366	0.124	-	0.226	0.675
矢吹	-0.802	-1.321	-0.671	-1.488	-0.300	-0.279	-	-0.694
計	0.005	0.563	0.413	0.239	0.159	0.755	-0.610	0.428

表 8-2-8 料金収入増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.104	-0.083	0.155	0.224	-0.343	-0.900	-0.092
宇都宮	0.220	-	-0.475	-0.009	-0.003	0.729	0.094	0.436
矢板	-0.004	-0.190	-	-0.931	-0.979	0.618	-0.877	0.224
西那須野	0.040	0.271	-0.677	-	-2.299	-0.591	-0.676	-0.085
那須	-0.142	0.135	-1.231	-0.261	-	-1.000	-0.293	-0.257
白河	-0.126	0.750	0.353	-0.314	-0.751	-	0.226	0.396
矢吹	-0.802	-1.321	-0.671	-1.488	-0.300	-0.279	-	-0.757
計	-0.098	0.416	0.048	-0.097	-0.044	0.533	-0.712	0.133

(3) 特大車 (表 8-2-9、表 8-2-10、表 8-2-11、表 8-2-12)

表 8-2-9 2005 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	174	138	115	48	84	65	624
宇都宮	205	-	70	247	213	449	24	1,208
矢板	156	113	-	145	183	2,908	197	3,702
西那須野	115	246	118	-	39	78	16	612
那須	37	281	188	42	-	130	79	757
白河	44	507	2,662	102	85	-	36	3,436
矢吹	14	26	174	14	42	31	-	301
計	571	1,347	3,350	665	610	3,680	417	10,640

表 8-2-10 2006 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	125	191	145	83	113	68	725
宇都宮	121	-	69	259	135	99	81	764
矢板	220	85	-	118	155	626	356	1,560
西那須野	138	226	106	-	44	50	31	595
那須	62	136	168	33	-	65	70	534
白河	110	81	763	75	88	-	33	1,150
矢吹	58	73	332	43	61	43	-	610
計	709	726	1,629	673	566	996	639	5,938

表 8-2-11 交通量増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.282	-0.384	-0.261	-0.729	-0.345	-0.046	-0.162
宇都宮	0.410	-	0.014	-0.049	0.366	0.780	-2.375	0.368
矢板	-0.410	0.248	-	0.186	0.153	0.785	-0.807	0.579
西那須野	-0.200	0.081	0.102	-	-0.128	0.359	-0.938	0.028
那須	-0.676	0.516	0.106	0.214	-	0.500	0.114	0.295
白河	-1.500	0.840	0.713	0.265	-0.035	-	0.083	0.665
矢吹	-3.143	-1.808	-0.908	-2.071	-0.452	-0.387	-	-1.027
計	-0.242	0.461	0.514	-0.012	0.072	0.729	-0.532	0.442

表 8-2-1 2 料金収入増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.282	-0.384	-0.261	-0.729	-0.345	-0.046	-0.257
宇都宮	0.410	-	-0.971	-1.097	-0.285	0.559	-2.375	-0.078
矢板	-0.410	-0.504	-	-0.628	-0.729	0.563	-0.807	0.255
西那須野	-0.200	-0.837	-0.797	-	-1.256	-0.310	-0.938	-0.540
那須	-0.676	0.019	-0.824	-0.571	-	0.000	0.114	-0.230
白河	-1.500	0.680	0.419	-0.503	-1.071	-	0.083	0.362
矢吹	-3.143	-1.808	-0.908	-2.071	-0.452	-0.387	-	-1.173
計	-0.640	0.120	0.130	-0.687	-0.562	0.477	-0.626	0.052

(4) 中型車 (表 8-2-1 3、表 8-2-1 4、表 8-2-1 5、表 8-2-1 6)

表 8-2-1 3 2005 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,835	3,549	3,162	1,367	569	271	11,753
宇都宮	3,151	-	2,174	3,360	1,614	3,208	270	13,777
矢板	4,233	2,202	-	1,510	1,344	9,335	893	19,517
西那須野	2,630	3,097	1,185	-	396	1,145	238	8,691
那須	1,372	1,694	1,312	525	-	606	236	5,745
白河	705	3,863	7,213	1,108	637	-	675	14,201
矢吹	265	232	709	287	286	575	-	2,354
計	12,356	13,923	16,142	9,952	5,644	15,438	2,583	76,038

表 8-2-1 4 2006 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,535	3,737	3,598	1,622	600	518	12,610
宇都宮	2,598	-	2,152	2,619	1,381	732	250	9,732
矢板	4,228	1,939	-	1,227	1,214	2,203	1,440	12,251
西那須野	2,798	2,647	974	-	338	645	371	7,773
那須	1,405	1,487	1,082	456	-	621	294	5,345
白河	1,049	789	2,703	581	550	-	657	6,329
矢吹	515	339	1,136	403	348	685	-	3,426
計	12,593	9,736	11,784	8,884	5,453	5,486	3,530	57,466

表 8-2-1 5 交通量増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.106	-0.053	-0.138	-0.187	-0.054	-0.911	-0.073
宇都宮	0.175	-	0.010	0.221	0.144	0.772	0.074	0.294
矢板	0.001	0.119	-	0.187	0.097	0.764	-0.613	0.372
西那須野	-0.064	0.145	0.178	-	0.146	0.437	-0.559	0.106
那須	-0.024	0.122	0.175	0.131	-	-0.025	-0.246	0.070
白河	-0.488	0.796	0.625	0.476	0.137	-	0.027	0.554
矢吹	-0.943	-0.461	-0.602	-0.404	-0.217	-0.191	-	-0.455
計	-0.019	0.301	0.270	0.107	0.034	0.645	-0.367	0.244

表 8-2-16 料金収入増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.106	-0.053	-0.138	-0.187	-0.054	-0.911	-0.140
宇都宮	0.175	-	-0.980	-0.559	-0.711	0.544	0.074	-0.072
矢板	0.001	-0.761	-	-0.741	-0.889	0.528	-0.613	0.083
西那須野	-0.064	-0.709	-0.761	-	-0.878	-0.127	-0.559	-0.305
那須	-0.024	-0.756	-0.724	-0.911	-	-1.050	-0.246	-0.373
白河	-0.488	0.592	0.251	-0.049	-0.727	-	0.027	0.221
矢吹	-0.943	-0.461	-0.602	-0.404	-0.217	-0.191	-	-0.558
計	-0.112	-0.072	-0.089	-0.292	-0.444	0.399	-0.470	-0.074

(5) 軽自動車 (表 8-2-17、表 8-2-18、表 8-2-19、表 8-2-20)

表 8-2-17 2005 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,028	2,170	1,359	648	205	72	6,482
宇都宮	2,467	-	4,146	4,923	2,790	2,264	119	16,709
矢板	2,311	4,963	-	1,670	1,510	1,907	199	12,560
西那須野	1,268	4,961	1,442	-	635	1,004	120	9,430
那須	611	2,781	1,319	740	-	1,123	206	6,780
白河	201	2,312	1,366	1,043	1,307	-	501	6,730
矢吹	77	155	192	162	311	720	-	1,617
計	6,935	17,200	10,635	9,897	7,201	7,223	1,217	60,308

表 8-2-18 2006 年 OD 交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,980	2,469	1,665	776	255	116	7,261
宇都宮	2,346	-	3,421	3,760	2,112	571	190	12,400
矢板	2,744	3,930	-	1,133	1,128	738	296	9,969
西那須野	1,694	3,605	940	-	479	540	204	7,462
那須	656	1,896	898	508	-	570	237	4,765
白河	253	639	708	647	645	-	613	3,505
矢吹	105	207	273	194	304	814	-	1,897
計	7,798	12,257	8,709	7,907	5,444	3,488	1,656	47,259

表 8-2-19 交通量増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.024	-0.138	-0.225	-0.198	-0.244	-0.611	-0.120
宇都宮	0.049	-	0.175	0.236	0.243	0.748	-0.597	0.258
矢板	-0.187	0.208	-	0.322	0.253	0.613	-0.487	0.206
西那須野	-0.336	0.273	0.348	-	0.246	0.462	-0.700	0.209
那須	-0.074	0.318	0.319	0.314	-	0.492	-0.150	0.297
白河	-0.259	0.724	0.482	0.380	0.507	-	-0.224	0.479
矢吹	-0.364	-0.335	-0.422	-0.198	0.023	-0.131	-	-0.173
計	-0.124	0.287	0.181	0.201	0.244	0.517	-0.361	0.216

表 8-2-20 料金収入増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.024	-0.138	-0.225	-0.198	-0.244	-0.611	-0.173
宇都宮	0.049	-	-0.650	-0.528	-0.514	0.479	-0.597	-0.257
矢板	-0.187	-0.584	-	-0.493	-0.494	0.226	-0.487	-0.265
西那須野	-0.336	-0.453	-0.434	-	-0.697	-0.076	-0.700	-0.397
那須	-0.074	-0.364	-0.362	-0.545	-	-0.015	-0.150	-0.266
白河	-0.259	0.429	-0.037	-0.241	0.013	-	-0.224	0.121
矢吹	-0.364	-0.335	-0.422	-0.198	0.023	-0.131	-	-0.230
計	-0.182	-0.213	-0.300	-0.393	-0.363	0.213	-0.445	-0.219

集計した OD 交通量を用いて、モデル化を試みるが、上記（図 8-1-2）に示したような利用者の高速 IC 転換（以下、高速転換と呼ぶ）が行われると仮定した場合、利用回数の増加を一般道転換に含めれば、高速利用者の行動変化は高速転換と一般道転換に分けられる。交通量に一般道転換を含んでしまうと、集計ロジットモデルによる料金パラメータをうまく算出できな
いと考え、集計した OD 表から一般道転換を補正することとした（図 8-2-1）。

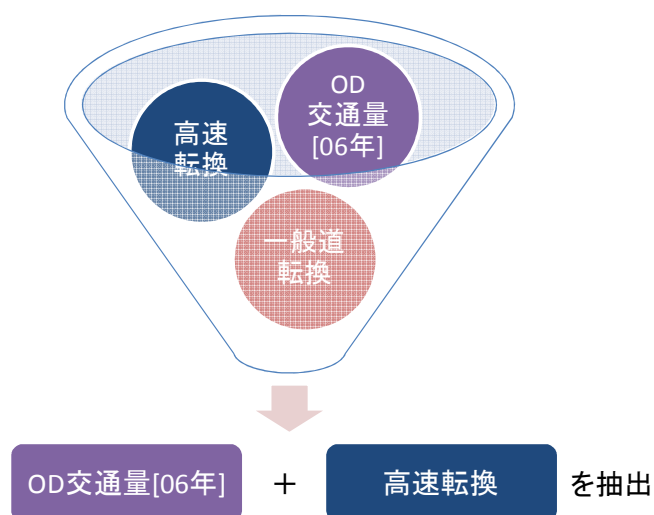


図 8-2-1 一般道転換補正の概念

ここでは、一般道にも高速道路と同様の IC 区分があると仮定し、データの補正を行うものとする。データの補正手順は、実験区間外の一般道から実験区間内 IC への一般道転換を考慮するかによって、2通りに分けられる。

区間外からの一般道転換を考慮しないデータ補正を【データ補正手順（1）】、区間外からの一般道転換を考慮したデータ補正を【データ補正手順（2）】として以下を進めていく。以下にそれぞれの補正手順を示す。

【データの補正手順（1）】

データ補正手順（1）では、区間外からの一般道転換を考慮しないため、OD を実験区間外と実験区間内の 2つに分割して考える（図 8-2-2）。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼							
宇都宮							
矢板							
西那須野							
那須							
白河							
矢吹							

実験区間外実験区間内

図8-2-2 データ補正手順(1)におけるOD分割

実験区間内の一般道転換＝「同区間からの転換」のみと考え、以下の補正手順によって補正を行う(図8-2-3)。

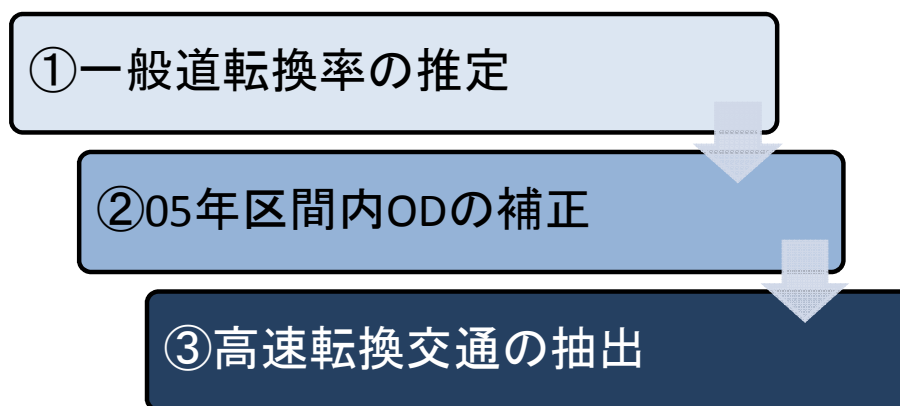


図8-2-3 データ補正手順(1)の推計手順

①：一般道転換率の推定

2005年OD交通量と2006年OD交通量の増減率比較を行う。高速転換を行う利用者の全体交通量は実験の前後で変わらないとすれば、全体増減率の増分がすなわち一般道からの転換率だと仮定できる。

②：2005年の区間内OD交通量の補正

手順①で得られた一般道転換率を用いて、区間内OD交通量を補正することで、一般道転換の交通量を除外することができる。

補正式は以下の通りである。

$$OD \text{ 交通量}[06 \text{ 年}] + \text{「一般道転換」} + \text{「高速転換」} = OD \text{ 交通量}[05 \text{ 年}]$$

ここで、一般道転換＝一般道転換率×OD交通量[05年]とすれば、

$$OD \text{ 交通量}[06 \text{ 年}] + \text{「高速転換」} = (1 - \text{一般道転換率}) \times OD \text{ 交通量}[05 \text{ 年}]$$

この式を用いて、高速転換交通量を抽出する。

【データ補正手順（2）】

データ補正手順（2）は、区間外からの転換を考慮するので、ODを実験区間外と実験区間内①、実験区間内②の3つに分割して考える（図8-2-4）。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼							
宇都宮							
矢板							
西那須野							
那須							
白河							
矢吹							

実験区間外実験区間①実験区間②

図8-2-2 データ補正手順（2）におけるOD分割

実験区間①の一般道転換 = 「実験区間外からの転換」 + 「同区間からの転換」

実験区間②の一般道転換 = 「同区間からの転換」のみ

として、以下の補正手順によって補正を行う（図8-2-5）

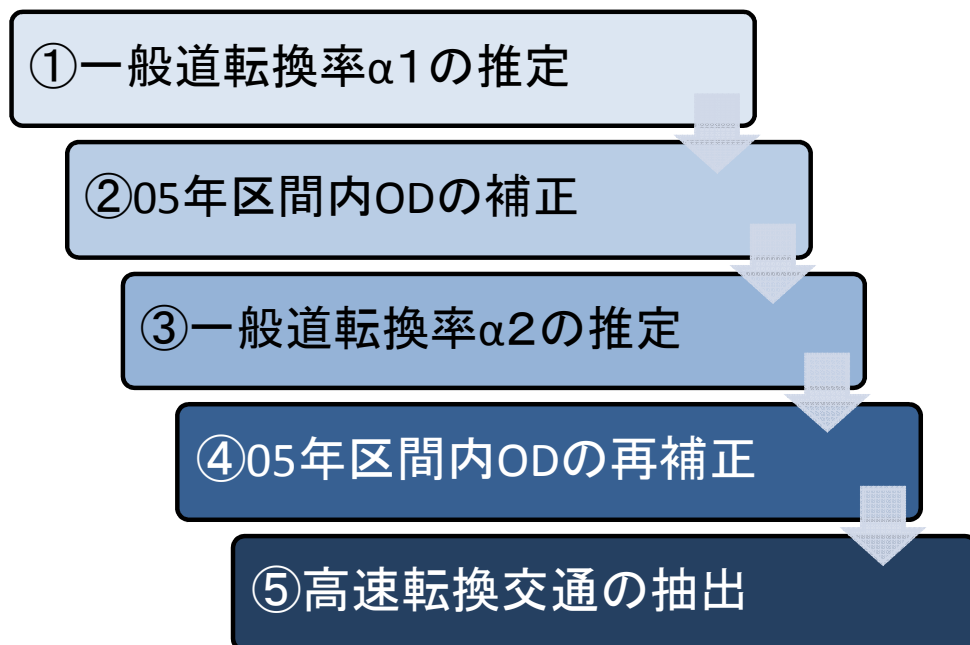


図8-2-5 補正手順（2）の推計手順

①：一般道転換率 $\alpha 1$ の推定

実験区間外からの一般道転換が考えられない、実験区間②の増減比を比較する。その増減がすなわち同区間からの一般道転換率と等しいと仮定し、この増減率を一般道転換率 $\alpha 1$ と置く。

②：2005年の区間内OD交通量の補正

手順①で推定した $\alpha 1$ を用いて、2005年の区間内OD全体を補正する。この手順を行うことで、同区間からの一般道転換を補正することができる。

③：一般道転換率 $\alpha 2$ の推定

補正後の2005年OD交通量と2006年OD交通量の全体増減率を比較する。算出される増加率を $\alpha 2$ とすると、 $\alpha 2$ は実験区間外から区間内ICへの一般道転換率と仮定できる。

④：2005年の区間内OD交通量の再補正

推定された $\alpha 2$ をもちいて、実験区間内②を補正する。補正手順を2回に分けることで、実験区間外からの一般道転換を行う交通量をOD交通量から補正することができる。

補正式は以下の通りである。

同区間からの一般道転換を一般道転換①

実験区間外からの一般道転換を一般道転換②とすれば、

$$\begin{aligned} \text{OD交通量[06年]} + \text{「一般道転換①」} + \text{「一般道転換②」} + \text{「高速転換」} \\ = \text{OD交通量[05年]} \end{aligned}$$

ここで、一般道転換① $= \alpha 1 \times \text{OD交通量[05年]}$

$$\text{一般道転換②} = \alpha 2 \times (\text{OD交通量[05年]} - \text{一般道転換①})$$

$$\therefore \text{OD交通量[06年]} + \text{「高速転換」} = (1 - \alpha 2) \times ((1 - \alpha 1) \times \text{OD交通量[05年]})$$

この式を用いて、高速転換交通量を抽出する。

実際の上記のような手順に従って日別営業（C2）データと利用実態（ETC）データの補正を行った。

8-2-2 日別営業データにおけるデータ補正

上記に示した手順に従って、実際にC2データの補正を行った。ここでは普通車を例にとって説明する。

【データ補正手順（1）】

手順①：一般道転換率の推定

集計された2005年OD表と2006年OD表の全体増減率を比較する。（表8-2-21）

表 8-2-2 1 普通車の全体増減率

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.105	-0.103	-0.144	-0.122	-0.334	-0.473	-0.064
宇都宮	0.139	-	0.209	0.247	0.228	0.643	-0.147	0.261
矢板	-0.081	0.245	-	0.238	0.191	0.531	-0.196	0.203
西那須野	-0.155	0.272	0.234	-	0.140	0.400	-0.218	0.197
那須	-0.188	0.268	0.195	0.199	-	0.401	-0.071	0.209
白河	-0.411	0.644	0.451	0.412	0.383	-	0.062	0.436
矢吹	-0.290	-0.270	-0.149	-0.266	-0.039	0.042	-	-0.101
計	-0.053	0.277	0.167	0.190	0.186	0.450	-0.116	0.203

上記表の右下、赤枠で囲まれた全体増減率が一般道転換率だと仮定する。

手順②：2005年の区間内ODの補正

推定した一般道転換率を利用して、2005年の区間内ODを補正する（表8-2-2 2）

表 8-2-2 2 補正後の2005年OD交通量（普通車）

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	24,934	21,298	17,380	9,829	2,686	1,642	77,769
宇都宮	24,214	-	37,014	49,647	31,099	18,090	2,686	162,749
矢板	24,002	43,220	-	13,146	15,098	12,613	2,476	110,554
西那須野	16,440	49,059	11,118	-	6,220	7,540	1,929	92,307
那須	7,988	30,866	12,009	7,183	-	8,642	3,069	69,758
白河	2,269	17,658	8,966	7,993	9,921	-	5,187	51,995
矢吹	1,509	2,510	2,215	1,832	3,703	6,226	-	17,995
計	76,422	168,248	92,621	97,181	75,869	55,796	16,989	583,126

色付けされた部分が補正を適用した区間を示している。この補正によって、一般道転換を除外した交通量が推定できる。

上記手順に従って補正した車種別OD表（普通車以外）と各車種の増減率比較を以下に示す（表8-2-2 3、表8-2-2 4、表8-2-2 5、表8-2-2 6、表8-2-2 7）。※表中、色付けされた個所が補正部分を示している

表 8-2-2 3 補正後の2005年OD交通量（大型車）

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,190	3,195	1,202	941	656	359	8,543
宇都宮	2,565	-	462	755	321	2,216	192	9,319
矢板	3,709	475	-	658	407	10,414	1,633	26,230
西那須野	1,396	638	512	-	51	370	145	4,285
那須	907	415	403	68	-	121	273	2,941
白河	745	2,571	7,758	283	101	-	393	19,858
矢吹	424	190	1,320	84	230	265	-	2,513
計	9,746	9,542	20,478	4,369	2,709	23,850	2,995	73,689

表 8-2-24 補正後の 2005 年 OD 交通量 (特大車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	174	138	115	48	84	65	624
宇都宮	205	-	39	138	119	251	24	1,208
矢板	156	63	-	81	102	1,623	197	3,702
西那須野	115	137	66	-	22	44	16	612
那須	37	157	105	23	-	73	79	757
白河	44	283	1,486	57	47	-	36	3,436
矢吹	14	26	174	14	42	31	-	301
計	571	1,347	3,350	665	610	3,680	417	10,640

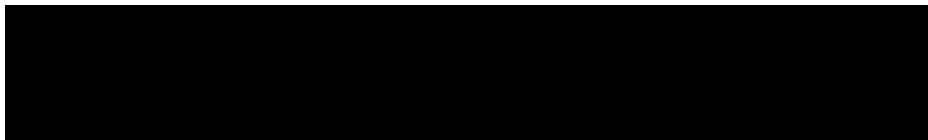
表 8-2-25 補正後の 2005 年 OD 交通量 (中型車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,835	3,549	3,162	1,367	569	271	11,753
宇都宮	3,151	-	1,643	2,539	1,220	2,424	270	13,777
矢板	4,233	1,664	-	1,141	1,016	7,055	893	19,517
西那須野	2,630	2,341	896	-	299	865	238	8,691
那須	1,372	1,280	992	397	-	458	236	5,745
白河	705	2,919	5,451	837	481	-	675	14,201
矢吹	265	232	709	287	286	575	-	2,354
計	12,356	13,923	16,142	9,952	5,644	15,438	2,583	76,038

表 8-2-26 補正後の 2005 年 OD 交通量 (軽自動車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,028	2,170	1,359	648	205	72	6,482
宇都宮	2,467	-	3,249	3,858	2,186	1,774	119	16,709
矢板	2,311	3,889	-	1,309	1,183	1,494	199	12,560
西那須野	1,268	3,888	1,130	-	498	787	120	9,430
那須	611	2,179	1,034	580	-	880	206	6,780
白河	201	1,812	1,070	817	1,024	-	501	6,730
矢吹	77	155	192	162	311	720	-	1,617
計	6,935	17,200	10,635	9,897	7,201	7,223	1,217	60,308

表 8-2-26 車種別増減率の比較



上記表 8-2-26 より、増減率の比較を見ると、大型車・特大車の増減率が 0.4 を超えており、他の車種の 2 倍近い値を取っている。増減率=一般道転換率とするならば、大型車・特大車は一般道からの転換が多いと言える。

【データ補正手順 (2)】

手順①：一般道転換率 α_1 の推定

実験区間外からの一般道転換が考えられない区間の 2005 年 OD 交通量と 2006 年 OD 交通量の増減比を比較する。この増減率が一般道転換率 α_1 となる (表 8-2-27)。

表 8-2-27 増加率 $\alpha 1$ の推定 (普通車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	-	-	-	-	-	-
宇都宮	-	-	-	-	-	-	-	-
矢板	-	-	-	0.238	0.191	-	-	0.213
西那須野	-	-	0.234	-	0.140	-	-	0.201
那須	-	-	0.195	0.199	-	-	-	0.196
白河	-	-	-	-	-	-	-	-
矢吹	-	-	-	-	-	-	-	-
計	-	-	0.214	0.225	0.176	-	-	0.205

上記表の右下、赤枠で囲まれた増減率が同 IC 区間からの一般道転換率 $\alpha 1$ だと仮定する。

手順②：2005年の区間内 OD 交通量の補正

一般道転換率 $\alpha 1$ を用いて2005年の区間内 OD 交通量を補正 (表 8-2-28)

表 8-2-28 $\alpha 1$ 補正後の2005年 OD 交通量 (普通車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	24,934	21,298	17,380	9,829	2,686	1,642	77,769
宇都宮	24,214	-	36,934	49,540	31,032	18,050	2,686	162,456
矢板	24,002	43,126	-	13,117	15,065	12,585	2,476	110,372
西那須野	16,440	48,953	11,094	-	6,206	7,524	1,929	92,147
那須	7,988	30,800	11,983	7,168	-	8,623	3,069	69,631
白河	2,269	17,620	8,947	7,976	9,900	-	5,187	51,899
矢吹	1,509	2,510	2,215	1,832	3,703	6,226	-	17,995
計	76,422	167,944	92,472	97,013	75,735	55,695	16,989	582,269

色付けされた部分が補正を適用した区間である。この手順で、同区間 IC からの一般道転換を除外できる。

手順③：一般道転換率 $\alpha 2$ の推定

$\alpha 1$ 補正後の2005年 OD 表と2006年 OD 表の全体増減率を比較する (表 8-2-29)

表 8-2-29 増減率 $\alpha 2$ の推定 (普通車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0.105	-0.103	-0.144	-0.122	-0.334	-0.473	-0.064
宇都宮	0.139	-	0.005	0.053	0.030	0.551	-0.147	0.102
矢板	-0.081	0.051	-	0.042	-0.017	0.410	-0.196	0.047
西那須野	-0.155	0.084	0.037	-	-0.081	0.245	-0.218	0.031
那須	-0.188	0.080	-0.013	-0.007	-	0.246	-0.071	0.038
白河	-0.411	0.552	0.310	0.261	0.224	-	0.062	0.312
矢吹	-0.290	-0.270	-0.149	-0.266	-0.039	0.042	-	-0.101
計	-0.053	0.122	0.008	0.023	0.014	0.331	-0.116	0.063

赤枠で囲まれたこの増減率を $\alpha 2$ が、実験区間外から区間内 IC への一般道転換率だと仮定する。

手順④：2005年の区間内 OD 交通量の再補正

一般道転換率 $\alpha 2$ を用いて、2005年における実験区間内の枠部分 OD 交通量を補正する (表 8-2-30)。

表 8-2-30 α 2 補正後の 2005 年 OD 交通量 (普通車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	24,934	21,298	17,380	9,829	2,686	1,642	77,769
宇都宮	24,214	-	34,598	46,406	29,069	16,909	2,686	153,881
矢板	24,002	40,398	-	13,117	15,065	11,789	2,476	106,848
西那須野	16,440	45,857	11,094	-	6,206	7,048	1,929	88,574
那須	7,988	28,851	11,983	7,168	-	8,078	3,069	67,137
白河	2,269	16,506	8,381	7,471	9,273	-	5,187	49,087
矢吹	1,509	2,510	2,215	1,832	3,703	6,226	-	17,995
計	76,422	159,056	89,569	93,374	73,146	52,736	16,989	561,292

色付けされた部分が補正を適用した区間を示しており、実験区間外から区間内 IC への一般道転換を除外した交通量を推定できる。

上記手順に従って補正した車種別の OD 表 (普通車以外) と各車種の増減率比較を以下に示す (表 8-2-30、表 8-2-31、表 8-2-32、表 8-2-33、表 8-2-34)。
 ※表中、薄い青色で色付けされたのが α 1 のみ補正した箇所、青色で色付けされたのが、α 1 と α 2 を補正した箇所をそれぞれ示している。

表 8-2-30 補正後の 2005 年 OD 交通量 (大型車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,190	3,195	1,202	941	656	359	8,543
宇都宮	2,565	-	452	738	314	2,165	192	6,426
矢板	3,709	464	-	1,068	661	10,175	1,633	17,710
西那須野	1,396	623	831	-	83	362	145	3,440
那須	907	406	656	111	-	118	273	2,470
白河	745	2,512	7,579	277	99	-	393	11,605
矢吹	424	190	1,320	84	230	265	-	2,513
計	9,746	6,384	14,033	3,480	2,328	13,741	2,995	52,707

表 8-2-31 補正後の 2005 年 OD 交通量 (特大車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	174	138	115	48	84	65	624
宇都宮	205	-	38	134	116	244	24	762
矢板	156	62	-	127	160	1,583	197	2,284
西那須野	115	134	103	-	34	42	16	444
那須	37	153	164	37	-	71	79	540
白河	44	276	1,449	56	46	-	36	1,907
矢吹	14	26	174	14	42	31	-	301
計	571	824	2,066	482	446	2,056	417	6,863

表 8-2-32 補正後の 2005 年 OD 交通量 (中型車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,835	3,549	3,162	1,367	569	271	11,753
宇都宮	3,151	-	1,536	2,374	1,141	2,267	270	10,739
矢板	4,233	1,556	-	1,274	1,134	6,596	893	15,686
西那須野	2,630	2,188	1,000	-	334	809	238	7,199
那須	1,372	1,197	1,107	443	-	428	236	4,783
白河	705	2,730	5,097	783	450	-	675	10,440
矢吹	265	232	709	287	286	575	-	2,354
計	12,356	10,738	12,998	8,323	4,711	11,245	2,583	62,954

表 8-2-33 補正後の 2005 年 OD 交通量 (軽自動車) ※ $\alpha 1$ のみ補正

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,028	2,170	1,359	648	205	72	6,482
宇都宮	2,467	-	2,882	3,422	1,940	1,574	119	12,404
矢板	2,311	3,450	-	1,161	1,050	1,326	199	9,497
西那須野	1,268	3,449	1,002	-	441	698	120	6,979
那須	611	1,933	917	514	-	781	206	4,962
白河	201	1,607	950	725	909	-	501	4,893
矢吹	77	155	192	162	311	720	-	1,617
計	6,935	12,623	8,113	7,344	5,298	5,303	1,217	46,834

表 8-2-34 各車種の増減率比較

増減率 (一般道転換率)	普通車	大型車	特大車	中型車	軽自動車
$\alpha 1$	0.205	0.070	0.127	0.156	0.305
$\alpha 2$	0.063	0.399	0.376	0.162	-0.009

上記表 8-2-34 より、普通車・軽自動車は同区間からの一般道転換率が高く、大型車・特大車は実験区間外から実験区間への一般道転換率が高いことがわかる。また、中型車に関しては、どちらもほぼ同じ値であるという結果になった。

8-2-3 利用実態データにおけるデータ補正

C2 データと同様に、ETC データの補正を行う。

ETC データが C2 データと大きく違う点は、使用データが実験期間 (2005 年) と実験後 (2006) 年であるため、ETC 利用割合の増加分を補正する必要があることである。

そのため、データ補正前に 2006 年 OD 交通量から ETC 利用割合の増分を補正する手順を加え、その後は同様の手順で一般道転換を補正した。

【データ補正手順 (1)】

手順 (1) に従って補正した車種別 OD 表と各車種の増減率比較を以下に示す (表 8-2-35、表 8-2-36、表 8-2-37、表 8-2-38、表 8-2-39)。

※表中、色付けされた個所が補正部分を示す。

ただし、普通車・軽自動車は未補正 (増減率が-を取っているため)

表8-2-35 補正後の2005年OD交通量(普通車) ※未補正

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	7,730	7,341	6,157	3,108	939	843	26,118
宇都宮	7,298	-	13,963	18,720	10,641	6,092	997	57,711
矢板	7,519	15,741	-	4,350	4,120	3,499	784	36,013
西那須野	5,547	18,072	3,949	-	2,197	2,293	621	32,679
那須	2,574	10,940	3,587	2,762	-	2,699	772	23,334
白河	812	6,231	2,739	2,569	3,186	-	1,723	17,260
矢吹	707	893	668	547	846	1,908	-	5,569
計	24,457	59,607	32,247	35,105	24,098	17,430	5,740	198,684

表8-2-36 補正後の2005年OD交通量(大型車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,875	2,923	1,102	839	640	345	7,724
宇都宮	2,274	-	350	585	258	1,904	176	5,547
矢板	3,347	335	-	492	294	7,833	1,435	13,736
西那須野	1,260	495	400	-	31	308	126	2,620
那須	808	340	271	49	-	94	237	1,799
白河	686	2,071	5,885	202	81	-	277	9,201
矢吹	406	176	1,101	66	202	145	-	2,096
計	8,781	5,292	10,930	2,495	1,705	10,923	2,596	42,723

表8-2-37 補正後の2005年OD交通量(特大車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	138	97	75	28	78	64	480
宇都宮	162	-	27	97	79	213	18	597
矢板	106	38	-	52	56	1,297	174	1,722
西那須野	66	96	51	-	18	32	13	276
那須	22	117	62	18	-	62	67	349
白河	40	219	1,214	45	37	-	24	1,578
矢吹	10	19	153	9	34	25	-	250
計	406	627	1,604	296	252	1,707	360	5,252

表8-2-38 補正後の2005年OD交通量(中型車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,417	2,413	2,167	898	355	202	7,452
宇都宮	1,660	-	850	1,343	618	1,487	186	6,144
矢板	2,837	788	-	619	483	4,499	647	9,872
西那須野	1,736	1,110	423	-	150	513	165	4,098
那須	967	645	516	172	-	309	123	2,732
白河	462	1,801	3,554	461	288	-	327	6,894
矢吹	186	155	484	208	161	235	-	1,429
計	7,848	5,915	8,240	4,970	2,598	7,399	1,650	38,621

表8-2-39 補正後の2005年OD交通量(軽自動車) ※未補正

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	179	366	167	73	20	14	819
宇都宮	201	-	365	421	268	229	9	1,493
矢板	316	365	-	196	143	338	40	1,398
西那須野	192	359	166	-	48	92	14	871
那須	89	251	162	90	-	87	17	696
白河	28	255	238	89	85	-	35	730
矢吹	15	12	41	14	25	34	-	141
計	841	1,421	1,338	977	642	800	129	6,148

表 8-2-35 各車種の増減率比較

	普通車	大型車	特大車	中型車	軽自動車
増減率 (一般道転換率)	-0.058	0.421	0.440	0.200	-0.434

上記表 8-2-25 より、C2 データとの大きな違いは、普通車・軽自動車の増減率が-を取っていることである。ETC 車に関しては、普通車・軽自動車の料金感度は低く、同区間からの一般道転換も極めて少ないと言える。

【データ補正手順 (2)】

上記手順 (2) に従って補正した車種別の OD 表と各車種の増減率比較を以下に示す (表 8-2-40、表 8-2-41、表 8-2-42、表 8-2-43、表 8-2-44、表 8-2-45)。

※表中、薄い青色で色付けされたのが $\alpha 1$ のみ補正した箇所、青色で色付けされたのが、 $\alpha 1$ と $\alpha 2$ を補正した箇所をそれぞれ示している。

ただし、普通車は未補正となっている。

表 8-2-40 補正後の 2005 年 OD 交通量 (普通車) ※未補正

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	7,730	7,341	6,157	3,108	939	843	26,118
宇都宮	7,298	-	13,963	18,720	10,641	6,092	997	57,711
矢板	7,519	15,741	-	4,350	4,120	3,499	784	36,013
西那須野	5,547	18,072	3,949	-	2,197	2,293	621	32,679
那須	2,574	10,940	3,587	2,762	-	2,699	772	23,334
白河	812	6,231	2,739	2,569	3,186	-	1,723	17,260
矢吹	707	893	668	547	846	1,908	-	5,569
計	24,457	59,607	32,247	35,105	24,098	17,430	5,740	198,684

表 8-2-41 補正後の 2005 年 OD 交通量 (大型車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,875	2,923	1,102	839	640	345	7,724
宇都宮	2,274	-	349	583	258	1,898	176	5,537
矢板	3,347	334	-	841	503	7,809	1,435	14,269
西那須野	1,260	493	685	-	53	307	126	2,923
那須	808	339	464	83	-	94	237	2,025
白河	686	2,064	5,867	201	80	-	277	9,175
矢吹	406	176	1,101	66	202	145	-	2,096
計	8,781	5,282	11,388	2,877	1,935	10,892	2,596	43,750

表 8-2-4 2 補正後の 2005 年 OD 交通量 (特大車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	138	97	75	28	78	64	480
宇都宮	162	-	27	97	79	212	18	594
矢板	106	37	-	89	97	1,289	174	1,793
西那須野	66	96	88	-	31	32	13	326
那須	22	116	108	32	-	62	67	407
白河	40	218	1,207	45	37	-	24	1,570
矢吹	10	19	153	9	34	25	-	250
計	406	624	1,680	347	305	1,698	360	5,420

表 8-2-4 3 補正後の 2005 年 OD 交通量 (中型車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,417	2,413	2,167	898	355	202	7,452
宇都宮	1,660	-	831	1,313	605	1,455	186	6,049
矢板	2,837	770	-	734	573	4,400	647	9,960
西那須野	1,736	1,085	501	-	178	502	165	4,168
那須	967	630	611	204	-	303	123	2,838
白河	462	1,761	3,476	451	282	-	327	6,759
矢吹	186	155	484	208	161	235	-	1,429
計	7,848	5,819	8,317	5,077	2,696	7,249	1,650	38,656

表 8-2-4 4 補正後の 2005 年 OD 交通量 (軽自動車) ※ α 1 のみ補正

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	179	366	167	73	20	14	819
宇都宮	201	-	349	403	257	219	9	1,438
矢板	316	349	-	188	137	324	40	1,354
西那須野	192	344	159	-	46	88	14	843
那須	89	240	155	86	-	83	17	671
白河	28	244	228	85	81	-	35	702
矢吹	15	12	41	14	25	34	-	141
計	841	1,368	1,298	943	619	768	129	5,967

表 8-2-4 5 各車種の増減率比較

増減率 (一般道転換率)	普通車	大型車	特大車	中型車	軽自動車
α 1	-0.098	0.009	0.031	0.052	0.043
α 2	-0.058	0.417	0.425	0.175	-0.478

上記表 8-2-4 5 より、大型車・特大車に関しては C2 データの増減率とほぼ同じ結果となっている。普通車・軽自動車はほぼ一般道転換しておらず、中型車は同区間からの一般道転換が低い値となった。

8-2-4 転換交通量の増減率比較

データ補正時に求めた転換交通量における増減率を車種別に比較した結果を以下に示す(図 8-2-6)。比較は増減率が大きな α を取らなかった、日別営業データにおける【データ補正 2】とした。

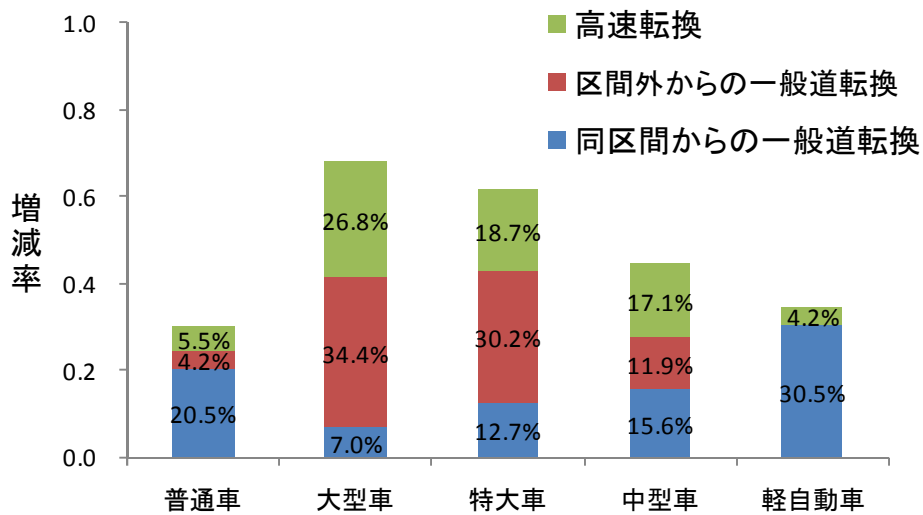


図 8-2-6 転換交通量の増減率比較

図を見ると、普通車・軽自動車は同区間からの一般道転換が非常に多く、大型車・特大車は逆に区間外からの転換と高速転換が多い。中型車に関しては、同じような比率となった。

また、増減率の総計は、大型車が一番多く 0.7 を超えている。次いで、特大車も 0.6 を超えており、増減率が非常に高いことがここからもわかった。

8-3 集計ロジットモデルの構築

8-3-1 モデルの基本的考え方

本研究では、C2 データ及び ETC データから得られる OD 交通量を基にして、以下の仮定でモデルを構築する。

- (1) 社会実験の料金割引によって利用者の選択 IC が変化する
- (2) IC 選択は利用料金と所要時間によって決定される
- (3) 実験区間内の IC 延長は考慮に入れない

また、高速転換の料金感度をより明確にするため、高速転換が起りやすいと考えられる選択肢セット 14 個を OD 表から抜き出し、その選択肢セットで集計ロジットモデルを構築した。抜き出した 14 個の選択肢セットを以下に示す (図 8-3-1)。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼			①	②	③	④	④
宇都宮			①	②	③	④	④
矢板	⑤	⑤				⑥	⑥
西那須野	⑦	⑦				⑧	⑧
那須	⑨	⑨				⑩	⑩
白河	⑪	⑪	⑫	⑬	⑭		
矢吹	⑪	⑪	⑫	⑬	⑭		

図 8-3-1 抜き出した選択肢セット

選択肢セット①：鹿沼－矢板 or 宇都宮－矢板

選択肢セット②：鹿沼－西那須野 or 宇都宮－西那須野

選択肢セット③：鹿沼－那須 or 宇都宮－那須

選択肢セット④：鹿沼－白河 or 鹿沼－矢吹 or 宇都宮－白河 or 宇都宮－矢吹

選択肢セット⑤：矢板－鹿沼 or 矢板－宇都宮

選択肢セット⑥：矢板－白河 or 矢板－矢吹

選択肢セット⑦：西那須野－鹿沼 or 西那須野－宇都宮

選択肢セット⑧：西那須野－白河 or 西那須野－矢吹

選択肢セット⑨：那須－鹿沼 or 那須－宇都宮

選択肢セット⑩：那須－白河 or 那須－矢吹

選択肢セット⑪：白河－鹿沼 or 白河－宇都宮 or 矢吹－鹿沼 or 矢吹－宇都宮

選択肢セット⑫：白河－矢板 or 矢吹－矢板

選択肢セット⑬：白河－西那須野 or 矢吹－西那須野

選択肢セット⑭：白河－那須 or 矢吹－那須

8-3-2 モデル式の構造

前述の考えた方に基づき、集計ロジットモデルを構築する。モデル構造は式 (8.1) (8.2) の集計ロジット型とし、パラメータ推定には式 (8.3) を最大化する最尤推定法を用いた。

$$R_{ic} = \frac{\exp(V_{ic})}{\sum_j \exp(V_{ij})} \quad (8.1)$$

$$V_{ic} = \theta_{1c} * Price_i + \theta_{2c} * Time_i + \theta_{3c} \quad (8.2)$$

$$\ln L = \sum_i \sum_j Q_{ij} * \ln R_{ij} \quad (8.3)$$

各記号の説明は以下の通りである。

i : 選択肢 (今回は IC ペア) c : 車種 ($c=1, 2, 3, 4, 5$) N : 選択肢セット数 n : 選択肢数

P_{ic} : 選択肢 i を選択する確率

V_{ic} : 選択肢 i の効用

Q_{ic} : 選択肢 i の交通量

Price : 利用料金 Time : 所要時間 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$: 推定されるパラメータ

※説明変数に用いた利用料金と所要時間は各 2 種類である。その詳細を以下に示す。

料金変数に用いた利用料金

(1) 料金表

→NEXCO 東日本が web 上で公開している車種別料金表

(表 8-3-1、表 8-3-2)

(2) 平均利用料金

→ETC データから算出した車種別平均利用料金

(表 8-3-3、表 8-3-4)

表 8-3-1 実験期間 (2005 年 7 月~8 月) の料金表 (円) ⁽⁹⁾ ※黄色区間が半額

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野 塩原	那須	白河	矢吹
鹿沼	普通車	450	900	1400	1750	2200	2600
	大型車	650	1400	2200	2750	3500	4200
	特大車	950	2200	3550	4500	5700	6900
	中型車	450	1050	1650	2050	2600	3100
	軽自動車	350	750	1150	1400	1750	2100
宇都宮	450 普通車	300	550	700	950	2300	
	650 大型車	450	850	1100	1500	3700	
	950 特大車	700	1350	1800	2450	6050	
	450 中型車	350	650	850	1100	2750	
	350 軽自動車	250	450	600	750	1900	
矢板	900 普通車	300	500	700	950	1850	
	1400 大型車	450	750	1100	1500	2950	
	2200 特大車	700	1200	1800	2450	4850	
	1050 中型車	350	550	850	1100	2200	
	750 軽自動車	250	400	600	750	1500	
西那須野 塩原	1400 普通車	550	750	1000	1350	1400	
	2200 大型車	850	1200	1700	2250	2150	
	3550 特大車	1350	2000	2750	3650	3500	
	1650 中型車	650	950	1300	1750	1600	
	1150 軽自動車	450	650	900	1200	1150	
那須	1750 普通車	700	1000	1350	1800	1050	
	2750 大型車	1100	1550	2100	2850	1600	
	4500 特大車	1800	2550	3450	4650	2550	
	2050 中型車	850	1250	1700	2250	1200	
	1400 軽自動車	600	900	1200	1600	850	
白河	2200 普通車	950	1350	1850	2450	600	
	3500 大型車	1500	2100	2850	3750	850	
	5700 特大車	2450	3450	4650	6150	1350	
	2600 中型車	1100	1550	2100	2850	650	
	1750 軽自動車	750	1050	1450	1950	500	
矢吹	2600 普通車	2300	1850	1400	1050	600	
	4200 大型車	3700	2950	2150	1600	850	
	6900 特大車	6050	4850	3500	2550	1350	
	3100 中型車	2750	2200	1600	1200	650	
	2100 軽自動車	1900	1500	1150	850	500	

表 8-3-1 実験期間後（2006年7月～8月）の料金表（円）⁽⁹⁾

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野 塩原	那須	白河	矢吹
鹿沼	普通車	450	900	1400	1750	2200	2600
	大型車	650	1400	2200	2750	3500	4200
	特大車	950	2200	3550	4500	5700	6900
	中型車	450	1050	1650	2050	2600	3100
	軽自動車	350	750	1150	1400	1750	2100
宇都宮	450 普通車	600	1100	1450	1900	2300	
	650 大型車	900	1700	2250	3000	3700	
	950 特大車	1400	2700	3650	4900	6050	
	450 中型車	700	1300	1700	2200	2750	
	350 軽自動車	500	900	1200	1550	1900	
矢板	900 普通車	600	650	1000	1450	1850	
	1400 大型車	900	950	1550	2250	2950	
	2200 特大車	1400	1500	2450	3650	4850	
	1050 中型車	700	750	1150	1700	2200	
	750 軽自動車	500	550	800	1200	1500	
西那須野 塩原	1400 普通車	1100	650	500	950	1400	
	2200 大型車	1700	950	750	1450	2150	
	3550 特大車	2700	1500	1100	2350	3500	
	1650 中型車	1300	750	550	1100	1600	
	1150 軽自動車	900	550	450	800	1150	
那須	1750 普通車	1450	1000	500	600	1050	
	2750 大型車	2250	1550	750	900	1600	
	4500 特大車	3650	2450	1100	1400	2550	
	2050 中型車	1700	1150	550	700	1200	
	1400 軽自動車	1200	800	450	500	850	
白河	2200 普通車	1900	1450	950	600	600	
	3500 大型車	3000	2250	1450	900	850	
	5700 特大車	4900	3650	2350	1400	1350	
	2600 中型車	2200	1700	1100	700	650	
	1750 軽自動車	1550	1200	800	500	500	
矢吹	2600 普通車	2300	1850	1400	1050	600	
	4200 大型車	3700	2950	2150	1600	850	
	6900 特大車	6050	4850	3500	2550	1350	
	3100 中型車	2750	2200	1600	1200	650	
	2100 軽自動車	1900	1500	1150	850	500	

表 8-3-3 実験期間（2005年7月～8月）の平均料金（円）※黄色区間が実験区間

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野 塩原	那須	白河	矢吹
鹿沼	普通車	371	674	1089	1439	1645	1701
	大型車	530	1073	1641	1978	2550	2960
	特大車	814	1670	2845	3536	4144	4109
	中型車	396	837	1303	1569	2086	2277
	軽自動車	278	506	884	1121	1445	1229
宇都宮	365	普通車	230	443	583	754	1675
	594	大型車	374	653	920	1246	2909
	899	特大車	601	1178	1407	1900	4717
	413	中型車	310	541	741	899	2253
	264	軽自動車	204	358	456	567	1628
矢板	673	236	普通車	245	422	564	1420
	1142	389	大型車	347	598	826	2088
	1825	595	特大車	591	926	1371	3303
	844	315	中型車	302	458	662	1531
	534	208	軽自動車	199	299	460	934
西那須野 塩原	1056	445	241	普通車	225	383	1086
	1841	751	367	大型車	310	604	1854
	2664	1261	659	特大車	464	889	2827
	1377	551	308	中型車	235	496	1385
	781	351	205	軽自動車	155	317	1021
那須	1364	570	406	219	普通車	253	887
	2164	972	630	290	大型車	412	1368
	3691	1559	978	508	特大車	645	2296
	1517	716	470	208	中型車	326	1065
	939	473	279	147	軽自動車	221	756
白河	1637	776	558	379	262	普通車	490
	2591	1203	860	550	368	大型車	756
	4731	2051	1466	988	589	特大車	1171
	1889	904	707	455	304	中型車	575
	1338	606	464	310	219	軽自動車	364
矢吹	1795	1694	1411	1151	889	485	普通車
	2928	3081	2348	1709	1375	707	大型車
	4420	5482	4360	3189	2293	1178	特大車
	2291	2156	1760	1312	1071	613	中型車
	1427	1267	1006	929	738	404	軽自動車

表 8-3-4 実験期間後（2006年7月～8月）の平均料金（円）

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野 塩原	那須	白河	矢吹
鹿沼	普通車	371	677	1072	1397	1552	1597
	大型車	507	1084	1670	1866	2472	2672
	特大車	771	1647	2738	3218	3159	3989
	中型車	371	871	1301	1533	1860	2135
	軽自動車	272	536	872	1060	1238	1204
宇都宮	362	普通車	452	855	1201	1408	1603
	596	大型車	735	1120	1662	2169	2622
	773	特大車	1200	2357	2797	3419	4305
	385	中型車	583	1020	1391	1630	2048
	244	軽自動車	372	736	973	1019	1308
矢板	668	458	普通車	530	835	1143	1398
	1165	783	大型車	735	1200	1648	1973
	1759	1071	特大車	1071	1845	2527	3221
	838	579	中型車	637	925	1209	1515
	540	397	軽自動車	432	668	838	988
西那須野 塩原	1047	846	525	普通車	434	791	1007
	1865	1416	784	大型車	729	1227	1788
	2900	2302	1135	特大車	855	1822	2585
	1388	1086	669	中型車	496	956	1421
	799	703	436	軽自動車	410	645	1023
那須	1321	1174	803	419	普通車	500	848
	2264	1920	1331	604	大型車	775	1342
	3533	3008	2034	1033	特大車	1263	2352
	1564	1368	973	452	中型車	633	1018
	1014	973	565	410	軽自動車	417	668
白河	1636	1449	1118	776	517	普通車	474
	2609	2165	1718	1218	781	大型車	694
	4928	3810	2770	1939	1189	特大車	1160
	1975	1731	1363	890	584	中型車	548
	1261	1087	843	649	389	軽自動車	362
矢吹	1608	1657	1400	1042	866	470	普通車
	2925	2900	2193	1623	1279	633	大型車
	4408	4524	3580	2596	2195	1192	特大車
	2102	1840	1689	1194	1020	592	中型車
	1319	1315	1050	888	622	324	軽自動車

時間変数に用いた所要時間

(1) 所要時間表

→NEXCO 東日本が web 上で公開している車種別目安所要時間

(表 8-3-5)

(2) 平均所要時間

→ETC データから算出した車種別平均所要時間 (※ただし、外れ値は除外)

(表 8-3-6、表 8-3-7)

表 8-3-5 目安所要時間表 (分) ⁽⁹⁾※各車種共通

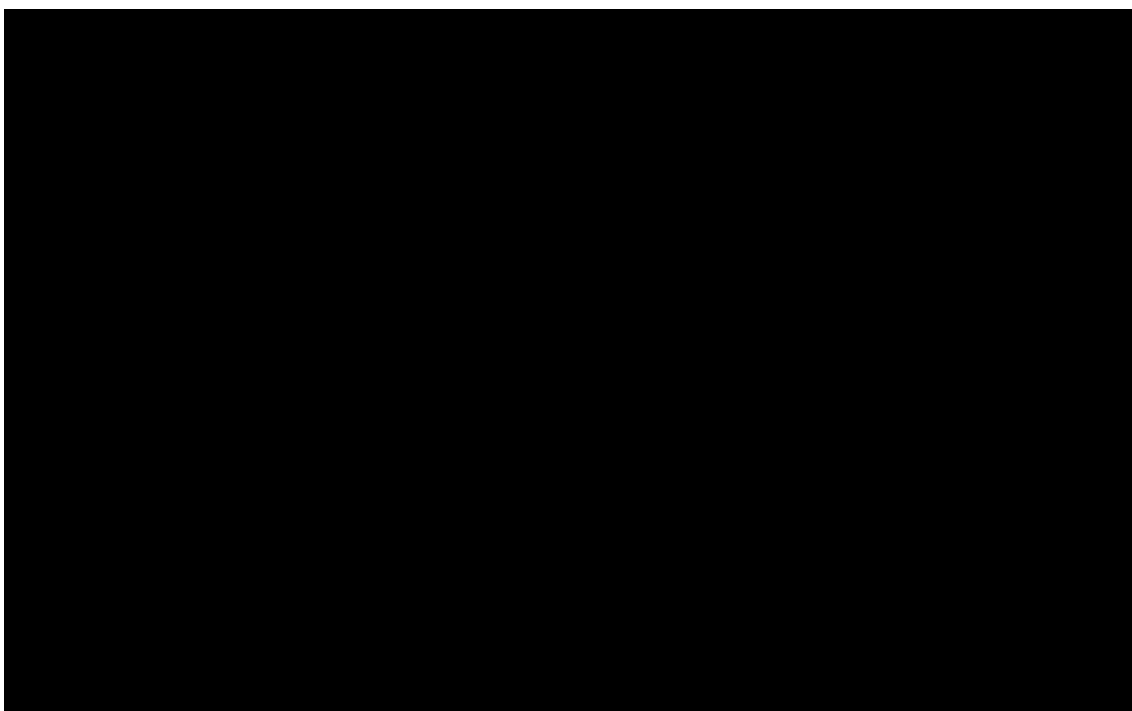
A large black rectangular area covering the entire content of the table, indicating that the data has been redacted.

表 8-3-6 実験期間 (2005 年 7 月～8 月) の平均所要時間 (分)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野 塩原	那須	白河	矢吹
鹿沼	普通車	11	21	33	42	54	64
	大型車	12	25	41	50	62	74
	特大車	12	25	37	43	63	71
	中型車	12	23	37	47	55	75
	軽自動車	11	22	36	47	66	75
宇都宮	10	普通車	13	25	35	47	57
	12	大型車	16	29	41	53	64
	12	特大車	16	27	39	57	67
	11	中型車	15	28	37	49	62
	11	軽自動車	13	27	36	53	65
矢板	20	13	普通車	16	24	37	49
	24	16	大型車	17	29	42	54
	46	20	特大車	18	30	44	55
	22	17	中型車	19	27	39	51
	22	14	軽自動車	15	27	39	51
西那須野 塩原	34	26	17	普通車	11	23	37
	41	31	17	大型車	12	24	41
	36	29	18	特大車	11	26	36
	37	31	20	中型車	15	25	35
	35	29	16	軽自動車	12	23	36
那須	42	36	25	13	普通車	16	27
	52	39	27	12	大型車	19	32
	46	38	31	11	特大車	16	26
	48	38	27	18	中型車	18	27
	40	38	24	12	軽自動車	14	33
白河	55	49	37	24	15	普通車	14
	62	55	43	28	22	大型車	16
	66	58	45	26	18	特大車	15
	57	51	39	25	18	中型車	16
	68	56	39	23	18	軽自動車	17
矢吹	63	57	46	35	27	13	普通車
	71	62	54	37	31	14	大型車
	73	67	59	38	28	15	特大車
	70	59	51	37	26	17	中型車
	74	61	44	38	27	12	軽自動車

表 8-3-7 実験期間後 (2006 年 7 月～8 月) の平均所要時間 (分)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野 塩原	那須	白河	矢吹
鹿沼	普通車	11	21	33	42	55	66
	大型車	13	25	41	48	64	78
	特大車	11	24	38	52	67	71
	中型車	13	25	37	46	57	71
	軽自動車	12	21	34	43	61	72
宇都宮	10	普通車	13	24	35	47	57
	13	大型車	18	29	42	53	71
	13	特大車	15	26	37	54	74
	11	中型車	15	27	37	48	63
	11	軽自動車	14	26	36	49	64
矢板	20	14	普通車	16	24	38	50
	24	19	大型車	18	29	44	56
	34	30	特大車	17	32	47	57
	23	16	中型車	18	27	40	52
	21	14	軽自動車	15	26	39	51
西那須野 塩原	34	26	16	普通車	11	23	36
	42	32	18	大型車	12	24	41
	36	29	19	特大車	12	30	38
	38	30	18	中型車	16	25	39
	35	28	17	軽自動車	12	23	40
那須	42	36	24	12	普通車	16	27
	50	43	28	16	大型車	24	31
	51	41	30	10	特大車	19	27
	46	39	26	17	中型車	16	27
	47	37	24	14	軽自動車	15	31
白河	57	48	38	23	15	普通車	14
	64	55	43	29	22	大型車	16
	63	58	45	28	16	特大車	16
	59	53	41	26	17	中型車	19
	61	51	40	31	17	軽自動車	14
矢吹	66	59	46	34	26	12	普通車
	72	63	55	39	29	14	大型車
	84	74	56	43	30	13	特大車
	70	62	52	36	26	18	中型車
	71	69	51	38	32	12	軽自動車

8-4 推定結果と時間価値の算出

C2 データ、ETC データを用いた、車種別集計ロジットモデルの推定結果を以下に示す。

(1) C2 データの推定結果

【データ補正 (1)】

データ補正手順 (1) によって補正した OD 交通量を用いた集計ロジットモデルの結果を以下に示す (表 8-4-1)

表 8-4-1 集計ロジットモデルの推定結果

説明変数		料金表 +		料金表 +		平均料金 +		平均料金 +		
		所要時間表		平均所要時間		所要時間表		平均所要時間		
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	
利用料金	普通車	-0.0782	-104.7	-0.0850	-116.8	-0.0941	-99.9	-0.1004	-107.6	
	大型車	-0.1449	-109.4	-0.1514	-115.5	-0.1885	-106.5	-0.1974	-122.2	
	特大車	-0.0696	-31.3	-0.0748	-33.7	-0.0729	-28.8	-0.0787	-30.8	
	中型車	-0.1332	-82.8	-0.1410	-88.3	-0.1614	-77.0	-0.1734	-83.1	
	軽自動車	-0.1346	-42.4	-0.1419	-44.9	-0.1548	-39.4	-0.1587	-40.3	
	所要時間		-0.4841	-49.4	-0.1495	-26.7	-0.6879	-73.1	-0.2017	-35.7
定数項	区内	普通車	-0.020	-2.1	0.276	42.8	-0.157	-16.3	0.304	47.3
		大型車	-2.102	-109.0	-1.802	-101.2	-2.221	-117.2	-1.754	-100.0
		特大車	-1.016	-22.1	-0.730	-16.1	-0.970	-23.6	-0.493	-12.2
		中型車	-1.313	-81.6	-1.020	-70.7	-1.412	-89.2	-0.969	-68.2
		軽自動車	-0.213	-11.6	0.084	5.0	-0.260	-15.7	0.211	14.3
	区外	普通車	-0.097	-10.3	-0.239	-26.5	-0.152	-16.7	-0.400	-45.6
		大型車	0.321	15.1	0.245	11.5	0.296	13.8	0.133	6.3
		特大車	0.446	7.3	0.407	6.6	0.010	0.2	-0.165	-2.7
		中型車	-0.163	-7.3	-0.258	-11.6	-0.283	-13.0	-0.451	-20.6
		軽自動車	-0.326	-9.4	-0.424	-12.2	-3.899	-11.5	-0.615	-18.2
尤度比		0.1440		0.1430		0.1431		0.1407		

パラメータの符号条件、t 値ともに良好な結果となっている。推定結果に関しては、普通車の料金パラメータが低く、大型車・中型車が高い。これは集計分析によって得られた料金感度と概ね同じバランスで推定されている。特大車の過小推定、軽自動車の過大推定が見られるが、これはサンプル数の少なさに起因するものと考えられる。

ここで、推定された料金パラメータと所要時間パラメータから、車種別の時間価値を算出した。各説明変数における時間価値を以下に示す (表 8-4-2)。

表 8-4-2 算出された時間価値[円/分]

車種	料金表 + 所要時間表	料金表 + 平均所要時	平均料金 + 所要時間表	平均料金 + 平均所要時
普通車	61.9	17.6	73.1	20.1
大型車	33.4	9.9	36.5	10.2
特大車	69.6	20.0	94.4	25.6
中型車	36.3	10.6	42.6	11.6
軽自動車	36.0	10.5	44.4	12.7

算出された時間価値を見ると、料金表+所要時間表、平均料金+所要時間表の2つに関しては概ね妥当な時間価値が算出されているが、それ以外、平均所要時間を使用した場合は、時間価値が過小に推定される傾向にある。

【データ補正（2）】

同様に、データ補正手順（2）で補正した OD 交通量を用いた集計ロジットモデルの結果を以下に示す（表 8-4-3）

表 8-4-3 集計ロジットモデルの推定結果

説明変数		料金表 + 所要時間表		料金表 + 平均所要時間		平均料金 + 所要時間表		平均料金 + 平均所要時間		
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	
利用 料金	普通車	-0.0684	-91.2	-0.0759	-103.6	-0.0817	-86.4	-0.0882	-94.0	
	大型車	-0.1425	-107.4	-0.1495	-113.9	-0.1859	-104.8	-0.1949	-110.6	
	特大車	-0.0681	-30.5	-0.0736	-33.1	-0.0714	-28.2	-0.0774	-30.3	
	中型車	-0.1254	-77.5	-0.1337	-83.3	-0.1517	-71.8	-0.1638	-78.0	
	軽自動車	-0.1129	-35.4	-0.1211	-38.1	-0.1300	-33.0	-0.1338	-33.9	
所要時間		-0.5158	-52.6	-0.1583	-28.1	-0.7017	-74.5	-0.2092	-36.9	
定数 項	区 間 内	普通車	-0.025	-2.6	0.921	45.0	-0.150	-15.5	0.317	49.3
		大型車	-2.120	-109.8	-1.800	-100.9	-2.225	-117.3	-1.752	-99.8
		特大車	-1.035	-22.5	-0.729	-16.1	-0.977	-23.8	-0.494	-12.2
		中型車	-1.316	-81.6	-1.003	-69.3	-1.402	-88.4	-0.953	-67.0
		軽自動車	-0.200	-10.8	0.118	6.9	-0.253	-15.4	0.224	15.2
	区 間 外	普通車	-0.110	-11.7	-0.262	-29.0	-0.157	-16.9	-0.406	-46.1
		大型車	0.322	15.1	0.241	-11.2	0.296	13.8	0.131	6.2
		特大車	0.445	7.3	0.404	6.5	0.017	0.3	-0.158	-2.6
		中型車	-0.172	-7.7	-0.275	-12.3	-0.287	-13.1	-0.458	-20.9
		軽自動車	-0.358	-10.4	-0.468	-13.4	-0.408	-12.0	-0.633	-18.7
尤度比		0.1328		0.1316		0.1320		0.1295		

上記表を見ると、符号条件、t 値ともに良好な結果であり、【データ補正 1】とほぼ同様の結果となっている。やはり、サンプル数の少ない特大車は過小推定される傾向にある。

こちらにも同様に、集計ロジットモデルによって推定された料金パラメータと所要時間パラメータから、車種別の時間価値を算出した。各説明変数における時間価値を以下に示す（表8-4-4）。

表8-4-4 算出された時間価値 [円/分]

車種	料金表 + 所要時間表	料金表 + 平均所要時	平均料金 + 所要時間表	平均料金 + 平均所要時
普通車	75.4	20.9	85.8	23.7
大型車	36.2	10.6	37.8	10.7
特大車	75.8	21.5	98.3	27.0
中型車	41.1	11.8	46.3	12.8
軽自動車	45.7	13.1	54.0	15.6

算出された時間価値を見ても、【データ補正1】と同様の結果となっているが、全体的に時間価値の上昇がみられる。

(2) ETCデータの推定結果

【データ補正(1)】

データ補正手順(1)によって補正したOD交通量を用いた集計ロジットモデルの結果を以下に示す(表8-4-5)

表8-4-5 集計ロジットモデルの推定結果

説明変数		料金表 + 所要時間表		料金表 + 平均所要時間		平均料金 + 所要時間表		平均料金 + 平均所要時間		
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	
利用 料金	普通車	-0.0818	-66.0	-0.0872	-71.8	-0.1050	-66.6	-0.1100	-70.3	
	大型車	-0.1449	-98.9	-0.1493	-103.3	-0.1887	-96.3	-0.1958	-100.7	
	特大車	-0.0696	-27.5	-0.0722	-29.3	-0.0712	-25.3	-0.0762	-26.8	
	中型車	-0.1351	-67.2	-0.1404	-70.4	-0.1639	-62.4	-0.1732	-66.3	
	軽自動車	-0.1284	-16.4	-0.1355	-17.3	-0.1587	-15.7	-0.1628	-16.0	
所要時間		-0.3792	-27.5	-0.1679	-19.2	-0.6161	-47.0	-0.2602	-29.6	
定数 項	区 間 内	普通車	0.103	7.4	0.293	28.7	-0.089	-6.4	0.260	25.4
		大型車	-2.108	-93.2	-1.922	-93.7	-2.266	-101.2	-1.929	-94.4
		特大車	-0.852	-16.2	-0.681	-13.2	-0.848	-18.0	-0.502	-10.9
		中型車	-1.353	-64.5	-1.164	-62.2	-1.483	-71.9	-1.153	-62.3
		軽自動車	-0.155	-3.9	0.035	0.9	-0.265	-7.6	0.093	-2.8
	区 間 外	普通車	0.086	5.9	-0.013	-1.0	0.045	3.2	-0.152	-11.2
		大型車	0.317	13.9	0.249	11.0	0.286	12.5	0.145	6.4
		特大車	0.519	7.8	0.497	7.4	0.090	1.4	-0.042	0.7
		中型車	-0.164	-6.2	-0.237	-8.8	-0.280	-10.5	-0.412	-15.6
		軽自動車	-0.055	-0.7	-0.105	-1.3	-0.077	-1.0	-0.227	-29.2
尤度比		0.1440		0.1365		0.1370		0.1351		

ETC データで推定したパラメータも、符号条件や t 値に問題はない。C2 データの結果と比較すると、普通車の料金パラメータが若干高めに推定される傾向にあるようである。

集計ロジットモデルによって推定された料金パラメータと所要時間パラメータから、車種別の時間価値を算出した。各説明変数における時間価値を以下に示す（表 8-4-6）。

表 8-4-6 算出された時間価値[円/分]

車種	料金表 + 所要時間表	料金表 + 平均所要時	平均料金 + 所要時間表	平均料金 + 平均所要時
普通車	46.4	19.3	58.7	23.7
大型車	26.2	11.2	32.6	13.3
特大車	54.5	23.3	86.6	34.1
中型車	28.1	12.0	37.6	15.0
軽自動車	29.5	12.4	38.8	16.0

C2 データの推定結果に比べ、算出された時間価値が低い傾向にある。これは、大型車・特大車・中型車はデータ補正を行ったが、普通車・軽自動車はデータ補正を行っていないことも影響しているのではと考えられる。

【データ補正（2）】

データ補正手順（2）によって補正した OD 交通量を用いた集計ロジットモデルの結果を以下に示す（表 8-4-7）

表 8-4-7 集計ロジットモデルの推定結果

説明変数	料金表 + 所要時間表		料金表 + 平均所要時間		平均料金 + 所要時間表		平均料金 + 平均所要時間			
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値		
利用料金	普通車	-0.0818	-66.0	-0.0872	-71.8	-0.1050	-103.6	-0.1100	-70.3	
	大型車	-0.1446	-98.6	-0.1491	-103.1	-0.1884	-113.9	-0.1955	-100.5	
	特大車	-0.0679	-27.4	-0.0702	-29.1	-0.0709	-33.1	-0.0760	-26.7	
	中型車	-0.1327	-65.9	-0.1380	-69.1	-0.1607	-83.3	-0.1700	-64.9	
	軽自動車	-0.1209	-15.4	-0.1280	-16.3	-0.1493	-38.1	-0.1529	-15.1	
所要時間	-0.3807	-27.6	-0.1686	-19.3	-0.6166	-28.1	-0.2608	-29.7		
定数項	区内	普通車	0.102	7.3	0.293	28.6	-0.089	45.0	0.259	25.4
		大型車	-2.108	-93.2	-1.921	-93.6	-2.265	-100.9	-19.278	-94.4
		特大車	-0.851	-16.2	-0.680	-13.2	-0.847	-16.1	-0.501	-10.9
		中型車	-1.346	-64.1	-1.157	-61.7	-1.476	-69.3	-1.146	-61.9
		軽自動車	-0.140	-3.5	0.051	1.3	-0.255	6.9	0.103	3.1
	区間外	普通車	0.086	5.9	-0.013	-0.9	0.045	-29.0	-0.152	-11.2
		大型車	0.313	13.8	0.248	10.9	0.286	-11.2	0.145	6.4
		特大車	0.518	7.8	0.496	7.4	0.091	6.5	-0.042	-0.6
		中型車	-0.172	-6.4	-0.242	-9.0	-0.282	-12.3	-0.415	-15.6
		軽自動車	-0.067	-0.8	-0.118	-1.5	-0.082	-13.4	-0.232	-3.0
尤度比	0.1366		0.1360		0.1365		0.1346			

【データ補正1】と同様に、C2データの推定結果と比較すると普通車の料金パラメータが若干ではあるが高い傾向にある。

集計ロジットモデルによって推定された料金パラメータと所要時間パラメータから、車種別の時間価値を算出した。各説明変数における時間価値を以下に示す（表8-4-8）。

表8-4-8 算出された時間価値[円/分]

車種	料金表 + 所要時間表	料金表 + 平均所要時	平均料金 + 所要時間表	平均料金 + 平均所要時
普通車	46.6	19.3	58.7	23.7
大型車	26.3	11.3	32.7	13.3
特大車	56.1	24.0	86.9	34.3
中型車	28.7	12.2	38.4	15.3
軽自動車	31.5	13.2	41.3	17.1

やはりC2データの推定結果と比較すると時間価値が低く算出されているが、平均料金+所要時間表はC2データの時間価値水準とほぼ同じ結果を取っている。ETCデータの方が平均料金との相性が良いのでは言える。

8-5 感度分析比較

前項で求めた料金パラメータ（C2×8、ETC×8、データ補正×2の計32）において、実験区間外と実験区間内それぞれの選択確率を計算した。実験区間内の料金割引率を0%~90%まで変化させ、選択確率がどのように変化するかを比較した。

選択確率の計算においては、4肢選択箇所（上図8-3-1の④、⑩）と2肢選択箇所（上図8-3-1の④と⑩以外）に分け、それぞれの区間内、区間外の全体平均確率を求めている。計算手法としては平均値法を使用した。平均値法は、データの平均値に、最尤法推定にて求めたパラメータを掛け合わせて求められる。

以下に図表リストに付記する（表8-5-1）。

表 8-5-1 感動分析の図表リスト

データ名	データ補正	説明変数	選択肢	図番号	
				実験区間内	実験区間外
C2	手順①	(1) 料金表 + 所要時間表	2	図 8-5-1	図 8-5-2
			4	図 8-5-3	図 8-5-4
		(2) 料金表 + 平均所要時間	2	図 8-5-5	図 8-5-6
			4	図 8-5-7	図 8-5-8
		(3) 平均料金 + 平均時間表	2	図 8-5-9	図 8-5-10
			4	図 8-5-11	図 8-5-12
		(4) 平均料金 + 平均所要時間	2	図 8-5-13	図 8-5-14
			4	図 8-5-15	図 8-5-16
	手順②	(1) 料金表 + 所要時間表	2	図 8-5-17	図 8-5-18
			4	図 8-5-19	図 8-5-20
		(2) 料金表 + 平均所要時間	2	図 8-5-21	図 8-5-22
			4	図 8-5-23	図 8-5-24
		(3) 平均料金 + 平均時間表	2	図 8-5-25	図 8-5-26
			4	図 8-5-27	図 8-5-28
		(4) 平均料金 + 平均所要時間	2	図 8-5-29	図 8-5-30
			4	図 8-5-31	図 8-5-32
ETC	手順③	(1) 料金表 + 所要時間表	2	図 8-5-33	図 8-5-34
			4	図 8-5-35	図 8-5-36
		(2) 料金表 + 平均所要時間	2	図 8-5-37	図 8-5-38
			4	図 8-5-39	図 8-5-40
		(3) 平均料金 + 平均時間表	2	図 8-5-41	図 8-5-42
			4	図 8-5-43	図 8-5-44
		(4) 平均料金 + 平均所要時間	2	図 8-5-45	図 8-5-46
			4	図 8-5-47	図 8-5-48
	手順④	(1) 料金表 + 所要時間表	2	図 8-5-49	図 8-5-50
			4	図 8-5-51	図 8-5-52
		(2) 料金表 + 平均所要時間	2	図 8-5-53	図 8-5-54
			4	図 8-5-55	図 8-5-56
		(3) 平均料金 + 平均時間表	2	図 8-5-57	図 8-5-58
			4	図 8-5-59	図 8-5-60
		(4) 平均料金 + 平均所要時間	2	図 8-5-61	図 8-5-62
			4	図 8-5-63	図 8-5-64

図 8-5-1 (詳細は表 8-5-1 参照)

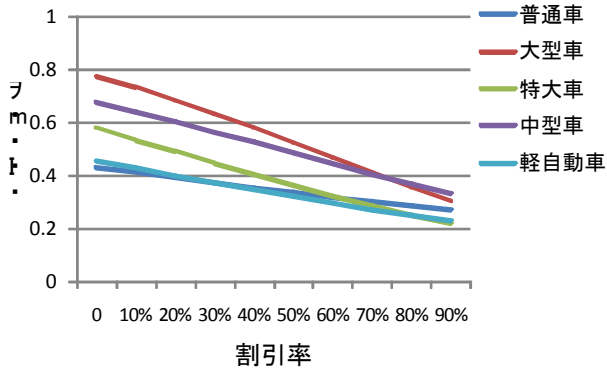


図 8-5-2 (詳細は表 8-5-1 参照)

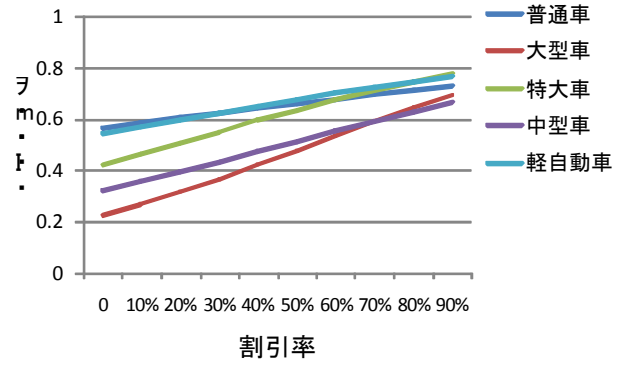


図 8-5-3 (詳細は表 8-5-1 参照)

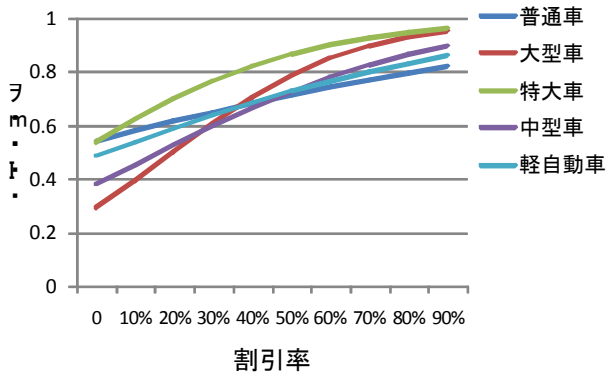


図 8-5-4 (詳細は表 8-5-1 参照)

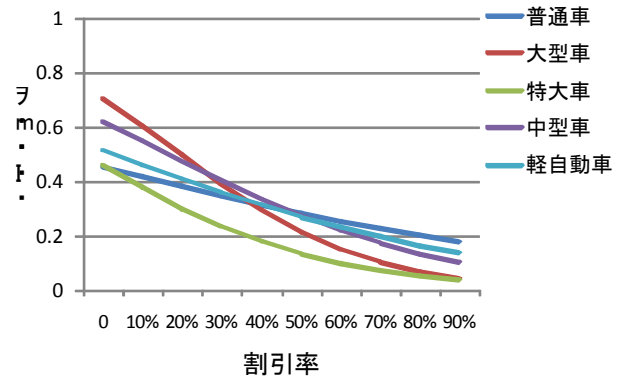


図 8-5-5 (詳細は表 8-5-1 参照)

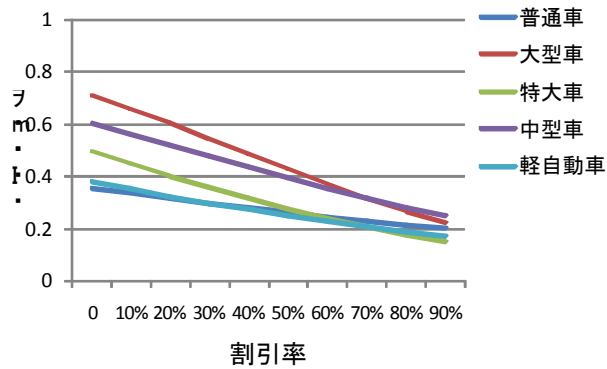


図 8-5-6 (詳細は表 8-5-1 参照)

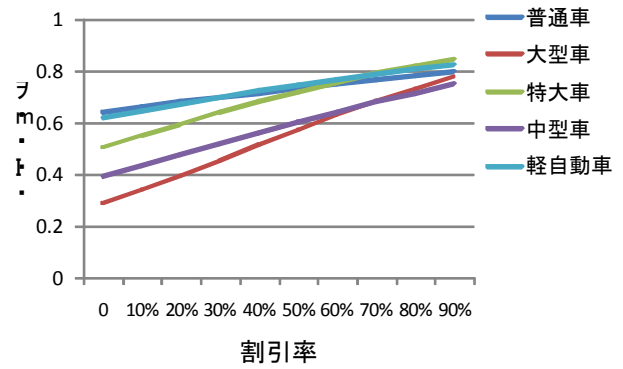


図 8-5-7 (詳細は表 8-5-1 参照)

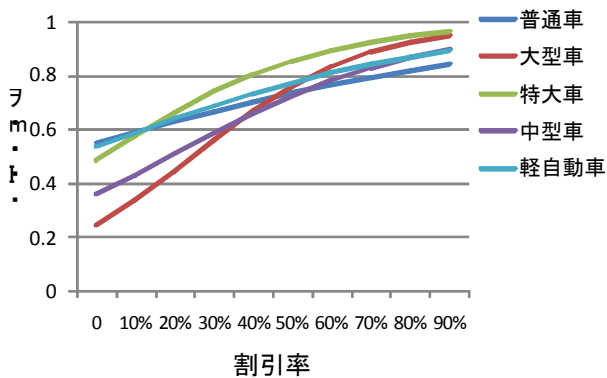


図 8-5-8 (詳細は表 8-5-1 参照)

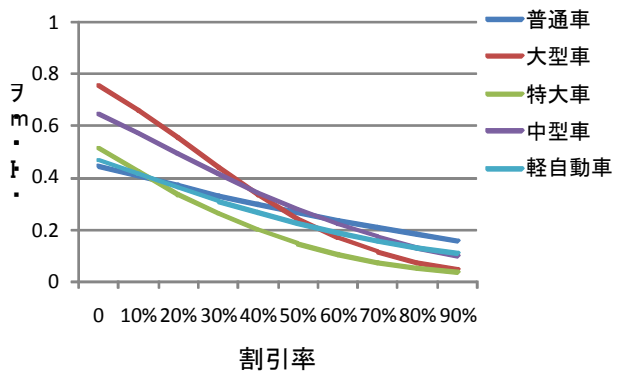


図 8-5-9 (詳細は表 8-5-1 参照)

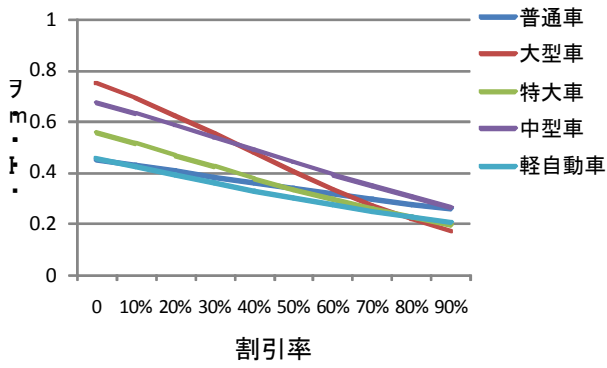


図 8-5-10 (詳細は表 8-5-1 参照)

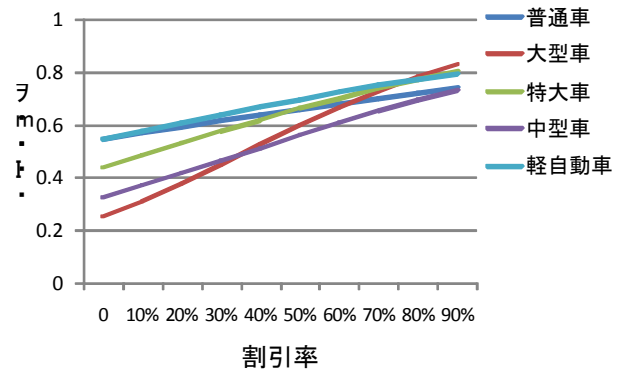


図 8-5-11 (詳細は表 8-5-1 参照)

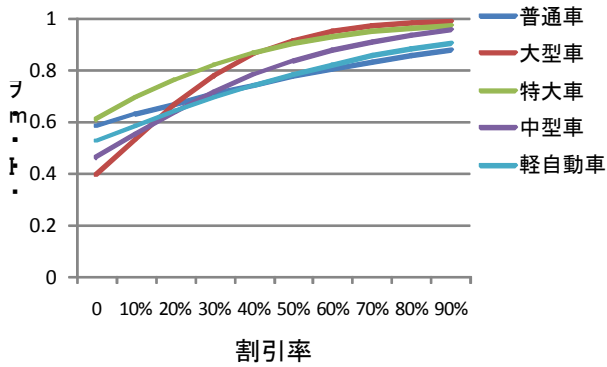


図 8-5-12 (詳細は表 8-5-1 参照)

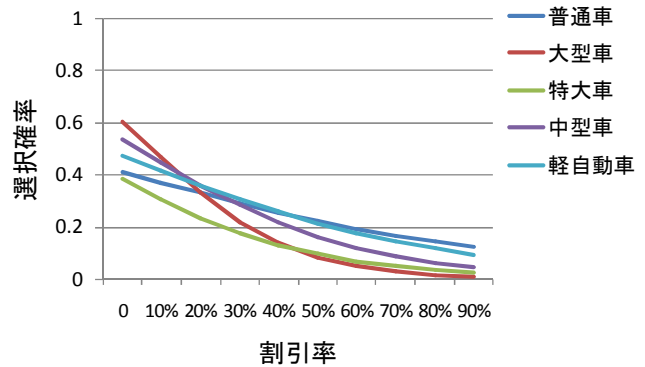


図 8-5-13 (詳細は表 8-5-1 参照)

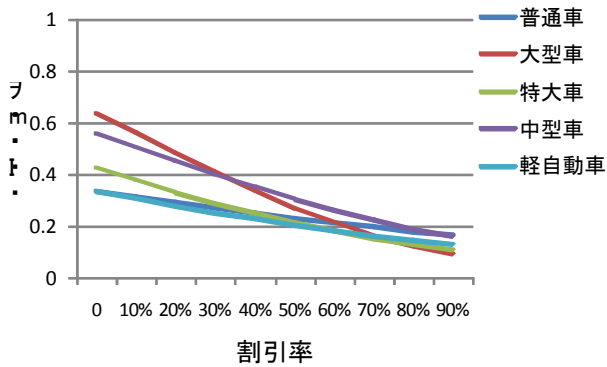


図 8-5-14 (詳細は表 8-5-1 参照)

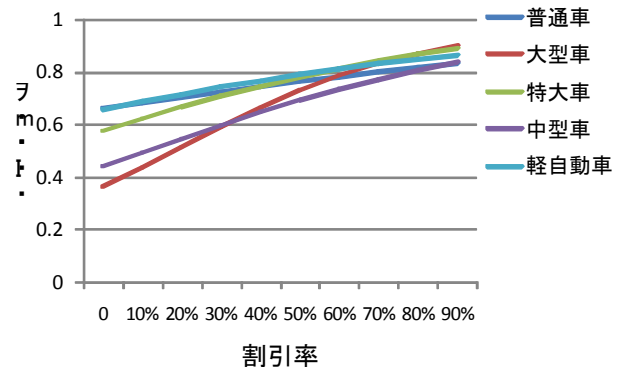


図 8-5-15 (詳細は表 8-5-1 参照)

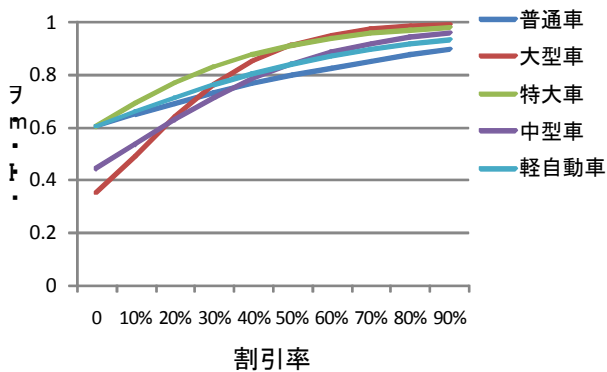


図 8-5-16 (詳細は表 8-5-1 参照)

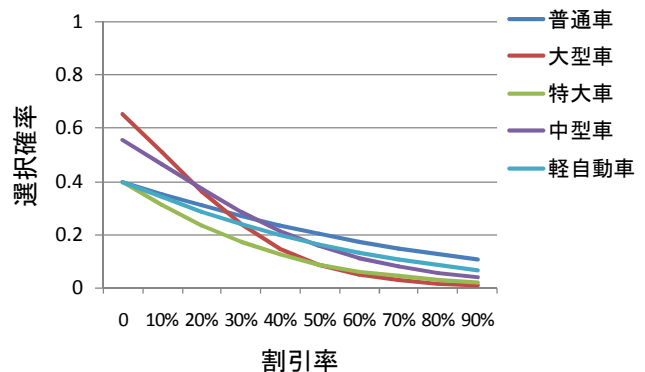


図 8-5-17 (詳細は表 8-5-1 参照)

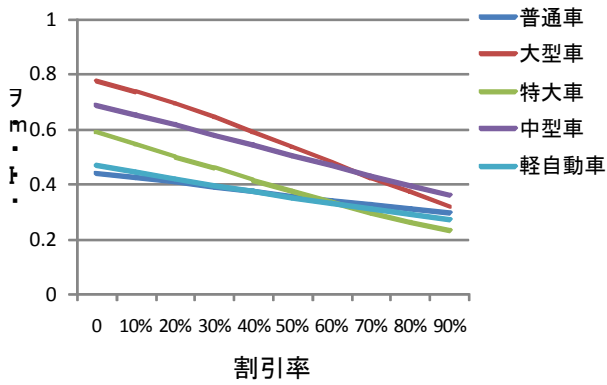


図 8-5-18 (詳細は表 8-5-1 参照)

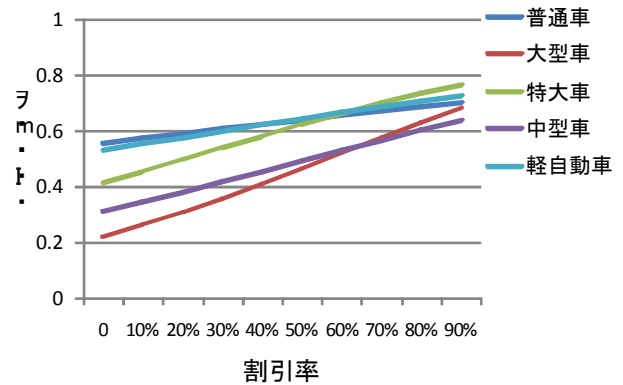


図 8-5-19 (詳細は表 8-5-1 参照)

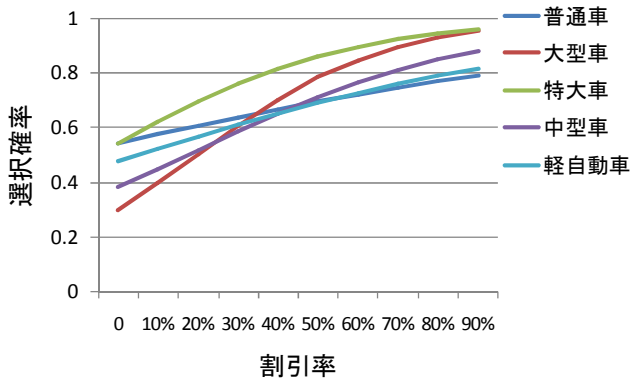


図 8-5-20 (詳細は表 8-5-1 参照)

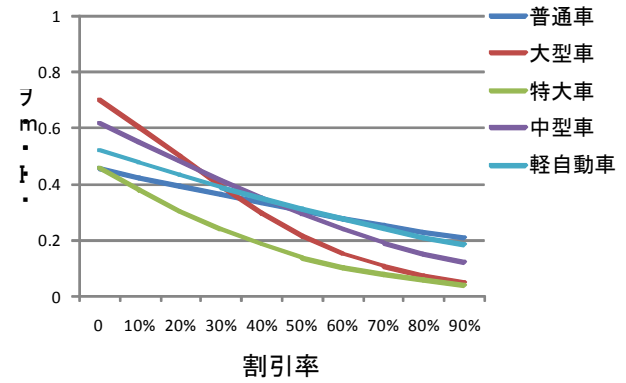


図 8-5-21 (詳細は表 8-5-1 参照)

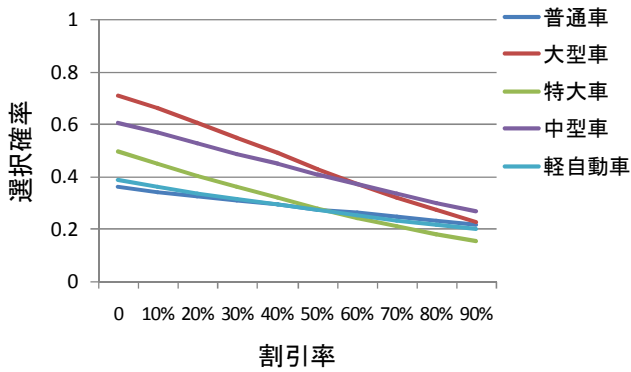


図 8-5-22 (詳細は表 8-5-1 参照)

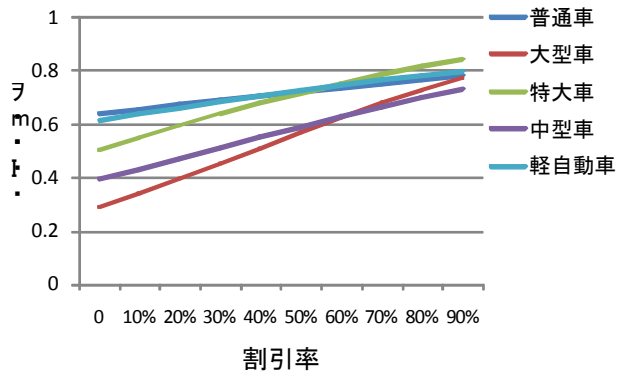


図 8-5-23 (詳細は表 8-5-1 参照)

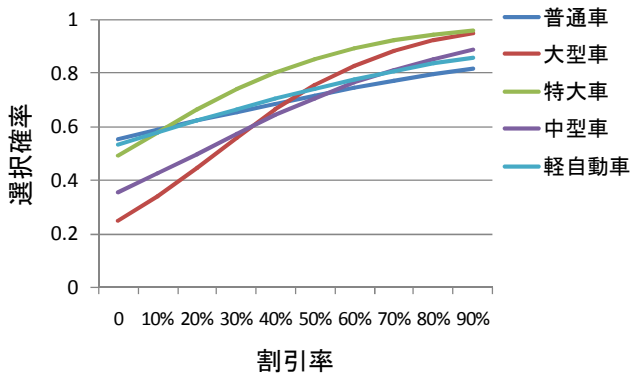


図 8-5-24 (詳細は表 8-5-1 参照)

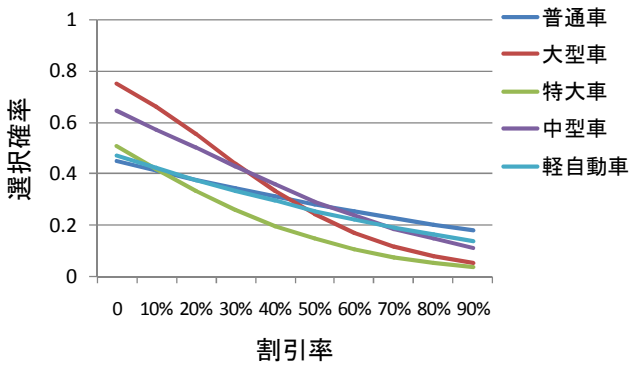


図 8-5-25 (詳細は表 8-5-1 参照)

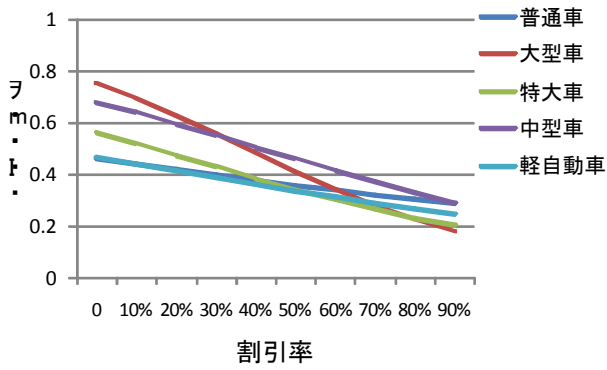


図 8-5-26 (詳細は表 8-5-1 参照)

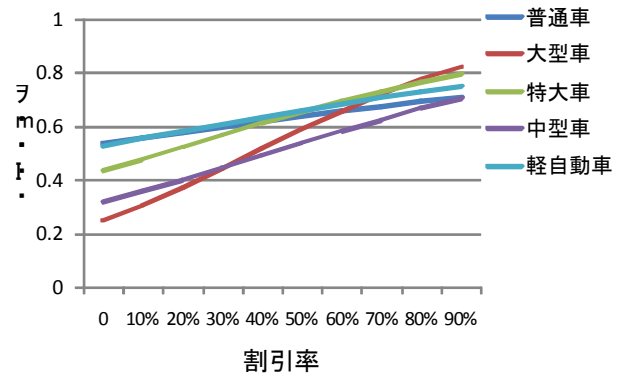


図 8-5-27 (詳細は表 8-5-1 参照)

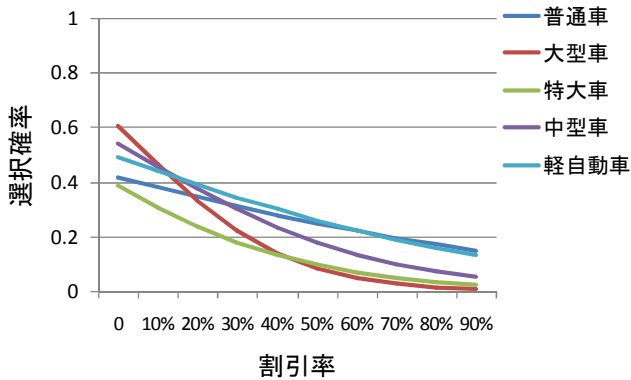


図 8-5-28 (詳細は表 8-5-1 参照)

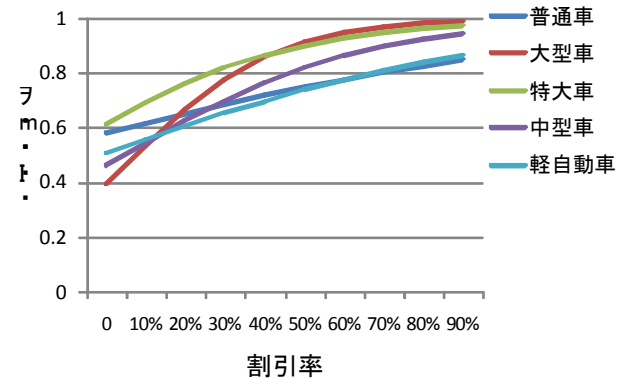


図 8-5-29 (詳細は表 8-5-1 参照)

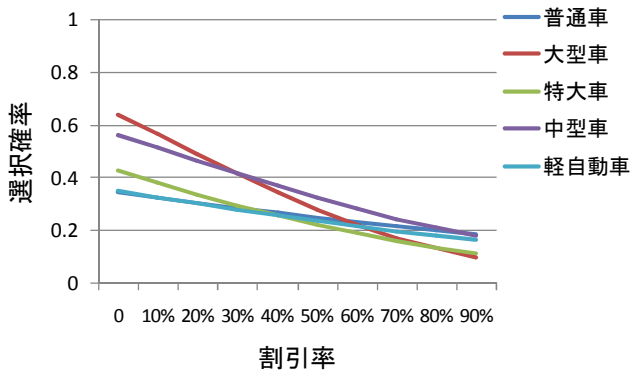


図 8-5-30 (詳細は表 8-5-1 参照)

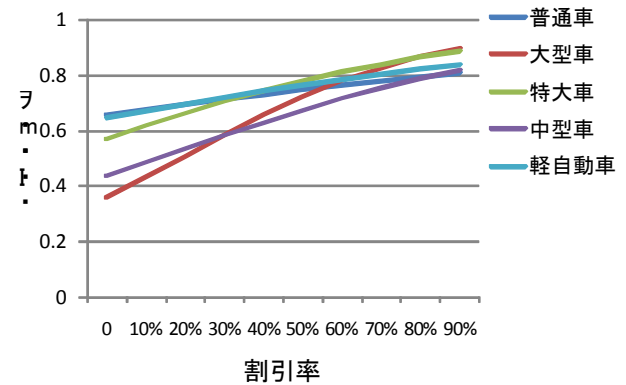


図 8-5-31 (詳細は表 8-5-1 参照)

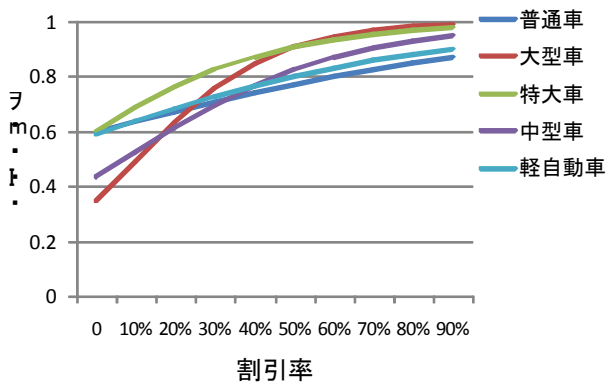


図 8-5-32 (詳細は表 8-5-1 参照)

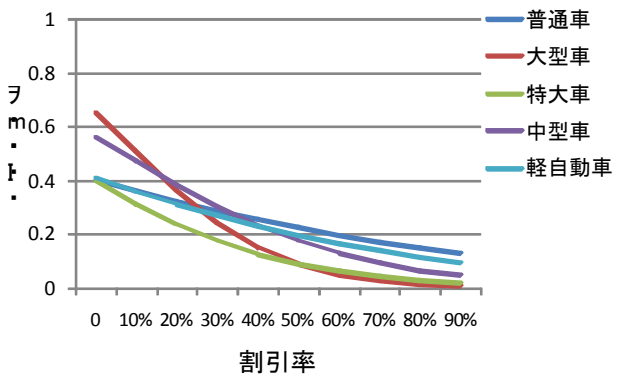


図 8-5-33 (詳細は表 8-5-1 参照)

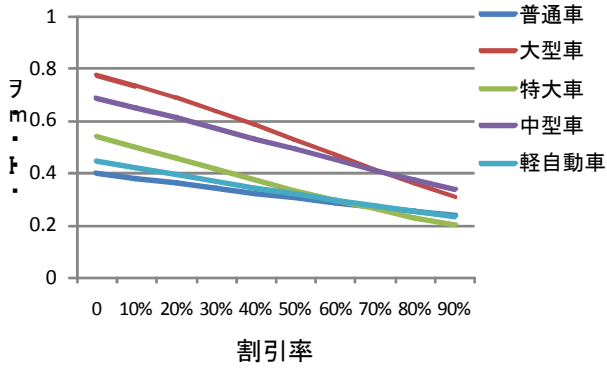


図 8-5-34 (詳細は表 8-5-1 参照)

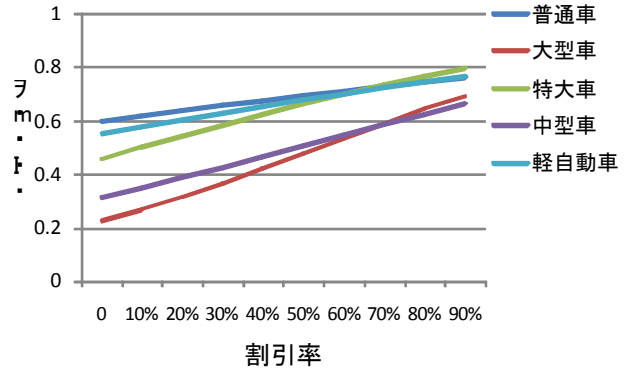


図 8-5-35 (詳細は表 8-5-1 参照)

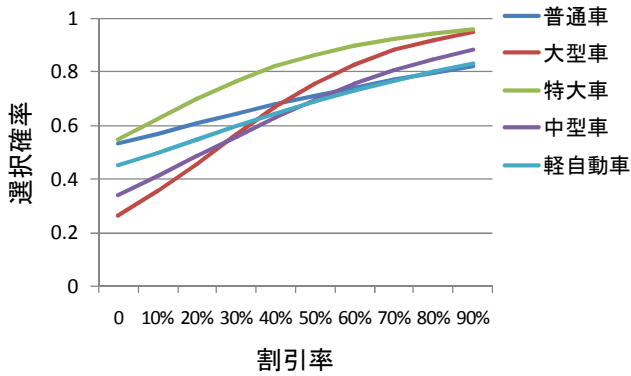


図 8-5-36 (詳細は表 8-5-1 参照)

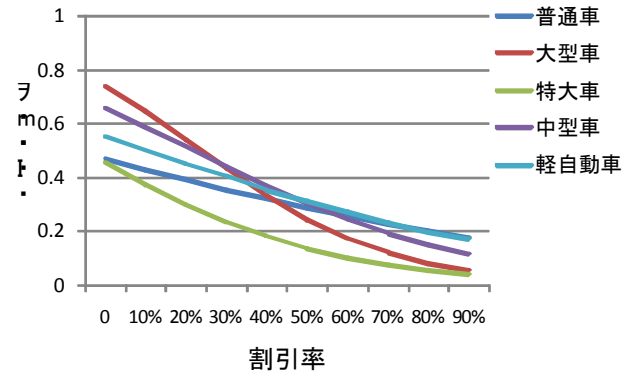


図 8-5-37 (詳細は表 8-5-1 参照)

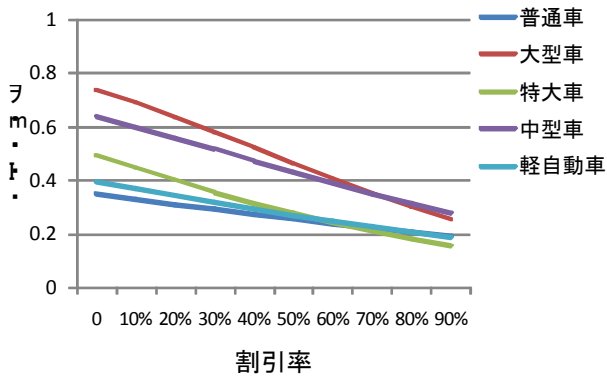


図 8-5-38 (詳細は表 8-5-1 参照)

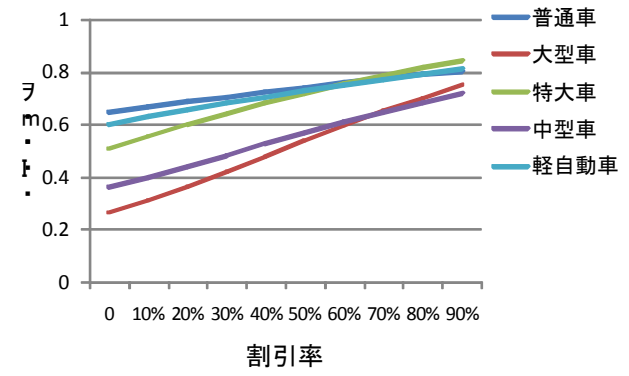


図 8-5-39 (詳細は表 8-5-1 参照)

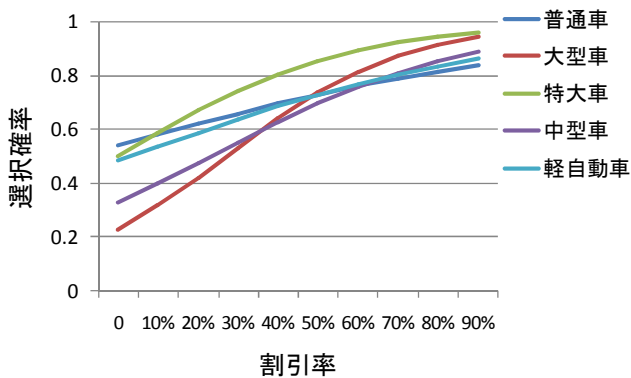


図 8-5-40 (詳細は表 8-5-1 参照)

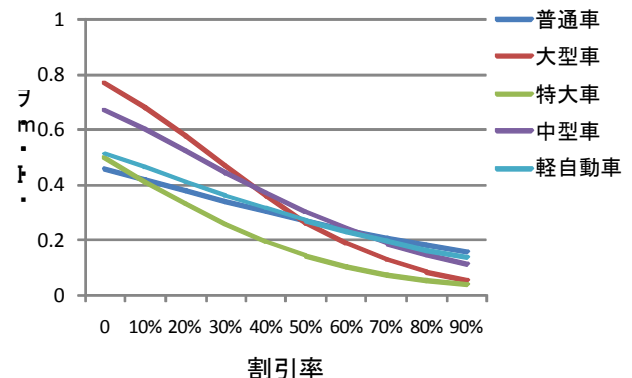


図 8-5-4 1 (詳細は表 8-5-1 参照)

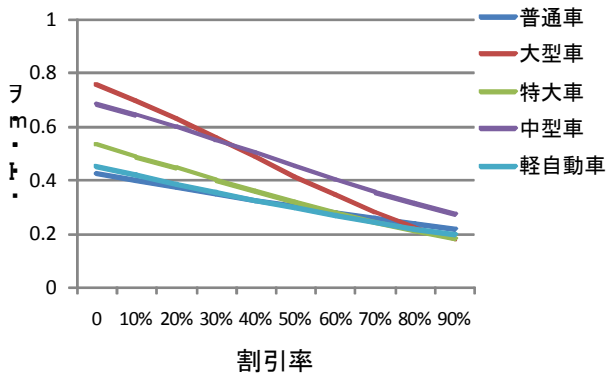


図 8-5-4 2 (詳細は表 8-5-1 参照)

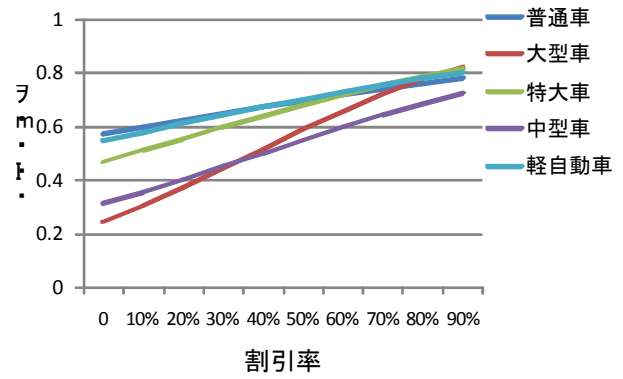


図 8-5-4 3 (詳細は表 8-5-1 参照)

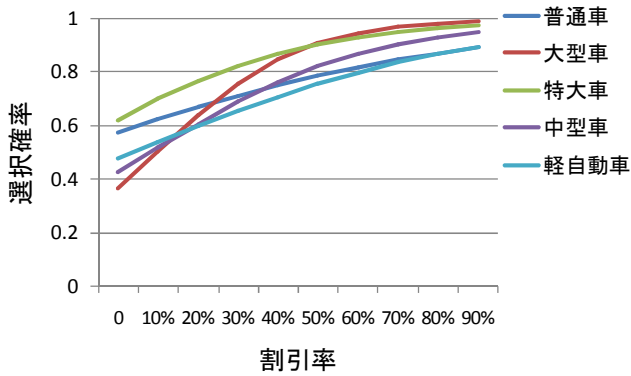


図 8-5-4 4 (詳細は表 8-5-1 参照)

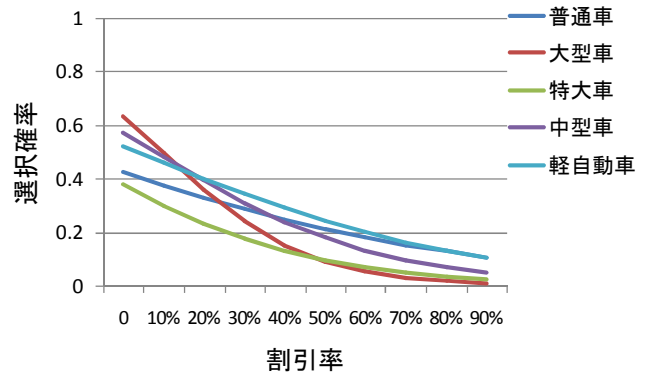


図 8-5-4 5 (詳細は表 8-5-1 参照)

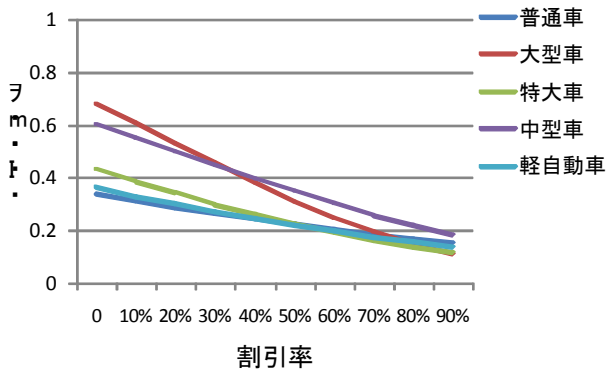


図 8-5-4 6 (詳細は表 8-5-1 参照)

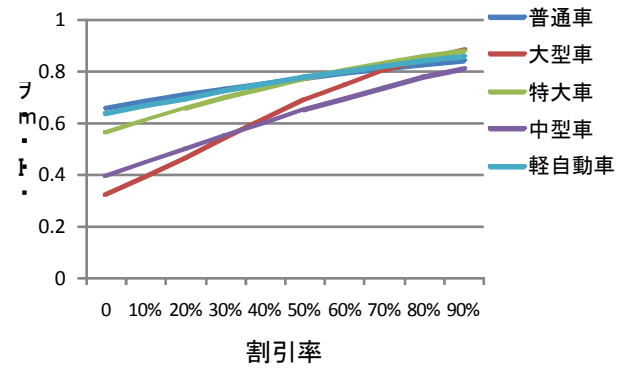


図 8-5-4 7 (詳細は表 8-5-1 参照)

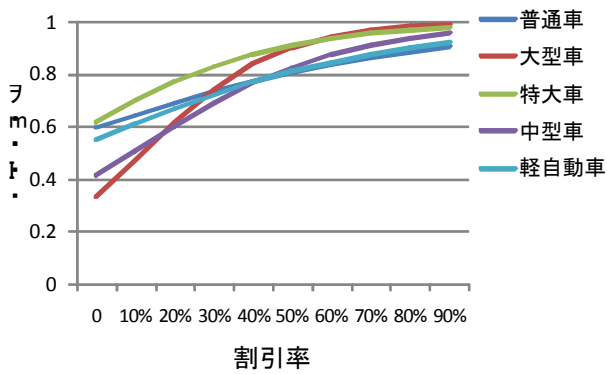


図 8-5-4 8 (詳細は表 8-5-1 参照)

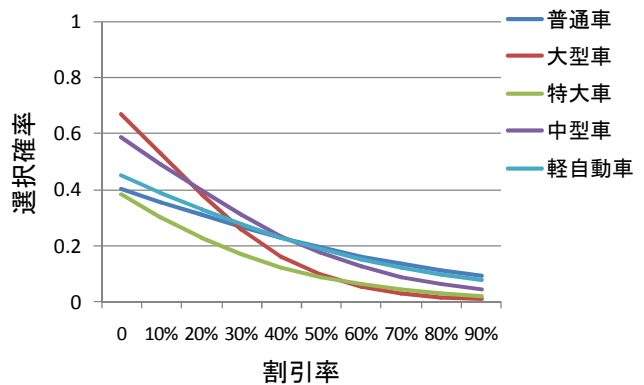


図 8-5-49 (詳細は表 8-5-1 参照)

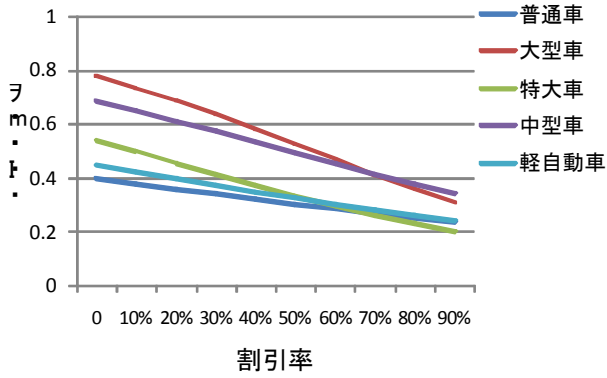


図 8-5-50 (詳細は表 8-5-1 参照)

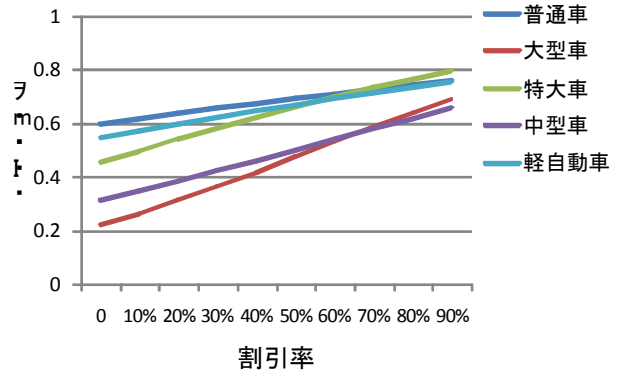


図 8-5-51 (詳細は表 8-5-1 参照)

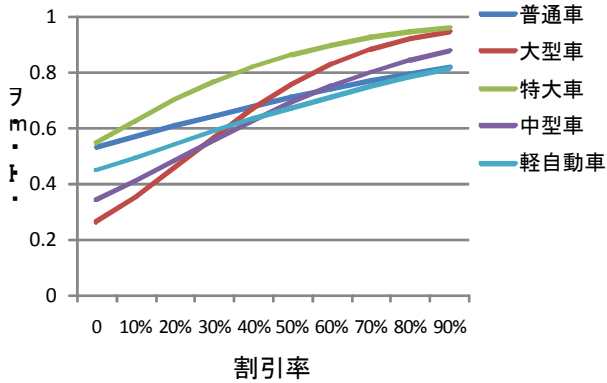


図 8-5-52 (詳細は表 8-5-1 参照)

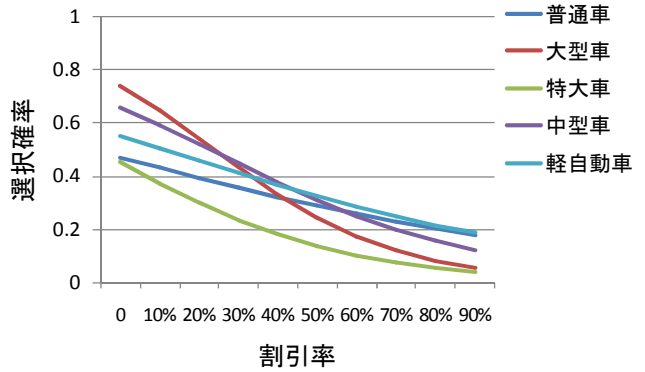


図 8-5-53 (詳細は表 8-5-1 参照)

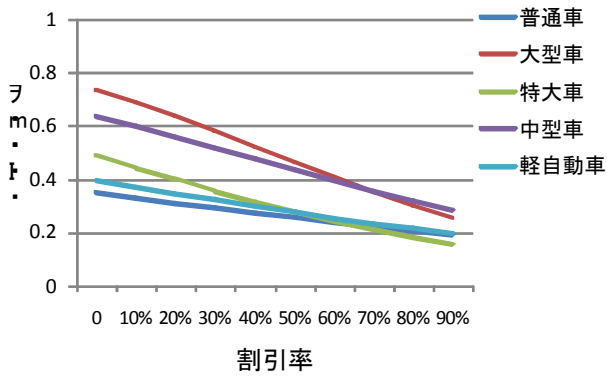


図 8-5-54 (詳細は表 8-5-1 参照)

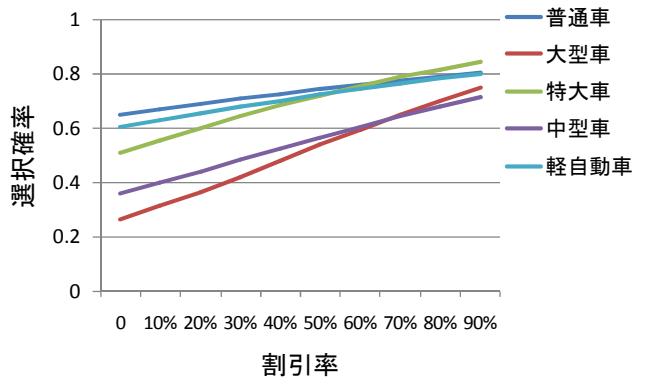


図 8-5-55 (詳細は表 8-5-1 参照)

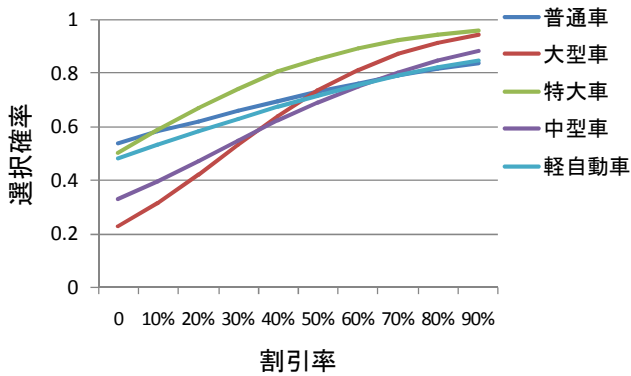


図 8-5-56 (詳細は表 8-5-1 参照)

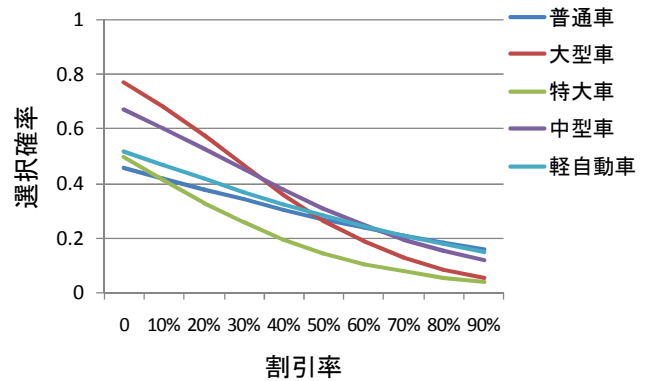


図 8-5-57 (詳細は表 8-5-1 参照)

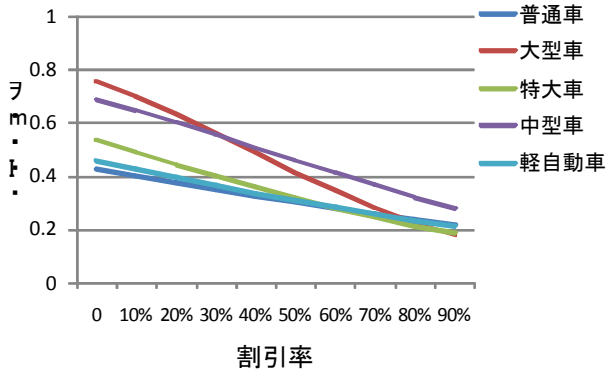


図 8-5-58 (詳細は表 8-5-1 参照)

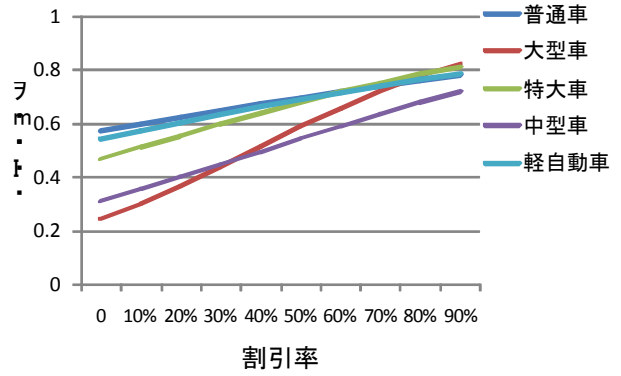


図 8-5-59 (詳細は表 8-5-1 参照)

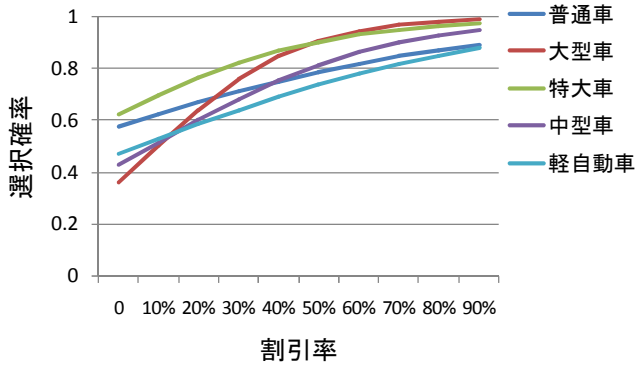


図 8-5-60 (詳細は表 8-5-1 参照)

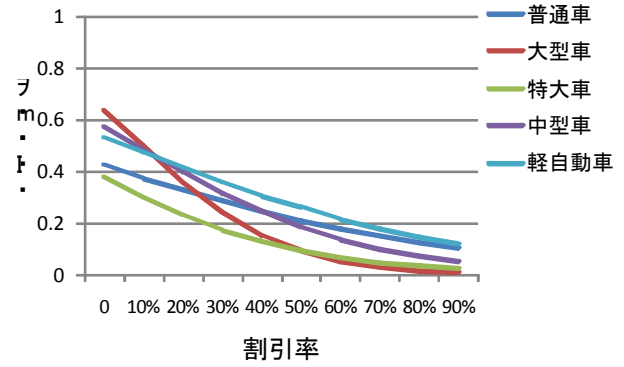


図 8-5-61 (詳細は表 8-5-1 参照)

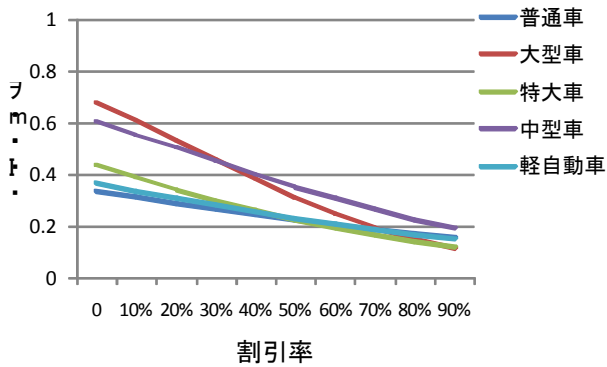


図 8-5-62 (詳細は表 8-5-1 参照)

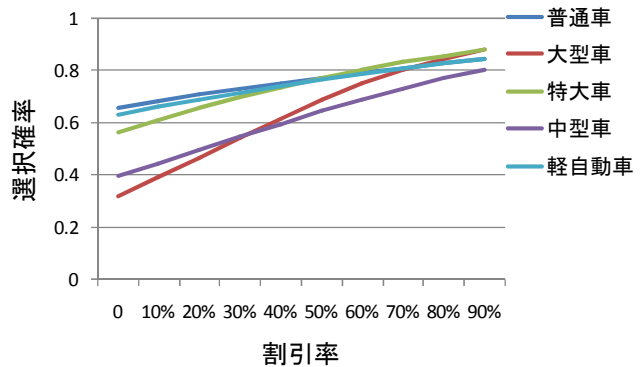


図 8-5-63 (詳細は表 8-5-1 参照)

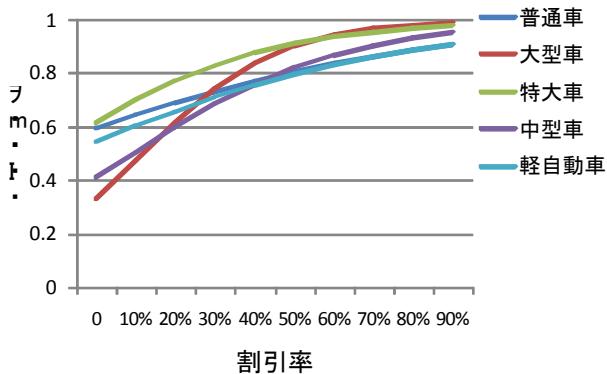
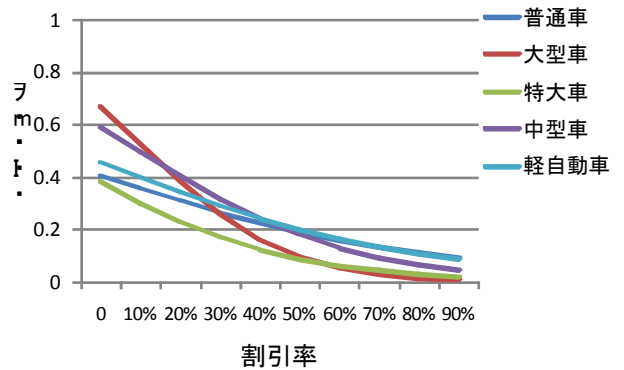


図 8-5-64 (詳細は表 8-5-1 参照)



上記感度分析の比較結果より、料金パラメータの大小による多少の変化幅の違いが見られるが、それほど大きな違いではない。全体に言える大きな特徴は、2肢選択の選択確率は直線変化で、4肢選択の選択確率は曲線変化をしていることである。4肢選択の実験区間内選択確率は50%割引付近までは急激に上昇し、そこからは緩やかな上昇カーブを描くことが多い。また、おかしな感度を見せる料金パラメータは存在しなかった。

8-6 まとめ

本章では、ある仮定のもとで一般道転換交通量の補正を行い、実験区間外 IC から実験区間内 IC への高速転換需要をデータから抜き出し、集計ロジットモデルを用いて高速転換に関する IC 選択モデル構築を行った。と同時に、推定された料金パラメータと所要時間パラメータから時間価値の導出も行った。

結果、所要時間表を用いたモデルでは時間価値が概ね良好な値となった。だが、平均所要時間を説明変数としたモデルでは、時間価値が過小推定される傾向にあることが明らかとなった。感度分析の結果からは、2肢選択と4肢選択とでの料金変化に対する反応の違いが明らかとなった。

また、本章では一般道補正に関して、同区間からの一般道転換だけを考慮した【データ補正1】と実験区間外からの一般道転換も考慮した【データ補正2】の2つの方法によって一般道転換補正を行った。だが、実際には、実験区間外からの一般道転換は十分にあると考えられるので、【データ補正2】がより現実的な考え方だと言える。

さらに、ETC データは実験前後において ETC 利用率の違いがあるため、一般道転換をうまく抜き出せていない感がある。そのため、C2 データを用いたモデルの方がより料金変化に対する反応を表していると考えられる。

以上の理由から、次章では【データ補正2】と C2 データを用いた集計ロジットモデルにて推定された料金パラメータを用いた分析を試みる。

第9章 料金パラメータを用いた応用分析

9-1 一般道を含めた総交通量の推計

9-1-1 一般道交通量推計の考え方と手順

ここでは、前章で求めた料金パラメータ（表9-1-1）を用いた集計ロジットモデルにより、一般道交通量を逆推計する。一般道交通量の推計は以下の手順に従って行う（図9-1-1）。この章で扱うデータは、前章までと同様に実験期間（2005年7月～8月）と翌年同月（2006年7月～8月）の4ヶ月間データである。

表9-1-1 集計ロジットモデルの推定結果（料金表+所要時間表）

利 用 料 金	普通車($\alpha 1$)	-0.0684	-91.2
	大型車($\alpha 2$)	-0.1425	-107.4
	特大車($\alpha 3$)	-0.0681	-30.5
	中型車($\alpha 4$)	-0.1254	-77.5
	軽自動車($\alpha 5$)	-0.1129	-35.4
	所要時間($\alpha 6$)	-0.5158	-52.6

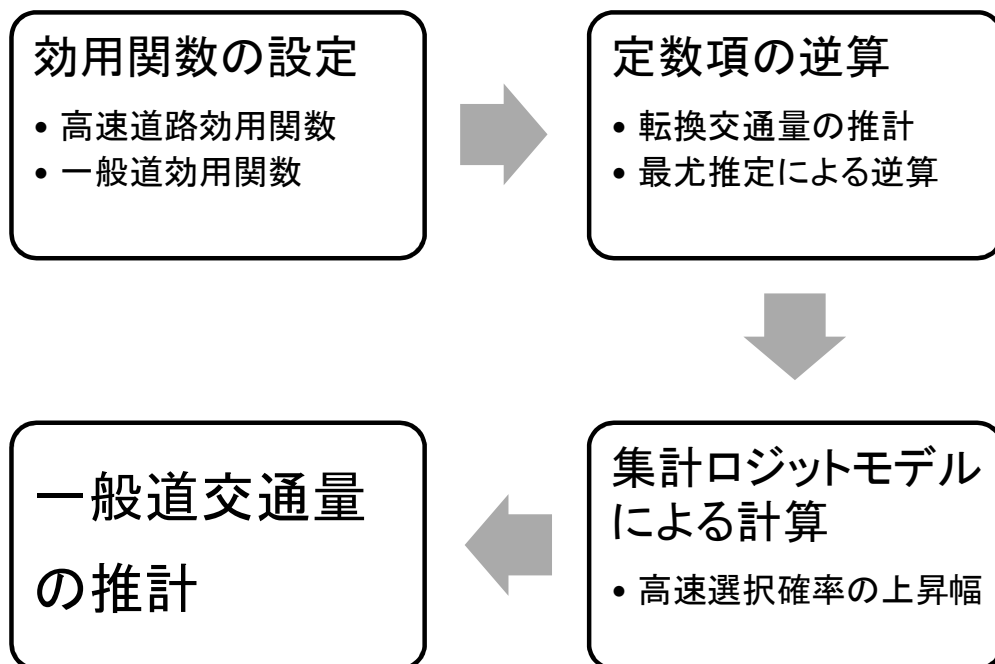


図9-1-1 一般道交通量推定の手順

①効用関数の設定

一般道交通量の車種別料金感度、時間価値が上記で推定された値と同じであると仮定し、高速道路と一般道の効用関数を以下のように設定する。

高速道路の効用関数： $V_{ic} = \theta_{1c} * Price_i + \theta_2 * Time_i + \theta_3$ (9.1)

一般道路の効用関数： $V_{ic} = \theta_2 * Time_i * 3 + \theta_4$ (9.2)

i：選択肢（ICペア） c：車種（c=1, 2, 3, 4, 5）

Price：利用料金 Time：所要時間（※一般道は所要時間×3と設定）

θ_1 ：推定された料金パラメータ

θ_2 ：推定された所要時間パラメータ

θ_3, θ_4 ：定数項

②定数項の逆算

上記の効用関数において、定数項が未知数であり、このままでは集計ロジットモデルによる推定はできない。そこで、まず定数項の逆算を行う。

転換交通量＝「一般道転換①」＋「一般道転換②」＋「高速転換」として、
 （※一般道転換①：同区間からの転換、一般道転換②：区間外からの転換を示す）

5章より、一般道転換①、一般道転換②のOD交通量はすでにわかっており、5章で推定した高速転換に関する集計ロジットモデルを用いれば、高速転換交通量も推計することができる。よって、転換交通量のOD分布が把握できることになる。この転換交通量の変化を被説明変数とすれば、集計ロジットモデルにより定数項を逆算できる。

選択肢を以下のように定めて集計ロジットモデルによる最尤推定を行う（図9-1-2）。ただし、各選択肢は一般道も含んだ選択肢を設定している。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼			①	②	③	④	④
宇都宮			①	②	③	④	④
矢板	⑤	⑤		⑥	⑦	⑧	⑧
西那須野	⑨	⑨	⑩		⑪	⑫	⑫
那須	⑬	⑬	⑭	⑮		⑯	⑯
白河	⑰	⑰	⑱	⑲	⑳		
矢吹	⑰	⑰	⑱	⑲	⑳		

図9-1-2 選択肢の設定（黒：2選択、赤：4選択、青：8選択）

定数項の設定は、普通車・軽自動車と大型車・特大車・中型車の2つに分類して設定を変えた。これはOD交通量の変化がこの2グループで大きく違うことを加味したからである。設定は以下の通りである（図9-1-2、図9-1-4、表9-1-2）。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼			①	②	③	④	④
宇都宮			①	②	③	④	④
矢板	⑤	⑤		⑥	⑦	⑧	⑧
西那須野	⑨	⑨	⑩		⑪	⑫	⑫
那須	⑬	⑬	⑭	⑮		⑯	⑯
白河	⑰	⑰	⑱	⑲	⑳		
矢吹	⑰	⑰	⑱	⑲	⑳		

図9-1-3 普通車・軽自動車の定数項設定

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼			①	②	③	④	④
宇都宮			①	②	③	④	④
矢板	⑤	⑤		⑥	⑦	⑧	⑧
西那須野	⑨	⑨	⑩		⑪	⑫	⑫
那須	⑬	⑬	⑭	⑮		⑯	⑯
白河	⑰	⑰	⑱	⑲	⑳		
矢吹	⑰	⑰	⑱	⑲	⑳		

図9-1-4 大型車・特大車・中型車の定数項設定

表9-1-2 各選択肢における定数項の詳細

選択肢	定数項			
	高速道路		一般道	
	区間内	区間外	区間内	区間外
黒	$\alpha 1$	なし	なし	なし
赤	$\alpha 2$	$\beta 1$	$\gamma 1$	なし
緑	$\alpha 3$	$\beta 2$	$\gamma 2$	なし
紫	$\alpha 4$	$\beta 3$	$\gamma 3$	なし
青	$\alpha 5$	$\beta 4$	$\gamma 4$	$\delta 1$

上記より、推定する定数項は $\alpha 1 \sim \alpha 5$ 、 $\beta 1 \sim \beta 4$ 、 $\gamma 1 \sim \gamma 4$ 、 $\delta 1$ の14個の定数項となる。

③集計ロジットモデルによる計算

手順②で推定された定数項を含んだ集計ロジットモデルによって、高速道路と一般道との選択確率の計算を行う。計算するのは、2005年（実験期間）と2006年（実験後）の車種別 OD 選択確率である。推計された高速道路の実験区間内における選択確率を比較し、料金割引による高速道路の選択確率上昇幅を求める。

④一般道交通量の推計

手順③で求めた選択確率の上昇幅＝転換交通量と仮定し、2005年と2006年の一般道 OD 交通量を逆算する。

上記の手順によって、実際に一般道の OD 交通量の推計を行う。

9-1-2 一般道交通量の推計

ここでは普通車を例にとって、一般道 OD 交通量の推計を行う。

①効用関数の設定

上記の説明通りのためこの手順は省くこととする。

②定数項の逆算

5章で推定した集計ロジットモデルを用い、高速転換交通量を推計する。推計された高速転換交通量を以下に示す（表9-1-3）。

表9-1-3 実験前後の高速転換 OD 交通量（普通車）

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0	-2502	-5064	-4091	-1650	-676	-13982
宇都宮	0	-	2502	5064	4091	3798	-1473	13982
矢板	-2883	2883	-	0	0	1318	-1318	0
西那須野	-4945	4945	0	-	0	583	-583	0
那須	-3874	3874	0	0	-	449	-449	0
白河	-1739	3623	979	604	523	-	0	3990
矢吹	-638	-1246	-979	-604	-523	0	-	-3990
計	-14079	14079	0	0	0	4499	-4499	0

また、同様に5章より求められた一般道転換①（同区間からの転換）、一般道転換②（区間外からの転換）の OD 交通量を以下に示す（表9-1-4、表9-1-5）。

表9-1-4 一般道転換交通量①（普通車）

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0	0	0	0	0	0	0
宇都宮	0	-	9508	12752	7988	4647	0	34895
矢板	0	11102	-	3377	3878	3240	0	21596
西那須野	0	12602	2856	-	1598	1937	0	18992
那須	0	7928	3085	1845	-	2220	0	15078
白河	0	4536	2303	2053	2548	-	0	11440
矢吹	0	0	0	0	0	0	-	0
計	0	36167	17751	20027	16012	12043	0	102001

表 9 - 1 - 4 一般道転換交通量② (普通車)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0	0	0	0	0	0	0
宇都宮	0	-	2336	3134	1963	1142	0	8575
矢板	0	2728	-	0	0	796	0	3524
西那須野	0	3097	0	-	0	476	0	3573
那須	0	1948	0	0	-	545	0	2494
白河	0	1115	566	505	626	-	0	2811
矢吹	0	0	0	0	0	0	-	0
計	0	8888	2902	3638	2589	2959	0	20977

転換交通量 = 「一般道転換①」 + 「一般道転換②」 + 「高速転換」なので、社会実験による転換交通量を求めることができる。さらに、転換交通量は実験後に元の区間交通量に戻ると仮定すれば、実験前後の OD 交通量変化を表現可能となる。その結果、2005 年と 2006 年の OD 交通量変化だけを抜き出すと、以下ようになる(表 9 - 1 - 6 ~ 表 9 - 1 - 9)。

表 9 - 1 - 6 2005 年高速道路 OD 交通量 (交通量変化のみ)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0	0	0	0	0	0	0
宇都宮	0	-	14346	20950	14042	9587	0	58924
矢板	0	16712	-	3377	3878	5354	0	29321
西那須野	0	20644	2856	-	1598	2996	0	28093
那須	0	13751	3085	1845	-	3214	0	21895
白河	0	9274	3848	3162	3697	-	0	19981
矢吹	0	0	0	0	0	0	-	0
計	0	60381	24135	29333	23215	21151	0	158214

表 9 - 2 - 7 2005 年一般道 OD 交通量 (交通量変化のみ)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0	0	0	0	0	0	0
宇都宮	0	-	0	0	0	0	0	0
矢板	0	0	-	0	0	0	0	0
西那須野	0	0	0	-	0	0	0	0
那須	0	0	0	0	-	0	0	0
白河	0	0	0	0	0	-	0	0
矢吹	0	0	0	0	0	0	-	0
計	0	0	0	0	0	0	0	0

表 9 - 2 - 8 2006 年高速道路 OD 交通量 (交通量変化のみ)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0	2502	5064	4091	1650	676	13982
宇都宮	0	-	0	0	0	0	1473	1473
矢板	2883	0	-	0	0	0	1318	4201
西那須野	4945	0	0	-	0	0	583	5528
那須	3874	0	0	0	-	0	449	4323
白河	1739	0	0	0	0	-	0	1739
矢吹	638	1246	979	604	523	0	-	3990
計	14079	1246	3481	5668	4613	1650	4499	35236

表 9 - 2 - 9 2006 年一般道 OD 交通量 (交通量変化のみ)

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	0	2336	3134	1963	496	203	8132
宇都宮	0	-	9508	12752	7988	4647	443	35338
矢板	2728	11102	-	3377	3878	3240	796	25120
西那須野	3097	12602	2856	-	1598	1937	476	22565
那須	1948	7928	3085	1845	-	2220	545	17572
白河	535	4536	2303	2053	2548	-	0	11975
矢吹	196	383	566	505	626	0	-	2276
計	8504	36551	20654	23666	18601	12539	2463	122978

上記の交通量変化を被説明変数とする集計ロジットモデルにより、定数項の逆算を行った。定数項の設定は、上図 (図 9 - 1 - 3、図 9 - 1 - 4) に従うものとする。集計ロジットモデルにより推定された定数項のうち、t 値が有意水準に満たないものを除外して再度推定した定数項の結果を以下に示す (表 9 - 1 - 10)。

※表中の「除外」は、t 値が有意水準に満たなかった定数項を示している。

また、定数項の色は上記 (表 9 - 1 - 2) との対応関係にある。

表 9-1-10 逆算された定数項の結果

定数項			車種					
			普通車	大型車	特大車	中型車	軽自動車	
高速道路	区間内	$\alpha 1$	パラメータ	-1.40	-0.58	-0.94	-0.99	-1.24
			t値	-123.6	-6.4	-6.2	-21.4	-40.2
		$\alpha 2$	パラメータ	-1.53	-1.20	-2.15	-1.30	除外
			t値	-172.6	-59.7	-33.3	-50.8	除外
		$\alpha 3$	パラメータ	-2.09	-1.98	-2.17	-1.80	除外
	t値		-111.7	-36.9	-19.4	-34.0	除外	
	$\alpha 4$	パラメータ	なし	-2.82	-3.37	-2.95	なし	
		t値	なし	-232.9	-111.9	-122.4	なし	
	$\alpha 5$	パラメータ	-2.82	-1.75	-2.31	-2.37	除外	
		t値	-86.0	-53.0	-21.8	-65.6	除外	
	区間外	$\beta 1$	パラメータ	-2.13	除外	-1.75	-0.65	除外
			t値	-202.0	除外	-21.5	-23.8	除外
		$\beta 2$	パラメータ	-2.56	-0.98	-2.00	-1.35	除外
			t値	-111.7	-14.3	-11.8	-21.2	除外
		$\beta 3$	パラメータ	なし	-1.36	-2.68	-2.04	なし
			t値	なし	-93.4	-63.3	-74.5	なし
$\beta 4$		パラメータ	-3.56	-0.88	-2.01	-2.04	除外	
		t値	-104.5	-25.7	-17.8	-53.4	除外	
一般道	区間内	$\gamma 1$	パラメータ	0.01	-3.05	-2.35	-1.26	除外
			t値	1.2	-57.0	-24.2	-40.5	除外
		$\gamma 2$	パラメータ	-0.48	-3.53	-2.79	-1.72	除外
			t値	-25.6	-33.5	-16.9	-27.6	除外
	$\gamma 3$	パラメータ	なし	-3.68	-2.96	-1.88	なし	
		t値	なし	-159.1	-66.9	-65.3	なし	
	$\gamma 4$	パラメータ	0.64	-2.27	-1.46	-0.68	除外	
		t値	19.0	-44.9	-11.0	-15.5	除外	
	区間外	$\delta 1$	パラメータ	0.09	0.36	0.49	除外	除外
			t値	2.0	9.6	4.1	除外	除外

③集計ロジットモデルによる計算

上記表の定数項を集計ロジットモデルの定数項とし、2005年と2006年の高速道路と一般道の選択確率をそれぞれ計算した。計算した選択確率のうち、実験区間内における選択確率の上昇幅、つまり選択確率の差分を求める（表9-1-11）。

表 9-1-11 実験区間内の選択確率上昇

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼	-	0	0	0	0	0	0
宇都宮	0	-	0.043	0.093	0.113	0.134	0
矢板	0	0.043	-	0.059	0.079	0.111	0
西那須野	0	0.093	0.059	-	0.039	0.085	0
那須	0	0.113	0.079	0.039	-	0.042	0
白河	0	0.134	0.111	0.085	0.042	-	0
矢吹	0	0	0	0	0	0	-

実験区間内 i における 2005 年の選択確率と総交通量を P_i^+ 、 T_i^+ 、同じく 2006 年の選択確率と総交通量を P_i^- 、 T_i^- 、転換交通量を ΔT_i と置くと、以下の式が成り立つ。

$$(T_i^+ \times P_i^+) - (T_i^- \times P_i^-) = \Delta T_i$$

ここで、2005 年と 2006 年の総交通量は等しいと仮定できるので、 $T_i^+ = T_i^- = T_i$ とすれば、

$$T_i \times (P_i^+ - P_i^-) = \Delta T_i$$

$$T_i = \Delta T_i / (P_i^+ - P_i^-) \text{ が得られる。}$$

つまり、実験区間内 i の総交通量 T_i は、転換交通量を選択確率の差分で割った値である。よって、求めた総交通量に一般道を選択確率を掛けることで、一般道の OD 交通量を得ることができる。

④一般道交通量の推計

上記の式によって、推計された車種別の一般道 OD 交通量を以下に示す。

(1) 普通車

表 9-1-12 2005 年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	39,674	13,530	3,710	1,311	205	58,430
宇都宮	-	-	161,449	55,061	15,096	9,174	757	241,537
矢板	46,218	188,079	-	31,076	15,923	6,278	1,361	288,935
西那須野	13,333	54,256	26,283	-	25,964	11,330	2,867	134,033
那須	3,633	14,783	12,666	29,986	-	37,928	9,598	108,594
白河	1,165	8,876	4,513	11,958	43,628	-	-	70,140
矢吹	198	798	978	3,026	11,040	-	-	16,040
計	64,547	266,793	245,562	144,637	115,360	66,022	14,787	917,708

表 9-1-13 2006 年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	42,195	16,551	5,237	1,589	248	65,821
宇都宮	-	-	171,710	67,353	21,313	11,114	917	272,407
矢板	49,155	200,033	-	34,452	19,801	8,907	1,931	314,280
西那須野	16,309	66,368	29,139	-	27,562	13,288	3,362	156,027
那須	5,129	20,872	15,750	31,831	-	40,260	10,188	124,030
白河	1,412	10,755	6,402	14,024	46,310	-	-	78,902
矢吹	240	967	1,388	3,549	11,719	-	-	17,862
計	72,245	298,994	266,584	167,760	131,941	75,158	16,646	1,029,329

(2) 大型車

表9-1-14 2005年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	1,160	440	130	486	76	2,293
宇都宮	-	-	222	84	25	141	214	686
矢板	1,273	244	-	204	55	1,003	5,305	8,084
西那須野	414	79	159	-	23	57	301	1,032
那須	147	28	55	31	-	54	285	600
白河	399	165	750	42	45	-	-	1,402
矢吹	89	358	3,969	225	240	-	-	4,881
計	2,322	875	6,315	1,027	519	1,740	6,181	18,978

表9-1-15 2006年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	1,513	823	341	1,404	219	4,300
宇都宮	-	-	290	158	65	407	617	1,538
矢板	1,660	318	-	285	105	2,275	12,041	16,685
西那須野	773	148	221	-	29	100	529	1,800
那須	386	74	104	39	-	71	377	1,051
白河	1,170	485	1,702	74	60	-	-	3,491
矢吹	261	1,051	9,008	395	316	-	-	11,031
計	4,250	2,076	12,838	1,774	917	4,257	13,783	39,896

(3) 特大車

表9-1-16 2005年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	174	146	56	81	13	470
宇都宮	-	-	67	56	22	46	31	223
矢板	255	98	-	74	37	422	1,089	1,976
西那須野	146	56	60	-	32	17	42	353
那須	71	28	38	35	-	73	187	432
白河	51	47	386	21	47	-	-	552
矢吹	13	52	996	54	120	-	-	1,235
計	536	281	1,722	387	314	639	1,362	5,240

表9-1-17 2006年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	204	228	118	185	29	764
宇都宮	-	-	79	88	45	106	71	389
矢板	299	115	-	93	60	792	2,044	3,403
西那須野	228	88	75	-	37	26	67	521
那須	150	58	62	40	-	91	231	631
白河	118	110	725	34	58	-	-	1,045
矢吹	30	121	1,869	86	148	-	-	2,254
計	824	492	3,014	568	467	1,200	2,442	9,007

(4) 中型車

表9-1-18 2005年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	1,857	824	188	251	39	3,159
宇都宮	-	-	2,120	940	214	511	158	3,943
矢板	1,989	2,271	-	955	367	2,422	2,122	10,126
西那須野	737	841	749	-	396	377	330	3,430
那須	194	222	359	525	-	486	425	2,211
白河	296	603	1,874	372	519	-	-	3,663
矢吹	46	186	1,642	325	454	-	-	2,654
計	3,263	4,123	8,601	3,941	2,139	4,046	3,074	29,186

表9-1-19 2006年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	2,198	1,258	355	500	78	4,388
宇都宮	-	-	2,508	1,435	405	1,018	314	5,681
矢板	2,354	2,687	-	1,191	578	4,548	3,984	15,341
西那須野	1,125	1,284	935	-	458	547	479	4,828
那須	368	420	564	607	-	584	512	3,054
白河	590	1,202	3,519	540	624	-	-	6,474
矢吹	92	371	3,082	473	546	-	-	4,564
計	4,528	5,963	12,806	5,503	2,966	7,197	5,367	44,330

(5) 軽自動車

表9-1-20 2005年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	1,082	317	71	12	2	1,484
宇都宮	-	-	4,357	1,276	284	48	7	5,972
矢板	1,283	5,166	-	3,175	1,384	215	29	11,251
西那須野	318	1,279	2,742	-	1,807	394	62	6,601
那須	70	282	1,209	2,106	-	1,189	186	5,041
白河	12	49	155	413	1,396	-	-	2,026
矢吹	2	8	21	64	218	-	-	313
計	1,685	6,784	9,566	7,352	5,159	1,858	285	32,688

表9-1-21 2006年の一般道交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	-	1,255	442	113	20	3	1,833
宇都宮	-	-	5,050	1,778	455	81	13	7,377
矢板	1,488	5,988	-	3,685	1,844	357	48	13,409
西那須野	443	1,782	3,181	-	2,000	532	83	8,021
那須	112	452	1,611	2,331	-	1,394	218	6,117
白河	21	84	259	557	1,637	-	-	2,557
矢吹	3	13	35	87	256	-	-	394
計	2,067	8,318	11,390	8,879	6,304	2,385	364	39,707

9-1-3 総交通量の推計

前項で推定した一般道 OD 交通量に推定高速道路 OD 交通量ではなく、実績高速道路 OD 交通量を加えることで、より現実に近い総交通量が求められると考え、

総交通量 = 「推定一般道交通量」 + 「実績高速道路交通量」とした。

以下に推定した車種別総 OD 総交通量を示す（表 9-1-23～表 9-1-32）。

(1) 普通車

表 9-1-23 2005 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	24,934	60,972	30,910	13,539	3,997	1,847	136,199
宇都宮	24,214	-	207,891	117,353	54,116	31,871	3,443	438,888
矢板	70,220	242,307	-	47,570	34,866	22,103	3,837	420,903
西那須野	29,773	115,811	40,233	-	33,768	20,791	4,796	245,172
那須	11,621	53,511	27,734	38,999	-	48,771	12,667	193,303
白河	3,434	31,032	15,763	21,987	56,076	-	5,187	133,479
矢吹	1,707	3,308	3,193	4,858	14,743	6,226	-	34,035
計	140,969	470,904	355,785	261,677	207,107	133,760	31,776	1,601,978

表 9-1-24 2006 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	22,313	65,682	36,431	16,268	5,172	2,667	148,534
宇都宮	20,860	-	208,450	114,280	51,417	19,223	3,998	418,228
矢板	75,105	240,975	-	47,016	35,129	16,329	4,892	419,447
西那須野	35,299	111,207	39,818	-	34,272	18,969	5,712	245,276
那須	14,618	49,211	27,887	39,047	-	46,759	13,476	190,998
白河	4,613	18,651	12,577	19,918	53,988	-	4,865	114,611
矢吹	2,187	4,155	3,933	5,869	15,565	5,963	-	37,671
計	152,682	446,511	358,347	262,561	206,638	112,415	35,610	1,574,765

(2) 大型車

表 9-1-25 2005 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,190	4,355	1,642	1,071	1,142	435	10,836
宇都宮	2,565	-	1,030	1,404	586	4,014	406	10,005
矢板	4,982	1,074	-	1,353	766	19,201	6,938	34,314
西那須野	1,810	1,193	1,053	-	112	704	446	5,317
那須	1,054	754	760	150	-	265	558	3,541
白河	1,144	4,657	14,306	537	222	-	393	21,260
矢吹	513	548	5,289	309	470	265	-	7,394
計	12,068	10,417	26,793	5,396	3,228	25,590	9,176	92,667

表 9 - 2 - 2 6 2006 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,962	4,973	1,839	1,071	2,285	901	13,031
宇都宮	2,001	-	886	824	340	932	791	5,775
矢板	5,382	812	-	1,336	786	5,674	15,106	29,097
西那須野	2,113	554	931	-	166	597	772	5,133
那須	1,422	381	865	109	-	282	730	3,789
白河	2,009	1,046	5,990	388	215	-	304	9,952
矢吹	1,025	1,492	11,214	604	615	339	-	15,289
計	13,952	6,247	24,859	5,100	3,194	10,109	18,604	82,066

(3) 特大車

表 9 - 1 - 2 7 2005 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	174	312	261	104	165	78	1,094
宇都宮	205	-	137	303	235	495	55	1,431
矢板	411	211	-	219	220	3,330	1,286	5,678
西那須野	261	302	178	-	71	95	58	965
那須	108	309	226	77	-	203	266	1,189
白河	95	554	3,048	123	132	-	36	3,988
矢吹	27	78	1,170	68	162	31	-	1,536
計	1,107	1,628	5,072	1,052	924	4,319	1,779	15,880

表 9 - 1 - 2 8 2006 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	125	395	373	201	298	97	1,489
宇都宮	121	-	148	347	180	205	152	1,153
矢板	519	200	-	211	215	1,418	2,400	4,963
西那須野	366	314	181	-	81	76	98	1,116
那須	212	194	230	73	-	156	301	1,165
白河	228	191	1,488	109	146	-	33	2,195
矢吹	88	194	2,201	129	209	43	-	2,864
計	1,533	1,218	4,643	1,241	1,033	2,196	3,081	14,945

(4) 中型車

表 9 - 1 - 2 9 2005 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,835	5,406	3,986	1,555	820	310	14,912
宇都宮	3,151	-	4,294	4,300	1,828	3,719	428	17,720
矢板	6,222	4,473	-	2,465	1,711	11,757	3,015	29,643
西那須野	3,367	3,938	1,934	-	792	1,522	568	12,121
那須	1,566	1,916	1,671	1,050	-	1,092	661	7,956
白河	1,001	4,466	9,087	1,480	1,156	-	675	17,864
矢吹	311	418	2,351	612	740	575	-	5,008
計	15,619	18,046	24,743	13,893	7,783	19,484	5,657	105,224

表 9 - 1 - 3 0 2006 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,535	5,935	4,856	1,977	1,100	596	16,998
宇都宮	2,598	-	4,660	4,054	1,786	1,750	564	15,413
矢板	6,582	4,626	-	2,418	1,792	6,751	5,424	27,592
西那須野	3,923	3,931	1,909	-	796	1,192	850	12,601
那須	1,773	1,907	1,646	1,063	-	1,205	806	8,399
白河	1,639	1,991	6,222	1,121	1,174	-	657	12,803
矢吹	607	710	4,218	876	894	685	-	7,990
計	17,121	15,699	24,590	14,387	8,419	12,683	8,897	101,796

(5) 軽自動車

表 9 - 1 - 3 1 2005 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	2,028	3,252	1,676	719	217	74	7,966
宇都宮	2,467	-	8,503	6,199	3,074	2,312	126	22,681
矢板	3,594	10,129	-	4,845	2,894	2,122	228	23,811
西那須野	1,586	6,240	4,184	-	2,442	1,398	182	16,031
那須	681	3,063	2,528	2,846	-	2,312	392	11,821
白河	213	2,361	1,521	1,456	2,703	-	501	8,756
矢吹	79	163	213	226	529	720	-	1,930
計	8,620	23,984	20,201	17,249	12,360	9,081	1,502	92,996

表 9 - 1 - 3 2 2006 年総交通量

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹	計
鹿沼	-	1,980	3,724	2,107	889	275	119	9,094
宇都宮	2,346	-	8,471	5,538	2,567	652	203	19,777
矢板	4,232	9,918	-	4,818	2,972	1,095	344	23,378
西那須野	2,137	5,387	4,121	-	2,479	1,072	287	15,483
那須	768	2,348	2,509	2,839	-	1,964	455	10,882
白河	274	723	967	1,204	2,282	-	613	6,062
矢吹	108	220	308	281	560	814	-	2,291
計	9,865	20,575	20,099	16,786	11,748	5,873	2,020	86,966

上記のように定めた総交通量を基準とし、高速道路と一般道の OD 交通量を集計ロジットモデルから計算した場合、推定される高速道路 OD 交通量と実績の高速道路 OD 交通量との間に誤差が生じてしまう可能性がある。そこで、集計ロジットモデル推定される高速道路 OD 交通量の精度を検証するため、実績高速道路 OD 交通量との相関を比較した(図 9 - 1 - 5 ~ 図 9 - 1 - 17)。

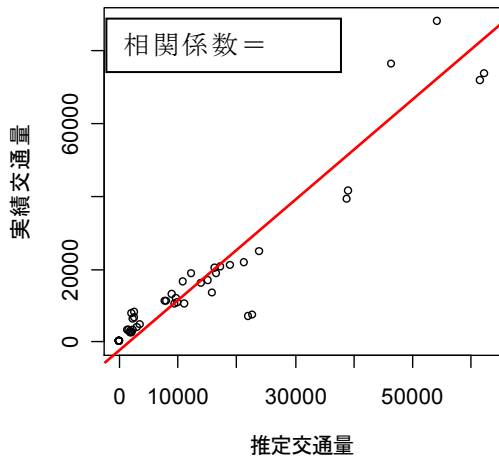


図 9-1-5 普通車 (2005)

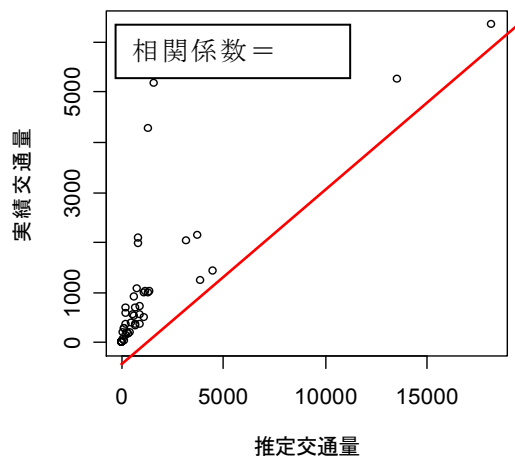


図 9-1-6 大型車 (2005)

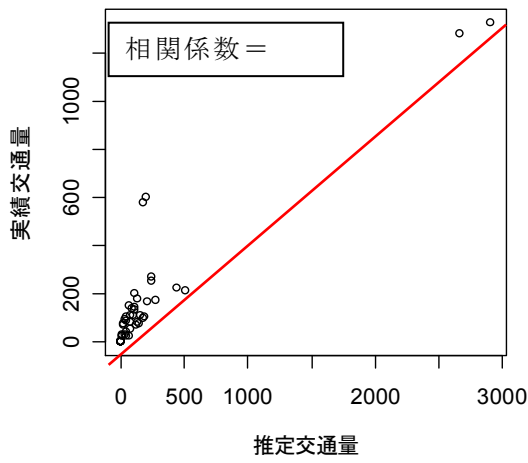


図 9-1-7 特大車 (2005)

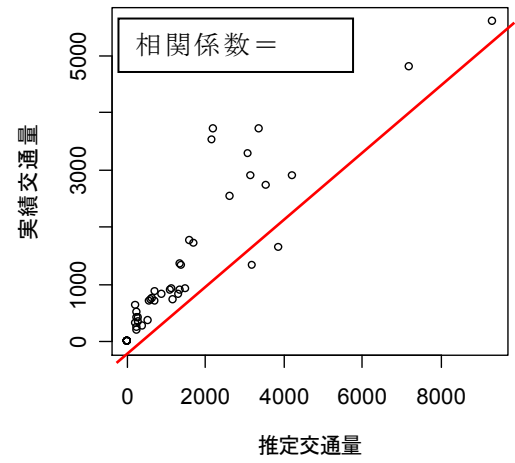


図 9-1-8 中型車 (2005)

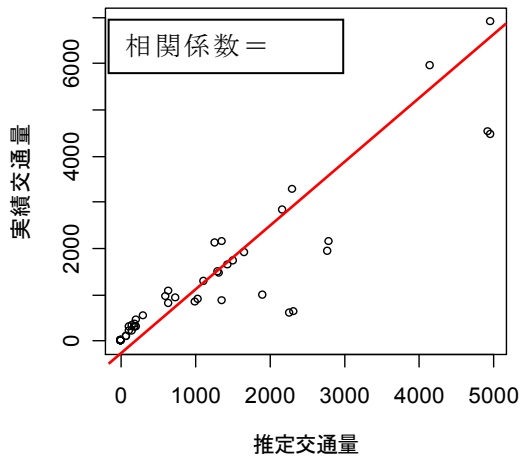


図 9-1-9 軽自動車 (2005)

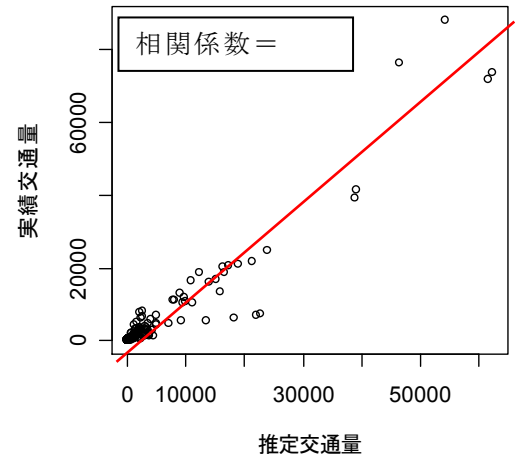


図 9-1-10 全車 (2005)

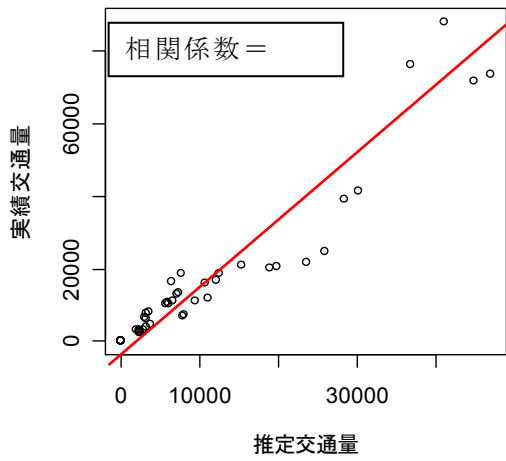


図 9-1-1-1 普通車 (2006)

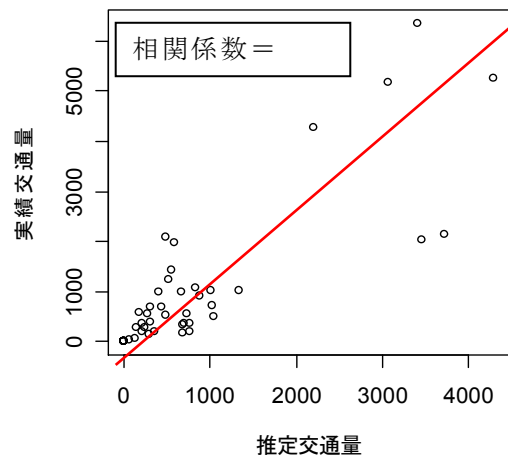


図 9-1-1-2 大型車 (2006)

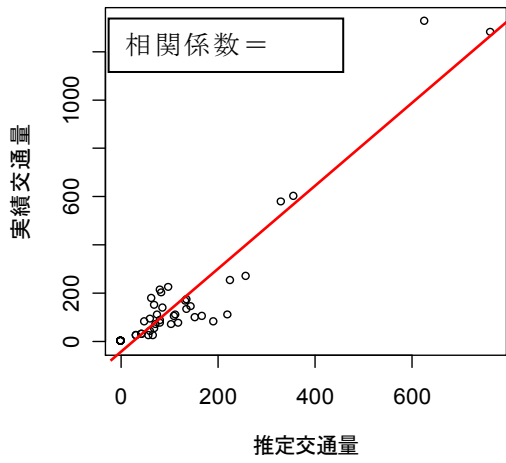


図 9-1-1-3 特大車 (2006)

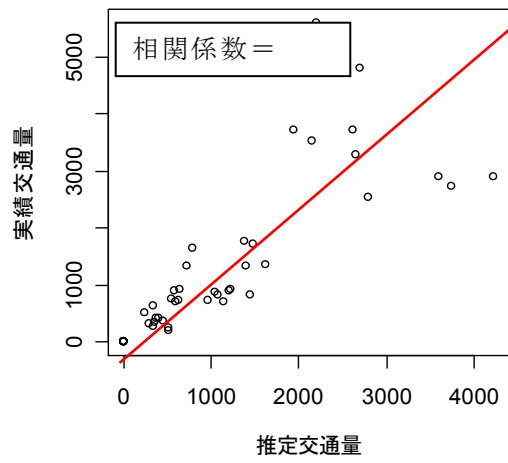


図 9-1-1-4 中型車 (2006)

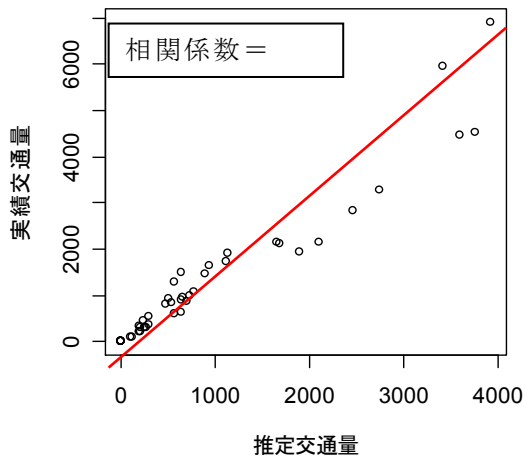


図 9-1-1-5 軽自動車 (2006)

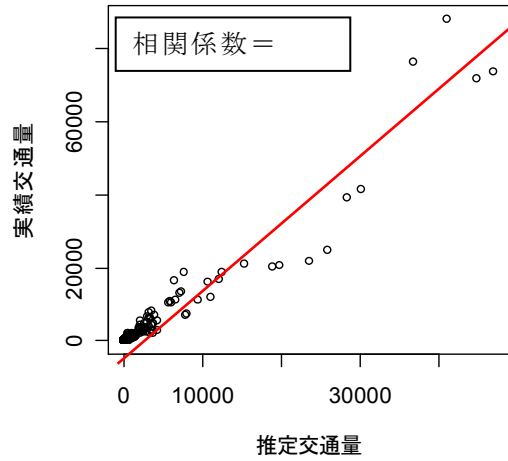


図 9-1-1-6 全車 (2006)

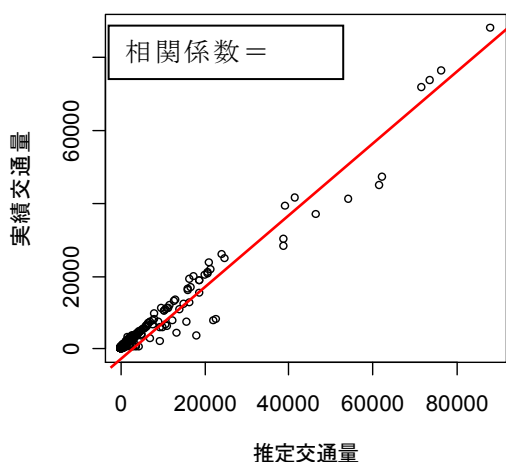


図 9 - 1 - 1 7 全車 (2005 - 2006)

2005 年の大型車や中型車などは相関係数が 0.9 を下回ってはいるが、それでも 0.8 に近い値であり、全体的な相関は極めて高い。そのため、定めた総交通量に問題はないと考える。また、2005 年、2006 年共に相関が高いということは、推定した集計ロジットモデルは高速道路の交通量推定に対してだけでなく、交通量変化に対しても精度を持つと言える。

さらに一般道交通量の精度検証のため、料金施策の基準となる 2006 年の高速道路と一般道の断面交通量分担率を比較する。比較は、定めた総交通量から推定した高速道路と一般道の断面交通量分担率と、H17 年度道路交通センサスより求めた高速道路と並行する国道 4 号との断面交通量分担率とした。比較は全車総計とした。

以下に道路交通センサスにおける対象区間内の東北自動車道と国道 4 号の平日 24 時間断面交通量と、その分担率を示す。(表 9 - 1 - 3 3、図 9 - 1 - 1 8)。

表 9 - 1 - 3 3 東北自動車道と並行する国道 4 号の断面交通量⁽¹⁰⁾

東北自動車道	平日24時間交通量(台)	国道4号	平日24時間交通量(台)
鹿沼IC～宇都宮IC間	40,308	宇都宮市御幸本町4731-6	30,009
宇都宮IC～矢板IC間	36,499	塩谷郡高根沢町宝積寺549-1	31,868
矢板IC～西那須野塩原IC間	33,942	矢板市土屋4-1	34,524
西那須野塩原IC～那須IC間	28,928	那須塩原市上中野9-1	26,835
那須IC～栃木県・福島県境間	25,997	那須郡那須町寺子丙1452	17,284
白河IC～矢吹IC間	25,572	白河市金勝寺	25,060

※国道 4 号の断面交通量は、東北自動車道と同じ区間区分において最大交通量を計測した箇所を基準とした。

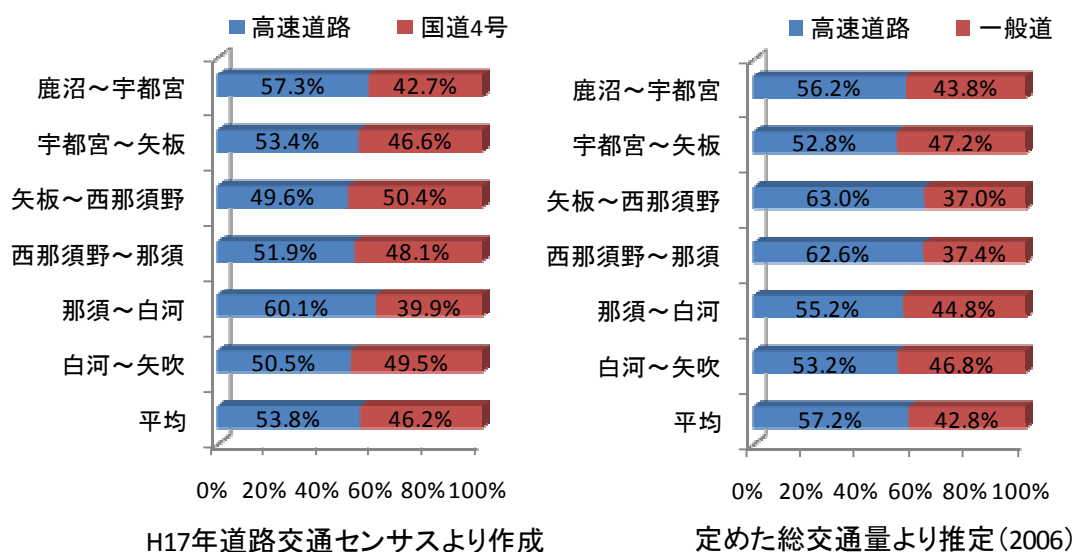


図9-2-18 高速道路と一般道の断面交通量分担率比較⁽¹⁰⁾

比較結果を見ると、推定した総交通量は総じて高速道路の分担率を大きく推定しているが、平均分担率では道路交通センサスと比較的近い分担率となった。道路交通センサスは、H17年の9月～11月を対象としており、本研究で扱うデータ（H17年7月～8月）とは集計した季節が違う。その季節性を考慮すれば、高速道路と一般道との分担率の精度も相応にあると判断できる。

上記より、定めた総交通量と推定した集計ロジットモデルは、一般道を含めた料金施策の効果を評価できる精度があると考えられる。そこで、2006年総交通量を基準として次項で種々の料金施策による交通量の変化を分析し評価することとした。

9-2 料金施策の効果分析

料金施策の効果を、交通量の変化と減収対便益で評価する。

減収対便益とは、社会的便益を料金減収で除した値を示す。これが1を超えていれば便益が発生していることになる。この指標を用い、料金施策によって発生する社会的便益との比較を試みる。

本研究では社会的便益を走行時間短縮便益とした。一般道から高速道路に転換することで、走行時間が短縮される。走行時間の短縮を社会的便益であると考え、各車種における走行時間短縮便益を算出した。

走行時間短縮便益は以下の式で与えられる。

$$\text{走行時間短縮便益} : BT = BT^+ - BT^- \quad (9.3)$$

$$\text{走行時間費用} : BT_{ic} = \sum_i \sum_c (Q_{ic} * T_i * \alpha_c) \quad (9.4)$$

式内の記号を以下に示す。

BT：走行時間短縮便益（円／2ヶ月）

BT⁺：料金施策前の走行時間費用 BT⁻：料金施策後の走行時間費用

i：区間 IC ペア c：車種（c=1, 2, 3, 4, 5）

Q_{ic}：区間 i における車種 c の交通量（台／2ヶ月）

T_i：区間 i における所要時間（分）

α_c：車種 c の時間価値原単位（円／分・台）（※表 9-2-1）

表 9-2-1 車種別時間価値原単位（α_c）

車種	時間価値(円/分)
普通車	75.4
大型車	36.2
特大車	75.8
中型車	41.1
軽自動車	45.7

ここで用いた時間価値原単位は、第 8 章で求めた各車種の時間価値を使用している。この指標を用い、料金施策の効果検証を試みる。

9-2-1 実験区間内割引の効果

ここでは、実際に栃木で行われた社会実験と同様の実験区間内の割引率を一定とした料金施策の効果进行分析する。料金を変化させる区間は以下の通りである（図 9-2-1）。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		0%	0%	0%	0%	0%	0%
宇都宮	0%		10%	10%	10%	10%	0%
矢板	0%	10%		10%	10%	10%	0%
西那須野	0%	10%	10%		10%	10%	0%
那須	0%	10%	10%	10%		10%	0%
白河	0%	10%	10%	10%	10%		0%
矢吹	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

図 9-2-1 実験区間一定割引（10%割引の例）

区間内の割引率を 0%～100%（無料）まで変化させ、そのときの交通量変化を比較した。比較した交通量は、①高速道路の実験区間内交通量総和、②高速道路の実験区間外交通量総和、③一般道の交通量総和の 3 つである。

車種別、全車の比較結果を以下に示す（図 9-2-1～図 9-2-6）。

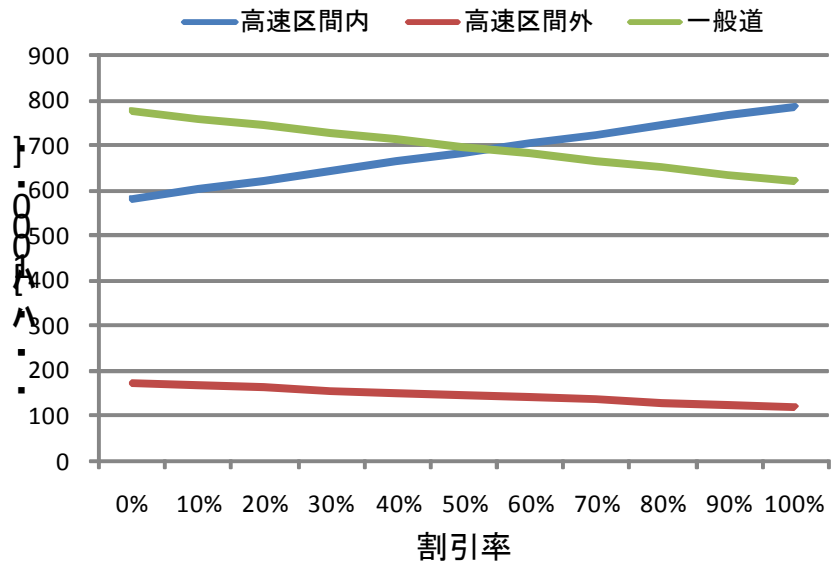


図 9 - 2 - 1 普通車の交通量変化

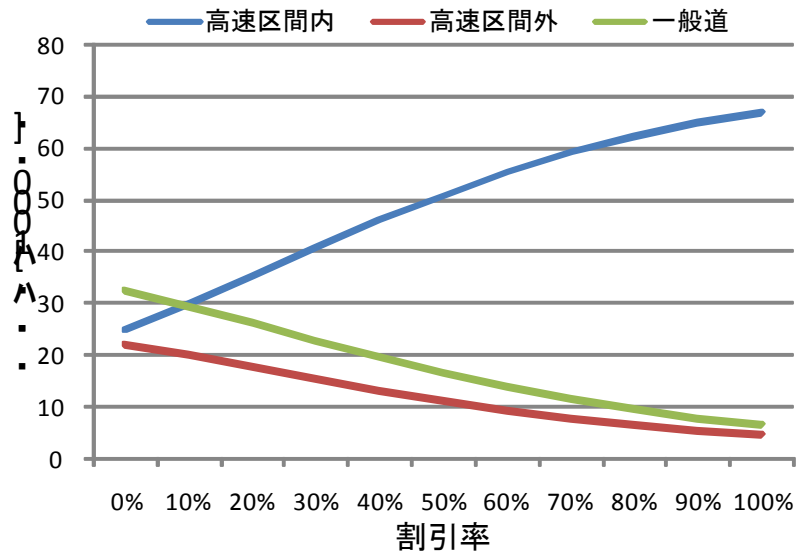


図 9 - 2 - 2 大型車の交通量変化

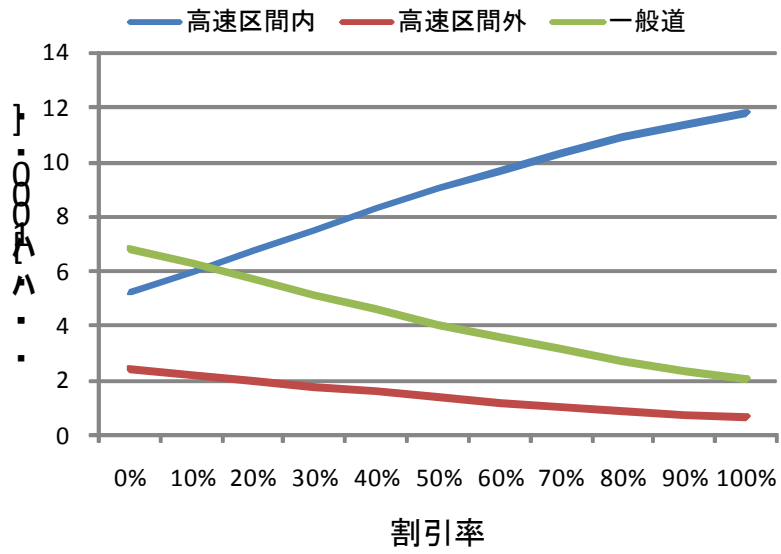


図 9 - 2 - 3 特大車の交通量変化

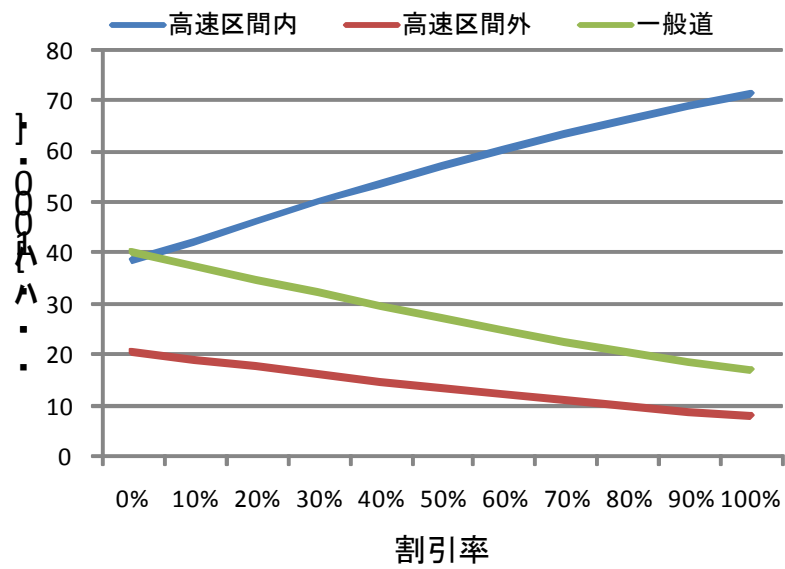


図 9 - 2 - 4 中型車の交通量変化

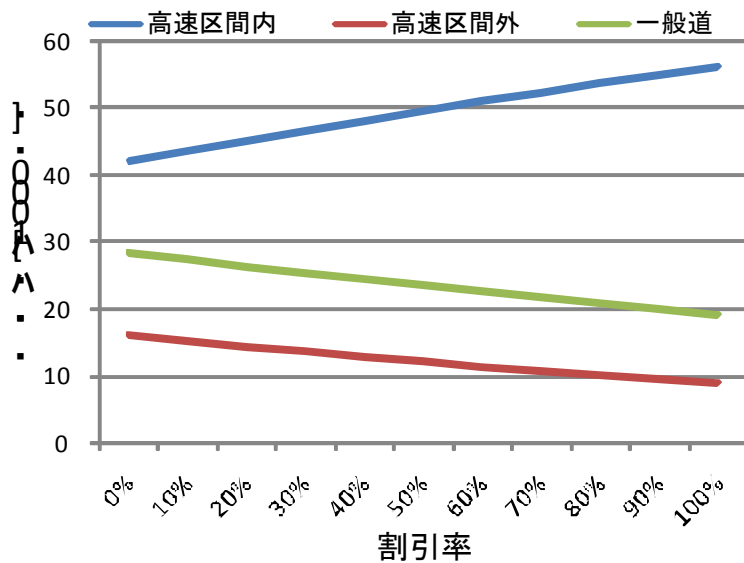


図 9 - 2 - 5 軽自動車の交通量変化

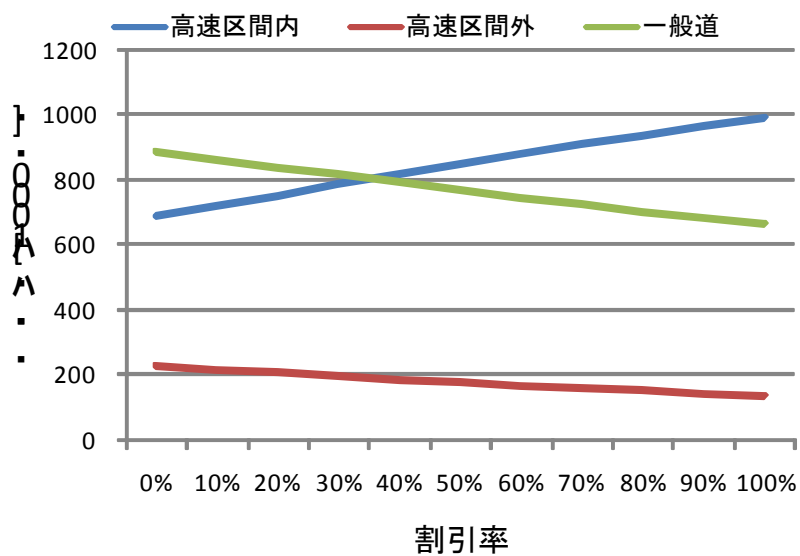


図 9 - 2 - 6 全車の交通量変化

上図を見ると、普通車は料金割引が 50% 付近で高速区間内交通量と一般道交通量が逆転している。また、大型車・特大車は割引率の低い方が高速区間内の交通量増加が大きく、割引率が高くなるほど増加率は鈍くなっている。中型車もほぼ似た傾向を取っている。結果、大型車・特大車・中型車は、割引率が低くても交通量変化が高いと言える。

次に、上記式 (6.3) によって算定された走行時間短縮便益と、料金割引による収入減収を比較することで、料金施策による減収対便益 (社会的便益/料金減収) を算出した。減収対便益を比較することで、料金施策の効果を検証する (図 9 - 2 - 7 ~ 図 9 - 2 - 12)。

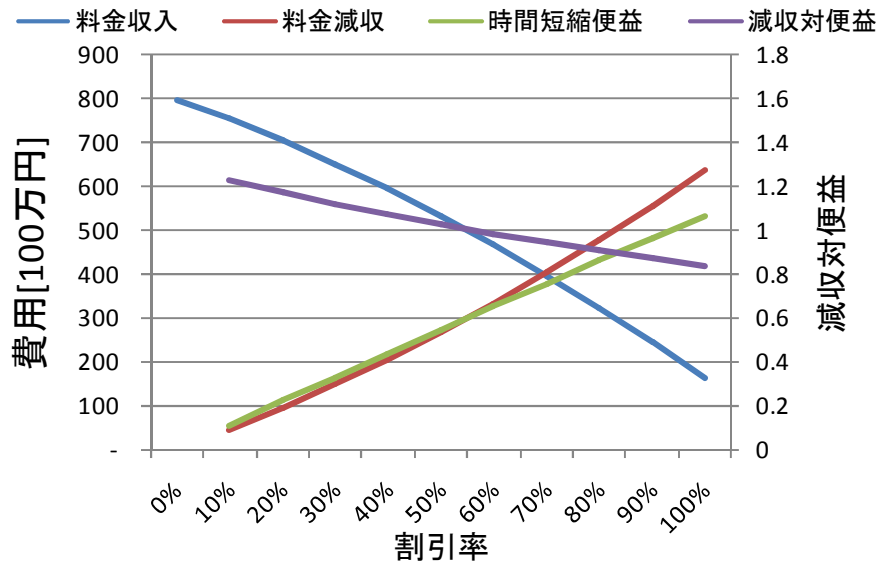


図 9 - 2 - 7 普通車の費用変化

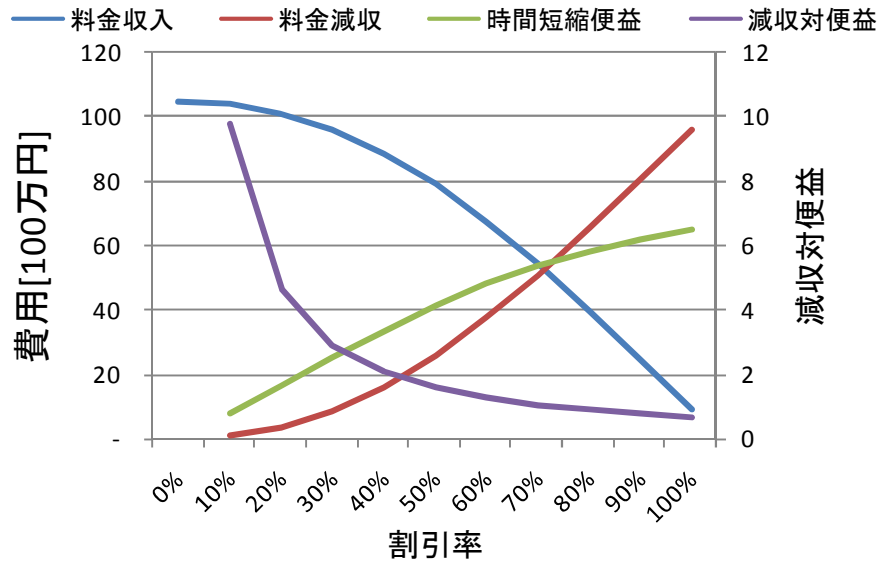


図 9 - 2 - 8 大型車の費用変化

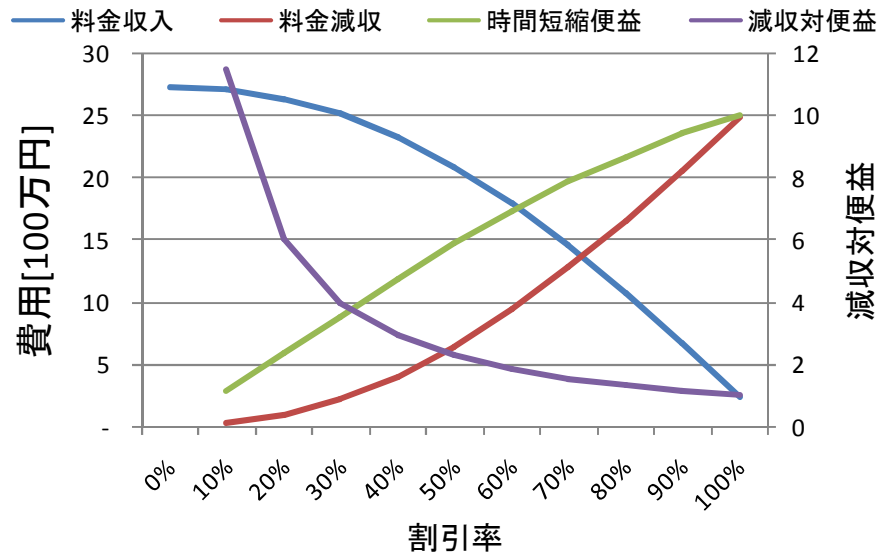


図 9 - 2 - 9 特大車の費用変化

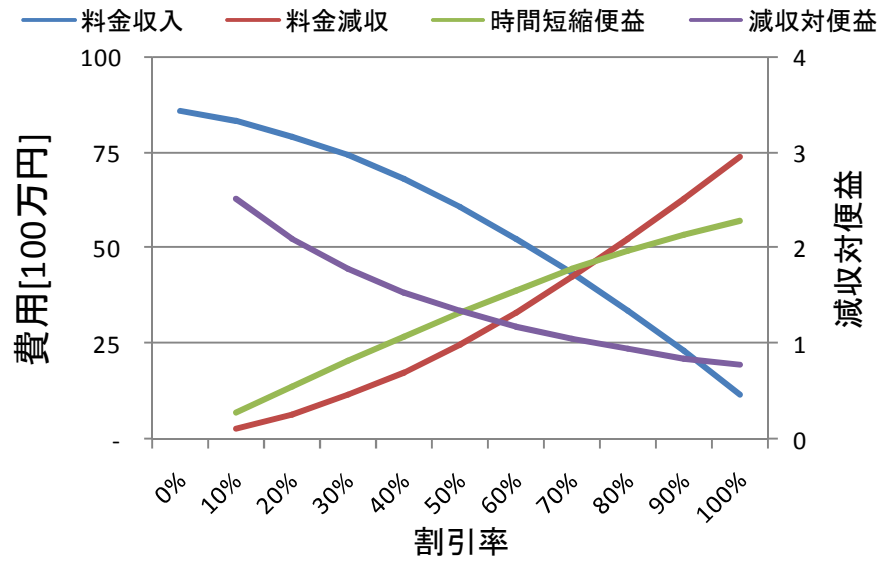


図 9 - 2 - 10 中型車の費用変化

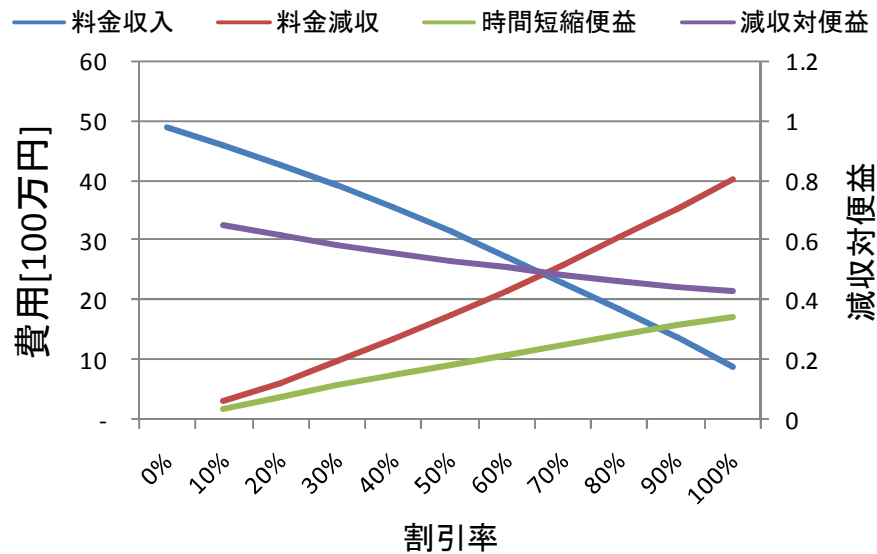


図 9-2-1 1 軽自動車の費用変化

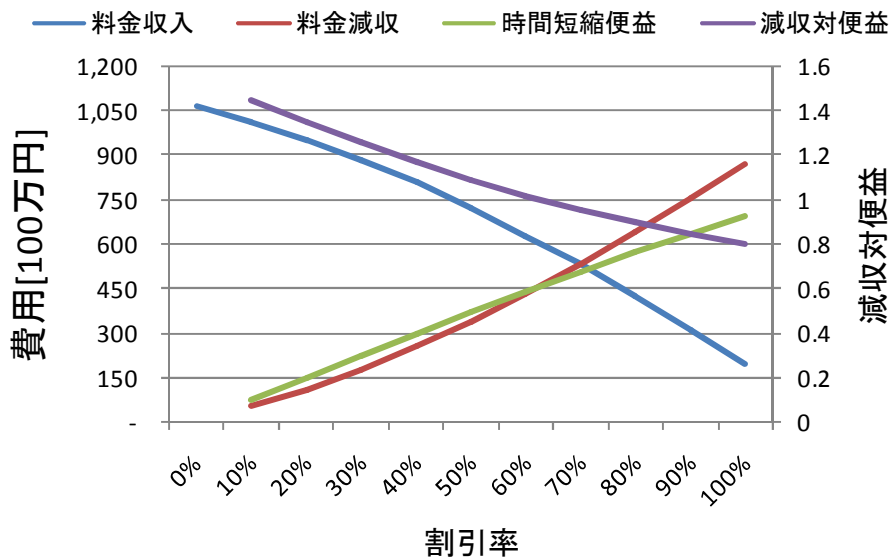


図 9-2-1 2 全車の費用変化

10%割引における大型車・特大車の減収対便益が非常に高い値を取っているが、料金割引の効果は全車の減収対便益で見るべきである。そこで全車の減収対便益を見ると、料金割引60%まで減収対便益が1を超えているのがわかる。つまり、料金割引60%までならば、料金割引による減収よりも、走行時間短縮による社会的便益が高いと言え、料金施策によって便益が発生していることになる。

9-2-2 長トリップ推奨割引の効果

長トリップ推奨割引とは、実験区間内で高速に乗る区間が長いほど割引率が高くなる料金割引施策である（図9-2-1 3）。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		0%	0%	0%	0%	0%	0%
宇都宮	0%		0%	10%	20%	30%	0%
矢板	0%	0%		0%	10%	20%	0%
西那須野	0%	10%	0%		0%	10%	0%
那須	0%	20%	10%	0%		0%	0%
白河	0%	30%	20%	10%	0%		0%
矢吹	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

図 9-2-13 長トリップ推奨割引の例（+1区間で10%ずつ割引増の例）

上記のような料金設定のもとで、区間内一定割引のときと同様、+1区間延長ごとの割引率を10%~30%まで変化させ、交通量変化を観測した（図9-2-14~図9-2-19）。

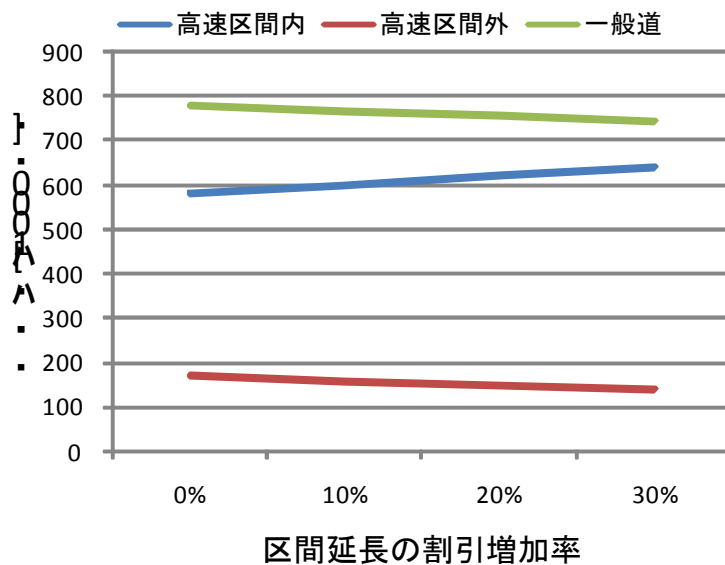


図 9-2-14 普通車の交通量変化

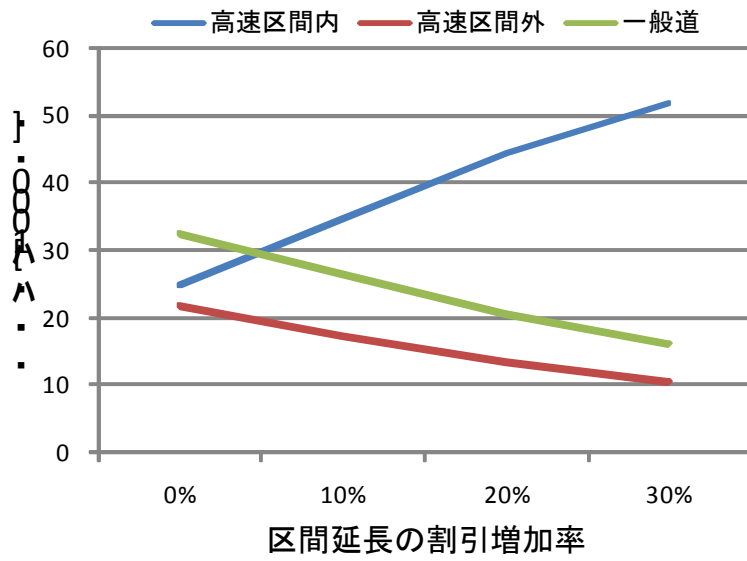


図 9 - 2 - 1 5 大型車の交通量変化

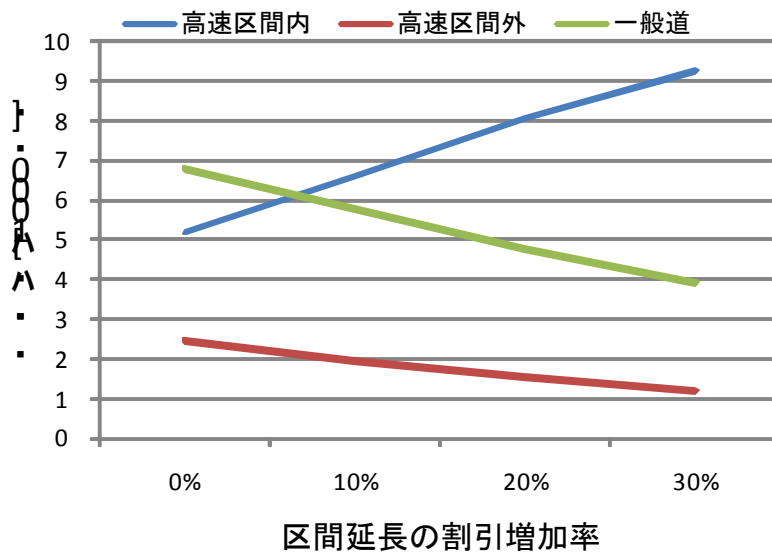


図 9 - 2 - 1 6 特大車の交通量変化

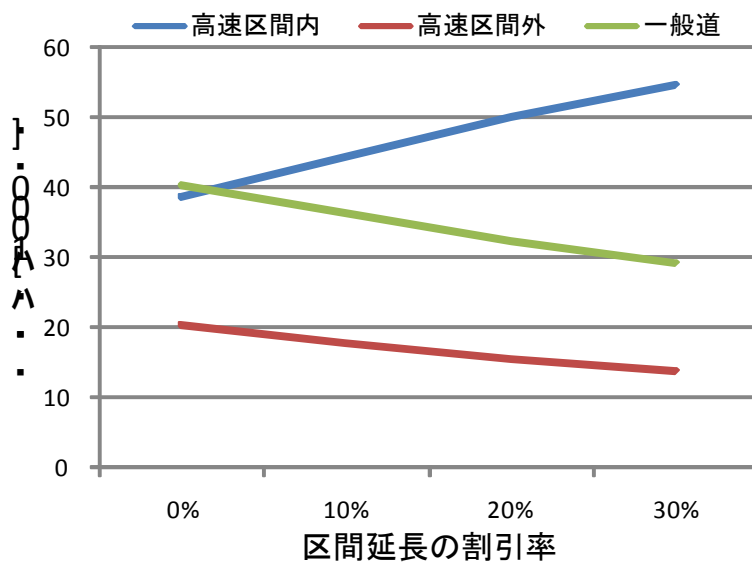


図 9-2-17 中型車の交通量変化

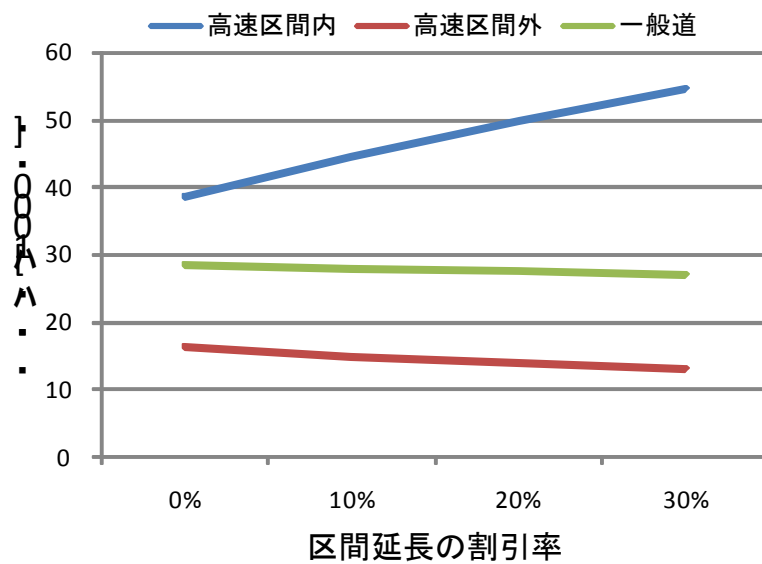


図 9-2-18 軽自動車の交通量変化

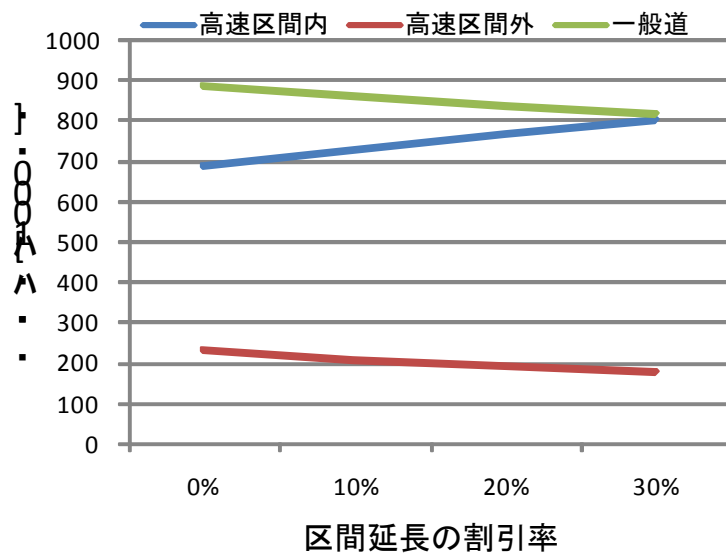


図 9 - 2 - 1 8 全車の交通量変化

区間内一定割引と比較すると、一般道と高速区間内の交通量が逆転しておらず、転換交通量が少ないことがわかる。

長トリップ推奨割引に関しても、式 (9.3) を用いて、高速道路利用増加における時間短縮便益を算出し、同時に減収対便益も算出した (図 9 - 2 - 2 0 ~ 図 9 - 2 - 2 5)。

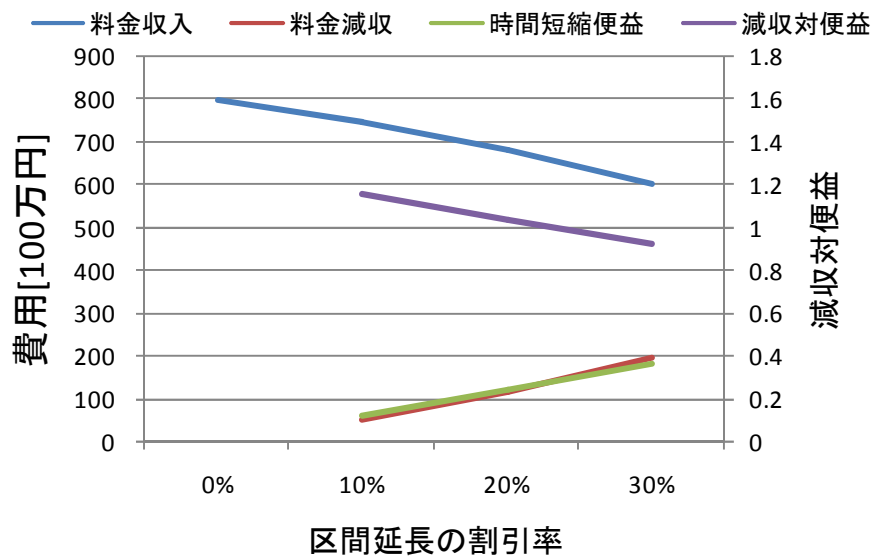


図 9 - 2 - 2 0 普通車の費用変化

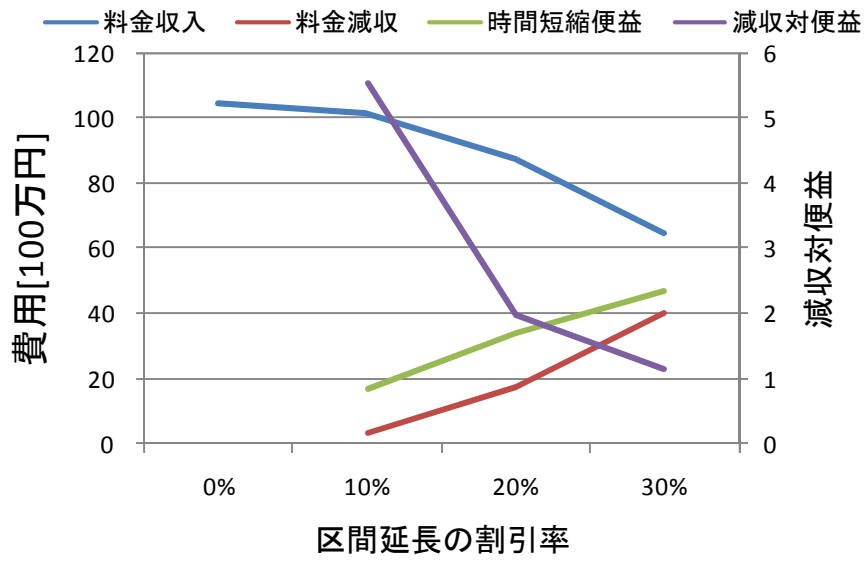


図 9 - 2 - 2 1 大型車の費用変化

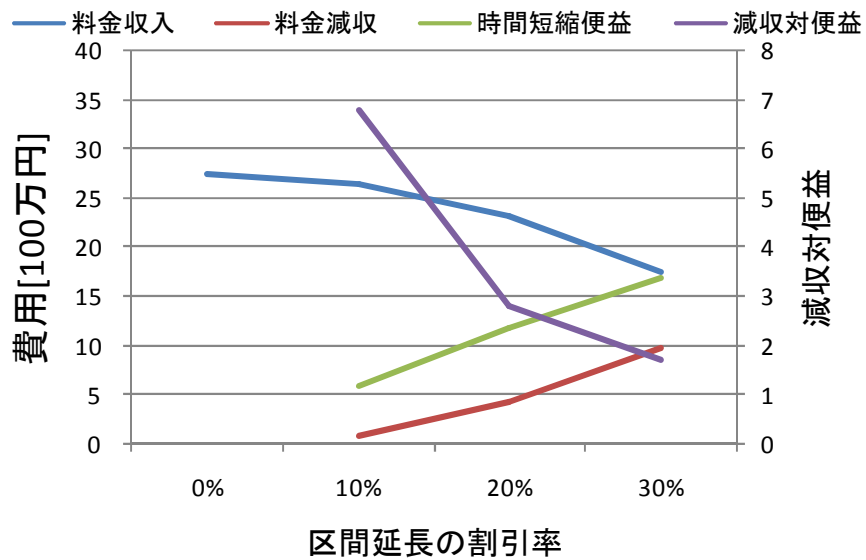


図 9 - 2 - 2 2 特大車の費用変化

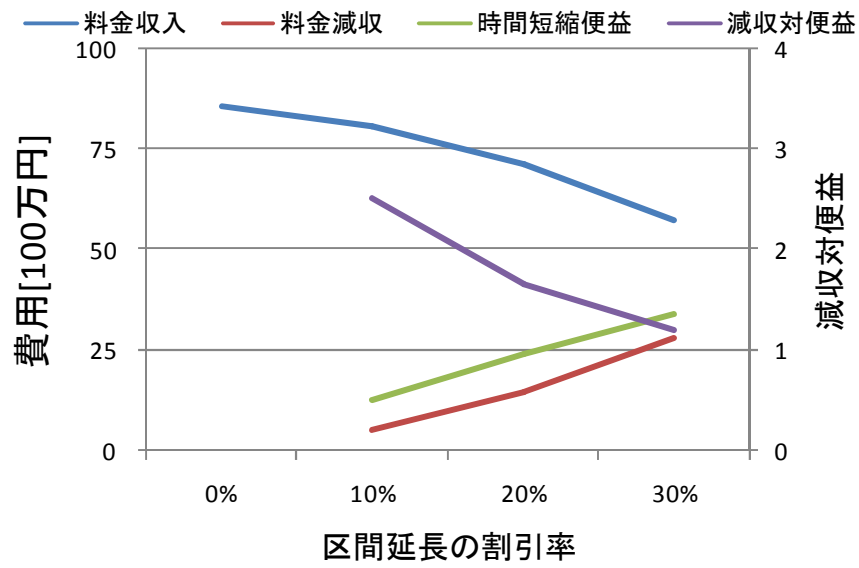


図 9-2-23 中型車の費用変化

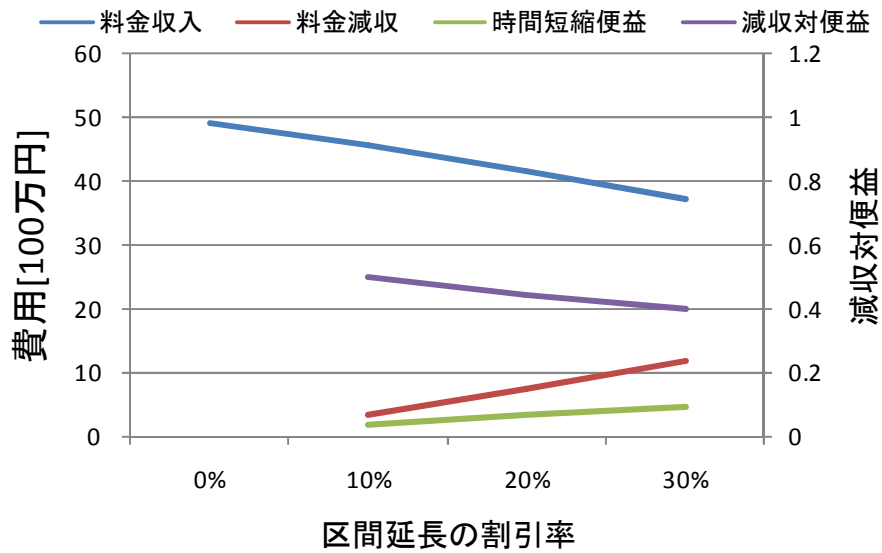


図 9-2-24 軽自動車の費用変化

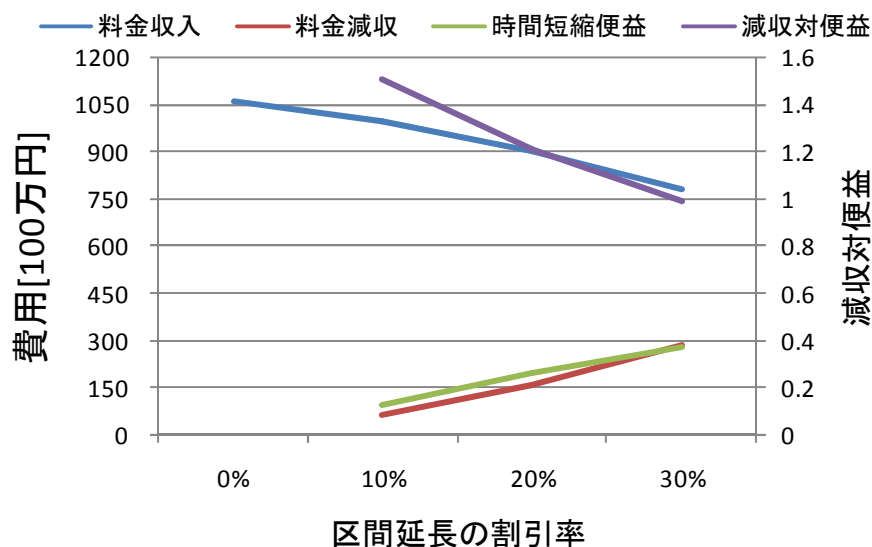


図 9-2-25 全車の費用変化

区間延長ごとに 30%の割引を行うと、最大で 90%割引になる区間も存在することになる。料金割引としては、かなりの高水準である。しかし、それでも減収対便益はほぼ 1 であり、社会的便益が料金減収を上回っており、料金施策として効果があると言える。

9-2-3 短トリップ推奨割引の効果

短トリップ推奨割引とは、長トリップとは逆に、実験区間内で高速に乗る区間が短いほど割引率が高くなる料金割引施策である（図 9-2-26）。

	鹿沼	宇都宮	矢板	西那須野	那須	白河	矢吹
鹿沼		0%	0%	0%	0%	0%	0%
宇都宮	0%		30%	20%	10%	0%	0%
矢板	0%	20%		20%	10%	0%	0%
西那須野	0%	0%	10%		10%	0%	0%
那須	0%	0%	10%	20%		20%	0%
白河	0%	0%	10%	20%	30%		0%
矢吹	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

図 9-2-26 短トリップ推奨割引の例（-1 区間で 10%ずつ割引増の場合）

上記のような料金設定のもと、こちらも同様に -1 区間短くするごとの割引率を 10%～30%まで変化させ、交通量変化を観測した（図 9-2-27～図 9-2-32）。

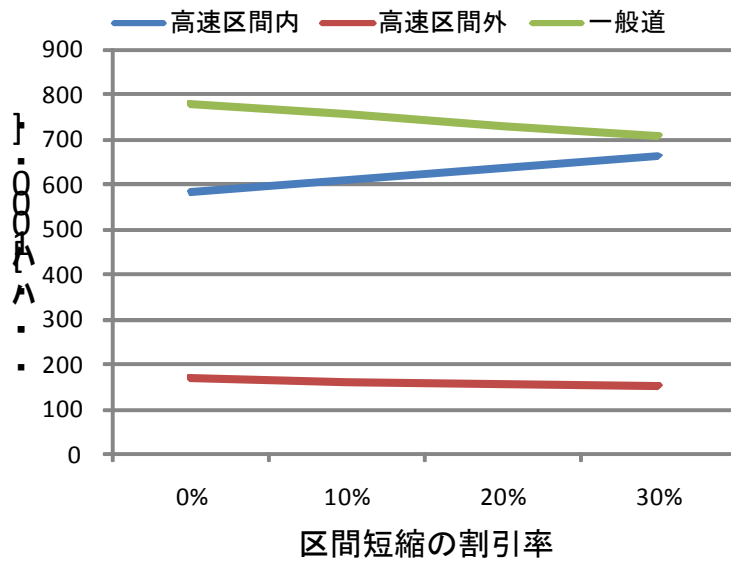


図 9 - 2 - 2 7 普通車の交通量変化

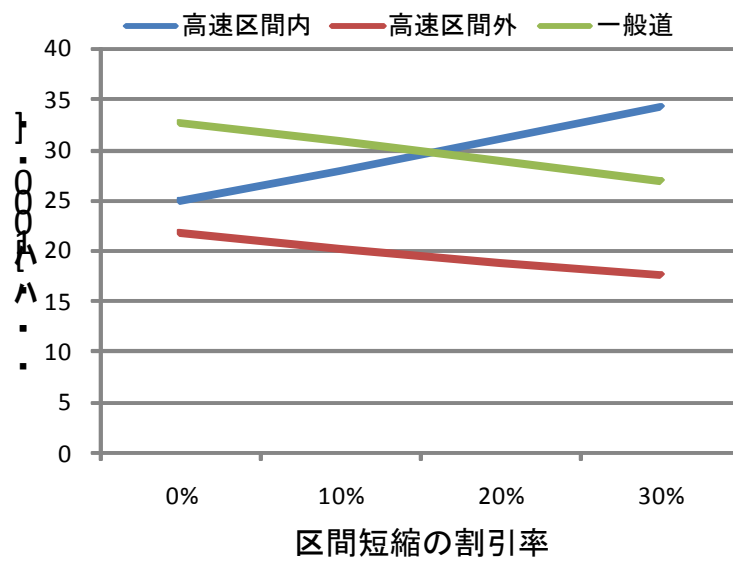


図 9 - 2 - 2 8 大型車の交通量変化

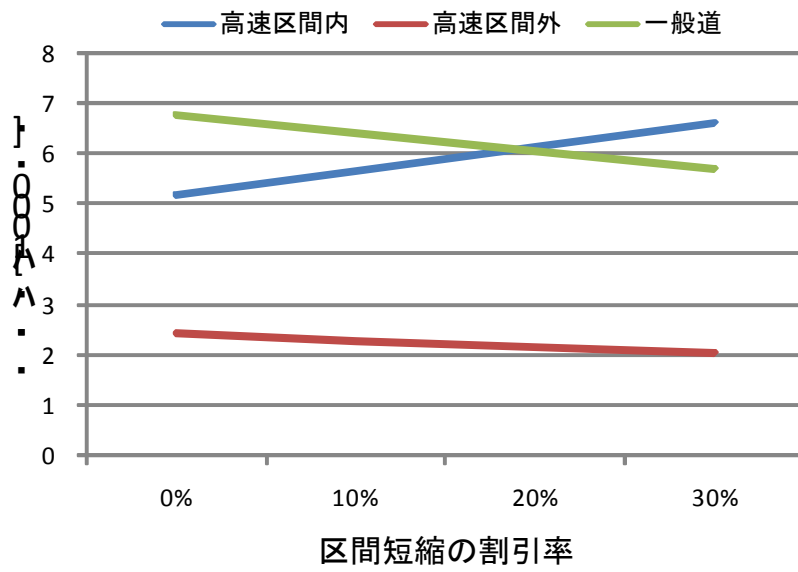


図 9 - 2 - 2 9 特大車の交通量変化

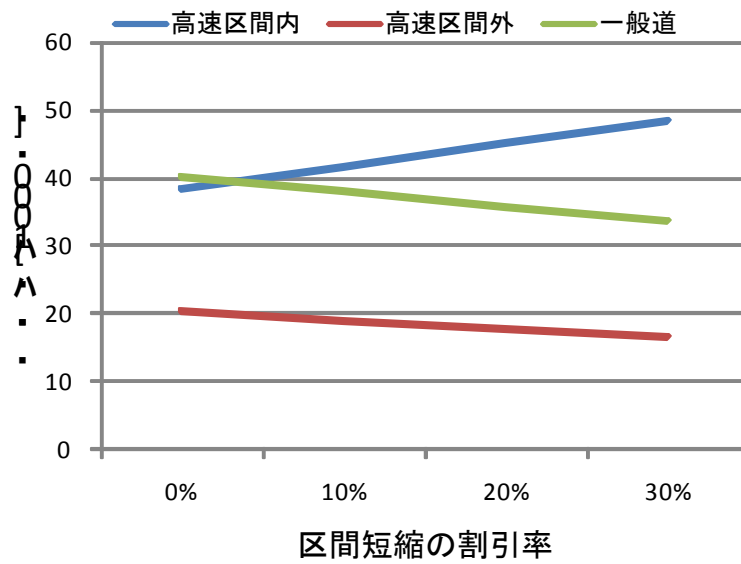


図 9 - 2 - 3 0 中型車の交通量変化

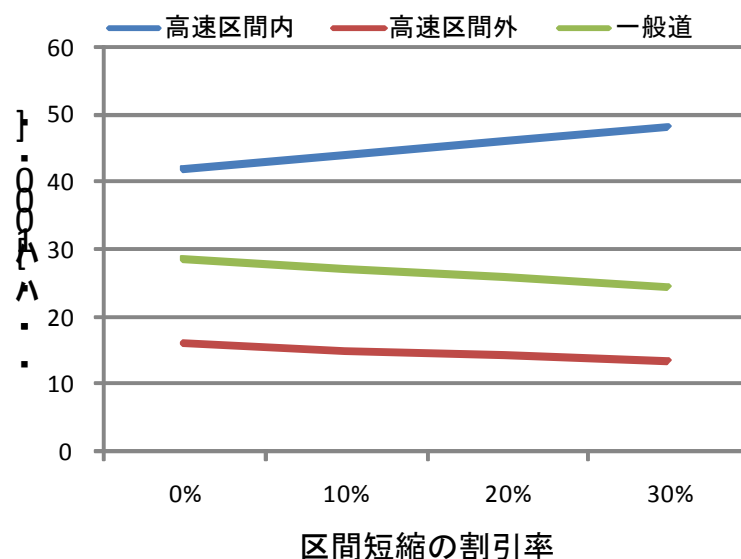


図 9 - 2 - 3 1 軽自動車の交通量変化

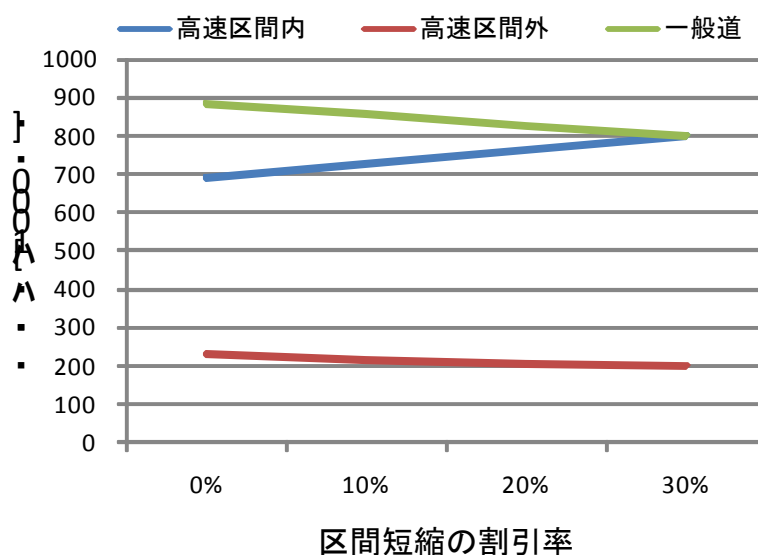


図 9 - 2 - 3 2 全車の交通量変化

長トリップ推奨割引と同様に交通量が少ないが、長トリップ推奨割引と比較すると、若干ではあるが全車合計の一般道の転換交通量が多いことがわかる。ただし、それとは逆に、高速転換は少なく、ほぼ横ばいで推移している。短トリップ推奨割引は高速転換をあまりうながしていないと言える。

短トリップ推奨割引に関しても、式 (9.3) を用いて高速道路利用増加における時間短縮費用便益を算出し、同時に減収対便益を算出した (図 9 - 2 - 3 3 ~ 図 9 - 2 - 3 8)。

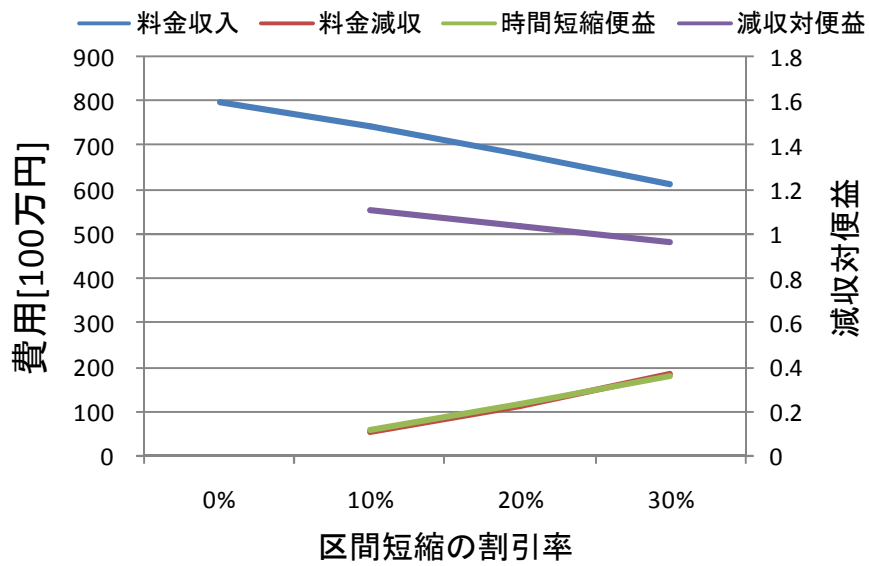


図 9 - 2 - 3 3 普通車の費用変化

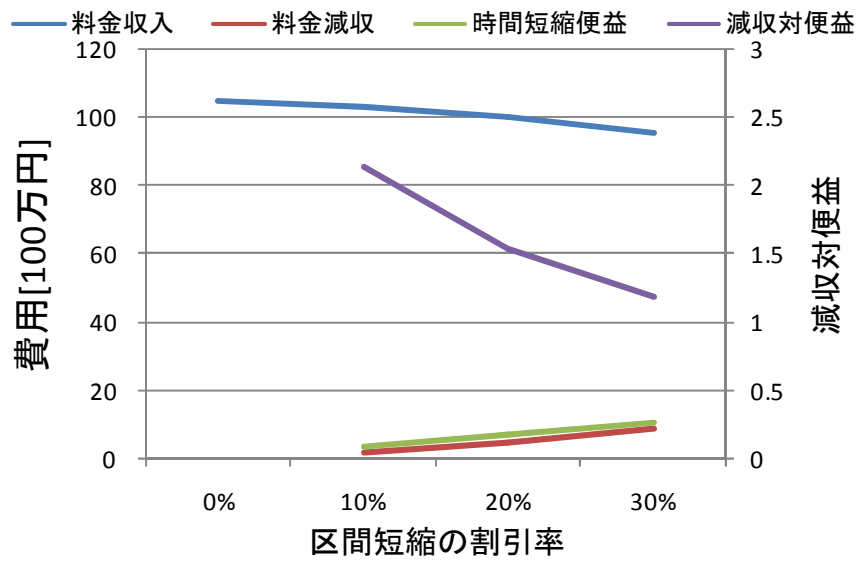


図 9 - 2 - 3 4 大型車の費用変化

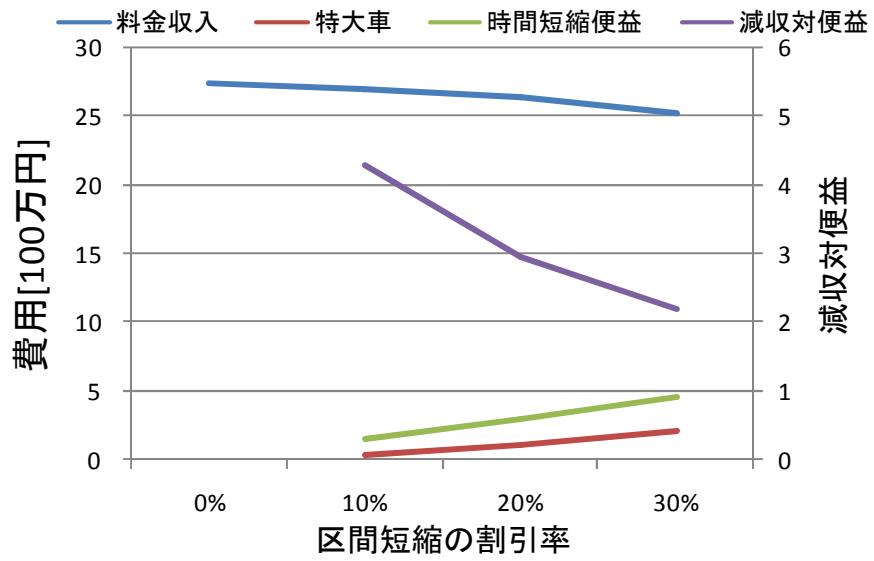


図 9 - 2 - 3 5 特大車の費用変化

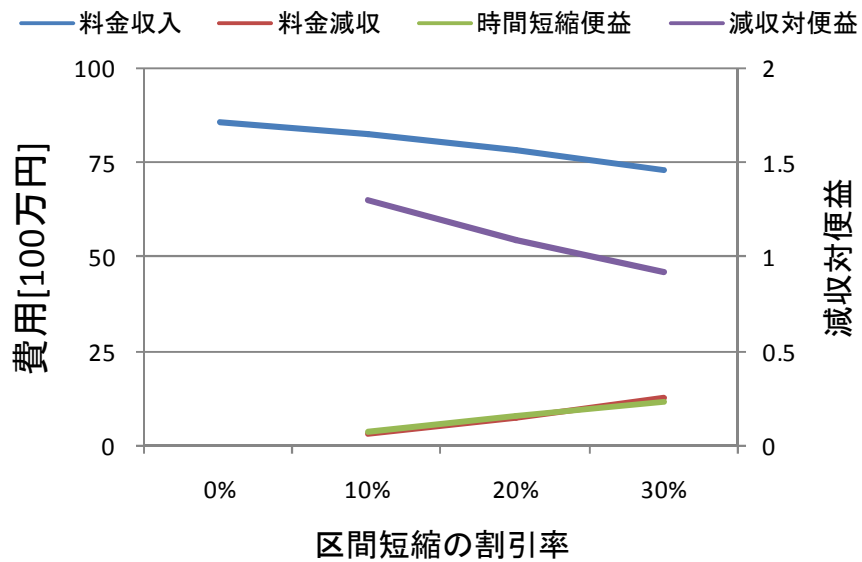


図 9 - 2 - 3 6 中型車の費用変化

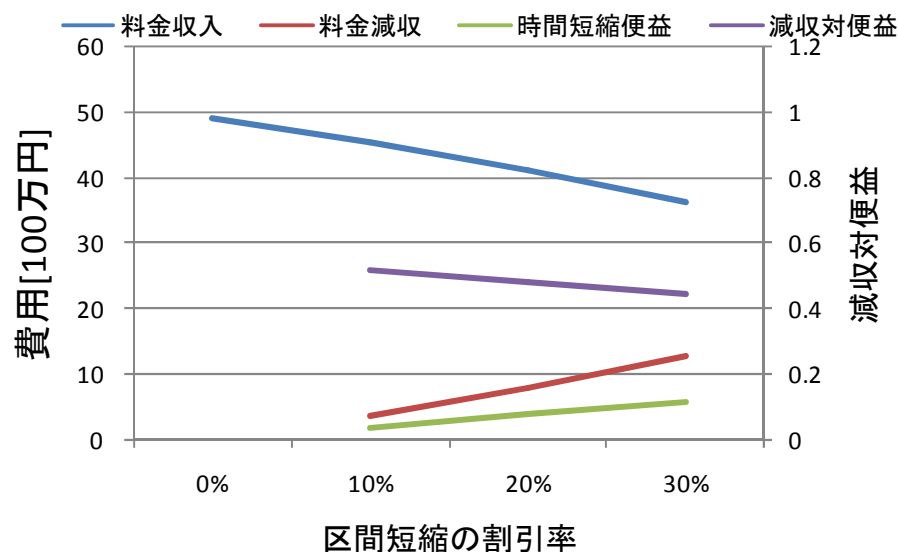


図 9-2-37 軽自動車の費用変化

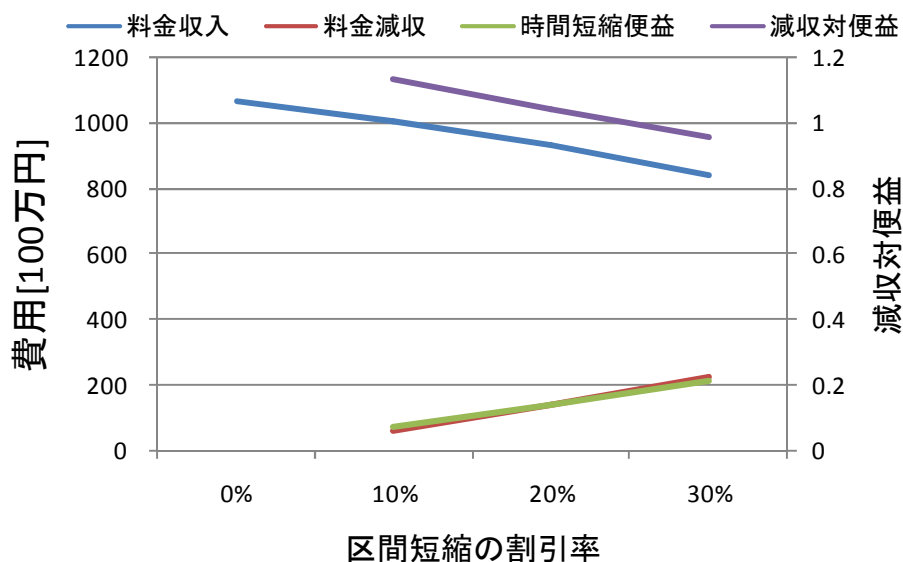


図 9-2-38 全車の費用変化

短トリップ推奨割引は、30%を超えると減収対便益が1を割ってしまっており、料金施策による減収が社会的便益を超えてしまっている。このことから、短トリップ割引を適用する場合には、20%割引までにとどめるべきであると言える。

9-3 まとめ

本章では、集計ロジットモデルから推定した料金パラメータを用いて一般道を含む総交通量の推計を行い、推計した総交通量を用いて種々の料金施策の効果を比較した。

結果、実験区間内の一定割引であれば、60%割引までは減収対便益が望めることがわかった。また、新しい料金施策である長トリップ推奨割引に関しては、区間延長ごとに+30%

割引を実施しても社会的便益が減収を上回り、短トリップ推奨割引では区間短縮ごとに＋20%割引までなら社会的便益が減収を上回ることもわかった。

参考資料

- (1) ロバート・G・クロス：RM 収益管理のすべて（日本実業出版社）
- (2) Kalyan T. Talluri (2004): The theory and practice of Revenue Management. Kluwer Academic Publishers
- (3) Peter. P. Belobaba (1989) : Application of a probabilistic decision model to airline seat inventory control. Operations Research
- (4) 国土交通省航空局, 日本空港コンサルタンツ (2005) : 平成15年度航空旅客動態調査報告書
- (5) 日本航空 (2005) : 11月運賃額一覧表
- (6) 日本航空 (2006) : 2006年度上期国内線各種割引運賃一覧表 (2006年1月16日第05124 JGN号)
- (7) Koppelman, F. S. (1976): Methodology for Analysis Errors in Prediction With Disaggregate Choice Models (TRR)
- (8) 兵藤哲朗 (東京海洋大学教授) (2005) : 非集計行動モデルの集計誤差について
- (9) NEXCO 東日本 : <http://www.e-nexco.co.jp/>
- (10) 国土交通量道路局 : http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/data_shu.html