

高速道路の利用予約制に関する基礎的研究^{注1}

A Basic Study on Trip Reservation Systems for Recreational Trips on Motorways

佐藤 拓也^{注2}, 清宮 正好^{注3}, 赤羽 弘和^{注4}, 桑原 雅夫^{注5}

Takuya SATOH, Masayosi KIYOMIYA, Hirokazu AKAHANE, Masao KUWAHARA

1. はじめに

本研究は、都市間高速道路を対象として、需要の発生を時間的に平準化する利用予約制により休日渋滞を解消・軽減する可能性を探った。予約制とは、鉄道の座席指定券の予約システムのような仕組みで、交通需要が交通容量を超過しないように、旅行者に出発時刻を調整してもらう構想である。

アンケートを実施して予約制選択ロジットモデルを再同定するとともに、予約動向に基づく交通需要予測アルゴリズムを開発し、予測誤差の影響を数値シミュレーションにより評価することを目標とする。

2. アンケート調査

1995年に続いて1996年秋にアンケートを再設計して、関越自動車道の高坂SAで、旅行者の社会属性、トリップ属性、及び予約制に関する想定項目から構成される郵送回収アンケートを行った。予約制に関しては、休日渋滞の発生期間中には通行料金のピーク時割り増しが行われ、予約制の参加者にはピーク時料金からの割り引きが行われる想定とした。アンケート票配付時のトリップに対して実際に支払った通行料金額を回答してもらい、それに割り増し率を乗じた額をピーク時通行料金と想定する質問形式を採用した。図1に、その記入様式を示す。

[準備1] 本票を受け取った後で支払われた高速道路通行料金は、概算でいくらだったでしょうか？下欄にご記入ください。(約 円)

[準備2] 上記通行料金の20%増しの金額を、下欄にご記入ください。この金額を、以下の設間におけるピーク時料金と想定してください。(約 円)

図1 アンケート記入様式の一部

直交性を確保するためには、割り増し率、割り引き率の全ての組合せを質問しなければならない。しかし、1995年の経験から1人当たりの質問数を10問程度に限定しないと有効な回答が得られない。そこで、ピーク時割り増し率10、20%の2種類のアンケート票を作成し、各票において予約制による割り引き率5、10、20%に対する出発時刻の最大調整時間を記入する形式とした。図2に、調整時間の記入様式を示す。

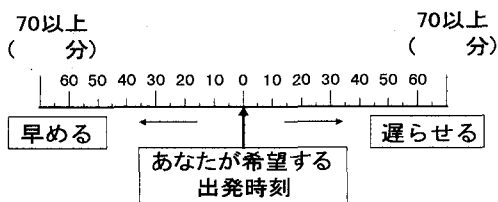


図2 調整時間記入表

表1に、アンケートの配付・回収結果を示す。観光、レクリエーション目的の帰宅旅行者で、乗用車(乗車人員7名以下)での移動中の回答を有効とし、以下の解析に利用した。

注1 キーワード：TDM, ITS, 交通情報, 交通管理

注2 学生会員, 学士, 千葉工業大学大学院

注3 , 修士, 株式会社 ユーディーケー

注4 正会員, 工博, 千葉工業大学, 〒275 千葉県習志野市津田沼2-17-1, Tel0474-78-0444, Fax78-0474

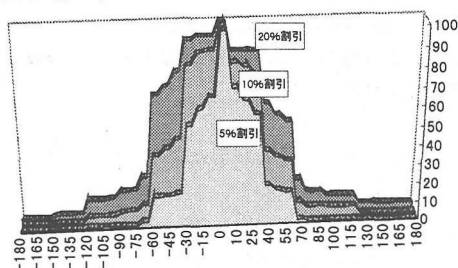
注5 正会員, 工博 Ph.D., 東京大学生産技術研究所, 〒106 東京都港区六本木7-22-1, Tel03-3402-6231, Fax3401-6286

表1 アンケート票配付・回収状況

配付日時	1996年9月23日12:00~18:30
配付場所	関越自動車道 上り 高坂SA
配付数	1537
回収数	445
有効回答数	310

図3は割り増し率が10%,20%の場合の割引率と時間調整幅の関係を示す。同図から、各割り増し率に対する割引率と調整時間の関係に、それほど大きな違いはなく、むしろ割引率により調整時間が大きく変動しているのが分かる。

割り増し率10%の時



割り増し率20%の時

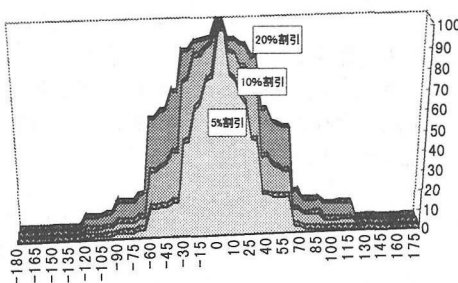


図3 割り増し率、割引率、時間調整幅の関係

アンケートにおいて渋滞を避けることができるという条件で時刻調整に対する賛否を聞いたところ、90%以上の旅行者が時刻調整に応じると答えており、予約制の実現に対してある程度期待できることがわかった。

3. 予約制選択モデル

解答者の調整時間の最小単位を5分と仮定し、例えば、割り増し率10%、割引率10%の時に

30分に印を記入した回答からは、以下のような変換をして2対の選択データを作成した。

{ 10%の割引率で30分の時間調整の時...参加
0%の割引率で0分の時間調整の時...不参加 }

{ 10%の割引率で35分の時間調整の時...不参加
0%の割引率で0分の時間調整の時...参加 }

次に、通行料金は、通常料金に対する支払い比率(割り増し率×割引率)で表す。これは通常料金の支払い額を1とした時の予約制参加時の支払いを表す。

表2に、以上のように作成したデータにロジットモデルを適用した結果を示す。出発時刻調整時間が短く、通常料金に対する支払い比率が低いほど予約制に応じる割合が増加する傾向が示されている。さらに、乗車人員が少なく、旅行距離が長くなるほど予約に応じやすい傾向も見られた。これは乗車人員に関しては、乗車している各個人ごとに時間的制約を持っており、その人数が増えれば全体として予約制に応じにくくなるのではないかと考えられる。旅行距離に関しては、旅行距離が長くなるほど通行料金も増え、それによる割り増し割引率の影響が大きくなることが起因しているものと考えられる。

表2 旅行者行動モデルパラメータ

項目	説明変数	パラメータ値	t値
予約条件	調整時間	-0.035788	-11.14 *
	支払い比率	-0.002364	-2.38 *
乗車人員	1,2人	+0.066457	+2.31 *
	3人以上	0	
旅行距離	50km以下	-0.083734	-0.63
	50~100km	-0.011818	-7.21 *
	100km以上	0	
定数項	参加の有無	-0.052361	-14.51 *
的中率		72.9%	
尤度比		0.359	

(注)*は、5%有意を示す。

4. 予約システム効果解析

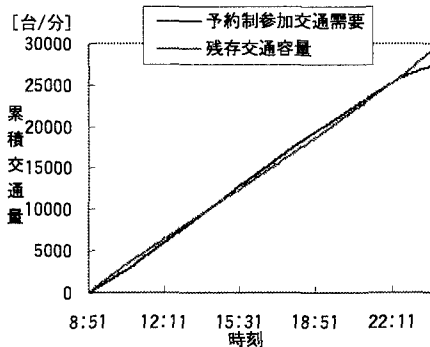
表3に示す渋滞を検証対象渋滞とし、利用者の属性はアンケートと等しいと仮定して、実際に予約制が導入されたことを想定して、予約制参加率

と最大調整時間との関係を解析した。

表 3 検証対象渋滞

発生日時	1995 年 11 月 5 日 11:05～22:05
ボトルネック位置	関越自動車道上り 3.92KP 地点(新座料金所)
最大渋滞長	29.57[km]
渋滞原因	交通集中
ボトルネック容量	2763[台/時/2車線]
渋滞中の交通密度差	38.5[台/km/2車線]
最大遅れ時間	27[分]
総遅れ時間	4945[時・台]

図 4 に、ボトルネック容量から予約制不参加交通需要を除いた残存交通容量、すなわち予約制参加者に割り当てられる容量の累積と、予約制参加者の需要の累積を示す。



注) 予約制参加率 70% の場合

図 4 出発時刻の調整幅の算定例

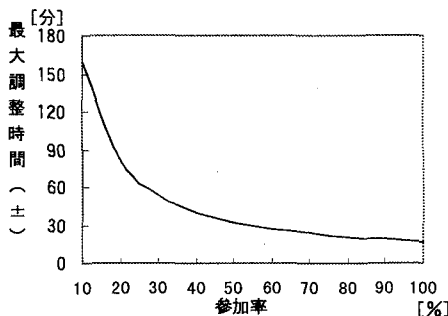


図 5 最大調整時間の最小値

予約制参加者の需要を調整し残存交通容量の曲線に一致させることで、需要と容量の関係をバランスさせている。よって両曲線の時間軸方向の差が渋滞を発生しないための最小限の調整時間とな

る。同図は、予約制参加率 70% の場合について、累積の起点すなわち予約システム適用開始時刻を変え、出発時刻の最大調整値が最小となるように最適化した結果である。図 5 は、図 4 の方法で求めた最適化した最大調整時間を、各参加率毎に示したものである。同図から参加率 90% でも、最大で 19 分調整する必要があることが分かる。

5. 交通需要予測シミュレーション

高速道路の利用予約に基づいて交通需要を予測し、需要を平準化させるシミュレーションにより予約制を再現して予測誤差が予約制に与える影響を評価しようと考えている。以下にその方法を述べる。

- (1) シミュレーションに使用するデータの作成
使用データは予約制適用日の 1 ヶ月前から前日までの各週毎の予測誤差を含んだ予約制参加需要である。
- (a) 交通需要を構成する一台一台に対して一様乱数で予約順序番号を与える。
- (b) 総需要に予約制参加率とその時点までの予約数と全予約数の割合である累積予約率を掛け、各週毎にその週までの予約需要を求め、その台数分 (a) の予約順序番号に従って、番号の若い順に予約者として抽出する。その際、予約制参加率と累積予約率には正規乱数による誤差をつけ予測誤差に代替する。なお、正規乱数の標準偏差を予約当日に近づくにつれて小さくしていき、予測精度が改善されていく設定とする。

(2) 需要予測

予約制参加需要のデータを作った逆の手順で総需要は求められる。

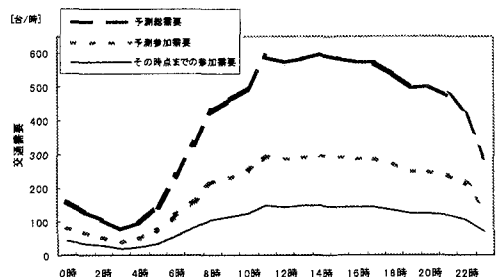


図 6 予約台数から総需要を推定する概略図

(c) (b)で求めたその週までの予約需要に、予約制参加率と累積予約率の逆数を掛けて総需要を予測する。図6に、その概要図を示す。

(3) 需要平準化

平準化は、4章の効果解析で用いた累積曲線を用いた方法で行う。しかし、その前に予測誤差の影響で渋滞が発生しないよう、容量からマージンを割り引く必要がある。

マージンは参加率と累積予約率の誤差が総需要の予測に与える影響を評価する事で求める。①に予測総需要に対する予約制参加率と累積予約率の正規乱数による誤差の程度を示す。誤差の程度(標準偏差)Sは次式で求められる

$$S = \frac{\alpha \times \sqrt{\bar{X}^2 S_Y^2 + \bar{Y}^2 S_X^2 + S_X^2 S_Y^2}}{\bar{X} \bar{Y} \times \sqrt{XY^2 + \left(\sqrt{\bar{X}^2 S_Y^2 + \bar{Y}^2 S_X^2 + S_X^2 S_Y^2} \right)^2}} \quad \dots \textcircled{1}$$

このとき

α : その時点での参加需要

X : 参加率

Y : 累積予約率

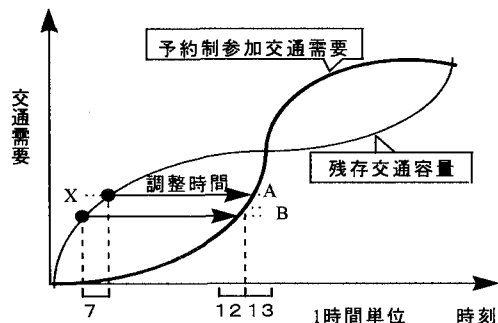
$\bar{X}$: 参加率の平均

$\bar{Y}$: 累積予約率の平均

S_X : 参加率の標準偏差 S_Y : 累積予約率の標準偏差

(d) 4章の効果解析のところで説明した方法により、最適化する。なお、予測誤差の影響で渋滞が発生しないように①より求めた誤差範囲を、残存交通容量を求める際のボトルネック容量からマージンとして割り引く。

(e) 累積曲線を使って調整時間を求める。実用性を考慮して、利用者への予約時間の指定は、1時間単位で行う。図7に、その方法を示す。



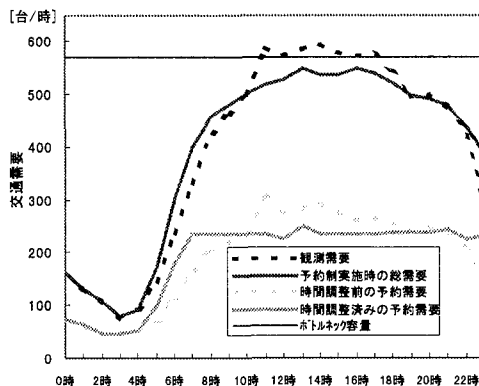
7時の需要XはA:Bの割合で13時と12時に振り分ける。

図7 出発時刻調整時間算定

(f) 調整後の予測需要に参加率と累積予約率を掛け、調整後の予約需要とする。

以上の作業を各週毎に予約制実施前日まで(2)需要予測から繰り返してゆく。しかし、同じ予約制参加者が2度時間調整する事のないよう、各時点までの予約者は以降の作業においては不参加需要として扱う。それに対しては、(d)において予約制参加交通需要から(b)の調整前の予約需要を引き、残存交通容量を求める際に予約制不参加交通需要に(f)の調整後の予約需要を足して求め、そのデータから累積曲線を求める事で考慮する。

図8 予約制による需要の平準化例



なお、このシミュレーションは現在進行中であり、図8に、平準化の概略図を示す。

6. まとめと今後の課題

需要予測シミュレーションにおいては、今回は基礎的解析にとどまったが、今後は以下の点を踏まえて検討、発展させたい。

- (1) 交通需要の予測誤差に対するマージンの設定
- (2) 予約制参加率、累積予約率の設定
- (3) 需要時間変動に対する誤差
- (4) 前週予約者の考慮

更に、累積予約率の時間変化や混雑状況と予約動向との相互作用に関する情報等を、列車、航空機等の予約システムの運用実績から収集し、実用的な予約処理アルゴリズムを開発する必要がある。また、同一路線上の複数ボトルネックへの対応も課題である。

参考文献

社団法人・交通工学研究会編：「やさしい非集計分析」