

# 消費者厚生アプローチを用いた都市間高速鉄道のビジネス目的利用者便益に関する研究\*

## The Benefit Evaluation of Business Travelers for an Intercity High Speed Rail Using Consumer Welfare Approach \*

姚 恩建\*\*・森川高行\*\*\*

By Enjian YAO\*\*・Takayuki MORIKAWA\*\*\*

### 1. はじめに

交通プロジェクトを実施することによって生じた利用者便益や環境改善などの効果のうち、プロジェクト便益の大部分を占めている利用者便益の計測の正確性は、費用便益分析を用いるプロジェクト評価に重大な影響を与えている。

既存の交通利用者に対して、交通プロジェクトがもたらす効果は、交通時間の短縮、利用者及び所属企業の負担費用の変化、乗客の快適性、安全性、及び利便性といった交通の質の変化が挙げられる。さらに、交通環境の改善によって誘発された新たな利用者に対しても、プロジェクトの効果も考えるべきである。しかし、これらの効果を評価する指標は同一ではないため、選択肢（代替案）ごとの評価が決して容易ではない。そのため、すべての選択肢に対応でき、さらに利用者に対する各種のプロジェクト効果を評価できる総合的な便益の評価指標が期待されている。

### 2. 消費者厚生アプローチ

統合的な非集計logit需要予測モデルにおいて、選択肢集合から得られた効用を統合した最大期待効用（ログサム）は、個人の選択肢に対する評価の差異も反映している<sup>1)</sup>。手段・目的地選択の様な複数選択を含むネステッド選択構造の上段階の最大期待効用は個人の目的地へのアクセスの容易さ、各手段の輸送特性（交通時間、費用、運行頻度等）を統合して表される。交通機関の輸送特性変化や、目的地の変化など個人に対する影響は最大期待効用に反映されている。そのため、手段・目的地選択段階の最大期待効用が総合的な利用者便益の評価指標として使用できる可能性は高いと考えられる。Williams<sup>1)</sup>は、各選択肢の選択確率が個人の需要曲線を表していると見なした場合、交通需

要をプロジェクト実施前後の効用の間で積分することで、消費者厚生の変化は求められることを示した（式①）<sup>1)</sup>。

$$\int_{V_i^o}^{V_i^f} P(i/V)d(V) = \int_{V_i^o}^{V_i^f} \frac{e^{V_i}}{\sum_{i \in C} e^{V_i}} d(V) = \int_{V_i^o}^{V_i^f} d(\ln \sum_{i \in C} e^{V_i})$$

$$= LS^f - LS^o \quad \text{①}$$

ここで、 $LS^o$  と  $LS^f$  はプロジェクト実施前後の最大期待効用である。但し、式①の利用者便益は効用コンテキストに限られたもので、他の代替案と比べるためには、効用タームの便益を金銭タームに変換する必要がある。

Small ら<sup>2)</sup>は応用厚生経済学の角度から、離散選択環境における費用と他の交通特性（交通時間、運行頻度等）の変化がもたらす消費者厚生の変化を、補償変数（CV）を利用して求めた。交通システムの特性の限界効用は収入の限界効用を通じて、交通特性の限界費用に変換できるため、交通特性を含む変化による消費者厚生の変化は計算できる。特に、logit モデルの場合、補償変数で表れる消費者厚生の変化は以下の式で計算できる。

$$CV = -\frac{1}{\lambda} \int_{V_i^o}^{V_i^f} \sum P(i/V)dV = -\frac{1}{\lambda} (LS^f - LS^o) \quad \text{②}$$

ここで、 $\lambda$  は収入の限界効用、効用関数の費用項のパラメーターである。

以上の結果より、Williams 効用タームの利用者便益を収入の限界効用で金銭タームに変換できる。更に、最大期待効用に基づく利用者便益指標の正当性も明らかになった。

交通環境の改善によって、既存交通利用者には便益がもたらされる。また、アクセシビリティが増加することによって、新たな交通も誘発される。すなわち、利用者便益には、既存交通利用者とともに新たな利用者の便益もカウントされるべきである。手段・目的地選択段階の最大期待効用もアクセシビリティとして認識されるため、アクセシビリティが線型発生モデルの説明変数として使われた場合、交通プロジェクトの利用者便益は以下の式で計算される。

$$UB = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot (D^o + D^f) (LS^f - LS^o) \right] \quad \text{③}$$

\* キーワーズ：整備効果計測法，交通行動分析

\*\* 学生員，工修，名古屋大学環境学研究科都市環境専攻  
(名古屋市千種区不老町 TEL:052-789-3730,  
E-mail:yaoej@trans.civil.nagoya-u.ac.jp)

\*\*\* 正員，Ph.D，名古屋大学環境学研究科  
(名古屋市千種区不老町 TEL:052-789-3564,  
E-mail:morikawa@civil.nagoya-u.ac.jp)

ここで、 $D^o$  と  $D^f$  はプロジェクト実施前後の利用者数。

### 3. ビジネス目的の利用者便益

ビジネス目的の場合、移動時間の短縮は、実際の業務に使える時間が増えることを意味する。そのため、便益の評価には旅行者が受け取る便益のほか企業が受け取る便益も含めて考えるべきである。ビジネス目的の交通費用は会社と個人が共同で負担するか、会社が全額負担するか、の2つの場合が考えられるため、交通選択行動には旅行者個人だけではなく、会社の意思も反映すべきである。しかし、今までのビジネス目的の交通選択に関する分析の多くは、旅行を行う個人だけの効用関数に基づいて交通選択行動の分析を行ってきた。当然、考えられた収入、時間など制約条件も、旅行者個人のものに過ぎない。結果として、個人だけの効用関数に基づく交通需要モデルは交通選択の実態を適切に反映できず、非集計モデルに基づいたビジネス目的の便益も過小に評価される事が明らかになってきている。

#### (1) 従来のビジネス目的モデル

従来のビジネス目的モデルの考え方として、旅行目的（ビジネス・プライベート）とは関係なく、予算制約下における合理的旅行者個人の選択行動は以下の式で表される。

$$\text{Max}(U^p) = U^p(P_l^p, t_l, t_w, t_i, Q_i) \quad (4)$$

St.

$$wt_w = P_l^p + \sum_i \text{Index}_i P_i^p \quad (5)$$

$$T = t_l + t_w + \sum_i t_i \quad (6)$$

$$t_i \geq \bar{t}_i \quad (7)$$

但し、 $U^p$ ：個人の効用関数。 $P_l^p$ ：交通以外に個人が消費できる財の価値。 $t_l$ ：余暇時間。 $t_w$ ：労働時間。 $t_i$ ：交通時間。 $P_i^p$ ：個人負担の交通費用。 $\bar{t}_i$ ：旅行に必要な最小交通時間。 $w$ ：賃金率。 $\text{Index}_i$ ：選択インジケータ（1：選択肢  $i$  が選択された場合、0：それ以外）。 $Q_i$ ：選択肢  $i$  における時間、費用以外の説明変数。

交通行動選択モデルはこのように個人の効用を最大化した結果から得られた間接効用関数をもとに推定される。当然、結果として個人の意思しか考えていない。特に、利用者便益の大部分を占める旅行時間の節約による便益の計算に用いられた時間価値（VOTT）については、以上の式から、時間が資源として交通行動から他の活動に変換する時の WTP (Willingness To Pay)，と時間が商品として交通中に発生する非効用（苦痛や不安）という二つの部分を含んでいる事が分かる。

$$VOTT = \frac{\partial U^p}{\partial t_w} / \lambda + w - \frac{\partial U^p}{\partial t_i} / \lambda = A + w \quad (8)$$

プライベート旅行の場合、節約された時間は一般的に個人の余暇時間として使われ、⑧の式は成立する。

一方、ビジネス目的の場合、時間短縮による便益は労働契約（I.移動時間を労働時間として認める、II.認めない）と、移動時間帯と勤務時間帯の関係（a.勤務時間帯内にある、b.帯外、c.帯内帯外両方もある（しかし、a、bをベースにして考えられる））に影響される。旅行中には完全に生産性がないという仮説の基で、交通時間による不効用等を考慮しない時、単位時間節約による便益は表-1に示す通りである：

表-1 単位時間節約による便益

ケース	個人	会社
a-I, a-II	なし	労働の生産性 $p$
b-I	賃金率 $w$	$p - w$
b-II	余暇時間価値 $w$	なし

ケース b-II 以外の場合には、社会的に見ると、単位時間節約による総便益は労働の生産性  $p$  になる。時間短縮の便益を会社と個人の間でどのように分配するかは労働契約によって決められる。また⑧式を考える、短縮時間が勤務時間帯であり、会社が個人の時間を買っているという場合には、⑧式の  $A$  は個人に、 $w$  だけは会社に帰着する<sup>3)</sup>。トラックドライバーの場合、労働時間の限界効用と交通時間の限界効用は一致するため、 $A$  はゼロになる、一単位の交通時間の節約によるドライバーの便益はゼロであるが、会社には  $w$  の便益をもたらす。社会的な観点から見ると、単位時間節約による総便益は  $p$  では無く  $w$  になっている。明らかに、個人の効用しか考えないモデルでは、ビジネス目的旅行の交通時間の節約による便益は過小に評価されている。

#### (2) 集成的選択モデル

ビジネス目的において、交通選択行動を会社と個人が共に参加する集成的選択 (Collective Choice) と考えることはもっとも自然である。当然、意思決定の結果も、意思決定グループすべてのメンバーの選好に関わっている、更に、各メンバー間の相互関係、意思決定ルールにも影響されている。

すべてのメンバーの選好が同等に扱われ (One-person One-vote)，同一の選好を持っていた場合、グループの選好は簡単に決められる。しかし、メンバーの選好が異なる場合がほとんどで、メンバーの選好のウェイトが異なる場

場合も多い。その時、個々のメンバーの利益ではなく、グループ全体としての利益が重視されるケースが多い。その場合、集合的選択の結果を社会的に見ると、グループの利益が最大化されるが、各メンバーの最大利益は保証されない。これは1つの集合的選択ルールとして、グループ内の各メンバー間の公正性が保証されないが、社会的に見ると、合理かつ有効的であると言える。

ビジネス目的の交通行動を分析するには、個人の選好を表す個人選好効用関数のほかに、会社の選好を表す会社選好関数は以下の式で表される。

$$\text{Max}(U^c) = U^c(P_i^c, t_w) \quad (9)$$

$$\text{s. t. } pt_w = P_i^c + wt_w + \sum_i \text{Index}_i P_i^c \quad (10)$$

ここで、 $p$  : 生産性。  $P_i^c$  : 会社負担の交通費用。  $P_i^p$  : 交通以外に会社が消費できる財の価値。

集合的選択の理論によると、集合的選択の基礎となる社会的な選好の効用関数は各メンバーの効用の関数である。そして、集合的選択ルールに関わらず、集合的効用関数は下の式で表される。

$$\text{Max}(U) = U(P_i^p, P_i^c, t_l, t_w, t_i, Q_i) \quad (11)$$

制約式は⑤、⑥、⑦、⑩になる。

グループの利益を最大化する集合的選択ルールを用いて、ビジネス目的の交通選択行動を分析する場合は、集合的効用関数は下の式で表される。

$$\text{Max}(U) = U((P_i^p + P_i^c), t_l, t_w, t_i, Q_i) \quad (12)$$

グループ（個人と会社）の収入制約式は下の式になる。

$$pt_w = (P_i^p + P_i^c) + \sum_i \delta_i (P_i^p + P_i^c) \quad (13)$$

この式では、効用関数には旅行者個人負担額ではなく、交通費用の全額が入るはずである。更に、この式から推定された時間価値は式⑭になる。

$$\text{VOTT} = \frac{\partial U}{\partial t_w} / \lambda + p - \frac{\partial U}{\partial t_i} / \lambda \quad (14)$$

従来の結果と違って、式の中には  $w$  の代わりに、 $p$  が入る。一般的に、労働の生産性  $p$  は賃金率  $w$  より高いため、集合的選択考え方によって推定されたVOTTは従来の考え方より高い。これも、ビジネス目的のVOTTはプライベート旅行のVOTTより高いという事と一致している。また、トラックドライバーのケースを考える、従来の結果と同じように交通時間の節約による個人の便益はゼロであるのに対して、会社の便益は  $p$  になる。つまり、社会的に見ると、 $p$  の便益を生み出していることになる。この結果は従来の結果よりも合理的である事が分かる。

#### 4. 都市間高速鉄道のビジネス目的需要モデル

日本で計画されている高速鉄道（HSR）プロジェクトの導入により、発生量、目的地、手段を及ぶビジネス目的交通市場における大きな変化が予想される。また、プロジェクトの実施においては、交通環境改善による利用者の便益も評価する必要がある。本研究では、以下のようなネステッド構造で統合的な交通需要モデルを分析した。各段階の最大期待効用を介して、交通特性の変化から目的地の変化までの影響が捉えられ、転換・誘発交通も論理的一貫性を持って算出できる。また、集合的選択理論に基づくモデルで、利用者便益も完全に計測できると考える。

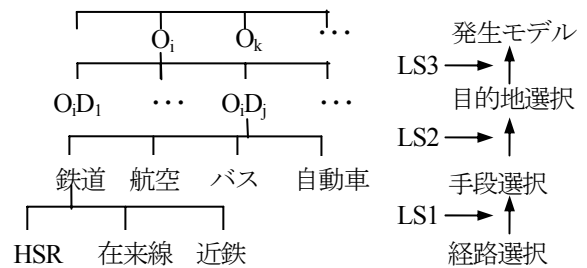


図-1 統合的な交通需要モデルのネステッド構造

本プロジェクトは、日本全国に影響を与えるビッグプロジェクトであるため、2000年日本の六大都市圏間の鉄道旅客に対するアンケート調査から得たSP・RPデータの他に、第3回全国幹線旅客純流動データもコンバインして、ビジネス目的の交通手段・経路選択モデルの推定を行った。

表-2 手段経路選択モデル推定結果( ) はt-値

		SP/RP	純流動
定数項	HSR	0.450(5.2)	
	在来線	0	0
	航空	-1.28(-4.2)	-1.56(-5.9)
	近鉄	0	0
	高速バス	-11.3(-8.5)	-2.99(-11)
	自動車	-5.17(-8.5)	1.40(7.7)
利用料金 (10000 円)			-3.33(-14.9)
ラインホール時間 (60 分)	鉄道・航空		-2.14(-19.4)
	バス		-2.06(-19.1)
アクセスイグレス時間(60 分)			-1.65(-15.9)
運行頻度 (回/60 分)	鉄道・バス		0.248(12.0)
	航空		0.820(6.8)
スケールパラメータ			0.489(21.5)
サンプル数			18798
最終尤度			-12540.1
修正済み尤度比			0.495
時間価値 (円/分)	ライン	鉄道・航空	107.0
	ホール	バス・自動車	103.3
	アクセスイグレス		82.6

全額交通費用を用いて推定されたビジネス手段経路選択モ

デルの結果は表-2 に示す通りである。すべてのパラメーターの符号は正しく、t-値も高い。VOTT に関して、予想通り鉄道航空はバス自動車より高くなっている。さらに、各交通手段の VOTT が個人負担費用で推定された結果（ラインホール：96.3 円/分（鉄道・航空），90.1 円/分（バス・自動車），アクセスイグレス：77.3 円/分）より高くなっている。これは理論分析の結果と一致する。

全国を 147 のゾーンに分けて、集計型の純流動データに対して、代表的な個人を想定し、同じ選択を行う個人が多数存在するとみなす事により、擬似的な非集計データに変換した上で、重み付き最尤推定法を用いて推定を行った。手段経路選択段階の最大期待効用を目的地選択効用関数の説明変数として用いて推定した結果は表-3 に示す通りである。最大期待効用のパラメーターは 0 と 1 の間にあるため、目的地選択のネスティッド構造が合理的であることが明らかになった。

表-3 目的地選択モデル推定結果

説明変数	パラメーター	t-値
最大期待費用	0.169	50.7
ゾーンの人当たり GDP (百万円)	1.69	24.4
二次産業人口/従業人口 (%)	-0.437	-29.2
魅力度	10.6	2.5
サンプル数	5975	
修正済み尤度比	0.268	

交通発生ゾーンは社会経済属性と交通条件に基づいて、三つの地域に分類した。ある発生ゾーンからのアクセシビリティとして認識される目的地選択段階までの最大期待効用等を発生モデルの説明変数として、各ゾーンの実際発生量を被説明変数として重回帰モデルで推定した。

表-4 発生交通量モデル ( ) は t-値

説明変数	地域 1	地域 2	地域 3
定数項	260.1 (0.9)	-2803.8 (-1.6)	213.5 (0.7)
最大期待費用×人口 (百万人)	174.1 (7.7)	824.5 (7.0)	186.2 (3.5)
三次産業人口 (百万人)	2146 (2.6)		9342.8 (6.3)
サンプル数	63	13	71
決定係数	0.838	0.801	0.715

## 5. 利用者便益

前提条件として、75分で東京と大阪を結ぶHSRは2020年に開業すると想定し、三大都市を含んだ10個の駅を設定する。東京・大阪間の料金は15000円、他のサービス水準は現在の新幹線と同じとする。経済成長率は2%、社会的割

引率は4%とし、開業後の交通需要と利用者便益を分析した。HSRの導入によって、交通市場に大きな変化があることが分かった。特に、三大都市圏間の各交通手段のシェアを見ると、HSRは59.6%を占めている。アクセシビリティの改善による誘発交通が全国レベルで1.1%に達している。

経済成長率が2%と1%という二つのシナリオのもと、2005年の現在価値に換算した50年間利用者便益を計算した。

表-5 利用者便益 (単位：兆円)

	ビジネス	合計
経済成長率2%	8.82	13.8
経済成長率1%	5.71	9.97

HSR 整備に必要である 10 兆円という資金額に対して、経済成長率 1%の場合の利用者便益はやや下回るが、災害に対するリスクの軽減、環境問題への対策などといった効果も期待できるため、総合的に見ると十分に建設する価値があるといえる。

## 6. おわりに

本論文では、まず、交通施設整備がもたらす時間の短縮、費用の削減、利用者安全性の保証などの利用効果は最大期待効用によって完全に把握できることを証明し、離散選択環境における最大期待効用に基づく利用者便益指標の正当性を応用厚生経済学の角度からレビューした。また、これまで過小に評価されていたビジネス目的旅行の利用者便益に着目し、集合的意思決定効用関数に基づいた新たな交通需要モデルを提案した。交通時間価値を考察した結果、集合的選択モデルでは、従来モデルよりも精度よく利用者便益を計測できることが分かった。現存しない都市間高速鉄道のビジネス目的需要モデルを構築し、利用者の便益について事例分析を行うことで、このプロジェクトの整備意義が明らかとなった。

### 参考文献

- 1) Ben-Akiva, M and Lerman, S.: Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. The MIT Press, 1985.
- 2) Small, K.A. and Rosen, H. S.: Applied welfare economics with discrete choice models, *Econometrica*, Vol.49, Issue 1, pp.105-130, 1981.
- 3) Mackie, P.J. et al.: The value of travel time saving in evaluation, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.37, Issues 2-3, pp91-106, 2001
- 4) Sen, A.K.: *Collective Choice and Social Welfare*, Holden-Day, Inc., 1970.
- 5) Yao, E., Morikawa, T.: An integrated intercity travel demand model for a non-existing high-speed rail with combined disaggregate RP/SP and aggregate data. The 4th International Summer Symposium, Japan, p331-334, 2002.