

# 交通時間価値の国際比較：日本とスウェーデンとの比較研究

加藤 浩徳<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学准教授 大学院工学系研究科社会基盤学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）

## 要旨

本研究は、日本とスウェーデンとを対象に、実データと既存の実証分析結果を活用しつつ、人々の交通時間に対する価値を両国間で比較することを通じて、人々の移動に対する考え方の違いを、両国の社会・文化の違いを考慮しつつ理解することに狙いがある。

## Abstract

This research aims to analyze empirically the value of travel time particularly from a viewpoint of heterogeneity among individual's preference and to compare the analysis results in Japan with those in Sweden. A non-parametric approach is used for estimating the distribution of value of travel time with the stated preference data collected in Japan. This may contribute to better understanding of people's way of thinking in travel time in both countries.

## 1. 研究の背景と目的

我が国に限らず、一般に、交通時間短縮による便益は、交通プロジェクトの費用便益分析における消費者便益の大部分を占める。ここで、交通時間価値はその便益計算に用いられる重要な数値である。また、それだけではなく、近年では PPP (Public Private Partnership, 官民連携) の普及に伴い、交通料金の設定に交通時間価値を活用できる可能性が指摘されている。交通時間価値を交通料金の設定に活用するためには交通料金と交通需要との関係を正確に予測する必要があるが、それには交通時間価値に関する詳細な情報が必要となってくる。とりわけ、個人間の選好の異質性により、交通時間価値は全員が同一の値とはならず、個人間で分布していると考えられる。そのため、交通時間価値の分布を知ることが決定的に重要となってくる。

以上のような問題意識のもと、近年、特に北欧地域において、交通時間価値の分布に関する研究が進められつつある。交通時間価値は、対象とする地域で活動する人々の活動特性に依存することから、その分布も地域間で異なることが予想される。ところが、こうした地域間の違いが丁寧に分析されることはほとんどない。特に交通時間価値は、人々の時間に対する価値意識を反映する指標であるので、それを地域間で比較することは、地域の持つ文化特性等を理解する上で有益であると期待される。

そこで、本研究は、スウェーデンを対象国として取り上げ、ほぼ同一の方法によって交通時間価値の分布

を分析することによって、その比較を行うことを目的とする。

## 2. 研究経過

### (1) 研究の方法

従来、交通時間価値の分布を推定する際には、間接効用関数中の交通時間及び交通費用のパラメータが特定の確率分布(正規分布や対数正規分布など)に従うと仮定する、ミックスドロジットモデル(Train, 2003)が広く用いられてきた。例えば、Cirillo and Axhausen(2006)は、ドイツのカールスルーエで収集された6週間にもわたるパネルデータを用いて、ミックスドロジットモデルにより交通時間価値の分布を推定している。しかし、ミックスドロジットモデルを用いて交通時間価値の分布を推定する場合、いかなる確率分布関数を想定するか次第で、分析結果が大きく影響を受けてしまう。それにもかかわらず、確率分布関数の選択の根拠はほとんど存在しない。

そこで、Fosgerau(2006)は、ミックスドロジットモデルに代わる手法として、ノンパラメトリック手法を用いて、交通時間価値の分布を推定する手法を提案している。彼は、交通時間価値そのものを確率変数として仮定し、その分布をノンパラメトリック回帰を用いて、直接推定している。そのため、ミックスドロジットモデルとは異なり、交通時間価値の分布に関して事前に特定の確率分布を仮定する必要はない。なお、ノンパラメトリック手法の適用には、比較的大量のデータを必要とするが、近年の調査技術の発達により、大量のデータ

の入手が容易になりつつあることも、ノンパラメトリック手法を用いた交通時間価値の分布の推定が行われ始めた要因の一つである。

Fosgerau(2006)と同様の手法は、今回対象とするスウェーデンでも適用されている。Börjesson et al.(2012)は、スウェーデンで 2007-08 年に実施された表明選好データをもとに、交通時間価値の分布推定を行っている。ここで使用されたデータは、自動車利用者のみを含む 1317 サンプルである。

## (2) 研究の経過

スウェーデンとの比較研究を実施するため、現地の研究者との共同研究を実施した。日本とスウェーデンにおける交通時間価値の研究動向に関する情報交換をすることを目的として、スウェーデン王立工科大学(KTH)において、2012年9月12日にワークショップを開催した。そこでは、日本の交通時間価値の研究状況について報告した一方で、Yusak Susilo 講師および Maria Börjesson 准教授から、Börjesson et al.(2012)において使用されたデータ、分析手法等について情報提供を受けた。また、同様の方法を日本のデータでも行うことで、両国間の交通時間価値比較を行うことで合意した。

## 3. 研究成果

### (1) 分析手法の概略

以下では、本稿において後に分析結果が示される、Local Linear Regression による推定方法を紹介する。

まず、予測変数 $X$ 、目的変数 $Y$ について

$$m(x) = E(Y|X = x)$$

で定義される関数 $m$ は、回帰関数と呼ばれ、

$$Y = m(X) + \varepsilon$$

と表すことができる。ただし、 $\varepsilon$ は誤差項で $E(\varepsilon|X) = 0$ 、 $E(\varepsilon^2|X) = \sigma^2(X)$ を満たす。

ここで、 $m(x)$ を確率変数 $X$ 、 $Y$ 上のデータ $\{(X_i, Y_i)\}(i = 1, 2, \dots, n)$ を用いて推定することを考える。Local Linear 推定量は次の最小化問題を解くことによって得られる。

$$\min_{a,b} \sum_{i=1}^n (Y_i - a - b(X_i - x))^2 K\left(\frac{X_i - x}{h}\right)$$

上記の最小化問題の解を $\hat{a} = \hat{a}(x)$ 、 $\hat{b} = \hat{b}(x)$ で表すことにすると、 $\hat{a}(x)$ 、 $\hat{b}(x)$ は解析的に求めることができ、

$$\begin{pmatrix} \hat{a}(x) \\ \hat{b}(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_0(x) & S_1(x) \\ S_1(x) & S_2(x) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} T_0(x) \\ T_1(x) \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} \frac{S_2(x)T_0(x) - S_1(x)T_1(x)}{S_0(x)S_2(x) - S_1^2(x)} \\ \frac{-S_1(x)T_0(x) + S_0(x)T_1(x)}{S_0(x)S_2(x) - S_1^2(x)} \end{pmatrix}$$

となる。ただし、

$$S_k(x) = \sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right) (X_i - x)^k \\ T_k(x) = \sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x}{h}\right) (X_i - x)^k Y_i$$

で、 $\hat{a}(x)$ 、 $\hat{b}(x)$ はそれぞれ、 $m(x)$ 、 $m'(x) = \frac{dm(x)}{dx}$ の推定量である。

すなわち、Local Linear 推定量は

$$\hat{m}(x) = \hat{a}(x) = \frac{S_2(x)T_0(x) - S_1(x)T_1(x)}{S_0(x)S_2(x) - S_1^2(x)}$$

であり、また、Local Linear Regression による $m'(x)$ の推定量は

$$\hat{m}'(x) = \hat{b}(x) = \frac{-S_1(x)T_0(x) + S_0(x)T_1(x)}{S_0(x)S_2(x) - S_1^2(x)}$$

である。

なお、 $h$ はバンド幅と呼ばれる。また、カーネル関数 $K(u)$ は通常、正值、左右対称、 $u = 0$ のとき最大値をとる、 $|u|$ が増加するにつれて 0 に近づくことと仮定される。カーネル関数には、例えば、正規分布、三角分布などが用いられる。

### (2) 使用データの概略

本研究では、仮想の交通料金と交通時間が与えられたとき、回答者が高速道経路と一般道経路のどちらを選択するかという二者択一の経路選択データ(SP調査データ)を用いて分析を行う。使用したデータは、著者の研究グループによって実施された、紙ベースおよびウェブベースのアンケート調査において回収されたものである。調査の概略は、表-1 に示されるとおりである。

調査票では、SP 質問(論理チェック質問を除く)として 7 つの質問が聞かれている。そのため、303 票の回答から 2121 件(紙ベース調査:1071 件、ウェブベース調査:1050 件)の SP 調査データが得られる。以下では、高速道路料金÷所要時間差が 0 以下のものおよび

び、120より大きいものを除いた1520件(紙ベース調査:742件、ウェブベース調査:778件)のSP調査データを使用することとする。使用したデータに関する回答者の特性は表-2の通りである。

なお、本調査では、結果的にほとんどの回答が私事または観光目的の道路利用を対象としたSP調査の結果となっている点には留意が必要である。

表-1 使用データ収集の調査概要

	紙調査	ウェブ調査
実施日	平成22年 12月9日～10日	平成22年 12月17日～20日
調査方法	ポスティング・郵 送回収調査	インターネット調査会社 のモニターを 用いたウェブ調査
回答数	387	306
対象地域	神奈川県厚木市	
質問項目	RP質問：直近の高速利用時の目的地、料金、 所要時間、移動目的等 SP質問：仮定の料金、所要時間における経路 選択（高速 or 一般道） 個人属性：性別、年齢、職業、免許保有年数等 世帯属性：世帯人数、世帯年収、世帯自動車保 有台数等	

表-2 調査回答者の特性

属性	分類	紙ベース		ウェブベース		合計	
		人数	%	人数	%	人数	%
性別	男性	660	88.9	474	60.9	1134	74.6
	女性	82	11.1	304	39.1	386	25.4
年齢	～19	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	20～29	7	0.9	67	8.6	74	4.9
	30～39	82	11.1	222	28.5	304	20.0
	40～49	186	25.1	289	37.1	475	31.3
	50～59	136	18.3	143	18.4	279	18.4
	60～64	88	11.9	34	4.4	122	8.0
	65～69	144	19.4	16	2.1	160	10.5
	70歳～	99	13.3	7	0.9	106	7.0
世帯所得 万円	～200	11	1.5	41	5.3	52	3.4
	200～399	121	16.3	65	8.4	186	12.2
	400～599	215	29.0	247	31.7	462	30.4
	600～799	174	23.5	165	21.2	339	22.3
	800～999	93	12.5	148	19.0	241	15.9
	1000～	109	14.7	112	14.4	221	14.5
	無回答	19	2.6	0	0.0	19	1.3

### (3) 分析結果

分析した結果より、1台あたりの交通時間価値の累積分布を示したものが、図-1である。なお、分析時に使用したカーネル関数は正規分布であり、バンド幅は

10.7である。バンド幅は、Cross-Validationと呼ばれる方法によって推定された値である。また、図中では、95%信頼区間も同時に表示されている。

図-1より、交通時間価値の累積値は、単調増加しているが、60～70(円/分)のあたりで、伸びが一時的に低下していることが分かる。実際、密度分布を描くと、交通時間価値の低い位置と高い位置に2つの山ができる。一方、スウェーデンの分析(Börjesson et al., 2012)ではこのような傾向は見られていない。

次に、今回の分析結果では、約85%が90(円/分)を超えないという結果が得られた。一方で、スウェーデンの分析によれば、87～93%が25(ユーロ/時)を超えない時間価値という結果となっている。これは、2013年6月時点の為替レートでは、日本円にして、約55(円/分)である。したがって、今回の結果はスウェーデンよりもかなり高めの推定値となっていることになる。この原因の1つとしては、日本の調査回答者の方が、所得水準が高いことが考えられる。カテゴリーベースでしか所得データがないので、正確な統計値は存在しないが、調査回答者の年収の中央値が、日本で約600万円であるのに対して、スウェーデンでは約300万円である。

また、スウェーデンの分析では、約45%の個人の交通時間価値がゼロとなっているのに対して、今回の場合には、交通時間価値がゼロとなる確率がほとんどゼロとなった。この原因は必ずしも明らかでないが、日本のデータは高速道路に対する支払意思額となっているため、高速道路のパフォーマンスの高さが正の支払意思額に反映されている可能性がある。また、スウェーデンの方が、道路混雑が少ないこと、情報通信機器などを活用した車内活動の水準が高いことなども、可能性として挙げることができる。

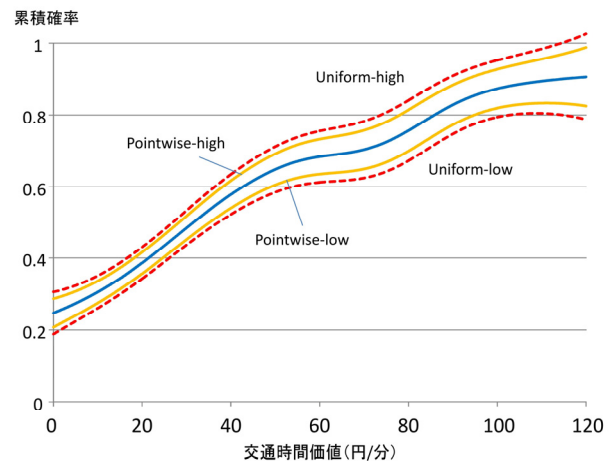


図-1 交通時間価値の累積分布推定結果

さらに、全サンプルおよび属性別サンプル群について、各分布の中央値を示したものが、表-3である。これより、まず、全サンプルの時間価値の中央値が28.4(円/分)となり、我が国のマニュアルで設定されている40.1(円/分)よりもかなり低い値となった。これは、本研究のデータが私事・観光目的を中心としたものであるためだと考えられる。

属性別には、概ね既往の研究と同様の傾向が見られる。例えば、年齢階層別で見ると、40～59歳の推定値が高くなっているが、これは所得水準の高いことを反映している可能性が高い。実際、所得階層別に見ると、所得の高いグループほど推定値も高くなる傾向が伺える。乗車人数が多くなるほど1台あたりの時間価値が増加するのは、合理的な結果である。最後に、所要時間別に見ると、90～150分で最も時間価値が高くなり、150分以上が最も低くなるという結果が得られた。これは、交通時間が長くなるほど時間価値が高くなるという既往研究の知見とは異なる傾向である。これは、特に私事・観光目的の交通の場合、あまりに交通時間が長くなると、交通時間に対する感度が低くなるので、交通時間短縮に対する支払意思が低くなるためなのではないかと思われる。

表-3 属性グループ別の交通時間価値の推定値

属性グループ		推定中央値 (円/分・台)
全サンプル	全サンプル	28.4
年齢階層	39歳以下	26.7
	40～59歳	36.9
	60歳以上	24.9
世帯年間所得階層	399万円以下	19.6
	400～799万円	25.9
	800万円以上	49.3
乗車人数	1人	24.4
	2人	29.8
	3人以上	32.8
所要時間	90分未満	31.7
	90分以上150分未満	33.7
	150分以上	27.1

#### (4) 分析結果に関する考察

まず、属性別の分析結果からは、スウェーデンの研究も含めた他国の研究成果とほぼ同様の傾向を得ることができた。これは、今回使用したデータならびに分析結果が妥当であることを示唆するものと思われる。

次に、分析結果より、交通時間価値がゼロの割合が、限りなくゼロに近いことが判明した。これは、スウェーデンの研究とは異なる傾向である。一部の研究に

おいて、交通時間価値は0(Richardson, 2003)あるいは負の価値(Redmond and Mokhtarian, 2001)をもちうるということが指摘されている。Mackie et al.(2001)が指摘する「ブリーフケーストラベラー」(車内で情報通信機器を活用した生産的活動を行うビジネスマン)の影響も考えられることからさらなる原因究明が必要である。

また、交通時間価値の確率密度分布は単峰型とはならないことがわかった。この点は、スウェーデンの分析結果からは得られておらず、今回のデータに固有の特性である可能性がある。このように確率密度分布が単純な形とならないことは、交通時間節約価値の分布をノンパラメトリックに推定することの必要性を示唆していると言える。また、2つのピークがあることは、交通時間価値に関して2種類のタイプの人々がいる可能性を示唆している。この点は、人々の時間意識と関係する点であり、さらなる原因究明が望まれる。

#### 4. 今後の課題と発展

当初、情報通信技術の発展が交通時間価値に与える影響を分析する予定であったが、スウェーデン側のデータの制約等から、比較分析することができなかった。したがって、新たな調査等を通じて、情報通信技術と交通時間価値との関係をさらに分析することが求められる。今回の研究成果について、スウェーデンの研究者と情報交換をすることを通じて、検討を進めていく予定である。

#### 参考文献

- Börjesson, M., Fosgerau, M., and Algers, S. (2012). Catching the tail: Empirical identification of the distribution of the value of travel time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(2), 378–391.
- Cirillo, C., & Axhausen, K. (2006). Evidence on the distribution of values of travel time savings from a six-week diary. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(5), 444–457.
- Fosgerau, M. (2006). Investigating the distribution of the value of travel time savings. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40(8), 688–707.
- Mackie, P., Fowkes, T., Wardman, M., Whelan, G. and Bates, J. (2001). Three controversies in the valuation of travel time savings, PTRC European Transport Conference, Seminar on Behavioural Modelling, Cambridge.
- Redmond, L. S., & Mokhtarian, P. L. (2001). The positive utility of the commute: modeling ideal commute time and relative desired commute amount. *Transportation*, 28(2), 179–205.
- Richardson, A. J. (2003). Some evidence of travelers with zero value of time. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1854, 107–113.
- Train, K. (2003). *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press.