3310 非線形効用関数を用いた非集計ロジットモデルによる交通時間節約価値の計測
—鉄道経路選択行動を対象に—

Value of Travel Time Savings based on Multinominal Logit Model with Non-linear Conditional Indirect Utility Function

正[土] ○加藤浩徳（東京大）

Hironori KATO, Univ. of Tokyo 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo

This study intends to analyze the relationship between travel time and value of travel time savings (VTTSs). First, the quadratic approximation of indirect utility function which is consists of travel time and travel cost is derived from the time allocation model by introducing the discrete choice theory. Then the VTTS defined by DeSerpa (1971) is derived from the indirect utility function. The data of route choice behavior in Tokyo Metropolitan urban railway is used for the empirical analysis of valuating the VTTS. Consequently, it is found that the marginal VTTS to travel time decrease when the travel time is less than one hour however it increases when the travel time is long enough.

Keyword: value of travel time saving, quadratic utility function, rail route choice, multinominal logit model

1．はじめに

時間価値は，交通投資プロジェクトや交通政策によってもたらされる便益を評価するための重要なパラメータである．また，現実の交通プロジェクトをみたとき，時間短縮効果が全便益の大きな割合を占めていることがかなり多い．したがって，こうしたプロジェクト評価を的確に行うためには，時間価値をできる限り正確に求める必要がある．

一方で，昨今，我が国においてもようやく交通プロジェクトの費用便益分析に関するマニュアルあるいはガイドラインが発行されてきている[1),2),3),4)]．これらの中において時間価値は，賃金率をもって時間価値とする「所得接近法」，あるいは，交通機関選択や経路選択等の行動において時間節約のために犠牲にしてもよい金額と節約時間の関係を分析する「選好接近法」のいずれかによって求めることとされている．特に「選好接近法」では，非集計ロジットモデルに代表される離散選択行動モデルが用いられることが多い．ここで，離散選択行動モデルでは，各選択肢に設定される条件付間接効用関数に線形関数が仮定されることが多いことから，利用者便益評価で広く用いられている時間価値は，旅行時間によらず一定の値が適用されていることがほとんどである．だが，時間価値が一定であるのは，あくまでも効用関数の関数形に関する仮定に依存するものであるため，旅行時間の変化に対する時間価値は，必ずしも一定とは限らない．

そこで，本研究では，非線形効用関数をベースとする離散選択行動モデルを用いて，旅行時間と交通時間節約価値との関係を実証的に分析することを目的とする．

2．関連する既往の研究

2.1 離散選択行動モデルを用いた時間価値計測

時間価値を計測する実証的な研究は，主に離散選択行動モデルを用いて行われてきた．離散選択行動モデルを用いて時間価値を表す上で基礎となった研究は，Train and McFadden[5)]である．以下では，例として交通サービスに関する離散選択問題を考えることとする．

今，個人 n に交通サービスに関して有限個の離散の選択肢が与えられており，この個人はそれらの中から1つを選択するものと考える．このとき，この問題は，以下のような2段階の効用最大化問題と考えることができる．

① 交通サービスの特定の選択肢を選択する，という条件下における，交通サービス以外の財・サービスの量および時間の連続消費量の決定問題

② 交通サービスの複数の選択肢の中から1つを選び出す離散選択問題

以上をまとめれば，この2段階の最適化問題は，一般的には，式(1)のように定式化することができる[6)]．

$$\max_j\left[\max_{X,T,t} U_n\left(X_1,\ldots,X_m,T_1,\ldots,T_m,t_1,\ldots t_j,\ldots t_J \middle| x_1,\ldots,x_j\ldots,x_J\right)\right] \tag{1}$$

なお，X_i：活動 i に必要な財の消費量，T_i：活動 i の消費時間，t_i：交通サービスの選択肢 $j\in J_n$ の消費時間，x_j：交通サービス j の消費量であり，全選択肢のうちいずれか1つのみが1で，それ以外は0である．また，段階①にあたる式(1)の大括弧内の最大化問題には，以下の制約条件がつく．

$$\sum P_i X_i + \sum q_j x_j = Y_n \tag{2a}$$

$$\sum T_i + \sum t_j x_j = T_n^o \tag{2b}$$

$$t_j \geq \bar{t}_j \quad \text{for} \quad \forall j \in J \tag{2c}$$

ただし，P_i：活動 i に必要な財の価格，q_j：交通サービス j の価格，Y_n：所得，T_n^o：時間制約である．また，式(2c)の条件式は，DeSerpa[7)]のモデルにおける時間制約条件と同様の制約条件式であり，$\bar{t}_j$ は，交通行動に必要な最小旅行時間である．

すると，DeSerpa[7)]に従うと，段階①の最適化問題について，以下のラグランジュ関数を定義することができる．

$$L_j = U_n(\mathbf{X},\mathbf{T},t_j) + \lambda\left(Y_n - \sum P_i X_i - q_j\right) + \mu\left(T_n^o - \sum T_i - t_j\right) + \sum \kappa_j\left(t_j - \bar{t}_j\right) \tag{3}$$

最適化の一階の条件式から，結局，交通時間節約価値は以下の式により定義される．

$$VTTS_j = \frac{\partial L_j^* / \partial \bar{t}_j}{\partial L_j^* / \partial q_j} = \frac{\kappa_j^*}{\lambda^*} \tag{4}$$

なお，段階①の最大化によって得られる効用関数は，交通サービスの消費量に関する条件のもとで得られるものであることから，（特定の選択肢を選択するという）条件付き間接効用関数と呼ばれる．一般に，選択肢 j の条件付き間接効用関数は，式(5)のように，交通以外の財・サービスの価格ベクトル $\mathbf{P}$，所得 Y_n，時間 T_n^o，交通費用 q_j と最小旅行時間 $\bar{t}_j$ から構成される．

$$V_{jn}\left(\mathbf{P},Y_n,T_n^o,q_j,\bar{t}_j\right)=U_n\left(\mathbf{X}^*,\mathbf{T}^*,t_j^*\right)+\lambda^*\left(Y_n-\sum P_iX_i^*-q_j\right)$$
$$+\mu^*\left(T_n^o-\sum T_i^*-t_j^*\right)+\sum\kappa_j^*\left(t_j^*-\bar{t}_j\right) \tag{5}$$

一方で，段階②に関しては，計量経済学的な分析を行う場合，多くのケースで，この条件付間接効用関数に対して式(6)のように独立な誤差項を導入し，誤差項が特定の確率分布関数に従うという仮定の下における分析が行われる．例えば，誤差項に独立かつ均一のガンベル分布を仮定すればロジットモデルとなり，正規分布を仮定すればプロビットモデルとなる[8]．

$$\widetilde{V}_{jn}\left(\mathbf{P},Y_n,T_n^o,q_j,\bar{t}_j\right)=V_{jn}\left(\mathbf{P},Y_n,T_n^o,q_j,\bar{t}_j\right)+\varepsilon_{jn} \tag{6}$$

ここで，既往の多くの研究においては，間接効用関数の確定項に対して，式(7)のように準線形効用関数が適用され，さらに当該交通サービスの時間や費用に対しては，1次近似式として線形関数が仮定されることが多い．

$$V_{jn}\left(\mathbf{P},Y_n,T_n^o,q_j,\bar{t}_j\right)=\theta_q q_j+\theta_t\bar{t}_j+\theta_Y Y_n+\theta_T T_n^o+\alpha_n(\mathbf{p}) \tag{7}$$

なお，$\alpha_n(\mathbf{p})$：個人 n の交通以外の財・サービスの価格ベクトル $\mathbf{P}$ に依存する関数，θ：選択肢間で共通のパラメータである．

この場合，計量経済学的な特性から，選択肢間において共通となる変数は，そのパラメータが推定できないため，交通以外の財・サービスの価格ベクトル $\mathbf{P}$，個人の所得 Y_n および利用可能な時間 T_n^o は，間接効用関数の中に組み入れても意味がないことから，多くのケースにおいては明示的に示されず，以下のように示されることが多い．

$$V_{jn}=\theta_q q_j+\theta_t\bar{t}_j \tag{8}$$

この結果，交通時間節約価値は，式(9)のように選択肢によらず同一の一定値となることがわかる．

$$VTTS=\frac{\partial V_j/\partial\bar{t}_j}{\partial V_j/\partial q_j}=\frac{\theta_t}{\theta_q} \tag{9}$$

2.2 旅行時間と時間価値との関係に関する研究

以上の定式化では，間接効用関数は線形関数であることが仮定されてきた．しかし，効用関数が線形関数でなければならない特別の理由はない．そこで，これに対して，非線形効用関数を仮定し，その上で旅行時間と時間価値との関係を分析する研究が，少なからず試みられてきている．

まず，理論的には，河野・森杉[9]が，買物交通を対象として，時間価値に関する比較静学的な分析を行い，旅行時間の増加と共に交通時間節約価値が増加することを示した．一方で，実証的な研究としては，Hultkrantz and Mortazavi[10]は，心理学的な知見をもとにして，2項選択モデルの効用差を旅行時間，旅行費用，旅行時間差，旅行費用差の非線形関数と仮定し，SP データを用いて時間価値を求めている．この研究では，分析の結果，旅行時間の増加と共に交通時間価値は減少する可能性を示している．また，Hensher[11]は，間接効用関数中の旅行時間に係わるパラメータが，旅行時間や旅行費用の関数であるという仮定を置くことで，結果的に旅行時間と旅行費用の交差効果を考慮できる間接効用関数を用い，時間価値を求めている．その結果，旅行時間の増加と共に，時間価値が減少する可能性を示唆した．一方で，森川ら[12),13]は，効用関数が旅行時間のべき乗に比例するという仮定を設け，SP データを用いて，そのパラメータの推定の推定を行っている．その結果，旅行時間の増加とともに交通時間節約価値は増加していく，という結果を得ている．

以上から分かるように，旅行時間と時間価値との関係については，様々な見解が出されており，未だに明確な結論が得られていない状況にあるものと考えられる．

3．非線形の条件付間接効用関数とそれに基づく交通時間節約価値の導出

次章の実証分析に先立ち，本章では資源配分モデルを用いて，非線形間接効用関数とそれに基づく交通時間節約価値を導出することとする．

まず，一般的に，個人 n の交通サービスとそれ以外の財・サービスの消費量ならびに消費時間に関する資源配分問題は以下のように定式化できる．

$$\max_{\mathbf{X},\mathbf{x},\mathbf{T},\mathbf{t}} U_n(\mathbf{X},\mathbf{x},\mathbf{T},\mathbf{t}) \tag{10a}$$

$$\text{s.t.} \qquad \sum P_iX_i+\sum q_jx_j=Y_n \tag{10b}$$

$$\sum T_i+\sum t_jx_j=T_n^o \tag{10c}$$

$$t_j\geq\bar{t}_j \quad \text{for} \quad \forall j\in J \tag{10d}$$

ここで，交通サービスの消費に関して離散選択の条件式

$$\sum x_j=1,\ x_k\cdot x_l=0 \quad \text{ただし，} k\neq l \tag{11}$$

を仮定する．

さらに，通常の行動の場合には常に $t_j=\bar{t}_j$ となることを考慮すると，選択肢 j を選択するという条件付きの効用最大化問題は，以下のように書き直すことができる．

$$\max_{\mathbf{X},\mathbf{T}} U_n(\mathbf{X},\mathbf{T}|j) \tag{12a}$$

$$\text{s.t.} \qquad \sum P_iX_i+q_j=Y_n \tag{12b}$$

$$\sum T_i+\bar{t}_j=T_n^o \tag{12c}$$

この制約条件の2式は，

$$\sum P_iX_i=Y_n-q_j,\ \sum T_i=T_n^o-\bar{t}_j \tag{12d}$$

と変形できることから，この問題は，結局，利用可能な所得と時間をそれぞれ Y_n-q_j，$T_n^o-\bar{t}_j$ とする DeSerpa のモデルと同一であることがわかる．誤差項を導入すると条件付間接効用関数は，

$$\begin{aligned}V_{jn}&=U\left(\mathbf{X}^*,\mathbf{T}^*,t_j^*|j\right)\\&=V_j\left(\mathbf{P},Y_n-q_j,T_n^o-\bar{t}_j\right)\end{aligned} \tag{13}$$

と表せることになる．

ところで，この間接効用関数が，Gorman 型[14]タイプの効用関数として，以下のような関数形で表されるものと仮定する．

$$V_{jn}=\alpha_n(\mathbf{p})+\beta(\mathbf{p})\cdot\hat{V}_j\left(Y_n-q_j,T_n^o-\bar{t}_j\right) \tag{14}$$

なお，$\alpha_n(\mathbf{p})$：個人 n の交通以外の財・サービスの価格ベクトル $\mathbf{P}$ のみに依存する関数，$\beta(\mathbf{p})$：個人 n に依存しない交通以外の財・サービスの価格ベクトル $\mathbf{P}$ の関数である．

ここで，上式の第2項中の $\hat{V}_j\left(Y_n-q_j,T_n^o-\bar{t}_j\right)$ に着目する．これを，$\left(Y_n,T_n^o\right)$ のまわりで Taylor 展開すると，

$$\hat{V}_j\left(Y_n-q_j,T_n^o-\bar{t}_j\right)=\hat{V}_j\left(Y_n,T_n^o\right)+\frac{\partial\hat{V}}{\partial q}\left(-q_j\right)+\frac{\partial\hat{V}}{\partial t}\left(-\bar{t}_j\right)$$

$$+\frac{1}{2}\frac{\partial^2\hat{V}}{\partial q^2}\left(-q_j\right)^2+\frac{\partial^2\hat{V}}{\partial q\partial t}\left(-q_j\right)\left(-\bar{t}_j\right)+\frac{1}{2}\frac{\partial^2\hat{V}}{\partial t^2}\left(-\bar{t}_j\right)^2+\cdots \quad (15)$$

が得られる.

もし，Taylor 展開の1次項までを用いる場合には，従来までの線形効用関数と同型の間接効用関数が得られることは容易に確認できる.

ここでは，非線形の効用関数を導入するために，2次項までを明示的に考慮するものとする．すると，まず $\beta(\mathbf{p})$ は，選択肢間で共通の定数として取り扱うことができるため，パラメータの一部に取り込むことが可能となる．一方で，$\alpha_n(\mathbf{p})$ は選択肢間で完全に同一であるため計量経済学的に推定が不可能である．したがって，2次項まで明示的に考慮した間接効用関数は，一般的に，以下のように表すことができることが分かる.

$$V_{jn}=\theta_q q_j+\theta_t\bar{t}_j+\theta_{q2}q_j^2+\theta_{qt}q_j\bar{t}_j+\theta_{t2}\bar{t}_j^2+\theta_j \quad (16)$$

ここで，θ_j は，Taylor 展開で明示的に取り扱われなかった3次以上の項を表したものと解釈することができ，これはまた，離散選択モデルでいわゆる「選択肢固有変数」として取り扱われているものでもある．なお，計量経済学的な統計的なパラメータ推定を行うためには，この間接効用関数に，正規分布やガンベル分布等に従う誤差項を導入すればよい.

以上より，2次近似された間接効用関数を用いる場合には，交通サービスの選択肢 j の時間節約価値は，次式のように求められることになる.

$$VTTS_j=\frac{\partial V_j/\partial\bar{t}_j}{\partial V_j/\partial q_j}=\frac{\theta_t+\theta_{qt}q_j+2\theta_{t2}\bar{t}_j}{\theta_q+\theta_{qt}\bar{t}_j+2\theta_{q2}q_j} \quad (17)$$

この式を見ると，まず当該選択肢のサービス水準に影響を受けることから，交通時間節約価値は選択肢毎に定義されるものであることが分かる．次に，交通時間節約価値は，旅行時間だけではなく，旅行費用にも依存することがわかる．そのため，旅行時間と交通時間節約価値の関係を分析するためには，旅行時間と旅行費用との関係についても検討しなければならない．次章では，式(17)に基づいて，交通時間節約価値に関する実証的な分析を行うこととする.

4．東京圏都市鉄道経路選択問題における交通時間節約価値の実証的分析

4.1 分析対象と使用するデータ

サンプルとして用いるデータは，第8回大都市交通センサス（(財) 運輸経済研究センター）における首都圏通勤利用客の母集団からサンプリングしたものである．調査は，1995 年 10～11 月にアンケート調査方式によって実施されたものである．サンプリングに当たっては，同一 OD ペア間で代替経路が2つ以上となるものを選定し，最終的に得られた 1,218 サンプルを分析に用いた.

なお，ここで代替経路としては，同一ゾーンから異なる駅を利用する場合も考慮している．各サンプルの選択肢に対して，属性変数として運賃（アクセス，イグレスで鉄道以外の交通手段を用いている場合にはそれらの運賃も含む），乗車時間，乗車外時間（アクセス時間，イグレス時間，乗換時間，待ち時間の合計値）を設定し，乗車時間と乗車外時間を合計した値を総所要時間として用いた.

4.2 実証分析の結果

ここでは，旅行時間として，鉄道乗車時間とそれ以外の時間（アクセスやイグレス等の時間）を含む総旅行時間を用いて，線形の間接効用関数を用いるケース（1次近似）と，非線形の間接効用関数を用いるケース（2次近似）の2種類のケースについて分析を行う．これら2ケースに対して，同一の利用実績・交通サービスデータを適用し，MNL(Multinominal Logit)モデルによって未知パラメータの推定を行う．なお，前章での検討からも分かるように，各選択肢の間接効用関数にいわゆる選択肢固有変数が含まれるべきであるが，経路選択モデルでは選択肢に固有の変数を設ける意味がないことから今回はこれを含めない．これは，旅行時間および旅行費用の高次の項を無視することを意味しているが，今回のパラメータ推定では，選択肢の順番がランダムに設定されているので，これら高次の項は誤差項の中に含まれていると解釈できるものとする.

未知パラメータの推定結果は，Table 1 に示される通りである．この結果より，まず1次近似のケースでは全ての変数について 1% 水準で有意であり，かつモデル全体の適合度も十分に高いことが分かる．また，変数の符号も整合的と考えられる．一方で，2次近似のケースでは，旅行費用に関わる変数の t 検定値の絶対値がやや小さいものの，全ての変数に関して有意な傾向にあることが確認できる．また，モデル全体としての適合性も十分に高い．この結果をもとに，交通時間節約価値を求めることとする.

まず，1次近似の場合には，交通時間節約価値は一定として 42.1 円／分が得られる.

次に，2次近似の場合の交通時間節約価値を検討する．まず，3章の検討からも明らかなように，2次近似の間接効用関数から求められる交通時間節約価値は，旅行時間と旅行費用の両方の影響を受ける．そこで，実際にサンプル利用者によって選択された選択肢の旅行時間と旅行費用との関係を調べることとした．その結果を表したものが，Fig.1 である．これより，当然ながら，旅行時間の増加とともに旅行費用も増加する傾向にあることがわかる．ただし，旅行時間に関する限界的な旅行費用は一定でない可能性が高いように思われる．そこで，旅行時間に関する限界旅行費用が変化する要因について考察を行った．その要因としては，大きく分けて以下の3つが考えられる.

まず，第一の要因は，鉄道の料金そのものが，所要時間によ

Table 1 estimation results of two models: linear utility model and quadratic utility model

			linear model		quadratic model	
variables	unit		parameter	t-value	parameter	t-value
travel cost	yen	q	-0.00229	(-5.62***)	-0.00234	(-1.79*)
travel time	min	t	-0.0963	(-18.8***)	-0.138	(-16.5***)
(travel cost)^2	yen^2	q^2			0.00000205	(-1.79*)
(travel time)*(travel cost)	yen*min	q*t			-0.0000194	(-2.32**)
(travel time)^2	min^2	t^2			0.000136	(-18.5***)
initial log likelihood		L(0)	-1336.8		-1336.8	
maximum log likelihood		$L^*(x)$	-881.9		-782.1	
likelihood ratio			0.339		0.414	
number of samples			1218		1218	

*** means significance in 1% degree, ** means significance in 5% degree and * means significance in 10% degree

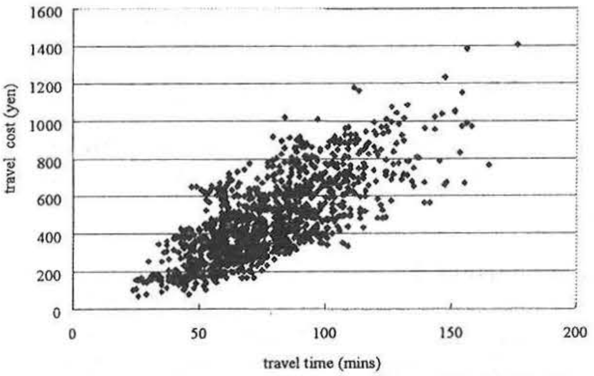

Fig.1 travel time versus travel cost in urban rail service of sample data in the Tokyo Metropolitan Area

って非線形である可能性である．鉄道事業者の運賃設定にもよるが，単一事業者の経路では距離あたりの運賃は逓減していくことが多い．だが同時に，利用距離が長くなるほど，優等列車の利用等によって表定速度が向上することも考えられる．また，所要時間が長くなるほど，複数の鉄道事業者の路線を利用する可能性は高くなり，その結果，初乗運賃を複数回支払うことによって限界的な旅行費用が逓増していくことも考えられる．

次に，第二の要因は，アクセス交通，イグレス交通等の金銭的費用を必要としない移動時間(以下，非乗車時間と呼ぶ)の存在である．多くの通勤者は，アクセス交通やイグレス交通において，徒歩や自転車等の料金がかからない交通手段を用いており，これらの非乗車時間が，限界旅行費用を逓減させていることが考えられる．ただし，徒歩や自転車等によるアクセスやイグレスの移動時間には，肉体的な負担の制約から上限があると思われることから，旅行時間が短い範囲では，限界旅行費用は低く抑えられるが，旅行時間が長くなるとこの効果は軽減されると考えられる．

第三の要因として考えられるのは，鉄道の初乗運賃の存在である．通常，我が国の鉄道運賃システムでは，初乗運賃が存在し，かつ運賃が区間単位で決まるため，1駅や2駅程度の乗車区間では初乗運賃のまま旅行費用が変化しない．これが，旅行時間に関する限界旅行費用を低く抑える原因の1つと思われる．ただし，初乗運賃は，当然ながら，短旅行時間帯にのみ影響を及ぼすものである．

以上の考察から，旅行時間に関する限界旅行費用は逓増する可能性が高いと判断し，代表的消費者の旅行時間―旅行費用関数として指数関数を適用することとした．Fig.1 のデータを用いて指数関数の回帰式を推定した結果は，式(18)の通りである．

$$q = 141\exp(0.0143\bar{t}) \qquad R^2 = 0.524 \tag{18}$$

ただし，q：旅行費用(円)，$\bar{t}$：旅行時間(分)である．ここでは，旅行時間がゼロのときに旅行費用が 141 円となることから，ある

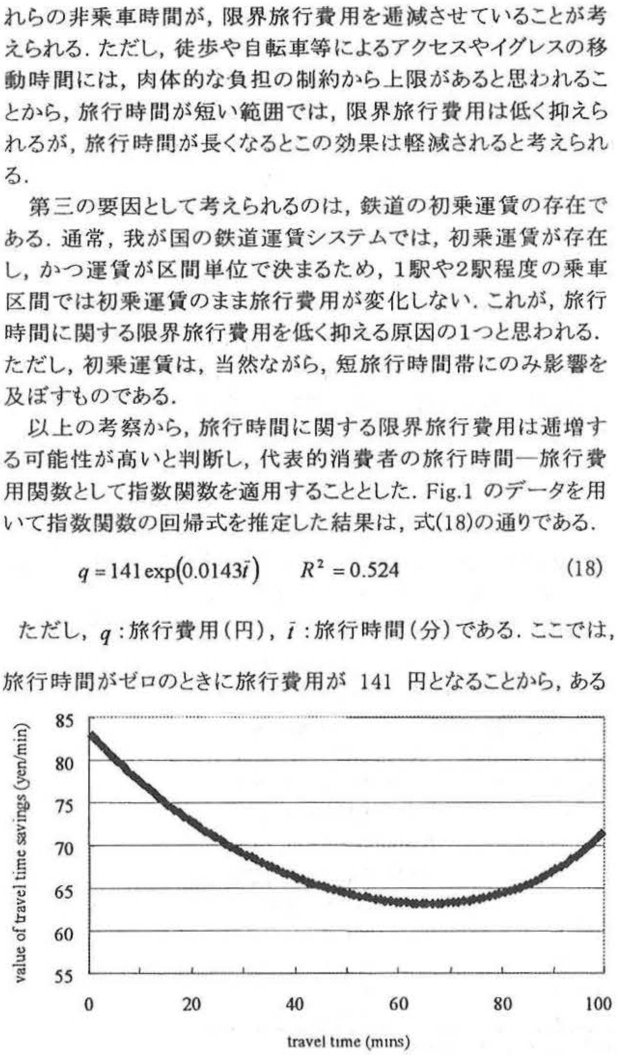

Fig.2 travel time versus estimated value of travel time savings

程度初乗運賃の効果が考慮されているものと見なせる．

次に，この推定式を用い，先の交通時間節約価値算定式を適用して，交通時間節約価値を求め，旅行時間との関係を 0～100 分の範囲で分析した結果を示したものが，Fig.2 である．

これより，交通時間節約価値の数値は，旅行時間によって相当変化し，また全体的に1次近似の場合よりも約 20～40 円／分程度高くなりうることが分かる．そして，旅行時間との関係を見ると，1時間を超えるまで交通時間節約価値は減少し続けるが，約 65 分頃を境に増加傾向に転じることが分かった．

5. おわりに

本研究の実証分析によれば，交通時間節約価値は旅行時間に対して U 字型の関係となることがわかった．所得に関する限界効用ならびに所要時間－旅行費用の関係がともに単調であることを考慮すると，U 字型となった原因は，資源としての時間と商品としての時間の限界効用特性の組み合わせにあるものと考えられる．

本研究の成果に基づけば，少なくとも鉄道サービスの評価においては，例えば OD ペア間の旅行時間の違いによって，時間価値を変えることが望ましいことがわかる．また，その場合には，たとえ同一時間の短縮プロジェクトであっても，それにより影響を受ける利用者に，長時間の旅行者が多いか，短時間の旅行者が多いかによって，算出される利用者便益が異なりうることになる．具体的にどの程度の影響を及ぼしうるかについては，さらなる検討が必要であろう．

参考文献

1) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針(案)，1998.
2) 運輸省鉄道局：鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル' 99, 1999.
3) 運輸省航空局：空港整備事業の費用対効果分析マニュアル' 99, 1999.
4) 港湾投資の社会経済効果に関する調査委員会：港湾投資の評価に関するガイドライン 1999, 1999.
5) Train, K. and McFadden, D.: The goods/leisure tradeoff and disaggregate work trip mode choice models, *Transportation Research*, Vol.12, pp.349-353, 1978.
6) Jara-Diaz, S. R. and Farah, M.: Transport Demand and User's Benefits with Fixed Income: The Goods/Leisure Trade Off Revisited, *Transportation Research*, Vol.21B, No.2, pp.165-170, 1987.
7) DeSerpa, A.C. :A Theory of The Economics of Time, *The Economic Journal*, Vol.81, No324, pp.828-846, 1971.
8) Small, K. A. and Rosen, H. S.: Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models, *Econometrica*, Vol.49, Issue 1, pp.105-130, 1981.
9) 河野達仁，森杉壽芳：時間価値に関する理論的考察－私的交通のケース，土木学会論文集 No.639／IV-46, pp.53-64, 2000.
10) Hultkrantz, L. and Mortazavi, R.: Anomalies in the Value of Travel-time Changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.35, Part2, pp.285-300, 2001.
11) Hensher, D. A.: Behavioral Value of Travel Time Savings in Personal and Commercial Automobile Travel, *The Full Costs and Benefits of Transportation*, Greene, D. L., Jones, D. W. and Delucchi, M. A.eds., Springer, 1997.
12) 森川高行，姜美蘭，祖父江誠二，倉内慎也：旅行時間と個人属性の関数として表された交通時間価値に関する実証的研究，第24回土木計画学研究・講演集，2001.
13) 森川高行，姜美欄，祖父江誠二，倉内慎也：旅行時間と個人属性の関数として表された交通時間価値に関する実証的研究，土木計画学研究・論文集，Vol.19, No.3, pp.513-520, 2002.
14) Varian, H. R.: *Microeconomic Analysis*, W. W. Norton & Company, third edition, 1992.