

需要関数を用いた時間価値の推計

清田 咲史¹・森杉 壽芳²・河野 達仁³

¹学生非会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09)
E-mail:seita@se.is.tohoku.ac.jp

²正会員 日本大学理工学部社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail:morisugi@gmail.com

³正会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09)
E-mail: kono@plan.civil.tohoku.ac.jp

交通における時間価値の正確な推計は、費用便益分析における時間短縮便益計測のために重要である。本研究では、新しい時間価値の計測方法として、需要関数の交通所要時間、交通料金、余暇利用可能時間、所得に関する微係数を用いる方法の妥当性を検討する。推計結果として、需要関数を線形で推計した場合は1時間あたり約2350円、片対数型で推計した場合は1時間あたり約4200円となり、選好接近法や所得接近法によって計測した時間価値と比較して、ある程度妥当な値となった。また、効用関数を特定した上で時間価値を推計する方法についても考案し、関数形によっては回帰分析を用いて需要関数を推計し、時間価値を計測することが可能であることがわかった。

Key Words : Value of time, Demand Function

1. はじめに

時間短縮による交通施設便益は施設便益全体の80%から90%を占めるため、正確な時間価値推計は施設便益の正確な計測や、交通需要推計において重要な変数である。

費用便益分析や需要推計に用いられる時間価値は、多くの場合、一定の値として賃金率が用いられている。しかし、労働時間を自由に個人が選択できないという現実的な仮定の場合、時間価値は賃金率と一致しない。この場合、経済環境（交通料金、所要時間、所得など）に応じて時間価値がどのように変化するかについて、河野・森杉(2000)などが示している。賃金率と一致しない時間価値を推計する方法としては、SPデータやRPデータを用いてルート選択や機関選択から計測する方法が開発されている。しかし、これらの方法だと膨大なデータを必要とする。

そこで本研究では、これらの計測方法とは異なる新たな時間価値の計測方法として、2つの方法を提案し、その妥当性を検討する。1つ目は、Larson and Shaikh (2001)が導出した、時間価値と需要関数の関係を用いる方法である。本研究では需要関数を現実のデータから推計し、時間価値を導出する。また、2

つ目の方法として、効用関数を特定化した上で、時間価値式を用いて時間価値を推計する方法についても考案する。

2. 時間価値の推計モデルと導出

De Serpa(1971)の定義による商品としての時間価値の考慮や、効用の発生の方の違によってどのような時間価値式が導けるのかを比較するため、3つのモデルを考える。

(1) モデル I

まず、商品としての時間価値がないモデルについて考える。

$$V(p, t, T, y) = \max_{z, x, l} u(z, x, l) \quad (1)$$

$$s.t. \quad z + px = y \quad (2)$$

$$tx + l = T \quad (3)$$

u : 効用関数, z : 合成財需要量, x : 交通サービス需要量, l : 余暇時間, v : 間接効用関数, p : 交通料金, t : 交通所要時間, T : 利用可能時間,

y : 所得.

(2)および(3)式に対してラグランジェ関数をつくり、それに対して包絡定理を適用すると、次式で示す価格に関するロアの恒等式(4)と時間に関するロアの恒等式(5)が成立する.

$$V_p = -V_y x \quad (4)$$

$$V_t = -V_T x \quad (5)$$

下つき文字は $V_t \equiv \partial V / \partial t$ のように偏微分を表す

任意の財の価格と所要時間の限界代替率が時間価値であるから、定義式(1.1)とロアの恒等式より時間価値 VOT を次式で定義する.

$$VOT \equiv -\frac{dp}{dt} \Big|_{v=const} = \frac{V_t}{V_p} = \frac{-V_T x}{-V_y x} = \frac{V_T}{V_y} \quad (6)$$

(6)式は、所要時間の効用中立性を仮定したもとの時間価値は利用可能時間の価値に等しく、利用可能時間という資源の価値を示している. したがって、(6)式を資源としての時間価値とよぶ.

ヤングの定理より $V_{pt} = V_{tp}$ なので、資源としての時間価値 VOT は(7)式のように交通需要 x の時間の代替効果の価格の代替効果に対する比として表現することができることを示している. しかも、それらは全て観察可能な交通需要関数として表現できることを示している.

$$VOT = \frac{V_T}{V_y} = \frac{x_t + xx_T}{x_p + xx_y} = \frac{x_t/x + x_T}{x_p/x + x_y} \quad (7)$$

(2) モデル II

続いて、商品としての時間価値が一回の交通あたり交通サービス $s(t)$ から発生するモデルを仮定する. すなわち、交通サービスから効用が発生する.

$$V(p, t, T, y, s(t)) = \max_{z, x, l} u(z, x, s(t), l) \quad (8)$$

$$s.t. \quad z + px = y \quad (9)$$

$$tx + l = T \quad (10)$$

式(4)の効用関数中の $s(t)$ 以外の変数は、モデル I と同様である. $s(t)$ とは、窓から見える景色など、交通の間に享受しうるサービスのことである.

モデル I と同様に時間価値を導出すると、(11)式のように表すことができる.

$$VOT \equiv -\frac{dp}{dt} \Big|_{v=const} = \frac{V_t}{V_p} = \frac{V_T}{V_y} - \frac{u_s s_t}{V_y x} \quad (11)$$

(11)式の第1項はモデル I で算出した資源としての時間価値である. 第2項は1回の交通あたりの交通所要時間から発生する効用に対する支払い意思額である. つまり、この項がこのモデルにおける商品としての時間価値である. この時間価値を観察可能な需要関数で表現すると(12)式のように資源としての時間価値のみとなり、このモデルでは商品としての時間価値が発生するモデルであっても、商品としての時間価値は観察可能な変数では計測できないということが明らかになった.

$$VOT = \frac{V_T}{V_y} = \frac{x_t + xx_T}{x_p + xx_y} = \frac{x_t/x + x_T}{x_p/x + x_y} \quad (12)$$

(3) モデル III

モデル III では商品としての価値の効用が $s(t)x$ という変数から発生するものとする.

$$V(p, t, T, y, s(t)) = \max_{z, x, l} u(z, s(t)x, l) \quad (13)$$

制約条件および変数はモデル II と同じである.

このモデルの時間価値は(11)式と等しい. そこで、モデル I, II と同様に観察可能な需要関数で表現すると、(14)式ようになる.

$$VOT \Big|_{v=const} = -\frac{dp}{dt} = (VOT)_{資源} + (VOT)_{商品} \\ = \frac{(x_t/x) + x_T}{(x_p/x) + x_y} + \frac{(x_{s(t)} - x/s(t))s_t}{x_p + xx_y} \quad (14)$$

3. 時間価値の推計

各モデルから算出される時間価値は表1のようになる.

モデル II では、商品としての時間価値を考慮したにもかかわらず、商品としての時間価値を需要関数の微係数で表すことはできず、資源としての時間価値のみであるモデル I の場合と同じとなった.

表1 各モデルでの時間価値

| | 商品としての 時間価値の考慮 | 時間価値式 | |
|---------|-------------------|---------------------------------------|---|
| | | 資源としての時間価値 | 商品としての時間価値 |
| モデル I | なし | $\frac{(x_t/x) + x_T}{(x_p/x) + x_y}$ | なし |
| モデル II | あり | $\frac{(x_t/x) + x_T}{(x_p/x) + x_y}$ | このモデルでは表せない |
| モデル III | あり | $\frac{(x_t/x) + x_T}{(x_p/x) + x_y}$ | $\frac{(x_{s(t)} - x/s(t))s_t}{x_p + xx_y}$ |

注：下つき文字は $x_t \equiv \partial x / \partial t$ の様に偏微分を表す。

今回の推計では交通のデータから時間価値を推計することとして、モデルⅠ、モデルⅡを対象として、資源としての時間価値についての推計に焦点を当てる。資源としての時間価値を推計するために必要な4つ（交通所要時間、交通料金、余暇利用可能時間、所得）のパラメータのうち、交通所要時間および交通料金に関するパラメータは、高速道路無料化社会実験のデータを用いて推計をする。この2つのパラメータを「交通パラメータ」とする。余暇時間と所得に関するパラメータについては、別のデータを用いて推計する。この2つは「労働パラメータ」とする。

(1) 交通パラメータの推計

交通パラメータに関しては、関数形を次のような片対数型で推計を行った。

$$\ln X = \alpha + \beta p + \gamma t \quad (15)$$

X ：OD交通量（台/日）， p ：交通料金（円）， t ：交通所要時間（分）。

OD交通量に関して、山形自動車道と東北中央自動車道、青森自動車道および東北自動車道、秋田自動車道で行われていた高速無料化社会実験より示された、交通料金および交通所要時間の変化に対する交通量の弾力性のデータを $\ln X$ として用いた。

OD区間については、無料実験区間を含んだ次の表3-1の9区間の実験前（平成22年6月の平均）と、実験後（同年7月の平均）のODデータを利用した。

交通料金に関しては、高速道路利用料金のみの場合と燃料代を加味した場合とを比較した結果、高速料金のみの方が有意な結果となったため、高速道路利用料金のみとした。

所要時間に関しては、各IC間の断面交通量を(16)式のBPR関数に代入して、それぞれ算出する。

$$t = \tau \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{x}{k} \right)^\beta \right\} \quad (16)$$

τ ：自由走行所要時間， k ：交通容量。

パラメータ（ α, β ）の値は、土木学会が標準パラメータとしている $\alpha = 0.48, \beta = 2.89$ とする。

(2) 労働パラメータの推計

労働パラメータに関しては、関数形を(17)式のような線形および(18)式のような片対数型で推計を行った。

$$X = \alpha + \beta y + \gamma T \quad (17)$$

$$X = \alpha + \beta \ln(y) + \gamma \ln(T) \quad (18)$$

X ：OD交通量（トリップエンド/日）， y ：所得（円/日）， T ：余暇利用可能時間（時/日）。

OD交通量は、道路交通センサスのうち、昭和55年度、平成2年度、11年度、17年度の4カ年度分の東北6県（青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島）のそれぞれの県内交通量データを使用した。これは、「交通パラメータ」での x と「労働パラメータ」での x は同じ交通が対象であるため、高速道路データのほとんどが50km程度までの近距離交通を対象としたことと合わせるためである。

所得は、国民経済計算の都道府県調査のうち、県民所得を15歳以上県人口で割った値を所得とした。こちらも東北6県の昭和55年度、平成2年度、11年度、17年度のデータを使用した。

余暇利用可能時間については、24(時間)×30(日)−1ヶ月あたりの労働時間として算出した。1ヶ月あたりの労働時間は、毎月勤労統計調査の年次データ、都道府県調査のうち調査産業計、30人以上の事業所の労働時間を使用した。

それぞれのパラメータを推計して時間価値を計算した結果は、表4の通りである。片対数型での推計値は、線形で推計した場合のおよそ倍の値となった。これは、東北地方の賃金所得が全国の賃金所得の半分ほどであるためと考えられる。

表2 推計の分類

| 資源としての時間価値式 | パラメータ | 式での値 | 分類 |
|-----------------|--------|---------|----|
| $(x_t/x) + x_T$ | 交通所要時間 | x_t/x | 交通 |
| | 交通料金 | x_p/x | |
| $(x_p/x) + x_y$ | 余暇時間 | x_T | 労働 |
| | 所得 | x_y | |

「式での値」とは、時間価値式中で、各パラメータがどの値であるかを指す。

表3 使用したOD区間

| 路線 | 起点 | 終点 |
|-------------------|------|------|
| 青森道&東北道 | 青森東 | 青森中央 |
| | | 浪岡 |
| | | 盛岡 |
| 秋田道 | 秋田北 | 秋田中央 |
| | | 秋田南 |
| | | 大曲 |
| 山形道 & 東北中央道 | 山形中央 | 山形上山 |
| | | 山形蔵王 |
| | | 宮城川崎 |

表4 時間価値の推計結果

| 関数形 | 交通料金 &余暇時間 | 所要時間 | 所得 | 時間価値 (円/時) |
|------|---------------|---------|---------|---------------|
| 線形 | 0% | 0% | 0% | 約2350 |
| | | プラス10% | プラス10% | 約2130 |
| | | プラス10% | マイナス10% | 約2610 |
| | | マイナス10% | プラス10% | 約2130 |
| | | マイナス10% | マイナス10% | 約2610 |
| 片対数型 | 0% | 0% | 0% | 約4200 |
| | | プラス10% | プラス10% | 約3820 |
| | | プラス10% | マイナス10% | 約4660 |
| | | マイナス10% | プラス10% | 約3820 |
| | | マイナス10% | マイナス10% | 約4660 |

注：%はパラメータ推計値からの乖離度を示す

表5 時間価値推計に関する主な研究と推計値

| 論文名 | 推計方法 | 時間価値(円/時) | 備考 |
|-------------|------|-------------|---------------------------------|
| 清田(2011) | RP | 約2350 | 労働パラメータの関数形は線形 パラメータは中央値採用 |
| 清田(2011) | RP | 約4200 | 労働パラメータの関数形は片対数型 パラメータは中央値採用 |
| 藤生ら(2005) | RP | 約650~約2100 | 使用データ:大都市交通センサス MNLモデル |
| 加藤ら(2006) | RP | 約1200~約2400 | 使用データ:全国幹線旅客純流動調査 MXLモデル |
| 加藤・今井(2005) | 所得接近 | 約3100 | 東京都(平成11年)の賃金率 |
| 参考 | 所得接近 | 約2130 | 東北地方(平成19年)の賃金率 |

時間価値推計に関する主な研究の推計値を表5に載せた。今回の研究結果の、線形で推計した値に着目して比較をすると、他の推計結果と近い値となった。また片対数型で推計した値に関しては、表中の推計値と比較してやや大きいものの、大きく外れているとまでは言えない。そのため、時間価値として、ある程度妥当な値が推計されたと言える。

4. 効用関数を特定したときの時間価値

3章で検討した時間価値計測方法と異なる方法として、効用関数を特定した場合についても検討をした。まず、効用関数が次のようなコブダグラス型であると仮定する。

$$u = z^a x^b \bar{t} l^c \quad (19)$$

$$s.t. \quad y = z + px \quad (20)$$

$$T = l + tx \quad (21)$$

u : 効用関数, z : 合成財需要量, x : 交通サービス需要量, l : 余暇時間, P : 交通料金, t : 交通所要時間, T : 利用可能時間, y : 所得, a, b, c : パラメータ。

ラグランジアンを(22)式のようにおくと、一階条件より(23)~(25)式が得られる。

$$L = z^a x^b \bar{t} l^c + \lambda(y - z - px) + \mu(T - tx - l) \quad (22)$$

$$L_z = az^{a-1} x^b \bar{t} l^c - \lambda = 0 \quad (23)$$

$$L_x = bz^a x^{b-1} \bar{t} l^c - \lambda p - \mu t = 0 \quad (24)$$

$$L_l = cz^a x^b \bar{t} l^{c-1} - \mu = 0 \quad (25)$$

このモデルからの時間価値計測の方法は、以下の通りである。まず、 z, x, l をそれぞれ λ, μ, p, t の関数で求める。続いて λ, μ, p, t の関数として表された z, x, l を制約式に代入して、 λ, μ を Y, T, p, t の関数

として求める。最後に(23)~(25)式に Y, T, p, t の関数として表された λ, μ を代入して z, x, l を Y, T, p, t の関数として求める。

z, x, l が観察可能な関数であれば λ, μ も観察可能となるため、時間価値式より、時間価値を算出することが出来る。しかし、この手順に基づき z, x, l を算出しようとする、乗数の計算が複雑であり、算出は困難である。そのため、コブダグラス型から時間価値を推計することは困難である。

そこで、関数形が次のような形であると仮定する。

$$u = z - \frac{1}{2a} z^2 + \sum b_i x_i - \sum \frac{1}{2c_i} x_i^2 + \bar{t} + dl - \frac{1}{2e} l^2 \quad (26)$$

$$s.t. \quad y = z + \sum p_i x_i \quad (27)$$

$$T = l + \sum t_i x_i \quad (28)$$

u : 効用関数, z : 時間を消費しない財の需要量, x_i : 一般的な財の需要量, l : 予算を消費しない財の需要量, p_i : 交通料金, t_i : 交通所要時間, T : 利用可能時間, y : 所得, a, b_i, c_i, d, e : パラメータ。

このような関数の場合、回帰分析によって z, l の各需要関数の料金、所要時間、料金×所得などのパラメータを推計出来るならば、そのパラメータを用いて効用関数のパラメータ a, b_i, c_i, d, e も推計を行うことが可能である。そのため、この方法を用いると時間価値を算出できることがわかった。

5. まとめ

本研究では、所得などの変化を考慮した上で、新たな時間価値の計測方法を研究目的として、Larson and Shaikh (2001)によって導かれた時間価値式を用いて、観察可能な需要関数から時間価値を推計する

方法と、効用関数を特定した上で時間価値式(1.1)より時間価値を算出する方法について検討をしてきた。その結果、観察可能な需要関数から時間価値を推計する方法については、実際に時間価値を推計することに成功した。推計した需要関数のパラメータの p 値にやや課題が残るものの、推計した時間価値の値については、他の時間価値の推計値と比較してある程度妥当な値となった。

効用関数を特定する方法についても、財の需要関数のパラメータを推計することが可能であれば、時間価値を導出できるということが判明した。こちらについては、理論的に導出が可能であることを示したのみで実際に推計は行っていない。しかし、この方法から実際に時間価値を推計することが可能になると、より現実に模した状況の下での時間価値を推計することが可能となる。そのため、このモデルについての更なる検討が今後の課題である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) Larson, D.M. and S, Shaikh. : Empirical Specification Requirements for Two-Constraint Models of Recreation Choice, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 83, No.2, pp.428-440, 2001.
- 3) 藤生慎, 井上真志, 加藤浩徳(2005) “交通時間価値と所得水準との関係に関する実証分析” 「土木学会年次学術講演会講演概要集第4部」, Vol.60.
- 4) 加藤浩徳, 小野田恵一, 木全正樹(2006) “交通時間と交通時間節約価値との関係に関する分析—観光目的の都市間幹線交通を事例として—” 「運輸政策研究」, Vol.9, No.2.

(? 受付)