

時間利用, タイミングと時間価値: 方法論的考察と政策分析への示唆*

Time Use, Timing and Value of Time: Methodologies and Implications to Policy Analysis*

張 峻屹**・藤原章正***

By Junyi ZHANG**・Akimasa FUJIWARA***

1. はじめに¹⁾

移動時間は最も大きい交通費用の1つであり、また、移動時間の短縮効果は交通プロジェクトの最も大きな社会便益であることが知られている¹⁾。日本を含む先進国においては、実務的に賃金率を用いて交通プロジェクトの時間短縮効果を評価することが主流である。業務交通については、賃金率を用いることの正当性が理解できる。しかし、一般的には私人的交通における時間価値が賃金率に一致しない^{2),3)}。

先進国でプランニング時代からガバナンス時代に移行する今日においては、社会基盤を如何に有効利用していくかは重要な政策の1つとなっている。例えば、交通情報の提供は既存道路インフラを有効に利用する有力な方法として注目され、自動車をはじめとする産業界も力を注いでいる分野である。交通情報の提供により、無駄な時間（情報探索時間、迷走時間や移動時間）が省かれることが期待されている。情報提供の場合、利用者に必要なときに必要な情報を提供できなければその価値がすぐに失われてしまう。このように、情報（特に動的情報）の価値は提供のタイミングによって異なる。

時間は究極な希少資源であるかもしれない。そこで人々がこの希少な時間資源に価値を求めるのである。1日は24時間、1年は365日というように、時間は限られている。人々はこの限られた時間の中で生活を営み、時間の使い方によって人々が実感する生活の質（QOL）が変わり、また、人々の価値観によってその時間の使い方も変化すると考えられる。さらに、な時間価値は、その活動内容、場所、時間帯や同伴者などによって、人々がその活動を遂行することから得られる効用が異なり、結果的にその感じる時間価値も変化するとと思われる。

今まで時間価値について多数の研究がなされてきているが、既存研究を見る限り、前述のことは満足に解決されておらず、時間価値の計測方法はまだ確立されているとは言えない。

そこで、本研究では時間価値の特性を整理したうえで、その計測方法に関する近年の研究動向のレビューを通じて、政策分析との関連性を念頭に入れながら、新たな視点による時間価値の計測の必要性と可能な方法論を概念的に提示し、今後の研究方向性に関する話題提供を試みる。

2. 時間価値の多様性

*キーワード: 交通行動分析, 時間価値, 時間利用, タイミング

**正員, 工博, 広島大学大学院国際協力研究科
(東広島市鏡山1-5-1, TEL&FAX 082-424-6919,
E-mail: zjy@hiroshima-u.ac.jp)

***正員, 工博, 広島大学大学院国際協力研究科
(東広島市鏡山1-5-1, TEL&FAX 082-424-6921,
E-mail: afujiw@hiroshima-u.ac.jp)

ここで、時間を必要とする活動の、内容、時間特性、空間特性と意思決定者の異質性といった視点から、時間価値の多様性について考察する。

(1) 活動内容の多様性

アメリカの心理学者アブラハム・マズローが主張する欲求段階説に示されているように、人間は生理的欲求、安全の欲求、所属と愛の欲求、自我の欲求と自己実現の欲求を満たすために、生活を営んでいる。どの欲求を満たそうとするかによって、人々はそのための活動をいつ実施し、どのぐらいの時間を費やすかを決めると考えられる。

活動には仕事、買物や娯楽のような日常的活動と、観光のような非日常的活動がある。仕事のために費やす時間の価値は賃金率になるが、それ以外の活動の時間価値は一般的に賃金率と一致しない。例えば私用目的については、銀行や病院に行くなどの生活必需活動、スポーツや娯楽のような自由度の高い私用活動と、近年益々重要視されているボランティア活動とは、満たす欲求が異なるため、そのために使う時間とお金と同じであるとは考えにくい。観光活動になると、人々は日常的な生活から離れ、日常的な生活で（満足に）体験できないことを（計画的に）行うため、日常的な活動と異なる価値で観光時間を楽しむと考えるのは自然的であろう。例えば、景色のいい道路を早く走るより、ゆっくりと走りたいたいの観光客の心境であろう。この場合、ルート選択モデルの時間パラメータは正の値をとりうる。このようなことを考えると、日常的活動を支える道路については時間短縮効果を主な整備方針とすべきが、観光活動を支える道路については沿道の観光資源をゆっくりと楽しめるような整備が望ましいであろう。

近年、情報通信技術の進歩に伴い、特に若者を中心に、携帯電話、コンピュータやカーナビなどの媒体を用いて、バーチャル空間での情報サーフィンにかなりの時間を費やすようになってきている。このようなバーチャル空間の存在によって、例えば、時刻制約の厳しくない移動について、いろいろなコンテンツが用意されているカーナビシステムは渋滞時の移動抵抗を和らげる効果があり、それが人々の移動時間の価値評価にどう影響するかはまだ明らかにされていない。

無論、前述の活動が通常時のものを指しているが、災害時など非常時になると、人々の時間価値は平常時と比べて極端に変化すると考えられる。

(2) 活動遂行の時間特性

<活動時間の長さ>

通常、人々の利用可能な時間は幾つかの時間帯にまたがっている。このような時間は異なる時間帯を自由に移動することが不可能である。このため、例えば、1つのまとまった4時間と、4つのまとまっ

た 1 時間は合計として同じであるが、その時間消費から得られる効用、そして、価値は同じではない。このことは「時間の不完全分割性」⁴⁾と呼ばれる。
<活動実施のタイミング>

同じ長さの時間を同じ活動に配分する場合、活動実施のタイミングによって、人々が感じる時間の価値は異なると考えられる。例えば、サッカーファンにとって、サッカー場に行けない場合、試合の様子を生中継で観るか、それともビデオに取っておき仕事帰りにその映像をみるかによって、同じ 90 分の試合でも感じる価値、特に決勝ゴールを決めたその瞬間を生で見たかどうかによって感じる価値は明らかに異なるであろう。交通分野の場合も似たような現象が見受けられる。交通情報の提供はその例の 1 つである。人々はリアルな情報を求めたい。情報提供はまさにこのようなタイミングを狙った価値創造である。ロードプライシング政策について言えば、ピーク時間帯に都心への流入自動車交通に対して課金する場合、その時間帯に車で行かなければいけない用事がある利用者は、ピーク時間帯でないと都心に行く価値がないと判断するため、ロードプライシングを導入しても同じピーク時間帯に都心に行き、自動車の利用行動を変えない。

また、出勤前と帰宅後において、自由時間の自由度が明らかに異なる。例えば、買物を想定する場合、人々は出勤前と帰宅後の自由時間に対して同じ価値（効用）を得ることができると考えるなら、出勤前と帰宅後の買物トリップ数は同じになるはずである。実際は、このようなことは観測されていない。

<時刻制約の存在>

活動の遂行に時刻制約がある場合、同じ活動のための移動でも、時刻制約のない活動と比べて、感じる価値が変わる。通常の場合、公共交通で行くであろうが、バスで約束時刻に間に合いそうもない場合、タクシーを利用する可能性が通常より一段と高まるであろう。

(3) 意思決定主体の異質性

人々の時間価値は加齢に伴い変化する。学生時代の時間価値と就職後の時間価値は大きく変わるであろう。学生時代ではアルバイトの時給で評価されるし、就職後は被雇用者としての賃金率で評価される。

専業主婦の場合、家事という非市場的な活動を中心に家庭を支えているが、その時間価値はゼロではない。仕事を持っていない子供、学生や退職者の時間価値もゼロではない。ただし、有職者の価値と異なるのは確かであろう。

同じ長さの時間も、誰と一緒に過ごすかによってもその価値は変わるであろう。恋人と公園でデートする 1 時間は、友人と公園でサッカーを楽しむ 1 時間と比べて、価値は同じではない。ドライブについても同様なことが言える。これらの活動は一人で実施する場合と比べても、価値は異なってくる。

(4) 時間価値の空間性

サッカーファンは家でサッカーをテレビ観戦するより、サッカー場に行ってその 90 分を楽しみたい。また、景色のいい道路でのドライブは退屈な道路よ

りずっと気持ちがよかろう。

このように、時間価値については、業務交通と私用交通に見られる違い以外に、もっと多様な特性をもっている。このような時間価値の多様性に応じて、時間価値の計測方法を工夫する必要がある。

3. 既往の研究

交通分野では、冒頭で指摘した時間価値と賃金率との不一致性を解消するための時間価値計測法として、離散選択モデルによるものと資源配分モデルによるものがある。

(1) 離散選択モデルによる時間価値の計測

一般的には、離散選択モデルは下式で表される。

$$p_{ij} = \text{Prob}(u_{ij} > u_{j'} \mid j' \neq j) \quad (1)$$

$$u_{ij} = v_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

ここで、添え字 i, j はそれぞれ意思決定者とその選択肢、 $p_{ij}, u_{ij}, v_{ij}, \varepsilon_{ij}$ はそれぞれ選択確率、効用、効用の確定項と誤差項を表す。

効用の確定項 v_{ij} に移動時間 t_{ij} とコスト c_{ij} が導入されれば、移動時間の価値 (value of travel time savings: VTTS) は以下のように計算される。

$$VTTS = \left(\frac{\partial v_{ij}}{\partial t_{ij}} \right) / \left(\frac{\partial v_{ij}}{\partial c_{ij}} \right) \quad (3)$$

確定項は移動時間と費用の線形関数の場合、時間価値は単に時間パラメータと費用パラメータの比率、つまり、移動時間と費用の限界代替率として計算される^{5),6)}。これは確定項が移動時間と費用の効果のすべてを捉えることができるという仮定に立っている。この仮定は成り立たない場合、通常のロジットモデルにより計測された時間価値は間違える可能性があるため、例えば、混合ロジットモデルのようなモデルの適用⁵⁾が必要であろう。また、混合ロジットモデルの適用は意思決定者の異質性の影響をより柔軟に表現できる。近年、このような離散選択モデルによる時間価値の研究は多くなされている^{5),7),8)}。

(2) 資源配分モデルによる時間価値の計測

資源配分モデルでは、意思決定者は可処分所得と可処分時間（利用可能な所得と時間）の制約のもとで、財と時間の消費から得られる効用を最大化すると仮定する。De Serpa (1971)は資源配分モデルを用いて、時間価値の概念として、①利用可能な時間という制約によって生じる資源としての時間価値、②活動に費やす時間そのものが効用の一部を構成することにより生じる特定の活動に配分した時間の価値、③活動の遂行に最低限必要な時間という制約により生じる活動への時間配分から節約された時間の価値を定義している^{2),5),7),8)}。

河野・森杉(2000)⁹⁾は賃金率、労働時間、交通所要時間、利用可能時間、交通料金と購入に交通の伴う財の価格の変化による時間価値の変化の符号を理論的に導き、交通需要予測の際に時間価値の内生化が望ましいことを指摘した。

加藤・今井(2005)¹⁰⁾は時間・所得制約を考慮した資源配分モデルに基づき鉄道利用通勤者の私的交通時間節約価値の実証分析を行った。福田ら (2003)

¹¹⁾は休日の活動時間の価値を同様な資源配分モデルで計測した。両論文は加法型の効用関数を採用した。

4. 新たな視点と方法論

既存研究のレビュー結果を踏まえ、ここでは時間価値の計測方法について、今後必要であろう新たな視点とそのために利用可能な方法論を示す。

- 時間的に変化する時間価値の計測：効用が時間的に変化すると同様に、時間価値も時間的に変化する。この変化は短期的変化と長期的変化に分けられる。前者は主に時刻別または時間帯別に異なる時間価値のことを指す。後者は例えば年によって変化する時間価値のことを指す。
- 集団意思決定下の時間価値の計測：個人意思決定を仮定する場合、多くの研究はなされてきているが、例えば、交通分野で多く取り上げられている世帯の行動については、個人1人の意思で決定されるより、むしろ他の構成員からの影響を受けながら決定されたり、場合によっては他の構成員と一緒に活動したりすることが多い。このような集団意思決定下の時間価値の計測方法はまだ確立されていない。
- 負の時間価値への対応：観光のような場合、景色のいい道路をゆっくりと走りたいと思う観光客が多かる。他には、散歩、ジョギング、ハイキング、楽しいドライブは移動が活動の目的となっている場合、選択モデルにおける時間のパラメータ値はむしろ正の値をとる。さらに、移動に活動遂行が伴う場合、両者を明確に区別していなければ移動時間のパラメータは正の値をとりうる。

(1) 時刻（時間帯）別時間価値の計測方法

Cirillo & Axhausen (2006)¹²⁾は6週間の活動日誌データを用いて、混合ロジットモデルにより時間帯ごとの時間価値の分布を分析した結果、朝、昼間と夜の活動パターンごとに時間価値の分布が変化していることを実証した。離散選択モデルによる時間帯別選択行動の表現は柔軟性があるが、恣意性も強い。というのは、厳密的には実際の効用が時間軸上において連続的に変化するからである。短期間におけるこのような連続的に変化する時間価値を計測するために、タイミングの効用という概念を導入することが有効であろう。ここで、資源配分モデルの枠組みの中で、個人や世帯 n はある期間内において発生する、移動も含めた全ての活動 i について、各活動・移動の効用和 U_n (式(4)) が最大となるように、つまり、図1の例において、斜線部又は横線部で示された部分が最大となるように、活動・移動の移行タイミングを決定すると仮定する¹³⁾。

$$U_n = \sum_i U_{mi} = \sum_i \int_{t_{mi-1}}^{t_{mi}} u_{mi}(\tau) d\tau \quad (4)$$

ここで、 $u_{mi}(\tau)$ は時刻 τ に i 番目の活動・移動を行うときの限界効用、 t_{mi-1}, t_{mi} はそれぞれ i 番目の活動・移動の開始・終了時刻である。

式(4)における限界効用について、一般的な関数形（例えばガンマ確率密度関数）を仮定することにより、いろいろな分布形を柔軟にモデルの中に反映す

ることができる。また、時刻制約がある場合も、モデルの中に取り入れることが可能である¹³⁾。そして、前後活動間の順序制約を導入することにより活動間の相互作用を考慮した時間価値の計測も可能であろう。さらに式(4)は個人だけではなく、複数の構成員を有する世帯への拡張も可能である¹⁴⁾。

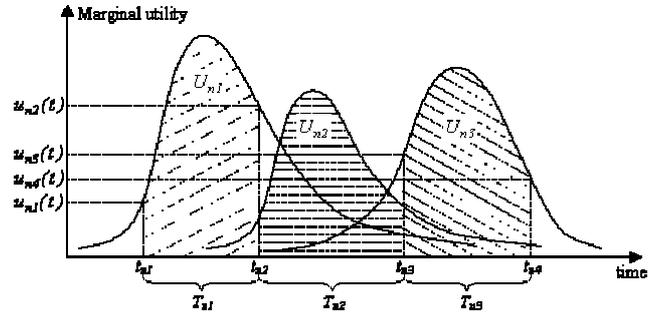


図1 活動実施タイミングの決定メカニズム

(2) 長期的に変化する時間価値の計測方法

長期的に変化する交通行動を表現する代表的なモデルとして、HeckmanのダイナミックモデルとSwaitらのDGEV (Dynamic GEV) モデルがある¹⁵⁾。Heckmanモデルは以下のように表される。

$$u_{ijt} = \beta x_{ijt} + \sum_{k=1}^{\infty} \gamma_{t-k,t} d_{ij,t-k} + \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_{k,t-k} \prod_{q=1}^k d_{ij,t-q} + \sum_k g_k u_{ijt-k} + \varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

ここで、 u_{ijt} は効用変数、 d_{ijt} は時間 t 、個人 i 、選択肢 j の選択結果 ($u_{ijt} < 0 : 0$, その他: 1), x_{ijt} は説明変数で β は嗜好パラメータ、 g_k は k 次遅れ操作子の影響度合い、 ε_{ijt} は誤差項、 γ, λ は時間的に変動するパラメータである。式(5)の第2項は真の状態依存効果、第3項は累積効果、第4項は行動の惰性をそれぞれ捉える。

一方、SwaitらのDGEVモデルはHeckmanの効用関数の考え方を援用し、McFaddenのGEVモデルから導かれたものである。

$$\tilde{U}_{ijt} = (1 + \phi_{ijt}) v_{ijt} + \sum_{s=1}^t (v_{ij,t-s} + \ln \alpha_{ijs}) + \varepsilon_{ijt} \quad (6)$$

ここで、 \tilde{U}_{ijt} はmeta-utilityと呼ばれる。 ϕ_{ijt} は将来行動の影響（将来の期待）を捉えるパラメータ、 $\phi_{ijt} \geq 0$ である。 v_{ijt} は効用関数の確定項、 α_{ijt} は状態依存性（習慣保持性、多様性追求）を表すパラメータで、 μ_t は時点 t のスケールパラメータである。

これらのモデルの（時間と費用を含む）嗜好パラメータが時間的に変化することを仮定すれば、時間的に変化するVOTの計測に適用可能である。

もう1つ有効な手法として、依田²⁰⁾の時間選好理論がある。依田は心理学で使われる選択や意思決定における個人の主観的な規範を表す参照点または準拠点という概念を導入し、選択行動に対する選好が過去・現在・将来にわたって持続性をもつため、過去への回顧効用と将来への期待効用を含めた新たな時間選好理論を提案した。著者らはこの理論を相対

性効用理論と関連づけている¹⁶⁾。

$$U_{ij,t}^2 = \int_0^t e^{-\alpha\tau} u_{ij,t} d\tau + e^{-\beta t} u_{ij,t} + \int_t^\infty e^{-\gamma\tau} u_{ij,t} d\tau \quad (7)$$

ここでは、第1項は期待の効用、第2項は消費の効用（＝現在の効用）、第3項は回顧の効用である。

さらに、著者ら¹⁵⁾は提案した「横断的及び縦断的異質性を考慮した交通選択行動」のダイナミックモデルを適用することにより、時間的に変化する時間価値を計測することもできる。

(3) 集団意思決定に伴う時間価値の計測法

上田と森杉(1995)¹⁷⁾は家族行動における時間価値の計測方法として先駆的な研究を行った。彼らは資源配分モデルの枠組みの中で、複数の構成員からなる家族における時間価値の計測について理論的な考察を行った。同資源配分モデルにおいて、加法型、ナッシュ型と Max-Min 型の家族効用関数を示したが、これらの効用関数の一般形として、多項線形モデルと等弾力性モデルがある¹⁸⁾。また、実際の集団意思決定には複数のルールが同時に存在する¹⁸⁾。このように、集団意思決定理論はまだ開発途上の理論であり、どのような集団意思決定ルールがより適しているかはまだ明らかにされていない。したがって、他の関数形を集団効用関数として採用してよいかどうかを研究する価値がある。similarity 指標¹⁹⁾と積率相関係数²⁰⁾はその例であろう。

前述の主婦と子供や退職者の時間価値はこのような集団意思決定理論の枠組みの中で、特に他の構成員と収入をシェアするという制約条件を導入することにより計測することが可能であると思われる。

(4) 負の時間価値の計測法

最近、移動時間の弾力性が 0²¹⁾と正の値²²⁾をとりうることは確認されている。これは移動に活動遂行が伴い、しかも両者を明確に区別できない場合に生じると考えられる⁵⁾。混合ロジットモデルなどのような意思決定者の異質性を反映できるモデルの適用が有効であろう^{5),12)}。

観光の場合、走行中の行動を詳細に調査することにより、通常のロジットモデルでも、正の時間パラメータ値を得ることができる。散歩、ジョギング、ハイキングや楽しいドライブのような、移動が活動の目的となっている場合、活動として扱うことにより、時間のパラメータ値は正の値をとることを許容できる。

(5) その他

時間の不完全分割性については、必要な活動時間という制約条件を導入すれば対応可能である。ただし、実際、このような必要な活動時間をどう収集するかは課題である。目的地選択と交通手段選択の同時決定モデルやルート選択モデルなどをうまく活用することにより、時間価値の空間性を内生的に反映することができる。そして、資源配分モデルでは時間や費用の効用関数として対数型関数は多用されているが、時間価値の多様性を反映するため、より一般的な関数形を導入することが求められる。この場合、モデルの推定方法を工夫することも必要であろう。さらに、交通政策における社会的平等性の観点

から、身障者の時間価値を適切に評価することも重要な課題である。

5. おわりに

本研究では、時間価値の特性の整理と主な既往研究のレビューを通じて、今後の時間価値の計測に必要な新たな視点（時間利用、タイミングや集団意思決定など）と可能な方法論を概念的に示した。それぞれの視点が異なる政策に対応しており、時間価値の特性に応じて計測方法を工夫することが必要であろう。ただし、既往研究のレビューや今後の研究の方向性に関する議論はまだ不十分な点があり、発表会までにさらに吟味していく予定である。

参考文献

- 1) Heggie, I. and Thomas, S.: Economic considerations, *Transportation and Traffic Engineering Handbook*, 2nd Edition, Institute of Transportation Engineers/ Prentice-Hall, 1982.
- 2) De Serpa, A.C.: A theory of the economics of time, *The Economic Journal*, 81, 828-846, 1971.
- 3) Jara-Diaz, S.R.: Allocation and valuation of travel-time savings, In D.A. Hensher and K.J. Button (eds.), *Handbook of Transport Modeling*, Oxford: Elsevier Science, 303-318, 2000.
- 4) Palmquist, R.B., Phauuef, D.J. and Smith, V.K.: Differing values of time for non-market valuation: A theoretical and empirical comparison, *Working Paper*, Iowa State University, 1997.
- 5) Hess, S., Bierlaire, M. and Polak, J.W.: Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models, *Transportation Research Part A*, 39, 221-236, 2005.
- 6) 交通工学研究会：やさしい非集計分析, 1995.
- 7) Jara-Diaz, S.R.: On the goods-activities technical relations in the time allocation Theory, *Transportation*, 30 (3), 245-260, 2003.
- 8) Jiang, M.L. and Morikawa, T.: Variations of value of travel time savings, *Proceedings of the 10th International Conference on Travel Behaviour Research*, Lucerne, 10-15, August, 2003 (CD-ROM).
- 9) 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, 53-64, 2000.
- 10) 加藤浩徳・今井誠：時間・所得制約を考慮した資源配分モデルに基づく鉄道利用通勤者の私的交通時間節約価値の実証分析, 土木学会論文集, No.793, IV-68, 85-104, 2005.
- 11) 福田大輔・吉野広郷・屋井鉄雄・イルワン プラセティオ：休日のアクティビティに着目した活動時間価値の推定方法に関する研究, 土木学会論文集, No.737, IV-60, 211-221, 2003.
- 12) Cirillo, C. and Axhausen, K.W.: Evidence on the distribution of values of travel time savings from a six-week diary, *Transportation Research Part A*, 40(5), 444-457, 2006.
- 13) Zhang, J., Fujiwara, A. and Ishikawa, N.: Developing a new activity-trip scheduling model based on utility of timing incorporating timing constraints, censored timing and sequential correlation, *Proceedings of the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington DC, January 9-13, 2005 (CD-ROM).
- 14) Zhang, J., Lee, B.J., Fujiwara, A., Timmermans, H. and Arenzte, T.: Multi-dimensional timing decision model of household activity-travel behavior with endogenous coupling constraints, *Paper accepted by the 11th International Conference on Travel Behaviour Research*, Kyoto, 16-18, August, 2006 (forthcoming).
- 15) 張峻屹・杉恵頼寧・藤原章正：横断的及び縦断的異質性を考慮した交通選択行動ダイナミックスの表現, 土木学会論文集, No.765/IV-64, 3-15, 2004.
- 16) 張峻屹・藤原章正：一般化相対性効用による離散選択行動の表現, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.28, 2003 (CD-ROM).
- 17) 上田孝行と森杉壽芳：家族行動としての交通行動, 土木計画学研究・講演集, 18(1), 444, 1995.
- 18) Zhang, J., Fujiwara, A., Timmermans, H. and Borgers, A.: An empirical comparison of alternative models of household time allocation, In: *Progress in Activity-Based Analysis*, Timmermans, H. (ed.), Elsevier, 259-283, 2005.
- 19) Gower J.C.: A general coefficient of similarity and some of its properties, *Biometrics*, 27, 857-871, 1971.
- 20) Curry D.J. and M.B. Menasco: Some effects of differing information processing strategies on husband-wife joint decision, *Journal of Consumer Research*, 6, 192-203, 1979.