業務目的の交通時間節約価値に関する基礎理論

加藤 浩徳¹

¹正会員 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)

E-mail: kato@civil.t.u-tokyo.ac.jp

本論文は、業務目的の交通時間節約価値を包括的かつ理論的に分析することを目的とする。まず、既往研究のレビューより、業務目的の交通時間節約価値の導出には、費用節約アプローチと Hensher アプローチとがあることを示す。次に、業務交通を分析する上では、交通の意思決定者、交通時間節約に支払意思を持つ主体、移動中の労働の有無、業務交通のスケジュール、労働時間外の賃金支払いの有無が、留意すべき点であることを示す。その上で、被雇用者、雇用者、および両者の共同意思決定を含めた 10 の時間配分モデルを定式化し、それらから交通時間節約価値を導出する。また、これらのモデルを拡張することにより、賃金率プラス公式と Hensher 公式を導出する。最後に、以上の分析から得られる示唆を整理する。

Key Words: value of business travel time saving, cost saving approach, Hensher approach, utility maximization, profit maximization, joint time allocation

1. はじめに

交通時間節約価値は、交通プロジェクトの便益を評価する上で広く用いられる重要な数値である¹⁾。交通時間節約価値に関する研究は、長い歴史を持っている^{2), 3), 4)}。まず、Becker⁵⁾が最初に時間配分モデルを定式化し、そこから交通時間価値を導出した。その後、このモデルは、Johnson⁶⁾, Oort⁷⁾, DeSerpa⁸⁾, Evans⁹⁾, Gronau¹⁰⁾, Train and McFadden¹¹⁾, Bruzelius¹²⁾, Truong and Hensher¹³⁾, Bates and Roberts¹⁴⁾, Jara-Diaz¹⁵⁾などによって拡張され、交通時間節約価値の理論分析が深度化されてきた。これらは、離散選択行動モデルの発展に伴い実証分析へも導入され、現実の交通プロジェクト評価に貢献してきている。このようにこれまで多数の交通時間節約価値に関する理論研究が発表されてきているが、実は、これらのほとんどにおいては、暗に非業務目的の交通が仮定されているか、あるいは明示的に非業務目的の交通のみが対象とされてきている^[1]。驚くべきことに、業務目的に関する交通時間節約価値の理論は、これまでほとんど研究されてきていない。非業務目的の交通時間節約価値は、時間的および金銭的な予算制約と交通時間消費制約のもとにおける個人の時間配分から、効用最大化の原理を仮定することにより、導出することが可能である。これに対して、業務目的の交通時間節約価値では、個人の意思決定のみならず、企業の意思決定も考慮される必

要がある。

一般に、業務目的の交通時間節約価値の導出には、費用節約アプローチと Hensher アプローチの 2 つがあることが知られている¹⁶⁾。我が国をはじめとする多くの国の費用便益分析の実務においては、費用節約アプローチによって業務目的の交通時間節約価値が設定されてきている。ところが、Karlstrom¹⁷⁾の指摘によれば、費用節約アプローチは、一定の理論的な根拠を持つものだが、特定の条件下でしか成立しない。その一方で、Hensher アプローチは、近年、英国や北欧諸国において適用の試みが行われつつあるが、直観的なものであり、理論的根拠が薄弱であるとされる。そこで、Karlstrom¹⁷⁾は、Forsyth¹⁸⁾によって示された方法を用いて、税による効果を考慮することにより、Hensher 公式を導こうとした。ただし、残念ながら、その導出に完全には成功していない。それでは、Hensher 公式は、あくまでも直観的なものであって、理論モデルから導出することがまったくできないものなのだろうか。また、どのような条件の下であれば、費用節約アプローチや Hensher アプローチは正当化されるのであろうか。ところが、そもそも業務目的の交通時間節約価値に関する包括的な議論が行われていないために、これらの疑問には答えられていないのが実情である。

そこで、本研究は、業務目的の交通時間節約価値を対象に、Hensher アプローチも含めた包括的な理論分析を行い、費用節約アプローチと Hensher アプローチ

チの導出される条件を明らかにするとともに、そこから得られる示唆を論じることが目的とする。筆者の知る限り、世界的にも、こうした試みは未だに行われたことがないようである。

本論文の構成は次の通りである。第1章では、本研究の背景と目的が示される。第2章では、既存の関連研究をレビューするとともに本研究のアプローチが示される。第3章では、3つのケースに基づく10のモデルが定式化され、それぞれについて交通時間節約価値が導出される。その上で、第4章と第5章では、賃金率プラスアプローチと Hensher アプローチがそれぞれ理論的に導出される。最後に第6章において、本研究の成果から得られる示唆が整理されるとともに、今後の研究課題が示される。

2. 関連研究のレビューと本研究のアプローチ

(1) 業務目的の交通時間節約価値に関する2つのアプローチ

Mackie *et al.*¹⁶⁾は、業務目的の交通時間節約価値の導出には、2つのアプローチがあることを示している。第一のアプローチは、「費用節約アプローチ (cost saving approach)」と呼ばれているものである¹⁹⁾。ここでは、雇用者は、フリンジベネフィット¹²⁾も含めた限界的な労働費用が、労働によって生み出される限界的な生産価値と一致するように労働者を雇用することが仮定される。その結果、業務目的の交通時間節約価値は、フリンジベネフィットを含めた限界的な労働費用と一致する。なお、費用節約アプローチの中でも、特に交通時間節約価値が賃金率と一致する場合には「賃金率アプローチ (wage rate approach)」¹³⁾としばしば呼ばれる。米国、英国、日本を含めた多くの国々では、費用便益分析に関するガイドラインにおける業務目的の交通時間価値の設定に、費用節約アプローチが採用されてきている^{20), 21), 22)}。このアプローチは、市場が十分に競争的であり、平均的な労働費用が雇用者にとっての価値を反映する場合にのみ支持されうるものであるとされる¹⁴⁾。

第二のアプローチは、Hensher^{23), 24)}によって提案されたものであり、「Hensher アプローチ」と広く呼ばれている。いくつかのバリエーションが存在するものの、Hensher 公式は、おおむね次式によって示される²⁵⁾：

$$VTTS = [(1-r-pq)MP + MPF] + [(1-r)VW + rVL] \quad (1)$$

ここで、VTTS：業務目的の交通時間節約価値、MP：限界的な労働生産性、MPF：業務交通時間中の疲労が解消されることによって追加的に生み出される生産量、VW：被雇用者にとっての交通時間の価値に対する労働時間の相対的な価値、VL：被雇用者にとっての交通時間の価値に対する余暇時間の相対的な価値、r：節約された時間のうち余暇に対して振り向けられる割合、p：節約された時間のうち移動中の労働を犠牲にした時間の割合、q：労働に対する移動中の労働の相対的な生産性をそれぞれ表す。

Fowkes *et al.*²⁵⁾によれば、Hensher アプローチは、次のような点を考慮しようとしたものとされる：

- ・業務交通が、もしその交通がなければ余暇となったと思われる時間に行われること、つまり交通時間の節約が労働時間ではなく余暇時間に配分される可能性があること。この場合、こうした交通時間の節約価値は、交通時間が余暇時間に移転されることによる被雇用者の価値と一致する可能性がある。
- ・業務交通の途中でも労働が行われる可能性があること。この場合、交通時間の節約は生産の低下を意味する。
- ・職場における労働と移動中の労働は異なるものと、被雇用者によって認識される可能性があること。

ここで、第一点目は、Hensher アプローチが、雇用者のみならず被雇用者の時間配分についても考慮しようとしていることを意味する。第二点目は、業務交通そのものが主たる業務である、鉄道やバスの運転手のケースや、いわゆる「ブリーフケーストラベラー」のケースを前提としていることを意味する。ブリーフケーストラベラーとは、「運転そのものを業務としない者でかつ移動中に生産的な活動を行う旅行者」と定義されるものである¹⁶⁾。第三点目は、被雇用者が、職場で労働する場合と移動中に労働する場合とは異なる効用を享受することを意味しているものと思われる。

しかし、おそらく理論的な背景が明確でないために、Hensher アプローチの取扱われ方は、その後の研究において混乱気味である。例えば、Fowkes *et al.*²⁵⁾では、統合化アプローチによる実証分析において、VWとMPFがともにゼロとなることが仮定されている。ところが、その根拠は必ずしも明らかでない。また、AHCG²⁶⁾では、VWとVLが一致することが仮定されている。ただし、AHCGの仮定は、元々は、

Algers *et al.*²⁷⁾の方法にしたがったものであるとされる。これに対して、Fowkes²⁸⁾は、この仮定は賃金率が存在しない場合にのみ支持されるものであり、非現実であると批判をしている。さらに、これについて、Mackie *et al.*²⁹⁾は、 VW は VZ よりもずっと低いはずであるとも主張している。なお、Ramjerdi *et al.*³⁰⁾は、 $VW=0$ と $VW=VZ$ という2つのケースについて検討を行っているが、これは、交通時間節約価値の幅を検討することが目的であったとされている²⁸⁾。一方、AHCG²⁶⁾は、英国におけるアンケート調査データを用いて、Hensher 公式に含まれるパラメータの推定を行っているが、その結果に対して英国交通省からは確信が得られていないという指摘もある²⁹⁾。これは、おそらく調査方法と理論との整合性が不明確なためだと考えられる。ちなみに、Mackie *et al.*³¹⁾は、Hensher アプローチが考慮しようとした3つの点は、実務的には、相互にキャンセルアウトしてしまうので、ほとんど無視できるという見解も示している。ただし、その根拠は明確に示されていない。このように明確な理論的裏付けがなされないまま、Hensher アプローチの解釈に関する議論が複数の研究者によって行われている。

また、交通時間節約価値に関して、依然として解決されていない課題の1つは、ブリーフケーストラベラーの取扱いであることが指摘されている²⁹⁾。これは、以前は、航空機や高速鉄道のように長距離の業務交通でしか見られなかった移動中の生産活動が、近年の高度情報通信機器の進展に伴って、比較的短距離の日常的な業務交通においても、多数観測されるようになったことが背景にある。それにもかかわらず、ブリーフケーストラベラーの存在を前提とした業務交通行動のモデル化が十分なされていないため、その交通時間節約価値に与える影響も十分検討されていない。

したがって、既往の研究で指摘されている論点を考慮しつつ、業務目的の交通時間節約価値を理論的に導出することで、議論の道筋を示すことが必要だと思われる。

(2) 業務目的の交通時間節約価値を検討する上での留意事項

理論的に見たときに、業務目的の交通時間節約価値を検討する上で、次の5つの点に留意することが重要と考えられる。

第一の留意事項は、誰が業務交通に関する意思決定を行うか、という点である。非業務交通では、旅行者に対して、自分の時間を異なる活動間で配分できる自由が与えられていることを大前提として、交

通時間節約価値が導出されていた。ところが、業務交通においては、意思決定者が旅行者本人でない可能性がある。多くの場合、業務交通は、雇用者が自分の目的を達成するために、被雇用者に対して命令することによって行われる。つまり、旅行者は、自分の交通に関する意思決定の権利を完全には与えられていない可能性が高い。では、これは、業務交通に関する意思決定が、全て雇用者によって行われることを意味するのであろうか。これに対する答えは、その旅行者の置かれている環境条件によって異なると思われる。例えば、業務交通が、雇用者本人によって行われる場合や、鉄道やバスの運転手による商業輸送の場合には、交通に関する意思決定が完全に雇用者によって行われるものと仮定して良いであろう。その一方で、業務交通に関する意思決定が、雇用者によって完全に決められるのではなく、被雇用者も参加するプロセスの中で決定されるケースも、実際には多く見られる。業務交通に関する共同意思決定の典型例は、自営業者の場合である。自営業者の業務交通には、おそらく雇用者としての側面と被雇用者としての側面の両方が関わっているものと思われる。また、例えば、雇用者と被雇用者との間で、被雇用者の業務交通に関して一定の合意がなされている場合にも、共同意思決定していると見なせるであろう。ただし、Fowkes *et al.*²⁵⁾も指摘するように、被雇用者による業務交通の場合、現実には、雇用者による業務交通の指揮・管理は完全でないことが多い。その場合には、旅行者個人が実質的に自由に意思決定していると見なせる可能性もある。いずれにせよ、業務交通の意思決定者については、複数のケースを想定することが必要だと思われる。

第二の留意事項は、業務目的の交通時間が変化することに対して、誰が支払意思を持つのか、という点である。ここで、非業務交通の場合であれば、交通時間節約に対する支払意思額は、旅行者本人のものであることが暗に仮定されている。業務交通の場合であっても、交通に関する意思決定が、完全に旅行者本人によって行われる場合には、旅行者本人の支払意思額をもって、交通時間節約価値が求められるべきと考えられる。一方で、もし業務交通に関する意思決定が、完全に雇用者によって行われる場合には、たとえ旅行者が雇用者本人でない場合であっても、雇用者の支払意思額によって、交通時間節約価値が求められるべきであろう。では、共同意思決定の場合は、どうすべきなのであろうか。これは、意思決定の文脈に依存するものと考えられる。

第三の留意事項は、移動中に生産的な活動が行われるか否か、という点である。近年の情報通信技術

の急激な発展に伴い、スマートフォンやタブレットPCが普及し、移動中であってもさまざまな活動を行える環境が整いつつある。そして、こうした情報通信端末の普及は、業務に携わる者にとっても、職場における業務だけでなく、移動中の業務をも可能としつつある。したがって、ブリーフケーストラベラーのように、移動中に行われる生産的な活動を行う者の存在を明示的に考慮しつつ、交通時間節約価値を求めることの必要性が高まっているといえるであろう。

第四の留意事項は、業務交通が、労働時間^[5]の中で完結するか、あるいは労働時間以外の時間帯に行われるかという、業務交通のスケジュールに関する点である。業務交通が、労働時間の合間で行われる場合には、業務交通時間は、単純に労働時間の一部であると見なせる。これは、総労働時間が業務交通によって影響を受けないことを意味する。本研究では、労働時間内で完結する業務交通のことを「労働時間内業務交通」と呼ぶことにする。一方で、業務交通が、労働時間外で行われる場合には、総労働時間が、労働時間プラス業務交通時間となる。本研究では、労働時間外に行われる業務交通のことを「労働時間外業務交通」と呼ぶことにする。このように、業務交通のスケジュールの違いが、交通時間節約価値に与える影響を明示的に考慮することが必要である。

第五の留意事項は、労働時間外に行われる業務交通に対して賃金が支払われるか否かという点である。これは、対象とする交通の行われる労働市場の制度に依存するものと考えられる。例えば、米国の公務員については、超過労働時間に対して、追加賃金が支払われるのではなく、その分だけ余暇時間（あるいは休暇）が別途与えられるという制度（Time off in lieu または Comp time）がある³²⁾。Fowkes²⁸⁾は、Hensher アプローチの検討に当たり、この制度を明示的に仮定している旨の記述がある^[6]。ただし、我が国では、このような制度は一般的ではない。

(3) 本研究のアプローチ

a) 基本的な考え方

本研究は、業務交通を対象として、できるだけ包括的に交通時間節約価値を理論的に導出することを目標とする。ここでは、まず、業務交通が、特定の日の中で完結するものであり、かつ職場から出発し、職場に戻ってくるものであることを仮定する。したがって、自宅から業務目的地に直接行ったり、逆に自宅に直接帰ったりする状況を想定しない。次に、業務交通において生じる交通費用は、常に雇用者に

よって負担されるものとする。なお、本研究では、交通費用を交通サービスの消費に対する金銭的支出と定義する。交通費用の雇用者による負担は、業務という目的からして妥当な仮定だと思われる。さらに、意思決定において、労働時間も変数の1つとする。これにより、業務交通の時間節約が、労働時間と余暇時間のいずれにも再配分される可能性があることを考慮できる。ここでは、個人が、中長期的に職業を変更する場合や、雇用契約を変更できる場合が想定されている。

その上で、本研究では、前節で示された5つの留意事項をそれぞれ次のように考慮することとする。第一に、意思決定者の多様性を明示的に考慮するため、旅行者本人が意思決定を行う場合、雇用者が意思決定を行う場合、雇用者と被雇用者が共同で意思決定を行う場合の3つのケースを検討する。

第二に、異なる意思決定の文脈に応じて、異なる主体による支払意思額を想定する。まず、旅行者本人が業務交通の意思決定を行う場合には、その旅行者の支払意思額によって交通時間節約価値を定義する。これは、旅行者が雇用者の場合には、交通の意思決定者と交通費用の負担者がともに雇用者であるので、妥当な定義だと思われる。その一方で、この定義によれば、被雇用者が業務交通を行い、かつ被雇用者自身がその交通の意思決定を行う場合には、たとえ交通費用の最終負担者が雇用者であっても、被雇用者の支払意思額により交通時間節約価値が算出されることになる。この仮定を置いたのは、交通費用の最終負担者が旅行者本人でなくても、業務交通に関する意思決定が旅行者本人により行われる場合には、交通時間の節約に対して旅行者自身が仮想的に支払意思を持つだろう、と考えたためである。次に、被雇用者が業務交通を行う一方で、雇用者がその交通の意思決定を行う場合には、雇用者の支払意思額によって交通時間節約価値を定義する。これは、交通の意思決定者と交通費用の負担者がともに雇用者であるので、妥当な定義だと思われる。最後に、共同意思決定の場合には、雇用者の支払意思額によって交通時間節約価値を定義する。これは、本研究では、次のような共同意思決定のプロセスが念頭に置かれているためである。まず、企業活動は、雇用者と被雇用者との合意によって成り立っているという前提を置く。そして、企業組織の構成員である雇用者と被雇用者とが、お互いの立場を十分に理解し、企業の中におけるそれぞれの位置づけを合意した上で、双方が良化することを条件とした意思決定が行われるものとする。ただし、実際には、企業組織としての合意は、費用負担者でもある雇用者の

判断を通して最終的に決定されることが多い。つまり、雇用者と被雇用者との話し合いの結果が、雇用者側の承認を得て最終決定される、というプロセスが想定される。以上の想定の下で、業務交通の共同意思決定は、雇用者と被雇用者の合意によって行われる一方で、共同意思決定を前提とした場合の交通時間節約に対する支払意思額は、最終意思決定者であり費用負担者でもある雇用者のものとして定義される。

第三に、移動中の生産的活動に関して2つの状況を想定する。1つは、移動中の生産活動がゼロの場合、つまり移動中に業務をしない場合であり、もう1つは、移動中に正の生産が行われる場合、つまり移動中に業務に関連する何らかの活動が行われる場合である。

第四に、業務交通に関して2種類のスケジュールを考慮する。1つは、労働時間内業務交通であり、もう1つは労働時間外業務交通である。労働時間内業務交通では超過勤務がないが、労働時間外業務交通では、超過勤務が発生するものと想定される。なお、本研究では、業務交通の目的地(勤務先)における労働の生産性は、職場における労働の生産性と一致することを仮定する。

第五に、本研究では、労働時間外に行われる業務交通の時間についても、移動中に生産的な活動が行われるか否かによらず、賃金が支払われるものと仮定する。これは、本研究のように、業務交通が職場から出発し職場に戻ってくるという仮定が置かれる場合には、被雇用者は、たとえ労働時間外であっても業務交通時間中は雇用者の指揮下にあるという事実と、我が国の労働制度とを鑑みれば、妥当な仮定だと考えられるからである。

b) 構築されるモデル

これらを前提とした場合、次章で構築されるモデルは、次の通りに整理される。

- ・ケース1: このケースでは、時間と金銭に関する制約条件と業務交通時間に関する消費制約条件の下で、一般的な財(合成財を仮定)、余暇時間、労働時間、業務交通時間、非業務交通時間に関して、旅行者が自らの効用水準が最大となるよう行動することが仮定される。ここでは、業務交通が、被雇用者によって行われ、かつその意思決定も被雇用者本人によってなされることを想定する。このケースにおける、労働時間内業務交通の場合のモデルを「モデル1(S)」とし、労働時間外業務交通の場合のモデルを「モデル1(L)」とする。ケース1は、被雇用者が、労働時間や業務交通に関して自由に意思決定できる

状況に相当する。この例としては、業務スケジュールを自由に選択できるパートタイムワーカー、事務所に勤務する弁護士、大学で勤務する学者など、業務形態に比較的自由裁量の認められている被雇用者のケースが挙げられる。

- ・ケース2: このケースでは、業務交通時間消費に関する制約条件の下で、労働時間と業務交通時間に関して、雇用者が、自らの企業の利潤が最大となるよう行動することが仮定される。移動中の生産活動が行われない場合のモデルを「モデル2z」とし、さらにその中で、労働時間内業務交通、労働時間外業務交通の場合のモデルをそれぞれ「モデル2z(S)」, 「モデル2z(L)」と表記する。一方で、移動中に生産活動が行われる場合のモデルを「モデル2p」とし、さらにその中で、労働時間内業務交通、労働時間外業務交通の場合のモデルをそれぞれ「モデル2p(S)」, 「モデル2p(L)」と表記する。ケース2は、雇用者本人による業務交通と、雇用者の指示に従って被雇用者により行われる業務交通全般に適用可能だと思われる。特にモデル2pについては、雇用者の指示に完全に従って行動する鉄道やバスなどの公共交通の運転者、あるいは雇用者によって移動中の労働が指示されるブリーフケースストラベラーが該当すると思われる。

- ・ケース3: このケースでは、旅行者の時間と金銭に関する制約条件と、業務交通時間に関する消費制約条件の下で、雇用者と被雇用者の集団効用関数が最大となるように、雇用者と被雇用者が行動することが仮定される。移動中の生産活動が行われない場合のモデルを「モデル3z」とし、さらにその中で、労働時間内業務交通、労働時間外業務交通の場合のモデルをそれぞれ「モデル3z(S)」, 「モデル3z(L)」と表記する。一方で、移動中に生産活動が行われる場合のモデルを「モデル3p」とし、さらにその中で、労働時間内業務交通、労働時間外業務交通の場合のモデルをそれぞれ「モデル3p(S)」, 「モデル3p(L)」と表記する。ケース3は、自営業者の業務交通全般、および雇用者と被雇用者との間で被雇用者への配慮に関して一定の合意のある場合の業務交通に適用可能だと思われる。また、特にモデル3pについては、移動中に労働を行う自営業者(例えば、自営のタクシーやトラックの運転手)、あるいは雇用者と被雇用者の間で一定の合意がある状況下での鉄道やバスなどの公共交通やタクシー・トラックの運転者、あるいは同様の合意のある状況下でのブリーフケースストラベ

表-1 業務目的の交通時間節約価値に関するモデル

意思決定ケース	業務交通の スケジュール	移動中の生産活動 無し	移動中の生産活動 有り
ケース 1 被雇用者による時間配分	労働時間内	モデル 1(S)	
	労働時間外	モデル 1(L)	
ケース 2 雇用者による時間配分	労働時間内	モデル 2z(S)	モデル 2p(S)
	労働時間外	モデル 2z(L)	モデル 2p(L)
ケース 3 雇用者・被雇用者の共同での 時間配分	労働時間内	モデル 3z(S)	モデル 3p(S)
	労働時間外	モデル 3z(L)	モデル 3p(L)

ラーが該当すると思われる。

以上より、合計 10 種類のモデルが定式化できる。
これらのモデルを整理したものが、表-1 である。

3. 時間配分モデルと業務目的の交通時間節約価値の導出

本章では、表-1 に示される 10 種類のモデルについて、それぞれ定式化と交通時間節約価値の導出を行う。なお、交通時間節約価値とは、交通時間の消費に関する下方制約条件が限界的に緩和されることの金銭的価値と定義されるものである⁸⁾。ここでは、既存の研究^{14), 33)}にしたがって、交通時間に関する消費制約条件として、交通時間が最小交通時間以上である、という条件を用いることとする。交通時間が最小値以上であるという条件は、物理的あるいは技術的な制約（例えば、ある一定以上の速度では、物理的あるいは技術的に空間移動することが不可能であるという制約）や、制度的制約（例えば、ある一定以上の速度で走行することが、危険であるために法的に規制されるなどの制約）を表すと理解できるものである。

(1) ケース 1：被雇用者による時間配分：効用最大化

被雇用者が、雇用者からの業務命令により業務交通を行う場合を想定する。ここで、業務交通を含めた時間配分に関する意思決定が、被雇用者自身によって行われるものとする。被雇用者は、自らの効用水準が最大となるように時間の配分を行う。効用関数は、合成財の消費量（価格を 1 に規準化）、余暇時間、職場での労働時間、非業務交通時間、業務交通時間を変数とする関数であると仮定する。ここで、合成財、余暇時間に関する限界効用は正である一方

で、業務交通時間に関する限界効用は負であると仮定する¹⁷⁾。

a) モデル 1 (S)

労働時間内業務交通の場合を想定する。この場合、業務交通時間は労働時間の一部となっているので、職場での労働時間は、労働時間から業務交通時間を差し引いたものになる一方で、被雇用者への賃金は労働時間に対して支払われるので、被雇用者の効用最大化行動は以下のように定式化できる。

$$\max_{X, T, T_w, t_l, t_w} U = U(X, T, T_w - t_l, t_w) \quad (2)$$

subject to

$$X + c_l = wT_w + Y \quad [\lambda] \quad (3)$$

$$T + T_w + t_l = T^0 \quad [\mu] \quad (4)$$

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (5)$$

ここで、 X ：合成財の量、 T ：余暇時間、 T_w ：労働時間、 t_l ：非業務交通時間、 t_w ：業務交通時間、 c_l ：非業務交通費用（固定）、 $\hat{t}_w$ ：最小業務交通時間（固定）、 w ：賃金率（固定）、 Y ：労働賃金外収入（固定）、 T^0 ：利用可能な時間（固定）、 λ, μ, κ ：各制約条件式に対応するラグランジュ未定乗数である。なお、変数の上に付されるハット（ $\hat{}$ ）は、それが変数の最小値であることを意味する。

このとき、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (6) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = \frac{\kappa^*}{\lambda^*} = \frac{1}{\lambda^*} \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) \quad (6)$$

ここで、変数の右肩に付されているアスタリスクは、最適の状態であることを示す。これは、交通時間節約価値が業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値と一致することを意味している。

b) モデル 1 (L)

次に、労働時間外業務交通の場合を想定する。この場合、賃金が支払われるのは、労働時間+業務交通時間となる一方で、業務交通時間は労働時間外で発生するので、職場での労働時間は労働時間と一致する。すると、被雇用者の効用最大化は以下のよう

$$\max_{X, T, T_w, t_l, t_w} U = U(X, T, T_w, t_l, t_w) \quad (7)$$

subject to

$$X + c_l = w(T_w + t_w) + Y \quad [\lambda] \quad (8)$$

$$T + T_w + t_l + t_w = T^0 \quad [\mu] \quad (9)$$

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (10)$$

このとき、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式(11)のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = \frac{\kappa^*}{\lambda^*} = \frac{1}{\lambda^*} \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) \quad (11)$$

これは、モデル 1 (L) から得られる交通時間節約価値は、モデル 1 (S) から得られる交通時間節約価値と一致することを意味する。

(2) ケース 2：雇用者による時間配分：利潤最大化

雇用者が業務交通に関する意思決定を行う場合を想定する。これは、雇用者の指示にしたがって、業務交通の旅行者が時間配分を行うことを意味する。この場合の旅行者は、雇用者であっても被雇用者であってもかまわない。ここで、雇用者は、自らの経営する企業の利潤が最大となるように、旅行者に対して時間配分の指示を与えるものとする。

企業は、旅行者の労働時間、あるいは労働時間と業務交通時間とを投入することによって、1種類の生産物を産出するものと仮定する。企業は、生産物を販売することによって収入を得る一方で、旅行者に対して賃金費用、業務交通費用、労働賃金外の固

定費用を支払っているものとする。

なお、以下の全てのモデルについて、生産関数は、生産要素の投入量に関して凹関数であるものとし、規模に関して収穫逨減の特性を持つことを仮定する。

a) モデル 2z (S)

移動中に生産活動が行わない場合で、かつ労働時間内業務交通を想定する。この場合、実際の生産に投入される時間は、職場での労働時間 (=労働時間から業務交通時間を差し引いたもの) となる一方で、労働時間に対して賃金が支払われるので、企業の利潤最大化行動は次のように定式化できる。

$$\max_{T_w, t_w} \pi = P \cdot f(T_w - t_w) - (wT_w + c_w + Y) \quad (12)$$

subject to

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (13)$$

ここで、 P : 生産物価格 (固定)、 c_w : 業務交通費用 (固定) とする。このとき、以上の最適化問題を解くことによって、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、業務目的の交通時間節約価値は、式(14)のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* = w \quad (14)$$

これは、業務目的の交通時間節約価値が労働賃金率と一致することを意味している。これは、賃金率アプローチを正当化するものと言えるであろう。

b) モデル 2z (L)

移動中に生産活動が行わない場合で、かつ労働時間外業務交通を想定する。この場合、実際の生産に投入される時間は労働時間となる一方で、労働時間+業務交通時間に対して賃金が支払われるので、企業の利潤最大化行動は、次のように定式化できる。

$$\max_{T_w, t_w} \pi = P \cdot f(T_w) - [w(T_w + t_w) + c_w + Y] \quad (15)$$

subject to

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (16)$$

このとき、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式(17)のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|_* = w \quad (17)$$

これは、労働時間内業務交通の場合(モデル 2z(S))と同一となることを意味している。

c) モデル 2p (S)

移動中に生産活動が行われる場合で、かつ労働時間内業務交通を想定する。ここでは、職場での労働に加えて移動中にも労働が行われるので、企業の生産関数を $f(T_w - t_w, pt_w)$ とする。ただし、 p は業務交通時間のうち実際に生産的な活動が行われる時間の割合を示すもので、 $0 < p \leq 1$ を仮定する。一方で、労働時間に対してのみ賃金が支払われるので、企業の利潤最大化行動は、次のように定式化できる。

$$\max_{T_w, t_w} \pi = P \cdot f(T_w - t_w, pt_w) - [wT_w + c_w + Y] \quad (18)$$

subject to

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (19)$$

このとき、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (20) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$\begin{aligned} VTTS &= P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|_* - \left. \frac{\partial f}{\partial t_w} \right|_* \right) \\ &= P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|_* - p \left. \frac{\partial f}{\partial (pt_w)} \right|_* \right) \\ &= w - P \cdot p \left. \frac{\partial f}{\partial (pt_w)} \right|_* \end{aligned} \quad (20)$$

ここで、 $\partial f / \partial (pt_w)$ は、移動中の労働時間に関する限界生産性を表す。これは、業務交通時間に関する限界生産性 $\partial f / \partial t_w$ とは異なるものであることに留意されたい。この結果より、交通時間節約価値は、移動中の労働時間に対する通常の労働時間の相対的な限界生産性によって表されることがわかる。また、このモデルでは、労働時間の限界生産性は賃金率と一致することから、交通時間節約価値は、賃金率よりも低くなる。これは、移動中の生産活動が行われていることによって、業務交通時間の節約が生産の減少につながり、結果的に生産が行われない場合(モデル 2z) よりも、時間節約の価値が低下していることを意味している。

d) モデル 2p (L)

移動中に生産活動が行われる場合で、かつ労働時間外業務交通を想定する。この場合、生産に投入される時間は、労働時間と移動中の労働時間とになる一方で、労働時間+業務交通時間に対して賃金が支

払われるので、企業の利潤最大化行動は、次のように定式化できる。

$$\max_{T_w, t_w} \pi = P \cdot f(T_w, pt_w) - [w(T_w + t_w) + c_w + Y] \quad (21)$$

subject to

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (22)$$

このとき、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (23) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$\begin{aligned} VTTS &= P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|_* - \left. \frac{\partial f}{\partial t_w} \right|_* \right) \\ &= P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|_* - p \left. \frac{\partial f}{\partial (pt_w)} \right|_* \right) \\ &= w - P \cdot p \left. \frac{\partial f}{\partial (pt_w)} \right|_* \end{aligned} \quad (23)$$

これは、労働時間内業務交通の場合(モデル 2p(S))と同一となることを意味している。

(3) ケース 3：共同による時間配分：集団効用最大化

このケースは、雇用者と被雇用者の両方の視点を考慮しようとするものである。ここで、異なる主体の相互関係を考慮する方法として、大きく 3 つのアプローチがあると考えられる。第一のアプローチは、ゲーム理論に基づくものである。ここでは、雇用者と被雇用者はそれぞれ独自の利己的な効用関数を持ち、両者の相互関係は、非協力ゲーム理論あるいは協力ゲーム理論によって説明される。第二のアプローチは、異なる主体の選好の違いを特定の代表的な主体の選好(あるいは効用関数)に反映させて説明しようとするものである。例えば、Becker³⁴⁾は、世帯内意思決定の文脈において、集団意思決定に対して、家長の利他的な効用関数を仮定し、家長の効用最大化によって世帯内構成員の相互関係を分析しようとした。第三のアプローチは、さらに一般的に、集団内構成員のパレート効率性のみを前提条件として課すもので、Collective モデルと呼ばれる方法である³⁵⁾。この方法は、Chiappori³⁶⁾、Bourguignon and Chiappori³⁷⁾ などにおいて提案されたものである。もし、企業における業務活動が、雇用者と被雇用者のパレート効率的な活動によって行われるという前提がおけるのであれば、このアプローチがもっとも適切であると考えられる。

そこで、以下では、Collective モデルを雇用者と被雇用者との共同意思決定に適用することとする。ま

ず、雇用者の効用関数を U_E 、被雇用者の効用関数を U とそれぞれし、それらから構成される関数として集団効用関数 U_G を設定する。ここで、集団効用関数としては、さまざまなものが考えられる（例えば、Atkinson³⁸⁾）が、本研究では、重み付け線形関数を仮定する。この関数形を使用することの妥当性は、Harsanyi^{39), 40)}によって示された考え方により説明できる可能性がある。Harsanyi⁴⁰⁾は基数的効用をベースとし、個人及び社会の意思決定においてNeumann-Morgenstern 公理と Pareto 効率性の公理が同時に満たされる場合には、社会的厚生関数は、個人効用の線形和（ただし、個人の重みは非負）として表せることを示した。この理論の背景には、個人が、自分の所属する集団全体の厚生に関する倫理的な判断を行うときには、各個人は仮想的に、一定の確率で全ての他者の立場に立った場合を想定した上で、期待効用に基ついた非個人的（impersonal）な価値判断を行う、という前提がある。以上の仮定にしたがい、本研究では、基数的効用を前提とした、次のような線形の集団効用関数を想定する。

$$U_G = U_E + \theta U \quad (24)$$

ここで、 θ は、集団効用関数のうち、被雇用者の効用関数の雇用者の効用関数に対する相対的重みを表すパラメータである。

次に、雇用者の効用関数は、その経営する企業の利潤のみの関数として表されるものとする。ここでは、単純化のために利潤関数そのものを雇用者の効用関数と見なし、これに対応する相対的重み付けパラメータを α とする。つまり、集団効用関数を $U_G = \pi + \alpha U$ へ変換する。すると、 α は、真の重み付けパラメータ θ に雇用者の利潤に関する限界効用の逆数 $1/(\partial U_E / \partial \pi)$ を乗じたものと理解できるようになる。ここでは、利潤関数は、ケース2で想定されたものを用い、被雇用者の効用関数は、ケース1で用いたものと同一のものを用いることとする。

また、本ケースでは、労働賃金外収入 Y も集団効用関数の最大化によって決定される変数の1つであるものと仮定する。これは、本ケースでは、雇用者と被雇用者との間で一種の契約あるいは合意が定められる状況が想定されており、その意味で、他のケースよりもやや中長期的な意思決定が対象とされていることから、労働賃金外収入も両者間で共同意思決定されるべきものだと考えられるからである。

a) モデル 3z (S)

まず、移動中に生産活動が行わない場合で、かつ労働時間内業務交通を想定する。この場合、企業に

対して、実際の生産に投入される時間は、職場での労働時間（＝労働時間から業務交通時間を差し引いたもの）となる一方で、被雇用者に対して支払われる賃金は、労働時間が対象となるので、集団効用関数の最大化行動は以下のように示される。

$$\max_{X, T, T_w, t_l, t_w, Y} U_G = [P \cdot f(T_w - t_w) - wT_w - c_w - Y] + \alpha U(X, T, T_w - t_w, t_l, t_w) \quad (25)$$

subject to

$$X + c_l = wT_w + Y \quad [\lambda] \quad (26)$$

$$T + T_w + t_l = T^0 \quad [\mu] \quad (27)$$

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (28)$$

このとき、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式(29)のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) \quad (29)$$

これは、交通時間節約価値が、労働時間に関する限界生産性と、業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値に重み付けをしたものとの和で表されることを示している。なお、当然ながら、重み付けパラメータをゼロにするとモデル 2z の結果と一致する。

b) モデル 3z (L)

移動中に生産活動が行わない場合で、かつ労働時間外業務交通を想定する。この場合、企業の生産に投入される時間は労働時間である一方で、被雇用者への賃金は労働時間と業務交通時間の和が対象となるので、集団効用関数の最大化行動は、以下のよう示されることになる。

$$\max_{X, T, T_w, t_l, t_w, Y} U_G = [P \cdot f(T_w) - w(T_w + t_w) - c_w - Y] + \alpha U(X, T, T_w, t_l, t_w) \quad (30)$$

subject to

$$X + c_l = w(T_w + t_w) + Y \quad [\lambda] \quad (31)$$

$$T + T_w + t_l + t_w = T^0 \quad [\mu] \quad (32)$$

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (33)$$

このとき、最小交通時間の消費制約が有効である

場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (34) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) \quad (34)$$

これは、モデル 3z (S) と同一の結果である。

c) モデル 3p (S)

移動中に生産活動が行われる場合で、かつ労働時間内業務交通を想定する。この場合、企業に対して、生産に投入される時間は職場での労働時間（労働時間から業務交通時間を差し引いたもの）と、移動中の労働時間とになる。ここで、先と同様に、企業の生産関数を $f(T_w - t_w, pt_w)$ とする。被雇用者への賃金は労働時間に対して支払われるので、集団効用関数の最大化行動は以下のように示される。

$$\max_{X, T, T_w, t_i, t_w, Y} U_G = [P \cdot f(T_w - t_w, pt_w) - wT_w - c_w - Y] \quad (35)$$

$$+ \alpha U(X, T, T_w - t_w, t_i, t_w)$$

subject to

$$X + c_i = wT_w + Y \quad [\lambda] \quad (36)$$

$$T + T_w + t_i = T^0 \quad [\mu] \quad (37)$$

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (38)$$

このとき、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (39) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial f}{\partial t_w} \right|^* \right) + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) \quad (39)$$

$$= P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* - p \left. \frac{\partial f}{\partial (pt_w)} \right|^* \right) + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right)$$

これより、交通時間節約価値は、移動中の労働時間に対する通常の労働時間の相対的な限界生産性と、業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値に重み付けをしたものとの和で表される。なお、当然ながら、重み付けパラメータをゼロにするとモデル 2p の結果と一致する。

d) モデル 3p (L)

移動中に生産活動が行われる場合で、かつ労働時間外業務交通を想定する。この場合、企業に対して、生産に投入される時間は労働時間と移動中の労働時間となる。ここで、先と同様に、企業の生産関数を $f(T_w, pt_w)$ とする。被雇用者への賃金は労働時間と業

務交通時間の和に対して支払われるので、集団効用関数の最大化行動は以下のように示される。

$$\max_{X, T, T_w, t_i, t_w, Y} U_G = [P \cdot f(T_w, pt_w) - w(T_w + t_w) - c_w - Y] \quad (40)$$

$$+ \alpha U(X, T, T_w, t_i, t_w)$$

subject to

$$X + c_i = w(T_w + t_w) + Y \quad [\lambda] \quad (41)$$

$$T + T_w + t_i + t_w = T^0 \quad [\mu] \quad (42)$$

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (43)$$

このとき、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (44) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial f}{\partial t_w} \right|^* \right) + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) \quad (44)$$

$$= P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* - p \left. \frac{\partial f}{\partial (pt_w)} \right|^* \right) + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* - \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right)$$

これは、モデル 3p (S) と同じ結果である。

(4) 業務目的の交通時間節約価値のまとめ

以上の結果をまとめると、表-2 のようになる。これより、業務目的の交通時間節約価値は、条件によってかなり異なることが読み取れる。

まず、いずれのケースにおいても、労働時間内に業務交通が行われる場合と労働時間外に業務交通が行われる場合とで、同一の交通時間節約価値が得られることがわかる。これは、いずれの場合についても、実労働時間の観点からみれば、同じモデルと見なせるので、ある意味当然の結果である。ここで、実労働時間とは、労働時間内業務交通の場合には、労働時間から業務交通時間を差し引いたもので、労働時間外業務交通の場合には、労働時間そのものである。

ケース 1 では、業務目的の交通時間節約価値は、業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値と一致する。次に、ケース 2 の移動中の生産活動のない場合では、賃金率アプローチが正当化される。つまり、雇用者が業務交通に関する意思決定を行う環境下であり、かつ移動中に生産的な活動をしなない場合には、業務目的の交通時間節約価値は賃金率と一致する。なお、ケース 2 の移動中に生産活動がある場合には、業務目的の交通時間節約価値は、賃金率よりも低くなる。これは、雇用者の指示により業

表-2 業務目的の交通時間節約価値の導出結果のまとめ

意思決定ケース	業務交通の スケジュール	移動中の生産活動 無し	移動中の生産活動 有り
ケース 1 被雇用者による時間配分	労働時間内	[モデル 1]	
	労働時間外	$VTTTS = VW'$	
ケース 2 雇用者による時間配分	労働時間内	[モデル 2z]	[モデル 2p]
	労働時間外	$VTTTS = MP = w$	$VTTTS = (1 - pq)MP$ $= (1 - pq)w \ (\leq w)$
ケース 3 雇用者・被雇用者の共同での 時間配分	労働時間内	[モデル 3z]	[モデル 3p]
	労働時間外	$VTTTS = MP + \alpha VW$	$VTTTS = (1 - pq)MP + \alpha VW$

注： $VTTTS$ ：業務目的の交通時間節約価値， VW' ：旅行者の観点から評価した業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値， MP ：労働時間に関する限界生産性， w ：労働賃金率， p ：業務交通時間のうち移動中の労働時間の割合， q ：職場での労働に対する移動中の労働の相対的な生産性， α ：集団効用関数中の被雇用者の効用関数の重みパラメータ， VW ：雇用者の観点から評価した業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値。

務を行う鉄道やバスの運転手，あるいは雇用者により移動中の労働が指示されるブリーフケーストラベラーに該当するものであるが，交通時間の節約が移動中の生産活動を減少させる効果を持つため，合理的な結果であると言える。

ケース 3 では，業務目的の交通時間節約価値に，雇用者と被雇用者の両方の価値が反映されている。ただし，あくまでも雇用者の支払意思額によって交通時間節約価値を評価しているため，被雇用者で発生する限界的な効用についても，最終的には雇用者の観点から金銭的に換算されている点に留意が必要である。

表-2 のいずれのケースの結果についても，業務目的の交通時間節約価値が，賃金率プラスアプローチ，あるいは Hensher アプローチの結果とは一致しないことが読み取れる。ケース 3p の結果が，Hensher 公式とやや近いものとなっているが，ここには， r にあたるパラメータが含まれない。したがって，ケース 3p をベースに追加的な仮定を設けることによって Hensher 公式が得られる可能性の高いことが予想される。

最大化問題から賃金率プラスアプローチを導出している。この違いはどこにあるのであろうか。

この違いは，労働時間外の業務交通に対する賃金支払いの有無に帰着される。前章では，日本における一般的な労働制度にしたがって，労働時間外の業務交通に対しても賃金が支払われることが仮定されていた。以下では，労働時間外の業務交通に対して，賃金が支払われない場合を想定してみよう。これは，例えば，Time off in lieu 制度のように，労働時間外の業務に対して，賃金ではなく，追加的な余暇時間が与えられる場合が該当する。ここで，被雇用者に与えられる追加的な余暇時間は，超過労働が行われる日とは異なる別の日に消化されるものと仮定する。その結果，分析対象とする日については，労働時間外に行われる業務交通に対して，賃金が支払われないことと同等と見なせる。

労働時間外に業務交通が行われる場合であるので，モデル 1 (L) と同様の枠組みを用いてみると，次のモデルを定式化できる。

$$\max_{X, T, T_w, t_l, t_w} U = U(X, T, T_w, t_l, t_w) \quad (45)$$

subject to

$$X + c_l = wT_w + Y \quad [\lambda] \quad (46)$$

$$T + T_w + t_l + t_w = T^0 \quad [\mu] \quad (47)$$

4. 賃金率プラスアプローチへのモデルの拡張

前章の 10 種類のモデルからは，賃金率プラスアプローチにあたる交通時間節約価値を得ることができなかった。一方で，Mackie *et al.*³¹⁾ は，旅行者の効用

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (48)$$

モデル 1 (L) との違いは、式 (46) の右辺の賃金収入に関して、 $w(T_w + t_w)$ ではなく、 wT_w としている点である。このとき、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (49) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$VTTS = \frac{\kappa^*}{\lambda^*} = w + \frac{1}{\lambda^*} \left(\frac{\partial U}{\partial T_w} \Big|_* - \frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* \right) \quad (49)$$

これは、交通時間節約価値が、賃金率と、業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値との和に一致することを意味している。これこそが、賃金率プラスアプローチを正当化しているものと言える。ちなみに、「プラス」に当たるのは、業務交通時間に対する労働時間の相対的価値である。ただし、プラスに当たる部分については、これが常に正となることは保障されない。なぜならば、プラスの部分は、労働時間の価値と業務交通時間の価値との和であるが、労働時間の価値が負の場合（仕事が嫌いな人の場合）には、その絶対値が業務交通時間価値の絶対値よりも大きいならば（業務交通よりも仕事をする方が嫌いならば）、プラス部分の符号が負になることがあり得るからである。

以上より、賃金率プラスアプローチは、旅行者自身が業務交通に関する意思決定を行える環境下であり、業務交通が労働時間外に行われ、かつその業務交通に対して賃金が支払われない場合に成立する。

5. Hensher アプローチへのモデルの拡張

(1) Hensher 公式の導出

第 3 章の検討をもとに Hensher 公式を導く。まず、導出のためのモデルとしては、雇用者と被雇用者の両面を考慮でき、かつ移動中の生産がある場合であるモデル 3p を活用することとする。

次に、これまでの定式化では、業務交通は、労働時間内に行われる（労働時間内業務交通）か、労働時間外に行われる（労働時間外業務交通）かのいずれかのスケジュールとなることが仮定されていたが、以下では、業務交通のスケジュールについて、この仮定を緩和する。つまり、業務交通時間のうち、一部は労働時間内に行われ、一部は労働時間外に行われる状況を想定する。ここで、全業務交通時間のうち労働時間外に行われる時間の割合を $r(0 \leq r \leq 1)$ とし、労働時間内に行われる時間の割合を $1-r$ とする^[8]。

また、企業の生産関数を 2 つのサブ生産関数の単純和で表されるものと仮定する。1 つのサブ生産関数は、モデル 2p やモデル 3p でも用いられたもので、職場における労働時間と移動中の労働時間を変数とする $f(\cdot)$ であり、もう 1 つのサブ生産関数は、業務交通時間のみを変数とし、業務交通時間に関する限界生産性が負となる $g(\cdot)$ であるものとする。

以上の追加的な仮定の下で、モデル 3p をベースとすると、集団効用関数の最大化行動は、以下のように定式化できる。

$$\max_{X, T, T_w, t_i, t_w, Y} U_G = [P \cdot \{f(T_w - (1-r)t_w, pt_w) + g(t_w)\} - w(T_w + rt_w) - c_w - Y] + \alpha U(X, T, T_w - (1-r)t_w, t_i, t_w) \quad (50)$$

subject to

$$X + c_i = w(T_w + rt_w) + Y \quad [\lambda] \quad (51)$$

$$T + T_w + rt_w + t_i = T^0 \quad [\mu] \quad (52)$$

$$t_w \geq \hat{t}_w \quad [\kappa] \quad (53)$$

これより、最小交通時間の消費制約が有効である場合には、以上の最適化問題を解くことによって、業務目的の交通時間節約価値は、式 (54) のように導出できる。なお、導出過程については、付録を参照されたい。

$$\begin{aligned} VTTS &= P \cdot \left[(1-r) \frac{\partial f}{\partial T_w} \Big|_* - \frac{\partial f}{\partial t_w} \Big|_* - \frac{\partial g}{\partial t_w} \Big|_* \right] \\ &+ \alpha \left[(1-r) \left(\frac{\partial U}{\partial T_w} \Big|_* - \frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* \right) + r \left(\frac{\partial U}{\partial T} \Big|_* - \frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* \right) \right] \\ &= P \cdot \frac{\partial f}{\partial T_w} \Big|_* [(1-r) - pq] + \alpha \left[(1-r) \left(\frac{\partial U}{\partial T_w} \Big|_* - \frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* \right) \right. \\ &\quad \left. + r \left(\frac{\partial U}{\partial T} \Big|_* - \frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* \right) - P \cdot \frac{\partial g}{\partial t_w} \Big|_* \right] \end{aligned} \quad (54)$$

すると、この式は、

$$VTTS = (1-r-pq)MP + \alpha \{(1-r)VW + rVL\} + MPF \quad (55)$$

と書ける。最後に $\alpha=1$ を仮定すれば、次の Hensher 公式を得ることができる。

$$VTTS = (1-r-pq)MP + (1-r)VW + rVL + MPF \quad (56)$$

(2) 考察

a) Hensher アプローチの成立条件

以上で示されたように、Hensher 公式は、雇用者と被雇用者の共同時間配分モデルから導出することができる。これは、Fowkes^[28]のいう 2 段階の意思決定システムに対応していると考えられる。ここで、第

1 段階とは、組織による業務交通に関する基本ポリシーの決定段階であり、第2段階とは、それに従って各主体が選択を行うというものである。上のモデルで、基本ポリシーに当たるものは、パラメータ α と r であると考えられる。まず、重み付けパラメータ α は、雇用者と被雇用者との交渉によって、合意により決定されるものと想定される。たとえこれが、雇用者の責任の下で決定されるものであったとしても、暗に雇用者と被雇用者との力関係が反映されていると思われるので、間接的に合意によって決定されていると見なせるであろう。一方で、 r については、企業の方針次第で、ある程度変更できる余地はあるものの、企業と顧客との関係で決まる外生的な変数と見なせる可能性もある。例えば、中長期的な意思決定を前提とするのならば、 r は、企業の平均的な業務交通のスケジュール（平均的に見たときに、業務交通がどの時間帯に多く発生するのかという傾向）によって外生的に与えることができるかもしれない。この点については、企業の業務内容に依存するものであって、一意に定めることはできない。

以上の定式化のプロセスからも明らかなように、Hensher 公式は次の2つの仮定に大きく依存している。第一の仮定は、 $\alpha=1$ である。 α は、集団効用関数内における雇用者の効用関数が利潤関数と一致するという仮定のもとで設定されたものであるため、 $\alpha=1$ であることは、被雇用者の効用関数の雇用者の効用関数に対する「真の」相対的な重み付けが雇用者の利潤に関する限界効用と一致すること、つまり式(24)の θ について $\theta=\partial U_E/\partial \pi$ が成り立つことを意味する。当然ながら、これが成り立たねばならない理由はないので、 $\alpha=1$ は、かなり強い仮定であると考えられる。以上より、一般的には、Hensher 公式よりも、式(55)で表される「一般化された Hensher 公式」の方が、その妥当性が高いと思われる。

Hensher 公式導出の第二の仮定は、節約される業務交通時間の労働時間外に配分される割合が、業務交通時間のうち労働時間外に占める部分の割合と一致している点である。もし、節約時間の配分に関して何の制約もなければ、合理的な個人は、節約された時間を活動時間に関する限界効用の高い活動へ優先的に配分するはずである。つまり、節約時間配分に関して何かしらの外生的な制約が与えられない限り、第二の仮定は成立しない。もし雇用者（企業）が、被雇用者の業務交通のうち無給とする割合を事前に決めているのならば（例えば、業務交通時間のうち50%分だけは給与支払いの対象とするなど）、この仮定は現実味を帯びることになる。ただ

し、こうした外生的な制約に現実性があるか否かは、実際の労働状況を調査しない限り明らかではない。

b) Hensher アプローチをめぐる議論への示唆

以上の Hensher 公式の導出過程の明示化によって、これまで Hensher アプローチをめぐる行われていた議論に対して、ある程度明確な回答ができる。第一に、 VW と VL との関係についてであるが、式(54)より明らかであるように、両者間の大小関係は、労働時間に関する限界効用 $\partial U/\partial T_w^*$ と余暇時間に関する限界効用 $\partial U/\partial T_l^*$ との大小関係に対応している。Hensher モデルにおいて、最適解となるための一階条件の1つより、 $\partial U/\partial T_w^* = \partial U/\partial T_l^* - P \cdot \partial f/\partial T_w^*$ が成立するので、Mackie *et al.*²⁹⁾が指摘するように、 $VW < VL$ が常に成立する。

第二に、Fowkes *et al.*²⁵⁾などにより仮定されるように VW がゼロとなりうるかどうかについてであるが、これは、労働時間に関する限界効用 $\partial U/\partial T_w^*$ と業務交通時間に関する限界効用 $\partial U/\partial t_w^*$ との大小関係によって決まるものである。両者の限界効用が一致する可能性はゼロではないが、その妥当性は、実証的な分析を経ない限り明らかにはならない。逆に言えば、実証的な根拠もなく VW をゼロと仮定することは、明らかに望ましくない。

第三に、一般化された Hensher 公式によれば、 VW と VL に対応するパラメータは、それぞれ $\alpha(1-r)$ と ar であって、Hensher 公式のように $1-r$ と r ではない。そのため、重み付けパラメータ α の値が未知である場合に、表明選好（Stated Preference: SP）調査等によって r を推定して、そのまま $1-r$ と r を VW と VL に対応するパラメータとして用いると、 α の値次第で、交通時間節約価値を過大あるいは過小に評価してしまう懸念がある。AHCG²⁶⁾は、SP 調査データに基づいて r を推定し、そこから Hensher 公式を用いて交通時間節約価値を求めているが、これだけでは、重みパラメータが欠けているので、不完全となる恐れがある。

c) Hensher 公式導出に関する留意事項

Hensher モデルの導出に関する留意事項は以下の通りである。まず、本研究では、Hensher 公式の導出にあたって、労働賃金外収入も変数の1つとすることが仮定されている。ここで、労働賃金外収入 Y を固定値と仮定すると、一般化された Hensher 公式は得られない。ただし、労働賃金外収入 Y を固定値とすると同時に、労働時間外の業務交通に対する賃金支払いが行われない（例えば、Time off in lieu の制度がある）という仮定が追加される場合には、やはり一般化された Hensher 公式が得られる。ちなみに、

本研究では、モデル3においても、労働賃金外収入 Y が変数の1つであると仮定されていたが、ケース3については、仮に Y を固定値であると仮定した場合であっても、導出される交通時間節約価値はそう仮定しない場合と同一となる。

次に、パラメータ p については、Mackie *et al.*²⁹⁾も指摘するように、移動中の労働時間が業務交通時間に比例しなければならない特別の理由は存在しない。移動中の労働時間はむしろ固定的である可能性もあり、その場合には、移動中の労働に関する追加的な制約を明示的に考慮する必要がある。

最後に、業務交通時間中の疲労が解消されることによって追加的に生み出される生産量 MPF についてであるが、これが公式に含まなければならない理由は、あまり明確ではない。また、この部分だけを分離して計測することも実務的に困難である。これらが、既存研究において $MPF=0$ と仮定されるか、あるいは無視されてきた理由だと思われる。

6. おわりに

(1) 本研究の成果

本研究は、まず、業務目的の交通時間節約価値を理論的に分析した。そこでは、業務目的の交通時間節約価値を分析する際に留意すべき事項として、業務交通の意思決定者、交通時間節約に支払意思を持つ主体、移動中の労働の有無、業務交通のスケジュール、労働時間外の業務交通に対する賃金支払の有無という5つのポイントがあることを明確に示した。そして、これらの留意事項を反映した10種類の業務交通に関するモデルを構築し、それぞれについて交通時間節約価値を導出した。ここには、被雇用者の効用最大化、雇用者の利潤最大化、雇用者と被雇用者の集団効用最大化の3つのケースが含まれている。それらの結果から、賃金率アプローチの導出できる条件が示された。また、近年、研究課題とされていたブリーフケーストラベラーについても、その交通時間節約価値の導出に成功した。次に、被雇用者の効用最大化に基づくモデルをベースに、労働時間外の賃金支払いの条件を変更することによって、賃金率プラスアプローチを導出した。さらに、雇用者と被雇用者の集団効用関数最大化に基づくモデルをベースに、追加的な条件を課すことによって、Hensher 公式を導出した。以上で得られた成果をまとめると、次のようになる。

- ・賃金率アプローチが適用できるのは、雇用者が業務交通に関する意思決定を行う状況にあり、

移動中に生産的活動が行われず、かつその業務交通に対して賃金が支払われる場合である。

- ・賃金率プラスアプローチが適用できるのは、旅行者が自分で業務交通に関する意思決定を行う状況にあり、業務交通が労働時間外に行われ、かつその業務交通に対して賃金が支払われない場合である。
- ・Hensher 公式は、雇用者と被雇用者の効用関数の線形和で表される集団効用関数において、相対的重みパラメータが雇用者の利潤に関する限界効用と一致し、かつ、節約される業務交通時間の労働時間外に配分される割合が、業務交通時間のうち労働時間外に占める部分の割合と一致すると仮定する場合に、集団効用最大化によって得ることができる。

また、以上の結果から、Hensher モデルに関連する既往の議論に対する理論的な回答を示した。

少なくとも筆者の知る限り、業務目的に特化して、交通時間節約価値を包括的に論じたものは存在せず、また、Hensher 公式の理論的な導出プロセスが明示的に示された文献も存在しない。以上より、本研究の成果は、今後の交通時間節約価値の議論を行う上で重要な貢献をしたものと考えられる。

(2) 本研究から得られる示唆

本研究から得られる示唆は、次のようにまとめられる。第一に、費用節約アプローチのうち、他国の研究者により主張される賃金率プラスアプローチは、被雇用者自身により業務交通に関する意思決定ができ、かつ労働時間外の業務交通に対して賃金が支払われない場合に成立することが明らかとなった。これは、Time off in lieu のような制度が一般的でない我が国では、適用できない可能性が高い。

第二に、費用節約アプローチのうち、賃金率アプローチは、雇用者が業務交通に関する意思決定をする状況で成立するものであることが明らかとなった。これは、雇用者本人により業務交通が行われる場合には、明らかに適用可能である。一方で、被雇用者により業務交通が行われる場合には、雇用者による意思決定という仮定の適用可能性は限定的にならざるを得ない。なぜならば、まず長期的には、被雇用者は、労働環境を自ら変更することを通じて、業務交通に関連する意思決定をある程度実施できる一方で、短期的にも、業務交通の意思決定に関して、旅行者にかなりの自由度が与えられているケースが多いと思われるからである。ただし、これは、個人の労働環境の変更に係る手続き費用や、個々の企業における被雇用者の業務交通に関する取扱の実態に

依存するものであるから、厳密には、実証的な調査分析を経なければ明らかにできない。労働経済学等における既存の知見を最大限に活用しながら、労働市場の実態に合致した議論が行われるべきである。

第三に、輸送そのものを業務とし、かつそれが雇用者により管理される交通（例えば、鉄道やバスの運転手による業務交通）の交通時間節約価値は、賃金率よりも低くなることが明らかとなった。これは、すでに英国のガイドライン²¹⁾では反映されているものである。日本でも今後実証研究を通じて検討されるべき点であろう。ただし、タクシーやトラックの運転手のように、業務交通であっても運転手の行動に一定の自由度が与えられるものについては、この対象とならない点に留意が必要である。

第四に、ブリーフケーストラベラーのように、移動中に労働が行われる場合の交通時間節約価値は、移動中に労働が行われない場合よりも低くなることが明らかとなった。今後、高度情報通信端末が普及していけば、ブリーフケーストラベラーは確実に増加することが期待される。そして、ブリーフケーストラベラーの増加は、業務目的の交通時間節約価値の減少につながる可能性がある。例えば、オランダにおいて二時点での交通時間節約価値を実証的に比較分析した結果によれば、交通時間節約価値が経年で減少する傾向が報告されている。また、その原因の1つがノートパソコンや携帯電話の普及にある可能性が指摘されている⁴¹⁾。したがって、今後、我が国においても、移動中の生産活動の増加が交通時間節約価値に与える影響を検討していくべきである。

第五に、Hensher アプローチにおいて置かれる、節約される業務交通時間の配分を外生的にコントロールできるとする仮定は、企業による業務交通に対する賃金支払いの実態に依存するものであることが考察された。英国や北欧諸国では、すでに Hensher アプローチの可能性が検討されているようであるが、我が国でも、我が国固有の労働市場の文脈を考慮したときに、Hensher アプローチを導入することが妥当性であるか否かを検討することが必要であろう。

(3) 残された研究課題

最後に、残された研究課題は次の通りである。まず、仮に Hensher 公式の活用を我が国でも検討するのであれば、公式中のパラメータも含めて、実証データに基づいて業務目的の交通時間節約価値を推定することが必要である。この場合、顕示選好 (Revealed Preference: RP) 調査や SP 調査で得られる交通行動データから離散選択モデルに代表される交通行動モデルによって交通時間節約価値を直接的に推定する

のではなく、英国や北欧諸国の研究において試みられているような統合化アプローチ^{25), 26)}によって推定することが必要となる。ここで、統合化アプローチとは、SP 調査等によって、Hensher 公式内の未知パラメータを個別に被験者から直接得ることで、それらを組み合わせることにより、間接的に交通時間節約価値を得ようとする方法である。我が国ではまだ試みられたことがないことから、我が国の実証データを用いた推計を行うことが研究課題の1つである。また、本研究のモデル3では、企業において雇用者と被雇用者とがともにパレート効率的な関係を目指すことが仮定されたが、労使関係が険悪である場合には、この仮定が成立しない可能性がある。例えば、非協力ゲームによって雇用者と被雇用者との関係を分析することを通じて、業務交通の意思決定をモデル化することが必要かもしれない。さらに、本研究では、労働市場が完全競争的であることが暗に仮定されており、また市場における失業者の存在も無視されている。これらの仮定を緩和することにより、より汎用的な定式化を行うことも課題の1つといえるであろう。これら以外に、モデルそのものの深度化の余地もある。例えば、表-1でも示されるように、ケース1では、移動中の生産活動の有無が結果に影響を及ぼさない結果が得られている。これは、労働による効用が職場での労働時間のみに依存し、移動中の労働時間に依存しないと仮定されていることに起因している。両者を取り扱うことにより、より詳細なケースについて分析が可能になる。また、本研究では、目的地における労働生産性が、職場での労働生産性と一致するという単純化がなされている。しかし、目的地の方が職場よりも生産性が高いがゆえに業務交通は行われる、というアクティビティベースの立場から考えれば、場所により異なる労働生産性が考慮されるべきかもしれない。さらに、複数日にまたがるような長距離移動を伴う出張時の業務交通については、今回対象外としているのに加え、Karlstrom¹⁷⁾で示された税による影響も本研究では無視されている。これらを考慮したモデルの精緻化は、今後の研究課題である。

注

[1] 例えば、2000年に発刊された交通モデルに関するハンドブック (Hensher and Button⁴²⁾) では、交通時間節約価値の理論を取り扱う章 (Jara-Diaz²⁾) があるものの、そこでは、交通の目的 (業務目的と非業務目的) による区別がなされないまま、議論が

進められる。ここでは、実は、非業務目的のみが対象とされていると思われるが、この点に関する記述はない。

- [2] フリンジベネフィットとは、「現金給与以外の労働費用」と定義されるものであり、我が国で言えば、法定福利費、法定外福利費、退職給付等の費用、教育訓練費、その他労働費用（募集費、転勤に要する費用、社内報、作業服等）が含まれる⁴³⁾。フリンジベネフィットのうち、どの部分が労働時間に比例する部分なのかは、必ずしも明らかでない。仮に、これらが労働時間とは独立して定められる場合には、フリンジベネフィットは、本研究のモデルで使用されている労働賃金外収入 Y と同一となる。
- [3] 賃金率プラスアプローチにおいては、2つの意味がしばしば混同して用いられる。1つは、フリンジベネフィットのうち、特に労働時間に比例する部分を考慮することによって、賃金率に加えて、単位労働時間当たりで追加的な収入を得ていることを仮定するものである。この場合、プラスの部分は、労働時間に関する限界的なフリンジベネフィットを意味する。もう1つは、限界労働費用以外の部分をプラス部分と見なすものである。例えば、式(49)で得られるように、業務交通時間の価値に対する労働時間の相対的価値はプラス部分と見なせる。本研究では、後者の意味により「賃金率プラスアプローチ」を定義している。
- [4] Fowkes *et al.*²⁵⁾は、賃金率プラスアプローチについて、以下のような点が問題であると指摘している：完全競争市場の仮定は、現実とあまりに乖離していること；多くの失業者が存在することを考慮すると、解放された労働時間が追加的な生産に向けられることには疑問があること；このアプローチでは、労働者自身が労働と交通時間との間で時間を移転させることによって生じる便益や費用を無視していること；固定労働時間制度や追加的な超過勤務手当に対する問題が考慮されていないこと。
- [5] 本研究における労働時間とは、いわゆる「所定労働時間」に該当する。所定労働時間とは、一般には、法定労働時間内で、会社が定める労働時間のことを指す。本研究では、労働時間は、雇用者と被雇用者との間で契約等によって定められるか、あるいは両者の共同意思決定プロセスを通じて決定されるものだとして想定されている。その意味で、本研究で示されるモデルは、いずれも比較的中長期的な意思決定を対象としている。
- [6] 超過労働に対して賃金ではなく休暇を与える制

度 (Time off in lieu) は、米国のみならず複数の国々において一般的である模様である⁴⁴⁾。Hensher アプローチは、もともと David Hensher 教授 (シドニー大学) により、オーストラリアにおける航空利用の長距離業務交通を対象として提案されたものである²³⁾。ここで、オーストラリアでも Time off in lieu の制度は一般的であり、1997年時点の調査結果では、超過勤務を行う常勤被雇用者のうち約4%が Time off in lieu を受けているとの報告がある⁴⁵⁾。したがって、Hensher アプローチのオリジナルでは、この制度が前提とされていた可能性があるが、本研究では、Time off in lieu を前提としない場合でも、Hensher アプローチが導出できることを示している。

- [7] 非業務交通時間は、本研究の主たる関心の対象ではないので、効用関数に特段の仮定を設けていない。同様に、非業務交通時間に関する消費制約も明示化していない。ここで、非業務交通としては、典型的には通勤が考えられる。なお、仮に非業務交通に関する消費制約を導入しても、本研究で得られる結論に影響はない。
- [8] r は、総業務交通時間に対する労働時間外に業務交通が行われる時間の割合として定義されているが、個々の業務交通についても同様の割合 (r' とする) を定義できる。例えば、ある業務交通が、労働時間内に開始され、労働終了時刻後に終了する場合には、 $0 < r' < 1$ が成り立つ。完全に労働時間外に業務交通が行われる場合には $r' = 1$ となる一方で、完全に労働時間内に業務交通が行われる場合には $r' = 0$ となる。このような様々な r' をもつ複数の業務交通を鑑みた場合、特定の企業における平均的な r' を求めれば、それが Hensher 公式における r と一致する。つまり、Hensher 公式で示されるのは、労働時間内外で行われる多様な業務交通の可能性を考慮した平均的な交通時間節約価値と解釈できる。

謝辞：本研究は、新道路技術会議の「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(国土交通省)からの研究資金を受けて研究した成果⁴⁷⁾の一部を発展させたものである。本研究プロジェクトを実施する上で、上田孝行教授 (東京大学、故人)、加藤一誠教授 (日本大学)、谷下雅義教授 (中央大学)、毛利雄一氏 (一般財団法人計量計画研究所)、上坂克巳氏 (国土技術政策総合研究所) から多大なご協力をいただいた。なお、本研究は、Kenneth Small 教授 (カリフォルニア大学アーバイン校) ならびに森杉壽芳教授 (日本

大学)との議論の中で動機づけられたものである。また、モデルの定式化にあたっては、本田利器教授(東京大学)からアドバイスを受けた。これらの方々に深く感謝する次第である。

付録：交通時間節約価値の導出過程の概要

(1) モデル 1 (S) からの導出

まず、目的関数中の $T_w - t_w$ を Z と置く。すると、最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$\frac{\partial U}{\partial Z} \cdot \frac{\partial Z}{\partial t_w} \Big|_* + \frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* + \kappa^* = 0 \quad (\text{A1})$$

ここで、間接効用関数を $V(\hat{t}_w, T^0, w, c_t, Y)$ とする。すると、業務目的の交通時間節約価値は、最小交通時間に関する制約条件が限界的に緩和されることに対する旅行者の支払意思額として定義することができる。これは、以下のように示される。

$$VTTS = - \frac{\partial V / \partial \hat{t}_w}{\partial V / \partial Y} \Big|_* \quad (\text{A2})$$

一方で、最適化問題に包絡線定理⁴⁶⁾を適用することによって、最小業務交通時間と所得(労働賃金外収入)に関して次式が成立する。

$$\frac{\partial V}{\partial \hat{t}_w} \Big|_* = -\kappa^*, \quad \frac{\partial V}{\partial Y} \Big|_* = \lambda^* \quad (\text{A3})$$

以上より、式(6)が導出される。ただし、導出にあたっては、次式を用いている：
 $\partial U / \partial Z \Big|_* = \partial U / \partial (T_w - t_w) \Big|_* = \partial U / \partial T_w \Big|_*$

(2) モデル 1 (L) からの導出

最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$\frac{\partial U}{\partial T_w} \Big|_* + \lambda^* w - \mu^* = 0 \quad (\text{A4})$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* + \lambda^* w - \mu^* + \kappa^* = 0 \quad (\text{A5})$$

業務目的の交通時間節約価値は式(A2)のように求められる。また、式(A3)が包絡線定理より得られる。その結果、式(11)が最終的に導出される。

(3) モデル 2z (S) からの導出

まず、目的関数中の $T_w - t_w$ を Z と置く。すると最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$P \cdot \frac{\partial f}{\partial Z} \Big|_* \cdot \frac{dZ}{dT_w} \Big|_* - w \frac{\partial Z}{\partial T_w} \Big|_* = 0 \quad (\text{A6})$$

$$P \cdot \frac{\partial f}{\partial Z} \Big|_* \cdot \frac{dZ}{dt_w} \Big|_* - w \left(\frac{\partial Z}{\partial t_w} \Big|_* + 1 \right) + \kappa^* = 0 \quad (\text{A7})$$

ここで利潤関数を $\Pi(P, w, \hat{t}_w, c_w, Y)$ と置く。すると、この場合の業務目的の交通時間節約価値は、最小交通時間に関する制約が限界的に緩和されることに対する雇用者の支払意思額と定義される。これは、次式によって表される。

$$VTTS = \frac{\partial \Pi / \partial \hat{t}_w}{\partial \Pi / \partial c_w} \Big|_* \quad (\text{A8})$$

一方で、最適化問題に対して包絡線定理を適用することによって、次式が得られる。

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \hat{t}_w} \Big|_* = -\kappa^*, \quad \frac{\partial \Pi}{\partial c_w} \Big|_* = -1 \quad (\text{A9})$$

以上より、式(14)を導出することができる。

(4) モデル 2z (L) からの導出

最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$P \cdot \frac{\partial f}{\partial T_w} \Big|_* - w = 0 \quad (\text{A10})$$

$$\kappa^* - w = 0 \quad (\text{A11})$$

業務目的の交通時間節約価値は式(A8)により定義される。一方で、包絡線定理より式(A9)が得られる。したがって、以上より式(17)が導出される。

(5) モデル 2p (S) からの導出

まず、目的関数中の $T_w - t_w$ を Z 、 pt_w を A とそれぞれ置く。すると、最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$P \cdot \frac{\partial f}{\partial Z} \Big|_* \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_w} \Big|_* - w \cdot \frac{\partial Z}{\partial T_w} \Big|_* = 0 \quad (\text{A12})$$

$$P \cdot \left(\frac{\partial f}{\partial Z} \Big|_* \cdot \frac{\partial Z}{\partial t_w} \Big|_* + \frac{\partial f}{\partial A} \Big|_* \cdot \frac{\partial A}{\partial t_w} \Big|_* \right) - w \left(\frac{\partial Z}{\partial t_w} \Big|_* + 1 \right) + \kappa^* = 0 \quad (\text{A13})$$

業務目的の交通時間節約価値は式(A8)により定義される。一方で、包絡線定理より式(A9)が得られる。したがって、以上より式(20)が導出される。なお、導出にあたっては、 $\partial f / \partial Z \Big|_* = \partial f / \partial (T_w - t_w) \Big|_* = \partial f / \partial T_w \Big|_*$ および $\partial f / \partial A \Big|_* = \partial f / \partial (pt_w) \Big|_* = (1/p) \partial f / \partial t_w \Big|_*$ を用いている。

(6) モデル 2p (L) からの導出

まず、目的関数中の pt_w を A と置く。すると、最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* - w = 0 \quad (\text{A14})$$

$$P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial A} \right|^* \cdot \left. \frac{\partial A}{\partial t_w} \right|^* - w + \kappa^* = 0 \quad (\text{A15})$$

業務目的の交通時間節約価値は式 (A8) により定義される。一方で、包絡線定理より式 (A9) が得られる。したがって、以上より式 (23) が導出される。なお、導出に当たっては、 $\partial f / \partial A|^* = \partial f / \partial (pt_w)|^* = (1/p) \partial f / \partial t_w|^*$ を用いている。

(7) モデル 3z (S) からの導出

まず、目的関数中の $T_w - t_w$ を Z と置く。すると、最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial Z} \right|^* \cdot \left. \frac{\partial Z}{\partial t_w} \right|^* + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial Z} \right|^* \cdot \left. \frac{\partial Z}{\partial t_w} \right|^* + \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) + \kappa^* = 0 \quad (\text{A16})$$

ここで、集団効用関数に対応する間接集団効用関数を $V_G(t_w, T^0, w, c_t, c_w)$ と置く。本文で示されたように、この場合の業務目的の交通時間節約価値は、最小交通時間に関する制約が限界的に緩和されることに対する雇用者の支払意思額と定義される。これは、次の式によって表される。

$$VTTS = \left. \frac{\partial V_G / \partial t_w}{\partial V_G / \partial c_w} \right|^* \quad (\text{A17})$$

一方で、集団効用関数最大化問題に対し、包絡線定理を適用することにより、以下の式が得られる。

$$\left. \frac{\partial V_G}{\partial t_w} \right|^* = -\kappa^*, \quad \left. \frac{\partial V_G}{\partial c_w} \right|^* = -1 \quad (\text{A18})$$

以上より、式 (29) が導出される。なお、導出に当たっては、 $\partial f / \partial Z|^* = \partial f / \partial (T_w - t_w)|^* = \partial f / \partial T_w|^*$ ならびに $\partial U / \partial Z|^* = \partial U / \partial (T_w - t_w)|^* = \partial U / \partial T_w|^*$ を用いている。

(8) モデル 3z (L) からの導出

最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$\left(P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* - w \right) + \alpha \left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* + w\lambda^* - \mu^* = 0 \quad (\text{A19})$$

$$-w + \alpha \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* + w\lambda^* - \mu^* + \kappa^* = 0 \quad (\text{A20})$$

業務目的の交通時間節約価値は、式 (A17) によって定義される。一方で、包絡線定理より式 (A18) が得られる。以上より、式 (34) が導出される。

(9) モデル 3p (S) からの導出

まず、目的関数中の $T_w - t_w$ を Z 、 pt_w を A とそれぞれ置く。すると、最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$P \cdot \left(\left. \frac{\partial f}{\partial Z} \right|^* \cdot \left. \frac{\partial Z}{\partial t_w} \right|^* + \left. \frac{\partial f}{\partial A} \right|^* \cdot \left. \frac{\partial A}{\partial t_w} \right|^* \right) + \alpha \left(\left. \frac{\partial U}{\partial Z} \right|^* \cdot \left. \frac{\partial Z}{\partial t_w} \right|^* + \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* \right) + \kappa^* = 0 \quad (\text{A21})$$

業務目的の交通時間節約価値は、式 (A17) によって定義される。一方で、包絡線定理より式 (A18) が得られるので、式 (39) が導出される。ただし、導出に当たっては、次式を用いている：

$$\begin{aligned} \partial f / \partial Z|^* &= \partial f / \partial (T_w - t_w)|^* = \partial f / \partial T_w|^*, \\ \partial f / \partial A|^* &= \partial f / \partial (pt_w)|^* = (1/p) \partial f / \partial t_w|^* \quad \text{および} \\ \partial U / \partial Z|^* &= \partial U / \partial (T_w - t_w)|^* = \partial U / \partial T_w|^*. \end{aligned}$$

(10) モデル 3p (L) からの導出

まず、目的関数中の pt_w を A と置く。すると、最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial T_w} \right|^* - w + \alpha \left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* + w\lambda^* - \mu^* = 0 \quad (\text{A22})$$

$$P \cdot \left. \frac{\partial f}{\partial A} \right|^* \cdot \left. \frac{\partial A}{\partial t_w} \right|^* - w + \alpha \left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* + w\lambda^* - \mu^* + \kappa^* = 0 \quad (\text{A23})$$

業務目的の交通時間節約価値は、式 (A17) によって定義される。一方で、包絡線定理より式 (A18) が得られるので、式 (44) が導出される。ただし、導出に当たっては、次式を用いている：

$$\partial f / \partial A|^* = \partial f / \partial (pt_w)|^* = (1/p) \partial f / \partial t_w|^*.$$

(11) 賃金率プラスアプローチの導出

最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$\left. \frac{\partial U}{\partial T_w} \right|^* + \lambda^* w - \mu^* = 0 \quad (\text{A24})$$

$$\left. \frac{\partial U}{\partial t_w} \right|^* - \mu^* + \kappa^* = 0 \quad (\text{A25})$$

業務目的の交通時間節約価値は、式 (A2) によって定義される。一方で、包絡線定理より式 (A3) が得られるので、式 (49) が導出される。

(12) Hensher 公式の導出

まず、目的関数中の $T_w - (1-r)t_w$ を Z 、 pt_w を A とそれぞれ置く。すると、最適となるための一階条件より次式が得られる。

$$\alpha \left. \frac{\partial U}{\partial T} \right|^* - \mu^* = 0 \quad (\text{A26})$$

$$P \cdot \left(\frac{\partial f}{\partial Z} \Big|_* \cdot \frac{\partial Z}{\partial t_w} \Big|_* + \frac{\partial f}{\partial A} \Big|_* \cdot \frac{\partial A}{\partial t_w} \Big|_* + \frac{\partial g}{\partial t_w} \Big|_* \right) + \alpha \left(\frac{\partial U}{\partial Z} \Big|_* \cdot \frac{\partial Z}{\partial t_w} \Big|_* + \frac{\partial U}{\partial t_w} \Big|_* \right) + wr(\lambda^* - 1) - r\mu^* + \kappa^* = 0 \quad (\text{A27})$$

$$\lambda^* = 1 \quad (\text{A28})$$

業務目的の交通時間節約価値は、式 (A17) によって定義される。一方で、包絡線定理より式 (A18) が得られるので、式 (54) が導出される。ただし、導出にあたっては、 $\partial f / \partial Z \Big|_* = \partial f / \partial T_w \Big|_*$ 、 $\partial f / \partial A \Big|_* = (1/p) \partial f / \partial t_w \Big|_*$ および $\partial U / \partial Z \Big|_* = \partial U / \partial T_w \Big|_*$ を用いている。

参考文献

- 1) Small, K. A. and Verhoef, E. T. : *The Economics of Urban Transportation*, Routledge, Abingdon, 2007.
- 2) Jara-Diaz, S. R. : Allocation and valuation of travel-time savings, In: *Handbook of Transport Modelling*, (Eds.) D. A. Hensher and K. J. Button, Elsevier Science, pp. 303-318, 2000.
- 3) Jara-Diaz, S. R. : *Transport Economic Theory*, Elsevier Science, 2007.
- 4) González, R. M. : The value of time: a theoretical review, *Transport Review*, Vol. 17, No. 3, pp. 245-266, 1997.
- 5) Becker, G. S. : A theory of the allocation of time, *The Economic Journal*, Vol. 75, pp. 493-517, 1965.
- 6) Johnson, M. B. : Travel time and the price of leisure, *Western Economic Journal*, Vol. 4, pp. 135-145, 1966.
- 7) Oort, C. J. : The evaluation of traveling time, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 1, pp. 279-286, 1969.
- 8) DeSerpa, A. C. : A theory of the economics of time, *The Economic Journal*, Vol. 81, No. 324, pp. 828-846, 1971.
- 9) Evans, A. : On the theory of the valuation and allocation of time, *Scottish Journal of Political Economy*, Vol. 19, pp. 1-17, 1972.
- 10) Gronau, R. : Price and value of time, *HRB, Special Report*, No. 149, pp. 180-183, 1974.
- 11) Train, K. and McFadden, D. : The goods/ leisure tradeoff and disaggregate work trip mode choice models, *Transportation Research*, Vol. 12, pp. 349-353, 1978.
- 12) Bruzelius, N. : *The Value of Travel Time*, London, UK: Croom Helm, 1979.
- 13) Truong, T. P. and Hensher, D. A. : Measurement of travel times values and opportunity cost from a discrete-choice model, *The Economic Journal*, Vol. 95, pp. 438-451, 1985.
- 14) Bates, J. and Roberts, M. : Value of time research: Summary of methodology and findings, Paper presented at the 14th PTRC Summer Annual Meeting, University of Sussex, U. K., pp. 14-18, 1986.
- 15) Jara-Diaz, S. R. : On the goods-activities technical relations in the time allocation theory, *Transportation*, Vol. 30, pp. 245-260, 2003.
- 16) Mackie, P. J., Wardman, M., Fowkes, A. S., Whelan, G., Nellthorp, J. and Bates, J. : *Values of Travel Time Savings in the UK*, Report to UK Department for Transport, Institute for Transport Studies, University of Leeds, 2003.
- 17) Karlstrom, A. : On the theoretical valuation of marginal business travel time savings, *Proceedings of the European Transport Conference*, Leiden, Netherlands, 2007.
- 18) Forsyth, P. J. : The value of time in an economy with taxation, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 14, No. 3, pp. 337-362, 1980.
- 19) Adkins, W. G., Ward, A. W. and McFarland, W. F. : Value of Time Savings of Commercial Vehicles, Highway Research Board, *NCHRP Report*, No. 33, 1967.
- 20) U. S. Department of Transportation (USDOT): *The Value of Travel Time Savings: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations Revision 2*, http://ostpxweb.dot.gov/policy/reports/vot_guidance_092811c.pdf, 2011.
- 21) Department for Transport UK: *Value of Time and Operating Costs*, TAG Unit 3. 5. 6, Transport Analysis Guidance, 2011.
- 22) 道路事業の評価手法に関する検討委員会：時間価値原単位および走行経費原単位（平成 20 年価格）の算出方法，第 4 回委員会参考資料 1，2008.
- 23) Hensher, D. A. : *Value of Business Travel Time*, Pergamon Press, 1977.
- 24) Hensher, D. A. : Behavioural and resource values of travel time savings: A bicentennial update, *Australian Road Research*, Vol. 19, pp. 223-229, 1989.
- 25) Fowkes, A. S., Marks, P. and Nash, C. A. : The value of business travel time savings, Working Paper No. 214, Institute of Transport Studies, University of Leeds, 1986.
- 26) Accent and Hague Consulting Group: *The Value of Travel Time on UK Roads 1994: Final Report*, prepared for the Department of the Environment, Transport and the Regions, 1996.
- 27) Algers, S., Dillen, J. L. and Wildert, S. : The national Swedish value of time study, The Easthampsted Conference on the Value of Travel Time Savings, PTRC, 1996.
- 28) Fowkes, T. : Principles of valuing business travel time savings, Working Paper No. 562, Institute of Transport Studies, University of Leeds, 2001.

- 29) Mackie, P. J., Fowkes, T., Wardman, M., Whelan, G. and Bates, J. : Three controversies in the valuation of travel time savings, PTRC European Transport Conference, Seminar on Behavioural Modelling, Cambridge, 2001.
- 30) Ramjerdi, F., Rand, L. and Saelensminde, K. : *The Norwegian Value of Time Study: Some Preliminary Results*, Institute of Transport Economics, Oslo, Norway, 1997.
- 31) Mackie, P. J., Jara-Diaz, S. R. and Fowkes, A. S. : The value of travel time savings in evaluation, *Transportation Research Part E*, Vol. 37, pp. 91-106, 2001.
- 32) Leibig, M. T. : The importance of time off: Valuing restricted vs. unrestricted compensatory time under the Fair Labor Standards Act, *South Dakota Law Review*, Vol. 48, pp. 511-553, 2002.
- 33) Jiang, M. and Morikawa, T. : Theoretical analysis on the variation of value of travel time savings, *Transportation Research Part A*, Vol. 38, pp. 551-571, 2004.
- 34) Becker, G. S. : *A Treatise on the Family*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1981.
- 35) Chiappori, P. A. : Rational household labor supply, *Econometrica*, Vol. 56, No. 1, pp. 63-90, 1988.
- 36) Chiappori, P. A. : Collective labor supply and welfare, *Journal of Political Economy*, Vol. 100, No. 3, pp. 437-467, 1992.
- 37) Bourguignon, F. and Chiappori, P. A. : Collective models of household behavior: an introduction, *European Economic Review*, Vol. 36, No. 2-3, pp. 355-364, 1992.
- 38) Atkinson, A. B. : On the measurement of inequality, *Journal of Economic Theory*, Vol. 2, pp. 244-263, 1970.
- 39) Harsanyi, J. C. : Cardinal utility in welfare economics and in the theory of risk-taking, *Journal of Political Economy*, Vol. 61, No. 5, pp. 434-435, 1953.
- 40) Harsanyi, J. C. : Cardinal welfare, individualistic ethics, and interpersonal comparisons of utility, *Journal of Political Economy*, Vol. 63, No. 4, pp. 309-321, 1955.
- 41) Gunn, H. F., Tuinenga, J. G., Cheung, Y. H. F. and Kleijn, H. J. : Value of Dutch travel time savings in 1997, *Selected Proceedings of the 8th World Conference on Transport Research*, Vol. 3, pp. 513-526, 1993.
- 42) Hensher, D. A. and Button, K. J. : *Handbook of Transport Modelling*, Elsevier Science, 2000.
- 43) 厚生労働省 : 就労条件総合調査, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/11-20.html>, 2006.
- 44) Roche, W. K., Fynes, B. and Morrissey, T. : Working time and employment: A review of international evidence, *International Labour Review*, Vol. 135, No. 2, pp. 129-157, 1996.
- 45) Wooden, M. : The growth in "unpaid" working time, *Journal of Applied Economics and Policy*, Vol. 20, No. 1, pp. 29-43, 2010.
- 46) Varian, H. R. : *Microeconomic Analysis*, third edition, W. W. Norton & Company, 1992.
- 47) 道路交通の時間価値に関する研究会（代表者・加藤浩徳）： 道路交通の時間価値に関する研究報告書， 2012.

(2012. 8. 6 受付)

ON THE THEORY OF VALUE OF BUSINESS TRAVEL TIME SAVINGS

Hironori KATO

This paper aims to analyze theoretically the value of business travel time saving (business VTTS) and to derive the wage rate plus approach and Hensher's formula from the models. First, the past research on the business VTTS is reviewed including cost saving approach and Hensher approach. Ten models are formulated based on three cases: the utility maximization of business traveler from an employee's viewpoint, the profit maximization of the firm from an employer's viewpoint, and the group utility maximization from the combined viewpoints of the employer and the employee. The results show that the wage rate plus approach is justified only in the employee's utility maximization for the business travel that is made within work hours under the time off in lieu. Then, the Hensher approach is theoretically derived from the group utility maximization approach with additional assumptions. Finally the implications of the results are discussed.