

時間配分モデルを用いた 送迎者の機会損失の定量化

福永 健太¹・松島 格也²・中村 俊之³・長谷川 正利⁴・大野 沙知子⁵

1 学生会員 京都大学 工学部地球工学科(〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: fukunaga.kenta.84x@st.kyoto-u.ac.jp

2 正会員 京都大学大学院准教授 工学研究科(〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: matsushima.kakuya.7u@kyoto-u.ac.jp

3 正会員 名古屋大学特任准教授 未来社会創造機構 モビリティ社会研究所(〒 464-8601 名古屋市千種区不老町)

E-mail: tnakamura@mirai.nagoya-u.ac.jp

4 正会員 株式会社建設技術研究所 中部支社 道路・交通部(〒 460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-5-13)

E-mail: ms-hasegawa@ctie.co.jp

5 正会員 名城大学助教 都市情報学部 (〒 461-8534 名古屋市東区矢田南 4-102-9)

E-mail: sachono@meijo-u.ac.jp

日本の地方部では、送迎が子供や高齢者などの移動制約者の交通手段として大きな役割を担っている一方で、送迎者が他の行動を諦めて送迎を行っている場合には、送迎者に機会損失が発生している。本研究では、時間配分モデルを用いて送迎行動に伴って送迎者に発生する機会損失を定義し、アンケート調査や各種公表統計を用いて実証的に機会損失の定量化を行った。送迎者の機会損失を定量化する際には、送迎の必要性がなくなった場合の送迎者の選択行動を考慮し、送迎者の属性や送迎トリップの特性と送迎者の機会損失の関係について分析を行った。分析結果から、属性によっては、実際に送迎に要した時間で評価する損失額にとどまらない水準の機会損失を被っている可能性があることが示唆された。

Key words : *pick-up and drop-off, opportunity cost, time allocation model*

1. はじめに

近年、日本の地方部では人口の減少やモータリゼーションの進展に伴い、既存の公共交通は衰退の一途をたどっている中、移動手段としての役割が大きくなってきているものの一つとして送迎が挙げられる。送迎は、車で目的地まで送ってもらう被送迎者と車で目的地まで送る送迎者が互いの選択行動を調整しなければ実現しないため、送迎者は送迎を行わなければ実現できた行動が送迎を行うことによりできなくなる場合や、送迎が習慣化していることなどにより、送迎を行わなければ実現できた行動があるという可能性に気付いていない場合などがある。このような送迎者が他の行動を実現できないことにより被る損失は、送迎者にとっての機会損失と定義できる。送迎者の機会損失を考慮すると、送迎行動にかかる費用は、実際に送迎者が想定している費用よりも大きいと考えられる。そのため、送迎行動にかかる費用をより正確に推量するには、送迎行動に伴って生じる機会損失を考慮する必要がある。そこで、本研究では送迎行動に伴う送迎者の機会損失に着目し、送迎者の機会損失の定量化を行う。

また、通勤・通学時間などの時間価値の評価を行う際に、現在の日本の公共事業等の評価基準^{註1)}では、賃金率を用いて時間価値を測る所得接近法や、選択行動における節約時間と費用に関する選考情報を用いた選好接近法が多く用いられている。しかし、本

研究が着目する送迎行動には様々な制約が含まれており、送迎行動を行うことは送迎以外の活動の選択に大きく影響しているため、送迎者の機会損失は送迎を行う時間帯以外に行っている活動との関係を明示的に考慮した上で評価されるべきであると考えられる。そこで、本研究では送迎者の機会損失を定量するにあたり、送迎者の送迎以外の活動を明示的に考慮に入れることのできる時間配分モデルを用いることとする。

以上の考えの下、本研究では時間配分モデルを用いて送迎行動に伴って送迎者に発生する機会損失を定義し、アンケート調査や各種公表統計を用いて実証的に定量化することを目的とする。2. では日本の送迎行動に関する既往研究、時間配分モデルに関する既往研究を示し、送迎行動の定義を行う。3. では時間配分モデルを用いて送迎者の行動原理を定式化し、送迎者に発生する送迎行動に伴う機会損失を定義する。4. では3. で述べた理論モデルを用いて、愛知県幸田町で実施された送迎行動に関するアンケートの回答結果などから機会損失の推計を行う。最後に5. では、本研究における成果を取りまとめるとともに、今後の課題を述べる。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) 関連する既往研究

自家用車を利用した送迎行動に関しては、主に送迎行動アンケート調査等を通じて実態を分析した研究や送迎に関する選択行動モデルを用いて送迎の成立可能性を分析した研究が多く行われている。送迎行動の実態調査に関する分析に関する研究としては、谷口他 (2002)¹⁾ が、送迎行動に影響する要因を踏まえ、TIM の心理的方策 TFP と全国都市 PT 調査のデータを用いて送迎行動の実態を分析し、TFP において送迎行動がどのように変化するかについて考察している。送迎行動の選択行動モデルに関する研究としては、小林他 (1996)²⁾ が、経済的動機、利他的動機、父権的動機に基づく個人の効用間の相互作用、送迎サービスの授受に関わる意思決定の相互作用を明示的に考慮に入れた交通手段の選択モデルを定式化して、家族の構成員によって実施される送迎・相乗りの実現確率を推定するランダム・マッチングモデルを示し、鳥取県東部地域を対象とした実証分析を通じて、モデルの検証を行っている。これらの研究に対して、本研究では送迎者が送迎行動を行うことに伴って生じる機会損失を示し、その定量化を行っている点に新しさがある。

一方、人々の時間の使い方を分析する時間配分モデルに関する研究としては、以下のようなものがある。Becker (1965)³⁾ は家計が消費者であると同時に生産者であるという仮定を置き、家計が価格と資源に対する制約の下、財と時間の投入から生産される商品の数量を商品からなる効用関数を最大化する数量で生産するという、異なる活動間の時間配分に関するモデルを示し、理論的に分析を行っている。DeSerpa (1971)⁴⁾ は、ある財を消費するにはある一定以上の最小時間を割り当てる必要があり、望む場合は最小時間以上の時間を割り当てることができるという時間消費制約を新たに導入した時間配分モデルを示し、時間価値、時間節約の価値に関する分析を行っている。また、加藤他 (2005)⁵⁾ は資源配分モデルを用いて、私的交通時間の節約価値をモデル化し、東京圏のダイアリーデータを用いて実際に交通時間価値を算出している。本研究においても、これら一連の研究で採用された時間配分モデルを用いて、送迎を行った場合と行わなかった場合の最適時間配分を分析し、その結果から送迎に伴う機会損失を求めることとする。

(2) 送迎行動の定義

小林他 (1996)²⁾ は 1) 1 台の自家乗用車に複数の家族構成員が乗車している、2) それら個人間のトリップ・チェーンの形態が異なっている時、送迎・相乗り行動が行われたと、限定的に定義している。このとき、「送迎・相乗りトリップ」と、「送迎・相乗りトリップ」を一部に含んだトリップ・チェーン全体を、「送迎・相乗り行動」と呼んでいる。このうち、送迎と帰宅以外の目的のトリップを行っていないト

リップ・チェーンを送迎行動、送迎行動に該当しない送迎・相乗り行動を相乗り行動と呼んでいる。また、この定義に従うと、業務トリップとして行われる送迎や複数の家族構成員による同一の行動は送迎・相乗り行動に含まれないとしている。谷口他 (2002)¹⁾ は、小林他 (1996)²⁾ の定義は運転者・同乗者の意思とは無関係にトリップ・チェーンの形のみから類推するものであるため、トリップの移動目的が不明である場合の抽出には有効であるものの、トリップ・チェーンの形の比較や同乗者の有無の判断のみからなる定義では、運転者・同乗者が何を目的として行動したのかが明確にならないという考えの下、分析の対象とする送迎行動を「移動目的が私用の送迎で、自家用車を用いて行われた行動」と定義している。有吉 (2016)⁶⁾ は、これらの議論を整理した上で、運転者側視点のトリップ・チェーンの形態から、相乗り行動を完全な同行と部分的な同行に二分し、部分的な同行を送迎行動に該当するとした。このうち、送迎と帰宅以外のトリップを行っていない送迎行動を純送迎、純送迎に該当しない送迎行動を部分送迎と分類している。また、移動サービスを提供する運転者側の意図が、完全同行、純送迎、部分送迎のそれぞれで異なるため、これらを明確に区別して扱う必要があるとしている。

本研究では、送迎者の機会損失の定量化を目的とするため、送迎行動を運転者に機会損失が発生しているものに限定する必要がある。さらに、移動目的が送迎であるものを運転者、同乗者の出発地・目的地の同異により完全同行と送迎行動の 2 通りを分析対象とする。

移動目的が送迎であるものと単なる移動であるものの違いを考える。例として、送迎と記入された、運転者が子を学校まで迎えに行き、自宅へ戻るトリップの場合、運転者は同乗者を迎えに行く必要がなくなればトリップ自体を取りやめる可能性が高く、機会損失が発生する。一方、運転者が友人を友人宅まで迎えに行き、同じ目的地へ向かうトリップの場合には、運転者自身も同乗者の目的地において何らかの活動を楽しんでいる場合が多い。そのため、運転者は同乗者を迎えに行く必要がない場合でもトリップ自体を取りやめる可能性が低く、機会損失が発生しない。送迎者の機会損失を定量化する際に、このような機会損失の発生有無が異なる運転者と同乗者のトリップの形態からは区別できない 2 種類の移動を区別するため、送迎行動を運転者に機会損失が発生している可能性のある、移動目的が送迎であるものに限定する。また、送迎行動を運転者、同乗者の出発地・目的地の同異から、運転者と同乗者の出発地、目的地がともに同一である完全な同行と、運転者と同乗者の出発地、目的地のどちらかが異なっている部分的な同行の 2 通りに区別できる。完全な同行の例として、移動目的が送迎である運転者が親とともに自宅からショッピングモールへ行くトリップを考えると、このトリップは移動目的が送迎であるものの、運転者は目的地のショッピングモールで

買い物を楽しんでいると考えられるため、送迎者に機会損失が発生しているとは考えにくい。一方、移動目的が送迎である運転者が子を自宅から教育施設まで送り、職場へ行く部分的な同行の場合は、運転者は途中で立ち寄る教育施設では何も活動を行わないため、機会損失が発生していると考えられる。よって、送迎行動を送迎者の機会損失が発生している運転者、同乗者の出発地・目的地が異なる部分的な同行に限定する。

以上から、1) 運転者の移動目的が送迎である、2) 1 台の自家乗用車に複数人が乗車している、3) それら個人の出発地、または目的地が異なっている、を満たすものを送迎トリップ・送迎行動と位置づけ、以降の分析対象とする。

3. モデル

(1) 時間配分モデル

財の購入と余暇時間の消費により効用を得ている個人*i*を考える。財を購入するために必要な所得は労働により獲得する。したがって、個人*i*は有限である時間を労働と余暇とに適切に配分することを通じて自らの効用の最大化をはかる。本研究では、労働と余暇の他に、移動と家事等を含めた 4 種類の活動に費やす時間を考える。移動時間を明示的に考慮するのは、送迎活動に費やす時間は移動時間の変化を通じて時間配分に及ぼす影響を考慮するためである。

本モデルでは、個人*i*の効用関数を市場からの財購入 x_i と、睡眠や休憩、社交等の余暇に投下した時間 t_{li} に依存する $u(x_i, t_{li})$ と仮定し、下記の効用最大化問題を解く。ただし、 T は一日の総時間、 t_{wi} は労働時間、 t_{ti} は移動時間、 t_{hi} は家事等の時間、 Y_i は個人の賃金以外の所得、 w_i は賃金、 p_x は財価格である。

$$\text{Max } u(x_i, t_{li}) \quad (1)$$

$$\text{s. t. } T = t_{li} + t_{wi} + t_{hi} + t_{ti} \quad (2)$$

$$Y_i + w_i t_{wi} = p_x x_i \quad (3)$$

$$x_i, t_{li}, t_{wi}, t_{hi}, t_{ti} > 0 \quad (4)$$

一日の総時間 T から移動時間 t_{ti} と家事等の時間 t_{hi} を除いた、労働時間と余暇時間の和を T_i と定義し、時間制約を以下に書き直す。

$$T_i = T - t_{hi} - t_{ti} \quad (5)$$

$$T_i = t_{li} + t_{wi} \quad (6)$$

効用関数としてコブ・ダグラス型を仮定し、

$$u(x_i, t_{li}) = x_i^\sigma t_{li}^{1-\sigma} \quad (0 < \sigma < 1) \quad (7)$$

とすると、 $w_i \neq 0$ の下、合成財の消費量および余暇時間に関する需要関数として以下を得る。

$$x_i = \frac{\sigma(Y_i + w_i T_i)}{p_x} \quad (8)$$

$$t_{li} = \frac{(1-\sigma)(Y_i + w_i T_i)}{w_i} \quad (9)$$

また、間接効用関数 $v(x_i, t_{li})$ として以下を得る。

$$v(x_i, t_{li}) = \frac{\sigma^\sigma (1-\sigma)^{1-\sigma} (Y_i + w_i T_i)}{p_x^\sigma w_i^{1-\sigma}} \quad (10)$$

(2) 送迎者の機会損失

送迎者*i*が送迎行動を行うことにより、他の行動を実現できないことにより被る送迎者*i*の機会損失 C_i を、送迎を行わなかった場合に獲得する間接効用 v_{in} と送迎を行った場合に獲得する間接効用 v_{ir} を用いて、以下に示す。

$$C_i = v_{in} - v_{ir} \quad (11)$$

ここで、送迎が必要ない場合に配分する仕事と余暇の総時間 T_{in} 、送迎が必要な場合に配分する仕事と余暇の総時間 T_{ir} を用いると、式(11)より、

$$v(x_i, t_{li}) = \frac{\sigma^\sigma (1-\sigma)^{1-\sigma} (Y_i + w_i T_{in})}{p_x^\sigma w_i^{1-\sigma}} \quad (12)$$

$$v(x_i, t_{li}) = \frac{\sigma^\sigma (1-\sigma)^{1-\sigma} (Y_i + w_i T_{ir})}{p_x^\sigma w_i^{1-\sigma}} \quad (13)$$

であるから、 ΔT_i を

$$\Delta T_i = T_{in} - T_{ir} \quad (14)$$

とおくと、送迎者*i*の機会損失 C_i として以下を得る。

$$C_i = \frac{\sigma^\sigma (1-\sigma)^{1-\sigma}}{p_x^\sigma w_i^{1-\sigma}} \Delta T_i \quad (15)$$

4. 実証分析

(1) 分析対象データ

市場からの財購入 x_i 、睡眠や休憩、社交等の余暇に投下した時間 t_{li} 、労働時間 t_{wi} 、個人の賃金以外の所得 Y_i 、賃金 w_i 、財価格 p_i 、送迎の有無による労働時間と余暇時間の和の変化量 ΔT_i 、また、これらを用いて式(8)、(9)から推定された σ を用いて、式(15)より送迎者の機会損失の定量化を行う。

本研究では、移動や生活実態等を目的として 2021 年 12 月に愛知県幸田町の一部地域で行われたアンケート調査データを用いる。アンケート調査票は世帯の代表者 1 名が記入する世帯の構成等を記入する世帯票と世帯の構成員それぞれが日々の生活や移動の状況、幸田町や他の人に対しての愛着や思いの度合い、新しいモビリティサービス導入への期待等を記入する個人票の 2 つから構成されている。このアンケート調査では図-1 の幸田町の対象地域内の 3162 世帯、8120 人に対してアンケートを配布し、345 世帯 799 人(回収率約 10%) から回答を得た。アンケート調査項目の概要を表-1 に示す。

表-1 アンケート調査項目

票の種類	調査項目
世帯票	続柄、性別、年代、職業、外出に関する困難の有無、自動車の運転頻度、新型コロナウイルスワクチン接種の有無、自動車の保有状況
個人票	1. 自宅からの移動に関する問い 2. 1 日の平日の活動スケジュールに関する問い 3. 送迎の頻度や他社への依存状況に関する問い 4. 新しいモビリティサービスへの関心に関する問い 5. 幸田町への愛着や利他的動機に関する問い

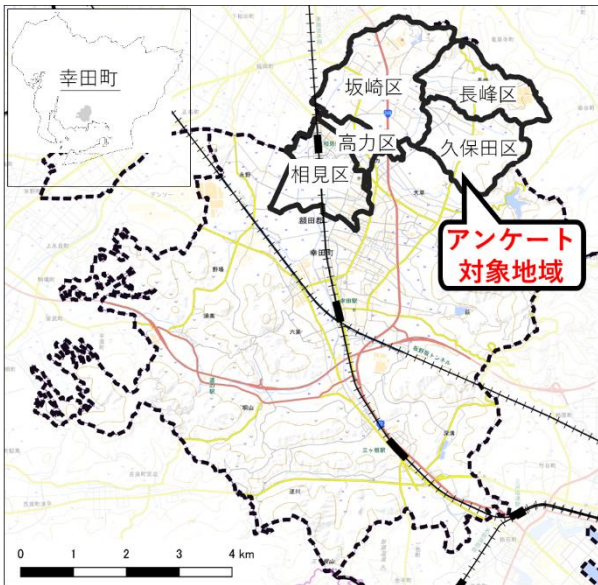


図-1 愛知県幸田町の地域図

以上の調査項目の中から、個人票の 2. 1 日の平日の活動スケジュールに関する問いを用いて各活動への時間配分を整理した。この問いでは 6:00~24:00 までのスケジュール表に【活動の内容】、【一緒に活動した人】、【活動場所】、移動した場合は【移動手段】を回答するものになっている。この中から、個人*i*の 14 種類ある【活動内容の種類】を仕事、家事等の活動、余暇、移動の 4 種類に大別し、各該当する活動内容の種類に費やした時間を各活動時間として抽出する。具体的には、【活動内容】が仕事であるものの総時間を労働時間 t_{wi} と、【活動内容】が買い物、医療、勉強、食事、家事、農作業であるものの総時間を家事等の時間 t_{hi} と、【活動内容】が休息、睡眠、地域の集まり、趣味・娯楽、その他であるものの総時間に、0:00~6:00 の【活動内容】が睡眠であると仮定した 6 時間を加えた時間を余暇時間 t_{li} と、【活動内容】が送迎以外の移動、送迎であるものの総時間を移動時間 t_{ti} とする。また、個人属性の抽出には世帯票を用いた。

また、各個人の所得や財の購入額に関するデータについては、以下のように公表統計を用いる。市場からの財購入 x_i 、個人の賃金以外の所得 Y_i 、賃金 w_i 、財価格 p_i の抽出には、1 か月を 30 日として考え、「全国家計構造調査(旧全国消費実態調査)/2019 年全国国家計構造調査/2019 年全国国家計構造調査、都道府県、県内経済圏、15 万以上市別、家計収支に関する結果 [家計総合集計]」^{注2)}の受け取り(月当たり)、勤め先収入(月当たり)、本人の勤め先収入(月当たり)を「労働力調査/職業・月末 1 週間の就業時間・月間就業日数・月間就業時間・従業者規模、年齢階級別就業者数」^{注3)}の就業時間(月当たり)を用いて補完する。具体的には、幸田町アンケートデータから抽出した個人属性を用いて、個人*i*の外部所得 Y_i を(受け取り(月当たり)-勤め先収入(月当たり))÷30(日)÷(1(単身世帯)または2(その他の世帯))と、財購入額 $p_x x_i$ を $Y_i + 本人の勤め先収入(月当たり) ÷ 30(日)$

と、時給 w_i を職業が会社員、自営業(以降フルタイム勤務者)の場合は本人の勤め先収入(月当たり)÷就業時間(月当たり)、職業が会社員、自営業以外(以降パートタイム勤務者)の場合は 2021 年の愛知県の最低賃金^{注4)}を用いて 955 とする。

(2) 送迎トリップ・送迎者の抽出

1 日の活動パターンや各活動への配分時間を求めるために、一日の平日の活動スケジュールに関する問いがすべて記載されているサンプル(n=392)の回答から、【活動の内容】が送迎、【移動手段】が自動車(自分で運転)(1)運転者の移動目的が送迎であるに対応)、【一緒に活動した人】が一人で活動以外(2)1 台の自家乗用車に複数人が乗車しているに対応)、【活動の内容】が送迎の時間帯とその前後の活動時間帯で【一緒に活動した人】が変わる(3)それら個人の出発地、または目的地が異なっているに対応)の 3 つの条件を満たすものを送迎トリップ、送迎トリップを行っている個人を送迎者、送迎トリップに総時間を送迎時間 t_{pi} として抽出した。表-2, 3, 図-2~5 に抽出された送迎トリップ(n=130), 送迎者(n=77)に関する基礎集計を示す。

表-2 送迎トリップの出発地と目的地

目的地	自宅	学校	病院・福祉施設	役所	スーパー・小売店	コンビニ	職場	飲食店	娯楽施設	その他	総計
自宅	56	3	7	2	3	1	17	3	1	3	96
学校	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
病院・福祉施設	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	6
役所	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
スーパー・小売店	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
職場	12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	14
飲食店	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5
その他	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
総計	82	4	8	2	7	1	18	4	1	3	130

表-3 送迎トリップ前後の活動

前の活動 \ 後の活動	仕事	買い物	医療	食事	家事	休息	地域の集まり	趣味	農作業	その他	計
仕事	0	2	0	5	7	2	0	0	0	1	17
買い物	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
医療	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	4
食事	4	1	0	0	4	3	1	4	0	1	18
家事	7	2	2	7	14	1	0	2	0	5	40
休息	1	1	2	6	4	2	1	3	1	4	25
睡眠	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
地域の集まり	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
趣味	0	1	1	1	3	1	0	1	0	0	8
農作業	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	3
その他	3	2	0	1	4	0	0	0	0	0	10
計	17	9	6	21	39	12	2	11	1	12	130

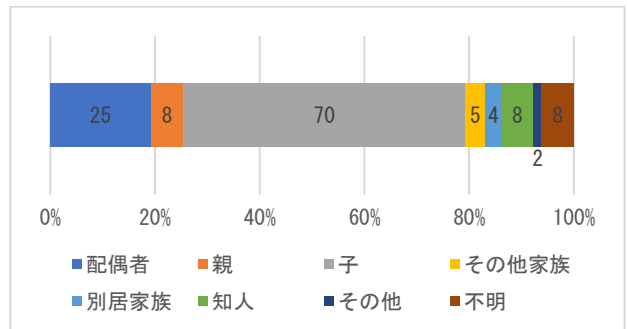


図-2 送迎トリップにおける被送迎者との関係

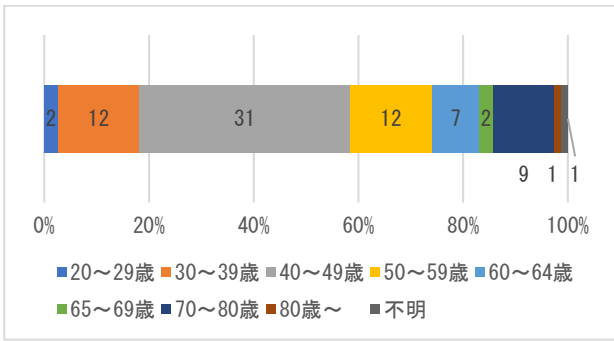


図-3 送迎者の年代

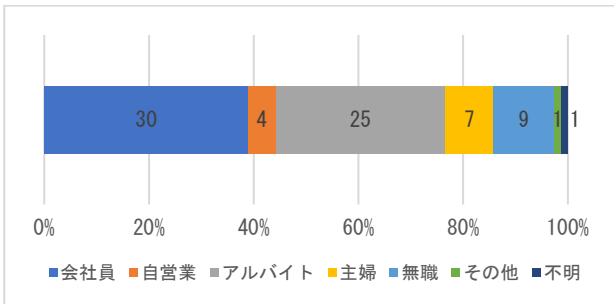


図-4 送迎者の職業

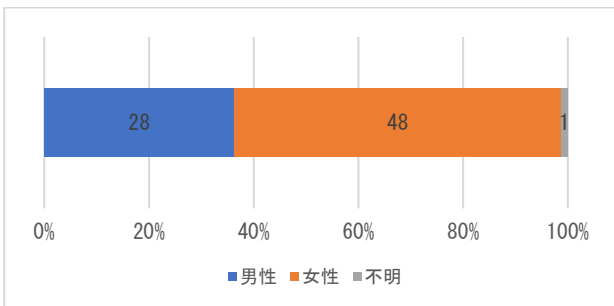


図-5 送迎者の性別

表-2 からは、送迎者の出発地と目的地がともに自宅である送迎トリップが最も多く、他には職場から自宅へ向かう送迎トリップ、自宅から職場へ向かう送迎トリップが多いことがわかる。表-3 からは、送迎トリップの前後の活動としては、家事が行われている場合が最も多く、送迎トリップの前後ともに家事が行われていたトリップは、前送迎トリップの約 1 割であることがわかる。図-2 からは、全体の半数以上の送迎トリップにおいて、同乗者が送迎者の子であることがわかる。図-3 からは、送迎者は一人で行動できる年代の子供がいることの多い 30~50 歳の年代が多く、65 歳以上の高齢送迎者は送迎者全体の 3 割に満たないことがわかる。図-4 からは、送迎者が主婦や無職などの仕事を行っていないと考えられる人よりも、会社員やアルバイトなどの仕事を行っていると考えられる人の割合が高いことがわかる。図-5 からは、送迎者は女性の割合が高いことがわかる。以上の結果は、運転者が仕事を行っていない人や高齢者である場合や、同乗者が運転者の親や配偶者の場合には、運転者と同乗者の出発地と目的地がともに同じである完全同行を行うことが多いためであると考えられる。

なお、式(8)、(9)を推計するためには、 $w_i \neq 0$ を仮定する必要があるため、非負の労働時間が記録されている送迎者(n=46)に限定して、送迎者の機会損失の定量化を行う。

(3) 送迎を行わない場合の活動パターンの抽出

送迎行動を行うには、車で目的地まで送迎者と車で目的地まで送ってもらう被送迎者がともに同意し、双方が互いの時間や走行経路を調整する必要がある。送迎者が送迎行動を行う動機は、小林等(1996)²⁾にもあるように様々であるが、送迎者が送迎を行うことは、必ずしも送迎者が自身の効用最大化行動に基づいて行った結果とは限らず、送迎を行わない場合には送迎者の選択する行動は変化する。しかし、アンケート調査結果からは、送迎者が送迎を行わなかった場合の活動パターンを直接取りだすことはできない。そこで、Mackie et al. (2001)⁷⁾に倣い、送迎者は送迎を行わない場合にも家事等の時間は変化せず、移動時間の変化量 Δt_{ti} は仕事と余暇のみに配分されると考える。ただし、前節で抽出した各対象送迎者に対して、最も一日の活動パターンが類似しているサンプル(類似者)を抽出し、類似者の活動パターンを送迎者が送迎を行わなかった場合の活動パターンであるとみなした上で、送迎者と類似者をあわせて需要関数を推計することで、送迎者が仮に送迎を行わなかった場合の活動パターンを考慮することとする。

一日の活動パターンの類似度を測定するためには、各活動への配分時間のみに着目して類似度を測定するのではなく、一日の各活動を一連の系列とみなし、その系列の類似度を測定する必要がある。香川(2019)⁸⁾は Abbot によって開発された OM 法 (Optimal matching method) を用いて、労働時間帯の類似性を測定し、労働時間帯の類似度から分類された各クラスターの特徴と他の活動へ与える影響を検討している。OM 法は順序付けられた配列データを、2つの配列を同様のものにするために必要な、配列要素の置換と挿入・削除の2つの操作をもとに類似コストを算出し、配列間の類似度を測定する方法である。OM 法の詳細については、Abbot⁹⁾を参照されたい。本研究では、OM 法により一日の活動パターンの類似度を測定し、各送迎者(n=46)の活動パターンと最も類似している活動を行う送迎を行っていない類似者(n=32)を抽出して、送迎を行わなかった場合の活動パターンを推定する。送迎者と類似者の活動パターンの一例として、送迎者が送迎を行っていた前後の時間帯における一組の送迎者と類似者の活動パターンを以下の表-4 に示す。

表-4 送迎者と類似者の活動パターンの一例

	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
送迎者	家事等	送迎	送迎	家事等	家事等	余暇	余暇	余暇	移動	仕事
類似者	家事等	余暇	余暇	余暇	移動	仕事	仕事	仕事	仕事	仕事
	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00
送迎者	余暇	家事等	余暇	余暇	余暇	余暇	余暇	送迎	送迎	余暇
類似者	余暇	余暇	余暇	余暇	余暇	余暇	余暇	余暇	余暇	余暇

表-4 からは、6:45~9:15 の時間帯において、送迎者と比較して類似者は、送迎を行わないことで家事等の活動や余暇の時間帯を早め、労働開始時刻を早めることで労働時間が長くなっていることがわかる。また、19:45~22:15 の時間帯において、送迎者と比較して類似者は、送迎を行わないことで余暇時間が長くなっていると考えられる。

(4) 推計対象者の基礎集計

モデルの推計に用いる送迎者 (n=46) と類似者 (n=32) を比較した基礎的な集計として、以下の図-6~9 を示す。

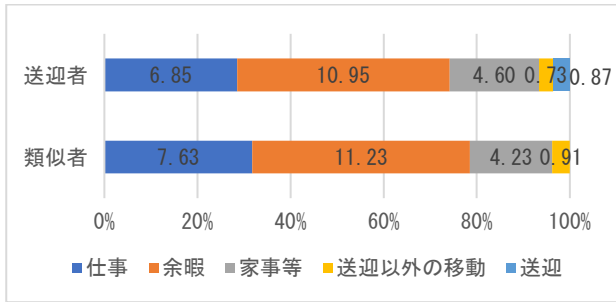


図-6 対象者の各活動への配分時間 (h)

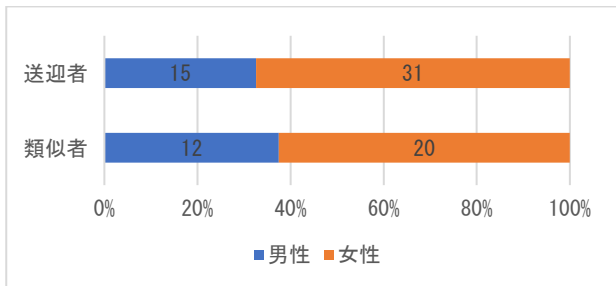


図-7 対象者の性別

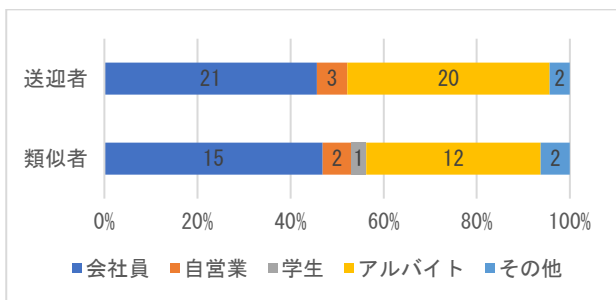


図-8 対象者の職業

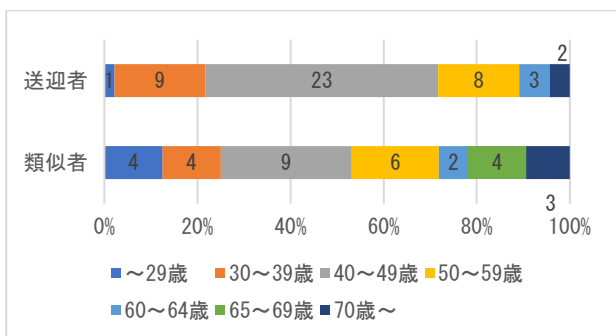


図-9 対象者の年代

図-6 からは、送迎者は類似者に比べて、労働時間と余暇時間が短く、家事時間、移動時間が長いことがわかる。これは送迎を行うことにより、勤務時間に制限があることや、送迎を行うことで家事等の活動の効率低下に伴う家事時間の増加などが起きていると考えられる。図-7 からは送迎者と類似者の男女の割合が極めて類似していることがわかる。図-8 からは、送迎者と類似者の職業の割合が極めて類似していることがわかる。図-9 からは、送迎者は類似者と比較して 40~49 歳の年代が多いことがわかる。これは、送迎を行う可能性のある活動パターンを行っている人の中で、40~49 歳の年代の人は、実際に送迎を行っている割合が高いことを示していると考えられる。

以上から、類似者として抽出したサンプルの属性と送迎者サンプルの属性に類似していることがわかる。このことは、類似者の一日の活動パターンを送迎者が送迎を行わなかった場合の活動パターンとみなすことの正当性を示している。

(5) 誘導形モデル

式(8), (9)より、単位を金額 (万円) に揃えた財購入金額 $p_x x_i$ と余暇時間価値 $w_i t_{li}$ に関する、以下の誘導形モデルを推定する。

$$p_x x_i = \sigma(Y_i + w_i T_i) + X_i^{px} \gamma^{px} + u_i^{px} \quad (16)$$

$$w_i t_{li} = (1 - \sigma)(Y_i + w_i T_i) + X_i^{wtl} \gamma^{wtl} + u_i^{wtl} \quad (17)$$

ただし、 $p_x x_i$ は財購入額、 Y_i は外部所得、 w_i は賃金、 X_i は属性変数、 u_i は誤差項である。また、財購入額を被説明変数とする式(16)において、性別ダミー (男性を 1)、世帯ダミー (65 歳以上の人のみによって構成されている世帯を 1) が X_i^{px} に含まれ、余暇時間の価値を被説明変数とする式(17)において、性別ダミー (男性を 1) が X_i^{wtl} に含まれる。

ここで、式(16), (17)から推定された $\hat{\sigma}$ を用いると、送迎者 i の機会損失 C_i は以下となる。

$$C_i = \frac{\hat{\sigma}^{\hat{\sigma}} (1 - \hat{\sigma})^{1 - \hat{\sigma}} w_i^{\hat{\sigma}}}{p_x^{\hat{\sigma}}} \Delta T_i \quad (18)$$

また、送迎が必要でなくなることによる移動時間の変化量 Δt_{li} は仕事と余暇のみに配分され、家事等の時間 t_{hi} は変化しないと考えると、

$$\Delta t_{li} = \Delta T_i \quad (19)$$

となり、送迎が必要でなくなることによる移動時間の変化量は、送迎時間であると仮定すると、

$$\Delta t_{li} = t_{pi} \quad (20)$$

となるから、送迎者 i の間接効用と機会損失は以下となる。

$$v_i = x_i \hat{\sigma} t_{li}^{1 - \hat{\sigma}} \quad (21)$$

$$C_i = \frac{\hat{\sigma}^{\hat{\sigma}} (1 - \hat{\sigma})^{1 - \hat{\sigma}} w_i^{\hat{\sigma}}}{p_x^{\hat{\sigma}}} t_{pi} \quad (22)$$

(6) 推計結果

個人属性を考慮した式(16), 式(17)について、送迎者と類似者をあわせた 78 サンプルから、二段階最小二乗法 (2SLS) を用いて回帰分析を行った。結果と

して以下の表-5 を得る。なお、式(16)、(17)ではすべての説明変数において 5%有意水準を満たしている。

表-5 回帰分析の結果
財購入額に関する回帰式(16)

	推定パラメータ	標準偏差	t値	p値
定数項	0.185	0.072	2.555	1.16E-02
一般化所得	0.392	0.017	23.017	2.22E-16
性別ダミー	-0.195	0.067	-2.895	4.35E-03
世帯ダミー	0.385	0.117	3.282	1.28E-03
決定変数	0.786			
修正済み決定変数	0.777			

余暇時間価値に関する回帰式(17)

	推定パラメータ	標準偏差	t値	p値
定数項	-0.594	0.084	-7.059	5.80E-11
一般化所得	0.608	0.017	35.718	2.22E-16
性別ダミー	-0.215	0.103	-2.091	3.82E-02
決定変数	0.815			
修正済み決定変数	0.810			

表-5 からは、財購入額に関する回帰式(16)の定数項は正であり、これは推計対象者を、勤労所得が高く、財購入額は大きいと考えられる労働を行っている人に限定したことが原因であると考えられる。男性を 1 とする性別ダミーのパラメータは負であり、これは女性と比較して男性は労働時間が長く、勤労所得が高い傾向にあり、財購入額が大きくなることが原因だと考えられる。65 歳以上の高齢者のみの世帯を 1 とする世帯ダミーのパラメータは正であることがわかり、これは高齢者のみの世帯の財購入金額は他の種類の世帯と比較してさほど変わりはないが、世帯の構成員の勤労所得が低いことが原因だと考えられる。一方、余暇時間の価値に関する回帰式(17)における定数項は負であり、これは推計対象者を、余暇時間が少ないと考えられる労働を行っている人に限定したことが原因であると考えられる。また、余暇時間の価値に関する回帰式(17)における定数項は負であり、これは本研究において平日一日の活動時間を用いたため、労働を行っている人の休日の考慮がされていないことにより、労働と余暇の総時間の中で余暇時間が占める割合がより小さく抽出されていることが原因であると考えられる。また、余暇時間が占める割合がより小さく抽出されていることは、財購入額に関する回帰式(16)の定数項にも影響を及ぼしていると考えられる。男性を 1 とする性別ダミーのパラメータは負であり、これは労働を行っている女性と比較して労働を行っている男性は労働時間がさらに長く、労働と余暇の総時間の中で余暇時間が占める割合が小さいことが原因だと考えられる。

(7) 送迎者の機会損失に関する考察

送迎者 46 サンプルについて、送迎行動に伴う機会損失の定量化を行う。なお、効用関数の配分パラメータ σ は、表-2 より $\hat{\sigma} = 0.392$ である。図-10 に各送

迎者の送迎時間を示す。なお、図-10 では観測された送迎時間が短いサンプルから順に並べている。

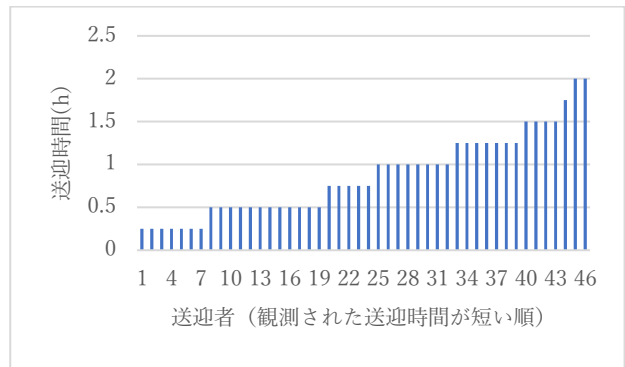


図-10 送迎者の送迎時間 (h)

図-10 からは送迎者の送迎時間の平均が 0.870 時間、送迎時間の総和が 40 時間であることがわかり、これを 2019 年の愛知県の最低賃金^{注4)}を用いて金額に換算すると、平均は 830.85 円、総和は 38,200 円となる。

次に、送迎者 i の間接効用のうちの送迎行動に伴う機会損失が占める割合 PC_i を

$$PC_i = \frac{C_i}{v_i} \tag{4.6}$$

と定義し、これを効用水準に対する送迎行動に伴う機会損失の割合とする。観測された送迎者の送迎時間と効用水準に対する機会損失の割合 PC_i の関係を図-11 に示す。

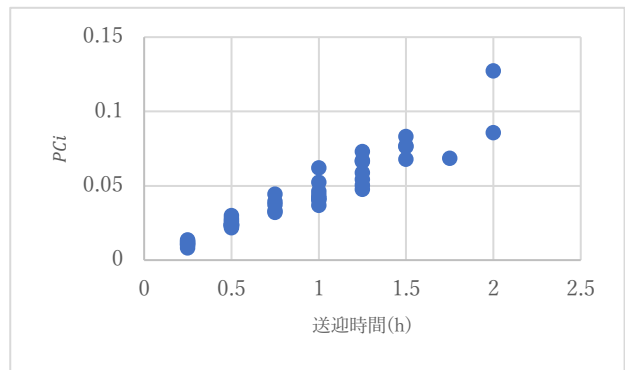


図-11 送迎者の送迎時間と送迎者の機会損失の割合

図-11 からは、効用水準に対する機会損失の割合と観測される送迎時間との間には概ね正の相関があるが、同一の送迎時間であるサンプルでも、機会損失の割合にはばらつきがあることがわかる。また、効用水準に対する機会損失の割合が高い送迎者は、送迎行動を行うことで相対的に大きな機会損失を被っている可能性があることになる。なお、送迎者の送迎時間と送迎者の機会損失の割合の平均値は、0.0421 である。

送迎時間の長さやその他の要因と機会損失の割合との関係を分析するために、単位時間当たりの送迎者 i の間接効用のうちの送迎行動に伴う機会損失の割合を

$$TPC_i = \frac{C_i}{v_i t_{pi}} \quad (4.7)$$

と定義し、これを単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合とし、単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合が高いサンプルの特徴について考察する。まず、送迎時間の長さとお機会損失の割合の関係を分析するために、以下の図-12 に送迎者の単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合 TPC_i と送迎時間の関係を示す。

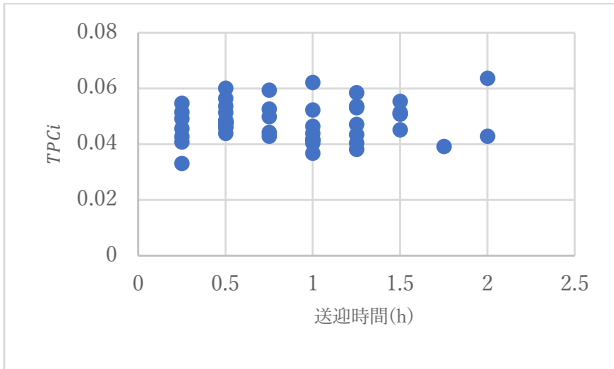


図-12 送迎者の送迎時間と単位時間当たりの送迎者の機会損失の割合

図-12 から、単位時間あたりの機会損失の割合 TPC_i が送迎者の一日の送迎時間、平均送迎トリップ時間等の送迎行動に関する時間の長さのみに起因したものではないことがわかる。

よって、送迎時間の長さのほかに、単位時間当たりの機会損失の割合の大小に影響する要因を調べるため、送迎者 46 サンプルを属性から 2 つのグループに分類し、属性の異なるグループ毎に単位時間当たりの機会損失の割合に関する有意な差があるかについて、2 標本の t 検定を行った。有意水準 10% を満たした属性について、結果を表-6 に示す。

表-6 TPC_i についての 2 標本の t 検定結果
単位時間当たりの機会損失の割合

	平均値	観測数	t値	p値
送迎形態1	0.0493	27	1.42	8.14E-02
フルタイム勤務	0.0508	24	-2.95	2.55E-03
共働き世帯	0.0512	14	-2.08	2.15E-02
未成年を含む世帯	0.0510	29	-4.30	4.73E-05
5人以上の世帯	0.0505	13	1.47	7.42E-02

表-6 から、送迎トリップの出発地と目的地のいずれかが自宅ではないトリップを行った送迎形態 1 の送迎者は、単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合は大きい。これは、出発地と目的地のいずれかが自宅ではないトリップは、出発地と目的地がともに自宅あるトリップと比較して、他の活動への時間配分に及ぼす影響が大きいことが原因であると考えられる。フルタイム勤務者(会社員、自営業)は、パートタイム勤務者(会社員、自営業以外)と比較して、単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合は大きい。これは、フルタイム勤務者は

労働時間が固定され、送迎を行うことのできる時間帯が限られており、送迎を行う障壁が高いことが原因であると考えられる。未成年者を含む世帯の送迎者は、未成年者を含まない世帯の送迎者と比較して、単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合は大きい。これは、未成年者がいる世帯において行われる送迎トリップでは、被送迎者は主に未成年者で、未成年者の移動目的が学校や習い事等の時間的制約が大きいものであることが多く、被送迎者の時間的制約に合致するように送迎を行う必要があることによると考えられる。世帯に会社員、自営業を 2 人以上含む共働き世帯の送迎者は、共働き世帯以外の送迎者と比較して、単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合は大きい。これは、共働き世帯では、前述のように、仕事だけでなく家事等の活動をも十分に行う必要があり、送迎を行うことのできる時間少なく、送迎を行う障壁が高くなることが原因であると考えられる。世帯人数が 5 人以上の送迎者は、世帯人数が 4 人以下の世帯の送迎者と比較して、単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合は大きい。これは世帯人数が多い場合には、複数人を一度に送迎する機会が多くなり、送迎を行う時間の時間的制約が大きいことによると考えられる。また、前述の送迎時間の長さのほかに、送迎時間帯、送迎者の性別、送迎者の年代、送迎者世帯の車保有台数、送迎者世帯の移動困難者の有無を用いた分類では、単位時間当たりの効用水準に対する機会損失の割合に有意な差はみられなかった。

以上の結果より、属性によっては実際に要した時間のみで評価する場合と比べて送迎行動によって被る機会損失が大きい可能性が示唆された。

5. おわりに

日本の地方部において送迎行動は移動手段として大きな役割を果たしている一方で、送迎行動に伴って送迎者は他の行動を実現できないことにより損失を被っている可能性がある。本研究では、このような送迎行動に伴う送迎者のことにより被る機会損失に着目し、その定量化を試みた。

まず、いわゆる相乗り・送迎トリップの中から、送迎者の機会損失の発生しているトリップのみを送迎行動として明確に定義を行い、送迎行動と他の行動との関係を明示できる時間配分モデルを用いて、送迎者の行動原理を定式化し、送迎者に発生する機会損失を定義した。この際、送迎者の活動パターンと類似している活動パターンを、送迎を行わなかった場合に採用される活動パターンであるとみなして、送迎者が仮に送迎を行わなかった場合の活動パターンを考慮する枠組みを提案した。また、アンケート調査や各種公表統計を用いて、以上で提示した枠組みに基づいて送迎行動に伴う機会損失を実証的に分析した。分析の結果から、属性によっては実際に要

した時間のみで評価する場合と比べて、送迎行動によって被る機会損失が大きい可能性が示唆された。

最後に本研究における課題について述べる。本研究において、送迎が必要でない場合に短縮される移動時間が仕事と余暇のみに配分され、送迎の必要有無が送迎以外の活動に影響しないことを仮定している。しかし、送迎を行わないことによる送迎者の選択行動の変化は、移動時間の減少分の他の活動への配分や活動順序の変更だけでなく、活動順序の変化による活動内容の効率化や、送迎の時間的制約がなくなることによる一日全体の活動構成の変化などが考えられる。よって、本研究において推計された送迎者の機会損失は、考えられる送迎者の機会損失の中で最も小さい場合のものであり、発生する機会損失が大きいと考えられる。送迎者が大きく選択行動を変化させる場合をどのように扱うかを考える必要がある。

謝辞：本研究は、文部科学省と国立研究開発法人科学技術振興機構の「革新的イノベーション創出プログラム (COISTREAM) の採択を受けた名古屋大学 COI (人がつながる”移動“イノベーション拠点～高齢者が元気になるモビリティ社会) において実施したアンケート調査データを活用している。ここに記し、謝意を示す。なお、本研究は JSPS 科研費 21K04288 の助成を受けたものである。

NOTES

注1) 例えば、国土交通省道路局、都市局、費用分析マニュアル、2022

https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-hyouka/ben-eki_2.pdf
(2023-02-01 アクセス)

注2) 全国家計構造調査 (旧全国消費実態調査) / 2019 年全国家計構造調査 / 2019 年全国家計構造調査 都道府県、県内経済圏、15 万以上市別 家計収支に関する結果 [家計総合集計] (総務省統計局)

<http://www.stat.go.jp/data/zenkokukakei/2019/index.html>
(2023-02-01 アクセス)

注3) 労働力調査 / 職業・月末 1 週間の就業時間・月間就業日数・月間就業時間・従業者規模、年齢階級別従業者数 (総務統計局)

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=00000110002&cycle=2&year=20190&month=24101200> (2023-02-01 アクセス)

注4) 愛知県最低賃金の推移 (厚生労働省愛知労働局)

https://jsite.mhlw.go.jp/aichi-roudoukyoku/jirei_toukei/chingin_kanairoudou/saieichingin_toukei/saitin04.html (2023-02-01 アクセス)

REFERENCES

- 1) 谷口綾子, 原文宏, 高野伸栄, 加賀屋誠一, 送迎交通の実態と TDM の心理的方策による削減可能性に関する研究, 土木計画学研究論文集, 19 巻 4 号 pp.813-822, 2002, [Taniguchi, A. and Hara, F. and Takano, S. and Kagaya, S. : A Study on an Analysis of Trips to Pick up and Drop Off Someone and the Possibility of Psychological Strategy in TDM as a Measure of Trip Reduction, *Transaction of the Japan Society of Civil Planning Engineers*, Vol.19, No.4, pp.813-822. 2002.]
- 2) 小林潔司, 喜多秀行, 多々納裕一, 送迎・相乗り行動のためのランダム・マッチングモデルに関する研究, 土木学会論文集, 1996 巻 536 号, pp.49-58, 1996, [Kobayashi, K. and KITA, H. and TATANO, Y. : A Random matching model for joint trips production within households, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers*, Vol.1996, No.536, pp.49-58, 1996.]
- 3) G.S.Becker, A Theory of the Allocation of Time, *The Economic Journal*, Vol. 75, No. 299, pp.493-517, 1965
- 4) A.C.DeSerpa, A Theory of the Economics of Time, *The Economic Journal*, Vol. 81, No. 324, pp. 828-846, 1971
- 5) 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, 2005 巻 793 号, pp. 85-104, 2005, [Kato, H. and Imai M. : Valuation of travel time savings for private trips based on activity - based resource allocation model, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers*, Vol.2005, No.793, pp. 85-104, 2005.]
- 6) 有吉 亮, 自家用車を利用した送迎行動の評価に関する研究, 横浜国立大学都市イノベーション学府博士論文, 2016, [Ariyoshi, R. : A study on the evaluation of drop-off and pick-up transport by private vehicles, *Doctor's thesis, Institute of urban innovation, Yokohama National University*, 2016.]
- 7) P.J.Mackie, S.Jara-Diaz, A.S.Fowkes, The value of travel time savings in evaluation, *Transportation Research Part E*, Vol37, No.2-3, p.91-106, 2001
- 8) 香川めい, 2019, 労働時間シフトとワーク・ライフ・バランス —「社会生活基本調査」を用いた類型化の試み—, 社会科学研究, 70 巻 1 号, pp.97-113, 2019, [Kagawa, M. : Working Hour Shifts and Work-Life Balance - An Attempt at Typology Using “the Basic Survey of Social Life”, *Transaction of the Japan Social Science Research*, vol.70, No.1, pp. 97-113, 2019.]
- 9) A.Abbott, A.Tsay, Sequence Analysis and Optimal Matching Methods in Sociology: Review and Prospect, *Sociological methods & research*, Vol.29, No.1, p.3-33, 2000

(Received ?)

(Accepted ?)

QUANTIFICATION OF OPPORTUNITY LOSS FOR PICK-UP AND DROP-OFF DRIVERS WITH TIME ALLOCATION MODEL

Kenta FUKUNAGA, Kakuya MATSUSHIMA, Toshiyuki NAKAMURA, Masatoshi HASEGAWA, and Sachiko OHNO

While pick-up and drop-off plays a major role in rural areas of Japan as a means of transportation for mobility constrained people such as children and the elderly, opportunity loss occurs for pick-up and drop-off drivers when they give up other activities to pick-up and drop-off. In this research, using time allocation model, we defined the opportunity loss that occur for pick-up and drop-off drivers by picking-up and dropping-off and quantified the opportunity loss empirically using a questionnaire survey and various published statistics. In quantifying the opportunity loss of pick-up and drop-off drivers, we considered the choice behavior of pick-up and drop-off drivers when the need for pick-up and drop-off is eliminated. We also analyzed the relationship between the attributes of pick-up and drop-off drivers and trips, and the opportunity loss. The analysis results suggest that, depending on the attributes of pick-up and drop-off drivers and trips, the opportunity loss may not be limited to the amount of loss evaluated in terms of actual time spent.