

# MaaS導入に向けた世帯活動モデルの構築 — 子育て世帯への影響分析 —

近藤 孝則<sup>1</sup>・山田 孝太郎<sup>2</sup>・柳沼 秀樹<sup>3</sup>・寺部 慎太郎<sup>4</sup>・田中 皓介<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 東京理科大学 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)  
E-mail: kondo-t\_tusnoda@outlook.jp

<sup>2</sup>非会員 東日本旅客鉄道株式会社 技術イノベーション推進本部  
(〒151-8578 東京都渋谷区代々木二丁目2-2)  
E-mail: kouta-yamada@jreast.co.jp

<sup>3</sup>正会員 東京理科大学 講師 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)  
E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 東京理科大学 教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)  
E-mail: terabe@rs.tus.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 東京理科大学 嘱託助教 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)  
E-mail: tanaka.k@rs.tus.ac.jp

政府が進める女性や高齢者の社会進出施策により、働く人々の活動パターンが変化し、世帯活動にも影響を与えられ考えられる。特に子育て世帯への影響は顕著であると思われる。さらに、MaaSと呼ばれる新たな交通サービスが検討されており、人々の移動と活動に影響を与えられる。本研究では、MaaSを考慮した世帯活動モデルを構築し、世帯の活動パターンに与える影響を評価する。ケーススタディとして、千葉市の子育て世帯に着目し、世帯の移動と活動実態を想定した上で、MaaS導入時の移動-活動の予測を行う。このモデルにより、複数のMaaSのサービス水準下で、世帯属性や活動制約を踏まえた世帯員の移動-活動パターンを予測し、MaaS導入による影響評価が可能であることを示した。

**Key Words :** *Activity-based Approach, Household Activity Model, Mobility as a Service(MaaS), Household Activity Pattern Problem(HAPP)*

## 1. はじめに

我が国では、少子高齢化の進展による社会構造変化の対応策として、女性や高齢者の社会進出の推進に主眼をおいた施策が進められている。これらの政策の一環として、特に働く女性の多様な働き方のニーズを踏まえた「働き方改革」が推進されており、生活行動がこれまでとは大きく変化する可能性がある<sup>1)</sup>。

一般に、個人の日々の活動パターンは、世帯内での役割に応じた活動配分により決定されていると考えられる。従って、働き方に関連する施策の下では、個人の労働時間や働く場所の変化が他の世帯員の活動に影響を与えられ考えられる。特に子育て世帯では、仕事や家事、送迎など様々な活動が要求されるため、ある世帯員の変化が他の世帯員に与える影響は顕著であると推察される。

くわえて、「移動は活動の派生需要」と称されるように、活動の変化は日々の移動選択にも影響を与えられ考

えられる。従って、都市・交通計画分野においても、働き方改革のような活動パターンに影響を及ぼす施策を考慮して、当該分野での政策立案やサービス設計が必要となる。

一方、Mobility as a Service (MaaS)と称される複数交通手段をシームレスに組み合わせることで、個人に適した移動の提供を試みる交通サービスが検討されている。こうした検討の際には、多様なサービス水準の下での利用者行動を予測し、移動需要を把握することで適切なサービスの設計を行う必要がある。しかしながら、従前からの需要予測手法として利用されている四段階推定法は、北村<sup>2)</sup>が指摘するように、大規模インフラ整備を前提としており、交通需要も個人の行動情報が欠落した集計値で表現される。従って、MaaSのような個人を対象としたサービスの需要予測を行うことは困難である。そのため、個人の行動を移動と活動を一体的に表現する Activity-based Approach (ABA)に基づいた予測手法の研究が進めら

れており、MaaS 導入時の行動予測も ABA による評価が適切であるとされている<sup>3)</sup>。しかしながら、ABA に基づく既往の行動モデルの多くは個人を対象としており、世帯への影響を明示的には考慮していない。また、世帯活動への影響を考慮し、MaaS 導入時の生活行動の変化を予測・評価した事例もほとんど存在しない。

そこで本研究では、MaaS 導入による世帯活動への影響評価を念頭に置いた世帯活動モデルの構築を目的とする。具体的には、世帯員の行動変化が特に影響すると考えられる子育て世帯（5 歳未満の子供がいる世帯と定義）に着目し、MaaS 導入時の世帯活動モデルを構築して、MaaS 導入時の影響評価が可能であることを示す。

## 2. 既往研究レビューと本研究の位置づけ

### (1) 世帯の移動・活動実態把握

世帯を対象として、移動・活動の実態把握を試みている既往研究は、和泉ら<sup>4)</sup>や辰巳ら<sup>5)</sup>などが挙げられる。いずれも子育て世帯の女性に着目しており、移動時間や代表交通手段と手段分担率を世帯類型、居住地域などの観点から、トリップ単位で分析を行っている。しかしながら、ABA でのモデリングを行う上では、移動・活動が変化した要因を正確に把握するために、1 日の移動・活動に一貫性が保たれたツアー（活動）単位での分析が必要であると考えられる。また、世帯内での活動配分に基づく個人の行動決定を考慮する上では、世帯構成員間での調整が働くため、母親以外の他の世帯員に関する移動・活動実態の把握も必要であると考えられる。

### (2) 世帯活動モデル

世帯活動のモデリングに関する既往研究としては、大森ら<sup>6)</sup>による活動パターン生成モデル、張ら<sup>7)</sup>・福田ら<sup>8)</sup>による活動時間配分モデルなどが挙げられる。しかしながら、実際には活動時間に応じて活動パターンを決定する可能性もあり、活動時間と活動パターンの相互依存関係を考慮するべきであると考えられる。

McNally and Rindt<sup>9)</sup>によると、ABA による行動モデルには、大別して 1) シミュレーション、2) 計量経済学、3) 計算機的プロセス、4) 数学的プログラミングの 4 種類のアプローチがある。本研究では、世帯活動を考慮しうる手法として、数学的プログラミングによるアプローチの 1 つである Recker<sup>10)</sup>の Household Activity Pattern Problem (HAPP) に着目する。さらに、MaaS 導入の再現を念頭に置き、複数の交通手段利用が表現できるよう HAPP を拡張した Yamada<sup>11)</sup>によるモデルを活用する。

Yamada の研究では、仮想の世帯活動データに基づくモデルの構築であったため、本研究では東京都市圏パーソントリップ調査の結果を参考にして、世帯の移動・活

動パターンの再現を試みる。その上で MaaS 導入時として交通手段が定額利用可能な状況を仮定し、MaaS 導入により世帯活動にどのような影響が生じるかを分析する。

本研究では、東京都市圏のうち、バス・モノレール等複数の公共交通手段の利用可能性がある千葉市内の子育て世帯を対象とする。

## 3. MaaS 導入時の世帯活動モデルの構築

### (1) モデルの構築

本研究で構築する世帯活動モデルは、Recker<sup>10)</sup>の HAPP を下敷きとしている。HAPP は、時間枠付き集配計画問題の変種であり、時間制約下での最適な活動集配経路を求める問題を、移動・活動パターンならびに移動・活動時刻を求める問題に改良したものである。HAPP は制約条件付き混合整数線形計画問題として、以下の式(1)から(3)のように定式化される。

$$\text{minimize } Z(X) = b \cdot X \quad (1)$$

subject to

$$AX \leq c \quad (2)$$

where

$$X = \begin{bmatrix} X^v \\ H \\ R \\ T \end{bmatrix}, X^v = [X_{uw}^v = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}], \\ H = [H_{uw}^j = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}], R = [R_{uw}^j = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}], T = [T_u \geq 0] \quad (3)$$

ここで、 $X_{uw}^v$  : 自動車  $v$  の地点  $uw$  間の移動有無、 $H_{uw}^j$  : 世帯員  $j$  の地点  $uw$  間の移動有無、 $R_{uw}^j$  : 世帯員  $j$  のタクシーでの地点  $uw$  間の移動有無、 $T$  : 移動・活動の開始時刻、 $b, A$  ; 各決定変数の係数行列、 $c$  : 実数ベクトルである。

式(1)は、一般化費用に類似する値を最小化しており、世帯の嗜好を考慮して具体的な特定化を行う。式(2)は、自動車・世帯員の移動・活動制約を表す時空間条件、世帯内での活動制約条件、時空間の連続条件、自動車と世帯員の移動を結びつける条件などを含む。

本研究では、Yamada<sup>11)</sup>による拡張モデルと同様に公共交通利用を活動の 1 つとみなして、式(4)に示すような具体的な特定化を行っている。

$$Z = \sum_{v \in V} \sum_{u \in N} \sum_{w \in N} v_{ave} c_t^v X_{uw}^v + \sum_{v \in V} \sum_{w \in P^+} K X_{0w}^v \\ + \sum_{j \in \eta} \beta^j (T_{4n+1}^j - T_0^j) + \sum_{u \in A_m} (T_{u+n} - T_u) \\ + \sum_{j \in \eta} \sum_{u \in N} \sum_{w \in N} c_{uw}^R R_{uw}^j + \sum_{j \in \eta} \sum_{u \in N} \sum_{w \in N} c_{uw}^p H_{uw}^j \quad (4)$$

ここで、 $v_{ave}$  : 自動車平均速度、 $c_c$  : 自動車 1km あたりの移動コスト、 $t_{uw}^v$  : 自動車  $v$  での移動時間、 $K$  : 自動車保有コスト、 $\beta^j$  : 世帯員  $j$  の時間価値、 $T_0^j, T_{4n+1}^j$  : 世帯員  $j$  の出発・帰宅時間、 $A_m$  : 必須活動 (すなわち交通手段乗車・降車以外の活動)、 $c_{uw}^R$  : タクシーコスト行列、 $c_{uw}^P$  : 公共交通コスト行列である。

さらに、MaaS 導入再現時は、交通手段定額制を考慮するため、式(4)に式(5)に示す項を追加することで MaaS 料金を表現する。

$$\sum_{j \in \eta} K_m \cdot 1 \left\{ \left( \sum_{u \in Ap2} H_{u,u+n}^j + \sum_{u \in N} \sum_{w \in N} R_{uw}^j \right) \geq 1 \right\} \quad (5)$$

ここで、 $K_m$  は MaaS の一日あたりの料金、 $Ap2$  は公共交通乗車活動 (乗車地点) の集合である。

式(5)より、MaaS 利用 (公共交通・タクシーを 1 度でも利用する場合) および未利用 (1 度も利用しない場合) がバイナリで表現される。これにより、MaaS 料金を政策変数として世帯の移動-活動の変化を予測することが可能となる。

## (2) データセット構築

本研究では、第 6 回東京 PT 調査の結果を参考に、子育て世帯の仮想的なデータセットを構築する。その際には、本研究で構築した HAPP を適用するために、以下のような仮定を置きデータセットを構築している。

- ・ 実行すべき活動数、各活動時間 : 実績値
- ・ 活動制約 : 仕事がある人のみ、その他は制約なし
- ・ 利用可能な公共交通 : 各 OD 間で代表的な 1 組
- ・ 各 OD 間の所要時間 : Google Map から算出される平常時の値
- ・ 各 OD 間のコスト : 公共交通は同上、タクシーは算出した OD 間距離に対し、2km まで 740 円、以降 0.284km ごとに 90 円が加算されるとして計算<sup>12)</sup>
- ・ 自動車移動コスト : 6.95 円/km (燃費・燃料代をそれぞれ 22km/L (H28 年度平均値)<sup>13)</sup>、153 円 (H30 年 9-11 月の平均値)<sup>14)</sup> とし算出)
- ・ 個人の時間価値 : 39.1 円/分 (交政審 198 号答申テクニカルレポート<sup>15)</sup>、交通機関選択モデルパラメータ推定結果の非高齢者・通勤目的項より)
- ・ 活動可能時間帯 : 活動時間の実績に前後 15 分の余裕を持たせた時間帯
- ・ 外出可能時間 : 一律 7~22 時
- ・ 自動車保有コスト : 930 円/日<sup>16)</sup> と仮定
- ・ 自動車平均速度 : 39.1km/h (H27 道路交通センサス<sup>17)</sup> 千葉市市街地一般道総計 昼間 12 時間平均旅行速

度) と仮定

## (3) 分析結果

上記の(1)、(2)の構築手法に基づいて世帯の分析を行う。まず、データセットから世帯活動の現況再現を試みる。その上で MaaS 導入時を想定した世帯の移動-活動パターンを算出し、世帯活動への影響を分析する。

千葉市子育て世帯では、自動車利用率の高さ、母の送迎・仕事を含む活動パターン割合の高さが見受けられた。紙面の都合上、例として、現状全ての移動に自動車を用いており、活動内容に送迎と仕事を含んでいる以下の世帯を仮想的な対象ペルソナとしてケーススタディ分析を実施した。

- ・ 千葉市若葉区在住
- ・ 夫、妻、子 (5 歳未満) の 3 人世帯
- ・ 自家用車 2 台所有

図-1 に本研究で構築したモデルでの活動実績の現況再現結果を示す。実績値 (図中の破線) と再現結果 (図中の実線) は概ね一致しており、設定したデータから世帯活動を概ね再現できることが示された。

図-2 に MaaS 導入時の移動-活動パターン算出結果を料金設定ごとに示す。MaaS の料金設定を 1100~1250 円/日とした場合 (図-2 (b))、母親が自動車ではなく MaaS に含まれるタクシーを利用する方が世帯全体で移動-活動パターンが最適化されることを意味する。従って、この料金設定での MaaS を提供することで、送迎、仕事を含む母親の移動や活動の負担を軽減できる可能性を示唆している。

以上のように、世帯属性や活動制約を踏まえたうえで、多様な MaaS のサービス水準の下での世帯員の移動-活動

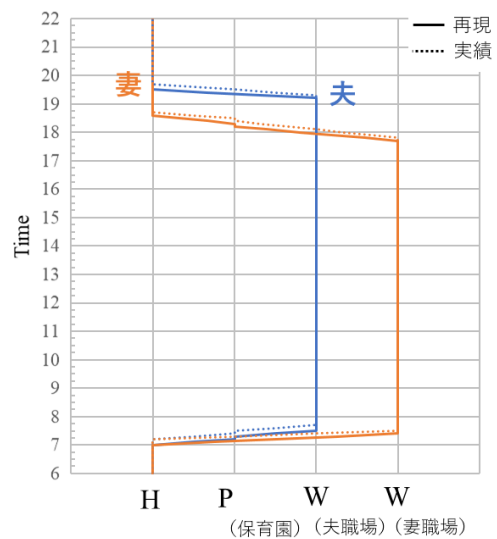


図-1 世帯活動の実績と現況再現結果

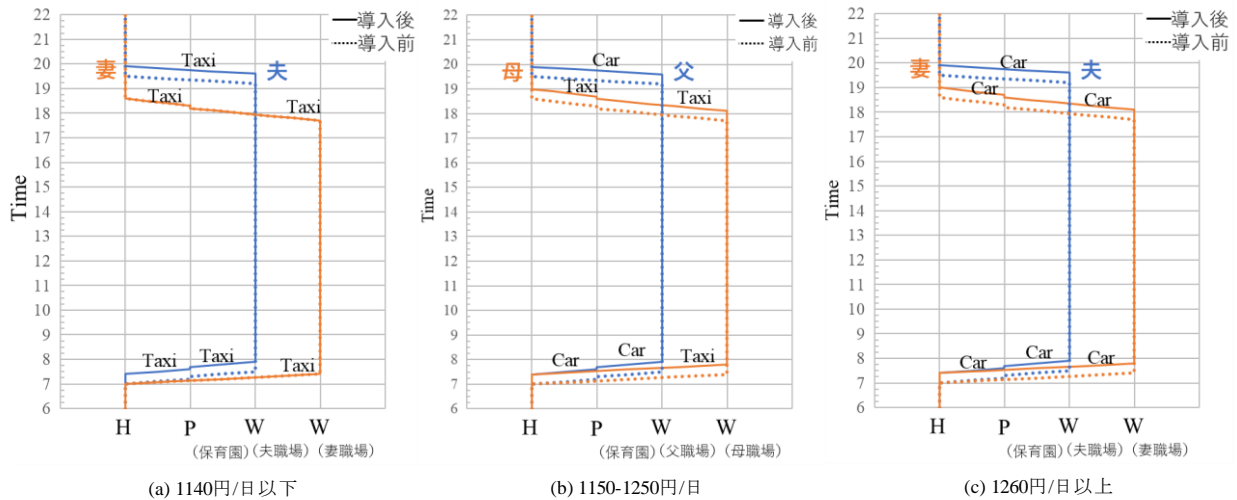


図-2 MaaS導入時の移動-活動パターン算出結果

パターンを予測し、MaaS 導入による影響評価を行うことが可能であることを示した。

#### 4. おわりに

本研究では、千葉市子育て世帯を対象に移動-活動実態を考慮して、MaaS 導入時の世帯活動モデルを構築した。世帯属性や活動制約を踏まえ、複数の MaaS のサービス水準の下での世帯員の移動-活動パターンを予測し、MaaS 導入による影響評価を行うことが可能であることを示した。これにより、MaaS のサービス設計時の評価ツールとしてのモデルの利用可能性が示された。

本研究の課題として、まず計算負荷が高く、考慮可能な活動数や交通手段に限りがある点がある。実利用にはまだ改善の余地が多く、モデル構造の見直し等が必要となる。また、算出された各世帯の予測結果を用いて、実際のサービス設計を行うためのフレームワークは現状存在しない。こうした需要サイドと供給サイドを考慮したレベニューマネジメント型のフレームワークを構築して、最適なサービス設計を考えたい。最後に、データセット構築において「個人の時間価値」や「活動可能時間帯」など、構築される活動パターン・活動時刻を変化させる重要な値を一定のルールを設けて仮定している点である。これらのデータの生成方法の確立、または妥当性の高い仮定方法を検証する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 厚生労働省：「働き方改革」の実現に向けて、<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000148322.html> (2020.1.8 閲覧)
- 2) 北村隆一：交通需要予測の課題：次世代手法の構築に向けて、土木学会論文集，No.530，IV-30，pp.17-

- 30, 1996.
- 3) Jittrapirom, P., Caiati, V., Feneri, A., Ebrahimigharehbaghi, S., González, M., & Narayan, J. : Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of Schemes, and Key Challenges, *Urban Planning*, 2(2), pp.13-25, 2017.
- 4) 和泉範之, 平田晋一, 石神孝裕, 松井浩：東京都市圏における子育て世帯の交通特性に関する基礎的分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, 2012
- 5) 辰巳浩, 堤香代子, 香口恵美：PT 調査データを用いた乳幼児を持つ女性の交通行動特性に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5, pp.583-588, 2012.
- 6) 大森宣暁, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏：GIS ベースのゲーミングシミュレーションツールの開発と高齢者の活動交通分析への適用, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.667-676, 2000.
- 7) 張峻屹, 藤原章正, 杉恵頼寧, 山田敏久：世帯内相互作用の異質性を考慮した時間配分モデルの高齢者交通政策分析への適用可能性, 土木学会論文集, No.786, pp.53-65, 2005.
- 8) 福田大輔, 松村隆, 屋井鉄雄：時間・費用制約下におけるシニア夫婦世帯の活動時間配分モデルに関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, Vol24, no.3, 2007.
- 9) McNally, M., Rindt, C. : The Activity-Based Approach, *Handbook of Transport Modelling Chapter 4* pp.55-73, 2007.
- 10) W. W. Recker : The household activity pattern problem: General formulation and solution, *Transportation Research PartB: Methodological* 29(1) pp.61-77 1995.
- 11) Yamada, K. : A Framework for Evaluating the Economic Viability of Autonomous Vehicle University of California.: Master's Thesis of Science in Transportation Science, 2019.
- 12) 株式会社タクシーサイト：千葉県のタクシー料金・運賃情報 タクシー料金を調べる タクシーサイト, <https://www.taxisite.com/far/info/12.aspx> (2020.02.01 閲覧)
- 13) 国土交通省：3. ガソリン乗用車の JC08 モード燃費平均値の推移, <http://www.mlit.go.jp/common/001225518.pdf> (2019.11.15 閲覧)



- 14) 資源エネルギー庁：1. 給油所小売価格調査（ガソリン、軽油、灯油）調査結果、  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum\\_and\\_lpgas/pl007/results.html#headline1](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline1) (2019.11.15 閲覧)
- 15) 交通政策審議会 陸上交通分科会鉄道部会：鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート，2017.
- 16) JA 共済：自動車の年間維持費はどれぐらい？車種別にまとめてみた，  
[http://nedan.ja-kyosai.or.jp/column/20180216\\_other\\_no19.html](http://nedan.ja-kyosai.or.jp/column/20180216_other_no19.html)
- (2019.11.15 閲覧)
- 17) 国土交通省：平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査集計結果整理表，  
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h27/data/pdf/syuukei05.pdf>  
 (2019.11.15 閲覧)
- (2020.3.8 受付)

## A HOUSEHOLD ACTIVITY MODEL TO INTRODUCE MaaS - IMPACT ANALYSES ON HOUSEHOLDS WITH CHILDREN -

Takanori KONDO, Kotaro YAMADA, Hideki YAGINUMA, Shintaro TERABE  
 and Kosuke TANAKA

The Japanese government has been implementing policies to promote the advancement of women and the elderly into the society. These policies are deemed to impact on the travel-activity patterns of workers and those of households to which they belong. In particular, the households with children are thought to be influenced more. Meanwhile, both public and private sectors in Japan have considered a transportation service, called Mobility as a Service (MaaS), which needs to be evaluated on how it will affect people's travel-activity patterns. This research constructs a household activity model, based on Household Activity Pattern Problem (HAPP), to assess the impact of MaaS on a household with children in Chiba City. The result shows that it is possible to predict household members' travel-activity patterns under multiple service levels of MaaS while considering the household's attribute and activity constraints. This model can consequently work as a basic framework to evaluate the impact of MaaS on the society.