

活動機会の大きさに着目した 公共交通サービスの整備水準

澤井 勇人¹・四辻 裕文²・喜多 秀行³

¹学生会員 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻（〒 657-8501 兵庫県神戸市 灘区六甲台町 1-1）
E-mail: 182t113t@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻（〒 657-8501 兵庫県神戸市 灘区六甲台町 1-1）
E-mail: yotsutsuji@people.kobe-u.ac.jp

²正会員 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻（〒 657-8501 兵庫県神戸市 灘区六甲台町 1-1）
E-mail: kita@crystal.kobe-u.ac.jp

コミュニティーバス等の公共交通事業では税が使用されていることから、サービス水準の公平性が求められる。サービス水準を便数でとらえるとして、便数は外出の実態を踏まえて設定するのが望ましい。便数の設定に必要な外出パターンを把握する手段としてパーソントリップ調査（以下PT調査）がある。しかしPT調査は予算や人員が小規模な公共交通事業においては時間・費用の負担が大きいため代わりの手法が必要である。PT調査に代わる手法としてPT調査と比較して容易に入手可能なデータを用いて外出の実態を推計する既往のモデルが存在する。また外出時間分布からバスダイヤを設定する既往のモデルがある。

そこで本研究では先に提案した外出パターン推計モデルとバスダイヤ設定モデルをもとに地域間の公平性を考慮した便数設定手法を構築した。そしてPTを用いた便数設定法に代わりうるかを検証し、地域間の公平性を考慮した便数設定モデルになっていることを確認した。

Key Words : local public transport, number of buses, service level matrix, opportunity of basic activities

1. はじめに

商店や医療機関等の活動拠がある中心地と居住地が離れている地方部では、公共交通サービスがマイカーを利用できない住民の生活基盤となっている。自治体が運営しているコミュニティーバスなどには税が投入されており、限られた財源の下で、地域間のサービス水準の公平性の確保、移動先で買い物や通院ができるようにする活動機会の確保、利便性の確保が求められる。

そこで、本研究では、①路線間・集落間の公平性を定量指標に基づくことで担保し、②それをなるべく少ない便数で効率的に達成する方法を実務者が簡便に用いることができる形で構築する。具体的には、①については、公共交通サービスにより確保される活動機会の大きさを集落レベルで示す指標を、②については、住民の自宅出発時刻と帰宅時刻の頻度分布（以下、外出パターンと呼ぶ）を簡便に推計し、それになるべくよく合致する便数設定方法を、それぞれ提案する。

以下、1章で研究の背景と目的、2章で本研究の枠組み、3章で入力要素、4章で外出パターン推計モデル、5章で便数設定モデル、6章でモデルの特定化、7章で事例分析、8章で結論と今後の課題を述べる。

2. 本研究の枠組み

(1) 想定地域と活動

想定する対象地域は、商店や病院といった活動を行なうことが可能な中心地を擁する中心地区とその周辺の居住地域である周辺地区である。対象活動は、買い物と通院を想定する。なお住民は、居住地から中心地へ行き、中心地で活動を行うものとする。

(2) 既往研究

住民の外出パターンの把握にはこれまで主にパーソントリップ調査（以下、PT調査と呼ぶ）のデータが用いられていた¹が地方の小規模な自治体においてPT調査を実施することは負担が大きい。そこでPT調査を実施することなく外出パターンを把握することが求められる。

PT調査を用いずに外出パターンを把握する手法としては、山口・喜多の外出パターン推計モデル²がある。このモデルでは対象活動別にどの時刻に出発するか、どの時刻に帰宅するかの確率が得られるが、ある時刻に出発し、ある時刻に帰宅する生起確率は得られない。バスダイヤを設定する際は行きと帰りのバスが無ければ移動先での活動機会の確保ができないため、ある時刻に自宅

を出発し、ある時刻に帰宅する人数を把握することが必要となる。

公共交通サービスの供給基準に関する研究として、外出パターンに即した便数を設定する手法としては谷本・牧¹⁾がある。また岸野・喜多²⁾はこの手法をもとにバスダイヤを設定する手法を構築している。しかし岸野・喜多²⁾のモデルでは集落間の公共交通サービスの公平性を考慮する基準がないため、集落間における公共交通サービスの公平性をどのように図るかが求められる。

またイギリスでは必要なバスの便数の供給基準として表-1に示すようなサービス水準マトリクスが用いられている。³⁾サービス水準マトリクスとは縦軸に地区の人口、横軸に活動項目を取り、対応する項目ごとに必要な便数の基準を示したものである。また谷本・牧¹⁾は人口と移動距離により外出パターンが異なることに着目して地区を分類し、サービス水準を割り当てて、サービス水準マトリクスを構成する方法を提案している。

表-1 サービス水準マトリクス³⁾

地域特性	人口規模 (人)	通勤 (往復/日)	通学 (同左)	買い物 (同左)	通院 (同左)
辺地部	～○	2	1	2	2
郊外部	○～□	2	2	2	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
市街部	□～◎	4	4	5	3
都心部	◎～	5	5	6	5

(3) 本研究の流れ

本研究では図-1のようにまず入力データを整理する。そして整理した入手データから、外出パターンを推計し、得られた外出パターンに即して便数を設定する。

外出パターンについては、山口らのモデルを再構築し、ある時刻に自宅を出発し、ある時刻に帰宅する人数を示す外出パターンを推計する。便数については岸野らのモデルに地域間の公平性を考慮した基準を加えて推計した外出パターンに対して便数を設定する。以上のプロセスからパーソントリップ調査を新たに行う場合と比較して、簡便な方法で外出パターンを推計し、地域間の公平性を考慮した便数供給方を構築する。

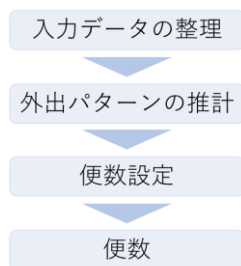


図-1 モデルのフロー

3 モデルへの入力要素

(1) 概説

外出パターンの推計には人の外出時間の決定要因となる移動時間や施設での活動時間といったデータが必要であり、加えて簡便に入手できるものに絞る。これにより外出パターンを簡便に推計する。地域間でほぼ同一であると考えられるデータについては、容易に入手可能な既存の調査結果を用いることとし、これらを「地域共通変数」と呼ぶ(図-2 緑塗色部分)。地域間で異なるものについては、簡単な調査や既存の調査結果から得られるデータのみを用いることとし、これらを地域固有変数と呼ぶ(図-2 橙塗色部分)。このような取り扱いをすることで、地域固有変数について調査するだけでモデルを動かすことが可能となる。

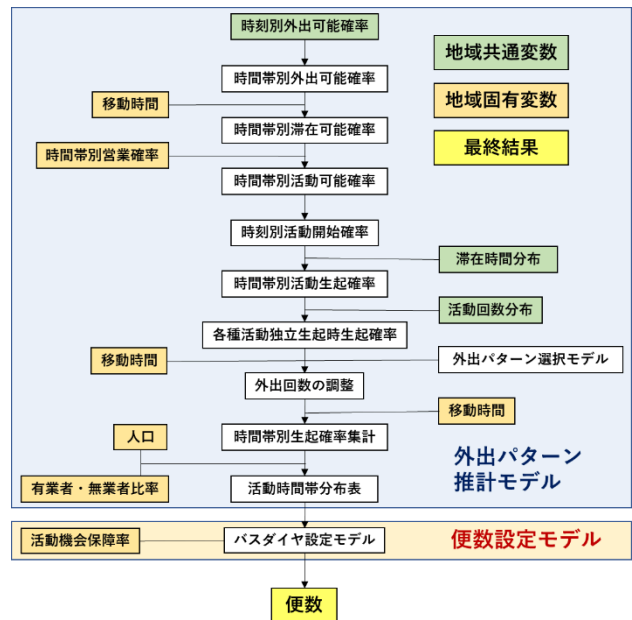


図-2 モデルの枠組み

(2) 前提条件

ここでは1日(24時間)を I (J)個に分割した離散時間で記述する。また開始(出発)時刻を t_i ($i=1,2,\dots,J$)として、終了(帰宅)時刻を t_j ($j=1,2,\dots,J$)とする。ただし $I=J$ である。

(3) 地域共通変数

a) 時刻別外出可能確率

時刻別外出可能確率 $p_{Ga}(t'_i)$ とは、有業者・無業者別のある時刻 t'_i において外出している確率である。

b) 滞在時間分布

滞在時間分布 $p_{s\alpha}(T)$ とはある活動をする人の活動施設における滞在時間の相対頻度分布である。

c) 活動種類別活動回数分布

活動種類別活動回数分布 $p_{n\alpha}$ とは、ある活動のある 1 日に行う頻度が活動種類別活動回数分布である。

$$p_G(t'_i, t'_j) = \frac{p_{G\alpha}(t'_i)}{I + 1 - i'} \quad (2)$$

(4) 地域固有変数

a) 移動時間

移動時間 τ とは、居住地から活動先の施設が立地している中心地までの移動時間、中心地に立地する施設間の移動時間である。

b) 時間帯別営業確率

時間帯別営業確率 $p_{O\alpha}(t_i, t_j)$ とは、ある時間帯 (t_i, t_j) において施設が営業している確率である。次式で与えられる。

$$p_{O\alpha}(t_i, t_j) = \frac{F(t_i, t_j)}{F} \quad (1)$$

F : 全活動施設数

$F(t_i, t_j)$: 時間帯 (t_i, t_j) に営業している施設数

c) 人口

対象居住地人口である。

d) 有業者・無業者比率

対象居住地の有業者・無業者の比率である。

4 外出パターン推計モデル

(1) 概説

外出パターンの推計は山口らのモデルのアプローチを踏襲することで、新たにパーソントリップ調査（以下 PT 調査）を行う場合と比較して簡便に入手可能なデータを用いることで外出パターンを推計することが可能となる。外出回数の調整を再構築することで、便数の設定に必要な活動時間帯分布表を作成する。また推計する外出パターンは公共交通機関のダイヤによる時間制約を受けない住民の希望外出時間を反映させたものである。

(2) 時間帯別外出可能確率

ここから、図-2 のフローチャートに沿って説明していく。外出時間を決定する際、外出が可能か否かが重要である。そこで離散化したある 1 日の時間帯 (t'_i, t'_j) に外出できる確率を時間帯別外出可能確率 $p_G(t'_i, t'_j)$ とする。インプットデータである時刻別外出可能確率はある時間にある活動するため外出していた比率を示すものなので、いつ外出を始めたか、いつ外出を終了したかは不明である。そのため、ある時刻の時刻別外出可能確率がその時刻に外出を始める確率とみなし、その外出が終了する確率は日付が変わるまでの各時間帯で均一になるものと仮定する。時間帯別外出可能確率は以下の式で表される。

$p_{G\alpha}(t'_i)$: 活動別時刻別外出可能確率

(3) 時間帯別滞在可能確率

外出が可能であるとして、活動先で滞在できるか否かが重要である。そこである時間帯に目的地に滞在することを考えた場合、滞在先に近い地区の住民に対して遠い地区に住む住民は移動時間の分だけ外出開始時刻は早くなり、外出終了時刻は遅くなる。時間帯 (t_i, t_j) に目的地で滞在できるかを示す確率を時間帯別滞在可能確率とし、次式で与える。

$$p_G(t_i, t_j) = p_G(t'_{i-\tau}, t'_{j+\tau}) \quad (3)$$

τ : 居住地から中心地までの移動時間

$\tau = 1, 2, \dots, I$

(4) 時間帯別営業確率

ある時間帯 (t_i, t_j) において活動の種類を α とすると活動 α をするための施設が営業している比率を時間帯別営業確率 $p_{O\alpha}(t_i, t_j)$ とし、(1)式で与える。

(5) 時間帯別活動可能確率

実際に活動を行なうためには対象活動の施設が営業していることと、滞在できることが必要である。そこである時間帯 (t_i, t_j) に活動可能な確率を時間帯別活動可能確率 $p_{A\alpha}(t_i, t_j)$ として、時間帯別滞在可能確率と時間帯別営業確率の同時確率とみなして次式で与える。

$$p_{A\alpha}(t_i, t_j) = p_G(t_i, t_j) \cdot p_{O\alpha}(t_i, t_j) \quad (4)$$

(6) 時刻別活動開始確率

活動を開始する時刻は活動可能な時間帯から決定される。そこで活動 α を 1 日に 1 回する人がある時刻 (t_i) に活動を開始する確率を時刻別活動開始確率 $p_{B\alpha}(t_i)$ とし、次式で与える。

$$p_{B\alpha}(t_i) = \frac{\sum_i p_{A\alpha}(t_i, t_j)}{\sum_{ij} p_{A\alpha}(t_i, t_j)} \quad (5)$$

(7) 時間帯別活動終了確率

活動時間の長さは滞在時間に等しい。そのためある時刻 i にある活動を開始する人が活動を終了するのは時刻 (t_i) から滞在していた時間を足したものになる。時間帯別活動終了確率 $p_{D'\alpha}(t_i, t_j)$ は次式で与える。

$$p_{D'\alpha}(t_i, t_j) = p_{B\alpha}(t_i) \cdot p_{s\alpha}(\tau) \quad (6)$$

$$j = i + T$$

$p_{s\alpha}(\tau)$: 滞在時間分布

ある活動をする人が活動施設において滞在時間 T だけ滞在する確率 (比率)

$$T = 1, 2, \dots, I$$

(8) 各種活動独立生起時活動生起確率

ある活動が生起するかを考慮する際、他の活動を行なう予定がない場合、その活動をするか否かはその活動頻度による。この場合、ある時間帯 (t_i, t_j) にある活動が生起する確率を各種活動独立生起時活動生起確率 $p_{D\alpha}(t_i, t_j)$ とし、次式で与える。

$$p_{D\alpha}(t_i, t_j) = p_{D'\alpha}(t_i, t_j) \cdot p_{n\alpha} \quad (7)$$

$p_{n\alpha}$: 活動種類別活動回数分布 (活動頻度)

(9) 外出パターン調整モデル

複数回の活動を行なう際、複数回の活動に対して何回的外出をするかを選択するモデルとして、外出パターン調整モデルがある²⁾。これは居住地から目的地までの移動時間 (距離) によって複数回の活動に対して何回的外出を行うかの選択を示すモデルである。

a) 外出パターンの選択による効用は移動時間と外出回数の変更に伴うコストによるものと考え次式で与える。

$$U_n^N = - \sum_{k=1}^{n+N} t_m - \gamma' \exp(n - N) + \beta \quad (8)$$

U_n^N : 住民の効用関数 n : 活動回数 N : 外出回数
 β, γ' : パラメータ

t_m : m 番目の場所に行くまでの移動時間 (時間)

b) (8)式の効用から活動回数に対する外出回数の選択を行うものとして、その選択確率を次式で与える。

$$P_n^N = \frac{\exp U_n^N}{\sum_{N=1} \exp U_n^N} \quad (9)$$

選択確率 P_n^N : 活動回数が n 回のとき、外出を N 回行う外出パターンを選択する確率

(10) 外出回数の調整

既往のモデルにおける外出パターンの調整では複数の活動が同じ時間帯に生起する場合、どのように調整する

かが不明瞭であった。そこで、複数の活動が同じ時間帯に生起する場合、どのように外出回数を調整するかを記述する。ここからは活動 α が買い物 S と通院 H について取り上げる。ある 1 日において買い物と通院を行う場合、営業時間が短い通院から日程を決めるものとする。また活動パターンを

$$P_A = (S, H) \quad S \in \{0, 1\} \quad H \in \{0, 1\}$$

とする。 $S=0$ は 1 日に 1 回も買い物をしないことを示し、 $S=1$ は 1 日に 1 回買い物をすることを示す。また $H=0$ は 1 日に 1 回も通院をしないことを示し、 $H=1$ は 1 日に 1 回通院することを示す。また、各組合せの生起確率は、各活動の生起回数に応じた活動種類別活動回数分布の同時確率とする。

a) 活動回数 1 回の場合

複数の活動を考慮する際の活動生起確率を $p_{F\alpha}(t_i, t_j)$ とする。1 日に通院、買い物のどちらか一方の活動のみ行う場合の各活動の生起確率は次式で与えられるものとする。

$$p_{F\alpha}(t_i, t_j) = p_{D\alpha}(t_i, t_j) \cdot (1 - p_{n\alpha}') \quad (10)$$

b) 活動回数 2 回かつ外出回数 2 回の場合

通院については、1 日に通院と買い物を行う際、直接次の目的地へ向かわず一旦帰宅する場合、ある時間帯における通院の活動生起確率は次式で与えられるものとする。

$$p_{FH}(t_i, t_j) = p_{DH}(t_i, t_j) \cdot p_{ns} \cdot P_2^2 \quad (11)$$

買い物については、既往のモデルでは直接次の目的地へ向かうか否かに関わらず、通院のあとに買い物の活動が生起している。しかし通院する前に時間の余裕があれば買い物に行き、いったん荷物を家においてから通院することも考えられる。また住民が買い物しようとしていた時間帯が通院の時間帯に重なる場合、通院の時間帯に重ならないように、買い物の時間帯をずらすことも考えられる。そこで重なる場合は活動をずらし 1 日あたりの活動頻度は変わらないとの仮定のもと、いったん帰宅してから次の活動を行う場合、前の活動先から自宅までの移動時間と、自宅から次の活動先の移動時間の分買い物の活動ができないので、その移動時間分についてもずらすものとする。

$$p_{FS}(t_i, t_j) = p_{DH}(t_k, t_l) \cdot \frac{p_{ns}}{p_{ns} - P_{Sno}} \cdot p_{DS}(t_i, t_j) \cdot P_2^2 \quad (12)$$

P_{Sno} : 時間帯 ij において通院するときに重なる買い物

の活動時間帯が生起する確率

no : 通院をある時間帯(t_i, t_j)に行う際、買い物が生起しない時間帯とし次式で与えられるものとする。

$$\begin{aligned} \overline{no} &= \overline{(t'''_i, t'''_j)' \cup (t''_i, t''_j)} \\ i'' &= i - 2\tau \\ j'' &= j + 2\tau \end{aligned}$$

(t'''_i, t'''_j) : 買い物の活動時間帯

c) 活動回数 2 回かつ外出回数 1 回の場合

・通院後、直接買い物に行く確率は次式で与えられるものとする。

$$P' = p_{DH}(t_{ij}) \cdot p_{ns} \cdot P_1^2 \quad (13)$$

時刻 t_i に通院を開始して、時刻 t_k に買い物を終了する、時間帯(t_i, t_k)に活動する確率を次式で与える。

$$p_{FH\&S}(t_{ik}) = P' \cdot p_{ss}(\tau) \quad (14)$$

$p_{ss}(\tau)$: 時間帯(t_j, t_k)に相当する時間 τ の間、商店に滞在する確率

(11) 時間帯別生起確率集計手続き

移動時間を考慮し、各時間帯別に活動 α に伴う生起確率 $p_{go\alpha}(t_i, t_j)$ を集計する。

$$p_{go\alpha}(t_i, t_j) = \sum p_{F\alpha}(t_{i+\tau}, t_{j-\tau}) \quad (17)$$

(12) 活動時間帯分布表作成

集計した生起確率と対象地区の人口より作成する。表-2が縦軸に自宅出発時刻、横軸に帰宅時刻をとり、対応する時間帯の外出人数を示す活動時間帯分布表の例である。この表の人数の合計が外出を希望する全外出希望人数(延べ)である。

表-2 活動時間帯分布表

帰宅時刻

出発時刻

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	合計
9	1	1	1	1	1	1	2	3	1	12
10	0	0	1	1	2	5	8	10	6	33
11	0	0	0	1	2	4	6	8	5	26
12	0	0	0	0	1	2	4	5	3	15
13	0	0	0	0	0	1	2	3	1	7
14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
15	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
合計	1	1	2	3	6	13	23	31	20	100

5. 便数設定モデル

(1) 便数設定基準

岸野・喜多³⁾のモデルでは集落間の公共交通サービスの公平性を考慮する基準がなかった。そこで集落間の公共交通サービスの公平性を図るために活動機会保障率という便数設定基準を新たに用いる。

活動機会保障率とは、集落全体の外出希望人数(延べ)に対して活動機会が保障される人数の比率であり任意に設定するが集落間で同一の値を用いる。これは集落間で公平性を保つためである。最低保障人数はバスサービスが必要かの判断に使用する人数で任意に設定する。ただし活動機会保障率は公平性を保つため公共交通事業の対象となる地域間で一定にする必要がある。

また、便数の設定基準としてバスによる活動機会の確保が必要かを判断する便数設定基準として最低保障人数を用いる。これは必要な空バス輸送か否かなどで、任意に設定する。

(2) 便数設定

便数の設定には作成した活動時間帯分布表を用いる。また便数設定時はバスの営業所が中心地区に存在し、バスは中心地区から周辺地区に向かい、中心地区に向かう往復運行が行われるものとする。

1・2 便目の設定は出発する比率が最大の時間帯に設定する。

$$(t_i^1, t_j^1) = \operatorname{argmax} p_{ij} \quad (15)$$

3 便目以降の設定は限界保障率が最大になるように順次設定する。

$$(t_i^{k+1}, t_j^{k+1}) = \operatorname{argmax} \Delta p^{k+1} \quad (16)$$

限界保障率 Δp^{k+1} : バスを 1 便増やすことで活動機会が保障される比率

$$\Delta p^{k+1} = \sum_{i=1}^k p^{i(k+1)} + \sum_{j=1}^{k+1} p^{(k+1)j} \quad (17)$$

限界保障率の和が設定した活動機会保障率を越した時点で便の設定を終了する。

次にバスが必要な地域が判断する。限界保障人数が最低保障人数を上回る場合 ($N^{k+1} \geq n$)、バスが $k+1$ 便必要となる。また、限界保障人数が最低保障人数を下回る場合 ($N^{k+1} < n$)、個別の輸送手段(タクシー等)で対応する。限界保障人数 N^{k+1} とは、バスを 1 便増や

すことで活動機会が保障される人数のことである。

(3) サービス水準マトリクス

求めた便数を表-1のような、縦軸に地域特性・人口をとり、横軸に活動項目をとったサービス水準のマトリクスの対応する箇所に記載する。

6. モデルの特定化

(1) 概説

7章で実際にモデルを適用するため地域共通変数と地域固有変数およびパラメータを特定化する。また以降では、1日を96分割、 $I = 96$ として計算を行う。

(2) 地域共通変数の特定化

a) 時刻別外出可能確率

活動ごとに有業者・無業者ごとの時刻別外出可能確率を、平成28年総務省社会基本調査⁹⁾の活動ごとの行動者確率より導出する。図-3が時刻別外出可能確率 $p_{G\alpha}(t'_{i'})$ である。

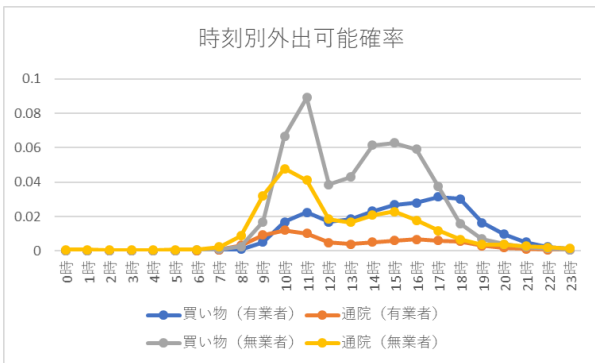


図-3 時刻別外出可能確率

b) 滞在時間分布

滞在時間分布 $p_{sa}(T)$ については買い物・通院ともに長崎県のEV・PHVタウンマスタープラン⁷⁾に記載されているデータを用いる。図-4の10分程度をモデルの滞在時間分布として15分、30分程度を30分、60分程度を60分、2~3時間ならびに半日程度の120分以上のデータは簡略化のため120分とする。「車では行かない」の項目については除いて比をとって用いる。また大型ショッピングセンターとスーパーマーケットの滞在時間分布の平均を商店の滞在時間分布とする。また、平成26年三木市パーソントリップ調査データ⁸⁾および、平成20年広島市交通実態調査データ⁹⁾から求めた滞在時間分布の比較結果が図-5、図-6である。

この結果から概ね傾向はつかめていると判断できる。よって滞在時間分布は長崎県のEV・PHVタウンマスタープランのものを用いる。

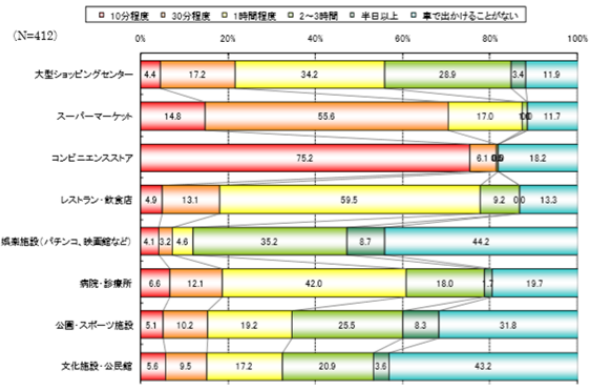


図-4 滞在時間分布⁹⁾

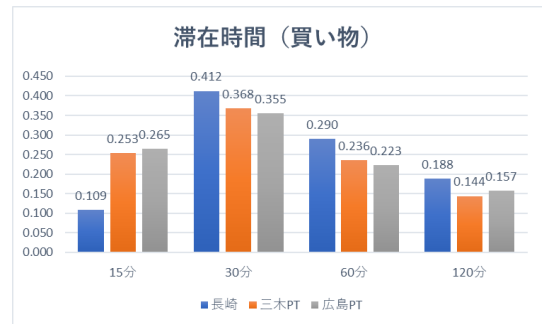


図-5 滞在時間分布の比較

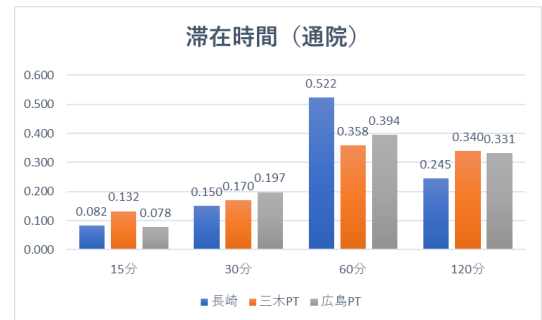


図-6 滞在時間分布の比較

c) 活動種類別活動回数分布

ある活動をある1日に行う頻度が活動種類別活動回数分布 p_{na} である。

活動種類別活動回数分布は1日当たりの活動頻度を平成20年広島市交通実態調査データ¹⁰⁾より求める。

求め方は平日のサンプルのうち帰宅トリップを除いた全トリップ数に対する対象活動のトリップ数の比率をとる。移動目的が不明のトリップが存在する場合、この比率に応じて移動目的が不明のトリップを対象活動のトリップ数とみなして対象活動のトリップ数に加算する。加算後の対象トリップ数を有効回答人数で割ることで1日当たりの活動回数分布(活動頻度)を求める。買い物活動頻度は0.255、通院活動頻度は0.069であった。

また地域間で大差がないことを確認するため、平成26年三木市パーソントリップ調査データ⁸⁾でも同様の手

法で 1 日あたりの活動回数分布を求めた。買い物活動頻度は 0.247, 通院活動頻度は 0.066 であった。

三木市・広島市ともに大差がないことから、活動種別活動回数分布は、買い物活動頻度 p_{NS} は 0.255, 通院活動頻度 p_{NH} は 0.069, の値を用いる。

(3) 外出パターン選択モデルのパラメータ

外出パターン選択モデルのパラメータは、既往研究²⁾の値、 $\gamma' = -1.17$, $\beta = 3.7$, を用いる。

(4) 地域固有変数の特定化

a) はじめに

地域固有変数はモデルの妥当性を実態調査データを用いるために三木市のデータを用いて導出する。中心地はPT調査データにおいて、買い物先として最も多かったイオン三木店が近接する大村駅とする。

a) 移動時間

移動時間 τ には以下の 2 種類が存在する。居住地から活動先の施設が立地している中心地までの移動時間、中心地に立地する施設間の移動時間である。中心地までの移動時間は中心地区で 0 分、周辺地区については対象地区の公民館から中心地までのバスの経路時間を調べた結果 15 分～45 分であったため 30 分とする。また活動施設は中心地に存在しているという仮定を置き、モデルでは 15 分単位で計算を行うため活動施設間の移動時間は 0 分とみなす。

b) 営業時間

営業時間は三木市パーソントリップ調査で主要施設として取り上げられていた施設のうち商店については中心地区に立地しているものを用いる。病院については服部病院ならびに北播磨総合医療センターのものを用いる。

また営業時間は地図アプリもしくは各施設のウェブサイトより調べた。以下が商店とその営業時間である。

1. イオン三木店 8:00～22:00
9. フレッシュバザー三木平田店 9:00～0:00
10. マックスバリュ恵比須店 7:00～0:00
12. マックスバリュ三木北店 7:00～23:00
13. ナフコホームセンター三木店 8:15～19:45
14. ナンバホームセンター三木店 7:30～20:00

以下が病院とその営業時間である。

21. 北播磨医療センター 8:30～11:30

* 初診の受付時間

23. 服部病院 9:00～12:00

* 服部病院は夜間診療 (18:00～20:00) があるものの、一部の科で限られた曜日のみ行われるため営業時間には含まない。

商店の時間帯別営業確率は、商店は時間帯ごとの営業店舗数の比率でとる。病院の時間帯別営業確率について

も商店と同様の方法でとる。

c) 人口ならびに有業者・無業者比率

各地区 (10 地区の人口を求める) の人口は平成 27 年国勢調査¹⁰⁾のデータを用いる。有業者・無業者比率は平成 27 年国勢調査から、対象地区で 15 歳以上人口から就業状況不詳人数を除いた人数に対して、就業者数・非就業者数の比を取ることで有業者・無業者の比率をとる。なお表-1 が対象地区の人口・有業者・無業者比率である。

表-3 地区ごとの人口、有業者・無業者比率

地区名	人口 (人)	無業者 比率	有業者 比率
別所地区	6,458	0.435	0.565
三木地区	20,315	0.441	0.559
志染地区	2,763	0.438	0.562
細川地区	1,956	0.433	0.567
口吉川地区	1,697	0.406	0.594
吉川地区	7,595	0.410	0.590
中心地区	20,315	0.441	0.559
周辺地区	20,469	0.423	0.577
三木市全域	77,178	0.441	0.559

7. 事例分析

(1) 概説

モデルで作成した活動時間帯分布表の現象説明力の検証のため、実態調査データを用いて活動時間帯分布表を作成し便数を設定する。そして両者を比較し考察する。比較する際は、後述する実態調査データのサンプル数が少ないため買い物・通院を区別せずに比較する。外出人数の相対頻度分布を示す活動時間帯分布表を作成する。便数の設定については 1 時間単位で行う。また便数設定基準は外出人数の相対頻度分布を示す活動時間帯分布表を用いて便数を設定するため人数がわからないので最低保障人数は用いずに活動機会保障率のみ用いる。

(2) モデル適用結果

a) 活動時間帯分布表

6 章で整理した地域共通変数と地域固有変数をモデルに適用して作成した活動時間帯分布表が表-4, 5 である。

なお表-4, 5 と次項の表-6 については、モデルと PT 調査データを用いた際の比較をするため次頁下部に示す。

b) 便数設定結果

次に作成した活動時間帯分布表から便数を設定した。表-6 が便数設定結果である。便数の設定基準である活動機会保障率は 0.5 と 0.75 とした。

設定する活動機会保障率が 0.5 のとき、中心地区では 7 便、周辺地区では 7 便となった。また設定する活動機

会保障率が 0.75 のとき中心地区では 11 便，周辺地区では 10 便となった。

(3) 実態調査データの整理

活動時間帯分布表の現象説明力の検証のため実態調査データを用いて作成した活動時間帯分布表と設定した便数を比較する。そのために用いる実態調査データとしては、平成 26 年三木市パーソントリップ調査データ⁴⁾を用いる。この PT 調査は三木市内 7,500 世帯を無作為に抽出し、世帯と個人を対象に調査したものである。調査実施日時は平成 26 年 9 月 7 日 (日)・9 月 9 日 (火)・9 月 10 日 (水)・9 月 11 日 (木) で、休日と平日から 1 日ずつ回答したものとなっている。調査方法は郵送により配布し、返信用封筒により回収した。また回答状況は 2321 世帯、5477 人で回答率は 30.9% であった。

中心地区は商業施設や病院が集積している三木地区、周辺地区は三木地区の周辺に位置する細川地区・口吉川地区・吉川地区・志染地区・別所地区とする。

整理の際は、平日のデータかつ公共交通のダイヤによる時間制約を除外したサンプルを抽出した。また活動時間帯分布表の作成には出発時刻と帰宅時刻が必要なため自宅を出発して、帰宅するまで繋がっているトリップチェーンを抽出する。さらにモデルでは居住地から中心地区向かうことを想定しているため、居住地から中心地区に向かうトリップチェーンを抽出する。そのトリップチェーンの生起時刻を活動時間帯分布表に示す。最終的に中心地区サンプル数は 75、周辺地区サンプル数は 47 となった。

表-4 活動時間帯分布表 (モデル, 中心地区)

中心0	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時
7時	0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8時	0	0	0.000	0.001	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9時	0	0	0	0.006	0.050	0.024	0.004	0.001	0	0	0	0	0	0	0
10時	0	0	0	0	0.020	0.096	0.043	0.005	0.001	0	0	0	0	0	0
11時	0	0	0	0	0	0.024	0.089	0.037	0.002	0.001	0	0	0	0	0
12時	0	0	0	0	0	0	0.014	0.044	0.018	0.000	0.000	0	0	0	0
13時	0	0	0	0	0	0	0	0.009	0.038	0.014	0	0	0	0	0
14時	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013	0.050	0.019	0	0	0	0
15時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.015	0.054	0.020	0	0	0
16時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.015	0.053	0.020	0	0
17時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013	0.046	0.018	0
18時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.011	0.036	0.014
19時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006	0.019
20時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003
21時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001

比率	0	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175
----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

表-7 活動時間帯分布表 (PT調査データ・中心地区)

PT中心	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時
7時	0	0	0.0133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8時	0	0	0	0.0133	0	0.0267	0.0267	0	0.0133	0	0	0	0	0	0
9時	0	0	0	0	0.0133	0.0533	0.0133	0	0	0	0	0	0	0	0
10時	0	0	0	0	0	0.0400	0.1600	0.0800	0.0400	0.0133	0	0.0133	0	0	0
11時	0	0	0	0	0	0	0	0.0533	0.0400	0	0	0	0	0	0
12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0400	0	0	0	0	0	0
13時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0267	0.0267	0	0	0	0
14時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0133	0.0133	0	0	0
15時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06667	0.05333	0	0
16時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01333	0.04	0	0
17時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0267	0.0133	0
18時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0133	0
19時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0133	0.0267
20時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

比率	0	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175
----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

表-5 活動時間帯分布表 (モデル, 周辺地区)

周辺30	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時
7時	0	0	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8時	0	0	0	0.001	0.008	0.004	0.001	0.000	0	0	0	0	0	0	0
9時	0	0	0	0	0.010	0.061	0.030	0.006	0.001	0	0	0	0	0	0
10時	0	0	0	0	0	0.020	0.092	0.041	0.005	0.001	0	0	0	0	0
11時	0	0	0	0	0	0	0.022	0.080	0.033	0.001	0.000	0	0	0	0
12時	0	0	0	0	0	0	0	0.014	0.043	0.017	0	0	0	0	0
13時	0	0	0	0	0	0	0	0	0.010	0.039	0.015	0	0	0	0
14時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013	0.050	0.019	0	0	0
15時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.015	0.054	0.021	0	0	0
16時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.014	0.052	0.020	0	0
17時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013	0.045	0.017	0
18時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.011	0.035	0.014
19時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006	0.018
20時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003
21時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

比率	0	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175
----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

表-8 活動時間帯分布表 (PT調査データ・周辺地区)

PT周辺	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時
7時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8時	0	0	0	0.0213	0	0	0.0213	0.0426	0	0	0	0	0.0213	0	0
9時	0	0	0	0	0.0213	0	0.0638	0.1064	0.0213	0	0	0	0	0	0
10時	0	0	0	0	0	0	0	0.0851	0.1702	0	0.0213	0	0	0	0
11時	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0426	0.0213	0	0	0	0	0
12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0213	0	0	0	0	0
13時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0213	0	0	0	0
14時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0851	0	0	0
15時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0213	0.0426	0.0213	0	0	0
16時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0426	0.0213	0	0
17時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0213	0
18時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0426
19時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

比率	0	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175
----	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

表-6 モデルを用いた便数設定結果

(左：中心地区，右：周辺地区)

便数	時刻	限界保障率	累積保障率
1便	10	0	0
2便	11	0.096	0.096
3便	12	0.132	0.227
4便	13	0.087	0.314
5便	9	0.079	0.393
6便	14	0.059	0.452
7便	15	0.064	0.517
8便	16	0.073	0.589
9便	17	0.073	0.662
10便	18	0.066	0.729
11便	19	0.054	0.783
12便	20	0.033	0.816

便数	時刻	限界保障率	累積保障率
1便	10	0	0
2便	12	0.092	0.092
3便	13	0.055	0.147
4便	11	0.121	0.269
5便	9	0.108	0.377
6便	14	0.092	0.469
7便	15	0.072	0.540
8便	16	0.080	0.620
9便	17	0.087	0.708
10便	18	0.086	0.793
11便	19	0.076	0.869
12便	20	0.058	0.927

表-9 PT調査データを用いた便数設定結果

(左：中心地区，右：周辺地区)

便数	時刻	限界保障率	累積保障率
1便	10	0	0
2便	11	0.160	0.160
3便	12	0.133	0.293
4便	13	0.120	0.413
5便	9	0.080	0.493
6便	8	0.067	0.560
7便	14	0.053	0.613
8便	15	0.040	0.653
9便	16	0.093	0.747
10便	17	0.093	0.840
11便	7	0.013	0.853
12便	18	0.013	0.867

便数	時刻	限界保障率	累積保障率
1便	10	0	0
2便	12	0.170	0.170
3便	11	0.128	0.298
4便	9	0.170	0.468
5便	14	0.043	0.511
6便	13	0.064	0.574
7便	8	0.085	0.660
8便	15	0.085	0.745
9便	16	0.043	0.787
10便	17	0.064	0.851
11便	18	0.043	0.894
12便	19	0.064	0.957

(4) 実態調査データ使用結果

a) 活動時間帯分布表

PT調査データを用いて作成した活動時間帯分布表が、表-7, 8である。なお表-7, 8と次項の表-9については、モデルとPT調査データを用いた際の比較をするため前頁下部に示している。

b) 便数設定結果

次に作成した活動時間帯分布表から便数を設定した結果を比較する。表-9が便数設定結果である。便数の設定基準である活動機会保障率は0.5と0.75とした。

設定する活動機会保障率が 0.5 のとき、中心地区では 6 便、周辺地区では 5 便となった。また設定する活動機会保障率が 0.75 のとき中心地区では 10 便、周辺地区では 9 便となった。

(5) 考察

活動時間帯分布表について、1日に1回外出する人がある時間帯に比率を比べる。比率が最大となる時間帯はPT調査データを用いた場合とモデルを用いた場合の両方で、中心地区で10時出発の11時帰宅で、周辺地区は10時出発の12時帰宅となっている。しかし、中心地区・周辺地区ともに、PT調査データを用いて作成した活動時間帯分布表とモデルで作成した活動時間帯分布表で1.5倍程度の差が存在する。

便数の結果について、モデルで便数の設定をした場合、PT調査データを用いて便数の設定した場合と比較して1便程度多くなることがわかる。これはモデルでは現実よりも朝に外出が集中しないため、一定の活動機会保障率を用いた際、必要な便数が多くなったものと考えられる。

8. おわりに

本研究の目的は、路線別・集落別の公共交通サービスの公平性をなるべく少ない便数で効率的に達成するための実務者が簡便に用いることができる方法の構築であった。そのために、外出パターン推計モデルで外出パターンを推計し、得られた外出パターンに対して便数設定モデルを用いることで目的の達成を図った。前者については作成した活動時間帯分布表と PT 調査データから作成した活動時間帯分布表を比較した結果、PT 調査を実施することなく外出パターンの傾向をつかめることがわかった。後者については、得られた便数結果から、集落間の活動機会の確保割合がほぼ均一であり、集落間の公平性が考慮されていることを確認した。以上のことから当初の目的は達成できたものと考えられる。ただし現時点の外出パターン推計モデルでは現実よりも朝に外出が集中することを示せない。また便数設定モデルについては、バス路線が各集落と中心地を独立して結んでおり、利用

者がダイヤに合わせて自身の外出時間を調整することはないとの仮定を置いている。そこで外出可能時間帯をより正確にとらえること、バス路線上に他集落が存在すること、利用者がダイヤに合わせて自身の外出時間を調整すること、を考慮することでより現実的なモデルになるものと考えられる。

謝辞：本研究で用いたパーソントリップ調査は三木市交通政策対策協議会の協力を得て実施したものであり、広島市道路交通局からは PT 調査データの提供を受けた。なお、本研究は文部科学省科学研究費補助金（基盤研究 (A)、課題番号 25249071、研究代表者 喜多秀行）の一部として実施した成果である。ここに謝意を表したい。

参考文献

- 1) 谷本圭志, 牧修平: 地方における公共交通のサービス供給基準に関する研究, 運輸政策研究, Vol11, No4, 2009.
- 2) 岸野啓一, 喜多秀行: 活動機会の確保水準に着目したバスダイヤの設定法: 第 29 回交通工学研究発表会論文集, pp. 357-360, 2009.
- 3) 山口淳也, 喜多秀行: 移動距離に着目した外出パターン推計法とサービス水準マトリクス作成への応用: 第 55 回土木計画学研究発表会・講演集, 2017.
- 4) Department for Transport, "Full Guidance on Local Transport Plan: Second Edition", 2004.
<http://www.dft.gov.uk/pgr/regional/ltp/guidance/fltp/fullguidanceonlocaltransport3657> (接続確認: 2018 年 4 月 27 日)
- 5) (財)国際交通安全学会: 地域でつくる公共交通計画 日本版 LTP 策定の手引き, pp. 35-36, (財)国際交通安全学会, 2010.
- 6) 総務省統計局: 平成 28 年社会基本調査,
<http://www.stat.go.jp/data/shakai/2016/> (接続確認: 2018 年 4 月 27 日)
- 7) 長崎県: EV・PHV タウン推進マスタープラン,
<http://www.pref.nagasaki.jp/ev/ev&its/phv-town/index.html> (接続確認: 2018 年 4 月 27 日)
- 8) 三木市市長室政策課, 三木市パーソントリップ調査データ加工。整理業務委託報告書, 2014 年.
- 9) 広島市 HP, www.city.hiroshima.lg.jp/www/content/1243252135091/index.html (接続確認: 2018 年 4 月 27 日)
- 10) 総務省統計局: 平成 27 年国勢調査,
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html> (接続確認: 2018 年 4 月 27 日)

(2018. 4. 27 受付)