一般財団法人 関西空港調査会

2022 年度 調査研究助成事業

居住者・観光客の多様性を考慮したサービスアクセシビリティ評価

成果報告書

2023 年 3 月

京 都 大 学

松 島 格 也

目 次

第 1 章 はじめに **1**

第 2 章 本研究の基本的な考え方 **2**

2.1 従来の研究概要 2

2.2 時間の拘束性を有する活動 2

第 3 章 Optimal Matching 分析 **4**

3.1 概説 4

3.2 生活パターンの分類の際の Optimal Matching 分析 4

3.3 訪日外国人観光客の行動パターンの分類の際の Optimal Matching 分析 . . 9

第 4 章 生活パターンの分類 **12**

4.1 概説 12

4.2 データ 12

4.3 分類結果 18

4.4 アクセシビリティ評価 28

4.4.1 概説 28

4.4.2 アクセシビリティの計算 29

4.4.3 結果の評価方法 30

4.4.4 適用事例 34

第 5 章 訪日外国人観光客の行動パターンの分類 **43**

5.1 概説 43

5.2 データ 43

5.3 分類結果 49

参考文献 **58**

第1章　はじめに

本報告書では2001年から2016年まで5年ごとに4回にわたって行われた社会生活基本調査[1)]より，自由時間の少ない人の生活パターンがどのように変化したかを調査する．その際に，時間の拘束性を有する活動に基づき生活パターンを類型化し，生活パターンがどのように変化し，多様化したかを調査する．ここで，時間の拘束性を有する活動を,「生活するという目的に向かって定められた唯一の手段であり，その時間に行うことを我々に強制する活動」と定義する．時間の拘束性に基づいて生活パターンを類型化するのは，時間の拘束性を有する活動はその時間に行わなければならないため，それ以外の活動の時間配分も規定するためである．

また，本報告書では関西圏において異なる複数の主体が設置したWi-Fiパケットセンサ[2)]で2022年11月28日から2023年12月4日にわたって検知されたWi-Fiプローブデータを用いて，関空に到着したと思われる観光客を対象に行動の時系列分析を行い，行動パターンの類型化を行う．

本報告書の構成は以下の通りである．第**2**章では，既往研究を踏まえて本研究の方針を示した後，時間の拘束性の考え方について整理する．第**3**章では，本研究で用いる時系列分析の方法であるOptimal Matching分析について説明する．第**4**章では，本研究で用いる活動時間配分についての調査である社会生活基本調査について説明した後，Optimal Matching分析を用いて生活パターンの分類を行い，結果の考察を行う．第**5**章では，関空に到着したと思われる観光客を対象にWi-Fiプローブデータに関する基礎集計を行った後，OptimalMatching分析により行動パターンを類型化し，結果の考察を行う．最後に第**6**章において，本研究のまとめと今後の課題点について整理する．

第2章　本研究の基本的な考え方

2.1　従来の研究概要

近年，経済学や社会学において時間配分に着目することの重要性が指摘されており，我が国においても社会生活基本調査などの個人の時間配分に関する調査を用いた研究が行われている[3]．例えば，香川[4]の研究では，働く時間の総量だけでなく働く時刻や時間帯を考慮して，労働時間が仕事以外の活動に及ぼす影響を検討している．そのためにOptimal Matching分析を行い，労働時間配分の分類を行っている．本研究においても時間の拘束性を有する活動が，生活パターンを規定していると考え，それに基づいたOptimal Matching分析を行い生活パターンを分類する．ここで時間の拘束性を有する活動を考慮するのは，自由時間の少なさは労働や育児，介護など時間の拘束性を有する活動の発生回数や発生する時間帯に影響を受けるからである．

2.2　時間の拘束性を有する活動

2.1で踏まえたように本研究では，活動時間配分に基づいて分類した生活パターンに対してアクセシビリティを評価する．そこで，実証データより，時間の拘束性を有する活動に基づいて生活パターンを類型化した後，自由時間の少ない生活パターンに着目し，それらの生活パターンに応じたアクセシビリティ評価を行う．

ここで時間の拘束性を有する活動について，E. Durkheimの社会分業論[5]における拘束性の概念を参考に定義する．E. Durkheimの社会分業論においては，「一定の目的に向かって定められた1つの道をたどるように我々を強制するもの」を道徳，義務または拘束とよんでいる．また，道徳を「最小限度に不可欠なもの」，「それなくしては生きていけない日常の糧」としている．これを参考にし，本研究では「時間の拘束性を有する活動」を「生活するという目的に向かって定められた唯一の手段であり，その時間に行うことを我々に強制する活動」と定義する．

例えば，仕事という活動は生活するための資金を稼ぐという目的に対して，その

人がとれる唯一の手段であり，事前に決められたその時間に行うことを強制されているため，時間の拘束性を有する活動である．また，育児や介護という活動は，同居人とともに生活するという目的に対しての唯一の手段であり，その時間に行うことを強制されているため，時間の拘束性を有する活動である．一方，食事を作る等家事活動は，生活のために食事をとるという目的に対して唯一の手段ではなく（食べ物を買うことができるため），かつ家事はその時間に行うことを強制されていないので，時間の拘束性を有する活動ではない．このように本研究では，全ての活動を時間の拘束性を有する活動と，そうでない活動に分類する．

第3章　Optimal Matching分析

3.1　概説

本章では生活パターンと観光客の行動パターンの類型化方法について説明する．本研究では系列分析の1つであるOptimal Matching分析を用いて系列データの不一致度$d_{k,l}$を求め，階層的クラスター分析の1つであるWard法を用いて生活パターンを類型化する．ここで系列データとは要素s_iのt個の連続からなる$1 \times t$ベクトル$S_k = \{s_1, s_2, s_3, \cdots, s_i, \cdots, s_t\}$のことである．系列分析とは系列データ$S_k, S_l$の間の不一致度$d(k,l)$を求める方法である．本研究における系列データ$S_k$とは，第**4**章，または第**5**章で説明するように，サンプルkについての活動が一定の間隔ごとに記録されたデータであり，ある時刻iに行われた活動や滞在していた場所を表す要素s_iの，t個からなる，$1 \times t$ベクトルである．また系列データの不一致度$d_{k,l}$を求めた後，Ward法により各クラスターに類型化された生活パターンを$l_i(i = 1, 2, 3, \cdots)$とする．**3.2**では，時間の拘束性に基づいて生活パターンの分類を行うため，Optimal Matching分析の際に行った工夫を説明する．**3.3**では，観光客の行動パターンの類型化の際に行ったOptimal Matching分析の工夫を説明する．

3.2　生活パターンの分類の際のOptimal Matching分析

Optimal Matching分析は，系列データS_k, S_lの間の不一致度$d(k,l)$を，一方の系列データS_kを要素s_iの置換，挿入，削除という操作$a_i(i = sub, ins, del)$を用いて，もう一方の系列データS_lに一致させる際の最小のコストとして計算する．置換，挿入，削除という操作を用いて系列データを一致させて求められた不一致度$d_{k,l}$は，Levenshtein Distance[6]と呼ばれている．Optimal Matching分析は社会科学の分野においてはAbbott等[7]によって始めて用いられて以降，広く用いられている．

以下置換，挿入，削除という操作a_iの定義を示す．以下$\boldsymbol{e_j(i)}$を第i成分が1，他の成分が0の$j \times 1$ベクトルとし$(0 \leq i \leq j)$，$\boldsymbol{z_j}$を全ての成分が0の$j \times 1$ベクトルとする．

・a：$1 \times j$ベクトルの要素s_iをs'_iへ置換$a_{sub_i}(s_i, s'_i)$

$P_{sub}(j,i) = \{\boldsymbol{e_j(1)}, \cdots, \boldsymbol{e_j(i-1)}, \boldsymbol{z_j}, \boldsymbol{e_j(i+1)}, \cdots, \boldsymbol{e_j(j)}\}$ の $j \times j$ 行列とし，

$$\{s_1, \cdots, s_{i-1}, s_i, s_{i+1}, \cdots, s_j\} P_{sub}(j,i) + s'_i (\boldsymbol{e_j(i)})^t = \{s_1, \cdots, s_{i-1}, s'_i, s_{i+1}, \cdots, s_j\} \tag{3.1}$$

・b：$1 \times j$ ベクトルの要素 s_{i-1} と s_i の間に要素 s' を挿入 $a_{ins_i}(s')$
$P_{ins}(j,i) = \{\boldsymbol{e_j(1)}, \cdots, \boldsymbol{e_j(i-1)}, \boldsymbol{z_j}, \boldsymbol{e_j(i)}, \cdots, \boldsymbol{e_j(j)}\}$ の $j \times j+1$ 行列とし，

$$\{s_1, \cdots, s_{i-1}, s_i, \cdots, s_j\} P_{ins}(j,i) + s' (\boldsymbol{e_{j+1}(i)})^t = \{s_1, \cdots, s_{i-1}, s', s_i, \cdots, s_j\} \tag{3.2}$$

・c：$1 \times j$ ベクトルの要素 s_i の削除 $a_{del_1}(s_i)$
$P_{del}(j,i) = P\{\boldsymbol{e_j(1)}, \cdots, \boldsymbol{e_j(i-1)}, \boldsymbol{e_j(i+1)}, \cdots, \boldsymbol{e_j(j)}\}$ の $j \times j-1$ 行列とし，

$$\{s_1, \cdots, s_{i-1}, s_i, s_{i+1}, \cdots, s_j\} P_{del}(j,i) = \{s_1, \cdots, s_{i-1}, s_{i+1}, \cdots, s_j\} \tag{3.3}$$

これらの操作を行うコストを $c(a_i)$ と表す．これらの操作を組み合わせて S_k を S_l に一致させる操作の組み合わせのベクトルを $A_i(k,l) = \{a_1, a_2, a_3, \cdots\}$，その際のコストを $c(A_i(k,l)) = c(a_1) + c(a_2) + c(a_3) + \cdots$ と表す．S_k を S_l に一致させうる操作の組み合わせ $A_i(k,l)$ は一通りではなく n 通りあるとする $(i = 1, 2, 3, \cdots, n)$．Optimal Matching 分析では S_k, S_l の間の不一致度 $d(k,l)$ を，取りうる操作の組み合わせ $A_i(k,l)$ の中でコスト $c(A_i(k,l))$ が最小となる際のコストとする．

$$d(k,l) = \min_i c(A_i(k,l)) \tag{3.4}$$

本研究の系列データは1日の滞在場所の情報を含んだ活動の系列データであり，要素 s_i はある時刻 i に行われた活動を表すため，置換という操作 a_{sub} を行うことは，同じ時刻で違う活動をすることを意味する．また時刻 j の要素 s_j の削除 a_{del_j} という操作を行うと，すべての $i \geq j+1$ の要素 s_i の時刻が1つずつずれ s_{i-1} になるため，活動をする時刻がずれるということを意味する．同様に挿入という操作も時刻がずれるということを意味する．よって S_k, S_l の間の不一致度 $d_{k,l}$ の大きさは活動の内容や活動をする時刻がどれだけ異なっているかということを意味する．つまり不一致度が小さいほど活動内容や活動をする時刻が似た生活パターンをもち，大きいほど異なった生活パターンをもっているといえる．以上がOptimal Matching分析における不一致度の計算方法である．

ここで生活パターンの分類における系列データの要素 s_i を整理する．生活パターンの分類の際の系列データの要素はある時刻 i における滞在場所の情報を含んだ

活動のデータであったが，Optimal Matching 分析の際は，全ての活動を異なった要素として分類するのではなく，時間の拘束性に基づく分類を行うため，**2.2** を踏まえて要素を再分類する．まず，時間の拘束性を有していない活動 (以下 N と表記する (not-binding)) に関しては，家事 H(housework) と自宅での家事以外の活動 I(inhouse) と自宅以外での活動 O(outside)，移動 (travel) に再分類する．続いて，時間の拘束性を有する活動を仕事 W と，仕事以外の時間の拘束性を有する活動 B にわけ，その後時間の拘束性を有する活動の連続性という観点を考慮して B を再分類する．連続性という観点を考慮するのは，同じ活動内容であっても，B が連続しているときは活動が前後の再分類前の異なる種類の B の拘束性の影響を受け，活動場所や活動の開始時刻や終了時刻がより拘束的になるためである (仕事は拘束時間が長く，仕事の前の B の拘束性の影響が仕事の時間全体にわたって存在するとは考えにくいため，W と B は区別する)．以下時間の拘束性を有する活動の連続性という観点を考慮した B の再分類方法である．

・$\{s_i, s_{i+1}\} = \{N, B\}$ の場合

その前の活動が N の場合はその活動が終わるまで B_1 とする．例えば {家事, 育児, 育児, 家事} $= \{H, B_1, B_1, H\}$ となる．

・$\{s_i, s_{i+1}\} = \{B_n, B(\neq B_n)\}$ の場合

前の活動が再分類する前の異なった活動の B_n の場合には，前の活動の下付きの添え字に 1 を加える ($s_{i+1} = B_{n+1}$)．例えば {家事, 育児, 介護, 介護, 育児, 家事} $= \{H, B_1, B_2, B_2, B_3, H\}$ 上記のように時間の拘束性を有する活動の連続性に基づいて B に数字を割り振る．

・$\{s_n, s_{n+1}\} = \{W, B\}$ の場合

(W は職場での仕事 workplace，自宅での仕事 I.work(Inhouse Work)，その他の場所での仕事 O.work(Outside Work) の 3 通りがある)

仕事も時間の拘束性を有する活動であると考えるが，前の活動が再分類する前の異なった活動の B であっても仕事には必ず workplace，または I.work，O.work を割り振り，仕事の後に連続して時間拘束的な活動があるときには $s_{n+1} = B_2$ をわりふる．なぜならば，仕事の前に時間の拘束性を有する活動があるか否かは，仕事の後の時間の拘束性を有する活動の拘束性には影響しないと考えられるためである．例えば育児の間にその他の場所での仕事をしている系列データを例にとると，{育児, 仕事, 仕事, 仕事, 育児} $= \{B_1, O.work, O.work, O.work, B_2\}$ となる．(仕事の前に育児があるかないかは仕事後の育児には影響しない)

表–3.1 要素s一覧

時間の拘束性を有していない活動:N	表記
家事	H
自宅での家事以外の活動	I
自宅以外での活動	O
移動	travel
時間の拘束性を有する活動	**表記**
職場での仕事:W	workplace
自宅での仕事:W	I.work
その他の場所での仕事:W	O.work
前の活動がNの仕事以外の活動:B	B_1
前の活動がB_nの仕事以外の活動:B	B_{n+1}
前の活動が仕事の仕事以外の活動:B	B_2

また時間の拘束性を有する活動の間に移動が含まれる場合も連続していると判断する．例えば$\{$育児,育児,移動,介護,介護$\} = \{B_1, B_1, travel, B_2, B_2\}$となる．これにより時間の拘束性を有する活動の長さと連続性に基づいて生活パターンの類型化が可能となる．

続いて置換，挿入，削除の操作を行うコスト$c(a_i)$を定義する．式(3.4)より，Optimal Matching分析において，不一致度はコスト$c(a_i)$に大きく依存する．そのため，様々な$c(a_i)$の定義方法が提案されている．

Studer等[8]によると，置換や挿入，削除する要素s_iに関わらず，定数をとると定義する方法$c(a_{sub}) = k$，$c(a_{ins}) = c(a_{del}) = l(k, l = consant)$や，$S_i$の個人属性やデータに基づいて定義する方法があるとされている．

本研究においては時間の拘束性を有する活動に着目して類型化するため，s_iに関わらず定数をとるのではなく，データに基づき要素s_iごとにコストを定義した．Studer等[8]によると，データに基づいたコストの定義として，よく用いられる手法として，挿入，削除のコストは1であるとしたうえで，置換コスト遷移率$p_{tra}(s_{i+1} = p|s_i = q)$を用いて，以下のように定義している．ここで$p_{tra}(s_{i+1} = p|s_i = q)$とは着目する2つの要

素 (p,q) 間の $s_i = q$ であったときの $s_i + 1 = p$ である条件付き確率である．

$$c(a_{sub}(p,q)) = 2 - p_{tra}(s_{i+1} = p | s_i = q) - p_{tra}(s_{i+1} = q | s_i = p) \tag{3.5}$$

これは遷移率の高い要素は活動の類似度が高いと考え，低い置換コストを与えている．しかし，本研究で分析する系列データにおいては遷移率が高くても類似度が高くない場合がある(例えば $s_i = workplace$ の後の $s_{i+1} = I$ の遷移率は高いが活動は類似していない)．

そこで本研究では，遷移率を用いず，分析対象とする全ての系列データ S_n のうち，**表** 3.1 より再分類した要素のうち着目する要素 q について，系列データの要素 $\{s_1, s_2, s_3, \cdots, s_t\}$ のうち1つでも $s_i = q$ が含まれる系列データ S' の割合で定義される存在率 $p_{pre}(q) = \frac{S'\text{の 数}}{S_n\text{の 数}} = \frac{S'\text{の 数}}{n}$ を用いて，存在率が大きい(小さい)要素は類似度が小さい(大きい)という考えに基き，置換コストを定義する．

$$c(a_{sub}(p,q)) = 2 - p_{pre}(q) \tag{3.6}$$

これは q の存在率が大きいものが含まれる置換に低い置換コストを与えている．p の存在率を減じていないので，p と q の置換を行う際は，p と q のうちより着目する要素の存在率を任意に選択することができる．一方で全ての要素間の類似度が存在率と相関を持つわけではないので，本研究においては定数を用いたコストと組み合わせて要素ごとに置換コストを定義する．

本研究においては時間の拘束性を有する活動とその連続性に着目するため，B_i に関する置換コストを**式** (3.6) より定義し，それ以外の置換と挿入，削除の置換コストは1であるとした．(**表** 3.2)

表–3.2 置換，挿入，削除のコスト

置換コスト $c(a_{sub})$	
B_i, B_j の置換の場合 $(i < j)$　$c(a_{sub}(B_i, B_j))$	2-$p_{pre}(B_j)$
B_j とWまたはNの置換の場合　$c(a_{sub}(B_j, W \vee N))$	2-$p_{pre}(B_j)$
WまたはN同士の置換の場合　$c(a_{sub}(W \vee N, W \vee N))$	1
挿入，削除のコスト $c(a_{ins}), c(a_{del})$	
全ての場合	1

置換は挿入と削除を行うことで代替できるため，置換のコストは最大でも挿入，削除のコストの2倍以下になるように設定した．B_i, B_jの置換の場合$(i < j)$は連続性が大きい活動ほど，それより前により様々な種類の時間の拘束性を有する活動を行っていることを示し，連続性の小さい活動に比べてより行う時刻や場所の拘束性が大きい活動として，着目するべきであると考えるため，B_jの存在率を用いて定義する．B_jとWまたはNの置換の場合も時間の拘束性を有する活動の連続性に着目するため，B_jの存在率を用いて定義する(Wも時間の拘束性を有する活動であるが，分析対象とするサンプルはWを必ず含んでいるため，本研究ではWよりB_jに着目する)．これにより，時間の拘束性を有する活動であるB_jの置換コストは$0 \leq p_{pre}(B_j) \leq 1$であるため，2-$p_{pre}(B_j) \geq 1$となり，$B_j$以外同士の置換コスト1に比べて相対的に高くなる．これにより時間の拘束性を有する活動の要素の多さや，連続性が違う系列データの不一致度が大きくなり，時間の拘束性を有する活動とその連続性に着目した生活パターンの類型化が可能となる．

3.3 訪日外国人観光客の行動パターンの分類の際のOptimal Matching分析

訪日外国人観光客の行動分類の際は，Wi-Fiパケットセンサで得られたデータを系列データに変換する．訪日外国人観光客の行動分類における系列データの要素はs_iは場所の情報である．Wi-Fiパケットセンサは関西国際空港，尼崎駅，難波駅，伊丹空港，神戸空港，上本町駅，新今宮駅，天下茶屋駅，三ノ宮駅，京都駅，奈良駅，大阪駅に設置されているため，s_iにはこれらの場所が記載されている．また本研究では，同じ固定MACアドレスが異なる場所で観測されたときに，各場所の間の移動時間を推定し，前回観測された場所とは異なる場所で観測された時刻の直前の時間まで移動していたとし，移動を系列データの要素s_iとする．各場所の間の推定移動時間を表(3.4)に示す．以上より，ある時間iのうち，最も滞在している時間が長い場所もしくは移動を系列データの要素s_iとする．滞在時間は連続して同じ場所で2度以上観測された固定MACアドレスの，最初の観測時刻と最後の観測時刻の間の時間とする．また，ある時間iのうちどこの場所でも観測されておらず，かつ移動時間が0分の時，0を系列データの要素s_iとする．

続いて置換，挿入，削除の操作を行うコスト$c(a_i)$を定義する．訪日外国人観光客

表–3.3 要素s一覧

要素s	表記
関西国際空港	KIX
尼崎駅	AMA
難波駅	NMB
伊丹空港	ITA
神戸空港	KOB
上本町駅	UHM
新今宮駅	SIM
天下茶屋駅	TKT
三ノ宮駅	SAN
京都駅	KYO
奈良駅	NAR
大阪駅	OSK
移動	TRA
0	0

の行動は，どこの場所にいたかが重要であり，さらに観測されるサンプル数が少ない場所は珍しい行動パターンで着目すべきであると考え，場所に関する置換コストを式(3.6)より定義し，それ以外の移動と0に関する置換と挿入，削除の置換コストは1であるとした．(表3.5)

表–3.5 置換，挿入，削除のコスト

置換コスト$c(a_{sub})$	
異なる場所の置換の場合$(p_{pre}(s_j) < p_{pre}(s_i))$　$c(a_{sub}(s_i, s_j))$	2-$p_{pre}(s_j)$
場所と移動または0の置換の場合　$c(a_{sub}(s_j, TRA \vee 0))$	2-$p_{pre}(s_j)$
移動と0の置換の場合　$c(a_{sub}(TRA, 0))$	1
挿入，削除のコスト$c(a_{ins}), c(a_{del})$	
全ての場合	1

表–3.4 各場所の移動時間(分)

	KIX	AMA	NMB	ITA	KOB	UHM	SIM	TKT	SAN	KYO	NAR	OSK
KIX		85	60	100	105	65	45	40	80	90	90	65
AMA			30	60	50	40	30	40	20	40	75	10
NMB				80	85	10	5	15	55	60	45	25
ITA					100	70	70	70	70	85	110	45
KOB						80	80	90	25	90	125	50
UHM							20	20	60	60	60	25
SIM								2	50	60	40	15
TKT									55	60	50	30
SAN										55	90	25
KYO											45	30
NAR												60

第4章　生活パターンの分類

4.1　概説

本章では，本研究で用いる生活行動についての実証データである4回分の社会生活基本調査について説明を行った後、そのデータをもとに生活パターンの分類を行う．**4.2**では，社会生活基本調査より分析対象とするサンプルを取り出し，それらのサンプルについての活動時間配分の長期的な変化を調査する．**4.3**では，**4.2**で分析対象としたサンプルに対して，実際に**3.2**で説明したOptimal Matching分析を行うことで生活パターンの分類を行い，生活パターンの変化について調査する．

4.2　データ

本研究では総務省が2001年，2006年，2011年，2016年にわたって4度実施した，社会生活基本調査[1)]を用いて実証分析を行う．なお，以下で利用する統計は，統計法に基づいて，独立行政法人統計センターから「平成28年社会生活基本調査」に関する匿名データの提供を受け，独自に作成･加工した統計である．同調査にはA表とB表があるが，A表には場所についての情報がないが，B表には場所についての情報がある．本研究では，どの場所で行動をしたかについてアクセシビリティを計算するためB表を用いることとする．同調査B表には，回答者の性別や，年齢，世帯構成などの個人属性をはじめ，1日における15分単位の行動内容が記載されている．同調査B表には，行動の内容の情報に加え，回答者がどこにいたかという場所の情報が選択式で記載されいている．場所の選択肢は1自宅，2学校･職場，3移動中，4その他である．

行動に関する情報は，後に時間の拘束性を用いて分類するために，それぞれの場所ごとに以下の活動に分類した．

1自宅：1.1睡眠，1.2自由時間，1.3家事，1.4育児，1.5介護，1.6仕事

2学校･職場：2.1仕事

3移動中：3.1移動，3.2子供の送迎

4その他:4.1睡眠，4.2自由時間，4.3外食，4.4髪を切る，4.5仕事，4.6買い物，4.7受診，4.8商業的サービスの利用，4.9公的サービスの利用，4.10子供を病院に連れていく，4.11育児，4.12介護，4.13家事なお，2001年は3.2子供の送迎という項目はなく，3移動中は全て3.1移動に分類されている．

このうち**2.2**で踏まえた定義から時間の拘束性を有する活動を，1.4育児，1.5介護，1.6仕事，2.1仕事，3.2子供の送迎，4.5仕事，4.6買い物，4.7受診，4.8商業的サービスの利用，4.9公的サービスの利用，4.10子供を病院に連れていく，4.11育児，4.12介護とした．これらの活動を**3.2**で定義した要素に対応させると**表**4.1の通りとなる．

表–4.1 活動の要素s

時間の拘束性を有していない活動:N	表記	活動の記号
家事	H	1.3
自宅での家事以外の活動	I	1.1，1.2
自宅以外での活動	O	4.1，4.2，4.3，4.4，4.13
移動	travel	3.1
時間の拘束性を有する活動	**表記**	**活動の記号**
職場での仕事:W	workplace	2.1
自宅での仕事:W	I.work	1.6
その他の場所での仕事:W	O.work	4.5
仕事以外の時間の拘束性を有する活動:B	B_j	1.4，1.5，3.2，4.6，4.7，4.8，4.9，4.10，4.11，4.12

本研究では，自由時間の少ない生活パターンに注目するため，以下の工程を行い分析対象とするサンプルを限定する．

・(1)全サンプルのうち，自宅での時間を過ごしつつ，自宅外で仕事と仕事以外の活動を一日のうちに行っているサンプルを抽出する．

・(2)そのうち学生でないサンプルを抽出する．

・(3)そのうち仕事を除いた時間の拘束性を有する活動(B)がひとつでも含まれるものを抽出する．

・(4)そのうち，1.6仕事，2.1仕事，4.5仕事の合計時間が6時間以上，12時間未満で

あるサンプルを抽出する．これはOptimal Matching分析の分類では系列データの要素のうち時間が最も多いものに影響を受けるため，一日の中で占める割合が高い仕事の時間が似たサンプルに対象を絞るためである．

以上の工程により選ばれた各年ごとのサンプル数を表4.2に示す．これをみると分析対象とするサンプル数は年によってばらつきがあることがわかる．

表–4.2 各工程後のサンプル数

工程	2001	2006	2011	2016
全サンプル	15281	14507	19982	15522
(1)	3609	2762	3897	2852
(2)	2929	2323	3341	2410
(3)	1563	1229	1860	1267
(4)	934	669	1091	728

また，各年ごとの分析対象とするサンプルの平均活動時間を表4.3と表4.4に示す．

表–4.3 時間の拘束性を有する活動の平均活動時間(分)

活動	2001	2006	2011	2016
2.1仕事	465.0	460.9	456.6	439.3
4.5仕事	31.8	38.1	41.7	54.3
1.6仕事	13.3	9.5	10.7	12.5
仕事W計	510.1	508.5	509.1	506.1
1.4育児	5.8	5.2	13.3	8.1
1.5介護	0.1	0.7	0.6	0.4
3.2子供の送迎		4.3	7.5	5.0
4.6買い物	35.9	33.9	30.1	35.2
4.7受診	5.5	3.4	2.4	4.6
4.8商業的サービスの利用	1.7	0.9	1.1	1.1
4.9公的サービスの利用	0.5	0.2	0.4	0.0
4.10子供を病院に連れていく	0	0.0	0.2	0.4
4.11育児	2.3	2.0	2.9	3.1
4.12介護	1.9	0.9	0.3	0.9
仕事以外の時間の拘束性を有する活動B計	53.7	51.5	53.6	58.7

小数第2位以下は四捨五入

表–4.4 時間の拘束性を有さない活動(N)の平均活動時間(分)

活動	2001	2006	2011	2016
1.1睡眠	412.8	416.6	415.1	407.3
1.2自由時間	253.7	260.9	266.1	259.6
1.3家事	87.3	92.2	85.8	84.0
3.1移動	80.0	77.2	79.2	83.0
4.1睡眠	3.9	1.9	2.1	5.6
4.2自由時間	22.3	20.4	16.3	17.6
4.3外食	14.9	9.3	10.1	14.6
4.4髪を切る	0.7	0.2	0.8	0.7
4.13家事	0.5	1.3	1.7	3.0

小数第2位以下は四捨五入

まず，仕事の平均活動時間について考察する．仕事の合計時間は510分前後で年によらずほぼ一定である．しかし，2.1仕事(職場での仕事)は2001年から2016年にかけて減少傾向にある一方，4.5仕事(その他の場所での仕事)は増加傾向にある．つまり，仕事の合計時間はほぼ一定であるがどこで働くかの内訳が変化しているといえる．ここで，個人ごとの2.1仕事，4.5仕事の標準偏差をみると2001年から2016年に増加傾向にある．つまり，個人の勤務形態は2001年から2016年にかけて多様化しているといえる．

また，仕事以外の時間の拘束性を有する活動の合計時間も年によらず55分前後でほぼ一定である．その内訳をみると，一番多いのは年によらず4.6買い物であり35分前後である．続いて多い活動は年によって様々であるが，主に1.4家での育児や3.2子供の送迎，4.7受診などである．この中で2001年から2016年にかけて増加傾向にあるのは4.10子供を病院に連れていくである．

続いて**3.2**で踏まえたように時間の拘束性を有する活動の連続性の観点より，系列データの要素$\{s_1, s_2, s_3, \cdots, s_t\}$のうち1つでも$s_i = B_j$が含まれる系列データ$S'$の割合(存在率$p_{pre}(B_j)$)と$B_j$の平均時間を**表**4.5に示す．なお，本研究における対象とする系列データS_iの要素のうち$B_j(j \geq 7)$を有するS_iは存在しなかった．これをみるとB_1

より，B_2の存在率と平均活動時間が大きいことがわかる．これは，B_2のうち，B_2の移動を除いた前の活動が仕事である$\{s_{n-i'}, s_n\} = \{W, B_2\}(i' = \min i(i \quad s.t. s_{n-i} \neq trans))$割合(91%)が，$B_2$のうち，$B_2$の移動を除いた前の活動が$B_1$である$\{s_{n-i'}, s_n\} = \{B_1, B_2\}$割合(9%)を大きく上回っているためである．

表–4.5 $p_{pre}(B_j)$の経年変化(%)

$p_{pre}(B_j)$	2001	2006	2011	2016
$p_{pre}(B_1)$	44	43	46	46
$p_{pre}(B_2)$	66	70	71	66
$p_{pre}(B_3)$	3.3	5.8	5.9	5.9
$p_{pre}(B_4)$	0.4	1.2	0.8	1.3
$p_{pre}(B_5)$	0	0.4	0.2	0.1
$p_{pre}(B_6)$	0	0	0.009	0

表–4.6 B_jの平均活動時間の経年変化(分)

B_j	2001	2006	2011	2016
B_1	24.4	22.2	25.0	27.7
B_2	28.0	27.2	26.5	28.4
B_3	1.1	1.5	1.9	2.1
B_4	0.1	0.4	0.2	0.4
B_5	0	0.2	0.1	0.2
B_6	0	0	0.01	0

表4.5をみると，$p_{pre}(B_1)$，$p_{pre}(B_2)$は年による変化はあまりないが，$p_{pre}(B_3)$は2001年のみ3.3%と小さい．これは，2001年には子供の送迎がないことが影響していると考えられる．例えば2001年では子供を病院に連れていく前の活動は移動であることが多いが，2006年以降は子供を病院に連れていく前の活動は子供の送迎になることが多いので，時間の拘束性を有する活動の連続性が大きくなるといったことが生じる．

表–4.7　2001年の要素間の置換コスト$c(a_{sub}(s, s'))$

$s\backslash s'$	B_1	B_2	B_3	B_4	n^*
B_1		1.33	1.97	1.99	1.56
B_2	1.33		1.97	1.99	1.33
B_3	1.94	1.94		1.99	1.97
B_4	1.99	1.99	1.99		1.99
n	1.56	1.33	1.97	1.99	1

$*$ nはB_i以外の要素

B_i以外の要素同士の置換コストは1

表4.6をみると経年変化の傾向はB_1, B_2ではみられない一方，B_3では微増傾向にある．

4.3　分類結果

3.2より，系列データの要素は，「H」,「I」,「O」,「travel」,「workplace」,「I. work」,「O. work」,「B_1」,「B_2」,「B_3」,「B_4」,「B_5」,「B_6」である．表3.2，表4.5より計算した，2001年の要素間の置換コスト$c(a_{sub}(s, s'))$を例として表4.7に示す．これを見るとB_i以外の要素(WまたはN)同士の置換コストは1であり，B_iが関わる置換は1より大きくなっている．例えば，B_1とB_i以外の要素の置換コストは1.43，B_2とB_i以外の要素の置換コストは1.37である．また，B_3，B_4，B_5，B_6に関する置換コストは1.9以上と高くなっているが，これは存在率p_{pre}が低いためである．これにより，仕事以外の時間の拘束性を有する活動(B_i)を要素として多く含む系列データと，わずかしかB_iを含まない系列データの不一致度が大きくなり，クラスター分析の際は区別されやすくなる．またB_1とB_2の置換コストは1.37であり，B_iの連続性が異なる系列データ間も不一致が大きくなる．なお，表3.2より，挿入，削除のコストは要素にか関わらず1と一定である．同様の傾向が2006年，2011年，2016年においてもいえる．

以上の置換，挿入，削除コストに基づき，Optimal Matching分析により全ての系列データのS_i, S_jの不一致度$d(i, j)$を計算した後，その不一致度をもとに階層的クラスター分析の1つであるWard法を実施した．ここでクラスター数は，30を超えるとサ

ンプル数が10以下のクラスターが多くなるため，扱いやすさの観点から30とし，クラスターiを，サンプル数が多い順に生活パターン$l_i(i=1,2,3,\cdots,30)$とした．以上により類型化された各クラスターのサンプル数を表4.8に示す.

表–4.8: 生活パターンl_iのサンプル数

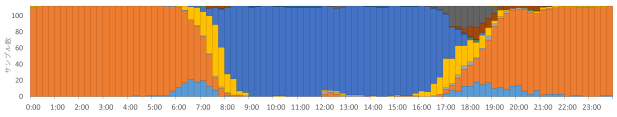
	2001	2006	2011	2016
l_1	112	75	132	108
l_2	80	74	100	71
l_3	75	62	98	67
l_4	70	57	91	63
l_5	67	37	85	43
l_6	58	34	83	43
l_7	57	33	70	40
l_8	56	30	56	36
l_9	35	29	32	33
l_{10}	34	27	31	27
l_{11}	34	26	31	25
l_{12}	23	26	28	24
l_{13}	25	24	26	20
l_{14}	22	22	25	16
l_{15}	22	22	24	14
l_{16}	21	13	24	13
l_{17}	20	11	23	12
l_{18}	18	10	21	11
l_{19}	14	10	18	11
l_{20}	14	9	15	9
l_{21}	11	7	15	6
l_{22}	10	7	15	6
l_{23}	10	6	11	6
l_{24}	8	4	9	5
l_{25}	8	4	7	4

l_{26}	6	3	7	4
l_{27}	5	2	6	4
l_{28}	4	2	4	3
l_{29}	3	2	4	2
l_{30}	2	1	1	2

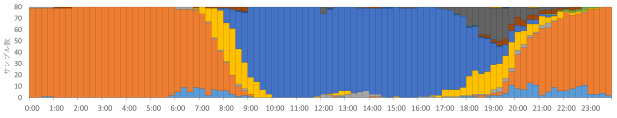
表 4.9, **表** 4.10, **表** 4.11, **表** 4.12 は各年のl_1からl_{10}までの生活パターンの各活動の時間配分の平均値と，l_1からl_{10}までの生活パターンの平均値の標準偏差である．また，各年ごとの生活パターン$l_i(i = 1, 2, 3, \cdots 10)$について，$s_i(i = 1(0:00 \sim 0:15), 2(0:15 \sim 0:30), 3(0:30 \sim 0:45), \cdots, t = 96(23:45 \sim 24:00))$の各要素のサンプル数を示した図を2001年は**図-4.1**から**図-4.10**，2006年は**図-4.11**から**図-4.20**，2011年は**図-4.21**から**図-4.30**，2016年は**図-4.31**から**図-4.40**に示す．横軸は時刻i，縦軸はs_iの各要素をサンプル数を示す(活動時間配分)．

表–4.9 2001年の生活パターンl_iのB_iとWの時間配分(分)と平均始業，終業時刻(時)

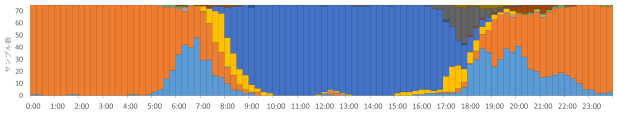
l_i	B_1	B_2	B_3	2.1仕事	4.5仕事	1.6仕事	始業	終業
全体の平均	24.4	28.0	1.1	465.0	31.8	13.3	8.3	17.6
l_1	14.7	26.3	0.1	542.3	4.4	1.2	7.9	17.2
l_2	14.6	48.0	0.8	571.3	2.3	2.6	8.8	18.6
l_3	11.2	32.6	3.8	531.6	1.0	3.0	8.5	17.4
l_4	14.4	37.7	3.4	422.6	0.4	0.4	9.0	16.2
l_5	8.3	39.0	2.2	467.5	0.4	2.2	8.3	17.2
l_6	11.9	18.9	0.8	611.6	1.6	5.4	8.0	18.7
l_7	30.8	19.5	0.8	363.2	2.6	11.8	8.8	15.3
l_8	25.4	30.0	0.5	499.3	1.3	1.3	8.8	17.9
l_9	32.6	21.4	0	480.0	9.0	7.3	8.5	17.0
l_{10}	21.2	18.1	0	530.7	8.8	2.2	8.7	18.4
標準偏差	8.1	9.6	1.3	68.9	3.1	3.3	0.35	1.01



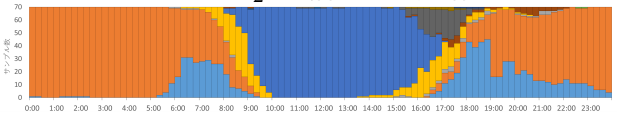
図–4.1　l_1 の活動時間配分



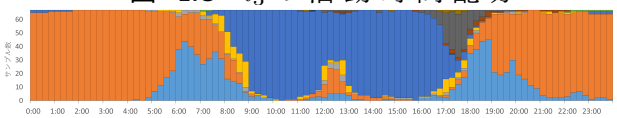
図–4.2　l_2 の活動時間配分



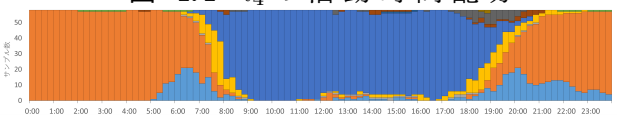
図–4.3　l_3 の活動時間配分



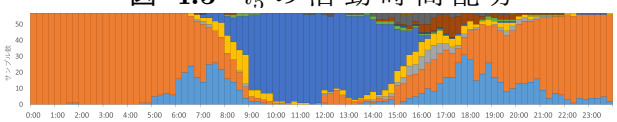
図–4.4　l_4 の活動時間配分



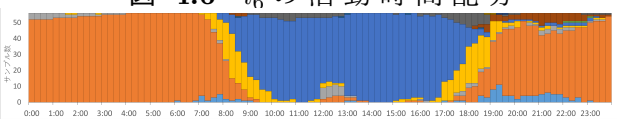
図–4.5　l_5 の活動時間配分



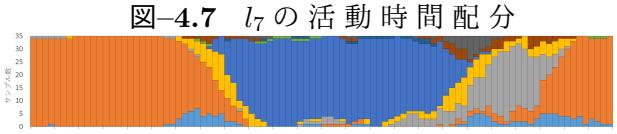
図–4.6　l_6 の活動時間配分



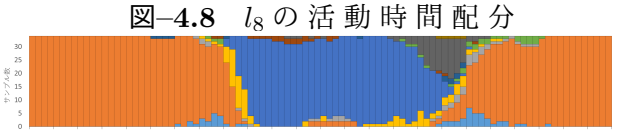
図–4.7　l_7 の活動時間配分



図–4.8　l_8 の活動時間配分



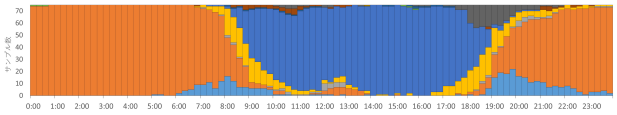
図–4.9　l_9 の活動時間配分



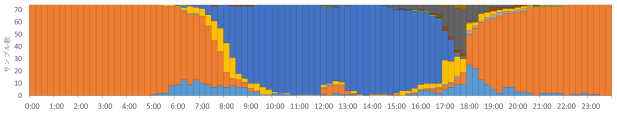
図–4.10　l_{10} の活動時間配分

表–4.10 2006年の生活パターンl_iのB_iとWの時間配分(分)と平均始業，終業時刻(時)

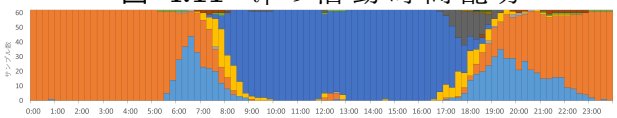
l_i	B_1	B_2	B_3	2.1仕事	4.5仕事	1.6仕事	始業	終業
全体の平均	22.2	27.2	1.5	460.9	38.1	9.5	8.3	17.5
l_1	11.6	35.2	0.2	500.6	5.2	1.2	9.4	18.2
l_2	6.3	41.8	1.8	492.4	0.8	3.6	8.3	16.8
l_3	8.0	31.5	1.5	551.1	0	5.6	8.3	17.6
l_4	8.7	30.0	0.5	570.8	2.6	3.4	8.0	17.9
l_5	8.1	29.6	4.1	458.1	3.2	4.1	9.4	17.3
l_6	12.4	30.0	2.6	610.6	0	12.8	8.5	19.1
l_7	15.5	23.2	0	500.0	5.0	0	8.6	17.3
l_8	12.5	30.0	3.0	393.5	0	0	9.0	15.6
l_9	68.3	5.7	3.6	510.5	0	5.7	8.4	17.3
l_{10}	17.8	15.0	0	5.6	476.1	27.2	8.8	17.9
標準偏差	17.5	9.8	1.5	161.6	142.3	7.8	0.44	0.86



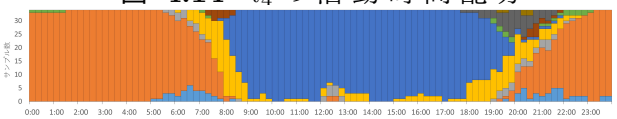
図–4.11　l_1 の活動時間配分



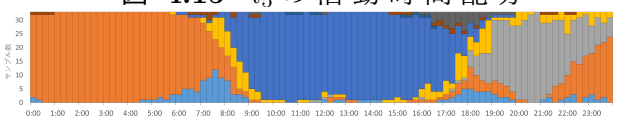
図–4.12　l_2 の活動時間配分



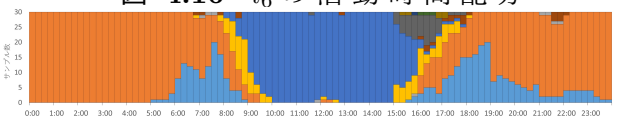
図–4.13　l_3 の活動時間配分



図–4.14　l_4 の活動時間配分

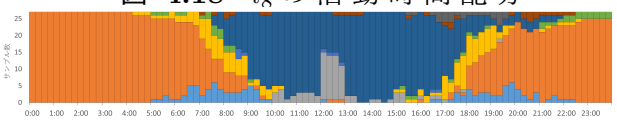


図–4.15　l_5 の活動時間配分

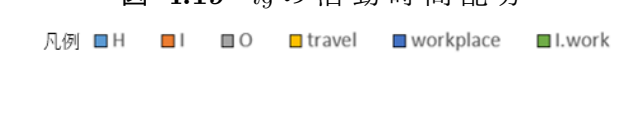


図–4.16　l_6 の活動時間配分

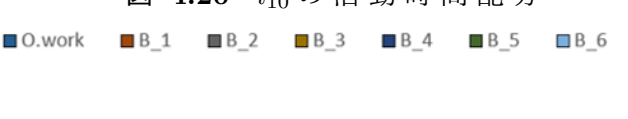
図–4.17　l_7 の活動時間配分



図–4.18　l_8 の活動時間配分



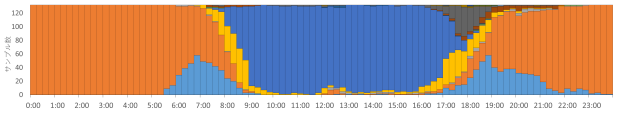
図–4.19　l_9 の活動時間配分



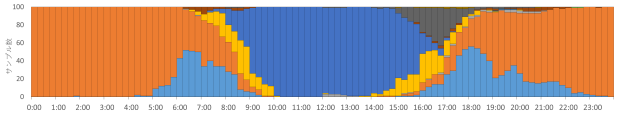
図–4.20　l_{10} の活動時間配分

表–4.11 2011年の生活パターンl_iのB_iとWの時間配分(分)と平均始業，終業時刻(時)

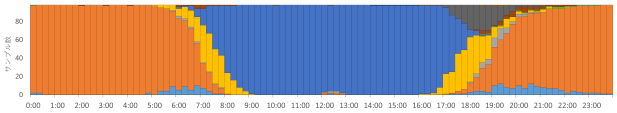
l_i	B_1	B_2	B_3	2.1仕事	4.5仕事	1.6仕事	始業	終業
全体の平均	25.0	26.5	1.9	456.6	41.7	10.7	8.4	17.4
l_1	13.8	29.3	1.7	490.3	1.9	1.0	8.7	17.1
l_2	12.8	45.2	2.3	407.4	0.6	0.3	8.9	15.8
l_3	10.4	35.1	0.8	584.1	1.2	3.2	7.7	17.5
l_4	8.6	28.0	2.8	634.3	0.5	3.6	8.4	19.1
l_5	12.7	28.6	0.9	536.3	4.2	4.1	9.0	18.6
l_6	39.2	24.6	3.3	535.8	2.2	2.7	8.0	17.1
l_7	35.1	15.0	1.1	495.6	1.5	0.9	8.2	16.9
l_8	19.6	20.1	0.3	20.4	436.3	15.3	8.8	17.9
l_9	11.7	28.1	0	527.3	10.8	0	8.2	17.5
l_{10}	38.2	19.4	0	398.2	2.4	1.5	7.8	14.8
標準偏差	11.7	8.1	1.1	162.4	130.1	4.2	0.43	1.20



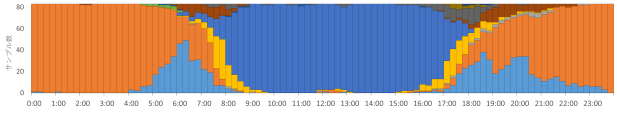
図–4.21　l_1 の活動時間配分



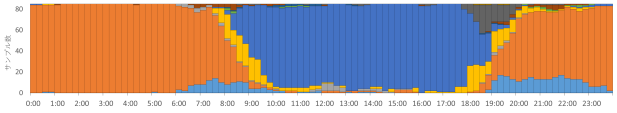
図–4.22　l_2 の活動時間配分



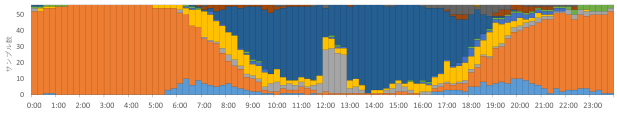
図–4.23　l_3 の活動時間配分



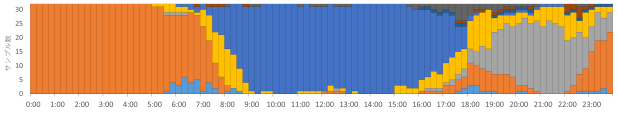
図–4.24　l_4 の活動時間配分



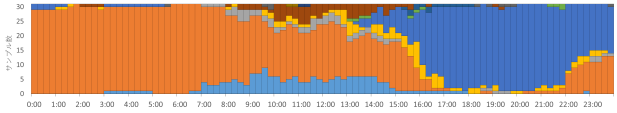
図–4.25　l_5 の活動時間配分



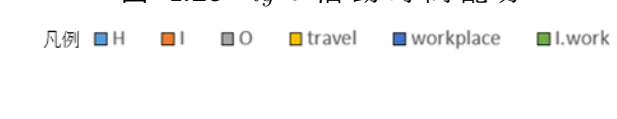
図–4.26　l_6 の活動時間配分



図–4.27　l_7 の活動時間配分



図–4.28　l_8 の活動時間配分

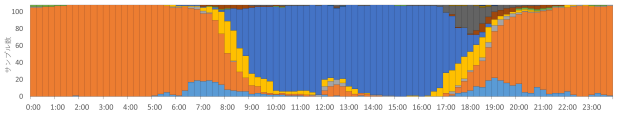


図–4.29　l_9 の活動時間配分

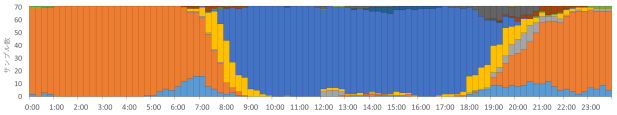
図–4.30　l_{10} の活動時間配分

表–4.12 2016年の生活パターンl_iのB_iとWの時間配分(分)と平均始業，終業時刻(時)

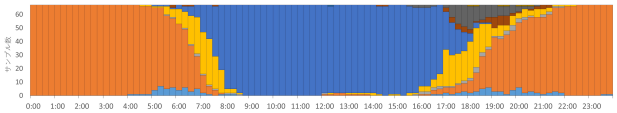
l_i	B_1	B_2	B_3	2.1仕事	4.5仕事	1.6仕事	始業	終業
全体の平均	27.7	28.4	2.1	439.3	54.3	12.5	8.1	17.1
l_1	15.3	29.3	1.1	493.2	0.4	4.9	9.0	17.5
l_2	12.7	21.8	0.2	601.1	8.0	4.4	8.4	18.8
l_3	14.6	30.2	1.6	576.5	0.2	0	7.4	17.2
l_4	11.0	32.9	1.2	502.6	1.0	2.4	8.6	17.2
l_5	11.9	37.7	0.7	375.0	0	11.5	8.3	14.5
l_6	32.1	18.1	0	549.4	0.3	1.7	11.2	20.8
l_7	30.4	30.0	0	405.8	0.8	2.3	9.0	16.0
l_8	47.5	20.4	9.2	531.3	0.4	0.8	8.4	17.4
l_9	30.0	30.9	2.3	16.8	483.6	8.2	8.1	17.8
l_{10}	64.4	16.7	1.7	437.8	1.1	0.6	7.5	15.2
標準偏差	16.9	6.7	2.6	159.8	144.7	3.5	1.01	1.69



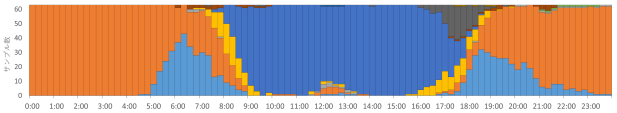
図–4.31　l_1 の活動時間配分



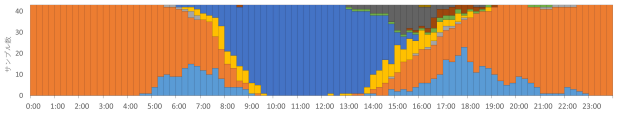
図–4.32　l_2 の活動時間配分



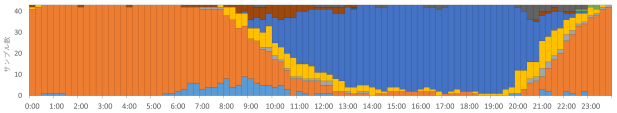
図–4.33　l_3 の活動時間配分



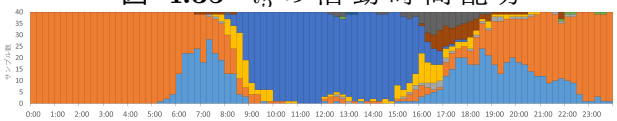
図–4.34　l_4 の活動時間配分



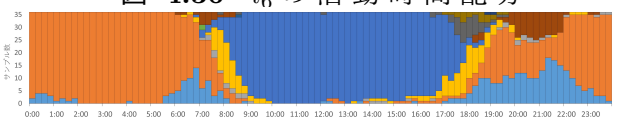
図–4.35　l_5 の活動時間配分



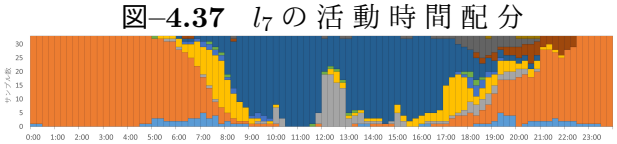
図–4.36　l_6 の活動時間配分



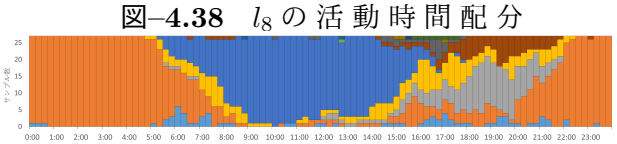
図–4.37　l_7 の活動時間配分



図–4.38　l_8 の活動時間配分



図–4.39　l_9 の活動時間配分



図–4.40　l_{10} の活動時間配分

2001 年から 2016 年にかけてサンプル数の多い生活パターン l_1 から l_{10} までの労働に関する時間配分をみると，2001 年では 4.5 仕事 (その他の場所での仕事) が 2.1 仕事 (職場での仕事) より多い生活パターンはないが，2006，2011，2016 年ではそれぞれ 1 つの生活パターンが 4.5 仕事 (その他の場所での仕事) が 2.1 仕事 (職場での仕事) より多くなっている．(2006 年の生活パターン l_{10},2011 年の生活パターン l_8,2016 年の生活パターン l_9) また，始業時刻と終業時刻の生活パターン l_1 から l_{10} の平均値の標準偏差に目を向けると，始業時刻は 2011 年，終業時刻は 2006 年に前回と比べて減少しているが，他は前年に比べると増加しており，全体的には増加傾向にあるといえる．実際に，2001 年では始業時刻は 8 時から 9 時の間，終業時刻は 15 時から 19 時の間の生活パターンが多かったが，2016 年に目を向けると，始業時刻が 7 時から 11 時までと様々であり，

終業時刻も生活パターンl_6は21時近くであったりと，働く場所だけでなく，勤務時間も多様化していることがわかる．これより，個人の勤務形態が多様化しているだけでなく，時間配分に基づいた系列分析による分類後の主要な生活パターンにおいても，勤務時間と働く場所も含めた労働期待が多様化していることが示唆される．

続いて連続性を考慮した時間の拘束性を有する活動に目を向ける．B_2の標準偏差は減少傾向にある一方でB_1は2001年から2016年にかけて2001年8.1，2006年17.5，2011年11.7，2016年16.9と年によってばらつきはあるが，比較的増加傾向にあるといえる．また活動時間配分の図に目を向けると，2001年の**図-4.1**から**図-4.10**ではB_1が少なく，仕事後のB_2が多い生活パターンがほとんどである．一方，2006年から2016年は仕事後のB_2が多い生活パターンもあるが，2006年の**図-4.19**や2016年の**図-4.40**ではB_2が少なく，出勤後に一度時間の拘束性を有する活動以外の活動をし，再び時間の拘束性を有する活動をするB_1が多く見受けられる．また，2011年の**図-4.26**や**図-4.30**，2016年の**図-4.36**では出勤前にB_1が多く見受けられる．また2016年の**図-4.38**に目を向けると，仕事後にB_2，さらにその後にB_1が多く観測されており，この生活パターンの人は仕事後の時間の拘束性を有する活動の間に，拘束性を有さない活動を行っているといえる．このように勤務形態の多様化に伴って，出勤前や出勤後での時間の拘束性を有する活動の時間の使い方が変化し，多様化しているといえる．

4.4 アクセシビリティ評価

4.4.1 概説

本章では，アクセシビリティの計算方法，評価方法について説明を行った後，実際に大阪府を例にアクセシビリティ評価を行う．**5.(2)**では，場所に基づいたアクセシビリティについてまとめた後，本研究で用いるアクセシビリティを定義し，さらにl_iごとに複数の施設へのアクセシビリティを評価するため，複合的アクセシビリティを定義する．**5.(3)**では，**4.**で抽出したアクセシビリティ評価対象の生活パターン$l_j(j = 1,3,6,7,10,13,15,20,25)$ごとに，連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$について考察をする．またCES型関数を用いて場所$\boldsymbol{x_k}$の多様性受容指数$g(\boldsymbol{x_k})$を定義する．**5.(4)**では，大阪府に本研究を適用し，各施設のアクセシビリティ，生活パターンごとの複合的アクセシビリティ，多様性受容指数の評価を行う．また，

場所ごとの生活パターンに応じたアクセシビリティの特徴を把握し政策的示唆について検討する.

4.4.2 アクセシビリティの計算

2.(1) で踏まえたように本研究では場所に基づいたアクセシビリティを考えたいため, 2次元の位置座標$\boldsymbol{x}$の施設f_iへのアクセシビリティ$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x})$をGravity-based Measures **?)** を用いて以下の式で表す. 以下, 施設f_iがn個あるとき2次元の位置座標を$\boldsymbol{F_i} = \{\boldsymbol{f_{i_1}}, \boldsymbol{f_{i_2}}, \boldsymbol{f_{i_3}}, \cdots, \boldsymbol{f_{i_n}}\}$とし, $T_{\boldsymbol{x}\boldsymbol{f_{i_j}}}$を$\boldsymbol{x}$から$\boldsymbol{f_{i_j}}$までのEuclid距離とする.

$$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k}) = \sum_{j=1,2,3} \exp\left(-\beta T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}}\right) \tag{4.1}$$

βは距離抵抗を表し, 距離に応じて減衰する関数の形を決めるパラメーターで$\beta > 0$を満たす実数である. $\beta > 0$より$0 < \exp\left(-\beta T_{\boldsymbol{x}\boldsymbol{f_{i_j}}}\right) \leq 1$である. 以上よりアクセシビリティ$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x})$を$T_{\boldsymbol{x}\boldsymbol{f_i}\boldsymbol{j}}$が小さい(大きい)$f_{i_j}$であれば大きい(小さい)$\exp\left(-\beta T_{\boldsymbol{x}\boldsymbol{f_{i_j}}}\right)$の和として定義している. ここで$j = 1, 2, 3$は$T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}}$を小さい順に並び変えた時に$\{T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_1}}} < T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_2}}} < T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_3}}} < \cdots\}$を満たすもので, 場所$\boldsymbol{x_k}$からの$f_{i_j}$の近傍3つを示す. 本研究では施設$f_i$への需要は$f_{i_j}$がいくつかあれば十分に満たせると考えた. 例えばスーパーマーケットであれば品ぞろえは各店舗によって異なるが, 3店舗あれば必要な品は揃えられると仮定した. 一方, 施設f_iによって, 需要が満たせる施設数は違うと考えられるが, 本研究においては単純化のため全ての施設f_iは3つずつ必要であると仮定し, Gravity-based Measuresを, $T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}}$の小さい3つの施設$f_{i_j}$に限定して$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k})$を定義した.

また, 本研究では必要とする施設f_iは複数あるとし, $Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k})$を複合的に評価するため, 類型化された生活パターンl_jごとに連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$を定義した.

$$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k}) = \frac{\sum_i w^c_{l_j}(f_i) Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k})}{\sum_i w^c_{l_j}(f_i)} \tag{4.2}$$

$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$は各施設へのアクセシビリティ$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k})$の重みつき平均である. この複合的アクセシビリティは, $\boldsymbol{x_k}$を自宅の位置とし, そこから必要な施設へ行くと仮定したときの, 生活パターンl_jの$\boldsymbol{x_k}$での生活の快適さ(Comfort of life)を表す指標であると解釈できる.

重み$w^c_{l_j}(f_i)$は，施設f_iを必要とする活動$s(f_i)$を行っている回数のうち，移動を除いた前後に時間の拘束性を有する活動がある回数の割合(時間の拘束性を有する活動が連続している割合)が大きいほど，前後の活動に活動場所や時刻の拘束を受けている$s(f_i)$の割合が増え，よりその施設f_iへのアクセシビリティが高い必要があると考え，以下のように定義した．着目する施設f_iを必要とする活動$s(f_i)$に対して，その活動が時刻mから$m+k$まで続いていたとすると，系列データ$S_k=\{s_1,s_2,s_3,\cdots,s_t\}$の中で$\{s_{m-i'}(\neq s(f_i)\wedge B, s_m=s(f_i)\}\vee\{s_{m+k}=s(f_i), s_{m+k+j'}\neq s(f_i)\wedge B\}$がが発生した回数を$N^c_k(f_i)$とする．$(i'=\min i(i \quad s.t.s_{m-i}\neq trans))$ $(j'=\min j(j \quad s.t.s_{m+k+j}\neq trans))$

$$w^c_{l_j}(f_i)=1+\frac{A^c_{f_i}(l_j)}{A_{f_i}(l_j)} \tag{4.3}$$

$$A_{f_i}(l_j)=\frac{\sum_k N_k(f_i)}{n(l_j)} \quad k\in l_j$$

$$A^c_{f_i}(l_j)=\frac{\sum_k N^c_k(f_i)}{n(l_j)} \quad k\in l_j$$

($n(l_j)$はl_jのサンプル数を表す)

これは1に，$s(f_i)$の発生回数のうち移動を除いた前後に時間の拘束性を有する活動がある割合$\frac{A^c_{f_i}(l_j)}{A_{f_i}(l_j)}$を足したもので，$\frac{A^c_{f_i}(l_j)}{A_{f_i}(l_j)}$が大きいほど重みが大きくなる($A_{f_i}(l_i)=0$のときのみ$w^c_{l_j}(f_i)=0$とした)．式(4.3)より，全ての$f_i$について，各$s(f_i)$の前後の活動が時間の拘束性を有する活動ではなく，$s(f_i)$は活動場所や時刻の拘束を受けないとき($\frac{A^c_{f_i}(l_j)}{A_{f_i}(l_j)}=0$のとき)，$f_i$の重みは等しくなる．逆にある$s(f_i)$について，前後に時間の拘束性を有する活動がある割合が増えるほど($\frac{A^c_{f_i}(l_j)}{A_{f_i}(l_j)}$が大きくなるほど)，相対的に$f_i$の重みが大きくなる．これより，時間の拘束性に基づく生活パターンの違いによって各施設への重みが異なる為，複合的アクセシビリティは生活パターンによって様々な値をとる．

4.4.3 結果の評価方法

初めに，時間の拘束性を有する活動がどの施設を必要としているかを特定する．1.4育児は家での育児であるが，家で行う育児を家以外の施設で代わりに行う潜在的な可能性があると仮定し，保育所を必要な施設とする．1.5介護は家での介護であるが，家で行う介護を家以外の施設で代わりに行う潜在的な可能性があると仮定し，訪問介護施設を必要な施設とする．3.2子供の送迎をしている生活パターンは高校へ送迎を行っていると仮定し，高校を必要な施設とする．4.6買い物はスーパー

表–4.13 $\frac{w_{l_j}^c(f_i)}{\sum_i w_{l_j}^c(f_i)}$

l_j	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9
l_1	0.16	0	0.2	0.25	0	0.26	0	0	0.13
l_3	0.1	0	0.14	0.15	0.15	0.14	0	0.15	0.16
l_6	0.09	0.12	0.12	0.14	0.11	0.15	0	0.11	0.15
l_7	0.11	0	0.17	0.18	0.18	0	0	0.18	0.18
l_{10}	0.07	0	0.13	0.13	0.14	0.11	0.14	0.14	0.14
l_{13}	0.1	0	0.15	0.13	0.18	0.09	0	0.18	0.18
l_{15}	0.09	0	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
l_{20}	0.13	0.1	0.1	0.13	0.13	0.13	0	0.13	0.13
l_{25}	0.09	0.12	0.14	0.15	0.18	0.13	0	0.18	0

小数第3位以下は四捨五入

マーケット(以下スーパー)を必要な施設とする．4.7受診は病院に行っているとし様々な診療科をもっている総合病院を必要な施設とする．なお，総合病院は診療科目に内科，外科，産婦人科，耳鼻科，眼科の最低5科以上が含まれる病院とする．4.8商業的サービスの利用は例としてガソリンスタンド, クリーニング店，銀行，郵便局へ行くなどがあるが，本研究では代表してガソリンスタンドを必要な施設とする．4.9公的サービスの利用は例として警察機関，役場，法務局へ行くなどがあるが，本研究では代表して警察機関を必要な施設とする．4.10子供を病院に連れていくをしている人は小児科を必要な施設とする．4.11育児は家以外での育児であり，子供を地区公園へ連れて行っていると仮定し，地区公園を必要な施設とする．4.12介護は家以外での介護であり，1.5介護と同じく訪問介護施設を必要な施設とする．

以上より施設f_iをf_1 = 保育所，f_2 = 訪問介護施設，f_3 = 高校，f_4 = スーパーマーケット, f_5 = 総合病院，f_6 = ガソリンスタンド, f_7 = 警察機関，f_8小児科，f_9 = 地区公園とし，それぞれに対し式(4.1)に基づいてアクセシビリティ$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k})$をそれぞれ計算する．なお$T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}}$はメートル単位で算出し，$\beta = -0.0003$とした．

続いて，アクセシビリティ評価対象の生活パターン$l_j(j = 1, 3, 6, 7, 10, 13, 15, 20, 25)$ついて場所$\boldsymbol{x_k}$の，連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com_{l_j}^c(\boldsymbol{x_k})$を計算する．ここ

で式(4.3)より求められる，生活パターンl_jの施設f_iに対する重みから，$\frac{w^c_{l_j}(f_i)}{\sum_i w^c_{l_j}(f_i)}$を計算したものを表4.13に示す．なお，本研究においては生活パターンl_jの時間の拘束性を有する活動の平均時間が全サンプルの平均時間より大きいときに，その活動が必要とする施設を生活パターンl_jの必要とする施設とする．表4.13により全ての生活パターンl_jにとって，f_1＝保育所，f_3＝高校，f_4＝スーパーマーケットは必要な施設であることがわかる．f_2＝訪問介護施設は，生活パターンl_6，l_{20}，l_{25}にとって必要である．特に生活パターンl_{25}にとって重みが大きい．これは生活パターンl_{25}は2回出勤しており，その間に介護をしている人が多いためであると考えられる．f_5＝総合病院は，生活パターンl_1以外の生活パターンにとって必要である．生活パターンl_1は平均出勤時刻，退勤時刻が10時46分，21時9分であり病院の営業時間と通勤時間を考慮すると，出勤日に通院することは難しいためと考えられる．同じような理由で，f_8＝小児科も生活パターンl_1以外の生活パターンにとって必要であると考えられる．f_6＝ガソリンスタンドは，生活パターンl_7以外の生活パターンにとって必要である．f_7＝警察機関は，生活パターンl_{10}とl_{15}にとって必要である．f_9＝地区公園は，生活パターンl_{25}以外の生活パターンにとって必要である．

一方各生活パターンl_jについて，施設間の重みのばらつきをみると，生活パターンl_1は，スーパーとガソリンスタンドの重みが相対的に大きく，保育所と地区公園への重みは小さい．これは，買い物や商業的サービスの利用は仕事の前後に連続して行われている事が多いためであり，反対に家や外での育児は前後に時間の拘束性を有する活動がなく，仕事の前後に一度自由時間を挟むなどして行っているためと考えられる．生活パターンl_3は，保育所の重みが相対的に小さいが，それ以外の施設への重みは同じ程度である．生活パターンl_3は退勤後に直接時間の拘束性を有する活動を多くしている生活パターンであったが，家での育児は時間の拘束性を有する活動と連続して行っていないことがわかる．生活パターンl_6は，保育所や小児科，高校などの重みが相対的に小さく，スーパーマーケットやガソリンスタンド，地区公園の重みは大きい．生活パターンl_6は仕事前後で時間の拘束性を有する活動をしている生活パターンであるが，仕事や仕事以外の時間の拘束性を有する活動に連続してスーパーマーケットやガソリンスタンド，地区公園に行っており，仕事の前後で自由時間や家事を挟んで子供の育児や送迎をしていると考えられる．生活パターンl_7，l_{10}はl_3と同様，保育所の重みが相対的に小さいが，それ以外の施設

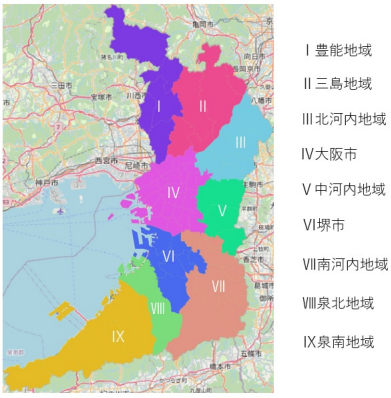
への重みは同じ程度である．ここから家での育児のみ時間の拘束性を有する活動と連続して行っていないことがわかる．生活パターンl_{13}は，保育所とガソリンスタンドの重みが相対的に小さく，スーパーマーケット，小児科，地区公園の重みが大きい．生活パターンl_{13}は未就学児のいる割合が大きく，育児や子供の送迎を多く行っていたが，時間の拘束性を有する活動と連続して行ってはいないことがわかる．生活パターンl_{15}は重みのばらつきが比較的小さい．生活パターンl_{15}は時間の拘束性を有する活動のうち退勤後直接行っている割合が特に大きく，どの活動も退勤後直接行っていることがわかる．生活パターンl_{20}も重みのばらつきが比較的小さい．生活パターンl_{20}は，時間の拘束性を有する活動が連続している回数も，連続していない回数も同じ程度あるため，$\frac{A^c_{f_i}(l_j)}{A_{f_i}(l_j)}$が施設$f_i$によらずあまり変わらないことがわかる．生活パターンl_{25}は，病院や小児科への重みが相対的に大きいが，保育所や訪問介護施設への重みは小さい．ここから生活パターンl_{25}は病院や小児科に行く活動は前後に時間の拘束性を有する活動がある割合が大きいが，育児や介護はそうでないということがわかる．

また，このアクセシビリティ評価対象の9つの生活パターンl_jにとっての，複合的アクセシビリティを同時に評価するため，CES型関数を用いて多様性受容指数$g(\boldsymbol{x_k})$を式(13)で定義した．

$$g(\boldsymbol{x_k}) = [\sum_{j\in\Omega}(Com^c_{l_j}(x_k))^\rho]^{\frac{1}{\rho}} \tag{4.4}$$

$$(\Omega = \{j|j = 1, 3, 6, 7, 10, 13, 15, 20, 25\})$$

多様性受容指数$g(\boldsymbol{x_k})$が大きいほど，多様な生活パターンの個人にとって連続性を考慮した複合的アクセシビリティが高い場所であることを示す．本研究の場合であれば，時間の拘束性を有する活動を退勤後に連続して行っている人，一方仕事と連続して行っていないが仕事の前後で時間の拘束性を有する活動をしている人，未就学児がいる人，2回出勤しており間に介護などをしている人など多様な人にとって住みやすい場所といえる．CES型関数ではρが小さいほど多様性を重視しており，様々な生活パターンのアクセシビリティが平均的に高くないと$g(x)$は高くならない．逆にρが1に近づくと完全に代替的となり，一部の生活パターンにとってのアクセシビリティ高ければ$g(x)$の値が高くなる．



図–4.41 地域名称

4.4.4 適用事例

適用事例として大阪府内の，3次メッシュで土地利用に建物用地が含まれる，1566個の場所$\boldsymbol{x_k}(k = 1, 2, 3, \cdots, 1566)$についてアクセシビリティ評価を行う．なお大阪府内の地域名称は**図**4.41を参考にする．また，**図**4.14に利用データを示す．

以下**図**4.42から**図**4.50において，各施設f_iのアクセシビリティ$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k})$の計算結果の空間的分布を示す．また**表**4.15において，各施設f_iの施設数，アクセシビリティの平均値と，アクセシビリティが2.5以上である場所$\boldsymbol{x_k}$の数，1.5以上である場所$\boldsymbol{x_k}$の数，0.5未満である場所$\boldsymbol{x_k}$の数の表を示す．(f_1 = 保育所，f_2 = 訪問介護施設，f_3 = 高校，f_4 = スーパー，f_5 = 総合病院，f_6 = ガソリンスタンド，f_7 = 警察機関，f_8小児科，f_9 = 地区公園) **式**(4.1)より$\beta = -0.0003$の場合，$\boldsymbol{x_k}$の近傍3つの施設への距離がすべて$T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}} \approx 600m$の時，$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k}) \approx 2.5$である．同様に$\boldsymbol{x_k}$の近傍3つの施設への距離がすべて$T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}} \approx 2300m$の時，$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k}) \approx 1.5$であり，$T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}} \approx 6000m$の時，$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k}) \approx 0.5$である．

まず，施設数が一番多い訪問介護施設はアクセシビリティが2.5以上の場所の数も最も多く，**図**4.43をみると，アクセシビリティが高い場所は大阪市を中心に分布しており豊能地域北部，南河内，泉北，泉南地域南部などの山間部にいくにつれアクセシビリティが低くなっている．保育所，スーパー，ガソリンスタンド，警察機関，小児科は，施設数は訪問介護施設より少ないが，大阪市や堺市などの平野部を中心としてアクセシビリティが1.5以上の場所が多く，山間部に近づくにつれアクセシビリ

表–4.14 利用データ

施設	データ	年
土地利用3次メッシュ	1	2021
保育所	1	2006
訪問介護施設	2	2023
高校	1	2021
スーパー	3	2017
総合病院	1	2006
ガソリンスタンド	1	2015
警察機関	1	2006
小児科	1	2020
地区公園	1	2011

1:国土数値情報ダウンロードデータサービス [?]

2:大阪府介護保険事業所台帳情報 [?]

3:DARMS2017 [?]

ティが低くなっている傾向は共通している．アクセシビリティが0.5未満の場所の数はスーパーが60と多く，警察機関が4と少なくなっている．これはスーパーは山間部に少ないが，警察機関は公共機関であり山間部にも比較的立地しているためと考えられる．一方で，施設数の少ない高校や総合病院，地区公園はアクセシビリティが1.5以上の場所が少ない．アクセシビリティの分布をみると，特定の地域にアクセシビリティの高い場所が集中しているのではなく，施設によって様々な場所に分散していることがわかる．

続いて，各生活パターンl_j $(j = 1, 3, 6, 7, 10, 13, 15, 20, 25)$の連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$を**図**4.51から**図**4.59に示す．また，場所$\boldsymbol{x_k}$の9つの生活パターン複合的アクセシビリティの標準偏差を，**図**4.60に示す．そして，**表**4.16において，生活パターンl_jの複合的アクセシビリティの平均と，複合的アクセシビリティが1.5以上の場所$\boldsymbol{x_k}$の数を示す．

複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$は大阪市中心部では高く，そこから離れるにつれて小さくなる傾向は，生活パターンl_jによらず共通している．一方で，**図**4.60を

表–4.15 f_iのアクセシビリティ$Acc_{f_i}(\boldsymbol{x_k})$

f_i	数	平均	2.5以上	1.5以上	0.5未満
f_1	1083	2.05	366	1278	20
f_2	5131	2.27	824	1333	22
f_3	268	1.53	28	952	162
f_4	1342	2.00	443	1222	60
f_5	83	1.05	4	417	354
f_6	867	1.99	241	1250	28
f_7	716	2.03	136	1361	4
f_8	1602	2.07	445	1270	26
f_9	68	0.95	1	318	415

みると複合的アクセシビリティの標準偏差が，大阪市を中心とした平野部で小さくなっており，大阪市から離れるにつれ標準偏差が大きくなっていることがわかる．これらより，大阪市を中心とした平野部では複合的アクセシビリティ高く，そこから離れるにつれ低くなっていくという大まかな傾向は共通しているものの，大阪市の中心部から離れた平野部や山間部では各生活パターンl_jによって複合的アクセシビリティにばらつきがあることがわかる．

ここで，複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$の平均の最も高い生活パターン$l_{25}$と最も低い生活パターン$l_7$を例に，$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$について考察する．**表**4.13をみると，生活パターンl_{25}ではf_7＝警察機関とf_9＝地区公園の重みが0，生活パターンl_7ではf_2＝訪問介護施設，f_6＝ガソリンスタンド，f_7＝警察機関の重みが0になっている．ここで，各施設のアクセシビリティをみると，f_2＝訪問介護施設とf_6＝ガソリンスタンド，f_7＝警察機関は施設が充実しており比較的どの地域でもアクセシビリティが高いことがわかる．一方，f_9＝地区公園は施設の数が少なく，大阪市周辺部はアクセシビリティが高いが，そこから離れるにつれアクセシビリティが低くなっている．よって，f_2＝訪問介護施設，f_6＝ガソリンスタンドの重みが0でなくf_9＝地区公園の重みが0になっている生活パターンl_{25}は，f_2＝訪問介護施設，f_6＝ガソリンスタンドの重みが0になっておりf_9＝地区公園が0でない生活パターンl_7に比べて，大阪市中心部から離れるにつれて複合的アクセシビリティが高い地域が多くなっている．

表–4.16 複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$の平均と1.5以上の$\boldsymbol{x_k}$の数

l_i	$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$の平均	1.5以上の$\boldsymbol{x_k}$の数
l_1	1.77	1136
l_3	1.63	1061
l_6	1.73	1111
l_7	1.57	1010
l_{10}	1.68	1090
l_{13}	1.59	1026
l_{15}	1.70	1105
l_{20}	1.73	1111
l_{25}	1.81	1151

続いて，多様性受容指数$g(\boldsymbol{x_k})$を評価する．**図**4.61は$\rho=1$のときの連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$を用いた多様性受容指数$g(\boldsymbol{x_k})$を表している．赤が濃いほど多様性受容指数$g(\boldsymbol{x_k})$が相対的に大きいことを示す．これより，大阪市中心部で多様性受容指数が大きいが，周辺部へ行くにつれて小さくなっていることがわかる．

また，**図**4.62は$\rho=1$を基準として$\rho=0.5$へ変化させたときの，場所$\boldsymbol{x_k}(k=1,2,3,\cdots,1566)$内の多様性受容指数$g(\boldsymbol{x_k})$の順位の増減を表した図である．これより，$\rho$を1から，0.5と小さく(多様性を重視)しても，順位変動は$\pm$6以内に収まっており，大阪市中心部で大阪市中心部で多様性受容指数が大きく，周辺部へ行くにつれて小さくなる大まかな傾向は変わらないことがわかる．また，**図**4.60より$+$の順位変動がある場所$\boldsymbol{x_k}$では複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$の標準偏差が小さく，$-$の順位変動がある場所$\boldsymbol{x_k}$では複合的アクセシビリティの標準偏差が大きいことがわかる．例えば$\rho=0.5$と$\rho=1$で$-$の順位変動が多い泉南地域をみると，生活パターンl_{25}の複合的アクセシビリティは，$Com^c_{l_{25}}(\boldsymbol{x_k})=2$前後であるが，生活パターン$l_3$や$l_7$は，$Com^c_{l_3}(\boldsymbol{x_k})=1.8$，$Com^c_{l_7}(\boldsymbol{x_k})=1.7$前後であり，訪問介護施設を必要としており，地区公園を必要としていない生活パターンl_{25}に比べて，訪問介護施設の需要がなく，地区公園の需要はある生活パターンl_3やl_7は複合的アクセシビリティが低い．それゆえ，訪問介護施設

より地区公園を優先的に整備することで多様な生活パターンの個人にとって住みやすい場所となるということが示唆される．

次に，9つの生活パターンl_i(i=1,3,6,7,10,13,15,20,25)全てにとって，連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$が1.5以上であることを$H$と表し，1つの生活パターンでも1.5未満であることをLとあらわす表す．また，$\rho = 0.5$と$\rho = 1$の順位差が0以上であることをDと表し，0未満であることをEと表すとする．本研究では連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k}) = 1.5$をミニマムレベルとし，$H$は全ての生活パターンでミニマムレベルを満たしていることを意味し，Lはそうでないことを意味する．参考までに全ての施設f_iに対して$\boldsymbol{x_k}$の近傍3つへの距離がすべて$T_{\boldsymbol{x_k}\boldsymbol{f_{i_j}}} \approx 2300m$の時，連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k}) \approx 1.5$となる．$D$は$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$の線形和($\rho = 1$のときの$g(\boldsymbol{x_k})$)が似たような値である場所と比較して，連続性を考慮した複合的アクセシビリティのばらつきが生活パターンよってあまりないことを意味する．Eは$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$の線形和($\rho = 1$のときの$g(\boldsymbol{x_k})$)が似たような値である場所と比較して，連続性を考慮した複合的アクセシビリティのばらつきが生活パターンよって大きいことを意味する．以下は$\boldsymbol{x_k}$についてこのH, L, D, Eの組み合わせを表した図である．以下では多様化した生活パターンに対応したまちづくりについて得られる政策的示唆について検討する．HDはミニマムレベルが満たされており，連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com^c_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$のばらつきが小さく，どの生活パターンの個人にとってもアクセシビリティが平均的に高いということを示す．よって時間の拘束性を有する活動を行える施設を整備するのではなく，余暇的な活動を行える施設を整備するといった政策がよいと考えられる．HDは主に大阪市を中心に分布していることがわかる．

一方HEはミニマムレベルが満たされているが，生活パターンによってアクセシビリティのばらつきが大きく，特定の生活パターンの個人の連続性を考慮した複合的アクセシビリティが，別の生活パターンより高いということを示す．そこで，アクセシビリティが比較的低い生活パターンの必要な施設を配置する施策も考えられるが，ミニマムレベルが満たされているので，相対的にアクセシビリティが高い生活パターンが必要とする施設の加配や居住地整備，財政支援を行う等その生活パターンに対して移住を促すといった施策も考慮するべきである．HEは中河内地域，泉南地域平野部を中心に分布していることに加え，HDが広がっている地域の中にも点在していることがわかる．例えば，中河内地域では生活パターンl_1やl_{25}の

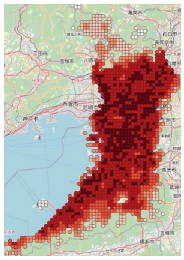
複合的アクセシビリティが高いことが多く，生活パターンl_1にとっての重みが大きいスーパーやガソリンスタンド，生活パターンl_{25}にとっての重みが大きい総合病院や小児科の施設を加配することや，生活パターンl_1，l_{25}の居住誘導政策などが考えられる．例えば，l_{25}は平均年齢が高く介護をしている人も多いため，その地域で生じた空き家をバリアフリーの住宅を整備することなどがあげられる．

続いて，LDはミニマムレベルが満たされておらず，連続性を考慮した複合的アクセシビリティ$Com_{l_j}(\boldsymbol{x_k})$のばらつきは小さいため，ミニマムレベルを満たすために全ての施設を一体的に整備する必要があることが示唆される．LDは主に山間部地域を中心に分布している．

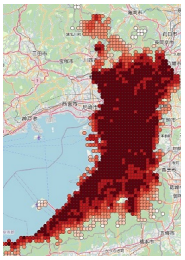
最後に，LEはミニマムレベルが満たされていないが，生活パターンによってアクセシビリティのばらつきが大きいため，アクセシビリティが低い生活パターンの個人の必要とする施設を優先的に整備した後に，他の施設も順次整備していくといった政策が考えられる．LEは泉南地域や豊能地域北部の山間部と隣接している平野部を中心に分布している．例えば，泉南地域でLEである場所では，生活パターンl_7やl_{13}の複合的アクセシビリティが低いことが多く，それらが必要とする施設のアクセシビリティをみると，総合病院や地区公園のアクセシビリティが低いため，これらの施設を優先的に整備する必要があるといえる．

凡例：Accの値

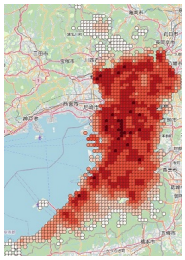
0 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3



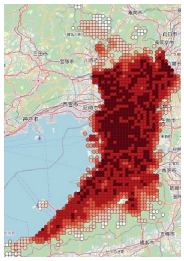
図–4.42 保育所



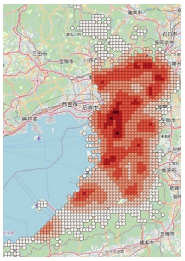
図–4.43 訪問介護施設



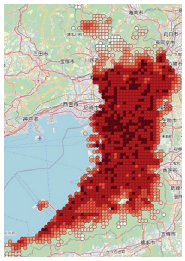
図–4.44 高校



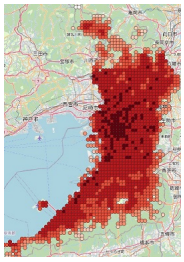
図–4.45 スーパー



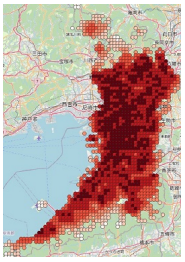
図–4.46 総合病院



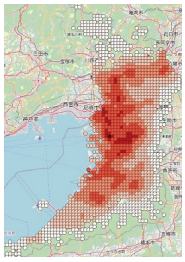
図–4.47 ガソリンスタンド



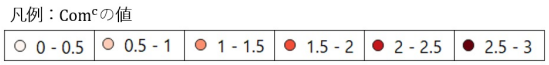
図–4.48 警察機関

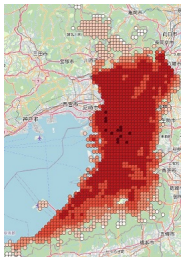


図–4.49 小児科

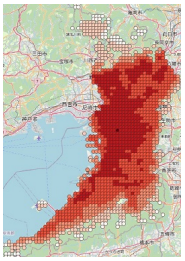


図–4.50 地区公園

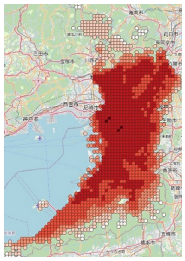




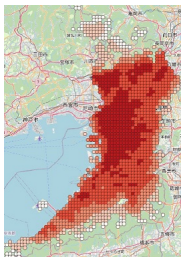
図–4.51 $Com^c_{l_1}$



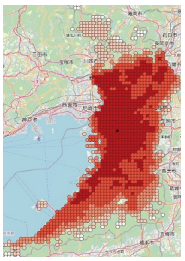
図–4.52 $Com^c_{l_3}$



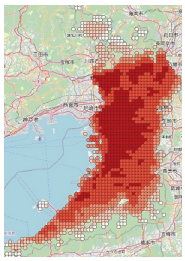
図–4.53 $Com^c_{l_6}$



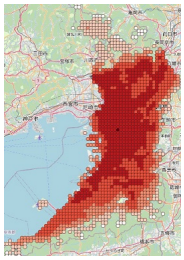
図–4.54 $Com^c_{l_7}$



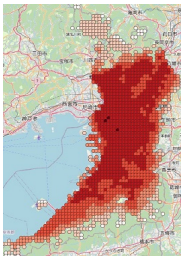
図–4.55 $Com^c_{l_{10}}$



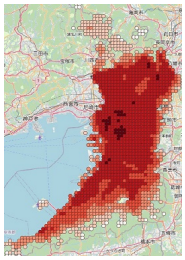
図–4.56 $Com^c_{l_{13}}$



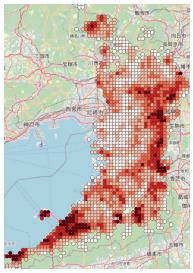
図–4.57 $Com^c_{l_{15}}$

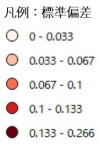


図–4.58 $Com^c_{l_{20}}$

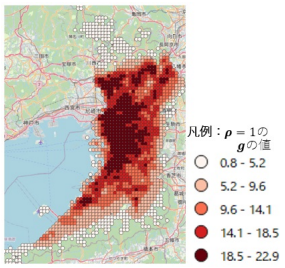


図–4.59 $Com^c_{l_{25}}$

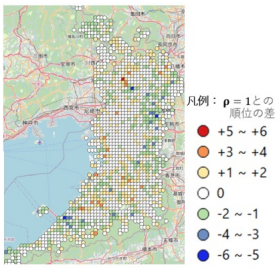




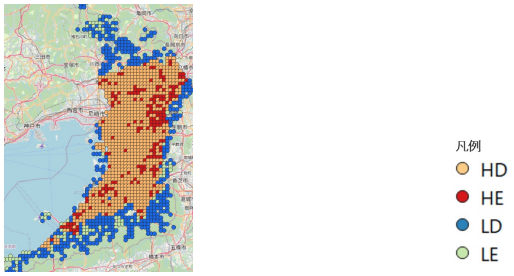
図–4.60 $Com^c_{l_j}$ の標準偏差



図–**4.61**　$\rho = 1$ の $g(\boldsymbol{x_k})$



図–**4.62**　$\rho = 0.5$ と$\rho = 1$ の 順 位 差



図–**4.63**　H,L,D,E の 組 み 合 わ せ

第5章　訪日外国人観光客の行動パターンの分類

5.1　概説

本章では，分析で用いるデータについて説明を行った後、そのデータをもとに移動パターンの分類を行う．**5.2**では，Wi-Fiプローブデータより分析対象とするサンプルを取り出し，それらのサンプルについて，各場所での滞在時間についての基礎集計を行う．**5.3**では，**5.2**で分析対象としたサンプルに対して，実際に**3.3**で説明したOptimal Matching分析を行うことで行動パターンの分類を行う．

5.2　データ

本研究で用いるデータは2022年11月28日から2022年12月4日までの1週間に関西各地で記録されたWi-Fiプローブデータである．これらのデータはランダムMACアドレスと固定MACアドレスが混在しているが，本研究では個人の移動を追跡するため，固定MACアドレスのデータのみを取り出した．ランダムMACアドレスと固定MACアドレスの判別方法は[9]を参考にした．また本研究では関西国際空港に訪れた訪日外国人観光客を分析対象とする為，以下の工程を行い分析対象とする固定MACアドレスを限定した．

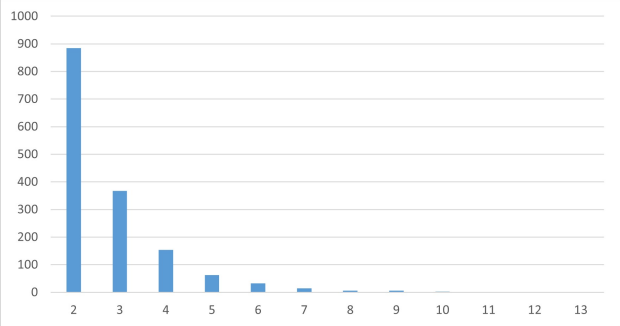
・(1)1週間のうち3日以上関西国際空港で観測される人を，関西国際空港へ関西国際空港周辺に住んでいて関西国際空港で働いている人(residents)として，本研究の分析対象から除外した[2]．

・(2)そのうち調査期間のうち始めて観測された場所が関西空港駅，または関西国際空港国際線発着場であるMACアドレスを抽出した．

・(3)そのうち関西国際空港以外の場所でも観測されたことがあるMACアドレスを抽出した．

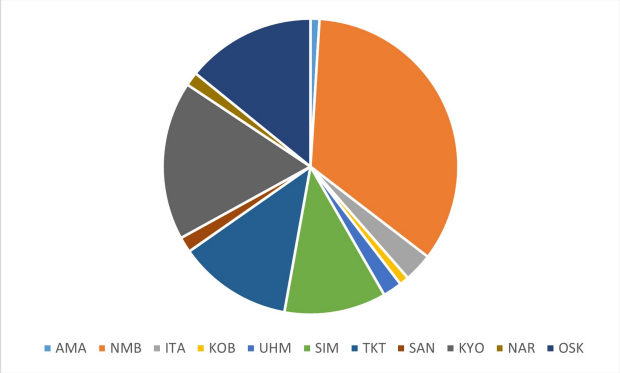
以上の工程により全部で1533の固定MACアドレスが抽出された．以下では各MACアドレスをもつサンプルが，以前とは別の場所で観測された時に1トリップしたと呼ぶ．(分析対象とする固定MACアドレスは1トリップ目の出発地は全て関西国際空

港である) 図5.2に横軸をトリップ数，縦軸をそのトリップ数であるMACアドレスの数を示す.

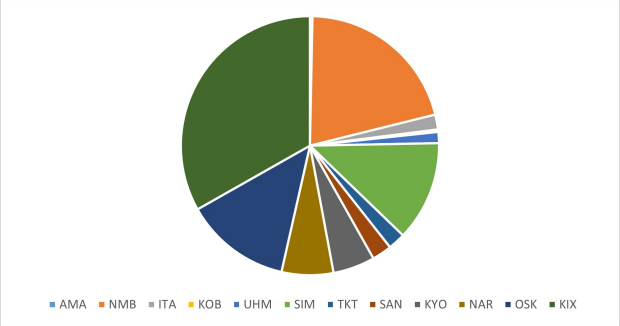


図–5.1 トリップ数

続いて全1533サンプルの1トリップ後の目的地別サンプル数の円グラフを図5.2に示す. また，2トリップ以上行った648サンプルの2トリップ後の目的地別サンプル数の円グラフを図5.2に示す.



図–5.2 1トリップ後の目的地の内訳



図–5.3 2トリップ後の目的地の内訳

これより，1トリップ後の目的地は難波，新今宮，天下茶屋，京都，大阪が多いことがわかる．続いて2トリップ後の目的地を見ると3割が関西国際空港へ戻っていることがわかる．それ以外の場所で多いのが難波、新今宮、京都、奈良、大阪である．1トリップ後の目的地と比べると奈良の割合が大きくなっていることがわかる．

また，分析対象とするサンプルの中で各場所において一度でも観測されるサンプルの割合p_{pre}を**表**5.1に示す.

表–5.1 p_{pre}(場 所)(%)

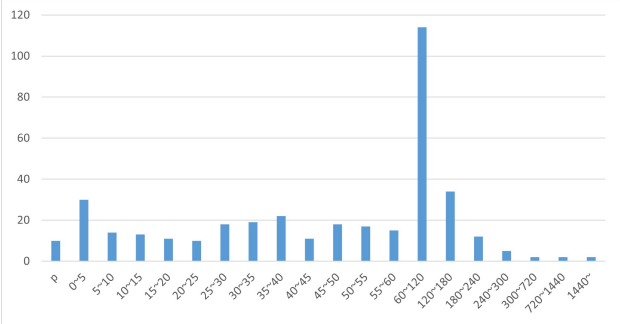
場 所	p_{pre}(%)
KIX	100
AMA	1
NMB	47
ITA	4
KOB	1
UHM	3
SIM	18
TKT	15
SAN	3
KYO	22
NAR	6
OSK	22

続いて各場所での滞在時間について集計する. 滞在時間は連続して同じ場所で2度以上観測された固定MACアドレスの, 最初の観測時刻と最後の観測時刻の間の時間としている. また連続して1度のみ観測された場合は, 通過(p)とみなす. 各場所での滞在時間の平均値と中央値を表5.2に示す.

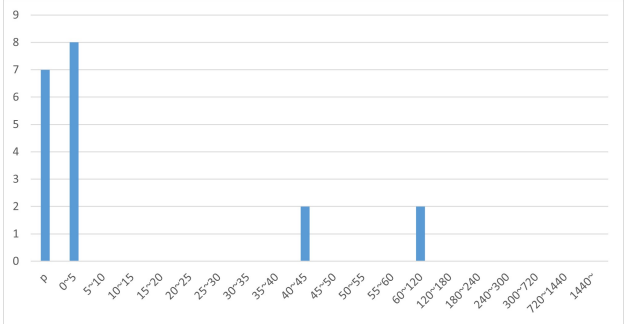
表–5.2 各場所での滞在時間の平均値と中央値

場所	平均値(分)	中央値(分)
KIX	95.1	55.2
AMA	19.1	3.2
NMB	814.8	8.2
ITA	87.3	18.6
KOB	316.0	9.4
UHM	565.9	12.8
SIM	98.9	2.1
TKT	272.1	2.9
SAN	196.0	3.0
KYO	723.2	31.0
NAR	356.6	208.0
OSK	384.0	17.5

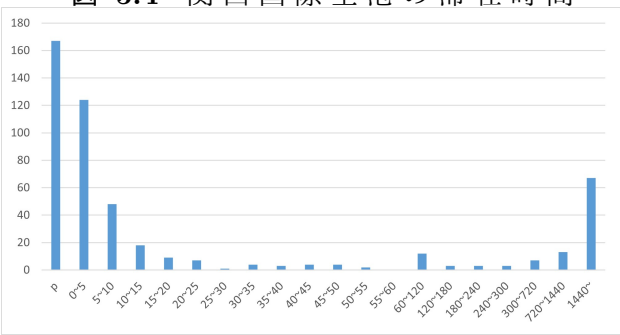
図-5.4から**図-5.4**は各場所での滞在時間のヒストグラムである．横軸を通過(p)または滞在時間(分)，縦軸は全サンプルの中で観測された回数とする．



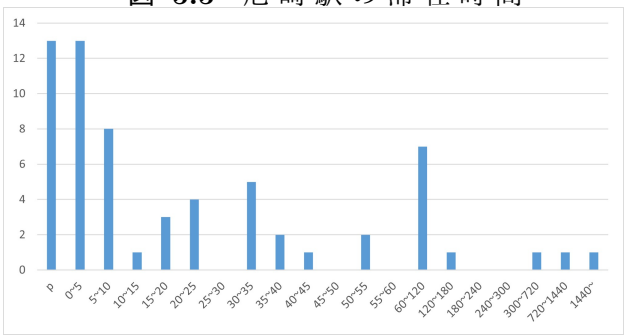
図–5.4　関西国際空港の滞在時間



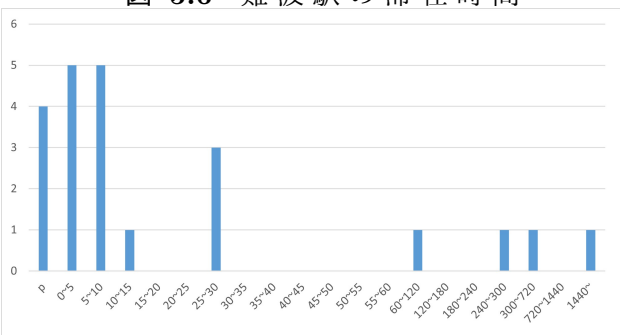
図–5.5　尼崎駅の滞在時間



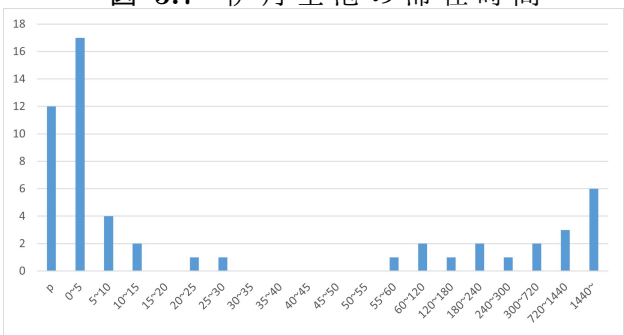
図–5.6　難波駅の滞在時間



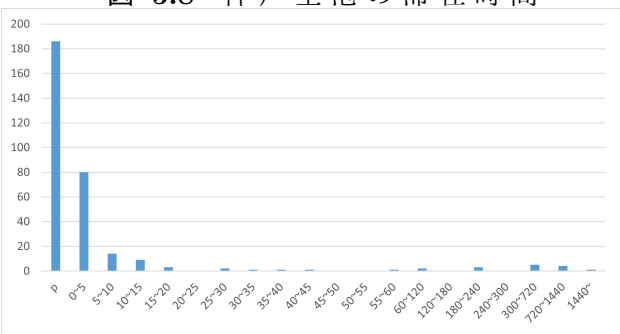
図–5.7　伊丹空港の滞在時間



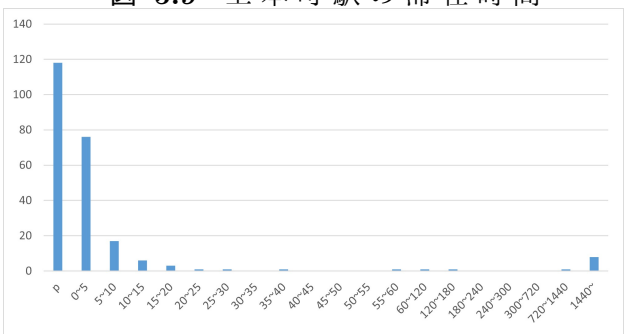
図–5.8　神戸空港の滞在時間



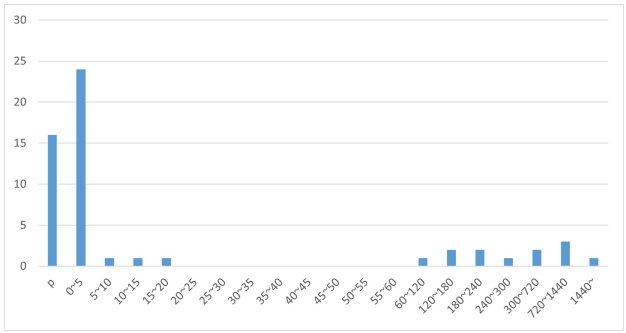
図–5.9　上本町駅の滞在時間



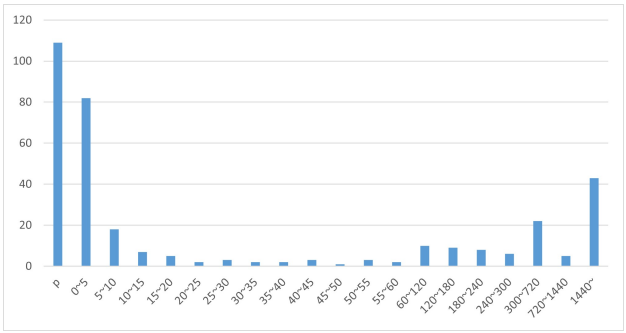
図–5.10　新今宮駅の滞在時間



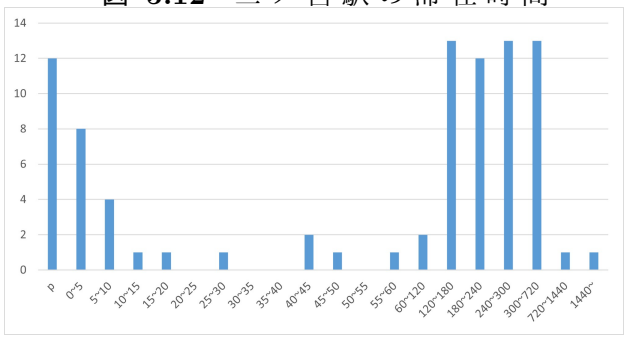
図–5.11　天下茶屋駅の滞在時間



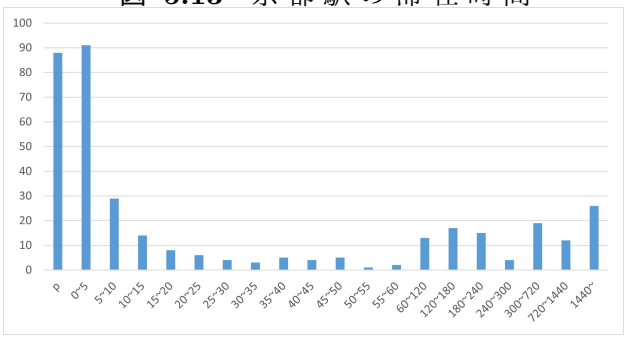
図–5.12　三ノ宮駅の滞在時間



図–5.13　京都駅の滞在時間



図–5.14　奈良駅の滞在時間



図–5.15　大阪駅の滞在時間

以上より，尼崎駅，神戸空港，新今宮駅，天下茶屋駅は通過または30分以下の滞在が多く，主に乗り換え等で用いられていると考えられる．関西国際空港，伊丹空港は30分以下の滞在に加え，30分から120分の滞在も多く，この間で食事や買い物，乗り換えを行っていると考えらえる．奈良駅は120分から720分の滞在が多く，周辺を2時間以上観光し，その後別の場所に移動していると考えられる．難波駅，上本町駅，三ノ宮駅，京都駅，大阪駅は30分以下の滞在に加え，主に周辺を観光していると思われる60分から720分，宿泊していると考えられる720分から1440分，遠方へ行っていると考えられる1440分以上の滞在時間も多くなっている．

5.3　分類結果

3.3より，系列データの要素は場所が「KIX」,「AMA」,「NMB」,「ITA」,「KOB」,「UHM」,「SIM」,「TKT」,「SAN」,「KYO」,「NAR」,「OSK」，移動が「TRA」，いずれでもないが「0」である．表3.5，表5.1よりOptimal Matching分析における挿入・削除のコストは1，置換コストは表5.3に示す．

表–**5.3** 置換コスト

	KIX	AMA	NMB	ITA	KOB	UHM	SIM	TKT	SAN	KYO	NAR	OSK	TRA	0
KIX		1.99	1.53	1.96	1.99	1.97	1.82	1.85	1.97	1.78	1.94	1.78	1	1
AMA			1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
NMB				1.96	1.99	1.97	1.82	1.85	1.97	1.78	1.94	1.78	1.53	1.53
ITA					1.99	1.97	1.96	1.96	1.97	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
KOB						1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
UHM							1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
SIM								1.85	1.97	1.82	1.94	1.82	1.82	1.82
TKT									1.97	1.85	1.94	1.85	1.85	1.85
SAN										1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
KYO											1.94	1.78	1.78	1.78
NAR												1.94	1.94	1.94
OSK													1.78	1.78
TRA														1

これより，分析対象とするサンプルの中で各場所において一度でも観測されるサンプルの割合p_{pre}が小さい尼崎駅や，神戸駅，三ノ宮駅に関する置換コストが2近くと高い一方，京都駅，大阪駅，難波駅などはp_{pre}が大きく，置換コストは小さくなる場合が多い．

以上の置換，挿入，削除コストに基づき，Optimal Matching分析を行い，系列データのS_i, S_jの不一致度$d(i,j)$を計算した後，その不一致度をもとに階層的クラスター分析の1つであるWard法を実施し類型化した．その際，最初に観測された日と最後に観測された日の間の日数を関西滞在日数として，その日数ごとに類型化を行った．これは系列データの要素の数をそろえるためである．ここでデータの扱いやすさのため，関西滞在日数が1日または2日のサンプルの系列データの要素s_iは15分単位とした(s_iはある15分のうち，どこで観測されたか，または移動していたか，どこでも観測されておらずかつ移動もしていなかったかを示す)．また関西滞在日数が3日または4日は30分単位，5日，6日，7日は60分単位とした．

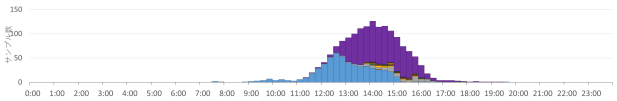
表–5.4 関西滞在日数別サンプル数

関西滞在日数	サンプル数
1	882
2	126
3	160
4	190
5	107
6	54
7	14

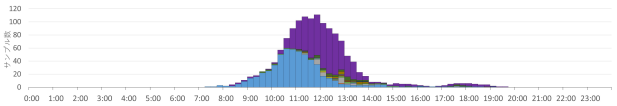
ここでクラスター数は，関西滞在日数1日は10を超えるとサンプル数が10以下のクラスターが多くなるため，扱いやすさの観点から10とし，関西滞在日数が2日以上は同様の理由でクラスター数を5とした．クラスターiを，サンプル数が多い順に行動パターン$k_i(k = 1, 2, 3, \cdots, 10)$とした．以上により類型化された各クラスターのサンプル数を表5.5に示す.

表–5.5 関西滞在日数別行動パターンk_iのサンプル数

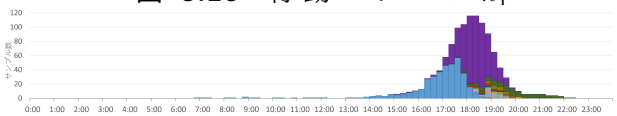
	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日
k_1	182	92	107	136	71	42	10
k_2	135	15	28	29	13	4	1
k_3	124	8	13	13	10	4	1
k_4	120	6	7	9	8	3	1
k_5	117	5	5	3	5	1	1
k_6	108						
k_7	70						
k_8	12						
k_9	8						
k_{10}	6						



図–5.16　行動パターンk_1

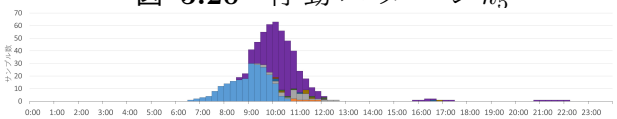


図–5.17　行動パターンk_2

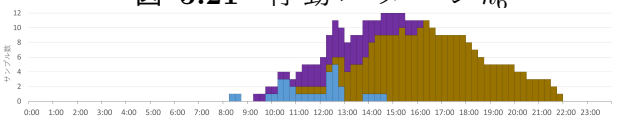


図–5.18　行動パターンk_3

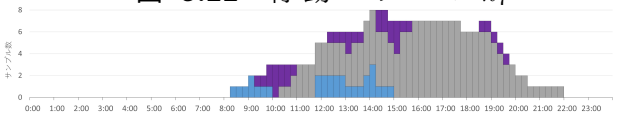
図–5.19　行動パターンk_4



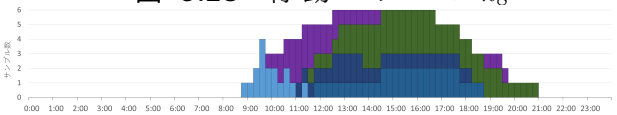
図–5.20　行動パターンk_5



図–5.21　行動パターンk_6



図–5.22　行動パターンk_7



図–5.23　行動パターンk_8

図–5.24　行動パターンk_9

図–5.25　行動パターンk_{10}

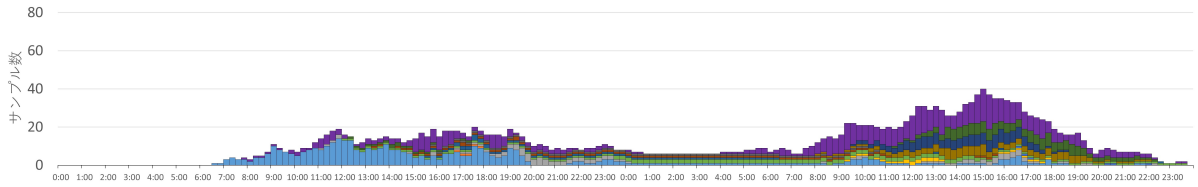
KIX AMA NMB ITA KOB UHM SIM TKT SAN KYO NAR OSK TRA

図-5.16 から **図-5.25** は関西滞在日数が1日の行動パターン$k_i(i = 1, 2, 3, \cdots 10)$について，$s_i(i = 1(0:00 \sim 0:15), 2(0:15 \sim 0:30), 3(0:30 \sim 0:45), \cdots, t = 96(23:45 \sim 24:00))$の各要素のサンプル数を示した図を横軸は時刻$i$，縦軸は$s_i$の各要素をサンプル数を示す．

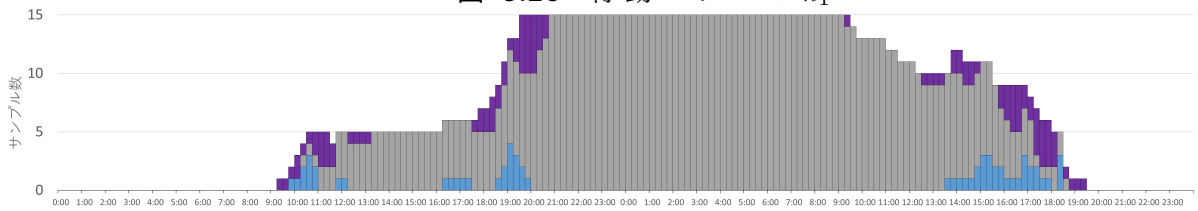
行動パターンk_1は11時から15時頃に関西国際空港に到着し，その後17時頃までに移動をしているサンプルが多い行動パターンである．主な目的地は難波駅であり，その他にも伊丹空港や大阪駅，京都駅など様々な場所に移動している．行動パターンk_2は9時から12時頃に関西国際空港に到着し，その後14時頃までに移動をしているサンプルが多い行動パターンである．目的地は行動パターンk_1と似た傾向を持ち，難波駅が主な目的地である．行動パターンk_3は16時から18時頃に関西国際空港に到着し，その後20時頃までに移動をしているサンプルが多い行動パターンであ

る．目的地は難波駅，大阪駅，京都駅などが多い．行動パターンk_4は14時から17時頃に関西国際空港に到着し，その後18時頃までに移動をしているサンプルが多い行動パターンである．主な目的地は難波駅である．行動パターンk_5は18時から20時頃に関西国際空港に到着し，その後21時頃までに移動をしているサンプルが多い行動パターンである．主な目的地は難波駅や京都駅である．行動パターンk_6は7時から9時頃，もしくは20時から22時頃に関西国際空港に到着し，その後24時頃までに移動をしているサンプルが多い行動パターンである．行動パターンk_7は7時から10時頃に関西国際空港に到着し，その後12時頃までに移動をしているサンプルが多い行動パターンである．主な目的地は難波駅や京都駅や尼崎駅である．行動パターンk_8は10時から13時頃に関西国際空港に到着し，その後京都駅に移動し，22時頃まで京都駅周辺に滞在しているサンプルが多い行動パターンである．行動パターンk_9は8時から15時頃に関西国際空港に到着し，その後難波駅に移動し，22時頃まで難波駅周辺に滞在しているサンプルが多い行動パターンである．行動パターンk_{10}は9時から11時頃に関西国際空港に到着し，その後大阪駅や奈良駅，新今宮駅に移動し，21時頃までその周辺に滞在しているサンプルが多い行動パターンである．

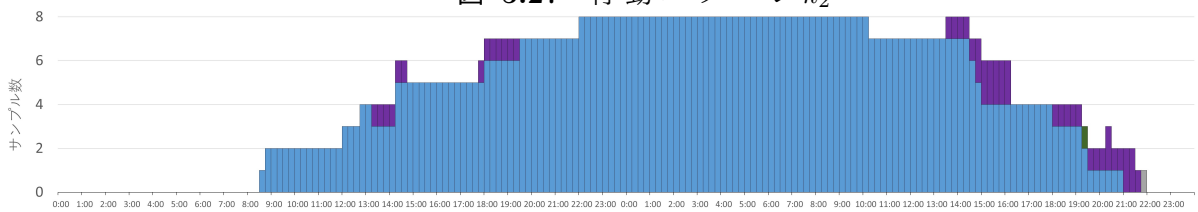
このように，各行動パターンによって関西国際空港に到着する時間が異なっている．行動パターンk_1からk_7は関西国際空港から移動し目的地に到着した後は，その場で長い時間滞在することなく別の場所に移動したと推定される．一方，行動パターンk_8からk_{10}は関西国際空港から移動し京都駅や難波駅，大阪駅，奈良駅，新今宮駅などの目的地に到着した後は，その周辺で半日程度滞在し，その後に別の場所に移動いたと推定される．



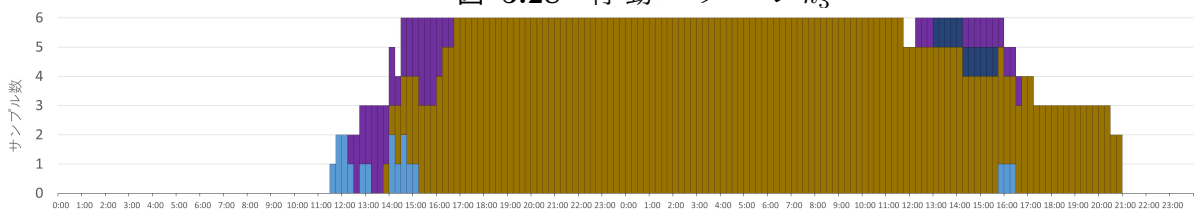
図–5.26　行動パターンk_1



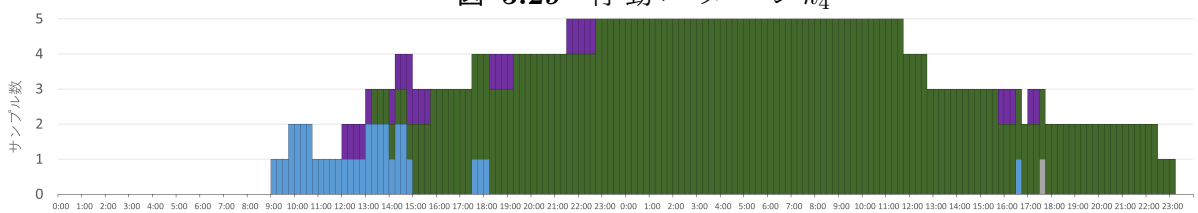
図–5.27　行動パターンk_2



図–5.28　行動パターンk_3



図–5.29　行動パターンk_4



図–5.30　行動パターンk_5

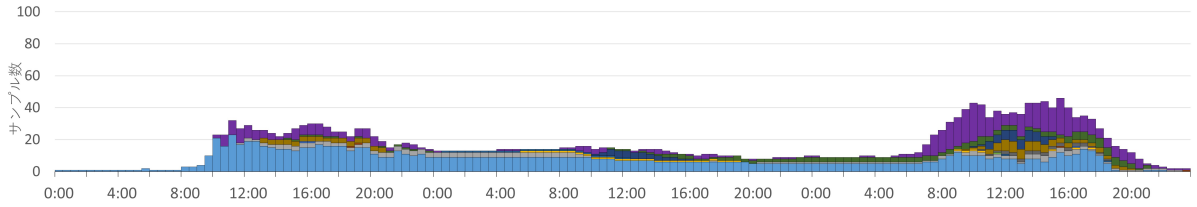
図-5.26から**図-5.30**は関西滞在日数が2日の行動パターン$k_i(i=1,2,3,\cdots 5)$について，

$s_i(i = 1(0:00 \sim 0:15), 2(0:15 \sim 0:30), 3(0:30 \sim 0:45), \cdots, t = 192(2日目の23:45 \sim 24:00))$の各要素のサンプル数を示した図を横軸は時刻$i$, 縦軸は$s_i$の各要素をサンプル数を示す.

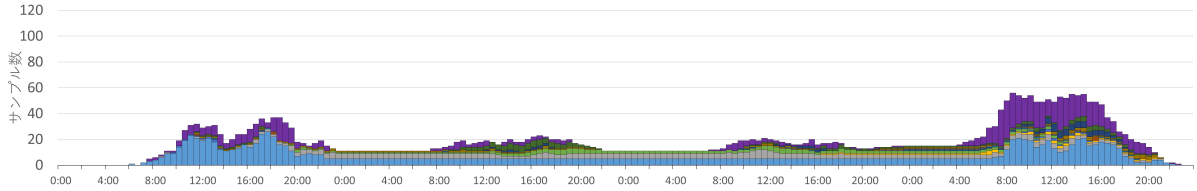
行動パターンk_1は1日目の様々な時間に関西国際空港に到着し，その後別の場所に移動した後，2日目に再び別の場所で観測される行動パターンが多い．つまり，1日目と2日目で別の場所で滞在しており，その間は観測地点以外の場所で宿泊をしていると推定される．一部のサンプルは2日目に関西国際空港で再び観測されており，関西を離れたことが推測される．ただし，1日目と2日目で同じ場所で観測され，その間の夜も滞在時間とされているサンプルも1部含まれており，関西国際空港周辺，新今宮駅，天下茶屋駅，三ノ宮駅周辺で宿泊したと推定されるサンプルが1つ，上本町駅周辺で宿泊したと推定されるサンプルが2つ存在する．

行動パターンk_2, k_4, k_5は1日目に関西国際空港に到着し，その後難波駅，京都駅，大阪駅へ移動し，2日目までその周辺に滞在し，その後関西国際空港または別の場所へ移動したと推定されるサンプルが多い行動パターンである．

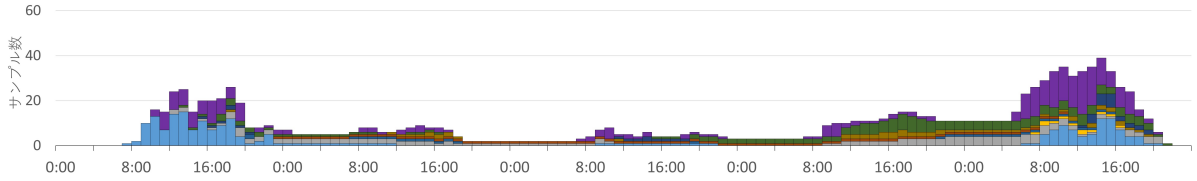
行動パターンk_3は1日目に関西国際空港に到着し，その後2日目に再び関西国際空港で観測されるまで，他の地点では観測されなかったサンプルが多い行動パターンである．この行動パターンのサンプルは，1日目と2日目の間に観測地点以外の場所で滞在し，その後関西国際空港から別の場所へ移動したと推定される．



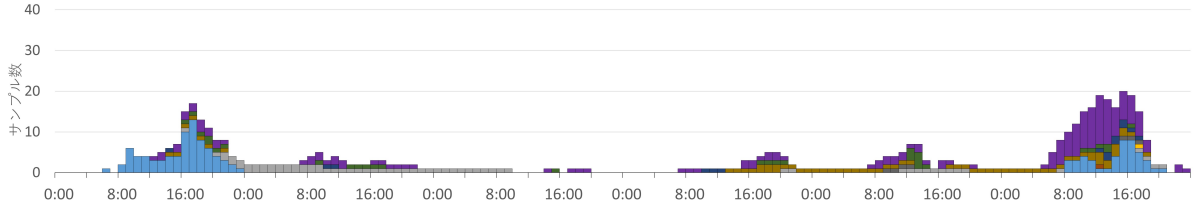
図–5.31 3日の行動パターンk_1



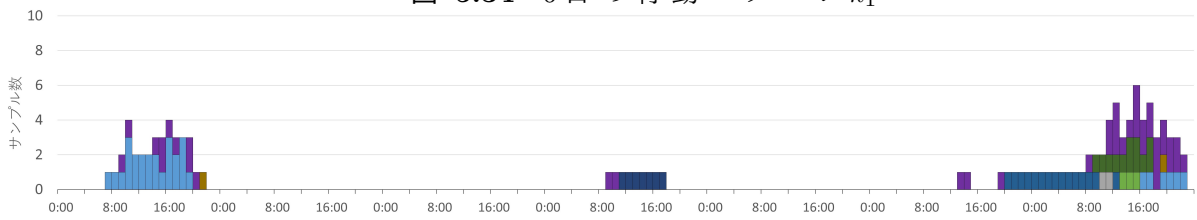
図–5.32 4日の行動パターンk_1



図–5.33 5日の行動パターンk_1



図–5.34 6日の行動パターンk_1



図–5.35 7日の行動パターンk_1

図-5.31は関西滞在日数が3日の行動パターンk_1について，$s_i(i = 1(0:00 \sim 0:30), 2(0:30 \sim$

$1:00), 3(1:00 \sim 1:30), \cdots, t = 144$(3日目の$23:30 \sim 24:00$))の各要素のサンプル数を示した図，**図-5.32**は関西滞在日数が4日の行動パターンk_1について，$s_i(i = 1(0:00 \sim 0:30), 2(0:30 \sim 1:00), 3(1:00 \sim 1:30), \cdots, t = 192$(4日目の$23:30 \sim 24:00$))の各要素のサンプル数を示した図，**図-5.33**は関西滞在日数が5日の行動パターンk_1について，$s_i(i = 1(0:00 \sim 1:00), 2(1:00 \sim 2:00), 3(2:00 \sim 3:00), \cdots, t = 120$(5日目の$23:00 \sim 24:00$))の各要素のサンプル数を示した図，**図-5.34**は関西滞在日数が6日の行動パターンk_1について，$s_i(i = 1(0:00 \sim 1:00), 2(1:00 \sim 2:00), 3(2:00 \sim 3:00), \cdots, t = 144$(6日目の$23:00 \sim 24:00$))の各要素のサンプル数を示した図，**図-5.35**は関西滞在日数が7日の行動パターンk_1について，$s_i(i = 1(0:00 \sim 1:00), 2(1:00 \sim 2:00), 3(2:00 \sim 3:00), \cdots, t = 168$(7日目の$23:00 \sim 24:00$))の各要素のサンプル数を示した図である．

関西滞在日数が3日以上の行動パターンの類型化は関西滞在日数が2日と似た傾向を持ち，行動パターンk_1は1日目に関西国際空港に到着し，その後日ごとに滞在場所を変える行動パターンが多く，行動パターンk_1以外の行動パターンは1日目に関西国際空港に到着し，その後難波駅，京都駅，大阪駅などへ移動し，最終日まで同じ場所周辺に滞在し，その後関西国際空港または別の場所へ移動したと推定されるサンプルが多い行動パターンであった(紙面の都合上，k_1のみ掲載した)．

関西滞在日数が3日の行動パターンk_1は1日目に関西国際空港に到着し，その後最終日に関西国際空港で観測されるサンプルや，1日目と2日目と3日目の滞在場所を変えており，中には京都駅周辺，奈良駅周辺，大阪駅周辺を全て回っているサンプルが観測された．

関西滞在日数が4日や5日の行動パターンk_1も関西滞在日数が3日の行動パターンk_1と似た傾向がみられ，日にちごとに滞在場所を変えていたり，難波駅，京都駅，大阪駅周辺などに宿泊していたりする行動パターンがみられた．一方で，2日以上どこでも観測されていないサンプルも多く存在し，その間は観測地点以外の場所で滞在していたと推定される．

関西滞在日数が6日と7日の行動パターンk_1は，1日目に関西国際空港で観測された後，最終日やその前日に別の場所で観測されるまでどこでも観測されないサンプルが多い行動パターンである．これは6日から7日の間主に観測地点以外の場所で滞在していると推定される．

参考文献

1) 総務省統計局:平成23年社会生活基本調査，調査の概要，調査票B(URL:https://www.stat．go．jp/data/shakai/2011/)，アクセス2023.1.20.

2) 西田純二, 中村俊之, 倉内文孝, 宇野伸宏, 中村眞, 津山和之, 大田香織, 小林潔: Wi-Fi/Bluetoothパケットセンサの連携による関西広域流動解析の実現 , 第66回土木計画学研究発表会・講演集,2022.

3) 梶谷真也: 若年層の生活時間の変化-『社会生活基本調査』匿名データを用いた分析- , 明星大学経済学研究紀要 ,Vol.47, No.1 ,pp.1-16, 2015.

4) 香川めい: 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, Vol.70, No.1，pp.97-113，2019.

5) E. デュルケム : 社会分業論，井伊玄太郎訳，講談社学術文庫，1989.

6) Levenshtein，Vladimir I : Binary codes capable of correcting deletions，insertions，and reversals，*Soviet physics doklady*, Vol.10, No.8, 1966.

7) Abbott，Andrew，and John Forrest： Optimal matching methods for historical sequences，*The Journal of Interdisciplinary History*，Vol.16, No.3，471-494，1986.

8) Studer，Matthias，and Gilbert Ritschard : What matters in differences between life trajectories: A comparative review of sequence dissimilarity measures，*Journal of the Royal Statistical Society Series A (Statistics in Society)*，Vol.179, No.2，481-511，2016.

9) 中田恵史, 岡本東, and 堀川三好: Wi-Fiプローブ要求からの行動分析のための同一端末推定手法, 第80回全国大会講演論文集 ,2018.1 ,pp.149-150,2018.