

# 活動順序を考慮した 活動間のつながりに関する基礎的分析

山本 航<sup>1</sup>・塚井 誠人<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 広島大学大学院 工学研究科 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山1丁目4-1)

E-mail: m103594@hiroshima-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 広島大学大学院 工学研究院社会環境空間部門 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山1丁目4-1)

E-mail: mtsukai@hiroshima-u.ac.jp

環境省は太陽光や風力などの再生可能エネルギーの導入に当たって、電力会社と需要家側との間で電力の発電量と消費量を双方向で通信可能な送電網であるスマートグリッドが必要とされている。その1つとして電気自動車の蓄電池を活用する方法がある。しかし、交通手段としての利用が優先される電気自動車の蓄電池を有効活用できるか否かを評価するためにはまず、電気自動車を使用する各個人の行動を記述する必要がある。本研究は、自由度の高い生活環境にある生活者の活動パターンを予測するために必要な活動の要件を、活動の順序、活動間のつながり、活動の時刻、活動の時間長として、その中でも特に活動間のつながりに対する基礎的分析を行った。

**Key Words :** *Activity-based approach , connect of activity , activity pattern , activity order*

## 1. はじめに

環境省は、エネルギー政策の一環として、再生可能エネルギー導入を進めている。しかし、再生エネルギーの発電量は天候によって左右される。このため発電量が少ない場合は、従来の発電所から電気を購入する、あるいはあらかじめ用意しておいた蓄電池に溜めていた電気を利用する必要がある。この一連の流れを行うためには、原子力発電や火力発電といった大型の集中型電源用に作られた送電網を、太陽光発電設備のような分散型電源と対応させること、そして電力会社と需要家側との間で、電力の発電量と消費量について双方向で通信すること、の2点が必要となる。しかし、現在の送電網では、双方向で通信を行うことは不可能である<sup>1)</sup>。この2点を兼ね備えた送電網がスマートグリッドである。東北での震災においても電気を溜めることが出来る蓄電池を組み込んだスマートグリッドは、緊急時の非常用電源として注目されている。ただし、これまで家庭用の蓄電池も市販されているが、蓄電できる電気は少ない。

電気自動車のバッテリーも蓄電池の1つであり、家庭の約2日分の電力消費量分の電気を蓄電することができる。スマートグリッドの最小単位は各家庭であるが、この電気自動車複数台の蓄電池を利用することによって、単位をひとつのエリアとして活用する案も考えられてい

る。ここで、エリア内の送電網に接続可能な全電気自動車のうち、接続されている電気自動車がどの時間に空き容量の総和がどれくらいであるかを把握できれば、各エリアで活用されるスマートグリッドを有効に機能させることができる。そのためには、まず各個人がどのような自動車利用を含む生活活動であるかを明らかにして、スマートグリッドに接続した状態で蓄電池として利用できる電気自動車の総充電可能量の時間変化を知る必要がある。

個人の活動を記述するためには、活動の種類、活動の時間長、活動の開始（もしくは終了）時刻、活動の場所、を記録する必要がある。また、食事をするために買い物に行く、といったように、それぞれの活動は非独立な場合があり、活動の順序、活動間のつながりの情報も記録すべきである。活動を記述した既往研究では、これらの情報の中から分析目的に合った情報を利用して活動を記述している。そこで、次章において、それぞれの研究がどの情報を用いるのかに着目して既往研究を整理する。なお本論文では、個人が活動 A から異なる活動 B に移ったときの活動 A と活動 B の状態を、活動間のつながりと定義する。

## 2. 既往研究のレビュー

### (1) 活動スケジュールリングについての既往研究

Activity-based アプローチは個人の活動の遂行に着目する代表的な手法である。これまでにこのアプローチに基づいて活動を記述したモデルが多く提案されている。

張<sup>2)</sup>は、従来の活動・交通行動モデルにおいて仮定される個人意思決定プロセスが、実際には同一世帯に属する構成員が相互作用する集合的な意思決定であると指摘して、集団効用理論と時間配分理論を融合させた世帯時間配分理論を提案し、世帯の時間配分モデルと活動選択モデルの同時推定モデルを定式化した。提案モデルは、オランダで収集された活動日誌調査データに適用され、その有効性が実証された。

福田ら<sup>3)</sup>は、今後増加すると考えられるアクティブ・シニア層の交通行動分析を念頭に、シニア夫婦世帯を対象とした活動時間配分モデルに関する基礎的な検討を行った。効用水準や時間利用パターンの感度分析を通じて、提案モデルの実用性を示した。

これらの研究は、活動の種類と活動の時間長に着目しており、時間配分理論に基づく分析である。しかし単純な時間配分理論では、活動の順序や活動間のつながりを表現できない。そこで張ら<sup>4)</sup>は、活動・移動の効用が制約条件による時刻によって異なることを前提として、活動・移動の順序の内生化を考慮した活動・移動スケジュールリングモデルの開発を行った。このモデルでは、各個人は、自分のスケジュールリングの総効用が最大となるように、各活動の移行タイミングを決定しているという効用最大化仮説から、最適な活動・移動の移行時刻を決定する。提案モデルは、航空利用スケジュール行動実態データに適用され、その有効性が実証された。なお、この分析では、活動の種類や活動の時間長だけでなく活動の順序を考慮しているものの、活動の時刻は外生的に与えられており考慮できていない。

一方、活動の順序を明示的に再現する手法として、マイクロシミュレーション手法を駆使することにより、生活行動パターンの詳細な予測を目的とする精緻なモデルが開発されている。藤井ら<sup>5)</sup>は、個人の生活行動の再現を図る際に活動の種類、活動の場所、活動の時刻を表現するプリズム制約を考慮した上で、個人生活行動に関する意思決定を時間軸上で逐次再現し、それに伴う生活行動の軌跡を生成する生活行動マイクロシミュレーションモデル PCATS (Prism-Constrained Activity-Travel Simulation) を構築した。PCATS では、個人の 1 日は、固定時間帯と自由時間帯に分類される。固定時間帯では、活動内容、場所、時間等の活動の要素は予め決められており、各個人は変更不可能である。自由時間帯では、個人の活動は、意思によって決められており、その内容は、活動内容選

択モデル、交通機関・目的地選択モデル等のサブモデルを用いて再現している。各サブモデルの選択肢集合は、現在位置と時刻、次の固定活動の開始時刻と場所に応じて現時点の活動に対して作用する時間的、空間的な制約条件を明示的に考慮して特定化されている。そして、1 日を通じて個人の生活行動全般の予測を図ることで、従来の行動モデルでは予測することが困難であった交通速度改善や勤務条件の変化等の交通政策が、個人へ及ぼす総体的な影響の評価を行うことができる。しかしながら、PCATS では固定時間帯を先験的に決めており、例えば一般的な行動特性とは異なるセカンドカーを分析対象とする場合、1 日のうちの固定時間帯を先験的に決めることができないという課題がある。

### (2) 活動パターン分類についての既往研究

1 日の生活行動の類似性を時間軸上、空間軸上で考えると、個人の生活の類似性は時空間パスの類似性に帰着する。ただし、活動内容を再現するためには、時空間パスの形状だけでなく、各活動の内容とそれらの連鎖パターンを考慮しなければならない。活動パターン分類の研究は、活動パターンに影響を与える要因として行動制約を重視するか、あるいは個人属性を重視するかによって、大別できる。

行動制約を重視した既往研究として、西井ら<sup>6)</sup>は、個人の 1 日の生活を再現するシミュレーションの再現性評価方法として、類型化された生活行動の再現性を提案した。そのための基礎的な分析として、アクティビティダイアリーデータ (以下 AD データ) を用いて、1 日の活動パターンがどの程度類型化可能であるかを検討した。この研究では、AD データを個人の活動データから時間利用データに変換し、1 日の活動の時間配分をデータとして、主成分分析により各活動時間の主成分得点を求めた。さらに得られた主成分得点にクラスター分析を適用して、活動のパターンの類型化を行った。この研究では、活動の時刻や活動の時間長を用いているが、活動の種類について考慮されていない。

山根ら<sup>7)</sup>は、個人の 1 日の交通行動パターンを目的と交通手段の組み合わせとして定義し、交通行動パターンを分類する際に、データ取得、整理分析段階での分析者の恣意的な判断を出来る限り排除するため、決定木・回帰木手法の 1 つである CHAID を適用したパターン特性分析を行った。その結果、目的と交通手段で定義された 38 の交通行動パターンを CHAID により 12 パターンに分類した。この研究では、活動の種類、活動間のつながりについて考慮されているものの、活動の順序、活動の時刻、活動の時間長については考慮されていない。

嶋本ら<sup>8)</sup>は、既往研究において行われた類型化は活動の順序を考慮していないことを指摘し、言語学における

文字列の類似度評価手法である SAM を交通工学の分野において応用した OT-MDSAM, 多次元尺度手法, さらにクラスター分析を組み合わせて, 活動の順序が明示的に考慮可能な活動パターン手法を提案し, 提案手法と活動の順序を考慮していない従来手法を比較して, それらの分類妥当性を検討した. その結果, 特に中山間地域では自由に移動できる交通手段の有無が活動の順序, 活動数に影響を及ぼす提案手法の優位性を明らかにした. しかしながら, この研究では活動間のつながりは考慮されていない.

一方, 個人属性を重視した既往の研究として坂本ら<sup>9)</sup>は, 世帯が消費している家庭エネルギーと交通エネルギーには, 活動スケジュールを通じた相関関係があるという前提のもと, 複数の統計調査の個人属性を組み合わせることにより, 活動スケジュール生成を個人属性別世帯属性別で行った. この研究では, 活動の時刻, 活動の時間長, 活動の種類, 活動の場所について考慮されている.

しかし, 活動間のつながりについては考慮されていない. 池田ら<sup>10)</sup>は, 個人による交通行動の本質的な違いをマーケティング的な視点から分かりやすく捉えるための分析単位として, 多変量解析に基づく複数の都市間, 年度間で共通した個人の行動群を提案した. 行動群は, 西井らの分類方法と同様に, 交通行動指標を集計した値をデータとして主成分分析により, 各交通行動指標の主成分得点を求め, その主成分得点にクラスター分析を適用することにより設定した. この研究では, 活動の時間に関する考慮はされていない.

### (3) 既往研究の整理

表-1 に(2)節でレビューした各研究においてそれぞれ考慮された活動の情報を整理する. このように, 活動パターンに対して行動制約に着目した研究や個人属性に着目した研究が行われており, 時間配分や場所の制約を扱った研究が多いことが分かる.

一方本研究は, 自由度の高い生活環境にある生活者の活動パターンを予測することを目的にしているため, 特に活動の順序, 活動間のつながり, 活動の時刻, 活動の時間長に着目する. 以下, 活動間のつながりに対する基礎的分析を行うこととした.

## 3. 使用データについて

本研究では, 社会生活基本調査の中国地方の都市域のデータを用いる. 都市域とは, 広島市, 福山市, 岡山市, 倉敷市の人口 40 万人以上の地域を指す. 表-2 に調査の概要を示す. 総務省統計局による社会生活基本調査は, 指定統計として昭和 51 年から 5 年周期で実施されてい

表-1 既往研究における着目した活動情報の整理

著者 (年)	種類	時間長	時刻	場所	順序	つながり	個人属性	世帯属性
張 (2002)	○	○		○			○	○
福田 (2007)	○	○		○			○	○
張 (2004)	○	○			○			
藤井 (1997)	○	○	○	○	○		○	
西井 (2002)		○	○	○			○	
山根 (2007)	○			○		○	○	
嶋本 (2009)	○	○	○	○	○		○	○
坂本 (2011)	○	○	○	○	○		○	○
池田 (2003)							○	○

表-2 調査概要

調査名	社会生活基本調査
実施期間	総務省統計局
調査年	昭和 51, 56, 61 年 平成 3, 8, 13, 18, 23
サンプル数	約 20~25 万人×連続した 2 日間
中国都市域の サンプル数	2091
調査方法	訪問調査・訪問回収

る. 同調査は, 「国民の社会生活の実態を明らかにするため」に個人の生活行動や生活時間の把握を目的としている. 平成 18 年調査では, 約 8 万の世帯を対象に 10 歳以上の世帯員全員約 20 万人が対象者であった.

社会生活基本調査では, 日記形式で 15 分刻みでの 1 日(調査指定日連続 2 日間)の行動種類の把握が行われる. 回答者は, [睡眠, 身の回りの用事, 食事, 通勤・通学, 仕事, 学業, 家事, 介護・看護, 育児, 買い物, 移動(通勤・通学を除く), テレビ・ラジオ・新聞雑誌, 休養・くつろぎ, 学習・研究(学業以外), 趣味・娯楽, スポーツ, ボランティア活動・社会参加活動, 交際・付き合い, 受診・療養, その他] 等のカテゴリでプリコードされた 20 区分の行動種類から, 15 分刻みの時間配分を記録する.

#### 4. 活動間のつながり

個人の活動間のつながりの強さを観察するために、社会生活基本調査のデータを用いて集計を行った。社会生活基本調査では15分ごとに活動が回答されており、その活動が変化した時の活動間のつながりを1パターンとして抽出を行った。

表-3に活動の順序を考慮した2活動間のつながりの発生割合が高い上位15パターンを示す。活動の種類は全部で20種類存在するにも関わらず、発生割合が高かったのは、家事、食事、TV・ラジオ・新聞・雑誌、身の回りの用事、睡眠、休養・くつろぎ、の6種類の中での活動間のつながりであった。特に、食事や家事と他の活動間でのつながりの発生割合が高く、家事から食事、食事から家事、の2パターンが発生割合の上位2つであった。表-4に活動の順序を考慮した3活動間のつながりの発生割合が高い上位15パターンを示す。3活動間のつながりの発生割合の上位5つは、2活動間のつながりと同様の6種類の中での活動間のつながりであった。また、3活動間でも家事と食事と家事、家事と食事と他の活動間でのつながりの発生割合が高い値を示した。

表-5に活動間の開始時刻と種類の間隔のつながりの発生割合が高い上位15パターンを示す。上述と同様に表-4においても、食事や家事に関する活動間のつながりが強いことが分かった。開始時刻に着目すると、15パターンの中でも比較的昼間の開始時刻が上位を占めていた。また、開始時刻が朝であるパターンは2つと少ないが、食事や家事ではなく身の回りの用事が朝の決まった時刻に始まり、その後食事を行うといったパターンがみられた。さらに、TV・ラジオ・新聞・雑誌を正午の食事の後にやるパターンの発生割合が最も高い。以上より、時刻情報を付け加えると、食事と家事とのつながりよりも強い活動があることが分かった。

表-6に活動間の時間長と種類の間隔のつながりの発生割合が高い上位15パターンを示す。30分間同士の家事と食事の活動間のつながりの発生割合が高い結果となった。また、15パターン中14パターンが食事とのつながりであり、開始時刻と同様に食事に関する活動のつながりが強いことが確認できた。1時間の活動とのつながりの発生割合は低く、30分間もしくは15分間の活動のつながりの発生割合が高いことから、短い時間での活動の組み合わせが多いことが分かる。

これらの結果より、行動パターンにおいて食事と家事との活動間のつながりが強いことが明らかとなった。また、食事や家事の前後の活動について、いくつかの決まった活動とのつながりが強いことから、それらの決まった活動の中からの選択が行われていると考えられる。さらに、活動間のつながりに開始時刻や時間長の情報を付

表-3 活動の順序を考慮した2活動間のつながり

(上位15パターン)

活動間のつながり (2つ)		発生割合
家事	— 食事	6.252%
食事	— 家事	5.278%
食事	— TV・ラジオ・新聞・雑誌	4.325%
身の回りの用事	— 食事	3.305%
TV・ラジオ・新聞・雑誌	— 睡眠	3.126%
家事	— TV・ラジオ・新聞・雑誌	2.944%
身の回りの用事	— TV・ラジオ・新聞・雑誌	2.308%
食事	— 身の回りの用事	2.271%
身の回りの用事	— 家事	2.174%
TV・ラジオ・新聞・雑誌	— 家事	2.114%
TV・ラジオ・新聞・雑誌	— 身の回りの用事	2.110%
食事	— 休養・くつろぎ	2.095%
TV・ラジオ・新聞・雑誌	— 食事	1.958%
家事	— 身の回りの用事	1.789%
身の回りの用事	— 睡眠	1.549%
計		43.597%

け加えると、発生割合は低下するものの、食事と家事よりも強い活動間のつながりを観察することができた。また、多くの活動は短時間での活動間の組み合わせによるパターンであることが分かった。

#### 5. おわりに

本研究では、個人の活動を記述するために必要な情報のなかで、活動の順序、活動のつながり、活動の時刻、活動の時間長に着目し、特に活動間のつながりに対する知見を得ることを目的として、社会生活基本調査のデータを用いて分析を行った。得られた知見を以下に示す。

- 食事と家事との活動間のつながりが強いこと
- 食事や家事の前後の活動は複数の決まった活動の中から選択して行われている可能性があること
- 開始時刻を考慮すると、正午開始の食事と12時半開始のTV・ラジオ・新聞・雑誌の活動間のつながりの発生割合が最も高いこと
- 時間長を考慮すると、短時間の活動間の組み合わせによるパターンが多いこと

今後は活動のつながりを考慮した活動スケジュールモデルの開発が課題となる。

表-4 活動の順序を考慮した3活動間のつながり（上位15パターン）

活動間のつながり（3つ）				発生割合	
家事	---	食事	---	家事	3.316%
食事	---	家事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	1.962%
家事	---	食事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	1.336%
身の回りの用事	---	家事	---	食事	1.263%
身の回りの用事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	---	睡眠	1.172%
移動（通勤・通学を除く）	---	買い物	---	移動（通勤・通学を除く）	1.145%
身の回りの用事	---	食事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	0.989%
身の回りの用事	---	食事	---	家事	0.987%
食事	---	家事	---	身の回りの用事	0.917%
TV・ラジオ・新聞・雑誌	---	食事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	0.914%
食事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	---	睡眠	0.885%
TV・ラジオ・新聞・雑誌	---	家事	---	食事	0.859%
食事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	---	身の回りの用事	0.821%
食事	---	身の回りの用事	---	TV・ラジオ・新聞・雑誌	0.821%
休養・くつろぎ	---	家事	---	食事	0.770%
				計	18.158%

表-5 活動間の開始時刻と種類のつながり（上位15パターン）

開始時刻	種類	開始時刻	種類	発生割合	
12:00	食事	---	12:30 TV・ラジオ・新聞・雑誌	0.422%	
7:30	食事	---	8:00 家事	0.270%	
12:00	食事	---	12:30 家事	0.233%	
11:30	家事	---	12:00 食事	0.223%	
19:00	食事	---	20:00 TV・ラジオ・新聞・雑誌	0.206%	
12:00	食事	---	12:30 休養・くつろぎ	0.193%	
18:00	食事	---	18:30 家事	0.191%	
7:00	食事	---	7:30 家事	0.188%	
19:00	食事	---	19:30 家事	0.164%	
11:45	家事	---	12:00 食事	0.162%	
6:30	身の回りの用事	---	7:00 食事	0.159%	
18:00	食事	---	18:30 TV・ラジオ・新聞・雑誌	0.159%	
6:00	身の回りの用事	---	7:00 食事	0.157%	
12:00	食事	---	13:00 家事	0.154%	
17:00	家事	---	18:00 食事	0.147%	
				計	3.029%

表-6 活動間の時間長（分）と種類のつながり（上位15パターン）

時間長	種類	時間長	種類	発生割合	
30	家事	---	30 食事	0.930%	
30	食事	---	30 家事	0.768%	
30	身の回りの用事	---	30 食事	0.594%	
15	家事	---	30 食事	0.551%	
30	食事	---	15 家事	0.492%	
15	身の回りの用事	---	30 食事	0.404%	
30	食事	---	30 身の回りの用事	0.401%	
60	家事	---	30 食事	0.376%	
30	食事	---	60 家事	0.375%	
45	家事	---	30 食事	0.360%	
60	家事	---	60 食事	0.356%	
30	食事	---	60 TV・ラジオ・新聞・雑誌	0.325%	
45	食事	---	30 家事	0.320%	
15	身の回りの用事	---	15 食事	0.305%	
30	身の回りの用事	---	30 家事	0.295%	
				計	6.853%

## 参考文献

- 1) 横山明彦：スマートグリッド，日本電気協会新聞部，2010.
- 2) 張峻屹：世帯時間配分理論の提案，土木計画学研究・講演集，Vol.26 (CD-ROM)
- 3) 福田大輔，松村隆，屋井鉄雄：時間・費用制約下におけるシニア夫婦世帯の活動時間配分モデルに関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，Vol.24，No.3，pp.557-566，2007.
- 4) 張峻屹，藤原章正，石川智之，李百鎮：タイミングの効用を考慮した活動・移動スケジューリングモデルの開発，土木計画学研究・講演集，No.30 (CD-ROM).
- 5) 藤井聡，大塚祐一郎，北村隆一，門間俊幸：時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築：土木計画学研究・論文集，No.14，pp.643-652，1997.
- 6) 西井和夫，佐々木邦明，鈴木陽介：アクティビティ調査に基づく時間利用パターンの多変量解析手法を用いた類型化，第 22 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.149-152，2002.
- 7) 山根公八，張峻屹，藤原章正：地方都市における交通行動パターンの分類に関する試み，第 27 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.189-192，2007.
- 8) 嶋本寛，西尾慎也，張峻屹，藤原章正：活動順序に着目した活動パターン分類手法の特性検証，第 29 回交通工学研究発表会論文報告集，pp.281-284，2009.
- 9) 坂本将吾，鹿島茂，谷下雅義：複数の統計調査を組み合わせた世帯の家庭・交通エネルギー消費量の同時推定方法の検討，土木計画学研究・講演集，Vol.43，CD-R，2011.
- 10) 池田大一郎，波部友紀，久田由佳，谷口守：移転可能性を備えた行動群の提案とその特性及び経年的都市滞留分析への適用，土木学会論文集，No.744/IV-61，pp.113-122，2003.

(2011.8.5 受付)