

集団意思決定過程の観測に基づくグループの外出場所選択行動のモデル化

Modeling the destination choice of joint eating-out activities considering group-level decision-making processes

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 37-226155 岡村幸樹

In recent years, the importance of social networks and its relation to leisure activities have been pointed out in the transportation field. However, research has mostly focused on the interactions among network members or its geographical attributes, with few studied about destination choice. In this study, destination choice of joint eating-out activity is modeled using a novel dataset collected from an experiment in which groups' decision-making processes were observed. Results showed that the standard deviation of travel time to destination positively affects choice probability, and the strong impact of individual preferences in explaining choice behavior. Furthermore, another model nesting alternatives by areas was estimated. This model showed the validity of nest by area in the context of destination choice.

1. 序論

OECD は日本人の平均余暇活動時間は 4.6 時間/日¹⁾であることを明らかにしており、余暇活動も日常生活において重要な役割を果たすとともに、交通計画分野における余暇目的トリップの存在は無視できない。余暇活動の多くは同行者を伴うことを錢ら²⁾は明らかにしており、特にスポーツや外食では平日・休日ともに集団で実行される割合が高いことがわかっている。このように交通計画分野で重要性がより認識されている余暇活動は同行者を伴い集団で行われることの多い活動であり、社会的ネットワークとも密接に関係するものである。

一方で、余暇活動に関する研究の焦点は社会的ネットワークの地理的特性や相互作用に関する研究が多く、余暇活動の目的地選択を扱った研究は少ない。そこで本研究では余暇活動の中でも会食活動に着目し、集団の余暇活動目的地選択をモデル化し、その結果から集団の目的地選択に影響する要因とその程度を明らかにすることを目的とする。また、目的地までの交通水準や店舗の評価・個人の選好が選択にどのように影響するか、選択肢の立地と地域特性がどのような影響を与えるかを明らかにする。

これまで Axhausen³⁾ が交通計画分野における社会的ネットワークの重要性を指摘し、

そのためのデータ要件を示したことで、社会的ネットワークに関するデータの収集と分析が行われてきた⁴⁾。それらの研究ではアンケート回答者中心の社会的ネットワークについてデータ収集が行われてきたものの、アンケートに回答した代表者(Ego)の回答に依存する形式(Ego-centric)が多く、集団に関するデータ収集に限界があった。この限界を克服する Parady et al.⁵⁾ が提案した x-GDP 調査は、集団の会食行動に関してテキストベースで行われる意思決定過程を観察することで集団に関するデータ収集の制約を大きく取り払う手法となっている。

集団意思決定のモデル化に向けては、Arentze & Timmermans⁶⁾ による集団内の相互作用による意思決定力学を組み込むための理論的枠組みの提案や Arentze⁷⁾ の交渉過程を想定した集団による活動選択の実証的モデルの開発、Beck & Rose⁸⁾ の個人の選好を内生化する対話型選択実験から集団意思決定に関するデータの取得方法を示した研究などがある。

余暇活動場所選択に焦点を絞ると、Akar et al.⁹⁾ は余暇活動場所(自宅/自宅外)選択を分析し、活動類型ごとに交通特性の影響の大きさが異なることを示した。Han et al.¹⁰⁾ は社会的ネットワーク調査と集団の活動調査の結果から集団の移動抵抗を組み込み、ゾーンレベルの会食場所選択モデルを推定した。その

結果、グループの平均所要時間が選択確率に最も大きな影響を与えていることや目的地までの所要時間の標準偏差が目的地の選択確率に正に影響していることを示した。

活動場所選択を含む空間選択問題では各意思決定者の真の選択肢集合を観測できないため、全体集合からのサンプリングにより選択肢集合を形成することが一般的である。空間選択問題における選択肢集合の形成について、Pagliara & Timmermans¹¹⁾により選択肢集合の生成方法に関するレビューがなされており、分析者の裁量により確定的な選択肢集合を定める方法や確率的に選択肢集合を形成する手法に大きく分けられるとされる。

これらを整理すると、集団意思決定をモデル化する手法の提案はあるが集団全体から取得されたデータに基づく分析は少ない。また余暇活動場所選択について集団による選択を扱ったものは少なく、Han et al.による研究もゾーンレベルの分析に留まる。加えて分析に用いるデータの限界から選択肢集合のサンプリングを伴うものが多い。こうした限界に対し、本研究はx-GDP調査から得られた、意思決定場面における明示的な選択肢集合を含む集団に関する詳細なデータから、店舗レベルでの目的地選択行動をモデル化していることに新規性がある。

論文の構成は以下の通りである。2章では分析データを取得したx-GDP調査の概要を説明する。3章では目的地選択モデルの推定に先立ち行った会食行動と交通手段選択に関する分析を行う。4章では集団の会食場所選択行動をモデル化し、その結果を考察する。5章では店舗と立地する地域特性の関係性についてモデル推定の結果から明らかにする。最後に6章で本研究の結論と限界について記述しまとめる。

2. 分析データの取得

2022年10月~2023年1月に東京大学の学生を1人以上含む3~5人から成る計217グループに対し、そのグループで行う会食に関する意思決定過程を観察する実験を行った。収集したデータの概要を表1に、実験の流れを図1に、それぞれ示した。実験内容と結果の詳細はParady et al.⁹⁾を参照されたい。

実験参加者の居住地と店舗の分布を図2に示す。居住地は都心から郊外にかけて広く分布する一方、店舗の分布を見ると鉄道路線沿いに集中しており、特に山手線沿線やその内側、井の頭線沿線でその程度が顕著である。山手線周辺は公共交通によるアクセスの良さや沿線に繁華街が多く存在することに、井の

頭線沿線は本実験における参加者の多くを東大生が占めることに起因すると考えられる。

表1 各調査の質問事項

調査	調査内容
調査①	性別、年齢、会食時の意向など
調査②	グループの人間関係、会食頻度など
調査③	列挙された店舗の各個人による選好
調査④	会食店の選択理由、候補店の情報
調査⑤	当日のスケジュールの予定
調査⑥	実際のスケジュール
その他	実験の録画、LINEトーク履歴など

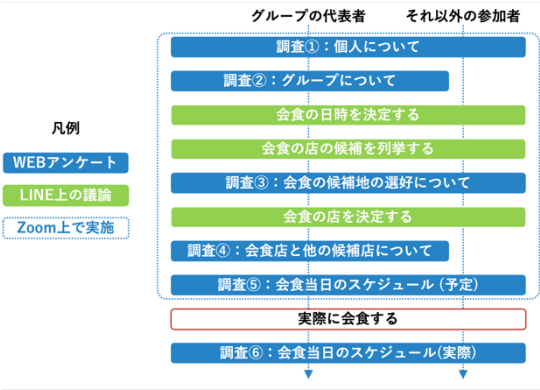


図1 実験の流れ

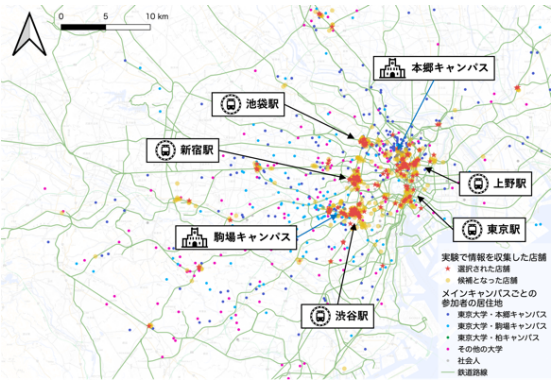


図2 実験参加者の居住地と店舗の分布

3. 会食行動における交通手段選択分析

目的地選択のモデル化においては説明変数として目的地までの所要時間や距離などがよく用いられる。本研究でも集団レベルの移動抵抗として店舗/自宅までの所要時間を組み込み、モデル化する。その中で、選択されなかった目的地までのトリップに関する所要時間を推定する必要があるが、交通手段により推定の所要時間は変化する。そこで、会食当日のデータから交通手段選択モデルを推定し、

そのモデルにより仮想トリップの交通手段を予測する。予測された手段を利用した場合の所要時間を推定することで、モデルの説明変数の精度向上を図る。推定にあたりバス・バイクのトリップが少ないことから、鉄道とバスを合わせて公共交通、自動車とバイクを自動車として一体的に扱った。

推定したモデルを用いて予測された分担率は、実際には会食を行わなかった店舗までのトリップでは公共交通 67.8%、徒歩 31.6%、自転車 0.2%、自動車 0.4%、自宅までのトリップでは公共交通 87.9%、徒歩 11.1%、自転車 0.4%、自動車 0.6%であった。なお店舗までのトリップの実際の分担率は公共交通 64.7%、徒歩 29.9%、自転車 4.5%、自動車 0.9%であった。

4. 集団による会食場所選択のモデル化

集団の会食場所選択行動のモデル化を試みる。ここでは離散選択モデルの中でよく用いられる多項ロジット(MNL)モデルにより、各グループが選択肢集合から会食店舗を選択する行動をモデル化する。MNL モデルを含む離散選択モデルでは各意思決定者が効用を最大化する選択を行うと仮定し、効用関数のパラメータを推定することで選択行動をモデル化する。

選択肢集合については調査④で収集した各グループが実際に議論の中で候補に挙げた選択肢を各グループの選択肢集合とした。会食店舗を決定する議論を行う前にグループの各メンバーに最低 1 つ店舗の候補を列举してもらったが、収集したデータ(調査④では候補の店舗を特定できる「食ベログ」等の URL を収集した)の回答不備や店舗が閉店したこと等によるデータ処理上の限界から、選択肢数の最小値はグループの最少人数を下回ることがあり、各グループの選択肢集合に含まれる店舗の数は、最小で 1、最大で 11、平均は 5.31 であった(本研究では選択肢集合の数が 1 となったグループもサンプルに加え推定を行った)。

説明変数には、店舗まで/からの交通水準を示すものとして店舗/自宅までの所要時間を用いた。所要時間はモデル中で集団の移動抵抗として表現するため、グループの最大値・平均値を用いる 2 つのモデル(それぞれ最大値モデル・平均値モデルと呼ぶ)を推定した。またグループの情報を用いたモデルと個人の情報のみで表したモデルを比較するため、各グループから無作為に抽出した 1 人の所要時間を用いる Ego モデルも推定した。グループ内の所要時間のばらつきが選択に与える影響を

確認するため、所要時間の標準偏差も合わせて用いた。Ego モデルでは標準偏差は除外している。店舗の魅力度を表す変数には飲食店検索・予約サイト「食ベログ」の平均点数を用いた。加えて個人の選好を表す変数を用いた。この変数は調査③で収集した店舗の選好順から計算される。最大値モデル・平均値モデルではグループ内でその店舗を最高位に順位づけした人数の割合を示す連続変数であり、Ego モデルでは抽出した個人がその店舗を最高位に順位づけしたかどうかを表すダミー変数である。個人の選好を表す変数の有無によるモデルの説明力の差を明らかにするため、それぞれのモデルで個人の選好を表す変数を外したモデルと含めたモデルの 2 種類を推定する。なお推定にあたり、実際に選択された店舗が「食ベログ」に掲載されておらず、店舗の評価を調査することのできなかった 1 グループを推定から除いたため、サンプル数は 216 グループである。各説明変数とモデルの構造を表 2 で示す。

表 2 各変数とモデル構造

説明変数	値
店舗までの所要時間	●
店舗までの所要時間の標準偏差	▲
自宅までの所要時間	●
自宅までの所要時間の標準偏差	▲
食ベログ点数	○
個人の選好	△

●：モデルにより別の値(最大値・平均値・無作為に抽出した個人の値)

▲：Ego モデルでは除外

○：すべてのモデルで同一の値

△：モデルに入るものと除外されるものあり

表 3 平均値モデル (MNL) の推定結果

説明変数	推定値	t値	
店舗までの所要時間	<0.01	0.07	
店舗までの所要時間の標準偏差	0.09	3.28	***
自宅までの所要時間	-0.03	-1.36	
自宅までの所要時間の標準偏差	-0.04	-1.64	
食ベログ点数	0.59	1.50	
個人の選好	3.49	10.83	***
* $p < 0.1$ ** $p < 0.05$ *** $p < 0.01$			
サンプル数	216		
LL(0)	-341.06		
LL(θ)	-255.57		
ρ^2	0.251		
Adjusted ρ^2	0.233		

以上で述べた設定の下、6 種類のモデルを推定した。推定の結果、最大値モデル・平均値モデル・Ego モデルのいずれのモデルにおいても、個人の選好を表す変数を除外したモデルでは、調整済み決定係数の値が小さくなった(それぞれのモデルでの値は最大値モデルで 0.018、平均値モデルで 0.018、Ego モデルで 0.004 となった)。また、個人の情報だけを用いた Ego モデルでは、個人の選好を表す変数を追加したモデルにおいても決定係数の値は 0.036 と小さく、十分な説明力を有さないモデルとなった。この結果から集団の選択行動をモデル化する上で、集団に属する全員の情報を表現する変数を用いることの重要性が示された。

個人の選好を表す変数を追加した最大値モデル・平均値モデルでは、係数の推定値や決定係数はどちらのモデルも近い値を示し、また決定係数については十分な説明力を有する値(最大値モデルで 0.234、平均値モデルで 0.233)を示した。そのため本稿では紙幅の関係上、平均値モデルの推定結果を表 3 に示している。

表 4 各変数の集計弾力性の平均値

説明変数	集計弾力性の平均値
店舗までの所要時間	0.028
店舗までの所要時間の標準偏差	1.085
自宅までの所要時間	-0.941
自宅までの所要時間の標準偏差	-0.599
食べログ点数	1.580
個人の選好	0.349

平均値モデルによる各変数の弾力性を表 4 に示した。各意思決定者の自己弾力性を、予測選択確率を用いた重みづけ平均により集計し、その値を全選択肢で平均した。表 4 から、店舗までの所要時間の標準偏差が 1%増加すると店舗の選択確率が平均 1.085%増加することがわかる。食べログ点数は 1%の増加が選択確率を平均 1.580%増加させるが、データにおける点数の分散が小さく多くの店舗の値は 3 点台前半に集中しており、実質的な影響は小さいと考えられる。店舗までの所要時間およびその標準偏差と比較して、自宅までの所要時間は 1%の増加により選択確率を 0.941%、その標準偏差は 1%の増加により選択確率を 0.599%減少させる結果となった。

また、各変数が変化した場合の選択確率の変化のシミュレーションを行った。図 3 は所要時間の標準偏差の変化による選択確率の変

化を、図 4 は個人の選好を表す変数の変化による選択確率の変化を示す。

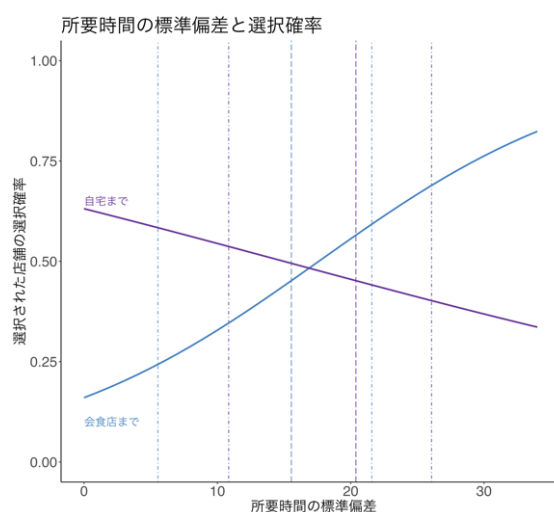


図 3 所要時間の標準偏差と選択確率
破線はデータの平均値、一点鎖線はデータの 25 パーセンタイル値・75 パーセンタイル値を示す

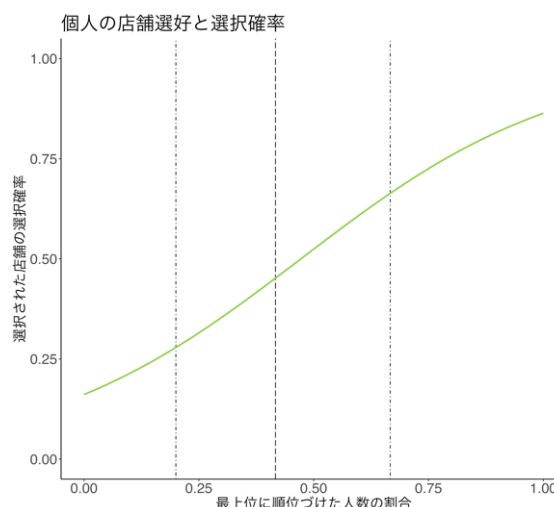


図 4 個人の選好と選択確率
破線はデータの平均値、一点鎖線はデータの 25 パーセンタイル値・75 パーセンタイル値を示す

シミュレーションの結果、自宅までの所要時間の標準偏差が増加すると選択確率は減少する一方、目的地までの所要時間の標準偏差が増加すると選択確率は増加することが確認できる。また、個人の選好を表す変数の変化による選択確率の変化が大きく、例えば 4 人グループで最上位に順位づけた人数が 1 人(0.25)から 3 人(0.75)に増加した場合、選択確

率は約 30 ポイント増加することが明らかとなった。

5. 会食場所選択と地域特性の関係性

4 章では集団の会食場所選択行動を MNL によりモデル化した。MNL は扱いやすく結果も解釈しやすい一方、選択肢間は互いに独立で共通の効用を許容しない (IIA 特性)。しかし、会食場所選択では同一エリアに属する選択肢間に共通する効用が生じている可能性がある。そこで本章ではネステッドロジット (NL) モデルを用いてネスト内の選択肢間の共通効用を許容することで、会食場所選択と地域特性との関係性を明らかにする。

表 5 平均値モデル (NL) の推定結果

説明変数	推定値	t 値	
店舗までの所要時間	< 0.01	0.25	
店舗までの所要時間の標準偏差	0.08	2.83	***
自宅までの所要時間	-0.03	-1.80	*
自宅までの所要時間の標準偏差	-0.03	-1.79	*
食ベログ点数	0.46	1.32	
個人の選好	3.05	6.91	***
LOGSUM (山手線沿線)	0.93	0.46 ^{*1}	
LOGSUM (山手線内部)	0.52	4.02 ^{*1}	***
LOGSUM (井の頭線沿線)	0.39	2.89 ^{*1}	***
* $p < 0.1$ ** $p < 0.05$ *** $p < 0.01$			
サンプル数	216		
LL(0)	-341.06		
LL(θ)	-251.5		
ρ^2	0.263		
Adjusted ρ^2	0.236		

*1 : LOGSUM パラメータの t 値および有意水準は推定値が 1 と統計的に異なるかどうかを示す。また表には記載していないが推定値が 0 と統計的に有意差があることも検定により確認している。

NL モデルは選択肢を k 個のネストに分け、ネスト内の選択肢間に共通の効用が存在することを仮定し、選択確率を選択肢 i が属するネスト B_k を選択する確率と、選択肢 i を選択する条件付き確率の積で表す。

選択肢の階層構造は次のように定める。まず各店舗の最寄り駅を特定し、「食ベログ」で採用されているエリアのうち最寄り駅が属するエリアをその店舗が属するエリアとした。これによりエリアを「山手線沿線」・「山手線

内部」・「井の頭線沿線」・「それ以外」の 4 つに分類し、「それ以外」に属すると判断された店舗はモデルではどのネストにも属さない選択肢として扱う。

以上の条件の下で推定されたモデルのうち、平均値モデルの推定結果を表 5 に示す。調整済み ρ^2 の値は 4 章で推定した MNL と同程度であり、説明力はこちらのモデルも十分に有していると考えられる。こちらも 4 章のモデルと同様に最大値モデルと平均値モデルの推定結果は同程度であった。同一ネスト内の選択肢間に共通する効用の程度を表す LOGSUM パラメータを見ると、山手線内部・井の頭線沿線の変数の推定値が有意水準 1% で統計的に有意となった。山手線沿線の LOGSUM パラメータは 1 と統計的に有意差はなく、これは山手線沿線ネスト内の選択肢間に共通する効用を考慮しない場合との差異がないことを意味する。

NL モデルと MNL モデルの推定結果を比較するため、双方のモデルによる交差弾力性の違いを見る。グループを一つ抽出し、そのグループの自宅までの所要時間における交差弾力性を、各店舗が属するエリアとともに表 6 に示す。抽出したグループの選択肢集合に含まれる店舗のうち、3 つのエリアのいずれかに属する選択肢およびどのエリアにも属さない選択肢をそれぞれ一つ選び、NL モデルの同一エリアに属する選択肢に対する交差弾力性と同一エリア外の選択肢に対する交差弾力性、MNL モデルの交差弾力性を表に記載した。

表 6 自宅までの所要時間における交差弾力性

店舗	エリア	NL		MNL
		同一エリア	エリア外	
A	山手線沿線	0.429	0.349	0.301
B	山手線内部	1.366	0.260	0.218
C	井の頭線	1.712	0.072	0.063
D	それ以外	0.225	0.225	0.178

MNL モデルは IIA 特性を有するため交差弾力性の値は全選択肢に対して等しい値を取るが、NL モデルでは同一ネスト内と異なるネストに属する選択肢で異なる値を示す。表 6 を見ると山手線内部・井の頭線沿線エリアの店舗について、交差弾力性に大きな差があり、これらのエリアの店舗間における選択確率の変化に差があること、その差異は属するエリアで異なる。

6. 結論

本研究では集団の意思決定過程を観測したデータから集団の会食場所選択をモデル化した。その結果、以下のことを明らかにした。

まず、個人の選好を表す変数によりモデルの説明力が大きく向上した。また、集団の意思決定をモデル化する上で、集団の情報を組み込んだモデル化が重要であることを示した。各変数を見ると、目的地までの所要時間の標準偏差や個人の選好を表す変数は店舗の選択確率に正に影響し、その程度も大きいことを明らかにした。

目的地選択と地域特性の関係性に着目すると、山手線内部エリア、井の頭線沿線エリアにおいて選択肢間に共通する効用の存在が見られた。一方、多くの店舗が集中していた山手線沿線エリアでは選択肢間に共通する効用は小さくなった。また、エリア間で選択肢間に共通する効用の程度は異なることがわかった。

以上のことが明らかになった一方、次のような限界が残る。本研究で推定したモデルでは集団の年齢構成や人数・性別構成などの特性を考慮できていない。また、個人の選好を表す変数を外生変数として扱ったが、変数自体がモデル内の別の変数である交通水準や店舗の評価から影響を受けている可能性が高く、個人の選好自体の内生化が必要である。加えて、意思決定の議論の様子を示したトーク履歴のデータにより、その議論過程の定性的な分析と本研究での定量的な分析の結果を比較することにも意義がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 20H02266(代表：パラディ ジアンカルロス)の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) OECD : OECD Time Use Database, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TIME_USE, 2023.(最終アクセス : 2024 年 1 月 28 日)
- 2) 銭祺輝, Giancarlo TRONCOSO PARADY, 高見淳史, 原田昇 : 同伴活動の実態と特徴に関する研究-「社会生活基本調査」を用いた分析-, 土木学会論文集 D3(土木計画学), 75(5), I_641-I_650, 2019.
- 3) K. W. Axhausen : Social networks and travel: Some hypotheses, Social Aspects of Sustainable Transport: Transatlantic Perspectives, pp.90-108, 2005.
- 4) G. Parady, A. Frei, M. Kowald, S. Guidon, M. Wicki, P. van den Berg, J. Carrasco, T. Arentze, H. Timmermans, B. Wellman, K. Takami, N. Harata, K. Axhausen : A comparative study of social interaction frequencies among social network members in five countries, Journal of Transport Geography, Vol.90, 2021.
- 5) G. Parady, Y. Oyama, M. Chikaraishi : Text-aided Group Decision-making Process Observation Method (x-GDP): a novel methodology for observing the joint decision-making process of travel choices, Transportation, 2023.
- 6) T. Arentze, H. Timmermans : Social networks, social interactions, and activity-travel behavior: a framework for microsimulation, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.35, pp.1012-1027, 2008.
- 7) T. Arentze : Individual's social preferences in joint activity location choice: A negotiation model and empirical evidence, Journal of Transport Geography, Vol.48, pp.76-84, 2015.
- 8) M. J. Beck, J. M. Rose : Stated preference modelling of intra-household decisions: Can you more easily approximate the preference space?, Transportation, Vol.46, pp.1195-1213, 2019.
- 9) G. Akar, K. J. Clifton, S. T. Doherty : Discretionary activity location choice: in-home or out-of-home?, Transportation, Vol.38, pp.101-122, 2011.
- 10) C. Han, L. Luo, G. Parady, K. Takami, M. Chikaraishi, N. Harata, "Modeling joint eating-out destination choices incorporating group-level impedance: A case study of the Greater Tokyo Area," Journal of Transport Geography, Vol.111, 2023.
- 11) F. Pagliara, H. J. Timmermans : Choice set generation in spatial contexts: a review, Transportation Letters, pp.181-196, 2009.