

# 新型コロナウイルス蔓延下での個人の外出自粛行動に対する社会的影響に関する研究 —携帯電話網の運用データを活用して—

Analyzing the effect of social influence on going-out self-restraint behavior during the COVID-19 pandemic using mobile spatial statistics

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 37-206178 森隆慶

Reducing opportunities for contact with others by restricting outings is one of the approaches to pre-vent the spread of infectious diseases. Under the COVID-19, a decrease in outing activity was observed even though Japan's measures to reduce outings were not legally binding. We speculate that one of the reasons for this is the "social influence" that causes individuals to identify with the group to which they belong. It has already been shown that individuals become sympathetic to others' refraining from going out when they are aware of it. In this study, we used the "DOCOMO mobile spatial statistics" generated from the operational data of cell phones and tried to estimate the social influence by using the actual data on going-out self-restraint behavior of others. The results indicated that there were two types of outing purposes: those in which individuals were sympathetic to the group's voluntary curfew situation, and those in which they were repulsed by it.

## 1. 背景と目的

新型コロナウイルスは、本梗概執筆時点（2022年3月）でも世界中の少なからぬ地域で感染拡大を続けている。前例がなく病的被害の大きい感染症に対しては、ワクチンや特効薬の開発までの間は外出制限などの非薬理学的介入により他者との接触機会減少を図ることが重要とされる<sup>1)</sup>。

外出制限を伴う日本の施策は法的拘束力をもたないにも関わらず、感染症拡大前と比較して拡大後には「外出活動が集団レベルで減少した」ことが様々な指標から明らかにされている。ところが「外出活動の集団レベルでの減少」の度合いは同一施策が講じられた地域間でも差が生じている<sup>2)</sup>。こうした地域は地理的にも近接していることから、地域特性や構成員の平均的個人属性の差が大きいとは考え難く、「個人が他者と一致する行動をとる効果」の集積が地域差の一因として考えられる。

人間は、多くの行動で、個人ごとの私的な動機に加え、自身のもつ社会的ネットワーク（以下「SN」）内の他者の傾向・規範・慣習を参照の上で決定することにより、それに従うことによる他者からの称賛を得たり、背くことで集団から排除されることを防いだりしている<sup>3)</sup>。他者からの影響が強い行動を分析対象とする場合、ミクロな個人行動の単純な総和によって集団の現象を記述することは不適切であることが多い（集計・合成の誤謬<sup>4)</sup>。交通計画分野においても、社会心理学や社会学と比較すると蓄積は浅いものの、SN内の相互作用を考慮した行動モデルの推定への試みが蓄積されつつある。新型コロナウイルス蔓延下（以下「コロナ禍」）における外出自粛行動に関しても、他者の自粛について、少なくとも認知された場合においては個人レベルの自粛が生じることは既に示されている<sup>5)</sup>。

そこで本研究では、外出自粛状況に関する実データとして携帯電話網の運用データから得られる情報を活用することにより、SNの枠組みを居住地周辺に所在する個人の集合とした場合における、集団の傾向に対する個人の行動変化についてモデル化を行う。これにより、コロナ禍におけ

る個人レベルでの行動変容に集団レベルでの行動変容が与える社会的影響の方向と大きさを定量的に明らかにすることを目的とする。

なお以下では、「個人が、自身の所属する集団からの承認を得たり、アイデンティティを良好に保ったりするために、集団の態度・信念・行動に一致するように行動を選択する傾向」を「(同調方向の)社会的影響」と定義し、個人の態度や行動に強い影響を与える社会的集団を「準拠集団」と呼ぶこととする<sup>6)</sup>。また、他者の傾向と一致する行動をとることを「同調」と表現する。

## 2. 既往研究の整理

### (1) 社会的影響の推定アプローチ

SN内の他者の行動に関する情報を扱うモデルとしては、相互作用が及ぶ相手を少数に特定して分析を行う「ローカルインタラクションモデル」と、所属する準拠集団の全構成員から均等に影響を受けると仮定して分析する「グローバルインタラクションモデル」がある。前者には「実験的アプローチ」及び「自己中心ネットワークアプローチ」、後者には「代理変数アプローチ」が該当する<sup>7)</sup>。

実験的アプローチとは、行動選択の要因となりうる変数に関して意図的に仮想的条件を設定・提示するものであり、提示する仮想的条件として個々人のSNに関する情報をも含む。自己中心ネットワークアプローチとは、個々人のSNに関する明示的情報を直接収集する手法であり、参照相手との社会的距離（SNの中で他者に対して抱く親近感や受容の度合い）により受ける影響の大きさが不均一となることを考慮することが可能である。

代理変数アプローチとは、個々人のもつSNを直接観測せず、集団の平均的な行動を効用関数に組み込む手法であり、多くの場合「準拠集団における当該選択肢の選択率」が組み込まれる。福田ら<sup>8)</sup>は、同一鉄道駅の利用者の集合を準拠集団に設定し、駐輪を駐輪場に行くか否か（すなわ

ち路上駐輪をするか否か) の選択モデルを推定し、準拠集団と個人との均衡状態を望ましい形に変化させるうえで必要な施策の程度を、路上駐輪の取り締まりを例に定量的に検証した。

## (2) コロナ禍での外出行動の変容とその要因

これ以降、「外出自粛」の語を、新型コロナウイルス感染拡大前との比較において集団における外出行動の総和や個人の外出頻度を減少させること、と定義する。

感染症拡大により行動変容があったことや、その度合いの地域差を明らかにした既往の分析として、「モバイル空間統計 分布統計」を用いて集団レベルでの外出自粛度合いを分析したものがある。「モバイル空間統計 分布統計」とは、NTT ドコモによるメッシュ単位での(属性別)人口が把握

可能なリアルタイム人口分布データである<sup>9)</sup>。データ特性は表-1の通りである。具体的な分析例としては、メッシュごとの人口の時間変化に基づいた指標「近似トリップ」の減少をみたもの<sup>2)</sup>等が挙げられる。

個人レベルでの外出行動変容要因の分析を行った既往研究として、「他者の外出自粛度合いの認知」「新型コロナウイルスに対するリスク認知(以下「リスク認知」)」「特性不安」に着目したもの<sup>9)</sup>があり、買い物目的の外出においてはこのうち自粛認知が、外食・レジャー目的での外出においては自粛認知及びリスク認知が作用していることが示された。

## 3. 方法

本研究では、コロナ禍における集団の外出自粛が個人の外出自粛行動に及ぼす影響を及ぼすかを明らかにすべく、目的変数として個人レベルでの外出自粛に関する指標、説明変数として準拠集団における外出自粛状況に関する指標のほか、コントロール変数として他者とは独立の要因に関する変数を組み込んだモデルの推定を行う。目的変数と説明変数の一覧を表-2に示す。

### (1) Web パネル調査の概要

目的変数及び説明変数のうちコントロール変数には、個人レベルでのデータが必要であり、本研究では Parady et al.<sup>9)</sup> 及びその後も断続的に実施された Web パネル調査から得た、以下の5時点におけるデータを用いる。

表-1 モバイル空間統計分布統計のデータ特性

項目	特性
対象者	NTT ドコモ携帯電話契約者のうち15~79歳の者
頻度	毎日、1時間毎
地域	日本全国
属性	性、年代、居住地別
空間解像度	最小500mメッシュ(一部250mメッシュ)
移動目的	把握不可
移動手段	把握不可

表-2 目的変数・説明変数の定義

種類	名称	定義	
説明変数	コントロール変数	定数項	
		$t_1$ ~ $t_4$ ダミー	$t_0$ 以外の各時点 $n$ のサンプルにおいて $t_n$ ダミーは1
		男性ダミー	男性の場合に1
		60歳以上ダミー	60歳以上の場合に1
		学生ダミー	学生の場合に1
		高齢者同居ダミー	65歳以上の同居者が「いる」と回答した場合に1
		自動車所有ダミー	家族共有/自分が自由に使える自動車のどちらか一方でも所有している場合に1
		状態不安	「何か不安である」「神経質になっている」「心に悩みがある」に当てはまるか否かの5段階の回答スコアの第一主成分
		自粛期待認知	自分が「外出を自粛することを期待されていると思うか」に関しついで、5種類の周囲の人に関する5段階の回答スコアの第一主成分
		週の通勤頻度	週当たりの通勤回数
		リスク認知	新型コロナウイルスが「恐ろしいか」「よく知っていると思うか」「制御可能だと思うか」に関する5段階の回答スコアの第一主成分
		感染者数増加率	居住する都県における、アンケート各回の14~8日前に対する7~1日前の新規感染者数の増加率
	人口密度	居住する市区町村の人口密度(万人/km <sup>2</sup> )	
着目する変数	近似トリップ減少率	$t_0$ に対する、 $t_1$ ~ $t_4$ における近似トリップの減少率	
目的変数	週の外出回数	買い物目的での週の外出回数	
	週の外出有無	外食・飲酒及び余暇・レジャー目的での週の外出回数が0回か否か	

- t<sub>0</sub>…2020/1 以前 (感染拡大前)
- t<sub>1</sub>…2020/4/1~8 (緊急事態宣言前)
- t<sub>2</sub>…2020/4/16~23 (1 回目の緊急事態宣言中)
- t<sub>3</sub>…2020/9/10~16 (いわゆる「第二波」)
- t<sub>4</sub>…2021/2/2~16 (2 回目の緊急事態宣言中)

調査はt<sub>1</sub>~t<sub>4</sub>の時期に計4回行われ、t<sub>0</sub>における情報は1回目の調査(t<sub>1</sub>)で収集した。サンプリング手法は割り当て法であり、年齢層5段階(20代/30代/40代/50代/60代以上)×居住地2地域(北関東:茨城県・群馬県・栃木県/南関東:埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県)×性別の20グループに分け、各グループ40名ずつの計800名を1回目調査の対象とした。このうち4回目までの全てに回答したのは521名であった(以下「全回答者」)。全回答者の属性を表-3に示す。

表-3 全回答者の属性

項目	値
男性比率(%)	52.2
南関東居住者比率(%)	49.7
平均年齢(歳)	47.4
高齢者同居率(%)	25.5
自動車所有率(%)	74.3

目的変数となる外出活動に関しては、目的別に週の外出回数を問うた。外出目的は「通勤・通学」「業務」「買い物(日用品/その他)」「外食・飲酒(一人/他人と公的なイベントで/他人と私的に)」「余暇・レジャー(一人/他人と)」の計9種類に分類した。

## (2) 推定するモデル

前節で挙げた9種類の外出目的のうち、外出判断に個人裁量性が比較的小さいと思われる「通勤・通学」「業務」「外食・飲酒(他人と公的なイベントで)」を除く6種類を分析の対象とした。モデル推定は、外出目的別に行った。買い物目的に関しては、週の実施回数を目的変数とし、上限を7回、下限を0回とするトービットモデル(以下Tobit)を適用した。外食・飲酒目的及び余暇・レジャー目的に関しては、週の外出回数の回答に「0回」が占める割合が高く、回数平均値も小さかったことから、「0回」とするか否かの離散選択についてミックスドロジットモデル(以下MXL)を推定した(近似トリップ減少率のパラメータのみがランダムパラメータである)。以下、「週の外出回数が0回でない」選択肢を「外出する」と記す。

推定においては、買い物目的に対しては全回答者のデータを、外食・飲酒及び余暇・レジャー目的に対しては全回答者のうちt<sub>0</sub>における当該目的での週の外出回数が0回でない者のデータを用いた。

説明変数のうち、集団の外出自粛状況に関する指標としては、モバイル空間統計より得られる「近似トリップ減少

率」を用いた。具体的には、Hara and Yamaguchi<sup>2)</sup>を参考に、各時点に対応する7日間のデータを用いて式(1)の通り近似トリップを算出し、t<sub>1</sub>~t<sub>4</sub>の各時点における近似トリップ数のt<sub>0</sub>からの減少率を近似トリップ減少率と定義した。

$$D_t = \sum_{i \in I} \frac{|x_{i,t,a,s} - x_{i,t+1,a,s}|}{2} \quad (1)$$

ただし、tは時点、iはエリアI内のメッシュ、aは年齢層、sは性別、xはメッシュ人口を表している。モバイル空間統計では外出自粛状況を目的ごとに区別することが出来ないが、「個人は他者の外出目的を認識できない」という仮定をおくと、このように外出目的を区別しない指標を用いることが望ましいと判断した。

以上のデータをもとにモデルの特定化、及び推定されたモデルによる効果量の算出及びシミュレーションを行った。

## (3) 検証の進め方

モデルの特定化においては、I. 現象を説明する最も適切なモデルはどのような形で定式化されるか、II. 準拠集団の空間的範囲はいかなるものか、III. 準拠集団のいつの外出自粛状況を参照するか、の3項目に着目し、各項目で複数の候補(表-4)を設け、比較した。

表-4 モデル設定の候補(太字は検証により選出された設定)

項目	特性
I	<b>三角分布(デフォルト)・正規分布・一様分布(MXL)</b> 一様線形、 <b>閾値0、3、5、10、15、20%</b> (MXL, Tobit)
II	居住する市区町村(デフォルト) <b>居住地から半径0.5、1、3、5、7、10km</b> 居住市区町村内最大乗降客数の駅(駅がなければ市区町村庁舎)から半径0.5、1、3、5km
III	<b>各Web調査の1~7日目(デフォルト)、7-1日前、9-3日前、11-5日前、13-7日前、16-10日前、20-14日前</b>

項目Iは、近似トリップ減少率が目的変数(Tobit)及び効用関数(MXL)に対してどのように影響するかである。第一に、「近似トリップ減少率に対して一様に変化する形状(以下「一様線形」)」と、「集団の外出自粛の度合いが小さい場合に、集団の外出自粛を個人が認識しない」可能性を考慮し、一定の閾値を超えた場合にのみ線形変化する形状を設定した。第二に、MXLの近似トリップ減少率のパラメータ分布形に関しては、極端なパラメータ値を許容する正規分布と、最大・最小値のある三角分布及び一様分布を候補とし、中央値・平均値及び標準偏差・半幅を推定した(図-1)。

項目IIIに関しては、集団の外出自粛状況を個人が認識して行動に反映するまでに時間差がある可能性が考えられることから比較検討を行うこととした。

計算コストの制約上、網羅的に試行することはできない

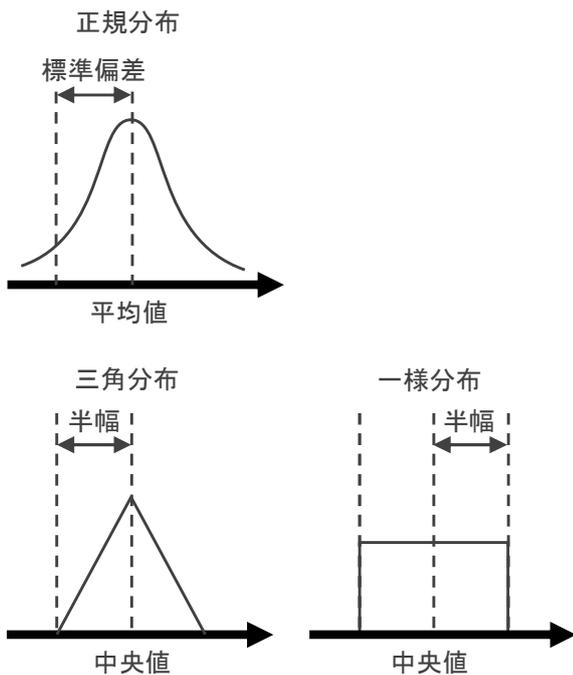


図-1 MXLのパラメータ分布形と推定されるパラメータ

表-5 選出されたモデルの近似トリップ減少率のパラメータ推定値

日用品買い物	その他の 買い物	外食・飲酒(一人)・三角分布	
		中央値	半幅
-1.455	-1.603	11.708	32.773

ため、項目Ⅰ～Ⅲの順に、未比較の項目はデフォルトの設定に固定し、一定の基準で選出された設定を次段階で用いる形で進めた。モデル選出は、10分割交差検証指標としてTobitではRMSE（平均平方根二乗誤差）、MXLではMisclassification Rate<sup>\*</sup>、及び近似トリップ減少率に関するパラメータの安定性、すなわち有意性に基づいて行った。

これにより、十分な再現性及び安定した推定結果による議論可能性を有するモデルを選出した。なお、 $p < 0.1$ の場合に有意と見なす。データへの適合度に差がほとんどないモデル形も存在し、選出されたモデルが必ずしも統計的に優れるとは限らないことに留意が必要である。パラメータが中央値または平均値となる個人を「代表的な個人」と見なすこととし、中央値または平均値の符号と、正值への分布確率から結果の解釈を行った。

選出されたモデルに対し、モデルが有すると考えられる内生性の補正を行った上で、近似トリップ減少率に対する弾力性を求めるとともに、ある属性の個人を想定したシミュレーションを行った。

#### 4. 結果

MXLに関しては、外出目的ごとの差は、得られる示唆に違いを与えないほど小さかったため、代表例として外食・

飲酒(一人)の結果を述べることにする。

#### (1) モデル推定結果

項目Ⅰ～Ⅲについての比較により選出されたモデルの設定は、表-4の太字となっているものである。なおMXLではランダムパラメータの分布形として正規分布・三角分布の2種類を選出したが、双方のモデルの差は得られる示唆に違いを与えないほど小さかったため、本梗概では三角分布モデルの結果のみ述べる。

選出されたモデルにおける近似トリップ減少率のパラメータは、Tobitでは負が同調、正が反発を示す符号であり、MXLではその逆となる。推定値は表-5の通りとなった。近似トリップ減少率のパラメータは、Tobitではどちらの外出目的でも負値となった。MXLでは中央値が正值、半幅は平均値よりも大きい正值となり、分布範囲が負値にもまたがることが示された。

#### (2) 内生性の補正

内生性とは、説明変数と誤差項が相関することにより、推定されたパラメータがバイアスを受ける現象を指す。本研究で推定するモデルでは集団の外出自粛から個人の外出自粛への因果関係に着目しているが、集団の外出自粛が個人の外出自粛の集積の結果であることから、個人の外出自粛から集団の外出自粛への因果関係も成立していると考えられる(同時性)。この場合、近似トリップ減少率と誤差項には相関が生じる。

補正に当たり、操作変数を設定し、Tobitでは二段階最小二乗法、MXLでは制御関数法を適用した。操作変数は、①観測可能である、②内生変数と(強く)相関する、③誤差項と相関しない、の条件を満たす必要がある。本研究では、市区町村別の近似トリップ減少率が人口密度と強く相関していたことから、以下の手順で計算される「居住市区町村と人口密度の近い市区町村の近似トリップ減少率」を操作変数として用いることとした。

[1]関東地方の市区町村を、人口密度で順位付けする。

[2]サンプルの居住市区町村の順位を $n$ 位とするとき、ルールで決定した市区町村における、各時期の近似トリップを合計し、その値の減少率を求める。

- $n = 1 \rightarrow 2\sim 6$ 位の市区町村
- $2 \leq n \leq 5 \rightarrow 1\sim(n-1)$ 位・ $(n+1)\sim(n+5)$ 位の市区町村
- $6 \leq n \leq 351 \rightarrow (n-5)\sim(n-1)$ 位・ $(n+1)\sim(n+5)$ 位の市区町村
- $352 \leq n \leq 355 \rightarrow (n-5)\sim(n-1)$ 位・ $(n+1)\sim 356$ 位の市区町村
- $n = 356 \rightarrow$  (該当サンプルなし)

そして、操作変数(「居住市区町村と人口密度の近い市区町村の近似トリップ減少率」)により内生変数(「居住市区町村の近似トリップ減少率」)を線形回帰した。Tobitでは内生変数とその回帰値に置き換え、MXLでは内生変数と回帰値の残差を説明変数に加えた上でパラメータを推定し

表-6 内生性を補正したモデルの近似トリップ減少率のパラメータ推定値

日用品買い物	その他の買い物	外食・飲酒(一人)・三角分布	
		中央値	半幅
2.307	-1.384	15.056	32.887

表-7 限界効果(Tobit)

日用品買い物	その他の買い物
0.020	-0.010

表-8 弾力性(外食・飲酒(一人)・三角分布)

第一四分位数	中央値	第三四分位数
0.250	0.454	0.384

た。

近似トリップ減少率のパラメータ推定値は表-6 の通りとなった。近似トリップ減少率のパラメータは、Tobit では日用品買物の推定値が正に転じ、その他の買物の推定値は負値のままであった。MXL 三角分布の中央値は正值、半幅は平均値よりも大きい正值となり、分布範囲が負値にもまたがること示された。

### (3) 効果量及びシミュレーション

効果量として、近似トリップ減少率に対する Tobit における限界効果と MXL における弾力性を算出した(表-7・8)。ここで示す限界効果は「近似トリップ減少率(%)が1ポイント増加したとき(ex.5%→6%)、週の外出回数は何回増加するか」を意味するのに対し、弾力性は「近似トリップ減少率(%)が1.01倍になったとき(ex.5%→5.05%)、週の外出選択確率は何%減少するか」を意味している。

続いて、特定の属性・条件(時点 t<sub>0</sub>、男性、60歳未満、非学生、高齢者同居なし、自動車所有、週5回通勤、居住都県の新規感染者数増減なし、居住市区町村の人口密度1万人(km<sup>2</sup>)の個人を想定し、目的別の週の外出回数や外出選択確率のシミュレーションを行った。

シミュレーションは、MXL については近似トリップ減少率のパラメータを、三角分布では第一四分位数・中央値・第三四分位数とした場合について、正規分布では平均値・標準偏差・標準偏差・平均値+標準偏差とした場合について、それぞれ実施した。また、推定されたランダムパラメータの分布、及びその分布範囲に基づいてパラメータが正となる確率を算出した。これは、集団の外出自粛状況に「同調」する個人の割合の推定値に当たる。

4.(1)で選出されたモデルにおける設定において、Tobit の目的変数形・MXL の効用関数形が「閾値0%」となったため、近似トリップ減少率が0%未満の領域においては外出選択確率が横ばいとなる。0%以上の領域については、いずれの外出目的においても無視できない程度に外出回数や外出選択確率に変化がみられた。

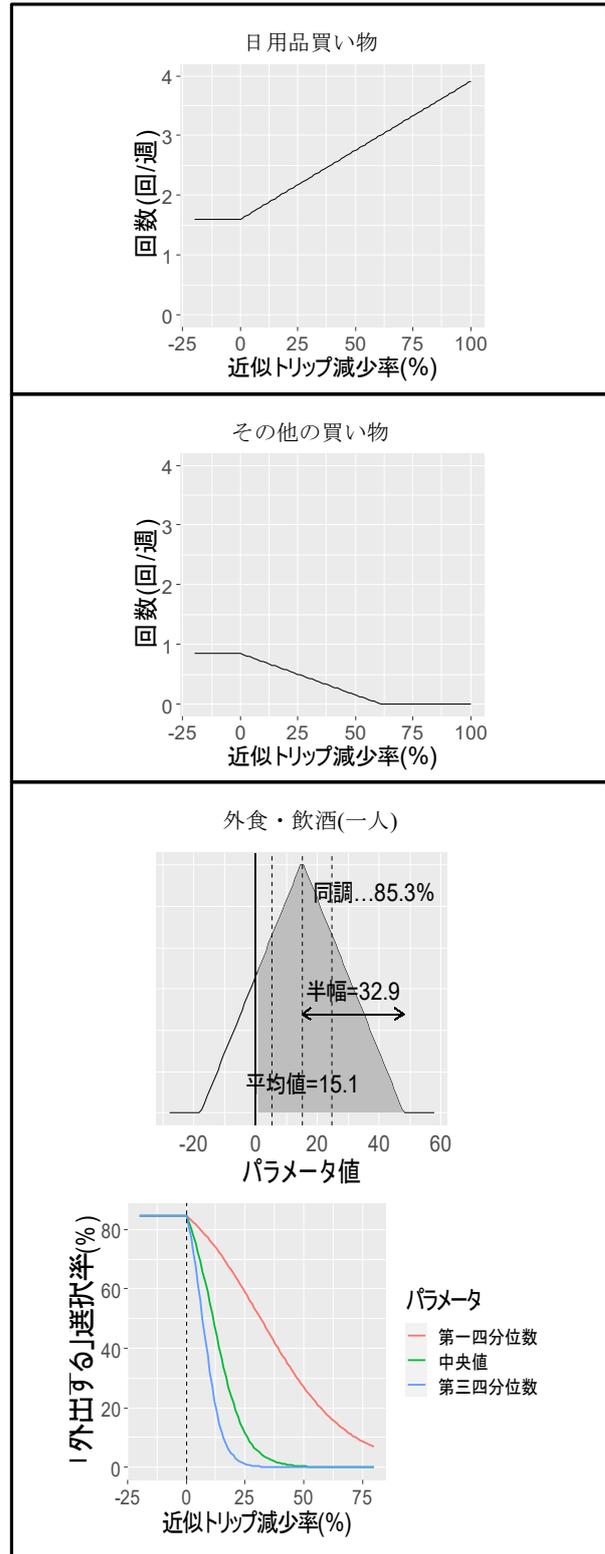


図-2 パラメータ分布とシミュレーション結果

シミュレーション結果を図-2 に示す。MXL において近似トリップのランダムパラメータが正となる割合は約85%であり、多くの個人が集団の外出自粛状況に同調することや、反発する個人が存在する可能性が示唆された。なお、この割合に分布形による差異はほぼ見られなかった。一方、

日用品買い物目的においては、代表的な個人は集団の自粛状況に「反発」し、近似トリップの減少につれて外出回数を増加させることが示された。要因として、他の種類の外出行動を抑制したことにより、生活必需行動である日用品の買い物がその代替行動となったり、自宅で過ごす時間が増加したりしたことで、必要なものが多くなったことが考えられる。

## 5. 結論と今後の課題

本研究では、「個人レベルでの行動変容に居住地周辺での行動変容が与える社会的影響は、どちらの方向にどれだけあるか」を検証した。

検証の結果、少なくとも特定の準拠集団の枠組みのもとでは、本梗概で省略したものも含め、全ての外出目的に関して少なからぬ社会的影響の存在が示された。MXLにより推定を行った外食・飲酒及び余暇・レジャー目的における社会的影響の方向に関しては、集団の外出自粛状況に「多くの個人は同調する」ことが示されたほか、「反発する個人も存在する」可能性も示唆された。Tobitにより推定を行った買い物目的においては、日用品の買い物では反発の社会的影響が、その他の買い物では同調の社会的影響があることが明らかとなった。

今後の課題に関しては、以下に2点を述べる。

1 つは、データの性質や取得プロセスに関するものである。本研究で使用した Web アンケート調査データに関する課題として、サンプリング手法が原因でバイアスが生じている可能性があること、サンプルを関東地方に限定しているため得られた結果が他の地域や社会的文脈にも普遍的に言えると保証されないこと、個々の外出活動について尋ねたにとどまり、他のトリップとの相互作用を観測できていないことが挙げられる。モバイル空間統計に関する限界としては、人口密度が低いほど滞在人口の精度が下がることや、人々の移動状況の傾向を捉える指標として近似トリップ減少率を用いることの妥当性に関するものが挙げられる。

2 つ目は、「社会的影響」の定義との整合性についてである。本研究では社会的影響を推定するため、集団の外出自粛状況に関する指標におけるパラメータを推定した。推定されたパラメータは、個人が集団の外出自粛状況にどのような反応を示すかについて示唆を与えることが出来る一方、その反応が必ずしも社会的影響であるとは限らない。具体的には、集団が外出自粛を行うことを通して個人が「恐ろしい病気である」と認識することにより外出を減少させる現象が「同調」と捉えられたり、集団の外出自粛で人の密度が小さくなったりすることで、個人が「感染リスクが小さい」と認識して外出を増加させる現象が「反発」と捉えられている可能性がある。これらを区別した結果を得るためには、追加的な調査や分析が必要である。

謝辞：モバイル空間統計のデータ提供は、東京大学・福田大輔教授との共同研究の一環として(株)ドコモ・インサイト

マーケティングより行われました。また本研究は科研費(20H02266)の助成を受けたものです。その他、研究を進めるに当たりご協力くださった皆様に心より御礼申し上げます。

## 補注

\*分割されたサンプルのうちテストデータに含まれる個々のサンプルに対し、予測された選択確率が0.5を超える選択肢を予測アウトカムとする。各サンプルの実際のアウトカムと比較し、誤りの割合を求める。これを10回繰り返した際のこの割合の平均値を Misclassification Rate とする。

## 参考文献

- 1) 大津山堅介, 齋藤悠介, 小松崎暢彦, 石井沙知香, 松本慎一郎, 竹中大貴, & 廣井悠. (2020). COVID-19 に対する都市封鎖の類型化と課題 主要感染拡大国における暫定的事例研究. 都市計画論文集, 55(3), 1350-1357.
- 2) Hara, Y., & Yamaguchi, H. (2021). Japanese travel behavior trends and change under COVID-19 state-of-emergency declaration: NatioSNide observation by mobile phone location data. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9, 100288.
- 3) 流動人口ビッグデータによる地域住民の自粛率の見える化 - 感染者数と自粛の関係 - \_ キヤノングローバル戦略研究所  
[https://cigs.canon/article/20200422\\_6369.html](https://cigs.canon/article/20200422_6369.html)
- 4) Bavel, J. J. V., Baicker, K., Boggio, P. S., Capraro, V., Cichocka, A., Cikara, M., ... & Willer, R. (2020). Using social and behavioural science to support COVID-19 pandemic response. *Nature human behaviour*, 4(5), 460-471.
- 5) Manski, C. F. (1993). Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *The review of economic studies*, 60(3), 531-542.
- 6) Parady, G., Taniguchi, A., & Takami, K. (2020). Travel behavior changes during the COVID-19 pandemic in Japan: Analyzing the effects of risk perception and social influence on going-out self-restriction. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 100181.
- 7) Kim, J., Rasouli, S., & Timmermans, H. J. (2018). Social networks, social influence and activity-travel behaviour: a review of models and empirical evidence. *Transport Reviews*, 38(4), 499-523.
- 8) 福田大輔, 上野博義, & 森地茂. (2004). 社会的相互作用存在下での交通行動とマイクロ計量分析. 土木学会論文集, (765), 49-64.
- 9) 【公式】モバイル空間統計 \_ 位置情報などのビッグデータを利用した人口統計情報 <https://mobaku.jp/>