

## 投稿論文

# 新型コロナウイルスの下における非医薬的介入(NPI)と公共交通機関の経済状況とのトレードオフ

高 根 晴

(早稲田大学現代政治経済研究所)

## I. はじめに

2020年2月から始まった新型コロナウイルス（以後COVID-19）の世界的パンデミックは2022年11月22日現在、世界で総計約6億3千万人の感染者、約660万人の死者を記録している<sup>1)</sup>。ワクチンが開発され、その接種が普及する前、COVID-19に対して世界各国がとった対応策は移動制限、門限、ソーシャルディスタンス、ロックダウンなどの非医薬的介入（NPI）であった（Perra 2021）。それらの対策は確かに、感染症のさらなる蔓延の抑制に対して正の影響を与えた（Dave et al. 2020; Mendez-Brito, El Bcheraoui, and Pozo-Martin 2021; Panarello and Tassinari 2022; Perra 2021; Ren et al. 2020; Rizvi et al. 2021）。

その一方で、NPIとトレードオフ的な関係性として、経済に対する損失も指摘されている（Besley and Stern 2020; Brodeur et al. 2021）。このような知見からは、今後、新たな感染症の拡大を見据えた上で、NPIが持つ感染症の蔓延そのものに対する影響だけでなく、それが持つ経済へ与える負の影響なども含めて、考察を行っていかねばならないことが示唆されている。

NPIによる経済的な負の影響を受けやすいものの一つとして、感染症の蔓延の要因となり、それゆえ制限の対象となる人の移動をサービスの中心とする公共交通機関があげられる（e.g. Nian et al. 2020）。先行研究では、COVID-19の蔓延の防止を目的として取られたロックダウンなどのNPIは電車やタクシー、航空機などの公共交通機関の経済状況に負の影響をもたらすとしている（Arellana, Márquez, and Cantillo 2020;

Munawar et al. 2021; Nian et al. 2020; Ng et al. 2022; Tirachini and Cats 2020; You et al. 2020）。ただ、その影響が長期的に継続するのかどうか、罰則がないなど比較的強制力の弱いNPIの下でもその影響は存在するのかどうかということはあまり知られていない。加えて、日本を対象とした実証研究の知見も蓄積が進んでいない状況にある。

そこで、本研究ではこれまで重要な公共交通機関として取り上げられてきたもののひとつであるタクシーについて取り上げ、NPIが公共交通機関の経済状況に与える影響について研究を行った。具体的には2020年2月から2021年3月までの日本の都道府県ごとのタクシー事業者の営業収入のデータ、そして緊急事態宣言の履歴を用いて、感染状況などを統制した上で、緊急事態宣言がタクシー事業者の営業収入に与えた影響を分析した。分析の結果、緊急事態宣言はタクシー事業者の営業収入に負の影響を与えたこと、そしてその影響はほとんどが初期のものであるという知見が得られた。この研究の結果より、NPIは公共交通機関の経済状況に負の影響を与えること、また、感染症の蔓延初期に適用されたものの方がより大きくなることが示唆された。

## II. 先行研究の動向

### 1. NPIのCOVID-19の蔓延に対する効果

非医薬的介入（NPI）はワクチンを接種が普及する以前において、COVID-19の蔓延防止の対策の中心であり、あらゆる国で行われた（Perra 2021）。具体的にNPIとして多く用いられたのは、移動制限、門限

の制定、ソーシャルディスタンス、集会の禁止、マスクの着用、公衆衛生行動などの呼びかけ、リモートワークの推進、ロックダウンなどである (Abouk and Heydari 2021; Perra 2021)。

そして、死者数、感染者数などのCOVID-19の蔓延の程度となる指標とNPIとの関連性を評価した多くの研究においては、NPIが死者数、感染者数の減少に対して正の効果をもたらした可能性が指摘されている (Dave et al. 2020; Mendez-Brito, El Bcheraoui, and Pozo-Martin 2021; Panarello and Tassinari 2022; Perra 2021; Ren et al. 2020; Rizvi et al. 2021)。その中でも特に厳格であると考えられるロックダウンは多くの国において、感染症の蔓延の抑制に対して効果を発揮した (Flaxman et al. 2020)。

NPIが感染症の蔓延、死者数、感染者数の減少に影響を与えるメカニズムの主なものとしては人流の制限が挙げられている。そのメカニズムは、まずNPIによって適用される人の往来の制限などの直接的な介入効果、また市民の政府への信頼、市民の社会関係資本などに起因する政策応答性などによる間接的な介入効果によって外出する人の数や通勤する人の数が減少し、自宅やその周辺での滞在時間が増加する (Abouk and Heydari 2021; Borgonovi and Andrieu 2020; Dave et al. 2020; Schlosser et al. 2020; Summan and Nandi 2022)。そして、人の接触が制限されることにより、感染拡大が防止され感染者数、死者数も減少する (Durante, Guiso, and Gulino 2021; Jones, Philippon, and Venkateswaran 2021)。つまり先行研究において、NPIは感染症の原因となる人との接触を減らすことによって、その効果を発揮したと考えられているのである。

一部の研究ではNPIが感染者数や死者数に対して効果を発揮しないと指摘されている (e.g. Fukumoto, McClean, and Nakagawa 2021) もの、上述にあるような先行研究、そしてCOVID-19が無症状の感染者が比較的多い感染症であること (Ma et al. 2021) などとも併せて考えると、NPIの適用によって感染症の蔓延の要因となる人々の移動や、無症状感染をしている患者が他者への接触によってウイルスを拡大させることを防いだ可能性も十分に考えられ、人流の減少による感染症拡大の抑制は一つのメカニズムとして説得的である。

## 2. NPIと公共交通機関の経済状況とのトレードオフ

ワクチンが広く普及する前、NPIの人流の制限によって、COVID-19の蔓延が一定程度抑制された一方で、その負の影響も存在する。感染症の蔓延防止のために人の往来を制限するとなれば、商業活動も制限されることになり、経済的な損失が発生するのである (Besley and Stern 2020; Brodeur et al. 2021)。つまり、NPIと経済との間には一定のトレードオフ関係が存在すると考えられる。

特に移動そのものを生業とする公共交通機関は人流の制限の負の影響を受けやすい産業の一つであると考えられ、これまで多くの研究において、COVID-19の蔓延とそれに対して適用されるNPIが公共交通機関の利用数や、輸送量、収入などに与える影響について分析が行われてきた。それらの研究の中では、COVID-19の蔓延、そしてロックダウンなどのNPIは電車やタクシー、航空機などの公共交通機関の経済状況に負の影響をもたらすとしている (Arellana, Márquez, and Cantillo 2020; Munawar et al. 2021; Nian et al. 2020; Ng et al. 2022; Przybylowski, Stelmak, and Suchanek 2021; Shibayama et al. 2021; Tirachini and Cats 2020; You et al. 2020, 坊 2020; 中村と神田 2022)。

その理由は、二つのものが指摘されている。まず、一つ目はCOVID-19やNPIをきっかけとする人々の移動手段への選好の変化である。COVID-19の蔓延やそれに対するNPIをきっかけに多くの人々が、公共交通機関の利用を控え、自宅近郊での行動や自家用車で行動を選好するようになったことが指摘されている。例えば、Shibayama et.al (2021) で取り上げられている、2020年の3月から5月にかけて日本を含む14か国において行われたCOVID-19のパンデミックの下での人々の移動に関する調査においては、COVID-19の蔓延やNPIをきっかけに多くの人々が通勤の手段を公共交通機関から自家用車や自転車などに切り替えたという結果が示されている。同調査では人々がそうなった理由として、感染へのリスクの感覚を挙げている (Shibayama et al. 2021)。またPrzybylowski et.al (2021) において取り上げられている2020年に行われたポーランドを対象とした調査においても、調査した302人のうち約75%の人々がCOVID-19やNPIをきっかけに公共交通機関の利用を控えるようになっ

たと回答している。これらの調査で見られるように、COVID-19の蔓延やそれに対するNPIをきっかけに人々の移動手段における、公共交通機関から自家用車など他のより低リスクのものへのシフトがおきた可能性が指摘される。

それに加え、もう一つの理由は前節でもあげた、COVID-19の対策としてのNPIがもたらした人流の制限である。NPIによって直接的、そして間接的に経済活動や人の移動を制限することによって、通勤、レジャーなどを目的とした移動が減少する。そしてその結果、人々の移動の手段として利用されていた公共交通機関の利用者が減少し、収入などの経済状況が悪化するのである (Arellana, Márquez, and Cantillo 2020; Munawar et al. 2021; Nian et al. 2020; Tirachini and Cats 2020; You et al. 2020)。

実際のデータを見てもCOVID-19の蔓延、またそれをきっかけとするNPIが公共交通に与えた影響が示唆されている。図1は国土交通省が2021年に発表した『交通政策白書』をもとに作成した2020年の日本のタクシー、バス (路線バス)、航空機 (国内路線) の需要数の対2019年同月比である。これを見ると、全ての月においてどの公共交通でも前年と比較して20%以

上の需要の減少が見られること、また全ての都道府県で緊急事態宣言の発令があった4、5月は特にその影響が大きいことが見られ、COVID-19の蔓延、そしてNPIが公共交通機関の経済状況に与えた負の影響が示唆されている。

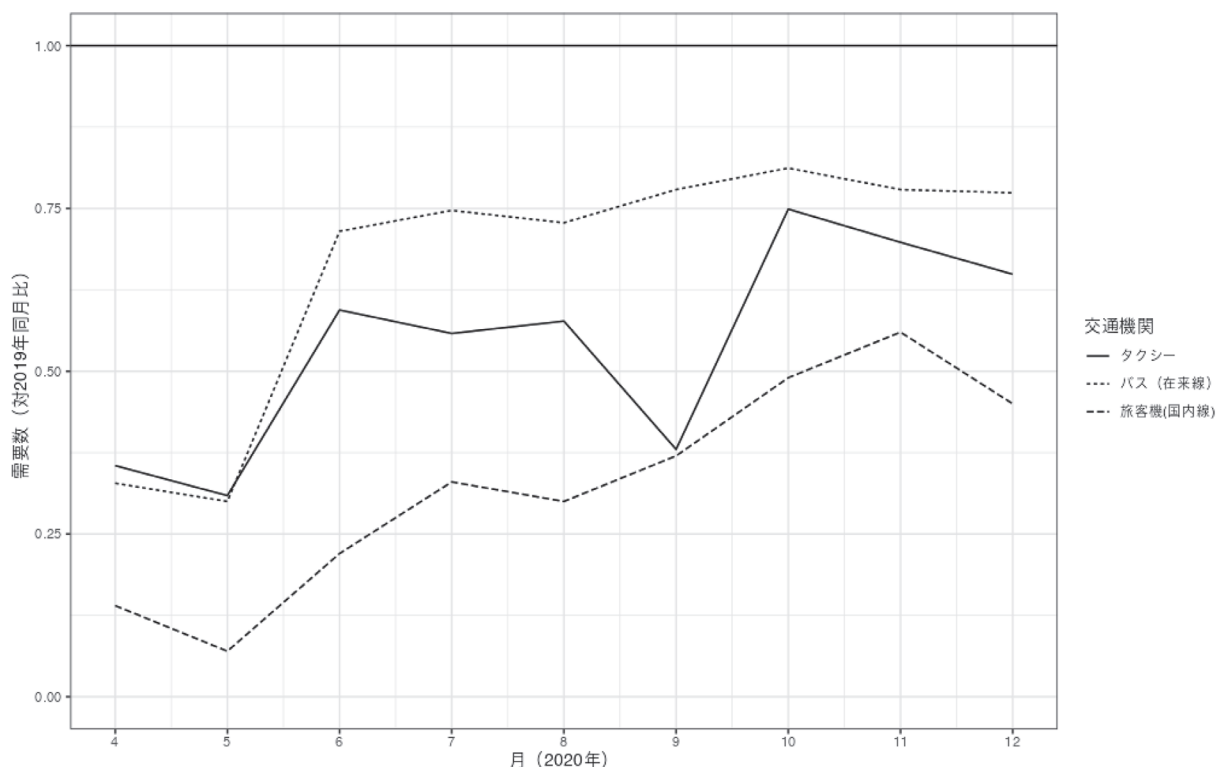
以上より、COVID-19、そしてそれをきっかけとするNPIの適用によって人々の移動手段の選好の変化、そして移動機会の減少による公共交通機関の利用の減少が起こったと言える。前節と併せて考察するに、NPIはCOVID-19の蔓延、被害拡大に対して人流の抑制を通じて、感染拡大防止の効果があった一方で、人々の移動への選好の変化や移動や経済活動の制限を通じて、公共交通機関の経済状況に負の影響を与えたという主張が可能である。

### 3. 先行研究の課題

ここまでCOVID-19の蔓延、それに対してのNPIの適用が公共交通機関の経済状況に悪影響を与える先行研究の知見を示したが、それには三つの課題が存在する。

一つ目は、多くの先行研究は2020年初頭のデータを用いているということである。Dave (2021) やAbouk

図1 2020年における公共交通の需要数の変化





and Heydari (2021) などの研究で指摘されている通り、NPIの効果は徐々に減少したり、地域限定的になったりした場合、効果が低くなる可能性が指摘されている。このような観点を踏まえ、今後NPIの公共交通機関の経済状況への影響も、時期、範囲などの影響を踏まえた分析、比較を行う必要があると考えられる。

二つ目は多くの研究では、ロックダウンなどの公共交通機関の閉鎖を伴う、比較的介入の強度、強制力の強いNPIの影響が研究されていることである (e.g. Arellana, Márquez, and Cantillo 2020; Nian et al. 2020; You et al. 2020)。それらの下における、NPIと公共交通機関の経済状況との間のトレードオフの関係は当然、強制力の弱い呼びかけなどによるものと比較して強いと考えられる。確かに、それらの研究は重要な示唆を与えてくれるが、今後NPIと公共交通機関の経済状況とのトレードオフについて、知見を積み重ねる必要があるとなれば、次の段階として、ロックダウンなどの比較的強制力が高いNPIだけではなく、呼びかけなどの強制力の弱いNPIについても分析が進められていく必要がある。

もちろん、強制力の弱い日本のような国を用いたデータでも認識や自己申告レベルの行動に関するデータを用いて、NPIが人々の移動を抑制し、ひいてはそれが経済に負の影響を与えることを示唆している研究はみられる (e.g. Parady, Taniguchi, and Takami 2020)。ただ、それらの研究で行われることが少なかった収入などの実際の供給側のアウトカムのデータを用いてそれらの知見をさらに補完することによって、より理論の説明力を高めていく必要があると考えられる。

三つ目は国内の政策的観点である。いくつかの研究 (Ng et al. 2022; 坊 2020; 中村と神田 2022) ではCOVID-19やNPIと日本の公共交通機関の経済状況との関係性について取り扱っているが、総数としてはまだ少ない。また存在する知見も多変量解析などを使ってCOVID-19とNPIの影響を切り分けたり、他の要因を統制したりしているものが少ないため、実証的な知見の蓄積が充分であるとは言いがたい。このような観点から、今後感染症をめぐる国内の交通政策の知見を蓄積する上では、NPIが公共交通機関に与える影響について日本を対象とした多変量解析などの比較的頑健な手法を用いた実証分析が必要であると考えられる。

## Ⅲ. 研究設計

### 1. 事例、データ

#### (1) 事例、データの選択

本研究はNPIが公共交通機関の経済状況に与えた影響を分析するため、日本のタクシー産業を事例、及びデータとして利用する。

その理由は大きく分けて二つのものが存在する。まずは日本におけるNPIの弱さである。図2は、V-Dem<sup>2)</sup>によって発表された2020年における179か国の人の移動の制限の強さを評価した結果である。日本の数値は0.667であり、全体の第一四分位数である0.732よりも低い。また、Oxford Martin Schoolが発表している180カ国のCOVID-19に関連する規制の強さを指標化したデータ<sup>3)</sup>を用いても、0を最小、100を最大とするデータで、世界各国の2020年平均値の中央値は61.42、第一四分位数は51.28に対して日本は36.66で第一四分位数より低い。V-Demで計測が行われていない2021年に関しては、世界の中央値52.85、第一四分位数44.41に対して日本は48.85と第一四分位数よりは高いものの、依然として中央値より低い値を示している。このようなことから、日本のNPIは2020年、2021年ともに数値的に見れば、世界と比較して相対的に弱いと言える。

データによる世界各国との相対比較に加えて、実際の法律や実態を見ても日本のNPIである新型インフルエンザ等対策特別措置法に基づいて行われる緊急事態宣言などのNPIは2021年2月13日までは、罰則規定が存在せず、要請に止まっていた (小畠 2021)。2020年のパンデミックの開始から、国民の半数以上にワクチンの1回目の接種が広まる<sup>4)</sup>までの間のほとんどの期間、NPIの規制の程度は実際の法律や実態からしてみても弱かったと言える。先行研究の二つ目の課題にあるように、これまでNPIの公共交通機関の経済状況に与える影響というテーマの研究はその多くがロックダウンなどの比較的強制力の強い規制を用いて行われてきた。そのような事例やデータから生まれた知見を日本のような人の移動に対する規制の強さの比較的弱い国で検証し、同様の結果が得られた場合、その知見はハードルの高い検証を行った上でも見られたことになり、先行研究で指摘されていた理論が強化されることになりうる (George 2005)。したがって、

日本を事例、データとして選択することはNPIが公共交通機関の経済状況に与える影響の知見を積み上げる中で重要な事例、データとなりうる。加えて、先行研究の三つ目の課題でもあげたように、これまで日本を対象とする実証研究も少ないため、国内の政策的観点からも重要な知見が得られると考えられる。

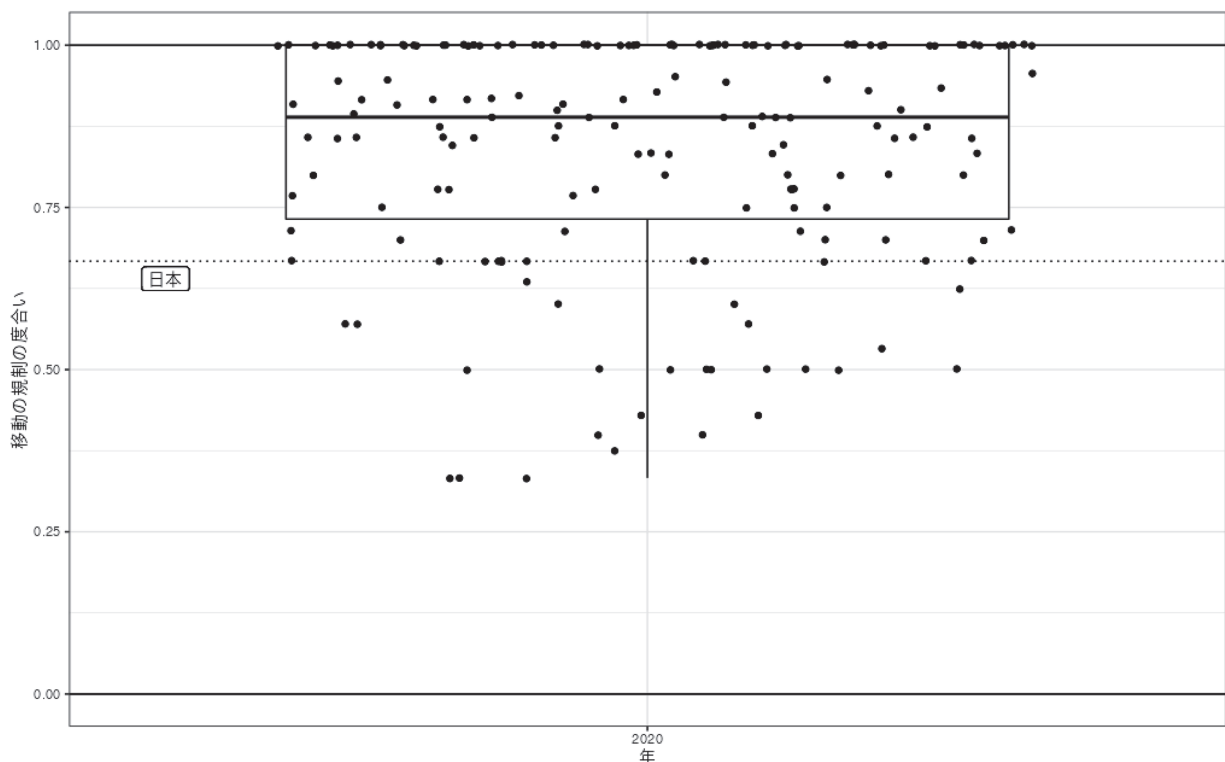
次にタクシー産業をデータとして取り上げる理由は、比較的長期にわたる収入への影響を調査した、パネルデータを用いて分析ができるということである。COVID-19の蔓延下におけるタクシー産業についてのデータは、一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会によって2020年1月から2022年10月まで<sup>5)</sup>、各都道府県4から9の事業者の営業収入を調査し、それらの合計を都道府県の事業者収入とし、2019年の同月におけるその月の事業者の収入の合計で割る、対2019年同月比のデータが公開されている<sup>6)</sup>。また、タクシーは営業区域の線引きが明確で、都道府県をまたぐような移動は基本的には考えられない。このようなデータの利用可能性、そして都道府県による線引きが明確であるというデータの性質は、パネルデータを使った多変量解析を可能とする。パネルデータを用いて多変量解析を行うことによりサンプルサイズを確保しつつ、都

道府県固有の要因やその都道府県の感染者数の影響、時勢的な影響をコントロールして、NPIが公共交通機関の経済状況に与えた影響を分析することが可能となることが考えられる。

確かに一般的に信頼性の高いとされる公的な統計を用いた場合でも、『自動車輸送統計調査』<sup>7)</sup>などによって月、都道府県毎に調査された需要量や輸送量をパネルデータによって分析を行うことは可能である。しかし、それらは需要量や輸送量については調査しているが、営業活動の最終的なアウトカムである収入については、月、都道府県毎に調査を行なっているわけではないため、パネルデータを用いた分析が難しい。したがって、一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会の公表したデータを用いることは、NPIの事業者の収入への影響という最終的なアウトカムを分析することができ、公的な統計で明らかにできない部分を補うものがあることが考えられ、その使用には利点が十分に存在すると判断される。

まとめると、日本のタクシー産業を事例、データとして取り上げることはNPIが公共交通機関の経済状況与えた影響を分析する研究の中で、ハードルの高い検証ができるという理論研究上の利点、日本を用いた

図2 2020年における移動の規制の度合いの国別比較



分析であるという日本のCOVID-19をめぐる政策研究上の利点、また比較的長期の収入ベースのパネルデータを用いた分析ができるという推定上の利点が存在すると考えられる。

なお、タクシー産業は先行研究においても重要な公共交通機関として認識されている（e.g. Nian et al. 2020；加藤 2014）ため、公共交通機関に関する研究をする上で事例となる産業として取り上げられるにあたって、「そもそもタクシーは公共交通であるのか？」といった概念上の問題が発生する可能性は少ないと考えられる。

## (2) データの期間

本研究は2020年2月から2021年3月にかけてのデータを使用する。その間に2020年4月7日から2020年5月25日までの間に全ての都道府県で適用された緊急事態宣言<sup>9)</sup>、2021年1月8日から2021年3月21日までの間に全国11都道府県<sup>9)</sup>で適用された緊急事態宣言の計二回の緊急事態宣言が適用された（Akiyama 2021；内閣府2020；2021）。

それらの期間をデータとして取り上げる理由は主に理論上の観点からである。先ほども述べた通り、日本のような罰則のない比較的規制の緩いNPIの下でのデータを利用することには、ハードルの高い検証が可能であるという利点が存在する。それを踏まえると、2021年2月の中旬から施行された新たな法律での罰則つき規定が存在するまでの期間の分析が望ましいと考えられる。なお、本研究は2回目の緊急事態宣言の継続期間の都合上、2021年3月までを分析期間とすることとした。

## 2. 分析手法

### (1) 分析モデル

#### ア. モデル式と推定方法

$$Economics_{it} = \beta NPI_{it} + \zeta_1 Covid19_{it} + \zeta_2 Covid19_{it-1} + \eta Pref_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$Economics_{it} = \beta NPI_{it} + \zeta_1 Covid19_{it} + \zeta_2 Covid19_{it-1} + \delta Pref_{it} + \eta Pref_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$Economics_{it} = \beta NPI_{it} + \zeta_1 Covid19_{it} + \zeta_2 Covid19_{it-1} + \delta Pref_{it} + \eta Pref_i + Trend_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式(1)、(2)、(3)には本研究で用いる分析モデルを示した。まず、(1)では、 $Economics_{it}$ ：都道府県  $i$  の  $t$  月の

タクシー事業者の経済状況に対して、NPIが与える影響を  $Covid19_{it}$ ：その都道府県  $i$  の  $t$  月のCOVID-19による被害（死亡率、もしくは感染率）と  $Covid19_{it-1}$ ：前の月におけるそれ、及びその都道府県  $i$  が持つ  $Pref_i$ ：時間によって変化しない都道府県独自の特徴を統制して、分析するモデルである。次に(2)は、(1)式に対して、 $Pref_{it}$ ：都道府県  $i$  において月ごとに变化し、かつNPIの発令の有無、そしてタクシー事業所の経済状況に影響を与えそうな変数の統制を加えたものである。(3)式は(2)式に対してさらに、 $Trend_t$ ：すべての都道府県に共通し、年、もしくは月によって異なる時勢的な影響の統制を加えたものである。なお、すべてのモデルにおいて、 $\varepsilon_{it}$  は誤差項を表す。

推定方法としては、まずOLS推定を用いる。その際、係数の標準誤差は都道府県内で相関し、モデルのバイアスが大きくなることが考えられるため（西山ら2019）、都道府県でクラスタリングした標準誤差<sup>10)</sup>を用いる。

加えて1回目の緊急事態宣言が全ての都道府県で適用されていたことにより、月ごとの時間固定効果が投入できない問題もあることから、NPIの適用、非適用以外の要素が類似した状況にあるサンプル同士の組み合わせを作成して分析を行うマッチング推定法（西山ら2019）も用いてより慎重な推定を行う。

また最終的な母集団の係数の推定には、復元抽出を繰り返して母集団の近似値を推定するブートストラップ（末吉 2017）を用いる。

#### イ. 被説明変数

表1には、本研究の分析で用いた変数の記述統計をまとめた。まず、分析モデルの被説明変数として用いる  $Economics_{it}$ ：タクシー事業者の経済状況を表すデータとして具体的には、一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会によって発表されている都道府県ごとにサンプリングしたタクシーの事業者の営業収入の合計の対2019年同月比のデータを利用する。営業区域ごとの幅の運賃制度が用いられているタクシー産業（太田2017）では需要の減退を受けた動的な価格の設定が難しいと考えられる。したがって、営業収入は需要の増減の結果であると考えられ、経済状況を表す指標としては適切なものであると言える。

さらに、タクシーの需要などの経済状況は月によっ



て異なる季節性が考えられ、特に全ての都道府県で適用されていた1回目の緊急事態宣言の影響を分析する際、時間固定効果が統制できないことによってそれが懸念されるべきものとなる。しかし、このデータでは2019年の同月比が用いられているため、その季節性がある程度統制されているものと捉えることができる。

#### ウ. 説明変数

説明変数である $NPI_{it}$ ：都道府県 $i$ の $t$ 月におけるNPIの発令の有無には、緊急事態宣言の有無を利用する。まん延防止等重点措置等重点措置が採用されるまで、日本の主なNPIは都道府県単位の緊急事態宣言の発令であった (Akiyama 2021)。本研究の分析の期間である2020年2月から2021年3月までの間はその期間に該当する。したがって、NPIとして緊急事態宣言の適用の有無を採用することは、現実には促していると考えられる。

また、緊急事態宣言は必ずしも月単位で適用されるわけではなく、それを月単位の変数とした場合、現実との乖離が生ずるという問題も考えられる。これについては、分析の期間における1回目の緊急事態宣言が2020年4月7日から5月25日までであること、2回目は2021年1月8日から2021年3月21日まで<sup>11)</sup>であることを踏まえると、適用されている月に関してはその期間が約半月以上であることから、月単位で換算することに問題はないように考えられる。

#### エ. 統制変数

緊急事態宣言の適用の意思決定、そしてタクシーの営業収入に影響を統制変数としてまず、考えられるの

は $Covid19_{it}$ ：その月のCOVID-19の感染者数、もしくは死者数、そして $Covid19_{it-1}$ ：前月のものである。緊急事態宣言はCOVID-19の被害の広がりに対して適用されるものであるし、またCOVID-19の広がりには前述にもある通り、人々の外出行動や移動手段への選好の変化を通じて公共交通機関の利用に影響を与えることが考えられる。本研究では死者数、感染者数のモデルに代入するデータとして、NHKが公開している都道府県毎の感染者数、死者数のデータセット<sup>12)</sup>を利用する。

また、気温、人口密度、高齢化率といったその地域の持つ、自然環境や人口動態学的環境も緊急事態宣言の適用の意思決定、そしてタクシーの営業収入に影響を及ぼすことが考えられる。一般的に気温などの自然環境や人口密度や高齢化率などの人口動態学的環境も被害に影響を及ぼすとされている中 (Bhadra, Mukherjee, and Sarkar 2021; Ioannidis, Axfors, and Contopoulos-Ioannidis 2020; Ujiie, Tsuzuki, and Ohmagari 2020) でそういった地域には予防的に緊急事態宣言が適用されるという判断もありうるだろうし、また季節性や、都市化度の代理変数ともなりうるそれらの変数はタクシー事業者の経済状況にも影響を与えるだろう。本研究では、気温のデータとしては気象庁が公開している都道府県の県庁所在地の観測値<sup>13)</sup>の2020年2月から2021年3月までの月ごとの平均値、人口密度、及び高齢化人口 (65歳以上人口) としては、e-statからダウンロードした2019年のもの<sup>14)</sup>を使用した。

最後に、経済の状況はこれまで政治家などエリートのNPIの適用に関する意思決定に影響を与えるとされてきた (Pulejo and Querubin 2021)。また、経済状

表1 本論文に用いた変数の記述統計

変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
タクシーの営業収入 (対 2019 年比)	0.63	0.16	0.14	1.09
死亡率 (人口 10 万人あたり)	0.32	0.60	0.00	4.93
感染率 (人口 10 万人あたり)	15.85	28.88	0.00	289.97
気温 (月平均)	14.84	8.08	-4.40	30.70
失業率 (月平均:%)	2.45	0.52	0.80	3.90
65 歳以上人口 (2019 年)	763531.92	680835.74	178000.00	3209000.00
人口密度 (1ha あたり, 2019 年)	6.57	11.95	1.00	63.00
ICT 従業者比率 (2018 年)	0.01	0.01	0.00	0.06

況の悪化はタクシーの需要にも影響を与えうると考えられる。したがって、本研究では経済状況として労働力調査のデータを用いて算出された都道府県単位の月ごとの失業率<sup>15)</sup>を統制変数として用いる。さらに失業率などの短期的な経済状況の変化に加えて、その都道府県の産業構造がテレワークにどれだけシフトしやすいかどうかという経済の構造的な要素も、NPIの適用によっていかに人々の労働形態や、経済的状況への影響がもたらされるかというトレードオフの大きさによってNPIの適用に影響を与え、また仕事を目的とした移動における公共交通機関の利用とも絡まり双方に影響を与えられる可能性があるため、統制する必要がある。そこで、本研究ではその都道府県のテレワークへの移行のしやすさとして、2020年度時点で業種別でテレワークを行なっている人の比率が相対的に最も高く、その66.1%がテレワークを行なっていることがわかっている情報通信業（国土交通省 2021）に従事する従業者の全従業者における割合も統制変数として用いる。具体的には2016年に行われた経済センサス<sup>16)</sup>の情報サービス事業、インターネット付随サービス事業の従業者数を都道府県全従業者数で割ったものをICT従業者比率として、モデルに投入を行う<sup>17)</sup>。

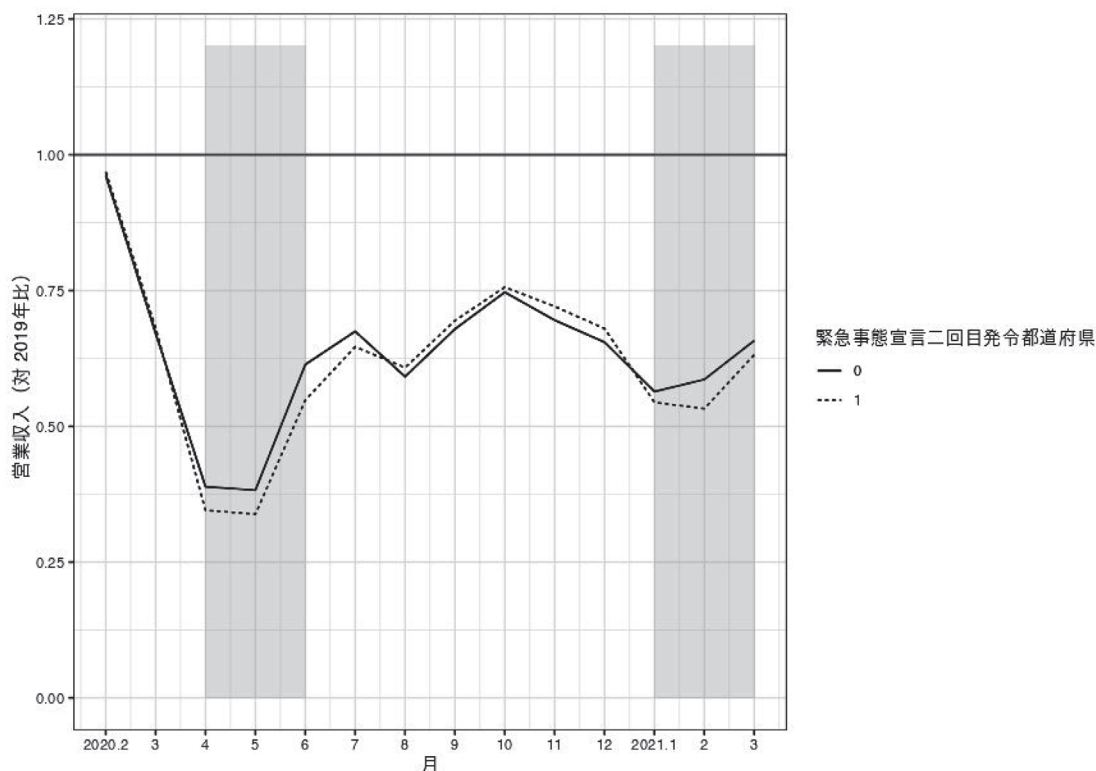
## Ⅳ. 分析結果

### 1. タクシーの営業収入の時系列的な変化

図3は、本研究で使用するタクシー事業者の営業収入の対2019年同月比の変化を、2回目の緊急事態宣言が発令された11都道府県とそうでない都道府県に分けて、描写したものである。この図からは主に三つのことが読み取られる。まず、一つ目は全ての期間を通して営業収入の低下が見られることである。タクシー事業者の営業収入の2019年度比は全ての月において対2019年同月比を下回っている。その中でも緊急事態宣言の期間中は1回目、2回目ともに減少傾向が確認される。

二つ目は1回目の緊急事態宣言は2回目の緊急事態宣言の時期と比較してその落ち込みが大きいということである。1回目の実線、点線の両方で表される全ての都道府県で行われた緊急事態宣言の下における営業収入の落ち込みの幅は、点線で描写されている11都道府県で行われた2回目の緊急事態宣言下における落ち込みの幅と比較して大きいことが読み取られる。ここからは、1回目の緊急事態宣言の方が2回目の緊急事態宣言よりもタクシーの営業収入に大きな負の影響を

図3 2020年2月から2021年3月におけるタクシーの営業収入対2019年同月比の変化





与えたことが推察される。

そして、最後に2回目の緊急事態宣言が発令された都道府県とそうでない都道府県との間で平行トレンドが保たれていることがわかる。これは、特に2回目の緊急事態宣言の影響を推定する際に必要な過程で、2回目の緊急事態宣言が発令された都道府県とそれ以外の都道府県が介入以前において、結果となるタクシー事業者の営業収入の変化が類似しているということである。2回目の緊急事態宣言が発令された都道府県とそうでない都道府県の営業収入の変化は2回目の緊急事態宣言前で類似しており、緊急事態宣言をきっかけとするタクシー事業者の営業収入の変化が比較可能であると考えられる。

## 2. 多変量解析による緊急事態宣言がタクシーの営業収入に与えた影響の推定

### (1) 全体の分析

表2のモデル1からモデル7は、2020年2月から2021年3月まで<sup>18)</sup>、本研究が取り上げたデータの全てを含めて、多変量解析を行った結果である。

まず、ここからわかるのは、緊急事態宣言が発令されている都道府県の事業者は、そうでない都道府県の事業者と比較して、他の要因を一定とした上で平均的に24.1%ポイントから26.6%ポイントのタクシーの営業収入の2019年同月比が低いことである。

また、この結果はモデルの変数などの組み換えなどを行っても比較的安定している結果であることも伺える。それに加えて、1回目の緊急事態宣言が全ての都道府県で適用されていたことにより、月固定効果が使用できない代替として年固定効果を投入したモデル7においても、他のモデルと類似した結果が見られる( $\beta = -0.252$ ,  $se = 0.008$ )。これらのことより、全体の分析結果は安定したものであると考えられる。

加えて、これらの結果は、2010年から2019年までの全国のタクシーの事業者あたりの営業収入の対前年度比の平均が約1.00 (100.00%)<sup>19)</sup>であることから考えると、短期的とは言え、その負の影響の大きさが示唆される。

なお、統制変数の感染状況、自然環境や人口動態学的環境、経済状況、に関しては、モデルにより正の値、負の値をとるなど不安定でありモデルの不安定性が懸念される。確かにこれらの変数がタクシーの事業者あたりの営業収入に与える影響を推定することは重要ではある。ただ、本研究のモデルはこれらの変数を統制変数として用いているため、それらの係数の解釈をもってモデルの安定性を判断することはできない。なぜならば、統制変数とは、主たる説明変数と被説明変数との間に推定の欠落変数バイアスを防ぐことを目的として投入する変数であるため、その変数については統制がなされていない。このような理由から変数をモ

表2 緊急事態宣言がタクシーの営業収入に与えた影響

	モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5	モデル 6	モデル 7
緊急事態宣言	-0.266(0.013)	-0.244(0.008)	-0.241(0.007)	-0.266(0.008)	-0.247(0.007)	-0.245(0.006)	-0.252(0.008)
LN(死亡率+1)			-0.024(0.018)	-0.111(0.023)		-0.033(0.019)	-0.020(0.019)
LN(前月死亡率+1)			0.009(0.014)		-0.008(0.017)	0.009(0.014)	0.046(0.019)
LN(感染率+1)		0.000(0.003)					
LN(前月感染率+1)		-0.007(0.003)					
気温		0.000(0.001)	0.000(0.001)	-0.005(0.000)	-0.001(0.001)	-0.001(0.000)	-0.002(0.001)
LN(失業率)		0.056(0.033)	0.051(0.031)	-0.131(0.053)	0.016(0.038)	0.016(0.038)	0.044(0.036)
LN(65歳以上人口)		0.027(0.015)	0.028(0.015)				
LN(人口密度)		-0.001(0.011)	-0.003(0.012)				
LN(ICT従業者比率)		-0.011(0.018)	-0.011(0.018)				
定数項	0.679(0.005)	0.212(0.238)	0.196(0.240)				
都道府県固定効果				✓	✓	✓	✓
月固定効果							
年固定効果							✓
サンプルサイズ	658	611	611	658	611	611	611
自由度修正決定係数 (R2 Adj)	0.393	0.485	0.483	0.605	0.685	0.476	0.698
CR 標準誤差		✓	✓	✓	✓	✓	✓

デルに統制変数として投入した場合、それらの係数に基づいて解釈やモデルについての判断を行うことは推奨されていないし、行なったとしてもそれは適切なものではない（高橋 2022：p112；西山ら2019：p187）。したがって、統制変数とした感染状況、経済状況、自然環境や人口動態学的環境の係数の不安定性は本研究のモデルの安定性の判断に影響を与えるものではない。

## (2) 1 回目の緊急事態宣言と 2 回目の影響の比較

表 3 では、COVID-19の蔓延の初期に発令された 1 回目の緊急事態宣言と、約 1 年後に発令された 2 回目の緊急事態宣言のタクシーの営業収入に与える影響を比較した。ここからわかるのは、1 回目の緊急事態宣言の影響は 2 回目の緊急事態宣言の影響と比較して、タクシーの事業者の営業収入に与える影響が大きいということである。1 回目の影響は、-29.5%ポイントから-29.7%ポイントの結果を示しているのに対して、2 回目の影響は、-2.1%ポイントから0.3%ポイントと 1 回目比べて著しく少ない。また、2 回目の緊急事態宣言の影響は全てのモデルにおいてほぼゼロであるということも観察できる。

加えて、モデル 2-3 では、モデル 2-2 のモデルの組み込みに、月固定効果を加えて推定を行ったが、モデル 2-2 の都道府県固定効果のみ投入したモデルと

比較して係数の差はほとんど見られなかった（モデル 2-2： $\beta = -0.011$ ,  $se = 0.022$ ; モデル 2-3： $\beta = 0.003$ ,  $se = 0.019$ ）。これらのことから、2 回目の緊急事態宣言がタクシーの営業収入に与えた影響の少なさがバイアスやモデルの特異性によるものではないと示唆される。

もちろん、図 3 を見てもわかるように、2 回目の時期においてもタクシー事業者の営業収入は全体的に 2019 年から大きく下回っていることがわかる。ただ、本研究の表 3 の分析の結果からすると、それが緊急事態宣言の影響であると結論づけるのは難しいと考えられる。

## (3) マッチングによる影響の分析

前述にもあるように全体の分析は、1 回目の緊急事態宣言が全ての都道府県で適用されていたことから月固定効果を投入できていないかたちとなっている。これにより、その月、もし緊急事態宣言がなかった場合、どうなったのかという反実仮想的な状況がないため、時勢的な効果による影響を無視して緊急事態宣言の影響を過大推定してしまう問題が生じる可能性がある。したがって、より厳密に反実仮想的な状況があっても緊急事態宣言がタクシーの営業収入に影響を与えることを示さなくてはならない。

そこで、表 4 では死亡率、前月死亡率、気温、失業

表 3 緊急事態宣言がタクシーの営業収入に与えた影響 1 回目と 2 回目の比較

緊急事態宣言	1 回目 (2020 年 4,5 月)		2 回目 (2021 年 1,2,3 月)		
	モデル 1-1	モデル 1-2	モデル 2-1	モデル 2-2	モデル 2-3
緊急事態宣言	-0.295(0.007)	-0.297(0.007)	-0.021(0.027)	-0.011(0.022)	0.003(0.019)
LN(死亡率 +1)	-0.072(0.017)	-0.094(0.015)	-0.082(0.015)	-0.110(0.014)	-0.049(0.017)
LN (前月死亡率 +1)	0.001(0.038)	0.017(0.026)	-0.026(0.015)	-0.032(0.012)	-0.024(0.016)
気温	-0.002(0.001)	-0.003(0.000)	0.000(0.001)	-0.002(0.000)	-0.001(0.001)
LN(失業率)	0.089(0.035)	0.105(0.018)	0.077(0.036)	0.041(0.032)	0.061(0.032)
LN(65 歳以上人口)	0.014(0.016)		0.021(0.018)		
LN(人口密度)	-0.009(0.013)		-0.003(0.013)		
LN(ICT 従業者比率)	-0.010(0.019)		-0.010(0.018)		
定数項	0.416(0.247)		0.288(0.268)		
都道府県固定効果		✓		✓	✓
月固定効果					✓
サンプルサイズ	470	470	517	517	517
自由度修正済決定係数 (R <sup>2</sup> Adj)	0.630	0.830	0.114	0.526	0.737
CR 標準誤差	✓	✓	✓	✓	✓

率、65歳以上人口、人口密度、ICT従業者比率の近い都道府県のデータをマハラノビス距離を用いて、介入群と最も近い統制群のペアを作る最近傍マッチング（モデル1）、同じくマハラノビス距離を用いて統制群と最も近いペアを作るマッチング（モデル2）、共変量をいくつかの層に分けて行うマッチングであるCEM（モデル3）を用い、意識的にサンプルから緊急事態宣言以外の要素が同様になるようなセットを作成した。加えて、それらに都道府県固定効果を投入し、緊急事態宣言がタクシー事業者の営業収入に与えた影響を分析した。

表4のモデル1からモデル3の結果は緊急事態宣言がタクシーの営業収入に与えた影響が平均的に-26.3%ポイントから-33.3%ポイントと、全体、1回目の影響の時の係数の大きさを再現するような値が見られる。中でもマッチングによって、緊急事態宣言のありなし以外状況が等しく揃ったモデル3<sup>20)</sup>は-33.3%ポイント（se = 1.2%ポイント）と表2の全体の分析よりも大きな負の影響を示している。

これらのことは緊急事態宣言がタクシー事業者の経済的な状況に与えた影響は、より意識的な統制を行った場合によっても観察されることを示唆づけるものである。

#### (4) ブートストラップによる影響の推定

最後に、上で示されたモデルの中心的な分析結果を有限の標本から復元的な再抽出を繰り返して真の値の近似値を推定するブートストラップ理論（末吉

2017)を用いたシミュレーションを行った。ここでは、表2のモデル6、表3のモデル1-2、及び2-3についてそれぞれ3000回のサンプリングを行って<sup>21)</sup>、緊急事態宣言がタクシーの事業者の営業収入に与えた影響を求めた。

図4では、それぞれのモデルにおける緊急事態宣言の係数（ $\beta$ ）、標準誤差（se）の分布を示している。また、垂直線はそれぞれの分布の中央値を表している。係数、標準誤差の中央値をみると、まずデータ期間の全ての緊急事態宣言の影響を示した全体のモデルである、表1のモデル6については-24.5%ポイント（se = 0.9%ポイント）、表2の1回目の緊急事態宣言の影響を示したモデル1-2では-29.7%ポイント（se = 0.9%ポイント）、に表2の2回目の緊急事態宣言の影響を示したモデル2-3では0.2%ポイント（se = 2%ポイント）という値を示している。

加えて、これらの結果を先にも用いた2010年から2019年までの全国のタクシーの事業者あたりの営業収入の対前年度比の平均が1.00（100.00%）というデータと比較してみると、モデル6とモデル1-2の結果については、短期的とはいえその負の影響の大きさがうかがえる一方で、モデル2-3に関してはその影響のなさがうかがえる。

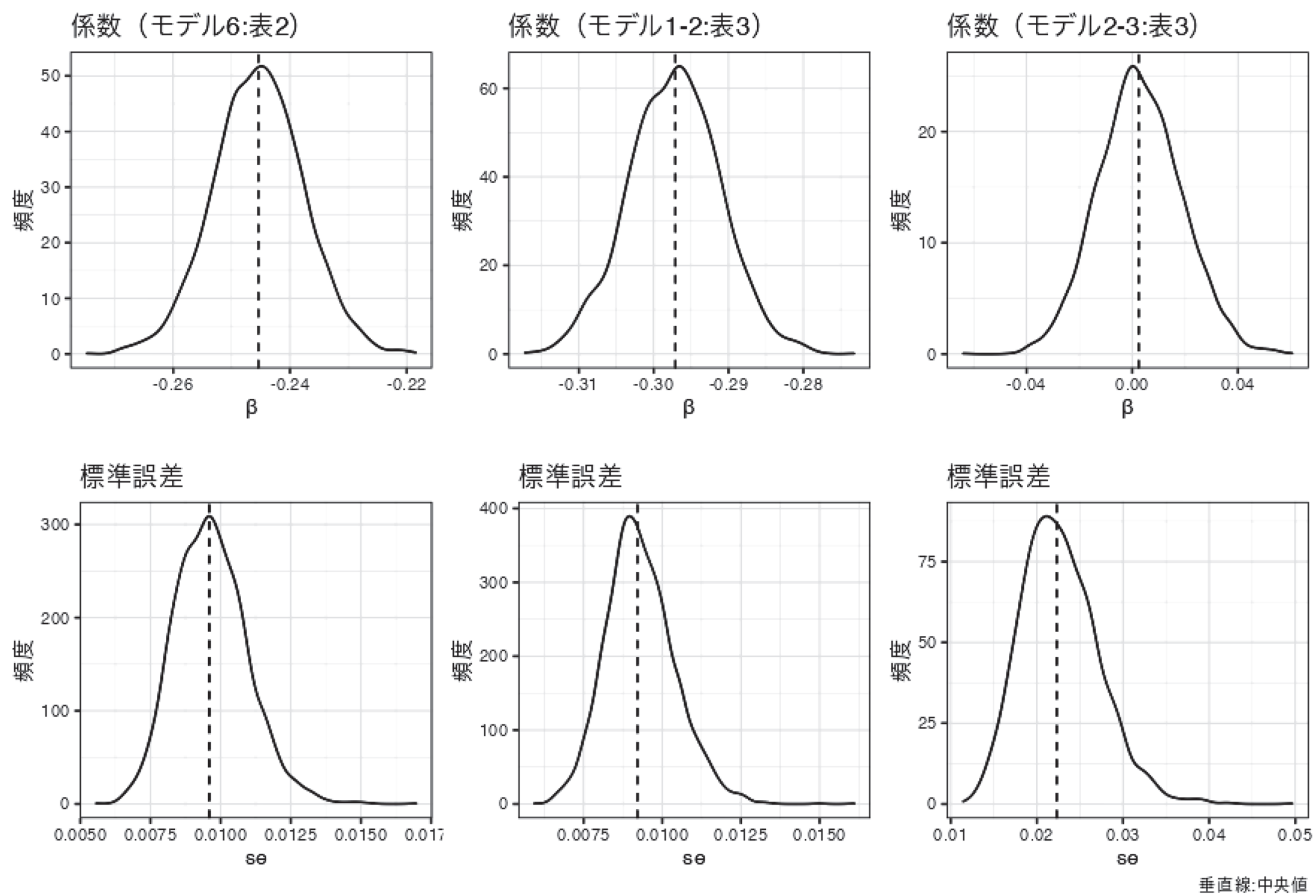
以上全ての分析結果を総括すると、緊急事態宣言はタクシー事業者の営業収入に影響を与えたこと、そしてその影響のほとんどは蔓延初期になされた1回目の緊急事態宣言のものであるということが示唆される。

表4 緊急事態宣言がタクシーの営業収入に与えた影響：マッチングによる分析

	モデル1	モデル2	モデル3
緊急事態宣言	-0.263(0.010)	-0.283(0.007)	-0.333(0.012)
LN(死亡率+1)	-0.012(0.031)	0.080(0.023)	-0.139(0.053)
LN(前月死亡率+1)	0.059(0.025)	0.056(0.020)	-0.209(0.049)
気温	-0.003(0.001)	-0.004(0.001)	0.003(0.002)
LN(失業率)	-0.115(0.101)	0.017(0.049)	-0.092(0.094)
都道府県固定効果	✓	✓	✓
月固定効果			
マッチング手法	MH 最近傍マッチング (ATT)	MH 最近傍マッチング (ATC)	CEM
サンプルサイズ	238	238	132
自由度修正済決定係数 (R2 Adj)	0.771	0.841	0.938
CR 標準誤差	✓	✓	✓



図4 緊急事態宣言がタクシーの営業収入に与えた影響:3000回のブートストラップによる推定



## V. 議論

### 1. なぜ緊急事態宣言が影響をタクシーの営業収入に与えたのか

本研究の分析結果からは緊急事態宣言がタクシー事業者の営業収入に負の影響を与えたことがわかった。そして特にそれは1回目の緊急事態宣言の影響であることがわかった。では、なぜ1回目の緊急事態宣言がタクシーの営業収入に影響を与えたのだろうか。

表5では、グーグルが公開している主要な場所への日毎の人の往来のCOVID-19の蔓延以前からの変化を示すモビリティレポート<sup>22)</sup>の1回目の緊急事態宣言の時期とそれ以外の本研究で用いたデータの期間との数値を比較した。ここからわかるのは、1回目の緊急事態宣言の時期は、それ以外の時期と比較すると小売店、娯楽施設、乗換駅、職場への人の往来がそうでない時期と比較して大きく減少している。加えて、住宅

への滞在が増加している。これらのデータと先行研究のNPIによる人の移動の減少の知見 (e.g Summan and Nandi 2022) を合わせて考察すると、緊急事態宣言が発令されたことによって、人々のレジャー、仕事を目的とする移動が減少し、加えて自宅での滞在時間が増加し、タクシーを利用する機会が減少したことが考えられる。つまり、NPIは人の移動の減少を通じて、移動を主たるサービスとする公共交通機関の経済状況に影響を与えることが示唆される。

加えて、2回目の緊急事態宣言が影響しなかった理由は、NPIの効果は徐々に減少したり、地域限定的になったりした場合、効果が低くなる研究 (e.g Dave et al. 2020) が示しているように、パンデミックの開始から1年という期間がたち、人々の行動への介入効果が弱まり、結果的に公共交通機関に与えた経済的な影響も弱まったということが推測される。また、徐々に死亡率などのデータが蓄積し、人々が一様に外出や経済活動の自粛を選択するのではなく、リスクを許容

表5 1 回目の緊急事態宣言の時期とそうでない時期との主要な場所への人の往来の比較

集計場所	1 回目緊急事態宣言の平均 (2020.4.7 - 5.25) (%)	1 回目緊急事態宣言以外の期間 (-2021.3.31) (%)	差 (95%CI)	T 値 (絶対値)
小売店, 娯楽施設	-32.02	-10.98	(-23.39, -18.70)	17.67
食料品, 薬局	-2.12	-0.29	(-3.33, -0.34)	2.41
乗換駅	-47.55	-23.69	(-26.50, -21.23)	17.82
職場	-26.90	-13.01	(-17.65, -10.13)	7.26
住宅	14.04	6.20	(6.44, 9.23)	11.25
公園	-4.24	6.09	(-4.24, 6.09)	0.35

しながら行動するようになったことも考えられる。

今後は以上で示唆されたことをより正確に実証するため、人流の媒介効果も含めた、より精密な実証的分析が必要となるだろう。

## 2. 本研究の貢献

本研究の貢献としては二つのものがある。一つ目は理論的貢献である。先行研究で指摘されていたNPIがCOVID-19の蔓延の抑制に影響を与える一方で指摘されていた公共交通の経済状況とのトレードオフ的な関係性は、日本のような比較的人流の規制の緩い国、また罰則のないNPIを行う国においても営業活動の最終的なアウトカムである営業収入ベースで確認された。これは、先行研究で指摘されていたNPIが公共交通機関に与える負の影響についての知見や指摘がハードルの高い検証をもってしても再現されたことになり、理論の説明力を強化したという点で重要な知見となりうる。加えて、初期のNPIと比較して、約1年後のものはそのトレードオフ的な関係が弱まるという知見は、これまであまり検証がなされてこなかったものであり、それについてもCOVID-19の蔓延やNPIと公共交通機関の研究の文脈において重要な示唆を持つことが考えられる。

二つ目は政策的な貢献である。これまで緊急事態宣言は公共交通機関の経済的な状況へ影響を与えると指摘されていたのにもかかわらず、多変量解析などを用いて感染の影響を統制した上で、緊急事態宣言が公共交通機関に与えた負の影響を、営業活動の最終的なアウトカムである収入ベースで分析した研究は少なかった。したがって、本研究の結果はCOVID-19の蔓延に対してとられた政策の影響によって公共交通機関の経済状況に負の影響を与えることがアネクドタルな指摘だけではなく、比較的頑健な実証方法をもって、実

際の事業者の収入をもとに、実証されたという結果を示した数少ない研究のうちの一つであるという点においてCOVID-19をめぐる日本の公共政策、交通政策に関する議論における重要な知見のひとつとなりうる。

また、より実践的な政策の場において本研究の知見は、今後、再度同じような感染症が蔓延し、特に感染症の不確実性の大きく、ワクチン等の有効な医薬的な対策ができないその初期においてNPIを適用する際、補填としての公共交通機関への補助金などの保護政策の正当性などの、政策策定者にとっても産業側のアドボカシーにとってもそれを裏付ける根拠として利用可能なものの一つになるとと思われる。

## 3. 本研究の課題

本研究の課題は主に三つものがあげられる。一つ目は本研究で取り上げたデータは主にタクシー産業のものであるということである。もちろんタクシー産業は先行研究で指摘されているように、主要な公共交通機関の一つであるがそこで見られたデータを公共交通機関全体に拡張するには外的な妥当性という面で限界が存在する。今後は航空機や電車など他の公共交通機関も含めてNPIが公共交通に与えた影響を分析していく必要が存在する。

二つ目は、緊急事態宣言の変数化についてである。本研究では、緊急事態宣言を二項的な離散変数として解釈したが、飲食店の自粛要請の程度など都道府県ごとに行われた措置などは厳密に言えば異なることも考えられ、本研究のような処理が妥当かどうかは議論の余地が残る。今後はNPIをどのように変数化するかなどの議論も踏まえ飲食店休業要請があったかどうかなどのより細かい要素分解を行うといった様々な変数化による推定を行い、そこから得られた総合的な結果を分析するということや、都道府県や市町村単位などよ

りレベルを下げた事例研究の積み重ねによって最終的な結果を推定していくというような試みが必要であると考えられる。

三つ目にNPIそのものの影響と感染状況の影響との識別についての問題である。本研究では、感染状況の影響、それを取り巻く時勢的影響を統制するために、主に死者数、感染者数の統制、マッチング推定法の利用などを行った。しかし、特に全ての都道府県で適用されていた1回目の緊急事態宣言について、それらの処理によって社会的な不安などの状況も含め、真にあの時の緊急事態宣言がなかった場合の状況を作り出せたかどうかという課題が残ると考えられる。つまり、本研究のモデルや統計的処理によってNPIの影響と感染状況の影響が明確に識別できているかどうかについては、未だ議論の余地が存在するだろう。

## VI. 結論

本研究は、COVID-19の蔓延を抑えるために適用される非医薬的介入（NPI）が公共交通機関の経済状況に与える影響について取り扱った。本研究では、2020年2月から2021年3月までの都道府県レベルのタクシー事業者の営業収入についてその間の2回にわたる緊急事態宣言から受けた影響を、感染状況などを統制した上で分析した。その結果、緊急事態宣言はタクシーの営業収入に負の影響を与えたこと、そしてその影響はほとんどが初期のものであるという知見が得られた。

（たかね・せい）

## 謝辞

この場をお借りして、本論文の執筆にあたり、有益なコメントをいただいた匿名査読者の先生、問い合わせ、データ使用に快く回答していただいた一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会の担当者の方、また多忙中、本論文に対して有益なアドバイスをいただいた、藤村直史先生、砂原庸介先生、吐合大祐先生、研究者に研究の場を与えていただいた多湖淳先生、アイデア段階での発表の機会を与えていただいた松村尚子先生に感謝を申し上げる。無論、本研究の責任は一

切研究者に帰属する。

## 注

- 1) <https://covid19.who.int/>
- 2) <https://github.com/vdeminstitute>
- 3) <https://ourworldindata.org/covid-stringency-index>
- 4) <https://ourworldindata.org/covid-vaccinations>
- 5) 2022年11月22日確認
- 6) <http://www.taxi-japan.or.jp/pdf/jixtuseki.pdf> 調査の実施は一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会。公的統計ではないため調査方法が法律などによって定められているわけではない。したがって、使用には慎重な検討が必要である。そこで、研究者は2022年8月3日、2022年11月21日にメール（gyoumu@taxi-japan.or.jp）での問い合わせにより一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会の担当者に当該データの集計方法の確認を行った。その結果、調査の実施が一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会であることで確認が取れ、集計方法については論文記述のものが得られた。なお、当団体から研究者への利益供与は一切存在しない。
- 7) [https://www.e-stat.go.jp/statsearch/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600330&tstat=000001017236&cycle=1&year=20200&month=12040604&result\\_back=1&tclasslval=0](https://www.e-stat.go.jp/statsearch/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600330&tstat=000001017236&cycle=1&year=20200&month=12040604&result_back=1&tclasslval=0)
- 8) 埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、大阪府、兵庫県、福岡県は4月7日適用。それらを除く都道府県は4月16日適用。北海道、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、京都府、大阪府、兵庫県を除く都道府県については、5月14日に解除。京都府、大阪府、兵庫県については5月21日に解除。5月25日には全面解除。
- 9) 千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県については1月8日適用。栃木県、岐阜県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県、福岡県については1月14日適用。栃木県については2月7日に解除。岐阜県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県、福岡県については、2月28日に解除。千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県については3月21日解除。
- 10) 本研究ではR言語のestimatパッケージ (<https://declaredesign.org/r/estimat/articles/mathematical-notes.html>) のCR0を用いて実装。
- 11) 2月7日に解除された栃木県については1月を、2月28日に解除された岐阜県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県、福岡県1、2月を緊急事態宣言の月と換算した。
- 12) <https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/data>
- 13) <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl>
- 14) <https://www.e-stat.go.jp/regional-statistics/ssdsview/prefectures>
- 15) <https://www.stat.go.jp/data/roudou/pref/index.html>
- 16) <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout>



=datalist&toukei=00200553&tstat=000001095895&cycle=0&  
tclass1=000001106235&tclass2=000001106255&tclass3=0000  
01107055&tclass4=000001107435&tclass5val=0

- 17) 分析に用いたデータ、コードも含めた論文の付録情報に関しては、筆者のgit hub (<https://github.com/SeiTAKANE/Researching>) に記載。
- 18) ラグ変数を用いている場合、2020年3月から2021年3月までのデータとなる。
- 19) 自交総連ホームページ ([http://www.jikosoren.jp/data/data\\_index.html](http://www.jikosoren.jp/data/data_index.html)) を参照し、集計。
- 20) バランスチェックの詳しい結果は筆者のgithub (前掲 16) に記載。モデル3はすべての共変量の標準化差分 (Standardized mean difference) が性質の等しさの基準値と言われる10 (Normand et al. 2001) を下回った。
- 21) 末吉 (2017) によるとブートストラップの最適なサンプリング回数は1000-2000とされている。したがって、本研究で行った3000回という回数は申し分ないと考えられる。
- 22) Googleアカウントのロケーション履歴をオンにしているユーザーがその主要な場所に滞在した時間、数を基準値 (2020年1月3日~2月6日) からの増減率によって測ったもの。データは全て<https://www.google.com/covid19/mobility/?hl=ja> からダウンロード。

## 参考・参考文献

- ・ Abouk, Rahi, and Babak Heydari. "The Immediate Effect of COVID-19 Policies on Social-Distancing Behavior in the United States." *Public Health Reports* 136 (2).2021.pp245-52. <https://doi.org/10.1177/0033354920976575>.
- ・ Akiyama, Hajime. "COVID-19 Measures and Human Rights Guaranteed by the Japanese Constitution." F1000Research. 2021.<https://doi.org/10.12688/f1000research.50861.2>.
- ・ Arellana, Julian, Luis Márquez, and Victor Cantillo. "COVID-19 Outbreak in Colombia: An Analysis of Its Impacts on Transport Systems." *Journal of Advanced Transportation*. 2020 (August). 2020.e8867316. <https://doi.org/10.1155/2020/8867316>.
- ・ Besley, Timothy, and Nicholas Stern. "The Economics of Lockdown." *Fiscal Studies* 41 (3). 2020. pp493-513. <https://doi.org/10.1111/1475-5890.12246>.
- ・ Bhadra, Arunava, Arindam Mukherjee, and Kabita Sarkar. "Impact of Population Density on Covid-19 Infected and Mortality Rate in India." *Modeling Earth Systems and Environment* 7 (1). 2021.pp 623-629. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00984-7>.
- ・ Borgonovi, Francesca, and Elodie Andrieu. "Bowling Together by Bowling Alone: Social Capital and COVID-19." *Social Science & Medicine* 265 (November).2020.113501. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.113501>.
- ・ Brodeur, Abel, David Gray, Anik Islam, and Suraiya Bhuiyan. "A Literature Review of the Economics of COVID - 19." *Journal of Economic Surveys* 35 (4). 2021.pp1007-44. <https://doi.org/10.1111/joes.12423>.
- ・ Dave, Dhaval M., Andrew I. Friedson, Kyutaro Matsuzawa, and Joseph J. Sabia. "When Do Shelter-in-Place Orders Fight COVID-19 Best? Policy Heterogeneity Across States and Adoption Time." Working Paper 27091. Working Paper Series. National Bureau of Economic Research. 2020. <https://doi.org/10.3386/w27091>.
- ・ Durante, Ruben, Luigi Guiso, and Giorgio Gulino. "Asocial Capital: Civic Culture and Social Distancing during COVID-19." *Journal of Public Economics* 194 (February). 2021.104342. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104342>.
- ・ Flaxman, Seth, Swapnil Mishra, Axel Gandy, H. Juliette T. Unwin, Thomas A. Mellan, Helen Coupland, Charles Whittaker, et al. "Estimating the Effects of Non-Pharmaceutical Interventions on COVID-19 in Europe." *Nature* 584 (7820). 2020. pp257-261. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2405-7>.
- ・ Fukumoto, Kentaro, Charles T. McClean, and Kuninori Nakagawa. "No Causal Effect of School Closures in Japan on the Spread of COVID-19 in Spring 2020." *Nature Medicine* 27 (12). 2021. pp2111-2119. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01571-8>.
- ・ George, Alexander L. *Case Studies and Theory Development in the Social Sciences*. 2005. Illustrated edition Cambridge, Mass: The MIT Press. (邦訳 泉川泰博、『社会科学のケーススタディ：理論形成のための定性的手法』勁草書房、2013年)
- ・ Ioannidis, John P. A., Cathrine Axfors, and Despina G. Contopoulos-Ioannidis. "Population-Level COVID-19 Mortality Risk for Non-Elderly Individuals Overall and for Non-Elderly Individuals without Underlying Diseases in Pandemic Epicenters." *Environmental Research* 188 (September). 2020.109890. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109890>.
- ・ Jones, Callum, Thomas Philippon, and Venky Venkateswaran. "Optimal Mitigation Policies in a Pandemic: Social Distancing and Working from Home." *The Review of Financial Studies* 34 (11). 2021. pp5188-5223. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhab076>.
- ・ Ma, Qiuyue, Jue Liu, Qiao Liu, Liangyu Kang, Runqing Liu, Wenzhan Jing, Yu Wu, and Min Liu. "Global Percentage of Asymptomatic SARS-CoV-2 Infections Among the Tested Population and Individuals With Confirmed COVID-19 Diagnosis: A Systematic Review and Meta-Analysis." *JAMA Network Open* 4 (12). 2021.e2137257-e2137257. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.37257>.
- ・ Mendez-Brito, Alba, Charbel El Bcheraoui, and Francisco

- Pozo-Martin. "Systematic Review of Empirical Studies Comparing the Effectiveness of Non-Pharmaceutical Interventions against COVID-19." *Journal of Infection* 83 (3). 2021. pp281–293. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2021.06.018>.
- Munawar, Hafiz Suliman, Sara Imran Khan, Zakria Qadir, Abbas Z. Kouzani, and M A Parvez Mahmud. "Insight into the Impact of COVID-19 on Australian Transportation Sector: An Economic and Community-Based Perspective." *Sustainability* 13 (3). 2021.1276. <https://doi.org/10.3390/su13031276>.
  - Nian, Guangyue, Bozhezi Peng, Daniel (Jian) Sun, Wenjun Ma, Bo Peng, and Tianyuan Huang. "Impact of COVID-19 on Urban Mobility during Post-Epidemic Period in Megacities: From the Perspectives of Taxi Travel and Social Vitality." *Sustainability* 12 (19). 2020.7954. <https://doi.org/10.3390/su12197954>.
  - Ng, Kam To, Xiaowen Fu, Shinya Hanaoka, and Tae Hoon Oum. "Japanese Aviation Market Performance during the COVID-19 Pandemic - Analyzing Airline Yield and Competition in the Domestic Market." *Transport Policy* 116: 237–47. 2022.
  - Normand, Sharon-Lise T., Mary Beth Landrum, Edward Guadagnoli, John Z. Ayanian, Thomas J. Ryan, Paul D. Cleary, and Barbara J. McNeil. "Validating Recommendations for Coronary Angiography Following Acute Myocardial Infarction in the Elderly: A Matched Analysis Using Propensity Scores." *Journal of Clinical Epidemiology* 54 (4). 2001. pp387–398. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(00\)00321-8](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(00)00321-8).
  - Parady, Giancarlo, Ayako Taniguchi, and Kiyoshi Takami. "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: 100181.2020. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100181>.
  - Panarello, Demetrio, and Giorgio Tassinari. "One Year of COVID-19 in Italy: Are Containment Policies Enough to Shape the Pandemic Pattern?" *Socio-Economic Planning Sciences* 79 (February). 2022.101120. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101120>.
  - Perra, Nicola. "Non-Pharmaceutical Interventions during the COVID-19 Pandemic: A Review." *Physics Reports* 913 (May). 2021.pp1–52. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2021.02.001>.
  - Przybylowski, Adam, Sandra Stelmak, and Michal Suchanek. "Mobility Behaviour in View of the Impact of the COVID-19 Pandemic—Public Transport Users in Gdansk Case Study." *Sustainability* 13 (1). 2021.364. <https://doi.org/10.3390/su13010364>.
  - Pulejo, Massimo, and Pablo Querubin. "Electoral Concerns Reduce Restrictive Measures during the COVID-19 Pandemic." *Journal of Public Economics* 198 (June). 2021. 104387. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2021.104387>.
  - Ren, Jinchang, Yijun Yan, Huimin Zhao, Ping Ma, Jaime Zabalza, Zain Hussain, Shaoming Luo, et al. "A Novel Intelligent Computational Approach to Model Epidemiological Trends and Assess the Impact of Non-Pharmacological Interventions for COVID-19." *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* 24 (12). 2020.pp3551–3563. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.3027987>.
  - Rizvi, Rubina F, Kelly J Thomas Craig, Rezzan Hekmat, Fredy Reyes, Brett South, Bedda Rosario, William J Kassler, and Gretchen P Jackson. "Effectiveness of Non-Pharmaceutical Interventions Related to Social Distancing on Respiratory Viral Infectious Disease Outcomes: A Rapid Evidence-Based Review and Meta-Analysis." *SAGE Open Medicine* 9 (January). 2021.205031212110229. <https://doi.org/10.1177/20503121211022973>.
  - Schlosser, Frank, Benjamin F. Maier, Olivia Jack, David Hinrichs, Adrian Zachariae, and Dirk Brockmann. "COVID-19 Lockdown Induces Disease-Mitigating Structural Changes in Mobility Networks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117 (52). 2020. pp32883–32890. <https://doi.org/10.1073/pnas.2012326117>.
  - Shibayama, Takeru, Fabian Sandholzer, Barbara Laa, and Tadej Brezina. "Impact of COVID-19 Lockdown on Commuting." *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, February. 2021.7pp0-93 <https://doi.org/10.18757/EJTIR.2021.21.1.5135>.
  - Summan, Amit, and Arindam Nandi. "Timing of Non-Pharmaceutical Interventions to Mitigate COVID-19 Transmission and Their Effects on Mobility: A Cross-Country Analysis." *The European Journal of Health Economics* 23 (1). 2022. pp105–117. <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01355-4>.
  - Tirachini, Alejandro, and Oded Cats. "COVID-19 and Public Transportation: Current Assessment, Prospects, and Research Needs." *Journal of Public Transportation* 22 (1). 2020.<https://doi.org/10.5038/2375-0901.22.1.1>.
  - Ujiie, Mugen, Shinya Tsuzuki, and Norio Ohmagari. "Effect of Temperature on the Infectivity of COVID-19." *International Journal of Infectious Diseases* 95 (June). 2020. pp301–303. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.04.068>.

- ・ You, Shibing, Hengli Wang, Miao Zhang, Haitao Song, Xiaoting Xu, and Yongzeng Lai. "Assessment of Monthly Economic Losses in Wuhan under the Lockdown against COVID-19." *Humanities and Social Sciences Communications* 7 (1).2020.52. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-00545-4>.
- ・ 太田和博、「タクシー運賃の攻防」、『総合研究 日本のタクシー産業—現状と変革に向けての分析』、2017年、第13章。
- ・ 加藤博和、「公共交通として位置づけられたタクシーが果たすべき社会的役割」、『土木計画学研究・講演集』、Vol. 49、2014年、1頁－5頁。
- ・ 小嶋典明、「新型インフルエンザ等対策特別措置法と要請」、関西外国語大学研究論集、第114号、2021年、339-358頁。
- ・ 高橋将宜、「統計的因果推論の理論と実装—潜在的結果変数と欠測データ—」、共立出版、2022年。
- ・ 坊美生子「アフター・コロナの「移動」の形とモビリティの在り方を考える～定型的な輸送業務から、高付加価値化した移動サービスへ～」、『ニッセイ基礎研レポート』、2020年11月10日。
- ・ 中村陸哉・神田佑亮「上場公共交通事業者の決算短信によるCOVID-19が公共交通事業経営に与えた影響分析」、『土木学会論文集D 3 (土木計画学)』、78巻、6号、2022年、241－251頁。
- ・ 西山慶彦・新谷元嗣・川口大司・奥井亮、『計量経済学』、有斐閣、2019年。
- ・ 末吉直也、『計量経済学：マイクロデータ分析へのいざない』、日本評論社、2015年。
- ・ 国土交通省、『令和2年度テレワーク人口実態調査—調査結果—』、2022年3月。
- ・ 内閣府、『新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言の実施状況に関する報告』、2020年6月。
- ・ 内閣府、『新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言の実施状況に関する報告』、2021年10月。

## データ

- ・ 全世界での感染者数、死者数の情報  
“WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard” (<https://covid19.who.int/> 2022年11月22日最終アクセス)
- ・ 2020年における公共交通の需要数の減少の変化 (図1)  
国土交通省『交通政策白書』、2021年。
- ・ 2020年における異動の規制の度合いの国別比較 (図2)  
“V-Dem Dataset” (<https://github.com/vdeminstitute> 2022年7月9日最終アクセス) うちVersion 11.1のCOVID-19 government restrictions (v2cvgovres) を使用。  
“Covid-19:Stringency Index” (<https://ourworldindata.org/covid-stringency-index> 2022年11月20日最終アクセス)。
- ・ タクシーの営業収入

一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会『新型コロナウイルス感染症の影響による営業収入の変化』(全タク連緊急サンプル調査) (<http://www.taxi-japan.or.jp/pdf/jixtuseki.pdf> 2022年11月22日最終アクセス)。

調査の実施は一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会のもの。調査の実施主体の特定、データセットの信頼性の確認方法については、(注6)を参考。

- ・ 2010年から2019年までの事業者あたりの営業収入  
自交総連ホームページのデータ ([http://www.jikosoren.jp/data/data\\_index.html](http://www.jikosoren.jp/data/data_index.html) 2022年7月30日最終アクセス)を参照し、集計。
- ・ 感染者数、死者数  
NHK『特設サイト 新型コロナウイルス』(<https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/data/> 2022年7月9日最終アクセス)
- ・ 気温  
気象庁『過去の気象データ・ダウンロード』(<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/2022年7月9日最終アクセス>)
- ・ 人口密度、65歳以上人口  
『政府統計の総合窓口 (e - S t a t)』(<https://www.e-stat.go.jp/regional-statistics/ssdsview/prefectures> 2022年7月9日最終アクセス)
- ・ 失業率  
総務省統計局『〈参考〉労働力調査 (基本集計) 都道府県別結果』(<https://www.stat.go.jp/data/roudou/pref/index.html> 2022年7月9日最終アクセス)
- ・ 全従業者数における情報サービス事業、インターネット付随サービス事業の従業者数  
厚生労働省『平成28年経済センサス—活動調査』(<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200553&tstat=000001095895&cycle=0&tclass1=000001106235&tclass2=000001106255&tclass3=000001107055&tclass4=000001107435&tclass5val=0> 2022年11月22日最終アクセス)
- ・ 主要な場所への人の往来について (表4)  
Google『COVID-19:コミュニティ モビリティ レポート』(<https://www.google.com/covid19/mobility/?hl=ja> 2022年7月9日最終アクセス)