

〈自由論文〉

新型コロナウイルスのパンデミックが国内小売販売額へ与えた 影響に関する分析

—階層ベイズモデルを用いた地域および時間による変動の検証—

**An Analysis on the Impact of the COVID-19 Pandemic to Retail Sales in Japan
-Verification of Regional and Temporal Variability Using a Hierarchical Bayesian Model-**

小林 稔
Minoru Kobayashi

【Abstract】

This paper analyzed the effect of an increase in the number of people infected with COVID-19 on retail sales by region and at the time of observation by using our own hierarchical Bayesian model. Five business categories, department stores / supermarkets, convenience stores, large electronics specialty stores, drug stores, and home centers, were taken up as targets for retail sales analysis, and the impact of an increase in the number of people infected with COVID-19 on sales was analyzed. As a result, it was found that the increase in the number of people infected with COVID-19 had almost a negative effect on the sales of department stores / supermarkets and convenience stores. On the other hand, in large electronics specialty stores and home centers, the impact of the increase in the number of COVID-19 cases on sales was negative at the beginning of the spread of the disease, but became positive in most areas after May 2020. This is because the time spent at home increased due to the provision of subsidies based on the COVID-19 pandemic policy, the continuation of monetary easing policy, the issuance of state of emergency and the issuance of measures to prevent the spread, and the so-called nesting demand increased. On the other hand, for drugstores, the impact of an increase in the number of people infected with COVID-19 on sales was positive in almost all regions. In this way, this paper had constructed a hierarchical Bayesian model and analyzed the impact of an increase in the number of people infected with COVID-19 on retail sales by region and observation time and even business type.

【キーワード】

新型コロナウイルス, COVID-19, 階層ベイズ, 状態空間方程式,
マルコフ連鎖モンテカルロ法, MCMC

1. はじめに

2020年1月以降、新型コロナウイルス（以下では、COVID-19）の感染が世界中に拡大し、社会に大きな影響を与えている。一時は、世界的に都市封鎖が実施され、各国経済へ打撃を与えるだけでなく国際間の物流、人流が抑制され、世界経済にも影を落とした。わが国も例外ではなく、4回に渡る緊急事態宣言の下で社会経済は、疲弊を続けている。そのような中で、テレワークやオンライン授業など情報ネットワークを活用した新たな社会経済活動の試みも広がり、これまでの社会秩序の変革も進みつつある。

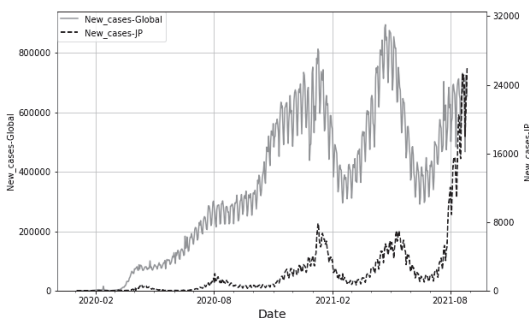
2021年9月現在、米国や欧州各国をはじめとした先進国では、新型コロナワクチンの接種が進

み、感染状況は改善し、ポストコロナへと新たな社会の歩みを模索している (Fig.1.1., Fig.1.2.)。しかし、新型コロナワクチンの接種が進んでいない途上国では、依然として感染拡大に歯止めがかけられない状況が散見される。一方、COVID-19の変異種が次々と出現し、特にデルタ株の感染拡大によりわが国では2021年7月以降、感染者数が急増した。度重なる緊急事態宣言やまん延防止等重点措置によって、様々な社会生活は制限され人流の抑制が押し進められた。その結果として、国内経済は2020年第二四半期のGDPに見られるように、一時は大きく落ち込んだ (Fig.1.3.)。

しかし、政府、日銀による大規模な金融緩和政策や特別定額給付金、新型コロナウイルス感染症対応休業支援金・給付金、雇用調整助成金など多様な支援政策が進められた結果、マネタリーベースは2020年4月以降、急拡大を続け経済の下支えとなっている。国内のGDPは2020年第三四半期以降、緩やかに回復傾向を示している (Fig.1.3.)。また、日経平均株価は、いわゆるバブル経済崩壊後の最高値をつけて、一時は3万円を上回ってきた。

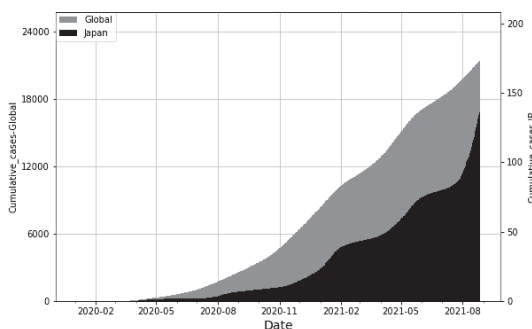
このような状況の中で、COVID-19が経済に与えた影響がどのようなものであったのか客観的に検証することが必要であろう。本稿では、

Fig.1.1. COVID-19_New_cases



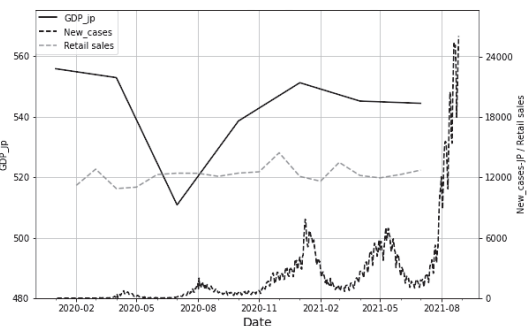
(注) 世界および日本の1日の新規感染者数。単位：人、2021年8月27日時点のデータで作成。“WHO-COVID-19-global-data”から独自のプログラムで集計して作成。

Fig.1.2. COVID-19_Cumulative_cases



(注) 世界および日本の累積感染者数。単位：万人、2021年8月27日時点のデータで作成。“WHO-COVID-19-global-data”から独自のプログラムで集計して作成。

Fig.1.3. COVID-19_New_cases-GDP_jp



(注) 内閣府経済社会総合研究所、国民経済計算、国内総生産、名目季節調整系列 (単位：兆円)。小売販売額は、経済産業省商業動態統計より作成 (単位：億円)。内閣府経済社会総合研究所、国民経済計算、国内総生産、名目季節調整系列 2021年第二四半期までのデータを使用した。日本の新規感染者数。単位：人、2021年8月27日時点のデータで作成。“WHO-COVID-19-global-data”から独自のプログラムで集計して作成。

COVID-19がわが国の経済に与えた影響について、経済産業省が公表している商業動態統計のデータを用いて分析を試みた。

1.1. 社会活動の制約と巣籠もり需要

わが国では2020年3月以降、COVID-19のパンデミックとともに、緊急事態宣言やまん延防止等重点措置が相次いで発出され、人流抑制のために様々な社会経済活動が制限されている。このためグループでの会食や国内旅行、海外旅行などが自粛され、飲食業、宿泊業、鉄道業や航空業は大きな打撃を受けている。一方で、テレワークの機会が増加したことによって在宅時間は増加し、いわゆる巣籠もり需要が拡大している。つまり、自宅での少し贅沢な食事、オンデマンドによる映画視聴、健康器具、PCやテレビをはじめとした電気製品の需要が高まっている。Fig.1.3.に示すように、2020年3月以降、小売販売額は、上昇下降の変動は見られるものの概ね横バイで推移している。つまり、COVID-19の影響により大きく落ち込んでいる業種もあれば好調な業種もある。

本稿では、このようなCOVID-19の経済への影響を商業動態統計のデータを用いて分析する。具体的には、同統計の月次報告書で公表している百貨店・スーパー、コンビニエンスストア、家電、ドラッグストア、ホームセンターの業態別販売額のデータにより業態ごとのCOVID-19の影響を分析する。

1.2. COVID-19のデータについて

COVID-19のデータは、WHO (World Health Organization, 以下ではWHO) から国際的なデータを取得できる。COVID-19の世界的な状況の分析は、WHOのデータを用いる。一方、本稿ではCOVID-19の国内経済への影響を地域別に分析することを目標にしている。

そのため、国内のCOVID-19のデータについては厚生労働省が日次で公表している新型コロナウイルス感染症の国内発生動向のデータを2020年1月～2021年7月分まで取得し、独自のプログラムによって都道府県別に集計するとともに月

次の新規感染者数の総和を算出し、これを分析に使用した。2021年9月時点の世界の感染状況と国内感染状況をFig.1.1., Fig1.2.に示す。

2. 分析の方法

2.1. 小売り販売額のデータ

本稿では、COVID-19の新規感染者数が、消費者を対象とした小売りの販売額に与える影響を分析する。小売販売額のデータとして、ここでは経済産業省が月次で公表している商業動態統計の都道府県別、業態別の月次データを使用する。

分析の前に以下のように分析データを整理する。まず、商業動態統計の都道府県別、月次の業態別販売額を見ると、沖縄県など複数の地域で百貨店、ドラッグストア、ホームセンターなどのデータの一部が欠落している。このため、データの欠落が多い百貨店については、百貨店単独での分析は困難なためデータが全て揃っている百貨店・スーパーの合計値を用いて分析した。また、ドラッグストア、ホームセンターなどは、データが欠落する月については、分析から除外することにした。今回の分析では、本稿執筆時点で取得できる2021年8月の商業動態統計に掲載されている2020年1月から2021年6月の18ヶ月間を分析期間としたが、データが欠落している3ヶ月を除外して、実際には分析期間は15ヶ月間となった¹⁾。

一方、COVID-19のデータについては、日次のデータから月次のデータに変換し、月次の新規感染者数のデータを作成した。ただし、青森県や岩手県などでは、2020年前半は、ほとんど新規感染者がいなかったためデータの数値が小さく対数を取り分析することが困難なため²⁾、都道府県別での分析は諦めて、全国、北海道、東北、関東、北陸、東海、関西、中国、四国、九州、沖縄、さらに首都圏、京阪神、中京の14の地域にデータを集約して分析を行うこととした。ここで、東北は、青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島とし、関東は、群馬、栃木、茨城、埼玉、東京、千葉、神奈川とした。北陸は、新潟、富山、石川、福井、東海は、山梨、長野、岐阜、愛知、三重、静岡、

関西は、滋賀、奈良、京都、大阪、兵庫、和歌山、中国は、岡山、広島、山口、鳥取、島根、四国は、徳島、香川、愛媛、高知、九州は、福岡、佐賀、長崎、大分、宮崎、熊本、鹿児島、なお沖縄は九州とは地域的な特性が異なると判断して別とした。

さらに、COVID-19のパンデミックが顕著であった都市部の影響を分析するために、首都圏として、東京、神奈川、埼玉、千葉を設定した。同様に、京阪神として、京都、大阪、兵庫、中京として三重、愛知、岐阜を設定した。なお、日本全国を上記のように14地域に分割した後、各地域ごとの人口を算出して³⁾、COVID-19の新規感染者数、商業動態統計の販売額のデータを人口で除すことにより人口100万人当たりのデータに変換した⁴⁾。このように日本全国を14地域に分割して、それぞれの地域において人口100万人当たりのデータを算出した。さらに、総務省が公表している2020年基準全国の消費者物価指数をデフレーターとして商業動態統計の販売額のデータを実質化しておく。このように前処理を行ったデータにより、COVID-19の新規感染者数と業態別販売額との相関を分析した。

2.2. データの概観

本稿では、国内の都道府県別のCOVID-19の月次の新規感染者数と商業動態統計の業態別販売額の相関をベイズ統計を用いた階層ベイズモデル

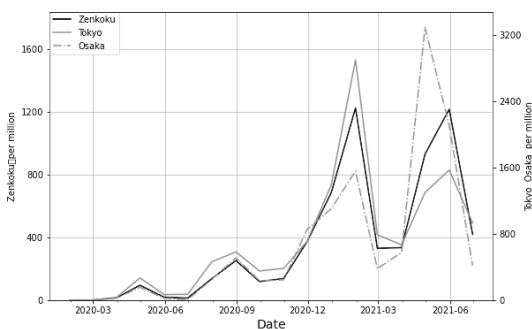
によって、地域別、時間別に分析する。特に、地域の特性によってCOVID-19が業態別販売額へ与える影響が異なるのかを検証する。他方、2020年春から2021年秋にかけて時系列で観測した時に、COVID-19が小売販売額へ与える影響が、観測した時点によって、どのように変化したのか分析していく。

まず、前節で前処理を行ったデータを確認してみる。Fig.1.4., Fig.1.5.に全国のCOVID-19の月間新規感染者数と商業動態統計の業態別販売額の推移を示す。COVID-19の月間新規感染者数は、何回かの波を繰り返して増加と減少を繰り返していたことが窺える。一方、業態別販売額の推移は、2020年後半から緩やかに増加に転じていることが分かる。

2.3. 分析モデルの構築

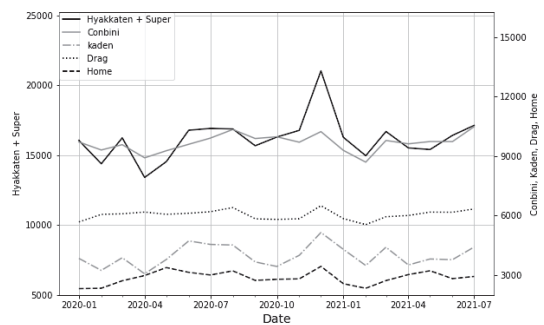
本稿では、独自の階層ベイズモデルを構築してCOVID-19が小売販売額へ与える影響を分析した。階層ベイズモデルでは、ベイズの定理によりモデルのパラメータ推定を行う。従来からの伝統的な統計学で行ってきた推定とは異なり、パラメータの事前分布を与えて、事前分布と尤度の確率分布の計算からパラメータの事後分布を求めていく。つまり、伝統的な統計学では、点推定によりパラメータを定数としていたのに対して、ベイズ統計による推定では、パラメータを確率分布と

Fig.1.4. COVID-19_Monthly number of new cases



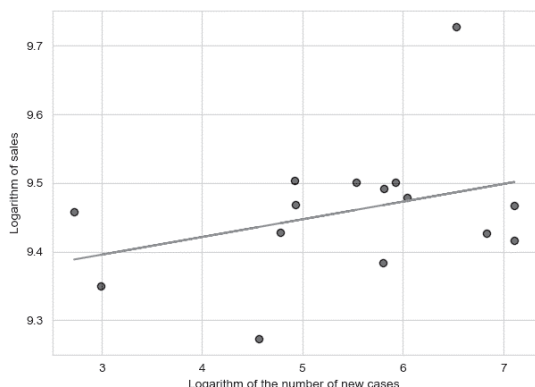
(注) 単位：月間百万人あたりの新規感染者数。厚生労働省「地域ごとの感染状況等の公表について」都道府県別・確定患者数の累計（8月27日までのデータ）から独自のプログラムで作成した。

Fig.1.5. Retail sales



(注) 経済産業省 商業動態統計より作成した。単位：億円 左軸：百貨店・スーパー（Hyakuten+Super）の合計、右軸：コンビニ（Conbini）、家電大型専門店（Kaden）、ドラッグストア（Drag）、ホームセンター（Home）。

Fig.2.1. Correlation diagram between sales amount and new cases of COVID-19



(注) 百貨店・スーパーの販売額（全国）と COVID-19 の新規感染者数（全国）のそれぞれの対数をとった後プロットした。直線で近似できそうである。

する。

ここで、COVID-19 の新規感染者数と百貨店・スーパーの販売額の両方のデータの対数を取り、相関を示したものが Fig.2.1. である。なお、ここでは全国のデータを使用した。Fig.2.1. から、それぞれのデータの対数を取ると両データ間の関係性が直線で表現できそうである。

すると、COVID-19 の新規感染者数 C と業態別販売額 S の関係式は、2.1 式のように表現可能である。2.1 式から S と C の関係は 2.2 式のようにになる。ここで、 μ_1 、 μ_2 は、誤差項である。

$$\log[S] = \log[a] + b \cdot \log[C] + \mu_1 \cdots (2.1)$$

$$S = a \cdot C^b + \mu_2 \cdots (2.2)$$

$$\frac{1}{S} \cdot \frac{\partial S}{\partial C} = b \cdot \frac{1}{C} \cdots (2.3)$$

$$\therefore b = \frac{\partial S}{S} \bigg/ \frac{\partial C}{C} \cdots (2.4)$$

$$\log[a] = \log[a_0] + \log[ak] + \log[al] \cdots (2.5)$$

$$b = b_0 + bk + bl \cdots (2.6)$$

$$\begin{aligned} \log[a] &= \log[a(n \times t)] = \log[a_0] + \log[ak_n] \\ &\quad + \log[al_t] \cdots (2.7) \end{aligned}$$

$$b = b(n \times t) = b_0 + bk_n + bl_t \cdots (2.8)$$

$$\log[ak_n] = s_{ak}n$$

$$s.t. \quad s_{ak} \sim Normal(0, \sigma_{s_{ak}}^2) \cdots (2.9)$$

$$\log[al_t] = \log[al_{t-1}] + s_{al}$$

$$s.t. \quad s_{al} \sim Normal(0, \sigma_{s_{al}}^2) \cdots (2.10)$$

$$bk_n = s_{bk}$$

$$s.t. \quad s_{bk} \sim Normal(0, \sigma_{s_{bk}}^2) \cdots (2.11)$$

$$bl_t = bl_{t-1} + s_{bl}$$

$$s.t. \quad s_{bl} \sim Normal(0, \sigma_{s_{bl}}^2) \cdots (2.12)$$

$$\log[S] = \log[a] + b \cdot \log[C] \cdots (2.13)$$

$$\log[S_t] \sim Normal(\log[S], \sigma_t^2) \cdots (2.14)$$

S : 業態別販売額（月間） C : COVID-19 の新規感染者数（月間） μ_1 、 μ_2 : 誤差項、それぞれの添付の t は観測時点、 n は観測地域を示す。

2.1 式の両辺を C で偏微分すれば、2.3 式となり、パラメータ b は、2.4 式で示すように C の S に対する弾力性になる。ここで、2.1 式の切片である $\log[a]$ は、定数項であり 2.1 式の水準成分であるが、本稿では、異なる観測時点、異なる観測地域で変動するものとする。すなわち、時間的な経過によって様々な環境変化が発生して水準成分は変動するであろうし、異なる地域であれば地域特性の影響を受けて水準成分も変動すると考える。ここで、水準成分 $\log[a]$ の内、異なる地域で変動する成分を $\log[ak]$ とし、時間によって変動する成分を $\log[al]$ とすると、水準成分 $\log[a]$ は、2.5 式のように固定成分の $\log[a_0]$ に $\log[ak]$ と $\log[al]$ を加えたものになる。同様に、 $\log[C]$ のパラメータである b も異なる地域で変動する成分を bk とし、時間によって変動する成分を bl とすると、パラメータ b は 2.6 式のように固定成分 b_0 に bk と bl を加えたものになる。

このように本稿で用いる階層ベイズモデルは、状態空間モデルの一つである時変係数モデルを地域別の影響を計測できるように拡張して独自に構築したものである。つまり、異なる時点でのパラメータの変動を考慮した時変係数モデルに地域ごとの特性によるパラメータの変動を含めて拡張したモデルとなっている。なお、2.7 式以降の添字

n は観測地域 n を、同様に添字 t は観測時点 t を表す。つまり、2.7式、2.8式、2.9式、2.11式から、業態別販売額は観測地域ごとに、パラメータ $\log[a]$ 、 b にそれぞれ確率的な変動分が加わることで地域ごとの特性の影響を受けることになる。同様に、2.7式、2.8式、2.10式、2.12式から観測時点 t における業態別販売額は、一期前の観測時点 ($t-1$) のデータの影響を受ける。このように切片である水準成分のパラメータ $\log[a]$ および説明変数 C のパラメータ b は、時間による変動分と地域ごとの変動分をそれぞれ含んでいるから、それぞれの変動分を検証することで、COVID-19 の新規感染者数が業態別販売額へ与える影響を、観測時点別、観測地域別に詳細に検証することができるのである。

2.7式の通り、水準成分 $\log[a]$ は、固定成分である $\log[a_0]$ と観測地域 n ごとにそれぞれ異なる値を持つベクトル $\log[ak_n]$ および観測時点 t ごとにそれぞれ異なる値を持つベクトル $\log[al_t]$ の和であるから、 $\log[a]$ は2.7式の通り観測地域 n 、観測時点 t で変動するベクトル $\log[a_{t \times n}]$ である。したがって、観測時点 t 、観測地域 n ごとに、 $\log[ak_n]$ と $\log[al_t]$ の値を求めて標準偏差などを算出すれば、観測時点、観測地域ごとの特性による影響を検証できる。

パラメータ bk は、観測地域 n ごとにそれぞれ異なる値を持つベクトル bk_n であり、 bl は観測時点 t ごとにそれぞれ異なる値を持つベクトル bl_t である。つまり、パラメータ b は、2.8式の通り、観測地域 n 、観測時点 t によって変動するベクトル $b_{t \times n}$ となる。したがって、 bk_n 、 bl_t の観測時点、観測地域ごとの値と標準偏差などを計測すれば、観測時点、観測地域ごとの COVID-19 の新規感染者数の影響を検証することができる。

なお、状態空間モデルとして、2.5式～2.13式が状態方程式であり、2.14式が観測方程式となる。つまり、2.13式の状態方程式によって求められた S に確率的な変動分が加味されて、観測値 St が得られる。ここで、 St は、観測時点 t における業態別販売額である。一方、 Ct は、観測時点における COVID-19 の月間の新規感染者数である。

3. 分析の実行と結果

3.1. 分析モデルの解法

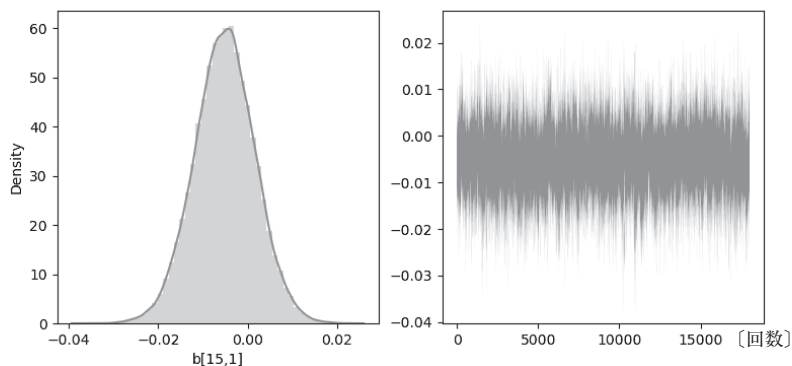
COVID-19 の新規感染者数および商業動態統計の業態別販売額のデータから、前節で説明したモデルの各パラメータを推計するには、ベイズの定理によって、設定したパラメータの事前分布から事後分布を求める必要がある。実際には、事前分布と尤度の確率分布から求めた複雑な事後分布の積分計算が必要であり、極めて困難な作業である。

しかし近年は、事後分布を求めるために複雑な形状の積分計算を行うのではなく、事後分布に従う乱数をマルコフ連鎖モンテカルロ法 (Markov Chain Monte Carlo : MCMC、以下では MCMC) を用いて生成することが行われている。MCMC 法で生成されたパラメータの事後分布に従う乱数の平均値を算出してパラメータの点推定も可能である。もちろんパラメータの確率分布も生成できる。本稿で構築したモデルのパラメータ推定においても、MCMC 法を用いている。

実際のモデルに MCMC 法を実装するためには、事後分布を表現する数式を導出して、そのアルゴリズムをプログラミングによってコンピュータで計算できるようにする必要がある。このプロセスを支援するためのツールとして確率的プログラミング言語 (Probabilistic Programming Language) がある。確率的プログラミング言語には、多様な確率分布や尤度の計算のための関数群が多数用意されており、前述のプロセスを強力に支援する。

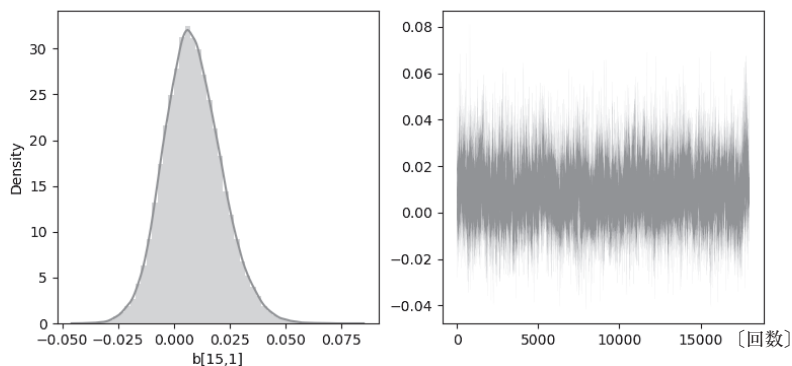
本稿では、確率的プログラミング言語として Stan⁵⁾ を使用した。実際には、python 上で Stan を使用するインターフェイスである pystan を使用して Stan によるプログラミングと計算を行った。Stan は、推定計算のアルゴリズムに MCMC 法の一つである HMC (Hamiltonian Monte Carlo、以下では HMC) の実装として、NUTS (No-U-Turn Sampler、以下では NUTS) を使用している。NUTS は、多数のパラメータでも効率的にサンプリングできることに特徴があり、MCMC

Fig.3.1. コンビニエンスストアを分析対象
データ：(地域：全国)，2021年6月のパラメータ b のサンプリング



(注) Stan を使用して独自の階層ベイズモデルを MCMC 法によってサンプリングした結果の一部である。

Fig.3.2. 家電大型専門店を分析対象
データ：(地域：全国)，2021年6月のパラメータ b のサンプリング



(注) Stan を使用して独自の階層ベイズモデルを MCMC 法によってサンプリングした結果の一部である。

が収束するまでの時間が短縮できる。

2.5 式から 2.14 式のモデルを Stan で実装して、前述した COVID-19 の新規感染者数および業態別販売額のデータから、モデルのパラメータ推定の計算を行った。なお、パラメータ推定に必要な事前分布は、事前に仮定することができないため、無情報事前分布⁶⁾を用いている。また MCMC 法の実行に必要な設定は次の通りである。

繰り返し数 (*iter*)⁷⁾: 2 万回

バーイン期間 (*warmup*)⁸⁾: 2000 回

間引き (*thin*)⁹⁾: 設定なし

チェーン (*chains*)¹⁰⁾: 4

今回の試行では、繰り返し回数を多く設定したため、7万 2000 個の乱数を得ることができた¹¹⁾。

各業態ごとにこの作業を行ったため多数のパラメータのサンプリング結果が得られたが、その一例として、コンビニエンスストアの全国のデータによる 2021 年 6 月のパラメータ b と、家電大型専門店の全国のデータによる 2021 年 6 月の同じくパラメータ b のサンプリング結果を、Fig.3.1., Fig.3.2. に示す。

分析結果の検証については次節で行う。

3.2. 分析結果の概要

前節で説明した通り、本稿で構築したモデルを Stan のプログラムで実装し、COVID-19 の新規感染者数および商業動態統計の業態別販売額のデータを適用して、モデルのパラメータを推計し

Table.3.1. 小売業態別のパラメータ推定結果（全ての地域、全ての観測時間における確率分布の平均値）

パラメータ	百貨店・スーパー	コンビニエンスストア	家電大型専門店	ドラッグストア	ホームセンター
\log_a	9.4300	8.9446	7.9258	8.3745	7.6900
b	▲0.0002	▲0.0061	0.0025	0.0040	0.0094

\log_a : 切片（水準成分）、 $b : b = b_0 + b_k + b_l$ 、COVID-19の感染者数増加による小売販売額の弾力性。

Table.3.2. 百貨店・スーパー（売上高）のパラメータ推定結果（確率分布の平均値）

\log_{ak}	$\log_{ak}[n]$	$n_{max}=14$	\log_{al}	$\log_{al}[t]$	$t_{max}=15$	bk	$bk[n]$	$n_{max}=14$	bl	$bl[t]$	$t_{max}=15$
	s_{ak} (標準偏差)	0.170		s_{al} (標準偏差)	0.050		s_{bk} (標準偏差)	0.0018		s_{bl} (標準偏差)	0.0200
全国	$\log_{ak}[1]$	0.0055	2020/3	$\log_{al}[1]$	2.0332	全国	$bk[1]$	▲0.0002	2020/3	$bl[1]$	1.2077
北海道	$\log_{ak}[2]$	0.1808	2020/4	$\log_{al}[2]$	1.9991	北海道	$bk[2]$	▲0.0003	2020/4	$bl[2]$	1.1754
東北	$\log_{ak}[3]$	▲0.0192	2020/5	$\log_{al}[3]$	2.0070	東北	$bk[3]$	▲0.0006	2020/5	$bl[3]$	1.1808
関東	$\log_{ak}[4]$	0.1098	2020/7	$\log_{al}[4]$	2.0545	関東	$bk[4]$	0.0001	2020/7	$bl[4]$	1.2151
北陸	$\log_{ak}[5]$	▲0.0345	2020/8	$\log_{al}[5]$	2.0704	北陸	$bk[5]$	0.0008	2020/8	$bl[5]$	1.2111
東海	$\log_{ak}[6]$	▲0.0093	2020/9	$\log_{al}[6]$	2.0349	東海	$bk[6]$	0.0001	2020/9	$bl[6]$	1.2023
関西	$\log_{ak}[7]$	0.0421	2020/10	$\log_{al}[7]$	2.0446	関西	$bk[7]$	▲0.0001	2020/10	$bl[7]$	1.2084
中国	$\log_{ak}[8]$	▲0.1762	2020/11	$\log_{al}[8]$	2.0487	中国	$bk[8]$	0.0003	2020/11	$bl[8]$	1.2128
四国	$\log_{ak}[9]$	▲0.0479	2020/12	$\log_{al}[9]$	2.0869	四国	$bk[9]$	▲0.0009	2020/12	$bl[9]$	1.2423
九州	$\log_{ak}[10]$	▲0.4343	2021/1	$\log_{al}[10]$	2.0283	九州	$bk[10]$	0.0003	2021/1	$bl[10]$	1.2109
沖縄	$\log_{ak}[11]$	▲0.1203	2021/2	$\log_{al}[11]$	1.9897	沖縄	$bk[11]$	0.0002	2021/2	$bl[11]$	1.2024
首都圏	$\log_{ak}[12]$	0.1329	2021/3	$\log_{al}[12]$	2.0233	首都圏	$bk[12]$	0.0001	2021/3	$bl[12]$	1.2152
京阪神	$\log_{ak}[13]$	0.0415	2021/4	$\log_{al}[13]$	2.0242	京阪神	$bk[13]$	▲0.0000	2021/4	$bl[13]$	1.2052
中京	$\log_{ak}[14]$	0.0956	2021/5	$\log_{al}[14]$	2.0401	中京	$bk[14]$	0.0004	2021/5	$bl[14]$	1.2019
			2021/6	$\log_{al}[15]$	2.0417				2021/6	$bl[15]$	1.2088

(注) \log_{ak} , bk は地域で変動するパラメータ、 \log_{al} , bl は時間で変動するパラメータ。 t : 観測時点の時間、 n : 観測地域

Table.3.3. コンビニエンスストア（売上高）のパラメータ推定結果（確率分布の平均値）

\log_{ak}	$\log_{ak}[n]$	$n_{max}=14$	\log_{al}	$\log_{al}[t]$	$t_{max}=15$	bk	$bk[n]$	$n_{max}=14$	bl	$bl[t]$	$t_{max}=15$
	s_{ak} (標準偏差)	0.120		s_{al} (標準偏差)	0.060		s_{bk} (標準偏差)	0.0056		s_{bl} (標準偏差)	0.0042
全国	$\log_{ak}[1]$	0.0413	2020/3	$\log_{al}[1]$	▲2.6897	全国	$bk[1]$	▲0.0014	2020/3	$bl[1]$	2.6117
北海道	$\log_{ak}[2]$	0.2086	2020/4	$\log_{al}[2]$	▲2.7450	北海道	$bk[2]$	▲0.0048	2020/4	$bl[2]$	2.6118
東北	$\log_{ak}[3]$	0.0237	2020/5	$\log_{al}[3]$	▲2.7243	東北	$bk[3]$	▲0.0015	2020/5	$bl[3]$	2.6137
関東	$\log_{ak}[4]$	0.1377	2020/7	$\log_{al}[4]$	▲2.6355	関東	$bk[4]$	▲0.0027	2020/7	$bl[4]$	2.6127
北陸	$\log_{ak}[5]$	▲0.1123	2020/8	$\log_{al}[5]$	▲2.5808	北陸	$bk[5]$	0.0001	2020/8	$bl[5]$	2.6099
東海	$\log_{ak}[6]$	0.0273	2020/9	$\log_{al}[6]$	▲2.6304	東海	$bk[6]$	▲0.0012	2020/9	$bl[6]$	2.6103
関西	$\log_{ak}[7]$	▲0.0849	2020/10	$\log_{al}[7]$	▲2.6263	関西	$bk[7]$	▲0.0014	2020/10	$bl[7]$	2.6129
中国	$\log_{ak}[8]$	▲0.0468	2020/11	$\log_{al}[8]$	▲2.6359	中国	$bk[8]$	0.0024	2020/11	$bl[8]$	2.6121
四国	$\log_{ak}[9]$	▲0.1814	2020/12	$\log_{al}[9]$	▲2.5944	四国	$bk[9]$	0.0016	2020/12	$bl[9]$	2.6144
九州	$\log_{ak}[10]$	▲0.0059	2021/1	$\log_{al}[10]$	▲2.6890	九州	$bk[10]$	0.0024	2021/1	$bl[10]$	2.6141
沖縄	$\log_{ak}[11]$	▲0.0160	2021/2	$\log_{al}[11]$	▲2.7560	沖縄	$bk[11]$	0.0122	2021/2	$bl[11]$	2.6136
首都圏	$\log_{ak}[12]$	0.1377	2021/3	$\log_{al}[12]$	▲2.6688	首都圏	$bk[12]$	▲0.0023	2021/3	$bl[12]$	2.6176
京阪神	$\log_{ak}[13]$	▲0.0586	2021/4	$\log_{al}[13]$	▲2.6861	京阪神	$bk[13]$	▲0.0022	2021/4	$bl[13]$	2.6210
中京	$\log_{ak}[14]$	0.0026	2021/5	$\log_{al}[14]$	▲2.6750	中京	$bk[14]$	▲0.0014	2021/5	$bl[14]$	2.6198
			2021/6	$\log_{al}[15]$	▲2.6650				2021/6	$bl[15]$	2.6164

(注) \log_{ak} , bk は地域で変動するパラメータ、 \log_{al} , bl は時間で変動するパラメータ。 t : 観測時点の時間、 n : 観測地域

Table.3.4. 家電大型専門店（売上高）のパラメータ推定結果（確率分布の平均値）

log_ak	log_ak[n]	n_max=14	log_al	log_al[t]	t_max=15	bk	bk[n]	n_max=14	bl	bl[t]	t_max=15
	s_ak (標準偏差)	0.220		s_al (標準偏差)	0.200		s_bk (標準偏差)	0.0051		s_bl (標準偏差)	0.0070
全国	log_ak[1]	0.0981	2020/3	log_al[1]	5.6225	全国	bk[1]	0.0011	2020/3	bl[1]	▲3.6464
北海道	log_ak[2]	▲0.1717	2020/4	log_al[2]	5.3812	北海道	bk[2]	0.0014	2020/4	bl[2]	▲3.6461
東北	log_ak[3]	▲0.2329	2020/5	log_al[3]	5.5960	東北	bk[3]	0.0024	2020/5	bl[3]	▲3.6457
関東	log_ak[4]	0.2890	2020/7	log_al[4]	5.7385	関東	bk[4]	0.0034	2020/7	bl[4]	▲3.6375
北陸	log_ak[5]	▲0.0474	2020/8	log_al[5]	5.7262	北陸	bk[5]	▲0.0036	2020/8	bl[5]	▲3.6371
東海	log_ak[6]	▲0.0552	2020/9	log_al[6]	5.5163	東海	bk[6]	▲0.0004	2020/9	bl[6]	▲3.6349
関西	log_ak[7]	0.2104	2020/10	log_al[7]	5.4342	関西	bk[7]	▲0.0008	2020/10	bl[7]	▲3.6343
中国	log_ak[8]	0.0374	2020/11	log_al[8]	5.5786	中国	bk[8]	▲0.0008	2020/11	bl[8]	▲3.6346
四国	log_ak[9]	▲0.1756	2020/12	log_al[9]	5.8366	四国	bk[9]	0.0009	2020/12	bl[9]	▲3.6346
九州	log_ak[10]	▲0.1830	2021/1	log_al[10]	5.6768	九州	bk[10]	0.0012	2021/1	bl[10]	▲3.6373
沖縄	log_ak[11]	▲0.2627	2021/2	log_al[11]	5.4872	沖縄	bk[11]	▲0.0056	2021/2	bl[11]	▲3.6398
首都圏	log_ak[12]	0.2902	2021/3	log_al[12]	5.7053	首都圏	bk[12]	0.0032	2021/3	bl[12]	▲3.6358
京阪神	log_ak[13]	0.2483	2021/4	log_al[13]	5.4454	京阪神	bk[13]	▲0.0008	2021/4	bl[13]	▲3.6330
中京	log_ak[14]	▲0.0119	2021/5	log_al[14]	5.5240	中京	bk[14]	▲0.0008	2021/5	bl[14]	▲3.6325
			2021/6	log_al[15]	5.5313				2021/6	bl[15]	▲3.6324

(注) log_ak, bkは地域で変動するパラメータ, log_al, blは時間で変動するパラメータ。t: 観測時点の時間, n: 観測地域

Table.3.5. ドラッグストア（売上高）のパラメータ推定結果（確率分布の平均値）

log_ak	log_ak[n]	n_max=14	log_al	log_al[t]	t_max=15	bk	bk[n]	n_max=14	bl	bl[t]	t_max=15
	s_ak (標準偏差)	0.39		s_al (標準偏差)	0.05		s_bk (標準偏差)	0.0031		s_bl (標準偏差)	0.0031
全国	log_ak[1]	0.0818	2020/3	log_al[1]	7.1566	全国	bk[1]	0.0004	2020/3	bl[1]	1.8759
北海道	log_ak[2]	0.0164	2020/4	log_al[2]	7.1811	北海道	bk[2]	▲0.0010	2020/4	bl[2]	1.8738
東北	log_ak[3]	0.1101	2020/5	log_al[3]	7.1709	東北	bk[3]	0.0019	2020/5	bl[3]	1.8729
関東	log_ak[4]	0.1106	2020/7	log_al[4]	7.1819	関東	bk[4]	0.0007	2020/7	bl[4]	1.8742
北陸	log_ak[5]	0.3691	2020/8	log_al[5]	7.2093	北陸	bk[5]	0.0016	2020/8	bl[5]	1.8734
東海	log_ak[6]	0.2342	2020/9	log_al[6]	7.1329	東海	bk[6]	▲0.0003	2020/9	bl[6]	1.8722
関西	log_ak[7]	▲0.1426	2020/10	log_al[7]	7.1203	関西	bk[7]	▲0.0007	2020/10	bl[7]	1.8730
中国	log_ak[8]	0.0194	2020/11	log_al[8]	7.1173	中国	bk[8]	▲0.0004	2020/11	bl[8]	1.8745
四国	log_ak[9]	0.1332	2020/12	log_al[9]	7.2034	四国	bk[9]	0.0002	2020/12	bl[9]	1.8773
九州	log_ak[10]	0.0833	2021/1	log_al[10]	7.1156	九州	bk[10]	▲0.0048	2021/1	bl[10]	1.8736
沖縄	log_ak[11]	▲1.0872	2021/2	log_al[11]	7.0746	沖縄	bk[11]	0.0013	2021/2	bl[11]	1.8729
首都圏	log_ak[12]	0.0729	2021/3	log_al[12]	7.1260	首都圏	bk[12]	0.0002	2021/3	bl[12]	1.8739
京阪神	log_ak[13]	▲0.1510	2021/4	log_al[13]	7.1531	京阪神	bk[13]	0.0001	2021/4	bl[13]	1.8743
中京	log_ak[14]	0.2085	2021/5	log_al[14]	7.1776	中京	bk[14]	▲0.0006	2021/5	bl[14]	1.8736
			2021/6	log_al[15]	7.1824				2021/6	bl[15]	1.8731

(注) log_ak, bkは地域で変動するパラメータ, log_al, blは時間で変動するパラメータ。t: 観測時点の時間, n: 観測地域

Table.3.6. ホームセンター（売上高）のパラメータ推定結果（確率分布の平均値）

log_ak	log_ak[n] n_max=13		log_al	log_al[t] t_max=16		bk	bk[n] n_max=13		bl	bl[t] t_max=16	
	s_ak (標準偏差)	0.16		s_al (標準偏差)	0.14		s_bk (標準偏差)	0.0030		s_bl (標準偏差)	0.0080
全国	log_ak[1]	▲0.0038	2020/3	log_al[1]	2.6828	全国	bk[1]	0.0002	2020/3	bl[1]	▲1.4418
北海道	log_ak[2]	▲0.0336	2020/4	log_al[2]	2.8128	北海道	bk[2]	0.0003	2020/4	bl[2]	▲1.4461
東北	log_ak[3]	0.2876	2020/5	log_al[3]	2.9263	東北	bk[3]	0.0000	2020/5	bl[3]	▲1.4448
関東	log_ak[4]	▲0.0837	2020/6	log_al[4]	2.8278	関東	bk[4]	0.0013	2020/6	bl[4]	▲1.4375
北陸	log_ak[5]	0.1460	2020/7	log_al[5]	2.7515	北陸	bk[5]	▲0.0001	2020/7	bl[5]	▲1.4321
東海	log_ak[6]	0.1248	2020/8	log_al[6]	2.7831	東海	bk[6]	0.0002	2020/8	bl[6]	▲1.4279
関西	log_ak[7]	▲0.1271	2020/9	log_al[7]	2.6402	関西	bk[7]	▲0.0014	2020/9	bl[7]	▲1.4298
中国	log_ak[8]	0.1547	2020/10	log_al[8]	2.6673	中国	bk[8]	0.0002	2020/10	bl[8]	▲1.4291
四国	log_ak[9]	▲0.0253	2020/11	log_al[9]	2.6366	四国	bk[9]	0.0014	2020/11	bl[9]	▲1.4241
九州	log_ak[10]	0.0113	2020/12	log_al[10]	2.7870	九州	bk[10]	▲0.0024	2020/12	bl[10]	▲1.4180
首都圏	log_ak[11]	▲0.2402	2021/1	log_al[11]	2.4934	首都圏	bk[11]	0.0015	2021/1	bl[11]	▲1.4212
京阪神	log_ak[12]	▲0.1694	2021/2	log_al[12]	2.4201	京阪神	bk[12]	▲0.0013	2021/2	bl[12]	▲1.4219
中京	log_ak[13]	▲0.0145	2021/3	log_al[13]	2.5970	中京	bk[13]	▲0.0006	2021/3	bl[13]	▲1.4241
			2021/4	log_al[14]	2.7089				2021/4	bl[14]	▲1.4251
			2021/5	log_al[15]	2.7452				2021/5	bl[15]	▲1.4224
			2021/6	log_al[16]	2.6408				2021/6	bl[16]	▲1.4232

(注) log_ak, bk は地域で変動するパラメータ, log_al, bl は時間で変動するパラメータ。t: 観測時点の時間, n: 観測地域

た結果が、Table.3.1～3.6, Fig.3.3～3.10. である。複数回試みたサンプリングの結果、Rhat¹²⁾ の値は、主なパラメータで概ね 1.1 以下であり収束していることが確認できた。

Table.3.1. には、百貨店・スーパー、コンビニエンスストア、家電大型専門店、ドラッグストア、ホームセンターの水準成分である $\log[a]$ と COVID-19 の新規感染者数の業態別販売額に対する弾力性である b の推計結果（全観測地域、全観測時点の平均値）を示している。Table.3.2.～3.6. は、商業動態統計の業態別販売額の内、Table.3.2. は百貨店・スーパー、Table.3.3. はコンビニエンスストア、Table.3.4. は家電大型専門店、Table.3.5. はドラッグストア、Table.3.6. はホームセンターを分析対象とした場合のパラメータ bk , bl および $\log[ak]$, $\log[al]$ の推定結果である。また、Fig.3.3., Fig.3.4. は、それぞれの業態における全国のデータから推定した $\log[a]$, b の各観測時点における変動、つまり時間による変動を示している。Fig.3.5.～3.11. は、2020年4月時点、2020年11月時点、2021年6月時点での各業態別の $\log[a]$ および b の観測地域による変動を示したものである。ここでは、Table.3.1.～3.6.,

Fig.3.3.～3.10. の推定結果から、COVID-19 の新規感染者数が、それぞれの業態別販売額に与える影響を考察する。

まず、Table.3.1. から COVID-19 の新規感染者数の業態別販売額に対する弾力性であるパラメータ b （全観測地域、全観測時点の平均値）を検証する。Table.3.1. から、百貨店・スーパー、コンビニエンスストアのパラメータ b の値はマイナス値であり、COVID-19 の新規感染者数は、この2つの業態の販売額に対してはネガティブな影響を与えていることが分かった。一方、家電大型専門店とホームセンターの b の値はプラス値であり、COVID-19 の新規感染者数は、この2つの業態の販売額に対してはポジティブな影響を与えている。ドラッグストアは、医薬品を取り扱うビジネスからも想定される通り、 b の値はプラス値であり、COVID-19 の新規感染者数が、販売額に対してポジティブな影響を与えていることが分かった。Fig.3.3. から百貨店・スーパーのパラメータ b の時間変動を見ると、2020年3～4月に大きくマイナス値に落ち込んでいることが分かる。この時期は、COVID-19 のパンデミックの影響から最初の緊急事態宣言が発出され、百貨店やスー

Fig.3.3. Parameter b Time fluctuation

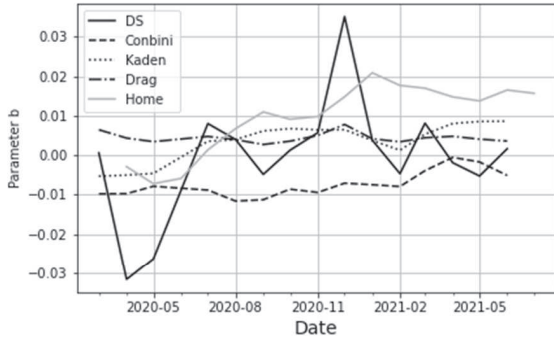


Fig.3.4. Parameter log_a Time fluctuation

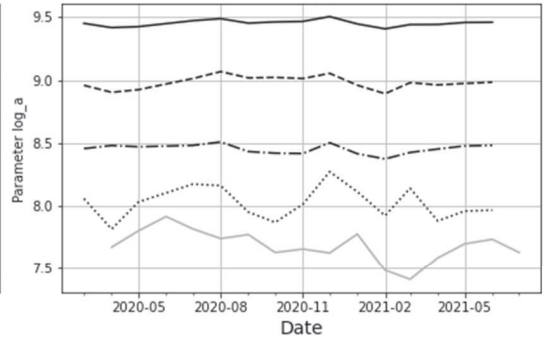


Fig.3.5. Fluctuation by location, 2020/04

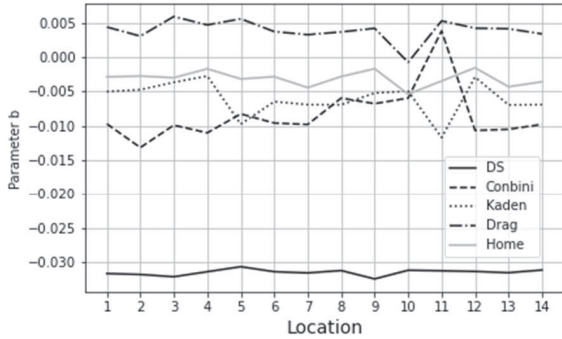


Fig.3.6. Fluctuation by location, 2020/04

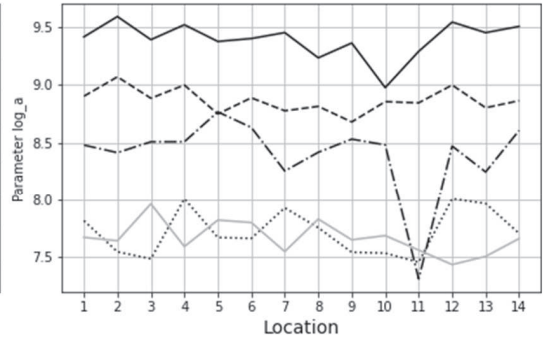


Fig.3.7. Fluctuation by location, 2020/11

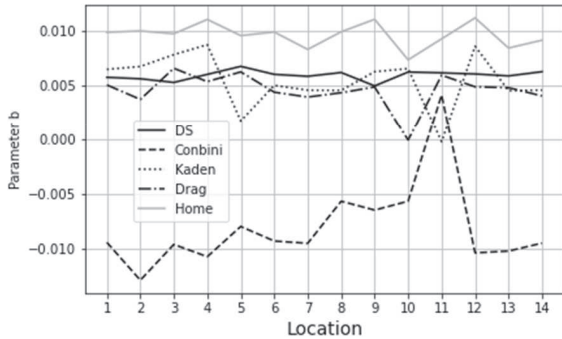


Fig.3.8. Fluctuation by location, 2020/11

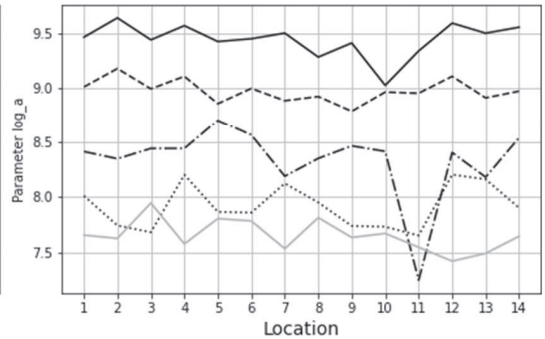


Fig.3.9. Fluctuation by location, 2021/06

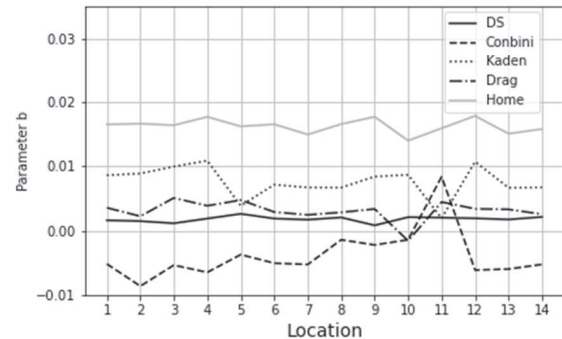
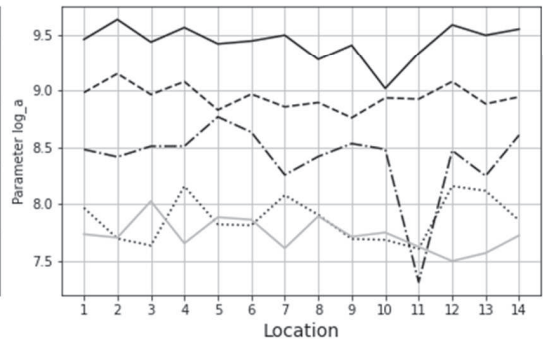


Fig.3.10. Fluctuation by location, 2021/06



(注) Fig.3.3, 3.4 で DS (百貨店・スーパー), Conbini (コンビニエンスストア), Kaden (家電大型専門店), Drag (ドラッグストア), Home (ホームセンター) である。

Fig.3.5 ~ 3.10. で横軸は観測地域を示す。横軸の番号と地域の対応は以下の通りである。

1 : 全国, 2 : 北海道, 3 : 東北, 4 : 関東, 5 : 北陸, 6 : 東海, 7 : 関西, 8 : 中国, 9 : 四国, 10 : 九州, 11 : 沖縄, 12 : 首都圏, 13 : 京阪神, 14 : 中京

パーなどの大型店舗で休業が実施された時期であり、その影響がパラメータ b の値に反映されていると考えられる。しかし、2020年11月～2021年1月頃に、百貨店・スーパーのパラメータ b が、一時的に大きくプラス値に振れている。これは、2020年10月から開始されたGoToキャンペーンの一時的な影響が出ているためと考えられる。同キャンペーンは、2021年1月には感染第3波の影響で見直しが入っているが、Fig.3.3. から、百貨店・スーパーのパラメータ b も同様に2021年1月以降再び落ち込んでいることが分かる。

Fig.3.3. から家電大型専門店、ホームセンターのパラメータ b は、2020年7月以降にプラス値に転換し、その後は緩やかにプラス値が拡大する傾向であることが確認できる。Fig.3.5., Fig.3.7., Fig.3.9. から地域間での変動を見ると、コンビニエンスストアのパラメータ b は、沖縄を除く地域ではマイナス値であるが、沖縄はわずかなプラス値であった。同様に家電大型専門店、ホームセンターのパラメータ b は、2020年11月、2021年6月とも関東、首都圏が他の地域より高いプラス値である。つまり2020年11月、2021年6月時点では、COVID-19の新規感染者数が家電大型専門店、ホームセンターの販売額にポジティブな影響を与えているが、その程度は関東、首都圏が他の地域より高くなっている。

3.3. 業態別の分析結果の検証

3.3.1 百貨店・スーパーを対象とした分析結果

Table.3.2. から¹³⁾、各観測地域間でのCOVID-19の新規感染者数の影響の程度、各観測時点におけるCOVID-19の新規感染者数の影響の程度を検証する。Table.3.2. から百貨店・スーパーの $\log_ak[n]$, $\log_al[t]$, $bk[n]$, $bl[t]$ の値と標準偏差を見ると、 $\log_al[t]$, $bk[n]$, $bl[t]$ の標準偏差は小さな数値であり、ほとんど変動がないことが分かる。一方、 $\log_ak[n]$ は、標準偏差が0.17と比較的大きな数値であり、地域間で $\log_ak[n]$ の値に若干の変動が見られる。COVID-19の新規感染者数の販売額に対する弾力性であるパラメータ b は、 $b[t \times n]$ のベクトル

であり、今回の分析では業態ごとに約210の要素¹⁴⁾があるため全ての推定結果の掲載は割愛した。ここでは、推定結果から検証できることを示す。なお、一部の結果だけを抜粋して示したものが、Fig.3.3. ～ 3.10. である。

Fig.3.3. ～ 3.10. から、百貨店・スーパーのパラメータ b は、2020年3～5月および2021年2～4月において、全国をはじめ多くの地域でマイナス値あるいはほぼ0に近い数値である。また、それ以外の期間もマイナス値かほぼ0となっている地域が多数である。つまりこの期間は、COVID-19の新規感染者は、百貨店・スーパーの販売額に対してネガティブな影響を与えていたことが分かる。ただしFig.3.7. から、2020年11月～2021年1月は、全国をはじめほとんどの地域で0.03前後のプラス値となっており、COVID-19の新規感染者数が百貨店・スーパーの販売額にポジティブな影響を与えていることが分かった。

先にも示したが、この期間はCOVID-19の感染者数が落ち着きを見せていた時期であり、政府や自治体が、「GoToキャンペーン」の施策を進めていた時期と一致する。その効果が分析結果に反映されていると考えられる。しかしTable.3.1. に示す通り、全観測時点、全観測地域のパラメータ b の平均値は、わずかなマイナス値となっている。このことから、COVID-19の新規感染者数は、百貨店・スーパーの販売額に対しては、一部の期間を除いてネガティブな影響を与えていたことが分かった。

3.3.2 コンビニエンスストアの分析結果

次に、Table.3.1., Table.3.3., Fig.3.3. ～ 3.10. から、コンビニエンスストアの分析結果について検証する。COVID-19の新規感染者数のコンビニエンスストアの販売額に対する弾力性であるパラメータ b は、一部の例外の地域、期間を除きほぼ全ての観測地域、観測時点でマイナスの値である。例外として、沖縄が全ての期間でほぼ0に近いプラスの数値となっている。

Table.3.1. から、全観測地域、全観測時点の平

均であるパラメータ b の値はマイナス 0.006 であり、COVID-19 の新規感染者数がコンビニエンスストアの販売額に与える影響はネガティブであることが確認できた。一方、Table.3.3. から、パラメータ $bk[n]$ 、 $bl[t]$ の標準偏差は $bk[n] > bl[t]$ であり、Fig.3.3.、Fig.3.5.、Fig.3.7.、Fig.3.9. から、沖縄や九州、四国、中国などで b の値が比較的高くなるなど地域間での変動が確認できる。同様に、水準成分であるパラメータ $\log_ak[n]$ 、 $\log_al[t]$ の標準偏差はそれぞれ 0.12、0.06 であり、地域間での変動が比較的大きい。

3.3.3 家電大型専門店の分析結果

次に、Table.3.1.、Table.3.4.、Fig.3.3. ~ 3.10. から家電大型専門店の分析結果について検証する。COVID-19 の新規感染者数に対する家電大型専門店の販売額の弾力性であるパラメータ b は、全ての地域で 2020 年 3 ~ 5 月はマイナス値であったが、2020 年 7 月 ~ 2021 年 6 月は、沖縄と北陸を除くほぼ全ての地域でプラスの値に転じている。また、分析期間の終点である 2021 年 6 月に近づくほど、パラメータ b の数値は大きくなる傾向である。北陸も 2 ヶ月遅れて 2020 年 9 月以降はプラスの値であり、沖縄も 2021 年 4 月以降はプラス値に転じている。つまり COVID-19 の新規感染者数による家電大型専門店の販売額への影響は、2020 年 3 ~ 5 月はネガティブであったが、その後は一部の地域と期間を除いてポジティブとなり、また直前に近づくに従いポジティブな影響が大きくなっている。Table.3.1. から、全ての観測地域、観測時点の平均である b の値は約 0.003 であり、COVID-19 の新規感染者数が家電大型専門店の販売額へ与える影響はポジティブであることが分かった。

これは、COVID-19 のパンデミックに対応した各種の助成金や金融緩和策を通してマネタリーベースが増加し、加えて緊急事態宣言やまん延防止等重点措置による在宅時間の増加によって、いわゆる巣籠もり需要が拡大したことを示す結果と考えられる。Table.3.4. から $bk[n]$ 、 $bl[t]$ の各パラメータの標準偏差を見ると $bk[n] < bl[t]$ で

あり、また Fig.3.3. から、 b の値は時間経過とともに緩やかに高くなる傾向が見られる。つまり、COVID-19 の新規感染者数が、家電大型専門店の販売額へ与える影響は、当初のネガティブからポジティブな影響へと転じて、その影響は徐々に大きくなっている。また、Fig.3.5.、Fig.3.7.、Fig.3.9. から、 b の値は関東、首都圏で高く、北陸、沖縄で低い傾向が見られる。一方、パラメータ $\log_ak[n]$ 、 $\log_al[t]$ の標準偏差はそれぞれ 0.22、0.20 であり、水準成分については観測時点や観測地域で若干の変動がみられる。

3.3.4 ドラッグストアの分析結果

Table.3.1.、Table.3.5.、Fig.3.3. ~ 3.10. から、ドラッグストアの分析結果について検証する。COVID-19 の新規感染者数のドラッグストアの販売額に対する弾力性であるパラメータ b は、九州を除く全ての地域および全ての期間でプラスの値である。Table.3.1. から全ての観測地域、観測時点の平均である b の値は 0.004 であり、COVID-19 の新規感染者数は、ドラッグストアの販売額へポジティブな影響を与えていることが分かった。

感染症の拡大に伴って、医薬品の販売をコアビジネスとするドラッグストアの販売額が増加することは、直感的にも理解できる結果である。九州については、2020 年 3、11、12 月はプラス値であるが、それ以外の期間はマイナス値となった。九州については、集計した鹿児島など都道府県単位でデータが一部欠落した部分があり、その影響が出た可能性がある。したがって、九州についてはここでは評価は行わない。

Table.3.5. からパラメータ $bk[n]$ 、 $bl[t]$ の標準偏差を見ると、パラメータ $bk[n]$ 、 $bl[t]$ についてはほとんど 0 であり、観測時点、観測地域でのパラメータ b の変動はほとんど認められない。つまり、COVID-19 の新規感染者数が、ドラッグストアの販売額へ与える影響は、観測時点や観測地域でほとんど変動はなく、ほぼ一定でポジティブである。また、パラメータ $\log_ak[n]$ 、 $\log_al[t]$ の標準偏差はそれぞれ 0.38、0.05 であり、水準成

分については地域による変動が大きく、特に沖縄の \log_a の値が低くなっている。

3.3.5 ホームセンターの分析結果

最後に、Fig.3.1., Table.3.6., Fig.3.3. ~ 3.10. からホームセンターの分析結果について検証する。なお、ホームセンターの販売額データについては、沖縄のデータが分析期間の内6ヶ月分欠落していることから、分析対象から沖縄は除外した¹⁵⁾。COVID-19の新規感染者数のホームセンターの販売額に対する弾力性であるパラメータ b は、ほとんどの地域で2020年3~6月はマイナス値であったが、2020年7月~2021年6月は、プラスの値に転じている。また、分析期間の終点である2021年6月に近づくほど、パラメータ b の数値は大きくなる傾向である。

つまりCOVID-19の新規感染者数によるホームセンターの販売額への影響は、2020年3~6月はネガティブであったが、その後は一部の地域と期間を除いてポジティブとなり、また直近に近づくに従いポジティブな影響が大きくなっている。これは家電大型専門店と同様の傾向を示しており、いわゆる巣籠もり需要の拡大によるものであると考えられる。Table.3.1. から、全ての観測地域、観測時点の平均である b の値は0.0094であり、COVID-19の新規感染者数は、ドラッグストアの販売額へポジティブな影響を与えていることが分かった。

Table.3.6. からパラメータ $bk[n]$, $bl[t]$ の標準偏差を見ると $bk[n] < bl[t]$ であり、またFig.3.3. から、 b の値は時間経過とともに緩やかに大きくなる傾向が見られる。パンデミック当初はマイナス値であったパラメータ b の値が、プラス値に転じて上昇傾向になっていることも確認できる。 $bk[n]$ の標準偏差はほぼ0であり、地域間でのパラメータ b の変動は小さい。つまり、COVID-19の新規感染者数がホームセンターの販売額へ与える影響は、地域ではほとんど変動はなくほぼ一定である。一方、水準成分であるパラメータ $\log_{ak}[n]$, $\log_{al}[t]$ の標準偏差はそれぞれ0.16, 0.15であり、水準成分については、観測

時点や観測地域で若干の変動があることが分かった。

4. おわりに

本稿では、COVID-19の新規感染者数が小売販売額へ与える影響について、独自に構築した階層ベイズモデルによって、観測地域別、観測時点別に分析を進めた。また、分析対象として百貨店・スーパー、コンビニエンスストア、家電大型専門店、ドラッグストア、ホームセンターの5つの業態を取り上げ、それぞれの業態の特性によってCOVID-19の新規感染者数の影響がどのように異なるのかを検証した。

その結果、COVID-19の新規感染者数がそれぞれの業態の販売額へ与える影響は、百貨店・スーパーについては、分析期間を通してほとんどの地域でネガティブあるいはゼロ、コンビニエンスストアについては分析期間を通してほとんどの地域でネガティブであった。一方、大型家電専門店、ホームセンターでは、COVID-19の感染初期においては、新規感染者数の影響はネガティブであったが、2020年7月以降は、ほとんどの地域でポジティブとなり、その後は分析期間の終点である2021年6月に向かってポジティブな影響は拡大した。これは、COVID-19のパンデミックに対応した政府や日銀による多様な政策によって助成金の給付や金融緩和政策の継続があったこと、また度重なる緊急事態宣言やまん延防止等重点措置の発出によって、在宅時間が増加し、いわゆる巣籠もり需要が高まったことを反映する結果といえよう。また、ドラッグストアについては、COVID-19の新規感染者数が販売額へ与える影響は、分析期間を通して、ほぼ全ての地域でポジティブであった。これは、医薬品の販売をコアビジネスとしていることから容易に理解できる結果である。

以上のように、百貨店・スーパー、コンビニエンスストアといった日常の生活に密着した業態では、COVID-19の新規感染者数が販売額へ与える影響はネガティブなものであった。しかし、家

電大型専門店やホームセンターでは、COVID-19の新規感染者数が販売額にポジティブな影響を与えていることが分かった。これは、家電大型専門店やホームセンターの取り扱う商品が、テレビや家具といった巣籠もり需要に対応した商品やテレワークに必要なPCなどの電気製品の取り扱が多いことが一因と考えられる。昨年来、国内の小売販売額はほぼ横バイで推移しているが、今回の分析結果が示すようにCOVID-19のパンデミック下において、小売の業態による販売額の二極化が進んでいることが明らかになった。

本稿では、観測地域別、観測時点別、さらには業態別に、COVID-19の新規感染者数が販売額へ与える影響について検証することができた。これは、階層ベイズモデルによって可能になったことである。ベイズ統計を用いた分析は、伝統的な統計学と比較して、分析に大きく手間と時間がかかるが、その一方でモデルの拡張性があり、また結果についての理解が容易である。本稿では、COVID-19の新規感染者数が小売販売額へ与える影響について分析したが、現在、厳しい状況にある飲食業や航空業、また雇用への影響についても、検証を進めることを今後の課題としたい。

※本研究はJSPS 科研費 JP20K01948 の助成を受けたものである。

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP20K01948

【注】

- 1) 分析では、一部のデータが欠落している2020年1月、2月、6月を分析期間から除外している。
- 2) 分析対象の数値が極めて小さい数値の場合、対数を取ることで無制限となり、分析が困難となる場合がある。
- 3) 都道府県別の人口のデータとしては、総務省が公表している人口推計（2019年10月1日現在人口推計）を用いた。
- 4) COVID-19の1ヶ月あたりの新規感染者数は、地域によっては小さい数値となり、分析の際に対数をとると無限値となって分析ができない場合があるため、各地域ごとに人口百万人あたりの新規感染者数としている。また、業態別の小売の販売額も同様に人口百万人あたりに変換している。
- 5) Stanは、2012年頃より、Andrew Gelman, Bob Carpenter, Daniel Lee, Ben Goodrichらを中心に、GitHub上で開発が進められている確率的プログラミング言語である。

- 6) 前提として何らかの事前分布を指定できない場合は、マイナス無限大からプラス無限大までの幅の広い連続一様分布を用いる。これを無情報事前分布という。
- 7) *iter*とは、乱数の発生個数のことである。収束のために必要な回数が設定される。
- 8) 乱数発生の初期値の依存性を避けるために最初に発生した乱数を切り捨てる必要がある。この切り捨てる期間のことをバーイン期間 (*warmup*) という。
- 9) 発生させる乱数の自己相関を避けるために指定した回数だけ乱数を発生させてその内の一つの乱数を選択する方法が間引き (*thin*) である。この指定する回数を *thin* で設定する。
- 10) 収束を評価するために、MCMCによる乱数生成を指定した回数実施する。この回数をチェーン (*chains*) という。
- 11) 本稿では、MCMCの実行に、*iter* = 20000, *warmup* = 2000, *thin* = 1, *chains* = 4とした。したがって得られる乱数の数 *M*は、以下のように計算される。

$$M = (20000 - 2000) \cdot 4 = 72000$$
- 12) *Rhat*は、MCMCが収束したかどうかを確認する指標の一つであり、MCMCサンプルの分散からパラメータごとに算出される。一般的に、この数値が1.1未満になると収束したとみなす。
- 13) Table.3.2.で注意したいのは、 $\log_{ak}[n]$, $\log_{al}[t]$, $bk[n]$, $bl[t]$ は、それぞれの観測地域、観測時点ごとの確率分布から計算した平均値であり、Table.3.2.の $\log_{ak}[n]$ と $\log_{al}[t]$ および固定成分である \log_{a0} を単純に足し算しても、 $\log_{a[t,n]}$ とは一致しない。同様に $bk[n]$, $bl[t]$ および $b0$ を単純に足し算しても、パラメータ $b[t,n]$ とはならない。各観測地域、各観測時点での確率分布から計算をしなければ、 $\log_{a[t,n]}$ や $b[t,n]$ の値とはならないことを確認しておきたい。
- 14) ホームセンター以外の業態は、観測地域が14、観測時点15であり各パラメータは210、ホームセンターは沖縄を除く観測地域が13、観測時点16であり各パラメータは208になる。
- 15) ホームセンターを分析対象としたケースでは、沖縄のデータが6ヶ月欠落しており、分析から沖縄を除外した。このためホームセンターの分析対象地域は13となった。また、これまで沖縄のデータが欠落していたため分析対象から除外していた2020年6月を分析対象に含めて分析期間は16ヶ月とした。

【参考文献】

山村光司「状態空間モデルによる昆虫個体数変動の解析における諸問題」、『日本生態学会誌』66: pp. 339-350, 2016.

福井紳也「地域別確率的景気指数と地域間景気連動性—状態空間モデルとLA-VARによる接近—」、『産開研論集』第19号, pp. 1-15, 2007.

久保拓弥「最近のベイズ理論の進展と応用 [I] 階層ベイズモデルの基礎」、『電子情報通信学会誌』, 92 (10), pp. 881-885, 2009.

和合隆「ベイズ計量経済分析における最近の発展」、『日本統計学会誌』第28巻, 第3号, pp. 253-305, 1998.

久保拓弥「簡単な例題で理解する空間統計モデル」、『日本生態学会誌』59, pp. 187-196, 2009.

森川浩司・捧保浩「階層回帰モデルとベイズ推定によるPOSデータの分析」、『日立 TO 技報』第16号, pp. 52-57, 2010.

阿部誠「RFM 指標と顧客生涯価値：階層ベイズモデルを使った

非契約型顧客関係管理における消費者行動の分析」、『日本統計学会誌』第41巻, 第1号, pp. 51-81, 2011.

(2021年9月11日 受稿)
(2021年10月1日 受理)