

ベイズ構造時系列モデルを用いた 新型コロナウイルスが産業に与える影響の予測 ～上場企業の売上高に与える影響は約 108 兆円～

野村総合研究所

DX コンサルティング部 鈴木 雄大、池野 心平、眞鍋 尚大、橘 優太郎、中井 亮

■ 要旨

- ベイズ構造時系列モデルは、複雑に影響が絡み合うトレンドや季節性、外生変数の影響等を構造化して表現できる柔軟性と可読性に優れた時系列モデルである。
- 本提言では、野村証券が 2020 年 2 月と 3 月に算出した、新型コロナウイルスの影響の顕在化前後でのマクロ経済予測結果に基づき、新型コロナウイルスが上場企業の売上高に与える影響をモデル化した。
- 上記結果として、上場企業の売上高に与える影響は約 108 兆円、最も影響が大きい業界は輸送機器業界、影響のピークは 20 年第一四半期と予測された。
- 今後は、さらにマクロ経済予測の更新に伴い最新の予測に修正していくとともに、各業界についてのより詳細な分析を随時提言していく予定である。

■ ベイズ構造時系列モデルの特徴

構造時系列モデルは状態空間モデルの一種であり、時系列に存在する異なる成分（トレンドや季節性など）を切り分けて表現することが可能なモデルである。この発展形として、2017 年、Steven L. Scott によってトレンドや季節性などの成分に加えて多様な外生変数を取り込むことが可能なベイズ構造時系列モデルが提唱された^{*1}。一般的に、時系列データは地点数が少なく（例：月次データが 5 年分あっても 60 地点しか存在しない）多量の説明変数を取り込むことを不得手としているが、このベイズ構造時系列モデルでは、“Spike and Slab”型の事前分布^{*2}を説明変数に与え各変数が予測に与える影響度合をベイズ的アプローチで更新していくことで、一部の重要な変数をより採択しやすく、そうでない変数はより採択されにくくしている。結果として、多量の外生変数を投入した際のモデルの安定性を向上させるとともに、どの変数がより重要性が高いのかを確率的に表現することが可能なモデルとなっている。

■ 新型コロナウイルスが各産業に与える影響のモデル化

本提言では、上記モデルを用い、各業種の上場企業における 21 年度までの四半期別売上高をマクロ経済指標の予測指標を説明変数として予測した。モデル作成に用いたデータは下記の通りである。

種別	対象	期間	取得元・取得時点
目的変数	東証 33 業種分類に基づく日本の 上場企業の業種別売上高	07 年度第一四半期～ 19 年度第三四半期	有価証券報告書・四半期報告書
説明変数 (実績値)	マクロ経済指標 (18 種)	07 年度第一四半期～ 19 年度第三四半期	政府統計 ^{※3}
説明変数 (予測値)	マクロ経済指標 (18 種)	19 年度第四四半期～ 21 年度第四四半期	野村証券レポート ^{※4} 「日本:2019～21 年度の経済見通し」 (20 年 2 月 17 日) 「日本:2019～21 年度の経済見通し 改定」(20 年 3 月 27 日)

モデルの考え方と結果について具体例を用いて紹介する。

1. 目的変数の設定

まず、対象となる企業は、日本の証券取引所に上場しているすべての企業のうち、2019 年度第三四半期に売上高が存在する企業とする。それら企業の 07 年度～19 年度第三四半期までの四半期別売上高を業種別に集計したものを目的変数とする^{※5}。

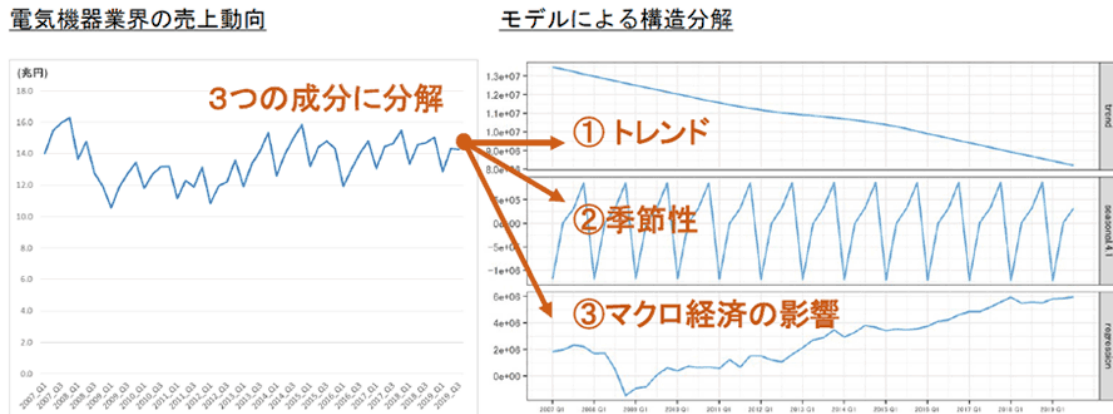
2. 説明変数の設定

説明変数は、トレンド、季節性要因などの系列そのものが持つ特性に加え、GDP をはじめとする 18 種類のマクロ経済指標を使用している。これらについては、野村証券が 20 年 2 月と 3 月に実施した経済予測で予測された指標に準拠している。

3. モデルの構造と解釈

先述の通り、ベイズ構造時系列モデルは a)モデル構造を分解して表現できる b)各説明変数の重要性を評価できる ことを主な特徴としている。まず、a)の特徴について電気機器業界を例にとって説明する。図 1 の左側は、07 年度以降の電気機器業界の売上動向である。それを、ベイズ構造時系列モデルを用いて 3 つの成分に分解している。まず一つ目はトレンドである。市場は横ばいで推移しているように見えるが、モデルによれば、マクロ経済の成長に比して市場が伸びていないことから、内在する市場トレンドは下降しているものと推定されている。2 つ目の成分は季節性である。モデルは、第一四半期から第四四半期にかけて売上が増加し、第三四半期に売上がピークに達するという周期的な動きをとらえている。3 つ目が説明変数の影響であり、本モデルにおいてはマクロ経済指標の影響を示している。08 年度後半からのリーマンショックの影響が最も顕著に出ていることが見て取れるが、それ以降震災や消費増税などの影響は比較的軽微であり、全体としてここ数年間継続的に上昇基調と判断している。

図1：電気機器業界の売上動向の推移とモデルによる構造の分解

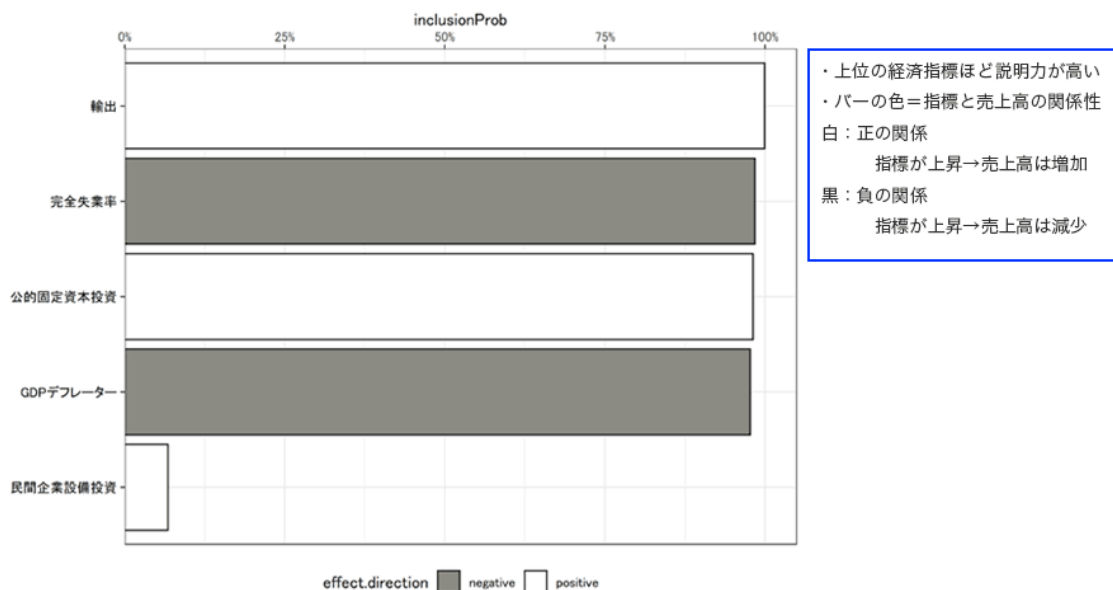


以上が、a)モデル構造を分解して表現できる という特徴についての説明である。

続いて、b)各説明変数の重要性を評価できる という点についても実例を挙げながら説明していく。図2が示すのが “Inclusion Probability”であり、この指標は、各経済指標の回帰係数が0でない（モデルの予測に対して影響を及ぼす）確率を示すものである^{※6}。例えば、下図においては、「輸出」はほぼ100%の確率で説明変数として採択されている一方で、「民間企業設備投資」は10%未満の採択確率しかなく、影響度合は相対的に小さい。

また、グラフ上のバーの色分けは各指標と売上高の関係性を表しており、白ければ正の関係、黒ければ負の関係を表す。例えば、完全失業率を例にとると、失業率は下がれば下がるほど景気は浮揚し、売上高にもプラスとなると考えるのが自然であり、負の関係を想定するのが自然である。モデル上のバーも黒として表現され、負の関係があることが示唆されている。実務上は上記のような説明変数と目的変数の関係性を鑑み、ビジネス上の観点や解釈性の観点から適切な説明変数を採択していくことが重要である。

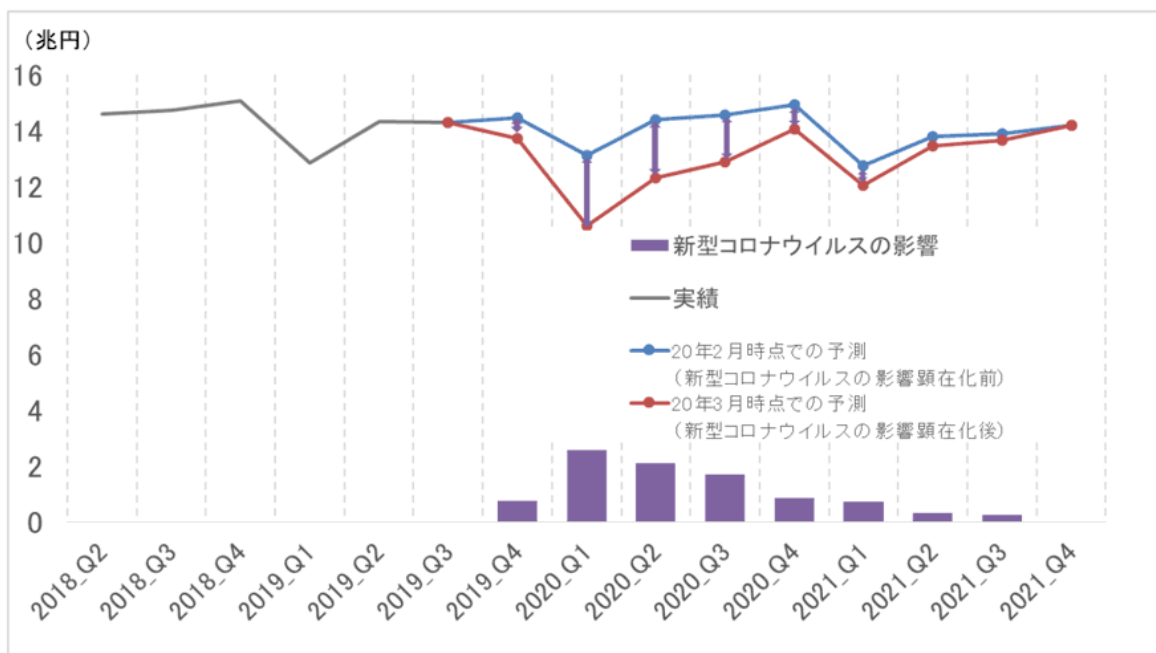
図2. 電気機器業界の予測モデルにおけるマクロ経済指標の重要性評価



4. 新型コロナウイルスの影響の推定

本提言では、新型コロナウイルスの影響が顕在化する前（20年2月時点）と後（20年3月時点）での経済指標の予測の差分をもって新型コロナウイルスの影響を推定することを狙いとしている。具体的には図3を参照されたい。まず、実績については、灰色のラインにて2019年度第三四半期まで記載されているとおりである。青いラインが20年2月時点でのマクロ経済指標の予測に基づく電気機器業界の売上高予測である。なお、20年2月時点では、新型コロナウイルスの影響は想定されているものの、中国での主要都市の封鎖によるインバウンド需要の低下や対中輸出の減少など、主に中国経済との関連による文脈で語られており、影響は相対的に軽微なもので終わるシナリオが考えられていた。他方、赤いラインが20年3月時点の予測である。こちらは、世界経済の停滞や自粛に伴う国内消費の減少などの影響などを考慮したシナリオとなっている。本稿では、この2つのラインで囲われた紫の差分を“新型コロナウイルスが上場企業に与える影響”として定義している。電気機器業界においては、新型コロナウイルスの影響が本格化している20年度第一四半期の影響が最も大きく、次第に影響が少なくなっていくものの21年度の第三四半期まで下振れの傾向は続いていくものと推定されている。当然、業界ごとに影響の規模や期間は異なる。次節では、業界別の推定結果を一覧し全体的な傾向について考察する。

図3：電気機器業界の予測モデルを用いた新型コロナウイルスの影響の推定



■ 予測結果

表1に推定された新型コロナウイルスの影響を掲載する。2019年第四四半期から2021年第四四半期までの全上場企業に及ぼされる影響については、新型コロナウイルスによる損失は約108兆円と予測される^{*7}。これは、売上高全体の約6%にあたり、最も影響が大きい20年度第一四半期には約11%に達する見通しである。その後影響から回復するものの、2021年においても新型コロナウイルスがなかった場合の本来の売上高を取り戻すのは難しいと想定されている。

Duke大学のJohn Graham教授が20年以上定期的に実施している「CFO Survey」では、世界各国のCFOに今

後 1 年間の売上見通しについて調査している。20 年 3 月 15 日以降に実施した調査結果では、特に米州と欧州の CFO は最も可能性が高いケースで 1~2% 程度の売上減少を想定しており、最悪の場合 15% 程度の売上減少となると考えている^{※8}。日本企業と欧米企業の元々の成長性の差を考えると、本モデルで推定した約 6% という売上減少は十分現実的な水準であるといえるだろう。企業は、このような予測を踏まえたとうえで、短期的なキャッシュフローだけでなく、長期化する売上高減少にも備える必要があることが示唆される。

**表 1 売上高予測
(新型コロナウイルスの顕在化前後)**

		売上高予測		影響 (推定)	
年	四半期	3月時 (新型コロナウイルスの影響 織り込み済み)	2月時 (新型コロナウイルス 顕在化前)	金額	割合 (2月時予測比)
合計		1,829.32	1,937.19	-107.86	-5.57%
2019	Q4	205.97	214.58	-8.61	-4.01%
2020	合計	788.13	856.04	-67.91	-7.93%
	Q1	183.36	205.95	-22.59	-10.97%
	Q2	196.38	213.18	-16.80	-7.88%
	Q3	198.35	215.49	-17.13	-7.95%
	Q4	210.04	221.42	-11.38	-5.14%
2021	合計	835.22	866.56	-31.34	-3.62%
	Q1	196.75	207.63	-10.88	-5.24%
	Q2	207.52	215.66	-8.13	-3.77%
	Q3	211.31	218.71	-7.41	-3.39%
	Q4	219.64	224.57	-4.93	-2.19%

**表 2 (参考)
2018 年売上高実績**

年	四半期	売上高実績
2018	年間計	837.84
	Q1	201.12
	Q2	208.67
	Q3	213.29
	Q4	214.77

表 3 に業種別の影響予測を掲載する。特に影響が大きいと予測される業種は輸送用機器に代表される機器メーカーである。景気連動性が高く、最も影響を受けやすいと見込まれる。そのほか鉄鋼などの輸出入の状況に左右されやすい業種でも大きな減少が予測されている。一方で内需が強い食料品などの小売や、医薬品業界への影響は相対的に小さい。景気の変動によらず一定の需要が安定的にあるためと考えられる。なお、ここでの影響は経済の見通しを基に予測したものであり、新型コロナウイルス対策特有の「人の移動の制限」による影響は考慮されていないことには注意されたい(例：空運業)。

予測に用いる変数は統計モデルによって選択が行われているが、主にモデル内部で使用されている変数を表 4 に掲載する。GDP とその増減、失業率、輸出入は多くの業種で使用されている。BtoC の多い業種では消費者物価指数なども使用して予測されている。BtoB の多い業種では物価を表す GDP デフレーターのほか、鉱工業生産、民間企業設備投資などにより予測が構成されている。

■ 予測結果に基づく提言

本提言では、経済の見通しに合わせて各業界がどのような影響を受けるのかを独自の予測モデルを構築して推定した。もちろん、新型コロナウイルス特有の要因、特に人の移動や活動が直接的に制限されることによって、より大きな影響を受ける業界や、逆に通信業界など必ずしもネガティブな影響だけではない業界もあるだろう。企業活動においては、適切な将来の予測が正しい戦略を築くための第一歩となる。公共政策においては、正しく影響を見積もることで、より困難な状況に陥る可能性の高い業界を優先的に支援することができるだろう。我々としては、本稿で推定した影響をまず議論

の起点とし、そこから業界固有の動向によってどこまで上振れ/下振れを見込むのかを検討して頂きたいと考えている。

今後は、経済見通しの見直しに伴う業界別予測の更新を継続的に行うとともに、個別の業界についても具体的に掘り下げて今後の見通しについて提言していきたい。

表 3 売上高予測 (業種別、新型コロナウイルスの顕在化前後)

業種	期間計				影響割合推移												* (10億円)
	3月時売上高予測	2月時売上高予測	影響金額	影響割合	2019	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2021	2021	(参考)			
	(新型コロナウイルスの影響 織り込み済み)	(新型コロナウイルス 顕在化前)	(推定)	(推定、 2月予測比)	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4		2018年 売上高実績		
合計	1,829,322	1,937,186	-107,865	-6%	96%	89%	92%	92%	95%	95%	96%	97%	98%	837,840			
輸送用機器	208,911	231,025	-22,114	-10%	92%	76%	89%	87%	93%	92%	94%	94%	97%	103,738			
卸売業	234,029	250,140	-16,111	-6%	96%	91%	92%	92%	93%	93%	94%	95%	95%	111,061			
電気機器	163,901	176,719	-12,818	-7%	95%	81%	86%	88%	94%	95%	98%	98%	100%	81,884			
化学	85,949	93,537	-7,587	-8%	94%	83%	89%	88%	92%	92%	95%	95%	97%	41,152			
機械	66,787	73,672	-6,884	-9%	95%	83%	86%	86%	91%	91%	93%	94%	97%	32,378			
鉄鋼	28,961	34,662	-5,701	-16%	90%	72%	76%	75%	83%	84%	88%	90%	94%	14,036			
電気・ガス業	55,333	60,406	-5,073	-8%	97%	89%	90%	88%	92%	91%	92%	91%	93%	26,232			
銀行業	57,833	62,313	-4,480	-7%	95%	91%	91%	89%	92%	92%	93%	94%	97%	27,416			
非鉄金属	20,576	23,847	-3,270	-14%	92%	71%	77%	79%	87%	88%	93%	94%	96%	11,144			
石油・石炭製品	43,669	46,644	-2,975	-6%	96%	90%	91%	90%	93%	93%	95%	96%	97%	19,157			
海運業	5,455	7,502	-2,047	-27%	83%	64%	67%	62%	70%	70%	77%	79%	86%	4,337			
サービス業	87,401	89,213	-1,812	-2%	98%	96%	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	35,875			
情報・通信業	129,198	130,940	-1,741	-1%	98%	96%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	53,956			
食料品	60,310	61,869	-1,558	-3%	98%	97%	97%	97%	97%	97%	98%	98%	99%	26,979			
陸運業	57,195	58,739	-1,544	-3%	98%	95%	96%	96%	97%	98%	98%	99%	99%	24,917			
ゴム製品	13,859	15,177	-1,318	-9%	90%	83%	91%	89%	92%	92%	94%	95%	97%	6,695			
その他製品	22,255	23,544	-1,289	-5%	98%	95%	94%	93%	94%	93%	94%	95%	96%	10,276			
ガラス・土石製品	15,159	16,440	-1,281	-8%	95%	86%	88%	88%	92%	92%	95%	95%	97%	7,177			
建設業	84,519	85,776	-1,257	-1%	99%	98%	98%	98%	99%	98%	99%	99%	100%	34,337			
保険業	72,663	73,824	-1,161	-2%	99%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	99%	99%	33,634			
繊維製品	12,641	13,752	-1,111	-8%	95%	87%	89%	89%	92%	92%	94%	94%	96%	6,205			
金属製品	17,913	18,994	-1,081	-6%	96%	91%	92%	92%	94%	94%	96%	96%	98%	8,180			
小売業	151,853	152,833	-979	-1%	99%	99%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	61,611			
精密機器	11,634	12,453	-819	-7%	96%	84%	89%	90%	94%	95%	97%	97%	99%	5,472			
証券・商品先物取引業	7,239	7,871	-632	-8%	92%	82%	89%	90%	94%	94%	95%	95%	96%	3,458			
パルプ・紙	11,001	11,482	-481	-4%	97%	91%	93%	94%	96%	97%	98%	98%	98%	5,035			
空運業	8,006	8,484	-478	-6%	96%	90%	92%	92%	94%	94%	96%	97%	98%	3,665			
不動産業	33,219	33,607	-387	-1%	99%	98%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	100%	13,174			
倉庫・運輸関連業	6,767	7,034	-266	-4%	98%	96%	95%	95%	96%	96%	96%	97%	98%	2,984			
鉱業	1,049	1,226	-177	-14%	90%	83%	82%	82%	86%	86%	86%	88%	88%	553			
水産・農林業	4,857	4,977	-120	-2%	95%	96%	97%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	2,127			
その他金融業	19,553	19,567	-14	-0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	8,250			
医薬品	29,624	28,921	704	2%	101%	102%	103%	104%	103%	103%	103%	102%	101%	10,742			

表 4 採択変数一覧

業種	採択変数
0050.水産・農林業	GDPデフレーター, 完全失業率, 消費者物価, 輸入
1050.鉱業	GDPデフレーター, 鉱工業生産, 国内企業物価, 輸出, 輸入
2050.建設業	完全失業率, 公的固定資本投資, 民間企業設備投資, 民間住宅投資
3050.食料品	完全失業率, 民間企業設備投資, 輸入
3100.繊維製品	GDPデフレーター, 完全失業率, 民間企業設備投資, 民間最終消費支出
3150.パルプ・紙	GDPデフレーター, 完全失業率, 民間企業設備投資, 輸出, 輸入
3200.化学	GDP(差分), 完全失業率, 輸出, 輸入
3250.医薬品	GDP, GDP(差分), 完全失業率
3300.石油・石炭製品	完全失業率, 鉱工業生産, 輸出
3350.ゴム製品	GDP(差分), 完全失業率, 輸出, 輸入
3400.ガラス・土石製品	GDP(差分), GDPデフレーター, 完全失業率, 公的固定資本投資, 鉱工業生産, 民間企業設備投資, 輸出, 輸入
3450.鉄鋼	GDP(差分), GDPデフレーター, 完全失業率, 鉱工業生産, 民間企業設備投資, 輸出, 輸入
3500.非鉄金属	GDPデフレーター, 完全失業率, 公的固定資本投資, 民間企業設備投資, 輸出, 輸入
3550.金属製品	GDP(差分), GDPデフレーター, 完全失業率, 公的固定資本投資, 鉱工業生産, 民間企業設備投資, 輸出, 輸入
3600.機械	GDP(差分), GDPデフレーター, 完全失業率, 公的固定資本投資, 民間企業設備投資, 輸出, 輸入
3650.電気機器	GDPデフレーター, 完全失業率, 公的固定資本投資, 民間企業設備投資, 輸出
3700.輸送用機器	GDP(差分), 完全失業率, 鉱工業生産, 輸出
3750.精密機器	GDPデフレーター, 完全失業率, 公的固定資本投資, 民間企業設備投資, 輸出
3800.その他製品	GDPデフレーター, 完全失業率, 国内企業物価, 民間企業設備投資
4050.電気・ガス業	GDPデフレーター, 完全失業率, 国内企業物価, 民間企業設備投資
5050.陸運業	GDPデフレーター, 完全失業率, 鉱工業生産, 民間企業設備投資, 輸入
5100.海運業	完全失業率, 国内企業物価, 輸出, 輸入
5150.空運業	GDPデフレーター, 完全失業率, 鉱工業生産, 民間企業設備投資, 輸出, 輸入
5200.倉庫・運輸関連業	GDP, 完全失業率, 鉱工業生産, 民間在庫投資
5250.情報・通信業	公的固定資本投資, 消費者物価指数, 総合, 民間企業設備投資, 民間最終消費支出, 輸入
6050.卸売業	GDPデフレーター, 完全失業率, 鉱工業生産, 国内企業物価, 輸出, 輸入
6100.小売業	完全失業率, 鉱工業生産, 消費者物価指数, 総合, 民間最終消費支出, 輸出, 輸入
7050.銀行業	GDP, GDP(差分), GDPデフレーター, 完全失業率, 民間企業設備投資, 民間最終消費支出, 輸出
7100.証券・商品先物取引業	GDP, GDP(差分), GDPデフレーター, 完全失業率, 民間企業設備投資, 民間最終消費支出, 輸出
7150.保険業	GDP, GDP(差分), GDPデフレーター, 完全失業率, 民間企業設備投資, 民間最終消費支出
7200.その他金融業	GDP, GDP(差分), 完全失業率
8050.不動産業	完全失業率, 公的固定資本投資, 民間企業設備投資, 民間住宅投資
9050.サービス業	GDPデフレーター, 完全失業率, 民間企業設備投資, 民間最終消費支出, 輸出, 輸入

- ※1: Steven L. Scott and Hal R. Varian, *Predicting the present with Bayesian structural time series*, International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation, Vol. 5, No. 1/2, 2014.
- ※2: 詳細については※1を参照。
- ※3: 「国民経済計算」(内閣府), 「鉱工業生産・出荷・在庫指数」(経済産業省), 「企業物価指数」(日本銀行調査統計局), 「2015年基準消費者物価指数」(総務省), 「2010年基準消費者物価指数」(総務省), 「労働力調査」(総務省) (取得; 2020年3月31日), ただし、2010年基準の指標については2015年基準に野村総合研究所が加工。
- ※4: 野村証券金融経済研究所 経済調査部, 『2019~21年度の経済見通し—後ずれリスクに直面する景気回復—』, 2020年3月19日, p.36.
野村証券, 「日本:2019~21年度の経済見通し改定」『Global Markets Research』2020年3月27日, p.3.
- ※5: なお、07年度から19年度第三四半期まで一部売上高の記録が収集できなかった企業についてはモデル化の対象外とし、モデル構築後拡大推計を行い業種全体の売上高を推計している。

- ※6： なお、最終的に投入された説明変数は分析者によって影響度合の合理性や因果関係等を加味して調整されているため、18種類すべての経済指標が投入されているわけではないことに留意されたい。
- ※7： 本予測は上場企業のデータを用いたものであり、非上場企業を含めると影響は更に大きくなる点に留意されたい。
- ※8： 正式なレポートはまだ出ていない（2020年4月24日現在）が <https://www.fuqua.duke.edu/linkedin-live> にてビデオプレゼンテーション（2020年4月22日実施）を確認することができるため、詳細はそちらをご確認いただきたい。

以上

【NRIグループ 新型コロナウイルス対策緊急提言】

<https://www.nri.com/jp/keyword/proposal>

【提言内容に関するお問い合わせ】

株式会社野村総合研究所 未来創発センター

E-mail：miraisouhatsu@nri.co.jp

【報道関係者からのお問い合わせ】

株式会社野村総合研究所 コーポレートコミュニケーション部

E-mail：kouhou@nri.co.jp