

【所員論考】

コロナ禍の日本経済を予測・推計する

アジア成長研究所准教授 坂本 博

要旨

本研究は、コロナ禍で大きく落ち込むと見込まれる日本の都道府県経済の状況、すなわち「県内総生産」を予測・推計する。通常、予測・推計には過去のデータが参考になるが、コロナ禍の極端な状況においては、このまま使用することは適切でないと考えられる。そこで、本研究では、コロナ禍によるマイナス成長部分をモンテカルロ実験で求めた。その際、分布区間が確定し、非対称である三角分布に従う乱数を発生させた。また、都道府県の状況の違いを三角分布に反映させるために、ある時点での累計感染者数の情報を用いた。結果、-10%を超えるマイナス成長になる可能性がある都道府県（東京都、沖縄県、福岡市）とマイナス成長が概ね-5%以内にとどまる都道府県（岩手県など）に分かれた。また、この仮定の導入により、県間所得格差が縮小する可能性があることが判明した。なお、全国においては、平均的に-5%を少し超えるマイナス成長になる見通しである。

1. はじめに

2020（令和2）年は、過去最高のインバウンド観光客を迎え、東京オリンピックが盛大に開催されるはずだった。年が明け、中国・武漢で奇妙な肺炎の噂が流れるようになった。そして、これが新型コロナウイルスだと分かると、世界中に感染が広がるようになった。もちろん当初は、新型とはいえ、既存のコロナウイルスの延長線だと考えられていたので、潜伏期間とされている2週間程度を我慢すれば収まると思われた。しかし、現状は人々の期待に応えるものではなかった。感染は広がりを見せ、感染拡大を抑えるために、各国で都市封鎖（ロックダウン）をはじめとする移動および接触制限が設けられた。日本も4月16日に全国レベルで「緊急事態宣言」が発動され、経済をはじめとする活動の自粛が要請された。そして、「Stay Home」の掛け声の下、外出を避け、自宅にとどまるのが奨励された。また、仕事も自宅で行う「リモートワーク」も盛んに行われた。結果、経済活動は家にとどまる範囲に抑えられ、人々が外出することによって成り立つ経済活動は大きく縮小した。その中で最大級とされるのが航空業界で、各国が入国制限を実施しているため、国際線における輸送は、非常に限られた旅客と一部の物流に限られるようになった。国内線も、「緊急事態宣言」中は、極端な減便と使用機材の小型化が行われた。もちろん、これ以外にも旅客をメインとした移動手段、ホテル、飲食、各種エンターテインメント、はたまた「夜の街」と揶揄された業態など、人々が移動したり、接触したりする業態は、軒並み厳しい状況

表1 実質県内総生産の線形推計（単位：10億円）

	切片	係数	2016年	2020年推計	20年/16年比
北海道	52,176	-16.88	18,240	18,079	0.9912
青森県	7,171	-1.39	4,467	4,369	0.9779
岩手県	-95,153	49.42	4,471	4,677	1.0462
宮城県	-301,458	154.08	9,231	9,785	1.0601
秋田県	14,681	-5.65	3,333	3,267	0.9800
山形県	-31,486	17.52	3,932	3,910	0.9945
福島県	-4,638	5.94	7,572	7,368	0.9730
茨城県	-114,835	63.10	12,386	12,619	1.0188
栃木県	-106,864	57.22	8,593	8,729	1.0158
群馬県	-141,684	74.31	8,123	8,414	1.0358
埼玉県	-279,862	149.73	22,099	22,596	1.0225
千葉県	-77,317	48.08	19,539	19,798	1.0133
東京都	-731,309	413.65	103,752	104,272	1.0050
神奈川県	48,339	-7.71	33,679	32,757	0.9726
新潟県	40,956	-16.13	8,480	8,363	0.9862
富山県	-998	2.68	4,409	4,409	0.9999
石川県	-44,270	24.13	4,475	4,477	1.0005
福井県	77,013	-36.68	3,101	2,916	0.9404
山梨県	-1,145	2.15	3,265	3,202	0.9808
長野県	-36,016	21.79	8,025	7,997	0.9966
岐阜県	47,353	-19.93	7,340	7,093	0.9664
静岡県	100,319	-41.77	16,422	15,944	0.9709
愛知県	-231,112	132.91	37,484	37,370	0.9970
三重県	-126,548	66.67	7,907	8,116	1.0265
滋賀県	-43,547	24.56	6,156	6,069	0.9859
京都府	-37,412	23.43	10,211	9,924	0.9719
大阪府	34,583	1.47	38,021	37,551	0.9876
兵庫県	-135,713	77.25	20,300	20,333	1.0016
奈良県	22,189	-9.29	3,555	3,429	0.9645
和歌山県	6,356	-1.40	3,514	3,528	1.0041
鳥取県	22,712	-10.40	1,823	1,707	0.9363
島根県	-9,718	6.01	2,441	2,418	0.9907
岡山県	19,826	-6.20	7,365	7,298	0.9910
広島県	-34,574	22.65	11,527	11,181	0.9700
山口県	-20,426	13.03	5,868	5,899	1.0053
徳島県	-51,531	27.06	2,998	3,136	1.0458
香川県	-6,848	5.23	3,698	3,713	1.0042
愛媛県	-5,794	5.24	4,863	4,782	0.9832
高知県	-5,173	3.70	2,317	2,307	0.9957
福岡県	-120,505	68.85	18,413	18,567	1.0084
佐賀県	15,300	-6.24	2,765	2,690	0.9730
長崎県	-16,169	10.15	4,396	4,330	0.9850
熊本県	-62,187	33.62	5,713	5,717	1.0008
大分県	-36,291	20.10	4,151	4,318	1.0402
宮崎県	-42,415	22.79	3,551	3,626	1.0211
鹿児島県	29,792	-12.27	5,178	5,012	0.9680
沖縄県	-103,137	53.15	4,132	4,236	1.0251
北九州市	6,267	-1.36	3,520	3,523	1.0010
福岡市	-137,465	71.86	7,537	7,702	1.0220
その他福岡県	10,692	-1.66	7,357	7,341	0.9979
全国			533,281	532,301	0.9982

(出所) 著者計算, 整理 (以下同じ)

となった。

2020年8月17日、内閣府は、2020年4～6月期のGDP（Gross Domestic Product）の速報値を公表した。ちょうど「緊急事態宣言」中であつたので、前期比-7.8%と、歴史的に非常に低い数字が出た。もっとも、この時点で注目を浴びたのは、この数字を年率換算した-27.8%であつた注¹⁾。現在、感染拡大は続いているものの、「緊急事態宣言」も解除され、「With コロナ」で、徐々に活動が再開されるようになっている。おそらく前期比でいえば、7～9月期はプラスになることが予想される。そうでなくとも、前期の-7.8%が続くとは考えにくく、当然、年率換算も大きく改善されるであろう。

本研究は、こういった「コロナ禍」における日本経済の状況を、内閣府の公表よりも前に予測・推計することを目的とする。日本のGDP成長率の推計は、内閣府も比較的早く速報値を公表しているのので、研究対象とはなり得ないが、都道府県におけるGDP、すなわち「県内総生産」となると公表に時間を要している。そこで、県内総生産を予測・推計することを目的とする。もちろん、統計の基礎資料を持ち得ていない筆者にとって、統計当局の手法をもって推計することは不可能であり、筆者独自の方法で推計することになる。これが正しいのか有益なのかは読者の判断に任せることにして、こういった方法があることを紹介することで、容易に予測・推計を可能にし、事前情報を得ることが可能になることを示したい。以下、2020年の県内総生産の予測・推計を、手法論を紹介しながら、順に説明していく。

2. 手法論

各国ないし各地域のGDPデータが数年分用意されているのなら、これを延長推計することで、予測・推計値を求めることが可能である。しかし、これは、過去のデータが、比較的穏やかな動きをしているときに有効であつて、コロナ禍で、経済成長率が大きくマイナスになることが予想されている場合は、この延長推計をそのまま用いることは不適切だと思われる。よって、コロナ禍における経済成長率の推計は、マイナス成長部分にあると考えられる。

経済成長率がマイナスになる可能性については、地震や水害といった自然災害によって、生産資本やインフラが崩壊し、経済活動が滞る時が考えられる。日本は、自然災害の多い国であり、毎年どこかの地域で被害を被っている。坂本（2019a）、Sakamoto（2020）では、こういった日本の災害事情を鑑み、福岡県を中心に、自然災害が起こった場合の経済損失を、モンテカルロ実験を通じて予測している。

ここで、モンテカルロ実験による予測を紹介しているが、これにより、予測値に幅が生じることが最大の利点となる。一方で、どのように実験を行うかは、議論の余地がある。先の坂本（2019a）、Sakamoto（2020）においては、自然災害による被害の発生可能性を、二項分布に基づ

注1) 年率換算の方法は $(1 + \text{成長率}/100)$ の4乗から1を引いたものを100倍(%)にしたものである。今回の大幅なマイナス数字は、算術的な結果以外に何も意味がないと思われる。その後、9月8日に2次速報が公表され、前期比-7.9%（年率-28.1%）と速報値をさらに下回る結果となった。なお、当研究所が3ヵ月ごとに公表している経済指標では、前期比ではなく、季節調整前の原系列による前年同期比を計算している。これに基づくと、4～6月期の経済成長率は、-9.9%となる。

表2 人口数の線形推計（単位：人）

	切片	係数	2016年	2020年推計	20年/16年比
北海道	54,471,508	-24,361	5,351,828	5,262,343	0.9833
青森県	26,772,369	-12,637	1,293,470	1,246,272	0.9635
岩手県	22,652,946	-10,608	1,267,993	1,224,290	0.9655
宮城県	7,967,226	-2,798	2,330,120	2,315,192	0.9936
秋田県	25,654,360	-12,223	1,009,806	963,074	0.9537
山形県	19,705,979	-9,222	1,113,109	1,077,998	0.9685
福島県	41,596,947	-19,695	1,900,760	1,813,506	0.9541
茨城県	17,452,848	-7,212	2,904,590	2,885,141	0.9933
栃木県	12,813,062	-5,379	1,966,032	1,948,308	0.9910
群馬県	13,764,178	-5,851	1,967,292	1,945,709	0.9890
埼玉県	-32,657,244	19,817	7,289,429	7,372,380	1.0114
千葉県	-18,831,077	12,440	6,235,725	6,297,154	1.0099
東京都	-153,875,189	83,072	13,623,937	13,930,490	1.0225
神奈川県	-44,779,072	26,759	9,144,504	9,273,906	1.0142
新潟県	28,588,922	-13,043	2,285,937	2,241,144	0.9804
富山県	11,164,787	-5,011	1,061,273	1,042,108	0.9819
石川県	5,881,578	-2,346	1,150,878	1,143,485	0.9936
福井県	8,303,733	-3,730	782,411	768,655	0.9824
山梨県	11,079,090	-5,083	829,708	810,659	0.9770
長野県	22,717,631	-10,232	2,088,065	2,049,101	0.9813
岐阜県	19,786,898	-8,810	2,021,872	1,990,092	0.9843
静岡県	27,255,791	-11,688	3,687,668	3,645,241	0.9885
愛知県	-25,425,244	16,334	7,506,900	7,568,591	1.0082
三重県	15,692,632	-6,885	1,808,236	1,784,014	0.9866
滋賀県	-2,645,936	2,016	1,412,830	1,426,733	1.0098
京都府	10,783,756	-4,055	2,605,349	2,592,288	0.9950
大阪府	8,530,902	158	8,832,512	8,849,713	1.0019
兵庫県	19,912,569	-7,131	5,519,963	5,507,214	0.9977
奈良県	13,429,075	-5,986	1,356,319	1,336,914	0.9857
和歌山県	15,580,042	-7,253	954,013	928,174	0.9729
鳥取県	7,390,939	-3,384	569,554	556,031	0.9763
島根県	10,205,842	-4,720	689,877	670,542	0.9720
岡山県	10,526,517	-4,270	1,914,617	1,900,823	0.9928
広島県	10,406,978	-3,754	2,837,348	2,823,898	0.9953
山口県	19,240,581	-8,851	1,394,400	1,361,671	0.9765
徳島県	11,824,341	-5,493	750,176	729,455	0.9724
香川県	8,439,183	-3,703	972,113	958,205	0.9857
愛媛県	18,370,152	-8,428	1,374,914	1,344,912	0.9782
高知県	14,411,618	-6,790	720,972	695,029	0.9640
福岡県	-5,702,280	5,362	5,104,429	5,128,997	1.0048
佐賀県	7,514,572	-3,316	828,369	816,840	0.9861
長崎県	21,044,372	-9,760	1,366,792	1,328,603	0.9721
熊本県	13,621,669	-5,873	1,774,179	1,757,217	0.9904
大分県	11,051,183	-4,904	1,159,741	1,144,148	0.9866
宮崎県	11,482,568	-5,150	1,096,171	1,080,560	0.9858
鹿児島県	22,596,572	-10,395	1,637,253	1,599,369	0.9769
沖縄県	-13,538,736	7,430	1,439,338	1,469,588	1.0210
北九州市	7,829,845	-3,409	956,243	943,628	0.9868
福岡市	-26,715,712	14,022	1,553,778	1,607,865	1.0348
その他福岡県	13,183,587	-5,251	2,594,408	2,577,504	0.9935
全国			126,932,772	126,605,778	0.9974

く乱数の発生によって表現し、被害が生じた産業セクターに対し、被害の大きさを一様分布で乱数発生させ、実験を行った。これは、福岡県が広域であることから、自然災害が発生しても、被害が生じる産業セクターにばらつきがある可能性があるからと考えたからである。そして、Sakamoto (2020) では、すべての産業セクターに被害が起こるとして、被害分布を被害なしの1を起点に、マイナス方向 (< 1) に半正規分布と三角分布を用いて乱数を発生させた注2)。

本研究も、同様のモンテカルロ実験を用いる。ただし、先の研究とは異なり、かなり高い確率でマイナス成長になることが予想されるので、最頻値がマイナス成長のどこかにある分布が望まれる。そこで、本研究では、最頻値をマイナスとし、かつ非対称分布となる三角分布を用いてモンテカルロ実験を行うことにする。三角分布において必要な情報は、最小値、最頻値、最大値の3つである。具体的な決定方法を後述するとして、本研究における県内総生産の推計方法を整理すると、以下ようになる。

- ①モンテカルロ実験を行うための基準となる県内総生産を延長推計する。
- ②三角分布に必要な情報を推計・決定する。
- ③情報に基づきモンテカルロ実験を行い、県内総生産の予測・推計値を求める。
- ④実験結果を県間所得格差の観点から評価する。

3. 県内総生産の延長推計

2020年の県内総生産を予測・推計するにあたって、本研究では、内閣府の『県民経済計算』のデータを用いた。過去に遡ってデータを収集することもできるが、比較的直近の2006～16年(度)のものを使用した注3)。ここでは、47都道府県のほか、関東・九州といった地域ブロック別と政令指定都市のデータが掲載されている。そのうち、本研究では平成23(2011)暦年の連鎖価格による実質県内総生産と、総人口を使用した。政令指定都市のデータがあることから、福岡県を北九州市、福岡市およびその他の3地域に分けることが可能となる。これにより、福岡県については、県を1地域とするケースと3地域に分けたケースの2つで計算している。

2006～16年のデータからデータを2020年まで延長する方法はいろいろ考えられるが、最終的に、回帰分析の結果を利用することにした。モデルは単回帰式 $y = a + b \cdot \text{time} + e$ の切片 a と係数 b を推計し (e は残差)、 time に2020(年)を代入してそれぞれ計算した注4)。

表1と表2は、実質県内総生産と人口数それぞれの推計結果である。なお、全国は、推計値の合計である。ここでは、推計値の有意性といった計量経済学の問題には触れず、推計値から単純に線形延長させている。よって、係数 b の符号について簡単に説明する。符号がプラスであれば、

注2) この場合の最頻値(モード)はいずれの分布も1(被害なし)である。なお、半正規分布は正規分布の最頻値から左側の部分を指し、三角分布においては、最頻値が最大値となる。

注3) 2020年10月14日に平成29(2017)年度までの県民経済計算が公表された。

注4) これを計算する場合、表1、表2にあるように、回帰分析を100回繰り返すことになる。各々のサンプル数が11と少なく、単回帰式の右辺(説明変数部分)がいずれも同じなので、ここでは、最小2乗法による回帰係数を求める式に従って ($Y = \beta X + e$ に対し、 $\beta = (X'X)^{-1}X'Y$ 、 $X = (1, \text{time})'$)、切片と係数をExcelで効率的に計算した。

表3 三角分布の最小値の推計

	感染者数	2020年推計人口	人口比(%)	最小値	平均値	標準偏差
北海道	1,781	5,262,343	0.0338	0.9162	0.9554	0.0172
青森県	35	1,246,272	0.0028	0.9472	0.9657	0.0121
岩手県	19	1,224,290	0.0016	0.9484	0.9661	0.0120
宮城県	207	2,315,192	0.0089	0.9411	0.9637	0.0130
秋田県	49	963,074	0.0051	0.9449	0.9650	0.0124
山形県	78	1,077,998	0.0072	0.9428	0.9643	0.0127
福島県	161	1,813,506	0.0089	0.9411	0.9637	0.0130
茨城県	545	2,885,141	0.0189	0.9311	0.9604	0.0145
栃木県	303	1,948,308	0.0156	0.9344	0.9615	0.0140
群馬県	440	1,945,709	0.0226	0.9274	0.9591	0.0152
埼玉県	3,928	7,372,380	0.0533	0.8967	0.9489	0.0211
千葉県	3,050	6,297,154	0.0484	0.9016	0.9505	0.0201
東京都	20,817	13,930,490	0.1494	0.8006	0.9169	0.0424
神奈川県	4,963	9,273,906	0.0535	0.8965	0.9488	0.0211
新潟県	143	2,241,144	0.0064	0.9436	0.9645	0.0126
富山県	388	1,042,108	0.0372	0.9128	0.9543	0.0179
石川県	626	1,143,485	0.0547	0.8953	0.9484	0.0214
福井県	228	768,655	0.0297	0.9203	0.9568	0.0164
山梨県	173	810,659	0.0213	0.9287	0.9596	0.0149
長野県	256	2,049,101	0.0125	0.9375	0.9625	0.0135
岐阜県	555	1,990,092	0.0279	0.9221	0.9574	0.0161
静岡県	480	3,645,241	0.0132	0.9368	0.9623	0.0136
愛知県	4,535	7,568,591	0.0599	0.8901	0.9467	0.0225
三重県	380	1,784,014	0.0213	0.9287	0.9596	0.0149
滋賀県	450	1,426,733	0.0315	0.9185	0.9562	0.0168
京都府	1,452	2,592,288	0.0560	0.8940	0.9480	0.0217
大阪府	8,544	8,849,713	0.0965	0.8535	0.9345	0.0304
兵庫県	2,276	5,507,214	0.0413	0.9087	0.9529	0.0187
奈良県	518	1,336,914	0.0387	0.9113	0.9538	0.0182
和歌山県	230	928,174	0.0248	0.9252	0.9584	0.0156
鳥取県	22	556,031	0.0040	0.9460	0.9653	0.0123
島根県	137	670,542	0.0204	0.9296	0.9599	0.0148
岡山県	145	1,900,823	0.0076	0.9424	0.9641	0.0128
広島県	458	2,823,898	0.0162	0.9338	0.9613	0.0141
山口県	168	1,361,671	0.0123	0.9377	0.9626	0.0135
徳島県	130	729,455	0.0178	0.9322	0.9607	0.0144
香川県	78	958,205	0.0081	0.9419	0.9640	0.0129
愛媛県	114	1,344,912	0.0085	0.9415	0.9638	0.0129
高知県	125	695,029	0.0180	0.9320	0.9607	0.0144
福岡県	4,598	5,128,997	0.0896	0.8604	0.9368	0.0289
佐賀県	237	816,840	0.0290	0.9210	0.9570	0.0163
長崎県	231	1,328,603	0.0174	0.9326	0.9609	0.0143
熊本県	520	1,757,217	0.0296	0.9204	0.9568	0.0164
大分県	145	1,144,148	0.0127	0.9373	0.9624	0.0135
宮崎県	358	1,080,560	0.0331	0.9169	0.9556	0.0171
鹿児島県	362	1,599,369	0.0226	0.9274	0.9591	0.0152
沖縄県	2,143	1,469,588	0.1458	0.8042	0.9181	0.0415
北九州市	617	943,628	0.0654	0.8846	0.9449	0.0236
福岡市	2,481	1,607,865	0.1543	0.7957	0.9152	0.0435
その他福岡県	1,500	2,577,504	0.0582	0.8918	0.9473	0.0221

2006～16年の期間中は上昇傾向にあり、2020年の推計値も2016年より上昇する。符号がマイナスであれば、その逆である。実質県内総生産については、符号の±がまちまちであるが、人口数については、符号がマイナスの地域が目立つ。ただし、合計ではいずれも2016年からマイナスなので、日本経済の弱さが浮き彫りとなっている。

4. 三角分布

先にも述べたように、三角分布による乱数の発生において必要な情報は、最小値 (a)、最頻値 (b)、最大値 (c) の3つである。ちなみに、この3つの値の下で、平均は $(a+b+c)/3$ 、分散は $(a^2+b^2+c^2-ab-ac-bc)/18$ であることが分かっている。適切な平均と分散および3つの値のうちの1つが分かれば、残りの値を推計することは可能だが、容易ではなかった^{注5)}。そこで、本研究では、整合的な情報を得るために、以下の仮定を取り入れた。①コロナ禍で県内総生産のプラス成長はほぼないと考えると、最大値は延長推計値までとなるため、最大値を1とした。②最頻値はマイナス成長になるが、ここでは、各都道府県で統一したものとする。先日のGDP速報値で、前期比-7.8%と発表されたことに伴い、最頻値を-5% (0.95) とした。③最小値は、各都道府県で異なる値にした。もちろん、根拠となる経済指標は存在しないので、新型コロナウイルスの累計感染者数を用いた。

表3は、最小値の推計結果と、それに付随する情報である。まず、累計感染者数であるが、全国の感染者数のソースは、<https://hazard.yahoo.co.jp/article/20200207> で、2020年8月31日の23時55分に更新されたものである。また、福岡県の3地域に関するソースは <https://fukuoka.stopcovid19.jp/> で、いずれも翌日の9月1日13時頃に閲覧したものである。この累計感染者数を、著者が延長推計した2020年の人口数で割った人口比の100倍(すなわち%)の情報を利用する。ここでは、単純に最頻値の0.95から差し引き、これを最小値とした。

表を見て分かるように、各都道府県間で累計感染者数の人口比に大きな違いがあることが分かる。この時点で特に感染率の高いのが、東京都、沖縄県および福岡市で、0.15%前後を記録している。一方で、感染者数がしばらくゼロであった岩手県は、0.0016%であった。もちろん、この数字にどれだけの意味があるのか分からないが、都道府県間で、100倍近くの比率の違いがあるという点では、興味深いものとなっている。そして、最頻値の0.95から差し引いた最小値の下で、平均値を計算した結果、東京都、沖縄県および福岡市で、平均8%以上のマイナス成長に基づく三角分布となる。一方、岩手県は、平均で約3.4%のマイナス成長に基づく三角分布となる。

注5) 平均を x 、分散を y とすれば、 $b=3x-a-c$ 、 $a=-(c-3x)\pm\sqrt{(c-3x)^2-4(c^2-3cx+3x^2-6y)}/2$ となるが、ルート内がマイナスになる可能性がある。

表4 三角分布の実験結果

	最大値	最小値	平均値	標準偏差
北海道	0.9931	0.9186	0.9534	0.0151
青森県	0.9985	0.9487	0.9659	0.0125
岩手県	0.9959	0.9490	0.9658	0.0120
宮城県	0.9990	0.9432	0.9633	0.0126
秋田県	0.9988	0.9455	0.9655	0.0134
山形県	0.9976	0.9440	0.9645	0.0137
福島県	0.9967	0.9418	0.9640	0.0122
茨城県	0.9971	0.9368	0.9600	0.0142
栃木県	0.9959	0.9374	0.9619	0.0144
群馬県	0.9982	0.9310	0.9597	0.0144
埼玉県	0.9971	0.9016	0.9491	0.0213
千葉県	0.9963	0.9066	0.9498	0.0199
東京都	0.9956	0.8100	0.9149	0.0460
神奈川県	0.9971	0.8987	0.9500	0.0204
新潟県	0.9951	0.9449	0.9649	0.0124
富山県	0.9939	0.9169	0.9547	0.0170
石川県	0.9933	0.8983	0.9470	0.0216
福井県	0.9984	0.9222	0.9587	0.0166
山梨県	0.9960	0.9312	0.9612	0.0156
長野県	0.9951	0.9388	0.9613	0.0139
岐阜県	0.9963	0.9257	0.9566	0.0153
静岡県	0.9972	0.9383	0.9616	0.0134
愛知県	0.9951	0.9068	0.9489	0.0209
三重県	0.9971	0.9308	0.9575	0.0163
滋賀県	0.9976	0.9242	0.9555	0.0159
京都府	0.9907	0.8962	0.9459	0.0212
大阪府	0.9972	0.8578	0.9331	0.0330
兵庫県	0.9967	0.9137	0.9542	0.0187
奈良県	0.9943	0.9139	0.9519	0.0185
和歌山県	0.9974	0.9318	0.9578	0.0134
鳥取県	0.9985	0.9474	0.9649	0.0120
島根県	0.9942	0.9337	0.9601	0.0134
岡山県	0.9991	0.9432	0.9635	0.0131
広島県	0.9922	0.9346	0.9606	0.0136
山口県	0.9980	0.9390	0.9619	0.0133
徳島県	0.9965	0.9365	0.9606	0.0145
香川県	0.9951	0.9436	0.9639	0.0138
愛媛県	0.9973	0.9418	0.9645	0.0132
高知県	0.9959	0.9328	0.9601	0.0148
福岡県	0.9992	0.8668	0.9392	0.0280
佐賀県	0.9991	0.9243	0.9566	0.0174
長崎県	0.9988	0.9346	0.9623	0.0151
熊本県	0.9963	0.9218	0.9574	0.0168
大分県	0.9986	0.9388	0.9630	0.0145
宮崎県	0.9942	0.9228	0.9555	0.0164
鹿児島県	0.9963	0.9318	0.9599	0.0152
沖縄県	0.9896	0.8206	0.9171	0.0401
北九州市	0.9928	0.8944	0.9469	0.0226
福岡市	0.9989	0.8000	0.9144	0.0434
その他福岡県	0.9964	0.8951	0.9470	0.0210

5. モンテカルロ実験

三角分布による乱数の発生において必要な情報が分かったところで、ここからは乱数発生によるモンテカルロ実験を行う。

Excelには乱数発生のコマンドが存在するが、三角分布を直接発生させることはできない。こういった場合、まず、0～1の一様分布で乱数(x)を発生させ、三角分布の累積分布関数の逆関数に当てはめることで、三角分布の乱数を発生させることができる(逆関数法)。三角分布の累積分布関数もよく知られているので、逆関数も以下のように容易に計算することができる。

$$a + \sqrt{(b-a)(c-a)x} \quad x \leq (b-a)/(c-a)$$

$$c - \sqrt{(1-x)(c-b)(c-a)} \quad x > (b-a)/(c-a)$$

このように、三角分布の場合、最頻値を挟んで非連続な形をとるため、上記のような場合分けを通じて、乱数を発生させることになる。

表4が、本研究のモンテカルロ実験の結果である。ここでは、最大値、最小値、平均値および標準偏差をそれぞれの都道府県に対して示したが、表3の結果と(最小値、平均値および標準偏差)、一致しないまでも、類似していることが分かる。なお、乱数の発生回数は、各都道府県に対して、200回ずつとした。回数を増やせば、表3の結果により近づくことが考えられるが、「実験」ということでここまでにとどめたい。

以下、各々200回の乱数に対し、2020年の延長推計した県民総生産を掛け合わせ、同様に最大値、最小値、平均値および標準偏差を求めたものが表5で、さらに、2020年の延長推計した人口数で割って、1人当たりの県民総生産の最大値、最小値、平均値および標準偏差を示したものが表6である。なお、「全国1」は、福岡県を1地域とした場合の合計で、「全国2」は、福岡県を北九州市、福岡市およびその他の3地域とした場合の合計である。この違いは、乱数の発生が異なることによる。それぞれの表は、表4の結果を実数に直しただけにすぎず、本質的な違いはないものの、例えば、東京都の県民総生産が、実験の最大値と最小値で、20兆円近く異なる(マイナスになる)可能性があることを示していることは、注意したほうがいい。また、その結果、東京都の1人当たりの県民総生産も2020年の推計値の7,485千円から6,062千円まで下がる可能性があることを示しているが、それでも、他の都道府県よりも高い水準を示している。

また、全国平均で見た場合、2020年の推計値に対するマイナス成長率は、-5.45%(全国1)-5.47%(全国2)という実験結果となった。これは、4～6月期のGDP速報値よりはマイナス成長が戻っていることを示す。また、モンテカルロ実験による三角分布の最頻値を-5%としているので、これよりは経済が悪化すると見込んでいる。ただし、これらは、平均値なので、東京都のように、経済が20%近く落ち込む可能性もあることも指摘したい。

最後に、ここまでは、最大値、最小値といった極端な可能性だけを説明したので、この間の可

表5 県内総生産の実験値（単位：10億円）

	最大値	最小値	平均値	標準偏差
北海道	17,953	16,607	17,236	272.77
青森県	4,362	4,144	4,220	54.76
岩手県	4,658	4,439	4,517	56.04
宮城県	9,776	9,230	9,426	123.28
秋田県	3,263	3,089	3,154	43.64
山形県	3,901	3,691	3,772	53.47
福島県	7,343	6,938	7,102	89.64
茨城県	12,583	11,821	12,114	178.85
栃木県	8,693	8,182	8,396	125.81
群馬県	8,399	7,834	8,075	121.44
埼玉県	22,530	20,373	21,445	481.90
千葉県	19,725	17,949	18,804	394.07
東京都	103,809	84,456	95,404	4,793.47
神奈川県	32,660	29,437	31,118	668.74
新潟県	8,322	7,902	8,070	103.67
富山県	4,382	4,042	4,209	75.01
石川県	4,447	4,022	4,240	96.65
福井県	2,911	2,689	2,796	48.42
山梨県	3,189	2,982	3,078	50.00
長野県	7,958	7,508	7,688	110.79
岐阜県	7,066	6,566	6,785	108.54
静岡県	15,899	14,961	15,333	213.20
愛知県	37,187	33,887	35,461	780.62
三重県	8,093	7,555	7,771	132.44
滋賀県	6,055	5,609	5,800	96.53
京都府	9,832	8,894	9,387	210.69
大阪府	37,448	32,210	35,039	1,238.28
兵庫県	20,266	18,578	19,401	381.23
奈良県	3,410	3,134	3,264	63.47
和歌山県	3,519	3,287	3,379	47.43
鳥取県	1,705	1,618	1,647	20.47
島根県	2,404	2,258	2,322	32.51
岡山県	7,291	6,884	7,032	95.71
広島県	11,094	10,450	10,740	152.40
山口県	5,887	5,539	5,674	78.72
徳島県	3,125	2,937	3,012	45.59
香川県	3,695	3,504	3,579	51.07
愛媛県	4,769	4,504	4,612	63.17
高知県	2,298	2,152	2,215	34.09
福岡県	18,552	16,095	17,438	520.53
佐賀県	2,688	2,487	2,573	46.69
長崎県	4,324	4,047	4,167	65.24
熊本県	5,696	5,270	5,474	96.11
大分県	4,312	4,054	4,158	62.55
宮崎県	3,605	3,346	3,464	59.32
鹿児島県	4,994	4,670	4,811	76.00
沖縄県	4,192	3,476	3,885	169.66
北九州市	3,498	3,151	3,336	79.56
福岡市	7,694	6,162	7,043	334.51
その他福岡県	7,315	6,571	6,952	154.34
全国1	513,591	489,516	503,286	5,316.91
全国2	513,615	489,586	503,181	5,330.55

能性について言及したい。表7は、いくつかの都道府県における1人当たりの県民総生産の分位点（分位数）を示したものである。表の左の％は最小値からのパーセンテージを示しており、乱数を200回発生させたことから、10％分位点だと、最小値から20番目もしくは21番目となる。そこで、この表では、2つの値の平均値を示している。ちなみに、中央値（メディアン）は50％で、最小値から100番目と101番目の平均である。また、表では、それぞれの分位点における2020年延長推計値からのマイナス成長率も示した。

例えば、岩手県は最小値を0.9490（表4）と設定しているため、最頻値として仮定した-5％のマイナス成長になる可能性が非常に低く、10％に満たないことが分かる。一方、東京都や福岡市は30％前後の確率で-10％となることが考えられる。同様に福岡県だと、10％を超える確率となる。逆に、マイナス成長が-3％以内にとどまるとすれば、岩手県は30％前後、福岡市を除く地域は15％前後の確率で可能性がある。ただし、全国でその可能性は非常に低い。

6. 県間所得格差の評価

さて、ここまでは、2020年の県民総生産を、モンテカルロ実験によって推計してみたが、この実験結果を格差の問題から検討する。ここでは、所得格差の指標の1つであるタイル指数を用いて評価する。タイル指数は、GDP比を人口比で割ったものの対数をGDP比で加重合計したものである（坂本，2019b）。また、ここでは、格差を評価する上で、モンテカルロ実験をもう一度行う。ここでのモンテカルロ実験は、同様に三角分布を採用するも、都道府県間で同じ最小値とした。これは、累計感染者数といった経済とはあまり関係のない指標を採用した結果、東京都などの県民総生産が大きく減少し、格差への影響が大きくなることが予想されるためである。そのため、全く同型の三角分布を用いることで、実験結果にどれくらいの違いが見られるのかを確認する。

同型の三角分布によるモンテカルロ実験は、先の実験で、マイナス成長率の平均が、-5.45％（-5.47％）と出たので、平均が-5.5％となるように最小値を求める。最頻値（0.95）と最大値（1）は同じなので、最小値は0.885となる。すなわち、-11.5％のマイナス成長になる可能性が、各都道府県で考えられるということになる。そして、先の実験と全く同じ一様乱数を用いて、逆関数法で三角分布の乱数を発生させ、タイル指数まで計算した。

図1は、県間所得格差をタイル指数で示したものである。注にあるように、2006～16年までは、『県民経済計算』のデータから計算し、2017～20年までは、本研究の線形推計の結果から計算したものである。estは、累計感染者数に基づき、最小値が異なる三角分布によるモンテカルロ実験の結果から求めたタイル指数の平均値を示し、robustは、最小値を含め、同型の三角分布によるモンテカルロ実験の結果から求めたタイル指数の平均値を全国1、全国2の地域区分でそれぞれ示したものである。県間所得格差は全体的に減少傾向を示し、日本経済は、地域間で均衡成長に向かっていると考えられる。一方で、福岡県を3地域に分割した全国2のほうが格差が大きいため、福岡県内の格差の大きさを知ることができる。これを踏まえたうえで、estのほうは、平均的に格差が大きく減少していることが分かる。一方、robustのほうは、2020年の推計値と大きく変わらない。全国的にマイナス成長でも、地域間でマイナス成長に違いがなければ、格差へ

表6 1人当たり県内総生産の実験値（単位：円）

	2020年推計	最大値	最小値	平均値	標準偏差
北海道	3,435,487	3,411,659	3,155,778	3,275,433	51,834
青森県	3,505,359	3,500,000	3,325,365	3,385,777	43,940
岩手県	3,820,401	3,804,800	3,625,378	3,689,832	45,770
宮城県	4,226,627	4,222,423	3,986,618	4,071,566	53,248
秋田県	3,392,020	3,387,965	3,207,312	3,275,133	45,314
山形県	3,627,481	3,618,641	3,424,364	3,498,742	49,606
福島県	4,062,584	4,049,024	3,826,004	3,916,287	49,429
茨城県	4,373,697	4,361,173	4,097,230	4,198,778	61,992
栃木県	4,480,053	4,461,797	4,199,481	4,309,140	64,573
群馬県	4,324,330	4,316,714	4,026,083	4,150,013	62,413
埼玉県	3,064,945	3,056,004	2,763,470	2,908,830	65,365
千葉県	3,143,995	3,132,435	2,850,382	2,986,038	62,579
東京都	7,485,193	7,451,902	6,062,691	6,848,542	344,099
神奈川県	3,532,133	3,521,722	3,174,187	3,355,440	72,110
新潟県	3,731,624	3,713,407	3,526,037	3,600,755	46,257
富山県	4,230,476	4,204,834	3,878,909	4,038,706	71,975
石川県	3,915,458	3,889,124	3,517,145	3,708,120	84,521
福井県	3,793,357	3,787,443	3,498,301	3,636,876	62,993
山梨県	3,949,654	3,933,962	3,677,956	3,796,479	61,678
長野県	3,902,870	3,883,890	3,663,934	3,751,806	54,066
岐阜県	3,563,978	3,550,802	3,299,168	3,409,254	54,540
静岡県	4,374,004	4,361,632	4,104,170	4,206,176	58,487
愛知県	4,937,553	4,913,287	4,477,325	4,685,228	103,139
三重県	4,549,450	4,536,197	4,234,719	4,355,933	74,237
滋賀県	4,254,082	4,244,016	3,931,597	4,064,974	67,661
京都府	3,828,363	3,792,848	3,431,133	3,621,257	81,276
大阪府	4,243,221	4,231,521	3,639,680	3,959,296	139,923
兵庫県	3,692,050	3,679,878	3,373,450	3,522,917	69,223
奈良県	2,565,076	2,550,422	2,344,135	2,441,648	47,477
和歌山県	3,801,188	3,791,409	3,541,807	3,640,659	51,097
鳥取県	3,070,437	3,065,945	2,909,081	2,962,543	36,807
島根県	3,606,605	3,585,554	3,367,628	3,462,619	48,487
岡山県	3,839,550	3,835,950	3,621,333	3,699,463	50,354
広島県	3,959,449	3,928,466	3,700,465	3,803,415	53,970
山口県	4,332,302	4,323,439	4,067,946	4,167,221	57,808
徳島県	4,298,959	4,284,064	4,025,896	4,129,469	62,492
香川県	3,875,264	3,856,403	3,656,879	3,735,398	53,293
愛媛県	3,555,378	3,545,819	3,348,629	3,429,291	46,968
高知県	3,319,403	3,305,795	3,096,298	3,187,079	49,053
福岡県	3,620,063	3,617,169	3,138,000	3,399,799	101,488
佐賀県	3,293,433	3,290,631	3,044,258	3,150,405	57,156
長崎県	3,258,927	3,254,880	3,045,927	3,136,101	49,103
熊本県	3,253,635	3,241,635	2,999,119	3,115,094	54,696
大分県	3,773,823	3,768,603	3,543,002	3,634,339	54,666
宮崎県	3,355,662	3,336,206	3,096,449	3,206,203	54,898
鹿児島県	3,133,883	3,122,359	2,920,137	3,008,079	47,517
沖縄県	2,882,262	2,852,285	2,365,069	2,643,449	115,445
北九州市	3,733,896	3,706,895	3,339,557	3,535,743	84,309
福岡市	4,790,447	4,785,097	3,832,221	4,380,385	208,048
その他福岡県	2,848,295	2,838,074	2,549,381	2,697,348	59,880
全国1	4,204,394	4,056,615	3,866,461	3,975,223	41,996
全国2	4,204,394	4,056,804	3,867,011	3,974,389	42,103

の影響は小さいと見ることができる。

表8は、estとrobustの、結果の違いを示したものである。最大値は、robustのほうが若干高いが、最小値は、estのほうがかなり低く、この違いが、平均値の違いに表れている。当然、標準偏差もestのほうが大きく、格差への影響は大きく異なる可能性がある。また、それは、場合によれば、2012年の格差の水準まで拡大する可能性と、かなり極端に格差が縮小する可能性があることを示している。

7. まとめ

本研究は、コロナ禍で大きく落ち込むと見込まれる日本の都道府県経済の状況をモンテカルロ実験を通じて予測・推計した。都道府県別の新型コロナの累計感染者数の情報を三角分布の最小値の推計に用いることにより、都道府県で異なるマイナス成長を実現させることができた。この異なるマイナス成長により、県間所得格差が大きく縮小する可能性が生じた。ただし、県間所得格差の縮小可能性が、日本経済の低迷によって逆説的に実現することに注意する必要があるだろう。

もちろん、こういった盲目的な手法が受け入れられるかどうかは分からない。まず、三角分布の使用の是非もさることながら、最大値と最頻値を固定し、最小値の推計に新型コロナの情報を用いた点は、議論の余地がある。できればもう少し適切な情報が欲しいところである。一方、経済予測なので、各都道府県の産業構造の違いや都道府県間の人流・物流状況から予測・推計する方法が考えられるが、比較的短時間で得られる情報ではないため、速効性に欠ける。結局、どこかでモンテカルロ実験を行い、推計値に幅を持たせたほうが良いと思われる。よって、本研究の手法が、課題を持つものの、予測不能な状況を打開する1つのアイデアとしては有効であろうと考えている。2020年も終わっておらず、ここから先に起こることの検証は、しばらく経ってからになるだろう。

参考文献

坂本博 (2019a) 『福岡県における確率的地域間産業連関分析』, AGI 調査報告書 18-08

坂本博 (2019b) 「平成期におけるアジア12経済の成長動向」, 『東アジアへの視点』, 2019年12月号(第30巻2号), pp. 44~56

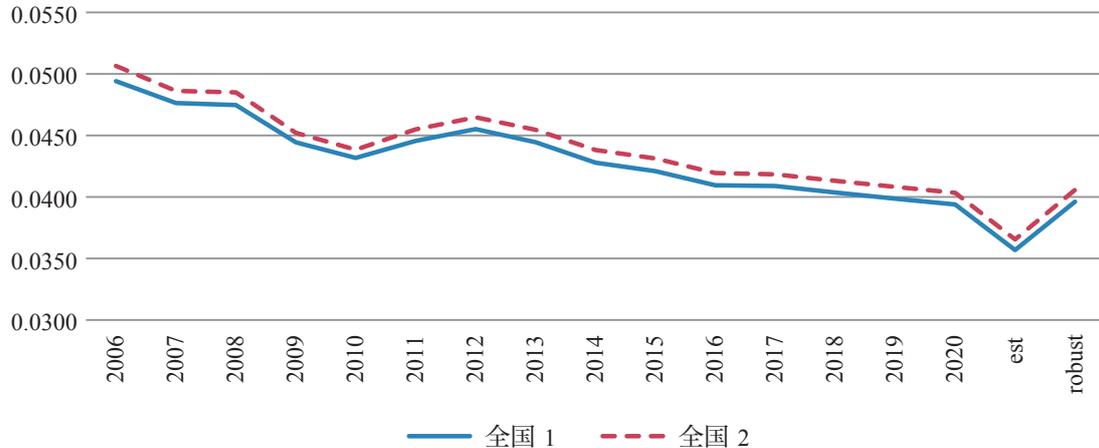
Sakamoto, H. (2020) "Unexpected Natural Disasters and Regional Economies: CGE Analysis Based on Inter-regional Input-Output Tables in Japan," in Madden, J. R., Shibusawa, H., and Higano, Y. eds., *Environmental Economics and Computable General Equilibrium Analysis (Essays in Memory of Yuzuru Miyata)*, New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives 41, Springer Nature, Singapore, pp. 349-366 (https://doi.org/10.1007/978-981-15-3970-1_17).

表7 1人当たり県内総生産の分位点 (単位:円, %)

	岩手県		東京都		福岡県		全国1	
10%	3,634,751	-4.86	6,352,705	-15.13	3,241,385	-10.46	3,917,029	-6.83
25%	3,652,799	-4.39	6,600,268	-11.82	3,336,746	-7.83	3,945,256	-6.16
40%	3,668,571	-3.97	6,782,878	-9.38	3,395,129	-6.21	3,967,085	-5.64
50%	3,682,955	-3.60	6,876,539	-8.13	3,410,462	-5.79	3,975,494	-5.44
60%	3,697,078	-3.23	6,986,531	-6.66	3,439,115	-5.00	3,992,072	-5.05
75%	3,717,958	-2.68	7,146,246	-4.53	3,473,908	-4.04	4,008,158	-4.67
90%	3,767,364	-1.39	7,269,168	-2.89	3,522,116	-2.71	4,029,036	-4.17
	北九州市		福岡市		その他福岡県		全国2	
10%	3,421,034	-8.38	4,095,088	-14.52	2,616,055	-8.15	3,917,544	-6.82
25%	3,473,461	-6.97	4,213,698	-12.04	2,657,985	-6.68	3,942,035	-6.24
40%	3,510,794	-5.98	4,367,180	-8.84	2,686,743	-5.67	3,967,745	-5.63
50%	3,539,334	-5.21	4,411,575	-7.91	2,706,827	-4.97	3,977,162	-5.40
60%	3,559,024	-4.68	4,457,953	-6.94	2,718,726	-4.55	3,991,116	-5.07
75%	3,597,685	-3.65	4,527,890	-5.48	2,735,550	-3.96	4,007,256	-4.69
90%	3,650,690	-2.23	4,636,272	-3.22	2,776,934	-2.51	4,027,703	-4.20

(注) 10%分位点の場合、200回実験の最小値から20番目と21番目の実験値の平均を示す。以下、同様に平均値を求める。

図1 県間所得格差 (タイル指数) の推移



(注) 2006~16年までは、県民経済計算から計算、2017~20年までは、線形推計の結果から計算、estは、三角分布によるモンテカルロ実験結果の平均値、robustは、同型の三角分布によるモンテカルロ実験結果の平均値を示す。

表8 モンテカルロ実験による県間所得格差 (タイル指数) の結果

	est		robust	
	全国1	全国2	全国1	全国2
最大値	0.0444	0.0454	0.0453	0.0463
最小値	0.0242	0.0253	0.0323	0.0334
平均値	0.0357	0.0365	0.0396	0.0406
標準偏差	0.0048	0.0048	0.0029	0.0029