



RIETI Policy Discussion Paper Series 21-P-003

コロナショックと日本の医療体制：状況報告と論点整理

増原 宏明
信州大学

細谷 圭
國學院大學



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<https://www.rieti.go.jp/jp/>

コロナショックと日本の医療体制：状況報告と論点整理¹

増原 宏明（信州大学経済学部）

細谷 圭（國學院大學経済学部）

要 旨

新型コロナはわが国の経済はもちろんのこと、医療の供給体制（態勢）にも大きな影響を及ぼした。本稿は、2つのテーマでその問題を概観する。まず、2020年8月末までと11月末までのデータを用いて、感染状況に関する主要な事実を確認する。新型コロナのオープンデータ、モビリティデータ、そして指定統計を組み合わせ、都道府県パネルデータ（日次、週次）を構築し、感染動態への影響と、人々の移動や医療供給体制の逼迫度合いとの関係について分析する。次に、わが国の医療供給体制の限界について実態に即した分析を行う。新型コロナは、重症化した場合に感染症病床ではないICUと、ICUの人員配置基準を大幅に上回る治療体制を必要とした。医療法と診療報酬によって規定された病床の間隙を突かれたとともに、病院は経営上の困難に直面した。さらに、感染症法と医療計画で構築された防疫体制も、想定外の事態に陥った。

キーワード：新型コロナウイルス感染症、医療供給体制、情報提供による行動変容、ICU、モビリティ、病床の逼迫度、社会的共通資本

JEL classification: I18, H12, C13

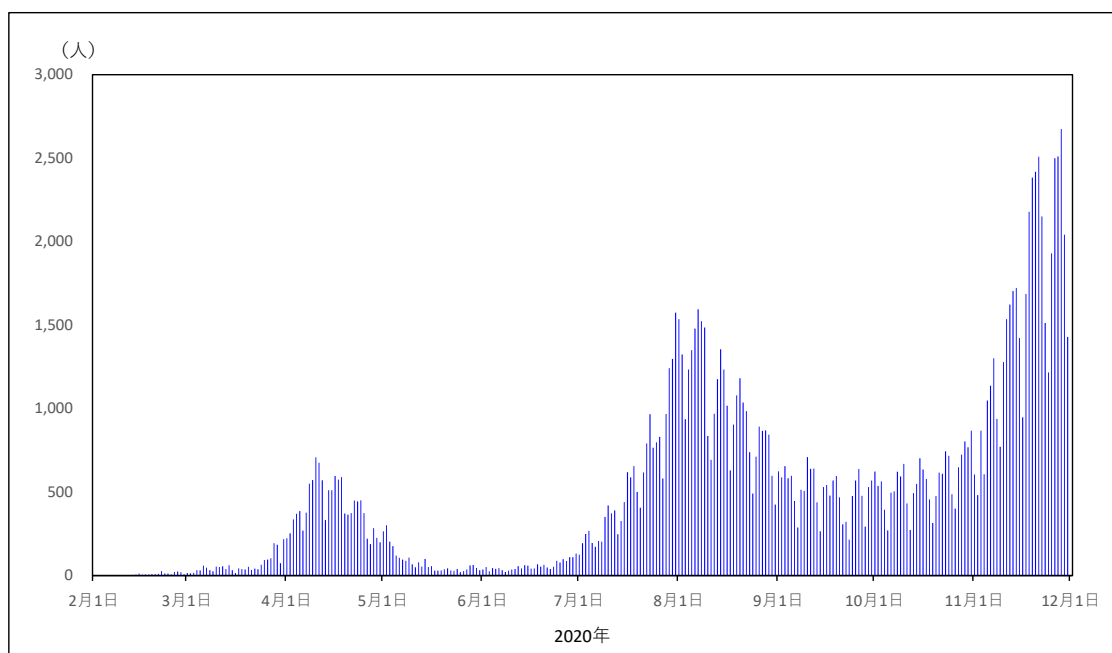
RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹本稿は、独立行政法人経済産業研究所（RIETI）におけるプロジェクト「コロナ危機後の資本蓄積と生産性向上」の成果の一部である。本稿の原案に対して、矢野誠先生（（独）経済産業研究所理事長）、森川正之先生（（独）経済産業研究所所長・一橋大学経済研究所教授）、深尾京司先生（アジア経済研究所所長・一橋大学名誉教授）、宮川努先生（学習院大学教授）、川崎一泰先生（中央大学教授）、ならびに経済産業研究所ポリシー・ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

1 日本におけるコロナショックの広がり

2019 年 12 月末、WHO の中国カントリーオフィスに原因不明の肺炎の症例報告が寄せられ、2020 年 1 月 16 日に日本への最初の輸入例が確認された。その後、WHO によるパンデミック（世界的な大流行）宣言がなされ、日本でも 5 月中旬から下旬くらいまでを「感染の第 1 期」とする最初の感染の波（いわゆる第 1 波）に見舞われた。その後感染は一旦落ちつくものの、次なる波が 6 月下旬頃から生じ始めた。また 11 月初旬頃から、3 回目の流行蔓延期に入っている。図 1 には、確定感染者数を表す PCR 検査陽性者数の日次推移が表されている。

図 1▶▶▶日本の PCR 検査陽性者数（2020 年 2 月 1 日～11 月 30 日）



出所：厚生労働省ウェブサイトより筆者作成。

海外との比較において、感染動向のみに着目した場合でも、日本はある意味異質な状況にあることがしばしば指摘されている。たとえば、感染が拡大した主要な国のなかでは総人口や 65 歳以上の高齢者人口がある程度近いドイツとの比較を行ってみよう（表 1 を参照のこと）。

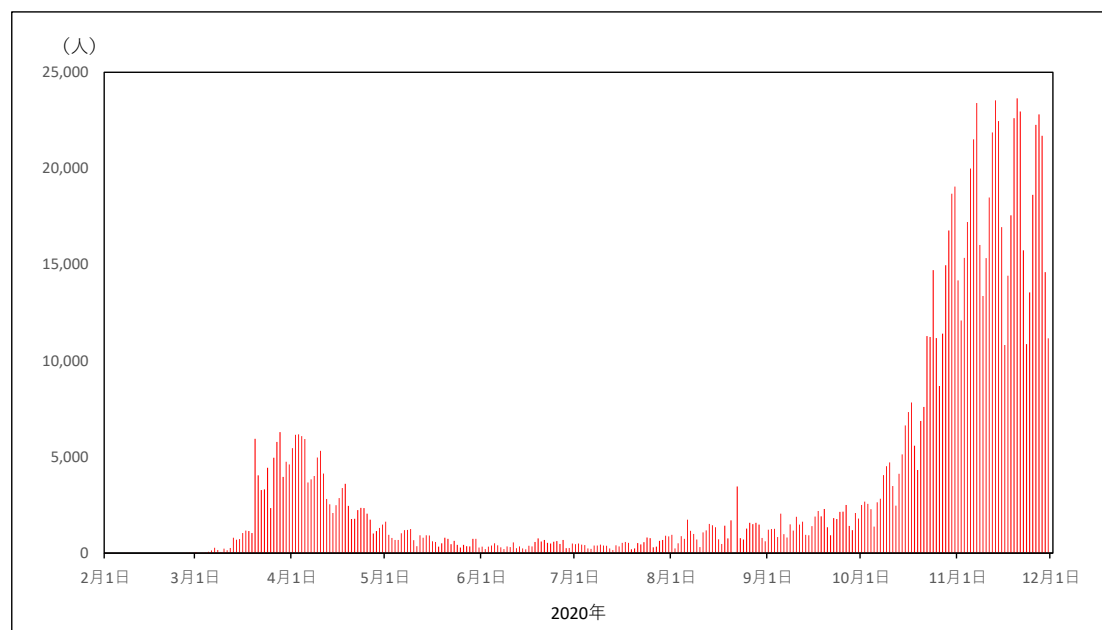
表 1▶▶▶日本とドイツの人口構成

	総人口(人)	POP65(%)
日本	126,264,931	28.002
ドイツ	83,132,799	21.563

出所：World Bank, World Development Indicators

図 1 と図 2 より、両国での感染の第 1 期（両国とも 5 月中旬くらいまで）をみると、1 日あたり新規感染者数のピーク時の人数は、日本が 4 月 10 日の 708 人、ドイツが 3 月 28 日の 6,294 人である。アメリカやスペインと比べる以前に、相対的に新型コロナ対応がうまくいっていると評価されるドイツとの比較においてさえ、日本の状況は特異的であるようにみえることは確かである¹。

図 2▶▶▶ドイツの PCR 検査陽性者数（2020 年 2 月 1 日～11 月 30 日）



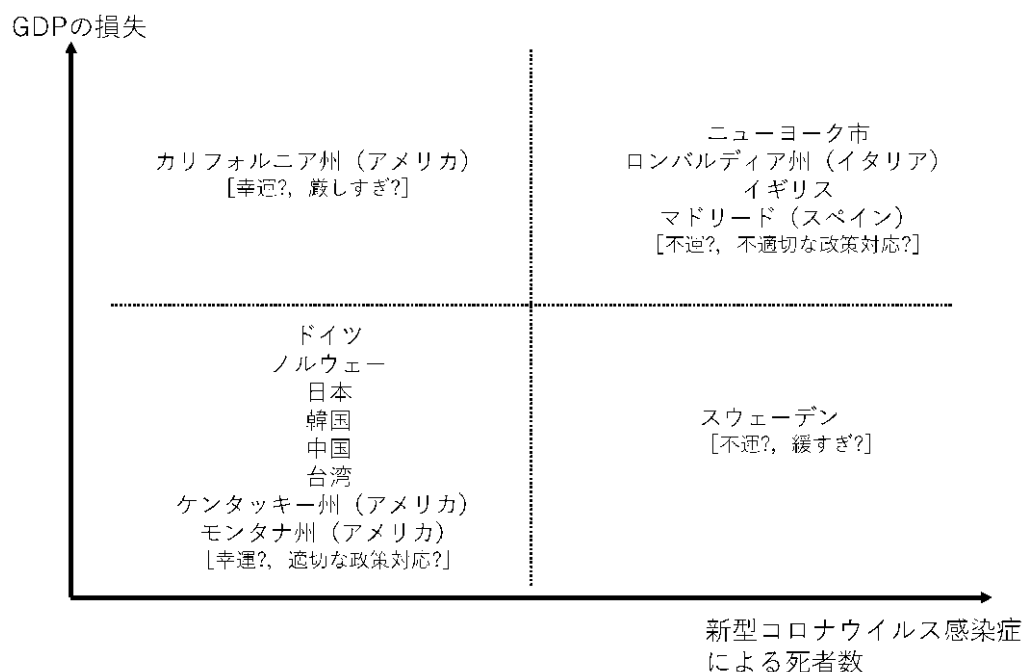
出所：COVID-19 Report (<https://jpmarket-conditions.com/COVID-19/ja/Germany/>)

より筆者作成。

¹ ドイツでは感染の第 2 期が 7 月中旬頃から始まっているとみられるが、第 1 期と比較すると感染の広がり是比较的軽少である。

世界各国で社会的に大きな問題となっているように、今回の COVID-19 は健康や医療体制の側面だけでなく経済にも極めて大きな影響を及ぼしている点が特徴である。Fernández-Villaverde and Jones (2020)は GDP の損失で大まかに測った経済的ダメージと感染による死者数の二つの評価軸で、いくつかの国、地域（州）、都市を図 3 のように分類している。これは現時点でのいわば国際的な客観評価であり、COVID-19 による影響を総合的に要約したものともみることができる。

図 3▶▶▶ 感染死者数と経済的損失の相対的關係



出所：Fernández-Villaverde and Jones (2020)より筆者作成。

ニューヨーク市やロンバルディア州は、死者数も多く経済的ダメージも大きいという点で右上方にある。この現状評価が単なる不運なのか誤った政策方針の帰結なのか、といった点は今後検討がなされるだろうが、これらと比較して日本を含め東アジアの国々の状況は比較的ましだということになる。しかしながら、日本に暮らし現在進行で今般のコロナ禍を経験している者からすると、政策的対応が優れていたから感染が抑えられているといった感触は率直に言ってほとんどなく、わからないことは未だに多い。したがって本稿では、事実の

確認を含めて日本の感染状況を多角的に整理し、感染症に対峙する医療供給体制の構造的特徴や問題点について医療経済学的知見に根ざして検討する。

本稿の残りの構成は以下のとおりである。第2節では、簡単な計量分析によって感染者数や感染動態に影響を与える可能性のある基本的要因を探索する。あわせて、人々のモビリティが感染状況にどのように影響するかについても考える。第3節では、未知の感染症に対峙する日本の医療供給体制を概観し、その問題点を多角的に検討する。ここではまた、新型コロナ以外の疾病の入院治療も念頭に置きながら、都道府県ごとの医療供給体制の逼迫度についても言及する。ところで今回のコロナ禍では、医療機関の経営をめぐる厳しい状況もしばしば伝えられている。第4節では、具体的な病院経営・施設環境のデータに依拠した仮想的病院を設定し、簡単なシミュレーションを試みている。これによって、新型コロナ対応を行う病院の経営がいかに難しいものであるかが明らかになる。最後の第5節では、上であまりふれられなかった重要な課題や論点について言及する。

2 何が感染者数や感染動態に影響するのか

感染状況のデータや報道をみていて誰しも気づくことは、人口が多くかつ密集している都市部や夜間の営業時間帯を主とする飲食店等が立地する地域で特に広がりを見せたことである²。本節では、感染動態への影響要因を探るため、簡単な統計的分析をまじえながら議論を進める³。なお、使用したデータの詳細については付録にまとめて示してある。

² 呼称が適切かは議論の余地があるが、これら飲食店はいわゆる「夜の街」と一括され、そこで発生したクラスターは「夜の街クラスター」と呼ばれた。

³ 日本を対象として、COVID-19の感染者数への影響を実証的に検討している貴重な先行研究として Bassino and Ladmiral (2020)がある。また、日本を含めた国際的なレベルでの研究となるが、死亡者数への影響に注目した実証研究としては茂木・安中(2020)が挙げられる。

表2：6月末のPCR検査陽性者数への影響								
	被説明変数：10万人あたりPCR検査陽性者数（6月末，対数値）							
	(2-1)	(2-2)	(2-3)	(2-4)	(2-5)	(2-6)	(2-7)	(2-8)
人口密度（可住地面積1平方 キロメートルあたり，対数値）	0.659*** (0.161)	0.915*** (0.178)				0.412** (0.191)	0.421** (0.193)	0.474** (0.176)
昼夜間人口比率		-0.00269 (0.0148)	0.00120 (0.0195)	0.000615 (0.0200)	0.00244 (0.0250)			
年平均気温		-0.170 (0.116)	-0.187* (0.0978)	-0.183* (0.0983)	-0.185* (0.109)	-0.131* (0.0755)	-0.130* (0.0762)	-0.143* (0.0819)
降水量（年間）		0.000244 (0.000318)	0.000328 (0.000313)	0.000335 (0.000321)	0.000272 (0.000330)			
新幹線駅ダミー		-0.105 (0.313)	-0.277 (0.322)	-0.244 (0.323)	-0.151 (0.334)			
10万人あたり外国人人口（対数値）						0.214 (0.283)	0.228 (0.284)	0.252 (0.285)
10万人あたり重症者数（西浦予測）			-1.540*** (0.333)			-0.633 (0.397)		
10万人あたり入院者数（西浦予測）				-0.0477*** (0.0105)			-0.0186 (0.0128)	
10万人あたり発症者数（西浦予測）					-0.118*** (0.0299)			-0.0442 (0.0308)
定数項	-2.743** (1.184)	-1.855 (1.792)	13.95*** (4.002)	13.19*** (3.919)	44.46*** (11.85)	3.602 (4.724)	2.949 (4.684)	14.19 (12.43)
サンプル数	46	46	46	46	46	46	46	46
修正R2	0.236	0.242	0.257	0.246	0.184	0.310	0.304	0.301

注）カッコ内はWhiteの標準誤差である。*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

6月データと8月データからの基礎的知見

ここで注目するのは都道府県単位での人口10万人あたりのPCR検査陽性者数（感染者数）である⁴。人口で基準化した感染者の多寡がどのような地域的要因によって説明され得るかを検討する。構築したデータセットは、感染の第1期の終わりまでを含む6月末までのもの（6月データ）と、分析の都合上で判断した8月末までのもの（8月データ）の二つである。先行研究は限られるため、使用する変数に関しては説明変数間の相関をはじめとして注意深く吟味を行っている。データセットには都道府県の人口や地域の特徴を適切に表すと考えられる変数を含めた。以下、主要な結果に言及することにしよう。はじめに6月データを使用した推定結果であるが、これらのうちおもなものを表2に(2-1)～(2-8)としてまとめて示している。可住地人口密度はやはり多くのケースで高い説明力を有している。これは感染症の特徴を最も端的に表していると考えられる。若干意外だったのは平均気温の影響である。夏前には気温が高くなる

⁴ 人口あたりの死亡者数こそが重視すべき指標であるとも考えられる。ただし日本の場合、そもそも死亡者数は国際的にみて多くはなく、11月上旬時点で死者数が10名を上回っているのは19都道府県に限られる。したがって計量分析という観点では、少なくとも現時点で陽性者での議論が自然である。人口10万人あたりの死亡者数については、3節33ページ以降を参照されたい。

と感染が衰えるのではないかと期待されたが、6月後半頃から感染の第2期に入ったとみられることから、気温の影響は全国的には軽少であったといえる。ところが都道府県単位でみると、平均気温が高い都道府県ほど感染者数が少ない傾向が確認できる（係数は負で有意だが、有意水準は高くない）。予断をもたず、この傾向を今後も注視すべきであろう。気温の影響については、8月データでの場合と一緒に再度言及する。

夜間の営業を主体とする飲食店の動向に間接的に関係する昼夜間人口比率、気温と並んで基本的な気候条件である年間降水量、人々の移動にある程度関係すると考えられる新幹線の停車駅の有無（新幹線駅ダミー）、そしてウイルスの海外からの持ち込み例との間接的な関連性が考えられる外国人人口なども考慮したが、これらはいずれも有意ではなかった。有意であったかどうかに関わらず、これまで言及してきた変数は、感染動向を計量分析に基づいて多角的に分析するうえで最も基本的な変数群と考えられる。したがってこれから先、感染が一定期間継続していった場合に、これらの変数にどのような変化が生じるか、みていく必要がある。

表2の推定結果のなかで特に興味深いのは、西浦予測の各変数である。人口のサイズを考慮した発症者数、入院者数、重症者数の2月末時点での予測値が多かった都道府県ほど、10万人あたり感染陽性者数は有意に少なかったことが示されている。この解釈については、次の8月データの分析結果を説明する際に一緒に述べたいと思う。

表3：8月末のPCR検査陽性者数への影響								
被説明変数：10万人あたりPCR検査陽性者数（8月末，対数値）								
	(3-1)	(3-2)	(3-3)	(3-4)	(3-5)	(3-6)	(3-7)	(3-8)
人口密度（可住地面積1平方 キロメートルあたり，対数値）	0.883*** (0.142)	0.710*** (0.113)				0.320* (0.167)	0.322* (0.168)	0.361** (0.150)
昼夜間人口比率		-0.00284 (0.0158)	-0.000648 (0.0197)	-0.00121 (0.0200)	-0.000379 (0.0218)			
年平均気温		0.122 (0.0895)	0.0975 (0.0916)	0.0981 (0.0913)	0.0769 (0.0960)	0.127* (0.0711)	0.127* (0.0711)	0.103 (0.0779)
降水量（年間）		0.000239 (0.000185)	0.000339* (0.000174)	0.000349* (0.000176)	0.000332* (0.000180)			
新幹線駅ダミー		0.147 (0.203)	-0.0250 (0.207)	-0.00103 (0.208)	0.0433 (0.202)			
10万人あたり外国人人口（対数値）						0.0202 (0.215)	0.0290 (0.215)	0.0307 (0.210)
10万人あたり重症者数（西浦予測）			-1.302*** (0.214)			-0.771** (0.335)		
10万人あたり入院者数（西浦予測）				-0.0407*** (0.00680)			-0.0236** (0.0107)	
10万人あたり発症者数（西浦予測）					-0.111*** (0.0207)			-0.0659** (0.0259)
定数項	-3.046*** (1.018)	-4.052** (1.925)	9.098*** (3.187)	8.579*** (3.147)	38.92*** (8.354)	3.485 (4.708)	2.996 (4.638)	21.11* (11.21)
サンプル数	47	47	47	47	47	47	47	47
修正R2	0.459	0.514	0.562	0.559	0.554	0.574	0.570	0.583

注）カッコ内はWhiteの標準誤差である。*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

それではここから8月データを使用した場合の推定について説明しよう。表3で(3-1)～(3-8)として推定結果が示されている。こちらでも人口密度はおおむね有意であり，マクロ的な意味でも「密」の分散は，感染症封じ込めのカギであることがわかる。平均気温も有意な場合が多いが，6月データの場合とは異なって，係数の符号はどれも正となっている。これに関しては次のような推論が可能である。6月あたりまでは，感染症学の知見が示すように，気温が高いと感染者が少ない傾向（気温が低いと乾燥して感染者が多い）が推定結果にも表れていたといえる。それに対して8月までデータを延長すると，気温が高いほど逆に感染者が多くなる傾向性が確認できる。春と夏の気候が温暖で外出しやすい時期が8月データでは完全にカバーされるため，人の移動がより活発になって「3密」が形成されやすい状況になったと考えられる。したがって，人々のモビリティが感染を促進させるという効果が，季節特性的に優勢になったのではないかと予想される。

8月データにおける重要な結果として，可住地人口密度の変数を推定式に考慮しても，2月末時点のいわゆる西浦予測における諸指標の統計的な関係性が確認されたことを指摘できる⁵。すなわち，発症者，入院患者，重症患者の2月

⁵ 西浦予測の概要については，新型コロナウイルス感染症対策専門家会議（第5回）の参考資料1で述べられている。基本再生産数については三つのシナリオが想定されているが，

29 日予測値が負で有意となる場合がみられた。たとえば(3-6)と(3-7)の推定結果をみると、人口密度と平均気温に加えて、西浦予測の 10 万人あたり重症者数と入院者数もそれぞれ有意となっている。あくまで現時点での一つのラフな解釈に過ぎないが、患者や重症患者がこれから多く発生する可能性があるという比較的早い時期での「情報」が報道等を通じて効果的に浸透し、結果的に感染者数を抑制することに寄与した可能性が考えられるだろう⁶。

とはいえ、一群の予測値が即座に人々の行動変容をもたらし感染抑制に結実したと考えるのは、いささか単純に過ぎる議論かもしれない。関係を媒介する何らかの潜在変数 (latent variable) の存在が考えられるが、これについては行動経済学的なアプローチなども視野に入れ、マイクロデータに基づいた今後の

ここで用いられている予測値は $R_0 = 1.7$ としたケースのもので、季節性インフルエンザのものより少しだけ高い。なお、西浦予測の適切性については、あらためて多角的に検証・議論する必要があると思われる。すなわち、西浦予測が影響を及ぼしたと考えられる緊急事態宣言は、極めて甚大な経済的影響を伴うものであったからである。ただし経済への影響をひとまず脇に置くと、感染力の強さをはじめとして新型コロナウイルス感染症というものの「実態」がよくわからず (もちろん治療方法も手探りであった)、不安な心理が社会的に渦巻いているさなかにおいて、それをさらに一挙に増幅させる耳を疑うような数字のインパクトは極めて大きなものであったことは間違いないであろう (西浦予測が fear の代理変数になっていた可能性が考えられる)。これが政治的には緊急事態宣言に少なからず影響し、また人々にとっては自発的ステイホーム (細野, 2021) や自発的ロックダウンをおのずと促すきっかけになったといえるのではないだろうか。

⁶ ここで説明変数に採用したものは、ラッソ (Lasso) 回帰によっても支持されるものがほとんどであった。なお、ラッソ回帰とは、回帰分析において係数に制約を置いたものである。今、 $y_i, i = 1, \dots, N$ を被説明変数 (N はサンプル数)、 $x_i \sim K \times 1$ を説明変数のベクトル、 $\beta \sim K \times 1$ をパラメータベクトルとすると、ラッソ回帰は、線形回帰式に罰則項を加えた $\sum_{i=1}^N (y_i - x_i' \beta)^2 + \lambda \sum_{k=1}^K |\beta_k|$ のように変更し、これを最小化するパラメータ β を求めるものである。ここで、 λ はラグランジュの未定乗数である。線形回帰において、ある説明変数が特定のサンプルのみを説明すると、過学習が発生し、パラメータの絶対値が大きくなる。ラッソ回帰は、罰則項の $\lambda \sum_{k=1}^K |\beta_k|$ を導入し、過学習を抑え、適切な説明変数を選択することを目的としている。通常は、情報量基準を最小化する λ をまず求め、説明変数を定数項から 1 つ 1 つ加えながら、この λ よりも大きいラグランジュの未定乗数 λ を達成する説明変数群を選択する。これらの推定については、Stata 16 からはコマンドが実装されたが、それ以前のバージョンでも lassopack パッケージをインストールすれば、比較的容易に実行できる。さらに、サンプルをいくつか分割し、元のサンプルと分割されたサンプルでの結果が一致するかを確認する、交差検証を行うことが望ましいが、本稿ではサンプルが小さいため、交差検証は実施できなかった。なお罰則項を $\lambda \sum_{k=1}^K \beta_k^2$ のように変更したものは、リッジ回帰と呼ばれる。

さらなる考察が必要である。日本について、われわれと同様のインプリケーションを得ている研究として Watanabe and Yabu (2020)がある。Watanabe and Yabu (2020)は、日本における COVID-19 の蔓延抑止にあたって、人々の行動変容に資する情報提供の重要性を実証的に指摘しており興味深い。

ここでの推定結果を端的に示すものとして、図 4 と図 5 を提示しておく。人口 10 万人あたり検査陽性者数との相関について、図 4 には可住地人口密度との関係、図 5 には西浦予測発症者数との関係が示されている（ともに 8 月データについて）。

図 4▶▶▶可住地人口密度と陽性者数（8 月データ）

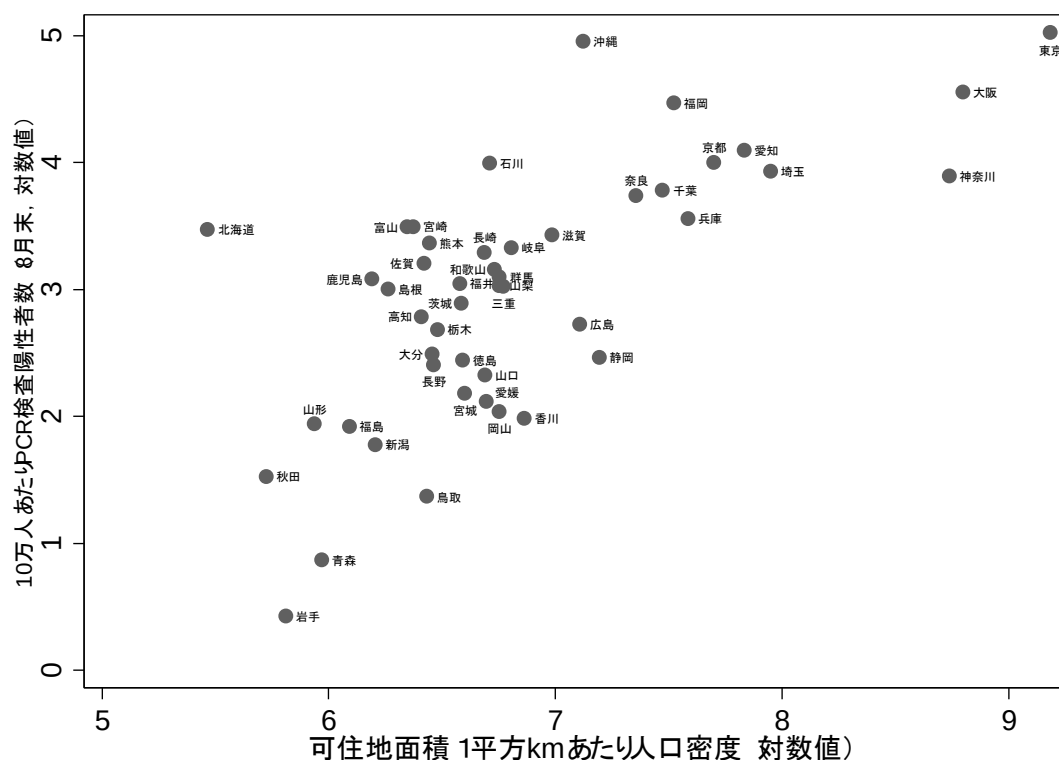
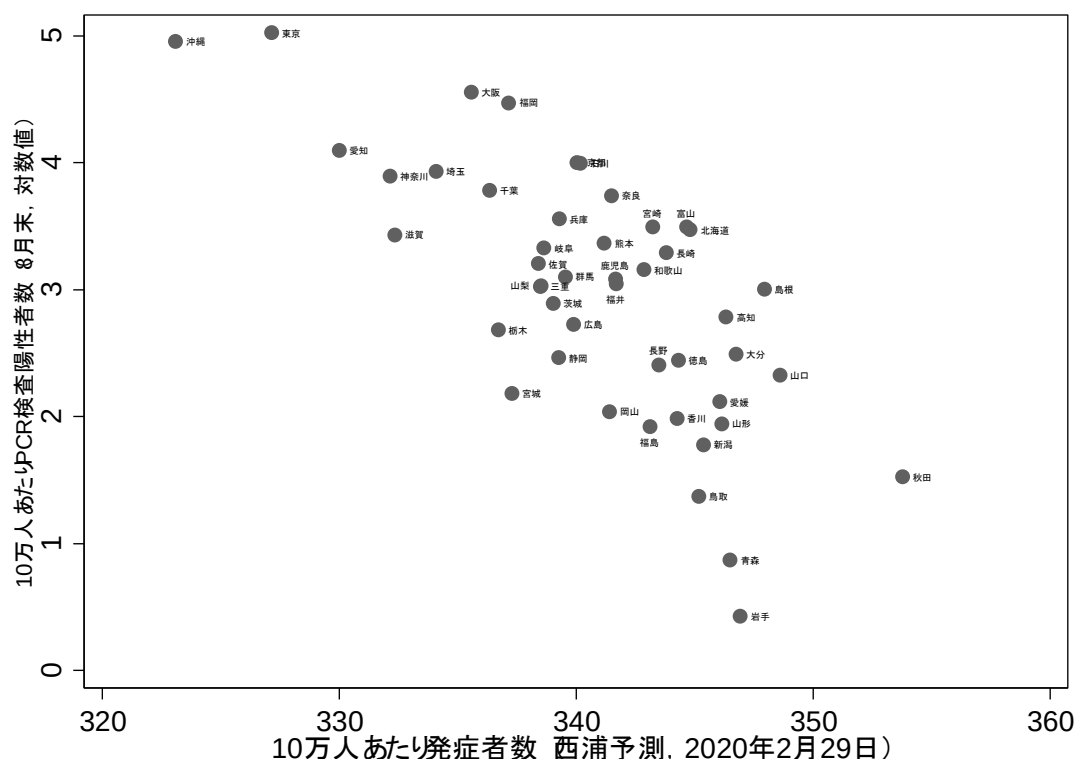


図 5▶▶▶発症者予測と陽性者数（8月データ）



感染動態への影響－ベータ収束性分析

感染の第1期を全体的にカバーしている6月データと感染の第2期のピークをカバーしている8月データを一緒に使用すると、第1期から第2期にかけての感染者の増加（厳密には増加率の対数値）にどのような要因が影響するのかを検証できる。すなわちここでは、感染者の増加率に注目した分析を行う⁷。

ここで新たに考慮される変数が、6月末時点での陽性者数（対数値）である。レベルの変数とその後の感染者の増え方（増加率）にどう影響するかを確認する。この係数が正であれば、感染が進んでいた都道府県はその後8月末にかけてもより一層感染の広がりが強まっていくと判断される。逆に負であれば感染の広がりが緩やかになると考えられ、感染症において成長論のベータ収束性（所得収束仮説）と類似した局面が確認されることになるかと判断できるだろう⁸。

⁷ 医療現場への影響をはじめ、感染者数（水準）の議論はもちろん重要である。一方ここで展開する増加率に関する分析は、感染症特有の性質の一端が垣間みえると考えられる。

⁸ ベータ収束性についての基本文献として、Barro and Sala-i-Martin (2003)がある。

表4：PCR検査陽性者数のβ収束性に関する推定結果

被説明変数：10万人あたりPCR検査陽性者数増加率（対数値，6～8月末）													
	(4-1)	(4-2)	(4-3)	(4-4)	(4-5)	(4-6)	(4-7)	(4-8)	(4-9)	(4-10)	(4-11)	(4-12)	(4-13)
										ラッソ	ラッソ	ラッソ	ラッソ
10万人あたりPCR検査陽性者数(6月末, 対数値)	-0.483*** (0.172)	-0.858*** (0.155)	-0.686*** (0.154)	-0.933*** (0.164)	-0.775*** (0.155)	-0.760*** (0.190)	-0.660*** (0.150)	-0.901*** (0.181)	-0.836*** (0.113)	-0.689*** (0.117)	-0.688*** (0.118)	-0.843*** (0.159)	-0.843*** (0.159)
可住地面積 1 平方キロメートルあたり人口密度（対数値）		0.974*** (0.187)	0.458** (0.217)	0.545** (0.214)	0.293 (0.232)	0.972*** (0.194)	0.468* (0.233)	0.983*** (0.185)	0.348* (0.192)			0.522** (0.198)	0.523** (0.197)
昼夜間人口比率			-0.00847 (0.0187)	-0.00489 (0.0188)	-0.00952 (0.0183)	-0.0107 (0.0148)	-0.00998 (0.0202)	-0.00702 (0.0214)	-0.0104 (0.0234)				
年平均気温			0.291*** (0.0757)	0.291*** (0.0757)	0.229** (0.100)	0.283*** (0.0811)	0.283*** (0.0811)	0.283*** (0.0811)	0.344*** (0.0651)	0.252*** (0.0803)	0.252*** (0.0803)		
降水量（年間）			8.22e-05 (0.000248)	8.22e-05 (0.000248)	0.000218 (0.000262)	0.000218 (0.000262)	9.36e-05 (0.000269)	9.36e-05 (0.000269)	0.000177 (0.000227)				
新幹線駅ダミー			0.296 (0.246)	-0.356 (0.273)	0.139 (0.247)	-0.155 (0.302)	0.310 (0.257)	-0.267 (0.309)	0.263 (0.236)				
10万人あたり重症者数（西補予測）				-1.070*** (0.310)	-0.696* (0.363)								
重症者集中治療室（7月1日）						-0.452 (0.532)	-0.159 (0.515)					-0.395 (0.458)	-0.395 (0.459)
（入院者-重症者）（高度急性期+感染症病床+治療病床+ICU+救命救急）（7月1日）								0.306 (0.299)	1.026*** (0.373)			-0.0906*** (0.0223)	
10万人あたり発症者数（西補予測）										-0.0753*** (0.0240)			
10万人あたり発症者数（西補予測，対数値）											-2.542*** (8.136)	-30.62*** (7.360)	
定数項	1.593*** (0.372)	-4.410*** (1.244)	-5.379*** (2.111)	6.098* (3.140)	1.257 (4.289)	-3.333*** (1.311)	-5.212*** (2.128)	-3.590* (2.017)	-5.355*** (2.198)	23.53** (8.828)	146.1*** (48.01)	29.58*** (8.416)	177.3*** (43.66)
サンプル数	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
修正R ²	0.145	0.428	0.591	0.479	0.611	0.412	0.583	0.403	0.656	0.626	0.626	0.522	0.523

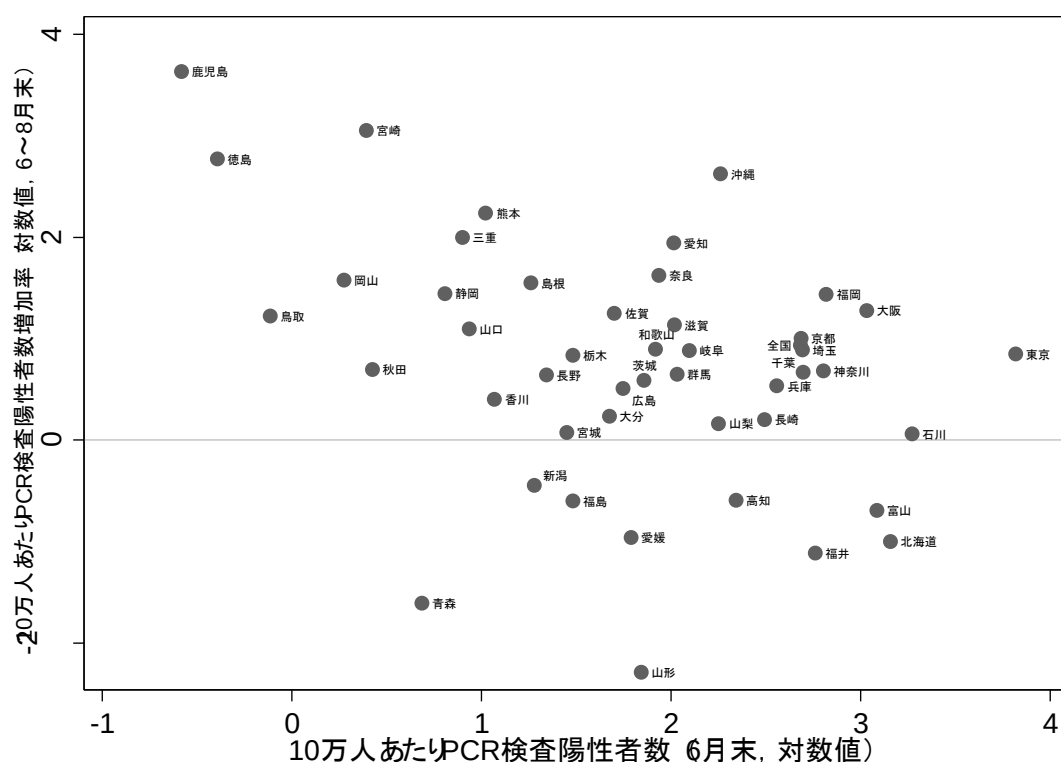
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1.

() カッコ内はWhiteの標準誤差である。

注）カッコ内はWhiteの標準誤差である。*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

ベータ収束分析についての種々の推定結果は表 4 に示されている。(4-1)から(4-13)のすべての定式化において、6 月末時点での陽性者数の係数は負であり、有意水準も高かった⁹。すなわち、初期時点（ここでは 6 月末）で 10 万人あたりの陽性者が多い都道府県ほど、その後の増加は抑えられ、倍加する程度であった（図 6 の縦軸=0 のベースライン線に相当）。初期時点で陽性者が多かった東京も、大阪や福岡より低位に止まっていることが確認できる¹⁰。地域的にみると、やはり東北地方の各県の増加率が低いことは特徴的であるといえよう¹¹。なお、ベータ収束性と実効再生産数との関係についてはコラムを参照されたい。

図 6▶▶▶ 初期時点での陽性者数とその後の増加率の関係



⁹ (4-10)～(4-13)はラッソ回帰の推定結果である。

¹⁰ 増加率（対数値）が負であれば、1 人の感染者から 1 人未満にしか感染させず（いわゆる実効再生産数が 1 未満であることに相当）、結果的に社会的な感染の広がりは収束する方向に向かう。

¹¹ 岩手は 6 月末時点で陽性者ゼロであり、サンプルから除かれている。

コラム▶▶▶ベータ収束性と SIR モデルの特性

われわれが試みているベータ収束分析の意義や関係する留意点に関してまとめて整理しておきたいと思う。感染症を数理的に解析する、SIR (Susceptible-Infectious-Recovered) モデルを使って説明しよう。いま、 $S(t)$ を未感染者、 $I(t)$ を感染者(本文中では陽性者としているが、SIR モデルでの通例に従い、ここでは感染者という呼称を用いる)、 $R(t)$ を回復者とする。これら三つの変数は時間 t の関数である。また、 N を総人口、 $0 < \gamma < 1$ を回復割合とし、 $\beta(t)$ を1人の感染者が、かりに周囲の人すべてが未感染者であったとした場合に、平均的にどれだけ感染させるかを表すパラメータとする。 $\beta(t)$ は時間を通じて、例えば自粛や政策によって変化するが、詳細は後で議論する。このとき、感染者 $I(t)$ の時間遷移は、以下のように記述される。

$$\begin{aligned}\frac{dI(t)}{dt} &= \beta(t) \frac{S(t)}{N} I(t) - \gamma I(t) \\ \rightarrow \frac{dI(t)/dt}{I(t)} &= \left(\frac{\beta(t) S(t)}{\gamma N} - 1 \right) \gamma\end{aligned}$$

ここで $\beta(t)S(t)/\gamma N$ は実効再生産数 (effective reproduction number) である。上の式から容易にわかるように、感染者増加率は、実効再生産数から1を引き、回復割合 γ をかけたものとなる。回復割合は感染症の流行初期段階では治療方法が確立されておらず試行錯誤を重ねるため、その値は小さなものとなるかもしれないが、治療方法が確立されると一定の値となるであろう。したがって、実効再生産数と感染者増加率は、線形関係を有すると考えられる。

また SIR モデルの微分方程式体系において、実効再生産数は以下の要因によって時間を経過するごとに低下する。まず、①感染が広がると $S(t)/N$ は小さくなるので、実効再生産数が低下する。つまり時間を経過するごとに、

実効再生産数の低下 ⇔ 感染者増加率の低下

が必ず実現する。これは、感染が複数回発生しないという想定のもと

では、未感染者がつねに減少するという性質から自然に導かれるものである¹²。累積感染者 $R(t) + I(t) = N - S(t)$ も時間 t について増加（正確には非減少）関数なので、このとき、時間を経過するごとに、

累積感染者数 $R(t) + I(t)$ の増加

⇒ 実効再生産数の低下 ⇔ 感染者増加率 $(dI(t)/dt)/I(t)$ の低下

が同時に成立することとなる。これは誘導系として、感染者増加率と累積感染者数が負の相関を示すことを意味しており、経済成長論のベータ収束と同様の現象が生まれることを意味する。次に、②感染リスクに個人差があると、最初に感染しやすい人が感染し、感染リスクの低い人が未感染者集団に多く残ることで、平均的な感染速度がさらに低下する。感染リスクに関する異質性が存在するもとでは、より早く集団免疫が形成される。

上記の二つは、SIR モデルの性質から自然に得られる結論であるが、岩本（2020）ではさらに三つの可能性に言及している。それらは、③個人や企業が自衛して予防策をとる、④政府が個人の自発的予防以上の行動変容を促したり、行動を制限したりする（自粛要請、都市封鎖）、⑤感染力の季節性（冬に流行し、夏に沈静化）の三つである。これらはすべて $\beta(t)/\gamma$ をシフトさせる要因である。逆にいうと、個人や企業の自衛が緩み、政府の行動制限が緩和され、夏から冬になることで、実効再生産数は上昇、つまり感染者増加率も上昇することになる。これが典型的なハンマー&ダンスであり、感染者増加率は、短期的には景気変動のように周期性を呈することになる¹³。しかしながら、感染者増加率は SIR モデルの性質に従い、トレンドとしては必ず減少する。そして長期的には、累積感染者数が増加すると、感染者増加率は減少することが観測され、ベータ収束に類似した結果が必ず成立する。

ただし、ここでの SIR モデルに基づく長期的なトレンドと、短期的

¹² 正確には非増加である。SIR モデルにおける $dS(t)/dt = -\beta(t)I(t)S(t)/N$ を参照されたい。なお SIR モデルの詳細は、Avery *et al.* (2020)などを参照せよ。

¹³ ハンマー&ダンスについては、たとえば下記のウェブサイトなどを参照されたい。
<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/column/kaigai/1248879.html>

な周期性については、国家間でトレンドの長短や波動の振幅の大小が異なるかもしれない。わが国においては、第1波の感染者増加を抑制する2020年4月からのハンマーと、5月下旬から6月にかけてのダンス、そして6~7月にかけての第2波と、8~10月にかけての収束が観測されたが、これを $S(t)/N$ の低下のみによってもたらされたものと判断するのはやや早計であろう。むしろ $\beta(t)/\gamma$ の政策および市民の行動変容に向けた努力による低下(ハンマー)と、その後の若干の緩和(ダンス)によって変化したと考えるのが適当であろう。また、アメリカではこの波の振幅はもっと大きいだろうし、感染者増加率の減少は、 $S(t)/N$ の低下か、ワクチン接種による $\beta(t)$ の低下を待たなければ観測できないのかもしれない。この点については、これからの研究の蓄積が待たれる。しかしながら、 $\beta(t)$ が一定か、もしくは感染症の流行前よりも、人々が好んで接触の機会を作るようなことがなければ($\beta(t) > \beta(0)$)、長期的なトレンドがベータ収束とパラレルな結果となることは保証される。わが国においては、中国のようにICTとAIを活用しての徹底的な感染機会の遮断が実施されていないが、マスク着用、3密の回避がそれなりに広まり、不徹底ながらも「ニューノーマル」を受け入れているため、 $\beta(t) < \beta(0)$ の状況は成立していると考えられる。したがって、短期的には感染が爆発的にみえる状況もあるかもしれないが、長期的には収束の傾向を示すことになるのである。本稿のシンプルな推定は、この一側面を具体的にとらえているといえる。

次に、この定式化のもとでの他の変数の状況にも言及しておこう。可住地人口密度は正で有意水準も高く、感染者数だけでなくその増加率にも影響する最も基本的な変数だと考えられる。平均気温は多くのケースにおいて正で有意であり、8月データでのレベル推定の方と整合的である。気温の影響については、先にも述べたように今後も観察が必要である。重症患者に関する西浦予測は、本定式化においても負であり、有意となっている。これより、西浦予測が通時的に感染の広がりへの「警鐘」としての役割を果たしてきた可能性がある、との仮説は感染動態への影響をみた本推定においても支持される結果となってい

る。ところで、感染症本来の性質に鑑み、人のうごきに関係する変数として、昼夜間人口比率や新幹線の駅の有無（ダミー変数）も考慮しているが、これらは多くのケースで有意ではなかった¹⁴。

感染者数へのモビリティの影響

先に言及した Fernández-Villaverde and Jones (2020)では、人々のモビリティ（移動）と経済的パフォーマンスとの関係について、世界のいくつかの国や主要都市などを対象とした分析を行っている。モビリティのデータは Google 社が提供している「COVID-19 コミュニティモビリティレポート」（Google activity）に依拠しており、ベースラインからの変化率で表される（小売店・娯楽施設、食料品店・薬局、公園、公共交通機関、職場、住宅）。

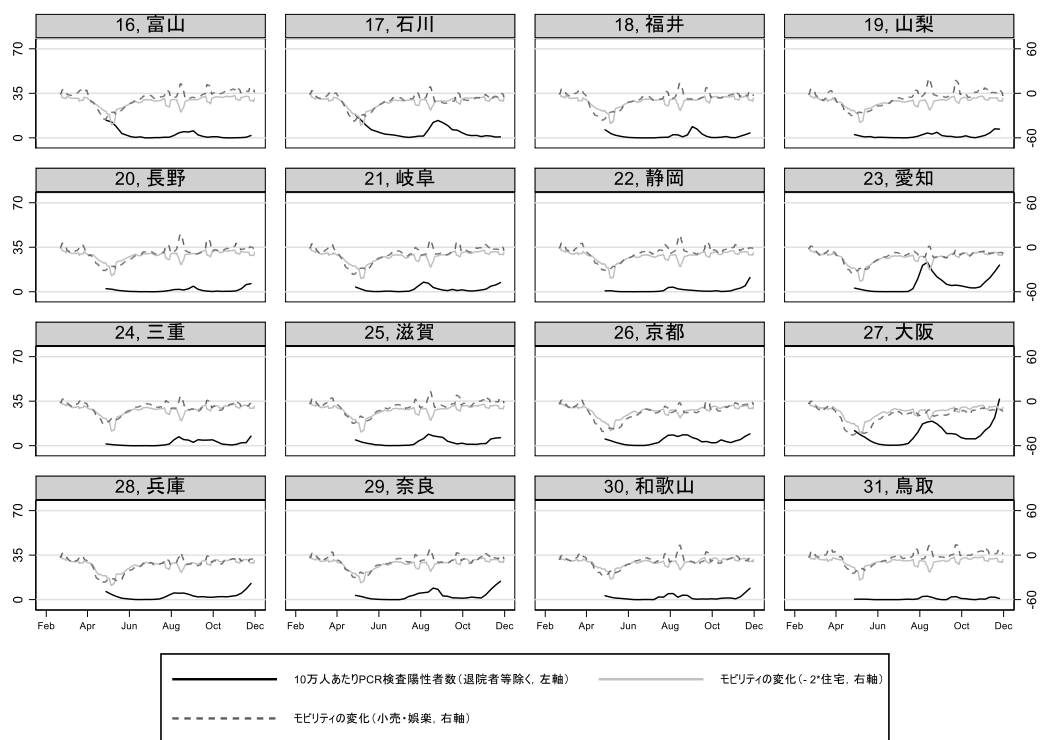
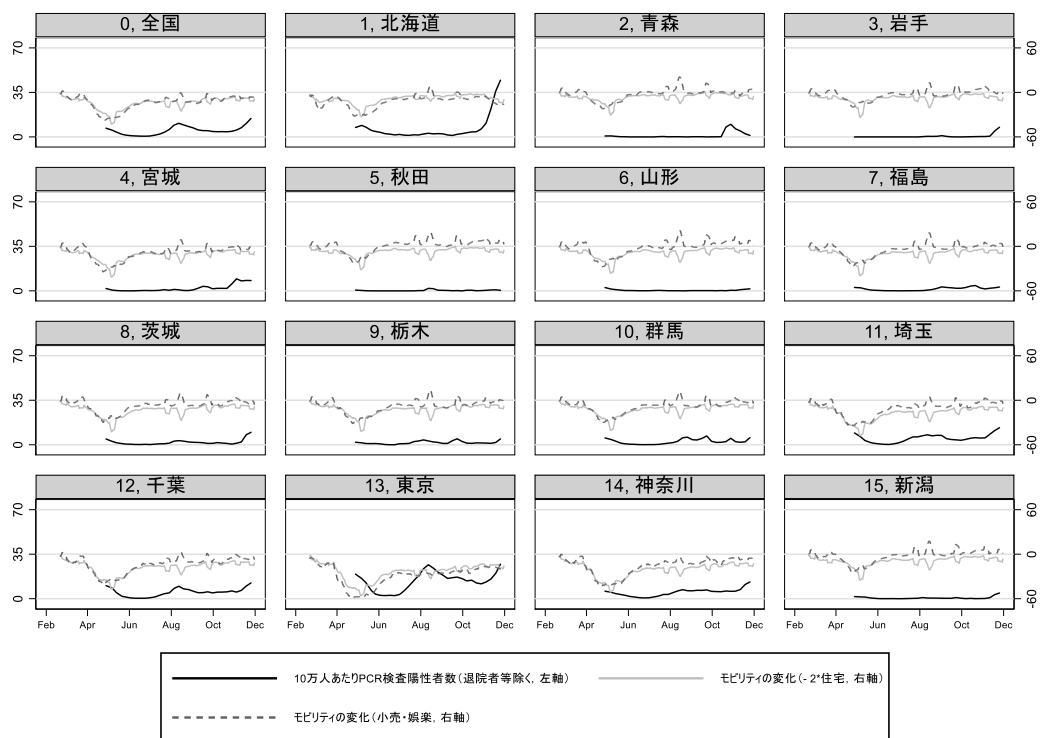
われわれはこのデータを都道府県別に整理し、感染者の陽性確定日のデータとの関係をさまざまな観点からに検討しており、ここではそのごく一部を紹介する。どのカテゴリーも興味深い結果を示しているが、ここでは小売・娯楽と住宅滞在の変化（7 日間移動平均値）と陽性者数（退院者・死亡者除く）の関係をみていきたい（図 7）。住宅滞在のモビリティは右軸に負値で示されており、下方に振れるほど住宅滞在が増加することを意味している¹⁵。

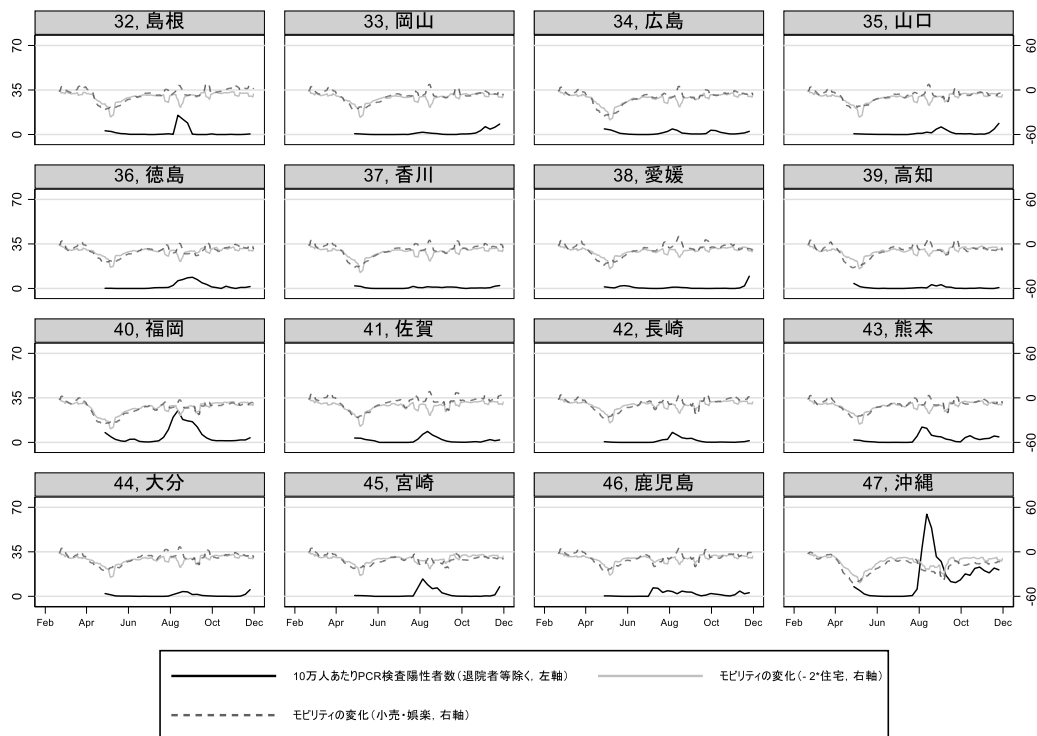
図 7 において、たとえば東京は特徴的なうごきを示している。つまり住宅滞在が増加し小売店・娯楽施設への訪問が減少すると、タイムラグをともなって感染者が減少するという傾向がみられるのである。地方ではこの種のモビリティの影響はあまりなさそうだが（10 万人あたり陽性者数で際立っている沖縄でも、顕著な関係は認められない）、人口が集中する大都市を含む都道府県では、ある程度の関係性は確認できそうである。行動の変容にも限度はあると思うが、COVID-19 の持続的な抑え込みが確認されるまでは、特に都市部では外出や移動に関する情報提供を頻繁に行い、人々の注意を喚起し行動変容を促すことは重要である（コストをあまり要しない有効な施策であると考えられる）。

¹⁴ 以前と同様、ラッソ回帰によっても全般的な傾向を確認している。

¹⁵ 小売・娯楽と比較しやすいよう、住宅滞在のモビリティはマイナス 2 倍している。

図 7▶▶▶モビリティ（小売・娯楽および住宅）と感染動向の関係



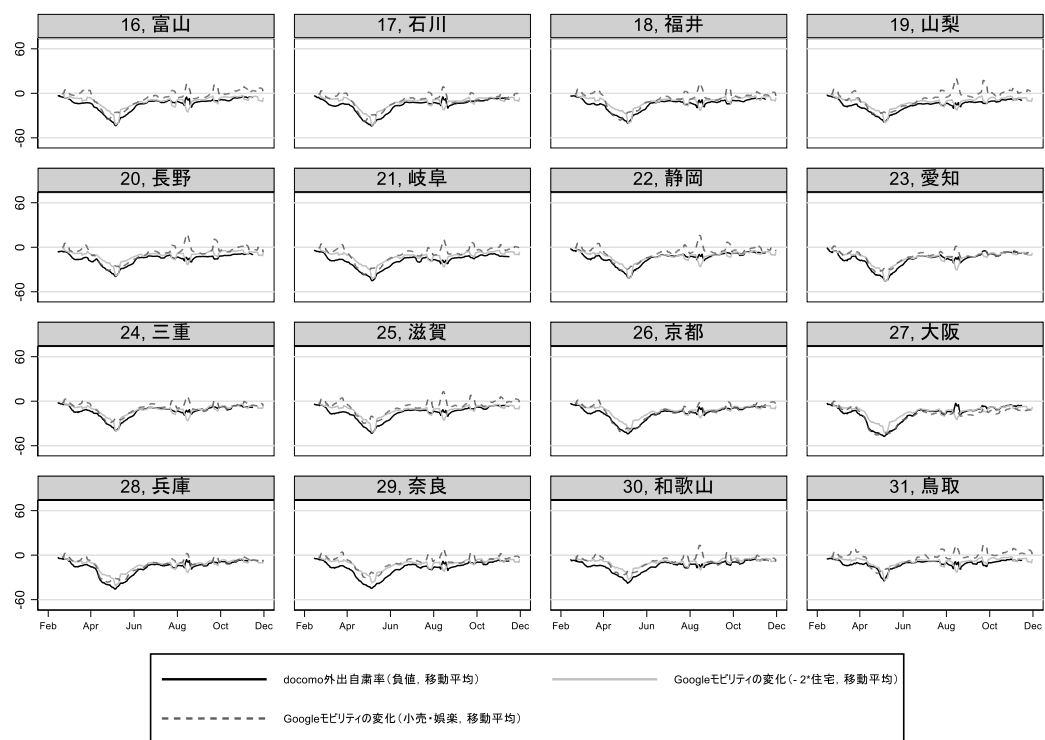
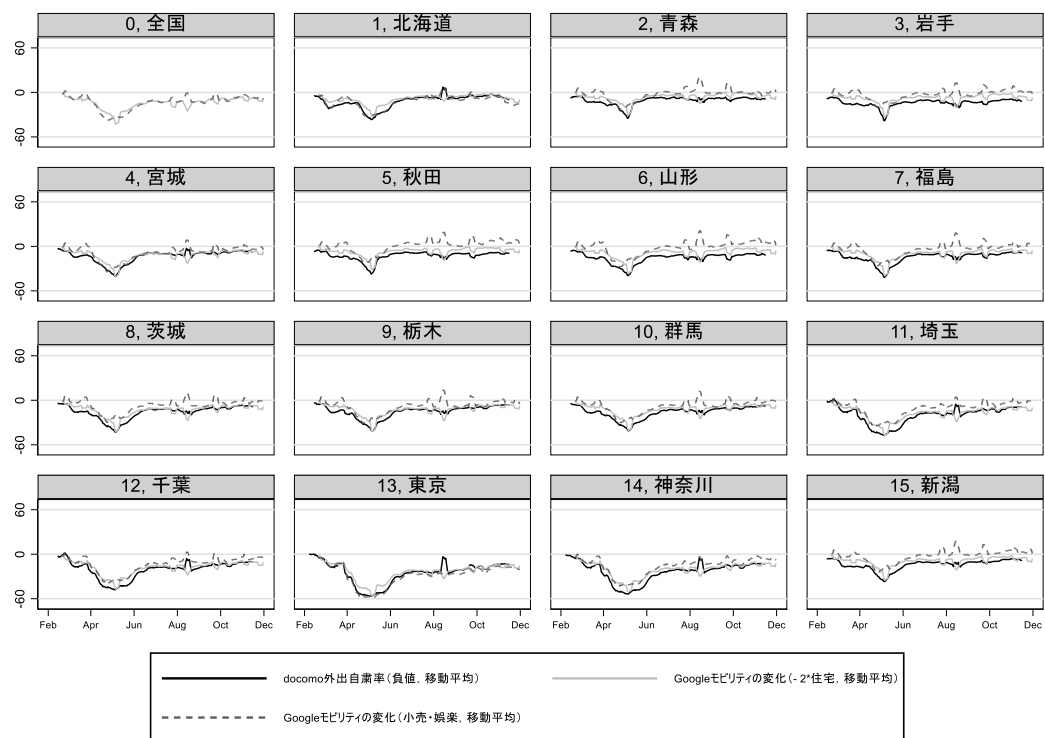


主要なモビリティデータの比較

図 7 では「COVID-19 コミュニティモビリティレポート」(Google activity)を用いて、モビリティと感染動向の関係を探ったが、Google activity が果たしてモビリティを代表するデータであるかどうかについては、一度立ち止まって検証が必要であろう。

これを確かめるために、水野・大西・渡辺 (2020) の用いた、ドコモ・インサイトマーケティングの「国内人口分布統計 (リアルタイム版) モバイル空間統計」との比較を行った (データは <http://research.nii.ac.jp/~mizuno/> よりダウンロード可能)。水野らは docomo の携帯電話、約 7,800 万台にのぼる基地局情報から推定されたリアルタイム人口分布から、住宅地からの外出者数 (= 昼間人口 - 夜間人口) を用いて、各地域の「自粛率 = $1 - (\text{ある日の外出者数} \times \text{平均外出時間}) \div (\text{平常時の外出者数} \times \text{平均外出時間})$ 」を推計した (ここで外出は、自宅のある 500 メートル四方の**外**を指す)。

図 8▶▶▶ Google データと docomo データの比較



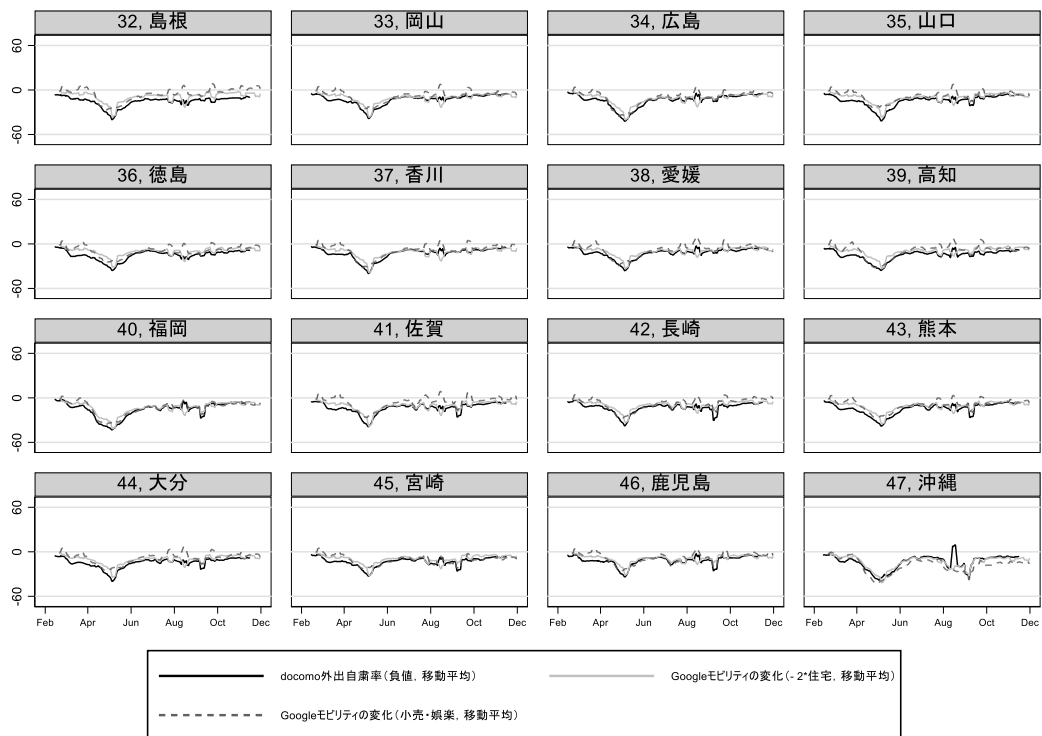


図 8 はその結果をまとめたものである。実線は docomo の外出自粛率のマイナスの値を，グレーの実線は Google activity の住宅滞在のモビリティをマイナス 2 倍したものを，点線は Google activity の小売・娯楽のモビリティを表している。外出自粛率，住宅滞在のモビリティはともにマイナスの値としているので，下方に振れるほど住宅滞在が増加することを意味する。

図 8 より明らかなように，三つのデータの類似性は高く，とりわけ外出自粛率と小売・娯楽のモビリティはこれが高い。4 月の緊急事態宣言以降，5 月にかけて自宅からの外出を控えたこと，6 月以降に外出機会が増えたことが確認できる。

ただし，2 点ほど相違点も確認できる。第 1 に，大都市を抱えていない県において，乖離が目立つことである。第 2 に，8 月初旬のお盆休みと推測される時期の，docomo の外出自粛率の上方へのジャンプである。これらの差異については，今後詳細を検討することが求められるが，現時点においては，二つのデータの類似性は大きいと判断でき，Google activity もしくは docomo の外出自粛率のどちらのデータを用いても，深刻な問題は発生しにくいと推測される。

二つのデータは相互補完的なデータであるので、分析に応じて長所を生かす使い方を模索するのが望ましいであろう。

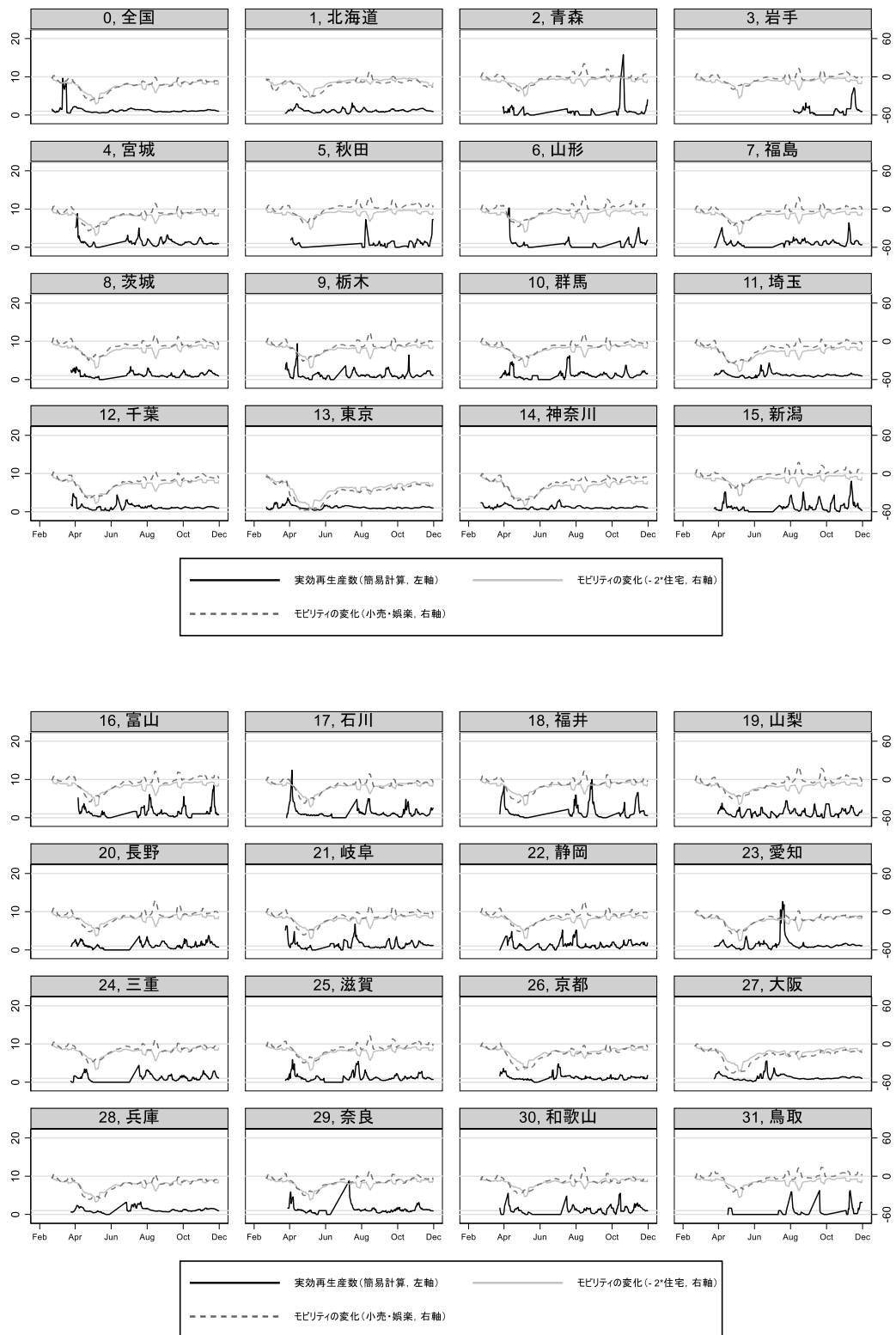
モビリティと実効再生産数との関係

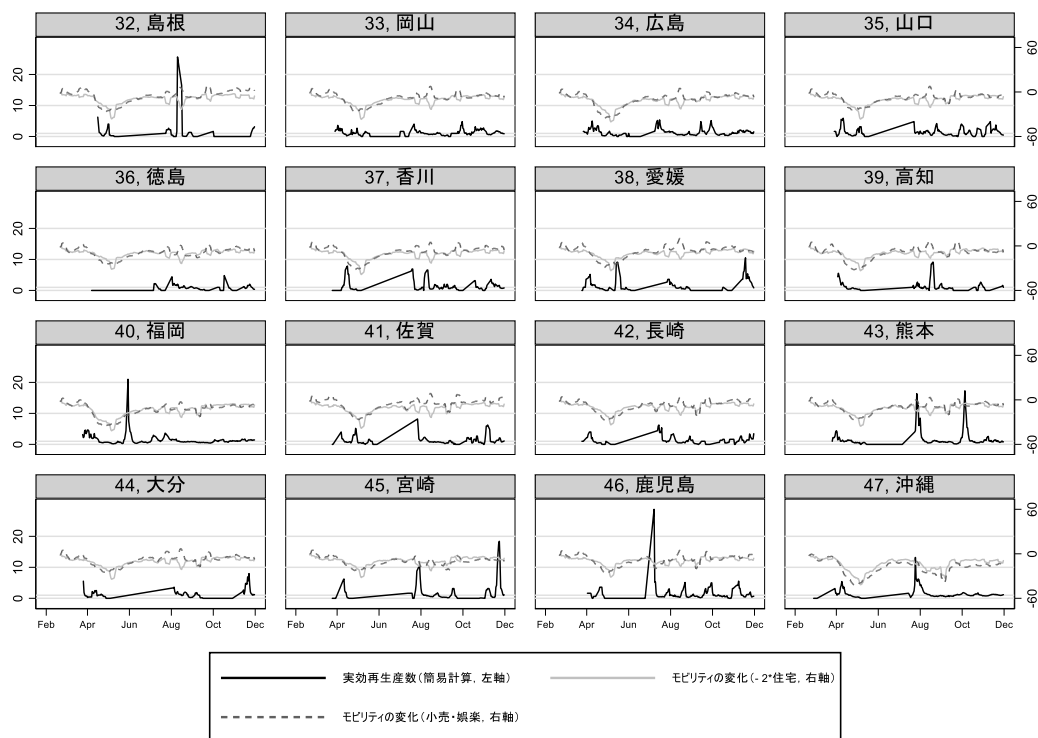
政府による Go To キャンペーン事業においてもしばしば論点となっているが、かりに直接的ではなくとも、人の移動の活発化が間接的に感染症の拡大に影響した可能性を否定することは少なくとも現時点では難しいと思われる。よって、モビリティの感染者の再生産への影響をみておくことも大事である。ここでは、実効再生産数（感染者が存在しているとみられる集団において、1人の感染者が平均的に何人の感染者を再生産するか）との関係について、これまでと同様に都道府県別にみていくことにしよう。モビリティのデータについては Google 社のものを使用している

図9をみると、モビリティと実効再生産数とのあいだに顕著な関係性を観察することはできそうにない。これは実効再生産数という指標の作り方にある程度起因しているものと考えられる¹⁶。ただし、大阪や沖縄といった感染の蔓延が深刻となった地域や相対的に多くの感染者を発生させている都市部を含む地域では、人々のモビリティが陽性者の再生産のプロセスを強めている可能性について、一定の関係性が認められることには注意が必要である。

¹⁶ 本稿で提示している実効再生産数は、東洋経済新報社が Web 上で公開している「新型コロナウイルス国内感染の状況」の簡易的な計算方法を踏襲し、元のデータから再計算を行ったものである。この指標の特徴については東洋経済新報社の Web サイト (<https://toyokeizai.net/sp/visual/tko/covid19/>) における実効再生産数の注釈を参照されたい。

図 9▶▶▶ モビリティと実効再生産数





3 感染症に対する医療供給体制

日本がこれまでに経験してきた感染症に関していうと、集中治療室 ICU や人工心肺装置・ECMO (Extracorporeal membrane oxygenation, 体外式膜型人工肺)を使うことは少なくとも臨床レベルでは想定外の事態であったと思われる。感染症病床や一般病床と比較して、コメディカルをはじめとした医療資源をより多く投入せざるを得ないのが ICU の特徴である。その最たるものが ECMO を使用する場合であることは、報道等で今般知り得たことである。

医療供給体制に大きな負荷がかかることになってしまった直接的背景として次のことが挙げられる：

- 感染者の 20%が中等症以上になるといわれ、呼吸不全が認められると高度な医療が行える病院への転院が検討される。さらに重症化すると人工呼吸器や ECMO を使用した治療を余儀なくされることで、病床的にも人員的にも医療機関に大きな負担がかかった。
- COVID-19 という感染症自体の性質もかなり厄介である。基本再生産数も実効再生産数も際立って高値を示すわけではないのだが、ひとたび「3密」

の状況が形成されると、飲食店や病院、教育現場等におけるクラスター発生の報道などでも明らかなように、現場での感染力はかなり強い。また病院での PC 端末やタブレット端末での間接的接触が感染伝播（院内感染）の原因になっている可能性も指摘されていた。よって医療機関における感染防御は極めて重要な課題となり、現場に大きな負荷をかけた。

新型コロナウイルス患者の入院病床

感染症法によって指定感染症に指定された COVID-19 は、一類から五類までのうち SARS や MERS と同じく二類相当と想定され、さまざまな対応や施策がそれを前提に行われてきた。二類であれば原則強制的な措置入院が必要であるが、少なくとも初期の段階である感染の第 1 期では患者をある程度厳格にコントロールすることを可能とし蔓延防止に役立ったといえる。しかし、症状の程度に極めて大きなばらつき（無症状から要 ICU まで）があるなかで、感染力自体は比較的強く（ゆえに感染者は多数にのぼる）、これを皆入院で管理することにはおのずと限界があったと思われる¹⁷。

未知の感染症であったため初期段階は致し方ないが、二類相当としたことで医療の現場が自らの首を絞めるような格好になっていたことは否定できない（医療崩壊への懸念の高まり）¹⁸。そこで自宅待機が推奨されたり、民間のホテル等を借り上げたりした宿泊療養施設の活用が遅まきながら開始されたわけである。しかしその後、症状に急激な変化（いわゆるサイトカインストーム）が生じる事例も数多く報告され、また家庭内隔離の困難性もあり、今回の新型コロナウイルス感染症に自宅療養で対応する難しさが指摘されるようになった¹⁹。

¹⁷ 10 月時点で、感染症法上の指定感染症として可能な措置内容を見直し、入院対象を重症化リスクの高い高齢者らに絞ることが検討されている（判断は都道府県に委ねる）。

¹⁸ 感染症分類は補論 A を参照のこと。二類感染症は、第二種感染症指定医療機関での入院を想定しているが、全国で感染症病床が 1,758 床、結核病床が 3,502 床しかない。さらに、これらの病床は隔離が基本戦略であり、ICU ほど濃密な医療を想定していないことを理解しておく必要がある。この「想定外」の事態については、本稿の複数の箇所で言及する。

¹⁹ 病床利用率（24 時時点での在院患者数の占める割合）は、国立大学附属病院の一般病床で 79.3%（2019 年度、厚生労働省「病院報告」）、地域医療支援病院で 76.7%（2019 年度）である。24 時時点の在院患者数に当日の退院患者数を足した「病床稼働率」では、国立大

重症患者を引き受ける医療供給体制の動態

新型コロナウイルス対しての医療供給体制の逼迫がしばしば指摘されている。われわれは「逼迫度」を公表データから作成した複数の指標で観察を行っているが、ここでは最も基本的なものを示す。重症患者を救命することが新型コロナ対応で最も重視されるべき点であり、これに関連して重症患者が集中治療室をどれだけ占有しているのかを都道府県別にみていくことにしよう²⁰。

図 10 によると、ほとんどの自治体で逼迫度は低水準にあるようにみえるが、ここで注意すべきことは、ICU は他の疾患の患者も当然ながら利用するという点である²¹。かりに 10%を「警戒ライン」とすると、5～11 月末の期間でこれを超えたのは東京、神奈川、富山、石川、福井、山梨、三重、滋賀、京都、大阪、兵庫、徳島、佐賀、沖縄である。とりわけ大阪は、11 月以降に東京以上に危険な状況にあったことがわかる。

各都道府県は独自の判断基準などを設けながら、住民に感染状況の注意喚起を行っている。先に指摘した、感染の広がりを抑止するための情報提供の有用性をふまえた場合、ここで示しているような指標の推移についてもタイムリーに情報提供されるべきである。

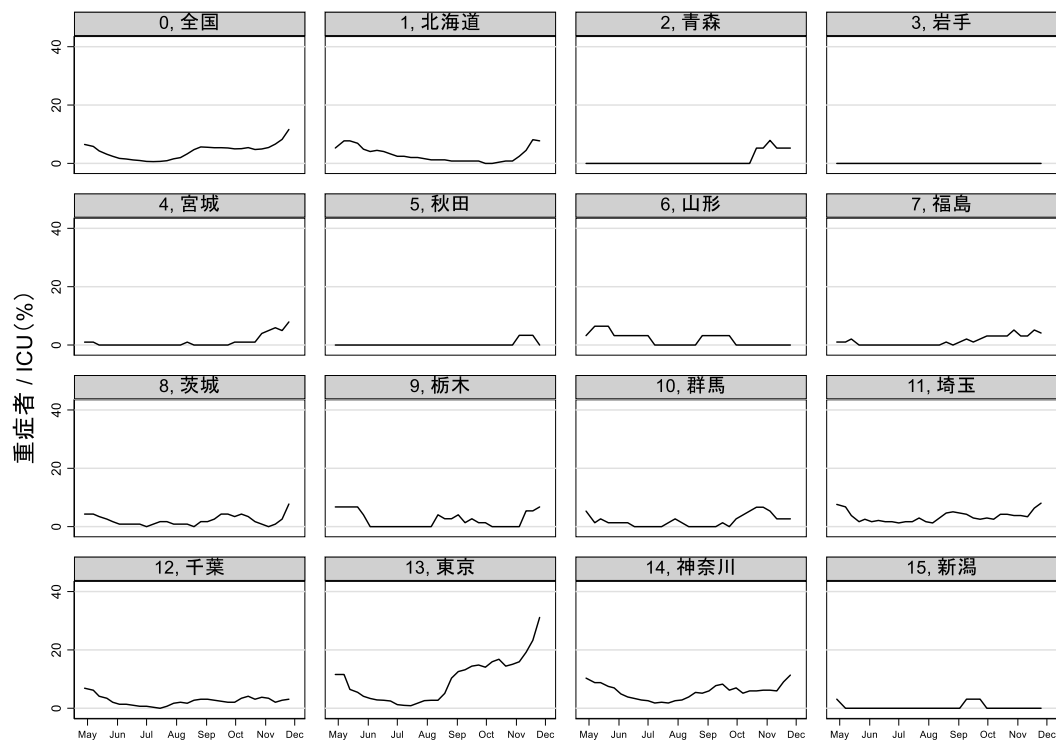
学附属病院の一般病床で 86.4%（2018 年度、国立大学附属病院・病院機能指標）、私立大学では慶応義塾大学で 88.1%（2019 年度）、東海大学で 95%（2018 年度）である。現行の DPC/PDPS の下ではこれを高めることなくして、人件費、医薬品・医療材料費を賄うことのできる医業収益（売上）を上げることは不可能である。病床稼働率を高めるべく、各病院は計画的な入退院管理を実施し、ときには午前退院、午後入院とすることで 100%を超えることもある。また多くの病院では、平日の入退院が基本であるので、病床稼働率が 90%を超えると、平日はほぼ満床という事態となる。COVID-19 患者を引き受けることは、すなわちそれ以外の疾患の潜在的な入院患者に対して待機を強いることとなる。

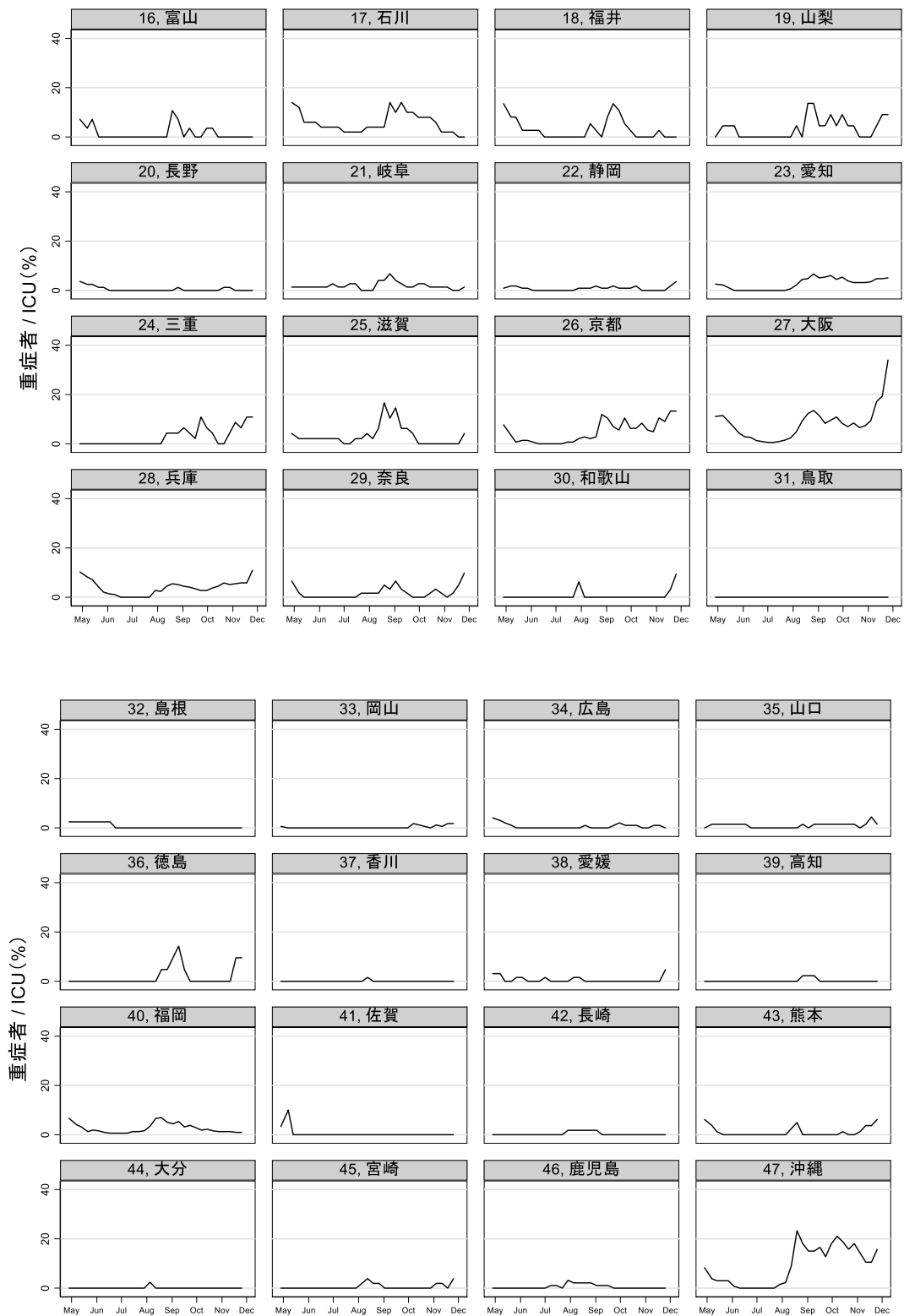
²⁰ 厚生労働省は、2020 年 5 月 15 日から各都道府県が確保した「重症患者受入確保病床数」とその使用率を公表している。本稿では、供給制約の上限を分析するために、重症患者受入確保病床数ではなく ICU を用いる。

²¹ ICU の空床率の公式統計は存在しないが、内閣官房の「新型コロナ感染症対策 (<https://corona.go.jp/dashboard/#medical-items>)」からは、8～10 月の ICU の空床率は、およそ 3～4 割である。当該期間に陽性者が増加した沖縄では 2～3 割である。ただし、COVID-19 の患者と他の患者と同室で治療をすることはできないので、数値からみえる余裕があるわけではなく、10%というラインであっても楽観視はできない。ICU は、平成 30 年度 病院機能報告で報告された値を用いているが、陰圧が完備された ICU の病床数や HCU での治療実態を把握する統計が存在しないので、重症者を治療可能な病床の代理変数として、ICU を用いる。

情報提供方法の参考になるのは日々の天気予報である。ニュースなどで報じられる天気予報は人々の行動を毎々かなりの程度変容させる影響力を有している（たとえば、午後の降水確率が80%ならば多くの人が傘をもって朝に家を出るだろうし、最高気温がマイナス2度ならば今日は外出を控えようかと思う人は多いだろう）。新型コロナウイルスの場合も、少なくともワクチン接種が広く行われるようになったり、特效薬が普及するようになったりするまでは、人口あたりの陽性者数や死者数、そしてターミナル駅や観光地での人出の情報などは、徹底して報道されるべきであると考ええる。

図 10▶▶▶重症患者医療の逼迫度（全国および47都道府県）





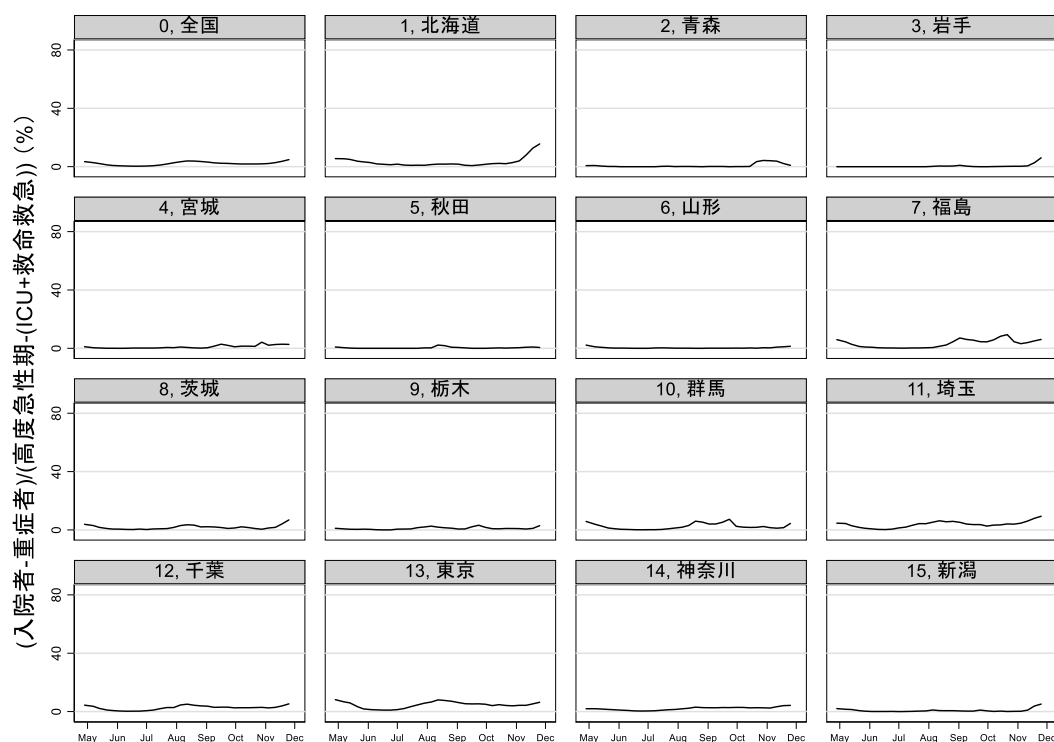
今回のコロナ禍では、重症者以外の感染患者が多くを占め、指定感染症に分類されたこととあいまって、軽症であってもほとんどのケースで入院措置がとられている（2020年12月下旬時点）。軽症患者を入院させてしまうことにより、限られた病床を圧迫している状況がしばしば報じられている。このことを詳細に確認するために、われわれは次のような指標を作成した²²。

入院者－重症者

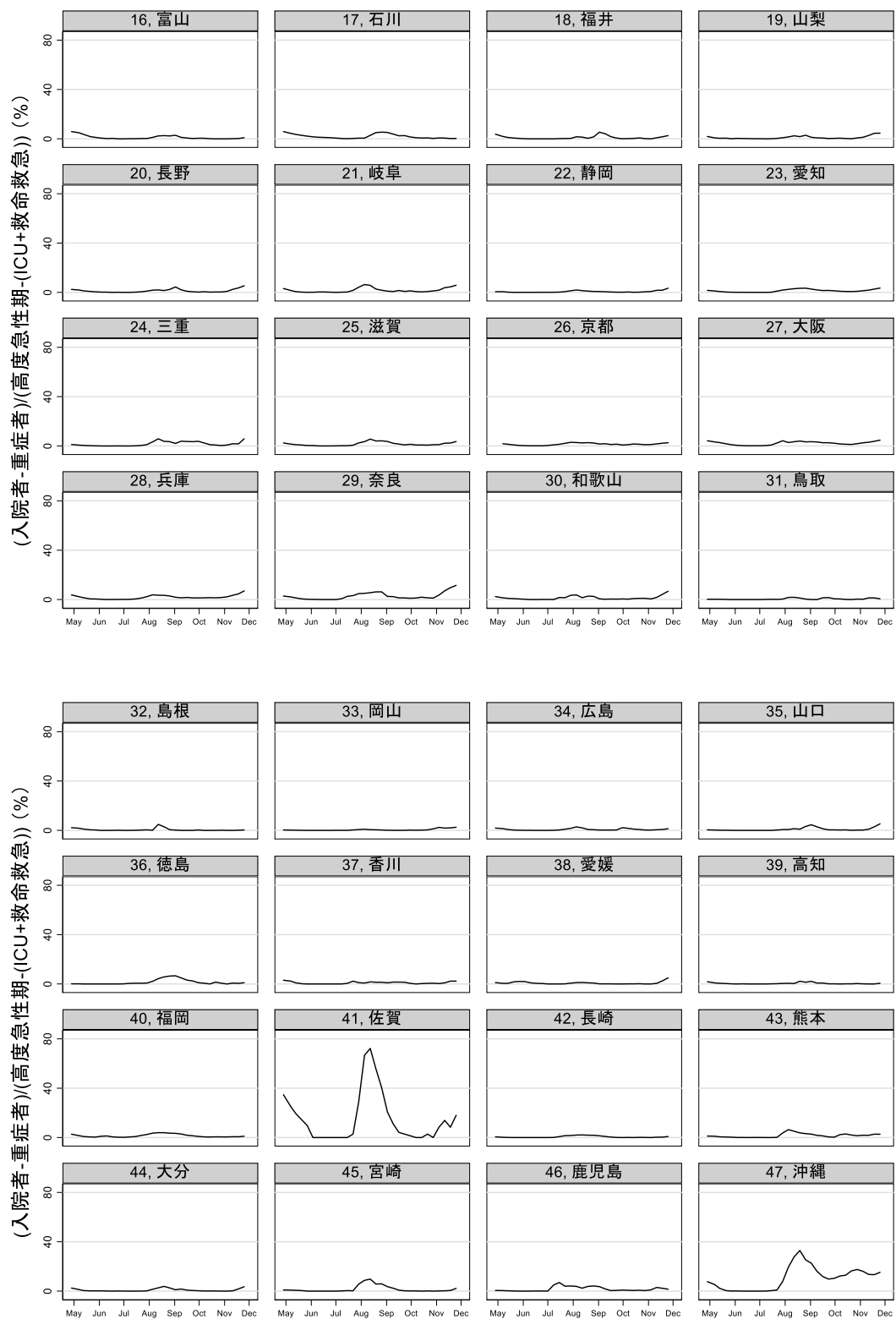
$$\frac{\text{入院者} - \text{重症者}}{\text{高度急性期病床数} - (\text{ICU病床数} + \text{救命救急病床数})}$$

分子は、入院している患者のうち、軽症・中等症の患者と考えてよいだろう（無症状の患者も含まれるかもしれない）。これに対して分母は、これらの患者が入院している急性期病床の数で、ICU病床や救命救急病床を除いた数となっている。これを11月末までの期間で都道府県別に計算した結果を図11に示す。

図11▶▶▶重症患者以外の医療の逼迫度（全国および47都道府県）



²² 脚注20と同様に、供給制約の上限を分析するために、厚生労働省が公表している「確保病床数」ではなく、上の指標を用いた。



このタイプの病床は、通常時においても 80～90%はつねに稼働していると考えられる（脚注 19 参照のこと）。そのため、新型コロナ患者が新たに入院してきた場合、その人たちのみで 1 割が占有されてしまうだけでも、病床のやりくりは相当に大変な状況になることは想像に難くない。たとえば、北海道、福島、東京、奈良、徳島、宮崎などでは、これまですでに楽観できない状況が生じてきたと考えられる。特に佐賀は、全国のなかでも特異な状況を示しており、表現の仕方が難しいが、宿泊療養が可能でなければ、危険な状況をはるかに超えてしまった時期があると思われる。また沖縄は、少なくとも夏以降は、つねに危険な状態が継続しているのではないだろうか。これら以外の都道府県でも、一時的に逼迫度が高まった状況が散見される結果となっている。

ここでの観察を通じて、病床逼迫や医療従事者の負担を抑えるため、軽症者や無症状者は可能な限り宿泊療養施設（ホテル）での隔離・療養を基本とするという考え方は、医学的には最善ではないかもしれないが、現実的で妥当な施策といえるだろう。

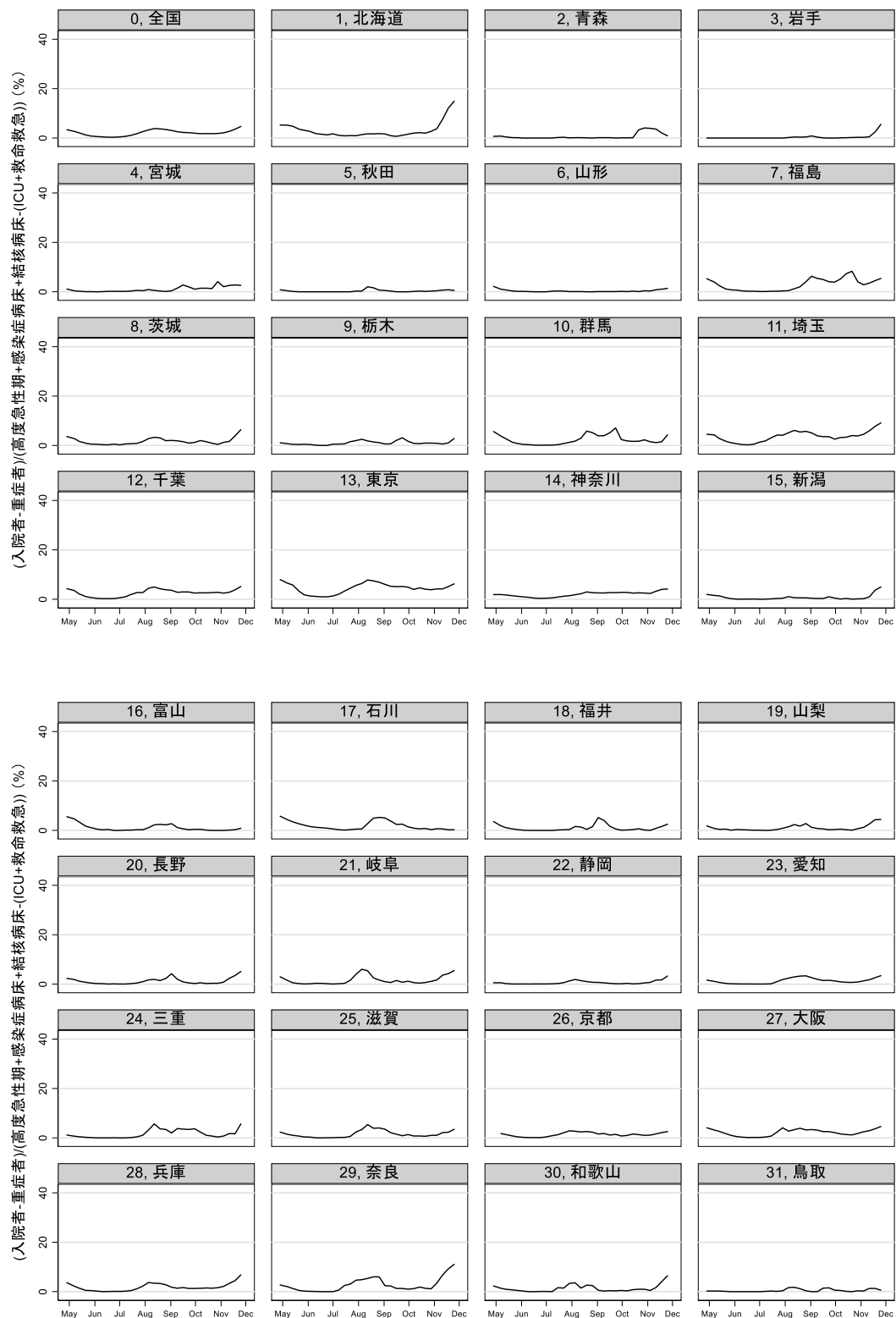
次に、分子に関しては同じであるが、分母を

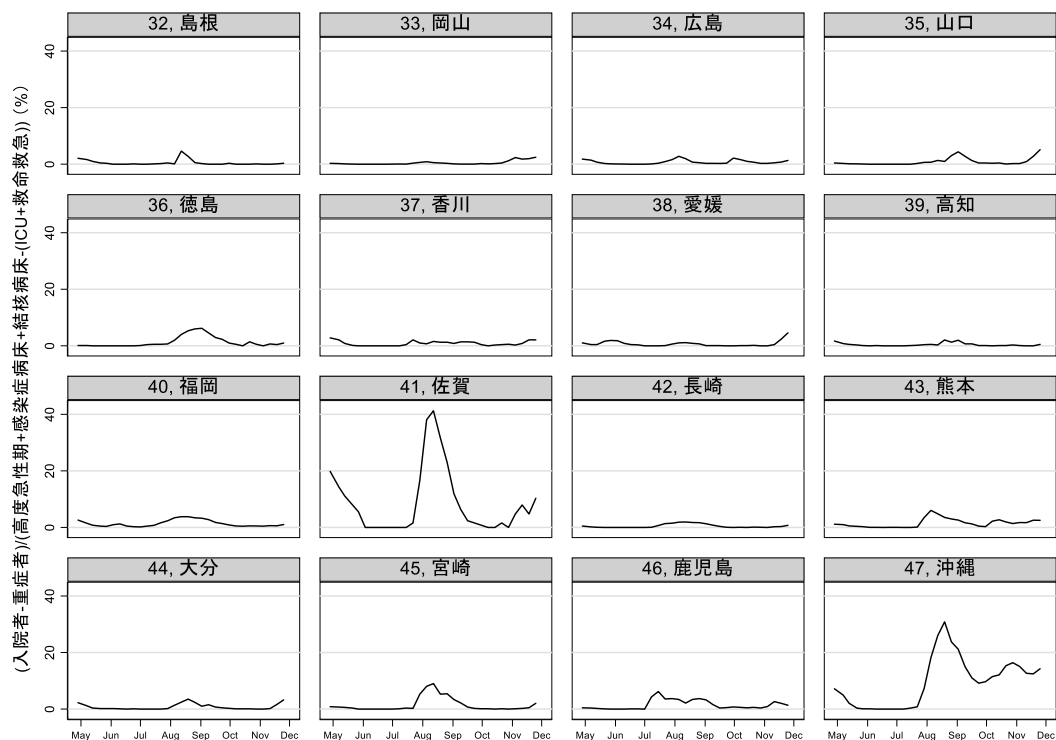
$$\begin{aligned} & \text{高度急性期病床数} + \text{感染症病床数} + \text{結核病床数} \\ & - (\text{ICU 病床数} + \text{救命救急病床数}) \end{aligned}$$

と変更して、再計算を試みた。計算結果に関しては図 12 でこれまでと同じく都道府県別に示してある。

計算式の分母に感染症病床と結核病床が加わる点が前のもの（図 11）との違いであり、その分だけ値が小さくなるものの（図の左軸に付したスケールが図 11 と図 12 で異なることに注意されたい）、当然ながら基本的な傾向性は変わらない。

図 12▶▶▶感染症病床および結核病床も含めた重症患者以外の医療の逼迫度
(全国および 47 都道府県)

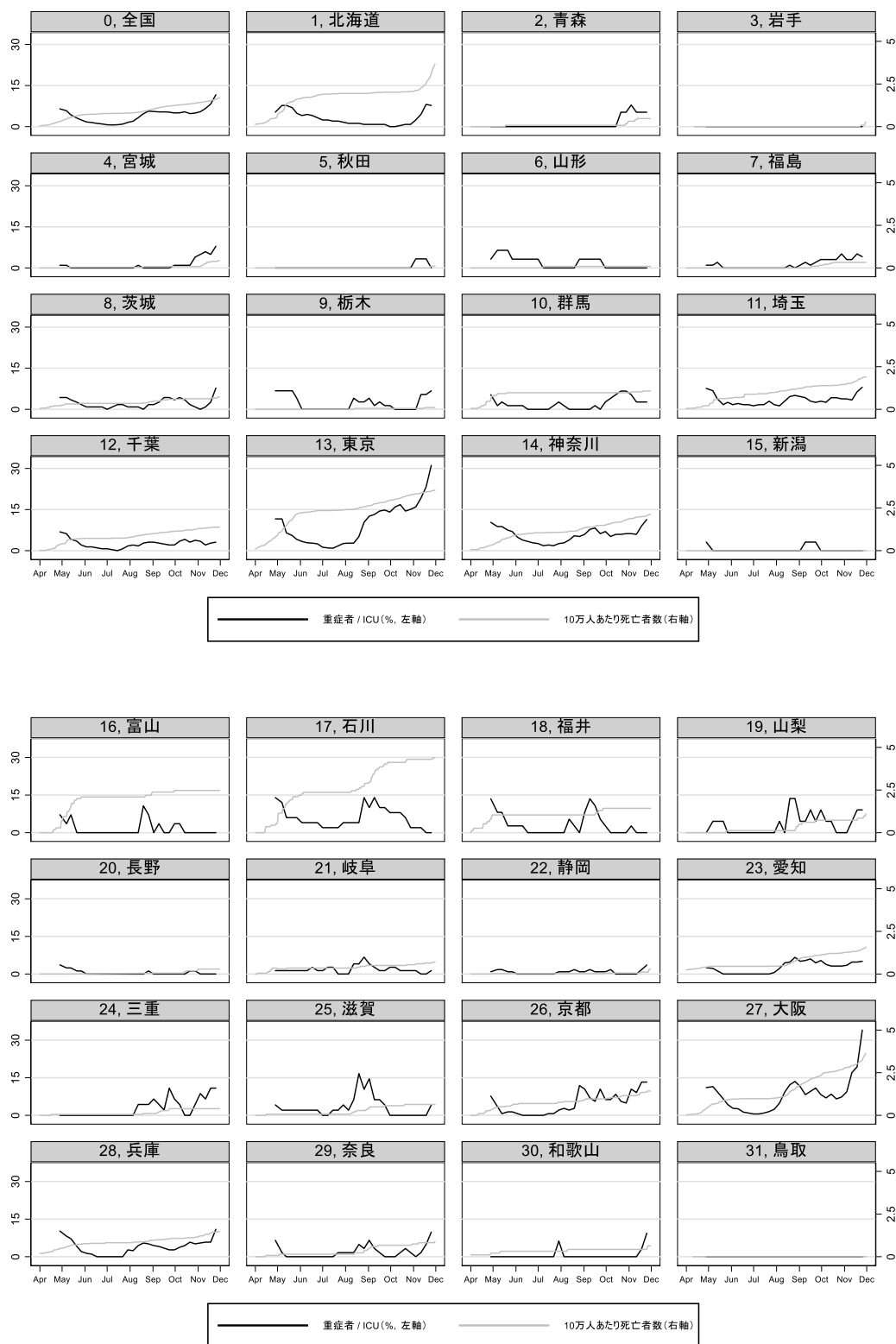


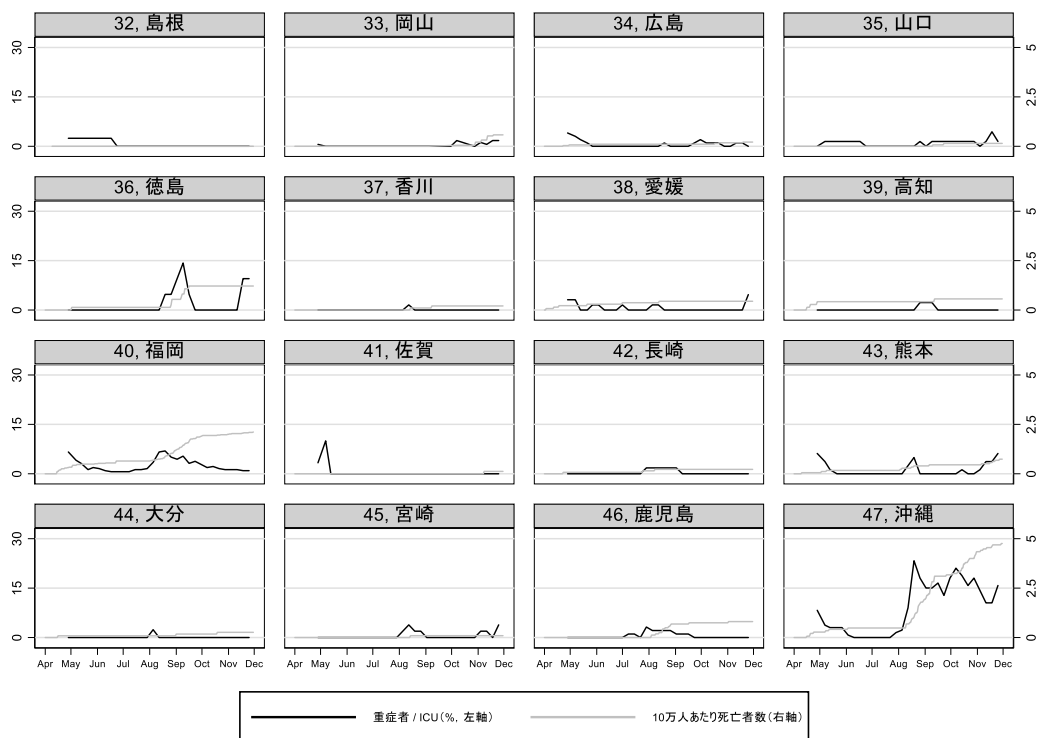


少なくとも 2020 年の秋冬頃までは、日本での新型コロナウイルスによる死亡者数が、諸外国（特に欧米）と比較して相対的にかなり少なかったこともあって、その推移・動向に関する議論は中心的ではなかったように思う。ここでは人口 10 万人あたりの死亡者数を都道府県別にまとめて提示しておきたい。

図 13 には、10 万人あたり死亡者数とすでに図 10 で示した重症患者医療の逼迫度を一緒に書き入れてある。人口あたり死亡者数は累積の人数である。特徴的なのは、やはり都市部の状況であろう。東京を例にしてみよう。感染の第 1 期では、病床逼迫度の高まりと死亡者数の増加がリンクしていることが明らかである。それ以降の感染拡大の第 2 期および第 3 期においては、病床の逼迫度は高まっているものの死亡者数はかなり抑えられているといえるだろう。この要因としては、一時期に比べ検査と医療が早期に適切に行われるようになり重症患者治療が効果的になされている、また臨床的知見の蓄積が有効に機能し始めていることなどが考えられる。

図 13▶▶▶ 10 万人あたり死亡者数と病床逼迫度（全国および 47 都道府県）

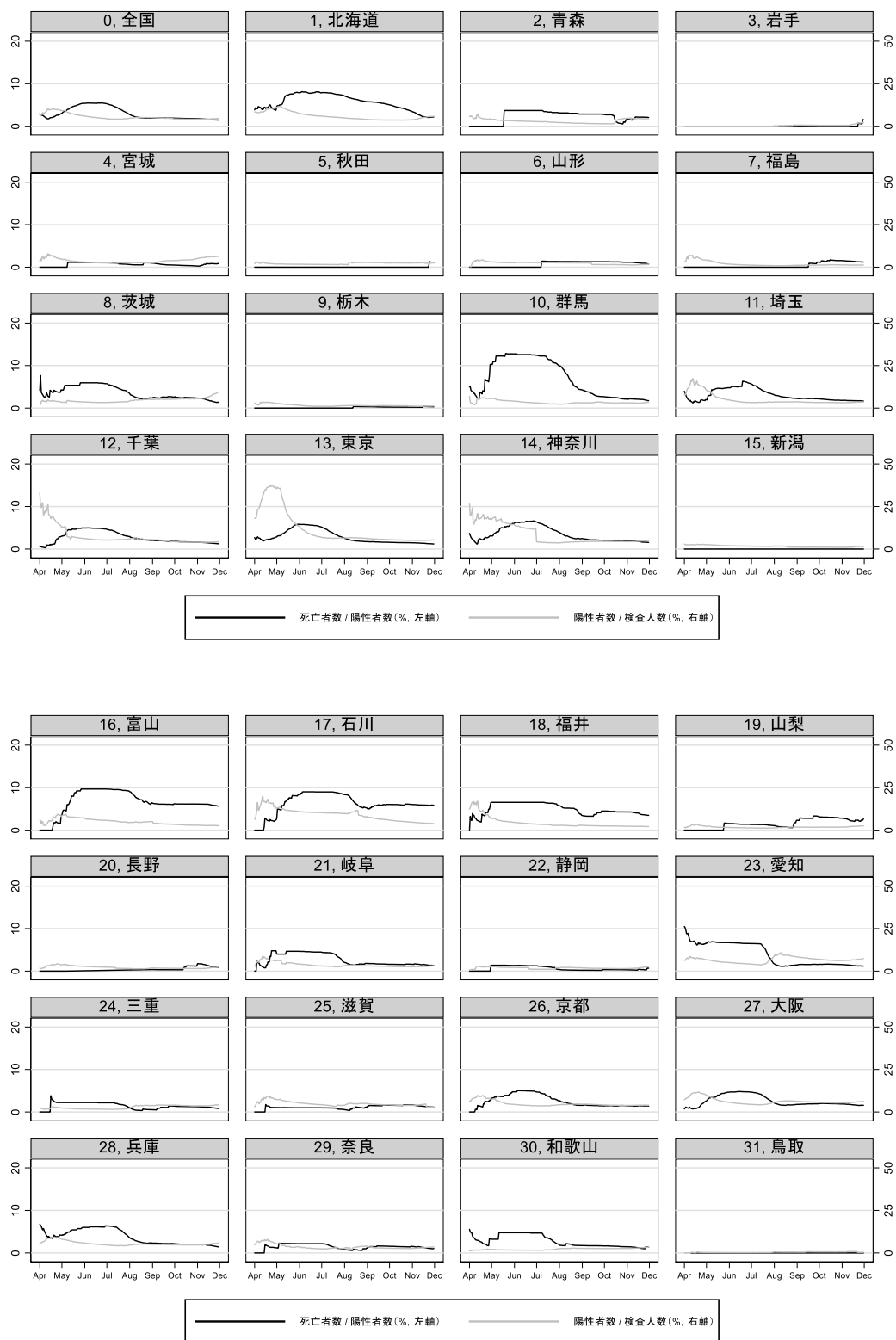


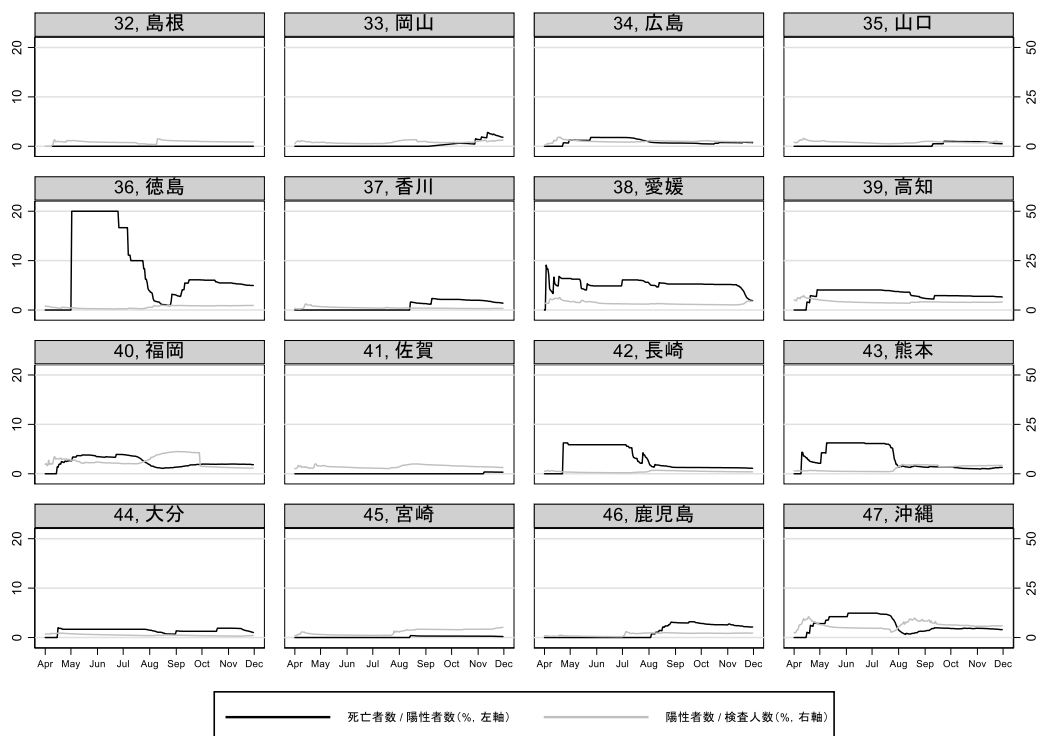


続いて、検査陽性率と新型コロナ感染者のなかでの死亡割合、すなわち致命割合（case fatality ratio）との関係について確認しておくことにしよう。感染の初期段階、特に夏を迎える頃までは、PCR 検査数がかなり少なく抑えられていた²³。図 14 に検査陽性率と致命割合の推移をまとめて示している。これより全国的に共通する顕著な特徴を読みとることができる。2020 年 5 月や 6 月付近に注目してほしい。このあたりでは、検査陽性率はかなり低くなっている一方で、致命割合は高くなっている。したがって、必要に応えるだけの PCR 検査が十分に行われていなかった可能性が高いと考えられる。検査数が単に少ないことが問題なのではなく、必要な検査が満足に行えなかったことこそが問題であり、早急な検証が不可欠である。

²³ 先に紹介した東洋経済新報社の「新型コロナウイルス国内感染の状況」等の Web サイトの情報を参照してほしい。上記サイトでは、PCR 検査人数の推移を全国と都道府県別で簡単に調べることができる。

図 14▶▶▶検査陽性率と致命割合（全国および 47 都道府県）





感染症患者を ICU で診ることを想定できていなかった

情報が徐々に蓄積されてくると、一部の患者で呼吸器等に重篤な症状を呈し、ICU などで ECMO などを用いた集中的な治療が必要となることがわかってきた²⁴。すでに指摘したように、少なくとも日本では、感染症の対応の基本は「隔離」であって、ICU を要する状況は想定されてこなかった（SARS や MERS の影響が軽少で済んだことも背景にあり、この点は中国や韓国などとの違いである）。後で検討するが、このことのもたらす影響は想像する以上に大きい。以下、ポイントを列挙する。

- 一般入院病床での治療と比較して、医師、看護師、その他のコメディカルが数倍は必要となる。この問題は、第 4 節で議論する。
- モノの不足：マスク（N95）、感染防護服・ガウンなどが圧倒的に不足し、

²⁴ 日本 COVID-19 対策 ECMOnet (<https://crisis.ecmonet.jp/>) では、国内における重症患者の治療状況が海外の状況とあわせて詳細に報告されている。感染の第 1 期とそれ以降（少なくとも 2020 年 11 月末あたりまで）を比較すると、ECMO および人工呼吸器装着数でみて、重篤な症状を呈する患者数は明らかに異なることが確認できる。

人工呼吸器や ECMO の装備数も十分ではなかった。

- ヒトの不足：多くの人員が必要となるが、十分な人員態勢ではなかった。通常のスタッフも潤沢ではないが、特に集中治療にすみやかに従事可能な者はさらに限られた（ECMO の管理等も含む）。
- 現場でのオペレーションにも大きな負荷がかかる。つまり、感染防護服を装着して、ICU で治療・看護にあたることは、どんなに高度な医療を提供する病院であっても不慣れで過酷な作業を強いることになる。

上述の点に加えて医療法と診療報酬制度の「狭間」で問題が発生してしまったことを指摘しておかなければならないが、これについては補論 B を参照されたい。

かかりつけ医と病院の機能分化

病院の機能分化、医療への最初のアクセス先（ゲートキーパー）としての「かかりつけ医」のしくみの普及と定着は、振り返ってみると、ここ 20 年くらいの医療制度改革論議において、供給側の改革ポイントとしてつねに指摘されてきたことである（細谷他，2018）²⁵。今般のコロナ危機でも、そうした改革が実のあるかたちで進んでいけば、特に病院間の連携などにおいて混乱を小さくできたことは間違いないだろう。

土居（2020）が指摘するように、かかりつけ医からコロナ対応が可能な病院への流れが円滑に進むことは、患者にとってもある意味普段通りの延長上で治療が受けられることになり、好ましい。しかしながら、そうした振り分けをするにも検査と診断が必要であり、小さなクリニックまでこれを徹底することはそう簡単ではない。小児科のクリニックを訪れると、ほぼ例外なく入口が複数あることに気づくだろう。子どもの場合、感染症は日常茶飯のことであり、つねにそれへの備えが必要なのである。果たしてこうした備えが一般のクリニッ

²⁵ なぜこれほどまでに医療制度の改革は進まないのか。その理由の一つは、土居（2020）もふれているように、医療制度を医学的もしくは経済学的観点での制度の良し悪しのみで語ることはできず、日本医師会を巻き込んだ複雑な「政治経済学」の問題となっているからである。これは病床の機能分化の問題にも関係する。地域医療構想のなかでの病床再編において、喫緊の課題となっているのが回復期病床の大幅な不足であるが、これも医師会の理解と協力なくしては事態の好転は実質的に困難である。

クでも可能かということである。あらゆる場面でニューノーマルが求められる時代となり、一般のクリニックも小児科のような態勢にあっという間に変わるかもしれない²⁶。そうなるに越したことはないが、受け入れ病院まで患者をどう搬送するか、医療従事者の感染をいかに防ぐかなど、次なる問題も即座に心配になる。

そこで現実的な方策を考えてみたい。まず今般のような事態に際して、自治体がたとえば法的裏づけをともなった「感染症医療非常事態宣言」（以下、非常事態宣言）を発令する。地域の医師会は宣言への協力義務を負い、市区町村内各所にあらかじめ定められた感染症外来を設置する（感染症を診る備えができています）²⁷。そして陽性患者は専用の輸送手段で高次の医療機関か専用隔離施設（後述する）に引き継ぐこととする（情報は電子カルテで共有）²⁸。今回も一部の自治体で同様の対処がなされたが、これを感染症蔓延地域すべてで行うのである。

このしくみのメリットは、クリニックや病院が感染症にあまり気を取られることなく通常業務を行うことができるという点である。上述のかかりつけ医が「入口」の場合、しくみやプロセスが機能的に構成されているとしても感染症のリスクに直面することには変わりはなく、通常診療も影響を受け、今回経験したように経営上の大きなリスクに直面せざるを得なくなる。医師会の協力による感染症外来を起点としたしくみの有効性は明白であり、普段通りにできる社会機能を維持し、経済活動を維持するうえでも有用な取り組みと考えられる。

ところで、こうした議論に関係することとして、大阪の十三市民病院の取り組みのような感染症専門病院について言及する必要があるだろう（愛知でも 10 月に COVID-19 専門病院の県立愛知病院が開設され、兵庫でも 11 月に神戸市立医療センター中央市民病院に重症患者専用の病棟が開設された）。あわせて

²⁶ 費用はかかるが、入口を分けることは感染症対策の基本である。地方でスペースに余裕のある医療機関では、屋外に感染症外来のゲートを設けることなどが可能であればなお良い。しかし雑居ビルに入るクリニックなどでは入口を分けることすら物理的に無理かもしれない。

²⁷ もちろんこの業務に従事する医師のクリニックの経営等については補償する。いずれ、きめ細かな対応が必要であるから、この施策についても医師会の協力が不可欠である。

²⁸ 電子カルテについては補論 C を参照されたい。

病院のハコのこととも考えなければならない。大阪の場合は、入院患者を他の病院に転院させ、コロナ専門病院としたが（今回の場合は致し方ないと思う）、このスイッチングコストは決して小さくはない。何より、転院は患者に大きな犠牲を強いる。これからも散発的に襲ってくると考えられる強い感染力を有する感染症に対して、場当たりの対処による混乱を避けるべく、先に述べた非常事態宣言に連動した非常時の特別態勢を敷くことが望ましい。住民側でも、感染症非常時の態勢を事前に知って理解し、怪しい症状が出たときにどこに駆け込むべきかを把握していることは、大きな安心につながることは間違いない。

望ましいのは、スイッチングコストがあまりかからない感染症専門病院が設置可能となることである。これは小林・佐藤（2020）による「稼働させない病床」をつねに一定程度保有しておくという考えにもつながる。これらについては項を改めて考えたい。また今回のコロナ禍では高齢者の致命割合が若壮年者よりも著しく高いことから、高齢者の生活の場への感染蔓延をいかに防ぐかも課題となっている。海外ではたとえば、Acemoglu *et al.* (2020)も高齢者への対応の重要性を指摘している。高齢者介護施設についての状況については補論 D を参照せよ。

感染症専門病院と「稼働させない病床」について

転院などを必要としない専門病院を緊急時に設置するためには、それ専用の平時は稼働させない病床を維持しておくことや転用可能な施設をあらかじめ準備しておくことが考えられる（小林・佐藤，2020）。治療環境がそれなりに整った野戦病院も一つのアイディアである。ニューヨーク市のセントラルパークに新型コロナ対応のための野戦病院が設置された映像を目にした方も多いただろう。急速に広がる感染症と対峙するために、実質的隔離が可能な野戦病院を設置するという考えは重要である。ではこういったハコが適当だろうか。

広場に大型テントを設営した文字通りの野戦病院でも助けになるが、自治体が保有管理する体育スポーツ施設を一時的に転用することも一案である。電源もトイレもあり、何より広いスペースが確保できる。これまでは想定外であっただろうが、これからのスポーツ施設には野戦病院化に対応できる施設基準のようなものを設けてもよいだろう。稼働させない病床は必ずしも病院に限られ

るものではない。また財政上の問題としても、遊休病床をもつよりは既存施設の一時的転用の方が効率的なのではないだろうか。稼働させない病床を維持するとした場合、現実的には医療保険からその費用を負担することになるだろう。ただでさえ厳しい医療保険財政にとって、この追加の負担分は保険者にとっても被保険者にとっても重いものになることは間違いない。またそもそもこれらの遊休病床だけで、欧米のようなパンデミックが日本で起こってしまった場合に対応可能かは未知数である。いずれにしても今後は、こうした問題は地域医療構想のなかでも明確に考慮されるべき課題であろう。同時に、重症者を担うことになる ICU や HCU の一般病床の機能強化も必須の課題となる（補論 E を参照せよ）。

4 医療機関の現場と経営状況

本節では、公表されているデータなどから、新型コロナウイルス対応を迫られる医療機関のオペレーションについて、大まかではあるが具体的に考察し、加えて病院経営の状況についても考察する。

入院対応の状況

1 病床数あたりの看護師数が 2 を上回るような病院もないわけではないが、1 前後が多い。ここでは実際にある病院の施設人員状況を参照しながら、少し数字を動かしてみる。常勤看護師が 700 名おり、上に基つき一般病床数が 700 床、ICU は 10 床あるとする²⁹。1 日 24 時間、患者 7 名に対して看護師 1 名が張り付く「7 対 1 看護」が行われる。大雑把に最低限 100 名の看護師がつねに必要となる（ちなみに ICU は「2 対 1 看護」）。看護師のシフトを考える。3 交

²⁹ この事例とは無関係であるが、東京都渋谷区にある日本赤十字社医療センターは、2020 年 4 月時点で一般病床数が 701 床である。これより、700 床のベッドを抱える病院は地域の中核的医療機関であることがわかる（他の近い例として、東京都立墨東病院は一般病床 719（感染症病床 10）、青森県立中央病院は一般病床 679（感染症病床 5）である）。日赤医療センターの公表情報によると、常勤職員は医師・歯科医師（初期研修医 37 名含む）278 名、看護職（看護師・助産師）1,003 名、臨床工学技士 23 名などとなっている（いずれも 2020 年 4 月時点）。地方においては医学部付属病院であっても 700 床を下回ることがあり、ここでの例は、医療提供体制がかなり恵まれた地域であることはいま一度強調しておきたい。

代制に休日を考慮すると、100名×4グループ=400名の看護師が最低限必要な数である。病棟看護師数には余裕をもたせているはずなので、トータルで450名の病棟担当看護師がいるものと想定する。

COVID-19の治療でECMOを使用する場合を考えてみる。医師をはじめ多くのコメディカルが必要となることが知られているが、患者1人に対し看護師5名を要するとしよう³⁰。このとき、この病院で最大限対応できるのは、看護師450名÷3交代÷5名=ECMO装着患者30名となる。通常1つの病院でECMO患者を30名治療することは考えにくい（2020年12月末時点で全国の1日あたりECMO装着数の最大値は60名弱）、受け入れキャパシティを計算するための仮想的な推計である。ここで強調しておきたいのは、規模が大きく中核的な病院であっても、看護師数ベースで考えてECMOが必要な患者を30名しか受け入れることができないことである。しかも前提として、看護師は無休で、すべての手術をストップし、COVID-19以外の入院患者の転院が必要となる。

かりに外来もすべて停止して看護師700名全員の総力戦で対応する場合は、700名÷3交代÷5名=46名が受け入れ最大数である。2月29日に公表された西浦予測に基づく、重症患者数が46名よりも少ないと予想された都道府県は鳥取県（37名）のみであった。もちろん、とある地方自治体を想定した場合、受け入れ病院はこの仮想病院だけではないだろうが、かなり厳しい闘いを強いられることが予想される。ヒトとモノを最大限投入しても、現在の医療供給体制では適切な医療を提供することは難しいといえる。

COVID-19による経営の悪化について

今回のCOVID-19のもつ厄介な特徴に起因して、病院経営の深刻な状況が報告されるようになってきた。全国医学部長病院長会議による『平成27年度大学病院経営実態調査』によると、平成26年度の国公立大学医学部附属病院の

³⁰ ここでの看護師配置は、自治医科大学附属さいたま医療センターの、ECMOを回す場合には「1対3～1対4」の看護師配置が必要との記事をもとにし

(<https://jbpress.ismedia.jp/articles/-/60660>)、さらに慎重を期した想定としている。また東京医科歯科大学では、重症者には「1対1」を配置したと報告している

(<https://webronza.asahi.com/national/articles/2020051800003.html?page=1>)。いずれにせよ、平時のICUで想定している「2対1」では十分な治療を行うことはできない。

収入の平均額は 250 億円ほどであった。およそ 40%が人件費であり、支出が収入を上回っていることから利益はないという厳しい状況である。この 250 億円は年間での収入であるから、1 ヶ月あたりでは、 $250 \text{ 億円} \div 12 \text{ ヶ月} = 21 \text{ 億円}$ となる。コロナ患者の平均在院日数を 14 日とすると（ECMOnet によると、軽快までの平均日数は 14 日前後）、1 ヶ月で各病床を 2 回転させることができる。

ここで上の 700 床をもつ仮想的病院がすべての医療資源を COVID-19 対応に投入すると仮定する。 $46 \text{ 床} \times 2 \text{ 回転} = 92 \text{ 名}$ の治療が計算上は可能となる。1 ヶ月の収入のうち、人件費は 40%を占めているから $21 \text{ 億円} \times 0.4 = 8.4 \text{ 億円}$ であり、これを患者数 92 名で割ると 913 万円/人となる。つまり、病院の人件費を賄うことが可能となるための 1 患者あたりでみた医業収益は 913 万円ということになる。これを平均在院日数で割ると $913 \text{ 万円} \div 14 \text{ 日} = 65 \text{ 万円/日}$ を得る。結果的に、コロナ患者の治療以外の収入源を絶たれた仮想病院は、1 日 1 患者あたり 65 万円の診療収入が必要となる³¹。もちろん患者が支払うことは不可能なレベルの金額であるが、そもそも COVID-19 は指定感染症なので治療費は公費負担となる。したがって、1 日 1 患者あたり 65 万円の公費による補助が欠かせないわけであり、重症患者の実際の医療費はこれに医薬品・医療材料代が加わることになる。

ここでシミュレーションしてきたことは極端な例ではあるが、新型コロナ患者を受け入れる病院の非常に厳しい経営状況の一端を捉えていると思われる。そして、病院経営上の視点のみに限定しても、個別の病院が場当たりの対応処していくことがいかに困難な感染症であるのかを思い知らされる。

COVID-19 の治療の概要を補論 F に簡単にまとめてある。また、COVID-19 の病態と病床区分との関係についても補論 G として記述してある。

³¹ 厚生労働省は 2020 年 12 月 25 日に、1 床あたり最大 1,500 万円の補助を行うことを決定した（ただしこれは一時的な補助であり、かりに 1 ヶ月あたりに直すと 50 万円/日となる）。またこの決定を受け、1 都 3 県にはさらに 450 万円を加算した 1,950 万円に補助を拡大する。したがって、ここでの試算（65 万円/日）は妥当性をもつと考えられる。参考までに、偶然の一致ではあると思うが、 $1 \text{ 日 } 65 \text{ 万円} \times 1 \text{ ヶ月 } 30 \text{ 日} = 1,950 \text{ 万円}$ となる。いずれにしても、12 月以前の厚労省の支援は十分なものではなかったが、それなりに妥当な支援が行われるようになってきたことは評価できる。

5 今後の感染症の流行に備えて

感染症法と保健所の体制および COVID-19 の妥当な指定分類について

感染症法(1998年)による指定分類で、COVID-19 は二類感染症相当であり、保健所を中心にして厳格な管理がなされている³²。この厳格管理こそが指定感染症になることのメリットとデメリットをもたらす。感染状況の把握が容易になったり(今回は無症状者も多数いることが誤算である)、クラスター潰しが容易になったりする反面、感染症指定医療機関に過剰な負荷がかかったり、患者の自由が制限されたり(無症状や軽症で比較的元気な人が入る宿泊療養施設で脱走などが発生)もする。今回はメリットであるはずの患者の把握・管理体制にも問題をきたしている。無症状者の問題は別にしても、その理由として以下のようなことが挙げられる。

- 特に初期の頃は保健所に関係する業務が電話や紙ベース(ファックス)で行われていた。その後クラウドを利用した HER-SYS(ハーシス)が導入されたが、未利用の自治体があるなど、十分に活用されていない。
- 保健所業務のキャパシティをはるかに超える感染者が発生した。濃厚接触者の特定・追跡やクラスター対策も加わり、対応に限界があった。

現場ではセンシティブな問題もあり、人の手が必要となる状況があるかもしれないが、そうでない自動化できる部分も少なくない(行政の IT 化が著しく遅れている)。保健所の位置づけは COVID-19 を経験して確実に変化するだろうが、業務処理能力を高めるうえで、IT の活用は避けては通れない。

少し乱暴な整理かもしれないが、かつての保健所の大きな任務は、結核患者の発見と隔離であった。近年の再流行もあるが、基本的には結核患者およびその死亡者数の減少とともに保健所は縮小されてきたといえる。これに関連して、感染症患者の収容は市町村が担ってきたこともあり、病院における感染症対応は脆弱であった³³。この名残で、感染症指定病院の多くは市立病院が多い(例えば横浜市立市民病院は神奈川県で唯一の第一種感染症指定医療機関である)。

³² 地域医療計画における感染症と保健所の役割については補論 H を参照せよ。

³³ 欧米の病院(hospital)は、基本的に外来診療を行わず、病室も個室化されているため感染症には強いかもしれない。日本の場合は大病院でも外来を行い、病室は 4 人部屋が標準であり、院内感染のリスクは高い可能性がある。

そもそも「隔離」しか治療方法がなかったため、感染症病床はその歴史的経緯から濃密な治療を想定しておらず、したがって ICU と感染症のリンケージがほぼまったくなされていなかったといえる（参考までに、都道府県の医療計画の実態として長野県の事例を補論 H に簡単にまとめておく）。

保健所（帰国者・接触者相談センター）は感染症のゲートキーパーの役割を担っているが、多くの課題を抱えており、本格的な流行のはじまりからおよそ半年が経過した 2020 年 8 月現在でもそれらの根本的な解決は図られていない。また、ワクチンや有効な治療薬（治療方法）が登場してくれば、二類相当となっている現状の想定の変更は必須と思われるが、そこに至るまでも指針が変わることになるようである。多くの無症状者と軽症者を含むかたちで市中感染が蔓延している現況をふまえると、保健所が追跡しなければならない人数規模は急激に拡大してもおかしくはない。よって全数把握に基づく措置入院（療養）を原則としたままでは、保健所業務も病院での入院治療もいま以上に追いつかなくなってしまう。死亡率（致命割合）がこれから極端に高まるようなことがない限りは、迎え撃つ体制も柔軟に考える必要があるだろう³⁴。

診療報酬支払制度の再考

コロナ危機が医療の供給サイドに与えた影響は深刻であり、コロナ患者を受け入れた病院もそうでない病院もともに経営上の困難に直面している。繰り返しになるが、COVID-19 の厄介な性質がこうした状況を引き起こしている。最前線の医療従事者を支援する取り組みはさまざま考えられるが、まず重要なのは彼らの果たしている役割の重要性を、潜在的な患者である国民はしっかり理解しなければならない。そしてまさにエッセンシャルな働きをしてくれている人々の労に報いるために、診療報酬は適切に支払われなければならない³⁵。

命の危険性のある感染症のパンデミックは非常時の危機管理の問題として捉えるべきであり、診療報酬も特別の働きをする人々のインセンティブが保たれ

³⁴ 体制整備という観点では医療機関における人材育成も重要であり、これについては補論 I でごく簡単にふれている。

³⁵ 今回の事態で最初に診療報酬に注目が集まったのは、オンライン診療をめぐる時の時だった。

るよう、弾力的な運用が求められる。実際、重症患者を治療する病院への診療報酬は、4月には本来から倍増、5月には3倍に引き上げられた。よってICUの入院料は、1人1日あたり8~14万円程度だったものが、24~42万円程度になる（『日本経済新聞』2020年5月26日朝刊）。筆者らの別のシミュレーションでは、ある大規模病院で、重症患者に対して看護師3人で対応をした場合の1人1日あたりの費用が30万円プラスアルファと算定された。あくまで金額のみの表面的な話ではあるが、5月の診療報酬の増強は重症のコロナ患者を診る病院にとっては大きな助けとなるだろう。しかしながら、前節の仮想的病院で考えた場合、3倍増でもまだ厳しく、少なくとも5倍程度の増額が必要となる³⁶。今後病院経営の実態が個別に詳らかになってくるが、実際の状況に見合った支援を診療報酬のしくみのなかでも行わなければならない。

この他にも、大学病院関係者からは、コロナ患者を受け入れた病院については診療報酬の全体的な上乘せを求める意見も寄せられている。また、地域による状況の違いを考慮して、全国一律ではなく、地域で異なる診療報酬の引き上げ幅の適用を求める知事もいる。いずれにしても、医療供給側に直接影響を与え得る政策変数の代表格は診療報酬（単価）であり、コロナ危機という非常時に対応した弾力的な制度の運用が求められる。これにより医療従事者のインセンティブを維持・喚起することで、結果的として感染症のリスクに直面する国民の健康と福祉が守られることが重要である。

最後に

今回のコロナ禍を経験し、医療体制やそれを取り巻く環境の大切さを改めて思い知らされた人は多いのではなかろうか。故宇沢弘文教授が、医療を自身が提唱した社会的共通資本の枠組みのなかで把握されていたことはまさに慧眼である（宇沢・鴨下，2010）。社会的共通資本（social common capital）では、ある環境やしくみの社会構成員全員にとっての基本的有用性をもって、その重要

³⁶ 1日1病床で65万円であったから、 $65/14 \div 4.6$ となり、これが5倍程度の根拠である。ただし、われわれの試算は人件費に注目した非常に単純なものであり、他に必要となるであろう諸々のコストは含まれていない。したがって、さらなる増額が必要となることも十分予想できる。

性が訴求される³⁷。一般的には、社会の財産そして共通の財産、という点が注目されるのだろうが、今回はとりわけ最後に付け加えられた「資本」としての医療の存在意義に気づかされた思いがする。医療サービスへの支出などフローの指標は話題に上ることは多いが、緊急時の医療体制は機器や人材も含めて一朝一夕に手に入るものではなく、まさに計画的に蓄積されるべき医療資源ストックなのである。今回の事態を教訓として、これまで以上に頑健なシステムの構築が求められる。

本稿執筆時点で、日本そして世界がコロナショックに見舞われて1年が経とうとしている。しかし、わが国の新型コロナに際してのガバナンス体制は、初期の大混乱からいまに至るまで、残念ながら大きく改善したようにはみえない。PCR検査をめぐる対応をはじめ全体として、「専門家会議と国（内閣官房，厚生労働省，経済産業省など）」および「国と地方自治体」，そしてまた「国と臨床現場」のあいだの溝は埋まっていない³⁸。アメリカの疾病対策センター（CDC）や韓国の疾病管理本部などを参考に、何らかの司令塔組織が創られることになるのかもしれないが、重要なのはそれを中心とした強固な感染症ガバナンス体制をいかに構築するかである。パンデミック発生のような非常時に、即時に適切に機能する指揮命令システムが必要という点では（もちろん病床確保をはじめとした事前の準備をふまえて），たとえば自衛隊の役割ももっと注目されるべきである³⁹。また，感染症ガバナンス体制が機能するような法整備（個人の自由な行動にどれだけ政策的介入が可能か）についても国民的議論が必要である⁴⁰。なぜならそこには，感染症被害と経済被害をともに抑える解が存在する可能性があるからである。

³⁷ 社会的共通資本の具体的形態の3類型は，自然環境，社会的インフラストラクチャー，そして制度資本であり，医療は教育や司法などと並んで制度資本に含まれる。

³⁸ 専門知を大事にすることは当然だが，未知の事象に対しては専門家の意見も大きく分かれることを十分に認識しておくべきである。したがって，異なる見解にもしっかりと耳を傾け，それを一つの政策へと昇華させる政治的しぐみの構築が不可欠である。

³⁹ 自衛隊中央病院は，初期に集団感染が発生したクルーズ船ダイヤモンド・プリンセス号の新型コロナ陽性者を重症者も含めて200名以上受け入れたものの，院内感染を防ぎ，優れたパフォーマンスを発揮した。

⁴⁰ 高齢者施設への適用など，当然ながら局所的運用も視野に入れる必要があるだろう。

付録

本稿の分析で使用したデータ

データ	データソース
PCR検査陽性者数（日本）	厚生労働省ウェブサイト（新型コロナウイルス感染症オープンデータ；東洋経済オンライン「新型コロナウイルス 国内感染の状況」制作：荻原和樹も使用）および「都道府県別新型コロナウイルス感染者数データ」（ジャグジャパン株式会社）
PCR検査陽性者数（ドイツ）	COVID-19 Report (https://jpmarket-conditions.com/COVID-19/ja/Germany/)
各都道府県データ（可住地人口密度、平均気温、昼夜間人口比率）	「統計でみる都道府県のすがた2020」（総務省統計局）
西浦予測（発症、入院、重症）	新型コロナウイルス感染症対策専門家会議資料
新幹線の駅の有無（ダミー変数）	Enpedia「新幹線の駅の数ランキング」
モビリティデータ	Googleについては、「COVID-19コミュニティモビリティレポート」を、docomoについては、水野・大西・渡辺（2020）の「国内人口分布統計（リアルタイム版）モバイル空間統計」を使用
重症者数、ICU病床数	厚生労働省ウェブサイトおよび厚生労働省「平成30年病床機能報告」

参考文献

- Acemoglu, D., V. Chernozhukov, I. Werning and M.D. Whinston (2020) “A Multi-risk SIR Model with Optimally Targeted Lockdown,” NBER Working Paper Series No. 27102.
- Avery, A., W. Bossert, A. Clark, G. Ellison, S.F. Ellison (2020), “Policy Implications of Models of the Spread of Coronavirus: Perspectives and Opportunities for Economists,” NBER Working Paper Series No. 27007.
- Barro, R.J., and X. Sala-i-Martin (2003) *Economic Growth*. 2nd ed., MIT Press, Cambridge, MA.
- Bassino, J.-P., and G. Ladmira (2020) “Socio-economic Factors Influencing COVID-19 Spread in Japan: Evidence from the Second Wave (March-May 2020),” mimeo.
- Fernández-Villaverde, J. and C.I. Jones (2020) “Macroeconomic Outcomes and COVID-19: A Progress Report,” mimeo.
- Watanabe, T. and T. Yabu (2020) “Japan’s Voluntary Lockdown,” Covid Economics: Vetted and Real-Time Papers, Issue 46, pp. 1–31.
- 伊藤邦彦・永田容子・浦川美奈子・加藤誠（2012）「結核病床の施設整備状況に関する全国アンケート調査」, 『結核』, 第 87 巻第 6 巻, pp. 475–480.

- 岩本康志（2020）「実効再生産数が低下する 5 つの理由」,
(<http://iwmttyss.blog.jp/archives/1077409771.html> [2021 年 1 月 25 日
閲覧]).
- 宇沢弘文・鴨下重彦 [編著] (2010)『社会的共通資本としての医療』東京大学
出版会.
- 厚生労働省 診療の手引き検討委員会 (2020)「新型コロナウイルス感染症
COVID-19 診療の手引き 第 4 版」,
(<https://www.mhlw.go.jp/content/000702064.pdf>. [2020 年 12 月 14 日
閲覧]).
- 小林慶一郎・佐藤主光 (2020)「コロナ後の経済・社会へのビジョン—ポストコ
ロナ八策」, 小林・森川編著『コロナ危機の経済学』終章所収, 日本経済新
聞出版社.
- 土居丈朗 (2020)「コロナ危機で露呈した医療の弱点とその克服」, 小林・森川
編著『コロナ危機の経済学』第 9 章所収, 日本経済新聞出版社.
- 細野薫 (2021)「日本における自発的ステイホームの疫学のおよび経済的帰結」
(RIETI ディスカッション・ペーパーとして採録予定).
- 細谷圭・増原宏明・林行成 (2018)『医療経済学 15 講』新世社.
- 水野貴之・大西立顕・渡辺努 (2020)「流動人口ビッグデータによる地域住民の
自粛率の見える化-感染者数と自粛の関係-」, キヤノングローバル戦略研究
所コラム,
(https://cigs.canon/article/20200422_6369.html. [2020 年 12 月 10 日
閲覧]).
- 茂木良平・安中進 (2020)「COVID-19 死亡率の要因国際比較分析」WIAS
Discussion Paper No. 2020-001 (早稲田大学高等研究所).

補論

A. 感染症の分類

分類	分類基準	実施できる措置	疾病名
一類感染症	危険性の程度に応じて分類 (感染力と罹患した場合の重篤性)	・ 対人：入院（知事が認めるとき） ・ 対物：消毒の措置 ・ 交通制限の措置	エボラ出血熱、痘瘡、ペスト
二類感染症		・ 対人：入院（知事が認めるとき） ・ 対物：消毒の措置	結核、SARS、MERS
三類感染症		・ 対人：入院（知事が認めるとき） ・ 対物：消毒の措置	コレラ、赤痢
四類感染症	上記以外で動物を介して感染	・ 動物への措置を含む消毒	A型肝炎、マラリア、日本脳炎
五類感染症	国民や医療関係者への情報提供が必要	・ 発生動向調査	麻しん、AIDS、感染性胃腸炎（ロタウイルス）、細菌性髄膜炎
新型インフルエンザ等感染症	新たに人から人に伝染するインフルエンザで、免疫がないことで、急速なまん延で国民の生命と健康に重大な影響を与えるおそれ	・ 対人：入院（知事が認めるとき） ・ 対物：消毒の措置 ・ 政令により一類感染症相当の措置も可能 ・ 感染したおそれのある者に対する健康状態報告要請、外出自粛要請等	新型インフルエンザ
指定感染症	既知の感染症で、一類から三類感染症と同等の措置を講じなければ、国民の生命と健康に重大な影響を与えるおそれ	一類から三類感染症に準じた対人、対物措置（延長含め最大2年間に限定） COVID-19は二類感染症相当？	危険性が高く特別な対応が必要なものを政令で指定 COVID-19
新感染症	ヒトからヒトに伝染する未知の感染症で、重篤かつ国民の生命と健康に重大な影響を与えるおそれ	厚生労働大臣が都道府県知事に対し、対応について個別に指導・助言 一類感染症に準じた対応（政令で規定）	危険度が高い感染症が確認されたとき

出所：厚生労働省発表資料等に基づき筆者作成。

たとえば <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000675228.pdf> を参照のこと。

B. 医療法上の病床と診療報酬制度

医療法上の「病床」とは、疾患・病態に基づく精神病床、感染症病床、結核病床、療養病床と、これら以外の一般病床しかない。ICUや救命救急は、密度の濃い医療提供を診療報酬（特定集中治療室管理料、救命救急入院基本料）で補填するものであり、医療法上は一般病床となる。ICUは重要臓器の機能不全により生命の危機に瀕している患者のための病床であり、外部からの感染症を防ぐことに重きを置いている。しかしながら、入院患者から医療従事者への感染は想定内とはいえなかった。その理由は、医療法上、感染症は感染症病床が担うこととされていたためで、感染力が強く濃密な医療提供が必要なエボラ出血熱などの一類感染症は、発生頻度が稀なこともあり、国際空港近くの特定感染症医療機関（全国に4つ）か、各都道府県に数床しかない第一種感染症指定医療機関での対応が想定されていた。加えて、感染症病床が満床になること（2019年度の病床利用率は3.8%。結核病床で33.2%）も稀であり、また感染

症病床での濃密な医療提供も、そもそもの利用率が低いため想定されていなかった。

C. 電子カルテの必要性

電子カルテの話も医療制度改革では定番の論点であるが、大きく前進した様子は残念ながらみられない⁴¹。今回こそ、と期待したい。原則患者本人や家族や関係者の同意があれば、専門職としての医療スタッフがいつでも閲覧可能とすればよい。この際、蓄積された過去の診療カルテ情報（可能なら処方薬の情報も）は共通のフォーマットで入力されていれば利便性が高く、これからその取り組みを迅速に進めるべきである。さまざまな抵抗はあるだろうが、ニューノーマルが求められる状況では、これはぜひとも必要なことである。

D. 高齢者の実質的ロックダウンの効果

年齢階層で考えた場合、COVID-19 は特に高齢者に深刻な影響を及ぼすことが明らかになっている。これまでのところ日本で欧米のような爆発的な感染を回避できている大きな理由の一つには、介護施設等において高齢者の実質的ロックダウンがなされ、それが奏功していることが考えられる。経済活動とのバランスをとるうえでも、高齢者へのロックダウン政策が有効であることは Acemoglu *et al.* (2020) も指摘しているところである。常日頃から季節的な感染症と対峙している高齢者介護施設の実態をここにまとめておきたい（職員から聞き取り調査を行った）。

- 介護施設においては、ひとたび感染症が蔓延すると、活動継続が不可能となる。特に特別養護老人ホームは生活の場であり、医療を提供しないため、医師の配置が必要数しか義務づけられていない。蔓延すると入所者を病院に入院させなければならず、また入院時期の遅れも許されない。
- 入所者家族でも施設内入室を禁止した（iPad 等を活用して、テレビ電話による面会）。職員は県外への移動が禁止され、また県外から来た人との接触

⁴¹ 医療制度改革における論点としてのかかりつけ医と電子カルテについては、細谷他（2018）の第 15 講を参照されたい。

も自粛するように要請された。

- COVID-19 対策のための費用（消毒液、アクリル板など）を介護報酬として利用者に請求してよいとの通知が出されたが、月額上限の介護保険において、対策費用が介護報酬に上乗せされると上限額を超えてしまう。よってその他の介護保険サービスを諦めざるを得ない状況となり、ケアマネージャーや利用者から苦情が出ることもある。また、上限額を超えた部分を混合介護として利用しようとしても、年金収入が低いとこれができず、利用を控えることもある。結果的に、施設側が負担する事例もあったようだ。

E. 感染症病床と病棟単位での管理

2019 年度での病床利用率が 3.8%であった感染症病床に対して、ECMO 等の医療機器を常時備えておくのは現実的ではない。厚生労働省 診療の手引き検討委員会（2020）も引用している COVIREGI-JP のデータに基づく、入院患者 2,600 例のうち、酸素投与を要した中等症例が 30%、重症例が 9%、残りが軽症例であった⁴²。診療の手引きで推奨しているように、陰圧個室で治療する場合には、わが国の感染症病床が 1,871 床であるので、1 日の PCR 検査陽性者が 6,237 人を超えると、中等症例の患者で感染症病床がすべて埋まる計算となる⁴³。よってさらに陰圧個室を整備することが望ましいが、いずれ病棟全体での感染症対策が必要である。わが国の病院は多床室が基本となっているからである。したがって病床ではなく、病棟（フロア）単位での感染症対策が求められる。また平時も非常時も使用できる人工心肺装置・ECMO 確保のため、補助金の充実も急務であろう。わが国では、伝染病予防法の経緯から、感染症についてはおもに公立病院が担ってきた。高度急性期の病院が COVID-19 のなかでも通常通りの治療を実施し続けるためにも、公立病院にその機能が期待される

⁴² 2020 年 12 月 25 日に、診療の手引き 第 4.1 版が公表されたが、ここでの記述は第 4 版に基づいている。

⁴³ ただし重症例は ICU 等での治療を想定している。また結核病床は 3,502 床であるが、そのうち個室は 2 割弱（伊藤他，2012 年）との結果が報告されており、場合によってはこれが使用できるのかもしれないが、中等症例の患者にふさわしいのかについては専門家による判断が必要である。

かもしれない（もし感染爆発の局面を迎えた場合には、すでに述べたような非常時緊急体制のすみやかな構築が必要である）。

F. COVID-19 の治療の概要

COVID-19 の治療方法に関しては、厚生労働省 診療の手引き検討委員会（2020）が「軽症」、「中等症（呼吸不全の有無によってⅠとⅡに分かれる）」、「重症」によって、治療方法を示している。軽症患者に関しては、経過観察が中心となり、内服による解熱薬や鎮咳薬などの対症療法は必要時のみとされている。呼吸不全のない中等症Ⅰでは、酸素飽和度（ SpO_2 ）を 1 日 3 回程度測定することとされ、対症療法な治療を行うことがメインとなる。呼吸不全のある中等症Ⅱでは酸素投与が必要になり、人工呼吸器や ECMO の医療体制が整う施設への転院が検討される。ステロイド薬（デキサメタゾン 6mg[薬価 100～200 円]を 1 日 1 回 10 日間）の早期の使用が推奨され、抗ウイルス薬のレムデシビル（現時点ではギリアド社による無償提供だが、2020 年 6 月 30 日に公的保険をもつ先進国向けには 1 人あたり 2,340 ドルにすると発表した）の使用も検討される。酸素マスクでも SpO_2 を維持できなかった場合には、人工呼吸への移行が検討される。また中等症Ⅱ以上では、陰圧個室の利用が望ましいとされている。

COVID-19 の重症では、肺炎の状態に応じて L 型（比較的軽症、肺はやわらかく換気量が増加）と H 型（重症、高度な肺水腫）に分かれる。呼吸療法や鎮静の対応が異なり、とりわけ H 型は ECMO の導入が検討される。L 型から H 型への移行の判断も困難とされ、集中治療の専門知識と監視体制が必要とされる。気道管理が重視され、幅広い経験を有する専門医（救急専門医、集中治療専門医など）が治療チームに必要とされる。この段階に至ると、治療者は必ずフェイスシールド、N95 マスクが必要とされ、さらに気管挿管時にも口腔内を直接のぞき込まずモニター画面で実施する方法がとられる。人工呼吸を実施するにあたり、低流量酸素療法（患者の 1 回の換気量の不足分を室内の空気で補う方法）を第 1 選択とする。ECMO に対して過大な期待がかけられるが、厚生労働省 診療の手引き検討委員会（2020）においては、高度な肺繊維化が進んだ場合には困難であること、事前のインフォームド・コンセントが必須であるこ

とを述べており、万能ではない。

G. COVID-19 の病態と医療制度上の病床区分との関係

- 軽症については、自宅や宿泊施設でも対応可能だが、サイトカインストームのリスクが高いならば、医療機関への入院が必要とされており、そのための病床は「病床機能報告」での急性期病床か第二種感染症指定病院の感染症病床になると思われる。
- 中等症Ⅰは呼吸不全がないが、入院治療が必要とされており、「病床機能報告」での急性期病床か、第二種感染症指定病院の感染症病床になるだろう。
- 中等症Ⅱは呼吸不全ありで、酸素マスクが必要となる。手引きでは陰圧個室の利用が望ましいとされているので、第二種感染症指定病院の感染症病床か、それが無理な場合には「病床機能報告」での急性期病床もしくは高度急性期病床となる。

実態を考えた場合の中等症Ⅱまでの対応についての注意点を指摘しておきたい。まず第二種感染症指定病院の感染症病床は、基本的には公的病院や公立病院に多く、大学病院には少ない（80 大学病院中 16）。また高度急性期病床は、大学（および特定機能）病院の大部分の病床と都市部もしくは県庁所在地の大規模病院の一部の病床に限定されるだろう。一方、感染症病床を有する病院では、高度急性期病床を有していないこともある（大阪の十三市民病院は急性期病床まで）。さらには、ICU、救急救命病床、HCU、NICU 等もちろん高度急性期病床に含まれるが、厚生労働省 診療の手引き検討委員会（2020）が推奨する陰圧個室の設備はその一部にしかない。

- 重症に至った場合は、高度急性期病床のなかの、ICU（場合によっては救急救命病床、一部 HCU、SCU などと考えられる）で、常時管理が必須である。ICU を有する病院は、大学病院、都市部もしくは県庁所在地の大規模病院のみで、大学病院以外は数床の場合もあることに留意する必要がある。医師や看護師をはじめ医療スタッフが必要なことはもちろんであるが、他の患者への感染対策が万全であるかも重要である。大学病院でも新型コロナ

患者を ICU で引き受けることに躊躇することもある。

ポイントを簡単にまとめると次のようになる。

軽症：自宅，宿泊施設，病院（急性期病床）

中等症Ⅰ：急性期病床，第二種感染症指定病院

中等症Ⅱ：急性期病床，第二種感染症指定病院，高度急性期病床

重症：高度急性期病床の ICU，感染症対策がなされた大学病院

いずれにせよ，専門病院を作らないとすると，軽症から中等症の患者は一般病院，重症患者は大学病院というのが，医療体制として理想的だといえよう⁴⁴。参考として，以下に大学病院 ICU での COVID-19 の治療例の一部を列举しておく。

- ・ 聖マリアンナ医科大学病院
- ・ 自治医科大学附属さいたま医療センター
- ・ 東京医科歯科大学（ECMO は 4 台，重症者には看護師 1 対 1 配置）

<https://webronza.asahi.com/national/articles/2020051800003.html?page=1>

- ・ 山梨大学附属病院（9 月 21 日に COVID-19 対応の新病棟を運用）
- ・ 福岡大学病院

<https://news.yahoo.co.jp/articles/2eb1c6c116709090464cfc21aced6ddcf7e8e533>

- ・ 大阪大学医学部附属病院，北里大学病院（治験実施）
- ・ 東海大学医学部付属東京病院（都内で最初の COVID-19 専用病棟開設）

⁴⁴ BS-TBS「報道 1930」（2021 年 1 月 12 日放送）では，「コロナを診ない病院を作れ」（<https://www.youtube.com/watch?v=8XQlkWF23dE>）とタイトルをうち，長野県松本医療圏での COVID-19 の医療体制を紹介している。松本医療圏（松本市，塩尻市，安曇野市，麻績村，生坂村，山形村，朝日村，筑北村）では，松本市立病院（公立，199 床）が 25 床で中等症患者を，安曇野赤十字病院（公的，316 床）が 4 床で中等症患者を，相澤病院（民間，456 床）が 7 床で透析・中等症患者を，松本協立病院（民間，199 床）が 3 床で中等症患者を，まつもと医療センター（国立，437 床）が 15 床以上で重症と中等症患者を引き受けることとなった。また安曇野市にある県立こども病院（公立，200 床）が全県の子供と妊婦（重症）患者を，信州大学医学部附属病院（国立，677 床）が全県の最重症患者を引き受ける体制となっている。

現状では症状のステージに応じて転院や転床が必要になることも十分に予想され、「ワンストップ」で治療をすることが叶わない可能性がある。すなわち、COVID-19 の個別特殊事情として、通常は推奨される機能分化が意図せざる弊害をもたらす可能性があることには注意が必要である。病態が急激に変化するおそれのある COVID-19 では、高度な機能を有する専門病院があることが望ましい⁴⁵。

最後に大学病院が感染症患者を治療しないという戦略で COVID-19 に立ち向かう場合は、第二種感染症指定病院の設備の増強（陰圧個室、ICU、ECMO）と有事の医療スタッフの手配（他の病院の医師や看護師を当該 ICU に投入できる体制づくりと有事オペレーション訓練）は必須である。ただし、現状では大学病院で「治験」や専用病棟の開設を行っており、また東京では重症患者の治療に大学病院があたらざるを得ない実態がある。

H. 医療計画における感染症対策：長野県の事例

都道府県の医療計画の例として長野県について紹介する。長野県では 2017 年に「第 2 期 信州保健医療総合計画(2018 年度～2023 年度)」が策定された。このなかで感染症対策に関わる事項は、第 8 編の「疾病対策等」の第 7 節の 429～458 ページにまとめられている。そこでは現状と課題について統計を用いて論じ、「目指すべき方向と施策の展開」では、県の取り組みとして、以下の 4 点を挙げている。

1. 感染症の予防について、広報媒体で県民に周知
2. 一類・二類感染症、新感染症患者の発生に備えた準備の推進と、感染症病床の支援
3. 感染症の発生情報の収集・分析、情報提供
4. 感染症に関する人材の養成、疫学調査の担当部局の連携強化

上記を達成するための数値目標として、「現状を維持する」項目が、感染症指定医療機関の運営支援、検査体制の整備（機器の計画的更新）、研修会派遣、正

⁴⁵ COVID-19 の患者を引き受けることで他の重篤な疾患の患者を犠牲にしてしまっている大学病院は、医療スタッフや設備の関係上、そうせざるを得ない状況に追い込まれているといえよう。

しい知識の普及啓発である。「現状以上を目指す」項目は、検査施設の精度管理（内部監査）、研修会開催であり、「実効性を確保する」項目は、患者移送のための体制整備（移送車両、移送業者との委託契約）である。

上記の施策に対しては、COVID-19 前の状況下では極めて合理的な計画といえる。県の予算が逼迫するなかで、予算を要する項目については最低限「現状維持」を目指し、少ない予算で賄えるものについては「現状以上」を目指している。万が一、上記の目標に対して潤沢な予算が割り振られていたとしたら、COVID-19 が発生しなかった場合には、県民から批判を浴びていたであろう。現状からこれを批判することはフェアではない。

ここに示したのは長野県の事例に過ぎないが、多くの都道府県でも新感染症を想定した計画を有していたとは考えにくい。COVID-19 を経験した現在においては、有事に備えた医療計画を策定すべき、との思いに駆られるが、そのための財源を拠出する覚悟も同時に必要となることはいうまでもない。

I. 先を見据えた感染症人材の育成

今回の COVID-19 のような厄介な特徴をもつ感染症に対して、適切な対応能力を有する医療人材（医師、看護師、他のコメディカル）はすぐに育成できるわけではなく、災害時の主導的人材のように今後は計画的に育成を図らなければならない。大学医学部や看護学校は今後意識的に感染症シフトを採らざるを得ないだろうが、呼吸器症状が著明に表れ、ICU に大きく依存して治療が進められる COVID-19 タイプの感染症では、ECMO に代表される高度な医療機器への習熟が必須となる。しかし、これまで ECMO はその性質上、広く一般的に医療現場で使用されてきたわけではない。そのため、ECMO に関わる多くの医療スタッフが確実に機器を使用できるよう、国も講習会の開催などをはじめとして、トレーニングを強力にバックアップする必要がある。

また、実際に ECMO を稼働させる臨床工学技士の存在も不可欠である。臨床工学技士は全国に 28,000 名ほど（厚生労働省『令和 2 年版 厚生労働白書』）、一般病院に限定すると 20,000 名あまり（厚生労働省「平成 28 年 病院報告」）いる。今後は間違いなく人材へのニーズも急速に高まることが予想されるため、計画的な育成・増強が不可欠である。