

ワクチン配布のメカニズムデザイン

野田 俊也

新型コロナウイルスに対するワクチンの効率的配布は、メカニズムデザインやオペレーションズ・リサーチの技術を使って解決すべき社会的課題である。本稿では、メカニズムデザインの中心的研究対象の一つであるオークションのモデルを応用し、望ましい配布の方法を議論する。オークションのように金銭の移転が用いられない場合は、希望者の選好の強さのスクリーニングを試みると、競争から労力が浪費され、社会厚生が低下する恐れがある。ゆえに、実務的によく用いられた先着順の予約システムより、スクリーニングを行わない抽選制のほうが効率的な場合がある。

キーワード：COVID-19, ワクチン配布, スクリーニング, オークション, ラショニング

1. 新型コロナウイルスとワクチン

2019年に発生した新型コロナウイルスの世界的流行は、世界経済と社会厚生に甚大な影響を与え、本稿の執筆時点である2021年末もなお、流行は完全には収束していない。

事態の深刻さに応じ、新型コロナウイルスに対するワクチンの開発・承認も異例の速さで進められた。2020年末以降、いくつかの製薬会社が開発に成功した本ウイルスに対するワクチンは、大きな期待をもって現場に投入され、多大な成果をあげた。筆者は医療の専門家ではないため、ワクチンの効果については必要最小限の内容を概観するに留めるが、臨床試験においてワクチンには新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の重症化・発症を防ぐ効果が確認されている。また感染を予防し、ワクチンの接種を受けた者が他者に感染を広げること防ぐ効果も期待されている。重症化・発症を防ぐ効果は、医療従事者の健康と安全を確保したり、入院が必要な患者数を減らしたりするなどして、医療資源の逼迫を防ぐことにつながるし、感染予防効果が期待できるならば、徐々に感染者の人数を減らし、流行を収束させることができる可能性もある。

優れた効果をもつワクチンが登場したならば、なるべく多くの人にワクチンを接種することがパンデミックの解決につながる。このうえで、接種率の目標を達成するだけではなく、その途中経過を順調にするためにワクチン配布のロジスティクスを詰めることも重要となる。ワクチンの製造は逐次的にしか行うことができないため、供給は緩やかにしかなされないが、接種

希望者・対象者は、問題の開始時点から大量に存在するからだ。特に配布の初期段階では、限られた供給に対し、膨大な需要が存在する。円滑に、そして効率的に接種を進めるためには、配布のロジスティクスを適切に策定することが必要不可欠となる。

誰が感染を広げやすいか、そして誰が感染した場合に重症化のリスクが高く、深刻な被害を受け、多くの医療資源が必要となってしまうかを考察し、社会としてなるべく適切な順番で、速やかにワクチンの接種を進めることは、パンデミックの社会的被害を最小化することにつながる。ウイルスとワクチン双方の性質を検討し、医学的な知見を踏まえたうえで、社会にとって最適なワクチンの配分の仕方を考え、なるべく混乱のない形でその配分を達成するシステムを設計することは、メカニズムデザインやオペレーションズ・リサーチの技術を使って考察されるべき課題である。

日本はこのワクチン配布について、称賛されるべき成果をあげた。英オックスフォード大学の研究者らが運営する“*Our World in Data*”の集計によれば、世界のワクチン接種状況で日本の2回目接種率は2021年11月14日時点で75.5%となり、75.3%のカナダを上回ってG7で最大となった。この効果もあり、日本は原稿を執筆している11月末の時点で、新規感染者数をかなりの程度抑え込むことができた。

しかし、最終的に高い接種率を達成できたことは、政策に反省点がなかったことを意味しない。特に、ワクチン配布の過程では、諸外国と同様に、日本でも多くの混乱が見られた。今後、ブースター接種や変異株に対応する新しいワクチンの接種が行われる可能性、そして別の病原体によるパンデミックが発生する可能性を踏まえ、本稿では、円滑に、効率的にワクチン接種を行うにはどうすれば良いかを検討する。

のだ しゅんや
東京大学大学院経済学研究科
shunya.noda@e.u-tokyo.ac.jp

2. 接種のタイミングとスクリーニング

最適なワクチン配布を巡る論点は多く、注目する論点を絞らなければ分析に適した簡便なモデルを構築することはできない。本稿では、「『ワクチンを早く打ちたい』という選好に個人差があり、かつその選好は外部から観察できない」という特徴に注目しつつ、「誰が先にワクチンを打つか」を決める配分問題を考察しよう。想定しているのは、「医療従事者」「高齢者」「その他の成人」のように、外部から観察可能な属性をもとにした段階的な接種のカテゴリー分けをしたうえで、カテゴリー内で誰が先にワクチンの接種を受けるかを決めるという問題である。

I 人の接種希望者に対して、ただ 1 本のワクチンを配布する問題を考える。もちろん、実際にワクチンが 1 本しかないという状況を分析したいわけではない。ある時点で見たときに、接種希望者の数がワクチンの供給を大きく上回っている状況を単純化しているだけだ。希望者 i は（このタイミングで）接種を受けることにより、評価 v_i を利得として得ることができる。接種を受けられなかった場合の利得は 0 である。評価 v_i は希望者 i の私的情報 (private information) であり、ワクチンを配る政府からは直接観察できないものとする。また、各希望者の v_i は連続分布 F から独立な試行として実現すると仮定する。

希望者 i に対するワクチンの配分を $x_i \in \{0, 1\}$ で表す。すなわち、希望者 i にワクチンが配分されるとき、 $x_i = 1$ と書き、配分されないときは $x_i = 0$ と記述する。ワクチンは 1 本しかないことから、 $\sum_{i=1}^I x_i \leq 1$ が配分問題の制約となる。希望者 i がワクチンの予約に際してかけるコストを $p_i \geq 0$ とおく。本稿では、このコストが金銭的なものであるケースと、先着順の予約システムの下で他者に先んじるためにかける「無駄な努力」であるケースの双方を考慮する。希望者 i がこの配分問題から受ける利得は、

$$v_i x_i - p_i \quad (1)$$

である。

メカニズムデザインでは、配分 x やコストの支払い p を決定するような制度を設計する。制度が与えられると、希望者らがプレイするゲームが定められる。つまり、

1. 接種希望者らがプレイヤー
2. 評価 v_i とその分布 F が各プレイヤーの私的情報 (タイプ) とその分布

3. 制度のもとで接種希望者らが行うことができる行動の集合が、ゲームの行動の集合
4. 行動の組に対応する配分やコストをもとに定められる利得がゲームの利得

となるようなベイジアンゲームである。このようなゲームのもとで、ベイジアンナッシュ均衡としてどのような帰結が生まれるかを考察したうえで、さかのぼってどのような制度を設計するのが望ましいかを考察するのが、メカニズムデザインで分析される典型的な問題だ。

制度と評価の組 v が与えられると、均衡で達成される配分の組 $x(v)$ や支払いコストの組 $p(v)$ が定まる。評価の組を均衡で達成される配分や支払うコストへ移す関数を、それぞれ配分ルール・支払ルールと呼ぶ。メカニズムデザインが目指すのは、「最適な」配分ルールや支払ルールの設計であるが、最適性を議論するためにはもちろん目的関数の設定が必要となる。本稿では、政府は社会厚生、すなわち利害関係者の利得の最大化を目指すと仮定する。そのうえで、(i) コストが金銭的なものであるケース、(ii) コストが他者に先んじて列に並ぶなどの無駄な努力であるケースの二つの場合について、どのような制度が社会厚生を最大化するかを考察する。

3. 金銭によるスクリーニング

メカニズムデザインで分析されている最も基本的な手法は、金銭の支払いによる参加者たちの配分に対する選好のスクリーニングである。この設定のもとでは、希望者 i のコスト p_i は、「希望者 i が政府に対して払う金額」として考える。このとき、社会厚生は、

$$\sum_{i=1}^I v_i x_i \quad (2)$$

で与えられる。ここで注意すべきなのは、金銭の支払いは社会厚生の中には現れないということだ。これは、希望者 i が払った金銭 p_i は、政府の目から見れば収入となり、ゼロサムとなるためだ。希望者が多く金銭を払えば払うほど政府は潤うこととなり、金銭の移転から生じる利得の合計は常にゼロとなる。

この社会厚生を最大化する配分ルールは簡単だ。ワクチンは 1 本しかないので、一番評価 v_i の高い希望者 i にワクチンを渡せばよい。つまり、

$$x_i(v) = \begin{cases} 1 & \text{if } v_i = \max_{j \in [I]} v_j; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

とすればよい (ただし、ここでは引き分けのケース、す

なわち複数の希望者の評価が同率1位であるケースを議論の単純化のために無視した)。

このような配分ルールを均衡で達成する支払ルールの設計も容易だ。各希望者が、自分が金銭をいくらまで支払ってもよいかを入札として申告するオークションを用いればよい。たとえば、二位価格オークション(second-price auction)と呼ばれる、2番目に高い申告された入札額を、落札者(すなわち最も高い入札を行った者)に払わせる支払ルールを用いると、均衡において最も評価が高い希望者以外は落札したいと思わなくなるため、スクリーニングが成功する。

金銭の移転を活用して個人の選好を割り出し、それをもとに効率的な配分を達成する試みは、メカニズムデザインの文献で長く行われてきた。筆者の知る限り、個人レベルの予約システムにオークション、あるいはそれに準ずる金銭を用いたスクリーニングを用いた国は存在しないが、ワクチン配布開始時の極端な需要と供給の不均衡の釣り合いを取るにあたり、オークションのような金銭の支払いを活用する制度を導入するのは自然な考え方だ。たとえば、Thaler [1]は、供給されるワクチンのうちごく一部のチャリティーオークションに相当する量を販売し、それによって得られた収入をパンデミックによって被害を受けた人々などの支援に活用することを提案している。

また、個人のレベルではなく、国家レベルでは金銭の支払いによるスクリーニングは活用されたのではないかと推測できる。ワクチンを開発したいくつかの製薬会社と各国政府の交渉の内容は公開されていない。しかし、ワクチン供給開始時点における感染の拡大状況と、ワクチン配布に向けた体制の整備が国によって大きく異なっていたことは明らかだ。つまり、ワクチンを早く受け取ることによる利得には国によって大きな差があった。ワクチンの供給が有償で行われていたことも考慮すると、製薬会社が供給タイミングによって異なる価格を提示したというのは自然な想像であり、また社会厚生観点から見ても正当化できる方策である。

日本がワクチン配布を開始したタイミングは、諸外国と比べて明確に遅かった。たとえば、2021年4月末の時点では日本におけるワクチンの1回目接種率は2.6%だったが、このときワクチン開発国である英国や米国はすでにそれぞれ50%と46%を達成しており、たとえば開発国ではないカナダなども33%が1回目接種を受けていた。しかしながら、もし製薬会社が供給するタイミングごとに価格差別を行ったというストーリーが正しかったとすれば、パンデミックの被害が比

較的軽微だった日本が、被害がより深刻だった国よりも遅いタイミングでワクチンの供給を受けることを選んだ、つまりワクチンの価格が安くなるまで待機したことは、日本という国の利得を考えると妥当な選択だった可能性がある。実際に価格によるスクリーニングが行われたか否かは明らかになっていない。仮に行われていたとしても、契約上の理由で口外できないなら、今後も明かされることはないだろう。各国の契約内容を比較し、真相を明らかにすることが難しそうなのは歯がゆいが、ワクチン外交の成否は、価格を含む契約内容を見なければ評価することはできない。

4. 先着順か抽選制か？

金銭の移転によるスクリーニングは、シンプルでありながら高い社会厚生を達成できる強力な解決策だが、現実には、ワクチン配布のような問題に金銭のやりとりを介在させるべきではないという空気は強く、オークションのような方式を全面的に使って接種の順番を決めることは難しい。実務的に頻繁に用いられたスクリーニングの方法は、先着順の予約システム、すなわち「早く申し込んだ希望者から順に予約枠を確保でき、枠が尽きて以降は予約を受け付けない」という方式だった。果たしてこのような方式のもとでは、どのような帰結が発生するだろうか？

本稿で分析しているスクリーニング問題の文脈に即して考えると、先着順の予約システムは希望者が「どれだけ早く並ぶか」を選択し、一番早く並んだ者が予約枠を確保する方式といえる。コストが並ぶ「早さ」の増加関数と仮定すると、「早さ」を選択することはコストを選択することと同値となるため、「全員が一斉に支払うコストの額を『入札』し、最も高い『入札』を行った者が予約枠を得る」という問題として解釈される。ただし、予約枠を得られなかった場合でも予約を試みるために労力は費やされているため、支払ったコストは返還されない。このように、金銭などによらず、何らかの無駄なコストを費やすことで需要と供給の不均衡を解消する方法を、経済学の用語ではラショニング(rationing)と呼ぶ。

希望者の目から見て、コストを支払うことで「入札」を行い、最も高い入札を行った者が予約枠を「落札」する先着順の予約システムは、オールペイオークション(all-pay auction)と呼ばれる状況と同値である。先着順の予約システム、あるいはオールペイオークションの下では、各希望者 i は、コストとして

$$p_i(v_i) = (I-1) \int_0^{v_i} yF(y)^{I-2} f(y) dy \quad (4)$$

を費やすことが最適となる（導出は、たとえば Krishna [2] の第 3 章を参照してほしい）。この費やされるコストは評価 v_i に関して増加であるため、金銭によるスクリーニングのケースで検討した二位価格オークションなどと同じく、ワクチンの予約枠は最も評価が高い希望者に配分され、配分ルールは式 (3) となる。先着順の予約システムでも、このモデルの中ではスクリーニングには成功しているわけだ。

では、果たしてこの帰結は望ましいだろうか？金銭を使うオークションとラショニングでは、費やされたコストに違いがあることに注意が必要だ。「他の人より早く予約を取るための労力」は社会的に見ると単なるコストの浪費に過ぎず、金銭の移転のように政府を潤さない。ゆえに、社会厚生は

$$\sum_{i=1}^I \{v_i x_i - p_i\} \quad (5)$$

となる。金銭を用いる場合とは異なり、支払ったコストが社会厚生から減算される。ゆえに、最も評価が高い希望者にワクチンを割り当てるだけでは社会厚生が最大となるとは限らないのである。

では、先着順の予約システムのもとでの社会厚生はいくらになるだろうか？式 (3) と式 (4) を式 (5) に代入するだけでは量感がわからないため、追加の仮定として F が区間 $[0, 1]$ 上の一様分布だと仮定したうえで、社会厚生 (式 (5)) の期待値を計算する。

実際に計算すると、先着順の予約システムが達成する社会厚生は $1/(I+1)$ となる。一方、金銭の移転を許したケースで（オークションを用いて）達成できる社会厚生は $I/(I+1)$ となる。これらをプロットした図 1 で表されるように、希望者の人数が少ないケースではこれらは似たような水準であるものの、人数 I が増えるにつれて差が開くことがわかる。これは、人数が増えるにつれて、希望者間の競争が激しくなり、各希望者が費やすコストが大きくなるためである。金銭の移転を許す場合では、このコストは政府の収入となるため、社会厚生に悪影響を与えない。しかし、先着順の予約システムの場合、かけるコストは労力の浪費であるため、競争が熾烈になればなるほど社会厚生は悪化する。ワクチン配布開始当初のような、需要（つまり希望者の数）と供給（配布できるワクチンの数）に大きな不均衡がある場合には、先着順のパフォーマンスは極めて悪いのだ。

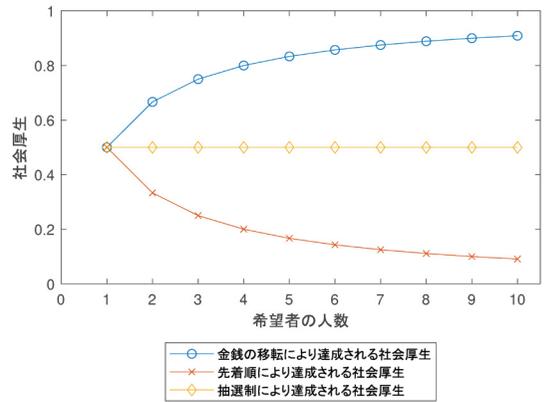


図 1 希望者の人数ごとの金銭の移転を使える場合と、先着順・抽選制の予約システムが達成する社会厚生

このパフォーマンスの悪さは、制度設計がスクリーニングを試みようとする限り、必ず発生する。具体的には、最も評価額の高い希望者がワクチンを受け取る配分ルール (式 (3)) が実現する限り、達成される社会厚生期待値は必ず同じ値となることが収入同値定理 (revenue equivalence theorem) の系として証明することができる (収入同値定理の詳細はたとえば Krishna [2] の第 3 章を参照)。

競争が労力の浪費につながることを回避するためには、労力をかけることで他人に先んじられるというゲームの構造そのものを廃するしかない。これを達成するためには、希望者がかけたコストにかかわらず、均等な確率 $1/I$ でワクチンを受け取る希望者を選ぶ方法が考えられる。先着順ではなく、抽選制で接種の順番を受けるといふ考え方だ。

誰が接種を受けるかが抽選で決まるなら、コストをかける (= 早く並ぶ) メリットはないので、希望者らが支払うコスト $p_i(v)$ は常にゼロとなる。配分 $x_i(v)$ は評価の組 v にかかわらず、確率 $1/I$ で 1、それ以外ではゼロとなる。スクリーニングに浪費されるコストはなくなる一方、最も評価が高い希望者をスクリーニングすることはできなくなっているということだ。ゆえに、達成できる社会厚生は、ランダムに選んだ 1 人の評価である $\mathbb{E}[v_i]$ となる。評価の分布 F が一様分布に従っているとき、この値は $1/2$ である。図 1 に示されているように、この値はスクリーニングを行う先着順よりも、需給の不均衡が存在する $I \geq 2$ で常に大きい。

先着順を用い、コストを浪費してでもスクリーニングを行ったほうがよいか、抽選制を使ってコストの浪費を避けたほうがよいかは、評価額の分布 F によって決まる。一様分布の場合には抽選制が勝ったが、分布

の裾が厚い場合には、スクリーニングを行う便益が非常に大きくなるため、先着順のような方法が勝る。

Hartline and Roughgarden [3] は、ハザードレート (hazard rate) $f(v)/(1 - F(v))$ の増減によってスクリーニングを行うべきかどうかが決まることを示している。一様分布のような、ハザードレートが単調増加である分布の場合、スクリーニングは行わないのが最適となり、抽選制が最適な制度となる。他方で、パレート分布のような、裾が厚く、ハザードレートが単調減少である分布の場合、スクリーニングを行ったほうが社会厚生が高まるので、先着順が最適な制度となる。ハザードレートが単調ではない場合には、この両者を組み合わせた制度が最適となる。

現実のワクチン配布の問題で、評価額の分布の裾がどの程度厚いかは、筆者が知る限り検証されていない。そのうえ、筆者は抽選制のようなスクリーニングを行わない方式のほうが実務的には有効なのではないかと考えている。外部から観察できる属性によってワクチンに対する評価額が変わる場合には、コストを用いたスクリーニングを行う必要はない。たとえば医療従事者や、高齢者・基礎疾患をもつ人々のような、高リスクの者に対しては、別個に優先権を与えることができる。これらの観察可能な属性に紐づいた要因を除いたうえで、ワクチンの予約確保にかけてもよいコストの個人差が、裾の厚い分布となるほど大きいのは考えにくいのではないだろうか。また、もし現実がごく少数の人が極めて高い評価額をもつという状況となっているのであれば、Thaler [1] が提案したように、供給量のごく一部をチャリティーオークションで販売することで対応することも現実的な策となるため、この方法を検討すべきである。こうした考慮のもと、筆者らは需給の不均衡が激しい時期には先着順以外の方法を基本としてワクチンの予約システムを設計すべきだという政策提言を行っている [4] (なお、Hartline and Roughgarden [3] では、評価額の分布が未知であるケースでも高い社会厚生を達成する制度を提案しているが、その制度は比較的複雑であり、ワクチン配布の問題に対しては実装しにくい)。

5. 政策を考える

本稿で分析したモデルは、現実のワクチン配布の状況の一部に注目し、高度に抽象化した単純なものである。現実の問題ははるかに複雑であり、制度の設計にはさまざまな要因を考慮する必要がある。本節では、オークション・先着順・抽選制の選択に深く関係する

いくつかの要因を議論する。

5.1 分析の一般化

本稿では、 I 人の希望者のうち、接種を受ける 1 人を選ぶというシンプルな状況を考えてきた。たとえば、今回配布できるワクチンの数を K 本に増やすことは多数財のオークション (multi-unit auction) の技術を応用すれば簡単に分析できるし、ワクチンを打てるタイミングがまちまちと見て、配布する「財」の質に異質性を導入する (早くワクチンを打てるほうが価値が高いという構造を入れる) ことも難しくはない。このような状況でも、先着順と抽選制の優劣に関わる問題構造は本稿で分析した基本モデルと変わらない。

分析が難しくなるのは、「早く打ちたい度合い」のような、一次元の評価 v_i で各希望者の私的情報を表すことができない場合だ。たとえば、ワクチンを接種する曜日や場所に関して多様な好みがある状況では、接種希望者の私的情報は高次元になり、最適な制度の導出もやや難しくなる。フォーマルな分析は行えていないが、特定の曜日や場所を強く好む希望者が望みどおりの予約枠を確保できる可能性に差が生じるため、先着順のようなスクリーニングを行う制度の優位性がやや上がると考えられる。

5.2 予約殺到が引き起こす追加的コスト

本稿では、先着順のシステムのもとで希望者がかける労力は、本人だけに降りかかるものと仮定していたが、実際には予約受付開始直後に殺到する行為はシステムに大きな負荷をかける。たとえば横浜市では 2021 年 5 月 3 日に 80 歳以上の高齢者向けに接種予約の受付を開始した。対象者の人口は 34 万人であり、横浜市は 100 万件/分のアクセスに対応可能なシステムを構築していたが、実際には倍の 200 万件/分のアクセスがあり、システムがパンクしてしまった [5]。100 万件/分の処理が可能なサーバーを準備することも、システムがパンクして予約が受付不能となってしまったことも、社会的には非常に大きなコストである。予約の殺到は先着順が引き起こす特異な現象であり、抽選制やオークションなどでは生じない欠点だ。この特徴は、抽選制を支持する強力な理由となりうる。

5.3 リソースの差

本稿では、希望者らのリソースの余裕、つまり金銭の支払いや労力に対して感じる不効用は一律だと仮定していたが、これはあまり現実的ではない仮定である。実際には接種希望者らの資力やマンパワーは大きく異なる。今回のパンデミックの間では、特に情報格差の問題、たとえば高齢者がインターネットの予約フォーム

で自分自身で予約を取れるか、予約が取れない場合に協力できる家族などがあるか否かが予約の取りやすさに直結した。割けるリソースに差がある配分問題は、メカニズムデザイン界でも近年注目を増しているトピックの一つである。

オークションにおいて資力に差があることより、ラショニングにおいてマンパワーに差があることのほうが、不公平性という観点からは大きな問題となる。オークションを用いた場合、裕福な接種希望者から集めた資金を、貧しい人への支援に回すことが可能だからだ。費やされるのが金銭ではなく、労力である場合には、このような再配分は全く行うことができず、マンパワーの不足で予約枠を確保できなかった家庭は一方向的に苦しむばかりである。

抽選制のもとでは、資力や労力によって予約が取りやすいか否かが左右されない。先着順こそが公平とみなす向きは強いが、むしろ抽選制のほうが公平な方法といえるだろう。

5.4 スクリーニングを行わない場合の選択肢

前節では、スクリーニングを行わない場合の選択肢として抽選制を導入した。ランダムに接種を受ける者を決める方法は、乱択アルゴリズム (randomized algorithm) の構築としては自然な発想だが、ワクチン配布のような参加者が非常に多い問題だと、抽選を行うのに手間と認知コストがかかるというデメリットがある。問題の性質上、抽選の公平性を慎重に担保しなければ反発が起きる可能性も大きい。

新型コロナウイルス感染症には、年齢が非常に大きなリスクファクターとして働くという特徴があり、多くの自治体で年齢を優先順位を決めるキーとして使う段階的接種が用いられた。この構造を応用し、年齢が高い人から順番に接種を行う方式も一案である。この場合、抽選を運営する手間は省けるし、接種希望者はいつ頃自分が接種できるかを予測しやすいというメリットがある。副反応に備えてスケジュールをあらかじめ空けやすくなることの恩恵を受ける業種の人も多い。

本稿で抽選制のメリットを分析してきたのは、先着順との比較対象としてわかりやすかったからにすぎず、論旨はあくまでも「スクリーニングを行わないほうが社会厚生が上がる場合がある」という指摘である。そのような制度の実装の仕方は色々あり、抽選制はその中では必ずしも最も優れたものではないことには注意

が必要である。

6. 結語

本稿では、新型コロナウイルスに対するワクチン配布の問題のうち、ワクチンの接種に対する選好の差を金銭・労力を使ってスクリーニングする問題に着目し、分析した。オークションのような、金銭を用いたスクリーニングは強力で、非常に高い社会厚生を達成することができる。金銭の移転が用いられない場合には、(i) それでも労力を費やせば予約が取りやすくなる状況を許容し、選好のスクリーニングを行う（先着順を採用する）か、(ii) スクリーニングをあきらめ、抽選などの方法で予約枠を配分するかを選択することになる。先着順・抽選制のいずれが優れているかは、接種希望者らの選好のバラつき、すなわち分布の裾の厚さによって決まる。しかしながら、抽選制のようなスクリーニングを行わない方法のほうが実務的なメリットが多いというのが、筆者の所感である。

もちろん、現実のワクチン配布の問題は本稿で議論し尽くせるほど単純ではない。たとえば電話予約への対応や、供給の不確実性に対する対応、医学的な知見や感染状況の変化に対する対応、接種の勧奨など、本稿のモデルとは分析対象が異なるがゆえに言及しなかった問題構造は色々ある。日本ではワクチンの2回目接種もおおむね終わり、本稿が出版される頃には3回目接種が進んでいる頃と想像するが、変異株に対するワクチンの配布や、別の病原体のパンデミックに対する備えを改善するため、最適なワクチン配布は今後も注目されるべきトピックである。

参考文献

- [1] R. H. Thaler, Getting everyone vaccinated, with 'nudges' and charity auctions, <https://www.nytimes.com/2020/12/09/business/coronavirus-vaccination-auctions-celebrities.html> (2021年12月5日閲覧)
- [2] V. Krishna, *Auction Theory*, Academic Press, 2009.
- [3] J. Hartline and T. Roughgarden, "Optimal mechanism design and money burning," In *Proceedings of the 40th Annual ACM Symposium on Theory and Computing*, pp. 75–84, 2008.
- [4] 大竹文雄, 栗野盛光, 小島武仁, 小林慶一郎, 野田俊也, 室岡健志, 「ワクチン予約システムに関する改善提案」, <https://note.com/fohtake/n/ne67657c43b7c> (2021年12月5日閲覧)
- [5] 武井宏之, 「横浜市, ワクチン予約中断 アクセス殺到『対応不十分』」, <https://www.asahi.com/articles/ASP5371JNP53ULOB003.html> (2021年12月5日閲覧)