

ベイズ確率改定と感染予防行動:日本の COVID-19 感染第一波のエビデンス

木下信^a 佐藤真行^b 依田高典^c

要約

2020年春の第一波における日本でのアンケート調査を元に、COVID-19のPCR検査のベイズ推論において、認知バイアスと感染予防行動の相関関係、感染予防行動の意図と行動の乖離について定量的に考察する。事後確率の計算には、確率と頻度を採用し、それぞれ1000サンプル回答してもらった。計量経済分析には、1段階目で事後確率を被説明変数、個人属性を説明変数とする回帰式を推定し、2段階目で事後確率を説明変数、政策評価や感染予防行動、ワクチンの支払い意志額(WTP)を被説明変数とする回帰式を推定した。その結果、高い確率を回答している人ほど、緊急事態宣言は必要だった、効果があった、経済を犠牲にしても感染予防行動を徹底する健康重視であることが分かった。さらに、本当は外出頻度や接触人数をさらに削減したいと考えているにも関わらず、実際には減らせていないことも分かった。ワクチンに対して高いWTPを示していることも分かった。

JEL分類番号: I1, D9, C3

キーワード: COVID-19, ベイズ推論, 認知バイアス

1. はじめに

世界中で感染を広げた新型コロナ・ウイルス感染症 (COVID-19)は、医学上の研究課題のみならず、社会科学上の研究課題でもある。人間は、日常生活において、PCR検査や感染予防行動に関する確率判断を求められ、社会的距離やワクチン接種のような感染予防行為をとらなければならなかった。行動経済学研究から明らかのように、人間は限定合理的なので、認知バイアスを持っている。認知バイアスには異質性が存在し、人によっては楽観的な方向に、人によっては悲観的な方向に認知が偏っている。当然、認知バイアスの偏りと感染予防行動の程度も相関しているだろう。本研究では、2020年2月から5月の緊急事態宣言解除までの感染拡大期を第一波と定義し、第一波での日本のアンケート調査を元に、COVID-19のPCR検査のベイズ推論において、認知バイアスと感染予防行動の相関関係、感染予防行

^a 龍谷大学経済学部 skinoshita@econ.ryukoku.ac.jp

^b 神戸大学大学院人間発達環境学研究所 msat@port.kobe-u.ac.jp

^c 京都大学大学院経済学研究科 ida@econ.kyoto-u.ac.jp

動の意図と行動の乖離について定量的に考察する¹。

2. 調査概要

2020年11月に日本全国に住む家庭を対象に調査した。調査はマイボイス株式会社のwebアンケートを利用した。ベイズ確率の計算方法について確率と頻度を利用し、それぞれ1000サンプル収集した。

3. ベイズ確率改訂の回答結果

新型コロナ・ウイルスに関する感染状況などのデータを与え、回答者に主観的な感染確率、つまりベイズ確率を計算してもらう。ベイズ確率には直接10%というような確率を答えてもらう方法と、100人中10人のような頻度を答えてもらう方法がある。本稿ではGigerenzer (1996)の計算方法を参考にした。

陽性の判定を受けた人が実際に新型コロナに感染している確率を回答してもらう。その際、医学の先行研究を参考にして、感度0.8、特異度0.999を仮定した(Kucirka et al. 2020)。確率を答えてもらう質問では、事前確率として、仮に第一波の日本の感染状況を踏まえて、一般市民の0.1% (1000人に1人) が市中感染していること (同時に99.9%が感染していないこと)²、新型コロナに感染した人がPCR検査を受けると、陽性の判定を受ける条件付確率(「感度」)は80% (1000人に800人) くらいであること、新型コロナに感染していない人がPCR検査を受けると、陽性の判定を受ける条件付確率(1-「特異度」)は0.1% (1000人に1人) くらいであることを回答者に情報として与えた。これらの情報を入手した上で、ある人がPCR検査を受けて、陽性の判定を受けたとき、陽性の判定を受けた人が実際に新型コロナに感染している確率を質問する。

頻度を答えてもらう質問では、事前確率として仮に現在、一般市民の10000人中10人が市中感染していること、新型コロナに感染した人がPCR検査を受けると、陽性の判定を受ける人数は10人中8人くらいであること、新型コロナに感染していない人がPCR検査を受けると、陽性の判定を受ける人数は9990人中10人くらいであることといった情報を回答者に与える。

次に本調査での計算結果を解説する。本調査でのベイズ確率の正解は44.5%である。新型コロナに感染しているという事象をH、感染していないという事象はHの余事象-H、検査

¹ ワクチンのWTPの研究として、Sasaki et al. (2020)がある。

² 入院治療を要する者(待機含む)が最も多かったのが、日本の第一波のピーク時の5月5日で、その数は1万2千人だった。日本の人口1億2千6百万人あたり0.01%が感染し、治療を受けるかあるいは、待機していたことになる。

で陽性となる事象を D とする。新型コロナに感染している事前確率 $p(H)$ が 0.001 、同時に感染していない事前確率 $p(-H)$ が 0.999 、新型コロナに感染しており、検査で陽性となる条件付確率 $p(D|H)$ が 0.8 、感染していないが検査で陽性となる条件付確率 $p(D|-H)$ が 0.001 であるとき、ベイズの公式より、

$$P(H|D) = \frac{P(D|H)P(H)}{P(D|H)P(H)+P(D|-H)P(-H)} = \frac{0.8 \times 0.001}{0.8 \times 0.001 + 0.001 \times 0.999} = 0.44469 \dots$$

となる。一方で頻度の計算は、 $8/(8+10) = 0.44444$ となる。このような計算過程を考えると、確率に基づく場合、計算が複雑になり、正解を導くのが困難な一方、頻度型では計算が容易である。

第一に、確率型質問を回答してもらった調査結果を解説する。図1は回答してもらった確率の頻度を表すヒストグラムである。平均値は56%、中央値は75%であることから、回答者は正解44.5%よりかなり高い悲観的確率を回答している。ヒストグラムを見ると、80%と回答している人が最も多い一方、5%といった低い確率を回答している人もそれなりに見られる。全体的に上方の悲観バイアスが観察される。

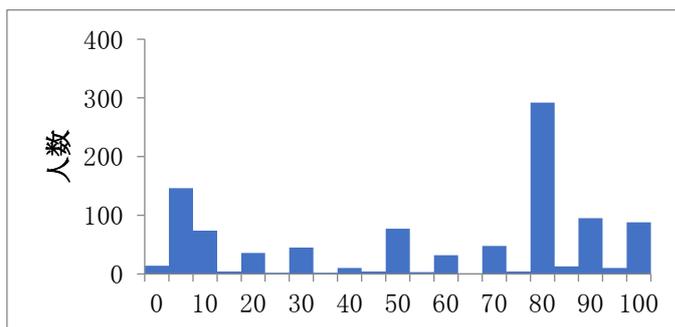


図1 確率型の回答結果

注：平均値 56.168 中央値 75 標準偏差 34.682

次に頻度型質問の結果を見る。図2はそのヒストグラムである。回答の平均値は約43%、中央値は約44%であり、正解である44.4%に非常に近い。頻度型質問の方が正解を解答し易く、この結果は先行研究であるGigerenzer(1996)と整合的である。ヒストグラムを見ると、確率の回答と同様、80%台が多い一方、5%台の低い確率を答えている人が多い。下方の楽観バイアスと上方の悲観バイアスが相殺されて、平均では正答が得られている。

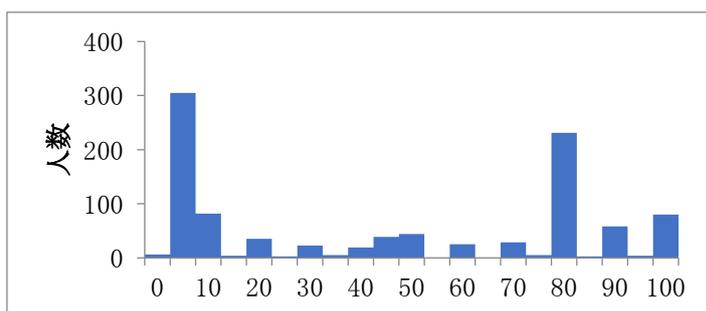


図2 頻度型の回答結果

注：平均値 43.562 中央値 44.444 標準偏差 37.778

以上をまとめると、確率型質問では高めに解答した悲観的人が多く、正解より低く解答した楽観的人のサンプルが少ないのに対し、頻度型質問では、高めに答えた人も低めに答えた人もほぼ均等に多くのサンプルが存在する。

4. 計量経済分析モデル

1段階目でベイズ確率改訂の決定要因を回帰分析し、2段階目でそのベイズ確率改訂が回答者の政府の感染予防行動への評価、行動変容やワクチン接種にどのように影響するかを考察するいわゆる2段階推定を行う。

1段階目の回帰式を説明する。被説明変数は確率型と頻度型のそれぞれの事後確率である。

$$Y_{1i} = \alpha'_1 + \beta'_1 X_{1i} + u_{1i}$$

Y_{1i} ：被説明変数：回答した事後確率（確率型，頻度型） X_{1i} ：説明変数 u_{1i} ：誤差項

1は1段階目であることを示す。

回答者のベイズ確率改訂に影響する説明変数は、①第一波の感染拡大期間中における回答者の体の健康状態、②第一波の感染拡大期間中における回答者の心の健康状態、③身近な感染者の有無、④緊急事態宣言対象7都府県ダミー、⑤女性ダミー、⑥年齢、⑦既婚ダミー、⑧無職ダミー、⑨同居家族人数、⑩大卒ダミー、⑪世帯年収を使用した。

次に、2段階目の回帰式を説明する。

$$Y_{2i} = \alpha'_2 + \beta'_2 \hat{Y}_{1i} + \gamma'_2 X_{2i} + u_{2i}$$

Y_{2i} ：被説明変数：政策に対する評価，行動変容，ワクチン接種行動

\hat{Y}_{1i} ：1段階目の推定で得たベイズ確率の推定値 X_{2i} ：1段階目推定で用いたコントロール変数 u_{2i} ：誤差項 2は2段階目であることを示す。

2段階目では、1段階目で推定したベイズ確率改訂が緊急事態宣言下での政策に対する評価、行動変容、ワクチン接種行動に与える影響を分析する。2段階目のコントロール変数

である説明変数には1段階目で使用した説明変数をすべて使用した。

5. 第一段階推定結果：ベイズ確率改訂に影響する要因

確率型の推定結果では、体の健康が悪かった人ほど低い確率を答える。一方で心の健康は有意でなかった。女性、高学歴の人ほど高い確率を答える。頻度型では、確率と同様、体の健康の悪かった人ほど低い確率を答える。一方、心の健康の悪かった人ほど高い確率を回答している。7都府県に住んでいる人ほど低い確率を回答している。この結果は想定とは逆になる。

6. 第二段階推定結果：ベイズ確率改訂が感染予防行動に与える影響

6.1. 健康と経済の重要性に対する評価

新型コロナ・ウイルスの感染拡大予防において、経済活動を抑制してでもコロナの感染を抑えるという健康重視か、その逆の経済活動のどちらを重視するかについて質問した。確率型では、高いベイズ確率を回答している人ほど健康重視である。一方で、頻度型ではベイズ確率は有意でない。

6.2. 緊急事態宣言の「発令」の必要性和「効果」に対する評価

確率型と頻度型とも、高い確率を回答する人ほど、緊急事態宣言が必要かつ効果があったと考えている。

6.3. 緊急事態宣言下での外出頻度と接触人数の削減意志

緊急事態宣言下の行動変容について、外出頻度を希望として本当は何割減らしたかったか質問している。確率型のみ有意であり、高い確率を回答した人ほど本当は外出頻度を減らしたかったと考えていたことが分かる。外出削減と同様に、接触人数についても、同様の質問をした。外出削減と同様、確率型のみ有意であり、高い確率を回答している人ほど、本当は接触人数を減らしたかったと考えていたことが分かる。感染予防行動において、外出頻度の削減意志や接触人数の削減意志のような意図が実際の行動と乖離することが指摘されている。第7節で定量的に分析する。

6.4. ワクチン接種に対する金銭的評価（WTP）

回答してもらった金額を被説明変数として、回帰分析する。その際、0円でも接種したくない人がいるため、0円で切断するトービットモデルを用いた。確率型と頻度型ともに、高い確率を回答している人ほど、ワクチンに対して高いWTP、つまり、高い金銭的評価を示していると考えている。

7. 分析結果の考察

本稿の重要な目的は、回答者のベイズ確率改訂が、政策に対する評価、行動変容やワクチン接種希望にどのように影響するかを分析することである。外出頻度削減と接触人数削減については、本当は何削減らしたかったかという希望と同時に、実際に何削減できたかも質問した。結果に差があれば、本当はさらに減らしたかったが、実際には減らせなかったという、外出自粛要請に対する政策の評価が分かる。希望では、外出頻度、接触人数とも確率型のみではあるが、ベイズ確率は符号が正で有意であった。一方で、実際の削減については、有意でなかった。高いベイズ確率を回答している人ほど、本当は外出頻度や接触人数をさらに削減したいと考えているが、実際には減らせていないことが分かる。

全体的に確率型では有意なものが多いが、頻度型では有意でないものが多い。ベイズ確率の記述統計より、確率型では高めに回答する傾向があった。確率での回答では感染確率を高めに見積もるという悲観バイアスが見られ、そのことが政策評価や外出頻度や接触人数の削減という行動自粛に影響したと考えられる。一方頻度型では平均値、中央値とも正解に近く、バイアスが見られないため、行動自粛にはそれほど影響しなかったと考えられる。一般的に感染症対策は政府や専門家といった政策の決定権のある者や専門的知見のある者が、市民に対して行動規制や対策を提示するいわゆるパターナリズムに基づいた政策が実施される。しかしながら、悲観バイアスは認知バイアスを正し、楽観バイアスは認知バイアスを放置していることが感染予防につながるという非対称パターナリズムが妥当であると考えられる。さらに、高い感染確率を見積もっている人が、希望としては、外出頻度も接触人数も削減したいと考えている状況で、実際として、削減には影響していないことから、自粛を主とし、基本的に市民個人の判断に委ねる日本の緊急事態宣言では、外出削減、接触人数削減の認知変容は、実際の行動変容には繋がっておらず、何らかの強い規制や介入も必要であると考えられる。

引用文献

Kucirka, L. M., S. A. Lauer, O. Laeyendecker, D. Boon and J. Lessler, 2020. Variation in false-negative rate of reverse transcriptase polymerase chain reaction-based SARS-CoV-2 tests by time since exposure, *Annals of Internal Medicine* 173(4), 262-267.

Gigerenzer, G., 1996. The psychology of good judgment: frequency formats and simple algorithms. *Medical Decision Making* 16(3), 273-280.

Sasaki, S., H. Kurokawa and F. Ohtake, 2020. Effective but fragile? responses to repeated nudge-based messages for preventing the spread of COVID-19 infection, forthcoming in *Japanese Economic Review*.