

# Text-Based Nudges Promoting Rubella Antibody Testing and Vaccination: Evidence from Nationwide Online Field Experiment in Japan \*

Hiroki Kato <sup>†</sup>      Shusaku Sasaki <sup>‡</sup>      Fumio Ohtake <sup>§</sup>

2022/04/07

## Abstract

This study conducted a randomized controlled trial (RCT) in a nationwide online survey to examine which text-based nudges best promote rubella antibody testing and vaccination. The main results are as follows. First, the altruistic message, which emphasizes that the fetus's health could be impaired by infecting women in the early stages of pregnancy with rubella, has a positive effect on the intention and behavior relating to the antibody test among men, who had automatically received a free coupon from the local government in 2019. Second, most people who test negative for antibodies (do not have antibodies), regardless of the type of nudge messages or whether or not they have received the coupon, have since been vaccinated. This result suggests that policies to increase antibody testing of pre-test individuals should be prioritized over those to increase vaccination of post-test negatives. Third, text-based messages have no statistically significant effect among men who had to apply for coupons themselves in 2019.

**Key words:** Rubella, Vaccination, Antibody Test, Text-Based Nudges

**JEL Codes:** D90, I12, I18

## 1 はじめに

## 2 日本における風しんワクチンの背景

ワクチン接種には、予防接種法（Immunization Act）で規定されている定期接種（routine vaccination）とそれ以外の任意接種（voluntary vaccination）がある。定期接種は原則とし

---

\*This study is conducted as a part of the Project “Implementation of EBPM in Japan” undertaken at the Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI). In completing this paper, we thank participants of the EBPM Study Group and the Discussion Paper Study Group of RIETI for their insightful comments. This research is financially supported by the Japan Society for the Promotion of Science [JSPS Grant Number: 20H05632 (F., Ohtake)] and the Ministry of Health, Labor, and Welfare. Prior to conducting a randomized controlled trial on an online survey, this study was approved by the Institutional Review Board of the Graduate School of Economics, Osaka University (R020114).

<sup>†</sup>Graduate School of Economics, Osaka University. E-mail: h-kato@econ.osaka-u.ac.jp

<sup>‡</sup>Center for Infectious Disease Education and Research, Osaka University.

<sup>§</sup>Graduate School of Economics, Osaka University. Center for Infectious Disease Education and Research, Osaka University.

て自己負担がないが、任意接種は接種料金を自己負担する必要がある。1994 年の予防接種法の改正により、定期接種は義務でなくなった。

感染予防効果を持つ風しんワクチンは、妊婦の感染防止のために 1977 年 8 月から定期接種の対象となった。この時期から中学生の女子を対象に 1 回の定期接種が行われた。1989 年 4 月から、中学生女子を対象とした定期接種と同時に、生後 12-72 カ月の幼児が麻疹ワクチンの定期接種を受けるとき、親は麻しん・おたふくかぜ・風しん混合ワクチン（MMR ワクチン）を選択することができた。しかしながら、無菌性髄膜炎（aseptic meningitis）をもたらすために、MMR ワクチンの定期接種は 1993 年 4 月に一旦中止された。その後、1995 年 4 月から経過措置（transitional measures）とともに努力義務としての定期接種が再開された<sup>1</sup>。

その結果、日本では風しんワクチンの定期接種を受けていない 2 つの年齢層が生じることになった。定期接種を受けていない世代は、(1)1962 年 4 月 2 日以前に生まれた男女と (2)1962 年 4 月 2 日から 1979 年 4 月 1 日に生まれた男性である<sup>2</sup>。1979 年 4 月 2 日以降に生まれた男女は経過措置を含めて定期接種の対象者となっているが、接種回数は年齢によって異なる。定期接種を受けていない人は自然感染による抗体保有の可能性があるだけで、ワクチン接種による風しん抗体を保有していない。

風しんの抗体はワクチン接種だけでなく、自然感染でも得られる。高齢者を中心に、風しんが流行していた期間に育った人ほど、風しんに自然感染した比率が高くなるので、風しんワクチンを接種していなくても抗体を保有している可能性が高くなる。図1は国立感染症研究所（NIID）の 2018 年度感染症流行予測調査の男女別・年齢別の風しん抗体保有率をプロットしたものである。56 歳以上の各年齢の抗体保有率の平均は、男女とも約 90% である（男性：91.3%、女性：89.4%）。一方、39 歳以上 55 歳以下の（1962 年 4 月 2 日から 1979 年 4 月 1 日生まれ）の抗体保有率の平均は、男性では、80.7%、女性では、98.3% である。つまり、この年齢層の男性の抗体保有率は同世代の女性の抗体保有率より低い。これは 39 歳以上 55 歳以下の男性は風しんワクチンの定期接種の対象外である一方、39 歳以上 55 歳以下の女性は中学生のときに風しんワクチンを接種してい

<sup>1</sup>1995 年 4 月から、風しんの流行そのものを止めるために集団免疫（herd immunity）の獲得を目的として、定期接種が再開され接種対象者が生後 12-90 カ月未満の男女に変わった。同時期に、経過措置として、以前に風しんワクチンもしくは MMR ワクチンを接種していない人が接種の対象となった。経過措置の定期接種の対象者は (1)1995 年度に小学校 1-2 年生と生後 90 カ月未満の男女、(2)1996-1999 年度に小学校 1 年生、(3)1995 年 4 月から 2003 年 9 月にかけて、1979 年 4 月 2 日から 1987 年 10 月 1 日に生まれた中学生男女である。2006 年から、麻疹風しん混合ワクチン（MR ワクチン）を用いて、2 回の定期接種が行われている。1 回目は生後 12-24 カ月の幼児期であり、2 回目は小学校入学前 1 年間の幼児期である。さらに、2007 年から始まった 10 代・20 代を中心とする麻疹の全国的な流行を受けて、2008 年 4 月から 2013 年 3 月までにかけて、当時中学 1 年生および高校 3 年生相当の学生を対象に、MR ワクチンの 2 回目接種の機会が設けられた。

<sup>2</sup>(1) は 1977 年の風しんワクチンの定期接種が始まる前に中学校を卒業したグループである。(2) は風しんワクチンの定期接種の対象が中学生女子であり、1995 年以降の経過措置の対象にならなかったグループである。

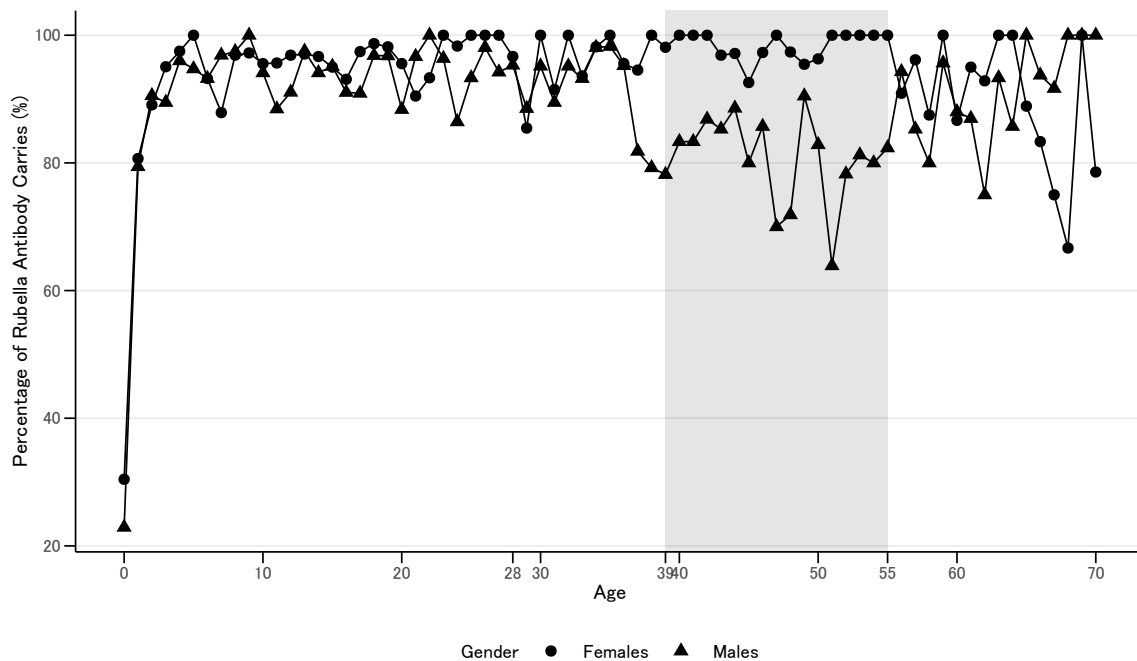


Figure 1: Percentage of Rubella Antibody Carriers at Each Age by Gender. Data: NIID "2018 National Epidemiological Surveillance of Vaccine-Preventable Diseases (NESVPD)."

ることを反映している。また、39 歳以上 55 歳以下の男性の抗体保有率は 56 歳以上の男性のそれよりも低い。これは 56 歳以上の男性は、風しんの流行時期に育ったために風しんに自然感染する確率が高かったことを反映している<sup>3</sup>。

この現状を踏まえて、厚生労働省は風しんの集団免疫を獲得するために、2019 年 4 月から 2022 年 3 月までの間で、風しん定期接種の追加対策を実施することを決めた。対象者は抗体保有率が低い 1962 年 4 月 2 日から 1979 年 4 月 1 日生まれの男性（2019 年 4 月時点で 40 歳から 57 歳の男性）である。ワクチン接種の効率的な活用のために、対象の男性は、はじめに抗体検査を受検する。抗体検査により抗体が持っていないことが明らかになった男性は風しんワクチンを接種する。この追加対策の目標は、2022 年 3 月までに、対象世代の男性の抗体保有率を 90% に引き上げることである<sup>4</sup>。この目標が達成されれば、すべての世代で抗体保有率が 90% を超え、日本で集団免疫が獲得できる (Kinoshita and Nishiura, 2016)<sup>5</sup>。

<sup>3</sup>このデータを用いて、3 つの年齢層（38 歳以下・39 歳以上 55 歳以下・56 歳以上）と女性ダミーの飽和モデルによって抗体保有率を予測した。その結果、39 歳以上 55 歳以下の抗体保有率の男女差は 0.176 (std.error = 0.034;  $p = 0.000$ ) である。また、39 歳以上 55 歳以下の男性と 56 歳以上の男性の抗体保有率の差は 0.106 (std.error = 0.036;  $p = 0.003$ ) である。

<sup>4</sup>妊婦の感染を防ぐという点では、女性の抗体保有率を 100% にするべきという議論も考えられる。しかしながら、接種後年数の経過とともに免疫が弱まる可能性や 1 回のワクチン接種だけでは免疫を獲得できない人（約 5%）がいるため、女性の抗体保有率を 100% にすることは難しい。したがって、40 歳から 57 歳の男性の抗体保有率を 90% に引き上げて、風しんの集団免疫を獲得するべきである。

<sup>5</sup>Plans-Rubió (2012) によれば、風しんの集団免疫は 83% から 95% の抗体保有率で達成できる。Nishiura et al. (2015) では集団免疫が必要な風しんの抗体保有率は 83.6% とされている。

この追加対策は予防接種法に基づく定期接種であり、対象となる男性は対象期間において無料で抗体検査とワクチン接種を受けられる。地方自治体が風しんの抗体検査とワクチン接種の無料クーポン券を3年かけて段階的に対象世代の男性に送付した。2019年度は、1972年4月2日から1979年4月1日生まれ（2019年4月時点で40-46歳）の男性に市区町村からクーポン券が送付された。2019年度クーポン券自動送付対象者は約646万人で、追加対策の対象男性の半数以上を占める。1962年4月2日から1972年4月1日に生まれた男性（2019年4月時点で47-57歳）は2020年度以降にクーポン券を自動的に受け取るが、市区町村の判断もしくは対象者の希望によって2019年度にクーポン券を受け取ることができた。2019年1月時点でクーポン券を利用した抗体検査の受検率は約18%であった<sup>6</sup>。

### 3 オンライン調査の概要

我々はインターネット調査会社であるマイボイスコム株式会社（MyVoiceCome Co. Ltd.）に委託して、合計2回のオンライン調査を実施した。補論の図1に調査の流れを示した。第1回調査は2020年2月15日から2020年2月17日に実施した。第1回調査の対象は調査会社のモニターのうち、日本全国に居住する40歳から59歳の男性の4,200名である。第1回調査の目的はナッジ・メッセージをランダムに割り当て、それが風しんの予防行動の意思にどのような影響を与えるかを検証することである。第2回調査は2020年3月17日から2020年3月25日に実施した。第2回調査は第1回調査の回答者全員を対象として、3,963名から回答を得た（脱落率=5.64%）<sup>7</sup>。第2回調査の目的は第1回調査でランダムに割り当てたナッジ・メッセージが実際の予防行動にどのような影響を与えるかを検証することである。

#### 3.1 第1回調査

第1回調査の調査は二つのパートに分けられている（便宜上、質問票Aと質問票Bとする）。ナッジ・メッセージを示される前に、回答者は質問票Aの質問に回答する。質問票Aは普段の健康行動などを調査した。これらの回答の一部を共変量として用いる。

<sup>6</sup>2019年4月から2020年3月までに40歳から46歳の男性（約646万人）にクーポン券が発送された。厚生労働省の聞き取り調査によると、2019年10月までに約96%の自治体がクーポン券の発送を完了する予定であった。2019年1月までのクーポン券を利用した抗体検査の累積実績件数は117万件であった。抗体検査の受検率は2019年1月までのクーポン券を利用した抗体検査の累積実績件数（117万件）を2019年度のクーポン券の発送対象年齢層の40歳から46歳の男性の人口（646万人）で割った値である。

<sup>7</sup>脱落率はナッジ・メッセージの群間で統計的に有意な差はない。第2回調査に参加しなかったら1を取るダミー変数を被説明変数にし、介入群ダミーを説明変数とした線形回帰分析を行った。その結果、F-value = 1.434 (p-value = 0.197) となった。

Table 1: List of Text-Based Nudges

Message	Contents		Age (as of Apr 2019)				
			39	40-46	47-56	57-59	All
MHLW	Dear all men born in 1962-1979. Get a rubella antibody test and vaccination to protect yourself and your upcoming generation!	N	20	210	321	49	600
Age expression	Dear men in their 40s and 50s (all men born in 1962-1979). Get a rubella antibody test and vaccination to protect yourself and your upcoming generation!	N	23	205	309	63	600
Altruistic	Dear men in their 40s and 50s (all men born in 1962-1979). If a pregnant woman becomes infected with rubella because of you, her baby may be born with a disability. Get a rubella antibody test and vaccination!	N	24	214	296	66	600
Selfish	Dear men in their 40s and 50s (all men born in 1962-1979). When an adult male is infected with rubella, it can become severe, and lead to complications such as encephalitis and thrombocytopenic purpura. Get a rubella antibody test and vaccination!	N	16	225	302	57	600
Social comparison	Dear men in their 40s and 50s (all men born in 1962-1979). One in five people in your generation does not have rubella antibodies, which means that more than twice as many people can get rubella as compared to other generations. Get a rubella antibody test and vaccination!	N	18	204	321	57	600
Valid date	Dear men in their 40s and 50s (all men born in 1962-1979). The coupon for free rubella antibody test and vaccine is valid on March 31, 2020. Get a rubella antibody test and vaccination!	N	18	216	299	67	600
Low-cost	Dear men in their 40s and 50s (all men born in 1962-1979). There is an increasing number of workplaces and local governments that you can take rubella antibody tests with your coupon in addition to your usual health examinations. Get a rubella antibody test and vaccination!	N	19	213	307	61	600

補論の表 1 に共変量の一覧を示す。また、質問票 A は第 1 回調査時点で風しんの抗体検査やワクチン接種を受けたかどうかを調査した。ナッジ・メッセージの効果を抗体検査とワクチン接種を受けていない男性に限定して推定するときこの回答を使用する。

質問票 A の回答終了後、回答者は 7 つのメッセージのうち一つをランダムに受け取る。サンプルサイズが均等になるように、メッセージを年齢層別にランダムに割り当てた<sup>8</sup>。各メッセージのサンプルサイズは 600 人である。表 1 はメッセージの一覧とサンプルサイズを示している。表 1 に示した年齢は調査によって得られた誕生日と誕生日を用いて、2019 年 4 月時点の年齢を計算した<sup>9</sup>。2019 年 4 月時点で 40 歳から 56 歳の男性が

<sup>8</sup>調査会社が保有する年齢情報を用いて、40～44 歳・45～49 歳・50～54 歳・55～59 歳の層別にランダムに割り当てた。各層は 1,050 名で構成されていて、我々はナッジ・メッセージを均等に割り当てた (150 名)。

<sup>9</sup>4 月生まれの人はまだ誕生日を迎えていないことを仮定している。また、2019 年 4 月時点での年齢であるため、調査時点で 40 歳の男性の一部が 39 歳である。

厚労省の追加的対策の対象であり、40 歳から 46 歳の男性は 1 年目にクーポン券を自動的に受け取る。

ナッジ・メッセージは厚生労働省のホームページにあるメッセージ「昭和 37 年度～昭和 53 年度生まれの男性の皆様へ あなたと、これから生まれてくる世代の子どもを守るために風しんの抗体検査と予防接種を受けましょう！」に基づいており、厚労省メッセージと呼ぶ。

各ナッジ・メッセージには、厚労省メッセージを (1) 簡易な年齢表現と (2) 行動経済学に基づいたメッセージ内容に変更したものを用意した。年齢表現メッセージは風しんの追加対策の正確な対象年齢に加えて、「40 代・50 代の男性」という平易な表現を追加した。これは自分が接種対象者であるかどうかを容易に理解できるようにして、メッセージ自体の注意を引くことを目的としている。年齢表現メッセージは年齢表現を変えただけで、メッセージの内容は原文と同じであるが、それ以外のナッジ・メッセージは年齢表現だけでなく、行動経済学の知見に基づいたメッセージ内容に変更した。

利他強調メッセージは自身が感染することで他人（特に、妊婦）にどのような損害を与えるかを具体的に記述している。これは負の外部性を容易に想起させ、外部性を考慮する利他的な人の行動変容を促すことを目的としている。

利己強調メッセージ・社会比較メッセージは風しんの抗体を持つことの価値を高めることで行動変容を促すという目的で作成された。利己強調メッセージは自身が感染することで自分がどのような損害を受けるかを具体的に記述し、自身が感染することで生じる自身の損害を容易に想像できるようにした。社会比較メッセージは抗体保有率が低いことを明記して、自身が感染しやすいことを強調している。これは風しんの感染確率を過小に見積もることを通じてワクチン接種の価値を過小に評価することを防ぐことができる。

有効期限メッセージと低コストメッセージは風しんのクーポン券制度に関する内容に変更した。有効期限メッセージはクーポンの有効期限を強調する内容である。2019 年度に配布されるクーポン券には、2020 年 3 月 31 日が有効期限であることを明記していた。このメッセージは再度その内容を明記した。これは現在バイアスによって抗体検査の受験やワクチン接種が妨げられていることを防ぐ目的で作成した。低コストメッセージは健康診断のついでに抗体検査を受診できることを明記して、簡単に受検できることを強調する内容である。このメッセージは抗体検査の主観的なコストを抑える目的で作成した。

ランダムに割り当てられたナッジ・メッセージを閲覧した後、回答者は質問票 B に

移る。質問票 B は抗体検査の受検やワクチン接種に関する意思を調査した<sup>10</sup>。ナッジ・メッセージの意向に対する効果を推定するとき、この回答をアウトカム変数として用いる。抗体検査受検の意向は「今、あなたは、風しんの抗体検査を受けようとするのくらい思っていますか」という質問である。ワクチン接種の意向は「抗体検査を受けて、あなたに抗体がないと分かった場合、あなたは、ワクチンを接種しようとするのくらい思っていますか」という質問である。それぞれの質問に対して、回答者は「絶対に受ける」「受ける」「どちらともいえない」「受けない」「絶対に受けない」「すでに受けた」で回答する。我々は「絶対に受ける」もしくは「受ける」と回答したら 1 を取るダミー変数をアウトカム変数として用いる。

### 3.2 第 2 回調査

第 2 回調査は第 1 回調査以降に抗体検査の受検やワクチン接種したかどうかを調査した<sup>11</sup>。抗体検査の受検行動は「前回のアンケートの回答終了時から今日までの期間に、あなたは風しんの抗体検査を受診しましたか」という質問で得られる。回答者は「受診した」・「受診していない」・「前回アンケートより以前に、受診済みである」から一つ選ぶ。ワクチン接種行動は「前回のアンケートの回答終了時から今日までの期間に、あなたは風しんワクチンを接種しましたか」という質問で得られる。回答者は「接種した」・「すでに抗体検査で十分に抗体があることを確認した・すでに風しんに感染したので、接種する必要がなかった」・「すでに抗体検査で十分に抗体がないことを確認したが、まだ接種していない」・「抗体検査の受診もワクチンの接種もしていない」・「前回アンケートより以前に、接種済みである」から一つ選ぶ。

これらの回答を用いて、二つのアウトカム変数を作成する。第一のアウトカム変数は回答者が抗体検査を「受検した」と回答すると 1 を取るダミー変数である。このアウトカム変数を用いて、我々は第 1 回調査以降の抗体検査の受検に対するナッジ・メッセージの効果を推定する。第二のアウトカム変数は回答者が抗体検査を「受検した」と回答し、ワクチンを「接種した」と回答すると 1 を取るダミー変数である。厚生労働省の政策目標は抗体を持っていない人がワクチン接種を受けることで抗体保有率を引き上げることである。したがって、このアウトカム変数は政策目標に直結している。

<sup>10</sup>質問票 B では、教育年数や婚姻状態などの個人の社会経済変数についても調査している。これらの変数は共変量として用いる（補論の表 1）。

<sup>11</sup>第 2 回調査の調査時期は新型コロナウイルスの流行が始まった時期と重なるので、それが健康行動などに大きな変化を与えた可能性がある。この可能性をコントロールするために、日常の詳細な健康行動についても調査した。その回答は共変量として用いる（補論の表 1）。

## 4 分析結果

### 4.1 サンプルセレクションの定義

我々の関心はナッジ・メッセージが抗体検査やワクチン接種を受けていない男性の行動を促進できるかどうかである。そのために、第1回調査時点で抗体検査とワクチン接種を受けていない男性にサンプルを限定して、ナッジ・メッセージの効果を推定する。分析に用いるサンプルの基準は2つある。第一の基準は第1回調査で過去に抗体検査を受検したもしくは過去にワクチン接種をしていないと回答したかどうかである。抗体検査の受検やワクチン接種の意向に対する効果を推定するとき、この基準を満たした男性にサンプルを限定する（以降、Wave 1 セレクションデータと呼ぶ）。第二の基準は第2回調査で第1回調査以前に抗体検査を受検したもしくはワクチンを接種したと回答したかどうかである<sup>12</sup>。第1回調査以降の抗体検査の受検やワクチン接種に対する効果を推定するとき、第一の基準と第二の基準を満たした男性にサンプルを限定する（以降、Wave 2 セレクションデータと呼ぶ）。

我々は上記の基準で構築したサブサンプルを2019年度にクーポン券の送付対象年齢か否かで分割して、各グループにおけるナッジ・メッセージの効果を推定する。2019年度にクーポン券の送付対象年齢か否かは2019年4月時点の年齢で識別した。各市区町村は2019年度に40歳以上46歳以下の男性のクーポン券を送付し、2020年度以降に47歳以上56歳以下の男性のクーポン券を送付する。ただし、市区町村の判断や本人の希望に応じて、47歳以上56歳以下の男性もクーポン券を受け取ることにはできる。

### 4.2 2019年度クーポン券配布対象者に限定したナッジ・メッセージの効果

始めに、2019年度にクーポン券が送付された40歳以上46歳以下の男性グループにおける、ナッジ・メッセージの意向と行動に対する効果を推定する。このサブグループにおいて、回答者の観察可能な特徴についてトリートメント間でバランスしている（補論??の表??と表??）。したがって、本節では、厚労省メッセージと各ナッジ・メッセージ間の平均値の差の検定の結果のみを示し、回帰分析の結果は補論に示す。また、検出力80%・有意水準5%を保つために必要な効果の規模を計算したところ、意向をアウトカムとした場合は少なくとも6.7%ポイント必要であり、行動をアウトカムとした場合は少なくとも7.2%ポイント必要である。

図2のパネルAは各介入群の抗体検査受検の意向を示している。結果として、利他強

<sup>12</sup>第1回調査以降に自身の接種歴を調べ直すなどによって、第1回調査と第2回調査の回答に違いが生じる可能性がある。そのため、どちらかの調査で第1回調査以前に抗体検査を受検したもしくはワクチンを接種したと回答した人を除いた。



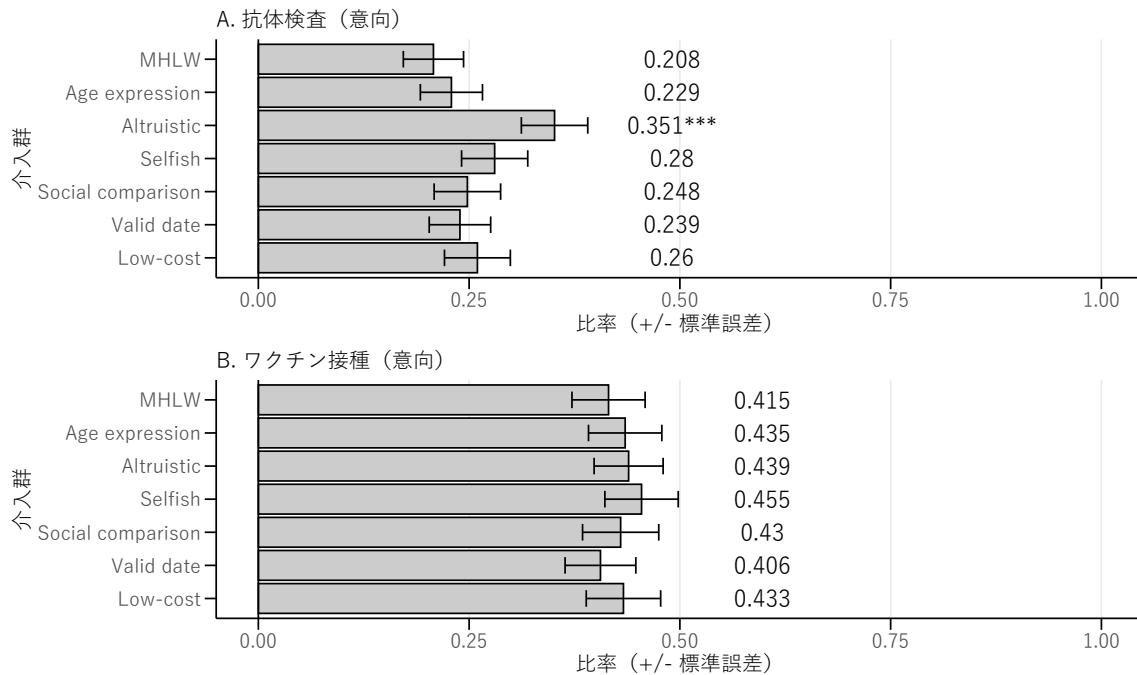


Figure 2: 2019 年度クーポン券配布対象者に限定した意向に対するナッジ・メッセージの効果。データソース：Wave 1 セレクションデータ。注）図中の数値は各群の比率を示す。星印は厚労省メッセージ群との平均値の差の t 検定の結果であり、次の規則に従う：\*  $p < 0.1$ 、\*\*  $p < 0.05$ 、\*\*\*  $p < 0.01$ 。

調メッセージは厚労省メッセージよりも抗体検査受検の意向を高めている。厚労省メッセージを読んだ人の約 20.8% が抗体検査を受けたいと回答している一方で、利他強調メッセージを読んだ人の約 35.1% が抗体検査を受けたいと回答している。したがって、利他強調メッセージはコントロールよりも約 14.3% ポイント抗体検査の受検意向を引き上げており、これは t 検定より統計的に 1% 水準で有意である。その他のナッジ・メッセージについては、抗体検査を受けたいと答えた人の割合は 30% を下回っていて、その比率が厚労省メッセージと等しいという帰無仮説を棄却できない。

図2のパネル B は各介入群のワクチン接種の意向を示している。その結果、すべてのナッジ・メッセージ群における比率は 40% から 45% の範囲にあり、それが厚労省メッセージの比率と統計的に有意な差とならなかった。考えられる可能性の一つはワクチン接種の意向の質問文による刺激である。我々は抗体を持っていないという条件のもとで接種したいかどうかを質問しているので、質問文がワクチン接種の必要性を強く刺激した可能性がある。

図3のパネル A は各介入群の第 1 回調査以降の抗体検査受検比率を示している。結果として、利他強調メッセージと利己強調メッセージでは、厚労省メッセージよりも第 1 回調査以降の抗体検査の受検比率が高い。厚労省メッセージを読んだ人の約 3.5% は

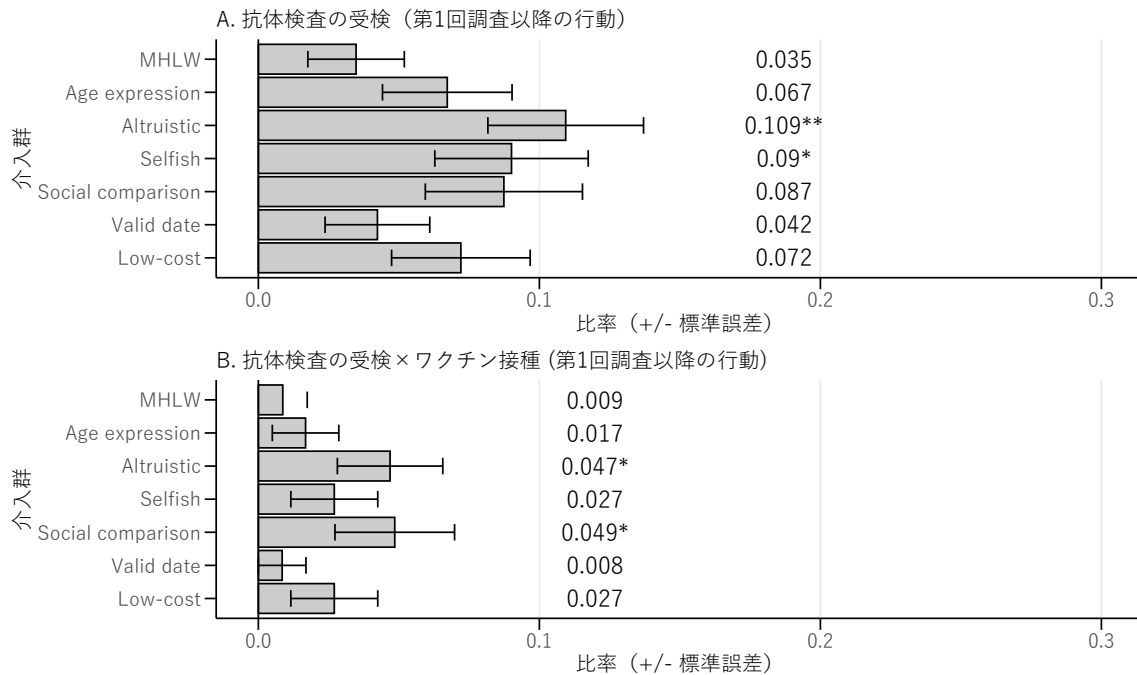


Figure 3: 2019 年度クーポン券配布対象者に限定した行動に対するナッジ・メッセージの効果。データソース：Wave 2 セレクションデータ。注）図中の数値は各群の比率を示す。星印は厚生労働省メッセージ群との平均値の差の t 検定の結果であり、次の規則に従う：\*  $p < 0.1$ 、\*\*  $p < 0.05$ 、\*\*\*  $p < 0.01$ 。

第 1 回調査以降に抗体検査を受検している。その一方で、利他強調メッセージを読んだ人の約 10.9% と利己強調メッセージを読んだ人の約 9% は第 1 回調査以降に抗体検査を受検している。したがって、利他強調メッセージはコントロールに比べて 7.4% ポイント抗体検査の受検率を引き上げており、これは t 検定より統計的に 5% 水準で有意である。また、利己強調メッセージはコントロールよりも約 5.5% ポイント高く、これは t 検定より統計的に 10% 水準で有意である。

図3のパネル B は各介入群の第 1 回調査以降の抗体検査とワクチン接種を両方受けた人の比率（以降、ワクチン接種率と呼ぶ）を示している。この比率は今回の厚生労働省の政策によって新たに抗体を獲得した人の比率を示すので、政策効果のアウトカム指標となる。その結果、利他強調メッセージと社会比較メッセージがワクチン接種を促進していることがわかる。厚生労働省メッセージを読んだ人の約 0.9% が抗体検査を受検し、ワクチンを接種している。その一方で、利他強調メッセージを読んだ人の約 4.7% と社会比較メッセージを読んだ人の約 4.9% が第 1 回調査以降に抗体検査を受検し、ワクチンを接種している。よって、利他強調メッセージは 3.8% ポイントコントロールよりも高く、これは t 検定より統計的に 10% 水準で有意である。社会比較メッセージは 4% ポイントコントロールよりも高く、これは t 検定より統計的に 10% 水準で有意である。

Table 2: 2019 年度クーポン券配布対象の抗体検査受検者の動き

Treatments	Negative antibody		Vaccination	
	No	Yes	No	Yes
MHLW	3	1	3	1
Age expression	6	2	6	2
Altruistic	7	7	8	6
Selfish	7	3	7	3
Social comparison	4	5	4	5
Valid date	4	1	4	1
Low-cost	3	5	5	3

Note: Fisher exact test (Outcome: Negative antibody):  $p = 0.543$ . Fisher exact test (Outcome: Vaccination):  $p = 0.85$ .

補論??の表??と表??に厚労省メッセージ群を比較対象としたナッジ・メッセージの線形確率モデルの推定結果を示した。ここまでの結果は個人の観察可能な特徴をコントロールしても変化しない。それに加えて、共変量を制御したモデルを推定すると、利己強調メッセージは厚労省メッセージよりも抗体検査受検の意向を約 9% ポイント強めていて、これは統計的に 10% 水準で有意である。さらに、利己強調メッセージと社会比較メッセージは厚労省メッセージと比較して抗体検査の受検行動に統計的に 5% 水準で正の影響を与えている。効果の規模はそれぞれ 6.7% ポイントと 6.5% ポイントである。

また、効果の規模が最も大きい利他強調メッセージ群を比較対象とした線形確率モデルの推定結果を補論??の表??と表??に示した。その結果、利己強調メッセージ群の抗体検査受検の意向は利他強調メッセージのそれと統計的に有意な差とならなかった。さらに、利己強調メッセージと社会比較メッセージの抗体検査の受検比率は利他強調メッセージのそれと統計的に有意に異ならなかった。したがって、効果があった利他強調メッセージとの有意差がないという意味で、利己強調メッセージは抗体検査受検の意向と行動を促進した可能性があり、社会比較メッセージは抗体検査の受検を促進した可能性がある。しかしながら、抗体検査の受検比率の差は検出力を十分に保つほどの大きさではないので、サンプルサイズを十分に大きくして検証する必要がある。

我々のサーベイには抗体検査の結果の情報があるので、その変数を用いて先の結果に関するメカニズムを議論しよう。そのために、我々は抗体検査を受検した人に限定して、抗体検査の結果とトリートメント群のクロス集計と、ワクチン接種とトリートメント群のクロス集計を作成し、それを表2に示した。

この表から二つの発見がある。第一に、各群の陰性者のワクチン接種率は 60% から

100% の範囲にある。たとえば、利他強調メッセージを割り当てられた抗体検査受検者は 14 人いるが、そのうち 7 人が抗体を保有していなかった。さらに、制度上、陰性者のみがワクチンを接種するので、抗体を保有していない 7 人のうち 6 人がワクチンを接種している。よって、陰性者のワクチン接種率は 85.7% ( $= 6/7$ ) である。また、サンプルをトリートメント群で分割しない場合、陰性者のワクチン接種率は 87.5% であり、その 95% 信頼区間は 100% を含んでいる<sup>13</sup>。したがって、介入に関わらず抗体検査の結果が陰性である人のほとんどがワクチンを接種している。

第二に、各群の抗体検査の陰性比率は 20% から 62.5% の範囲にある。たとえば、利他強調メッセージを割り当てられた抗体検査受検者 14 人のうち、7 人が抗体を保有していなかったため、陰性比率は 50% である。また、厚労省メッセージ群と社会比較メッセージ群における陰性比率はそれぞれ 25% ( $= 1/4$ ) と 55% ( $= 5/9$ ) である。したがって、利他強調メッセージと社会比較メッセージは厚労省メッセージよりも抗体検査の受検を促進しただけでなく、ワクチンを接種する必要のある受検者が多くいたため、ワクチン接種に対して正の効果があった。逆に、利己強調メッセージの陰性比率は 30% ( $= 3/10$ ) であり、厚労省メッセージ群のそれと近い値になったため、抗体検査の受検に対して正の効果があるにも関わらず、ワクチン接種に対して統計的に有意でなかった。ただし、群間で陰性比率が大きく異なるという結果は母集団では当てはまらない可能性が高い<sup>14</sup>。ナッジ・メッセージの割り当てと陰性という事象が独立であるという帰無仮

<sup>13</sup>1000 個のブートストラップ標本を用いて、陰性者のワクチン接種率の 95% 信頼区間を計算すると、[75.0%, 100.0%] となった。

<sup>14</sup>これと対立する仮説として、利他強調メッセージや社会比較メッセージを読んで抗体検査を受検した人は自身に抗体を保有していないと信じているということが考えられる。そこで、陰性者の抗体検査受検率を推定することを試みる。しかしながら、陰性であるにも関わらず抗体検査を受検していない人がいるはずなので、陰性者の抗体検査受検率をデータから直接復元することはできない。我々は、ベイズ定理を用いて、間接的に推定した。陰性という事象  $A$  と抗体検査の受検という事象  $B$  の二つの事象を考える。このとき、抗体検査の受検率は  $P(B)$ 、抗体検査受検者の陰性比率は  $P(A|B)$  で表すことができ、これらの値はデータから直接推定できる。ベイズの定理より、抗体検査受検者の陰性比率は

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

と定義できる。ここで、 $P(A)$  は陰性比率であり、これは第 2 節で示した NIID のデータより 0.2 となる。確率  $P(B|A)$  は陰性者で条件づけた抗体検査の受検比率であり、我々の関心のあるパラメータである。よって、陰性者の抗体検査の受検比率は

$$\hat{P}(B|A) = \frac{\hat{P}(A|B) \cdot \hat{P}(B)}{0.2}$$

で計算できる。利他強調メッセージ群において、 $\hat{P}(A|B) = 0.5$  と  $\hat{P}(B) = 0.109$  なので、 $\hat{P}(B|A) = 0.273$  となる (1000 個のブートストラップ標本で構築した 95% 信頼区間は [0.117, 0.469]) さらに、陰性であるかどうかによって抗体検査の受検にセレクションが生じているかどうかを検証するために、陰性という事象と抗体検査の受検という事象が独立であるという帰無仮説を検定した。 $\hat{P}(B|A) - \hat{P}(B)$  の 95% 信頼区間にゼロが含まれていないとき、我々は帰無仮説を 5% 有意水準で棄却できる。その結果、 $\hat{P}(B|A) - \hat{P}(B)$  の 95% 信頼区間は [0.016, 0.336] なので、我々は帰無仮説を棄却できる。同様に、社会比較メッセージ群の  $\hat{P}(B|A) - \hat{P}(B)$  の 95% 信頼区間は [0.000, 0.350] である。したがって、利他強調メッセージ群と社会比較メッセージ群では、陰性者が抗体検査を積極的に受検している傾向があるかもしれない。

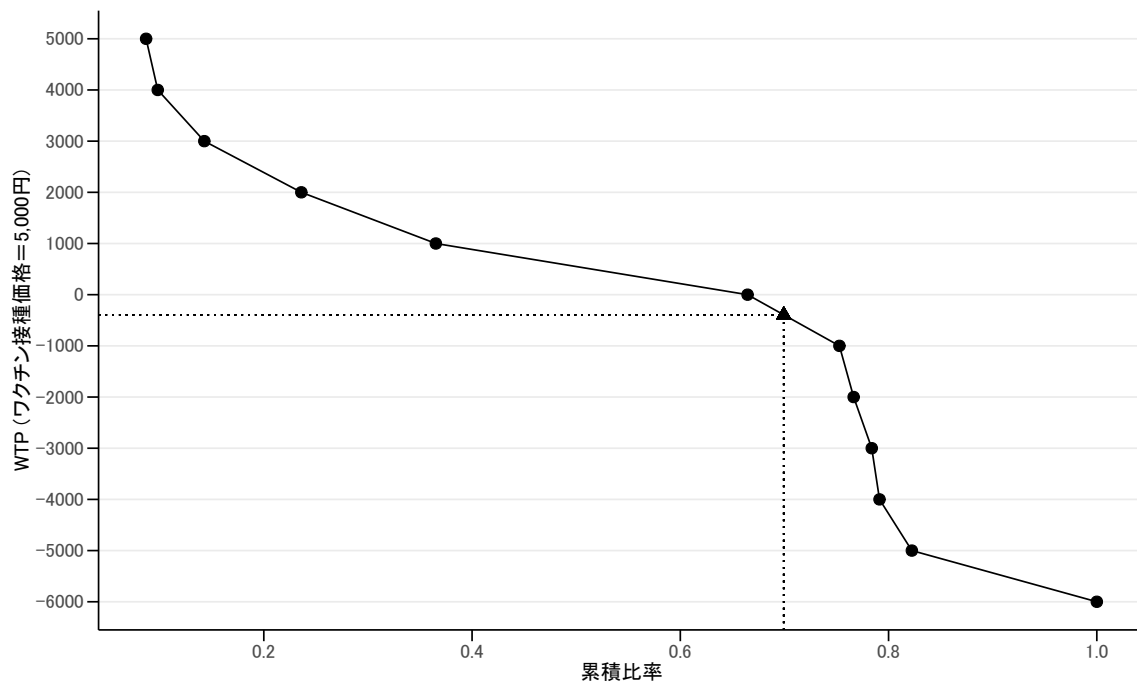


Figure 4: 2019 年度クーポン券配布対象者の風しんワクチンの需要曲線。データソース：Wave 1 セレクションデータ。注）黒の三角はワクチン接種費用が無料であるときの接種割合と厚生省メッセージの抗体検査受検率を合計した割合と、それに対応する WTP を示している。

説をフィッシャーの正確検定で検証したところ、我々はその帰無仮説を棄却できなかった（p 値=0.543）。

### 4.3 ナッジ・メッセージの金銭的価値

2019 年度のクーポン券送付者におけるナッジ・メッセージの効果を金銭的な価値で評価することを試みる。そのために、第 1 回調査のナッジ・メッセージを示す前の質問票 A で調査したワクチン接種の支払意思額を用いる。ワクチンの価格は 5000 円と仮定して、我々は、自治体の補助金額が  $s_j$  のとき、ワクチン接種をするかどうかを調査した。補助金額は  $s_j \in \{0, 1000, 2000, \dots, 10000\}$  とした。回答者  $i$  が接種すると回答した最低の補助金額を  $s_i^{\min}$  とする。回答者  $i$  が接種しないと回答した最高の補助金額を  $s_i^{\max}$  とする。このとき、回答者  $i$  の支払意思額は  $[5000 - s_i^{\min}, 5000 - s_i^{\max})$  の範囲内で識別される<sup>15</sup>。したがって、追加の仮定を置かない限り、ワクチン接種の需要曲線はステップワイズな曲線となり、メッセージの金銭的価値は範囲で得られる。

メッセージの金銭的価値を点推定するために、我々は支払意思額が  $[5000 -$

<sup>15</sup>回答者がすべての補助金額  $s_j$  のときの接種しないと回答したならば、 $s_i^{\max} = 10000$  である。しかしながら、 $s_i^{\min}$  はデータで定義できない。そこで、 $s_i^{\min} = 11000$  と仮定した。ただし、後に示すが、この仮定はナッジ・メッセージの金銭的価値に影響を与えない。

Table 3: ナッジ・メッセージの金銭的価値の推定

ナッジ・メッセージ	効果の規模	ベースライン+効果の規模	金銭的価値（日本円）		金銭的価値（米ドル）	
			一人当たり	総額	一人当たり	総額
Age expression	0.032	0.732	367.854	1.946	3.344	17.690
Altruistic	0.075	0.774	2037.553	10.779	18.523	97.988
Selfish	0.055	0.755	744.045	3.936	6.764	35.782
Social comparison	0.053	0.752	596.335	3.155	5.421	28.678
Valid date	0.008	0.707	86.059	0.455	0.782	4.139
Low-cost	0.037	0.737	422.789	2.237	3.844	20.332

注) 抗体検査の受検に対するナッジ・メッセージの効果を効果の規模として用いた。ベースラインはワクチン接種費用が無料であるときの接種割合と厚労省メッセージの抗体検査受検率を合計した割合である。金銭的価値は一人当たりの価値とそれに 2020 年 1 月時点でワクチンクーポン券を利用していない人数 (529 万人) をかけた総額を示している。また、金銭的価値は日本円と米ドルで示した (1 ドル = 110 円)。一人当たりの金銭的価値の単位はそれぞれ 1 円と 1 ドルである。総額で示した金銭的価値の単位はそれぞれ 10 億円と 100 万ドルである。

$s_i^{\min}, 5000 - s_i^{\max})$  の範囲で識別されるとき、真の支払意思額はその範囲内で一様に分布することを仮定する。このとき、ステップワイズなワクチン接種の需要曲線は線型補間で表される。図4はこの仮定のもとで、2019 年度に自動的にクーポン券を受け取る人に限定した風しんワクチン接種の需要曲線である。我々はこの需要曲線を用いて、メッセージの金銭的価値を算出する。

ナッジ・メッセージの金銭的な価値を次のように計算する。はじめに、ベースラインの接種割合を決める。図4の需要曲線は無料クーポンが発行される人に限定しているので、ワクチンの供給曲線はゼロで水平である。このときの接種割合は約 66.5% である。ベースラインの接種割合はこの割合に厚労省メッセージの抗体検査受検率を足したものとする<sup>16</sup>。ベースラインの接種割合は約 70% であり、対応する支払意思額は約 394 円である。

次に、接種割合をベースラインの均衡点からナッジ・メッセージの効果分だけ増やすとき、需要曲線上で対応する支払意思額を見つける。その支払意思額はナッジ・メッセージの効果量だけ増やすのに必要な自治体の追加的な補助金額であり、それがナッジ・メッセージの一人当たりの金銭的価値である。たとえば、ベースラインの均衡点の接種割合とナッジ・メッセージの効果の和が 0.8 であるとき、需要曲線上で対応する支払意思額は約 4280 円である。すなわち、ナッジ・メッセージの効果量分だけ接種割合を増やすために、自治体は一人当たり約 3886 (= 4280 - 394) 円の追加的な補助金を支払う必要がある。

我々は抗体検査受検に対するナッジ・メッセージの効果を用いる。表2で示したように、抗体検査の結果が陰性である人のほとんどはワクチンを接種している。したがって、抗体検査受検に対するナッジ・メッセージの効果をワクチン接種に対する効果とみな

<sup>16</sup> 抗体検査の結果が陰性である人のほとんどはワクチンを接種しているので、抗体検査の受検率をワクチン接種率として用いる。

せる。

表3はメッセージの金銭的価値の試算結果である。第2列は図3のパネルAで示したメッセージの効果を示している。第3列はベースラインの均衡点の接種割合からメッセージの効果量分だけ増やしたときの接種割合を示している。第4列はメッセージの一人当たりの金銭的価値である。この金銭的価値をアメリカドルに換算した結果を第6列に示している。抗体検査の受検を促進した利他強調メッセージの一人当たりの金銭的価値は約2000円（約18ドル）である。

また、メッセージ自体の金銭的価値の総額は一人当たりの金銭的価値と2019年度に発行されたクーポン券をまだ利用していない人数の積で得られる。厚生労働省より、2019年度にクーポン券が発行されたにもかかわらず、1月時点で抗体検査のクーポン券を利用していない人は約529万人である。表3の第5列はメッセージの金銭的価値の総額を示している。第7列はそれをアメリカドルに換算した結果を示している。利他強調メッセージの金銭的価値の総額は約100億円である。

#### 4.4 2019年度クーポン券送付対象外の男性に限定したナッジ・メッセージの効果

次に、2019年度には、クーポン券の自動送付対象ではないが、自身が手続きすることでクーポン券を受け取れる人に限定して、ナッジ・メッセージの効果を推定する。このサブグループにおいて、回答者の観察可能な特徴についてトリートメント間でバランスしている（補論??の表??と表??）。よって、4.2と同様に、この節ではt検定の結果のみを示し、回帰分析の結果は補論に示す。検出力80%・有意水準5%を保つために必要な効果の規模を計算したところ、意向をアウトカムとした場合は少なくとも5%ポイント必要であり、行動をアウトカムとした場合は少なくとも5.3%ポイント必要である。

図5は介入群ごとの抗体検査受検とワクチン接種の意向の比率を示している。図2と同様に、すべての介入群について、抗体検査受検の意向の比率はワクチン接種の意向の比率より低い。2019年度にクーポン券が送付されない人に対しても、ワクチン接種の意向の質問文は抗体検査が陰性だったという条件付であることに注意して解釈すべきである。

また、社会比較メッセージは抗体検査受検の意向に対して統計的に有意な効果を持っていないが、ワクチン接種の意向に対して負の効果を持っている。厚労省メッセージを読んだ人の抗体検査受検とワクチン接種の意向の比率はそれぞれ約27.6%と約52.8%である。それに対して、社会比較メッセージを読んだ人の抗体検査受検とワクチン接種の意向の比率はそれぞれ約23.9%と約44.6%である。したがって、社会比較メッセージ

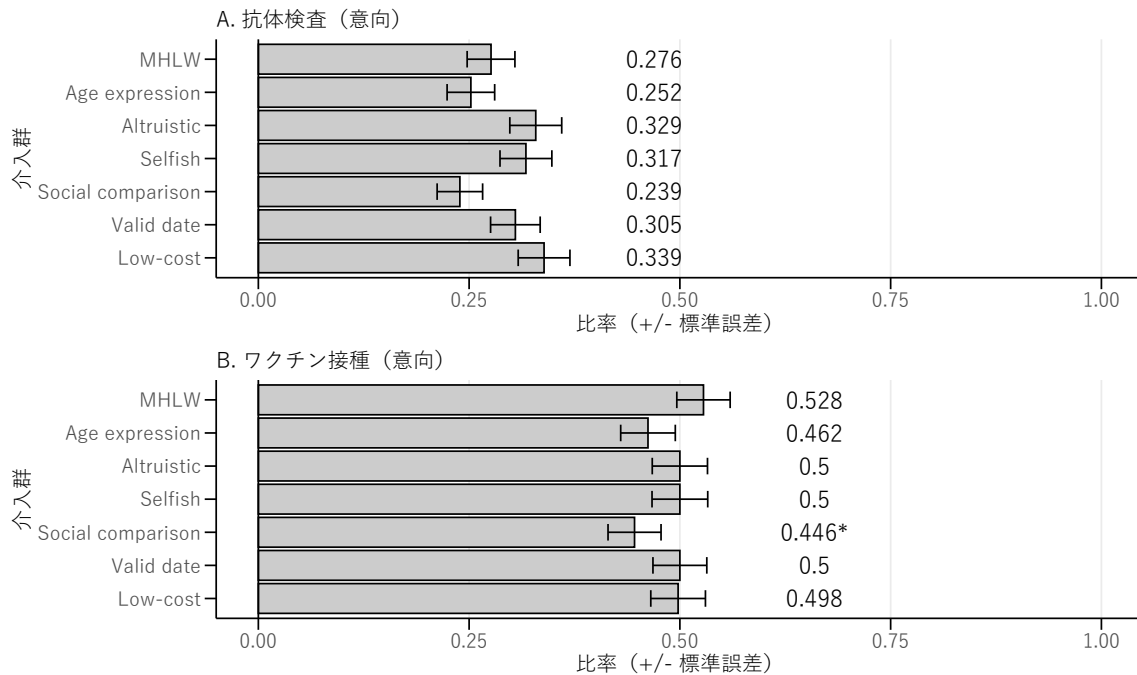


Figure 5: 2019 年度クーポン券配布対象外の男性に限定した意向に対するナッジ・メッセージの効果。データソース：Wave 1 セレクションデータ。注）図中の数値は各群の比率を示す。星印は厚労省メッセージ群との平均値の差の t 検定の結果であり、次の規則に従う：\*  $p < 0.1$ 、\*\*  $p < 0.05$ 、\*\*\*  $p < 0.01$ 。

の抗体検査受検の意向に対する効果は約-3.7% ポイントであり、これは統計的に有意な効果ではない。しかしながら、社会比較メッセージのワクチン接種の意向に対する効果は約-8.2% ポイントであり、これは統計的に 10% 水準で有意である。

この負の効果の原因の一つとして、ワクチン接種のただ乗りが挙げられる。社会比較メッセージは「5 人に 1 人が抗体を持っていない」ことを強調している。裏返せば、5 人に 4 人が抗体を持っているということである。このメッセージを読んだ人は、仮に風しんの抗体を保有していないとしても、全体の 80% が抗体を持っているので、自身が感染する機会は少ないと考えたのかもしれない。クーポン券がない場合、この信念がワクチンを接種することの価値を低め、ワクチン接種の意向の比率をコントロールよりも下げた可能性がある。

図6は各介入群の第 1 回調査以降の抗体検査受検比率と第 1 回調査以降のワクチン接種比率である。社会比較メッセージが厚労省メッセージよりも第 1 回調査以降の抗体検査の受検を促進しているが、抗体検査とワクチン接種の両方を促進していない。厚労省メッセージを読んだ人の約 0.5% が第 1 回調査以降に抗体検査を受検したが、誰もワクチン接種をしていない。また、社会比較メッセージを読んだ人の約 2.8% が第 1 回調査以降に抗体検査を受検したが、誰もワクチン接種をしていない。よって、社会比較メッ



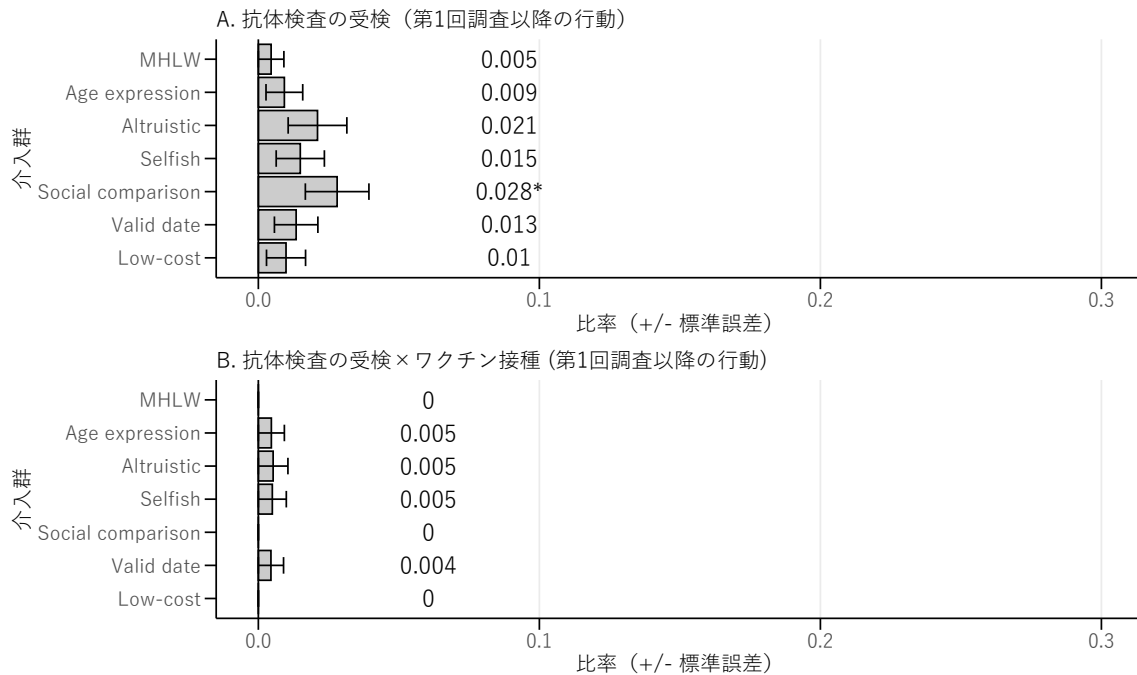


Figure 6: 2019 年度クーポン券配布対象外の男性に限定した行動に対するナッジ・メッセージの効果。データソース：Wave 2 セレクションデータ。注）図中の数値は各群の比率を示す。星印は厚労省メッセージ群との平均値の差の t 検定の結果であり、次の規則に従う：\*  $p < 0.1$ 、\*\*  $p < 0.05$ 、\*\*\*  $p < 0.01$ 。

セージの抗体検査受検に対する効果は約 2.3% ポイントであり、これは統計的に 10% 水準で有意である。しかしながら、抗体検査とワクチン接種の両方に対する効果はゼロである。

ここまでの結果は表??で示した個人の観察可能な特徴をコントロールしても変化しない。補論??の表??と表??はナッジ・メッセージの線形確率モデルの推定結果である。奇数列はナッジ・メッセージのダミー変数のみを説明変数に加えているので、これらの結果は二群間の t 検定の結果（図5と図6）に対応している。偶数列はナッジ・メッセージのダミー変数に加えて、表??の変数を説明変数に加えている。列 (4) は、これまでの結果に加えて、年齢表現メッセージが抗体検査の受検に負の効果を持っていることを示しており、これは統計的に 5% 水準で有意である。

第4.2節で示したように、ワクチン接種比率が抗体検査の受検比率より低い原因は、抗体検査の陰性比率が低いことにある。表4に抗体検査受検者の動きを示した。各群の抗体検査の陰性比率は 0% から 100% の範囲にある。とくに、厚労省メッセージの抗体検査の陰性比率は 0% (= 0/1) である。抗体検査を促進した社会比較メッセージの陰性比率は 17% (= 1/6) である。しかしながら、フィッシャーの正確検定より、これらの二群の陰性比率の差は統計的に有意でない（第 6 列より、p 値は 1）。

Table 4: 2019 年度クーポン券配布対象外の抗体検査受検者の動き

Treatments	Negative antibody		Vaccination	
	No	Yes	No	Yes
MHLW	1	0	1	0
Age expression	0	2	1	1
Altruistic	3	1	3	1
Selfish	2	1	2	1
Social comparison	5	1	6	0
Valid date	2	1	2	1
Low-cost	2	0	2	0

Note: Fisher exact test (Outcome: Negative antibody):  $p = 0.466$ . Fisher exact test (Outcome: Vaccination):  $p = 0.568$ .

また、第4.2節と同様に、抗体検査の結果が陰性である人のほとんどがワクチンを接種していることも明らかになった。厚労省メッセージ群と低コストメッセージ群では、陰性者がいない。残った介入群のうち、社会比較メッセージ群を除くすべての群において、抗体検査の結果が陰性である人は全員ワクチンを接種していた。

## 5 議論と結論

本研究は、オンラインサーベイによるランダム化比較試験（RCT）を用いて、風しんワクチンの接種を促進するためにどのようなナッジ・メッセージが有効であることを明らかにした。主な結果は以下の三つにまとめられる。第一に、2019 年度にクーポン券送付対象の年齢の男性のみに利他強調メッセージが抗体検査の受検を 7.5% ポイント促進した。このメッセージの効果を金銭的価値で評価すると、一人当たりの金銭的価値は約 2000 円（約 18 ドル）であり、その総額は約 100 億円（約 9,700 万ドル）である。この効果は個人の観察可能な特徴に対して頑健であり、サンプルサイズが小さいことを考慮したフィッシャーの正確検定でも、この効果は 5% 水準で有意である（表2の第4列）。また、利己強調メッセージや社会比較メッセージの抗体検査の受検比率は利他強調メッセージ群のそれと有意な差ではない。この意味で、二つのメッセージも抗体検査の受検を促進した可能性がある。しかしながら、抗体検査の受検比率の差は検出力を十分に保てるほどの大きさではないので、サンプルサイズを増やした再検証が必要である。

第二に、介入群に関わらず、抗体検査の結果が陰性である人のほとんどはワクチンを接種していた。これは、抗体保有率を高めるために、陰性である人のワクチン接種率を高めるような政策ではなく、抗体検査の受検比率を高めるような政策の方が効率的で

あることを示唆している。したがって、利他強調メッセージは抗体保有率を高めるためのナッジ・メッセージとして有効である。

第三に、2019 年度にクーポン券がオンデマンドでしか送付されない年齢層の男性に対してナッジ・メッセージは機能しなかった。考えられる可能性が二つある。第一に、2019 年度にクーポン券の送付対象ではない男性は厚生労働省の無料クーポン券制度を認知していないという点である。第 1 回調査の調査票 A（ナッジ・メッセージを示す前の調査）で、我々は厚生労働省のクーポン券制度の認知度を調査した。その結果、2019 年度にクーポン券の送付対象ではない年齢層の男性の約 77.5% が厚生労働省のクーポン券制度を知らなかった。仮にナッジ・メッセージを読んで、風しんの抗体検査やワクチン接種を受ける必要性を理解したとしても、クーポン券の存在を知らない人はそれらの予防行動を自費で受けないといけなく考えている。ナッジ・メッセージは予防行動のコストを上回るほどその価値を高められなかったのかもしれない。第二に、クーポン券制度を認知していて無料接種対象の年齢であったとしても、2019 年度にクーポン券の送付対象ではない年齢の男性は自治体にクーポン券を発行してもらうように依頼する必要があるという点である。クーポン券制度を認知している男性が無料で抗体検査やワクチン接種を受けられることを知っていても、クーポン券の発行の手続き自体にコストが伴う。したがって、ナッジ・メッセージはクーポン券の発行の手続きのコストを上回るほどその価値を高められなかったのかもしれない。

分析結果について考慮すべき点が一つある。ナッジ・メッセージの行動に対する効果を推定するとき、我々は Wave 2 で前回のアンケート調査以前に抗体検査もしくはワクチン接種を受けたと回答した人を除いている。しかしながら、この回答は想起バイアスを伴っている可能性がある。もしそうならば、サンプルセレクションに想起バイアスが伴うので、Wave 2 で Wave 1 以前に抗体検査もしくはワクチン接種を受けたという人を除くべきではない。したがって、想起バイアスを想定した分析では、Wave 1 で過去に抗体検査もしくはワクチン接種を受けたと回答した人を除いたサブサンプルと、抗体検査やワクチン接種を受けた時期に基づかないアウトカム変数を用いるべきである。想起バイアスを想定した分析では、効果・統計的な有意性・効果の金銭的価値は大きく異なるものの、利他強調メッセージが抗体検査の受検を促進していることを確認している（詳細な結果は補論 B に示した）。

最後に、新たなナッジ政策の方向性を議論しておく。第一に、クーポン券を得ることで無料で抗体検査やワクチン接種を受けられること、そして、その手続きの方法を分かりやすく伝えるようなナッジ・メッセージは有効かもしれない。2019 年度にクーポン券が配布されなかった男性に対して、我々が開発したナッジ・メッセージは有効ではな

かった。先に述べたように、その原因はそもそもクーポン券制度の存在を知らなかった、もしくはクーポン券の発行の手続きのコストが高いことにあると考えられる。こうした問題点を解消するようなナッジ政策は有効だろう。ただし、これは今回の厚生労働省の風しん対策特有の問題であることに注意したい。第二に、実際は抗体を保有していないが、風しんに感染した経験があると思っていたり、ワクチンを接種したとっていて、抗体を保有していると誤って信じているような人の抗体検査の受検を促進することである。抗体保有の誤った信念を正すようなナッジ政策がより効率的に政策目標を達成できるだろう。このようなナッジ政策の効果検証が今後の研究課題となる。

## 参考文献

- Kinoshita, R., Nishiura, H., 2016. Assessing herd immunity against rubella in Japan: A retrospective seroepidemiological analysis of age-dependent transmission dynamics. *BMJ Open* 6, e009928. doi:10.1136/bmjopen-2015-009928
- Nishiura, H., Kinoshita, R., Miyamatsu, Y., Mizumoto, K., 2015. Investigating the immunizing effect of the rubella epidemic in Japan, 2012-14. *International Journal of Infectious Diseases* 38, 16–18. doi:10.1016/j.ijid.2015.07.006
- Plans-Rubió, P., 2012. Evaluation of the establishment of herd immunity in the population by means of serological surveys and vaccination coverage. *Human Vaccines & Immunotherapeutics* 8, 184–188. doi:10.4161/hv.18444