

日本における乳幼児を対象とした予防接種の  
地域差とその関連要因の検討

**Geographical variation and associated factors of infant  
vaccination in Japan: a spatial and multilevel analysis**

京都大学大学院文学研究科 行動文化学専攻 地理学専修 修士課程  
松本 優希

Department of Geography, Graduate School of Letters, Kyoto University  
Yuki Matsumoto

## 目次

要旨 .....	1
I. はじめに .....	2
1. 問題の背景 .....	2
2. 日本における動向 .....	4
3. 本稿の目的 .....	6
II. 研究手法とデータ .....	7
1. 分析対象 .....	7
2. データの収集と加工 .....	7
1) 被説明変数 .....	7
2) 説明変数 .....	9
3. 分析に用いたモデル .....	11
4. 分析に用いたソフトウェア .....	13
III. 結果 .....	14
1. BCG (結核ワクチン) .....	14
2. DPT-IPV (ジフテリア、百日せき、破傷風及びポリオ4種混合ワクチン) .....	15
1) DPT-IPV1 .....	15
2) DPT-IPV2 .....	15
3) DPT-IPV3 .....	16
4) DPT-IPV4 .....	17
3. HBV (B型肝炎ワクチン) .....	17
1) HBV1 .....	17
2) HBV2 .....	18
3) HBV3 .....	19
4. Hib (インフルエンザ菌b型ワクチン) .....	20
1) Hib1 .....	20
2) Hib2 .....	21
3) Hib3 .....	21

4) Hib4 .....	22
5. MR (麻疹・風疹混合ワクチン) .....	23
6. PCV (小児用肺炎球菌ワクチン) .....	24
1) PCV1 .....	24
2) PCV2 .....	24
3) PCV3 .....	25
4) PCV4 .....	26
7. VAR (水痘ワクチン) .....	27
1) VAR1 .....	27
2) VAR2 .....	27
IV. 考察 .....	29
1. 個人要因 .....	29
2. 環境要因 .....	31
3. 階層効果 .....	32
4. 地理的検討 .....	33
5. 本研究の制約 .....	34
V. おわりに .....	35
謝辞 .....	36
文献 .....	37

## 要旨

**研究の目的：**多変量解析と GIS を用いて、乳幼児を対象とする日本の予防接種率の地域差の実態を把握し、その要因を検討する。

**研究の背景：**公衆衛生上の課題である予防接種率の地域差の特定と改善を目的として、多様な地域スケールからその要因を分析する研究が行われている。しかしながら、日本における既往研究では個人を対象とした研究が多く、接種率の地域差の検討や関連要因を用いた生態学的研究もほとんど行われてこなかった。

**研究手法：**日本の 1737 の市区町村における 7 種類 19 回の予防接種を対象として、重回帰分析と市区町村—都道府県間の階層を用いたマルチレベル分析を行った。被説明変数には推計した 2013 年から 2018 年までの予防接種率を、説明変数には 9 つの個人要因と 4 つの環境要因を用いた。これらの変数の作成には国勢調査などの政府統計を用いた。予防接種率の分布図と予測モデルの残差プロットを用いて、地理的な関連要因を探索した。

**結果：**一人当たり課税所得と乳幼児健診受診率は市区町村レベルで、世帯の児童数は都道府県レベルで全般的に有意な関連を示した。その他の変数は予防接種の種類や接種時期(回数)によって関連の有無が異なった。接種率は西日本で低く、大都市圏で高い傾向がみられた。残差は内陸部と接種率の偏差が大きい地域に多く見られた。

**考察：**市区町村の所得格差と都道府県の世帯あたり児童数の差が、地域の接種率の格差に関連すると示唆された。また、人口減少と高齢化が進む小規模地域には接種率に関連する固有の因子が存在する可能性がある。

**結論：**接種率の向上には、その地域の社会経済的状況や人口構造、地域の文脈、予防接種の種類、それらの要因の影響するスケールを踏まえた施策が求められる。

**キーワード：**予防接種率、階層効果、予防接種への逡巡、社会的空白地域、健康格差

## 1. はじめに

### 1. 問題の背景

近年、健康と場所の関係には大きな関心が寄せられている。その理由の一つとして、20世紀後半を通じて世界中で進行した NCDs（非感染性疾患）の主要な死因化という国際的な課題に対して、健康における社会的決定要因に関心が寄せられたことが挙げられる。(Kämpfen, Wijemunige, and Evangelista 2018; Frumkin and Haines 2019)。1986年に WHO（世界保健機関）が発表したオタワ憲章(WHO 1986)において環境（environment）が健康にかかわる因子として明記され、特に 1990 年代以降、健康地理学や社会疫学、国際保健を含む公衆衛生学などの分野で研究が進められた。その中でも特に注目を集めるテーマの一つに、地域間での健康格差が存在する。グローバルな観点では、人類の平均余命は 1800 年の 28.5 歳から 2001 年に 66.6 歳まで伸長した一方、平均余命が特に長い地域と短い地域との格差は同時期に拡大した(Riley 2005)。格差の一因である多産多死から少産少死への社会構造の変化（人口転換）には、女性の社会進出や教育、所得、食料へのアクセシビリティなど、地域における多様な社会経済要因が関連する（Lutz and Qiang 2002; Murtin et al. 2017）。健康格差については様々な国や地域で研究が行われており、日本では DALY（Disability-adjusted life year, 障害調整生存年数）を指標とした都道府県間での格差の拡大傾向の実証(Nomura et al. 2017)や、主観的健康観への文脈効果や構成効果の検討（中谷・埴淵 2013; Kondo et al. 2008)などが挙げられる。これらの研究では健康それ自体の地域差に加えて、健康な場所の形成とその格差に影響する、文化や経済、政策などの社会的決定要因のマルチスケールな地域差にも関心が向けられてきた(中谷 2011)。

こうした潮流の中で、公衆衛生の増進に重要な貢献を果たしてきた予防接種についても、多様な空間的スケールから研究が行われてきた。予防接種は清潔な水と衛生環境に次いで、世界史における人類の健康の維持増進に大きな貢献を果たした(Greenwood 2014; Vanderslott, Dadonaite, and Roser 2013)。18 世紀末から 19 世紀前半にかけてのエドワード・ジェンナーが種痘法を開発し、1980 年には WHO（World Health Organization, 世界保健機関）によって天然痘の根絶が宣言された(Weiss Robin A. and Esparza José 2015)。予防接種の利用拡大に伴って、ポリオと風疹についても感染者が減少し続けており、天然痘に続いて根絶される可能性がある(Durrheim, Crowcroft, and Strebel 2014; van den Ent et al. 2017)。ワクチンの接種は本人だけでなく、その周囲の感染確率を下げる正の外部性を有している。この効果によって、年齢が接種基準に満たないとか先天的な免疫不全によってワクチンを接

種できない人々をも感染症から免れることを、集団免疫 (herd immunity) と呼ぶ。集団免疫の実現には高い接種率が必要となり、ポリオワクチンであれば 90%以上、麻疹ワクチンであれば対象人口の 95%以上がその目標値として掲げられている(Durrheim, Crowcroft, and Strebel 2014; van den Ent et al. 2017)。この目標値は、全体平均での実現に加えて、下位集団においても実現される必要がある。なぜならば、極端に低い予防接種率を抱えるサブ集団は、その規模の大小を問わず感染症のホットスポットとなりうるためである。1980 年から 2010 年までの時系列データを用いて複数のワクチンにおける接種率の国際比較を行った Figueiredo et al. (2016)によると、世界全体で見れば接種率は上昇しているものの、サブサハラ地域と南アジア、オーストラリアとウクライナの接種率は通時的に低い傾向を示した。同研究が対象としなかったワクチンについても、これらの地域での低接種率の傾向は同様であり、さらには感染症による DALY の疾病負荷も他地域より大きいと報告されている (Vanderslott, Dadonaite, and Roser 2013; Roser and Ritchie 2016)。さらに、アフリカという地域内でも国家を分析対象として接種率を比較すると、接種率が 20%程度の国からほぼ 100%に達する国までが存在しており、大きな差がみられる(Mosser et al. 2019)。一国内における地域間でも接種率の格差は同様に存在しており、コンゴ、米国、タイ、インドネシア、モンゴル、フィリピンなどを対象にして、接種率の地理的分布とその要因を検討した研究が行われてきた(Root et al. 2014; Delamater, Leslie, and Yang 2016; Takahashi et al. 2017; Phoummalaysith et al. 05 03, 2018; Utazi et al. 2019; Holipah et al. 2020; Rauniyar et al. 2020)。

接種率の地域差はマルチスケールで一貫して存在するものの、その要因は地域によって異なる。例えば、医療へのアクセシビリティに課題を抱える人々にとっては、予防接種を含めた医療サービスを安全かつ安価で容易に利用できる環境が重要になる(Khan and Ahmad 2017)。しかしながら、予防接種が利用できる状況下にもかかわらず接種を拒む人々や、接種スケジュールを適切に消化できない人々に対しては、より個別的な分析とアプローチが必要になるだろう。この現象は「予防接種への逡巡 (Vaccine Hesitancy)」と呼ばれており(中山 2019; MacDonald 2015)、WHO は 2019 年に国際保健における重大な懸念としてこの問題を取り上げた(WHO 2019)。逡巡には予防接種における信頼 (Confidence)、利便性 (Convenience)、疾病の軽視 (Complacency) の 3つの C (3C model) が関連するとされる(MacDonald 2015; Strategic Advisory Group of Experts on Immunization 2014)。3C と接種に関する意思決定の形成においては、安全性や有効性などの各予防接種固有の要因、地理的障壁や文化規範などを含む文脈的要因、個人的な価値観や知識経験等から成る近隣と個

人の要因という多様なスケールの要因が関連する(Dubé et al. 2013; Strategic Advisory Group of Experts on Immunization 2014)。例えば、乳幼児の予防接種に関する適切な知識や認知を母親が持つことが接種行動を促すとされており、知識や認知の形成をもたらす医療従事者への信頼も重要だと示す複数の報告がある(Ames, Glenton, and Lewin 2017; Kaufman et al. 2018)。ただし、それぞれの要因の影響力はあくまで文脈依存的であり複雑であると指摘されている(Larson et al. 2014; Dubé et al. 2018)。実際に、予防接種に対する信頼や姿勢は地域によって大きく異なり、接種率に関連するとされる社会経済指標についても、関連する指標の組み合わせやその強さが、社会集団や地域によって異なる結果が示されている(Figueiredo et al. 2016; Larson et al. 2016; Madeddu et al. 2019; Figueiredo et al. 2020; Holipah et al. 2020; Rauniyar et al. 2020)。以上の理由から、予防接種率の地域差とその関連要因の検討のためには、国や地域、近隣、個人といった多様なスケールでの総合的な検討が必要となる。

## 2. 日本における動向

日本における予防接種の受容と展開には、法と政策の歴史的変遷が重要な位置を占める。日本には 1744 年に清代杭州から訪れた李仁山によって人痘法が伝わっており、19 世紀以後の牛痘法も比較的容易に普及した(酒井 2014)。1938 年には BCG の開発と生産が財団法人結核予防会で、それ以外のワクチンの生産や検定は東京大学伝染病研究所で行われていた(大谷 2000; 戸井田 2011)。そして、1948 年の予防接種法の制定によって、予防接種が法的根拠に基づく政策として国民に実施されるようになった。連合国軍の指導下で制定されたこの法律は、すべての人に 6 種の疾病に対する予防接種を義務づける、他国と比較しても強力な法律だった。この法律は高い接種率の維持と罹患者の減少に大きな役割を果たしたとされる(渡部 2007; 中野 2017; Akihiko Saitoh and Okabe 2012)。しかしながら、戦後に健康被害に関する訴えが数度にわたって国民から提起されるなかで、日本の予防接種政策は変化を迫られた。1975 年に起きた全菌体百日咳ワクチンの副反応の影響とみられる健康被害報告などが社会問題化したことを受けて、翌 1976 年に健康被害者救済制度が整備された。その後、1989 年における MMR ワクチン（麻疹・ムンプス・風疹の混合）での無菌性髄膜炎の症例集積、1992 年の健康被害に関する訴訟での国側の敗訴を受けて、日本の予防接種の政策は一層の方針転換を行った(渡部 2007; Akihiko Saitoh and Okabe 2012)。1994 年に予防接種法は改正され、義務接種から勧奨接種（努力義務）へ、集団接種から原則個別接種へと変更された(齋藤昭彦 2014)。Doshi and Akabayashi (2010)が指摘したように、義務制度の廃止後にも高い接種率は維持されてきたものの、これらの方針の変化によって、

公的に接種されるワクチンの数が他国と比較して少ない「ワクチン・ギャップ」を生じさせた(Shimazawa and Ikeda 2012; Kuwabara and Ching 2014; 中野 2017)。グローバル化の進展とともに感染症の輸出症例、輸入症例が問題となったことを受けてワクチン・ギャップの解消の機運が高まり、2013年4月から改正予防接種法が施行された。改正法では副反応報告の法定化や予防接種に関する評価と検討を行う組織の設置に加えて、予防接種の推進計画の策定が定められ、ヒブ(インフルエンザ菌b型)感染症(Hib)、小児用肺炎球菌(PCV)、ヒトパピローマウイルス感染症(HPV)の3種類の疾病に対するワクチンが新たに定期接種に追加された。翌2014年10月には水痘ワクチン(VAR)と高齢者肺炎球菌の2種類が定期接種に追加され、2016年10月にはB型肝炎ワクチン(HBV)、2020年10月にロタウイルスワクチンも順次、定期接種に追加された。HPVワクチンが健康被害を主張する団体などの訴えから勧奨の中止を一時的に行ったものの、全体としてはワクチン・ギャップの解消が進められてきた(小川 2019)。現在も残る課題には、接種回数の多さやスケジュールの複雑さが挙げられる(齋藤昭彦 2015)。

日本における接種行動の関連要因については、様々な観点からその検証が行われてきた。集団内の構成効果に焦点を当てた研究には、国籍やアレルギーの有無、重症心身障碍などといった個人属性の特性の有無を用いた研究などが存在する(磯野・鈴木・牛島 2004; 菅井ほか.2004; 皆川 2007; 津久井ほか.2012)。環境レベルの特性に着目した研究としては、保育所に焦点を当てた研究が多く、保育所とそれ以外(幼稚園など)の集団や、医師へのアクセシビリティの観点から予防接種の状況を比較する研究も行われてきた(安井ほか.2003; 永田・篠原・新田 2008; 根路銘ほか.2006a; 川井ほか.2011; 津久井ほか.2012; 江原 2015; Sakai et al. 2015; Itamochi, Mieno, and Hatakeyama 2020)。個人と環境の双方に関連する研究としては、医療従事者を対象として、保護者への接種の推奨に関連する要因を検討した研究も行われてきた(坂西ほか.2014; 齋藤あや 2019)。特定の地域を対象地とする研究においては、単体の市区町村や離島に焦点を当てた研究が多く(根路銘ほか.2006b; 津久井ほか.2012; Tsuda et al. 2015; Itamochi, Mieno, and Hatakeyama 2020)、地域間の比較を実施した研究は比較的少ない(相崎ほか.2010; Sugishita et al. 2019)。また、調査手法は質問紙調査や2次データ分析が多数を占めるものの、乳幼児の母親が持つ予防接種への知識や姿勢との関連については介入実験も行われている(Aya Saitoh et al. 2013; 2017)。

しかしながら、これらの研究ではいずれも個人を分析単位としており、地域レベルでの要因や接種行動の割合の比較などには注目した研究は比較的少ない。田代ほか (2016)、大



澤ほか (2019)では、地域と個人の間データの階層性を仮定したモデルを用いて分析を行っているものの、前者は対象集団が高齢者という制約がある。後者の研究では、調査対象が430の市区町村に留まっている。Sakai et al. (2015)では日本の全市区町村が分析対象とされたものの、都道府県と市区町村の階層性や地域性についての分析はみられない。さらに、分析は2010年のデータに基づいており、予防接種法の改正が実施された2013年以降の状況を反映できていないという限界があった。

### 3. 本稿の目的

これまでに示したように、予防接種率にはマルチスケールでの地域間格差が存在し、その要因の検討には複数の地域レベルと地域性を考慮した研究が必要となる。しかしながら、日本における既往研究では、市区町村と都道府県を同時に扱う地域相関の分析を行った研究はなされてこなかった。

したがって、本研究は以下を目的として定めた。まず、市区町村における複数種の予防接種率の地域間格差を地理的に把握し、その傾向を明らかにする。そして、都道府県—市区町村間のデータの階層性を考慮したマルチレベルモデル分析を用いて、それらの地域差に関連する要因を推定する。前者については、接種率が厚生労働省によって毎年公表される麻疹と風疹を対象としたワクチンを除けば、2013年以後の日本における地域別の予防接種率の分布を示した事例は、管見の限りでは見当たらない。しかしながら、接種率の地域差の把握は効果的な介入の実施には不可欠となる。後者については、予防接種の実施主体である市区町村は、都道府県という上位の階層に従属しており、階層性の考慮を踏まえた分析が必要であると考えた。都道府県における社会経済状況や人口構造の傾向、あるいは「県民性」や「地域性」と呼ばれる地域文化の文脈的要因は、県下の市区町村に共通した効果を与える可能性がある。さらに、従来の個人—市区町村間の階層構造で関連が示唆された諸要素は、都道府県レベルでの変動に関連しているのか、市区町村レベルで関連するのか、あるいはさらに小規模な集団や個人にのみ関連する要因なのかを区別することが可能になる。要因の持つ影響のスケールを把握することで、さらに効果的な介入手法を導入することも可能になる。

本稿のI章以降の構成は以下の通りとなる。II章ではデータセットと分析手法の説明を行う。続くIII章では、II章で提示したデータとモデルを用いた分析の結果を提示する。その後、IV章では前章の結果の要約とその傾向を踏まえた考察を提示する。V章では本研究を総括する。

## II. 研究手法とデータ

### 1. 分析対象

本研究での分析対象は、厚生労働省が公表した 2018 年度分の「地域保健・健康増進事業報告」の行政区分に基づく日本の 1737 の市区町村である。データの分析に際して、市制移行、市町村合併、広域連合での集計などに対応するために、一部の市区町村のデータが加工された(表 1)。また、分析対象とする期間は 2013 年度から 2018 年度の 6 か年とした。分析対象の年度区分は、以下の 2 点を踏まえて定めた。まず、I 章で言及したように、2013 年度を起点として定期接種事業の対象となった予防接種の種類と数は大きく変更されている。そして、2020 年 12 月 5 日現在で利用できる、予防接種の実施に関する統計データは 2018 年度集計のものが最新だった。

### 2. データの収集と加工

本項では説明変数の加工方法と出典を記載した。各種統計はすべて日本政府のウェブページからダウンロードした。なお、その詳細な出典については表 2 の通りとなる。

#### 1) 被説明変数

分析対象とした予防接種は、分析対象年度内に国立感染症研究所が発表した定期予防接種のスケジュール(国立感染症研究所 2020)において、「標準的な接種年齢」<sup>i</sup>に乳幼児の月齢 24 か月以内の期間が含まれた 7 種類 19 回のワクチンである。なお、予防接種の略称については、表 3 の通りとなる。

接種率は、以下の計算式で推計された。

$$\frac{(A) * 100}{(B)}$$

(A) : 対象年度の予防接種の実施数

(B) : 対象年度に新規に「標準的な接種年齢」に達する者の人数

上式については、厚生労働省がウェブサイト上で公表する「麻しん風しん予防接種の実施状況」(リンク等は表 2 に記載)を参考にした。MR 第 1 期の接種率については、このサイトで公表されている各年度の市区町村別接種率をそのまま利用した。それ以外の種類の予防接種における (A) と (B) のそれぞれについては、以下の通りである。

分子である (A) については、厚生労働省が集計した「地域保健・健康増進事業報告」内の「閲覧(地域保健編)市区町村表」にて公表された「市区町村が実施した定期の予防接

種の接種者数」を用いた。

分母の (B) については、2013 年と 2014 年の数値は厚労省による前掲同報告にて公開されている「市区町村が実施した定期の予防接種の対象者数、市区町村、対象疾病別」を利用した。2015 年度から 2018 年度分の (B) については、同報告において、対象者数の集計と公表が取りやめられたため、予防接種ごとに推計を行った。

月齢 12 か月未満を「標準的な接種年齢」の開始時期に含む予防接種 5 種類計 13 回 (表 3) については、総務省が集計した「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」の出生数を加工して利用した。まず、予防接種の種類と回数によって標準的な対象月齢が異なることを考慮して、先行研究での推計手法を参考に(星野 2010; 相崎 et al. 2010; Sakai et al. 2015)、推計対象年度の前後の暦年の出生数を 12 で割ったものを各月別の出生数とした。この各月別出生数を用いて、高山・崎山・大石 (2015a; 2015b) および崎山ほか (2019) の月齢別の累積接種率調査や、瀬川・平光・五島 (2011) の報告を参考にして、「標準的な接種年齢」に該当する期間のなかでも、最も若い月齢での接種が一般的だと仮定して (B) の推計を行った。予防接種実施数の報告が年度集計であり、出生数が暦年集計であることも加味したうえで、推計は以下の式を用いて行われた。なお、推計対象となる年を  $k$  年 ( $2013 \leq k \leq 2018$ ) として表記した。

【予防接種名 (対象とした月齢) : 計算式】

HBV1、Hib1、PCV1 (2 ヶ月) :  $(k \text{ 年の出生数}) * 11/12 + (k+1 \text{ 年の出生数}) * 1/12$

HBV2、DPT-IPV1、Hib2、PCV2 (3 ヶ月) :  $(k \text{ 年の出生数}) * 12/12$

DPT-IPV2、Hib3、PCV3 (4 ヶ月) :  $(k-1 \text{ 年の出生数}) * 1/12 + (k \text{ 年の出生数}) * 11/12$

DPT-IPV3、BCG (5 ヶ月) :  $(k-1 \text{ 年の出生数}) * 2/12 + (k \text{ 年の出生数}) * 10/12$

HBV3 (7 ヶ月) :  $(k-1 \text{ 年の出生数}) * 4/12 + (k \text{ 年の出生数}) * 8/12$

月齢 12 か月から月齢 24 か月までの期間を「標準的な接種年齢」の開始時期に含む 4 種類計 5 回の予防接種 (表 3) については、1 歳人口の市区町村別の報告が存在せず、MR 第 1 期と標準的な接種月齢が類似しているため、MR 第 1 期の (B) の値を用いた。

III 以降の分析では、年変動を抑制するために、年度ごとの推定接種率を統合して算出した全体平均値を用いた。調査対象期間内に定期接種に導入された予防接種については、10 月に導入が開始されたか、月齢 12 か月以上を対象とするものについては、対象人数の算出

の都合上、導入翌年度以降の数値のみを推計に用いた（表3）。

欠損値と外れ値については以下のように処理を行った。年度内に出生がなかったか実施数の集計報告が行われなかったために、(A) または (B) の値が欠損値となる事例がみられた。同一の予防接種における接種率の欠損値が2か年分以上含まれた場合、当該市区町村はその分析から除外した。ただし、HBV1~3については2年分の接種率しか用いられないため、1年だけの欠損値でも当該市区町村を除外した。外れ値については、スミルノフの棄却検定表を用いて、基準値を上回る標準偏差の絶対値を示したデータを取り除いた。 $p=0.05$ ,  $N=1500$  の値を参照した結果、標準偏差 = 3.97 が基準値となった。

## 2) 説明変数

過去の研究で報告された接種率関連要因を参考に、個人要因として9個の変数を、環境要因として4つの変数を説明変数として解析に用いた。説明変数のカットオフポイントとなる  $p$  値は 0.05 とした。それぞれの変数の算出手法と定義は以下の通りである。

### 個人要因変数

#### ① 母親の年齢：

厚生労働省「人口動態調査」の2016年と2017年分で報告された、母の5歳階級別出生数を利用した。全階級の出生数を合算した総数を分母として、各年齢階級の出生数に年齢階級の中央値(17, 22, 27, 32, 37)を掛け合わせた分子を用いて平均年齢を算出した。14歳以下、50歳以上については、便宜的に14および50として計算し、不詳については計算から除外した。

#### ② 世帯平均児童数：

総務省統計局「平成27年国勢調査」を利用した。市区町村別の「6歳未満世帯人員」の値を「6歳未満世帯員のいる一般世帯数」で除した数値を用いた。

#### ③ ひとり親世帯率：

総務省統計局「平成27年国勢調査」を利用した。6歳未満世帯員のいる一般世帯の区分において、「一般世帯総数」を分母、同世帯区分内の「母子家庭」および「父子家庭」の世帯数を合算した値を分子として算出した。

#### ④ 共働き世帯率：

総務省統計局「平成27年国勢調査」を利用した。6歳未満世帯員のいる一般世帯数のうち、「夫婦と子供からなる核家族総世帯数」を分母に、「妻が就業」かつ「夫が就業」かつ最年少の子供が0歳から5歳までの各歳区分で集計された世帯数を合算したものを

分子として算出した。

⑤ 乳幼児検診受診率：

医療および行政に対する信頼度の代替指標として用いた。厚生労働省「地域保健・健康増進事業報告（地域保健編）」市区町村表にて集計された「市区町村が実施した妊産婦及び乳幼児の健康診査受診実人員－延人員」における「乳児3～5か月」と「幼児1歳6か月」のそれぞれについて、実人員に対する対象人員の比から割合を算出した。2013年から2018年までの平均値を用いた。予防接種の標準接種期間が月齢12か月未満で開始するものには乳児3～5ヶ月検診を、月齢12か月以降に開始するものについては1歳6か月検診を変数として用いた。

⑥ 外国人出生率：

総務省「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」における市区町村別の出生総数を分母、同統計の外国人住民の市区町村別出生数を分子として各年分（暦年で2013年から2018年まで）を計算し、その平均をとったものを変数として利用した。

⑦ 保育所児童率：

保育施設在在者数を未就学児童数の推計値で除算した数値を年度ごとに算出し、6年分の平均値を説明変数として用いた。在在者数については、2013年から2017年までは厚生労働省による「社会福祉施設等調査」で集計された「社会福祉施設等の在在者数」内の保育所総数と小規模保育事業所総数の合計を用いた。2018年分は厚生労働省の集計した「保育所等関連状況取りまとめ(平成30年4月1日)」内の保育関連施設を利用している人数を合算した数値を用いた。未就学児童数の推計値は、総務省「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」で報告された対象年の出生数に、その前年に集計された年齢階級別人口の0歳から4歳の人口を足し合わせた数値を用いた。

⑧ 人口の社会増減率：

総務省「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」で集計された2013年から2018年までの市区町村別の社会増減率を用いた。

⑨ 一人当たり課税所得：

総務省「市町村税課税状況等の調」における市町村別内訳を用いて、2013年度から2018年度までの市区町村ごとの納税義務者一人当たりにおける課税対象所得を算出して、その平均値を算出した。分析では自然対数による対数変換を行った値を用いた。

## 環境要因変数

### ① 市部・郡部：

2018年度の行政区分を用いて、市区町村における町村を「郡部」、市または特別区を「市部」と分類した。郡部を0、市部を1で表す2値変数に変換した。

### ② 保健衛生職員率：

自治体による予防接種対象者へのフォローアップの充実度を間接的に測る指標として用いた。自治体内の一般行政職員数に対する、保健衛生関連の職員数の割合を意味する。総務省が公表した「地方公共団体定員管理調査」の2013年から2018年に集計されたデータを用いて算出した。部門別職員数における一般行政職員数の総計を分母に、「衛生一般」と「市町村保健センター等施設」、「保健所」の3区分の職員を分子として算出した。各対象年度分の数値の平均値を変数として用いた。

### ③ 集団接種の実施：

厚生労働省が集計した「地域保健・健康増進事業報告」内の「閲覧（地域保健編）市区町村表」にて公表された「市区町村が実施した定期の予防接種の接種者数」を用いた。2018年度現在に集団接種を行っている自治体を1、それ以外を0として2値変数として用いた。

### ④ 小児科診療医：

2014年と2016年の「医師・歯科医師・薬剤師調査」および2018年の「医師・歯科医師・薬剤師統計」内で報告された「医療施設従事医師数（主たる診療科別）」の集計において、市区町村内における「小児科」の報告が1以上あれば1、皆無であれば0をとる2値変数を作成して用いた。

## 3. 分析に用いたモデル

本研究では重回帰分析とマルチレベル分析の2種類を用いた。

まず、都道府県での階層効果を仮定しない重回帰分析モデルによる検討を行った。強制投入法で全ての説明変数を含めた式をモデル1とした。そして、モデル1に対してAIC（赤池情報量基準）を用いたステップワイズ法でAICの値が最小となった式を採用して、これをモデル2とした。

次に、川端（2018）を参考にマルチレベルモデルでの分析を実施した。被説明変数とランダム切片で表現されるモデル3（ヌルモデル）を用いて、級内相関係数とデザイン効果からデータの階層性を評価した。この段階で、級内相関係数が一定値を下回る予防接種につ

いては、マルチレベルモデルの利用は行わずにモデル1とモデル2のみで分析を行った。

$y_{ij}$ を都道府県 $j$ 内の市区町村 $i$ における予防接種の接種率とすると、モデル3は以下のように表現される。

モデル3

レベル1:

$$y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij} \quad (1)$$

レベル2:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (2)$$

レベル1の(1)式における $\beta_{0j}$ はランダム切片であり、都道府県 $j$ において確率的に変動する接種率の母平均を表す。 $r_{ij}$ は平均0、分散 $\sigma$ の正規分布に従うレベル1の誤差を表す。

(2)式は(1)式のランダム切片を表現しており、定数項の $\gamma_{00}$ はすべての市区町村における接種率の全体平均であり、 $u_{0j}$ は平均0、分散 $\tau_{00}$ の正規分布に従い $\gamma_{00}$ を中心に確率的に変動するレベル2の誤差である。級内相関を $\rho$ とおくと、 $\rho$ は以下の式で算出された。

$$\rho = \frac{\tau_{00}}{\tau_{00} + \sigma^2}$$

デザイン効果 (Design Effect, DE) は、分析に用いた市区町村数を  $N$ 、都道府県数を 47 とし、以下の式で算出した。

$$DE = \left( \frac{N}{47} - 1 \right) \rho + 1$$

本研究では、 $\rho \geq 0.05$  かつ  $DE \geq 2$  であった場合に、データが階層性を持つと判断して、モデル3に説明変数を投下したモデル4の検討を行った。モデル2に含まれる説明変数を市区町村レベル(レベル1)と都道府県レベル(レベル2)の両方で投入したモデル4は、以下のように表現される。

モデル4

レベル1:

$$y_{ij} = \beta_{0j} + \sum_{k=1}^n b_k (x_{kij} - \bar{x}_{k.j}) + r_{ij} \quad (3)$$

レベル2:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \sum_{k=1}^n \gamma_{0k} (\bar{x}_{k.j} - \bar{x}_{k..}) + u_{0j} \quad (4)$$

(3) と (4) の両式で用いた  $k$  はモデル 2 で用いられた説明変数の数を表しており、 $1 \leq k \leq 13$  の範囲で予防接種ごとに異なる値をとると仮定された。(3) の式について、 $b_k$  は  $k$  番目の説明変数のレベル 1 での効果を表す固定傾き、 $x_{kij}$  は  $k$  番目の説明変数における都道府県  $j$  内の市区町村  $i$  が持つ個別値、 $\bar{x}_{k,j}$  は説明変数  $k$  番目の説明変数における都道府県  $j$  内の平均値である。すなわち、式 (3) は集団平均中心化を行った市区町村  $i$  における重回帰式である。(4) の式について、 $\gamma_{0k}$  は説明変数  $k$  におけるレベル 2 での固定傾きであり、 $(\bar{x}_{k,j} - \bar{x}_{k..})$  は説明変数  $k$  の都道府県平均から全体平均を引いた偏差である。すなわち、式 (4) は都道府県間の変動を確認するための重回帰式である。

モデル 4 における説明変数の効果を検討するために、レベル 1 とレベル 2 の分散説明率 (Proportions of variance explained, PVE) を算出した。レベル 1 の説明率を PVE1、レベル 2 の説明率を PVE2 とすると、それぞれ以下のように表現される。

$$PVE1 = \frac{\sigma^2 (\text{モデル 3}) - \sigma^2 (\text{モデル 4})}{\sigma^2 (\text{モデル 3})}$$

$$PVE2 = \frac{\tau_{00} (\text{モデル 3}) - \tau_{00} (\text{モデル 4})}{\tau_{00} (\text{モデル 3})}$$

以上、4 つのモデルを AIC、BIC、決定係数 ( $R^2$ ) の指標から比較した。そして、適合度が高いとみられるモデルの残差については、その全体平均と偏差を用いて標準化した数値を階級区分図で地図に描画してその傾向を分析した。

#### 4. 分析に用いたソフトウェア

以上の分析において、基本統計量の算出とモデル 1 からモデル 4 までの推定値の算出については、R studio のバージョン 1.3.959 (R のバージョンは 4.0.00) を用いた。地図の描画と一部のデータプロットについては、Esri Inc. の Arc GIS Pro 2.5.0 を用いた。また、市区町村の境界図については、(c) Esri Japan が公開した「全国市区町村界データ」のバージョン 8.2.1 を一部加工して用いた (<https://www.esri.com/products/japan-shp/> ; 2020 年 12 月 6 日取得)。



### III. 結果

この章では、19の予防接種における解析の結果を順に提示する。それに先立って、各分析で用いられた説明変数の基本統計量（平均値と最小値、最大値）を提示する。個別の詳細な基本統計量については各項で提示した基本統計量の表（表4から表22まで）に記されている。

個人要因の説明変数では、母親の年齢は31.00歳（最低値~最高値、30.99~31.01）、世帯平均児童数は1.34人（全種で同値）、ひとり親世帯率は3.16%（最低値~最高値、3.15~3.17）、共働き世帯率は56.40%（同、56.29~56.47）、乳幼児健診受診率は95.71%（同、95.51~96.09）、外国人出生率は0.76%（同、0.76~0.77）、保育所児童率は43.51%（同43.41~43.58）、人口の社会増減率は-0.28%（全種で同値）、一人当たり課税所得が14.84（全種同値）となった。環境要因では、市部・郡部が0.47（最低値~最高値、0.47~0.48。ただし、二値変数）、保健衛生職員率が7.48%（最低値~最高値、7.47~7.49）、集団接種の実施は0.17（全種同値、ただし二値変数）、小児科診療医が0.66（同前）となった。

#### 1. BCG（結核ワクチン）

欠損値を含むデータを除外した結果、分析に用いた市区町村数は1706となった。被説明変数である接種率の平均値は93.48%（標準偏差6.99）だった（表4）。図1は接種率の都道府県別箱ひげ図、図2は全体平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。北陸地方、静岡県と中京圏、京都府を除く近畿圏は比較的接種率が高い傾向が見られた。一方、山梨県と長野県、中国地方、高知県、九州北部、沖縄県など西日本に接種率の低い地域が多く見られた。偏差の大きい地域は日本の内陸部に点在する傾向にあった。ただし、平均値よりも接種率が特に低い地域は西日本に集まる傾向が見られた。

各変数を用いたモデル1からモデル4までの分析結果（表4）を提示する。強制投入法を用いたモデル1で有意な関連を示した2つの個人要因変数（ひとり親世帯率、検診受診率）と、1つの環境要因変数（集団接種の実施）が変数選択で選ばれた（モデル2）。モデル3の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は0.07であり、デザイン効果は3.56となった。レベル1とレベル2の中心化を行った説明変数を投入するモデル4において、レベル1では検診受診率（95%CI：0.02~0.13）、集団接種の実施（1.03~2.89）が有意な関連を示した。レベル2ではひとり親世帯率（-1.37~-0.29）、検診受診率（0.01~0.30）、人口の社会増減率（-7.52~-2.01）集団接種の実施（1.05~7.17）の4つが有意な関連を示し

た。PVE1は0.02、PVE2は0.50であり、ランダム切片の変動の説明率が大きかった。モデル間での指標の比較を行うと、モデル4はAICとBICが最小となり、 $R^2$ は最大となった ( $R^2, BIC, AIC : 0.09, 11380.20, 11429.18$ )。図3では標準化したモデル4の残差の分布を階級区分で分類して示した。残差の絶対値が大きい地域は正負の値を問わず、内陸部に多く見られる傾向があり、接種率の分布(図2)と類似していた。

## 2. DPT-IPV (ジフテリア、百日せき、破傷風及びポリオ4種混合ワクチン)

### 1) DPT-IPV1

欠損値を含むデータを除外した結果、分析に用いた市区町村数は1706となった。被説明変数である接種率の平均値は95.35% (標準偏差7.75) だった(表5)。図4は接種率の都道府県別箱ひげ図、図5は全体平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。近畿地方以東までの県では概ね平均値付近か、それより高い接種率を示した。福島県、奈良県、岡山県、広島県、福岡県、長崎県、熊本県、沖縄県は県内平均が全国平均を下回った。

各変数を用いたモデル1からモデル4までの分析結果(表5)を提示する。モデル1で有意な関連を示した6つの個人要因変数(母親の年齢、世帯平均児童数、ひとり親世帯率、共働き世帯率、検診受診率、一人当たり課税所得)が変数選択で選ばれた(モデル2)。環境要因の説明変数はいずれも有意な関連がみられなかった。モデル3の結果から都道府県レベルでの級内相関係数は0.07、デザイン効果は3.43となった。モデル4において、レベル1では母親の年齢(95%CI: -1.20~-0.22)、検診受診率(0.01~0.14)、一人当たり課税所得(1.33~9.28)が有意な関連を示した。レベル2では世帯平均児童数(-58.43~-5.03)のみが有意な関連を示した。PVE1は0.02、PVE2は0.46であり、レベル2の分散説明率がレベル1の分散説明率よりも大きくなった。それに伴い、モデルの推定値を用いた級内相関係数はモデル3よりも低下した(0.04)。モデル間の指標の比較では、モデル4のAICが最小となり、BICはモデル3に次いで小さく、 $R^2$ は最大となった ( $R^2, BIC, AIC : 0.05, 11862.62, 11759.23$ )。図6は標準化したモデル4の残差の分布を階級区分図で描画したものである。北海道の外縁部と、福島県、長野県、奈良県、山口県を除く中国地方と九州北部に残差の大きい市区町村が多く見られており、比較的内陸部に多い結果となった。

### 2) DPT-IPV2

欠損値を含むデータを除外した結果、分析に用いた市区町村の数は1706となった。被説明変数である接種率の平均値は95.69% (標準偏差7.50) だった(表6)。図7は接種率の

都道府県別箱ひげ図、図 8 は全体平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。DPT-IPV1 と比較して平均からの差が大きい地域が増加した。東日本と大阪周辺では接種率が高い傾向が見られた。その一方で、福島県、奈良県、岡山県、鳥取県、広島県、福岡県、愛媛県、熊本県、沖縄県の県内平均は全国平均を下回った。中国地方と九州北部には平均値を大きく下回る地域が多くみられた。

各変数を用いたモデル 1 からモデル 4 までの分析結果（表 6）を提示する。モデル 1 で有意な関連を示した 2 つの個人要因変数（検診受診率、一人当たり課税所得）とそれ以外の 2 つの変数（世帯平均児童数、ひとり親世帯率）がモデル 2 の変数選択に含まれた。環境要因の説明変数はモデル 1 で有意な関連がみられず、モデル 2 にも含まれなかった。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.06 であり、デザイン効果は 3.14 となった。モデル 4 において、レベル 1 では検診受診率（95%CI：0.01~0.14）と一人当たり課税所得（0.24~6.94）に有意な関連が示された。レベル 2 の変数はいずれも有意な関連を示さなかった。PVE1 は 0.01、PVE2 は 0.30 となり、モデルの推定値を用いた級内相関係数（0.04）はモデル 3 よりも低下した。モデル間の指標の比較では、モデル 4 の AIC が最小となり、BIC はモデル 3 に次いで小さく、 $R^2$  は最大となった（ $R^2$ , BIC, AIC：0.07, 11716.94, 11657.09）。モデル 4 の残差を地図に投影した図 9 では、残差は北海道の外縁部、関東から近畿地方にかけての内陸部、中国・四国・九州地方に多く集まる傾向となった。

### 3) DPT-IPV3

欠損値を含むデータを除外した結果、分析に用いた市区町村数は 1707 となった。被説明変数である接種率の平均値は 94.96%（標準偏差 7.87）だった（表 7）。図 10 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 11 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。DPT-IPV2 と類似する分布の傾向を示し、東日本と奈良県を除く近畿地方では接種率が高い傾向を示した。福島県、奈良県、岡山県、広島県、香川県、愛媛県、高知県、沖縄県の県内平均は全国平均を下回った。東日本の内陸部と北海道、福島県周辺、中国地方、四国、九州地方に偏差の大きい地域が集まる傾向がみられた。

モデル 1 からモデル 4 までの分析結果（表 7）を提示する。モデル 1 で有意な関連を示した 3 つの個人要因変数（ひとり親世帯率、検診受診率、一人当たり課税所得）とそれ以外の 2 つの変数（世帯平均児童数、手段接種の実施）が変数選択によって選ばれた（モデル 2）。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.07 であり、デザイン効果は 3.34 となった。モデル 4 では、レベル 1 で検診受診率（95%CI：0.00~0.13）、一

人当たり課税所得 (0.57~7.57) が有意な関連を示した。レベル 2 では有意な関連を示す変数がなかった。PVE1 は 0.01、PVE2 は 0.40 となり、モデル 4 はレベル 2 のランダム切片を 43%説明し、レベル 1 の分散の 1%の説明に寄与した。モデル 4 の級内相関係数 (0.04) はモデル 3 よりも低下した。モデル間の指標の比較では、モデル 4 の AIC が最小となり、BIC はモデル 3 に次いで小さく、 $R^2$  はモデル 3 と同値となった ( $R^2$ , BIC, AIC: 0.07, 11894.50, 11823.75)。モデル 4 の残差を地図に投影した図 12 は、接種率が低い傾向にあった中国・四国や東日本の内陸部、福島県、北海道の沿岸部 (図 11) で残差が大きい傾向を示した。

#### 4) DPT-IPV4

欠損値を含むデータを除外した結果、分析に用いた市区町村数は 1700 となった。被説明変数である接種率の平均値は 94.90% (標準偏差 8.42) だった (表 8)。図 13 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 14 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。東日本に比べて西日本に県内平均が低い地域が多い傾向が見られた。福島県、埼玉県、福井県、山梨県、長野県、奈良県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、鹿児島県、沖縄県の県内平均は全国平均を下回った。偏差の大きい市区町村は北海道と沖縄県を除き、本州では内陸部に分布する傾向が見られた。

各変数を用いたモデル 1 からモデル 3 までの分析結果 (表 8) を示す。モデル 1 で有意な関連を示した 4 つの個人要因変数 (母親の年齢、検診受診率、人口の社会増減率、一人当たり課税所得) と 2 つの環境要因変数 (集団接種の実施、小児科診療医) が変数選択で選ばれた (モデル 2)。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.03、デザイン効果は 2.22 となった。級内相関係数が 0.05 を下回ったため、マルチレベルモデルでの分析は行われなかった。モデル 1 とモデル 2 の指標の比較では、モデル 2 の  $R^2$  はモデル 1 より大きい値となり、BIC と AIC はそれぞれモデル 1 よりモデル 2 が小さい値となった ( $R^2$ , BIC, AIC : 0.03 127065.09, 12016.15)。図 15 ではモデル 2 における残差を標準化した値を地図上に投影した。DPT-IPV3 と比較して北海道に残差の値が平均値から大きく外れた地域が多く、それ以外の地域では日本の内陸部を中心に残差の大きい地域が分布する傾向が見られた。

### 3. HBV (B 型肝炎ワクチン)

#### 1) HBV1

欠損値を含むデータを除いた分析対象となる市区町村数は 1696 だった。被説明変数で

ある接種率の平均値は 98.24% (標準偏差 6.01) となった (表 9)。図 16 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 17 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。東京都、京都府、島根県、沖縄県の県内平均値は全国平均を下回った。標準偏差が大きい地域が凝集する傾向はみられず、沿岸部よりも内陸部で散らばる傾向が見られた。平均値より接種率の低い地域については、北海道と岩手県では沿岸部、それ以外の地域では内陸部に広がる傾向が見られた。

各変数を用いたモデル 1 からモデル 4 までの分析結果 (表 9) を提示する。モデル 1 では 3 つの個人要因変数 (母親の年齢、共働き世帯、検診受診率) と 2 つの環境要因変数 (集団接種の実施、小児科医) に有意な関連がみられた。モデル 2 では、これらの 5 つの変数に加えて、1 つの個人要因変数 (世帯平均児童数) を加えた 6 個の変数が含まれた。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.05 であり、デザイン効果は 2.78 となった。モデル 4 のレベル 1 では、母親の年齢 (95%CI: -0.80 ~ -0.07)、共働き世帯率 (0.02 ~ 0.09)、小児科診療医 (1.06 ~ 2.44) の 3 つの変数が有意な関連を示した。レベル 2 では母親の年齢 (-3.73 ~ -1.52)、世帯平均児童数 (-29.86 ~ -2.72) の 2 つの変数が有意な関連を示した。PVE1 は 0.03、PVE2 は 0.66 となり、モデル 4 はレベル 2 のランダム切片を 66%説明し、レベル 1 の分散の 3%の説明に寄与した。モデル 4 の級内相関係数は 0.02 で、モデル 3 よりも小さい値となった。モデル間の指標の比較では、モデル 4 は AIC が最小となり、BIC がモデル 3 に次いで小さく、 $R^2$  は最大の値となった ( $R^2$ , BIC, AIC: 0.08, 10896.92, 10815.38)。モデル 4 の残差を地図に投影した図 18 では、北海道、青森県、群馬県、長野県で残差の大きい地域が多くみられた。また、残差の大きい地域は比較的内陸部に多い傾向を示した。

## 2) HBV2

欠損値を含むデータは除いたサンプル数は 1704 となった。被説明変数である接種率の平均値は 97.97% (標準偏差 6.42) となった (表 10)。図 19 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 20 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。東京都、京都府、島根県、広島県、鹿児島県、熊本県、沖縄県の県内平均値は全国平均を下回った。北海道と長野県には標準偏差が大きい地域と小さい地域が混在していた。岩手県は高い地域が多く存在していた。福島県とその内陸部の隣接地帯に接種率の低い地域が集まる傾向が見られた。東京都は全体的に低い値を示したものの、周辺地域に同様の傾向はみられなかった。平均値より接種率の低い地域については、中部地方

と中国地方、九州地方の内陸部、そして薩南諸島と沖縄県に広がる傾向が見られた。

各変数を用いたモデル1からモデル3までの分析結果(表10)を提示する。モデル1で4つの個人要因変数(母親の年齢、世帯平均児童数、共働き世帯率、検診受診率)に有意な関連がみられた。変数選択を行った結果(モデル2)、モデル1で有意とされた4つの変数に加えて、一人当たり課税所得、保健衛生職員率、小児科診療医の3つの変数が含まれた。モデル2では母親の年齢(95%CI: -0.87~-0.11)、世帯平均児童数(-13.42~-1.56)、共働き世帯率(0.02~0.09)、検診受診率(0.01~0.10)、小児科診療医(0.27~1.71)が有意な関連を示した。モデル3の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は0.04であり、デザイン効果は2.28となった。級内相関が0.05に満たなかったため、階層モデルは検討されなかった。モデル1とモデル2の指標の比較では、モデル2のAICとBICがモデル1よりも小さく、 $R^2$ はモデル1と同値となった(モデル2の $R^2$ , BIC, AIC: 0.08, 10896.92, 10815.38)。図21ではモデル2における残差を標準化した値を地図上に投影した。北海道、青森県、和歌山県を除き、残差の値が大きい地域は日本の内陸部に幅広く分布する傾向を示した。

### 3) HBV3

欠損値を持つデータを除くと、分析対象とする市区町村数は1692となった。被説明変数である接種率の平均値は96.62%(標準偏差10.12)となった(表11)。図22は接種率の都道府県別箱ひげ図、図23は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。HBV1およびHBV2とは異なり、東日本で接種率が高く、西日本で接種率が低い傾向がみられた。福島県、東京都、京都府、鳥取県、島根県、徳島県、高知県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県の県内平均値は全国平均値を下回った。北海道の道央部には接種率の高い地域が集まった。山梨県と長野県には標準偏差の絶対値が大きい地域が多くみられた。

各変数を用いたモデル1からモデル4までの分析結果(表11)を提示する。モデル1では3つの個人要因変数(世帯平均児童数、ひとり親世帯率、検診受診率)と1つの環境要因変数(小児科診療医)に有意な関連がみられた。モデル2の変数選択では、モデル1で有意とされた4つの変数が選ばれた。モデル3の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は0.05、デザイン効果は2.77となった。モデル4では、レベル1でひとり親世帯率(95%CI: -0.89~-0.31)、検診受診率(0.03~0.21)、小児科医(0.86~3.14)の3つの変数が有意な関連を示した。レベル2で世帯平均児童数(-58.22~-7.11)が有意な関連を示した。PVE1は0.02、PVE2は0.46となり、分散の減少率の差によって、モデル4の推定値

を用いた級内相関係数は 0.02 となり、モデル 3 よりも小さい値になった。モデル間の指標の比較では、モデル 4 は BIC がモデル 2 及びモデル 3 よりも大きい値であったものの、AIC が最小、 $R^2$  は最大となった（モデル 2 の  $R^2$ , BIC, AIC : 0.07, 12631.17, 12571.40）。図 24 ではモデル 4 における残差を標準化した値を地図上に投影した。モデルの予測値との差が大きい地域は内陸部に分布する傾向が見られた。接種率の標準偏差が大きい地域の分布と類似した分布がみられた。

#### 4. Hib（インフルエンザ菌 b 型ワクチン）

##### 1) Hib1

欠損値を含むデータを除外した結果、分析に用いた市区町村数は 1706 となった。被説明変数である接種率の平均値は 93.26%（標準偏差 9.42）となった（表 12）。図 25 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 26 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。北海道の中心部、青森県、北関東、中部圏の内陸部、近畿地方の沿岸部、中国地方、四国、九州北部と薩南諸島及び沖縄県に低い接種率の地域が集まる傾向が見られた。東北地方の内陸部、北陸、首都圏、静岡県、九州南部には接種率の高い地域が集まる傾向が示された。福島県は高い地域と低い地域が混在した。福井県と沖縄県は半数以上の市区町村が平均値を下回った。千葉県、東京都、神奈川県、富山県、石川県、静岡県、愛知県、滋賀県では平均値より高い接種率を示した市区町村が多く見られた。

モデル 1 からモデル 4 までの分析結果（表 12）を示す。モデル 1 では 3 つの個人要因変数（ひとり親世帯率、外国人出生率、一人当たり課税所得）と 1 つの環境要因変数（市部・郡部）が有意な関連を示した。モデル 2 の変数選択では、モデル 1 で有意な関連を示した変数に 3 つの変数（母親の年齢、人口の社会増減率、小児科診療医）を加えた組み合わせとなった。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.09 であり、デザイン効果は 4.35 となった。モデル 4 ではレベル 1 で母親の年齢（95%CI: -1.40~-0.24）、人口の社会増減率（0.40~2.27）、市部・郡部（0.20 ~ 2.48）の 3 つの説明変数に有意な関連がみられた。レベル 2 で有意な関連を示した変数はなかった。PVE1 は 0.03、PVE2 は 0.60 となり、レベル 1 よりもレベル 2 の分散説明率が大きかった。モデル間の指標の比較では、モデル 4 は BIC がモデル 2 及びモデル 3 よりも大きい値であったものの、AIC が最小値をとり、 $R^2$  はモデル間で最大だった（モデル 4 の  $R^2$ , BIC, AIC : 0.013 12438.14, 12345.63）。図 27 ではモデル 4 における残差を標準化した値を地図上に投影した。モデルの予測値と

の差が大きい地域は内陸部に分布する傾向を示しており、接種率の標準偏差が大きい地域（図 26）の分布と類似した分布傾向がみられた。

### 2) Hib2

欠損値を含むデータを取り除き、分析に用いた市区町村数は 1705 となった。被説明変数である接種率の平均値は 93.33%（標準偏差 8.41）となった（表 13）。図 28 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 29 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。Hib1（図 25, 図 26）と比較して、平均値からの偏差が大きい地域は少なくなった。また、東日本に比べて西日本の接種率は低いという傾向がみられた。西日本では特に、中国、四国、九州北部に低い地域が多くみられた。福島県、福井県、京都府、奈良県、岡山県、広島県、愛媛県、福岡県、長崎県、熊本県、鹿児島県、沖縄県の県内平均の接種率は全国平均を下回った。

各変数を用いたモデル 1 からモデル 4 までの分析結果（表 13）を示す。モデル 1 で有意な関連がみられた 2 つの個人要因変数（ひとり親世帯率、一人当たり課税所得）に加えて、世帯平均児童数がモデル 2 の変数選択で選ばれた。環境要因変数はモデル 2 に含まれず、モデル 1 でも有意な関連は示されなかった。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.08 であり、デザイン効果は 3.75 となった。モデル 4 では、レベル 1 で一人当たり課税所得が有意な関連を示し（95%CI：1.05~8.47）、レベル 2 では世帯平均児童数（-65.74~-9.46）が有意な関連を示した。PVE1 は 0.01、PVE2 は 0.43 となり、レベル 2 の分散説明率がレベル 1 の分散説明率より大きかった。推定値を用いた級内相関係数（0.05）はモデル 3 より低い値となった。モデル間の指標の比較では、モデル 4 は BIC がモデル 3 よりも大きい値であったものの、AIC が最小値となり、 $R^2$  はモデル 3 と同値となった（モデル 4 の  $R^2$ , BIC, AIC：0.08, 12058.23, 12009.26）。図 30 ではモデル 4 における残差を標準化した値を地図上に描画した。図 29 において接種率が低い市区町村が多かった地域で残差が大きくなる傾向が見られた。東日本では残差の大きい地域が内陸部に集まる分布を示した。西日本では沿岸部に残差の大きい地域が多くみられた。

### 3) Hib3

欠損値を含むデータを取り除き、分析に用いた市区町村数は 1705 となった。被説明変数である接種率の平均値は 92.95%（標準偏差 8.68）となった（表 14）。図 31 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 32 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。青森県、福島県と北関東、近畿地方南部、中国地方、四国



西部に接種率の低い地域がみられた。首都圏と静岡県、北陸では接種率の高い地域が多く見られた。福島県、福井県、奈良県、鳥取県、岡山県、広島県、愛媛県、高知県、福岡県、熊本県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県の県内平均の接種率は全国平均を下回った。モデル1からモデル4までの分析結果（表14）を示す。モデル1では2つの個人要因変数（ひとり親世帯率、一人当たり課税所得）に有意な関連がみられた。モデル2ではこれら2つの変数と、世帯平均児童数および検診受診率を加えた4つの変数が用いられた。環境要因変数はモデル2で採択されず、モデル1でも有意な関連を示さなかった。モデル3の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は0.08であり、デザイン効果は3.66となった。モデル4では、レベル1で一人当たり課税所得が有意な関連を示した（95%CI：3.28～10.92）。レベル2では世帯平均児童数が有意な関連を示した（-63.01～-9.31）。PVE1は0.01、PVE2は0.53となり、レベル1に比べてレベル2の分散説明率が高かった。推定値を用いた級内相関係数は0.04となり、モデル3より小さい値となった。モデル間の指標の比較では、モデル4はBICがモデル3よりも大きい値を示した。その一方で、AICが最小値であり、 $R^2$ は最も大きい値をとった（モデル4の $R^2$ , BIC, AIC：0.09, 12169.79, 12109.94）。図33ではモデル4における残差を標準化した値を地図上に描画した。北海道、福島県、三重県、中国地方、四国地方、九州地方の残差の値が大きく、接種率の低い地域の残差が大きくなる傾向が見られた。

#### 4) Hib4

欠損値を含むデータを除外して、解析に用いた市区町村数は1703となった。被説明変数である接種率の平均値は93.35%（標準偏差8.83）となった（表15）。図34は接種率の都道府県別箱ひげ図、図35は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。福島県、福井県、山梨県、奈良県、鳥取県、岡山県、広島県、徳島県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、鹿児島県、沖縄県の県内平均の接種率は全国平均を下回った。それ以外の地域では、北海道の道北部は接種率の高い地域と低い地域が隣接して混在し、青森県は平均値よりやや低い地域が多く見られた。東京、名古屋、大阪などの都市圏では接種率の高い地域が多く見られた。

各変数を用いたモデル1からモデル4までの分析結果（表15）を示す。モデル1では4つの個人要因変数（世帯平均児童数、検診受診率、外国人出生率、一人当たり課税所得）に有意な関連がみられた。変数選択を行ったモデル2では、この4つの変数に加えて、ひとり親世帯率、外国人出生率、保健衛生職員率を加えた7種類の変数が含まれた。モデル

3の結果から級内相関係数は0.06、デザイン効果は3.14となった。モデル4では、レベル1で検診受診率(95%CI:0.09~0.36)、外国人出生率(95%CI:0.03~0.71)、一人当たり課税所得(1.40~9.28)が有意な関連を示した。レベル2ではいずれの変数も有意な関連を示さなかった。PVE1は0.02、PVE2は0.55となり、説明変数の投入によってレベル1とレベル2双方の分散が減少した。推定値を用いた級内相関係数は0.03となり、モデル3より低下した。モデル間の指標の比較では、モデル4のBICはモデル3とモデル2よりも大きい値を示した。その一方で、AICは最小値であり、 $R^2$ は最も大きい値となった(モデル4の $R^2$ , BIC, AIC:0.08, 12248.27, 12166.67)。図36はモデル4における残差を標準化した値を地図上にプロットした図である。接種率の偏差が大きい地域では残差も大きい傾向がみられた。中部地方を除くと大きい残差を示した地域は沿岸部に分布する傾向を示した。

#### 5. MR(麻疹・風疹混合ワクチン)

欠損値を含むデータを除いたサンプル数は1701となった。被説明変数である接種率の平均値は95.25%(標準偏差5.40)となった(表16)。図37は接種率の都道府県別箱ひげ図、図38は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。北海道、長野県、鳥取県、岡山県、広島県、高知県、熊本県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県の県内平均の接種率は全国平均を下回った。北海道を除き、接種率の低い地域と平均値から大きく外れた地域はいずれも内陸部に多く見られる傾向があった。

MRにおけるモデル1からモデル3までの分析結果(表16)を示す。モデル1では5つの個人要因変数(母親の年齢、世帯平均児童数、ひとり親世帯率、検診受診率、一人当たり課税所得)と3つの環境要因変数(市部・郡部、集団接種の実施、小児科医)に有意な関連がみられた。AICによるステップワイズ法で変数選択を行ったモデル2では、それらの変数に加えて保健衛生職員率が用いられた。母親の年齢(95%CI:-0.89~-0.27)、世帯平均児童数(-16.01~-6.60)、ひとり親世帯率(-0.38~-0.10)、検診受診率(0.13~0.27)、一人当たり課税所得(1.47~5.46)、市部・郡部(0.23~1.57)、集団接種の実施(0.35~1.65)、小児科診療医(0.28~1.63)が有意な関連を示した。モデル3の級内相関係数は0.03であり、デザイン効果は2.14となった。級内相関係数が0.05に満たなかったため、マルチレベルモデルの検討は行われなかった。モデル1とモデル2の指標の比較では、モデル2のBICとAICが小さく、 $R^2$ は同値だった(モデル2の $R^2$ , BIC, AIC:0.10, 10451.59, 10391.77)。図39はモデル2の標準化残差を地図上に投影した図である。残差は北海道の南部と北部に多く見られたほか、主に東北地方の沿岸部とその他の地域の内陸部において、全国に幅

広く分布していた。

## 6. PCV（小児用肺炎球菌ワクチン）

### 1) PCV1

欠損値を含むデータは除いた市区町村数は 1706 となった。被説明変数である接種率の平均値は 93.51%（標準偏差 9.49）となった（表 17）。図 40 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 41 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。東京、愛知、大阪の都市圏では接種率の高い地域が比較的多くみられる傾向を示した。中国地方と福井県、高知県、長崎県、鹿児島県の離島部と沖縄県では接種率の低い地域が多く見られた。

モデル 1 からモデル 4 までの分析結果（表 17）を提示する。モデル 1 では 3 つの個人要因変数（母親の年齢、ひとり親世帯率、社会増減率、一人当たり課税所得）と 1 つの環境要因変数（市部・郡部）に有意な関連がみられた。変数選択ではモデル 1 で有意を示した 4 つの変数に加えて、世帯平均児童数、外国人出生率、小児科診療医が選択された（モデル 2）。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.10 であり、デザイン効果は 4.70 となった。モデル 4 では、母親の年齢（95%CI： -1.51 ~ -0.36）、人口の社会増減率（0.81~2.68）、一人当たり課税所得（0.33~9.39）、市部・郡部（0.23~2.50）、小児科診療医（0.05~2.50）の 5 つの変数が有意な関連を示した。レベル 2 では世帯平均児童数（-70.08 ~ -8.05）が有意な関連を示した。PVE1 は 0.04、PVE2 は 0.68 となり、レベル 1 よりもレベル 2 の分散説明率が大きかった。モデル 4 の推定値を用いた級内相関係数は 0.04 となり、モデル 3 よりも小さい値を示した。モデル間の指標の比較では、モデル 4 の BIC はモデル 3 とモデル 2 よりも大きい値を示した。その一方で、AIC は最小値をとり、 $R^2$  は最も大きい値となった（モデル 4 の  $R^2$ , BIC, AIC : 0.15, 12432.56, 12329.17）。図 42 はモデル 4 における残差を標準化した値を地図上にプロットした図である。東日本では残差の大きい地域が内陸部に多くみられる傾向を示した。西日本では東日本と比べて、残差の分布は沿岸部にやや多く見られる傾向を示した。都市部の接種率の高い地域（図 41）よりも、接種率の低い地域において大きい残差を示す地域が多く見られた。

### 2) PCV2

欠損値を含むデータは除いた市区町村数は 1704 となった。被説明変数である接種率の平均値は 93.63%（標準偏差 8.32）となった（表 18）。図 43 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 44 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影し

たものである。PCV1 の分布（図 40、図 41）と比較すると、平均値から大きく外れた接種率を示す地域が減少する傾向が見られた。東日本は比較的接種率の高い地域が多く、西日本は接種率の低い市区町村が多く分布する傾向がみられた。大都市圏では、東京都と愛知県の周辺では接種率の高い地域が比較的多く分布した一方で、大阪府の周辺には接種率の低い地域が多く見られた。福島県、福井県、京都府、奈良県、岡山県、広島県、愛媛県、高知県、福岡県、長崎県、熊本県、鹿児島県、沖縄県の県別平均は全国平均を下回った。

モデル 1 からモデル 4 までの分析結果（表 18）を示す。モデル 1 で有意な関連が示された 3 つの個人要因変数（世帯平均児童数、ひとり親世帯率、一人当たり課税所得）が変数選択によってモデル 2 に用いられた。環境要因変数はモデル 1 で有意な関連を示さず、モデル 2 にも含まれなかった。モデル 3 の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は 0.08 となり、デザイン効果は 3.81 となった。モデル 4 で有意な関連を示した変数は、レベル 1 で一人当たり課税所得（95%CI：2.05～9.37）、レベル 2 で世帯平均児童数（-62.42～-7.84）だった。PVE1 は 0.01、PVE2 は 0.48 となり、レベル 2 の分散説明率がレベル 1 の分散説明率より大きくなった。推定値を用いた級内相関係数は 0.04 となり、モデル 3 より低下した。モデル間の指標の比較では、モデル 4 の BIC はモデル 3 に次いで小さい値となり、AIC は最小値となった。 $R^2$  は最も大きい値となった（モデル 4 の  $R^2$ , BIC, AIC：0.09, 12004.05, 11955.08）。図 45 はモデル 4 における残差を標準化した値を地図上にプロットした図である。福島県、長野県、三重県、愛媛県と中国地方、九州地方など、接種率が比較的低い地域に残差の大きい市区町村が多くみられた。

### 3) PCV3

欠損値を含むデータを除き、分析に用いる市区町村数は 1705 となった。被説明変数である接種率の平均値は 92.89%（標準偏差 8.59）となった（表 19）。図 46 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 47 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。全般的に、PCV2（図 43、図 44）と類似した分布の傾向が示された。東日本の地域には県内平均値が全国平均を上回る都道府県が多く、西日本には県の接種率が低い地域が比較的多く見られた。福島県、福井県、奈良県、鳥取県、岡山県、広島県、愛媛県、熊本県、鹿児島県、沖縄県の県内平均値は全国平均値を下回った。福島県の県境や、関東地方北部、近畿地方の沿岸部と中国地方から九州北部かけての地域において、接種率の低い地域が分布していた。

モデル 1 からモデル 4 までの分析結果（表 19）を提示する。モデル 1 では 3 つの個人要

因変数（ひとり親世帯率、一人当たり課税所得）に有意な関連がみられた。変数選択の悔過、モデル2ではこれら2つの変数に加えて、世帯平均児童数と集団接種の実施が選択された。モデル3の結果から、都道府県レベルでの級内相関係数は0.08であり、デザイン効果は3.83となった。モデル4では、レベル1で一人当たり課税所得が有意な関連を示した（95%CI：3.71～11.26）。レベル2においては世帯平均児童数（-67.03～-13.88）に有意な関連がみられた。PVE1は0.01、PVE2は0.57となった。モデル4の推定値を用いた級内相関係数はモデル3より低下した（0.04）。モデル間の指標の比較では、モデル4のBICはモデル3に次いで小さい値となり、AICは最小値となった。 $R^2$ は最も大きい値となった（モデル4の $R^2$ , BIC, AIC：0.09, 12125.85, 12066.00）。図48はモデル4における残差を標準化した値を地図上にプロットした図である。北海道、福島県、山梨県、長野県、三重県、奈良県、中国地方、四国の沿岸部、九州地方において残差の大きい市区町村が多く分布し、接種率が比較的低い地域に残差の大きな地域が分布する傾向となった。

#### 4) PCV4

分析に用いた変数の記述統計量を示す。欠損値を含むデータは除いたサンプル数は1708となった。被説明変数である接種率の平均値は92.56%（標準偏差8.72）となった（表20）。図49は接種率の都道府県別箱ひげ図、図50は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。都道府県平均で見た接種率の高い地域と低い地域の分布はPCV3（図46、図47）と大きな差は見られなかった。その一方で、偏差の値が大きい地域はPCV3よりも増加した。福島県、京都府、岡山県、広島県、山口県、徳島県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、鹿児島県、沖縄県は接種率の県内平均が全国平均の値を下回った。

モデル1からモデル4までの分析結果（表20）を提示する。モデル1では3つの個人要因変数（世帯平均児童数、検診受診率、一人当たり課税所得）に有意な関連がみられた。変数選択を行ったモデル2では、モデル1で有意となった3つの変数に加えて、ひとり親世帯率、小児科診療医が説明変数として用いられた。モデル3における級内相関係数は0.07であり、デザイン効果は3.30となった。モデル4のレベル1で有意な関連を示した変数は、検診受診率（95%CI：0.09～0.36）、一人当たり課税所得（1.74～9.60）の2つだった。レベル2ではいずれの変数も有意な関連を示さなかった。モデル4の分散説明率は、PVE1が0.02、PVE2は0.55だった。モデル4の推定値を用いた級内相関係数は0.03となり、モデル3より減少した。モデル間の指標の比較では、モデル4のBICはモデル2、モデル3

よりも大きい値となった。その一方、AIC は最小値となり、 $R^2$ は最も大きい値をとった（モデル4の  $R^2$ , BIC, AIC : 0.08, 12218.59, 12147.83）。図 51 はモデル4における残差を標準化した値を地図上にプロットした図である。北海道、東北地方、栃木県と新潟県の県境周辺、長野県と静岡県との県境周辺、中国地方、沖縄県に比較的残差の大きい市区町村が分布した。

## 7. VAR（水痘ワクチン）

### 1) VAR1

欠損値を含むデータは除いたサンプル数は 1700 となった。被説明変数である接種率の平均値は 98.10%（標準偏差 7.40）となった（表 21）。図 52 は接種率の都道府県別箱ひげ図、図 53 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。全国的に接種率の全国平均と県別平均に大きな差は見られなかったものの、九州地方は接種率の低い地域が多い傾向を示した。愛知県、滋賀県、愛媛県は全国平均よりも接種率の高い市町村が特に多く、鳥取県、長崎県、熊本県、大分県は接種率の低い市町村が多くみられた。北海道、岩手県、長野県では平均値から大きく外れた値の市区町村が比較的多く見られた。

モデル1からモデル3までの分析結果（表 21）を示す。強制投入法を用いたモデル1では5つの個人要因変数（母親の年齢、世帯平均児童数、ひとり親世帯率、共働き世帯率、検診受診率）で有意な関連がみられた。変数選択を行ったモデル2では、モデル1で有意とされた6個の変数に加えて、2つの環境要因変数（市部・郡部、保健衛生職員率）を加えた7個の変数が選択された。モデル2で有意な関連を示した変数は、母親の年齢(95%CI: -0.94~-0.09)、世帯平均児童数(-19.23~-6.31)、ひとり親世帯率(-0.55~-0.15)、共働き世帯率(-0.10~-0.03)、検診受診率(0.11~0.32)の5つだった。残りの変数は有意な関連を示さなかった。モデル3における級内相関係数は0.02、デザイン効果1.58となった。級内相関係数が0.05を下回ったため、マルチレベルモデルの検討は行われなかった。モデル1とモデル2の指標の比較では、モデル2のBICとAICが小さく、 $R^2$ は同値だった（モデル2の  $R^2$ , BIC, AIC : 0.04, 11620.36, 111571.42）。図 54 はモデル2における残差を標準化した値を地図上にプロットした図である。接種率の偏差が大きい値を示した地域は、残差も大きくなる傾向が示された。残差が大きい地域は内陸部に分布する傾向がみられた。

### 2) VAR2

欠損値を含むデータは除いたサンプル数は 1706 となった。被説明変数である接種率の平均値は 93.44%（標準偏差 12.94）となった（表 22）。図 55 は接種率の都道府県別箱ひげ

図、図 56 は全国平均とその標準偏差を用いて標準化した接種率の分布を地図上に投影したものである。VAR1 (図 52、図 53) と比較して、県別平均の接種率が都道府県によって大きく異なった。九州では特に接種率の低い都道府県が多く、すべての都道府県の県別平均の接種率が全国平均を下回った。関東地方も平均値の低い県が多く見られた。その一方で、中部地方と高知県を除いた四国地方は全体的に接種率の高い地域が多い結果となった。北海道では標準偏差の絶対値が 2 を上回る地域が多くみられた。

各変数を用いたモデル 1 からモデル 4 までの分析結果 (表 22) を示す。モデル 1 では 6 つの個人要因変数 (母親の年齢、ひとり親世帯率、共働き世帯率、検診受診率、保育所児童率、人口の社会増減率) と 2 つの環境要因変数 (市部・郡部、集団接種の実施) に有意な関連がみられた。モデル 2 では、これらの 8 個の変数に加えて、外国人出生率、保健衛生職員率を加えた 10 個の変数が選択されたモデル 3 における級内相関係数は 0.12、デザイン効果は 5.23 となった。モデル 4 では、レベル 1 で母親の年齢 (95%CI : 0.33~1.87)、ひとり親世帯率 (-1.04~-0.31)、共働き世帯率 (-0.16~0.00)、検診受診率 (0.16~0.55)、保育所児童率 (-0.03~-0.01)、市部・郡部 (-4.19~-1.41)、集団接種の実施 (0.57~3.93) の 7 つの変数で有意な関連がみられた。その一方で、レベル 2 において有意な関連を示す変数はなかった。PVE1 は 0.05、PVE2 は 0.43 となった。モデル 4 の推定値を用いた級内相関係数は 0.08 となり、モデル 3 よりも低下した。モデル間の指標の比較では、モデル 4 の BIC はモデル 2、モデル 3 よりも大きい値となった。その一方、AIC は最小値となり、 $R^2$  は最も大きい値をとった (モデル 4 の  $R^2$ , BIC, AIC : 0.17, 13527.22, 13402.06)。図 57 はモデル 4 における残差を標準化した値を地図上にプロットした図である。北海道など、接種率の偏差が大きい値を示していた地域は、残差も大きくなる傾向が示された。また、残差の大きい市区町村の分布は本州の内陸部と離島に多くみられた。

#### IV. 考察

表 23 より、すべての全国平均の接種率が 90%以上と高い数値を示した。複数回接種する種類の初回の接種率と最終回の接種率を比較すると、いずれも初回の接種率の方が高く、定期接種の累積接種率を調査したこれまでの既往研究と一致した(高山, 崎山, and 大石 2015a; 2015b; 崎山 et al. 2017; 2019)。ただし、1 回目より 2 回目が低く、2 回目より 3 回目が低いという接種月齢に応じた段階的な接種率の低下については確認されなかった。

##### 1. 個人要因

個人要因では大別して、予防接種全般に有意な関連が見られた変数と、特定の予防接種にのみ関連する変数に区分された。後者については、予防接種によって関連する要因は異なるという先行研究の指摘を支持した(Larson et al. 2014; MacDonald 2015)。以下、階層効果のみられた種類ではモデル 4、それ以外の種類 (DPT-IPV4、HBV2、MR、VAR1) ではモデル 2 の回帰係数に基づいて議論を進める (表 24 から表 27 まで)。

以後、階層効果が見られた種類ではモデル 4、階層効果が見られなかった 4 種類 (DPT-IPV4、HBV2、MR、VAR1) ではモデル 2 の係数を対象とする。

一人当たり課税所得は 12 種類で有意な関連が示された。係数はすべて正の値をとり、世帯所得が低い児童の接種率が低い傾向を示した報告と一致する結果となった(相崎 et al. 2010; Ueda et al. 2014; Shono and Kondo 2015; Sugishita et al. 2019)。HBV と VAR ではどの接種回でも関連がみられず、これらの接種については固有の要因が存在する可能性がある。

乳幼児健診は 12 種類で有意な関連が示された。モデル 4 では BCG を除く 8 種類でレベル 1 のみでの関連を示した。本研究で用いた検診対象期間の前に当たるため、2 ヶ月時点での接種 (HBV1、Hib1、PCV1) とは関連を示さなかった。医療機関や行政への信頼度の代替指標として用いたため、すべてのモデルで係数が正の値を示したことは、既往研究と一致したと考えられる(足立 and 高野 2017; Opel et al. 2011; Shono and Kondo 2015)。3-5 ヶ月乳児検診に比べて、1 歳 6 か月検診を用いた月齢 12 か月以降の種類では係数の値が大きい傾向を示した。これらの検診における検診項目の違いが、1 歳 6 か月検診の受診者における効果の大きさにつながった可能性がある。3-5 ヶ月乳児検診は主に身体発育に関する項目の検診に留まる一方で、1 歳 6 か月検診では予防接種の接種状況が問診項目に含まれている(国立成育医療研究センター 2018)。

世帯平均児童数は 11 種類で有意な関連を示した。モデル 4 ではレベル 2 のみで有意な関連を示した。世帯平均の児童数は市区町村間よりも、都道府県間での変動に関連すると



考えられる。全ての分析で負の係数をとったことから、第二子以下の出生順位では未接種が多い傾向を示した複数の報告と一致する結果となった(瀬川・平光・五島 2011; 津田 et al. 2015; Shono and Kondo 2015; Tsuda et al. 2015)。月齢3ヶ月を対象とした接種すべてで有意な関連を示したものの、接種回数を重ねると関連が見られなくなる傾向があった。出生順位は特に各疾病の初回接種か、若い月齢における接種に影響した可能性がある。

母親の年齢は8種類で有意な関連が示された。モデル4はレベル1で5種類、レベル2ではHBV1のみが有意な関連を示した。12ヶ月未満を対象の接種ではすべての係数が負の値となり、12ヶ月以降では正負が混合した。係数が正の値を示したものはDPT-IPV4、VAR2の2種類にとどまり、全体の傾向としては、若齢の母親と未接種の増加の関連を示した既往研究の報告とは一致しなかった(大澤 et al. 2019; Matsumura et al. 2005; Ueda et al. 2014; Tsuda et al. 2015)。複数回接種が定められたワクチンの初回接種(DPT-IPV1、HBV1、Hib1、PCV1、MR、VAR1)で負の関連を示しており、平均出産年齢が高い傾向にある地域に共通する接種障壁が存在しうる。

ひとり親世帯率は5種類で有意な関連が示された。モデル4ではレベル1で2種類(HBV3、VAR2)が、レベル2では1種類(BCG)が有意となった。ひとり親世帯は国内の既往研究では有意な関連がみられていないものの(Sakai et al. 2015; Sugishita et al. 2019)、国外では逡巡との関連が示されている(Périnet et al. 2018)。本研究でも係数は負の値をとり、国外の事例と一致する傾向を示した。ひとりあたり課税所得を変数に含む種類のモデル4では関連を示さなかったことと、前段での考察に関連して、HBVとVARについては所得よりも世帯構造が接種率に影響を与えた可能性がある。

共働き世帯率は4種類で有意な関連を示した。モデル4の2種類はいずれもレベル1のみで有意となった。月齢3か月未満の接種では正の関連を示した一方、月齢12か月以降の接種では負の関連を示した。母親の就労は子供の未接種に関連すると報告されている(加藤・高橋 1999; 世古ほか. 2006; 越田 2008; 川井ほか. 2011; Ueda et al. 2014)。一方、Ueda et al. (2014)では育児休暇が接種スケジュールからの遅れを抑止することが報告されている。厚生労働省(2019)の調査によると、2012年、2015年、2018年の3つの調査時点を通じて、女性の育児休業取得期間は1年未満が60%以上を占め、男性の期間は90%以上を3か月未満が占めた。月齢による関連の違いは、これらの夫婦の育児休業期間の差が影響した可能性がある。

社会増減率は4種類で有意な関連を示し、モデル4ではレベル1で2種類、レベル2で

1 種類が有意な関連を示した。Sugishita et al. (2019) では、転入時の行政職員からの通知があるなどの理由から、転入超過が接種率を向上させることを示唆した。しかしながら、本研究では正負の関連が混在した。月齢 2 ヶ月時点での接種 (Hib1、PCV1) では正の関連を示していることから、市区町村からの情報提供は月齢が低い段階の初回接種では関連があるものの、それ以後は移動者への勧奨の効果を下減させる要素が作用した可能性がある。例えば、行政が転出入者を考慮して対象者を特定することは難しい課題であり(西村 2016)、接種開始後の転入者の把握が十分ではない可能性も考えられる。

保育所児童率は、VAR2 のみで用いられ、有意な関連を示した。係数は負の値となり、保育所の在所児童は予防接種の接種率が低い傾向を示した報告と一致した(安井ほか. 2003; 根路銘ほか. 2006a; 永田・篠原・新田 2008; 川井ほか. 2011)。保育所の利用率は施設やサービスが充実した地域ほど高くなると考えられることから、この指標が地域の児童福祉政策という接種を促進する要因との関連も持つ可能性がある。したがって、今回の分析では地域レベルでの有意な関連が示されなかったと考えられる。

外国人出生率は Hib4 のみで有意な正の関連を示した。この結果は群馬県東部のブラジル人を対象とした津久井ほか.(2012)と一致する結果となった。その一方で、中国人と韓国人が回答者の多くを占めた磯野・鈴木・牛島 (2004)や東京都の日本国籍以外の小学生を解析した Sugishita et al. (2019)では負の関連が報告されている。出身国の比率や地域におけるエスニック・タウンの有無などの細分化した地域差においては、Hib4 以外の種類についても関連を示した可能性がある。

## 2. 環境要因

環境要因変数 (市部・郡部、保健衛生職員率、集団接種の実施、小児科診療医) はいずれも半数以下の予防接種の分析でのみ用いられた。級内相関係数が 0.05 を下回るか、月齢 12 か月以上が対象となる予防接種のモデルに含まれる傾向がみられた。以下、階層効果のみられた種類ではモデル 4、それ以外の種類 (DPT-IPV4、HBV2、MR、VAR1) ではモデル 2 の回帰係数に基づいて議論を進める (表 24~表 27)。

小児科診療医は 6 種類で有意な関連を示した。モデル 4 ではレベル 1 のみで有意な関連を示した。DPT-IPV4 以外のすべてで正の関連を示した。Sakai et al.(2015)では地域における小児科医の密度、江原 (2015)は地域内の小児科標ぼう医の有無に着目しており、いずれも小児科医の存在が接種率を高めると報告した。本研究の結果も概ねこの傾向に合致した。HBV では 1 回目から 3 回目までの全てで有意な正の関連を示した。HBV は 2017 年か

ら定期接種に導入されたため、小児科医の存在が特に地域の接種率に影響を与えたと考えられる。保護者の行政や母子手帳に次ぐ主な情報源は医師であり、医師の接種推奨や保護者との関係構築が接種行動に影響を及ぼすことについては、国内でも複数の報告が存在する(遠藤 2014; 足立・高野 2017; Shono and Kondo 2015; Hara et al. 2020)。

市部・郡部は5種類で有意な関連を示した。モデル4ではレベル1の3種類のみで有意な関連を示した。同指標を用いた Sakai et al.(2015)や類似する変数を用いた相崎ほか(2010)では有意な関連を示さなかったものの、他国の研究では都市在住者はその他と比べて接種率が高いか、接種時期の遅れが少ない傾向がある(Phoummalaysith et al. 05 03, 2018; Holipah et al. 2020; Rauniyar et al. 2020)。VAR1、VAR2の負の関連については、保育所と人口の多い市部では郡部に比べて水痘罹患者が多く、対象月齢の幼児が既に予防接種を介さずに免疫を得ていた可能性がある。実際に、水痘ワクチンの定期接種導入以前に全国の保育所に実施した調査によると、回答施設の20%の保育施設では毎年水痘の集団感染が発生しており、免疫獲得のための罹患を推奨する意見も少なからず報告されている(中島ほか. 2011)。

集団接種の実施の有無は4種類で有意な関連を示した。モデル4ではBCGがレベル1とレベル2の両方で、VAR2がレベル1で有意となった。各レベルの係数から、BCGでは都道府県間における効果が大きいと示唆された。集団接種はスケジュール調整の複雑さが接種の妨げとなる可能性が示唆されている一方で(世古ほか. 2006)、頻繁な実施や接種種別によっては個別接種よりも接種率が高い事例も報告されている(樺澤ほか 2005; 杉下ほか. 2012)。本研究では有意な係数はすべて正の値をとり、後者が支持された。月齢が比較的遅い種類で関連が示されており、これらの予防接種では頻繁に集団接種が実施されて接種行動が促された可能性がある。

保健衛生職員率は、いずれの種類でも有意な関連がみられなかった。行政の通知や情報提供が接種率の向上に関連するという既往研究の報告を踏まえると(根路銘 et al. 2006b; Sugishita et al. 2019)、地域相関レベルでも個人レベルと同様に、人的資源の配分ではなく、予防接種通知の送付回数などの個人に向けられる施策の地域差が、接種率の地域差に関連すると考えられる。

### 3. 階層効果

級内相関がみられた予防接種についてAIC、BIC、 $R^2$ によって評価した結果、全般的に一般重回帰モデル(モデル2)よりもマルチレベルモデル(モデル4)が優れていた。ただし、本研究では全ての予防接種に階層効果が存在することを仮定していたものの、DPT-IPV4、

HBV2、MR、VAR1 の 4 種類の級内相関係数は 0.05 を下回った。階層効果を検討した種類についても、モデル 4 の分散説明率は分析ごとに異なっていた。レベル 1 の分散説明率である PVE1 の最小値は 0.00 (BCG)、最大値は 0.05 (VAR2) だった。その一方、レベル 2 の分散説明率である PVE2 は最小値が 0.30 (DPT-IPV2)、最大値は 0.68 (PCV1) だった。レベル 1 における分散説明率の低さは、残差の大きい地域で影響を及ぼす要因を調整できなかったことに加えて、ランダム傾きモデルを用いなかったことが一因として考えられる。BCG の変数がレベル 2 で有意な関連を多く示しており、予防接種事業や実施主体における特殊性が存在している可能性がある。

#### 4. 地理的検討

各市区町村の接種率の分布を示した地図から、東京都、愛知県、大阪府を中心とする三大都市圏と、福井県を除く北陸地方では全般的に接種率が高い傾向を示した。四国地方、中国地方、九州地方では低い傾向がみられた。また、北海道と長野県では偏差の絶対値の大きい地域が混在する傾向がみられた。これらの地域差については、社会経済的状況や世帯の児童数といった、前段で広く見られた変数の地域差の分布と一致すると考えられる。他国の研究では未接種者の多い地域は空間的に拡散する傾向も示されており (Delamater, Leslie, and Yang 2018)、同様の変化が起こる可能性もある。例えば、近隣環境の予防接種に関する選好が個人の選好と一致しない場合、類似した選好や特性を持つ地域や集団への移動を行うことが連続的に集団間で発生する「居住分化」(シェリング 2016)によって、こうした変化が起こり得ると考えられる。したがって、接種率が低い傾向にある地域については特に、地域の社会的決定要因に着目した接種阻害要因の検討が必要とされるだろう。

階層効果のない種類におけるモデル 2 と、階層効果を踏まえたモデル 4 の残差プロットの傾向としては、上述した接種率が低い傾向を示した地域に加えて、日本の内陸部で残差の値が大きくなる傾向が示された。この残差の地理的分布は、藤田 (2007, 68-69)において「社会的空白地域」と呼ばれた地域の分布に類似している。社会的空白地域とは、人口の自然減が特に激しく、高齢者の比率が高い地域のことを指す。こうした地域では、以下の 2 点が残差を大きくしたことが予測される。1 点目には、その人口規模の小ささから、市区町村における接種率に影響を及ぼす特性が、通常地域よりも大きな効果となって表出されやすいということ。2 点目としては、既往研究において、社会的空白地域を対象とした予防接種に関する研究が少ないため、このような地域に有効な変数が提示されていないことが挙げられる。社会的空白地域における人口規模の小さい地域を対象とした研究には、

Itamochi et al.(2020)、根路銘ほか (2006a, b) があるものの、十分に研究が蓄積されているとは言い難い。例えば、これらの地域では医療へのアクセシビリティ、感染症や予防接種に関する共同体の文化などがほかの多数の地域とは大きく異なる可能性がある。そして、これらの地域は人口の絶対数の小ささから、先に述べた居住分化の影響が大きくなりやすい。厚生労働省・国立感染症研究所 (2020)における世代別の抗体保有率調査によると、60歳以上の世代ではジフテリアや破傷風への抗体保有率は低いことが指摘されている。これらの世代では特に、出生時の環境などの地域的文脈、その当時の法制度、政策の影響によって予防接種を受けられなかった人々が一定数存在すると考えられる。当該地域の正確な予防接種率の把握と、固有の要因の特定が必要である。

#### 5. 本研究の制約

本研究の課題としては、接種率そのものの推測値の精度があげられる。本研究では対象人口の推定を行った。これは、調査対象期間における正確な接種対象者の人数や接種率は公表されておらず、多くの市区町村で各歳別人口が公表されていないという事情による。本研究の推定式では、標準的な接種期間以後に接種を行った事例が多い地域や、人口移動の影響が大きい地域における誤差が大きくなるため、100%を超える接種率が散見されたと考えられる。しかし、本研究の大部分では集団平均値や全体平均値と固有値の差から算出した偏差を検討しており、推計手法はすべての自治体で共通の方式を用いたこと、複数年度の接種率から算出した平均値を分析に用いて年変動を緩和したことも踏まえると、本研究の分析には一定の妥当性があると思われる。ただし、HBV1, HBV2については分析に利用したデータが二年分しかなく、ほかの予防接種よりも誤差が大きい可能性がある。

次に、本研究は研究デザインの制約上、説明変数と被説明変数の間の関連から因果関係を述べることはできない。本研究と既往研究で関連の示された変数は、介入実験や時系列データを用いた検討を踏まえて、その因果関係を検証する必要があるだろう。

さらに、本研究では行政区分での地域性を検討したが、よりミクロな地域共同体に固有の特性についても検討される必要があるかもしれない。地域共同体における情報の共有や教育が有効とする研究も存在しており(Oyo-Ita et al. 2016)、既往研究及び本研究で検討されていない地域スケールでの分析によって、新たな傾向が示される可能性もある。

最後に、説明変数の集計年度が異なった点も挙げられる。政府統計の公開範囲や国勢調査のタイムスパンなどの都合により、対象年すべてのデータを利用することはできなかった。このため、説明変数については年変動がその分布に影響を与えた可能性もある。

## V. おわりに

本稿では、乳幼児を対象とする日本の定期予防接種の接種率の地域間格差の実態とその要因を明らかにするために、都道府県と市区町村の階層効果を考慮した地域相関分析を行った。健康格差をはじめとした健康と場所の関係性を解き明かす研究が様々な地域と疾病に対して進められており、予防接種の普及や接種率の向上を目的とした地域差の研究も増えつつある一方、マルチスケールでの接種率の比較やその要因の検討は日本において十分に行われていなかった。

本稿の研究では、日本の三大都市圏では接種率が比較的高い傾向を示し、西日本の瀬戸内海周辺地域では接種率が低い傾向が明らかになった。そして、接種率に関連する変数としては、一人当たり課税所得と乳幼児定期健診が市区町村レベルで正の関連を持ち、世帯平均の子供の人数が都道府県レベルで負の関連を持つことが、多くの予防接種に共通する傾向として示された。しかしながら、対象とする疾病や接種時期の違いによって、有意な関連を示す変数の組み合わせや階層効果の有無も異なるという結果になった。また、いくつかの変数については、より詳細な地域分類や指標の利用の必要性が示唆された。各種の予防接種率における残差を地図上にプロットした結果、人口の自然減が多い高齢社会の地域を指す「社会的空白地域」の分布と類似する傾向が示唆された。こうした地域は予防接種事業に関する調査対象とされてこなかった地域であり、マルチスケールでの公衆衛生の維持増進のためにはこれらの地域文脈に固有の要因の特定が重要になる。

本稿の意義は、全国レベルでの乳幼児期を対象とした接種率の地理的分布を明らかにしたうえで、地域レベルで関連を示す変数を特定し、残差の分布の提示によって新たな関連要因の候補を示唆した点にある。DALY や疾病の分布と同様に、予防接種事業の推進においても地域間格差が存在しており、その分布は社会経済状況の格差に関連すると考えられる。予防接種率の向上のためには、その変数が効果を持つ範囲は個人レベルであるのか、市区町村レベルであるのか、都道府県レベルであるのかを検討して介入を行うことが望まれる。さらに、介入の規模は地域レベルでの格差に応じて柔軟に調整することが必要となるだろう。

## 謝辞

執筆にあたり、京都大学文学研究科地理学研究室の教員及びスタッフの皆様からは多岐にわたるご支援やご指導、示唆に富むコメントをいただきました。特に、指導教員の米家泰作准教授には、辛抱強い放し飼いで私を育てていただきました。深くお礼申し上げます。また、東北大学大学院環境科学研究科の埴淵知哉准教授には 2019 年に開かれた国際医療地理学会 (IMGS) の案内をはじめとして、修士課程の 3 年間にわたって、多様なご助言やご提案をいただきました。ありがとうございました。

また、2018 年 9 月から翌 2019 年 7 月にかけて滞在した、ジュネーヴ大学大学院グローバル・スタディーズ研究機構グローバル・ヘルス専攻 (Master of Science in Global Health, Global Studies Institute, University of Geneva) にて学んだ、グローバル・ヘルスに関する多種多様な知見もまた、本研究には不可欠でした。特に、2019 年 1 月に Faculté des sciences de la société, Institut de recherches sociologiques の主催で開かれた医療人類学者の Eve Dube 氏による Vaccine Hesitancy に関する講演と、同年夏に開かれた第 72 回世界保健総会の聴講は本研究の原点でした。前例のない挑戦を認めてくださった京都大学文学研究科及びジュネーヴ大学のスタッフの皆様、意思疎通も満足にできない筆者を見捨てず、様々な機会と議論の場を与えてくださった MScGH の教員の皆様、内省的で引きこもりがちだった筆者の世界を広げてくれた 2018 年コホートの学生たちに、心からお礼申し上げます。

---

<sup>i</sup> 参照先では接種「年齢」とされているが、本稿では月齢での表記も含めて用いる。

文献

※特に言及がないものについては、ウェブページの最終アクセス日は2020年12月27日。

相崎扶友美, 田宮菜奈子, 岸本剛, 古島大資, 田中政宏, 柏木聖代, 金子道夫 2010. 早期乳幼児期の麻疹ワクチン接種率に関連する因子--埼玉県 70 市町村の分析から. 厚生  
生の指標 57 (15): 17-25.

足立綾・高野政子 2017. ワクチン同時接種に関する乳幼児の保護者の意識調査. 小児保健  
研究 76 (4): 328-336.

磯野富美子・鈴木みゆき・牛島廣治 2004. 保育所に通う外国籍幼児における予防接種の状  
況とその養育者の予防接種および育児に関する認識. 小児保健研究 63 (5): 563-69.

江原朗 2015. 小児科標ぼう医不在町村における乳幼児健診・予防接種の実施について: 全  
国調査. 厚生  
生の指標 62 (12): 22-27.

遠藤亜貴子 2014. 乳児期予防接種における親の接種決定・行動に影響する要因. 小児保健  
研究 = *The journal of child health* 73 (5): 689-696.

大澤絵里, 秋山有佳, 篠原亮次, 尾島俊之, 今村晴彦, 朝倉敬子, 西脇祐司, 大岡忠生,  
山縣然太朗 2019. 乳幼児期における適切な時期の予防接種行動に関連した個人レ  
ベルおよび地域レベル要因の検討. 日本公衆衛生雑誌 66 (2): 67-75.  
[https://doi.org/10.11236/jph.66.2\\_67](https://doi.org/10.11236/jph.66.2_67).

大谷明 2000. ワクチン変遷半世紀を共にして. ウイルス 50 (1): 85-87.  
<https://doi.org/10.2222/jsv.50.85>.

小川英輝 2019. 定期接種と任意接種～日本の予防接種の仕組み～. 愛知県.  
[https://www.achmc.pref.aichi.jp/wp-  
content/uploads/2019/08/43c7f9a1f582c048af4faac5463a8ae5.pdf](https://www.achmc.pref.aichi.jp/wp-content/uploads/2019/08/43c7f9a1f582c048af4faac5463a8ae5.pdf).

加藤充子・高橋裕明 1999. 予防接種率に影響する因子の検討: 三歳児健康診査問診票より.  
小児保健研究 58 (3): 373-378.

樺澤禮子, 田辺直仁, 関奈緒, 片桐幹雄, 松井一光, 古俣修, 齋藤君枝, 鈴木宏 2005. 電  
算システムによる標準接種年齢時点における 接種率を用いた小児予防接種事業の  
評価. 厚生  
生の指標 52 (3): 24-28.

川井巧, 後藤あや, 渡辺英子, 長澤真知子, 金成由美子, 安村誠司 2011. 乳幼児の定期予  
防接種完了率と未完了のリスク要因. 日本プライマリ・ケア連合学会誌 34 (3): 209-



214. <https://doi.org/10.14442/generalist.34.209>.
- 川端一光. 2018. ランダム切片モデル. 尾崎幸謙・川端一光・山田剛史編『Rで学ぶマルチレベルモデル [入門編] —基本モデルの考え方と分析—』朝倉書店.
- 厚生労働省 2019. 平成30年度雇用均等基本調査 事業所調査結果概要. 厚生労働統計. 雇用均等基本調査. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/71-30r.html>.
- 厚生労働省健康局結核感染症課・国立感染症研究所感染症疫学センター 2020. 平成30年度感染症流行予測調査報告.  
<https://www.niid.go.jp/niid/images/epi/yosoku/AnnReport/2018/00.pdf>.
- 国立感染症研究所 2020. 日本の予防接種スケジュール過去の一覧(2011年4月1日~2020年9月30日). 国立感染症研究所ホームページ. 2020.  
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/vaccine-j/5019-v-schedule03.html>.
- 国立成育医療研究センター 2018. 『乳幼児健康診査身体診察マニュアル』  
[https://www.ncchd.go.jp/center/activity/kokoro\\_jigyo/manual.pdf](https://www.ncchd.go.jp/center/activity/kokoro_jigyo/manual.pdf).
- 越田理恵. 2008. 集団健診対象児におけるインフルエンザワクチン接種状況と接種行動に  
関与する要因の研究. 小児感染免疫, 20:73.  
[https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL\\_ID=200902217533687220](https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=200902217533687220).
- 齋藤昭彦. 2014. 過去・現在・未来で読み解く, 日本の予防接種制度(齋藤昭彦). 医学  
界新聞, June 1, 2014. [https://www.igaku-shoin.co.jp/paper/archive/y2014/PA03058\\_02](https://www.igaku-shoin.co.jp/paper/archive/y2014/PA03058_02).
- . 2015. 米国の予防接種制度から学ぶこと: 日本の予防接種制度の現状と課題(特  
集 予防接種の国際比較). 海外社会保障研究 192: 6-19.
- 齋藤あや. 2019. 保健医療従事者の予防接種に対する意識調査: Vaccine Hesitancy の職種  
間の相違の検証. 新潟市医師会報, 581: 12-17.
- 酒井シヅ. 2014. 日本における人痘接種の意義. 日本医史学雑誌, 60:217.  
[http://jsmh.umin.jp/journal/60-2/ippan/60-2\\_217.pdf](http://jsmh.umin.jp/journal/60-2/ippan/60-2_217.pdf).
- 坂西雄太, 原めぐみ, 福森則男, 草場鉄周, 田中恵太郎, 杉岡隆, 日本プライマリ・ケア  
連合学会ワクチン・プロジェクトチーム 2014. わが国のプライマリ・ケア医の定  
期接種および任意接種ワクチンの接種状況, 接種推奨割合および接種推奨の障壁.  
日本プライマリ・ケア連合学会誌 37(3): 254-259.  
<https://doi.org/10.14442/generalist.37.254>.
- 崎山弘, 城青衣, 梅本哲, 清水博之, 大石和徳 2017. 全国調査による我が国の定期接種ワ

- クチンの累積接種率. 外来小児科 = *The journal of ambulatory and general pediatrics* 20 (3): 272–282.
- . 2019. 全国調査による定期予防接種の累積接種率調査:2017年・2018年調査. 外来小児科 = *The journal of ambulatory and general pediatrics* 22 (4): 462–470.
- 菅井敏行, 菅井和子, 志賀綾子, 前川喜平, 横田俊平 2004. 東京都内保健所 3 歳児検診におけるアレルギー児のワクチン接種状況. 日本小児アレルギー学会誌 18 (2): 193–198. <https://doi.org/10.3388/jspaci.18.193>.
- 杉下由行, 林邦彦, 森亨, 堀口逸子, 丸井英二 2012. 東京都多摩地区における bcg 接種率と接種体制の関係についての研究. 感染症学雑誌 86 (2): 127–133. <https://doi.org/10.11150/kansenshogakuzasshi.86.127>.
- 瀬川英男, 平光良充, 五島明 2011. 名古屋市における保育園児の母親の麻しん予防接種に対する意識と行動. 小児保健研究 70 (1): 8–13.
- 世古留美, 川戸美由紀, 橋本修二, 加藤昌弘, 岡部信彦 2006. 母親の予防接種に対する認識と接種状況. 日本公衆衛生雑誌 53 (12): 884–888. [https://doi.org/10.11236/jph.53.12\\_884](https://doi.org/10.11236/jph.53.12_884).
- 高山直秀・崎山弘・大石和徳 2015a. 全国 BCG,DPT3 種混合ワクチン累積接種率調査:2013 年の調査結果. 小児科臨床 68 (3): 397–401.
- . 2015b. 麻疹・風疹混合(MR)ワクチン 1 期および 2 期接種の全国累積接種率調査: 2013 年の調査結果. 小児科臨床 68 (3): 391–395.
- 田代敦志, 菖蒲川由郷, 齋藤玲子, 近藤克則 2016. 肺炎球菌ワクチン接種率の地域差と背景要因. 厚生指標 63 (1): 1–6.
- 津久井智, 根岸好男, 佐藤由美, 柏瀬万里子, 川島佐枝子, 福田敬宏 2012. 群馬県東部地域の在日外国人児童生徒の予防接種状況と保護者の意識. 日本公衆衛生雑誌 56 (1): 35–42. [https://doi.org/10.11236/jph.56.1\\_35](https://doi.org/10.11236/jph.56.1_35).
- 津田侑子, 渡辺美鈴, 谷本芳美, 藤田愛子, 中津留有子, 河野公一, 小坂美也子, 高柳香里, 玉置淳子 2015. 小児任意予防接種における未接種者の出生順位別の特性について. 厚生指標 62 (1): 18–26.
- 戸井田一郎 2011. 結核ワクチン BCG—日本の貢献. 結核 86 (6): 603–6.
- トーマス・シェリング著, 村井章子訳. 2016. 『ミクロ動機とマクロ行動』. 東京: 勁草書房. Thomas C. Schelling. 2006. *Micromotives and Macrobehavior*. W.W. Norton &

Company; Revised edition.

- 中島夏樹, 勝田友博, 鶴岡純一郎, 中村幸嗣, 立山悟志, 徳竹忠臣, 加藤達夫 2011. 全国の保育所における水痘発生の実態と職員の水痘および水痘ワクチンに対する意識. 小児保健研究 70 (1): 14–19.
- 永田忠・篠原秀久・新田康郎 2008. 保育園と幼稚園の感染症罹患と予防接種の接種状況—広島市内保育園・幼稚園のアンケート調査より. 小児科臨床 61 (4): 765–772.
- 中野貴司 2017. 他科から学ぶ実地医療. 日本耳鼻咽喉科学会会報 120 (3): 171–179.  
<https://doi.org/10.3950/jibiinkoka.120.171>.
- 中谷友樹 2011. 健康と場所—近隣環境と健康格差研究—. 人文地理 63 (4): 360–377.  
[https://doi.org/10.4200/jjhg.63.4\\_360](https://doi.org/10.4200/jjhg.63.4_360).
- 中谷友樹・埴淵知哉 2013. 居住地域の健康格差と所得格差(<特集>地域格差の経済地理学). 経済地理学年報 59 (1): 57–72. [https://doi.org/10.20592/jaeg.59.1\\_57](https://doi.org/10.20592/jaeg.59.1_57).
- 中山哲夫 2019. Vaccine Hesitancy 予防接種への逡巡. ファルマシア 55 (11): 1009–1009.  
[https://doi.org/10.14894/faruawpsj.55.11\\_1009](https://doi.org/10.14894/faruawpsj.55.11_1009).
- 西村正道 2016. BCG 未接種例における未接種の理由. 小児感染免疫 28 (3): 167–72.
- 根路銘安仁, 今中啓之, 藤山りか, 児玉祐一, 武井修治, 河野嘉文 2006a. 種子島の保育所・幼稚園における予防接種状況: 第 1 報 -予防接種率調査-. 小児保健研究 65: 822–826.
- . 2006b. 種子島の保育所・幼稚園における予防接種状況 第 2 報-予防接種に対する意識調査-. 小児保健研究 65 (6): 827–831.
- 藤田佳久 2007. 森林再生物語——禿げ山時代から森林時代へ——. 小長谷有紀・中里亜夫・藤田佳久 編『アジアの歴史地理 3 林野・草原・水域』, 1 版., 53–74.
- 星野齊之 2010. 乳幼児期の結核発症予防策の現状について. 結核 85 (11): 783–786.
- 皆川公夫 2007. 道立小児総合保健センター神経外来における重症心身障害児の予防接種状況. 小児科診療 70 (3): 509–12.
- 安井良則, 砂川富正, 藤岡雅司, 木田一裕, 福田雅一, 岡部信彦 奥野良信 2003. 大阪における麻疹および麻疹予防接種調査結果と麻疹対策: 堺市における保護者を対象とした麻疹および麻疹ワクチンに関する KAP study と麻疹対策を中心に. 小児感染免疫 15 (1): 95–102.
- 渡部幹夫 2007. わが国の予防接種制度についての歴史的— 考察. 民族衛生 73 (6): 243–52.

- <https://doi.org/10.3861/jshhe.73.243>.
- Ames, Heather MR, Claire Glenton, and Simon Lewin. 2017. "Parents' and Informal Caregivers' Views and Experiences of Communication about Routine Childhood Vaccination: A Synthesis of Qualitative Evidence." *Cochrane Database of Systematic Reviews*, no. 2. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011787.pub2>.
- Delamater, Paul L., Timothy F. Leslie, and Y. Tony Yang. 2016. "A Spatiotemporal Analysis of Non-Medical Exemptions from Vaccination: California Schools before and after SB277." *Social Science & Medicine* (1982) 168 (November): 230–38. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.08.011>.
- . 2018. "Examining the Spatiotemporal Evolution of Vaccine Refusal: Nonmedical Exemptions from Vaccination in California, 2000–2013." *BMC Public Health* 18 (458). <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5368-y>.
- Doshi, Peter, and Akira Akabayashi. 2010. "Japanese Childhood Vaccination Policy." *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics* 19 (3): 283–89. <https://doi.org/10.1017/S0963180110000058>.
- Dubé, Eve, Dominique Gagnon, Noni MacDonald, Aurélie Bocquier, Patrick Peretti-Watel, and Pierre Verger. 2018. "Underlying Factors Impacting Vaccine Hesitancy in High Income Countries: A Review of Qualitative Studies." *Expert Review of Vaccines* 17 (11): 989–1004. <https://doi.org/10.1080/14760584.2018.1541406>.
- Dubé, Eve, Caroline Laberge, Maryse Guay, Paul Bramadat, Réal Roy, and Julie A. Bettinger. 2013. "Vaccine Hesitancy." *Human Vaccines & Immunotherapeutics* 9 (8): 1763–73. <https://doi.org/10.4161/hv.24657>.
- Durrheim, David N., Natasha S. Crowcroft, and Peter M. Strebel. 2014. "Measles – The Epidemiology of Elimination." *Vaccine* 32 (51): 6880–83. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.10.061>.
- Ent, Maya M. V. X. van den, Apoorva Mallya, Hardeep Sandhu, Blanche-Philomene Anya, Nasir Yusuf, Marcelline Ntakibirora, Andreas Hasman, et al. 2017. "Experiences and Lessons From Polio Eradication Applied to Immunization in 10 Focus Countries of the Polio Endgame Strategic Plan." *The Journal of Infectious Diseases* 216 (Suppl 1): S250–59. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix047>.
- Figueiredo, Alexandre de, Iain G Johnston, David M D Smith, Sumeet Agarwal, Heidi J Larson, and Nick S Jones. 2016. "Forecasted Trends in Vaccination Coverage and Correlations with

- Socioeconomic Factors: A Global Time-Series Analysis over 30 Years.” *The Lancet Global Health* 4 (10): e726–35. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30167-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30167-X).
- Figueiredo, Alexandre de, Clarissa Simas, Emilie Karafillakis, Pauline Paterson, and Heidi J. Larson. 2020. “Mapping Global Trends in Vaccine Confidence and Investigating Barriers to Vaccine Uptake: A Large-Scale Retrospective Temporal Modelling Study.” *The Lancet* 396 (10255): 898–908. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31558-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31558-0).
- Frumkin, Howard, and Andy Haines. 2019. “Global Environmental Change and Noncommunicable Disease Risks.” *Annual Review of Public Health* 40 (1): 261–82. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040218-043706>.
- Greenwood, Brian. 2014. “The Contribution of Vaccination to Global Health: Past, Present and Future.” *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 369 (1645). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0433>.
- Hara, Megumi, Rie Koshida, Kaoru Araki, Masahide Kondo, and Yoshio Hirota. 2020. “Determinants of Self-Paid Rotavirus Vaccination Status in Kanazawa, Japan, Including Socioeconomic Factors, Parents’ Perception, and Children’s Characteristics.” *BMC Infectious Diseases* 20 (1): 712. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-05424-6>.
- Holipah, Holipah, Asri Maharani, Sujarwoto Sujarwoto, Takuji Hinoura, and Yoshiki Kuroda. 2020. “Trends, Spatial Disparities, and Social Determinants of DTP3 Immunization Status in Indonesia 2004–2016.” *Vaccines* 8 (3): 518. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030518>.
- Itamochi, Takuya, Makiko Mieno, and Shuji Hatakeyama. 2020. “Influenza Vaccination Coverage in Chiburijima Island, Japan: Impact of Diversification of Vaccination Place.” *Journal of General and Family Medicine* 21 (5): 178–84. <https://doi.org/10.1002/jgf2.335>.
- Kämpfen, Fabrice, Nilmini Wijemunige, and Benedict Evangelista. 2018. “Aging, Non-Communicable Diseases, and Old-Age Disability in Low- and Middle-Income Countries: A Challenge for Global Health.” *International Journal of Public Health* 63 (9): 1011–12. <https://doi.org/10.1007/s00038-018-1137-z>.
- Kaufman, Jessica, Rebecca Ryan, Louisa Walsh, Dell Horey, Julie Leask, Priscilla Robinson, and Sophie Hill. 2018. “Face-to-face Interventions for Informing or Educating Parents about Early Childhood Vaccination.” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, no. 5. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010038.pub3>.

- Khan, Muhammad Umair, and Akram Ahmad. 2017. "Availability and Affordability of Life-Saving Vaccines." *The Lancet Infectious Diseases* 17 (2): 136–37. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30014-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30014-2).
- Kondo, Naoki, Ichiro Kawachi, S.V. Subramanian, Yasuhisa Takeda, and Zentaro Yamagata. 2008. "Do Social Comparisons Explain the Association between Income Inequality and Health?: Relative Deprivation and Perceived Health among Male and Female Japanese Individuals." *Social Science & Medicine* (1982) 67 (6): 982–87. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.06.002>.
- Kuwabara, Norimitsu, and Michael SL Ching. 2014. "A Review of Factors Affecting Vaccine Preventable Disease in Japan." *Hawai'i Journal of Medicine & Public Health* 73 (12): 376–81.
- Larson, Heidi J., Alexandre de Figueiredo, Zhao Xiaohong, William S. Schulz, Pierre Verger, Iain G. Johnston, Alex R. Cook, and Nick S. Jones. 2016. "The State of Vaccine Confidence 2016: Global Insights Through a 67-Country Survey." *EBioMedicine* 12 (October): 295–301. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.08.042>.
- Larson, Heidi J., Caitlin Jarrett, Elisabeth Eckersberger, David M. D. Smith, and Pauline Paterson. 2014. "Understanding Vaccine Hesitancy around Vaccines and Vaccination from a Global Perspective: A Systematic Review of Published Literature, 2007–2012." *Vaccine* 32 (19): 2150–59. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.01.081>.
- Lutz, Wolfgang, and Ren Qiang. 2002. "Determinants of Human Population Growth." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 357 (1425): 1197–1210. <https://doi.org/10.1098/rstb.2002.1121>.
- MacDonald, Noni E. 2015. "Vaccine Hesitancy: Definition, Scope and Determinants." *Vaccine* 33 (34): 4161–64. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.04.036>.
- Madeddu, Giordano, Hilde Vroling, Anouk Oordt-Speets, Sergio Babudieri, Éamonn O'Moore, Marije Vonk Noordegraaf, Roberto Monarca, Pier Luigi Lopalco, Dagmar Hedrich, and Lara Tavošchi. 2019. "Vaccinations in Prison Settings: A Systematic Review to Assess the Situation in EU/EEA Countries and in Other High Income Countries." *Vaccine* 37 (35): 4906–19. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.07.014>.
- Matsumura, Takayo, Takeo Nakayama, Shigeru Okamoto, and Hideko Ito. 2005. "Measles Vaccine

- Coverage and Factors Related to Uncompleted Vaccination among 18-Month-Old and 36-Month-Old Children in Kyoto, Japan.” *BMC Public Health* 5 (1): 59. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-5-59>.
- Mosser, Jonathan F, William Gagne-Maynard, Puja C Rao, Aaron Osgood-Zimmerman, Nancy Fullman, Nicholas Graetz, Roy Burstein, et al. 2019. “Mapping Diphtheria-Pertussis-Tetanus Vaccine Coverage in Africa, 2000–2016: A Spatial and Temporal Modelling Study.” *The Lancet* 393 (10183): 1843–55. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30226-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30226-0).
- Murtin, Fabrice, Johan Mackenbach, Domantas Jasilionis, and Marco Mira d’Ercole. 2017. “Inequalities in Longevity by Education in OECD Countries: Insights from New OECD Estimates,” January. <https://doi.org/10.1787/6b64d9cf-en>.
- Nomura, Shuhei, Haruka Sakamoto, Scott Glenn, Yusuke Tsugawa, Sarah K. Abe, Md M. Rahman, Jonathan C. Brown, et al. 2017. “Population Health and Regional Variations of Disease Burden in Japan, 1990–2015: A Systematic Subnational Analysis for the Global Burden of Disease Study 2015.” *The Lancet* 390 (10101): 1521–38. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31544-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31544-1).
- Opel, Douglas J, Rita Mangione-Smith, James A Taylor, Carolyn Korfiatis, Cheryl Wiese, Sheryl Catz, and Diane P Martin. 2011. “Development of a Survey to Identify Vaccine-Hesitant Parents.” *Human Vaccines* 7 (4): 419–25. <https://doi.org/10.4161/hv.7.4.14120>.
- Oyo-Ita, Angela, Charles S. Wiysonge, Chioma Oringanje, Chukwuemeka E. Nwachukwu, Olabisi Oduwole, and Martin M. Meremikwu. 2016. “Interventions for Improving Coverage of Childhood Immunisation in Low- and Middle-income Countries.” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, no. 7. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008145.pub3>.
- Périnet, Simone, Marilou Kiely, Gaston De Serres, and Nicolas L. Gilbert. 2018. “Delayed Measles Vaccination of Toddlers in Canada: Associated Socio-Demographic Factors and Parental Knowledge, Attitudes and Beliefs.” *Human Vaccines & Immunotherapeutics* 14 (4): 868–74. <https://doi.org/10.1080/21645515.2017.1412899>.
- Phoummalaysith, Bounfeng, Eiko Yamamoto, Anonh Xeuatvongsa, Viengsakhone Louangpradith, Bounxou Keohavong, Yu Mon Saw, and Nobuyuki Hamajima. 05 03, 2018. “Factors Associated with Routine Immunization Coverage of Children under One Year Old in Lao People’s Democratic Republic.” *Vaccine* 36 (19): 2666–72.

- <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.03.051>.
- Rauniyar, Santosh Kumar, Enkhtuya Munkhbat, Peter Ueda, Daisuke Yoneoka, Kenji Shibuya, and Shuhei Nomura. 2020. "Timeliness of Routine Vaccination among Children and Determinants Associated with Age-Appropriate Vaccination in Mongolia." *Heliyon* 6 (9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04898>.
- Riley, James C. 2005. "Estimates of Regional and Global Life Expectancy, 1800-2001." *Population and Development Review* 31 (3): 537–43.
- Root, Elisabeth Dowling, Marilla Lucero, Hanna Nohynek, Peter Anthamatten, Deborah S. K. Thomas, Veronica Tallo, Antti Tanskanen, et al. 2014. "Distance to Health Services Affects Local-Level Vaccine Efficacy for Pneumococcal Conjugate Vaccine (PCV) among Rural Filipino Children." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (9): 3520–25. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313748111>.
- Roser, Max, and Hannah Ritchie. 2016. "Burden of Disease." *Our World in Data*, January. <https://ourworldindata.org/burden-of-disease>.
- Saitoh, Akihiko, and Nobuhiko Okabe. 2012. "Current Issues with the Immunization Program in Japan: Can We Fill the 'Vaccine Gap'?" *Vaccine* 30 (32): 4752–56. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2012.04.026>.
- Saitoh, Aya, Satoko Nagata, Akihiko Saitoh, Yuki Tsukahara, Florin Vaida, Tomoyoshi Sonobe, Hajime Kamiya, Takashi Naruse, and Sachiyo Murashima. 2013. "Perinatal Immunization Education Improves Immunization Rates and Knowledge: A Randomized Controlled Trial." *Preventive Medicine* 56 (6): 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.03.003>.
- Saitoh, Aya, Akihiko Saitoh, Isamu Sato, Tomohiro Shinozaki, Hajime Kamiya, and Satoko Nagata. 2017. "Improved Parental Attitudes and Beliefs through Stepwise Perinatal Vaccination Education." *Human Vaccines & Immunotherapeutics* 13 (11): 2639–45. <https://doi.org/10.1080/21645515.2017.1368601>.
- Sakai, Rie, Günther Fink, Wei Wang, and Ichiro Kawachi. 2015. "Correlation Between Pediatrician Supply and Public Health in Japan as Evidenced by Vaccination Coverage in 2010: Secondary Data Analysis." *Journal of Epidemiology* 25 (5): 359–69. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20140121>.
- Shimazawa, Rumiko, and Masayuki Ikeda. 2012. "The Vaccine Gap between Japan and the UK."



- Health Policy* 107 (2–3): 312–17. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2012.05.012>.
- Shono, Aiko, and Masahide Kondo. 2015. “Factors That Affect Voluntary Vaccination of Children in Japan.” *Vaccine* 33 (11): 1406–11. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.12.014>.
- Strategic Advisory Group of Experts on Immunization. 2014. “Report of the SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy.” World Health Organization. [http://www.who.int/immunization/programmes\\_systems/vaccine\\_hesitancy/en/](http://www.who.int/immunization/programmes_systems/vaccine_hesitancy/en/).
- Sugishita, Yoshiyuki, Junko Kurita, Takanobu Akagi, Tamie Sugawara, and Yasushi Ohkusa. 2019. “Determinants of Vaccination Coverage for the Second Dose of Measles-Rubella Vaccine in Tokyo, Japan.” *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* 249 (4): 265–73. <https://doi.org/10.1620/tjem.249.265>.
- Takahashi, Saki, C. Jessica E. Metcalf, Matthew J. Ferrari, Andrew J. Tatem, and Justin Lessler. 2017. “The Geography of Measles Vaccination in the African Great Lakes Region.” *Nature Communications* 8 (May): 15585. <https://doi.org/10.1038/ncomms15585>.
- Tsuda, Yuko, Misuzu Watanabe, Yoshimi Tanimoto, Itsushi Hayashida, Toshiyuki Kusabiraki, Maki Komiyama, and Koichi Kono. 2015. “The Current Situation of Voluntary Vaccination and the Factors Influencing Its Coverage Among Children in Takatsuki, Japan: Focus on Hib and Pneumococcal Vaccines.” *Asia Pacific Journal of Public Health* 27 (2): NP1409–20. <https://doi.org/10.1177/1010539513487013>.
- Ueda, Michiko, Naoki Kondo, Misato Takada, and Hideki Hashimoto. 2014. “Maternal Work Conditions, Socioeconomic and Educational Status, and Vaccination of Children: A Community-Based Household Survey in Japan.” *Preventive Medicine* 66 (September): 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.05.018>.
- Utazi, C. Edson, Julia Thorley, Victor A. Alegana, Matthew J. Ferrari, Saki Takahashi, C. Jessica E. Metcalf, Justin Lessler, Felicity T. Cutts, and Andrew J. Tatem. 2019. “Mapping Vaccination Coverage to Explore the Effects of Delivery Mechanisms and Inform Vaccination Strategies.” *Nature Communications* 10 (September). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09611-1>.
- Vanderslott, Samantha, Bernadeta Dadonaite, and Max Roser. 2013. “Vaccination.” *Our World in Data*, October. <https://ourworldindata.org/vaccination>.
- Weiss Robin A. and Esparza José. 2015. “The Prevention and Eradication of Smallpox: A Commentary on Sloane (1755) ‘An Account of Inoculation.’” *Philosophical Transactions of*

*the Royal Society B: Biological Sciences* 370 (1666): 20140378.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0378>.

World Health Organization. 1986. "Ottawa Charter for Health Promotion."  
<https://www.who.int/teams/health-promotion/enhanced-wellbeing/first-global-conference>.

———. 2019. "Ten Threats to Global Health in 2019." World Health Organization. 2019.  
<https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019>.

## Abstract

**Objective:** Examining geographical variation and the factors of infant immunization coverage in Japan.

**Background:** Incomplete vaccination coverage is one of the largest public health threats. Many interdisciplinary studies have investigated factors that might increase immunization rates or cause Vaccine Hesitancy. However, most studies in Japan have focused on individuals and few studies have considered regional disparities of vaccination coverage.

**Methods:** We conducted a multiple regression analysis and a multilevel analysis (municipality-prefecture hierarchy) for 19 vaccinations in 1737 municipalities in Japan, during 2013-2018. The dependent variable was the estimated vaccination rate, and nine individual factors and four environmental factors were used as explanatory variables. Data were collected from publicly available sources. We used distribution maps of vaccination rates and residuals of the predictive models to explore geographical factors.

**Results:** In general, per capita taxable income and infant health checkup rate showed generally significant positive associations at the municipal level, and the number of children in the household negative association at the prefectural level. Other factors showed various associations depending on the type and the timing of vaccines. Vaccination rates were likely to be lower in western Japan and higher in metropolitan areas. Residuals were found mostly in inland areas and areas with large deviations in vaccination rates.

**Discussion:** These results suggested that vaccination rates were associated with regional differences in municipal income inequality and in the number of children per household in prefectures. Smaller villages with declining and aging populations might have unique factors.

**Conclusions:** To increase vaccination coverage among infants, it requires to consider the effect size at various spatial scales, in addition to compositional and contextual effects as the socioeconomic status, demographic structure, the local contexts, and the type of vaccination.

**Keywords:** Routine immunization, Health disparities, Multilevel model, Vaccine hesitancy, Depopulated village