

父母の喫煙と追加出生タイミング

傾向スコアを用いた出生力の規定要因分析

岩澤美帆¹ 鎌田健司²

目的 本稿では 2001 年に子どもをもった夫妻を追跡した縦断調査データを用い、当該出生児出産半年後の父母の喫煙習慣が出生力に与える影響を検証した。

方法 厚生労働省統計情報部が実施した「21 世紀出生児縦断調査 (平成 13 年出生児)」を用い、第 6 回時調査時点までの次子出生タイミングを complementary log log モデルで推定し、父母の喫煙習慣による効果を検証した。ただし、母の喫煙習慣の有無については属性の構造が大きくことなるため、効果の推定にバイアスがかかる可能性がある。そこで、傾向スコアを用いて共変量の構造を調整したデータについても喫煙効果を検証した。

結果 母の喫煙習慣の影響については、時間変化変数の投入の有無、共変量構造の調整の有無にかかわらず、統計的に有意なマイナスの効果を示した。父親についても、第 2 子については 1%水準でマイナスに有意、第 3 子については 5%水準でマイナスに有意な効果を示した。

結論 母親の喫煙習慣は次子出生ハザードを 75%ほど引き下げる。生存関数に換算すると、ベースラインの第 2 子の出生確率が 0.8 の場合、喫煙習慣がある場合は 0.7 に引き下げられることを意味する。厚生労働省が推進している「健康日本 21」では妊婦の喫煙をなくすことや、受動喫煙の防止などが盛り込まれている。こうした目標達成によって、妊娠合併症のリスクや乳幼児突然死症候群のリスクなどが低下するのみならず、出生力にとってもプラスの効果があることが期待できる。

I はじめに

妊娠前や妊娠中の女性の喫煙やパートナーの喫煙による受動喫煙は、疫学的な研究により、妊孕力低下や胎児死亡 (流死産) のリスク要因になることが知られている (Augood et al. 1998, Dechanet et al. 2011)。したがって喫煙習慣の広がり (prevalence) は出生力にも影響を与えると考えられる。日本においては、近年の出生力低下に関し、ライフスタイルや意識の変化、社会経済的な阻害要因の存在がクローズアップされてきたが、妊孕力や胎児死亡といった出生力の近接要因も出生力の変動要因として無視できない。胎児死亡の要因は、妊娠年齢や染色体異常、環境における有毒物質など様々なものがあるが (Gray et al. 1993)、喫煙は行動的な側面として政策介入が可能な要因であり、かつ、近年の再生産年齢女性の喫煙率の上昇を鑑みると、喫煙習慣による出生力へのマイナス効果を定量的に把握する重要性が増していると考えられる。

¹ 国立社会保障・人口問題研究所人口動向研究部 第 1 室長

² 国立社会保障・人口問題研究所人口構造研究部 研究員

本研究では、「21世紀出生児縦断調査(平成13年出生児)」における対象児の父母(夫妻)の情報をを用い、父母の喫煙習慣と子ども数との関係を検証することにより、日本における喫煙習慣による出生力抑制効果を明らかにする。さらに、本研究では喫煙者の属性が非喫煙者に比べ著しく偏っていることに注目し、喫煙以外の条件の違いがもたらす影響を観察されたデータ情報をもとに可能な限り取り除くことができる傾向スコア分析の方法論を用いて喫煙の因果効果を再確認する。

II 背景

(1) 出生力の規定要因における供給側面

近年の日本における出生力の低迷に関しては、ライフスタイルや意識の変化、働き方の変化、社会経済的な阻害要因、家族政策の違いなどが注目されてきた(目黒・矢澤ほか2000、大淵・高橋ほか2004、樋口ほか2006、山口2009、阿藤ほか2011)。しかし出生力の近接要因モデル(Bongaarts and Potter 1983)に従えば、出生力は出生の意志決定や配偶関係のみならず、受胎確率や妊娠が出生に至る確率にも影響を受ける。これらの要因には、妊娠や出産に関わる生物学的な側面が直接作用するほか、健康に悪影響を与える行動的側面(喫煙や飲酒、厳しい労働状況)や心理的ストレスなどが作用する。こうした、いわゆる出生の供給側面に着目した研究は、社会経済的な環境と出生の意志決定の関係といった出生力の需要側面に着目した研究に比べ、日本では蓄積が少ない(佐藤2008)。一方で、出生動向基本調査によれば、理想や予定の子どもを持っていない理由として健康上の理由を挙げる夫婦の割合が年々増加しており、出生力の供給側面に関する実態解明が求められている(守泉・鎌田2012)。本研究では、こうした問題意識の一環として、出生力に関わる健康に影響する要因としての再生産年齢男女の喫煙習慣に着目する。

(2) 喫煙の出生に対する影響

これまでの疫学的な研究により、喫煙は、妊孕力の低下、有害な生殖結果といった様々なリスクを高めることが確認されている(Dechanet et al. 2011)。こうしたリスクには流産、前置胎盤、早期破水、早産、低体重児などが含まれる。

喫煙がネガティブな影響をあたえる生殖に関する指標には、以下のようなものが含まれる。

1) 受胎待ち時間・不妊

女性の能動喫煙や男性の喫煙による受動喫煙は、受胎待ち時間を長期化させることが分かっている。1日21本以上(Hull et al. 2000)、1日16本以上(Hassan and Killick 2004)のタバコ喫煙が受胎待ち時間を有意に長くするといった結果が得られている。また、喫煙と受胎待ち時間との関係に着目したメタアナリシス(過去に報告された多数の

研究結果を、統合して再分析する方法)によれば、12の研究に基づき、受胎待ち時間が一定以上になる不妊に関するオッズを喫煙者と非喫煙者で比べたオッズ比は、コホート調査で1.42、ケース・コントロール研究で2.27、全体で1.60であった(Augood et al. 1998)。

2) 流死産確率

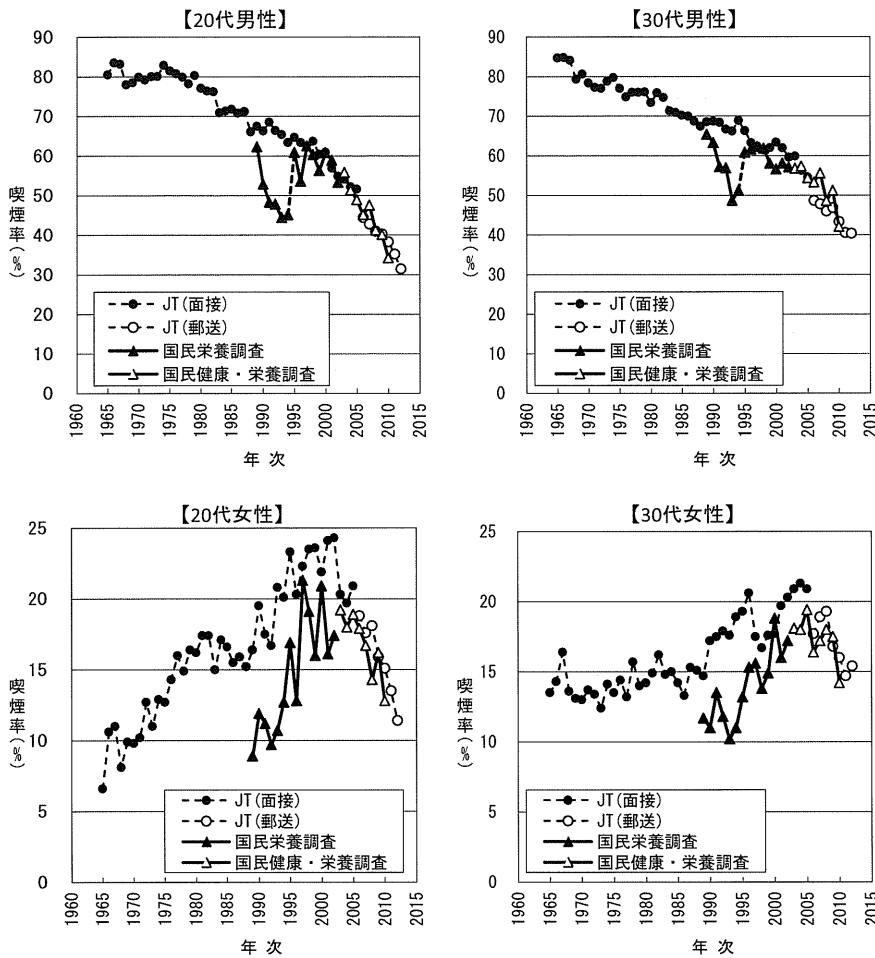
受胎待ち時間の長期化・不妊の他に母親の喫煙は子宮外妊娠、流産、胎盤剥離、周産期死亡、死産、先天性形成異常のリスクを高めることが知られている(Cnattingius 2004)。Kline et al.(1995)は、1日14本以上の喫煙で、染色体異常のない胎児の死亡リスクを上げることを示している。夫の喫煙による受動喫煙も、妊娠初期の胎児死亡に影響(Venners et al. 2004)。

出生動向基本調査によると、近年の日本における1妊娠あたりの流死産確率は30歳で0.094であった(岩澤 2012)。Chatenoudら(1998)は、イタリアの医療施設ベースのケース・コントロール研究をもとに、喫煙していた妊婦の流死産のオッズ比が非喫煙者に対し1.3倍であることを示している。仮に出生動向基本調査の0.094を非喫煙者の流死産確率と見なすと、オッズ比が1.3倍となる喫煙者の流死産確率は0.119となる。すなわち、非喫煙者の出生数を100%とすると、喫煙者の出生数は97.3%に抑制される計算となる。これは非喫煙者の出生数が2.0であった場合、喫煙者の出生数は1.95しか実現しないことを意味する。

(3) 日本における喫煙習慣

日本における喫煙習慣は、JT および厚生労働省によるたばこ喫煙率の時系列変化によれば、男性の喫煙率は1960年代から減少している一方で、女性喫煙者は1990年代に増加している(図1)。仮に妊娠中の女性の喫煙率も上昇しているならば、流死産を含む妊婦の妊娠合併症を増加させ、出生力を抑制することになる。一方、父親やパートナーの喫煙による受動喫煙が減少しているとすれば、出生力へのマイナスの効果が緩和している可能性もある。ただし、実際に喫煙が出生力にどの程度の影響を与えるのかについては、日本において大規模標本を使って検証した結果はない。国外のデータを用いた検証結果については、妊産婦のサポート体制や喫煙率そのものが違うということもあり、日本人にそのまま適用できるか定かではない。そこで、本研究では、厚生労働省統計情報部が実施している「21世紀出生児縦断調査(平成13年出生児)」のデータを用い、対象児の親である父母の喫煙習慣の有無が、父母(夫妻)の追加出生タイミングにどのような差異をもたらしているかを検証した。

図1 日本人の喫煙率の推移



データ：「全国たばこ喫煙者調査」（JT）各年、「国民栄養調査」「国民健康・栄養調査」（厚生労働省）各年喫煙者の定義

「全国たばこ喫煙者調査」：たばこを「毎日吸う」「時々吸う」と回答した者

「国民栄養調査」：「現在吸っている」と回答した者

「国民健康・栄養調査」：これまで合計100本以上又は6ヶ月以上たばこを吸っている（吸っていた）者のうち「この1ヶ月間に毎日、又は時々たばこをすっている」と回答した者

Ⅲ データ

日本において、妊娠前の親の喫煙状況とその後の生殖過程をとらえた大規模調査はほとんどない。2011年に始まった環境省および(独)国立環境研究所による「子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)」においては、母の喫煙習慣や母尿中のニコチンを測定し、妊娠異常や胎児の発達との関係を分析する予定であるが、妊娠後の母親が対象となることから、妊孕性については分析の対象外となっている。喫煙と出生力との関係がわかる唯一の大規模調査が厚生労働省統計情報部による「21世紀出生児縦断調査(平成13年出生児)」であり、本研究ではこの調査の第1回～第6回分を用いる。ただし、出生児を対象とした調査であるため、2001年に出生経験のある、子どもを1人以上生んでいる夫妻が対象であると言い換えることができる。また2001年時点

で父母が同居しているケースに限定した。第7回以降も調査は継続されているが、子どもの出生月の項目が削除され出生年情報しか得られないため分析には使用しなかった。

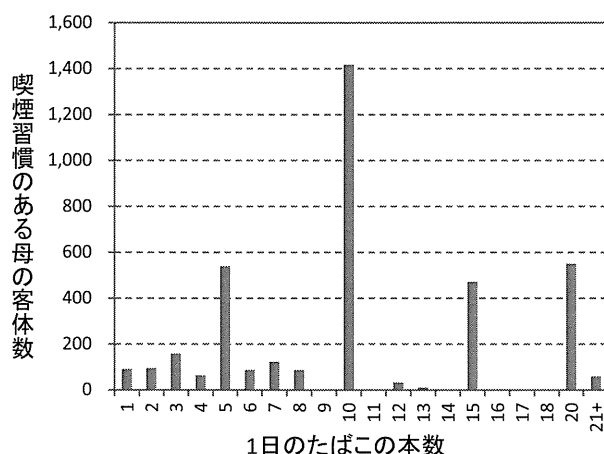
喫煙習慣が出生力に影響を与える経路としては、上記の先行研究により(1)受胎待ち時間の長期化・不妊、(2)子宮外妊娠、(3)流産、(4)胎盤剥離、(5)周産期死亡、(6)死産、(7)先天性形成異常、といったものがあることを示したが、出生児縦断調査には、残念ながら流産経験や妊娠中の問題に関する情報はない。出生児縦断調査で把握できるのは、次子の出生の有無とその出生年月である。本研究では、対象児の出生後9ヶ月を次子出生のリスク開始と見なし、次子出生までの待ち時間に関する生存時間分析を行う。生存時間解析には、コックス回帰モデルや離散時間ロジットモデルなどが利用できるが、今回は時間とともに変化する共変量を投入でき、またベースラインハザードを安定的に推定するため、事象発生をインターバルセンシングとしてあえて3ヶ月ごとにまとめたパーソン・3ヶ月データを準備し、Complementary Log-Log モデル(CLL モデル)を推定する。このモデルでは指数化した共変量の係数が、基準カテゴリーに対するハザード比と解釈することができる。

分析対象となった夫婦数(母の数)は、対象児が第1子のケースが20,077、第2子のケースが14,241であり、第1回調査時において母が喫煙しているケースは前者で15.4%、後者で15.1%であった。また喫煙習慣のある母の1日のたばこの本数の分布を図2に示したが、1日10本が最も多いケース数となっている。この情報を用い、喫煙習慣の有無のみならず、喫煙本数と子ども数との間に量-反応関係があるかを検証することで、喫煙の直接的影響の有無を補強する。なお、出生児縦断調査における最初の喫煙の情報は、対象児が生まれてから半年後の時点のものとなる。従って、妊娠中の喫煙の有無ではないことに留意が必要である。

以上の目的から、処置変数である父母の喫煙状況は、(1)父母の喫煙習慣の有無を基本としつつ、因果関係を確認するために量-反応変数である(2)母の1日の喫煙本数(喫煙なし、1~5本、6~10本、11本以上)についても分析を行った。

なお本研究は、厚生労働科学研究費補助金(政策科学総合研究事業(政策科学推進研究事業))「縦断および横断調査によるライフコース事象の経時変化分析と施策への対応に関する研究」(代表者:金子隆一)(平成24年~25年度)の成果物である。本稿で使用した21世紀出生児縦断調査の個票データは、統計法(平成19年法律第53号)第32条の規程に基づき、上記研究の遂行を目的として、国立社会保障・人口問題研究所において同調査等に係る調査票情報の提供の申出を行い(平成24年9月25日付、社人研発092502号および平成24年12月18日付、社人研発第121801号)、厚生労働省大臣官房統計情報部から利用の承認を得たものである(平成24年10月25日付、統発1025第1号および平成24年12月25日付、統発1225第1号)。

図2 21世紀縦断調査における1日のたばこ本数別にみた母の標本数（第1回調査）



データ：「21世紀出生児縦断調査」

注：喫煙習慣のある母 3,805 件について。この他、「たばこを吸っていない」母の標本数は 29,570 件となる。

IV 従属変数とモデル、共変量

(1) 出生ハザードに関する CLL モデル

出生力の規定要因を検証するモデルは従属変数となる出生力指標によって様々なものが考えられる。岩澤・鎌田(2014)では、本研究と同じ出生児縦断調査を用い、①第6回調査時点での既往出生児数を説明するポアソン回帰モデル、②第6回調査時点までの追加出生の有無を説明するロジスティック回帰モデル、③前子出生からの次子出生待ち時間を説明するコックス回帰モデルを推定し、結果の比較を行った。①と②の方法は、第6回調査の回答が得られているケースに限定され、脱落ケースの情報が含まれない欠点がある。子どもを持たない人ほど脱落しやすい傾向があり、出生力が高めに推定される。③のコックス回帰は、脱落ケースもセンサリングとしてリスク人口に含めた上でハザードを推定できるという意味で脱落による偏りを軽減することができる。ただし、一般的なコックス回帰では、時間で変化する共変量の効果をモデル化することができない。また共変量のハザード比は時間によって変わらない比例ハザード性を仮定しており、比例ハザード性が仮定できない状況には摘要できない。こうした欠点を解消する方法の一つに離散時間データ（あるいは期間打ち切り interval-censored データ）を用いたハザードモデルがある。

ここでは、Complementary Log-Log(CLL)モデルを推定する。事象発生までの待ち時間を問題とし、共変量によって規定される時間 t のハザード関数 $\lambda(t, \mathbf{x})$ を下記のようにモデル化する。

$$\lambda(t, \mathbf{x}_i) = \lambda_0(t) \exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta})$$

共変量 \mathbf{x}_i をもつ人のハザードは、ベースラインハザードを $\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta})$ 倍したものになる。

る。ちなみにこれは連続時間事象を扱うコックス回帰モデルで仮定されたハザードの表現と同じである。この式を変形すると、

$$\begin{aligned}\log[\lambda(t, \mathbf{x}_i)] &= \log[\lambda_0(t)] + \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} \\ \log[\lambda(t, \mathbf{x}_i)] &= \alpha_t + \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta}\end{aligned}$$

ここで、観察間隔である 1 期間 (t から $t+1$, 第 τ 期) における事象発生確率を P_τ 、生存確率を S_τ とすると、

$$S_\tau = 1 - P_\tau$$

となり、ハザードと生存関数の関係から、以下のような関係式を導くことができる。

$$\begin{aligned}S_\tau &= \exp\left[-\int_t^{t+1} \lambda(a) da\right] \\ \log[S_\tau] &= -\left[\int_t^{t+1} \lambda(a) da\right] \\ \log(-\log[S_\tau]) &= \log\left[\int_t^{t+1} \lambda(a) da\right] \\ \log(-\log[1 - P_\tau]) &= \log\left[\int_t^{t+1} \lambda(a) da\right]\end{aligned}$$

共変量で説明するモデルを当てはめると、

$$\begin{aligned}\log(-\log[1 - P_\tau(\mathbf{x})]) &= \log\left[\int_t^{t+1} \lambda(a, \mathbf{x}_i) da\right] \\ &= \log\left[\int_t^{t+1} \lambda_0(a) da\right] + \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta}\end{aligned}$$

観察期間内のベースラインハザードの累積値の対数を定数とすると、

$$\log(-\log[1 - P_\tau(\mathbf{x}_i)]) = \alpha_\tau + \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta}$$

と表すことができる。

また、全期にわたる共変量 \mathbf{x}_i の生存関数は、

$$\begin{aligned}
S_{\tau}(\mathbf{x}_i) &= \exp\left\{-\sum_{\alpha=0}^{\tau} \exp(\alpha_{\alpha} + \mathbf{x}'_i\boldsymbol{\beta})\right\} \\
&= \exp\left\{-\sum_{\alpha=0}^{\tau} [\exp(\alpha_{\alpha}) \cdot \exp(\mathbf{x}'_i\boldsymbol{\beta})]\right\} \\
&= \exp\left\{-\exp(\mathbf{x}'_i\boldsymbol{\beta}) \cdot \sum_{\alpha=0}^{\tau} [\exp(\alpha_{\alpha})]\right\} \\
&= \left[\exp\left\{-\sum_{\alpha=0}^{\tau} [\exp(\alpha_{\alpha})]\right\}\right]^{\exp(\mathbf{x}'_i\boldsymbol{\beta})}
\end{aligned}$$

ここで、 $S_{\tau}(0)$ をベースラインハザードに基づく生存関数とすると、

$$S_{\tau}(0) = \exp\left\{-\sum_{\alpha=0}^{\tau} [\exp(\alpha_{\alpha})]\right\}$$

と表せ、生存関数 $S_{\tau}(\mathbf{x}_i)$ とベースラインの生存関数は以下のような関係となる。

$$S_{\tau}(\mathbf{x}_i) = S_{\tau}(0)^{\exp(\mathbf{x}'_i\boldsymbol{\beta})}$$

本研究では、次子出生年月を事象発生とし、リスクの始まる前子出生から9ヶ月以降について、3ヶ月を観察間隔としたパーソン3ヶ月データに基づき、CLLモデルによって共変量の効果を推定する。

(4) 共変量と脱落

共変量については第1回および第2回調査から得られる情報を用いた。母結婚年齢、父結婚年齢、第6回時結婚持続期間、第1子婚前妊娠ダミー、母の学歴、父の学歴、対象児出生1年前の母の就業、対象児出生半年後の父の就業、父母の親との同別居、子育ての不安の有無である。これらの時間固定変数に加え、調査回ごとに情報が得られる子の父親の同別居といった時間変化変数を加えたモデルも推定する。

結婚年齢と出生力の関係は、上に凸の負の関係を示し、結婚年齢が30歳を過ぎると、出生力が明確に抑制される。父母の結婚年齢は16~22歳(18~22歳)、23歳以上は3歳間隔でカテゴリを作成し、35歳以上を一括した。リファレンス・カテゴリは父母ともに26-28歳とした。

また、結婚持続期間が長いほど、次子出生確率は下がることが予想される。結婚持続期間は第1回時点での結婚持続期間を示し、1年以下、2-3年、4-5年、6-8年、9年以上とし、4-5年をリファレンス・カテゴリとしている。

第1子婚前妊娠は、結婚後7ヶ月以内に第1子を出生した場合のダミー変数である。

妊娠判明後に結婚した夫婦は、妊孕力の高さに結びつく特徴（例えば性交頻度の多さ、受胎確率の高さ、避妊実行率の低さなど）を持っている可能性があるので統制する。

父母の学歴は価値観や機会費用の違いを通じて出生タイミングに影響を与えると考えられる。第2回調査で回答されている父母の学歴で統制した。中学校、高校、専修・専門学校、短大・高専、大学・大学院とカテゴリをまとめた上で、高校をリファレンス・カテゴリとした。

母の就業状況は、対象児を出産した1年前の状況についての設問と出生半年後の育児休業取得に関する設問を用いて変数を作成した。カテゴリは無職・学生、常勤（出産後離職）、常勤（（出産後）育休取得あり）、常勤（（出産後）育休取得なし）、パート・アルバイト、自営業・その他とした。常勤（育休取得なし）については、勤める会社に育休があるかどうかわからないケースも含んでいる。リファレンス・カテゴリは無職・学生とした。

父の就業状況は世帯収入などにも関係し、出生の意志決定に影響する。対象児が出生した半年後の状況を示し、無職・学生、常勤、パート・アルバイト、自営業・その他、不詳とし、常勤をリファレンス・カテゴリとした。

父母の親との同居状況については、父母の親と別居、母の親と同居、父の親と同居とし、父母の親と別居している場合をリファレンス・カテゴリとした。なお、父母の親については片親との同居も含む。

子育ての不安の有無について、対象児が出生半年後の状況について訊いている設問を用いて負担に思う場合を1、そうでない場合は0としたダミー変数を作成した。子育てに関する不安は、追加出生意欲に影響すると考えられる。

これら時間固定変数の他、各調査回での子の父親との同別居の影響も推定する。何らかの事情で子の父親（母の夫）が同居していない場合は、出生確率は大きく下がると予想される。なお、パーソン・3ヶ月データを準備する際、子の父親との同別居状況は、調査時点を挟んで半年前および半年後にその情報を反映するようにした。

表1、表2には、共変量の分布を第1回調査（学歴については第2回調査）に基づいて示した。表1は、第2子の出生のリスクのある2001年に第1子を生んだ父母の分布であり、表2は、第3子の出生のリスクのある2001年に第2子を生んだ父母の分布である。

表1 記述統計（第1子出生父母）

共変量	総数(N=20,077)		母喫煙あり(N=3,082)		母喫煙なし(N=16,995)	
	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
母結婚年齢						
16-22歳	0.122	0.328	0.252	0.434	0.099	0.298
23-25歳	0.275	0.446	0.305	0.460	0.269	0.444
26-28歳	0.335	0.472	0.251	0.434	0.350	0.477
29-31歳	0.168	0.374	0.117	0.322	0.178	0.382
32-34歳	0.065	0.246	0.047	0.211	0.068	0.252
35歳以上	0.035	0.183	0.027	0.163	0.036	0.186
父結婚年齢						
18-22歳	0.072	0.259	0.170	0.376	0.055	0.227
23-25歳	0.182	0.386	0.239	0.427	0.171	0.377
26-28歳	0.306	0.461	0.264	0.441	0.314	0.464
29-31歳	0.214	0.410	0.163	0.369	0.224	0.417
32-34歳	0.113	0.317	0.078	0.268	0.120	0.325
35歳以上	0.112	0.316	0.086	0.280	0.117	0.321
第1回時結婚持続期間						
1年以下	0.475	0.499	0.619	0.486	0.448	0.497
2-3年	0.351	0.477	0.266	0.442	0.367	0.482
4-5年	0.106	0.308	0.068	0.251	0.113	0.316
6-8年	0.052	0.222	0.036	0.187	0.055	0.228
9年以上	0.016	0.127	0.011	0.103	0.017	0.130
第1子婚前妊娠						
	0.218	0.413	0.382	0.486	0.188	0.391
母の学歴						
中学校	0.034	0.181	0.118	0.323	0.019	0.136
高校	0.362	0.480	0.516	0.500	0.334	0.472
専修・専門学校	0.197	0.397	0.200	0.400	0.196	0.397
短大・高専	0.250	0.433	0.128	0.334	0.273	0.445
大学・大学院	0.157	0.364	0.039	0.193	0.179	0.383
父の学歴						
中学校	0.063	0.242	0.172	0.377	0.043	0.203
高校	0.386	0.487	0.506	0.500	0.364	0.481
専修・専門学校	0.148	0.355	0.157	0.364	0.146	0.353
短大・高専	0.031	0.172	0.018	0.134	0.033	0.179
大学・大学院	0.373	0.484	0.148	0.355	0.414	0.492
母対象児出産1年前の就業状況						
無職・学生	0.253	0.435	0.247	0.431	0.254	0.435
常勤（出産後離職）	0.308	0.462	0.317	0.465	0.306	0.461
常勤（育休取得あり）	0.150	0.357	0.099	0.298	0.159	0.366
常勤（育休取得なし）	0.026	0.160	0.031	0.173	0.025	0.157
パート・アルバイト	0.225	0.417	0.266	0.442	0.217	0.412
自営業・その他	0.038	0.192	0.042	0.200	0.038	0.190
父の就業状況（対象児出生半年後）						
無職・学生	0.016	0.125	0.025	0.156	0.014	0.118
常勤	0.860	0.347	0.807	0.395	0.869	0.337
パート・アルバイト	0.016	0.124	0.028	0.166	0.013	0.115
自営業・その他	0.100	0.299	0.126	0.332	0.095	0.293
不詳	0.009	0.095	0.013	0.115	0.008	0.091
父母の親との同居（対象児出生半年後）						
父母の親と別居	0.814	0.389	0.774	0.418	0.821	0.383
母の親と同居	0.049	0.216	0.063	0.242	0.046	0.211
父の親と同居	0.137	0.344	0.163	0.370	0.132	0.339
子育ての不安の有無（対象児出生半年後）						
子どもを持って負担に思う	0.799	0.401	0.807	0.395	0.797	0.402
父母の喫煙状況						
父喫煙（対象児出生半年後）有無	0.623	0.485	0.934	0.248	0.566	0.496
母喫煙（対象児出生半年後）有無	0.154	0.360	1.000	0.000	0.000	0.000
母喫煙本数（対象児出生半年後）						
喫煙なし	0.846	0.360	0.000	0.000	1.000	0.000
1日1-5本	0.040	0.195	0.259	0.438	0.000	0.000
1日6-10本	0.068	0.252	0.443	0.497	0.000	0.000
1日11本以上	0.046	0.209	0.298	0.457	0.000	0.000
父親と別居（対象児出生半年後）						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
父親と同居（第6回調査）						
	0.730	0.444	0.566	0.496	0.760	0.427
父親と別居（第6回調査）						
	0.043	0.203	0.073	0.260	0.038	0.191
第7回調査までに脱落						
	0.227	0.419	0.362	0.481	0.202	0.402
父母の学歴は第2回データより						

表2 記述統計（第2子出生父母）

共変量	総数(N=14,241)		母喫煙あり(N=2,148)		母喫煙なし(N=12,093)	
	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
母結婚年齢						
16-22歳	0.136	0.343	0.293	0.455	0.109	0.311
23-25歳	0.330	0.470	0.357	0.479	0.325	0.469
26-28歳	0.338	0.473	0.230	0.421	0.357	0.479
29-31歳	0.141	0.348	0.076	0.266	0.152	0.359
32-34歳	0.040	0.197	0.033	0.179	0.042	0.200
35歳以上	0.015	0.121	0.011	0.103	0.015	0.123
父結婚年齢						
18-22歳	0.072	0.258	0.185	0.389	0.052	0.222
23-25歳	0.215	0.411	0.284	0.451	0.203	0.402
26-28歳	0.313	0.464	0.257	0.437	0.323	0.468
29-31歳	0.212	0.409	0.143	0.351	0.224	0.417
32-34歳	0.108	0.310	0.068	0.253	0.115	0.319
35歳以上	0.080	0.271	0.062	0.241	0.083	0.276
第1回時結婚持続期間						
1年以下	0.003	0.057	0.008	0.089	0.002	0.050
2-3年	0.252	0.434	0.366	0.482	0.231	0.422
4-5年	0.404	0.491	0.354	0.478	0.413	0.492
6-8年	0.262	0.440	0.202	0.401	0.273	0.446
9年以上	0.079	0.270	0.070	0.255	0.081	0.272
第1子婚前妊娠						
	0.203	0.403	0.372	0.484	0.173	0.379
母の学歴						
中学校	0.032	0.175	0.121	0.326	0.016	0.124
高校	0.402	0.490	0.535	0.499	0.379	0.485
専修・専門学校	0.186	0.389	0.198	0.398	0.184	0.387
短大・高専	0.242	0.428	0.105	0.307	0.266	0.442
大学・大学院	0.138	0.345	0.041	0.198	0.156	0.363
父の学歴						
中学校	0.063	0.243	0.177	0.382	0.043	0.203
高校	0.395	0.489	0.519	0.500	0.372	0.483
専修・専門学校	0.133	0.339	0.135	0.342	0.132	0.339
短大・高専	0.033	0.177	0.016	0.125	0.035	0.185
大学・大学院	0.377	0.485	0.153	0.360	0.417	0.493
母対象児出産1年前の就業状況						
無職・学生	0.680	0.467	0.665	0.472	0.682	0.466
常勤（出産後離職）	0.036	0.187	0.041	0.197	0.035	0.185
常勤（育休取得あり）	0.105	0.307	0.058	0.234	0.113	0.317
常勤（育休取得なし）	0.025	0.155	0.027	0.162	0.024	0.154
パート・アルバイト	0.097	0.296	0.142	0.349	0.089	0.285
自営業・その他	0.057	0.232	0.067	0.250	0.055	0.229
父の就業状況（対象児出生半年後）						
無職・学生	0.012	0.110	0.020	0.142	0.011	0.103
常勤	0.850	0.357	0.793	0.405	0.860	0.347
パート・アルバイト	0.009	0.094	0.012	0.107	0.008	0.091
自営業・その他	0.118	0.323	0.161	0.368	0.111	0.314
不詳	0.011	0.103	0.014	0.115	0.010	0.100
父母の親との同居（対象児出生半年後）						
父母の親と別居	0.790	0.407	0.781	0.414	0.792	0.406
母の親と同居	0.055	0.227	0.069	0.253	0.052	0.222
父の親と同居	0.155	0.362	0.150	0.358	0.156	0.363
子育ての不安の有無（対象児出生半年後）						
子どもを持って負担に思う	0.809	0.393	0.823	0.382	0.807	0.395
父母の喫煙状況						
父喫煙（対象児出生半年後）有無	0.623	0.485	0.924	0.265	0.570	0.495
母喫煙（対象児出生半年後）有無	0.151	0.358	1.000	0.000	0.000	0.000
母喫煙本数(対象児出生半年後)						
喫煙なし	0.849	0.358	0.000	0.000	1.000	0.000
1日1-5本	0.034	0.182	0.229	0.420	0.000	0.000
1日6-10本	0.067	0.250	0.446	0.497	0.000	0.000
1日11本以上	0.049	0.216	0.325	0.469	0.000	0.000
父親と別居(対象児出生半年後)						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
父親と同居(第6回調査)						
	0.749	0.433	0.589	0.492	0.778	0.416
父親と別居(第6回調査)						
	0.037	0.189	0.067	0.249	0.032	0.176
第7回調査までに脱落						
	0.214	0.410	0.344	0.475	0.190	0.393

父母の学歴は第2回データより

V 共変量の調整

喫煙習慣の有無が次子出生確率に差をもたらすかを検証するにあたり、考慮しなければならないことは、喫煙者と非喫煙者の属性の構成に無視できない違いがないかということである。本来、注目する要因が結果変数に違いをもたらすかどうかを検証するためには、対象者を無作為に分け、要因の有無による違いを比較する無作為割り当て実験（ランダム化比較実験）が望ましい。しかし喫煙のような有害な行動を無作為に選んだ対象者に強いることは倫理的に問題がある。そこで、調査データに含まれる情報を用いて、出来る限り無作為割り当て実験と近い状況の元で比較できる方法として、傾向スコアを用いた分析手法を利用する。

（1）傾向スコア分析

近年医学分野では、治療・曝露の因果効果の推定方法として傾向スコア分析が注目されている。傾向スコア分析は、無作為割り当てが行われる実験研究における因果効果の推定を、大規模調査を用いた「相関研究」においても実現できる手法として Rosenbaum and Rubin (1983) によって提案されたものである。傾向スコアとは、従属変数と独立変数の間の因果関係を推定するために、それ以外の変数で従属変数に関連する要因＝共変量を一つの変数に縮約した得点のことをいう。その共変量を基準として、無作為割り当て状況を作り出すというアイデアである（星野 2009、Guo and Fraser 2010）。

傾向スコアは第 i 被験者の共変量を x_i 、割り当て変数を z_i とするとき、群 1 へ割り当てられる確率 e_i は、以下のように示すことができる。

$$e_i = p(z_i = 1 | x_i) \text{ ただし } (0 \leq e_i \leq 1)$$

e_i を第 i 被験者の傾向スコアという（星野・繁耕 2004）。傾向スコアを算出するには、一般に割り当て変数を従属変数としたロジスティック回帰分析を行うことにより得られる。 $\hat{\beta}$ を最尤推定量であるとすると、以下のように推定される。

$$\hat{e}_i = \frac{1}{1 + \exp\{-x_i \hat{\beta}\}}$$

算出された傾向スコアを用いて共変量の調整を行うことによって、処置効果の因果効果を測定することが可能になる。Rosenbaum and Rubin (1983) は傾向スコアを用いた不偏推定を行う方法として、以下の 3 手法をあげている。

- 1) マッチング：傾向スコアが等しい群の被験者をペアにして、その差をもって因果効果とするという方法である。ただし、傾向スコアが完全に一致するペアだけを抽出する場合、分析対象数が極端に減少してしまう事態が生じることが多い。そういった場合には、「処置群の観測値に対して最小の距離になる対照群の観測値をマッチングさせる最近傍マッチングや、最近傍マッチングを行った場合に『ある特定の距離以上になるときはマッ

チングしない』キャリパーマッチング (caliper matching) などを行なう」(星野 2009 p. 64)。

2) 層別解析：傾向スコアを5つ程度に分けて、それぞれの層別での処置群と対照群の平均の計算と、全体としての効果の推定量を算出する。

3) 共分散分析：割り当て変数と傾向スコアを独立変数として線形回帰分析を行う。

傾向スコアの利点としては、従属変数と共変量の回帰モデルを仮定する必要がないことにあり、傾向スコアは共変量を1変数に縮約しているため、処置群と対照群において外生要因・共変量の影響が少ない場合でも分析に用いることができる。共変量と従属変数のモデル設定を行わなくてもよい。モデルの誤設定に強いことが示されている。

傾向スコア分析の問題点には、マッチング・層別解析を行う際には標準誤差が正確に計算できず、周辺期待値の推定もできない点、マッチングに使用する傾向スコアは連続変数であるため、ペアを作る際には最近傍マッチングなどの距離を使う必要があり、そこに恣意性が生まれる点、マッチングを行う際にペア化されなかったデータが分析から除外される点、共分散分析は線形を仮定しているが、傾向スコアは0から1をとるため、仮定を満たさないといった点がある(星野 2009)。

そこで、このような問題点を克服する方法として IPTE 法 (inverse probability treatment estimation、逆確率処理推定) が提案されている (Rubin 1985)。IPTE 推定量は傾向スコアによる重み付け推定法であり、傾向スコアの逆数による重み付け平均を示す。割り当て変数 $z=0$ のときの従属変数を y_0 、 $z=1$ のとき y_1 とすると、以下のようになる。

$$\hat{E}(y_1) = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{z_i y_i}{e_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{z_i}{e_i}} \quad \hat{E}(y_0) = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{(1-z_i) y_i}{1-e_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{(1-z_i)}{1-e_i}}$$

$\hat{E}(y_1)$ は、真の傾向スコアがわかっていて、 y_0 と y_1 が割り当て変数 z と独立であり、かつ

共変量 x が y_1 に割り当てられる確率が0から1に収まる、いわゆる「強く無視できる割り当て状況」であれば、 $\hat{E}(y_1)$ は不偏推定量になる。よって、IPTE 推定量を算出することによって、傾向スコアでは未知であった各群の周辺期待値である $\hat{E}(y_1)$ $\hat{E}(y_0)$ を計算することが可能となり、当指標をモデル推定に用いることにより、選択バイアスの影響を調整することが可能となる(星野 2009)。

本研究は父母の喫煙習慣が既往出生児数にどのような影響を与えているかどうかの検証を行うことが目的である。さらに、様々な傾向スコア分析の分析デザインの中から、マッチング法による共変量調整ならびに IPTE 法によるウェイトを用いた共変量調整を用いて父母の喫煙の因果効果を推定するとともに、それぞれの分析特性についての取りまとめを行いたい。

(2) 本研究における共変量調整

傾向スコア分析は、一般に、二段階の工程によって分析を行う (Guo and Fraser 2010)。第一段階は傾向スコアの算出であり、今回の処置変数である母の喫煙習慣の有無を目的変数として、共変量の係数をロジスティック回帰分析によって推定し、母の喫煙確率を算出する。ここで得られる個人の予測確率が傾向スコアとなる。第二に、算出された傾向スコアを用いて父母の喫煙習慣が次子出生タイミングに与える因果効果を推定する。本分析においては、(1) 傾向スコアを用いたマッチング法による共変量調整、(2) 傾向スコアの逆確率をウェイトに用いた IPTe 法による共変量調整を行った上で、次子出生タイミングに対する父母の喫煙効果について検証した。

第一に、マッチング法による共変量調整においては、マッチングの手法としてスタンダードな最近傍キャリパーマッチング法を用いてマッチングを行う。同手法は、処置群である観測値に対して最小の距離になるような対照群をマッチングさせる手法であり、マッチングを行った際にある特定の距離以上になるときはマッチングしないという閾値としてキャリパー値 (傾向スコアの標準偏差 $\times 0.25$) を設定させる手法である。

第二に、傾向スコアの逆確率をウェイトに用いた IPTe 法による共変量調整は、マッチングとは異なり分析ケースの除外を行うことがなく共変量の調整が可能になるという点に特色がある。ただし、用いる共変量によっては十分に構造が調整なされない可能性がある。

共変量を調整するために必要な傾向スコアを算出するために、同じ共変量群を用いて母の喫煙習慣の有無を従属変数としたロジスティック回帰モデルで推定した。表 3 は第 1 子出生父母についての母喫煙傾向スコア算出モデルであり、表 4 は第 2 子出生父母についての母喫煙傾向スコア算出モデルである。母の結婚年齢は、26-28 歳に比べ、25 歳以下で喫煙確率が有意に高くなり (オッズ比はおよそ 1.2~1.5 倍)、父の結婚年齢でも同様の関係が得られた。結婚持続期間でも持続期間が低い場合で母の喫煙確率が高まり、第 1 子が婚前妊娠であった場合もそうでない場合に比べてオッズ比 1.4 倍前後で喫煙確率が高くなっている。母の学歴では高卒に比べて中学校卒で高い喫煙確率がみられ、学歴が高くなるに従って喫煙確率は低下する。父の学歴についても同様の結果が得られた。母の出産 1 年前の就業状況では、無職・学生に比べて、常勤 (育休取得あり) で喫煙確率は低下するのに対し、自営業・その他 (第 1 子出生父母)、パート・アルバイト (第 2 子出生父母) で喫煙確率が高い結果となっている。父の就業状況では、常勤に比べて無職や自営業・その他の母の喫煙確率が高い結果となっている。父母の親との同居では父母の親と別居している場合に比べて、父の親と同居していると喫煙確率は低くなる結果が得られた。子育ての不安の有無については、負担に思うほど喫煙確率が高まる。父の喫煙が最も大きな影響を持ち、第 1 子出生父母についてはオッズ比にして 7 倍、第 2 子出生父母については 6 倍ほど母の喫煙確率が高いことがわかった。

表3 母の喫煙習慣の有無についてのロジスティック回帰分析（傾向スコアの算出）：
第1子出生父母

共変量	β		Std. Err.	Odds Ratio
母結婚年齢				
16-22歳	0.156	*	0.077	1.168
23-25歳	0.185	**	0.059	1.203
26-28歳(ref.)				
29-31歳	-0.056		0.074	0.946
32-34歳	-0.028		0.108	0.972
35歳以上	0.012		0.140	1.012
父結婚年齢				
18-22歳	0.295	**	0.087	1.343
23-25歳	0.128	*	0.063	1.136
26-28歳(ref.)				
29-31歳	0.005		0.067	1.005
32-34歳	-0.166	+	0.087	0.847
35歳以上	-0.084		0.090	0.920
第1回時結婚持続期間				
1年以下	0.248	**	0.090	1.282
2-3年	0.153	+	0.088	1.165
4-5年(ref.)				
6-8年	0.120		0.133	1.128
9年以上	-0.151		0.213	0.860
第1子婚前妊娠				
	0.373	**	0.059	1.452
母の学歴				
中学校	1.009	**	0.092	2.743
高校(ref.)				
専修・専門学校	-0.228	**	0.057	0.796
短大・高専	-0.785	**	0.064	0.456
大学・大学院	-1.156	**	0.104	0.315
父の学歴				
中学校	0.556	**	0.070	1.744
高校(ref.)				
専修・専門学校	-0.111	+	0.062	0.895
短大・高専	-0.508	**	0.150	0.602
大学・大学院	-0.517	**	0.063	0.597
母対象児出産1年前の就業状況				
無職・学生(ref.)				
常勤(出産後離職)	-0.064		0.060	0.938
常勤(育休取得あり)	-0.182	*	0.079	0.834
常勤(育休取得なし)	0.071		0.131	1.073
パート・アルバイト	0.071		0.062	1.073
自営業・その他	0.204	+	0.121	1.227
父の就業状況(対象児出生半年後)				
無職・学生	0.404	**	0.150	1.497
常勤(ref.)				
パート・アルバイト	0.221		0.147	1.247
自営業・その他	0.154	*	0.071	1.167
不詳	0.263		0.203	1.301
父母の親との同居(対象児出生半年後)				
父母の親と別居(ref.)				
母の親と同居	-0.065		0.093	0.937
父の親と同居	-0.118	+	0.061	0.889
子育ての不安の有無(対象児出生半年後)				
子どもを持って負担に思う	0.149	**	0.054	1.161
父母の喫煙状況(対象児出生半年後)				
父喫煙(対象児出生半年後)	1.976	**	0.076	7.212
定数項				
	-3.411	**	0.132	
Number of obs	20,077			
LR chi2	3360.58	**		
Pseudo R2	0.195			
Log likelihood	-6927.68			
df.	37			
AIC	13929.36			
BIC	14221.93			

Significance level. 0.1 +0.05 * 0.01 ** (ref.)はリファレンス・カテゴリ

表 4 母の喫煙習慣の有無についてのロジスティック回帰分析（傾向スコアの算出）：
第 2 子出生父母

共変量	β		Std. Err.	Odds Ratio
母結婚年齢				
16-22歳	0.389	**	0.087	1.475
23-25歳	0.200	**	0.069	1.222
26-28歳(ref.)				
29-31歳	-0.134		0.102	0.875
32-34歳	0.177		0.152	1.194
35歳以上	0.127		0.251	1.136
父結婚年齢				
18-22歳	0.335	**	0.099	1.399
23-25歳	0.112		0.072	1.119
26-28歳(ref.)				
29-31歳	-0.104		0.082	0.901
32-34歳	-0.111		0.108	0.895
35歳以上	-0.117		0.121	0.890
第1回結婚持続期間				
1年以下	0.510		0.338	1.666
2-3年	0.240	**	0.066	1.271
4-5年(ref.)				
6-8年	-0.043		0.070	0.958
9年以上	-0.029		0.108	0.972
第1子婚前妊娠				
	0.324	**	0.064	1.383
母の学歴				
中学校	1.251	**	0.112	3.494
高校(ref.)				
専修・専門学校	-0.052		0.068	0.950
短大・高専	-0.782	**	0.082	0.458
大学・大学院	-0.812	**	0.125	0.444
父の学歴				
中学校	0.477	**	0.084	1.611
高校(ref.)				
専修・専門学校	-0.188	*	0.078	0.828
短大・高専	-0.647	**	0.189	0.524
大学・大学院	-0.485	**	0.076	0.616
母対象児出産1年前の就業状況				
無職・学生(ref.)				
常勤(出産後離職)	0.057		0.134	1.058
常勤(育休取得あり)	-0.216	*	0.105	0.806
常勤(育休取得なし)	0.187		0.158	1.206
パート・アルバイト	0.244	**	0.081	1.276
自営業・その他	0.128		0.114	1.136
父の就業状況(対象児出生半年後)				
無職・学生	0.409	*	0.198	1.505
常勤(ref.)				
パート・アルバイト	-0.024		0.254	0.977
自営業・その他	0.244	**	0.078	1.277
不詳	0.058		0.238	1.059
父母の親との同居(対象児出生半年後)				
父母の親と別居(ref.)				
母の親と同居	0.005		0.106	1.005
父の親と同居	-0.308	**	0.074	0.735
子育ての不安の有無(対象児出生半年後)				
子どもを持って負担に思う	0.195	**	0.067	1.215
父母の喫煙状況(対象児出生半年後)				
父喫煙(対象児出生半年後)	1.791	**	0.086	5.994
定数項				
	-3.336	**	0.127	
Number of obs	14,241			
LR chi2	2364.75	**		
Pseudo R2	0.1957			
Log likelihood	-4857.94			
df.	37			
AIC	9789.89			
BIC	10069.75			

Significance level. 0.1 +0.05 * 0.01 ** (ref.)はリファレンス・カテゴリ

母の喫煙習慣を従属変数として推定されたロジスティック回帰モデルによる個人の予測値が傾向スコアである。調整前のデータについて傾向スコアの分布を母の喫煙習慣の有無別に確認してみると（図3の調整前）、喫煙群は傾向スコアが0.2前後をピークとしたやや右に裾をひく分布をしているのに対して、非喫煙群の傾向スコアは0.0~0.1にかけて急激に減少する分布を示し、0.2あたりまで一定となり、その後減少していく分布を示している。このように、母の喫煙の有無によって共変量の分布は大きく異なることを視覚的に把握することができる。

図3 母の禁煙習慣の有無別にみた傾向スコアのヒストグラム(マッチング法)

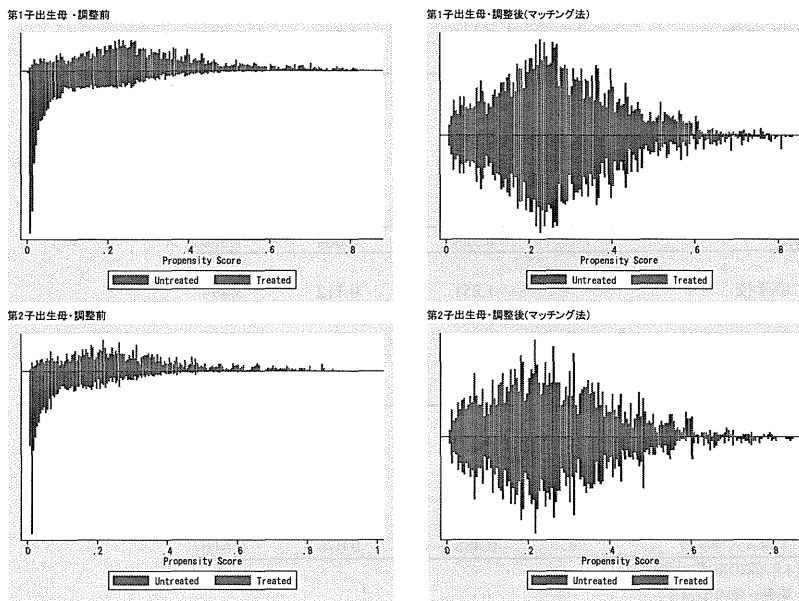
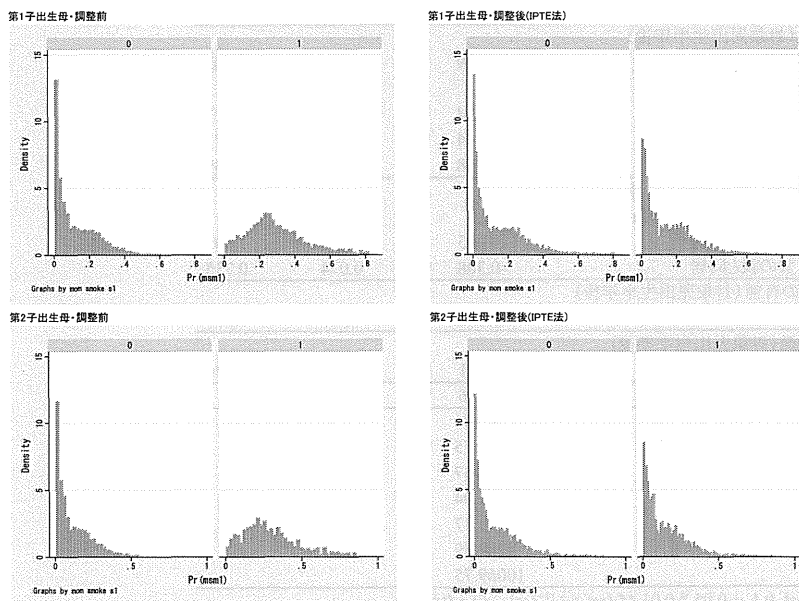


図4 母の禁煙習慣の有無別にみた傾向スコアのヒストグラム (IPTE法)



注：各図左が非喫煙群、右が喫煙群。

最近傍キャリパーマッチング法によってマッチングを行った結果、第1子出生母は5,872ケース、第2子出生母は4,022となった。元々の分析ケースはおよそ2万と1万4千であったが、処置群と対象群の共変量がほぼ同じケースを得るために、およそ1万4千ケース、1万ケースをそれぞれ分析から除外したことになる。図3の調整後（マッチング法）は、マッチング後の喫煙の有無別の傾向スコアの分布を示している。母が喫煙している群の分布に合わせたマッチングが行われていることがわかる。0.0~0.1に集中して分布していた非喫煙群のサンプルが分析から大幅に除外されている結果となっている。

図4は、IPTE法を用いて重み付けした前後の、喫煙群、非喫煙群の傾向スコアの分布である。IPTE法ではサンプリング・ウェイトという方法を用いるため、サンプルの多い非喫煙群の分布に従うようにウェイトがなされる。ウェイト法を用いることによって分析ケースを一切除外せずに共変量の調整を行うことができる。

表5、表6は、母の喫煙習慣の有無と共変量に統計的に有意な関係が認められるか（独立であるか）を検証した結果である。マッチング前の未調整のデータについて χ^2 二乗検定を行ったところ、ほとんどの共変量が喫煙変数と独立ではない、すなわち有意な関係があることを示している。しかし傾向スコアによるマッチングあるいはウェイト調整したデータについては、多くの共変量について母の喫煙習慣の有無と独立であるとの帰無仮説が棄却されず、共変量の調整がある程度行われたことが確認できた。これにより、準実験的状況下で喫煙習慣の効果を推定することができることになる。

表5 母の喫煙の有無についてマッチング前後ならびに IPTW 法における
共変量の調整結果：第1子出生母

共変量	調整前		マッチング後		IPTWサンプルウェイト	
	Pearson χ^2 値	Pr	Pearson χ^2 値	Pr	Wald χ^2 値	Pr
母結婚年齢						
16-22歳	573.388	0.000 **	0.802	0.371	0.510	0.477
23-25歳	16.668	0.000 **	0.499	0.480	0.170	0.684
26-28歳	114.206	0.000 **	0.149	0.700	0.250	0.618
29-31歳	67.594	0.000 **	0.364	0.547	1.510	0.220
32-34歳	19.917	0.000 **	0.000	1.000	0.130	0.717
35歳以上	6.049	0.014 *	0.025	0.874	1.930	0.165
父結婚年齢						
18-22歳	516.272	0.000 **	0.001	0.971	0.030	0.855
23-25歳	81.996	0.000 **	0.529	0.467	0.360	0.551
26-28歳	30.716	0.000 **	0.004	0.953	0.040	0.839
29-31歳	57.019	0.000 **	1.043	0.307	1.250	0.263
32-34歳	45.741	0.000 **	0.002	0.962	0.300	0.583
35歳以上	25.154	0.000 **	0.102	0.750	2.450	0.118
第1回結婚持続期間						
1年以下	305.118	0.000 **	0.782	0.377	0.140	0.704
2-3年	116.460	0.000 **	0.022	0.883	0.030	0.863
4-5年	55.393	0.000 **	1.729	0.189	0.010	0.923
6-8年	18.112	0.000 **	0.000	1.000	0.670	0.412
9年以上	7.076	0.008 **	0.144	0.704	2.940	0.086 +
第1子婚前妊娠	574.483	0.000 **	0.494	0.482	2.630	0.105
母の学歴						
中学校	783.372	0.000 **	0.192	0.661	1.950	0.162
高校	375.462	0.000 **	0.006	0.937	2.070	0.151
専修・専門学校	0.194	0.659	0.001	0.974	3.670	0.055 +
短大・高専	293.260	0.000 **	0.214	0.643	0.650	0.422
大学・大学院	384.563	0.000 **	0.004	0.948	4.220	0.040 *
父の学歴						
中学校	739.457	0.000 **	1.411	0.235	0.440	0.505
高校	219.575	0.000 **	0.361	0.548	0.000	0.986
専修・専門学校	2.230	0.135	0.005	0.943	0.720	0.395
短大・高専	19.165	0.000 **	0.218	0.641	0.060	0.800
大学・大学院	788.963	0.000 **	0.005	0.943	0.450	0.502
母対象児出産1年前の就業状況						
無職・学生	0.809	0.368	0.015	0.903	2.260	0.133
常勤（出産後離職）	1.312	0.252	0.007	0.933	0.240	0.626
常勤（育休取得あり）	74.765	0.000 **	0.116	0.733	1.120	0.291
常勤（育休取得なし）	2.982	0.084	0.022	0.882	0.170	0.683
パート・アルバイト	35.041	0.000 **	0.057	0.812	0.570	0.451
自営業・その他	1.098	0.295	1.336	0.248	1.060	0.303
父の就業状況（対象児出生半年後）						
無職・学生	19.261	0.000 **	0.511	0.475	0.800	0.373
常勤	83.314	0.000 **	0.782	0.377	4.100	0.043 *
パート・アルバイト	36.658	0.000 **	0.066	0.797	1.350	0.246
自営業・その他	28.964	0.000 **	0.228	0.633	2.120	0.145
不詳	7.280	0.007	0.136	0.712	0.000	0.966
父母の親との同居（対象児出生半年後）						
父母の親と別居	38.593	0.000 **	0.958	0.328	0.110	0.737
母の親と同居	14.591	0.000 **	0.074	0.786	0.380	0.538
父の親と同居	21.458	0.000 **	1.668	0.197	0.650	0.422
子育ての不安の有無（対象児出生半年後）						
子どもを持って負担に思う	1.512	0.219	0.027	0.869	0.090	0.767
父喫煙（対象児出生半年後）	1500.000	0.000 **	0.894	0.344	1.980	0.160

Significance level. 0.1 + 0.05 * 0.01 **

表6 母の喫煙の有無についてマッチング前後ならびに IPTW 法における
共変量の調整結果：第2子出生母

共変量	調整前		マッチング後		IPTEサンプルウェイト	
	Pearson χ^2 値	Pr	Pearson χ^2 値	Pr	Wald χ^2 値	Pr
母結婚年齢						
16-22歳	525.811	0.000 **	1.179	0.278	1.530	0.215
23-25歳	7.994	0.005 **	0.426	0.514	0.640	0.422
26-28歳	130.384	0.000 **	0.110	0.740	3.240	0.072 +
29-31歳	86.222	0.000 **	0.818	0.366	0.540	0.463
32-34歳	3.500	0.061 +	0.067	0.796	4.380	0.036 *
35歳以上	2.840	0.092	0.701	0.402	0.930	0.335
父結婚年齢						
18-22歳	487.292	0.000 **	0.017	0.897	0.530	0.467
23-25歳	69.535	0.000 **	0.122	0.727	0.000	0.993
26-28歳	36.526	0.000 **	0.364	0.546	0.100	0.757
29-31歳	71.010	0.000 **	0.018	0.894	0.680	0.411
32-34歳	40.731	0.000 **	0.894	0.492	0.160	0.689
35歳以上	11.137	0.001 **	0.405	0.524	0.005	0.830
第1回時結婚持続期間						
1年以下	16.371	0.000 **	0.000	1.000	0.090	0.762
2-3年	176.266	0.000 **	0.906	0.341	1.220	0.270
4-5年	25.726	0.000 **	0.017	0.896	1.050	0.306
6-8年	48.047	0.000 **	0.185	0.667	0.310	0.578
9年以上	2.878	0.090 +	0.800	0.371	1.120	0.289
第1子婚前妊娠						
	445.424	0.000 **	0.010	0.921	4.080	0.043 *
母の学歴						
中学校	661.325	0.000 **	0.251	0.617	0.010	0.935
高校	184.425	0.000 **	0.123	0.726	1.370	0.242
専修・専門学校	2.402	0.121	0.878	0.349	1.080	0.300
短大・高専	257.087	0.000 **	0.121	0.728	3.340	0.068 +
大学・大学院	201.177	0.000 **	0.024	0.877	0.000	0.989
父の学歴						
中学校	556.986	0.000 **	0.096	0.757	0.730	0.393
高校	164.192	0.000 **	0.225	0.635	1.410	0.235
専修・専門学校	0.109	0.742	0.002	0.964	0.500	0.481
短大・高専	22.382	0.000 **	0.254	0.614	0.000	0.995
大学・大学院	541.581	0.000 **	0.539	0.463	2.600	0.107
母対象児出産1年前の就業状況						
無職・学生	2.477	0.116	1.017	0.313	0.120	0.735
常勤（出産後離職）	1.367	0.242	0.060	0.807	0.000	0.998
常勤（育休取得あり）	58.928	0.000 **	0.004	0.948	0.050	0.823
常勤（育休取得なし）	0.583	0.445	0.987	0.320	1.040	0.309
パート・アルバイト	57.666	0.000 **	0.558	0.455	0.530	0.467
自営業・その他	4.653	0.031	0.016	0.900	0.080	0.771
父の就業状況（対象児出生半年後）						
無職・学生	14.320	0.000 **	0.129	0.719	0.360	0.548
常勤	63.453	0.000 **	0.025	0.875	0.030	0.854
パート・アルバイト	2.119	0.146	2.657	0.103	2.940	0.087 +
自営業・その他	44.334	0.000 **	0.267	0.605	0.000	0.989
不詳	1.915	0.166	0.179	0.672	0.580	0.448
父母の親との同居（対象児出生半年後）						
父母の親と別居	1.448	0.229	0.023	0.879	0.080	0.777
母の親と同居	9.864	0.002 **	0.016	0.899	0.270	0.605
父の親と同居	0.385	0.535	0.008	0.930	0.260	0.612
子育ての不安の有無（対象児出生半年後）						
子どもを持って負担に思う	2.978	0.084 +	0.002	0.967	0.010	0.920
父喫煙（対象児出生半年後）						
	974.266	0.000 **	0.122	0.727	1.230	0.267

Significance level. 0.1 +0.05 * 0.01 **