

**Research Unit for Statistical  
and Empirical Analysis in Social Sciences (Hi-Stat)****低体重出生：原因と帰結**川口大司  
野口晴子

December 2012

## 低体重出生：原因と帰結

一橋大学 川口大司

早稲田大学 野口晴子

2012年11月17日

### 要旨

この論文では厚生労働省『21世紀出生児縦断調査』による新生児のパネルを分析して2500g未満で生まれる低体重出生がどのような社会経済的な背景より発生するかを分析し、さらに低体重出生がその後の児童の発達にどのような影響を与えているかを2歳半時点、6歳半時点の発達・行動指標を用いて分析した。低体重出生をもたらすのは母親の喫煙、出産6か月前の母親の就業といった要因であることが明らかになった。特に出産6か月前の母親のフルタイム就業の影響は大きく、2500g未満の低体重出生となる確率が2.4%ポイント上昇することが明らかになった。これは低体重出生の発生確率が8.25%であることを考えると大きな影響だといえる。低体重出生の帰結についてであるが、2500g以下で生まれることは2歳半時点での発達を遅らせていることが明らかになった。その一方で6歳半時点での行動に対する影響は限定的な指標でみる限り統計的には認められなかった。

### 1. はじめに

2500g未満で生まれることを低体重出生というが、この論文では低体重出生がどのような社会経済的な背景より発生するかを明らかにし、さらに低体重出生がその後の児童の発達にどのような影響を与えているかを2歳半時点、6歳半時点の発達指標を用いて明らかにする。厚生労働省『21世紀出生児縦断調査』による2001年に生まれた全国のおおよそ4万7千人を追跡した新生児のパネルを分析した結果、母親の喫煙、出産6か月前の母親の就業が低体重出生をもたらすことが明らかになった。低体重出生の帰結についてであるが、2500g未満で生まれることは2歳半時点での発達を遅らせていることが明らかになった。その一方で6歳半時点での発達指標に対する影響は統計的には認められなかった。

多数の先行研究は両親の身長や体重といった身体的な特徴に加えて、両親の教育水準、

所得や就業状態といった社会経済的な背景が新生児の体重決定におおきな影響を与えることを明らかにしている<sup>1</sup>。たとえばCurrie and Hyson (1999)は1958年3月のある1週に英国で生まれた新生児すべてを対象にした調査を用いて、社会階層が高い職種に就く父親を持つ新生児が2500g未満の低体重出生をする可能性が低いことを示している。また、Currie and Moretti (2003)、Carneiro et al. (2010)、Chevalier and O'Sullivan (2007)は米国あるいは英国のデータを用いて、母親の教育年数の外生的な延長が低体重児出産の可能性を低くすることを示している<sup>2</sup>。関連して対貧困対策の低体重出生に与える影響も研究されており、Currie and Cole (1993)はAid to Families with Dependent Children(AFDC)の受給が白人貧困層に関しては出生体重を引き上げる可能性を示している。またAlmond et al. (2011)はフードスタンプの受給が、Baker (2008)とHoynes et al. (2012)はEarned Income Tax Credit (EITC)の受給が、それぞれ低体重出生の可能性を引き下げること示している。

これらの先行研究が低体重出産の決定因に着目するのは、低体重出生が新生児の健康状態を集約的に示す指標であると考えられており、その後の成長や成人後の健康状態や経済状態に影響を与えることが知られるようになったためである。当初の研究は低体重出生と特定疾患の発現に関する疫学的な研究が中心であった(Barker (1990))。その後、エピジェネティクス(epigenetics)が発達するに従い、子宮内(in utero)での栄養状態が後天的DNA修飾による遺伝発現制御を通じて形質発現に影響を与えるメカニズムが分子生物学的な手法を用いて明らかにされつつある(福岡 (2009), Petronis (2010))。また、低体重出生がテストスコア、教育達成、就業、賃金、結婚といった社会経済的な結果変数に与える影響を調べる研究が経済学を中心に急速に進んでいる(Behrman and Rosenzweig (2004)、Almond et al. (2005)、サーベイについてはAlmond and Currie (2011)を参照せよ)。

低体重出生の原因に関する研究は日本においても多数存在する。Ohmi et al. (2001)は人口動態調査などの集計データを用いて、産婦の喫煙確率の増加や低体重化が低体重出産の増加をもたらした可能性を指摘する。中村 (1995)は1979年と1992年の人口動態調査出生票の東京都分の個票を用いて産婦の年齢・妊娠週・出産経験の有無が新生児体重に与える影響を検討している。Takimoto et al. (2005)は1980年、1990年、2000年

---

<sup>1</sup> 医学的見地からの文献についてはKiely et al. (1994)を参照のこと。経済学的見地からの文献についてはCurrie (2009)を参照のこと。

<sup>2</sup> 母親の教育年数の延長が低体重出生を必ずしも抑制しないという結果についてはMcCrary and Royer (2011)を参照のこと。

の約1万人の新生児のデータを用いた分析を行い、懐妊週の短さ、多胎出産や産婦の喫煙を低体重出産のリスクファクターとして同定している。Tsukamoto et al. (2007)は2002年と2003年に東京圏で約3000人を対象にした分析を行い喫煙、妊婦の低いBMI(Body Mass Index)が低体重出産をもたらす可能性を高めることを明らかにしている。松田(1990)は那覇市の産婦人科医院の1978年から1987年までの単産出生児3000例を分析し在胎週、母親の妊娠前体重などが新生児体重の決定に影響を及ぼすことを明らかにしている。一方でUeda et al. (2000a)は熊本県のデータを用いて都市部での低体重出生の増加が著しいことを指摘し、地域的な特性が低体重児出生に影響を与えていることを示している。経済学分野では小原・大竹(2009)が都道府県別のデータを用いて、ある年の都道府県の失業率が高くなると出生時の平均体重が軽くなることを報告している。川口・野口(2013)は1990年から2005年の5年ごとの人口動態調査出生票個票を用いて女兒であること、懐妊期間が短いこと、第1子であること、母親の年齢が高いこと、母親もしくは父親が外国人でないこと、父親が無職であること、といった諸要因が新生児の出生時の体重の減少につながることを明らかにした。ここで紹介した研究は、低体重出生の決定因を社会経済的な背景まで含めて比較的小規模なデータを用いて明らかにするか、大規模データを用いるものの社会経済的な背景については捨象するか、といった点で限界があるといえる。そこで本研究ではサンプルサイズが大きく、新生児の両親の社会経済的な変数が多数含まれている厚生労働省『21世紀出生児縦断調査』を用いて社会経済変数と新生児体重の関係を明らかにする。

低体重出生の帰結に関しての日本における研究は限られてはいるが存在する。たとえば、Abe et al. (2007)は126名の児童を対象に分析を行い低体重出生が肥満につながることを示している。また、Tamakoshi et al. (2006)は35歳から66歳の約3000人を対象に分析を行い低体重出生をしたものは高血圧になる可能性が高いことを示している。また本書におさめられた北村(2013)は出生時体重とその後の成長の関係を調べている。これらの研究は結果変数として健康状態や身体的発達に焦点を当てているが、この論文では2歳半あるいは6歳半時点での発達指標に対して低体重出生がどのような影響を与えているかを明らかにする。

この研究では2001年の特定の週に生まれた約4万7千人を対象に追跡調査を行っている厚生労働省『21世紀出生児縦断調査』を用いて、出生時体重の決定に関する社会経済的な背景を明らかにするとともに、低体重出生がその後の発達に与える影響を明らかにする。その際、各社会経済的要因が出生時体重の決定に及ぼす影響は単調ではない

ことも予想される。たとえば、世帯所得の増加は母親の出産前通院の頻度を増加させることを通じて低体重児の出生を抑制するとともに、過体重児の出生を抑制する可能性が考えられる。このような社会経済的背景と出生体重の非単調な関係を許すために最小二乗推定を行うとともに分位回帰を行った。

分析の結果、母親の喫煙や出産 6 か月前の就業がすべての分位で出産体重を低下させることが明らかになった。母親の喫煙は平均出生体重を 38g 減少させ、出産 6 か月前のフルタイム就業は 43g 減少させる。これらの効果は統計的には有意であるが、新生児の平均出産体重が 3037 グラムであることを考えるとおよそ 1%の減少であるため、インパクトは小さいように見える。しかし、平均的には 8.25%の確率で起こる低体重出生の確率を、出産 6 か月前にフルタイム就業していることが 2.4%ポイント、喫煙が 1.0%ポイント増加させていることを考えると決して無視できない大きさである。出産直前の母親の就業が新生児の体重を軽くするという結果は Del Bono et al. (2012)における結果と整合的である。また、母親が高学歴であることが過体重児の出生を抑える傾向があること、世帯所得の増加が出生体重を平均値に近い値とする効果が認められること、父親の学歴は出生体重に影響を与えないことも明らかになった。2500g 未満の低体重出産がその後の発達に与える影響であるが、2 歳半時点での発達を遅延させる効果が確認されたものの、6 歳半時点での学習行動や交友関係には有意な影響を与えていないことが明らかになった。

総じて本稿の結果は、家計の経済資源の代理指標が出生時体重に与える影響は小さいことを示している。また、今回利用した結果変数の範囲においては低体重出生がその後の発達に与える影響は限定的なものであることを示している。これは父親が無職であるケースを除いては職種が新生児の体重に影響を与えないことを示した川口・野口 (2013)の結果とも整合的であり、社会経済的な階層が新生児の体重に影響を及ぼしにくい要因が日本の医療制度にはあることを示唆しているのかもしれない。その一方で、出産 6 か月前の母親の就業状態や母親の喫煙が低体重出生確率に少なからぬ影響を与えている点は注目に値する。

## 2. データ

この研究では厚生労働省『21 世紀出生児縦断調査』を用いて実証研究を行う。この調査は全国の 2001 年 1 月 10 日から 17 日の間及び 7 月 10 日から 17 日の間に出生した子を対象とし、人口動態調査の出生票を基に調査客体を抽出したものである。双子、三

つ子についてもそれぞれの子を対象としている。第1回は約4万7千人から回答を得ている。その後、第1回6か月、第2回1歳6か月、以降一年ごとの調査が行われており現在も継続中である。この研究では第1回の調査から第7回の調査を用いた実証分析を行う。回収率は第1回87.8%、第2回82.0%、第3回79.9%、第4回77.6%、第5回74.3%、第6回71.9%、第7回68.7%と若干のパネル摩耗がある。縦断調査の個票には各調査の調査票情報に加えて人口動態調査の出生票の情報も含まれており、ここから出生時の体重(g)を得た。また、第1回の調査より父と母の年齢、喫煙の有無、出産6か月前の母親の就業状態を得た。また同じく第1回の調査の母の労働収入、父の労働収入並びにその他の収入を合算して世帯年間収入を得た。さらに第2回調査より父と母の学歴を得ている。

まず、出生時の体重の分布であるが、図1にヒストグラムを表1に記述統計量を掲げた。表1を見ると平均値はおおよそ3000gである。図1より3000gを最頻値としながらおおよそ左右対称に分布していることが見て取れる。ただし、歪度が負の値を取っていることより、やや負のゆがみを持っていることがわかる。また尖度は3を超えており正規分布よりも裾が厚い分布であることが明らかである。しばしば低体重出産とみなされる2500g未満の新生児の比率は8.25%である。表1に報告されているパーセンタイルの値を見てみると、2546gから3546gの間に新生児の80%が含まれることが明らかになる。

表2は新生児の両親の社会経済的な属性を掲出したものである。サンプル全体の属性の記述統計量を報告するとともに、新生児の体重が2500g未満のケースと2500g以上のケースも報告してある。新生児の母親の年齢はおおよそ30歳である。そして、2500g未満の新生児の母親の年齢の方が若干高いようである。また、42%が高専または短大を卒業しており、14%が4年制大学を卒業している。低体重出生児と非低体重出生児の母親の学歴の間に目立った違いは見られない。また出産後6か月の時点で15%の母親が喫煙している。そして2500g未満の新生児の母親の方が喫煙している割合が高い。また、32%の母親は出産の6か月前にフルタイム就業をしていた。そして、2500g未満の新生児の母親の方がその確率が高いことが明らかである。また、17%の母親は出産の6か月前にパートタイムで働いていたが、やはり、2500g未満の新生児の母親の方がその確率が高い。

父親の平均年齢は32歳、高専・短大卒の比率は16%、4大卒以上の比率は37%である。そして父親が喫煙している確率は62%である。父親の属性については低体重出生時の父親とそうでない父親の間に目立った差は見られない。

最後に世帯年収であるが、平均世帯年収は約 572 万円であり、単純に比較すると低体重児の方が世帯年収の高い世帯に生まれる傾向があることがわかる。

以上が分析サンプルの概観である。これを踏まえて、次の節では新生児体重が両親の社会経済的属性によってどのように決定されるかを多重回帰を用いながら明らかにする。

### 3. 両親の社会経済的属性と出生体重の決定

この節では新生児の出生時体重に両親の社会経済的背景がどのような影響を与えているかを多重回帰の手法を用いながら明らかにする。この際にある変数が新生児体重に与える影響が単調ではない可能性に配慮する。たとえば、母親の教育水準が高いことは、妊産婦指導の効果を高めることを通じて低体重児と過体重児の出生の両方を抑制する可能性がある。そのため、母親の教育水準が高いことは新生児の出生体重の平均値には影響を与えないものの出生体重分布の下位分位を引き上げ、上位分位を引き下げている可能性がある。このように説明変数が被説明変数の分布に与える影響が分布の場所によって異なる可能性を許すために、被説明変数の説明変数で条件づけたうえでの条件付き期待値を最小二乗推定法で推定するとともに、条件付き分位値を分位回帰(quintile regression)の手法を用いて推定する。

新生児の出生時体重を  $y$  として、両親の社会経済的な背景を示す変数を含むベクトルを  $x$  とすると、最小二乗推定量は  $y$  の  $x$  で条件づけた時の条件付き期待値

$$E(y|x) = x\beta \quad (1)$$

を推定することになる。ここでベクトル  $x$  には出生児が女児であることを示すダミー変数、母親の年齢、学歴水準を示すダミー変数、出産後 6 か月時点における母親の喫煙の有無を示すダミー変数、出産 6 か月前の就業状態を示すダミー変数、父親の年齢、学歴を示すダミー変数、出産後 6 か月時点における喫煙を示すダミー変数、世帯年収の自然体数値、定数項が含まれる。

分位回帰は説明変数で条件づけた被説明変数の分布の  $\tau$  分位を推定することになる。  
すなわち

$$\text{Quant}_\tau(y|x) = x\beta(\tau) \quad (2)$$

が分位回帰では推定されることになる。ここでは $\tau = 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 0.9$ の5つの分位に焦点を当てて推定を行う。また、出生体重 2500g 未満の低体重児の出生に注目が集まることを考慮して、どのような背景が低体重出生を増加させるかを以下のプロビットモデルを推定することで明らかにする。

$$\Pr(y < 2500|x) = xy \quad (3)$$

最小二乗推定、分位回帰、プロビット回帰の結果は表 3 に報告されている。

この結果によると女兒であることは出生体重を平均で約 77g 減少させる。そして女兒のほうが軽いことは分布の上位においてより明確である。さらに女兒のほうが全般的に出生時体重が軽いことを反映して、低体重児出産の確率は 1.7%ポイント高い。

母親の年齢に関しては、平均体重には影響を与えないものの、高齢出産が体重分布の下位部分を引き下げる一方で上位部分を引き上げる効果を持つことが明らかになった。すなわち母親の年齢が上がると新生児体重のばらつきが大きくなる。これは高齢出産によって低体重出産、過体重出産の可能性の双方が高まることを意味している。これを反映して母親の年齢が 10 歳上がると低体重出産の可能性は 1.3%ポイント上昇する。

母親の学歴が高いことは出生体重の平均値には統計的に有意な影響を与えない。しかし 75%タイル、90%タイルへの影響を見てみるとこれらを引き下げていることがわかる。つまり母親の学歴が高いことは過体重児の出生を抑制する効果があるといえよう。このため母親の学歴が高いことは低体重出生の確率を統計的に有意には引き下げないことがプロビット分析の結果からわかる。

出産後 6 か月の時点で母親が喫煙していることの影響は明確であり、平均体重を 39g 引き下げ、各分位の値も 25g から 45g 引き下げている。また、低体重出生確率を 1%ポイント引き上げていることも明らかになっている。本来は妊娠期の喫煙の有無を説明変数とすることが望ましいが、データの制約上、出産後 6 か月の時点での喫煙の有無についてしか情報が入手できない。しかし、出産後 6 か月の時点での喫煙は妊娠期間中の喫煙とも強く関連していると考えられる。そのため、この結果は妊娠中の母親の喫煙が出生時体重を低下させるという多くの既存研究の結果とも整合的であり、甲州市のデータを用いた分析結果である Suzuki et al. (2008)の研究とも整合的である。

母親の喫煙以上に出生時の低体重化をもたらす要因が母親が出産 6 か月前にフルタ

イム就業していることである。母親のフルタイム就業は新生児の平均体重を 43g 引き下げる。特に下位分布に与える影響が大きく 10%タイルを約 65g 引き下げる効果を持つ。このことを反映して 2500g 未満の低体重出生の確率が 2.4%ポイント上昇する。低体重出生の確率が全体で 8.3%であったことを考えるとこれは大きな影響であるといえる。またこの効果は統計的にも有意である。程度はおおよそ 3 割減衰するが、母親が出産 6 か月前にパートタイム就業していることも同様の効果を与えることが明らかになった。その一方で、母親が出産 6 か月前に自営業者として就業していることは新生児の体重に影響を与えていない。これらの結果は母親が雇用労働者として働くことによって生まれる時間的な拘束が妊産婦検診を受ける頻度を抑制したり、就業に伴うストレスが母体内の胎児の発達に影響を与えていることを示唆しているかもしれない。また、この結果は、地域レベルのデータを用いた分析を行い、母親の就業状態が新生児の体重に影響を与えた可能性を示唆する Ueda et al. (2000b)の結果と整合的であるといえる。いずれにせよ、母親の就業状態が新生児の体重に影響を与えるメカニズムを解明することは今後の課題だといえよう。

母親の社会経済的な属性が新生児の体重に影響を与えることが明らかになった一方で父親の年齢、学歴、喫煙の有無といった属性はそれほど明確な影響を与えているとは言えない。ほぼ唯一の例外は父親が高専・短大卒だと父親の学歴が高卒以下の場合に比べて新生児の体重の 10%タイルが約 30g 重たくなることであるが、父親の学歴が大卒の場合には系統的な影響がみられないことより、あまり強いことは言えない。また、世帯年収の効果として、対数所得が 10%増加すると新生児体重分布の 10%タイルを 1.9g 引き上げる一方で 90%タイルを 1.8g 引き下げるという効果が発見された。これは世帯所得が高いほうが、母親の通院が盛んになり妊産婦指導をよく受けるようになるため標準体重で生まれる新生児が増える可能性があることを示唆している。しかし、その数量的な効果は母親の喫煙や就業状態が新生児の体重に与える影響に比べると相当小さいといえる。

総じて父親の学歴や世帯所得といった妊婦の経済的資源の多寡が新生児の体重に与える影響はないか、あったとしてもそれほど大きくない。この結果は父親の生涯所得が新生児の体重に影響を与えるとする Rosenzweig and Schultz (1983)や Rosenzweig and Schultz (1988)の米国における結果とは対照的であり、日本における国民皆保険制度や地方自治体の財政補助などがもたらす妊婦の医療資源への平等なアクセスが何らかの貢献をしている可能性がある。

この節を閉じるにあたって、この分析の限界について触れておこう。この分析では、母親の妊娠前の体重や妊娠中の体重増減をとらえることはできなかった。妊娠前の母体体重が妊娠時の問題発生に影響を与えていることを報告している Wataba et al. (2006) や Tsukamoto, Fukuoka, Koyasu, Nagai and Takimoto (2007)の結果や妊娠中の体重増加が十分でない妊婦が多いとする Takimoto et al. (2003)の報告を考えると妊娠前の母体体重や妊娠期間中の体重増加をとらえた分析を行うことは今後の課題であろう。

#### 4. 低出生体重出生の発達への影響

この節では低体重出生をすることが発達面でどのような帰結をもたらすかを厚生労働省『21世紀出生児縦断調査』のパネル調査の特性を生かして明らかにしていく。調査には子供の発達度合いを親に答えさせる質問項目が数度にわたって含まれているがここでは2歳半時点で行われる第3回調査の質問項目と、6歳半時点で行われる第7回調査の質問項目に着目する。

2歳半時点で行われる第3回調査には問12として

「平成13年1月生まれのお子さんについて以下のことをおたずねします。「はい」「いいえ」のいずれかの番号に○をつけてください。」

- ① 一人で上手に歩くことができる (99.6%)
- ② 走ることができる (99.4%)
- ③ 一人で歩いて階段を上ることができる (98.0%)
- ④ 「ママ」、「ブーブー」など意味のある言葉を言う (99.4%)
- ⑤ 2語文（「ワンワン キタ」、「マンマ チョウダイ」など）を言う (95.9%)
- ⑥ 自分の名前が言える (88.5%)
- ⑦ スプーン（フォーク）を使って自分で食べる (98.1%)
- ⑧ 歯みがきの習慣がついている (83.2%)
- ⑨ 昼間はおむつがとれた (27.5%)
- ⑩ 衣服の着脱を一人でしたがる（一人でする） (79.4%)

という10の質問がなされている。カッコ内には「はい」と答えた割合を報告しているが、この比率が低く十分な変動があると考えられる「自分の名前が言える」、「歯磨きの習慣がついている」、「昼間はおむつがとれた」、「衣服の着脱を一人でしたがる」を発達

の指標として取り出し、2500g未満で生まれた低体重児と2500g以上で生まれた非低体重児の間に「はい」と答える確率に差があるかどうかを検証する。

表4はプロビット回帰の結果から得られる限界効果を説明変数のサンプル平均で評価したものを示している。カッコ内には標準誤差が報告されている。まず「低体重児—非低体重児」の列は低体重出生児ダミーに短回帰をしたときの係数である。この結果によると、低体重出生児はそうでない児童に比べて自分の名前が言える確率が7%ポイント低いことがわかる。またこの差は統計的に有意である。同様に「歯磨きの習慣がついている」確率が2%ポイント、「昼間はおむつが取れた」確率が6%ポイント、「衣服の着脱をひとりでしたがる」確率が2%ポイントそれぞれ低いことがわかる。

しかし前節で見たように低体重出生は出産6か月前の母親の就業状態や出産6か月後の母親の喫煙の有無と強い相関を持つことがわかっている。そのため、低体重出生児の発達指標の値が低いのはこれらの要因のためかもしれない。この脱落変数バイアス（交絡変数の存在）の可能性に対処するために出生体重の決定式に含めた説明変数である女児ダミー、母親年齢、母親学歴ダミー、母親出産6か月前就業状態ダミー、母親喫煙ダミー、父親年齢、父親学歴ダミー、父親喫煙ダミー、世帯年収（対数値）を低体重出生児ダミーに加えて説明変数に含めた多重回帰モデルを推定した。この多重回帰モデルの低体重出生児ダミーの係数が回帰調整後の差の列に報告されている。結果を見てみると「衣服の着脱をひとりでしたがる」を除いては回帰係数の値も標準誤差もほとんど変化していないことがわかる。また、「衣服の着脱をひとりでしたがる」に関しては係数の大きさが約2倍になった。ここまでの分析で低体重出生児の2歳半時点での発達は非低体重出生児に比べると遅れることが明らかになったといえる。

次の発達指標として小学校入学後の6歳半時点のいくつかの指標を見てみよう。第7回の調査には

問11 平成13年生まれのお子さんは、友達と遊ぶときは何人と遊ぶことが多いですか。放課後、休日別に、当てはまる番号ひとつに○をつけてください。

という質問があり、回答には

- ① 友達と遊ばない（0人）
- ② 1人と遊ぶ
- ③ 2人と遊ぶ
- ④ 3人以上と遊ぶ
- ⑤ わからない

という選択肢が用意されている。このうち「わからない」と答えたものは欠損値として取り扱い、遊ぶ人数を被説明変数として、低体重出生ダミーを説明変数とした多重回帰分析を行った。ただし選択肢が離散であることと「3人以上と遊ぶ」という選択肢が入っていることから、各観察値の対数尤度関数が以下の形をとる区間回帰モデルを推定した<sup>3</sup>。

$$\begin{aligned}
 l_i(\beta, \sigma) = & 1[y_i = 0] \log \left\{ \Phi \left[ \frac{-x_i \beta}{\sigma} \right] \right\} + 1[y_i = 1] \log \left\{ \Phi \left[ \frac{1 - x_i \beta}{\sigma} \right] - \Phi \left[ \frac{-x_i \beta}{\sigma} \right] \right\} \\
 & + 1[y_i = 2] \log \left\{ \Phi \left[ \frac{2 - x_i \beta}{\sigma} \right] - \Phi \left[ \frac{1 - x_i \beta}{\sigma} \right] \right\} \\
 & + 1[y_i = 3] \log \left\{ 1 - \Phi \left[ \frac{2 - x_i \beta}{\sigma} \right] \right\}
 \end{aligned}$$

ここで $y_i$ は児童*i*の友人の数、 $x_i$ は低体重出生を示すダミー変数並びにその他の説明変数のベクトルである。係数ベクトル $\beta$ は $x_i$ が友人数に与える影響を示し、スカラー $\sigma$ は誤差標準偏差を示している。

この平日の放課後に遊ぶ友人の数に加えて

問12 平成13年生まれのお子さんは、ふだんは学校以外で1日にどれくらい勉強をしますか。あてはまる番号ひとつに○をつけてください。\*宿題をする時間や学習塾などの時間も含めてください。

という質問への回答も分析の対象とした。この質問への回答の選択肢は

- ① しない
- ② 30分未満
- ③ 30分～1時間未満
- ④ 1時間～2時間未満
- ⑤ 2時間～3時間未満
- ⑥ 3時間～4時間未満
- ⑦ 4時間～5時間未満
- ⑧ 5時間以上

である。この質問への回答も区間であるため、区間回帰を用いて分析を行った。

<sup>3</sup> 区間回帰モデルとは順序プロビットモデルの変種であり、閾値を与える代わりに誤差分散の大きさを推定するモデルである。詳しくは Wooldridge (2010)の 19.2.2 Interval Coding を参照してほしい。

さらに加えて次の質問への回答も分析の対象とした。

問 14 平成 13 年生まれのお子さんは、この 1 か月の間に本を何冊くらい読みましたか。

(中略) 本 (小説、絵本など) と雑誌・マンガ別に、それぞれあてはまる番号ひとつに ○をつけてください。

回答の選択肢は

- ① 読まない
- ② 1 冊
- ③ 2, 3 冊
- ④ 4 冊～7 冊
- ⑤ 8 冊～11 冊
- ⑥ 12 冊以上

である。これも被説明変数が区間であることより区間回帰分析を行った。

表 5 は区間回帰分析の結果をまとめた表である。第 (1) 列には出生体重 2500g 未満ダミーと定数項だけを入れた結果を報告してある。定数項から非低体重出生児童は平均して 1.94 人の友人と遊んでいることがわかる。低体重出生児童の友人数はそれよりも 0.06 人少ない 1.88 人ということになる。この差は統計的に有意であるが、数量的な違いはわずかだといえる。また、その他の説明変数を制御すると第 (2) 列に報告されている通り差はさらに縮まり、統計的な有意性も弱まることが明らかになった。また、母親や父親が喫煙している子供の方が平日の放課後に遊ぶ友達の数は多いことも明らかになったため、必ずしも遊ぶ友達が多いことは児童の社会階層が高いことを示しているわけではないようであり、遊ぶ友達が増えることが必ずしもよい結果だともいえないかもしれない。

一日の勉強時間 (分) を被説明変数とした表 5 第 (3) 列を見ると非低体重出生児は一日平均で 40.8 分勉強をしている。これに対して低体重出生児は 1.3 分余分に勉強していることになる。この差異は統計的に有意であるが平均の勉強時間を考えると影響は微々たるものであるといえよう。さらに説明変数を加えて分析をすると第 (4) 列に示されているように女兒の方が長く勉強をし、出産 6 か月前に就労していた母親を持つ児童の方が長く勉強している。また、母親・父親が喫煙することと勉強時間は負の関係にあり父親が 4 年制大学を出ており世帯年収が高いことは勉強時間と正の関係を持っている。低体重児は母親が出産 6 か月前に就労している場合に生まれやすいことが明らかであったが、ここで低体重出生児の方が勉強時間が長いという結果が得られたことは、

低体重出生児の方が観察不能な勉強時間を長くするような家庭環境に生まれやすいことを示唆しているのかもしれない。この結果と先の遊ぶ友達の数の結果を併せて考えると社会階層の高い子供は長い時間勉強しているため遊ぶ時間が短くなり結果として遊ぶ友達の数が少なくなるといった関係があることが考えられる。

表 5 第 (5) 列と第 (6) 列は一か月に読む絵本・小説の数を被説明変数とした区間回帰分析の結果である。非低体重出生児が読む絵本・小説の平均数は 4.75 冊であり、低体重出生児のそれは 0.06 冊少ない。この差は小さい統計的にも有意ではない。この結果はその他の説明変数を制御してもほとんど変わらなかった。なお、その他の説明変数に関連する符号は予想通りのものである。女兒の方が多く本を読み、母親・父親の学歴が高い子、世帯収入が高い子の方が多く本を読む。また、出産 6 か月前に母親が就労している子供の方が本を多く読む。その一方で、母親・父親が喫煙していると読む本の数は減る。

ここまで見てきたとおり、6 歳半時点での行動は低体重出生の影響をそれほど受けていないことが明らかである。むしろこれらの行動は両親の社会経済的な背景の影響を強く受けているため、低体重出生が生物学的な発達を遅らせることで行動を変えろといった因果関係はあったとしても、社会経済的な影響がより大きいため、その影響が明確に観察されないと考えるのが適切であろう。もっともこの研究で用いた 6 歳半時点での行動指標は極めて限定的であり、このことより低定住出生の問題は無視できると結論付けるのは早計である。

## 5. まとめ

この論文では厚生労働省『21 世紀出生児縦断調査』による 2001 年に生まれた全国おおよそ 4 万人 7 千人を追跡した新生児のパネルを分析して 2500g 未満で生まれる低体重出生がどのような社会経済的な背景より発生するかを明らかにした。さらに低体重出生がその後の児童の発達にどのような影響を与えているかを 2 歳半時点、6 歳半時点の発達指標を用いて明らかにした。

低体重出生をもたらすのは母親の喫煙、出産 6 か月前の母親の就業といった要因であることが明らかになった。特に出産 6 か月前の母親のフルタイム就業の影響は大きく、2500g 未満の低体重出生となる確率が 2.4% ポイント上昇することが明らかになった。これは低体重出生の発生確率が 8.25% であることを考えると大きな影響だといえる。その他の父親と母親の経済力の指標は出生時体重にそれほど大きな影響を与えておらず、国

民皆保険制度と様々な財政援助のもと、経済力にはそれほど依存せず妊婦が産婦指導や産婦検診を受けられる現状が反映されているように思われる。

低体重出生の帰結についてであるが、2500g以下で生まれることは2歳半時点での発達を遅らせていることが明らかになった。その一方で6歳半時点での行動に対する影響は統計的には認められなかった。6歳半時点での行動には両親の学歴や世帯所得といった社会経済的な変数が大きな影響を及ぼしており、出生時体重の影響はこれらの影響に比べれば小さいためであろう。しかしながら、この研究で用いた6歳半時点での行動指標は極めて限定的であり、低定住出生の社会経済的な帰結について結論を出すためには『21世紀出生児縦断調査』を長期にわたり継続し、学歴達成、就業状態、所得といった長期的な結果変数と関連付けていく必要がある。よって、本研究の結果を持って低体重出生の社会経済的費用は小さいと結論付けるのは早計である。

## 参考文献

- Abe, Y.; T. Kikuchi; K. Nagasaki; M. Hiura; Y. Tanaka; Y. Ogawa and M. Uchiyama. 2007. "Lower Birth Weight Associated with Current Overweight Status Is Related with the Metabolic Syndrome in Obese Japanese Children." *Hypertens Res*, 30(7), 627-34.
- Almond, D. and J. Currie. 2011. "Killing Me Softly: The Fetal Origins Hypothesis." *Journal of Economic Perspectives*, 25(3), 153-72.
- Almond, D.; H.W. Hoynes and D.W. Schanzenbach. 2011. "Inside the War on Poverty: The Impact of Food Stamps on Birth Outcomes." *The Review of Economics and Statistics*, 93(2), 387-403.
- Almond, Douglas; Kenneth Y. Chay and David S. Lee. 2005. "The Costs of Low Birth Weight." *The Quarterly Journal of Economics*, 120(3), 1031-83.
- Baker, Kevin. 2008. "Do Cash Transfer Programs Improve Infant Health: Evidence from the 1993 Expansion of the Earned Income Tax Credit," University of Notre Dame,
- Barker, D. J. 1990. "The Fetal and Infant Origins of Adult Disease." *BMJ*, 301(6761), 1111.
- Behrman, Jere R. and Mark R. Rosenzweig. 2004. "Returns to Birthweight." *The Review of Economics and Statistics*, 86(2), 586-601.
- Carneiro, Pedro; Costas Meghir and Matthias Peyer. 2010. "Maternal Education, Home Environments and the Development of Children and Adolescents." CeMMAP working papers. Centre for Microdata Methods and Practice, Institute for Fiscal Studies.
- Chevalier, Arnaud and Vincent O'Sullivan. 2007. "Mother's Education and Birth Weight." Working Papers. Geary Institute, University College Dublin.
- Currie, Janet. 2009. "Healthy, Wealthy, and Wise: Socioeconomic Status, Poor Health in

Childhood, and Human Capital Development." *Journal of Economic Literature*, 47(1), 87-122.

Currie, Janet and Nancy Cole. 1993. "Welfare and Child Health: The Link between Afdc Participation and Birth Weight." *American Economic Review*, 83(4), 971-85.

Currie, Janet and Rosemary Hyson. 1999. "Is the Impact of Health Shocks Cushioned by Socioeconomic Status? The Case of Low Birthweight." *American Economic Review*, 89(2), 245-50.

Currie, Janet and Enrico Moretti. 2003. "Mother's Education and the Intergenerational Transmission of Human Capital: Evidence from College Openings." *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1495-532.

Del Bono, Emilia; Ermisch John and Francesconi Marco. 2012. "Intrafamily Resource Allocations: A Dynamic Structural Model of Birth Weight." *Journal of Labor Economics*, 30(3), 657-706.

Hoynes, Hilary W.; Douglas L. Miller and David Simon. 2012. "Income, the Earned Income Tax Credit, and Infant Health." NBER Working Papers. National Bureau of Economic Research, Inc.

Kiely, J.L.; K.M. Brett; S. Yu and D.L. Rowley. 1994. "Low Birth Weight and Intrauterine Growth Retardation." *Birth Outcomes*, 185-202.

McCrary, Justin and Heather Royer. 2011. "The Effect of Female Education on Fertility and Infant Health: Evidence from School Entry Policies Using Exact Date of Birth." *American Economic Review*, 101(1), 158-95.

Ohmi, H.; K. Hirooka; A. Hata and Y. Mochizuki. 2001. "Recent Trend of Increase in Proportion of Low Birthweight Infants in Japan." *International journal of epidemiology*, 30(6), 1269-71.

Petronis, Arturas. 2010. "Epigenetics as a Unifying Principle in the Aetiology of Complex Traits

and Diseases." *Nature*, 465(7299), 721-7.

Rosenzweig, Mark R. and T. Paul Schultz. 1983. "Estimating a Household Production Function: Heterogeneity, the Demand for Health Inputs, and Their Effects on Birth Weight." *Journal of Political Economy*, 91(5), 723-46.

Rosenzweig, Mark R. and T. Paul Schultz. 1988. "The Stability of Household Production Technology: A Replication." *The Journal of Human Resources*, 23(4), 535-49.

Suzuki, Kohta; Taichiro Tanaka; Naoki Kondo; Junko Minai; Miri Sato and Zentaro Yamagata. 2008. "Is Maternal Smoking During Early Pregnancy a Risk Factor for All Low Birth Weight Infants?" *Journal of Epidemiology*, 18(3), 89-96.

Takimoto, H.; T. Yokoyama; N. Yoshiike and H. Fukuoka. 2005. "Increase in Low-Birth-Weight Infants in Japan and Associated Risk Factors, 1980-2000." *J Obstet Gynaecol Res*, 31(4), 314-22.

Takimoto, Hidemi; Nobuo Yoshiike; Akane Katagiri; Hiromi Ishida and Shiro Abe. 2003. "Nutritional Status of Pregnant and Lactating Women in Japan: A Comparison with Non-Pregnant/Non-Lactating Controls in the National Nutrition Survey." *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, 29(2), 96-103.

Tamakoshi, K.; H. Yatsuya; K. Wada; K. Matsushita; R. Otsuka; P. O. Yang; K. Sugiura; Y. Hotta; H. Mitsuhashi; T. Kondo, et al. 2006. "Birth Weight and Adult Hypertension: Cross-Sectional Study in a Japanese Workplace Population." *Circulation journal : official journal of the Japanese Circulation Society*, 70(3), 262-7.

Tsukamoto, H.; H. Fukuoka; M. Koyasu; Y. Nagai and H. Takimoto. 2007. "Risk Factors for Small for Gestational Age." *Pediatr Int*, 49(6), 985-90.

Ueda, K.; A. Ueda; T. Miyakita; K. Harada; S. Ohmori; C. N. Wei and M. Onomichi. 2000a.

"Community-Based Analysis of the Factorial Structures of the Recent Increase in Low Birthweight Infants." *Environ Health Prev Med*, 5(3), 118-26.

Ueda, Kimiyo; Atsushi Ueda; Takashi Miyakita; Koichi Harada; Shoko Ohmori; Chang-nian Wei and Mitsukazu Onomichi. 2000b. "Community-Based Analysis of the Factorial Structures of the Recent Increase in Low Birthweight Infants." *Environmental Health and Preventive Medicine*, 5(3), 118-26.

Wataba, Koya; Takahiro Mizutani; Kenshi Wasada; Mikio Morine; Takashi Sugiyama and Noriyuki Suehara. 2006. "Impact of Prepregnant Body Mass Index and Maternal Weight Gain on the Risk of Pregnancy Complications in Japanese Women." *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 85(3), 269-76.

Wooldridge, Jeffrey M. 2010. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press.

川口大司・野口晴子. 2013. "新生児の体重の減少の背景には何があるのか," 井堀利宏, 金子能宏・野口晴子 (編), *新たなリスクと社会保障*. 東京: 東京大学出版会.

北村行伸. 2013. "子供の成長パターンの測定," 北村行伸 (編), *応用ミクロ計量経済学*. 日本評論社.

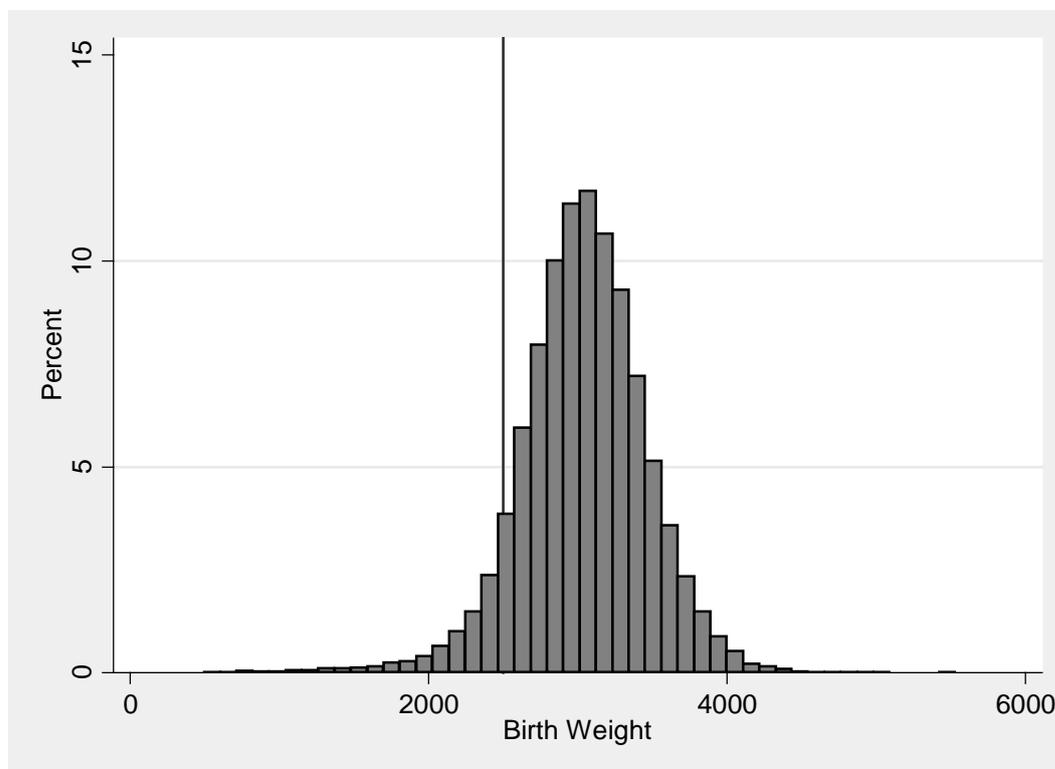
小原美紀・大竹文雄. 2009. "子どもの教育成果の決定要因 (特集 教育と労働)." *日本労働研究雑誌*, 51(7), 67-84.

中村敬. 1995. "低出生体重児出生率の年次的変遷に関する研究." 東京大学 博士学位論文.

福岡秀興. 2009. "新しい成人病(生活習慣病)の発症概念--成人病胎児期発症説 (特集 エピジェネティクスと疾患)." *京都府立医科大学雑誌*, 118(8), 501-14.

松田晋哉. 1990. "線形重回帰モデルによる出生時体重に関連する要因の分析." *日本衛生学雑誌*, 45(3), 752-61.

図 1：出生体重の分布、2001 年、男女計



注：垂直線は 2500g を指す。

表 1：出生体重の記述統計量、2001 年、男女計

			パーセン タイ ル
観察値数	40121	1%	1786
平均値	3037	5%	2360
標準偏差	429	10%	2546
分散	184320	25%	2792
歪度	-0.514	50%	3046
尖度	5.387	75%	3302
2500g 未満比率	8.25%	90%	3546
		95%	3706
		99%	4018

表 2：新生児の両親の社会経済的属性、出生体重別

変数	全新生児	2500g 未満	2500g 以上
女児	0.48	0.53	0.48
母親 年齢	30.00 (4.33)	30.40 (4.44)	30.05 (4.32)
母親 高専・短大卒	0.42	0.41	0.42
母親 四大卒以上	0.14	0.14	0.14
母親 喫煙	0.15	0.17	0.15
出産 6 か月前母親フルタイム	0.32	0.36	0.32
出産 6 か月前母親パートタイム	0.17	0.19	0.17
出産 6 か月前母親自営業	0.04	0.04	0.04
父親 年齢	32.21 (5.47)	32.63 (5.66)	32.17 (5.45)
父親 高専・短大卒	0.16	0.15	0.16
父親 四大卒以上	0.37	0.36	0.37
父親 喫煙	0.62	0.63	0.62
世帯年収	5,718,256 (3,734,725)	5,766,596 (3,500,098)	5,713,890 (3,755,205)
サンプルサイズ	40,121	3,323	36,798

表3：両親の社会経済的背景による出生体重の決定と低体重出生の決定、OLS、分位回帰と Probit 推定

	平均値	10%	25%	50%	75%	90%	2500g未満
		タイル	タイル	タイル	タイル	タイル	
女兒	-76.70 (4.27)	-54.05 (8.36)	-69.54 (6.57)	-86.97 (4.89)	-90.84 (5.75)	-93.18 (7.26)	0.0168 (0.0027)
母親 年齢	-0.31 (0.70)	-2.81 (1.46)	-0.92 (0.85)	-0.56 (0.95)	1.19 (1.04)	2.98 (0.85)	0.0013 (0.0004)
母親 高専・短大卒	-6.10 (4.92)	8.99 (6.74)	-2.05 (4.80)	-0.06 (5.02)	-10.29 (6.57)	-22.76 (9.00)	-0.0038 (0.0031)
母親 四大卒以上	-9.00 (7.32)	7.23 (14.79)	-14.90 (7.92)	3.79 (9.35)	-23.08 (8.67)	-33.66 (12.15)	-0.0062 (0.0045)
母親 喫煙	-38.83 (6.30)	-24.71 (11.80)	-41.11 (9.22)	-29.14 (5.42)	-38.32 (8.70)	-44.53 (8.53)	0.0100 (0.0042)
出産6か月前 母親フルタイム	-43.35 (5.19)	-64.48 (9.11)	-42.36 (5.35)	-36.61 (4.52)	-32.76 (4.99)	-43.63 (6.98)	0.0244 (0.0036)
出産6か月前 母親パートタイム	-28.36 (6.08)	-49.97 (11.24)	-27.03 (8.87)	-22.15 (5.68)	-21.11 (7.37)	-15.42 (8.46)	0.0204 (0.0043)
出産6か月前 母親自営業	0.14 (10.92)	-28.00 (22.25)	3.58 (11.44)	-5.51 (13.90)	16.59 (13.61)	22.74 (22.22)	0.0125 (0.0076)
父親 年齢	0.42 (0.55)	-2.71 (1.06)	-0.61 (0.53)	1.24 (0.68)	1.97 (0.87)	3.16 (0.93)	0.0010 (0.0003)
父親 高専・短大卒	13.77 (6.33)	28.55 (9.61)	7.75 (6.52)	7.96 (6.81)	7.81 (6.83)	17.71 (12.30)	-0.0086 (0.0039)
父親 四大卒以上	6.83 (5.45)	3.17 (9.15)	11.46 (5.97)	0.50 (7.04)	-1.59 (7.49)	-0.82 (8.03)	-0.0030 (0.0035)
父親 喫煙	2.12 (4.71)	-4.53 (10.01)	-0.29 (4.78)	1.22 (6.06)	4.25 (7.60)	13.48 (8.11)	0.0012 (0.0030)
世帯年収（対数値）	-1.40 (4.07)	19.51 (7.95)	3.59 (4.64)	-2.54 (4.63)	-10.22 (4.34)	-18.23 (5.76)	-0.0052 (0.0025)
定数項	3,113.99 (59.62)	2,470.32 (114.51)	2,839.62 (69.85)	3,122.31 (65.55)	3,424.87 (71.27)	3,703.92 (84.78)	-
決定係数	0.01	-	-	-	-	-	-
サンプルサイズ	40,121	40,121	40,121	40,121	40,121	40,121	40,121

かっこ内は標準誤差。プロビット推定の結果については、各変数の限界効果を説明変数

の平均値で評価したものを報告している。

表 4：低体重出産と 2.5 歳時点の発達指標、プロビット回帰

	平均値	低体重児－ 非低体重児	回帰調整 後の差	サンプル サイズ
自分の名前が言える	0.89	-0.07 (0.01)	-0.07 (0.01)	37,985
歯みがきの習慣がついている	0.83	-0.02 (0.01)	-0.02 (0.01)	37,992
昼間はおむつがとれた	0.28	-0.06 (0.01)	-0.06 (0.01)	37,853
衣服の着脱をひとりでしたがる	0.79	-0.02 (0.01)	-0.04 (0.01)	38,003

注：回帰調整後の差は各指標を低体重児ダミーと女兒ダミー、母親年齢、母親学歴ダミー、母親出産 6 か月前就業状態ダミー、母親喫煙ダミー、父親年齢、父親学歴ダミー、父親喫煙ダミー、世帯年収（対数値）にプロビット回帰した際の低体重児ダミーの係数の限界効果。カッコ内は標準誤差。

表 5：低体重出生と 6 歳半時点の学習・社会行動、区間回帰分析結果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	平日の放課後に遊ぶ 友達の数 (人)		一日の勉強時間 (分)		1 か月に読む絵本・小 説の数	
出生体重 2500g 未満	-0.06 (0.03)	-0.05 (0.03)	1.34 (0.55)	1.23 (0.55)	-0.06 (0.10)	-0.10 (0.09)
女兒		-0.18 (0.02)		2.66 (0.30)		1.35 (0.05)
母親 年齢		0.00 (0.00)		-0.32 (0.05)		-0.02 (0.01)
母親 高専・短大卒		0.05 (0.02)		1.12 (0.35)		0.64 (0.06)
母親 四大卒以上		0.03 (0.03)		0.34 (0.51)		1.40 (0.09)
出産 6 か月前 母親フルタイム		0.14 (0.02)		0.72 (0.37)		0.29 (0.06)
出産 6 か月前 母親パートタイム		0.07 (0.03)		0.67 (0.43)		0.29 (0.07)
出産 6 か月前 母親自営業		-0.08 (0.05)		1.27 (0.77)		0.24 (0.13)
母親 喫煙		0.18 (0.03)		-0.80 (0.47)		-0.75 (0.08)
父親 年齢		-0.01 (0.00)		0.09 (0.04)		-0.02 (0.01)
父親 高専・短大卒		0.00 (0.03)		0.04 (0.45)		0.20 (0.08)
父親 四大卒以上		-0.05 (0.02)		1.05 (0.38)		0.76 (0.07)
父親 喫煙		0.06 (0.02)		-1.30 (0.33)		-0.42 (0.06)
世帯年収 (対数値)		0.02 (0.02)		0.82 (0.30)		0.14 (0.05)
定数項	1.94 (0.01)	2.00 (0.27)	40.80 (0.16)	33.22 (4.35)	4.75 (0.03)	2.49 (0.75)
サンプルサイズ	31,417	31,417	33,428	33,428	33,186	33,186

注：カッコ内は標準誤差