



RIETI Discussion Paper Series 17-J-023

地域の雇用と人工知能

浜口 伸明
経済産業研究所

近藤 恵介
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

地域の雇用と人工知能*

浜口伸明†
(神戸大学, 経済産業研究所)

近藤恵介‡
(経済産業研究所)

要旨

近年、人工知能・ロボット・自動化に関する急速な技術進歩により人々の雇用が奪われるのではないかと懸念が高まっている。そこで本研究では、職業別のコンピュータ化確率と日本の雇用データを用いて、コンピュータ化に対する雇用リスクを分析する。本研究の特徴として、職業の地理分布は国内で均一ではなく、ある職業は都市に多く、またある職業は地方に多いということが観測されていることから、特に地域の異質性を考慮することにある。同様に、職業の地理分布は男女別にも異なることから、男女別・都市規模別という観点からコンピュータ化に対する雇用リスクを分析する。

分析の結果、男性の場合、大都市圏ほどコンピュータ化されにくい職業に就いている労働者の割合が高く、コンピュータ化に対する雇用リスクが低くなる一方で、女性の場合、全く逆の傾向を示すことがわかった。つまり、大都市圏ほど、男性に対して女性はコンピュータ化に対する雇用リスクが相対的に高いということである。また、コンピュータ化確率の高い職業ほど就業者の平均教育年数の値が低い傾向にあり、コンピュータ化されにくい職業へ転職するには追加的な人的資本投資が必要とされることが示唆される。

政策的含意として、多くの先行研究が指摘するように、コンピュータによって代替されにくい職業や今後生まれる新たな職業へ容易に転職ができるよう、人的資本の底上げは重要であると考えられる。また十分な人的資本を保有しているにも関わらず、コンピュータ化確率の高い職業に留まっている就業者も観測されており、潜在的に持っている能力を十分活用できるような雇用流動化を支える政策が重要になってくる。さらに、人工知能の支援によってビジネス効率化とよりよいワーク・ライフ・バランスの双方が実現できれば長時間労働が必要でなくなり、労働者の能力に基づいて評価される雇用環境を整備することは、女性活躍推進という点からも必要になってくるだろう。

JEL classification: J24, J31, J62, O33, R11

Keywords: 人工知能, コンピュータ化, 自動化, 地域労働市場, 男女間格差

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

*本論文の執筆にあたり、池内健太氏、伊藤新氏、中島厚志氏、森川正之氏、矢野誠氏、および（独）経済産業研究所ディスカッションペーパー検討会の参加者より有益なコメントを頂いた。ここに感謝の意を表したい。当然のことながら、残りうる誤りは筆者たちによるものである。本研究は、（独）経済産業研究所の地域経済プログラムにおける「国際化・情報化新時代と地域経済」プロジェクトの研究成果である。本研究は、「就業構造基本調査」（総務省統計局）の二次利用申請により個票データの提供を受けている。申請手続きにあたり、島田浩美氏の支援に感謝する。

†神戸大学経済経営研究所：兵庫県神戸市灘区六甲台町 2-1. (E-mail: hamaguchi@rieb.kobe-u.ac.jp)

‡経済産業研究所：東京都千代田区霞が関 1-3-1 経済産業省別館 11 階. (E-mail: kondo-keisuke@rieti.go.jp)

1 はじめに

米国で 2017 年に発足したトランプ政権は、移民と貿易自由化が米国の雇用に脅威を与えているとして、この 2 つを制限しようとしている。欧州においても、欧州連合を離脱したイギリスのみならず、移民によって雇用が奪われているとして移民流入を制限することを唱える政治勢力が従来よりも支持される傾向がみられる。いったい何が原因で雇用は伸び悩んでいるのだろうか。

米国では 1990 年代より「雇用なき回復 (jobless recovery)」という景気回復局面において GDP が増加しても雇用が伸び悩むという現象が指摘され始めており、特に中技能労働者の職が失われているとされている (Jaimovich and Siu, 2012)。Michaels et al. (2014) は、このような雇用の伸び悩みの要因として、貿易自由化よりも、情報通信技術の急速な発達の影響が重要であるという実証結果を得ている。また、Graetz and Michaels (2015) は、産業用ロボットの導入が生産性や付加価値額や賃金を上昇させた一方で、低技能・中技能労働者の労働時間が減少したという結果を得ている。

近年、特に懸念され始めていることは、人工知能・コンピュータ・ロボット・自動化に関する急速な技術進歩が人間の雇用を奪うのではないかという点である¹⁾。ただ、機械が人間の労働力を代替することで失業が生じるという指摘自体は新しいことではない。Keynes (1931) は、労働力を節約する方法の発見が労働力の新たな活用先を見つけるスピードを上回ることによって、「技術的失業 (technological unemployment)」が引き起こされるだろうと指摘している²⁾。

しかし、現在危惧されていることは、Ford (2009, 2015)、新井 (2010)、Brynjolfsson and McAfee (2011, 2014)、柳川他 (2016)、大内 (2017) 等の多くの専門家たちが指摘するように、人工知能やロボットの進展によって、これまで機械によって代替されないと考えられていたホワイトカラーの職業さえも代替される可能性が高まっている点にある。つまり、知能を持った機械が知識労働者の職に取って代わり仕事が自動化されることを意味する。既に様々な情報がビッグデータとして蓄積され、機械学習を通じてパターン認識や予測分析を行える人工知能が開発されている³⁾。このように、「ホワイトカラーの仕事は、コンピュータの本格

¹⁾ 本論文では、Frey and Osborne (2017) による「コンピュータ化 (computerization)」という言葉を主に用いているが、自動化、機械化、ロボット化とほぼ同義の意味で用いている。重要な視点は、従来の生産工程労働者を代替するような機械化とは異なり、人工知能とコンピュータや機械やロボットが合わさることで、画像・音声や自然言語等の情報を学習しながら自身により作業を効率化していく点にある。その結果、知識労働者の職業でさえも将来的には機械化によって失われてしまうという懸念が高まっている。

²⁾ ただし、Keynes (1931) は、この問題は短期的な調整の失敗によるもので、長期的には人類がそのような問題を解決していくだろうと見通しを述べている。経済学の歴史的な視点からは、Mokyr et al. (2015) において技術進歩と雇用の関係に関する文献が整理されている。

³⁾ 松尾 (2015) は、近年、人工知能が急速に発達した要因として、「深層学習 (deep learning)」という新たな機械学習の手法によって膨大なデータから特徴量を見つけ特徴表現を学習することができるようになったことを挙げている。これまでコンピュータで扱うには困難とされてきた複雑なパターン認識や自然言語認識も人工知能によ

的な登場によって、上下に分断されていく」(新井, 2010, 第5章)ということが現実味を増しており、大きな格差時代がやってくるのではないかという懸念が高まっている。そして、人工知能やロボットの発展の速度が非常に早く、我々が新たな技能を身に付けるための適応期間が限られていることが、さらに我々の危機感を高めている。

コンピュータ化・機械化によって雇用が危機にさらされるという一連の議論の中で、数量的に具体的な影響を予測したことから、Frey and Osborne (2017) は影響力の大きい研究成果として知られている。彼らは米国 O*NET における 702 の職業についてコンピュータ化によって置き換えられる確率を計算し、雇用の 47% が高いコンピュータ化リスクにさらされていると分類した⁴⁾。

一方で、コンピュータ化によって職業がなくなるという Frey and Osborne (2017) の見方を疑問視する研究者もいる。例えば、Autor (2015) は、コンピュータ化によって一部のタスクは代替されることはあっても、職業自体が代替されるとは限らないと主張する。つまり、職業は存在し続ける一方で、その職業におけるタスクがコンピュータ化によって変化する可能性を指摘している。Bessen (2015) によれば、銀行 ATM (ATM は Automated Teller Machines の略で、直訳すれば窓口自動化機械) の登場によって銀行一支店当たりの窓口従業者は減ったが、窓口従業者の雇用が節約できるおかげで銀行は各都市内により多くの支店を開設できるようになり、総数で窓口従事者は増加したと指摘している。そして、窓口従業者はお金を渡すだけの役割からコンピュータを使ってオンライン情報に基づいて顧客に新しいサービスを紹介する対面営業職というより高度な役割を与えられることになったと述べている。

同様に、Arntz et al. (2016) は、各職業においてコンピュータが代替できる役割は一部に過ぎず、残りは依然として人間が行うことになることと指摘している。彼らは、職業単位ではなくタスクに基づいてコンピュータ化が可能かという観点から、OECD の 21 か国のデータを用いてコンピュータ化により雇用がどれほど失われるのかを再検証し、コンピュータ化により消滅しそうな雇用の割合は OECD 各国平均で 9 % 程度であり、職業そのものが代替されてしまうと仮定する Frey and Osborne (2017) の推計は過剰だと論じている。

人工知能やロボットが人間の労働と代替的だという見方ばかりが強調されているが、同時に労働と補完的でもあって人工知能の発展は生産性を押し上げ、より短い時間に多くの仕事を可能にするという見方を Autor (2015) は強調している。同様に、Davenport and Kirby

り徐々に可能となってきた。また Pratt (2015) は、このようなコンピュータ技術の急速な発展が起こった背景として、人工知能の技術進歩だけによって達成されているわけではなく、指数関数的なコンピュータの処理能力の向上やリチウムイオン電池等の電源容量の改善、インターネットやワイヤレス通信技術の進歩、データ記憶装置の発展等が同時に影響していることを述べている。また Kurzweil (2005) は、人工知能が人間の知能までも越える可能性を指摘し、人工知能が自身の能力を超える人工知能を開発することで爆発的な進化を遂げるような「特異点 (singularity)」が 2045 年には起こると予測している。

⁴⁾ 野村総合研究所 (2015) は、Frey and Osborne (2017) の手法を用いて日本の労働人口の 49% が人工知能やロボット等で代替可能になるとの調査結果を報告している。同様に、Chang and Huynh (2016) は ASEAN 諸国の雇用の 56% の雇用はコンピュータ化リスクが高いと分類している。この原因は単純な生産工程やサービスに従事している教育水準が低い労働者が多いためだと結論付けている。

(2016) も、人工知能による技術進歩を生かすには「自動化 (automation)」ではなくむしろ「拡張 (augmentation)」を考えるべきだと主張する。人工知能によって人間の活動を置き換えるという発想ではなく、どれだけ深められるのかという可能性を模索することによって、機械との共存の在り方を議論している。

仮にコンピュータによって職業が代替されるなら、労働者はコンピュータに代替されない職業に転職することも考えられるが、そのような職業間移動は容易ではない。新たな技能習得や能力開発が必要とされるからである。もし新たな職業に就くことができなければ、コンピュータ化は大きな格差を生み出す可能性も考えられる。例えば、Autor (2015) は、中技能の職業が減少し、一方で低技能・高技能の職業が上昇するという雇用の二極化が既に進んでいることを示している。また Bessen (2016) は、各職種でコンピュータを使える大卒相当の教育を受けた労働者の雇用が増加した一方で、コンピュータを使えない労働者の雇用が減少し、前者と後者の間の賃金差が拡大したことを報告している。

一方で、「教育やスキルをさらに身につけることは、将来に起こる雇用の自動化からの効果的な盾には必ずしもならない」(Ford, 2015, 邦訳版 p. 18) という主張もある。経済学者の多くは技術進歩が雇用に与える負の影響は短期的であり、技術進歩によってもたらされる長期的な経済成長によって新たな労働需要が生まれると考える傾向にあるが、人工知能の技術進歩は雇用を増やさないと Ford (2009) は強調する。井上 (2016) も同様に、人工知能が生産性を上昇させて生産が増えても労働需要が増えないため失業問題は解消されないと考える。

このようにコンピュータ化・機械化と雇用の関係に関する論争は依然として継続中で、一致点を見いだせたとはいえない。意見が分かれる理由の一つは、人工知能の進歩を予測することが難しいからであろう。森川 (2017) は個人を対象としたアンケート調査から、事務職、生産職についている労働者の間で人工知能・ロボットにより雇用を奪われる可能性をより強く認識しており、大学院、特に理系の教育を受けた労働者はロボットで仕事が失われるリスクを小さく評価する傾向があることを報告している。また、Morikawa (2017) は、日本企業 3,000 社超を対象としたアンケート調査に基づいて、人工知能・ロボットが自社の雇用に及ぼす影響は、雇用抑制的だと見ている企業の方が多く、雇用増加につながると見ている企業は非常に少ないものの、従業者のスキル水準が高い企業ほど人工知能・ロボットの導入が生産性を向上させ、現時点では想像できない新しい仕事を生み出す可能性も含めて、企業成長を通じて結果として雇用を増加させる可能性に言及している⁵⁾。とくにサービス産業を成長させる可能性は高いが、人工知能・ロボットを使える高い水準の人的資本形成が進むことが前提になると結論付けている。

科学の競争的進歩の中で、人工知能の水準が加速的に上昇していくことは確実であろう。一方、経済活動においては、Morikawa (2017) が指摘したように、革新的で生産性の高い企業ほど人工知能を積極的に活用しようとする関心が高く、市場支配力をめぐる競争を通じて実用化が進んでいくであろう。柳川他 (2016) は、日本企業が人工知能を効率的に企業経営に

⁵⁾ 日本語での議論は森川 (2016) より参照可能。

取り入れないと、人工知能に雇用を奪われる前に、人工知能をフルに活用して国際競争に挑んでくる外国企業との競争に負けてしまうと論じ、人工知能の進歩に適合して人と人工知能が融合できるような業務フローの見直しや組織再編が必要だと指摘するとともに、雇用政策や教育政策を通じた政策対応を求めている。

このように雇用環境や教育の見直しを検討しようとする時に、特にコンピュータ化リスクが高く優先的に考慮すべきグループを特定化する情報は、政策効果を高めるために有益であろう。そこで本研究では、コンピュータ化の雇用への影響を都市・地方および男性・女性という視点から新たに数量化・視覚化することで、今後求められる雇用政策や教育政策の対象グループをより明確にできるような政策的含意を探っている。分析の結果、大都市ほど男性に対して女性の方がコンピュータ化に対する雇用リスクが相対的に高いということが明らかになっており、働き方改革や女性活躍推進とも密接に関連させていくことの重要性を議論している。

本論文の構成は以下の通りである。第2節では、分析方法について説明する。第3節では、職業別のコンピュータ化確率と雇用に関するデータについて述べる。第4節では、分析結果について議論する。最後に、第5節では本研究の結論を述べる。

2 分析方法

まず都道府県別のコンピュータ化に対する雇用のリスクスコアの計算方法を提示し、コンピュータ化の進展により地域雇用が脆弱になりやすい地域はどこなのかを調査する。特に、男女別の雇用の違いに着目する。そして、各職業の平均教育年数・平均賃金とコンピュータ化確率が、男女別・都市規模別でどのような関係にあるのかという実態を明らかにする。

2.1 コンピュータ化に対する雇用リスクの都道府県間比較

コンピュータ化に対する雇用リスクを都道府県別にスコア化し、どの都道府県において今後コンピュータ化によって地域雇用の脆弱性が高まるのかを把握する。本論文では職業小分類の男女別・都道府県別データを用いて、都道府県 a のコンピュータ化に対する雇用リスクのスコア $Score_a^g$ を下記のように計算する。

$$Score_a^g = \sum_{i=1}^N Share_{ai}^g \cdot Prob_i, \quad g \in \{ \text{男性}, \text{女性} \} \quad (1)$$

ここで、 N は対象となる職業数、 $Share_{ai}^g$ は都道府県 a の全就業者数（男女別）に対する職業 i に属する就業者割合（%）、 $Prob_i$ は Frey and Osborne (2017) による職業 i のコンピュータ化確率を表す。ただし、コンピュータ化確率は日本の職業分類に対応させたものを使用していることに注意する。

本研究で提示している雇用リスクのスコアは、理論値として 0 から 100 の範囲の値を取り、

値が大きくなるほどコンピュータ化に対する地域の雇用リスクが高まることを意味する⁶⁾。例えば、ある職業の割合が高く、かつその職業のコンピュータ化確率が高い場合、リスクスコアは高い値を取るようになる。本研究では47都道府県毎に雇用リスクのスコアを男女別に計算し、都道府県間の違いを議論する。

2.2 職業分布の男女別・都市規模別比較

職業の地理的分布は異質的であり、ある職業は大都市に多く、ある職業は小都市に多いということがしばしば観測されている。そこで、都市規模別に職業のコンピュータ化確率がどのように分布しているのかをヒストグラムを使って視覚的に分析する。同様に、職業の地理分布は男女間でも異なり、男性や女性のある職業は大都市圏に多いということも観測されることから、男女別・都市規模別に分析を行っている。

本分析では、労働者の個票データを利用し、都市規模別の職業のコンピュータ化確率の分布を比較する。労働者の属する都市雇用圏に基づき、大都市圏と中小都市圏という分類を用いる。ヒストグラムでは各都市規模グループ内の分布を把握するため、グループごとの全就業者に対する割合としてヒストグラムを描く。男女別・都市規模別に分類することにより、例えば、大都市圏内の男女間の違いだけでなく、女性内の大都市圏と中小都市圏の格差という視点からも分析可能になる。

2.3 職業別の平均教育年数・平均賃金とコンピュータ化確率の関係

労働者個票データを利用して、職業毎の平均教育年数・平均賃金とコンピュータ化確率の関係を分析する。先行研究において、Frey and Osborne (2017) は、コンピュータ化確率が高まるほど賃金が低く、大卒者割合が下がる傾向にあることを明らかにしており、低賃金や低学歴の労働者の職がコンピュータによって代替されやすい可能性を指摘している。本論文では、先行研究をさらに補完するため、平均教育年数・平均賃金とコンピュータ化確率の関係をさらに男女別・都市規模別の観点から明らかにする。それにより、同規模都市群内の男女間の違いだけでなく、性別内の都市間格差という視点からも分析可能になっている。

3 データ

本研究の特徴は、Frey and Osborne (2017) の職業別コンピュータ化確率を用いて地域雇用へのリスクを分析することにある。日本の雇用データとして、「国勢調査」(総務省統計局)の都道府県別データと「就業構造基本調査」(総務省統計局)の労働者個票データを用いる。

⁶⁾ 仮に、ある都道府県で全就業者(つまり100%の割合)がコンピュータ化確率が1の値の職業に就いているとすると、リスクスコアは100の値を取る。逆に、全就業者がコンピュータ化確率が0の値の職業に就いているとすると、リスクスコアは0の値を取る。

各データの詳細は以下の通りである。

3.1 職業別コンピュータ化確率の計算方法

本研究で用いる職業別コンピュータ化確率は、Frey and Osborne (2017) のデータに基づいて計算されている⁷⁾。本研究で用いる日本の職業分類は、日本標準職業分類(2009年12月統計基準設定)に基づく国勢調査と就業構造基本調査の独自の職業分類である。双方の職業分類を接続する際に問題となるのは、職業分類の細かさの違いである。Frey and Osborne (2017) ではO*NETの職業分類から702の職種を用いている一方で、日本標準職業分類の小分類は329分類になっている。さらに国勢調査と就業構造基本調査では、329分類が232分類までに集約化されている。

本研究では、職業分類の集約化作業において一定の恣意性は残るものの、O*NETの702の職業分類から日本の232の職業分類に対応させることを試みている⁸⁾。日本の一つの職種にO*NETの複数の職種が該当する場合は、単純平均によって平均的なコンピュータ化確率を計算している。なお、職業分類の対応の詳細および本研究で用いる職業別のコンピュータ化確率は、補論Aにおいて示している。

3.2 国勢調査について

本研究では、2010年国勢調査の男女別・都道府県別の就業者データを用いる。データは政府統計ポータルサイトのe-Statから入手可能であり⁹⁾、抽出詳細集計(就業者の産業(小分類)・職業(小分類))による都道府県別の職業(小分類)を用いている。就業者の常住地として都道府県集計されており、従業地とは異なることに注意する。職業分類は日本標準職業分類(2009年12月統計基準設定)に基づいた国勢調査の独自分類で、232の職業に分類される。本研究において、コンピュータ化確率と接続させることが困難であったその他に分類される職業は除いていることに注意する。また、整合性を保つため、232の職業分類のうち就業構造基本調査で用いた200の職業分類を用いている。

表1, 2は、男女別の都道府県毎の職業大分類の就業者割合の内訳を示している。ひとつの特徴として、男性は大分類H生産工程従業者において高い割合を示す一方で、女性は大分類C事務従事者、大分類D販売従事者、大分類Eサービス職業従事者において高い割合を示しているということである。このような職業の男女間の違いは、World Economic Forum

⁷⁾ Frey and Osborne (2017) は、O*NETより702分類の職業についてコンピュータ化確率を求めている。O*NETは米国労働省によるオンラインサービスであり、各職業に関する詳細な情報を提供している。Frey and Osborne (2017) では、コンピュータ化にボトルネックとなる項目として、感覚・操作性、創造的知能、社会的知能という3つの項目に分け、各項目に対応するO*NET上での職業で必要とされるスキル変数を対応させ、職業毎のコンピュータ化確率を求めている。

⁸⁾ ただし、最終的には232の職業分類のうち、小分類の「その他」は分析から除いているため200分類が対象となる。

⁹⁾ e-Stat (URL: <https://www.e-stat.go.jp/>)

(2016, Chapter 2) においても指摘され、コンピュータ化に対するリスクが男女間で大きく異なりうることを示唆している。

都道府県間の違いとしては、例えば、大都市圏である東京圏・大阪圏において大分類 B 専門的・技術的職業従事者の割合が非常に高いということである。一方で、大分類 G 農林漁業従事者は農業が盛んな地方圏において高い割合を示している。以上のような男女別の都道府県間の職業分布の違いが、コンピュータ化に対する地域雇用リスクに大きな影響を与えることが示唆される。

【表 1, 2】

3.3 就業構造基本調査について

本研究では、職業毎のコンピュータ化確率と人的資本・賃金の関係を分析するため、就業構造基本調査の労働者個票データを用いる。就業構造基本調査は、現在は 5 年毎に全国を対象に大規模な標本調査が行われており、本研究では 2007 年と 2012 年の就業構造基本調査を合わせて用いる。両年の就業構造基本調査では、日本標準職業分類（2009 年 12 月統計基準設定）に基づいた独自の 232 職業分類を把握することができ、これは先の 2010 年国勢調査で用いられている職業分類と同一のものである。職業別の平均教育年数・平均賃金を計算する際は、対象の職業の就業者数が 20 人未満の場合はサンプルから除外している。

国勢調査と同様に、就業構造基本調査の職業分類と Frey and Osborne (2017) における職業分類を接続することで、コンピュータ化確率と職業毎の属性の関係を分析している。

就業構造基本調査では、労働者の居住地を市区町村単位で把握することができる。注意しなければならないことは、居住地と従業地の間でミスマッチが生じている可能性があるということである。先の国勢調査の公表データでは就業者の常住地であったため大都市圏ほど地理的なミスマッチが大きくなる傾向にある。そこで上記の問題を解決するため、本論文では金本・徳岡 (2006) による都市雇用圏を用いることで、都市雇用圏に応じて大都市圏と中小都市圏に分類している。表 3 において示されているように、大都市圏は三大都市圏と政令指定都市圏とし、中小都市圏はその他の都市圏及び市町村としている。

就業構造基本調査では、Frey and Osborne (2017) と同様に、教育と賃金に関する変数を用いる。就業構造基本調査では、教育として、「小学・中学」、「高校・旧制中」、「専門学校」、「短大・高専」、「大学」、「大学院卒」という学校区分を調査している¹⁰⁾。教育年数を計算する際は、「小学・中学」を 9 年、「高校・旧制中」を 12 年、「専門学校」を 14 年、「短大・高専」を 14 年、「大学」を 16 年、「大学院卒」を 18 年として計算している¹¹⁾。

¹⁰⁾2012 年就業構造基本調査では「専門学校」がさらに分割されているが、2007 年調査と整合性を取るため、専門学校という区分で一括している。

¹¹⁾ただし、就業かつ大学在学中の場合でも大卒者側に含めている。大学院卒は博士課程前期課程相当として 18 年としている。

本論文で使用する賃金は日給換算で計算している。就業構造基本調査では、年間の収入額を、「収入なし～50万円未満」、「50～99万円」、「100～149万円」、「150～199万円」、「200～249万円」、「250～299万円」、「300～399万円」、「400～499万円」、「500～599万円」、「600～699万円」、「700～799万円」、「800～899万円」、「900～999万円」、「1000～1499万円」、「1500万円以上」という区分で調査しており、その階級値を用いている（ただし「1500万円以上」は1500万円としている）。年間の就業日数は、「50日未満」、「50～99日」、「100～149日」、「150～199日」、「200～249日」、「250～299日」、「300日以上」という区分であり、こちらも階級値を用いている（ただし「300日以上」は325日としている）。年間の収入額を就業日数で割ることで、日給換算の賃金を計算している。なお2007年と2012年の就業構造基本調査を用いているため、消費者物価指数よりデフレーター（2010年=1）を作成し、実質賃金を求めている。求めた実質賃金の上位1%は外れ値として分析の対象から除外している。

【表3】

表4は、就業構造基本調査における変数の記述統計を示している。全国だけでなく都市規模別の記述統計も示している。コンピュータ化確率を見ると、数値的な差はあまり大きくないものの、都市規模が小さいほどコンピュータ化確率が高くなっているということがわかる。男女比に関して、女性ダミーの平均値を見ると都市規模間で大きな違いは見られない。一方で、大都市ほど平均教育年数の値が高いということがわかる。また都市経済学では大都市ほど賃金が高いという関係が観測されているが、同様の関係は本研究からも観測されている。

【表4】

4 分析結果と議論

4.1 コンピュータ化へのリスクに対する都道府県間比較

表5は、男女別・都道府県別のコンピュータ化に対する雇用のリスクスコアの計算結果を示している。そして、図1は、男女別・都道府県別のコンピュータ化に対する雇用のリスクスコアを地図上に描いたものである。47都道府県を6分類に分割しており、各分類には7,8都道府県が該当する。

まず男性の都道府県別の雇用のリスクスコアを比較する。図1で示されるように、男性で最も高いリスクスコアを示す地域は、岩手県、秋田県、福島県、新潟県、富山県、山梨県、三重県である。雇用のリスクスコアを押し上げる要因として、主にコンピュータ化に高い確率で代替されやすい職業である大分類H生産工程従事者の割合が高いことが考えられる。特に、三重県ではそのよう結果が強く反映されていることがわかる。

一方で、リスクスコアが最も低い地域は、千葉県、東京都、神奈川県、京都府、奈良県、高知県、長崎県、沖縄県となっている。表5で示すように、東京都と神奈川県のリスクスコア

が特に低いことがわかる（その他の都道府県間ではスコアにあまり大きな差は見られない）。これらの背後要因の一つとして、大都市ほどコンピュータ化確率が相対的に低い職業（例えば、管理的職業従事者、専門的・技術的職業従事者の職業）が多く、大都市の雇用のリスクスコアを引き下げていると考えられる。大都市では、コンピュータ化確率の高い職業である事務従業者や販売従業者の割合が高い傾向にあるが、その一方で管理的職業従事者や専門的・技術的職業従事者が引き下げ要因としてより強く効いていると考えられる。

次に、女性の都道府県別の雇用リスクのスコアを比較する。図1で示されるように、女性で最も高いリスクスコアを示す地域は、宮城県、埼玉県、千葉県、静岡県、岐阜県、愛知県、三重県である。一方で、リスクスコアが最も低い地域は、和歌山県、鳥取県、島根県、徳島県、高知県、大分県、鹿児島県となっている。男性との大きな違いは、女性ほど比較的大都市ほど雇用のリスクスコアが高くなるという傾向である。その理由として、女性ほどコンピュータ化確率の高い職業である事務従業者や販売従業者の割合が高いことが考えられる。また岐阜県、愛知県、三重県の東海地方では、生産工程従事者の割合の高さがリスクスコアが高められていると考えられる。リスクスコアの低い都道府県が西日本に多い理由として、表2で示したように、管理的職業従事者、専門的・技術的職業従事者の割合が、その他の都道府県と比べて相対的に高くなっていることが考えられる。

【表5, 図1】

図2では、雇用のリスクスコアと都市規模との関係を散布図を用いて視覚化している。パネル(a), (b)で明らかのように、男性の場合は、大都市ほど雇用のリスクスコアが低くなる傾向がある一方で、女性の場合、全く逆の傾向を示すことが分かる。そして、パネル(c)では、リスクスコアの男女比（女性/男性）を検証している。表5で都道府県別のリスクスコアの男女比は示されている。この比率が1であれば、男女間でコンピュータ化に対するリスクの度合いに違いはないことを意味する。もし1より大きければ、女性の方が男性と比較して相対的にリスクが高く、もし1より小さければ、男性の方が女性と比較して相対的にリスクが高いことを意味する。

図2(c)から明らかのように、大都市ほど、男性に対して女性の方がコンピュータ化に対する雇用リスクが相対的に高いということがわかっている。また全体を見てもリスクスコアの男女比が1より大きな値を示す都道府県が多いことがわかる。したがって、都道府県内の男女間格差を見ると、大都市の女性ほどよりコンピュータ化に対する雇用対策が必要となることが示唆される。この事実の背後を探るため、就業構造基本調査を用いることで職業分布と人的資本の観点から実態をさらに明らかにする。

【図2】

4.2 職業分布の男女別・都市規模別比較の結果

図3は、日本の職業のコンピュータ化確率の分布を示している。Frey and Osborne (2017)と同様に、コンピュータ化確率の低い職業と高い職業における就業者が多く、中間の職業に属する就業者は少ないことがわかる¹²⁾。

図4では、職業のコンピュータ化確率の分布を男女を合わせた都市規模別で比較している。図3と比較すると、男女を合わせた都市規模別の分布では顕著な差はないように見える。どの都市においてもコンピュータ化確率の高い職業に多くの就業者が従事している傾向があることがわかる。

図5では、職業のコンピュータ化確率の分布をさらに男女別・都市規模別に分類している。興味深いこととして、図2において示したように、男性の都市規模間の比較では顕著な違いは見られないものの、同規模都市群内における男女間では非常に大きな違いがみられるということである。男性と比較して、大都市圏における女性ほどコンピュータ化確率の高い職業に就いていることがわかる。図2で示したように、女性は大都市圏においてコンピュータ化確率の高い事務従事者、販売従事者、サービス職業従事者に就いている割合が高いことが要因として考えられる。

以上より、就業構造基本調査の個票を利用することによって都市雇用圏という形で分析しても、国勢調査の都道府県別で得られた「大都市ほど男性に対して女性の方がコンピュータ化に対して雇用リスクが相対的に高い」という結果は頑健であることがわかる。

【図3, 4, 5】

4.3 職業別の平均教育年数・平均賃金とコンピュータ確率の関係の分析結果

先の分析において、男性と比較して、大都市圏における女性ほどよりコンピュータ化の影響を受けることを示してきた。Brynjolfsson and McAfee (2011)、柳川他 (2016) 等が指摘するように、多くの先行研究では人的資本の向上がコンピュータ化に対するリスクへの対策であると議論する。そこで、人的資本の指標として、各職業の平均教育年数を変数として利用し、コンピュータ化確率と人的資本の関係について分析する。さらに、職業別の平均賃金とコンピュータ化確率の関係についても同時に議論する。

図6では、男女別・都市規模別の各職業の平均教育年数とコンピュータ化確率の関係、図7

¹²⁾ただし、Frey and Osborne (2017)ではコンピュータ化確率の低いグループと高いグループで2極化する分布を示していたが、図3を見るとコンピュータ化確率の低い職業の割合が非常に低くなっていることに注意する。ひとつの要因として、本分析では職業小分類のその他に分類される職業を分析から除いていることが関係しているかもしれない。小分類で明示されていないコンピュータ化確率の低い職業がその他に分類され、分析から除かれている可能性がある。

では、男女別・都市規模別の各職業の平均賃金とコンピュータ化確率の関係を示している¹³⁾。Frey and Osborne (2017) と同様に、コンピュータ化確率が高い職業ほど、平均教育年数の値が低く、平均賃金も低いという負の関係があることがわかる¹⁴⁾。大都市圏と中小都市圏を比較すると、大都市圏の方が平均教育年数・平均賃金は高い傾向があることがわかる。つまり、同一のコンピュータ化確率を持つ職業であっても、大都市圏ではより多くの人的資本を持った労働者であり高賃金を受け取っていることが示唆される¹⁵⁾。

【図 6, 7】

上記の結果をまとめると、コンピュータ化されやすい職業からコンピュータ化されにくい職業へ転職する際には追加的な人的資本が必要とされることが示唆される。ただし、追加的な人的資本投資の結果、コンピュータ化確率の高い職業から低い職業へ転職できたことで得られる賃金の追加的期待リターンは大きいことも同時に示唆されている。ただし、コンピュータ化確率が低い職業であっても、賃金のばらつきは大きく、必ずしもコンピュータ化確率の低い高賃金の職業（例えば、医者等）に転職できるわけではない。コンピュータ化確率は低いが高賃金の職業に転職になる場合も考えられ、今後コンピュータ化によって格差が拡大する可能性も残っていることに注意する必要がある。

4.4 平均教育年数・平均賃金の差とコンピュータ確率

本研究の特徴は、コンピュータ化に対する雇用リスクを性別と都市規模でそれぞれ分類していることである。男性・女性と大・中小都市圏の組み合わせにより、(1) 大都市圏内・男女間格差、(2) 中小都市圏内・男女間格差、(3) 男性内・都市間格差、(4) 女性内・都市間格差という 4 つのタイプに分けた平均教育年数・平均賃金の差の分析を行うことで、先に得られた結果をより明確にする。

図 8 では、4 つのタイプ別に平均教育年数の差を取った散布図を示している。男女間格差の場合、同一の職業の平均教育年数に関して、女性から男性の値を引いたものである。また、都市間格差の場合、同一の職業の平均教育年数に関して、中小都市圏から大都市圏の値を引いたものである。この値がゼロであれば、両者の間で差がないことになる。

図 8(a) において、大都市圏内の男女間格差においてコンピュータ化確率が高くなるほど、平均教育年数の差が拡大していることがわかる。これまで示したように、大都市圏内ほど男性に対して女性の方がコンピュータ化に対して雇用リスクが高いだけでなく、さらに女性の方が平均教育年数の値が低く、コンピュータ化に対する雇用への影響は女性の方がより大き

¹³⁾ 就業者数によってウェイトを付けた分析結果は補論 C を参照のこと。

¹⁴⁾ Chang and Huynh (2016) は ASEAN の 5 か国（カンボジア、インドネシア、フィリピン、タイ、ベトナム）について同様の分析を行っており、本研究と同様に、教育水準・賃金とコンピュータ化確率の間には負の関係があることを示している。

¹⁵⁾ 平均教育年数・平均賃金をコンピュータ化確率で回帰した分析結果は補論 B において詳細に議論している。

いことがことが示唆される。この負の関係は、表 6 の回帰分析の結果でも統計的に優位となっている。一方で、図 8(b) では、中小都市圏ではそのような関係は小さくなっている。図 8(c), (d) において、各性別内の都市間比較をしているが、コンピュータ化確率と特に決まった関係は見られない。ただし、散布図を見ると、ゼロよりも下に位置していることから、中小都市圏の方が同一職業であっても就業者の平均教育年数の値が低いということがわかる。

図 9 では、4 つのタイプ別に平均賃金の差を取った散布図を示している。図 9(a), (b) において、都市規模にかかわらず、コンピュータ化確率が高い職業ほど男性に対して女性の賃金がより低くなっていることがわかる。男性に対して女性の方がコンピュータ化による影響は大きいというのは平均賃金の比較からも指摘できる。表 7 の回帰分析の結果からも、この負の関係は大・中小都市圏の双方において統計的に優位である。図 9(c), (d) において、平均賃金の同一性別内の都市間格差を示している。男性の場合、大・中小都市圏の間でコンピュータ化確率と特に決まった関係は見られない。一方で、女性の場合、コンピュータ化確率が高くなるほど、都市間の格差が小さくなることがわかる。言い換えれば、コンピュータ化されにくい職業ほど、大都市圏と中小都市圏の格差が大きく、同一の職業であっても大都市圏の方がより平均賃金が高いということを示している。この正の結果は、表 7 において統計的に優位であることが示されている。女性が中小都市圏よりも大都市圏においてコンピュータ化確率の低い職業へ転職することで、追加的に得られる期待リターンが高くなることはこの分析結果から示唆されている。

【図 8, 9, 表 6, 7】

5 結論

本論文では、Frey and Osborne (2017) による職業別のコンピュータ化確率と日本の雇用データを用いることで、コンピュータ化に対する雇用リスクを分析した。職業の地理的分布は国内で均一ではなく、ある職業は大都市に集中し、ある職業は中小都市圏に集中することがデータからも観測されている。同様に、職業の地理分布は男女間でも大きく異なりうる。したがって、職業分布の地理的異質性を考慮するため、男女別・都市規模別にコンピュータ化に対する雇用リスクの分析を行ったのが本研究の特徴である。

分析の結果、男性に対して女性の方がコンピュータ化確率の高い職業についている割合が高いことが明らかになった。さらにその傾向は、都市規模が大きくなるほど強くなる。また、Frey and Osborne (2017) が指摘するように、コンピュータ化確率が高くなるほど平均教育年数・平均賃金は低くなる傾向にあることがわかった。つまり、コンピュータ化されにくい職業へ転職する際には追加的な人的資本投資が必要となることを示唆する。ただし、転職できた際に得られる追加的な期待リターンも大きいことがわかる。特に、女性が中小都市から大都市においてコンピュータ化されにくい職業に転職できた際には、この期待リターンはより大きくなる傾向にあることがわかった。

コンピュータ化に対する対策として、Brynjolfsson and McAfee (2011)、柳川 (2017) 等の多くの先行研究でも指摘されているように、人的資本の向上がコンピュータ化への雇用対策として重要である。本論文でも全体としての政策的含意は同一で、コンピュータに代替される可能性が低いもしくは今後生まれる新たな職業へ転職ができるよう、雇用環境の整備や技能習得や能力開発の支援を行っていくことが重要であると考えられる。例えば、具体的に必要とされる追加的な人的資本として、新井 (2010) や柳川他 (2016) で強調されているように、論理的に考えそれを言語化して人に伝える能力を身に付けていくことが特に重要であると考えられる。重要な視点は、人工知能に関する技術は人間側の技能習得や能力開発を上回る速度で急速に進んでおり、我々自身が迅速に対応を取る必要があるということである。

また本研究における独自の政策的含意もある。例えば、大都市の女性に見られる傾向として、高い水準の人的資本を既に保有しているにも関わらず、コンピュータによって代替されやすい職業に偏っていることがわかった。川口 (2017) が指摘するような男女間で能力活用の差が大きい日本の現状を考慮すると、例えば、女性の能力の過少利用は、特に大都市において起こっている可能性が示唆される。また、コンピュータ化に対する雇用リスクは女性の方が高いことから、現在議論されている女性活躍推進とも密接に関連している。大湾 (2017) が議論するような働き方改革と女性活躍の推進は、今後人工知能をどのように活用すれば解決できるのかという視点を持つことが重要であろう。例えば、人工知能を活用して効率化をすすめることによって、長時間労働で会社への忠誠心を示す必要がなくなれば、コンピュータ化はよりよいワーク・ライフ・バランスを実現し、労働者の性別を問わず能力に基づいて評価される雇用環境の基盤につながると考えられる。Davenport and Kirby (2016) が述べるように、人工知能の発達で「自動化 (automation)」をもたらすという発想だけでなく、「拡張 (augmentation)」を可能にすることも同時に考慮しながら政策を考える必要がある。

最後に、本研究の限界も言及しなければならない。職業別のコンピュータ化確率を計算する際に Frey and Osborne (2017) の 702 分類を大幅に集約することでコンピュータ化の影響を十分反映しきれない職業も含まれていることに留意しなければならない。また Autor (2015) や Arntz et al. (2016) が述べているように、職業自体がなくなるというよりは、タスクがなくなるという方が現実的で、職業は同じでも人工知能の発達とともに職務内容が今後変わっていくことも十分考えられる。このようなタスク単位の分析も今後必要とされるだろう。さらに、コンピュータ化が今後引き起こすであろう職業間の転職行動についても重要な研究テーマであるが、本研究では職業間移動データの制約もあり扱えていない。コンピュータ化確率が同じでも、ある職業からはコンピュータ化確率の低い職業に転職しやすい一方で、別の職業からはコンピュータ化確率の低い職業に転職しにくいかもしれない。またコンピュータ化確率が低い職業であっても、求められるスキルや得られる賃金にも大きな差が存在するとなると、今後コンピュータ化が格差拡大につながる可能性もある。さらに、需要サイドから喚起される雇用への影響は重要である。コンピュータ化によって生まれる全く新しい種類の職業や、コンピュータ化が進むこと自体で増加する職業（プログラマー、IT ハード

ウェア関連の製造・サービスなど)があることや,そうした職業が大都市に集まることが予想されるために,地方との間で格差が拡大する可能性があることにも注意しなければならない。以上の研究テーマは今後の課題として残されている。

参考文献

- [1] Arntz, Melanie, Terry Gregory, and Ulrich Zierahn (2016) “The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis.” OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189.
- [2] Autor, David H. (2015) “Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation,” *Journal of Economic Perspectives* 29(3), pp. 3–30.
- [3] Bessen, James (2015) “Toil and Technology,” *Finance and Development* 52(1), pp. 16–19.
- [4] ——— (2016) “How computer automation affects occupations: Technology, jobs, and skills.” Boston University School of Law Law & Economics Working Paper No. 15-49.
- [5] Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee (2011) *Race Against The Machine: Digital Frontier Press*. (邦訳:ブリニョルフソン, エリック・マカフィー, アンドリュウ, 『機械との競争』, 村井章子訳, 日経 BP 社, 東京, 2013 年)。
- [6] ——— (2014) *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, New York: W. W. Norton & Company. (邦訳:ブリニョルフソン, エリック・マカフィー, アンドリュウ, 『ザ・セカンド・マシン・エイジ』, 村井章子訳, 日経 BP 社, 東京, 2015 年)。
- [7] Chang, Jae-Hee and Phu Huynh (2016) “ASEAN in transformation: The future of jobs at risk of automation.” International Labour Organization Bureau for Employers’ Activities, Working Paper No 9.
- [8] Davenport, Thomas H. and Julia Kirby (2016) *Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines*, New York: HarperBusiness. (邦訳:ダベンポート, トーマス H.・カービー, ジュリア, 『AI時代の勝者と敗者』, 山田美明訳, 石崎雅之監修, 日本 BP 社, 東京, 2016 年)。
- [9] Ford, Martin (2009) *The Lights in the Tunnel: Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*, New York: CreateSpace Independent Publishing Platform. (邦訳:フォード, マーティン, 『テクノロジーが雇用の 75 %を奪う』, 秋山勝訳, 朝日新聞出版社, 東京, 2015 年)。
- [10] ——— (2015) *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*, New York: Basic Books. (邦訳:フォード, マーティン, 『ロボットの脅威: 人の仕事がなくなる日』, 松本剛史訳, 日本経済新聞出版社, 東京, 2015 年)。

- [11] Frey, Carl Benedikt and Michael Osborne (2017) “The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?” *Technological Forecasting and Social Change* 114, pp. 254–280.
- [12] Graetz, Georg and Guy Michaels (2015) “Robots at work.” CEP Discussion Paper No. 1335.
- [13] Jaimovich, Nir and Henry E. Siu (2012) “The trend is the cycle: Job polarization and jobless recoveries.” NBER Working Paper No. 18334.
- [14] Keynes, John Maynard (1931) *Essays in Persuasion*, London: Macmillan.
- [15] Kurzweil, Ray (2005) *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, New York: Viking. (邦訳：カーツワイル，レイ，『シンギュラリティは近い [エッセンス版]：人類が生命を超越するとき』，NHK 出版編，NHK 出版，東京，2016 年)。
- [16] Michaels, Guy, Ashwini Natraj, and John Van Reenen (2014) “Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years,” *Review of Economics and Statistics* 96(1), pp. 60–77.
- [17] Mokyr, Joel, Chris Vickers, and Nicolas L. Ziebarth (2015) “The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?” *Journal of Economic Perspectives*.
- [18] Morikawa, Masayuki (2017) “Firms’ expectations about the impact of AI and robotics: Evidence from a survey,” *Economic Inquiry* 55(2), pp. 1054–1063.
- [19] Pratt, Gill A. (2015) “Is a Cambrian explosion coming for robotics?” *Journal of Economic Perspectives* 29(3), pp. 51–60.
- [20] World Economic Forum (2016) *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, Geneva: World Economic Forum.
- [21] 新井紀子 (2010) 『コンピュータが仕事を奪う』，日本経済新聞出版社，東京。
- [22] 井上智洋 (2016) 『人工知能と経済の未来：2030 年雇用大崩壊』，文春新書 1091，文藝春秋，東京。
- [23] 大内伸哉 (2017) 『AI 時代の働き方と法：2035 年の労働法を考える』，弘文堂，東京。
- [24] 大湾秀雄 (2017) 「働き方改革と女性活躍支援における課題：人事経済学の視点から」．RIETI ポリシーディスカッションペーパー No. 17-P-006 。
- [25] 金本良嗣・徳岡一幸 (2006) 「日本の都市圏設定基準」，『応用地域学研究』，第 7 巻，1–15 頁。
- [26] 川口大司 (2017) 「技能発揮へ働き方改革カギ」，『日本経済新聞』．朝刊，経済教室，2017 年 1 月 19 日付。
- [27] 野村総合研究所 (2015) 「日本の労働人口の 49 % が人工知能やロボット等で代替可能に：601 種の職業ごとに，コンピューター技術による代替確率を試算」。

- https://www.nri.com/jp/news/2015/151202_1.aspx (2017年3月3日確認).
- [28] 松尾豊 (2015) 『人工知能は人間を超えるか』, 角川 EPUB 選書, 中経出版, 東京.
- [29] 森川正之 (2016) 「人工知能・ロボットと企業経営」. RIETI ディスカッション・ペーパー No. 16-J-005.
- [30] ——— (2017) 「人工知能・ロボットと雇用: 個人サーベイによる分析」. RIETI ディスカッションペーパー No. 17-J-005.
- [31] 柳川範之 (2017) 「働き方改革, AI と不可分」, 『日本経済新聞』. 朝刊, 経済教室, 2017年3月13日付.
- [32] 柳川範之・新井紀子・大内伸哉 (2016) 「AI時代の人間の強み・経営のあり方」. NIRA オピニオンペーパー No. 25.

補論 A 職業別のコンピュータ化確率の計算方法

本研究で使用した職業別のコンピュータ化確率は表 A.1 の通りである。O*NET は米国における職業分類のため、必ずしも日本の職業分類と一致しないことに注意が必要である。また Frey and Osborne (2017) では 702 分類の職業に基づいて計算されているが、本研究では 232 分類の職業に集約させたものとなっており、本論文内での一部の職業は Frey and Osborne (2017) における複数の職業と対応させている。

職業分類の接続におけるいくつかの注意点について以下で述べる。例えば、日本独自の職業である「屋根ふき従業者」、「左官」、「畳職人」は、Frey and Osborne (2017) の米国における職業分類として直接的なものは存在しない。本研究では、「屋根ふき従業者」の類似職業として Roofer (47-2181)、「左官」に類似する職業として Cement Masons and Concrete Finishers (47-2051)、「畳職人」として Carpet Installers (47-2041) を接続している。また研究者に関して、Frey and Osborne (2017) では分野別のコンピュータ化確率がわかるが、本研究では、「自然科学系研究者」と「人文・社会科学系等研究者」という 2 区分しかない。自然科学系の各分野と人文・社会科学系の各分野のコンピュータ化確率の平均値をそれぞれ取っているため分野間の違いを適切に考慮することができていない。

以上のように、両職業分類の接続方法には一定の恣意性が残ることもあり、対応表に関してはオンラインで公開している¹⁶⁾。

【表 A.1】

¹⁶⁾ 著者のウェブページ (URL: <https://sites.google.com/site/keisukekondokk/>) よりダウンロード可能。

補論 B 職業分類毎のウェイト無し回帰分析の結果

本補論では、図 6, 7 で示した平均教育年数・平均賃金とコンピュータ化確率の回帰分析の結果を掲載している。ここでの回帰分析は、因果関係を見ようとしている訳ではなく、平均教育年数・平均賃金とコンピュータ化確率の間の相関について都市規模間でどのような違いがあるのかを把握することに主眼を置いていることに注意する。

表 B.1 より、男女ともに都市規模間比較をすると、コンピュータ化確率の係数の絶対値は都市規模が大きくなるほど小さくなるという傾向が見られ、コンピュータ化確率の高い職業から低い職業へ転職をする際は、大都市圏と比較して中小都市圏ほどより多くの追加的な人的資本が求められる可能性を示唆している。この背後の要因として、大都市圏ではコンピュータ化確率の高い職業に就く労働者でもある程度の人的資本を既に保有していることが考えられる。定数項は、コンピュータ化確率の要因を除いた後の都市規模毎の平均的な教育年数を示しており、定数項の都市規模間の違いを見ると、大都市圏ほど高学歴者が多いということが分かる。

表 B.2 において、職業毎の平均賃金とコンピュータ化確率の関係を分析している。興味深いこととして、コンピュータ化確率の係数に関して、男性は都市規模が大きくなるほど係数の絶対値が小さくなる一方で、女性は大都市圏ほど係数の絶対値が大きくなる傾向がある。つまり、女性の場合、コンピュータ化確率の高い職業から低い職業に転職した場合、中小都市圏と比較して、大都市圏の方がより追加的に得られる賃金の期待リターンが大きいことを意味する。一方で、男性の場合は逆になっており、中小都市圏の方が期待リターンが高くなっている。なお定数項は、コンピュータ化確率の要因を除いた後の都市規模毎の平均的な賃金を示しており、都市経済学の分野でよく知られているように、大都市圏ほど平均賃金が高いことを示している。

【表 B.1, B.2】

補論 C 職業分類毎のウェイト付き回帰分析の結果

本補論では、職業毎の男女別・都市規模別の就業者数によるウェイト付き回帰分析の結果を掲載している。図 C.1 は、男女別・都市規模別に職業毎の平均教育年数とコンピュータ化確率、図 C.2 は、男女別・都市規模別に職業毎の平均賃金とコンピュータ化確率との関係を示している。職業毎に就業者数が異なることを考慮するためにウェイトをつけている。マーカーの円のサイズが各職業のウェイトの大きさを表している。

【図 C.1, C.2】

表 C.1 は、図 C.1 における回帰分析の結果である。ウェイト付きの場合、ウェイト無しの図 B.1 と比較して、特に女性の分析結果に違いが表れる。理由としては、現在の就業者数の違いを考慮すると、少数の就業者しかいない職業の比重が相対的に小さくなってしまうことによる。しかし、現在の就業者数でウェイトを置くと、今後必要とされる職業を過少に評価してしまう（逆も然りで、今後代替されるような職業を過大に評価してしまう）可能性を持つことから、一つ一つの職業を同一の基準で比較することをベンチマークとした。表 C.2 で表されるように、同様の結果は平均賃金にも顕著に表れていて、大都市におけるコンピュータ化確率が低く高賃金な職に就く女性の比重が相対的に小さくなることによる。

【表 C.1 , C.2】

表 1 男性に関する職業大分類別の就業者割合

都道府県	日本標準職業分類（大分類）による都道府県内の職業割合（%）										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
全国	4.5	16.0	10.0	11.0	8.5	3.7	5.8	20.8	7.1	6.7	5.8
北海道	4.8	13.6	9.3	10.3	9.0	6.5	9.6	13.7	9.4	8.1	5.5
青森県	3.6	9.5	7.7	9.0	7.3	6.8	15.8	15.4	9.1	10.3	5.5
岩手県	4.2	11.1	8.1	9.4	7.0	3.0	15.4	19.2	8.4	9.1	5.2
宮城県	4.3	13.8	9.6	11.5	8.5	4.2	7.2	18.2	8.7	7.8	6.2
秋田県	4.0	10.8	8.7	9.1	7.2	3.6	13.3	20.1	7.8	10.3	5.1
山形県	4.1	10.9	7.5	9.4	6.9	3.5	13.3	23.7	6.6	8.9	5.2
福島県	4.0	11.0	8.3	9.5	7.1	3.0	10.2	25.3	7.8	8.6	5.2
茨城県	3.4	14.9	9.5	9.0	6.8	3.6	8.0	25.3	7.3	6.9	5.3
栃木県	3.6	14.1	8.7	9.1	7.2	2.5	7.5	28.6	6.7	6.4	5.5
群馬県	3.8	13.1	8.9	9.8	7.9	2.5	7.2	28.0	6.4	6.8	5.6
埼玉県	4.2	16.7	12.2	12.0	8.4	3.9	2.6	19.8	7.5	6.2	6.5
千葉県	4.4	17.8	12.5	12.2	8.6	4.3	4.3	16.0	7.6	5.9	6.3
東京都	6.6	24.9	12.6	13.1	10.8	3.4	0.7	11.9	6.0	4.1	5.8
神奈川県	4.6	23.4	12.0	12.0	8.9	3.8	1.3	17.0	6.2	5.1	5.7
新潟県	4.5	11.9	8.4	9.4	7.8	2.9	8.3	23.4	8.2	9.8	5.4
富山県	4.4	13.4	8.8	10.0	6.7	2.6	5.5	26.7	7.6	8.2	5.8
石川県	4.4	13.9	8.6	10.8	8.6	3.4	4.8	24.6	7.1	8.3	5.4
福井県	4.5	13.0	8.3	9.7	7.0	3.1	6.0	27.3	7.1	8.5	5.6
山梨県	3.9	14.0	8.6	9.8	9.8	3.0	9.8	22.9	5.5	7.9	4.9
長野県	4.3	13.5	8.5	9.3	8.4	2.0	12.1	23.6	5.5	7.4	5.2
岐阜県	4.6	13.1	9.8	9.9	7.6	3.1	4.3	27.8	6.3	7.9	5.8
静岡県	4.1	13.6	8.8	9.4	7.6	3.2	5.4	28.4	6.6	6.7	6.2
愛知県	4.0	15.5	9.8	10.7	7.4	2.6	2.8	29.3	6.4	5.2	6.3
三重県	3.6	12.3	9.3	8.6	6.7	3.3	5.6	31.1	6.8	7.0	5.8
滋賀県	3.5	15.5	10.0	9.4	7.2	3.4	4.8	30.0	5.1	5.5	5.5
京都府	4.5	17.3	9.6	11.9	10.7	4.5	3.5	19.8	6.7	5.9	5.6
大阪府	5.0	16.7	11.1	13.3	10.2	3.2	1.0	20.0	7.2	5.3	6.9
兵庫県	4.5	16.7	10.9	11.9	8.8	3.6	3.3	22.2	6.6	5.5	6.0
奈良県	5.1	18.1	12.5	12.9	8.8	3.9	4.3	18.3	5.3	5.6	5.2
和歌山県	3.8	12.7	9.2	10.3	8.9	3.4	12.2	18.9	6.9	7.7	6.0
鳥取県	4.2	13.0	8.2	9.8	7.6	4.4	12.9	19.1	6.8	8.2	5.9
島根県	4.5	12.2	8.3	9.1	7.8	3.9	11.8	19.5	7.4	10.2	5.3
岡山県	4.1	13.4	8.8	9.5	7.1	2.8	6.9	26.8	7.8	7.1	5.7
広島県	4.3	14.4	9.5	10.7	7.8	4.6	4.6	24.4	7.6	6.3	5.7
山口県	4.1	12.0	8.3	9.3	6.7	4.6	7.9	25.0	8.1	8.4	5.6
徳島県	4.1	13.5	7.8	9.5	7.9	3.5	11.2	22.5	6.8	8.2	5.2
香川県	4.5	12.7	9.6	10.9	8.0	3.3	7.7	23.3	7.2	6.8	6.0
愛媛県	4.2	12.6	8.3	10.2	7.7	2.7	11.2	22.3	7.5	7.7	5.7
高知県	4.0	13.3	6.4	10.2	9.2	3.5	16.5	15.1	7.3	9.2	5.4
福岡県	4.6	15.1	9.4	13.2	9.1	4.3	4.3	18.6	8.3	7.2	6.0
佐賀県	3.7	12.1	7.9	9.8	7.6	3.9	12.5	21.2	7.6	8.3	5.2
長崎県	3.8	12.6	7.1	9.9	8.5	6.5	11.5	17.9	8.2	8.8	5.1
熊本県	4.2	12.6	7.1	10.3	8.8	4.1	13.7	18.2	7.7	8.1	5.2
大分県	4.5	12.7	8.1	9.6	8.3	4.0	10.2	21.3	7.6	8.7	5.0
宮崎県	3.9	12.2	7.2	9.8	8.1	4.1	16.0	17.7	6.8	9.1	5.1
鹿児島県	3.8	12.9	8.0	10.2	8.9	3.6	14.8	15.8	8.0	8.5	5.4
沖縄県	3.9	14.0	7.9	9.7	12.6	6.0	9.5	11.4	9.2	9.8	6.0

注) 2010年の「国勢調査」(総務省統計局)より筆者計算。日本標準職業分類(2009年12月統計基準設定)による職業大分類(A 管理的職業従事者, B 専門的・技術的職業従事者, C 事務従事者, D 販売従事者, E サービス職業従事者, F 保安職業従事者, G 農林漁業従事者, H 生産工程従事者, I 輸送・機械運転従事者, J 建設・採掘従事者, K 運搬・清掃・包装等従事者, L 分類不能の職業)。その他の職業を除いた後, 上記のシェア集計を行っている。

表 2 女性に関する職業大分類別の就業者割合

都道府県	日本標準職業分類（大分類）による都道府県内の職業割合（%）										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
全国	0.8	17.4	25.6	14.4	20.1	0.2	4.2	10.8	0.3	0.1	6.1
北海道	0.8	16.5	22.0	14.4	22.0	0.3	7.1	8.8	0.3	0.2	7.5
青森県	0.7	15.1	17.6	13.6	20.5	0.4	13.3	11.8	0.3	0.2	6.5
岩手県	0.7	15.6	19.1	12.8	19.3	0.1	11.8	14.5	0.2	0.2	5.7
宮城県	0.8	15.8	25.0	15.6	19.7	0.3	4.5	12.1	0.3	0.1	5.9
秋田県	0.6	15.5	20.5	13.2	21.6	0.2	8.3	14.3	0.2	0.1	5.4
山形県	0.7	14.9	20.1	12.9	19.4	0.2	9.0	17.2	0.2	0.1	5.2
福島県	0.7	15.1	20.3	13.2	19.7	0.2	8.2	16.6	0.3	0.2	5.4
茨城県	0.6	15.8	23.8	14.2	18.8	0.2	6.6	13.1	0.3	0.2	6.2
栃木県	0.7	15.5	22.0	13.9	19.1	0.2	6.7	15.0	0.2	0.1	6.6
群馬県	0.6	15.6	22.7	13.6	20.1	0.2	5.5	15.1	0.2	0.1	6.1
埼玉県	0.7	16.1	29.0	15.4	18.5	0.3	1.9	10.7	0.3	0.1	7.0
千葉県	0.7	16.7	28.5	15.9	19.8	0.3	3.6	7.4	0.3	0.1	6.6
東京都	1.5	20.1	33.0	14.6	18.9	0.3	0.3	5.9	0.2	0.1	5.0
神奈川県	0.9	18.6	29.3	16.5	20.5	0.3	0.9	7.0	0.3	0.1	5.7
新潟県	0.6	15.2	22.8	13.4	20.6	0.2	5.9	13.9	0.3	0.2	7.0
富山県	0.6	17.3	24.6	13.1	19.5	0.2	2.8	15.1	0.3	0.2	6.4
石川県	0.7	17.5	24.6	13.9	20.5	0.2	2.4	13.8	0.2	0.1	6.1
福井県	0.6	17.4	24.2	12.2	19.4	0.1	3.3	17.1	0.2	0.1	5.4
山梨県	0.7	16.4	21.5	13.0	22.1	0.2	8.1	12.5	0.2	0.1	5.3
長野県	0.7	15.8	20.8	12.0	20.4	0.1	10.0	13.9	0.3	0.2	5.9
岐阜県	0.7	15.8	24.2	13.5	19.3	0.2	2.9	16.2	0.3	0.2	6.8
静岡県	0.7	14.3	23.9	14.1	19.3	0.2	4.4	14.9	0.4	0.2	7.6
愛知県	0.7	15.5	27.0	14.0	18.9	0.2	2.8	13.3	0.3	0.1	7.1
三重県	0.6	16.2	24.2	14.2	20.7	0.2	3.4	13.7	0.3	0.1	6.4
滋賀県	0.5	18.0	24.3	14.4	18.4	0.1	2.8	15.4	0.2	0.2	5.9
京都府	0.9	18.5	25.3	15.8	20.9	0.3	2.1	10.6	0.2	0.0	5.4
大阪府	0.9	17.9	30.4	14.6	20.2	0.2	0.4	8.8	0.2	0.1	6.2
兵庫県	0.8	18.8	26.4	15.4	20.0	0.2	1.8	10.4	0.2	0.1	5.8
奈良県	0.8	20.0	27.3	15.7	18.7	0.3	2.5	9.7	0.2	0.1	4.8
和歌山県	0.6	17.8	22.5	14.0	20.8	0.2	9.7	8.3	0.2	0.1	5.8
鳥取県	0.8	17.9	20.0	12.8	20.7	0.2	9.5	13.0	0.1	0.2	4.8
島根県	0.8	18.6	21.8	12.9	21.1	0.2	7.1	12.0	0.3	0.1	5.0
岡山県	0.7	18.7	23.5	13.3	20.5	0.2	4.6	12.9	0.2	0.1	5.1
広島県	0.8	18.6	25.6	14.4	20.6	0.3	3.4	10.3	0.3	0.1	5.6
山口県	0.7	18.3	23.0	14.3	21.7	0.3	5.3	10.3	0.3	0.2	5.6
徳島県	1.0	20.4	21.4	12.9	20.1	0.2	8.9	10.3	0.2	0.1	4.6
香川県	0.8	18.4	25.9	13.7	19.7	0.1	4.9	10.9	0.1	0.1	5.4
愛媛県	0.7	17.6	22.1	14.1	21.2	0.2	7.4	10.4	0.1	0.1	6.1
高知県	0.8	20.0	19.9	13.4	21.9	0.2	10.9	7.5	0.2	0.1	5.2
福岡県	0.9	19.2	26.4	15.0	20.6	0.2	3.1	8.4	0.3	0.2	5.8
佐賀県	0.6	18.5	20.7	13.0	20.7	0.2	9.0	11.7	0.2	0.2	5.3
長崎県	0.7	19.4	20.7	13.9	23.6	0.3	6.9	8.8	0.2	0.2	5.3
熊本県	0.7	18.7	20.6	13.4	20.8	0.3	9.9	10.1	0.2	0.2	5.1
大分県	0.8	18.6	20.6	14.7	21.7	0.2	6.5	11.0	0.2	0.2	5.5
宮崎県	0.5	17.3	20.1	12.5	20.7	0.2	10.9	11.9	0.2	0.2	5.4
鹿児島県	0.6	18.8	20.2	13.1	21.8	0.2	9.1	10.8	0.2	0.2	5.2
沖縄県	0.5	19.9	24.9	14.7	23.4	0.3	3.4	6.1	0.4	0.1	6.2

注) 2010年の「国勢調査」(総務省統計局)より筆者計算。日本標準職業分類(2009年12月統計基準設定)による職業大分類(A 管理的職業従事者, B 専門的・技術的職業従事者, C 事務従事者, D 販売従事者, E サービス職業従事者, F 保安職業従事者, G 農林漁業従事者, H 生産工程従事者, I 輸送・機械運転従事者, J 建設・採掘従事者, K 運搬・清掃・包装等従事者, L 分類不能の職業)。その他の職業を除いた後, 上記のシェア集計を行っている。

表 3 都市圏の分類

分類	該当する都市圏・市町村
大都市圏	札幌市・小樽市都市圏，仙台市都市圏，東京都市圏，新潟市都市圏，静岡市都市圏，浜松市都市圏，名古屋市・小牧市都市圏，京都市都市圏，大阪市都市圏，神戸市都市圏，岡山市都市圏，広島市都市圏，北九州市都市圏，福岡市都市圏，熊本市都市圏
中小都市圏	上記に含まれない都市圏及び市町村

注) 金本・徳岡 (2006) による 2010 年国勢調査に基づく都市雇用圏を使用。大都市圏の基準は，三大都市圏及びその他政令指定都市 (2012 年 10 月時点) としている。

表 4 就業構造基本調査の記述統計

変数	観測数	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値
全国						
コンピュータ化確率	1409531	0.661	0.308	0.760	0.004	0.990
女性ダミー	1409531	0.462	0.499	0.000	0.000	1.000
平均教育年数	1409531	12.868	2.196	12.000	9.000	18.000
実質賃金（単位：万円）	1409531	1.254	0.972	1.004	0.076	5.450
大都市圏						
コンピュータ化確率	452973	0.652	0.322	0.797	0.004	0.990
女性ダミー	452973	0.455	0.498	0.000	0.000	1.000
平均教育年数	452973	13.368	2.238	12.000	9.000	18.000
実質賃金（単位：万円）	452973	1.408	1.067	1.004	0.076	5.450
中小都市圏						
コンピュータ化確率	956558	0.665	0.301	0.740	0.004	0.990
女性ダミー	956558	0.465	0.499	0.000	0.000	1.000
平均教育年数	956558	12.632	2.135	12.000	9.000	18.000
実質賃金（単位：万円）	956558	1.181	0.914	0.989	0.076	5.450

注) 2007年と2012年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票を合わせたデータセットである。賃金は就業構造基本調査の年間収入と年間就業日数のそれぞれの区分の階級値を用いて日給換算で賃金を計算し、賃金の上位1%は分析のサンプルから除外している。消費者物価指数よりデフレータ(2010年=1)を作成し、実質賃金を計算している。

表 5 コンピュータ化に対する都道府県別の雇用のリスクスコアの男女間比較

都道府県	リスクスコア（男性）	リスクスコア（女性）	スコアの男女比	人口密度
全国	64.262	67.506	1.050	69
北海道	63.726	66.703	1.047	70
青森県	65.123	65.566	1.007	142
岩手県	66.735	66.614	0.998	87
宮城県	64.996	68.591	1.055	322
秋田県	66.740	67.137	1.006	93
山形県	66.437	67.690	1.019	125
福島県	67.505	67.899	1.006	147
茨城県	65.398	68.345	1.045	487
栃木県	66.649	68.294	1.025	313
群馬県	67.036	68.464	1.021	316
埼玉県	64.973	69.628	1.072	1894
千葉県	63.672	68.960	1.083	1206
東京都	58.615	67.416	1.150	6016
神奈川県	60.993	68.294	1.120	3745
新潟県	66.753	68.022	1.019	189
富山県	66.827	67.749	1.014	257
石川県	65.388	67.667	1.035	280
福井県	66.163	67.365	1.018	192
山梨県	65.120	67.206	1.032	193
長野県	65.671	67.328	1.025	159
岐阜県	66.301	68.821	1.038	196
静岡県	66.163	69.607	1.052	484
愛知県	66.134	69.646	1.053	1435
三重県	67.670	68.511	1.012	321
滋賀県	66.170	68.203	1.031	351
京都府	62.337	66.815	1.072	571
大阪府	64.145	67.938	1.059	4670
兵庫県	64.055	66.930	1.045	666
奈良県	62.692	66.553	1.062	380
和歌山県	64.246	64.633	1.006	212
鳥取県	64.813	65.177	1.006	168
島根県	66.313	65.236	0.984	107
岡山県	66.245	66.124	0.998	274
広島県	64.741	66.589	1.029	337
山口県	65.914	65.679	0.996	237
徳島県	64.995	63.262	0.973	189
香川県	65.631	66.337	1.011	531
愛媛県	65.564	65.315	0.996	252
高知県	63.689	62.670	0.984	108
福岡県	64.308	66.181	1.029	1019
佐賀県	65.792	65.377	0.994	348
長崎県	63.138	63.804	1.011	348
熊本県	64.220	64.954	1.011	245
大分県	64.984	65.462	1.007	189
宮崎県	65.074	65.661	1.009	147
鹿児島県	64.821	65.075	1.004	186
沖縄県	63.208	65.481	1.036	612

注) 2010年「国勢調査」(総務省統計局)とFrey and Osborne (2017)のコンピュータ化確率を用いて都道府県別のコンピュータ化に対する雇用のリスクスコアを計算。雇用のリスクスコアの男女比は、女性のリスクスコアを男性のリスクスコアで除して計算。計算の詳細は第2節を参照。人口密度は2010年「国勢調査」(総務省統計局)より総人口と総面積(km²)の比として計算。

表 6 平均教育年数の差とコンピュータ化確率の関係

説明変数	従属変数：平均教育年数の差			
	大都市圏内 男女間格差	中小都市圏内 男女間格差	男性内 都市間格差	女性内 都市間格差
	(1)	(2)	(3)	(4)
コンピュータ化確率	-0.431* (0.132)	-0.137 (0.108)	0.005 (0.090)	0.094 (0.084)
定数項	-0.094 (0.090)	-0.251* (0.074)	-0.418* (0.062)	-0.468* (0.056)
観測数	162	173	192	165
自由度調整済み R^2	0.057	0.003	-0.005	0.002

注) 括弧内の数値は標準誤差を表す。観測単位は職業である。*は1%水準で統計的に有意であることを示す。男女間格差は女性から男性を引いた値として計算。都市圏格差は中小都市圏から大都市圏を引いた値として計算。

表 7 平均賃金の差とコンピュータ化確率の関係

説明変数	従属変数：平均賃金（単位：万円）の差			
	大都市圏内 男女間格差	中小都市圏内 男女間格差	男性内 都市間格差	女性内 都市間格差
	(1)	(2)	(3)	(4)
コンピュータ化確率	-0.296* (0.066)	-0.224* (0.060)	0.020 (0.041)	0.108* (0.036)
定数項	-0.486* (0.044)	-0.451* (0.041)	-0.201* (0.028)	-0.166* (0.024)
観測数	162	173	192	165
自由度調整済み R^2	0.107	0.069	-0.004	0.048

注) 括弧内の数値は標準誤差を表す。観測単位は職業である。*は1%水準で統計的に有意であることを示す。男女間格差は女性から男性を引いた値として計算。都市圏格差は中小都市圏から大都市圏を引いた値として計算。

表 A.1 職業分類とコンピュータ化確率

大分類	小分類	職業名	確率
A	1	管理的公務員	0.1117
A	2	会社役員	0.1600
A	4	法人・団体管理的職業従事者	0.1600
B	6	自然科学系研究者	0.1291
B	7	人文・社会科学系等研究者	0.1372
B	8	農林水産・食品技術者	0.6268
B	9	電気・電子・電気通信技術者（通信ネットワーク技術者を除く）	0.2963
B	10	機械技術者	0.3075
B	11	輸送用機器技術者	0.1596
B	12	金属技術者	0.0255
B	13	化学技術者	0.2935
B	14	建築技術者	0.2690
B	15	土木・測量技術者	0.5763
B	16	システムコンサルタント・設計者	0.2433
B	17	ソフトウェア作成者	0.0860
B	18	その他の情報処理・通信技術者	0.1958
B	20	医師	0.0042
B	21	歯科医師	0.0215
B	22	獣医師	0.0380
B	23	薬剤師	0.0120
B	24	保健師	0.0450
B	25	助産師	0.4000
B	26	看護師（准看護師を含む）	0.0335
B	27	診療放射線技師	0.2300
B	28	臨床検査技師	0.6850
B	29	理学療法士，作業療法士	0.0123
B	30	視能訓練士，言語聴覚士	0.0049
B	31	歯科衛生士	0.6800
B	32	歯科技工士	0.0035
B	33	栄養士	0.0039
B	34	あん摩マッサージ指圧師，はり師，きゅう師，柔道整復師	0.2835
B	36	保育士	0.0840
B	38	裁判官，検察官，弁護士	0.2783
B	39	弁理士，司法書士	0.7450
B	41	公認会計士	0.9400
B	42	税理士	0.9900
B	43	社会保険労務士	0.4700
B	45	幼稚園教員	0.0787
B	46	小学校教員	0.0044
B	47	中学校教員	0.1700
B	48	高等学校教員	0.0078
B	49	特別支援学校教員	0.0119
B	50	大学教員	0.0320
B	52	宗教家	0.0166
B	53	著述家	0.4640

（表は次に続く）

大分類	小分類	職業名	確率
B	54	記者, 編集者	0.0825
B	55	彫刻家, 画家, 工芸美術家	0.0397
B	56	デザイナー	0.0992
B	57	写真家, 映像撮影者	0.3105
B	58	音楽家	0.0445
B	59	舞踊家, 俳優, 演出家, 演芸家	0.1792
B	60	図書館司書, 学芸員	0.5994
B	61	個人教師(音楽)	0.1300
B	62	個人教師(舞踊, 俳優, 演出, 演芸)	0.1300
B	63	個人教師(スポーツ)	0.1300
B	64	個人教師(学習指導)	0.1300
B	65	個人教師(他に分類されないもの)	0.1300
B	66	職業スポーツ従事者	0.4243
B	67	通信機器操作従事者	0.8600
C	69	庶務・人事事務員	0.9433
C	70	受付・案内事務員	0.9600
C	71	電話応接事務員	0.9700
C	72	総合事務員	0.9600
C	74	会計事務従事者	0.9775
C	75	生産関連事務従事者	0.9300
C	76	営業・販売事務従事者	0.8500
C	77	集金人	0.9500
C	78	調査員	0.9400
C	80	運輸事務員	0.8533
C	81	郵便事務員	0.9500
C	82	パーソナルコンピュータ操作員	0.7800
C	83	データ・エントリ装置操作員	0.9900
D	85	小売店主・店長	0.2800
D	86	卸売店主・店長	0.0750
D	87	販売店員	0.9200
D	88	商品訪問・移動販売従事者	0.9400
D	89	再生資源回収・卸売従事者	0.9300
D	90	商品仕入外交員	0.9800
D	91	不動産仲介・売買人	0.9700
D	92	保険代理・仲立人(ブローカー)	0.9200
D	94	医薬品営業職業従事者	0.8500
D	95	機械器具・通信・システム営業職業従事者	0.8500
D	96	金融・保険営業職業従事者	0.4680
D	97	不動産営業職業従事者	0.8600
E	99	家政婦(夫), 家事手伝い	0.6900
E	101	介護職員(医療・福祉施設等)	0.7400
E	102	訪問介護従事者	0.3900
E	103	看護助手	0.6300
E	105	理容師	0.8000
E	106	美容師	0.1100
E	107	美容サービス従事者(美容師を除く)	0.5100
E	108	浴場従事者	0.6600

(表は次に続く)

大分類	小分類	職業名	確率
E	109	クリーニング職，洗張職	0.7750
E	110	調理人	0.6800
E	111	バーテンダー	0.7700
E	112	飲食店主・店長	0.0830
E	113	旅館主・支配人	0.0039
E	114	飲食物給仕・身の回り世話従事者	0.8800
E	115	接客社交従事者	0.9700
E	116	娯楽場等接客員	0.7200
E	117	マンション・アパート・下宿・寄宿舍・寮管理人	0.0039
E	118	ビル管理人	0.8100
E	119	駐車場管理人	0.8700
E	120	旅行・観光案内人	0.4835
E	121	物品一時預り人	0.4300
E	122	物品賃貸人	0.9700
E	123	広告宣伝員	0.5400
E	124	葬儀師，火葬作業員	0.3700
F	126	自衛官	0.0980
F	127	警察官，海上保安官	0.2221
F	128	看守，その他の司法警察職員	0.6000
F	129	消防員	0.0868
F	130	警備員	0.8400
G	132	農耕従事者	0.6400
G	133	養畜従事者	0.7600
G	134	植木職，造園師	0.8600
G	136	育林従事者	0.8700
G	137	伐木・造材・集材従事者	0.8800
G	139	漁労従事者	0.8300
G	140	船長・航海士・機関長・機関士（漁労船）	0.8300
G	141	海藻・貝採取従事者	0.8300
G	142	水産養殖従事者	0.8300
H	144	製鉄・製鋼・非鉄金属製錬従事者	0.8967
H	145	鋳物製造・鍛造従事者	0.9000
H	146	金属工作機械作業従事者	0.8067
H	147	金属プレス従事者	0.8400
H	148	鉄工，製缶従事者	0.6767
H	149	板金従事者	0.9133
H	150	金属彫刻・表面処理従事者	0.9350
H	151	金属溶接・溶断従事者	0.7750
H	153	化学製品製造従事者	0.8433
H	154	窯業・土石製品製造従事者	0.7850
H	155	食料品製造従事者	0.7971
H	156	飲料・たばこ製造従事者	0.7850
H	157	紡織・衣服・繊維製品製造従事者	0.7356
H	158	木・紙製品製造従事者	0.8400
H	159	印刷・製本従事者	0.8550
H	160	ゴム・プラスチック製品製造従事者	0.8225
H	162	はん用・生産用・業務用機械器具組立従事者	0.7350

(表は次に続く)

大分類	小分類	職業名	確率
H	163	電気機械器具組立従事者	0.8567
H	164	自動車組立従事者	0.8100
H	165	輸送機械組立従事者（自動車を除く）	0.7200
H	166	計量計測機器・光学機械器具組立従事者	0.8150
H	167	はん用・生産用・業務用機械器具整備・修理従事者	0.6700
H	168	電気機械器具整備・修理従事者	0.6389
H	169	自動車整備・修理従事者	0.6950
H	170	輸送機械整備・修理従事者（自動車を除く）	0.7100
H	171	計量計測機器・光学機械器具整備・修理従事者	0.7433
H	172	金属製品検査従事者	0.9800
H	173	化学製品検査従事者	0.9800
H	174	窯業・土石製品検査従事者	0.9800
H	175	食料品検査従事者	0.9800
H	176	飲料・たばこ検査従事者	0.9800
H	177	紡織・衣服・繊維製品検査従事者	0.9800
H	178	木・紙製品検査従事者	0.9800
H	179	印刷・製本検査従事者	0.9800
H	180	ゴム・プラスチック製品検査従事者	0.9800
H	182	はん用・生産用・業務用機械器具検査従事者	0.9800
H	183	電気機械器具検査従事者	0.9800
H	184	自動車検査従事者	0.9800
H	185	輸送機械検査従事者（自動車を除く）	0.9800
H	186	計量計測機器・光学機械器具検査従事者	0.9800
H	187	画工，塗装・看板制作従事者	0.9200
H	188	生産関連作業従事者（画工，塗装・看板制作を除く）	0.9200
H	189	生産類似作業従事者	0.6600
I	190	鉄道運転従事者	0.8600
I	191	自動車運転従事者	0.8325
I	192	船長・航海士・運航士（漁労船を除く），水先人	0.2700
I	193	船舶機関長・機関士（漁労船を除く）	0.0410
I	194	航空機操縦士	0.3650
I	195	車掌	0.8300
I	196	甲板員，船舶技士・機関員	0.8300
I	198	発電員，変電員	0.8500
I	199	ボイラー・オペレーター	0.8900
I	200	クレーン・ウインチ運転従事者	0.7150
I	201	建設・さく井機械運転従事者	0.9400
J	203	型枠大工	0.9000
J	204	とび職	0.9000
J	205	鉄筋作業従事者	0.8300
J	206	大工	0.7200
J	207	ブロック積・タイル張従事者	0.7850
J	208	屋根ふき従事者	0.9000
J	209	左官	0.9400
J	210	畳職	0.8700
J	211	配管従事者	0.6200
J	212	土木従事者	0.8800

(表は次に続く)

大分類	小分類	職業名	確率
J	213	鉄道線路工事従事者	0.8900
J	215	電線架線・敷設従事者	0.0970
J	216	電気通信設備工事従事者	0.3200
J	218	砂利・砂・粘土採取従事者	0.9600
K	220	郵便・電報外務員	0.6800
K	221	船内・沿岸荷役従事者	0.7200
K	222	陸上荷役・運搬従事者	0.7200
K	223	倉庫作業従事者	0.8500
K	224	配達員	0.6900
K	225	荷造従事者	0.3800
K	226	ビル・建物清掃員	0.6600
K	227	廃棄物処理従事者	0.5300
K	228	ハウスクリーニング職	0.6900
K	230	包装従事者	0.3800

注) 日本標準職業分類(2009年12月統計基準設定)に基づいた「国勢調査」・「就業構造基本調査」(総務省統計局)における232職業分類を利用。ただし、最終的には232分類のうち、各小分類の「その他」は分析から除いているため、本研究では200分類が対象となっている。職業大分類は下記のとおりである。A 管理的職業従事者、B 専門的・技術的職業従事者、C 事務従事者、D 販売従事者、E サービス職業従事者、F 保安職業従事者、G 農林漁業従事者、H 生産工程従事者、I 輸送・機械運転従事者、J 建設・採掘従事者、K 運搬・清掃・包装等従事者、L 分類不能の職業。表項目の確率は、職業が技術的な意味でコンピュータによって代替可能かどうかの確率を表している。Frey and Osborne (2017) による職業別コンピュータ化確率に基づき、日本標準職業分類に対応させて職業別のコンピュータ化確率を計算している。

表 B.1 平均教育年数とコンピュータ化確率の関係の男女別・都市規模間比較（ウェイト無し）

説明変数	従属変数：平均教育年数			
	男性		女性	
	大都市圏 (1)	中小都市圏 (2)	大都市圏 (3)	中小都市圏 (4)
コンピュータ化確率	-2.284* (0.276)	-2.360* (0.260)	-2.460* (0.257)	-2.485* (0.241)
定数項	14.889* (0.190)	14.523* (0.179)	14.795* (0.173)	14.322* (0.165)
観測数	193	196	168	176
自由度調整済み R^2	0.261	0.295	0.352	0.376

注) 括弧内の数値は標準誤差を表す。観測単位は職業である。*は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表 B.2 平均賃金とコンピュータ化確率の関係の男女別・都市規模間比較（ウェイト無し）

説明変数	従属変数：平均賃金（単位：万円）			
	男性		女性	
	大都市圏 (1)	中小都市圏 (2)	大都市圏 (3)	中小都市圏 (4)
コンピュータ化確率	-0.432* (0.125)	-0.426* (0.113)	-0.715* (0.101)	-0.622* (0.082)
定数項	2.043* (0.086)	1.852* (0.078)	1.513* (0.068)	1.337* (0.056)
観測数	193	196	168	176
自由度調整済み R^2	0.054	0.064	0.227	0.243

注) 括弧内の数値は標準誤差を表す。観測単位は職業である。*は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表 C.1 平均教育年数とコンピュータ化確率の関係の男女別・都市規模間比較（ウェイト付き）

説明変数	従属変数：平均教育年数			
	男性		女性	
	大都市圏 (1)	中小都市圏 (2)	大都市圏 (3)	中小都市圏 (4)
コンピュータ化確率	-2.020* (0.283)	-2.266* (0.299)	-1.236* (0.205)	-1.478* (0.216)
定数項	14.801* (0.199)	14.174* (0.215)	14.018* (0.155)	13.571* (0.160)
観測数	193	196	168	176
自由度調整済み R^2	0.206	0.224	0.175	0.208

注) 括弧内の数値は標準誤差を表す。観測単位は職業である。職業別のウェイトは職業ごとの男女・都市規模グループ内での就業者数を用いている。*は1%水準で統計的に有意であることを示す。

表 C.2 平均賃金とコンピュータ化確率の関係の男女別・都市規模間比較（ウェイト付き）

説明変数	従属変数：平均賃金（単位：万円）			
	男性		女性	
	大都市圏 (1)	中小都市圏 (2)	大都市圏 (3)	中小都市圏 (4)
コンピュータ化確率	-0.738* (0.134)	-0.748* (0.124)	-0.529* (0.082)	-0.535* (0.072)
定数項	2.253* (0.094)	1.979* (0.089)	1.313* (0.062)	1.190* (0.054)
観測数	193	196	168	176
自由度調整済み R^2	0.133	0.154	0.196	0.234

注）括弧内の数値は標準誤差を表す．観測単位は職業である．職業別のウェイトは職業ごとの男女・都市規模グループ内での就業者数を用いている．*は1%水準で統計的に有意であることを示す．

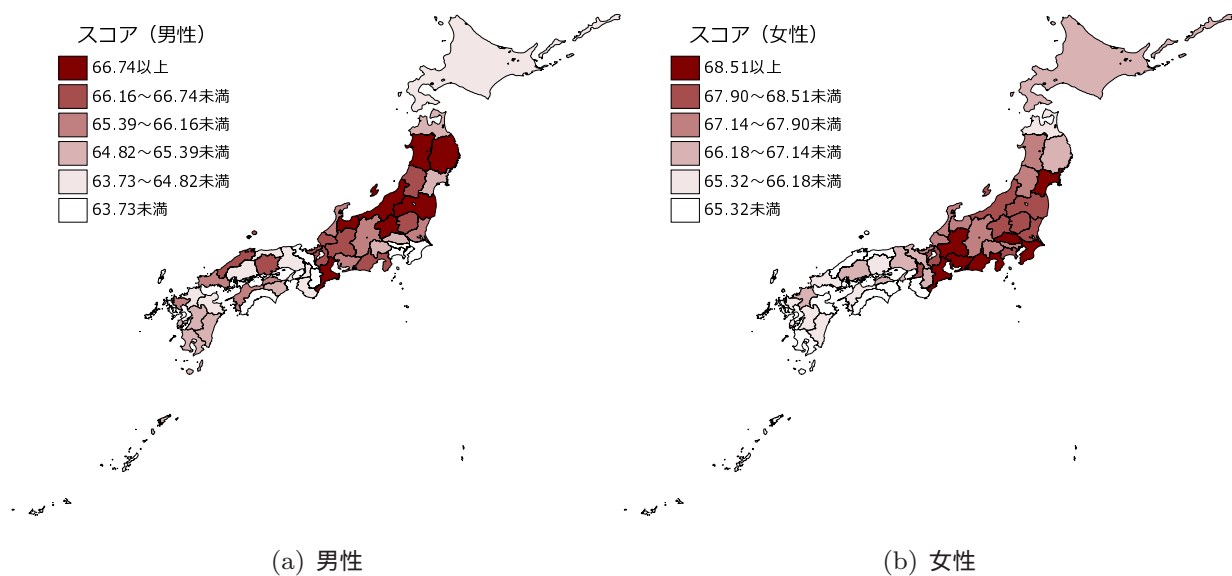


図 1: コンピュータ化に対する雇用のリスクスコアの都道府県分布

注) 2010 年の「国勢調査」(総務省統計局)と Frey and Osborne (2017) のコンピュータ化確率により筆者計算。都道府県別のコンピュータ化に対する雇用のリスクスコアは表 5 を参照。

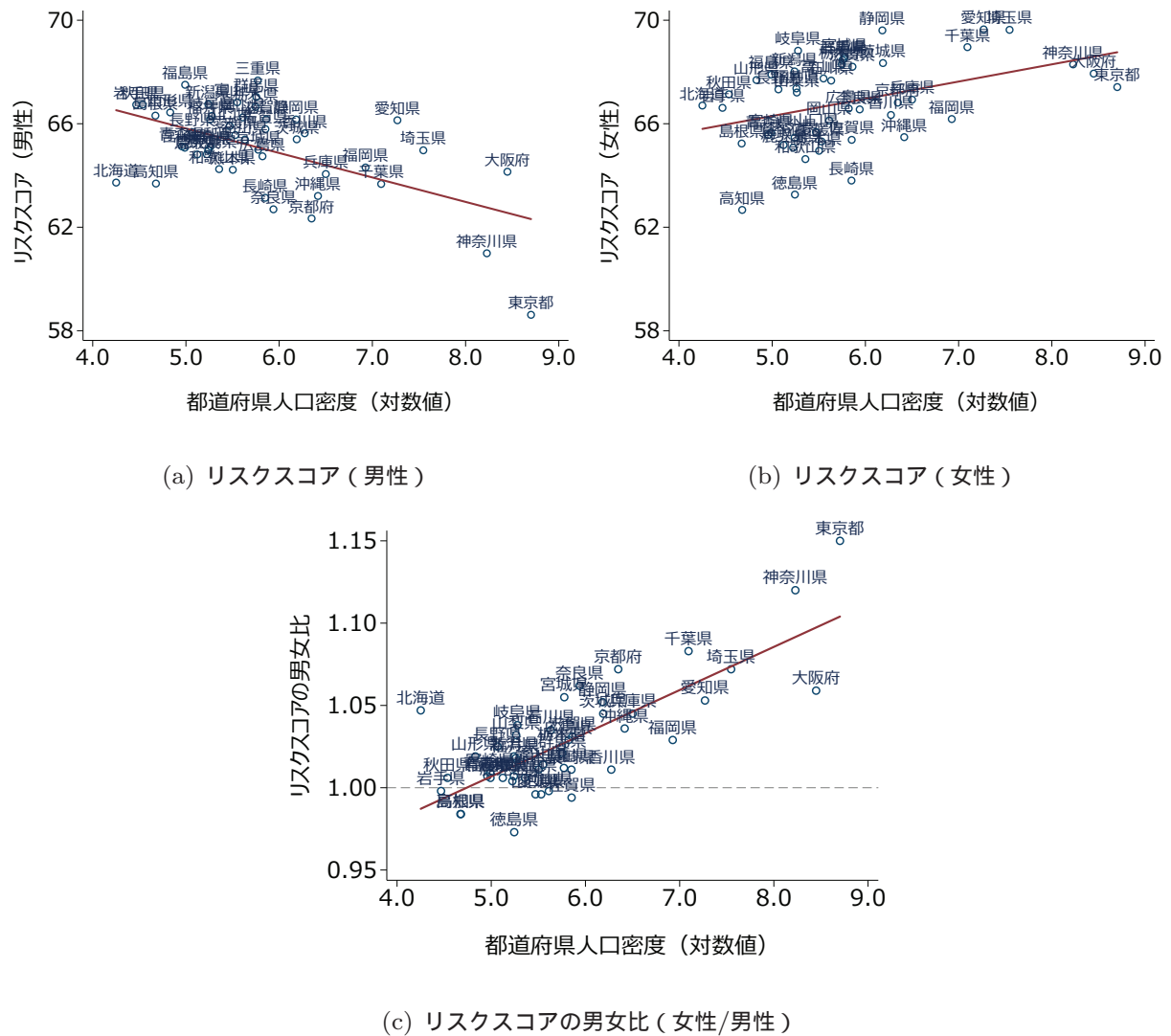


図 2: コンピュータ化に対する雇用のリスクスコアと都市規模の関係

注) 2010 年の「国勢調査」(総務省統計局)と Frey and Osborne (2017) のコンピュータ化確率により筆者計算。男女別・都道府県別の雇用のリスクスコアは表 5 に示されている。パネル (c) における都道府県別のコンピュータ化に対する雇用のリスクスコアの男女比は、女性のリスクスコアを男性のリスクスコアで除して計算している。この比率が 1 であれば、男女間でコンピュータ化に対するリスクの度合いに違いはないことを意味する。もし 1 より大きければ、女性の方が男性と比較して相対的にリスクが高く、もし 1 より小さければ、女性の方が男性と比較して相対的にリスクが低いことを意味する。なお都道府県別のコンピュータ化に対する雇用のリスクスコアは表 5 を参照。

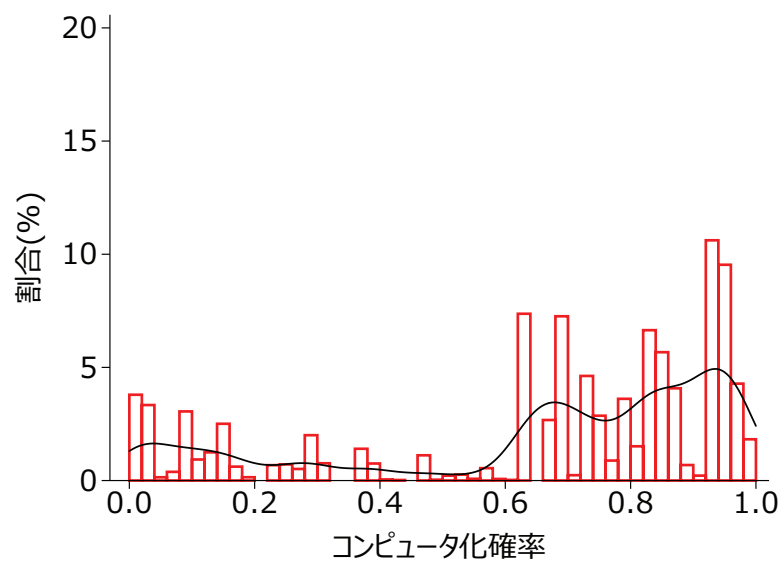


図 3: コンピュータ化確率の分布

注) 2007 年と 2012 年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017)の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。各階級幅のコンピュータ化確率に該当する就業者の割合を表す。階級幅は 0.02 としている。表示されている線はカーネル密度推定(ガウシアンカーネル, バンド幅 0.04)の結果を表す。

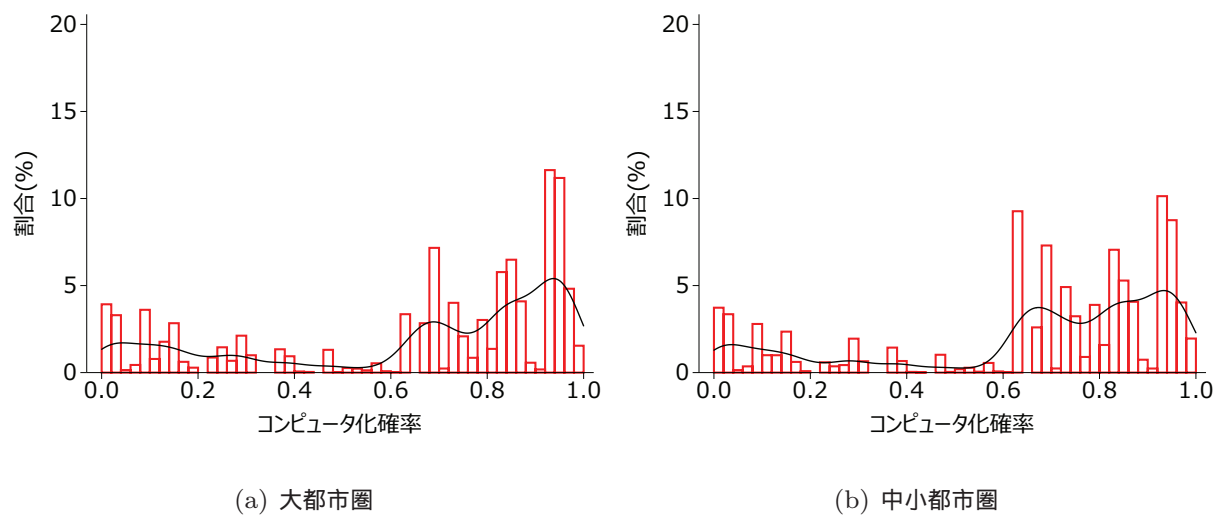


図 4: 都市圏別のコンピュータ化確率の分布

注) 2007 年と 2012 年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017) の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。各階級幅のコンピュータ化確率に該当する就業者の割合を表す。階級幅は 0.02 としている。都市規模グループ内での割合を表す。表示されている線はカーネル密度推定(ガウシアンカーネル, バンド幅 0.04)の結果を表す。

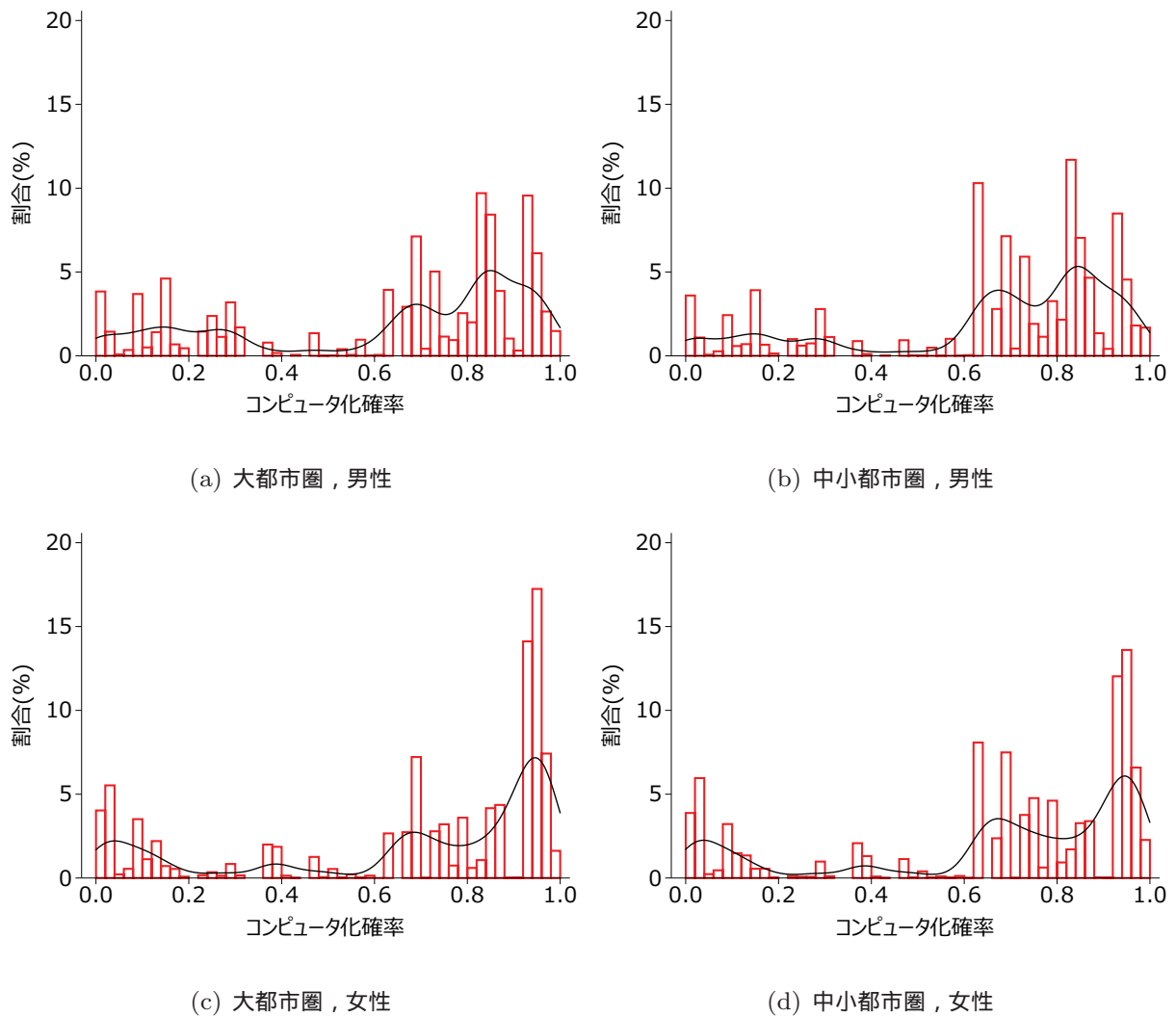


図 5: 男女別・都市圏別のコンピュータ化確率の分布

注) 2007 年と 2012 年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017) の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。各階級幅のコンピュータ化確率に該当する就業者の割合を表す。階級幅は 0.02 としている。男女別の都市規模グループ内での割合を表す。表示されている線はカーネル密度推定(ガウシアンカーネル, バンド幅 0.04)の結果を表す。

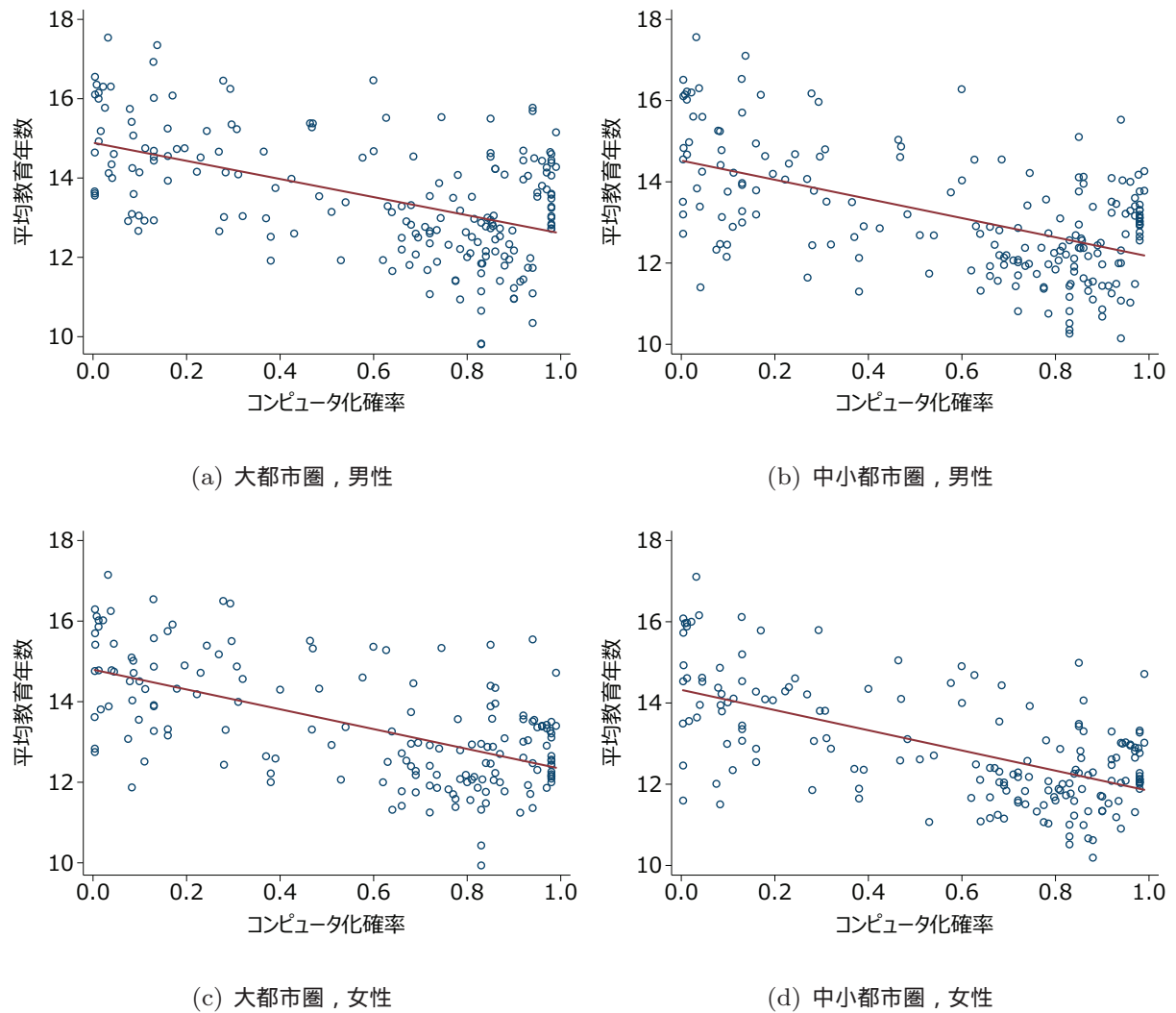


図 6: 男女別平均教育年数とコンピュータ化確率 (ウェイト無し)

注) 2007 年と 2012 年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017) の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。男女別・都市規模別に就業者数が 20 人未満の職業はサンプルから除外。

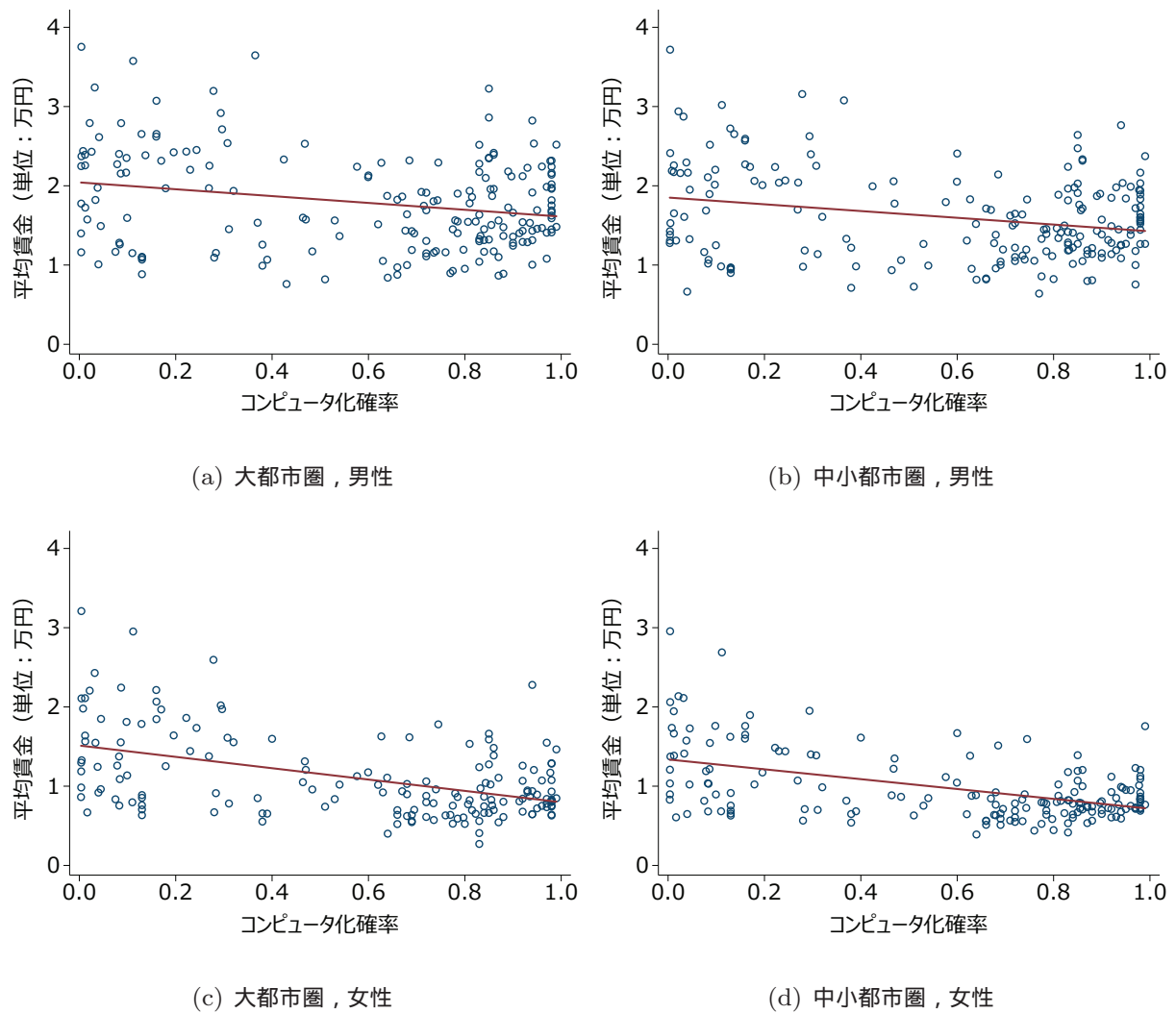


図 7: 男女別平均賃金とコンピュータ化確率 (ウェイト無し)

注) 2007 年と 2012 年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017) の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。男女別・都市規模別に就業者数が 20 人未満の職業はサンプルから除外。

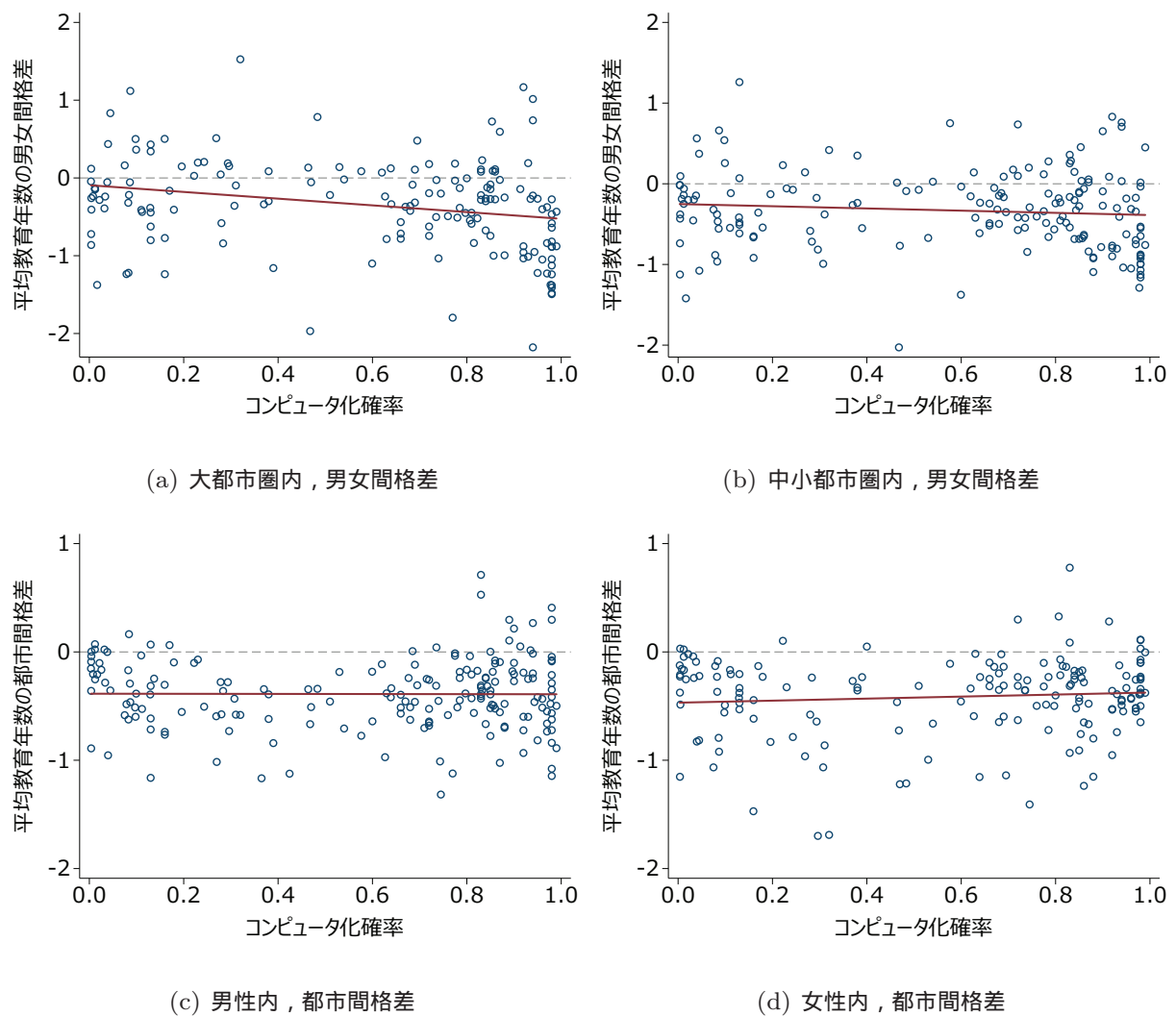


図 8: 平均教育年数の差とコンピュータ化確率

注) 2007 年と 2012 年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017) の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。男女別・都市規模別に就業者数が 20 人未満の職業はサンプルから除外。男女間格差は女性から男性を引いた値として計算。都市圏格差は中小都市圏から大都市圏を引いた値として計算。

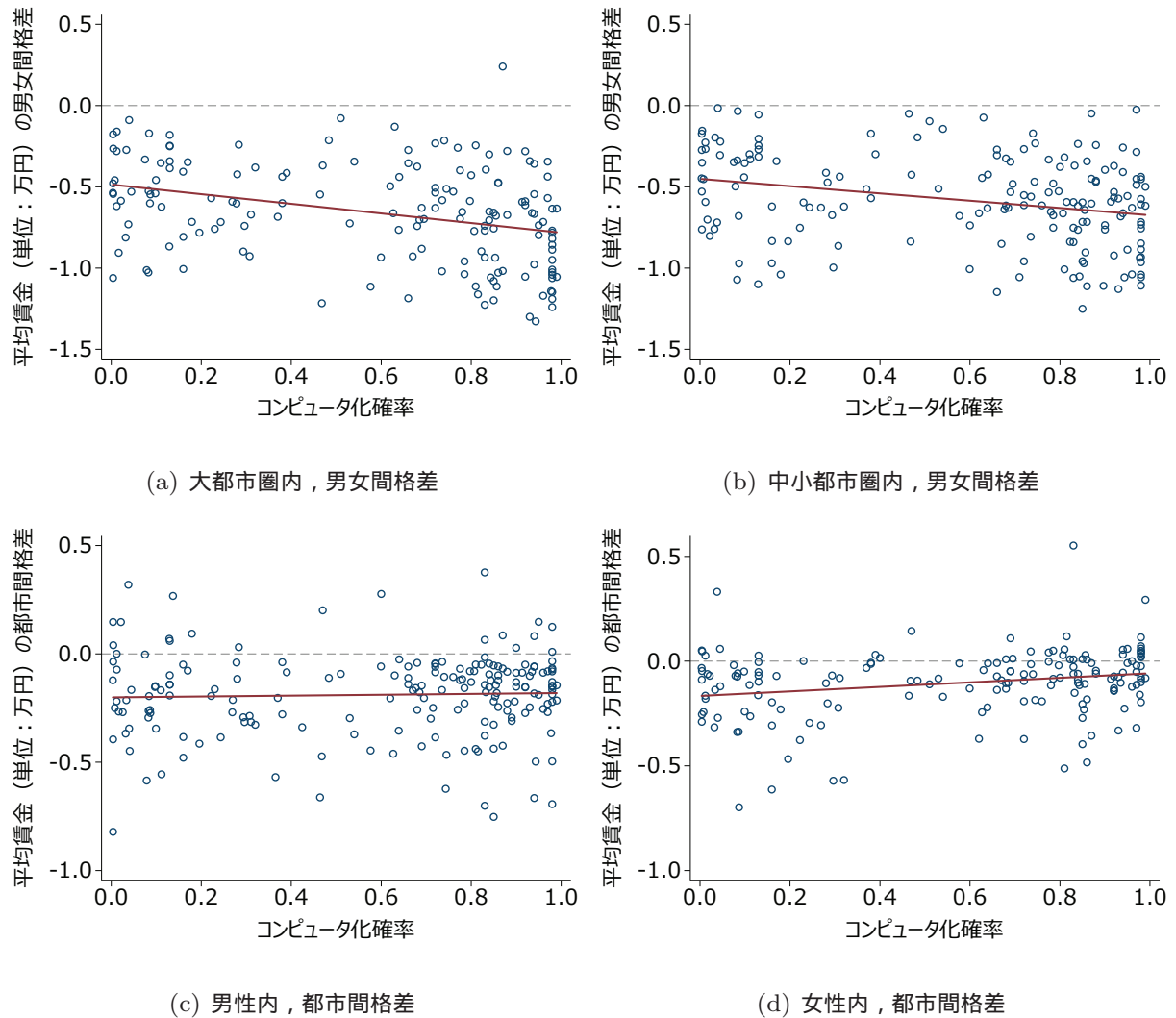


図 9: 平均賃金の差とコンピュータ化確率

注) 2007 年と 2012 年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017) の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。男女別・都市規模別に就業者数が 20 人未満の職業はサンプルから除外。男女間格差は女性から男性を引いた値として計算。都市圏格差は中小都市圏から大都市圏を引いた値として計算。

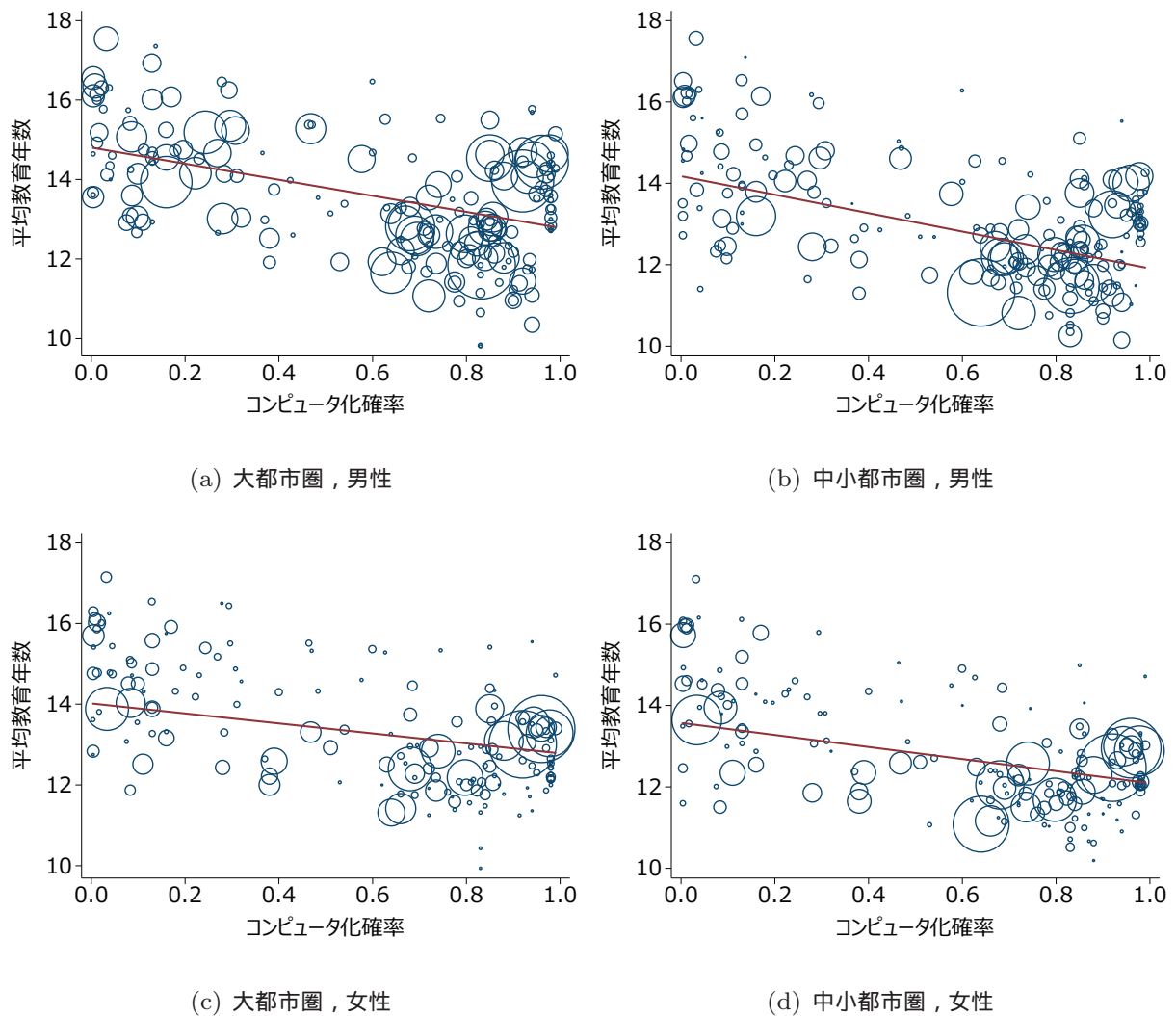
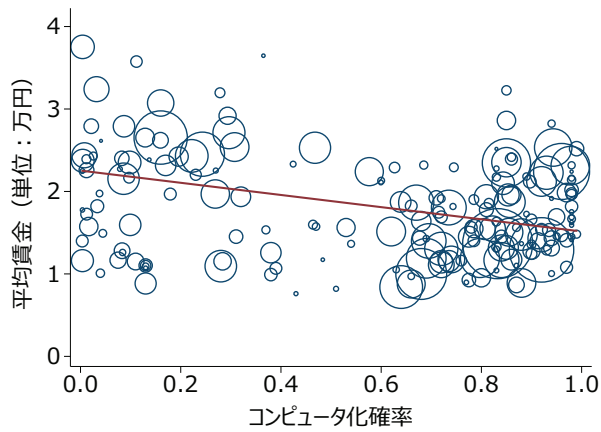
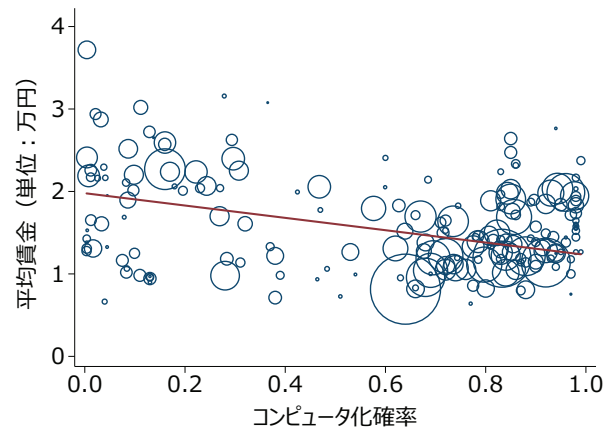


図 C.1: 男女別平均教育年数とコンピュータ化確率 (ウェイト付き)

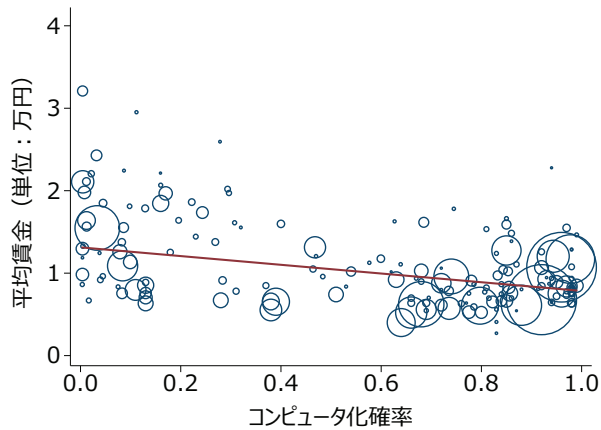
注) 2007年と2012年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データと Frey and Osborne (2017)の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。マーカーの円のサイズは各職業のウェイトの大きさを表す。ウェイトはその職業の男女・都市規模グループ内での就業人口を表す。男女別・都市規模別に就業者数が20人未満の職業はサンプルから除外。



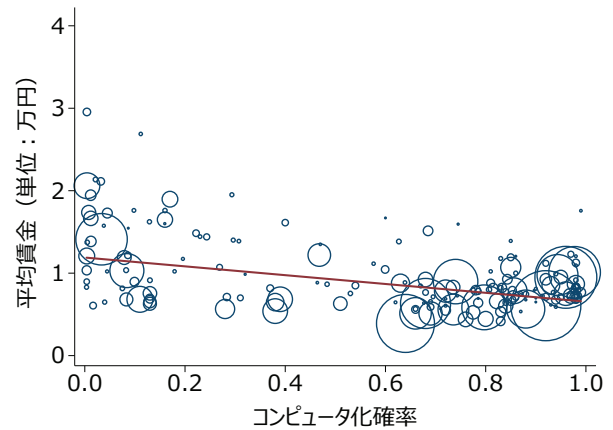
(a) 大都市圏, 男性



(b) 中小都市圏, 男性



(c) 大都市圏, 女性



(d) 中小都市圏, 女性

図 C.2: 男女別平均賃金とコンピュータ化確率 (ウェイト付き)

注) 2007年と2012年の「就業構造基本調査」(総務省統計局)の個票データとFrey and Osborne (2017)の職業別コンピュータ化確率より筆者計算。マーカーの円のサイズは各職種のウェイトの大きさを表す。ウェイトはその職業の男女・都市規模グループ内での就業人口を表す。男女別・都市規模別に就業者数が20人未満の職業はサンプルから除外。