

RIETI Policy Discussion Paper Series 18-P-009

人工知能AI等が雇用に与える影響;日本の実態 Digitization, Computerization, Networking, Automation, and the Future of Jobs in Japan

岩本 晃一経済産業研究所

田上 悠太 統計数理研究所



人工知能 AI 等が雇用に与える影響:日本の実態1

Digitization, Computerization, Networking, Automation, and the Future of Jobs in Japan

岩本晃一(経済産業研究所/日本生産性本部)、田上悠太(統計数理研究所)

要 旨

2013年9月、オックスフォード大学のフレイ&オズボーンは、米国において10~20年内に労働人口の47%が機械に代替されるリスクが70%以上という推計結果を発表し、それを契機に世界中で「雇用の未来」に関する研究ブームが発生した。日本はそうした研究ブームとはほとんど無縁で、メディアが47%という数字を取り上げ、人々の不安を煽ってきた。47%という数字は本当か? という疑問が本課題に取り組み始めた動機である。事実に基づいた科学的で冷静な議論が必要である。

第2章は、フレイ&オズボーンの推計について、詳しく分析している。我々同様、フレイ&オズボーンの推計に疑問を持つ人々は多くいた。そうした人々の推計結果を載せている。第3章は、これまで世界中から数多くの論文等が発表され、いくつかの点が解明され、またコンセンサスが得られた内容である。現在、研究ブームはピークを越え、世界はそこから得られた対策に乗り出しつつある。2017年以降、顕著な研究成果はほとんど発表されていない。第4章は、「雇用の未来」の課題を、国として最も深刻に捉え、政府主導で取り組んできたドイツの動向を紹介する。ドイツ人も私と同じ疑問を持ったようだが、調査研究の規模において日本の比ではない。ドイツ政府は、「労働4.0 (独Arbeiten4.0, 英Work4.0) プロジェクト」を実施してきた。そのドイツも、2016年11月、「白書:労働4.0」White Paper Work 4.0 [2016]を発表し、調査分析は一段落ついた。いまは具体的な対策に乗り出している段階である。第5章は、本稿のメインテーマである「人工知能AI等が雇用に与える影響について日本の実態を調査」したものである。まず筆者は、日本企業の現場を訪ね歩き、日本型雇用の下で新技術がどのような形で導入されつつあるか、現地調査した。次に、日本企業全体の実態を把握するため、2017年8月、約1万社を対象にアンケート調査を実施した。そのアンケート調査から導出される日本企業の動向・実態を詳しく述べる。第6章は、以上の調査研究の結果、導出される政策である。

キーワード: AI、フレイ&オズボーン、ドイツ Arbeiten4.0、第4次産業革命 JEL classification: J00, M10, M11, M12, 030

RIETIポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETIの研究に関連して作成され、政策を巡る議論にタイムリーに貢献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。

¹この論文は、RIETIにおけるプロジェクト「IoTによる生産性革命」の研究成果である。本稿の原案に対して、長岡 貞男教授(東京経済大学)RIETIファカルティフェロー/プログラムディレクター、経済産業省職員ならびに経済産業 研究所ポリシー・ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

人工知能 AI 等が雇用に与える影響:日本の実態

岩本晃一(経済産業研究所上席研究員(特任)/日本生産性本部) 田上悠太(統計数理研究所特任助教)

- 1 はじめに
- 2 フレイ&オズボーンの推計
- 3 これまでに解明・合意された点
- 4 ドイツの動向
- 5 日本の動向
- 6 導出される社会政策
- **フ さいごに**

参考文献

付録 I. 業種分類と大企業、中小企業の分類方法について

1 はじめに

2013年9月、オックスフォード大学のフレイ&オズボーンは、米国において10~20年内に労働人口の47%が機械に代替されるリスクが70%以上という推計結果を発表(Frey & Osborne, 2013)し、それを契機として、世界中で「雇用の未来」に関する研究ブームが発生した。日本はそうした研究ブームとはほとんど無縁で、メディアが47%という数字を取り上げ、人々の不安を煽ってきた。47%という数字は本当か?という疑問が、本課題に取り組み始めた動機である。事実に基づいた科学的で冷静な議論が必要である。本稿は、次の構成から成っている。

第2章は、フレイ&オズボーンの推計(Frey & Osborne, 2013)について、詳しく分析している。我々同様、フレイ&オズボーンの推計に疑問を持つ人々は多くいた。そうした人々の推計結果を載せている。

第3章は、これまで世界中から数多くの論文等が発表され、いくつかの点が解明され、またコンセンサスが得られた内容である。現在、研究ブームはピークを越え、世界はそこから得られた対策に乗り出しつつある。2017年以降、顕著な研究成果はほとんど発表されていない。これまで発表された論文等の特徴を3つ挙げると、1つめは、科学者の良心に従い、責任を持ってぎりぎり予測可能な約20年先程度までを議論の対象としている。さらに

その遙か先のどのような技術が出現するかわからない時代の空想物語SFを前提とした議論は見当たらない(注1)。2つめは、論文等では、AIやロボットといった言葉は見当たらず、「自動化(オートメーション)」という言葉でほぼ統一されている。すなわち西洋文明のなかで暮らしている人から見れば、過去、現在、未来を通じて一貫して流れている「技術進歩」とは「自動化」であり、IT、IoT、AI、ロボットなどは、そのなかの一部の概念でしかない。3つめは、AIは人間の雇用を奪うか、といった2極対立的な議論が展開されているのは日本だけの特徴であり、論文等では、「自動化」が進めば、「雇用の未来」はどうなるか、という「雇用の質」「雇用の構造問題」として課題設定されている(リサーチクエスチョン)。

第4章は、「雇用の未来」の課題を、国として最も深刻に捉え、政府主導で取り組んできたドイツの動向を紹介する。ドイツ人も私と同じ疑問を持ったようだが、調査研究の規模において日本の比ではない。ドイツ政府は、「労働4.0(独Arbeiten 4.0、英Work 4.0)プロジェクト」を実施してきた。「独り勝ち」と言われるほど強力な経済力を生み出している製造業分野で、もし第2の「ラッダイト運動」が起きれば、経済は壊滅的になるという恐怖がドイツ人の脳裏を横切ったのだと思う。今から200年ほど前に英国で起きたラッダイト運動は、いまでも欧州の人々の脳裏に生々しく残り、語り継がれていると思われる。そのドイツも、2016年11月、「白書:労働4.0」White Paper Work 4.0[2016]を発表し、調査分析は一段落ついた。いまは具体的な対策に乗り出している段階である。こうしたドイツの動向を述べる。

第5章は、本稿のメインテーマである「人工知能AI等が雇用に与える影響について日本の実態を調査」したものである。まず筆者は、日本企業の現場を訪ね歩き、日本型雇用の下で新技術がどのような形で導入されつつあるか、現地調査した。次に、日本企業全体の実態を把握するため、2017年8月、約1万社を対象にアンケート調査(平成29年度「我が国の企業のIoTに関する調査」(注2))を実施した。そのアンケート調査から導出される日本企業の動向・実態を詳しく述べる。

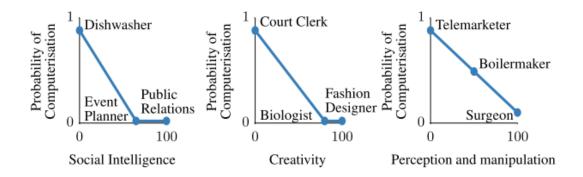
第6章は、以上の調査研究の結果、導出される政策である。

本稿の執筆に当たっては、波多野文客員研究員(高知工科大学)に謝意を表したい。

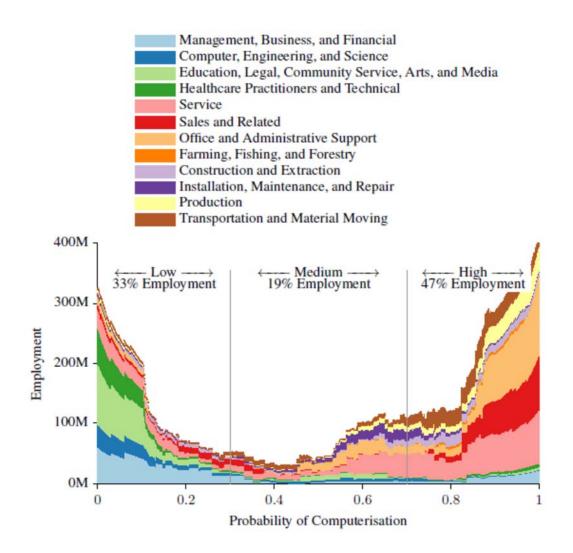
2 フレイ&オズボーンの推計

人工知能AI等が普及し、多くの仕事が自動化されることが、これからの雇用にどのような影響を与えるのか。この問題については、米国、ドイツなどで盛んに研究がなされてきた (Autor, 2015; Frey & Osborne, 2013; Lorenz, Rüßmann, Strack, Lueth, & Bolle, 2015; OECD, 2016)。これらの研究の端緒となったのが、Frey & Osborne[2013]の研究である。彼らは、機械学習やビッグデータによるパターン認知の進展により、これまで機械には代替されな

いと考えられてきた非ルーティン作業の仕事も、機械が担う可能性が高まっていることを指摘した。そして、O*NETという米国の職業データベースに基づき、米国に存在する702の職業一つひとつについて、その職業がどの程度機械に代替されにくい性質を持っているかを数値化し、各職業の自動化可能性を算出した。非ルーティン作業も含めたモデルをもとに、「社会的知能」「創造性」「知覚と操作」を、機械が人間の仕事を代替する上でのボトルネックとなる変数としてモデルに組み込み、2010年の米国の全雇用の代替可能性を算出した。その結果、米国人の総労働者数の約47%は、今後10年から20年のうちに機械に代替される可能性が70%を超えることが推計された(図1、図2)。



(図1) 機械が人間の仕事を代替する上でのボトルネックとなる変数の略図出典) Frey & Osborne[2013]



(図2) 2010年の米国の全職業の機械代替可能性の分布

注釈) 機械に代替される可能性が0~30%の職業に米国全労働人口の33%が従事している。同様に、機械代替可能性が30~70%の職業に19%の労働人口が、機械代替可能性が70~100%の職業に47%の労働人口が従事している。

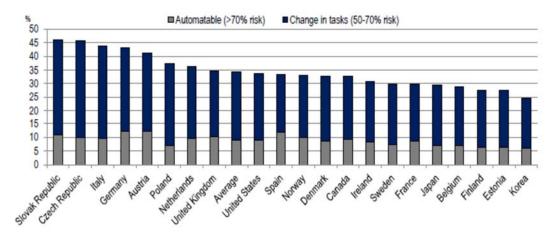
出典) Frey & Osborne[2013]

「雇用の未来」に関する主要論文等の数は恐らく100本を超えていて、細かいものまで含めれば数百本の可能性がある。そのなかで、Frey & Osborne[2013]は、世界的な研究ブームの先陣としての役割は評価できるものの、その推計値は最も極端な値となっている。2016年10月、マイケル・オズボーン准教授が来日した際、「どのような意図、いかなる前提で試算したのか」と質問したところ、「技術的な可能性を示しただけ、雇用増の部分は一切考慮していない。」との回答が返ってきて、拍子抜けした。ここで同氏が言った「技術的な可能性を示しただけ」とは、例えば自動運転技術が実験室レベルでも開発される

と、その瞬間に世界中の全ての運転手が100%機械に代替される可能性があるということである(注3)。

ドイツ政府は、マンハイムにあるZEW研究所(Zentrum fur Europaische Wirtschaftsforschung, 英Centre for European Economic Research)に委託し、Frey & Osborne[2013]の推計結果を、同じ前提の下で検証させたところ、米国は47%でなく9%、ドイツ12%だった。2つの試算が大きく異なる主な理由は、ある「職(job)」の「仕事(work)」を多くの「作業(task)」に分解し、一つひとつの「作業(task)」が、いつ機械に代替されるか、という検証を行い、全ての「作業」が100%機械に代替されるときに「職」が代替されるという、より緻密な試算を行ったからである。

Frey & Osborne[2013]が発表された後、これに追随するように多くの研究機関から自動化 によって雇用が将来的に増加するのか、減少するのか、また、どのような職種が機械に置 き換わりやすいのかを検討した論文やレポートが発表された。いくつかの論文やレポート では、自動化により労働者がこなすタスクは変化するが、Frey & Osborne[2013]の予測する ほど極端な雇用の減少は生じないと予測している。例えば、Arntz, Gregory, & Zierahn[2016] は、ドイツのZEW研究所と同様、労働者がこなす仕事は多くの場合様々なタスクに細分化 されるため、職業ごとに機械化可能性を推計するのではなく、タスクごとに検討し、各職 業に還元して考えるべきだと主張した。彼らは、タスクベースでOECD加盟国(21ヶ国) の職業の自動化可能性を推計した場合、自動化可能性が70%を超える職業は平均9%であ ることを報告した。米国も9%であった(ZEWの推計結果と一致)。彼らの報告では、最 も自動化される職業のシェアが高いオーストリアでは12%、シェアの低い韓国では6%で ある(図3の上の部分)。そして、大半の職業は、自動化可能性が50%程度の職業、すな わち、職業を構成するタスクのうち、半分程度が自動化され、残りの半分は従業員が自ら こなすようなタイプの職業である(図3の下の部分)。OECDレポートでは、彼らの研究結 果に基づき、自動化による雇用の大幅な減少は生じないが、多くの仕事は自動化により仕 事内容が変化する可能性が高いため、労働者は仕事内容の変化に適応する必要があると指 摘している(OECD, 2016)。

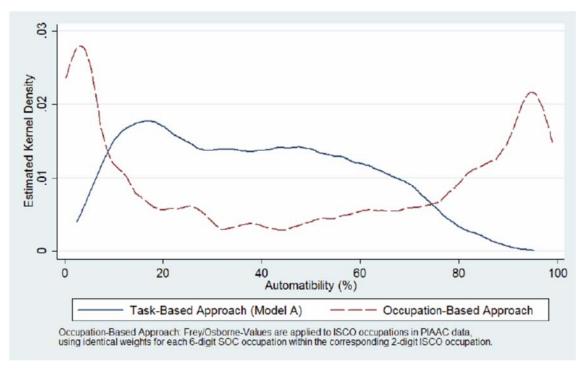


(図3) 機械代替リスクが高(70%以上)及び中(50~70%)の職業に就いている労働者の割合

出典) OECDレポート[2016]

Frey & Osborne[2013]では 職業ベースで自動化リスクを分析した。しかし、多くの職業は、複数のタスクに細分化される。各職業を構成するタスクの自動化可能性を分析し、各職業の自動化可能性の再分析を行った。タスクベースで分析すると機械への代替可能性は低減した。

職業をタスクに細分化して自動化可能性を算出すると、自動化リスクが中程度の職業が大部分を占める結果になった(Arnz, Gregory, & Zierahn, 2016)。フレイ&オズボーンが作成した図(図2)と同様の図を作成したところ、前者の図は、中央が下がって両側が高くなっていたが、タスクベースで分析した図は、逆に、中央が盛り上がり、両側が下がるという形になった。その結果、「米国において10~20年内に労働人口の47%が機械に代替されるリスクが70%以上」というフレイ&オズボーンの推計は「米国において10~20年内に労働人口の9%が機械に代替されるリスクが70%以上」という推計結果となった(図4)。



(図4) 米国における各職業の自動化可能性(PIAACデータを元に算出) 出典) Arnz, Gregory, & Zierahn[2016]

自動化に伴う生産性の向上によって、新たな雇用が創出されるとの推計もある。ドイツ・ミュンヘンにあるボストン・コンサルティング・グループが発表したレポート (Lorenz, Rüßmann, Strack, Lueth, & Bolle, 2015) では、ドイツの産業労働が、2014年から 2025年にかけて自動化によりどのように変化するかを、自動化の普及率と自動化による売り上げの年平均成長率をもとに予測した。この分析から、売り上げの年平均成長率が 1%、自動化の普及率が50%の段階で、35万人の雇用が新たに創出されるという結果が得られている(Lorenz et al., 2015)。ただし、分野によって雇用の成長が見込めるかどうかが異なる点に注意が必要である。同レポートによると、労働の自動化・機械化の普及によって雇用の増加が期待されるのはITやデータインテグレーション分野、研究開発、ヒューマンインターフェース関連分野である。これに対し、生産や品質管理、メンテナンス関連の職種は雇用の減少が見込まれる。

Bessen[2016]も、ボストン・コンサルティング・レポートと同様に機械化による雇用の増加と減少が同時に生じるとする結果を報告している。Bessen[2016]は、コンピュータを頻繁に利用する職種は業務の自動化度合いが高いと仮定し、各職種・産業内で労働者がコンピュータを利用する頻度を独立変数として、産業全体の職業別雇用需要の単純モデルを構築した。その結果、コンピュータを利用する職種は利用しない職種に比べて雇用成長率が高い(標本平均で1.7%の増加)ことが明らかになった。ただし、雇用の成長と同時に雇用の代替効果も存在し、同一産業内にコンピュータを利用する別の職業がある限り、雇用

成長率は低下する傾向があることも明らかになった。これは、その産業内において、コンピュータを使用しない職業が、コンピュータを使用する職業に代替されるということが生じるためである。そのため、コンピュータによる雇用の増加は雇用の代替効果に相殺され、年間0.45%の成長に抑えられる。コンピュータを使いこなす技術を習得できるかが、この先仕事を失うかどうかに影響する可能性がある。

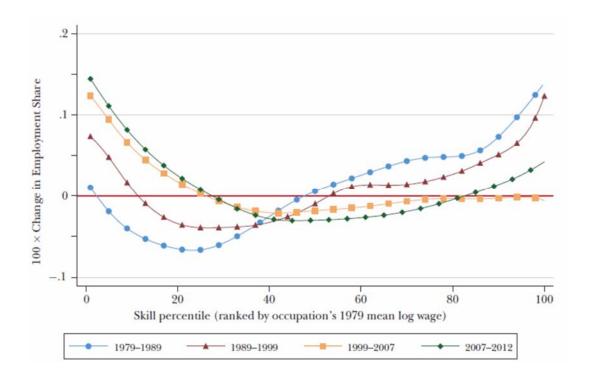
以上をまとめると、自動化が雇用を奪うのか、創出するかは、Frey & Osborne[2013]が予 測したほど極端な事態には陥らないとする見方の方が多い。Arntz et al.[2016]は、テクノロ ジーが実際にどこまで実用化されるかという現実の動向と、研究者が推計のなかで前提と する技術的な可能性には乖離があること、労働者が新たなテクノロジーを学ぶことで、新 たな仕事に適応できる可能性が十分にあることを考慮した上で自動化と雇用の未来を考え る必要があるとしている。ただし、教育レベル間の格差が増大し、低スキルの労働者に対 する教育訓練や時間のコストがテクノロジーの進歩を上回る可能性があることも同時に指 摘している。また、機械が苦手とする相互作用、環境に対する反応の柔軟性、適応力、問 題解決能力は、グーグルの自動運転や人工知能のワトソン(Watson)など、環境の整備や 機械学習によって着実に機械化の試みが進められていることも事実である (Autor, 2015)。雇用創出を予測する論文やレポートでも、基本的にはすべての職業で雇用が伸び るわけではなく、雇用が増える業種と減る業種が出現するという結果を報告している。具 体的には、自動化技術を提供する業種(IT、データインテグレーション、研究開発分野な ど)は雇用が増大するが、製造、物流、品質管理、メンテナンス、製紙・印刷業などは雇 用が減少することが見込まれている。ドイツの労働社会省がまとめたWhite Paper Work 4.0[2016]でも、同様の見通しがなされている。また、ドイツのIABレポート[2016] (Institut fur Arbeitsmarkt- und Berufsfenschung, 英The Institute for Employment Research) は、ルーティ ン作業が機械に代替されることで、デジタル経済化が進み、デジタル技術が直接導入され ないサービス業の職業構造も変化する可能性があると指摘している。それゆえ、過度に楽 観視せず、状況の変化に対応する準備が必要になる。

3 これまでに解明・合意された点

3.1 スキル度別の雇用の変化

自動化によって影響を受けるのは、雇用の増減だけではない。ボストン・コンサルティング・レポートが指摘するように、雇用の増加は職種により異なっているため、労働者を取り巻く雇用状況も変化する。OECDレポートは、自動化により雇用が高スキルの仕事と低スキルの仕事に二極化すると指摘している(OECD, 2016)(図4)。すなわち、専門的な技能を必要としない低スキルの仕事と技能を要する高スキルの仕事は需要が高まるが、中程度のスキルを要する仕事の需要は低下する。このような雇用の二極化は、2000年代前半から2010年代後半にかけてすでに生じており、中程度のスキルを要する雇用はこの20年で減少して

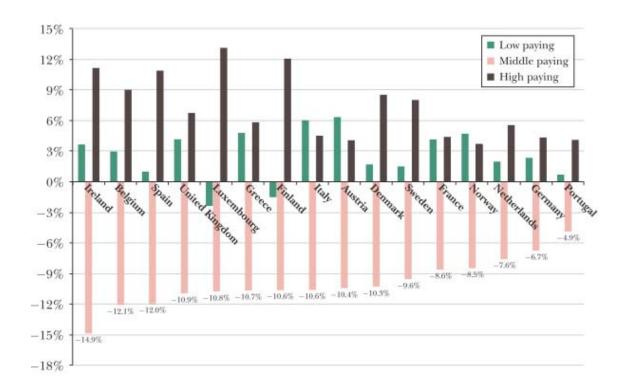
いる。OECDレポートでは、高次の問題を解決する認知技術は機械による置き換えリスクは 比較的少ないとしているが、Autor[2015]は、米国における、1979年から2012年にかけてのス キル度別に見た雇用割合の変化を10年おきに計測したところ、①スキル度が中レベルの雇 用が失われ、スキル度が低・高レベルの雇用が増加している。これは、先進国での経済格差 拡大の要因の1つと言われている。②雇用が失われる境界が、より高スキルへ移動している。 すなわちより専門的な高スキルを要する仕事にも機械による代替が広がっていることを指 摘している。機械技術の進展がどの程度のスキルを要する仕事まで影響を及ぼすかは不明 確である(図5)。



(図5) 米国における、1979年から2012年にかけてのスキル度別職業に見た10年ごとの雇用割合の変化

出典) Autor[2015]

また、Autor[2015]は、欧州における、1993年から2010年の雇用状況の変化についても計測した。中間スキル(販売、事務と管理サポート、生産・修理、オペレーター・肉体労働者など)の雇用が減少し、問題解決や創造性を要する高スキルの雇用、介護や食事の提供などのマニュアル仕事を行う低スキルの雇用が増大している。

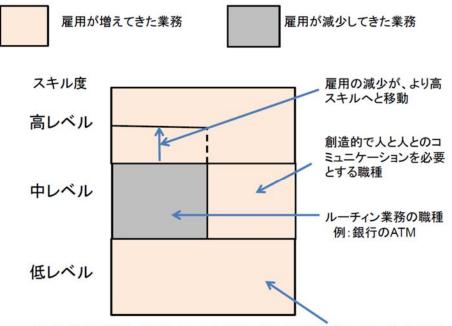


(図6) 欧州における、1993年から2010年にかけてのスキル度別職業に見た雇用割合の変化

出典) Autor[2015]

以上を概念的にイメージ図にしたものが、(図7)である。雇用が減っているのは、「スキル度が中レベルのルーティン業務」である。そして雇用が失われる境界が、より高スキルへと移動している。

このイメージ図では、「スキル度が中レベルのルーティン業務」の面積が小さく描かれているが、現実的には、この領域で働く人が最も多い最大のボリュームゾーンである。そのため、自動化が進むことにより失われる雇用は、とても大きい。



一部の作業は、機械で代替されつつあるが、人間全体を機械で100%代替するまでには至っていないため、雇用数自体は増加 例:ビルやトイレの清掃員

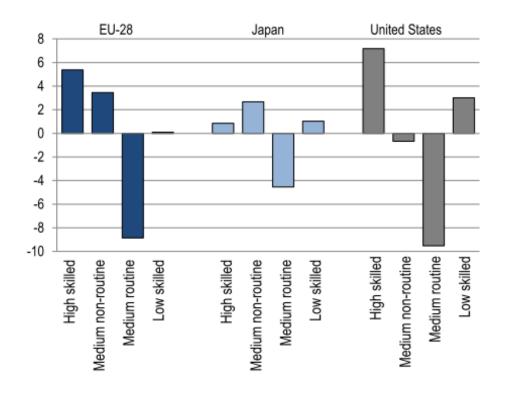
(図7) 雇用が増加又は減少した職業

それらの結果を、米国、日本、EU別に分けて図にすると、(図8)のようになる。米国は、中スキルの減少及び高・低スキルの増加が大きい。恐らく、技術進歩にそのまま雇用を合わせて推移したものと思われる。この現象は、米国における経済格差拡大の要因の1つとされている(注4)。一方、日本は、各レベルにおいて変化の割合が小さい。現状維持の傾向が強く、機械で代替できる部分で人間が働いていたり、高スキル人材を養成していない。技術進歩に対して雇用状態が合っていないため、生産性低下、企業競争力低下を招いているのではないか。

なぜ、日本はこうなっているのだろうか?2017年4月、ある大手企業の人事部長及び労働組合が参加する講演会において、参加者に質問したところ、参加者の回答は「社員の雇用を会社の中で守ろうとするため」との内容でほぼ一致した。雇用を守るため、機械化による効率化よりも人間による非効率な仕事を温存している可能性がある。順送り人事、過去と同じ業務の繰り返し、働き方の現状維持、である。日本の風土のなかで、米国のような大きな雇用変化が人間の幸せにつながるかどうかわからないが、技術進歩にもかかわらず、雇用の現状維持を続けることは、企業のイノベーションの足を引っ張り、生産性の低下、競争力低下につながり、米国企業などとのグローバル競争に負ける要因の1つにはなっている。その結果、リストラにつながり、雇用機会が減少する。技術進歩を阻害しない「働き方改革」が求められる。

人間を機械に置き換えた結果、企業競争力が高まり、売り上げが増え、総雇用者数は増

えるかもしれない。雇用者を守るために、技術進歩にも関わらず、旧態依然とした雇用形態を存続させた結果、生産性が落ち、企業競争力が落ち、リストラせざるを得ない状況に至ることもある。すなわち、機械に雇用を奪われることを心配している間に、機械化の進んだ外国企業に負けて大規模リストラになってしまう方がもっと悲惨である。工業統計を見ると、グローバル競争の結果、過去30年間で日本から電気機械産業がほぼ失われてしまったことがわかる。いま日本経済を唯一支えている自動車産業にもし何かあれば日本経済はどうなるのだろうか、と思うとぞっとする。自動車産業は、今後10~20年、電気自動車(EV)化、AI搭載、3次元プリンター、所有からシェアリングへなどの大きな構造変化に対応しなければならず、数多くの部品サプライヤーのうちどこまでが対応し、生き残っていけるかわからない。



(図8) EU、日本、米国の被雇用者割合の変化(2002-2014年) 出典) OECDレポート[2016]

これらの論文等の分析結果により、過去の動向分析についてはほぼ世界的なコンセンサスができあがっている。すなわち、第一に、スキル度が中レベルの雇用が失われ、スキル度が低・高レベルの雇用が増加している。第二に、雇用が失われる境界が、より高スキルへと移動している(例えば、弁護士事務所での法律検索、会計事務所での経理処理、証券会社での株取引)(図7)。

こうした技術進歩の影響を受けた雇用の変化は、先進国での経済格差拡大の要因の1 つとされている。「通商白書2017」は、「IMFでは、1980~2006年の先進国20ヶ国、新興国 31ヶ国により構成される51ヶ国を対象にジニ係数の変化に関する要因分解を行った結果、『格差に対する影響が最も強いのは技術革新』と結論付けている。すなわち先進国の経済格差拡大の主な要因は技術革新(IT投資)である。」と述べている。

スキル度が中レベルの職のうち、雇用が減少しているのは、「ルーティン業務の職」である。例えば、最近進行している事例としては、①コールセンターにおいて、オペレーターが人工知能に、②証券会社において、株トレーダーが人工知能に(高速取引、と呼ばれている)、③弁護士事務所において、過去の判例検索が人工知能に、④会計事務所において、定型的な経理処理が人工知能に、⑤証券アナリストは、企業の決算発表を人工知能が読んで図表を作成、⑥病院において、過去の症例を学習、患者の検査結果を見て病名と治療を医師に助言、などがある。

ルーティン業務は、ロジックに基づいているので、プログラム化が容易である。人間がその業務を行う上で、高い能力を要求され、訓練に時間を要する業務であっても、ルーティン業務であれば、機械に代替される可能性が高い。一方、中レベルの職のなかでも「人と人とのコミュニケーションを要する職」の雇用は、増えている。

スキル度が低レベルの雇用が増えていることに疑問を持たれる方もいると思うが、一部の重労働などは、機械で代替されつつあるものの、人間全体を機械で100%代替するまでには至っていないので、仕事量が増えるに従って、雇用数も増えている。例えば、トイレやビルの清掃員は、清掃に用いる道具は機械化が進んで重労働から解放されつつあるが、トイレやビルが増えるに比例して雇用者も増えている。だが、スキル度が低レベルの業務は、機械が人間を100%代替する日は「いつか必ず」来るので、その日を境に雇用が減少に転じるだろうとされている。

一方、新技術が導入されると、それまでは労働市場に参加できなかった人が新たに労働市場に新規参入できるケースもある。例えば、パソコンやスマホに慣れた若者は、油まみれの工場の中で働くことはできないかもしれないが、一日中、パソコンに向かってアプリを開発することはできる。このように、失われる雇用ばかりに気を取られるのでなく、逆に、これまでの技術の下では働けなかった人々が、新たな技術の下で労働市場に参入できる、という現象も見逃してはならない。

3.2 プラットフォーム・ビジネスの下での雇用

ここ数年来、米国を中心として、例えば、ウーバー(Uber)やエア・ビー・アンド・ビー(Airbnb)のようなプラットフォーム・ビジネスと呼ばれるビジネス形態により発生する様々な経済現象を分析する「プラットフォーム・エコノミー」と呼ばれる新しい経済分析の分野が出現している。雇用との関係で重要な点は、プラットフォーム・ビジネスの下層で働く人々は、低賃金で不安定な雇用に陥り、やがてAIの普及により、機械に置き換

わっていく、とされている点である。欧米では、運転手を主に移民が担っているので、自 動運転車が普及して移民の仕事が失われると、欧米でさらに社会が不安定化する。欧米に おけるAIによる雇用への影響の深刻さは、日本の比ではない(注5)。

また、職種だけでなく、雇用形態も二極化する可能性がある(OECD, 2016)。具体的に は、インターネットの普及により、労働者、製品、タスクのマッチングが効率的になされ ることで、労働者の雇用形態が流動化する可能性がある。近年、ソーシャルコミュニケー ションを行う場やデジタルマーケットプレイスを提供するプラットフォーム(Facebook、 Twitter, eBay など) に加え、ウーバー (Uber) やエア・ビー・アンド・ビー(Airbnb)など の中間プラットフォーム、アマゾンメカニカルターク(Amazon Mechanical Turk)やアッ プワーク(Upwork)などのクラウド・ワーキング・プラットフォームが発展している (White Paper Work 4.0, 2016) 。中間プラットフォームやクラウド・ワーキング・プラ ットフォームでは、プラットフォーム提供企業が複雑なタスクを細分化して労働者に割り 当てる。労働者はより単純化された、安価な労働を請け負うことになり、キャリアアップ にも弱くなる。また、労働者とプラットフォーム提供側の企業に明確な雇用関係がないに も関わらず、パフォーマンスの評価基準が細かく規定されており、労働者の自由が実質的 に制限されやすいなど、雇用形態の安全性の問題も指摘されている(White Paper Work 4.0, 2016) 。このような、プラットフォーム・ビジネスに従事する労働者は、雇用関係の ある仕事を一種類だけこなすのではなく、主たる仕事に加えて別の収入源も持っていた り、非正規雇用の収入源を複数持っていたりするなど、雇用形態が流動化する。

3.3 自動化による様々な雇用環境・雇用条件の変化

もちろん、このような多角的労働者が、この先労働市場にどのような影響を及ぼすかは、現時点では明らかでない。しかし、正規雇用と非正規雇用の二極化は、高所得と低所得という二極化を招く恐れがある。このような非正規の労働形態は、通常の法定労働時間、最低賃金、失業保険などが、単一の雇用関係によってモデル化されているため、多くのOECD諸国で保護の対象になりにくい。公的サービスも、今後は労働の流動化に対応し、保護が及びにくい労働者への対応を検討する必要がある。

Autor[2015]は、供給の弾力性の観点から、低スキルの労働と高スキルの労働に生じる賃金や労働供給の変化について検討している。高スキルの労働者は、大学や大学院での高等教育を要する。それゆえ、高スキルの職業を求めて教育を受けている間、人材の需要に対して供給がすぐに増加することはない。このことが、結果としてIT 関連の高スキル人材の需要をさらに高めることになる。これに対し、低スキルの労働は高等教育が必須ではないため、他分野から労働者が流入しやすく、生産性が高まっても単価が低くなる傾向があるため賃金の上昇は抑制されやすい。つまり、雇用は高スキル・低スキルの雇用の需要の上昇という形で二極化するが、賃金は高スキル労働でのみ上昇し、低スキルの労働では上昇しない可能性が高い。

米国経済白書[2016]では、インターネット利用環境の格差を是正する必要も指摘されている。同レポートの調査では、ブロードバンドの普及率が10%上昇すると、一人あたりの所得の伸び率は0.9~1.5%上昇するとの指摘があり、さらにインターネットの利用率が高ければ所得が高くなり、逆に利用率が低いと所得も低くなることが明らかになっている。インターネットを利用できないと、就職活動やその他のサービス、教育面で様々な不利益を被る可能性があり、これらの情報格差を縮小する必要がある。

自動化による雇用の増減には、他にも教育レベルや賃金水準との相関が指摘されている。Frey & Osborne[2013]は、平均年収や教育レベルが低い労働者ほど機械への代替リスクが高くなると指摘している。同様の指摘は他のレポートや研究においてもなされている(Arntz et al., 2016;OECD, 2016)。教育レベルが低い労働者は、低スキル・低収入の仕事に従事していることが多く、彼らの仕事は機械への代替リスクが高い傾向にある。

これまでに指摘したとおり、自動化技術が進むことにより、労働者に求められる能力が変化する可能性がある。OECDレポート[2016]は、自動化のリスクが比較的低い職業であっても、その職業を構成するタスクの多くは自動化が可能であり、労働者はこれらのタスクの変化に適応する必要があると指摘している。同様の指摘はWEFレポート[2016]でもなされている。多くの産業で、社会的スキル(感情のコントロール力やコミュケーション能力)に加え、IT リテラシーやコンピュータを操作するための認知能力、情報処理能力が中核的スキルとして必要になる。これに伴い、採用活動にも影響が生じる。需要が高まるコンピュータ・数理関係や建築・工学関係、その他の戦略的・専門的職業は、人材獲得の競争が高まり、状況は2020年までにより悪化する可能性がある(World Economic Forum, 2016)。特に、雇用の需要が高まるとされる高スキルの職業は、人材育成に時間を必要としている。さらに、近年ではテクノロジーが変化するスピードが速いこともあり、育成がより困難なため、需要の高まりに対して供給が追いつかず、人材獲得競争はより困難になることが予測される。

White Paper Work 4.0[2016]では、このような仕事内容の変化が労働者の職業人としての成長を阻害する可能性も指摘されている。たとえば、労働の機械化により、人間の担当するタスクが過度に簡素化されれば、労働者の問題解決能力が衰える要因になり得る。反対に、自動化が人間の仕事をより複雑化させる可能性もある。いずれの事態においても、人間の仕事に新たな精神的ストレスが追加される可能性がある。熟練の労働者が必要とする知識や経験を損なうことなく運用可能な人工知能が必要である。

また、技術の進展により、労働者が働く時間や場所にも変化が生じることが予想される (White Paper Work 4.0, 2016)。情報通信技術の進展により、自宅や職場の外で仕事を 遂行することが容易になる。性別に関係なく仕事を持ち、家事をこなすことが一般的になる中で、労働時間や職場の流動化はより進むことが予想される。ただし、それに伴い仕事 とプライベートの境界が曖昧になるといった懸念もある。また、企業側は労働時間の流動 化にコスト削減や業務の効率性、スタッフの利用可能性の向上を期待するのに対し、労働

者は時間に対する決定権の保持とワーク・ライフ・バランスの向上を期待している。それ ゆえ、両者の利害を慎重にすり合わせ、制度化する必要がある。

3.4 自動化と「雇用の未来」のまとめ

以上、自動化と「雇用の未来」を扱った研究を概観し、自動化が労働者を取り巻く労働環境や雇用環境にどのような影響を及ぼすか、企業が自動化にどのように対応すべきかをまとめた。自動化が雇用を創出するか、仕事を奪うのかについては、主張内容の細かい部分に違いはあるものの、大半の研究が、自動化により雇用が減少する職種もあるが、増加する職種もあるため、全体としては増加の方向に変化するとしている。自動化の影響は、これまで機械には困難とされてきた、柔軟性や相互作用を求められる仕事にも及ぶ可能性はあるが、現実社会に適用されるには技術的・倫理的ハードルも存在する。過度に悲観的にならず、自動化に向けた労働者の再教育や、新たな技術を使いこなすための対策を用意する方が現実的であると思われる。実際に、ここで挙げた論文やレポートの多くが、労働者の再教育・再訓練を今後の重要な課題としている。

自動化によって機械に置き換わりやすいのは、ルーティン作業や、事務の補助業務に代表される中程度のスキルを要する仕事であるという見方が一般的である。そして、管理職や商取引、俳優や科学者など、創造性や意思決定を伴う職業は機械代替リスクが低いとの見方がある(Frey & Osborne, 2013)。しかし、医者の仕事や金融関係の仕事が機械によって一部自動化された事例はすでにいくつか存在しており(Stewart, 2015)、厳密にどの職業が置き換わり、どの職業が置き換わらないかといった共通理解は得られていない。ただし、教育水準が低くてもこなせる仕事や、賃金水準の低い仕事が、機械に代替されやすいことは複数の研究で指摘されている(Arntz et al., 2016; Frey & Osborne, 2013; OECD, 2016)。高い機械代替リスクに晒された労働者をいかに再教育・再訓練するかは、自動化と「雇用の未来」に対応するために、政府や企業が共同して取り組むべき課題であると言

3.5 将来推計のまとめ

える。

それでは、将来の推計値に関する論文等の結果をまとめてみたい。

- ① スキル度が高レベル ; 過去の傾向がそのまま延長され、雇用増が継続する。
- ② スキル度が中レベル ; ルーティン業務は機械に代替されるという過去の傾向が延長され、雇用減少が継続する。かつ雇用が失われる境界が、よりスキル度が高レベルの職に移動する。「人と人とのコミュニケーションを必要とする職」の雇用は増える。
- ③ スキル度が低レベル ; 技術進歩により、人間の作業が機械に代替される割合が次第 に増え、やがていつの日か、全ての作業が100%機械に代替するときが必ず来る。その 日を境に雇用が増加から減少に転じる。
- ④ 成長する新しいビジネスモデルの下での雇用及びその周辺産業での雇用 : 増加す

る。

⑤ 職業別に見ると、雇用が最も減少するのは製造現場である。かつてフォード生産方式が作られたとき多くの作業員が働いていたが、いまでは1本の生産ラインに数人しかいない。その傾向がそのまま延長される。

以上、雇用の減少と増加のスピードや計測の時間軸断面などの選び方に依って研究者ごとに異なる推計値が現れる。だが、このように将来の雇用の姿を推計することがほぼ可能となったため、世界は、次の段階として、将来に備えた対策に手をつけつつある。

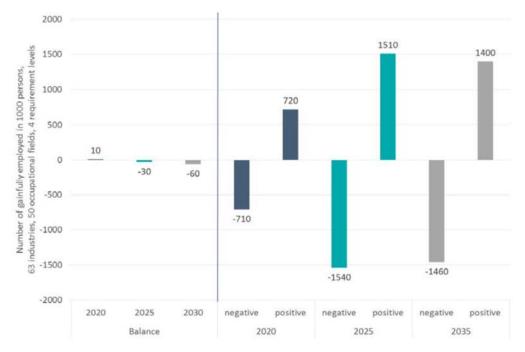
4 ドイツの動向

4.1 「労働4.0(Arbeiten 4.0, 英Work 4.0)」プロジェクト

次に「雇用の未来」に政府主導で真剣に取り組んできたドイツの動向を述べたい。ドイツは製造業を主力産業とし、その国際競争力強化を目指してインダストリー4.0プロジェクトに取り組んでいる。ドイツでは、伝統的に労働組合が強い力を持っているため、雇用問題は、ドイツの産業競争力を大きく左右しかねない重大な問題である。

ドイツは2013年4月、全自動無人化工場を目指すインダストリー4.0構想を発表した。そのわずか5ヶ月後に、フレイ&オズボーンの論文が出されたため、あるドイツ人専門家によれば、「国内は一種のパニック状態になった」とのこと。こうした状況に最も敏感に反応したのは、ドイツ金属労働組合(IGメタル)と労働組合を支持基盤とする連立政権与党の社会民主党である。IGメタル出身で社会民主党のアンドレア・ナーレス(Andreas Nahles)労働社会大臣は、「労働4.0」プロジェクトを立ち上げた。

また、ドイツ政府労働社会省IAB(仕事・雇用)研究所は、2016年12月、2025年において、ドイツ国内で失われる雇用が1,460万人、創出される雇用が1,400万人とほぼ同数であるとの推計を発表した(図9)。また、デジタル技術が直接導入されないサービス分野であってもデジタル経済化の影響を受けて、雇用が顕著に増えることを示した。この推計値はドイツ政府の決定版とも言えるものである。また、IABはデジタル化が進んだ企業を対象に調査し、人間も仕事も高い柔軟性が要求されるようになっていること、デジタル化が進んだ企業ほど、高いコミュニケーション能力や対人能力を持った人材を求めているという調査結果も発表した。



(図 9) Enzo Weber et.[2016], IAB による将来の雇用推計値 出典) Enzo Weber et.[2016]

また、フラウンホーファーIAO(Institut fur Arbeitswirtschaft und Organisation)研究所は、「現時点では、将来を見通すことは極めて難しく、我々は推計値は出さない。推計値の数字がどうあれ、技術の進歩に対応できない人は失業する可能性がある。最も重要なことは、再教育・再訓練を充実化させ、失業を低く抑えることである。」との見解を発表した。現時点では、将来のデジタルビジネスモデルは、まだまだ見通すことが難しく、新しい技術を現実的に実用化できるまでの時間は、費用対効果が見合うようになるまでの時間や古い機械設備と入れ替える時間、さらに今まで使い続けてきた機械設備でできるのなら、どうして入れ換えないといけないのか、という反対意見も出ることなどを考えると不確定要素が多すぎるという理由である。

IGメタルは、「ドイツが国際競争力を維持するにはインダストリー4.0の推進は不可欠である。もしドイツの製造業が競争力を失えば、組合員が解雇されることになり、そうした事態には至ってはならない。だが、組合員の雇用を守るため、新しい技術の下でも働けるよう、職業訓練所を充実せよ。」と訴えてきた。

そして、2016年11月、労働社会省は、これまでの議論の集大成である「白書:労働4.0」 White Paper Work 4.0[2016]を発表し、ドイツにおける議論は山を越えた。あるドイツ人専門家によれば「今は雇用問題について冷静な議論ができる環境にある」とのこと。

2017年9月25日のドイツ総選挙で社会民主党は連立政権を離脱した。労働社会大臣もカタリーナ・バーレイ(Dr Katarina Barley)女史に変わり、「労働4.0」プロジェクトは政治的にも終了した。

4.2 データサイエンティストの育成

AIの発展により、今後はデータサイエンス領域の専門家の需要が拡大することが指摘されている。WEF(World Economic Forum)レポート[2016]は、データサイエンティストの養成には大学、大学院教育が必要となるため、このような需要の変化に供給が追いつかず、2020年にかけて採用競争が激化する可能性を指摘している。

4.2.1 ドイツにおけるデータサイエンティストの育成動向

ドイツでは、ミュンヘン工科大学、ミュンヘン大学、ミュンヘン専門大学の3大学において、2016年からデータサイエンティストを養成する修士課程が設置され、第4次産業革命を牽引するリーダー人材の育成が開始されている。その修士課程を終えた若者は、2018年から社会に出て働き始める。そうした専門的な教育を受けた若者が社会に出て働き始めると、日本とドイツの差は益々開いていく、と予想される。これら3大学の教授会で、第4次産業革命を牽引するリーダー人材の育成が必要であるとの議論が始まったのは、ドイツがインダストリー4.0構想を発表した2013年4月の直後からであり、日本よりもかなり早い段階から議論が始まっていたことになる。

4.2.2 米国におけるデータサイエンティストの育成動向

米国では、すでにデータサイエンティストを養成する修士課程が70以上存在する。大学によって、インターンシップに力を入れる大学、社会人向けにオンラインで受講できる授業を充実させている大学など、それぞれ特色がある。例えばカーネギーメロン大学では、グーグル、アマゾンといった世界的な大企業がインターンシップの場を提供しており、学生は16ヶ月から20ヶ月間という長期にわたって実地での訓練を受けることができる。また、例えばノースウエスタン大学では製造業向けのデータサイエンスコースが用意されているなど、多様なキャリアプランに合わせて学習課程を選択できる環境が整っている。これらのカリキュラムがすでに運用されているという点、AIなどの先進技術の開発を世界に先駆けて行っている大企業が実践的トレーニングの場になっているという点で、人材育成は日本よりもかなり進んでいると言える。新しく養成コースを作る、といった段階をとうに過ぎ、現在は、どの大学が優れたカリキュラムを提供しているかを、フォーブスの記者などがランキングにして紹介している。

(1) 各大学の修士課程

米国では、すでにデータサイエンスを専門とした修士課程が70以上存在し、オンライン教育や社会人向け課程に力を入れる大学など、様々な特色を持つカリキュラムが提供されている。特に評判が良いものとして、カーネギーメロン大学、スタンフォード大学、イリノイ工科大学、カリフォルニア大学バークレー校、ジョージア工科大学、ノースウエスタン大学等の提供する修士課程が挙げられる。いずれの大学においても、実践的トレーニングを重視し、企業との共同プロジェクトなどで訓練を積む機会が用意されている。

例えばカーネギーメロン大学では、学際的なカリキュラムと工学、自然科学、社会科学に 関連するデータサイエンスの最先端の研究に触れる機会が用意され、Google、Amazon、 eBay 等トップクラスの企業で 16 ヶ月から最大 20 ヶ月にわたってインターンシップに参 加することができる。卒業生は新たな成長分野の開拓者、産業、公共セクター、学術分野の リーダーとなるべく教育される。取得可能な学位とカリキュラムが 9 種類用意されており、 教育背景や修了後のキャリアに合わせて選択可能なところも特徴の一つである。

また、イリノイ工科大学は Chicago Loop という、シカゴの経済の中心地の南部に位置しており、シカゴを本拠地とする企業との共同プロジェクトに参加できる。さらに、シカゴの地方自治体が保持するデータ使用が推奨・サポートされており、学生はこれらのデータを用いた研究を行うことができる。また、ここでは、技術的な解決策だけを学ぶのではなく、実社会の問題について考える能力を身につけることに主眼がおかれ、コミュニケーション、プロジェクトマネジメント、職業倫理などを学ぶ機会が用意されている。

ノースウエスタン大学でも、3ヶ月のインターンシップと8ヶ月の産業実習(Practicum と Capstone Project)を受けることができる。産業実習では、実際に提携する企業と作るチームに参加し、ビジネス・技術アドバイザーの元で研究を行う。研究チームは4、5名の学生で構成されており、学生はクライアントの課題を最も効率的・効果的に解決するために共同で課題に取り組む。

このような実践の機会が豊富に用意されているのは、米国内で評価の高い修士課程に共通して見られる特徴と言える。Google や Amazon といった、AI を用いた先進的な研究を行う企業が米国内に複数あることも強みになっている。スタンフォード大学は、Department of Statistics と Institute for Computational and Mathematical Engineeringが共同で企画したデータサイエンティスト養成コースを用意している。ここでは、数学とプログラミングを重視したカリキュラムを実施している。シリコンバレーに位置するため、大規模計算処理を行う際に Amazon の EC2 クラウドプラットフォームを利用することもできる。

(2) 社会人向けカリキュラム

フルタイムのカリキュラムだけでなく、社会人向けのカリキュラムも用意されている。 例えば、南メソジスト大学では、データサイエンスの修士号を取得できるオンラインプログラムを提供している。ここでは、データマイニング、機械学習、クラウドコンピューティングがメインのコースとして設定され、統計、コンピュータサイエンス、戦略的行動・データ視覚化技術を学ぶことができる。実際に仕事を進める上で問題となるテーマを課題として取り上げ、先進的な手法を学ぶことができる。インターネットに接続できる環境であれば、ライブ配信される授業を受講することが可能である。

カリフォルニア大学バークレー校でも、すでに社会に出て働くデータサイエンティストを対象としたコースや、オンラインの修士課程を提供している。Online Master of Information and Data Science コースは、データサイエンス領域の実世界の問題を解決す

るためのスキルを身につけることが目的とされたコースである。最新ツールと手法を用いてデータから洞察を得る手法を学ぶことができる。毎週 15 人限定だが、毎週各学科メンバーが対面式でオンライン授業を受けるシステムが用意されているのに加え、議論をより深められるように情報学科が作成した動画を閲覧できる。また、キャリアサポートとして毎週個人的にキャリア面談を行い、直接セミナーやミニコースを受講できるなど、通常のカリキュラムと遜色がないレベルのサポートを受けられる。

(3) 無料・少額のコース

もちろん、上記の修士課程はすべて有料だが、大学レベルの授業であれば、無料もしくは少額でデータサイエンスを学ぶこともできる。コーセラや EdX が提供するオンラインカリキュラムの中には、ジョンズ・ホプキンズ大学が提供する R を用いた統計処理や、PwC が提供するデータを用いた意思決定を扱うカリキュラムなどが用意されている。例えば、EdX 内で Microsoft が提供する Data Science Essentials というコースは、6週間、週に3、4時間を費やすことで、データの視覚化や探索の基礎を学ぶことができる。E メールアドレスを登録し、アカウントを作成することで、無料で学習用の動画を視聴し、簡単な確認問題に回答しながら学習を進めることができる。修了証明のみ別途費用が必要となる(\$100 程度)。EdX では、それぞれのコースについて受講者のレビューや難易度を確認できるので、自分の習熟レベルに応じてコースを選択できる。これらのカリキュラムは、何度も自分で講義動画を見返しながら自分のペースで学習することができる。また、英語力に問題がなければ、日本からでも登録・受講が可能である。

このように、米国ではすでにデータサイエンティストを養成するためのカリキュラムがすでに運用され、企業との共同プロジェクトやインターンシップといった実践の場が整えられている。この点で、米国でのデータサイエンティスト養成対策は、日本はもとよりドイツよりもはるかに進んでいると言える。

5 日本の実態

5.1 現場を訪問した大企業製造業

次に日本の現場の動向をご紹介したい。雇用慣行、雇用制度、雇用政策等は各国により大きく異なっているので、日本は、新技術の導入に対応する雇用環境が、ドイツとも米国とも異なっているのではないか、との思いで、現場を訪問し、インタビューを重ねてきた。日本では新しい技術が現場に本格的に導入され、かつ実績が出ている大企業製造業はまだ数社程度しかないので、1社ずつ訪問し、日本の動向を調査した。

調査結果を総括すれば、今の日本では、人口減少・少子高齢化により現場の熟練作業員が不足し、その労働部分を機械が代替する、または多品種少量生産が増え、人間への負荷が増しているため、人間を「エンパワー」するために、新技術が現場に導入され、現場も歓迎するという形態で導入されている。1990年代、日本は工場の機械化、自動化、省力化

投資が盛んだったが、今は、機械(人間)に得意な作業は機械(人間)に任せようとの空気があり、それは「人と機械の調和」と呼ばれている。ある会社の幹部は「当社のシステムのコンセプトは、『人が中心』である」と強調した。またある会社の幹部は「現場から急速に熟練作業員がいなくなっている。投資が回収できるかどうかの問題ではない。背に腹は代えられない」と強調した。企業の競争力の根源である熟練作業員を大切にしたいという思いが込められている。これが「日本型」と言えよう。

5.2 アンケート調査による日本企業全体の実態

以上は大企業製造業の動向であった。次に日本企業全体の動向を把握するため、当研究所では、2017年8~10月、約1万社を対象にアンケート調査を実施した。新技術導入に伴う雇用変化に関する質問項目について回答のあったのは213社であった(注6)。

(1) はじめに

経済産業研究所では、2017年8~10月、日本企業約1万社に対して、日本の産業界における IoT の動向把握を行うアンケート調査(平成29年度「我が国の企業のIoT に関する調査」)を行った。その調査項目のなかに、「雇用への影響」及び「人材育成」に関する質問項目を含めた。

調査概要;

実施時期 2017年8~10月

対象 日本企業 10,075 社

回収 1,372 社 (回収率 13.62%)

回収企業の業種別

製造業 477 社

金融・保険業 27社

情報通信業 103 社

建設業 128 社

運輸・郵便業 49 社

卸・小売業 196 社

その他サービス業 392 社

(2) 回答企業での雇用の過剰感

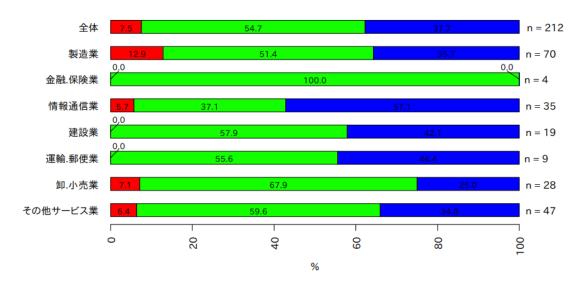
企業にとって雇用の過剰感があるところに IoT を導入して雇用の削減が進むことと、雇用に不足感があるにもかかわらず雇用の削減が進むことは意味が違う。

企業に対して、「雇用に過剰感はあるか」「雇用に不足感はあるか」と聞いたところ、回答 企業のうち、雇用が適当と答えた企業は50%強、不足感があると答えた企業は約4割、過 剰感が約 7~8%程度である。過剰感が強いのは製造業、不足感が強いのは情報通信業、運輸・郵便業である。

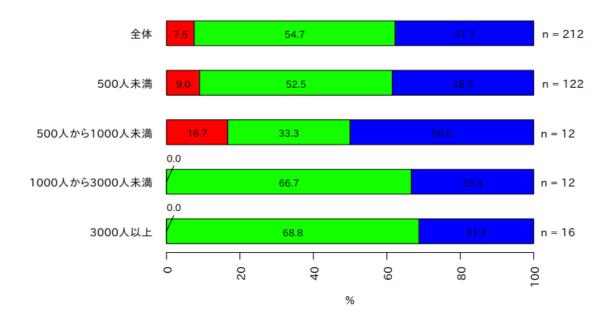
Q25. 貴社の従業員数の状況は、次のどれに当てはまりますか?当てはまるもの1つに \bigcirc をつけてください。

- 1. 多い■
- 2. 適当■
- 3. 少ない■

なお、図中の「n=数値」の数値は回答企業数を表す。



これを企業規模別に見ると、雇用の過剰感があるのは、1,000人以下の中規模と中小企業であって、1,000人以上の大きな企業は、過剰感はない。



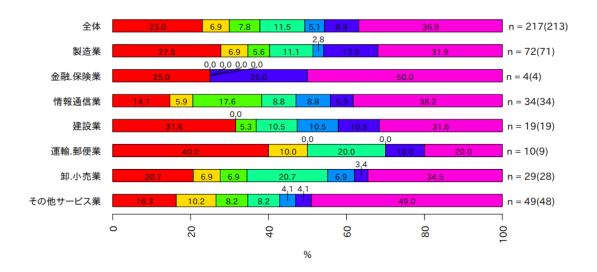
(3) 新技術導入による雇用の変化

雇用変化には「増加」と「減少」がある。下記の選択肢 1.は、新技術導入により雇用が減ったケースである。選択肢 2.、3.は、新技術導入により雇用が増えたケースであり、その原因としては、業務量が増えたケース(選択肢 2.)、事業が拡大したケース(選択肢 3.)がある。選択肢 4.は、本来なら雇用者数が増えるべきところ、企業側が雇用者の増加を抑えているケースである。選択肢 1.の雇用者が減少したケースは、運輸・郵便業、建設業、製造業の順に多い。選択肢 2.、3.の雇用が増加したケースは、その他サービス業、情報通信業で多い。金融・保険業は雇用が増えた企業がなく、雇用を減らす方向で進んでいる。

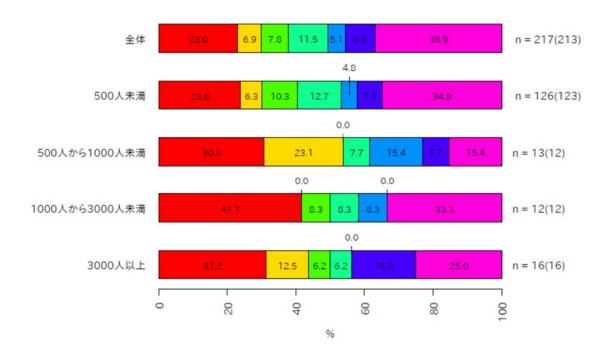
Q26.a.IoT の導入により、雇用はどのように変わりますか (変わりましたか) 当てはまるもの 1 つに○をつけてください。

- 1. 業務の一部を IoT で代替し、人件費や雇用者数の抑制に効果がある■
- 2. データ解析、システムメンテナンス等の新たな業務が発生し、雇用者数を増やした
- 3. 事業が拡大し、雇用者数を増やした■
- 4. 事業が拡大したが、雇用者数は増やさなかった■
- 5. IoT は導入しておらず,IoT に起因する雇用者数の変化はない■
- 6. その他■
- 7. わからない■

なお、図中の「n=数値 1(数値 2)」の数値 1 は回答を足しあげた数で、数値 2 は回答企業数を表す。



これを企業規模別に見ると、最も人員削減を強く推進しているのは、1,000 人以上 3,000 人未満の規模の企業である。この規模帯の企業では、雇用が増加した企業数が極めて少ない。



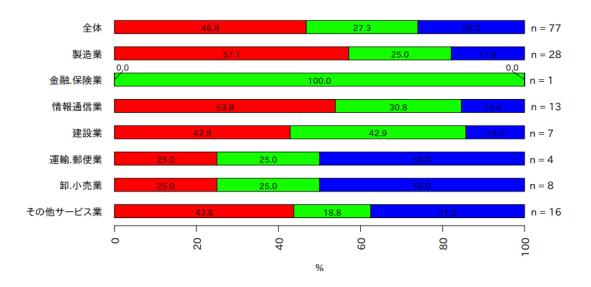
(4) 新技術導入による業務量の変化

新技術導入による業務量が、「減少」と回答した企業より、「増加」したと回答した企業の 方が多いのは、製造業、情報通信業である。

Q26.b. 前問の Q26.a で (1)、(2)、(3) を選択された方は、IoT の導入に起因する業務量の変化は、増加、横ばい、減少のうちどれが適当でしょうか?当てはまるもの 1 つに \bigcirc をつけてください。

- 1. 増加■
- 2. 横ばい■
- 3. 減少■

なお、図中の「n=数値」の数値は回答企業数を表す。



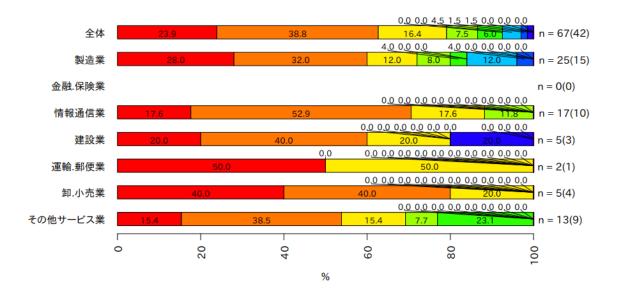
(5) 新技術導入により雇用者数が増加した企業

新技術導入により雇用者数が最も増えた職種は、「専門的・技術的職業」であり、その増加に伴って、彼らを管理する「管理職」と、同時に発生する事務を担う「事務職」も同時に増えている。この点は、世界から発表された論文等では予測されていなかった現象であるが、考えてみれば「専門的・技術的職業」は単独では存在しえず、当たり前である。

Q26.c.1.Q26.a で (1)、(2)、(3) を選択された方は、IoT 導入に伴い、雇用者数が増加業種について、当てはまるものすべてに \bigcirc をつけてください。

- 1. 管理的職業従事者■
- 2. 専門的. 技術的職業従事者
- 3. 事務従事者
- 4. 販売従事者
- 5. サービス職業従事者
- 6. 保安職業従事者
- 7. 農林漁業従事者
- 8. 生産工程従事者
- 9. 輸送. 機械運転従事者
- 10. 建設. 採掘従事者■
- 11. 運搬. 清掃. 包装等従事者■
- 12. 分類不能の職業
- 13. その他■

なお、図中の「n=数値1(数値2)」の数値1は回答を足しあげた数で、数値2は回答企業数を表す。



(6) 新技術導入により雇用者数が減少した企業

新技術導入により雇用者数が最も減った職業は、「事務職」であり、「減少した」と回答した企業のうち、会社のなかに「事務職」しかいない金融・保険業は、当然ながら減少した雇用は全て「事務職」になる。「建設業」では「事務職」が減った企業がない。

新技術導入により雇用者数が「減少した」と回答した企業は、34 社である。前項と比較すると、

「増えた」と回答した企業数 43社「減った」と回答した企業数 34社

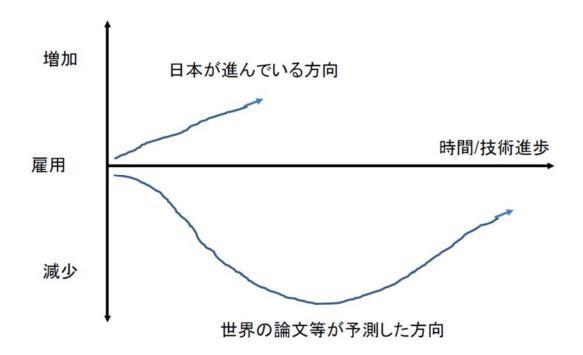
であり、前者の方が9社多い。この結果から、日本の産業界では、少なくとも現時点では、新しい技術の導入により、雇用が減少した企業数より、増加した企業数の方が多い。

これまで、世界中から発表された論文等では、新しい技術の進展により、ルーティン業務などの事務労働が機械に代替されるなど効率化・合理化されるため、まず一旦、雇用が減り、その後、新しい技術の時代に相応しいスキルを持った若者が出現し、雇用者が増えてくると予想されている。ところが、少なくとも本アンケートから理解される範囲では、日本では、そうした論文等の予想に逆行し、まず、雇用が増えるところからスタートしている。ここには、日本型雇用が深く影響しているものと想像される。

ただ、この図は2つの点で注意が必要である。

第1に、この傾向は、あくまで今回のアンケートで判明したことであり、雇用に関する質問に回答があった 213 社の傾向を表現しているに過ぎない。別の企業群を調査すれば、別の傾向が現されるかもしれない。

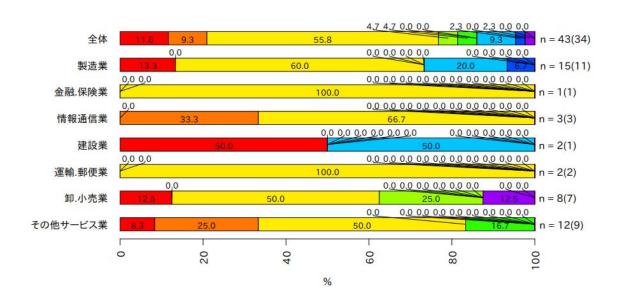
第2に、この傾向は最近の動向を現しているに過ぎないことであり、今後、時間が経つにしたがって、今後、どのように変化するかわからない。例えば、このまま雇用が増加し続けるかもしれないし、若しくは、新技術を導入する当初は人間が必要なので、雇用が増えたのかもしれないが、今後、新技術が実際に会社のなかで稼働するに従って、機械が人間に順次置き換わり、雇用が減少傾向に転じるかもしれない。そのため、日本の実態を把握するためには、今調査を行うに当たって構想したとおり、2年おきくらいで、定点観測することで、動的な把握を行うことが重要である。



Q26.c.2.Q26.a で (1)、(2)、(3) を選択された方は、IoT 導入に伴い、雇用者数が減少した業種について、当てはまるものすべてに \bigcirc をつけてください。

- 1. 管理的職業従事者■
- 2. 専門的. 技術的職業従事者■
- 3. 事務従事者
- 4. 販売従事者
- 5. サービス職業従事者
- 6. 保安職業従事者
- 7. 農林漁業従事者
- 8. 生産工程従事者
- 9. 輸送. 機械運転従事者
- 10. 建設. 採掘従事者■
- 11. 運搬. 清掃. 包装等従事者■
- 12. 分類不能の職業
- 13. その他■

なお、図中の「n=数値1(数値2)」の数値1は回答を足しあげた数で、数値2は回答企業数を表す。



(7) 今後の最大の課題は「人材育成」

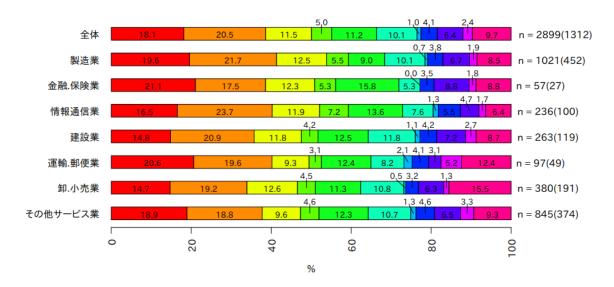
「IoT の導入、活用上の課題」について、「人材の確保」を挙げた企業数が最も多い。その「人材の確保」を挙げた企業にとって、「確保が課題となっている人材」として、最も多いのは、「IT 技術者」である。だが、これを企業規模別に見ると、企業規模が大きくなるにしたがって、「データアナリスト」「AI 技術者」の比率が増加してくる。これは、大企業ほど、従来の単純な IT 技術だけでなく、IoT、AI といった先進的技術に取り組んでいるということを示している。

また「今後の IoT を推進に向けて、何が重要と思うか」との質問に対し、「IoT を推進する人材の育成」との回答が最も多かった。さらに「貴社の既存製品・サービスに IoT を導入する上での障害はなんですか」との質問に対し、「専門家、熟練労働者の不足」との回答が最も多かった。

Q4.a. 貴社にとって IoT の導入、活用上の課題は以下のうちどれですか? 当てはまるものすべてに \bigcirc をつけてください。

- 1. 設備投資. 資金■
- 2. 人材の確保
- 3. 組織. 体制の変革
- 4. レガシー. システムの移行
- 5. 業界. 同業他社の動向■
- 6. 一般社員向けの教育. リテラシーの確保
- 7. 金融機関の理解
- 8. 親会社、パートナー、得意先の理解
- 9. 経営層の理解
- 10. その他
- 11. 課題は特にない■

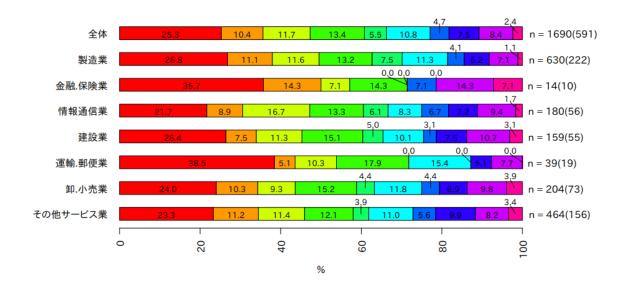
なお、図中の「n=数値1(数値2)」の数値1は回答を足しあげた数で、数値2は回答企業数を表す。

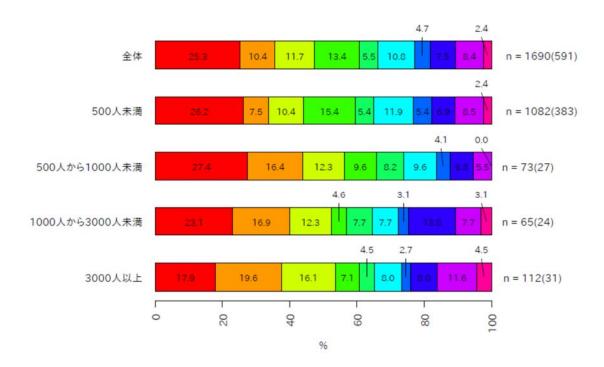


Q4.b. で「(2) 人材確保」を選択された方に伺います。確保が課題となっているのは以下のどのような人材ですか?以下のうち当てはまるものすべてに〇をつけてください。

- IT 技術者■
- 2. データアナリスト
- 3. A I 技術者
- 4. ネットワーク技術者
- 5. ロボット.制御技術者■
- 6. データベース技術者
- 7. w e b. U I デザイナー■
- 8. 事業戦略アナリスト
- 9. サイバーセキュリティ専門家■
- 10. その他■

なお、図中の「n=数値 1(数値 2)」の数値 1 は回答を足しあげた数で、数値 2 は回答企業数を表す。

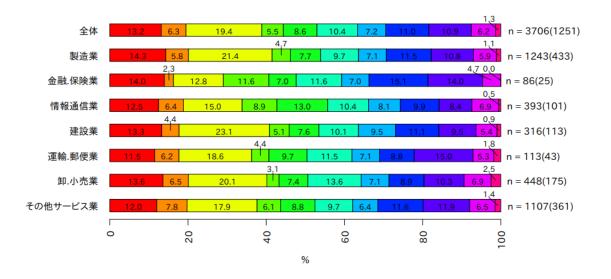




Q15. 今後の IoT の進展に向けて、何が重要だと思われますか?当ては まるものすべてに○をつけてください。

- 1. IoT を推進する経営者. トップのリーダシップ. 企業のビジョン策定■
- 2. IoT に係る資金調達環境■
- 3. IoT を推進する人材の育成
- 4. IoT を活用する新しいビジネス創出のための異業種連携■
- 5. IoT 活用のソリューション/IoT 化の製品. サービスによるビジネス創出. 市場創出
- 6. 既存市場における IoT を活用したビジネスモデルの構築■
- 7. IoT に関するプラットフォームの構築. 提供
- 8. 技術課題の解決
- 9. インフラ整備
- 10. 制度. 普及支援■
- 11. その他

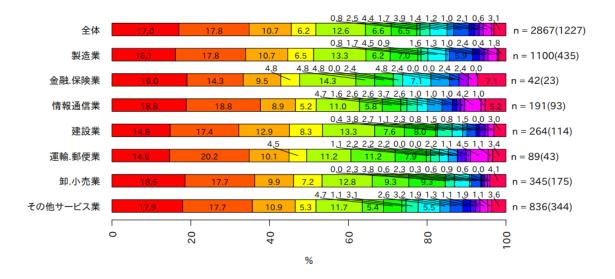
なお、図中の「n=数値 1(数値 2)」の数値 1 は回答を足しあげた数で、数値 2 は回答企業数を表す。



Q17. 貴社の既存製品・サービスに IoT を導入する上での障害はなんですか? 当てはまるものすべてに○をつけてください。

- 1. 財政的なメリットが不明瞭■
- 2. 専門家、熟練労働者の不足■
- 3. 技術的に IoT 導入が困難
- 4. 組織内での変革が困難
- 5. 標準, 基準が未整備
- 6. 社員の意欲
- 7. 企業体質が守旧的
- 8. 企業年齢が若く余裕がない
- 9. 従業員の個人情報保護
- 10. 企業データの保護
- 11. 法的制約
- 12. 事業. 製造ノウハウなどの漏洩の恐れ■
- 13. 知的財産権保護上の制約■
- 14. 企業内の利害関係■
- 15. 労働者保護
- 16. 企業外部の利害関係
- 17. 社会問題などの制約■
- 18. その他■

なお、図中の「n=数値1(数値2)」の数値1は回答を足しあげた数で、数値2は回答企業数を表す。



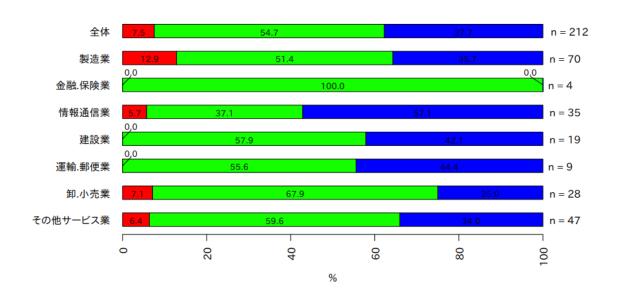
(8) 雇用の過剰感と不足感で異なる企業の行動

アンケートでは、企業に対して、「雇用の過剰感がある」「適当」「雇用の不足感がある」 のいずれかを選んでもらっている(Q25.)。

Q25. 貴社の従業員数の状況は、次のどれに当てはまりますか?当てはまるもの1つに \bigcirc をつけてください。(q25)

- 1. 多い■
- 2. 適当■
- 3. 少ない■

なお、図中の「n=数値」の数値は回答企業数を表す。



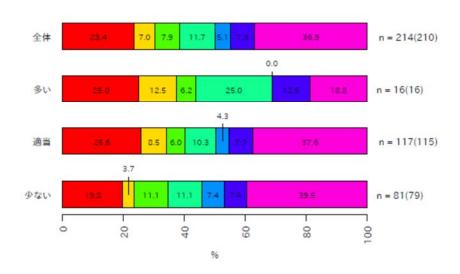
そして、「雇用の過剰感がある」「適当」「雇用の不足感がある」企業のそれぞれについて、IoTに関する行動の違いを分析した。

Q26.の回答から読み取れる顕著な差は、「雇用の過剰感がある企業」は特に、「IoT 導入によって業務が拡大したが、雇用者数は増やしていない」との回答が最も多かったことである。確かに経営者にとっては当然の判断と言えよう。

Q26.a.IoT の導入により、雇用はどのように変わりますか (変わりましたか) 当てはまるもの 1 つに \bigcirc をつけてください。

- 1. 業務の一部を IoT で代替し、人件費や雇用者数の抑制に効果がある■
- 2. データ解析、システムメンテナンス等の新たな業務が発生し、雇用者数を増やした
- 3. 事業が拡大し、雇用者数を増やした
- 4. 事業が拡大したが、雇用者数は増やさなかった
- 5. IoT は導入しておらず、IoT に起因する雇用者数の変化はない
- 6. その他
- 7. わからない

なお、図中の「n=数値1(数値2)」の数値1は回答を足しあげた数で、数値2は回答企業数を表す。

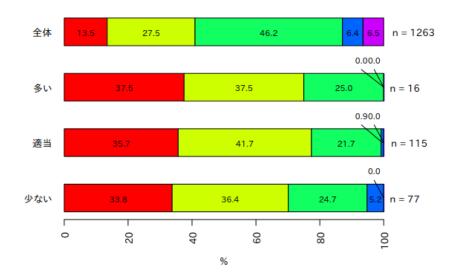


また、Q11.と Q12.を合わせて見れば、「雇用の過剰感がある企業」は、IoT 導入について、新しい価値提供やイノベーションよりもむしろ効率化やコスト削減に重点を置いていること、「雇用の不足感がある企業」は、IoT 導入について効率化やコスト削減よりもむしろ新しい価値提供やイノベーションに重点を置いていることが読み取れる。

Q11. 貴社において、IT および IoT を活用することにより在庫の圧縮、 業務効率の向上等、コスト削減に効果がありましたか?当てはまるもの 1つに \bigcirc をつけてください。(q25)

- 1. 効果があった■
- 2. やや効果があった■
- 3. どちらでもない■
- 4. あまり効果がなかった■
- 5. 全く効果がなかった■

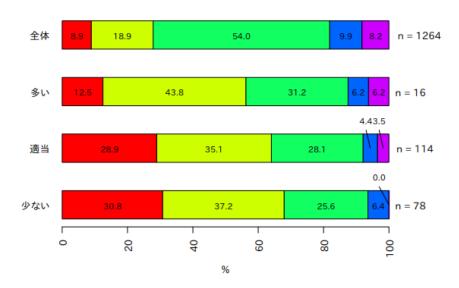
なお、図中の「n=数値」の数値は回答企業数を表す。



Q12. 貴社において、IT および IoT を活用することにより新しい製品・サービスの提供等、新しい価値の提供やイノベーション創出に効果がありましたか?当てはまるもの 1 つに \bigcirc をつけてください。(q25)

- 1. 効果があった■
- 2. やや効果があった
- 3. どちらでもない■
- 4. あまり効果がなかった■
- 5. 全く効果がなかった■

なお、図中の「n=数値」の数値は回答企業数を表す。



5.3 IoT進捗度と雇用の増減

(1) IoT進捗度

次に、IoT進捗度と雇用の関係について分析する。IoT活用に関して、2つの質問によって企業のIoT進捗度を計った(表1)。質問1に対して、「(1)活用している」と回答した企業は5点、「(2)やや活用している」と回答した企業は4点、「(3)どちらでもない」と回答した企業は3点、「(4)あまり活用していない」と回答した企業は2点、「(5)全く活用していない」と回答した企業は1点のようにスコア化した(スコア1)。また、質問2に関しても同様に、「(1)取り組んでいる」と回答した企業は5点、「(2)やや取り組んでいる」と回答した企業は4点、「(3)どちらでもない」と回答した企業は3点、「(4)あまり取り組んでいない」と回答した企業は2点、「(5)全く取り組んでいない」と回答した企業は1点のようにスコア化した(スコア2)。

表 1 IoT 進捗度に関する質問

質問	内容					
質問1	貴社において、ITおよびIoTを活用することにより、業績・実績・在庫処分など					

	のデータ分析や予測などにおいてデータを活用していますか?当てはまるもの
	1つに○をつけてください
	貴社において、ITおよびIoTを活用して組織間や企業間をつなぐことにより、新
質問2	しい価値の提供やイノベーション創造に取り組んでいますか?当てはまるもの
	1つに○をつけてください

表 2 に企業規模別の結果をまとめた。スコア 1、スコア 2 のいずれに関しても大企業は中小企業に比べてスコアが高い。この結果から、大企業は、中小企業に比べて IoT をデータ分析、価値創造のいずれに関してもより活用していることがわかる。

表 2 企業規模別の IoT 進捗度スコアの平均点

	全体	大企業	中小企業
スコア 1	2.969	3.667	2.836
X =7 1	(n=1081)	(n=174)	(n=907)
スコア 2	2.597	3.206	2.479
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	(n=1081)	(n=175)	(n=906)

表3、表4に大企業、中小企業別に業種別の各スコアの平均点をまとめた。表3からわかるように、スコア1に関して、大企業では、金融・保険業、情報通信業のスコアが高い。中小企業では、大企業ではスコアが高かった金融・保険業のスコアが低いが、情報通信業、スコアが高いことがわかる。いずれの業種でも、中小企業に比べて大企業のスコアが高いことが確認された。

表 4 からわかるように、大企業に関しては、スコア 2 に関してもスコア 1 と同様の傾向があることがわかる。一方、金融・保険業はスコア 2 に関しては中小企業に関しても他の業種に比べて、スコアが高い。

表3 業種別の IoT 進捗度スコア 1 の平均点

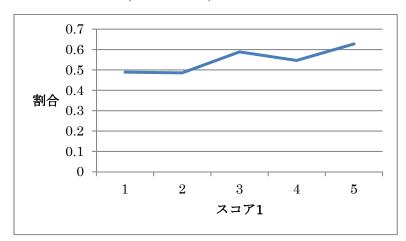
	全体	1.製造業	2.金融•保険	2.桂起译信	4.建設業	c `军检 - 和/面	6.卸•小売業	7.その他サ
	主体	1. 农坦未	業	3.情報通信	4.建政未	5.運輸・郵便	0.脚*小冗耒	一ビス業
大企業	3.667	3.686	4.500	4.143	3.750	3.750	3.700	3.393
	(n = 174)	(n = 51)	(n = 10)	(n = 7)	(n = 16)	(n = 4)	(n = 30)	(n = 56)
中小企業	2.836	2.945	2.750	3.233	2.763	2.811	2.607	2.693
	(n = 907)	(n = 329)	(n = 12)	(n = 86)	(n = 93)	(n = 37)	(n = 135)	(n = 215)

表 4 業種別の IoT 進捗度スコア 2 の平均点

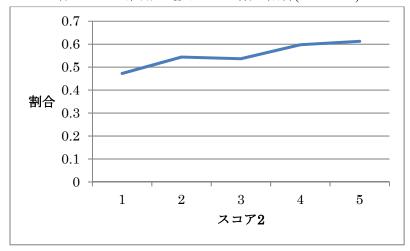
	全体	1.製造業	2.金融•保険	3.情報通信	4.建設業	5.運輸•郵便	6.卸•小売業	7.その他サ
	主体	1. 表垣未	業	3.] 秋西 5	4.廷敌未	3.)建制 *	0.脚:小冗未	一ビス業
+ ^ #	3.206	3.196	4.000	4.000	3.063	3.000	3.167	3.036
大企業	(n = 175)	(n = 51)	(n = 11)	(n = 7)	(n = 16)	(n = 4)	(n = 30)	(n = 56)
中小企業	2.479	2.419	2.917	3.453	2.387	2.405	2.126	2.430
	(n = 906)	(n = 329)	(n = 12)	(n = 86)	(n = 93)	(n = 37)	(n = 135)	(n = 214)

(2) IoT進捗度と雇用の増減の関係

次に、IoT の進捗度と雇用の増減の関係について分析する。ここでは、鷲尾他[2016]を参考に、アンケート回答企業の直近決算期と 2 期前を比較した場合の雇用者が増加した割合を各スコアの点数ごとにまとめた(図 10、図 11)。



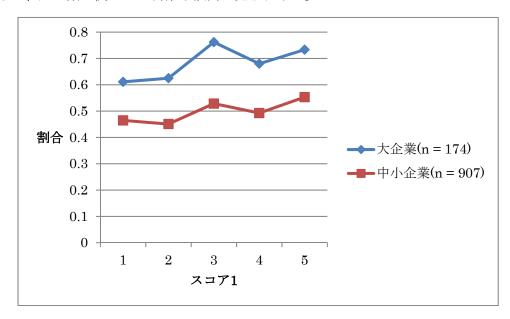
(図 10) スコア 1 の各スコアの雇用が増加した企業の割合(n = 1325)



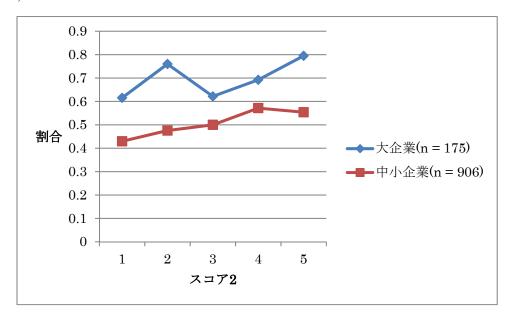
(図 11) スコア 2 の各スコアの雇用が増加した企業の割合(n = 1327)

図 10、図 11 からわかるように、緩やかではあるが、スコアが高いほど雇用が増加している企業が多くなっている。

更に、図12、図13に企業規模別の結果をまとめた。スコア1に関しては、緩やかではあるが、スコアが高いほど、雇用が増加した企業の割合が多いことがわかる。一方スコア2に関しては、中小企業に関してはスコアが高いほど雇用が増加する企業が多い傾向が見られるが、大企業に関しては明確な傾向は見られない。

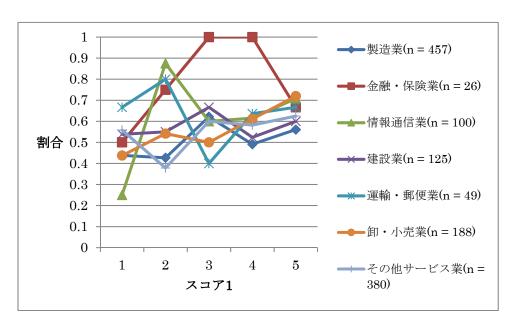


(図 12) 企業規模別のスコア 1 の各スコアの雇用が増加した企業の割合

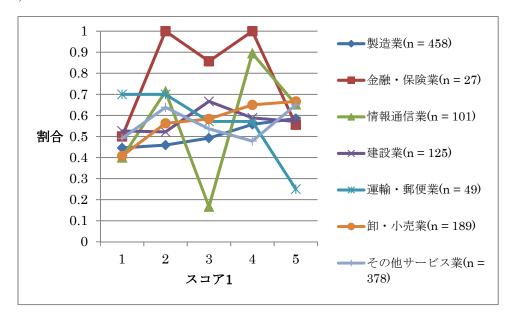


(図 13) 企業規模別のスコア 2 の各スコアの雇用が増加した企業の割合

また、図14、図15に業種別の結果をまとめた。



(図 14) 業種別のスコア 1 の各スコアの雇用が増加した企業の割合



(図 15) 業種別のスコア 2 の各スコアの雇用が増加した企業の割合

図 14、図 15 からわかるように、業種によってスコアごとの雇用が増加した企業の割合 は異なる。また、全体のときとは異なり、スコアが増加しても必ずしも雇用が増加する企 業の割合が増加するわけではないことがわかる。

(3) ロジット・モデルによるIoT進捗度と雇用の増加の関係に関しての分析

最後に鷲尾他[2016]に倣って、ロジット・モデルを用いて IoT 進捗度と雇用の増加の関係 について統計的に検証する。被説明変数を雇用増加ダミー(増加した企業は 1、それ以外は

0) とする。

本研究では鷲尾他[2016]、Biagi, F., & Falk, M. [2017]などを参考に、直近決算期と 2 期前の決算の売上、資本金、税引前当期純利益の増加ダミー(増加している場合は 1、それ以外は0)と対数従業員数を説明変数として加え分析を行った。業種ダミーは係数の合計が 0 になるように制約をかけてパラメータ推定をした。なお、スコア 1 とスコア 2 の相関係数は 0.654で、高い相関が見られる。そのため、スコア 1、スコア 2 それぞれに対してロジット・モデルを作成した。

ロジット・モデルの結果を表 5、表 6 にまとめた。表 5 結果からわかるように、売上増加 ダミー、税引前当期純利益増加ダミー、対数従業員数は雇用者の増加に対して 1%水準でプラスに有意である。資本金増加ダミーは 5%水準でプラスに有意である。一方、スコア 1 は 雇用者の増加に対して統計的に有意な関係があるわけではないという結果が出た。一方、表 6 からわかるように、スコア 2 は 5%水準でプラスに有意であるという結果が得られた。

表5 スコア1を含めたロジット・モデルの結果

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-3.808	0.337	-11.297	0.000	*
スコア 2	0.089	0.058	1.536	0.124	
売上増加	1.326	0.165	8.049	0.000	*
資本金増加	0.708	0.315	2.248	0.025	*
税引前当基準利益増加	1.553	0.207	7.492	0.000	*
対数従業員数	0.284	0.056	5.048	0.000	*
製造業	-0.168	0.163	-1.027	0.305	
金融•保険業	0.681	0.509	1.337	0.181	
情報通信業	0.096	0.273	0.351	0.725	
建設業	-0.334	0.246	-1.357	0.175	
運輸·郵便業	0.273	0.342	0.797	0.425	
卸·小売業	-0.219	0.222	-0.986	0.324	
その他サービス業	-0.329	0.183	-1.801	0.072	
サンプル数	1055				
擬似決定係数	0.284				
対数尤度	-488.281				

表 6 スコア 2 を用いたロジット・モデルの結果

Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	star
-3.838	0.338	-11.365	0.000	*
0.121	0.061	1.980	0.048	*
1.325	0.165	8.028	0.000	*
0.724	0.314	2.302	0.021	*
1.578	0.209	7.535	0.000	*
0.274	0.056	4.873	0.000	*
-0.145	0.163	-0.889	0.374	
0.695	0.502	1.385	0.166	
0.017	0.278	0.060	0.952	
-0.309	0.246	-1.256	0.209	
0.286	0.342	0.838	0.402	
-0.212	0.222	-0.952	0.341	
-0.332	0.183	-1.819	0.069	
1054				
0.286				
-487.064				
	-3.838 0.121 1.325 0.724 1.578 0.274 -0.145 0.695 0.017 -0.309 0.286 -0.212 -0.332 1054 0.286	-3.838 0.338 0.121 0.061 1.325 0.165 0.724 0.314 1.578 0.209 0.274 0.056 -0.145 0.163 0.695 0.502 0.017 0.278 -0.309 0.246 0.286 0.342 -0.212 0.222 -0.332 0.183 1054 0.286	-3.838 0.338 -11.365 0.121 0.061 1.980 1.325 0.165 8.028 0.724 0.314 2.302 1.578 0.209 7.535 0.274 0.056 4.873 -0.145 0.163 -0.889 0.695 0.502 1.385 0.017 0.278 0.060 -0.309 0.246 -1.256 0.286 0.342 0.838 -0.212 0.222 -0.952 -0.332 0.183 -1.819 1054 0.286 0.342	-3.838 0.338 -11.365 0.000 0.121 0.061 1.980 0.048 1.325 0.165 8.028 0.000 0.724 0.314 2.302 0.021 1.578 0.209 7.535 0.000 0.274 0.056 4.873 0.000 -0.145 0.163 -0.889 0.374 0.695 0.502 1.385 0.166 0.017 0.278 0.060 0.952 -0.309 0.246 -1.256 0.209 0.286 0.342 0.838 0.402 -0.212 0.222 -0.952 0.341 -0.332 0.183 -1.819 0.069 1054 0.286

5.4 おわりに

2013 年 9 月にフレイ&オズボーンが「雇用の未来」に関する推計値を発表して以来、世界中で数百本を超えるであろう論文等が発表された。だが、そのなかで、企業に対してアンケート調査(平成 29 年度「我が国の企業の IoT に関する調査」)を実施し、実態を調査したものは、筆者が知る限り存在しない。その意味では、今回のアンケート調査は、世界初と言えよう。また、日本で起きている社会現象の事実を世界に向けて発信する重要な情報とも言える。

だが、今回の結果は、あくまで約1万社を対象とするアンケート結果であり、雇用に関する質問に回答があった 213 社の状況である。それが必ずしも日本全体の動向を現しているかどうか、定かではない。

日本においても、ドイツ政府労働社会省の IAB が行った推計と同様、その国の全体を対象とする推計を行い、次にアンケートによっていくつかのサンプリングで実際の現状を調査し、さらにそのなかからいくつかのケーススタデイを実証調査する、という3段構えの分析が最も正道であると言えよう。

今後、本稿に挙げたテーマの研究を更に進めるに当たって、こういった全体の分析体型を 整えていくことを重視する必要がある。

6 導出される社会政策

6.1 世界の論文や日本におけるアンケート調査や現地調査等の調査分析結果から導出される社会政策

これまでに述べた世界の論文等や日本におけるアンケート調査や現地調査等の調査分析結果から、必然的に導出される今後取るべき対策を挙げる。

- ① 第4次産業革命という新しい時代を牽引し、世界とのグローバル競争に勝つためのリーダーの育成である。ドイツでは、ミュンヘン工科大学やミュンヘン大学でデータサイエンティスト修士課程を出た若者が、企業のなかで幹部となり、やがて役員となって、企業を牽引することになるだろう。
- ② 人間でなければできない仕事を担う人材の育成である。具体的には、過去の前例を「学習」し判断するといった過去の前例の延長線上にある判断やルーティン業務はAIに代替されていくので、①過去に前例のない事柄や新しい創造的な仕事、②デジタル機器を使いこなして、データ分析をしたり、科学的な経営のサポートをする人材、③コミュニケーション能力・対人能力を持った人材、④常に人工知能AIを最新版としておくために常に進んだAI技術を取得しておく人材、が、今後、必要とされている。大きな変革の時代にあっては、過去の前例や経験だけでは将来を議論できない。そもそも過去の前例を「学習」し判断するといった過去の前例の延長線上にある判断やルーティン業務はAIに代替可能な業務なので、そこは機械に任せて、新しい未知の時代を切り開くスキルを持った人間が必要になってくる。
- ③ 日本はこれまで現場の熟練作業員を大切にしてきた歴史があり、今、現場に導入しつつある新しいシステムも、彼らを最大限活かす内容となっている。新しいシステムは、基本的には「見える化」までであり、データを見て、対策を考えるところは依然として熟練作業員が担っている形となっている。だが、現場では、過去の前例を「学習」し、計測されたデータを見て、判断するといった過去の前例の延長線上にある作業は、遅かれ早かれやがてAIに代替されていく。現在、熟練作業員が担っている業務の多くが機械に代替される日はすぐそこまで来ている。ドイツでは、ものづくりの現場を支えてきた熟練作業員をどうするのか、深刻な課題として捉えられている。ドイツでは、新しい技術が導入された際、これまでの古い技術の下で働いていた労働者の雇用を守るため、新しい技術の下で働けるよう、再教育・再訓練する必要性の認識が高まっている。日本でも、まだ熟練作業員が働く意欲満々のところに、彼らに代替可能な人工知能が発達してきたら、一体、どうするのか、考えておかないといけない。
- ④ アンケート結果からも、銀行金融では事務部門の解雇が進んでいることが明らかとなった。銀行金融では、雇用が増えることはなく、常に雇用は削減の方向である。折しも、最近、メガバンクが大量の人員削減を発表した。世界の論文等が予想している「ルーティン業務の事務職」の削減は、雇用者のなかでボリュームが大きいだけに、

これから彼ら彼女らの再雇用が大きな課題となってくる。

⑤ IMFが指摘しているように、IT投資は、経済格差を生み出す最も大きな要因だが、イノベーションは企業競争力の源泉なので、格差を防ぐためにイノベーションを止めることは本末転倒である。IT投資を通じてイノベーションを図りながら、そこから生じる格差を縮小させるために、税による富の再配分をどうするか、考えないといけない。各国のジニ係数の所得再配分の前後及び時間的推移を見ると、米国は、所得再配分前に大きな格差があるが、再配分機能が弱く、かつ格差が時間的に拡大している。ドイツは、再配分前は大きな格差があるが、再配分機能が強く、格差が縮まっているものの、時系列的に見れば、格差は拡大している。日本は、時間的に格差はほとんど変化しないものの、再配分がほとんど機能せず、ドイツを凌ぐ格差がそのまま残っている。

6.2 世界の論文等で提言された対策

上記のように、技術革新に伴う自動化技術の進展により、雇用の需要や労働者の仕事内容、雇用形態に至るまで、様々な影響が指摘されている。これらの変化に対応し、労働者の生活水準をいかに保つか、自動化の恩恵を企業が最大限享受するにはどのような対策が必要かについても、先行研究において議論と提言がなされている。ここでは、人材管理、雇用への対策についてレビューする。

6.2.1 人材管理・雇用への対策

重要な点は、人材管理、採用、労働者の教育といった、働き方に関連する分野の対策である。WEFレポート[2016]は、今後訪れる採用難に対応するには、①人事機能の刷新、②データ分析の活用、③多様性への対処、④流動的な勤務形態や人材プラットフォームの活用が必要であると提言している(World Economic Forum, 2016)。人事機能の刷新とデータ分析の活用は、要するに人材管理や評価をデジタル化し、より効率的な人材管理や労働計画の実現を目指すべきとする主張である。上述の通り、労働の自動化・機械化により需要が高まる人材は、需要の高まりに対して人材の供給がすぐには増えないことが予想される。そのため、人事部門はこの問題に早急に対処することが求められている。WEFレポート[2016]が提案する解決策は、これまでの評価手法や管理手法にデータ分析を取り入れ、供給される人材の傾向と企業が求めるスキルのギャップに焦点をあてる新たな分析ツールを構築することである。そして、この新たな分析ツールから、イノベーションや人材管理戦略につながる洞察を供給することである。

また、データによる人材管理は、多様性への対処にも応用できる。人材不足への対応には、多様な労働力の受入も必要になる。性別、年齢、人種、性的嗜好などは多様性を取り扱う上でよく知られている問題だが、データを用いた人事評価を行うことで、無意識に持つ偏見を除外した採用が可能になる。流動的な勤務形態や、外部の人材プラットフォーム

を活用することも、人材不足への対策として重要である。インターネット技術の進歩によって、遠隔での業務管理も容易になっている。仕事をする場所にこだわらず、フリーランサーや独立した専門家と共同することも視野に入れる必要がある。

ボストン・コンサルティング・レポート[2015]は、現雇用に対する再教育を対策として 掲げている。上述の通り、技術の進展によって、労働者が今までこなしていたタスクが変 化し、意思決定や問題解決能力など、より水準の高い、幅広いスキルが求められるように なる。そのため、彼らに対して、現場教育(拡張現実を利用し、あたかも現実場面で作業 しているような環境の中で学習する、熟練労働者の作業観察など)と座学を組み合わせ た、より実践的な場面で役立つ能力が身につくような再教育が必要となる(Lorenz et al., 2015)。これに伴い、再教育のための時間、教育へのモチベーションや意味を保証するこ とも重要になる。再教育は、少子高齢化社会への対策にもなる。ライフサイクルを通し て、現雇用の大規模な再教育が必要である(World Economic Forum, 2016)。

White Paper Work 4.0[2016]においても、教育、特に、職業訓練の重要性が強調されている。このレポートでは、モバイルコンピュータやオンライン上のリソースを利用する上で必要な知識(デジタルリテラシー)をはじめとする、どのような職業にも共通する基礎的なスキルが重視されている。また、専門能力の開発とライフコースを通じて能力・技術を磨くための体系的な援助と、すべての労働者がそれらの援助にアクセスする機会を確保する必要性が指摘されている。ドイツの労働社会省では、労働者の雇用され続ける権利(仕事を得るための職業ガイダンスや訓練を受ける権利)を保護するために、失業保険を"雇用保険"へと発展させ、それに合わせた制度面の整備が計画されている。

6.2.2 プライバシー問題・労働者の健康問題への対策

White Paper Work 4.0[2016]では、労働の自動化・デジタル化に向けて、労働者の雇用や教育機会の確保、プラットフォーム・ビジネスで弱い立場になりやすい労働者や起業家をはじめとする自営業者の保護といった対策に加え、ビッグデータ活用によって生じるプライバシー問題への対処、働く場所・時間の多様化や労働環境の変化による労働者の健康問題への対処といった、他のレポートではあまり触れられていない問題が議論されている。以下、White Paper Work 4.0[2016]でまとめられているプライバシーと健康問題に関する議論を紹介する。

労働を自動化し、労働者や消費者の行動をデータ化し、事業に利用することは、企業に 労働の効率化や消費の行動予測といった利益をもたらす。しかし、それと同時に、労働者 や利用者のプライバシーや自由が侵害される危険性、データから誤った予測がなされる危 険性、消費者の好みや行動が操作されやすくなる危険性もある。位置情報や生体データと いったあらゆるデータがクラウド上で管理されるということは、人々の行動がデータを所 有する側から監視される危険性がある。それゆえ、政府がデータの利用・所有をどこまで 許可するかといった規制を行う必要がある。ただし、この規制によってもともと得られる はずの利益が損なわれることがあってはならない。データ利用の目的によって制限の強さを変えるなど、様々な方策が考えられるが、今後も調査を重ね、何をどこまで許容するかを検討する必要がある。また、デジタル化による労働内容の変化によって、労働者がより精神的なストレスに晒される機会が増えることが予想される。さらに、労働者が自分のライフスタイルに合わせて働く時間や場所を選択できるようになることは、労働者の生活の質を高めることに繋がる反面、仕事と余暇の境界が曖昧になってオーバーワークにつながるなど、かえって健康面に悪影響を及ぼす可能性もある。そのため、雇用する側は、これまで以上にコンプライアンスに責任を持ち、労働者と労働時間や場所についてしっかりと議論できるようにする環境を整える必要がある。

労働者の健康を守るための調査研究・制度の整備も必要となる。流動的な勤務形態が労働者の健康を促進するのか、それとも阻害するのか、仕事内容の変容が健康にどのような影響をもたらすのかを明らかにするために、研究を重ねる必要がある。また、労働者の健康に対するリテラシーを高めることも重要である。

フ さいごに

「雇用の未来」の問題は、人口減少・少子高齢化問題とよく似ている。日本の急速な人口減少・少子高齢化は、30~40年前からかなりの高い精度で予測されていた。資金的に余裕のあるうちから手を打つべきだと良識派は主張してきたが、そうした声はかき消され、目の前に危機が訪れるまで、日本人は手を打たずに、ここまで来た。「雇用の未来」は、数多くの調査分析により、将来の姿はある程度予想され、必要な対策もほぼ明らかになった。今度こそ現実の危機に直面する前に、今から真剣に取り組まないと、日本という船はますます沈没するだろう。

かつて土木現場では多くの労働者が使役させられたが、いまでは建設機械が人間を苦役から解放した。自動車、飛行機、パソコン、スマホといった人間の能力を遙かに超えた機械の出現は、人間の生活を豊かにした。人間は、火という危険なものを制御し、使いこなすことで生活を豊かにしてきた。そういった術のことを「技術」と呼ぶ。その人間の営みは今後とも続くだろう。

注:

- 注1) 例えば、「2045年問題」が挙げられる。2045年には人間の脳と同じ機能をコンピュータで実現でき(いわゆる汎用AI)、やがて人間の知能を超えて感情を持ち(シンギュラリティーと呼ばれている)、コンピュータどうしが協力して人間を支配しようとし、ついには人間に戦争をしかけてくる可能性がある、というのが「2045年問題」である。
- 注2) 詳しくは、https://www.rieti.go.jp/jp/projects/research_activity/iot-efforts/を参照されたい。
- 注3) マイケル・オズボーン氏が言う前提によれば、現在既に将棋AIが実験室レベルで出現しているので、現時点で世界中の将棋棋士全員が既にAIに代替されていることになる。同氏の推計では、それが前提であるが、現実的には、種々の理由により、そうはなっていない。
- 注4) 日本・EUでは、中スキルの非ルーティン業務の雇用は増えているが、米国ではこの領域でさえ雇用が減少している。何という労働者に冷たい国であろうか。
- 注5) ここから先は筆者の見解である。プラットフォーム・ビジネスの下層で働く人々の雇用が不安定化し、低賃金化するというのは、米国人が米国で行っているビジネスを米国人が見て、そのように分析しているのである。だが、プラットフォーム・ビジネスは、システム全体が利益を稼ぎ出しているので、要はシステムの中での利益再配分の問題である。すなわち、もし仮に、日本人が日本でプラットフォーム・ビジネスを行うとき、ほんの少しだけ下層の労働者への利益再配分を多めにすれば、先述したような問題はなくなる。よくよく見れば、プラットフォーム・ビジネスは、系列ビジネスなのである。系列は日本固有のシステムであり、既に運用実績もある。親会社は、下層の中小企業に最低限の利益再配分をしてきたのであろう。ドイツ人の専門家は、三菱電機のe-Factoryを日本の特徴的なプラットフォーム・ビジネスと呼んでいるが、その下層で働く人々の雇用が不安定化し、低賃金化しているなどと聞いたことがない。プラットフォーム・ビジネスの雇用問題は、頂点に立つ人の考え方次第なのである。
- 注6) 本項の分析は、経済産業研究所のディスカッション・ペーパーとして公表予定の「日本の第4次産業革命におけるIT、IoT、ビッグデータ、AI等デジタル技術の普及動向」において行ったアンケート調査結果のなかから、雇用に関する質問項目を取り出して分析したものである。

参考文献:

(邦文)

- 岩本・波多野(2017),「IoT/AI が雇用に与える影響と社会政策 in 第 4 次産業革命」RIETI Policy Discussion Paper Series, 17-P-029, 岩本晃一(経済産業研究所)、波多野文(リサーチアシスタント/高知工科大学), 2017 年 8 月
- 岩本・波多野(2017), 日本経済新聞経済教室面「やさしい経済学」連載,「AI の雇用に与える影響を考える①~⑧」, 岩本晃一,波多野文, 2017 年 11 月 6 日~16 日
- 通商白書(2017), 経済産業省通商政策局, 2017年6月
- 鷲尾哲, 野口正人, 飯塚信夫, 篠﨑彰彦. (2016). ICT 化の進展が企業の業績と雇用に及ぼす影響の実証研究: 企業の ICT 利活用状況に関するアンケート調査に基づくロジット・モデル分析, InfoCom review, 67, 17-33.

(英文)

- Arntz, M., Dlugosz, S., & Wilke, R. A. (2017). The sorting of female careers after first birth: A competing risks analysis of maternity leave duration. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 79(5), 689-716.
- Arntz, M., & Gathmann, C. (2014). Permanent Changes in the Wage Structure and the East German Fertility Crisis.
- Arntz, M., & Gregory, T. (2014). What Old Stagers Could Teach Us–Examining Age Complementarities in Regional Innovation Systems.
- Arntz, M., Gregory, T., & Lehmer, F. (2014). Can regional employment disparities explain the allocation of human capital across space?. *Regional Studies*, 48(10), 1719-1738.
- Arntz, M., Gregory, T., Lehmer, F., Matthes, B., & Zierahn, U. (2017). Technology and Jobs in the Fourth Industrial Revolution.
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, 2(189), 47–54.
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). ELS issues in robotics and steps to consider them. Part 1: Robotics and employment. Consequences of robotics and technological change for the structure and level of employment. ZEW-Gutachten und Forschungsberichte.
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2017). Revisiting the risk of automation. *Economics Letters*, 159, 157-160.
- Arntz, M., Hogrefe, J., & Zierahn, U. (2016). Heterogeneous Labor Market Adjustments to Offshoring in European Region. In *Annual Conference 2016 (Augsburg):*Demographic Change (No. 145918). Verein für Socialpolitik/German Economic

- Association.
- Arntz, M., Lo, S. M., & Wilke, R. A. (2014). Bounds analysis of competing risks: a non-parametric evaluation of the effect of unemployment benefits on migration. *Empirical Economics*, 46(1), 199-228.
- Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30.
- Bakhshi, H., Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2015). Creativity Vs Robots. Nesta. Retrieved from http://www.nesta.org.uk/publications/creativity-vs-robots
- Bessen, J. (2016). How Computer Automation Affects Occupations □: Technology, jobs, and skills, (15).
- Biagi, F., & Falk, M. (2017). The Impact of ICT and E-Commerce Activities on Employment in Europe. *Ration Working Paper, No. 293*, The Ratio Institute.
- DATAVERSITY (2017). Data science education: An overview of academic programs in the USA. http://www.dataversity.net/best-academic-programs-usa-data-science/.
- Enzo Weber et. (2016), Economy 4.0 and its labour market and economic impacts, IAB-Forschungsbericht 13/2016, 27 December 2016
- Forbes (2017). The 6 best data science master's degree courses in the US. https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/05/02/the-6-best-data-science-masters-degree-courses-in-the-us/2/#5c1757ea3ba0.
- Forbes (2017). The 9 best free online big data and data science courses. https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/06/06/the-9-best-free-online-big-data-and-data-science-courses/#3d8156a743cd.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). The future of emplyment: how susceptible are jobs to computerization? Oxford University Programme on the Impacts of Future Technology, Technological Forecasting and Social Change, vol. 114, issue C, 254-280 2013.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2014). Agiletown: the relentless march of technology and London's response. Deloitte. Retrieved from http://www.deloitte.com/view/en_GB/uk/market-insights/uk-futures/london-futures/index.htm
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2015). Technology at Work: The Future of Innovation and Employment (Citi GPS Report). Retrieved from http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/view/1883
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2016). Technology at Work v2: The Future Is Not What It Used to Be (Citi GPS Report). Retrieved from http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/view/2092

- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? Technological Forecasting and Social Change, 114, 254–280.
- Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and Machine in Industry 4.0. *Boston Consulting Group*, 18.
- OECD. (2016). Automation and Independent Work in a Digital Economy. POLICY BRIEF ON THE FUTURE OF WORK (Vol. 2).
- Stewart, H. (2015). Robot revolution: rise of "thinking" machines could exacerbate inequality. *The Guardian*. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2015/nov/05/robot-revolution-rise-machines-could-displace-third-of-uk-jobs
- The annual report of the council of economic advisers (2016) Economic report of the president. (米国経済白書)
- Wee, D., Kelly, R., Cattel, J., & Breuing, M. (2016). *Industry 4.0 after the initial hype—Where manufacturers are finding value and how they can best capture it.*
- White Paper Work 4.0. (2016). Federal Ministry of Labour and Social Affairs. November, 2016.
- World Economic Forum. (2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Geneva, Switzerland.
- Working Group (2013), Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE4.0, Final report of the Industrie4.0 Working Group, April 2013
- Zierahn, U. T., Arntz, M., & Hogrefe, J. (2015). Heterogeneous Labor Market Adjustments to Offshoring in European Regions.

付録 I 業種分類と大企業、中小企業の分類方法について

I.1 業種分類について

本稿では、企業の業種を、1. 製造業、2. 金融・保険業、3. 情報通信業、4. 建設業、5. 運輸・ 郵便業、6. 卸・小売業、7. その他サービス業の7つに分類した。

なお、各企業の業種は、以下のように決定した。

- 1. アンケート回答において、「主たる業種」として「製造業」を選択した企業の業種を製造業とした。
- 2. アンケート回答において、「主たる業種」として「金融業、保険業」を選択した企業の業種を金融・保険業とした。
- 3. アンケート回答において、「主たる業種」として「情報通信業」を選択した企業の業種を情報 通信業とした。
- 4. アンケート回答において、「主たる業種」として「建設業」を選択した企業の業種を建設業とした。
- 5. アンケート回答において、「主たる業種」として「運輸業、郵便業」を選択した企業の業種を運輸・郵便業とした。
- 6. アンケート回答において、「主たる業種」として「卸売業」、または、「小売業」を選択した企業 の業種を卸・小売業とした。
- 7. アンケート回答において、「主たる業種」として「電気・ガス・熱供給・水道業」、「不動産業、物品賃貸業」、「学術研究、専門・技術サービス業」、「宿泊業、飲食サービス業」、「生活関連サービス業、娯楽業」、「教育、学習支援業」、「医療、福祉」、「複合サービス事業」、「サービス業(他に分類されないもの)」、「公務(他に分類されないものを除く)」のいずれかを選択した企業の業種をその他サービス業とした。

また、例外的に「主たる業種」を複数選択した11の企業に対しては、「TDB 大業種分類」を参考に、それぞれ手作業で決めた。それぞれの、本資料での業種、「主たる業種」、「TDB 大業種分類」の結果を表I-1-1にまとめた。

さらに、アンケートの「主たる業種」を回答していない企業に対しては、「TDB大業種分類」をもとに、それぞれ以下の様に業種を定めた。

- 1. 「TDB大業種分類」が「製造業」の企業の業種を製造業とした。
- 2. 「TDB大業種分類」が「金融・保険業」の企業の業種を金融・保険業とした。
- 3. 「TDB大業種分類」が「運輸・通信業」の企業の業種は個別に企業の事業内容を見て決定した。
- 4. 「TDB大業種分類」が「卸売・小売業、飲食店」の企業の業種は個別に企業の事業内容を 見て決定した。
- 5. 「TDB大業種分類」が「建設」の企業の業種を建設業とした。
- 6. 「TDB大業種分類」が「公務」の企業の業種をその他サービス業とした。
- 7. 「TDB大業種分類」が「電気・ガス・水道・熱供給」の企業の業種をその他サービス業とした。

(表I-1-1)例外的にアンケート回答において「主たる業種」を複数選択した11 の企業の本資料での業種、「主たる業種」、「TDB 大業種分類」の対応表

	本資料での業種	アンケートでの「主たる業種」	TDB 大業種分類
1	その他サービス業	建設業、不動産業、物品賃貸業	サービス業
2	その他サービス業	建設業、サービス業	サービス業
3	運輸·郵便業	運輸業、郵便業、複合サービス事業	運輸•通信業
4	製造業	製造業、卸売業、小売業	製造業
5	卸•小売業	製造業、卸売業	卸売•小売業
6	製造業	製造業、卸売業	製造業
7	その他サービス業	建設業、学術研究、専門・技術サービス業	サービス業
8	卸•小売業	卸売業、小売業	卸売•小売業
9	卸•小売業	卸売業、不動産業、物品賃貸業、サービス業	卸売•小売業
10	卸•小売業	小売業、サービス業	卸売•小売業
11	運輸·郵便業	運輸業、郵便業、不動産業、物品賃貸業	運輸•通信業

I.2 大企業、中小企業の分類について

本稿での大企業、中小企業の分類は中小企業基本法」の定義を参考に決めた。

大企業、中小企業の定義は、卸売業、サービス業、小売業、その他の業種によって異なる。大企業、中小企業の分類においては、卸売業、サービス業、小売業に属する企業を以下のように決めた。

- アンケート回答において、「主たる業種」として「卸売業」を選択した企業を卸売業の企業
- アンケート回答において、「主たる業種」として「小売業」を選択した企業を小売業の企業
- 上記の業種分類で「その他サービス業」として分類されている企業をサービス業の企業 とした。

そして、以上の業種の定義を踏まえて、中小企業基本法の中小企業の定義を参考に、

- 卸売業の企業は、資本金の額又は出資の総額が1億円以下または従業員数が100人以下 の場合に中小企業と分類し、それ以外を大企業とした。
- 卸売業の企業は、資本金の額又は出資の総額が5千万円以下または従業員数が50人以下の場合に中小企業と分類し、それ以外を大企業とした。
- サービス業の企業は、資本金の額又は出資の総額が5千万円以下または従業員数が100 人以下の場合に中小企業と分類し、それ以外を大企業とした。
- 上の3つの業種以外の企業は、資本金の額又は出資の総額が3億円以下または従業員数が300人以下の場合に中小企業と分類し、それ以外を大企業とした。

-

¹ http://www.chusho.meti.go.jp/faq/faq/faq01 teigi.htm を参考にした。