

# オートメーションと人間

中 田 善 啓

## はじめに

AI（人工知能）とロボット技術を含むオートメーション技術は劇的な社会経済的変化をもたらすと思われる。たとえばAIはデータ分析や予測では人間の能力を超え、ロボットが人間の労働に取って代わろうとしている。ビジネスにおける一般的な予測問題は在庫管理や需要予測といった古典的な統計的問題であった。しかし最近10年間に画像認識、運転、翻訳が予測問題として捉えられている。予測が進化していくにつれてそれを利用するタスクの範囲が広がるので、新しいアプリケーションの適用範囲が増大している。なお以下ではAI、ロボットを利用した技術をオートメーションといい、オートメーションの周辺技術を含めた包括的な概念として情報通信技術を使う。

情報通信技術の進化は労働者、企業、経済にとって大きな利益をもたらし、生産性と経済成長をもたらす可能性がある。オートメーションは過去の技術と同じように、今日存在しない新しいタスクを創出するかもしれない。一方では業務の60%のうち少なくとも30%が自動化できるといわれている<sup>(1)</sup>。その結果これらの新技術が雇用の破壊、賃金の削減、ひいては所得格差や経済的不平等が拡大する可能性がある。

最近20年 AI とロボット工学が大きく進歩した。今後の進展はさらに加速

---

(1) McKinsey Company [2017].

オートメーションと人間（中田善啓）

し、大規模になると予想されており、これらの技術が世界中のタスクを変えると予測されている。（たとえば、Brynjolfsson & McAfee [2014], Boston Consulting Group [2015], McKinsey [2017]）。しかし最近の調査ではオートメーションやその他の技術動向に関する懸念が高まり、その影響に関する広範な懸念が明らかにされている（たとえば、Autor, Dorn, Katz, Patterson, and Van Reenen [2017], Bessen [2018], Brynjolfsson & McAfee [2014]）。オートメーションが人間の労働を置き換える一方で、新しいタスクを創出する。しかしオートメーションによって労働者一人当たりの生産量の増加が労働需要の比例的拡大をもたらさなければ、労働者一人当たりの賃金と生産性は乖離し、労働分配率は低下する。Acemoglu and Resrepo [2018] はどうすればオートメーションが社会的富を増大する発展経路をたどることができるかについてモデル分析を行っている。

本稿はオートメーションの意義、オートメーションが人間の意思決定にどのような影響を与えるか、オートメーションが社会にどのような影響を与えるかを考察している。次節はデジタル時代のイノベーションの特色を明らかにする。第2節オートメーションと予測、人間の判断について考える。第3節ではオートメーションが一時的な生産性低下がなぜおきるか、また企業間格差がなぜおきるかを考える。第4節は現在オートメーションが社会にどのような影響をあたえているかをみていく。

## 1. セカンドマシン時代のイノベーションの特色

### 1.1 デジタル革命の進化

第1次と第2次の産業革命は蒸気機関と電気のエネルギー革命であり、人間の肉体能力を克服し、大量エネルギーを大量生産と大量輸送を生み出した。Brynjolfsson and McAfee [2014] はこれをファーストマシン時代（the first machine age）とよんだ。かれらによれば現在はセカンドマシン時代（the

second machine age) に入り、コンピュータを中心とするデジタル化によって環境を理解し制御する能力が進展し、人間の肉体的能力から知的能力が中心となった。デジタル技術はコンピュータハードウェア、ソフトウェア、およびネットワークを核とするデジタル技術の進歩であるが、これらの技術はまったく新しいものではないが、加速度的な進歩を遂げ、現在人類は進化のグラフの向きが大きく変わる変曲点 (inflection point) にある。このようなデジタルイノベーションは消費の多様性と量を増やすことができるので、選択肢が拡大する。しかし一方ではデジタル革命は多数の失業者を生み出し、少数者がこれらの技術を使って価値を創造し、獲得し、利益をほぼ独占する可能性が大きくなる。

デジタル技術によって人間の労働とデジタル労働の分業が生まれた。人々はコンピュータよりも比較優位性がある仕事に集中し、コンピュータはその特性に適した仕事を行うことが合理的なシステムである。コンピュータが優位な仕事は原則としてコード化できるものであれば、構造化と非構造化変数を処理することができる。情報処理の一方の極に厳密にルールに従うタスクともう一方の極にはルールやアルゴリズムに従わないタスクがある。後者のタスクはパターン認識と複雑なコミュニケーションである。いずれもコンピュータよりも人間が優位性をもっているとされてきた。

しかし自動運転、自然言語処理ソフト、IBMが開発したワトソンなどは発展途上にあるが、コンピュータは人間の能力を超える段階にある。さらにはロボット工学、AIの進歩により高度なプログラミングを必要としないヒューマロイド型ロボットが人間の労働に代替しつつあり、無人工場が現実化している。さらには3Dプリンタのようにコンピュータの周辺機器が発展している。このように多数の分野でデジタル技術は指数関数的な高性能化を遂げ、人類は進歩の関数の傾きが大きく変化する変曲点に立っている。

セカンドマシン時代のイノベーションの大きな特徴はコンピューティング

能力の指数関数的な高性能化，情報のデジタル化，組み合わせ型イノベーション<sup>(2)</sup>である。以下でみていこう。

デジタル化は21世紀に入って急速な進歩を遂げている。なかでも AI とロボット工学の進歩はめざましい。コンピュータはムーアの法則を超える成長を遂げている。ムーアの法則は素子の性能が毎年2倍に成長するという経験則である。この素子を埋め込んだ集積回路の性能は驚異的に成長するので、コンピュータ製品も同様に成長する。自動車のような物理法則に従う製品も急速に成長するが、それが長期に続くことはない。しかしコンピュータ産業は驚異的なスピードで成長した。その理由は2つある。その第1はトランジスタなどの素子を含む物理的な製品は物理学の法則によって制約されるが、デジタル世界の制約ははるかに緩やかである。第2はコンピュータ産業では物理的な限界を回避するようなアイデアが生み出され、ムーアの法則が素子に関係する多面的なコンピュータ製品に利用され、コンピュータ製品は指数関数的成長を遂げた。

ムーアの法則の多面性は図1で示されている<sup>(5)</sup>。縦軸の成長のスケールは対数目盛である。マイクロチップの密度，処理速度，ストレージ容量，エネルギー効率，ダウンロード速度など，コンピューティングの基本的な要素は指数関数的な速度で長期にわたって改善している。このようなムーアの法則はコンピュータ製品だけでなく周辺機器にもあてはまり，プロセッサ，メモリ，センサなどのコンピュータ機器の価格は急速に低下した。カメラなどを用いて自己位置推定や周囲のマッピングを行う SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) により AI やロボットが指数関数的な成長を遂げる。それらの

---

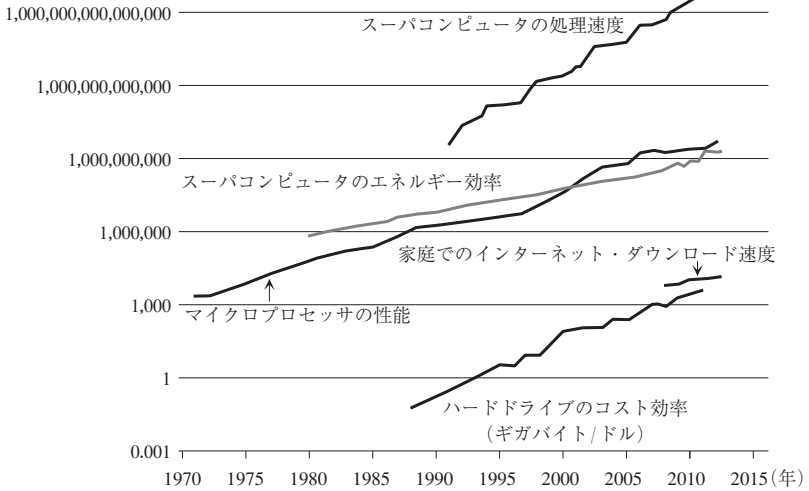
(2) Brynjolfsson and McAfee [2014], chap. 2 (村井訳第2章).

(3) ロボット技術の進歩については，Boston Consulting Group [2015], McKinsey [2017] を参照。

(4) Brynjolfsson and McAfee [2014], chap. 3 (村井訳第3章).

(5) Brynjolfsson and McAfee [2014], p. 30 (村井訳 p. 87)

図1 ムーアの法則の多面性



変化は当初小さいが、ある時点から急速に変化する。

コンピュータ技術の指数関数的な高成長はAIとロボットの飛躍的発展となって、人間の労働を変える。自然言語処理、機械学習はコンピュータへのデータが増えれば増えるほど、コンピュータが自己学習して改善する。さらには、視覚情報処理と、自己位置を推定するSLMは人間の労働、生活を変えつつある。同時にロボット技術が急速に進歩し、従来の特定用途向けだけでなく、ロボットが構造化されない環境でタスクを実行するようになり、作業対象を決定し品質を判断し、情報通信技術を通じて生産システムにフィードバックすることができる。これによりComputer-Aided-Manufacturing技術の進歩によりオートメーションが深化した。ロボットは人間と違って高度なタスクを24時間実行可能である。

その結果ソフトウェアのコストが10年で20%低下し、ロボット性能は毎年5%ずつ向上し、サプライチェーンで利用される。自動化が毎年2~3%成長、10年後には製造タスクの40%以上を占める産業が生まれ、ロボットへの

オートメーションと人間（中田善啓）

代替は製造業で10%、2025年には25%のシェアと予測されている。<sup>(6)</sup>スマートフォンにはプロセッサ、センサ、および送受信機が搭載され、ムーアの法則と指数関数的な技術進歩によりコストが大幅に下がり、全世界で利用されている。さらにはデジタル化が急速な拡大を促した。デジタル化は量、速度、多様性の側面で大きな進歩をもたらし、新しい知識獲得が行われ、イノベーションを加速させた。

デジタル製品の特色は物的製品と異なって、複数のユーザが利用できる非競争的（non-rivalry）性格を持ち、何度使っても劣化しない。また情報を作成する際に固定コストがかかるが、複製やコピーのような再生産の限界コストはほぼゼロである。さらにデジタル情報を送受信する際にインターネットを使用するが、そのアクセスコストは定額料金なので、追加的なコストはかからない。たとえばオンラインの自動翻訳（たとえば Google 翻訳）は言語ルールを解明せずに、膨大なデジタルコンテンツに統計的なマッチングを行っている。初期には多額の固定的なマッチングコストがかかるが、再生産の限界コストはほぼゼロで、利用すればするほど制度が高くなる。

コンテンツを作成するにはコストがかかるが、ユーザ生成の場合はフリーが多い。人気あるコンテンツサイトの多くがユーザ生成である。ユーザ間のコミュニケーションで M2M（machine-to-machine）が利用されているので、データの共有が行われる。したがって、デジタル情報はビッグデータとなる。このようにデジタル化はわれわれの知識を増やし、理解を深め、集合知（collective wisdom）を高める。その結果われわれは将来を予測したり、過去を知ることができるようになった。さらには仮説の検証が容易になり、科学の進歩に寄与する。しかし AI は因果関係が不明であり、結論に至るプロセスはブラックボックスであるので、理論が重要な指針となる。

---

(6) Boston Consulting Group [2015].

強力な技術の発明が経済的進歩の原動力であるが、それが多くの産業に普及していかなければならない。次項で述べるが、第1次産業革命の蒸気機関や第2次産業革命の電気は経済の多くの部門に重要な影響を及ぼす潜在的な新しいアイデアやテクニクとなる汎用技術 (general purpose technology) である。それが基礎になって多種多様なイノベーションを生み出している。イノベーションはまったく新しいものを生み出すのではなく、すでにあるアイデアや技術<sup>(7)</sup>を再結合することである。情報通信技術はこれまでのアイデアを結合し、さらに再結合する根本的な新しい方法を生み出してきた。デジタル化によってどんな状況でも大量のデータが利用可能になり、複製や再利用のコストがかからない。重要なアイデアはそれを創出し、伝播するメタアイデアである。

たとえば、Wazeのような技術革新はより迅速に渋滞を回避し、交通渋滞を緩和する<sup>(8)</sup>。Wazeは位置センサ、データ伝送装置(すなわち、電話機)、GPSシステム、およびソーシャルネットワークの再結合である。Web自体はインターネットではTCP/IPデータ伝送ネットワークの単純な組み合わせである。テキストや画像などをどのようにレイアウトするかを指定するHTMLと呼ばれるマークアップ言語であり、結果を表示するためのブラウザはシンプルなPCアプリケーションである。フェイスブックはソーシャルネットワークをデジタル化し、HTMLを習得することなくメディアをオンラインにすることを可能にすることによって、Webインフラストラクチャを構築した。これらの要素のどれも特に新規ではなかったが、それらの組み合わせがイノベーションであった。

---

(7) Brynjolfsson and McAfee [2014], chap. 5 (村井訳第5章).

(8) 以下の例はBrynjolfsson and McAfee [2014], chap. 5 (村井訳第5章)に基づいている。

## 1.2 汎用技術としての AI

蒸気機関と電気のような技術的発明は経済拡大の推進力であった。これらの発明は多数の分野で浸透し、継続的に生産性の大幅な向上をもたらし、新たなイノベーションを生み出すことができた。このような技術を汎用技術と<sup>(9)</sup>いう。これは多数の分野で浸透し、継続的に生産性の大幅な向上をもたらし、新たなイノベーションを生み出すことができる技術である。たとえば鉄道のような新しい輸送手段やより有効な機械の発明は大量生産、大量販売技術を生み出した。AI、機械学習（machine learnig）、および関連する新技術のより重要な経済効果は汎用技術の特性をもち、これらと補完的なイノベーションを創発している。AI、特に機械学習は補完的な技術革新を生み出すと予測されている。機械学習システムは予測、自動運転、診断などに利用可能であり、それが補完的技術のさらなるイノベーションを生み出す。

近年の機械学習はディープラーニング（deep learning）と呼ばれるアプローチによって急速に進歩し、特定のタイプのタスク、特にイメージ認識、音声認識、自然言語処理、予測分析を含むマシンで人間の能力を超える領域が増大している。この基本構造は数十年の歴史があるが、近年新しいアルゴリズムの開発、ハードウェアや新しいアーキテクチャの改善によりモデルトレーニングの計算コストが劇的に下がり、多数の分野で利用されている。過去の自動化はタスクを自動化するための明示的なルールや手作業で書かれたコンピュータアルゴリズムを使用していたので、知識がコード化されているか、少なくともコード化可能な領域に限定されていた。ディープニューラルネットワーク（deep neural network）は自動近似入力空間変換を用いて非線形な関数を学習できるので、現在オートメーションフロンティアでもっとも顕著な潜在的な経済性のあるアルゴリズムである。そのソフトウェアは入力や出

---

(9) Bresnahan and Trajtenberg [1996].



力、ポリシーへの明示的なマップを書くことができないためデジタル化ができなかった分野へ拡張することができるようになった。

機械学習アルゴリズムはダイナミックに自己を改善するようにデザインされている。機械学習アルゴリズムは開発者がプロセスの各ステップを自動化するためにコード化するのではなく、インプットをアウトプットにマッピングして入力のコレクションを出力のコレクションに接続する関数を独自に発見することができる。機械学習はディープニューラルネットワークの新しいアルゴリズムと技術の発見だけでなく、コンピュータハードウェアと補完しながらシステムを訓練するために使用できるように大量のデータのコレクションを入手できる。したがって、機械学習システムはさまざまな補完的な技術革新を促進する。

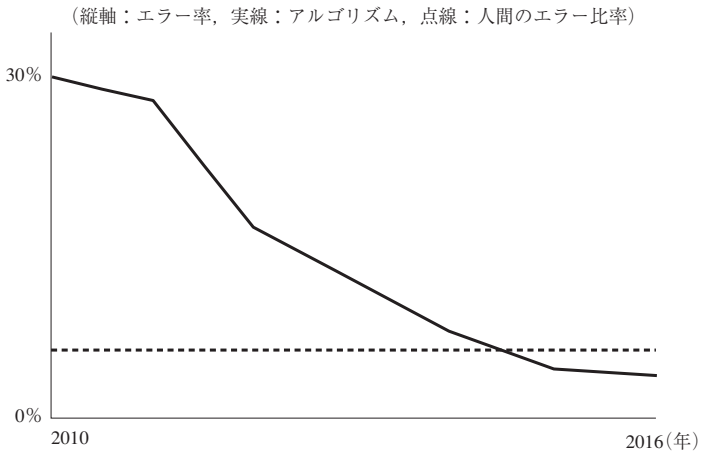
機械学習は複雑性が高い環境で有効である。機械学習は従来からあるアルゴリズムを利用しているが、計算速度、データ保存、データ検索、センサ、アルゴリズムの進歩により機械学習に基づく予測のコストが大幅に削減され、画像認識や翻訳をスピードアップした。色、形、質感、コンテキストのような変数の相関関係を使って、対象物の過去の画像からの情報をマッピングして未確認の新しい画像を識別する。

従来ほとんどのコンピュータプログラムは人間の知識をコード化しプログラムによって規定された入力を出力にマッピングすることによって作成された。これに対して機械学習システムは大きなサンプルデータセットからニューラルネットワークを使って関連するマッピングを行う。大量のデータ（ビッグデータ）とデータ処理のアルゴリズムの改良によって、機械学習は認識と認知で大きく向上した。たとえば1000万枚以上の画像データセットであるイメージ認識のエラー率は2010年の30%以上から2016年には5%未満に低下し、<sup>(10)</sup>図2に示すように、人間の能力を超える。

---

(10) Brynjolfsson *et. al.* [2017].

図2 イメージ認識



行動はある条件のもとでとられるが、データがより広範に利用可能であり、よりアクセス可能な場合、予測の価値が上がるので、多様なタスクで利用される。コンピュータ革命はデータの量と種類の両方を大幅に増加させ、予測のコストが大幅に低下した。

ディープラーニングはコントロールおよびアクション・システムを生成するために強化学習と組み合わせられ、ロボットなどが将来の報酬を最大限にするために環境状態を考慮してアクションを実行するようトレーニングされる。機械学習による予測のコストの低下によって人間の判断に対する我々の理解が改善されなければ、人間の判断が自動化の対象とならない。しかし機械学習は行動と成果の関係を調べ、その情報を使って予測を改善する方法を見つけ、より正確な予測と新しい戦略を開発するための行動と結果にフィードバックを組み込むことができ、注目すべきイノベーションがおきる。

### 1.3 汎用技術の成長パターン

かつての汎用技術は蒸気機関や電気であった。電気が動力源としてアメリ

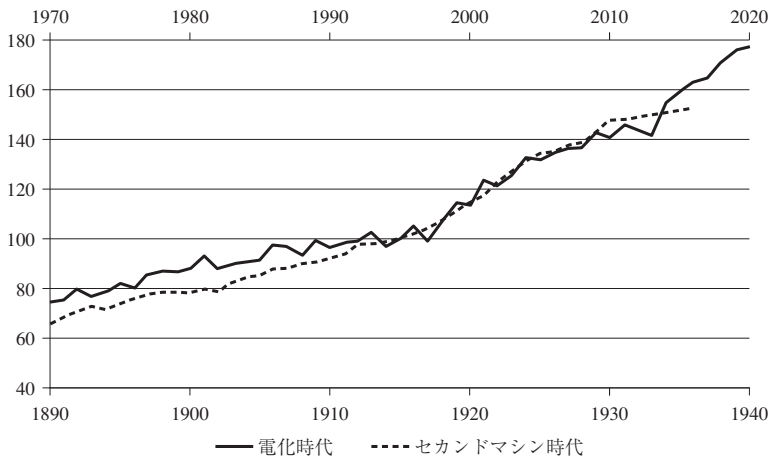
かに導入されたのは1890年代後半であった。当時の工場のレイアウトは蒸気機関の特性に応じて、エネルギーの消費量の多い機械を動力源の近くに設置していた。電気が導入された新しい工場でもこの順序は変わらなかった。したがって生産性は停滞していた。1930年にはいって新世代の管理者が指揮をとるようになって工場のレイアウトは大きく変わって、機械設備ごとに小型モータが設置された。組立ラインは自然のワークフローに沿って設計し直されたので、生産性が拡大した。その後リーン生産方式、総合的品質管理などの補完的イノベーションが登場して製造業の生産性は飛躍的に拡大した。技術の潜在性を開花させるには組織的なイノベーションが必要であることがわかる。

図3は電化と情報通信技術の生産性の成長パターンを示している。電化の成長率(図3の実線)は縦軸で、1915年を100として表し年度は下の横軸、情報通信技術の成長率(図3の点線)は1995年を100として表し、年度は上の横軸にとっている<sup>(11)</sup>。電化時代の労働生産性のトレンドは情報通信技術時代のそれと類似している。両者共に約25年の比較的初期の生産性の低下があったが、その後電化時代には1915年から1924年にかけて、情報通信技術時代では1995年から2004年にかけて10年間の生産性向上の加速が見られた。両トレンドはコアの汎用技術による生産性の成長が複数のイノベーションを誘発する可能性があることを示している。電化の場合と同様に情報通信技術関連投資が必要であり、後述するように、AIの効果的な使用にはデータセットの開発、企業固有の人的資本の構築、新しいビジネスプロセスの構築が必要である。さらには組織構成員がAIロボット技術を習得するにはマスターするまでに時間がかかる。

---

(11) Brynjolfsson, *et. al.* [2017].

図3 電化と情報通信技術による労働生産性のトレンド



## 2. オートメーションの意義

### 2.1 予測と判断

判断は意思決定を行う能力であり、さまざまな行動が予測に照らして結果に及ぼす影響を理解することである。目的の結果を簡単に記述でき、人間の判断の必要性が限られているタスクは自動化が容易である。しかし正確な結果を記述することが困難であったり、望ましい結果が人間の心に残っていてコード化できなかったり、マシンが理解できるものに変換できない場合には、自動化が困難である。機械学習のディープラーニングのようなアルゴリズムは行動と成果の関係を調べ、その情報を使って予測を改善する方法を見つけることができる。

たとえば Google の DeepMind 人工知能プログラムである AlphaGo は何千もの人間と人間の囲碁を分析し、何百万回もプレイすることによって世界トップの能力をもっている。Facebook の AI 研究チームは畳み込みニューラルネットのシーケンス予測技術を使用して機械翻訳アルゴリズムを改良した。さら

に機械学習は日常生活で利用可能になっている。AI企業の x.ai (<https://x.ai/>) は電子メールやカレンダーの管理に予定を立てるための仮想パーソナルアシスタントを提供している<sup>(12)</sup>。これは人間同士の電子メールのやりとりを研究し、互いに会合をスケジューリングすることで、人間の反応を予測し、人間の選択を見ることができるようデザインされている。

意思決定全体がアルゴリズム（例えば、画像認識と自動運転）によって明確に定義されているもサブタスクと正確な結果を記述することが困難なサブタスクに分解すると、前者は予測コストが低下するので、自動化が可能であるが、後者の自動化には時間がかかる。AI技術が向上するにつれて、AIはますます人間の予測にとってかわる。予測はオートメーションのインプットであるが、タスクはデータ、予測、判断、およびアクションからなる。現在ところ機械学習は予測コストを下げながら、予測の精度を上げている。センサ技術（データ）やロボット技術（アクション）も急速に進歩し、予測は技術が現在急速に向上しているオートメーションの側面である。その結果人間が行う予測タスクは減少する。

将来のもっとも貴重なスキルは予測を補完する判断である。現在のところ倫理的判断、感情の知性、芸術的趣味、タスクの定義する能力は人間に依存している。組織は倫理的判断を必要とする意思決定、感情情報が必要となる顧客と従業員の関係、イノベーションに関わる創造性は人間労働に大きな比重がある。判断関連のスキルは多様な状況においてますます価値が高くなる。AIが特定の文脈で人間の判断を予測することを学ぶにつれて、人間の判断を必要とするタスクの一部は時間とともに変化するので、タスクの判断は新しい環境に適応する必要がある。

多くのマネジメントタスクには予測が必要である。雇用や昇進は予測が必

---

(12) Agrawal, Gans and Goldfarb [2017].

要である。しかし AI は決定に至るプロセスはブラックボックスであり、さらには結果が不安定である。この状況で対象者が説明を求めた場合、どのように情報を公開するだろうか。マシンの予測能力が高まるにつれて、管理者の予測スキルは価値が低くなるが、判断スキル（指導能力、感情サポート能力、倫理基準を維持する能力を含む）がますます重要になる。さらには管理者の役割として AI をどのように適用するのが最適かを決定する役割がある。ダイナミックな状況でもっとも効果的な予測を特定し、予測エラーのコストを評価しなければならない。また目的が明確に定義できない場合には望ましい結果を特定するために判断を必要とする。このように経営者の判断は予測技術を補完する。

## 2.2 クラウドソーシング

多くの組織が技術革新の課題と機会をより多くの人々に開放して、問題解決するクラウドソーシング（crowdsourcing）のビジネスモデルがとられている。<sup>(13)</sup> このビジネスモデルはオープンイノベーションやシェアリング経済に現れている。このモデルは技術を自動化するのではなく、大きな問題を小さな問題に区分けしたタスクを実行し、意図的に労働集約化している。これはオンラインでの分散型問題解決モデルである。伝統的に企業は医薬、バイオテクノロジー、消費財、ハイテク産業では科学ベースの研究開発問題をクロードシステムで行われてきた。これに対して、自社が抱える問題を公開して外部からのソリューションのコンテスト通じてイノベーションを仲介するプラットフォームが登場している。これはオープンイノベーションである。

InnoCentive.com (<http://www.innocentive.com/>) はウェブサイト上で、自組織で解決困難な問題をもつ探索企業と、その解決者をマッチングするプラッ

---

(13) オープンイノベーションについては中田 [2013]、第 6 章を参照。

<sup>(14)</sup>  
トフォーム企業である。それは許容可能なソリューションに対して賞金を提供するコンテストベースである。その企業は創業者 Bingham, A. の科学観に基づいている。かれによれば、多くの科学的な問題を解決するアプローチがとられ、ソリューションは多様であり、ある問題に最適なソリューションが類似した問題にとって最適とは限らない。しかし、企業内では研究員は少数であるので、問題領域にベストなアプローチやソリューションを気づかないことが多い。企業内部でソリューションが見つからない問題を多様な外部の研究者とマッチングすることが、科学的問題解決の生産性を高めることになる。

また Kaggle (<https://www.kaggle.com/>) は企業がデータを提供し、それに基づく分析や予測モデルをイノセントティブと同様にコンテストベースで提供企業と問題解決者とマッチングするプラットフォーム企業である。<sup>(15)</sup>

クラウドソーシングによって問題を抱える企業がプラットフォーム企業を介してイノベーションタスクを不特定多数からのソリューションが得られる。しかしイノベーションをクラウドソーシングによって実行することはいくつかの困難がある。<sup>(16)</sup> これらの大規模匿名の仮想市場では企業は参加者に特定の仕事を割り当てることができず、プラットフォーム企業は参加者のスキルの内容、そのレベル、どのタイプの参加者がタスクを完了できるかについての情報が無い。このようにクラウドソーシングによるイノベーションはマッチング関連の問題が多い。

---

(14) Lakhani and Panetta [2007].

(15) Brynjolfsson and McAfee [2014], chap. 5 (村井訳第5章).

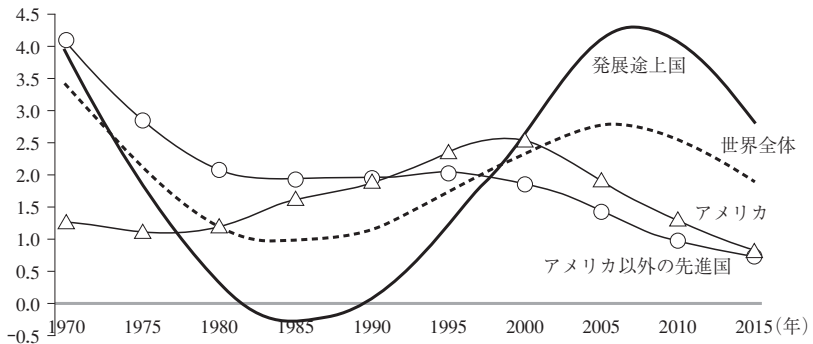
(16) Acemoglu, Mostagir and Ozdaglar [2014].

### 3. オートメーションと企業間格差

#### 3.1 労働生産性のタイムラグ

AIは大きな可能性をもっているが、現在のところ労働生産性に影響を及ぼしていない。図4に示すように、先進国の労働生産性の成長率（縦軸）は2000年代半ばから低下している<sup>(17)</sup>。たとえば米国における総労働生産性の伸び率は、1995年から2004年にかけての年間成長率の2.8%の半分以下で、2005年から2016年にかけて平均1.3%低下している。先進国では非加重平均年率労働生産性の伸び率は1995年から2004年にかけて2.3%であったが、2005年から2015年には1.1%であった。

図4 労働生産性のトレンド



労働生産性の低下のなかで1980年代以降米国では大企業の集中度は米国の産業セクターを超えて上昇している<sup>(18)</sup>。Autor *et. al.* [2017]によれば、1982年から2012年にかけて、4桁の業種における上位4社のシェアは製造業で4.5%、サービス業で4.4%、小売業で15.0%、卸売業で2.1% 上昇している。情

(17) Brynjolfsson, Rock, and Syverson [2017].

(18) Autor, Dorn, Katz, Patterson, and Reenen [2017].



報通信技術のイノベーションは小規模企業や若い企業に低価格の経営ツールを提供することによって利益を平準化することがいわれることがある。しかしそれをもっとも効果的に使用できる企業に有利になり、トップ企業はより高い利益とより大きな市場シェアを実現している<sup>(19)</sup>。いわゆるスーパースター企業は情報通信技術を使って高い生産性を確保している。図5に示すように、1980年から1999年までの小企業とトップ50社の労働生産性の格差は、2000年から2014年にかけて、大企業の生産性は大幅に向上したので、拡大している<sup>(20)</sup>。情報通信技術のイノベーションが上位企業と他の企業との間の生産性格差を広げ、集中度を拡大している。

図5 大企業と小企業間の労働生産性

(1980年-1999年および1999年-2014年でグラフの左は小企業、右は上位50社の生産性の成長率)

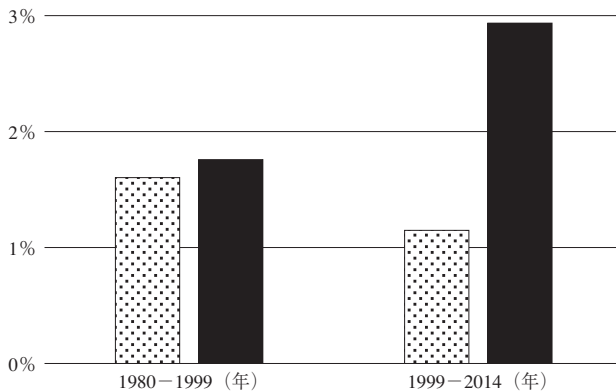


図4に示すように一時的にしろ生産性が低下する一方で、図5に示すように企業格差が広がり、大企業は生産性を増大させている。その要因の第1はAIの重要な機能、特に機械学習に基づく機能がまだ広く伝播していない。

(19) 実証結果については Autor, Dorn, Katz, Patterson, and Reenen [2017], Bessen [2017] を参照。

(20) Bessen [2018].

新技術の可能性の認識とその測定可能な効果との間には遅れがある。新技術が普及して大きな効果をもたらすには時間がかかる。その第2は新技術の完全な利益を得るためには補完的な投資が必要であり、これらの補完的技術を発見して開発し、実施するには時間がかかる。コアとなる技術の発明と社会への潜在的可能性は当初ははっきりと認識されるが、その途中で必要とされる無数の補完技術の発明、スキルの高度化などの調整に時間がかかる。

汎用技術が生産性を拡大するにはそれと補完関係にある有形、無形資産への投資が必要である。特に従業員の情報技術のスキル向上が重要である。機械学習システムはビッグデータを使って関連するマッチングを独自に把握するようにニューラルネットワークのようなアルゴリズムを使用する。企業はビッグデータを獲得、アクセスして、処理し、分析することによって予測精度を高め、判断する能力を持たなければならない。企業のトップや管理者は古い技術のもとで訓練されているので、認識が遅れ、場合によってはかれらが退職してはじめて利用可能となることが多い。

### 3.2 デジタル市場の特色

大企業と中小企業の生産格差はデジタル製品の性質にある。通常多くの市場では製品やサービスの中から顧客は高品質のものを選択するが、供給の制約や輸送コストが大きい場合、その最高の品質の製品は一部の顧客しか入手できないので、二番手以下の企業はそれなりのシェアを獲得できる。しかしデジタル技術が進歩すると、複製の限界コストがゼロに近くなり、また通信や輸送のネットワークが進歩したので、最高の品質を提供する企業が市場をすべてないしはほとんどを専有することが可能になった。このようにデジタル製品の市場が勝者総取り（winner-take-all）の性格をおびる。<sup>(21)</sup> Frank and

---

(21) 勝者総取り市場については Frank and Cook [1995]、中田 [2002] 第7章を参照。

Cook [1995] は絶対的評価で成果が決まるような物的製品市場と、デジタル製品のように相対的評価で決まる勝者総取り市場を比較している。物的な製品は競争的市場では品質に応じてシェアが決まるが、デジタル製品では顧客は相対的に品質が良い製品が市場独占する。その差がわずかであっても成果は大差がつく。

勝者総取り市場が増えてくる要因は第1にデジタル製品の限界コストがゼロになり、物的製品のそれを大きく下回る。さらにデジタル製品のコピーの限界コストがゼロであるので、複製が無制限に実行できる。デジタル製品は規模の経済が大きく働くので、トップ企業は固定コストを回収すると、複製の限界コストはゼロなので、価格競争力をもち大きな利益を確保できる。

情報通信技術社会では通信や輸送技術が進歩するので、市場がローカルからグローバルへと拡大する。グローバル化によってローカル市場で一定程度シェアを確保していた2番手以下の企業はトップ企業に対して不利になる。Google や Amazon の検索エンジンのような技術がユーザの探索コストを削減し、マッチングの精度を高めるので、トップ企業の優位性がますます大きくなる。オンライン小売業者は、顧客の格付け別に商品をランク順に並べ替えたり、考えられるすべての機能を備えた商品のみを含むように結果を絞り込んだりするデジタル技術によるランキングとフィルタリング機能を通じて、市場が勝者総取りに移行する。

品質や価格差がトップ企業と2番手企業でわずかであっても、顧客は相対評価するので、トップ企業に利益が偏る。デジタルランキングとフィルタリング機能は製品市場だけでなく、労働市場、金融市場で商品にランキングをつけるので、偏った利益を生み出す。たとえば企業の採用プロセスで自動フィルタリングを設定すれば、自動的な排除が行われる。その結果スキルに偏った技術的変化の流れを増幅して少数者のみが選別されることになる。

売手、買手間の相互作用がプラットフォームを通じて行われるので、需要側

オートメーションと人間（中田善啓）

の規模の経済性，すなわちネットワーク効果が生まれる。<sup>(22)</sup>顧客はネットワークの大きさによって製品やサービスを購入する。プラットフォームはネットワーク効果を高めるためにオープンスタンダードをとる。さらに，ネットワーク効果は特定市場だけでなく，異なる市場間で間接的に働く。これを間接的ネットワーク効果という。iPhone や Android のスマートフォンを使う顧客が多ければ多いほど，アプリデベロッパはそれら向けのアプリを開発する。どの製品を購入することによるメリットは同じ製品を購入する他のユーザの数に影響される。ネットワーク効果や間接的ネットワーク効果により勝者総取り市場が生まれ易くなる。

### 3.3 データ主導型意思決定システムと補完的資産

情報通信技術関係のソフトウェア，ハードウェアは多数の企業にとって購入可能である。しかし企業ごとに差異が見られ，特に大企業の生産性は上昇している。情報通信技術関連の製品価格が下がり，データストレージや処理能力の増大は企業の情報集方法，データの利用可能性による意思決定，およびパフォーマンスが大きく変化する。特にデータマネジメントの経営慣行がパフォーマンスに影響を与える。Brynjolfsson and McElheran [2016] はデータ重視の意思決定をデータ主導型意思決定（data-driven decision making）とよび，生産性を上昇させることを実証的に明らかにしている。<sup>(23)</sup> AI やロボットを使ってデータを収集し，分析する意思決定が行われる。データ主導型意思決定を採用する企業は情報通信技術インフラを高度化している。情報通信技術資本ストックが2005年に既に高水準である企業の生産性は高くなっている。情報通信技術とデータ主導型意思決定システムとは補完関係にある。またその意思決定システムと従業員の高度なスキルと補完関係にある。

---

(22) 中田 [2013] 第3章を参照。

(23) Brynjolfsson and McElheran [2016].

データ主導型意思決定の効率性を決定する重要な要因は意思決定の構造である。管理者と現場の労働者間の共同意思決定を特徴とする業務環境はその効率性が低い。生産性が高い意思決定の構造は2005年から2010年にかけて意思決定の権限を分散し、データ重視の意思決定を行っている。管理者中心の権限よりも日常業務に対する意思決定権限の分散化が2005年から2010年にかけて増大している (Brynjolfsson and McEheran [2016])。

企業組織は情報処理システムであるので、より強力でコンピューティングパワーによってデータ収集コスト、ストレージコスト、分析コストが低下しても組織内のプロセスとシステムのオペレーションには大きな変化は見られない。従業員の意思決定システムの変更はコストや時間がかかり、同時に組織内の他のシステムに依存する。したがってデータの収集と処理のコストの低下による効率化は他の補完的なシステムの変更を必要とする。データの収集活動は情報をコード化することであるので、暗黙的経営慣行を明示化する必要がある。処理コストとストレージコストが低くなるため、情報の分析、統合、通信にかかるコストが低くなる、しかし、これらの変化を利用するためには、企業は資本投資を行う必要がある。

新規または非常に変化する生産プロセスを持つ企業は初期の段階ではプロセスの標準化、機械化、プロセスの編成に重点を置いている。かなり標準化された環境であっても、企業は収集するデータを選択するために必要な経営意思決定プロセスを構築しなければならない。そのためには企業は一般的に、会社全体の従業員とコミュニケーションを行い、企業全体のどの場所また誰に分散した知識があるかを発見して、知っていることを学習するプロセスが必要である。このプロセスは従業員がフォーマル化されていないチャネルを介して得た暗黙の知識を把握し、アクセス可能なデータベースにコード化しデータの集中化するのに役立つ。データ主導型意思決定を実施するために必要なステップはより客観的な情報へのアクセスを増やすことである。

新しくコード化され、アクセス可能な情報に対処するには、意思決定権やプロセスの変更だけでなく、昇進、フォーマンズの測定と評価などの企業文化の変更が必要である。このような変更は情報通信技術と補完的な関係にある。このような補完性により情報通信技術の早期導入企業が優位性を発揮する<sup>(24)</sup>。データ主導型意思決定が効果を発揮するためには、情報通信技術投資の先行、データ重視を実行するスキルなど企業文化の重要な属性が重要になる。高度成長期の日本の成長要因の1つである企業内、企業間の暗黙的経営慣行をコード化することによってデータ主導型意思決定は効率的になる。

データ主導型意思決定システムの補完関係にある投資はハードウェア委譲に、企業文化と組織構造の変革や再設計である。デジタル技術を使って意思決定権限の委譲、インセンティブシステム、情報フロー、採用システムなどの経営や組織の改革を行った企業の生産性が向上している。多額の情報通信技術投資を行った企業ほどの組織変革を行う。管理者と従業員が新しい技術の使用方法を理解するには、時間がかかり、5～7年のタイムラグで完全な業績が向上する<sup>(25)</sup>。このようにハードウェアやソフトウェアの導入、データ主導型意思決定に必要な補完的な投資が必要になるので、大企業と小企業との生産性格差が生まれる。

---

(24) ある一連の行動の中で、1つの活動水準を高めた場合、他の各活動の限界収益が高まる（少なくとも低下しない）ならば、この一連の活動は補完的である。この補完性によって、様々な活動の予測が可能になる。ある活動の水準を高めれば、その活動と補完的な関係にある活動水準も高めることで、利益は増大する。これは逆に言うと補完的な関係にある活動を同時に高めなくてはいけないというデザイン属性を発生させる。補完性については Brynjolfsson and Milgrom [2013] を参照。

(25) Bresnahan, Brynjolfsson and Hitt [2002]

## 4. オートメーションの問題点

### 4.1 転移効果と対抗効果

AI やロボットは人間労働を自動化し、生産性を高める。AI とロボットが以前に人間が行っていたタスクを実行する転移効果 (displacement effects) がおきる。<sup>(26)</sup> 転移効果は労働者の賃金、雇用の需要を減少させる可能性がある。さらに転移効果は、オートメーション化に起因する労働者1人当たりの生産量の増加が労働需要の拡大をもたらさず、労働者一人当たりの賃金とアウトプットが相関せず、労働分配率が低下する恐れがある。

一方ではこの転移効果を相殺する対抗効果 (countervailing effects) がある。第1に低コストの機械を人間の労働に置き換えることは生産性効果を生み出し、生産コストを低下させ、経済を拡大する。生産性の効果はオートメーションを行っている同じセクターの労働需要の増加または非オートメーションセクターの労働需要の増加として現れる。第2にオートメーションの増加による資本蓄積は労働需要を引き上げる。第3に人間の労働を置き換えると同時に、すでにオートメーション化されていた機械の生産性を高める。このようなオートメーションの深化は労働需要を高める。

これらの相殺効果は重要であるが、一般的にバランスの取れた成長経路を生み出すには不十分である。これらの効果が強力であっても、オートメーションは雇用を下げ、国民所得における労働分配率を下げる。したがって労働が機械に比べ比較優位を持つ新しいタスク、機能、活動の創出によって転移効果を相殺する対抗効果が重要である。かつて19世紀から20世紀にかけての産業革命では人間から機械の代替による転移効果は工場作業、工学、修理、バックオフィス、管理、財務、販売などの新たなタスクを生み出し、雇用を創出

---

(26) 転移効果と対抗効果については Acemoglu, and Resrepo [2018] を参照。

オートメーションと人間（中田善啓）

した。

新しいタスクの創出は事前に決められた速度で進行する自律的プロセスではなく、企業や労働者などの社会の構成員がその速度と性質を決定する。これによって労働者を転移することによるオートメーションが新しいタスクに大きな労働力のプールを作り出すかもしれない。さらにオートメーション技術は多くのサービス産業において新しいタスクを創出するプラットフォームとしての役割を果たすことができる。

しかしこのような対抗効果は急速に普及しているオートメーション技術に対して調整のスピードが遅いことに留意しなければならない。労働者の再配置には労働者の再訓練が必要であるが、技術とスキルにはミスマッチがあるので、経済格差による不平等が発生する。その結果オートメーションのスピードが調整時間を上回って、生産性が低下する可能性がある。オートメーションは既存のマシンの生産性を高くするのではなく、従来は人間の労働の領域であったタスクを実行するので、資本コストが低ければ、オートメーションは転移効果を生み出し、労働需要と賃金の低下をもたらす。弾力的な労働供給であったり、一部の労働市場が不完全であれば、労働需要の減少は雇用の減少につながる。

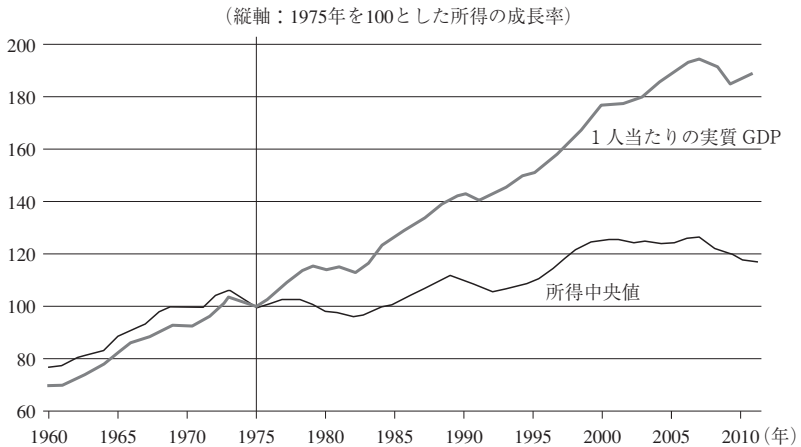
## 4.2 オートメーションと所得格差

情報通信技術のイノベーションはマッチングの精度、タイムリー性、顧客サービス、利便性を高めた。技術進歩は豊かさをもたらし、多くの富がより少ない労働から生み出し、生産性を向上させた。同時に所得の再配分に重大な影響を与えた。現在のところ転移効果が働いて、労働力が従来のように必要でなくなり、富が少数者に集中し、格差が拡大している。賃金と生産性がアンバランスに上昇している。図6に示すようにアメリカの1人当たりの実質GDPは増えているが所得の中央値は1979年以来伸びていないし、1999年



以降は低下している。<sup>(27)</sup> さらに平均所得と中央値は乖離している。生産性は1973年から2011年までに1.88%伸びているので、それは平均所得の伸びに寄与し、中央値がそれより下回っているのは所得格差が拡大し、不平等が広がっている。前述の移転効果が対抗効果よりも大きいことを示している。

図6 アメリカの1人当たりの実質GDPと所得中央値の推移



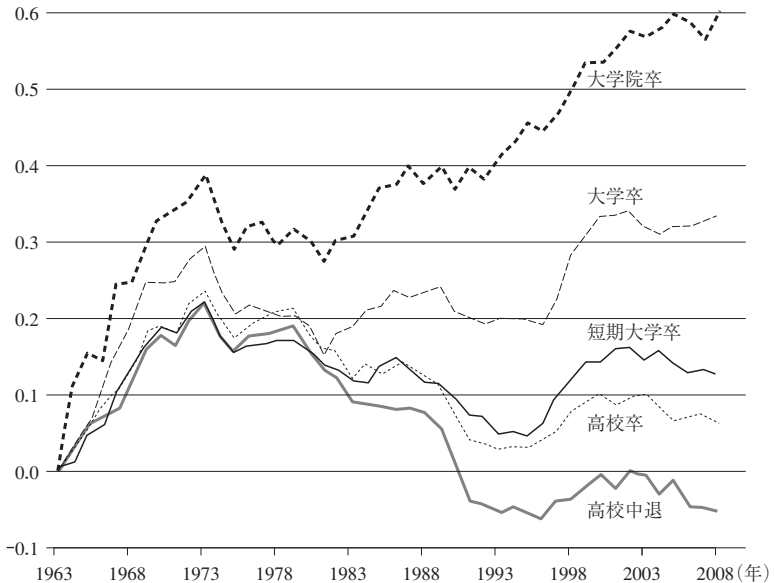
それでは情報通信技術による利益はどこに流れているのだろうか。まず図7はアメリカのフルタイムの男性労働者の賃金の推移を示している。<sup>(28)</sup> 1973年まではすべての労働者は学歴に関係なく、賃金が上昇している。1980年からは高学歴者（大学、大学院卒）の賃金が上昇しているのに対し、それ以下の労働者の賃金は伸び悩み、低下傾向にある。1980年はPC革命が始まっている。高度なスキルを持つ労働者の需要が拡大し、そうでない労働者の需要は低下している。情報通信技術関係のタスクが増大し、高度なスキルが必要となっている。

(27) Brynjolfsson and McAfee [2014], p. 76 (村井訳 p. 218)

(28) Brynjolfsson and McAfee [2014], p. 77 (村井訳 p. 223)

図7 アメリカ男性労働者のキャリアと賃金の推移

（縦軸：職種調整後の実質週給対数値）



技術がすべてのインプットに等しく作用しないで、タスクの違いが影響する。給与処理ソフトウェア、工場のオートメーション化、コンピュータ制御による機械、自動在庫管理、ワードプロセッシングなどの技術が定型的なタスクに導入され、事務労働や製造現場でオートメーション化されている。一方ではビッグデータの処理と分析、高速コミュニケーション、簡単なプロダクトタイプの制作などの技術への需要が増大した。より抽象的でデータ駆動型の推論が重視され、工学的知識、創造性、デザイン力などの高スキル労働の需要が拡大し、低スキル労働者の需要が減少した。

情報通信技術は物的資本の所有者（資本家）と労働者の所得配分を変化させた。図8はアメリカにおけるGDPに占める労働者の賃金（労働分配率）と企業収益（資本分配率）の推移を示している。<sup>(29)</sup> 両者は安定していたが、最

近10年で格差が拡大している。1947年から2000年までは安定していたのは、物的資本と人的資本が増強されていたからである。最近の労働分配率の低下は雇用者数の低下と賃金の低下、さらには労働者の交渉力が低下したためである。オートメーションが進化して生産性が伸びたにもかかわらず、労働分配率が低下した分を物的資本の所有者が獲得している。さらには少数の高額所得者に富が集中している。<sup>(30)</sup>

図8 GDPに占める賃金の比率と企業収益の比率

(左の縦軸は賃金の比率(%), 右の縦軸は企業収益の比率(%))

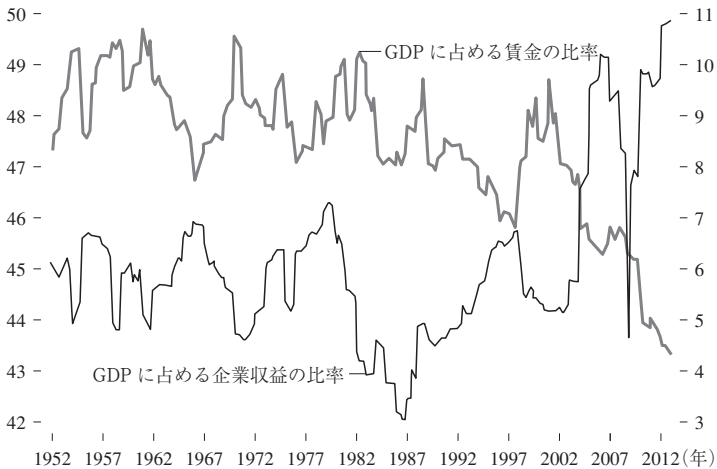


図9はアメリカにおける労働生産性と民間部門の雇用の推移を示している。<sup>(31)</sup> 1990年以前では両者は同じペースで上昇していたが、1990年後半になると、両者は乖離し、労働生産性は上昇しているが、雇用は伸び悩み、低下するこ

(29) Brynjolfsson and McAfee [2014], p. 82 (村井訳 p. 234)

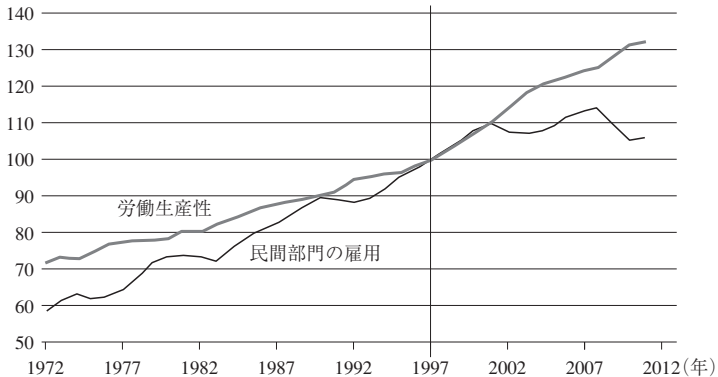
(30) アメリカの所得上位者1%所得がGDPの22%を占め、上位0.01%の所得が5.5%を占めている。

(31) Brynjolfsson and McAfee [2014], p. 94 (村井訳 p. 271).

ともみられる。2012年には雇用はここ20年で最低で、労働者の中央値は1990年代よりも低下している。一方で生産性、GDP、企業投資、税引後利益なども過去最高の水準にある。

図9 労働生産性と民間雇用部門の雇用

(縦軸：1997年を100とした成長率)



以上のようにオートメーションは資本家や高スキルの労働者に大きな富をもたらし、低スキルの労働者の所得を下げ、所得格差が拡大し、不平等が広がる。現在のところ転移効果が対抗効果を上回り、情報通信技術のイノベーションは社会を反映に導くが、すべての人が平等でなければ、社会的に望ましい状況をうまない。経済的不平等性が政治的不平等を導き、政治的に権力を人々はさらに経済的不平等を生み、ますますその利益を拡大するようになる。

## おわりに

転移効果が対抗効果を上回ると、イノベーションの果実はすべての人々に行き渡らない。それどころか、経済的、政治的不平等が拡大し、ポピュリズムが蔓延する。過去の歴史ではたしかにイノベーションは豊かさをもたらした

た。オートメーションは多くのサービス産業において新しいタスクを創出しなければ、豊かな社会は実現しない。Airbnb や Uber, Amazon Turk のようなギグエコノミ (gig economy) はタスクを細分化して労働集約的なタスクを生み出している。しかしこれはフルタイムの労働者の減少, パートタイムの労働者の増大によって労働者の所得を減少させている。一方ではプラットフォーム企業の利益が増大している。重要なことは労働集約的なタスクを増やすと同時に、雇用の安定化, 所得の向上である。生産性を上げるには労働時間を増やすことではなく、その短縮である。働き方改革は逆方向である。労働時間の短縮化が生産性を向上させる。

最近森嶋通夫著『なぜ日本は没落するか』を再読した。これは1997年に発刊されたが、現在のところかれの予測はあたっている。なぜか? 「マルクスは経済が社会の土台であると考え、私は人間が土台だと考える。経済は人間という土台の上に建てられた上部構造にすぎない。それ故、将来の社会を予測する場合、まず土台の権限が予想時点までの間にどのように量的、質的に変化するかを考え、予想時点での人口を土台にしてどのような上部構造—私の考えでは経済も上部構造の一つである—が構築できるかを考えるべきである。」<sup>(32)</sup> そしてかれは現在の28歳, 23歳, 13歳を観察すれば、40年後の政官財のトップがどのような人間であるかがわかる<sup>(33)</sup>としている。

戦後の日本では自由主義, 個人主義, 民主主義が戦前の社会に取って代わるべきであった。しかし現実はずべて擬似的 (pseudo) 社会になっている。現在日本はデジタル化, オートメーションはアメリカや国の後塵を拝している。その原因の1つは、技術は学ぶが、その思考や行動パターンは依然として変化していないことである。高度成長期の日本のトップはずべて戦前の教育ないしは過渡期の前半期の教育を受けた (教師はずべて戦前の教育を受け

---

(32) 森嶋 [2016], p. 5.

(33) 森嶋 [2016], p. 6.

た）人々だった。1980年代末に戦後生まれの人々が企業に入ってきた。

森嶋によれば、教育が世代間の接合をスムーズにするが、日本は戦後自由主義、個人主義、民主主義へ移行することに失敗した。それにもかかわらず日本は高度成長を達成した。暗黙の経営慣行に代表されるように集団主義がプラスに影響し、このような日本的経営慣行が成長要因と考えられた。しかし同時に当時の朝鮮戦争やベトナム戦争が日本経済の大きな成長要因であったことを忘れてはならない。1980年代のアナログ時代には日本企業は世界に躍り出たが、1990年代からは長期停滞に入った。アメリカは1990年代からはPC時代に突入し、デジタル革命が進化していった。

日本ではアナログからデジタルへの移行が遅れたその1つの原因は教育にある。新しい時代へ移行をスムーズにするには教育の意義は限りなく大きい。オートメーションではデジタル主導型意思決定システムは暗黙の経営慣行の集団主義的な意思決定システムから個人主義的なそれへの移行を必要とする。そのためには人的資本へ継続的な投資を行ってスキルを高度化することが重要な課題になる。企業内教育だけでなく学校教育も含めた教育と基礎研究、応用研究への投資は重要である。

オートメーションは人間が行ってきた判断を自動化する画期的な技術である。われわれはこれまで人類が経験したことのない、人間の存在価値が問われる時代へ突入する。その意味では新しい世代への接続をスムーズにする必要がある。そのためには教育や研究への大規模投資が不可欠である。この投資はハードウェア部分もあるが、労働集約的投資が大きい。これは新しい雇用の創出を生み出して対抗効果を生み出し、転移効果を相殺する。それどころか、将来新しいイノベーションを生み出し、対抗効果を大きくする。それによって社会の不平等が解消される。Acemoglu, Restrepo, and Robinson [2016] は民主主義が1人当たりGDPに重要かつ堅実なプラス効果をもたらすことを理論的、実証的に明らかにしている。

参 考 文 献

- Acemoglu, D., M. Mostagir, and A. Ozdaglar [2014], “Managing Innovation in a Crowd,” available at <https://economics.m情報通信技術.edu/files/9495>.
- Acemoglu, D., P. Restrepo, and J. Robinson [2016], “Democracy Does Cause Growth,” available at <https://economics.mit.edu/files/12806/>.
- Acemoglu, D. and P. Resrepo [2018], “Artificial Intelligence, Automation, and Work,” available at <https://economics.mit.edu/files/14641>.
- Agrawal, A., J. Gans and A. Goldfarb [2017], “What to Expect from Artificial Intelligence” *MIT Sloan Management Review*, spring.
- Autor, D., D. Dorn, L. Katz, C. Patterson, and J. Van Reenen [2017], “The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms,” NBER Working Paper No. 23396.
- Bessen, J. [2018], “The Policy Challenge of Artificial Intelligence,” *CPI Antitrust Chronicle*,” June.
- Boston Consulting Group [2015], “The Robotics Revolution: The Next Great Leap in Manufacturing.” available at [https://circabc.europa.eu/sd/a/b3067f4e-ea5e-4864-9693-0645e5cbc053/BCG\\_The\\_Robotics\\_Revolution\\_Sep\\_2015\\_tcm80-197133.pdf/](https://circabc.europa.eu/sd/a/b3067f4e-ea5e-4864-9693-0645e5cbc053/BCG_The_Robotics_Revolution_Sep_2015_tcm80-197133.pdf/).
- Bresnahan, T. F. and M. Trajtenberg [1996], “General Purpose Technologies: ‘Engines of Growth?’” *Journal of Econometrics, Annals of Econometrics*, 65, pp. 83-108.
- Bresnahan, T. E. Brynjolfsson, and L. Hitt [2002], “Information Technology, Workplace, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence,” NBER Working Paper No. 7136.
- Brynjolfsson, E. and P. Milgrom [2013], “Complementarity in Organizations.” in R. Gibbons and J. Roberts (eds), *The Handbook for Organization Economics*, Princeton, pp. 11-55.
- Brynjolfsson, E. and A. McAfee [2014], *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in A Time of Brilliant Technologies*, available at [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/622156/mod\\_resource/content/1/Erik-Brynjolfsson-Andrew-McAfee-Jeff-Cummings-The-Second-Machine-Age.pdf/](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/622156/mod_resource/content/1/Erik-Brynjolfsson-Andrew-McAfee-Jeff-Cummings-The-Second-Machine-Age.pdf/)(村井章子訳 [2015], 『ザ・セカンド・マシン・エイジ』日経BP社).
- Brynjolfsson, E. and K. McElheran [2016], “Data in Action: Data-Driven Decision Making in U.S. Manufacturing,” available at: <http://ssrn.com/abstract=2722502>.
- Brynjolfsson, E., D. Rock, and C. Syverson [2017], “Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics,” NBER Working Paper No. 24001.
- Frank, R. and P. Cook [1995], *The Winner-Take-All*, Free Press (香西泰監訳 [1998]; 『ウィナー・テイク・オール』日本経済新聞社).
- Lakhani, K. and J. Panetta [2007], “The Principles of Distributed Innovation,” Berkman Center for Internet & Society Research Publication Series, No. 2007-7, available at:

オートメーションと人間（中田善啓）

<http://ssrn.com/abstract=1021034>.

McKinsey [2017], “Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation,” available at <https://www.mckinsey.com>.

森嶋通夫 [2016], 『なぜ日本は没落するか』 岩波書店.

中田善啓 [2002], 『マーケティングの変革—情報化のインパクト』 同文館.

中田善啓 [2013], 『プラットフォーム時代のイノベーション—クローズドからオープンビジネスモデルへの進化』 同文館.