

論文

第4次産業革命と農業・農村コミュニティの変革 ービッグデータ、AI、IoT、そしてロボット技術の農業部門への 適用分析を中心にー

成 耆政

Shifting the Socioeconomic Paradigm to the Farming Sector
by the Principal Techniques (Big Data, AI, IoT and Robot) of the Fourth Industrial
Revolution

SUNG Kijung

要 旨

本稿では、第4次産業革命の主な技術が農業・農村地域にもたらす社会経済的パラダイムシフトについて明らかにし、その課題を提示することが主な目的である。そのために、まず第1に、第4次産業革命の概念的フレームワークの構築、第2に、第4次産業革命の政策的動向と主要技術の考察、第3に、第4次産業革命の農業・農村地域に及ぼす波及効果、そして第4に、第4次産業革命の主要技術、すなわち、ビッグデータ (Big Data)、人工知能 (AI)、IoT (モノのインターネット)、そしてロボットなどの技術と、その農業・農村コミュニティへの適用と課題などについて明らかにした。

キーワード

第4次産業革命 農業・農村コミュニティ ビッグデータ AI IoT ロボット

目 次

- I. はじめに
- II. 第4次産業革命の展開
- III. 第4次産業革命と農業・農村コミュニティの変化と影響
- IV. 第4次産業革命の主な技術の農業部門への適用と課題
- V. むすびにかえて

注

文献

I. はじめに

周知の如く、昨今の日本農業・農村コミュニティはきわめて厳しい経営環境におかれ、その対策が講じられているが、期待した成果は中々達成できていないのが現状である。すなわち、日本農業は、ひとつの産業としての存立が危惧され、農業労働力の急激な減少と超高齢化^{注1}、これからの日本農業を担う後継者不足の深刻な状況などにより、農業の第1の役割としての国民への食料の安定的供給というミッションを達成することも困難な状況になっている。

そして、農業分野の低生産性による国際競争力の低下、耕作放棄地の拡大による耕地面積の減少、結果的に農業総産出額の減少や農産物価格の長期的な低迷、国際貿易環境における自由化の急激な進展の中で、日本農業において実効性のある具体的な戦略と政策が求められている。とくに、日本の出生率の急激な低下および超高齢化の影響などによる国内の農産物消費市場の縮小は、農業と農村コミュニティに深刻な悪影響をもたらしている¹⁾。

このような状況の中で、社会の諸分野で今まで見たこともない新しい現象が現れている。すなわち、デジタル革命を基盤とした「第4次産業革命」という大きな波が押し寄せてきている。21世紀の始まりと同時に出現した第4次産業革命は、とくに、2016年1月にスイスのダボス(Davos)で開催された「第46回世界経済フォーラム(World Economic Forum(WEF)、ダボス会議)年次総会」^{注2,3)}で、「第4次産業革命の理解(Mastering of the Fourth Industrial Revolution)」がメインテーマとして議論された後、「第4次産業革命(the Fourth Industrial Revolution)」という用語は世界的に注目を浴び、広がるようになった。このフォーラムでは約300のセッションの中で約140セッションが第4次産業革命に関連するテーマを扱うほど、重要なイシューとして台頭した。

これまでの産業革命においては人類の生活を大きく変化させ、農業は相対的に疎外された。このような過去の間違いを繰り返さないためにも農業・農村地域への積極的な対応が早急に求められる。

第4次産業革命の正体はまだ不明確ではあるものの、その波及効果は想像を超えるものになると期待されている。とくに、第4次産業革命の主な技術であるビックデータ(Big Data)、人工知能(AI)、ロボット、IoT(モノのインターネット)、IoE(Internet of Everything、すべてのインターネット)、クラウド、そしてモバイルなどの先端技術が農業と農村地域に及ぼす変化を探り、積極的な対応が必要である。すなわち、第4次産業革命のもたらすこのような変革は、人間とモノ、そして空間のさまざまな状況とデータが収集・蓄積・活用される新たな社会経済的パラダイムシフトとして認識できる。

これからの農業は「システムのシステム」としてつながり、ここに人工知能とビックデータなどがリンクされ、自律的に運営される先端産業として躍進するであろう。すなわち、未来の農業は、第4次産業革命の主な技術と農業がリンクされ、先端化および新たな高付加価値を創出する産業になると予想・期待できる。

第4次産業革命の主な技術は、農業生産部門において、先端融合技術を基盤とする植物工場、スマートファーム(Smart Farm)、精密農業機械などの分野での活用が急激に拡大される。そして農業経営の流通・消費部門においても高齢化、1人世帯の拡大、超高速ドローン(drone)などの配送技術の発展などで、スマート生産・流通・消費システムが活性化される見通しである。また、農村地域経済部門においても、SNSを基盤とした農村共有経済システムの拡大など、規模化や集団化された経済共同体の概念が急激に拡散すると展望される。

以上をふまえ、本稿では、第4次産業革命の主

な技術が農業・農村地域にもたらす社会経済的パラダイムシフトについて明らかにすることが主な目的である。そのために、まず第1に、第4次産業革命の概念的フレームワークの構築、第2に、第4次産業革命の政策的動向とその主要技術の考察、第3に、第4次産業革命の農業・農村地域に及ぼす経済的波及効果の分析、そして第4に、第4次産業革命の主要技術、すなわちビッグデータ、AI、IoT、そして、ロボットなどの考察と、その農業・農村コミュニティへの適用と課題などについて明らかにした。

II. 第4次産業革命の展開

1. 第4次産業革命を巡る動向

第4次産業革命^{注4}に関する本格的な論議^{注5}はまだ浅いものの、「第4次産業革命」という用語については、知らない人が少ないほど、社会的に認知度が高くなっている。これにより先進各国政府、先進企業などでは何かを試みる意欲が高くなっている。

2016年1月に開催された世界経済フォーラム(WEF、ダボス会議)で第4次産業革命が言及され、全世界的に主要イシューとして登場するようになった。WEFは、第4次産業革命が近い未来に到来し、これにより労働市場に社会構造的変化(シフト)が現れると展望している。また、第4次産業革命について、デジタル革命を基盤とし、物理的空間、デジタル的空間と生物学的空間の境が曖昧化する技術融合の時代と定義づけ、サイバーと現実の融合であるサイバー物理システム(CPS)、製品とサービスの融合であるPSS(Product Service System)に基づいた第4次産業革命が全世界の産業構造および資本主義市場経済モデルに大きな影響を及ぼすと展望している。

第4次産業革命もかつての産業革命の延長線にある。それ故、かつての産業革命について理

解を深めておくことはきわめて重要なことである。産業革命については数多くの研究と論争が続いてきた。これをまとめてみると、産業革命を見る視点は大きく3つに分けることができる²⁾。すなわち、第1には、産業革命を社会的、歴史的変革プロセスとして把握することである。これには18世紀のイギリスを対象とした研究で、産業革命を体系的に概念化したトインビー(Arnold Joseph Toynbee)が代表的研究者である。第2に、産業革命を技術革新に焦点を当てて説明し、産業革命を技術革命と概念づけている。社会変化とは技術との関係の中で分析することになり、このために技術経済パラダイムを導入した。これにはシュンペーター(Joseph Alois Schumpeter)が代表的である。第3に、産業革命を経済成長と生産性の向上という観点から解釈し、産業革命を産業化と同一視する。これにはハートウェル(Hartwell, R.M.)が代表的である。

第4次産業革命とは、18世紀末以降の水力や蒸気機関による工場の機械化・自動化である「第1次産業革命(18世紀末の機械革命)」、20世紀初頭の分業に基づく電力を用いた作業の標準化と大量生産体系で代表される「第2次産業革命(19世紀末のエネルギー革命)」、1970年代初頭からの電子工学や情報技術を用いた一層の精巧なオートメーション化である「第3次産業革命(1950年代のデジタル・IT革命)」に続く、ビッグデータ、AI、IoT、ロボット、クラウド、そしてモバイルなどのいくつかのコアとなる技術革新を指す概念である(表1)。すなわち、第4次産業革命とは、人間と機械の潜在力を極大化させる諸技術革新がその発展のスピード、範囲、全体の経済・社会システムなどに及ぼす影響の側面から産業全体に歴史的な変革をもたらす。そして、第4次産業革命のキーワードは超連結(extreme connection)、超知能(hyper artificial intelligence)、そして大融合(advanced integration)であるといえる。

経済産業省³⁾は第4次産業革命について、IoT、ビッグデータ、AIをはじめとするデータ利活用

表1 各産業革命の特徴

第1次産業革命	第2次産業革命	第3次産業革命	第4次産業革命
18～19世紀初頭 蒸気機関、紡績機など 軽工業の機械化	19世紀後半 石油、電力、重化学 工業	20世紀後半 インターネットの出現、 ICTの急速な普及	21世紀 極端な自動化、 コネクティビティによる 産業革新

※ダボス会議USB白書(2016年1月)
"Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution"

革 命	特 徴
●第1次産業革命	18世紀後半、蒸気・石炭を動力源とする軽工業中心の経済発展および社会構造の変革。イギリスで蒸気機関が発明され、工場制機械工業が幕開けとなった
●第2次産業革命	19世紀後半、電気・石油を新たな動力源とする重工業中心の経済発展および社会構造の変革。エジソンが電球などを発明したことや物流ネットワークの発展などが相まって、大量生産、大量輸送、大量消費の時代が到来。フォードのT型自動車は、第2次産業革命を代表する製品の1つといわれる
●第3次産業革命	20世紀後半、コンピューターなどの電子技術やロボット技術を活用したマイクロエレクトロニクス革命により、自動化が促進された。日本メーカーのエレクトロニクス製品や自動車産業の発展などが象徴的である
●第4次産業革命	2010年代現在、デジタル技術の進展と、あらゆるモノがインターネットにつながるIoTの発展により、限界費用や取引費用の低減が進み、新たな経済発展や社会構造の変革を誘発すると議論される

出所:「第4次産業革命における産業構造分析とIoT・AI等の進展に関わる現状及び課題に関する調査研究報告書」三菱総合研究所、2017年3月、pp.7-8.

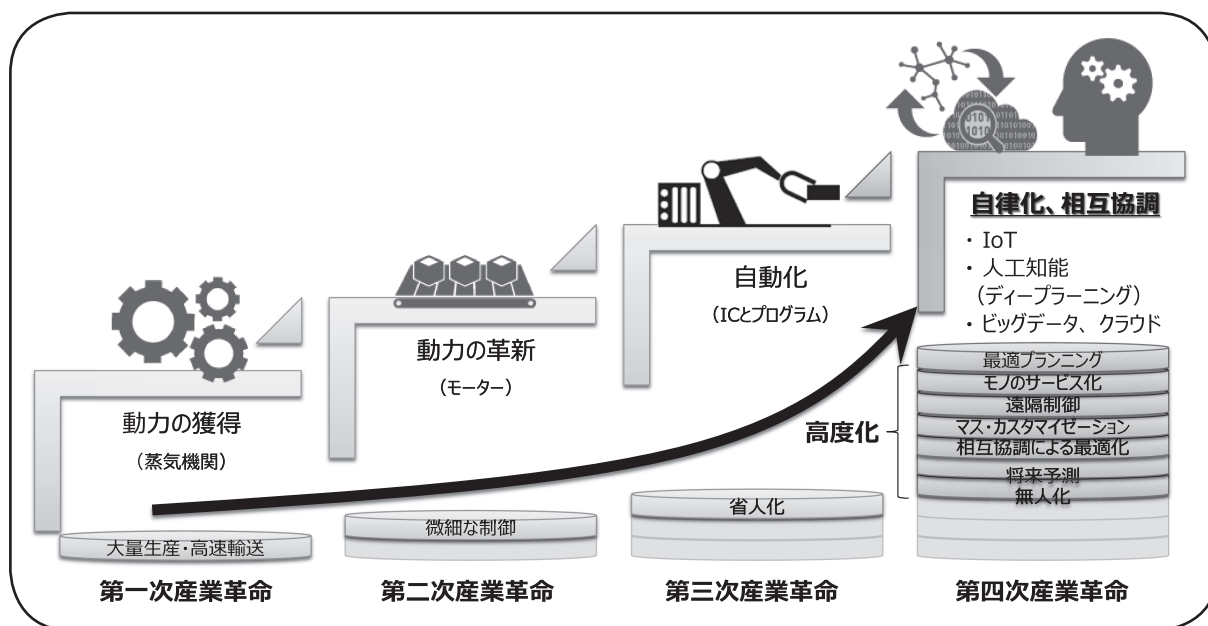


図1. 第4次産業革命の概要

出所:「第4次産業革命と中小企業について」中小企業庁、2017年5月、p.2.

に関連した技術革新は、「第4次産業革命」とも呼ばれ、動力の獲得、革新、自動化に次ぐ新たな産業構造の変革の契機として、日本経済へ大きな影響をあたえるものと考えられている。すなわち、あらゆるモノや情報がネットワークをつうじて繋がり、それらが互いにリアルタイムで情報をやり取りしつつ(相互協調)、人の指示を逐一受けずに判断・機能(自律化)し、システム全体の効率を高めるとともに、新たな製品・サービスを創出(高度化)する(図1)。現在、進行している第4次産業革命の姿はデータ主導革新、データ革命の特徴を持っていることは否定できない。

2. 日本における第4次産業革命戦略の考察

第4次産業革命に関する議論はセオリーではなく、戦略であるといえる。すなわち、世界各国は国家別の強みに基づき、第4次産業革命に関する議論を展開している。また、「新3次産業革命論」などの議論は無意味であり、認めるか否かにかかわらず、第4次産業革命は確実に我々の生活の場まで入ってきている。このような観点からも、日本政府は第4次産業革命関連推進体制を多様に構築し、長期ロードマップをつうじて積極的に政策化する努力を推進中である。

表2 第4次産業革命をリードする日本の戦略—7つの対応方針—

戦 略	主 な 内 容
●データ利活用促進に向けた環境整備	<ul style="list-style-type: none"> ・データプラットフォームの構築, データ流通市場の創成 ・個人データの利活用の促進 ・セキュリティ技術や人材を生み出すエコシステムの構築 ・第4次産業革命における知的財産政策の在り方 ・第4次産業革命に対応した競争ルールの在り方の整理
●人材育成・獲得,雇用システムの柔軟性向上	<ul style="list-style-type: none"> ・新たなニーズに対応した教育システムの構築 ・グローバルな人材の獲得, 多様な労働参画の促進 ・労働市場・雇用制度の柔軟性向上
●イノベーション・技術開発の加速化(「Society5.0」)	<ul style="list-style-type: none"> ・オープンイノベーションシステムの構築 ・グローバルトップ水準のイノベーション拠点の整備 ・世界をリードする国家プロジェクトの構築,社会実装の加速(人工知能等) ・知財マネジメントや国際標準化の戦略的推進
●ファイナンス機能の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・リスクマネー供給に向けたエクイティファイナンスの強化 ・第4次産業革命に向けた無形資産投資の活性化 ・FinTechを核とした金融・決済機能の高度化
●産業構造・就業構造転換の円滑化	<ul style="list-style-type: none"> ・迅速・果断な意思決定を可能とするガバナンス体制の構築 ・迅速かつ柔軟な事業再生・事業再編等を可能とする制度・環境整備 ・労働市場・雇用制度の柔軟性向上
●第4次産業革命の中小企業、地域経済への波及	<ul style="list-style-type: none"> ・中小企業, 地域におけるIoT等導入・利活用基盤の構築
●第4次産業革命に向けた経済社会システムの高度化	<ul style="list-style-type: none"> ・第4次産業革命に対応した規制改革の在り方 ・データを活用した行政サービスの向上 ・戦略的な連携等を通じたグローバル展開の強化 ・第4次産業革命の社会への浸透

出所:「新産業構造ビジョン(中間整理)」産業構造審議会, 2016年4月, pp.25-26より作成。

日本では2016年6月に閣議決定された「日本再興戦略2016」、「経済財政運営と改革の基本方針(骨太方針)」、「ニッポン一億総活躍プラン」などにおいて、第4次産業革命が成長戦略のコアとして位置づけられ、とくに、日本再興戦略では日本の経済再興のための実践努力として、経済全般に対する政策推進の方向性および具体的な個別戦略を提示している。

「日本再興戦略2016」ではビッグデータ、AI、IoT中心の第4次産業革命への対策を強調している。すなわち、第4次産業革命の対策として、産業および就業構造を改革し、ビッグデータ、AI、IoTなどを活用し、将来に直面する社会問題を予防・解決しようとする動きを展開することが主な内容である。日本における第4次産業革命をリードする戦略はビッグデータ、人材育成、革新の加速化などの7つの戦略で構成されている(表2)。この戦略の焦点はAI関連で、IoTでデータを収集

・転送し、AIがビッグデータを分析し、産業用ロボットをつうじて現実世界に適用させるデータの循環の中で、新たな価値が創造されるとみている。

一般社団法人日本経済団体連合会(keidanren, Japan Business Federation)は第4次産業革命をつうじて人口減少、産業競争力の弱化、環境制約などの社会的問題を解決するために「Society5.0(超スマート社会)」^{4),5)}を志向することを提案している(図2)。このSociety5.0(ソサエティ5.0)とは、狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く、次のような新たな経済社会をいう。すなわち、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、地域、年齢、性別、言語などによる格差がなく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細かく対応し、力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会のことである⁶⁾。超スマート社会⁷⁾とは、必要なモノ・サー

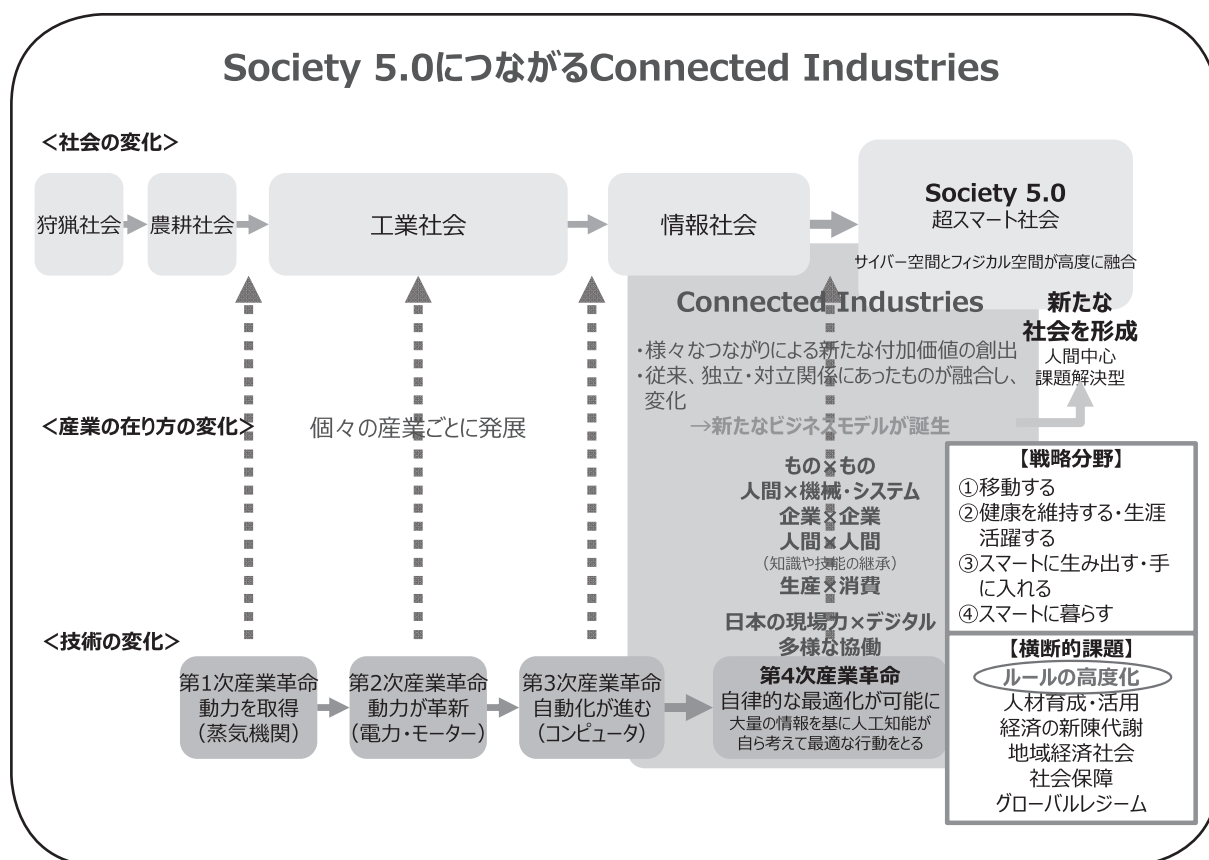


図2. Society5.0の概要

出所:新産業構造部会,「Society5.0-Connected Industriesを支える「ルールの高度化」」経済産業省,2017年4月,p.1.

ビスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会のさまざまなニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語というさまざまな違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会のことである。このような社会では、たとえば、生活の質の向上をもたらす人とロボット・AIとの共生、ユーザーの多様なニーズにきめ細かに応えるカスタマイズされたサービスの提供、潜在的ニーズを先取りして人の活動を支援するサービスの提供、地域や年齢などによるサービス格差の解消、誰もがサービス提供者となれる環境の整備などの実現が期待される。

また、超スマート社会に向けた取組の進展に伴い、エネルギー、交通、製造、サービスなど、個々のシステムが組み合わされるだけにとどまらず、将来的には、人事、経理、法務のような組織のマネジメント機能や、労働力の提供およびアイデアの創出など人が実施する作業の価値までもが組み合わされ、更なる価値の創出が期待できるとしている。

このような超スマート社会を実現するために、共通基盤技術として、センサー、先端計測技術、機能性新素材、ナノ技術、ロボット技術などを統合するシステム技術などの重要性が強調されている。より具体的には、政府レベルで「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP, Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)」^{注6}の中でSociety5.0の実現技術の開発を模索している。2017年度の研究開発の対象課題としては、革新的燃焼技術、次世代パワーエレクトロニクス、革新的構造材料、エネルギーキャリア、次世代海洋資源調査技術、自動走行システム、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術、レジリエントな防災・減災機能の強化、重要インフラなどにおけるサイバーセキュリティの確保、次世代農林水産業創造技術^{注7}、そして革新的設計生産技術などの11の課題に316.5億円を

配分している⁸⁾。

このような日本の最近の国家科学技術政策には、産業界のニーズが反映されながら、特定産業育成という単発的なプロジェクトではなく、第4次産業革命をつうじたSociety5.0の構築という包括的な方向が設定されていると評価することができる。

しかしながら、Society5.0の実現に向けて個別企業にとどまらず、産業界や社会全体での効用を高めるためにはデータの連携・共有の仕組みを変革することが今後の重要な課題であろう。

3. 第4次産業革命の主な変化動因と経済効果

1) 第4次産業革命の主な変化動因

巨大なパラダイムの転換期に未来社会を展望することは無謀なことかもしれない。しかしながら、ここでは第4次産業革命の主な変化動因について、大きく、社会・経済的動因と技術的変化動因に分けて述べることにする。「The Future of Jobs (WEF, 2016)」では業務環境および方式の変化、新興市場での中産層の登場、気候変化、地政学的不安感の増加、消費者の信念および私生活 이슈、高齢化社会、新興市場での若者世代、女性の経済的能力および情熱、急速な都市化などが社会・経済的 (Demographic and Socioeconomic) 側面での主な変化動因である。そして、モバイル、インターネット、クラウドニング技術、ビッグデータ、AI、IoT、共有経済、クラウドソーシング、ロボット工学、自動輸送、進歩された製造業、3Dプリンティング、素材および生命工学 (BT) などが主な技術 (Technological) 変化動因である (図3)。

2) 第4次産業革命の経済効果

第4次産業革命がもたらす変化の中で最も特異なことは収穫逡増 (Increasing returns) とネットワーク経済の潜在力 (Potential of the

network economy)の発現であろう。これは人、機械、知能、データ、サービスが総合的に連結される超連結環境がその基盤となる。この革命は個人(家計)、企業(市場)、政府などの主な経済主体にも大きな変化をもたらす。すなわち、個人(家計)の場合、雇用および業務の性格の変化、所得分配、雇用形態、そして消費者効用(Consumer's Utility)の飛躍的な増大などがあげられる。そして企業・市場の場合、アルゴリズムが競争力のコアとして浮上、全産業のプラットフォーム化、企業間競争においてプラットフォーム間競争への転換、製品のサービス化および専門職サービスの普遍化、企業構造および意思決定過程の変化、

オンデマンド経済(On-demand economy)の浮上などが展望される。

第4次産業革命の経済効果について、アメリカのアクセンチュア(Accenture Ltd.)がデジタル分野のスキルとテクノロジーを最大限利用することで、2020年までに世界全体で2兆ドルの経済効果を生む可能性があり、世界の国内総生産(GDP)のうち20%強はデジタル分野のスキルや資産、商品、サービスから生み出されているという調査結果^{注8}を発表している。日本については1,460億ドルで、2015年対比GDP3.3%増、アメリカは4,210億ドルで、2.1%の増加となる。このような第4次産業革命の及ぼす影響を評価するた

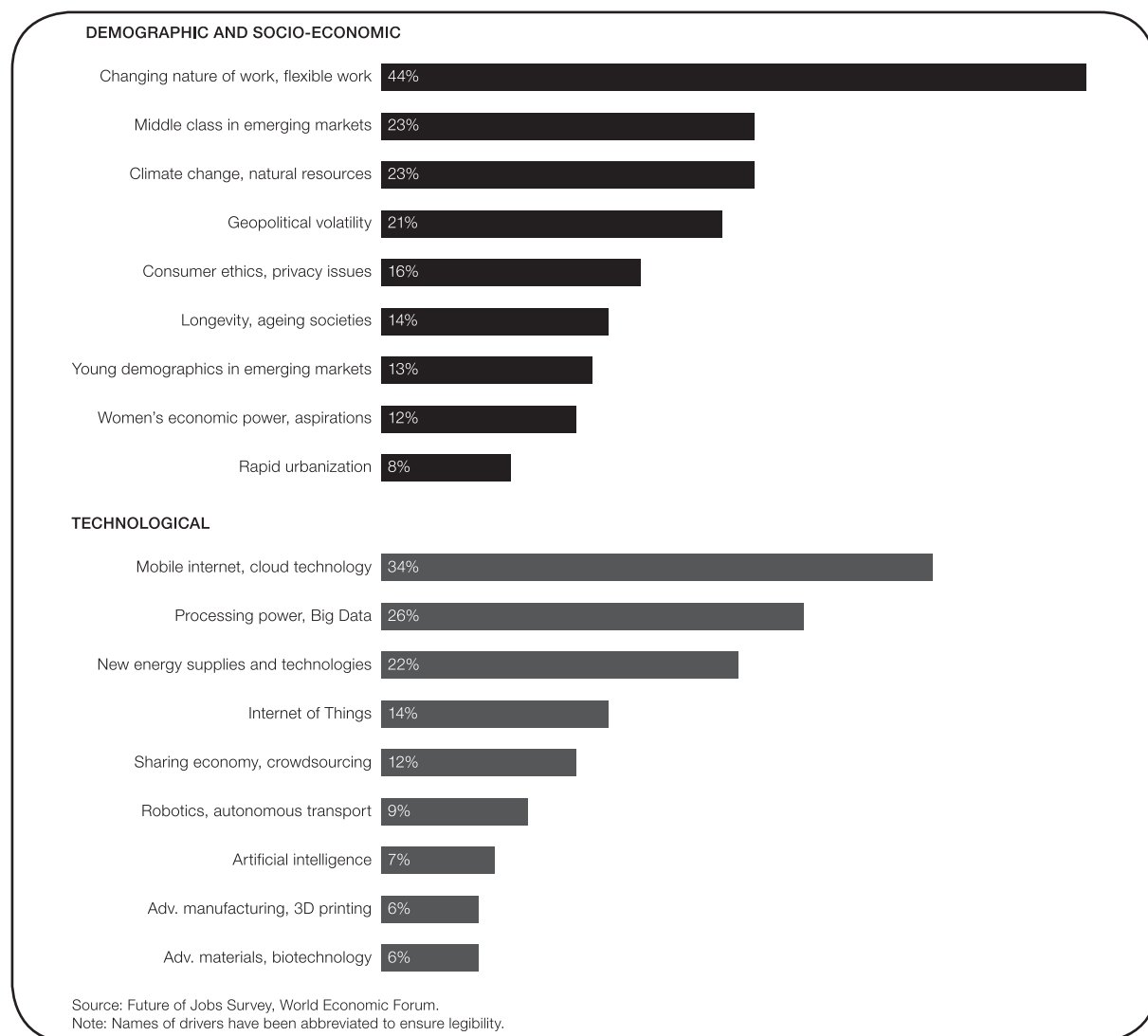


図3. 第4次産業革命の主な変化動因

出所: The Future of Jobs Report, WEF, p.8.

めには、第4次産業革命のもたらす経済効果を理解することが不可欠である。しかし、これについては諸議論があるものの、ここでは大きく、予測対応効果、個別適応効果、有休資源の活用効果、そして新領域の開拓効果などの4つに分けて述べることにする⁹⁾。

まず第1に、予測対応効果である。たとえば、機械がいつ故障するかはわからない。それ故、定期的に部品を交換する方式を用いる。このような問題はデータの転送と予測対応で解決できることである。すなわち、データが蓄積されるほど、予測の正確度は高くなる。このような方式はただ機械の故障のみに活用するのではなく、普遍的に適用することも可能である。たとえば、医療や株価変動の予測、資産運用などの分野にも活用可能である。

第2に、個別適応効果があげられる。これは精密医療、個人適用型教育、スマート工場などが画一化によりもたされる問題を解決できる。このような画一化の解決はそれ自体としても重要であるが、組織形態をプラットフォームとして転換するという側面に注目する必要がある。いわゆる、パイプライン組織からプラットフォーム組織への転換である。たとえば、製造業のサービス化というのはこのような考えに基づいている。すなわち、データシステムを土台とする企業は急速なスピードでプラットフォーム組織への転換中である。

第3に、有休資源の活用効果である。これにはウーバー (Uber)^{注9)}とエアビーアンドビー (Airbnb)^{注10)}が代表的な事例で、ますます広範囲な分野に拡大されている。たとえば、高価でありながら100%活用されていないすべてのものがこれに当てはまる。ここで、注目すべきことは両面市場をもつプラットフォームが登場すれば、2つの側面で産業に大きな変化がもたれることである。まずはネットワーク効果により勝者独占現象 (勝者総取り方式、Winner-take-all system) が起きる。次に、長期的に製造業は下請

け企業に転落する。現在、Amazon.com^{注11)}がものすごい勢いで業域を拡大していることが、正にデータシステムに基づいたプラットフォームの威力を端的に代弁している良い例である。

最後に、新領域の開拓効果である。これには自律走行車、モビリティサービスと宇宙産業¹⁰⁾が代表的な事例である。まず、自律走行車であるが、一言でいえば、人間の操作なしで、自動車が自ら動ける状態の車のことである。この自律走行車が、現実化されるのに最も必要なことは、自動車が自ら周辺状況を認識できるかにかかっている。この自律走行車の潜在力はほかの自動車とのつながりのみではなく、家、会社、友人などともつながることに意味がある。この自律走行車が現実化になると、休憩、エンタテインメント、労働など多様なサービスが自動車の中で行うことができるようになる。自動車が単なる移動の手段ではなく、個人的空間として活用する土台を備えることになる。これが実現できれば、新サービスの創出とライフスタイルにも大きな変革をもたらすことになる。

次に、宇宙産業である。宇宙産業をめぐる内外の情勢としては、宇宙分野の開発と利用に、大きな変革の波が訪れている。宇宙分野の技術革新と、第4次産業革命とも呼ばれる宇宙以外の分野における変革とが相まったイノベーションの進展により、新たなパラダイムチェンジが始まっている。加えて、衛星やロケットなどの低コスト化により宇宙利用ユーザーが広がるとともに、民間での活用によるイノベーションの誘発など、変化の加速化も進みつつある。これには宇宙利用産業と宇宙機器産業に分けて、高頻度かつ高解像度の衛星リモートセンシング情報や主に、日本地域向けに利用可能とする地域航法衛星システムである。準天頂衛星 (quasi-zenith satellite, QZS) による高精度測位サービスなど、衛星データから得られるデータの質・量が向上してきている。これらと地上データによるビッグデータを、

AIなどで解析することで、さまざまな分野の課題に対しソリューションを提供していくことが期待される。このように、衛星データは多くの産業の競争力強化に貢献する第4次産業革命の駆動力となる。

3) 第4次産業革命がもたらす未来社会の展望 ーシナリオの構想ー

未来社会を展望する最もコア的な変化動因をAIの発達程度と社会の多様性の程度というフレームからシナリオを構想してみると次のとおりである¹¹⁾。ここで、「強AI」とは人間の頭脳のように多様な機能を遂行するAIのことであり、「弱AI」とは特定機能のみを遂行するAIのことを指す。

[シナリオⅠ] <弱AI+全体性・硬直性の大きい社会>: 全体主義社会

これは弱AIユーザーの支配下で、画一的人材により構成された全体主義社会のことである。AIの発達が低く、生産性の画期的な増加が起らず、画一化された生産と消費が維持される社会の中で、個性を喪失した人間が生計のために働く社会である。このように画一的社会構造が維持され、低い生産性と低賃金の雇用構造が維持される社会で、グローバル下請けの途上国が、このような社会になる可能性が高い。

[シナリオⅡ] (弱AI+多様性・柔軟性の大きい社会): 勤勉社会

これは、弱AIの支配力が弱く、AIが社会的に市民社会により統制され、人間の多様性と個性が尊重される人本主義社会である。多様な分野でAIを活用し、仕事面で個性を発揮することができる社会である。これは、社会的に生産性は高くないものの、所得水準が同じで、熱心に働く社会である。このような勤勉社会は、AIの発展が遅れているヨーロッパの大きな政府、社会福

祉国家が、このような社会になる可能性が高い。

[シナリオⅢ] (強AI+全体性・硬直性の大きい社会): 分裂された統制社会

これは強AIのユーザーの支配下の画一的な人材で構成された統制社会である。AIを所有した独占企業は生産などさまざまな経済領域で急速な自動化により雇用を減らし、利潤を極大化する。画一的な社会構造により人々の多様性が開発されない状態で失業が増え、人々の不満が大きくなり、所得がないことで、消費が減少し、経済が停滞する悪循環の社会である。極度の両極化により社会不安が増え、警察力など強力な統制が強化され、社会は分裂する。グローバル資本の支配が強くなり、市民社会の力量が強くない韓国のような国が、このようになる可能性が高い。

[シナリオⅣ] (強AI+多様性・柔軟性の大きい社会): 新文明共同体社会

これは、強力なAI技術と企業が登場するものの、社会的な合意下で統制され、多様な人々がAIを活用し新たな価値を創り出す社会である。AIを活用した生産性の向上により労働時間が減り、人々は多様な個性を発揮する余暇を楽しむことが可能になる。このような多様性に基づき新たな職業を創り出し、多様な需要は相互の生産物とサービスを共有しながら社会を豊かにする。都市は互惠に基づいた市民共同体に変化し、このような共同体を基盤に自然生態系を保存しながら新たな人類文明を建設するようになる。

Ⅲ. 第4次産業革命と農業・農村コミュニティの変化と影響

1. 日本農業における第4次産業革命への対応戦略

前述のように、日本政府は2016年6月に「日本再興戦略2016」を閣議決定し、公表した。これは2020年まで名目GDP600兆円を達成することを目標とした安倍政権の第2段階成長戦略で、第4次産業革命時代に対応した日本経済の新たな跳躍を準備することに主な目的をおいている。

ここでは農業部門と関連した内容を探ってみ

る。農業部門と関連しては「攻めの農林水産業の展開と輸出力強化」として、「官民戦略プロジェクト10^{注12}」に含まれ、鍵となる施策としては、農地中間管理機構（農地集積バンク）^{注13}の機能強化^{注14}、生産資材のコスト低減および生産者に有利な流通・加工機能の実現、人材力の強化、輸出力の強化、スマート農業の推進、そして農業界と産業界の連携体制の構築などを掲げている。これは日本の農業・農村の急激な人口の減少および農業労働力の超高齢化による農林水産業の崩壊の恐れが深刻で、保護する農業だけでは第4次産業革命時代の変化に効果的に対応することができないという政策的な判断による。したがって、

表3 「日本再興戦略2016」における農業関連主要施策の方向とKPI

主 要 施 策 の 方 向	K P I の 主 な 進 捗 状 況
●農業生産現場の強化	
・ 農地中間管理機構の機能強化等	
・ 米政策改革の着実な実施	
・ 生産性向上を担う経営体の育成・確保	
・ 成長に必要な資金の供給	
・ 生産現場の周辺にある優れた知見の結集・活用	・ 2023年まで全農地面積の8割が担い手によって利用される
●国内バリューチェーンの連結	・ 2023年まで資材・流通面等での産業界の努力も反映して担い手のコメの生産コストを現状全国平均比4割削減する
・ 生産者が有利な条件で安定取引を行うことができる流通・加工構造の実現	
・ 生乳の生産・流通構造の改革	・ 2023年まで法人経営体数を2010年比約4倍の5万法人とする
・ 6次産業化の推進	・ 6次産業化の市場規模を2020年に10兆円とする
・ ブランド力を発揮するための環境整備等	
・ 2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けた対応の準備	・ 酪農について、2020年までに6次産業化の取組件数を500件にする
●輸出力の強化	
・ 農林水産業の輸出力強化戦略	・ 2020年の農林水産物・食品の輸出額1兆円目標を前倒しで達成する
●林業の成長産業化	
・ 新たな木材需要の創出	
・ 原木の安定供給体制の構築	
●水産業の成長産業化	

出所:「日本再興戦略2016(2016年6月2日閣議決定・農林水産省関連抜粋)」, pp.1-16; 「「日本再興戦略2016」KPIの進捗, 及び施策の実行状況について」農林水産省, 2017年2月, pp.1-24より作成。

日本再興戦略に反映された農業成長戦略は、農林水産業の6次産業化の市場規模を大幅に拡大する多角的政策をつうじて、農業・農村の競争力および持続可能性を確保する目的をもっている(表3)。

とくに、スマート農業の推進としては、第4次産業革命に対応してAI、ビッグデータ、IoT、ロ

ボットなどのコア技術の開発および農業の現場への応用・適応を強調し、「人工知能未来農業創造プロジェクト」^{注15}などで施策推進計画を含めている。

表4 農業生産部門の施設園芸作物の問題点、適用技術および第4次産業革命対応技術

解決すべき問題点		適用技術	第4次産業革命対応技術
●生産性増大 (単収増加)		人工光源活用技術	ビッグデータ
		温度、湿度精密制御	精密農業
		炭酸ガス施肥	新再生エネルギー
		冷房、除湿管理	スマートエネルギーグリッド
		灌水、施肥制御	IoT, ICT
		複合環境制御管理	IoT
		空間栽培技術	USN (センサーネットワーク)
		生育診断予測技術	Application AI
		遠隔専門家支援	クラウド, AI
●生産費節減	人件費節減	遠隔制御管理	IoT, ICT
		播種・収穫自動化	ロボット
		温度・湿度自動制御	IoT, ICT
		開閉自動制御	IoT, ICT
		溶液自動制御	IoT, ICT
		農作業データ管理	IoT, ICT
	光熱費節減	生育時期別温度湿度管理	ビッグデータ
		気象データ結合	IoT
		新再生エネルギー利用	新再生エネルギー
		エネルギー統合管理	スマートエネルギーグリッド
		局所冷暖房技術	IoT
●品質向上		精密生育環境調節	ビッグデータ
		生育診断と処方	IoT, ICT
		病虫害予察(画像)	精密農業
		専門コンサルティング	クラウド, AI
		消費者ニーズ	ビッグデータ
		機能的強化	BT 融合

出所:キム ヨンジュン,「第4次産業革命と農業の未来」『世界農業』第202号, KREI, 2017年6月, p.11.

2. 第4次産業革命による農業分野への影響

前述のように、第4次産業革命とは、ロボット、ビッグデータ、IoT、AI、クラウド、モバイルなどによりもたらされる融合と変革を意味する。このような技術を活用するスマート農業(smart farming)¹²⁾と精密農業(precision farming)^{注16, 17}などをつうじて農業分野においても第4次産業革命の初期段階に進入しているといえる。

昨今の日本農業の特徴と課題としては、労働集約的産業、生産・流通・消費の断絶、持続可能性と生産性の乖離、供給者中心の技術革新、そして、人が離れていく農業、新たな働き手が見つからない産業などであるといえる。このような昨今の農業の抱える課題について、AIやIoTなどの第4次産業革命の主な技術を活用することで解決する部分も多くある(表4)。

しかし、未来の農業の特徴としては、技術集約的産業、生産・流通・消費の統合、持続可能性と生産性の両立、需要者(ユーザー)主導の産業革新、そして人材が導く農業などをあげることができる。未来農業は4次産業革命のコア技術であるロボット、ビッグデータ、AI、クラウド、IoT、IoE、モバイルなどが農業と結合し、自動化、先端化および

新たな価値を創造する革命の時代で、新たな形の農業が始まっていると言っても過言ではない。

第4次産業革命による農業・農村地域の変化(表5)として、まず肯定的な期待としては、昨今の農業問題を大部分解決できる点と、農作業の減少、余暇時間の増加などがあげられる。すなわち、まず第1に、生産部門ではIoT、AI基盤のスマートファーム、プラントファクトリーで最適栽培、ロボット、ドローンなどの活用により農作業の自動化などの生産の精密化・自動化が可能になる。

第2に、流通部門ではIoT、ロボット、AI基盤により収穫後処理の自動化、無人自動車・ドローンの活用により農産物の直配送などの流通の効率化が実現できる。

第3に、消費部門ではIoT基盤の品質・危害要素管理により安全・安心農産物の消費活性化、IoT・ビッグデータの活用により個人に合った農産物注文の拡大などの農産物の安全・安心消費である。

そして、農村地域ではIoT基盤の福祉サービスの強化(遠隔医療・教育・セキュリティ)、ICT融合スマート農村観光などによる農村地域の活力増大があげられる。

バイオ部門では、BTの活用による種子の改良・機能性素材・バイオ臓器の開発、NT (Nono-

表5 第4次産業革命時代の農業の変化

区 分	既存の農業	第4次産業革命時代の農業
●生産要素	・土地, 労働, 資本	・データ, 知識が新たな競争力の源泉 ・作業の自動化および工程の変化
●営農計画	・主観的品目・品種の選択 ・決定された栽培面積	・戦略的品目・品種の選択 ・目的指向的栽培面積の決定
●播種・栽培	・過去経験による播種時期の決定 ・経験依存的施肥処方と灌水 ・兆候発生後病虫害管理	・環境要素を考慮した播種時期の決定 ・精密基盤の施肥処方・灌水 ・事前的・科学的病虫害管理
●収穫・出荷	・肉眼識別収穫時期決定	・複合要素を考慮した収穫時期の決定
●加工・流通	・非合理的経営管理 ・機械的な選別・包装・貯蔵	・データに基盤した合理的経営管理 ・消費者中心の経済, オンデマンドおよび共有経済の拡散

出所: チョン ユンヨン, 「第4次産業革命時代の農業人材育成方策」2017年6月, p.82.

Technology)の活用による植物生長促進剤・新素材の開発などである。

そして、否定的な側面としては、第1に、農業生産および流通の自動化・知能化により農業・農村地域での雇用の減少が予想される。すなわち、アメリカに本拠地をおく業界最大規模のICTアドバイザリー企業であるガートナー社(Gartner, Inc.)^{注18}によると、農作物栽培員の96~99%、肉類酪農加工生産者の95~97%がAIに代替されると展望している。そして、アメリカで消えていく職業の中で農業者は郵便配達員、メーター検針員に続き、第3位にランクされている。

第2に、農業技術指導者、獣医師、農薬・動物医薬品の販売者も徐々に減少すると展望されている。また、技術革新の受容いかににより国家間、企業・団体間、個人間の不平等が深化する恐れもある。農業所得構造の不均衡、農村地域人口の急激な減少、伝統的な文化の喪失などの恐れもあげられる。

3. 農業分野への経済的波及効果¹³⁾

1) 農業分野における革新的なサービスと新製品の創出

第4次産業革命により現在起きつつある農業分野での変化としては、まず第1に、販売実績などの顧客ビッグデータの利活用などによる消費者ニーズ(店頭単価、購買動機(味、見た目、サイズ、価格、農薬の使用)、頻度など)の把握と、それに対応した新たな高付加価値農作物の生産、そして、国内外の消費者への情報発信をつうじたブランド化の進展などがあげられる。第2に、ビッグデータを活かした経営の「見える化(visualization)」による農業経営の改善である。第3に、センサーなどによるデータの獲得・利活用をつうじた農作物の高品質化・高収量化(たとえば、生産管理システムによる適期作業の支援、植物工場など)の実現が可能になる。第4に、AIなどの活用による品種改良などの

研究・開発である。第5に、AIの活用による個人の嗜好(既存の料理のレシピ、食材の成分、精神物理学(psychophysics)の知見など)や健康状態に合った農作物の調理・提供方法の提示などが可能になる。第6に、データフォーマットの標準化などによるITを活用したトレーサビリティ(traceability)の普及をつうじた安心・安全の農産物の提供などをあげることができる。すなわち、農作物の流通経路を生産段階から最終消費段階、廃棄段階まで追跡が可能になることで、エンドユーザーに、より安全な農作物を提供することが可能になる。

そして、第4次産業革命による農業分野での変革の方向性としては、まず第1に、多様な消費者ニーズ(嗜好・安全性・価格など)によりきめ細かく対応した農作物の提供が可能である。第2に、ビッグデータやAIなどを活用したきめ細かな栽培管理(精密農業(アグリインフォマティクス農業))による農作物の持つポテンシャルを最大限に発揮したさらなる高収量化と高品質化が可能、また、AIの活用による飛躍的な品種改良が可能になる。第3に、高度な需要予測と生産・物流・販売の効果的・効率的連携などによる海外市場の獲得が可能などをあげることができる。

2) 農業生産物の供給効率性の飛躍的な向上

第4次産業革命により現在起きつつある農業分野での変化としては、まず第1に自律走行トラクターや農業用ドローン^{注19}などによる農作業の自動化や生育状況の把握である。第2に、アシストスーツによる農産物の運搬などの重労働の軽労化¹⁴⁾があげられる。第3に、農業生産工程管理(GAP, Good Agricultural Practice)^{注20}の取組の省力化である。第4に、自動隊列走行やドローンなどを活用した新たな物流サービスに向けた動き^{注21}などをあげることができる。

そして、第4次産業革命による農業分野での変革の方向性としては、まず第1に、自律走行シス

テムなどの導入による自動化をつうじた省力化・生産性の向上を可能にする。第2に、ロボットやアシストスーツなどをつうじた農作業アシストによる重労働からの解放と、それに伴う女性・高齢者などに取り組みやすい農業が可能になる。第3に、熟練就農者の栽培管理・生産管理に関する暗黙知(Tacit knowledge)の形式知化(Explicit knowledge)をつうじ、新規就農者の技術の高度化が可能になる。第4に、高度な需要予測と生産・物流・販売の効果的・効率的な連携などによるリードタイム^{注22}ゼロ(lead time zero)・ムダゼロをつうじた農作物の消費期限の最大限の活用などが可能になる。

3) 農業分野における競争優位を維持・強化するための鍵

第4次産業革命により農業分野で現在起きつつある変化としては、まず第1に、超高齢化、労働力不足が進む中で、ロボット技術やICTなどの技術の開発・導入の動きの活発化である。第2に、顧客接点まで含めた生産・加工・物流・販売の連携の動きがあげられる。第3に、世界の人口増大や海外での日本食への関心の高まりも契機とした日本の農林水産物・食品の輸出の拡大¹⁵⁾などをあげることができる。

そして、第4次産業革命による農業部門での変革の方向性としては、第1に、IoT・ビッグデータ・ロボット・AIなどの導入による農業生産性のさらなる飛躍的向上、すなわち、企業との連携をつうじた新たな技術による生産性の向上とデータの活用、匠の技のデータ化などによる生産性の向上につながる新たなソリューションビジネスの展開をあげることができる。第2に、顧客接点まで含めた生産・加工・物流・販売の効果的・効率的な連携の強化、垂直的統合(vertical integration)^{注23}のさらなる進展(6次産業化・農商工連携など)、すなわち、農家・農業生産法人によるマーケットインの農産物・農産加工品の生産・

供給体制の構築をつうじた顧客需要の直接的な取り込みと、小売店や飲食店などによる最終商品の付加価値の拡大を目指した生産者との連携や農業参入などをあげることができる。第3に、農産物の輸出促進による世界的な「食市場」の獲得、すなわち、ICTを活用した生産工程の自動管理やGlobal GAP^{注24}などで要求される情報管理の省力化により海外市場の求める管理が可能になる。

未来農業は「システムのシステム」として連結され、ここにAIとビッグデータなどが結合し、自律的に運営される先端産業として進歩することが予測される。農業分野では農産物の生産、加工、流通、消費、農業体験などの全分野にわたって大きな変化が予想される。すなわち、第4次産業革命がもたらす機会要因とコア力量を発掘し、農業において再飛躍を模索する時期に来ている。昨今の日本農業の諸問題を解決する突破口として、第4次産業革命のコア技術は転機をもたらしingてくれると期待と注目を浴びている。また、農業所得の停滞と農業生産性の限界などを克服し、持続可能な産業として成長を誘導するきっかけとなっている。

第4次産業革命の主な技術であるICTとAIは土壌、気候などの環境的制約を超え、市場状況により農作物の生育速度まで制御するようになっている。

4. 農業・農村コミュニティの各分野別にみた変化

ここでは第4次産業革命の主な技術の適用により農業の各分野、すなわち、農産物の生産分野、流通・加工分野、そして消費分野に分けて、その変化と影響などについて述べることにする(表6)。

1) 農産物の生産分野

第4次産業革命の主な技術を適用した一連の

動きが農業・農村コミュニティを大きく変貌させている。そのような変化は農業生産分野で急速に現れている。まず、スマートセンシングとモニタリングをあげることができる。これは気候情報、環境情報、生育情報を精密で、自動化された手法により測定、収集、記録することを意味する。次は、このように収集された映像、位置情報、数値データなどを分析し、農業経営に必要な意思決定を遂行するスマート分析および企画が可能になる。それをつうじて収集されたデータをビッグデータとして蓄積、加工、分析し、人間の知能と経験を越える精密な意思決定が可能になる。そして、スマート農機械を活用し、農作業を遂行するようになる。

すなわち、先端融合技術を基盤とするプラントファクトリー、大型温室・畜舎・路地などを包括するスマートファーム、精密農業機械、自律走行などに拡大される。そして、農薬撒布ドローン、無人トラクター、自動収穫機などの知能型農機械および農業・畜産用ロボットの商用化・実用化により、高齢化による農業労働力不足などの問題を解決するようになる。また、栽培環境データおよび病虫害情報、気候・気象情報、衛星、土壌の肥沃土および地形関連情報などを収集し、農家への提供サービスにより、最適な生産環境造成と生産量の向上を図ることが可能になる。

第4次産業革命による農業生産分野における影響¹⁶⁾をまとめてみると、まず第1に、計画的な生産体制の構築が可能になる。すなわち、クラウドを含めたITの導入を図ることにより、農家におけるノウハウの蓄積、過去の農作業の分析ができるようにデータを貯蔵し、より計画的で価格の高い時期に販売できる環境で、生産活動を行うことが可能になる。

第2に、AIを用いた収穫時期の予測が可能になる。すなわち、AIを用いて、天候や収穫時期を予測することができる。

第3に、生産の最適化をあげることができる。IoTを用いることにより、農業、林業、養殖漁業などについて、レイアウトの最適化を図り、現場の作業者の負担の軽減、オペレーションの効率化を図ることが可能になる。

第4に、画像認識による作業のロボット化が可能になる。AIによる画像分析をつうじて、収穫時期の判別などの機械化が難しい作業についても、ロボット化が可能になる。

2) 農産物の流通・加工分野

農産物の流通・加工分野も第4次産業革命の技術を活用したイノベーションが期待される分野である。それは、第4次産業革命の技術を活用すれば農産物流通情報のリアルタイム共有と対応

表6 農業分野別にみた第4次産業革命の適用技術

適 用 分 野		技 術 分 野
●農業生産分野 (施設園芸、畜産、路地、果樹、稲作など)	⇔	IoT, IoE, ICT, ビッグデータ, クラウドコンピューティング
●農産物流通部門 (産地、卸売、小売、直販、電子商取引など)	⇔	ロボット, ドローン, 3Dプリンティング
●食品消費部門 (安全性、原産地、履歴制、ブランドなど)	⇔	AI
●政策、制度、普及、運営、教育など	⇔	常用化アプリケーションなど

出所：金ヨンジュン、「第4次産業革命と農業の未来」『世界農業』第202号、2017年6月、p.9.

が容易なことで可能になるからである。

流通・加工分野の課題としてあげられるのは、需給安定、流通効率化(物流システム、販売促進など)、そして品質向上などである。まず第1に、需給安定のためには供給予測、契約栽培、低温貯蔵施設、貯蔵および加工技術などが必要である。この問題を解決するための第4次産業革命の主要技術としては、ビッグデータ、AI、クラウドなどである。

第2に、流通の効率化の中で、物流システムの効率化のためにはオンライン競売プラットフォーム(online auction platform)、遠隔購買、オンライン直取引、電子注文システム、入出庫物流倉庫制御、運搬車輛管理、そして、ウェブ競売などが要求される。ここで用いる第4次産業革命の主要技術としては、ビッグデータ、ICT、クラウド、ロボット、IoTなどである。第3に、販売促進のためには購買パターンの分析、スマートストア、販売促進などが必要で、この問題点を解決するための第4次産業革命の主要技術としてはクラウド、ビッグデータ、AI、IoTなどである。

第4に、品質向上のためには低温貯蔵施設、収穫後管理、消費者ニーズ、家畜履歴追跡などの等級判定などが必要で、ここで用いる第4次産業革命の主要技術としてはビッグデータ、IoT、クラウド、AIなどがあげられる。また、AIを用いて品質管理が可能になり、植物工場、畜産、養殖漁業などについて、生育環境に最適な環境を自動で管理可能なものになる。

第5に、購入の便宜のためには病院患者食、高齢者食、幼児食、最適配送体系、仮想現実購買(Virtual reality purchase)などが要求される。このための第4次産業革命の主要技術はビッグデータ、IoT、クラウド、AIなどがある。

第6に、物流データの把握・活用が可能になる。すなわち、IoTやRFIDなどの技術を活用し、商品ごとの物流情報の把握が可能となった結果、生産物のトレーサビリティの確保・活用が容易

になる。

3) 農産物の消費分野

農産物の消費分野の課題としては、高品質、安全性、価格安定、そして購入の便宜などをあげることができる。まず第1に、高品質のための選別、環境制御、品質モニタリング、予察および防除、施肥、水管理、家畜疾病予察、収穫後貯蔵技術、消費者ニーズなどが必要で、このために用いられる第4次産業革命の主要技術はビッグデータ、AI、クラウドなどである。

第2に、安全性のためには履歴制、原産地表示、残留農薬検査、GAP認証、HACCP(ハサップ)^{注25}、天敵・媒介昆虫の利用、環境に優しい農資材の使用、動物福祉認証、販売促進、購買パターンの分析、スマートストアなどが必要で、ここで用いる第4次産業革命の主要技術はIoT、ビッグデータ、クラウド、BT、ロボット、IoTなどがあげられる。

第3に、価格安定のためには気象分析および予測、需給安定システム、輸入農産物の直接生産、流通業態別市場情報、国内外農産物移動追跡などである。この課題を解決するための第4次産業革命の主要技術としてはビッグデータ、AI、IoT、そしてクラウドなどがある。

IV. 第4次産業革命の主な技術の農業部門への適用と課題

ここでは昨今の日本農業が抱えるさまざまな課題を解決するために第4次産業革命の主要技術、すなわち、ビッグデータ、AI、IoT、そしてロボット技術の適用と活用、そして課題について述べることにする(表7、図4)。

1. ビッグデータ (Big Data)

ビッグデータについて、一言でいえば、巨大な

デジタルデータの総称である。しかしながら、ビッグデータは単に巨大なデータのみを指すものではない。McKinsey (2011)^{注26}は、「ビッグデータとは、通常のデータベース管理ツールが貯蔵・管理および分析可能な範囲を超える大規模のデータ」と定義づけている。すなわち、ビッグデータを既存のシステム、サービス、企業などで与えられたコストや時間で処理・分析できるデータの範囲を超える規模の大きいデータのことである。

IDC (International Data Corporation)^{注27}は、第1に、100TB以上のデータを有していること、第2に、音声や映像、金融取引情報、センサーなどのハイスピードストリーミングデータを利用していること、第3に、年率60%以上の成長率で生成されるデータであることなどのいずれかを満たすものとしている。

McKinseyは、ビッグデータがアメリカの生産性の向上、コスト引き下げの効果があることで、GDPに大きく寄与すると予測している。すなわち、2020年まで流通・製造業分野で年間3,250億ドル以上の生産性の向上、政府サービスとヘルスケア部門で年間2,850億ドルのコスト節減の効果があると報告している¹⁷⁾。そして、イギリスの経済経営研究所 (CEBR, Centre for Economics and Business Research)^{注28}は公共部門で2012年から2017年まで約2,160億ポンド、対外政策研究院 (KIEP) は公共部門で年間160億から330億ポンドのコスト節減を予測している。また、日本の総務省は、農業、都市、環境、流通、医療など多様な分野で生産性と効率性を高めることで、10兆円の付加価値創出と12～15兆円の社会費用の節減が可能であると予測している¹⁸⁾。

表7 農業の課題と第4次産業革命の主要技術の活用可能性

農業が抱える課題と人工知能やIoTの活用の可能性	
これまでの農業が抱える課題	AIやIoTを活用した農業
【農業就業者の減少・人手不足】 <ul style="list-style-type: none"> ○ 深刻な人手不足の進行 きつい作業を含む多くの作業が未だに人手に依存。人手不足で生産維持が難しい地域も ○ 勘や経験に頼る農業 経験や勘に基づく作業が多く、新規就農者による習得には多大な時間が必要 	ロボット化・自動化された超省力農業 人手に頼っていた作業のロボット化や、遠隔での操作や自動走行なども可能になり、大幅な省力化が実現 誰もが取り組みやすい農業 熟練農家のノウハウを短期間で学べるシステム、病害虫の画像解析等で誰でも取り組みやすい農業を実現
【収益性の確保】 <ul style="list-style-type: none"> ○ 伸び悩む生産性 圃場の差異に関わらず画一的な管理をしており、収量等の生産性の伸びは頭打ちに 	データや科学を駆使した生産性の向上 ビッグデータの解析により、土壌、気象、作物等の因果関係が解明され、圃場等に応じた最適な栽培管理を割り出し、収量向上が可能に
【未知のリスクの顕在化】 <ul style="list-style-type: none"> ○ 温暖化等の様々な新たなリスク発生 異常気象や新たな病害虫の発生などこれまで経験のないリスクに直面 	温暖化等の新たなリスクに予測して対応できる農業 ビッグデータを基に、高精度な気象や生育の予測を可能にすることで先回りしてリスクに対応する農業を実現
【生産・流通・消費の連携・効率化】 <ul style="list-style-type: none"> ○ 変化し多様化する需要 生産するだけのプロダクトアウト型の農業では、変化し多様化する需要への対応に限界 ○ 非効率さが残る生産・流通 生産・流通等の各主体間の連携が不足 	マーケットイン型の農業の実現 市場や流通業者、経営のビッグデータを活用して、様々なニーズに対応した戦略的な生産や販売を農家が行うほか、経営の効率化を実現 シェアリングや情報共有などによる効率化 生産・流通等の連携、資材・人材・流通等のシェアリング等による効率化

出所:「人工知能やIoTによるスマート農業の加速化について(案)」農林水産省, 2016年11月, p.2 (http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/attach/pdf/kenkyu_kai05-5.pdf (閲覧日2017.12.01))。

農業分野におけるビッグデータとは、農作物が生育するのに影響を与える数多くの外部要因に対する情報を収集・分析した膨大な量のデータを意味する。農業分野におけるビッグデータは耕作地の至る所にセンサーを付着することはもちろんのこと、空中にドローンを飛ばしたり、人工衛星をつうじてデータを収集する。このような先端情報ネットワークは農作物の健康と土壌の状態、病害虫と疾病現況、温度および湿度、気象予報などの情報を収集・分析するのに用いられる。農業経営者はタブレットパソコンやスマートフォンなどをつうじて理解しやすいように整理された情報をいつでも受信し、合理的で、効率的な問題解決方策を立てることができる。農業を取り巻く厳しい経営環境、すなわち、気候変化と世界的な人口増加、そして農業人口の減

少などの状況の中で、人間が対応しにくい領域をビッグデータが補う役割をしている。

ビッグデータと農業の結合は、今後10年間に於ける世界の農業構造を激変させ、農業の生産性の向上はもちろんのこと、各種疾病と自然災害の予防、ひいては消費者の行動と思考までも分析できる時代を到来させると思われる。これはアグリビジネスの再創造、新たな農業ビジネスの創出、価値伝達モデルの再構成、そして農産物の物流と流通の画期的な変化をもたらす。

モンサント社(Monsanto Company)^{注29}はデータ農業をリードする世界的な多国籍企業として、ビッグデータ情報ネットワークを構築している。すなわち、Climate Corporation^{注30}をつうじてアメリカとブラジル全域で1億エーカー以上の耕作地にビッグデータ技術と情報を提供している。

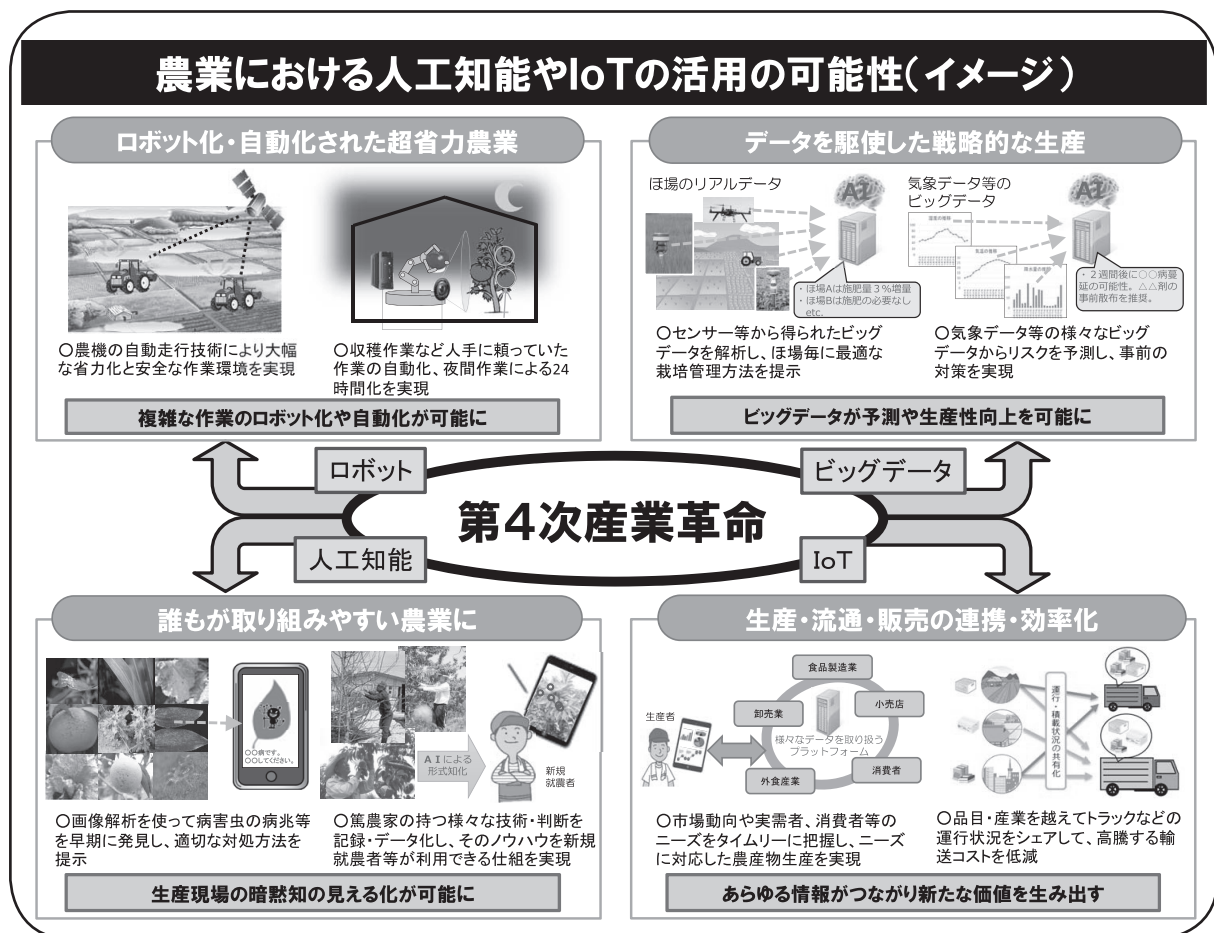


図4. 第4次産業革命の主要技術の農業への活用可能性

出所:「人工知能やIoTによるスマート農業の加速化について(案)」, 農林水産省, 2016年11月, p.3.

代表的なサービスである Climate Field View^{注31} はリアルタイムで気候(気象)データと具体的な土地(土壌)および作物分析データを農業経営者に提供している。これをつうじて農業における生産性と収益性の向上を実現できるようにしている。

2. 人工知能 (AI)

人工知能 (Artificial Intelligence, AI)¹⁹⁾ とは、人間の知覚、推論、学習能力などにコンピュータ技術を用いて具現することを意味する。すなわち、AIとは人間のように考え、行動し、問題を解決する知能エージェントを作る科学、または工学である。そして、言い換えれば、機械により人間の知的活動を再現したものであるといえる。しかしながら、AIについては定義づけしにくい側面もある。そもそも、知能、それ自体の明確な定義ができず、それを人工的に再現することは容易なことではないからである。

AIの目標²⁰⁾としては、まず第1に、「人間と同じ思考システム(systems that think like humans)」である。これは、理論的に人間と同じように思考する機械をつくるなら、まず人間の思考作用を研

究すべきで、これにより仮説が成立すると、プログラムをつうじて実現できるという主張である。第2に、「合理的思考システム(systems that think rationally)」はAIの目標を理論的ではなく、合理的に思考するシステムとして定義する分野である。第3に、「人間と同じ行動システム(systems that act like humans)」は知能の作用過程について満足できるように設計されたプログラムで、コンピュータは人間に質問することで、そのテストの結果を、諸経路をつうじて送ってくれるようになる」と主張する。最後に、「合理的行動システム(systems that act rationally)」は、合理的に行動するということは与えられた確率程度があるときに、ある目標を達成するために行動することを意味する。

AIはコンピュータの情報処理能力の向上、ネットワークシステムの高度化などITハードウェア技術が発展することで、その開発の土台が設けられた。これにより、パターン認識(pattern recognition)、機械学習(machine learning)、専門家システム(expert system)、人工神経網(artificial neural network)、そして自然言語処理(natural language processing)などの多様な分野と融合されたソフトウェア技術が発展され

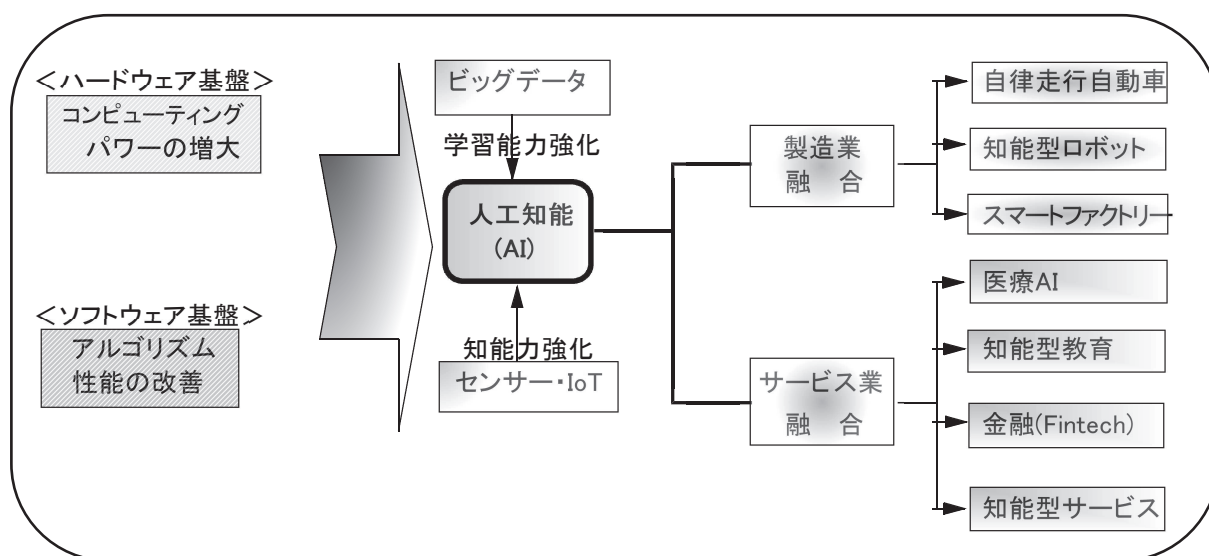


図5. 人工知能産業の発展基盤および波及効果

出所:「AI時代、韓国の現住所は? - 国内AI(人工知能)産業の基盤点検 -」『VIPレポート』16-8号, 現代経済研究院, 2016年3月, p.1.

ることで、AIは現実化された。

AI技術は金融、医療、製造業など経済・産業部門はもちろん、社会・文化的部門での広範囲な波及効果をもたらすと展望される。すなわち、経済・産業側面でのAI技術はすでに製造業(自律走行車、知能型ロボット、スマートファクトリーなど)およびサービス業(医療、教育、金融など)と融合され、商用化されている。そして、社会・文化側面でのAI技術は大々的な雇用構造の変化、新たな社会規範および秩序体系の確立などをもたらす(図5)。

世界のAI市場規模は、2015年1,270億ドルから2017年1,650億ドルで、年平均14.0%の高い成長が持続すると予想されている。また、2015年のAI関連売上高は2億250万ドルで年平均82.9%ずつ成長し、2020年には41億4,470万ドル規模になると展望されている(表8)²¹⁾。

農業分野のAIと関連し、海外の代表的な事例はアメリカの気象関連研究開発企業であるThe Climate Co.をあげることができる。この企業は250万の地域の主要気候情報を土台に気候予測モデルを開発している。これにより気象および地理情報や事例に基づいた推論をつうじてリスクとコストを最小化し、問題解決のための意思決定に活用している。そして、アメリカのブルーリーバーテクノロジー(Blue River Technology)^{注32)}はトラクターに機械学習エンジンを搭載した雑草除去農業用ロボットである「LettuceBot」を開発した。トラクターに連結されたLettuceBotはリアルタイム

で、トラクターの後方部に取り付けられているカメラデバイスにより1分間に5,000本の芽を撮影しながらレタスと雑草を見分け、最小限の除草剤を注入することで、雑草を除去している。2つの苗が近づきすぎてしまっている場合は間引きも行う。これを用いたことで、化学物質を90%カットでき、現在、アメリカで生産されているレタスの10%を供給する農地で使用されている。

3. モノのインターネット (IoT)

モノのインターネット (Internet of Things) とは、簡単にいえば、あらゆるモノ (things)、すなわち家電製品、モバイル機器、生産機器などにセンサーと通信機能を内蔵し、インターネット (internet) につなげる技術のことである。もちろん、IoTは以前から存在してきて、RFID・USN、M2Mなど、いろいろな名称で呼ばれ、技術発展と進歩によりその技術と概念が発展してきた。

IoTの身近な例^{注33)}として、まず第1に、高齢者や患者の健康を見守ってくれるスマートスリッパをあげることができる。傾斜センサーが付いているスリッパは歩き方のデータなどを収集し、身体異常信号の感知の際には直ちに保護者や医療機関に通報する機能を持っている。

第2に、スマートスリッパには小型のGPS受信機も内蔵されていて、病院やオフィス、会館などの公的な用途でも用いられる。自宅向けのスマー

表8 人工知能技術の分野別市場規模の展望 (単位:百万ドル)

区 分	専門家システム	自立型ロボット	デジタル秘書	内蔵型システム	ニューロコンピュータ
2013年	3,050	1,109	450	400	330
2014年	3,508	1,282	585	425	492
2019年	7,055	3,582	2,175	877	1,590
2024年	12,433	13,927	8,075	2,095	4,685

出所:「Siemens」2014年10月(チョウ ヨンイム,「人工知能技術の動向および発展方向」IITP, 2016年2月, p.22より再引用)。

トスリッパには、特定少数、つまりパーソナルな機能が求められ、スリッパの内側にある細菌センサーが感知して数値化し、定量的にクラウドへ保存される。このデータを通院の際に、過去の水虫データを持参し、水虫を治療、管理することができる。スマート薬の瓶は定まった時間に薬の瓶のふたのランプがつき、音で服用時間を知らせ、ふたが開かないときには患者にSMS (Short Message Service)や電話で知らせる。

第3に、スマートインターネットドア錠をあげることができる。これは旅行に出かける際に玄関ドアをロックすることを忘れる人々に歓迎される製品である。たとえば、シュラーゲ (Schlage)^{注34}の「LiNK システム」はパソコンとスマートフォン、タブレットなどをつうじてドアをロックできるインター

ネット連結ドア錠の代表的な製品である。

第4に、無線おむつをあげることができる。ベンチャー企業である24エイト (24eight) が、開発した無線おむつは内蔵されたチップがおむつを取り替えるときになったかを感知し、これを親や保母にSMSで知らせる製品である。Wall Street Journalによると、この製品の価格は一般的なおむつと比べると1枚あたり2セント高い。

第5に、人間の心臓である。Corventisは1回用絆創膏のように患者の心臓に付着すれば心臓運動を監視し、知らせてくれる心臓監視機を開発した。そして、FDAも承認しているこの製品は、患者の心臓が不整脈や心不全などになった際のデータを医師に送り、警告を発するようになっている。

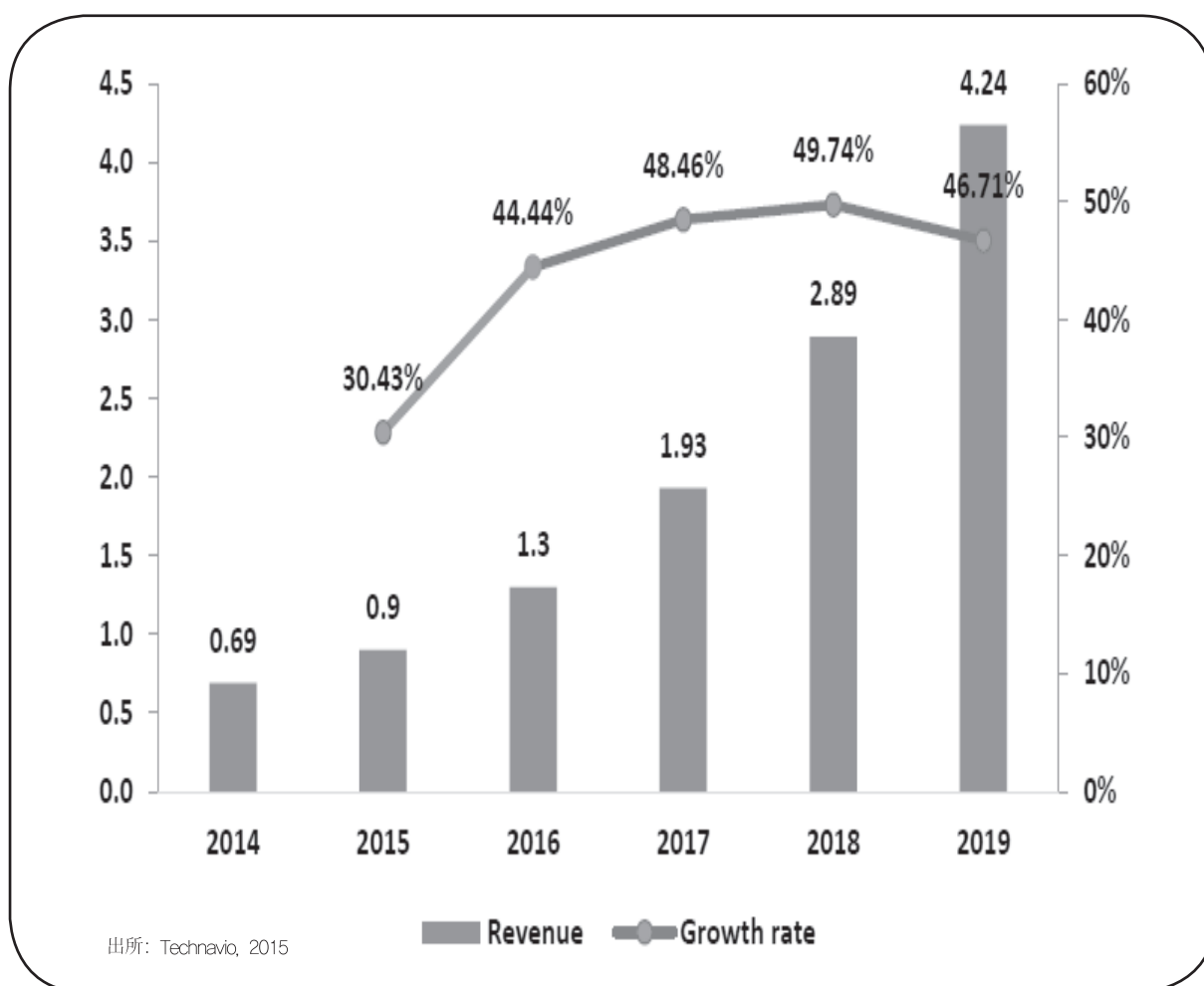


図6. 世界農業分野のIoT市場の展望

出所:「第4次産業革命と農業」IPET, 2016年7月, p.28.

2020年までにインターネットにつながる機器は3～5倍に増加し、全世界の市場規模は約1兆4,600億ドルで、経済的波及効果は3～11兆ドルに達すると展望されている。2016年現在、インターネットにつながっている端末の数は約110億台として推定され、2020年には3倍くらい多い、約300億台、2025年には約800億台に達すると展望している^{注35}。マッキンジーグローバル研究所はIoT市場の成長可能性について、2025年にはその波及効果が3.9兆ドルから11兆ドルになると予測されている。Technavio 報告書によると、世界の農業分野のモノのインターネット市場が2014年の6.9億ドルから2019年には42.4億ドルに増加すると展望している(図6)。

農業分野での適用事例としては、第1に、アメリカ USC は屋外庭園をインターネットでつなぎ、遠隔庭園をつくることで、これにはロボットアームが付いていて、庭園士が世界どこにいても播種などが可能になっている。

第2に、オランダのベンチャー企業である Sparked は家畜の耳の中に無線インターネットセンサーを移植し、家畜の健康状態を監視・管理し、肉や牛乳から生じる疾病を予防している。

これには牛1頭あたり、毎年200MBのデータが転送されると推定されている。

第3に、富士通の Akisai をあげることができる。Akisai について少し詳しく述べると、富士通の農業用クラウドサービスである「食・農クラウド Akisai (秋彩)」²²⁾ は農作業と作物イメージなどをデータとして貯蔵、分析し、収穫量の増加と品質の向上の方法を提供している(図7)。すなわち、食・農領域に向けたサービス体系として「食・農クラウド Akisai」を展開²³⁾し、生産現場から経営まで企業の農業経営を実現するサービスを提供すると共に、土地利用型、施設園芸、畜産などをカバーしている。

富士通は農業ビジネスにおける ICT の役割²⁴⁾として、第1に、生産を中心とした経営基盤の確立をあげている。すなわち、生産プロセスの最適化による農産物の供給と品質の安定化、データに基づく収量アップ・効率化への継続的取り組みの可能、そして、能動的に考えて動く人材の育成などをあげている。第2に、ビジネス領域と規模の拡大の加速である。すなわち、数字とデータに基づく儲かる経営の実現(収益・コストの見える化)、規模の拡大を支えるマネジメント体制



図7. Akisaiの概要

出所: 蒲田顕久, 「富士通の農業ICTへの取り組み～アグリインダストリー創生に向けて～」2017年2月, p.2.

確立(経営・管理・作業)などである。第3に、フードバリューチェーンでのビジネスモデル展開、すなわち、品種開発・生産・加工・販売のベストプラクティスをつなぐことで、マーケットインによるビジネスモデルへの展開をあげることができる。

4. ロボット (Robot)

ロボット (Robot)^{注36}とは、簡単にいえば、人間を模倣し、外部環境を認識(sense)し、状況判断(think)、自律的に動作(act)する機械のことである。このロボットは、製造現場で生産・組立・加工・運搬・出荷などの作業を遂行する「製造用ロボット」と、「サービス用ロボット」に分類され、またサービス用ロボットは軍事・医療・建設・物流・検査・掃除・セキュリティ・災害現場での救助などで多岐にわたり特殊な専門作業を遂行する「専門サービス用ロボット」と、家事・障害者補助・健康・教育など生活全般の個人を支援する「個人サービス用ロボット」に分類できる(図8)。

農業用ロボットは人間の介入を最小化し、自ら制御し、効率を極大化できる知能型無人農業生産システムで、農業経営の自動化を可能にする

ロボットである。いいかえれば、農業の生産、流通、消費過程で自ら環境を認識し、状況を判断し、自律的な動作をつうじて作業やサービスを提供する機械のことである。農業用ロボットは大きく、路地で農作業に用いる「自主型農業ロボット」と、室内作業に用いる「措置型農業ロボット」に分けることができる。そして、活用場所によりトラクター、コンバイン、管理機など伝統農機とドローンなどの路地農業ロボット、果樹管理ロボット、ハウスおよび温室内の播種から収穫まで担当する自動化ロボット、芝生ロボットなどの「施設農業用」と、ロボット搾乳機、疾病検診および生育管理ロボットなどの「畜産用」に分けることができる。農業用ロボットは伝統農機とドローン、農産物の選別・流通自動化システム、施設園芸・畜産自動化ロボットなどを含む。

最近、第4次産業革命時代の到来により農業用ロボットはセンサー、通信、ビッグデータなどが適用され、連結農業媒体(connected agricultural vehicle)などを統合する意味として変化した。しかしながら、農業用ロボットが自ら判断し、作業を進めるためには、AIの技術が不可欠であることで、AIの技術とロボット技術は分けること

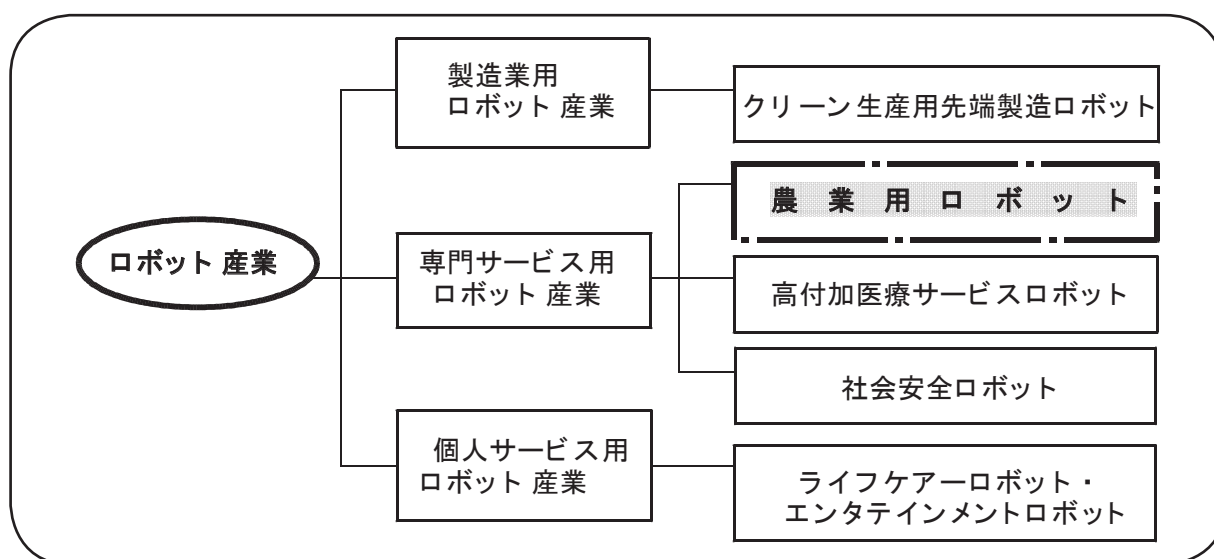


図8. ロボットの分類

出所:「第4次産業革命と農業」IPET, 2016年7月, p.22.

はできない。農業用ロボットを用いた無人農業生産システムは農業用ロボット間の同期化システムを適用し、多数のロボット間のコラボレーションをつうじて効率を極大化し、農業生産量を向上させることができる。

農畜水産分野のロボット市場^{注37}は2013年9億ドル規模で、2020年までに191億ドルまで急速に増加すると展望され、その対象は除草、防除、収穫ロボットになると予想される(表9)。農業用ロボットの利用範囲は広範囲で、接ぎ木ロボット、野菜移植ロボット、路地用農業用運搬ロボット、トマト検査用農業ロボット、搾乳ロボット、防除ロボット、雑草除去ロボット、そして花卉用作業ロボットなどが開発されている。

世界的な農業機械先進企業は既存の農業機械企業から脱皮し、スマートファーム、農業自動化システムを提供するトータルソリューション企業として変貌しつつある。農業用ロボットを利用した無人農業生産システムはTrimble社の場合、「Connected Farm Solution」、Newholland社の場合、「Precision Land Management」、そしてCaseIHは「Advanced Farming System」という名称の統合ソリューション技術(Total Solution Technology)を保有している。アメリカのJohn

Deere社^{注38}の自律走行トラクターはGPS信号基盤に、種の分布などを考慮し、移動経路を自ら選択、作物の状態を測定・遂行する作業を自動的に選択することができる。ATC(Autonomous Tractor Corporation)もレーザー無線ナビゲーションシステムを用いて自律走行トラクターを開発している。

クボタ社^{注39}はNTTと技術提携し、農作物の生育状態をビッグデータとして分析し、収穫量や農薬散布などの作業をスマホなどで状態把握が可能なシステムを、2018年をめどに開発が進行されている。すなわち、GPS、収穫量予測、気象情報はNTTが提供し、クボタは農業用ロボットを利用し生育状態分析と肥料、または農薬散布を可能にしたトータルソリューションを提供中である(図9)。

日立製作所とヤンマーは自律走行ロボットトラクターを用いて、条間走行と農作業に成功している。既存のGPS衛星から測位データを直接受信する精密単独搬送波位相測位方式(PPP(Precise Point Positioning)方式)の位置正確度は約10～20センチが限界であったが、オーストラリアの電子基準点を使用する新しい精密単独測位方式(PPP-AR(Ambiguity Resolution)方式)²⁵⁾を適

表9 農業用ロボット市場の規模と展望(単位:百万ドル)

区 分	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
農業用ロボット市場	956.0	1,386.2	2,328.8	4,634.4	8,110.1	11,759.6	15,287.5	19,109.4
成長率	34%	45%	68%	99%	75%	45%	30%	25%
搾乳および畜産施設管理	879.5	1,206.0	1,614.8	1,918.4	2,004.3	1,735.0	1,797.6	1,611.1
高付加価値作物	28.7	55.4	116.4	278.1	567.7	940.8	1,375.9	1,910.9
穀物収穫	10.5	27.7	186.3	695.2	2,108.6	2,939.9	3,669.9	4,395.2
ブドウ剪定および収穫	5.7	5.5	136.5	941.0	1,272.2	1,569.5	1,412.8	968.7
育苗管理	14.3	41.6	116.4	292.0	616.4	1,046.6	1,681.6	2,388.7
芝生管理	14.3	43.0	139.7	370.7	811.0	1,411.2	2,410.3	3,057.5
無人航空管理	2.9	6.9	18.6	139.0	729.9	2,116.7	3,210.4	4,777.4

出所: World Robotics, IFR, 2012(「第4次産業革命と農業」IPET, 2016年7月, p.23より再引用)。

る。

第4に、データの利活用促進に向けた制度整備をあげることができる。これにはデータの利活用促進に向けた標準化の推進と農家のリアルデータの「所有権」の取扱いなどのルールの整備をあげることができる。第4次産業革命では、データの利活用が高付加価値の源泉であることをしっかり理解する必要がある。より具体的には、データプラットフォームの構築、データ流通市場の創成、個人データの利活用の促進、そしてセキュリティ技術や人材を生み出すエコシステムの構築などをあげることができる。

第5に、IoT活用による省力化・自動化農業の実現に向けたルールの在り方、すなわち、自律運転農機械の活用に向けた環境整備と農業用ドローンの活用に向けたルール整備などがあげられる。

V. むすびにかえて

ここでは第4次産業革命の主な技術を農業・農村コミュニティに適用する際の注意点、そして次稿の課題としてベーシックインカムについて簡略に述べることで本稿のむすびとしたい。

20世紀の偉大なる発明の1つとして評価されている農業の機械化は、発生可能な損失とリスクを最小化、または回避しながら、生産性を極大化することが革新のコアである。実際に、1960年代の農業者1人が養える人口は25名に過ぎなかったが、現在は第4次産業革命の技術の発達により155名まで養うことができる。そして、2020年には200名まで増加すると展望されている。

これからの第4次産業革命時代の農業技術は、生産・加工・流通・消費などアグリビジネスの全バリューチェーンにわたり、情報技術、バイオ技術、ナノ技術、情報通信技術との融合・複合がより積極的に行われるべきである。そして、未来のスマート農業技術は自然環境の変化にかかわ

らず、望む時期に農産物を栽培でき、農業者の安全と健康を保護するAI技術、農業者の高齢化、女性農業者にも対応できる形態で発展すべきである。

また、第4次産業革命の主要技術は農業の脆弱点と集約農業の限界点などを克服し、農業の競争力と体質を改善できる良い機会になりうる。しかしながら、技術と資本万能主義は常に警戒すべきことで、正しい考え方をもって第4次産業革命という新たな波の技術変革時代を向かい入れるべきである。すなわち、技術が農業・農村コミュニティにおけるすべての課題を解決し、巨大多国籍企業や株式会社の大規模資本が農業現場に山積している諸問題を一気に解決し、革新できるという確信はあまりにも危険すぎる。当然、日本の農業と農村地域、農業者、そしてエンドユーザーである消費者など、皆に良い第4次産業革命の姿を創り上げるために努力すべである。このための政府による積極的な政策的支援は欠かせない。

最後に、第4次産業革命について論じる際に取り上げるべき重要なテーマがBasic income(基本所得、ベーシックインカム)のことである。ベーシックインカムとは、生活に必要な金を政府が社会のすべての構成員に無条件的に給付する最低限所得保障政策のことである。すなわち、このベーシックインカム制度は、1回ではなく、規則的に毎月支給(周期性)、現金の形で最小生計費以上を支給(現金性)、世帯ではなく各個人に支給(個人性)、収入と資産とに関わらず、すべての構成員に支給(普遍性)、そして勤労意欲と勤労条件を備えなくても支給(無条件性)するなどの特徴をもつ政策で、第4次産業革命時代を生き抜くための最小限の装置でもある。このようなベーシックインカム政策の手法と可能性、限界と課題などについては次稿のテーマとして残しておきたい。

謝辞

本稿は平成29(2017)、30(2018)年度松本大学
学術研究費の助成を受けて遂行した研究成果の
一部をとりまとめたものである。ここに記し、
感謝の意を表す。

注

- 注1 平成27(2015)年の販売農家における基幹的農業従事者数は175万人で、10年前の224万人から22%減少した。そして、同年の販売農家における基幹的農業従事者の平均年齢は67.0歳で、10年前の64.2歳と比べて2.8歳ほど高齢化が進行している(『平成28年度食料・農業・農村の動向』農林水産省, p.39(2017))。
- 注2 <http://www.weforum.org/>(閲覧日2018.05.01)。
- 注3 2016年に続き、2017年のダボスフォーラムでも第4次産業革命に関する論議が持続的に行われ、第4次産業革命の本格化を強調している。すなわち、2017年ダボスフォーラムのコア議題としては「疎通と責任のリーダーシップ(Responsive and Responsible Leadership)」で、第4次産業革命による変化に対応するためのリーダーの役割、第4次産業革命のための準備などに関する議論が進行された。
- 注4 第4次産業革命に関する詳しい概念的フレームワークについては、成耆政、「第4次産業革命と未来の教育システムの変革」『教育総合研究』創刊号, pp.67-80(2017)を参照されたい。
- 注5 第4次産業革命に関する論争の様相は次の2つの質問に対する異なる見解から始まる。すなわち、現在、革新は実在するのか、そして実在するのなら過去と断絶する革命性を備えているのか、である。
- 注6 SPIとは、総合科学技術・イノベーション会議が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために新たに創設するプログラムのことである(内閣府ウェブサイト資料, <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>(閲覧日2018.05.01))。
- 注7 この課題の目的としては、農政改革と一体的に、農業のスマート化、農林水産物の高付加価値化の技術革新を実現し、新規就農者、農業・農村の所得の増大に寄与する併せて、生活の質の向上、関連産業の拡大に貢献することである(<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sipkenkyukaihatu1lkadai.pdf>(閲覧日2018.05.01))。
- 注8 米国アクセンチュアは2016年1月16日、アクセンチュア・ストラテジーによる最新レポート「デジタル時代の創造的破壊：成長の拡大(Digital Disruption: the Growth Multiplier)」を公表した(<https://japan.zdnet.com/article/35077692>(閲覧日2018.05.01))。
- 注9 <http://www.uber.com/>(閲覧日2018.05.01)。
- 注10 <http://www.airbnb.com/>(閲覧日2018.05.01)。
- 注11 <http://www.amazon.com/>(閲覧日2018.05.01)。
- 注12 「名目GDP600兆円に向けた官民戦略プロジェクト10」としては、第4次産業革命、世界最先端の健康立国へ、環境エネルギー制約の克服と投資拡大、スポーツ産業の成長産業化、既存住宅流通・リフォーム市場の活性化、サービス産

業の生産性向上・中堅・中小企業・小規模事業者の革新、攻めの農林水産業の展開と輸出力強化、そして観光立国などである。

注13 これは、2014年に全都道府県に設置された信頼できる農地の中間的受け皿のことである。活用方法としては、リタイアするので農地を貸したいとき、利用権を交換して、分散した農地をまとめたいとき、そして、新規就農するので農地を借りたときなどである。長野県の場合は、公益財団法人長野県農業開発公社がこの役割を担っている(<http://www.n-nouchi.net/>(閲覧日2018.05.01))。

注14 農地中間管理機構(農地集積バンク)の機能強化としては、農地中間管理機構の創設、農地中間管理機構の実績等の公表、農地中間管理機構の体制の改善、農地の集積・集約化の環境整備、農地の集積・集約化を担う組織の役割の明確化、遊休農地等に関わる課税の強化・軽減等、そして、転用利益の地域の農業への還元などをあげることができる。

注15 このプロジェクトでは、AIを活用した病害虫早期診断技術の開発事業、AIを活用した栽培・労務管理の最適化技術の開発事業などを進めている。

注16 精密農業とは、複雑で多様なばらつきのある農場に対し、事実の記録に基づくきめ細かなばらつき管理をして、地力維持や収量と品質の向上および環境負荷軽減などを総合的に達成しようという農場管理とその戦略のことである。精密農業については、澁澤栄、「第5世代の精密農業－日本から発信するコミュニティベース精密農業－」[tokugikon]、2010年1月、pp.31-37を参照されたい。

注17 精密農業市場は2020年には45億ドル、2022年には63億ドル規模に成長すると予想されている。

注18 <http://www.gartner.com/>(閲覧日2018.05.01)。

注19 農業用ドローン市場は2015年に20億ドル規模で、全体商業用ドローン市場の47%を占め、2020年には80%水準になると予想されている。

注20 GAP(Good Agricultural Practice、農業生産工程管理)とは、農業において、食品安全、環境保全、労働安全等の持続可能性を確保するための生産工程管理の取組のことで、これを多くの農業者や産地が取り入れることにより、結果として持続可能性の確保、競争力の強化、品質の向上、農業経営の改善や効率化に資するとともに、消費者や実需者の信頼の確保が期待される。詳しくは、「GAP(農業生産工程管理)をめぐる情勢」農林水産省生産局農業環境対策課、pp.1-19(2017)を参照されたい。

注21 ドローンについて、2018年に山間部などにおける荷物配送を実施し、2020年代には都市でも荷物配送を本格化させる予定である。2017年度よりNEC、日立、NTTデータ、NTTドコモ、楽天などは、物流に用いる運航管理システムの開発を、福島ロボットテストフィールド

を活用して進めている(「未来投資戦略2017－Society5.0の実現に向けた改革－」内閣官房日本経済再生総合事務局、p.6(2017))。

注22 リードタイムとは、発注から納品までに必要な時間のことである。リードタイムは、開発リードタイム、調達リードタイム、生産リードタイム、配送リードタイムに分解される(「MBA用語集」グロービス経営大学院のウェブサイト資料、https://mba.globis.ac.jp/about_mba/glossary/detail-12043.html(閲覧日2018.05.01))。

注23 垂直的統合とは、系列経営ともいい、その期待効果としては、生産性および品質向上、流通の改善、消費拡大、価格安定、そして産業構造の調整などをあげることができる。

注24 Global GAPとは、一言でいえば、GAPの世界標準のことである。現在では世界118カ国以上で、15万件を超える認証件数になっている。生産者の立場からみれば、グローバルGAP認証を受けることで、安全で、品質の良い食品・非食品農産物であると世界的に認められることになる農産物の国際競争力を高めるためにはGlobal GAP認証取得は不可欠である。

注25 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)とは、食品の製造・加工工程のあらゆる段階で発生するおそれのある微生物汚染などの危害をあらかじめ分析(Hazard Analysis)し、その結果に基づいて、製造工程のどの段階でどのような対策を講じればより安全な製品を得ることができるかという重要管理点(Critical Control Point)を定め、これを連続的に監視することにより製品の安全を確保する衛生管理の手法である。この手法は国連の食糧農業機関(FAO)と世界保健機関(WHO)の合同機関である「食品規格(コーデックス)委員会」から発表され、各国にその採用を推奨している国際的に認められたものである(厚生労働省ウェブサイト資料、http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/haccp/index.html(閲覧日2018.05.01))。

注26 <http://www.mckinsey.com/>(閲覧日2018.05.01)。

注27 <http://www.idc.com/>(閲覧日2018.05.01)。

注28 <http://www.cebr.com/>(閲覧日2018.05.01)。

注29 <http://monsanto.com/>(閲覧日2018.05.01)。

注30 2006年、2名のGoogleの職員が起業、農業現場で発生する多様なデータを分析し、農家の意思決定を支援するサービスを提供している。

注31 これはGoogle Playなどでダウンロードできる。
注32 この企業はスタンフォード大学出身の研究者にて創業された。

注33 <http://nansense.nan7.net/entry/smart-slippers>(閲覧日2018.05.01)。

注34 <http://www.schlage.com/>(閲覧日2018.05.01)。

注35 <http://www.idc.com/>(閲覧日2018.05.01)。

注36 Robotの語源は「強要された労働」、「小作農の労働」などを意味するチェコ語のRobotから由来するといわれている。

注37 IT 専門市場調査機関である IDC は革新創出を加速化する6つの主な技術としてモノのインターネット、認知システム、次世代セキュリティ、AR-VR、ロボット、そして3D プリンティングを選定し、各技術別に市場規模を展望している。

注38 <http://www.deere.com/> (閲覧日2018.05.01)。

注39 <https://news.mynavi.jp/article/20171011-a161/> (閲覧日2018.05.01)。

文献

- 1) 成者政, 「ポスト TPP 時代における地域活性のための農林水産物の輸出拡大戦略の構築」『地域総合研究』第18号 Part1, 松本大学地域総合研究センター, pp.101-126 (2017)。
- 2) 「第4次産業革命のグローバル動向と韓国産業の対応」KIET, pp.35-36 (2017)。
- 3) 中小企業庁, 「第4次産業革命と中小企業について」経済産業省, p.2 (2017)。
- 4) 紅林徹也, 「Society 5.0の実現に向けたプラットフォームのあり方」, 『オペレーション・リサーチ』2016年9月号, pp.568-574 (2016)。
- 5) 久間和生, 「Society 5.0実現に向けて」内閣府, pp.1-5 (<http://www.cocn.jp/PT01-kyuma.pdf> (閲覧日2018.05.01))。
- 6) 久間和生, 「Society 5.0実現に向けて」内閣府総合科学技術・イノベーション会議, p.1 (http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/infra_fukkou/12kai/sanko2.pdf (閲覧日2018.05.01))。
- 7) 「科学技術基本計画」閣議決定, pp.10-15 (2016)。
- 8) 「平成29年度戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の実施方針」総合科学技術・イノベーション会議, pp.1-2 (2016) (<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/housin29.pdf> (閲覧日2017.12.01))。
- 9) 「第4次産業革命のグローバル動向と韓国産業の対応戦略」KIET, pp.38-42 (2017)。
- 10) 「宇宙産業ビジョン2030要約-第4次産業革命下の宇宙利用創造-」宇宙政策委員会, pp.1-4 (2017) (<http://www8.cao.go.jp/space/vision/summary.pdf> (閲覧日2017.12.01))。
- 11) イミョンホ「4次産業革命がもたらす社会変化シナリオ」『ITChosun』2017年7月 (<http://it.chosun.com/news/article.html?no=2837357> (閲覧日2017.12.01))。
- 12) 成者政「ICT イノベーションによるスマート農業の現状と地域活性化-日韓におけるスマート農業関連政策の分析を中心に-」, 『地域総合研究』第17号 Part1, 松本大学地域総合研究センター, pp.19-41 (2016)。
- 13) 「第4次産業革命への対応の方向性」経済産業省, pp.57-71 (2016)。
- 14) 八木栄一, 「農業用アシストスーツの開発」ロボット革命実現会議資料, pp.1-6 (2014) (<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/dai3/siryous2-3.pdf> (閲覧日2017.12.01))。
- 15) 成者政, 「ポスト TPP 時代における地域活性化

のための農林水産物の輸出拡大戦略の構築」, 『地域総合研究』第18号 Part1, 松本大学地域総合研究センター, pp.101-126 (2017)。

- 16) 中小企業庁, 「第4次産業革命と中小企業について」経済産業省, p.11 (2017)。
- 17) McKinsey Global Institute, Game Changes: Five opportunities for US growth and renewal, 2013年3月。
- 18) 「平成24年版情報通信白書」総務省。
- 19) 成者政, 「第4次産業革命と未来の教育システムの変革」『教育総合研究』創刊号, 松本大学, pp.75-77 (2017)。
- 20) チョウ ヨンイム, 「人工知能技術の動向および発展方向」『週刊技術動向』IITP, p.14 (2016)。
- 21) 「人工知能の技術と産業の可能性」ETRI, p.17 (2015)。
- 22) 成者政, 「ICT イノベーションによるスマート農業の現状と地域活性化-日韓におけるスマート農業関連政策の分析を中心に-」, 『地域総合研究』第17号 Part1, 松本大学地域総合研究センター, pp.34-37 (2016)。
- 23) 蒲田顕久, 「富士通の農業 ICT への取り組み〜アグリインダストリー創生に向けて〜」pp.1-13 (2017) (http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo_dai5/siryous3.pdf (閲覧日2017.12.10))。
- 24) 蒲田顕久, 「富士通の農業 ICT への取り組み〜アグリインダストリー創生に向けて〜」p.4 (2017) (http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo_dai5/siryous3.pdf (閲覧日2017.12.10))。
- 25) 高須知二他, 「MADOCA における PPP-AR 機能の拡張と評価」pp.1-5 (2015)。
- 26) 「第4次産業革命への対応の方向性」経済産業省, pp.73-74 (2016)。
- 27) Klaus Schwab, The Fourth Industrial Revolution, Crown Business, p.6 (2016)。
- 28) 岩本晃一, 「インダストリー4.0-ドイツ第4次産業革命が与えるインパクト-」, 日刊工業新聞社, pp.69-83 (2015)。
- 29) 尾木蔵人, 「決定版インダストリー4.0-第四次産業革命の全貌-」, 東洋経済新報社, 2015。
- 30) 「第4次産業革命に対応する投資誘致戦略樹立に関する研究」kotra, p.11 (2017)。
- 31) 樋口晋也他, 『決定版 AI 人工知能』東洋経済新報社, p.547 (2017)。
- 32) 松尾豊, 『人工知能は人間を超えるカーディープランニングの先にあるもの-』KADOKAWA, pp.50-53 (2015)。
- 33) 岩本晃一, 「インダストリー4.0-ドイツ第4次産業革命が与えるインパクト-」, 日刊工業新聞社, pp.27-35 (2015)。
- 34) 「日本再興戦略2016-第4次産業革命に向けて-」pp.6-7 (2016)。
- 35) 「科学技術イノベーション総合戦略2017」閣議決定, 2017。
- 36) 「ロボット新戦略-ビジョン・戦略・アクション

プランナー」, ロボット革命実現会議, 2015.

³⁷⁾ James Barrat, OUR FINAL INVENTION,
Thomas Dunne Books, 2013.

³⁸⁾ George Zarkadakis, IN OUR OWN IMAGE,
Rider Books, 2015.