

第1章 ICTによるイノベーションと経済成長

我が国においては、急速に進行する少子高齢化とそれに伴う人口減少が、労働投入の減少や国内需要の縮小を招き、中長期的な経済成長を阻害すると懸念されている。

そこで本章では、IoT (Internet of Things)・ビッグデータ・AI等の新しいICTが、我が国の経済成長に貢献し得る経路を供給面と需要面の両面から体系的に整理した上で、それぞれの経路について、事例や企業の取組状況等を交えながら経済成長に与える潜在的効果を定量的に検証する。

第1節 少子高齢化等我が国が抱える課題の解決とICT

本節では、主に少子高齢化とそれに伴う人口減少が、我が国の社会経済にどのような影響を与えるのか概観する。そのうえで、IoT・ビッグデータ・AI等のICTがそれらの社会的課題の解決等にどのように貢献し得るのかを定性的に示す。

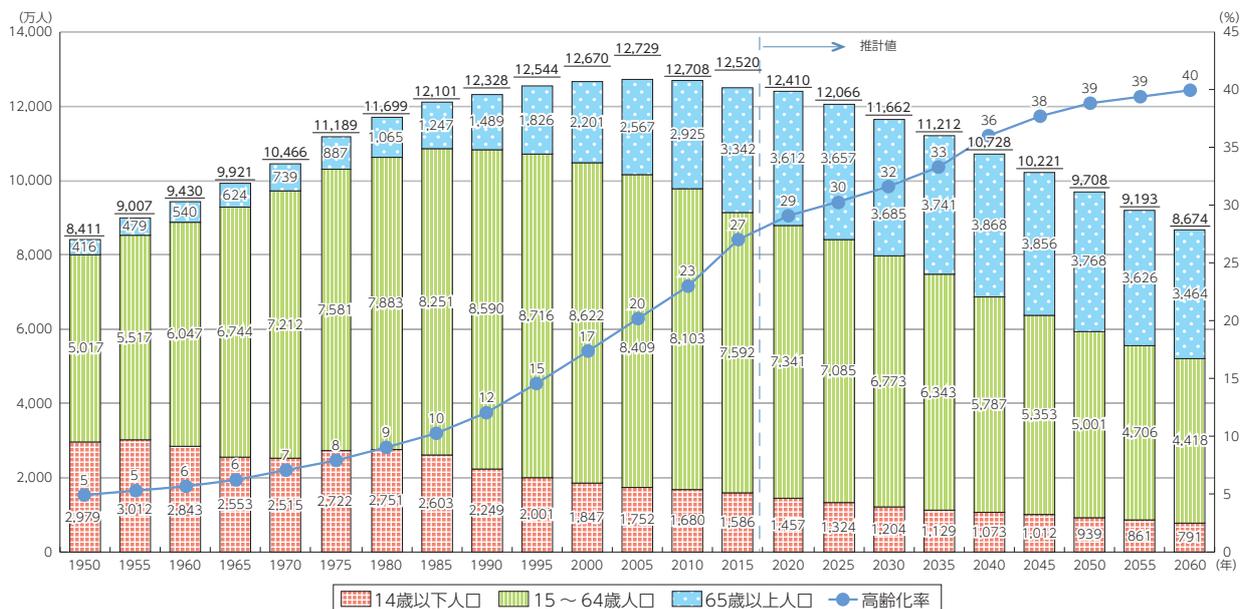
1 我が国の経済成長における課題

1 人口減少社会の到来

少子高齢化の進行により、我が国の生産年齢人口は1995年をピークに減少に転じており、総人口も2008年をピークに減少に転じている。総務省「国勢調査」によると、2015年の総人口（年齢不詳人口を除く）は1億2,520万人、生産年齢人口（15歳～64歳）は7,592万人である。14歳以下の推計人口は1982年から連続して減少が続き、少子化に歯止めがかからない実態が改めて浮き彫りになっている。

国立社会保障・人口問題研究所の将来推計（出生中位・死亡中位推計）によると、総人口は2030年には1億1,662万人、2060年には8,674万人（2010年人口の32.3%減）にまで減少すると見込まれており、生産年齢人口は2030年には6,773万人、2060年には4,418万人（同45.9%減）にまで減少すると見込まれている（図表1-1-1-1）。

図表1-1-1-1 我が国の人口の推移

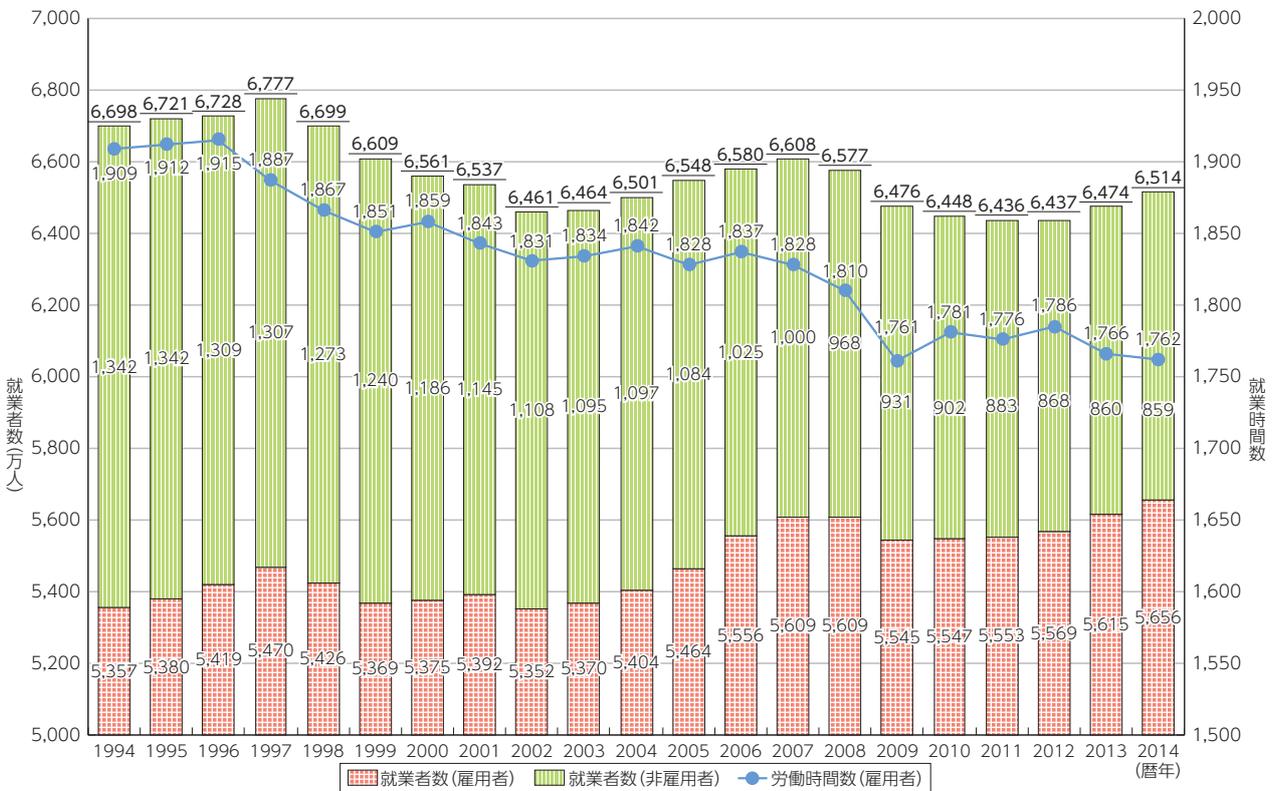


(出典) 2015年までは総務省「国勢調査」(年齢不詳人口を除く)、2020年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成24年1月推計)」(出生中位・死亡中位推計)

就労人数について、長期的にみると、就業者のうち非雇用者（自営業主や家族従業者等）数が減少する一方、雇用者数は2011年以降増加傾向にある。パートやアルバイト、契約社員、嘱託など非正規の職員・従業員が増加することによって、就労機会の多様化とともに、新たな雇用機会が提供され雇用者数が短期的には増加している反面、1990年代後半よりこうしたパートタイム労働者比率の上昇が続いていることも起因し、雇用者1人当たりの総労働時間数は減少傾向がみられる（図表1-1-1-2）。雇用者の労働投入量を、「(平均的な)雇用者数×(平均的な)一人当たり労働時間」ととらえると、雇用者の労働力は短期的には横ばいないし微増傾向、長期的には減少傾向にあると言える。

日本生産性本部の調査・分析結果^{*1}によれば、医療や情報通信分野を中心とした就業者の増加傾向がみられる一方、飲食業や小売・運輸などで人手不足が顕在化しつつあり、既に労働供給力は限界にきていると警鐘を鳴らしている。これは、1990年代から長らく続いてきた設備や人材などの供給が基本的に過剰だった状況が終焉し、供給力不足が経済の制約要因になりつつあることを示している。省力化を旨とした生産性向上を進めなければ、労働力不足が企業活動のボトルネックになりかねない状況にあると指摘している。少子高齢化による我が国経済成長への影響について指摘されてから長い、このように、実際の経済成長における制約要因が浮き彫りになりつつある。

図表1-1-1-2 就労人数及び労働時間数の推移



(出典)「平成26年度国民経済計算」より作成

2 人口減少における我が国経済成長

こうした少子高齢化やそれに伴う人口減少は、我が国経済の供給面と需要面の双方にマイナスの影響を与え、我が国の中長期的な経済成長を阻害する可能性がある。すなわち、供給面からみた場合、経済成長の要因は、①労働投入、②資本投入、③TFP（全要素生産性）の3要素に分解されるが、少子高齢化による生産年齢人口の減少は、前述したとおり①の労働投入の減少に繋がると考えられる。また、人口が減少すると、国内市場が縮小するとの懸念から企業の成長期待が喪失し、資本蓄積（設備投資による資本ストックの積み上げ）にマイナスの影響を与える。

需要面からみた場合、少子高齢化とそれに伴う人口減少は、医療・介護サービスなど一部の分野で国内需要を拡大させる一方、多くの分野で国内需要の縮小要因となると考えられる。社会的に必要な住宅投資やインフラ投資の水準を変化させ、需要面でも資本蓄積に影響を与える。

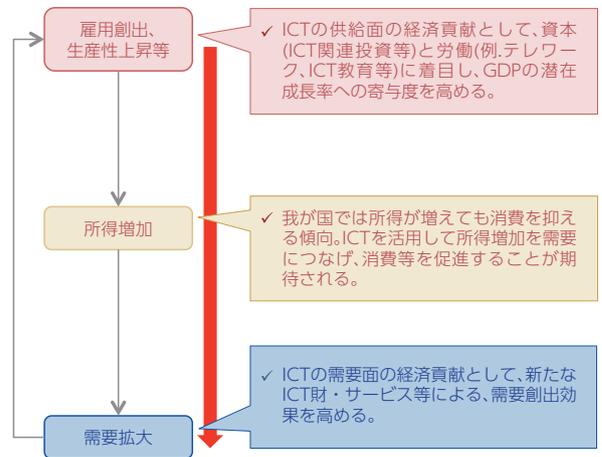
我が国経済の構造を踏まえると、平成27年情報通信白書でも言及したとおり、中長期的な経済成長を実現して

*1 日本の生産性の動向-2015年版

いくためには、供給面の対策と需要面の対策を車の両輪として進めていく必要がある。具体的には、供給面では、労働投入の減少を見据え、積極的な投資を続けながらも企業の生産性向上を図っていくことが何より重要である。加えて、女性や高齢者の就業促進による労働参加率の拡大や、教育・人材育成の充実による労働の質向上も求められる。他方の需要面では、企業の積極的なグローバル展開を通じて拡大する海外需要の取り込みを図るとともに、新たな商品やサービスの創造（プロダクト・イノベーション）を通じて持続的な需要創出を図ることが重要である。

また、経済は循環的構造にあり、供給面と需要面のバランスが悪くなれば成長に限界が生じ、経済成長が鈍化する。我が国では、「失われた20年」と言われるように、長年需要不足が成長のボトルネックとなっており、さらに我が国では所得が増えても消費を抑える傾向も指摘されてきたところである。すなわち、潜在GDPと実質GDPの差（GDPギャップ）は、需要不足に伴い拡大してきた経緯がある。以降の節で説明するように、ICTは供給及び需要の両面から貢献することで、今後も経済の循環において役割を果たすことが期待される（図表1-1-1-3）。

図表 1-1-1-3 経済の循環におけるICTへの期待



(出典) 総務省「IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究」(平成28年)

2 新たなICTによる社会経済への貢献

前述した我が国の経済成長に係る課題に対して、ICTによる貢献が期待されること、近年ではIoT（Internet of Things）・ビッグデータ・AI（Artificial Intelligence）といった新たなICTの潮流が注目されている。ここでは、こうしたICTの進化について概観しながら、社会経済にもたらすインパクトについて定性的に整理する。

1 ICTの進化

持続的な経済成長の主要な原動力として、様々な用途に応用し得る基幹的な汎用技術（GPT：General Purpose Technology）による「技術進歩」が重要であることは経済学上のコンセンサスとなっている。ICTは、蒸気機関や内燃機関、電力等に続く現代の汎用技術であるとの見解は今日では広く支持されている。ICTは、その登場とその急速な進化によって、産業構造に大きな変化をもたらしただけでなく、ナノテクノロジー、遺伝子工学、ロボットなど先端技術の進化を補完する役割を果たしている。

こうした流れは、目まぐるしい技術革新の進展が下支えている。情報の処理や保存等に係る能力の向上（単位性能あたりの単価の下落）や、それに伴う情報流通量の爆発的な増大が続いている。本章で紹介する、自動運転、機械学習など、従来、不可能と思われていた予測が実現したり、これまで解決が困難であった課題が克服されたりしているのは、基盤技術の成長の持続や、技術の統合的な利用等により、凄まじいペースで技術進歩と社会インフラ化が進展したことが要因として挙げられる。

進化の正のフィードバック、すなわち進化のある段階で生み出された技術や手法等が次の段階を生み出すために利用されるメカニズムによって、ICTは今後も持続的に進歩し、次の技術進歩を加速させる領域へ資源を集中することが期待される。具体的にはソフトウェア、通信、クラウド、ロボットなどの技術領域であり、そうした技術が支えて急速に進化しつつある領域として注目されている分野が「モノのインターネット（IoT）」「ビッグデータ（BD）」「人工知能（AI）」である。

以降では、これらの3つの技術分野の概要と、社会経済へのインパクトについて説明する。

A IoT (Internet of Things)

モノ、ヒト、サービス、情報などがネットワークを通じて大規模に連動することで新たな価値が生まれる。このうち、主としてモノに着目した部分についてはIoT（Internet of Things）と呼ばれている。米ガートナーによれば、IoTとは「物理的なモノ（物体）のインターネットであり、物体には、自らの状態や周辺状況を検知し、通信

し、何かしらの作用を施す技術が埋め込まれている」と定義されている*2。

あらゆるモノがインターネットに接続することで、モノから得られるデータの収集・分析等の処理や活用が実現する。製造業や物流、医療・健康から農業に至るまで様々な分野で、状況を正確に把握することで効率が向上し、データの分析を通じて新たな価値を生むことに繋がる。消費者の身の回りで毎日使用するようなモノは、気象や状況に連動して自動的に最適な環境を提供するようなサービスとして再定義される蓋然性が高い。従来、こうした情報処理で人が介在していた領域は代替され、さらにこれまで実現できなかったような高度で付加価値の高い機能が提供されるようになる。

イ ビッグデータ

ビッグデータというキーワードは、2011年の米マッキンゼーの報告などで大きく注目され、米国の科学技術政策局（OSTP）が2012年3月29日に「ビッグデータ研究・発展イニシアティブ（Big Data Research and Development Initiative）」を発表したことを機に認知度が拡大したと言われている。同計画は、大量のデータの収集・蓄積・保存・管理・分析そして共有のための技術革新を促進し、科学・工学における発見の加速、安全保障の強化、教育の革新に活用しようという試みである。データの利用は非競争的であり、複製の限界費用がゼロに近いことから、減耗・枯渇がないという特色がある。そのため、データの蓄積とその利活用が競争力の源泉となり、経済貢献にも寄与する。近年は、システムティックに増大する「構造化されたデータ」が新たな科学的知見の発見やビジネスの創出に利用されるが、今後は、多種で大規模だが形式が整っていない「非構造化データ」がリアルタイムに蓄積され、前述IoTの進展も相まって、ネットワークを通じて相互につながり、指数関数的に成長する演算能力を用いて分析されることで、社会システムを大きく変えていくことが予想される。こうしたビッグデータに基づく「可視化」の結果、新規ビジネスの誕生、科学的知見の発見、リスク回避などが実現することが期待されている。我が国も含め、各国政府が進める公共保有データの公開政策（オープンデータ政策）についてもこうした期待が背景にある。

ウ 人工知能（AI）

人工知能（AI：Artificial Intelligence）の研究の歴史は大きく3段階に分けられる*3。第一次人工知能ブームは、1950年代後半～1960年代、第二次人工知能ブームは1980年代～90年代、第三次人工知能ブームは2000年代からである（図表1-1-2-1）。

第二次人工知能ブームにおいては、様々な情報の内容をコンピューターが認識できるよう表現するようになり、人工知能活用への期待が高まったが、世にある膨大な情報すべてを人間がコンピューター向けに記述することは困難であったため、その活用は限定的となりブームも一旦沈静化する結果となった。

第三次のブームにおける人工知能（AI）は、大きく2つ、狭義の機械学習（Machine Learning）とディープラーニング*4（Deep Learning）とに分けられる。狭義の機械学習においては、分析にあたり注目すべき要素（特徴量）は人間が抽出しなければならないが、特徴量間の関係の記述はコンピューターが行うようになり、コンピューターの性能向上や利用可能なデータの増加もあいまって実用性が高まった。ディープラーニングにおいては、学習用のサンプルデータを与えれば特徴量の抽出までもコンピューターが行うようになった*5。

人工知能（AI）は、第二次のブーム以降、チェス・将棋などの人間が行うゲームを対象に脚光を浴びてきたが、近年は前述したビッグデータの活用の進展を背景に認知度が高まり、その適用領域が拡大している。また、膨大なコンピューターリソースを必要とすることからクラウドサービスの拡大や、機械学習機能を提供するオープンソースソフトウェア（OSS）や商用サービスの登場も普及を加速させている。

*2 特定通信・放送開発事業実施円滑化法では、附則第5条第2項第1号において、インターネット・オブ・シングスの実現を「インターネットに多様な多数の物が接続され、及びそれらの物から送信され、又はそれらの物に送信される大量の情報の円滑な流通が国民生活及び経済活動の基盤となる社会の実現をいう」としている。

*3 詳細な説明は、第4章第2節参照。

*4 「深層学習」という言い方もある。

*5 ただし、狭義の機械学習にもまして、精度を上げる（ロバスト性を高める）手法と、その膨大な計算を可能にするだけのコンピューターの計算能力が重要である。（松尾豊「人工知能は人間を超えるか」(KADOKAWA) 2015年 p.96)

図表 1-1-2-1 人工知能 (AI) の分類・比較

	説明	注目すべき要素 (特徴量) の抽出	特徴量間の関係の発見
第二次ブームにおける人工知能 (知識表現) 1980年代~1995年頃	コンピューターが推論するために必要な様々な情報を、コンピューターが認識できる形で「知識」として記述。世にある膨大な情報すべてを人間がコンピューター向けに記述することは困難であった (特に例外、あいまいさ、人間の常識、音声や画像の認識など) ため、活用は限定的でブームも一旦沈静化。	人間が行う	人間が行う
機械学習 (狭義) 2000年頃~	人間がコンピューターに注目すべき要素を教え、大量のデータ (数値やテキスト、画像、音声など) を与えると、コンピューターがルールや知識を自ら学習する (要素間の関係を記述したり推論や判断の精度を高める) 技術。ビッグデータ解析が代表的な用途。	人間が行う	コンピューターが行う
ディープラーニング 2010年代半ば頃~	広義の機械学習の手法の一つ。情報抽出を一層ずつ多階層にわたって行うことで、高い抽象化を実現するとともに注目すべき要素もコンピューター自らが発見。音声認識、画像認識、自然言語処理から実用化が進みつつある。	コンピューターが行う	コンピューターが行う

(出典) 総務省「ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究」(平成28年)を基に作成

図表 1-1-2-2 人工知能の (AI) の実用化における機能領域

識別	音声認識	予測	数値予測	実行	表現生成
	画像認識		マッチング		デザイン
	動画認識		意図予測		行動最適化
	言語解析		ニーズ予測		作業の自動化

(出典) 総務省「ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究」(平成28年)

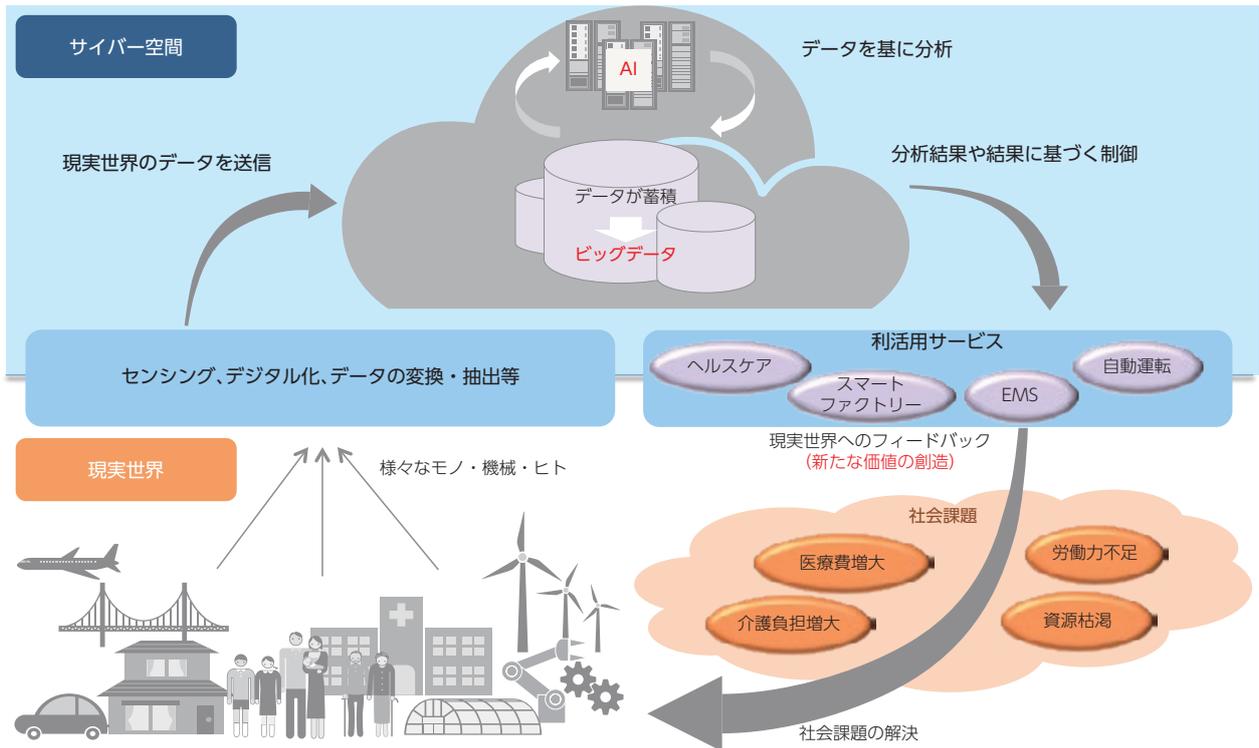
ディープラーニングは、脳を模した仕組みを利用することで抽象的な情報の分析能力を飛躍的に高める技術として注目されている。言語を理解する能力をソフトウェアが獲得すれば、人類はコンピューターによる自律的な学習を通じた予測・分析能力を獲得し、人工知能は想像や創造の領域へ進むと考えられる。薬物療法の判定や新たな治療方法の提案、さらには災害時の意思決定支援、サイバーセキュリティ対策などに用いられ、社会の安全性の向上に繋がっていくことが期待される。さらに、その先には、ICTが人間の知能を超える境界、技術的特異点 (シンギュラリティ: Singularity) が来ると予想されている。一部の研究者は、2045年頃には技術的特異点に到達し、人間の脳に蓄積された知識と、テクノロジーの力、その進化速度、知識を共有する力の融合を含む大きな変化が起こり、社会制度の再設計が不可避と指摘している。

2 新たなICTがもたらす社会経済へのインパクト

「モノのインターネット (IoT)」「ビッグデータ (BD)」「人工知能 (AI)」の性質を踏まえると、これらを一体的に捉えることで、その真価と必然性が見えてくる。すなわち、IoTで様々なデータを収集して「現状の見える化」を図り、各種データを多面的かつ時系列で蓄積 (ビッグデータ化) し、これらの膨大なデータについて人工知能 (AI) を活用しながら処理・分析等を行うことで将来を予測する、という関係性が成り立つ。例えば、人工知能 (AI) をIoTと組み合わせることで、収集したデータを知識に変え、サイバー空間から現実世界にフィードバックし、さらにそこからデータを得て学習するようなサイクルを確立することもできる。さらに、ロボットなどの物理的手段と組み合わせることで、現実世界における効率化、高速化、安全・安心の確保などを実現したり、現実世界に起こりうる将来を予測したりすることも可能になると考えられる。本章では、こうした一体的な捉え方を「広義のIoT」と称する (図表 1-1-2-3)。

図表 1-1-2-3 IoT・ビッグデータ・AIが創造する新たな価値

～サイバーセキュリティの確保を前提として、データの流通を通じた価値創造や課題解決を実現



(出典) 総務省「IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究」(平成28年)

広義のIoTを活用することで、新たな価値を創造することが可能となる。具体的には企業の業務効率化（プロセス・イノベーション）、潜在需要を喚起する新商品・サービスの開発・提供（プロダクト・イノベーション）、商品・サービスのデザイン・販売（マーケティングイノベーション）、業務慣行・組織編成（組織イノベーション）、さらには社会的課題への対応（ソーシャル・イノベーション）といった様々なイノベーション形態の実現も可能となる。例えば、小売分野での需要予測、交通分野での自動運転、医療分野での予防医療やオーダーメイド治療、都市経営分野での犯罪・事故・災害抑制など、産業の垣根を越えた異業種による連携も含めて、従来の企業活動を変革する可能性を秘めており、さまざまな分野への応用が期待される。また、企業の経済活動や産業の生産性向上のみならず、地域や社会の存続・発展に資する社会経済インフラを構築していくことも可能となり、我が国社会経済の持続的成長へ寄与していくことが考えられる。

あらためて本節で浮き彫りにした我が国経済における課題に対するICTの貢献について整理してみる。まず、供給面では基本的には労働投入を増やさずに、業務効率化や財・サービスの高付加価値等が期待できるため、企業活動等の生産性を高めることができる。また、自動化などが進展することにより、労働力をより生産性の高い業務へ集中することができ、効率的に労働の質を高めていくことが可能になる。他方の需要面では、プロダクトイノベーションやマーケティングイノベーションへの貢献から、革新的なサービスやアプリケーションの創出や海外需要の取り込みにも貢献するであろう。

これらは、新たなICTがもたらす貢献の一側面に過ぎない。次節では、広義のIoTを含め、ICT全般による経済貢献について具体的に整理する。