

Society5.0におけるものづくり

平岡 精一, 伊東 輝顕, 橋本 茂, 岩井 匡代, 田中 健一

工業製品に対する消費者の要求は多様化し、ものづくりは少品種大量生産から多品種少量生産、変種変量生産に移行し、さらに自分だけの一品モノに価値を見いだすことは容易に想像できる。一方、高齢化社会の進展に伴い生産年齢人口が縮小し、ものづくりの現場を支える労働力の減少に加え、高齢者の収入減に伴う消費活動縮小への影響も懸念される。本稿では、ものづくりに対する要求と現場で発生する問題点を整理し、対策として消費者が欲する価値を創造し届ける「ものづくりシステム」と、熟練の技を持つ高齢者と技を磨く若年者が人の能力を補う機械と協力して働く「人と機械の協働ものづくり」について述べる。

キーワード：高齢化社会、生産人口と消費行動、人と機械の協働

1. はじめに

ものづくり、すなわち工場で生産した「もの」を人が消費するという関係において、生産者は消費者が求める価値の研究を重ね、ものづくりの仕組みを変え続けてきた。

「もの」が不足し消費者に行き渡っていない状態では、19世紀後半に始まったフォードの自動車生産に代表される少品種大量生産が消費者の求める価値に応える生産技術であった。「もの」の生産が増え、消費者の手に行き渡るようになってくると、消費者が欲する価値は個人の嗜好に左右されるようになり、単に品質のよい「もの」を適正な価格で供給するだけでは消費者の要求に応じられず、売れなくなってくる。対策として、ものづくりは消費者＝市場を細分化し、特定の市場を対象にした「もの」を供給することで売れるものを供給し続けてきた。市場を細分化するということは、一品種当たりの需要は少なくなるため、少量生産でも適正な価格で供給できる生産技術が考えられてきた。需要と供給の単純な関係だけではないが、近年の情報通信技術の急激な進化やグローバル化の進展がこの流れに拍車をかけ、市場の細分化はさらに進む傾向にあり、ものづくりには超多品種生産への対応が求められている。これには、消費者の要求を把握し市場を定義するマーケティングから、設計、生産、流通、リサイクル、

廃棄等、ものづくりにかかわるすべての関係者で情報のやり取りを活性化させ、消費者が欲する価値を創造し届ける新たな「ものづくりシステム」が必要となってくる。

ものづくりは消費者に「もの」を供給するというだけでなく、ものづくりにかかわる人との関係でも変化が求められている。少子高齢化や団塊の世代の退職による生産年齢人口の減少による労働力不足が問題視されて久しい。労働力不足は生産に影響を与えるだけでなく、働く人の減少に伴う所得の減少、さらに消費の減少につながっていく。対策として高齢者や障がい者、外国人、若年者等、さまざまな人が新しく生産者としてものづくりに参加することが考えられる。しかし、単に働く人が増えただけでは、加齢に伴う能力低下、体力不足やハンディキャップ、経験不足等の理由で生産性が低下し、消費者の求める価値を提供できなくなってしまう。そのため、生産性の低下を補う新たな技術が必要となってくる。従来、ものづくりではセンサーや制御、ロボット技術を駆使し、作業の自動化を進めてきたが、さらに新たに参加する人の能力を補うための技術を加え、さまざまな人と機械が協力して働く「人と機械の協働ものづくり」が求められてくる。これによって、熟練した技術を持つ高齢者と新たにものづくりに参加する人の間での技の伝承や交流が起こる。生き生きと働き続ける環境が構築されることで継続した収入が得られ、個人消費が活発化する好循環が想定できる。

本稿では、消費者と生産者の観点から人ともものづくりの関係を整理し、抱える課題と解決策を提示することで、Society5.0におけるものづくりのあるべき姿を示す。

ひらおか せいいち, いたう てるあき, はしもと しげる
 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所
 〒 247-8501 神奈川県鎌倉市大船 5-1-1
 いわい まさよ
 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所
 〒 661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町 8-1-1
 たなか けんいち
 三菱電機株式会社 開発本部
 〒 661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町 8-1-1

2. 人とのづくりの関係

2.1 多様化する消費者

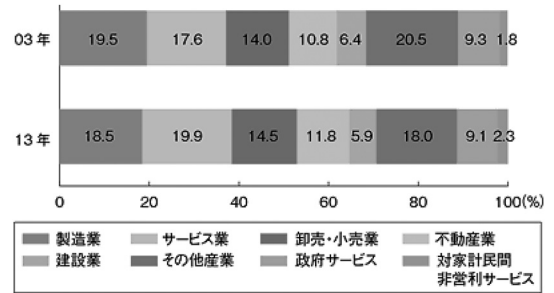
近年、消費者の嗜好が多様化してきたと言われている。たとえば、自動車では、消費者が選択できる商品のバリエーションを増やすためのオプションがある。オプションには、機能的なものやデザインのものがあるが、街で見かける自家用車でオプションを付けていないものはほとんどないと言ってよい。オプションは、消費者にとっては、自分の好みに合った機能やデザインの自動車を所有できるメリットがあり、ディーラーにとっては、適切な値段を設定することで、1台販売するための労力でより多くの利益を得ることができるメリットがある。

自動車のオプションにはメーカーオプションとディーラーオプションがある。メーカーオプションは、製造時に作り込まれるオプションであり、消費者が注文をする際に決定しなければならない。一般的に、自動車の納期は、数週間～2カ月程度である。メーカーは、個々のパーツを在庫として持っていて、注文を受けてから最終的な製造と検査を行うことで、オプションの充実化と短納期を実現している。

しかし、消費者は、オプションについて決して満足しているわけではない。自動車のインテリアやエクステリアを扱う専門店に一定の需要があるのは、その証拠である。また、消費者は納期についても満足しているわけではない。特別減税の期限間際に、予算の都合から、納期（正確には、新車登録までの期間）のより短い自動車を購入せざるを得なかった人も少なからずいるはずである。

より身近なものに目を向けてみると、平成26年度の世帯保有率が64.7%に達しているスマートフォン[1]は、後から追加・購入できるものも含めてソフトウェア機能のバリエーションが非常に豊富である。その一方で、ハードウェアについては、同一メーカーの同一製品で選択できるバリエーションは、たかだか、色やメモリサイズを選択できる程度である。

色の違いで満足できない消費者は、各製品用に設計されたカラフルなカバーや、スタイリッシュなケースを別途購入し、それをスマートフォンに装着することで、自分の好みに合わせて外見を変更することができる。その一方で、カバー・ケースを付けると、厚みが増える、ボタンが押しにくくなる、充電がしにくくなる、アンテナやメモリカードの出し入れが不便になる、といった品質的な不満もある。



資料：内閣府「国民経済計算確報」

図1 名目GDPにおける産業別構成比の推移 ([2] 図121-1)

メーカー自ら、ハードウェアのバリエーションを充実させることができれば、消費者がこれらの品質的な不満に目をつぶってカバー・ケースを購入し装着する必要はなくなるはずである。しかし、現実には、メーカーが用意するスマートフォンのハードウェアのバリエーションは少なく、スマートフォンショップでは、カバー・ケース売り場が幅を利かしている状況である。

このように、消費者の嗜好は多様化してきているが、メーカーは必ずしも、消費者を満足させることができるわけではない。

2.2 労働者からの課題

2.2.1 「ものづくり」を取り巻く環境変化

「ものづくり」とは、辞書によると、製造業やそこで使われる技術と人を指し、単純な製造作業ではなく、職人等の手による高度な製造を意味している。

この「人」の持つ技術が1960年代から80年代にかけての「高品質、高性能」を誇る“Made in Japan”製品として世界市場を制するほどの競争力を有していた。

しかし1990年代以降、わが国経済がバブル崩壊後の長い低迷から脱却できずにいる中、ビジネスモデルで欧米に差をつけられ、激しいコスト競争では新興国に負けている板挟み状態である。科学技術力は優位にあるが、それを産業競争力に転化する力が弱く、「技術で勝って事業で負ける」状況に陥っている。

市場環境も先進国の市場が量的には飽和し、各々に要求が異なる新興国市場が急ピッチで拡大している。消費者の多様化する嗜好等、より個々のニーズへの対応力が問われ、潜在需要を発掘したり、新たな市場を創造したりしていかなければ、展望は開けない。

2.2.2 労働人口（生産年齢人口）の激減

製造業は、現在においても日本のGDPの2割を占める重要な基幹産業であり（図1）、平成26年の労働力調査年表を見ると、就業者総計の製造業従事者は2割弱、製造業に関連する雇用（間接雇用者数）試算を合わ

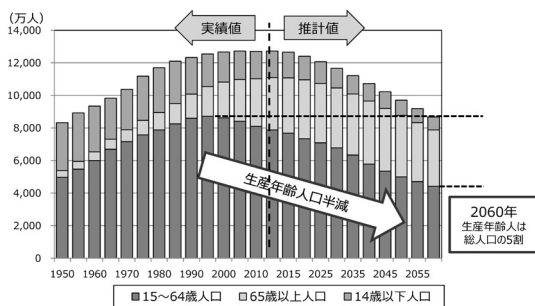


図2 わが国の高齢化の推移と将来設計 ([3] 図表のデータをもとに作成)

せると約3割(総数6,250万人、製造業1,040万人、製造業関連690万人)を占め、わが国の雇用を支える中核的な産業であることに変わりがない。しかしながら、世界に先駆けて日本は超高齢化社会を迎える。2060年には国民の40%が65歳以上の高齢者となり、生産年齢人口(15~64歳)は半減する(図2)。同時に高齢者を支える「介護者」の急増に伴い、生産年齢人口世代の就業困難者が増加し、製造業労働者不足が深刻になる。

この傾向は日本に遅れ10年前後で諸外国でも起こり、世界で年間850万人もの労働者の減少が始まり、高度な科学技術力を保有する者だけでなく、一般の工場労働者にも波及すると言われている。

2.2.3 熟練者不足と技術伝承の困難さ

世界人口が増加している現在においても、製造業においては熟練労働者数が低下し、求められるスキルと働く人材のミスマッチが拡大し、世界の雇用主の31%は人材確保が困難と考えている。

国内でも、団塊の世代の退職を前に、技術・技能をきちんと受け継いでいかなければ、生産が停滞するだけでなく、重大な事故をも引き起こす懸念から、「2007年問題」として、技術伝承の課題がクローズアップされてきた。しかし、多くの企業は目前の事業課題(市場変化への対応)に追われ、取り組みすら始められていない企業が多い状況にある[2]。

技術伝承には背景にあるものや微妙な判断、考慮すべき優先順位等の「暗黙知」、方法手段の「適用できる範囲」や「背景となる科学の理解度」、「カン・コツの抽出」等、そのすべてが記述でき形式化できるものではないことが厄介である。

加えて、「団塊の世代ジュニアの退職」、「企業の海外展開による技術・技能の流出」、「機械化・自動化で対応しようとしても技術の限界と費用対効果のバランスなどの問題が顕在化」、「技術開発できる高度熟練者が

既に不在」等、技術伝承の課題はますます深刻化している[4]。

3. ICTによる設計、生産、流通の統合

3.1 現在の生産形態

少品種大量生産から消費者の要求に応じた多品種少量生産へ、という大きな流れはあるが、現在の市場に存在する「もの」の生産形態はさまざまである。たとえば、洗剤のような日用品は総じて大量生産の形態をとり、消費者が直接「もの」に対して好みを反映する余地が少ないのに対し、自動車やシステムキッチンユニットのような高価格消費財では、部分的にはあるが消費者は好みを仕様で反映することができるようになってきている。その中間ともいえるスマートフォンのような消費者の個人的な嗜好に幅がある製品では、色や機能等あらかじめ供給側で選択された複数の仕様が用意され、選択できるようになっている。

このように、消費者の嗜好、製品の販売方法・販売方針、生産者の生産方式や製造する製品の特性、製品の設計から販売、廃棄までのライフサイクル全体で見たコスト等が勘案されたうえで、消費者に提供される製品の生産形態が決まってくる。

一般に大量生産は、規模によるコスト優位性があるが、消費者がその製品を受け入れない場合には売れ残りが発生する。供給者が、消費者の嗜好に合わせ、あらかじめ複数仕様の製品を供給する場合、複数の品種の中での消費者の嗜好の多寡が、個々の品種の販売数に影響する。供給者は、消費者の嗜好を必ずしも事前に見極めることはできないため、生産における需給不一致によるロスや、販売・流通における高需要品種欠品による機会損失や低需要品種の在庫管理コスト等が発生する。

消費者が発注時に仕様を決定するBTO(Build To Order)のような場合には、発注から生産までのスケジューリング、多品種を生産可能な生産設備、多品種製品を個々の消費者に届けるまで、届けた後の流通管理等、コスト高や長納期化の懸念がある。

3.2 将来のもののづくりの姿

これまでの少品種大量生産や、大量生産を基調としたカスタマイズ製品の生産から、今後は個々の消費者の要求に応じた生産が増えてくると言われている。少品種大量生産がなくなるという意味ではなく、消費者の要求に、より適切に応えた製品を製造するように変化していくことに加え、先進的な一部の供給者に限られていたカスタマイズ製品製造が一般的となり、多く

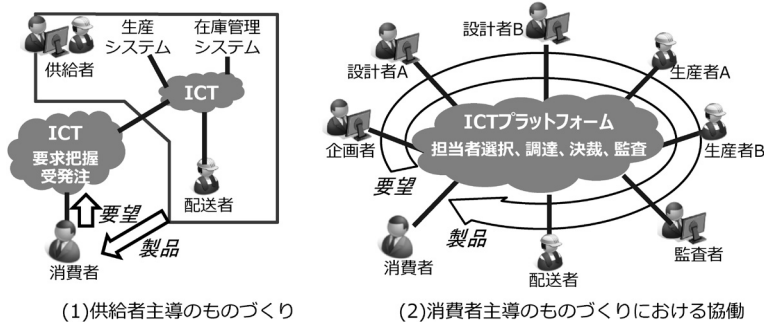


図3 ものづくりでのICTの活用

の供給者が実施していくことを意味している。

この変化には、二つの方向性が考えられる。一つは、これまでと同様に供給者側が主導する形態で、設計や生産は供給者が行い、流通に至る一連の活動の中に、消費者の要求が適切に盛り込まれるように進化していくというものである。もう一つは、消費者が主導する形態で、設計の一部あるいはすべてを消費者が実施する形で、要求を製品に反映し、設計以降の生産や流通は、それぞれの供給者が提供するというものである。

従来の延長となる供給者主導の形態では、消費者の要求に合うように、より詳細な選択肢が用意されるとともに、受注・発注から製品提供までの納期が、ICTの活用により短縮される。消費者が選択した仕様に基づく発注情報は、生産される製品と紐づけされ、生産の各工程において参照されて、仕様に基づいた生産が自動的に行われていく。生産ラインでは、仕様の異なる製品が混流して生産されていく。受発注システム、生産システム、在庫管理システム、配送システム等がICTを介して密接に連携することで、幅広い製品において、こういった生産が可能になる。

消費者は選択肢が多いと、むしろ選択できなくなるという報告がある [5]。消費者の要求の把握は、自動的に行われる場合もあるだろう。生体情報をセンシングしたデータに基づいて調剤された医薬品や化粧品は、その一例である。また、すべての選択肢を提示するのではなく、記録蓄積された消費者の行動や嗜好傾向に基づいて抽出した選択肢だけを提示するといった仕組みが導入されることで、消費者の要求にあった製品が供給されるようになってくるだろう。

消費者が主導する形態では、消費者の要望に沿った製品を、関連する工程の提供者が協働して消費者に提供する。協働者の選択や、設計、生産、流通等にかかわる情報の授受や決裁等の協働作業は、ICTによるプラットフォーム上で行われる。設計から配送までは次

のようになる。消費者が要望を挙げて、それに応えた企画者が設計者を募る。もしくは、消費者自身が設計を行う。企画者もしくは消費者は、設計された製品を生産する生産者を募る。生産者は所有する製造装置がその製品の製造に適したものか否か、生産計画、受託可能か否か等を勘案して、生産を受託するかを決定する。受託した生産者が製品の生産を行い、企画者または消費者が選定した配送者が、生産された製品を消費者に届ける。工程の各段階で、別途選定された監査者が製品の監査を行い、品質の担保と責任の所在を明確化する。このように消費者が生産者とICTを通して協働することで、少量であっても、個々の消費者の要望にあった製品が供給できるようになる (図3)。

3.3 将来のものづくりにむけた課題

3.2節で述べた消費者が主導する形態の実現には、多くの課題がある。まず、協働者が利用するICTプラットフォームの実現である。このプラットフォームでは、消費者または企画者が製品の仕様を提示し、協働者を募るところから始まる。製品が配送されるまでに関与する複数の信頼できる協働者を適切に選定できるよう、協働者の紹介、照会、評価の仕組みが必要である。製品の価格設定と、各協働者の取り分を決定するオークションのような仕組みや、決裁システムも必要であろう。当然ながら、個人情報や設計情報をセキュアに扱うセキュリティの仕組みも必要である。

最も重要な点は、製品の品質や製造物責任の所在を、協働者の合意に基づき明らかにしておくことである。製品使用上の問題を解決できるよう、製品の配送後も協働者を参照できるようにする必要がある。

設計や生産を円滑に行うためには、複数の協働者がICTプラットフォーム上で共同して設計を行うための設計ツールや、製品仕様から生産設備を決定する生産設備設計ツール、協働者間で設計情報等の授受を容易にする情報形式の統一等も必要である。

大量生産の場合とは桁違いに少ない個数での生産・流通を、短納期かつ経済性の面でも成立させるためには、革新的なサプライチェーン管理を実現することも重要となる。

4. 人と機械の垣根を越えた新たなものづくり

市場・製造現場の前提が大きく変化している今こそ、抜本的なものづくりの方法を変えていくチャンスである。

これからは単なるコスト競争ではなく、付加価値を創造することが必要とされており、労働集約型のビジネスからの転換が求められている。製造業が培ってきた強みを活かして新たなものづくりのあり方をつくるのがこれからの突破口と言われている。

日本の製造業は「つくる」品質に傾注しすぎ、既存製品の改善、高度化を図ってきたが、今後は従来路線とは異なる性能や機能、価格等の尺度を提示して潜在需要を発掘したり、新たな市場を創造したりしなければ、展望は開けない。まだ形になっていない消費者の「あったらいいな」をいち早く製品にした企業こそが、グローバル市場で勝者になれる。

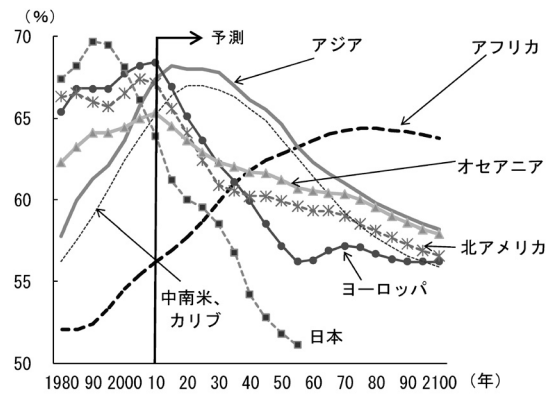
その意味で、多様な人材を新たな担い手として育成し、消費者でもある労働者の声を聞き、日本の持つ「改善」力を新たな価値創造につなげることが必要になる。

また、コスト競争のため、人件費の安い海外への移転が進められてきたが、現地の人件費が上昇する都度、より安くを求め移転先を転々とするという悪循環に陥ってしまう。これでは、長期的にはコスト削減の解決策にならないため、国内への回帰が検討され始めている。一方で、各国、各地域の個別ニーズ対応の必要性から地産地消体制の推進も進んできた。

今一度国内拠点の役割を見極め、国内・海外でそれぞれのビジネス展開の方針を明確化しつつ、国内の製造業の基盤としてさまざまな担い手を育成していくことが重要である。前述のように、国内外において労働人口は高齢化に伴い激減しており、特に熟練者不足は深刻である。

日本は世界に先立ち超高齢化社会を迎え、生産年齢人口の減少が著しいが、前期高齢者（65～74歳）の50～60%は働きたいと希望している。ただし、身体的な不安もあり、パートタイム志向で自分の力を活かせる職場を探している [6, 7]。希望に応える環境を提供して74歳まで働く人が増えると、世界が求める熟練者層が充実してくることになる。

第5期科学技術基本計画では、世界に先駆けた「超スマート社会 (Society5.0)」を実現すべく、サイバー



(備考)国連人口推計、国立社会保障・人口問題研究所より作成。

図4 世界の生産年齢人口の総人口に占める割合 [8]

空間とフィジカル空間を高度に融合させ、地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細やかに対応したのやサービスを提供することで、国内外の経済・社会的課題を解決し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会の実現を提唱している。

アベノミクス新三本の矢にあるように、希望を生み出す強い経済を支えると同時に雇用を促進し、一億総活躍の産業モデルを構築し、高齢化課題先行国 (図4) である日本の「豊かな高齢化社会モデル」を世界へ提言することで、再び世界の産業を牽引する地位を獲得したい。

世界が求める熟練者層が充実した競争力あるあらたなものづくりの実現には、今まで就労を困難にしていた原因を軽減し、多様な人材が安心して働け、柔軟な働き方を許容でき、健康長寿と自立をともに謳歌できる労働環境づくりと、競争力ある熟練技術の伝承や、次世代との融合による新たな発展へとつなげる仕組みの構築が急がれる。

自動化技術の進歩は著しく、費用と時間をかければさまざまな作業の全自動化も可能であると思われる。しかし、量的に飽和した市場が求めているパーソナルなニーズに応える高付加価値の製品・サービスを想定すると、やはり大量生産ではなく、多品種小ロットの中量産規模以下の生産が主流になる。投資対効果のバランスや対応スピード、多様な嗜好への対応を考えると、全自動化ではなく「人」のもつ柔軟で豊かな能力を最大限活かす「人と機械の協働環境」が現実的であると考える。そしてそれが製造技術のコモディティ化を抑制し、日本の競争力を維持できる方向性だと考える。そのためには、下記の三つに着目し、都市集中型



図5 柔軟な働き方イメージ

ではなく居住地域を選択でき、地域振興も目指した新たな産業モデルの構築と実現課題への取り組みを行う必要がある。

- ①弱点を補強し、各人の保有能力を發揮、さらに発展させる人と機械の協働環境の構築
 - ・加齢による能力低下や障害によるハンディキャップと生産における作業の因果関係を解析し、機能補完のあり方の検討
 - ・能力に応じた最適作業配置、生産計画の検討
- ②世界が求める熟練技術をより多くの人へ伝承し、次世代との融合によるさらなる発展へつなげる仕組みづくり
 - ・今まで機械化できなかった匠の技の見える化
 - ・人（直観で判断）と機械（論理で判断回路が組み込まれる）間で意思疎通しながら効率的に業務遂行できる直観インターフェースの実現と技の学習システム開発
 - ・高齢者の熟練の技を学習した機械と次世代の若者が協働し、技の伝承や、新たな熟練の技への発展を促進する仕組みの検討
- ③自分の生活スタイルや体力など個別事情に応じた働き方を可能にし、無理なく豊かなワークライフをエンジョイできる生産、経営の仕組みの検討（図5）

上記の検討には、これまで自動化の発展に寄与してきた「センシング」、「ロボット」に加え、昨今研究が進んでいる「AI」の技術が大いに役立つと考えている。よって、これら発展に向けて研究してきた工学系技術者と体調や感情その他により発揮される能力変動が大きい「人」の研究を進めてきた医学系、心理学系の研究者との異分野融合体制で取り組む必要がある。

また、技術の伝承については、2007年度問題でも顕著であったように各企業任せでは、確実に推進することが困難であることは容易に想像できる。

先行して、有識者が集まり、多岐にわたる熟練の技の伝承課題の情報を集約する仕組み、課題トレンドや見える化の方針を分析するとともに、国内産業機器メーカーと連携した機器の高度化による補完対策と同時に熟練者のデータベースを構築して備えておく必要があると思われる。

また、早期実現には政策や規制改革等、中立かつ公的な立場から下記のような取り組みの牽引が不可欠である。

・実証フィールドとの連携関係構築

具体的な事例、地域の条件、特区政策と連携しながら複数の実証フィールドにおけるモデル事業の積み重ねにより、社会実装課題を着実に洗い出し、各地域個別の特徴を出す部分と標準プラットフォームとして整備する必要がある部分を見極めていく必要がある。

・人と機械の協働環境における安全に関する規格・制度の整備（保険制度や免許制度等も含む）等、社会の仕組みの構築

・社会実装を加速するため社会共通基盤側の整備や経営者の理解の促進、多様な働き方を活かせる労働制度・職業訓練の制度や経営者への動機づけの仕組み
上記取り組みを進めることで、国内産業競争力強化の基盤となる、技術融合やネット融合（IoT基盤）、ビジネス融合、施策融合を促進するつながるオープンプラットフォーム整備へと繋げていく必要がある。

超高齢化社会課題先進国としての日本モデルを世界に提言していくためには、単に産業競争力が高まるだけでなく、働き続けることが、個人にとっても健康で豊かな生活を実現することになり、国民全員が経済を支える豊かな高齢化社会を実現する社会共通基盤へと発展させることが急がれる。

5. まとめ

ものづくりにかかわる人々、消費者と労働者の視点から課題を定義し、その解決に向けた取り組みを整理し、Society5.0におけるものづくりが人々にもたらす豊かさについて述べた。

消費者という立場では、多様化する要求に応じた必要なもの・サービスが必要ととき・場所で得られる。また、労働者という立場では、年齢、性別、地域、言語といったさまざまな違いを乗り越えるための適切なアシストを受けながら必要とする労働機会を得ることができる。このように、Society5.0ではものづくりを通してさまざまな立場の人々が社会参加し、生き生きと快適に暮らせる社会が期待できる。

参考文献

- [1] 総務省, 平成 27 年度版情報通信白書 図表 1-1-3-4
- [2] 経済産業省, 2005 年版ものづくり白書 第 2 章第 2 節
- [3] 総務省, 平成 26 年度版情報通信白書 図表 4-1-2-1
- [4] 庄司啓太郎「製造業の技術伝承は、なぜ難しいのか」、ものづくり経革広場, 2014/10/13. <http://keikakuhiroba-mfi.com/archives/5373> (2016 年 8 月 2 日閲覧)
- [5] シーナ・アイエンガー, “選択の科学,” 文藝春秋, 2010/11.
- [6] 内閣府, 「高齢者の就業」, 平成 18 年版高齢社会白書
- [7] 内閣府, 「高齢者の就業」, 平成 26 年版高齢社会白書
- [8] 内閣府, 2011 年世界の潮流 第 1-3-4 図