

# 平成30年度 IoT・AI時代のものづくりと 人の役割変化への対応調査研究

ものづくり人材のデジタル化対応の検討  
～II型の拡張（II型人材からチーム、組織へ）とTAKUMI4.0～

平成31年 3月

一般社団法人 **日本機械工業連合会**  
IoT・AI時代のものづくり人材調査専門部会報告書



競輪の補助事業

この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<http://hojo.keirin-autorace.or.jp>

## はしがき

IoT・ビッグデータ・AI等による変革は、従来にないスピードとインパクトで進行しており、製造業は新たな時代を迎えております。従来のモノ、製品を作って売だけの時代から、製品の使用情報などを入手・蓄積・解析することにより、新しい製品や今までにないサービスの開発・提供が可能となるなど、これからの製造業は情報の使い方次第で想定を超えた展開が期待できる、まさに「新次元の製造業」が到来しつつあります。

人口減少、将来的な国内市場の縮小、新興国市場の成長といった環境のもと、世界の製造業が同様にIoT、AI化を競っていく中で、如何にして日本の製造業が持つ「強み」に更に付加価値のある新しい「強み」を獲得して競争力につなげていくか。また、人の役割変化にどう対応していくかは喫緊の課題です。

そこでIoT、AI等により新しい次元を迎える我が国製造業にとって、新しい現場力とは何か、新しい「人の役割」とは何か、その際に求められる人材とその育成・確保、管理方策等について提案し、我が国機械工業の競争力強化に貢献するため、平成29年度に「IoT・AI時代のものづくり人材調査専門部会」を設置して3年計画の調査を開始しました。

2年度目となる平成30年度調査では、デジタル技術の潮流など産業界を取り巻く環境や世界の動向の変化を探りながら、ものづくり人材のデジタル化対応のあり方について検討しました。その結果として、II型人材をチーム・組織に拡張していく「II型の拡張」や人材ピラミッドにおける各層別役割、デジタル型の取込みと $+\alpha$ としてのこれからの日本らしさ、II型を目指す最終形としてのTAKUMI4.0等について考え方を提案しました。

本報告書はそれらの成果を取り纏めたもので、調査を進めるに当たってご指導、ご協力をいただいた皆様に厚く御礼を申し上げますとともに、各位の活動にお役立て頂ければ幸いです。

平成31年3月

一般社団法人 日本機械工業連合会

会長 大宮英明

## IoT・AI時代のものづくり人材調査専門部会 名簿

(一社)日本機械工業連合会  
(敬称略、研究機関・企業名五十音順)

部会長	(株)IHI 産業システム・汎用機械事業領域 事業戦略推進部 部長	北出 真太郎
委員	(株)IHI 高度情報マネジメント統括本部 IoTプロジェクト部 情報科学技術グループ 課長代理	鈴木 由宇
委員	(株)石井鐵工所 常務取締役 鉄構事業統括本部長	石井 宏明
委員	オークマ(株) FAシステム本部 ソフトウェア技術部 主席技師	深谷 安司
委員	川崎重工業(株) 技術開発本部 ものづくり推進センター ICTものづくり推進部 副部長	中野 信一
委員	(株)栗本鐵工所 機械システム事業部 生産建設本部 機械製造部 部長	永井 義郎
委員	(株)椿本チエイン 上席執行役員 グループIT戦略担当兼本社部門統括 情報システム・総務担当 兼同部門統括 モニタリングビジネス部長	山本 雅彦
委員	(株)東芝 技術・生産統括部 モノづくり人材開発室 参事	若林 伴実
委員	(株)西島製作所 東京支社 営業技術部 副部長	大庭 弘靖
委員	新潟原動機(株) 管理室 情報システムグループ 情報システムグループ長	若原 剛人
委員	パナソニック(株) イノベーション推進部門 モノづくり研修所 モノづくりL&D推進室 主幹	谷田 宏
委員	(株)日立製作所 研究開発グループ 生産イノベーションセンタ 回路システム研究部 部長	高橋 昌義
委員	日立造船(株) ICT推進本部 ICT事業推進部 部長	林 稔
委員	ファナック(株) 取締役専務執行役員 研究統括本部長 兼 FIELD推進本部長補佐	松原 俊介
委員	(株)三井E&Sホールディングス 技術統括部長	鎌田 勤也
委員	三菱電機(株) FAシステム事業本部 名古屋製作所 開発部 主管技師長	松本 浩輝
委員	三菱電機エンジニアリング(株) 名古屋事業所 取締役事業所長	尼崎 新一
委員	(株)明電舎 ICT統括本部 開発部 部長	生路 裕一
委員	(株)安川電機 技術開発本部 技術企画部 国際規格担当参事	野田 博司
委員	ロボット革命イニシアティブ協議会 インダストリアルIoT推進統括	水上 潔
オブザーバー	(独)高齢・障害・求職者雇用支援機構 求職者支援訓練部 訓練企画課長補佐 新訓練推進室兼務	菅 沼 啓
オブザーバー	ロボット革命イニシアティブ協議会 総括専門職	益子 龍太郎
調査機関	日鉄住金総研(株) 経済産業調査部 客員研究主幹	山藤 康夫
事務局	(一社)日本機械工業連合会 副会長 兼 専務理事	中富 道隆
	(一社)日本機械工業連合会 常務理事	綾部 統夫
	(一社)日本機械工業連合会 業務部長	多並 輝行
	(一社)日本機械工業連合会 業務部担当部長	倉田 正明
	(一社)日本機械工業連合会 業務部課長	高田 裕子

## 目 次

要約 .....	3
第 I 部 本編 .....	15
序章 事業概要 .....	15
1. 初年度事業の概要 .....	15
2. 今年度の事業方針と検討事項 .....	16
3. 各会の開催議題等 .....	17
第 1 章.問題意識～製造業の競争環境の劇的変化 .....	20
1-1.世界が向かうデジタル化・DX/UX とは .....	20
1-2.デジタル化・DX/UX が注目される背景 .....	22
1-3.デジタル化という流れの中でどう対応すべきか .....	26
第 2 章.海外動向と世界の潮流 .....	28
2-1.現在の日本を取り巻く海外環境 .....	28
2-2.メガトレンドとしての DX .....	31
2-2-1.技術関連のトレンドとキーワード .....	33
2-2-2.事業関連のトレンドとキーワード .....	36
2-2-3.人材関連のトレンドとキーワード .....	39
第 3 章.製造業のパラダイムシフト .....	44
3-1.新時代を迎える製造業～DX の推進、内外事例 .....	44
3-1-1.製造業のパラダイムシフトとは .....	44
3-1-2.パラダイムシフトの駆動力としてのデジタル技術 .....	47
3-1-3.新しい事業哲学と発想法（デジタルマインド） .....	50
3-2. 製造業のデジタル化・DX のイメージ .....	53
3-2-1.製造業のデジタル化・DX を推進する 2 つの軸と 4 つの極 .....	53
3-2-2.デジタル化・DX の内外事例 .....	61
第 4 章.新時代の製造業に求められる人材像 .....	64
4-1.組織横断型チームの観点からみた拡張Π型と目指すべき方向 .....	64
4-1-1. “Π型” の必然性と背景 .....	64
4-1-2. ものづくりとデジタルを兼ね備えた “Π型” 人材 .....	66
4-1-3. Π型拡張への試み .....	66
4-1-4.Π型が目指すべき 2 つの方向 .....	70
4-2.縦型組織構造から見た拡張Π型と人材ピラミッド .....	75
4-2-1.人材ピラミッドとデジタル技術活用の層別イメージ .....	75
4-2-2. デジタル化の司令塔、CDO .....	80
4-3. 目指すべき最終形、TAKUMI4.0 .....	82

4-3-1. 匠と匠の技、匠の科学 .....	80
4-3-2. TAKUMI 4.0 とは.....	83
4-3-3. ものづくり人材と匠は TAKUMI4.0 へ .....	86
4-4. 求められる人材像～拡張Π型と TAKUMI4.0(まとめ).....	92
4-4-1. ものづくり人材・匠がデジタル化に挑むべき背景.....	92
4-4-2. Π型人材・Π型チーム・Π型組織と TAKUMI4.0.....	92
4-4-3. ものづくり人材、拡張Π型、TAKUMI4.0 .....	93
4-4-4. デジタル時代の匠の位置づけ .....	94
第5章. ものづくりデジタル人材確保・育成上の課題 .....	95
5-1. 残された課題 .....	95
5-1-1. TAKUMI4.0 における人の役割・課題からみた「乗り越えるべき課題」 .....	95
5-1-2. 新時代の現場力からみた「乗り越えるべき課題」 .....	96
5-2. 専門部会での議論 .....	97
5-2-1. 教育関係 .....	97
5-2-2. 企業経営関係.....	100
5-2-3. 政策関係 .....	100

# 要約

## 第1章.問題意識～製造業の競争環境の劇的变化

現代においてデジタル化、デジタルトランスフォーメーション（DX）の流れは不可避である。世界は急激にこの流れを加速している。早急な対応が求められる。本専門部会ではこうした問題意識から、デジタル技術の潮流など産業界を取り巻く環境や世界の動向の変化を探りながら、ものづくり人材のデジタル化対応のあり方について検討を行った。

## 第2章.海外動向と世界の潮流

### 2-1.海外環境～デジタルとスピード格差

世界中でデジタル化が注目され、DXが喧伝される根本には「デジタル化による桁外れのスピード」がある。ものづくりのスピード感とはまるで異なる。デジタルならではの特性がこうしたスピード感を可能にしている。例えば「無限に蓄積できる」「保存と移動にコストがかからない」「劣化しない」「分析できる」「共有できる」などである。



日本を取り巻く海外環境は四面楚歌といえる。その最大の問題は彼我のスピード格差にある。GAFA、欧米先進企業、途上国、新興国。いずれもデジタル化・DXに賭けるスピードには目覚ましいものがある。

### 2-2.メガトレンド～デジタルとオープン

製造業に影響を及ぼすという観点から、世界的な潮流といわれる「メガトレンド」の

検討を行った。検討の枠組みとして、技術関連、事業関連、人材関連の3つを設定し、さらにその現状と今後という観点からキーワードを探った。「アナログ」と「デジタル」。「クローズ」と「オープン」。「ものづくり文化」・「自前主義」と「協調領域」・「エコシステム」。「製品の販売重視」と「所有から利用へ」などにより、デジタル化のプロセ

		現状と主な特徴	トレンド: DX (Digital Transformation) デジタルイノベーション (第四次産業革命)	
			最近のトレンド 発展の方向性	トレンド進展前後の姿 (数年～十年後)
技術関連	技術面	アナログ技術 ハードとソフトは別々	デジタル化 ハードとソフト等の融合 技術革新の指数関数的加速化	VR, AR, MR, AM DT, CPS 5G
	システム面	クローズ	オープン、システム高度化	システムのシステム
事業関連	組織文化面 発想(哲学)	ものづくり文化 自前主義	協調領域の協業推進 (デジタルマインド)	デザイン思考 アジャイル開発
	ビジネス面	製品の販売重視 (製品とサービスの分断) 国内市場重視	所有から利用へ (コトづくり、カスタマイズ)	資産提供・運用型のサービス
人材関連	仕事・働き方	3K...反復作業多い 付加価値創出につながる 作業僅か	健康経営、働き方改革 省人化、機械化、自動化、自律化 創造性、効率改善、変化対応	人間の得意領域の業務 (企画、営業、思いやり、価値、直感、総合判断)
	人の役割と特徴	反復業務(機械化可能業務) (衰える、ミスする、手離取る、忘れる、重い、見えにくい)	問題発見・課題設定 ものづくり技術+デジタル化技術 の習得・活用、企画立案、判断	IT型人材・チーム・組織 最終形としてのTAKUMI4.0

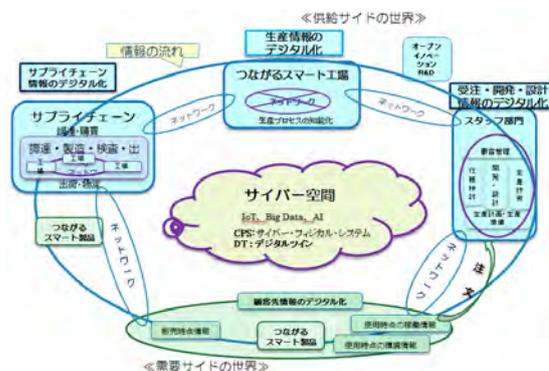
スや人的対応の分析的枠組みとして活用した。これは同時に製造業のパラダイムシフト

のイメージとして、デジタル化・ネットワーク化の具体的な流れを描く際にも役立つ枠組みとなった。

### 第3章 製造業のパラダイムシフト

#### 3-1. 製造業のパラダイムシフト～関係先が情報の一つの輪に

日本企業が得意としてきた生産現場の改善は、生産活動の「ある部分」において成果を上げる部分最適であった。パラダイムシフト後には、製造企業の全バリューチェーンが情報の環となって一つにつながる。つながると、全体の中でのボトルネックや問題点の特定が可能になる。事業全体を最適化・効率化する途が開ける。その効果は少なくとも4つ



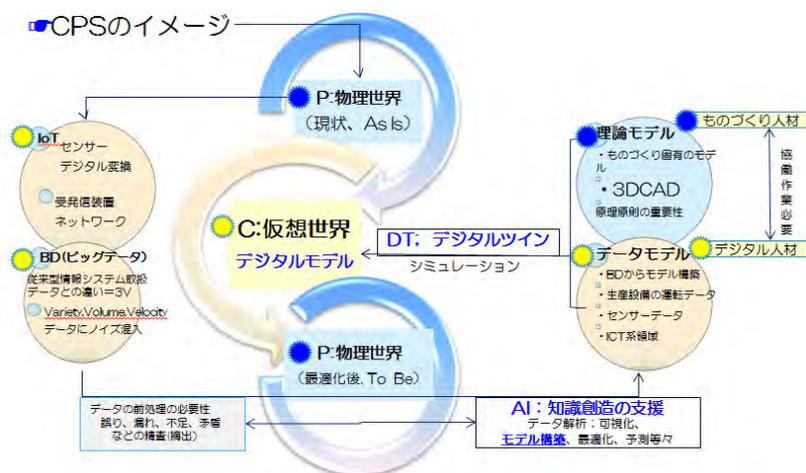
ある。第1に、最新ユーザー情報の解析による新しいビジネスの創出。第2に、企業内部外部とのつながりによる外部変動への迅速柔軟な対応。第3に、製品サービスの追跡による現況即把握や顧客との息の長い関係構築。第4に、供給サイドのネットワーク化による自然災害等による不測事態へのスピーディな対応。

#### 3-2. 製造業とデジタル技術～CPSであるべき姿に

デジタル技術には、IoT、AI、BD、VR/MR/AR、AM、協働ロボット、ドローン、ネットワークカメラ、ウェアラブルデバイス、多種多様で安価になったセンシング技術といった個別の技術のほかに、概念としてのDTやCPSがある。

製造業がデジタル化を行うにはまず現状の抱える問題点(As Is)を抽出し、あるべき姿(To Be)とのギャップを課題として設定することが出発点となる。解決手段を提供するのが様々なデジタルツール。ツールを使いこなすことは、製造業におけるCPS活

用の前提条件である。物理世界の問題点の解明にはIoTが活躍する。デジタルセンシングによりリアルタイムでの収集が可能。収集されたBD (big data) にはノイズが含まれるが、今は構造化・非構造化の両データが収集できる。BDはAIによって解析され、可視化され、モデル構築され、予測や最適化に



活用される。データモデルと製造業固有の理論モデル(3DCADなど)が、ともにDT

としてシミュレーションに活用される。その成果を基に、再び物理世界に適切な制御や指示を行う。物理世界は反復的に本来あるべき姿（To Be）に近づく。

### 3-3.デジタルマインド～デザイン思考と柔軟・迅速

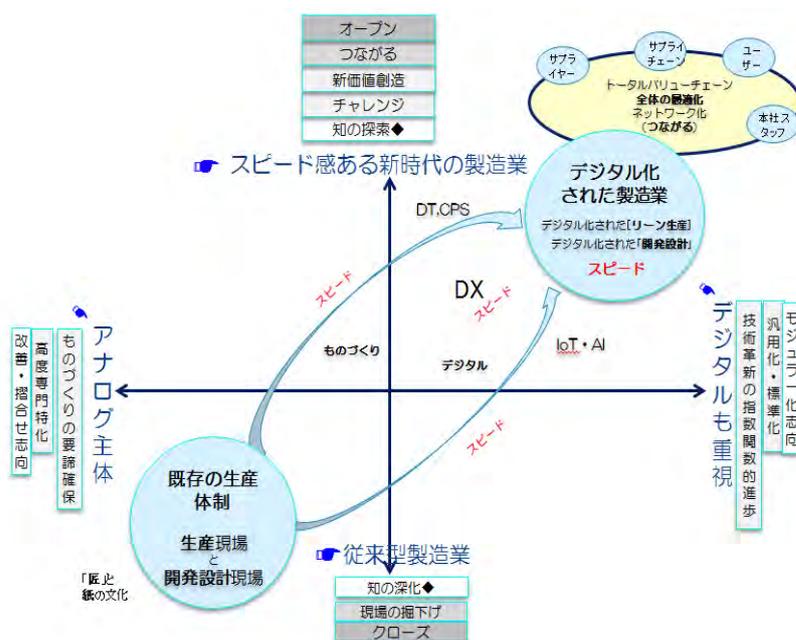
製造業がデジタル技術を活用していくためには、デジタル技術自体を育ててきたデジタル世界に固有の考え方や発想（デジタルマインド等）の理解が必要とされている。例えば、顧客志向、デザイン・アイデア重視、柔軟迅速・変動対応、実験実証・早期実装、手戻り極小の戦略的思考などである。

### 3-4.デジタル化のイメージ～アナログとデジタル軸、クローズとオープン軸

製造業のデジタル化のイメージを共有するために、2軸4極図（4象限図）を検討した。X軸には「アナログ」「改善・摺合せ志向」等と「デジタル」「技術革新の指数関数的進歩」「汎用化・標準化」等の対。Y軸には「新時代の製造業」「オープン」等と「従来型の製造業」「クローズ」等の対を設定した。第3象限は従来型製造業。第1象限はデジタル化された製造業。第2象限は、従来型からデジタル化に向かう道筋で乗り越えるべきフィジカル面の課題。「開発設計プロセスの体系化」や「業務の標準化」などである。同様に第4象限は、サイバー面の課題である。IoTやAIなどの使いこなしができるかが問われる。

デジタル化・DXを進めるには、フィジカル面とサイバー面がともに並走する必要がある。我が国製造業はデジタル化によって競争力を強化することができる。

新時代の製造業に向けたデジタル化と変革に挑戦している内外の事例をみると、Y軸上端のキーワード、「オープン・つながる・新価値創造・チャレンジ・知の探索」のいずれにも該当することが特徴的である。



上図において第3象限は現状に留まるケース。第1象限はデジタル化・DXを推進して出来上がった「スピード感のある新時代の製造業」を表象している。第3象限から第1象限に向かう道筋には3つある。A 現状の延長線上を進むケース、B ドラスティックにDXを進めるケース、C 両者の中庸を行くケースである。

ここで中庸とは例えば「A だけでは持続しないのではという危機感」がみられ、その一方「B に踏み切るリソースは不十分だし、そこまで思いきれない」中で、「A と B のミックスで進む」ケースが考えられる。日本の製造業としては、「現状の延長線に甘んじることなく、とは言え連続性を保ちながらこれまで培ってきた日本の製造業ならではの強みを活かした進化を目指す。」これが現実的な方向性ではないか。

## 第 4 章.新時代の製造業に求められる人材像

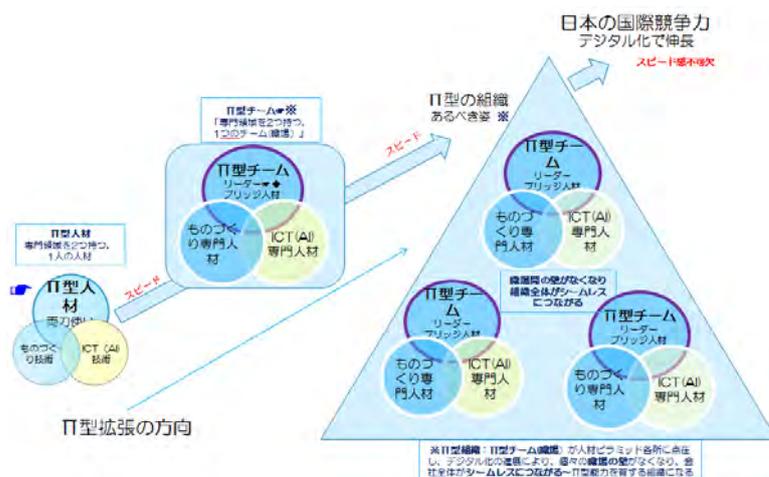
### 4-1. “Π型” 概念の拡張～個人⇒チーム⇒組織

デジタル化・DX に対応可能なあるべき「ものづくりデジタル人材像」を検討するために、拡張Π型という考え方を導入した。これからのものづくりには、従来のようなものづくり技術だけの知識では対応できない。これは IoT の構造とその成り立ちからも明らかである。IoT 出現の意義は、「モノ、ヒト、コト」の相互接続によって OT と IT の邂逅が生まれたことにある。ものづくり企業は、こうした流れに逆らうことなく自らデジタル技術を活用しつつ、新しいビジネス機会を掴みとることが肝要である。従って、ものづくり人材にも相応の対応が求められる。

昨年度は“Π型”人材に注目した。Πはギリシャ文字の大文字。元々の含意は複数の専門を身につけた人材の意である。Πの字が2本足であることから、この足を複数の専門とみる。

今年度は“Π型の拡張”を検討した。Π型を個々の人材からチームへ、さらにチーム

を集めた組織へと“拡張”していく考え方である。従来のような「個人としての能力」よりも「チームとしての能力」がより重要になることに基づく。これは IoT の成り立ちや既にみた CPS・DT の仕組みからも明らかのように、Π型がデジタル人材とものづくり人材の協働作業を前提としているからである。



### 4-2. “Π型” チーム～組織横断型のチーム編成

Π型チーム（職場）は、従来型のものづくり人材とデジタル人材が、混在しつつ共通のミッションを達成していく。チームメンバーは、積極的に異領域の専門についても理解を深め合い、相互に教え合い、複数のスキルを身につけ続ける姿勢が求められる。お互いにスキルを高め合い、徐々にΠ型人材といえるメンバーに成長していく。一方、チームリーダーは、異分野間・異専門間のトランスレーター、多様な人材を自らつなげる

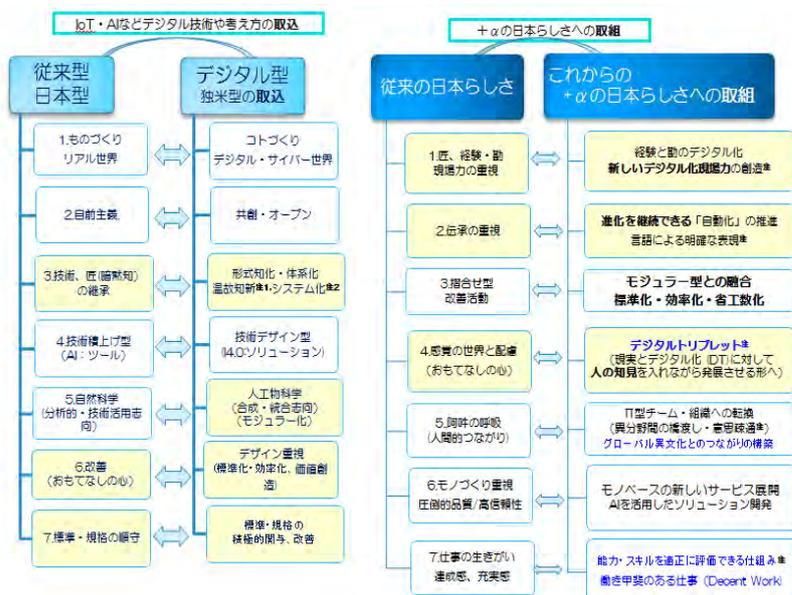
ハブ型人材、イノベーション人材であることが求められる。チーム内の異種人材を束ねて意思疎通を図り、ミッションを達成できるようにチームを機能させる必要がある。そのためには従来型の全体統制型コントロール重視型の管理体制ではなく、メンバー個々のスキルが最大限発揮されるような配慮と支援に重きを置き、障害は排除していくというスタンスへの転換（これもDX）が求められる。

#### 4-3. “Π型”組織～人材ピラミッドの各所に点在

Π型組織とは、Π型チーム(職場)が人材ピラミッド各所に点在し、デジタル化の進展により、個々の職場の壁がなくなり、会社全体がシームレスにつながることによってΠ型能力を有することになった組織をいう。

#### 4-4. 目指す方向～デジタル型の「取込み」と+αの日本らしさへの取組み

現状を従来型或いは日本型と捉えた時、目指すべきデジタル型とは何か。デジタルで先行している独米型のどのような点を取込みめばよいか。「従来型・日本型」の特徴と「デジタル型・独米型」の特徴を抽出し、今後の「取込み」すべき点を明確にした。しかし、従来型・日本型は全否定さ

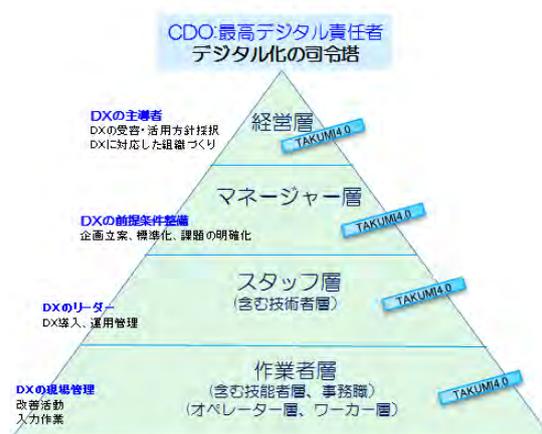


れるものではなく、両者は並立・共存する関係にある。同様に、Π型によって日本らしさはどう変容していくか。「従来の日本らしさ」の特徴と「これからの+αの日本らしさ」を検討した。「+α」は主にデジタル化関連である。「+α」に「取組む」ことが、従来の日本らしさの特性を、さらに深化・進化させることにもつながる。しかし、デジタル型と同様に従来型・日本型は全否定されるものではなく、両者は並立・共存する関係にある。

#### 4-5. 人材ピラミッドと拡張Π型～層別役割の検討

拡張Π型について、前項では組織横断型チームの立場から捉えて検討した。ここでは従来型としてのヒエラルキーを前提とした組織形態の観点から検討する。特に人材ピラミッド各層別の役割に焦点を当てる。ここでは経営層・マネージャー層・スタッフ層・作業層の4つに区分した。

経営層には、DX の受容・活用方針採択や DX に対応した組織づくりという役割がある。中でも CDO はデジタル化の司令塔として変革を主導する。マネージャー層は、DX のための業務の標準化やデジタル化課題の明確化などの前提条件とデジタル化全体の企画立案の役割。スタッフ層は、技術者層を含むリーダーとして、DX の導入と運用管理を担当。作業層（オペレーター層、ワーカー層、技能者層、事務職）は、DX の現場関連作業を担当。AI 導入後の改善活動や AI の教師データ等の入力作業などがある。



#### 4-6. 「匠」から「TAKUMI4.0」へ

ものづくり人材のデジタル化対応として、日本機械工業連合会の先行調査研究において提案された TAKUMI4.0 に注目する。今回のポイントは、日本のものづくりを支えている「匠」からローマ字表記としての「TAKUMI」への変遷とそれぞれの特徴・役割等を明らかにすることにある。

そこで、まず「匠」の特徴と、その特徴ゆえにデジタル時代のトレンドに合わせるには課題があるという点を明確にする。次に、デジタル時代の「新しい匠」を「TAKUMI4.0」と捉えるとともに TAKUMI1.0 から TAKUMI4.0 に至る変遷を明確にする。

#### 4-7. 「匠」の特徴とデジタル時代の課題

「匠」とは「ある分野の技術・技能を名人芸にまで昇華させ、余人の追従が及ばないレベルにまで磨き上げた人。多くの経験（能動、受動）と研ぎ澄まされた五感により、玄妙な技や判断技能を有するに至った人」で能力を発揮・成長し続けている人（PTU の資料から）である。

但し、「匠」は、暗黙知の塊である。閉ざされた世界の中にもいえる。その発信力は弱い。オープン化が進むデジタル化の時代には、「匠の技」の「見える化」による発信力強化が自然の流れである。発信力の強化によって匠の技の付加価値が高まることが期待される。それにはデジタル技術の利活用が不可避である。デジタル化を進め発信することができるようになれば、場所や時間を問わず同時に多数の人に匠の技を伝えることができる。

#### 4-8. TAKUMI1.0 から TAKUMI4.0 に至る歴史的経緯

TAKUMI 1.0 から TAKUMI4.0 への変遷は、産業革命の変遷と対比される。TAKUMI1.0 は軽工業主体の第 1 次産業革命に対応。機械化・工業化の端緒となる時代の匠の技を表わす。同 2.0 は、第 2 次産業革命。大量生産、電動機、内燃機関が普及

し、化学工業が興る。電力と石油の時代に対応。同 3.0 は、第 3 次産業革命に対応。コンピュータ・エレクトロニクスにより自動化 (FA) やインターネット、PC、スマホが普及。この間、日本では海外投資と技術技能の深化は進むが、シ

1.0~4.0に至る道	対応する産業革命の変遷	1.0~4.0それぞれの概要
TAKUMI1.0	第1次：蒸気機関 機械化・工業化、軽工業主体	欧米生産技術導入・代替期 戦国前後の高度な職人技、分業、世襲制をベースに欧米の産業革命の成果を導入・代替を進める
TAKUMI2.0	第2次：電力と石油 大量生産、電動機、内燃機関、化学工業	戦前までの導入技術の消化・定着期 欧米へのキャッチアップを目指し、導入技術をベースに国産の技術開発に進捗する
TAKUMI3.0	第3次：コンピュータ・エレクトロニクス 自動化 (FA)、インターネット、PC、スマホ	国産技術改良・発展期 戦後から復興・成長・成熟に至る時期。ものづくり日本の土台ができるも、半導体等海外との貿易関係が益々複雑化。海外投資と技術技能の深化が進行中。システム思考等では浸透せず
TAKUMI4.0	第4次：デジタル革命 モノの自動化・自律化 システムのシステム、システム高度化 IoT・BD、AI、DT、CPS、ロボティクス、大量個別受注生産	デジタル・ネットワーク技術を活用したCPS、DT手法の製造業への利活用期、仮想現実融合期 ■デジタルツールを迅速と修練によって使いこなし、改善・進化まで担えるP型人の最終形としての人材・チームづくりを目指す

ステム思考等は十分に浸透せず、現在もその弊を引きづっているとの指摘がある。同 4.0 は、第 4 次産業革命、即ちデジタル革命に対応。ものづくりを身につけた人材 (チーム) が、デジタルツールを精進と修練によって使いこなし、改善・進化まで担える人材 (チーム) のこと。ものづくりがデジタル化された時代において、両方の技術を使いこなせる「新しい匠」である。つまり、ものづくり人材が、P型に挑戦し、P型を身につけた最終形としての「新しい匠」が TAKUMI4.0 である。

#### 4-9. 「匠」から TAKUMI4.0 を目指すイメージ

「匠」から TAKUMI4.0 を目指すイメージとは、「匠」と呼ばれるようなものづくり人材が、デジタル技術を身につけてデジタル時代の「新しい匠」TAKUMI4.0 を目指すプロセスの具体化を指す。ものづくりとデジタルの両技術を習得した人材をP型人材と呼んだ。しかし、必ずしもすべての人材がP型を目指すのは現実的ではない。そこでP型人材からP型チームに拡張して検討した。同様に TAKUMI4.0 でも最終形としてP型人材を目指すケース (狭義の TAKUMI4.0) とP型チームへの協力 (広義の TAKUMI4.0) という 2 つのケースを検討することにした。

#### 4-10. 狭義の TAKUMI4.0

まず、「匠」と呼ばれるようなものづくりに精通した人材が、P型チームに参画。チーム内のデジタル専門人材は、アウトソースかインソースかにより調達。両技術は、ペアリングなどにより相互に学習。お互いにある程度の理解が進む。ものづくり人材もデジタル技術を使いこなす。デジタル技術の習熟が進む。中にはデジタルツールそのものの技術進歩にも貢献できる人材が生まれる。ものづ



くりに発揮された精進や修練・鍛錬がデジタル技術の習得にも発揮される。こうした精進を重ね、修練を積んでいく最終形が目指すべき狭義の TAKUMI4.0 である。

#### 4-11.広義の TAKUMI4.0

「匠」と呼ばれるようなものづくりに精通した人材が、IT型チームに協力するケースが広義の TAKUMI4.0 である。その役割には次の 3 つがある。

- 1 つ目は匠の技のデジタル化への協力。暗黙知の形式知化を支援する役割。
- 2 つ目は匠の技の継承・深化。従来の技の領域は縮小するものの、匠の技そのものの継承による次代の育成を支援する役割。
- 3 つ目は新しい匠の技の追求。デジタル化後の高度な技術環境下で新しい匠の技を磨き、その技を継承する役割。いずれも従来の匠の技の延長線上にある役割といえる。

ただ、次図では 2 つ目の継承による次世代育成支援には、デジタル技術使いこなしの継承を含めている。これからはデジタル技術を使いこなせる人材も次第に増加すると考えられることによる。

#### 4-12.TAKUMI4.0 に求められる役割

現代世界は、システム同士が「つながる」時代に入りつつある。さらに、つながることによる「オープン化」の流れの中にある。つながる世界では、システム全体が取扱えないと最適化は達成できない。競争力は低下する。またシステム高度化の流れは、職人技をもって対処しにくい案件の増加を招来する。デジタル化の推進と習得は必須となる。TAKUMI4.0 は狭義であっても広義であっても最終的には、プロセスイノベーションやプロダクトイノベーションに貢献することが期待される。

「匠」は現状のままでは激変するデジタル時代に対応しきれない。これは明らかである。一方、完全に狭義の TAKUMI4.0 に達することができる人材はといえば、これもごく限られた人材に絞られる可能性が大きい。広義の TAKUMI4.0 にしてもデジタル技術を使いこなして継承するという役割は荷が重い可能性がある。

しかし、デジタル化は進む。現状に留まり続けることには無理がある。狭義の TAKUMI4.0 には届かないまでも、広義の TAKUMI4.0 の 3 つの役割のうち、1 つでも多くを実現することが必要な時代が来ている。

#### 4-13.IT型を目指す中で人は成長～その最終形が TAKUMI4.0

機械工業を取り巻く現代の環境は激変し、業務は複雑化・高度化している。現場での長年鍛えてきたカンやコツなどの個人に依存する運営では対処が難しくなってきた。

II型の拡張と進化とともに、人は成長する。II型でも精進や修練・鍛錬によって人は成長し、ものづくり技術もデジタル技術も自在に使いこなせる新しいTAKUMI4.0が生まれる。同4.0は、狭義にはII型をめざす最終形としての姿と位置づけられる。

一方、匠のある部分は継承され、後継者を生むとともにデジタル環境下でも新しい匠を生むことが期待される。これは広義のTAKUMI4.0が担う。生産でも開発設計でも技術技能の進歩や発想は人の役割である。人が成長してこそ企業も成長できる。

このように機械工業を取り巻く環境

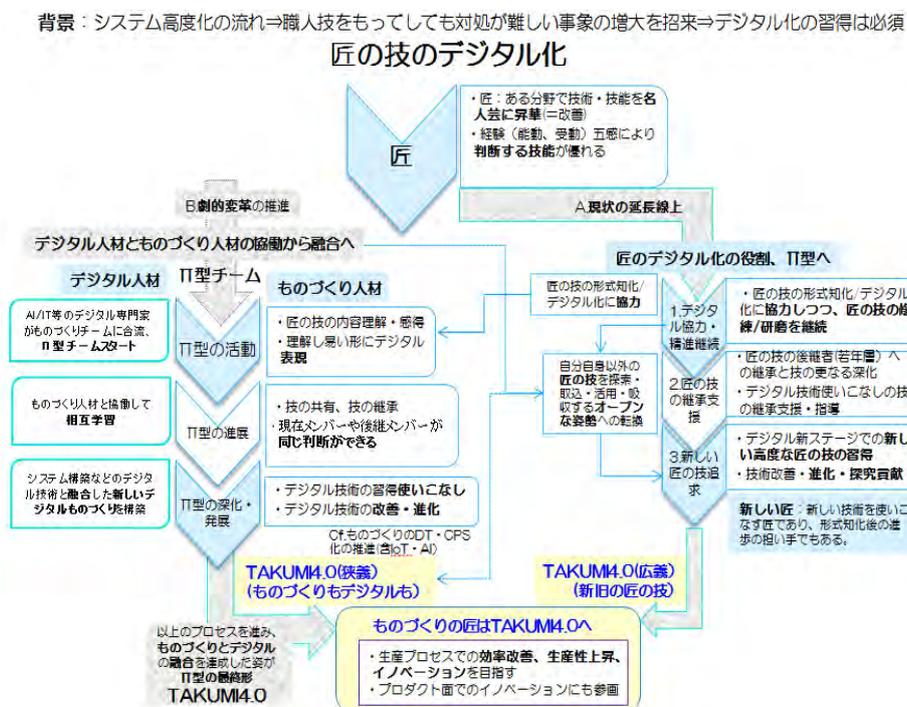
は、デジタル技術の利活用と高度化の必要性を浮き彫りにした。そのため、デジタル技術の専門家の発掘・選定、協業、共創が避けて通れない。DT技術、CPSの構築・運用・改善、IoT・AIの活用・改善、AM、AR/MR/VR、ウェアラブルデバイス等の活用・改善。いずれもこれから修得して自在に使いこなせるようになる必要がある。その目指すべき姿がTAKUMI4.0である。

## 第5章.ものづくりデジタル人材確保・育成上の課題

### 5-1.乗り越えるべき課題～現場重視は不変なるもデジタル化は課題山積状態

終わりに、TAKUMI4.0における人の役割・課題からみた「乗り越えるべき課題」を整理する。①業務課題の明確化とデジタルツールの選定、自前主義からの脱却。②デジタル思考に対する理解と受容、実践。③デジタルツールの活用力。④イノベーション、効率改善、生産性向上の実現、ツール改善への参画。⑤匠の技のような技術技能の継承・育成。

また、新時代の現場力からみた「乗り越えるべき課題」を整理すると、a.原理/原則を踏まえた現場課題の発見/設定/解決力。b.現場でのデータ蓄積、加工データ等生産情報から品質情報、品質管理に至る一気通貫管理システムの構築。c.工場へのシステム導入を企画・実行できる人材の養成。d.デジタル技術の目的や目標の設定、費用対効果。



e.AIに依存できることと人が判断/チェックすべきことの見極め、AIの多様性考慮した選定と活用、AIの頭脳の現場での育成。f.デジタル値への変換に関する整理・方法論、データマイニングに必要な判断基準の明確化、デジタルツール自体の改善・進化、データのセンシング法の工夫。g.デジタル化の波に乗る一方で、匠の技の並行育成、人とAIが相互補完する関係の構築。

## 5-2.その他の課題～教育面・企業経営面・政策面

そのほか本専門部会で議論された「壁」は教育関係、企業経営関係、政策関係の3つ。まず教育関係では、①実学カリキュラムの見直しといった実学的教育。②課題抽出力などの工学部教育の問題。③文系のデジタルリテラシーなど文理の問題。④これからの時代に合わせた初等中等教育の問題。⑤AI活用を見据えたシステム思考の問題。

また、企業経営関係では、①教育研修優先の必要性。②試行錯誤風土醸成や脱成果主義への転換。③AI/IT導入理解促進に資する経営指標の必要性。④オープンイノベーション時代にふさわしい組織の在り方。

政策関係では、「規制のより柔軟な運用を」など。

以上

# 第 I 部 本編

## 序章 事業概要

今、我が国の機械工業は、IoT・AIなどに代表される目覚ましい技術革新の只中にある。第四次産業革命はデジタル時代と呼ばれるにふさわしい様相を呈している。まさにドイツや米国、中国を始め、世界の各国で新しい時代を迎えるための準備や様々な投資が先行している。デジタル化によって後発のメリットをフルに享受しようとする新興国の急速な追い上げ、先進国の製造業デジタル化高度化戦略やデジタル化による先進製造戦略の推進、海外製造企業の大胆なデジタル転換など、我が国を取り巻く環境はデジタル化によって激変しつつある。日本の製造業はこうしたデジタル化の流れに乗り遅れるわけにはいかない。

そこで本事業は、日本の機械産業などの製造業のデジタル対応の在り方とデジタル化によって求められる人の役割について検討することにした。今年度は本事業の第二年度目である。目的は、2つ。1つは、デジタル化という製造業のパラダイムシフトの根源にある世界的な動向を把握すること。もう1つは、新時代の製造業に求められる人材像を、現在のトレンドに沿いながら明らかにすることである

### 1. 初年度事業の概要

本事業「IoT・AI時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究」の平成29年度版概要は、以下の通りである。

まず、我が国の機械工業を取り巻く環境を「日本の製造業に押し寄せる4つの圧力」と総括した。①IT系などにみられる目覚ましい技術革新、②新興国の急速な追い上げ、③先進国の製造業高度化戦略の推進、④海外製造企業の大胆な事業戦略の転換、の其々である。IoT・AI等に代表される近年の技術革新は、従来にないスピードとインパクトで進行している。こうした技術革新の波は、製造業にも押し寄せている。製造業は新時代の到来を迎えつつある。

次に、新時代で可能になることは何か。匠による暗黙知やユーザーの使用状況・使用環境など、様々な事象が可視化・解析される。事業の全体やその周辺までが俯瞰できる。従来は死蔵されたままであったデータも収集・蓄積され、AIなどを駆使して解析・活用される。新しい知見・気づきが生まれる。新しいビジネスモデルによって競争力を強化できる。また、従来のハードウェア「売り切り」中心の時代から、売った製品をベースに新たなサービスを展開し続けるといった新しいビジネスが始まっている。事業組織や人の働き方も見直しが求められる時代になる。新しい「強み」を見出し、厳しさを増す国際競争に打ち勝ち、技術革新に伴う人の役割変化に対応していくためには、人材の質と量が鍵を握る。

具体的な活動としては、まず本事業の基礎となる情報の収集と整理を行った。IoT・AIなど新時代を象徴するテーマに関する各国の政府、企業、産業団体、学術団体などの戦略や取組などである。次に本事業の参考に資する部会内講演の企画・開催。このほかには専門部会委員を対象とした自由記述式の認識調査(アンケート方式で2回実施)やブレインストーミングによって、委員認識・意見の収集・分析や専門部会各回における議論の集約・整理を行った。

主な論点は、IT(デジタル)とOT(ものづくり)の両面から両者融合化の力が働くこと。生産・開発設計現場の現状と課題に関する部会委員の認識が危機感に満ちていること。新しい強みについての見方では、デジタル技術を活用していくことの重要性が認識されていること。新時代にむけた戦略転換にはハード+アルファが必要とされていること。デジタル化に向けた組織面の検討に際し、RTBとCTBの考え方があること。人材面からはものづくりとデジタルの両刀使いという意味でT型人材を取り上げた。しかし、部会での議論では個人では難しいがチーム(T型のチーム)であれば可能ではという指摘がみられた。そのほかには、個人の成長とチーム発展のスパイラルに関する見方やブリッジ人材の重要性、デジタル化対策と人材ピラミッドの視点などが議論された。

## 2. 今年度の事業方針と検討事項

今年度は、AI(人工知能)などのデジタル先進技術の理解を深めることを目的に講演会を企画立案開催した。そうした技術に関する知見を高めたうえで、今進行しつつある技術革新に、機械工業を中心とした製造業としてどう対応していくのか、また、ものづくり人材はそうしたデジタル化にどのように適応していくべきかについて検討した。また調査機関を中心に技術革新に関する資料や海外の技術動向、政策動向、産業動向、企業の取組事例などを幅広く収集し、専門部会委員の参考にした。こうした講演や収集諸資料をベースに、専門部会における委員相互の議論を行い、記述式アンケートによる各委員の意向・考え方などの収集と分析を踏まえて様々な検討を行った。

今年度のとりまとめにおいて検討した項目は以下のとおり。デジタル化やDX(デジタルトランスフォーメーション)などの捉え方の明確化、デジタルならではのメリット、日本を取り巻く世界環境としての「現代の四面楚歌」、製造業に直接の影響を及ぼすとみられる世界的な潮流としての「メガトレンド」の検討、製造業におけるデジタル技術の具体的な展開であるDT(デジタルツイン)やCPS(仮想現実融合システム)のイメージ化、製造業のパラダイムシフトとしてのデジタル化・DXの推進に必要なデジタルマインドの検討、製造業のパラダイムシフト・デジタル化のイメージを共有するための2軸4極図の検討、T型人材、T型チームからT型組織へというT型の拡張という概念の検討、拡張T型が目指すべき2つの方向として「取込むべきデジタル型」と「取り組むべきこれからの+ $\alpha$ の日本らしさ」の検討、人材ピラミッドの層別にみたデジタル技術活用のイメージ図の検討、匠と

匠の科学の紹介、TAKUMI4.0の再定義、ものづくり人材がTAKUMI4.0を目指すイメージ図の検討、「匠」はTAKUMI4.0へという道筋の検討と2軸4極図による検討である。

### 3. 各会の開催議題等

#### 3-1.第1回（通算第6回）専門部会

1. 日 時： 平成30年5月31日（木） 14:00～17:00
2. 場 所： 機械振興会館6階6D-3号室 東京都港区芝公園3-5-8
3. 議 題：
  - (1) 講演「人工知能は製造業をこう変える」  
講師：ギリア株式会社 代表取締役社長 清水 亮 氏  
※近年急激に注目を浴びている人工知能。いま何ができて、何ができないのか、そして人工知能の技術は製造業にかかわる人々の働き方をどう変えていくのか、実際にハードウェアの生産を経験した人工知能研究者の清水氏から実例を交えての紹介。
  - (2) 前年度の総括（情報収集アップデート分の紹介含む）
  - (3) 平成30年度調査の進め方について

#### 3-2.第2回（通算第7回）専門部会

1. 日 時： 平成30年7月24日（火） 14:00～17:00
2. 場 所： 機械振興会館6階6D-3号室 東京都港区芝公園3-5-8
3. 議 題：
  - (1) 講演「製造業においてAIをうまく利活用するために」  
講師：(株)SIGNATE 代表取締役社長 CEO/CDO 齊藤 秀 氏  
※製造業企業がデジタル化を進めていく中で、外部の人工知能やビッグデータの専門家力を借りようとするには具体的にどういう点に留意するべきか、そのための最低限の関連専門知識としてどのようなところまで具備していることが望ましいのか」等について。
  - (2) 前回議論の整理と今年度の検討課題について

#### 3-3.現地調査の実施

- 1.日 時：平成30年8月23日（木）14:30～16:30
- 2.場 所：職業能力開発総合大学校（東京都小平市小川西町2-32-1）  
<http://www.uitec.jeed.or.jp/>
- 3.内 容：生産ロボットシステム構築実習施設の見学と意見交換  
ロボット教材等視察：6号館、1階 機械加工実習場、  
同館 2階 自動化システム実習室

### 3-4.第3回(通算第8回)専門部会

1. 日 時： 平成30年10月11日(木) 14:00～17:00
2. 場 所： 機械振興会館6階65号室 東京都港区芝公園3-5-8
3. 議 題：
  - (1) 講演「製造現場でAIの出来ること、出来ないこと ～AI画像認識を製造現場適用」  
講師：パナソニック ソリューションテクノロジー(株) AI・アナリティクス部 ソリューション推進課 主事 中尾 雅俊 氏
  - (2) 前回議論の整理と今年度の検討課題について

### 3-5.本専門部会委員対象アンケート調査の実施

- 1.調査名称：「IoT・AI時代のものづくり人材調査専門部会」アンケート(御意見伺い)
- 2.目 的： 報告書作成に向け委員の意見を集約すること。
- 3.背景と狙い  
前回(10/11、第8回部会)の資料で議論し尽くせなかった項目、特に「資料3：ものづくりデジタル人材について 今後の検討の方向」を中心に委員各位の意見を集約したうえで、次回以降の検討を効率的に進め、ひいては最終報告書の方向感を固めることを目的として実施。
- 4.実施期間：平成30年10月26日～同年11月15日
- 5.調査対象：本専門部会委員18名
- 6.回収状況：回収14名/対象18名、回収率78%
- 7.調査内容：詳細は参考資料編参照
  - 7-1.全体構成の立て付けについて(今年度報告書骨子、ものづくりデジタル人材に焦点を当てた)全体構成案における問題提起から目指すべき姿への流れについての意見等
  - 7-2.メガトレンドについて
  - 7-3.“II型”の拡張について
  - 7-4.TAKUMI4.0とヒトの役割について
  - 7-5.人材ピラミッドの各層別記述について
  - 7-6.その他

### 3-6.第4回(通算第9回)専門部会

1. 日 時： 平成30年12月10日(月) 14:00～17:00
2. 場 所： 機械振興会館6階6D-3号室 東京都港区芝公園3-5-8
3. 議 題：今年度の纏めに向けての検討
  - (1) アンケート結果報告と論点検討
    - 1)ものづくりデジタル人材について

(Ⅱ型の拡張、TAKUMI4.0 とヒトの役割、人材ピラミッド、前回出た議論の整理 等)

2)平成 30 年度報告書の全体構成について

(2) 継続情報収集 (事例・動向 等) の追加内容紹介

### **3-6.第 5 回 (通算第 10 回) 専門部会**

1. 日 時： 平成 31 年 2 月 1 日 (金) 15:00～17:00
2. 場 所： 機械振興会館 6 階 6D-3 号室 東京都港区芝公園 3-5-8
3. 議 題：平成 30 年度報告書骨子案について

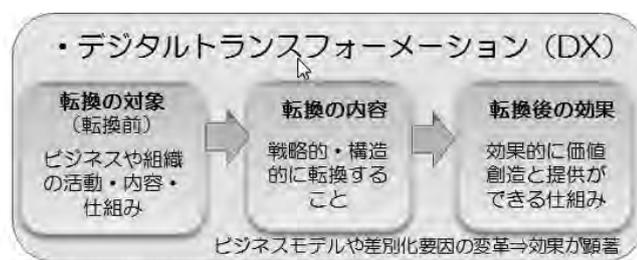
## 第 1 章.問題意識～製造業の競争環境の劇的变化

デジタル化、デジタルトランスフォーメーション（DX）の流れは不可避となっている。世界は急激にこの流れを加速している。早急な対応が求められる。

### 1-1.世界が向かうデジタル化・DX/UX とは

製造業を含む世界の産業界は、いま、IoT や AI といった技術革新によって、デジタル化とネットワーク化（以下、デジタル化と略称）の新たな流れの中にある。デジタル化の推進により従来のビジネスや組織を変革し、新たな付加価値が生まれ出せると喧伝されている。この変革の動きがデジタル・トランスフォーメーション(以下、DX<sup>1</sup>と略称)である。

図表 1 DX（デジタルトランスフォーメーション）とは



出所：やさしい経済学 日本経済新聞 H30.12.10～12.14「デジタル化と顧客価値創（2）ITとは違う応用対象・目的」一橋大学教授 神岡太郎氏の記事をベースに NSRI 作成。なお、同教授によれば DX とは「効果的に価値創造と提供ができるようにビジネスや組織の活動・内容・仕組みを仕組みを戦略的・構造的に転換すること」

新たな付加価値を生み出すためには、ユーザー（顧客、或いは、利用者）の視点が欠かせない。昨今しばしば目にする「デザイン思考<sup>2</sup>」という IT 系企業で使われてきた手法<sup>3</sup>をみると、最終段階の購買者にあたるユーザー（財布のひもを握っている最後の人）にとって進んで支払う価値があるか、或いは実際に困っている人や消費者の立場に立って、問題を解決することにつながるかを問う考え方が特徴的である。ユーザーの立場にたって製品・サービスを考えていこうという姿勢や考え方を指す。特にユーザーの利用体験に着目した概念が UX である。UX とは、ユーザーエクスペリエンス（user experience）

- <sup>1</sup> 経済産業省「DX レポート～IT システム『2025 年の崖』の克服と DX の本格的な展開～」による。なお、トランスフォーメーションとチェンジの違いについて、一橋大学神岡太郎教授は「英語の transformation には、change と比べて、より包括的な変革という含意がある」（平成 30 年 12 月 14 日付日本経済新聞、やさしい経済学「デジタル化と顧客価値創造（7）企業の根幹から変革必要」の記事）と述べている。
- <sup>2</sup> 製造業でデジタル化への舵を最初に切った企業の一つである GE 社は、デジタル化を機に社訓を改定している。改定後の社訓“GE Beliefs”の筆頭は“Customers determine our success”である。
- <sup>3</sup> 日経 X-TECH 「3 分でわかる必修ワード IT」  
[https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/keyword/18/00002/?n\\_cid=nbpnxt\\_vaad18103m](https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/keyword/18/00002/?n_cid=nbpnxt_vaad18103m)

<sup>4</sup>の略称である。人工物（製品、システム、サービスなど）の利用を通じてユーザーが得る経験のこと。「ユーザー経験」或いは「ユーザー体験」などともいう。

ドイツのインダストリー4.0や米国のIIC（Industrial Internet Consortium）を始めとして、そのほかの先進国や新興国も含め、世界中がDXに真剣に取り組んでいる<sup>5</sup>と言っても過言ではない。

こうしたデジタルと総称される最新の技術（IoT、AI、BD、VR/MR/AR、AM、協働ロボット、ドローン、ネットワークカメラ、ウェアラブルデバイス<sup>6</sup>、多種多様で安価になったセンシング技術などの総称<sup>7</sup>、以下デジタル技術）を利活用していくことが求められている。

なお、IT・ICTとデジタルとは何が違うのか。どう区別できるのか。神岡太郎一橋大学教授によると次(図)のとおり。3者間の区別はやや曖昧であること。デジタルは「利用者視点でビジネスを創造・提供する領域」を指すという点においてITと区別される。

図表 2 IT とデジタルの区別



出所：やさしい経済学 日本経済新聞 H30.12.10~12.14 デジタル化と顧客価値創 (2)ITとは違う応用対象・目的 一橋大学教授 神岡太郎氏の記事をベースに NSRI 作成

- <sup>4</sup> ウィキペディアでは、人工物（製品、システム、サービスなど）の利用を通じてユーザーが得る経験。「ユーザー経験」「ユーザー体験」などがある。
- <sup>5</sup> 「産業界は、生産性を加速（ブースト）する“何か”が必要。それがデジタル化だ」（2016年6月13日仏パリ開催の産業デジタル化のカンファレンス「Minds + Machines Europe」におけるイメルト CEOの基調講演での発言；ITpro 2016年9月12日に基づき NSRI 作成  
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/atclact/active/16/100600112/100600001/?ST=act-enterprise&P=2>)
- <sup>6</sup> 身につけられるコンピューター端末のこと：時計型やリストバンド型、メガネ型、クリップ型、ヘッドマウントディスプレイ型、ストラップ型などがある。
- <sup>7</sup> IoT：Internet of Things(本報告書ではモノ・コト・ヒトの相互接続の意で使用する)、AI(Artificial Intelligence(人工知能)、BD:Big Data(大容量のデジタルデータ)、VR:Virtual Reality(仮想現実)、AR：Augmented Reality(拡張現実)、MR: Mixed Reality(混合現実)、AM：Additive Manufacturing(付加製造、積層造形、3D Printing、4DPrinting) なお、4DPrintingとは「3DPrinting+1」の意で+1には熱や水分、時間などの要素がある。造形後の物体が+1との反応や経過により、形・機能を変えることができる。アーヘン工科大学主催の『カーマン会議』<sup>注</sup>には、世界各地から約40人の研究者が集ったという(日経産業新聞 H31.1.10 から NSRI 作成)  
注の「カーマン会議」については、Aachener Verfahrenstechnik/RWTH Aachen University” Kármán Conference 2018” Karman Conference 2018 – shaping the field of 4D-printing 15.-18. July, 2018,本会議はケルン近郊の修道院にて招待された科学者により、4Dプリンティングに関する以下のトピックスが議論された。新規積層造形プロセス、マルチマテリアル、材料グラデーション、システムダイナミクスと応答性、ビルディングブロックの自己認識と組み立て。以下のサイトから NSRI 仮訳  
<http://www.avt.rwth-aachen.de/cms/AVT/Die-AVT/Aktuelle-Veranstaltungen/~qoxi/Karman-Conference/?lidz=1>

## 1-2. デジタル化・DX/UX が注目される背景

現代は、デジタル技術を活用していくこと（＝デジタル化）が、社会全体の生産性や効率の大幅改善をもたらし、産業経済は言うに及ばず、社会の在り方まで変える（＝DX）とされる。それゆえに第四次産業革命と称され、デジタル革命ともいわれている。特に製造業にとっては、デジタル化によって機械の自動化に加え、機械の自律化までが可能になるとされている。デジタル技術により、ヒト・モノ・コトが次々とつながることで、バリューチェーン全体の最適化を図ることが可能になってきた。製造業を取り巻く環境は、根源から変革の時期<sup>8</sup>に入ってきている。こうした激変の原動力は、デジタル技術の指数関数的進歩<sup>9</sup>である。さらにこうしたデジタル技術を活用した新しいビジネスの登場や事業効率等を抜本的に強化した企業の出現である。

では、なぜデジタルにするとインパクトが大きくなるのか。それはデジタルデータを持つ特徴に答えがある。次図にみるとおり、デジタルにはデジタルならではの特性がある。デジタルデータはその転送・移動コストがほとんど無視できるばかりか、通常の場合データの劣化もない。データをコピー（複製）するにも時間はかからず、理論上いくらでもコピー可能である。データの保存も物理的な保管場所を要せずデジタルデータがあれば済む。こうしたメリットを一言でいえば「スピード」である。デジタル化することによって従来とは比べ物にならないスピードが得られる。本専門部会では、このスピード感は無視できない、あるいは、このスピード感はデジタル化やDXを進める目的の中で最終的に最も重視される<sup>10</sup>との指摘があった。

図表 3 アナログと対比した時のデジタルの持つ特徴



<sup>8</sup> 日本機械工業連合会(以下、日機連)では、こうした環境変化を捉えるため、平成26年度~28年度にかけて「世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」を発表している。

<sup>9</sup> 良く使われるが、実際には数学でいう指数関数に厳密に従うというよりは「予想を超えるほどの急激な変化が起きている」程度の意味合いが強い。囲碁の最強人工知能とされる AlphaGo（アルファ碁）が人間との対決を制したことなどがそうした代表例である。

<sup>10</sup> 本専門部会の議論の中で「デジタル化は最終的に『スピード』をアップするのが目的」との指摘があった。

出所：以下の諸資料と本専門部会での議論を基に NSRI 作成

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%87%E3%82%B8%E3%82%BF%E3%83%AB>  
<https://kotobank.jp/word/%E3%83%87%E3%82%B8%E3%82%BF%E3%83%AB-6284>  
<https://data.wingarc.com/digital-and-analog-11490/2>

世界のビジネス構造を創り変えたといわれる「GAFA」 - グーグル、アップル、フェイスブック、アマゾンの4社<sup>11</sup>は、IT テックジャイアントとしても有名である。その製品・サービスはIT プラットフォームを通じて、多くの地域で人々の生活必需品となっている。収集される個人データは宝の山とみなされ、ビジネスの競争原理にも大きな影響<sup>12</sup>を与えている。デジタル化の威力をまざまざと見せつけてきた。最近では、多くの産業をその支配下に置いているとの指摘<sup>13</sup>も出ている。このまま座しては、GAFA の下請け同然と化してしまうとの危機感が浮上してきた。対抗していくためには自社がデジタル化を進めることが不可欠と認識されるようになった。

特にIT プラットフォームの出現により、競争原理が劇的に変化すると認識や、価値創造の主役が交代しつつあるとの認識が着実に広まってきた。その影響力は次のGE社等の例にみられるとおり、甚大・顕著である。

GE社がDXに向けて大きく舵を切ることになったきっかけは、IBM社による発表「既存の機械設備にセンサーを取り付け、ビッグデータを分析して新たなサービスを始める」を知った時だ<sup>14</sup>とされる。つまり、他社が販売した機械設備を利用して自社のコンピューターにつなげることにより、つなげた当事者のIBM社は収益を得られるが、機械設備を売った会社は茫然と目の前の収益機会が奪われるのを見ているだけになる。機械メーカーは自社の機械製品の販売に精を出す。デジタル企業はその機械製品を自社のコンピューターにつなげて回る。デジタル企業には自動的に収入が入ってくる。ある日突然こういう仕組み<sup>15</sup>が登場したわけである。この仕組みが機能すれば、それこそが破壊的イノベーションと呼べる事例になる。

<sup>11</sup> GAFAの4社のほかに、マイクロソフト社を加えたGAMFAの5社を指す場合もみられる。デジタルネイティブという呼称もみられる。

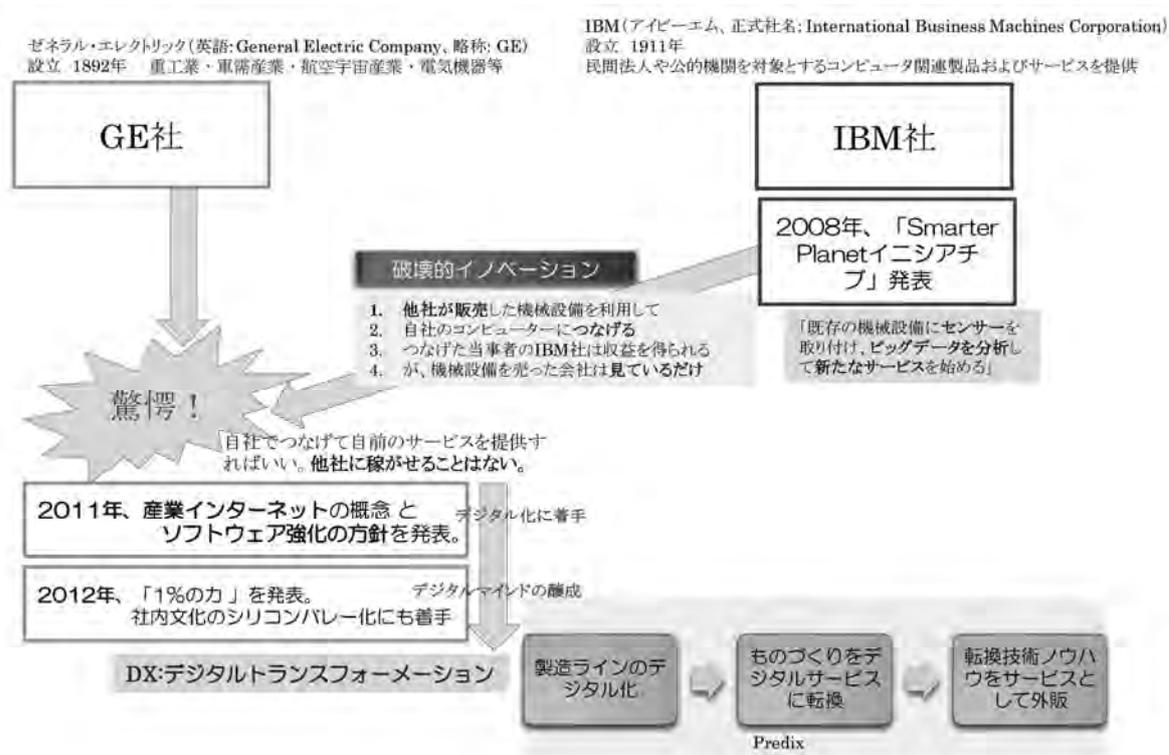
<sup>12</sup> 「Amazonなど我々からすれば異業種の企業が、Amazon Echoなどで顧客満足を上げるということが起きている。そうしたことから、考え方を大きく変えなければいけないのは、同業間での競争というのは終わったということ。コンペティターだと思っていたものだけが、コンペティターではなく、実は異業種だと思っていた企業がコンペティターだということ。我々は変わらなければいけない。」(パナソニック代表取締役専務・CIO 宮部義幸氏 <https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/1055761.html>)

<sup>13</sup> 週刊東洋経済 2018年12月22日号【第1特集】GAFA 全解剖~「サプライヤーが直面する『脱アップル』という難題, ゲーム会社がひれ伏す『アプリストア』, 買い物のすべてを支配 アマゾン王国のすごみ」など

<sup>14</sup> 2008年、IBMの「Smarter Planet イニシアチブ」のこと。GE 巨人の復活 シリコンバレー式「デジタル製造業」への挑戦 中田敦 日経BP社2017年からNSRI作成  
<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/jp/ja/icons/smarterplanet/>

<sup>15</sup> 類似した事例にドイツ・フォルクスワーゲン (Volkswagen、VW) によるハードウェアとソフトウェアを分割する新しい車載電子プラットフォーム (基盤)「E3」がある。VWが開発に成功すると、それぞれ異なる企業に発注する新しい部品供給網を構築できる。ソフトの投入頻度を早めて、モビリティーサ

図表 4 GE 社のデジタル化きっかけと破壊的イノベーションの事例



出所「GE」中田敦著、日経 BP 社、および次の GE と IBM のウィキペディア等から NSRI 作成  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BC%E3%83%8D%E3%83%A9%E3%83%AB%E3%83%BB%E3%82%A8%E3%83%AC%E3%82%AF%E3%83%88%E3%83%AA%E3%83%83%E3%82%AF>  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/IBM>

GE 社にしてみれば当然ながら「それであれば自社でつなげて自前のサービスを提供すればいい。他社に稼がせることはない」となる。そこから GE 社はデジタル化へと大きく舵を切る。2011 年には産業インターネットの概念<sup>16</sup>とソフトウェア強化の方針を発表。2012 年、「1%の力<sup>17</sup>」を発表。社内文化のシリコンバレー化にも着手<sup>18</sup>。こう

サービスの競争力を高められる。ハードの“おまけ”だったソフトが、複数の ECU を統合して新機能を生み出す付加価値の源泉になる。ハードを受注した企業は、ソフトを手掛ける企業の要求に従う「下請け」になる可能性が高い。(日経 XTECH 2019/02/06 05:00「MaaS で変わるクルマの電子プラットフォーム 出遅れたボッシュ、コンチネンタルを猛追 完成車 vs 部品の新競争(中)」清水 直茂=日経 xTECH/日経 Automotive から NSRI 抜粋引用  
[https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00584/00003/?n\\_cid=nbpxnt\\_mled\\_at](https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00584/00003/?n_cid=nbpxnt_mled_at)

<sup>16</sup> Industrial Internet のこと。GE 社や Cisco 社などが集い、IIC(Industrial Internet Consortium)を立ち上げ、現在 210 社弱の企業等が加入している。<https://www.iiconsortium.org/members.htm>

<sup>17</sup> 売上げが巨額の場合、高々 1% であってもその金額はばかにならないという事実を指す。「わずかな変化が巨大な見返りをもたらす」(2016 年 6 月 13 日仏パリ開催のカンファレンス「Minds + Machines Europe」におけるイメルト CEO の基調講演)

<sup>18</sup> 「デジタル製造業の実現には社内文化を刷新して、シリコンバレーの文化を移植する必要がある」「シリコンバレーの文化の二本柱は、『リーンスタートアップ』と『デザイン思考』その理由は「従来からある組込ソフトウェアや産業機器に付随するソフトウェアとデジタル製造業のソフトウェアは全く違う」(出所「GE」中田敦著、日経 BP 社から NSRI 抄録)

して同社のものづくりビジネスはデジタルサービスにシフトする。IoT プラットフォームである Predix<sup>19</sup>のような開発した成果の外販もスタートしていく。この流れは社内の大きな変革を伴うことから、DX そのものだといえよう。

また、次の事例は、デジタルネイティブの破壊的イノベーションに対して、従来型産業が既存の「延長線上でのデジタル化勝負」に挑むも勝てなかったケース、つまり文字通りの破壊的なイノベーションが生じてしまった例である。

図表 5 米国最大書店バーンズ&ノーブル社とアマゾン社の事例



注.この事例に対して一橋大学神岡太郎教授は、「DXを進めるには、デジタルを用いて新しいビジネスを生み出すこと、及び、企業そのものの変革だ」という認識が必要だ」として「新しい組織の能力（デジタルケイパビリティ）が必要だと説く。例.顧客や環境の変化を素早く察知してそれに対応できる能力（アジリティ）や、それに合った企業に自らを変革する能力（ダイナミックケイパビリティ）。また、こうした組織能力は、形として見るとデジタルネイティブ企業と同じにしても実現しない。社員の意識や組織文化といった組織の根幹に踏み込まなければならない。結局、バーンズ&ノーブル社に不足していたことは「組織風土・文化の変革」であり、具体的には「顧客環境変化対応力」「自己変革力」「組織根幹の変革」だということになる。

出所：やさしい経済学 日本経済新聞 H30.12.10~12.14「デジタル化と顧客価値創造 (7)企業の根幹から変革必要」一橋大学教授 神岡太郎氏の記事をベースに NSRI 作成

モノやコト<sup>20</sup>をつなげることによってつないだ先とのエコシステム<sup>21</sup>を形成できれば、新たな価値創造が可能になる。つながることによる価値創造まで含めて考えるところがIoT(産業IoT、IIoT)の本質<sup>22</sup>であると言えよう

<sup>19</sup> Predix というプラットフォームを利用したアプリケーションの例示は、GE REPORTS JAPAN > Predix のサイトで見る事ができる。 <https://gereports.jp/tag/predix/>

<sup>20</sup> 「コト」とは例えば“イベント・状況・状態やそれらの変化”を指す。(NIRA オピニオンペーパー no.31/2017/July、及び「デジタルイノベーションに求められる人材像」新井紀子 尾崎幸謙)から作成 <http://www.nira.or.jp/pdf/opinion31.pdf>

<sup>21</sup> 本来は生態系の意。近年は事業生態系やデジタル生態系の意で用いられることが多い。「イノベーションを起こすには、新たな技術の導入や様々なアイデアの結びつけが必要となるが、そうしたことをこれまでのように企業が単独で行うのではなく、デジタルプラットフォーム上で多くのプレーヤーが自分たちの得意とする領域の技術やノウハウ、知見を持ち寄って事業を発展させていくというのが、ビジネスエコシステムの基本的な考え方。協業によってイノベーションを起こし、ビジネスを大きくしていくというビジネス戦略。」(京都大学経営管理大学院教授の椋山泰生氏へのインタビュー記事に一部加筆して NSRI 作成 <https://businessecosystem.unisys.co.jp/definition-of-ecosystem-01/>)

<sup>22</sup> IoT という用語の履歴を溯ると英国の科学技術者ケビン・アシュトンに行きつく。彼は、1999年にネットワークの新しい概念を思い付く。人々をつなぐのみならず、人の周りにあるものまで全てつなぐ。これをIoTと称して公表した。当時は夢物語とされたが、今日ではデータ収集・蓄積・解析により自律的な動きが可能なスマートオブジェクトという新しい価値が現実のものになろうとしている。(出所: statista The Statistics Portal “Internet of Things - Statistics & Facts”) <https://www.statista.com/topics/2637/internet-of-things/>)

機械設備を購入した企業と協力してデータを解析<sup>23</sup>し、新たなサービスを始めるには、人材や組織構造にとどまらず、業務の進め方や捉え方、考え方などの組織文化もデジタルに沿う形に変えていかなければならない。デジタル化に伴い、デジタル化に即した体質転換を行い、効果的に価値の創造と提供ができる仕組みを構築していくこと<sup>24</sup>がDXの謂わんとするところである。

例えば、従来ジェット機の補修部品<sup>25</sup>などは、フィジカルな部品として現物在庫を持つ必要があった。しかし、補修部品が必要になった時に、自社にAM(付加造形、積層造形、3Dプリンティング)装置があり、且つ補修部品のデータがあれば、その時点ですぐにAMで製造して納品することが可能になりつつある。企業はこれから補修部品を現物在庫として保有する必要はなくなる。その代わり補修部品を製造するためのAM装置・投入原材料とAMに入力するデータがあればよい。データはファイルとして保管される。つまり、フィジカル在庫はデータ在庫に切り替わる。保管場所・保管コスト・当該人件費が不要になる。製造コスト、製造時間、在庫管理コスト等々総合的にみてデータの形状で保有する在庫の利点は明らかである。

なお、以下では特別に敷衍する場合を除き、「デジタル化」はデジタル化・ネットワーク化を指すとともにデジタルの技術を活用していくことを指す。または、デジタルイゼーション<sup>26</sup>を進めるという意味でも使用する。DXはデジタルツールの利活用に伴う業務プロセスの見直しをはじめとして、新たな付加価値の創造などに付随する組織構造の変革や文化の転換に重点を置くという意味で使用する。

### 1-3. デジタル化という流れの中でどう対応すべきか

デジタル化という世界的な流れの中で、日本の機械産業など製造業はどう対応すべきか。人の役割はどう変わるのか。そのために求められることは何か。それが本事業の取り扱うべき大きなテーマである。今年度は本事業の第2年度目。目的は2つ。1つは、

- 
- <sup>23</sup> 売却した機械設備等にセンサーを取り付け、データを収集する場合、データの所有権が問題になる。独 Kaeser Kompressoren 社は、機械設備を自社保有（同時に稼働ペースに応じた課金制度を導入）することでデータ所有権の問題を回避している。（プレジデント社 “Why Digital Matters?”2018.12、および日機連平成26年度世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究）
- <sup>24</sup> やさしい経済学 日本経済新聞 H30.12.10~12.14 「デジタル化と顧客価値創造 (2)ITとは違う応用対象・目的」一橋大学教授 神岡太郎などを参考に NSRI 作成
- <sup>25</sup> 類似の例としてボルシェがある。同社はクラシックカーの補修部品を3Dプリンタで製造すると発表。  
<https://japanese.engadget.com/2018/02/21/3d-959-9/>  
特に、飛行機部品には幅広く使用されている。(stratasys 社 HP から)  
<https://www.stratasysdirect.com/resources/infographics/additive-manufacturing-aerospace>
- <sup>26</sup> デジタルイゼーションとは、従来は記号化されずに流通していたあらゆる情報をコンピューターが可読・処理可能な形式で流通させること(NIRA オピニオンペーパーno.31/2017/July「デジタルイゼーションに求められる人材像」新井紀子 尾崎幸謙)を指す。また、デジタルイゼーションが単にデジタル変換を指すのに対し、デジタルイゼーションはデジタル変革を起こすことを指す。「デジタルイゼーションではなくデジタルイゼーションが重要」——シーメンズ 2017年06月19日07時00分 [小林由美, MONOist] <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1706/19/news028.html>)

デジタル化という製造業のパラダイムシフトの根源にある世界的な動向を把握すること。もう1つは、新時代の製造業に求められる人材像を、現在のトレンドに沿いながら明らかにすることである。

海外では、ドイツのワーク 4.0<sup>27</sup>のように、人材育成や人材の問題をデジタル化の流れに対応すべき戦略として取扱う動きがみられる。そこで本専門部会としても、海外の動向に目配りしつつ、今年度のテーマとして「ものづくり人材がデジタル化の流れにどう対応していくべきか」に焦点を当てていくことにした。

ただ、人材の問題についての焦点の当て方として、A.現在の延長として捉えるべきなのか、B.大胆な変革を要するとみるべきなのか、C.その中庸に答えがあるとみるべきなのかの3択がありうる。特にBの「大胆な変革」に関する議論については、「現実のものづくり」をしている立場から見ると「このような劇的な変化ではなく、『現在の延長線上』で考えていかざるを得ない」、あるいは、「現実問題としてA.の現在の延長線上が一番である」という意見がみられた。その一方でBの変革に対する危機感も相当なものであった。

現実に本専門部会メンバーの構成をみると、多種多様な業態業種が含まれている。デジタル化の進め方も各社各様となるはずである。本専門部会のスタンスとして3択のどれかに一律に特定するのは難しい。そこで以下ではこの3択は念頭に置きつつも、製造業の変革の方向性については極力抽象化して議論する<sup>28</sup>とともに人材の問題の整理と有るべき姿に焦点を当てることにする。

なお、デジタル化やDXを論じる際の光の当て方には2つの側面がある。1つはビジネスモデル。もう1つは生産等のプロセスである。本報告書では2つともカバーするが、最終的な焦点は生産等のプロセスに主眼を置く。これは製品やサービスを取り扱うビジネスモデルは業種業態により多種多様であることによる。部会メンバーが議論する土俵としては生産等のプロセスの方が共通の議論がしやすいからである。

---

<sup>27</sup> ドイツの労働社会問題省による「インダストリー4.0によって生じる労働問題」に関する取組。2015年に発表した「緑書」では、1200人に対するインタビュー調査など、幅広く国民に問題提起を行った。その検討結果を取りまとめたものが2016年に発表された白書。これからの市民は、仕事に個別性を強く求めるようになり、企業も従業員も新しい柔軟性と妥協を必要とするといった指摘がみられる。ドイツ伝統の社会市場経済の変革の必要性などを訴える内容となっている。ドイツ連邦労働・社会省 (BMAS) „Arbeiten 4.0 erfordert einen neuen Flexibilitätskompromiss”

<http://www.arbeitenviernull.de/aktuelles/meldungen/halbzeitkonferenz.html>  
BMAS Re-imaging Work “Green Paper Work4.0”  
[http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/arbeiten-4-0-green-paper.pdf?\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/arbeiten-4-0-green-paper.pdf?_blob=publicationFile&v=2)

BMAS White Paper Work 4.0  
<http://www.bmas.de/EN/Services/Publications/a883-white-paper.html;jsessionid=CF249ED9BBCA1AEC63EC53A7BFDF0476>

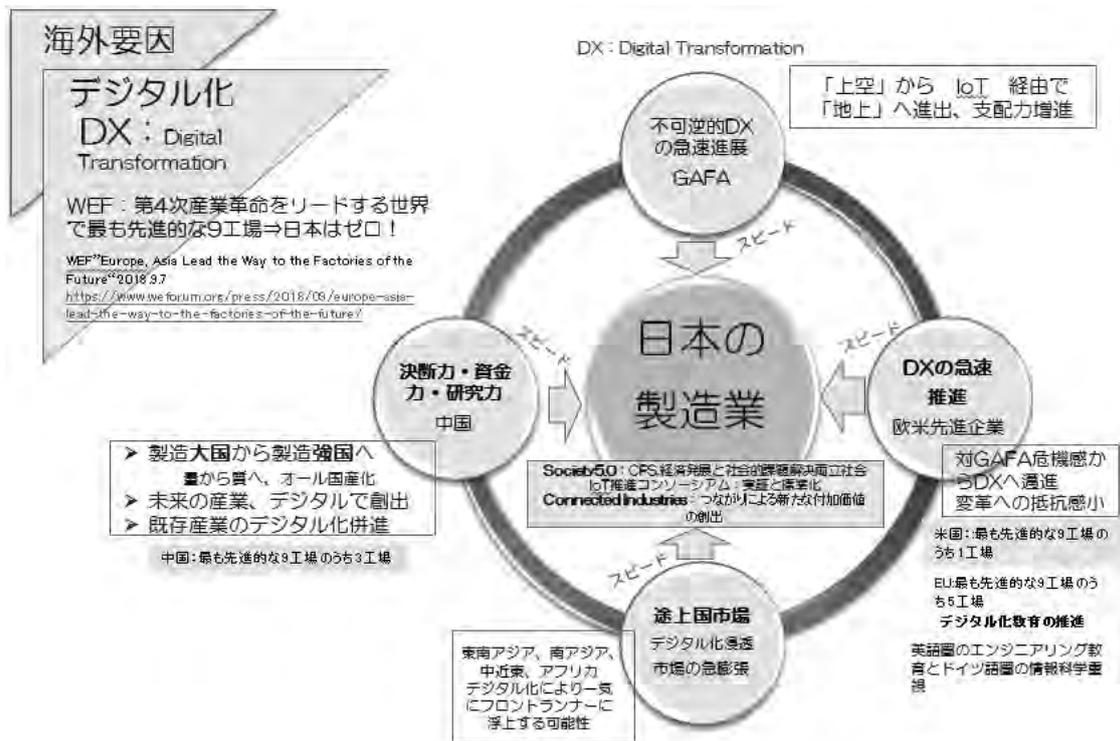
<sup>28</sup> この点に関連して本専門部会では「各図は一つの考え方を示しており、それが呼び水となっていていろいろな議論が展開できるという意義がある。これをベースに議論を広げていきたい。」との指摘があった。

## 第2章 海外動向と世界の潮流

### 2-1.現在の日本を取り巻く海外環境

現在の日本を取り巻く海外環境を一言でいえば、四面楚歌だといえる。その最大の問題は彼我の変革に向けてのスピード格差ではないか。

図表 6 現代の四面楚歌



出所：諸資料及び本専門部会議論を参考に NSRI 作成

まず、GAFAなどのITジャイアンツが主導しているDXの不可逆的進展である。彼らはサイバー空間といういわば地上から離れた空間を支配しているのみならず、近年は、ドローンや自動運転車などのフィジカル空間にも進出<sup>29</sup>するに至っている。つまり上空から地上へとその活動領域を拡大しつつある。ITやICTといったデジタル技術の進歩のスピード感は指数関数的と形容される。ものづくり分野の技術進歩のスピード感とは桁外れに速い<sup>30</sup>。これがデジタルの特徴である。囲碁の領域ではAIが人に勝つのはまだ先といわれていたのも束の間、既に人はAIに及ばない。ものづくり企業は、スピードの勝負というかつてほとんど経験したことのない挑戦に直面している。

<sup>29</sup> アマゾン为例にとると、自社物流センターのロボットを内製したり、アマゾンロボットチャレンジを主宰したりしている。（日経ロボティクス2月号No43）

<sup>30</sup> コマツトップのLANDLOGに対する要望をみると「製造業のスピードではなく、デジタル業界でのスピードで進めてくれ」とある。（Why Digital Matters? プレジデント社2018.12.14 p56から）

第2に、欧米先進企業におけるDXの目覚ましい進展である。日本企業的意思決定のスピードとは比べ物にならない速さで物事の決定が進んでいる。GE社を始め、シーメンス社、ボッシュ社などはソフトウェア企業を次々と買収し、DXを進め、独自のIoTプラットフォームやソリューション<sup>31</sup>の提供を進めている。

また、DXの進展は人の役割にも大きな影響を与える。将来の労働市場や職業・職種の変化の展望が重要な論点となる。既存の従業員には新しい技術革新の成果であるデジタルツールの活用が求められる。これから労働市場に進出する若年層にはデジタル化された新しい産業構造にふさわしい教育や職業訓練が必要になる。北欧や北米を中心に早くからこうしたデジタルの影響を考慮した教育<sup>32</sup>が唱えられ、ドイツでは詳細な検討<sup>33</sup>が行われている。また、デジタルリテラシーに関する考え方<sup>34</sup>も発表されている。

もう一つ、海外の先進的理数系教育の進展である。英語圏ではSTEM(科学、技術、エンジニアリング、数学)が有名である。一方、ドイツ語圏では、MINT<sup>35</sup>(数学、情報科学、自然科学(理科)、技術)に係る教育が、幼少期から展開されている。MINTの2つ目の“I”は情報科学である。英語圏のSTEMには出てこないが、ドイツのMINTにはデジタル化に向けての明確なメッセージが込められている。ドイツの大学教育ではインダストリー4.0に合致する教育カリキュラムが編成<sup>36</sup>され、2018年には一部の大学で受講が可能になる。既存の従業員にはMOOC<sup>37</sup>によるアクセスなど<sup>38</sup>が用意され

<sup>31</sup> GE社のPredix, Siemens社のMindSphere、Bosch社のProduction Performance Managerなど

<sup>32</sup> ICTなどの進展によりグローバルゼーションは新たな局面を迎えているとの認識の下、時代の急変に対応していくためにはスキルへの投資としての生涯学習が重要だと唱導されている。こうした観点から実施された成人(25-64歳)に対する2017年の職業教育訓練実態調査(OECD)の結果をみると、北欧、北米、英語圏諸国が上位を占める。一方、日本は28か国中の22位にとどまっている。出所：OECD Skills Outlook 2017  
<http://www.oecd.org/education/oecd-skills-outlook-2017-9789264273351-en.htm>

<sup>33</sup> 例えば、将来の工場作業者に必要となる資格やスキルが学校時代、学校から職場へ、職場での継続的訓練といった各段階別の整理がみられる。出所：VDI Industry 4.0 A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future : A German and American Perspective April 2015  
[http://www.vdi.eu/fileadmin/vdi\\_de/redakteur/dateien/bildung/dateien/VDI-ASME\\_2015\\_PDF\\_Version\\_final\\_2\\_NEW.pdf#search=%27white+papers+on+industry+4.0%27](http://www.vdi.eu/fileadmin/vdi_de/redakteur/dateien/bildung/dateien/VDI-ASME_2015_PDF_Version_final_2_NEW.pdf#search=%27white+papers+on+industry+4.0%27)

<sup>34</sup> ドイツ連邦政府の労働社会問題省のHP「RE-IMAGINING WORK “GREEN PAPER WORK 4.0”」では、「基礎的な理論的知識から、オンライン・コミュニティで自身を表現し検索する能力まで」という意味づけをしている。

<sup>35</sup> STEMやMINTといった欧米の理数系教育については既に日本機械工業連合会の調査研究、平成24年度国際交流の推進活動理数系基礎学力の強化とものづくり人材育成の課題に関する調査研究報告書(Ⅱー理数系グローバル人材育成・教育に関する調査専門部会報告書ーのほか、平成23年度25年度にも一連の報告書がある。現地調査を実施し関係者へのインタビュー結果が掲載されている。  
<http://www.jmf.or.jp/houkokusho/2/160.html>

<sup>36</sup> 「RAMI4.0(インダストリー4.0の参照基準)」、「OPC UA(インダストリー4.0の標準的通信手段)」、「プログラミング」、「ITシステム管理」が新しいカリキュラム名に登場(日経ものづくり2018.2 p 60のAxel Saleck氏の論考参照)

<sup>37</sup> ドイツのミュンヘン工科大学やアーヘン工科大学などが提供している(平成29年度日本機械工業連合会調査研究報告書「IoT/AI時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究」参照)。なお、ミュンヘン工科大学については次の2つのURL参照 <https://www.class-central.com/university/tum>

つつある。然るに日本では漸く、2020年度からの小学校におけるプログラミング教育の必修化にむけての取組が始まったところ<sup>39</sup>である。彼我のスピード格差は大きい。

さらに学校教育サイドの取組ばかりではなく、民間企業もこれから必要となる人材を、学業段階から養成するプログラムを自ら積極的に展開している。独シーメンス社は、インダストリー4.0の戦略的イニシアチブとして「エレクトロニクス、オートメーション、マスカスタマイゼーション(柔軟性)、市場投入時間短縮、生産効率」の各市場ニーズに対応したデジタル化の取組<sup>40</sup>を行っている。この中でデジタル戦略の教育面における産学連携方式を、ドイツの伝統に即した取組み<sup>41</sup>で推進している。特に情報科学、メカトロニクスにおけるデュアルシステムへの協力や、オートメーション技術教育(SCE)に注力している。SCEはSiemens Automation Cooperate with educationと呼ばれ、世界中の教育者と学生を支援している。

第3に、途上国市場の問題が挙げられる。デジタル化やDXという観点からみると、途上国は先進国のようなしなごみが小さい。転換する土台の大きさも蓄積の程度も相対的に小さい。東南アジア、南アジア、中近東、アフリカの各地域は程度の大小はあるものの、デジタル化を進める環境としては却って先進国より「整っている」可能性がある。

デジタル化によって取って代わるものの存在が大きければ大きいほど、転換のためのエネルギーも巨大になる。小さければ小さいほど転換エネルギーは小さくて済む。つまり、今後の展開如何によっては、特定の分野において、こうした地域が一気にフロントランナーとして浮上する可能性がないとは言えない。それがデジタル化の持つ意味合いである。固定電話網が未整備だった国で携帯電話やスマホが一気に花開いたのと同様の理屈が成り立つ。固定電話網を整備するには相応の地上設備や送電塔の建設、送電線の敷設・整備・維持など、固定資本投資と運営整備コストが必要である。一方、携帯電話

---

<https://www.tum.de/nc/en/studies/continuing-education/general-public/moocs/> アーヘン工科大学については次のURL参照 <https://www.edx.org/school/rwthx>

- <sup>38</sup> ドイツのインダストリー4.0への従業員教育面からの対応 (BMWによるカンファレンスレポート “Digitizing Manufacturing in the G20 - Initiatives, Best Practices and Policy Approaches” on 16 and 17 March 2017 のp16参照)
- <sup>39</sup> 以下のURLをみると、必修化の背景として「多くの国・地域が学校教育にプログラミングを導入済み。国際社会においてIT力を巡る競争激化。子供のころからの育成が勝ち抜くために不可欠。」などを挙げている。  
[https://miraino-manabi.jp/assets/data/info/miraino-manabi\\_leaflet\\_2018.pdf](https://miraino-manabi.jp/assets/data/info/miraino-manabi_leaflet_2018.pdf)
- <sup>40</sup> 出所：Practical Education in Automation for Industrie 4.0 Helmut Wenisch, Osamu Ito Digital Factory/Process Industries and Drives Division, Business Excellence Group, Siemens KK, Japan Roland Scheuerer Digital Factory, Siemens Automation Cooperates with Education, Siemens AG, Germany \*Proceedings of the 14th International CDIO Conference, Kanazawa Institute of Technology, Kanazawa, Japan, June 28 - July 2, 2018
- <sup>41</sup> 日本では「デュアルシステム」と表記する二元制の仕組みがそれである。二元は学校教育と企業による職業教育訓練による実務実習がペアとなり、相互に調整しながら初期職業資格の取得を目指す高校段階の制度。このほか大学においても同様の二元制教育訓練制度がある。工科系の大学では研究大学でも応用科学主体の大学でも一般に長期のインターンシップが普通に行われている。日本機械工業連合会の調査研究報告書がデュアルシステムに関して、平成19年度、および平成23～25年度の報告書でデュアルスタディやMINTなど平成19年度以降の最新の情報を取り上げている。

やスマホであれば、無線基地局の整備など固定電話と比べるとその規模は比較にならないほど小さくて済む。

途上国はこれからの海外市場としての意味合いのほかに、こうしたデジタル化による一気の浮上という事態にも備えておかなければならない。

第4に、新興国の脅威である。中国は2015年に「製造2025」や「インターネット+」戦略を発表して以来、製造大国から製造強国への転換を政策の柱<sup>42</sup>としている。「製造の量」を重視・追求する路線から、「製造の質」を追求する路線への大転換である。産業の近代化と情報化を同時に進めている。一部に残る輸入依存体質からの脱却を果たし、製造業の分野で世界トップの地位を狙う。

デジタル化によって新しい産業を振興し(インターネットプラス戦略)、既存の産業はデジタル化する(プラスインターネット戦略)。GDP世界第二位の経済力とトップダウンを旨とする国柄から、産業の転換に際しての決断力・資金力・実行力は言うまでもなく、近時はAIの分野の研究論文数<sup>43</sup>や先端技術分野の研究論文数<sup>44</sup>でも米国を急追している。この国のスピードも他を圧する凄さを有している。

## 2-2.メガトレンドとしてのDX

IoT・AI時代とは単にIoT・AIを導入すればよいという話ではない。DXが必要になる。ここでは、DXを必要とする新時代の潮流(以下、トレンド)を具体的なキーワードを挙げてイメージする。そのイメージを手掛かりとして新時代の人の役割を考える。トレンドを検討する枠組みとして、技術関連、事業関連、人材関連の3つを取上げる。技術関連はさらに「技術面」と「システム面」の2つ。事業関連では、「組織文化・発想(マインド)面」と「ビジネス面」の2つ。人材関連では、「仕事・働き方」と「人の役割・特徴」の2つ。計6つの観点から検討を行う。

以上の3つの枠組みの中でさらに「現状の主な特徴」、および、「最近のトレンド」や「トレンドが進展して行き着く先の姿」の3つの側面別にトレンドのイメージに合うキ

---

<sup>42</sup> 日鉄住金総研(株)海外技術情報部海外鉄鋼関連レポート、および、JC ECONOMIC JOURNAL 5月号 SPECIAL REPORT「中国の工作機械と産業用ロボット」太田志乃(機械振興協会経済研究所調査研究部研究副主幹)などからNSRI作成

<sup>43</sup> 「中国のAI研究論文数は世界一」Japanese.china.org.cn, [http://japanese.china.org.cn/culture/2018-12/15/content\\_74258905.htm](http://japanese.china.org.cn/culture/2018-12/15/content_74258905.htm)  
「人工知能の論文数、米中印の3強に」Innovation Roadmap 2030 2017/11/1 2:00 日本経済新聞 電子版 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO22943380R31C17A0TJU200/>

<sup>44</sup> 日本経済新聞がオランダ学術情報大手エルゼビアと共同で、各国の研究開発力を探るため、世界の研究者が最も注目する先端技術の研究テーマ別ランキングをまとめた結果(2018/12/31)によれば、テーマ別では次世代の電気自動車(EV)やロボットなど新産業の要となる電池や新材料などが目立ち、国別論文数では上位30テーマのうち中国が23でトップを占めているという。  
[https://www.nikkei.com/article/DGXMZO39587340Q8A231C1MM8000/?n\\_cid=NMAIL007](https://www.nikkei.com/article/DGXMZO39587340Q8A231C1MM8000/?n_cid=NMAIL007)

ワードを考える。ここで考察する対象は、原則としてデジタル化、デジタル変換といったDX (Digital Transformation)との関係性が強い現象を取り上げる。

図表 7 メガ・トレンド：DX (デジタルトランスフォーメーション)

		現状と主な特徴	トレンド：DX (Digital Transformation) デジタルイノベーション (第四次産業革命)	
			最近のトレンド 発展の方向性	トレンド進展前後の姿 (数年～十年後)
技術 関連	技術面	アナログ技術 ハードとソフトは別々	デジタル化 ハードとソフト等の融合 <sup>注1</sup> 、IoT・AI 技術革新の指数関数的加速化	VR,AR,MR,AM DT,CPS 5G
	システム面	クローズ スタンドアローン 中央集中一括処理	オープン、システム高度化 ネットワーク化：つながる個別分散、 分権化	システムのシステム クラウドコンピューティング エッジコンピューティング
事業 関連	組織文化面 発想(哲学)	ものづくり文化 自前主義	協調領域の協業推進 (デジタル時代の新しい発想 <sup>注2</sup> )	エコシステム <sup>注3</sup> (スタートアップウェイ <sup>注4</sup> )
	ビジネス面	製品の販売重視 (製品とサービスの分断) 国内市場重視	所有から利用へ (ライフサイクル、コトづくり、カスタマイズ) グローバル化、サービス化	資産提供運用型サービス 最終消費者価値観重視型成長 海外市場重視型成長
人材 関連	仕事・働き 方	3K、反復作業多い 付加価値創出につながる 作業僅か	健康経営、働き方改革 省人化、機械化、自動化、自律化 創造性、効率改善、変化対応	人間の得意領域 <sup>注5</sup> 業務(企画、営業、思い やり、価値、直感、総合判断) 高度知的業務、変動対応判断 匠の継承や単純労働の保存継続の判断
	人の役割と 特徴	反復業務(機械化可能業務) (疲れる、ミスする、手取り取る、 忘れる、重い、見えにくい)	問題発見・課題設定 ものづくり技術+デジタル化技術 の習得・活用、企画立案、判断	IT型人材・チーム・組織 最終形としてのTAKUMI4.0

注. DX：デジタルトランスフォーメーション・デジタル変換・デジタル化、ハード：ハードウェア、ソフト：ソフトウェア、IoT：ヒト・モノ・コトの相互接続、AI：人工知能、VR：仮想現実、AR：拡張現実、MR：混合現実、AM：積層製造(3Dプリンティング)、DT：デジタルツイン、CPS：サイバーフィジカルシステム、ディセントワーク(Decent Work あるべききちんとした良い仕事)

注1. ハードソフト以外にITとOT、業務間、業種間での融合化

注2. スタートアップウェイ、デザイン思考、アジャイル開発、モジュラー化、システムアプローチなどシリコンバレーで重視されてきた考え方(マインド)～部会委員へのアンケート結果では本項違和感指摘あり

注3. デジタルプラットフォーム上における新たな役割別分業構造

出所：“Why Digital Matters?” プレジデント社

注4. アイデアを製品化、顧客の反応計測、方向転換か継続か判断、というループを回していく人と組織調整の考え方。働く人はアントレプレナーであるべし、あらゆる組織はスタートアップになるべし。(エリック・リースの著書から)～部会委員へのアンケート結果では本項違和感指摘あり

注5. 人間の得意領域に関する例示はギリア(株)清水氏の講演を参考にNSRI作成

出所：諸資料を基にNSRI作成

## 2-2-1.技術関連のトレンドとキーワード

技術関連では技術面とシステム面別にそれぞれのトレンドとキーワードを考察する。

### 2-2-1-1.技術面のトレンドとキーワード

技術面では、「現状の主な特徴」として「アナログ技術」を挙げた<sup>45</sup>。アナログの世界では従来の製造業界とIT業界がそうであるように、ハードウェア(以下、ハードと略称)はハードで設計・開発・生産され、一方ソフトウェア(以下、ソフトと略称)はソフト

<sup>45</sup> ここではデジタルとアナログを対比させたが、アナログではなく「フィジカル」を挙げる論者もいる。「現在の企業経営を考えるうえでは、デジタルの対語はフィジカル(物理的なモノ)である。」(Why Digital Matters? プレジデント社 2018.12.14 p109 から)

世界の中で設計・開発・生産されてきた。いずれもその核心は、別々の企業が担ってきた。

ところが現在進行している現象は、ビジネス領域全体にデジタル技術を活用しようという「デジタル化」である。IoT や DT<sup>46</sup>・CPS<sup>47</sup>といったハードとソフトの融合<sup>48</sup>したデジタル技術の革新が、指数関数的に加速していることが背景にある。デジタル化の波が押し寄せてきているのは、製造業界も例外ではない。これから通信環境には5G が普及することでデジタル技術は、より高精度化、高速化、高度化が進み、成熟していく。デジタル技術は製造業にとって当たり前のツールになっていく。

図表 8 技術関連のトレンド(部分の再掲)

		現状と主な特徴	トレンド：DX (Digital Transformation) デジタルイノベーション (第四次産業革命)	
			最近のトレンド 発展の方向性	トレンド進展前後の姿 (数年～十年後)
技術 関連	技術面	アナログ技術 ハードとソフトは別々	デジタル化 ハードとソフト等の融合 <sup>48</sup> 、IoT・AI 技術革新の指数関数的加速化	VR,AR,MR,AM DT,CPS 5G
	システム面	クローズ スタンドアローン 中央集中一括処理	オープン、システム高度化 ネットワーク化：つながる個別分散、 分権化	システムのシステム クラウドコンピューティング エッジコンピューティング

注1. ハードソフト以外に IT と OT, 業務間、業種間での融合化  
出所：諸資料を基に NSRI 作成

## 2-2-1-2.システム面のトレンドとキーワード

システム面はどうか。「現状の主な特徴」として「クローズ」、「スタンドアローン」、「中央集中一括処理」がこれまでの主流である。製造業では長らく自前主義が当然であった。つなぐという発想は乏しかったと言える。システムが大きくなるほど分散処理よりも一括処理になじみがあった。

<sup>46</sup> DT (Digital Twin:サイバー上にデジタルモデルとして再現されたフィジカルの双子) 起源は、DARPA の予算で 2003 年にミシガン大学グリーブス教授が提唱。当初はバーチャルツイン。(出所：The digital twin: revolutionizing the product and the process By Glenn Johnson, Editor Wednesday, 10 August, 2016)

<http://processonline.com.au/content/software-it/article/the-digital-twin-revolutionising-the-product-and-the-process-733095522#ixzz4oZeujnFH>

<sup>47</sup> CPS(Cyber Physical System)：物理的プロセスと電子計算 (Computation) の二つが相互に影響しあうフィードバックループの中で、コンピューターによる計算とネットワークモニターを介したネットワークワーキング、及び、物理プロセスの制御の三者が統合的に運用されるという概念を表わしたもの。製造業の場合にみられる CPS という概念の核心には、DT の概念がある。(出所：同上)

<sup>48</sup> ハードとソフトの融合には IoT の出現が大きく寄与している。IoT によって IT と OT が邂逅をみ、結果的に融合して業務間、業種間での融合化を促進している面がある。

一方、最近のトレンドやその発展の方向性をみると、オープン、システム高度化、ネットワーク化(つながる)、個別分散、分権化といったキーワードが並ぶ。これは Society 5.0 で実現する社会の中で次のように述べられていること<sup>49</sup>に対応する。

———これまでの情報社会（Society 4.0）では知識や情報が共有されず、分野横断的な連携が不十分であるという問題があった。人が行う能力に限界があるため、あふれる情報から必要な情報を見つけて分析する作業が負担であったり、年齢や障害などによる労働や行動範囲に制約があったりする。また、少子高齢化や地方の過疎化などの課題に対して様々な制約があり、十分に対応することが困難であった。

Society 5.0 で実現する社会は、IoT（Internet of Things）で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことで、これらの課題や困難を克服する。———

システム面のトレンド進展後の姿としては、クラウドコンピューティングやエッジコンピューティングがさらに発展し、システムのシステムが張り巡らされる。

また、第四次産業革命による技術の革新を踏まえて、将来的に目指すべき未来社会である「Society5.0」を実現していくための概念として、「Connected Industries」が提唱されている。ここでも「様々な繋がりによって新たな付加価値の創出や社会課題の解決をもたらす」とある。まさに「つながる」がキーワードとなっている。なお、「Connected Industries」の問題意識をみると以下のとおり<sup>50</sup>である。

図表 9 Connected Industries について

従来：事業所・工場、技術・技能等の電子データ化は進んでいるが、それぞれバラバラに管理され、連携していない
将来：データがつながり、有効活用されることにより、技術革新、生産性向上、技能伝承などを通じた課題解決へ
具体的には、データが AI 等によって 比較検証・分析される。事業所間・部門間のデータがつながり、生産性が向上。製品・サービスのデータが生産者等とつながり、サービス向上。技術が進歩。技能がデータ化され、後世に伝承される。人と AI・ロボットがつながり、働きやすい職場になる。こうして「Connected Industries」は、Made in Japan、産業用ロボット、カイゼン等続く、日本の新たな強みに。

出所：経済産業省 HP, “Connected Industries について”から  
<http://www.meti.go.jp/press/2017/06/20170619005/20170619005-2.pdf>

<sup>49</sup> 内閣府 HP, Society 5.0 なお、上記本文中では「ですます調部分」は改変している。  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)

<sup>50</sup> 経済産業省 HP, “Connected Industries について”から  
<http://www.meti.go.jp/press/2017/06/20170619005/20170619005-2.pdf>

また、「Connected Industries」のコンセプト<sup>51</sup>については、以下のとおり。

図表 10～我が国産業が目指す姿（コンセプト）～

<基本的考え方>

“Connected Industries”は、様々なつながりにより新たな付加価値が創出される産業社会。

例えば、

- ・モノとモノがつながる（IoT）
- ・人と機械・システムが協働・共創する
- ・人と技術がつながり、人の知恵・創意を更に引き出す
- ・国境を越えて企業と企業がつながる
- ・世代を超えて人と人がつながり、技能や知恵を継承する
- ・生産者と消費者がつながり、ものづくりだけでなく社会課題の解決を図ることにより付加価値が生まれる。

デジタル化が進展する中、我が国の強みである高い「技術力」や高度な「現場力」を活かした、ソリューション志向の新たな産業社会の構築を目指す。

現場を熟知する知見に裏付けられた臨機応変な課題解決力、継続的なカイゼン活動などが活かせる、人間本位の産業社会を創り上げる。

<3つの柱>

1. 人と機械・システムが対立するのではなく、協調する新しいデジタル社会の実現
  - ・AIもロボットも課題解決のためのツール。恐れたり、敵視したりするのではなく、人を助け、人の力を引き出すため積極活用を図る。
2. 協力と協働を通じた課題解決
  - ・地域や世界、地球の未来に現れるチャレンジは、いつも複雑で、企業間、産業間、国と国が繋がり合ってこそ解ける。そのために協力と協働が必要。
3. 人間中心の考えを貫き、デジタル技術の進展に即した人材育成の積極推進

出所：経済産業省 HP, “Connected Industries について”から  
<http://www.meti.go.jp/press/2017/06/20170619005/20170619005-2.pdf>

このように、基本的な考え方として「様々なつながりによる新たな付加価値の追求」が、また3つの柱として「協調」「協力と協働」「人間中心の人材育成」が挙げられている。

<sup>51</sup> 経済産業省 HP, “Connected Industries”から  
<http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170320001/20170320001-1.pdf>

## 2-2-2.事業関連のトレンドとキーワード

事業関連では「組織文化・発想(マインド) 面」と「ビジネス面」に分けて考察する。

### 2-2-2-1.組織文化・発想(マインド) 面

組織文化・発想(マインド)面では、「現状の主な特徴」として「ものづくり文化」がある。その代表が「自前主義」である。システム面の「クローズ」とも符合する。一方、最近のトレンドは、「協調領域の協業推進」や「エコシステム」の構築である。日本企業には取組の壁が高そうな課題が並び、いずれも従来の日本のものづくり文化からみて親和性が高いとは言にくい。2つともその背景には、IT 企業やスタートアップ企業などが育ててきた新しい発想や考え方、進め方がある。

デジタル時代の新しい発想法や考え方<sup>52</sup>をみると、スタートアップウェイ<sup>53</sup>、デザイン思考、アジャイル開発など、シリコンバレーで重視されてきた考え方(マインド)が目立つ<sup>54</sup>。中でもデザイン思考は特に重視されている。このほかには、モジュラー化、システムアプローチのように、主に海外先進企業が取り組んできた考え方がある。また、スタートアップウェイは、デザイン思考やアジャイル開発などの考え方を包摂した考え方を提示している。継続的にイノベーションを起こすことが重視され、働く人はアントレプレナーであるべし、あらゆる組織はスタートアップになるべし、イノベーション推進の専管部署が必要だと説く<sup>55</sup>。

スタートアップウェイの具体的なステップをみると<sup>56</sup>、アイデアを生み出したときには、まずそのアイデアを形にしてみる。形にしたアイデアを未完成の段階でも顧客に見せて実験のごとくにその反応をみる。顧客の反応を素早く計測し、反応次第では即方向

---

52 こうした発想法や考え方を心の持ち方という意で「デジタルマインドセット」と呼ぶ。(経済同友会の報告書)。同書には「テクノロジーのリテラシーを上げ、世界の動きを視野に入れ、ダイナミックな活動をし、変革していくことが日本の経営者に今求められる。そのためのマインドセットのひとつが、デジタル・マインドセット」とある。同書タイトル「経営者はデジタル・マインドセットに切り替えよーデジタルマインドセット チェックリスト」2017年5月 公益社団法人 経済同友会 [https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a\\_1.pdf](https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a_1.pdf)

53 「スタートアップウェイ」とは、アイデアを製品(MVP)化し(MVP=Most Viable Product、実用上最小限の製品の意、アイデアをまずは形にしてみてその反応を確かめていく)、顧客の反応を計測し、方向転換か継続か判断していくというループを回して早期に製品を市場投入していくやり方とそのための人と組織調整の考え方。働く人はアントレプレナーであるべし。あらゆる組織はスタートアップになるべし。(エリック・リースの著書「スタートアップウェイ」2018.5.28 日経 BP 社から NSRI 作成)

54 ただし、本専門部会における議論では、ものづくりの立場からこうしたデジタル時代のシリコンバレーで重視されてきた考え方とは一線を画すべきとの意見がみられた。

55 「スタートアップウェイ 予測不可能な世界で成長し続けるマネジメント」日経 BP 社：2018年5月28日 エリック・リース(著)、井口 耕二 訳から NSRI 作成。なお、アントレプレナーシップに関し、DKSH ジャパンの Michael Loefflad 社長は「日本人従業員は…起業家精神は全般に薄い」と述べている。(日経新聞、H31.1.9)

56 「スタートアップウェイ 予測不可能な世界で成長し続けるマネジメント」日経 BP 社：2018年5月28日 エリック・リース(著)、井口 耕二 訳から NSRI 作成

転換するか継続するかを判断する。というループを回しつつ、顧客の反応を随時適切に取り入れながら、製品をブラッシュアップしていく。これが人と組織調整の新しい考え方だという。但し、本専門部会では、日本企業のものづくりとは対極にある考え方だとの異論がみられた。

図表 11 事業関連のトレンド(部分の再掲)

		現状と主な特徴	トレンド：DX (Digital Transformation) デジタルイノベーション (第四次産業革命)	
			最近のトレンド 発展の方向性	トレンド進展前後の姿 (数年～十年後)
事業 関連	組織文化面 発想(哲学)	ものづくり文化 自前主義	☛ 協調領域の協業推進 (デジタル時代の新しい発想 <sup>注2</sup> )	エコシステム <sup>注3</sup> (スタートアップウェイ <sup>注4</sup> )
	ビジネス面	製品の販売重視 (製品とサービスの分断) 国内市場重視	所有から利用へ ライフサイクル、コトづくり、カスタマイズ グローバル化、サービス化	資産提供運用型サービス 最終消費者価値重視型成長 海外市場重視型成長

注2. スタートアップウェイ、デザイン思考、アジャイル開発、モジュラー化、システムアプローチなどシリコンバレーで重視されてきた考え方(マインド)～部会委員へのアンケート結果では本項違和感指摘あり

注3. デジタルプラットフォーム上における新たな役割別分業構造  
出所：“Why Digital Matters?” プレジデント社

注4. アイデアを製品化、顧客の反応計測、方向転換か継続か判断、というループを回していく人と組織調整の考え方。働く人はアントレプレナーであるべし、あらゆる組織はスタートアップになるべし。(エリック・リースの著書から)～部会委員へのアンケート結果では本項違和感指摘あり

出所：諸資料を基に NSRI 作成

## 2-2-2-2.ビジネス面のトレンドとキーワード

ビジネス面では、「現状の主な特徴」として「製品の販売重視」（製品とサービスの分断）と「国内市場重視」がある。

DXが進み、製造業のバリューチェーンがつながると、販売後の製品とのつながりから、その製品をベースとした様々なサービス提供が競争のポイントになってくる。従来のような製品の販売を重視するといったモノの売り切り主体のビジネスのみでは、競争に耐えられない時代が到来しつつある。日本機械工業連合会ではこうした動きを製造業のパラダイムシフトと<sup>57</sup>呼んできた。

国内市場を展望すると、日本は既に人口減少社会に突入している。このまま推移すると2029年には120百万人を下回り、2053年には100百万人を割ると予測<sup>58</sup>されている。国内市場が縮小していく中で企業が成長していくためには、海外市場の開拓が不可避となってくる。

<sup>57</sup> 平成26～28年度日本機械工業連合会「世界の製造業のパラダイムシフトへの対応」調査研究報告書

<sup>58</sup> 平成30年度高齢白書、第1章高齢化の状況から

[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/pdf/1s1s\\_01.pdf](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf)

以上から、「最近のトレンド」として「所有から利用へ」「サービス化」「グローバル化」の3つのキーワードが挙げられる。「所有から利用へ」と「サービス化」は密接な関係にある。特に機械装置のような償却資産などの場合、製品のライフサイクルに着目して顧客の立場に立って考える<sup>59</sup>と、少なくとも資産購入時には資産そのものが欲しいから購入するというよりは、資産を活用して次のように「何かの機能・コト」を期待しているから購入するという考え方が自然である。次に、購入後になるとその資産が生み出す機能などを安定的に、継続的に、必要なときに随時必要なだけ発揮させたい、故障による機能の停止は回避したいなどと考えるはずである。

例えば、故障する前に適切な時期に部品を交換しておきたい。故障した時に備えて積み増している部品在庫はもっと減らしたい。故障してからでなく、故障する前に予兆を捉えてダウンタイムの極小化を図りたい。資産の購入に伴う初期の資金調達負担を軽減したい。購入後の減価償却費負担は減らしておきたい。生産全体のボトルネックを素早く見つけたい。工場間の諸データを素早く比較して、工場群全体の最適化の道筋を見つけない。自然災害など不測の事態が生じたときに、同業との生産調整・協力を素早く検討したい。等々顧客側には様々の事情がある。収集したデータの解析によって問題解決案を提供できれば、それを起点として新しいビジネスが開けてくる。

ビジネスの重点は、資産の販売主体という視点から、顧客がその資産を活用することで得られる便益に関する洞察や、顧客のビジネス上の真の困りごとに寄り添うといった視点へと変化する。顧客は資産の購入はしなくても、必要な便益が得られるという選択肢があれば、わざわざ購入するリスクは避ける。バランスシートから資産が消えるメリットは大きい<sup>60</sup>。顧客の「困りごと」に向き合うことが「ものづくり」から「コトづくり」に進む契機となる。顧客の困りごとの解決手法をカスタマイズ<sup>61</sup>して提供できれば競争力の強化につながる。そのためのツールとしてデジタル化が必要になるわけである。

そうした積み重ねによって実現していくのが製造業による「資産提供運用型サービス」である。機械工業の成長は、B2CのみならずB2Bの場合であっても、最終ユーザーである最終消費者の価値観の変化や多様化を重視していくことが求められる。海外市場も従来以上に必要度・重要度が増す。

<sup>59</sup> これはデザイン思考の考え方である。

<sup>60</sup> 設備を購入せずに設備メーカーが所有権を持ったまま、設備の運用維持保守をサービスとして提供した場合、サービスの購入者は、その設備の本来的機能（前述の独 Kaeser Kompressoren 社の場合は圧縮空気の提供）の利用料（€/m<sup>3</sup>）のみを負担すれば、初期設備投資負担や設備の運用維持・保守費負担も要員配置・管理負担もともに不要となる。類似の取組例に、GE アビエーション社のエンジンの稼働時間に応じて課金するというデジタルサービスや GE に先行していたロールスロイス社のパワーバイアワー（Power by Hour）というサービスも同様である。（出所：「GE」中田敦著、日経 BP 社から NSRI 抄録）

<sup>61</sup> 本専門部会委員に対するアンケート調査結果によれば、「標準製品(少品種大量生産)から個別対応(多品種少量生産)など」を重視する意見や、「個人に対する価値を重要視した方向に進んでいるので、“個別価値” “個別仕様” “カスタマイズ化” といったキーワード」を重視する意見がみられた。

以上から、製造業は最終消費者価値観重視型の成長や、海外市場重視型の成長の度合いをさらに強めていく。

## 2-2-3.人材関連のトレンドとキーワード

人材関連では「仕事・働き方」と「人の役割・特徴面」に分けて考察する。

### 2-2-3-1. 仕事・働き方

日本で一般的にいわれている「仕事・働き方」の「現状の主な特徴」には、「3K、反復作業の多さ」や「付加価値創出につながる作業は僅か」がある。3Kは労働環境・作業内容が「きつい (Kitsui)」「汚い (Kitanai)」「危険 (Kiken)」をいう。また、目視検査の中には高速で移動する検査対象物を目視によりその不具合を正確に剔出するような例<sup>62</sup>も見られる。目の疲れや体調への影響などきつい作業である。いずれもできればロボットなどの機械化によって代替が期待される分野である。反復作業の多い仕事や定型的な事務作業は、RPA (robotic process automation: 人工知能を備えたソフトウェアのロボット技術) などの利用により、機械化されていくことが期待される。3Kや反復作業が多いと付加価値の創出など、本来人間がやるべき仕事に割くことのできる時間が、十分には取れないという事態が生じる。

図表 12 人材関連のトレンド(部分の再掲)

		現状と主な特徴	トレンド：DX (Digital Transformation) デジタルイノベーション (第四次産業革命)	
			最近のトレンド 発展の方向性	トレンド進展前後の姿 (数年～十年後)
人材 関連	仕事・働き方	3K、反復作業多い 付加価値創出につながる 作業僅か	<b>健康経営、働き方改革</b> 省人化、機械化、自動化、自律化、 創造性、効率改善、変化対応	人間の得意領域*業務 (企画、営業、思い やり、価値、直感・総合判断) 高度知的業務、変動対応判断 匠の継承や単純労働の保存継続の判断
	人の役割と 特徴	反復業務 (機械化可能業務) (疲れる、ミスする、手間取る、 忘れる、重い、見えにくい)	<b>問題発見・課題設定</b> ものづくり技術+デジタル化技術 の習得・活用、企画立案、判断	IT型人材・チーム・組織 最終形としてのTAKUMI4.0

注5 人間の得意領域に関する例示はギリシア講演を参考に NSRI 作成。

出所：諸資料を基に NSRI 作成

仕事・働き方の面における「最近のトレンド」及び「発展の方向性」としては、「健康経営、働き方改革」が挙げられる。最近はさらに人手不足も課題として取り上げられている。こうした問題の解決には省人化、機械化、自動化、自律化が有効である。いずれもデジタル技術の発展による貢献が大いに期待されている。その結果、人の役割である感性や直観力、創造性が発揮しやすくなる。効率が改善されやすくなる。変化対応力が増す。社会全体の生産性が上昇する。

<sup>62</sup> なお、デジタル技術の応用先として注目される農業では「果物の選果」への応用例が報じられている。そこでは「人の目での判断だと、個人差が出る。同一人でも体調や時間帯によって差が生じる。その点、機械は均等・均質に判断できる。品質への信頼度が高まり、ブランド力が上がる」読売新聞「先端技術で匠の技」H31.1.27

AIの飛躍的発展が続くと、ヒトが担える仕事が消失していくという議論<sup>63</sup>がみられる。人間の得意領域として挙げられている分野をみると、「企画」「営業」「思いやり」「価値」「直感」「総合判断」<sup>64</sup>や「配慮する」「思いを汲み取る」「思いやる」といった心にかかわること<sup>65</sup>である。このほか「空気を読む」「人間らしさ」といった指摘<sup>66</sup>もある。反面、「ヒトの弱点」として「疲労・単純ミス」「認識のばらつき」「サービスのばらつき」「いつかはリタイア」「手間取る」「忘れる」など<sup>67</sup>がある。しかし、AIには疲労はない。認識はいつも一定。絶えず同一のサービスを提供する。故障しない限り、或いは、旧式化しない限りリタイアもない。5歳の子供とAIの対決をみると、X線画像の癌細胞の認識力はAIの一方的な勝ちとなるが、食べこぼしのシミは子供の認識能力がAIを上回るといふ<sup>68</sup>。翻って、計算・演繹の速さや正確性、膨大な知識の検索といった領域もAIの得意領域である。むしろヒトに勝ち目はない。

結局、ヒトの仕事は高度知的業務や変動対応の判断を要する業務<sup>69</sup>のほか、感性やひらめき、直観力などが重要な業務に収斂していく可能性が高い。

しかし、本専門部会の議論では、匠の技の継承の必要性や単純作業すらも意図的に保存・継続していくことが必要な場合があるとの言及<sup>70</sup>も見られた。また、ヒトのやる気・情熱・モチベーションといった分野も、モデル化する理論は存在しない<sup>71</sup>ことから、ヒ

---

63 「労働人口の49%、AI・ロボで代替可能に」野村総研 2015/12/2 19:04（日本経済新聞 2019年1月22日）野村総研と英オックスフォード大学のマイケル・オズボーン准教授らとの共同研究で「データ分析や秩序的・体系的な操作が求められる仕事、特別なスキル・知識が必ずしも必要ではない仕事は代替される可能性が高い」と指摘。[https://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ02HTU\\_S5A201C1TJC000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ02HTU_S5A201C1TJC000/)

64 「企画、思いやり、価値、直感は人間が得意な領域」（本調査専門部会での講演「ギリア株式会社代表取締役 清水亮氏の演題『人工知能はこう変える』平成30年5月31日）におけるNSRI手書きメモからNSRI作成

65 出所：Bizteria Club 2017年08月29日「AI（人工知能）の時代に活躍できる人材（プライムコム 網野麻理氏）」<https://bizteria.jp/2506v07n00>

66 本専門部会委員アンケート調査結果による

67 本調査専門部会での講演「製造現場でAIが出来ること、出来ないこと～AI画像認識の製造現場適用～」平成30年（2018年）10月11日"パナソニック ソリューションテクノロジー(株) AI・アナリティクス部中尾雅俊氏講演からNSRI作成。また「など」にはヒトにとって「手間だと思う」「忘れやすい」「重すぎる」「見えにくい」など失敗や負担などのネガティブな面がある。

68 同上

69 経済産業省のConnected Industriesでは、「現場を熟知する知見に裏付けられた臨機応変な課題解決力」を挙げている。（本専門部会講演「Connected Industries実現に向けた製造業におけるデジタル人材育成について」平成29年9月28日 経済産業省 製造産業局 総務課 課長補佐 池田陽子氏講演からNSRI作成）

70 本調査専門部会で実施した委員アンケート調査結果の中に「労働面で（個人の多様性を考慮すると）、単純労働＝ロボット化できるものでも、望めばできる仕組みなども必要」とある。

71 本調査専門部会での講演"AIで企業を強くする～IBM コグニティブ・マニュファクチャリングの背景と戦略～平成29年10月23日日本アイ・ピー・エム(株) 山本 宏 氏(技術理事 グローバル・エレクトロニクス・インダストリー CTO)講演からNSRI作成

トの得意領域に含まれると考えられる。ヒトの知性は結局のところ「直感・認識」であり、「認識・感覚」とも言い換えられるとの指摘<sup>72</sup>も見られた。

一方、AIが得意な領域は最終的にはAIに任せることになる。しかし、現状をみる限り、AIに任せるためには新しいヒトの役割が必要になってくる。例えば、AIを導入して運用していく場合、AIへの地道な教育が不可欠である。特に機械学習に必要な「適切な情報」を含む大量の教師データの準備などが必要になる。このような「AIの脳づくり」（＝システム化のナレッジ）はこれからの製造現場の新しいコアコンピタンスになりうる<sup>73</sup>という。

AIとヒトの特性を比較すると次図表のごとくその違いは明らかである。AIの導入が進んだ後は、ヒトの得意とするところはヒトが、AIが得意とするところはAIが担うというバランスが求められる。

図表 13 AI とヒトの特性比較

AI とヒトの特性比較

	AI	ヒト
推測方法	実績を元にした「相関」	「因果」「相関」の併用
推測の入力情報	1～数種類の信号	五感情報を総合的に判断
学習方法	網羅的(固定概念なし)	ポイントを指定して学習
処理品質	常に同一品質	作業品質にバラツキ
脳更新の容易さ	指定して更新(時間要す)	随時更新(即時)
メモリー特性	大容量(消失なし)	限定的(無意識の消失)
腕(環境変化)	限定的	高精度に外界変化の制御
継続作業	24h365d対応可能	限界あり/品質低下
思考(因果)	現状では扱えない	経験(データ)なしも対応可
思考(重要判断)	不可(学習の限界)	経験を基に判断/常識
複製(クローン)	可(容易)	不可(他者への継承)

出所：本専門部会の講演会「"製造現場でAIが出来ること、出来ないこと～AI画像認識の製造現場適用～"平成30年(2018年)10月11日"パナソニック ソリューションテクノロジー(株)AI・アナリティクス部"中尾雅俊氏講演資料から

## 2-2-3-2. 人の役割と特徴のトレンドとキーワード

「人の役割と特徴」については、前項の「仕事・働き方」との関係が深い。一言でいえば、「現状の主な特徴」は反復業務・反復作業が多いことが挙げられる。ヒトは概して「疲れる」、「ミスする」、「手間取る」、「忘れる」、「重すぎる」、「見えにくい」といった問題を抱えがちである。これは費用的要因を無視すれば、現在の技術レベルであれば機

<sup>72</sup> 本専門部会講演「人工知能はこう変える」平成30年5月31日 ギリア株式会社 代表取締役 清水亮氏による講演の手書きメモから NSRI 作成

<sup>73</sup> 本専門部会の講演会「製造現場でAIが出来ること、出来ないこと～AI画像認識の製造現場適用～」平成30年(2018年)10月11日 パナソニック ソリューションテクノロジー(株) AI・アナリティクス部中尾雅俊氏講演から NSRI 作成

械化が相当程度に可能な業務・作業の領域である。今後デジタル化が進むと、ヒトは反復業務・反復作業に伴って発生する問題から解放されていくはずである。

AIの技術革新によってヒトの仕事はどんどん代替が進むという見方がある一方で、AIにはできない仕事は依然としてある。それが「問題の発見」や「課題の設定」である。この二つは「最近のトレンド」の項の柱<sup>74</sup>である。ものづくりの現場やビジネス全般が抱えている真の問題を見つけ出し、デジタル化で解決するための課題設定ができるかがヒトに問われている。このほかには、企画立案、判断・決断といった仕事がヒトの重要な役割である。

なお、アルファ碁で有名になったAIの手法の一つであるディープラーニングは、特定分野で非常に高い精度が出せるばかりでなく、その応用範囲はどんどん広がっている<sup>75</sup>。しかし、AIにはブラックボックス問題があるという<sup>76</sup>。このブラックボックス問題とは何かについて、「Qiita コミュニティ」によれば<sup>77</sup>、ディープラーニングの弱点として「何を根拠に判断しているかよくわからない」ことが問題だという。「人の代わりにAIが特徴を抽出してくれる」というメリットがある反面、どのような特徴を抽出するかはネットワーク任せである。学習された「何か」を人間が理解可能な形で取り出すことは至難の業だともいう。現在専門家が挑戦している最中だとある。我々はAIのような現在進行形の技術を使うときにはその長短両面の特質理解が欠かせない。

本専門部会では数年～十年後の「トレンド進展後の姿」として、「 $\Pi$ 型人材・ $\Pi$ 型チーム・ $\Pi$ 型組織」という考え方を提示している。

$\Pi$ 型人材とは元来、複数の専門分野を持つ人材を意味していた。今回、ギリシャ文字の大文字である $\Pi$ 型には、「ものづくり技術」と「デジタル技術」の二本の足（専門性）の意を持たせることにした。この $\Pi$ 型人材を「 $\Pi$ 型チーム」へと拡張し、さらに「 $\Pi$ 型

---

<sup>74</sup> 本専門部会の講演会「製造業においてAIをうまく利活用するために 平成30年7月24日 SIGNATE Inc.代表取締役社長 CEO/CDO 斎藤秀氏」講演において同氏は、「AI活用における最重要項目」の筆頭に「自社の課題抽出能力」を挙げている。

<sup>75</sup> 本専門部会の講演会「人工知能はこう変える」2018/5/31 ギリア株式会社代表取締役 清水亮氏による講演で「メーカーに対して欲しい情報を与えれば、理論上何でも学習できる。画像を認識できるAI。手書きの線画から写真を生成できる。AIが架空の写真を生成できる。人間がやるより、ある問題があれば、仮説をたくさん出して見て、DLがその仮説をすべてやりつくしてうまくいか行かないかその結果を出力する、DLが反復作業をして仮説の検証をしてくれる時代になった」なお、DLはディープラーニングの略称。出所：NSRIによる講演手書きメモから作成。

<sup>76</sup> 本専門部会の講演会「製造業においてAIをうまく利活用するために 平成30年7月24日 SIGNATE Inc.代表取締役社長 CEO/CDO 斎藤秀氏」講演での指摘。

<sup>77</sup> Qiita「ディープラーニングの判断根拠を理解する手法 2018年03月09日に更新 <https://qiita.com/icoxfog417/items/8689f943fd1225e24358>

組織」へと拡張する。拡張していく中での最終形としての人材が「TAKUMI4.0<sup>78</sup>」という位置づけである。詳細は以下の章で見ていくことにする。

---

<sup>78</sup> TAKUMI4.0 とは、IoT/AI といったデジタル時代の「新しい匠の姿」を想定したもの。ものづくりの場合と同様にデジタルツールを精進と修練によって使いこなし、改善・進化まで担えるⅡ型(ものづくりとデジタルという複数の専門を持っているの意)の最終形として TAKUMI4.0 を位置づけている。DT や CPS といったデジタル技術に習熟した人材・チームづくりを目指す。TAKUMI4.0 の初出は、日本機械工業連合会「平成 27 年度ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会報告」  
なお、TAKUMI4.0 は単にものづくりに限定されるのではなく、デジタル技術を梃に「コトづくり」へと拡張されるという指摘がある一方で、機械加工などのものづくりの基礎的な知識教育指導や製品開発プロジェクトへの参画経験の重要性もデジタル技術同様に重要であるとの指摘も見られた。(本専門部会アンケート調査結果から) [http://www.imf.or.jp/content/files/houkokusho/27nendo/27jigyo\\_08v.pdf](http://www.imf.or.jp/content/files/houkokusho/27nendo/27jigyo_08v.pdf)

## 第3章.製造業のパラダイムシフト

### 3-1.新時代を迎える製造業～DXの推進、内外事例

#### 3-1-1.製造業のパラダイムシフトとは

既に見てきたように、IoT、AI、BD を利活用するデジタル化やDXといった変化の潮流は、今まさに世界中で起きている。デジタル技術によってヒト・モノ・コトがつながる世界が進行している。従来のビジネスのやり方は生産方法や営業方法も含めその根底から見直しが求められている。昨日までは思ってもみなかった方角から突然新たな競争相手が現れる。サイバー世界の住人のはずがいつの間にか新しい地上のビジネスを引っ提げて市場を獲得していく。

##### 3-1-1-1.製造業のパラダイムシフトの全体像

こうした流れを日本機械工業連合会では「製造業のパラダイムシフト」と呼んできた。平成26～28年度に行われた調査研究の成果によれば、製造業はスタッフ部門、工場部門、インバウンド・サプライチェーン（調達）、アウトバウンド・サプライチェーン（出荷）のそれぞれが「つながる」ばかりでなく<sup>79</sup>、ユーザーとも「つながる」ことができる（次の図表参照）。

この図では、上部に供給サイドとして、製造企業の大まかな部門が「スタッフ部門」「スマート工場部門」「サプライチェーン部門」の3つに区分されている。スタッフ部門では受注・開発・設計に関わる情報を収集・蓄積・解析して必要な情報を生み出したり、生産準備・生産計画・生産技術・生産管理・品質保証といった機能を遂行・管轄したりする。

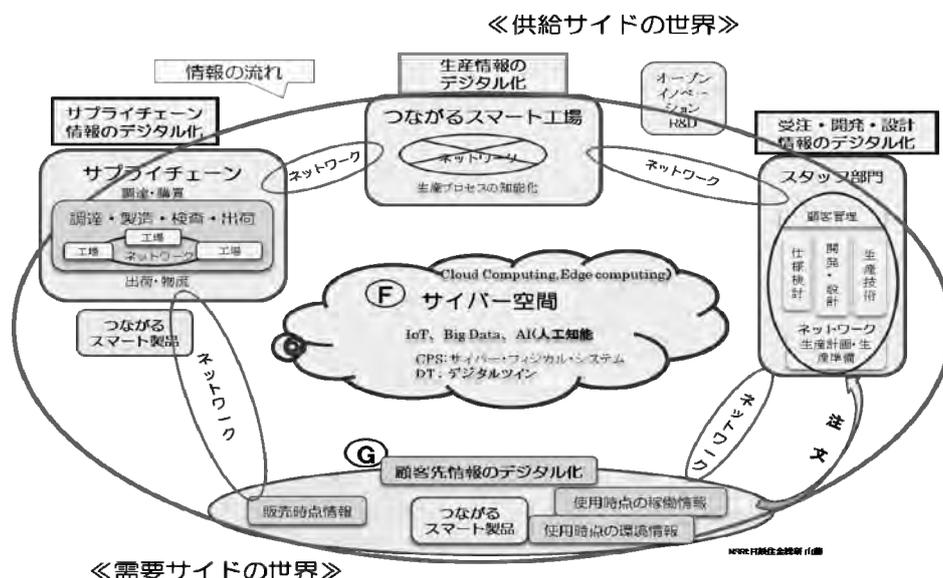
次にスマート工場では、生産部門としてヒト・モノばかりでなく、外部の様々な工場などともつながり、必要な生産情報を生み出す。生産情報はサプライヤーやほかの工場群、物流などとも必要に応じて相互に共有され、ムダ・ムラ・ムリの削減など生産全体の効率・生産性の改善に資する。必要な情報は随時ダッシュボード<sup>80</sup>上に集約表示可能

<sup>79</sup> 出所:ビジネス+IT 2018/12/13 [デンソーが世界最大級の量子コンピューター国際会議で喝采を浴びた理由 「量子」で無人搬送車運転を最適化]の記事の中で「...工場の最適化を突き詰めると、次は工場の外まで含めたサプライチェーン全体の最適化や、製品設計から始まるエンジニアリングチェーンを含めた最適化などに拡大する。生産性向上以外に目を向ければ、環境への負の影響の最小化や従業員の働きがいや健康向上、スキルアップの最大化など多くの可能性がある」（寺部氏）と「つながる」ことの影響が論じられている。 <https://www.sbbit.jp/article/cont1/35565?ref=181213bittsed>

<sup>80</sup> ダッシュボードとは、複数の情報源からデータを集め、概要をまとめて一覧表示する機能や画面、ソフトウェアのこと。原義は自動車などの「計器盤」。(IT用語辞典)  
<http://e-words.jp/w/%E3%83%80%E3%83%83%E3%82%B7%E3%83%A5%E3%83%9C%E3%83%BC%E3%83%89.html>

になる。外部からの生産進捗の問い合わせにも即応することができる。計画外の新規注文の諾否判断や特急の見積もり依頼なども即座に対応できるようになる。

図表 14 コネクテッド・インダストリーなどが目指す「デジタル化、ネットワーク化」のイメージ（相互関連図）



出所：日本機械工業連合会「平成 28 年度 世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究～新しい現場力と絶えざる進化を目指して～TAKUMI4.0」、本研究は、平成 26, 27 年度の総括的位置づけ。上図は一部修正簡素化している。なお、「ネットワーク」の語は本文も含め、全てデジタルネットワークの意である。 <http://www.imf.or.jp/houkokusho/1505/3.html>

下部には需要サイドとしてユーザーが描かれている。従来は販売時点の情報を収集するのが精いっぱいであった。しかし、つながることによって、製品開発上や生産上の改善・工夫に必要な種や芽となる情報など、ビジネスの拡大に資する価値ある情報を生産できる。ユーザーがどのような環境の下でどのような使い方を行い、どのような点に満足し、或いは不満を抱えているのか、また、ユーザーのビジネス上の困りごとや真に必要なとしていることなどを、収集・蓄積されたデータの解析によって解明<sup>81</sup>できる。

図の中央部分はサイバー空間である。ここに技術革新の成果である様々なデジタルツールが格納され、自在に利活用することができる。各部門間や各部門の内部は、中央のサイバー空間を経由して相互にネットワークが張り巡らされ、様々のデータが集められ、必要な情報に加工され、再び各部門に配信される。大小のネットワークにはデータやデータを加工・解析した情報が流れる。こうしたネットワークを張り巡らすことは、企業

<sup>81</sup> この点に関連して、野村総研の代表取締役社長 此本 臣吾氏は、データの世紀に変え得るべき企業の発想として「顧客のデータを集めて分析し、顧客が必要としているものをどう組み合わせ提供するか。顧客とつながりながらどういうサービスを提供するか」という視点の重要性を強調している。（日経産業新聞、H31.1.9 紙面より NSRI 作成）

の内部や外部の企業群全体にデジタル化された神経細胞・組織を巡らすことに例えられる。

その結果、大きな楕円に沿って様々なデータや情報が行き交う。受注情報や開発・設計情報、生産情報、サプライチェーン情報、販売時点情報に加え、ユーザーの製品サービスの使用状況や使用環境に関する情報が流れる。情報は、いつでもどこでも見るべき人であればだれでも自由に、即時にアクセスできる。管理関連や生産・設計関連、物流関連で生じたデータは、AI等で解析され、必要とされる情報が産出される。ダッシュボード上に表示された情報から評価・判断が行われ、新たな指示・行動<sup>82</sup>につながる。

### 3-1-1-2.製造業のパラダイムシフト後の世界と期待される効果

日本企業が得意としてきた生産現場の改善は、その対象部分の改善には優れた効果と威力を発揮してきた。だが、それは企業経営全般から見れば、生産活動のある部分という部分最適を成し遂げてきたにすぎない可能性がある。図の大きな楕円のように情報の環がつながると、全体の中でのボトルネックを特定したり、全体の中での問題点を特定したりすることが容易になる。事業全体を最適にすることで企業は、生産効率の良い優れたパフォーマンスを発揮できる。より筋肉質の企業体に生まれ変わる。

事業の全体がつながることによって、少なくとも4つの効果が期待できる。

第1に、ユーザー情報の解析が可能となり、ユーザーが抱える真のニーズを探索できる。新しいビジネスの芽を見つけたり、伸ばしたりできる。企業の競争力が増し、一段の成長が期待できる。

第2に、企業の内部がデジタルネットワーク化され、同時に需要サイドともつながることから、受注見積り対応時間の劇的短縮や需要変動に対応した柔軟な生産体制の改編が可能となる。売りそこないを防ぎ、販売の機会費用を削減できる。チャンスを素早く取り込めるので事業が拡大する。

第3に、製品サービスの生涯にわたる追跡が可能となることから、アフターサービスを新しいビジネスに転化できる。製品サービスの改善改良のヒントがいち早く掴める。また、自社の製品サービスが問題化しても、個々の製品が今どこでどのような状態にあるかという現況を即座に把握できることから、社会問題や環境問題、社会的規制の変化などにも素早く対応できる。

---

<sup>82</sup> ここでは製造企業全体の大きな流れをイメージしているが、もっと小さなシステムの場合、例えば、AIをセットしたロボットが作業遂行する場合でも、データの収集、データの解析、評価・判断、行動というサイクル反復の本質は同じ。例えば、ピッキングロボットがAIで学習(データの収集・解析)して最適と認識(評価・判断)した対象部分を把持(行動)し、ピッキングを行う。把持部分の認識が違っていた場合(失敗した場合、再評価)には二番目候補の個所を認識(再判断)し、もう一度ピッキングに挑戦(再行動)する。(日経ロボティクス2月号 No43)

第4に、当該企業ばかりか、その取引先、さらにその先の企業まで、必要なときにはネットワークをつなぐことができる。こうした備えがあれば、自然災害等によるサプライチェーン寸断のような不測の事態や危機に際しても、素早い復旧・応援体制を立案・構築していくことが可能になる。

現在、デジタル技術を如何に活用していくかが大きな課題となっている。上図の大きな楕円は、こうしたデジタル化やDXの流れを推し進めた先に出来上がるデジタル化ネットワーク化された姿（イメージ）を象徴している。こうした潮流の先を見据え、様々な繋がりによって新たな付加価値の創出や社会課題の解決をもたらす産業社会を構想し、表現したもの。それが経済産業省の掲げる「Connected Industries」でもある。

### 3-1-2.パラダイムシフトの駆動力としてのデジタル技術

冒頭で既に見てきたとおり、デジタル技術には、IoT, AI, BD, VR/MR/AR, AM, 協働ロボット、ドローン、ネットワークカメラ、多種多様で安価になったセンシング技術、ウェアラブル端末などの個別の技術のほかに、概念としてのDTやCPSがある。

#### 3-1-2-1.DTとCPS

DT<sup>83</sup>は、現実世界をサイバー空間上に再現して現実との「双子」を創り出し、サイバー空間上でシミュレーションを自在に行うという考え方の基礎であり「デジタルの双子」と訳せる。CPS<sup>84</sup>は、サイバー空間上で開発・設計されたもの（DT）が、サイバー空間上で評価・修正を反復した後に、試作品を製造することなくそのまま製造していくことができるシステムを指す。DTもCPSも共に現実世界とサイバー世界の融合がキーワード。また、IoTは、ヒト・モノ・コトをインターネットに結びつける接合技術である。これも現実とサイバーの融合の一つ。

パラダイムシフトの駆動力としてのデジタル技術の特徴は、「現実とサイバーの融合」にある。

#### 3-1-2-2.CPS/DTと製造業

次の図は、CPSを製造業に応用した時のイメージ<sup>85</sup>である。一般にCPSと書くと先頭にC(サイバー)が来る。しかし、ものづくりにいきなり「サイバー」では間尺に合わ

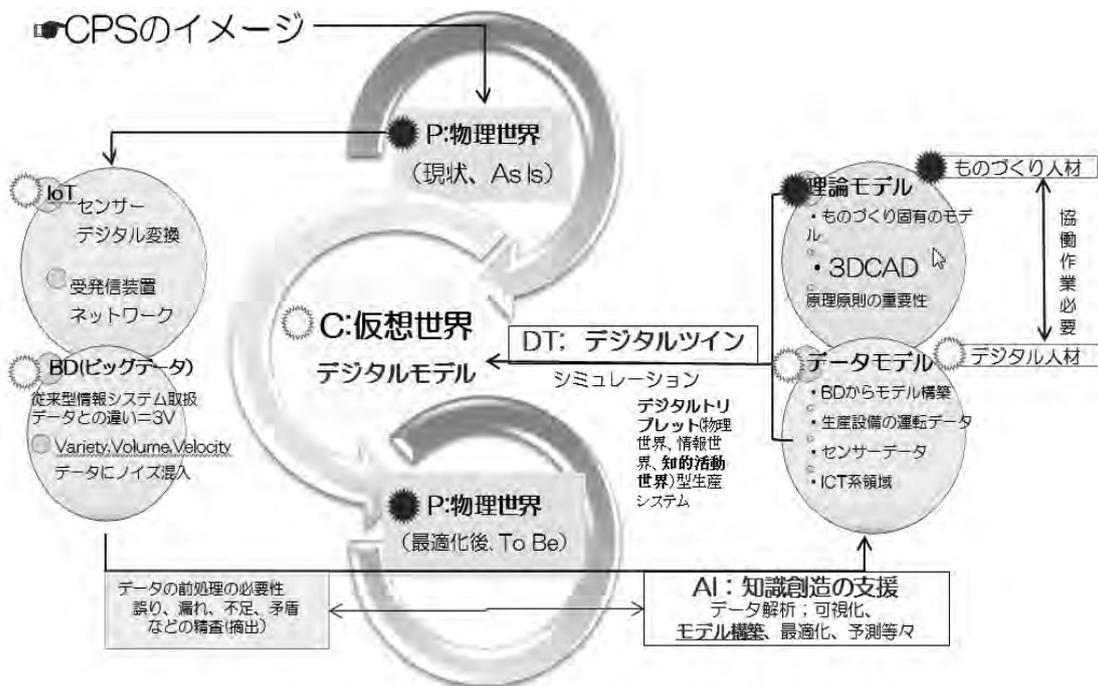
<sup>83</sup> Digital Twin の略。詳細は、日本機械工業連合会「平成29年度IoT・AI時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究」報告書の2-1-4-2.DT(デジタルツイン)の項p100～p103にはDTの由来や特徴などの解説がある。なお、本報告書(平成30年度)の2-2-1-1.技術面の脚注も参照。

<sup>84</sup> Cyber Physical System の略。詳細は平成29年度同上報告書2-1-4.及び2-1-4-1.CPSの項参照。なお、日本機械工業連合会「平成28年度世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」報告書のp38～39には2-1-3(2)米国におけるデジタル化の考え方～CPSという項があり、NSF(米国立科学財団)による見解などが紹介されている。なお、本報告書(平成30年度)の2-2-1-1.技術面の脚注も参照。

<sup>85</sup> この図中における「現状のあるがまま、As Is」と「最適化後のあるべき姿、To Be」という考え方は、IVIの西岡靖之理事長の著作物<sup>注</sup>に基づいている。注：—IVI今後の取り組み—IVIプラットフォーム計

ない。そこで、先頭には「ものづくりの現実世界」を置く方がなじみやすい。こうした考え方から CPS の考え方を捉え直す試みをしてきた<sup>86</sup>。今年度は、IoT・BD の特徴や AI の役割などをより詳しく表現できるようにイメージを更新した。さらに「ものづくり人材」と「デジタル人材」を明示的に取り込むことにした。また、DT についても、ものづくりに特有のデジタルモデルと、IT 系で発達してきたデータモデルを対比させ、両モデルを活用するという、ものづくり企業ならではのデジタル化の視点を明らかにしている。

図表 15 製造業におけるデジタル技術の具体的な展開 (CPS) のイメージ



出所：AI,IoT を成功に導く データの前処理の極意 日立産業制御ソリューションセンタ 日経 BP 社 2018.9.17、および、日本機械工業連合会「平成 29 年度 IoT・AI 時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究」報告書をベースに NSRI にて再構成したもの

図上部の物理的世界は、現状の「あるがまま (As Is)」をイメージしている。そのポイントは、現状の抱える問題点 (As Is) を摘出して、あるべき姿 (To Be) とのギャップを課題として設定するところにある。デジタル技術がいくら発展しても、問題の特定と解決すべき課題の設定は、ヒトの役割である。課題を解決してはじめて「あるべき姿 (To Be)」が実現する。デジタル技術は、その解決手段として様々のツールを提供する。ツールを使いこなすことは、CPS の製造業における CPS 活用の前提条件である。

画 平成 28 年 3 月 10 日 西岡靖之「インダストリアルバリューチェーンイニシアチブ」の p8 参照

[https://iv-i.org/docs/doc\\_160310\\_g05.pdf](https://iv-i.org/docs/doc_160310_g05.pdf)

このほかに IT 用語辞典「As-Is とは」参照 <http://e-words.jp/w/As-Is.html>

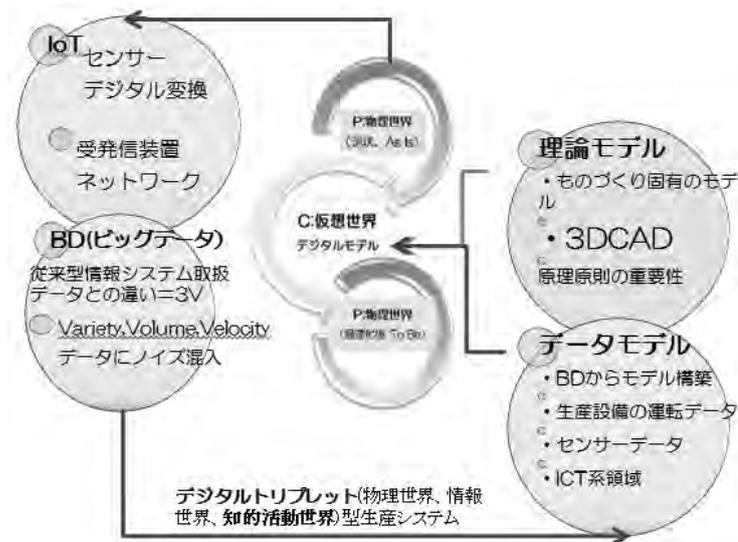
<sup>86</sup> 日本機械工業連合会「平成 28 年度世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」報告書の 3-2.”PC2Be”のダイナミックサイクルの考え方、p112.~ p 123 参照

### 3-1-2-3. デジタル技術活用の効果

現在の物理世界に潜む問題の探索は、まずセンシングを行って様々なデータを収集することから始まる。従来、QC サークルなどの改善活動では、データの収集に多くの労力と時間が必要であった。現代ではセンサーと受発信装置、ネットワーク、データの保管・蓄積装置を備えることが肝要になる。デジタル化されたデータはリアルタイムで収集できる。データを解析するツールも豊富に用意されている。これがIoTのメリットである。

収集蓄積されたデータがBD (big data) である。BDには従来型の構造化データ<sup>87</sup>のみならず、カメラが捉えたような画像や音声といった非構造化データ<sup>88</sup>も含まれる。データにはノイズが含まれる。また、どのようなデータに焦点を当てるかは取り組む問題と解決すべき課題の性質による<sup>89</sup>。BDはAIによって解析され、可視化され、モデルが構築され、予測や最適化に活用される。

図表 16 現実世界 (As Is) のセンシングと2つDT(前図の部分再掲)



出所: AI, IoT を成功に導く データの前処理の極意 日立産業制御ソリューションセンター 日経 BP 社 2018.9.17、および、日本機械工業連合会「平成 29 年度 IoT・AI 時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究」報告書をベースに NSRI にて再構成したもの

<sup>87</sup> 構造化データとは業務データや企業データ等あらかじめ決められたフォーマットをもとに、コンピューターが理解できるようにしてあるもの。非構造化データとは音声データ、映像データ等そのままでは直ちにコンピューターが理解不能の状態のデータ (総務省「平成 25 年版情報通信白書」など各種検索サイトから NSRI 作成)

<sup>88</sup> 同上

<sup>89</sup> 旭鉄工機、生産ラインのIoT化に成功し、製造ラインの遠隔モニタリングシステムを構築。現在はそのシステムと運用ノウハウの外販に取組み、コンサルタントやデータアナリストの育成から画像検査のAI活用にまで取り組んでいる中小企業である。同社の特徴は、「とりあえずIoTを」ではなく、「時間あたり出来高を向上する」ためという明確な問題意識をもってIoT化に取り組んだことにある。詳細は「Small Factory 4.0 第四次町工場革命を目指せ！」木村哲也著、三恵社 2018.8.1 刊参照。

データから構築されたモデルと製造業固有の理論モデル（3DCAD など）がそれぞれ DT としてシミュレーションに活用される。その成果を基に再び物理世界にフィードバックされる。適切な制御指示や新しい行動をとることによって、物理世界は本来あるべき姿（To Be）に近づいていく。

#### 参考 1 BD と従来データ、及び、データモデルと理論モデルのポイント

1. BD(ビッグデータ)と従来の情報システム取扱いデータとの違い⇒次の3つのV
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Variety：多様性</li> <li>▶ Volume：容量（テラバイト、ペタバイト級の巨大さ；同じような意味を持つデータと特徴のあるデータの区別が重要に）</li> <li>▶ Velocity：発生頻度（データの生成頻度、SNS で発信されるデータの頻度と機械から発信される毎秒〇〇といったレベルの頻度など）</li> </ul>
<p>BD を取り扱うときには、最適な AI の活用方法という視点が重要。On/off データは状態変化が生じるまで同じデータが延々と続く。etc. また、温度センサーのデータはある許容範囲で変化しなければ同じデータとみなせる。etc. このようにデータの発生頻度よりデータの変化点を捉えることが重要になるという。</p>
2. DT で使用される2つのモデル、理論モデルとデータモデルの違い
<p>ものづくりに固有の理論モデルの例には物理モデルや 3DCAD が挙げられる。ものづくりに特有の原理原則の重要性は専門部会で議論されたテーマのひとつである。</p> <p>一方、データから構築されるデータモデルには、「テキストデータ」と「数値データ」、「見ただけで意味が分かるデータ」「生産設備の運転データ」「センサーデータ」がある。但し、実際のデータは「膨大な数字の羅列」「見ただけでは意味が分かりにくいデータ」「欠陥だらけのデータ」という特性がみられる。この例には通信・電源異常による欠損値や振動による異常値などがある。本専門部会ではノイズという表現がみられた。こうした特性はデータを取り扱う上でものづくり産業ならではの特性だということができる。</p>

出所：AI, IoT を成功に導く データの前処理の極意 日立産業制御ソリューションセンター  
日経 BP 社 2018.9.17 をベースに NSRI 作成

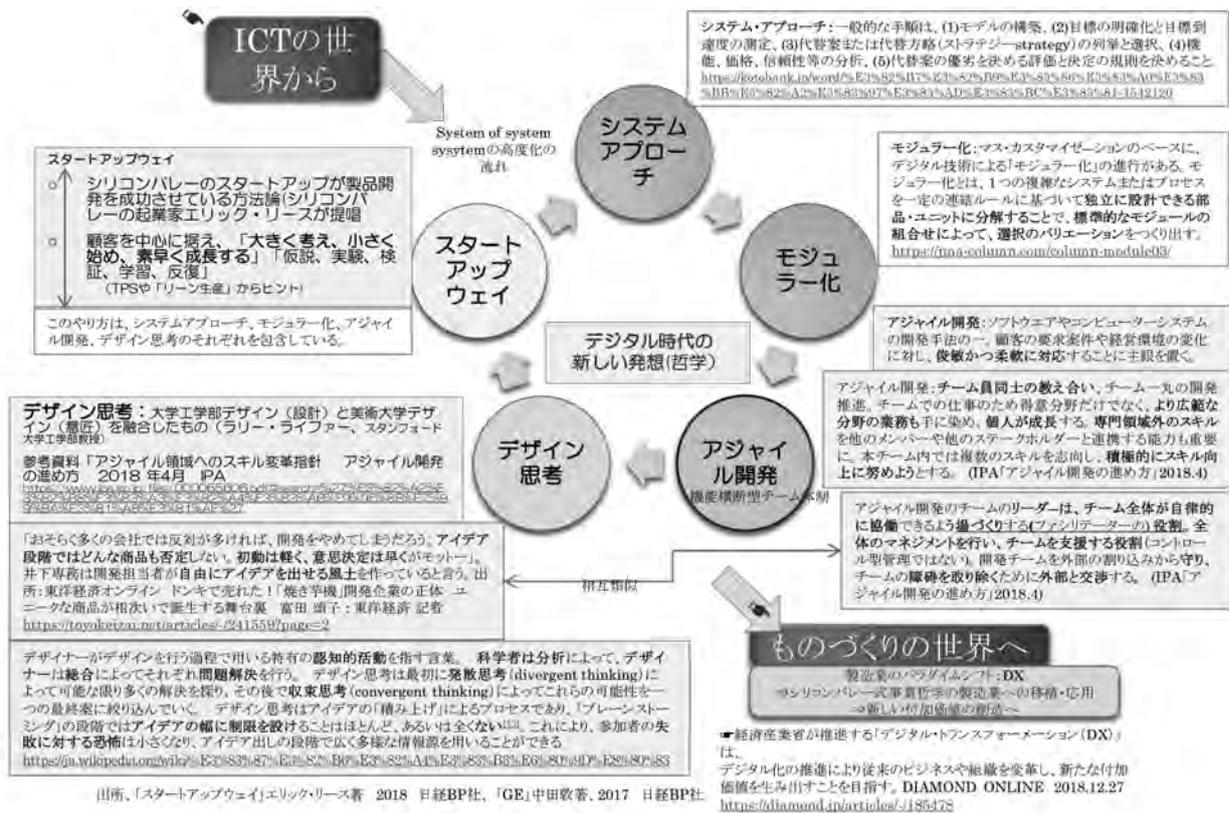
### 3-1-3.新しい事業哲学と発想法（デジタルマインド）

前項にてパラダイムシフトの駆動力としてのデジタル技術の概要と製造業に求められる新しいアプローチとして CPS の具体的な展開をみてきた。実はこうした新技術を活用していくには、どうしても避けられないものが一つある。それがデジタル技術自体を育ててきたデジタル世界に固有の考え方や発想の数々である。システムとの親和性が高い。デジタルマインドともデジタルマインドセットとも<sup>90</sup>言われている。

<sup>90</sup> 「経営者 はデジタル ・マインドセットに切り替えよーデジタルマインドセット チェックリストー」  
2017 年 5 月 公益社団法人 経済同友会  
[https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a\\_1.pdf](https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a_1.pdf)

例えば、顧客志向、デザイン・アイデア重視、柔軟迅速・変動対応、実験実証・早期実装、手戻り極小の戦略的思考などである。次図はそうした ICT 世界からものづくり世界に強い影響を与えている考え方や発想法について、或いはデジタル化や DX を進めていく際に必要となる考え方などをイメージしたものである。

図表 17 デジタル時代の新しい発想や考え方(マインド)



出所：以下の本文の個別テーマごとの出所参照

### 3-1-3-1. システムアプローチ

製造業においてデジタル化が進むと、デジタルネットワークが広がる。トレンドの項(2-2.参照)の「システム面」でみたとおりである。従来はスタンドアローンのシステムが方々に散在していた。そうした個別のシステムが一つ一つ、次々とつながっていく。個別のシステムは、徐々により大きなシステムに包含されていく。システムは高度化の流れに乗り、「システムのシステム」というより高次のシステムが形成されていく。こうした新しいシステムの構築にはシステム特有の考え方が不可欠になる。システムアプローチが重視される所以である。

システムアプローチの一般的な手順<sup>91</sup>には、(1)モデルの構築、(2)目標の明確化と目標到達度の測定、(3)代替案または代替方略(ストラテジーstrategy)の列挙と選択、(4)機能、価格、信頼性等の分析、(5)代替案の優劣を決める評価と決定の規則を決める、などがみられる。

### 3-1-3-2. モジュール化

製造業の中でも特に自動車のような量産業種では、ドイツ勢を中心に早くからモジュール生産<sup>92</sup>が喧伝されてきた。電機電子業界では、PCなど海外メーカーを中心にモジュール生産方式を採用し、発展してきた。PCは個々のモジュールを選べばカスタマイズが可能である。モジュール専門のメーカーは、独自技術を磨いて競争力を高めることで量産効果を楽しむ一方、セットメーカーは個別の注文に沿う形でモジュールを選定し、組み立てる。

製造業のパラダイムシフトの行き着く先の一つに、マスカスタマイゼーション<sup>93</sup>やパーソナライゼーション<sup>94</sup>がある。消費者の個々個別の注文を大量生産並みのコストで生産できるようにしようという考え方である。ドイツのインダストリー4.0や、米国の変動対応型生産方式の考え方の中にもみられる考え方<sup>95</sup>である。日本でも衣料の分野でスタートアップが挑戦している例<sup>96</sup>がある。共通点は、如何に最適のモジュールを構成するか。モジュール化の考え方や技術が問われている。

<sup>91</sup> コトバンク「日本大百科全書(ニッポニカ)の解説」による；

<https://kotobank.jp/word/%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E3%83%BB%E3%82%A2%E3%83%97%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%81-1542120>

<sup>92</sup> モジュール型生産方式は、増大する製品多様化需要に、より効率的に応える手段として機能してきた。ここでは、製品は、相互にほとんど依存しなくて済むような極小レベル(機能ごとに完結した要素)にまで分割される。分割されたものがモジュールである。なお、モジュール型とは、工業製品やシステムの構造・設計の分類の一つで、構成要素や要素間の連結方法などの多くが規格化・標準化されており、それらの組み合わせにより最終製品の開発や生産が可能なものを用いる。(IT用語辞典)

<http://e-words.jp/w/%E3%83%A2%E3%82%B8%E3%83%A5%E3%83%A9%E3%83%BC%E5%9E%8B.html> )。

<sup>93</sup> マスカスタマイゼーションを目指すために重要な観点として、需要等の変動に如何に迅速に対応していくかがある。そうした観点から FMS (Flexible Manufacturing System) や RMS (Reconfigurable Manufacturing System) といったシステムが提唱されている。詳細は下記脚注の日機連平成 27 年度報告書参照。」

<sup>94</sup> ここではデジタル化によって行き着く完全個別注文生産の意味合いで使っている。

<sup>95</sup> 本項については、The Global Manufacturing Revolution Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems Yoram Koren The University of Michigan <http://erc.engin.umich.edu/wp-content/uploads/sites/50/2013/08/12pgbook.pdf> 参照、なお、当該箇所の概要は、日本機械工業連合会 平成 27 年度「世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」報告書～ICTの徹底活用と新しい現場力“TAKUMI 4.0”を目指して～の「3.グローバル製造革命論 p 81～p 93」に掲載されている。

<sup>96</sup> 婦人服製造販売のスタートアップの(株)フクフル(群馬県桐生市、木島広社長、2015年設立)。現状はまだセミオーダー段階であるが、数年後を展望してマスカスタマイゼーションの服作りを進める。客は好みの既製服見本を選んで生地やサイズを選択。受注と同時に自動で CAD (コンピューターによる設計) データに落とし込み、使用する生地、芯地、ボタンなどの付属品まで在庫情報と直結して管理し、欠品すれば自動発注まで行える仕組みを構築中。2017年の経済産業省主催の「IoT(モノのインターネ

このようにモジュラー化の考え方や技術は、マス・カスタマイゼーションを推進するときのベースとなる。モジュラー化とは<sup>97</sup>、1つの複雑なシステムまたはプロセスを一定の連結ルールに基づいて独立に設計できるように機能部品・機能ユニットに分解すること。さらに分解されたモジュールを標準化すること。そうしたモジュールの組合せによって、選択のバリエーションを豊富につくり出すことである。

### 3-1-3-3.アジャイル開発

アジャイル開発<sup>98</sup>とは、ソフトウェアやコンピューターシステムの開発手法の一つ。顧客の要求案件や経営環境の変化に対し、俊敏かつ柔軟に対応することに主眼を置く開発手法とされる。

アジャイル開発では、チーム員同士の教え合いやチーム一丸の開発推進が特徴である。チームでの仕事のため得意分野だけでなく、より広範な分野の業務も手がけることによって個人が成長する。専門領域外のスキルを他のメンバーや他のステークホルダー(利害関係者)と連携する能力も重要になる。本チーム内では複数のスキル(本事業ではこれをT型と称する)を志向し、積極的にスキル向上に努めようとする。

アジャイル開発のチームリーダーは、チーム全体が自律的に協働できるように場づくりをする。つまりファシリテーター<sup>99</sup>の役割を担う。全体のマネジメントを行い、チームを支援する役割を果たす。但し、従来型のコントロール型管理ではない点<sup>100</sup>に注意が必要である。開発チームを外部の割り込みから守り、チームの障害を取り除くために外部と交渉する。

### 3-1-3-4. デザイン思考

デザイン思考とは<sup>101</sup>、大学工学部のデザイン(設計)と美術大学のデザイン(意匠)を融合したもの(ラリー・ライファー、スタンフォード大学工学部教授による)。

---

ット)ラボセレクション」のファイナリスト(出所:織研新聞電子版 2018/03/30 10:58)

<https://senken.co.jp/posts/fukule-180330>。

<sup>97</sup> <https://jma-column.com/column-module03/>

<sup>98</sup> 本項の3つのパラグラフは、IPA 独立行政法人情報処理推進機構「アジャイル領域へのスキル変革の指針 アジャイル開発の進め方」2018.4に基づいて NSRI 作成 <https://www.ipa.go.jp/files/000065606.pdf>

<sup>99</sup> 敢えて訳すと「円滑促進支援者」か。「会議やプロジェクトの進行をその本来の目的に沿うように側面から円滑ならしめるように支援し促進する役割を担う人」(コトバンク、ウィキペディア等々のサイトから NSRI 作成)

<sup>100</sup> GE 社の例をみると、FastWorks(リーンスタートアップの GE 版)を実践するための新しい人事制度を導入した結果、新制度では従業員の能力開発に焦点を当て、評価面接の代わりに従業員の行動に対してフィードバックを与える。GE ビリーフに従っているか否かという基準で「継続ボタン」「再考ボタン」を「いいね!」感覚で押す。マネージャーの役割は人事評価からコーチングに変わったという。(「GE」中田敦著、日経 BP 社から NSRI 作成)

<sup>101</sup> IPA 独立行政法人情報処理推進機構「アジャイル領域へのスキル変革の指針 アジャイル開発の進め方」2018.4 <https://www.ipa.go.jp/files/000065606.pdf>

ウィキペディアをみると<sup>102</sup>次のように説明されている。「デザイナーがデザインを行う過程で用いる特有の認知的活動を指す言葉。科学者は分析によって、デザイナーは総合によってそれぞれ問題解決を行う。デザイン思考は最初に発散思考（divergent thinking）によって可能な限り多くの解決策を探る。その後で収束思考（convergent thinking）によってこれらの可能性を一つの最終案に絞り込んでいく。デザイン思考はアイデアの「積み上げ」によるプロセスである。「ブレンストーミング」の段階ではアイデアの幅に制限を設けることはほとんど、あるいは全くない。これにより、参加者の失敗に対する恐怖は小さくなる。アイデア出しの段階で広く多様な情報源を用いることができる。」。

このようなデザイン思考を活用したと思われる事例として次の開発が挙げられる。「おそらく多くの会社では反対が多ければ、開発をやめてしまうだろう。アイデア段階ではどんな商品も否定しない。初動は軽く、意思決定は早くがモットー」。当社の役員は開発担当者が自由にアイデアを出せる風土を作っていると言う<sup>103</sup>。まさにデザイン思考の実践例である。

### 3-1-3-5 スタートアップウェイ

スタートアップウェイについては既述のとおり、シリコンバレーのスタートアップが、製品開発を成功させている方法論を体系化して整理したものである。GE 社がデジタルに舵を切った時の指南役でもあるシリコンバレーの起業家エリック・リースが提唱した考え方であり経営の仕方である。

その要諦はというと、まずユーザーである顧客を中心に据える。次に「大きく考え、小さく始め、素早く成長する」そして「仮説、実験、検証、学習、反復」を主眼とする。

しかしこの考え方自体は、リース本人が著書<sup>104</sup>で告白しているように、元々は製造業のアイデアをヒントにしている。TPS（トヨタ生産システム）や TPS を研究して体系化された「リーン生産」の考え方がベースにある。その意味では全くのシリコンバレー式の ICT 系文化とは言い切れない。ものづくりから発した考え方が ICT 系企業によって咀嚼され、非製造業にまで拡張が可能な考え方として再び製造業に影響を与えている。一種のブーメラン的現象であるといえる。

このやり方の構成をみると、明らかにシステムアプローチやモジュラー化、アジャイル開発、デザイン思考のそれぞれのエッセンスを内包している。

<sup>102</sup> <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%87%E3%82%B6%E3%82%A4%E3%83%B3%E6%80%9D%E8%80%83>

<sup>103</sup> 出所：東洋経済オンライン「ドンキで売れた！『焼き芋機』開発企業の正体 ユニークな商品が相次いで誕生する舞台裏」富田 頌子：東洋経済 記者 <https://toyokeizai.net/articles/-/241559?page=2>

<sup>104</sup> 日経 BP 社「スタートアップウェイ 予測不可能な世界で成長し続けるマネジメント」2018年5月28日 エリック・リース(著)、井口 耕二 訳から NSRI 作成。

製造業のパラダイムシフトを進めるデジタル化やDXは、単にデジタル技術を活用するだけにとどまらず、新しい付加価値の創造が強く求められている<sup>105</sup>。つまり、製造業においてもデジタル化・DXを推進する以上は、シリコンバレーを中心に育まれたデジタルに関係する事業哲学(マインドセット)が必要であり、その移植・応用にまで踏み込む必要があることを示唆している。

## 3-2. 製造業のデジタル化・DXのイメージ

デジタル化・DXは、製造業のパラダイムシフトと最も関係が深いトレンドである。今年度事業では具体的な変革の姿(パラダイムシフト)をより明確にするために、「アナログ」と「デジタル」対「知の深化」と「知の探索」の2つの軸を交差させた4極図を作成した。以下では4極のそれぞれをみていく。

### 3-2-1. 製造業のデジタル化・DXを推進する2つの軸と4つの極

日本の製造業のDXへの対応として前述のA.B.C.の3つの針路<sup>106</sup>を想定している。

- A.現状の延長線上(デジタルで現状の改善、GAFA等のIT大手とは一線を画するという対応)
- B.劇的変革の推進(GEやBosch、Siemens、コマツなどの様にデジタルで抜本的に変革するという対応)
- C.両者の中庸(Aの延長線上とBの劇的変革の間。ある領域はAで、別の領域はBでという戦略も含まれる)

本専門部会の議論では、この3つの針路のどれかに特定したうえで議論するのではなく、3つの針路をそれぞれの立場で柔軟にDXを解釈することとした。例えば、次図において第3象限は現状に留まるケース。第1象限はデジタル化・DXを推進して出来上がった「スピード感のある新時代の製造業」を表象している。第3象限から第1象限に向かう道筋には3つある。前記の3つの針路に合わせると、A現状の延長線上を進むケース、BドラスティックにDXを進めるケース、C両者の中庸を行くケースの3ケースである。

中庸とは例えば本専門部会では「Aだけでは持続しないという危機感がみられる一方でBに踏み切るリソースは不十分、そこまでは思いきれない中で、AとBのミックスで

---

<sup>105</sup> 経済産業省が推進する「デジタルトランスフォーメーション(DX)」は、デジタル化の推進により、従来のビジネスや組織を変革し、新たな付加価値を生み出すことを目指すとしている。(DIAMOND ONLINE 2018.12.27 <https://diamond.jp/articles/-/185478>) また、経済産業省によるデジタルトランスフォーメーションに向けた研究会の報告書『DXレポート～ITシステム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～』2018年9月7日公表。  
<http://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180907010/20180907010.html> 同報告書本文は以下を参照  
<http://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180907010/20180907010-3.pdf>

<sup>106</sup> 3つの針路については「1.3」の本文に本報告書全体の基本方針の一つとして記述している。

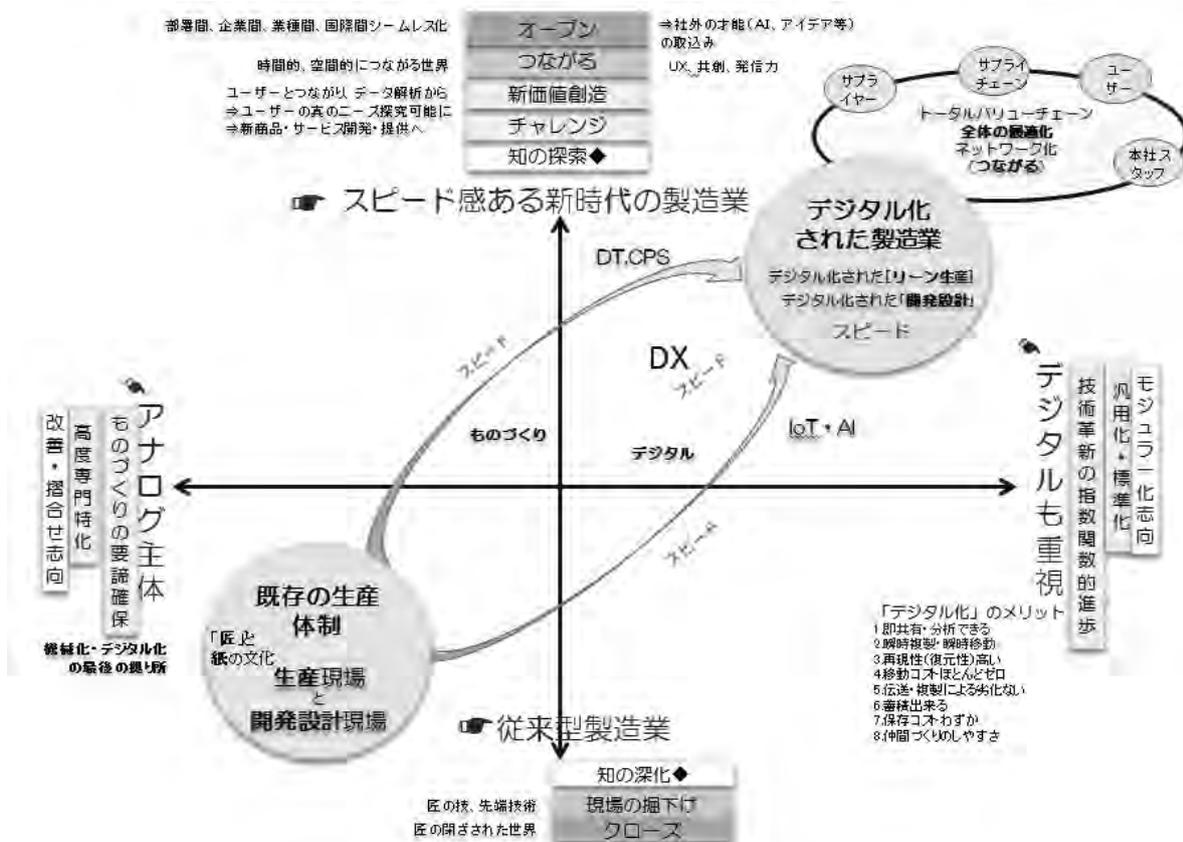
進む」ケースが考えられる。日本の製造業としては、「現状の延長線に甘んじることなく、  
 とは言え連続性を保ちながらこれまで培ってきた日本の製造業ならではの強みを活かした  
 進化を目指す。」これが現実的な方向性ではないかといった見方が指摘されている。

本報告書では取り扱う概念を極力抽象化して図解することとしている。これから先の  
 本報告書において、例えば「現在の製造業」から「デジタル化された製造業」へ向かう  
 「変化の流れ (=DX)」を示した図解は、A,B,C のどれを選択するかを問わず DX を議  
 論するベースとして活用されることを期待したい。

次図は製造業がデジタル化や DX を進めていくイメージを俯瞰したものである。パラ  
 ダ임シフトといわれている現象を視覚化する試みでもある。本専門部会の議論の中で、  
 4 極を構成する横軸と縦軸にふさわしいキーワードについて、多くの委員から様々な提  
 案があった。そうした提案を整理したものが次図である。

なお、専門部会での議論では、「デジタル化は最終的には『スピード』をアップする  
 のが目的」との指摘がみられた。デジタル化によってスピードがアップすればそのこと  
 自体が競争力たりうる。デジタル化や DX の推進には「スピード」が不可欠である。

図表 18 製造業のデジタル化 (DX) の 2 軸と 4 極によるイメージ



注.本図と日本の製造業の DX への対応としての 3 つの針路 (A.B.C.) との関係は次のとおり。A.現  
 状の延長線上：第 3 象限をベースにデジタル化を推進。B.劇的変革の推進：速やかに第 1 象限を

目指す対応。C 両者の中庸：ある部署は A を、別の部署では B というように対応が混在。本図ではそのどれかに絞るのではなく、読み手の立場それぞれによって「デジタル化」を考えるための材料を提供している。

出所：本専門部会の委員アンケート、部会での議論を基に NSRI 作成。なお、縦軸上端の「知の探索」とは新しい知を求めること。同下端の「知の深化」とは今ある知を深めること。日経新聞 H30.12.21[ニッポンの革新力] から

### 3-2-1-1. イメージ図の横軸について

まず、横軸である。ほぼ一致を見たのが左端の「アナログ」と右端の「デジタル」の対。左端にはアナログのほか、「ものづくりの要諦確保」の重要性、これまでの「高度専門特化」という特徴、日本企業が強い「改善・摺合せ志向」が並ぶ。一方、右端のデジタルサイドにあるのは、「技術革新の指数関数的進歩」、「汎用化・標準化」、「モジュラー化志向」が並ぶ。左端は従来の製造業を表象する項目が、右端にはデジタル化と関連の強い項目がみられる。

### 3-2-1-2. イメージ図の縦軸について

次に、縦軸である。上端には「新時代の製造業」が、下端には「従来型の製造業」が対である。上端の「新時代の製造業」のキーワードは「オープン」。同様に下端の「従来型製造業」は「クローズ」である。

上端の「オープン」は、部署間・企業間・業種間・国際間のシームレス化と社外の才能（AI、アイデア等）の取込みの必要性が反映されている。オープンのほかに「つながる」「新価値創造」「チャレンジ」「知の探索」が並ぶ。上端では、ユーザーと時間的・空間的につながることから、UX や共創による真のニーズ探究（「知の探索」）が可能となり、新商品や新サービスへの「チャレンジ」が行われ、新価値創造が可能となることを示す。「知の探索」とは、現在の所管範囲を超えてより「オープン」に他の分野と「つながり」を持ちつつ、「新価値創造」を目指して「チャレンジ」していく知のプロセスや姿勢を表わしている。

下端の「クローズ」には、「現場の掘り下げ」「知の深化」がある<sup>107</sup>。いずれも自前主義の下、匠の技の追及や熟練技の鍛錬といったイメージに結びつく。「知の深化」とは、日本の匠の技やベテラン従業員の熟練技能のように、いま担当している分野をとことん

<sup>107</sup> 下端の従来型製造業では、「現場の掘り下げ」に関連して「匠の技」や「先端技術の追及」が挙げられる。また、「クローズ」に関して「匠の閉ざされた世界」という特徴が挙げられる。本専門部会の議論では、「匠」のポジティブな評価への言及がある一方で、「スピード感が遅い」「発信力に欠ける」といったネガティブな指摘もみられた。この背景には、24 時間稼働等長時間連続稼働の存在、多数ある各設備の秒単位の変化、短納期化の要求の強まりなどといった業務複雑化・高度化がある。それゆえに「職人技をもってしても対処ができない」という事態が増大する傾向がある。

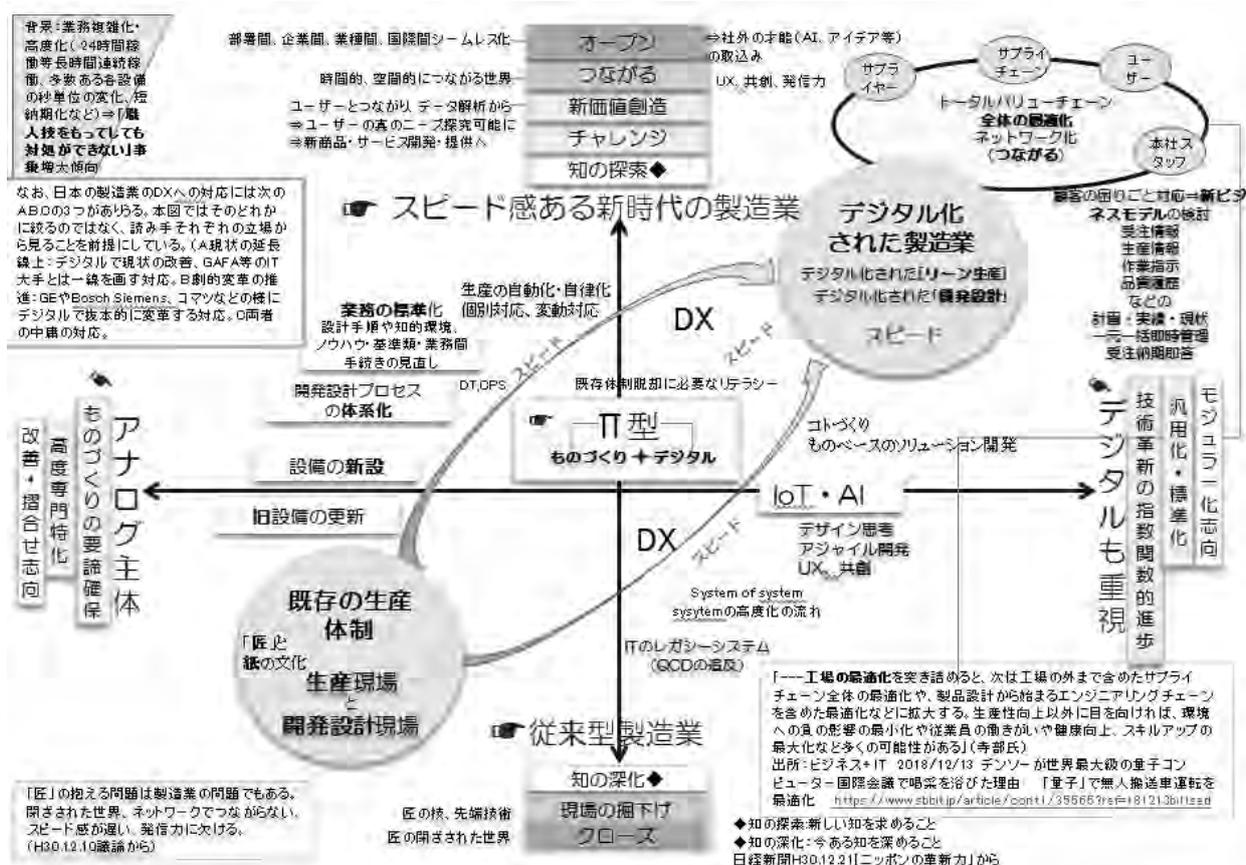
突き詰めて飽きることなく深めていこうとする姿勢や「からくり現場改善<sup>108</sup>」といった挑戦する姿勢を表象している。

つまり、上端はまさにこれから目指すべき DX の方向を示しており、下端は従来型の典型的なイメージである。

---

<sup>108</sup> 2019/01/07 05:00 特集 2 「労力減らして楽々生産、“からくり現場改善”傑作選」野々村 洸＝日経 xTECH／日経ものづくり xTECH／日経ものづくり。「からくり改善くふう展 2018」（2018 年 10 月 25～26 日、主催：日本プラントメンテナンス協会）に関する記事参照  
[https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/mag/nmc/18/00015/00012/?n\\_cid=nbpxnt\\_mled\\_nmc](https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/mag/nmc/18/00015/00012/?n_cid=nbpxnt_mled_nmc)

図表 19 製造業のデジタル化 (DX)～パラダイムシフト全体のイメージ図



注：左上の「背景」：業務複雑化・高度化（24時間稼働等長時間連続稼働、多数ある各設備の秒単位の变化、短納期化など）⇒「職人技をもってしても対処ができない」事象増大傾向にある。

なお、日本の製造業のDXへの対応には次のA.B.Cの3つがありうる。本図ではそのどれかに絞るのではなく、読み手それぞれの立場から見ることを前提にしている。(A.現状の延長線上：デジタルで現状の改善、GAF A等のIT大手とは一線を画す対応。B.劇的変革の推進：GEやBosch、Siemens、コマツなどの様にデジタルで抜本的に変革する対応。C.両者の中庸の対応。

図の右上「トータルバリューチェーン全体の最適化 ネットワーク化 (つながる)」の事例として第4象限の事例「---工場の最適化を突き詰めると、次は工場の外まで含めたサプライチェーン全体の最適化や、製品設計から始まるエンジニアリングチェーンを含めた最適化などに拡大する。生産性向上以外に目を向ければ、環境への負の影響の最小化や従業員の働きがいや健康向上、スキルアップの最大化など多くの可能性がある」(寺部氏)～出所：ビジネス+IT 2018/12/13 デンソーが世界最大級の量子コンピュータ国際会議で喝采を浴びた理由 「量子」で無人搬送車運転を最適化 <https://www.sbbt.jp/article/cont1/35565?ref=181213bittsed>

図の左下「[匠]の抱える問題は製造業の問題でもある。「閉ざされた世界、ネットワークでつながらない、スピード感が遅い、発信力に欠ける。」(H30.12.10の専門部会での議論から) 出所：各種資料、および、本専門部会における議論を踏まえ、NSRI作成

### 3-2-1-3. イメージ図の左下から右上へ (フィジカル面)

こうして出来上がった4極図をみると、左下(第3象限)は、従来型の生産体制(フィジカル面)に該当し、右上(第1象限)は、デジタル化されたDX後の姿(デジタル化された製造業)に該当する。従来型の生産体制では、その象徴として「匠」と「紙の文化」を挙げている。DX後のデジタル製造業では、リーン生産や開発設計自体がデジタル化された新しい製造業を示している。

この図では、従来型生産体制として、生産現場と開発設計現場の二つの現場を例示している。DXを進めるに際し、旧設備の更新や設備の新設といった設備投資に伴い、デジタル化のためのR&D投資も必要になる(アナログ領域である第3象限から第2象限に向かう弧状の矢印)。但し、製造事業全体にDTやCPSを導入していくためには相応の下準備が必要になる。生産と開発設計の例では「開発設計プロセスの体系化」や「業務の標準化」の遂行の必要性が挙げられる。この下準備の段階は、第四次産業革命とまではいえない。むしろ、第三次産業革命の未遂部分だという指摘<sup>109</sup>もある。

業務の標準化には、例えばデジタル化の「設計手順や設計のための知的環境」の整備、蓄積されてきたノウハウや基準類、業務間手続の見直しなどが含まれる。こうした準備を経て初めて生産の自動化・自律化、或いは、ユーザーへの個別対応や事業環境の変動への対応、バリューチェーン全体の最適化といった第四次産業革命に進むことができる。いずれもデジタル技術の総合的な利活用(第4象限に相当、次項参照)が不可欠である。

#### 3-2-1-4. イメージ図の左下から右上へ(サイバー面)

次に、デジタル領域である第4象限から第1象限に向かう弧状の流れ(サイバー面)に注目する。製造業がDXを進めていくうえで乗り越えるべきデジタル化(DX)を進めるうえでの課題である。

まず「ITのレガシーシステム」の存在<sup>110</sup>。次にシステムが高度化していること。システムのシステムが求められること。IoT/AIといった先進デジタル技術の利活用が必要なこと。いずれも課題として挙げられている。さらにデジタルの利活用にはデザイン思考・アジャイル開発・UXの推進・共創の推進など、ものづくりでなじんできた発想や考え方とはやや異質の発想や考え方(デジタルマインド)が必要になる。従来型の考え方・発想の転換(これもDX)が求められる。こうしたDXを進めるのと同時に、モノを基点(ベース)としたソリューションサービスの展開など、「コトづくり」にも挑戦し、新しい付加価値を創出し続けることが重要である。ソリューションとは、ユーザーの困りごとを解決する手法や解法を指す。コトづくりとは困りごとの「解決案を提供する(つくる)こと」とも解釈できる。

<sup>109</sup> Why Digital Matters? プレジデント社 2018.12.14によると「インダストリー3.0とは、業務プロセス内の処理、およびプロセス間の連携がシステム化・自動化され、それによって全体最適を実現する仕組みが整備されている状態を指す。欧米の大企業の多くがERP(業務統合管理基盤システム)の導入によって2000年から2010年には達成している姿だ」とある。(同書p147)

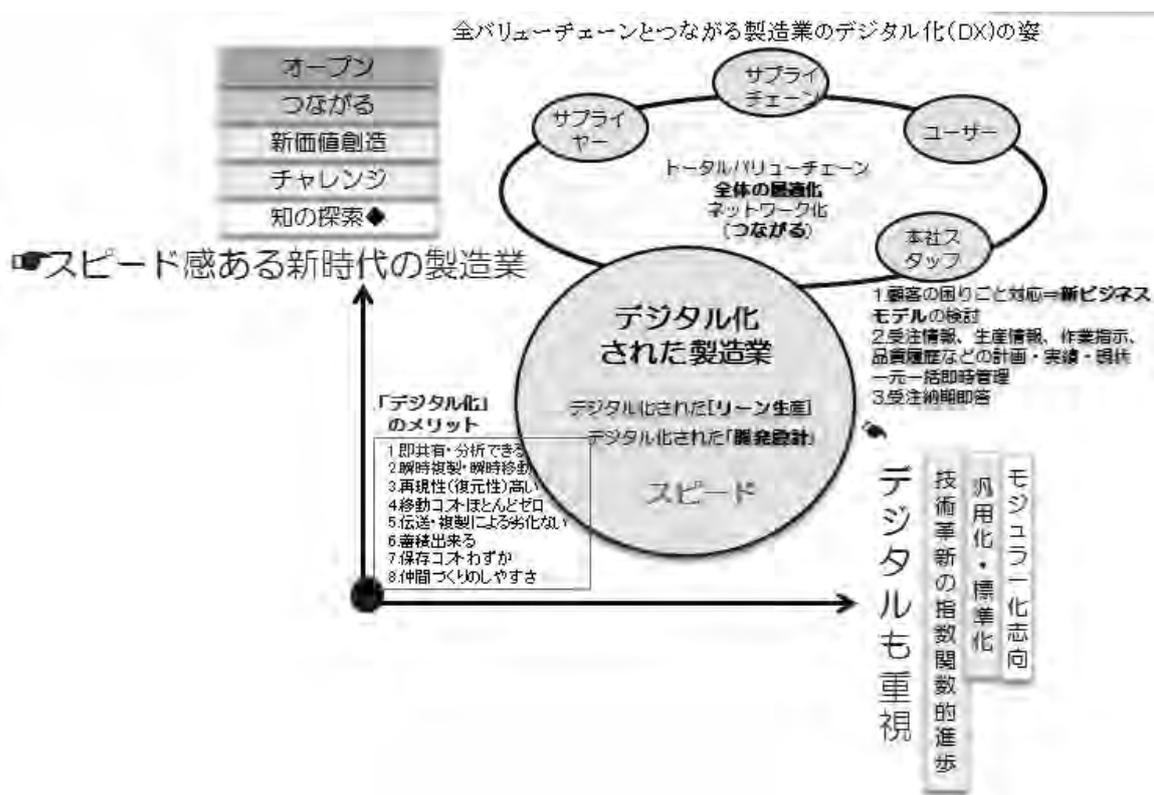
<sup>110</sup> 経済産業省「DXレポート～ITシステム『2025年の崖』の克服とDXの本格的な展開～」2018年9月において「これまでの既存システムが老朽化・複雑化・ブラックボックス化する中では、'新しいデジタル技術を導入したとしても、データの利活用・連携が限定的であるため、その効果も限定的となってしまうといった問題」や「既存システムの維持、保守に資金や人材を割かれ、新たなデジタル技術を活用したIT投資にリソースを振り向けることができないといった問題」が指摘されている。

第2象限と第4象限を左下から右上に伸びる2本の弧状の矢印が、ともに並走できてはじめて我が国製造業がデジタル化を成し遂げ、競争力を維持することができる。

### 3-2-1-5. イメージ図の右上楕円（全バリューチェーン面）

以上は生産部門に焦点を当てているが、それ以外（図中の右上にある小さな楕円上の部分）の本社スタッフ部門や研究開発部門のほか、内外の他の製造拠点やサプライヤー、物流等のサプライチェーンはもとより、新事業に踏み出す際に最も重要なデータ源であるユーザーともつながっていくこと（全バリューチェーン面）が、必須の情勢になりつつある。従って、トレンドとしては横軸右端のデジタル化と縦軸上端の「オープン」や「つながる」、「チャレンジ」、「知の探索」といった方向に舵を切っていくことが、パラダイムシフトを乗り切る方策である。これは(次図参照)デジタル化とDXに該当すると考えられる。

図表 20 全バリューチェーンとつながる製造業のデジタル化（DX）の姿



出所：各種資料、および、本専門部会における議論を踏まえ、NSRI 作成

なお、本事業では主に、専門部会各メンバーの議論の土俵となりやすいプロセスに焦点を当てる。2軸4極図はどれもその中心には生産や開発設計といった主にプロセス面のイメージが描かれている。その意味で従来型事業の延長線上でのデジタル化を表わしている。一方、工場をデジタル化していくと、本社部門のほかの活動もデジタル化が不

可欠になる（各図の右上の楕円部分）。つまり、事業の総合的な全体的な最適化を達成するためには、全社全業務でのデジタル化が必須である。全バリューチェーンをデジタル化すると、顧客の様々な情報が解析可能になる。新しいビジネスモデルを検討することができる。新しいビジネスモデルを創出し構築するためには、既存の事業（RTB）でしっかりと収益を確保し続けながら、変革を主導する新しい組織（CTB）が必要になってくる<sup>111</sup>。

また、日本は裾野産業に強みを持つ。こうした産業同士をデジタル化によって繋げることができれば、裾野産業が持つ強みが幅広につながり、より多くのニーズに対応可能になるとともに、結束によるバーゲニングパワーの獲得も期待できる。裾野産業のネットワーク化は日本の大きな強みに転化できる可能性を秘めている。

### 3-2-1-6.多様な業種を抱える日本の製造業とデジタル化

製造業には多種多様な業種がある。専門部会での議論においても第3象限の中でのさらなる発展を唱える意見が少なからずみられた。具体的には、「匠」の技は技術技能の進歩のためにはやはり必要であり、維持していくべきである。或いは、若い世代にもものづくりの要諦をどう伝承していくかは重要なテーマである。新しい「匠」を生み出していくことも必要だ。改善や摺合せ志向は必ずしもその全てが取って代わられるべきではない<sup>112</sup>。などの考え方である。

また、機械化が進み、高度な機械を導入しても最後の仕上げ段階ではやはり匠や熟練したベテランを必要とするとの意見<sup>113</sup>もみられた。匠はそれが競争力を持つのであれば今後も残る。外部の匠であってもそこが競争力を持つならば、活用する意味がある。これは匠の技のオープン化に相当するとの指摘も見られた。

一方、横軸左端の「高度専門特化<sup>114</sup>」は、アナログ主体の軸の一つの象徴であり、日本の製造業の強みである。その反面、高度専門に特化しているがゆえに、組織全体としてみると、スピード感にばらつきを生じることにもなる。そこでデジタル化による全体最適を推進し、従来以上のスピードアップを図るべきとの考え方が出てくる。また、横軸左端にある「摺合せ」から「モジュラー化へ」という方向の議論がある一方で、摺合せの一部は最後まで競争力として残るとの指摘もある。こうした意見のばらつきは業種が多種多様なことに起因すると考えられる。

---

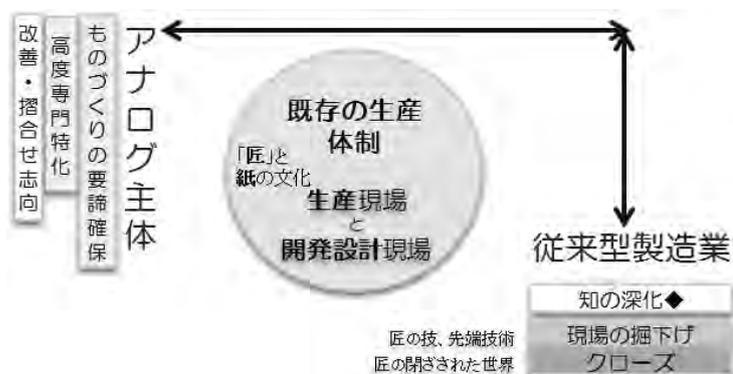
<sup>111</sup> RTB と CTB の議論については、日本機械工業連合会「平成 29 年度 IoT・AI 時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究」平成 30 年 3 月の p23(6-6-3),p107(2-2-1-3),p180(4-2-1-1),p199(7)参照

<sup>112</sup> 前述の「からくりを工夫するといった改善活動」はコストパフォーマンスの大きい知的活動である。デジタル化は進めるべきであるが、「からくり」を創り出す工夫や努力といった現場力については引き続き維持していただくの価値がある。

<sup>113</sup> 本専門部会での議論から

<sup>114</sup> 同上

図表 21 ものづくり本来の考え方とその姿



出所：各種資料、および、本専門部会における議論を踏まえ、NSRI 作成

### 3-2-2. デジタル化・DX の内外事例

今年度取り上げる内外事例は、デジタル化に向けた変革の事例に焦点を当てる。IoT や AI に関連した個々の取組事例は既に沢山取り上げてきた<sup>115</sup>。そこで前項でみた4極図のうち、横軸右端のデジタル化と縦軸上端の新時代の製造業に向けた変革に挑戦している事例を取り上げる。

事例の整理法については次のような方法を取った。まず、問題意識。どの程度の危機感がみられるか。次に変革の主題。ビジネスの変革か事業・社内組織・社内文化の変革か。3つ目は、変革の手法。インターネットの活用、変革チームの編成、外部人材の活用など。4つ目は、製造業の新時代に向う姿として同図の縦軸上端の項目～オープン、つながる、新価値創造、チャレンジ、知の探索に関する該当度合。5つ目は、変革による効果。効果については報道ベース<sup>116</sup>に基づく整理にとどめた。

<sup>115</sup> 内外事例に関しては既に平成 27 年度世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究～ICT の徹底活用と新しい現場力 “TAKUMI4.0” を目指して”～日本機械工業連合会報告書の「3 章. 製造業パラダイムシフトの具体的事例」において、「受注情報のデジタル化事例」「工場内のデジタル化事例」「サプライチェーンのデジタル化事例」「製品のデジタル化事例」「ICT/サイバー関連技術事例」別に収集・整理（p 94～p 112）している。また、デジタル化・つながる化：企業連携事例についても p 113～p 114 に整理がある。また、企業別にどのような分類別の取組がみられるかという観点から整理した表が p 115～p 129 である。<http://www.imf.or.jp/houkokusho/1278/3.html>

<sup>116</sup> 報道ベースで成果まで明確に敷衍されていないケースの場合 “-” と表記している。

図表 22 デジタル化、DX など様々の変革事例（ビジネスの変革）

パラダイムシフトのイメージの4極図【(6)集約案:人材4.0の繁栄アンケート.PPTXのP21】の縦軸の上端の各項目を列挙したもの

			新時代の製造業の向う姿					
新聞社の紙媒体から電子媒体へのシフト			オープン	つながる	新価値創造	チャレンジ	知の探索	効果
問題意識	紙の新聞	⇒ デジタル新聞	○	○	○	○	○	○
読者の反応	読者が読んでいないこと不明	⇒ 読者がどの記事を読んでいるか不明	だれでもアクセス	ネットでつながる		総合取支事前には不明		ネット上でだれでもアクセス、世界的なブランドに
読者獲得	紙による物理的制約	⇒ ネット上で新規顧客獲得			低廉拡販ツールの獲得		より読者に刺さる企画源の獲得	
ギター製造 (Fender社)			オープン	つながる	新価値創造	チャレンジ	知の探索	効果
問題意識	売り切り	⇒ オンラインサービス付	—	○	○	○	○	○
販売上のネック	1年後90%があまりあきらめる	⇒ オンライン演奏指導(定額/月)	不明	ネットで一人ひとりにアクセス化	演奏指導の有料サービス	購買者の事前反応不明	データの蓄積で学習支援の高度化可能	売上げ倍増
顧客との対話	来店時のみ	⇒ 顧客との継続的な対話						

出所：2018. 11. 26 「サブスクリプション」拡大でギターの名門 Fender が大成功した理由 ティエン・ツォ  
 ブオラ創業者兼 CEO に聞く 週刊ダイヤモンド編集部＋  
<https://diamond.jp/articles/-/186527?page=5>  
 並びに本専門部会での議論を踏まえ、NSRI 作成

図表 23 デジタル化、DX など様々の変革事例（事業・社内組織・文化の変革）

Stora Enso社（製紙業から再生材料企業へ）			オープン	つながる	新価値創造	チャレンジ	知の探索	効果
問題意識	変革手法その1	⇒ 変革手法その2	○	○	○	○	○	○
経営不振によるリストラからの脱却	コンサルタント頼らず、従業員を信頼	⇒ 選抜チーム編成 ⇒ 徹底議論； ⇒ 破壊的イノベーション ⇒ デジタルイノベーション ⇒ プロジェクト化	変革推進チーム(CTB)にはだれでも参加できる	経営トップ層はチームに深く関与；必要なスキル・戦略・構造化思考・デジタル等を差し向かいで教授し、上下なく徹底議論	チームのアイデアをプロジェクト化しつつ、事業拡大に邁進	チームの活動は社内に軋轢・衝撃・ノイズを生じた。本活動の具体的成果を社内にし、正当化の証拠として克服	従来型人事選抜から外れる人材のポテンシャルを引出し、新しい働き方やアイデアを糾合することができた。	グローバル企業に脱皮  大変革で株価倍増
2000年から経営不振	社内自由応募；人材発掘システムの枠外から人材を集める	⇒ 成果示しつつ						
2011年までに1/3リストラ		⇒ 全社巻き込み						
AIの活用と人材登用 (NEC)			オープン	つながる	新価値創造	チャレンジ	知の探索	効果
問題意識	変革手法	⇒	○	○	○	○	○	—
従来のビジネスモデル	新しいビジネスモデル	⇒ 外部の力で変革	自前主義からの脱却、外部の力の取込	外部の優秀な人、国内大学との連携、インド大との直接雇用	AI専門会社設立して潜在顧客の割り出しや生産計画適切化のための高度予測モデル作成を目指す	H30.4カルチャー変革本部設置、本部長は日本マイクロソフトから招聘、役員人事制度にメスを入れ、若手・中堅の人材評価見直し着手	AI専門会社「ドットデータ」でデータ分析の専門家を日本テラデータから招聘、招聘したCMOも日本IBM等歴任、CEOは同社史上最年少主席研究員	左記変革の実施と並行してリストラを実施、一関事業所を閉鎖～総合評価不明
通信機器やシステム構築など顧客の高い要求に「技術」で応えるビジネスモデル	⇒ 自分たちで市場をつくらなければいけない時代 ⇒ 受け身の姿勢では戦えない ⇒ 今、改革しないとダメという強い危機感	⇒ 自前主義から脱却						
		⇒ 若手結集						
		⇒ 外部の優秀な人材採用 ⇒ 国大大学との連携増 ⇒ 印IT直接雇用						

出所：Stora Enso社：HBR How the World's Oldest Company Reinvented Itself January 30, 2018 から NSR 作成

<https://hbr.org/2018/01/how-the-worlds-oldest-company-reinvented-itself>

出所：NEC：日経産業新聞 H30. 5. 23、および、日経産業新聞 H30. 8. 10「トップに聞く 次の一手 NEC 新野隆社長から NSRI 作成

イノベーションのための新会社設立(パナソニックβ)

問題意識		オープン	つながる	新価値創造	チャレンジ	知の探索	効果
イノベーションの停滞	組織内人材を生かし切れず	○	○	○	○	○	—
事業部制という従来型組織	部品・サービスごとに縦割りの組織「タテパナ」	自前主義からの脱却と他社との連携によるオープンイノベーションの推進	顧客価値をより追求、顧客との共創を目指す。組織や職能の壁を越えて横連携を行う。「タテパナ」から「ヨコパナ」へ	イノベーションを量産するマザー工場としての新会社。「ホームXプロジェクト」の立ち上げと挑戦。サービス中心の新規事業の起ち上げや、IoTやAI技術に基づく新規事業の創出を目指す。	IoTの時代への移行は、新たなチャンスの到来期。そうしたチャンスを見逃さないため、イノベーションを推進するための組織改革に着手。	ビジネスイノベーション本部には、本部長として宮部氏が就くと同時に、副本部長として元SAPジャパンの馬場渉氏が就任。	「ホームXプロジェクト」で1293のアイデア、81のプロトタイプ、31のハードウェアプロトタイプを開発し、最終的に3つの住空間プロトタイプを生み出した。
約27万人の社員を一気には変えられない	イノベーションを起こすための組織改革の必要性						
デジタルネイティブな組織新設(パナソニックβ)によるデジタル人材育成と増殖、全社内への還流	外部人材積極登用						

出所：以下の諸資料並びに本専門部会での議論を踏まえ、NSRI 作成

<https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/1055761.html>

<https://business.nikkeibp.co.jp/atcl/report/16/070600229/101100021/?ST=print>

<https://meti-journal.jp/p/250/>

<http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1711/30/news050.html>

諸事例の特徴は、いずれも新時代の製造業のキーワード、「オープン」「つながる」「新価値創造」「チャレンジ」「知の探索」のそれぞれに該当することである。

## 第4章.新時代の製造業に求められる人材像

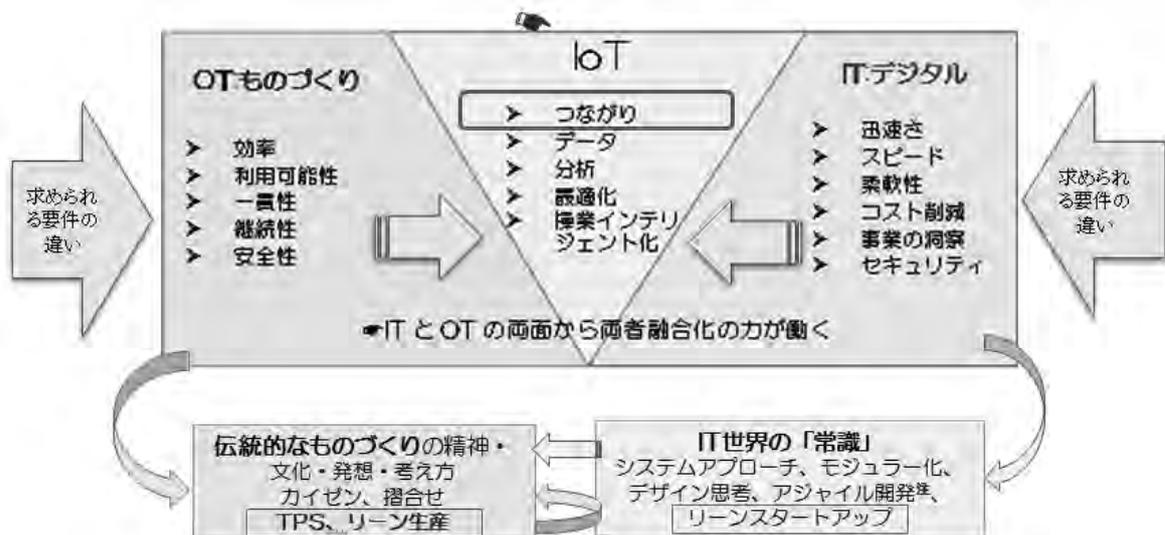
製造業を取り巻く環境は激変している。デジタル化・DXは製造業にとっても、もはや不可避のトレンド(潮流)となっている。デジタルの世界とものづくりの世界とはそれぞれ異質のスピード感覚が支配的である。従来型の人材像では対応が難しいところまで来ている。我々はどのように対応していくべきか。そのためにはまず新時代の製造業を踏まえた人材像を明確にしておく必要がある。以下はそうした観点からデジタル化・DXに対応可能なあるべき人材像を検討したものである。

### 4-1.組織横断型チームの観点からみた拡張T型と目指すべき方向

#### 4-1-1. “T型”の必然性と背景

3-1-2.製造業におけるデジタル技術の具体的な展開のイメージ図 或いは、3-2-1.製造業のデジタル化(DX)を推進する4極図でみてきたように、これからのものづくりには、従来のようなものづくり技術だけの知識では対応できないことは明らかである。これは、IoTの構造とその成り立ちからも説明できる。

図表 24 IoTによってITとOTの両面から両者融合化の力が働くイメージ図



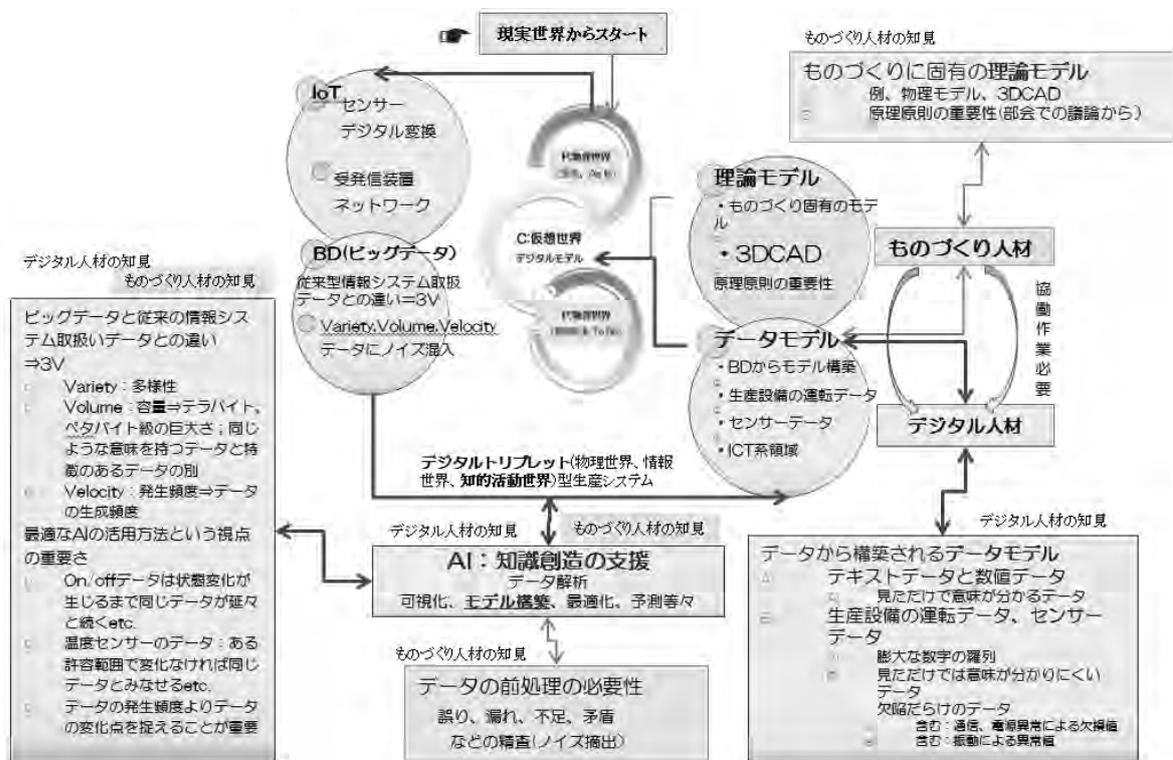
出所：矢印弧の上部：“Architecture Alignment and Interoperability” An Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0 Joint White Paper から。また、矢印弧の下部：NSRI 作成

ものづくり技術の一つであるOT<sup>117</sup>とデジタル技術であるITとは<sup>118</sup>、従来、相互に接触する機会は少なかった。機械工業などのものづくり産業は物理的にも地上世界で事

<sup>117</sup> OT =Operational Technology(ハードウェアに働きかけ、制御・運用を行うための技術)

業を行い、OT を磨いてきた。他方、IT 系企業はサイバー世界といういわば上空世界で活躍してきた。両者の事業領域は、重なることなく相互に別々の市場に依拠し、発展してきた。ところが技術は発展し、幾多の技術革新が実現してきた。その結果、モノやヒト、コトが相互にインターネットなどに接続・結合できるようになった。ここに OT と IT との邂逅が生まれた。これが IoT 出現の意味合いである。つまり、インターネットを介して上空世界の住人であった IT 系企業が、ネットを介して地上世界に進出できるようになった。GAF A 等の IT 系企業による自動運転やドローンによる配送事業などがそうした動きを際立たせている。

図表 25 製造業におけるデジタル技術の具体的な展開 (CPS) と IT 型それぞれの役割



注. IoT は製造業の現実世界の現状 (As Is) を把握するために活用される。IoT によりデータを収集し、BD として蓄積。適宜 AI により解析。現実の双子 (DT) としての仮想モデルを構築して最適化や予測を行う。かくして現実のあるべき姿 (To Be) が実現する。この間、データの取り扱いについては BD 特有の性質や活用視点が必要になる。AI の取り扱いも必要。データモデル (BD からアプローチした DT) の習熟も必要。こうした分野は「デジタル人材」の出番。一方、BD にはものづくり固有のノイズが含まれる。ものづくりに固有の理論モデル (理論からアプローチした DT) がある。こうした領域は「ものづくり人材」の出番。両者は協働して作業しないことにはものづくりのデジタル化 (この場合は CPS) は機能しない。両者それぞれの知見が必要になる。IT 型が必須とされる所以である。なお、上図には BD の取り扱いと AI: 知識創造の支援のところデジタル人材とものづくり人材の両方が記載されている。これは BD も AI もその取扱いはデジタル人材がメインとなるものの、製造業の BD には SNS などのデータと

118 IT=Information technology(情報ネットワークにより、データを収集・分析し、経営に生かす技術)。OT の構成要素:PLC、SCADA、DCS (Distributed Control System)、CNC、computerized machine tools といった制御装置と、制御装置と産業用ロボット・パワーサプライなどを結ぶフィールドネットワークがある。出所:【IoT用語集】OT (Operational Technology) とは? <https://mono-watch.com/15468/>

はかなり異なる特徴があるほか、AI を適応するにも製造業特有の要因を考慮する必要がある。ここでも  
両人材は協働して作業にあたるが必要になる。  
出所：平成 29 年度の報告書「IoT・AI 時代のものづくりと人の役割変化への対応」と平成 30 年度本専門  
部会での議論やデジタル技術に関する諸資料から NSRI 作成

#### 4-1-2. ものづくりとデジタルを兼ね備えた“Π型”人材

ものづくり企業は、こうした流れに逆らうことなく、自らデジタル技術を活用しつつ、新しいビジネス機会を掴みとることができる。これは生き延びるための必然である。当然、ものづくり人材にも相応の対応が求められる。

我々が注目したのは“Π型”人材である。Πはギリシャ文字の大文字。元々の含意は複数の専門を身につけた人材の意である。ギリシャ文字のΠの字が 2 本足であることから、この足を複数の専門と見立てている。以下では“Π型”を複数の専門をマスターする（している）意で使用する。

ものづくり業界では第三次産業革命のころ、機械工学と LSI やマイクロコンピュータなどとを結合した「機電一体化技術」が唱えられ、メカトロニクス<sup>119</sup>という言葉が登場し、定着した。いわば機械と電気の両輪の結合が必要とされた。ところが今回の対象は、「ものづくりに関わる専門性」と「デジタルに関わる専門性」の結合という、より高次で広範に及ぶ専門性の具備が問題となっている。ものづくり人材がデジタル技術を兼ね備えることができるか<sup>120</sup>が問われている。

#### 4-1-3. Π型拡張への試み

昨年度の部会では“Π型”の必要性が提唱されたところ、「すべての個人が複数の専門をマスターすることには無理がある。」「チームとしてマスターできればよいのでは」と必ずしも個人にとらわれなくてもよいという意見が支配的となった。

そこで今年度は、“Π型の拡張”という考え方を導入する。Π型を個々の人材からチームへ、さらにΠ型チームを集めたΠ型組織へと“拡張”していくという考え方<sup>121</sup>である。なお、以後、本専門部会におけるΠ型の複数の専門とは、ものづくりとデジタルの両系統の技術を指す。パイ型チームというときのチームとは、例えばデジタル化という

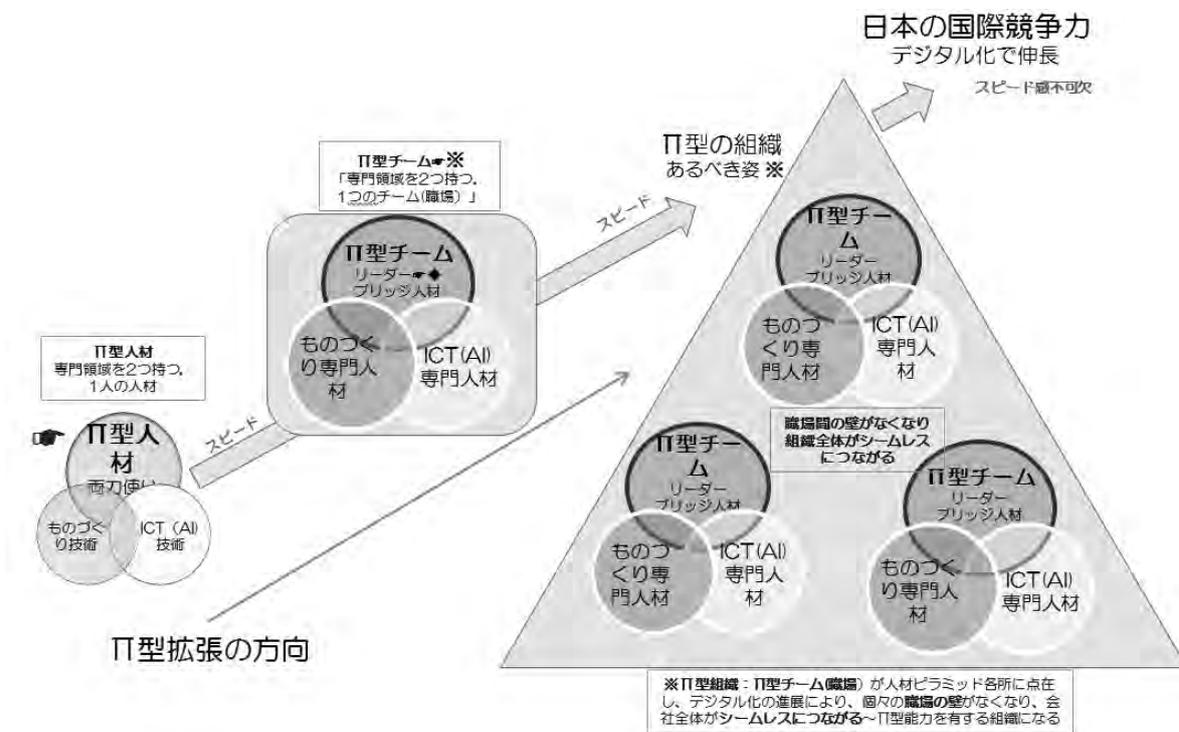
<sup>119</sup> メカトロニクスとは、メカニクス+エレクトロニクス=機械工学と電子工学の融合。昭和 44 年に安川電機が、電子制御付き機械をモデルとして、メカニクス+エレクトロニクス=メカトロニクスと呼び、商標化。現在では安川電機の登録商標ではなく、一般名詞化。出所：【IoT 用語集】メカトロニクスとは？<https://mono-watch.com/15478/> Wikipedia の「Mechatronics」は次を参照：  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Mechatronics>

<sup>120</sup> 本専門部会委員を対象としたアンケート調査結果の中に、現実世界のデジタル化(デジタルツイン)に対して、人の知見を入れながら発展させることの重要性を説く「デジタルトリプレット」の考え方(デジタルトリプレット=実世界+情報世界+知識・モデル世界～「Society5.0 の実現に向けた戦略的重要課題について」平成 29 年 11 月経済産業省)を強調する意見がみられた。

<sup>121</sup> ここでいうΠ型のイメージは、従来言われてきたような T 型とかΠ型ではなく、Π型チームとして捉える。このチームは縦のヒエラルキーに沿って活動するというよりは、横方向に組織をまたいで有機的につながることで活動が展開される。これが本報告書のΠ型のイメージである。

ような特定の使命を帯びたプロジェクトチームを念頭に置いたイメージである。縦型組織のイメージというよりは組織横断的なチームの意味合いが強い。

図表 26 “Π型”の拡張：Π型の人材⇒チーム⇒組織



出所：本専門部会内の議論等を踏まえ、NSRI 作成

#### 4-1-3-1. Π型チーム(職場)とリーダーの役割

Π型チームは、Π型職場とも言い換えられる。1つのチーム(職場)で複数の様々な専門領域をカバーしているチームである。以下、単にチームという。このチームは、従来型のものづくり専門の人材とIoTやAI、BDなどのデジタル専門(図中ではICTと表記)の人材が混在しつつ、共通の組織横断型のミッションを達成していく。

チームメンバーは、自分の専門領域だけに閉じこもっては、Π型チームとして機能しない。異なる専門領域のメンバーと意思疎通するには、ある程度相手の専門性についての理解も必要である。積極的に異領域の専門についても理解を深め合い、相互に教え合い、複数のスキルを身につけ続ける姿勢<sup>122</sup>が求められる。つまり新しい組織風土・

<sup>122</sup> デジタル化で先行するGEデジタル社などの例をみると、一つのPCをものづくり技術者とデジタル技術者が共有し、教え合いながら開発を進める「ペアプログラミング」(ペアワーク、ペアリングともいう：IPAアジャイル開発の進め方2018.4)という方法がみられる。「一台のパソコンにモニターとマウス、キーボードのセットを2組接続。二人で一つの画面を共有。一つのエディターや統合開発環境を使ってプログラムを記述していく。ソフトウェア開発者同士、ソフトウェア開発者と産業機器のエンジニア、ソフトウェア開発者とデザイナー、データサイエンティストと産業機器エンジニアなどの

文化の醸成<sup>123</sup>が必要になる（DXが必要となる）。チーム発足の当初は、異なる専門性を有するメンバーの混在状態にある。やがてメンバー間の異分野スキルの相互学習により、個々のメンバーがチームの一員として成長していく。お互いにスキルを高め合い、徐々にT型人材といえるメンバーに成長していく。

その一方、チームであるからにはリーダーを必要とする。リーダーは<sup>124</sup>、チーム内の異種の人材を束ねて意思疎通を図り、ミッションを達成できるようにチームを機能させる必要がある。従ってリーダーには幅広い能力が求められる。例えば、ものづくりとデジタル両技術の「咀嚼・解釈・翻訳」ができる。両分野に支えられて初めて可能になる新しい取組（ビジネスやプロセス等に関する新しいアイデアの実践）に挑戦できる。T型チームのリーダーは、異分野間・異専門間のトランスレーター、或いは、多様な人材を自らつなげるハブ型人材、時にはイノベーション人材であることが求められる。本専門部会の議論ではチームリーダーの役割が特別重要だとする意見<sup>125</sup>が相次いだ。

そのためには、チームリーダーはつぎのような資質と「脱皮」が必要になる。従来型の全体統制型のコントロール重視型の管理体制のままでは、様々な資質を有するチームのリーダーを務めるのは難しい。新しい管理の在り方<sup>126</sup>を自ら身につけていく必要がある。それは、メンバー間の教え合いやチーム一丸となったミッション達成志向に対して、様々な形でメンバー個々のスキルが最大限発揮されるようにすることである。そのため

---

ペアが開発。産業機器のエンジニアの知見を取り入れやすくするための手法。（出所「GE」中田敦著、日経 BP 社から NSRI 抄録）

- <sup>123</sup> 世界でもいち早くデザイン思考やアジャイル開発を取り入れた SAP 社も、スクラム（アジャイル・ワーキング法）により、開発チームを物理的に近接した職場（コロケーション）に設置。機能横断型小チームでは革新的チームワークとチーム編成でより短時間でより素早く成果を出せる組織に改編。既存組織文化との衝突を乗り越え、高度技術的専門性と訓練を進めるために「ペアプログラミング」という二人一組で知識共有を推進する仕組みを導入した。（出所：acatech “DISCUSSION” The Future of Work in the Digital Transformation” J.C.Jacobs,H.Kagermann,D.Spath(Eds) p 16 から NSRI 作成）  
[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech\\_diskutiert/acatech\\_DISKUSSION\\_HR-Kreis\\_engl\\_01.pdf#search=%27acatech+DISCUSSION%E2%80%9DThe+Future+of+Work+in+the+Digital%27](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech_diskutiert/acatech_DISKUSSION_HR-Kreis_engl_01.pdf#search=%27acatech+DISCUSSION%E2%80%9DThe+Future+of+Work+in+the+Digital%27)
- <sup>124</sup> 本項のリーダーに関する所論は基本的に IPA「アジャイル開発の進め方」2018.4 を基に NSRI 作成
- <sup>125</sup> 本専門部会委員を対象としたアンケート調査や部会の議論において、特に異種のメンバーをつなぐ役割やデジタル技術の専門家ではないにしても概ね理解して橋渡しができるメンバーの存在が成功の鍵という指摘がみられた。
- <sup>126</sup> GE 社では新しい管理の在り方を求めて「新しい人事制度の導入：Performance Development:PD」に踏み切った。本制度は、FastWorks（リーンスタートアップの GE 流呼称）を実践するための人事制度。目的を人事評価から従業員の能力開発へとシフト。年に一度の人事評価そのものを廃止。人事部自らが実践「人事制度の顧客はだれか？」「顧客が人事制度にどのような『痛み』を感じているか」を探ること（デザイン思考の実践）からスタートした。（出所「GE」中田敦著、日経 BP 社から NSRI 抄録）また、IPA「アジャイル開発の進め方」2018.4 では「アジャイル開発のリーダー」の役割として「チーム全体が自律的に協働できるよう場づくりする（ファシリテーターの）役割。全体のマネジメントを行い、チームを支援する役割（コントロール型管理ではない）。開発チームを外部の割り込みから守り、チームの障害を取り除くために外部と交渉する役割」を挙げている。

の配慮と支援は惜しまず、障碍は排除していくというスタンス(姿勢)をキープする必要<sup>127</sup>がある。

#### 4-1-3-2. Π型組織と CDO 等経営層の役割

Π型組織とは、Π型チーム(職場)が人材ピラミッド各所に点在し、デジタル化の進展により、個々の職場の壁がなくなり、会社全体がシームレスにつながる<sup>128</sup>ことによってΠ型能力を有することになったあるべき姿としての組織<sup>129</sup>をいう。

Π型チーム(職場)は一朝一夕に出現するわけではない。そこにはある程度の時間が必要である。先行事例をみてもチームができた当初は、既存の組織から異端視され、排斥されるといった文化的組織的な軋轢が生じるという<sup>130</sup>。組織横断型組織の宿命ともいえる。

プロジェクトごとにチームができ、プロジェクトが終われば解散する。もちろん、継続的な業務の場合、終わらないというプロジェクトもありえる。プロジェクトを中心にみていくと、従来型の縦割り組織では対応が難しい。それゆえ関係するプロジェクト間では、各チームがそれぞれ自律しながらミッションに応じて他チームとも協働していく必要が出てくる。職場間の壁がなくなり、組織全体が有機的にシームレスにつながる。つまり、Π型では特定の個人の能力に頼るのではなく、チーム全体としての能力構築を追求することが今まで以上に重要になる。

以上から、Π型人材からΠ型チームへ、さらにΠ型組織へという拡張パターンは、多分に組織横断型のチームを念頭に置いた考え方である。

このような複雑なプロジェクトを束ねてデジタル化を進めていくには、デジタル化全体の統括責任者が必要になる。CDO(Chief Digital Officer)は、Π型のチーム全体が自律的に協働できるような環境や場づくりが重要な役割になる。いわばファシリテーターの役割<sup>131</sup>ともいえる。

---

127 本項のリーダーに関する所論は基本的に IPA「アジャイル開発の進め方」2018.4 を基に NSRI 作成

128 本専門部会のアンケート調査結果を反映している。

129 本専門部会のアンケート調査結果を反映している。

130 フィンランドの Stora Enso 社の場合、企業変革のための選抜チームの活動は、社内の軋轢・衝撃・ノイズを生じさせたと報じられている。(出所：HBR How the World's Oldest Company Reinvented Itself January 30, 2018 <https://hbr.org/2018/01/how-the-worlds-oldest-company-reinvented-itself>) また、GE 社の場合、失敗の奨励など社員の発想の大転換や文化の大転換が求められた。(中田敦著「GE」日経 BP) 同様に SAP 社でもアジャイルの導入により既存組織文化との衝突があったと報告されている。(acatech DISCUSSION "DISCUSSION" The Future of Work in the Digital Transformation" J.C.Jacobs,H.Kagermann,D.Spath(Eds))

131 ファシリテートとは、会議やプロジェクトなどの集団活動がスムーズに進むように、また成果が上がるように支援すること。問題解決や企画創造のためにメンバー相互のコミュニケーションが重視され、異なる立場や価値観に立つ人々をうまくまとめる必要性を背景に、ビジネスの分野で注目されるようになった。(コトバンク「ナビゲート ビジネス基本用語集の解説」)。

CDO はデジタル時代に必要なリーダーのモデルとなる。デジタルの活用に長けているだけでなく、激しく変化する環境の中で変革を推進するリーダーとしての能力が欠かせない。不確実な環境で意思決定し、リスクを取れる。異なる領域を融合して価値をデザインする。ゼロベースで新しい顧客価値を見抜くといった能力のほか、メンバーの能力が最大限発揮できるような環境作りにも配慮していくことが求められる。

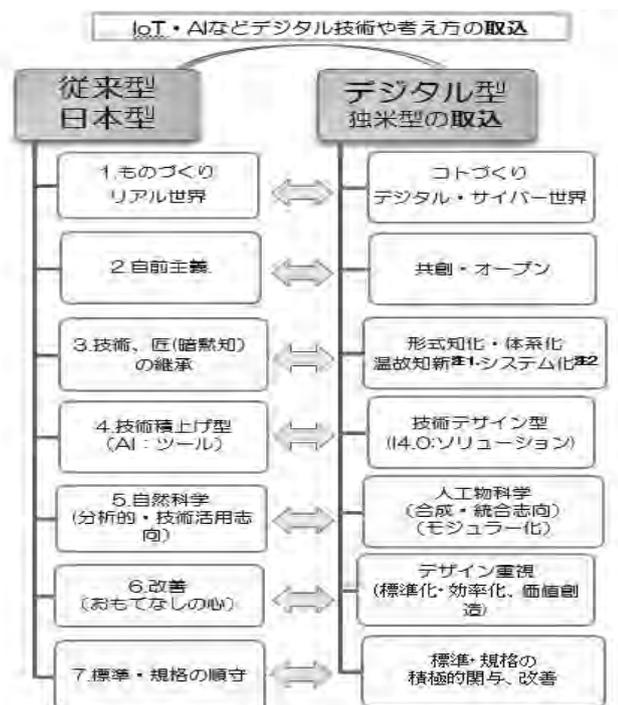
#### 4-1-4.Π型が目指すべき2つの方向

拡張Π型人材・チーム・組織は、Π型として「ものづくり」と「デジタル」の二つの技術や考え方を習熟していく人材・チーム・組織である。ここでは習熟していくときの目指すべき方向を考えてみる。

##### 4-1-4-1.拡張Π型が「取込む」デジタル型

現状を「従来型」或いは「日本型」と捉えた時、目指すべき「デジタル型」とは何か。デジタルで先行している「独米型」のどのような点を取り込めばよいのか。こうした観点からまとめたものが次図である。

図表 27 拡張Π型人材・チーム・組織が「取込む」デジタル型の特徴



注. 拡張Π型人材・チーム・組織が「取込む」べきデジタル型の特徴を表にしたもの。本表は従来型や日本型を否定するものではない。それゆえ両者間の矢印は双方向である。デジタル型の良い点はこれを取り込めばよいといった趣旨で表題は「取込」としている。

図中の注1..温故知新とは「技術の目的と限界を知り、新しい方法で実現する」こと。また、注2.システム化とはAR/MR/VRを活用した暗黙知の形式知化をさす。

<https://kotobank.jp/word/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%B7%E3%83%AA%E3%83%86%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3-178847> 及び、IPA「アジャイル開発の進め方」2018.4を基にNSRI作成。また、ファシリテーターについては3-1-2-3の脚注も参照

出所：本専門部会での議論と部会委員アンケート結果を踏まえ、NSRI 作成

この図では左側に「従来型・日本型」を、右側に「デジタル型・独米型」を配置した。両者の中間には双方向の矢印が置かれている。これはデジタル化に伴って左から右へと新しい取込のプロセスが必要である一方で、従来型・日本型が全否定されるものではなく、両者は並立・共存する関係にあることを示している。

例えば、左側の1つ目の「ものづくり・リアル世界」と右側の「コトづくり・デジタル・サイバー世界」とが対になる。この対はDT・CPSの取込や新しいビジネスがコトづくりを強調していることに対応する。しかし、ものづくりは依然とし重要な要素である。

また、2つ目の従来型の「自前主義」と「デジタル型の共創・オープン」の対は、競争領域と協調領域が併存して当然であることに対応する。

3つ目の「技術・匠の継承」と「形式知化・体系化」の対は、形式知化は従来の経験と勤の世界のデジタル化である。趨勢としてはデジタル化が不可避である。しかし、形式知化によってそれ以上の技術・技能の継承が不要になるわけではない。技術・技能は進化し続けることが重要である。それは人の役割であり、技術・技能は依然として重要<sup>132</sup>であり続ける。

4つ目の「技術積み上げ型」と「技術デザイン型」の対は、前者が個々の要素技術の一つずつ積み上げて全体像を形成するという発想であるのに対し、後者はデザインといういわば鳥瞰図ありきから始まり、技術はデザイン全体から捉える<sup>133</sup>。対照的な発想の対比である。前者はAIの利活用に敷衍する立場からみると、AIをツールとしてのみ捉える視点。後者はAIをデジタル化のソリューションに活用するといった視点に相当する。要素技術はもちろん大事であるが、それとともにソリューションの展開にまで一段の踏み込み<sup>134</sup>が求められる。

5つめは「自然科学」と「人工物科学」の対<sup>135</sup>である。従来の機械・電気といった業種分野では、自然科学の分析的志向や工学的技術の活用志向が主流である。これに対

<sup>132</sup> 「技術・匠の継承」と「形式知化・体系化」は2つとも今後とも重要である。しかし、これら2つを単純に旧習墨守するのではなく、「温故知新が必要」という指摘が、本専門部会委員アンケート調査結果にみられた。今ある技術の目的と限界を知り、盲目的な継承ではなく新しい方法で実現することが重要との指摘である。(本専門部会アンケート調査結果から)

<sup>133</sup> オーバースペックの削減などの取組も関連するテーマである。(本専門部会アンケート調査結果から)

<sup>134</sup> 日本のやり方に如何にデザイン型を取込むかが重要との指摘がみられた。(本専門部会アンケート調査結果から)

<sup>135</sup> 「20世紀に生まれた新たな科学は、自然を研究する科学ではなく、人工的なシステムを研究する科学」(ものづくり敗戦、木村英紀著、日本経済新聞出版社)。同書からヒントを得てこの2つを対にした。人工的なシステムを研究する科学を人工物科学とした。同書では日本のものづくりの弱点を「理論、システム、ソフトウェア」、及び、その基盤となる「数学の弱さ」を挙げている。また、PTU 技能科学研究

し新しいデジタル型では、ソフトウェアやプログラミングといった人工物が対象となる。人工物はそもそも合成・統合志向的<sup>136</sup>であり、モジュラー化志向<sup>137</sup>を含んでいる。システムのシステムやモジュラー化は人工物の必然の方向ともいえる。

6つ目の「改善」と「デザイン重視」の対は、日本の改善志向と独米のデザイン重視志向の対に相当する。

7つ目の「標準・規格の遵守」と「標準・規格の積極的関与・変革・改善」の対は、既にある技術標準・規格を遵守するだけの姿勢から、積極的な改善・改革のための働きかけが必要とする見方からきている。

以上のように図の右側の各項目が、拡張Π型の人材・チーム・組織が取込むべき「デジタル型の特徴」である。

ところで「日本型」の日本らしさとは何か。それは「改善やおもてなしの心」だとする見方がある。これに対し、これから積極的に取込むべき「独米型」は、「標準化・効率化・省工数化に長けている」といった見方が一般的<sup>138</sup>である。デジタル化やDXを進めていくには、日本らしいやり方をベースとして、如何に独米型の要素を取り込めるかがポイントになる。拡張Π型を目指す中で、従来から親しんできた「ものづくり」とIoTやAIといった「デジタル」の2つの専門性を磨きながら、デジタル型の各要素に踏み込んだ人材・チーム・組織づくりが求められる。

#### 4-1-4-2. 拡張Π型が「取組む」これからの日本らしさ

では、これまでの日本らしさは、デジタル化・DXに伴ってどう変容していくのか。これからの「+αの日本らしさ」は何か。こうした問題意識に関して、本専門部会の委員アンケート調査結果や部会での議論を踏まえてまとめたものが次図である。

この図中の左側は「従来の日本らしさ」といわれている要素を、右側に「これからの+αの日本らしさ」の要素が配されている。「+α」は主にデジタル化関連である。システムを高度に利用することが含意されている。「+α」に取り組むことが、従来の日本らしさ」の特性をさらに深化・進化させることにもつながる。

拡張Π型人材・チーム・組織が「取組む」日本らしさを新旧で比較してみる。図の1つ目の従来の日本らしさが、「匠、経験・勘、現場力の重視」であるのに対し、これからは「経験と勘のデジタル化、新しいデジタル化現場力の創造」が求められる。AIによる

---

研究会編 「技能科学入門 ものづくりの技能を科学する」 2018.2.26(株) 日科技連出版社においても「人工物の科学」という用語が使われている。「AI も人工物の科学の所産である」とある。

<sup>136</sup> PTU 技能科学研究会編 「技能科学入門 ものづくりの技能を科学する」 2018.2.26(株) 日科技連出版社による

<sup>137</sup> 同上

<sup>138</sup> 本専門部会の議論やアンケート調査結果を観ても肯定する意見が複数みられる。

判断支援、技能習得の簡単化、短時間化など、デジタルシステムの高度利用により、省人化と担当現場や判断対象範囲の拡大が図られる。

2つ目は、従来の「伝承の重視」に対して、これからは「進化を継続できる『自動化』の推進と言語による明確な表現」が重視される。これからは伝承すべき内容の正確な理解や新しい実現方法の考察を重視することと、経験と勘の世界に対する“要件定義”など、言語記述力を強化する取組が求められる。

図表 28 拡張II型人材・チーム・組織が「取組む」これからの日本らしさ



注. 拡張II型人材・チーム・組織が取組むべきこれからの日本らしさを表にしたもの。  
従来の特性の進化、深化の方向を示しているが、従来の日本らしさを否定するのではない。  
新たな日本らしさに取組むことを強調している。それゆえ標題は「取組」となっている。  
図中の右側囲み内の注は上から順次、1.「注. AIによる判断支援、技能習得の容易化・省人化、担当現場や判断対象範囲の拡大・システムの高度利用」、2.「注. 伝承の中身の理解と新しい実現方法の考察、要件定義」など言語記述力の強化、4.「注. デジタルトリプレット＝実世界＋情報世界＋知識・モデル世界」、5.「注. デジタル表現や特徴表現による理解支援の必要」、7.「注. ドライブには気合と精神力、冷静な撤退判断、挑戦を許す環境風土」

出所：本専門部会での議論と部会委員アンケート結果を踏まえ、NSRI 作成

3つ目は、従来の「摺合せ型と改善活動」に対し、これからは「モジュラー型との融合、標準化・効率化・省工数化」の重視が挙げられる。

4 つ目は、従来の「感覚の世界と配慮、おもてなしの心」<sup>139</sup>に対し、これからは「デジタルトリプレット<sup>140</sup>」であるとされる。つまり現実と デジタル化(DT の活用など) に対して、人の知見を入れながら発展させることが期待される。

5 つ目は、従来の「阿吽の呼吸」に対し、これからは「II型チーム・組織への転換」による異分野間の意思疎通やグローバルなつながり構築に伴う異文化コミュニケーションの比重が強まる。特にデジタル表現<sup>141</sup>やデジタルに特徴的な表現<sup>142</sup>に関する理解が重要になる。

6 つ目は、従来の「ものづくりの重視」に対し、これからは「モノベースの新しいサービス」が重視される。日本はこれまで圧倒的な品質と高信頼性が売り<sup>143</sup>であった。これからはAIなどのデジタルツールを駆使したソリューションを活用したサービス展開も合わせて重視していく必要がある。

7 つ目は、従来の「仕事の生きがい・達成感・充実感を重視する」考え方にに対し、これからは「能力・スキルを適正に評価できる仕組みや働き甲斐のある仕事<sup>144</sup>」を追求する考え方に配慮<sup>145</sup>していくことになる。

以上の1~7のそれぞれが、デジタル化・DXを進めていくうえで、拡張II型人材・チーム・組織が取り組む<sup>146</sup>べき「+αの日本らしさ」の特徴である。なお、3-2-1-5で

---

139 工業的なセンシングでは捉えきれない感覚の世界と配慮を「もの」に反映できている。これが「匠」の世界につながる。(本専門部会委員アンケート調査結果より)

140 デジタルトリプレットとは、実世界+情報世界+知識・モデル世界の3つを指す言葉(「Society5.0の実現に向けた戦略的重要課題について」平成29年11月経済産業省)

141 デジタル表現: WEF"Europe, Asia Lead the Way to the Factories of the Future"2018.9.7 <https://www.weforum.org/press/2018/09/europe-asia-lead-the-way-to-the-factories-of-the-future/> の中に、「プロセス駆動型デジタルツイン」として「工場ではIoTにより機械装置のデジタル表現を作成。機械稼働に対する高度な洞察が可能となり、運用コスト削減と機械のダウンタイム削減を実現。」(Johnson & Johnson DePuy Synthes) という記述がみられる。

142 デジタルに特徴的とは、システムやソフトウェア、IoT、AI などに関する専門用語のイメージのこと。なお、AIの一種であるDL(ディープラーニング)では、AIが抽出した対象データの特徴を特徴量と呼ぶ。これは主成分分析(多変量解析の一種)における主成分に相当する。(本専門部会での平成30年2月27日の"中部大学 工学部 ロボット理工学科 教授 藤吉 弘亘 氏"による講演 "Amazon Robotics Challenge への挑戦" -深層学習によるロボットの知能化と課題- )

143 本専門部会委員アンケート調査結果より

144 「働き甲斐のある仕事」のことをドイツでは Gute Arbeit (decent work と英訳) という。(White Paper Work 4.0, BMAS(連邦労働社会省)2017.3 <https://www.bmas.de/EN/Services/Publications/a883-white-paper.html>)

145 本専門部会の議論や委員アンケート調査結果によると、従来型の「気合と精神力(根性)」については、ドライブ(業績推進)には必要な場面もあるが、冷静な撤退判断の必要性や挑戦を許す環境風土が重要であるとの考えから、「これからの日本らしさ」という観点からみると違和感があるとの意見がみられた。このため当該図には掲載していない。

146 「取込み」と「取組み」について。ここでは「デジタル型」については「取込む」と表記し、「これからの+αの日本らしさ」については「取組み」と区別している。(「II型の習熟を目指す拡張II型が取込むべきデジタル型」、「II型の習熟を目指す拡張II型が取組みべきこれからの日本らしさ」)

ふれたとおり、個々に強みを持つ裾野産業がネットワーク化されると、そのネットワーク自体が日本の新しい強みになる可能性を秘めている。

## 4-2.縦型組織構造から見た拡張Π型と人材ピラミッド

4-1.では、拡張Π型について組織横断的なチームの立場から捉え、Π型人材・Π型チーム・Π型組織へとその概念を拡張した。また、それぞれのΠ型が目指すべき方向として「Π型が取込むべきデジタル型」と「Π型が取組むべきこれからの+αとしての日本らしさ」について検討した。

ここでは視点を変えて、縦型組織構造というヒエラルキーの視点から見た拡張Π型のイメージを検討していく。組織形態をイメージするために昨年度の報告書で取り上げた人材ピラミッドを再度取り上げる。拡張Π型の視点から人材ピラミッドの各層別の役割等に焦点を当てる。また、デジタル化の司令塔としてのCDOの役割についても改めて<sup>147</sup>検討する。CDOが人材ピラミッドの最上段の経営層に属すること、および、デジタル化の司令塔としての役割が大きいためである。

以下、まず、人材ピラミッドの各層別にデジタル技術活用のイメージを検討する。昨年度は3層で検討したが、今年度は新たにスタッフ層を加え、4層で検討を行う。経営層、マネージャー層、スタッフ層、作業層の4つである。次に、デジタル化の司令塔としてのCDOの役割を検討する。

### 4-2-1.人材ピラミッドとデジタル技術活用の層別イメージ

ここでは“Π型の拡張”に関して、縦型組織構造から見た検討を行う。前節では個々のΠ型人材からΠ型チームへ、さらにΠ型組織へという展開を検討した。Π型では個人の能力に頼るのではなく、チームとしての能力構築を追求する必要があることが明らかになった。本節では、人口ピラミッドの縦方向のヒエラルキーを前提にしたときに、デジタル技術をどう活用していくか。DXをどう進めるかを問題とする。そのうえで人材ピラミッドの層別活用のイメージを検討する。イメージを図示化したものが次図<sup>148</sup>である。

図表 29 人材ピラミッドの層別のデジタル技術活用のイメージ

<sup>147</sup> CDOについては既に4-1-3-2.で取り上げている。本項では、前項のプロジェクト志向の観点からではなく、組織形態の観点から取り上げる。本質的には同じことであるが、光の当て方は少し異なる。

<sup>148</sup> 本専門部会での議論と部会委員アンケート調査結果を踏まえてNSRI作成。



出所：本専門部会での議論と部会委員アンケート調査結果を踏まえて NSRI 作成

なお、本図には各層に「TAKUMI4.0」とある。「TAKUMI4.0」の詳細は後述するが、本専門部会委員アンケート調査結果には「TAKUMI4.0」が各層各所に散在するという意見がみられたことに対応した図示である。

#### 4-2-1-1.の経営層のデジタル技術活用

人材ピラミッドの経営層はDXの主導者であるべきである<sup>149</sup>。こうした考え方からCDOという職種が生まれた。(CDOの職務の詳細については後述)経営層には、DXの受容・活用方針採択やDXに対応した組織づくりという重要な役割がある。このほかに求められる役割・課題・能力として、以下の諸点<sup>150</sup>がある。

- ITやAIなどの最先端デジタル科学技術(以下、AIで代表)の鳥瞰力・理解力、活用意欲、対象課題の明確化。
- AI受容と投資・採用判断～人的投資(AI講習・研修の業務優先化)、AI人材の外注・採用・処遇の判断。
- 改革推進組織の社内立ち上げと位置づけの明確化。(既存の収益事業の継続を担当するRTBと社内変革を主導するCTB<sup>151</sup>の両者の峻別設置と人事管理など社内2制度併用の周知徹底)
- デジタル人材の確保・育成・活用方針の明確化。

<sup>149</sup> 4-2-1-1 から 4-2-1-4 までの論考については、主に本専門部会における議論と部会委員アンケート調査結果を基に NSRI にて作成したもの。

<sup>150</sup> デジタル化に関する諸資料や本専門部会での議論と部会委員アンケート調査結果を踏まえて NSRI 作成

<sup>151</sup> RTB:Run the Bank/Business、CTB:Change the Bank/Business (出所：自動車技術 2017Vol.71 5月号 p12～p17「IoTとデジタルトランスフォーメーション」森川博之東京大学先端科学技術研究センター教授(情報ネットワーク分野))

#### 4-2-1-2. マネージャー層のデジタル技術活用

人材ピラミッドのマネージャー層はDXのための前提条件を整備することが求められる。そしてデジタル化の企画立案、標準化、課題の明確化が必要である。マネージャー層に求められる役割・課題・能力には、以下の諸点がある。

- ▶ AI（デジタル化の代表として）導入の前提条件整備（業務や用語の標準化など<sup>152</sup>）と企画立案。
- ▶ 開発設計プロセスの体系化、生産プロセスの体系化（例、TPS, リーン生産）の徹底・推進。課題の明確化。
- ▶ AIの導入（選択・採択）と事業改革・課題解決組織（CTB）の企画立案。但し、以上は経営層のAI受容と投資・採用判断があることが前提となる。
- ▶ AI導入後の運用面の企画立案、改善の全体管理。人とAIの役割明確化や導入後の投資判断基準の設定などが必要になる。
- ▶ AIの出力に対する判断基準（判断のためのシナリオ）の立案、AI活用人材の育成計画等の人材育成案の作成。

#### 4-2-1-3. スタッフ層のデジタル技術活用

人材ピラミッドのスタッフ層には技術者層が含まれる。DXの実際のリーダーとしてDXの導入と運用管理を担当する。スタッフ層に求められる役割・課題・能力には、以下の諸点がある。

- ▶ AI導入と運用の全体管理。
- ▶ 生産拠点の統合運用管理。品質管理、保守保全、検査、PLM、データ管理、データ解析・活用も含まれる。
- ▶ AI導入チームのリーダーとして認識エンジンの管理、業務シフトの計画、新作業のトレーニング管理を担当。
- ▶ AIへの教育を担当し、AIの頭脳づくり、AIの活用、連携の管理、データ解析（外部と、或いは内部で）などを行う。
- ▶ 開発設計プロセス、生産プロセスのデジタルツール活用管理体制構築とその改善。

#### 4-2-1-4. 作業層のデジタル技術活用

人材ピラミッドの作業層はオペレーター層、ワーカー層ともいう。技能者層、事務職を含む。DXの現場における管理を担当する。AI導入後の改善活動やAIの教師データ

---

<sup>152</sup> AIやIoTを進めるにはデータの準備や前処理が重要だという指摘がある。（日立産業制御ソリューションズ、AI&ビッグデータソリューションセンタ「AI,IoTを成功に導くデータ前処理の極意」日経BPマーケティング 2018.9.17）。また、本専門部会の議論でも製造業のデータにはノイズが含まれておりデータの分析にはその見極めが必要との指摘がみられた。

等の入力作業などがある。作業層に求められる役割・課題・能力には、以下の諸点がある。

- ▶ デジタル生産システムの管理。（設備保全、修理等）
- ▶ デジタル情報を駆使した改善活動。
- ▶ 特に効果的なデータの選択とデータ収集の効率化。
- ▶ デジタルツール自体の改善。
- ▶ AIの教師データ入力作業。

#### 4-2-2. デジタル化の司令塔、CDO

人材ピラミッドの頂点に位置する経営層の中で、CDOの使命は、DXを主導することと組織のデジタルケイパビリティ<sup>153</sup>を高めること<sup>154</sup>にある。

CDOの役割<sup>155</sup>は、次の3つ。次図も参照。

第1に、既存の事業部門が行うビジネス（RTB<sup>156</sup>）のDXを推進・支援すること。その多くは既存のビジネスとの連続性の延長上で価値創造に対応。

第2に、既存事業部門が行っていないビジネス（CTB<sup>157</sup>）を創造する、つまり非連続的価値創造（既存のビジネスとは一線を画す事業）を主導すること。実務はCDO配下のチームが担う。

第3に、全社を対象にした、DXに対応した仕組みやデジタルケイパビリティを持つ組織への変革を主導すること。

---

<sup>153</sup> ケイパビリティ：組織的能力や強みのこと。デジタルを活用して価値を生むには新しい組織能力が必要だという文脈でケイパビリティという用語が使用されている。（出所：一橋大学神岡太郎教授による日本経済新聞の優しい経済学「デジタル化と顧客価値創造(7)企業の根幹から変革必要」平成30年12月14日）

<sup>154</sup> CDOの使命や役割などに関する論考は、主として「やさしい経済学 日本経済新聞 H30.12.10~12.18 デジタル化と顧客価値創造(8) CDOの設置広がる」一橋大学 神岡太郎教授の記事を基にNSRI作成。

<sup>155</sup> 同上参照

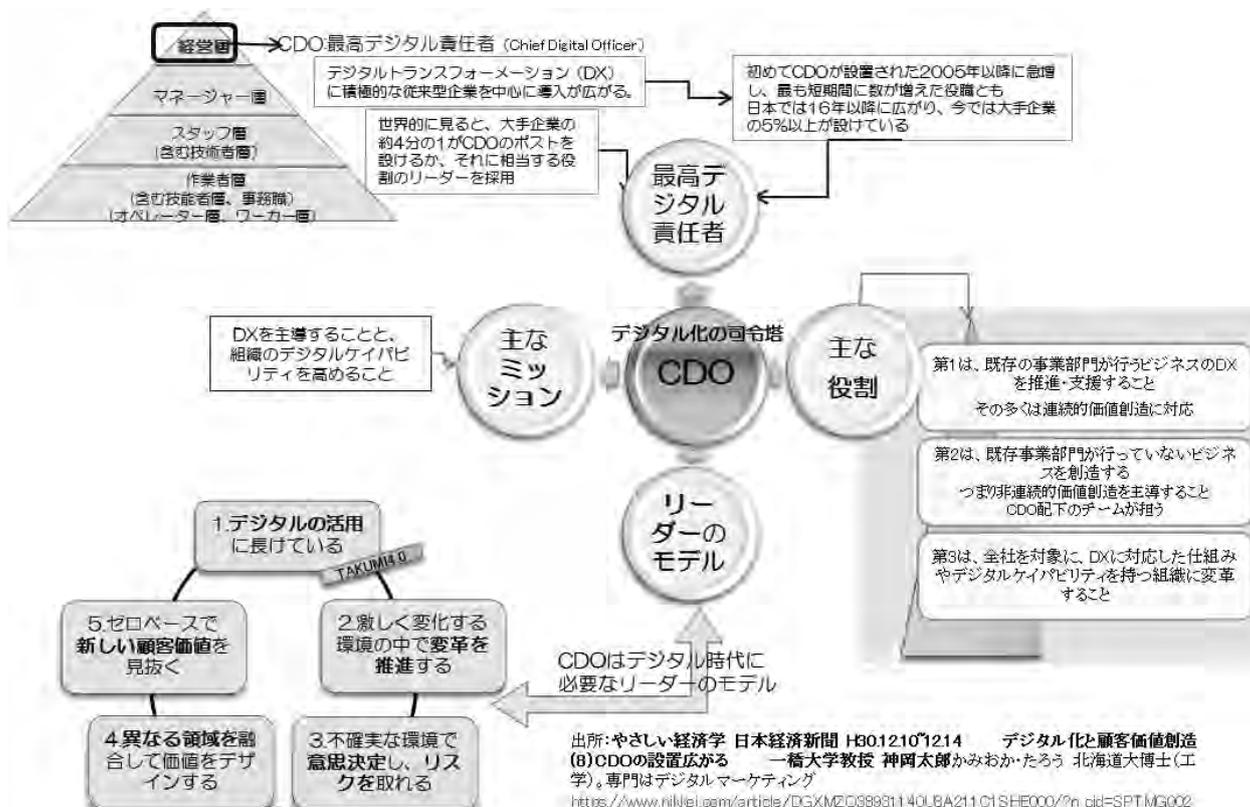
<sup>156</sup> RTBはビジネスを維持・拡大する活動で、「Run the Business」または「Run the Bank」を、CTBはビジネスを変革する活動で「Change the Business」または「Change the Bank」をそれぞれ指す。IoTへの取り組みを成功させるには「事業体制」「競争相手」「人材」の3つがカギ。「事業体制」について「社内のビジネスユニットを大きく2つに分けてIoTに取り組む」とよいとされる。具体的には、金融業界でよく使われる「RTB」と「CTB」に分けてそれぞれ組織や予算を作成し、異なる基準で評価すべき。（出所：日経BizGate「IoTへの取り組みを成功に導く3つのカギ」東京大学大学院工学系研究科 教授 森川博之氏 2017/05/08 <http://bizgate.nikkei.co.jp/article/133823714.html> 同じく「自動車技術 2017Vol.71 5月号 p12~p17「IoTとデジタルトランスフォーメーション」森川博之東京大学先端科学技術研究センター教授（情報ネットワーク分野）」にも同様の所論有。

<sup>157</sup> 同上

CDO はデジタル時代に必要なリーダーのモデルとされる。デジタルの活用に長けているだけでなく、激しく変化する環境の中で変革を推進するリーダーとしての能力が欠かせない。主な役割と能力は以下のとおり。

- 不確実な環境下で意思決定し、リスクを取れること
- 異なる領域を融合して価値をデザインする能力があること
- ゼロベースで新しい顧客価値を見抜く能力も必要。

図表 30 デジタル化の司令塔としての CDO の役割、能力と位置づけ



出所: やさしい経済学 日本経済新聞 H30.12.10~12.14 デジタル化と顧客価値創造 (8) CDO の設置広がる〜一橋大学 神岡太郎教授の記事から NSRI 作成  
[https://www.nikkei.com/article/DGXMZ038931140U8A211C1SHE000/?n\\_cid=SPTMG002](https://www.nikkei.com/article/DGXMZ038931140U8A211C1SHE000/?n_cid=SPTMG002)

なお、CDO については、デジタルトランスフォーメーション (DX) に積極的な従来型企業を中心に導入が広がる。初めて CDO が設置された 2005 年以降に急増し、最も短期間に数が増えた役職ともいわれる。日本では 16 年以降に広がり、今では大手企業の 5% 以上が設けている。世界的に見ると、大手企業の約 4 分の 1 が CDO のポストを設けるか、それに相当する役割のリーダーを採用している<sup>158</sup>という。

158 同上参照

### 4-3. 目指すべき最終形、TAKUMI4.0

ここでは、Ⅱ型が目指すべき究極の姿としての TAKUMI4.0 について改めて検討する。TAKUMI4.0 については既に日本機械工業連合会の先行調査研究<sup>159</sup>において提案されている。今回は、TAKUMI4.0 について、本年度検討してきた「Ⅱ型の拡張」（組織横断型チームの視点によるⅡ型人材・Ⅱ型チーム・Ⅱ型組織への拡張）の観点や、人材ピラミッドの観点（Ⅱ型の拡張を縦型組織の観点から捉える）、並びに、匠や匠の技の原義も踏まえつつ改めて考えてみる。

以下では、日本語の「匠」、或いは「匠の技」とはそもそも何か。匠や匠の技にデジタル化の流れを適用することの含意は何か。暗黙知を形式知化するには、匠や匠の技をどう取り扱えばよいか。といった検討を行う。

#### 4-3-1. 匠と匠の技、匠の科学

##### 4-3-1-1 匠とは

「匠」とは「ある分野の技術・技能を名人芸にまで昇華させ、余人の追隨が及ばないレベルにまで磨き上げた人。多くの経験（能動、受動）と研ぎ澄まされた五感により、玄妙な技や判断技能を有するに至った人」と<sup>160</sup>される。つまり、ものづくりの要諦を身に着けた人、或いは、判断する技能が優れた人、その技術の内容を理解し身に付けた人が、五感を生かすことによって高い競争力が生まれるという考え方<sup>161</sup>に支えられている。

匠が生まれる文化的背景<sup>162</sup>として「日本的なものづくりの文化とは、モノをつくるという『コト』を、単なる役務ではなく、創意工夫の場として、或いは、自己研鑽の場として位置付けている部分がある。個人の能力を引出し、成長の場を提供する」がある。こうした文化的風土の中で能力を発揮し、成長し続けている人が匠であるといえる。

---

<sup>159</sup> 平成 27 年度 世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究～ICT の徹底活用と新しい現場力 “TAKUMI4.0 を目指して” ～平成 28 年 3 月 日本機械工業連合会  
<http://www.jmf.or.jp/houkokusho/1278/3.html>

<sup>160</sup> PTU 技能科学研究会編 「技能科学入門 ものづくりの技能を科学する」 2018.2.26(株) 日科技連出版社を参考に NSRI 作成

<sup>161</sup> 本専門部会委員アンケート調査結果から抜粋

<sup>162</sup> 日経新聞「経済教室」西岡靖之法政大学教授 H27.7.10

図表 31 「匠」と「匠」の科学



出所：PTU 技能科学研究会編 「技能科学入門 ものづくりの技能を科学する」 2018.2.26(株) 日科技連出版社を参考に NSRI 作成

#### 4-3-1-2. 高度な技能としての匠の技

匠と匠の技の関係をみると<sup>163</sup>「~ものづくりの分野では職人の技は『匠の技』として重視される。この技は、個人の精進と修練によって暗黙知として鍛え上げられたもの。このように簡単には伝承できない技を磨き上げてきた人を「匠」と称する」という。ここで道とはプロセス・過程のこと。いつでも未完成という過程自体に意味や美しさが潜む。武士道や芸道の「道」に通じる。

次に「匠の技」の構成を要素別に概観したものが次図である。

<sup>163</sup> PTU 技能科学研究会編 「技能科学入門 ものづくりの技能を科学する」 2018.2.26(株) 日科技連出版社を参考に NSRI 作成

・「知識・経験・勘（頭脳）」	
知識	各種の手法とそれらに関連する豊富な知識
経験	多くの成功/失敗体験により獲得した判断力
勘	
・「五感（感覚）」	
感覚	研ぎ澄まされた視覚・嗅覚・味覚・聴覚・触覚
神経	感覚を正確に情報を脳に伝える能力
・「組み合わせ（頭脳）」	
解析	感覚情報を理解する能力
構造化	事象（の因果関係）を把握・整理・解析する能力
判断	適切な動作を選択する能力
・「特殊な動作（身体）」	
動作	位置・量・力・時間など、アナログ量を適切に制御する能力

出所：2016.09.21 日本機械工業連合会「ものづくりパラダイムシフト専門部会」ものづくりパラダイムシフト専門部会 島津製作所小林委員配布資料 「TAKUMI 4.0についての考察」

この図<sup>164</sup>によれば、「『匠の技』とは熟練した作業者が行う高度な作業のこと(工業分野限定)である。それゆえに、知識・経験・勘(頭脳の利用)と五感(感覚の利用)を適切に組合せる(頭脳の利用)ことにより、容易にまねできない特殊な動作(身体の利用)を行う能力のことを指す。

ものづくりのあらゆる現場(製造、生産技術、生産管理、工程設計、品質管理等々)にも「匠」が存在する。日本の製造業の強みは匠や現場力にある、とする考え方は広く<sup>165</sup>見られる。こうした背景から、デジタル化が進む時代にあってもなお現在の匠の修練を継続して、次代の匠や未熟練ものづくり人材の育成が必要だという意見が生まれる。

#### 4-3-1-3、人工物の科学とデジタル化(暗黙知の形式知化)

デジタル化やDXが進むというトレンドの中で、匠の技の位置づけはどうなるのか。トレンドは既に見たとおり、これからは外部とつながり、UXによる違いの分かる層の創出が求められる。「違い」のプロパガンダが重要になる。発信力強化による高い付加価値の実現を追求する必要がある。ところが「匠」は、閉ざされた世界の中での話であり、発信力は弱い。このまま維持できるのかという見方<sup>166</sup>も出てくる。

では、第四次産業革命、IoTといった新時代に、匠の技に代表される技能(職人道)を再び輝かせ、生産性を高める方策はあるのか。それには「暗黙知に支えられてきた「匠

<sup>164</sup> 2016.09.21 ものづくりパラダイムシフト専門部会 島津製作所小林委員配布資料 「TAKUMI 4.0についての考察」

<sup>165</sup> 平成27年度、ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会でのアンケート調査の回答に多く見られた。

<sup>166</sup> 本専門部会委員対象アンケート調査結果から

の技」を「見える化」することが（次代につながるために）必要不可欠」という方向<sup>167</sup>に答えがある。

暗黙知を見える化(形式知化)するとは、デジタル化技術の活用が適している。そこでこの暗黙知たる「匠の技」とデジタル化手法を対比させたのが次表である。

図表 32 「匠の技」とデジタル化の対応表

匠の技の構成要素と内容		同左の形式知化(デジタル)手法
1. 各種手法と関連する豊富な知識	知識	データ処理技術、クラウド等
2. 成功失敗体験から獲得した判断力	経験	解析(シミュレーション)技術
3. 未経験事象に対する判断力	カン	判断技術(AI, DL, 機械学習)
4. 研ぎ澄まされた視・臭・味・聴・触覚	感覚	検出・計測技術(センサー類)
5. 知覚情報を正確に脳に伝達する能力	神経	通信技術(4G⇒5G)
6. 感覚情報を理解する能力	解析	分析・解析・画像処理技術
7. 事象の因果関係を把握・整理・解析能力	構造化	構造化・モデリング技術
8. 適切な動作を選択する能力	判断	判断技術(AI, DL, 機械学習)
9. アナログ量を適切に制御する身体能力	動作	アクチュエーター、ロボティクス

出所：2016.09.21 日本機械工業連合会「ものづくりパラダイムシフト専門部会」 島津製作所小林委員配布資料 「TAKUMI 4.0 についての考察」から NSRI 作成

匠の技は、頭脳を利用した「知識」「経験」「カン」。五感を活用した「感覚」「神経」。頭脳を利用して組合せを考える「解析」「構造化」「判断」。身体を利用して特殊な「動作」を行うという一連の構成をいう。デジタル化にはこうした構成の1つ1つに対応した手法が選択される。

なお、前専門部会での議論<sup>168</sup>で特徴的な点は次の2つ。1つは「匠の技は時代によって変化するもので、新旧入れ替えながら新しい匠の技を生み出すのが良い」、もう1つは、「日本の高度な技能『匠の技』は、シミュレーション技術の利用により、さらに進化する面がある」の2つである。前者は「新しい匠の技」という考え方を、後者はデジタル化技術の活用により「匠の技自体が進化」という見方である。いずれも今年度の検討につながりがあり、現在の専門部会委員の考え方<sup>169</sup>にも相通じる面がある。

#### 4-3-2. TAKUMI 4.0 とは

TAKUMI 4.0 とは何か。4.0 とは第4次産業革命の4.0 と符合する。ここでは産業革命の変遷と対比して TAKUMI 1.0 から TAKUMI 4.0 に至る道筋を辿る。

<sup>167</sup> 同上

<sup>168</sup> 平成27年度、ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会報告書「4)終わりに(1) TAKUMI4.0 提案の趣旨 1.TAKUMI4.0 提案の背景、問題意識 デジタル化ネットワーク化を目指す中で発揮すべき日本の独自性」の項参照

<sup>169</sup> 本専門部会委員アンケートの中に類似の指摘がみられる。

#### 4-3-2-1.TAKUMI 1.0 から TAKUMI 3.0 まで

次表は TAKUMI 1.0 から TAKUMI 4.0 に至る道筋をまとめたものである。表頭には対応する産業革命と TAKUMI の概要、表側は TAKUMI の各段階である。

TAKUMI 1.0 は、機械化・工業化の端緒となり、軽工業主体の第 1 次産業革命<sup>170</sup>に対応する。日本では、明治維新による開国の前後から「欧米生産技術導入・代替期」がスタートする。開国前後の高度な職人技、分業、世襲制をベースに、欧米の産業革命の成果を導入し輸入代替を進める。殖産興業政策としても知られる。

TAKUMI 2.0 は、第 2 次産業革命に対応する。大量生産、電動機、内燃機関が普及し、化学工業が興る。電力と石油の時代。日本では終戦までの導入技術の消化・定着期に相当する。欧米へのキャッチアップを目指し、導入技術をベースに国産の技術開発に邁進する。

TAKUMI 3.0 は、第 3 次産業革命に対応する。日本では、国産技術改良・発展期に相当する。戦後から復興・成長・成熟に至る時期。ものづくり日本の土台ができる。その象徴はコンピュータ・エレクトロニクス。自動化（FA）が進み、インターネット、PC、スマホが普及した。しかし、半導体等海外との貿易摩擦や為替変動に直面。海外投資と技術技能の深化<sup>171</sup>は進むが、システム思考等<sup>172</sup>は十分には浸透せず、現在もその弊を引きづっているとの指摘<sup>173</sup>がある。

---

<sup>170</sup> 第 1 次産業革命の時期については諸説ある。諸家の研究対象期間は 1760 年～1840 年くらいだという。（発明と産業の発展の連関を考える 中西重康 機械学会関西支部シニア会交流サロン(2011 年 12 月 9 日) 本所論では 18 世紀後半から 19 世紀前半に生じたとされる。

<https://www.kansai.jsme.or.jp/Seniorlegend/PDF/doc00018.pdf#search=%27%E8%92%B8%E6%B0%97%E6%A9%9F%E9%96%A2%E3%81%AE%E7%99%BA%E6%98%8E%27>

<sup>171</sup> 既述のとおり。ものづくりの分野では職人の技は『匠の技』として尊重・重視される。個人の精進と修練によって極め続ける暗黙知であり、簡単には伝承できないといわれている。こうした姿勢は「武士道や芸道の「道」に通じる。道とはプロセス・過程のこと。いつでも未完成という過程自体に意味や美しさがある。ここに「深化」の意味合いがみられる。（出所：PTU 技能科学研究会編 「技能科学入門 ものづくりの技能を科学する」 2018.2.26(株) 日科技連出版社から作成)

<sup>172</sup> 「システム思考等」には、業務・用語の標準化、業務プロセスのシステム化、概念の体系化、暗黙知の形式知化、モジュラー化のほか、デザイン思考やアジャイル思考などがある。日本のこれからの課題とされる考え方などの導入意欲も該当する。（出所：“Why Digital Matters?” プレジデントを参考に NSRI 作成)

<sup>173</sup> 同上参照

図表 33 「TAKUMI 4.0」に至る道筋

1.0~4.0に至る道	対応する産業革命の変遷	1.0~4.0それぞれの概要
TAKUMI1.0	第1次：蒸気機関 機械化・工業化、軽工業主体	欧米生産技術導入・代替期 開国前後の高度な職人技、分業、世襲制をベースに欧米の産業革命の成果を導入・代替を進める
TAKUMI2.0	第2次：電力と石油 大量生産、電動機、内燃機関、化学工業	終戦までの導入技術の消化・定着期 欧米へのキャッチアップを目指し、導入技術をベースに国産の技術開発に邁進する
TAKUMI3.0	第3次：コンピュータ・エレクトロニクス 自動化 (FA)、インターネット、PC、スマホ	国産技術改良・発展期 戦後から復興・成長・成熟に至る時期。ものづくり日本の土台ができるも、半導体等海外との貿易摩擦や為替変動に直面、海外投資と技術技能の深化 <sup>174</sup> は進むも、システム思考等 <sup>175</sup> は浸透せず
TAKUMI4.0	第4次：デジタル革命 モノの自動化・自律化 システムのシステム化、システム高度化 IoT、BD、AI、DT、CPS、ロボティクス、大量個別受注生産	デジタル・ネットワーク技術を活用したCPS、DT手法の製造業への利活用期、仮想現実融合期 ■デジタルツールを精進と修練 <sup>176</sup> によって使いこなし、改善・進化まで担えるII型の最終形としての人材・チームづくりを目指す

出所：平成 27 年度、ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会報告書の p188～p 195、p 198～200、及び、同平成 28 年度報告書の p 124～p 137 を踏まえて NSRI 作成

#### 4-3-2-2.TAKUMI4.0 とは

TAKUMI 4.0 は、第 4 次産業革命というデジタル革命に対応する。日本では、デジタル技術・ネットワーク技術を活用した CPS、DT 手法の製造業への利活用期、仮想現実融合期とされる。モノの自動化・自律化が進み、「システムのシステム化」が「システムの高度化」へとつながる。IoT、BD、AI、DT、CPS、AM、ロボティクスなどを駆使して生産効率の革新や大量個別受注生産(マスカスタマイゼーション)の実現、モノをベースとした新しいサービス事業の展開など、製造業の根底からの革新が期待されている。こうした製造業のパラダイムシフトへの対応が、経営面、事業面、そして人材面でも急務とされる。

ものづくりを身につけた人材(チーム)が、デジタルツールを精進と修練によって使いこなし<sup>174</sup>、改善・進化まで<sup>175</sup>担えるII型の最終形を目指す人材(チーム)。それが本専門部会で取り扱う TAKUMI 4.0<sup>176</sup>である。

174 これからのものづくり人材は、デジタル技術を習得して両方の技術に習熟していくこと(II型)が求められる。こうしたII型を目指すときに、従来の「匠」が有していた精進と修練の精神を、デジタル技術の習得にも発揮することができれば、デジタル技術の使いこなしだけでなく、デジタルツールのさらなる進歩・改善につながり、それは日本の新しい強みにつながるはず。これが日機連の「製造業のパラダイムシフト」専門部会での TAKUMI4.0 を提言した時(平成 27～28 年度)の議論であった。

175 法政大学木村文彦教授(前専門部会副部会長)は、「日本のデジタル化が目指すべき方向は、デジタル化したことが進展する自由な形で運用され、皆が協調して進展・改善を目指せる仕組み」が求められると指摘されている。

176 そもそも TAKUMI 4.0 という提案は、ネーミングと概念も含めて平成 27 年度、ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会の部会長北出真太郎氏によるものである。北出氏は本専門部会においても引き続き部会長を務める。

もう少し具体的にみると TAKUMI 4.0<sup>177</sup>とは、ものづくりの現場力や匠の技をデジタル化<sup>178</sup>し、様々な情報技術や解析技術・判断技術・分析技術を利活用して最適化し、人と機械の協働により実現する技術を身につけた人材(チーム)のこと。また、

「TAKUMI4.0」の効果として、「人が身体を使って実現できる技術」の限界を超えた「技術」を生み出すことが可能になる」、「匠の帰属する属人的な技術を可視化することにより、意図的に深化、強化することが可能になる」を挙げることができる。

なお、前専門部会における議論では特に、「日本の機械工業の目指すべき方向は、デジタル化やネットワーク化のみに注力するのではなく新しい『匠の技』や『現場力』も引き続き重視するデジタル化であり、ネットワーク化である」という点<sup>179</sup>が強調されている。この視点は本専門部会での議論においても次項で見るとおり（専門部会の構成メンバーは異なるものの）同様の考え方が引き継がれていることが窺われる。

### 4-3-3. ものづくり人材と匠は TAKUMI4.0 へ

ここでは従来型のものづくり人材がいかにして TAKUMI4.0 に進化するのか。その道筋を明らかに<sup>180</sup>する。TAKUMI4.0 はものづくり人材が転じてなるのか、IT 系人材が転じてなるのかという観点や「匠」との関係などについても検討する。

#### 4-3-3-1. “TAKUMI4.0” を目指すものづくり人材

ものづくり人材が、Π型の最終形としての“TAKUMI4.0”を目指すプロセスをイメージしたものが次図である。

---

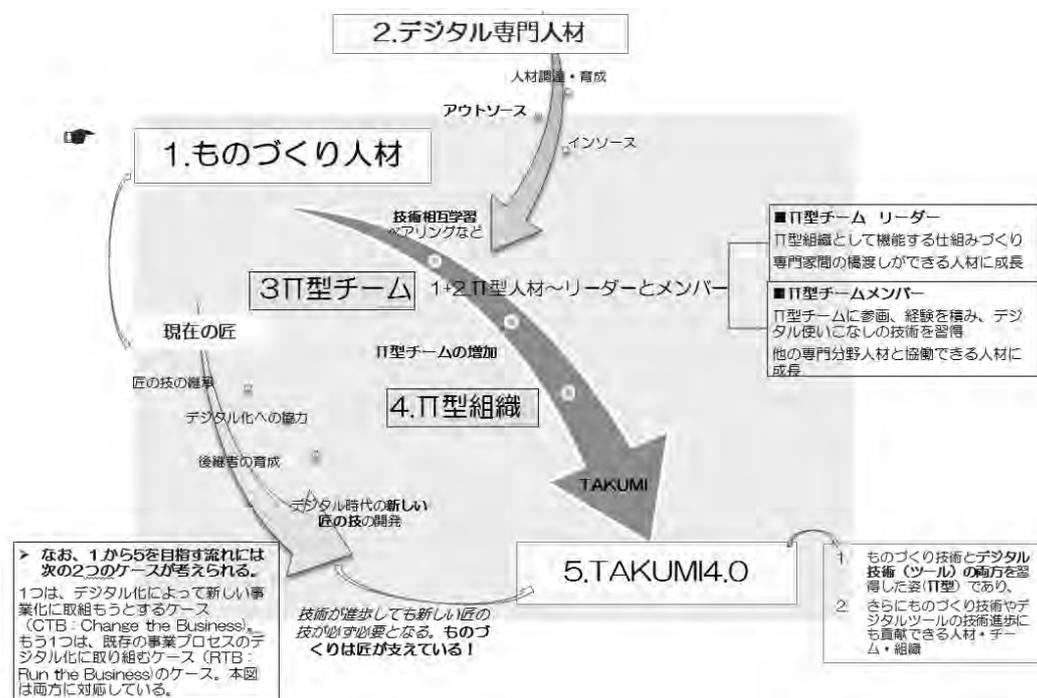
<sup>177</sup> 平成 27 年度、ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会小林委員提出資料と北出部会長の資料を基に NSRI 作成

<sup>178</sup> TAKUMI 4.0 は、提案当初から「ものづくりの現場力をデジタル化し、CPS、DT を構築する。デジタル技術により知識化、高度化を図る。デジタル化、ネットワーク化を駆使して、普遍化、標準化を進め、水平分業により深化させる。」ことの必要性を問う内容であった。

<sup>179</sup> 平成 27 年度、ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会報告、「4) 終わりに 2.日本が目指すべき方向性」の項参照。

<sup>180</sup> TAKUMI4.0 にはどのようなプロセスを経て到達することができるのか。ものづくり人材から TAKUMI4.0 に向かうとみるか、ものづくり人材は TAKUMI4.0 に向かうとみるかについて議論があった。そこで TAKUMI4.0 が Π 型としての最終形であるという点に着目し、その道筋を考えてみることにした。まずはものづくり人材に焦点を当て、次に匠に焦点を当てる。

図表 34 ものづくり人材の“TAKUMI4.0”を目指すイメージ



出所：諸資料と本専門部会の議論、アンケート調査結果を基に NSRI 作成

この図では、TAKUMI4.0を目指す人材として、ものづくり人材を据える。ものづくり人材が如何にしてΠ型の最終形としてのTAKUMI4.0を目指すのかという過程を図示化したものである。なお、このような過程が必要になるケースとして2つのパターンが考えられる。1つは、デジタル化によって新しい事業化に取り組もうとするケース（CTB：Change the Business<sup>181</sup>）。もう1つは、既存の事業プロセスのデジタル化に取り組むケース（RTB：Run the Business<sup>182</sup>）のケース。本図は両方に対応している。

そこでものづくり人材が、Π型チームに参画するというケースを考える。チーム内のデジタル専門人材は、アウトソースかインソースか、いずれにせよ調達する必要がある。一般にデジタル人材はものづくりのことには疎いはずである。逆もまた真である。ものづくりとデジタルの両技術は、ペアリングなどを工夫することによって、相互に学習する必要がある。お互いにある程度の理解が進んではじめてものづくり人材にもデジタル技術が使いこなせるようになる。既にみてきたGE社等の先行事例でもそうした工夫が行われている。

181 CTB はビジネスを変革する活動（日経 BizGate 「IoT への取り組みを成功に導く 3つのカギ」 東京大学大学院工学系研究科 森川博之教授 2017/05/08 <http://bizgate.nikkei.co.jp/article/133823714.html>）

182 RTB は既にあるビジネスを維持・拡大する活動（同上）。

チーム内の人材がそれぞれに先進デジタル技術を習得し、使いこなせるようになると、ある人はチーム内メンバーとして両技術をさらに磨きあげる。またリーダー資質の強い人は、チーム全体のリーダーとして異種の人材を束ねてチームの両技術習得をリードし支援する。チームはT型チームへと成長する。T型チームが増えて組織内にたくさん生まれるとT型の組織に近づく。

デジタル技術の習熟が進むと、デジタルツールそのものの技術進歩にも貢献できる人材が生まれる。ものづくりに発揮された精進や修練・鍛錬が、デジタル技術の習得にも発揮される。こうした精進を重ね、修練を積んでいく最終形として目指すべきTAKUMI4.0がある。

その一方で、TAKUMI4.0には、「匠」そのものについての役割もある。次代の「匠」を育成して技術技能の継承に貢献する。あるいは、「匠の技」の形式知化・デジタル化に協力する。デジタル化後の技術進歩を支える匠・職人技の改善・進歩・発展に貢献する。こうした見方の背景には、「技術技能の進化を推進できるのは機械ではなく人だ」、或いは「技術が進歩しても新しい匠の技が必ず必要になる。ものづくりは匠が支えている！」といったものづくりの伝統に裏付けられた強い考え方がある。こうした考え方を示す例として「最新の機械を導入しても仕上げの最後にはやはり匠が必要になる」との指摘<sup>183</sup>がみられる。

デジタル技術を使える匠であれば、デジタル技術(例えばAR,MR,VR)を駆使することによって、自身のデジタル化された技を的確に伝授することができる。従来と比べ、はるかにわかりやすく、より多くの後継者に技のポイントを伝えることができる。従来は1人ずつにしか伝授できなかった。デジタル技術固有の特性を生かすことによって、同一の技術技能を一斉に何人にも伝授することが可能である。これはデジタルのメリットを生かすことである。また、メガトレンドで取り上げた自前主義からオープン化の流れにも沿う。

なお、本専門部会では関連してTAKUMI4.0は外部の匠の技にも目を向ける必要があるとの指摘がみられた。外部の匠の技を目利きし、導入し、活用し、吸収するといったオープン性も広義のTAKUMI4.0の役割になる。これは従来型の匠が「自前主義で閉ざされた世界」といわれてきたことに対する新時代の在り方を示したと言える考え方である。その意味でも匠も交えたデジタル化が重要である。デジタル技術発展の方向は、素人でも扱いやすく使いやすい、理解しやすい、取扱いに抵抗感がない、といった方向に、より一層進歩することが期待される。

---

183 本専門部会での議論から引用

#### 4-3-3-2. これからの日本の現場力と国際競争力

すでにみてきたとおり、電子化されたデータが世界中を飛び回り、閉じていたシステムが徐々につながり始めている。日本ではエッジ志向が強い。しかし、世界の潮流が示すとおり、世界は着実につながりの度合いを強めている。その結果、つながればつながるほどシステムは高度化し、複雑になる。従来のように閉じた世界が続くと「匠の技」が威力を発揮し、日本の強みを支えることができる。しかし、世界がオープンになり、いたるところがつながると、システム全体が扱えないと最適化が達成できず、競争力は低下する。

また、普及しつつあるIoTのベースとなるITとOTの両面から、品質の高いものを低コストで大量に生産するという単純なものづくり（事業モデル）では通用しにくくなる。製造業もデジタル化・DXというパラダイムシフトの中で生きていかななくてはならない。新時代の製造業では、組織の人材は「個」としてというよりも「チーム」としてものづくりとデジタルを融合させていく。この意味でΠ型をさらに拡張していく必要がある。Π型のチームが集団になり、共にものづくりやビジネスを作り上げていくことが競争力になる。

日本が引き続き製造業の強みを発揮していくためには、匠も含めたものづくり人材が、デジタル化を真剣に受け入れていかざるを得ない。もちろん、ここで考えている現場は生産現場だけではなく、開発設計現場も本社スタッフ現場も含まれる。生産の「匠」も開発設計の「匠」も本社スタッフもともにこの流れを受け入れて消化し、時価薬籠中のものにする必要がある。特にデジタル化への協力には他の「ものづくり人材」や「デジタルの専門家」などとの協働作業が不可欠になる。「ものづくり人材」は「匠の技」の内容を理解し感得できる立場にある。匠の技をデジタルの専門家が理解しやすい形に表現する役割がある。個人の能力に依存する体制から、チームとしての能力を発揮できる体制への転換も求められる。これもデジタル化の要請であり、DXが必要とされる所以でもある。

システム高度化の流れは、職人技をもってしても対処が難しい事象の増大を招来し、その結果、デジタル化の推進とその習得は必須になった。次図はこうした背景の下で匠の技をデジタル化する流れを描いたものである。

デジタル化での匠の役割は大きく3つ（次図の右側の縦状の3つの矢印マーク）。第1は、匠の技のデジタル化を支援するために、Π型チームのものづくり人材とデジタル人材の暗黙知の形式知化に協力すること。第2は、匠の技の後継者・若年層への継承と匠の技のさらなる深化。但し、既存の技術領域は縮小する。これは、技術進歩によって

「匠のような人間自身による進化が置き換えられていく<sup>184</sup>」ことによる。置き換えと並行して伝統的な匠の技を持った人が、新しいデジタル技術を使いこなすことができると、デジタルの「使いこなしの技」を継承していくという側面も出てくる。その一方、形式知化しきれない領域（経済的な要因も含め技術の進歩によって置き換えられない領域）は依然として残ると考えられる。こうした領域は匠の精進によって、さらに深化が進むことが期待される。

第3はデジタル化が進み、ものづくり産業が新しいステージを迎えた段階における高度な「新しい匠の技」の追求・習得である。そして技術の改善や進化・探究に貢献する。「新しい匠」とは、形式知化後の進歩の担い手としての匠の存在意義を強調した考え方である。「技術が進歩しても新しい匠の技が必ず必要となる。ものづくりは匠が支えている」という考え方<sup>185</sup>の表れでもある。

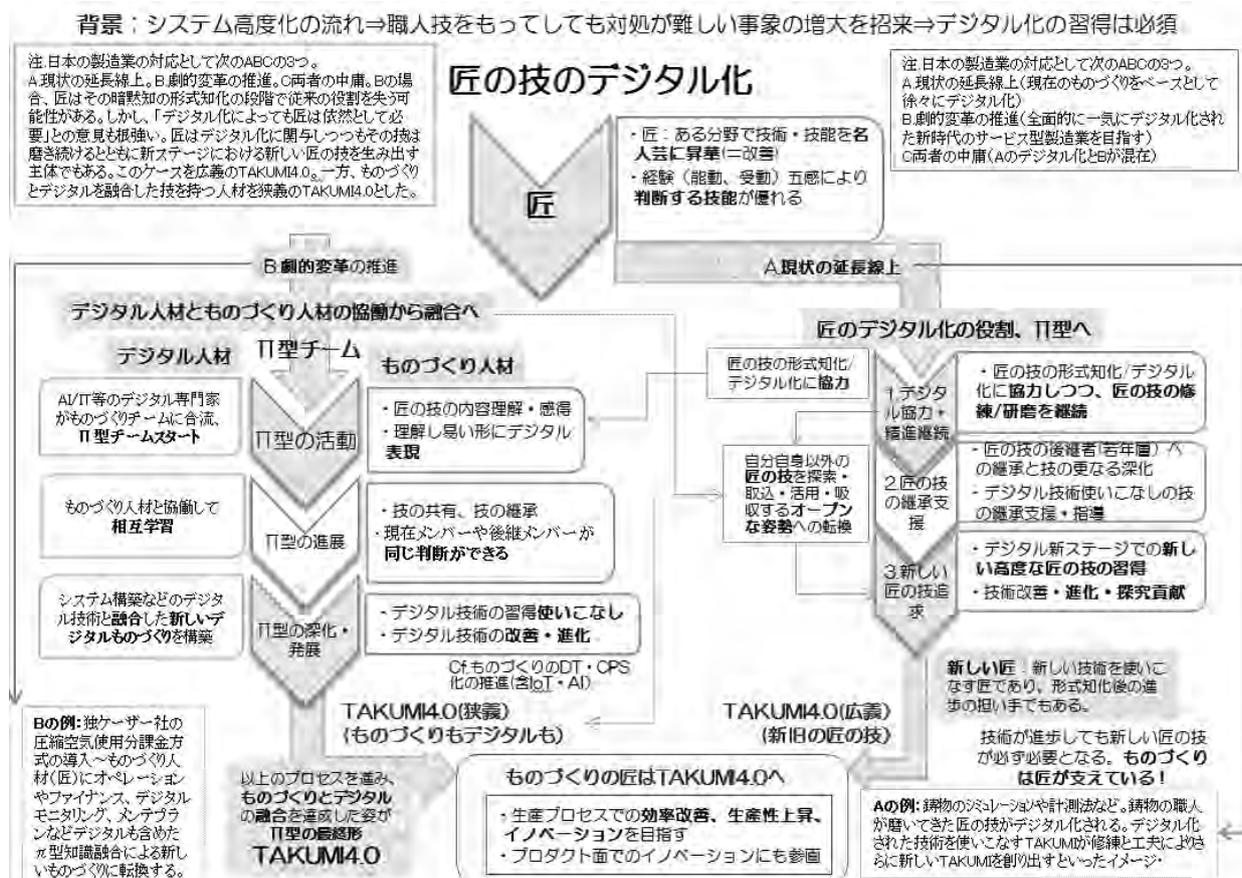
なお、以上の第1の部分は図の右側の最上部の矢印マーク。第2は上から2つ目の矢印マーク、第3は一番下の矢印マークに相当する。こうした役割を果たせる匠を「広義のTAKUMI4.0」と呼ぶ。TAKUMI4.0にはデジタル化に対応した匠という意味合いが含まれる。言い換えると「新しい高度なレベルの技術に対応する匠の技を、その時点で新しく身につけていく」ことが求められる。この流れは現状の匠を前提にしたデジタル化を示している。従って現状の延長線上の議論（1-3.で論じたA.B.C.の3つの方向のうち、「A.現在の延長線」）に相当する。

---

184 本専門部会における議論から引用。以下同様。

185 本専門部会での議論を引用。以下同様。

図表 35 「匠」は TAKUMI4.0 へ（匠の技のデジタル化）



出所：諸資料と本専門部会の議論、アンケート調査結果を基に NSRI 作成

また、デジタル化における匠の役割にはもう一つ注目すべき役割があるとの指摘がみられた。右側の矢印マークの左側部分「自分自身以外の匠の技を探索・取込・活用・吸収するオープンな姿勢への転換」（転換と謳うという意味で1-3. で論じた A. B. C. の3つの方向のうち、「B. 劇的な変革」に近い）である。これは「従来の匠が自前主義であったのに対し、デジタル化の時代にはオープンな要素が必要との観点から、今の職場以外にも目を向けるべきという指摘である。デジタル化に伴いオープン志向になることから、匠自身の技を伝承したり、形式知化したりすることによるオープン化に協力するとともに、匠も社内の他部署のみならず他の企業にも視野を広げて優れた匠の技を発掘して活用するといった視点やオープンな姿勢が重要になる。

なお、この方向での議論は、匠や習熟したものづくり人材の意識覚醒を要する。それが可能であれば新しいII型チームを構築し、さらにはII型に習熟していくことによって最終的に狭義のTAKUMI4.0を目指すパターンにつながる（上図の右側の匠に集まる点線の部分が示す経路）可能性がある。

一方、図の左側部分では、匠の技という暗黙知を「ものづくり人材」と「デジタルの専門家」が協働して形式知化していく作業を行う。この作業はデジタル化であり、DXの推進、つまりデジタルに伴う転換を要する作業（転換と謳うという意味で1-3.で論じたA. B. C.の3つの方向のうち、「B. 劇的な変革」そのもの）でもある。ものづくり人材とデジタル人材は匠の協力を得ながらデジタル化作業を進める。そしてものづくりとデジタルの融合が進む。両者が融合した先には両技術を身につけた新しい人材としてのIT型人材が出来上がる。その目指すべき最終形をTAKUMI4.0と呼んだ。これが狭義のTAKUMI4.0である。

右側部分に相当する広義のTAKUMI4.0も左側の狭義のTAKUMI4.0も最終的には、協力してプロセスイノベーションやプロダクトイノベーションに貢献することが期待される。

#### 4-4. 求められる人材像～拡張IT型とTAKUMI4.0(まとめ)

##### 4-4-1.ものづくり人材・匠がデジタル化に挑むべき背景

機械工業を取り巻く現代の環境は激変している。業務は複雑化・高度化している。例えば、24時間営業のような小売業の影響などもあり、生産活動でも長時間連続安定稼働の要求が増大する。また、消費需要の高度化・多様化を反映して、生産活動面でも短納期化の傾向が高まる。このため、各種変動要因に対するリアルタイムでの即応体制構築が必要とされる。さらに設備稼働停止時間を極小に抑えるために、多数ある各設備の秒単位の変化のいち早い把握能力も必要である。

現場で長年鍛えてきた熟練技能者のカンやコツといった職人技に依存する運営では最早立ち行かなくなるという。こうした傾向は単に生産活動のみならず、開発設計面や本社スタッフの業務においても本質的には似た事象が起きている。

##### 4-4-2.IT型人材・IT型チーム・IT型組織とTAKUMI4.0

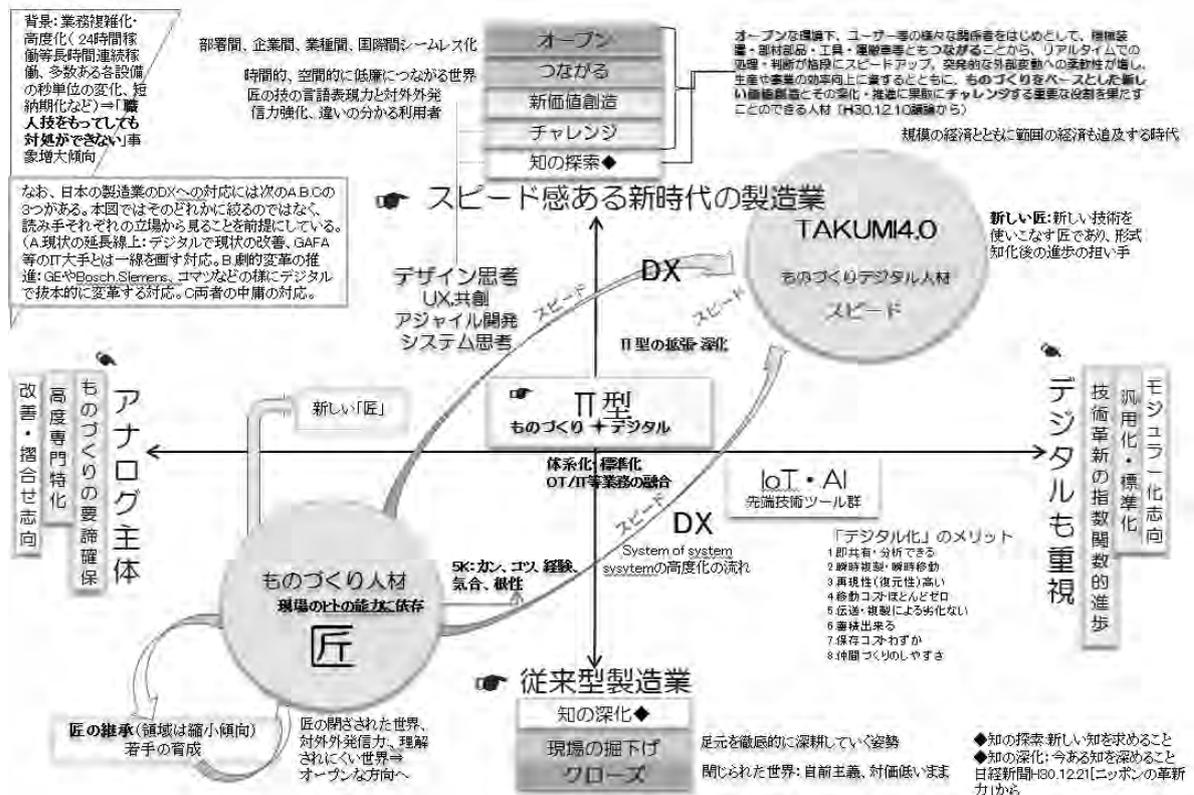
従来型の「匠」やものづくり人材は、ものづくり技術とデジタル技術の両方を使いこなすIT型人材に、或いは、両技術の専門家が混在しつつ融合化への道を目指すIT型チームに、さらには、IT型チームを複数内包したIT型組織へとIT型は拡張し、進化していく。IT型チームではチーム全体を引っ張る新しいタイプのリーダーが求められる。IT型の拡張と進化とともに、人は成長する。従来の匠が生まれたように、IT型でも精進や修練・鍛錬によって人は成長し、ものづくり技術もデジタル技術も自在に使いこなせる新しい

TAKUMI4.0 が生まれる。TAKUMI4.0 は、 $\Pi$ 型組織ができる最終形と位置づけ（次図参照）られる。人が成長してこそ企業も成長できる<sup>186</sup>。

#### 4-4-3.ものづくり人材、拡張 $\Pi$ 型、TAKUMI4.0

一方、匠のある部分は継承され、後継者を生むとともにデジタル環境下でも新しい匠を生むことが期待される。技術技能の進歩や新しい発想は人の役割である。生産でも開発設計でもその進歩や発想は人の役割であり、TAKUMI4.0 が担う。TAKUMI4.0 は新しい技術を使いこなす匠であり、形式知化後の進歩や新たな発想の担い手でもある。

図表 36 ものづくりの世界から TAKUMI4.0 の世界へ



出所：本専門部会の議論、アンケート調査結果などから NSRI 作成。なお、図の縦軸上の上端の「知の探索(新しい知を求めること)」と下端「知の深化(新しい知を求めること)」については、日経新聞 H30.12.21「ニッポンの革新力」の記事による

ものづくり人材や匠が、 $\Pi$ 型の拡張を通して最終的に TAKUMI に至るイメージを図示化したものが上図である。これは 3-2-1-2.の図を人材に置き換えたものである。本図においても 3-2-1-2.の図と同様に「スピード」の文言が 3 か所に付記されている。

<sup>186</sup> 日経ものづくり 2019.2 の p 24～p 39 の中山鉄工所〔岡山県倉敷市〕中山光治社長の記事、および、日経 XTECH 2019/01/31 05:03 「デジタルで後継育成 デジタルで正確・短期にノウハウ継承、高い精度と視覚化で役立つ形式知へ」特集 デジタルで後継育成 Part1 総論 高市 清治 から <https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/mag/nmc/18/00041/00001/>

その趣旨は 3-2-1-2 と同様である。デジタル化や DX の推進には「スピード感」が不可欠だという専門部会での議論を反映している。

従来型のものづくりは、現場におけるヒトの 5K といわれる能力(カン、コツ、経験、気合、根性)に依存していた。DX を進めると、業務の体系化・標準化を始め、OT と IT の融合した IoT などの新しいシステムを使いこなす必要が生じる。同時に、IT 世界で発達してきたデザイン思考などについても咀嚼・吸収していく必要がある。こうして IT 型の人材・チームが発達し、IT 型の拡張・深化によって最終形としての TAKUMI4.0 に至る。

これは、縦軸上端の「オープン」な環境下、ユーザー等の様々な関係者をはじめとして、機械装置・部材部品・工具・運搬車等とも「つながる」ことから、リアルタイムでの処理・判断が格段にスピードアップ、突発的な外部変動への柔軟性が増し、生産や事業の効率向上に資するとともに、ものづくりをベースとした新しい「価値創造」とその深化・推進に果敢に「チャレンジ」する重要な役割を果たすことのできる<sup>187</sup>人材、或いは、「知の探索<sup>188</sup>」ができる人材が求められるからである。

#### 4-4-4. デジタル時代の匠の位置づけ

またこの図では第 3 象限から第 1 象限にむかう弧状の 2 本の矢印のほかに、第 3 象限における匠・ものづくりの領域から、さらに左下に向かい、戻ってくる弧が描かれている。これは、匠の技についてはその領域は縮小傾向にはあるものの、依然として継承していく必要があるという本専門部会内意見を反映している。将来の匠を目指す若手の育成と、デジタル環境下での技術・技能の進歩を担うという大きな役割が期待されている。

187 本専門部会委員の議論とアンケート調査結果を踏まえて NSRI 作成

188 図の縦軸上の上端の「知の探索(新しい知を求めること)」と下端「知の深化(新しい知を求めること)」については、日経新聞 H30.12.21 「ニッポンの革新力」の記事を参考にした。

## 第5章.ものづくりデジタル人材確保・育成上の課題

機械工業を取り巻く環境からみて、デジタル技術の利活用と高度化は不可欠であることが明らかになった。そのため、デジタルの技術の専門家の発掘・選定、協業、共創が避けて通れない課題<sup>189</sup>となる。DT 技術、CPS の構築・運用・改善、IoT・AI の活用・改善、AM、AR/MR/VR の活用・改善。いずれもこれから修得して自在に使いこなせるようになる必要がある。その目指すべき姿が TAKUMI4.0 である。

TAKUMI4.0 とは、①ものづくり技術とデジタル技術（ツール）の両方を習得した姿（Π型）であり、②ものづくり技術やデジタルツールの技術進歩にも貢献できる人材・チームである。また、単に技術の習得にとどまらず、③経営的視点、④製品・サービス設計視点、⑤顧客運用視点、⑥デジタルマインド<sup>190</sup>としての新しい思考習慣（デザイン思考、システム思考、アジャイル開発、モジュール開発等）の理解・習得も必要との意見も見られた。

こうした TAKUMI4.0 への移行は、これまでの技術者や職人、技能者とはやや趣を異にする人材が必要となる。それゆえに多くの課題が残存する。さらに CPS とか DT といった高度なデジタル手段を使うことによって、TAKUMI4.0 が到達するレベルの検討も必要になる。以下は本専門部会の議論で指摘されてきた課題を整理したものである。

### 5-1.残された課題

ここでは、Π型として目指すべき最終形としての TAKUMI4.0 における人の役割・課題、および、新しい現場力という観点からものづくり産業が乗り越えるべき課題を見ていく。実際にデジタル化・DXを進めるとすると、こうした課題を如何に解決していくかが問われることになる。

#### 5-1-1.TAKUMI4.0 における人の役割・課題からみた「乗り越えるべき課題」

TAKUMI4.0 における人の役割・課題として、

- ①業務課題の明確化とデジタルツールの選定。自前主義からの脱却。
  - 業務課題の設定とその解決に最適なツールの選択。
  - 最適ツールの活用パートナーの探索と選定。

<sup>189</sup> デジタルの技術の専門家の発掘・選定の問題を解決する一つ的手段として、本専門部会の 2018/7/24 の SIGNATE Inc.代表取締役社長 CEO/CDO 斎藤秀氏による講演「製造業において AI をうまく利活用するために」では、「AI コンペティション」による AI 人材の開発・採用・育成を提案している。同社には 9000 人超の AI 人材が登録されており、AI 活用の依頼案件ごとに AI コンペを実施。成績上位者による「最高」の分析を行うことができるという。

<sup>190</sup> 「経営者 はデジタル ・マインドセットに切り替えよーデジタルマインドセット チェックリストー」  
2017 年 5 月 公益社団法人 経済同友会  
[https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a\\_1.pdf](https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a_1.pdf)

- ▶ パートナーとの連携、協業、共創の検討と推進。
- ②ものづくりへのデジタル思考に対する理解と受容、実践。
  - ▶ ものづくりならではの DT,CPS の活用。
    - ものづくりの理論モデルとデータモデルの両方の統合。
  - ▶ 未知分野への挑戦姿勢。
    - データの収集蓄積から未知分野の発見・探索を構想・解析・判読(ノイズ)・管理する能力。
- ③デジタルツールの活用力。
  - ▶ デジタルツールの理解と活用能力。
    - CPS,DT や AI, AR/VR/MR,AM 等⇒課題に応じた最適ツールの選定、最適ツールの導入、運用、改善⇒アウトプットを観て、評価、判断。次の行動に必要な情報の抽出。組織合意形成。
  - ▶ 業務課題に応じた IoT や AI 活用のデザイン力。
    - データの選択や収集蓄積解析の方向性、適切な解析手法等(含む AI) の選択。
- ④イノベーション、効率改善、生産性向上の実現、ツールの改善への参画。
  - ▶ 新しい付加価値等を生む仕組み。
    - ビジネスモデルをデータから創造する力～特に、複数視点の具備の重要性認識～経営的視点、リーンプロダクションのデジタル化、製品・サービス設計の視点、顧客運用起点からの視点(例、UX)。
    - また、デジタルマインドとして、デジタル思考の修得も重要(デザイン思考、アジャイル開発、システム思考、モジュラー化、スタートアップウェイ)。
  - ▶ デジタルツール自体の改善や進化・探究。
- ⑤匠の技のような技術技能の継承・育成。
  - ▶ ものづくりの要諦の習得・教育～職人技の内容理解と習得者の育成。
  - ▶ 技術技能継承継続要否の判断～匠の技の継続育成、次代の匠の育成。
  - ▶ ものづくり技術の改善・進化継続～新しい匠の技の開発。

### 5-1-2.新時代の現場力からみた「乗り越えるべき課題」

TAKUMI4.0 が活躍する時代における「新しい現場力」からみた「乗り越えるべき課題」として、挙げたものが以下の諸点<sup>191</sup>である。

- ▶ 原理/原則を踏まえた現場課題の発見/設定/解決力。
- ▶ 現場でのデータ蓄積、加工データ等生産情報から品質情報、品質管理に至る一貫通貫管理システムの構築。

<sup>191</sup> 本専門部会の議論と委員アンケート調査結果を基に NSRI 作成

- 工場へのシステム導入を企画・実行できる人材の養成。
- デジタル技術の目的や目標の設定、費用対効果の検討力。
- AIに依存できることと人が判断/チェックすべきことの見極め(その時々AI最適活用判断力)。
- AIの多様性考慮した活用術。
- AIの頭脳の現場でのDIY(育成)。
- デジタル値への変換に関する整理・方法論。
- データマイニングに必要な判断基準の明確化。
- デジタルツール自体の改善・進化。
- データのセンシング法の工夫。
- デジタル化の波に乗る一方で、匠の技の並行育成。
- 人とAIが相互補完する関係の構築。

## 5-2. 専門部会での議論

一般に現在の日本は「AIやICT系の人材が不足している」という問題意識が広く流布している。しかし、本専門部会ではこのままの状況が続くと逆にこれからは機械系人材が不足するのではないかという危機感が表明された。「現在すでに情報処理を学ぶ人は増えているが、逆に機械工学を学ぶ人は減っている。今後、学習者数で逆転が起きる可能性がある。こうしたデジタルは増えるが機械が減って不足していくと、産業として立ちゆかなくなる懸念が生じる。そこで日本として機械系の人材をどう確保していくのか。そうした備えをどうするのか。大きな課題ではないか。」という問題提起である。

いくらデジタル化が進んでもやはりものづくりの要諦を抑えることのできる人材は必要であり、今後そうした人材が不足する事態に備えるべきとの考え方である。また、目を海外に転じると新興国などでは、先進工業国が築いてきた「当たり前」のことや当然の前提といったことを軽々と乗り越えて一気に「空飛ぶ自動車」の世界に突入していくというような傾向がみられるとの指摘<sup>192</sup>があった。こうした海外の動向にも備えることが重要である。

一方でTAKUMI4.0における人の役割・課題や新しい現場力に鑑みると、その壁の高さは相当のものである。このほかに本専門部会では、乗り越えるべき壁として教育関係、企業経営関係、政策関係の3つに関する意見がみられた。

### 5-2-1. 教育関係

教育関係では次の5つ。

---

<sup>192</sup> 本専門部会での議論から

- ①実学的教育の重要性<sup>193</sup>と社会的地位の問題。今後を見据えた実学カリキュラムの見直し。
- ②工学部教育の問題。独米との対比で工学部の教育がハウツー教育主体であること。今、求められる課題抽出力や SDGs を目的にする哲学・倫理学指向の思考が欠如していること。
- ③文理の問題。これからの時代は文系にもデジタルリテラシーが必要になること。
- ④これからの時代に必要なスキル、初等中等教育からの見直しの問題。例えば、コミュニケーション能力。特に異分野・異文化間とのコミュニケーションと合意形成力。合意形成プロセスの設計とファシリテーション・スキルの問題。トランスレーション力（翻訳・解釈する力量）。HUB 力（異文化・異専門間のコミュニティや人材をつなげたり、橋渡ししたりする役）の重要性。
- ⑤システムの考え方の問題。AI は手段であり、それを活用できるための課題設定。適切なデータを集めるための仕組みの構築。AI の学習が正しい学習かの確認。アイデアをどのレベルで商品化するか判断。AI に 100 点はないといった系統的・確率統計的な考え方の理解と普及。

## 5-2-2. 企業経営関係

企業経営関係では次の 4 つ。

- ①教育研修に望む経営スタンス。「これまでの業務よりも教育を優先させる」といった覚悟が必要になる。
- ②会社方針としての試行錯誤風土醸成の必要性。脱成果主義が求められる。
- ③経営者の理解促進に資する経営指標を案出する必要性。AI の導入には経営者の理解が必要だが、現状は AI/IT 導入に対してその導入の進捗や効果を示す経営指標が見当たらない。
- ④オープンイノベーションの在り方など時代にふさわしい組織論。IoT・AI 時代の組織課題、オープンイノベーションのあり方を必要としている。

## 5-2-3. 政策関係

政策関係では、「規制の硬直性からの脱却～より柔軟な運用を」という要望があった。欧米や中国のデジタル化に対する積極的な姿勢に鑑みると、我が国の方針・助成が今後活性化していけば、特に中小企業への導入を促進する可能性がある。

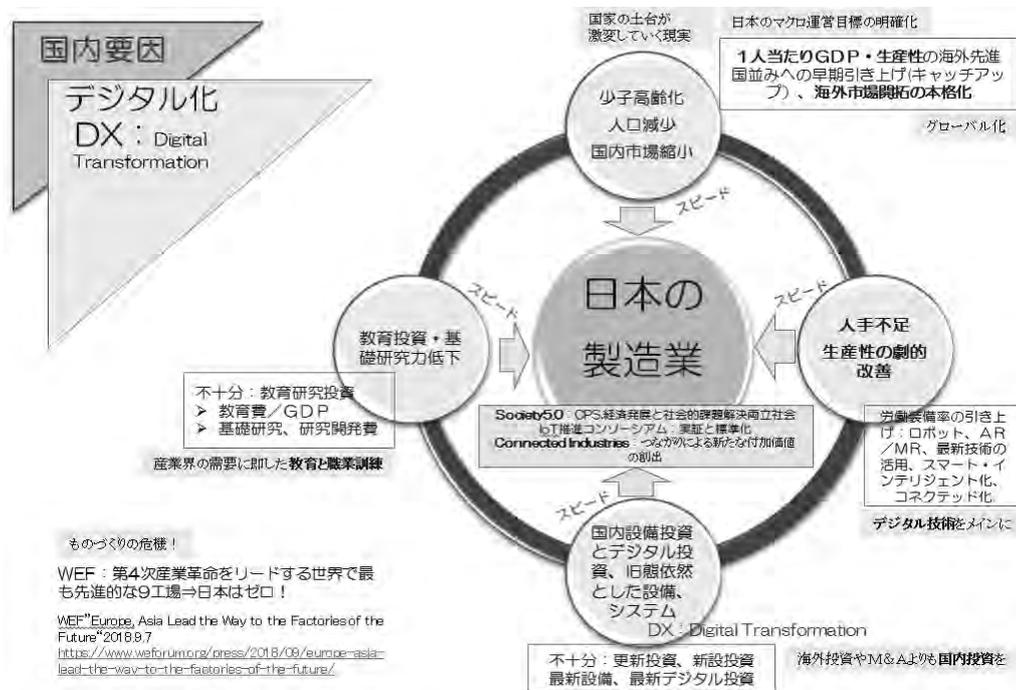
---

<sup>193</sup> 実学教育では、職業能力開発総合大学校(PTU : Polytechnic University)と高専(高等専門学校)、及び技術科学大学等がある。職業大とも呼ばれる PTU は、厚生労働省所管の省庁大学校で、日本における職業訓練の中核機関(昭和 36(1961)年設立)。職業訓練指導員の養成・研修、職業能力開発に関する調査・研究、生産現場で活躍する有為な人材の育成。<http://www.uitec.jeed.or.jp/> また、高等専門学校は実践的・創造的技術者を養成することを目的とした高等教育機関。全国に国公立合わせて 57 校あり、全体で 55 千人弱(平成 28 年度)の学生が学ぶ。

Work4.0の日独相違点に関する労働政策研究・研修機構の山本陽大氏によると<sup>194</sup>、「ドイツでDGBが主張する職業訓練受講中の賃金保障や訓練休暇を労働者の権利として認める議論があるが、日本では見受けられない。」これに近い考え方は本専門部会メンバーからも出ている。

なお、本専門部会では議論されていないが、フリーランサーに関するドイツの議論について前述の山本氏は次のように紹介<sup>195</sup>する。「ドイツでは独立自営業者の就業条件保護のために、『労働者類似の者』に関する労働協約法の利活用を提案。日本では労働組合法上の労働者性が認められることとなっているものの、行政レベルでは、独立自営業者の集団的労使関係システム（特に、労働組合や労働協約）による保護を明確に志向するような議論は見受けられない。」という。

図表 37 日本の製造業を取り巻く国内環境の4要因



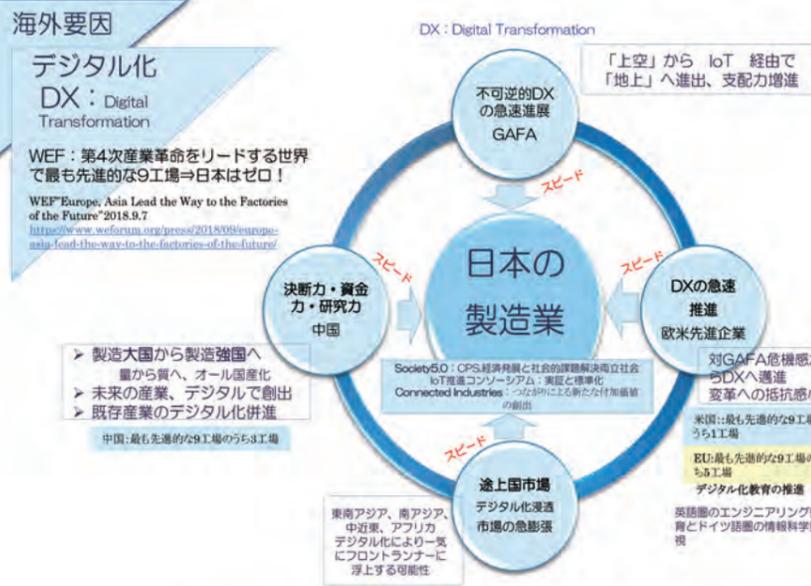
出所：諸資料を基に NSRI 作成

194 労働政策研究・研修機構の山本陽大氏のディスカッションペーパー「第四次産業革命による雇用社会の変化と労働法政策上の課題—ドイツにおける“労働4.0”をめぐる議論から日本は何を学ぶべきか?」の概要から。 <https://www.iil.go.jp/institute/discussion/2018/18-02.html>

195 同上

第2章

現代の四面楚歌

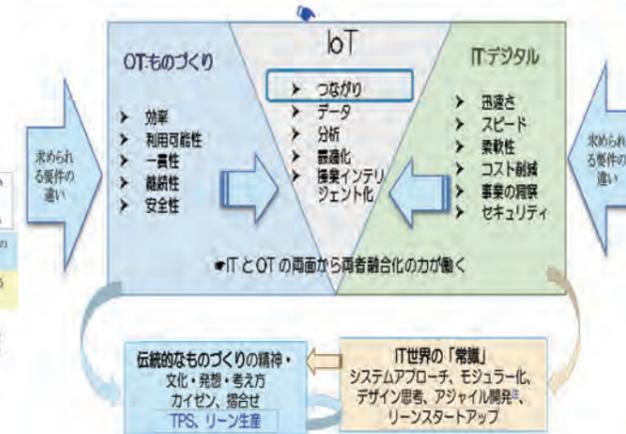


全体構成

- 第1章.問題意識～製造業の競争環境の劇的变化
  - 1-1.世界が向かうデジタル化、DX/UXとは
  - 1-2.デジタル化、DX/UXが注目される背景
  - 1-3.デジタル化という流れの中でどう対応すべきか
- 第2章.海外動向と世界の潮流
  - 2-1.現在の日本を取り巻く海外環境
  - 2-2.メガトレンドとしてのDX
- 第3章.製造業のパラダイムシフト
  - 3-1.新時代を迎える製造業～DXの推進、内外事例
  - 3-2. 製造業のデジタル化・DX～パラダイムシフトのイメージ
- 第4章.新時代の製造業に求められる人材像
  - 4-1.プロジェクトの観点からみた拡張「T型」の目指すべき方向
  - 4-2.組織形態の観点から見た拡張T型と人材ピラミッド
  - 4-3. 目指すべき最終形、TAKUMI4.0
  - 4-4. 求められる人材像～拡張T型とTAKUMI4.0(まとめ)
- 第5章.ものづくりデジタル人材確保・育成上の課題
  - 5-1.残された課題
  - 5-2.専門部会での議論

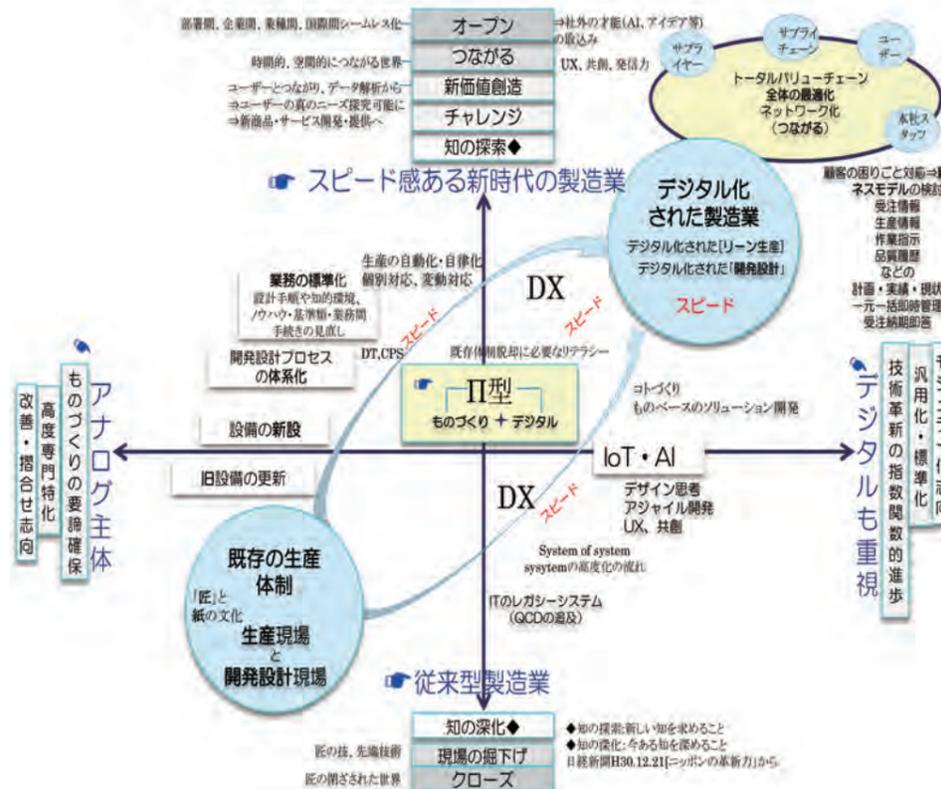
第2章、第4章

IoTによってITとOTの両面から両者融合化の力が働く

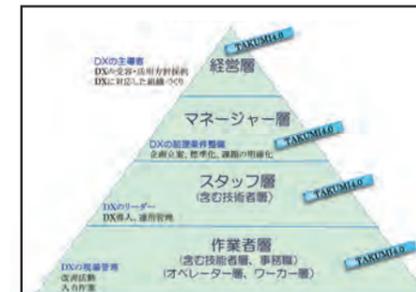


第3章

製造業のデジタル化 (DX)～パラダイムシフトのイメージ

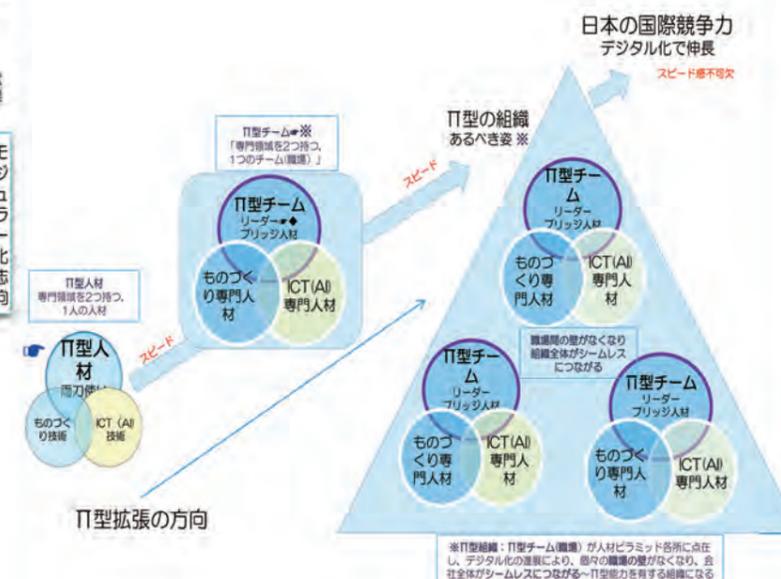


第4章 組織形態から見た人材ピラミッド図 階層別 DX 上の役割



第4章

“T型の拡張” プロジェクト志向の観点からみると



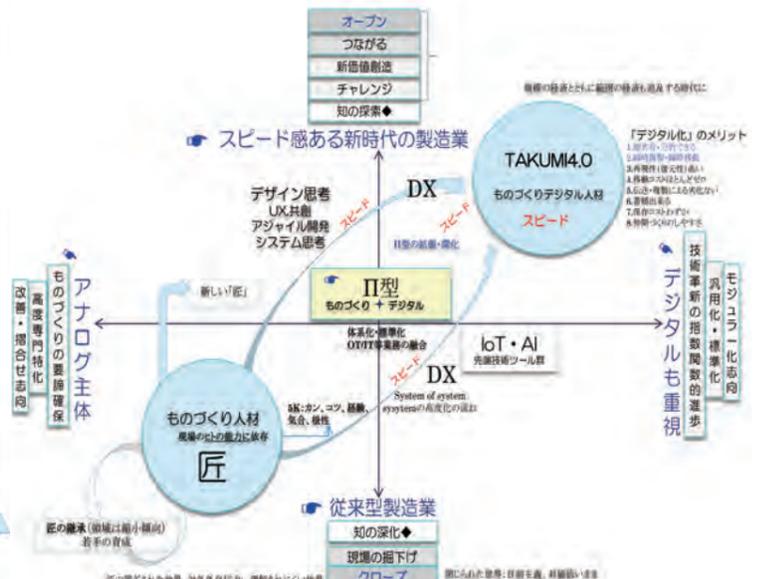
第4章

「TAKUMI 4.0」とは?

DXの中心	目指す製造業革命のイメージ	TAKUMI4.0で求められる能力
TAKUMI1.0	第1次：蒸気機関 機械化・工業化、軽工業主体	欧米生産技術導入・代替 開国前後の高度な職人技、分業、世襲制をベースに欧米の産業革命の成果を導入・代替を進める
TAKUMI2.0	第2次：電力と石油 大規模生産、重工業、内閣制、化学工業	職人技の継承・発展 欧米へのキャッチアップを自覚し、導入技術をベースに職人の技術特長に活かす
TAKUMI3.0	第3次：コンピュータ・エレクトロニクス 自動化、IT、インターネット、PC、スマホ	生産技術改良・発展 職人技から標準・規格・品質に依存するものづくり日本の土壌が育ち、半導体等海外との貿易摩擦や品質競争に直面、海外技術と技術力の融合によりはたまり、システム思考等が浸透する
TAKUMI4.0	第4次：デジタル革命 IoT、AI、DT、CPS、ロボティクス、大規模データ活用	デジタル・ネットワーク技術を活用したCPS、DT手話の製造業への活用開始。仮想現実融合 デジタルスキルを標準と認識し、システム思考等によって使いこなし、習得・進化まで促せるT型の最終形としての人材・チームづくりを目指す

第4章

DXの推進により、「匠」(ものづくり人材)はT型化が進み、TAKUMI4.0(ものづくりデジタル人材)へ進化一方、匠のある部分は継承され、新しい匠を生む



~~~~~本事業の実施項目と次年度の事業案~~~~~

平成 30 年度（第二年度目）

IoT・AI 時代のものづくりと人の役割に関する理想像の明確化

人材ピラミッドによる層別役割の明確化

求められる人材像を検討する土台として 4 層に区分

II 型の拡張

II 型人材⇒II 型チーム(職場) ⇒ II 型組織(事業体の全体)へと拡張

II 型人材としての TAKUMI4.0 のさらなる具体化と明確化

TAKUMI4.0 を、ものづくり人材がデジタル技術を駆使していく最終形としての姿と捉えるなど

理想像の明確化の過程で浮き彫りになる課題の抽出

世界との比較で日本国全体の位置づけから明らかになること

海外の人的資源に対する対策と日本の対策の比較から明らかになること

デジタル人材の確保育成に関する委員意見

平成 30 年度の問題意識

部会の問題意識

～デジタル化不可避環境下でのデジタル技術活用の可能性を探る～

- IoT・AI（デジタル技術の代表格）を活用できるか
- 同上を使いこなせるスキルを身につけられるか
- スキルを身につけた人材を育成・確保できるか
- DX を踏まえた人材育成の取組そのものが競争戦略

平成 31 年度（第三年度目）

第二年度目に明らかになった理想像に向けてその具体化のための道筋を検討する

- 企業における道筋の明確化
- デジタル技術習得のための方策の検討
- デジタル技術習得の時間と資金の確保策の検討
- 企業の道筋に立ちふさがる障碍を摘出
- 経営層の理解
- 人的投資の費用との混同
- 人的投資意欲の強弱
- 現在業務優先
- 教育訓練時間の捻出難(代替人材の量的不足、質的不足)
- 障碍を取り除くために求められる施策の検討
- 制度・政策面
- 学校教育面

## 第Ⅱ部 参考資料編

### 内 容

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第Ⅱ部 参考資料編 .....                  | 109 |
| 1. IoT・AI、デジタル関係参考資料 .....       | 105 |
| 1-1.日本機械工業連合会.....               | 105 |
| 1-2.官庁・団体関係.....                 | 105 |
| 1-3.ドイツ政府・団体関係等 .....            | 107 |
| 1-5.海外情報.....                    | 109 |
| 1-6.国内大学・研究機関.....               | 110 |
| 1-7.マスコミ・出版関係.....               | 111 |
| 1-8.書籍関係.....                    | 112 |
| 1-9.その他 .....                    | 112 |
| 2.教育関係・労働雇用等参考資料 .....           | 113 |
| 2-1.高専の第4次産業革命対応 .....           | 113 |
| 2-2.都立高専の第4次産業革命対応 .....         | 114 |
| 2-3.文部科学省 .....                  | 115 |
| 2-4. 経済産業省 .....                 | 115 |
| 2-5.JETRO.....                   | 115 |
| 3.ドイツの“労働4.0”を巡る日本国内の議論.....     | 115 |
| 3-1.（独）労働政策研究・研修機構、山本陽大研究員 ..... | 116 |
| 3-2.厚生労働省 .....                  | 119 |
| 4. 本専門部会委員対象アンケート調査 .....        | 119 |
| 4-1.調査名称.....                    | 119 |
| 4-2.目 的 .....                    | 119 |
| 4-3.背景と狙い .....                  | 119 |
| 4-4.実施期間.....                    | 119 |
| 4-5.調査対象.....                    | 119 |
| 4-6.回収状況.....                    | 120 |
| 4-7.調査票の概要 .....                 | 120 |
| 4-8.調査回答結果 .....                 | 121 |

## 1. IoT・AI、デジタル関係参考資料

～以下、敬称略～

### 1-1.日本機械工業連合会

- 日本機械工業連合会「平成 29 年度 IoT・AI 時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究」
- 日本機械工業連合会、平成 26 年度～28 年度「世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」
- 日本機械工業連合会、平成 24 年度 国際交流の推進活動 理数系基礎学力の強化とモノづくり人材育成の課題に関する調査研究報告書（Ⅱ）－理数系グローバル人材育成・教育に関する調査専門部会報告書－。このほか平成 23 年度 25 年度にも一連の報告書あり。
- 日本機械工業連合会、デュアルシステムに関する調査研究報告書、平成 19 年度、および平成 23～25 年度の報告書でデュアルスタディや MINT のほか平成 19 年度以降の最新の情報を掲載

### 1-2.官庁・団体関係

- 内閣府 HP、Society 5.0 [https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)
- 総務省「情報通信白書」各年版
- 厚生労働省、平成 30 年度高齢白書、第 1 章高齢化の状況  
[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/pdf/1s1s\\_01.pdf](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf)
- 経済産業省 HP、“Connected Industries について”  
<http://www.meti.go.jp/press/2017/06/20170619005/20170619005-2.pdf>
- 経済産業省「DX レポート～IT システム『2025 年の崖』の克服と DX の本格的な展開～」
- 経済産業省「Society5.0 の実現に向けた戦略的重要課題について」平成 29 年 11 月
- 経済産業省「未来の教室」と EdTech 研究会 第 1 次提言 「50 センチ革命×越境×試行錯誤」「STEAM(S)×個別最適化」「学びの生産性」2018 年 6 月 <http://www.meti.go.jp/press/2018/06/20180625003/20180625003-1.pdf>
- 文部科学省 Society 5.0 に向けた人材育成～ 社会が変わる、学びが変わる ～平成 30 年 6 月 5 日 Society 5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会 新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/other/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844\\_002.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf)

- ▶ IPA 独立行政法人情報処理推進機構「アジャイル領域へのスキル変革の指針 アジャイル開発の進め方」2018.4 <https://www.ipa.go.jp/files/000065606.pdf>
- ▶ 公益社団法人 経済同友会「経営者 はデジタル・マインドセットに切り替えよーデジタルマインドセット チェックリストー」2017 年 5 月  
[https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a\\_1.pdf](https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/uploads/docs/170529a_1.pdf)
- ▶ 一般社団法人 日本経済団体連合会 AI 活用戦略 ～AI-Ready な社会の実現に向けて～2019年2月19日  
<http://www.keidanren.or.jp/policy/2019/013.html>

なお、同報告書には「AI の活用、展開を迅速に行うためには、企業、個人、制度といったあらゆるレイヤーの AI-Ready 化が必須」として「AI-Ready な企業：まずは AI やデータを使いこなせる AI-Ready な企業に変化。すべての事業で AI を活用し、企業、業界を刷新。」「AI-Ready な個人：トップ人材、中核人材、利用者それぞれを AI-Ready 化。教育や研究開発環境の改革、利用者の意識変革を推進。」「AI-Ready な社会制度／産業基盤：AI の社会産業への展開に、AI の品質と信頼の担保が重要。信頼できる高品質な AI エコシステムとして構築を推進。(Trusted Quality AI)」と説明している。

このほかには、「AI-Ready な企業に向け、経営層、専門家、従業員、システム・データに関して、5 段階のレベル分けを提示」した以下のような表が掲載されている。

|       | 経営・マネジメント層                                                                                                      | 専門家                                                                                                      | 従業員                                                                                                                 | システムレベル・データ                                                                                                                                      |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| レベル 5 | <b>AI-Powered企業として確立・影響力発揮</b> 全ての事業・企業がAI×データ化し、業界そのものの本質的な刷新 (disruption) を仕掛けている。                            |                                                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>AI×データを理解するCxOが 全社、業界の刷新の中心を担う</li> <li>業界全体、他社との連携を推進</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>全技術者が領域×AI知識を持つ</li> <li>AI×データ活用の技術、研究両面の最先端の人材、経験を持つ</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>皆が理数・AI×データ素養を所持</li> <li>社内外の専門家と共同で活用</li> <li>ミドル層は資本、人脈で貢献</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>リアル空間も含め全てがデータ化、リアルタイム活用</li> <li>協調領域では、個別領域のAI機能、API提供、共通PF化</li> <li>競争領域では、独自機能のAI開発、サービス化</li> </ul> |
| レベル 4 | <b>AI-Ready化からAI-Powered化へ展開</b> AI×データによって企業価値を向上。コア事業における価値を生むドライバーとしてAIを活用。                                  |                                                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>AI×データを理解し事業活用する 人材を経営層に配置</li> <li>AI-Readyになるまで投資継続</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>AI×データ活用の技術開発、研究両面で最先端テーマの取組み開始</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>過半が高いAIリテラシーを所持</li> <li>データ・倫理課題を整理・遵守</li> <li>AI×データによる業務刷新が推進</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>業務システムと分析システムがシームレスに連携</li> <li>大半の業務データがリアルタイムに近い形で分析可能</li> </ul>                                       |
| レベル 3 | <b>AI-Ready化を進行</b> 既存の業務フローのAI×データ化による自動化に目途がつく。戦略的なAI活用も開始する。                                                 |                                                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>経営戦略にAI活用を組み込み</li> <li>AIへの投資をコミットメント</li> <li>幹部社員へのAI教育を実施</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>相当数のAI分析・実装要件を持つ</li> <li>独自のAI開発・事業展開が可能</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>実務へのAI活用が徹底</li> <li>そのための手順やツールも整備</li> <li>社員へのAI教育を開始</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>業務フロー、事業モデルがデータ化</li> <li>業務系に加え分析系のデータ基盤も整備開始</li> <li>領域特性に応じてAI化、RPA適用等を使い分け</li> </ul>                |
| レベル 2 | <b>AI-Ready化の初期段階</b> AI活用についてスモールスタートで経験を積む。一部の簡易業務のAI化も専門家の力を借りつつ着手開始。                                        |                                                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>AIの可能性を理解し方向性を発信</li> <li>具体的な戦略化は未着手</li> <li>データ・倫理課題は未整理</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>少数がAI・データを理解</li> <li>外部と協力し、既存技術を活用</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>一部のAI基礎の理解</li> <li>AI×データ素養を持つ社員も存在</li> <li>AI人材の採用を開始</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>一部業務でAI機能の本格適用を実施</li> <li>一部データが分析・活用可能な形で取得可能に</li> <li>顧客行動、環境、リアル空間のデータ化は未着手</li> </ul>               |
| レベル 1 | <b>AI-Ready化着手前</b> AIの方法論の議論が先行し、AI×データを活用した事業運営・刷新・創造は未着手。                                                    |                                                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>AIへの理解がない</li> <li>AIが業界や自社の企業経営に与える影響の認識も不十分</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>システムは外部委託中心</li> <li>IT部門はIT企業とのつなぎ役</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>経験、勘、属人的対応が中心</li> <li>課題も人員、工数をかけて対応</li> <li>理文分離型の採用</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>レガシーシステムが肥大化</li> <li>データの収集、取り出し、統合に年単位の時間が必要</li> <li>データの意味や示唆の理解も不十分</li> </ul>                       |

また、AI-Ready な個人について三層に分けて層別の方策が示されている。

| 対象層         | 方 策                                                                                                                                                    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| トップ人材 (研究者) | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 既存の教育課程の枠にとらわれない育成の仕組みをつくる</li> <li>▶ トップ人材が正当に評価される体制を構築する</li> <li>▶ AI とあらゆる学問領域*のコラボレーションを推進する</li> </ul> |

|                |                                                                                                                                                                          |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <p>*金融、医学、経済学のほか、法学、芸術等の幅広い学問領域を想定</p> <p>➤ AIに関連した国際会議を起点に、国際的な産学官連携拠点化をはかる</p>                                                                                         |
| 中核人材<br>(技術者)  | <p>➤ さまざまな技術者がAIを活用するための「AI工学」を確立する</p> <p>➤ AI技術者を育成するためのリカレント教育を推進する</p> <p>➤ AI×領域*のダブルメジャー、リベラルアーツ教育を推進する</p> <p>➤ 産学官連携のもと、AI人材に関する教育プログラム認定を推進する</p>               |
| リテラシー<br>(利用者) | <p>➤ すべての人がAIリテラシーを身につけるよう、教育システムを改革する</p> <p>➤ あらゆる個人がAIを活用するため、リベラルアーツ教育を充実する</p> <p>➤ よりよい社会の実現のため、個人主体でパーソナルデータを活用する</p> <p>➤ 多様な社会実現へ、AIをインクルージョン・テクノロジーとして活用する</p> |

以上、一般社団法人 日本経済団体連合会 AI活用戦略 ～AI-Readyな社会の実現に向けて～2019年2月19日 の概要版から

<http://www.keidanren.or.jp/policy/2019/013.html>

### 1-3.ドイツ政府・団体関係等

- ドイツ連邦労働・社会省 (BMAS) “Arbeiten 4.0 erfordert einen neuen Flexibilitätskompromiss”  
<http://www.arbeitenviernull.de/aktuelles/meldungen/halbzeitkonferenz.html>
- BMAS Re-imaging Work “Green Paper Work4.0”  
[http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/arbeiten-4-0-green-paper.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/arbeiten-4-0-green-paper.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- BMAS White Paper Work 4.0  
<http://www.bmas.de/EN/Services/Publications/a883-white-paper.html;jsessionid=CF249ED9BBCA1AEC63EC53A7BFDF0476>
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy Changes to competition law in the context of Industrie 4.0  
<https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/competition-law-short.html>
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy Industrie 4.0 - How well the law is keeping pace  
<https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/i40-how-law-is-keeping-pace.html>
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy Progress Report 2018 Applying Industrie 4.0  
<https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/hm-2018-fortschrittsbericht-eng.html>
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy PROGRESS REPORT APRIL 2016 Digitization of Industrie - Plattform Industrie 4.0  
<https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/digitization-of-industrie-plattform-i40.html>
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy Shaping the Digital Transformation Within Companies

<https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/digital-transformation-training.html>

- **Federal Ministry for Economic Affairs and Energy Aspects of the Research Roadmap in Application Scenarios**  
<https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/aspects-of-the-research-roadmap.html>
- **Federal Ministry for Economic Affairs and Energy Industrie 4.0 Readiness**  
<https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/vdma-readiness.html>
- **BMW*i*によるカンファレンスレポート “Digitizing Manufacturing in the G20 - Initiatives, Best Practices and Policy Approaches” on 16 and. 17 March 2017**
- **BMW*i* PROGRESS REPORT APRIL 2017 Shaping Industrie 4.0: Pioneering.**  
[https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/shaping-i40.pdf?\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/shaping-i40.pdf?_blob=publicationFile&v=2)
- **VDI Industry 4.0 A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future : A German and American Perspective April 2015**  
[http://www.vdi.eu/fileadmin/vdi\\_de/redakteur\\_dateien/bildung\\_dateien/VDI-ASME\\_2015\\_PDF\\_Version\\_final\\_2\\_NEW.pdf#search=%27white+papers+on+industry+4.0%27](http://www.vdi.eu/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/bildung_dateien/VDI-ASME_2015_PDF_Version_final_2_NEW.pdf#search=%27white+papers+on+industry+4.0%27)
- **acatech DISCUSSION” The Future of Work in the Digital Transformation” J.C.Jacobs,H.Kagermann,D.Spath(Eds)**  
[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech\\_diskutiert/acatech\\_DISKUSSION\\_HR-Kreis\\_engl\\_01.pdf#search=%27acatech+DISCUSSION%E2%80%9DThe+Future+of+Work+in+the+Digital%27](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/acatech_diskutiert/acatech_DISKUSSION_HR-Kreis_engl_01.pdf#search=%27acatech+DISCUSSION%E2%80%9DThe+Future+of+Work+in+the+Digital%27)
- **acatech SMART SERVICE WELT/Recommendations for the Strategic Initiative**  
<https://www.acatech.de/Publikation/smart-service-welt-recommendations-for-the-strategic-initiative/>
- **acatech The Future of Work in the Digital Transformation**  
[https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_DISKUSSION\\_HR-Kreis\\_engl\\_01.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_DISKUSSION_HR-Kreis_engl_01.pdf)
- **acatech Industrie 4.0 in a Global Context**  
[https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_eng\\_STUDIE\\_Industrie40\\_global\\_Web.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_eng_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf)
- **acatech/Paderborn University Industrie 4.0 - International Benchmark, Options for the Future and Recommendations for Manufacturing Research**  
<https://www.acatech.de/Publikation/industrie-4-0-international-benchmark-options-for-the-future-and-recommendations-for-manufacturing-research/>
- **VDMA Guideline Industrie 4.0**  
<https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/0/Guideline%20Industrie%204.0.pdf/70abd403-cb04-418a-b20f-76d6d3490c05>
- **DIN/DKE German Standardization Road map Industrie 4.0**  
<https://www.din.de/blob/65354/57218767bd6da1927b181b9f2a0d5b39/roadmap-i4-0-e-data.pdf>

- Fraunhofer white paper Industrial Data Space  
<https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/fields-of-research/industrial-data-space/whitepaper-industrial-data-space-eng.pdf>
- Technische Universität München (TUM) のデジタル教育  
<https://www.class-central.com/university/tum>  
<https://www.tum.de/nc/en/studies/continuing-education/general-public/moocs/>
- Aachener Verfahrenstechnik / RWTH Aachen University ” Kármán Conference 2018” Karman Conference 2018 – shaping the field of 4D-printing 15.-18. July, 2018  
<http://www.avt.rwth-aachen.de/cms/AVT/Die-AVT/Aktuelle-Veranstaltungen/~qoxj/Karman-Conference/?lidx=1>
- RWTH Aachen University のデジタル教育 <https://www.edx.org/school/rwthx>
- Helmut Wensch, Osamu Ito “Practical Education in Automation for Industrie 4.0” Digital Factory/Process Industries and Drives Division, Business Excellence Group, Siemens KK, Japan Roland Scheuerer Digital Factory, Siemens Automation Cooperates with Education, Siemens AG, Germany \* Proceedings of the 14th International CDIO Conference, Kanazawa Institute of Technology, Kanazawa, Japan, June 28 - July 2, 2018

## 1-5.海外情報

- OECD Skills Outlook 2017  
<http://www.oecd.org/education/oecd-skills-outlook-2017-9789264273351-en.htm>
- WEF “Europe, Asia Lead the Way to the Factories of the Future”2018.9.7  
<https://www.weforum.org/press/2018/09/europe-asia-lead-the-way-to-the-factories-of-the-future>
- HBR(Harvard Business Review) How the World’s Oldest Company Reinvented Itself January 30, 2018  
<https://hbr.org/2018/01/how-the-worlds-oldest-company-reinvented-itself>
- Yoram Koren The University of Michigan “The Global Manufacturing Revolution” Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems <http://erc.engin.umich.edu/wp-content/uploads/sites/50/2013/08/12pgbook.pdf>
- IBM 「Smarter Planet Initiative」  
<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/jp/ja/icons/smarterplanet/>
- IIC(Industrial Internet Consortium) <https://www.iiconsortium.org/members.htm>
- GE REPORTS JAPAN > Predix <https://gereports.jp/tag/predix/>
- statista The Statistics Portal “ Internet of Things - Statistics & Facts”  
<https://www.statista.com/topics/2637/internet-of-things/>

- stratasys 社 HP  
<https://www.stratasysdirect.com/resources/infographics/additive-manufacturing-aerospace>
- The digital twin: revolutionizing the product and the process By Glenn Johnson, Editor Wednesday, 10 August, 2016)  
<http://proccessonline.com.au/content/software-it/article/the-digital-twin-revolutionising-the-product-and-the-process-733095522#ixzz4oZeujnFH>

## 1-6.国内大学・研究機関

- 西岡靖之 —IVI 今後の取り組み—IVI プラットフォーム計画 平成 28 年 3 月 10 日 [https://iv-i.org/docs/doc\\_160310\\_g05.pdf](https://iv-i.org/docs/doc_160310_g05.pdf)
- 西岡靖之 法政大学教授、日経新聞「経済教室」 H27.7.10
- 中西重康「発明と産業の発展の連関を考える」 機械学会関西支部シニア会交流サロン  
<https://www.kansai.jsme.or.jp/SeniorLegend/PDF/doc00018.pdf#search=%27%E8%92%B8%E6%B0%97%E6%A9%9F%E9%96%A2%E3%81%AE%E7%99%BA%E6%98%8E%27>
- 新井紀子 尾崎幸謙、NIRA オピニオンペーパーno.31/2017/July、及び「デジタルライゼーションに求められる人材像」 <http://www.nira.or.jp/pdf/opinion31.pdf>
- 太田志乃（機械振興協会経済研究所調査研究部研究副主幹）JC ECONOMIC JOURNAL 5月号 SPECIAL REPORT「中国の工作機械と産業用ロボット」
- 野村総研 2015/12/2 19:04「労働人口の 49%、AI・ロボで代替可能に」（日本経済新聞 2019 年 1 月 22 日）  
[https://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ02HTU\\_S5A201C1TJC000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ02HTU_S5A201C1TJC000/)
- 京都大学経営管理大学院教授の梶山泰生氏へのインタビュー記事  
<https://businessecosystem.unisys.co.jp/definition-of-ecosystem-01/>
- 森川博之 東京大学先端科学技術研究センター教授（情報ネットワーク分野）RTB:Run the Bank/Business、CTB:Change the Bank/Business（自動車技術 2017Vol.71 5月号 p 12～p17「IoT とデジタル・トランスフォーメーション」）
- 森川博之 東京大学大学院工学系研究科教授「IoT への取り組みを成功に導く 3 つのカギ」日経 BizGate 2017/05/08 <http://bizgate.nikkei.co.jp/article/133823714.html>
- 山本陽大、労働政策研究・研修機構 研究員「第四次産業革命による雇用社会の変化と労働法政策上の課題—ドイツにおける“労働 4.0”をめぐる議論から日本は何を学ぶべきか？」 <https://www.jil.go.jp/institute/discussion/2018/18-02.html>
- 職業能力開発総合大学校(PTU : Polytechnic University) <http://www.uitec.jeed.or.jp/>
- 高等専門学校 [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/kousen/](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kousen/)

## 1-7.マスコミ・出版関係

- 日本経済新聞、やさしい経済学「デジタル化と顧客価値創造 (2)ITとは違う応用対象・目的」一橋大学神岡太郎教授 H30.12.10~12.14
- 日本経済新聞、やさしい経済学「デジタル化と顧客価値創造 (7) 企業の根幹から変革必要」一橋大学神岡太郎教授 平成 30 年 12 月 14 日付
- 日本経済新聞、「ニッポンの革新力」 H30.12.21
- 日本経済新聞 電子版「人工知能の論文数、米中印の 3 強に」 Innovation Roadmap 2030 2017/11/1 2:00  
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO22943380R31C17A0TJU200/>
- 日本経済新聞がオランダ学術情報大手エルゼビアと共同「先端技術の研究テーマ別ランキング」 2018/12/31  
[https://www.nikkei.com/article/DGXMZO39587340Q8A231C1MM8000/?n\\_cid=NMAIL007](https://www.nikkei.com/article/DGXMZO39587340Q8A231C1MM8000/?n_cid=NMAIL007)
- 日本経済新聞、H31.1.9 DKSH ジャパンの Michael Loefflad 社長
- 日経産業新聞、H31.1.9 野村総研の代表取締役社長 此本 臣吾氏
- 日経産業新聞 H30.5.23、NEC 新野隆社長
- 日経産業新聞 H30.8.10 「トップに聞く 次の一手 NEC 新野隆社長」
- 日経 X-TECH 「3分でわかる必修ワード IT」  
[https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/keyword/18/00002/?n\\_cid=nbpxnt\\_yaad18103m](https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/keyword/18/00002/?n_cid=nbpxnt_yaad18103m)
- 日経 XTECH 2019/02/06 05:00 「MaaS で変わるクルマの電子プラットフォーム 出遅れたボッシュ、コンチネンタルを猛追 完成車 vs 部品の新競争 (中)」 清水 直茂 = 日経 xTECH / 日経 Automotive  
[https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00584/00003/?n\\_cid=nbpxnt\\_mled\\_at](https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/column/18/00584/00003/?n_cid=nbpxnt_mled_at)
- 日経 xTECH / 日経ものづくり xTECH / 日経ものづくり = 2019/01/07 05:00 特集 2 「労力減らして楽々生産、“からくり現場改善”傑作選」野々村 洸  
[https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/mag/nmc/18/00015/00012/?n\\_cid=nbpxnt\\_mled\\_nmc](https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/mag/nmc/18/00015/00012/?n_cid=nbpxnt_mled_nmc)
- 日経 XTECH 2019/01/31 05:03 「デジタルで後継育成 デジタルで正確・短期にノウハウ継承、高い精度と視覚化で役立つ形式知へ」特集 デジタルで後継育成 Part1 総論 高市 清治 <https://tech.nikkeibp.co.jp/atcl/nxt/mag/nmc/18/00041/00001/>
- 読売新聞「先端技術で匠の技」 H31.1.27
- 週刊東洋経済 2018 年 12 月 22 日号 【第 1 特集】GAF A 全解剖
- 東洋経済オンライン「ドンキで売れた!『焼き芋機』開発企業の正体 ユニークな商品が相次いで誕生する舞台裏」富田 頌子: 東洋経済 記者  
<https://toyokeizai.net/articles/-/241559?page=2>
- DIAMOND ONLINE 2018.12.27 「デジタル・トランスフォーメーション (DX)」 <https://diamond.jp/articles/-/185478>
- 週刊ダイヤモンド編集部 2018.11.26 「サブスクリプション」拡大でギターの名門 Fender が大成功した理由 ティエン・ツォ ズオラ創業者兼 CEO に聞く + <https://diamond.jp/articles/-/186527?page=5>
- ITpro 2016 年 9 月 12 日、2016 年 6 月 13 日仏パリ開催の産業デジタル化のカンファレンス「Minds + Machines Europe」におけるイメルト CEO の基調講演 <http://itpro.nikkeibp.co.jp/atclact/active/16/100600112/100600001/?ST=act-enterprise&P=2>

- パナソニック代表取締役専務・CIO 宮部義幸氏  
<https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/1055761.html>
- MONOist、小林由美「デジタイゼーションではなくデジタルイゼーションが重要」——シーメンズ 2017年06月19日 07時00分  
<http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1706/19/news028.html>
- ビジネス+IT 2018/12/13 [デンソーが世界最大級の量子コンピューター国際会議で喝采を浴びた理由 「量子」で無人搬送車運転を最適化]  
[https://www.sbbit.jp/article/cont1/35565?ref=181213bittsed\\_](https://www.sbbit.jp/article/cont1/35565?ref=181213bittsed_)
- 織研新聞電子版 2018/03/30 10:58) <https://senken.co.jp/posts/fukule-180330>

## 1-8.書籍関係

- 日立産業制御ソリューションズ、AI&ビッグデータソリューションセンタ  
「AI,IoTを成功に導くデータ前処理の極意」日経 BP マーケティング 2018.9.17
- 木村英紀著、ものづくり敗戦—「匠の呪縛」が日本を衰退させる(日経プレミアシリーズ) [新書]2009/03/11、日本経済新聞出版社
- PTU 技能科学研究会編 「技能科学入門 ものづくりの技能を科学する」  
2018.2.26(株) 日科技連出版社
- 中田敦 日経 BP 社 2017年「GE 巨人の復活 シリコンバレー式「デジタル製造業」への挑戦」
- エリック・リース著、井口 耕二 訳「スタートアップウェイ」2018.5.28 日経 BP 社
- 日経ロボティクス 2月号 No43
- 日経ものづくり 2019.2、中山鉄工所 [岡山県倉敷市] 中山光治社長
- 日経ものづくり 2018.2 p 60 の Axel Saleck 氏の論考
- プレジデント社 “Why Digital Matters?” 2018.12
- 木村哲也著「Small Factory 4.0 第四次町工場革命を目指せ！」三恵社 2018.8.1
- Panasonic 「シリーズ『AI 画像認識』」

## 1-9.その他

- パナソニック  $\beta$ に関する記事  
<https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/1055761.html>  
<https://business.nikkeibp.co.jp/atcl/report/16/070600229/101100021/?ST=print>  
<https://meti-journal.jp/p/250/>  
<http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1711/30/news050.html>

- Bizteria Club 2017年08月29日「AI(人工知能)の時代に活躍できる人材(プライムコム 網野麻理氏)」 <https://bizteria.jp/2506v07n00>

- Qiita 「ディープラーニングの判断根拠を理解する手法 2018年03月09日」 <https://qiita.com/icoxfog417/items/8689f943fd1225e24358>

ウィキペディア、「UX、ユーザーエクスペリエンス (user experience)」など  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A6%E3%83%BC%E3%82%B6%E3%83%BC%E3%82%A8%E3%82%AF%E3%82%B9%E3%83%9A%E3%83%AA%E3%82%A8%E3%83%B3%E3%82%B9>

- Wikipedia 「Mechatronics」 <https://en.wikipedia.org/wiki/Mechatronics>
- IT用語辞典「ダッシュボード」など  
<http://e-words.jp/w/%E3%83%80%E3%83%83%E3%82%B7%E3%83%A5%E3%83%9C%E3%83%BC%E3%83%89.html>
- IT用語辞典「As-Is とは」参照 <http://e-words.jp/w/As-Is.html>
- IT用語辞典「モジュラー型生産方式」  
<http://e-words.jp/w/%E3%83%A2%E3%82%B8%E3%83%A5%E3%83%A9%E3%83%BC%E5%9E%8B.html>
- コトバンク「日本大百科全書(ニッポニカ)の解説」システムアプローチの一般的な手順  
<https://kotobank.jp/word/%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E3%83%BB%E3%82%A2%E3%83%97%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%81-1542120>
- 【IoT用語集】OT (Operational Technology) とは? など  
<https://mono-watch.com/15468/>
- 【IoT用語集】メカトロニクスとは? <https://mono-watch.com/15478/>
- ポルシェ、希少車向け補修部品を3Dプリンタで製造  
<https://japanese.engadget.com/2018/02/21/3d-959-9/>
- 学校教育とプログラミング  
[https://miraino-manabi.jp/assets/data/info/miraino-manabi\\_leaflet\\_2018.pdf](https://miraino-manabi.jp/assets/data/info/miraino-manabi_leaflet_2018.pdf)
- 「中国のAI研究論文数は世界一」Japanese.china.org.cn ,  
[http://japanese.china.org.cn/culture/2018-12/15/content\\_74258905.htm](http://japanese.china.org.cn/culture/2018-12/15/content_74258905.htm)
- 日鉄住金総研(株)海外技術情報部海外鉄鋼関連レポート

## 2.教育関係・労働雇用等参考資料

### 2-1.高専の第4次産業革命対応

高専機構は、「新産業を牽引する人材育成」、「地域への貢献」、「国際化の加速・推進」の3つの方向性を軸に、場合によっては複数の方向性を組み合わせ、各国立

高専の強み・特色を伸長することを目的として、“KOSEN（高専）4.0”イニシアティブを実施。

各国立高専には、第4期中期目標期間（平成31年度からの5年間）に向けたカリキュラムの改訂や組織改編などを伴う取組を通じて、各校の在り方・役割（ミッション）を自ら見つめ直すことを期待しており、第4期中期目標期間までの約2年間の準備期間と位置付け、当該取組のスタートアップ経費を、メリハリをつけて重点的に支援。

平成29年度：全51国立高専から96事業の申請のうち37事業を採択

平成30年度：49国立高専から78事業の申請のうち34事業を採択

（関連した433採用例）

- 釧路工業高等専門学校「第4次産業革命を推進するIoT活用技術者の育成教育プログラム」
- 群馬工業高等専門学校「バーチャル工房を活かした高専教育高度化による情報活用エンジニアの育成」
- 鳥羽商船高等専門学校「第4次産業革命を促進するプログラマ育成と地域活性モデル」
- 鈴鹿工業高等専門学校「産業界が求めるロボット技術者を育成するためのロボット工学教育」
- 米子工業高等専門学校「第4次産業革命対応型医工連携教育システムの構築」
- 高知工業高等専門学校「地域をフィールドとして展開するIoT技術教育、学外と連携するセキュリティ人材育成」
- 佐世保工業高等専門学校「数理情報系の素養を身につけた地域産業の進化（深化）に貢献する“T型”エンジニアの育成プログラム」
- 一関工業高等専門学校「Society5.0世代のモビリティシステムを支える多峰型スマートエンジニア育成プログラム」
- 鶴岡工業高等専門学校「ICTでつなげる地域共生アグリ・バリュースペース研究開発プラットフォームを利用するIoT人材育成」
- 新居浜工業高等専門学校「“ロボットと共に育つ”実践型AI活用人材育成」
- 弓削商船高等専門学校「離島工学に基づく防災・減災に精通したIoT技術者育成プログラム」

出所：“KOSEN（高専）4.0”イニシアティブ

[http://www.kosen-k.go.jp/main\\_super\\_kosen/02\\_kushiro.pdf](http://www.kosen-k.go.jp/main_super_kosen/02_kushiro.pdf)

出所：同イニシアティブ採択事業一覧

[http://www.kosen-k.go.jp/main\\_super\\_kosen\\_4.0list.html#H30saitaku](http://www.kosen-k.go.jp/main_super_kosen_4.0list.html#H30saitaku)

## 2-2.都立高専の第4次産業革命対応

東京都立産業技術高等専門学校 提言「第4次産業革命において求める人材と教育」  
平成30年9月 運営協力者会議

[www.metro-cit.ac.jp/files/information/proposal\\_04.pdf](http://www.metro-cit.ac.jp/files/information/proposal_04.pdf)

- 1 自主的・計画的・継続的に学習する能力を育む教育
- 2 興味・目的意識を育む教育

- 3 専門知識を応用して問題を発見し、解決する能力を育む教育
- 4 実践力を育む教育
- 5 コミュニケーション能力を育む教育

## 2-3.文部科学省

### ●「AI戦略」実行に向けた人材育成・研究開発の推進」

林文部科学大臣提出資料 平成 30 年 9 月 28 日

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/dai2/siryo2.pdf#search=%27%EF%BC%A1%E%BC%A9%E6%88%A6%E7%95%A5%E3%80%8D%E5%AE%9F%E8%A1%8C%E3%81%AB%E5%90%91%E3%81%91%E3%81%9F%E4%BA%BA%E6%9D%90%E8%82%B2%E6%88%90%E3%83%BB%E7%A0%94%E7%A9%B6%E9%96%8B%E7%99%BA%E3%81%AE%E6%8E%A8%E9%80%B2%27>

- ・文部科学省において、「Society 5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」(平成 30 年 6 月)、「科学技術改革タスクフォース報告～みんなで創る未来社会に向けた科学技術システム改革～」(平成 30 年 8 月) をとりまとめ。
- ・これらの報告書及び「A I 戦略パッケージ」を踏まえ、高校における情報活用能力の育成、大学における数理・データサイエンス教育の拡充など社会のニーズに対応した人材育成の取組と、A I 分野の研究開発環境の整備を進めていく。

### ●「大学の数理・データサイエンス教育強化事業の概要」

文部科学省 高等教育局 専門教育課 平成 29 年 9 月 11 日

- ・AI、IoT、ビッグデータ、セキュリティ及びその基盤となるデータサイエンス等の人材育成・確保する施策を、初中教育、高等から研究者レベルでの包括的な人材育成総合プログラムを体系的に実施

## 2-4. 経済産業省

### ●「第 4 次産業革命下の人材・雇用政策」 通商白書 2017 版

<http://www.meti.go.jp/report/tshaku2017/2017honbun/i3420000.html>

- ①人生 100 年時代に対応した、「社会人の生涯学び直し」も含めた教育・人材育成システムの再構築
- ②学び・働く「個人」に光を当てた支援
- ③第 4 次産業革命時代の競争の決め手となる「IT 力」への重点化
- ④産業界の今後のニーズに合致した実践的な能力・スキルを養成するために、全体観をもって産官学の取組を統合

## 2-5.JETRO

### ●JETRO 韓国「人中心の第 4 次産業革命対応計画」 2017 年 11 月

[https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/world/asia/kr/ip/gov/movement/201804-2.pdf#search=%27%E4%BA%BA%E4%B8%AD%E5%BF%83%E3%81%AE%E7%AC%AC4%E6%AC%A1%E7%94%A3%E6%A5%AD%E9%9D%A9%E5%91%BD%E5%AF%BE%E5%BF%9C%E8%A8%88%E7%94%BB%27](https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/kr/ip/gov/movement/201804-2.pdf#search=%27%E4%BA%BA%E4%B8%AD%E5%BF%83%E3%81%AE%E7%AC%AC4%E6%AC%A1%E7%94%A3%E6%A5%AD%E9%9D%A9%E5%91%BD%E5%AF%BE%E5%BF%9C%E8%A8%88%E7%94%BB%27)

※韓国政府省庁合同で発表した「革新的成長に向けた人中心の「第 4 次産業革命対応計画」をジェトロが仮訳したもの。

## 3.ドイツの“労働 4.0”を巡る日本国内の議論

### 3-1. (独) 労働政策研究・研修機構、山本陽大研究員

- ディスカッションペーパー 18-02 「第四次産業革命による雇用社会の変化と労働法政策上の課題—ドイツにおける“労働 4.0”をめぐる議論から日本は何を学ぶべきか？」  
<https://www.jil.go.jp/institute/discussion/2018/18-02.html>
- ※ 「第四次産業革命による雇用社会の変化と労働法政策上の課題—ドイツにおける“労働 4.0”をめぐる議論動向-」、本件の概要は下記の☛※参照  
[https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12602000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu\\_Roudouseisakutantou/0000189090.pdf](https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12602000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Roudouseisakutantou/0000189090.pdf)
- 労働政策審議会 基本部労働政策審議会（第4回、平成29年12月25日）での説明資料（PPT）「第四次産業革命による雇用社会の変化と労働法政策上の課題—ドイツにおける“労働 4.0”をめぐる議論動向-」  
[https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12602000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu\\_Roudouseisakutantou/0000189090.pdf](https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12602000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Roudouseisakutantou/0000189090.pdf)
- ☛※労働政策研究・研修機構の山本陽大氏のディスカッションペーパー「第四次産業革命による雇用社会の変化と労働法政策上の課題—ドイツにおける“労働 4.0”をめぐる議論から日本は何を学ぶべきか？」の概要  
<https://www.jil.go.jp/institute/discussion/2018/18-02.html>

#### <事実発見>

- ① ドイツにおいては、職場も含めた社会全体のデジタル化について、既に政・労・使におけるコンセンサスが形成されており、国家による支援を受けて、労・使双方にとって利益となる形での雇用社会のデジタル化研究が行われている
- ② 白書を中心に、雇用社会のデジタル化によって新たな課題が生じる政策領域については、主に既存の雇用・労働法システムの骨格は維持しつつ、その部分的拡充や適用範囲の拡大・縮小によって対応するといった形での議論が行われている
- ③ 更にクラウドワークについては、一部の労働組合によって保護や規制をめぐる積極的な取り組みが行われていること、等が明らかとなった。

#### <政策的インプリケーション>

- ① 日・独における雇用・労働（法）システムの相違を踏まえつつ、第四次産業革命（ないしデジタルイゼーション）という新たな波に適應するための雇用・労働（法）政策、およびその決定プロセスを考えてゆく必要
- ② 特にドイツにおける“労働 4.0”をめぐる議論・取り組みのうち、労・使双方にとって **win-win** となる形での雇用社会・職場におけるデジタル技術の利活用について、国家が積極的に支援・助成を行っている点
- ③ 雇用社会のデジタル化、およびそれに伴って必要となる雇用・労働（法）政策のあり方をめぐる検討（“労働 4.0”）が、あらゆるステークホルダーを参加させた集約的な議論の場（Forum）において行われている点
- ④ 第四次産業革命により変化した雇用社会においても「良質な働き方（ニディーセント・ワーク）」を実現するために、集团的労使関係システムが重要なインフラとして位置付けられている点は、日本も学ぶべきところが大きい。

#### <ドイツの労働 4.0 を巡る政策的議論の日・独比較>

##### 1. 職業訓練政策

|      | ドイツ                                                                            | 日本                                                                                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な取組 | 企業外での継続的職業教育訓練システムを活用することによる、デジタル化時代において必要な職業資格の習得と、それをサポートするための失業保険の事前予防機能の強化 | 経済産業省が、社会人向けに民間事業所によって提供される AI、IoT、ビッグデータ等の高度 IT 技能の習得のための職業訓練講座を新たに認定するとともに、かかる講座の受講を雇用保険における専門実践教育訓練給付金の対象としている |
| 共通点  | 具体的な政策的対応                                                                      |                                                                                                                   |
| 相違点  | ドイツで DGB が主張する職業訓練受講中の賃金保障や訓練休暇を労働者の権利として認める議論は日本では見受けられない                     |                                                                                                                   |

## 2. 労働時間政策

|      | ドイツ                                                        | 日本                                                                                                              |
|------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な取組 | 時間的・場所的に柔軟な働き方を促進し、労働者に「時間主権」を認めるとともに、過労リスクからの保護を図ることが政策目標 | 「働き方改革実行計画」(2017 年 3 月)も、「柔軟な働き方がしやすい環境整備」、とりわけモバイル機器等を用いた雇用型テレワークの普及(および、かかる働き方のもとの長時間労働の防止)に取り組むべき施策の一つに掲げている |
| 共通点  | 政策的方向性                                                     |                                                                                                                 |
| 相違点  | ドイツでは労働時間選択法という立法的対応。日本は雇用型テレワークについてガイドラインを策定で対応。          |                                                                                                                 |

## 3. 自営的就労をめぐる政策分野（就業条件の保護）

|      | ドイツ                                                                 | 日本                                                                                                                                    |
|------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な取組 | プラットフォーム事業者らと IG Metall が策定しているプラットフォーム事業運営にかかる「行動指針」など             | クラウドワークによる自営型テレワークをも対象に含めて、契約条件の明確化・適正化のために、発注者(注文者)および仲介業者(クラウドワークプラットフォームを含む)が遵守すべき事項を掲げている<br><br>(「柔軟な働き方に関する検討会」報告書のガイドライン(案))など |
| 共通点  | 就労条件の保護は、<br>日本では行政機関がガイドラインを示す、<br>ドイツではプラットフォーム事業者と組合の自主規制というアプロー |                                                                                                                                       |

|     |                                                                                                                                                                      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | チで、基本的に内容を同じくする規範設定 (rule-making)                                                                                                                                    |
| 相違点 | <p>ドイツでは独立自営業者の就業条件保護のために、「労働者類似の者」に関する労働協約法の利活用を提案。</p> <p>日本では労働組合法上の労働者性が認められることとなっているものの、行政レベルでは、独立自営業者の集団的労使関係システム（特に、労働組合や労働協約）による保護を明確に志向するような議論は見受けられない。</p> |

#### 4. 個人情報保護の領域

|      | ドイツ                                                                               | 日本                                                                                                          |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な対応 | <p>デジタル化した雇用社会における労働者の個人情報・データ保護は、BMAS、DGB はもちろん、BDA によってもセンシティブな問題として捉えられてきた</p> | <p>今後、センサーやウェアラブル機器、情報端末等を通じて得られた労働者個人情報の法的取り扱いが重要な検討課題となることが予想されるが、</p> <p>行政レベルではいまだ正面から議論されるには至っていない</p> |
| 共通点  | 3 と同様                                                                             |                                                                                                             |
| 相違点  |                                                                                   |                                                                                                             |

#### 5. 集団的労使関係の領域

|      | ドイツ                                                                                                                                                                                                                                                                               | 日本                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な取組 | <p>伝統的な集団的労使関係を基軸に据えた形で、今後の雇用・労働(法)政策が論じられている。</p> <p>労働 4.0・白書で提案されている各政策オプションも、従来の労働協約システムおよび従業員代表システムを前提に、これを一層強化しようとするものであり、労使団体はもちろん BMAS の立場からも、集団的労使関係をめぐる新たなパラダイム転換は基本的には求められていない。</p> <p>実際に、一部の産別組合 (IG Metall) は、クラウドワークという第四次産業革命下における新たな働き方についても積極的な取り組みを行い得ている。</p> | <p>集団的労使関係をめぐって具体的な政策的議論がなされているとはいえない状況。</p> <p>但し、2016 年 8 月の「働き方の未来 2035」においては、「労働組合も企業別・業界別の運営とともに、職種別・地域別の連帯も重視した、SNS や AI、VR などの技術革新も活用した新しい時代にふさわしい組織として、多様な働き方を支援できるように進化していくことが求められる」との提言がなされている。</p> <p>何らかの具体的な(法)政策的提言がなされているわけではないが、ここにおいては従来の企業別組合中心主義からの脱却という、一つのパラダイム転換が示唆されている。</p> |
| 共通点  |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 相違点  |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### 3-2.厚生労働省

- 「労働政策審議会 基本部労働政策審議会 報告書～進化する時代の中で、進化する働き方ために～」 平成 30 年 9 月 5 日

<https://www.mhlw.go.jp/content/12602000/000349769.pdf#search=%27%E5%83%8D%E6%94%BF%E7%AD%96%E5%AF%A9%E8%AD%B0%E4%BC%9A+%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E9%83%A8%E5%8A%B4%E5%83%8D%E6%94%BF%E7%AD%96%E5%AF%A9%E8%AD%B0%E4%BC%9A+%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8%27>

- 「同概要版」

<https://www.mhlw.go.jp/content/12602000/000349764.pdf#search=%27%E9%80%B2%E5%8C%96%E3%81%99%E3%82%8B%E5%83%8D%E3%81%8D%E6%96%B9%E3%81%AE%E3%81%9F%E3%82%81%E3%81%AB+%E6%A6%82%E8%A6%81%E7%89%88%27>

※同審議会では、AI 等の技術革新が 雇用・労働 雇用・労働 に与える影響について議論し、その対応策を検討。

- ① 「技術革新（AI 等）の動向と雇用・労働への影響等」について、これまでの議論、今後の変化の予測や課題について整理。
- ② 「働く人全ての活躍を通じた生産性向上等に向けた取組」について、現状と今後の課題について整理。
- ③ 「時間・空間・企業に縛られない働き方」について、具体的な措置が求められる課題や引き続き検討が必要な論点を整理。

## 4. 本専門部会委員対象アンケート調査

### 4-1.調査名称

「IoT・AI 時代のものづくり人材調査専門部会」アンケート（御意見伺い）」

### 4-2.目的

報告書作成に向け委員の意見を集約すること。

### 4-3.背景と狙い

第 8 回専門部会（平成 30 年 10 月 11 日）の資料で議論し尽くせなかった項目、特に「資料 3：ものづくりデジタル人材について 今後の検討の方向」を中心に委員各位の意見を集約したうえで、次回以降の検討を効率的に進め、ひいては最終報告書の方向感を固めることを目的として実施。

### 4-4.実施期間

平成 30 年 10 月 26 日～同年 11 月 15 日

### 4-5.調査対象

本専門部会委員 18 名

#### 4-6.回収状況

回収 14 名／対象 18 名、回収率 78%

#### 4-7.調査票の概要

今回のアンケート調査の目的とベースとなる資料は調査票に添付配布。また当該質問に関連するこれまでの議論については設問のつどその要旨を付記して参考に供した。

1.目的：平成 30 年度調査（2 年度目）の纏めに向け、委員全員から意見を集約する。

事前に意見を収集することで次回部会の議論を効率的に行う。

2.調査のベースとなる前回配布資料：以下の特に資料 3（10/11 配布分）

「資料 3：ものづくりデジタル人材について 今後の検討方向」

3.今回アンケート調査案の組み立てと考え方

原則として自由回答方式

前回部会で既に当該箇所に関する意見等が出ている場合には極力「既出の意見」として付記して回答の参考に供する。

4.最低限回答して欲しい問：次頁のⅢ.調査項目の「3.」、「4.」、「5.」の 3 つ

5.調査項目

※以下の【貴見回答欄】にご記入ください

1.全体構成の立て付けについて

2.メガトレンドについて

3.“Ⅱ型”の拡張について

(1).資料 3. p 23 「“Ⅱ型”の拡張」注という見方に関する違和感と感想、意見など

(2).資料 3. p 23 「“Ⅱ型”の拡張」のうち、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ のそれぞれに関する違和感と感想、意見など

4.TAKUMI4.0 とヒトの役割について

(1).資料 3. p 26 の「「匠」から“TAKUMI4.0”へ」に関する違和感、感想、意見など

(2).資料 3. p 29、p 30 の「TAKUMI4.0 につながる新しいヒトの役割」に関する違和感、感想 意見

5.人材ピラミッドの各層別記述について

資料 3. p 38 「人材ピラミッド、デジタル技術習得」に関する違和感、感想、意見など

6.その他

講演に関する感想や部会で議論された主要な論点として以下の 3 つを提示して意見を徴した。

- ①企業内協働環境や意思疎通における文理の壁の問題、文理双方に対する注文
- ②教育の方向性の問題として、激変する現実に合わせて実学のカリキュラム化（海外事例の OPCUA, CCLink など）やデジタル化進展で教え方も変化する問題
- ③社会的目標としての競争領域の抽象化による協調領域化の視点や、Society5.0 の達成等の「デジタル化より上位の概念」を目標化する必要性

#### 4-8.調査回答結果

##### 1.全体構成の立て付けについて

Q1 今年度報告書の骨子案(5章立て)についての違和感と感想、意見など

- 前回から参加している私には違和感はないが、今回のメンバーは TAKUMI4.0 について知らないので違和感を感じると思う。
- 特に違和感などはなし。
- 賛同する。異論なし。
- "TAKUMI 3.0 から TAKUMI4.0 間のギャップが大きく、もう少し分析した方が良いのでは！

経済成長の時代に、半導体産業等の急成長を支えた人材を生み出したのは TAKUMI3.0 であるが、それにも関わらず、海外に遅れを取った歴史がある。TAKUMI3.0 の問題点は何だったのかを分析して、TAKUMI4.0 に盛り込む必要がある。

- ・ターゲティングの成功
- ・成功要因の誤解（内部要因と外部要因）"

- 第2章の AI の位置づけが分からない。第1章で、今後のトレンドとして、デジタル技術の活用がキー。その代表格として AI があり、今後製造業で AI を活用できるかが重要で、それを使いこなせるスキルが必要と訴え、そういう人材をどう構築していくかというストーリーか。ただし、AI にはもう一つの面、AI が仕事を効率化する（≡仕事を人から奪う）という面もあるのでは。AI を章のタイトルにし、特出しするのなら、この両面で論じるべきではないか。
- 特に違和感はないが、新時代の組織についてもふれる必要がある。
- 現時点であれば、特に違和感はない。
- 流れとしては、「製造業を取り巻くグローバルな環境・動向」→「その中での日本の製造業の進むべき方向」→「その方向での人の役割、必要な人材」→「人材を育成する課題」という流れが良いと思います。骨子案の章立てで言いますと、1章・2章→4章→3章→5章になりますが、現案も良い、と思います。
- 時代背景の認識がいる。特にデジタルイノベーションやデジタル・トランスフォーメーション（DX）

- ○IoT・AI時代のものづくり人材調査専門部会におけるスタンス(前提)の確認について a.議論対象の時間軸、b.報告書の全体のトーン、c.IT化とかデジタル化とは何かに関する議論、d.アーキテクチャの重要性とソフトウェア化の意義に関する理解とその背景について、e.工学部教育の問題、f.現在の教育の根本的な問題、
- 現状の骨子で問題なし
- 特に問題なし

## Q2 全体構成案における流れ

- 特に違和感などはなし。
- 同様異論なし。TAKUMI4.0とは前部会の匠とは異なる視点？
- "人材育成が目的としたフローに見える。TAKUMI4.0が目的に見える。
- 様々な立場で活動し場面・場面で考えて来た結果、人材が成長するという考え方もあり、課題に対してITやAIを駆使したソリューションをデザインする技術が重要であり、それを達成した結果TAKUMI4.0が生まれるというイメージを持つ。
- 五感を生かして問題を解決する技を生み出し、それを受け継ぐことが匠だが、今の時代は、新たな匠の技を生み出す局面ではないか。場合によっては、原点に戻って現在のやり方を捨てる判断をする場合もある。
- TAKUMI4.0の理解が不十分だが、人材ピラミッドの中のどこかのパートがTAKUMI4.0の人材のイメージ。それなら、5のTAKUMIと6のピラミッドは逆のように感じる。
- (1)と同様。目指すべき姿の中で組織についてもふれる必要がある。
- 現時点であれば、特に違和感はない。
- "① 問題提起には、世界の人口増と都市化の急変＝過剰な消費需要への対応、日本の急速な少子高齢化・人口減への対応も必要。これらは欧米の動機になっている。もう1つが(1)の点。この背景にデジタル化の基盤となるモジュール化(技術、製品のみならず、組織、産業構造まで)の理解がある。② 独(中)の動向には、中国を代表する新興国の動向が重要。カガーマンのプラットフォームによる経済成長の比較図などが参考になる。(経産省 RRI 共催国際シンポジウム 10/19 のカガーマンプレゼン資料参照) "
- 流れはおかしくないと思う。
- 現状の構成で問題なし
- 特に問題なし

## Q3 「メガトレンド：DX(デジタル・トランスフォーメーション)」について

- クローズドシステム～オープンシステム、アナログ～デジタル化と左右対比させる。スタンドアロンは対比しづらい

- "・「トレンド：DX」列の内容は最近の事例，「今後」列の内容は「トレンド：DX」の発展形(DXが進んだ，5～10年後の未来)に該当すると読み取れる。そうすると，IoTおよびAIが「技術の発展面」の「今後」と，「労働・雇用面」の「トレンド：DX」の両方にあり，違和感がある。「技術の発展面」の「今後」にあるIoT・AIは，「技術の発展面」の「トレンド：DX」に移動させた方がよい気がする。・エネルギー面に関する記述があるが，その後の資料中に出てこないで，話題として浮いている感がある。"
- ・働き方改革関連法施行に伴い、ものづくりでは生産性向上が更にクローズUPされIoT・AI導入が促進
- "1.人間らしい働き方は、別の表現はないか。仕事に追われない、プライベートの充実。2.自動化、機械化の前に省人化が必要。IT/AIを使っても無くならない仕事はある。3.一人の人間で多くの成果が出せるようになるのが、第一歩。4.創造的仕事が主流ではなく、作業を効率化するのに使える時間が増えるイメージ。または社会の変化に対応するのに時間を使用できる。"
- 特になし
- "ビジネス面ではバリューチェーン全体、コト造り、ライフサイクルコスト、標準製品(少品種大量生産)から個別対応(多品種少量生産)などの視点を入れたらどうか
- また、働き方では自律化・自立化の流れの視点もある。"
- デジタル・トランスフォーメーションは、避けて通れない道として違和感なし
  
- 賛同
- "① 縦軸としてPESTで捉え、さらに記載のような細分化にはどうか。② 技術で言えば、技術革新の指数関数的加速化は重要。③ ハード・ソフトの融合以外に、IT・OTの融合、業務の融合、業種の融合ーボーダーレスがある。④ ビジネス面では、資金の問題もある。国際の有り余る投資マネーを得られる仕組みが日本は弱すぎる。これは、国内が間接金融だからだ。⑤ 労働面で、個人の多様性を是と考えると、単純労働＝ロボット化できるものでも、望めばできる仕組みなども要る。"
- DXに対する違和感はない。提案としてビジネス面で個人に対する価値を重要視した方向に進んでいるので、“個別価値”“個別仕様”“カスタマイズ化”のような文言を入れてはと思う。
- 現状の構成で問題なし
- 組織文化の面で、「シリコンバレー文化」「スタートアップウェイ」というのは違和感あり。どこを対象としたコメントか？日本やものづくりの領域であれば違う。

#### Q4. (1). 「“II型” の拡張」注という見方

- $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  のわけ方は分かりやすいと思います。
- "この定義ですと、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  を並列するのに違和感がある。グループ分けすると、「 $\alpha$ 」と「 $\beta \cdot \gamma$ 」という印象があった。「II型人材」の定義は、「専門領域を2つ持つ、1人の人材」だと思う。この定義から、 $\cdot$  拡張II型 $\alpha$  : 「専門領域を2つ持つ、1つのチーム」 $\cdot$  拡張II型 $\beta$  : 「専門領域を2つ持ち、かつデジタル志向やスタートアップマインドを持った、1人の人材(または1つのチーム)」 $\cdot$  拡張II型 $\gamma$  : 「専門領域を2つ持ち、かつこれからの日本らしさを重視した、1人の人材(または1つのチーム)」と解釈した。よって、 $\cdot$  拡張II型 $\alpha$  : II型チーム。 $\cdot$  拡張II型 $\beta$  : デジタル志向II型人材(またはII型チーム)。 $\cdot$  拡張II型 $\gamma$  : 日本志向II型人材(またはII型チーム)。というように、「 $\alpha$ 」と「 $\beta \cdot \gamma$ 」という分け方になると考えた。"
- ものづくり専門人材とICT専門人材を自ら繋げられる人材こそがイノベーション人材
- "独米型はデザイン重視型であり、日本は改善型。日本のやり方にデザイン型を如何に組み込むかの流れが見えない。"
- 拡張というイメージが合わない。 $\alpha$ と $\beta$ でかい離がある。拡張というのなら、構造面で「個人」「チーム」「組織」と拡張し、「組織」のあるべき姿という展開はどうか。個人のパイ型があり、チーム(職場)もパイ型になり、組織(会社全体)もパイ型になる。それによって、組織がパイ型(ハイブリッド)になる。チームのパイ型が $\alpha$ で、組織のパイ型が次にあり、その結果、組織はパイ型の能力を持つ(これが $\beta$ )。 $\gamma$ は次に述べるように不要。
- $\Pi(\beta)$ 、 $\Pi(\gamma)$ と分けるより $\Pi(\beta)$ 、日本らしさも従来型の変化形として $\Pi(\beta')$ としたらどうか?
- 7項・8項の様な気合と精神力の概念に違和感 → 将来 従来の良さを次の世代が受け入れる土壌があるのか? 私的には、ノスタルジック的に欲しいという願望はあるし、過去の成功要因でもあった事は事実。
- 日本らしさが付加された点に価値があり、賛同
- "① 3つ( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ )という区分けですが、もう少し細かいように思う。② 区別すると下記か。ユースケースから技術スキルを要件化が必要。1. デジタル化つまり、形式知化・体系化する。2. これをシステムに組み込む。3. システム自体を考え設計開発する。4. システムを利用する。5. システムを高度に利用する( $\gamma$ に近い)。6. システムを高度に利用できるようにする。"
- 拡張と云う捉え方については妙味ある表現と思いますが、敢えて $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ に細分化しない方が分かり易くなると思う。 $\alpha$ には少々違和感がある。II型において $\alpha$ は組織、形態の変化であり、 $\beta$ 、 $\gamma$ はその目指すべきところの変化で、そ

れぞれは変化の意味合いが違う。II型には人材、チームの2種類が考えられ、拡張II型は $\beta$ 、 $\gamma$ へ拡張するの方がわかりやすいのでは。

- P.23の全体構成はよい。「匠」とは人材なので、この人材が直接デジタル化に対応するのか、それとも別のデジタル人材が「匠」をデジタル化するのか、がわかりにくい。
- "拡張II型 $\alpha$ には、非常に腑に落ちる内容で違和感はないが、 $\beta$ と $\gamma$ においては、IIとしている目的がやや明確でない。また、 $\alpha$ にはチームとして機能するためには、異種のメンバーをつなぐ役割は必ず必要であり、専門家ではないにして概ね理解し橋渡しできるメンバーが存在することが成功の必須条件でキーとなり得る。"
- 日本の競争力を伸ばすデジタル化、それに必要な人材育成という意味でその考えに賛成。デジタル化と現実(デジタルツイン)に対して人の知見を入れながら発展させる形(デジタルトリプレット)を記述してはどうか。

Q5. 「“II型”の拡張」のうち、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ のそれぞれ

- "①  $\beta$ の3項は $\alpha$ そのものなので、 $\beta$ に記載不要。② 欧米らしさ(標準化・効率化・省工数化)、日本らしさ(改善・おもてなしの心)かと思います。この辺りを上手く表現頂ければありがたく"
- "■拡張II型 $\beta$ と拡張II型 $\gamma$ は、従来の「II型人材」が持つ「2つの専門領域を持つ」という意味合いが薄れているように思える。たとえば、拡張II型 $\gamma$ における「8.気合と精神力」⇔「気合と精神力でデジタル技術を…」は、「両方併せ持つ」という本来の「II型」の意味ではなく、「従来の特性を進化させる」というように読み取れる。
- 従来型からデジタル型へ進化することや、従来の日本らしさからこれからの日本らしさを重視すること自体は賛成であるが、これらを「II型」と表現する際には1.~8.の項目は取捨選択した方がよいと感じた。
- 異論なし、賛同。
- " $\alpha$  拡張II型 $\alpha$ でも、改善イメージが強い。 価値創造から、IT/AI活用の流れが実感できない。デザインがない。  $\beta$  2. 自前主義 ⇒ 共創  
7. 技術の継承 ⇒ 温故知新 技術の目的と限界を知り、新しい方法で実現する。(盲目的) 標準、規格の遵守 ⇒ 標準・規格の積極的な改善、オーバースペックの削減とセーフティガード。 8. 技術積上げ型 ⇒ 技術デザイン型。  $\gamma$  2. 技能重視、経験と勘 ⇒ 経験と勘のデジタル化、AIによる判断支援と技能習得の簡単化、短時間化。3. 阿吽の呼吸 ⇒ デジタル表現、特徴表現による理解支援。 4. 伝承の重視 ⇒ 伝承の中身の理解と、新しい実現方法の考案。 5. 現場力の重視 ⇒ IT/AIによる省人化と、担当現場の拡大、 経営判断範囲の拡大 6. 職場の人間のつながり重視

⇒ 加えて、グローバルなつながりの構築 7. 仕事の生きがい ⇒ 会社の為働く???能力・スキルを適正に評価されるシステム 8. 気合と精神力 ⇒ 目的意識とアプローチを事前設定が前提。ドライブには気合と精神力、あとは冷静で撤退判断も! 挑戦を許す環境"

- " αは単純には従来と同じ。人材間のツナギをデジタルでリアルタイムに密につながり、チームが一体化する。そこが従来との違い。人材ピラミッドの各所にパイ型チームが点在するイメージ。その上に、ピラミッド全体がパイ型になる組織のパイ型があるのでは、職場間の壁をなくし、企業（組織）全体がシームレスにつながっているイメージその結果がβ型。βが組織としてのパイ型（日本と欧米のハイブリッド）であり、それが完成すれば、γ型の右側（これからの日本らしさ）をもつ組織になるのでは。したがって、γ型はイメージできない。「従来の日本らしさ」を内包した「これからの日本らしさ」でありそれはパイ型とは言わないのでは。 "
- "従来の日本らしさ モノの売り切りというよりモノづくり重視ではないか？ その他として日本らしさの切り口として改善活動、摺合せ型(インテグラル)⇒ 組合せ型(モジュラー)との融合などがあると思う。 "
- 日本らしさは、工業的センシングでとらえられない感覚の世界と配慮?がものに反映していることではないのか? → そういった意味で「匠」が紐づく。
- 異論なし
- "(2) (1) で質問の前提が違っているので (1) の回答を前提に記載します。  
① α : チームということ自体は違和感はありませんが、トランスレータやハブ型人材も必要です。② β : 上記 (1) 回答の②の 1、4 に該当するのでしょうか。  
③ γ : 上記 (1) 回答の②の 5 でしょうか。 "
- TAKUMI の範囲が “ものづくり” に限定されるのではなく、4.0 では、デジタル技術を梃に “ことづくり” へと拡張されていくのではないか。
- γ で気合と精神力という表現は、従来の日本的な感じだが、これからの日本らしさの部分で違和感がある。8 は削除してもいいのでは。
- (論点がずれてしまうかもしれないが) 従来の日本のモノづくりとは、「made in JAPAN」の一言にこめられているように、圧倒的な高品質と高信頼性が売りであった。この「made in JAPAN」を活かせるπ型にはならないか。
- "β、γには、多くの項目が挙がっているが、本来のΠ型の意味から外れている項目がないか?"

#### Q6 「匠」から “TAKUMI4.0” へ」

- 「匠」が技術・技能を名人芸に昇華(=改善)して行くように、「TAKUMI4.0」もデジタルを使いこなせるのみでなく、デジタルを活用して名人芸に昇華(=改善)して行くような人材(or チーム)と思います。

- "「ものづくり人材が、デジタルを「個人(チーム)の精進と修練」によって使いこなせる人⇒TAKUMI4.0」という説明に違和感がある。一般的に「匠」とは、「ある分野で高度な技能を持った人」だと思う。そのため、上記の説明は、「ものづくり人材であり、デジタルを「個人(チーム)の精進と修練」によって使いこなせる人⇒TAKUMI4.0」なら納得感が増す。"
- 賛同。
- "匠は、多くの経験（能動、受動）により判断する技能が優れた人のイメージ
- 匠の技を AI や IT を使い如何に、理解し易い形で表現して、チームで同じ判断ができる。場合によっては、後継のメンバーも同じ判断出来る。
- AI/IT の専門家が合流して、支援してシステム構築するのが私の TAKUMI"
- 特になし
- TAKUMI4.0 がデジタル時代の「新しい匠の姿」という点に違和感はないが、仮説でも良いので「新しい匠の姿」を設定する必要がある。
- これについては、デジタルリゼーションを組み込む意味で違和感はない。
- 異論なし
- ① 経営的視点、製品・サービス設計視点、顧客運用視点で作業できる観点が抜けている。本件は RRI での人間本位という議論の結果。
- CPS とか DT が全面に押し出されていますが、これらは手段であって、それら手段を使うことに拠って 4.0 の到達レベルがどうなるかを記載できたらいい。
- "TAKUMI1.0→3.0 の内容が表示されたことにより、「匠」から“TAKUMI4.0”という表現に違和感がある。今までの匠は TAKUMI3.0 であり、それを 4.0 にする必要がある。すなわち、匠の内容が時代によって変わるので「匠」から“TAKUMI4.0”ではなく、「匠」は“TAKUMI4.0”への方が正しい表現なのでは。"
- （論点がずれてしまうかもしれないが）従来の日本のモノづくりとは、「made in JAPAN」の一言にこめられているように、圧倒的な高品質と高信頼性が売りであった。この「made in JAPAN」を活かせる π 型にはならないか。
- 職人技のデジタル化には、暗黙知を見える化をする意味でとても重要。しかし、その技術の内容を理解し身に付けた技術者（匠）が育たなければ、その先の改善も発展も難しい。現在の匠の育成は、デジタル化の波に惑わされず推し進めていく必要がある。
- 同意する。

#### Q7 「TAKUMI4.0 につながる新しいヒトの役割」

- "ここで記載されている役割は、情報系の技術習得にかなり偏っており、全て「既にある程度ものづくりが出来る人材を、TAKUMI4.0 にするために必要な役割」と読み取れます。

- しかし製造業の人材は、高度なものづくり技術を持った人材だけではないと思います(例えば、年齢が若い人材など)。このような観点から、「TAKUMI4.0につながる新しいヒトの役割」の中に、ものづくりの要諦を身に着けるための役割も加えるべきだと思います。
- この際、従来の匠の育て方では、IoT・AI関連の技術を学ぶだけの時間は確保できないため、ものづくり人材の育て方の中から、特に重要なことを選択する必要があると思います。
- たとえば、・機械加工に関する基礎的な知識を習得させる役割。・製品開発プロジェクトに関わる経験をさせる役割。などが挙げられるかもしれません(具体的な内容は、他の委員の皆さんからもご意見を伺いたいと思います)。
- 昨今の品質保証、自動運転の事故の問題、更に感情を持たない、いわば現状では分類器でもあるAIを踏まえると人が判断、チェックすべき課題が多々有るか。一方、AIは外見選別や予知保全など実用レベルに達している側面も有る。これらを操れる最適活用の判断は人の役割では。更には環境に適応するがあまり特化した形となると、それ以上進化しなくなり、次に内外環境が変わった時に絶滅してしまう事を避ける為、環境の変化に応じて自身を変化させる事ができる(=特化させない)、つまりAIの多様性をも考慮した活用術が必要。空気を読む、人間らしさやコミュニケーションは、まだAIでは難しく、人が関わる部分だと思われます。以上、人の知的活動。
- "0としてIoT/AIを何に使うのかを設定する人材が必要。目的と目標レベルの設定、経営効果内容(現在と将来)と費用の検討。3.モデリングは人のスキルとAIの両面で補完する関係が良い"
- 特になし
- "ヒトの役割として「システム思考×デザイン思考」や「課題の創造」などヒトでなければできない役割があるべき"
- デジタル値に変換する整理・方法論。その後のデータマイニングに必要な判断基準の明確化。エコシステムをIoT・AIが活用して業務化が可能な仕組みへの変換
- 異論なし
- "(2) 以下の3点はどこに入る議論がよくわかっていないが、RRIでの議論からでたものを挙げる。① 日本で問題なのは、エンジニアリングー実務の形式知化と体系化とその活用ーがドイツと比べて弱い(→これはハウツウ指向のため) ② さらに、IT化の本義がわかっていない。③ この背景として、システム指向が弱い。"

- 「変革」が人の役割のはずですが、日本の風土・文化から、日本人には一番難しい課題かも。FANG は日本には絶対に生まれないという書評を読んだことがあるが、その通りだ。
- 同左
- "TAKUMI4.0 への移行は、これまでの職人と全く異なる人材が必要となり、それには多くの課題が残存している。やはり技術を進化させるのは、機械ではなく人であることから、TUKUMI4.0 の中に現在の匠の育成も必要?"
- デジタルツインではなく、デジタルトリプレットを明示するのはどうか?

Q8. 「人材ピラミッド、デジタル技術習得」

- 特に無し
- "この内容に関して、特に違和感はない。
- 以下感想、オペレータの「AI の教師データ入力作業」というタスクは、経営者・管理者のタスクも含めたタスクの中で、最も負荷が高いタスクだ。なぜなら、「AI を教育する」ということは、「膨大なデータの中から、AI の学習特性を把握したうえで、適切な量・質の正解データを正しく選び、AI に学習させること」だから。"
- 経営者：宣伝広告塔、AI 受容と設備投資判断、専門機関(部門・タスクフォース)の設置、システム系人材の採用、ものづくりサイトへの派遣、②管理者：ビジョンにマッチした AI 層別化と選択・採択、AI と人の役割分担、付加価値向上・生産性向上への見極め、③現場担当：AI 知見のレベル向上、AI との信頼関係構築、AI 育児/育成、トライ&エラー、AI チーム形成・再製
- "AI の導入には、AI にあった業務改善が前提。
- 経営の下でのマネジメント層が AI 導入推進する形にすると、従来型の損益判断との板ばさみになる。
- 導入と運用は、マネジメント層でも分けた方が、推進力が増す。"
- 人材ピラミッドについて異論はないが、例えばデータサイエンティストなど必要な人材・生産技術者(スタッフ)などオペレータとマネジメントレベルを繋ぐ階層が必要。外部と
- これについての違和感はない
- 異論なし
- "① 経営層：日本の多くの経営者は、経営はしていないという海外の批判がある。いわば、AI で代替できるレベルとも言われている。この時代に必要なものは何かをもう少しつめる必要がある。いくつか挙げる。1. 哲学。2. 最新の経営学 例えばオペレーション戦略や MFA (Master Fine Arts)、エコシステムのガバナンス経営。3. IT などの最先端技術の鳥瞰力、科学技術の哲学・倫理学。4. 金融特にファイナンス。5. チェンジマネジメント。6. アントレプレナーシ

ップ。② マネジメント層：日本は IT 化の失敗で、この層が縦割りで生き残っている。特に間接業務の理解と外部化ができる人材として、横断経験などが要るのかもしれない。③ デジタル化はものの見方そのもの。抽象化技術かも。"

- AI、AI と並べ過ぎではないか。経営レベルから上に向けた矢印に「AI の実用化に向けた課題（経営層）」には格別、違和感がある。
- データマネジメント、分析も統合運用に入るような気がした。
- この図の示す範囲は製造・生産分野のみに見える。実際には、設計・開発分野も網羅する必要がある
- 人材ピラミッドとして各層の役割を明確にすることは、各層での課題や目標、教育・育成の糸口などのきっかけにあると思われ非常に有益。今後の十分な議論が必要。
- 経営レベル～AI は万能ではなく、一つの手段であることへの理解⇒課題と出口が重要。オペレータ～データを効率よく集める仕組みとそこに自分たちの改善ノウハウ(生産技術者だと思う)を入れられるようにすることが重要

#### Q9. 講演で関心を持った点

- 上述の AI もそうですが、「デジタルツールを使用して課題をどのように改善して行くのか」「デジタルツール自体をどう改善して行くのか」という両面があると感じた。
- "現場において、AI に学習させることを考えると、前提として現場でデータを蓄積し、かつ加工データや品質管理を一気通貫で管理するシステムが必要になる。このような工場へのシステム導入を企画・実行できる人材が、AI 活用以前の問題として重要になると実感した。
- 「匠の技」は、多くの場合暗黙知であるので、データのセンシングの仕方も、今後工夫していく必要があると感じた。"
- システム（デジタル）人材の配置や採用、その結果・成果・失敗など、人材の活用術
- 生産現場での AI 活用価値(生産効率革新に向けて AI にどのような価値を見出すか)
- "AI の現時点での現実を明確にされていて良かった。"

#### Q10. 「部会調査として取り上げるべき視点」

- "短期的に AI の導入の効果判断をすると NG になる。
- 技術の伝承と同様の長期の費用やリスクを判断する経営指標が必要"
- 発展途上の技術であるのは紛れもなく、もうすぐ失望時期が来る中で継続して技術の育成をしていく見識が必要。
- なし
- 6. AI や BD 解析の準備作業＝形式知化・体系化

- あえて AI を使わなくてもできそうなことに AI を使っているように感じた。AI 活用が目的ではなく、一つの手段であることを示す指標があるとわかりやすい
- AI は手段であり、それを活用できるための課題設定、適切なデータを集めるための仕組み、正しい学習となっているかの確認、それをどのレベルで商品化するの判断、(AI に 100 点はない) 等、体系的な考え方が必要。

#### Q11. 「現状の課題」

- ポリテクカレッジのような実学的な教育機関の地位が低いことも課題ですね。
- デジタル化の促進には文理関係なく適応できる人がリーダーシップを取りながら文理関係なく他者を巻き込み、構築していく事ができると思われる。事業部や部門の改善志向からの導入が目立つ。でなくて、会社方針としてボトムから要望・発想も拾い上げつつ、導入を進めていくべき→成果を求めずトライ&エラーを許す寛大さが不足している？ことや 各種規制の柔軟性の欠けている？=政治的な背景？（日本文化？）。逆に考えれば、国の方針・助成が今後活性化（対欧米・中国）していくと、導入を助長させていく可能性有り（但し規制の壁は残る=障壁）？
- AI の導入には経営者の理解が必要だが、現状は AI/IT 導入に対して経営指標がない。企業を診断する経営指標に、AI/IT 導入を反映するものがあると推進力となる。
- IoT・AI 時代の組織課題、オープンイノベーションのあり方など
- ミュニケーション特に異分野コミュニケーション力や合意形成力（合意形成プロセス設計とファシリテーション）、トランスレーション力、HUB 力（違う文化のコミュニティをつなげる役）の重要性を強調したい。
- 対象とする人材の範囲をどこまでにするかを明確にする必要がある

#### Q12. 「教育の在り方」

- ポリテクカレッジのような実学的な教育機関の地位が低いことも課題ですね。
- 現在社内で、IT 人材育成のための教育を行なっている。教育は、教える側にコストがかかる(例えば教材を準備したり、講師・TA としてサポートしたりする)だけでなく、教わる側にもコストがかかる。これは、教わる側も通常業務を休んだり、学んだことを現場で活かすために周囲から了承を得たりする必要があるからだ。いったん「教育を行なう」と決めたら、「これまでの業務よりも教育を優先させる」といった覚悟を持つなど、経営層レベルで推進していく必要があると実感。
- "・実学カリキュラムは、重要な問題。 ・教育の目的本質が、見失われている。実社会に適応できる人材を生み出すのが教育の目的なら、現在の固定化されたカリキュラムと教員知識で変化に対応できるものではない。"

- よく言われる例で、特に米国ですが、小中からディベートをしているので、日本の専門家ですら、中高生にも議論で負けるという話がある。仕事で見ているも、一人称の方が少ない。こうした問題は根本的問題を含んでいると見ている。この根源は義務教育の課題。

Q13、その他の意見

- "整理に対して、① 現状のグローバル化のキャッチアップ。② IoT・AI時代のキャッチアップ。の2つの点を分けてはどうか？ 問題点の多くは①に起因しているように思える。この部分を深く掘り下げるのは本意ではないと理解するが、さけて通れない課題である旨の整理はいる。"
- "以下は①の事項。人材育成として、同業種・異業種交流の場や勉強会への参加などのモチベーションが重要。海外では、ワークショップは当たり前、日本人の管理職の多くは対応が難しいように感じた。その背景に、会社を離れて、個人として自分の仕事や環境を客観視する機会がなく、個人としてあるべきを考えて欲しいと依頼しても、企業側の目線しかないということがしばしばある。第2点として、自分が動くという発想が弱く、受身であり、評論家だ。この姿勢から変えないとグローバル化が進む中、対応はできない。"



競輪の補助事業

この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<http://hojo.keirin-autorace.or.jp>

非 売 品

禁無断転載

平成 30 年度

IoT・AI 時代のものづくりと人の役割変化への対応調査研究

ものづくり人材のデジタル化対応の検討

～II型の拡張(II型人材からチーム、組織へ)とTAKUMI4.0～

発 行 平成 31 年 3 月

発行者 一般社団法人日本機械工業連合会

〒105-0011

東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号

電話 : 03-3434-5383