# 特集

# DX時代、「匠」から"TAKUMI4.0"へ

日鉄総研㈱ 山藤 康夫

### 1. はじめに

古くから技術革新という言葉がある。しかし、真の意味で技術に目覚ましい「革新」が起きているのはここ数年のことではなかろうか。中でもICT(情報通信技術)の分野で著しい。インターネットやPCはもとよりスマートフォンやタブレットは社会生活から業務面まで劇的な変革をもたらした。今、それがモノづくりの分野に浸透し始めている。いわゆる第4次産業革命である。

ドイツのインダストリー4.0や米国の産業IoTなどが先導し、第4次産業革命は今やその概念を論じる段階から実装の段階にシフトしている。特にAMやVR/AR/MR, DT/CPS、AIなどの先端デジタル技術 $^1$ は、製造業に未曽有の変革を迫りつつある。これがデジタルトランスフォーメーション(以下、 $DX^2$ 」という。)である。本稿では主にモノづくりにおけるDXの現状と背景からヒトの働き方の変化、並びに、求められる人材像とその育成の問題に焦点を当てる。

# 2. DXの現状と背景

#### 2-1 モノづくりになぜDXか

DXの根底にはデジタル化とネットワーク化(つ

なぐ)がある。デジタルデータに転換することでネットに接続しやすくなる。ヒトもモノもコトも相互に簡単に接続できるようになる。デジタル技術の特性を一言で表せば「スピード」であろう。隔地間を瞬時に「つなぐ」ことにより、情報の共有や指示の伝達が可能になる。大量のデータを運び、蓄え、解析して見える化できる。見えれば何かに気づける。5Gが普及すれば通信遅延が無視できるほどになる。通信の制約が緩和され、さらに利便性が増し成長が促されると期待される。

世界中でDXに邁進しようとする背景には、デジタル技術の特性から得られるとされるこうした期待がある。

#### 2-2 DX進展後のイメージ

モノづくりの世界においてDXが進展した世界を 想像してみよう。受発注や開発設計から製造、検 査・出荷にとどまらず、内外の工場から協力先や ユーザーまで、製品が出荷してから保守サービス、 製品の寿命に至るまで、様々な情報が共有できるよ うになる。今までのブラックボックスが次々と可視 化される。新しい気づきからアイデアがうまれる。 工場の効率や生産性の改善ばかりでなく、ユーザー の真のニーズや潜在的ニーズにも応えられる製品・ サービスの開発と生産が可能になる。

AMは注目すべきデジタル技術の一つである。3D プリンター等を備えれば物的な補修部品在庫の保有 は不要になる。在庫は主に3DCADデータのファイ ル保存で済む。在庫の管理負担は投入材料の管理な ど場所も事務負担も劇的に縮小軽減される。特に金

TAM (Additive Manufacturing, 3D Printing) やVR (Virtual Reality) /AR (Augmented Reality) / MR (Mixed Reality), DT(Digital Twin) / CPS(Cyber-Physical System),AI(Artificial Intelligence) 等

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> DX (Digital Transformation) をデジタル化やデジタル転換, デジタル変換といったデジタルに関連する取組の総称として使 用する。

属積層装置の適用導入範囲はその技術進歩によって 劇的に拡大しつつある。また、想定外の見積もり依 頼や出荷依頼に対してもAIが生産プロセスの繁閑 などを診ながら即座に最適な生産計画を練り直すと いった対応ができるようになる。ダッシュボード上 に特定の製品・サービスの関係・連鎖する体系の全 体像が表示されれば、瞬時にボトルネックを把握で き、AIが予知した情報を基に必要な対応を素早く とることができる。さらに製品はその寿命が尽きる まで一つひとつ追跡が可能となる。販売後の不具合 や故障などの不測の事態が生じると、その時の環境 情報や製品から発出されたデータの追跡と解析によ り、新しい課題を発見することができる。製品設計 時に気が付かなかった情報が入手でき、より競争力 のある製品サービスの設計に生かすこともできる。

総じて、見える化から、どのようなことに気づく ことができるか、気づきからどんなアイデアを生み 出せるかといった、ヒトのヒトらしい能力が改めて 問われる。単純反復作業のようなヒトにふさわしく ない作業とは一線を画すことができそうである。

#### 2-3 世界各国のDXと日本

モノづくりにおけるDXのキーワードは、「つながる製品」、「つながる工場」のような「つながる」であり、デジタル技術である。そして「もはやデジタル技術なしでは生き残れない」「自社でやらなければ他社に先を越されてしまう」といわれている<sup>3</sup>。AIやIoTなどのデジタル技術の利活用が、ビジネスの競争力を左右する。それがDXに取組む理由である。

インダストリー4.0とは第4次産業革命のこと。 DXによって産業風景ががらりと変わることを指す。インダストリー4.0の提唱国であるドイツを始め、英国、米国、フランスなどの先進国ばかりでなく、米中摩擦で注目された中国製造2025やインド、タイ、インドネシア、南アフリカなどでもインダストリー4.0がらみの配信記事を見ない日は無いと 言っていい。各国とも強い危機感を持つ。DXの流れに乗り遅れまいと必死である。先進国では大企業がDX推進の担い手である。問題は中小企業への普及。自国の中小企業に最先端技術の導入をいかにして促すか。インダストリー4.0は概念を論じあう時代から、その技術・知識・ノウハウを如何に移転するかという実装のステージへと移行している。

日本勢は工作機械メーカーやICTベンダーを中心にユーザーの囲い込みに余念がない。政府の掲げる「Connected Industries」は企業の垣根を越えた「つながる」を要請する。如何に従来の競争相手と手を組めるか。全部競争領域という自前主義からの脱却を迫られている。発想の大転換によって協調できるところを敢えて見出し、手を結び、つながることによる新たな国際競争力の構築が目下の課題⁴である。

#### 2-4 DXと日本のモノづくり環境

日本の製造業を取り巻く脅威となる環境をみてみよう。4つ挙げることができる(図1)。

1つは、GAFA等の非製造業によるモノづくり領 域への参入である。3Dプリンターなどを使ってモ ノを作り出し、モノをツールとして新たなサービ スの高度化を狙う。業態別の垣根が急速に崩れつ つある。2つ目は、欧米先進企業による素早いDX の推進である。GE社やシーメンス社は、Predixや MindSphereといった「モノづくりのデジタルPF (Platform)」を構築し、ユーザーの囲い込みに余念 がない。既に海外の大学ではこうしたデジタルPF を教材として採用し、教育と訓練を始めている5。彼 我のスピード格差は脅威である。3つ目は,先進国 による製造業重視戦略の復活や高賃金と両立する 先進製造業の追及である。DX導入の前提条件とし て重要な、業務や用語の標準化、システム化・モ ジュール化がある。欧米の先進企業はDXの進捗度 や習熟度、親和度という点で先行しているように見 える。4つ目は、新興国企業の急成長である。工業

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>「インダストリー4.0」で検索をしてみると、毎日のように世界中のどこかの国のメディアや団体などが、自国の取組の遅れを 指摘したり、啓発したりする記事をアップしている。

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> AICE (アイス):自動車用内燃機関技術研究組合(設立平成 26年4月1日)は、内燃機関の研究で各社協調により成果を出し た例として特筆できる。

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> 豪州RMIT大学ではPTC社のソフトウェア教育プログラムを活用してIoT, AR, DT等に関する教育を行い、大学から学生を通じて産業界に最新技術の移転を行おうとしている。

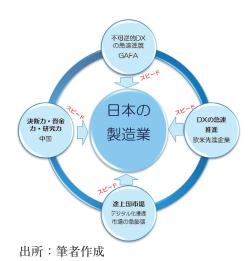


図1 日本を取り巻く現代の「四面楚歌」

化と情報化を同時に進める中国は、大規模な設備投資によって情報化された最新鋭機械を広大な土地に一気に最適に展開することができる。モノづくりは経験やノウハウの蓄積がものをいう。しかし、大量生産品を中心に中国の追い上げは急である。さらに、AIなどのデジタル技術面では米国を脅かすほどの進歩を見せている。

一方,日本企業の現状は「四面楚歌」の中(図1)で後手に回る,或いは,決断が遅いと言われてきた。DXへの取組は待ったなしである。

#### 3. デジタル技術とヒトの働き方の変化

#### 3-1 □型(モノづくり+デジタル)の必要性

製造業はデジタル技術の著しい進歩を受け、業界の根底から変革を迫られている。その対策がDXである。パラダイムシフトと称される所以である。それゆえ働き手にも過酷な変身が必要となる。これまでは機械や電気といったメインの業務知識があれば働くことができた。これからはもう一つ、デジタルツールを使いこなすための知識・ノウハウといった素養(リテラシー)が必須となる。ここにスキルギャップが生じる。世界中が問題視している。その解決手段は、Π型能力<sup>6</sup>の早期構築にある。モノづくりにデジタルの専門性を備えたΠ型人材の早期育成と確保こそが、デジタル時代の競争力を制する。

しかし、今までずっとモノづくりに励んできた人が、これからはデジタルも身につけてくれと言われて簡単にわかりましたといえるだろうか。

#### 3-2 デジタル技術導入による業務の変化

DXが進展するにつれ、コミュニケーションは、 アナログ(印刷物や音声等)から、デジタル(ス マートフォン・タブレット・ダッシュボードなど) に切り替わる。ものの世界(もの、ヒト、設備等) は相互につながり、生産準備から生産技術、生産管 理、工程設計、作業指示まで、バーチャルなデジタ ルモデルによるスピーディなシミュレーションが活 躍する。受発注業務から開発・設計,調達,製造, 検査、出荷や経営管理、保守サービス、さらには内 外の工場間や協力会社、ユーザーまで、ゆくゆくは すべてがつながるようになる。これまでは担当業務 だけに集中していれば済んだが、データが広範に共 有される結果、上流や下流の状態まで絶えず俯瞰し つつ思考・判断する必要が生じる。デジタルリテラ シーなしには業務は進まない。働き方自体にも大き な変化が生じる。

# 3-3 DX時代のヒトとキカイ

製造業は着実に機械化と自動化を進めてきた。深層学習のようなAIの登場は、ヒトが携わってきた仕事を奪うといった議論を生んだ。しかし、本当だろうか。そもそも累次の産業革命により、ヒトの仕事や作業形態は大きく変化してきた(表1)。第1次の産業革命のときにはラッダイト運動が吹き荒れた。機械に仕事が奪われるとの危機感から機械を

表1 累次の産業革命と働き方の推移

累次の産 業革命	各産業革命の 概要	ヒトの働き方への影響
第1次	蒸気による機 械化	人力・人手作業から機械 動力への代替
第2次	電力による大 量生産	大量生産設備の都合が 優先する反復作業
第3次	電子による情 報通信技術	単純反復作業の自動化 は進むも人手作業残存
第4次	IoT, AI 等によ る革新的デジ タル技術	個別需要対応の自動・自 律生産システムと人間 らしい働き方の両立

出所:筆者作成

<sup>6</sup>ものづくりとデジタルの両技術を使いこなせること。

打ちこわすという騒動である。しかし、新しい技術を習得するための教育訓練制度を創出し普及してきたおかげで、好不況の波に翻弄されたりはしたものの、総じて新しい仕事環境に順応して機械とともに働けるようになった。新しい技術は経済発展を促し、生活水準の向上をもたらした。それが今日に至るおおざっぱな歴史である。

第4次産業革命は、AI等デジタル技術の特性を十分に勘案した働き方を考えてみる必要がある。これから技術がどこまで進歩するかにもよるが、ヒト本来の特性は、キカイの特性とは異なる。従来はキカイに任せきれないゆえに、3Kなどのヒトの苦手領域の作業を必要とした。DXによってキカイに任せられる範囲が拡大する。双方の得意分野が補完され合い、ヒトにふさわしい仕事が増えると期待される。

日本のモノづくりは、匠や匠の技の秀逸さが強みとされてきた。こうしたモノづくり人材の優秀さの根源には何があるのか。AI等のキカイよりもやはりヒトだと思われることの一つには、未経験事象に対するカンといわれる判断力であろう。成功や失敗を重ねたことで得られた総合的な判断力。経験知が統合縮約されて未知の事象への直感的判断を可能にする。

もう一つは決断力である。AIはヒトには及ばない解析能力を発揮する。AIは確率統計的な膨大な計算により、複数の選択肢を提示できる。しかし、どれか一つだけを選び取って決め切る力を持つのは責任をとることができるヒトである。こうした経験知や暗黙知は、個人の精進と修練によって究め続けてきた賜物であり、形式知化が難しい故に簡単には伝承できない。これが働き甲斐や生きがいの源となった。ところでDXが進むと、匠や匠の技の位置づけはどう変わるのだろうか。

#### 3-4 DX時代における匠とその論点

技術の進歩に伴い、暗黙知は次々と形式知化され、機械化・システム化が進む。しかし、ヒトが優位にある特性は簡単に覆されるものではない。特に 五感を総合した感性など匠を必要とする領域は、引 き続き健在だという見方は根強くある。摺合せの一部は最後まで競争力として残るという指摘<sup>7</sup>もある。

しかし、DX時代には「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が必須」という観点からみると、これまでの「匠」のようなモノづくり専門人材は、DX時代の変化に対応しきれないのではという指摘もある。例えば「匠の技という強みを持つ反面、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。」或いは「市場ニーズの複雑化・高度化に対応しきれない恐れがある。」など8である。

それでは、DXを進める中で、匠や匠の技の位置づけは如何にあるべきか。科学・技術が進歩し続ける限り、技能に代表される暗黙知も、言語化や理論化といった形式知化や科学的解明は進む。但し、いったん形式知化されるとそこで固定化されるリスクが生まれる。固定化されても技術はさらに進歩する。とすると、匠の技を生み出す力は依然として必要になる。こうした観点からDX時代のあるべき匠や匠の技の論点を整理したものが次の5つである。

- ・DXにはモノづくり現場の知見と協力が不可欠。
- ・「匠」の技は、人が把握・解明しきれない部分 が残る限り必要であり維持すべき。
- ・DX時代にふさわしい新しい「匠」や「匠の技」 を生み出すことも必要。
- ・DXを極める過程ではモノづくりの改善や摺合 せの経験が生きる。
- ・若い世代にモノづくりの要諦を伝承していくこ とはこれからも重要なテーマ。

モノづくりの場合、現場には人が一つひとつ把握しきれないパラメータが無数にあるという。論理的にははっきりしないが経験的にはわかるといった世界である。これこそ現場力の正体。デジタル化が進んでもなお未解明な世界が残る。従って我々はDXの推進という流れに沿いつつ、同時にモノづくりの技術・技能の維持・発展にも注力するという二鬼を追わなければならない。

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> 日本機械工業連合会の専門部会における会員企業参加者による議論に基づく。

<sup>8</sup> 同上

#### 4. 求められる人材像と人材育成

#### 4-1 デジタル技術の使いこなしとTAKUMI4.0

DXの波は不可避であり、我々は変わらなくてはならない。これは製造業にとってマストである。DXに乗り遅れるということは、世界との競争に劣後することを意味する。以下では、匠を含むモノづくり人材が、「デジタル技術を使いこなす」ための方向を検討する。

モノづくり人材が、デジタル技術を使いこなす II型能力を構築するには二つの方向が考えられる。 狭義のTAKUMI4.0と広義のTAKUMI4.0である。ここでは、モノづくりの達人を「匠」と称するように、デジタル技術も使いこなせる II型の達人をTAKUMI4.0と呼ぶ。デジタル技術はシステムデザインやソフトウェアなど横文字が支配的な世界であり、インダストリー4.0に対応する達人であることからの連想である。

狭義のTAKUMI4.0の場合(図2中央), モノづくり人材は、Π型チームに参加する。Π型チームの中でデジタル人材と時間をかけて相互に学習し合い,協働しながら双方の技術知識やスキルを身につけていく。デジタルツールを習熟して使いこなし, さらなる改良改善に力を尽くす。その間に, Π型初級,中級,上級と精進を重ねる。上級者のうちの達人の

2.デジタル専門人材 人材調整 育成 1.ものづくり人材 3∏型チーム 1 ■ IT型チームメンバー IT型チームに参画、経験を積み、デジタル使いこなしの技術を習得 人材~リーダーとメンバー ロ型チームの増加 現在の匠 Ⅱ型人材初級 専門分野人材と協働できる人材に 4.∏型組織 Ⅱ型人材中級 ものづくり技術と**デジタル** 技術(ツール)の両方を習 温した返(TIBI) であり 5.TAKUMI4.0 ジタル時代の匠の役割 AKUMI4.O(広義) テジタル

出所:筆者作成

図2 DX時代の匠の在り方のイメージ

レベルに達した人がTAKUMI4.0である。

広義のTAKUMI4.0の場合(図2左下側)、従来同様に匠の技を追求し、自身の技を磨き続けるとともに、後継者を育成し、技術・技能の伝承に努める。 その一方、技能という暗黙知のデジタル化を進める際には、デジタルの専門家に協力してDXを支える。

デジタル技術がさらに進歩すると、また新たなモノづくりの専門家が必要になる。モノづくりのDXではモノづくりとデジタルの二つの専門がスパイラルを形成していく。従って両者の融合には両方の専門家を必要とし続ける。モノづくりのDXに終わりはない。ここに「モノづくりのデジタル化」の特徴があり、ICT世界との違いがある。

# 4-2 Π型能力の構築とデジタルマインド

DXを進めるには主導する経営層(CDO)の役割が大きい。DXを受容し、その活用方針を示すとともに、DXに適した組織づくりとDXに親和的な新しい組織文化・風土の創出を担う。新しい組織文化風土の創出とは、デジタルマインドの受け入れに他ならない。デジタルに親和的な発想や考え方、物事の進め方、働き方まで切り替える。必要がある。デジタルマインドとはICT世界において開発され重視されてきた思考や心持のこと。システムアプローチやモジュラー化思考、アジャイル開発思考、デザイン思考、リーンスタートアップなどである。

これまでのモノづくり企業にみられたような「技術ありき」という供給の論理ではなく、「顧客の成功」を基軸におき、柔軟で迅速に変動に対応するという考え方へのシフトが求められる。アイデアは即形にして実験実証を反復し、素早く市場に投入する。市場の反応を見ながら、よりよい製品サービスを作り上げていく。スピード第一の戦略的思考への切り替えが必要となる。

経営層(CDO)に求められる役割・能力としては、IoTやAIなどの最先端デジタル科学技術の活用意欲や受容力、俯瞰力・理解力、対象課題の明確

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup>ものづくり人材がDXを進めデジタルを学習するには、今まで 当然と思ってきたことを一旦ご破算にする必要が生じる。ご破 算にして学び直すことを「アンラーニング」という。

化,投資・採用の判断力である。人材面や組織面に おけるⅡ型能力構築のための方針明確化は、トップ ダウンによる意思決定がとりわけ重要である。

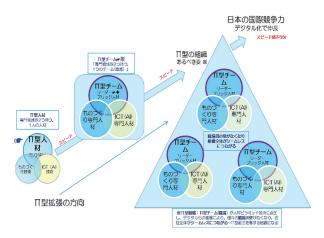
#### 4-3 Ⅱ型能力構築の方向

DXに取組む製造企業のスキルギャップ対策の事例をみると、①デジタルの専門家を確保、②不足分は外部調達、③デジタルの専門家とモノづくりの専門家がペアとなり、一つのパソコンを二人で共有し、同一業務に向き合うといったステップを踏んでいる。ペアリング、或いは、ペア学習(Ⅱ型学習)がスキルギャップを埋める手段となっている。先述の狭義のTAKUMI4.0に至る歩みと重なる。

DXの推進を使命とする II 型チームには、モノづくりとデジタルの相異なる専門家を束ねるリーダーが必要になる。リーダーに求められる能力をみると<sup>10</sup>、「異領域分野の人材を束ね、ハブとして機能できる」、「モノづくりとデジタルの両技術の解釈・咀嚼・翻訳ができる」、「新しいアイデアの採用に挑戦し、迅速に決断して実践・遂行することができる」、「管理スタイルを全体統制管理型から水平分業的役割分担型<sup>11</sup>へと切り替えられる」、「メンバー個々の能力を最大限まで引き出そうとすることができる」などが挙げられる。

一方、 П型チームのメンバーは、 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るという知的好奇心と 意欲を持ちつつ、 学習と体験をとおして自身の成長をめざすことが必要になる。

多くの単純反復作業はロボット化や機械化・自動化の進展によって減少する傾向にある。一方,人間の持つ柔軟性や感性,豊かな発想力,俯瞰力は,DX時代の競争力を左右する基礎力として重視される。新しいキャリア開発に資する継続的な教育研修システムを真剣に検討していく必要がある。その一



出所:筆者作成

図3 日型能力構築のイメージ

方で、新たなモノづくりの支え手である次世代人材には、海外にみられるダブルメジャー制のような II 型専攻の慫慂やデュアルスタディ<sup>12</sup>のような実務教育が必要になる。また、インダストリー4.0を先導するドイツの大学のように、時代の要請にこたえるカリキュラムの改編や見直しも課題である。ドイツでは2018年にはそうした動きが現実化しており、機械工学や電気・電子工学の分野においてRAMI4.0やOPC UA、プログラミング、ITシステム管理といった新しいカリキュラムが導入されたという<sup>13</sup>。この新しいカリキュラムは大学進学者のみならず、ドイツの伝統的な職業教育訓練システムを支えるデュアルシステムに進む生徒にとっても同様で、インダストリー4.0に対応可能な実践的な知識と体験学習の機会を提供する取組が始まっている。

#### 5. おわりに

今や、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る「シス テムオブシステム」の時代を迎えている。つながれ ばつながるほどシステムは高度化し、複雑化する。 世界がオープンになり、至る所につながる世界が出

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> IPAの「アジャイル開発の進め方(2018年4月)」にある「スクラムマスター」(チームの「全体を支援・マネジメントする人」)が本文でいうリーダーの役割に該当する。

<sup>11</sup> この型は「ティール組織」(フレデリック・ラリー著、嘉村賢州他訳2018年1月)で説くような、社員個々の裁量性が高く、リーダーは指示せず、耳を傾け、社員の背中を押してあげるといったイメージの職場である。

<sup>12</sup> ドイツの大学にみられる理論教育と企業での実務実習を有機的に連携させつつ反復並行的に学ぶ実践的な教育

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> オーストラリアの大学では民間企業の製品をそのまま教材として採用し、IoT、AR、DTなどの教育を行うとともに学生を通して産業界への技術移転を画策している。

現しつつある。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。デジタル化の進 展により、QCDが売り物という「作って売る」だ けの事業モデルは成り立たなくなる。QCDに加え、 コトづくりや日本のモノづくりのブランディング (ストーリーづくり)が必要になってくる。

モノづくりの組織であっても,これからは匠と いった「個」に頼るだけではなく、「異分子を内包 したチーム」が、チーム力をどれだけ発揮できるか が勝負になる。「異分子」には、生産の「匠」や開 発設計の「匠」といったエンジニアリングチェーン 個々の専門家をはじめとして、ネットワークやシス テムデザインの専門家, モデリングのプロやDTや CPSを使いこなす専門家に加え、モノづくりの経験 とノウハウを長年培ってきた現役ベテラン世代と生 まれた時からスマートフォンやデジタルゲームに慣 れ親しんできた新世代のデジタルネイティブが含ま れる。それぞれの専門家は、老若に関わらず相互の 専門性を心から尊重しつつ、共通の事業ミッション を達成するために、役割に応じた支え合いをとおし てチーム力の強化に邁進することが求められる。水 平分業的役割分担型へと管理スタイルを切り替えて いくべき理由がここにある。新しいチームワーク力 をどこまで発揮できるかというかつてない競争が始 まる。システムやデジタルの専門家など、「異分子」 との協働作業を通じて、シンプルなモノづくりか ら、機能のサービス化など新しい事業展開にまで踏 み込む競争である。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、消化 し時価薬籠中のものにしていく必要がある。

DXが進む新時代の製造業にあっても、われわれの製造業が強みを発揮していくためには、匠も含めたモノづくり人材が、DXを真剣に受け入れ、推進していかなければならない。 IT型、つまりモノづくりとデジタルの両刀使いを目指し、IT型のチームが集団となり、共に新しいモノづくりやビジネスを作り上げていく覚悟と決断が求められる。と同時に、われわれ一人ひとりは、これから生涯にわたって進歩し続ける新たな技術を学び続ける意欲も必要になる。そのための環境整備の一環として、高等教育に

求められる役割は重い。

#### <参考文献>

- ▶ 日本機械工業連合会平成29~30年度報告書「IoT・AI時代の モノづくりと人の役割変化への対応調査研究」
- ▶ 同平成26~28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」
- ▶ 同平成23~25年度「理数系基礎学力の強化とモノづくり人材 育成の課題」
- ▶ 同平成19年度「モノづくり人材育成のためのデュアルシステム」
- > acatech The Future of Work in the Digital Transformation
- ▶ 同 Industrie 4.0 in a Global Context
- 同 Industrie4.0-International Benchmark, "Options for the Future and Recommendations for Manufacturing Research"
- ➤ 同 Industrie 4.0 Maturity Index
- ➤ VDMA "Guideline Industrie 4.0"
- ➤ エリック・リース、井口耕二訳、スタートアップウェイ、日 経BP社 2018.5.28
- ▶ 中田敦, GE 巨人の復活, 日経BP社 2017.7.11
- ▶ 村田聡一郎監修、プレジデント社企画編集部「経営企画研究 会、Why Digital Matters?」(株)プレジデント社、2018.12.14
- ▶ PTU技能科学研究会編 「技能科学入門 モノづくりの技能 を科学する」(㈱日科技連出版社 2018.2.26
- ▶ IPA「アジャイル領域へのスキル変革指針 アジャイル開発 の進め方」2018年4月
- > PTC "Digital Transformation in the Classroom: Preparing Students for Industry 4.0" RMIT University, Melbourne, Australia
  - https://www.ipa.go.jp/files/000065606.pdf
- ▶ 山藤康夫、日経モノづくり「インダストリー4.0を支えるドイツの教育(前編)」2016年1月号
  - https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/mag/15/091800009/ 121500006/
- ▶ 山藤康夫、日経モノづくり「インダストリー4.0を支えるドイツの教育(後編)」2016年2月号
  - https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/mag/15/091800009/ 012000007/
- ▶ 山藤康夫,一般社団法人日本金型工業会機関誌金型「新 しい産業革命『IoT・AI時代のモノづくり』①なぜIoT・AIか」 2019年4月号
- ▶ 山藤康夫, 「同上②製造業のパラダイムシフト」2019年7月号
- ▶ 山藤康夫,「同上③IoT・AIの中小企業の取組」2019年10月号