

# インダストリー4.0 — デジタルSCM構築への道

著者：尾崎 正弘

## あらためて「インダストリー4.0 とは？」

昨今インダストリー4.0がいろいろなメディアで盛んに取り上げられ、一種のブームのような状況になっている。ご案内の通りインダストリー4.0はドイツ発のコンセプトで、産業史上4回目の革命的進化と言う意味である。第1次は18世紀後半の蒸気機関の発明を契機とした産業革命、第2次は20世紀初頭に始まったフォード生産方式に象徴されるマス・プロダクション、第3次は1970年代の産業ロボットを活用したオートメーション、そして第4次がデジタルテクノロジーを活用した究極のスマートファクトリー化とでも言うべきインダストリー4.0である。しかしながら、あらためて「インダストリー4.0とは何か？ インダストリー3.0とどう違うのか？」と問われると、実は、明確に答えられる向きは多くない。（「デジタル」がインダストリー4.0のキーワードである一方で、コンピューター制御のロボット／オートメーションが牽引したインダストリー3.0の段階で既にデジタル化は始まっている。）

本稿ではまず初めに「そもそもインダストリー4.0とは何か？」について議論したい。今更ながらとも思うが、後半で述べる通り、この問いにしっかりと向き合う事こそが多くの日本のものづくり企業にとって重要と考えている。実際、クライアントとディスカッションする際、いろいろと議論した末にこの質問に戻ってしまう事が実に多いのである。

## CPS — 究極の見える化とオペレーションコントロール

平たく言えば、インダストリー4.0とは「究極の見える化」とそれを活用した「究極のオペレーションコントロール」であると言える。（図表1参照）

すなわちインダストリー4.0の世界では、自社の工場や倉庫を超えてサプライヤーや物流、チャネル、顧客までを含むバリューチェーン全体において、各構成要素の状態／挙動がマイクロレベル

まで詳細に把握される。具体的には「どの装置が、何に対して、どのようなプロセッシングをしているか?」、「どの製品／半製品が、どこにあり、どのような状態（プロセス中、プロセス待ち、保管中、輸送中、使用中、等）に置かれているか?」、さらには「どの作業員が、どこで、どのような作業を、どの指示書に従って、行っているか?」までがエンド・ツー・エンドで詳細にトラッキングされる事となる。インダストリー4.0におけるキーワードCPS (Cyber Physical System) が端的に表すように、生産／サプライチェーンに関する物理的リアルワールドをそっくりサイバーワールドにコピーする程の見える化がなされるのである。

そしてさらには、サイバーワールドに構築された仮想現実を対象とした高度な分析／シミュレーションに基づき究極のオペレーションコントロールが行われる。すなわち「究極の見える化」が生み出す膨大なデータをリアルタイムで分析処理し、それを踏まえてバリューチェーンの広範囲にわたる複雑なオペレーションを最適制御する。そのためには、インダストリー3.0時代のシンプルなフィードバック制御とはレベルの違うパワフルかつインテリジェントなデータ処理と制御が必要になる。ここで前提となるのは、アナリティクスやAIテクノロジーの活用である。

## 個別最適から全体最適へ

インダストリー3.0が装置や生産ラインレベルのパフォーマンス最大化（個別最適）を主眼としていたのに対して、インダストリー4.0が目指すのは企業を超えたエコシステムレベルの全体最適である。ここで重要なのは、バリューチェーン要素ごとの個別最適化を推し進める先に、必ずしも全体最適がある訳ではないと言う事である。むしろ、局所最適の集合は、所々に重複や分断のある非効率でアンバランスな全体系である事が多い。すなわち、企業横断的なオペレーションの最適化においては、個別要素のパフォーマンス最大化よりも、全体としてそれらをいかにバランス

尾崎 正弘 (おざき・まさひろ)

masahiro.ozaki@strategyand.jp.pwc.com

Strategy& 東京オフィスのパートナー。製造業(製薬、エレクトロニクス、機械、自動車、ソフトウェアを含む)における研究開発マネジメントおよびサプライチェーンマネジメントを専門とする。製品/サービス・イノベーション分野のグローバルリーダーの1人。

図表1：CPS一究極の見える化とコントロール

カテゴリー		目標レベル	関連テクノロジー
究極の見える化	広範囲	自社の工場/倉庫のみならず、サプライヤー/物流/チャネル/顧客に至るまでが対象	スマートセンサー RFID/バーコード/画像個体認識 ウェアラブルデバイス
	詳細	<b>装置レベル:</b> どの装置が、何に対して、どのようなプロセッシングをしているか、を把握。また、稼働状況だけでなく装置の内部状態(メンテナンス必要性、等)もセンシング	
		<b>製品レベル:</b> どの製品/半製品が、どこにあり、どんな状態(プロセス中、プロセス待ち、保管中、輸送中、等)におかれているか、を把握	
究極のコントロール	包括的	バリューチェーン全体をエンド・ツー・エンドで含む広範囲かつ複雑な対象を制御する	アナリティクス AI
	インテリジェント	データアナリティクスやAIテクノロジーを活用して、複雑な対象に対する最適解を創出	クラウド/エッジコンピューティング

出所：Strategy& 分析

良く運用するかが重要となる。以下にそのイメージを示す。

**【ケース1】** メーカーAがベンダーに部品モジュールを発注している。2カ月後が納期であるが、ベンダー情報によると現時点でロットの半分が生産完了し出荷待ちの状態にある(残り半分は生産中)。翻ってA社自身の状況を見てみると、現在は生産ラインに

キャパシティの余裕があるが、2カ月後はフル操業となる予定である。このような状況が明らかになれば、ベンダーには完了した半分の直ちに納入してもらい、社内アセンブリを前倒しで開始すべきとの判断ができる。

**【ケース2】** メーカーBではある装置の稼働率が低い状況が続いて

いる。一方でメーカーCでは需要予測に基づき同種の装置を新規導入しようとしている。このような状況下においては、メーカーCでの加工／生産をBに委託する事で、無駄な投資が避けられる。

少々単純化されたケースではあるが、ここから読み取れるのは、全体最適実現において重要なのは、エコシステム内のアセット／リソースの稼働率をいかに高めるか、言い換えればアイドル状態の装置／人をいかに最小化できるか、と言う事である。これは、見方を変えると、B2C領域では既にメジャートレンドになっている「シェアリング・エコノミー」のマニファクチャリングオペレーションへの適応とも言える。すなわち、インダストリー3.0的な局所的最適化の延長線上には第4次産業革命はなく、インダストリー4.0の真の成果を得ようとするなら、マニファクチャリングマネジメントの発想／パラダイムを変える事が必要なのである。

### トランスフォーメーションシナリオ

前段ではインダストリー4.0について「個別最適から全体最適へ」という視点で議論した。これは各企業のオペレーションを企業内に閉じられたものから社外にオープンにしていくという方向性を示唆している。しかしながら、実はこの部分が日本企業にとって最も腹落ちしない部分であるようだ。多くの企業実務者は「自社のオペレーションに関わる詳細データを社外にオープンにする事など考えられない」、「オープン化によるメリットが全く見えない」などとコメントする。その背景には、企業横断的な調整(Orchestration)を通じた生産性の最大化というインダストリー4.0の本質がよく理解されていないと言う現実があると思われる。また、仮に理解されたとしても、その実現シナリオが明確でない中でコンセプトそのものが「絵に描いた餅」に見えてしまうという問題もあるだろう。実際、競合同士を含む業界の全プレイヤーが協調しながら全体最適実現に向けて動くというシナリオはあまり現実的とは思えない。

果たして産業界はインダストリー4.0の指し示す方向に動いていくのであろうか？ 私たちは、そこにバリューがある以上最終的

にはその方向に動いていくのが必然であると考えている。ただし、そのトランスフォーメーションシナリオはいろいろなパターンがあり、業界セグメントによって違ったものになると考えている。エコシステムの頂点にドミナントプレイヤーが存在する業界では、彼らが強引に全体を牽引するシナリオも想定される。一方で企画・設計と生産の分離が進んでいる業界では、巨大EMSが変革をリードする可能性があるだろう。別の業界では、特定の個別企業同士がデータ共有を通じてWin-Win関係を築き始め、それが業界全体に伝播するというパターンを踏むかもしれない。例えば、ロジスティクス企業が自社の物流網のスケジュールや積載率を含む詳細情報を重要顧客に公開する、あるいは部品／材料メーカーが自社装置／ラインの稼働率情報をセットメーカーに公開する、等と言う事は起こりえない話ではない。また、地域／国によっては、政府が重要な役割を果たす事もあるかもしれない。(ドイツはその例になるかもしれないし、中国などがそのような動きで他をリードする可能性も無視できないだろう。)

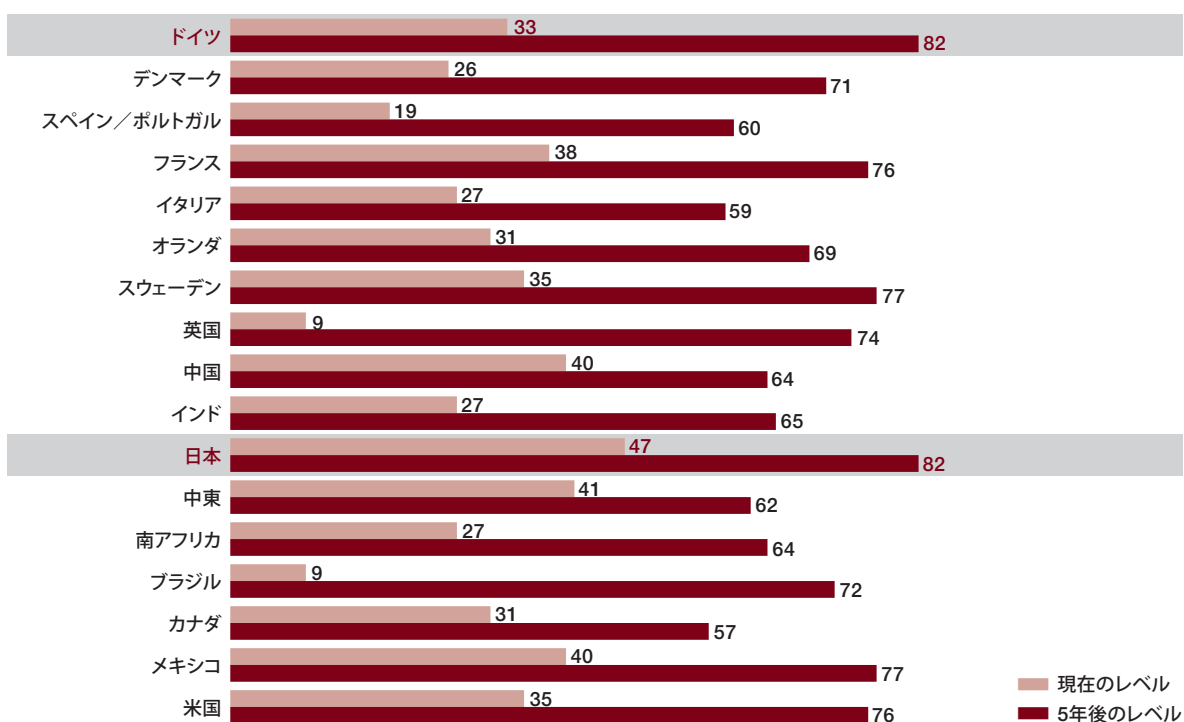
### 日本企業の課題(グローバルサーベイからの洞察)

PwCでは2016年に世界26カ国約2,000社(日本企業は150社)を対象に、インダストリー4.0に関する国際的な調査(Industry 4.0 Global Survey)を実施した。そのグローバル分析レポートがPwCからリリースされており、本分野の最新トレンドを明示するものとして、各方面から好評を得ている。今回特に日本企業に焦点を当てて本サーベイデータの分析を試みたところ、興味深い結果が得られたのでここに共有・議論したい。

図表2は各企業のオペレーションのデジタル化レベルの自己評価(現時点と5年後の予測)に関する国別比較である。日本企業は現時点の自己評価も5年後の予測も1位であり、インダストリー4.0の達成度合いに関して世界で最も自信を持っている国となっている。わが国においては「ケイレツ」で知られる企業間連携が進んでいる事や、積極的にファクトリーオートメーション(FA)を推進し世界一のロボット大国となっている事を踏まえる

図表2：企業のデジタル化／統合化への自己評価 国別比較(%)

質問：現在のオペレーションのデジタル化と統合化のレベルは？ 5年後に期待できるレベルは？  
 (「先進的である」と答えた企業の割合)



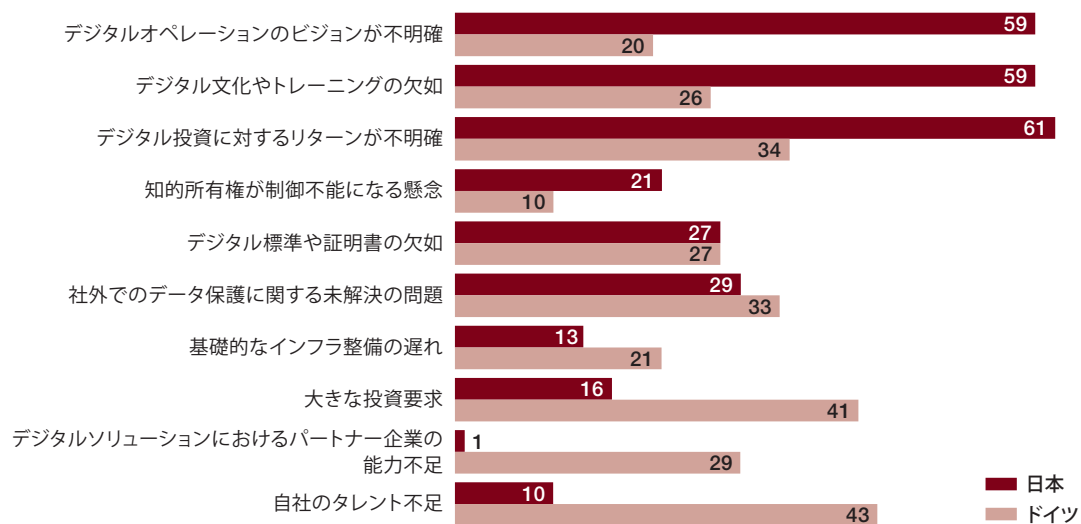
出所：Strategy&分析

と、これは必ずしも不思議な事ではない。一方ドイツを見てみると、5年後の姿には日本同様に大きな自信を持っているものの、現在の自己評価は日本を大幅に下まわり、米国や中国よりも低い結果となっている。これは、ドイツがインダストリー4.0の提唱国と

して、現状のインダストリー3.0的デジタル化とは次元の異なる未来像をしっかりと描いており、結果として他国より厳しいゴール設定をしているからではないかと考えられる。(この点に関しては、後ほどもう少し議論する。)

図表3：企業のデジタルオペレーションに向けた課題 日独比較(%)

質問：デジタルオペレーション能力構築に際して、もっとも大きな課題は？  
 (「課題である」と答えた企業の割合)



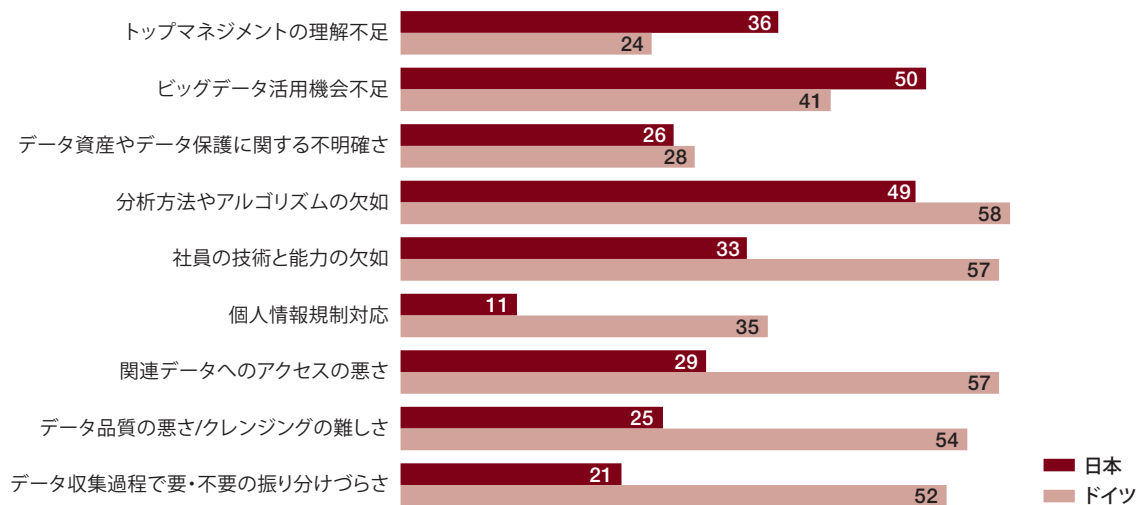
出所：Strategy&分析

図表3ではデジタルオペレーション 推進にあたっての課題認識に関する質問への回答をまとめている。グラフではドイツ企業と日本企業を比較しており、課題項目(縦軸)は日本とドイツのギャップの大きさの順番に並べている。すなわち、チャートの上に行けば行くほど日本企業の多く認識する課題、下に行けば行くほどドイツ企業の課題となる。これを見ると日本企業がドイツ企業よりも高い問題意識を持っている領域として「デジタルオペレーションのビジョンが不明確」「投資に対するリターンが不明確」などが挙げ

られている。日本企業がビジョン／戦略の部分で悩んでいる事が分かる。それに対してドイツ企業の悩みとして挙げられているのは「大きな投資要求」「パートナー企業の能力不足」「自社のタレント不足」などである。彼らは日本企業と比べて実践的／具体的な部分に課題意識を持っているように見える。

図表4：企業のデジタルオペレーションに向けた課題 日独比較(%)

質問：データアナリティクス活用の際して、もっとも大きな課題は？  
 (「課題である」と答えた企業の割合)



出所：Strategy&分析

次の図表4はアナリティクスに関する課題認識の日独比較である。ここでも図表3と同様の傾向が見て取れる。すなわち、日本企業は「ビッグデータ活用機会不足」「トップマネジメントの理解不足」などビジョン／戦略レベルで悩んでいるのに対し、ドイツ企業は「関連データへのアクセスの悪さ」「データ品質の悪さ／クレンジングの難しさ」「個人情報規制対応」など極めて具体的かつ実際的な部分の問題を上げている。

図表3および4で示されているのは、言い換えると、日本企業の

多くがWhat(何を指すか?)について悩んでいるのに対し、ドイツ企業はWhat は既に理解していてHow(どうやって実行するか?)について悩んでいると言う事かと思われる。実は、これは私たちが日頃日本企業の方々とディスカッションする中で感ずる事と合致している。結局インダストリー4.0というコンセプトの本質が十分理解できていないのではないだろうか。すなわち、インダストリー4.0というコンセプトを、現在までのデジタル化の延長線上のものとしか認識していない向きがまだ多いと思われる。そう考える

と図表2で示された現在のデジタル化レベルに関する自己評価の日独の差も理解できる。要は目指している地点が違うのである。日独両方とも自信があるとしている5年後ではあるが、実際には大きく差がつかってしまう可能性が懸念される。

## 日本企業への提言

前段では2016年版Industry 4.0 Global Surveyの結果を概観しながら、日本企業の現状／課題について考察した。その中で、このままではドイツをはじめとする欧米企業に大きく出遅れてしまうのではないかと懸念も提起させていただいた。この事を踏まえて、あらためて日本企業に以下を提言したい。

### 1) インダストリー4.0というトレンドの本質を理解する

第4次産業革命としてのインダストリー4.0の本質を理解していただきたい。本稿では「個別最適から全体最適へ」「閉じられたものからオープンへ」「アナリティクス／AI等を活用した次世代インテリジェンス」などのポイントを挙げて解説した。従来のインダストリー3.0的デジタル化とは次元の異なる変革として、この重要トレンドを理解する事が必要であると考えている。

### 2) 自社業界の将来シナリオを分析する

将来のトランスフォーメーションシナリオが業界によって異なるであろう事は既に指摘した。については、自らの業界セグメント(製品／サービス、顧客、競合、パートナー、等)をあらためて分析し、そこでの起こりうるシナリオを把握する事が必要であろう。

### 3) 自社の将来ビジョンを定め、戦略を固める

業界の将来シナリオ分析を踏まえて自らのビジョンを明確にすると共に、その実現に向けたインダストリー4.0戦略(生産／SCM戦略)を策定する事が重要である。これは、所属する業界セグメント、その中での自社のポジション、強み／弱み、などを

踏まえた各社独自のものになると考えられる。

### 4) 戦略を実行に移す

ビジョン／戦略が固まったら、それを実行に移す事が肝要である。しっかりとしたロードマップを作り、業界動向を踏まえながら、愚直にインプリに取り組む事が求められる。他社に先んじるためには、時に大胆な先行投資も必要になると思われる。その時にぶれないためにも、上記1)～3)が十分になされている事は重要である。

インダストリー4.0を考える時、その背景にある「先進国製造業の競争力の源泉の急速なコモディティ化」という現実を理解する事は大切であると考えている。FAベンダーの努力によりロボット／オートメーション・テクノロジーは既に広く普及している一方で、ドイツや日本が誇ってきた「匠の技」や「勤勉な工場従業員」などという強みも3Dプリンターに代表されるテクノロジーの進化や非正規労働者や移民の増加など言う社会的変化を受けて、今や「風前の灯」である。すなわちインダストリー4.0とは「従来の競争力が消失しつつある先進国製造業が次の競争力を創造・維持するための挑戦」と捉える事もできるのである。ドイツが国を挙げてこのテーマに取り組んでいる理由もこのあたりにあると考えている。日本の産業界はこのような現状認識と言う点でまだまだ甘いかもしれない。「日本のものづくりの強みを生かしたインダストリー4.0」などという言説を聞く事も少なくないが、若干ポイントを外した議論に聞こえてしまう。「ものづくり」という言葉自体は多分に情緒的で人々を思考停止にしてしまう傾向にあるが、日本製造業も自らの足場が崩れ始めている現実を冷静に見据えなければならぬ。

筆者は80年～90年代にエンジニアとして日本の製造業に身を置いていたが、その時アナログからデジタルへの時代の流れの中で、日本の製造業がR&D分野における競争力を急速に失っていくのを体験した。今、同様の変革の波が製造の分野に押し寄せているのを感じる。その中で「自ら機先を制して変化を起こす

側に立つのか？ 傍観者／フォロアーになるのか？」と言う事が日本企業に問われているのだろう。次世代のマニュファクチャリングにおいてもリーダーシップを取り、グローバルエコノミーに広く貢献すべく、日本企業には戦略的に深く考えかつ大胆に行動していただきたいと思う。私たちもインダストリー4.0という産業史に残るチャレンジの中で、日本企業の発展に貢献していきたいと考えている。