

論文（査読付き）

「DX からみたグローバル・ニッチトップ企業の日独比較」

藤本 武士

(立命館アジア太平洋大学国際経営学部教授・立命館アジア太平洋大学次世代構想センター：
APU-NEXT ディレクター)

岩本 晃一

(独立行政法人経済産業研究所リサーチアソシエイト・APU-NEXT 客員メンバー)

難波 正憲

(立命館アジア太平洋大学名誉教授・APU-NEXT メンバー)

Gerrit Sames, Dr., Professor

(für allgemeine Betriebswirtschaftslehre mitam Fachbereich Wirtschaft an der Technischen
Hochschule Mittelhessen)

Tim Maibach, MA

(wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Wirtschaft an der Technischen Hochschule
Mittelhessen)

—要旨—

今回の日独共同調査はミッテルヘッセン工科大学（Technische Hochschule Mittelhessen）の協力のもと、特殊分野の企業でトップクラスとされる経済産業省選定 200 社のグローバルニッチトップ企業の中から、ドイツの企業と比較調査した。全くの同一質問項目 48 項目を用いて、すでに始まった DX（デジタル・トランスフォーメーション）時代に、どれほどの進捗度に差があるかを 2 年かけて測定した日本で初めての調査結果となる。高い技術力を持つ日本企業がドイツ企業と比較して、主要な側面となるインテリジェント生産の側面、ビジネスモデルの側面、インダストリー 4.0 の戦略かつ組織的な組み込みの側面、スマート工場・製品のすべての側面において、日本はドイツより遅れている。日本が特に優れていた点は、「プラットフォームを利用する、または自ら運用する（例：お客様との交流のためなど）」、「ポカヨケのコンセプトで失敗しないように心がけている」、「ソリューションサービス（例：点数支払あるいは時間支払による機械設備 / 工場の利用）」の 3 つである。本研究では、48 項目から定量的に明らかにした。今後の日本の経済・経営支援の政策にどう生かすべきかについての政策提言を、政策情報学会から示す意義は大きい。

[キーワード] 中小企業・DX（デジタル・トランスフォーメーション）・GNT（グローバル・ニッチトップ）・イノベーション・DB（データベース）・マーケティング

1. はじめに

最初に、簡単に本調査研究の経緯について説明したい。本日独共同研究の起源は、約 7 年前に遡る。当時、「独り勝ちのドイツ」と呼ばれる程、強いドイ

ツ経済の秘密を探ろうとしていた。段々と調べていくうち、どうやらその主要因は「Hidden Champion; HC（隠れたチャンピオン）」にあるらしいということがわかってきた。

中小企業でありながら、大企業よりも強い競争力を持

つ企業群の存在は、衝撃的だった。日本にいと、中小企業は弱いもの、という思い込みがあったからだ。そこで、ドイツに現地調査に出かけることにした。

日本にいるドイツ人に話を聞くと、「隠れたチャンピオン」の存在は至極当然で当たり前のことで、特に目新しいものではないらしく、ハーマン・サイモン氏以外、研究している人がなかなか見つからなかった (Simon, Hermann (2009))。

そんなとき、フランクフルトに立地している投資誘致機関で働く日本からの投資誘致を担当している日本人女性がいろいろと調べて下さり、ゲリット・ザーメス教授 (Prof. Dr., Gerrit Sames)^(注1) を推薦して頂いた。ヘッセン州の首都ヴィーデスバーデン市内の広大な敷地に立地する美しいミッテルヘッセン工科大学 (Technische Hochschule Mittelhessen) に、民間企業を辞めて最近来られた方だった。

ゲリット・ザーメス教授は、初見の岩本を歓迎してくれ、多くの資料やデータを下さった。

岩本は、日本に帰国後、ゲリット・ザーメス教授と同じような調査をやってみたいと思い、日本企業を対象に、デジタル化の進展に関するアンケート調査を行った。(木本、澤谷、齋藤、岩本、田上 (2018))

2020年秋、ゲリット・ザーメス教授の下で働く花本氏から、突然、メールをもらって驚いた。ゲリット・ザーメス教授が岩本の事を覚えていて、日独共同でシンポジウムをしたいと言ってきた。ドイツ政府教育研究賞からの予算が、日本又は米国との共同研究を条件にしているからだという。

詳しく話を聞くと、ミッテルヘッセン工科大学の諸氏約10名が2021年4月初旬に来日するので、こちらは単に日本側の発表者3名を確保し、会場とランチの場を用意し、エクスカーションとして都内の桜の綺麗な場所を案内すれば良いだけだったので、快く承諾した。

初めて訪日するドイツ人も多く、期待は高かったが、残念ながら、コロナが拡大し、オンライン・シンポジウムになった。当時、国際シンポジウムが日本にいながらにして、オンラインで出来ることは大変な驚きだった。今では当たり前になっているが。その結果は、独立行政法人経済産業研究所のホームページに公開している (花本、岩本 (2021))。

このシンポジウムの成功に気を良くしたゲリット・ザーメス教授から、今回の日独共同調査の提案があった。ドイツ教育研究省から予算を交付された研究機関は10以上あったが、日本又は米国において共同研究相手が見つかり、多少なりとも成果が出た機関はわずか数ヶ所しかなかったという。

ところで、今回の日独共同調査は、同じ調査票を用いるもので、半年もあれば終わるだろうと考えていたが、実際は2年を要した。

1国だけで調査をするのであれば、普通の調査である

が、異なる国どうしが共同で調査をするというのは、こんなに細かく難しい点がたくさんあるのか、という驚きであった。

今回の調査の意義を挙げると以下の点である。

第一に、日独が同じ調査票を用いて調査を行ったことである。そのため日独比較が可能になる。

第二に、日本はデジタル分野で世界に遅れていると言われてきたが、本当にそうなのか、遅れているのであればどこがどの程度遅れているのか、これまで何も根拠データがなかったが、今回初めて明らかになった。

第三に、日本側は、GNT (Global Niche Top: グローバル・ニッチトップ、以下GNT) 企業という競争力の高い企業を調査対象とした。結果、それでも、ドイツの一般的な企業よりもデジタル化が遅れていることが明白になった。日本は何というデジタル化の遅れた国なのだろうと実感した。

第四に、ドイツは、製造業の製造現場にデジタル化を導入するインダストリー4.0 (Industrie 4.0) を、国を挙げて推進していることもあり、今回の調査でもドイツ企業は、製造現場のデジタル化が日本企業と比べて最も進んでいる分野であることがわかった。

一方、日本企業がドイツに比べて最も進んでいるデジタル分野は、プラットフォーム分野であることがわかった。既存のシステムを購入してきて使っている企業が多いことが分かった。

今回の調査では、ドイツ側のリードと、ドイツ側の作業に負うところが大きかった。

改めて、ミッテルヘッセン工科大学経営学部のゲリット・ザーメス教授、経営学部長ニルス・マデーヤ教授、修士ティム・マイバッハ氏^(注2)、コーディネーターのミエ・ハナモト氏、そして本研究に理解を示して研究資金を提供して下さいましたミッテルヘッセン工科大学学長を始めとする関係の皆様方に感謝の意を示したい。

経済産業省製造産業局のGNT担当の皆様方には、人事異動で交代しても継続して我々に協力して頂き大変感謝する。

また回答して頂いた企業におかれては、ドイツ側が、回答率が50%近くもある、と驚いたくらい、こちらの趣旨に賛同して頂き、大変忙しいなか、調査に協力して頂いた。感謝したい。

2. GNT 企業及び経済産業省の協力について

まず、日本側の調査の概要を説明する。調査対象は、経済産業省が選定したGNT200社である。GNTは、強い競争力を有する企業であるが、ドイツの「隠れたチャンピオン」とは若干定義が違う^(注3、注4)。まさに文字どおり、世界の狭い市場で当該企業のある商品がトップ又はそれに近い地位にある、という意味である。

GNT200社の大部分は中小企業だが、大企業もある。大企業はその1つの部署が作る製品が、GNTという意味である。

日本では、ドイツに比べてデジタル化が遅れていると言う感想を言う人は多くいても、その証拠を提示した人は誰もいなかった。

今回の調査では、日本の強い競争力を有するGNT企業であっても、ドイツの一般的な企業よりデジタル化が遅れていることが明らかになった。

その調査結果は、恐らく、多くの日本人に対して、強いインパクトを与えるだろう。

経済産業省も、日独の差が、はっきりと目に見える形で出てくることを期待し、GNT企業にアンケート調査票を発送して下さった。

GNT企業の名簿は、経済産業省が、外に出さないと企業に約束しており、経済産業省内部で保有している。そこで経済産業省に依頼し、名簿を持つ経済産業省から調査票を発送して頂いた。督促も行って頂いた。

本調査結果が、日本がドイツ企業に比べて遅れている点をはっきりと明示することが出来れば、行政として、その分野を伸ばすよう支援することができる、という意味において行政に貢献する。

今回の結果が、日本にとって、色々な意味で、より良い効果をもたらすことを期待する。

3. 本調査の趣旨・目的・意義

ゲリット・ザーメス教授は、約7年前、岩本が訪問したとき、大学に転職後、初めて実施したアンケート調査を見せてくださった。大学が立地するヘッセン州を中心とし、その周辺に立地する製造業に対して行ったアンケートであった。

2021年のオンラインでの日独共同シンポジウムにおいても、ゲリット・ザーメス教授は、同じ企業を対象にしたアンケート調査を披露された。

今回の調査でも、同教授は、これまでと同じ企業に配布している。そのことによって、いくつかの質問事項を毎回継続し、時間的な変化を追うという定点観測を目的としたことが第1点めである。

同教授の持論は、ドイツの中小企業はデジタル化が遅れている、である。そのため、中小企業と大企業との比較を色々な観点から行うことを主眼とする分析が行われてきた。

だが今回、日本と共同調査をすることで、ドイツと日本との比較をするという、さらにもう1つの重要な意義を持つことが可能となった。

日本側メンバーが所属する立命館アジア太平洋大学次世代事業構想センター（APU-NEXT）は、ドイツの隠れたチャンピオン及び日本のGNTを研究している日本で

唯一のセンターである。今回の共同研究は、ドイツ・ミッテルヘッセン工科大学と立命館アジア太平洋大学との間で共同研究MOUを結んで行った研究である。

日本側としては、日本のGNT企業を研究対象としながら、予算等の制約等から、なかなかアンケート調査を行うことができなかった。せいぜい、個別訪問してヒアリングすることぐらいであった。このため今回の共同調査を好機と捉え、GNT企業のデジタル化の状況がどうなっているか、ドイツ企業の比較はどうか、などについて調査分析を行うことが目的であった。これまでGNT企業を対象とする研究は、デジタル化に関する調査が行われたとはなく、今回が初めてであった。

もし、日本のGNT企業が一般的なドイツの製造業よりもデジタル化が遅れているのであれば、どの程度の遅れなのか、特にどのような分野で遅れているのか、そこを目に見える形で明らかにすることができれば成功である。

また、同じものづくりの国ドイツと比べて、どこがどのように違うのか、という点を明らかにできれば、政策に反映することができるとの背景がある。

同時に、アンケートに答えて下さった企業においても、自社が日本のGNT企業全体の中でどのあたりの位置にあるか、またドイツとの比較ではどの位置にあるか、という点を明らかにしたいとの背景から、アンケートの記入に協力して頂いたと理解している。

このため企業には本論文を以て調査結果を公表し、メール等の手段でフィードバックする予定である。

4. アンケート調査の構造

今回の調査で用いた各指標は、ドイツが推進しているインダストリー4.0（Industrie 4.0）を各要因に分解し（Industrie 4.0 INDEX）、それを整理した指標（Construction Kit-Index Industrie 4.0）を用いて、今回のアンケート調査向けに整理統合した指標（DigiJaDe Index）である。その簡単な過程と概要を説明する。

ノルトライン＝ヴェストファーレン州（NRW）の工業企業におけるインダストリー4.0の発展に関する調査－プロジェクト「Imit2」の一環として、製造企業を対象にアンケートを実施した。同調査は、ルール大学ボーフム教授によって実施された。

ルール大学ボーフムが実施しているプロジェクトImit2－“Industrie 4.0: Mitbestimmen - mit gestalten”（インダストリー4.0：共同決定－共同設計）は、デジタル化を進め、インダストリー4.0に向けて発展していくにあたり、従業員によるイノベーションを活用することを意図している。

同調査結果は、図1のように整理分類された（Dominik Lins, Christopher Prinz und Bernd Kühlenkötter, Bochum (2018)）。

Kühlenkötter/Lins et al. (2018) が開発したインダス

科学的背景

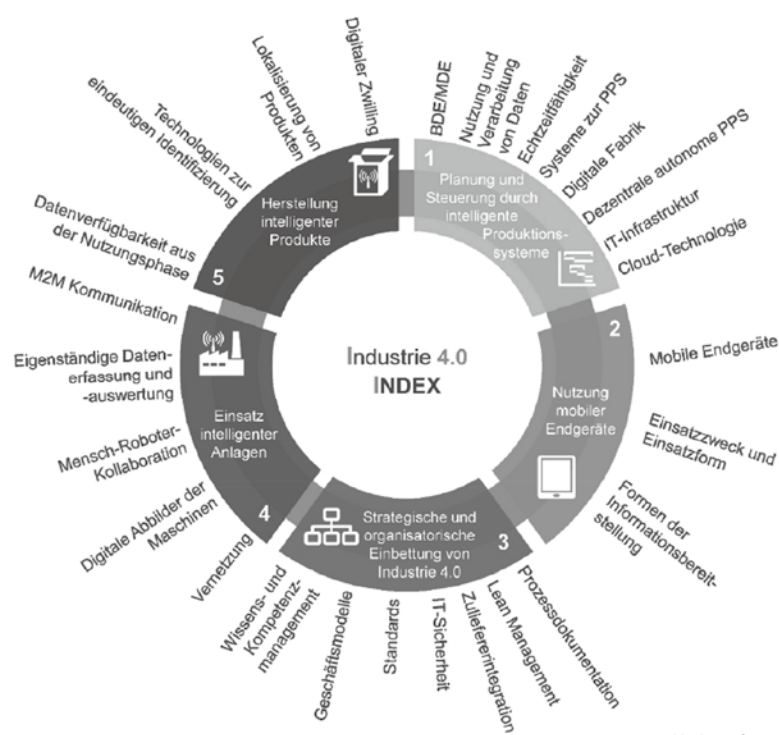


図1 科学的背景 インダストリー4.0インデックス

トリー4.0インデックスに基づき、次のステップは研究プロジェクトに向けて包括的でモジュール式の構築キットを開発することであった。このキットは以下の7つのモジュールにより構成されている：(図2)

- 1) 知的生産システムを通じた計画立案と制御
- 2) ビジネスモデルの観点
- 3) インダストリー4.0の戦略的・組織的な埋め込み
- 4) インテリジェントな機械設備／工場の活用
- 5) 価値創造の文脈における人間
- 6) スマート製品の生産
- 7) 技術システム

これまでに実施されているビジネスプロセス（2018）とビジネスモデル（2020）に関するゲリット・ザーメス教授が以前に実施した2件のアンケートが本アンケートの基礎となっている。デジタルトランスフォーメーションの状況に関する今回の共同調査では、2つの質問票から合計15問を抽出し、デジタル変革のステータスに関する共同アンケートとした。

アンケートからは、回答時間の目安を約10分とすべきことが示された。そのため、質問の数は最大50問としている。これに伴い、他の領域からさらに35問を質問票に含めることになる。

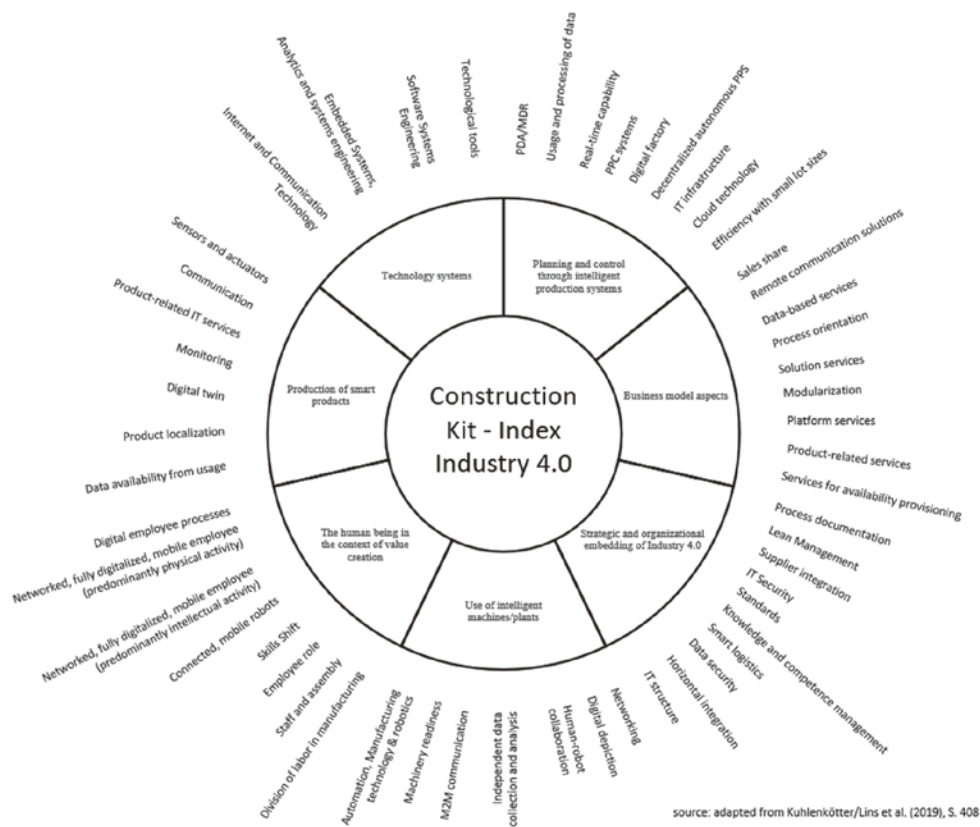
これらの質問は、既にドイツで実施されている質問票との比較や、ドイツと日本の比較を保証できるよう、

リッカート尺度という形で評価できるようでなければならない（図3）。

質問の選択基準はドイツと日本における二つの戦略である。インダストリー4.0（ドイツ）とソサエティー5.0（日本）という二つの戦略の比較からは、両国の戦略が共通の基礎に基づいていることが示されている。これらの戦略はCPS／埋め込みシステム、IoT、およびサイバーセキュリティに集中している。他の技術やイノベーションに関しては、これらの戦略はお互いを補完しあっているように見える。インダストリー4.0はデータ・アナリティクスや積層造形法による工程に注目している一方で、ソサエティー5.0はヒューマン・マシン・インタラクションやインテリジェントサービスに注目することで評価点を稼いでいる。その結果、いずれの戦略もインデックスにおいて平等に表現されている（表1）。

今回の日独共同調査（ドイツ側は、今回の協同調査を「デジジェイド (DigiJaDe) プロジェクト」と呼んだ）^(注5)の調査指標は、

- DigiJaDe インデックス： ビジネスプロセス（2018）とビジネスモデル（2020）についてこれまでに実施されたアンケート
- Springer/Schnelzer（2019）に基づいた焦点の特定：最終研究プロジェクトの目標への志向：デジタル変革



source: adapted from Kühlenkötter/Lins et al. (2019), S. 408

図2 インダストリー4.0のコンストラクションキット

要件

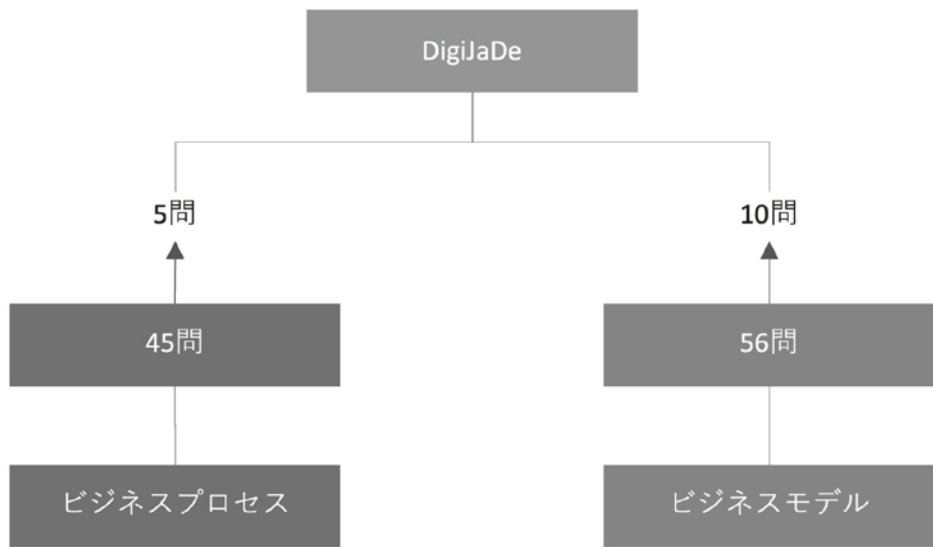


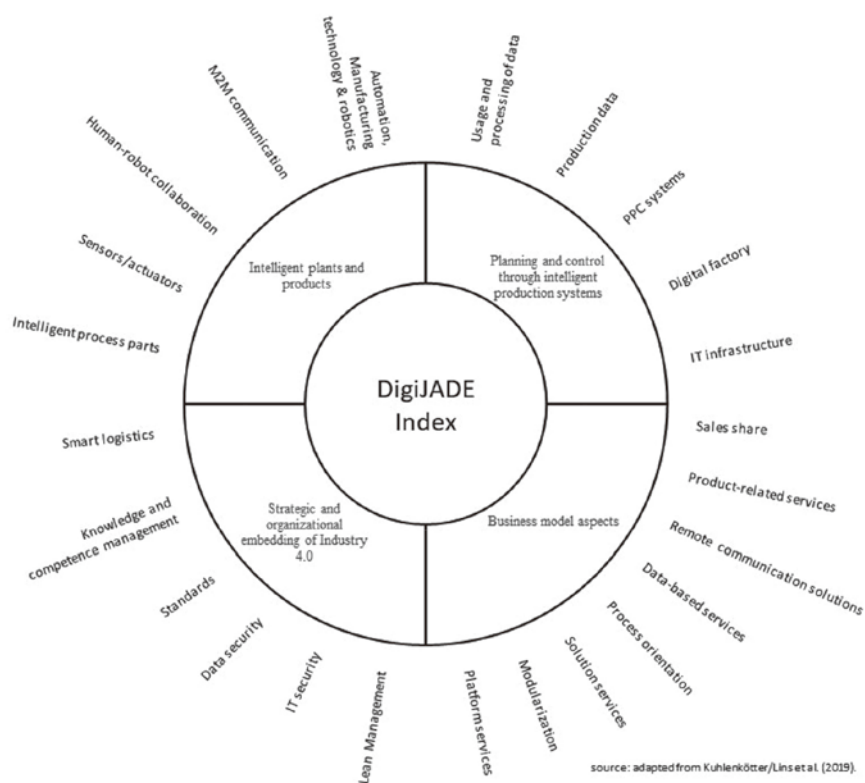
図3 調査の要件

表1 焦点の特定：各国のデジタル化の目標比較

焦点の特定

Technologies / Innovations		I4.0 (DEU)	S5.0 (JPN)	IIoT (USA)	MIC2025 (CHN)	CF (MEX)	MI4.0 (IDN)
CPS / embedded systems		●	●	●	●	●	●
IoT		●	●	●	●	●	●
Cyber Security		●	●	●			
Data Analytics	Cloud Services	●			●	●	●
	Big Data	●	●	●	●	●	●
AI / Human-Machine Interaction			●	●	●		●
Smart Services / Smart City / Super Smart Society			●				
Advanced Production	Smart factory	●				●	
	Robotics		●	●	●	●	●
	3D printing	●		●			●
	sensor tech.						●

Source: Springer/Schnelzer (2019), S. 31



source: adapted from Kuhlénkötter/Lins et al. (2019).

図4 今回の日独共同調査DigiJaDeの調査指標

のための標準の導出

以上を考慮して質問は以下のように設定された。(図4)

全般パート1：3問

モジュール：4

サブカテゴリ：24

質問／ステートメント：48

全般パート2：12個の障壁

測定可能性（measurability）は、僅かに改変したリッカート尺度により保証される。これまでのアンケートとの比較可能性を担保するために、中立的な選択肢は意図

表2 測定可能性

測定可能性

レベル	回答	デジタル化の値
1	デジタル化には未着手	1
2	小さな程度のデジタル化	2
3	大きな程度のデジタル化	3
4	一貫したデジタル化	4
5	n/a	-

層	例
全体	知的生産システムを通じた計画立案と制御（25%）、ビジネスモデルの観点（25%）、インダストリー4.0の戦略的・組織的な埋め込み（25%）、インテリジェントな工場および製品（25%）
カテゴリ	知的生産システムを通じた計画立案と制御
サブカテゴリ	データの使用と処理
質問／ステートメント	機械を装備する理由： 工程の計画立案と制御を最適化するための手作業によるデータ評価

的に省いている。最も低い選択肢「デジタル化には未着手」には1の値を割り当てる。そのため、1未満のデジタル化のレベルは達成できない。（表2）

測定は以下の4つのレベルで可能である：

質問／ステートメント

サブカテゴリ

カテゴリ

全体

5. ドイツの分析

全体の概略として、「知的生産システムによる計画制御（2.37）」と「インダストリー4.0の戦略的・組織的な定着化（2.17）」のモジュールは、「ビジネスモデルの側面（1.80）」や「スマート工場・製品（1.70）」のモジュールよりも、すべての企業規模で平均してデジタル化が進んでいる。

真ん中のグラフでは、企業を中小企業と非中小企業にサイズ別で区分した。中小企業は249名より少ない従業員数で、非中小企業は250名以上の従業員数とした。非中小企業は中小企業と比較してすべての分野でよりデジタル化されている。一部の例外を除き、大企業ほどデジタル化が進んでいる。

このグラフでは、2018年のビジネスプロセス調査から採用または微調整された5つの質問が示されている。2018年調査と比較して、2022年調査では進捗が確認

できる。4年間という期間では、その進捗は僅かであると評価せざるを得ない。

デジタル化の程度は、良くて最大値「4」のうち、概ね「2」と「3」の間である。中堅企業では、業務は依然として従来のプロセスで行われており、既存のデジタル技術の利用は取るに足らない程度の進捗しか見せていない。

生産データに関する質問項目は、以下である。

- 1) 製造データは保存され、文書化されている。
- 2) 製造データは評価され、製造プロセスを監視および制御するためのベースとして機能する。
- 3) 製造データは、製造プロセスを計画及び制御するためのベースとして機能する。
- 4) 製造データをベースにして、製造プロセスの計画及び制御が自動で行われる。

ほとんどの企業が、生産データを計画・制御するためのベースとして利用している。非中小企業では42社中3社が「1」と回答しているが、中小企業では60社中20社が「1」と回答している。

データの使用と処理について、機械からのデータ取得の状況を見ると「プロセスの計画と制御を最適化するための手動データ処理」では、データは文書化されるだけでなく、すでに処理されている。手動データ処理は、デジタル化は成熟度が中程度と理解できる。

「自動データ処理」では、データは自動的に保存され、

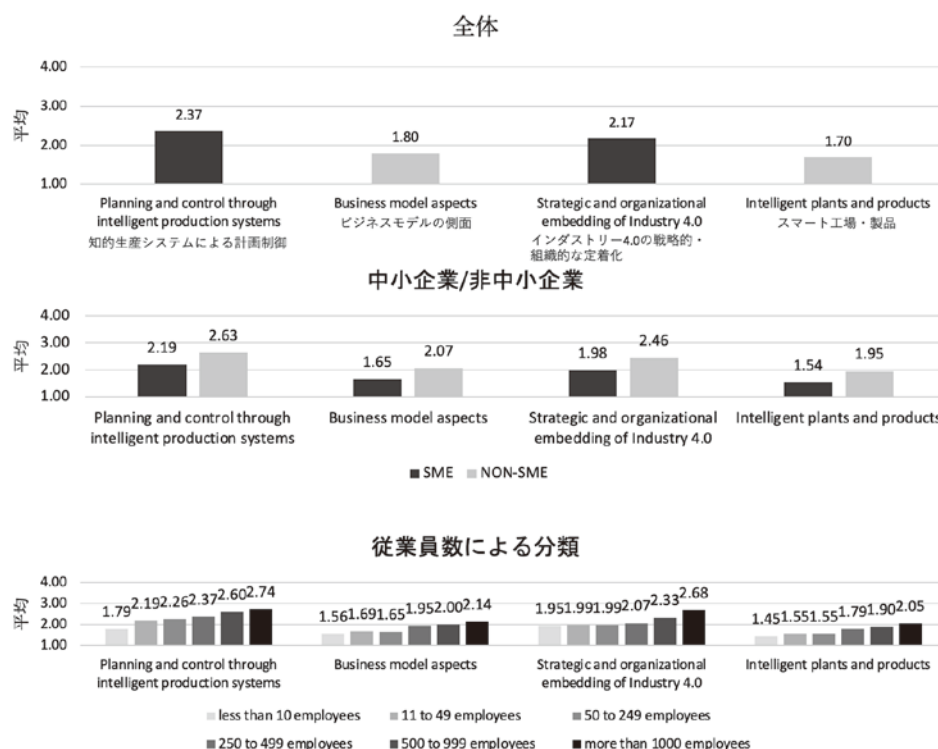


図5 ドイツの分析中小企業と従業員数による分類

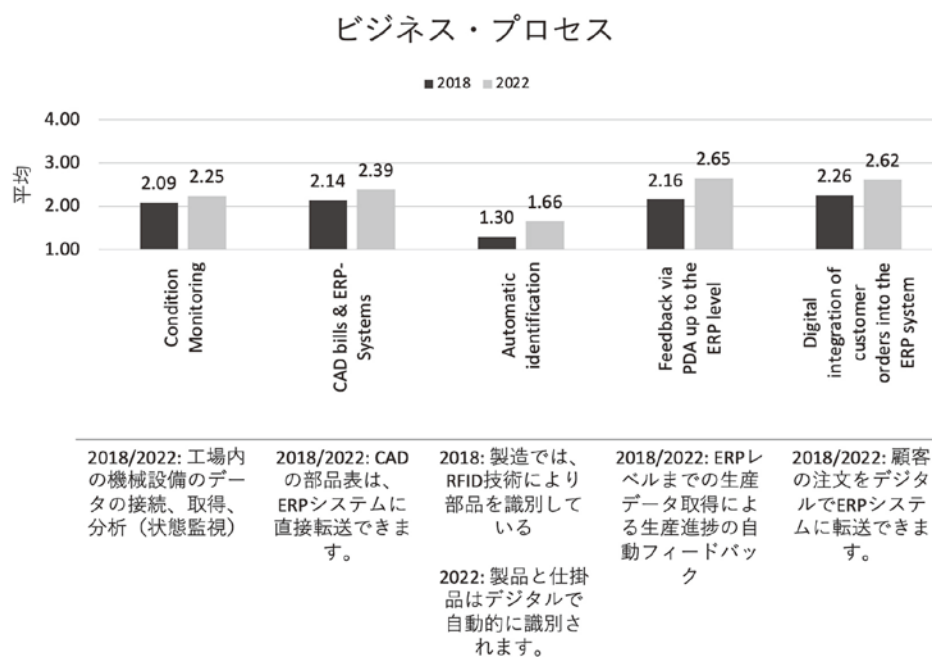


図6 ビジネス・プロセス

処理され、プロセスの計画と制御に使用される。製造データは、製造プロセスを計画及び制御するためのベースとして機能する。傾向としては、プロセスの計画と制御のための最適化において、データを高度に活用するようになっている。非中小企業では、すでにデータの自動評価に向けて開発が進んでいる。自動データ処理を一貫して使用しているのは11社のうち7社が中小企業であ

る。このことは、中小企業も自動データ処理を使いこなす能力があることを示している。一方、自動データ処理を全く使用していない10社も全て中小企業である。

デジタルファクトリーについて、「工場内の機械設備のデジタルレイアウトの利用可能性」では、デジタルレイアウトは、生産監視などエンジニアリングの上位シ

生産データ

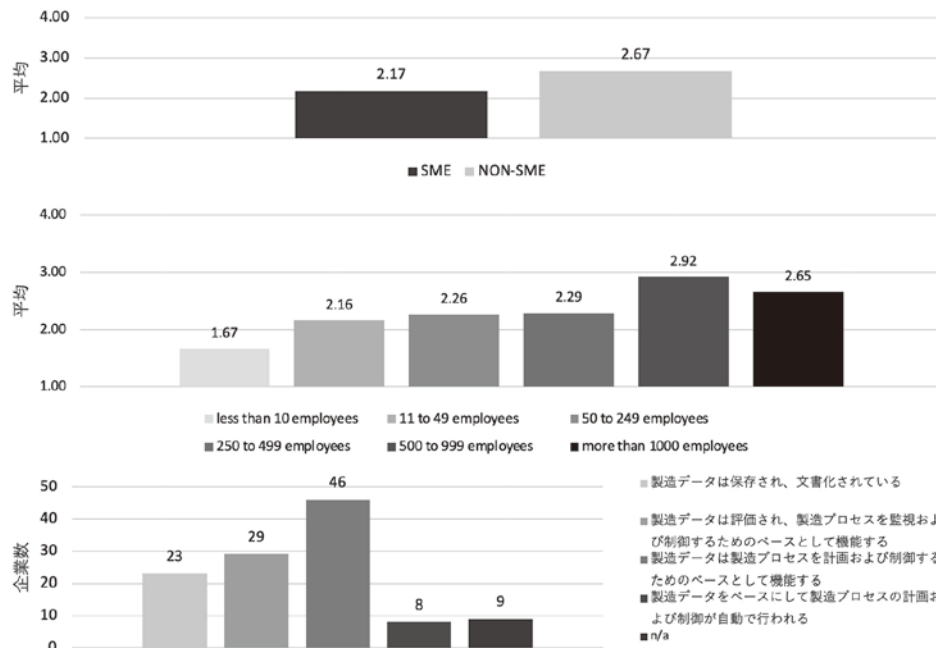


図7 生産データ

データの使用と処理

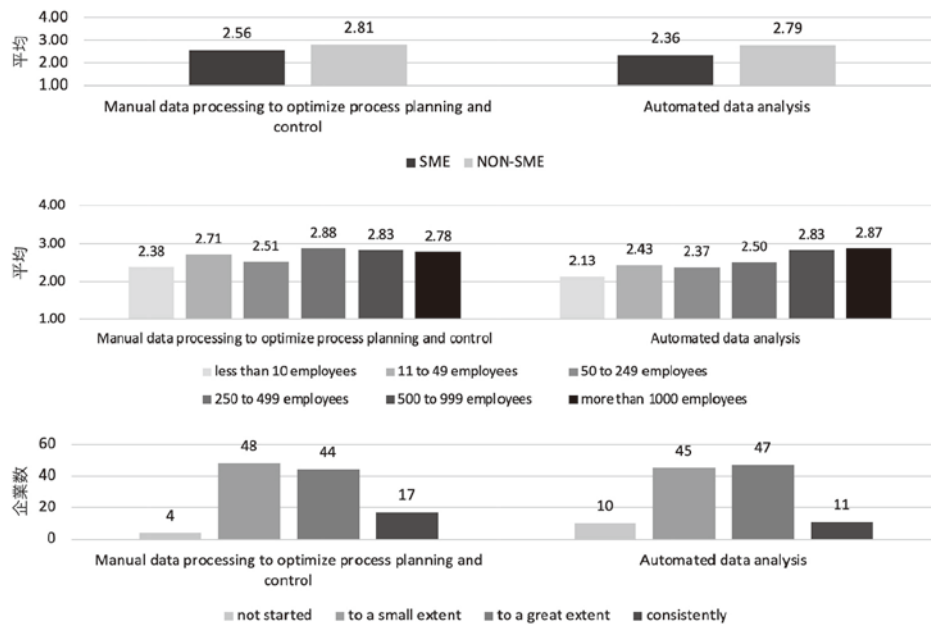


図8 データの使用と処理

システムに、必要なデータを投影するために使用される。データは、多様な計画およびシミュレーションシステムから取得することができる。

機械設備のデジタルレイアウトは、中小企業よりも非中小企業でより一般的である。しかし、従業員数が10人以下の企業でも、少なからず導入されている。「セン

サーデータの自動的な記録（例：機械の温度）」は、中小企業より非中小企業の方が圧倒的に多い。

ビジネスモデルの側面について、サービスの提供についての質問には、ほとんどがデジタルサービスの発展で遅れている。中堅製造業の事業活動の中心は、まだ物理

デジタルファクトリー

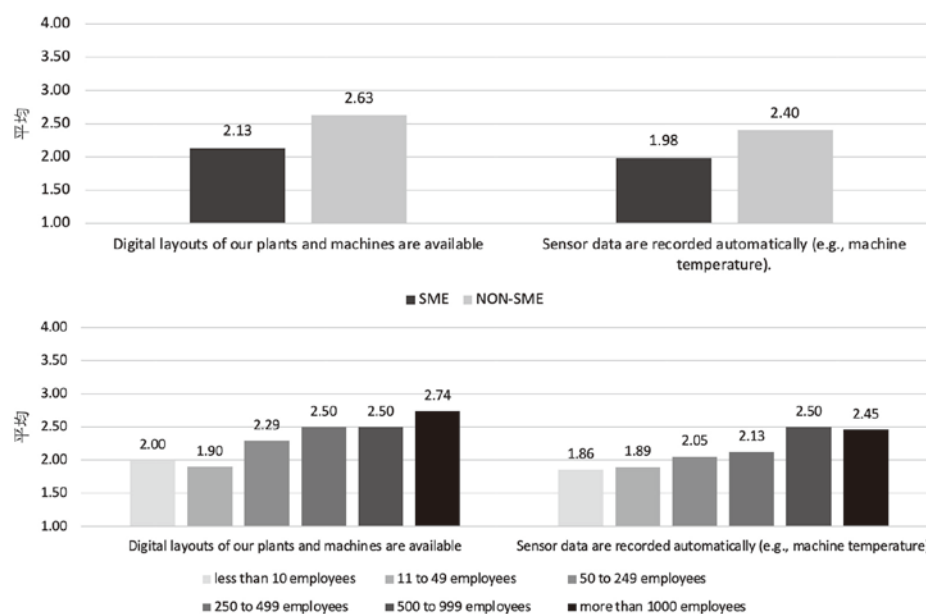


図9 デジタルファクトリー

ビジネスモデルの側面 I

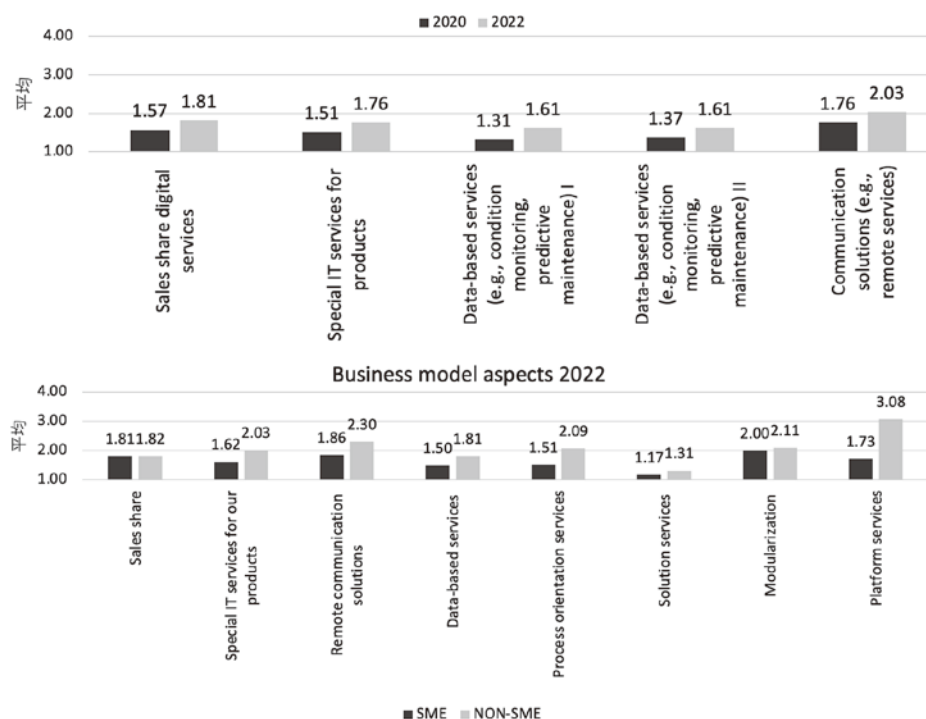


図10 ビジネスモデルの側面 I

的な製品の販売にある。デジタルサービスを通じて顧客に付加価値サービスを提供する機能は少しずつ進んでいる。2020年と2022年での中小企業と非中小企業レベルでの比較はできない。非中小企業は、2020年時点ですでに中小企業よりもビジネスモデルの側面で進んでいたと推測できる。この傾向は2022年でも続いている。

中小企業（平均1.73）と非中小企業（平均3.08）の差は、調査全体でも最も大きい。

2020年にプラットフォームに関する3つの質問を行い、その結果を2022年の少し変更した1つの質問と結果を比較した。プラットフォームモデルへの参加やプ

ビジネスモデルの観点II

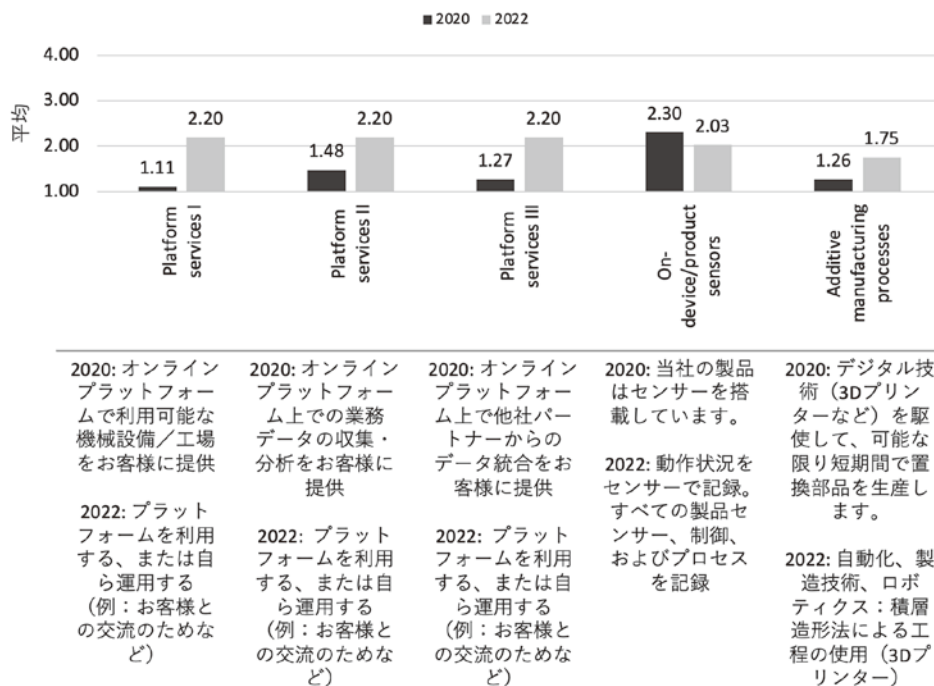


図11 ビジネスモデルの観点II

リーンマネジメント

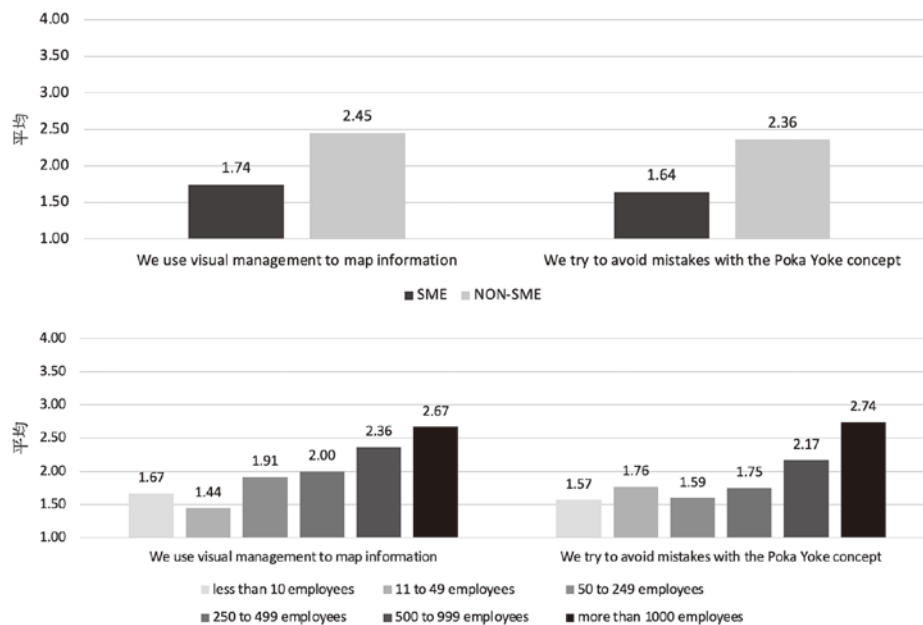


図12 リーンマネジメント

プラットフォームの運用は進んでいる。まだ改善の余地があるにせよ、わずか2年で明らかな向上が見られる。やや意外なのは、製品に搭載されているセンサーの装備に関する設問での減少である。ここでは、2020年と比較して2022年の質問に対する回答がわずかに減少しているがわかる。考えられる理由としては、2020年は製品

そのものに搭載されているセンサーの有無について質問したが、今回の2022年の調査では、どちらかという、より使い方に重点を置いており、考えられる結論としては、製品に通信可能なセンサーが搭載されているが、機械／システムメーカーは、データを収集または分析する機会をまだ活用できていないことである。

ITセキュリティ

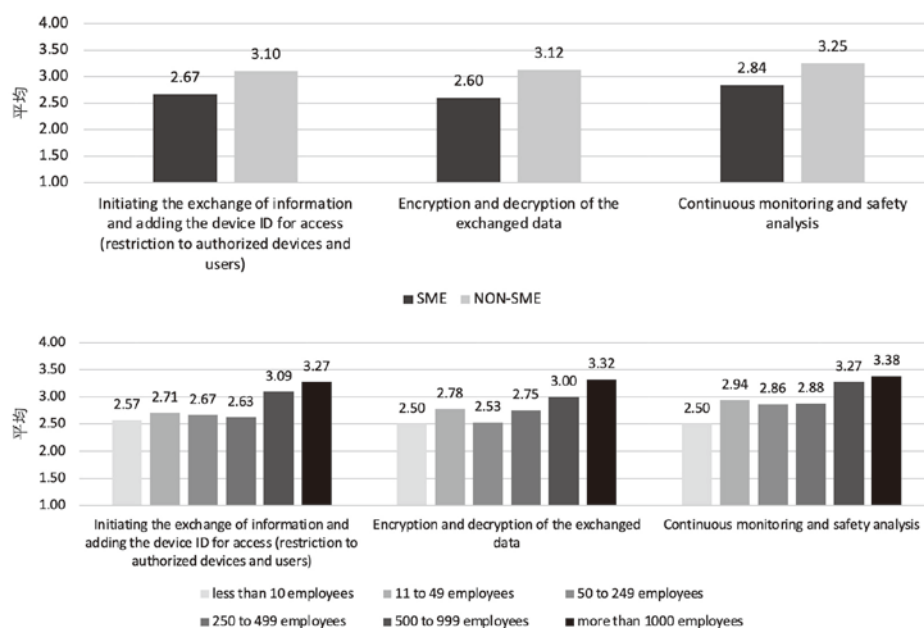


図13 ITセキュリティ

データ・セキュリティ

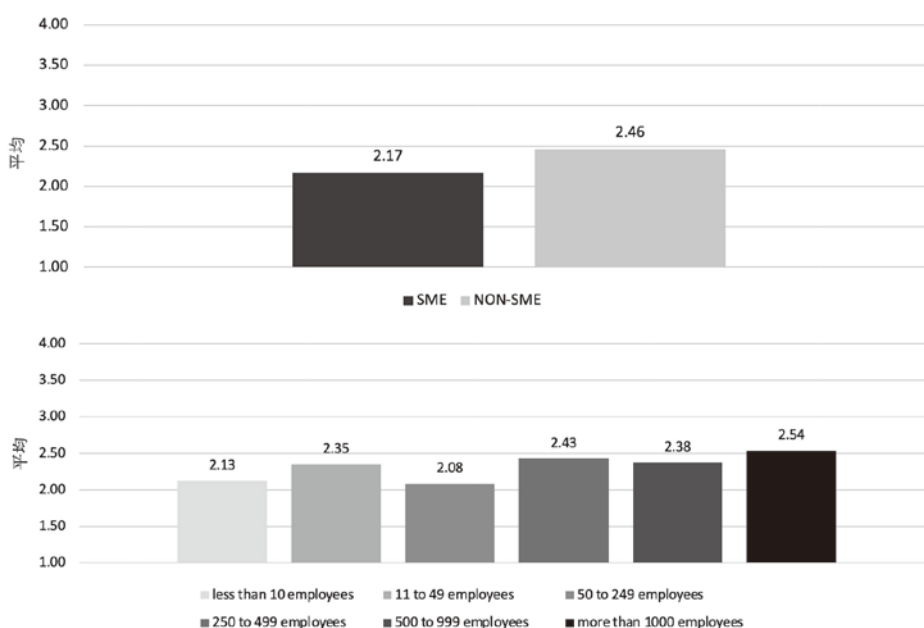


図14 データセキュリティ

リーンマネジメントは、プロセス効率を高めるために試行され、実証された効果的な管理手法であるため、インダストリー4.0の定着化を支援することができる。ビジュアルマネジメントとは、目標・標準・仕様などの関連パラメータを視覚的に表現することである。ポカヨケとはプロセスや設計の特徴を利用して、その原因を突き止め、エラーや不具合を検出することである。中小企業と非中小企業のリーンマネジメントの分野では、その差

は大きいと言える。インダストリー4.0の基本的な構成要素として、中小企業におけるリーンマネジメントの状況は不十分である。非中小企業の20%以下がビジュアルマネジメントを使用していないのに対し、中小企業では50%を超えている。ポカヨケのコンセプトでの使用では、使用していない中小企業の割合はさらに6割を超えている。非中小企業では同じく20%以下となっている。

標準化

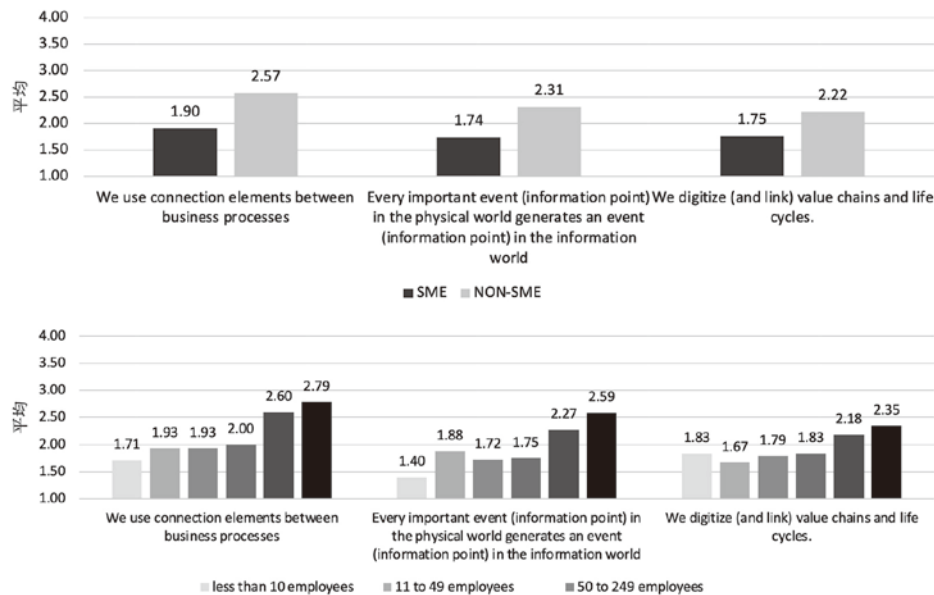


図15 標準化

ITセキュリティについては、サプライチェーン内の情報共有は、生産性を向上させる一方で、IT攻撃のリスクもある。

「質問1：情報交換の開始とアクセス用デバイスIDの追加（許可されたデバイスとユーザーへの制限）」から「質問2：交換するデータの暗号化・復号化」、そして「質問3：継続的なモニタリングと安全性解析」へとデジタル化の度合いが高まっている。したがって、3番目の「継続的なモニタリングと安全性解析」に一貫して回答できた企業が、最もデジタル化の度合いが高い。

全体として、ITセキュリティに関する質問の結果は肯定的である。ドイツ企業は、ITのリスク要因を認識し、適切な対策をとっている。この分野では非中小企業が中小企業より進んでいるとしても、ITセキュリティの水準は中小企業でも十分である。

データセキュリティに関する質問は、以下の質問で測定した。

- ①ミラーシステム
- ②バックアップ/リカバリ
- ③スナップショット拡張方式によるバックアップ/リカバリ
- ④トランザクションのレプリケーション

デジタル化の程度は、選択肢①から④まで増加する。したがって、③番目の「継続的な監視と安全性分析」に一貫して回答できた企業が、最もデジタル化の度合いが高い。

中小企業と非中小企業の差は僅かである。従業員グ

ループ別の分布や回答の頻度分布には例外は見られない。

標準化について、三つの質問を用意した。一つ目は「ビジネスプロセス間の接続要素を利用している」である。これは、接続する要素を、適切なインターフェイスを使用することで、基幹業務システムと他の業務プロセスを接続することを意味する。二つ目は「現実空間の重要なイベント（情報発生点）はすべて、情報空間のイベント（情報発生点）を生成している」である。これは、インターフェイスを介して、データやプログラム全体をERPシステムなどと連携させることができることを意味する。三つ目は「バリューチェーンやライフサイクルをデジタル化（ネットワーク化・リンク化）している」である。これは、バリューチェーンとライフサイクルの連結において、購買、物流、生産などの水平統合や、製品や機械のシミュレーションによる開発などを、ますます強力に連携することで、ライフサイクルやバリューチェーンのデジタル化、メーカー間の連携が進み、新しい可能性が生まれていることを意味する。標準化の進展は、中小企業よりも非中小企業で著しく進んでいる。中小企業の35%はコネクタを使用せず、50%は現実空間の重要なイベント（情報発生点）で情報空間の情報ポイント（情報発生点）を生成しない。

スマートプロセス部品については、知能システム/機械設備を使って生産しており、マシンパークにおける知能システム/機械のシェアが高いほど実効性が高い。その段階では、センサーやアクチュエーターなどの技術を搭載し、外部環境とともに組織化し、データや情報を学

インテリジェント・プロセス部品

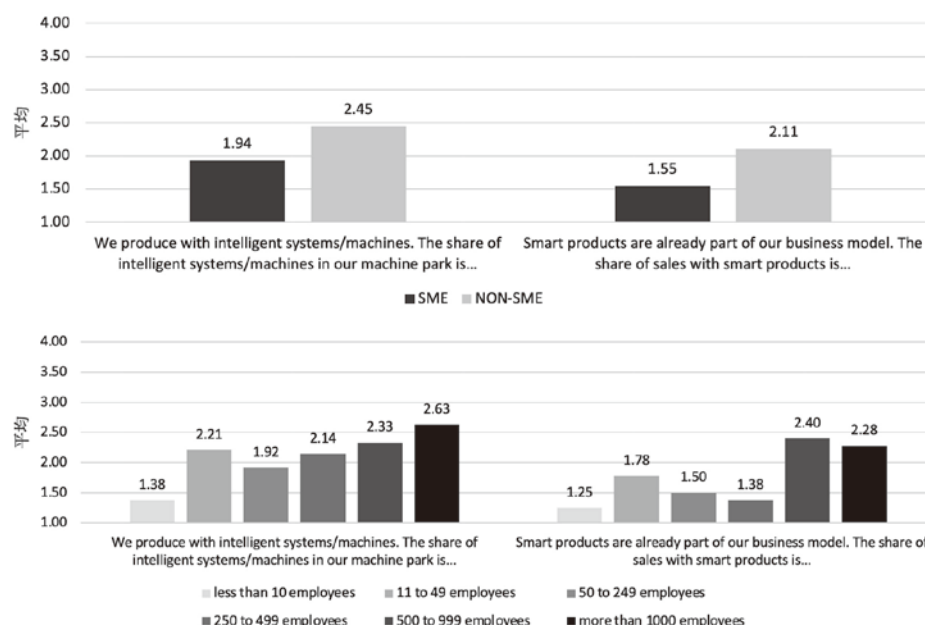


図16 インテリジェント・プロセス部品

人とロボットの協働

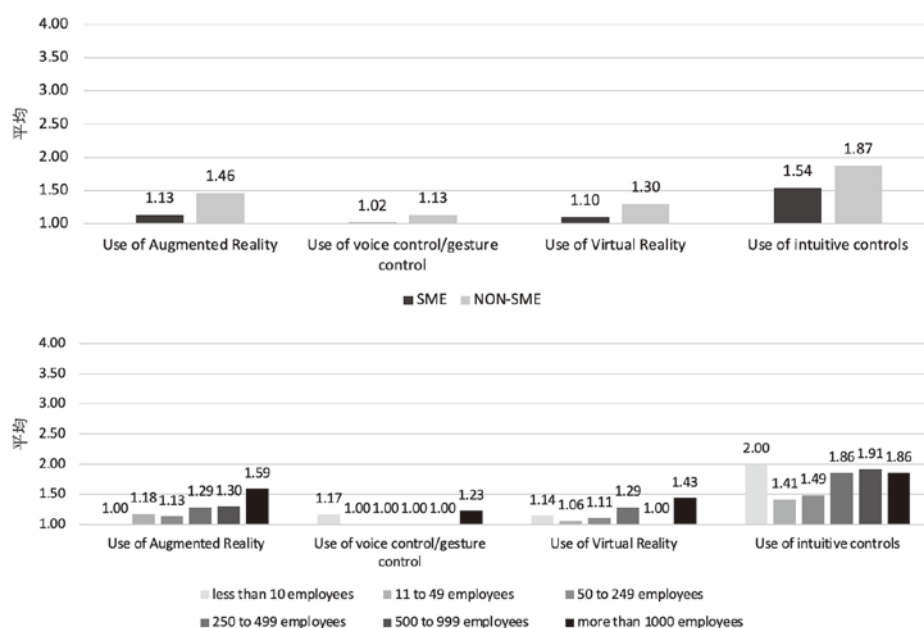


図17 人とロボットの協働

習・処理し、自社の状態や状況を分析することができる。そのデータをもとに、判断ができる。

知能システム／機械設備は製品より実効性が高い。中小企業は非中小企業に比べて、知能システム／機械設備や製品に関する実効性が劣っている。中小企業の43%は実質的に知能システム／機械設備を持たず、60%以上は実効性ある製品を持たない。また、従業員数250

人以上499人以下の企業では、実効性ある製品のシェアが非常に低いことも注目すべき点である。

人とロボットの協働については、次の項目を質問として使用した。一つ目は「AR（Augmented Reality：拡張現実）」で、仮想の立体映像が、視聴者の現実世界に投影される。視聴者は、統合された要素により、仮想オブ

サブカテゴリにおける中小企業と非中小企業の差

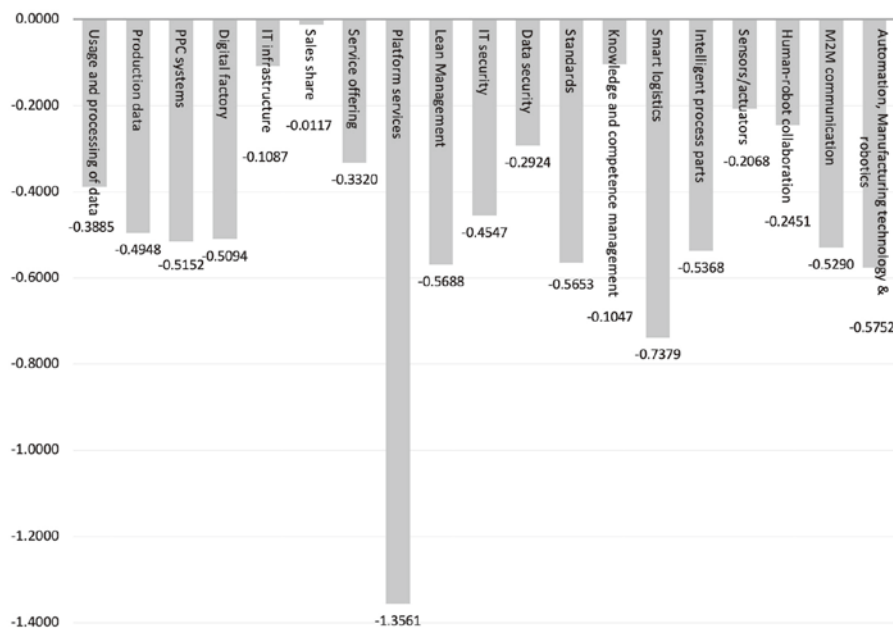


図18 サブカテゴリにおける中小企業と非中小企業の差

ジェクトと対話することができる。オブジェクトは、リアルタイムで視聴者の環境に挿入される（例：スマートグラスを使用）。二つ目は「音声制御／ジェスチャー制御」で、機械の直感的なプログラミングや制御の方法のひとつに、音声制御がある。音声による操作は、すでに日常生活の中で当たり前のものとなっている。ロボット工学の分野でも同様で、音声制御はすでにさまざまなアプローチで見受けられる。三つ目は「仮想現実：バーチャルリアリティ（VR）」である。これは、現実的な環境をシミュレートする高度なヒューマン・コンピュータ・インターフェースである。参加者は、仮想世界の中を動き回ることができる（例：VRグラス）。四つ目は、「直感的制御」で、多くの場合、プライベートな環境での直感的な操作に基づく使い勝手の向上がメリットとなる。革新的な操作上のコンセプトは、システムのコントロールに支援的に関与することにつながる。ここでの使用の対象では、先進的な技術の使用はほとんどない。従業員数1000人以上の企業だけが、この結果でわずかに良い結果を出している。

ここでは、中小企業と非中小企業との差分を示す。中小企業と非中小企業の差はマイナス値で表示している。非中小企業はすべての領域で中小企業よりデジタル化が進んでいる。収益に占めるデジタルサービスの割合は、中小企業と非中小企業とでほぼ同じである。この結果は、提供されるサービスによって確認することはできない。この理由の1つは、非中小企業では、中小企業と比較して総収入が著しく高いため、デジタルサービスの

シェアが低くなっているが、提供するサービスの範囲は中小企業と比較して著しく高いことが考えられる。プラットフォーム・サービスの分野では、非中小企業は中小企業より著しく高いパフォーマンスを示している。プラットフォーム・サービスの分野では、非中小企業は中小企業よりも著しく優れている。1.3561の差分は、調査全体で最も大きい。全体として、一部の例外（ITインフラと知識・能力管理）を除き、デジタル化の度合いには0.2以上の差があることがわかる。この結果は、非中小企業におけるデジタルトランスフォーメーションの進展が大きいことを裏付けている。

6. 日本の分析

ここでの調査では、企業規模別の平均スコアを出すために48の質問が4ポイントで区分しており、全てをポイント化すると全部で192ポイントとなるが、全ての91のデータの中から、従業員が10名以下をG1、11～49名をG2、50～249名をG3のように6つのグループに分けて調査した。企業数はG1が1社のみ、G2は10社とそうように区分すると、日本で明らかになったことは、G6のように大規模企業の方がスコアも高く、250名から500名のG4以上が大きいとなっている。G4～G6はほぼ同じ結果となっており、それ以外に特に目立った差は見られない。

ここでは従業員別に小規模企業から大規模企業までグループを6つに分けたうち、どれほどのポイントを回

企業サイズ別の平均スコアの分布（合計91点、n/aを除く）

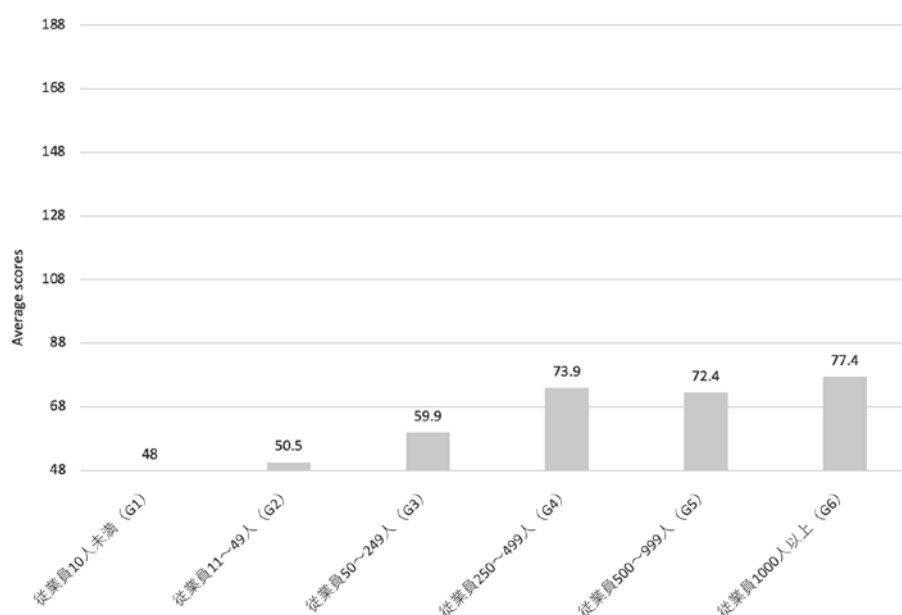


図19 企業サイズ別の平均スコアの分布

企業サイズごとにグループ分けした総点数の分布（合計91点、n/aを除く）

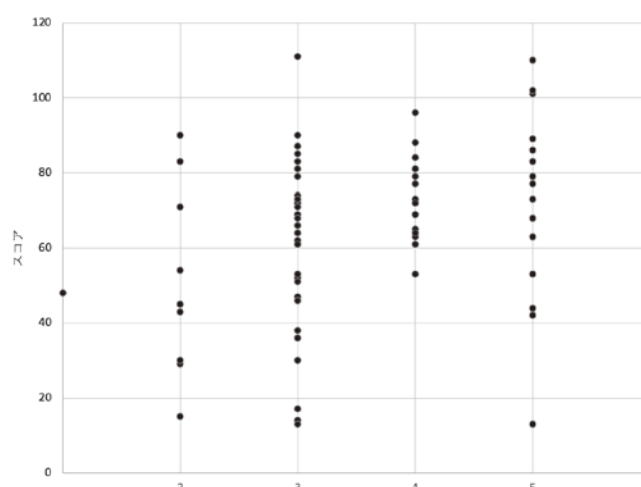


図20 企業サイズ毎にグループ分けした総点数の分布

答しているのか示したものである。従業員が少ないG1を除き、すべてのグループでスコアが40~50の平均となっており分散が大きい。G3では最も低いのは13ポイントで、最大では111ポイントにもなる。それぞれの回答には大きな幅があることが明らかとなった。非中小企業のG5を見ると、ポイントは最小で13だが最大では110ポイントとなっている。回答でのポイントはG3とG5とG6で最高スコアがほぼ同じで幅が大きい回答であった。これが日本企業の特徴である。

回答のレベルの1から5までで回答数を調べたもので、日本企業は主に1を回答した企業が多く、1と2の回答

だけで69.3%となっている。これが日本企業の特徴である。一方で、3と4についての回答は企業が限りなく少なく、10.4%しかない。ドイツ側の回答とは明らかに異なることで、DXに関しては日本企業が課題を抱えていることがわかった。

各主要カテゴリーに属する個別の質問に対する点数からデジタル化の進捗を確認する。デジタル化はほぼ1・2・3・4の順に進んでいる。

プラットフォーム・サービスが日本企業の場合は高く、ドイツと比較すべきポイントである。次に多いのがIT

すべての回答に対するすべての参加企業の回答分布

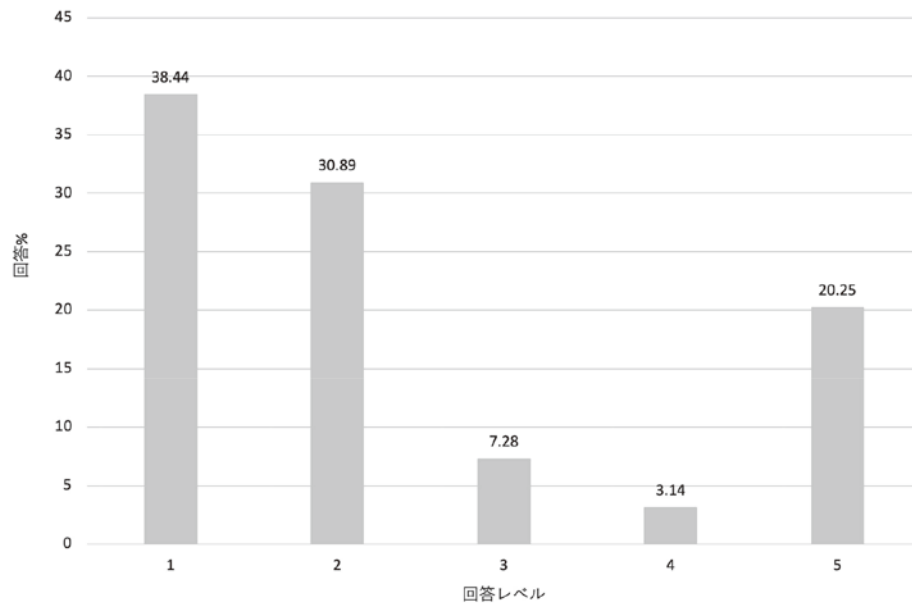


図21 参加企業の回答分布

主要カテゴリ項目におけるデジタル化の進捗度

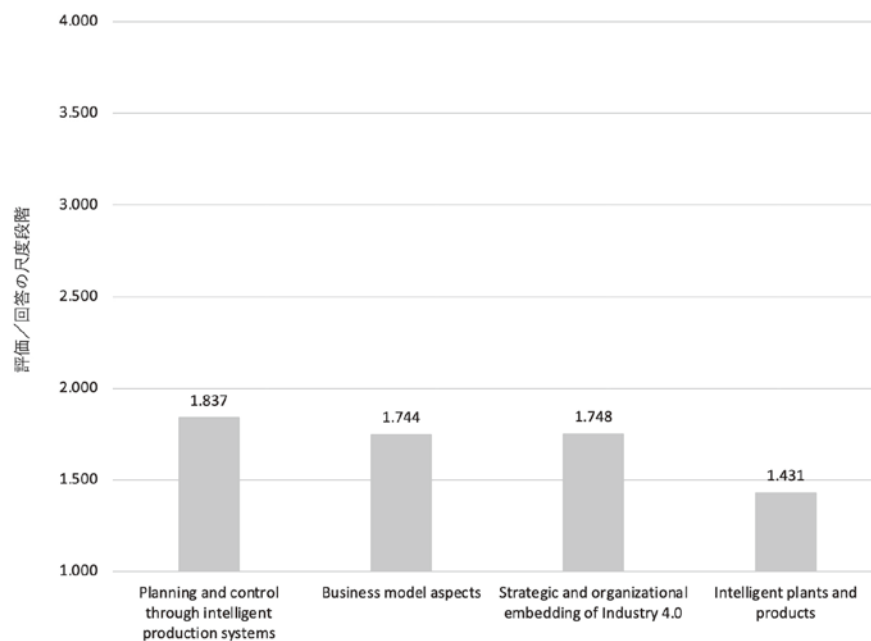


図22 主要カテゴリ項目におけるデジタル化の進捗度

セキュリティであり、これらは日独比較すべきポイントである。

デジタル化の進捗がどの順序となっているかを見ると、回答のポイントが高かったものを左から並べて、最も高いのがNo.19のプラットフォーム・オペレーション

の活用であった。しかし、この項目は「はい」または「いいえ」の回答（1または4）を求める唯一の項目である。これを除くと、最高スコアは「22.情報交換の開始とアクセス用デバイスIDの追加（許可されたデバイスとユーザーへの制限）」の2.48点であった。最低スコアは「40.音声制御／ジェスチャー制御」の1.06点である。2点

サブカテゴリ項目の分布（加重平均）

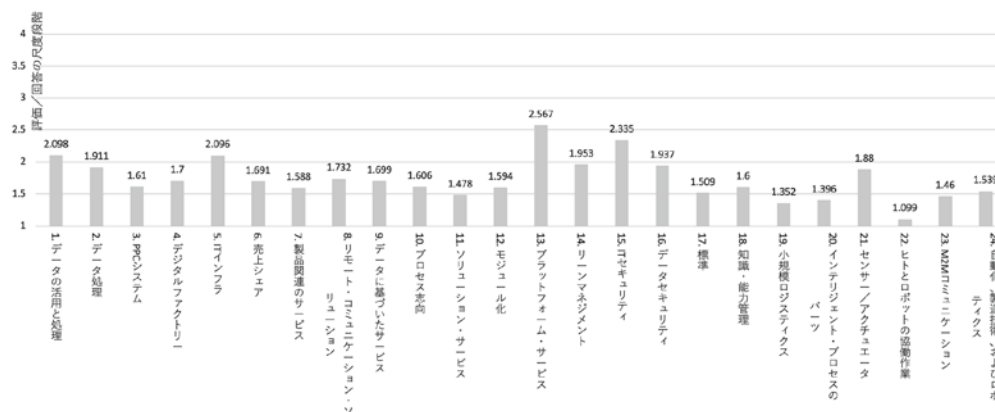


図23 サブカテゴリ項目の分布

降順に示したデジタル化進捗の加重平均

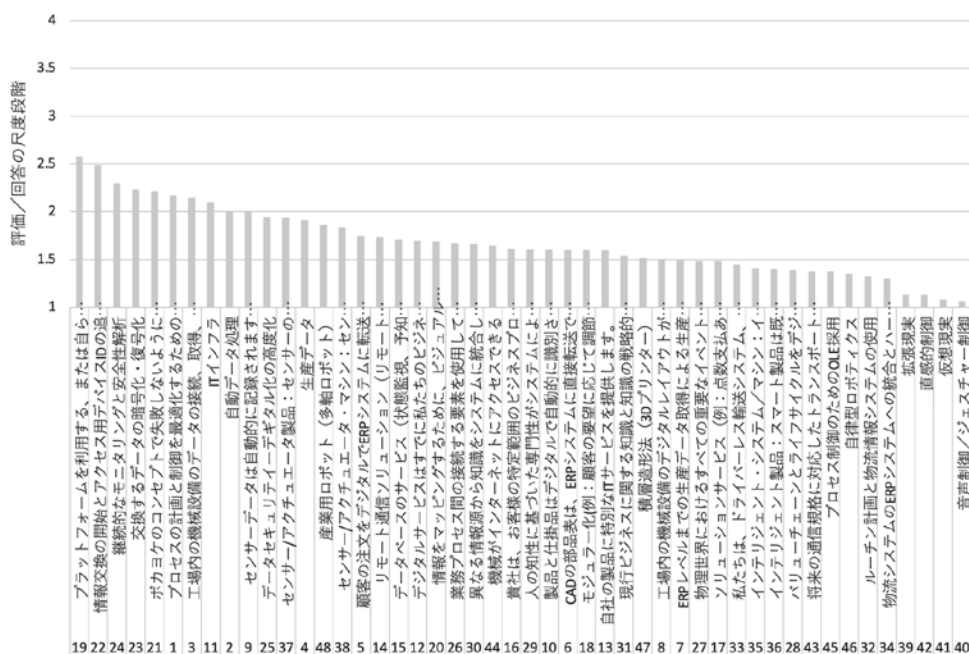


図24 降順に示したデジタル化進捗の加重平均

以上の項目は7つある。順に減少していくと音声制御や仮想現実とはほぼ少なくなっているのが日本企業の特徴である。

日本企業の特徴として、回答1以下を回答した上位レベルの企業以内が、下位層で1などを回答している企業が多い。上位企業は2や3を回答しており、上位企業と中位企業ならびに下位企業とで、どの質問に対する回答スコアであったかを比較できる。日本企業とドイツ企業でどの質問が違う結果なのかをみるべきだが、日本企業はドイツよりDXでは遅れ気味であることがわかった。

7. 日本とドイツの比較分析

7.1 日独企業の属性分析

アンケートへの参加企業数は、ドイツ115社、日本93社で合計208社となった。

産業分野的には、日本、ドイツとも産業分野の上位3位に「機械およびプラントの建設」と「電気・電子アセンブリおよび製品の機器製造」が入っている（図26）。

参加企業の規模的な分布に関してはドイツと日本ともに、ほぼ適切といえる（図27）。

図27における区分はドイツの中小企業の定義、「従業

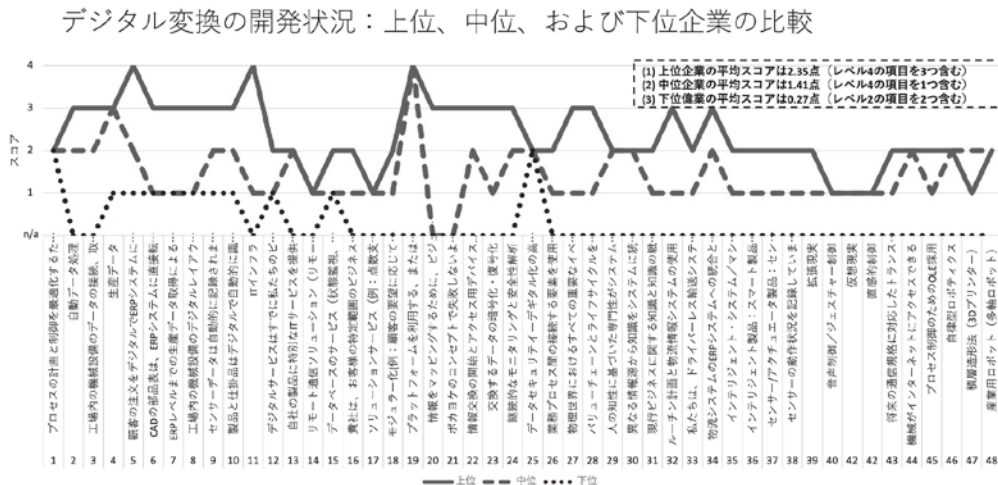


図25 デジタル変換の開発状況：上位、中位、及び下位企業の比較

参加企業の上位3位の産業分野

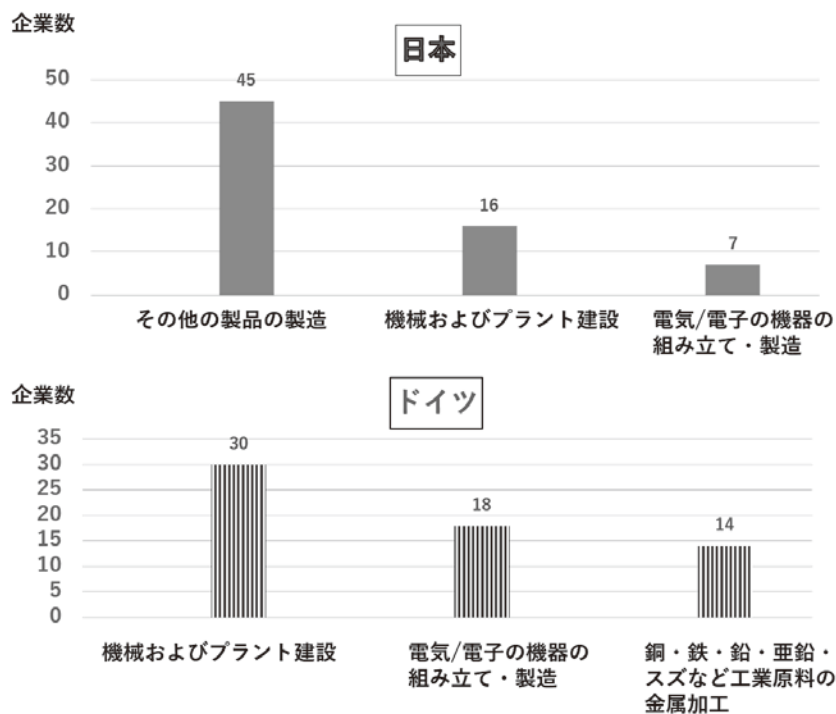


図26 参加企業の上位3位の産業分野

員が249人以下で、かつ、売上高が5000万ユーロ以下の企業」に基づく。ただし、本アンケートでは売上高は尋ねていないため従業員だけに注目した分類である。

参加企業の規模に関し、日本は中小企業より非中小企業が若干多い。ドイツは逆に中小企業が非中小企業より多い(表3)。

7.2 日独企業の全体分析

日本とドイツのデジタル化の進展状況を参加した個別企業の観点から全体として比較すると、図28となる。

図28において、個別質問48項目の評価レベル(1、2、3、4)に対し参加企業が回答した「評価点の合計」を、全参加企業について、最高点から降順に、日独比較の形で示している(有効回答数：日本91社、ドイツ115社。n/aは除いてある)。

一つの企業が全48項目をすべてレベル4で回答した場合、合計点は192点になる。回答した企業の最高点は、ドイツ企業は143点、日本企業は113点である(100点満点換算では、それぞれ74.5点と58.9点)。日本企業の最高点はドイツ企業の15位に相当する。中位数は日本69点、ドイツ84点となっている。ドイツの15位

従業員数に基づく企業規模の分布

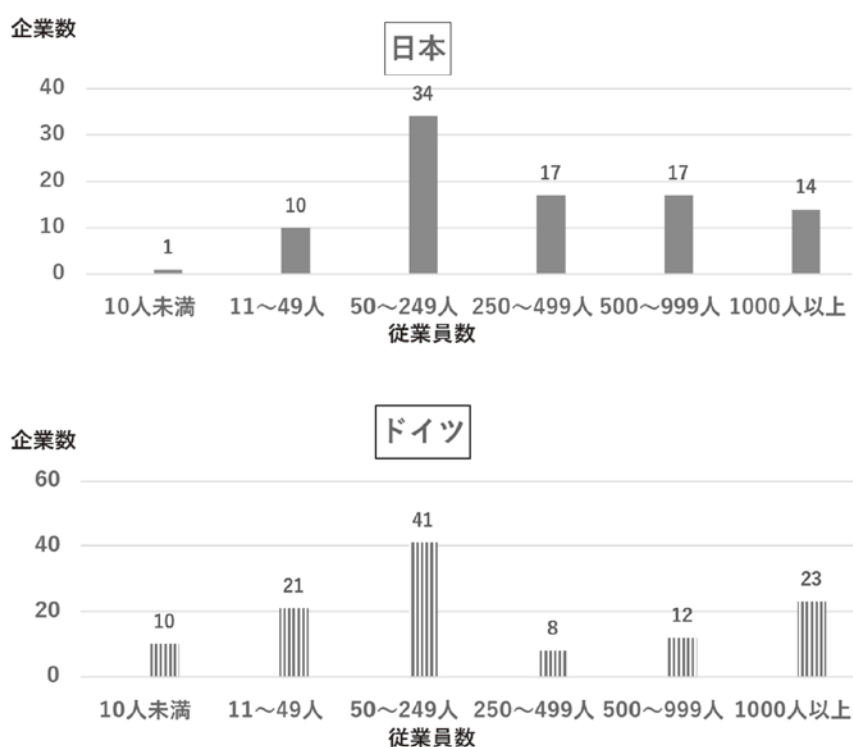


図27 従業員に基づく企業規模の分布

表3

	日本	ドイツ	合計
中小企業 (従業員249人未満)	45社 (48.4%)	72社 (62.6%)	117社 (56.2%)
非中小企業 (従業員250人以上)	48社 (51.6%)	43社 (37.4%)	91社 (43.8%)
計	93社 (100%)	115社 (100%)	208社 (100%)

(中小企業の定義はドイツ基準に基づく。ただし、本アンケートでは売上高は尋ねていないため従業員だけに注目している)

評価点合計

参加企業別評価点の合計の日独比較

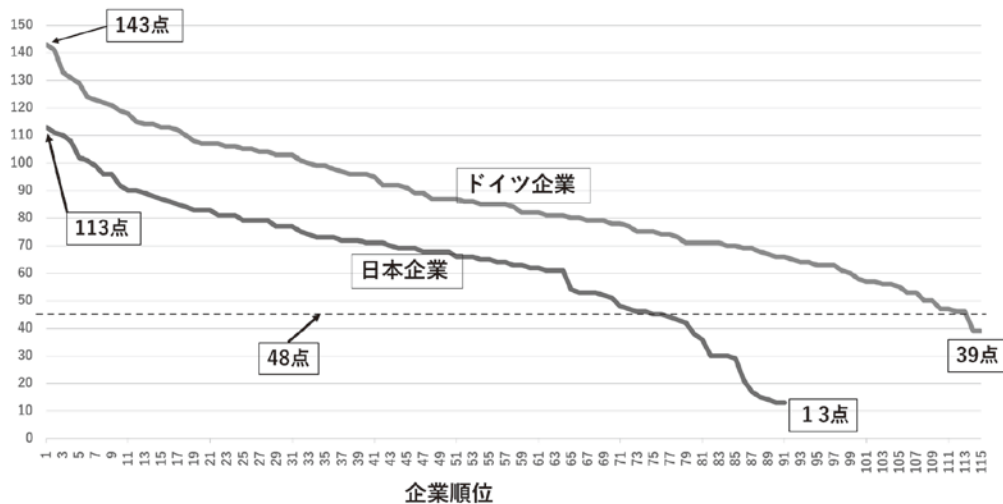


図28 参加企業別評価点合計の日独比較

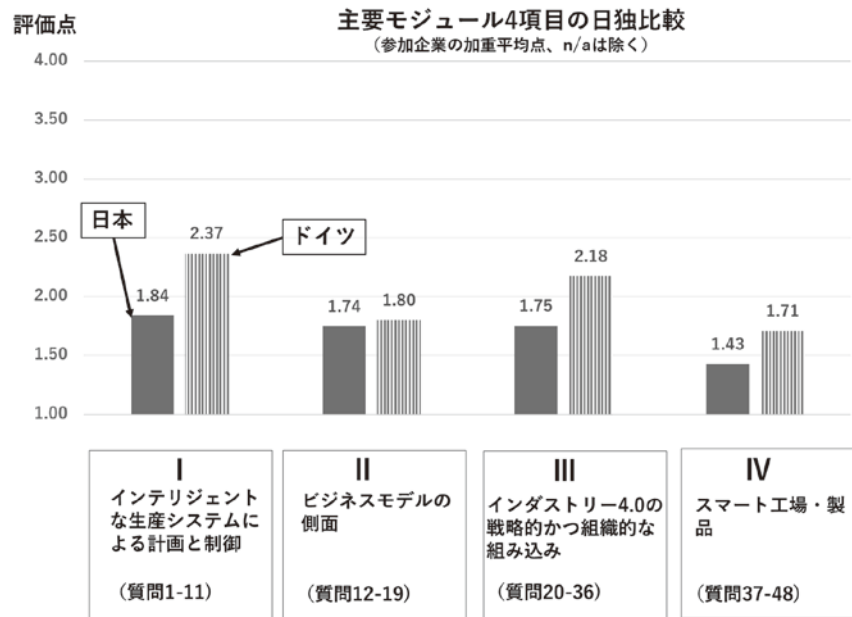


図29 主要モジュール4項目の日独比較

から中位数である84点（58位）の間に位置する日本企業は上位の44社である。

最低点は、日本企業は13点、ドイツ企業は39点である。

評価点1は「未着手」を示すことから、平均点が48点以下はデジタル化がほとんど未着手であることを示している。

ドイツでは48点以下の企業は6社（5.2%）に止まるが、日本は21社（23.1%）ある。また、ドイツは全体として、なだらかなカーブを描くが、日本は65位以降から勾配が急になっている。これは全体の約3割に相当する企業がデジタル化の取り組みが遅れていることを表している。

7.3 主要モジュール4項目の日独比較

ついで、本アンケート調査の基本構造に従い、マクロからミクロの視点へと分析を進めたい。

ここで、質問48項目について回答を正確に観察するベストの方法は48のグラフを作成することである。しかし、この方法は紙幅が大幅に不足することから、ここでは全体像を俯瞰することを優先し、「評価点の加重平均」の考え方を採用した。これは各質問項目への評価レベル1、2、3、4を加重平均し、一つの値でその質問を代表する値と見做す方法である。その際、除数（分母）として「質問項目別の有効回答数」を使用する（全体の有効回答企業数、ドイツ115社、日本91社ではない）。これは個別の質問項目に関し、有効回答数が少ない場合（例：日本51、ドイツ82）があり、この場合、除数として日本91やドイツ115を用いると個別の平均値をゆがめる恐れがあるためである。一方で、除数が変動することで全体像をゆがめるデメリットも考えられる。ここでは個別の項目の正確性を重視し、有効回答数が変動す

る方式を採用することとした。この方式は以下においても平均点を算出する分析にすべて適用している。

まず、大項目である主要モジュール4項目の回答結果を見よう（図29）。

図29において、モジュール4項目の意図は、「Ⅰ.インテリジェントな生産システムによる計画と制御」のデジタル化の基盤導入の段階から、Ⅱ、Ⅲを経て「Ⅳ.スマート工場・製品」に至る進展・高度化の過程をアンケートにより観察することにある。

ドイツについては、全体として評価点の平均点が2.37から1.71の間に分布しており、Ⅱを除くと全体としてⅠからⅣに向けて順調に進展しているといえる。

日本は全体としてⅠ、Ⅱ、Ⅲはほぼ並行している進展しているが、「Ⅳ.スマート工場・製品」が相対的に遅れている。

日本の「Ⅰ.インテリジェントな生産システムによる計画と制御」の平均評価点1.84の意味は、全体としてはデジタル化に着手しているが、評価点2「少しの程度まで」の段階にはまだ到達していないことを意味する。すなわち、全体の加重平均点で見ると、デジタル化を開始した、もしくは、開始直後の段階にある。

全体的には、日独ともに、「Ⅱ.ビジネスモデルの側面」がほかの項目に対し相対的に遅れている。

日独の差については、大きい順に、「Ⅰ.インテリジェント生産」の0.53、「Ⅲ.インダストリー4.0の戦略的かつ組織的な組み込み」で0.43、「Ⅳ.スマート工場・製品」の0.28、「Ⅱ.ビジネスモデルの側面」の0.06の順となる。Ⅰ、Ⅲ、Ⅳにおける差の要因は、ドイツがインダストリー4.0を国策として強力に展開した結果と解釈できる。Ⅱについては、ドイツ自体があまり進展していない

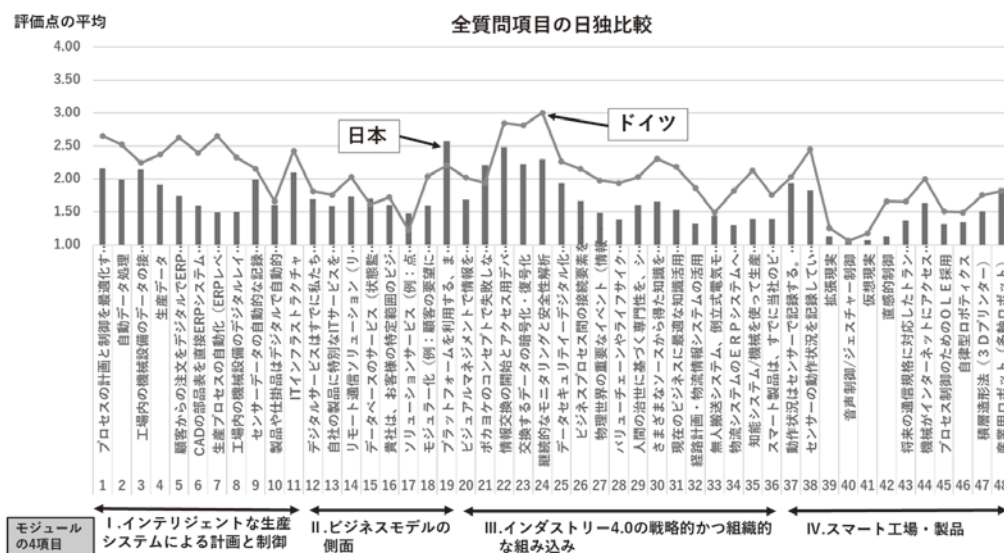


図30 全質問項目の日独差

ため、日独の差は小さいと解釈できる。

7.4 個別具体的な質問項目での日独比較

では、具体的には48の質問項目のどこに日独の差がみられるのだろうか。

図表30は48の質問項目に関し、参加企業の加重平均点について日独の差を示している。

質問項目別にみると、折れ線で示すドイツが棒線で示す日本をほとんどの項目で上回っている。日本がドイツを上回る項目は5項目あり、その上位3項目は、「19.プラットフォームを利用する、または自ら運用する（例：お客様との交流のためなど）」、「21.ポカヨケのコンセプトで失敗しないように心がけています」、「17.ソリューションサービス（例：点数支払あるいは時間支払による機械設備/工場の利用）」である。

その一方で、点数が突出している項目が日独で共通する現象が観察される。まず、ドイツの平均点のトップ5位は質問項目24、22、23、1、7の順となる。日本についても上位5位の項目は19、22、24、23、1となる。このうち、24、22、23の3項目は「Ⅲ.インダストリー4.0の戦略かつ組織的な組み込み」の項目であり、「Ⅰ.インテリジェントな生産システムによる計画と制御」の各項目の点数を越えている。少数ではあるが、ⅠよりⅢが先行している項目が観察される。

しかし、これらの3項目を仔細に見ると、24（継続的なモニタリングと安全性解析）、22（情報交換の開始とアクセス用デバイスIDの追加（許可されたデバイスとユーザーへの制限））、23（交換するデータの暗号化・復号化）と、情報収集に関連する項目であり、コスト的に比較的少額で成果が期待できる安全な投資であり、デジタル化に着手する好都合な対象といえる。

同様に日独ともに突出している2項目（37、38）は、

センサーによる情報収集の項目である。

これらの突出した項目は各モジュールにおける基盤条件であり先行的に実施されているが、モジュール内の主要な項目については、実施が遅れ気味で、点数が低い。そのため、モジュール全体の比較では、「Ⅰ.インテリジェントな生産システムによる計画と制御」が最も高くなっている。

7.5 個別項目での日独差の分析

そこで、個別項目の差はどの程度なのか、図31は図30の日独差を降順に並べ替えたものである。差の大きい上位5項目としては下記が挙げられる。

- 「7.生産プロセスの自動化（ERPレベルまでの生産データ取得によるフィードバック）」
- 「5.顧客からの注文をデジタルでERPシステムへ転送」
- 「8.工場内の機械設備のデジタルレイアウトの利用可能性」
- 「6.CADの部品表を直接ERPシステムに転送可能」
- 「35.知能システム/機械を使って生産しています。マシンパークにおける知能システム/機械のシェアは…」

差が最も大きい「7.生産プロセスの自動化（ERPレベルまでの生産データ取得によるフィードバック）」について見ると、日本1.49、ドイツ2.65であり、その差は、1.16ある。これは日本が評価点2「少しの程度まで」の手前の段階である一方、ドイツは1段階先の3「かなりの程度まで」に近い状況にあるためである。

日独差の大きな上位5つの項目のうち、質問番号7、5、8、6の4項目はモジュール「Ⅰ.インテリジェントな生産システムによる計画と制御」に含まれる。これは上述の図29「主要モジュール4項目の日独比較」において、平均点の差が最も大きかった「Ⅰ.インテリジェントな生産システム」における日独差0.53の具体的な項目と

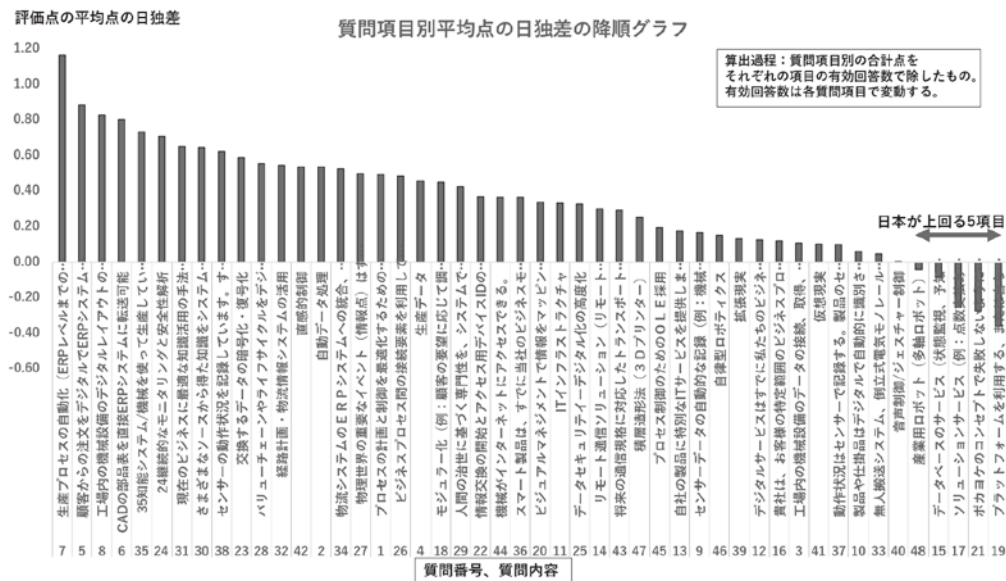


図31 質問項目別の日独差の降順グラフ

差の値を示している。

以上の点を踏まえると、日本とドイツの企業全体の比較においては、「主要カテゴリー4項目」(図29)では、すべての項目で日本が遅れている。つぎに具体的な48の質問項目の視点(図31)では、日本が先行しているのは5項目、日独同値が1項目、ドイツ先行は42項目となる。

日本におけるDXの展開についてはいくつかの先進事例が報告されている。そのうち経済産業省が選定した「DX銘柄」や「DXセレクション」の企業を対象として、DXの進展状況について、本稿と同じ内容でアンケートを実施し、本稿の結果と比較・分析を行うことを次の課題としたい。とくに、日本のDX先進企業が個別企業ベースで日独比較グラフ(図28)上でどのような位置付けになるか興味もたれる。

8. おわりに

本日独研究調査により日本企業がドイツ企業とのデジタル化における違いを比較するとプラットフォームを利用する点が進んでいると確認できた。ただし、ほぼ全ての項目でドイツ企業がデジタル化を進めており、日独調査企業約200社から中小企業以外の企業含め調査した結果、日本企業は現時点でデジタル化が進んでいないことが明らかとなった。特に日本は、「生産プロセスの自動化(ERPレベルまでの生産データ取得によるフィードバック)」、「顧客からの注文をデジタルでERPシステムへ転送」、「工場内の機械設備のデジタルレイアウトの利用可能性」、「CADの部品表を直接ERPシステムに転送可能」、「知能システム/機械を使つての生産」が最もドイツから引き離されており、今後、この違いが経済界・産業界に及ぼす影響は大きい。経済産業省グローバル

ニッチトップ企業100選は2013年度と2020年度に選定されており、合計200社ある。2018年度には2013年度に選定された100社を経済産業省がフォローアップ調査されている。我々の今回の調査は、日本を代表するそれら企業に日独同一質問項目でDXの側面から調査したもので、調査結果については2023年4月20日 DigiJaDe Symposium^(注6)でのシンポジウムで日独双方から議論された。技術によるイノベーションがデジタル化によるマーケティングによって市場の創造を目指す国際的な競争の段階に入ったというのが実感である。今回の日独比較の調査結果は日本が何から強化すべきかの示唆になると考える。

最後に、今回の調査は、ドイツ側の協力をいただいたミッテルヘッセン工科大学経営学部ゲリット・ザーメス教授、ニルス・マデーヤ教授、修士ティム・マイバッハ氏、コーディネーターのミエ・ハナモト氏、そして本研究に理解を示して研究資金を提供して下さいミッテルヘッセン工科大学学長を始めとする関係の皆様方、アンケート調査に協力して下さった経済産業省製造産業局GNT担当の皆様方や回答して頂いた企業の方々の協力、JSPS科研費JP19K01854の助成があって実施できたものであることに感謝申し上げたい。

参考文献

- 木本、澤谷、齋藤、岩本、田上(2018)「日本の第4次産業革命におけるIT、IoT、ビッグデータ、AI等デジタル技術の普及動向」RIETI Policy Discussion Paper 18-P-019、2018年12月。
- 花本、岩本(2021)「第126回『デジ真理』プロジェクト主催日独WEBカンファレンス『仕事の未来』IoT、AI等デジタル化の経済学、2021年2月9日、独立行政法人経済産業研究所ホームページ(<https://www.rieti.go.jp/users/iwamoto-koichi/serial/126.html>)。
- Simon, Hermann (2009), Hidden Champions of the 21st

Century, New York: Springer

- Dominik Lins; Christopher Prinz und Bernd Kuhlenkötter; Bochum (2018), "Industrie 4.0-Umsetzungsstand bei Industrieunternehmen in NRW", ZWF, Jahrg. 113 (2018) 5

脚注

注1)

Gerrit Sames, Dr., ist Dekan und Professor für allgemeine Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt ERP-Systeme am Fachbereich Wirtschaft an der Technischen Hochschule Mittelhessen und Leiter des Schwerpunkts Digital Business

Anschrift: Technische Hochschule Mittelhessen, Fachbereich Wirtschaft, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, Deutschland, Tel.: 0641-309 2754, E-Mail: Gerrit.Sames@w.thm.de

注2)

Tim Maibach, MA, war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich Wirtschaft an der Technischen Hochschule Mittelhessen, E-Mail: Tim.Maibach@gmx.de

Anschrift: Technische Hochschule Mittelhessen, Fachbereich Wirtschaft, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, Deutschland; E-Mail: Tim.Maibach@gmx.de

注3)

GNT企業の定義

2020年に経済産業省がホームページで公募を実施し、249件の応募があった。

ステップ1 定量評価項目によるスクリーニング、
選定要件:

- ・大企業 世界市場の規模が100～1000億円程度であって、概ね20%以上の世界シェアを保有。
- ・中堅企業 概ね10%以上の世界シェアを保有。
- ※中堅企業 大企業のうち売上高が1000億円以下
- ・中小企業 概ね10%以上の世界シェアを保有。

ステップ2 次いで、外部の選定委員（委員長：沼上一橋大学理事・副学長）による審査

評価ポイント

- ・収益性 従業員あたり売上高 営業利益率
- ・戦略性 技術の独自性
- ・唯一性
- ・展開可能性 納入先企業数（国内・海外） 従業員増加人数
- ・競争優位性 サプライチェーン上の重要性 世界市場シェアとその将来予測 市場規模とその将来予測
- ・国際性 海外売上高比率 販売国数、海外との取引実績

以上の審査を経て、2020年版「グローバルニッチトップ企業100選」として113社を選定した。

出典) 経済産業省

注4)

隠れたチャンピオン企業の定義

ハーマン・サイモン（コンサルティング会社サイモン・クチャーアンドパートナーズ創業者）の定義によれば、隠れたチャンピオンとは、以下の3つの基準を満たす企業のことを指す。

- ・市場シェアの基準：グローバルで1～3位、または当該企業のある地域（アジア、ヨーロッパ、北米等）で1位。
- ・売上の基準：40億ドル未満
- ・認知度の基準：一般の人には知られていない。

注5)

「ディジジェイド (DigiJaDe)」とは、Digitalization of JAPAN and DEUCHEの略である。

注6)

<https://www.thm.de/w/studium/allgemeines/aktivitaeten/forschungs-aktivitaeten/online-symposium-zum-projekt-digitalisierungsvergleich-deutschland-japan-digiJaDe>