

# デジタル化による中小企業のモノづくりの変革

## — 日独アンケート調査による比較分析 —

Digital Transformation of manufacturing SMEs : Comparative Analysis between  
Germany and Japan

機械振興協会経済研究所 アカデミックアドバイザー

東京大学先端科学技術センター 教授

元橋 一之 (Kazuyuki Motohashi)

### 1. 問題意識

デジタル化は企業のイノベーションや業界構造に変革をもたらしている。すべてのモノの情報がインターネットにつながる IoT (Internet of Things : モノのインターネット) が世界的な潮流になる中、これらの技術を取り入れてモノづくりの改革を行っていくことが日本企業の急務となっている。インターネットや各種センサー技術の普及によって、モノ (製品・部品・材料など) の設計・開発、生産、アフターサービスのそれぞれのレベルで、データ収集・蓄積が可能となり、それを新しいビジネスにつなげることが可能になっている (絹川ら、2015)。また、ドイツが主導する Industry4.0 (第4次産業革命) においては、企業間のデータフォーマットの標準化を進めて、企業を超えたデータのやり取りを実現することで、経済社会全体としての効率性を追求することが提案されている (元橋、2019)。

このようにデジタル経済の進行による製造業の変革が進む中で、日本のモノづくりの基盤を支える中小企業はどのような影響を受けているのであろうか？また、日本と同様、モノづくり中小企業がその存在感を示し、Industry4.0 の発祥地でもあるドイツとの比較ではどうであろうか？本論文では、日本とドイツのモノづくり中小企業に対して行ったアンケート調査の結果を用いて、デジタルトランスフォーメーションに対するモノづくり中小企業の対応と業績に対する影響について比較分析を行った。

### 2. デジタル化の進展とイノベーション (新商品開発) に関する比較

本稿におけるデータは、経済産業研究所 (RIETI) (日本企業) 及びヨーロッパ経済研究センター (ZEW) (ドイツ企業) の両所で行ったアンケート調査の個票に基づくものであり、両者とも 2018 年 10 月～12 月に行われ、それぞれ約 500 社からの有効回答を用いている (Motohashi and Rammer, 2020)。日本の調査は中小企業基盤整備機構 (中小機構) の J-GoodTech (技術系中小企業とクライアントのマッチングサービス) 登録企業、ドイツについては ZEW が実施している「イノベーション調査」で新商品開発を行っているという回答した中小企業を対象としたもので、一般的な中小企業ではなく、イノベティブなモノづくり企業に対して行われた調査であることに留意されたい。また、デジタル技術の活用による業務効率化といった一般的なパフォーマンスに対する評価を見るのではなく、新商品の

開発、つまりプロダクトイノベーションに対するデジタル技術の活用についてフォーカスしている。

図1は、サンプル全体におけるデジタル技術の活用度合いを両国で比較したものであるが、すべての項目においてドイツ企業においてその導入割合が高いことが分かる。なお、日独のサンプル特性による影響、つまり業種や企業規模による影響をコントロールした際の両国の違いについて、統計的有意（1%水準）となっている項目について（\*）で表示しているが、ほとんどの項目で該当している。個別の項目を見ると、顧客やサプライヤーとのデータ連携について、ドイツについては半数以上の企業が行っているとする一方、日本においてはその割合が半数以下である。また、モノづくりのデジタル化は、顧客に対する製品供給とあわせて、付加的サービスを加えて顧客価値の向上、他社との競合優位を築くことが可能とする（Vandermerwe and Rada、1988）。自社製品に係るデジタルサービス提供の状況を見るように、この Digital Servitization の面でもドイツ企業は一歩進んでいることが分かった。

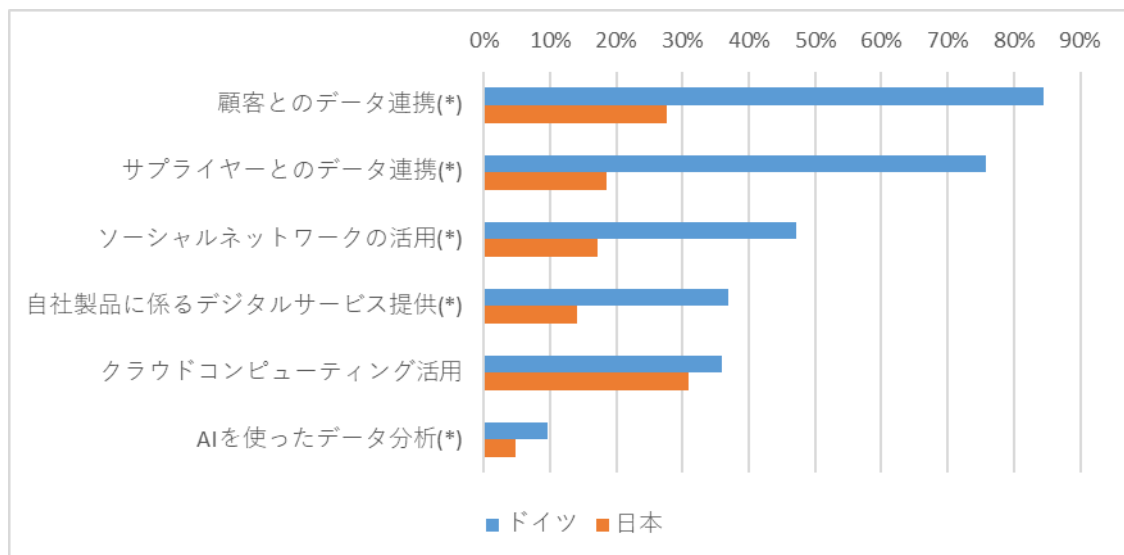


図1：デジタル技術の活用企業割合

出所) Motohashi and Rammer (2020) より筆者作成。

一方で、図2では、新商品開発（製品サービス化も含めると商品・サービス開発）の状況に関し、他企業や機関との協力について見た。ここでは、日本企業は、顧客（企業）との連携、サプライヤーとの連携について、ドイツ企業の状況を大きく上回っている。また、公的研究機関との連携についても日独の違いが統計的有意となっている（図1と同様、\*は1%水準で差異が統計的有意である項目）。日独両国において、モノづくり中小企業は、そのほとんどが、大企業を中心とした顧客企業に材料、部品、設備等を納入するB2Bビジネスに分類される。従って、顧客企業の動向は、これら企業の新商品開発に対して大きな影響を及ぼす。日本のモノづくり中小企業は、顧客企業、あるいはサプライヤーを含めた

ビジネスパートナーとより緊密な連携の下で商品開発を行っている。一方、ドイツ企業は、ビジネスのデジタル化を進めており、データ連携の面では、日本企業と比較してビジネスパートナーとの連携が進んでいるという結果となった。

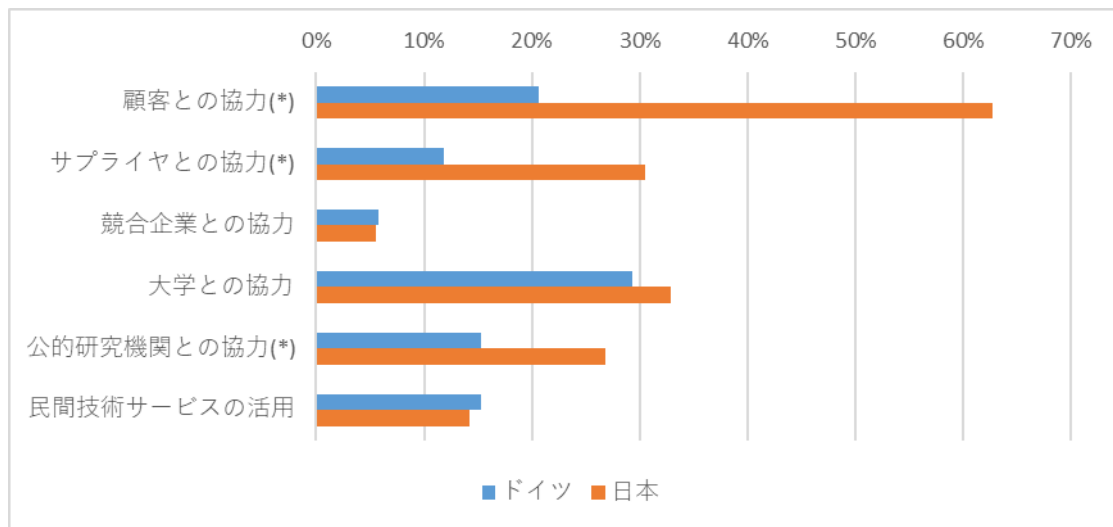


図 2：新商品開発における協力

出所) 図 1 に同じ。

### 3. ビジネスパフォーマンスとの影響

次にこれらのデジタル化及び新商品開発の両面の取り組みとビジネスパフォーマンスとの関係について見る。日独アンケート調査においては、パフォーマンス指標として、売上高、利益、新規顧客獲得、技術力向上の 4 点について定性的な調査（上昇、下落等の 4 段階）を行っており、それぞれのパフォーマンス指標を被説明変数として、デジタル化、新商品開発に関する連携等の指標を説明変数とした回帰分析の結果を表 1 に掲げる（Ordered Logit モデルで推計し、\*\*は 1%水準、\*は 5%水準で統計的有意となった係数を示す。また、両国の調査項目の違いにより一部説明変数が異なる箇所があることに留意）。なお、ここでは図 1 で示したデジタル化に関する各項目を IT 活用（不特定多数）と IT 活用（顧客・サプライヤーとの連携）に統合している。図 1 の顧客又はサプライヤーとのデータ連携は後者、それ以外の 4 種類のデジタル技術の活用は不特定多数を対象としているものとして前者に分類した。また、Coop\*IT は新商品に関する顧客又はサプライヤーとの協力（図 2）と前述した IT 活用（顧客・サプライヤーとの連携）の交差項である。

日本企業においては、利益等について、ビジネスパートナーとの新商品の協力を行いかつデータ連携も行っている企業については正の影響となる一方で、新商品協力がデータ連携のどちらかのみの場合、負の影響となることが分かった。また、新商品の開発プロセスにおいて、顧客からのデータを活用している企業において売上、利益の他、新規顧客獲得や技術力向上の項目において正の関係が見られた。

一方ドイツ企業においては、日本企業で統計的有意な係数が見られた顧客・サプライヤーとの連携等の項目においてパフォーマンスの違いに影響するものは見当たらなかった。一方で、デジタルプラットフォームの活用(例えばデジタルマーケットプレイスの活用等)において、特に売上、利益において強い正の相関関係が見られた。また、製品プロセスデータの活用と売上及び利益、ユーザー利用データの収集と技術力向上に正の相関関係が見られる。

なお、ここでの回帰分析はあくまで相関関係を見たもので、デジタル化→成果という因果関係を見たものではないことに留意されたい。ただ、売上、利益等の面でより高いパフォーマンスを挙げている企業がデジタル活用や新商品に関する協力を行っているという見方をしたとしても、日独両国における違いは明確である。つまり、企業業績との関係で、日本企業は、顧客企業を中心とした特定の企業との関係を重視する一方で、ドイツにおいては自社の経営資源の充実に力を入れている企業が多いということである。

	日本				ドイツ			
	売上	利益	新規顧客獲得	技術力向上	売上	利益	新規顧客獲得	技術力向上
顧客・サプライヤーとの協力(Coop)	-0.434 (0.84)	-1.090 (2.08)*	-0.498 (0.95)	-0.265 (0.51)	-0.298 (0.35)	-0.597 (0.70)	-0.411 (0.53)	0.120 (0.12)
IT活用(不特定多数)	0.555 (1.67)	0.661 (1.98)*	0.311 (0.95)	0.177 (0.53)	-0.386 (1.26)	-0.168 (0.57)	-0.173 (0.63)	0.000 0.00
IT活用(顧客・サプライヤーとの連携)(IT)	-1.137 (1.56)	-1.544 (2.11)*	-1.161 (1.56)	-0.875 (1.20)	0.145 (0.32)	-0.156 (0.35)	0.296 (0.72)	-0.571 (1.15)
Coop*IT	1.553 (1.89)	1.730 (2.10)*	1.620 (1.97)*	0.602 (0.74)	0.276 (0.31)	0.708 (0.78)	0.443 (0.54)	-0.048 (0.05)
IoTコンソーシアムへの参画	0.312 (0.60)	0.249 (0.47)	0.731 (1.28)	-0.226 (0.41)				
デジタルプラットフォーム利用					0.836 (3.05)**	0.705 (2.69)**	0.495 (2.03)*	0.749 (2.47)*
製造プロセスデータ利活用	0.393 (0.97)	0.457 (1.14)	0.081 (0.20)	0.058 (0.15)	0.808 (2.81)**	0.634 (2.27)*	0.262 (1.01)	0.114 (0.36)
顧客に対するデータ提供	0.836 (2.14)*	0.625 (1.63)	0.161 (0.40)	0.232 (0.60)	-0.057 (0.20)	-0.320 (1.17)	-0.019 (0.07)	0.209 (0.66)
顧客データの製品開発活用	0.775 (2.03)*	0.963 (2.50)*	1.350 (3.36)**	1.049 (2.72)**				
データ活用付加サービス提供	0.536 (1.34)	0.231 (0.57)	-0.249 (0.60)	0.093 (0.23)	-0.096 (0.32)	0.217 (0.73)	0.390 (1.40)	0.213 (0.62)
ユーザー利用データの収集	0.468 (1.20)	0.659 (1.70)	0.851 (2.23)*	0.799 (2.03)*	0.055 (0.18)	0.355 (1.21)	0.559 (1.95)	0.839 (2.71)**
Log(雇用者数)	-0.102 (0.70)	-0.198 (1.36)	-0.163 (1.10)	-0.213 (1.45)	-0.011 (0.09)	-0.060 (0.51)	-0.085 (0.77)	0.159 (1.18)
産業ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプル数	167	166	167	168	312	312	312	312

\* p<0.05; \*\* p<0.01

表1：企業パフォーマンスに関する回帰分析結果

出所) 図1に同じ。

#### 4. 考察

これまでの分析の結果、緊密な顧客企業とサプライヤーの連携、つまり特定の企業間関係を重視する日本の状況と、よりオープンな企業間関係をベースとしたドイツの状況が明確に識別された。それでは、デジタル化によってモノづくりのあり方も変革する中で、どちらの方法に比較優位があるのでしょうか？日本のモノづくり競争力については、日米の自動車産業の比較分析によって、日本に見られる顧客企業（OEM 企業）と部品メーカーの緊密な連携の優位性を示す研究が多数見られる（Dyer, 1998; Sako, 1991 など）。また、より一般的な分析として、デジタル化の進展によって、サプライチェーンの関係はより強化されるという分析結果も存在する（Vendrell-Herrero et. al., 2017）。

しかし、これらは主に生産プロセスの優位性を示すものであり、新商品開発（イノベーション）という視点から行われたものではない。また、Industry 4.0 の基本コンセプトである CPS（Cyber Physical System）はサプライチェーンのオープン化を最終的な理想形とするものである。ただし、Industry 4.0 で描かれる目標はあくまで理想論であり、現実としては、イノベーションのスピードや産業組織、製品特性等様々な要素によって決まってくる。いずれにしても IoT に関する要素技術の進展とそのアプリケーションの導入が進む中で、関係性とオープン性は二者択一ではなく、両者が同時に進行すると考えられる。

モノづくりを設計（Before Production）、生産（Production）及びアフターサービス（After Production）に分割すると、それぞれのプロセスにおいてデータの収集が進み、特に生産プロセスにおいてはサプライヤーとの連携が、設計やアフターサービスにおいては顧客企業との連携が重要になる（Motohashi, 2017）。このデータ連携はサプライヤー企業や顧客企業の協力なしには実現しないので、これらのビジネスパートナーとのデジタル面での連携は今後ますます重要になることが考えられる。

その一方で、製品情報やプロセスのデジタル化は、企業間でやり取りされる情報やそのプロトコルが明確化され、特定の企業間のやり取りだけでなく、他のビジネスパートナーとの関係においても有益なものとなると考えられる。日本の自動車産業の顧客企業・サプライヤー間の協業について、特定企業に対する関係特殊な投資が、当該企業に対してのみ有効な関係特殊資産としてではなく、より一般的な企業取引にも有効な関係資産として形成されることが示されている（浅沼, 1997）。また、この関係特殊資産→関係資産の転換は、世界各国の自動車メーカーが競争する中国の自動車産業において、日本企業に限らず普遍的に見られるものであることが示されている（Motohashi, 2018）。

IoT アプリケーションを実装するためのセンサー技術、エッジコンピューティングやネットワーク技術、データ分析に関する AI 技術等の進展は、これまでは実現することができなかった、サプライチェーン上のより詳細で深い情報連携と多様なプレイヤーを接続する広範囲にわたるネットワーク構成との両立を可能としている。Industry 4.0 で提唱されている CPS は、まさに、Physical なモノの深いデジタル情報が、広い Cyber Space でつながることによる、経済のデジタル化の深さと広さの両面を前提としたものである。

ここで重要となるイノベーションのコンセプトはプラットフォームとエコシステムである（元橋、2020）。つまり、強い補完性が存在する統合的なアーキテクチャー（例えば自動車産業における OEM がすべての技術仕様をコントロールする製品開発）とモジュラー製品で構成される分散的なアーキテクチャー（PC に見られる部品ごとのイノベーションとその組み合わせとしての性能向上）の間に存在するスーパーモジュラーの状態において最適な産業システムとして存在するものである（Baldwin, 2020）。ここでは、プラットフォーム機能を提供する企業と、この企業が提供する共通の経営資源を活用するエコシステムの参加企業の相互作用のもとイノベーションが進むことになる。つまり、デジタル化による情報共有やイノベーションにおける協業が特定の 1 社との間で行われるものでも、不特定多数の市場を通じて行われるわけでもない、その中間的な位置づけとして捉えられる。

本稿で紹介した日独比較調査によると日本のモノづくり中小企業はドイツ企業と比べてデジタル化の面で遅れをとっており、特定のビジネスパートナー（特に顧客企業）との関係性をベースとした新商品開発に傾注していることが分かった。モノづくりのデジタル化の進展とともに、既存のサプライチェーン（あるいはパイプライン）をベースとした製品開発から、プラットフォームとエコシステムをベースとしたイノベーションモデルへの変革が予見される中で、デジタル技術の導入は絶対的な必要条件である。IoT エコシステムに対する対応を進めると同時に、連携相手については、より広い範囲でとらえていくことが経営戦略上重要となっている（Adner, 2013）。

## 謝辞

本稿は、「モノづくりの変化と新たな製品・サービス開発に関する実態調査」（RIETI）及び「German Community Innovation Survey」（ZEW）におけるアンケート調査結果を用いた Motohashi and Rammer (2020) をベースにしたものである。RIETI 及び Rammer 氏（ZEW）に感謝の意を表したい。なお、ここでの見解は、著者個人のものであり、これらの機関並びに著者の所属機関としてのものではない。

## 参考文献

- 浅沼万里（1997）：『日本の企業組織 革新的適応のメカニズム—長期取引関係の構造と機能』、東洋経済新報社、1997年6月。
- 絹川真哉・田中辰雄・西尾好司・元橋一之（2015）：ビッグデータを用いたイノベーションのトレンドと事例研究、RIETI Policy Discussion Paper Series 15-P-015。
- 元橋一之（2020）：デジタルプラットフォームの進展と産業競争力への影響、RIETI-Policy Discussion Paper 20-P-029、2020年11月。
- 元橋一之（2019）：第4次産業革命と日本のモノづくり エコシステム戦略の重要性、『世界経済論評』2019年9・10月号。
- Adner, R. (2013): *The Wide Lens: What Successful Innovation See that Others Miss*,

- PORTFOLIO/PENGUIN Publisher, New York.
- Baldwin, C. (2000): Ecosystems and Complementarities, Design Rules Volume 2 Chapter 5, Harvard Business School, September 2020.
- Dyer, J. H. (1996): Specialized supplier networks as a source of competitive advantage: evidence from the auto industry, *Strategic Management Journal* 17(1996); 271-291.
- Motohashi, K. and Rammer, C. (2020): Digitalization and new product development in manufacturing SMEs: A comparative study of Germany and Japan, RIETI Policy Discussion Paper Series 20-P-007.
- Motohashi, K. (2018): The impact of relational asset on automotive supplier's performance in international market: An empirical investigation in China, mimeo.
- Motohashi, K. (2017): Survey of Big Data Use and Innovation in Japanese Manufacturing Firms", RIETI Policy Discussion Paper, 17-P-027, RIETI, 2017/08.
- Sako, M. (1991): The role of "trust" in Japanese buyer-supplier relationships, *Ricerche Economiche*, XLV: 449-474.
- Vandermerwe, S. and J. Rada (1989): Servitization of business: adding value by adding services, *European Management Journal*, 6(4), 314-324.
- Vendrell-Herrero, F., Bustinza O., Parry, G. and N. Georgantzis (2017): Servitization, digitalization and supply chain interdependency, *International Marketing Management*, 60(2011) 69-81.