

薄れゆく産業境界とビジネスモデルの革新

—Industrie4.0/IoT が生み出すビジネスモデルの

理論的背景は何か？—

丹 沢 安 治

要 旨

Industrie4.0, Internet of Things の名のもとに、機器をネットワーク化し、膨大なデータを用いるビジネスモデル革新が進行している。日本では情報をデジタル化するものづくりの伝統があったため必要性が問われたが、今では各社がプラットフォームを形成し始めている。しかし米国では、個人データの所有権が問題とされ、ドイツでもネットワーク参加企業のデータ所有をめぐる主導権争いがある。日本企業も実績のないビジネスモデルへの移行への抵抗が見られる。本稿では、データ所有の問題を所有権理論によって分析し、日本企業の問題については、「ロックインの罠」の分析を呈示し、理論的分析によって革新のベクトルを収斂させる。

キーワード：インダストリー4.0 (Industrie 4.0)、IoT (Internet of Things)、ビジネスモデル (business model)、取引費用 (transaction cost)、所有権理論 (property rights theory)

I はじめに

2013年4月のドイツ工学アカデミーによる報告書「Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0」(Kagermann, H./Wahlster, W./Helbig, J. 2013) 以来、ドイツにおいては、製造業界におけるICTの進化を契機としたビジネスモデルの革新が急激に進んでいる(JETRO 2014、村田2015、Seiter, M. 2016)。ドイツでは、Industrie4.0あるいは第4

次産業革命という標語を掲げ、政府主導でシーメンス、ボッシュ、SAPといった大手企業を巻き込みながら、企業組織内のみならず、工場内の情報システム、さらにはサプライチェーンのデータを結び付けるという形で、主にBtoBの生産の世界で革新が進められている。わが国におけるドイツ企業研究は、これまでEUの成立とともにドイツ企業のガバナンス形態など、興味深い問題を対象としてきたが、今回は新たにビジネスモデルの革新というより戦略的な側面で、ドイツ企業研究に新たな注目を集めることになっている。

また、ほぼ時を同じくして、米国では、ICT (Information and Communication Technology) にかかわる進展として Internet of Things (以下 IoT とする) という標語のもとに、様々な機器をネットワークでつなぎ、そこから得た膨大なデータを用いてビジネスモデルの革新を引き起こす動きがみられる (McKinsey Quarterly 2010, 2014, Porter, M./Heppelmann, J. E. 2015, 2016)。米国では、以前からアマゾンやグーグルなどが主に BtoC の領域でプラットフォームビジネスを展開し (Evans/Gawer, 2016)、新たなビジネスモデルを発生させている点にドイツとの相違がみられる。また、米国の製造業においても、ドイツの Industrie4.0 の動きと連動して、GE のように、「インダストリアル・インターネット」としてプラットフォームビジネスを目指し、産業機器の生産性の向上に向かう場合もある (日経ものづくり 2015, Immelt, J. R. 2016)。

日本においては、まずドイツと同じく製造業に競争優位があるところから、ドイツの「第4次産業革命」が特に注目され (JETRO 2014, METI JOURNAL 2015, 経済産業省 2016)、るとともに、経産省の主導で、「インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ」(以下 IVI とする) が設立され、米独の動向のモニタ、情報交換、日本独自の方向性の追求が行われている (IVI 2016)。同時に、Industrie4.0/IoT に関連して新しいビジネスチャンスをもたらす動きとしてセミナーが盛んに開催されていることは言うまでもない。日本では、FA、見える化などの製造の現場での情報のデジタル化を前提としたものづくりの伝統があったがゆえに却って、必要性が問われたこともあったが (経産省ものづくり白書、2015、インタビュー B 氏、C 氏)、

むしろ現在では、生産の現場に「宝の山」があるという認識から（日経情報ストラテジー2015）、とくに製造業において、ファナックの FIELDsystem のようなプラットフォームの形成をはじめとして各社の「共創」が進められるとともに、重要な要素技術となると思われるセンサーの開発、ビッグデータの利用、AI企業の設立などこのビジネスモデル革新の基盤を整備する技術の開発、そして、従来の蓄積された技術の多角化を考える新ビジネスの開発へと進んでいる（NIKKEI CONSTRUCTION 2015, NIKKEI ELECTRONICS 2016）。

このような動きは、盛んであるが、全く問題なく進行しているわけではない。すでに先行している米国においては、収集される個人データの所有権をめぐる深刻な問題提起が行われている（Pentland, A. S. 2015）。また、ドイツにおいては、プラットフォームに参加する企業が提供するデータの所有権をめぐる主導権を争う傾向がみられる（日経ビッグデータ 2015、日経コンピュータ 2016）。BtoBの世界において、データの所有権を得ることは競争優位に直結するためである。また、日本では受け身で進行・追随している立場に特有の問題に直面している。FA、見える化、つなぐ化など製造の現場の情報のデジタル化に先行していた日本企業がまだ実績のない新たなシステムに移行するには心理的な抵抗があるためである（経産省 ものづくり白書 2015）。

本稿ではまずこの初期の ICT をきっかけとするビジネスモデル革新にみられる理論的な背景を紹介したうえで、現在の Industrie4.0/IoT あるいはインダストリアル・インターネットなどの ICT のさらなる進展が新たにもたらすビジネスモデルの革新において、米独企業が直面する問題をデータの所有権を表す取引形態の問題としてとらえ、それを分析する理論的裏付けを考察してみたい。今進行しているビジネスモデルの革新は、これによってさらに促進されることを期待したい。

そして、次に独特の歴史的背景、事業環境を持つ日本企業において、新たな環境への適応において留意すべき「ロックインの罠」の分析を呈示する。

現在のビジネスモデルの革新において、ややもすると受け身の立場にある日本企業は、とくに留意すべきであろう。

以下、次節において、Industrie4.0/IoT、インダストリアル・インターネットに関わる文献を、取引費用理論など理論的な枠組みとの関連を求めながらレビューしよう。次にⅢ節において今世紀初頭に先行して現れたビジネスモデルが、取引費用の削減として、すなわち、企業の境界の縮小として説明されることを示し、次に所有権理論を用いて今回の変化を産業境界の変化としてとらえることによって現在米独企業が直面するデータの所有権の問題が解決できることを示し、Ⅳ節においては、パス・ディペンデンスとロックインという理論的ツールを用いて日本企業がどのような問題に直面し、どう解決しようとしているかを示す。

結論的に本稿は3つのメッセージを持っているといえよう。第1に、かつてのICTに触発されたビジネスモデル革新を表現していた「薄れゆく企業境界」という標語は、異なる産業からの参加企業がプラットフォームを形成することから、「薄れゆく産業境界」という標語に変わったということである。そして第2に、取引費用の経済学が代表する費用節約という視点は、情報共有による取引価値の最大化という視点に変わったことを示す。そして第3に、それぞれの企業は、ロックインの罠に留意しながら、ビジネスモデルの革新に挑戦しなければならないということである。

II 先行文献

以下において、Industrie4.0/IoTの概要を整理し、その特徴を抽出してみよう。それによって理論的研究とのつながりを確認してみよう。

1. ドイツのインダストリー4.0

インダストリー4.0とは、第4次産業革命とも呼ばれる、ICT技術の発展に沿ったドイツ発の潮流である（Kagermann, H. /Wahlster, W. /Helbig, J. (2013), JETRO2014, Seiter et al. 2016）。第1次産業革命が、農業革命であ

るとすれば、機械による機械の生産を経て大量生産の時代を招いた第2次産業革命が引き起こされ、それに続いて1990年代以降の情報テクノロジーの発展による革命が第3次産業革命とされる。第4次産業革命は、一段とICTの活用を進め、とくにセンサーを活用した機械同士の同期化、自動発注、ビッグデータの活用、AIの活用が進められ、マスカスタマイゼーションが進められる（JETRO2014, Seiter et al 2016）。

特にドイツでは政府の主導とともにSAPのERPに主導されながら産業を越えたネットワーク化を志し、マスカスタマイゼーションを目標とする（村田聡一郎（2015））。最終的に、連結はさらに企業境界を越えてサプライヤにも向けられ、ERPを通じて生産の現場に直結し、マスカスタマイゼーションが実現される。また、そして製造機械は、そのサプライヤとともに、品質管理、メンテナンスを自動化している状態になる。

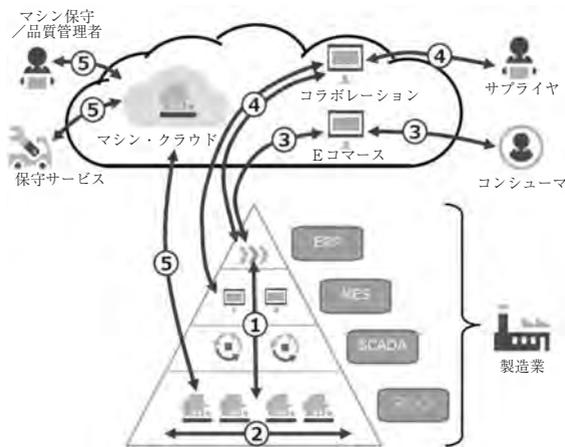
当初は、一つの製造業社内での情報のデジタル化に重点が置かれ、次にはじめて取引相手との間でデジタル化が実現することになる。この段階で取引相手の探索、契約の締結、契約実行のモニタなどの費用、すなわち取引費用が削減され、多くの専門企業が成立したことは記憶に新しい（Coase, R. 1937, Williamson, O. 1975, 1985）。

しかし最終段階で、品質管理、メンテナンスについてサプライヤとともに行うことは継続的な相互作用を伴う取引への変質を意味し、むしろ系列や企業グループといわれていたものが、これまで以上に広範囲にわたるプラットフォームという形態をとることを意味している。ここではプラットフォームが生み出す価値の最大化を分析するためにチーム生産の分析に端を発する所有権理論の枠組みが必要になるだろう（Coase, R. 1937, Demsetz, H. 1967, Barzel, Y. 1989）。

2016年5月19日に開催されたドイツ経営経済学会でのMischa Seiter（Universität Ulm）らの「Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie 4.0」と題された報告においては、「製造業におけるプラットフォームサービス」がより強調され、3つのメッセージを見て取ることができる。第1に、製造

の現場と企業内部、さらにはサプライチェーンの取引相手との情報の共有である。すなわち、Industrie4.0では、スマート生産、スマート製品/サービス、サプライチェーンマネジメントが重要であるという。「スマート」とは、ICTを使って、核となる製品・サービスの周囲に他の製品・サービスを接続するといった意味でつかわれているが、ここでスマート生産とは、日本的な意味ではいわゆる「つなぐ化」によって生産性を上げ、ビッグデータを用いて、予測的メンテナンスなどを行うことである。この点までは、企業内の見える化/つなぐ化の発展形あり、取引費用の経済学の分析の範囲内に収まるものであろう。第2に、このインフラを前提として、そこで生み出されるビッグデータを用いた相互作用がうみだされる、と言う。たとえば、アフターサービスというよりも新たな取引として製造装置のソフトウェアの更新によるソリューションビジネスなどデータ駆動的サービスが展開すると言う。そして、第3にこの特殊なサービスについて単独ではなしえないので、共同で行い、サプライチェーンが構造変化する。これらのことから、将来的には、製品を売り切りせず、所有権を持ったままサービスの提供を行う、シェアリングエコノミーが発展する可能性があるといえるだろう。

図1 ドイツにおけるインダストリー4.0のイメージ (村田 2015) より作成



このように密接にサプライヤとの関係を構築するために、プラットフォームを形成することになる。プラットフォームはチーム生産の成果の最大化を分析する所有権理論によって、またケイレツを分析した Dyer, J. による取引価値最大化の枠組みによって分析されよう。

2. IoT をめぐる米国における潮流

米国では同種の潮流が、IoT という名のもとに進んでいる (McKensey, 2015)。IoT とは、自動車、家庭内の電気機器、生産のための装置、ロボットなどさまざまな「もの」(Things) をインターネットで結び付け、各装置に設置したセンサーから集めた情報を結び付けて物理的世界をデジタル化する構想である (McKensey, 2015)。この連結は家庭から職場、生活のあらゆる場面で行われ、新たな情報に基づく、新たなニーズの発掘、新たなビジネスモデルの考案が予想されている (NIKKEI ELECTRONICS 2015. 02)。

米国においては、日本やドイツのような製造業の伝統的蓄積よりも、Amazon.com, Inc., Google Inc. のような BtoC の領域で IT を利用した IT 産業

図2 利益機会の発見に重点を置く米国の IoT



(McKinsey Global Institute (2015) THE INTERNET OF THINGS: MAPPING THE VALUE BEYOND THE HYPE から筆者作成)

の蓄積が大きいという事情は、これに関連する進展にも影響を与えている。たとえば、その結果、政府の主導を端緒とするのではなく、ソリューションビジネス起点でビッグデータから新しいビジネスモデルを発見しようとする傾向が大きい。すなわち、米国では、製造業の飛躍ではなく、ビジネスモデルのイノベーションに焦点があてられる（長島 2015）。図2にみられるように、米国におけるIoT、デジタル化の中心にあるのは、インターネットの普及と、センサーの小型化/低価格化、そしてビッグデータの解析技術の進化であり、顧客情報などのビッグデータである（長島 2015）。その結果、米国の製造業の対応は主として利益チャンスの発見に重きを置いている。

3. Industrie4.0/IoT にたいして受動的な日本企業

我が国においては、2015年度『ものづくり白書』において、IoT/Industrie4.0といった動向が伝えられるようになり、引き続き民間において、盛んにセミナーが開催されるとともに、様々な団体が立ち上げられている（ものづくり白書 2016）。当初は特にインダストリー4.0について「すでにわが国では行われていることである」という評価も多く（B氏2015、C氏2016、ものづくり白書 2016）、米独からの情報を入手することに注力する受け身の姿勢が強かったといえる。しかし、とはいえ2015年6月には経産省の主導で「インダストリアル・バリューチェーン・イニシアチブ」(IVI) が設立され、翌年一般社団法人として活動を始めている (<https://www.iv-i.org/>)。ここではものづくりとITの融合に関する動向のトレンドウォッチャーとしてドイツ的な展開が進められているといえよう。

この受け身の姿勢は、もちろん米独の進行に後れを取っているのではないかという指摘も引き起こしている（日経ビジネス 2015 01）。その後の進展を見ると、かつてのFA、見えるかの伝統は、例えば、富士通によるICTの進展のための基礎の整備（日経ものづくり 201504、日経コンピュータ 201506）、など周辺的な技術の開発が進むとともに新たな製造業者によるプラットフォームの提案が進めている（日経ビジネス 201505、日経ものづく

り 201505)。

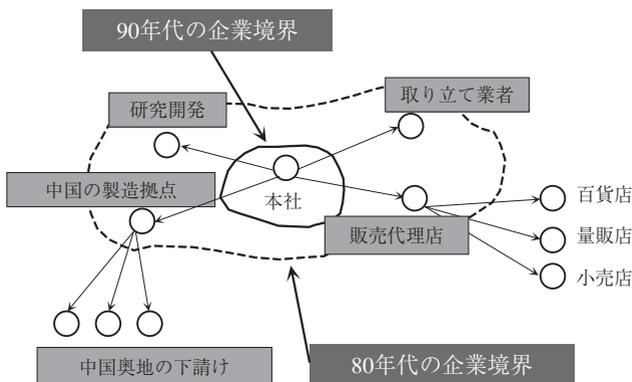
III ICTの進展と企業境界

ドイツ的な表現では第3次産業革命、すなわち初期のインターネット普及がもたらしたビジネスモデル変革とその理論的背景をまず考えてみよう。

1. 薄れゆく企業境界の時代：概要

1990年代以降のドイツ的な表現では「第3次産業革命」においては、企業戦略における大きな問題であり続けたのは、自社の行っている業務を外注するか、あるいは内部で処理するかという「make or buy」の問題であった。この問題については、R. Coase に由来し、Oliver Williamson が、企業境界の決定の問題として扱ったことはよく知られている (Coase, R. 1937, Williamson, O. 1975, 1985)。すなわち、1980年代までは多くの製造業者が、自社の製造部門、R&D 部門、販売部門、経理部門を自社内部に置いていたのに対して、ICT による発展で情報を伝達する費用、すなわち取引費用が削減され、このことを引き金にして、図3のように製造部門、販売部門のみならず場合によっては R&D 拠点など多くの事業が外注されるようになり、そ

図3 取引費用の削減による企業境界の縮小



の結果、その外注を受注する多くの新しいビジネスモデルが誕生した (Picot 1996)。

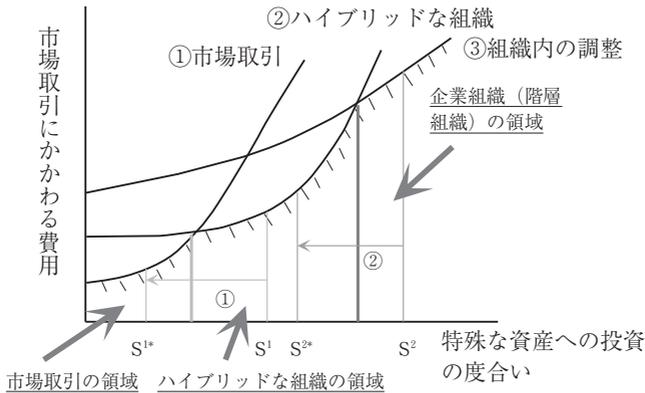
2. 薄れゆく企業境界：理論的背景

取引費用の経済学では、ICT の発展による環境の変化を、取引にかかわる低廉な費用情報をコミュニケーションする、一般的な誰もが使える手段の普及ととらえた。このことは二つの意味を持っていた。第一に取引相手を探索する費用、契約書をまとめる費用などコミュニケーション費用の削減の効果である。第2に、インターネットという共通の伝達手段の普及により、特定の取引にしか使用できない資産への投資が減じられることになったことである。

その脈絡は、Picot/Ripperger/Wolff (1966) によって、図4のように表現されることになる。縦軸に市場取引にかかわる費用、横軸に取引における特殊な資産への投資の度合いをとる。①の曲線は、市場取引を行うさいの取引費用と特殊な資産への投資の度合いとの関係を表している。標準的な財、例えば、乾電池やガソリンなどを入手するために特殊な資産への投資を必要としない財の取引が行われる場合には、最も低い取引費用を実現する領域を持っている。それに対して、曲線③は、受注生産や生産のために特別な工具、生産設備を準備しなければならないような取引の場合であり、機会主義的な値切り行為によって裏切られる可能性へのセーフガードを設けるという取引費用が高く、ゆえに裏切りの可能性のより少ない自社内での生産が有利になる。そして、曲線②は、中程度の特殊な資産への投資を行いながら取引する場合の取引費用を表している。それぞれの曲線の包絡線を結ぶと、3つの取引費用的に最も有利な領域が現れる。特殊な資産への投資が少なくて済むなら市場取引を行うべきであり (buy)、逆に高ければ、組織内で行うべきである (make)。そして中程度の特殊な資産への投資が見込まれるならば、ハイブリッドな取引形態を選択すべきであるという含意が見て取れる。

かれらは、インターネットという共通の伝達手段の普及は、特殊な資産への投資の必要性を減少させ、図4においてS2の特殊な資産への投資を必要

図4 ITの進歩による企業境界の収縮：Picot, A/Ri pperger, T. /Wolff, B. (1996) より筆者作成



とした取引は、 $S2^*$ となり、たとえば、アウトソーシング、フランチャイズ、系列取引など、中間組織での取引となる。また、これまでこれらの中間組織において行われていた取引は、さらに特殊な資産への投資が減少することにより市場取引によって賄われるようになる。全体的に市場取引がより多くなるという含意があった。このことによって、多くの事業が社外の専門企業にゆだねられることになり、企業の境界は縮小し、「薄れゆく企業境界の時代」と呼ばれたのである。

IV Industrie4.0/IoT が生み出すビジネスモデルは何か？

では今回の Industrie4.0/IoT という標語であらわされる ICT の進展は企業取引にとって何を意味するだろうか？以下において先行文献から得られる特徴からそのビジネスモデルのイメージを「薄れゆく産業境界」として表し、さらにその理論的背景を明らかにしてみよう。

1. 薄れゆく産業境界の時代

IoT/Industrie4.0 をめぐる先行文献のレビューから次の4つの命題を見て

取ることができる。

第1に、スマート生産、スマート製品/サービス、SCMの領域に新しいビジネスが生まれる、という主張である。「スマート」という形容詞は、スマートビジネスから来ていると思われるが、それは、ICTを使って、核となる製品・サービスの周囲に他の製品・サービスをつなげて提供するビジネスを意味している（丹沢/留岡/中司/宮本 2015）。ここではICTは、核となる製品、サービスの周囲に関連する補完的な製品、サービスを提供するためのプラットフォームを提供するためのツールであり、ビジネスは、一対一の取引ではなく、複数の当事者間の取引を意味しているといえるだろう。このような取引構造は、丹沢（2014）において「重層的取引構造」として表現されたが、プラットフォームビジネスといわれることもある（Porter/Heppelman2015、Evans, P. C. /Gawer, A. 2016、日経ビジネス（201605））。

第2に新しいビジネスモデルは、ビッグデータを利用したデータ駆動的ビジネスである。かつてのインターネット普及の初期の時代には、コンピュータのハードの価格が減少し、かつインターネットによって特殊な資産への投資が減少するという変化が駆動力になったが、今回は、情報を入力するセンサーの価格が低下するとともに小型化したという契機とそれによって多量の情報を入手し、処理するための費用が削減したことが大きな変化の契機となっていることが注目される。

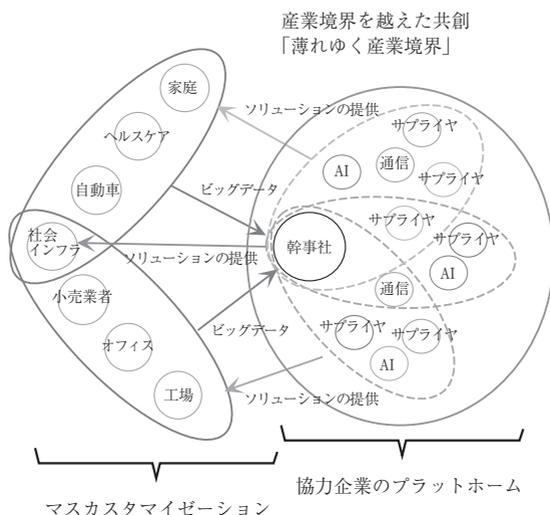
第3に、新しいビジネスは、そのたびの取引相手のニーズにカスタマイズするソリューションビジネスであり、いわゆるマスカスタマイゼーションが行われる。ビッグデータ解析の結果浮かび上がるビジネスチャンスは、取引相手のニーズに特殊なソリューションを提供することになり、その影響は部品サプライヤにまで及ぶ。そして第4に、カスタマイズの結果として生ずる取引当事者の複数化は、新しいビジネスが多面的市場を包含するプラットフォーム上で行われ、従来のサプライチェーンのピラミッド的構造が変わり、産業境界を超えたネットワークを利用することを意味する。

以上の点から、Industrie4.0/IoT時代のスマート生産・スマートビジネス

は従来のFA化、見える化、つなぐ化による生産性上昇を越えて、単独では実現しえないので、共同で行うこと、他産業の企業の参加を意味すること、すなわち産業境界を超えたネットワークビジネスが必要であることは明らかである。

この脈絡を反映したプラットフォームの取引構造を図5の概念図によって表現してみよう。Industrie4.0/IoT時代のスマートビジネスは、BtoCの世界でも自動車の所有者、ヘルスケア、そして家庭との取引を含むとともに、BtoBの世界では、工場、オフィス、小売業者、そして社会インフラを対象とする。これらの顧客に対して、当該企業はビッグデータを入手しながらカスタマイズしたソリューションを提供する。このソリューションは、顧客ごとにカスタマイズしているため、単独での提供ではなく、カスタマイズごとにネットワークを組み、協力企業とは繰り返し調整を行わなければならない。その結果、取引ごとの協力の相手は変わるので、自社内に取り込むことができない。また、当該企業は複数のネットワークすなわちプラットフォームを

図5 Ind4.0/IoT時代のプラットフォームビジネス：概念図（筆者作成）



管理することになる。ここで、ネットワークはこれまでの産業区分を超えているだけでなく、取引ごとにコンソーシアム、SPC (special purpose company)、JV を形成し、恒常的に組み替えていく必要がある。これらのネットワークへの参加企業はさまざまな産業から参加し、この点で産業境界が薄れるという今回の変化の特徴が表れることになる。

2. 理論的背景：薄れゆく産業境界

インターネットの初期の普及がもたらした変化の際も理論的背景が明らかにされ、その後多くの企業が新規ビジネスを立ち上げるきっかけを作った。では、Industrie4.0/IoT が引き起こす新たなビジネスモデルの概念図が示すものの理論的背景は何だろうか？米独において障害となっているビッグデータの所有権をどの当事者が持つか、という問題 (McKensey2016) を解決させる理論は何だろうか。

① 取引費用の経済学から所有権理論へ

ネットワークを形成する複数の企業の中でだれがデータを所有するべきだろうか？この問題を解くには取引費用の経済学に加えて、やはり新制度派経済学の流れに属する、所有権理論 (property rights theory) が適切なツールを提供している。次に所有権理論によって理論的背景を解明する枠組みを考えてみよう。

取引費用の経済学においては、「すべての企業の費用構造は等しい」(つまり補完性はない) という暗黙の裡の仮定が置かれているが (Demsetz, 1988)、所有権理論は、互いに補完的な関係にある取引当事者が取引を行う、すなわち社会的分業による生産性の上昇によって生み出される取引価値のうち、(不完備契約の故に) 交渉・調整の取引費用のため実現されなかった価値を最小化するための取引形態、すなわち所有権構造を論ずる (Coase, R. 1937、1960、Demsetz, H. 1967、Barzel, Y.)。所有権理論は、それぞれ取引形態 (所有権構造) の代替案による (内部化の度合いが) 異なる中で、生産性の増加の最大化を実現している中で取引費用を最小化することで、取引価値を

最大化している取引形態を採用すべきであると主張する。

ここで、取引価値とは、図6のように分業と専門化の進展によって生じた生産性の上昇分から分業に伴う交換、調整に必要な資源の消耗分、すなわち取引費用を差し引いた分であると定義できよう (Picot, A/Dietl, H. /Franck, E. 2007)。企業境界の問題の際には、2者間取引が前提されていたので、特殊な資産への投資と取引費用のみが問題となったが、プラットフォーム上の取引において、異なるリソースを持つ3社以上のネットワークによるマスカスタマイゼーションが問題になるとき、どのような取引形態、すなわち市場取引、SPC、内部取引といった形態に伴う所有権構造が、最善の分業形態かを議論しなければならない。2者間取引の際には2者間の分業による生産性の向上と特殊な資産への投資を行ったものがとる機会主義へのセーフガードを設置する費用、すなわち取引費用のみを問題とし、その取引費用が最も少ないものが特殊な資産への投資を行うがゆえに分業の生産性は最大化されるとされた。3者以上のネットワーク取引 (重層的取引構造) でも同じように、分業によるベネフィットを最大化する所有権の配分が望まれることになる。

図6 取引価値とは何か? (Picot, A/Dietl, H. /Franck, E. 2007)

- ① 分業と専門化による生産性の上昇
 -) 交換と調整による資源の消耗
 純効果を最大化する

② 所有権理論

所有権理論は、理論的には Coase, R. 以来の伝統を持つが、主に経済史の領域で、制度と経済史の視点から展開された (Demsetz, H. 1967, North, D. 1992)。経営戦略の分野では、コーポレートガバナンスのテーマに関連して述べられていたにすぎない (Picot, A. 2001)。基本的なロジックは、取引形態としての所有権の配分の形態の相違が、その取引によって生み出される価値をどう最大化するかという問題である (Picot/Dietl/Franck2007)。

Picot/Dietl/Franck (2007) は、上述のように取引費用の経済学が生産性は一定であると前提したうえで取引費用の高低を問題にしていたのにたいして、優位性の基準に、外部効果、すなわち分業による生産性の増大とそれを打ち消す調整のための取引費用を取り入れる。この増大分は、取引当事者たちの持つ資源の補完性とその取引のために投資する特殊な資産への投資の額によって決定される。特殊な資産への投資を増やせば、補完性はさらに高まり、生み出される価値も増えるからである (Hart, O. /Moor, J. 1990)。これが、プラットフォームにおける異業種に属する企業の共創によって生み出された価値の源泉に他ならない。

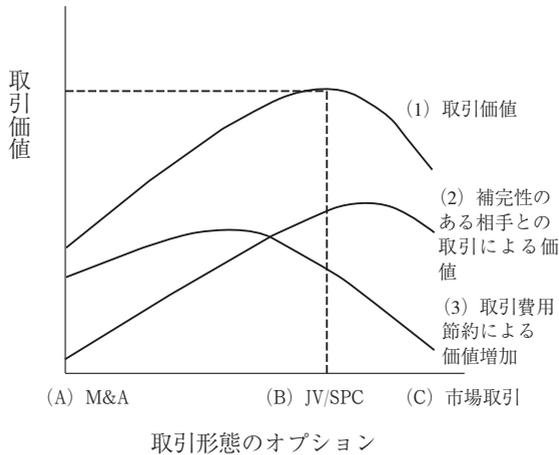
③ Industrie4.0/IoT 時代のビジネスモデル革新と取引価値の最大化

しかし、企業戦略の文脈では、取引価値の最大化の問題は、日本企業のケイレッツを対象として分析されてきた経緯がある。Dyer, J. はその1997、1998において、日本の自動車産業のケイレッツを対象とし、中間的な企業組織のもたらす競争優位を分析し、取引価値 (transaction value) は、情報が共有され、相互に特殊な資産への投資が行われるとき、取引の生産性が上昇し、取引が生み出す価値が最大化されるとした (Dyer, J. 1997)。ここでは、この競争優位に所有権理論の枠組みを転用してみよう。

ここでは先の所有権理論による枠組みから、創出価値の逸失を取引価値の最大化として表現する。逸失分が少なければ、より最大化に近づくことになる。図7のように、縦軸に取引価値、横軸に(A)M&Aによる取引相手の自社への吸収、(B)JV/SPC、(C)適宜選ばれる市場取引、という3つの所有権構造によって代表される企業形態を考える。取引相手がM&Aで自社内に取り込まれれば、補完性のある相手を適宜M&Aすることはできないので、(2)適切な相手のリソースを利用することによる価値を実現し損なうため、生み出す取引価値は少なく、他方で(3)ソリューションごとにM&Aの交渉をするとはいえ、自社内に取り込むので、TCの節約は市場取引に比べれば、大きくなる。

取引相手が、(2)その都度市場から選ばれるなら、規模の経済から生ずる

図7 JV/SPC が取引価値を最大化する



価値は大きいですが、情報共有・信頼に欠ける関係のため、特殊な資産への投資は行われず、生産性が低く、実現価値は、JV/SPC に劣る。(3) 繰り返し度は低く、セーフガードのための取引費用は大きく、放置される価値は大きい。したがって、JV/SPC において、(2) 当該企業が顧客との接点を持ち、ビッグデータの解析からソリューションをデザインする「残余請求権者」となるならば、実現されない価値の最小化を試み、また、(3) 取引費用を節約しながらパートナーの規模の経済を利用することもできるので、取引価値は最大化される。

しかし JV/SPC の構成企業の中で、誰がデータを所有すべきかという問題は解決されていない。この枠組みの含意からこの点を検討してみよう。すなわち、データの所有権を持つ者は、生み出された取引価値の配分を決定する際に有利になる。そうであればこの取引に関連する特殊な資産により積極的に投資するようになる。逆に言えば、最も特殊な資産に投資するものがデータの所有権を持つとき、その取引が生み出す取引価値は最大化されるだろう。

V 日本企業が直面する問題：ロックインの罠

先行文献のレビューから、ビジネスモデル変革の成否は、少なくとも米独日の間で同様であるわけではなかった。ドイツでは政府主導で積極的に進められ、米国では自然発生的に特に BtoC の領域で、さまざまなビジネスモデルが生じ、さらに GE によるインダストリアルインターネットのように BtoB の領域にも拡大しつつある。日本では、FA 化や見える化など製造の現場では先行したものの新たなビジネスモデルを生み出すような変革とは程遠く、受け身の変革が進んでいた。この違いは、それぞれの国のこれまでの経緯の違いに由来するものであり、その違いは、ビジネスモデル変革の成否を決定するものともいえる。そこで次に、ビジネスモデル変革の、とくに「変革」の成否の部分进行分析する枠組みを考察してみよう。

日米独のそれぞれの対応からこの潮流に関する含意を考えてみよう。IoT、インダストリー4.0という環境変化に対して、ビジネスモデルの変革を引き起こすうえで、考慮すべきこれまでの経緯、つまりパス・ディペンデンスと注意すべきこれまでの成果へのロックインは何だろうか？ そしてこれまでの成果にロックインされてしまっていたならば、その脱出法は何だろうか？

図8は、日米独におけるそれぞれの環境の変化と共通する環境変化、そしてそれへのそれぞれの対応と日本企業のロックインを示している。まず各国の製造業をめぐるそれぞれの環境変化を見てみよう。米国の製造業に関しては、台湾のEMS企業との提携がすでに進んでいる上に、多くの有力なソフトウェアベンダーが存在する。ドイツにもSAPのような有力なソフトウェアベンダーが存在し、今回のIndustrie4.0を先導している。同時にドイツには、マイスター制の伝統があり、中小でもニッチにおいて競争優位を持つ強い製造業者がいることで知られている。日本には伝統的なすり合わせ技術に基づく競争力のある製造業が存在することは言うまでもないが、とくに製造現場のデジタル化、FA化、見える化などには先行しているといえる。

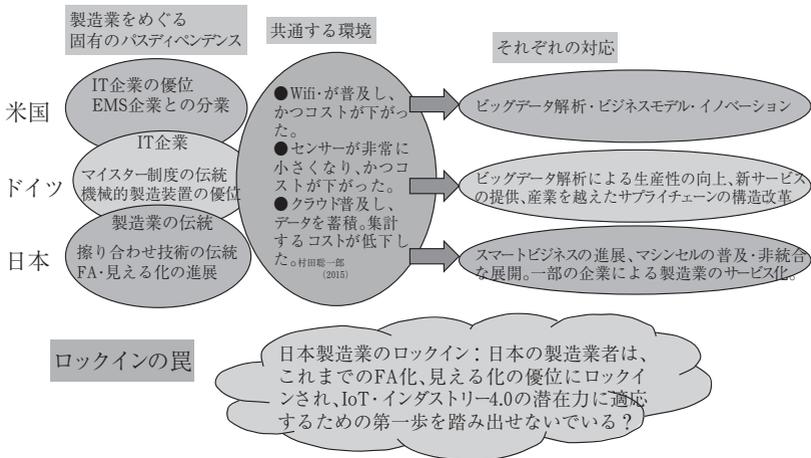
こういった、個別的な環境に加えて、グローバルに共通している3つの国

に当てはまる環境変化もみられる。それは、(1)Wifiが普及しただけでなくコストが下がった。(2)センサーが非常に小さくなりかつコストが下がった。(3)そして、クラウドが普及し、データを蓄積し、集計するコストが低下したというものである(村田 2015)。

その結果、米国では独日とは異なる独自の対応としてビッグデータ解析を行い、とくにBtoCの領域で、新しいビジネスモデルを生み出す方向に動いているというのが実情であろう。またドイツでは、ビッグデータの解析によって(1)生産性の向上、新サービスの提供、そして産業を越えたサプライチェーンの構造改革が進みつつあるといえる。

それに対して日本の製造業者については、現場において情報のデジタル化は進んでいたが、米独のトレンドそのものには追従する形になっていることから生ずる独特の問題がある。すなわち日本においては、スマートビジネスの展開やマシンセルの展開など一部製造業のサービス化が進んでいるが、全体的にすでにこの潮流は取り入れているので新たな動きに意味はないというネガティブな評価もみられるのが現状である(経産省ものづくり白書 2015、

図8 米独日のIoT/Industrie4.0への対応



インタビューB氏、C氏)。

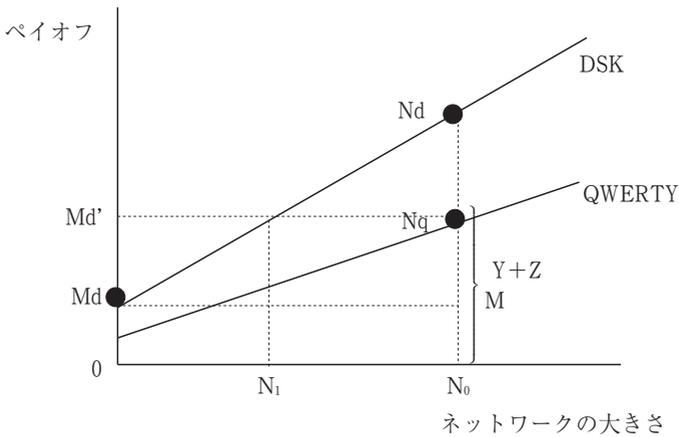
日本の製造業者についてはこれまでのFA化、みえる化の優位にロックインされ、Industrie4.0/IoTの潜在力に適応するための第一歩を踏み出せないでいるという問題に直面しているといえよう。これらは、共通して新旧のビジネスモデルの移行の際にみられる現象であるといえよう。

ビジネスモデル革新が起きる状況における「ロックインの罫」を分析する理論的枠組みとしては、パス・ディペンデンス(Path Dependence)とロックイン(Lock-In)が適切だろう。

まずこの二つを概略してみよう。パス・ディペンデンス(経路依存性)とは、Industrie4.0/IoTのような社会経済全体に変化をもたらすショックが与えられた時、その次の時代の進展は、過去の経緯、蓄積によって決定されることをいう。それに対して、ロックインとは、ひとつのそれなりに効率的なスタンダード(システム)を持つ経済は、(経済全体に)一挙に導入すればよりよいパフォーマンスをもたらすスタンダード(制度)があっても、それが導入されると初期的に劣ってしまい、古いスタンダード(制度)を捨てられない場合、古いスタンダードにロックインされているという。

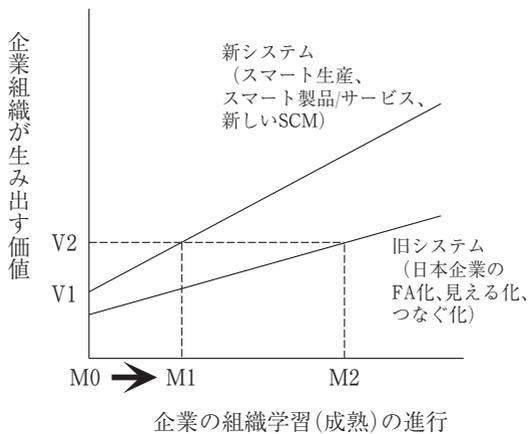
たとえば、よく知られているようにQWERTYとはキーボードの配列であるが、1882年に考案されたものである。それに対してDSK(ドヴォラック配列)は1932年に考案されたが、タイピングの上でQWERTYよりも効率的でありながら普及していない。図9において、縦軸に効率性、横軸に利用者のネットワークの大きさを表すとしよう。ここで効率性は、配列の合理性とネットワークの外部性によって決定されるとする。経路依存の視点を取り入れるとDSKは効率性という点でより大きな潜在力を持つにもかかわらず、ゼロから始めなければならず、すでにネットワークの大きさの違い(N0とO)がもたらす効率性の点でQWERTYに劣り、普及していないことになる。これがQWERTYにロックインされている現状といえよう。しかし人為的にN1にまで移行させれば、DSKはQWERTYに等しい効率性を実現できるのである。

図9 パス・ディペンデンスとロックイン



この脈絡を図10のように、ここでは、日本の製造業に当てはめてみよう。この場合、縦軸には企業組織あるいは取引形態が生み出す価値をとり、横軸に成熟の進行を取ろう。日本企業はFA化に先行し、見える化、つなぐ化など製造の現場でのデジタル化は米独に比して進んでいたし、また、進んでい

図10 日本企業にとってのとロックインとそこから脱出



るといえる。その結果、先行したので、そのシステムで学習し、成熟し、M2の段階にいる。そこで新たなシステムやビジネスモデルが登場した時、理念として新システムの方がより多くの価値をもたらすことはわかっているが、新しいビジネスモデルに移行すると、M0の成熟度に戻り、短期的な視点から見ると、V2-V1分の価値を失うので、導入しない。これがロックインの現状である。

ではこのような「ロックインの罠」からはどのようにしたら脱出できるだろうか。図によれば、新システムはM1の成熟度になれば、生み出す価値もV2となり、短期的な視点からも移行可能となる。であれば、人為的に成熟を進める方策を実施することで、ロックインから脱出させられる。たとえば、企業には短期的視点の放棄、行政には補助金が勧められる。セミナーの氾濫にも効用はあると言えるだろう。

VI 結論

第1に、IoT/Industrie4.0の潮流が向かう先には「薄れゆく産業境界」という表現であらわされるようなビジネスモデル革新がみられることが分かった。また、第2に、米独(日)の革新の進行のためには所有権理論によって分析することができ、ベクトル合わせができることが分かった。そして第3に、日本の製造業者については、ロックインの問題に直面していることが分かった。またこの問題についても解決策の示されたことが成果であるといえるだろう。

確かに Industrie4.0/IoT は様々な斬新なビジネスモデルを見出しつつあるが、マスカスタマイゼーションや、ネットワーク取引は必ずしも全く新しい枠組みではないことが留意される。このようなビジネスモデルは製造業のサービス産業化という大きな経済の流れの中にあるというべきかもしれない。こういった視点からの伝統的な枠組みとの異同の検討は今後の課題だろう。

(筆者は中央大学大学院経営戦略研究科教授)

文 献

欧米文献

- Barzel, Y. (1989) *Economic Analysis of Property Rights*, Cambridge University Press 1989.
『財産権・所有権の経済分析プロパティ・ライツへの新制度派のアプローチ』パーゼル著、丹沢安治訳、白桃書房 (2003/05)
- Coase, R. H. (1937) The Nature of the Firm, *Economica*, Vol. 4 (1937), S. 386-405.
- Coase, R. H. (1960) The Problem of Social Cost, *Journal of Law and Economics*, Vol. 3, 1960, p. 1-44
- Demsetz, H. (1967) Toward a Theory of Property Rights, *American Economic Review*, Vol. 57 (1967), S. 347-359
- Demsetz, H. (1988) The Theory of the Firm: Revisited, *Journal of Law, Economics, and Organization* 4/1, p. 141-161
- Dyer, J. (1997) Effective Interfirm Collaboration: How Firms minimize Transaction Cost and maximize Transaction Value, *Strategic Management Journal*, vol. 18: 7, 535-556, 1997
- Evans, P. C. /Gawer, A. (2016) The Rise of the Platform Enterprise, *The Emerging Platform Economy Series* No. 1, The center for Global Enterprise
- Geyskens, I./Steenkamp, J. /Kumar, N (2006) Make, Buy, or Ally: A transaction Cost Theory Meta-analysis, *Academy of Management Journal* 2006, Vol. 49, No. 3, 519-543.
Management Journal, vol. 18: 7, 535-556, 1997
- Hart, O. /Moore, J (1990) Property Rights and the Nature of the Firm, *Journal of Political Economy*, 98, 1990, pp. 1119-1158.
- Kagermann, H. /Wahlster, W. /Helbig, J. (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, National Academy of Science and Engineering, April 2013
- McKinsey Quarterly (2010) Internet of Things, McKinsey & Company, 2010
- McKinsey Quarterly (2014) How the Internet of Things could transform the value chain, McKinsey & Company, 2014
- McKinsey Global Institute (2015) The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype, McKinsey, 2015年
- North, D. C. (1992) Institutionen, institutioneller Wandel und Wirtschaftsleistung, Tübingen (Mohr) 1992. 『制度・制度変化・経済成果』D. C. ノース著、竹下公視訳、晃洋書房 (1994/12)
- Pentland, A. S. (2015) 「データはだれのものか」『ダイヤモンドハーバードビジネスレビュー』、2015年4月
- Picot, A. /Schuller, S. (2001) Corporate Governance, Jost, P. -J. Hrsg. *Der Transaktionskostenansatz in der Betriebswirtschaftslehre*, Stuttgart (Schaffer-Poeschel) 2001, S. 78-105.
- Picot, A. /Ripperger, T. /Wolff, B. (1996) The Fading Boundaries of the Firm - The Role of Information and Communication Technology, *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, Vol. 152 (1996) S. 65-79

- Picot, A. /Reichwald, R. /Wigand, R. T. (2001) *Die Grenzenlose Unternehmung - Information, Organisation und Management*, 4., Wiesbaden (Gabler) 2001
- Porter, M/Heppelmann, J. E. (2015) 「IoT時代の競争戦略」『ダイヤモンドハーバードビジネスレビュー』、2015年、4月
- Porter, M/Heppelmann, J. E. (2016) 「IoT時代の製造業—組織とバリューチェーンはこう変わる」『ダイヤモンドハーバードビジネスレビュー』、2016年、1月
- Seiter, M (2016) 'Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie4.0, Symposium: Business Economics Aspects of Industry 4.0, 78. Jahrestagung des VHB, 18. Mai, 2016
- Williamson, O. E. (1975) *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications. A Study in the Economics of Internal Organization*, New York, Free Press, 1975. 『市場と企業組織』 O. E. ウィリアムソン著、浅沼蔦里、岩崎晃訳、日本評論社 (1980/11)
- Williamson, O. E. (1985) *The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*, New York, Free Press 1985

邦文献

- アウトソーシング協議会 (2000) 『サービス産業競争力強化調査研究-アウトソーシング産業事業規模基本調査』アウトソーシング協議会、平成11年度通商産業省委託調査、平成12年3月
- IVI (2016) Industrial Value-chain Initiative <https://www.iv-i.org/events/150618.html>
- Immelt, J. R. (2016) 「デジタル化で未来を切り開け」『日経コンピュータ』、2016年、9月
- 経済産業省 (2015) 『ものづくり白書』経済産業省、5月
- 経済産業省 (2016) 『ものづくり白書』経済産業省、5月
- JETRO (2014) 『ドイツ「Industrie4.0」とEUにおける船体製造技術の取組に関する動向』、2014年6月日本貿易振興機構、ブリュッセル事務所
- 丹沢安治 (2000) 「ロックインとパス・ディペンデンス」*IT&ET* 研究会、経営情報学会
- 丹沢安治 (2014) 「日中間ソフトウェア・オフショア開発における重層的取引構造の共進化」『日中オフショアビジネスの展開』丹沢安治編、同友館、2014年2月、pp. 3-32
- 丹沢安治 (2015) 「情報テクノロジーの発達と共進化現象」『中央大学政策文化総合研究所年報』、中央大学政策文化総合研究所、2015年8月
- 丹沢安治/留岡正美/中司慎太郎/宮本浩明 (2015) 「スマートビジネスと日本の次世代製造業」『戦略経営ジャーナル』vol. 4. No. 1、2015年12月
- 長島聡 (2015) 『日本型インダストリー4.0』日本経済新聞社
- METI JOURNAL (2015) 「ドイツで始まっている革命」『METI JOURNAL』、2015年4月、5月
- NIKKEI ELECTRONICS (2015.) 「スマートマシンの目覚め」、『NIKKEI ELECTRONICS』、2015年2月
- NIKKEI ELECTRONICS (2016) 「製造手法の革新」『NIKKEI ELECTRONICS』、2016年2月

- NIKKEI CONSTRUCTION (2015) 「道路をデータで丸裸に」『NIKKEI CONSTRUCTION』、2015年、9月
- NIKKEI COMMUNICATIONS (2015) 「「遠隔乗っ取り」まで来た車の攻撃リスク、IoT時代は「モノのセキュリティ対策」も」『NIKKEI COMMUNICATIONS』2015年10月
- 日経コンピュータ (201506) 「日本はIoTで世界をリードできる-2つのアプローチを使いこなせ」『日経コンピュータ』、2015年6月
- NIKKEI COMPUTER (2016) 「IoTのデータはだれのもの？ユーザー企業とベンダーの思惑錯綜」『NIKKEI COMPUTER』、2016年8月
- 日経コンピュータ (201608) 「IoTのデータはだれのもの？」『日経コンピュータ』2016年8月
- 日経情報ストラテジー (2015) 「IoTで「4M2S」データ全部取り-生産現場に眠る宝の山」『日経情報ストラテジー』、2015年、4月
- 日経ビジネス (201501) 「日本抜きの産業革命が始まる」『日経ビジネス』、2015年1月
- 日経ビジネス (201605) 「ファナック変身 自己変革こそIoTの要」『日経ビジネス』、2016年、5月23日
- 日経ビッグデータ (201503) 「次世代製造業の「インダストリー4.0」本場の独は、データ活用の最初の壁へ」、『日経ビッグデータ』2015年3月
- 日経ビッグデータ (2015) 「次世代製造業の「インダストリー4.0」本場の独はデータ活用の最初の壁へ」、『日経ビッグデータ』、2015年3月
- 日経ものづくり (2015) 「GEの「新産業革命」、インダストリアル・インターネット、次の一手」『日経ものづくり』2015年、1月
- 日経ものづくり (201504) 「富士通が挑むデジタルものづくり-他社とも協業し、「Industrie 4.0」に対抗」『日経ものづくり』、2015年4月
- NIKKEI MONOZUKURI (2016) 「IoT化の加速で狙われる産業機器、セキュリティ強化は待ったなし」『NIKKEI MONOZUKURI』、2016年8月
- 野村直秀他 (2015) 「インダストリアル・インターネットの機会と課題-インダストリー4.0」PwC
- 村田聡一郎 (2015) 「Industrie 4.0 ~ドイツに学ぶ、インテグレートッド・インダストリーの実践例」2015年5月31日 SAP ジャパン株式会社、経営情報学会、2015年5月31日

インタビュー

2015A氏：総合電機メーカー勤務

2015年11月B氏：業界団体職員

2016年4月C氏：ベンチャー経営者