

製造業のものづくり現場における AI の導入・ 利活用による新たな競争優位の獲得¹

Acquisition of New Competitive Advantage by Introducing and Utilizing AI at the
Manufacturing Site of Manufacturing Enterprises

近藤 信一*
Shinichi Kondo

***** 目 次 *****

1. 問題意識：AI への過度な期待と今後への期待
2. 研究背景と研究目的：AI の導入と利活用の現状と課題
3. データと分析：インタビュー調査内容と研究方法
4. データからの考察：AI の導入と利活用のポイント
5. まとめ：製造業における AI 利活用の意味
6. 今後の研究について：AI 時代に入り変化する競争優位の源泉

1. 問題意識：AI への過度な期待と今後への期待

近年、AI（Artificial Intelligence、人工知能）がキーワードとして急浮上してきている。そこで複数の行政機関や産業支援機関が、中小企業を対象に AI に関するアンケートを実施している。多くの調査結果で、期待度は高い、つまり意識は高いが、導入は進んでいないことが判明した。その理由としては、人材がないこと、どのように IoT や AI を活用していいかわからないこと、などが挙げられている。2012 年から 13 年のバズワードとして「スマートコミュニティ」、2014 年のバズワードとして「ドローン」がきて、2015 年から現在のバズワードとして「IoT」、2016 年から現在のバズワードとして「AI」がなりつつある。これまでの IT 化の延長線上にあるような製品やサービスが「IoT 対応」「AI 搭載」機器やサービスとして発表されている。

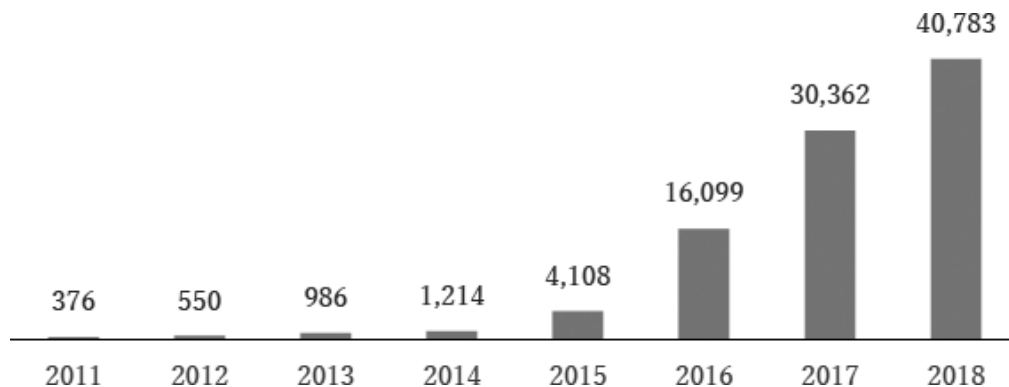
AI に関連する新聞記事の数の推移を見ると、2015 年以降、最近の 4 年間で急激に AI への社会的な関心が高まっていることがわかる。（図表 1 参照）

また、AI に関連する論文数・特許出願数（出版年・出願年別）をみると、AI に関連す

* 岩手県立大学 総合政策学部 准教授、機械振興協会 経済研究所 特任研究員

¹ 本稿は、近藤信一（2019）「ものづくり現場における AI 利活用と競争優位の獲得一定性的実証研究（企業現場インタビュー調査）からの考察」『Nextcom』37 号、（株）KDDI 総合研究所、pp. 24-34 に大幅に加筆修正し、新たに分析を加えたものである。

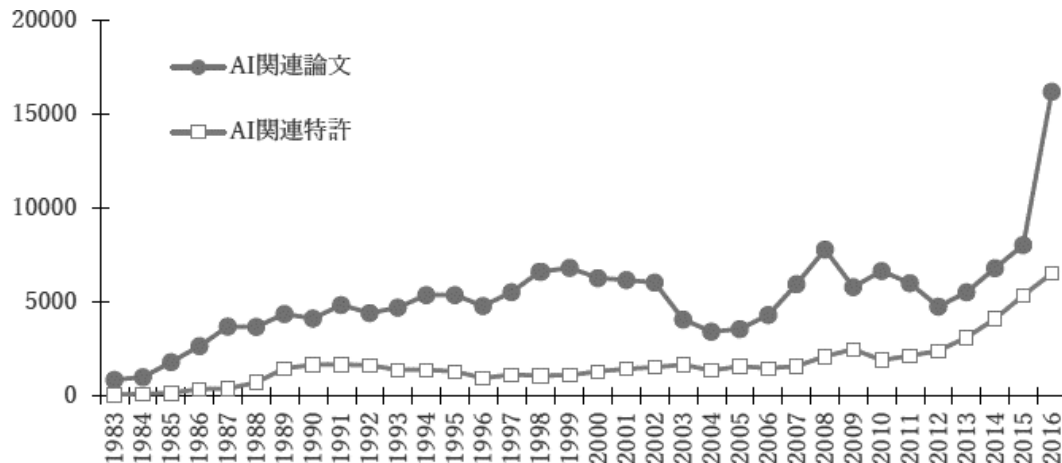
図表 1 AIに関連する新聞記事の数の推移



出典：日本経済新聞社『日経テレコン』に収録された全新聞記事
(2018年11月22日時点、2018年の値は推計値)

出所) 池内健太 (2018)「人工知能技術の発展をどう測るか?」(RIETI、コラム (2018年12月4日))より抜粋

図表 2 AIに関連する論文数・特許出願数 (出版年・出願年別)



出典：JGlobal に収録されている学術文献及び Patstat に収録されている特許書誌情報

出所) 池内健太 (2018)「人工知能技術の発展をどう測るか?」(RIETI、コラム (2018年12月4日))より抜粋

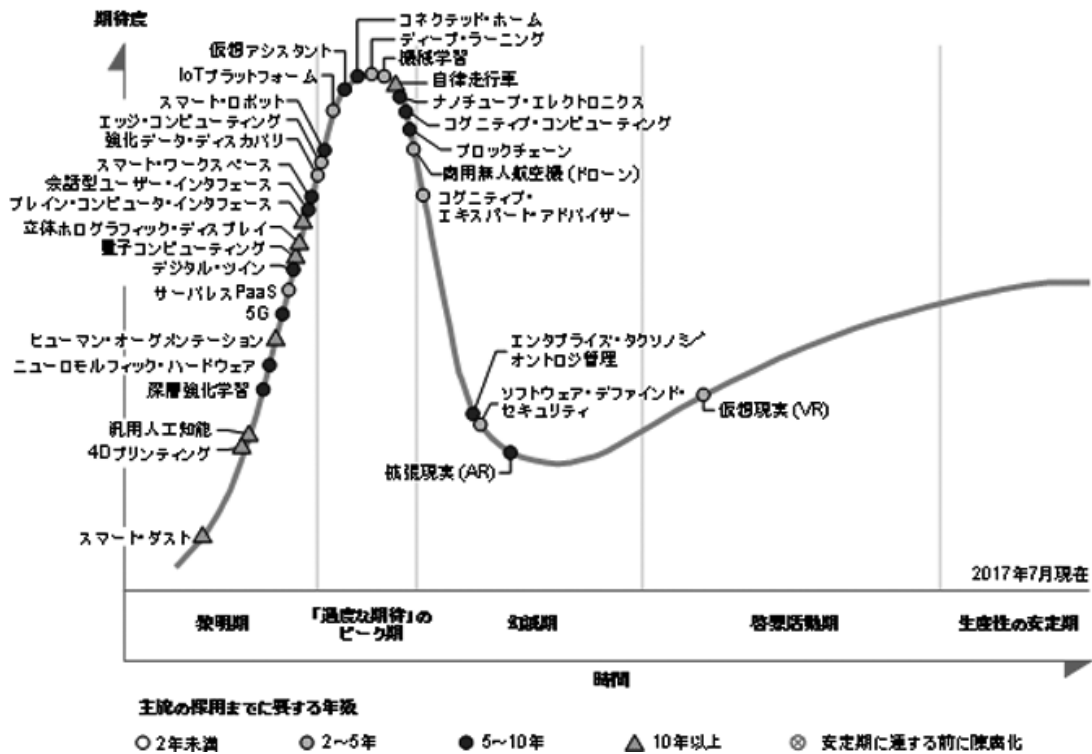
る世界全体の論文数と特許の出願数は最近の約5年間で大幅に増えている。(図表2参照)

日本経済新聞の「日中韓経営者アンケート」では、「自社のビジネスに最も影響を及ぼす新技術」として1位は「AI」、2位は「IoT」となり、3カ国共通であったことから国際的にも高いAIへの関心がうかがえる²。

しかしながら、テクノロジーとアプリケーションの成熟度と採用率をグラフィカルに表示した米調査会社のガートナーのハイブ(誇大な宣伝)・サイクル(2017年)によると、AIのディープ・ラーニング(深層学習)とマシン・ラーニング(機械学習)は「過度な期待のピーク期」にあり、「幻滅期」と「啓蒙活動期」を乗り越えて「生産性の安定期」に入るにはこれからの取り組みが重要である。(図表3参照)

² 『日本経済新聞』2018年1月11日

図表3 先進テクノロジーのハイプ・サイクル：2017年、世界



出所) ガートナー「先進テクノロジーのハイプ・サイクル：2017年」(2017年8月23日)

AIの製造現場への導入状況、特にIVI参加企業(主に大企業)の声によると、「手探り段階、検討している段階が中心、しかし期待する声は大きい」という³。大企業でも、このような状況であるが、今後バズワード化を避けるために、地に足を付いた取り組みにする必要があるといえる。

IoT/AIとは一体何なのか、『本質』見極めることが経営戦略とビジネスモデル構築のためには必要である。本研究では、積極的にAIを導入・利活用している製造業の企業(先端事例)に対してインタビュー調査をした実態調査に基づき報告する。

2. 研究背景と研究目的：AIの導入と利活用の現状と課題

2.1 先行研究調査

AIに関しては近年多数の著作、論文が国内外で発表されている。技術的側面では、データ収集、アルゴリズムなどについて様々な論文が発表されている。また、経済学的側面でも、資本主義の経済や社会の変化を取り上げた著作(例えば、国内では井上智洋(2016)『人工知能と経済の未来』文春新書などが、海外ではCheney-lippold, John(2018)『We Are Data: Algorithms and the Making of Our Digital Selves』, New York Univ Pressなど)があり、資本主義の変容を取り上げた著作(例えば、国内では此本臣吾(2017)『デ

³ 「IVI公開シンポジウム2018 -Spring-~あらたな時代を望む大胆なビジネス戦略とグランドデザイン~」(日時:2018年3月8日及び9日、場所:東京コンベンションホール(東京都中央区))から。

『デジタル資本主義』日経BP社などが、海外では Daugherty, Paul R./ Wilson, H. James (2018)., *Human + Machine : Reimagining Work in the Age of Ai.*, Harvard Business School Press など)がある。これらの先行研究については、経営学の側面から研究している筆者の研究対象外である。経営学的側面では、人とAIの融合に関して肯定的著作と否定的著作(例えば、Thomas H. Davenport (2018) や Daugherty, Paul R./ Wilson, H. James (2018) など)がある。また、機械設備とAIの融合に関して肯定的著作と否定的著作(キング, ブレット (2018) など)がある。さらに、企業を取り囲む事業環境の変化についての著作(例えば、DIAMIND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部 (2016) など)がある。このように、仕事や業務への影響(労務管理面)やマネジメントへの影響(経営管理面)を中心に企業を取り巻く事業環境の変化に関する先行研究は多い。他にも、AI供給サイド(AIベンダー)とAI需要サイド(AIユーザー)など立場の違いからの事例研究や各種報告書類は多数あるものの、いずれも「技術的な視点からの議論が多く、戦略的視点や市場的視点からの議論が少ない」(有識者インタビュー調査から)ことから、製造業、特にものづくり現場での導入・利活用の経営戦略論的視点、特に競争優位に関する視点での学術的かつ実証的な先行研究は筆者が調べた限りない。

2.2 研究目的：中小企業におけるAIへの意識と本研究の意義

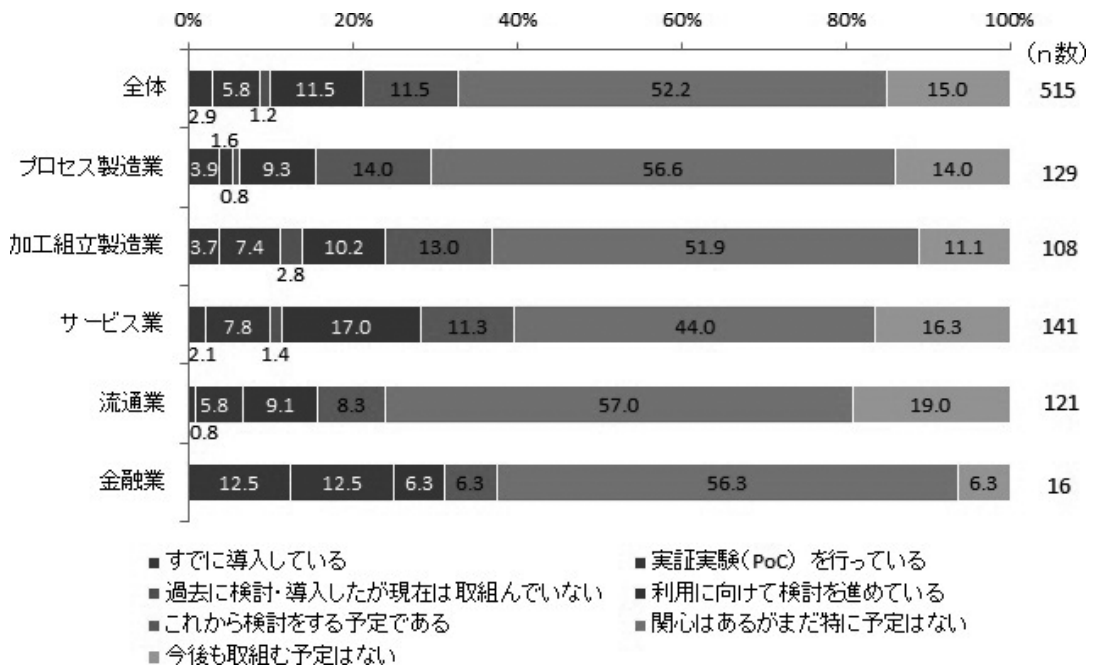
調査会社の矢野経済研究所が実施した業種別AIの導入状況に関する法人アンケート調査(2018年)によると、国内民間企業515社のAI導入率は2.9%にとどまり、AIの導入率を業種別に見ると金融業(n=16)が12.5%と最も高く、プロセス製造業(n=129)が3.9%、加工組立製造業(n=108)3.7%と業種別で製造業は全体よりやや高い傾向にあり、サービス業(n=141)2.1%と続き、流通業(n=121)が最も低く0.8%となった。(図表4参照)

また、岩手県内企業の意識(2017年度アンケート調査結果⁴からAI関連を抽出)も、「新市場への参入意向・関心」(参入市場として)については参入済又は取組中との回答は2.8%、参入計画中又は検討中との回答は13.1%、計画等無いが関心ありとの回答は29.9%となっており、「新技術の活用意向・関心」(活用技術として)については活用中又は取組中との回答が1.9%、活用計画中又は検討中との回答が11.2%、計画等無いが関心ありとの回答が55.1%と、市場としてもユーザーとしても期待は高いものの、取り組み自体は進んでいないことが分かる。(図表5参照)

AI・IoTの利活用に係る課題については、日本企業は他国企業と比較して「通信回線の品質や速度」や「外部との接続性」等といったICTのインフラに関する課題の回答率が低いが、一方で「自社のニーズに対応したソリューションや製品・サービス」「ビジネスモデルの構築」などの事業改革に関する課題、また「組織としてのビジョンや戦略の立案」「組織風土」といった組織改革に関する課題について回答率が高い傾向が見られた(図

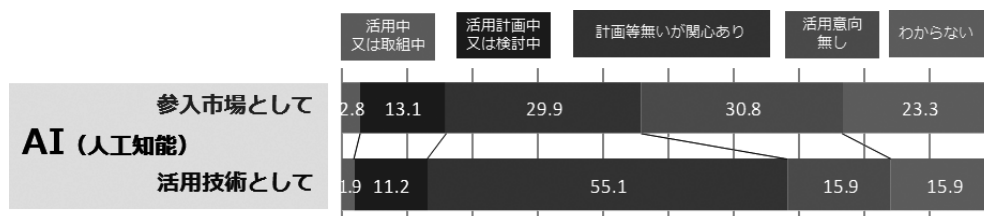
⁴ 岩手県工業技術センター(次世代ものづくり研究会)実施によるアンケート調査。「次世代ものづくり」に関するアンケート調査、実施期間：2017年12月6日～28日、実施方法：Eメールにて配布・回収、実施対象：岩手県内ものづくり企業250社、回答企業数：113社(回収率45.2%)

図表 4 業種別 AI 技術の導入状況



注① アンケート調査期間：2018年7月～10月、調査（集計）対象：国内の民間企業515社（プロセス製造業129社、加工組立製造業108社、サービス業141社、流通業121社、金融業16社）、調査方法：郵送によるアンケート調査、単数回答。
 注② 四捨五入のため、図内の合計・比率が一部異なる。
 注③ 機械学習（ディープラーニングを含む）、自然言語処理、画像認識、機械翻訳、ロボット、チャットボット、RPAなどを指す。また、RPAのように一般にはAIと称するほど高度な技術とみなされないものも一部に含まれる。
 出所）矢野経済研究所、2018年12月17日発表のレポートサマリー

図表 5 岩手県内企業の AI に対する意識調査

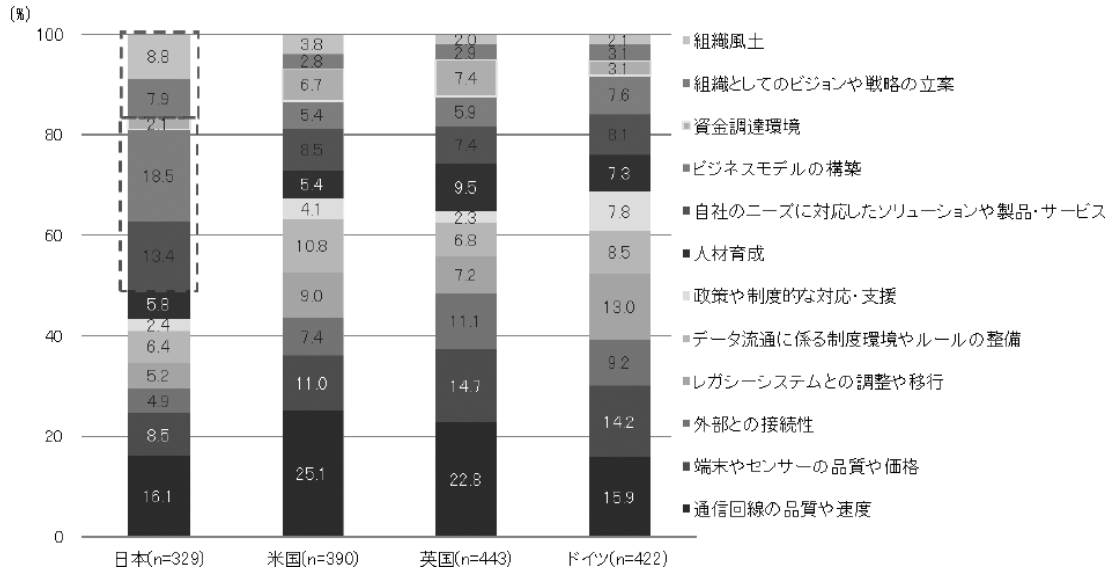


出所）岩手県内企業の意識（2017年度アンケート調査結果から）

表6)。特に後者の点については、前述の導入に係る課題と同様に、AI・IoTの利活用がもたらす効果や、その効果を最大化するための方策について具体的に見えていない可能性が挙げられる。

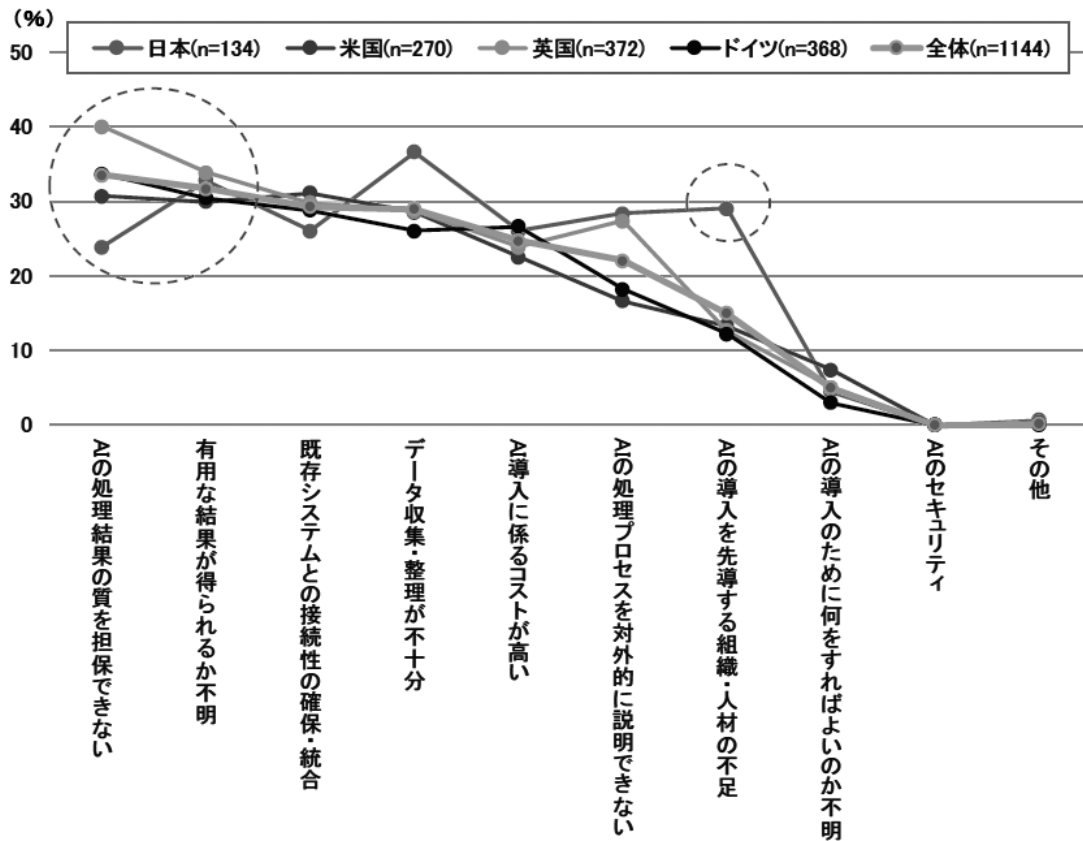
AIの導入にあたっての課題で日本の特徴は、「AIの分析結果を担保できない」、「有用な結果が得られるか不明」等、AIの導入による効果が不透明であるとの回答率が高くなっていることである（図表7）。この点については、市場全体で見るとAIの普及が未だ黎明期であることが背景として挙げられる。加えて、前述のIoTと同様に、日本企業においては、「AIの導入を先導する組織・人材の不足」の回答率が諸外国と比較して高くなっているという特徴がある。

図表6 AI・IoTの利活用に係る課題（国際比較）



出典) ICTの導入・利活用への取組状況に関する国際企業アンケート
 出所) 三菱総合研究所社会ICTイノベーション本部(2018)、p.64より抜粋

図表7 AIの導入にあたっての課題—日本の特徴



出典) ICTの導入・利活用への取組状況に関する国際企業アンケート
 出所) 三菱総合研究所社会ICTイノベーション本部(2018)、p.63より抜粋

筆者が行った地方銀行系シンクタンクへのインタビュー調査では、「定期的を実施している経営者向け景況感アンケート調査で AI がキーワードとして急浮上してきた。そこで、四半期毎の業況調査アンケートの付帯調査としてアンケートを実施した。調査結果は、期待度は高い、つまり意識は高いが、導入は進んでいないことが判明した。その理由は、製造業、特に中小企業の設備投資動向をみると、目先の増産対応に追われており（短期）、効率化のための投資が落ち込んでいる（中長期）。つまり、すぐに利益が出るようなこと、目先の増産対応に精一杯なのである。その他の理由としては、人材がいないこと、どのように IoT や AI を活用していいかわからないこと、が挙げられる。」と、期待度と意識は高いものの、導入は進んでいないことが指摘されている。

IoT は、中小企業でも実証段階にあり、多くの実証事例がある。そして現在では、実装に向けたコストなどの課題の抽出と解決策の検討がされている段階である。AI は、大手企業で実証が始まった段階であり、中小企業では検討段階にあるといえる。したがって、本研究では研究テーマに沿った代表事例を集めることが困難であり、本研究でインタビュー調査した事例は先端事例であるといえる。よって、本研究自体が、中小企業の AI 導入と利活用にあたり経営学的視点からの先行研究となる。

2.3 AI とは

2.3.1 AI における機械学習・ニューラルネットワーク・深層学習の関係

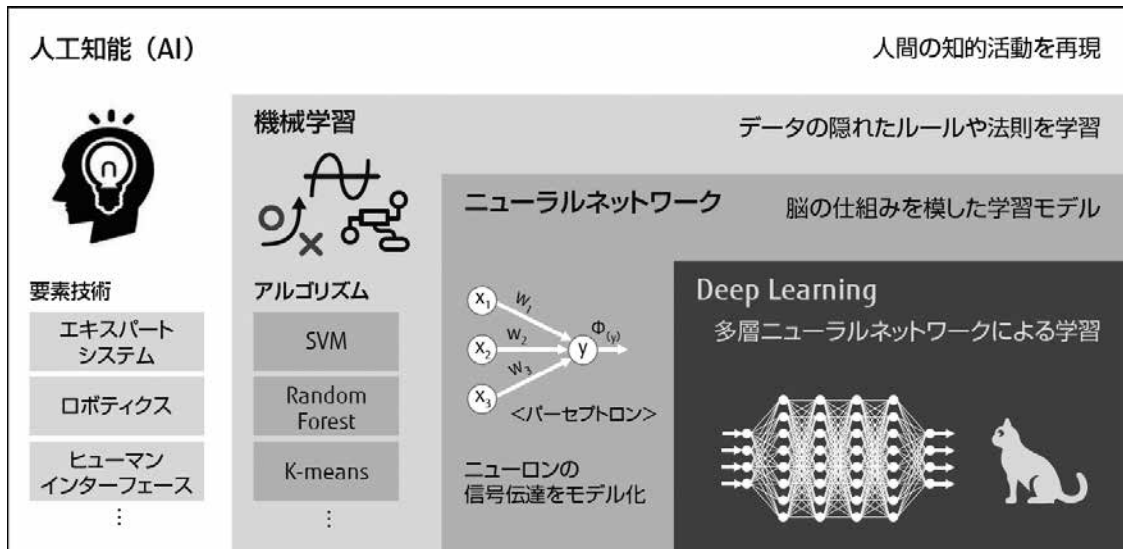
機械学習（マシン・ラーニング）は、AI の要素技術の 1 つであり、ニューラルネットワークは機械学習のアルゴリズムの 1 つで、（ディープ・ラーニング）は多層に構築されたニューラルネットワークである。機械学習とは人間が行っている学習機能をコンピュータで実現しようという技術であり、昨今の AI と名のついているシステムではこの機能が核になっている場合が多い。機械学習によりコンピュータはデータの中に潜む特徴を学習し、あたかも自ら成長しているように振る舞ったり、新たな未知のインプットに対応したり、時には人間の感覚を超えたアウトプットを見せる。深層学習とは、機械学習の手法（アルゴリズム）の 1 つであるニューラルネットワークを多層構造に構築したものである。機械学習自体は古くからある技術であるが、深層学習はこの機械学習の限界値を大きく引き上げた。（図表 8 参照）

2.3.2 技術レベル・機能による AI の 4 段階分類

AI について、明確な定義は存在しないものの、一般的には「人間の知的な振る舞いを工学的に実現するシステム」といった概念で理解が共有されている。昨今の「ブーム」の中で、冒頭に述べたように、AI を謳う製品やサービスが増えつつあるが、その一部は、マーケティング（販促的な）目的から、従来から利用している技術をそのまま AI と呼び変える等、その技術の実体以上に AI という言葉が幅広く使用されている印象も無くはない⁵。

AI の捉え方は幅広く、従前からある機械学習を含めて AI と呼ぶこともあれば、技術的な革新のあったディープ・ラーニング（ニューラルネットワーク）を指すケースもある。

図表 8 AI：機械学習・ニューラルネットワーク・深層学習の関係



出所) 富士通総研 (2018)『知創の杜』2018 Vol. 2、p 23

さらに、特定のタスクに限定されず、人と同様の汎用能力を持つ AI を想定しているケースもあれば、デジタルレイバーとして着目されている RPA (Robotic Process Automation) も含めて AI と見なすケースもある。

AI として認識されているものは、その技術レベル・機能などに基づいて、一般的に 4 段階に分類される。(図表 9 参照)

図表 9 AI の 4 段階

	どのような技術か	実現される機能	事例
レベル1 (制御)	従来の制御工学に基づく制御システム	制御システム(厳格なルール)に基づく単純なアウトプット	“AI搭載”と称される家電製品
レベル2 (推論)	「知識」を使ったAI ⇒推論・探索が可能に	インプットされたデータと予め決められたルールに基づく多様なアウトプット	・質問応答システム ・将棋やチェスのプログラム ・囲碁のプログラム
レベル3 (機械学習、マシンラーニング)	機械学習を取り入れたAI	限られたデータを基に、人間が設定したルールや知識を学習し、自動的に判断してアウトプット	・インターネットの検索エンジン ・クラウド会計ソフト ・学習解析ソフト
レベル4 (深層学習、ディープラーニング)	ディープラーニングを取り入れたAI	莫大なデータを基に、自律的に特徴やルールを学習。高度な分析機能により、自動的に判断してアウトプット	・画像認識システム ・音声認識システム ・自然言語処理システム ・ロボット、機械の自律化

出所) 2018年7月6日に福島市内で桜美林大学・坂田氏の講演「中小企業におけるIoTとAI導入の効果と課題」の資料に加筆修正

⁵ みずほ銀行・みずほ情報総研・みずほ総合研究所 (2016)『みずほ産業調査 54 特集：世界の潮流と日本産業の将来像—グローバル社会のパラダイムシフトと日本の針路—』、pp. 277-284、を参照。

2.4 AI 利活用のビジネスモデル

ビジネスモデルとして何を記述するのかについては幅がある。國領（1999）は、「顧客への価値提供、経営資源の調達と組み合わせ、パートナーや顧客とのコミュニケーションの仕方、顧客に対する流通経路と価格体系」とし、Chesbrough and Rosenbloom（2002）は、「顧客セグメント、価値提案、バリューチェーンとバリューネットワーク、コスト構造と利益の可能性、競争戦略」とし、Osterwalder and Pigneur（2010）のビジネスモデル・キャンバスでは、「キーパートナー、キーアクティビティ、キーリソース、提供価値、顧客との関係、チャンネル、顧客セグメント、コスト構造、収益の流れ」という9項目を用いている（高松朋史（2018）「ビジネスモデル論を考える」『J-STAGE』Global Business Research Center）。

筆者は、ビジネスモデル（ビジネスシステム、事業システムと同意義）とは、ビジネスプラン（事業化に向かったのアイデアや構想）を、経営資源（ヒト、モノ、カネ、情報、ブランド）を活用して経済的価値に変換し、顧客価値を創造して利益を獲得するための構造とプロセスである、と捉えている。ビジネスモデルを単純に言えば、製品やサービスを企画・製造して販売していくための事業の仕組みである。つまり、ビジネスモデルとは、ビジネスプランを基にある特定の製品やサービスで収益を生み出す事業構造のことを指す。

ビジネスモデルで収益を上げる方法は、以下の2つに大別される。1つは、コスト削減（費用を削減するか、生産性を上げて相対的に費用比率を下げるか）をして収益を上げるビジネスモデルである。もう1つが、売上を上げて（新しく売上を創出するか、既存の売上を増加させるか）収益を上げるビジネスモデルである。2つの方法によりある特定の製品やサービスで収益を生み出す事業構造、これをビジネスモデルという（近藤（2018）参照）。

誤解を恐れずに言えば「ビジネスモデルとは収益を生み出す事業構造のこと」であり、収益を生み出すには、①コスト削減と、②売上伸長（既存事業を伸ばす、新規事業を立ち上げる）、という2つの方法がある。コストを削減することは、従来から日本企業、特に製造業の得意技（カイゼン活動やQC活動など）であり、AI導入によるさらなるコスト削減を目指している。AI導入により売上を伸長することは、ほとんど事例がないといえる。ただし、多くの企業はAI導入によりこの領域を求めている。

2.5 日本企業のAI利活用に向けた取り組みの現状と課題

AI活用の実証実験は多く行われるようになってきた。AI活用の広がりを示す先行研究は幾つかあり、例えば企業活力研究所（2018）は、AIの適用領域を「顧客体験変革」「業務プロセス革新」「新商品・サービス」という3つのカテゴリーに類型化し、そしてAIの能力も「照会応答」「探索発見」「意思決定支援」という3つのカテゴリーに分類して、「適応領域×能力」のマトリクスでAIがどのような場面で利活用できるかを整理している。（図表10参照）

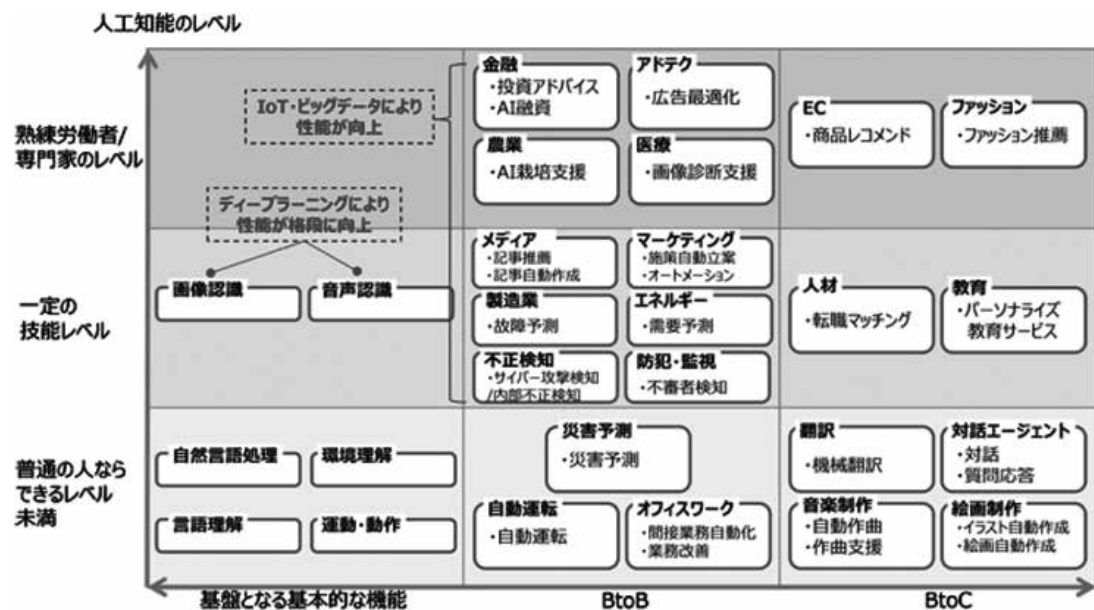
また、情報通信総合研究所（2018）は、AIのレベル（作業内容の専門性）とB向けかC向けかによって分類しており、分類上にプロットされているのは、個別サービスではな

図表 10 AI 利活用の広がり (適応領域×能力)



出所) 企業活力研究所 (2018)、p 18 より抜粋

図表 11 AI 利活用の広がり (用途別×分野別)



出所) 情報通信総合研究所 (2018)、p 217

く用途 (マーケティング、不正検知、災害予測等) や分野 (金融、農業、医療等) となっている。(図表 11 参照)

上記のように利活用の領域が拡大する AI であるが筆者による有識者インタビュー調査では、「求められる AI 技術レベルは高く (レベル 4)、期待が高いのが製造業であるが、導入が進んでいないのも製造業である。一方で、求められる技術レベルが低い (レベル 3 まで)、導入が進んでいるのが小売・サービス業である。」という。AI 技術のものづくりへの活用では、直接ものづくりに関わる工程・現場だけでなく、その周辺や経営・マネジメントなど、目的に応じて幅広い領域での活用が期待されている。(図表 12)

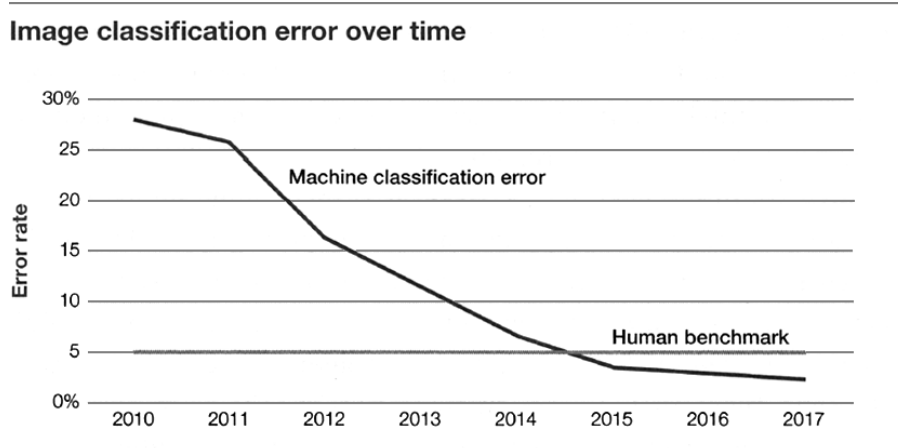
図表 12 AI 技術のものづくり分野での利活用

領域 \ 目的・成果	生産工程の向上 (自動化・効率化 → 省エネ・コストダウン)	品質・サービスの向上 (顧客への提供価値向上)	新しい価値創造 (できなかったことが可能に)
ものづくりの上流	<ul style="list-style-type: none"> 生産システム設計・生産計画策定 在庫管理 部品・材料検査 (効率化) 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発・材料設計支援 部品・材料検査 (精度向上) 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発・材料設計支援 (AIが熟練者をサポート)
ものづくり工程	<ul style="list-style-type: none"> 動線最適化 組み立て作業・ピッキングの自動化 省エネ分析・実施 歩留まり・稼働率向上 	<ul style="list-style-type: none"> 職人技術の代替・伝承 (技術の伝承、加工条件、製造条件の最適化、反応・醸造工程の管理・制御) 	<ul style="list-style-type: none"> ものづくりの進化支援 (AIが熟練者をサポート)
ものづくりの下流	<ul style="list-style-type: none"> 画像認識検査 (効率化) メンテナンス・アフターフォロー 梱包工程の効率化 物流効率化 → 省エネ 	<ul style="list-style-type: none"> 画像認識検査 (精度向上) メンテナンス・アフターフォロー (サービス向上) 	<ul style="list-style-type: none"> 新しいアフターフォローサービス提供
ものづくりを支える周辺	<ul style="list-style-type: none"> 見積作成 設備管理 生産ライン管理・保全 (メンテナンス、故障予知、省エネ) 	<ul style="list-style-type: none"> 技能伝承・技能訓練支援 生産ライン管理 (安定操業) 	
経営・マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> 事業戦略策定 需要予測 マーケティング 	<ul style="list-style-type: none"> 労務管理・人事管理 マーケティング 顧客対応 	<ul style="list-style-type: none"> 新事業・新製品開発 事業領域の拡大

出所) 三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング (2018)、p 6 より抜粋

製造業（ものづくり分野）において、検査工程で AI による画像認識が活用され始めているが、製造業の生産ラインで画像認識が活用される背景には、エラー率の劇的な改善がある。Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (2018) によると、2010 年に 28% もあったエラー率は、2012 年がブレイクスルーの年となり 16% まで低下し、2015 年に人間を超える水準となった（図表 13）。

図表 13 人間を越えた AI による画像認識



出所) Ajay Agrawal, Joshua Gans, Avi Goldfarb (2018), *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence.*, Harvard Business Review Press, pp. 28-29 より抜粋

既存研究（三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング (2018)）においても、AI の製造現場での活用事例が少ないが紹介されつつある⁶。

これまで人によって行われてきた作業や業務への AI 技術の利活用だけでなく、人とし

か行えないと思われてきた作業や業務への AI の利活用が進められている。例えば、「匠(職人)はいかに考え、処理しているか」を解明し、技能・知識を伝承するか、熟練技能のデジタル化と技能伝承に AI 技術が活用され始めている。その背景としては、IoT で暗黙知のデータ化が進み、AI の活用が可能になり、AI が「暗黙知の形式知化」に有効なツール、つまりナレッジマネジメントのツールとして有効であるとの認識が広がっている。このツールは、既に大手ベンダーからサービスとして商品化されている⁷。

上記のように、大企業では製造現場での AI 導入が既に始まっている。その目的は、人手不足対策、品質向上（特に検査工程）、生産現場の改善、生産計画の自動作成等であり、特に検査工程（画像認識や動画認識の活用）での実証実験が進められている⁸。筆者の銀行系シンクタンクへのインタビュー調査でも「製造業では、検査工程での AI の活用が進んでいる。それは、効果が分かり易い事例だからである。」という声があった。IoT の実証と社会実装を推進している IVI (Industrial Valuechain Initiative) でも「AI による生産ラインの生産性向上と自動化進展」の第一弾として検査工程の実証取り組み事例が 3 件報告されている（「IVI 公開シンポジウム 2018 -Spring」、2018 年 3 月 8 日～3 月 9 日）。そして、中小企業でも先端的企業では実証レベルの導入事例もみられるが⁹、ただしまだ事例数は少ない。製造業のものづくり現場での AI の導入と利活用が実証段階では進められてきているものの社会的実装はまだこれからであり、特に中小企業のものづくり現場においては実証もこれからであるといえる。

日本企業が実証実験段階から脱して実装化するための課題としては、コンサルティング会社 PCW が、顧客とのコミュニケーションでの実感によると以下の 3 点であると指摘している¹⁰。①目的が不明瞭であること。AI に関するビジネスモデル検討で相談をいただくクライアントの多くが「AI を活用するように、と経営層から指示があったが、何をすれば良いのか」と頭を抱えている。②現在の技術から実現できることを考えてしまうこと。「できること」から考えてしまうと、結局①と同様に「実証実験を試みたが、大して効果が出ないではないか」という結論に繋がり AI の活用に対しネガティブな影響を与えてしまい、実用化に向けた検討が進まない一因となっている。③「試しにやってみる」が許されないこと。AI は大量のデータを学習することで高度化していくが、導入初期段階では、

⁶ 例えば、駿河精機(株)は、AI を活用して最適加工条件を自動作成する「金属加工における最適加工条件自動生成」システムを構築しており、また新日鉄住金(株)は AI を活用して最適な生産計画の自動生成システムを構築している。

⁷ 富士通総研(2018)『知創の杜』2018 Vol. 2、p 17 や「NEC“ベテランの勘”AI に」『日刊工業新聞』2018 年 6 月 14 日などを参照。

⁸ 例えば、「AI で生産計画立案 日立」『電気新聞』2017 年 10 月 24 日、「フジクラ、製品検査に AI 活用 70% 超の工程削減」『日刊工業新聞』2018 年 4 月 25 日、「AI で製品検査 技術者退職補う デンカが 100 億円」『日本経済新聞』2018 年 7 月 21 日、等がある。

⁹ 「DAISE、AI で生産計画立案 板金加工を平準化」『日刊工業新聞』2018 年 7 月 30 日や「旭鉄工、AI で生産管理」『日刊工業新聞』2018 年 7 月 30 日などが挙げられる。

¹⁰ 今井俊哉・大塚泰子(2018)「特集：テクノロジーは戦略をどう変えるか AI は失敗からも学ぶ 知的なリスクテイクを恐れず 日本企業ならではの新たな利活用を試行せよ」『DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー』2018 年 1 月号、ダイヤモンド社、を参照。

データによる学習が不十分なので失敗もある。失敗を許容する文化がないと AI のような革新的技術の導入は進まない。

3. データと分析：インタビュー調査内容と研究方法

3.1 データ収集について

本稿では、製造業における生産現場での AI 導入事例として、①大企業の導入事例¹¹、②みなし大企業での導入事例¹²、③中小企業での導入事例¹³、に分けてインタビュー調査を実施している。他にも数社 AI 導入検討中又は導入予定の企業に対してインタビュー調査を実施した。さらに、有識者へのインタビュー調査として、業界有識者や銀行系シンクタンクなどにインタビュー調査を実施している。

主な質問項目は、(1)AI 導入の契機、現状と課題、今後の方向性、(2)AI の製造業における普及のポイント、(3)AI 時代の競争優位の源泉について、(4)政策的支援について、である。これらの質問項目に基づく半構造化インタビューを実施した。なお、本稿においては、紙面の関係上、個別事例調査の内容については割愛する。

なお、これらの先端的事例は、取り組みの成果も含めて業績などが優れている企業であるといえる（図表 14）。もちろん、AI の導入と利活用の企業価値への効果、特に財務的効果を図るならば、高額になりがちな AI 投資に対しての費用対効果を勘案するためには「営業利益率」ではなく、「投下資本利益率」で計るべきである。ただし、データを入手できていない。

3.2 本研究での研究手法：「Course Research モデル」

本研究は、定性的実証研究であり、データ収集として半構造化インタビュー調査を実施し、インタビューで収集した定性データを基に分析を行った。定性的研究については、Eisenhart(1989) がケースを用いる分析から因果的メカニズムを発見する手法を確立している。本研究では、Christensen and Carlile (2009) が提唱した手法「Course Research モデル」に基づき、本研究では限られた領域に当てはめられる「中範囲の理論」と言える理論構築を目的とする。「Course Research モデル」では、記述的段階と規範的段階の 2 つの大きな段階に分けて理論を構築していく。第 1 段階は、理論構築の記述的段階として 3 つのステップがあり、①観察・関連現象の記述・インタビュー、②観察された現象のカテゴリー分け・分類、③命題の発見、である。次の第 2 段階は、規範的段階としては記述的段階で導かれた命題を規範的理論としての因果メカニズム、つまり解釈モデルの構築を行いその命題の背後にある因果メカニズムを明らかにする。（図表 15 参照）

¹¹ 武蔵精密工業(株) (2018年6月25日 13時00分から14時30分に実施)

¹² 丸和電子化学(株) (小島プレス工業(株)グループ) (2018年7月19日 13時30分から15時30分に実施)

¹³ 月井精密(株) / (株)NVT (2018年4月27日 14時00分から15時30分に実施)

図表 14 インタビュー調査 3 社の業績 (簡易)

武蔵精密工業(株)

決算期	売上(千円)	利益(千円)	利益率	伸長率	
				売上	利益
2018年3月	48,394,000	5,412,000	11.2%	101%	205%
2017年3月	47,850,000	2,643,000	5.5%	104%	95%
2016年3月	46,105,000	2,769,000	6.0%		
2015年3月	45,429,000	1,363,000	3.0%		
2014年3月	54,908,000	2,551,000	4.6%		

対象業種(自動車部分品・附属品製造業)		
	当社	標準値(2018年度)
売上高増加率	101.14%	104.11%
一人当り月売上高(千円)	3,450	3,012

丸和電子化学(株)

算期	売上(千円)	利益(千円)	利益率	伸長率	
				売上	利益
2018年3月	14,797,000		0.0%	130%	
2017年3月	11,342,000		0.0%	110%	
2016年3月	10,326,000		0.0%		
2015年3月	10,552,000		0.0%		
2014年3月	10,900,000		0.0%		

対象業種(自動車部分品・附属品製造業)		
	当社	標準値(2018年度)
売上高増加率	130.46%	104.11%
一人当り月売上高(千円)	4,180	3,012

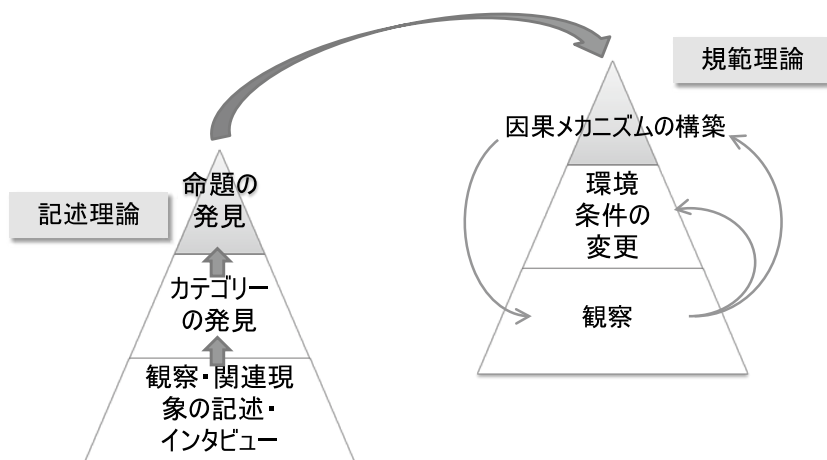
月井精密(株)

決算期	売上(千円)	利益(千円)	利益率	伸長率	
				売上	利益
2017年12月	147,978	9,268	6.3%	135%	371%
2016年12月	110,000	2,500	2.3%	100%	100%
2015年12月	110,000	2,500	2.3%		
2014年12月	130,000	3,000	2.3%		
2013年12月	100,000	1,300	1.3%		

対象業種(他に分類されない金属製品製造業)		
	当社	標準値(2018年度)
売上高増加率	134.53%	101.87%
一人当り月売上高(千円)	1,233	2,509

出所) 東京商工リサーチの企業情報から筆者加筆修正

図表 15 「Course Research モデル」



出所) CHRISTENSEN and CARLILE (2009)., *Course Research : Using the Case Method to Build and Teach Management Theory*. より筆者作成

4. データからの考察：AIの導入と利活用のポイント

4.1 AIの製造業における普及のポイント

以下では、AIの製造業における普及のポイントとして抽出された命題を示す。

命題①：期待先行で導入サイド（ユーザー）のニーズが曖昧であり、それは経営レベルの問題である。

製造業の課題は、①人手不足、②付加価値と収益向上、である。その手段がAIである。製造業の現場では、データが取れている（モノづくり白書2017年版）。しかし、データ活用の状況は低い。そんな中で、「AIを活用せよ」という経営者が多く、AIがブーム（バズワード化）になりつつある。では、AIはなぜブームになったのだろうか。原因の一つが、深層学習により劇的に改善され、分類エラー率が一気に低下したことである。これを製造データに適用すれば、予測や画像認識が可能となる。製造業での適応事例が増えてきているが、ポイントは深層学習に必要な①学習ラベルの質と、②学習データの量である。データは、装置で取るのか、製品で取るのか、工程（検査など）で取るのか、決める必要がある。

「AIを活用せよ」の本当の意図は、AIを使うことではなく、AIを使って収益を上げることである。そのためには、①コンセプト（テーマ）を決めること、②活用するデータを決めること、③手法を決めること、④適用（フィードバック）を決めること、⑤試してみること（PoC、Proof of Concept、概念実証）、が必要である。①「コンセプトを決める」ためには、目的を明確にし、費用対効果を勘案する必要がある。②「活用するデータを決める」ためには、すぐに取り組めるデータであるかと、活用するデータの種類が明確であるか、が選定のポイントとなる。③「手法を決める」ためには、データに対する適切な手法かを検討すること、データの特徴や工程の特徴（“癖”）を捉えているか、が手法選定のポイントとなる。画像認識であればディープ・ラーニングになる。データの特徴と手法の選択は重要な組み合わせである。④「適用を決める」ためには、工程の何（装置、作業員など）に通知するのか、が選定のポイントとなる。⑤「試してみる」ためには、①予測の正答率に基準があること、そして一歩前に踏み出す勇気、がポイントとなる¹⁴。

命題②：AIの導入には経営レベルの理解が必要である。

プロダクト（AIを活用した製品やサービス）を見てばかりいるが、マーケットを見る必要がある。しかし、マーケット、つまり産業界のニーズが“曖昧”なのである。エッジコンピューティングで処理できるシステムを必要としているのか、クラウドコンピューティングで処理できるシステムを必要としているのか、AIを活用するサイドがはっきり

¹⁴ 以上は、展示会（「第2回 AI・人工知能 EXPO」、日時：2018年4月4日～4月6日、場所：東京ビッグサイト）での講演から筆者作成。

していないのである。なぜ、曖昧になってしまうのだろうか。需要サイド企業にはAIを活用したいという考えはあるものの、『未来を創るための見込み需要』に対しての経営サイドの理解が乏しいためAIの利活用プロジェクトが“却下”されてしまうのである。したがって、製造業では、事例として多くが挙がってこないでいる。日本の多くの企業が、『横（同業他社など）を見てから動きたい』と考えているのだろう。AIベンダーによると、日本企業の多くが「ユースケースを教えて欲しい」と望むという。しかし、AIの利活用は事例がまだ多くないのが現状である。したがって、導入を行う企業は各業界でファーストペンギンにならなければならないといえる。自社が先端事例となる意欲を持って取り組む企業は、実施しながらPDCAサイクルを回していく必要がある。このような企業は、ベンチャー企業か、組織的なイノベーションを経ている企業であるといえる¹⁵。

命題③：経営者のITリテラシーの向上と現場の理解が必要である。

2016年頃から問い合わせが増え、2016年後半から2017年前半にかけて問い合わせが増加した。2017年にスタディ段階が終わったと考えている。企画部門はどのように利用すればよいか勘所はできたが、社内稟議が通らないことが多いという（壁は経営層）。理由は、①投資対効果（ROI：ROIとは、return on investmentの略で、投資した資本に対して得られた利益のこと）が不透明であること、②製造業の場合は現場の反発が強いこと、があるという。①については、日本の製造業は現場が強過ぎて、導入による効果（生産性の向上）が見込みづらいといえる。②については、日本の製造業では現場が強く、企画部門がAI導入を推進したくても現場の反発が強いという。AI導入により現場で効果が少し上がっても、現場は面倒だと感じてしまう。日々のオペレーションを変えたくないのである。

また、経営者のITリテラシーも高くない。そのため、AIに対して過度の期待がある。SIer（システムインテグレーター）¹⁶は、AI導入のコストは算出できるものの、成果の算出は不確定であり、経営層が判断できない。有識者のA氏は、ボトムアップ型の企業より、ファナックのようなトップダウン型の企業で導入が進むと考えている。ただし、経営者の理解を促し、動かすことが大事で、IT部門を社長直結にするところは上手くいっているという。したがって、中堅中小のオーナー企業の方が大企業よりも導入が進む可能性がある。トップの理解は重要であり、AIは7割ぐらいの成功確率でスタートしてもいいという判断が必要である。しかしながら、日本企業の多くは、確実にならないとダメであり、POC（概念実証）ばかりしており、実装に踏み切らない。SIerからみれば、実ビジネスになっていないのである¹⁷。

¹⁵ 以上は、有識者へのインタビュー調査から筆者作成。

¹⁶ SIerとは、システムインテグレーション（SI）を行う業者のことである。システムインテグレーションとは、システムを構築する際に、ユーザーの業務を把握・分析し、ユーザーの課題を解決するようなシステムの企画、構築、運用サポートなどの業務をすべて請け負うことである。これらを行う業者がSIerである。（Weblio 辞書より抜粋）

¹⁷ 以上は、有識者へのインタビュー調査から筆者作成。

命題④ 顧客サイドの AI に対する評価（認識）も変わる必要がある。

AI 普及の大きな壁は、製造業（特に自動車産業）における認識である。AI の検査では 100% はない。しかし、顧客が求めるのは 100% の良品である。AI だと 98% になっても残り 2% に対して満足しない。これは、顧客企業が別の視点での取り組みの実績がないため、基準がないことが原因であると考えられる。AI 導入に対する精度、工程能力に対するこだわりや考えが壁になっている。AI を活用したシステムの精度保証をどうするのか、部品レベル・顧客（完成品）レベル・消費者レベルで考える必要がある。品質第一の効果について、機能的には良品でも、外見的には不良品とされることがある。また、製品に対する精度の捉え方、それによる基準が日本と外国では異なることもある。

AI のシステムは 100% ではない。しかも、AI のアルゴリズムはブラックボックスでありプロセスは分からない。したがって、人が全数検査することが 100% 品質保証することと捉えられている。これが、業界の暗黙の了解になってしまっている。品質の基準・機械による自動化・AI の利活用について発注メーカーの捉え方に差があるため、日本では導入が遅れているといえる。トラブルが発生すると人手での検査が最終的な保証手段になっている事実がある¹⁸。

4.2 AI 人材について

AI 人材確保の方法について、既存調査資料では①社内での育成¹⁹、②外部からの獲得²⁰、に分かれた。以下では、インタビュー調査により AI 人材について抽出された命題を記す。

命題：AI 時代は、外部環境の変化のスピードはこれまで以上に速くなる。したがって、内部環境の変化もそのスピードに合わせる必要がある。そのためには、組織イノベーションを常に起こしていく必要がある。

ユーザー企業に IT 人材が不足していることが問題である。日本では、IT 人材の 7 割が SIer におり、残り 3 割がユーザー企業にいる。しかし、米国では、ユーザー企業に 7 割おり、残り 3 割が SIer にいる。IT 人材が SIer に偏在化している。ユーザー企業サイドで IT 人材が増えれば、現場と IT 部門との融合が進み、AI・IoT の導入が促進されるといえる。

中堅中小企業では、絶対的に IT 人材が不足しているため、SIer に頼らざるを得ない状況がある。IT 人材をどう確保するかが課題である。近藤が IoT で調べた（近藤（2018））

¹⁸ 以上は、AI 導入企業へのインタビュー調査（大企業の事例）から筆者作成。

¹⁹ 例えば、「新日鉄住金エンジニアリング、3~4 年で 100 人規模を育成。専門組織を立ち上げ、2018 年 5 月から社内研修を開始」（『日経産業新聞』2018 年 7 月 17 日）などが挙げられる。

²⁰ 中途採用による。外国企業の場合は技術者を獲得するためのベンチャー企業の買収もある。

事例企業は、IT人材を偶然に確保できていた。この偶然を必然に変えるIT人材確保の仕組みの構築が必要だろう²¹。

最大の課題は、AI人材が不足していることである（例えば、「ケタ違いにAI人材が足りない！俄然、注目されるあのサークル」『日刊工業新聞』2018年7月1日などがある。）。各社は人材を獲得するか、人材を育成するか、に取り組んでいる。製造業は個々の企業で生産ノウハウが異なるため、AI人材を育成することができればそれにこしたことはないが、AI人材の多くは自身に取り組む課題が“面白くなければ”転職してしまう。AI人材に企業へのロイヤリティを高くすることは難しいといえる。そこで、ソフトバンクが行っているように、AIベンチャーと戦略的提携をして獲得する企業もある（「“尖った”AI人材育成支援」『週刊ダイヤモンド』2018年7月7日号、p.14）。または、Acquire（Acquire + Hire）と呼ばれる技術者を獲得するための買収も行われている。一方で、『Aicademy』のようなAIに特化したプログラミングスクールも多数ある。さらに、AI人材不足については別の議論もある。AI人材といっても、機械学習レベル（レベル3）か深層学習レベル（レベル4）のプログラム構築ができる、つまりツールを作れる人材と、ツールを使いこなす人材では必要とされる能力は異なる。ツールとしてAIを使いこなすレベルのITスキルを持っているAI人材は社内や大学に多数隠れており、人材を発掘して、育成することができれば、AI人材不足は解消されるという議論もある。いずれにしても、AI人材については将来を見据えた人材獲得または人材育成戦略をしていくべきである²²。

4.3 AI人材の確保と組織体制

筆者による実態調査で調査対象企業において、①社外からAI人材を採用し、自社の生産現場の流れや業務を学ばせる企業と、②自社の生産現場を理解している人材にAIスキルを学ばせる企業と、があった。

そして銀行系シンクタンクへのインタビュー調査からは、「実際のプロジェクトの推進では、ユーザーの現場とベンダー企業とのコミュニケーションが重要になってくる。そのためには、AIプロジェクトのリーダーが、AIで出来ること、出来ないことを理解することが大事になる。そして、プロジェクトリーダーへの支援を経営者がしっかりと行うことが必要である。」と、社長直結の全社横断的なチームが必要であるとの指摘があった²³。

この指摘のように、AIの導入には、人材の確保とともに、プロジェクトリーダーへの支援など経営者の理解が重要になってくる。また、経営者や組織が『失敗を許す文化』であることも重要である。日本企業の企業風土は『失敗が許されない』文化であるが、AIの導入では試行錯誤をしていく必要があり、失敗を許容する必要がある。

²¹ 以上は、有識者インタビュー調査及び意見交換から筆者作成。

²² 以上は、有識者インタビュー調査から筆者作成。

²³ 例えば、「大阪チタニウム、製造現場でAI活用 今夏 全社横断チーム立ち上げ」『日刊工業新聞』2018年5月24日などがある。

命題①：組織イノベーションには、マインドを持った人材が必要である。

オープン・イノベーションを提唱したヘンリー・チェスブロウ教授は、「オープン・イノベーションを行うためには、オープン・マインドが必要である」と述べている²⁴。

命題②：オープン・イノベーションではコミュニケーションが重要である。

大手 AI ベンダーや AI ベンチャーがユーザー企業に対して、導入と利活用を働きかけているが、『会話になっていない』という。ユーザー企業側の期待が過大であり、学習データが不十分であったり、学習データがそもそもない場合もある。一方で、ベンダーサイドも AI で何ができて、何ができないのか、仕分けが十分にできていない。ユーザーサイドは、目標を提示せず、目標自体が曖昧となる。その一方で、AI の導入は試行錯誤をしながら行うことが多いが、そのことを経営層が理解していないことから、現場との乖離が出てくる。しかし、ベンダーサイドもそのことをユーザーサイドにきちんと伝えていないといえる。つまり、ベンダーサイドとユーザーサイドのコミュニケーション不足が起きている。デジタルトランスフォーメーションの時代になってもユーザー企業とベンダーIT 企業の関係は従来の受発注関係のまま、つまりこれまでの IT システム導入のスタンスであることが多いが、従来の IT システム導入と AI 導入とは違うといえる。仕様自体をユーザーサイドとベンダーサイドが共に作っていくことになる。ベンダーサイドとユーザーサイドがアジャイルでシステムを作り上げていく必要がある。ユーザーサイドとベンダーサイドが対等な関係になる必要がある。両者の関係を、従来の受発注関係から、オープン・イノベーションの関係に変える必要があり、お互いの変化しなければならないのである。特に、ユーザー企業の経営者の意識を変えなければ、プロジェクトは進んでいかない²⁵。

4.4 AI 時代の競争優位の源泉

AI 時代の競争優位が何になるか先行研究ではあまり議論がされていないが、今後は経営（学）の重要な課題になるといえる。AI を導入する予定がない企業でも外部環境が変化していくことから、大きな影響を受けることを認識する必要がある。

競争戦略論における競争優位（の源泉）とは「業界平均を上回る収益率を維持すること」であり、具体的には「競合他社と比べて、相対的に高い価格を要求できるか、事業を相対的に低いコストで運営できるか、またはその両方」を意味する。つまり、「優れた業績の達成」と同意である。マイケル・E・ポーターは、企業に競争優位をもたらす存在が『戦略』であるとした²⁶。

²⁴ ヘンリー・チェスブロウ氏／カリフォルニア大学 バークレー校 ハース・スクール・オブ・ビジネス教授の講演「オープン・イノベーションを活用し、ビジネスを変革 デジタル時代に成功を実現するアプローチ」（日時：2018年5月17日13：10～14：40、場所：東京国際フォーラム）より筆者作成。

²⁵ 以上は、銀行系シンクタンクへのインタビュー調査から筆者作成。

AIを競争優位（の源泉）を確保するためのツールとして導入し利活用する場合、ツールとしてのAIを“使いこなす”組織能力の差、つまり「どう使いこなすか」が競争優位の源泉となる。例えば「カイゼン」でみると、システム自体にノウハウはなく、導入した企業におけるカイゼンする意識、実行する組織能力が競争優位の源泉となる。東京大学経済学部教授の藤本隆宏氏はこれを「組織構築能力」とし、日本企業はこの能力を競う企業間での競争「能力構築競争」において優れているとしている。そして、組織能力を身に付けるためには、「組織イノベーション」が必要である。

命題①：AI時代はこれまでの日本企業のものづくりでの競争優位の源泉が喪失する可能性がある。従来の生産現場の改善からは付加価値が創出されにくくなる、今後はAIを活用した生産現場の改善で付加価値が創出される。AIを活用した生産現場の改善で付加価値が創出され、作業者は現場改善で付加価値を生み出すことになる。したがって、AIを利活用して生産現場を改善することで付加価値を生み出せる組織能力が必要になる。

日本企業にとって、AI・IoTの利活用は競争優位の源泉の視点では、チャンスよりもピンチになると考えている。製造業では工作機械・自動車など日本企業はグローバルなリーディング企業（フロントランナー）である。しかし、フォロワー企業（キャッチアップ）である新興国企業が急速追いついてきている。日本企業は、トップの地位を守るためにAI・IoTを使うことができていない。一方で、キャッチアップにとってIoT・AIは良いツールになっている。競争優位の源泉は、AI時代もすり合わせ能力にあるが、IoT・AIの利活用によって“差”が縮まるといえる²⁷。

AI時代には単純作業者は要らなくなる。何かしらの利益を生み出す人、同集団になる。「何かしらの利益」とは、経験やノウハウがないと生産現場における改善ポイントを見つけることはできない。次のステップに進むためには、経験とノウハウを持った人が必要になってくる。そして、考えられる人、考えてアイデアを生める人が必要になってくる。つまり、これまでは現場作業者の暗黙知を活用して生産現場（生産ライン）内においてアナログによる改善により付加価値を創出できていたが、これからはAIの利活用による生産現場（生産ライン）内においてデジタルによる改善で付加価値を生む人（集団）になる必要がある。日本国内で、「いいものを、より安く、タイムリーに」、そして「海外に負けないものづくり」であり続けるためのツールとしてAIを活用していきたい。同社は『人をつくり、人をまもる』という組織論的経営を行っており、AIを導入しても海外に生産拠点が移ることはないといえる²⁸。

²⁶ 關智一（2017）「競争戦略論における業務効果の再検討」『立教経済学研究』第70巻第4号、立教大学経済学部研究会、p.79より抜粋。

²⁷ 以上は、有識者インタビュー調査から筆者作成。

²⁸ 以上は、AI導入済み企業（みなし大企業）へのインタビュー調査から筆者作成。

二次情報でも、松浪明社長（松浪硝子工業(株)(大阪府岸和田市)）は「無から有を生むアイデアこそが利益の源泉になる」と、生産現場の社員を商品企画に移し、改善に生かす案を練っているとある²⁹。

命題②：生産現場における作業者に求められる役割が変化する。

既存の中小企業は、①量産型ビジネスでは、加工ノウハウをデータ化・デジタル化して、ソフト化を進めて業界毎にプラットフォーマーになる、②非量産型ビジネスでは、世の中になくもないものを常に作り続ける（そもそもデータが無ければAIが活用できない）、に分れる。

AIにより製造業で生産工程の自動化が進むと、競争力は従来の物差し（従業員数や生産設備など）ではなくなり、ものづくり工程をデジタルに置き換えられる人を有していることが競争力につながる。つまり、AI人材を有することが組織的に求められる。

AI人材とは、①AIを活用してアルゴリズムを行う人材と、②AIを使いこなす人材、に分れる。①の人材はAIベンダーが求める人材であり、②の人材はユーザー企業が求める人材（プロジェクトリーダー）である。ユーザー企業にとって、AIを活用して、事業を作り出せる人材がAI人材として必要な人材である³⁰。

AI時代は競争優位の源泉が変わる、そしてそれに対応する組織能力と人材が鍵になるといえる。製造業では、大手セットメーカーも下請中小企業も、QCDの高度化が競争優位の源泉となってきた。つまり競合他社よりも安く、競合他社よりも品質の良いものを、競合他社よりもより早く、を追求してきた。しかし、AI時代では『変化に対する対応力』が競争優位の源泉に加わるといえる。AIを使いこなす組織、AI人材がいる組織、AI人材を育てる能力である。AI時代は、『データ』自体が競争優位の源泉の一つとなる。「ゴミを入れれば、ゴミしか出てこない」、つまり質の悪いデータは質の悪い結果しか生まない。AIには質の良いデータを入れなければならない。そのためには多くのデータの中から質の良いデータを選択しなければならない。どのデータを選択してAIに投入するか、それができる組織でなければならない。インタビュー調査を実施した企業は、この組織を有しているといえる。

テクノ大喜利【AIで崩壊？ニッポンの製造業】³¹「無策のままでは、AIが日本の製造業を壊滅的敗北に導く」は、「AIシステムの活用を見据えて、先進的ユーザー企業と大手ICTベンダーが、盛んに実証実験を実施している。そして、先行実施した実証実験の結果から、AIシステムの効果的な使いどころがハッキリとしてきた。ICTベンダーの担当者は、豊富な現場経験を持つ熟練者の属人的知恵である「暗黙知」の扱い、さらには数多くの要因が複雑に絡み合う課題での「擦り合わせ」こそが、AIシステムの導入効果が最

²⁹ 以上は、「(生産性考) その先に何が(上) 新たな分業 AI浸透 変わるカイシャ」『日本経済新聞』2018年11月5日から抜粋。

³⁰ 以上は、銀行系シンクタンクへのインタビュー調査から筆者作成。

³¹ テクノ大喜利【AIで崩壊？ニッポンの製造業】「無策のままでは、AIが日本の製造業を壊滅的敗北に導く」(2017年5月23日)より引用。

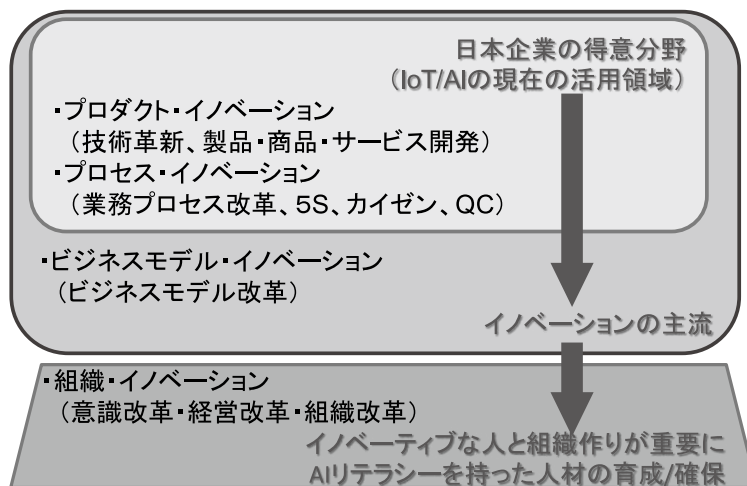
も大きな領域だと言う。ちょっと待って欲しい。「暗黙知」と「擦り合わせ」は、日本の製造業の強みの源泉とされてきたことではなかったか。製造業には、日本企業が得意とする属人的「暗黙知」に基づく「擦り合わせ」を強みとしたものづくりと、欧米企業が得意とするシステム化が可能な「形式知」を活用した「モジュール型」ものづくり、という対極的パラダイムがある。製造業でのAIシステムの活用は、情報システムが「擦り合わせ」を推し進める、新機軸のものづくりを生み出す可能性を感じさせる。こうしたAIシステムの普及は、日本の製造業のあり方を大きく揺さぶるのではないか。」と問いかけている。これに対して、著名アナリストの野村證券 和田木哲哉氏の回答は「日本が持っている数少ない強みが丸裸になる。ディープ・ラーニングやAIをものづくりの分野に持ち込む目的は、工場をスマート化することにある。職人の経験知に依存していた作業を、徹底した要因分解、マニュアル化、デジタル化を推し進めることによって、職人が行うよりも高い水準で均質化したプロセスが入り込むことは間違いない。日本が持っている数少ない強みが丸裸にされ、無効化されてしまう。そして、職人芸を機械が置き換えた例は、歴史を振り返ればたくさんある。

一中略—まだ、間に合うからである。日本がAIで主導権を取ろうとか、世界で覇を唱えようとか、そんなことをしようとしても、叩きつぶされるのが落ちである。しかし、AIの進化を上手く事業に取り込み、世界の中で一定のポジションを保ち、かつ産業界の競争力を維持、改善させることはできる。」と述べている。

4.5 イノベーションとIoT/AIの関係

日本は「科学技術」「ものづくり」起点に偏り過ぎていると、筆者は感じている。世界は、社会課題やニーズを基点に、既存技術を組合せ、ビジネスモデルを刷新させ、「技術・製品」起点のイノベーションの概念からの脱却を図っている。そして、イノベーションの根幹は組織のイノベーションであると考えている。(図表 16)

図表 16 イノベーションとIoT/AIの関係

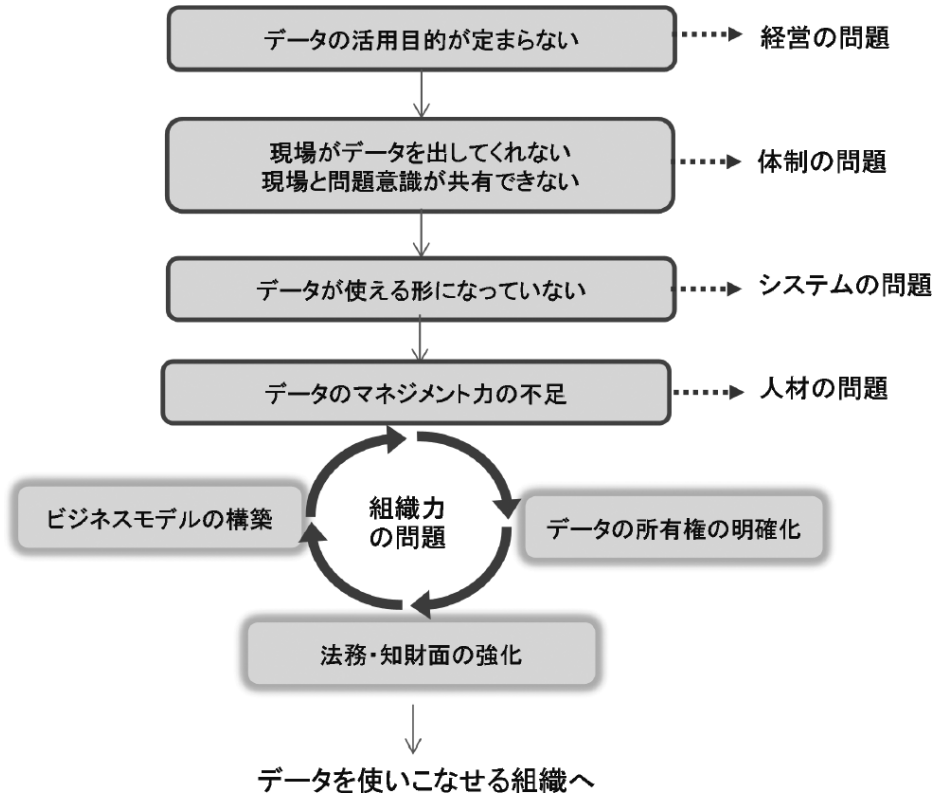


出所) 各種資料を参考に筆者作成

4.6 「AI を使いこなす」組織イノベーション

AI のインパクトを最大限に引き出すためには「AI を使いこなす」組織になる必要がある。(図表 17 参照)

図表 17 「AI を使いこなす」組織を作るうえでの課題



出所) 企業活力研究所 (2018) 『平成 29 年度調査研究事業 新時代のものづくりにおける AI の活かし方に関する調査研究報告書』、p. 57 より抜粋

一橋大学教授の神岡太郎氏は、「企業にとってデジタルは、うまく使えば差別化や競争力の要因となりますが、他社がうまく使えば脅威となります。従って、どの企業にとってもデジタル戦略が非常に重要になります。ただ、その戦略が機能するには、デジタルの意味を自社の文脈で説明し、それが組織内で共有されていることが必要になります。」と指摘している。また同氏は、「デジタルや IT においては、技術そのものよりもその「利活用能力」が重要になります。とりわけデジタルは、利便性や関係性構築、感動といった利用者視点でビジネス価値を作るために利活用されます。ここは他社との差別化や利益を生み出す源になる部分です。デジタルを活用する企業は、うまくいくかどうかを単に技術の問題と捉えるのではなく、自社が主体的にその利活用能力を高めていく必要があります。」と、技術よりも活用能力が重要であると指摘している³²。

³² 「やさしい経済学 デジタル化と顧客価値創造③」『日本経済新聞』2018年12月7日より引用。

4.7 リテラシーの必要性³³

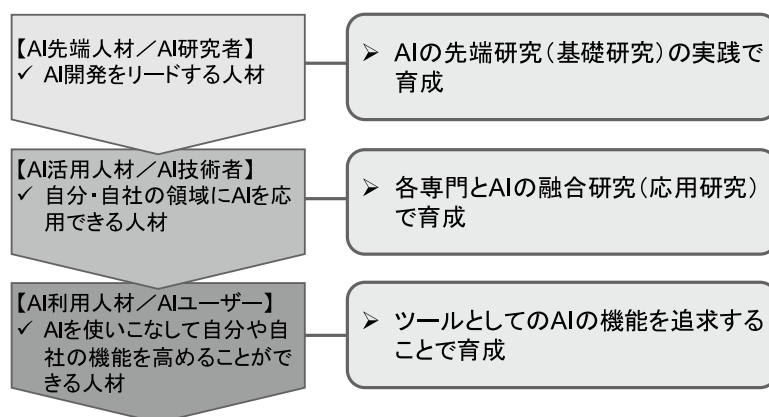
AIの導入で生まれる人間の新たな仕事もある。まず機械学習にあたっては、人間による実行と情報共有を通じた定式化が伴う。その上で生じるエラーなどを定期的にメンテナンスする作業が必要となる。そして、どんなAIを人に代替させて導入するかをデザインする意味で、単なる工学技術とは異なるリテラシーが求められてくる。

また、AIによる情報収集は高速であることから、ビジネスの企画立案に際した背景整理や、学術研究のサーベイ（先行研究の調査とりまとめ）には威力を発揮する。したがって、新しいアイデアを出す「構想」の部分こそ、人が本来やるべき仕事になる。

4.8 AI人材のレベルと育成

AI人材にもレベルがあり、それに応じた育成方法がある。AI人材全体では人材不足感強いが、レベルを考慮すると人材の発掘・育成により対応が可能になる。筆者が実施したインタビュー調査でも「人材は身近にいる」との声もあった。（図表18）

図表 18 AI人材のレベルと育成



出所)『日刊工業新聞』2018年8月22日を参考に筆者作成

4.9 AI時代の競争優位の源泉と新興国企業

命題：ものづくりで培った生産工程／生産技術の強みがAIに学習させる不良データの不足につながり、AI時代には競争優位が喪失し、日本企業は不利になる。

インタビューした企業によると、QCDがしっかりしているところは良品データばかりで、不良品のデータが少ない³⁴。逆に不良品が多い場合は、AI解析ではなく、治具等の改善になる。不良品が少ないため、意図的に不良品データを作り出している。学習データとしては、データの質が良すぎるのである。したがって、QCサークルなどを行ってこなかつ

³³ 有識者の見解（国立情報学研究所 教授／山田誠二氏）（JIMTOF2018 第29回日本国際工作機械見本市特別講演②「人と機械の“調度よい”関係を探る」～AI活用の現状と今後の可能性～」（場所：会議棟1階レセプションホールB、日時：2018年11月5日（月）13:00～14:00）より。

たような領域や工程だと AI を入れる効果が高いといえる。

日本は QCD をしっかり行ってきたため不良率が極めて低く、AI に食べさせる学習データの質としては悪いデータとなってしまう。しかし、中国は QCD が不十分であるため学習データとしては良いデータを AI で食わせることができ、日本の製造業の強みが AI 利活用では弱みに、中国の製造業の弱みが AI の利活用では強みになっており、今後中国の製造業が AI を活用して急速にキャッチアップする可能性がある³⁵。

これまでの日本のものづくりの強みが AI 時代には弱みに、そしてキャッチアップに有利な時代となる。質の良いデータ（教師データ）を得るためには、失敗ケースが無ければならない³⁶。しかし、日本の製造業は生産工程の歩留りを出来るだけ上げることに注力してきたため、不良品のデータが少ないといえる。これでは、AI に投入する教師データの質が良いものにはならない。つまり、これまでの日本のものづくりの強みだった「良いものを究極まで求めるものづくり」が AI 時代では逆に弱みとなってしまうのである。失敗から学ぶことができないからである。

有識者のコメントとしては、野村総合研究所の桑津浩太郎研究理事は「このままでは日本はアジアの逆雁行（がんこう）の最後尾になる恐れがある」と警告している。そして、「社会のデジタル化がさほど進んでいなかったアナログの時代には、日本はアジアの雁行の先頭を飛んでいた。だがデジタル化が進むと、中国も韓国も台湾も同じスタートラインからの競争になる。中国では固定電話の段階を飛ばしてスマホが普及し、QR コード決済が爆発的に広がっている。技術の実装力があるものが勝ち、適応力がある方が優位に立つのだ。」と述べている³⁷。

5. まとめ：製造業における AI 利活用の意味

5.1 経営戦略への含意：データを中心とした企業間連携と AI による生産の効率化

製造業においては、下請（中小）企業から親企業にデータを渡すだけではなく、親企業から下請企業にデータを渡すことも必要となる。つまり、企業間でのデータの「連携」が IoT なのである。リアルタイムでデータを連携することで、下請企業も AI を活用してデータ解析することができ、例えば生産計画を予測することができる。その結果、在庫を減らすことができ、在庫ロスによりコストが削減できることから、AI の投入コストを回収できる。現場の生産性の向上により、ヒトは付加価値の高い業務に従事することができる。IoT/AI を生産現場に投入することで、現場（生産管理）はデータ収集活動に注力できるし、経営者（層）は経営判断に注力できる。生産管理は、データ収集に基づく需要予測や生産

³⁴ 二次情報でも、「工場や製造に関するデータに対して機械学習を適用する際の代表的な課題として、異常状態が発生しにくいことがあげられる。これは、正常データに比べて異常データの数が極めて少ないことを意味する。中略。一般に、機械学習はその学習に膨大なデータを必要とするが、そのデータの取得自体が現場での負担になり、導入の障壁となることもある」と記述がある。（『型技術』第 33 巻第 11 号（2018 年 10 月号）、p. 34 からの抜粋）

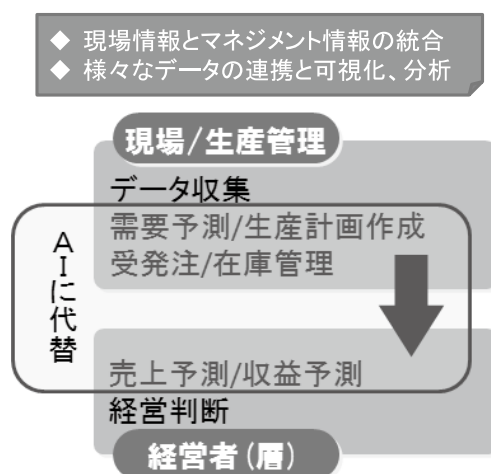
³⁵ 以上は、AI 導入済み企業（みなし大企業）へのインタビュー調査と意見交換から筆者作成。

³⁶ AI 導入済み企業（みなし大企業）へのインタビュー調査で指摘されている。

³⁷ 以上は、『日本経済新聞』2018 年 7 月 5 日より抜粋。

計画立案などのルーティン業務はAIに任せ、経営者（層）は経営判断に特化し、生産計画の実行もAIが担うことになる。役割分担が明確化することで、バリューチェーンの効率化が図られるといえる。なお、生産管理で、「どんな情報があればより最適な需要予測や生産計画が立案できるか」という企画、つまり「どういうところからデータをとればいいのか」というアイデアは非ルーティン業務であり、その判断をするのは現場を熟知したヒトである。（図表19参照）

図表 19 製造業における AI 利活用の意味



出所) 筆者作成

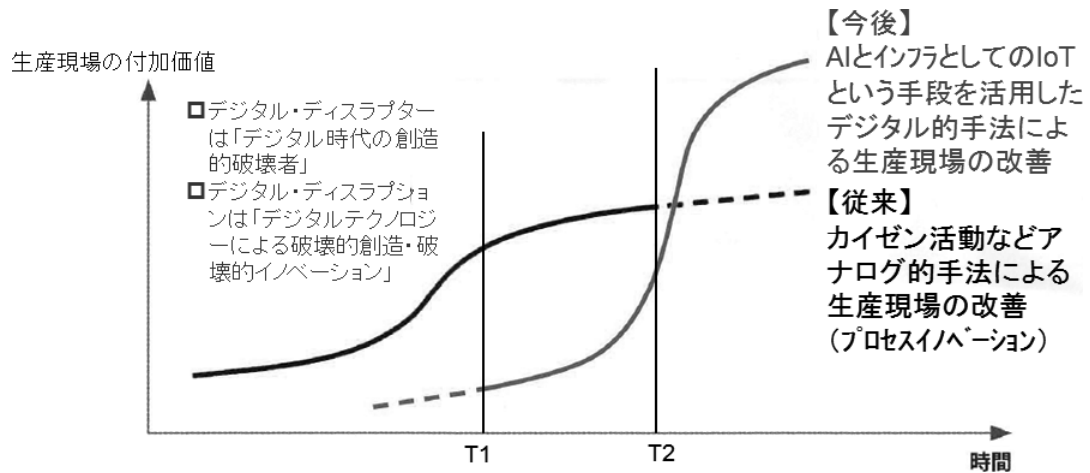
5.2 経営戦略「論」への含意：製造業における AI の利活用の意味

従来の競争優位は生産工程の改善により付加価値を創出してきたが、時が減るにつれて付加価値創出の実績は減少していく。AIは減少した生産工程の改善による付加価値を再び増やすことのできるツールであるといえる。今後は、AIを入れなければ生産工程から付加価値が生まれなくなるといえるだろう。そしてそのAIのレベルは、レベル3の機械学習やレベル4の深層学習レベルでなくても、BI (Business Intelligence) レベルでも十分に効果が出るのである。筆者が追加的に調査した企業では、BIレベルのAIを活用して生産現場の改善を行うことで大きな付加価値を創出し、高い業績を上げている。

では、AIは創造的破壊 (Creative Destruction) をもたらすテクノロジー (Disruptor) なのだろうか。創造的破壊³⁸とは、ヨーゼフ・シュンペーターによって提唱された経済学用語の一つであり、経済発展というのは新たな効率的な方法が生み出されれば、それと同時に古い非効率的な方法は駆逐されていくという、その一連の新陳代謝を指す。生産現場の改善での付加価値創出はアナログ的手法では低減し、限界にきているといえる（プロセスイノベーションは成熟期から衰退期に）。それを復活させるのがインフラとしてのIoTを前提としたAIの利活用である。（図表20）

³⁸ Wikipedia より抜粋。

図表 20 生産現場のプロセスイノベーションと AI



付け加えると、マザー工場の役割は、従来の生産工程における QCD 向上を改善するため生産技術力向上の拠点から、今後は生産工程における AI の利活用による工程改善を見極める拠点へ、転換することになるといえる。

しかしながら、製造業の AI 利活用は検査工程での画像診断などコスト削減が中心であり、プロセスイノベーションが中心であり、研究背景で示した三菱総研のアンケートのようにプロセスの効率向上が中心となっている。製造業における AI の利活用は、“新しい製品やサービス”を生み出すというプロダクトイノベーションまでは到達していない。小売業・サービス業では、マーケティング論での理論を活用して市場予測などに既に活用している。製造業では、プロダクトイノベーション領域ではなく、プロセスイノベーションの領域にとどまっているといえる。

また生産システムの視点から捉えると製造業における AI の利活用は、従来のテーラーメイド (taylor made) システムから、機械化やベルトコンベア (belt conveyor) システムなどの生産革新、いわゆるフォーディズム³⁹と何が異なるのかを示すべきである。近藤は、テーラーシステム (カスタマイゼーション) が機械化によりフォーディズム (マス・プロダクション) に変わったように、AI により再びテーラーシステム (マス・カスタマイゼーション) に変わるような生産革新であると考えている⁴⁰。

5.3 政策的支援への含意

AI の製造業企業への導入及び利活用が進むための政策的支援としては、①導入成功事例の積み重ねが求められる。有識者インタビュー調査からは「失敗を許すカルチャーが日

³⁹ フォーディズムとは、1910年代にヘンリー・フォードが車の大量生産・販売を行うために科学的管理法を応用して開発した生産システムのことである。そのシステムの特徴として、製品の単純化、部品の標準化などが特徴として挙げられる。(Jinkawiki より抜粋)

⁴⁰ 詳細は、近藤 (2018b) を参照されたい。

本の製造業企業には乏しいといえる。中長期的には、カルチャーを変える、つまり失敗を許すカルチャーにする必要があるが、これには時間を要する。AI時代の変化は早いため、日本企業がゆで蛙的に淘汰されるのを避けるために、短期的には、危機感を喚起すること、そして成功事例を作り出し、提示することが必要であるといえる。」や、また「公的機関を活用して、導入促進事例を積み重ねていく必要がある。経営者に対して「自社ではどう組むことができるか」、経営者の判断材料を提供する必要がある。経営者自身が、導入事例を目にして、触れることで、多くの経営者の意識を高める必要がある。」などの意見があった。さらに、AI導入済み企業インタビュー調査からも「やる気のある企業でないとITツールは役に立たない。そして、IoTツールは簡略化が進み、導入へのハードルは下がっている。行政の役割としては、①流れをつくること、②やる気のある企業を束ねること、でチャレンジしていこうという雰囲気を作り出すことである。」という意見があった。

二つ目は、②行政サイドもAIを学び、AIを理解する必要がある。銀行系シンクタンクへのインタビュー調査からは「行政サイドが、AIを知らない、さらに知らないことで恐れていることが散見される。行政サイドも、AIを正しく理解する必要がある。素地として、行政サイドがAIを理解するべきである。」という指摘があった。AIは、高度なアナログ的技術を容易に使うことができるツール（リソース）である。

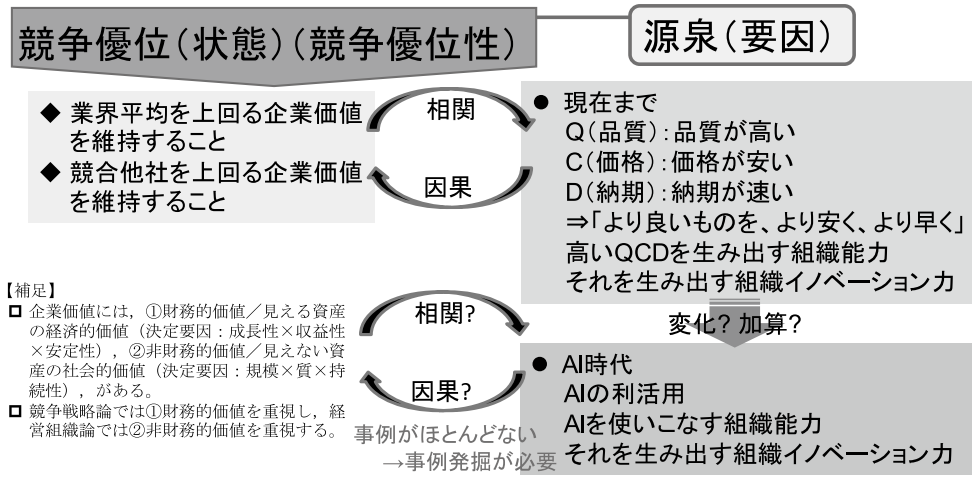
6. 今後の研究について：AI時代に入り変化する競争優位の源泉

銀行系シンクタンクへのインタビュー調査と意見交換では、「AIは、従来の競争優位の源泉であるQCDのさらなる向上でも活用できる。特に、製造業におけるAIの活用については、この分野が実用レベルで事例が多い。また、AIの導入ではデータが重要になる。AIを使いこなすことが新しい競争優位の源泉になる。ゴミではないデータを集めて、活用する能力である。」との意見があった。

ものづくりでは、アナログのものづくりからデジタルのものづくりに置き換えが進むと、熟練技能や製造ノウハウなどアナログ的要素が競争優位の源泉にならなくなる。つまり、誰が、どこで作るかは関係がなくなるのである。現在の製造ノウハウと呼ばれるものや加工そのものは競争優位の源泉でなくなる。つまり、加工そのものには価値がなくなるのである。そして、加工するデジタルプラットフォームを提供する企業と提供されたプラットフォームを使いこなす企業に分かれる。プラットフォーム提供企業は、プラットフォームを販売してより多くのデータを集めてAIのレベルを上げることになる。つまり、製造ノウハウと呼ばれている各社の競争優位の源泉をデータ化して、AIで解析することで、一人勝ちの状態になるのである。その結果、量産型の加工ビジネスでは、収益は減少する。競争優位の源泉でなくなることで薄利多売ビジネスとなり、レッドオーシャンの世界になる。本稿でインタビュー調査した中小企業の事例は、下請型ビジネスであるレッドオーシャン戦略から、プラットフォームを提供して、データを集めてさらに高度化させるというビジネスモデルに転換し、競争優位の源泉を変え、ビジネスモデルを変えるというブルーオーシャン戦略への転換であるといえる。

前述のように、AI時代には競争優位の源泉が変化する。つまり、従来の高いQCD（を
 生み出す組織能力）から、今後はAIの利活用（AIを使いこなす組織能力）に変化する
 のである。ただし、本研究においては先行事例が少なく、相関関係も、因果関係も証明さ
 れていないといえる（記述理論の段階）。今後も事例を積み重ねて、実証研究を引き続き
 行い因果メカニズムの構築をすすめる必要がある（規範理論の段階）。（図表 21）

図表 21 変化する競争優位の源泉



出所) インタビュー調査などを基に筆者作成

謝辞

本研究は、JSPS 科研費平成 28 年度科学研究費助成事業（課題番号：16K03870、研究種目：基盤研究(C)、研究者番号：70707984、研究代表者：近藤信一、研究期間：平成 28 年度～平成 30 年度、研究課題名「モノづくりにおける製品ライフサイクルの短期化と分業構造の深化への影響」）の助成を受けて実施したものです。

参考文献

AI ネットワーク社会推進会議(2018)『報告書 2018 AI の利活用の促進及び AI ネットワーク化の健全な進展に向けて』

エイヴェント, ライアン【著】/月谷真紀【訳】(2017)『デジタルエコノミーはいかにして道を誤るか—労働力余剰と人類の富』東洋経済新報社

Cheney-lippold, John(2018)., *We Are Data : Algorithms and the Making of Our Digital Selves.*, New York Univ Press

Daugherty, Paul R./Wilson, H. James (2018)., *Human + Machine : Reimagining Work in the Age of Ai.*, Harvard Business School Press (ポール・R・ドーアティ著 / H・ジェームズ・ウィルソン著 / 保科学世監修 / 小林啓倫訳 (2018) 『HUMAN+MACHINE 人間+マシン—AI時代の8つの融合スキル』東洋

経済新報社)

DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部 (2016) 『人工知能—機械といかに向き合うか』ダイヤモンド社

エリック・ブリニョルフソン／アンドリュー・マカフィー (2018) 「人工知能が汎用技術になる日」『DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー 2018 年 1 月号特集：テクノロジーは戦略をどう変えるか』ダイヤモンド社、pp. 48-61

情報通信総合研究所 (2018) 『我が国の ICT の現状に関する調査研究報告書』

J・サリヴァン、A・ズタヴァーン著／尼丁千津子訳 (2018) 『人工知能時代に生き残る会社は、ここが違う！』集英社

企業活力研究所 (2018) 『平成 29 年度調査研究事業 新時代のものづくりにおける AI の活かし方に関する調査研究報告書』

キング, プレット【著】／NTT データオープンイノベーション事業創発室【解説】／上野博【訳】 (2018) 『拡張の世紀—テクノロジーによる破壊と創造』東洋経済新報社

小塩篤史ほか(2017)「大特集 AI時代のビジネスモデル」『月刊事業構想』2017年4月号、事業構想大学院大学、pp. 20-50

近藤信一 (2017a) 「マザーマシンメーカーの IoT 化対応で変わる企業間関係と再編可能性—受発注企業へのインタビュー調査の結果を踏まえて—」『経営センサー』2017 年 12 月号 (No.198)、(株)東レ経営研究所、pp. 28-35

近藤信一 (2017b) 「中小企業による能動的 IoT 利活用—経営戦略論におけるビジネスモデルの観点からの考察—」『機械経済研究』No.48、(一財)機械振興協会 経済研究所、pp. 1-19

近藤信一 (2018a) 「中小企業における IoT の利活用の経営戦略とビジネスモデル—受動的対応と能動的対応—」岩手県立大学総合政策学部会 Working Paper Series No.132

近藤信一 (2018b) 「日系電子部品メーカーによる IoT 市場の市場獲得戦略」『横幹』第 12 巻第 1 号、横断型基幹科学技術研究団体連合 (横幹連合)、pp. 16-22

Mayer-schonberger, Viktor／Ramge, Thomas(2018), *Reinventing Capitalism in the Age of Big Data*. Basic Books

三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング (2018) 『ものづくり分野における人工知能技術の活用に関する調査報告書 ロボット・産業機械分野における人工知能技術の適用可能性と実用化に関する調査報告書』

三菱総合研究所社会 ICT イノベーション本部 (2018) 『ICT によるイノベーションと新たなエコノミー形成に関する調査研究報告書』

日本電機工業会スマートマニュファクチャリング特別委員会 (2018) 『IoT による製造業の変革に関する提言書「2017 年度版 製造業 2030」』

日本経済調査協議会 (2018) 『人工知能 (データ × AI) 研究委員会 報告書『人工知能は、

経済・産業・社会をひっくり返すのか』

- 21 世紀政策研究所 (2017a) 『61 ビッグデータ、AI、IoT 時代のデータ活用と、イノベーション』 (21 世紀政策研究所新書 61)
- 21 世紀政策研究所 (2018b) 『21 世紀政策研究所研究プロジェクト報告書 人工知能の本格的な普及に向けて』
- 21 世紀政策研究所 (2017b) 『62 人工知能の現在と将来、それは産業・社会の何を変えるか』 (21 世紀政策研究所新書 62)
- 日本機械工業連合会 (2018) 『平成 29 年 IoT・AI 時代のものづくりと人の役割への対応調査研究 (IoT・AI 時代のものづくり人材調査専門部会報告書)』
- 大野 治 (2017) 『俯瞰図から見える 日本型 “AI(人工知能)” ビジネスモデル』 日刊工業新聞社
- PWC(2018) 「特集 AI が拓く未来」 『Strategy & Foresight』vol. 15. 2018 Spring
- 染原ほか (2018) 「AI の底力 先進 12 社の成果を見よ」 『日経コンピュータ』 2018 年 5/24 号、日経 BP 社
- Swaminathan, Anand/Meffert, Jurgen (2017)., *Digital@Scale : How You Can Lead Your Business to the Future with Digital@Scale*, John Wiley & Sons Inc (メフェルト, ユルゲン/野中賢治【著】/小川敏子【訳】 (2018) 『デジタルの未来—事業の存続をかけた変革戦略』 日本経済新聞出版社)
- Thomas H. Davenport (2018)., *The AI Advantage: How to Put the Artificial Intelligence Revolution to Work.*, The MIT Press