

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

No. 550

日本の現場におけるデジタル化と
IoT システム投資の実態に関する事例分析

福澤 光啓(成蹊大学)

相江 亮介(埼玉大学 人文社会科学研究所 博士課程後期)

朴 英元(埼玉大学・東京大学)

石 瑾(埼玉大学)


中澤 菊男(富士フイルムホールディングス)

丸山 和美(富士電機株式会社)

蓼沼 貴之(パイオニア株式会社)

吉井 実(オムロン株式会社)

2021 年 12 月

 **MONOZUKURI** 東京大学ものづくり経営研究センター
MMRC Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

日本の現場におけるデジタル化と IoT システム投資の実態に関する事例分析

福澤 光啓 (成蹊大学)

相江 亮介 (埼玉大学 人文社会科学部 博士課程後期)

朴 英元 (埼玉大学・東京大学)

石 瑾 (埼玉大学)

中澤 菊男 (富士フイルムホールディングス)

丸山 和美 (富士電機株式会社)

蓼沼 貴之 (パイオニア株式会社)

吉井 実 (オムロン株式会社)

Metrics and performance of the IoT system investment in
the manufacturing firms: Case studies of the Japanese
factories

Mitsuhiro FUKUZAWA
mfukuzawa@bus.seikei.ac.jp

Ryosuke SUGIE
rsk.sugie@gmail.com

YoungWon PARK
ywparkjp@gmail.com

Jin SHI
shijin@mail.saitama-u.ac.jp

Kikuo NAKAZAWA
kikuo.nakazawa@fujifilm.com

Kazumi MARUYAMA
maruyama-kazumi@fujielectric.com

Takayuki TADENUMA
ten@post.pioneer.co.jp

Minoru YOSHII
minoru.yoshii@omron.com

Metrics and performance of the IoT system investment in the manufacturing firms: Case studies of the Japanese factories

Abstract : This study revealed the objectives, approval process, decision criteria, metrics, and performance about the IoT system investment in Japanese manufacturing firms through a comparative case analysis. It is a major contribution to clarify the investment activities for IoT systems, which are not easy to measure the effects, and the diversity and commonalities of the approval process and metrics of these investment. In all cases, the cost-benefit of the investment in IoT systems is not directly linked to financial indices. In our cases, some investment projects have achieved the quantitative and qualitative effects in their production activities, but others are difficult to measure their performance. As described above, there is a room for further improvement of investment activities in IoT systems, both in terms of measurement methods and actual effects. Our findings will be one of the reference points of the IoT system investment project and will contribute to the recent digital transformation movement in many manufacturing firms.

Key Words: IoT investment metrics, IoT investment decision making, IoT investment strategy, digital transformation, Japanese factory

日本の現場におけるデジタル化と IoT システム投資の 実態に関する事例分析

近年において、生産をはじめとして開発や販売に至る一連の活動にわたってデジタル技術の活用が進展し、IT システムへの投資が生産現場をはじめ活発に行われている。たとえば、生産現場を対象とした IT である IoT (Internet of Things) システムは、現場のデータの効果的な測定や視覚化、保存、活用を促進し、オペレーションのパフォーマンスを向上する重要な支援ツールとして機能するものであり、世界中の企業において活発に投資と活用が進んでいる。このような IoT システムへの投資に関する意思決定のありかたは、日本企業の製造能力とその競争上の優位性に大きな影響を及ぼすと考えられる。しかし、IoT システムへの投資目的や実際の投資対象、その効果の把握方法に関して、事例の蓄積や実証分析は十分には進んでいない。

本研究では、日本における複数の製造現場を中心とした IT 投資活動を対象に探索的な比較事例分析を行った。取り上げた事例は、主として製造現場で用いられる IoT システムであるが、複数工場で用いられる IT システム、供給管理システムなど、サプライチェーンやエンジニアリングチェーンのデジタル化を促進する IT システムも含まれる。実務家へのインタビューやワークショップ、2 次的資料にもとづいて事例を収集した。

本研究における事例研究の発見事実は下記のとおりである。

- (1) IT システム投資の主な目的は、品質、生産性、リードタイムなどの現場オペレーション成果の改善である。工場内のものと情報の流れの効率化に焦点が置かれる傾向があり、工場間の連携・調整やバリューチェーン全体におけるものと情報の流れの効率化を狙った投資は行われつつあるが今後のさらなる発展が期待される。
- (2) IT システムへの投資は、戦略的投資として承認されている。社内の投資基準や投資規模、KPI は、全社的な IT 投資/工場への投資として位置づけられているのかにより異なっている。
- (3) IT システム投資決定に際して、各社とも独自の定量的および定性的な評価基準が用いられているが、投資効果は財務指標よりも、生産活動の QCD などの成果指標の改善度にもとづいて把握されていることは共通している。
- (4) IT システム投資の成果を定量的および定性的に測定することは容易ではないため、現場成果の改善度や QCD のような比較的定量化しやすく短期的に効果が見えやすい指標により把握される傾向にある。対象とした事例では、生産現場において培われてきたものづくり能力を活用するような IoT 投資が行われていることは確認できた。つまり、生産現場における「よい設計のよい流れ」を実現・支援するうえで有効な IT システムとして機能している。
- (5) IT システム投資効果の測定・把握が容易ではないため、工場全体やバ

リユースチェーン全体のパフォーマンス向上を狙った投資というよりも、むしろ、個別の工程における IoT 活用に力点が置かれる傾向にある。そのため、工場全体やバリューチェーン全体の流れをよくするような投資を行うためには、それに適した投資効果の測定指標を工夫する必要がある。

上記の発見事実にもとづき、IT システムへの投資活動に影響を与える要因として、「IT システムのコンセプト・位置づけ（投資の目的・戦略的意義）」、「IT 投資の承認プロセス（IT 投資プロジェクト担当者の資源獲得行動）」、「IT 投資の評価基準（成果評価指標、効果把握・評価の時間軸）」の3点が明らかとなった。これらの要因をもちいて、IT システム投資の意思決定および投資効果を総合的に解明するための分析枠組みを構築した。

キーワード：IT 投資、IoT、意思決定、情報システム、現場のデジタル化

日本の現場におけるデジタル化と IoT システム投資の実態に関する事例分析

1. はじめに

近年において、生産をはじめとして開発や販売に至る一連の活動にわたってデジタル技術の活用が進展し、IT システムへの投資が生産現場をはじめ活発に行われている。たとえば、生産現場を対象とした IT である IoT (Internet of Things) システムは、現場のデータの効果的な測定や視覚化、保存、活用を促進し、オペレーションのパフォーマンスを向上する重要な支援ツールとして機能するものであり、世界中の企業において活発に投資と活用が進んでいる。このような IoT システムへの投資に関する意思決定のありかたは、日本企業の製造能力とその競争上の優位性に大きな影響を及ぼすと考えられる。しかし、IoT システムへの投資目的や実際の投資対象、その効果の把握方法に関して、事例の蓄積や実証分析は十分には進んでいない。

本稿の目的は、日本企業の IoT システム投資の実態と課題を明らかにすることにある。そのため本稿では、日本における複数の製造現場を中心とした IT 投資活動を対象に探索的な比較事例分析を行った。取り上げた事例は、主として製造現場で用いられる IoT システムであるが、複数工場で用いられる IT システム、供給管理システムなど、サプライチェーンやエンジニアリングチェーンのデジタル化を促進する IT システムも含まれる。実務家へのインタビューやワークショップ、2 次的資料にもとづいて事例を収集した。主な論点として、(1) 日本企業における IoT システム投資の実態はどのようなものなのか？、(2) 各社が直面している課題はどのようなものなのか？各社の共通課題（個別課題）は何か？ということに焦点を当てる。

2. 先行研究

2.1 デジタル・トランスフォーメーション (DX) に関する研究の進展

近年、多くの研究が盛んにおこなわれ、レビュー論文が出されたり学会誌での特集も組まれたりしている（例：Holmstrom, Holweg, Lawson, Pil, & Wagner, 2019; 森川, 2019; Roscoe, Cousins, Handfield, 2019; Vial, 2019）。さらに、製造業に限らず医療分野などでの研究も進んでいる（例：Agarwal, Gao, DesRoches, & Jha, 2010）。DX と経営戦略、および ICT システムとの関係に関する研究も行われている（朴, 2020）。医療分野における IT 投資の研究では、IT 利用の実態を考慮に入れなければ IT 投資の効果を的確に測ることは容易ではない（Devaraj & Kohli, 2003）。ただし、これらの研究においては、実際の IT 投資活動における評

価値基準や効果指標などについては十分に明らかにされていない。

デジタル技術をテコにしたビジネスモデル変革をいかにうまく行うことができるかが企業の競争優位や戦略を考えるうえで極めて重要であり、その傾向は今後も強まることは既存研究における共通理解である。デジタル技術・ICTの活用も重要であることも指摘されている（デジタル技術の変化自体がDXのきっかけ・機会になる）。森川(2019)では、日本における「DX」の実例を、多岐にわたる産業や企業を対象に紹介されている。このようなDXをすとうまくいきそうだということは参考になる。現場の能力を活用できるようなデジタル化が必要であることが主張されている。たとえば、組織の工夫として、縦割り組織ではDXをうまく推進できないとされている。

既存のDXに関する研究において残された課題としては、DXを実現していくうえで重要な活動であるIoTシステムへの投資行動の実態や詳細については十分に明らかにされていないことが挙げられる。デジタル技術に対してどのような投資が行われるのか？その際の評価基準はどのようなものであるのか？という論点について、企業における取組み事例のさらなる蓄積と分析が必要である。

2.2 「ものとの情報の流れ」をよりよくするためのITに関する研究

日本企業におけるものとの情報の流れを支えて、よりよくするITのありかたに関する実証研究として、たとえば、「統合型ものづくりITシステム」が提唱されている（藤本・朴編著, 2015）。藤本・朴（2015）では、「よい設計のよい流れ」を実現・支援するうえで有効なITシステムとはどのようなものであるのかということや、設計情報（何を・なぜ・どうやってつくるのか）と管理情報（いつ・どこで・誰がつくるのか）の流れを、部分最適に陥ることなく、バリューチェーン全体によどみなく流すITシステムの構築について議論されている。

そこで提示されている解くべき重要な課題としては、これまで培われてきた「ものづくり能力」をいかに活用し伸ばしていくことができるようなICTシステムとはどのようなものであるのか？下記2つのITの両立をいかにして実現していくのが重要である。

- ①日本の統合型ものづくり現場の組織能力・特殊性（多能工・チームワーク）にマッチしたIT（統合型ものづくりIT）
- ②グローバル展開において必要となる「グローバル標準IT」

また、現場情報を高精度・高速・リアルタイムに収集・伝達するためのIT 例：FOA（Flow Oriented Approach）（奥, 2013; 2018）が挙げられている。これは、現場でもつかいやすく、か

日本の現場におけるデジタル化とIoTシステム投資の実態に関する事例分析

つ、経営トップの意思決定にも利用できる情報を収集・伝達するITツールであり、現場から経営層にわたって、「気づき」と改善の促進を可能にする。現場の「意味あり」情報をリアルタイムで把握し、問題・異常の発見、解決に活かせるITの構築・活用が提唱されている。

さらに、日本企業におけるIoT・ICTシステムの実態に関する研究（福澤・梶江・朴・石, 2020）においては、バリューチェーン（サプライチェーンおよびエンジニアリングチェーン）のデジタル化の実態とその促進・阻害要因が、情報の統合度の観点から明らかにされている。特に重要な発見事実としては、生産活動における「ものと情報の流れ」はよいのだが、情報の流れを良くするための仕組みであるITやIoTを利用したとしても、部門間・機能間・企業間における連携・調整には課題があることである。たとえば、自社のITシステムについて部門をまたがった統合が十分にできていなかったり、同じITシステムを使っているが運用方法については部門間で異なることが示されている。

確かに、これら日本企業におけるものづくり活動を支えるITシステムに関する実証研究では、目指すべき姿は示されているが、そのためのITシステム投資の実態については十分に明らかにされていない、という限界がある。さらに、実際に利用されているIoTシステムについては把握されているが、システムへの投資の目的や投資意思決定、評価基準、成果については十分に明らかにされていない。

2.3 既存研究における限界と本稿の分析の焦点

本稿では、広範な先行研究レビューを行っているわけではないが、本稿で取り上げてきた文献においては、IoTシステム投資の詳細な実態を十分に解明していないと言えよう。しかし、DXが急速に進展しており、デジタル技術を活用したビジネスモデル変革について明らかにすることの重要性はますます高まっている。そのため、デジタル技術への投資の意思決定やその意思決定に影響する評価基準の実態について掘り下げて分析する必要性が増大している。「デジタル技術への投資は必要であるし重要なことはわかっているけれども、結局何の役に立つのかよくわからない」という「現場の実感」に答えていくためのひとつの参照点を示すことが必要である。そのため、本稿では、IoTシステムへの投資目的や投資の評価基準、投資の成果などについて探索的な事例研究を実施する。

3. 事例研究

3.1 研究方法と調査対象

本研究では、日本における複数の製造現場を中心とした IT システム投資活動を対象に探索的な比較事例分析を行った。調査対象企業として、グローバルに工場を展開している日本のものづくり企業 4 社（A 社、B 社、C 社、D 社）を選定した。調査対象企業の概要は表 1 のとおりである。取り上げた事例は、主として製造現場で用いられる IoT システムであるが、複数工場で用いられる IT システム、供給管理システムなど、サプライチェーンやエンジニアリングチェーンのデジタル化を促進する IT システムも含まれる。

各社から、直近 5 年間における IoT システム投資活動について可能な範囲で回答を得た。下記の調査項目を事前に設定し、半構造化インタビューを実施した（表 2）。さらに、そこで得られた情報に基づき実務家・研究者が参加するワークショップを複数回実施して、データや解釈の確認、補足、検証を実施した。加えて、企業の公開情報や 2 次的資料にもとづいて情報を補足した。

表 1. 調査対象企業の概要

企業	代表的な製品	バリューチェーンの特徴
A社	化学材料 医療機器	B to Bが中心。一部B to Cも取り扱う。 サプライヤから部材工場、組立工場、倉庫/DCに運ばれた製品を営業や代理店、直売として最終顧客へ届けている。
B社	発電機器 受配電機器	B to Bが中心。 サプライヤから部材等を調達して加工・組立を行い、完成した製品を営業や代理店・特約店または販社を経由して最終顧客へ届けている。
C社	カーオーディオ	B to Bが中心。一部B to Cも取り扱う。 サプライヤから海外工場または、外注先(EMS・ODM)に運ばれ、完成品工場、倉庫/DCに運ばれた製品を営業や代理店、自動車メーカーへ届けている。
D社	FA機器	B to Bが中心。 サプライヤから部材工場、組立工場、倉庫/DCに運ばれた製品を営業や代理店または直売として最終顧客へ届けている。

出所) 筆者作成

日本の現場におけるデジタル化と IoT システム投資の実態に関する事例分析

表 2. 調査項目

調査項目	詳細
IoTシステム概要	IoTシステムの名称 IoTシステム導入の目的・特徴 導入計画時期および導入時期 決済区分
IoTシステムの投資承認プロセス	投資規模 投資の判定基準 投資案件の検討組織（委員会など） IoT投資の起案者（起案部署） 投資の最終決済の階層
IoTシステム導入時の効果指標 （投資の際の評価基準）	定量的な指標 定性的な指標
IoTシステム導入効果の把握・管理	定量的な検証 定性的な検証

出所) 筆者作成

3.2 ものづくり企業における IoT システム投資の事例

本節では、調査対象企業の IoT システム投資の事例について、(1) IoT システムの概要、(2) IoT システム投資の承認プロセス、(3) IoT システムの導入時の効果指標、(4) IoT システム導入効果の把握・管理と達成程度の 4 点から、情報を得られる限りにおいて整理する。各社の IoT システム投資の事前の評価基準と事後的な成果の把握に関する比較をしたものが表 3 である。

3.2.1 A 社

(1) IoT システムの概要

システムの導入時期は 2019 年である。最新のスマート工場の新設にともない、人やものの動き、設備状態を IoT で管理するシステムを構築した。従来のシステムで管理していた作業工数、製造・検査の記録、部品在庫などのデータに加えて、この新システムでは、工場内のさまざまな箇所に配置したセンサにより、設備の稼働状況、作業員の動線などの情報を取得して情報を集約する。それによって、設備の故障予知が可能になり、生産進捗などの状況についてもリアルタイム・統合的に把握して、生産活動の効率化に向けて分析・改善サイクルを高速化することが可能になる。さらに、熟練者の作業を撮影し、センサで得られた情報と重ね合わせてスマートグラスに映すなど、現場作業を支援することで、作業の大幅な効率

化とセンサを両立することが可能になる。

(2) IoT システム投資の承認プロセス

投資の規模（大規模、中規模、小規模）によって、起案者や最終承認者が異なる。大規模の場合には、部門長やプロジェクトリーダーが起案し、社長が最終承認する。中規模の場合には、部長やプロジェクトサブリーダーが起案し、執行役員が最終承認する。小規模の場合には、役職者が起案し、部長が最終承認する。

投資の判定基準は、投資規模に関わらず、能力増強(生産性向上)につながるかどうか、特に合理化/コスト削減の場合には期間回収法などが用いられており、投資目的と効果について総合的に判断される。予算段階と実行段階の2段階で稟議にかけられる。

(3) IoT システムの導入時の効果指標

定量的指標としては、FCF（Free Cash Flow）で回収期間が数年以内であるかどうか重要な指標である。また、CCC（棚卸資産＋営業債権/債務）の改善は必須項目である。投資目的に合わせて、QCD（品質、コスト、納期）に関する目標値が設定される。

定性的指標としては、属人化された技術・技能のICT化などの件数や工程数が測定されており、それらが良くなるのかどうかという観点からの評価がなされる。大規模な戦略投資にともなって、高額で最新のIoT投資が経営層から要求されており、「従来工程と比べて生産性XX倍」や「顧客の期待に応える最新スマート工場」などのような定性的な効果を満たすことが重要な条件になっている。

(4) IoT システム導入効果の把握・管理と達成程度

定量的な評価としては、投資部門責任者へ定期的な報告するため、ERPから定期的に効果額をレポートしている。さらに、減価償却額などを事業や製品に配賦し、損益計算書にて評価する。事業ROICやCCCにて評価している。

定性的な評価としては、投資部門責任者に対して定期的な報告により管理している。

3.2.2 B社

(1) IoT システムの概要

B社については、大きく3つのシステムへの投資が行われていた。一つ目は、2015年に導入された、工場のエネルギー使用の最適化システムである。二つ目は、2018年に導入され

日本の現場におけるデジタル化とIoTシステム投資の実態に関する事例分析

た、工場におけるKPIの見える化のためのシステムである。これは当初はある工場向けに開発され活用されたものであるが、その後、全工場へと展開されている。三つ目は、現場情報と営業(ERP)・設計・製造等の情報を連携し、必要な経営情報やKPI情報をリアルタイムで見える化するプラットフォームであり、現在進行中のものである。

(2) IoTシステム投資の承認プロセス

投資の規模(大規模、中規模、小規模)によって、起案者や最終承認者が異なる。大規模の場合には、投資実行部門の部門長が起案し、社長が最終承認する。中規模の場合には、投資実行部門の部長が起案し、投資を統括する部門の部門長が最終承認する。小規模の場合には、工場長もしくは投資を統括する部門の部長が最終承認する。

投資の判定基準は、投資規模に関わらず、定量・定性効果や投資回収期間などを参考にして判断されるが、事前に委員会などを経て検証するといった制約は設けられていない。

(3) IoTシステムの導入時の効果指標

定量的指標としては、棚卸削減およびリードタイムの短縮や生産性向上、良品率の向上効果、無駄コスト(無駄によって発生するコスト)の削減度合いなどが用いられている。

定性的指標としては、課題・問題点の見える化やサブ工程など管理が曖昧な工程の課題抽出と迅速な対応、工程仕掛の削減と管理レベルの向上、非定型業務の削減、品質ばらつき安定化などが用いられている。

(4) IoTシステム導入効果の把握・管理と達成程度

定量的な効果としては、仕掛在庫における削減が進んだという実績がある。さらに、生産性については、大幅な改善効果が得られた事例や、良品率向上についても、慢性的な不良を早期に解決できたため非常に短期間で投資額を回収できた事例もあった。

定性的な効果としては、棚卸在庫だけでなく、IoTシステム投資をしていなければ見えていなかった問題点についても判明し、解決することができた。それにより、現場の意識改革も進み、またサプライチェーン全体が見える化されることによってリードタイムそのものの見方が変わる可能性(単なる生産リードタイムだけでなく、サプライチェーン全体のリードタイムの把握)もある。また、アナリティクス・AIの活用については、概念実証等により適合性が確認することができれば、大きな効果が得られると期待されている。

3.2.3 C社

(1) IoT システムの概要

C社では2つのシステムについて回答を得た。ひとつめは、2019年に導入された生産業務のためのシステムであり、それまで利用されてきたERPの刷新に合わせて、生産業務に必要な周辺システムを刷新(OEM 需給計画管理システム/生産計画システム/かんばんシステム/ERP(MRP)/物流トラッキングシステム 等)したものである。ふたつめは、2020年に導入された海外工場における供給管理のためのシステムである。

(2) IoT システム投資の承認プロセス

投資の規模(大規模、中規模、小規模)によって、それぞれ判定基準や起案者、最終承認者が異なる。大規模の場合には、担当執行役員や担当部長が起案し、社長が最終承認する。中規模の場合には、担当部長が起案し、担当執行役員が最終承認する。小規模の場合には、特に定めはない。

投資の判定基準として、大規模投資の場合には、費用対効果や顧客関与度合い、戦略性が用いられ、経営執行会議における審査やIT委員会の承認が必要になる。中規模投資の場合には、投資対効果と顧客関与度合いの2点から判定され、IT委員会の承認が必要になる。小規模投資の場合には、IT委員会の承認が必要となる。

(3) IoT システムの導入時の効果指標

定量的指標としては、必ずしも明確には定められていないが、できる限り早い回収を目指す(数年以内)といったことが定められている。また、投資対効果の比率についても用いられている。

定性的指標としては、顧客要求に応じた対応ができるか、ビジネス拡大につながるものであるか否かに応じた先行的な投資であること、品質問題発生後の対策費用が発生してしまうより前に、それらをなくすための投資(品質対策費用となるよりも、その分をITシステムに投資する)である、ということが用いられている。

(4) IoT システム導入効果の把握・管理と達成程度

定量的な評価としては、そもそも、大きなシステム・仕組みであるほど、業務上の変化点が多すぎてITシステムの影響度合いがわかりにくいという、評価面での難しさがある。そこで、他の要因を含めた組織変更などによる担当者の異動や省人の程度などが定量的な効果

日本の現場におけるデジタル化とIoTシステム投資の実態に関する事例分析

であるとみなすこともできる。投資の際に、当初から狙った効果が得られたのか否かについての確認は行っている。ただし、その報告をする場も報告する対象についても必ずしも必須ではない。用いている定量的な指標として、たとえば、在庫回転日数や間接費用、作業工数などが挙げられる。

定性的評価としては、計画精度の向上や業務品質の向上が挙げられる。

3.2.4 D社

(1) IoTシステムの概要

D社の2つのIoTシステムをとり上げる。ひとつめは、製品組立セルラインの生産性と品質向上のためのシステムである。セルラインに複数のセンサを取り付け、作業順序の正しさやねじ締め作業が適正に行われているかなどを確認している。これにより、作業ミスを防止するとともに、作業が正常に行われていない場合には、アラームが出て次の作業に移ることができないようにし、「不良をつくれない仕組み」を構築している。またセンサからのデータを集計して、ラインの生産実績や稼働状況をリアルタイムに把握するシステムと分析するモニタリングシステムによりフロア全体の状態をリアルタイムで監視している。もうひとつは、工場の電力環境の可視化・診断システムである。単に工場におけるエネルギー使用量を見える化するだけでなく、生産現場にセンサを設置し、エネルギー使用量と生産現場で最優先される品質・生産性の目標と実績を紐づけて、リアルタイムで一元化管理することにより、エネルギー削減の余地について診断するシステムとして進化させている。

(2) IoTシステム投資の承認プロセス

投資の規模（金額により複数レベル）によって、起案者や最終承認者が異なる。最上位レベルの場合には、投資実行部門の本部長が起案し、社長が最終承認する。レベルに応じ投資実行部門の部門長、組織管理職またはその直下の社員が起案し、本部長、センタ長、部門長、グループ長が最終承認する。

投資の判定基準は、投資規模に関わらず、定量・定性効果や投資回収期間などを参考にして判断される。

(3) IoTシステムの導入時の効果指標

定量的指標としては、QCD（品質、コスト、納期）の向上である。具体的には、Qでは品質（良品率）の向上、Cでは生産性向上、設備稼働率向上（チョコ停削減）、仕掛在庫削減、

Dではリードタイム短縮である。

定性的指標としては、生産面では、作業指示書の自動表示による作業支援、現場情報の見える化による現場改善活動の効率化、品質面では、不良を『入れない』、『作らない』、『出さない』仕組みづくりに用いられている。

(4) IoTシステム導入効果の把握・管理と達成程度

ここでは、ひとつめのIoTシステムの導入効果について示す。定量的効果としては、セルラインリアルタイム情報把握と現場改善により1人当たりの生産性を向上した。またロボットの導入による省スペース化や検査工程、梱包工程における省人化を実現した。

定性的効果としては、作業ミスの削減や品質向上、検査工程の省人化や予兆管理による保全コストの低減などを進め、省人化・高効率生産が促進された。

3.3 IoTシステム投資の事前の評価基準と事後的な成果の把握に関する比較

表3でみるように、今回取り上げたのが、主として、ものづくり現場に関連するIoTシステム投資であったので、評価基準や成果、導入対象が、生産活動や工場に焦点が当てられていたといえる。このことだけで、視野が狭いということには必ずしもならない。本稿の複数の事例で示されたように、生産活動の生産性を向上したり効率化を進めるためのデジタル投資はもちろん重要であり、実際に定量的および定性的な効果も出てきているともいえる。

今後は、工場の効率化に焦点を当てるだけでなく、さらに広く、他の活動も見渡したデジタル投資、ITシステム投資が必要になってくるとも考えられる。つまり、ものづくり活動を対象としたITシステム投資を企画し評価し、実行していく際には、生産活動に代表されるような「ものづくり」活動に限定するのではなく、流れ全体を良くしていく、さらに言えば、顧客までの設計情報の良い流れを創り出していけるような、ITシステム投資を実行することも必要になってくる。

つまり、全体最適を志向したITシステム投資をおこない、評価を行い、工場レベルでの生産性向上が、バリューチェーン全体の効率や有効性、生み出される価値をどの程度拡大していくことにつながるのか、ということ連携・総合することのできるような、ITシステム投資活動、戦略、投資評価基準を設けていく必要がある。

これは、ITシステム投資のコンセプトと呼ぶことができる。突き詰めれば、何のためにIT投資を行っているのか、そのIT投資によって、だれに、どのような価値を生み出すことができるのか、ということ明確に設定したうえで、それに適した評価基準や投資の意思決定

日本の現場におけるデジタル化とIoTシステム投資の実態に関する事例分析

プロセス、評価期間（時間軸）を決めていくことが必要である。

本稿で取り上げた事例は、いずれも、生産現場、工場の生産性を高めていくことに主眼が置かれていた。このような現場の能力向上、パフォーマンスの向上が、事業部や本社の業績向上に結果的にはつながっていくと期待される。加えて重要なことは、事業や企業の業績や競争力と、現場におけるオペレーションの競争力の両方をうまく連携させて評価し、ともに高めていくことのできるようなITシステムを構築していくことである。

各機能や各部門といった、「部分」の性能向上が「全体」の性能向上につながられるようなITシステムの構築が必要であり、それを可能にするようなITシステム投資活動、評価基準の構築が不可欠である。

表3 IoTシステム投資の事前の評価基準と事後的な成果の把握に関する比較

	A社	B社	C社	D社
IoTシステムの導入時の効果指標	<ul style="list-style-type: none"> ・FCFで回収期間が数年以内。 ・CCC(棚卸資産+営業債権/債務)の改善。 ・投資目的に合わせ、QCDに関する目標値を設定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・棚卸削減およびリードタイムの短縮 ・生産性向上・異常予知 ・良品率向上 ・無駄コストの削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・明確に定められてはいないが、できる限り早い回収を目指す（数年以内）。 ・投資対効果 	
定性的指標	<ul style="list-style-type: none"> ・属人化された技術・技能のICT化などの件数や工程数を測定する。 ・大規模な戦略投資にともない高額で最新のIoT投資が経営層から要求され、「従来工程の生産性〇〇倍」「顧客の期待に応える最新スマート工場」など定性効果が与件。 	<ul style="list-style-type: none"> ・課題・問題点の見える化 ・サブ工程など管理が曖昧な工程の課題抽出と迅速な対応 ・工程仕掛の削減と管理レベルの向上 ・非定型業務の削減 ・品質ばらつき安定化 	<ul style="list-style-type: none"> ・顧客要求に応じた対応 ・ビジネス拡大につながるものであるか否かに応じた先行的な投資 ・品質問題発生後の対策費用としての投資 	
IoTシステム導入後の効果把握・管理と達成程度	<ul style="list-style-type: none"> ・投資部門責任者へ定期的な報告するため、ERPから定期的に効果額をレポート。 ・減価償却額などを事業や製品に配賦し、P/Lにて評価する。 ・事業ROI、CCCにて評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仕掛もある程度改善 ・生産性向上：ほぼ目標通りの効果 ・良品率向上：慢性不良を早期に解決できたため非常に短期間で回収したケースあり 	<ul style="list-style-type: none"> ・業務変化点多すぎてITシステムの影響度合いがわかりにくい。 ・他の要因を含めた組織変更などによる担当者の異動や省人などが効果。 ・狙った効果が得られたのかの確認は行っているが報告は必須ではない。(指標例：在庫回転日数、間接費用、作業工数 など) 	<ul style="list-style-type: none"> ・省スペース性と費用対効果 (ROI) ・省人化 ・一人当たり生産性
定性的指標	<ul style="list-style-type: none"> ・投資部門責任者へ定期的な報告により管理する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・棚卸だけでなく、見えていなかった問題点が解決可能。II・意識改革も進み、リードタイムそのものの定義が変わる可能性もある。 ・AIなどは、概念実証等により適合性が確認できれば大きな効果が期待される 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画精度向上 ・業務品質向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業ミスの削減や品質向上 ・検査工程の省人化や予兆管理による保全コストの低減などの促進 ・高効率生産の促進

出所) 筆者作成

4. ディスカッション

4.1 発見事実のまとめ

本稿における事例研究の発見事実は下記のとおりである。

- (1) IoT システム投資の主な目的は、品質、生産性、リードタイムなどの現場オペレーション成果の改善である。具体的なシステムとしては、製造管理ダッシュボードや流れ改善、トレーサビリティ、自動化・省力化、省エネ効果の見える化、作業改善・育成などである。工場内のものと情報の流れの効率化に焦点が置かれる傾向があり、工場間の連携・調整やバリューチェーン全体におけるものと情報の流れの効率化を狙った投資は行われつつあるが今後のさらなる発展が期待される。
- (2) IoT システムへの投資は、戦略的投資として承認されている。社内の投資基準や投資規模、KPI は、投資の目的と用途によって異なる。特に、工場における生産工程の改善のために用いられる IoT 投資として認識・実施されているのか、工場全体・全社的な IT 投資として認識・実施されているのかにより、投資規模や承認者の階層が異なる。
- (3) IoT システム投資決定に際して、各社とも独自の定量的および定性的な評価基準が用いられている。投資効果は財務指標だけで評価されるのではなく、生産活動の QCD といった現場オペレーションの成果指標の改善度にもとづいて把握されていることは共通している。
- (4) IoT システム投資の効果を定量的および定性的に測定することは容易ではないため、現場成果の改善度や QCD のような比較的定量化しやすく短期的に効果が見えやすい指標により把握される傾向にある。対象とした事例では、生産現場において培われてきたものづくり能力を活用するような IoT 投資が行われていることは確認できた。つまり、生産現場における「よい設計のよい流れ」を実現・支援するうえで有効な IT システムとして機能していると評価できる。このように、IT システム投資効果の測定・把握が容易ではないため、工場全体やバリューチェーン全体のパフォーマンス向上を狙った投資というよりも、むしろ、個別の工程における IoT 活用に力点が置かれる傾向にある。そのため、工場全体やバリューチェーン全体の流れをよくするような投資を行うためには、それに適した投資効果の測定指標を工夫する必要がある。

4.2 日本のものづくり企業における現場のデジタル化と IoT システム投資における課題

本稿の発見事実について、実務家・研究者が参加するワークショップを複数回実施して継

日本の現場におけるデジタル化と IoT システム投資の実態に関する事例分析

続いて議論を重ねた結果、ものづくり企業の現場のデジタル化と IoT システム投資における課題として下記のことが示唆された。

4.2.1 IoT システムへの投資効果の把握自体が容易ではない

IoT システムへの投資の効果が現れるまでに要する期間が長い場合もあり、投資効果も不確実である。ただし、生産現場において培われてきたものづくり能力を活用するような IoT 投資が行われていることは確認できた。しかし、そこでも、QCD などのように比較的定量化しやすく効果が見えやすい、短期で効果が出やすい IT 投資が行われている。

本稿で分析してきた IoT システムは、生産現場における「よい設計のよい流れ」を実現・支援するうえで有効な IT システム（藤本・朴、2015）としては機能している。現場で蓄積されてきたノウハウの継承や人材育成のような時間がかかる活動への IoT 投資が後回しになりがちではないか？効果が比較的表れやすいような部署、特定の活動への投資が進むようになるため、工場全体さらにはバリューチェーン全体に影響する投資を社内で実施していく、正当化していくことが難しくなる可能性がある。このような部分最適を促進する IT 投資となることを避けるためには、IT システムへの投資を全社的な資源配分活動として位置づけることが必要であると考えられる。

4.2.2 IT システム投資におけるボトムアップとトップダウンのジレンマ的な関係

本稿における IT システムへの投資行動から示唆されるのは、「現場が抱える困りごとや課題の解決」と「トップダウン的な全体最適投資」との関係性を考慮する必要があることである。この関係性の難しさ、いわばジレンマ状況は、次のように発生すると考えられる。

- (1) まず、前提条件として以下の 2 点を想定する。現場に近いところで IT 投資案が起案されることにより、現場の問題解決に直結する IT システムが構築される（可能性が高まる）。他方、トップダウン的な意思決定や決断がなされることにより、全体最適を容易にするシステムが構築される（可能性が高まる）。
- (2) つぎに、権限移譲の程度を考える。現場としては、トップマネジメントから IoT 投資をせよと言われれば、とくに制約がなければ、まずは比較的短期で成果が見えやすい、日ごろから困っている改善活動を促進できるような IT 投資を実行し、すぐに目に見える課題とその解決に利用される。このような現場の問題解決を促進するような IT 投資の起案と実行の意思決定においては、現場の意見が反映されることが重要になる。同時に、現場における成果が出ない場合には投資が縮小（停止）される可能性が存在しているた

め、IT システムへの投資に効果があることを短期的にわかりやすく示す必要がある。これに対して、トップダウン的に号令をかければ、大規模投資を行えるが、そのような投資が現場の能力の実態や抱えている課題を的確に把握したものでなければ、構築される IT システムは、「現場が使いづらいシステム」となってしまい、結局、狙った価値創造も難しく、現場改善にも十分に活用されない。

- (3) 以上から、現場に権限を与えたとしても、投資効果の評価基準が、短期的で現場のオペレーションの向上率に焦点を当てたものである場合には、すぐに解決できる問題解決のための IT 投資に注力されることになるが、現場で短期的に解決すべき問題の解決ツールとしての IT という位置づけになる。他方、部門横断的な全体最適投資をトップダウン的に行おうとしても、その IT システムを利用する側の現場の問題解決に直結するものでなければ、さらには、現場で構築されてきたものづくり能力にフィットするものでなければ現場では使いにくいものとなり、結果的に、それぞれの部署・部門・現場において使いやすい形に「カスタマイズ」が進むことになり、社内で利用している IT システム間の連携調整がうまく進まなくなる。さらに、たとえば、グローバル標準的に利用されている ERP システムとの連携を図ろうとした場合には、現場の仕事のやり方にあわせてカスタマイズが頻発したり、各部署の強みを発揮するために独自のサブシステムが作りだされることになり、結果的に、うまくつながらないということがおこる。今度は、標準的な ERP システムのインプット情報を生成するための業務に、現場の希少な資源を割かなければならないという現象も生じうる。これでは、現場の仕事を減らし、さまざまな部門横断的に情報を連携することを容易にするためのシステムを用いているにも関わらず、結果的に、個別最適を助長したり、各部署の仕事量が増えてしまうという課題が発生することになる。
- (4) このように、現場に任せると、現場で使いやすいものができるが、それらをつなぐのが難しくなり個別最適になる。トップダウン的に進める場合には、(うまくやらないと) 現場で使いにくいものとなり、せつかく全体最適を目指したシステムのための投資をしても、個別カスタマイズが増えることになり、結果的に、横連携がうまくいかなくなり個別最適になる。どうやって解消していけばよいのだろうか？
- (5) 上記の問題を解決するためには、そもそも、IoT システム投資の目的は何か、自社のものづくりの「ありたい姿」は何か、その状況が実現されていることを、どのように確認していくのか、ということであらためて考えていく必要がある。つまり、IT システム投資のコンセプトをどのように設定するかという問題である。もちろん、その目的が「生

産現場のオペレーション改善」にあるならば、それに適した指標や測定方法は、既に本稿で明らかにされたように、優れたものが構築されて、実際に用いられ、高い成果を上げていることは確認されている。それでは、さらに、バリューチェーン全体における最適化を図ろうとするのであれば、どのような指標や投資行動が有効であるのだろうか？ビジネスモデルの変革を伴うデジタル投資、という視点からみると、製造現場の効率化を志向したIT投資だけでは十分ではない。すぐに成果が見えやすい現場改善のための「ツール」としての投資になる可能性がある。バリューチェーン全体の変革やビジネスモデル・競争戦略の転換まで見据えたデジタル投資をするのであれば、大規模かつトップダウン的な投資意思決定が必要になると考えられる。その際には、評価基準を工夫することにより、ある程度の期間（数年単位）や規模（工場新設にともなって、抜本的に大型のICT投資を行う）を設定して、大局的かつ長期的な視点から投資意思決定を進めることが必要である。つまり、新たな顧客価値創造のための戦略的な投資という側面と、既存の組織能力の維持・活用・強化という側面の、両方を促進するようなITシステム投資のあり方の解明が必要である。

以上のように、単なるボトムアップでもなく、単なるトップダウンでもない、地に足をつけつつ大局的な視点にもとづくIoTシステム投資を行うための仕組みとしてどのようなものが有効なのか、ということをめぐる難しい意思決定であるからこそ、うまく行うことができれば、持続的な競争優位の源泉となりうる。

4.2.3 IoTシステムへの投資が成果につながるメカニズムの解明が必要である

上記の課題を解決するためには、IoTシステム投資の成果を把握する方法の洗練化およびKPIの改善を進めることが必要である。ただし、生産活動におけるパフォーマンス向上(QCDの観点)という成果が、IoTシステム投資の直接的な効果によるものなのか、それ以外の要因による効果なのかを識別することは容易ではない。

このことは、本稿では日本企業の優良現場を対象としていることが影響している可能性もある。これらの現場には、そもそも、それまでの継続的な改善活動と蓄積があるため、もともとオペレーションのパフォーマンスを継続的に向上していくことのできる素地が整っている。そのため、たとえば、1年間で生産現場の生産性がある値まで向上し、同時期にITシステム投資をしていた場合には、この生産性向上という結果に対して、それまでの改善活動で培われてきた現場の組織能力がどの程度影響を与えているのか、ITシステムの導入によ

る直接的な影響がどの程度であるのか、ということを的確に把握することは容易ではない。つまり、現場のチームワークの良さやノウハウにもとづいた現場の効率向上の経験が豊富であるほど、IT システム投資の直接的な効果がわかりづらいという可能性がある。両者を的確に峻別し、両者の補完的な効果についても把握できるような評価方法を考案していくことも必要である。

そこでは、IoT システムへの投資効果の測定自体が難しいから、工場全体やバリューチェーン全体のパフォーマンス向上を狙った IoT システム投資というよりも、むしろ、個別の工程における IoT 活用にとどまるという傾向が強化されるのだと想定される。本来、IoT や ICT への投資は、バリューチェーン全体の効率向上、および顧客価値創出のインフラとして機能する可能性を有するが、その投資効果の把握が難しいことから、わかりやすい工程への適用が促進される傾向にある。そのため、現場で個別に始めた投資活動を、そのまま局所的に終わらせてしまうのではなく、有効なものであればそれが持つ影響を評価して経営トップの課題としてとらえなおし、全社展開をはかることが必要である。工場全体やバリューチェーン全体の流れをよくするような IoT 投資を行うためには、それに適した投資効果の測定指標を工夫すべきであると考えられる。

4.3 IoT システム投資の意思決定および投資効果を総合的に解明する分析枠組み

本稿における事例分析の結果にもとづいて、ものづくり企業のオペレーションのデジタル化における IT システムへの投資活動に影響を与える要因として、「IT システムのコンセプト・位置づけ（投資の目的・戦略的意義）」、「IT 投資の承認プロセス（IT 投資プロジェクト担当者の資源獲得行動）」、「IT 投資の評価基準（成果評価指標、効果把握・評価の時間軸）」の3点が明らかとなった。本稿では、これらの要因をもちいて、図1に示すように、IT システム投資の意思決定および投資効果を総合的に解明するための分析枠組みを構築した。

図1で示されるように、IT システムへの投資から成果までの間には、部門間調整能力、組織能力、IoT の使いこなし能力などが影響すると想定される。IoT システム投資の目的、狙い、評価基準、意思決定プロセス、パフォーマンスとの間の関係を包括的に分析していくことが、実務上も重要であり、学術的にも有望な研究課題になる。

この分析枠組みにもとづいて、定性的研究・定量的研究を通じて洗練化していくことが今後必要である。詳細な仮説群への落とし込みを今後行っていく。組織論との関連づけとしては、投資プロジェクト組織のあり方、組織デザインが IoT システム投資活動に与える影響（意思決定や評価基準など）、結果としての投資パフォーマンスとの関係を探ることが考えられ

日本の現場におけるデジタル化とIoTシステム投資の実態に関する事例分析

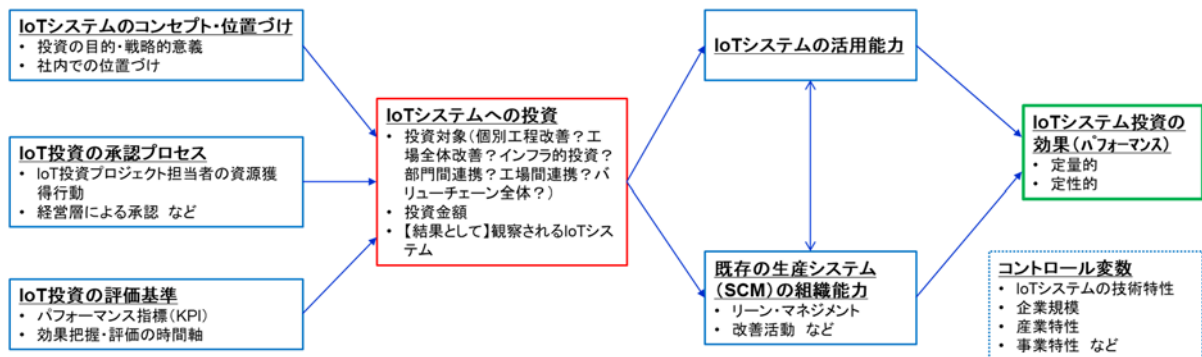
る。また、戦略論との関連付けとしては、資源配分・資源獲得プロセスとして、IoTシステム投資活動をとらえる。以上により、IoTシステム投資を、デジタル技術を活用したプロセス・イノベーションとそれをテコにした市場創造活動としてとらえて分析することができるようになる。より具体的な研究課題としては、下記が想定される。

- (1) **「IoTシステム投資」「ものづくりの能力」「成果」との関係を含括的に分析する。**「ITシステムへの投資・導入・活用 → ものづくり能力の向上（個別の部署・活動、開発と生産の連携、SCM、横断的な効果、改善）→ オペレーションのパフォーマンス向上（QCDF）」という関係を探る。さらには、「既存のものづくり能力・仕組み → ITシステムへの投資・導入・活用」という、既存の仕事の進め方・能力によりITシステム投資のあり方が影響を受けるという経路も明らかになる。
- (2) **評価基準・指標（KPI）に関して、マネジメントの対象とする「流れ」の範囲の設定・選択（個別の工程、工場内、SCM、企業間 など）に応じた、評価基準の相違点は何か？**経営指標の現場への落とし込みをどうするか？現場で用いられているKPIと、本社や経理部門で用いて見ているKPIの違い、相互関係はどうなっているのか？どのような評価基準を、どのように創ればよいのか（短期／長期の成果、定量／定性）。誰が、どのようなプロセスを経て決めるのか？対象をどうするか？（単一事業/複数事業への波及、個別部署/部署横断的 など）。評価と資源配分の関連付けをどのように行っているのか。他のITシステム投資との類似点・特異点はどうか？
- (3) **IoTシステム投資の目的は何か？**既存の現場の頑張りや成果につながる道筋をどのようにつけていくのか？既存の個別の部署の組織能力を活用・向上するのか、部門横断的なものと情報の流れをよりよくできるようなITシステムを構築するのか？デジタル化により生じる「未利用資源」をどのように活用するか？（デジタル技術の導入、データ活用により、新規製品や事業の創出につながる（狙う新規製品や事業を事前に想定して、実現するために、ITシステムへの投資を行う）。投資の目的として想定されるもの（現場オペレーションの効率向上、SCMの効率化、顧客価値の増大、既存事業の収益改善、新規事業の創出など）に応じて、適した評価基準やKPIは異なる？どのようなものがうまく機能するのか？
- (4) **部門間調整問題（部分最適と全体最適）をどのように解消していくのか？**これは、古くて新しい問題（分化と統合の議論、Lawrence & Lorsch, 1967）といえる。たとえば、なぜ、縦割りですうまくいかないとわかっているし、ずっと困ってきているのに、それをなかなか変えられないのか？トップマネジメントの問題なのか？組織デザインやインセ

ンタイプ（業績評価・報酬）の問題なのか？使う人、働く人がよるこぶような IT システムをつくらなければ、導入も思うように進まず、定着もしないはずである。各部署で、「うれしいこと」が異なるから、その間の調整が難しく、すべての要求を満たそうとしても、結果的に、うまくいかずに、だれにとってもあまり使いやすいシステムにならないということが生じているのか？この問題をどのようにすれば解消できるのか？それぞれのファンクション（生産、購買、開発、販売、物流）における IT 活用による効率化の側面と、機能横断的な連携を促進できる IT システムのありかた、経営層との連携などを、どうしていけばよいのか？

- (5) 上記 (4) の問題の解決策を探るにあたり、全社的な取り組みと各事業部・拠点の取り組みの関係について考える。本社が共通で評価したりコントロールする領域、各事業部が自律性をもって評価・決定していく領域、意思決定や評価基準の集権化と、自律性の配分をどうしていくか？どこが権限と責任を持つのか？「デジタル化を推進する組織の権限・責任の範囲」をどのように設定すればよいのか？これは、多角化の程度、保有事業の多様性により異なる可能性がある。

図 1. IoT システム投資の意思決定および投資効果を総合的に説明する分析枠組み



出所) 筆者作成

4.4 デジタル化をテコにする価値の流れのマネジメントのあり方の探求

グローバルに広がる様々な活動を見渡し、ものと情報の流れを可視化し、どこでどのような問題が起きているのかを迅速に発見し解決を図ることがますます重要になっている。日本のものづくり企業においても、近年急速な発達を遂げる IoT や AI 等のデジタル技術を積極的に導入・活用し、工場内のものと情報の流れやグローバルなサプライチェーン全体に渡るものと情報の流れを把握するために、大量かつ多岐にわたるデータ（自社およびサプライヤ

日本の現場におけるデジタル化とIoTシステム投資の実態に関する事例分析

の工場の稼働状況や不具合情報、生産や流通の進捗情報、受注情報など）を集める取り組みが進んでいる。

しかしながら、生産活動における「ものと情報の流れ」はよいのだが、情報の流れを良くするための仕組みであるITやIoTを利用したとしても、部門間・機能間・企業間における連携・調整をどのように行えばよいのか、ということについては課題が残されている。たとえば、福澤・相江・朴・石(2020)によれば、自社のITシステムについて部門をまたがった統合が十分にできていなかったり、同じITシステムを使っているが運用方法については部門間で異なるということが見いだされている。グローバルに「ものと情報の流れ」を大量かつリアルタイムで可視化していくための技術的障壁については、近年の現場のデジタル化やITシステム投資により、低減してきているはずである。その場合には、むしろ、技術的な難しさよりも、組織における部門間の障壁が、バリューチェーン全体における「ものと情報の流れ」を阻害する要因として際立ってきているのではないかと考えられる。

2010年以降のデジタル技術の急発展により、時間と空間の制約を超えて、人間のもつ物理的な制約を超えて、多様かつ大量のデータを収集・処理・分析・伝達することができるようになってきている。いわば、情報（価値）の流れの大量化、高速化、精細化、多様化が進展している。この傾向が強まることにより、多様な部署間をまたがる、多様かつ大量の「もの」と「情報」の流れのマネジメントという課題は継続しているし、むしろ難しさは増大していると考えられる。流れの「全体最適化」を進める際に、誰が音頭をとり、どのように調整していくとよいのか？そのためにどのような仕組みをどのようにして構築していけばよいのか？ということを考えていく必要がある。

本来、デジタル技術は、「情報」の流れを良くして、全体最適を目指すことを容易にできる期待される技術である。しかしながら、上述のように、部分最適・個別最適が促進され、部門間のコンフリクトが先鋭化して機能不全に陥る「流れをよくする技術の逆機能」(Fukuzawa, 2020)とでもいえる現象が生じる可能性がある。技術的障壁よりも、組織における部門間の障壁の方が、流れを阻害する要因として際立つということがおこりうる。現場のデジタル化が進むことにより、組織内や組織間における価値の流れに変化が生じる場合には、組織内・組織間の調整問題をどのように克服していけばよいのか、という課題が発生する。

デジタル技術は「ツール」であり、先端技術を導入したからと言って、それを使うチーム・組織の能力がともなわなければ、その効果を十分に発揮できないし、必ずしも成果が高まるとは限らない。デジタル技術を活用した開発・生産・販売・営業にいたる一連の活動の連動

と、それによる事業拡大・創造を目指すにはどうすればよいか？これまで蓄積されてきた組織能力、資源をどのように活かしていけばよいのか？個人間、チーム間、企業間、グローバル拠点間における、さまざまな調整問題を解決する「技術」として、どのようなものがありうるか？このような疑問に対して答えていくことのできるような、研究や実務上の取り組みが必要になると考えられる。

5. 結論

本稿では、日本のものづくり企業を対象に探索的な事例研究を行い、IoTシステムへの投資活動の実態、および、共通してみられる重要な課題を明らかにした。生産活動の効率化のためのIoT投資が実際に行われており、その成果が出てきていることも示された。しかしながら、生産以外の部門・部署との連携が十分ではない可能性が残されていることが示唆された。

さらに、ITシステムへの投資活動に影響する要因を把握することができた。なかでも、IoTシステムへの投資の社内での位置づけの違いや目的とするパフォーマンス指標の違い、投資効果の把握における時間軸の違いが、各社のITシステム投資行動に影響を与えている可能性があることが明らかとなった。現状の評価基準や投資のプロセスのもとでは、比較的わかりやすく成果の見えやすい、具体的に言えば生産現場のパフォーマンス改善に直結するようなITシステム投資に力点が置かれる傾向がある。このこと自体は、ものづくり活動における「ものと情報の流れ」をよりよくしていくうえで効果的に機能しており、生産工程や工場の効率性が高まるという効果が得られる。

しかし、「バリューチェーン全体におけるものと情報の流れの最適化」という観点にたてば、必ずしも、これらの評価指標や評価方法に基づいたITシステム投資が望ましい効果をもたらすことにつながるのかについて、さらなる検討を要すると考えられる。つまり、「現場の困りごとを着実にデジタル技術を活用することで解決していく」と同時に、「工場全体や工場間の連携、バリューチェーン全体をみわたして「ものと情報のながれ」をよりよくできるような全体最適に立ったIoTシステム投資」を行うことが必要であり、これらを可能にするようなITシステム投資の意思決定方法や投資評価基準の構築が必要である。

今後の研究課題および研究の方向性として、以下のことが考えられる。まず、ビジネスモデルや事業・産業特性の違いと、IoTシステム投資やその成果との関連付けを行うことが必要である。次に、IoT投資効果の測定尺度の構築と実際の測定、パフォーマンスとの関連付け。特に、IoT投資効果が現れるまで長期を要するものの評価については、継続的な調査を

行うことが必要である。

さらに、他の要因との関連づけを工夫することも必要である。たとえば、全社戦略・事業戦略、企業規模、組織デザインなどとの関係を解明する必要がある。

先行研究との接合を工夫する。ITシステム投資戦略とパフォーマンスとの関係に関する既存研究への位置づけと本研究の理論的な貢献の提示。さらには、DXの議論との関連付けを進めることにより、顧客価値創出やバリューチェーン全体最適を目指したIoTやITシステムへの投資について分析していくことも有効であると考えられる。

参考文献

- Agarwal, R., Gao, G., DesRoches, C., and Jha, A. K. (2010). The digital transformation of healthcare: Current status and the road ahead. *Information Systems Research*, 21(4), 796–809.
- Devaraj, S., & Kohli, R. (2003). Performance impacts of information technology: Is actual usage the missing link?. *Management Science*, 49(3), 273–289.
- 福澤光啓・梶江亮介・朴英元・石瑾 (2020)「バリューチェーンにおけるITシステム活用の実証分析:ものづくり企業4社のケース・スタディ」*The Journal of Japanese Operations Management and Strategy*, 10(1), 18–34.
- 藤本隆宏・朴英元編著 (2015), 『ケースで解明 ITを活かすものづくり』日本経済新聞出版社.
- Fukuzawa, M. (2020b) Reconsideration of value stream mapping and cross-functional integration in the digitalization of operations. *Annals of Business Administrative Science*. 19 (6), 263–276.
- Holmström, J., Holweg, M., Lawson, B., Pil, F. K., and Wagner, S. M. (2019). The digitalization of operations and supply chain management: Theoretical and methodological implications. *Journal of Operations Management*, 65(8), 728–734.
- 森川博之(2019). 『データ・ドリブン・エコミー—デジタルがすべての企業・産業・社会を変革する—』ダイヤモンド社.
- 奥雅春 (2013). 『現場ナマ情報のグローバル共有戦略』日経 BP 社.
- 奥雅春 (2018). 『日本版 インダストリー4.X』ダイヤモンド社.
- Park, Y.W., & Hong, P. (2012). *Building network capabilities in turbulent competitive environments: Practices of global firms from Korea and Japan*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- 朴英元(2020). 「データドリブン・イノベーション—デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略—」MMRC Discussion Paper Series, No. 531.
- Roscoe, S., Cousins, P. D., and Handfield, R. (2019). The microfoundations of an operational

capability in digital manufacturing. *Journal of Operations Management*, 65(8), 774-793.