

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K00273

研究課題名（和文）日本のモノづくりにおける人材育成の歴史的意義とAI・IoT時代の課題

研究課題名（英文）Historical Significance of Human Resource Development in Japanese Manufacturing and Challenges in the AI and IoT Era

研究代表者

田口 直樹（Taguchi, Naoki）

大阪公立大学・大学院経営学研究科・教授

研究者番号：60303252

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：現在、生成AIをはじめとする情報技術の進展は著しく、定型的なものは情報技術により代替され、その精度も相当程度高いものとなっている。情報データの意味解釈をもAIが行うケースが出てきている。こうした状況の中で、日本のものづくりの競争力の根幹である技能・熟練の技をこうした情報技術を媒介にしながらも如何に継承していくかが課題である。本研究では、日本のものづくりの現場において、人材の管理部門と現場との意識のズレ、認識のズレをコーディネートする人材の登用により意識・課題の共通化を図り、技能形成に果たしてきた役割を前提とした情報化の在り方が有効であることを実証的事例から明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

技能・熟練という属人的要素を人材不足が叫ばれているものづくりの現場においていかにデジタル化し、継承可能にするということがここ数十年来の課題であった。しかし、人間の五官により形成されるスキルを質を担保してデジタル化することは容易ではない。これこそが品質の作り込みに必要な要素であり、日本のものづくりの競争の根幹である。感覚・感性的なものを100%表現できないからである。従来の技能的熟練論から知的熟練のように熟練の要素の質的転換という視点からだけでは捉えられない要素である。この点を明らかにした点が学術的意義であり、日本のものづくりの技能継承の課題を解消する視点を提供しているところに社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Currently, the advancement of information technology, including generative AI, is remarkable. Routine tasks are increasingly being replaced by information technology, and their accuracy has become considerably high. AI is now capable of interpreting the meaning of information and data in some cases. In this context, a challenge arises: how to inherit and maintain the skills and craftsmanship, which are the core of the competitiveness of Japanese manufacturing, while utilizing these information technologies. This study reveals, through empirical examples, the effectiveness of information technology based on the role it has played in skill formation by promoting the alignment of awareness and issues through the appointment of personnel who can coordinate the disparity in awareness and understanding between the management and the field workers in Japanese manufacturing sites.

研究分野：技術論

キーワード：技能 AI DX 人材育成 デュアルシステム 中小企業 技能形成

1. 研究開始当初の背景

2000年代以降のモノづくりの特徴は、製品設計に組み込みソフトウェアが深く介在し、製品アーキテクチャが技術モジュールの組み合わせ型になる、各モジュールをつなぐデジタルインターフェースやプロトコルがオープンに標準化され国境を越えるスピードが加速する、技術蓄積の少ない新興国であっても流通する部品を組み合わせるだけで製品システムを大量生産できる等、ICT化、モジュール化を軸とした生産システムの標準化である。日本のモノづくりが歴史的に培ってきたモノづくりの本質的部分を精算的に否定しかねない。すなわち試行錯誤の下、一品生産的にものをつくる経験を積み重ね、その上に应用技術が展開する学習効果を伴うモノづくりの方法である。先述したように後発工業国はこうした経験を積まずして先進国において確立された標準化されたプラントを輸入し、フルターンキー生産で工業生産を行うことから資本財産業が自国で育たないという限界を有している。日本のモノづくりも過度に標準化に邁進した場合、培ってきた基盤技術が数年先には崩壊しかねない。オープン化・標準化という競争の強制法則が貫かれる中で、日本の競争優位の源泉であるアナログ的な技能・熟練を媒介とした技術の体系を活かした製造IoTプラットフォームの構築に関してそれを担う人材育成に照射し、技能とITの対立的視点ではなく統合的視点で捉えていく必要がある。

日本のモノづくりにおけるAI・IoT人材の育成について検討するに際し、日本製造業で圧倒的多数を占める中小製造業の存在を無視することはできない。なお、中小製造業の現場ではそもそもとして人材の不足、なかでも「若者が製造現場に入っていない」という若手人材の不足はかねてから問題となってきた。こうした状況に対し様々な地域が、これまでもそれぞれの特性や実情を踏まえ人材の確保・育成に取り組んできた。このうち、文部科学省が2004年から全国20地域25校の専門高校等を選定し、推進した日本版デュアルシステム事業は、地元高校と中小企業との連携を促進することで、人材の確保も含め、地域の実情に立脚した制度的な人材育成システムの構築を目指すものだった。当該事業は3年間の期限付きだったが、事業終了後もデュアルシステムに専門的に取り組むコースの設置や学科設立により取組みを継続している高校のほか、新たに取り組む高校も出てきている。このように、デュアルシステムという教育機関と中小企業との連携による制度的な人材育成システムの構築に向けた取組みは、AI・IoT時代の日本のモノづくりにおける人材育成のあり方を考える上でも示唆に富む事例である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、技術史・技術論・経営学の視点から戦後のモノづくりにおける技能形成と人材育成を歴史的に検証しつつAI・IoT時代の人材育成システムの課題を明らかにすることである。分析視角としては企業内での人材育成システムと専修学校等の制度的な人材育成システムおよびシステムインテグレーターのITシステムの開発・設計思想、この3つ相互関係を捉え日本的な特質と今日的課題を明らかにしていくことである。

さらには、デュアルシステムに代表される、個別中小企業に人材を供給する礎となる地域的なしくみとしての制度的な人材育成システムに着眼し、当該システムを構築するための諸条件を明らかにすることを目的とする。この目的を達成するにあたり、2004年からデュアルシステムに継続的に取り組んでいる東大阪の大阪府立布施北高等学校、および同校のデュアルシステムに協力する地域中小企業の実態調査を通じてすでに得られた知見との比較分析、それらの知見をもとに構築した仮説の検証を行なうことで、人材育成システムが持つ地域性とあわせて、当該システムの構築に際しての諸条件における普遍性を見出すことも目指した。

3. 研究の方法

本研究では、以下の4つの視角からを遂行する。第一に、内部労働市場(企業内配置転換と多能工の育成)を前提としたOJTを基本とする技能育成の実態分析である。基幹産業である自動車産業を対象として、とりわけトヨタグループのOJTの義を歴史的に検証した上で実態分析を行う。トヨタは3本柱活動(標準作業の徹底と改善、加工点マネジメント、自主保全)を5KPI(Key Performance Indicator)=(安全・品質・原価・生産保全・人材育成)の指標で徹底し、知的熟練の「形式知化」ではなく、「見える化」により技能育成を徹底している。同システムは作業現場の組長と作業員で運用する人間の能力だけに依存する究極のシステムである。この取組みはAI・IoTの流れと逆行する取組みである。またトヨタグループを中心とした「からくり改善機構研究会・夢動力」は「発想の可視化」を目的とした取組みであり、エンジニアの柔軟な発想とモノづくり基礎体力の育成を目的としている。「形式知化」ではなく「見える化」にこだわる取組みの本質=AI・IoTでは処理できない要素は何かを明らかにする。しかし、第二に、熟練労働者が減少し、不安定雇用が増大する中で一層のスキルレス化の工程編成が必要になる。従来品質を維持しながらIT化を進めるには、技能的要素を徹底してデジタル化するエンジニア能力が問われる。労働市場の環境変化に伴うエンジニア育成に焦点をあてる。第三は、製造IoTプラットフォーム構築が叫ばれる中、システムインテグレーターと呼ばれるプラットフォームマーに着目した調査・研究である。SiemensやBoschといった欧米系システム

ムインテグレーターが日本でもプレゼンスを高めている。日本でも IVI(Industrial Value Chain Initiative) が日立製作所、三菱電機、FANUC、DMG 森精機等と連携して日本版製造 I o T プラットフォーム構築の実証実験を進めた。欧米系と日本のプラットフォームの比較分析を通じて開発・設計思想の違いを明らかにし、日本のモノづくりを前提とした IT システム構築にはどういった開発・設計思想をもった AI・IT 人材が必要かを明らかにする。この論点に関しては、上述の諸企業および中国の社会実装の場である深圳 I o T センターを調査し日欧中の比較を行う。しかし、中国との比較調査はコロナ禍の影響で調査ができず、文献ベースでの比較研究にとどまった。

以上 3 点は大企業に主眼をおいた分析である。第四に職人的世界である中小製造業の人材育成分析である。技能と最新鋭設備を必要とする工作機械・金型企業を中心に企業内技能育成の実態、若年労働者の育成・確保を目的とするデュアルシステムの実態、供給源となる専修学校・職業訓練学校等の制度的育成システムを含めて人材育成の実態と課題を分析する。当初、東京都大田区の東京都立六郷工科高等学校デュアルシステム科が取り組む東京版デュアルシステムに協力する中小製造企業の実態調査を軸として行なう予定だった。しかしながらコロナ禍であることにかんがみて、2020 年度と 2021 年度は文献・資料調査、および既存データの分析を通じて得られた知見に基づく仮説の検証を主としつつ、当時所属していた高松大学の立地をふまえ、地域的な人材育成システムの構築を問題意識として持ち、かつその構築に向けた活動に積極的に参画している香川県高松市に所在する中小製造企業の実態調査を実施した。また、これらの実態調査を進める中で、個別中小企業が高校や大学等の教育機関と連携するというよりはむしろ、製造業だけにとどまらない、さまざまな業種の企業(経営者)で構成される中小企業ネットワーク組織が複数の教育機関と連携することを通じて地域における人材育成に取り組もうとしているケースが多いことが明らかになった。そこで 2022 年度以降は、地域や研究対象を広げ、中小企業ネットワーク組織と教育機関との連携による地域的な人材育成に取り組んでいるケースを中心に実態調査を進めることで、地域の実情に立脚した制度的な人材育成システムの構築に向けた諸条件について検討した。

4. 研究成果

これまでの製造業は、グループ関係を軸とした企画、設計、製造一体の垂直統合型の運営により、最終製品を製造するメーカーが企画、設計、製造までの能力を保有し、サプライチェーンを統制してきた。DX の進展に伴い、製造業では、最終製品や部品を製造するメーカーから、製造や設計などの一部の機能が切り出され、企業や業種を超えて提供されることで、規模の経済を生かしたコストの優位性や、技術的専門性を生かした設計の高度化を実現する事業者が現れる等、水平分業型へ展開されているのが特徴である。標準化、デジタル化を進めることで製品設計のみならず、生産ライン設計や現場オペレーションを形式知化し、これをサービスとして製造事業者へ販売する事業者(システムサプライヤー)の登場等、水平分業への流れが加速している。こうした流れの中で、技能集約型産業といわれてきた金型産業の先進事例をみると以下のようなケースがみられた。ウチダ製作所(知多市)/氏原モールド設計(浜松市)/カツミ製作所(知多市)を中心とする中堅金型メーカー約 10 社の共同受注・生産の事例である。チトセ工業(東大阪)が開発したセンサー(Logobe)を共同受注グループの金型メーカーの工作機械に設置し稼働状況のデータをクラウドサーバーに集約する。氏原が所有する 3 次元の設計ソフトを連携する各社が共同利用し、若手技術者の育成も進める。中小では技術者が 2 次元 CAD で作成した平面設計図をもとに加工からテスト、調整まで一人で担当することから「書いた本人しか分からない」という事態が普通であった。すなわち、これが他社との分担が進まない要因でもあった。また、金型の仕上がりを確認する大型プレス機や研磨機が必要となるが、1 億円以上かかる上に最終段階で使うだけなので稼働率が極めて低く、中小の経営に重くのしかかる。3 次元 CAD や高額設備の「共有」は、仕事の分散・平準化と技術者の育成が一石二鳥で進み、プレス金型の技術・技能伝承につながる。通常複数のメーカーに発注に必要な自動車部品用金型を、一括して請け負うサービスも開始。顧客の部品メーカーはワンストップで発注が可能となり、日本の技術力を生かす形で企業の生き残りを DX を通じて展開している事例である。

金属加工メーカーの事例では、以下のような特徴がみられた。同社が採用する「1 個流し生産」では、従業員を囲むように「コの字型」に機械設備を配置し、製品完成までのすべての作業を一人で行う。コの字で作業が完結するため部品移動や手待ち時間が省略され工場もコンパクト。しかし、従業員の技量により、製品完成までの時間と品質にばらつきが生じる。生産管理システムの導入による「現場の見える化」機械設備にスマートフォンを取り付け、歩数計などに搭載されている 3 軸加速度センサーで機械の振動を自動計測し、稼働データを取得。このデータが自社開発の生産管理システムに紐づけられて、生産指示や生産実績、工程不良などがリアルタイムに管理される、作業ペースの管理をしていることになる。さらに着目すべきは、「Evangelist」と呼ばれるデジタル人材による経営層と現場の「橋渡し」機能である。IT に知見のある社長と現場のものづくり人材との間にはデジタル技術の導入に対する意識と、専門的な知識・経験にギャップがあるのが通常である。社内の IT に興味のあるものづくり人材を Evangelist として育成し、経営層と現場をつなぐ役割。デジタル技術に関する専門知識を現場の従業員が理解できるようにかみ砕いて説明する。また、現場の従業員が求めていることを聞き取り、デジタル技術導入時にその現場のニーズを反映する。また、外部研修によるデータサイエンスの習熟と生産管理ステ

ムに蓄積されたデータの解析をおこない、自社の強みを生かしている事例がみられた(以上、田口、2022)。

本研究は、AI・IoT時代の日本のモノづくりにおける人材育成について、主として教育機関と中小企業との連携による制度的な人材育成システムの構築に向けた取組みをケースに、当該システムの構築を可能とする諸条件とその地域性、ならびに普遍性に着眼して検討した。以上から得られた知見は以下のとおりである。

デュアルシステム(学校での座学と企業での職場実習とを組み合わせた人材育成システム)においては教育機関と中小企業との密な連携が不可欠である一方、中小企業にとっての経営負荷は決して小さくない。また、当該システムへの協力が必ずしも人材確保につながるわけではない。つまり、中小企業にとっては地域貢献としての側面が大きく、経営者依存的な組織特性を持つ中小企業では経営者が地域貢献に対するモチベーションを維持できるかどうか次第でデュアルシステムの持続可能性が左右されてしまうのが現状である(木下、2020)。また、デュアルシステムは職場実習の受け入れを伴うため、全社的な理解、協力が必要とされ経営負荷は大きくなる一方、近年、散見される中小企業経営者が自身の所属する中小企業ネットワークで実施する人材育成のイベント、およびその企画・運営に参画するケースでは、経営者によるコミットメントを主とするため経営負荷は大幅に軽減される。なお、このケースではコミットメントの積極性は経営者次第という側面がより前面に出るものの、個別企業ではなくネットワーク組織としての人材育成の取組みであるため、一旦ネットワーク組織の継続事業として位置づけられれば、デュアルシステムと比較すると持続可能性はある程度担保されるという側面がある。くわえて中小企業ネットワーク組織に参画している経営者は、そもそもとして参画が任意の当該ネットワークに自らコミットメントしている場合も少なくない。そのため、典型的には人材確保に代表される自社の経営メリットが得られず、地域貢献としての側面が大きい場合でも、自身のコミットメントに意味付けをしながらモチベーションを維持する傾向もみられた(木下、2021; 2022)。

地域における制度的な人材育成システムの構築においては中小企業による積極的なコミットメントが不可欠であるが、とりわけ昨今では個別企業というレベルではなく、中小企業ネットワーク組織というレベルでの取組みが増加している点が特徴であり、こうしたレベルでの取組みは持続可能性の担保という点でも、スケールの実現という点でも注目に値する。とくに現状では地域貢献としての側面が小さくない地域における人材育成システムの構築に向けた取組みに対する政策的サポートとそのあり方についても検討する必要がある(木下、2023)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 木下和紗	4. 巻 第68巻
2. 論文標題 域とのかかわりにみる持続可能な中小企業経営	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 伝挑レター	6. 最初と最後の頁 7-8頁
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田口 直樹	4. 巻 第75巻
2. 論文標題 DX時代における中小製造業の課題	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 信用金庫	6. 最初と最後の頁 3-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 木下和紗	4. 巻 第71巻第5号
2. 論文標題 地域社会に貢献する中小企業と企業家：株式会社香西鉄工所のケース	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 商工金融	6. 最初と最後の頁 5-20頁
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 木下和紗	4. 巻 第36巻第1号
2. 論文標題 企業家のアイデンティティ・ワークからみた中小企業の地域貢献：中小企業家の言説に着目して	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 工業経営研究	6. 最初と最後の頁 11-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 木下和紗	4. 巻 第39号
2. 論文標題 電気ボットで『さりげなく』みまもり、みまもられることを実現：象印マホービン株式会社の『みまもりほっとライン』のケース	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 くらしと協同	6. 最初と最後の頁 62-71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田口直樹	4. 巻 第295号
2. 論文標題 中国における IoT の特徴と基盤技術分野における情報化の実態	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 科学史研究	6. 最初と最後の頁 255 - 259頁
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 木下和紗	4. 巻 74巻
2. 論文標題 地域社会活動の持続可能性と中小企業経営者のモチベーション：結果としての心理的報酬に着目して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 研究紀要	6. 最初と最後の頁 1 - 30頁
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平野哲也・中村友哉・木下和紗・関智宏	4. 巻 第69巻第3・4号
2. 論文標題 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の 中小企業経営に与える影響にかんする調査 - 従業員規模別のクロス集計結果 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 山口経済学雑誌	6. 最初と最後の頁 121 - 143頁
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木下和紗
2. 発表標題 中小企業の地域貢献に関する分析視角の検討
3. 学会等名 中小企業研究会・大阪商業大学比較地域研究所研究会合同研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木下和紗
2. 発表標題 地域社会への貢献にみる中小企業家のアイデンティティ・ワーク
3. 学会等名 工業経営研究学会第36回全国大会自由論題報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田口直樹
2. 発表標題 技術史・技術論の今日的課題
3. 学会等名 日本科学史学会・技術史分科会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日本科学史学会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 726
3. 書名 科学史事典	

1. 著者名 植田浩史・三嶋恒平・伊藤亜聖・的場竜一・田中幹大・田口直樹	4. 発行年 2021年
2. 出版社 慶應義塾大学出版会	5. 総ページ数 437
3. 書名 中国の日系企業：蘇州と国際産業集積	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	木下 和紗 (Kinoshita Kazusa) (20825559)	摂南大学・経営学部・准教授 (34428)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------