

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02007

研究課題名(和文) IoT契機の第四次産業革命と産業技術基盤の再編に関する産業間比較研究

研究課題名(英文) Inter-industry comparative study on the fourth industrial revolution triggered by IoT and the reorganization of industrial technology base

研究代表者

田口 直樹 (Taguchi, Naoki)

大阪市立大学・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) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、IoTに着目し、この技術が既存産業の産業技術基盤および競争関係に与える影響を明らかにし、日本と世界のものづくりにおける共生的な関係の構築に向けた技術的課題を明らかにすることである。IT化を背景として後発工業国の工業技術発展が著しい中で、生産のアジア化が進展している。他方、アメリカのIIC、ドイツのIndustrie4.0は、IoTを軸としたビジネス・プラットフォームによる産業再構築である。先進国のIoT戦略の中で、競争力を規定する産業技術基盤が転換しつつある。本研究では基幹産業のアジアと世界の実態分析を通じて、第四次産業革命の意義と限界を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、IoTや第四次産業革命という言葉が耳にするが、空想的な社会を展望する論調が多い。本研究は、ICT化が進展する中で、実際の諸産業で実際に志向、実践されている生産革命の実態を把握することでこれらの概念を科学的に評価する。また、ドイツやアメリカの国際標準化戦略という観点からこの問題を位置づけ、グローバル経済の秩序がいかなる産業技術基盤を軸に展開されるのかを明らかにする。IoTは、様々な資源を有効に活用しうる可能性を示唆している。日本の産業集積の再活性化の手段としての可能性評価、ひいてはグローバル化時代における日本と世界の共生的関係の構築にむけた技術的課題を提示できるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to focus on IT, clarify the impact of this technology on the industrial technology base of existing industries, and the competitive relationship, and to establish the technical issues for building a symbiotic relationship between Japan and the world of manufacturing. It is to clarify. While the technological development of the least industrialized countries is remarkable against the backdrop of IT, the Asianization of production is progressing. On the other hand, IIC in the United States and Industrie4.0 in Germany are industrial restructurings based on an IT-based business platform. The industrial technology base that regulates competitiveness is changing in the developed countries' IT strategies. This study clarified the significance and limits of the Fourth Industrial Revolution by analyzing the actual situation of Asia and the world of key industries.

研究分野：技術論

キーワード：IoT 第四次産業革命 ものづくり 基盤産業 産業技術

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2000 年以降、中国をはじめとする東アジアやタイをはじめとする ASEAN 諸国そしてインドを含め工業化の進展が著しく、世界中の先進工業国の企業がこれらの地域に進出しものづくりをおこなっており、アジア全体が「世界の工場」となっている。いわば「生産のアジア化」の進展である。アジアがモノづくりの中心になる一方で、IoT を契機とした「第四次産業革命」と呼ばれる技術革新による経済システム、産業システムの転換の可能性が先進国を中心に展開されている。ドイツの Industry4.0 や アメリカの IIC は、ものづくりにおけるあらたな標準化戦略の展開である。世界のものづくりがこの流れに包摂されていく可能性があり、競争力規定する産業技術基盤が大きく転換する可能性があると考えられる。そこで本研究では、自動車産業、電気機器産業という基幹産業およびそれらの産業を支える基盤技術産業を主な対象として、当該産業における IoT の実態を分析することで競争力の技術基盤が具体的にどう転換し、産業構造ひいては経済構造を転換させる可能性をもっているのかについて実証的に明らかにしていくことを研究の出発点とした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、IoT (Internet of Things) に着目し、この技術が既存産業の産業技術基盤および競争関係に与える影響を明らかにし、日本と世界のものづくりにおける共生的な関係の構築に向けた技術的課題を明らかにすることである。IT 化を背景として後発工業国の工業技術発展が著しい中で、生産のアジア化が進展している。他方、アメリカの IIC (Industrial Internet Consortium)、ドイツの Industrie4.0 は、IoT を軸としたビジネス・プラットフォームによる産業再構築である。先進国による IoT 戦略の中で、競争力を規定する産業技術基盤が転換しつつある。本研究では自動車産業を代表とする基幹産業のアジアと世界の今日の実態の分析を通じて、ものづくりにおける第四次産業革命の意義と限界を明らかにできると考える。

3. 研究の方法

本研究が対象とする基幹産業は産業技術連関が広く、国民経済の基幹産業となっている自動車および電気機器産業、そしてそれらを支える基盤技術産業(自動車部品、電子部品、金型等)である。第一に、CPS、Industry4.0、IIC、IoT の概念について構想と実態を踏まえ、科学的な概念として規定する作業を行う必要がある。第二に、上述した第四次産業革命という観点から対象とする当該産業の生産革命の実態を明らかにすることである。とりわけ(1)IoT を積極的に推進するドイツの自動車産業、アメリカの電気機器産業、(2)標準化・オープン化の中で急速に発展してきた中国の両産業、(3)国際競争力有している日本の自動車産業と競争力を喪失している日本の電気機器産業に照射して比較分析することで当該産業における生産革命の実態を明らかにすること。(4)サプライチェーンの観点から上記産業に同期化する基盤技術産業における CPS、IoT の影響について実態調査を行う。そして第四に、CPS、IoT の実態を踏まえた上で、この技術の問題点および産業活性化手段としての可能性について検討していく。

以上、4つの視角から具体的な調査と理論研究を行ってきた。

4. 研究成果

本研究は、研究代表者 = 田口直樹、研究分担者 = 植田浩史、三嶋恒平、西岡正、伊藤亜聖、糸野博行で行った。アメリカ、ドイツ、中国、日本のモノづくり、とりわけ自動車といった基幹産業を念頭におきながら上述した視角から実証研究および理論研究を行ってきた。以下、研究の役割分担とクロスさせながら本研究の成果の概要を示す。

(1) アメリカのものづくりの実態 - 自動車産業を中心に

本研究は三嶋を中心に行った。三嶋は 2019 年度、アメリカの Rutgers Business School にて在外研究を行いこの研究課題を遂行した。アメリカにおける日系完成車企業やサプライヤーを訪問調査することで、アメリカ自動車産業における IoT の影響を比較考察した。その結果、アメリカ自動車産業において産業技術および企業の競争優位は現場の改善能力を基礎としていたことが明らかになり、IoT はその効率性を高めることに貢献していたことも示唆された。これを踏まえて現在論文を執筆中である。あわせて、本研究課題の 1 つである生産のアジア化をひとつの課題に、論文を 1 本、執筆した(三嶋、2020)。また、中国におけるものづくりのありようについても自動車産業や電気機器産業、中小企業の実態を踏まえながら、著書を執筆し、新型コロナウイルスの影響で 2020 年度内の発行に間に合わなかったが、2021 年度に発行予定である(植田浩史・三嶋恒平編著(2020)『国際産業集積「蘇州」と日系企業』慶應義塾大学出版会)。この著書は本研究プロジェクトメンバーである植田、三嶋が編著であり、田口、伊藤も執筆している。

(2) 日本・ドイツのものづくりの実態 - 自動車産業を中心に

本調査研究は西岡が中心になっておこなった。主に自動車産業に関する実態調査に当たった。そこでの狙いは名古屋、北九州地域を対象としつつ、完成車メーカーを頂点とした構築されてきたサプライチェーンが、グローバル化の進展に加えて、IoT を契機とする生産工程革新の中で、いかなる影響を受けているのかについて明らかにすることであった。この目的を達成するため

に、トヨタ、日産、ホンダといった完成車メーカーに加えて、アイシン精機、デンソー等大手サプライヤー、地場中小サプライヤーに対して、数次にわたるインタビュー調査を実施した。加えて、グローバル規模での生産技術、サプライチェーンの変容についての知見を得るべく、ドイツ（バイエルン州）における現地調査も実施した。

ここから明らかになったのは、長らく機能分断的に進められてきた日本自動車産業におけるデジタル活用の取り組みが、IoTの進展を受けて、近年になり研究開発～調達～製造～販売の有機的な一貫通貫システムとして本格機能する段階に移行、グローバル規模で新たな競争力の源泉になっている姿であった。デジタル化によるものづくり情報の可搬性の高まりは、クローズドなものづくり現場のオープン化を急速に進める傍らで、非常事態対応における代替生産や生産復旧の場面においては、早期のサプライチェーンの復旧を可能にしていた。他方で、サプライヤーにとってはこうしたシステムへの対応の可否が存立基盤になりつつあることも明らかになった。これらの研究成果については、著書1冊、論文6本として上梓した。

（3）中国におけるものづくりの実態 - 政策との関連を中心に

中国におけるIoTの実態に関しては伊藤を中心に行った。そこで得られた知見は以下の通りである。中国に目を向けて見ると、2010年代に急速なデジタル社会化とIoT化が観察された。政策的にも「中国製造2025」に代表されるように、重点的な投資が推進された。製造業の面では、工場内のIoT化をいかに低コストに進めるのかが喫緊の課題となり、3Dプリンターを用いたモールドの利用も見られるようになった。しかし中国におけるIoT化の主導役は、アリババやテンセントといったITプラットフォーム企業、そしてファーウェイやシャオミに代表されるエレクトロニクス企業であった。とくにファーウェイは、IoTソリューションのマーケットプレースを整備し、5Gのサービス展開を進める動きを見せた。これにスタートアップ企業も加わり、新たなサービスが多数導入されることになった。これら企業の対外投資や、国外での経済活動も進んでおり、IoTの領域で、中国企業の地位の高まりが急速に観察されることになった。

（4）中国におけるものづくりの実態 - 中国に進出する日系企業を中心に

本研究は植田が中心となりおこなった。中国蘇州市の日系企業を訪問した。2回の調査によって10社以上の日系企業を訪問し、総経理等からのヒアリングおよび、工場見学を行った。また、これまでの調査をもとに『国際産業集積 蘇州市の日系企業（仮題）』（慶應義塾大学出版会刊行予定）の編集と執筆作業に取り組んだ。植田は、これまでに、中国における製造業日系企業の事業展開に関して、主に経済産業省「海外事業活動基本調査」のデータを利用して時系列、ないし他地域の日系企業と比較して特徴づけた、蘇州市への日系製造業企業の進出について、東洋経済新報社『海外進出企業一覧』等の資料を用い企業データベースを作成するとともに、新聞記事などを利用しながら、1990年代から最近までの蘇州市内の日系企業の状況をまとめた、これまでの企業訪問調査をもとに、蘇州市に展開している日系中小企業の経営の特徴をケーススタディをもとに整理した。ここで主に明らかになったことは、国際産業集積の形成とICTの活用における本国マザー工場とのリンケージ機能である。ものづくりの中心となる中国において、日本の優位性を維持した産業集積が形成されつつあることを明らかにしており、その機能的よそにIT技術が欠かせないことが明らかにされている。以上の内容について上述の著書として執筆し、入稿済みである。

（5）中国におけるものづくりの実態 - 自動車産業を中心に

本研究は田口が中心になっておこなった。主に、中国市場に展開している日系自動車サプライヤーを中心にIoTの戦略的展開の実証研究を試みた。日本本社と中国事業所の両社をヒアリング調査することにより、マザー工場と中国工場の同期化の実態の把握に努めた。トヨタシステムを熟知する日系企業の展開するIoTシステムの強みは、何をデータ化するかの基準が明確であることから即戦力となりうるシステムであることが分かった。機械稼働率の極端な上昇や、ERPシステムと連携することにより、現場の意思決定速度が上昇するなど効果がみられるなど、非常に有効に機能していることが明らかになった。このことの含意は、システム構築の設計思想の背景が重要であるという点である。この点を今後、詳細に検討していく必要がある。

（6）情報化と地域産業への影響と可能性

本研究に関しては糸野を中心に行った。基盤技術産業においてはアッセンブルメーカーと中小企業との同期・連携と、地域内中小企業間の同期、連携が考えられる。この2つにおいても研究開発の多い、大阪府東部地域のような「都市型」と、試作から量産までをおこなっている長野県諏訪・伊那地域などのような「地方型」では方向性が異なっていた。

「都市型」におけるメーカーとの同期・連携であるが、ここでは研究開発部分であることが多く、量産部分と直接かかわる部分が少ないため、生産工程へのICT化へとは至っていない。また連携先は地域内に限定されていなかった。つまり連携先企業は日本だけではなく世界となる可能性が大きい。したがって情報は開発を行う企業、すなわちメーカー側に蓄積されている可

能性が大きい。この連携はメーカーを補完するものであるため、必要とされる技術・技能の情報とそれらをもつ中小企業との間の結びつきを明確する ICT が必要となる可能性がある。次に地域内企業の同期、連携であるが、ユニット化のため地域に情報網を持つ中小企業への発注もある。しかしこの連携は PC によるネットワーク程度のものであり、ICT 化は進んでいるとは言いがたい。また需要は変化・変動の激しいものであることが多いため、ICT 化を進めるにおいても、現場との調整が必要となろう。

「地方型」におけるメーカーとの同期であるが、試作から量産へと至る工程部分を地域内の中小企業が担うことが多かった。ここでも変更や修正が多く連携部分に ICT が使用されることは多くない。つまり地方集積においても ICT との接合・同期は十分に行われているとは言えなかった。次に地域内企業の同期、連携であるが、地方圏では ICT が駆使されているとは言いがたい。つまり旧来のネットワークがそれなりに機能しているがゆえに、ICT を活用した新たなネットワークの普及が阻まれている状況である。ICT が利用されるためには、ICT の使用によるメリットなり必然性なりが提示される必要がある。

(7) 総括 - 中国・アメリカ・ドイツ・日本のポジショニング

近年おける資源不足、人件費の高騰、厳しい環境規制等による経済環境の変化は生産過程における合理化、開発・設計・調達・製造・販売の一元的管理を中国ローカル企業においても例外なく問われるようになってきている。しかし、中国におけるものづくりにおける、生産過程における徹底した分業主義と垂直分裂を特徴とするスポット的取引構造は、前後の工程を一元的に管理するソリューションの構築という観点から見たとき決定的な弱点となっている。IIoT という観点からすると、極めて未成熟と言わざるを得ない。現在、激しく進む経済環境の中で、自動化、省力化装置の導入が急速に進んでいる段階である。工程を一元的に管理する能力が欠けているが故に、合理的な自動化設備が自前で供給できないという現状がある。これらの自動化設備を担っているのは日系企業をはじめとする外資系企業である。こうした中国製造業の実態のもとで、日系企業は、製品構成を中国市場に合わせてブレイクダウンしながらも現地化させたソリューションを構築し、競争力を強めている。

アメリカや中国は IT・流通大手が製造業分野に進出し産業構造改革の担い手の中心になっている。一方、日本やドイツは、例えば自動運転やスマートシティの構想は自動車メーカーが担い手の中心となっている。製造業の基幹を担ってきた企業が産業構造改革の中心的な担い手になるのか、あるいは全く別の分野から入ってきた産業が産業構造価格の中心的な担い手になるのか、こういった決定的な違いが出てきている。グローバル資本主義という現段階、プラットフォームの標準化をめぐるグローバル競争という今日の競争の特質を考えるとアメリカや中国の競争はプラットフォームのデファクトスタンダードをめぐる競争に他ならない。こうした競争に埋没することなく、ドイツや日本のように製造業 = ものづくりをコアコンピタンスとする国の IIoT の展開が如何なる意味を持つか非常に大きな論点である

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 3件）

1. 著者名 伊藤亜聖	4. 巻 2019年2月号
2. 論文標題 デジタルチャイナ 「第四次産業革命」の中国的展開	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東亜	6. 最初と最後の頁 92-103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 伊藤亜聖・高口康太	4. 巻 No.19
2. 論文標題 中国14億人の社会実装 「軽いIoT」が創るデジタル社会	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東京大学社会科学研究所現代中国研究拠点・研究シリーズ	6. 最初と最後の頁 全91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 三嶋恒平	4. 巻 219巻1号
2. 論文標題 輸入代替プロセスを通じた産業発展：タイ二輪車産業の事例	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 国民経済雑誌	6. 最初と最後の頁 53-71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 西岡正	4. 巻 188号
2. 論文標題 中小企業のリスクマネジメントー熊本地震におけるOT社の生産復旧事例の考察ー	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 中小企業季報	6. 最初と最後の頁 1-10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 西岡正	4. 巻 804号
2. 論文標題 都市型産業集積に見る事業承継 - 東大阪の中小製造業の取り組み -	5. 発行年 2018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 植田浩史	4. 巻 第22号
2. 論文標題 中小企業と社員教育・人材育成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 企業環境研究年報	6. 最初と最後の頁 81 - 106
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 西岡正	4. 巻 第69巻第3号
2. 論文標題 自動車産業にみるサプライチェーンの復旧能力：熊本地震におけるアイシング ループの取り組みの考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 商大論集	6. 最初と最後の頁 1 - 29
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 西岡正	4. 巻 第64巻第4号
2. 論文標題 被災地における中小企業支援の現状と実態	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 企業診断	6. 最初と最後の頁 40 - 41
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 田口直樹
2. 発表標題 中国における基盤技術形成の実態 - 金型産業を事例に -
3. 学会等名 日本科学史学会技術史分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三嶋恒平
2. 発表標題 中小企業の競争優位とリスクマネジメント - 2016年4月の熊本地震の事例から -
3. 学会等名 日本中小企業学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 糸野博行
2. 発表標題 長野県上伊那地域における工業集積の形成と変遷 - 組立型集積の崩壊と新たな展開
3. 学会等名 経営史学会第53回全国大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 中瀬哲史・田口直樹・牧良明・橋本理・金恵珍・李捷生・上田智久・宇山通・中村真悟・藤木寛人・糸野博行・宮崎崇将・下畑浩二・小田利広・山口祐司	4. 発行年 2019年
2. 出版社 文眞堂	5. 総ページ数 全280頁
3. 書名 環境統合型生産システムと地域創生	

1. 著者名 西岡正・目代武史・野村俊郎	4. 発行年 2018年
2. 出版社 同友館	5. 総ページ数 全181頁
3. 書名 サプライチェーンのリスクマネジメントと組織能力:熊本地震における「ものづくり企業」の生産復旧に学ぶ	

1. 著者名 田口直樹(分担執筆:風間信隆、廣瀬幹好編著)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 中央経済社	5. 総ページ数 189
3. 書名 変革期のモノづくり革新	

1. 著者名 伊藤亜聖(分担執筆:アジア太平洋研究書編集)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 丸善プラネット	5. 総ページ数 214
3. 書名 アジア太平洋と関西 関西経済白書2017	

〔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	植田 浩史 (UEDA HIROFUMI) (10213357)	慶應義塾大学・経済学部(三田)・教授 (32612)	
研究分担者	伊藤 亜聖 (ITO ASEI) (60636885)	東京大学・社会科学研究所・准教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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	糸野 博行 (KUMENO HIROYUKI) (80319590)	大阪商業大学・総合経営学部・教授 (34410)	
研究分担者	西岡 正 (NISHIOKA TADASHI) (90369116)	立命館大学・経営学部・教授 (34315)	
研究分担者	三嶋 恒平 (MISHIMA KOHEI) (90512765)	慶應義塾大学・経済学部（三田）・准教授 (32612)	