

2020年工業開発報告書

デジタル時代における工業化 概要



国際連合工業開発機関

2020年工業開発報告書

デジタル時代における工業化 概要



国際連合工業開発機関

Copyright © 2019 United Nations Industrial Development Organization. (無許可での複製・無断転載を禁じます)

この報告書で使用する呼称および提示する資料は、いかなる国、属領、都市、地域の法的地位、もしくは権力の法的地位、またはその国境もしくは境界画定に関して、UNIDO事務局のいかなる意見を表明するものではありません。

「developed (先進国)」、「developing (開発途上国)」、「industrialized (先進工業国)」、「frontrunner (先進経済圏)」、「follower (追随経済圏)」、「latecomer (後発経済圏)」、「laggard (低発展経済圏)」などの呼称は、統計上の便に供するためのものであり、必ずしも特定の国または地域の開発プロセスにおける達成状況に関する判断を表すものではありません。

企業名や商品名への言及は、UNIDOがそれらを支持・推奨していることを意味しません。

この報告書に含まれる内容の引用や転載は自由にして頂いて構いませんが、その際には出典を明示し、引用や転載を含む出版物をUNIDO事務局に提出して頂く必要があります。

本書を参照および引用する際には、以下のように表示するよう、ご協力をお願い致します。：
「United Nations Industrial Development Organization, 2019. Industrial Development Report 2020. Industrializing in the Digital Age. Overview. Vienna.」

目次

ページ

v	序文
vii	謝辞
ix	略語

概要：デジタル時代における工業化

1	新たな技術を重視すべき理由
1	技術は新たな製品およびプロセスを介してISIDを推進する
2	工業環境を形作る新技術とは何か？
4	ADP技術を開発・使用しているのは誰か？
4	局地化している国際環境
4	それぞれの国内でADP技術を完全に導入しているのは、一握りの企業だけ
7	新技術の普及もまた、産業別および規模別に局地化している
9	ADP技術に関与するために、何が必要なのか？
10	関与には国レベルでの産業力が必要となる
10	産業力は製造企業において構築される
11	ADP技術への関与には労働力における特定技術も必要
14	ADP技術はどのような恩恵の配分を生むのか？
15	セクター間のつながりの強化
16	雇用の消失ではなく、創出
16	地球環境の保全に向けて
17	恩恵の配分は自然になされるわけではなく、リスクを伴う
19	ADP技術をISIDに役立てるようになる政策対応とは何か？
20	政策措置において特別の注意が必要な幾つかの分野
27	注記
27	参考文献
29	付属資料

図

2	1	新技術と包摂的かつ持続可能な工業開発
3	2	第四次産業革命の技術分野
4	3	生産技術：第一次産業革命から第四次産業革命まで
5	4	先端デジタル生産技術の構成要素
7	5	製造業に応用されたデジタル生産技術の4世代
8	6	開発途上国におけるADP技術の導入には依然として限界がある
9	7	欧州における主要先端デジタル生産技術の導入率は産業ごとに異なる
11	8	ADP技術に関与するには、産業力の向上が必要となる
14	9	生産能力が技術プロセス・イノベーションの導入の鍵である
15	10	ADP技術からの恩恵の配分予想
16	11	先端デジタル生産技術の導入は生産性と正の相関がある
17	12	ADP技術を活用する経済圏は、すべての所得グループにおいて他の経済圏よりも速い成長を示している
18	13	先端デジタル生産技術に積極的に関与している経済圏の製造業は、すべての所得において、知識集約型ビジネス支援サービスとの統合化が進んでいる
18	14	開発途上国における工業ロボットの使用が世界の雇用に及ぼす各種影響の総計
20	15	ADP技術は、通常技術の平均よりもグリーン・環境に優しい
20	16	ADP技術に関与している、あるいは関与する態勢の整っている企業の大半が、これらが環境改善につながると考えている
22	17	食品、繊維および化学産業に従事する女性は、男性よりも高いデジタル化リスクに直面する傾向がある

表

6	1	新興技術環境における低発展経済圏から先進経済圏の分類
12	2	先端デジタル生産のための投資、技術および生産能力の蓄積
23	3	ADP技術をISIDに役立てるための政策措置実施分野
29	A1	各国・経済圏の製造業へのADP技術活用度合い別分類

序文



第四次産業革命における先端デジタル生産（Advanced Digital Production:ADP）技術の登場および普及は、製造業における生産活動に根本的変革をもたらしており、物的生産システムとデジタル生産システムの境界をますます曖昧にしています。

ロボット工学、人工知能、積層造形およびデータ解析の進歩により、製造業におけるイノベーションが加速され、付加価値のある生産コンテンツを拡大する重要な機会が生み出されています。

この2020年工業開発報告書は、現在の技術パラダイムシフトの観点から工業化の今後に関する新たな分析的かつ実証的証拠を提示し、第四次産業革命についての議論に資するものです。

よくある主張の一つに、かねてから工業化は雇用機会数を減少させており、将来的にロボットが工場労働者に取って代わるだろうというものがあります。また、先進国がこれまで国外に委託していた生産を自国に引き戻すとも考えられています。また、製造業において競争力を維持するため求められるスキルおよび能力の基準が非常に高くなるため、大半の国が製造業生産の次なるステップから排除されるだろうという主張もあります。この報告書では、これら課題の妥当性を実証的に検討します。

本報告書の主な発見は、今後も工業化が開発成功への主要手段であり続けるという点です。工業化により、国は新たな技術パラダイム内で競争・成功するスキルおよび能力の構築・増強が可能になります。本書の分析によると、製造業生産に応用される先端デジタル生産（ADP）技術は経済成長を促進し、人間の福祉を向上させるとともに、環境を保全する大きな可能性を有しており、持続可能な開発に向けた2030アジェンダに寄与するという結論が出ています。特

にUNIDOの使命の中核を成す、持続可能な開発目標の目標9が掲げるレジリエントな（回復力のある）インフラの構築、包摂的かつ持続可能な工業化の推進、およびイノベーションの促進に関係しており、これらの技術が工業生産プロセスの効率性と生産性の向上を可能にするほか、新たな産業の創出にも寄与するという証拠も提示されています。

また、この報告書において、各国および各産業で新技術が普及するにつれ、自動化により数多くの雇用に影響が及ぶと推測される一方で、よりスキルを要する知識集約型のセクターで新たな産業および雇用機会が創出される可能性が高いことも明らかになっており、バリューチェーンに沿った間接的影響を考慮すると、グローバルレベルでの製造業用ロボット・ストックの増加は雇用情勢に甚大な打撃を与えるのではなく、実際には雇用を創出すると証明されています。新興および先進工業経済圏での新技術の導入による国外委託生産撤退の分析では、撤退が広範に見られる現象ではないことが示されています。分析結果によれば、国外委託生産の撤退は開発途上国への委託生産の移転によって相殺され、この現象が雇用機会、ならびに後方バリューチェーン連関および前方バリューチェーン連関を生み出します。

ADP技術が開発途上国に及ぼす影響に関しては各国の政策対応に依る部分が大きく、包摂的かつ持続可能な工業開発に新技術を有利に生かす「万能」な政策戦略は存在しません。今後も第四次産業革命が進展していくと考えられることから、UNIDOの2020年報告書では戦略的政策の方向性を提示します。特に注目すべき分野は、(i) 新技術を導入するための枠組み条件、特にデジタル・インフラの整備；(ii) 需要拡大とADP技術を使用した現行の取り組みの活用；および(iii) 必要とされるスキルと研究能力の強化、の3分野です。また、それぞれの側面に対処するため各国が現在実施している政策についても、具体的にいくつか例を挙げていきます。

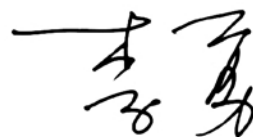
この報告書では、いまだに多くの国が技術の飛躍的進歩の時代に入ってさえいないことが浮き彫りになっており、特筆すべき発見と言えます。世界の大部分、主に後発開発途上国および低所得国では、依然として十分なレベルでADP技術を活用できていません。開発途上国5ヶ国において本報告書用に収集された企業レベルのデータにおいても、これらの国の製造業セクターはデジタル分野のリーダー企業（もし存在すればであるが）が、時代遅れの技術を使用する大多数の企業と共存している「技術の孤島」であると示唆されており、この説が正しいと分かります。今もなお、このような「後発経済圏」では製造業セクターの最大70%が製造業生産でアナログ技術を使用しています。

潜在的に有用な技術が普及していない状況を受け、持続可能な開発に向けたグローバル・パートナーシップのさらなる活性化を求める声が高まっています。世界中で取り残される国や人々を出すことなく、持続可能な開発に向けた2030アジェンダの目標達成を強固なものとするためには、知見、専門知識、技術および財務的資源を、集約して共有する取り組みを強化しなければなりません。第四次産業革命を活用し、他国から更に遅れを取るリスクを回避するため、低所得国は適切なデジタル・インフラおよびスキルを必要としています。また、本報告書では、産業力を強化し、技術の生産的使用方法を習得

できることから、低所得国にとっても製造業生産に従事することはプラスに働くことが示されています。持続的、包摂的かつ持続可能な経済成長は国の繁栄に不可欠なのです。

新技術および第四次産業革命の分析に新たな側面をもたらすこの報告書が、開発の原動力として工業化が担う役割を改めて確認するものとなったことを嬉しく思います。包摂的かつ持続可能な工業開発は、ダイナミックで持続可能かつ革新的で人材を中心に据えた経済の構築に資します。国際社会が持続可能な開発に向けた2030アジェンダの達成を目指し歩む上で、我々はこのような経済の実現に取り組まなければなりません。

この報告書の作成に携わったUNIDO職員ならびに世界の専門家の方々に感謝の意を表するとともに、この報告書が第四次産業革命に関する国際開発議論における参考文献として貢献することを期待します。



リー・ヨン
UNIDO事務局長

謝辞

2020年工業開発報告書 (IDR) は、国際連合工業開発機関 (UNIDO) のリー・ヨン事務局長の総指揮の下で作成され、2年間にわたり Cecilia Ugaz 開発政策・統計・戦略研究部長率いる組織内チームと緊密に連携しつつ鋭意研究に努め、数多くの議論を経て完成した。組織内チームは Elisa Calza、Nicola Cantore、Nelson Correa、Smeeta Fokeer、原口信也、Fernando Santiago Rodríguez および Adnan Seric で構成されており、調整役を努めた Alejandro Lavopa がこの報告書の完成に大きな役割を果たした。

一連の委託背景報告書は、平等と成長を推進する公共政策実行センター (CIPPEC) の Ramiro Albrieu、Caterina Brest López および Martín Rapetti、ロンドン大学東洋アフリカ研究学院 (SOAS) の Antonio Andreoni、ウルビーノ大学の Guendalina Anzolin、コロンビア国立大学の Francesco Bogliacino、ミラノ大学およびカタラーニャ・オープン大学の Cristiano Codagnone、オーストリア技術研究所の Bernhard Dachs、国連大学 マーストリヒト技術革新・経済社会研究所 (UNU-MERIT) の Michele Delera、Neil Foster-McGregor、Carlo Pietrobelli、Önder Nomaler および Bart Verspagen、リオデジャネイロ連邦大学経済研究所 (IE-UFRJ) の João Carlos Ferraz、David Kupfer、Jorge Nogueira de Paiva Britto および Julia Torracca、ウィーン国際経済研究所 (WIIW) の Mahdi Ghodsi、Oliver Reiter、Robert Stehrer および Roman Stöllinger、政策研究大学院大学 (GRIPS) の Chiharu Ito、飯塚倫子 および Izumi Suzuki、バスク競争力研究所 (Orchestra) の Bart Kemp および Raquel Vázquez、ヨハネスブルグ大学の Erika Kraemer-Mbula、ソウル大学校の Keun Lee、バスク事業開発局 (SPRI) の Amaia Martinez および Cristina Oyón、ローマ・トレ大学の Mario Pianta、ならびに ジョン・キャボット大学の Alina Sorgner により提出された報告書の草稿から多大なる恩恵を享受した。

本報告書における分析の充実を図るため、企業レベルの調査を吟味して報告書作成に至り、ガーナ、タイおよびベトナムの3ヶ国で実施した。パートナー機関であるガーナの科学・工業研究評議会-科学・技術政策研究所 (CSIR-STEPRI)、タイのデジタル経済振興庁 (DEPA) およびベトナムの国家社会経済情報予測センター (NCIF) が当調査に必要なデータの収集を入念に進めてくれた。これら研究協力機関に対し、チームより謝意を表す。これらの調査は、ブラジルにおいてブラジル全国工業連盟 (CNI) により提案され、アルゼンチンにおいてアルゼンチン産業別組合 (UIA) により、CIPPEC および米州開発銀行 ラテンアメリカ・カリブ地域統合研究所 (INTAL-IDB) の協力を得て再現されたアプローチに倣い開発された。以上2ヶ国の該当調査マイクロデータへのアクセスを円滑化してくれたこれらの機関に感謝する。

また、調査結果を補完するため、他の開発途上国からも製造企業の事例研究を集めた。データ収集プロセスを可能にしてくれた Ciyong Zou、ならびに UNIDO 現地事務所職員の anuel Albaladejo、Nadia Aftab、Ralf Bredel、Sooksiri Chamsuk、Stein Hansen、Hanan Hanzaz、Muhammad Hammad Bashir Saeed、Lina Touri、René van Berkel、Rajeev Vijh および Süleyman Yilmaz に深謝する。Valeria Cantera、Nurshat Karabashov、Sebastián Pérez、Nidhi Sharma、Hongfei Yue および Azhar Zia-ur-Rehman もこの作業に助力してくれた。そして、事例を集めた国において、データ収集を支援してくれた中国の工業情報化部、マレーシアの国際貿易産業省、トルコ企業家・実業家協会 (TUSIAD) および ウルグアイ工業商会 (CIU) にも感謝の意を表す。

本報告書は、UNIDO 理事会の Fatou Haidara、国吉浩 および Philippe Scholtes による建設的な意見に多大な恩恵を受けた。あわせて、ブラッドフォード大学の John Weiss 名誉教授、国際連合貿易開発会議 (UNCTAD) の Jörg Mayer シ

ニア経済オフィサー、および経済協力開発機構 (OECD) のAlistair Nolanシニア政策アナリストによる、本報告書の草稿の丁寧な精査と、多くの箇所の改善に特段の謝意を表す。

この報告書で紹介・詳述した概念の多くは、UNIDOウーン本部で2018年11月および2019年4月に世界の専門家が参加して開催された2度のワークショップと、2019年5月にUNIDO職員に対して行われた組織内プレゼンテーションで提出・議論されたものである。これらのミーティング中に、欧州委員会ジョイントリサーチセンターのSara Amoroso、ケンブリッジ大学のMike Gregory、UNIDO職員のArno Behrens、Kai Bethke、Bernardo Calzadilla、Tsung Ping Chung、Michele Clara、Jacek Cukrowski、Tareq Emtairah、藤野あゆみ、Dong Guo、Anders Isaksson、Jaehwan Jung、Bettina Schreck、Nilgun Tas、Valentin TodorovおよびShyam Upadhyayaにより、洞察力に富んだコメントが提供された。また、UNIDO職員のWeixi Gong、Nan Ji、Olga Memedovic

およびAlejandro Riveraから草稿に対する貴重な意見を得た。

本報告書の著者は、Jürgen Amann、Shengxi Cao、Charles Fang Chin Cheng、Alessandra Celani de MacedoおよびLorenzo Navariniを含む、UNIDOの研究補佐やインターンでなる有能なチームに支えられた。UNIDOの職員であるAngie Belsaguy、Nevena NenadicおよびIguaraya Saavedraが広範な事務上の支援を提供し、Niki Rodousakisが入稿用原稿整理を補佐した。最終稿の段階では、UNIDOのAscha Lychett Pedersen顧問が印刷用報告書の作成に尽力した。Bruce Ross-Larsonをリーダーとして、Joseph Brinley、Joe Caponio、Mike Crumplar、Debra Naylor (Naylor Design)、Chris TrottおよびElaine Wilsonを含むCommunications Development Incorporatedのチームが報告書の編集・デザインを行った。

JPD Systems, LLCが日本語への翻訳を行い、今井淳一が文書の校正および言語の改善に助力し、日本語訳を精査した。

略語

1IR	第一次産業革命
2IR	第二次産業革命
3IR	第三次産業革命
4IR	第四次産業革命
ADP	先端デジタル生産
BRICS	ブラジル、ロシア、インド、中国および南アフリカ
CAD	コンピュータ支援設計
CAM	コンピュータ支援製造
CIM	コンピュータ統合生産
CNC	コンピュータ数値制御
CIP	競争的工業パフォーマンス指標
CPS	サイバーフィジカルシステム
DPT	デジタル生産技術
GDP	国内総生産
GVC	グローバルバリューチェーン
ICIO	国際産業連関
ICT	情報通信技術
IDR	工業開発報告書
IoT	モノのインターネット
ISID	包摂的かつ持続可能な工業開発
KIBS	知識集約型ビジネス支援サービス業
LDC	後発開発途上国
M2M	マシンツーマシン
MVA	製造業付加価値
R&D	研究開発
RFID	無線自動識別
SDG	持続可能な開発目標
SME	中小企業
STEM	科学、技術、エンジニアリングおよび数学
TDI	科学およびデジタル集約型
TVET	技術および職業教育・訓練
UNIDO	国際連合工業開発機関

概要

デジタル時代における工業化

先端デジタル生産 (ADP) 技術は、包摂的かつ持続可能な工業開発 (ISID) およびSDGsの達成の推進につながる

先端デジタル生産 (ADP) 技術、中でも人工知能、ビッグデータ分析、クラウドコンピューティング、モノのインターネット (IoT)、先端ロボット工学、積層造形の登場および普及は、製造業生産に根本的変革をもたらしており、物的生産システムとデジタル生産システムの境界をますます曖昧にしている。これらの技術が適正な条件下で開発途上国により導入されれば、包摂的かつ持続可能な工業開発 (ISID) および持続可能な開発目標 (SDGs) の達成の推進につながる。

ADP技術を開発および導入している経済圏と企業は極めて少ない

しかし、世界的に見ても、ADP技術の開発と普及は依然として世界でも一部地域に集中しており、新興経済圏の大半ではほとんど進展していない。この2020年工業開発報告書での研究によると、10の先進経済圏「フロントランナー」がこれらの新技術に直接関連する国際特許の90%、輸出の70%を占めている。このほか、ADP技術に積極的に取り組んでいる経済圏 (追随経済圏) が40存在するが、技術導入の割合は先進経済圏と比べて遥かに低い。残りの経済圏は、ADP技術の開発・使用に対して極僅かな活動しか行っていない経済圏 (後発経済圏) か、このような世界的な動きから取り残された経済圏 (低発展経済圏) のどちらかとなる。

しかし、ADP技術は経済圏が遅れを挽回する契機となる

ADP技術の活用には最低限の産業力しか必要としないため、確実に経済圏が遅れを挽回する契機となっている。ADP技術の開発・利用における先進経済圏、追随経済圏、後発経済圏および低発展経済圏の役割と、各経済圏の平均産業力の間には、明らかに正の関係が存在する。ADP技術への関与が増えるにつれて、生産性がより

速く向上するため、製造業付加価値 (MVA) の成長率も上昇する。さらには、一般的な考え方とは逆に、ADP技術に積極的に関与している開発途上国においては、雇用の伸びが見られた。

新たな技術を重視すべき理由

技術は新たな製品およびプロセスを介してISIDを推進する

新技術と包摂的かつ持続可能な工業開発

新技術はISIDの成功の中核を担っており、新技術は新製品の創出を可能にすることで、新たな産業を出現させているといえる。また、生産効率の向上にも貢献しており、価格の低下、大衆市場の消費拡大、または利益の拡大をもたらすとともに、その副次的効果として投資を呼び込む可能性もある (図1)。さらに、適切な状況下においては、新技術により環境の持続可能性および社会的包摂も推進されるのである。

新たな産業は新たな技術から生まれる

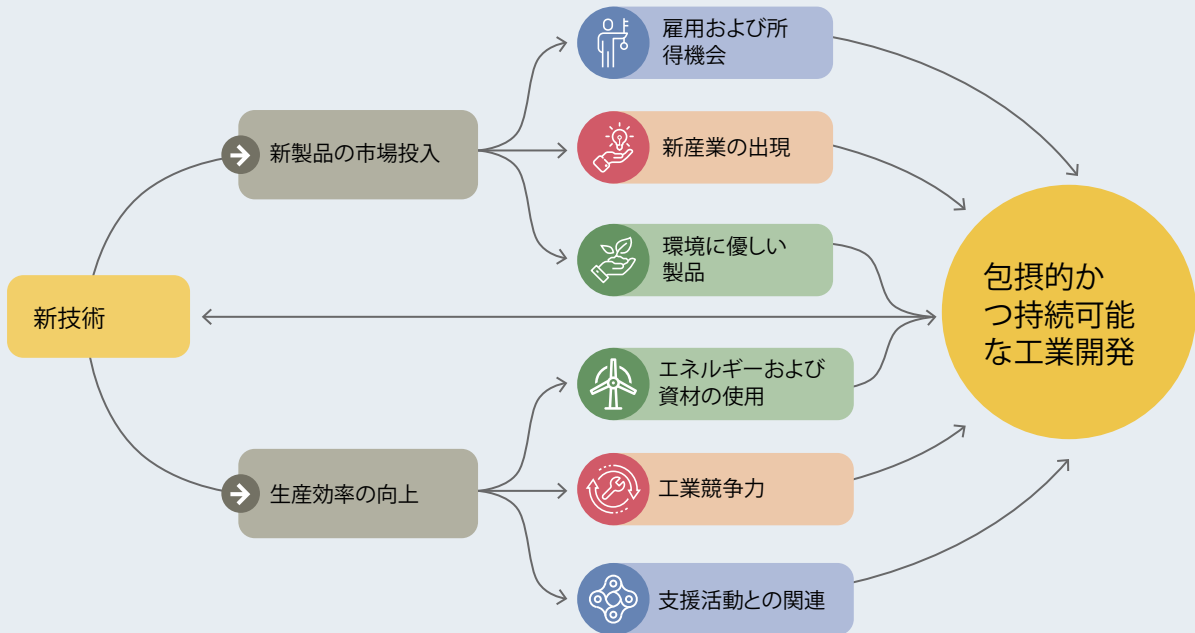
新たな技術は製品のイノベーションにつながる可能性があり、新たな産業の出現と、それに付随した雇用および所得をもたらす。これが工業化および社会的包摂を後押しする。加えて、これらのイノベーションが環境負荷低減に向けたものである場合、環境に優しい製造活動の導入により、工業プロセスの環境持続可能性も推進する。

工業競争力は技術的進歩に依る部分が大きい

新技術により、工業競争力の維持および強化の鍵となる生産効率の向上も可能となるため、このチャンネルを通して製造業生産が拡大する。また、新技術の応用自体が他の経済セクターからの追加情報やサービスを必要とする場合が多く、結果として、工場という枠を超えて工業開発の相乗効果が高まる。効率の改善は汚染物質の排出および生産量当たりのエネルギー・資

// 新技術はISIDの成功の中核的役割を担う。

図1
新技術と包摂的かつ持続可能な工業開発



注記：図の上半部には新技術が新商品の市場投入により包摂的かつ持続可能な工業開発（ISID）を推進する過程、下半部には新たな生産技術が生産効率の向上によりISIDに貢献する過程が示されている。工業化が進むにつれ、各国のイノベーションの潜在力も増加する。これは、図上で右から左に向けて引かれた直線の矢印で示されている。出典：UNIDOが作成。

材消費量を減少させるので、プロセスの環境持続性を改善することができる。

工業環境を形作る新技術とは何か？

まず、蒸気、電気およびコンピューティング主導の産業革命が起こった

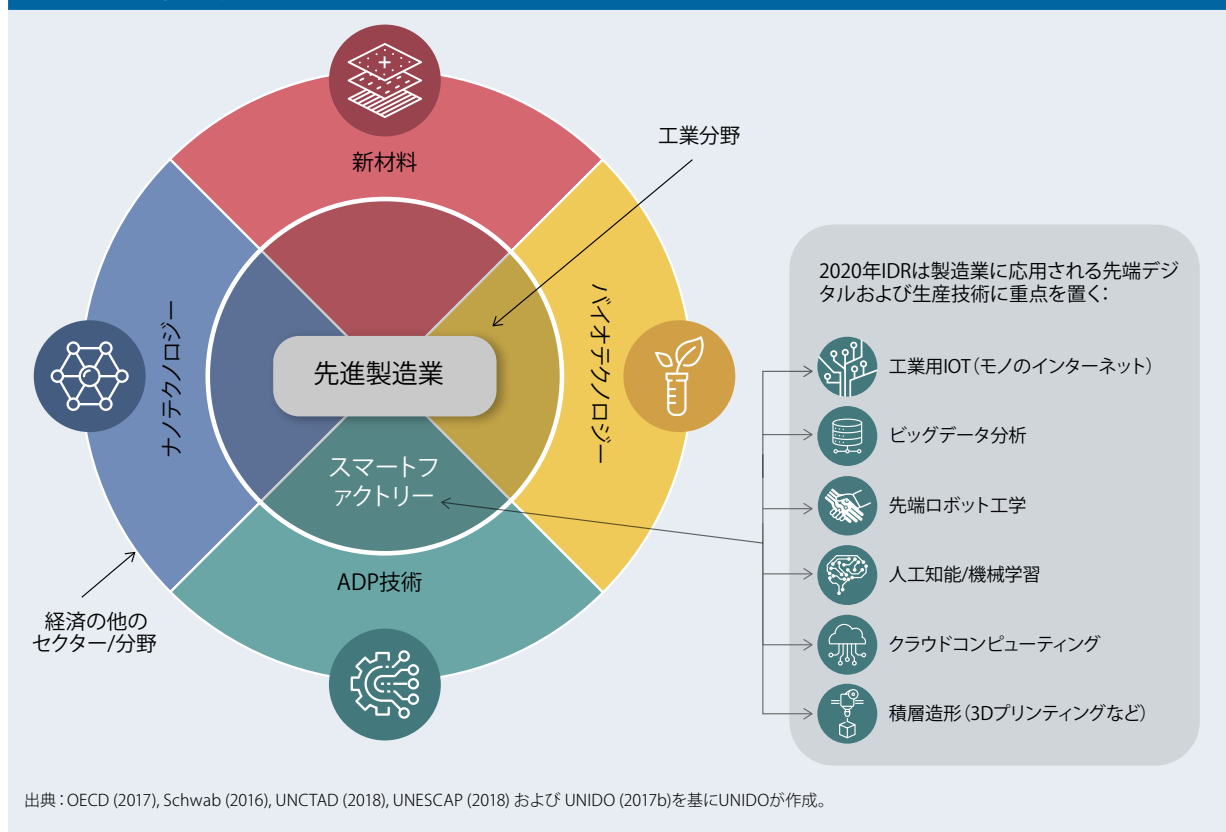
第一次産業革命（1IR）以降、様々な技術進化の波が経済開発を後押ししてきた。蒸気機関の発明、かつ単純作業の機械化と鉄道建設が1760年から1840年にかけて1IRが起こる要因となった後、19世紀後半から20世紀前半には電気、組立ラインおよび大量生産の登場により第二次産業革命（2IR）が起こり、1960年代には主に半導体およびメインフレーム・コンピューティングの開発、ならびにそれに伴うパーソナルコンピュータおよびインターネットの開発により第三次産業革命（3IR）が始まった。

新たな技術進化の波が工業環境に影響を与えている

近年における技術の飛躍的進歩が、一般的には第四次産業革命（4IR）と呼ばれる新たな波を後押ししている。この概念は、デジタル生産技術、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーおよび新材料といった様々な新興技術領域の融合化、ならびにこれらの生産的補完性を基にしたものである（図2）。これら技術の製造業生産への導入を表すのに一般的に使用される用語が「先進製造業」である。ADP技術に限って言えば、製造業への応用は、スマートファクトリーやインダストリー4.0としても知られるスマートマニュファクチャリング生産システムを生み出した。スマート生産では、デジタルネットワークに接続されたセンサーと設備上で生産を統合・制御するシステムとともに、サイバーフィジカルシステム（CPSs）と呼ばれる、人工知能を活用して現実世界とサイバー空間を融合させるシステムが必要となる。

ADP技術の製造業への応用は、スマートファクトリーやインダストリー4.0としても知られるスマートマニュファクチャリング生産システムを生み出した

図2
第四次産業革命の技術分野



スマート製造業生産への移行は、工業環境に長期的な影響を与えることが見込まれる。

ADP技術への進化的な転換

第四次産業革命の技術は従来型の工業生産を起源とするものである

ADP技術は従来型の工業生産技術の進化の最終形態である(図3)。実際、これらの技術の大半は過去の産業革命と同じ技術・組織原理から進化および出現しており、これが「革命による破壊」というよりも「革命による進化」であることを意味している。たとえば、自動化プロセスは1IRまで、ロボットの導入は少なくとも1960年代まで遡ることができる(Andreoni and Anzolin 2019)

ADPハードウェアは新旧の融合である

ハードウェア、ソフトウェアおよびコネクティビティを主な3構成要素として組み合わせた結果が

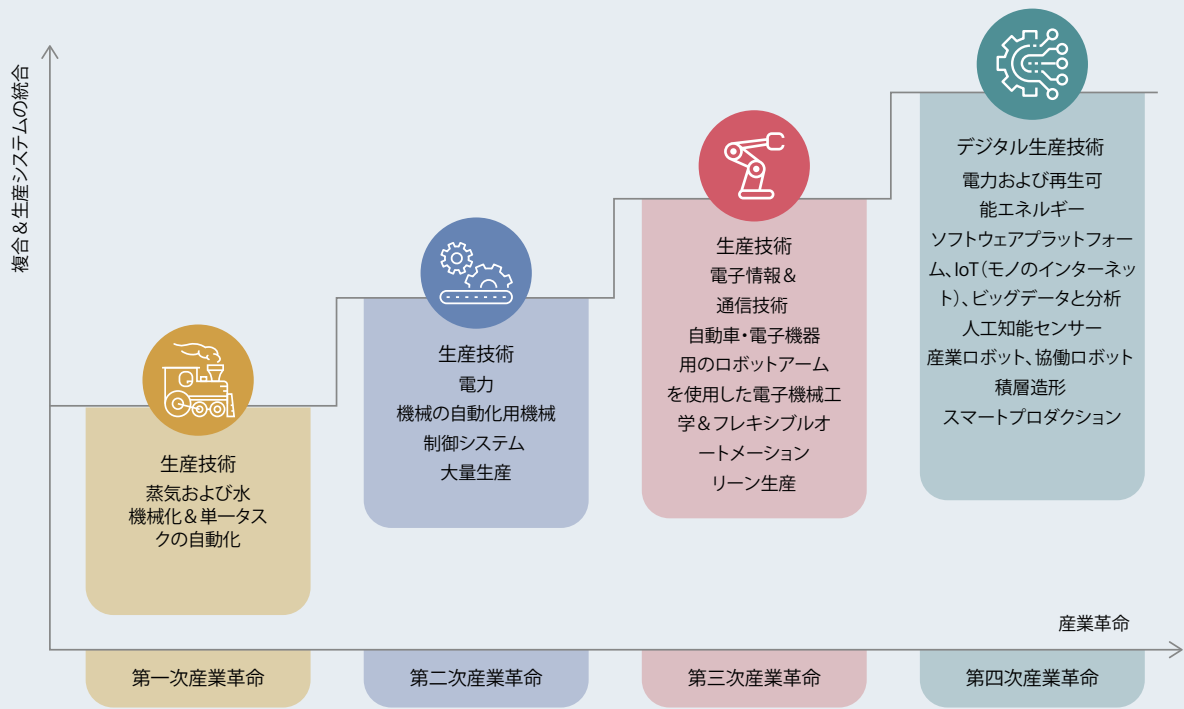
ADP技術である。ハードウェア部分は器具、機械および最新産業ロボットの補足的設備とインテリジェントオートメーション・システムのほか、協働ロボット(タスクを遂行する上で作業員と協働するロボット)や積層造形用3Dプリンタから作られている。一連のハードウェア生産技術は、3IRの前身技術に酷似している。これらの機械と他との違いとして、生産的タスクを遂行する際のコネクティビティ、柔軟性および機能性が挙げられる。

ADPのコネクティビティは旧式の製造業からの革新的変化

ハードウェア内のセンサーにより確立されるADP技術のコネクティビティは、アクチュエータとセンサーを搭載した機械と器具の設置により可能となっている。機械と器具が生産プロセス、製品やその部品、材料および機能特性を感知できるようになると、工業用のモノのインターネット

“ 歴史上の技術革命により、世界はリードする経済圏と追随する経済圏とに分けられてきた。

図3 生産技術：第一次産業革命から第四次産業革命まで



出典：Andreoni and Anzolin (2019)

ト (IoT) を通じてデータを収集し、転送することも可能となる。この種のコネクティビティが、集中型生産から非集中型生産に移行するパラダイムシフトへの道を切り開くのである。

コネクティビティによりスマートネットワークで繋がったシステムへ

ソフトウェアによりコネクティビティが向上すると、生産技術は完全にデジタル化され、ほぼリアルタイムで膨大なデータを処理できるツールであるビッグデータ分析が可能となる。コンピュータ支援製造 (CAM)、コンピュータ統合生産 (CIM)、コンピュータ支援設計 (CAD)、および3IR間の情報通信技術 (ICT) による改善を足場とした、4IRのソフトウェアによりサイバーフィジカルシステムへの道が開けたといえる。サイバーフィジカルシステムとは、センサー、プロセッサおよびアクチュエータが組み込まれている、スマートネットワークを適用したシステムのことで、リア

ルタイムで即座に物理的世界を感知して情報をやりとりし、サポートするよう設計されている。

ADP技術を開発・使用しているのは誰か？

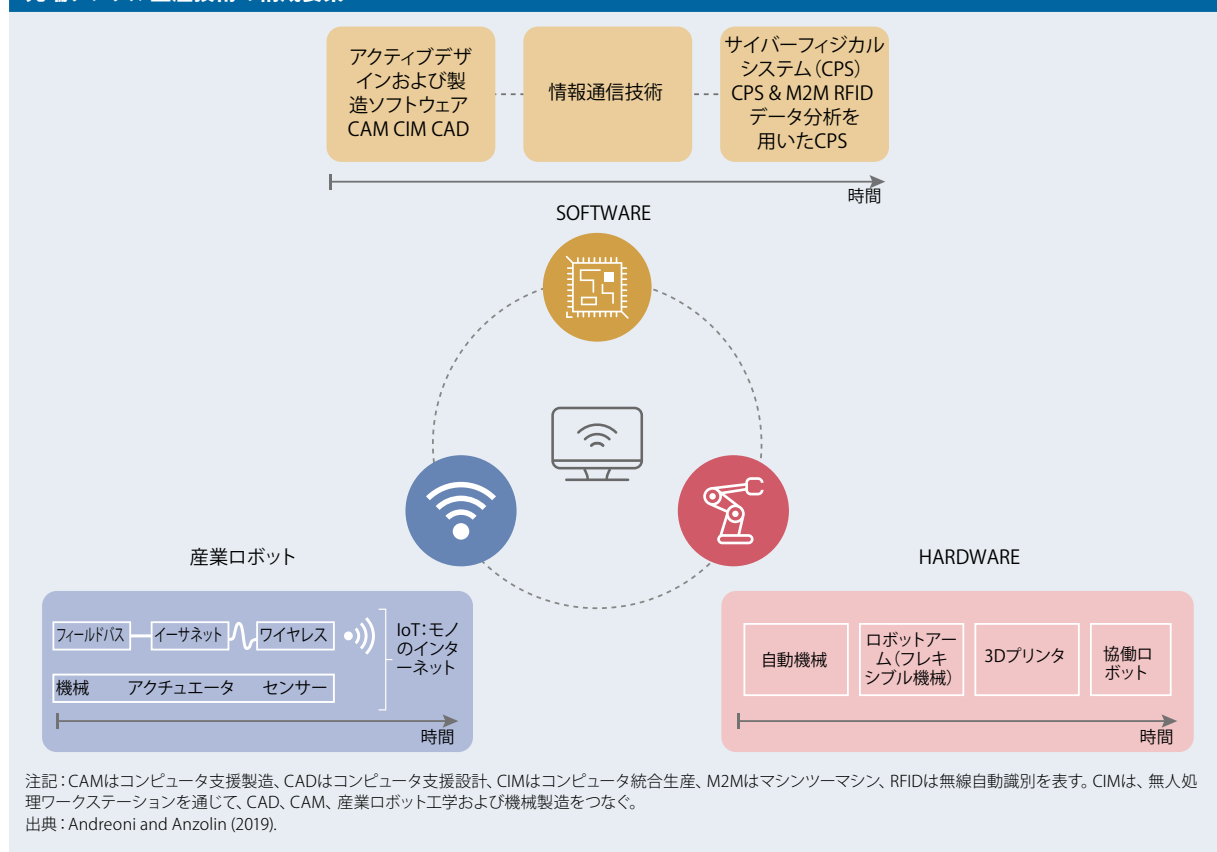
局地化している国際環境

産業革命にはリードする経済圏と追随する経済圏が存在

歴史上の技術革命により、新興技術の開発および使用への関与の度合いに応じて、世界はリードする経済圏と追随する経済圏とに分けられてきた。しかし、多くの場合、世界の大部分はそれぞれの時代で起こっていた技術革命から完全に取り残されており、数十年後に技術が十分安価になり、能力差が縮まって初めてその恩恵を受けることができた。新たな革命の到来における主たる懸念点は、すべての国、特に今もなお基礎産業力向上に向け発展途上の国々が、新し

ADP技術の国際特許の内、91% が10の先進経済圏で占められる

図4
先端デジタル生産技術の構成要素



い技術環境にどこまで組み込まれることができるのかという点である。

上位経済圏がADP活動の大半を占める

現在のADP技術の飛躍的進歩によっても、やはり世界はリーダー国、追従経済圏および後発経済圏に分けられる。ADP技術開発・普及の特筆すべき特徴の一つに、特に特許および輸出活動の極端な集中化が挙げられる。特許と輸出両方の分布を見ると、中央値に対して平均が異常に高く、平均を上回る国は極少数となっている。つまり、上位国（平均を上回る国）が各地域での世界的活動の大部分を占めているのである。

ADP技術の国際特許の内、91%が10の先進経済圏で占められる

ADP技術の国際特許において、平均を上回る市場シェアを示したのはたった10の経済圏しかない¹⁾。

市場シェアの高い順に、米国、日本、ドイツ、中国、中国台湾省、フランス、スイス、英国、大韓民国、オランダとなっている（表1）。これら上位経済圏のシェアを合計すると、国際対応特許世界全体の91%を占めており、ADP技術分野内の新技術の開発において、このグループが残りの経済圏を牽引している。また、上位経済圏は新技術を発明するだけでなく、これらの技術を生かした商品を世界市場で販売（および購入）しており、全世界における輸出の70%、および輸入の40%を占めている。これらの経済圏がADP技術における先進経済圏である。

40の経済圏が追従しているが、その値は低い。他の経済圏も新技術に関与しているが、その値は低い。たとえば、イスラエル、イタリアおよびスウェーデンが国際特許において大きな値を示しているのに対し、輸出においてはオーストリアとカナダが大きな値を示している。同様に、メキシ

ADP技以上を総合すると、ADP技術に積極的に関与していると考えられる経済圏は、たったの50圏しか存在しない。

表1
新興技術環境における低発展経済圏から先進経済圏の分類

グループ	簡単な説明	基準
先進経済圏 先進経済圏	ADP技術分野におけるリーダーである上位10ヶ国	ADP技術において、国際対応特許出願数が100以上の経済圏（この分野において、特許取得活動をいくつか行っているすべての経済圏の平均値）
開発における追随経済圏 (23経済圏)	発明経済圏として	ADP技術分野において、特許取得に積極的に参加している経済圏
	輸出経済圏として	ADP関連商品の輸出に積極的に参加している経済圏
使用における追随経済圏 (17経済圏)	輸入経済圏として	ADP関連商品の輸入に積極的に参加している経済圏
	輸出経済圏として	世界市場でADP関連商品を大量に販売しており、その輸出に比較的特化した経済圏（先進経済圏を除いた後、平均市場シェアを上回る）
開発における後発経済圏 (16経済圏)	発明経済圏として	ADP技術分野において、いくつかの特許取得に参加している経済圏
	輸出経済圏として	世界市場でADP関連商品を大量に販売している、またはその輸出に比較的特化していると示される経済圏（先進経済圏を除いた後、平均市場シェアを上回る）
使用における後発経済圏 (13経済圏)	輸入経済圏として	世界市場でADP関連商品を大量に購入している、またはその輸入に比較的特化していると示される経済圏（先進経済圏を除いた後、平均市場シェアを上回る）
	輸出経済圏として	いくつかのADP関連商品の輸出に参加している経済圏
低発展経済圏 低発展経済圏	ADP技術にまったくまたは極わずかしか関与していない経済圏	前述のグループに含まれていない、その他すべての経済圏

ADP技術に積極的に関与している経済圏

注記：この評価は、国連統計部調べで、2017年時点で50万人以上の居住者を有した167の経済圏を対象としている。各区分の経済圏については、付属資料内表A1を参照。
出典：UNIDO作成。

コ、タイおよびトルコが輸入において高い値を示している。これらの経済圏がADP技術競争における追随経済圏であり、この報告書では、先進経済圏を除いた後、特許および輸出入指標の平均値を見ることで、追随経済圏に該当する40経済圏を特定している。国際特許の8%、およびADP技術を生かした商品の輸入全体の約50%を占めるのが、これらの経済圏である。

残りの経済圏は、この分野で僅か、極僅かの活動を行っているか、或いは全く活動を行っていない。以上を総合すると、ADP技術に積極的に関与していると考えられる経済圏は、たったの50圏（先駆経済圏および追随経済圏）しか存在しない。これらの経済圏は、国の統計により把握できるレベルまでADP技術を開発しているか、使用しているかのどちらかである。残りは、この分野で僅かな活動しか行っていない（後発経済

圏）か、極僅かの活動、或いは全く活動を行っていない経済圏（低発展経済圏）である。

それぞれの国内でADP技術を完全に導入しているのは、一握りの企業だけ

大半の国で、4IRによる影響を受けているのは、経済のごく一部である

各国の工業セクターを見てみると、上記のグローバル評価が裏付けられる。多くの国では製造業生産において世代の異なるデジタル技術が共存しており、4IR関連のデジタル技術はセクターのごく一部にしか浸透していない。

開発途上国は不完全な3IRシステムに4IR技術を組み込む

開発途上国の企業は、多くの場合であまり効率的ではない形のまま3IR技術を使用し続けてい

“多くの国では製造業生産に応用された世代の異なるデジタル技術が共存

る。基礎レベルの自動化やICTsといった3IR技術の運用能力の欠如もまた、ADP技術と4IRのもたらず機会に深く関与するのを難しくしている。したがって、これらの国においては、既存の3IR生産システム内でADP技術を徐々に統合し、企業内の技術統合が可能な部門において生産設備を組み込むところにチャンスが存在する (Andreoni and Anzolin, 2019)。

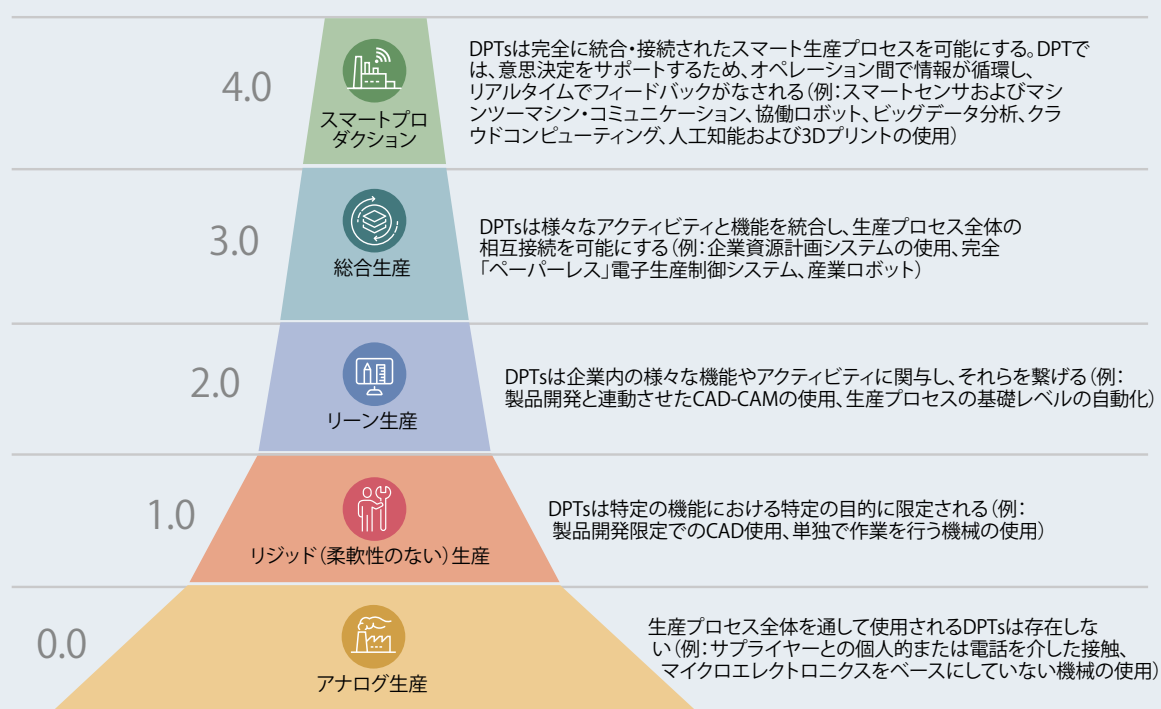
異なる世代の技術が共存する

2020年工業開発報告書 (IDR) では、いかなる時点においても様々な国の企業がアナログの枠を超え、各技術パラダイムから出現するデジタル技術を組み合わせ使用して使用できる可能性が高いという考えを足場に、生産におけるデジタル技術の高度化する使用度合に基づき、デジタル製造業生産の4つの世代を定義した (図5)。

企業の最大70%が依然としてアナログ生産を用いている

ピラミッド底部は、企業のいかなる部門でもデジタル技術が使用されていない、生産の初期段階を表している。これが、後発開発途上国および低所得経済圏の現実であると思われる。低発展経済圏と定義される国の製造業セクターの大部分が、この区分に属する。たとえば、ガーナでは、本報告書用に調査を行った企業の約70%がアナログ区分に属している。企業がデジタル技術を導入し始めると、生産は4つの世代に区別される。第一世代のリジッド (柔軟性のない) 生産は、アプリケーションのコネクティビティがない状態で、特定の目的のみにデジタルアプリケーションを使用するのが特徴である。第2世代のリーン生産は、デジタル技術を用いた生産のセミフレキシブル・オートメーションを指し、様々な事業分野間

図5 製造業に応用されたデジタル生産技術の4世代



注記: DPTはデジタル生産技術、CADはコンピュータ支援設計、CAMはコンピュータ支援製造を表す。
出典: Kupfer et al.(2019)を基にUNIDOが作成。

“それぞれの国内でADP技術を完全に導入しているのは、一握りの企業だけ”

の部分的統合を伴う。ビジネス機能全体でのデジタル技術の使用を必要とするのが、第3世代の総合生産である。最終モードである第4世代は、意思決定をサポートする情報フィードバック機能を備えたデジタル技術の使用を特徴とする。

次世代への移行には、大きな変化が必要

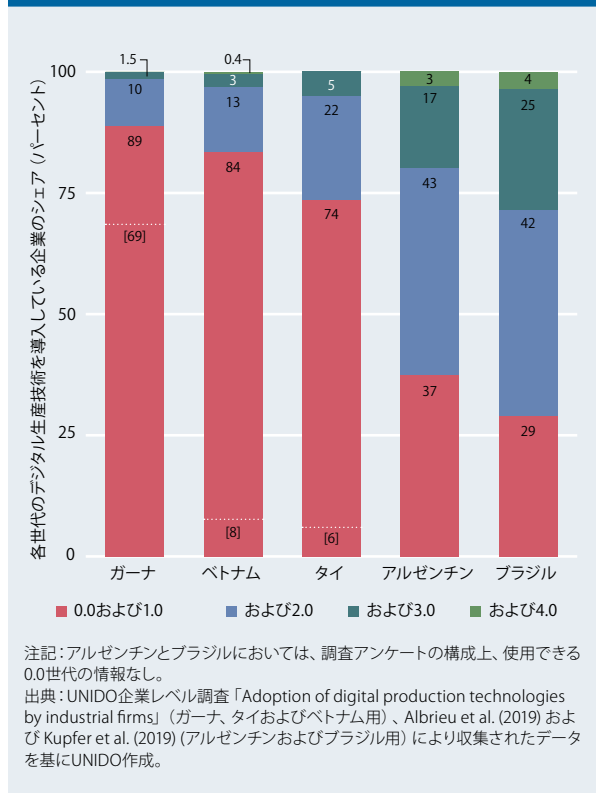
パラメトリックエンジニアリングによりCADなどのデバイスが近年飛躍的に進化してきたものの、数値制御プログラミングシステムが登場して以降現在に至るまで（1950年代後半～）、1.0世代と2.0世代技術はずっと使用されてきた。プロセスの効率と質が大幅に改善された後も、1.0世代から2.0世代への進化は大幅な組織変更を必要としない。しかし、2.0世代から3.0世代への進化は、プロセスおよび情報システムを包括的かつ効果的に標準化しつつ、組織的機能を完全に統合できるよう、大幅な組織の変化が必要となる。4.0世代は、高度通信デバイス、ロボット化、センサー化、ビッグデータおよび人工知能などのADP技術ベースのソリューションの使用を意味する。

最先端技術を使用している企業は極めて少ない5ヶ国に関して集められたデータによると、一握りの企業しかADP技術を導入していないことを示している（図6）。調査対象5ヶ国間には大きな違いが存在するにも関わらず、すべての国において、デジタル技術上位世代（3.0世代および4.0世代）の普及は初期段階にある。導入企業はまだニッチであり、ガーナの1.5%からブラジルの約30%までと、ばらつきが見られる。また調査結果から、開発途上国内で世代の異なる技術が共存し、先端技術を使用している企業数社が極めて低い技術レベルで業務を行う大多数の企業と共存している「技術の孤島」が作り出されているのかが分かる。

4IRへのリープフロッギングは国と産業の状況に左右される

製造企業の大半がフロンティア企業よりも遥かに低い技術力しかなく、その技術がアナログと1.0世代の中間に集中している国にとっては、どのようにして技術的階段を上っていくことがで

図6 開発途上国におけるADP技術の導入には依然として限界がある



きるかが重要な鍵となってくる。特に、これらの企業がいくつかの世代を飛び越し、最先端技術まで直接リープフロッギング（蛙飛びのように、技術後進国が一足飛びに最先端技術を活用）することは可能なのだろうか。一部の企業（および国）が階段を上ることに成功する一方で、他が失敗する理由は、能力、要素、組織特性および技術的努力の差異に加えて、国内のインフラおよび制度的状況によっても説明できる。

新技術の普及もまた、産業別および規模別に局地化している

ADP技術の普及は産業ごとに不均等

技術集約度と生産プロセスの差により、一部製造業はその他産業よりもADP技術を導入しやすい状況にある。顕著なのはコンピュータ・機械、および輸送機器の2つの産業である。これらの産業は主要ADP技術の導入率が平均を上回る

一部製造業はその他産業よりもADP技術を導入しやすい状況にある。

(図7)。コンピュータ・機械産業がクラウドコンピューティングおよび3Dプリント技術の使用において、平均を10~15%上回る使用率第一位となっているのに対し、輸送機器産業は第2位に位置し、製造業での産業ロボットの使用においては第一位となっている。ADP技術が広範な普及を続けるにつれ、他の産業（技術集約度が低い産業でさえ）も、これら技術の導入に先導的な役割を担うことが考えられる。

先進経済圏と追随経済圏は、これらの産業に特化する傾向にある

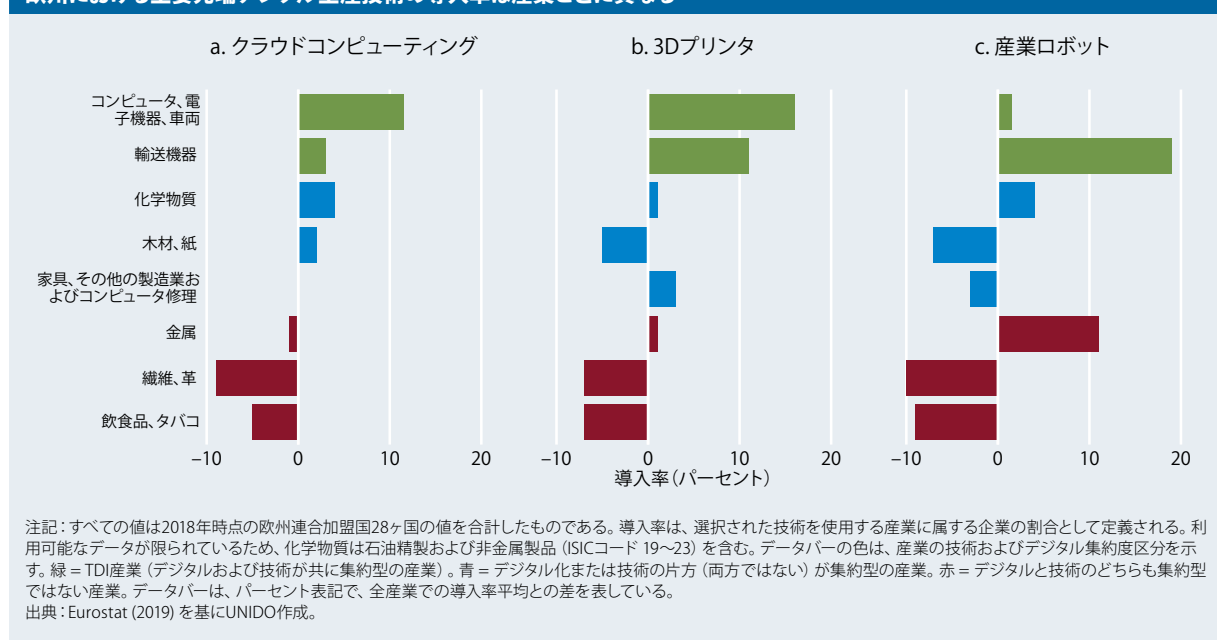
先進経済圏と追随経済圏のADP技術に対する関与が強化されているのも、これら経済圏のMVAにおいて、技術およびデジタル集約型（TDI）産業（コンピュータ・機械および輸送機器から構成される）のシェアははるかに高いという事実に起因する。特にADP技術の普及が開始されてから1年後の2005年以降、これらの産業の重要性が増してきており、その好業績は生産性の向上に強く後押しされている。しかし、これらの産業の開発は、労働力を新技術で置き換えるという話ではなく、競争力増加と規模拡大に新技術が寄与するというのに近い。生産性の

向上および雇用の拡大により、開発プロセスが包摂的になったのである。

より大きな企業が多くADP技術を導入

ADP技術に関して言えば、企業規模も重要である。大規模企業は、資金に余裕ができるにつれ投資を拡大し、往々にして新技術導入を伴う技術力と生産能力を得ていく傾向にある（技術導入の理由は投資拡大だけではないが）。企業規模が大きくなるにつれシェアが拡大し、デジタル生産技術において最上位世代（3.0および4.0世代）技術を導入していることなど、この報告書用に調査を行った5ヶ国に関するデータがこの議論を裏付けている。たとえば、アルゼンチンでは、大規模企業（従業員100名以上）における導入率は平均導入率よりも20%高い。にもかかわらず、タイなどの一部の例では、新技術の普及率が小規模企業においても高い場合もある。

図7 欧州における主要先端デジタル生産技術の導入率は産業ごとに異なる



// ADP技術に関与するには、 発展途上の経済圏は産業力を 構築しなければならない

ADP技術に関与するために、何が必要なのか？

関与には国レベルでの産業力が必要となる

開発途上国が直面する5つの大きな課題

大多数の開発途上国は、新技術に関与する上である特定の課題に直面しているため、この分野で重要な役割を担う存在となるのは難しい。これらの課題は、5つの大きなカテゴリーに分類することができる(Aldreoni and Anzolin, 2019)：

- 基礎力：サプライチェーンに沿ってADP技術を吸収、展開、普及する上で必要な生産能力が不足・偏在している。また、ADP技術は「基礎力の基準値」も高くしている。これは、ADP技術が全く新しい技術だからではなく、新技術と既存技術を融合させ、複雑な統合技術システムを形成することを意味するからである。
- 新技術の組み込み、および新旧技術の統合：この分野で技術投資を行える開発途上国の企業は、すでに古い技術に対して資金を投入しているので、既存の生産設備に新たなデジタル生産技術を取り組み、そして、統合する方法を習得する必要がある。非常に長期的な投資と市場へのアクセスが必要とするため、フルセットでの最新設備の導入はあまり行われないからである。
- デジタル・インフラストラクチャー：ADP技術は、生産用に大規模なインフラストラクチャーを必要とする。一部の開発途上国は、廉価で質の高い電力を供給したり、信頼性の高いコネクティビティを提供したりすることができずにいる。これらの問題を含めたインフラ関連の障壁があることで、個々の企業による技術投資は資金的に実行不可能でリスクの高いものになってしまう場合がある。
- デジタル能力格差：数多くの開発途上国において、企業は一部のADP技術には関与している。しかし、これら技術の多くが会社内でのみ、そして時に、技術を使用するための基礎生産能力を持つ少数の近いサプライヤー内でのみ維持され続けている。これら4IRの孤島の周辺では、企業の大半が依然とし

て典型的な3IRあるいは2IR技術を使用している。このような状況下で、最先端企業がその取引関連会社に働きかけ、自身のサプライチェーンを技術的に育成するのは非常に困難であり、デジタル能力格差が極端である場合、ADP技術の普及範囲は極めて限られる。

- アクセスおよび価格の妥当性：ADP技術は、限られた国と最先端企業により管理される傾向にある。開発途上国はこれらの技術の輸入に著しく依存しており、技術にアクセスする資金を集められたとしても、ハードウェアおよびソフトウェア部品を供給者に依存し続ける場合が多い。

ADP技術に関与するには、発展途上の経済圏は 産業力を構築しなければならない

以上をまとめると、これらの課題が一つの方向を指し示していることが分かる。4IRへの参入の前提条件となる基礎工業生産能力構築の必要性である。実際に、ADP技術への関与度の差は産業力の国際不均等性を反映している。つまり、先進経済圏は追随経済圏よりも、追随経済圏は後発経済圏よりも、そして後発経済圏は低発展経済圏よりも産業力が高い傾向にある。また、各グループ内において、技術利用力よりも高い産業力が必要となる技術生産力（開発および輸出）に基づき、明確に区別することも可能である。

産業力により、後発および低発展経済圏と先進 および追随経済圏が区別される

2017年にADP技術先進経済圏は、その他すべての国グループを大きく上回る競争的工業パフォーマンス(CIP)指数の平均値を示した(図8)。UNIDOのCIPは国の工業パフォーマンスを反映していることから、基礎産業力を示す指標とすることが可能であり、CIPが高くなるに応じて産業力も高くなると考えられる。生産における追随経済圏の平均CIPが先進経済圏の半分である一方で、使用における追随経済圏のそれよりも高くなっている。加えて、追随経済圏は、低発展経済圏よりも上位に位置する後発経済圏のCIP値を上回っている。各区分はそれぞれ前区分よ

“ 国の産業力は最終的には 企業の力に依存する。

りも高い平均CIP値を有しており、これがADP技術の使用および生産に参入した上で自国の役割を強化するため、国が昇る必要のある産業力の階段を表しているといえる。

産業力は製造企業において構築される

企業力は新技術導入の前提条件

国の産業力は最終的には企業の力に依存する。ADP技術の普及は、企業組織が技術を習得することで生み出される、特定の状況において実行可能なパフォーマンス反復ルーティンや手順といった、企業にとって必要な能力を得られるかどうかにかかっている。(Cohen et al. 1996)。ADP技術に関与するためには多岐にわたる能力が必要となる。しかし、能力の取得は容易で一本道のプロセスではない。

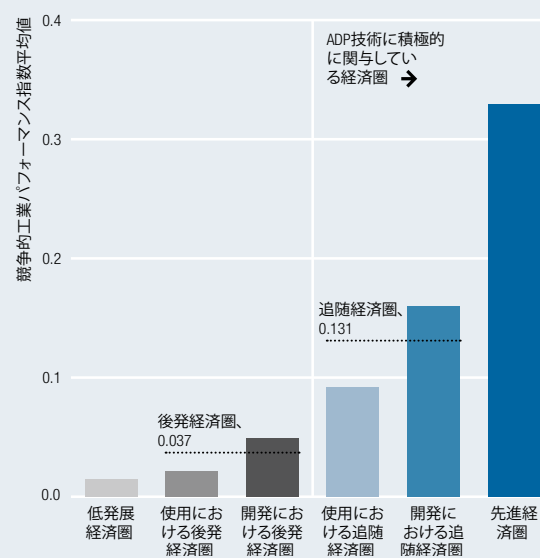
投資、技術力および生産能力が新技術の導入・ 使用に必要不可欠

投資と技術力により、企業は技術変化に対処できるようになる。企業が設備や技術を導入・使用する上で必要な技術的知識、資源、スキルなどがこれらに該当し、生産量増加および雇用拡大をもたらすとともに、企業自身の技術力および事業活動をより一層強化する。生産能力は、生産に関する経験、実践からの学習と起業家の行動と関連している。これらの能力は、企業が技術改善を進める上で必要な基盤を得るための第一段階であると考えられる。

能力は段階的に培われる

企業および国は、まず工業化して基礎力を得た後、技術レベルの改善に向けた強化を行う。このため、能力の取得は漸進的プロセスであることが多い。開発途上国の企業力を基礎、中度および高度に区別することで、企業が経年的に能力を培うための漸進的段階が提示される。企業は、ADP技術によりもたらされるチャンスを掴み、競争力とイノベーション力を維持するために、このプロセスを乗り越えなければならないのである。

図8
ADP技術に関与するには、産業力の向上が必要となる



注記：競争的工業パフォーマンス指数平均値は2017年時点のものである。
出典：The Competitive Industrial Performance Index 2019 database (UNIDO 2019b) および Worldwide Patent Statistical Database 2018 Autumn Edition (EPO 2018) から得た Foster et al. (2019) によるデータセットを基にUNIDO作成。

基礎生産能力は依然として重要

多くの場合で生産に関連している基礎的な能力を備えることは、効果的な新技術の展開および効率性の保持に不可欠である。最も単純な生産活動でさえ、相互に依存する能力クラスターを活性化し、組み合わせる必要があることが多い。これらの能力の開発は、企業が運営および学習できる工業エコシステムの存在に関係している。

各企業は「独自の能力バンドル」を持っている

それぞれの企業が直面する学習課題は異なるので、新たな能力の開発ペースにはばらつきがある傾向にある(Andreoni and Anzolin 2019)。特に開発途上国において、能力およびパフォーマンスの低い多数の企業が先進企業と混在する状態となっている。このような先進企業とその他の企業間の相違は、デジタル能力格差と定義されてきた。

特に開発途上国において、能力およびパフォーマンスの低い多数の企業が先進企業と混在する状態となっている。

表2
先端デジタル生産のための投資、技術および生産能力の蓄積

	投資	技術	生産
基礎	単純、ルーティン・ベース フィージビリティスタディ 基礎的市場および競合企業分析 基礎的財務および財務フロー管理	情報の外部調達 (例: サプライヤー、工業ネットワーク、一般情報から) 基礎研修およびスキル向上 スキルの高い人材の採用	設備ルーティンの調整 ルーティン・エンジニアリング ルーティン保守 生産プロセスのマイナーチェンジおよびプロセス最適化 基礎的な製品設計、試作、カスタマイズ 製品およびプロセス規格の遵守 品質管理 基礎的簿記 基礎的梱包および物流 基礎的広告 サプライヤーの監視 基礎的輸出分析および海外バイヤーとの一部連携
中級	適応力、情報収集に基づく、実験、外部との協力 市場チャンスの掌握 設備および機械の検索 設備および機械の調達 契約交渉 買取交渉	技術機会の掌握 技術移転 サプライヤー/バイヤーとの技術協力 (川上および川下) 垂直的技術移転 (グローバルバリューチェーン内の場合) (海外) 技術機関との連携 新技術およびソフトウェアのライセンス供与 提携および海外ネットワーク 人材の採用の正式なプロセス 正式な研修、再研修、スキルアップ ソフトウェア・エンジニアリング、自動化、情報通信技術のスキル	定型プロセス・エンジニアリング 予防的な保修 外部から取得した生産技術への適応とその改善 外部で開発された技法の採用 プロセスの再モジュール化および拡大 労働力の再編成 リバースエンジニアリング (製品) 製品設計の改善 製品ライフサイクル管理 品質保証 生産性分析 監査 在庫管理 専用のマーケティング部門 基礎的ブランディング サプライチェーン/物流管理 海外市場の体系的分析

デジタル能力格差は、先端企業と後発企業の両方に害となる可能性が

格差の直接的影響は図6で見られる4IRの孤島の創出である。4IRの孤島とは、能力を有しておらず、時代遅れの技術を使用し続けている企業の海の中で、ADP技術に携わる大手最先端企業数社が島のように活動している状況を表している。先端企業は、関連会社に働きかけ、自身のサプライチェーンを技術的に育成するのが困難であることから、格差により損害を被る場合

がある。このため、格差は技術強化の機会をデジタル工業化の障壁に変えてしまうのである。

工業生産への関与が、格差を縮める鍵である

政策論議は投資と技術力に主な重点を置く傾向にある。しかし、2020年IDRIは生産能力もまた最重要であることを示している。新技術導入決定要因の分析では、生産能力が最も重要な要因であることが示唆されている (図9)。これらの能力

格差は、技術強化の機会をデジタル工業化の障壁に変えてしまうのである。

表2 (承前)
先端デジタル生産のための投資、技術および生産能力の蓄積

	投資	技術	生産
概観	イノベーション力、リスクを取る、高度な形態の協力およびR&Dに基づく	世界トップレベルのプロジェクト管理能力 リスクマネジメント 設備設計	プロセス・エンジニアリング プロセスの継続的改善 新たなプロセス・イノベーション 新たな製品イノベーション 製品設計の習得 イノベーションに対する高度な組織的能力 世界トップレベルのインダストリアル・エンジニアリング、サプライチェーンおよび物流 在庫管理 ブランド構築および深化 高度な流通システムおよび小売業者/バイヤーとの連携 独自のマーケティング・チャンネルおよび海外関連事業 外国企業の買収および外国直接投資
	生産システム統合能力	技術統合ソリューションの確保 組織統合ソリューションの確保 意思決定およびリスクマネジメント用データ分析	統合製品およびプロセスR&D 先端デジタルスキル開発 内部/独自のソフトウェアプラットフォーム開発
システム			
これらを実現するための制度、インフラ	信頼性の高いエネルギー供給 信頼性の高いコネクティビティ 広帯域接続インフラ (イーサネットおよびワイヤレス) デジタル技術施設のインフラ データ所有権に対する方針およびソフトウェア・ライセンスの利用可能性		

出典：UNIDO (2002) および Andreoni and Anzolin (2019) を基にUNIDO作成。

は、工業生産における過去の経験を通してのみ取得できる。

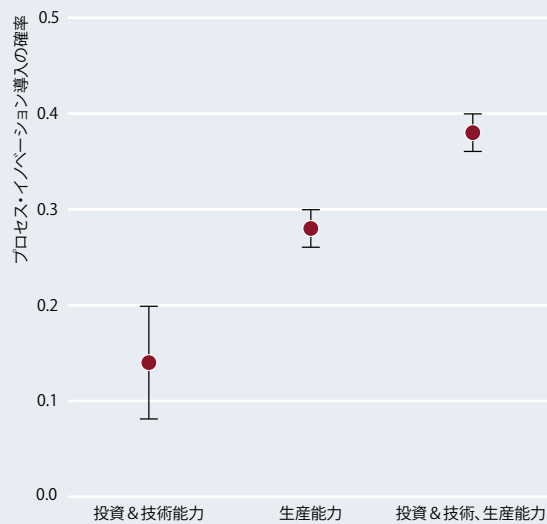
投資、技術力、生産能力を組み合わせることで、イノベーションにつながる

投資・技術力が生産能力の変数と組み合わせられる時、これらの重要性が完全に明らかになる。生産能力は、技術の導入を説明する上でより重要である。しかし、これは投資・技術力の変数の

非重要性を意味しているわけではない。投資・技術力と生産能力を組み合わせることで、2つの能力区分の内の1つしか有しない企業と比較して、新プロセス技術導入率がより一層向上しているのである。

GVCへの参加が新技術導入の確率にプラスの影響を及ぼすことが確認できる

図9
生産能力が技術プロセス・イノベーションの導入の鍵である



注記：この分析は、アフリカの13経済圏（コンゴ民主共和国、ガーナ、ケニア、マラウイ、ナミビア、ナイジェリア、ルワンダ、南スーダン、スーダン、タンザニア連合共和国、ウガンダ、ザンビアおよびジンバブエ）および南アジアの4経済圏（バングラデシュ、インド、ネパールおよびパキスタン）を含む。製造業企業のみが対象となっている。グラフは、プロセス・イノベーション導入確率に注目する変数の平均限界効果の係数および信頼区間（95%）を示している。線形確率モデルは、ブートストラップ標準誤差で実施された。国およびセクター・ダミーが含まれる。
出典：World Bank Enterprise Survey (Innovation Follow-up, 2013–2014) から得た Bogliacino and Codagnone (2019) を基にUNIDO作成。

グローバルバリューチェーンへの企業の参加は、ADP技術利用と関連がある

開発途上および新興経済圏の製造企業においては、ADP技術の習得が国際貿易と生産ネットワークとの統合にも左右される可能性がある。国際貿易と生産ネットワークは、グローバルバリューチェーン（GVC）において、川下サプライヤーへの知識移転が可能なチャンネルになり得る。本報告書用に調査した国から得た証拠より、GVCへの参加が新技術導入の確率にプラスの影響を及ぼすことが確認できる。他の因子の調整が新生産技術導入（規模、セクター、人的資本およびR&D・機械投資など）を形作る可能性がある時、この正の相関が持続する。製造業GVCsへの統合は、後発国が現在の技術競争に参入するための重要な機会を表しているといえる。

ADP技術への関与には労働力における特定技術も必要

ADP技術には「未来型スキル」が必要

要求されるスキルに関していえば、技術変化は中立的ではない。ADP技術の導入は、新技術を補完するスキルの開発を必要とする。(Rodrik, 2018)。ADP技術には、分析スキル、科学、技術、エンジニアリングおよび数学（STEM）を含む特定の技術関連スキルとICT関連技術、およびソフトスキルの3グループの技術（以下、「未来型スキル」という）が特に重要となる。新技術により創出された雇用は、新しくかつ技術的スキル、分析力および認知能力を一層必要とする可能性があるため、未来型スキル習得は技術による解雇リスクに対する最善の予防策となるだろう。

技術集約度のより高い企業は、より多くのSTEM 専門家を有している

これらスキルの需要増加は、技術集約度のより高い企業の雇用状況にすでに反映されている。STEM従業員の割合は、より技術的に活動力があり、ADP技術に関与している、あるいは関与する態勢の整っている企業において、一貫して高くなっている。さらに、これらの企業はヒューマン・マシン・インタラクション・スキルなどの技術関連スキルの重要性の高まりも認識している。ソフトスキルも将来的に非常に重要になると予想されている。それは新技術導入において、多くの場合従業員が一体となったチームとして働き、手順およびシステムを迅速に学習することが必要となるためと考えられる。

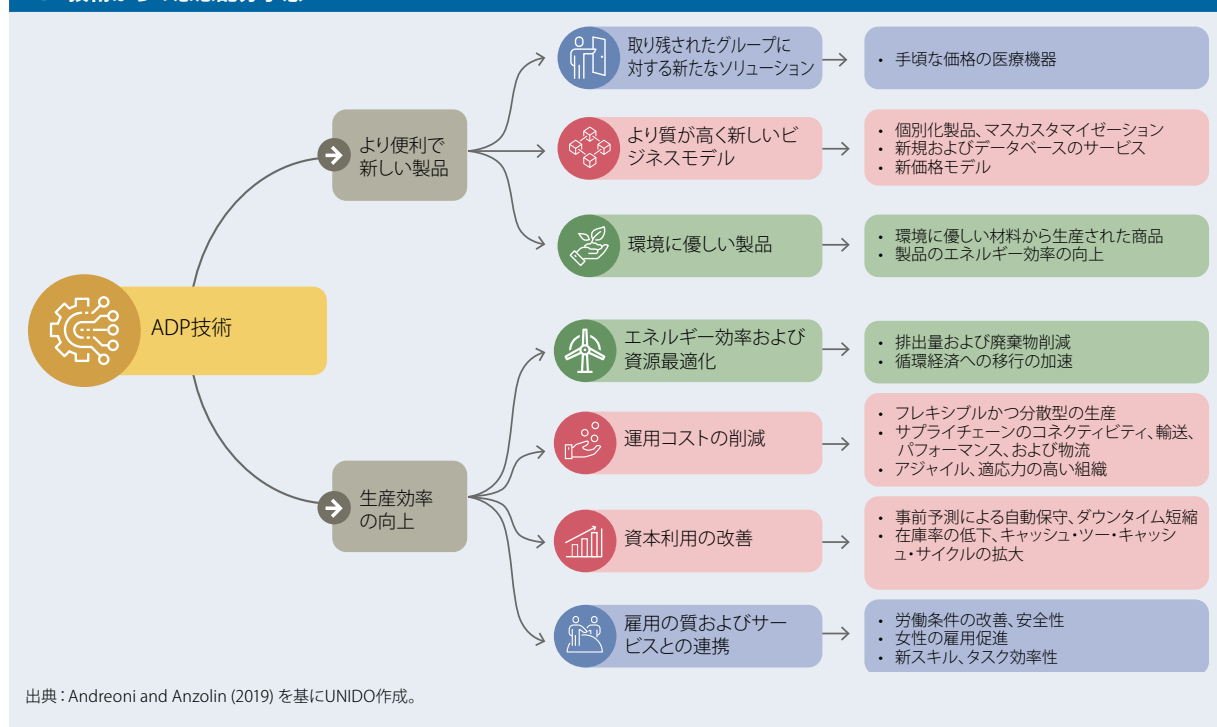
ADP技術はどのような恩恵配分を生むのか？

ADP技術は利益を増加させ、環境を維持し、労働力を拡大させる

ADP技術は企業利益および資本の使用を増加し、労働力を生産により上手く統合する上、環境持続性を改善する。図10は、概要の冒頭に記載された概念的枠組みに沿って、これらの現象の主なメカニズムをまとめたものである。ADP技術がISIDを支援する上でもたらす潜在的恩恵

ADP技術は企業利益および資本の使用を増加し、労働力を生産により上手く統合する上、環境持続性を改善する。

図10 ADP技術からの恩恵配分予想



は、この場合もやはり、2つの主要チャンネルに沿って存在する。そのチャンネルとは、スマートテレビ、スマートウォッチ、ホームコントロール・デバイスなど、より便利で新しい商品の市場投入と、生産プロセスのデジタル化および相互コネクティビティを通じた生産効率の向上である。これら幅広いチャンネルはそれぞれ、ISIDの工業競争力、環境持続性、社会的包摂の側面に直接影響を与える。加えて、恩恵は必ずリスクも伴い、他の変化を引き起こすことなくこれらの効果が現れるという保証はない。恩恵をどう享受できるかは、製造業生産に参加している国、産業および企業特有の状況に依る部分大きい。

拡張データ分析は製品とサービスを改善

ADP技術は製品・サービス特性および機能を強化し、製品イノベーション、カスタマイゼーション、市場投入までの時間を含む収益改善を一層進めるとともに、より競争力のある製品・サービス・パッケージをもたらす。たとえば、データ分析により、リアルタイムの顧客データ収集・分析を

利用した顧客需要への直接関与が可能となり、製品のコスト効率的マスカスタマイゼーションも容易になる。顧客行動に対する洞察は、新製品、サービスおよびソリューションに多大な利益をもたらす。このような変化は、製造業生産にサービスを付随させることで、新たな組織およびビジネスモデルへの可能性を広げる。このようにして、ADP技術は、新商品の創出および製造業とサービス活動の融合により、工業化を活性化させつつ経済成長を促す可能性を開くのである。

生産性向上の促進

先端技術を導入している企業はより高い生産性を有している

企業は競争力向上および効率化を図るために、ADP技術を導入する。本報告書用調査国の生産性に影響を与える他の因子を条件とした計量経済分析を行い、デジタル化率の高い企業は低い企業よりも平均生産性が高いのかを調査した(図11)。企業操業年数、研究開発・機械

ADP技術に積極的に関与している経済圏（先進経済圏および追随経済圏）は、他の経済圏（後発経済圏および後駆経済圏）よりもはるかに著しい製造業付加価値（MVA）成長をみせている

への投資、人的資本およびGVCへの参加に対する調整を行った場合も、ADP技術の導入は企業の生産性と有意な正の相関があった。他の重要かつ有意な因子の係数と比べて、技術導入の係数は大きいことが分かる。

先進経済圏と追随経済圏が、生産性の伸びにより、製造業付加価値成長を主導している企業にとって真実であることは、国にとっても真実である。ADP技術に積極的に関与している経済圏（先進経済圏および追随経済圏）は、他の経済圏（後発経済圏および後駆経済圏）よりもはるかに著しい製造業付加価値（MVA）成長をみせている（図12）。低・低中所得経済圏及び高所得経済圏において、先進経済圏、追随経済圏は、後発経済圏及び低発展経済圏に比べ、2倍近い成長率を誇る。上・中所得経済圏では、成長率の差は50%以上となっている。急速なMVA

の成長は、よりダイナミックな雇用創出、より迅速な生産性の向上、またはその両方で説明することができる。最も大きな差は生産性のダイナミクスに見られる。先進経済圏と追随経済圏は、生産性の伸びにおいて明らかに先行している。興味深いことに、低・低中所得及び上・中所得の開発途上国においても、先進経済圏と追随経済圏はこの期間にプラスの雇用成長が認められる。一方、高所得経済圏においては、生産性の伸びが高く、その伸びは直接雇用の純消失数を上回った。

セクター間のつながりの強化

新技術は知識集約型ビジネス支援サービスを促進

製造業生産におけるADP技術の導入は、他の経済セクター、とりわけスマート生産を実施する上で必要なITおよびデジタル・ソリューションを提供する知識集約型ビジネス支援サービスからの追加支援を必要とする。このようなサービスとの相互作用の強化は、雇用創出および貧困削減に対する製造業生産の相乗効果を潜在的に増強するとともに、各国が製造システムに参入するための新たな機会を切り開くことが可能となる。

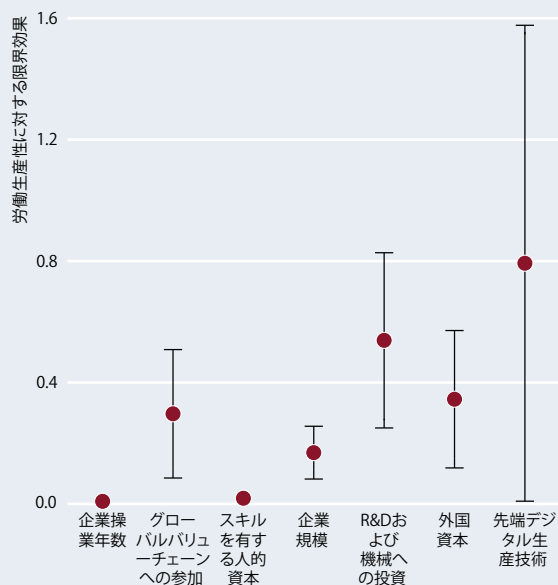
知識集約型ビジネス支援サービスはイノベーションを生み出し、新たな知識を発信する

知識集約型ビジネス支援サービス（KIBS）は、経済におけるイノベーションの生産者として、また新たな知識の媒介者として、重要な役割を担っている。KIBSは主に仲介サービス（最終消費者にではなく、他のセクターに向けて販売されている）であり、これらのつながりを通し、バリューチェーンに沿ってイノベーションを普及していく。

先進経済圏および追随経済国は、工業製品生産時、KIBSへの依存が高い傾向にある

各国とも所得が高くなるに応じて、製造業が生み出す付加価値においてKIBSが占める割合も高くなり、高所得経済圏が請け負うタイプの製造活動に対する知識集約型インプットの重要性を示している。KIBSは国の所得水準にのみ関係

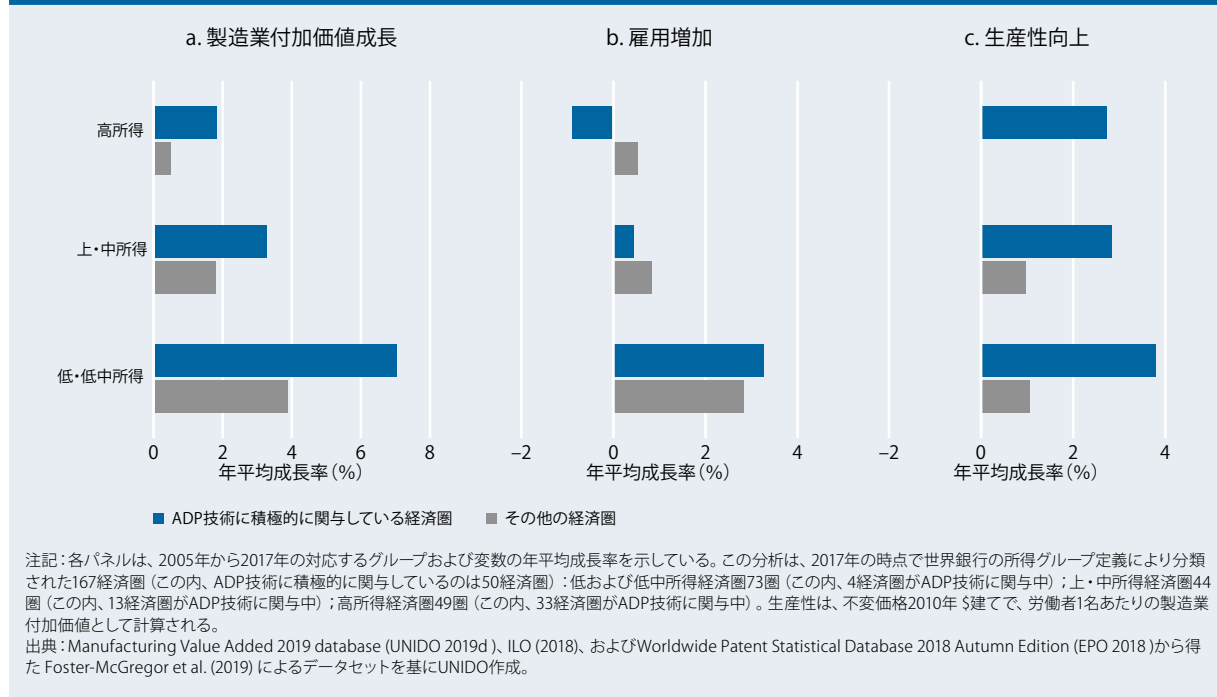
図11 先端デジタル生産技術の導入は生産性と正の相関がある



注記：グラフは、ガーナ、タイおよびベトナムで調査された企業に対する回帰分析を実施して得られた、労働生産性に注目する変数の係数および信頼区間（90%）を示している。変数「先端デジタル生産技術」は、企業が3.0および4.0世代技術を使用している場合は1の値をとり、それ以外の場合は0の値をとる、2値変数である。国およびセクター・ダミーが含まれる。
出典：UNIDO企業レベル調査「Adoption of digital production technologies by industrial firms」により収集されたデータから得たPietrobelli et al. (2019) を基にUNIDO作成。

“ 国のADP技術導入が進むにつれ、KIBS がより重要な役割を果たすことになる。

図12 ADP技術を活用する経済圏は、すべての所得グループにおいて他の経済圏よりも速い成長を示している



しているわけではない。すべての所得グループで、KIBSの統合もADP技術に積極的に関与している経済圏でより進んでいる（図13）。国のADP技術導入が進むにつれ、KIBSがより重要な役割を果たすことになる。

雇用の消失ではなく、創出

直接的影響（労働者の解雇）の先にある間接的かつ実質的影響に目を向ける

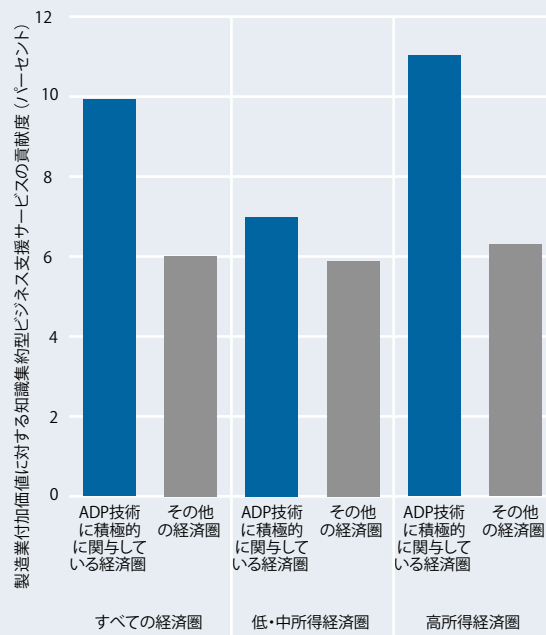
ADP技術が労働市場に及ぼしうる潜在的影響に関して懸念が高まっている。しかし、新技術（ロボットなど）が最終的に雇用に及ぼす影響を評価する際には、すべてのチャンネルを考慮する必要がある。セクター別または産業別に注目すると、経済全体で技術が雇用に及ぼす影響を評価することが困難になるため、雇用に対する新技術の直接的および間接的マクロ効果を分析する必要がある。間接的効果は、国際産業連関表から得た国内外のつながりに基づく。²

間接的効果が直接的効果に勝る可能性がある

2020年IDRにおけるADP技術の雇用に及ぼす影響評価によれば、ある特定産業におけるロボット・ストック増加は、その産業の雇用に直接的影響を与えるだけでなく、残りのバリュー・チェーンにも間接的に影響を及ぼすことが明らかになっている（図14）、ある産業でロボットの使用が増加すると、顧客およびサプライヤーの産業の雇用に間接的影響を及ぼす。たとえば、ロボットの使用が増加した産業は、その顧客産業に対し、より高品質の中間製品を生産する、より廉価で販売する、またはその両方を行う可能性があり、これが競争力を向上させ、ビジネス拡大のための労働者雇用拡大につながる。また、ロボットの使用増加は、自動化の拡大および生産プロセスの変化が特定の材料や部品の需要拡大につながる可能性があるため、サプライヤー産業にも間接的に影響を及ぼす。ロボット化産業から生じる需要のこのような変化は、良きにつけ悪きにつけ、そのサプライヤー産業の雇用に影響を与える可能性がある。一方で、顧客とサプライヤーが同じ経済圏に位置する場合は国内雇用

ある特定産業におけるロボット・ストック増加は、その産業の雇用に直接的影響を与えるだけでなく、残りのバリュー・チェーンにも間接的に影響を及ぼすことが明らかになっている

図13
先端デジタル生産技術に積極的に関与している経済圏の製造業は、すべての所得において、知識集約型ビジネス支援サービスとの統合化が進んでいる



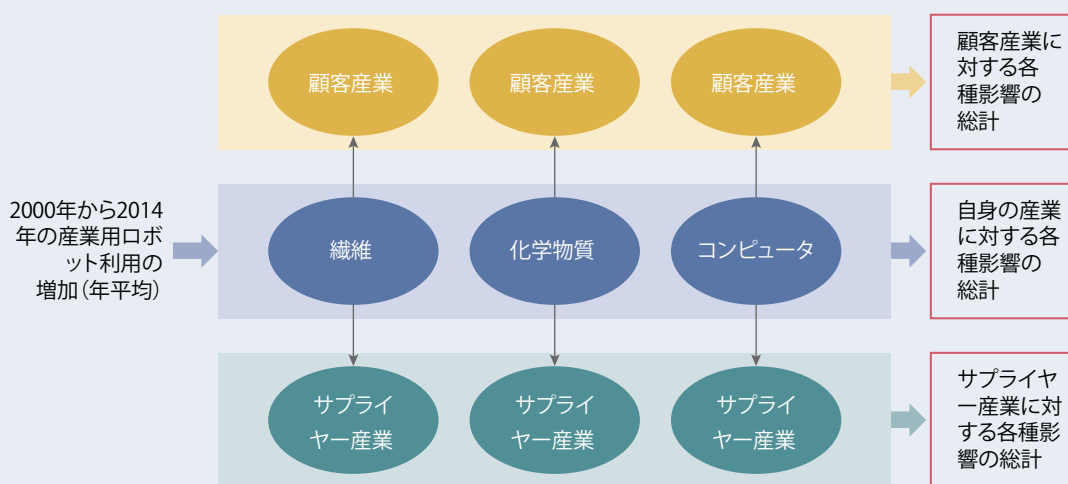
注記：2005年から2015年の平均値。製造業付加価値は現行価格USドル建て。この分析は、2005年の時点で世界銀行の所得グループ定義により分類された63経済圏：低・中所得経済圏30圏（この内、9圏がADP技術に関与中）、および高所得経済圏33圏（この内、24圏がADP技術に関与中）。「KIBS」は知識集約型ビジネス支援サービスを指す。
出典：Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables (OECD 2018) を基にUNIDO作成。

に影響を与え、またそれぞれが他の経済圏に位置する場合には、国外の雇用に影響を与える可能性がある。

2000年から2014年の間に、製造業における産業ロボットの増加が世界的な純雇用創出につながった。すべての影響を考慮すると、2000年から2014年にかけて、産業ロボット・ストックの年間成長が雇用の伸びに、極僅かだが寄与していることが分かる。この正の影響は、主にサプライヤーの国際的つながりと顧客の国内的つながりからきており、反対に、サプライヤーの国内的つながりには雇用に対する負の影響が認められる。興味深いことに、雇用の大半が新興経済圏で創出されていた。これは、雇用創出が先進工業経済圏におけるロボット・ストックの増加に起因していたためである。

ロボットを使用している企業は、使用していない企業よりも多くの雇用を創出することができる。これは、未導入企業を基準とした上で、ロボット導入により生産量が增大する可能性、およびそれが生産プロセスの変化に及ぼす影響（資本集約度の増加）を考慮する重要性を示唆している。ロボットの使用増加が、企業と産業の競争力向上および生産量増加にあまり寄与

図14
開発途上国における工業ロボットの使用が世界の雇用に及ぼす各種影響の総計



出典：UNIDO作成。

ADP技術に関与している企業は雇用を拡大（または、少なくとも雇用を維持）することが見込まれると、ミクロレベルで確認されている

ることなく、生産管理を簡潔化し、労働者の収入配分に対する資本家の収入配分を増加させるだけの場合、ロボット導入は雇用への影響を与えない可能性がある。しかし、ロボット導入者が、生産規模の拡大、セクター間の補完性、バリューチェーンにおける作業の再配分および企業内の労働者の再配置により、ロボット未導入者よりもはるかに著しい成長を遂げるとすれば、ロボットを導入している企業・産業が雇用を創出する可能性は、ロボットを避けている企業・産業よりも高くなるだろう。

技術的にダイナミックな企業は、安定した（あるいは、さらに多くの）雇用を見込める

本報告書の発見は、長期の企業レベルおよび労働者レベルデータを使った最近の研究結果と一致しており、（少なくともドイツなどADP技術先進経済国において）ロボットの導入により現職の製造業労働者の解雇リスクが増大していないことを示している（Dauth et al. 2018）。また、本報告書用に調査した5ヶ国においても、ADP技術に関与している企業は雇用を拡大（または、少なくとも雇用を維持）することが見込まれると、ミクロレベルで確認されている。

新技術は、労働条件および生産への関与の在り方も改善することができる

ADP技術は、製造業生産の社会的側面にも影響を及ぼす。新たなワークフローとタスク配分の導入、及び労働力が最低限求められるスキルレベルが上がることにより、生産現場における労働者の状況の改善を可能にする。たとえば、自動車セクターにおける自動化ソリューションは生産タスクを再編する機会をもたらし、最も身体的負担の大きいタスクから労働者を解放した。さらに、ADP技術は製造工場の労働条件の改善も可能にする。現在の標準的なやり方においては労働者による高度ロボットの操作が必然的に伴うため、人とロボット（または協働ロボット）の連携の拡大により、融和した労働力が生み出される。安全技術、および追跡技術もまた現場の安全性を高め、労働条件を改善する。

地球環境の保全に向けて

ADP技術は環境に優しいソリューションにつながる

ADP技術は、通常技術の平均を上回るグリーン（環境に優しい）コンテンツを有している（図15）。これは、特にロボット関連、機械学習およびCAD-CAMシステムの技術、そして程度は下がるが積層造形技術にも当てはまる。これら技術の特許査読者により強調される最も重要な特徴が、温室効果ガス排出削減に対する寄与の可能性である。これは、特にISIDの枠組みとの関連で考慮すべき、もう一つの重要な優位点である。

ADP技術は循環経済プロセスを促進する

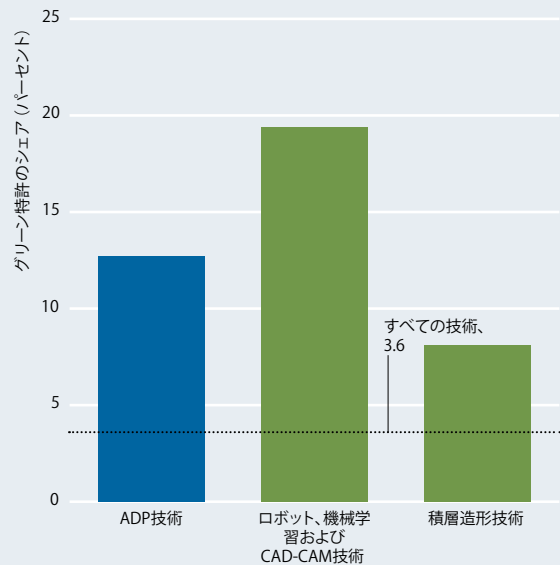
ADP技術は、天然資源の消費と環境に対する経済成長の影響を切り離し、循環経済プロセスを促進することも期待されている。これは、エネルギーに関するSDG7、持続可能な消費および生産に関するSDG 12、および気候変動に関するSDG 13の達成を支援することにつながる。循環経済プロセスでは、特に材料およびエネルギーの資源フローが縮小され、或いは極力可能な範囲でそのフロー自体をなくすことができる。つまり、製品は耐久性があり、再利用およびリサイクル可能なように設計され、新製品の材料は古い製品から得る（＝資源を使うというフロー自体がなくなる）ことになる。また、循環経済モデルは製品の無駄遣いを減らし、資源効率化効果をもたらす。電子機器、ネットワーク、インターネット接続された設備からのデータにより、企業は製品・サービスの設計、製品ライフサイクル管理やサプライチェーン計画の改善方法、および資源の使用方法についてのヒントを得ることができる（Rizos, et al. 2018）。

技術的にダイナミックな企業は、環境改善について楽観的な考えを持っている

企業レベルのデータが、このパターンを裏付けている。ガーナ、タイ、ベトナムでは、すべての環境領域（水、エネルギー、材料および廃棄物）において、ADP技術に関与している、あるいは関与する態勢の整っている企業の大半が、ADP

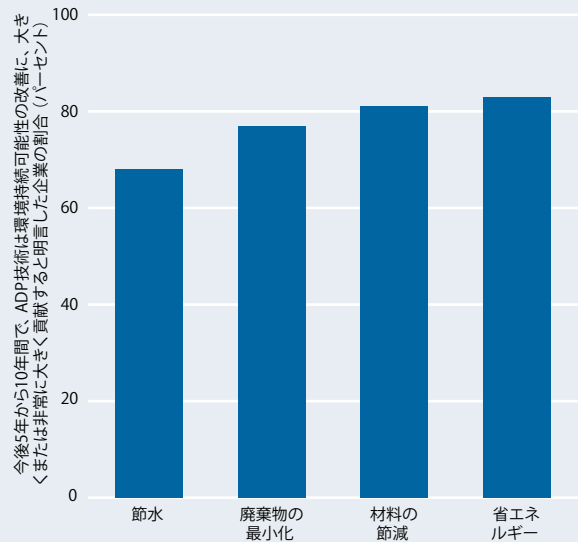
ADP技術の使用が環境改善につながると思っている

図15
ADP技術は、通常技術の平均よりもグリーン・環境に優しい



注記：特許審査官が、特許が気候変動の緩和に貢献していると考えられる場合、特別なY02タグが付けられる。このタグは、すべての特許からグリーン技術について言及する下位分類を識別し、それを過去20年間に全技術分野（ADP技術だけでなく）で出願されたすべての特許におけるグリーン特許の該当シェアと比較することを可能にする。CAD-CAMはコンピュータ支援設計・製造を指す。
出典：Worldwide Patent Statistical Database 2018 Autumn Edition (EPO 2018) から得た Foster-McGregor et al. (2019) によるデータセットを基にUNIDO作成。

図16
ADP技術に関与している、あるいは関与する態勢の整っている企業の大半が、これらが環境改善につながると思っている



注記：データは、ガーナ、タイおよびベトナムで調査した企業を参照しており、ADP技術に現在関与している、あるいは関与する態勢の整っている企業のみを含む。
出典：UNIDO企業レベル調査「Adoption of digital production technologies by industrial firms」および Kupfer et al. (2019) により収集されたデータを基にUNIDO作成。

技術の使用が環境改善につながると思っている（図16）。材料の効率的な使用は持続可能性だけでなく、節約効果による企業内留保の高まりを意味し、それにより企業が更に支出を増加させることで乗数効果を引き起こし、経済活動を増加させるリバウンド効果を生み、ひいては環境に影響をもたらす可能性がある。

恩恵の配分は自然になされるわけではなく、リスクを伴う

開発途上国の企業は、サプライチェーンの再編成および国外委託生産の撤退に直面しているADP技術に関する最大の懸念材料は、グローバルな生産組織に対する潜在的な影響である。開発途上国の企業、特にGVCsに参加している企業にとって、サプライチェーンの再編成、生産の非ローカル化および国外委託生産の撤退の脅威は、共通の懸念となっている。

デジタル化は寡占および力の集中化を助長する可能性がある

開発途上国の企業は、ADP技術のGVCsへの漸進的統合により、損害を被る場合がある。ソフトウェア・プラットフォームを通じたシステムのデジタル統合化がGVCsの構造に影響を与えるにつれ、完全にデジタル化したサプライチェーンにおける調整および管理メカニズム、そして権限が局地的に集中し、寡占および独占市場が現れることについて、懸念が高まっている(Andreoni and Anzolin 2019)。

先進国の国外委託生産の撤退で、開発途上国の低賃金労働力が意味をなさなくなる可能性もまた開発途上国の企業は、先進経済圏におけるADP技術の漸進的普及によっても、損害を被る場合がある。これらの技術の導入は、比較優位としての低賃金労働の妥当性を低下させることが予想され、先進工業経済圏が国外委託生産

ADP技術は、頻度は高くないが、国外委託生産の撤退を生じさせる可能性がある

を減らしていき、製造活動の一部を自国に持ち返るとともに、国外での雇用創出数を減少させていく(Rodrik 2018)。新しく廉価な機械と、ロボットにより手作業が代替されることにより、企業は大きな消費者市場に近い高所得国に生産を戻す方向に向かう。これにより組立作業などの低スキルで低賃金しか必要としない活動を行うため、高所得国から低所得国に生産を分散してきたこれまで数十年間のGVCsの拡大が、逆戻りする可能性がある。

しかし、国外委託生産の撤退への動きはまだ明確ではない

このような仮説や事例はあるものの、国外委託生産撤退を示す証拠は依然として乏しく、開発途上国の雇用への最終的な影響について結論を導き出すことや、その影響に対する適切な政策を策定することは難しい。この報告書用の検証として、欧州8ヶ国（オーストリア、クロアチア、ドイツ、オランダ、セルビア、スロベニア、スペインおよびスイス）から企業の2015年欧州製造業調査データを使用し、国外委託生産撤退の範囲および決定要因を分析した。これにより、明白な3つの結論が浮き彫りになった。

- 第一に、メディアや政策論議で考えられているほど、国外委託生産撤退は広がりを見せていない。全企業の5.9%が国外委託生産を撤退したのに対し、16.9%が生産を国外移転している。
- 次に、企業が新興経済圏から委託生産を撤退する主な理由は労働コストではないが、一方労働力コストは他の高所得国における委託生産から自国へ撤退する際の要因としてより重要とされている。労働力コストよりも、むしろ物流における柔軟性が、新興経済圏から委託生産を撤退させる主たる理由と考えられる。現在行われている議論では、先端技術による解雇の懸念が、廉価な機械やロボットの導入による生産コストの削減で人的労働が取って代わられる点にあることを考えると、この結論は驚くべき事実であるといえる。
- 第三に、国外委託生産の撤退は、ADP技術をより集約的に導入している一部のセクター

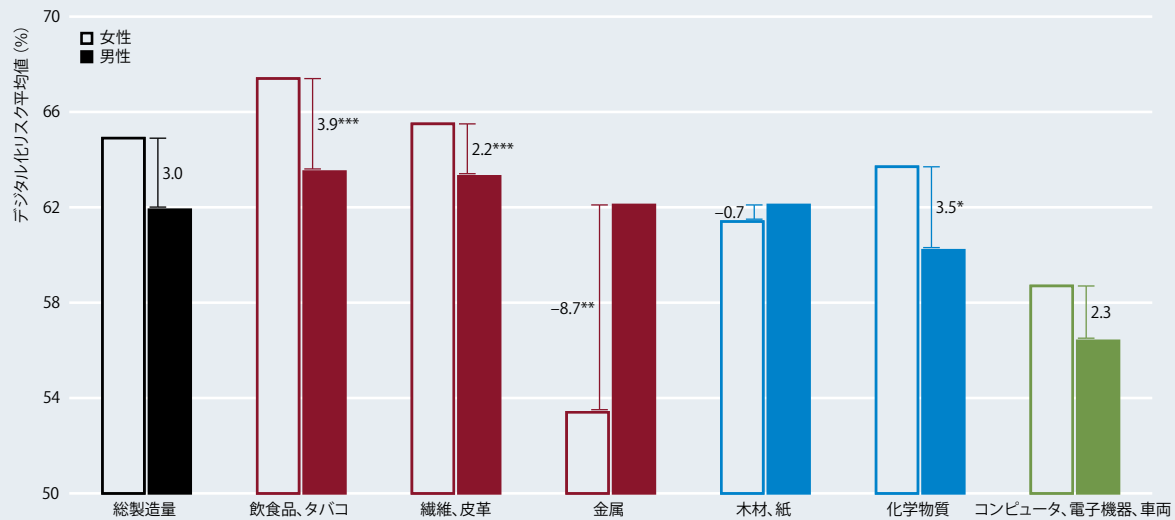
（低技術セクターよりもむしろ化学工業、電気産業または輸送機器）及び企業で多く見られる。つまり、ADP技術は、頻度は高くないが、国外委託生産を撤退を生じさせる可能性がある。

デジタル化による雇用への影響は男女差が顕著さらにもう一つの懸念材料がジェンダー不平等である。ADP技術の広範な導入は、特に開発途上国の製造業労働市場において、ジェンダー格差を拡大させる可能性がある。製造業の女性労働者は、男性に比べてデジタル化によるリスクに一層さらされていることがわかっている。これは、女性が直面するデジタル化リスクが、同僚男性よりも平均で2.9%高いことから見て取れる(図17)。現時点での職種から考察すると、飲食品・タバコ、繊維・皮革および化学産業に従事する女性は、男性よりも高い電子化・デジタル化リスクに直面する傾向がある。興味深いのは、デジタル化リスクにおける統計学的に有意なジェンダー格差が、コンピュータ、電子機器および自動車産業には見られない点である。

なぜ女性は、自動化による高い失業リスクに直面する傾向にあるのか？

デジタル化リスクにおけるジェンダー格差は、その他の理由もあるものの、習得しているスキルの差などで説明できる。ADP技術で操業する上で特に重要であり、かつ幅広い「未来型スキル」カテゴリーを構成するすべてのスキルにおいて、製造業の女性労働者の平均スコアは男性労働者よりも大幅に低くなっている。これらのスキルは、新技術により代替される可能性が低く、むしろ補完される可能性が高い。未来型スキルは4IRにおいて活躍するものであり、雇用を消失させるデジタル化の動きから労働者を守るものである。すべての「未来型スキル」において、ジェンダー格差は著しいマイナス値を示している。しかし、女性労働者にとってポジティブな要素としては、ソフトスキルにおけるジェンダー格差は顕著でないという点がある。最新の実証的データによると、ソーシャルスキルの重要性が増しているという主張はますます確たるものとなっており、これらソ

図17 食品、繊維および化学産業に従事する女性は、男性よりも高いデジタル化リスクに直面する傾向がある



注記：デジタル化リスクは、近い将来に職業がデジタル化される確率を意味する。図は、セクター別デジタル化リスクの平均値の男女差を示している。平均の差のt検定：*** p < 0.000; ** p < 0.05; * p < 0.1。分析は米国、ボリビア（多民族国）、コロンビア、ジョージア、ガーナ、ケニア、ラオス人民民主共和国、北マケドニア、スリランカ、ウクライナおよびベトナムを含む。データバーの色は、産業の技術およびデジタル集約度区分を示す。緑 = TDI産業（デジタルおよび技術が共に集約型の産業）。青 = デジタル化または技術の片方（両方ではない）が集約型の産業。赤 = デジタルと技術のどちらも集約型ではない産業。
出典：STEP Skills Measurement Program (World Bank 2016) から得た Sorgner (2019) によるデータセットを基にUNIDO作成。

ーシャルスキルに優位性を持つことは、将来的にジェンダー格差の縮小に貢献すると思われる。

女性の公平な参画の拡大が包摂的かつ持続可能な工業開発を推進する

UNIDOは、製造業におけるジェンダーとADP技術の関係性に関する包括的議論の重要性を深く理解している。工業労働力および技術開発への女性の公平な参画の拡大は、包摂的かつ持続可能な工業開発を推進するために不可欠である (UNIDO 2019c)。

ADP技術をISIDに役立てるようになる政策対応とは何か？

政策対応は状況に大きく依存する

ADP技術への戦略的対応は、世界全体でも国内においても様々なものが混在している状態にある。対応は状況によって大きく変わるものであり、工業化の度合い、デジタル・インフラの普及度、技術力および生産能力の蓄積度、各国政

府の経済問題への伝統的な介入のあり方、および官民連携を結集させる能力などを反映している。万能な解決策は存在せず、出来合いの対策を用意しておくことも依然として困難である。一般的に、国の長期的開発戦略における明確な意思表明を伴ってはいるものの、政策対応は試行段階にとどまる。

そして、政策対応は各経済圏の相対的な立ち位置にも左右される

政策対応は、各経済圏の相対的立場にも左右される。先進経済圏、追従経済圏および後発経済圏が異なる目標を持つと共に、違った課題に直面する。ADP技術に関していえばすでに最先端に存在する先進経済圏の政策対応は、産業的リーダーシップの持続または奪還を指向し、経済的、社会的および環境的目標を兼ね備えたものになる。追従経済圏は、先進経済圏との技術格差を埋めることを主な目標としている。これは、すでに整備されている技術・工業基盤を足場とした、イノベーション主導型開発の促進を意味する。これら経

ADP技術の導入には、枠組み条件を整える努力が必要

済圏の多くは、先進製造業へも参入しようかという先進的な企業を誘致し、高度先進国が従来独占してきた経済活動において競合させている。こういった追随経済圏での主な課題は、製造業セクターの最も先進的な分野で既に有する能力を、残りの経済全体に広めることである(Rodrik 2018)。後発経済圏および低発展経済圏にとっては、新技術を吸収する準備を整え、インフラおよび能力の基盤を作ることが最重要課題となる

政策措置において特別の注意が必要な幾つかの分野

状況に大きく左右されるが、政策対応にとって非常に重要となる3つの分野が存在する。新技術の導入および活用に対する即応性の向上には、枠組みとしての諸条件の整備、需要拡大と現行の取り組みの活用、更にはスキル・研究能力の強化という3分野で措置が必要となる(表3)。

枠組みとしての諸条件には産業政策立案に向けたマルチステークホルダー・アプローチの制度化が含まれる

ADP技術の導入には、規制関連の枠組み条件およびデジタル・インフラの整備、政策立案に

向けた制度的背景の策定および国際連携および技術移転のためのチャンネルの構築において、多くの努力が必要である。ADP技術がISIDに役立つようにするためには、制度環境が特に重要となる。この観点から、新たな産業政策立案は、官民セクターの緊密な連携から始まるべきであり、学習(何が制約要件かの特定)、実験(これら制約を取り除く方法の発見)、調整(すべての関係者の意見の集約)およびモニタリング(結果の評価)が基本的な指針となるべきである(Rodrik 2007, 2018)。

需要拡大にはADP技術に対する意識の向上と財政支援が必要である

枠組み条件が整っている場合でも、各国は需要と新技術の導入を促進する必要がある。ADP技術の潜在的な用途および得られるメリット、ならびに導入にあたっての財政支援促進について、企業の意識を高めるための多くの努力が必要となる。加えて、技術的観点から出遅れている企業(例:中小企業:SMEs)を対象とした支援も行われるべきである。

能力は新たなスキルと研究により成長する

最終的に、企業が新技術を導入できるようにするためには、スキルおよび研究に基づいた必須

表3
ADP技術をISIDに役立てるための政策措置実施分野

広範な分野	取り組むべき問題	具体的行動	各国事例
枠組み諸条件の整備	規制およびデジタル・インフラ	デジタル経済を促進するための規制改革の改定および整備	<ul style="list-style-type: none"> 2018年、モーリシャスは経済発展を後押しするため、包括的政策枠組み「デジタル・モーリシャス2030 (Digital Mauritius 2030)」を立上げた。具体的な政策介入分野は、ICTガバナンス、人材管理、国家ブロードバンド戦略、ならびに知的財産権保護、情報保護およびサイバーセキュリティの強化を含む。 過去15年間にわたり、ベトナムはスマート製造業を支援するため、複合的なガバナンス改革を実施した。これは、政策、マスタープラン、ならびに電子商取引、電子取引、サイバーセキュリティ、情報技術、知的財産、デジタル・インフラへの投資および生産と事業における先端技術導入を中心とした法律制定を含む。
		高速インターネットへのアクセスを強化するためのICTおよび広域インフラへの投資	<ul style="list-style-type: none"> 2016年、チリは、国内のICTインフラの改善、全国ブロードバンドの速度向上および高速インターネットの普及拡大に向けた、「戦略的プログラム・スマートインダストリー2015-2025 (Strategic Programme Smart Industries 2015-2025)」を発表した。 国の「20年國家戦略 (20-Year National Strategy) (2017-2036)」に盛り込まれた「タイランド 4.0 (Thailand 4.0)」は、インセンティブ(法人税引き下げおよびR&D補助金)、高速インターネット・インフラへの投資、ならびにデジタル・パークおよび開発区の設置など、枠組み諸条件の改善に向けた制度改革を推進している。

各国は需要と新技術の導入を促進する必要がある

表3 (承前)
ADP技術をISIDに役立てるための政策措置実施分野

広範な分野	取り組むべき問題	具体的行動	各国事例
枠組み諸条件の整備	制度的インフラおよび民間セクターの役割	官民間の対話および省間共有型リーダーシップを含む、産業政策立案に向けたマルチステークホルダーおよび参加型アプローチの制度化	<ul style="list-style-type: none"> ブラジルでは、「先進製造業に向けた科学技術・イノベーション計画 (Science and Technology and Innovation Plan for Advanced Manufacturing)」の開発に、トリプル・ヘリックス・アプローチ (Triple Helix Approach: 政府、民間団体および教育研究組織) を採用した。政府側から指揮を執るのは、科学技術イノベーション通信省および開発・商工貿易省。特別委員会が各ブラジル産業および地域で民間組織に対し、スマート製造業から生じている課題とチャンスに関する意見を協議することで、膨大な見識を得ることができた。 メキシコでは国家戦略「ロードマップ2030 (Roadmap 2030)」が、経済省、プロソフト 3.0 (ProSoft 3.0) (国内ソフトウェア産業を振興するための公式プログラム)、メキシコ情報技術協会および他の民間セクターの間の連携を基に構築された。 南アフリカでは、電気通信郵便サービス省、科学技術省および貿易産業省が、産業、労働および市民社会について協議する統合戦略の指揮を執った。また、2019年には、関連政府機関全体で連携を図るため、4IRに関する大統領委員会も設置された。
	国際連携および技術移転	ADP技術導入を中心とした国際的取り組みとのむすびつきを促進	<ul style="list-style-type: none"> 2015年、中国とドイツは、「中国製造2025 (Made in China 2025)」と「インダストリー4.0 (Industry 4.0)」に関連した覚書において、ADP技術に対するそれぞれの経済の即応性を促進することに合意した。提案された活動は、スマート製造業における中国およびドイツ企業間のネットワークの促進などである。連携は、中国企業とドイツ技術を結びつけるプラットフォームとして共同設立された「中独産業パーク (Sino-German Industrial Park)」を通じて、成果を上げている。 2018年、メキシコ、ヌエボ・レオン州はスペイン、バスク自治州と、それぞれのADP技術戦略間の連携を支持する、2年間の覚書を締結した。ヌエボ・レオン州の政府はこのほど、バスク自治州 (BIND 4.0)における同様の試験的取り組みを模倣するスタートアップ・アクセラレーター、「MIND4.0 Monterrey 2019」プログラムを立ち上げた。これは、地元製造企業と国内外の革新者(イノベーター)および起業家をマッチングさせるプログラムである。
需要および導入拡大	ADP技術のアクセスおよび価格の妥当性	革新的な財政支援力ニズムの開発および手段の支援、または技術を普及するエコシステム形成を進めるアクターへの公的資金の拡大	<ul style="list-style-type: none"> 南アフリカ政府は、スマート製造業関連分野の高度技術プロジェクトに資金を供給する「政府イノベーション基金 (Sovereign Innovation Fund)」を提案。政府は、2019年/2020年用に10億~15億ランド (約1億1100万米ドル) のシード投資を行うことを約束した。この基金は、国内企業が技術移転から恩恵を受けるよう、支援を行う戦略の一環である。 2017年、中国浙江省政府は、「企業クラウド配備計画 (Plan for Enterprises Deploying the Cloud)」を立ち上げた。これは、特に中小企業間のクラウド技術の導入およびイノベーションを促進する取り組みである。この取り組みは、クラウド技術のコストを低減させるための割引制度を通じた財政支援を、能力を育成するための複合的アプローチと組み合わせたものである。プログラムの一環として1100回以上のセミナーが開催され、製造業9万社以上、10万人以上が参加した。
		外国組織および多国籍企業またはコンサルティング企業との協力関係	

の能力が整わなければならない。政府は、これらの能力の創出と強化を、専門学習センターや、企業の新たな要求に沿った技術および職業教育・訓練新に向けた新たな取り組みを通して支

援することができる。また、ADP技術を専門的に扱う研究機関の範囲と数の拡大も、新技術の吸収および現地環境への適応に向けた鍵となる。

“政府は専門学習センターを通じて、 これら能力の創出と強化ができる

表3 (承前)
ADP技術をISIDに役立てるための政策措置実施分野

広範な分野	取り組むべき問題	具体的行動	各国事例
需要および導入拡大	ADP技術の使用および恩恵に関する認識	啓発センターの展開、ADP技術に関する企業の知識を広げるための国際サミット、会議、ワークショップの開催	<ul style="list-style-type: none"> 2017年、インド政府はバンガロール、ニューデリーおよびブネーにおいて、ADP技術促進センターを新たに4箇所開設した。センターは独立して活動を行うが、産業省重工業局の担当下にある。センターの使命は、「メイク・イン・インディア (Make-in-India)」実現を支援することである。特に、中小製造業によるADP技術の理解改善および導入拡大を通じ、製造業の競争力を向上させることを通じて支援を行う。 2015年以降、ベトナム政府は、技術導入への意識を高め、官民連携を探究、緊密化を図り、またADP技術に関心を示す国内企業が利用可能な技術またはソリューションを示すため、年次サミットや国際的会合を開催。
	中小企業などの脆弱な企業の即応性	技術的に取り残されている企業を対象とした支援の提供	<ul style="list-style-type: none"> スペインではバスク自治州政府が、国内中小企業が製造業関連ADP技術研修、そして先進製造業用自己診断、および導入のための微調整を行えるよう設計されたスペースにアクセスできるようにする「バスク・インダストリー 4.0 (Basque Industry 4.0)」を立ち上げた。 2019年、マレーシア政府は「Industry4WRD即応性評価 (Industry4WRD Readiness Assessment)」を開始した。これは、国家戦略「Industry4WRD」内のプログラムであり、中小企業のADP技術導入に対する即応性を判断するのに資するもの。
能力の強化	人材育成	スキル開発および雇用可能性を中心とした国際連携の強化	<ul style="list-style-type: none"> コロンビアでは、バジェ・デル・カウカ県にある大学が、バスク自治州の電子情報技術協会 (GALA) に協力することに最近合意。両機関は、バジェ・デル・カウカ県内の学生のデジタル文化および起業家精神を育成することが期待される。
		技術および職業教育・訓練 (TVET) に対する新たなアプローチを含む、新技術に対する直接的経験および接触、ならびに新技術からの学習の提供/促進	<ul style="list-style-type: none"> ウルグアイ政府は、UNIDOおよびドイツの産業機械制御および自動化企業Festo社と共同で、「産業自動化メカトロニクス・センター (Centre of Industrial Automation and Mechatronics: CAIME)」を設立。技術スキルを改善し、国内企業にスマート製造プロセスの導入を奨励する公共技術センター。 マレーシアでは人的資源省が、労働者にADP技術の使用法を習得させる「ドイツ・デュアル職業訓練プログラム (German Dual Vocational Training Programme)」から発想を得た「国家デュアル研修制度 (National Dual Training Scheme)」を提供。
	研究能力の開発	研究機関の範囲と数の拡大	<ul style="list-style-type: none"> チリでは、未来経済局が「アストロデータ (Astrodata)」プロジェクトを立ち上げた。このプロジェクトは、天文学的ビッグデータとクラウドコンピューティングの潜在的処理能力を、科学的応用および人的資源開発だけでなく、経済目的でも活用することを目標に掲げている。 カザフスタンでは教育科学省が、ADP技術の使用を模索する企業が直面する技術的問題に関連した、応用研究および技術移転を実施するため、産業自動化研究所 (カザフスタン国立研究技術大学に拠点を置く) に研究能力を結集させる予定。

出典：UNIDO作成。

国際連携強化の呼びかけ

新たな機会は、個々の対応と即応性によって決まる

現在のADP技術の飛躍的進歩が、どれほど一足飛びの成長 (リープフロッグ) へのチャンスか、あるいはより一層取り残されることを回避する

ためのチャンスをもたらすだろうか?それらは、賃金率、国内市場およびグローバルバリューチェーン内の立ち位置だけでなく、積極的な産業政策、デジタル読解力やスキル、及び教育を通じた個々の対応と即応性によって決まる (Lee et al. 2019, Mayer 2018)。

“ 国際支援がなければ、低所得国は今よりもさらに追い詰められるとともに取り残される

能力の開発にはコミットメントと多額の資金を要することを、念頭に置いておかなければならない

政策立案者、特に開発途上国の政策立案者は、新技術の導入およびそれに伴う生産的変化の受け入れに必要な能力の開発に、政策的コミットメントと多額の資金を要することを、念頭に置いておくべきである(Lee 2019, Steinmueller 2001)。政策の実施に完全にコミットする前に、技術および政策オプションを試すためには、望む目標を踏まえながら十分に情報を得た上で、まずは小さなステップから踏み進めることが推奨される。国際連携の強化を通し政策の教訓を学び、交換するためには、さらなる研究と政策実験の余地が大いにある。

国際社会は後発経済圏を支援するべきである

本報告書の結論は、世界の大部分、特にLDCsおよび他の低所得国が、依然として新技術への関与には程遠い状態にあることを示している。現在も続いている技術の飛躍的進歩を導入するため、開発途上国、特にLDCsへの支援に向けた国際社会からの迅速な行動が求められている。国際支援がなければ、低所得国は今よりもさらに追い詰められるとともに取り残され、SDGsの一部(全てではないにしても)を達成できないリスクを負うこととなる。ここでの支援では、前述した基礎、中度および高度の技術力、及びデジタル・インフラの構築を目指すべきである。

国際連携を強化するチャンス

ADP技術導入に対する即応性の様々な段階で各国が緊密に連携することにより、重要な恩恵が得られる。このような連携拡大のポテンシャルはとて大きいものである。追随経済圏の国家戦略の多くで、先進経済国の一部は技術移転、人材育成および試験的プロジェクトの共同実施を促進するだけでなく、共同ビジネスモデルの実現を検討する上でも優先パートナーと考えられている。しかし、それ以外の国も同等のADP技術の導入レベルで連携し、知識移転をより対等な立場で行うことができ、またそういった知識移転がより当然のこととなっていくこ

とができる。BRICSでは、このような連携がすでにビッグデータ、ICTs、他のADP技術およびこれらの応用に関するイノベーション・アジェンダ、共同研究活動、ならびにICTインフラおよびコネクティビティを促している(BRICS Information Centre 2017)。

緊密な連携の強化は、国家戦力の基盤であるべき

ADP技術が包摂的かつ持続可能な工業開発に向けた道をもたらし役割を果たすため、緊密な連携の強化は、開発途上国の課題に対処するための戦略基盤であるべきである。ADP技術に対する異なる見解・疑問の多くは新しいものではない。しかし、デジタルデバイドを生み出す可能性があるため、問題はより差し迫ったものになりつつある。ADPがもたらす課題とチャンスに関してのコンセンサスは依然として形成されていない。そして、国内政治が国際連携を阻害する可能性もある。そのため、国際的な政策調整と連携により、飛躍するための取り組みを強化し続けなければならない。そして組織と国家が4IRから得られるチャンスおよび課題をしっかりと特定し、対処する方法について、知識と経験の共有を可能にし、取り残される国や人々が出ないようにするべきである。

注記

- 1 この報告書で、国際特許とは欧州特許庁、米国特許商標庁、日本特許庁および中国国家知識産権局の内の最低でも2つの特許機関に同時に申請している特許と定義される。
- 2 分析は、Ghodsí et al. (2019) により作成されたUNIDO背景報告書に基づき、Graetz and Michaels (2018)、Abeliansky and Prettnér (2017) および Acemoglu and Restrepo (2018) により開発された、技術変化、雇用および工業発展の関係性に関する既存の実証研究に基づいて進められる。

参考文献

- Abeliansky, A. and Prettnér, K., 2017. Automation and Demographic Change. Göttingen: Center for European, Governance and Economic Development Research (CEGE), University of Göttingen.
- Acemoglu, D. and Restrepo, P., 2018. Artificial Intelligence, Automation and Work. Working Paper No. 18-01. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Department of Economics.
- Albrieu, R., Ferraz, J. C., Rapett, M., Brest Lopez, C., Nogueira de Paiva Britto, J., Kupfer, D. and Torracca, J., 2019. The Adoption of Digital Technologies in Developing Countries: Insights from Firm-level Surveys in Argentina and Brazil. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Andreoni, A. and Anzolin, G., 2019. A Revolution in the Making? Challenges and Opportunities of Digital Production Technologies for Developing Countries. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Bogliacino, F. and Codagnone, C., 2019. Adoption of Industry 4.0 in Developing Countries: Learning from Process Innovation. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- BRICS Information Centre, 2017. BRICS Leaders Xiamen Declaration. Available at: <http://www.brics.utoronto.ca/docs/170904-xiamen.html>.
- Cohen, M. D., Burkhart, R., Dosi, G., Egidi, M., Marengo, L., Warglien, M. and Winter, S., 1996. Routines and Other Recurring Action Patterns of Organizations: Contemporary Research Issues. *Industrial and Corporate Change*, 5(3), pp. 653–698.
- Dachs, B. and Seric, A., 2019. Industry 4.0 and Changing Topography of Global Value Chains.. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J. and Woessner, N., 2018. Adjusting to Robots: Worker-Level Evidence. Federal Reserve Bank of Minneapolis, Opportunity and Inclusive Growth Institute.
- EPO (European Patent Office), 2018. Worldwide Patent Statistical Database 2018 Autumn Edition. Available at: <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html#tab-1>. [Accessed 17 June 2019].
- Eurostat, 2019. Community Survey on ICT Usage and E-Commerce in Enterprises 2018. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database>. [Accessed 10 May 2019].
- Foster-McGregor, N., Nomaler, Ö. and Verspagen, B., 2019. Measuring the Creation and Adoption of New Technologies Using Trade and Patent Data. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Ghodsí, M., Reiter, O., Stehrer, R. and Stöllinger, R., 2019. Robotization, Employment, and Industrial Growth Intertwined Across Global Value Chains. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Graetz, G. and Michaels, G., 2018. Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, 100(5), pp. 753–768.

- IEL (Euvaldo Lodi Institute), 2018. *Industria 2027 Final report: Building the Future of Brazilian Industry*. Rio de Janeiro.
- ILO (International Labour Organization), 2018. *World Employment and Social Outlook 2019*. Geneva.
- Kupfer, D., Ferraz, J. C. and Torracca, J., 2019. *A Comparative Analysis on Digitalization in Industry in Selected Developing Countries: Firm Level Data on Industry 4.0*. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Lee, K., 2019. *Economics of Technological Leapfrogging*. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2019. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Lee, K., Wong, C.-Y., Intarakumnerd, P. and Limapornvanich, C., 2019. *Is the Fourth Industrial Revolution a Window of Opportunity for Upgrading or Reinforcing the Middle-Income Trap? Asian Model of Development in Southeast Asia*. *Journal of Economic Policy Reform*, pp. 1–18.
- Mayer, J., 2018. *Digitalization and Industrialization: Friends or Foes?* UNCTAD Research Paper No. 25. Geneva: United Nations.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), 2017. *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*. Paris: OECD Publishing.
- , 2018. *Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables, NA08, ISIC REV.4, 2018 Edition*. Available at: <http://oe.cd/icio> [Accessed 4 May 2019].
- Pietrobelli, C. and Delera, M., Calza, E. and Lavopa, A., 2019. *Does Value Chain Participation Facilitate the Adoption of Digital Technologies in Developing Countries?* Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Rizos, V., Behrens, A., Drabik, E., Rinaldi, D. and Tuokko, K., 2018. *The Role of Business in the Circular Economy: Markets, Processes and Enabling Policies*. Report of a CEPS Task Force. Brussels: Centre for European Policy Studies.
- Rodrik, D., 2007. *Industrial Policy for the 21st Century. In: One Economics, Many Recipes*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Rodrik, D., 2018. *New Technologies, Global Value Chains, and Developing Economies*. NBER Working Paper No. 25164.
- Schwab, K., 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.
- Sorgner, A., 2019. *The Impacts Of New Digital Technologies On Gender Equality In Developing Countries*. Background paper prepared for the Industrial Development Report 2020. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Steinmueller, E., 2001. *ICTs and the Possibilities for Leapfrogging by Developing Countries*. *International Labour Review*, 140(2), pp. 193–210.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development), 2018. *Technology and Innovation Report 2018: Harnessing Frontier Technologies for Sustainable Development*. Geneva: United Nations.
- UNESCAP (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific), 2018. *Frontier Technologies for Sustainable Development in Asia and the Pacific*. Bangkok.
- UNIDO (United Nations Industrial Development Organization), 2002. *Industrial Development Report 2002/3. Competing Through Innovation and Learning*. Vienna.
- , 2017. *Industry 4.0—The Opportunities behind the Challenge*. Vienna.
- , 2019a. *Annual Report 2018*
- , 2019b. *Competitiveness Industrial Performance Index, Edition 2019*. Database. Available at: <https://stat.unido.org/> [Accessed 17 June 2019].
- , 2019c. *Inclusive and Sustainable Industrial Development: The Gender Dimension*. Vienna.
- , 2019d. *Manufacturing Value Added 2019*. Database. Available at: <https://stat.unido.org/> [Accessed 17 June 2019].
- World Bank, 2013–2014. *World Bank Enterprise Survey*. Available at: https://microdata.worldbank.org/index.php/catalog?sort_by=rank&sort_order=desc&sk=enterprise+survey [Accessed 11 August 2019].
- , 2016. *STEP Skills Measurement Program*. Available at: <https://microdata.worldbank.org/index.php/catalog/step> [Accessed 15 July 2019].

付属資料

表A.1
各国・経済圏の製造業へのADP技術活用度合い別分類

先進経済圏 (10経済圏)	追従経済圏 (40経済圏)		後発経済圏 (29経済圏)		低発展経済圏 (88経済圏)
	生産者として (23経済圏)	使用者として (17経済圏)	生産者として (16経済圏)	使用者として (13経済圏)	
ADP技術に積極的に関与している経済圏					
中国	オーストラリア	アルジェリア	ボスニア・ヘルツェゴビナ	コスタリカ	2017年時点で50万人以上の居住者を有したその他すべての国
フランス	オーストリア	アルゼンチン	ブルガリア	コートジボワール	
ドイツ	ベルギー	バングラデシュ	チリ	エクアドル	
日本	ブラジル	ベラルーシ	ドミニカ共和国	エジプト	
オランダ	カナダ	コロンビア	エストニア	エルサルバドル	
大韓民国	中国香港特別行政区	ハンガリー	ギリシャ	エチオピア	
スイス	クロアチア	インドネシア	キルギス	マラウイ	
中国台湾省	チェコ共和国	イラン	ラトビア	セルビア	
イギリス	デンマーク	マレーシア	ニュージーランド	チュニジア	
アメリカ合衆国	フィンランド	メキシコ	ナイジェリア	トルクメニスタン	
	インド	ポルトガル	フィリピン	ウガンダ	
	アイルランド	ルーマニア	モルドバ共和国	ウズベキスタン	
	イスラエル	サウジアラビア	スロベニア	ザンビア	
	イタリア	南アフリカ	ウクライナ		
	リトアニア	タイ	アラブ首長国連邦		
	ルクセンブルク	トルコ	ベネズエラ		
	ノルウェー	ベトナム			
	ポーランド				
	ロシア連邦				
	シンガポール				
	スロバキア				
	スペイン				
	スウェーデン				

出典: UNIDO elaboration based on dataset by Foster-McGregor et al. (2019).

「新たな技術は、開発途上国にとって諸刃の剣である。新技術はリープフロッギングを可能にし、経済的な巻き返しを促進するが、基礎的な能力、スキル、機関を欠く場合、後発諸国全体に対する障壁も作り出す。潤沢なデータの詰まったこの報告書は、最新の技術的展望の全体像を示すとともに、落とし穴を回避しながら機会を最大限に活用する戦略の概要を説明するものである。」

Dani Rodrik、ハーバード大学

「UNIDOはこの報告書の中で、工業化が引き続き経済発展に必要であることを、世界に指摘しており、生産性の拡大および新たな生産セクターの発展を通し、生活および環境持続可能性の水準改善という点で、デジタル技術が大きな機会をもたらしていると論じている。一方で、開発途上国の大半においてこれらの技術の普及が限られていることを考慮する場合、大きな課題も提起されている。したがって、開発途上国のデジタル・インフラの整備、人々のスキルの構築、研究能力の強化に大いに尽力し、国際連携を強化するよう呼びかけている。」

José Antonio Ocampo、コロンビア中央銀行およびコロンビア大学



国際連合工業開発機関

住所：VIENNA INTERNATIONAL CENTRE, P.O. BOX 300, 1400 VIENNA, AUSTRIA

電話：(+43-1) 26026-0, ファックス：(+43-1) 26926-69

電子メール：UNIDO@UNIDO.ORG, インターネット：WWW.UNIDO.ORG