



ダニエル・ブーア

# インダストリー4.0に向けた ソーシャル・イノベーション政策

よき社会—  
社会民主主義  
# 2017 plus

FRIEDRICH  
EBERT   
STIFTUNG

よき社会—  
社会民主主義  
#2017 plus

2015–2017年  
フリードリヒ・エーベルト財団プロジェクト

「よき社会」とは何でしょう？私どもフリードリヒ・エーベルト財団にとって、それは社会正義、生態学的な持続可能性、革新的かつ順調な経済、そして市民が積極的に参加できるような民主主義を意味します。こうした社会は、自由、正義、連帯という基本的価値観に支えられて初めて成り立つものです。

よき社会を実現するためには、新しい発想や概念が必要です。そこでフリードリヒ・エーベルト財団では、今後数年にわたって行われる政治について、具体的な提言を行うことに致しました。特に次のようなことは、重点的に取り組んでまいります。

- 基本的価値観「自由、正義、連帯」に関する討論
- 民主主義と民主主義的な政治参加
- 「新しい成長（ニューグロス）」と積極的な財政および経済政策
- ディーセントワークと社会的進歩

よき社会とは、ひとりで生まれるものではありません。市民全員で、絶えず協力しながら作っていかねばなりません。このプロジェクトのために、フリードリヒ・エーベルト財団では世界中に広がるネットワークを駆使し、ドイツの、ヨーロッパの、そして世界の視点を1つにつないでまいります。そして2015年から2017年にかけて、数多くの出版物やイベントを通じて、よき社会の実現に向けて努力していく所存です。

プロジェクトに関して詳しくは：  
[www.fes-2017plus.de](http://www.fes-2017plus.de)

## フリードリヒ・エーベルト財団

フリードリヒ・エーベルト財団（FES）は、ドイツ連邦共和国で最も歴史の古い非営利の政治財団であり、ドイツ初の民主的な選挙により選出されたフリードリヒ・エーベルトに因んで名付けられました。社会民主主義の基本的価値「自由、平等、連帯」に則り、様々な政治的問題に関して多元主義の精神に基づく対話を促進しています。

FESは社会民主の価値に基づくコミュニティ、そして労働組合運動の一部として、ドイツを始め世界各国での多岐にわたる活動を通じて、社会民主主義の理念を追求しています。

## 著者紹介：

Prof. Dr. ダニエル・ブーア

ドイツ、エバーハルト・カール大学テュービンゲンの政治学研究所にて政策科学と政治経済学を教える。

ダニエル・ブーア

# インダストリー4.0に向けた ソーシャル・イノベーション政策

2	<b>はじめに</b>
3	<b>1. 序説</b>
4	<b>2. 分析</b>
4	2.1 インダストリー4.0とはなにか?
6	2.2 企業や各業界に及ぼす影響
8	2.3 インダストリー4.0 と労働界に及ぼす影響 マクロレベルでの影響: 労働市場 企業内の労働体制への影響
10	2.4 現在の状況
11	<b>3. インダストリー4.0に向けたイノベーション政策 10のテーゼ</b>
11	テーゼ① インダストリー4.0には、システムの確立が必要である。
12	テーゼ② インダストリー4.0は、単なるハイテクの問題ではない。
12	テーゼ③ インダストリー4.0は、社会的進歩をもたらす。
12	テーゼ④ インダストリー4.0は、社会変革（ソーシャル・イノベーション）としてとらえるべきである。
12	テーゼ⑤ インダストリー4.0は、「ドイツモデル（調整された市場経済）の中に組み込まれるべきである。
13	テーゼ⑥ インダストリー4.0では、人間のことを考えなければならない。
13	テーゼ⑦ インダストリー4.0 には、ヨーロッパ全体が必要である。
13	テーゼ⑧ インダストリー4.0には、データの保護とセキュリティーがなおいっそう必要である。
14	テーゼ⑨ インダストリー4.0は、小さく行うことが大事である。
14	テーゼ⑩ インダストリー4.0には、政策による調整が必要である
15	<b>4. 結論</b>
16	参考文献
17	図表リスト
17	略語リスト

## はじめに

「インダストリー4.0」という言葉を、ドイツの経済科学研究連盟 (Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft) が、初めて公の議論で使用したのは、2011年のことでした。この言葉は、工業生産のデジタル化を意味します。そのコンセプトはつまり、全ての製造部門と工程の完全なネットワーク化を特徴とする「スマート工場」構想で、コンピューターによるリアルタイムでの制御、ロボット利用の増大、作業単位ごとの自動運転により、資源を節約し生産性を上げようというものです。この移行はすでに始まっており、現在インダストリー4.0の概念は、ドイツのデジタル化議論において最も重要なテーマとなっているのです。

生産にインタラクション (相互作用) を、あるいは作業にコミュニケーションを取り入れることは、経済競争力を維持するためにはますます必要な、分野を超えたノウハウです。専門知識はもちろん、柔軟性、創造性そして革新性は、企業とその従業員にとっては成功のための重要な要素なのです。しかしこうしたノウハウは、会社や工場の中でひとりで生まれてくるわけではありません。インダストリー4.0は、適切なイノベーション政策による後押しが必要です。でもこれは、国だけの仕事ではありません。産業全体のデジタル化のためには、政府だけでなく、企業・経済界・学界の利害関係者らも、イノベーションについて包括的に理解することが必要なのです。

ネットワーク化とデータ利用による変化は、工業生産だけでなく、はるかに多くの事柄に及びます。労働や製造の世界の根本的な部分に、大きな疑問を投げかけることになるのです。これは、私たちの経済や社会生活全体に関わる問題です。

私たちは今、まだ疑問だらけの、重要な議論の入り口に立っています。このためフリードリヒ・エーベルト財団では、インダストリー4.0が及ぼす影響に関する専門家会議を次々に開催して参りました。次にお読みいただくのは、テュービンゲンにあるエーベルハルト・カールス大学のダニエル・ブーア教授による研究結果です。ブーア博士が、最も強く訴えているのは、「インダストリー4.0が単なる技術革新ではなく社会変革 (ソーシャル・イノベーション) として理解され、定義された時、この大変動に対する答えが、初めて見えてくるだろう」ということなのです。

### ハンス・アイヒェル HANS EICHEL

元財務大臣、フリードリヒ・エーベルト財団「持続可能な構造政策」作業部会スポークスマン

### フィリップ・フィンク博士 DR PHILIPP FINK

フリードリヒ・エーベルト財団社会経済政策部門

### パトリック・リューター PATRICK RÜTHER

フリードリヒ・エーベルト財団運営本部

## 1

序説<sup>1</sup>

インダストリー4.0は、今のところまだ現実というよりは構想の段階だが、すでにビジネスの手法のみならず、社会における共同生活のあり方まで変えようとしている。

デジタル化はますます進み、それと同時に機械がますます多くの仕事を請け負うようになった。デトロイトやボッフムだけでなく、中国やベトナムやバングラデシュの製造工場でも同じである。人間は機械を開発するだけでなく、機械を使って働くようになった。その結果、伝統的な生産方法や生産要素は衰退し、技術革新はますます盛んになっている。新しい組織のあり方、新しい製品、新しいサービス、新しい流通経路とビジネスモデルが必要だ。

こうした発展を背景に、今、次の点が重要な政治課題となっている。

- 新しい製品、サービス、ビジネスモデルの進歩を促進するには、どうしたらよいか？
- 社会のひと握りの人間ではなく、できるだけ多くの人が恩恵を受けるには、どうしたらよいか？

最良の発想をしようという競争は、政治、経済、社会各方面においてすでに始まっているが、これまでのところ、技術な面に限られている。これは間違いだ。進むデジタル化がもたらすチャンスをつかみなければ、社会全体への影響を認識しなければならない。「第二機械時代（セカンド・マシン・エイジ、Brynjolfsson et al. 2014）を迎えた今、人類は開発者、設計者、共同製作者として重要な役割を担っている。だから技術革新だけでなく、社会変革（ソーシャル・イノベーション）にもっと目を向けなければならないのだ。社会変革とは、関係する人々やグループや組織が社会的課題に取り組むために採用する慣習である。だが社会変革は、数多くの技術的進歩の普及や拡散も助けしてくれるのである。

このことは、インダストリー4.0には特に大きく当てはまる。こ

れは人、モノ（物）、製造工程、サービス、データ、全てをネットワークで繋げようという構想だ。インターネットによって、フィジカルな世界とバーチャルな世界が融合する。まもなくスマート工場や、さらには製品開発からサービスに至るバリューチェーン（価値連鎖）全体で、アクチュエーターやセンサーやQRコードやRFIDチップが装備されたインテリジェントオブジェクトが、自己制御で稼働するようになるだろう。おかげで生産は分散化され、より柔軟で迅速になる。いずれは全ての関連情報が、全ての関係者（顧客もビジネスパートナーも）と機械にリアルタイムで伝わるようになるだろう。そうすれば顧客と直接やりとりができ、個別の要望にも応えられる。（大量）工業生産施設での1個からの特注生産も、夢ではなくなるだろう。そのうえ的確な資源利用が可能になるため効率が上がり、生産性も向上する。

つまり単に生産が高性能になるだけでなく、より持続可能にもなるのである。この「第四の産業革命」については、すでに多くの議論がなされている。デジタル化が進んだことで、従来成功してきたビジネスモデルが圧迫され、全く新しいビジネスモデルが誕生しているからだ。こうした展開には経済的にも社会的にも、大きな可能性のみならず多くのリスクや課題が潜んでいる。たとえばますます曖昧になる仕事の境界、いまだ解決策のないデータの保護とセキュリティの問題だ。さらに一部の職種は不要になるだろうし、新しい資格要件や職務の設定も必要だ。

本論では、まずこうした可能性と課題を提示し、そこから「インダストリー4.0への移行を支援するために、政治は何ができるだろうか？」という最も重要な疑問を投げかける。そしてこの疑問に対する答えを、10の項目にまとめて述べていく。これは既存の研究分析や、フリードリヒ・エーベルト財団主催による一連のインダストリー4.0関連の専門家会議を基にしたものだ。2014年には、およそ50人の参加者が4回にわたって集まり、インダストリー4.0の重要な側面について話し合った。中心となった議題は以下の4つであり、これがすなわち本論のテーマとなっている。

<sup>1</sup> 著者はフリードリヒ・エーベルト財団の担当チームであるフィリップ・フィンク博士とパトリック・ルーター氏、ならびにハインリッヒ・ティーマン元外務省次官、フリードリヒ・エーベルト財団経営者連絡会議理事のダグマル・ボルネマン氏より非常に貴重なアドバイスをいただきました。ここに、感謝の意を表します。この出版物の原典は次のとおり。Daniel Buhr: Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0, WISO Diskurs, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn 2015.

- インダストリー4.0とは何か？
- 特定の産業分野や企業に対して、どんな影響があるのか？
- 労働界には、どんな影響があるのか？
- インダストリー4.0は技術、研究、政策の面で、どんなことを必要としているのか？

## 2 分析

### 2.1 インダストリー4.0とは何か?

インダストリー4.0とは、生産のデジタル化を推進する構想である。そのコンセプトは、いわゆるモノやデータやサービスのインターネットによって、将来の生産や物流や作業のプロセスを変えることだ (Acatech 2014)。この関連で、工業界では第四次産業革命についても盛んに議論されている。そうすることで新

しい組織のあり方や、ますます顧客のニーズ中心になりつつあるバリューチェーン全体をいかにコントロールしていくかを模索しているのである。バリューチェーンには、発案から開発、製造、顧客への配送、リサイクル、そしてそれに伴うサービスまで、製品のライフサイクル全てが含まれる。それには、多数の違ったシナリオが考えられる。(図表1)

図表 1  
インダストリー4.0のユースケース

**ユースケース 1: 回復力のある工場** (出典:Festo) ここで回復力というのは抵抗力だけでなく、アジリティ、適応性、冗長性、分散化、学習能力もあることを意味する。回復力のある工場では、季節毎に大きく変動する需要に合わせて、幅広い顧客の特注品を製造できなければならない。状況に応じて生産ラインを調整することで、能力を最大限に生かした「時期にぴったり合った」生産が可能になる。

**ユースケース2: 技術データのマーケットプレイス** (出典:TRUMPF) レーザーマシンを使って、金属シートから特注部品を作らなければならないが、既存の機械にインプットされている技術データでは、求められる品質の製品が作れない。かといって従来のような方法でのデータのグレードアップは、物理的にも時間的にも難しい。そんな場合インターネットに接続して外部のノウハウを利用すれば、注文どおりの品質の製品を製造し、納期に間に合うよう納品することができる。

**ユースケース3: コンピューターによる保全経営** (出典:wbk) 予期せぬ機械の故障による間接的なコストは、維持や修理といった直接的なコストを大幅に上回ることがある。予測保全の概念は、予期せぬ操業停止のコストを大幅に削減してくれる。

**ユースケース 4: ネットワーク化された生産** (出典:iwb) 製品の個別化といったメガトレンドは新しい市場を生む反面、製造工程も複雑にする。こうした条件下、ドイツ国内にある製造企業がさらに競争力を高めるには、適切なプランニングと生産調整によって組織の損失を回避しなければならない。

**ユースケース5: 自己組織化適応ソフト** (出典: Daimler) ネットワーク化された製造工程で摩擦やエラーを失くすためには、信頼できる物流プロセスが必須である。将来、製品の数や多様性に関してますます柔軟性が求められる一方、ボトルネックや供給不足が起きる可能性が高まるだろう。サイバーフィジカルシステム (CPS) なら、資材や部品の動きを透明化できる。柔軟な製造を行う工場内で、CPSはダイナミックな内部物流コントロールを行うための技術的な基盤となるだろう。

**ユースケース6: 顧客統合エンジニアリング** (出典:IPA) 納期の遵守や直前の変更など、顧客の要望がますます厳しくなるなか、昔ながらの製造作業と、顧客およびサプライチェーンとの相互作用の必要性がますます強まっている。発注先企業の開発・計画・付加価値をつけた事業に顧客が参加することで新たな透明性が生まれ、全ての参加者が完璧に同調したリアクティブな製造が可能になるだろう。

**ユースケース 7: アップサイクリングによる持続可能性** (出典: IPA) 一次製品の値上げは、製品全体の価格上昇につながる。特にハイテク製品にとっては、原料はしばしば限定的な要因だ (希土類金属やプラチナなど)。この場合、企業は製品の使用权のみを販売することで、原料の所有権を保持することができる。しかしそれには、製造、組み立て、そしてリサイクルの情報が製品の中に組み込まれていなければならない。製品の部品に関する包括的な情報があれば、ダウンサイクリングやリサイクリングがアップサイクリングに変わることが可能なのである。

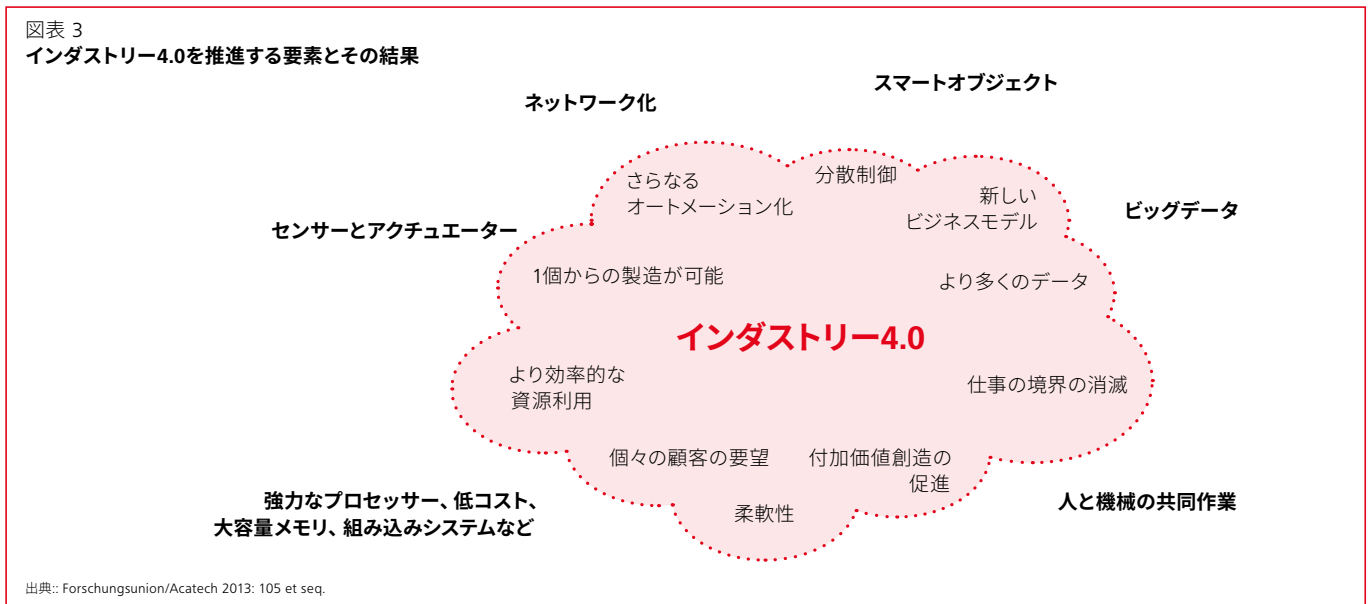
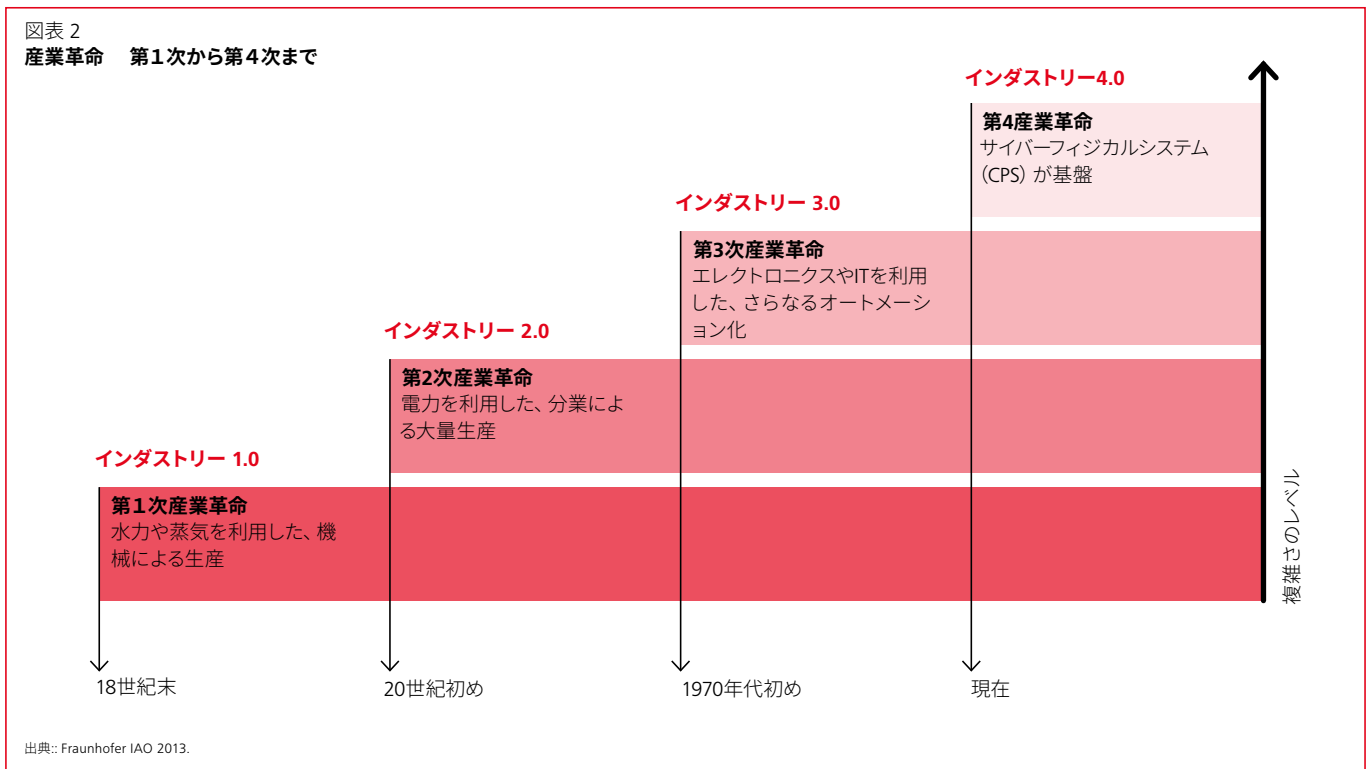
**ユースケース 8: スマート工場建築** (出典: IPA) 製品のライフサイクルという考え方とともに、多くの企業はすでに工場のライフサイクルも考え始めている。この2つのライフサイクルを実際に同調させることは、驚くほど難しい。スマート工場にも同じように独自のライフサイクルがあるが、これは製品に応じて設計することができる。スマート工場は、ITによるMTO (受注生産) を取り入れることで、さらに上の、メタレベルでの包括的なライフサイクル確立を可能にしてくれるだろう。

進むデジタル化は、いわばこうしたシナリオの基盤であり、人類が「第二機械時代（セカンド・マシン・エイジ）」（Brynjolfsson/McAfee 2014a）に突入するための発射台でもある。なぜならデータこそ、この第四次産業革命のまさに本質な部分だからである（図表2参照）。将来、データはいつでもどこでも利用可能になる。この無制限のデータの宝庫にアクセスできる者は誰でも、特に柔軟性と効率性の面で、非常に大きな恩恵を受けるだろう。

現在進んでいるデジタル化の結果インダストリー4.0が実現すれば、付加価値創造チェーンの中の関連要素がネットワーク化され、それぞれの間で参考情報が単独で直接やりとりできるようになるかもしれない。人とモノとシステムをつなぐことにより、ダイナミックで、リアルタイムの最適化や自己制御が可能

な、企業間の枠組みを超えた付加価値創造ネットワークが実現する。そうなればコストや、利便性、資源、消費などさまざまな面で、ネットワークの能力が最大限に発揮されるだろう（Plattform Industrie 4.0 2014: 1）。だからこの構想は、最高の柔軟性と完璧な付加価値の流れによる、究極の効率化ということになる。

将来はモノ同士が、単独で直接連絡を取り合えるようになる（図表3参照）。次に起きることについて、モノが情報交換しあうのだ。それはつまり、モノが機械で識別可能になるということである。まだ電子部品に組み込まれていないモノでさえ、独自のIPアドレスを持つ。新しいインターネット・プロトコルIPv6なら、はるかに多くのアドレス設定ができるうえ、暗号化や信頼性検証もより簡単にできるので、それが可能になるだろう。このよ



図表 4  
インダストリー4.0による成長可能性

産業分野	粗付加価値 (単位：10億ユーロ)		インダストリー4.0 による将来性	1年あたりの 伸び率	伸び率 (単位：10億ユーロ)
	2013	2025	2013-25	2013-25	2013-25
化学工業	40.08	52.10	+30.0%	2.21%	12.02
自動車・自動車部品製造	74.00	88.80	+20.0%	1.53%	14.80
機械・設備製造	76.79	99.83	+30.0%	2.21%	23.04
電気機器製造	40.72	52.35	+30.0%	2.21%	12.08
農業・林業	18.55	21.33	+15.0%	1.17%	2.78
情報通信技術	93.65	107.70	+15.0%	1.17%	14.05
上記6産業合わせた将来性	343.34	422.11	+23.0%	1.74%	78.77
ドイツの粗付加価値総額の参考推定値	2,326.61	5,593.06**	+11.5%**	1.27%**	267.45**

\* 2025年の予想値については、経済成長は一切考慮に入れていない。上記6分野のインダストリー4.0を導入した場合としない場合の、純粋に相対的な将来性の予測である。

\*\* 合計には上記6分野にとってのインダストリー4.0の将来性だけでなく、上記6分野が粗付加価値総額の50%を占めるという仮定の下での、他の分野についての予測も含んでいる。

出典：BITKOM/Fraunhofer IAO 2014: 36.

うに、将来は1つ1つの製品にたくさんのデータが組み込まれる。センサーとアクチュエーターにより、スキャナーやコンピューターからのデータが直接配信され、処理されるようになる。モノとサービスのインターネットの結果、フィジカルとバーチャルの世界がいわゆるサイバーフィジカルシステム (CPS) として融合されるのだ (Plattform Industrie 4.0 2014)。

## 2.2 企業および各セクターへの影響

上記の調査結果を見ると、「デジタル化できるものは全てデジタル化しよう」という意気込みが感じられる。この分野における将来の開発シナリオは、それほど意欲的なものだ。ましてインダストリー4.0が、企業や産業や経済や社会に与える影響となると、想像はさらに飛躍する。だがこうした想像は、おおむね3つの観点にまとめることができるだろう (Stephan 2014)。

1. 破壊 (disruption) 的な見方: インダストリー4.0によって、全く新しいビジネスや付加価値モデルが可能になる。
2. 進歩 (progress) 的な見方: インダストリー4.0は、明日のテクノロジーによって今日の問題を解決してくれる。
3. 否定 (destruction) 的な見方: インダストリー4.0は新しくはなく、革新的なアプローチに欠けている。

インダストリー4.0がどの道筋を辿るのかはまだはっきりしないが、現在の議論は主に破壊的な見方と進歩的な見方が多数を占めている。そういう多数派の人たちは、次のような可能性を強調する。

- 工業プロセスのリアルタイムでのネットワーク化は、製造をより低コストで、持続可能で、効率よいものにする。
- デジタルによるネットワーク化は、顧客の要望を直接生かし、コスト的に効率のよい製品やサービスのカスタマイズを

可能にする。

- 労働の世界を、もっと人間味あるものにすることができる。
- これに加えてインダストリー4.0は、人々の日常生活を豊かにするような新しい製品やサービスやソリューションに、非常に大きな将来性を与えることができる。

この肯定的な期待はまた、然るべき予測を立てており、それに対する投資も呼びかけている。EUが重要な工業の中心であり続けるためには、今後15年間、インダストリー4.0のためにEU全体で1兆3500ユーロの企業による投資が必要だからだ。これは少なくとも、年900億ユーロにあたる (Roland Berger 2014: 15)。そのうえ、たとえば緊急に必要とされている高速ブロードバンドのような、大きな公共事業への投資も必要になるだろう。

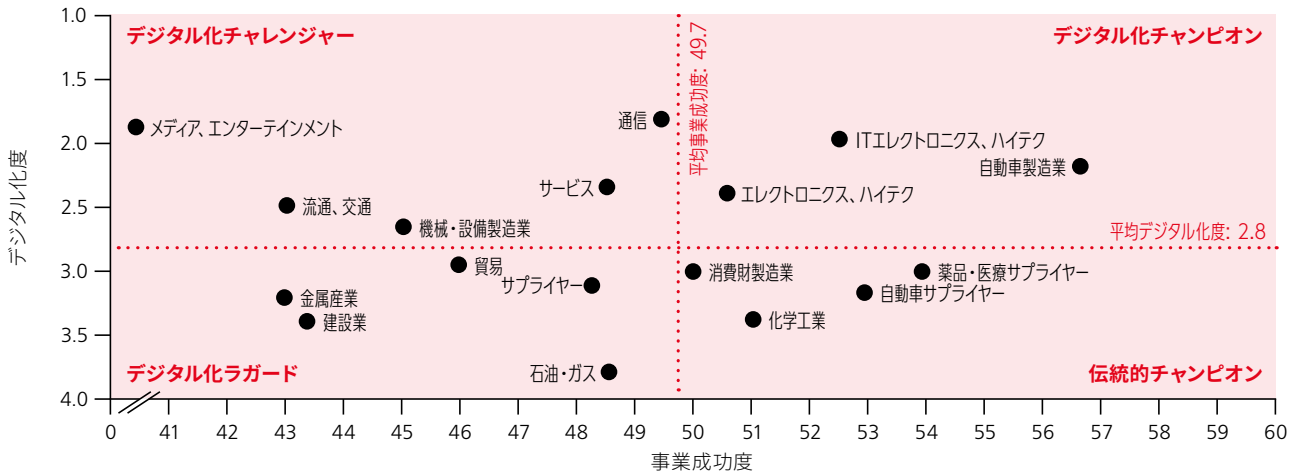
もちろん真っ先に多大な恩恵を受けるのは、ITとTC分野だ。ビッグデータ分析やネットワーク化やデジタル化に必要なソフトウェア・ソリューションのクリエイターおよびプロバイダーは、今後数年は受注が増えて嬉しいだろう。だがそれよりずっと多くの産業、たとえば機械設備、電気機器、化学、自動車・自動車部品、流通、さらに農業なども、まもなくインダストリー4.0の発達によって大きな影響を受けるにちがいない。フラウンホーファー研究機構の労働経済組織研究所 (IAO) は、ドイツの主要情報通信企業の業界団体「情報経済・通信・新メディア連盟 (BITKOM)」のために調査を行い、今後10年間に、6つの産業分野合わせておよそ780億ユーロの生産伸び率が期待できると報告した (図表4参照)。1分野あたり、毎年平均1.7%の粗付加価値が達成できることになる (BITKOM / Fraunhofer IAO 2014)。

ある人にとってのチャンスは、別の人にとってはリスクになることがある。昔ながらの産業界大手も、顧客の特注に応じた「スマートサービス」を提供できなければ、まもなく何の魅力もない

2 Accenture (2014), DZ Bank/GfK Enigma (2014), BITKOM/Fraunhofer IAO 2を参照。



図表 5  
産業別事業の成功とデジタル化の度合い



2008-2012年の事業の成功度は、年平均売上増加率と平均収益性（売上高利益率と自己資本利益率で計算）に基づいた値として表されている。評定尺度100 = 最高値、0 = 最低値とする。デジタル化度は、デジタルフレームワーク、デジタル戦略、デジタルサプライ、デジタルプロセスなどのサブクリテリアに基づいた値で表される。評定尺度1 = ほとんどデジタル化されている、2 = 一部されている、3 = 少しされている、4 = あまりされていない。全ての値は単純平均として計算されている。

出典: Accenture 2014: 13.

ただの下請け業者に逆戻りしてしまうだろう。オープンイノベーションプロセス、デザインや製造過程への顧客（エンドユーザー）の融合、そして目標を定めたビッグデータの分析はさまざまな新しいビジネスモデルを可能にするが、伝統的産業にはかなりの重圧がかかる。これがドイツの現状であり、特に機械、設備、自動車といった「コーディネーター・マーケット経済 (Hall/Soskice 2001)」に責任ある産業ではそうなのである。これらの産業の売上は、大半がスペア用品の販売や、アップグレード、そしてサービスによるものである。長年の間、販売業者らは顧客とできるかぎり直接的な接点を持つために、販売・サービス・そしてアフターサービスの提携業者らと密接なネットワークを築いてきた。だがインダストリー4.0では、生産者と顧客の間にあるインターフェースで、インテリジェントソフトを使って適切なデータ分析を打ち込めば、全く新しい市場参入者でも接続できる。こうしたサービス提供者は、複数のメーカーによるサービスや、予防保全や、迅速なスペア部品の迅速な調達が可能なのである。

第四次産業革命という発想からすれば、進むデジタル化が多くを変えることは明らかである。だからインダストリー4.0という言葉が、これほど公共メディアで話題にされているのだ。だが驚いたことに、社会の大部分はまだこの問題をあまり真剣に考えていない。インダストリー4.0とは現在のところ、専ら経済に関する専門用語なのだ。データを見ても大きな違いがある——先駆的企業のパイオニアたちをのぞけば、こうした発展はほとんどの企業にとって、いまだに抽象的なままだ。ドイツ経営者連盟 (BDI) のメンバーの92%が、インダストリー4.0を未来の最も大きな課題と認識している一方、対応準備ができていていると感じているのはわずか12%なのである (Klein 2014)。

こうした企業間の違いは、デジタル化の度合いの差にすでに

見られる (図表4参照)。ドイツ経済の中では、デジタル化の度合いは産業分野や企業規模によっていまだに違う (Accenture 2014; DZ Bank/GfK Enigma 2014)。簡単に言えば、大きな会社ほどデジタル化を真剣に考えており、中小企業の多くがはるかに出遅れているということだ。年間売上高500万ユーロ未満の企業の70%が、付加価値創造においてデジタル技術は現時点でほんの少ししか、あるいは全く役に立っていないと答えている。図表5は、特に金属、化学、建築、さらに商業でもデジタル化が遅れていることを示している (Accenture 2014)。

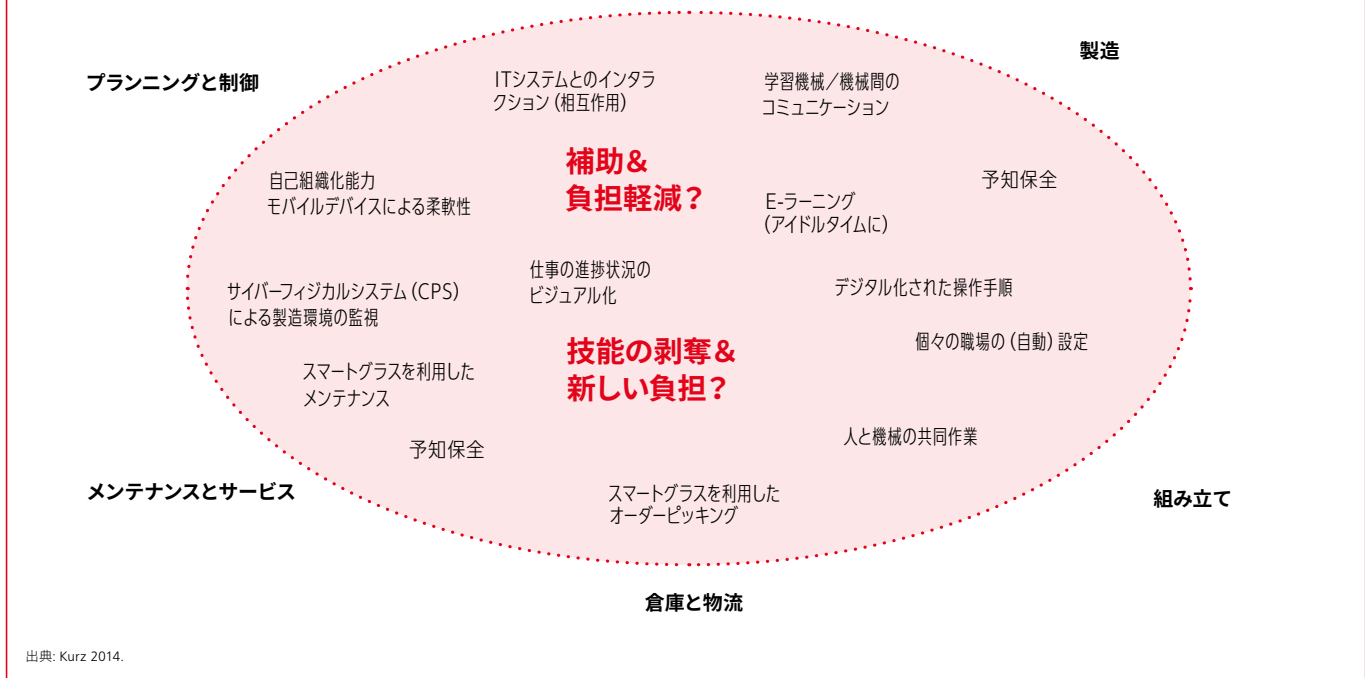
ドイツでは投資への意欲が慢性的に弱いのだが、第四次産業革命には多くの研究や分析が、大きな期待を寄せている。今日、高度にデジタル化されている企業は全体の5分の1だが、5年後には80%以上になるだろう (回答者自身のコメントによる)。つまりドイツの産業は2020年まで、インダストリー4.0のソリューションに毎年400億ユーロを投資していくものと予想される。これはドイツの国家予算収入の3.3%に上る (PwC 2014)。これほど多くの投資の動機となっている要因として、この調査では次の3つを挙げている。

1. 水平および垂直方向のバリューチェーンを制御する能力が向上する可能性 (今後5年間に、18%以上の生産性の改善)。
2. 競争力を上げ、年平均2~3パーセントもしくは年平均300億ユーロの生産伸び率を可能にするような、自社製品とサービスのいっそうのデジタル化とネットワーク化。
3. バリューチェーン全体の協力強化による新しいビジネスモデル

3 たとえば以下を参照のこと。

Accenture (2014), DZ Bank/GfK Enigma (2014), BITKOM/ Fraunhofer IAO (2014), Roland Berger (2014), Staufen (2014), PwC 2014.

図表 6  
人と機械のインタラクション (相互作用) の一般的な適用



出典: Kurz 2014.

ルと、個々の顧客のニーズに応えられるようなデータの利用と分析の統合

### 2.3 インダストリー4.0 と労働界に及ぼす影響

こうした発達は人や社会にとって、どのような意味を持つのだろうか？ まず、労働界から見てみよう。現在すでに、次のような傾向が現れている。

1. 作業設計は、時間的にもスペース的にもすでに柔軟になってきている。
2. 作業工程は、デジタル化、分散化がますます進み、上下関係が少なくなっている。
3. 作業工程は、ますます透明になってきている。
4. ルーチンワークはますますデジタル化、オートメーション化されている。  
(以下を参照。Munchner Kreis 2013; Picot/Neuburger 2014)

これまでのところ一般的な議論では、インダストリー4.0の進歩的で破壊的な展望ばかりが強調され、その可能性の大きさが称賛されてきた。だが労働市場での展開に関しては、疑問の声が上がっている。懸念されているのは、「進むデジタル化は、製造業従事者を失業に追い込むのではないか？」ということだ。今のところ、この疑問に対する明確な答えはない。評価は非常に曖昧で、ばらばらなのである (図表6参照)。

少なくともひとつのことは、すでに一般的な認識になっている。1980年代とは対照的に、今日の議論はもはや「人間か機械か」ではないということだ。人間と機械の関わり方については、ずっと多くのシナリオが書かれるようになった (Kurz 2014; Ganz 2014)。

1. オートメーション化のシナリオ...システムが人を指揮する。監視と制御任務が、テクノロジーに取って替わられる。テクノロジーが情報をリアルタイムで用意し、配信。従業員たちはサイバーフィジカルシステム (CPS) の監視の下、主に製造業務を行う。このため、低技能労働者の能力は、価値を失うことになる (図表7参照)。
2. 混合シナリオ...監視と制御任務は、テクノロジーと、ネットワーク化されたモノと人との間で、互いに協力し相互に作用しながら行われる。よりいっそうの柔軟性が求められるため、従業員の負担は重くなる。
3. 専門化シナリオ...人がシステムを使う。サイバーフィジカルシステム (CPS) は、意思決定の道具である。従来どおり、技能を持った労働者が主要な役割を果たす (図表7参照)。

#### マクロレベルでの影響：労働市場

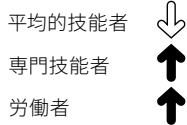
デジタル化とインダストリー4.0は、将来の仕事のあり方を大きく変えるだろう。オートメーション化は、ますます小さい個数での製造を可能にする (ワン・オフ製造)。一方、人間による労働は、これからも生産の重要な要素であり続ける。だからインダストリー4.0とは、単なるネットワーク化よりもずっと大きな意味を持っているのだ。将来は、人もモノもインテリジェントデータを取得し、保管し、配信することになる。伝統的な生産ラインの労働者と知識労働者の仕事は、これまでにないほど混じり合うことになるだろう (Fraunhofer IAO 2013)。その結果、将来はさまざまな新しい補助システムも登場し、多くの作業過程がより効率的に運ぶようになる。ということは経営も製造もさらに自動化されるということだ。特定の作業工程や職業分野 (特に高度な技能が必要とされる分野) では、作業の時間や場所の段

図表 7  
インダストリー4.0で必要とされる資格

オートメーション化シナリオ

- テクノロジーによる監視と制御
- サイバーフィジカルシステム (CPS) が従業員を指揮 (従業員は主に製造業務を行う)
- 高資格者がCPSの設置、修正、メンテナンスを行う

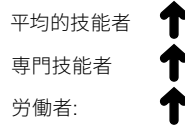
労働者



専門化シナリオ

- CPSが意志決定を補助
- 従業員がサイバーフィジカルシステム (CPS) を指揮
- 熟練者が主要な役割を保持
- 情報、システム、機械各方面のよりいっそうの強化

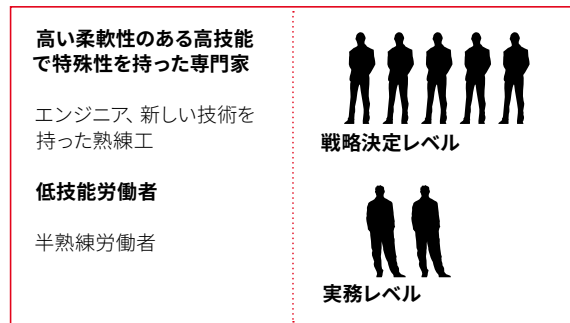
労働者



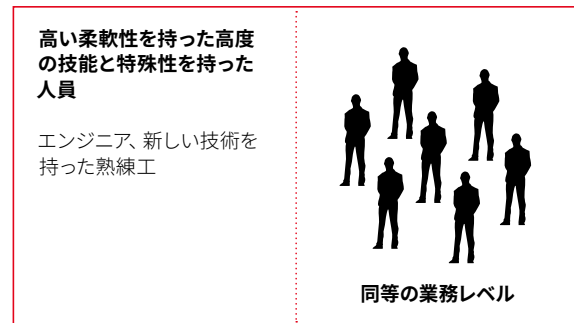
出典: Ganz 2014.

図表 8  
分極化型組織 対 群れ型組織

分極型組織



群れ型組織



出典: Hirsch-Kreinsen 2014: 4.

取りだけでなく、仕事のやり方や就職先など、各自の働き方についても多様な選択肢が生まれるだろう。

インダストリー4.0によるオートメーション化は雇用の分極化をもたらし、必要技能や賃金が中程度の仕事、真っ先に不要となると言われている。

フレイとオズボーン (Frey&Osborne 2013) のシナリオは、さらに深刻だ。今後10年間で、アメリカの労働市場の仕事の半分が影響を被るかもしれないというのだ。ドイツの場合は、生産システムや資格の仕組みが違うので、このシナリオはあまり当てはまりそうもない。インダストリー4.0による影響も人口動態的变化のために (それにまもなく起こりそうな熟練者不足のせい)、他の国々に比べてそう深刻ではないかもしれない。

ドイツにはむしろ、分極化論 (Autor/Acemoglu 2011) の方が当てはまりそうだ。それによると現時点では、技能スペクトラムの底辺と上辺を、比較的オートメーション化しにくく、より経験

や相互作用に基づく仕事が占めているという。ここには同時に、全く新しい職業分野が登場する可能性もある (Picot/Neuburger 2014)。さらにアウトソーシングの増加によって、非常に賃金が少なく、社会的にも不安定なフリーランスの「クリック・ワーカー」や「クラウド労働者」が、大量に発生すると見られている。

企業内の労働体制への影響

こうしたことは、仕事の体制には具体的にどのような影響を与えるのだろうか？ ハルトムート・ヒルシュ＝クラインゼン (Hartmut Hirsch-Kreinsen 2014) は、社会技術的生産システムを、根底から設計し直すことを勧めている。だがそこからは、「唯一最良の方法」は生まれないだろう。むしろ今後は、分極型から群集型へのスペクトラム (図表8) のどこか、あるいは両方

図表 9  
人と機械のインタラクション（相互作用）のあり方

	人がシステムを使う（専門化シナリオ）	システムが人を指揮（オートメーション化シナリオ）
作業内容	レイアウトや目標設定などによる面白味のある作業設計	レイアウトや目標設定などによる面白味のある作業設計
作業体制	共通の目標設定や参加促進により共同作業の可能性を拡大	重度の責任と乏しい柔軟性
ネットワーク化	透明性の高い状況での規格の統制と共同作業	ネットワークの接続や知識の伝達が不十分な状況での厳密な規格の欠如
オートメーション化	危険で汚い作用からの解放	オートメーション化の目標：人のいない工場
資格／技能	職場での学習を包括的な技能開発に結びつける	技能習得は実地訓練のみ
データ	問題解決のために情報や知識へアクセス（人間連とテクノロジー関連でデータを分離）	データを使って行動や業績をコントロール

出典: following Kurz 2014.

が混じった、さまざまな形の体制が取られるようになるだろう。

分極化された体制では、作業内容、技能、人員配置などに社内でも区別を設ける傾向がある。この体制は、ほとんどあるいは全く柔軟性がない、少数の単純作業による製造システムに適している一方で、既存の熟練工よりはるかに高い技能を持つ高資格技能者や技術専門家をますます多く、時には集団で新しく雇用している。これらの従業員は起こる問題に対処するだけでなく（トラブルシューティングのような）、さまざまな生産管理業務も担うことになっている（Hirsch-Kreinsen 2014）。

スペクトラムの反対の極にあるのが、群れ型の体制である。この形の労働体制は、高資格技能者と、同じくらい活発な従業員らの緩いネットワークが特徴である。この体制では、もはや単純な低資格者向けの仕事は見当たらない。ほとんどオートメーション化されているのである。それぞれの従業員にもはっきり決まった仕事はない。その代わり作業チームが、自己組織化された、高度に柔軟性のある方法で状況に応じて活動する。つまり群れ型の体制というのは、形式ばらない社会的やりとりによるコミュニケーションや協力に基づいて作られ、従業員の作業工程に関する特殊な知識だけでなく、通常の勤務外の能力もより生かすのである（Hirsch-Kreinsen 2014）。

いずれのシナリオでも、人間は再び（より情報を得て）意思決定の中心に戻ってくる（図表9参照）。だがすぐにまた、以前にも増してデータに依存するようになるのだ。だからデータの保護とセキュリティという面が、特別な重要性を持つようになる。従業員が、インダストリー4.0に伴う労働体制の（再）プランニングに最初から関わるのも価値がある。そうすれば従業員は共同設計者、共同決定者として、技術的および社会的イノベーションの中心的な推進者となるだろう。

## 2.4 現在の状況

驚いたことに、今日インダストリー4.0について書かれた出版物の多くが、モノのインターネットや、スマート・オブジェクトや、スマート工場を主なテーマにしている。「インダストリー4.0」

という現象は、いまだに専ら技術的な問題と考えられているのだ。人や社会全体にとってどんな意味を持つのかという疑問には、ほとんど光が当てられていない。だが進むデジタル化は、機械や工場や産業だけでなく、社会をも大きく変えることだろう。だから、「インダストリー4.0」の影響の大きさについて、もっとよく考えてみるのが大事なのだ。どんなリスクがあるのか——そして、社会の革新と進歩のために、どんな可能性があるのかを。

社会変革（ソーシャル・イノベーション）は社会問題に対する新しい解決策だが、従来のやり方よりも効果的（あるいは効率的）で、持続可能である（あるいは正しい）。なぜなら1人の変革者ではなく、社会全体にとってよいことが目標だからだ。そこでこうした解決策は、社会の中で恩恵を受ける側が、協力して発展させなければならない。社会変革には基本理念、法律、制度、行動の変化、ビジネスモデル、製品、プロセス、テクノロジーなど、多くの形が考えられる。大抵の場合、社会変革はこうした要素の組み合わせで実現するのだ。だから現時点でも、書籍印刷から健康保険、普通選挙権、省エネ、公正取引、インターネットに至るまで、多くの技術革新が社会変革として分類される。つまり社会全体に非常に役立つ新しい解決法は、社会変革なのである。

社会変革は制度の枠を超えて行われる時、最も効果的に作用する。つまり技術革新も、社会変革の普及に大いに役立つことができるのだ。同じように技術革新もまた、社会変革と組み合わせられることで、初めてのその真価が発揮できる。すなわち企業に利益をもたらすような発想は、経済的に役立つだけでなく社会的にも進歩をもたらす可能性があるのだ。特にインダストリー4.0では、この目標を常に視野に置いておくべきだ。デジタル化の利益ができるだけ多くの人によって生み出され、できるだけ多くの人に行き渡るようにしなければならない。

### 3

## インダストリー4.0に向けたイノベーション政策 10のテーゼ

このように、進むデジタル化がもたらす革新の可能性は、とてつもなく大きいものと思われる。技術的には、全ての物資やサービスをコンピューターで制御されたモノや製品に融合することで、より迅速で資源節約型の製造が可能になり、効率も上がるだろう。組織的には、新しい企業体制ができることで、新しい雇用形態やビジネスモデルが生まれるだろう。社会的には、仕事と家庭の両立がしやすくなり、高齢者や障がい者にとっても可能性が広がるだろう（コンピューター制御による補助システムの導入）。

こうした発達はまた、個人的レベルでも社会的レベルでも、非常に大きなリスクを伴う。柔軟性が増せば、仕事の境界はますます曖昧になり、仕事のスピードは上がり、量は増え、ストレスが増し、いわゆる仕事と私生活のバランスに新たな問題を起こすかもしれない。また、データの保護とセキュリティーのようなデリケートな分野や、システムによる制御機能の拡大についても、いまだに多くの課題が残っている。こうしたことは、イノベーション政策にどのように影響していくだろうか？

### テーゼ① インダストリー4.0には、システムの確立が必要である。

インダストリー4.0はシステム、つまり様々なネットワークやたくさんの関係者が一体となって実現するものだ。データの保護とセキュリティー、法的、社会的、技術的基準、ビジネスモデル、仕事の体制など、多くのことに影響を及ぼすだろう。このように技術革新は社会変革を促進するのだが、逆もまた然りである。まさに新しい組織の形ができることで、新しいテクノロジーやテクニクが生まれるとも言えるのだ。

オペレーター、サプライヤー、ユーザーの参加は技術革新プロセスを加速させるだけでなく、基準の確立にも役立つ。だからインダストリー4.0の製品やサービスの中には、「オープン・イノベーション」によって開発されているものがあるのだ。このた

め、伝統的に「クローズド・イノベーション」でやってきた多くのドイツ企業は、新しい課題に直面している。特に製造業では、たいてい自身の分野か、よく知っている提携企業との密接なつきあいから手に入るアイデアや技術的ノウハウしか使わないのだ。

インダストリー4.0で生き残るには、企業とその従業員が「インタラクション能力 (Howaldt/Beerheide 2010: 358 et seq.)」、つまりオープン・イノベーションを成功させられるよう、組織としての能力や専門知識を高めなければならない。この方法では革新的な製品やサービスの開発が、さまざまなテクノロジーの融合によりますます超異分野的に行われるため、異なった技能と知識の協調が必要になる。デジタル化が進めば、こうした情報もよりコード化され、より簡単に伝達できるようになるだろう。そうすると各自の能力を補うため、他者の知識や行動と組み合わせることはもはや不可欠になってくる (Howaldt/Beerheide 2010)。

イノベーション政策には、こうしたことを考慮に入れなければならない。政治には、このオーケストラを支え、こうした多くの違った視点や規律が互いによりよく、より速く適応して学び合えるようにする力があるからだ。イノベーション政策には、各企業が「技術吸収力 (アブソープティブ・キャパシティー)」を高められるよう、思考のネットワーク化、開放性、情報交換を促進することができる (Cohen/Levinthal 1990; Hirsch-Kreinsen 2010)。学校、大学、職業訓練や生涯訓練を通じて、活動的なネットワーク構築を支援することができる。新しいテクノロジーや新しい知識をもっと早く普及させるために、非研究集約型企業に集団学習を奨励することもできる。コンテストの開催やプロジェクト開始資金の支給によって、学際的な合同プロジェクトや開発センターの創設を推進したり、現実社会での実験、リビング・ラボ、デモンストレーション工場 (Demonstrationsfabriken) を通じて基礎研究結果の応用開発への適用を助けたりすることもできるだろう (WITTENSTEIN Industrie-Campus; it's OWL など)。

## テーゼ②

インダストリー4.0は、単なるハイテクの問題ではない

ハイテクイノベーションは、科学やビジネスの世界でも、政治や社会においても、特に魅力的なものと考えられている。ポール・ローマーの内因性成長論は、これを理論的に説明している。ある経済の労働力の中で研究分野に携わる割合が大きいほど、経済成長は大きくなるというのだ。以来、世界中の多くのイノベーションの分析や政策的アプローチが、この原則に従ってきた。「多いほどよい」というわけである。つまり、研究開発（R&D）にはできるだけ投資し、生産関数と市場への効果を信じて待つというのだ。しかし、である。イノベーションプロセスとは、決して真っ直ぐな道ではなく、カスケードモデルに従って発展することはほとんどない。たしかに、根本的に供給によって誘発されるハイテク主導のイノベーションもある。だが一方で顧客や、実用的な知識や、ユーザー経験に基づいた、需要に誘発されるタイプのイノベーションも非常にたくさんあるのだ。だからイノベーション政策も、従来どおりテクノロジー研究を促進するだけでなく、社会科学的研究も念頭に置くべきなのである。

ヒルシュ＝クラインゼン（Hirsch-Kreinsen 2010）はその研究の中で、イノベーションに関して異なる種類の知識が混じったデータベースを設置するよう呼びかけ、イノベーションにおける多数の業界や企業における実地経験（しばしば軽んじられる）の重要性を訴えている。そしてこうした批判的考察に基づき、国の技術革新政策は「ハイテク・オブセッション」から離脱して、技術革新プロセスの焦点を非研究集約型セクターに置くよう求めている。インダストリー4.0には、ハイテクと実地、両方が必要なのだ。まもなくインダストリー4.0は、科学を基盤とするだけでなく、応用や顧客に誘発される技術革新となるだろう。だから、この社会的・技術的制度（分極型組織にするか群れ型組織にするかなど）とその構成条件（可能なかぎり多くの未来のユーザーの関与と科学的モニタリングを含め）をどのように作っていくか、時勢に合った考え方をする必要があるので。

## テーゼ③

インダストリー4.0は、社会的進歩をもたらす

インダストリー4.0には、多くのことが必要だ。特に人間の側には負担が大きい。だがインダストリー4.0には、高資格者以外にとっても、大きな可能性が秘められている。柔軟性の増大による作業境界消滅の悪い面だけが強調されることのないよう、社会変革にもより力を入れなければならない。簡単に使える技術補助システムを、新しい社会的慣習や、よりよく連動したさまざまなサービスと組み合わせれば、社会参加や社会統合、包括的成長、家庭生活とキャリアの両立、介護、高齢者や障がい者の就職などの面で、さらなる社会的進歩への道が開けるかもしれない。

社会変革は、何よりも対話から始まる。だから企業との対話は、研究とイノベーションの本質的な部分でなければならない。対話は、テクノロジーの開放性と企業のリスクに対する成熟度

を高めることができる。参加によるイノベーションを真剣に考えるなら、テクノロジー開発や、将来それを実世界に応用していくことだけでなく、他の基本条件もしっかりと考慮するべきだ。たとえばデータの保護、著作権、競争権、それに工業所有権などである。政府は、既存の基本条件をいかに新しいテクノロジー開発や、社会的慣習や、新しいビジネスモデルに合わせていくかを早くから研究し、助言していくことが必要である。この対話はもちろん、各業界内でも促進されなければならない。会社経営やプロジェクト管理にあたっては、従業員の提案や指摘が聞き入れられる参加しやすい環境が整うよう、特に配慮する義務がある。目標を定めた人材開発とそれに見合った企業文化による刺激や昇進は、イノベーションプロセスの成功に侮れないほどの効果がある。インダストリー4.0の影響を受けた社員が、今度は他業界でのイノベーション普及の推進に、積極的に貢献するようになるからである。

## テーゼ④

インダストリー4.0は、社会変革（ソーシャルイノベーション）としてとらえるべきである

技術的な発明が広く普及したイノベーションとなるかどうか（Schumpeterの分類）、どんな経路を辿って広まり、途中どんな影響を及ぼしていくのか（Franz 2010:336）には、社会変革が決定的な影響を及ぼす。社会変革とは目標を定めた社会的慣習の再設定であり、その目標とは、既成の慣習よりも問題や必要をよりよく解決し（Howaldt et al. 2008: 65）、それによって社会的進歩に貢献することである。

よりよく——誰にとって？ ここでインダストリー4.0の定義のさらに深い言外の意味、つまりその規範的な意味合いが問題になってくる。それによれば、イノベーションとは社会的に受け入れられ、社会やある特定のグループのなかで広まり、ついには社会的慣習として確立され、あるいは慣れ親しまれて初めて社会変革と言えるのである（Howaldt et al. 2008: 65; Zapf 1989: 177）。インダストリー4.0の有益性は、まだ社会に対して証明されていない。インダストリー4.0やその周辺の開発が、社会的有益性（たとえば「よい仕事」つまり新しい労働の質）を発揮し、「人にとってよりよい」社会慣習として確立して初めて、消費者だけでなく供給側であるスマート工場の労働者にとっても、社会変革の二面性を実現するのである。インダストリー4.0が、技術革新だけでなく社会変革としても理解され定義されて初めて、この大変動への答えが生まれるからである。

## テーゼ⑤

インダストリー4.0は、調整された市場経済（ドイツモデル）の中に組み込まれるべきである

資本主義の比較分析のおかげで（e.g. Hall/Soskice 2001）、成功モデルは英米の自由市場経済だけではなく、強み（制度的補完性）をうまく生かせば調整された市場経済もうまくいくことが明らかになった。この認識は、インダストリー4.0にとってまさに重要である。長年ドイツは、典型的な「調整市場経済」だっ

た。つまり企業は、従業員やサプライヤーや開発パートナーと長期にわたる信頼関係に頼ってきたのである。海外の競争相手よりもずっと多く「ペイシエント・キャピタル（寛容な資本）」を実行してきたため、漸増的な技術革新から利益が上がるような分野が競争力を発揮してきた（機械や設備製造など）。企業は、こうしたネットワークの中で、事業を調整してきたのだ。この「協力する文化」はまた、業界の賃上げ交渉、経営参加、デュアルシステム（ドイツを発症とする学術的教育と職業教育を同時に勧めるシステム）、生涯訓練などの面で、強力な業界団体に支えられている。政治はこうした「協力の文化」を肯定的に取り入れて強化し、ネットワークや共同作業を奨励すべきだ。そして何よりもインフラストラクチャー（常に使用可能なより高速のブロードバンドネットワークや交通ソリューションの充実など）や、高度の職業訓練や研究のための設備など、適切な基本条件を提供しなければならない。

### テーゼ⑥

インダストリー4.0は、単なる機械の問題ではなく、人間の問題である

モノ、データ、サービスのインターネットは、フィジカルとデジタルの世界を融合しようとしている（Forschungsunion 2013）。そこでウェブや知的サービスが重要な課題となってくる。知識というのはたいてい、いわゆる「ラーニング・バイ・ドゥーイング」とか「ラーニング・バイ・ユージング」とかいった、実地に基づいた知識のことだ。人間はこうした知識を伝え、イノベーションを推進する存在なのだ。ここで疑問が生じる。「インダストリー4.0で、人間に必要なのはどんなスキルか?」。そして、「人間はインダストリー4.0から、どんな利益を得られるのか?」

分極化を前提とすれば、人はインダストリー4.0の中で、特にサイバーフィジカルシステム（CPS）の直感的利用から恩恵を受けよう。設計はイノベーションの原動力となる。さらに職業訓練や生涯訓練、資格プログラムの強化が、大切になってくる。またリスクリテラシーについての教育も、実施しなければならない。つまり試運転、テスト、応用、研究、そして必要ならば失敗覚悟でリスクを冒すべきだが、後でもう一度挑戦してみるなどである。こうした協力しあう文化の中では、人材育成や昇進などを通じた生涯にわたる訓練が推奨される。これは学問の世界でも同じである。しかし学界の場合はさらに大学への出資を増やし、学界でのキャリアをより魅力的なものにし（将来の見通し、終身雇用など）、学者や研究者の（国際的な）異動を可能にし、学界とビジネス界の間での人材交換を促進していくべきだろう。

### テーゼ⑦

インダストリー4.0には、ヨーロッパ全体が必要である

欧州委員会と欧州議会は、新しい研究体制プログラム「ホライズン2020」で、ヨーロッパの（再）工業化を支援しようとしている。ヨーロッパが世界レベルでさらに強い地位を占めるには、EU

ネットワーク内にシステムソリューションを確立することが望ましい。EUは、インダストリー4.0のリード・マーケット（主要市場）に発展できる可能性がある。リード・マーケットとは地理的に境界が引かれた市場のことで、地元優遇措置や、有利な条件設定で技術革新を推進する。そこでは力のある売り手が、目の肥えた利用者や、多様なニーズと出会う。全てを新しく発明するのではなく、多くを共同でしようというわけだ。より多数のEU規模での研究や応用プロジェクトから全員が得をし、より多くの経験を得て、お互いに学びながら共通の基準を確立する。データの保護とセキュリティの問題にしても、同様だ（ヨーロッパのクラウドインフラストラクチャー、デジタルインテリア市場、ヨーロッパの法制度など）。インダストリー4.0では、2つの違った基準体制が出会うことになる。1つは、アメリカの基準により大きな影響を受けたITセクター、もう一つはよりヨーロッパ的な機械、設備、自動車製造である。どちらの規格が主流になるかは、非常に重要な問題である。

ヨーロッパに勝ち目がないと思う人は、市場の大きさを考えてみるとよい。ヨーロッパは（まだ）、産業市場としてはアメリカよりも大きい。大陸には8億人近くが住んでいるし、EU加盟28か国の人口は、5億人にもなるのだ。だからヨーロッパは、その強みをよく考えるべきだ。だが同時にヨーロッパは、先駆者として早い時期に最も重要な分野で優位を占めるよう、ペースを上げ、集中して取り組む必要がある。経済統合はヨーロッパの主要な強みの1つである。市場の大きさに直結している。これは規格や基準を定めるには非常に大きな利点だ。だがほとんどの場合、こうした機会は生かされていない。当事者らが、短期的な自国の利益ばかりを追求しているからだ。しかも多くのEUの政策は、いまだに各国の自由裁量をかなりの部分、許している。（Moreover, many EU policies still (Enderlein/Pisani-Ferry 2014: 41 et seq.）。これは断片化を招き、データの保存を分散させてしまう。共通の規格や基準、そして規則は、より有益な統合やコヒージョン（凝集度）の実現に大きく貢献できるだろう。そしてそれによって、より大きな成長と社会的進歩がもたらされるはずだ。

### テーゼ⑧

インダストリー4.0には、データの保護とセキュリティがなおいっそう必要である

「デジタルデータは、未来を作るための、最も重要な材料である（Forschungsunion 2013）」。だからデジタル世界におけるデータの保護とセキュリティは、ドイツの研究やイノベーションに関する政策の主要な任務でもあるのだ。だがセキュリティやそれに関する研究は、テクノロジーだけの問題ではない。むしろあらゆる側面に関わる社会政策的問題だ（Bornemann 2014; Renn 2014）。なぜならデータの保護やセキュリティは、まずは人から始まるからだ。つまり（自分の）データを注意深く、上手に扱い、法的にも技術的にも規則を守ればよいのである。このため新しい製品、ビジネスモデル、訓練課程には、すでにプランニングの段階からデータ・セキュリティを基本的な要素として用意しておかなければならない。たとえば「バックド

ア」問題だ。インダストリー4.0のプラットフォームのいわゆる「ジェネリック・イネイブラー」が、「裏口」からデータを盗み見ることは避けなければならない。ドイツ連邦情報技術安全局 (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, BSI) あるいは全ヨーロッパの監視機関が、ふさわしい製品やサービスをたとえば「バックドア・フリー」と認定してはどうだろう。そしてさらなる技術革新を誘発するのだ。ここで基準や、全欧共通の規則が必要になる。経済界でのデータ・セキュリティ、著作権、プライバシーの保護、「忘れられる権利」、他にもたくさんある (Enderlein/Pisani-Ferry 2014)。全体として政治は、データの保護やセキュリティの向上について、積極的な支援が可能である。たとえばデータの保護ソリューションの開発や購入のための補助金や、法的な基準の設置である (EUの「一般データ保護規則 (GDPR)」など)。また、情報や教育の提供も政治主導でできることであり、これはすでに教育現場で始まっている。

### テーゼ⑨

インダストリー4.0は、小さく行うことが大事である。

これまでのところ、インダストリー4.0に関心を持ち参加してきたのは、専ら大きな企業だった。だがドイツでは、企業の99.6パーセントが中小企業である (IfM 2014)。驚いたことに、こうした中小企業は研究開発への投資が大企業よりも少ない。さらに特許申請の数も少なく、技術革新も少ないのである。だがこうした中小企業は協力的で、工業界の大半を占めており、盛んに近代化を推し進めてきた (プロセスイノベーション)。中小企業は供給者であると同時に消費者であり、このためインダストリー4.0の新しいテクノロジーややり方の普及に欠かせないのである。

そこで疑問が生じる。どうすれば、もっと多くの中小企業に関心を持ってもらえるだろうか？ まずはイノベーション政策によって、情報通信技術 (ICT) の使用を促進することができる。これは直接的あるいは間接的な供給、もしくは職業訓練や生涯訓練で可能だろう。サイバーセキュリティ (テーゼ8を参照) は、供給でも需要でも今まさに有望な分野だ。本来ならば、基準を設けて保護してやるべきところである。ドイツ企業が伝統的に強く、世界的にもリードしているのは、国際標準化機構 (ISO) をはじめとする規格認定機関に参加しているおかげだからだ。だがICTの規格は、こうした機関を通さず決められることが多い。このため企業が合同で、集中的に規格を監視しなければならない。政府はその代わり、こうしたICT関連企業同士が協力できるよう、支援することができるだろう。インダストリー4.0は今、さまざまな分野の中小企業が1つになる機会を与えてくれている。これまで開発に力を入れてきたのはICTを利用してきた産業 (機械、自動車など) であり、こうした業界が伝統的に強い企業間の結びつきやネットワークを築いてきた。だが今、こうした強みを他の業種 (ICTやサービス業) にも分け与えられる好機が訪れたのである。基準の設定は、それを大きく支えてくれるだろう。

### テーゼ⑩

インダストリー4.0には、政策による調整が必要である

インダストリー4.0のようなシステムイノベーションは、技術革新と社会変革の組み合わせで決まる。つまり技術的、社会的側面が一体となって、全体的な変革プロセスを根付かせていくのだ。このようにイノベーションを全体的に理解するためには、イノベーション政策も包括的にとらえる必要がある。たとえば研究資金の供給、学問の世界から経済界への知識の伝達の他、より近代的で参加型の従業員計画、学界における制度の効率性、国際化、新しいビジネスモデルの確立、顧客サービス調査、将来の労働組織、新しいテクノロジーの社会的受容といった問題だ (Forschungsunion 2013)。伝統的にドイツのイノベーション政策は技術革新の促進に焦点を当てており、そのため主に供給側の立場に立ってきた (いわゆる「テクノロジー・プッシュ」)。だが、もっと需要側を信頼して、社会変革を推進すべきだ。そうして初めて、優れた技術的発想が日常生活全般に浸透し、より少ない資源消費、より多くの職業資格や生涯訓練や「よい働き口」、家庭と仕事のよりよい両立といった社会的進歩が得られるのである。インダストリー4.0やデジタル化といった技術革新に、他の政治的分野からまとまった予算を充てるなどの組織的な政治的アプローチが伴えば、ソーシャル・イノベーション (社会変革) 政策はうまくいくだろう。それには省庁の枠組み (BMW, BMBF, BMVI, BMI, BMAS, BMG, BMFSFJなど) や階級を超えた、多くの連携が必要なのである (Buhr 2014)。経済の世界と同じく、ここでも迅速さが肝心だ。だが、皆が慌てて一斉に取りかかる (よくある縄張り争い) のではなく、よく調整し、適切に、しかるべき戦略に従って、できるだけ広く社会にデジタル化を普及させるという目標に向かって進めなければならない。



## 4

# 結論

各企業は将来、その機械とも、保管施設とも、原材料とも、従業員とも、サプライヤーとも、提携企業とも、そして顧客とも、すべて社会技術的システム（サイバーフィジカルシステム）による世界的なネットワークでつながることになるだろう。そこにインダストリー4.0の、途方もない可能性が隠れている。つまり1人1人の顧客の注文を正確に、しかも安く、1個から製造できるのだ。製造はより迅速に柔軟になる。おかげで資源消費は減り、生産性は向上する。それに従い、従業員の生産性も向上する。働き方にもより融通が利くようになり、時間的にも場所的にも、職業と私生活の両立がしやすくなる。ドイツでは製造現場が国内へ、しかも都市部へ（再び）移転することが、きわめて現実的になりつつあるからである。

これまでインダストリー4.0に関しては、技術的な面ばかりが分析、推進されてきた。だが人も、この分散化、自己制御という新しいシステムの一部なのである。人間の仕事は将来、多くの産業分野において大きく変わるだろう。業務はより複雑になり、バリューチェーンはより活動的になる。このため高い柔軟性が求められ、補助システム、ロボット、エラーニングなど、新しい学習ツールが必要となるだろう。

インダストリー4.0では、経験による知識とネットワーク化された思考がより重要になる。規格化された製造は機械が得意なので、人間はその分、ゆっくり考えてよりよい意志決定をすることができるだろう。つまり人間はよりよい疑問を投げかけ、機械はよりよい答えを見つける手助けをしてくれるということだ。ここでも設計（直感的操作など）とコミュニケーション（内外ともに）が、重要な役割を担うことになる。

このようにインダストリー4.0は、デジタル化変革や、新しいサービス産業や、ビジネスモデルに大きな可能性をもたらすだろう。特にスタートアップ企業やこれから起業する会社には、大きなチャンスになるかもしれない。機械に対する人間の優位を最もよく生かせる「起業家たち」は、おそらくインダストリー4.0を、そのまま自社の企業形態として採用することだろう（Bertelsmann Stiftung 2014: 6）。

こうしたなか、イノベーション政策はどんな役割を果たすべきだろうか？ たくさんある。インダストリー4.0の指数調査によれば、4分の3の企業が、インダストリー4.0に関して政府から

適切な支援を受けていないと答えている（Staufen 2014: 11）。まずは、これに取り組む。政府は技術面だけでなく社会面での変革も進めるよう努力しなければならない。その際には、供給側だけでなく需要側についても、あらゆる可能性を考慮する。そしてそのためにはイノベーション政策を、戦略およびその組織だった実施までを含め、全体的に把握することが必要だ。そうすることで技術革新は社会変革となり、社会の進歩に大きく貢献することができるのである。

具体的にできることは、数多くある。たとえば、新しいテクノロジーや新しい知識がより迅速に普及するよう、集団学習を促進する（非研究集約型企業も参加させて）。イノベーション政策としてコンテストを開催したりプロジェクト開始資金を支給したりして、学際的な合同プロジェクトや技術開発センターの創設を促進する。またリビング・ラボやデモンストレーション工場を通じて、基礎研究から応用開発への移行を助ける。こうしたことはコミュニケーションや協力を促し、技術面と社会面両方のイノベーションの基盤を作ることになるだろう。イノベーション政策は、特にデータの保護とセキュリティの分野では重要だ。需要側と供給側両方に対して、情報、証明機関、より安全なインフラストラクチャーの整備、職業訓練や生涯訓練などを、直接的あるいは間接的に供給できるだろう。またヨーロッパ全体を、インダストリー4.0のひとつの機会としてとらえることも大事だ。可能性のあるリード・マーケットとして、世界に通じるデータの保護とセキュリティの基準を設けなければならない（「ヨーロッパのクラウドインフラストラクチャー」やヨーロッパの法制度など）。

インダストリー4.0の社会的有益性は、まだこれから証明されなければならない。インダストリー4.0とそれに関連する発達に社会的価値があると証明された時、そしてそのことで新しい技術、規則、サービス、組織が広く社会に根づいた時、さらにこうしたことが「人間のためによりよい」と証明された時、人は初めてインダストリー4.0の可能性を認識し、利用するのである。こうしたゴールにたどり着くには連携の取れた迅速さと、積極的な政策が必要だ。支援し、進歩を促すような政策、明瞭な規則を定めながらも、未来へ向けて意欲的に投資するような政治である。（翻訳：阿部寿美代）

## 参考文献

- Acatech**; Arbeitskreis Smart Service Welt 2014: Smart Service Welt: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, Berlin.
- Accenture 2014**: Neue Geschäfte neue Wettbewerber: Deutschlands Top 500 vor der digitalen Herausforderung, Kronberg i.T.
- Acemoglu, Daron; Autor, David 2011**: Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper 16082, Cambridge.
- Bertelsmann Stiftung 2014**: Arbeit in der digitalen Welt: Jobless Growth und Cloudworking, Policy Brief 2014/03, Gütersloh.
- Bornemann, Dagmar 2014**: Industrie 4.0: Vermessen und funktional – aber nicht revolutionär, Impulse, Managerkreis der Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin.
- Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew 2014a**: The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, New York.
- Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew; Spence, Michael 2014b**: New World Order: Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy, in: Foreign Affairs 93 (4), pp. 44–53.
- Buhr, Daniel 2014**: Soziale Innovationspolitik, WISO Diskurs, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.
- Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM); Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) 2014**: Industrie 4.0: Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Berlin; Stuttgart.
- Cohen, Wesley M.; Levinthal, Daniel A. 1990**: Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation, in: Administrative Science Quarterly 35 (1), pp. 128–152.
- DZ Bank; GfK Enigma 2014**: Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung: Bedeutung für den Mittelstand, Frankfurt a. M.; Wiesbaden.
- Enderlein, Hendrik; Pisani-Ferry, Jean 2014**: Reformen, Investitionen und Wachstum: Eine Agenda für Frankreich, Deutschland und Europa, Berlin.
- Forschungsunion 2013**: Perspektivenpapier der Forschungsunion: Wohlstand durch Forschung – Vor welchen Aufgaben steht Deutschland?, Berlin.
- Forschungsunion; Acatech 2013**: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Essen; Frankfurt a. M.; Munich.
- Franz, Hans-Werner 2010**: Qualitäts-Management als soziale Innovation, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (ed.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, pp. 335–354.
- Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) 2013**: Produktionsarbeit der Zukunft: Industrie 4.0, Stuttgart.
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael O. 2013**: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, Oxford.
- Ganz, Walter; Fraunhofer IAO 2014**: Welche Rolle spielen die Dienstleistungen in der Industrie 4.0? Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0, 8.10.2014, Berlin.
- Hall, Peter A.; Soskice, David 2001**: An Introduction to Varieties of Capitalism, in: Hall, Peter A.; Soskice, David (ed.): Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage, Oxford, pp. 1–68.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut 2014**: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt?, WISO direkt, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut 2010**: Die 'Hightech-Obsession' der Innovationspolitik, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (ed.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, pp. 71–86.
- Howaldt, Jürgen; Beerheide, Emanuel 2010**: Innovationsmanagement im Enterprise 2.0: Auf dem Weg zu einem neuen Innovationsparadigma?, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (ed.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, pp. 355–370.
- Howaldt, Jürgen; Kopp, Ralf; Schwarz, Michael 2008**: Innovationen (forschend) gestalten: Zur neuen Rolle der Sozialwissenschaften, WSI Mitteilungen 2/2008, pp. 63–69.
- Institut für Mittelstandsforschung (IfM) 2014**: Informationen zum Mittelstand aus erster Hand, Bonn.
- Klein, Michael; Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) 2014**: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Presentation at the FES expert discussion on Industry 4.0, 21.5.2014, Berlin.
- Kurz, Constanze 2014**: Mensch, Maschine und die Zukunft der Industriearbeit, Vortrag auf der Fachkonferenz Münchner Kreis "Maschinen entscheiden: vom Cognitive Computing zu autonomen Systemen", 21.11.2014, Munich.
- Maaß, Frank; Führmann, Bettina 2012**: Innovationstätigkeit im Mittelstand: Messung und Bewertung, in: Institut für Mittelstandsforschung Bonn (ed.): IfM materials no. 212, Bonn.
- Münchner Kreis 2013**: Innovationsfelder der digitalen Welt: Bedürfnisse von übermorgen, Zukunftsstudie Münchner Kreis Band V, Munich.
- Picot, Arnold; Neuburger, Rahild 2014**: Arbeit in der digitalen Welt: Zusammenfassung der Ergebnisse der AG 1-Projektgruppe anlässlich der IT-Gipfelprozesse 2013 und 2014 (results of Germany's IT summit), Hamburg; Munich.
- Plattform Industrie 4.0 2014**: Industrie 4.0: Whitepaper FuE-Themen, [http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper\\_Forschung%20Stand%203.%20April%202014\\_0.pdf](http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung%20Stand%203.%20April%202014_0.pdf) (12.3.2015).
- PricewaterhouseCoopers (PwC) 2014**: Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution, Munich; Frankfurt a. M.
- Renn, Ortwin 2014**: Das Risikoparadox: Warum wir uns vor dem Falschen fürchten, Frankfurt a. M. Roland Berger 2014: INDUSTRY 4.0: The New Industrial Revolution: How Europe Will Succeed, Munich.
- Staufen 2014**: Deutscher "Industrie 4.0" Index: Auf dem Weg zur Fabrik der Zukunft, Köngen.
- Stephan, Peter 2014**: Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Arbeitswelt aus Sicht eines Anwenders, Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0, 12.11.2014, Berlin.
- Zapf, Wolfgang 1989**: Über soziale Innovationen, in: Soziale Welt, 40 (1–2), pp. 170–183.

## 図表リスト

- 4 図表 1  
インダストリー4.0のユースケース
- 図表 2
- 5 産業革命 第1次から第4次まで
- 図表 3
- 5 インダストリー4.0を推進する要素とその結果
- 図表 4
- 6 インダストリー4.0による成長可能性
- 図表 5
- 7 産業別事業の成功とデジタル化の度合い
- 図表 6
- 8 人と機械のインタラクション（相互作用）の一般的な適用
- 図表 7
- 9 インダストリー4.0で必要とされる資格
- 図表 8
- 9 分極型組織 対 群れ型組織
- 図表 9
- 10 人と機械のインタラクション（相互作用）のあり方

## 略語リスト

BDI	ドイツ産業連盟 (Bundesverband der deutschen Industrie)
BITKOM	ドイツ情報技術・通信・ニューメディア連邦連合会 (Bundesverband der digitalen Wirtschaft)
BMAS	連邦労働・社会省 (Bundesministerium für Arbeit und Soziales)
BMBF	連邦教育研究省 (Bundesministerium für Bildung und Forschung)
BMBFSFJ	連邦家庭・高齢者・女性・青少年省 (Bundesministerium für Familien, Senioren, Frauen und Jugend)
BMG	連邦保健省 (Bundesministerium für Gesundheit)
BMI	連邦内務省 (Bundesministerium des Innern)
BMVI	連邦交通・デジタルインフラストラクチャー省 (Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur)
BMWi	連邦経済・エネルギー省 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)
CPS	サイバー・フィジカル・システム (Cyber-physical system)
ICT	情報通信技術 (Information and communication technology)
IP	インターネット・プロトコル (Internet Protocol ネットワーク・プロトコル。インターネットの基盤であり、このおかげで大きなネットワークの中で特定のコンピューターに宛てて、IPパケットを送ることが可能になる)
IT	情報技術 (Information technology)
ISO	国際標準化機構 (International Standards Organisation)
MTO	分析...人 (Mensch)、技術 (Technik)、組織 (Organisation)を考慮に入れた、総合的な業務分析
RFID	Radio-frequency identification (電磁波を利用した認証システム)
QR コード	(Quick response codes機械による高速読み取りが可能のように、情報をコード化する方法)
R&D	研究開発 (Research and development)
TC	通信技術



## Imprint

© 2017  
Friedrich-Ebert-Stiftung  
Department of Western Europe / North America  
Division for International Dialogue  
Hiroshimastr. 28 | 10785 Berlin | Germany

Responsible:  
Sven Saaler,  
FES Representative in Japan

### FES Office Tokyo / Japan

Japan is an important partner for Germany in Asia. The two countries are key actors in the international arena and face similar political, social, economic and environmental challenges.

The FES Tokyo Office promotes Japanese-German dialogue, encourages multilateral discussions involving participants from East Asia, Europe and North America and helps to maintain and expand Euro-Japanese networks in politics, civil society and academia. The activities of the Tokyo office involve a broad spectrum of representatives from politics and civil society and it seeks to encourage academic exchange by organizing symposia and workshops.

Our activities focus primarily on security, climate and energy policy, but also extend to societal issues such as demographic trends in Japan and Germany and the high budget deficits in the industrialized world, including related economic issues such as recent developments in Japan's labor market and questions of consumer protection. Debates about historical legacies and history education in Europe and East Asia are also part of our program..

Friedrich-Ebert-Stiftung  
7-5-56 Akasaka  
Minato-ku  
Tokyo, 107-0052  
Japan  
Tel: (03)-6277-7551  
Fax: (03) 3-3588-6035  
E-Mail: [office@fes-japan.org](mailto:office@fes-japan.org)  
[www.fes-japan.org](http://www.fes-japan.org)

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Friedrich-Ebert-Stiftung or of the organization for which the author works.

This publication is printed on paper from sustainable forestry.



Imprint:

© 2015

**Friedrich-Ebert-Stiftung**

Publisher: Division for Social and Economic Policies,

Friedrich-Ebert-Stiftung

Godesberger Allee 149 / 53175 Bonn

[www.fes.de/wiso](http://www.fes.de/wiso)

Responsible in the FES for this publication:

Dr. Philipp Fink & Patrick Rüter

**ISBN: 978-3-95861-161-0**

The statements and conclusions are the sole responsibility of the author and do not represent an official opinion of the Friedrich-Ebert-Stiftung.

Commercial use of all media published by the Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) is not permitted without the written consent of the FES.

Front cover illustration: © godruma – Fotolia.com

Design concept: [www.stetzer.net](http://www.stetzer.net)

Druck: [www.bub-bonn.de](http://www.bub-bonn.de)

