

中・東欧 IoT ユースケース調査

2018 年 7 月

日本貿易振興機構（ジェトロ）

ワルシャワ事務所

ブダペスト事務所

プラハ事務所

海外調査部 欧州ロシア CIS 課

中・東欧地域では、安価な労働コスト、低い法人税率、西欧市場へのアクセスなどにより多くの外資製造業が生産拠点を構え、もともと各国が有する産業基盤と相まって GDP に占める製造業の割合は EU 平均を上回る水準にある。その一方、堅調な経済成長を背景に失業率がここ数年で大きく低下し、労働者不足、そして人件費の上昇が続いている。こうした状況の中、各国政府は産業デジタル化を進め、企業側ではドイツ企業などの外資進出企業を中心に IoT をはじめとするデジタル技術の導入に取り組む事例が見られる。本レポートでは、チェコ、スロバキア、ポーランド、ハンガリーの製造業における IoT の導入、デジタル化進行状況を報告する（2018年3月時点）。

【免責条項】

本レポートで提供している情報は、ご利用される方のご判断・責任においてご使用ください。

ジェトロでは、できるだけ正確な情報の提供を心掛けておりますが、本レポートで提供した内容に関連して、ご利用される方が不利益等を被る事態が生じたとしても、ジェトロおよび執筆者は一切の責任を負いかねますので、ご了承ください。

禁無断転載

目次

I. はじめに	1
II. 各国の IoT 技術導入の状況.....	3
1. チェコ	3
(1) 政策動向	3
(2) ユースケースの全体的傾向	5
(3) ユースケース事例集	9
2. スロバキア	12
(1) 政策動向	12
3. ポーランド	13
(1) 政策動向	13
(2) インダストリー4.0 の導入状況.....	16
(3) ユースケース事例集	20
4. ハンガリー	22
(1) 政策動向	22
(2) ユースケースの全体的傾向	26
(3) ユースケース事例集	31

I.はじめに

中・東欧地域では、好景気に支えられた製造業の生産拡大傾向と労働者不足により、メーカーが自動化を進める機運が高まっている。同地域はこれまで欧州の製造拠点と位置付けられ、中・東欧主要国が2004年にEUに加盟する以前から賃金格差や工業製品当の関税率の撤廃などを背景に生産拠点を同地域に設置する動きが活発化した。2008年のリーマンショックやその後の欧州債務危機に際して外資企業による投資が低迷した国も見られたが、ここ数年、多くの中・東欧各国では対内投資残高が安定して前年増となっている。EUの景気回復もあり、2016年後半より各国で失業率の低下が急激に進み、特にチェコでは多くの地域が3%を下回っている。

失業率の低下に伴い、同地域では労働者がより良い条件を求めて職を転々としたり、人件費が大きく上昇している状況も見られる。その一方で、好景気によって発注が増え、メーカーは生産量を増やす必要に迫られており、近年、自動化を検討する企業数が増加している。

国際ロボット連盟(IFR)が発表する「World Robot」統計によると、2017年に欧州地域で導入されている産業用ロボットは、ドイツ2万1,000ユニットに対し中・東欧9,900ユニットと推計されるが、2020年にはドイツ2万5,000ユニットに対し中・東欧は1万7,500ユニットと大きく伸びると予想される。また、産業用ロボット導入の2018~2020年の平均成長率は欧州平均が11%と見通される中、中・東欧は21%と欧州で最も伸びる市場として紹介されている。

中・東欧地域の中でもチェコ、スロバキア、ポーランド、ハンガリーはドイツの経済的な影響が強く、2016年前後に各国ともインダストリー4.0への対応および産業デジタル化普及のための国家戦略を発表している。ただし、実際の施策の進行状況は、各国のドイツとの距離感、失業率の状況、GDPに占める製造業の割合、IT企業の集積度合などの要因により多少異なっている。

インダストリー4.0は一般的に、IoTやAIなどを取り入れて生産工程を中心に原材料調達から販売までをネットワークでつなぎ自動で最適化する製造業のデジタル化等への取り組みと定義される。本調査では、インダストリー4.0を主に6項目(協調ロボット、IoT及びITと生産設備の統合、自動化、予知保全等の分析とビジュアライゼーション、デジタル化・ペーパーレス化、デジタルツインや3Dプリンタ等の追加的製造技術)の企業による導入状況を調べた。

以下、チェコ、スロバキア、ポーランド、ハンガリーにおける産業デジタル化普及の相違点、共通課題および傾向をまとめる。また、続いて各国IoT技術導入の状況について、ユースケース事例をとりまとめた。そのうち、公表の許可を得た企業については[別途事例集](#)にとりまとめた。

1. 相違点

(1) 施設の設立

チェコでは、チェコ工科大学内にテストベッドが開設され、同施設を運営する国立インダストリー4.0センターも設立されるなど、政府主導のインダストリー4.0関連のプロジェクト

トが 4 カ国の中で最も進行している。またチェコとドイツの工科大学間の MOU の締結や VR (仮想現実) を使ったテストベッドの共用など、両国の大学間の協力関係も進んでいる。

(2) IT 人材の数

各国とも IT エンジニアの育成が急務となっているが、IT 人材の数ではポーランドが最も多くソフトウェアデベロッパーの数も多い。他方、労働力における IT 人材の割合でみるとチェコとハンガリーがポーランドを上回っている。

(3) 企業への浸透度

ドイツ経済・産業の影響、人手不足の深刻度合いなどにより自動化やデジタル化の企業への浸透度や導入が進んでいる技術は異なる。スロバキア東部やポーランドの一部の地域では失業率が 8% を超え労働力のコスト競争力は未だに高いことから、生産施設のデジタル化に対するモチベーションは必ずしも高いとは言えない。協調ロボットへの需要も人手不足の深刻度合いによって異なっている。失業率が低く、自動化モチベーションが高い地域としては、チェコやポーランド南部、ハンガリー西部などが挙げられる。

2. 共通課題

(1) 中小企業の意識の向上

各国においてデジタル化対応が進んでいるのは外資系を中心とした大手企業およびその Tier 1 (1 次下請け) クラス。グローバルサプライチェーンに組み込まれていない中小企業や Tier 2 (2 次下請け) 以下のサプライヤーは自動化に費やす投資も限られるため、企業によっては対応が進んでいない。

(2) IT 人材の不足

各国ともデジタル化を進める上で必要となる技術者、特に IoT 関連技術者が不足している。こうした生産現場の状況に対応するべく、大学や職業訓練学校などにおいて、新しい技術や IoT を取り入れた学習プログラムを設立することが求められている。

3. 共通傾向

(1) ローカルベンダーの台頭

大手メーカーのデジタル化における細かい要請に対応でき、大手ベンダーに比べると安価でサービスを提供するローカル IT ベンダーが採用されている例が多い。

(2) 最適な自動化の推進

労働力のコスト競争力の低下が進む一方、各国の人件費は未だにドイツの 50% 以下の水準にあることから、工場の完全自動化ではなく、現状の従業員を確保しながら、自動化できる部分から進めている。

(3) 生産性、効率化向上を目的とした自動化

企業は自動化を進めているが、必ずしも生産工程全体の最適化というインダストリー 4.0 の概念とは結び付いていない。インダストリー 4.0 の重要な要素としてデータ統合や予知保全が挙げられるが、各国ともそうした段階にある企業は少なく、各社は生産性向上や効率化を高める目的で自動化を進めている。労働者不足が深刻な地域ほどこの傾向は強い。

II. 各国の IoT 技術導入の状況

1. チェコ

(1) 政策動向

GDP に占める製造業の割合が 25%と欧州内で最も高いチェコ（欧州平均 15%）では、輸出全体に占めるドイツ向けの割合が 32%、国内製造業の 50%がドイツと取引をしていると言われている。

チェコ貿易産業省は 2016 年 2 月、ドイツ連邦教育・研究省と覚書を締結し、同年 4 月にはインダストリー4.0 に関するワークショップを共同開催するなど、ドイツとの間で情報共有を含めた協力関係が構築されている。また、2016 年 8 月にメルケル首相がチェコを訪問した際に、チェコ CIIRC（チェコ工科大情報科学、ロボティクス、サイバネティクス研究所）とドイツ人工知能研究センター（DFKI）は覚書を締結した。同月にチェコ政府はチェコ版の「プルミスル（Prumysle）4.0」（チェコ語で「インダストリー4.0」）国家戦略を閣議決定した。

チェコ国内の製造業の競争力強化のために、チェコ政府が進めるインダストリー4.0 国家戦略には、ドイツのインダストリー4.0 との整合性を取ることが必要という議論が以前からあったが、実行段階においては日本との協力などを含め、チェコの独自性も追求されている。

① 国立インダストリー4.0 センターの発足

2017 年 9 月、国立インダストリー4.0 センター（National Center of Industry 4.0）が発足した。同センター設立に際しチェコ工科大学（CIIRC）、ブルノ工科大学、シーメンス、シュコダ自動車、産業連盟、チェコ商工会議所、中央ボヘミア・イノベーションセンター、南ボヘミア・イノベーションセンターなど、民間企業、大学、業界団体、研究機関が協力団体として名を連ねた。

同センターの役割としては、以下が挙げられている。

- ・ 大学および産業界の研究とチェコ経済のニーズのマッチング
- ・ 中小企業に対するインダストリー4.0 の普及
- ・ 大学と企業の研究機関の交流の促進
- ・ 技術的解決策と技術進歩が社会に及ぼす影響に関する情報の共有
- ・ 普及のためのセミナー、会議、ワークショップの開催
- ・ チェコ国内でのインダストリー4.0 に関連する技術的、学術的、組織的諸課題に関する意見表明

また、同センターはテストベッドを管轄している。テストベッドでは、製造企業が生成したデータをチェコ IT 企業が分析、それを元に機械部品メーカーがサプライヤーと共に新たなソリューションの共同開発や実証事業を行う施設。大学と産業の協力を強める役割が期待さ

れている。同センター長を務めるチェコ工科大学ホリー教授によると、「2017 年は同センターの設立手続きを終えて、2018 年から中小企業を対象に登録を募る予定」と述べている。また当初の登録企業は 100 社程度を見込んでいるようだ。

② ドイツとの連携関係は深化、関係構築が進む日本

2016 年に交わされたチェコとドイツとの協力覚書に基づいて、両国の間では協力事業が実施されている。特に CIIRC と DFKI は、インダストリー4.0 における人間とロボットの協力について共同研究を実施しており、2017 年 10 月に 3 回目となる共同ワークショップを開催している。また CIIRC とブルノ工科大学 (CEITEC) は、ドイツの DFKI およびメカトロニクス・自動化技術センター (ZeMA) と「RICAIP」(Research and Innovation Centre on Advanced Industrial Production) プログラムを開始し、テストベットの共用だけでなく、生産規格の開発も行うことを発表している。

チェコでは、こうしたドイツとの協力を進める一方で、多くの製造業が進出する日本とも協力関係の構築を進めている。2017 年 6 月にチェコの産業連盟と日本のロボット革命イニシアティブが IoT とインダストリー4.0 分野における事業協力を発表、2017 年 8 月には世耕経済産業相が CIIRC を訪問、2017 年 9 月には、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、チェコ技術庁、ジェットロ・プラハ、チェコインベストの共催により「日チェコ技術連携コンファレンス」を開催した。2018 年 4 月には、日本からのミッション団を受け入れ、同コンファレンスのフォローアップイベントを開催した。

③ チェコ企業の意識

アーンスト・アンド・ヤング (EY) がプラハ経済大学デジタル移行センターと共同で、2017 年にチェコ製造業 102 社に行った調査によると、インダストリー4.0 をビジネスの機会と捉えている企業は 76%に上る。

そのうち、66%の企業がインダストリー4.0 への対応が競合相手に比べて進んでいる、と回答。また、57%は優秀なスタッフの不足をインダストリー4.0 導入の最大の障害として挙げている。そのほか、51%は今後 3 年以内に投資の 10%を超える金額をインダストリー4.0 関連技術に投資すると回答、56%はサプライチェーン内でインダストリー4.0 の展開をサポートする、とした。また、回答企業の 50%はインダストリー4.0 の技術や機械の導入を容易にするため工場の近代化を図り、43%が今後 3 年以内にインダストリー4.0 の影響を受け現在のビジネスモデルの変更を予定している。

また、インダストリー4.0 導入の最大の動機は生産性の向上 (62%) で、効率性の向上 (51%) が続く。昨今の労働市場の逼迫状況から、労働力不足の解消 (38%) への期待も高い。さらに、3 分の 2 を超える企業が労働生産性と効率性の向上のため、ビッグデータなど内部情報を分析する、と答えている。

④ 教育制度改革の必要性

現在、政府主導のイニシアティブに積極的に参加しているのは、外資の大手企業が中心で、

地元資本の中小企業の多くは、ファイナンスへのアクセスや法的整備などが十分でないことから、未だインダストリー4.0の実現に向けた取り組みには懐疑的である。実際には、製造工程の一部自動化やロボット導入など、自社で実現可能な範囲で部分的に取り組んでいるが、基本的にはインダストリー4.0に対しては成り行きを見守っている中小企業が多い。

チェコ政府は、中小企業のデジタルレベルの向上とデジタル化の普及を目的とした総額10億コルナ（約50億円）の助成金支援スキームの公募を行った。2018年5月に締め切られた同公募には134の応募があり、申請額は9.2億コルナに達したと産業貿易省は発表している。また、チェコの産業デジタル化への取り組みは、製造業に焦点を当てており、電子政府（E-Government）やサービス業のデジタル化を促進する政策は遅れている。医療分野では、2018年から電子処方箋（e-Prescription）が予定より4～5年遅れて始まる予定。Eコマースはチェコ市場で大きく成長しているが、これは政府の支援ではなく小売業界が消費者の需要を満たす形で自ら取り組んでいる。

チェコ進出外資企業からは、チェコの工業系高校や工科大学は理論教育を重視しすぎて実務に役立たないとの意見が良く聞かれる。国営企業と学校教育が直接結びついていた社会主義時代にはうまく機能していたが、1989年の社会主義体制崩壊後の混乱で教育制度が変り、その結果、エンジニアの技術が低下した。また、社会主義当時の教育を受けた労働者は定年を迎えており、世代交代も大きな課題である。

(2) ユースケースの全体的傾向

ジェットロ・プラハでは、当地のアーンスト・アンド・ヤングにチェコおよびスロバキア企業のIoTユースケース（事例）調査を委託し約50社の具体的な利用事例を調査したほか、独自に在チェコの企業15社を訪問し、ヒアリング調査を実施した。それらの事例にみる全体的傾向とユースケースの概要は以下のとおり。

<チェコにおける全体的傾向>

- ① 外資系大手企業はドイツ企業を中心に5年前よりインダストリー4.0への取り組みを開始
シュコダ（フォルクスワーゲン子会社）、ボッシュ、コンチネンタル、フォックスコン、シーメンスといった外資系企業大手ではスマートファクトリーへの取り組みは、ドイツがインダストリー4.0を宣言した3～5年前に開始し、一部の企業では2018年中には当初の目的を達成するレベルにあるという。
- ② Tier1企業は労働者不足への対応から生産効率向上に取り組む
日系企業を中心としたTier1企業においては、チェコ国内の人材不足も相まって、生産工程の自動化、ロボット導入による省人化の取り組みを中心に、生産効率の向上目的に進めている。チェコの人件費がドイツの3分の1の水準にあるため、全自動の工場を目指すよりも、できることから自動化を進めている企業が多い。
- ③ ローカルベンダーが大手企業のシステム・インテグレーションに貢献
総合基幹業務システムであるエンタープライズ・リソース・プランニング(ERP)はSAPを

使用している企業が多いが、製造実行システム（MES）やシーケンサ（PLC）、分散制御システム（DCS）のレベルではローカルベンダーが開発やメンテナンスで幅を効かせており、日系企業においては、本社で開発したソフトウェアや日系ベンダーが開発したソリューションが用いられている事例も見られる。

④ インダストリー4.0の要素を取り入れているローカル企業は少数派

一般的にチェコの中小製造業は、静観している企業が多いが、今後チェコ政府が計画しているインセンティブ（企業がインダストリー4.0関連のソリューションを導入した際のコスト助成プログラム）が開始されると、動きが加速する可能性もある。国立インダストリー4.0センターが普及に向け進めているテストベッドの活用促進が期待されている。

<ユースケース調査結果の概要>

今回調査した50のユースケースのうち、42は工場内、8は工場以外での取り組み事例だった。また、報告のあった40社のうち半数は自動車関連企業であり、15社は年間売上250億円以上、1,000人以上を雇用する企業である。取り組み内容に応じて以下の通り6分類し、概要を報告する。

① 協調ロボット（6ケース）

実際にシュコダ、ボッシュといった大手企業であっても、協調ロボットの導入は未だ初期段階で数台が実験的に生産ラインに入っている程度。その一方、あるドイツ系部品メーカーは、顧客からの多様な要望に応えるためにも協調ロボットを20台程度導入、今後更に増やすことを検討。さらに2020年までには協調ロボットのトレーニングセンターの建設も検討している。

ローカル企業においては、値段の安さからかスイスのABB社や米国のユニバーサルロボット社製が多く採用されていたが、協調ロボットは納品から実際の運用までに4~6週間を要することがあるという。また、労働者に代わってラインに入って作業ができる利点があるが、通常のロボットに比べるとタクトタイム（製造ラインに資材を投入してから製品が完成するまでの時間）が取られるため、多品種少量生産のラインには適しているが、生産効率の向上を目標に掲げる企業では普及が進まない可能性がある。

一方、中小企業にとってはコストが掛かるため導入を進めるかは判断が分かれるところだが、主に人材確保が難しい電気電子産業において導入が進むことが予想されている。ABBによると、ソケットを取り付ける作業に限れば、協調ロボットは人間に比べ30~40%早く作業ができる。

⇒全体としては、サイクルタイムと安全面に問題が残り、現状、協調ロボットはそれほど利用されていない。協調ロボットは未だ従来型ロボットによる工程を補填するものに留まり、人材不足の解決策とはなっていない状況。

② IoTおよびITと生産設備の統合（6ケース）

大手企業では、生産設備と IoT 技術の統合への着手は始まっているが、Tier1 レベルの企業においても、生産設備毎に使用されているソフトウェアが違うため、統合には時間を擁している様子。ただ、Tier1 クラスの多くの企業では ERP を利用して生産設備からのデータをサーバーで一元管理している。ある Tier2 企業では、顧客からの要請もあり ERP を SAP のものに変更することを検討しているが、こうしたソフトの変更は現場において時間と労力が伴う作業が予想される。

ここでも生産現場でのソフトウェアの導入やメンテナンスに際してローカルベンダーが利用されている実態が明らかになった。日系企業は本社や他の海外工場で使用されているソフトウェアを使用している事例が多かったが、ある車載用オーディオメーカーでは全世界の生産拠点に先駆けてチェコで生産設備と IoT の統合を進め、チェコ工場が同社のモデル工場として認定された。同社チェコ工場は、製造における IoT を活用したシステム・インテグレーションの商品化を検討。

⇒全体としては、幾つかの企業で ERP と MES の統合は行われているが、独自の IoT プラットフォームを使用している企業は少ない。IoT および IT と生産設備の統合はインダストリー4.0 の土台であるべきにも関わらず、チェコでは多くの場合にこの要素が見落されているのが現状。

③ 自動化（7ケース）

これまで手作業で行われていた工程をロボットに置き換えることにより、生産効率を上げる取り組みは引き続き実施されており、特に日系企業の現場ではカイゼン活動の一環で行われている傾向がある。また、投資回収期間が半年～2年程度となる設備投資が多い。

一方で、日系製造業の中でも新しい製品を製造するプロジェクトが予定されている場合、全自動もしくは半全自動の設備を置くことで対応する企業もあり、そうした場合には10年単位の減価償却を想定している。

いずれにおいても、自動車産業を中心に自動化により20～30%の生産効率を上げることを目標にし、工場内の労働者数を維持もしくは減少させて生産高を30%程度引き上げることを目指す事例が多い。

⇒全体としては、インダストリー4.0の特徴を欠いた従来型のロボットが未だ多く見られた一方、AGV（無人搬送車）のパイロットプロジェクトは製造現場や倉庫において多く見られた。従来型の自動化とインダストリー4.0の融合がチェコの労働力不足の解消となる可能性がある。

④ 予知保全などの分析とビジュアライゼーション（15ケース）

インダストリー4.0における大きなトレンドが予知保全であり、機械を止めずに生産を継続できるよう、異常が起こる前にメンテナンスが入る仕組みを目指すもの。シュコダはプレス機器に何百ものセンサーを取り付け、そこから得られるデータを分析して、異常値が見られる場合は作業員が携帯端末でどこからでもメンテナンスを行うことができる仕組みを導

入している。迅速且つアップデートされた現場データを担当者が見ることができる。

ある自動車メーカーにおいては、画像認識システムやモビリティ端末を利用した予兆保全の取り組みを幾つか導入し、大きな設備投資をせずに予知保全のシステムの導入を目指している。

あるドイツ系大手自動車部品メーカーは、オフィスにいながらリアルタイムで生産ラインを監視できるシステムを導入。問題が起こる前にアラートが発されるため、機械の故障が5%減少した。またハードニング（固形化）のプロセスにおいてもリアルタイム・モニタリングを導入。同プロセスにおいては温度管理が重要で製品単価も高いため問題が生じるとロスが大きいが、問題が起こる前にアラートが発せられるシステムを導入することで、修理コストが58%、交換コストが48%減少した。同企業ではチェコのベンダーであるフォクソン(FOXON)のシステムを利用している。

⇒全体としては、データ履歴を取っている企業は僅かだが、幾つかの予知保全システムは市場に出始めているという状況。ただデータ分析と予兆保全は未だ実証段階にあり、実際に生産現場で使われているケースは非常に少ない。

⑤ デジタル化 (8 ケース)

ペーパーレス化は主にローカルの企業を中心に取り組みが進められている。現場の担当者とシステムインテグレーターが生産データの紐付け作業を行い、これまで紙媒体で情報のやり取りが行われていた工程のデジタル化を進めるもの。中小企業は大企業と違ってデジタル化を進める資金力が乏しいため、複雑な仕組みを取り入れることは難しく、ローカルベンダーを中心にその企業の需要にカスタマイズされた製品を導入している。

一方、ローカル系住宅ドアメーカーでは、製造現場と発注現場のデータの統合が進み多品種少量生産が可能となっており、顧客開拓の面においてもビジネスの幅が広がっているという。生産現場では以前と同じような手作業が多く残っているが、デジタル化を進めることで営業と製造現場とのコミュニケーションが一層改善され、一体感が出ている。

⇒全体としては、ペーパーレス化推進と従業員の訓練教育の重要性向上が認識されている一方、従業員のマインドセットに伴う軋轢も問題として浮上している。

⑥ デジタルツインや3Dプリンタなどの追加的製造技術 (6 ケース)

自動化と生産効率向上の取り組みとは直接関わらないが、多品種少量生産を進める上で生産現場に研究開発を置く企業においては、3Dプリンタ、バーチャルリアリティ (VR) などを活用することでより迅速にデザイン、プロトタイプ、設計し製造に活かしている。特にドイツ系企業では導入が進み、一部の企業では稼働率を上げるために3Dプリンタを数台調達している例もある。

一方、研究開発をチェコ国内に置く例が少ない日系企業では、それほど導入は進んでいない模様。ローカル企業では砂を利用した3Dプリンタを開発しているところもあり、コスト削

減と迅速な作業に注目が集まっている。またチェコの 3D プリンタ組合によると、メンバー企業 14 社はそれぞれ BMW のような大手企業からマスカスタマイゼーションの作業を請け負う例もあり、チェコ国内の 3D プリンタ市場は 2016 年に 61 億ドルに達した。

⇒全体としては、3D プリンタは未だ直接生産ラインでは使用されていないが、特に自動車産業の開発プロセスの迅速化のために広く利用されている。素材はプラスチックや金属、砂が利用されている。

(3) ユースケース事例集

ジェトロ・プラハが訪問した 2 社のユースケースを紹介する。

① 日系自動車用部品メーカー

<インダストリー4.0の導入について>

同社がインダストリー4.0によりパフォーマンスの改善を目指すのは、既に自動化されている表面実装技術（SMT：Surface mount technology）など。高度な技術が求められる鋳型成型、塗装は今後開発・拡張する予定で、半自動化されている工程は内製化する部分と周辺の中・東欧諸国への外注、手作業で行われている工程は中国やバングラデシュなどに外注すべきと考えている。

同社では 2011 年からドイツのソフトウェア企業 SAP の生産管理システム(MRP)を導入。また、SAP のサプライチェーン計画最適化ソリューションである「APO:Advance Planning& Optimization)」も導入しており、2018 年には、予知保全を導入する予定。

チェコのコンサルティング会社で、製造工程およびロジスティクスのデジタル化に特化しているエイムテック（Aimtec）が品質管理システム（SappyQMS）を導入。これは、SAP の ERP プラットフォームに基づくシステムである。また、エイムテックは、生産スケジューリングシステムである「アスプローバ」の開発・販売を手掛ける日本のアスプローバのチェコとスロバキアにおける代理店であり、アスプローバのシステム（APS：Advanced Planning and Scheduling）を同社の親会社に導入。これにより、生産計画のシミュレーション、生産工程の同時化、従業員のワークスペースのより正確なラインの構築、正確性チェックなどが可能になった。

<自動化について>

自動化の目的は品質管理と生産性の向上。OEM 生産のため、顧客の要求に合わせた工程もあり、要所要所にソフトやロボットを入れて対応している。製造工程では SAP のソフトパナシム（PanaCim）を導入し、製造ラインのトレースが可能になった。台湾や他のアジア諸国でも同様のものを導入しているが、工場間での連携はしていない。

これまでは組立て工程を従業員に頼っていたが、ファナックのロボットを導入してネジ止めまで自動化した。実装基板の製造工程はモバイルデバイスによるメンテナンスサポートもあり、日本の工場よりも少ない人数で管理している。ロボットを使った自動化は会社の中でチェコ工場が初めて導入したものが多く、チェコから中・東欧やアジアへ同様に展開している。従業員

の作業自体が簡易になり、研修期間が少なくて済むようになった工程もある。

倉庫に入荷された部品（リール状になっている実装基板の部品）に、工場内で管理するための番号シールを張り付ける機械を地元チェコメーカーの K2 マシンと共同開発した。このようなソリューションのプロバイダーは、ドイツ・ミュンヘンの展示会「プロダクトロニカ」などで発掘することが多い。

② 日系自動車関連メーカー

<インダストリー4.0の導入について>

予知保全ならびに検査自動化を中心に取り組み、各種センサー、オープンソースを用いた分析プラットフォーム、画像認識技術やモビリティ端末を利用し改革を進めている。

具体例 1：組立工程におけるトルク締付け不良を、現場の現行業務を活用して抑止すべく、1日5回の締付点検の器具をスマート化（ブルートゥース対応の検査器具とモバイル端末を導入）。このスマート設備から収集したデータを機械学習で分析し予知保全を実現、故障時の手直し対象特定、ならびに設備ライフサイクルの延長を大規模な設備更新無しで実現している。

具体例 2：チェコ地場企業のセンサー、オープンソースを用いた分析プラットフォームを用いて、製造現場において予備機の無い昇降設備の故障の予知保全を推進。とりわけデータ収集と視える化においてこの記技術を活用することで、安価な投資でのIoTを実現している。

具体例 3：点検作業の自動化を試行中。プレス品の割れ検知や組立品の検査のために、伝統的なコンピュータビジョン技術に加え、ディープラーニングのオープンソースを活用することで精度と（ソリューション自体の）開発生産性の両立を目指している。

<自動化について>

要所要所に導入しているセンサーはチェコのスタートアップであるビッグクラウン（Bigclown）の製品。大手メーカーが販売している各種センサーと比べ、同社は各種基盤（センシング、データ授受など）をばら売りし、かつデータ通信のためのソフトウェアも多数準備している。これを自前で組立て、設置することで初期投資額を最小化するとともに、必要な基盤のみを組み替えることでデータソース（振動、温度、湿度等）の選定に向けたトライアルを効率的に行えている。予知保全はセンサーから得られる環境情報と結果（故障）の紐づけ（モデル構築）がカギを握るため、こうしたセンサーが重宝される。

ソフトは米国のケプウェア（KEPWARE）の製品を導入。各種設備ブランド（シーメンスなど）と互換性のあるインターフェースを提供しているため、どのブランドのデータも同一の手順で吸い上げることが可能であり、データ収集のための技術習得と開発生産性を大幅に改善できる。（当該製品そのものはERPというより、コミュニケーションハブの役割。）

ロボットはドイツの産業ロボットメーカーのクーカ（KUKA）の製品を利用。コラボレーションロボットを活用することで、人とロボットが一緒に作業できる環境を目指している。

2. スロバキア

(1) 政策動向

2016年に経済省がアクションプラン「Smart Industry for Slovakia」を公表している。これには産業界、企業、政府、教育、社会が協力して新たな社会を作り上げるための方策が包括的に記載されている。インダストリー4.0に関連する産業の対応における優先順位としては、自動化、製造工程のデジタル化、経営システムのデジタル化、柔軟かつ総合運用性を高めるためのコミュニケーションネットワークの統合を挙げている。同アクションプランにおいては、今後スロバキアは安い人件費ではなく、高品質の製品を製造することを競争力としていくことを目指す、としている。

また R&D や企業のイノベーションを支援する戦略「Smart Specialization Strategy (RIS3)」は EU 補助金を活用するもので、同戦略に基づいて 2018 年 2 月には助成プロジェクト「インテリジェントイノベーション・イン・インダストリー」の公募が行われた。同プロジェクトは、企業もしくは非政府組織 (NGO)、公的機関の研究開発プロジェクト、研究インフラの設立などに対して必要予算の最大 50%を補助するもので、全体の予算規模は 4,000 万ユーロ。

スロバキア経済省イノベーション・ビジネス環境部の元部長であるネハヨバ氏によると、スロバキアのインダストリー4.0を巡る問題点や課題は周辺国であるチェコやハンガリー、ポーランドと同じであるが、人材不足の状況がそれほど深刻でないため、企業の自動化への対応は周辺国に比べると遅れているという。また、2018年3月時点では政権が不安定な状況にあるため、政府としても次世代に向けた新しい施策が打ち出せない事情もある。

政府は 2016 年頃から社会のデジタル化を進めるための会議や委員会が設立され、議論が行われているが、政府が主導してテストベッドやコンピテンスセンターのようなデジタル化を推進する施設は建設されるには至っておらず、大手企業が個別に取り組んでいるのが現状である。

3. ポーランド

(1) 政策動向

① 政府での議論の経緯

ポーランドでは、もともとドイツ含む外資企業が中心となって、数年前から民間主導でインダストリー4.0（ポーランド語：プシェミスウ 4.0）の普及活動が行われてきた。国内のインダストリー4.0に関する主要会議の中で、最も開催回数が多いヴロツワフの会議には、当初から主催者としてファナックも名を連ねている。

表1: ポーランドで行われている主なインダストリー4.0関連会議・展示会

会議・展示会名	場所	種類	時期	2018年開催日	参加費	ウェブサイト
Przemysl 4.0	ワルシャワ	会議	2016年から毎年4月	4月10日	有料	http://przemysl40.eu/
Fabryka Przyszłości 4.0	ヴロツワフ	会議	2014年から毎年10月	未定	有料	http://przemysl40.pl/
Technology&Innovation Days	ウヅ	会議	2018年が初めて	9月5-6日	有料	https://innovationdays.com.pl/en/
Warsaw Industry Week	ワルシャワ郊外	会議/展示会	2017年から毎年11月	11月6-8日	有料/無料	http://industryweek.pl/?lang=en
Automaticon	ワルシャワ	展示会	1995年から毎年3月	3月20-23日	入場無料	http://www.automaticon.pl/en/
Innoform	ビドゴシュチ	展示会	2017年から毎年4月	4月24-26日	入場無料	http://innoform.pl/gb/
ITM Polska	ポズナン	展示会	毎年6月	6月5-8日	入場有料	http://www.itm-polska.pl/en/
Industrial Spring	キエルツェ	展示会	毎年4月	4月10-12日	入場無料	https://www.targikielce.pl/en/calendar-of-events.1555.htm
Maintenance	クラクフ	展示会	2009年から毎年10月	10月10-11日	入場無料	http://mtc.krakow.pl/gb/

(出所) ウェブサイトなどよりジェトロ作成

一方、政府レベルでの議論は、隣国チェコに遅れをとっている。背景には、インダストリー4.0への警戒感（極論として、人が機械に置き換えられることへの警戒）やポーランド企業の関心の低さなどが考えられる。しかし、ポーランドのGDPに占める製造業の割合はEU平均を上回り、インダストリー4.0への対応は、喫緊の課題となっている。そこで、経済政策の策定を一義的に担ってきたモラヴィエツキ首相が首相就任前の副首相兼経済開発相兼財務相時代に中心となって策定した中期成長戦略、いわゆる「モラヴィエツキ戦略」では、インダストリー4.0への対応は重要な課題として位置づけられている。特に、同戦略では、ポーランドが将来的には相対的な労働力のコスト競争力を失っていく中、「中所得国のわな」に陥ることを回避することが重要なテーマとして掲げられている。そのため、インダストリー4.0を含め、新技術の導入、イノベーション・研究開発の推進（特に中小企業によるもの）は、重要な政策課題として位置づけられた。

その結果、2016年半ば以降、急ピッチで政府主導の議論も進められることとなり、2016年6月30日に政府の諮問機関として「産業変革対応チーム」の発足が発表され、翌月同チームが

発足した。モラヴィエツキ戦略のパブリックコンサルテーション用の文書では、インダストリー4.0に対応する技術インフラと競争力の構築が課題として掲げられ、ポーランドでのインダストリー4.0推進機関として、「ポーランド・インダストリー4.0プラットフォーム」の設立が提唱された。

その後、産業変革対応チームのもと、2016年9月に複数のワーキンググループが立ち上げられた(表2)。グループのメンバーは関係省庁、産業界(業界団体、企業)、大学関係者などから構成され、ドイツ企業のシーメンスや産業用ロボットのクーカなどがメンバーとなったほか、在ポーランド・ドイツ商工会議所も一部グループのメンバーとなった。事務局は経済開発省(当時)イノベーション部が務めた。また、ドイツの空気圧機器メーカーのフェスト(FESTO)ポーランドの社長を長年務め、ポーランドのインダストリー4.0の議論をリードしてきたアンジェイ・ソルダティ氏も、その後経済開発省(現在は企業・技術省がインダストリー4.0を所管)に参画した。

表2: 産業変革対応チーム ワーキング・グループ(WG)一覧

WGの名称	検討内容
標準化WG	電気自動車など標準の導入に必要な製品のリスト化、法制の遅れによる製品開発の障害の特定。
産業へのデジタル支援WG	IoT技術を持つ中小企業のリスト、競争力マップ、インダストリー4.0の導入に活用できる既存の研究ユニットのマップ作成。
ソフトウェア・データ加工WG	国家データ戦略の骨格を議論、3月にシンポジウムを実施。
教育・技術・人材WG	産業界の必要とする技術、人材の特定。
法的枠組みWG	用語の検討、クラウドの導入にかかるものなど法的障害の特定。
統計WG	統計局(GUS)のレポート分析、ICT分野での統計の可能性の検討。
ポーランド・インダストリー4.0プラットフォームWG(新設)	プラットフォーム立ち上げの検討。2016年12月の全体会で創設を決定。プラットフォームは2017年中の立ち上げを予定。

(出所) 経済開発省資料、産業変革対応チーム2016年活動報告書より作成。

② 中小企業向けを中心とする支援体制

ワーキンググループでの議論を経て、官民交流、中小企業への技術導入支援の核となる「未来の産業のためのプラットフォーム基金」を設立する方向で現在調整が進められている。プラットフォームを通じ、ポーランド産業市場で相互交流を促すエコシステムの形成を促すのが目的だ。政府は現在法案を検討している。予定より遅れているものの、2月21日に法案のパブコメを終え、国会への法案提出を準備している。

インダストリー4.0の啓蒙に向けた対外発信活動も活発化している。2017年4月のドイツの産業技術見本市「ハノーバーメッセ」では、ポーランドはパートナーカントリーを務めた。ポーランドのナショナル・パビリオンにはスタートアップ含め200社以上が参加し、拡張現実(AR)

プラットフォームなどに取り組む地場大手 IT ベンダー、トランジション・テクノロジーズとスイスの ABB との契約調印式が行われるなど、インダストリー4.0 を巡るビジネスが大きなテーマとなった。ポーランド国内では、2018 年 2 月 21 日に技術・企業省が政府として初めてインダストリー4.0 に関する会議を開催し、入場を制限するほどに盛況となった。なお、この会議は、欧州委員会主導の「EU インダストリー・ウィーク」の一環として、欧州内で 2018 年 2 月から 4 月まで約 50 件実施されたイベントの一つである。

並行して、ポーランドで各地の工科大学が中心となってコンピテンスセンターの設立が進められている（表 3 参照）。ドイツ同様、中小企業がインダストリー4.0 関連技術を実際に導入していく支援が目的で、各技術のデモを紹介し、中小企業向けにワークショップ、トレーニングを行う。上述の 2018 年 2 月 21 日の会議では、工業地帯であるシロンスク地方にて、シロンスク工科大とカトヴィツェ特別経済区（SEZ）との間でシロンスク・コンピテンスセンターの設立に関する覚書が結ばれた。

また、こうしたコンピテンスセンターの人材育成のために、政府はシロンスク工科大、ワルシャワ工科大、ポズナン工科大とともに、「インダストリー4.0 インキュベーター」と呼ばれるパイロットプロジェクトを立ち上げた。博士以上の学生などを選抜し、特別なプログラムを提供。インダストリー4.0 の実施を担う人材を育成する。ヴィエルコポルススキ県のプログラムでは、講義の実施に当たっては、地場システムインテグレーターのアストール（Astor）や IT ベンダートランジション・テクノロジーズ、シーメンスなども専門家を派遣する。また、シロンスク県のプログラムでは、学生がインダストリー4.0 の進捗度合いを測る質問票を作成し、この回答に応じてそれぞれの企業に対する個別の提案を行うことも実施されている。このほかに、航空産業の集積するジェシュフにあるジェシュフ工科大学との協力で、インダストリー4.0 国家クラスター（Krajowy Klaster Industry 4.0）の創設も進められている。同クラスター主導で、2018 年 2 月にはジェシュフでインダストリー4.0 に関する会議が開催された。

表3: 現在計画のあるコンピテンスセンター一覧

地域	主体	協力企業	プロジェクト概要	完成予定	ウェブサイト
マゾヴィエツキ県	ワルシャワ工科大学	PGE、サムスンなど	生産ラインでのインダストリー4.0技術導入のデモ施設を含む「Kampus+」を県内複数個所に設立	2020年	http://kampusplus.pl/
ヴィエルコポルススキ県	ポズナン工科大学 ポズナン・スーパーコンピューター・ネットワークセンター(PCSS)	-	ヴィエルコポルスカ先進情報技術センターの一環として設立。物流、ロボティクス、エネルギー効率性についてデモ技術提示。	2018年	-
シロンスキ県	シロンスク工科大学 カトヴィツェ特別経済区	カトヴィツェ特別経済区進出企業	シロンスク・コンピテンスセンターをグリヴィツェに設立。デモについてはグリヴィツェテクノロジーパークと提携。	2018年	http://przemysl40.polsl.pl/

2018年2月21日技術・企業省主催会議プレゼン、資料よりジェトロ作成

インダストリー4.0 を含め、新技術の導入、研究開発の実施は、ポーランドにとって大きな

課題となっている。モラヴィエツキ・プランでも、「中所得国のわな」からの脱却、イノベーション、技術力のある製品の不足が課題として挙げられた。特に、中小企業による研究開発、新技術導入は大きな課題だ。こういった状況から、同プランでは研究開発や新技術の導入を促進するための様々な措置の導入を提案している。

実際に、同プランの提案に従い、研究開発や中小企業による新技術の導入に対して税控除などで従来より有利な措置を導入するイノベーション法が2017年1月に発効した。政府は、さらに抜本的な改革を目指すイノベーション法の導入を目指している。

表4: インダストリー4.0関連技術導入に活用可能な政府の主要な支援

支援機関	プログラム名称	プログラム内容
NCBiR	ファストトラック(Szybka Sciezka)	研究開発(R&D)(総額7億ズロチ)複数回募集。
企業・技術省	イノベーション・バウチャー(Bon na Innowacje)	研究機関との共同研究を補助。34万ズロチ、投資総額の85%いずれかが上限。
	知識開発プログラム(EU補助金実施プログラム)	革新的製品の導入への補助(総額860万ユーロ)
	一括減価償却(Jednorazowa Amortyzacja)	特定の機械導入について10万ズロチまで控除対象に。
	研究開発控除	研究開発について税控除(2018年よりSEZ入居企業も対象に)
BGK銀行	中小企業向け貸付	EU補助金を活用し、イノベーションなどの目的に中小企業に貸し付け。

(出所)2018年2月21日技術・企業省主催会議プレゼン資料よりジェトロ作成

(2) インダストリー4.0の導入状況

①概観

政府の支援策は徐々に具体化し始めたが、実際には工場でのインダストリー4.0関連技術の導入は、他の中・東欧諸国同様、初期段階にある。ポーランド地場の有力システムインテグレーターであるアストール(ASTOR)の市場調査(2017年)によれば、ポーランド企業の多くは、自国産業が第三次産業革命かそれより手前の段階にあると考えている。

もともと労働コストの優位性を武器に欧州の生産拠点として機能してきたポーランドは、自動化はあまり進んでいない。他国と比較してもロボットの導入割合は少なく、国際ロボット連盟(IFR)の「ワールド・ロボティクス2017」によれば、2016年の製造業の従業員1万人当たりのロボット保有台数は32台。これは近隣のチェコ(101台)、スロバキア(135台)、ハンガリー(57台)などと比べても極めて低い水準で、インダストリー4.0如何を議論する以前になすべきことはまだまだ多い。

また、特に地場企業に顕著だが、初期投資に慎重で、短期での効果を求める傾向がある。ポーランドに販売拠点を持つある日系の一般機械メーカーによれば、昨今の人手不足を受けロボットへの引き合いは増えているものの、ポーランドでは、投資をできるだけ抑え、少しずつ導

入していこうとする傾向がみられるという。短期的効果が比較的検証しやすい予知保全サービスを導入する企業が多いのもポーランドの特徴ともいえるだろう。

ただし、ドイツ企業を中心に、外資企業ではインダストリー4.0 導入検討チームを工場内で立ち上げ、関連技術の導入の検討、検証を始めているところも現れ始めている。ポーランドに拠点を持つドイツのセンサーメーカー、バルーフ (Balluff) によれば、多くの企業が RFID タグ (非接触自動認識装置) を導入するなどして工場の見える化を進めている。あるドイツメーカーのポーランド工場は既に一部の部品についてドイツの工場とデータ連携しており、在庫の大幅な削減に成功した。また、人材不足、それに伴う賃金上昇、さらに、中長期的にはポーランドでも少子高齢化が進むこともあり、地場企業の関心も高まっている。IFR によれば、今後2年間でロボット保有台数は45%上昇する見込み。ポーランドは、自動化、インダストリー4.0 関連技術導入の大きな可能性を秘めている市場ともいえる。

上記アストールの報告書によれば、インダストリー4.0 に向けての移行期の最中にあると考える企業も増えており、3分の1の企業が、インダストリー4.0 に向けた何らかの措置をとっており、大多数の企業がこの問題は競争優位性を確保するうえで決定的に重要であると認識しているという。自動化の導入も進み、2013年には全く自動化を導入していないと回答した企業は13%だったが、2016年にはわずか4%となっている。さらに、完全な自動化をしていると回答した企業は26%に上り、2013年の13%から大幅に増えている。

また、経済開発省 (当時) とシーメンスが共同で作成した報告書「ポーランド・スマート・インダストリー2017 (Smart Industry Polska 2017)」によれば、ポーランドの中小企業の実に77%が、2016年に少なくとも1つの先進的技術 (ロボット導入による自動化が多数) を導入したという。上記の表1にある通り、ポーランドではインダストリー4.0 関連技術の紹介、啓蒙のために多くの会議、展示会が毎月のように開催されている。

②ソフトウェア面で地場企業が活躍

他方、ポーランドは優秀なソフトウェア人材を豊富に抱える。著名なプログラミング・コンテストサイトである「ハッカーランク」のランキングによれば、ポーランドは中国、ロシアに次ぎ優秀なディベロッパーを抱える。そのため、インダストリー4.0 関連ソフトウェアを開発したり、関連技術の導入を促進していこうという地場ソフトウェア企業も現れ始めている。

例えば、最近急速に力をつけつつある IT ベンダーのトランジション・テクノロジーズ。同社はポーランドがパートナーカントリーとなった2017年のハノーバーメッセにも出展し、モラヴィエツキ副首相兼経済開発相兼財務相 (当時、現首相) 同席のもと、スイスのABBとの契約を発表した。拡張現実 (AR) プラットフォームを提供する米国の PTC のパートナーとして、ARを活用したIoTプラットフォームの導入に注力している。既にフィアットや大手航空関連メーカーなどが同社の協力のもと、工場での試験導入を行っている。

インダストリー4.0 関連のスタートアップも続々と現れている。例えばクラクフに拠点を置くエルモディス (Elmodis) は、モーターの電流解析に人工知能 (AI) を活用した予知保全サービスを提供している。同社開発のデバイスを電源と接続することでデータを入手できるため、既存の古い機械にそのまま使える (レトロフィット)。また、もともと機械のメンテナンスを

していたエンジニアなどを同社は抱えるのが強み。従業員の9割近くがエンジニアで、機械に熟知したエンジニアがいることで、機械の劣化判断の評価指標（KPI）も自社で設定できる。インダストリー4.0関連技術の導入に当たって課題となり得るコミュニケーションギャップも避けることができる。また、現在のビジネスモデルでは月額サービス費用を支払えば導入できるため、導入側にとっては初期投資も少なく、導入しやすい。

また、もともと鉱山機械のメンテナンス企業だったRNT社は、自社エンジニアリング技術を生かし、データ取得から解析まで手掛ける。電子機器受託生産（EMS）を活用してセンサーも独自で生産しているため、ハードウェアにも精通しているのが強み。マイクロソフトのクラウドプラットフォーム・アジュールのクラウドサービスを活用し、独自のSCADAシステム（監視制御システム）を提供しているほか、予知保全などAIを活用したサービスも提供している。

既存の大手がこうした新たなサービスを提供する企業を探す動きも活発化している。国営天然ガス大手PGNiGは、エネルギー分野の新技術探索のため、「InnVento」というインキュベータープログラムを立ち上げた。審査に合格したスタートアップは同社施設に無料で入居できる。入居企業である産業機械の予知保全サービスのプリディクテイル（Predictail）は、ガス産業向けの予知保全などデータ解析サービスを開発している。

③ 技術毎の傾向

●データの見える化、データ連携

ヴロツワフに営業拠点とエンジニアリングセンターを持つドイツのセンサーメーカー、バルーフによれば、同社のRFIDタグは多くの外資工場で導入されている。ある工場では、RFIDタグを導入した結果、ダウンタイムが数時間から20分に削減されたという。制御、自動化には取り組んでいなくても、特に外資系では工場データの見える化には取り組み始めているところが相当数あるとみられる。ただし、工場を超えてデータ連携を図っている企業はごく限定的とみられ、上記のドイツメーカーの事例は、新たに製造を開始した製品について、新規ラインを立ち上げる際、最も高価な部品の納入についてのみデータ連携を開始したもの。

●予知保全などAIの活用

ポーランドで最も導入が盛んなインダストリー4.0関連の技術といえる。特定の分野やデータが既に存在する場合は初期コストが安く済み、コスト削減の成果も見えやすいこと、高いソフトウェア・エンジニアスキルを持った人材が多く、上記のエルモディスなどこの分野でサービス展開を始めようとするポーランド企業、スタートアップも増えていることが背景にあると考えられる。

地場ソフトウェア企業のUIBS Teamworkは、AIを活用した自動生産管理システム「IPOシステム」を2013年から市場に投入している。これにより生産管理責任者さえ不要になり、既にポーランドでは20以上の工場で導入されているという。

●自動化

上記の通りポーランドの産業ロボット導入状況は、中・東欧の近隣諸国と比較しても低い水準にあるものの、近年急速に導入が進んでいる。ある外資航空関連メーカーでは、既存工場での新ライン増設に際し、ヤマザキマザック、ABBの機械を導入し、完全自動化を実現した。こ

のように、新規ラインの増設は自動化を進めるきっかけとなる。

また、自動化が進む背景には、中・東欧共通の問題となっている人手不足、それに伴う賃金の上昇がある。ポーランドでは、ドイツと比べると3分の1から4分の1の労働コストで相対的にはコスト競争力があり、また東部の失業率は高い水準にあること、多くのウクライナ人が流入（100万とも200万ともいわれる）し、労働力不足を補っている側面があることから、相対的に問題の深刻度は低い。とはいえ、人手不足が発生しているのは事実であり、企業もやむを得ず、自動化を進めている側面がある。

●拡張現実(AR)/仮想現実(VR)の活用

上記の通り、工場でのAR/VRの活用は、地場大手ITベンダーのトランジション・テクノロジーズが推進している。同社が導入支援をした例として、フランス資本の化粧品メーカーであるロレアルは生産ラインの増設決定に当たって、AR技術を活用した。CADデータをベースにして新設する生産ラインの仮想現実を作り上げ、フランス本社からの幹部訪問時に、新設のラインが実際に稼働している様子を見せた。これにより、新規生産ライン導入の意思決定を加速化することができたという。

このほかに、ARを活用することで、機械メンテナンスの効率化、コスト削減（遠隔で指導できる）などの効果が期待されている。トランジション・テクノロジーズのサイトでは、フィアットなどがポーランド工場で試験的にARプラットフォームを導入していることが紹介されている。ただし、生産ラインへの導入については、試験的な導入にとどまっている。エンジニアの受容性も導入に向けての課題だ。

地場の大手熱処理装置メーカー、セコ/ヴァルヴィック（SECO/WARWICK）は、自社の装置導入支援、遠隔モニタリング、メンテナンスの実施のため、マイクロソフトのホロレンズを活用したARサービス「SECO/LENS」を提供している。装置導入前にレイアウトの最適化を図れるほか、遠隔でモニタリング、メンテナンスを行うことで、効率化、コスト削減を実現できる。

●3Dプリンタ

ポーランドは、日本にも代理店を置くZortraxをはじめ、数多くの3Dプリンタメーカーを輩出している。ただし、その多くは産業用3Dプリンタではなく、デスクトップ型のプラスチック成型の3Dプリンタのメーカーで、今後淘汰が進むものとみられる。産業用3Dプリンタの導入事例も少しずつ現れ始めているが、現状では、3Dプリンタの導入は、プロトタイプの実成にとどまっている。建機メーカーで電気バスの製造に取り組んでいるウルススは、3Dプリンタを活用して生産した電気トラックのプロトタイプをハノーバーメッセに出展した。

興味深い試みとしては、政府系機関の資金を活用して、3Dプリンタセンターが設立されることが挙げられる。ワルシャワ南部のラドムのラドム・イノベーション技術センター（RCIT）内に設立され、米国のRPMIの大型レーザー金属3Dプリンタや、GEが買収したドイツのコンセプトレーザー社のレーザー金属3Dプリンタなど計7台保有する。3Dプリンタを活用した製品の市場化支援を行っており、上記のウルススの電気トラックプロトタイプはここで製造された。

●協調ロボット

チェコほどではないが、ポーランドでもフォルクスワーゲン（VW）など外資を中心に協調ロボットを導入する工場が現れ始め、メーカー側も供給体制を整えている。スイスのABBは2018

年1月末、ワルシャワにあるロボティクスセンターを拡張し再オープンした。協調ロボットなども揃え、デモセンターとして機能する。

協調ロボットメーカーの米国のユニバーサルロボットが2017年7月にワルシャワで開催したワークショップでは、フランスの自転車タイヤメーカー、ハッチンソンが主に機械操作に協調ロボットを導入していることが紹介された。ユニバーサルロボットによれば、協調ロボット導入コストは通常のロボットより相当低く、投資収益率（ROI）は200日に満たない場合もある。それもあって、ポーランドでも、協調ロボットへの関心が高まっており、中小企業からの引き合いも増えているという。なお、ユニバーサルロボットは、2016年12月にプラハに拠点を設立し、2017年3月にポーランドにセールスマネージャーを置いている。

一方、実際には協調ロボットの導入には消極的な企業が多いとの指摘もある。2018年4月4～5日に開かれた「第5回現代生産フォーラム（Forum Nowoczesnej Produkcji）」の協調ロボットのセッションでは、従業員のマインドの問題（ロボットと協業することへの心理的な抵抗）、万が一の事故の場合の安全保証（事故に対応する法体制、保険も含む）などの問題が特に障害となっている点が指摘された。

(3) ユースケース事例集

①完成車メーカー（ビッグデータ分析、AI、モバイルデバイスサポート、IoT、拡張現実（AR））

世界的なビジネス展開をしている同社では、各地の顧客の嗜好、規制変更に合わせて迅速な対応の必要があることから、従業員のためにARとIoT技術を活用したソリューションを採用している。インターフェースにはタブレットと拡張現実メガネ（ARグラス）を利用し、従業員の日常作業における効率化に貢献している。このシステムの導入により、製造に関連する情報がリアルタイムで各機械に提供され、従業員に対する紙媒体の説明書が不要になっただけでなく、規格の変更への素早い対応など、管理の質が向上した。同システムは、自動化システムから抽出されるデータおよび現実の視界に3Dイメージを重ねるグラフィックデザインを活用している。

②AFM デフム（CNCマシンメーカー）（ビッグデータ分析、AI）

新しい生産工程管理システムとして、リアルタイムの状況に応じて生産最適化すべく、前述のUIBS TeamworkのIPOシステムを導入。同システムが独自に生産過程、情報や素材の管理、人員体制や機械を含めたすべての資源について管理し、決定を下している。システム導入以前は過剰生産や製造現場での従業員の非効率な管理といった様々な問題が発生していた。

③ヴィシニオフスキ（建材メーカー）（自動化）

ポーランドの建材メーカーで、同社製品は欧州で幅広く販売されている。様々なサイズ、タイプのフェンスを製造するため、溶接過程におけるフェンスシステムの自動化は非常に複雑な工程となっている。最新のロボット、コントロールシステムでは、広域の生産過程で顧客のニーズをくみ取ることと製造過程の最適化が可能になった。ソフトウェアはシステム・インテグレーターによって開発、導入され、発注が滞りなく流れるよう管理している。注文がERPシステムに記録されると、自動的にロボットのプログラムに翻訳される。システムは、それぞれの注文の仕様により、溶接工程のプログラムを自動的に設定し、カスタマイズされた大量生産が

可能となる。

④ ロレアル（化粧品会社）（データビジュアライゼーション、AR）

同社副社長によるポーランドの工場訪問に際し AR 技術が活用された。AR により導入予定の生産ラインを可視化しただけでなく、技術的な変数や導線、従業員の安全性に関する情報も提供された。投資決定に不要な詳細な技術、専門情報を省きメッセージを単純化（可視化）することで、意思決定権者がコンセプトやアイデアをよりよく理解できることとなり、投資へのゴーサインの蓋然性を高めた。

⑤ ロトス・グループ（石油精製会社）子会社（ビッグデータ分析、AI）

モニタリングとコスト削減による生産性向上のため、MES システムを導入した。同システムはエネルギー使用状況に関する全てのデータを集め、KPI（主要業績評価指標）をリアルタイムで計算し、生産受注への対応、生産工程の効率性の管理などの全てのデータを集約し、生産発注や効率的な生産過程、SAP とラボシステムとの通信の自動化などを行う。

⑥ ウルス（建機/バス・トラック製造メーカー）（3D プリンタの活用）

3D プリンタによるトラック車体の製作プロジェクトを実現した。このプロジェクトは車体の表面の再設計、プリント工程、その他車体完成までの様々な要素を含み、特にプリント工程には 720 時間にわたる光造形法が含まれる。一連の作業は世界最大の 3D プリンタを利用し、実現した。これによりかつてない規模、スピードでのプロトタイプの実現が可能になった。

⑦ イエローラインエンジニアリング（設計コンサル企業）（3D プリンタの活用）

同社は最適な設計と工程を確定するために複数の 3D モデルを製作し、橋を建設する前に問題発生の可能性を予見し、回避した。

⑧ IT 企業（モバイルデバイスサポート、AR）

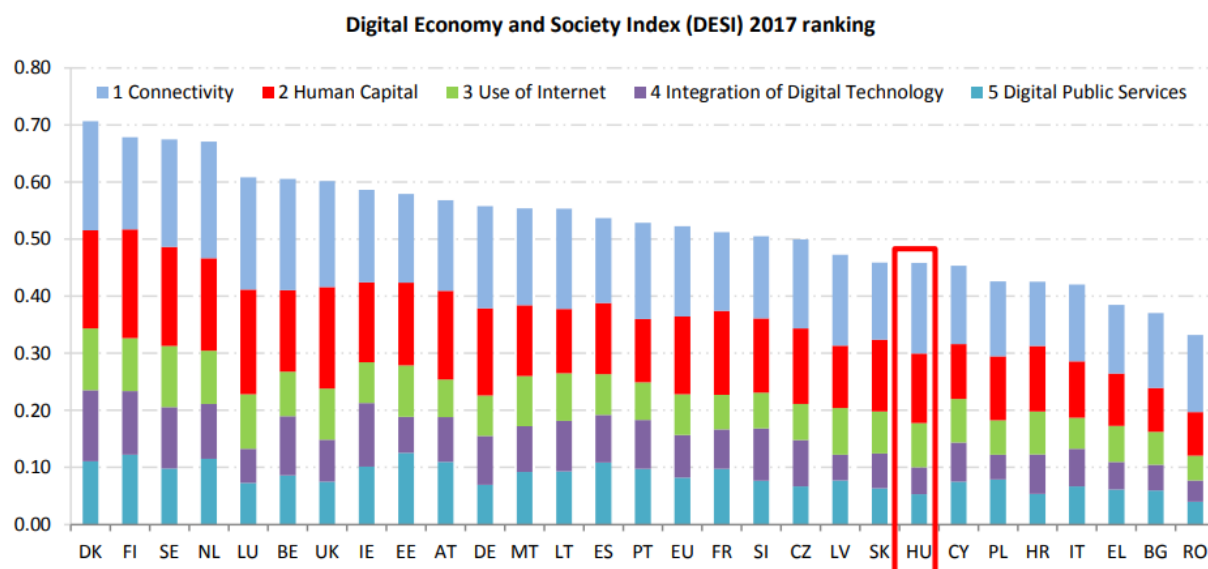
顧客向けにリム（車輪）を提供するポーランド大手オンラインショップ向けに AR を用いたソリューションの開発を行っている。顧客はオンラインショップのアプリとスマホのカメラを使うことで、リムを自身の自動車に搭載するとどのような外観になるかを AR で確認することができる。

4. ハンガリー

(1) 政策動向

欧州委員会が毎年公表している EU 加盟 28 カ国のデジタル化を指数化した「デジタル経済および社会指数」によると、2017 年調査ではハンガリーの順位は 21 位で、通信やデジタル人材の分野などで前年から改善はみられるものの、全体ではデジタル化は EU 平均を下回る水準にある（図 1）。そこで、政府が状況を大きく改善するための手段として注目したのが、デジタル化による国内産業の再構築である。これが製造業の国際競争力向上、人手不足対応に役立つことが期待される。

(図 1)

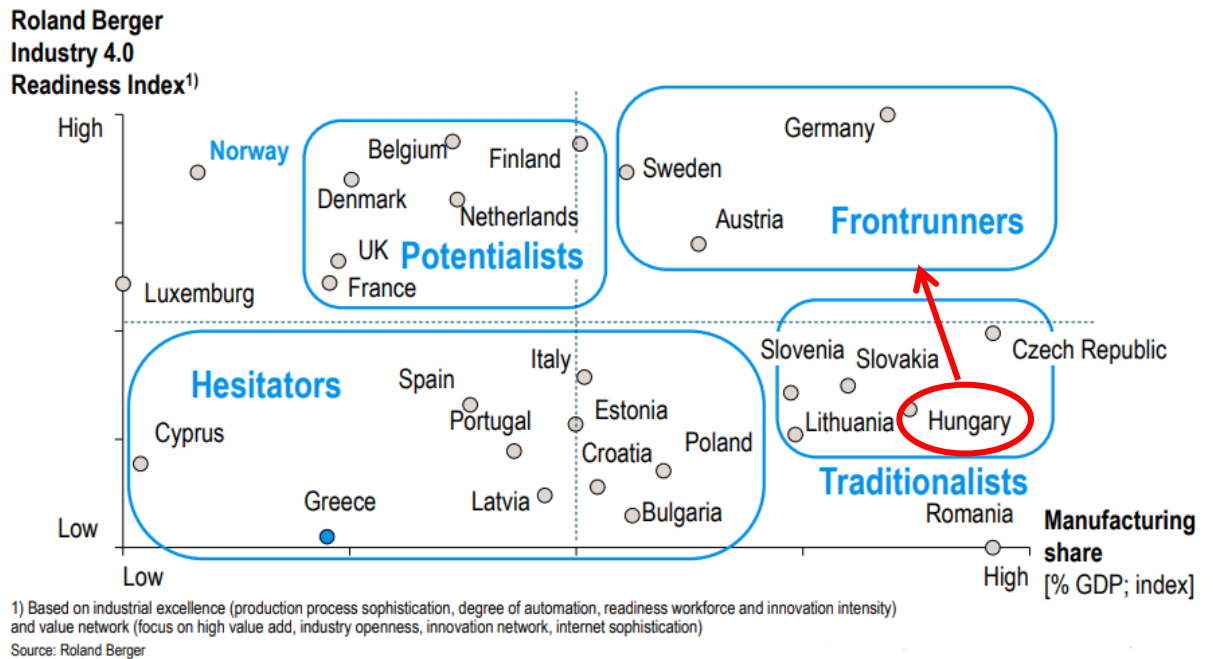


出所：欧州委員会

他方、図 2 はコンサルティング企業のローランド・ベルガーが公表している EU 各国のインダストリー 4.0 準備状況の分類図だ。政府は、ハンガリーのポジションを現在の「Traditionalists」（従来型製造業）から「Frontrunners」（先駆者）グループに近づけたい考えだ。

(図 2)

Industry 4.0 readiness – Positioning European countries for Industry 4.0



(出所) ローランド・ベルガー

政府が産業デジタル化に向け導入した政策が、「国家情報通信戦略 (The national Info-communication Strategy) 2014-2020」と「イリニー計画」である。特に、2016年2月に国家経済省が発表した工業開発計画であるイリニー計画の主な目的は、長期的な経済成長を支えると期待される7つのビジネス分野である①自動車製造、②機械製造、③健康産業と観光、④食品産業、⑤環境経済、⑥通信およびシェアサービス、⑦防衛産業において付加価値の高いモノづくりを推進し、2020年までにGDPに占める製造業の割合を30%に引き上げることを目標としている。

自動車製造の分野では、政府は自動運転と電気自動車に関心を示し、ハンガリー西部、オーストリア国境近くのザラエゲルセグで、敷地面積250万平米の自動運転用テストコースの準備を進めている。自動車関連企業に研究開発拠点として売り込み、外国企業の投資誘致にもつなげたい考えだ。

イリニー計画に基づき、付加価値の高い産業分野での政府補助金などの支給が始まっている。例えば、「経済開発およびイノベーション推進プログラム (GINOP) 2」を活用してクノールブレムゼ (ブレーキシステム研究・製造) やピック (加工肉食品製造)、ボッシュ (自動車部品製造)、Tシステム (通信システム開発) などドイツの進出企業をはじめ69社に2017年6月の時点で660億フォリント補助金などの支給が決まっている。アウディ工場のお膝元にあるジュール大学で実施されるプロジェクトでは、18.3億フォリントの助成を得て、科学アカデミー、アウディ、地元自治体などの協力のもと、「インダストリー4.0 高等リサーチ・イノベーション

センター」を立ち上げる予定。実際の製造やサービス、物流システムに適合するシステムデザイン、製造管理、最適化のための世界に通用するソリューションの開発を進め、中小企業による活用も視野に入れている。また、別の支援プログラム（GINOP1）では、中小企業のデジタル化と自動化促進のため 23.5 億フォリント規模の支援が行われる計画で、支援対象企業の募集準備が進められている。詳しくは後述する。

<インダストリー4.0 国家テクノロジープラットフォーム (I4.0 NTP) >

インダストリー4.0 国家テクノロジープラットフォーム (I4.0 NTP) は2016年5月に設立され、ハンガリー科学アカデミー、在ハンガリー・ドイツ商工会議所、ハンガリーIT協会 (IVSZ)、ボッシュ、SAP、コンチネンタル、GEなど約40の企業や団体でスタートしたが、現在は100以上で構成される公益団体である。設立にあたっては、①イノベーションを受け入れる経済環境の整備、②デジタル化に向けた挑戦にかつてないスピードで対応すること、③イノベーションに向けた大胆なステップを後押しすることを期待された。

メンバー企業は、①戦略・プランニング、②雇用、教育および訓練、③生産とロジスティクス、④ICTテクノロジー、⑤インダストリー4.0・サイバーフィジカルパイロットシステム、⑥イノベーションとビジネスモデル、⑦リーガルフレームワークの7ワーキンググループに分かれ活動している。ハンガリーに多く進出しているドイツ企業との協力関係は厚い。プラットフォームができたことで、中小企業と大手企業との交流が容易にできるようになった。

同プラットフォームは、製造デジタル化ノウハウの企業間への浸透を目的としている。なお、このフォーラムをリードする、科学アカデミーコンピュータ科学・制御研究所 (SZTAKI) によると、ハンガリーのデジタル化レベルは低く、このプラットフォームを足掛かりに中小企業へのインダストリー4.0の浸透を図りたい考えだ。国家経済省関係者によると、国内中小企業の80%はインダストリー4.0について十分な知識を持っておらず、何をすべきかわからない状況という。なお、このプラットフォームはポーランドやスロバキア、スロベニア、スロバキアなど中・東欧諸国やポルトガルのモデルになっているという。

今後、デジタル化の進展に伴い、政府は労働人口の10%に相当する30~40万人の仕事がなくなると予想している。また、今日の労働市場において技術専門家のニーズが高まっていることから、デュアル・トレーニング制度（職業学校や高等教育機関の生徒が学校で理論を学びながら企業で一定期間実習を受ける職業教育制度。地元の商工会議所が教育機関と受入れ企業を仲介）を重視している。

<中小企業のデジタル化促進計画>

中小企業へのデジタル化の浸透は、資金不足、人材不足などから進んでいない一方、取引先であるドイツ系をはじめとする欧米企業のデジタル化が進み、中小企業にとってはシステム統合ができないと受注取引に支障の出る恐れもあることから、政府は中小企業へのデジタル化への理解の促進に努めている。

インダストリー4.0をビジネス面で後押しているのが、IT企業450社で構成されているハンガリーICT協会 (IVSZ) で、インダストリー4.0 国家テクノロジープラットフォーム (I4.0 NTP)

メンバーの一員だ。IVSZ は中小企業向けインダストリー4.0 推進予算を使い、2019 年までに50 の中小製造業が自動化技術などを使ってグローバルなビジネスを展開できるよう育成するプロジェクトを始めた。

具体的には、中小企業 4,500 社を選出し、うち 1,000 社に IVSZ が協力を依頼したインダストリー4.0 先進企業であるドイツ自動車部品等製造コンチネンタル、ハンガリー自動車部品製造エルテック (Eltec)、ドイツ輸送機器部品製造フエスト、ハンガリー自動車部品製造マッヘル (Macher)、ドイツ建材製造ロト (Roto) の企業訪問と技術紹介を企画。さらに、ブダペスト工科経済大学内にテクニカルセンターを設置し、インダストリー4.0 関連技術の企業展示ブースでの技術紹介 (2018 年 4 月開所) を通じて、インダストリー4.0 技術への中小企業の理解を深める。1,000 社のうち 350 社とはインダストリー4.0 導入支援契約 (無料) を締結し 5 日間トレーニングを行う。その内容はリーン生産方式、プロジェクトマネジメントおよびビジネスプランニングの習得、企業のニーズに応じた物流やビッグデータ活用、新型高速通信網 5G など。最終的には 50 社を絞り込み、コンサルティング企業などの支援を得ながら具体的なビジネスプランを作成し、EU プロジェクトへの参加、多国籍企業との取引、市中銀行からの資金調達へとつなげるという。

本プロジェクトでは、インダストリー4.0 を、①可視化 (Visualization)、②最適化 (Optimization)、③自動化 (Automization) の 3 局面で分類し、それぞれの段階に合わせたインフラを整えることが重要と考えられている。「デジタル・リーン」をキーワードに中小企業のデジタル化を推進していく考えだ。同プロジェクトを推進するトルダイ・バラージ氏は、技術を持った日本企業のプロジェクト参加、協力を歓迎するとしており、ジェトロ・ブダペストとしても、IVSZ と連携しながらハンガリー企業に対して日本企業やその技術紹介を支援していく考えだ。

2017 年 11 月、アウディ、ボッシュ、コンチネンタル、クノール・ブREMゼなどドイツ系を中心にゼネラル・エレクトリック (GE) やコカ・コーラ (米国)、レゴ (デンマーク)、ビデオトン (ハンガリー) なども加わり 20 社以上の国内大手製造業社が、IoT 技術の導入を進める製造工程を一般公開する催しを行った。参加者は 2,000 名以上で、主催者 (IVSZ と公的機関 IFKA (Industrial Development Public Fundation) は今回のイベントを成功と評価した。次回は、上記ブダペスト工科経済大学テクニカルセンターの一般開放を計画している。ジェトロ・ブダペストは、コンチネンタルのブダペスト工場見学に参加したが、夕方と夜の 2 部制で、夕方の部の参加者は 30~40 名ほどであった。

<デジタル人材の育成とビジネスチャンス>

デジタル人材の獲得が難しくなっているハンガリーでは、金融や製造業で人材を取り合う状態となっている。

アウディやメルセデス、ボッシュなど進出ドイツ系企業を中心に始まった高校生や大学生に対するデュアル・トレーニング制度は、日系企業でも導入している例がみられる。今回の調査したハンガリー系企業でも、ブダペスト工科経済大学から数人研修生を受け入れており、卒業

後雇用した学生もいるという。

上述のブダペスト工科経済大学内に設置準備が進むテクニカルセンターにはデジタル関連企業がデモ機を設置し、学生や中小企業関係者に公開するようだ。ドイツや韓国企業は、教育機関にデジタル教材を提供しており、将来のユーザー獲得に向け準備に怠りはない。

地元の高等教育機関との関係構築は、製造業にとっては、デジタル人材確保に向けた研修生の受け入れや企業の持つ技術解説のための講座の開講のために、また、デジタルプロバイダーにとっては、未来のユーザー獲得に向けた種まきの場としても重要ではないだろうか。

体制転換から四半世紀が経過した。この間、スズキをはじめとする日本の自動車関連やサービス産業の企業が地元企業と一緒にハンガリーに深く広く根を張ってきた。アジアからは韓国やインドなどの企業集積も進むが、ハンガリー政府や企業、教育機関の日本のデジタル、FA 技術への期待と関心は高い。また、地元系システムインテグレーターも差別化のため、日系ブランドの導入に積極的なところも多い。あるデジタル専門家は、ハンガリーでは「デジタル技術のドイツ化」が進行しているが、多様化も進化の上で重要であり、日本の技術の存在感をもっと示して欲しい、と話す。ジェトロ・ブダペストでは、地元大学の新卒者就労支援説明会を主催するなどして、日本企業と地元教育機関とのビジネス連携の機会を今後も提供して行く。

(2) ユースケースの全体的傾向

ドイツなどグローバル企業を中心に、業務の効率化、労働力不足、作業の安全性の向上などに対応するため、①ロボットの導入、②デジタル技術による業務・生産工程の管理等が進む。それに伴い、ドイツやスイス、日本そして地元系のデジタルプロバイダの活動も活発になっている。ただし、グローバル企業は本国などと共有した技術の導入が容易だが、ハンガリー地場企業は独自に企業に適合した技術開発を自ら行う必要があり、インダストリー4.0 導入のスピードは資本や業務量などの理由から外資企業の後塵を拝する状況となっている。

生産現場でのロボットなどによる自動化、省人化の進捗度合は、今回調査した企業の中には、完全自動化生産ラインを最終調整中の事例、部分的導入を始めた事例、新工場を敷地内に建て大型機械の導入準備中の事例もあり、企業により大きな違いが見られた。

他方、業務・生産工程管理のデジタル化は、調査した全ての企業が深化の度合いは異なるものの既に導入しており、中には本社とのネットワーク化も進んでいる事例も見られた。工程管理のデジタル化の主な目的は、生産工程や業務上の問題の早期発見と解決、顧客の要望に迅速に対応できるようトレーサビリティの向上などだった。デジタル化に向けたシステム開発は自社で内製化または地元プロバイダの利用、さらに既成のシステム購入活用の3通りが見られた。プロバイダを利用する場合は、コストや言語を含めたメンテナンス対応を理由に地元企業を使っている。ただし、グローバル企業では、本社で統合基幹業務システム（ERP）として SAP を使用するところもあり、インターフェース上の擦り合わせの必要性が発生しているようだ。

好調な経済を背景に、ハンガリーでは労働力不足が顕在化しているため、生産現場でのロボット導入により自動化を進めている理由は生産現場での省力化と想像していたが、今回調査した多くの企業は拡大する需要への対応を第1の導入理由に挙げた。西欧に比べ依然労働コストの低いハンガリーでは、全面的にデジタル技術の導入を図る企業は見られず、生産工程の一部

をロボット導入で無人化するなど、限られた範囲でできるところから導入しているのが実情だ。単価が高くない製品の生産現場では、デジタル化のペースはゆっくり進んでいるといえる。最新型機器の購入でなく、既存の設備のデジタル改造を行うケースもみられた。

今回調査した企業のデジタル化を支えているのは、社内のデジタル技術者であった。ハンガリーでもデジタル専門家不足が懸念されており、ドイツ系を筆頭にグローバル企業は若手人材の育成、採用に積極的であり、地元の有力中小企業でも工科大学から研修生受け入れ、採用に繋げるケースが見られた。日系企業でも人材の育成、確保は課題となっている。今回の調査で導入例が確認された AR など IoT 技術を活用した従業員のデジタル教育も始まっている。日系デジタルプロバイダにとっても、地元教育機関との技術連携は、当地でビジネスを拡大する種まきの機会といえないだろうか。ハンガリー政府がデジタル化を推進する今が、アクションを起こす好機と思われる。

<ドイツなど外資系大手がリードするデジタル化>

ビジネス現場での IoT の浸透度合いについては、協調ロボットや生産設備統合など、日本やドイツなどの製造業、サービス業を中心に導入が始まっている。生産現場のデジタル化の話題はドイツ系企業が中心だ。

報道によると、ボッシュはハンガリー国内で最初にインダストリー4.0 を東部ミシュコルツの電動工具製造工場に導入した企業とされる。その結果、多品種小ロットを同時に効率的にそして低コストで柔軟性をもって製造することが可能になった。変動の激しいオンラインでの受注にも迅速対応が可能となったという。

SAP はボッシュと連携してブダペスト市内の IT 企業が集積する地区にある社屋を拡張し、インダストリー4.0 を踏まえたグローバル・クラウド IT サポートセンターを新設した。投資額は40億フォリントで、250名を追加雇用する。

年間18万台の乗用車を製造するダイムラーは2016年7月、工場拡張を発表、インダストリー4.0 を踏まえた工場とし、様々なモデルの乗用車を柔軟に生産可能なシステムの導入を図るとしている。

ハンガリー最大規模の自動車メーカーであるアウディは、2013年以降、エンジンや乗用車の製造工程に RFID 技術を導入して進捗管理を行い、製造や物流の効率化を図っている。さらに2016年6月には、人とロボットが連携して生産活動に携わるスマート工場実現のため、2台の協調ロボットを導入したとされる。さらに、3Dプリンタによる部品製造や工場内の自動車の自動移動も目指すとしている。

<分野別デジタル化の進捗動向>

ジェトロ・ブダペストは、科学アカデミーコンピュータ科学・制御研究所 (SZTAKI) に委託してインダストリー4.0 ユースケース調査を2017年11月～2018年2月に実施し、16社から回答を得たほか、別途6社を独自に取材した。合計22社のユースケースを①ロボット、②生産現場等情報ネットワーク構築、③自動化、④予知保全などの分析と可視化、⑤パーパーレス化、⑥デジタルツイン、⑦3Dプリンタに分類し、概要を簡単にまとめた。なお、以下では、22社

を便宜上、アルファベット（A～Q）と表す。

① ロボット

企業の多くが産業用ロボットメーカーのドイツのクーカ（KUKA）やスイスのABB製を使用。ハンガリー系自動車部品製造A社は、受注競争に対応するためロボットが付随する大型の射出成形機器の導入を決めた。ただ事業拡大にあたり、政府補助金の支援に頼り、導入のための資金確保は多くの企業にとって課題である。

日系自動車部品製造B社は、欧州は安全基準が厳しく、素手で作業する場所が限定されるため、ロボットの導入は避けられないとする。

② 生産現場などの情報ネットワーク構築

自社で独自に開発する企業もあれば、地元のシステムインテグレーターの協力を得ながら進めている企業もある。

米国系自動車部品製造C社は、労働力不足への対応のほか、自動車産業では機能、品質、環境そしてコストが重視され、顧客にニーズに対応するためにシステム導入を進める。しかし、ネットワーク構築は途上だ。日系自動車部品製造B社は、情報ネットワーク構築に比較的安価な地元のシステム・インテグレーターが開発したデジタル技術を導入している。製造現場とのコミュニケーションツールとしては、ハンガリー語対応可能な現システムが便利だが、システム拡張は技術的に心配と話す。

自前でネットワークを構築することは安価だが、他拠点とネットワーク化したり、データ分析を行う上では、外部のネットワークとのすり合わせが必要となるため、躊躇する企業もあるようだ。

日系自動車部品製造D社は、リアルタイムの状況管理、不具合の未然防止、作業の見える化、自動車メーカーからのトレーサビリティ要求に応えるため、モニタリングシステムを独自開発した。取引メーカーによっては、ガラス張りのシステムを要求する場合があるが、セキュリティ上の理由でそのような要請は極力避けるようにしている。また、生産現場の全自動機械は本国の工場とも情報の共有化が行われている、という。米国系自動車部品製造E社は、地元のシステムインテグレーターと共同で、生産現場の情報ネットワーク化を進めている。顧客からのトレーサビリティニーズに対応する必要があった。製造工程はすべてQRコードで管理されており、工程管理、品質管理とともに従業員の給与査定にも活用している。以前ドイツのシステムインテグレーターを使ったが、距離が遠く迅速な対応が難しく契約を打ち切ったという。また、同社は、欧州域内にある他の工場との情報ネットワーク化は考えていない。ハンガリー系自動車部品製造F社は、顧客の多品種小ロットニーズに対応するため、顧客とサプライヤーともオンラインでつながる製造実行システム（MES）を開発、導入した。顧客はオンラインで発注が可能だ。同社では製品はバーコード管理され、生産実績や計画はビッグデータとして解析され、サプライヤーへの自動発注に利用している。大量の部品のデータベース化がシステム導入の際の最大の障害だったという。FA機器のプロバイダでもあるドイツ系自動車部品製造G社は、生産現場の情報のデジタル

管理を始めた結果、欠陥品が減った。ロボット製造関連のドイツ系 H 社やハンガリー系 I 社は業務効率化やコスト削減をメリットと話す。

③ 自動化

企業により対応が大きく異なった。コストなどを理由に部分的に始めている企業もあれば、既に完全自動ユニット直前という事例もあった。無人搬送機は、一度使用し止めた企業も準備中のところもある。各社とも費用対効果で導入の可否を判断しているようだ。

米国系自動車部品製造 C 社は組立工程によっては、自動化は難しい分野もあるとした。別のドイツ系自動車部品企業も同様の見解を示しており、完全自動化が難しい生産工程がある場合、低賃金労働力の活用できる国・地域はコスト競争力を維持することができるだろう。日系自動車部品製造 D 社は、無人搬送車を導入してみたが、頻繁なラインレイアウトの変更に対して保守・点検が容易でなく取りやめたという。米国系自動車部品製造 E 社の生産現場は 24 時間 3 交代制で稼働しているが、本調査で訪問した時、ロボットなどで構成された完全自動ユニットの調整の最中だった。生産スピードは 2~3 倍アップし、24 時間稼働が可能とのこと。ただ、同社保守点検までは自動化できないという。ハンガリー系自動車部品製造 F 社は、多品種小ロット生産を行うため、倉庫に自動化ロボットを導入し、必要な部品を間違いなく取り出せる仕組みを作っており、省スペース化にも役立っている模様だ。ドイツ系機械製造 J 社は、CNC 用の切削工具の交換輸送を無人搬送機にやらせるべく準備中だ。これまで自転車に乗った作業員が担当し、月の移動距離は 500 キロメートル超という。プログラミングやカスタマイズのしやすさから北欧ブランドの機械と地元のシステムインテグレーターを使う。

④ 予知保全等の分析と可視化

欧州系メーカーでは既に導入が始まり、業務効率の改善とともに従業員訓練にも役立てている模様だ。

ドイツ系自動車部品製造 K 社は、AR 対応のメガネを生産現場の作業員が使っている。使用パーツの概要や番号、部品の組み付け方法がスクリーンに投影される。同技術の導入で、エンジニアの業務精度が 96% 向上、業務スピードが 30% 向上したという。北欧系家電品製造 L 社でも、AR 技術を遠隔メンテナンスに活用している。外部で作業する作業員は、専門エンジニアからリアルタイムで技術的な支援を受けたり、画像イメージや技術書の確認が可能となった。誤解や疑問が解消されたことで、コスト削減、出張や時間の節約、ミス削減、資材を迅速に現場に提要することが可能となり、効果がみられることから、他の工場も同技術の導入を始めているという。なお、ドイツ系自動車部品製造 G 社は FA 機器のインテグレータとして、製造機械の補修管理システムを開発、運用している。具体的には製造機械の補修必要か所を発熱などで特定し、補修部品の発注を済ませておくことで、機械の停止時間を最小限に抑えるものがある。

⑤ ペーパーレス化

ドイツ系自動車部品製造 M 社は、ペーパーレス MES を導入した。生産現場で必要な情報伝達の

遅延が大幅に改善され、紙媒体の発注書が原因で発生した製造ミスが回避できるようになったという。

⑥ デジタルツイン

生産シミュレーションは、現場の生産効率、生産計画の効率的判断、急な計画変更や人員不足対応に活用されている。

ドイツ系自動車部品製造 N 社は、生産シミュレーションシステムを導入しており、生産効率の改善が目的だったが、作業停止時間の削減や組み付け部品到着遅れ問題にも役立っているという。日系生活関連品製造 O 社は、シミュレーションによって生産管理に向けた適切な判断を効率的に下せることを歓迎。米国系電子電気部品製造 P 社では、リアルタイムな製造工程データをもとに、製造現場で使う機械の欠陥予測、製造工程の時間短縮などに役立っているとする。また、同 P 社は、ロスを生む要因をシミュレーション上で確認し、作業の効率化、ロスの最小化に役立っている。急な作業計画の変更、人員不足対策にも効果があるようだ。

⑦ 3D プリンタ

日系スポーツ用品等製造 Q 社は、独自に開発した 3D プリンタを使い、発泡プラスチック製品の型を作っている。以前は型の生産を外注し、納品まで 3 週間以上かかることもあったが、現在は 1 日で制作可能で、多品種製造も可能となった。試作品を安価に政策できることから、顧客の合わせた提案を行うなど、新たなビジネス開拓にも役立っているという。

<IoT 技術の段階的浸透>

労働者不足により賃金水準の上昇がみられるハンガリーだが、ドイツなど西欧に比べると依然労働コストは低いため、企業は全面的な IoT システム導入に動くことはない。

ブダペストにあるドイツ系自動車部品製造工場スタッフによると、従業員の退職や休職への対応、また品質の安定化のために労働者の代わりにロボットを立たせ、運転を始めている。同工場では自動運搬ロボットの試作も始めており、本格導入に向け各種作業のデータ収集が社内の複数個所で見られた。なお、作業工程の全自動化は可能なのか聞いたところ、ゴム製品など軟らかいパーツの組み付けをロボットで行うのは難しく、人手は一定程度必要とのこと。その意味では、労働コストの低い地域で製造することは、依然意味を持つようだ。

日系やドイツ系プロバイダであればシステム一式を納入することは可能だが、ハンガリーで操業する企業が一式を導入するのは時期尚早で、引き合いは部分導入が中心という。

あるハンガリー系プロバイダによると、機械の稼働率や操作しているオペレーターを把握できるようになるだけで 10%以上の稼働率改善が実現した事例があるという。

既存の古い機械のデジタル化技術、それも低コストで実現できるソリューションに対する地元企業の関心は高い。

(3) ユースケース事例集

公表可能な6社のユースケース概要を以下に紹介する。

① 米系自動車部品製造A社（自動化）

医療用などのプラスチック製品をハンガリー国内9箇所の製造拠点で製造し、自動車プラスチック部品の射出成型も手掛ける。ハンガリー南部の工場では、日系自動車メーカーをはじめ、米系・北欧系自動車メーカー向けやスポーツジム用機器用の部品を製造する。同工場責任者は現在、IoT技術を導入した生産体制作りに注力している。

現在、30機以上ある射出成型機械など生産設備の入れ替え作業中で、政府の補助金を活用して敷地内に建設した新工場には、香港チェン・ソン（CHEN HSONG）の大型機械がドイツ・クーカのロボットとセットで2台設置されている。また、中型ロボットも東芝製などが導入され、需要増加に対応できる体制作りを進めている。同工場責任者によると、同社が導入した射出成型機は国内最大級であり、ハンガリー国内で導入している企業は少ないという。ブランド導入の決め手はアフターサービスという。既存工場の機械は、不要な機械は処分する一方、利用可能な機械は継続的に使う予定だ。将来的には、本社も含め情報ネットワークの構築を進め、グループで製造、経営のデジタル化を進めるという。情報管理基盤としてSAPを利用している。なお、同社の別工場でも、自動車や家電メーカー向け射出成型部品を製造しており、業務拡大に対応するため、作業現場の自動化を進めている。

② 日系自動車部品製造B社（情報ネットワーク構築、生産現場の自動化と遠隔操作）

同社では、事務方ではIT化を、製造現場ではロボット導入を進めている。

IT化では、ERPは本社ではSAPを使うが、ハンガリー事業所ではコストパフォーマンスの良い地元企業のシステムを使っている。事業規模拡大により更に高度な情報管理システムの追加が必要だが、最近、ベンダーの開発力と対応力に限界を感じているという。また、現場オペレーターのためにベンダーにはハンガリー語対応を求めているため、外国で使っているシステムを持ってくればよいというものでもない。ドイツ企業がグローバル・ネットワーク全体で規格を統一しているのと違い、同社はカスタムメイドで対応してきた伝統があり、それがデジタル化を進めるに当たり足かせと感ずることもあるようだ。

製造現場では、省力化の観点からロボットの導入は不可避であり、以前から生産工程の自動化（FA）を進めてきた。現在日本製ロボットを多く導入している。アジア諸国に比べEUの安全基準は厳しく、人間が作業できる現場が限定されるので、安全面からもロボット化、自動化が必要だと実感している。同社はグローバルに事業展開していることから、現場で使う機械の稼働状況や不具合をデータ収集・分析、画像での目視などを通じてリアルタイムに一括管理し、補修のためのプログラム変更を本社からリモートで操作することが将来的な構想の一つ。ロボットなど機械を使い、人のできない業務を肩代わりさせ、生産工程を制御して省人化を推進してきたが、デジタル化はコストがかかるため、導入は段階的とならざるを得ないようだ。

③ 日系スポーツ用品等製造ポリフォーム社 (3Dプリンタによる試作品製造)

発泡プラスチック製品を製造する同社では、独自にカスタマイズした 3D プリンタを利用し、発砲プラスチック製品にパターンをつけるための型を作り、試作品を製造している。市販の 3D プリンタでは必要な大きさの型を作ることができなかったことから中国製の機械を独自に改良し大型の 3D プリンタを製作した。従来は型の製造を外部の金属加工企業に委託し、アルミで制作する必要があった。工作機械を使ってアルミを削り出すには費用が掛かりほか、委託先の生産能力もあり型 1 つの制作に 3 週間以上かかることもあった。3D プリンタで 1 日以内に試作品用の型を製造することでできるうえ、材料である樹脂も安価であることから試作品用の型を多く作成することが可能となった。3D プリンタで作った型からできた試作品は顧客に採用されて、製品化されている。試作品の製作コストが下がったため、顧客の商品に合わせた提案を行うなど新たな協力関係の構築にも成功している。

④ 日系自動車部品製造 D 社 (情報ネットワーク構築、生産設備の機械化)

リアルタイムの状況管理、不具合の未然防止、作業の見える化、メーカーからのトレーサビリティ要求に応じて、リアルタイム・ビジュアル・モニタリング・システム (RVMS) を自社工場内で独自開発し、生産現場の進捗や在庫、管理部門の業務状況などを社内各所に設置したモニターでタイムリーに把握・管理している。稟議書などもデジタル化して社内ウェブ上で管理している。製造や在庫管理現場では、従業員が作業の進捗をデータ入力し情報共有化している。従業員は顔写真付きでモニター表示され、作業進捗は多くの色を使い視覚的に状況が把握できる。

同システムは、社内技術者が作成し、外部の既存のシステムは使っていない。システムの効果測定はまだ実施していないが、明らかに省力化に寄与している。一部の分野では国外の本社とネットワークが構築されている。今後もグローバルに配置されている拠点のデジタル統合は進むようだ。

一方、生産現場では、生産アイテムが比較的軽量で力仕事が少ないので、女性従業員が目立つ。日系の製造機械が入っており、最新の全自動機械は本社工場と情報が共有されている。ただし、全自動機器でも、保守や点検にはオペレーターが必要。現場に設置されたモニターを通じて、同じ部署で働く従業員のスキルも可視化され、現場監督者の現場管理を補助している。なお、社内部品移送の自動化（無人搬送車）は既に取り組んだが、頻繁なラインレイアウトの変更に対して保守・点検が容易でなく取りやめた。

自動化が何のために必要か、労働コスト削減以外の要素も含め投資コストとのバランスを考える必要がある、という。

⑤ ハンガリー系自動車部品製造エルテック社 (生産現場の情報ネットワーク構築、顧客からサプライヤーまでの一貫情報管理)

自動車用と機械用のワイヤハーネスを製造。工場には、自動車用の大量生産ラインと機械向けの多品種小ロットの受注生産用ラインがある。機械向けの製造種類は 600 種を超える。このような多品種小ロット生産を行う企業はハンガリーには数社しかない。高付加価値生産を支え

るのは、製造現場を顧客やサプライヤーとオンラインでつなぐ独自に製作した製造実行システム（MES）だ。

多品種小ロット生産を発注した顧客は、オンラインで必要な数だけ注文を行う。この注文は即座に製造現場に伝えられるため、キャンセルはできない。注文は生産計画に即時に組み入れられ、配送予定日に合わせた最適な生産計画を自動的に作成し、注文から3日以内に生産が完了する。配送は通常1週間毎だが、顧客の要望に合わせて短縮することも可能だ。生産ラインでは、ステーションごとに設置された端末で生産計画が確認できる。各作業者の担当製品が異なるため、作業者のシフトや担当製品などすべてがデータベース化され、自動的に製造計画が割り振られる。すべての製品にはバーコードが取り付けられ、確実に生産、配送される。生産実績と計画はビッグデータとして解析され、サプライヤーへの自動発注に利用されている。同社の生産計画はサプライヤーに自動的に送られているため、サプライヤーもその生産計画に合わせ納品する。多品種小ロットの生産を行うため、管理する部品点数が5,000種類にも及ぶことから、倉庫には自動化ロボットが導入され、必要な部品を短時間で取り出すことができ、省スペース化にもつながっている。この大量の部品のデータベース化が導入の際の最大の障害であったという。

3Dプリンタを使った部品製造も顧客の要望に合わせて行っている。以前はコンベヤを使った自動生産を行っていたが、多品種小ロット生産に必要な柔軟な対応に適さないため、使用は中止、ロボットへの代替も考えていない。

⑥ ハンガリー系工業用ロボット用センサー製造オプトフォース社（協調ロボットと関連ソフトウェア）

軽量の協調ロボット用のセンサー機器を開発、顧客に提供するデジタルプロバイダで、東京の展示商談会にも参加し、日本とのビジネス関係構築にも積極的だ。平均年齢が低いスタッフを50名弱抱える。同社では、製品の製造工程にロボットシステムを導入している。製品の組み立て、表面処理加工にロボットを導入したことで時間やコストの削減につながっている。使用しているロボットは米国のユニバーサルロボットやドイツのクーカ製だが、トルクの異なる新型センサーやロボット操作のためのソフトウェアは独自開発した。ロボットアーム先端部分などへのセンサー取り付けにあたっては、人間の指の触感を製造工程に落とし込むことが難しかったという。

自社内で操作ソフトウェアを開発したことにより、新型ロボットの設置時間やシステム導入の際の時間、またコストの削減につながったという。

同社では扱いが容易なロボット操作ソフトの開発も行っており、自社の生産工程にも活用している。

レポートをご覧いただいた後、アンケート(所要時間:約1分)にご協力ください。

<https://www.jetro.go.jp/form5/pub/ora2/20180017>

「中・東欧 IoT ユースケース調査」

作成者 日本貿易振興機構(ジェトロ)海外調査部 欧州ロシア CIS 課
〒107-6006 東京都港区赤坂 1-12-32
Tel.03-3582-5569