

製造業向け教育の変革：
インダストリー 4.0 時代の人材育成

目次

3

はじめに

4

インダストリー 4.0 の時代の
人材育成に関する展望

8

インダストリー 4.0 の時代の
スキル ギャップとは

10

教育が担う役割とは

11

教育機関が支援を受けるには

12

インダストリー 4.0 の
製造業向け教育プログラムは
どうあるべきか

14

教育改革：インダストリー 4.0
に対応した新しい人材育成の
ための道筋

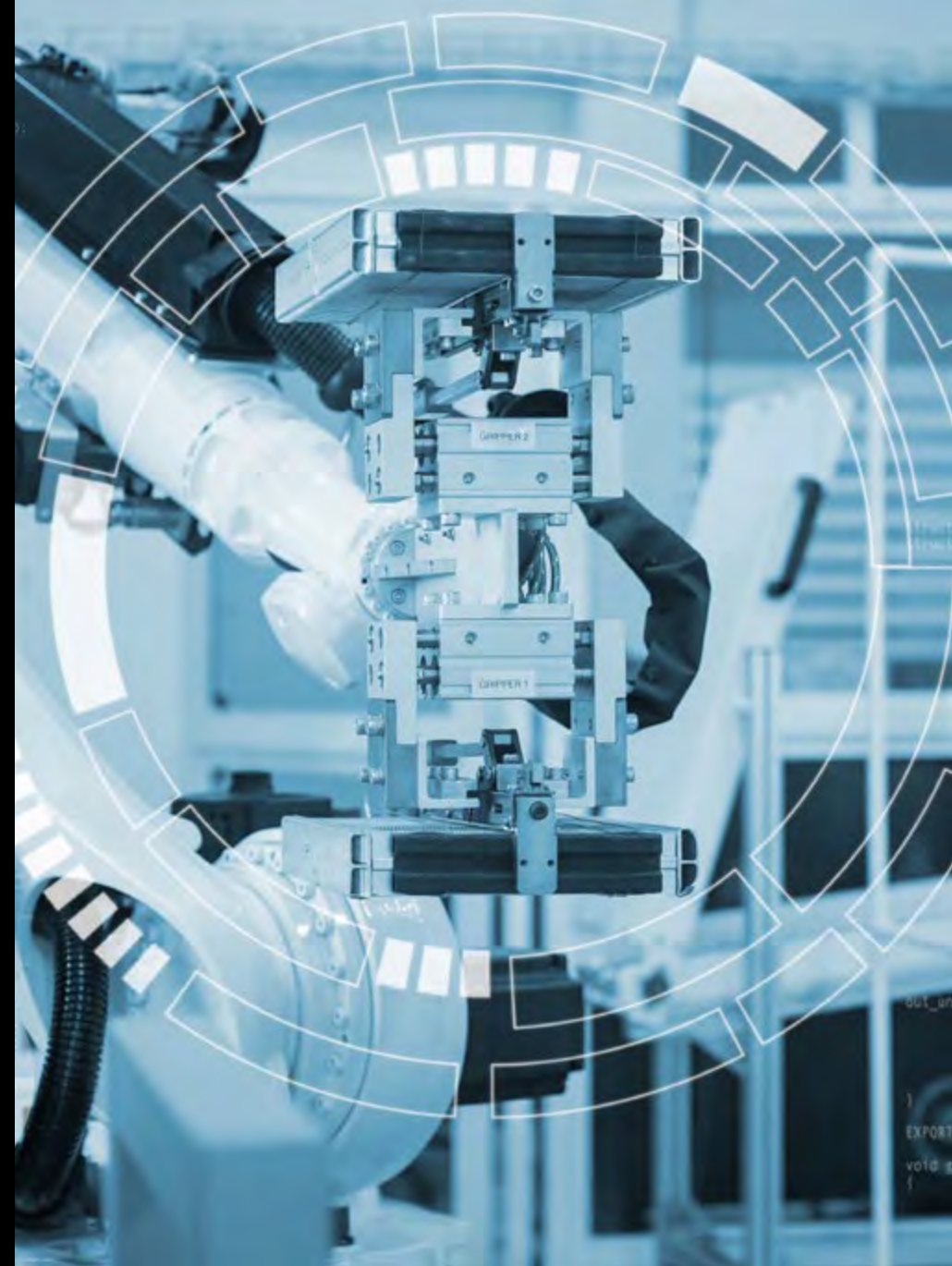


はじめに

「技術革新」は、私たちの社会生活様式や仕事のやり方、さらには設計・製造業界に進化をもたらします。製造業においては、設計からデジタル ファブリケーション、自動化、データ収集までの幅広い分野で数多く技術革新が生まれ、インダストリー 4.0 におけるワークフローの進化につながりました。インダストリー 4.0 ではあまりにも急速にテクノロジーが進化したために、人材のトレーニングが追い付かない状況となっています。

そして現在、製造業では インダストリー 4.0 への移行とともに、未来の製造業を担う人材に向けた、スキルやワークフローの教育方法を改革するための取り組みも進められています。この教育改革の主な目的の 1 つは、モジュール式の実践的な教育手法によって「人材育成にかかる時間」を短縮し、インダストリー 4.0 の製造キャリア形成に役立つスキルの習得をサポートすることです。

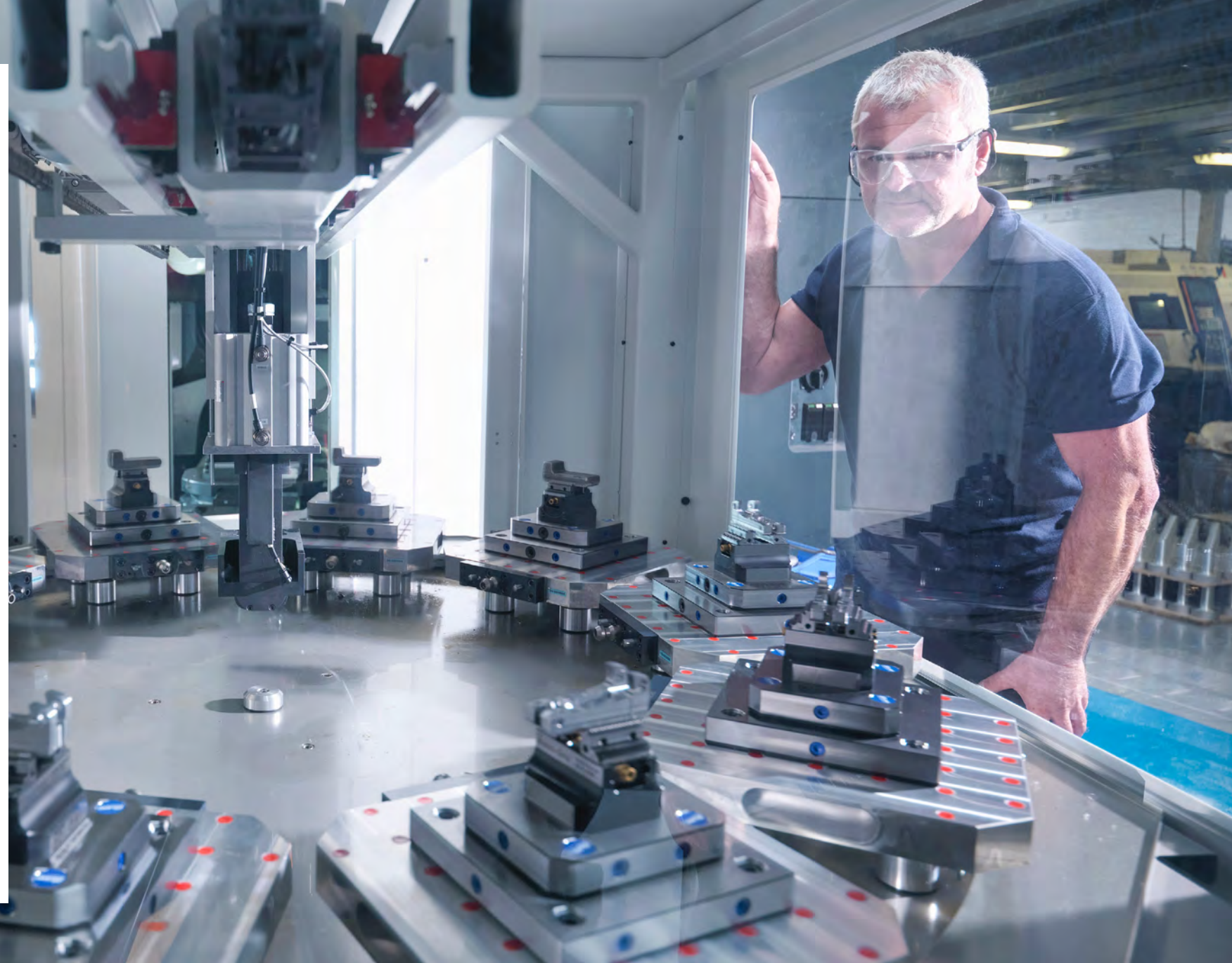
この eBook では、教育者の皆さまに向けて、インダストリー 4.0 の時代に求められるスキルは何かを解説するとともに、さまざまな教育機関が導入している新たな教育プログラムを紹介します。また、インダストリー 4.0 の時代に求められる新たなスキルを定義・教育・促進する方法や手順について解説します。



インダストリー 4.0 時代の 人材育成とは

産業界・学会における インダストリー 4.0 の先進的なものづくりに対応した人材育成の取り組みを支援するために、アメリカ機械学会 (ASME) とオートデスクは今後 10 年間に機械・製造エンジニアや CNC 機械オペレーターに求められるワークフローやスキルは何かを調査しました。その調査結果をまとめたホワイトペーパー『Future of Manufacturing (製造の未来)』によると、どの職務も、共通の技術的スキルやコミュニケーション スキルを複数組み合わせ合わせた結果となりました。また、コラボレーションしやすい生産的な作業環境を実現するためには、複数の専門分野にまたがるスキルも求められることが明らかになっています。

インダストリー 4.0 対応のスキルを備えた人材を配置することで、新たな形でつながる効果的なコラボレーション方法や循環型ワークフローが生まれ、製造プロセスの効率をさらに高めることができます。この新しいワークフローによって、企業のビジネスには大きな変化がもたらされ、生産性、収益性、競争力、サステナビリティ、循環型デザインが向上し、目指す成果が実現可能になります。



スキル 業界の労働力に変化をもたらす インダストリー 4.0 のテクノロジー

現代のニーズに応える複雑な製品を設計・製造するには、人材に対して最新技術のトレーニングを行う必要があります。インテリジェントでサステナブルでカスタマイズ可能な製品を製造するには、人工知能 (AI)、機械学習 (ML)、統合されたソフトウェア プラットフォーム、ロボティクス、積層造形などのテクノロジーによって意思決定プロセスや製造プロセスを改善する方法をよく理解する必要があります。

こうした インダストリー 4.0 テクノロジーを活用するためには、機械設計者、製造エンジニア、CNC 機械オペレーターが最新スキルを習得する必要があります。

ところが、現在の労働人口の大半はインダストリー 3.0 以前のテクノロジーをベースとしたスキルしか持っていないと、前出のホワイト ペーパー『製造の未来』は指摘しています。そうした現状において、インダストリー 4.0 テクノロジーを授業に取り入れることで、学生たちは業界で実際に使用されているツールやワークフローに触れ、高度な製造プロセスで直面する課題の解決に必要なスキルを身につけることができます。

このホワイト ペーパー『製造業の未来』では、複数のチームや専門分野を統合する最新のソフトウェア プラットフォームを導入し、共通データ環境を構築することで、コラボレーションを促進し、市場投入までの時間を短縮できるとし、その方法が紹介されています。インダストリー 4.0 の新しいワークフローでは、こうした統合ソフトウェア プラットフォームを使用することで、さらにスマートで、カスタマイズされた、複雑な製品の設計・製造や、世界規模の製造が可能になります。

インダストリー 4.0 で新しく登場したテクノロジー



製造容易性設計 (DfM)

ひとつにつながった循環型のワークフローやプロセスを導入することで、製造性やカスタマイズ性を向上させ、自動化を促進します



オペレーショナル テクノロジー (OT) インフラ



人工知能/機械学習 (AI/ML) ベースのテクノロジー (ジェネレーティブ デザインなど)

サーフェス データや運用情報に学習アルゴリズムを適用し、それを基に (ジェネレーティブ デザインを活用して) 設計を改善したり、製造サイクルに潜むボトルネックを特定したりできます



クラウドベースのソフトウェアプラットフォーム (例: 統合 CAD や製造用 CAD/CAM など)

製品設計、エンジニアリング、製造エンジニアリング、機械加工のアプリケーションワークフローが統合されたプラットフォーム



製造実行システム (MES)



プロジェクト ライフサイクル管理 (PLM)



ビジネス インテリジェンス (BI) ソリューション

データを分析・視覚化し、製品や運用に関するデータから、役立つ傾向やインサイトを引き出します



製造システム全体にわたるデータの一元管理

さまざまなソースのデータをまとめて管理することで、製造システム全体のデータを基に意思決定を行えるようになります

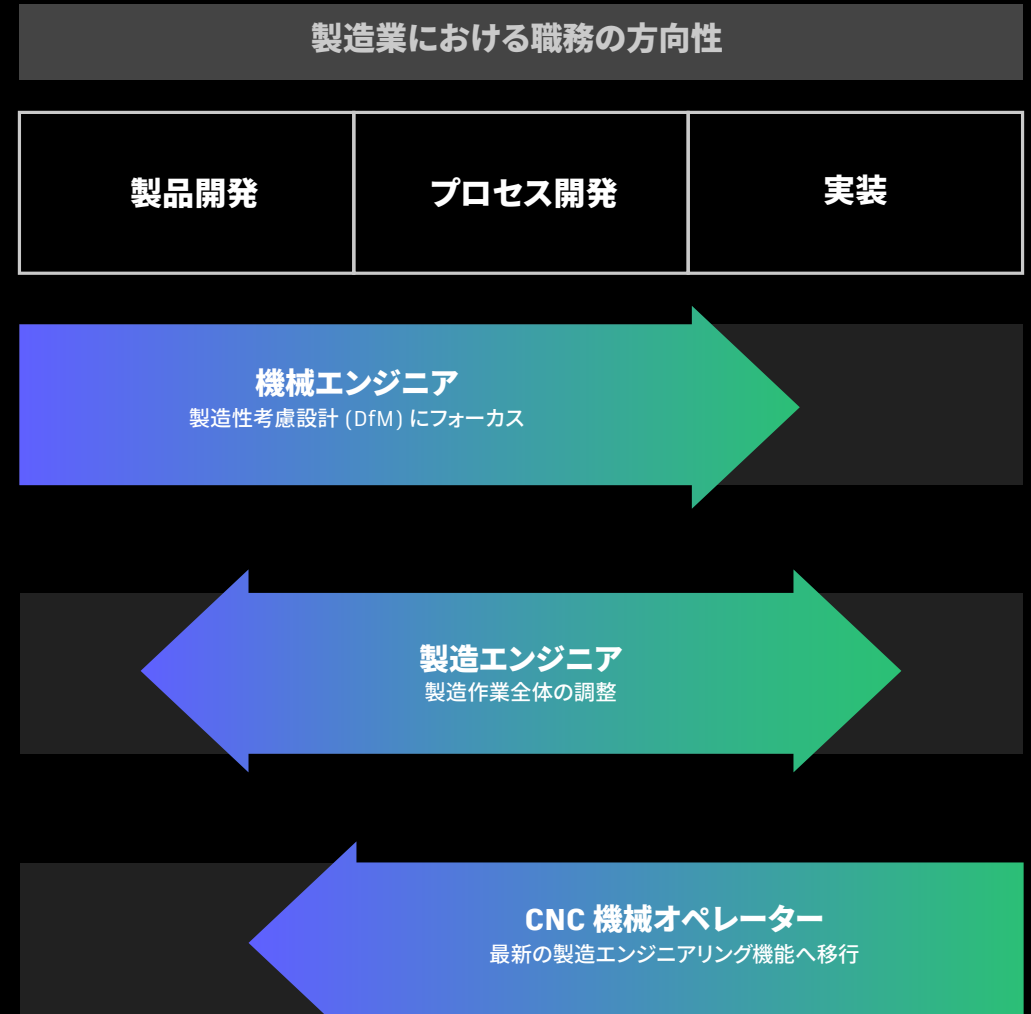
インダストリー 4.0 における 製品設計・製造の刷新

インダストリー 4.0 の高度なテクノロジーを活用して、効率的かつ効果的に設計・製造を行うためには、機械エンジニアや製造エンジニア、CNC 機械オペレーターの各チームが専門分野の違いを超えてコラボレーションできるように、製造ワークフローを再構築する必要があります。

- ・ 機械エンジニアは、設計・エンジニアリングに取り組むとともに、製造プロセスにもより深く関与したり、製造に関するデータを処理して設計の製造性を改善したりできます。
- ・ かつて製造プロセスのみにフォーカスしていた製造エンジニアは、加工ツールやロボット型システム、積層造形などを含む生産ワークフロー全体の管理へとフォーカスする範囲を広げ、世界中に分散したシステムの解析を行います。
- ・ CNC 機械オペレーターの役割も、CNC オペレーターから、CNC 工作機械をプログラミングするエンジニアリング技術者へと大幅に進化し、やがては品質管理など、他の製造エンジニアリング業務も担当するようになります。

Fusion 360 は、設計・製造における 3 つの役割すべてに対応するソフトウェア プラットフォームです。この単一ソフトウェア プラットフォームをプロジェクトに導入することで、チーム間のコラボレーションが促進されます。作業中にいちいちプログラムを切り替えたり、さまざまな形式のファイルをアップロードしたりする必要がなくなるため、手間が省け、作業効率が上がります。さまざまな他社製 CAD/CAM ソフトウェアのファイル形式に対応する幅広い互換性によって作業における手戻りが減り、製品開発サイクルが迅速になります。

製造業における職務の変化



インダストリー 4.0 スキルの有無が、成果の質を左右する

ホワイト ペーパー『製造業の未来』は、製造業の主な目標として「生産性の向上」、「収益性の向上」、「製品開発サイクルの短縮」を挙げています。そしてこれらを実現するには、インダストリー 4.0 時代の最新スキルとワークフローを習得した人材が必要だと述べています。インダストリー 4.0 テクノロジーは全般的にプログラミング性に優れ、自動化を促進し、最終的には生産性の向上につながります。例えば、ジェネレーティブ デザインを活用すれば、設計フェーズにおけるプロトタイプモデリングを自動化できます。また、組み立てや加工をロボットで自動化することで、製造全体の生産性を上げることができます。



パデュー大学のベクテル イノベーション デザインセンターは、教育環境の一部に Autodesk® Fusion 360® を導入し、インダストリー 4.0 を取り入れた民間企業の工場を疑似的に体験できるようにしています。

同大学は、この業界が人材育成を加速させる必要があることや、専門分野の境界線を越えたトレーニングが必要であることを認識しています。そして同大学のベクテル イノベーション デザインセンターは、CNC 工作機械や 3D プリント、CAD/CAM ソフトウェア、モデルのクラウド ライブラリ、設計プロジェクトやエンジニアリング プロジェクトに使える既定のツールパスなど、最新施設やリソースを学生に提供しています。インダストリー 4.0 を導入した民間工場の環境を模したこのセンターで、学生たちはステーション間を自由に行き来しながらインダストリー 4.0 の作業環境を体験し、学んでいます。

学生プロジェクトでは、まず始めに Fusion 360 でデジタル ツインを使用して、重要なパーツの機械加工プロセスのシミュレーションを行います。このデジタル シミュレーション プロセスによって、手戻りや廃棄物を削減し、時間やリソースの節約につながるワークフローの重要性について学生たちは認識します。最新ツールやデジタル機能を実際に操作しながら、効率的な設計・製造方法をスピーディーに習得できます。

インダストリー 4.0 時代の スキルギャップとは

機械エンジニア、製造エンジニア、CNC 機械オペレーターがインダストリー 4.0 のスキルを習得するには、ハードスキルとソフトスキル、さらには複数の専門分野にわたるスキルを習得し、各専門分野を分断しているギャップを埋める必要があります。

ホワイトペーパー『製造業の未来』にも指摘されているとおり、この3つの職務の担当者は、設計・製造プロセス全体を通して互いに連携する機会が多いため、さまざまな製造部門と連携しながら作業するには、複数分野にわたる幅広いスキルと知識が必要となります。

アンケート調査の回答結果によると、これらの3つの職務すべてに求められる最も重要なハードスキルは、製造のための設計(DfM)とAI/MLのスキルです。機械エンジニアにとって、ジェネレーティブデザインなどのAI/MLスキルは、製品設計の解析や最適化に役立ちます。製造エンジニアは、AI/MLの技術を駆使してインテリジェントな自動最適化マシンを構築し、あらゆる製造システムの製造プロセスを自動化できます。CNC 機械オペレーターは、AI/MLトレーニングを利用して、効率化や品質向上の機会を特定できます。

どの職務においても、ハードスキルや専門分野間のスキルにおけるスキルギャップがよく見られます。これらのスキルがどの職務に適用されるかについては、次ページ以降のインフォグラフィックをご覧ください。



将来的に求められるスキルとは



機械エンジニア

現在

ハードスキル

- ・ CAD ソフトウェア
- ・ 解析ソフトウェア (Matlab や Minitab)
- ・ プログラミング ツール
- ・ ERP ソフトウェア
- ・ 財務解析ソフトウェア

分野横断的なスキル

- ・ 品質保証/品質管理 (QA/QC)

将来

ソフトスキル

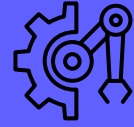
- ・ 問題解決
- ・ コミュニケーション
- ・ コラボレーション

分野横断的なスキル

- ・ システム エンジニアリングの経験
- ・ 電気およびソフトウェア エンジニアリングの知識
- ・ サステナビリティの取り組み

ハードスキル

- ・ AI/ML
- ・ DfM
- ・ 統合 CAD/CAM とジェネレーティブ デザイン
- ・ コーディング/プログラミング
- ・ 3D モデリングと設計
- ・ データ解析とビジュアライゼーション
- ・ プロトタイピング
- ・ エンジニアリングとデジタル ツインのシミュレーション



製造エンジニア

現在

ハードスキル

- ・ CAD ソフトウェア
- ・ 解析ソフトウェア (Matlab や Minitab)
- ・ リーン生産方式
- ・ プロセスの改善
- ・ マシン ツールとハードウェア

分野横断的なスキル

- ・ 品質保証/品質管理 (QA/QC)

将来

ソフトスキル

- ・ 問題解決
- ・ コミュニケーション
- ・ コラボレーション

分野横断的なスキル

- ・ サステナビリティの取り組み
- ・ 機械エンジニアリングの基礎
- ・ 工場ラインの自動化

ハードスキル

- ・ CNC 機械加工
- ・ AI/ML
- ・ DfM
- ・ ロボットクス/コボティクス
- ・ 統合された CAD/CAM
- ・ 積層造形とハイブリッド製造
- ・ オペレーショナル テクノロジー (OT)
- ・ AR/VR



CNC 機械オペレーター

現在

ハードスキル

- ・ CAD ソフトウェア
- ・ CAM ソフトウェア
- ・ ERP ソフトウェア
- ・ CNC 機械加工
- ・ 工作物保持具、マシンキネマティクス、幾公差種類と記号 (GD&T)
- ・ 工作機械とハードウェア
- ・ 解析ソフトウェアおよび産業用制御ソフトウェア

将来

ソフトスキル

- ・ 問題解決
- ・ コミュニケーション
- ・ コラボレーション

分野横断的なスキル

- ・ 製品開発
- ・ 品質保証/品質管理 (QA/QC)

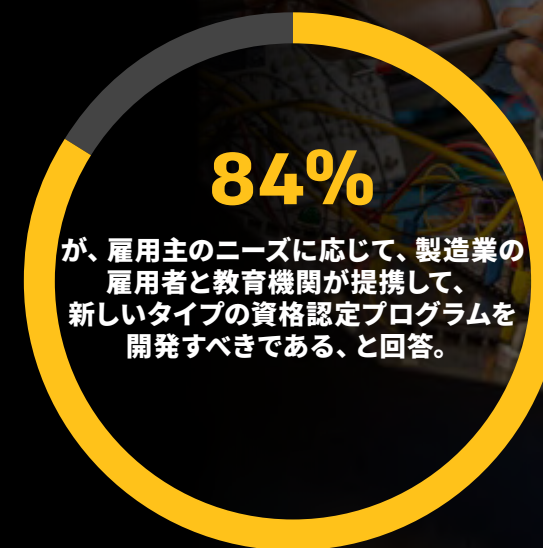
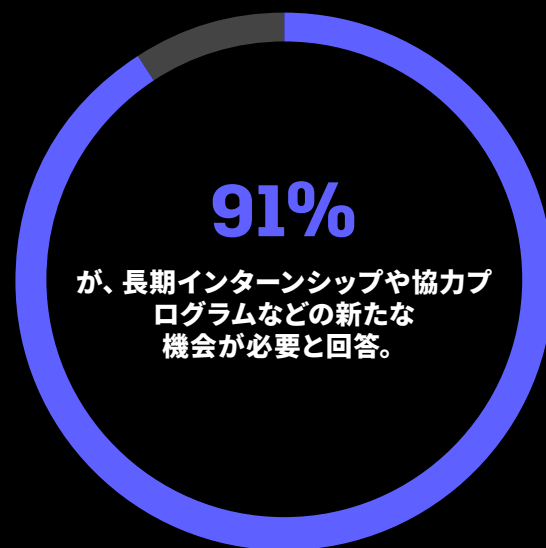
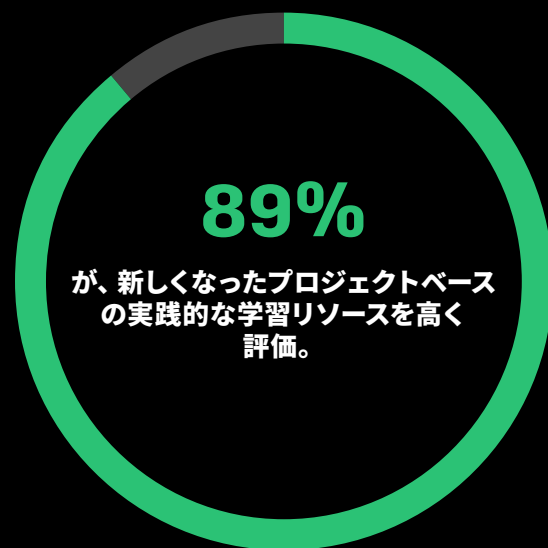
ハードスキル

- ・ AI/ML
- ・ ロボットクス/コボティクス
- ・ 統合された CAD/CAM
- ・ 積層造形とハイブリッド製造
- ・ 予知/予防保全
- ・ 5 軸以上の工作機械

教育の役割とは

ホワイトペーパー『製造業の未来』は、製造分野の教育者に向けて、最新の業界ニーズを全体的に把握した上で、新たな教育方法や実践的な学習コンテンツを活用し、実際の業務に役立つインダストリー 4.0 の高度な製造スキルを教えることを推奨しています。この戦略は、人材育成を加速させるだけでなく、最新のソフトウェアや工作機械、職務に関する資格や証明書の取得に挑戦する卒業生をサポートする上でも役立ちます。

業界の高度な専門家や製造技術の教育機関を対象とした調査では、次のような結果が得られました。

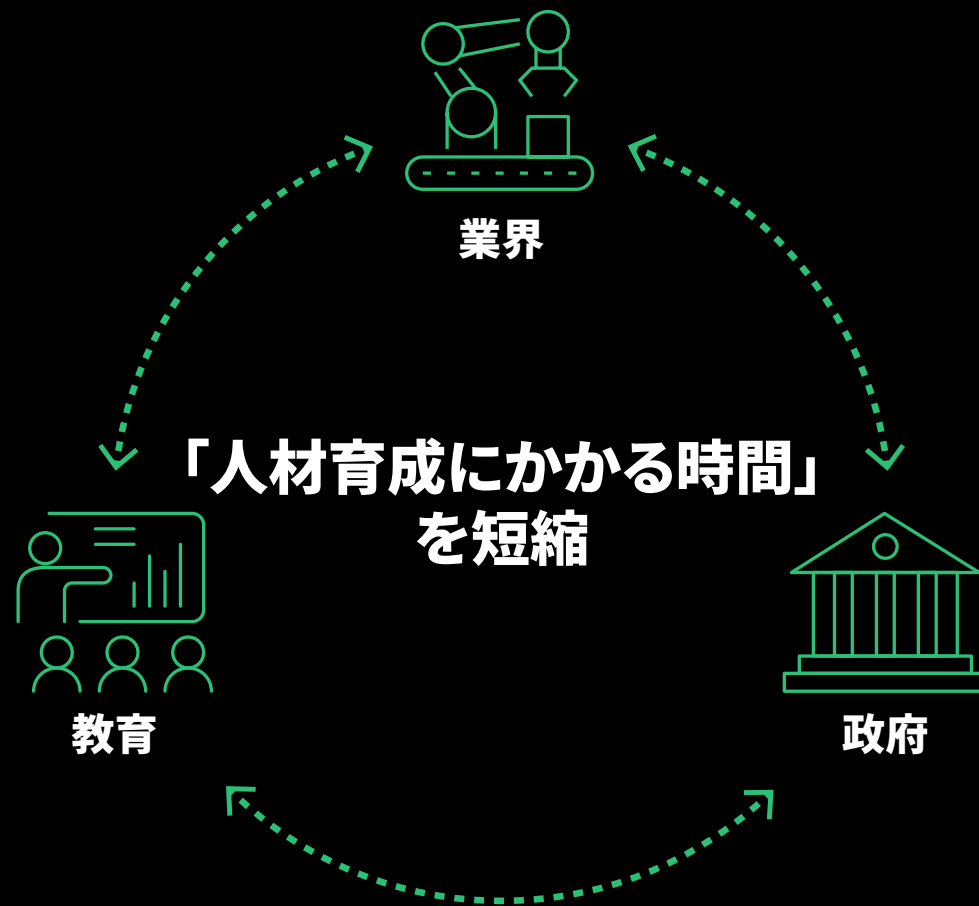


教育機関が利用可能なサポート

多くの教育機関は、リソース不足が原因で、高度な製造プロセスに対応した新しいカリキュラムをスピーディーに作成できず、業界ニーズの変化に後れを取ったり、技術格差を解消できなかつたりしています。そこで教育機関は、テクノロジー企業や業界コンソーシアム、政府機関と提携することにより、製造技術の急速な進化に対応することができます。ホワイトペーパー『製造業の未来』が指摘しているとおり、政府機関は、奨学金や実習制度、最先端の製造設備などのリソースを提供する役割を负っています。

ホワイトペーパーはさらに、インダストリー 4.0 に対応した大手テクノロジー企業やメーカー企業と教育機関が提携して、新しいトレーニングプログラムやモジュール式の学習コンテンツを作成したり、新しい認定資格を設けたり、ジェネレーティブ デザインや製造容易性設計 (DfM)、統合 CAD/CAM ツール、一元化されたデータ解析、ビジュアルライゼーション、積層造形やハイブリッド製造、ロボティクスとコボティクスなどの指導を行うことも提案しています。また、業界での評価も高くすぐに使える既存の学習コンテンツや、テクノロジー企業による職務ベースの認定資格制度などは、教育者の負担軽減に役立つでしょう。

教育者が「人材育成にかかる時間」を短縮するには



産業

教育用テクノロジー
インターンシップ、連携プログラム
教授
認定資格



教育

高度な製造プロセス
スキルの開発
プロジェクト ベースの学習
カリキュラムの更新
デジタル認証情報



政府

開発プログラム
教育資金の調達

インダストリー 4.0 の教育プログラムは、どうあるべきか

高度な製造プロセスのプログラムは、インダストリー 4.0 に対応可能な人材を育成し、業界のスキルギャップを解消するために開発されました。オートデスクは、世界中のさまざまな企業や教育機関との協力関係の下で、調査結果や知識、テクノロジーの共有を通じて、高度な製造プロセスの新たな教育や職業訓練プログラムをサポートしています。

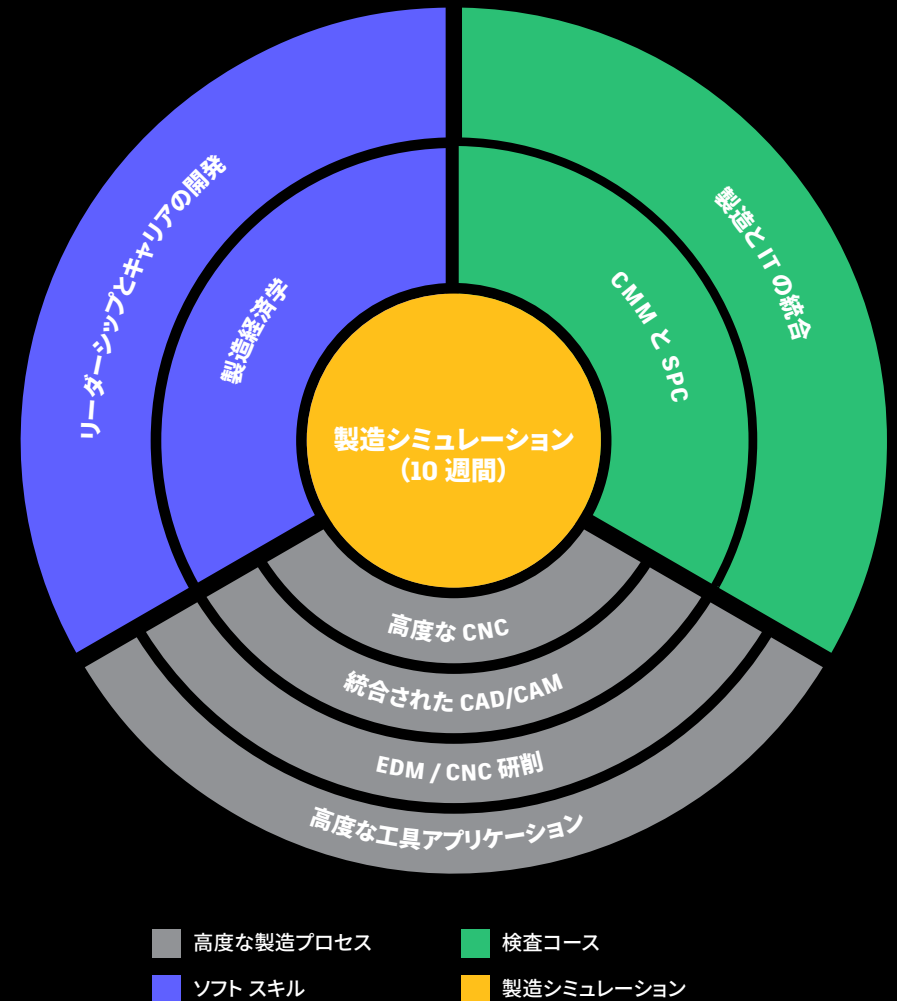
ダンビル コミュニティ カレッジ (DCC) が統合機械加工技術 (IMT) テクノロジー プログラムを開発

IMT は、簡潔なモジュール式アプローチで、プロジェクト指向のスキルを教育するプログラムです。Fusion 360 などの最新の CAD/CAM 統合ツールを使用しながら、ラボや教室で実践的な手法を学べます。プログラムの目的は、最新の高度な製造テクノロジーに必要なハードスキル(技術スキル)と、製造のシミュレーション環境におけるソフトスキル(コミュニケーション能力やコラボレーションにおける問題解決能力)を向上させることです。この IMT に取り組むことで、ハードスキルとソフトスキルの両方を伸ばすことが、リーダーシップの育成に重要であることが理解できるだけでなく、身につけたスキルは今後のキャリアにおいて、学生や雇用者にとってのメリットとなります。DCC は、地元の多くのメーカーと親密な関係を築くことで、常に業界の最新ニーズをいち早くキャッチしながら、IMT プログラムで、最新の製造業界を反映するシナリオを再現しています。

IMT DCC プログラムは、バージニア州ダンビル ピットシルベニア郡の多くの製造業者に対して、製造スキルを備えた人材を提供するためのパイプラインとして役に立っています。また、このプログラムのモジュール式のスキルベースのアプローチは、インダストリー 4.0 の最新テクノロジーやワークフロー、スキルを教え、現在の製造業に必要な労働力を育成する上で効果的なことも明らかになりました。








インダストリー 4.0 と高度な製造プロセスに関するスキル教育のフレームワーク

ダンビル コミュニティ カレッジ
統合機械加工テクノロジー学科



従来の CAD/CAM トレーニングに ジェネレーティブ デザインを取り入れる

インダストリー 3.0 のワークフローのトレーニングに、ジェネレーティブ デザインとハイブリッド製造を追加して、インダストリー 4.0 のトレーニングへとアップデートする方法を示します。ブレーキ キャリパーの設計を例として、以下に解説します。この例で分かるように、インダストリー 4.0 のスキルを最新の学習内容に組み込むために、コース全体を再設計する必要はありません。インダストリー 4.0 のトレーニングを徐々に進めていくことで、最終的には影響力のある大きな進化が実現するでしょう。

ステップ 1	ステップ 2	ステップ 3	ステップ 4	ステップ 5	ステップ 6	ステップ 7
						
タスク: 従来のパラメトリックモデリング技法を使用して基本的なブレーキ キャリパーを設計	タスク: 統合された CAD/CAM と従来の CNC 切削機を使用して、ブレーキ キャリパーをプログラミング	タスク: x% の軽量化と y% の強化を目標に GD を使用して別のブレーキ キャリパーを設計	タスク: 従来の ジェネレーティブデザイン ブレーキ キャリパー に対応した製造プロセスを調べる	タスク: ハイブリッド製造プロセスで ジェネレーティブデザイン ブレーキ キャリパーを製作	タスク: 生産ラインのレイアウトを確定し ロボット工学/ロボティクスを 生産ラインに統合	タスク: 駐車ブレーキ システムに 電子部品を組み込むことを検討
スキル: 統合された CAD/CAM 製造性考慮設計 (DfM)	スキル: 統合された CAD/CAM 多軸 CNC 加工	スキル: ジェネレーティブ デザイン 高度な製造プロセスの概要 多軸 CNC 加工 シミュレーション	スキル: 積層造形 シミュレーション 多軸加工 統合された CAD/CAM	スキル: 積層造形 統合された CAD/CAM 多軸加工	スキル: ジェネレーティブ デザイン ロボット工学	スキル: 積層造形 シミュレーション 多軸加工 統合された CAD/CAM 電子部品の製作

■ インダストリー 3.0 ■ インダストリー 4.0

教育のトランスフォーメーション

現在

分散型
独立
サイロ化

- ▼ 機械エンジニア
- ▼ 製造エンジニア
- ▼ CNC 機械工
- ▼ 製造

インダストリー 3.0

レガシーの CAD/CAM

特定のタスク専用のロボティクス、アプリケーション専用の自動化、さまざまに異なるデータ形式のアプリケーション
サイロ化されたワークフローとチーム

デジタルトランス フォーメーション

単一プラットフォームでデータを収集・整理
チーム間で連携し、データにアクセス・交換
クラウド アプリケーションをひとつに集約

ワークフロートランス フォーメーション

ワークフローを再設計
職務と責任範囲の見直し、スキルの向上と新たなスキルの獲得
クラウド ソリューションを活用した
複数分野間のコラボレーション

ビジネス トランス フォーメーション

AI/ML、GD、AM、コボティクスなどの新しいテクノロジーを活用
データの視覚化と解析による
プロセスの自動化と最適化
部門間のサイロ化を解消

未来

統合型
クラウドベース
協力関係



インダストリー 4.0

クラウドとデータの統合プラットフォーム
(統合 CAD/CAM など)

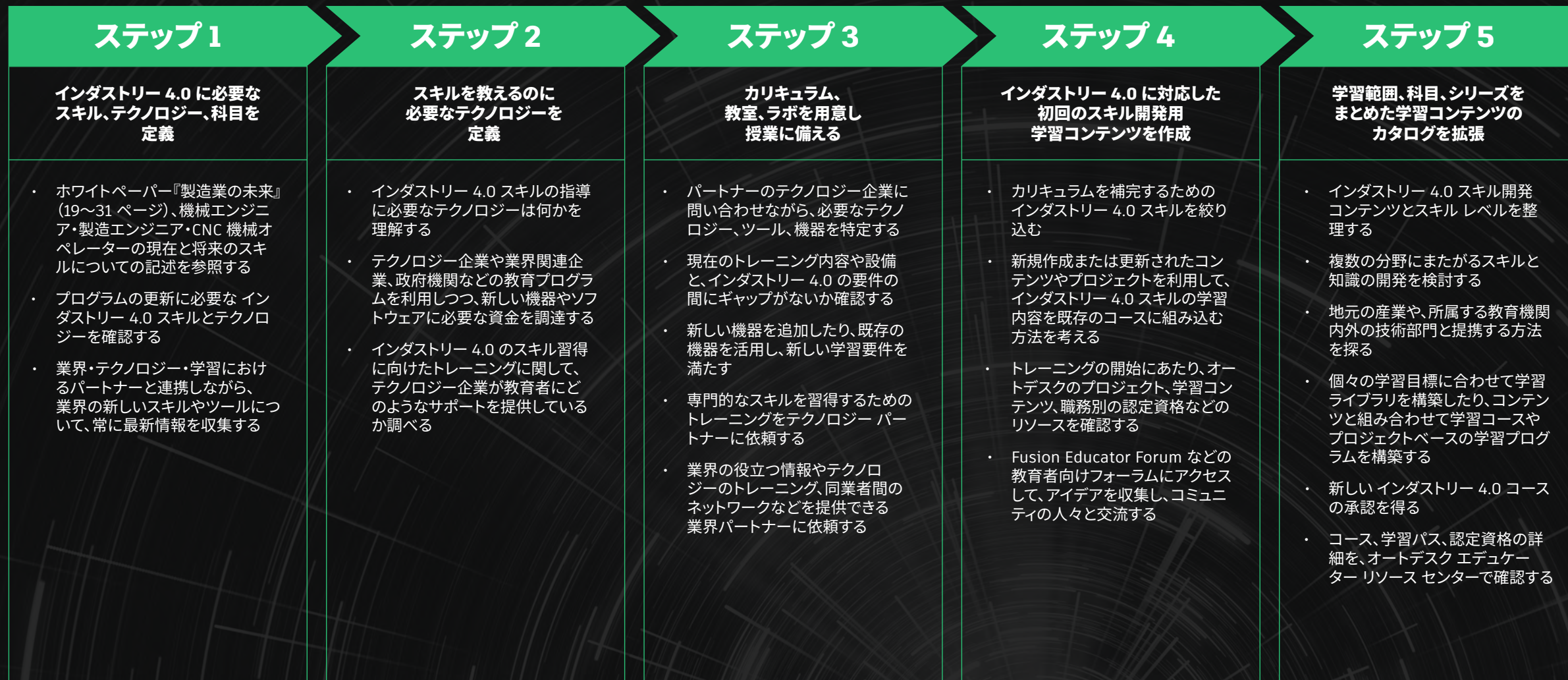
AI/ML アプリケーション、ジェネレーティブ
デザイン、データ解析、AM、コボティクス

分散するシステム全体で連携した、統合製造
プロセス

連携したワークフローと部門間のコラボレー
ション

インダストリー 4.0 に向けた新しい人材育成のステップ

教育機関においては、以下の手順でプログラムを更新することによって、学生たちがインダストリー 4.0 の人材として成功するための知識やスキルを身につけることができます。



最後に

オートデスクがサポートします

インダストリー 4.0 への移行が完了するのはまだまだ先になりそうです。しばらくは、この新たな製造プロセスの時代が続くでしょう。製造業の企業が、デジタルトランスフォーメーションを完全に成功させるためには、適切なトレーニングを受けた人材が不可欠です。また、移行の過程において、学界やテクノロジー企業、業界関連企業、政府と連携する必要が生じることもあるでしょう。オートデスクをはじめとする業界のテクノロジー企業は、商談を進めている数万社もの顧客企業や、政府、調査会社と提携しながら、この 3 者を結びつける仲介役になることもあります。

オートデスクは過去数十年にわたって教育機関に投資し、共に提携しながら、高度な設計・製造ツールの指導をサポートしてきました。今後も引き続き、オートデスク ラーニング パートナー ネットワークの構築を続けるとともに、教育機関と提携し、インダストリー 4.0 のスキルやテクノロジーの教育用リソースを提供し、よりサステナブルな世界の構築を目指してまいります。

オートデスクは、インダストリー 4.0 のどのようなスキルが業界で求められているかをよく理解しています。これまで構築してきたテクノロジーや学習リソース、ベスト プラクティスを通じて、教育者の皆さまの教育活動をサポートし、インダストリー 4.0 時代をリードする人材へと学生たちを育成するためのお手伝いをいたします。また、オートデスクのテクノロジー パートナーとラーニング パートナーも、トレーニングの全段階を通じて教育者の皆さまをサポートできます。オートデスクとの提携によるさらに高度な製造トレーニングについての詳細は、Fusion 360 教育機関限定ライセンスの情報をご確認ください。





Autodesk、オートデスクのロゴ、および Fusion 360 は、米国およびその他の国々における Autodesk, Inc. およびその子会社または関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。©2022 Autodesk, Inc. All rights reserved.