

第 4 次産業革命に対応した公共職業訓練で求められる 訓練内容等の整理・分析

Analysis for the contents of training required as public vocational training in response to the Fourth Industrial Revolution

磯部 真一郎, 佐藤 一晃, 濱本 寿, 高杉 泰裕

Shinichiro Isobe, Kazuaki Sato, Hisashi Hamamoto, and Yasuhiro Takasugi

1. はじめに

国内の生産年齢人口減少により企業における人手不足が深刻化する中、第 4 次産業革命 (IoT, センシング, ビッグデータ, AI, ロボット等) の進展による技術革新に伴いビジネスモデルが大きく変化している。中小企業等においては、生産性の維持・向上を図るため、企業等が持つ技術力等の強みを活かすとともに、技術革新に対応できる労働者を確保、育成していくことが重要になっている。

そのような状況の下、機構の第 4 期中期目標においても、職業能力開発業務に課せられた使命の一つとして、第 4 次産業革命の進展による技術革新に対応できる労働者を確保、育成していくことが掲げられている。この使命を果たすべく本調査・研究において、第 4 次産業革命の進展による中小企業の人材ニーズ、人材育成ニーズ及び仕事の変化等を捉え、また、技術動向を整理することにより、第 4 次産業革命に対応して中小企業の求める人材の顕在化を図り、それを踏まえて、離職者訓練、在職者訓練、高度技能者養成訓練にどのような訓練内容が求められているかを明確化し、指導技法、教材作成等の考察と共に訓練の実施に繋げ、職業訓練の質のさらなる向上と、量の拡大を図ることを目的とした。

第 4 次産業革命の進展により日本の労働力人口の約半数が人口知能やロボット等で代替可能といった試算もある中、第 4 次産業革命に対応した職業訓練がどうあるべきかを軸とした検討を行った。

2. 調査研究の実施手順及び内容

以下に、本テーマ整理・分析のための手順及び内容を示す。

- ① 人材ニーズ、人材育成ニーズの調査
- ② 第 4 次産業革命の進展によりヒトが担うべき仕事、技能・技術要素の整理
- ③ 育成する技術者像 (目標) の整理・分析
- ④ 技術者を育成するために必要な訓練の内容の検討

- ⑤ 訓練を担当する指導員に必要な能力の整理・分析
- ⑥ 訓練方法、訓練教材の整理・分析
- ⑦ 職業訓練に与える影響及びその対応の検討

3. 研究会の設置

「第 4 次産業革命の進展によりヒトが担うべき仕事、技能・技術要素」、「技術者を育成するために必要な訓練内容」、「職業訓練に与える影響及びその対応」等の検討を行うために、研究会を設置した。研究会委員は、第 4 次産業革命の進展に伴い産業・企業現場に求められる技能・技術やその習得方法について知見を有する 8 名の有識者にて構成し、研究会を計 3 回開催した。

4. 人材ニーズ、人材育成ニーズ

人材ニーズ及び人材育成ニーズの把握のため、第 4 次産業革命に係る技術 (IoT, センシング, ビッグデータ, AI, ロボット等) の導入を先進的に取り組んでいるものづくり分野の企業の現状及び現場に与える影響を調査した。

調査方法としては、ものづくり白書や中小企業白書等、政府機関及び民間シンクタンク発表の文献調査、また、第 4 次産業革命について造詣の深い大学教授等、有識者及び IoT に係る先進的な取組を行っているものづくり中小企業へのヒアリング調査を行った。

調査の結果、人材ニーズ及び人材育成ニーズとして 16 件が導き出され、うち技術的ニーズは以下の 12 件である。

- ・ 新技術を現場で活用し、課題解決や新たな価値創造ができる人材
- ・ 新技術を利用したビジネスを企画立案できる人材
- ・ 幅広い専門性 (π 型, ブリッジ型) を有し、他の業務領域の担当者等と協力・連携できる人材
- ・ 現実社会 (現場) とデジタル社会をつなぐことができる人材
- ・ 業務、情報、データの関係を理解して、エンジニアリング思考ができる人材

- ・経営工学的なことを理解し、業務の効率化、改善を図ることができる人材
 - ・開発プロセスを最適化できる人材
 - ・ITベンダと対等に話ができる人材(ITコーディネーター人材)
 - ・ものづくりを経験し、システム全体が分かる人材
 - ・ITの知識・技能を持ち、IoTやAI等の新技術の活用で業務上の課題を解決できることを理解している人材
 - ・ハイレベルソフトウェア人材
 - ・暗黙知の形式知化、技能伝承ができる人材
- 専門的スキル以外に求められているマネジメントスキルに関するニーズは、以下の1件である。
- ・工場管理・マネジメント力のある人材
- 人材ニーズ及び人材育成ニーズのベースとなるヒューマンスキルのニーズは、以下の3件である。
- ・課題発見・課題解決力のある人材
 - ・行動力、実行力、思考力、企画力のある人材
 - ・コミュニケーション力の高い人材

5. ヒトが担うべき仕事、技能・技術要素

次に第4次産業革命に関連してヒトが担うべき仕事を検討した結果、23件の仕事が浮かび上がった。仕事の内容により適応できる産業や公共職業訓練における人材育成への展望を考慮し、ものづくり全般、製造業、建設業、情報通信業に分類した。

ものづくり全般では、IoTデバイス、ビッグデータ、シミュレーションを活用する仕事等11件あげられた。

- ・ITベンダとの橋渡しとなる仕事
 - ・センサデータを活用して状態監視保全を行う仕事
 - ・画像センサなどを用いた検査において、AIを活用する仕事
 - ・ビッグデータを分析・活用する仕事
 - ・シミュレーションを活用し、設計する仕事
 - ・社内システム導入・開発・保守、運用管理などの仕事
 - ・生産情報などのデータを収集・分析し、業務改善を行う仕事
 - ・自動機やロボットを導入し、自動化・省人化する仕事
 - ・シミュレーションを活用してサイバー空間とフィジカル空間をつなぐ仕事
 - ・IoTデバイスを活用して生産現場を見える化する仕事
 - ・勘コツを含んだ複雑な作業手順や加工条件を標準化する仕事
- 製造業においては、ロボット、デジタルツイン、AIを活用する仕事等6件あげられた。
- ・複数のロボットを管理する仕事
 - ・ロボットにプログラミングする仕事
 - ・AI等を活用して生産計画、生産管理する仕事
 - ・デジタルツインを活用して、製品設計や予防(予知)保全を行う仕事
 - ・新技術を活用して生産工程や業務プロセスの合理

- 化・最適化を進める仕事
 - ・スマートファクトリーを設計・構築する仕事
- 建設業においては、BIMやドローンを活用する仕事等5件あげられた。
- ・ロボット操作技術を使って遠隔操作する仕事
 - ・3次元CADやBIMを活用した設計、解析、予防(予知)保全を行う仕事
 - ・センサ等を活用したセキュリティ管理を行う仕事
 - ・ドローンを活用して3次元モデルの作成や現場の進捗管理を行う仕事
 - ・IoTを活用した施工管理業務
- 情報通信業においては、ネットワークに係る仕事が1件あげられた。
- ・ネットワーク運用・管理の仕事

6. 育成する技術者像(目標)

人材ニーズ、人材育成ニーズ及びヒトが担うべき仕事から育成すべき技術者像を検討した。

具体的には、生産システム設計/設計・開発/施工・組立/工事・施工/保全・管理等ものづくり分野において、第4次産業革命の進展に伴う技術要素を活用して、自動化・最適化・効率化等現場の課題解決に取り組むことができる技術者の育成を目的とした職業訓練の仕上がり像として検討した。

製造業21件、建設業24件、情報通信業9件、ものづくり基盤分野23件、計77件の仕上がり像を導き出した。

6.1 製造業

生産システム設計においては、最適設計ができる人材等5件あげられた。

- ・生産システム自動化設備において、CADやシミュレータを活用して、設計・開発ができる。
 - ・機械設計及び電子回路設計分野において、センサとIoTデバイスを活用して後工程のデータを収集・分析し設計の最適化ができる。
 - ・生産システム設計分野において、サプライチェーンをモノと情報の流れを考慮して最適設計できる。
 - ・生産システム設計分野において、工場内の生産システムをモノと情報の流れを考慮して最適設計できる。
 - ・IT/IoTを駆使して製造現場の設備の状態やモノの所在を見える化し、工程や作業の最適化を進めることができる。
- 設計・開発においては、標準化や共有化ができる人材等5件あげられた。
- ・機械設計及び電子回路設計分野において、ビッグデータを分析して新製品の提案ができる。
 - ・機械設計分野において、ベテランの設計のノウハウをデータベース化し、標準化できる。
 - ・機械設計分野において、設計データをモジュール化でき、ネットワークを利用して共有化できる。
 - ・生産ラインにおいてロボットシステムの運用ができる。

- ・ものづくりを担う、製造技術・技能者がデジタル設計技術による部品設計を学び、3次元CADによるモデリングや構造解析ができ、製造につなげることができる。

機械加工、金属加工／成型加工、機器組立／システム加工等においては、暗黙知を形式知化することにより技能伝承ができる人材等4件あげられた。

- ・機器組立分野において、自動組立の作業設計ができ、ロボットプログラミングやロボットに接続する治具設計ができる。
- ・これまで熟練技能者が担っていた作業を、ロボット化・IoT・AIを組み合わせて省人化・自動化することができる。
- ・加工・組立分野において、センサやIoTデバイスを活用した自動生産システムを構築できる。
- ・ベテランの熟練技能・技術における暗黙知を、IoT等を活用して形式知化・標準化することで、技能継承を進めるとともに、加工条件の最適化などにより品質や生産性を高めることができる。

測定・検査においては、データ解析や自動化ができる人材等3件あげられた。

- ・測定・検査分野において、RPAを活用し、製品検査の効率を改善できる。
- ・測定・検査分野において、自動計測やAIを用いた良否判定等、新技術による測定検査の自動化ができる。
- ・測定・検査において画像処理手法によるデータ解析ができる。

生産設備管理や工場管理においては、予知保全等ができる人材等4件あげられた。

- ・生産設備保全分野において、生産設備が発する信号から分析可能な正規なデータを生成し、AIを活用した状態監視・分析による予兆（予知）保全ができる。
- ・工場管理分野において、センサやIoTデバイスを活用した安全管理システムの構築ができる。
- ・工場管理分野において、安全管理に関するデータをデータベース化し、生産システムにフィードバックできる。
- ・保全・管理において、ネットワークを利用してデータを共有化するシステムの構築ができる。

6.2 建設業

設計・開発においては、BIMを活用できる人材等5件あげられた。

- ・建築計画/建築意匠設計分野において、BIMを活用して効率的な建築設計ができる。
- ・設計・開発分野において、AR・VRを活用して、関係者に対して設計案のわかりやすいプレゼンテーションができる。
- ・設計・開発分野において、BIMデータを活用して、採光・通風・温熱環境・周辺環境などのシミュレーションができる。
- ・設計・開発分野において、BIMデータによる建築確

認申請に対応できる。

- ・ビッグデータやAIを活用したライフサイクルコストのマネジメント設計ができる。

電力・電気・通信設備工事、建設施工設備工事、建設施工においては、ARやVRを活用できる人材等7件あげられた。

- ・工事・施工分野において、BIMを活用した建築生産プロセスのマネジメント体制が構築できる。
- ・建築設備工事分野において、IoTデバイスによる環境測定を行い、生産現場の環境や安全のために改善提案ができる。
- ・建築施工分野において、ロボット型建設機械を導入・運用し、建築土木作業の省力化・省人化ができる。
- ・工事・施工分野において、暗黙知の形式知化のため、工事・施工技術の技能を理解・伝承できる。
- ・工事・施工分野において、BIMデータを活用して施工計画の立案・検討ができる。
- ・工事・施工分野において、デジタルツインを活用した施工シミュレーションにより、起こりうる工事の問題点を予測できる。
- ・工事・施工分野において、AR・VRを活用して、工事中の確認・検査ができる。

測定・検査においては、IoTデバイスAIを活用して効率化できる人材等5件あげられた。

- ・施工検査分野において、検査で得られたビッグデータを分析して設計や施工等、前工程の改善提案ができる。
- ・施工検査分野において、IoTデバイスやAIを活用した検査方法の効率化を提案できる。
- ・施工検査分野において、ベテランの判断基準をデータベース化し、検査に活用できる。
- ・施工検査分野において、BIMデータおよびARを活用して、建物の隠蔽部分の検査・診断ができる。
- ・施工検査分野において、IoTデバイスを活用して検査結果のデータベースを構築し、履歴の管理が実施できる。

建設設備保全・管理においては、ドローンを活用した劣化診断ができる人材等7件あげられた。

- ・建築設備保全分野において、センサやIoTデバイスを活用して得たデータを分析し、条件監視保全やセキュリティ管理の最適化ができる。
- ・建築設備保全分野において、デジタルツインを活用して、設備の予兆（予知）保全ができる。
- ・保安全管理分野において、ネットワークを活用して、保全・管理に関するデータを共有化するシステムの構築ができる。
- ・保安全管理分野において、BIMを活用して、建物の維持保全のためのデータベースを構築できる。
- ・保安全管理分野において、ビッグデータを活用して、建物の予防（予知）保全を提案できる。
- ・保安全管理分野において、ARを活用して、日常の維持管理業務を効率的に実施できる。
- ・ドローンを活用して得たデータを分析し、外装・外壁

の劣化診断など中長期の保全の提案ができる。

6.3 情報通信業

情報通信業の通信設備・通信システム設計においては、製造技術者や建設業技術者と協力しながらシステムを構築できる人材等 9 件あげられた。

- ・通信システム設計において、シミュレータを活用し、工場内の生産管理や品質管理、設備保全、製造設備の統合制御システムを設計・開発できる。
- ・通信設備設計において、運用している管理システムからデータ分析し、最適化の提案ができる。
- ・情報技術に携わる業務において、IoT・AI・ビッグデータの基礎的な知識を習得し活用できる。
- ・情報技術に携わる業務において利用する情報機器及びシステムを把握し活用できる。
- ・担当する業務を理解し、その業務における問題の把握及び情報技術を用いて必要な解決を図ることができる。
- ・担当する業務に対して、情報技術を利用した自動化ができる。
- ・担当する業務に対して、ビッグデータを収集し、そのデータ利活用ができる。
- ・担当する業務に対して、AI 等の新技術を用いた業務の効率化・スピード化ができる。
- ・ネットワークを活用し、(製造技術者(建設業技術者)と協力しながら)、必要とされるデータの共有化のできる社内システムを構築できる。

6.4 ものづくり基盤

ものづくりにおける基盤(共通)分野では、IoT や AI、シミュレーション、デジタルツイン等を理解している人材等 23 件あげられた。

- ・業務に利用可能な情報機器及びシステムを把握し、IT 技術に関する知識をもち、オフィスツールを活用できる。
- ・担当業務を理解するために、企業活動や関連業務の知識を有する。
- ・担当業務の問題把握及び必要な解決を図るために、システムの考え方や論理的な思考力を有する。
- ・担当業務に関する問題分析及び問題解決手法に関する知識を有する。
- ・通信設備・システム設計において、情報関連法規や情報セキュリティに関する知識を活用して、安全に情報を収集することができる。
- ・センサや IoT デバイスを活用し、システムの情報を収集・分析できる。
- ・センサや IoT デバイスを活用した自動化システムを構築できる。
- ・安全衛生において AR を活用した安全衛生教育のスピード化ができる。
- ・業務の分析やシステム化の支援を行うための、情報システムの開発及び運用に関する知識を有する。
- ・新しい技術(AI、ビッグデータ、IoT など)や新しい手法(アジャイルなど)の概要に関する知識を有する。

- ・センサや IoT デバイスを活用し、現在ある技能を形式知化し、技能伝承に貢献できる。
- ・シミュレーション、デジタルツインを理解し、活用できる。
- ・シミュレーション、デジタルツイン、CPPS を活用し、業務提案ができる。
- ・センサや IoT デバイスを理解し、活用できる。
- ・センサや IoT デバイスを活用し、生産システムの改善ができる。
- ・ネットワークを理解し、構築できる。
- ・ネットワークを構築し、運用できる。
- ・データを理解し、収集・記録し見える化できる。
- ・自動化について理解し、プログラミング等に対応できる。
- ・データを自動収集し、AI による分析を応用できる。
- ・プログラミングやロボットインテグレートに対応できる。
- ・品質管理の基本を理解し、活用できる。
- ・全社的な品質管理に対応できる。

7. 訓練の内容

77 件の技術者像(仕上がり像)をもとに、離職者・在職者・高度技能者養成訓練の各カリキュラム等検討委員会において訓練内容を検討し、研究会にて検討した技術者像の傾向から、第 4 次産業革命の進展に伴う重要な技術要素と職業訓練において習得させるべき主な知識、技能・技術の例を表 1 に示す。

表 1 技術要素と知識、技能・技術(例)

要素	習得すべき知識及び技能・技術(例)
センシング	<ul style="list-style-type: none"> ・各種センサの使用法を知っている ・各種センサの特性を知っている ・検出用・計測用センサの種類と特徴を知っている ・各種機器へのセンサの適用ができる ・センサ情報の取得ができる
通信	<ul style="list-style-type: none"> ・通信の種類と概要を知っている ・IoT デバイスにおいてクラウドを利用する方法を知っている ・クラウドを用いた IoT デバイスシステムを構築することができる ・組み込みシステムと IoT についての仕組みを知っている ・IoT デバイスを利用するために必要なセキュリティについて知っている ・IoT デバイスにおいてクラウドを利用する方法を知っている ・クラウドを用いた IoT デバイスシステムを構築することができる
ビッグデータ	<ul style="list-style-type: none"> ・ビッグデータの概要について知っている ・ビッグデータの種類について知っている ・ビッグデータの活用方法について知っている
AI	<ul style="list-style-type: none"> ・人工知能の概要について知っている ・機械学習の概要について知っている ・統計的機械学習について知っている ・ニューラルネットワークについて知っている ・進化的機械学習について知っている ・プログラミングができる

制御	<ul style="list-style-type: none"> 生産現場における生産性向上の考え方を知っている 生産プロセスシミュレーションができる 各種自動化設備の能率と経済性を知っている 生産システムの経済的最適化ができる 生産システムの多目標最適化ができる 生産工程の自動化ができる 設備機械導入ができる
3次元モデリング	<ul style="list-style-type: none"> 機械製図を知っている 3次元データの活用方法を知っている 仕様決定ができる 構想設計ができる 詳細設計ができる 製品の企画立案ができる 部品モデルデータの作成ができる
データ収集	<ul style="list-style-type: none"> 製造データの種類を知っている データストアの構造を知っている データの読み出し書き込みの仕組みを知っている 論理・物理構造の設計と容量計算ができる 日常管理（バックアップ）ができる 障害時の対応ができる 性能評価ができる
データ分析	<ul style="list-style-type: none"> 収集データの分析ができる 開発設計への活用法を知っている 改良設計ができる
画像処理	<ul style="list-style-type: none"> 画像処理技術の概要を知っている デジタル画像処理について知っている 2次元画像処理について知っている 画像認識技術について知っている 3次元画像処理ができる 各種プログラミング技術を知っている 測定による認識, 判別方法, 外部出力方法等 プログラミングができる
画像解析	<ul style="list-style-type: none"> 各種プログラミング技術を知っている 部品の良品/不良品判別検査等 応用プログラミングができる
モノと情報の流れ	<ul style="list-style-type: none"> 情報とデータの関係と違いを知っている 業務を見える化する手法を知っている 業務を見える化する手法を使って業務を可視化できる 可視化した業務からムダを発見できる 業務の流れを改善することができる
見える化	<ul style="list-style-type: none"> 仕事, 能力の明確化ができる 標準作業書の作成ができる 内容を整理し体系化することができる
暗黙知の形式知化	<ul style="list-style-type: none"> 作業の標準化と現状分析ができる 収集したデータをデータベース化することができる 作業標準の作成ができる 内容を整理し体系化することができる
BIM	<ul style="list-style-type: none"> BIM ソフトウェアの操作ができる 確認申請について知っている BIM 確認申請テンプレートの活用ができる BIM を使った点検業務の蓄積方法を知っている BIM による管理データベース化ができる BIM3 次元モデルを把握できる BIM3 次元モデルに設備機器や什器等の資産情報を反映できる 点検や修繕履歴を BIM3 次元モデルに反映させ, 維持管理計画を作成できる
バーチャル	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーション・デジタルツインの概要について知っている シミュレーションの活用方法を知っている シミュレータの操作ができる

AR	<ul style="list-style-type: none"> AR の概要を知っている AR のデータ作成ができる AR ツールのデータ化ができる AR ツールの操作ができる
VR	<ul style="list-style-type: none"> VR の概要を知っている VR のデータ作成ができる VR ツールのデータ化ができる VR ツールの操作ができる
ドローン	<ul style="list-style-type: none"> 航空法における許可・承認の申請, 安全ガイドラインを知っている ドローンに関する法律を知っている 構造, 飛行制御技術, GPS, 通信を知っている 垂直離着陸, ホバリング, 水平移動, 視範囲での遠方飛行ができる デジタルカメラ計測ができる
ネットワーク構築	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク及びシステム管理を知っている ユーザアドレスの管理（付与と管理）ができる イントラネット利用環境の設計と整備ができる データの重要性及びユーザーの権限に応じたセキュリティ設定ができる バックアップ及びリカバリーの方法について知っている データとソフトウェアのバックアップ及びリカバリーの実施・管理ができる
データの共有化	<ul style="list-style-type: none"> データの共有化の方法を知っている クラウドの活用方法を知っている クラウドを活用した共有化ができる
情報セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> システム開発におけるセキュリティについて知っている 脆弱性発生メカニズムと対策を知っている 発生するセキュリティ上の障害の対策について知っている
遠隔監視	<ul style="list-style-type: none"> 製造システムの遠隔保守・運用管理の構成を知っている 製造機器の遠隔監視制御と遠隔保守ができる 通信ネットワーク施工・保守・運用管理技術と遠隔監視環境構築ができる 現場管理者に必要な遠隔端末管理ができる 現場管理者に必要なシステム管理環境の改善と構築ができる
ロボット	<ul style="list-style-type: none"> 産業用ロボットの概要を知っている ロボット災害と安全対策について知っている ロボットの教示ができる 複数の産業用ロボットの協調ができる ロボットを活用したセル生産システムの制御ができる

8. 訓練を担当する指導員に必要な能力

第4次産業革命に対応した職業訓練を担当する職業訓練指導員に求められる能力について, これまでに整理された技術者像, 訓練内容や職業能力開発総合大学校研修要項, 専門別指導員の能力体系[1]をもとに検討した. 必要な核となる技術を以下に示す.

表2 分野毎の技術者に必要な核となる技術

分野	技術者に必要な核となる技術
製造業	センシング, 通信, データ収集, データ分析, 制御, ロボット, AI, ビッグデータ, 画像処理, 画像解析, 3次元モデリング, シミュレーション
建設業	センシング, 通信, データ収集, データ分析, BIM, AI, ドローン, シミュレーション, AR, VR, ビッグデータ

情報 通信業	センシング, 通信, データ収集, データ分析, 制御, ビッグデータ, シミュレーション, 情報セキュリティ, ネットワーク構築, データの共有化, AI
-----------	--------------------------------------------------------------------------------

表2にあるように分野を問わず、第4次訓練内容に出現回数が多いものが、「センシング」「通信」「データ収集」「データ分析」の4項目であることが分かった。

また、建設業分野では、建設業分野特有の技術である「BIM」「ドローン」や「AR, VR」などが、技術者を育成するための訓練内容に多数出現する。

そのため、指導員は、「センシング」「通信」「データ収集」「データ分析」の4項目を各分野の技術者に付与する力が必要になることがわかった。さらに、建設業分野を担当する指導員は先の4項目に加えて、「BIM」「AR, VR」「ドローン」等に関する技術の活用が必要になることが分かった。

国の施策や報告書等では、「ものづくり白書(2018版)」中で、デジタル時代の「現場力」として、質の高い現場データを取得し、デジタルデータとして資産化する力や職人技(技能)を技術化・体系化、暗黙知を形式化し、デジタルデータとして資産化する力等が重要だとしている。建設業、土木業の分野においては、国土交通省が平成28年度に生産性革命プロジェクト20を発表し、建設業の生産性向上の取り組みとして、「i-Construction」の推進をあげ、ドローンによる3次元測量や3次元データの設計・施工への活用、ICT建設機械による施工、検査の省力化等の取り組みを始めた。

研究会での検討結果や国の施策等から指導員に必要な専門的な要素は、「センシング」「通信」「データ収集」に関する訓練内容を実施できる知識・技術を有して、それらを組合せて、各分野で必要なデータ収集と情報のデジタル化、リアルタイムでのデータの見える化を実現する力が必要になると考えられる。

その上で、データを分析するための知識や手法の習得、収集するデータに関する知識等も必要になると考えられる。

以上のことから、第4次産業革命に対応した職業訓練を担当する指導員に必要な専門的な要素(技術的な能力)を以下のように整理・分類した。

8.1 情報技術を活用したデータ収集と見える化に関する知識・技術の習得

センシングや通信(クラウド含む)、データ収集(データベース等)に関する技術を理解しており、これらを組み合わせて、必要なデータを収集できる装置等を構築できる知識・技術。

8.2 データ分析力に関する知識、手法の習得

データを分析するための各種手法の知識、技能等。具体的には、「統計解析手法の理解」「統計ソフトの活用ができる」こと等が必要となる。

8.3 デジタルデータを作成するための前提となる知識

デジタルデータを作成するための前提となる知識である。具体的には、機械の稼働率等の生産工学に関する知識、建築計画等における工程管理等の知識などが考えられる。

8.4 建設業分野を担当する指導員の専門性

「BIM」を活用しての3次元データの利活用推進やAR・VRを活用する力、ドローンの活用等

上記より、製造業分野を中心に、第4次産業革命に対応した職業訓練を担当する指導員に必要な専門的な能力を、図1のようなイメージで示す。

各指導員が現在有している専門性の上に、収集すべき有効なデータを判断するために必要な知識(製造データや生産管理に関する知識)を持ち、データ収集の方法(情報技術を使ったデータ収集に関する知識・技能)までを優先的に習得することが望ましい。

その後収集したデータを活用するためにデータの分析力を有するべきである。その上で、AIやロボット、制御等に関する知識、各技術者像に必要な個別の専門性(生産管理システム、ドローンを用いた診断)を習得していくことが望ましいと考えられる。

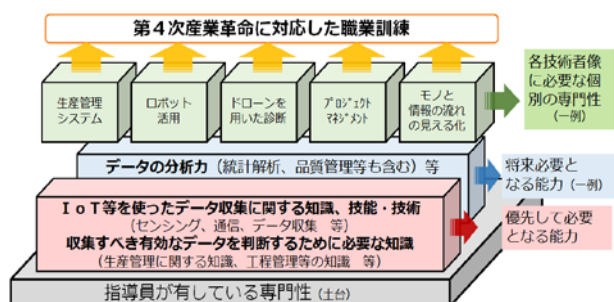


図1 第4次産業革命に対応するための指導員に必要な専門能力のイメージ(例)

9. 訓練方法、訓練教材

第4次産業革命に対応した職業訓練の実施にあたり、効果的と考える訓練方法や訓練教材について、他の教育機関や企業等の取組について取りまとめ、整理した訓練内容を踏まえて有効と思われる訓練方法・訓練教材について検討を行った。

訓練効果を高める訓練教材・訓練方法は、以下の10件に整理した。

- ・LMSシステム(学習管理システム)の活用
- ・eポートフォリオを活用した学びの自己管理および学修サービス
- ・eポートフォリオを活用した学びと教育の改善
- ・スマートIoT推進フォーラムにおける人材育成分科会の取組
- ・基礎的ITセミナーの実施

- ・ AR 技術を利用した施工実習用教材
- ・ VR, AR, MR 技術等を用いた ICT 建機実習用シミュレータ
- ・ VR を利用した技能伝承及び人材育成
- ・ バーチャル溶接訓練システムの導入
- ・ デジタル教科書を利用した教材

第 4 次産業革命の進展に伴う技術等を習得できる訓練方法・訓練教材は、以下の 8 件に整理した。

- ・ 分野を横断する問題解決能力等を育成する PBL 科目の導入
- ・ 学年混成チームで問題発見・解決に取り組む演習を導入
- ・ 現役技術者を活用してシステム開発プロジェクトを疑似体験
- ・ 部門を越えて学ぶことによるエンジニアの育成
- ・ 生産システム設計領域での人材育成スキルの基準化
- ・ AI 分野の技術開発や事業開発を担う人材の育成
- ・ 労働者等のキャリア形成・生産性向上に資する教育訓練
- ・ 教育用レゴ®マインドストーム

技術等を知るための訓練教材・訓練方法を以下の 3 件に整理した。

- ・ VR 技術を活用した施工管理者向け教育システム
- ・ BIM を活用した新たな建築教育
- ・ スマートファクトリー学習システムの導入

10. 職業訓練に与える影響及びその対策

今後の職業訓練への影響（変化）及び各訓練へ展開する上での課題を解決するための方策について、研究会の中で、次のような意見が得られた。

- ・ ドイツやアメリカの取組み等を見聞し吟味した上で、技術優先だけでなく世界の中での日本のものづくりとは何かについて、その背景も含めて考えることが重要である。
- ・ ビッグデータによる分析はブラックボックスであり、またヒット率が低い。技能科学的なアプローチでの改善に期待したい。
- ・ IoT 等の技術習得の際には、各分野に横串を通すようなカリキュラムを設定し、複合的で広い知識が得られるようにすべきである。
- ・ 企業の課題解決のために AI やビッグデータの活用が不可欠とわかる課題を設定する。
- ・ 第 4 次産業革命に関連する教材について、個々の指導員が作るのではなく、標準的に作成された教材を共有すべきである。 等

10.1 職業訓練に与える影響

(1) 訓練実施形態に対する影響

これまで、機構の職業訓練は、訓練対象者毎に離職者訓練、在職者訓練、学卒者訓練という形式で実施してきた。対象者毎の職業訓練は、機械系、電気系、居住系のように技術分野によって分かれていたものや在職者訓練

のように設計・開発、加工・組立、保全・管理のように仕事の種類の分類により実施してきた。本研究会において、第 4 次産業革命に対応した技術者像を検討した結果、従来実施してきた訓練分類（離職者訓練、在職者訓練、学卒者訓練）に対して以下の点を考慮する必要がある。

- ・ 各分野の訓練に IoT 等のデジタル技術に関する内容を追加する必要性。
- ・ 多能工化や複合技術に対応するため分野別、仕事の分類毎に行っていた訓練に複合的な訓練内容を追加すること。もしくは、複合的な訓練を実施すること。
- ・ 仕事内容の習得、技術・技能の習得から課題解決型の訓練を実施すること。

(2) 訓練期間、訓練環境、訓練方法に対する影響

機構実施の職業訓練は、離職者訓練 6 か月、在職者訓練 2~5 日間、学卒者訓練 2 年間の期間で行われ、集合訓練による機械工作機や制御機器などの実機を用いた実学融合の訓練を実施してきた。新しい技術を職業訓練の教材、実習環境に取り入れることによって以下のことが考えられる。

- ・ AR や VR 技術の活用による仮想体験型の技能訓練の実施及び教材による習得度、理解度の向上と習得期間短縮による訓練のスピード化の可能性。
- ・ シミュレーション技術の活用で、経験や体験により分る現象・事象を解析技術により体感できる。また、実物を使用しない実習の可能性。
- ・ シミュレーション技術や学習管理システム導入による気づきの向上。

(3) 技術の進展が見込まれる技術分野の影響

第 4 次産業革命に対応する技術の中で、センシング、通信、データ収集（データベース）は、データの取得やデータの見える化等、活用の目的が分かりやすい技術分野である。一方で、自動化、省力化、自律化の分野に活用が見込まれる AI や協働ロボットの分野は、技術が進展中であり、今後の展開が予測しづらい。

特に AI については、今後の社会に大きなインパクトを与える可能性があり、職業訓練の分野においてどのように影響するのか注視する必要がある。

10.2 今後の課題

今後の職業訓練は、新しい技術を活用した訓練や複合的な内容の訓練、複数の技術を活用した課題解決型訓練の実施が期待される。また、研究会における委員からの提案等も含め、以下のような課題が考えられる。

(1) 職業訓練カリキュラムの開発

文献調査、ヒアリング調査、研究会の議論により定義された技術者像は、従来の仕事や職務に IoT を始めとするデジタル技術が組合わされたものやデジタル技術により分野をまたいだもの、複合技術が必要なもの等である。今後の職業訓練カリキュラムの開発は、従来の訓練内容にデジタル技術内容の追加や職業訓練分野毎、職務毎の訓練から複合技術による分野の横断、現場の課題解決を実施するための職業訓練が必要になる。

(2) 新たな訓練教材，訓練方法の開発

職業訓練を実施するにあたり，AR（拡張現実），VR（仮想現実）等を始めとした新しい技術を利用することが実技訓練実施に有効である。そこで，AR・VRによる視覚化や仮想体験による訓練効果を高める教材の作成，訓練の習得を早める教材，安全に作業を体感できる教材等を作成することが検討課題となる。また，訓練方法では，学卒者訓練で培った開発課題でのノウハウやPBLのようなアクティブラーニング型の訓練方法の検討が課題となる。

(3) 訓練環境の整備

新技術導入による訓練効果向上や訓練スピード化を行うための環境として，AR・VR，シミュレーション技術による仮想体験のできる実習環境の整備が必要となる。

また，訓練の習得度を個人で確認できるeポートフォリオやeラーニングのLMSの活用も考えられる。

(4) 指導員の養成

第4次産業革命に対応した職業訓練を実施していくために，指導員研修の充実を図るべきである。

たとえば，指導員のものづくりIT力の強化（現場データをデジタル化する力等）や課題解決型の訓練を実施するためのデータ分析力の強化，訓練コーディネータ力，新技術が活用された教材への適応力向上のための研修内容が考えられる。

(5) 職業大の技能科学の活用

技能科学の研究による知見と訓練現場のデータ（実習時の作業者の姿勢や力加減，作業スピード等）の取得，利活用により以下のような可能性がある。

- ・新しい職業（キャリア）の創出と訓練現場で活用できるカリキュラム作成の検討。
- ・技能科学を体系化し展開することによる指導員の高度化，訓練内容への対応。

(6) 訓練ビッグデータの利活用

訓練現場のビッグデータの取得と利活用について，研究会で以下のような提案がされた。今後の訓練実施等における検討課題とする。

- ・データの取得方法，データ蓄積による分析，分析結果を用いたロボット等による自動化に関するカリキュラムの作成及び検討。
- ・訓練データ活用による人の間違いやすい箇所，習得の予測，個人の習得状況の見える化による訓練のスピード化と高度化。
- ・現場を知る人（離転職者）にデータ分析力を付与することの有効性とビッグデータ利活用技術者という新たな職種の可能性。

(7) 課題解決型訓練の検討

研究会で作成された第4次訓練内容の「複数の技術者像に共通する訓練内容」には，「モノと情報の流れの見える化」，「ベテランのノウハウの見える化」，「暗黙知の形式知化」など，課題解決に関する訓練内容もある。課題解決型の訓練を検討する上で，重要な訓練内容となる可能性が高い。そのため，これらの内容を実施する具体的

な訓練内容の検討が重要になると考えられる。

(8) 海外の教育訓練の取組みの調査

海外において，先進的な取り組みを行っている技能に強みを持つドイツ，データに強みを持つアメリカなど海外の第4次産業革命など先進技術に対応するための職業訓練等の取組みを調査することにより，新しい職業訓練や分野への展開について検討する際の材料となる。

11. まとめ（あとがき）

本調査研究では，育成する技術者像（目標）を基に，各専門分野の核となる技能・技術要素の抽出を行い，77件の技術者像及び育成するための訓練内容を整理した。あわせて，担当する指導員に必要な核となる能力を整理した。

今後は，海外の第4次産業革命に対応した職業訓練先行事例の視察や，事業主等へのヒアリング等を重ねて実施し，訓練カリキュラム等の開発及び訓練を担当する指導員の育成へ繋げたい。

Keywords: IoT, BigData, AI, Robot, CPPS

参考文献

- [1] 職業能力開発総合大学校基盤整備センター「職業訓練指導員に必要な技能・技術要素の明確化、体系化等に関する調査研究」調査研究報告書 No.172,2018.

*磯部 真一郎，室長

職業能力開発総合大学校，基盤整備センター，〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Shinichiro Isobe, The Institute of Research and Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035.

Email: s-isobe@uitech.ac.jp

*佐藤 一晃，研究員

職業能力開発総合大学校，基盤整備センター，〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Kazuaki Sato, The Institute of Research and Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035.

Email: k-satou@uitech.ac.jp

*濱本 寿，研究員

職業能力開発総合大学校，基盤整備センター，〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Hisashi Hamamoto, The Institute of Research and Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035.

Email: h-hamamoto@uitech.ac.jp

*高杉 泰裕，研究員

職業能力開発総合大学校，基盤整備センター，〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Yasuhiro Takasugi, The Institute of Research and Development, Polytechnic University of Japan, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035.

Email: y-takasugi@uitech.ac.jp