2021 年度成果報告書

情報収集費/
ロボットの開発・導入・利活用に関わる人材の
効果的な育成手法に関する調査・研究開発

2022 年 3 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先　一般社団法人 日本機械工業連合会

（法人番号 5010405009688）

目次

序論.....5
要約（エグゼクティブサマリ）.....7
English Summary (Executive Summary).....9
本編.....12
1. 調査概要.....12
1.1 背景と目的.....12
1.2 求められるロボット人材.....12
1.2.1 社会が求めるロボット人材.....12
1.2.2 企業が求めるロボット人材.....14
1.2.3 ロボット人材育成に必要な手法とツール.....17
1.3 本事業で行う調査の全体像.....17
1.3.1 ロボット教育動向調査.....17
1.3.2 人材育成に関するアンケート調査.....18
1.3.3 ロボットシミュレータ導入による調査.....18
1.3.4 教育動画開発による調査.....18
1.3.5 事業成果の検討によるロボット人材育成方策等の提示.....19
1.4 事業スケジュール.....19
1.5 有識者による意見交換会.....20
2. 高専･工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果.....21
2.1 高専の人材育成.....21
2.1.1 モデルコアカリキュラム（MCC）について.....21
2.1.2 COMPASS5.0 プロジェクト.....22
2.1.3 PBL、社会実装教育.....23
2.1.4 スキルセットについて.....24
2.2 工業高校の人材育成.....25
2.2.1 ロボット教育の目的.....25
2.2.2 工業高校におけるロボット教育.....25

2.2.3 ロボット教育の実施状況 26
2.2.4 ロボット教育に対する学生の興味関心 26
2.2.5 今後ロボット教育で充実したい項目 27
2.2.6 現在のロボット教育における課題 27
3. ロボット人材育成の潮流 29
3.1 海外におけるロボット人材育成に関する調査結果 29
3.1.1 調査概要 29
3.1.2 米国 30
3.1.3 欧州 38
3.1.3.1 欧州（ドイツ） 39
3.1.3.2 欧州（フランス） 43
3.1.3.3 欧州（英国） 45
3.1.3.4 欧州（デンマーク） 47
3.1.4 中国 50
3.1.5 ロボット教育の世界の潮流まとめ 67
3.1.6 日本におけるロボット教育への示唆 68
3.2 日本におけるロボット人材育成に関する調査 69
3.2.1 調査概要 70
3.2.2 ロボットアームを活用した事例 71
3.2.3 レゴマインドストームを活用した事例 73
3.2.4 ライントレースロボット、製造ライン教材を活用した事例 75
3.2.5 ロボット人材育成プログラム 76
3.2.6 国・自治体・その他の人材育成動向調査 76
3.2.7 ロボット教育の国内の潮流まとめ 81
3.2.8 日本でのロボット教育への示唆 82
4. ロボット人材育成手法の開発と検証概要（試行等と検証結果） 85
4.1 人材育成に関するアンケート調査と結果 85
4.1.1 教員へのアンケート 85
4.1.2 学生へのアンケート 89

4.2 ロボットシミュレータ導入による調査と結果 92
4.2.1 シミュレータ講習会 92
4.2.2 高専へのシミュレータ導入調査 93
4.2.3 工業高校へのシミュレータ導入調査 96
4.3 教育動画開発による調査と結果 98
5. 中長期的展望に立った今後の取り組み 104
5.1 ロボット産業の長期的展望と今後の取り組み 104
5.2 高専、工業高校における中長期的展望と今後の取り組み 104
5.3 中期展望の体制とスケジュール案 106
6. 結論 107
6.1 概要 107
6.2 結論 108
6.3 提言 110
参考文献 111
研究発表状況 112
付録 112
付録 1 「海外におけるロボット人材教育に関する調査」報告書.pdf 112
付録 2 「国内におけるロボット人材育成に関する調査」報告書.pdf 112

序論

少子高齢化に伴う労働人口減少を背景とした省人化ニーズや生産性向上への対応、さらに近年のコロナ禍に伴う三密回避のため、ロボット導入による省人化/無人化/自動化への期待が高まっている。産業用ロボットは従来から自動車産業や電機・電子産業を中心に導入が進んできたが、一方、三品産業（食品・医薬品・化粧品）や中小企業においては、業務効率化やコスト削減、人手不足解消等のため潜在的なニーズは高いものの、多品種少量生産へのロボットによる自動化の限界という技術的な課題に加え、ロボットを導入・運用するユーザ企業側にロボット利活用人材が少ないという課題があり、導入が進んでいない。こうした背景を受けて、2019 年 7 月、内閣府、厚生労働省、文部科学省、経済産業省により合同で開催された「ロボットによる社会変革推進会議」の取り纏め（ロボットによる社会変革推進計画）では、日本の英知を結集したユーザ、メーカ、システムインテグレータ（SIer)、大学・高専等のエコシステム構築を通じて、中長期的に産学連携による人材育成枠組を構築することの重要性が打ち出され、「ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会（以下、RRI と記載)」に「未来ロボティクスエンジニア育成協議会（以下、CHERSI と記載)」が設立された。

今回、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO と記載)」の事業を「一般社団法人 日本機械工業連合会（以下、日機連と記載)」が受託し、ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材（以下、ロボット人材と記載）の効果的な育成手法について関連動向等の調査、実践的な試行等を通じて開発・検証を行った。本報告書は、その成果を取り纏めたものである。

第 1 章は「調査概要」と題し、本事業の社会的背景と本事業の目的、全体像を説明する。第 2 章は「高専･工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果」と題し、高専と工業高校の取り組み、第 3 章は「ロボット人材育成の潮流」と題し、国内外のロボット人材育成に関する動向や人材育成コンテンツ・ツール等に係る調査、第 4 章は、「ロボット人材育成手法の開発と検証概要（試行等と検証結果)」と題し、教育機関へのアンケート調査、人材育成コンテンツ・ツール等の開発と有効性の検証結果をそれぞれ報告する。第 5 章は「中長期的展望に立った今後の取り組み」と題し、第 2 章から第 4 章の調査結果も踏まえて中長期的な人材育成の仕組み等の検討結果を報告、第 6 章は「結論」とする。章立てを整理すると、以下の通り。

1. 調査概要
2. 高専･工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果
3. ロボット人材育成の潮流
4. ロボット人材育成手法の開発と検証概要（試行等と検証結果）
5. 中長期的展望に立った今後の取り組み
6. 結論

なお、本事業は CHERSI に参加している「独立行政法人国立高等専門学校機構（以下、高専機構と記載）」、「公益社団法人全国工業高等学校長協会（以下、全工協会と記載）」、「川崎重工業株式会社」、「株式会社デンソー」、「株式会社デンソーウェーブ」、「ファナック株式会社」、「株式会社不二越」、「三菱電機株式会社」、「株式会社安川電機」、「ＦＡ・ロボットシステムインテグレータ協会（以下、SIer 協会と記載）」会員の「株式会社 HCI」、「株式会社近藤製作所」、「三明機工株式会社」、「株式会社バイナス」にご協力を賜り実施した。調査にご協力いただいた皆様に、この場を借りて改めて感謝を申し上げたい。

要約（エグゼクティブサマリ）

本報告書は、日機連が NEDO の 2021 年度委託事業「ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材の効果的な育成手法に関する調査研究」の委託を受けて実施した成果を取り纏めたものである。ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材、すなわちロボット人材の効果的な育成手法について関連動向等の調査、実践的な試行等を通じて、開発・検証を実施した。章ごとの要点は以下のとおり。

第 1 章では、「調査概要」に関して、本調査を実施する上での社会的背景と目的、社会や企業が求めるロボット人材像、さらに本事業で行う事業の全体像やスケジュールについて整理した。1)日本が目指すべき未来社会の姿として Society5.0 が提唱され、モノづくりにおいてもこの思想が重要となっており、サイバーフィジカル（デジタルツイン）を具現化できるエンジニアの育成が急務であること、2)企業が求めるロボット人材として機械・電気等のそれぞれの分野の基礎知識の他、汎用技術能力も身に着けておくことが望ましいこと、が明らかになった。また、本事業の内容や今後の取り組みについて異なる立場・専門分野からの視点で検証・ヒアリングを目的として有識者による意見交換会を実施した。

第 2 章では、「高専･工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果」に関して、高専と工業高校の取り組みを調査し、以下の結果を得た。高専の人材育成では、1)すべての学生に到達させる最低限の能力水準「コア」と、より一層の高度化を図る指針となる「モデル」を提示していること、2)COMPASS 5.0 プロジェクトでは AI・数理データサイエンス、サイバーセキュリティ、ロボット、IoT という分野を技術の高度化に関する羅針盤（COMPASS）として取り組んでおり、COMPASS 5.0 ロボット分野では目指す人材育成の特徴を明確にしていること、3)高専は PBL(Problem/Project Based Learning)や社会実装教育に力を入れていること、また工業高校の人材育成では、1)ロボット教育の目的、2)学生の興味、3)充実したい教育内容、4)現在のロボット教育における課題・解決策等が明らかになった。

第 3 章では、「ロボット人材育成の潮流」に関して、海外（米国、欧州（ドイツ、フランス、英国、デンマーク）、中国）と国内における高等学校、大学、企業、諸団体、PBL 等について調査を実施した。また各国における学生（主に高校・大学）に対する産業用ロボット・ロボットアームを適用した教育方法、コンテンツ等の情報収集を実施した。その結果、以下の結果が得られた。1)海外で実施されているロボット関連教育プログラムは米国 29 件、欧州（ドイツ、フランス、英国、デンマーク）24 件、中国 45 件が調査されたこと、2)中国では人材育成に注力したプログラムが多数行われており、日本での教育においても参考となること、3)国内のロボット関連教育は 29 件調査され、ロボットアーム 8 件、レゴ®マインドストーム®EV3 が 4 件、ライントレースロボットと製造ライン教材 3 件、ロボット人材育成プログラム 1 件、さらに国・自治体等 13 件、に分類できその特性が整理された。

第 4 章では、「ロボット人材育成手法の開発と検証概要（試行等と検証結果）」に関して、

1)高専の教員・学生、工業高校の教員に対するアンケート調査により、ロボット人材育成に必要な教材を明らかするとともに、高専生と教員のロボット教育に関する意識（ロボット教育への期待等）については両者に同様の傾向がみられることが分かったこと、2)ロボットシミュレータ 60 式を教育機関で活用した結果、導入の簡易性や学生が容易に実体験可能なツールであることが判明し、ロボット教育に有効であることが検証されたこと、3)ロボットに係る仕事のイメージや、ロボット最先端技術を盛り込んだ教育動画を制作することで、ロボット授業での活用の他、インターンシップ・工場見学の事前指導に活用でき人材育成の規模拡大が期待できること、を明確にした。

第 5 章では、「中長期的展望に立った今後の取り組み」に関して、第 2 章から第 4 章の結果を踏まえた中期展望について整理した結果、1)日本では Society5.0 を具現化できる人材の育成と輩出が必要であること、2)ロボットの人材育成には産業界、教育機関、行政が双方向のつながりを持つ共創関係構築の必要があること、3)その結果に基づき、ロボット人材育成を具現化するための中期展望（令和 6 年度（2024 年度））の体制とスケジュールを明らかにした。

第 6 章は「結論」であり、第 1 章から第 5 章の内容を総括してまとめるとともに、短期的提言として、1)ロボット教育ツールとしてシミュレータや教育動画が有効であり継続して活用すべきであること、2)社会実装教育研究推進委員会（仮称）を設立し、ロボット人材育成を長期的な展望から検討すべきであること、長期的提言として、3)ロボット人材育成は産業界、教育機関、行政の共創関係で進めるべきであること、4)教育モデルとして PBL(Problem/Project Based Learning)や社会実装教育、ロボット実体験等を取り入れて学生の汎用的技能向上の取り組みを進めるべきであること、を取り纏めた。

English Summary (Executive Summary)

This report summarizes the results of NEDO's 2021 commissioned project "Survey and research on effective training methods for human resources involved in robot development, introduction, and utilization" commissioned by Japan Machinery Federation (Nikkiren). We developed and verified human resources involved in the development, introduction, and utilization of robots, that is, effective training methods for robot human resources, through surveys of related trends and practical trials. The main points of each chapter are as follows.

Chapter 1 summarizes the "survey outline", the social background and purpose of conducting this survey, the image of required robot human resources by society and companies, and the overall picture and schedule of the project to be carried out in this project.
1) Society 5.0 has been proposed as the future society that Japan should aim for. This idea is also important in manufacturing, and there is an urgent need to develop engineers who can embody cyber physical technology (digital twin).
2) It is desirable to acquire general-purpose technical capabilities as well as basic knowledge in each field such as machinery and electricity as robot human resources required by companies.
In addition, an opinion exchange meeting was held by experts for the purpose of verifying and hearing about future efforts from the perspectives of different positions and specialized fields.

Chapter 2 investigated current attempts of technical colleges and technical high schools regarding "the results of the current status of robot human resource development at technical colleges and technical high schools."
The following became clear in the human resources development of technical colleges.
1) The minimum ability level "core" to reach all students and the "model" to guide further sophistication are presented.
2) In the COMPASS 5.0 project, we are working on the fields of AI , mathematical data science, cyber security, robots, and IoT as a compass (COMPASS) for technological sophistication. In the COMPASS 5.0 robot field, the characteristics of human resource development that we are aiming for are clarified.
3) The technical college is focusing on PBL (Problem / Project Based Learning) and social implementation education.
In addition, the following was clarified in the human resources development of technical high schools.
1) Purpose of robot education, 2) Student interests, 3) Educational content that teachers want

to enhance, 4) Issues and solutions in current robot education, etc.

Chapter 3 conducted a survey of high schools, universities, companies, organizations, PBLs, etc. overseas (US, Europe (Germany, France, UK, Denmark), China) and Japan regarding "the trend of robot human resource development".
In addition, we collected information on educational methods and contents using industrial robots and robot arm for students (mainly high school and university students) in each country.
The following results were obtained.
1) The number of robot-related education program in overseas, 29 in U.S., 24 in Europe (Germany, France, UK, Denmark), and 45 in China were surveyed.
2) There are many programs focused on human resource development in China, which will be useful for education in Japan.
3) 29 cases of domestic robot-related education were surveyed, 8 cases of robot arm , 4 cases of LEGO® Mindstorm® EV3, 3 cases of line trace robot and manufacturing line teaching materials, 1 case of robot human resource development program, and 13 cases of national and local governments, etc. These cases were classified into cases and its characteristics were organized.

Chapter 4 investigated "Development and verification outline of robot human resources development method (trials, etc. and verification results)" and obtained the following results.
1) A questionnaire survey of teachers / students of technical colleges and teachers of technical high schools clarified the teaching materials necessary for developing robot human resources. It was also found that there is a similar tendency in the awareness of technical college students and teachers regarding robot education (expectations for robot education, etc.).
2) As a result of using 60 set of robot simulator in an educational institution, it was verified that it is an easy tool to introduce and students can easily experience it, and that it is effective for robot education.
3) By creating videos with an image of developer related to robots and with latest robot technology, it can be used not only in classes but also in advance guidance for internships and factory tours.
Therefore, it was clarified that the scale of human resource development can be expected to expand.

Chapter 5 summarizes the medium-term outlook based on the results of Chapters 2 to 4, regarding "future efforts from a medium- to long-term outlook."

1) It is necessary to develop and produce human resources who can embody Society 5.0 in Japan
2) To develop human resources for robots, it is necessary to build a co-creation relationship in which industry, educational institutions, and the government have two-way connections.
3) Clarified the system and schedule till medium-term outlook 2024 for embodying robot human resources development.

Chapter 6 is the "Conclusion", which summarizes Chapters 1 to 5.
The following are summarized as short-term recommendations.
1) Simulators and videos are effective and should be continuously used as robot education tools.
2) Consider long-term prospects for robot human resource development by establish the Social Implementation Education and Research Promotion Committee (tentative name).
The following are summarized as long-term recommendations.
3) Robot human resource development should be promoted through co-creation relationships between industry, educational institutions, and government.
4) PBL (Problem / Project Based Learning), social implementation education, actual robot experience, etc. should be incorporated as an educational model to promote efforts to improve general-purpose skills of students.

本編

1. 調査概要

1.1 背景と目的

少子高齢化に伴う労働人口減少（図 1.1.1 参照）を背景とした省人化ニーズや生産性向上への対応、昨今のコロナ渦に伴う三密回避のため、ロボット導入による省人化/無人化/自動化への期待が高まっている。とりわけ三品産業（食品、医薬品、化粧品）や中小企業においては潜在的なニーズは高いもののロボット導入は進んでいない。その理由としてロボットを導入・運用するするユーザ企業側にロボット利活用人材が少ないこと、また例えば食品製造における総菜盛り付けの様に多品種の製品をロボットが認識し自律的に作業を行うにはまだ技術的な課題が残されているからである。そこで「ロボットによる社会変革推進会議（2019 年 7 月開催)」では、企業や教育機関による人材育成枠組を構築することの重要性が打ち出されている。本事業では、ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材、すなわちロボット人材の効果的な育成手法について関連動向等を調査し、実践的な試行等を通じて、人材育成手法を開発・検証することを目的とする。

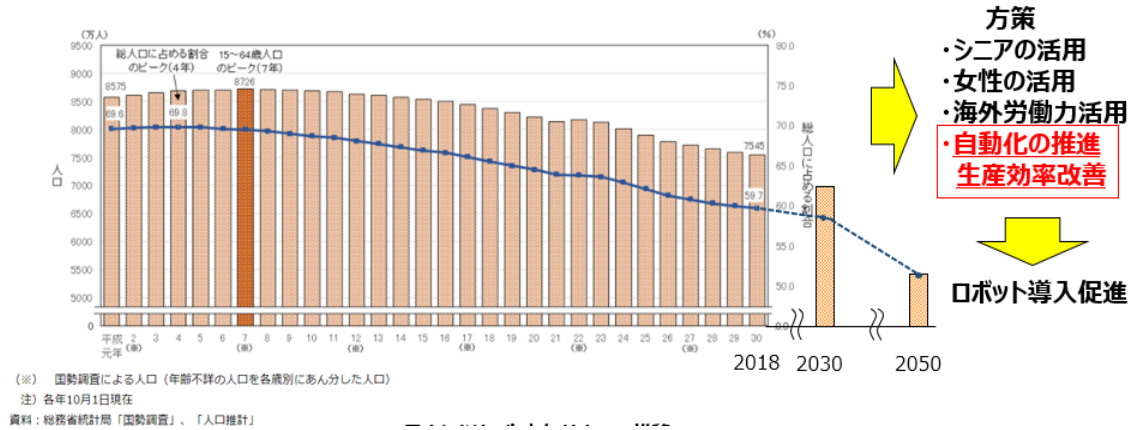


図 1.1.1 生産年齢人口の推移

1.2 求められるロボット人材

1.2.1 社会が求めるロボット人材

日本は高度経済成長期をはじめとした工業社会（Society 3.0）から、人がサイバー空間に存在するクラウドサービス（データベース）にインターネットを経由してアクセスして、情報やデータを入手し、分析を行う社会（Society 4.0）へと移り変わってきた。

そして、次なる日本が目指すべき未来社会の姿としてサイバー空間とフィジカル空間を融合させたシステムにより人間中心の社会構築を図る Society5.0（図 1.2.1 参照）が提唱さ

れ、モノづくりにおいてもこの思想が重要となっている。フィジカル（Society3.0 世代）では日本はモノづくりの優位性を保っていたが、サイバー（Society4.0 世代）では GAFA に代表される米国に後塵を拝してきた。しかしながら Society5.0 のサイバーフィジカル（デジタルツイン）では、日本が優位性を保っていたフィジカル（モノづくり）を基本にサイバーと融合するため、日本が再度製造業において世界トップクラスとなる好機であり、サイバーフィジカルを具現化できるエンジニアの育成が急務である（図 1.2.2 参照）。サイバーフィジカルの具現化とは、センサと IoT を通じて周囲の環境、人、機械等からデータを拾い上げ蓄積し、人工知能（AI）がビッグデータを解析することによって高付加価値な情報、提案、指示を現実空間にフィードバックする、データの循環の流れを指す。

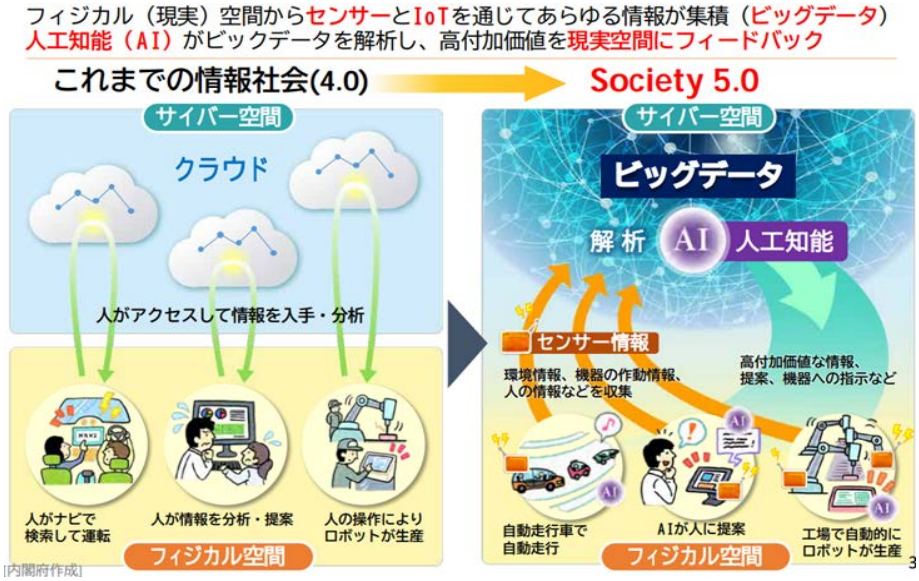


図 1.2.1 Society4.0 と Society5.0 の概要　（出展 内閣府 Society5.0 資料）

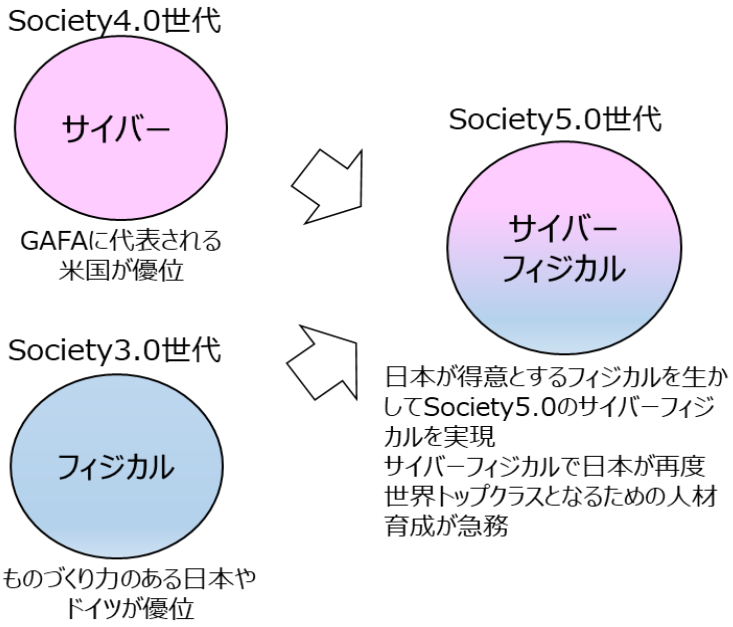


図 1.2.2 Society5.0 における日本製造業の目指す方向

1.2.2 企業が求めるロボット人材

(1) ロボット開発者

機械設計者、ソフトウェア設計者、電気設計者とも基礎知識を身につけておくことを前提に、社会の課題を的確にとらえ、それを解決するばかりでなく、社会実装できるロボットを実現できる人材が求められている。これらの設計者を目指す学生にとって、以下技術のいずれかを習得しておくことが、就職後の即戦力になることが考えられる。なお、企業における機械設計者はマニピュレータの設計・開発業務、ソフトウェア設計者はロボットコントローラやペンダントのソフトウェア設計・開発業務、電気設計者はコントローラの基板やマニピュレータを駆動するモータの設計・開発業務を担当している。

・機　械　設　計　者：CAD 操作の他に（応力等）解析に関する知識、ロボット工学
・ソフトウェア設計者：C 言語等のプログラミングとソフトウェア設計スキル、
　　ロボット工学、制御理論、AI ソフトウェア開発経験
　　サイバーフィジカル（デジタルツイン）適用経験
・電　気　設　計　者：回路設計、基板設計の経験

上記の様にロボットメーカが求めるロボット開発者に必要なスキルを挙げたが、ロボット開発者向けスキルセットは CHERSI にも参画している川崎重工業、ファナック、安川電機の協力を得て CHERSI 活動の一つとして作成しており、一具体例として示す（図 1.2.3 参照）。高専と高齢・障害・求職者雇用支援機構では、このスキルセットを参考にロボット人材育成を目的としてロボットに関連するカリキュラムの検討・作成を進めている。

ロボットメーカが求めるスキルイメージ

技術区分	スキル項目	1 知識記憶レベル	2 理解レベル	3 適用レベル	4 分析レベル	5 評価レベル	6 創造レベル	想定教材
機械設計者	材料力学応用能力	材料力学に関する知識がある。	材料力学について説明することができる。	材料力学の公式を適用する知識がある。	材料力学を適用して機械部品の強度設計ができる。	実機と合致する安全率等の条件洗い出しができる。	実機と合致する安全率等の条件設定を考慮した機械装置の強度設計ができる。	
	機械図面	機械図面に関する知識がある。	外観、機構、部品等についての簡単なポンチ絵が記述できる	工業規格等に基づく機械製図の要素や記法について説明できる	簡単な構造の機械装置の組立図等から部品図を記述することができる。	材料、加工法、コスト等を考慮して部品図を記述することができる。	機械装置の組立図を記述することができる。	
	機械力学応用能力	機械力学に関する知識がある。	機械力学について説明することができる。	機械力学の公式を適用する知識がある。	機械力学を適用して機械部品の設計ができる。	実機と合致する機械力学の条件洗い出しができる。	実機と合致する機械系の条件設定を考慮した機械装置の設計ができる。	
	熱力学応用能力	熱力学に関する知識がある。	熱力学について説明することができる。	熱力学の公式を適用する知識がある。	熱力学を適用して機械部品の熱設計ができる。	実機と合致する熱伝導率等の条件洗い出しができる。	実機と合致する熱伝導率等の条件設定を考慮した機械装置の熱設計ができる。	
	機械要素・機械部品応用能力	ロボット機械部品の用途、特徴、役割等について知識がある。	ロボット機械部品の用途、特徴、役割等について説明することができる。	ロボットの機械部品の使用方法等の知識がある。	ロボット機械部品の部品図を機械系CADを適用して記述することができる。	機械系CADを用いてロボットの機械部品を含めた機械装置の設計図作成ができる。		
	ロボット工学応用能力(運動学)	ロボット工学（順運動学、逆運動学）に関する知識がある。	ロボット工学（順運動学、逆運動学）について説明することができる。	ロボット工学（順運動学、逆運動学）の公式を適用する知識がある。	6軸ロボットの順運動学計算ができる。	6軸ロボットの逆運動学計算ができる。	順動力学を考慮したロボット設計ができる。	
	CAE活用能力	機械系CAEの用途、特徴、役割等について知識がある。	機械系CAEの用途、特徴、役割等について説明することができる。	機械系CAEの使用方法等の知識がある。	機械系CAEの機能を把握し、使用することができる。	機械系CAEを用いて解析を行う際、実機と合致させるための条件（応力等）の洗い出しができる。	機械系CAEを適用し応力解析を行う際、実機と合致する条件設定（応力等）を考慮した解析ができる。	
	CAD活用能力	機械系CADの用途、特徴、役割等について知識がある。	機械系CADの用途、特徴、役割等について説明することができる。	機械系CADの使用方法等の知識がある。	機械系CADの機能を把握し、使用することができる。	機械系CADを用いて機械装置の設計図作成ができる。		
ソフトウェア設計者	組み込みソフトウェア開発能力	組み込みソフトウェアの用途、特徴、役割、RTOS等について知識がある。	組み込みソフトウェアの用途、特徴、役割、RTOS等について説明することができる。	組み込みソフトウェアで使用されるC、C++、C＃等に関する使用方法の知識がある。	組み込みソフトウェアで使用されるC、C++、C＃等のいずれかを使用してプログラミングができる。	組み込みソフトウェアで使用されるC、C++、C＃等のいずれかを使用してアプリケーションの開発ができる。	組み込みソフトウェアで重要なタスク優先度や偏頻性等を考慮したロボットのアプリケーション開発ができる。	
	PCソフトウェア開発能力	PCソフトウェアで使用されるC,C++,C＃,XML,HTML等の用途、特徴、役割等について知識がある。	PCソフトウェアで使用されるC,C++,C＃,XML,HTML等の用途、特徴、役割等について説明することができる。	PCソフトウェアで使用されるC,C++,C＃,XML,HTML等に関する使用方法の知識がある。	PCソフトウェアで使用されるC,C++,C＃,XML,HTML等のいずれかを使用してプログラミングができる。	PCソフトウェアでC,C++,C＃,Java,Payson等のいずれかを使用してアプリケーションの開発ができる。	PCソフトウェアでC,C++,C＃,Java,Payson等のいずれかを使用して偏頻性を考慮したロボットのアプリケーション開発ができる。	
	ネットワーク開発能力（LAN,Fieldbus,Safetyフィールドバス等）	フィールドバスネットワークやPC間ネットワーク、上位情報系ネットワーク等のFA用ネットワークの用途、特徴、役割等について知識がある。	フィールドバスネットワークやPC間ネットワーク、上位情報系ネットワーク等のFA用ネットワークの用途、特徴、役割等について説明することができる。	フィールドバスネットワークやPC間ネットワーク、上位情報系ネットワーク等のFA用ネットワークの使用方法の知識がある。	フィールドバスネットワークやPC間ネットワーク、上位情報系ネットワーク等のFA用ネットワークを使用することができる。	フィールドバスネットワークやPC間ネットワーク、上位情報系ネットワーク等のFA用ネットワークを適用したシステム構築ができる。	フィールドバスネットワークやPC間ネットワーク、上位情報系ネットワーク等のFA用ネットワークを適用したアプリケーションソフトウェアの開発ができる。	
	PLCラダープログラム開発能力	PLCラダーの用途、特徴、役割等について知識がある。	PLCラダーの用途、特徴、役割等について説明することができる。	PLCラダーの使用方法の知識があり、プログラムすることができる。	PLCラダーを適用して単一の装置を動作させることができる。	PLCラダーを適用して複数の装置からなるシステムの構築ができる。		
	ロボット工学応用能力(運動学、動力学)	ロボット工学（順運動学、逆運動学）に関する知識がある。	ロボット工学（順運動学、逆運動学）について説明することができる。	ロボット工学（順運動学、逆運動学）の公式を適用する知識がある。	6軸ロボットの順運動学計算ができる。	6軸ロボットの順・逆動力学計算ができる。	順・逆運動学や順・逆動力学を適用したロボット動作制御ソフトウェアの開発ができる。	
	制御理論応用能力	制御理論（古典、現代）に関する知識がある。	制御理論（古典、現代）について説明することができる。	現代制御理論をロボット工学へ適用する知識がある。	制御系シミュレータ機能を把握し、使用することができる。	実機と合致するパラメータの設定ができ、シミュレーションの評価ができる。	現在制御理論と同定パラメータを適用してロボット動作性能の開発ができる。	
	機械学習、ニューラルネットワーク等AIソフトウェア適用・開発能力（エッジやクラウドでのAI活用）	機械学習、ニューラルネットワークの用途、特徴等について知識がある。	機械学習、ニューラルネットワークの用途、特徴等について説明することができる。	機械学習、ニューラルネットワークで使用されるJavaScript,Python等に関する知識がある。	機械学習、ニューラルネットワークで使用されるJavaScript,Python等のいずれかを使用してプログラミングができる。	機械学習、ニューラルネットワークで使用されるJavaScript,Python等のいずれかを使用してAIをロボットアプリケーションへ適用できる。	機械学習、ニューラルネットワークで使用されるJavaScript,Python等を使用してAIをロボットアプリケーションへ適用できる。	
	IoTに関する適用・開発能力（エッジ,クラウド,5G等のデータ通信、データセキュリティ）	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等の用途、特徴、役割等について知識がある。	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等の用途、特徴、役割等について説明することができる。	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等を用いたIoTシステムの使用方法の知識がある。	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等を用いたIoTシステムを使用することができる。	エッジ、クラウドや5G、データセキュリティ等単体として活用・構想設計ができる。	エッジ、クラウドや5G、データセキュリティ等を用いたIoTシステムのロボットへの活用・構想設計ができる。	
	ロボットシミュレーター活用能力	ロボットシミュレータの用途、特徴、役割等について知識がある。	ロボットシミュレータの特徴、役割等について説明することができる。	ロボットシミュレータの使用方法やプログラミングの知識がある。	ロボットシミュレータを使用してロボット単体のサイクルタイムや軌跡精度の評価をすることができる。	周辺装置の３Dデータをロボットシミュレータに取込みロボットシステムとしてのシミュレーションができる。		
電気設計者	電気回路設計能力（モータ回路）	電気回路（モータ回路）に関する知識がある。	電気回路（モータ回路）について説明することができる。	電気回路（モータ回路）の公式を適用する知識がある。	電気回路（モータ回路）を適用してモータの設計ができる。	実機と合致する、モータ回路の条件洗い出し（効率、損失、コギング等）ができる。	実機と合致するモータ回路の条件設定（効率、損失、コギング等）を考慮したモータ設計（シミュレーション活用等）ができる。	
	電気回路設計能力（パワー回路）	電気回路（パワー回路）に関する知識がある。	電気回路（パワー回路）について説明することができる。	電気回路（パワー回路）の公式を適用する知識がある。	電気回路（パワー回路）を適用して基板設計ができる。	実機と合致する、パワー回路の条件洗い出し（効率、温度、ノイズ等）ができる。	実機と合致するパワー回路の条件設定（効率、温度、ノイズ等）を考慮した基板設計（シミュレーション活用等）ができる。	
	電気回路設計能力（電子回路）	電気回路（電子回路）に関する知識がある。	電気回路（電子回路）について説明することができる。	電気回路（電子回路）の公式を適用する知識がある。	電気回路（電子回路）を適用して基板設計ができる。	実機と合致する、電子回路の条件洗い出し（効率、ノイズ等）ができる。	実機と合致する電子回路の条件設定（ノイズ、熱等）を考慮した基板設計（シミュレーション活用等）ができる。	
	熱流体解析能力	熱流体学に関する知識がある。	熱流体学について説明することができる。	電気回路（パワー回路）の公式を適用する知識がある。	熱流体学を適用して制御基板や制御盤の設計ができる。	実機と合致する、熱流体の条件洗い出し（発熱、熱伝導等）ができる。	実機と合致する熱流体の条件設定（発熱、熱伝導等）を考慮した制御基板、制御盤設計（シミュレーション活用等）ができる。	
	ネットワーク活用能力（LAN,Fieldbus,Safetyフィールドバス等）	イーサネットやフィールドバス、セーフティフィールドバスの用途、特徴、役割等について知識がある。	イーサネットやフィールドバス、セーフティフィールドバスの用途、特徴、役割等について説明することができる。	イーサネットやフィールドバス、セーフティフィールドバスの使用方法の知識がある。	イーサネットやフィールドバス、セーフティフィールドバスをシステムに適用することができる。	イーサネットやフィールドバス、セーフティフィールドバスをシステムに適用できる。	イーサネットやフィールドバス、セーフティフィールドバスを使用してロボットシステムの構築ができる。	
	CAD活用能力	電気系CADの用途、特徴、役割等について知識がある。	電気系CADの用途、特徴、役割等について説明することができる。	電気系CADの使用方法等の知識がある。	電気系CADの機能を把握し、使用することができる。	電気系CADを用いて設計図作成等の設計ができる。		
	センサ・センシング活用能力	センサ（力,超音波,距離,ビジョン等）の用途、特徴、役割等について知識がある。	センサ（力,超音波,距離,ビジョン等）の用途、特徴、役割等について説明することができる。	センサ（力,超音波,距離,ビジョン等）の使用方法の知識がある。	センサ（力,超音波,距離,ビジョン等）をシステムに適用することができる。	センサ（力,超音波,距離,ビジョン等）をロボットシステムに適用できる。	センサ（力,超音波,距離,ビジョン等）を使用してロボットシステムの構築ができる。	
	安全規格の理解（機械指令、EMC指令等）	安全規格の要求事項について知識がある。	安全規格の要求事項について説明することができる。	ロボットシステムにおける残留リスクを理解している。	ロボットシステムのリスクアセスメントシートの作成ができる。	リスクアセスメントを考慮し電気制御盤、ロボットシステムの設計ができる。		
アプリケーション設計者	システム設計能力	ロボットを使用したシステムの用途、特徴、役割について知識がある。	ロボットを使用したシステムの用途、特徴、役割について説明することができる。	ロボットを使用したシステムの使用方法の知識がある。	ロボットの動作範囲、手首許容モーメントを理解し最適なロボットやツールの選択ができる。	ロボットを使用したシステムに必要な周辺装置を選択し、システムを定義できる。		
	現場適用能力（配線・板金・治具等）	ロボットのシステムに使用されている機器の用途、特徴、役割について知識がある。	ロボットのシステムに使用されている機器の用途、特徴、役割について説明することができる。	ロボットのシステムに使用されている機器の操作をすることができる。	ロボットのシステムに使用されている機器の操作をすることができる。	ロボットや周辺装置の暫定的な改善やトラブルシュートができる。	ロボットや周辺装置の恒久的な改善やトラブルシュートができる。	
	機械学習、ニューラルネットワークAIソフトウェア基礎の理解（エッジやクラウドでのAI活用）	機械学習、ニューラルネットワークの用途、特徴等について知識がある。	機械学習、ニューラルネットワークの用途、特徴等について説明することができる。	機械学習、ニューラルネットワークの使用方法の知識がある。	機械学習、ニューラルネットワークを使用したシステムを使用することができる。	機械学習、ニューラルネットワークを使用したシステム設計ができる。	機械学習、ニューラルネットワークを使用してロボットのAIアプリケーション開発ができる。	
	IoTに関する基礎の理解（エッジ,クラウド,5G等のデータ通信、データセキュリティ）	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等の用途、特徴、役割等について知識がある。	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等の用途、特徴、役割等について説明することができる。	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等を用いたIoTシステムの使用方法の知識がある。	エッジ、クラウド、5G、データセキュリティ等を用いたIoTシステムを使用することができる。	エッジ、クラウドや5G、データセキュリティ等単体として活用・構想設計ができる。	エッジ、クラウドや5G、データセキュリティを用いたIoTシステムのロボットへの活用・構想設計ができる。	

図 1.2.3 ロボット開発者向けスキルセット（機械、ソフトウェア、電気、アプリケーション）

(2) ロボットシステムインテグレータ

ロボットシステムインテグレータの設計者は、技術面では機械設計、電気設計、システム設計を網羅的に把握しておく必要がある。学生として専攻の基礎知識を身につけておくことはもちろん、将来ロボットシステムインテグレータの設計者となるには社会実装できるロボットを実現するために下記の周辺技術も必要となる。

・機械設計者：機械設計、CAD 設計スキル、ロボット工学
・電気設計者：電気 CAD スキル、ネット PLC プログラミングスキル
・システム設計者：PLC・タッチパネルプログラミングスキル、
ネットワーク・IoT スキル

企業における技術の社会実装においては、技術力だけでなく汎用技術能力も身につけていることが望ましい。経団連 「2018 年度 新卒採用に関するアンケート調査結果（図 1.2.4 参照）」から、企業が新社会人を選考する上で重視している「コミュニケーション能力」、「主体性」、「チャレンジ精神」、「協調性」、「誠実性」を学校生活、日常生活を通して養っていくことも即戦力となるうえで不可欠である。

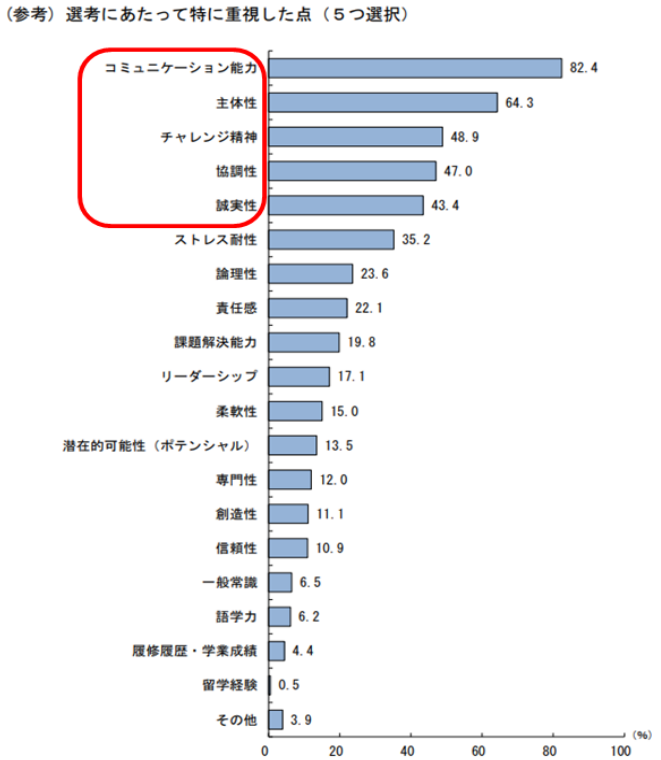


図 1.2.4 経団連 2018 年度 新卒採用に関するアンケート調査結果

1.2.3 ロボット人材育成に必要な手法とツール

基礎知識の他に、社会の課題を的確にとらえ、それを解決、社会実装できるロボット人材が求められている。従って、高専や工業高校で実施されている教員による教養課程や専門課程の座学や実習による教育に合わせ、企業人と共創する「出前授業・教員研修」、「工場見学・ロボット講習会受講」、「インターンシップ」、「社会実装教育、PBL」、「共同研究」の計 5 つの実践的な教育が必要と考えられる。その際には、提供する企業側のエンジニアとそれを受け入れて活用する学校側の教員との内容に関する整合性確保、ならびに両者がともに教育・成長する共創関係の構築が必須である。

その際に活用できるロボット開発者、ロボット利活用人材の育成に共通して必要なツール、またそれぞれに必要なツールの候補として以下のものが挙げられる。

(1) ロボット開発者、ロボット利活用人材に必要なツール

・出前授業
・教育動画
・ロボットシミュレータ
・ロボット実機（ロボット講習会含む）
・機械 CAD、機械 CAE ソフト
・電気 CAD

(2) ロボット開発者に必要なツール

・ロボットプログラミング用開発キット

(3) ロボット利活用人材に必要なツール

・PLC
・タッチパネル

1.3 本事業で行う調査の全体像

1.2 章では「求められるロボット人材」として、ロボット開発者、ロボットシステムインテグレータに必要な基礎知識や社会実装を可能とする関連技術について述べた。また、ロボット人材育成に必要な手法とツールについても述べた。1.3 章では、これを受けて実施した国内外のロボット教育動向調査、ロボット人材育成や教育コンテンツ・ツールのあるべき姿に関するアンケートおよび教育機関からの要望がある「ロボットシミュレータ」、「教育動画開発」に関する調査概要について記載するとともに、有識者を含めて実施した「中長期的展望に立った今後の取り組み」に関する議論についても記載する。

1.3.1 ロボット教育動向調査

海外諸国の教育コンテンツ・ツール等について、2019 年度経済産業省調査報告「ロボット関連技術及びロボット利活用にかかる教育の実態並びに日本の教育・カリキュラムの策

定に向けた調査事業」において、ロボット関連人材育成レベルの水準が国際的に最高クラスとされた、米国、ドイツ、フランス、英国、中国の 5 カ国に、特徴ある人材育成で知られるデンマークを含めた 6 カ国を対象に海外の動向に関する調査を行った。また、国内においては大学や企業等のロボット人材育成方法や教育コンテンツ・ツールについて調査を実施した。

1.3.2 人材育成に関するアンケート調査

ロボット開発者やロボット利活用人材には、基礎学問の他に機械、電気、制御、情報等、専門的な教育が必要である（分野共通基礎能力と分野別専門能力）。さらに、ロボット利活用人材は、プロジェクト管理、生産技術、営業技術等実装に重点を置いた教育も必要である（分野横断能力）。

それぞれの学生に対する人材育成方法や教育コンテンツ・ツールのあるべき姿に関し、高専機構や全工協会の支援の下、高専の教員と学生および工業高校の教員に対して、アンケートを実施した。

1.3.3 ロボットシミュレータ導入による調査

教育ツールに関しては、実体験に基づく教育に関しても検証が必要である。学生のロボット技術の深化のためには、ロボット操作等も重要であると考えられるが、ロボット実機は高額のため導入が容易でないことや、導入する場合の台数も限定され、効率的な実習ができないこと、年数経過とともに機能が古くなり陳腐化するという問題がある。これらの問題解決策の一つとして、ロボットシミュレータによる教育が考えられる。このため、ロボットメーカ製のシミュレータを用いて高専や工業高校で実体験授業を行い、ロボット実機の代替機としての効果等、その有効性について検証した。

なお、提供先、提供企業、導入台数は以下の通りである。

栃木県立足利工業高等学校	川崎重工業製	5 式
栃木県立真岡工業高等学校	川崎重工業製	5 式
東京都立荒川工業高等学校	川崎重工業製	5 式
北九州工業高等専門学校	安川電機製	40 式
島根県立松江工業高等学校	安川電機製	5 式

1.3.4 教育動画開発による調査

高専や工業高校の教員研修、学生向けロボット研修については、ロボットメーカ・SIer 協会の協力を得ながら CHERSI において始めているが、現時点では教員研修の受講者は高専のロボット関連教員の約 20%、全教員の 1%、学生向けロボット研修受講者は全高専生の 0.5%未満（令和 2 年度（2020 年度）実績）となっている。

一方で、企業の人的負荷を考慮すると現状のままでは全国の教育機関に対する研修は難しいと考えられるため、全国の教育機関に対して容易に展開が可能で、授業にも活用可能な教育動画の開発が効果的と考えられる。ロボットに関連する業務のイメージを盛り込んだ教育動画や、教員が授業の中で活用可能な最先端技術に関する教育動画を、ロボットメーカ、SIer 協会や教育機関と連携して開発し、人材育成の規模拡大の可能性に関して検証した。

1.3.5 事業成果の検討によるロボット人材育成方策等の提示

上記の調査結果をもとに中長期的な今後の取り組みについて検討した。

1.4 事業スケジュール

図 1.4.1 は本事業のスケジュールを示したものである。本事業の事業期間は 2021 年 11 月より 2022 年 3 月 18 日である。「①ロボット教育動向調査」は第 3 章に記載する。また、「②人材育成に関するアンケート調査」、「③ロボットシミュレータ導入による調査」、「④教育動画開発による調査」は第 4 章に記載する。「⑤事業成果の検討によるロボット人材育成方策等の提示」に関しては、1.5 章の「有識者による意見交換会概要」と、第 5 章の「中長期的展望に立った今後の取り組み」に記載する。

事業項目	2021 年度				
	第 3 四半期		第 4 四半期		
	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
① ロボット教育動向調査	(調査項目検討)→	(詳細調査)→		(報告書作成)→	
② 人材育成に関するアンケート調査 (高等専門学校) (工業高校)	(仕様検討)→	(アンケート調査)→			(報告書作成)→
③ ロボットシミュレータ導入による調査	(仕様検討)→	(教育機関での調査)→			(報告書作成)→
④ 教育動画開発による調査	(仕様検討)→	(動画開発)→			(報告書作成)→
⑤ 事業成果の検討によるロボット人材育成方策等の提示				(検討・提示)→	▲有識者による意見交換会
⑥ 報告書の作成					(報告書作成)→
⑦ 広報活動 (2022 年国際ロボット展)					→ (展示)

図 1.4.1 事業スケジュール

1.5 有識者による意見交換会

調査の概要および結果、中長期的展望に立った今後の取り組みについて有識者からの意見を伺うための場を設置し、異なる立場・専門分野からの視点で検証いただき、意見を伺った（図 1.5.1 参照）。

日時	議論内容	参加者	主な意見等
2022 年 3 月 7 日	①　NEDO 事業の成果報告に関する意見の聴取 ②「中長期的展望に立った今後の取り組み」について	東京大学教授、高専機構、東京高専、北九州高専、全工協会、川崎重工業、安川電機、SIer 協会、経済産業省、NEDO、日機連、RRI	①　調査結果について ・教育動画に関してはビジネスライクの話も織り交ぜて制作することが望ましい ・今後、教育用の簡易版シミュレータ開発を希望する ・デジタルツインやシミュレータは重要であるが、教育現場のカリキュラムに落とし込む際の課題も踏まえ、長期的・慎重・確実に進めることが望ましい ②　中長期展望に立った今後の取り組みについて ・長期展望については例えば社会実装教育研究推進委員会（仮称）等を設置して議論・決定することが望ましい ・上記委員会は、例えば CHERSI のコアメンバや有識者で構成し、CHERSI 下の WG で活動すること、最終的な目標（KGI）を決定し、産学官で連携して社会（企業活動）に直結した議論を基本とした検討を実施 ・産学官の共創による取り組みが重要

図 1.5.1 意見交換会概要

2. 高専･工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果

高専･工業高校におけるロボット人材育成を進めるにあたり、現在の高専、工業高校のロボット人材育成に関するカリキュラム等の状況を調査した上で、それぞれの教育体制にあった情報や教材を提供することが必要と考えられる。以下、これらに関する調査結果を記載する。

2.1 高専の人材育成

2.1.1 モデルコアカリキュラム（MCC）について

モデルコアカリキュラム（図 2.1.1 参照）とは、国立高専のすべての学生に到達させることを目標とする最低限の能力水準・修得内容である「コア」と、高専教育のより一層の高度化を図るための指針となる「モデル」とを提示したものである。

モデルコアカリキュラムの趣旨・目的を要約すると以下のようになる。

高専教育の中核たる教育内容の明確化が目的であり、「社会に対する高専教育の質の保証」と、また各高専の「特色ある教育・個性ある教育」のための検討の基準となるものである。また「教員が何を教えたか」ではなく、「学生がどこまで到達したか」を評価基準としている。国立高専における必須の最低限の学習内容を定義し、各高専における教育課程編成の指針として機能している。

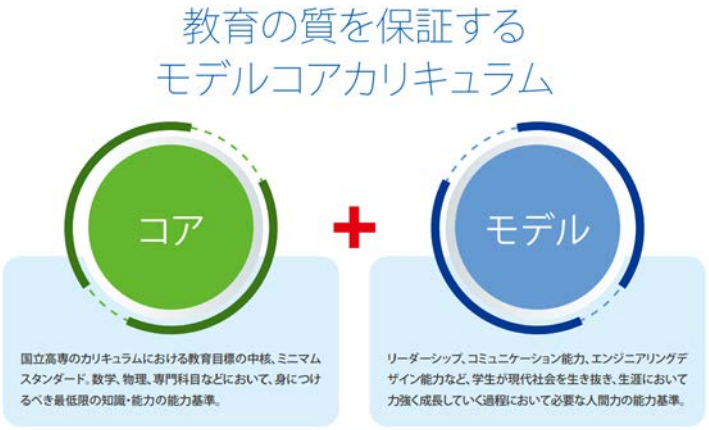


図 2.1.1　モデルコアカリキュラム

「コア」では、「数学」、「自然科学」、「人文社会学」、「工学基礎」といった技術者が共通で備えるべき基礎的能力と、「実験・実習」を含む専門分野別能力の到達目標が明示されている（分野共通基礎能力と分野別専門能力）。

「モデル」では、「汎用的技能」や「態度・志向性（人間力）」、「総合的な学習経験と創造的な思考力」といった技術者が備えるべき分野横断的能力の到達目標が明示されている（分野横断能力）。

2.1.2 COMPASS 5.0 プロジェクト

デジタルトランスフォーメーション（DX）時代に向け、あらゆる産業においてITを今以上に活用することが求められ、人工知能（AI）、ロボット、IoT（モノのインターネット）等を組み合わせる実装力を身につけた人材や蓄積されるビッグデータをAIで分析活用できる人材が、持続的な経済成長を支えると期待されている。また、Society 5.0時代をリードする人材に必要な知識、技能も日々変化している。COMPASS 5.0は、AI・数理データサイエンス、サイバーセキュリティ、ロボット、IoTという分野を、これからの技術の高度化に関する羅針盤（COMPASS）と位置付け、高専教育に組み込むことで、新たな時代の人材育成機関としての高度化を図る高専機構のプロジェクトである。

この中のCOMPASS 5.0ロボット分野の役割を図2.1.2に示す。日本は自他ともに認めるロボット大国として発展し、早くから生産工場をはじめとするロボット利活用の場を見出し、その自動化・ロボット化が大企業を中心に進められ、多くの設備・現場が最適化され生産性を高めてきており、引き続きこのような流れは続いていく。一方で、近年、慢性的な労働力不足に見舞われる中、多品種少量生産への生産形態シフトやロボット自体のニーズ多様化等、ロボット化の対象が多岐にわたり、技術的難度が高まってきている。これを柔軟に進めていく上で、キーパーソンとなるロボットシステムインテグレータへの期待が複数の業界でにわかに高まってきている。

COMPASS 5.0ロボット分野では以下の様な素養を有するエンジニアの輩出を目的に現在カリキュラム改善を検討している。

・多岐にわたる周辺技術・関連要素を総合的に見渡し把握する力(総合力)
・対象となる現場・環境・社会に実装していく力(実装力)
・RX×DX×オペレーションズ・マネジメント×経営”視点でクロスできるモノづくり人材
・ロボット”を”作れるエンジニア（ロボット開発人材）
・ロボット”で”作れるエンジニア（ロボット利活用人材）

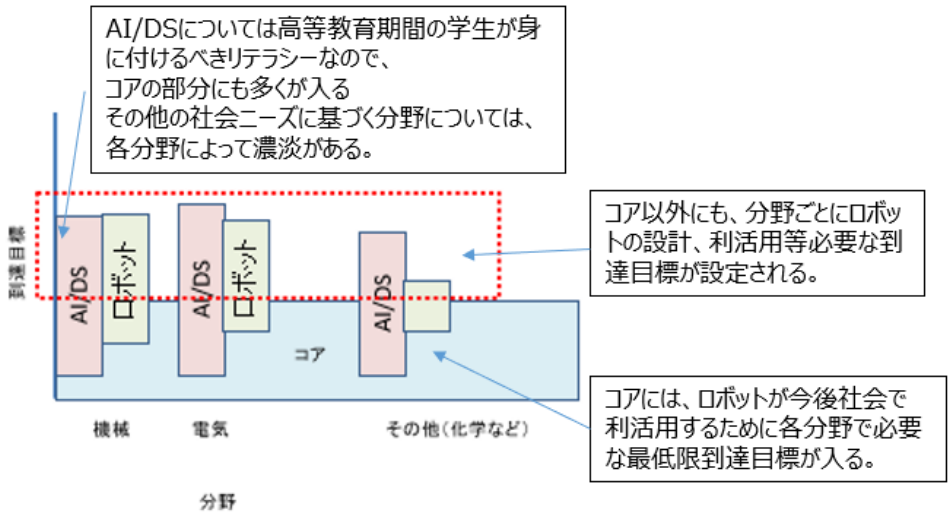


図 2.1.2　COMPASS 5.0 ロボット分野の役割

具体的には拠点校を中心に「1．到達目標の策定」、策定した目標に対して効果的な「2．教材開発、教員研修」を行い、実際に教室で「3．教育実践」し、その結果を「4．他高専への情報発信と展開」することで高専のロボット教育の質を向上することを目指している。また拠点校においてはさらに「5．拠点校としての特色の伸長・進化」を行い、先端の人材を育成している。

そのため、先ず拠点校にて現状 MCC の点検を行い、MCC のコアとなる部分や、コア以上の特色となる部分について到達目標を設定し、これをロボットメーカ、SIer 協会とともにブラッシュアップし、ブラッシュアップした到達目標を現行 MCC と突き合わせ修正を行っている。図 2.1.3 右下の図は作成された到達目標と現行各高専の機械系のカリキュラムを突き合わせたものである。生産技術や、機械設計、安全対策については従来のカリキュラムにおいても多くの高専の機械学科で行われている事が確認された。一方、電気設計や、画像処理については実施されていない高専があることも判明した。また、SIer 協会で作成したロボット利活用人材向けのスキルセットに基づけば、プロジェクト管理、生産技術、営業技術という内容が必要であるが、現行の学問体系から外れているため、必要に応じて産業界による支援等が必要であると考えられる。

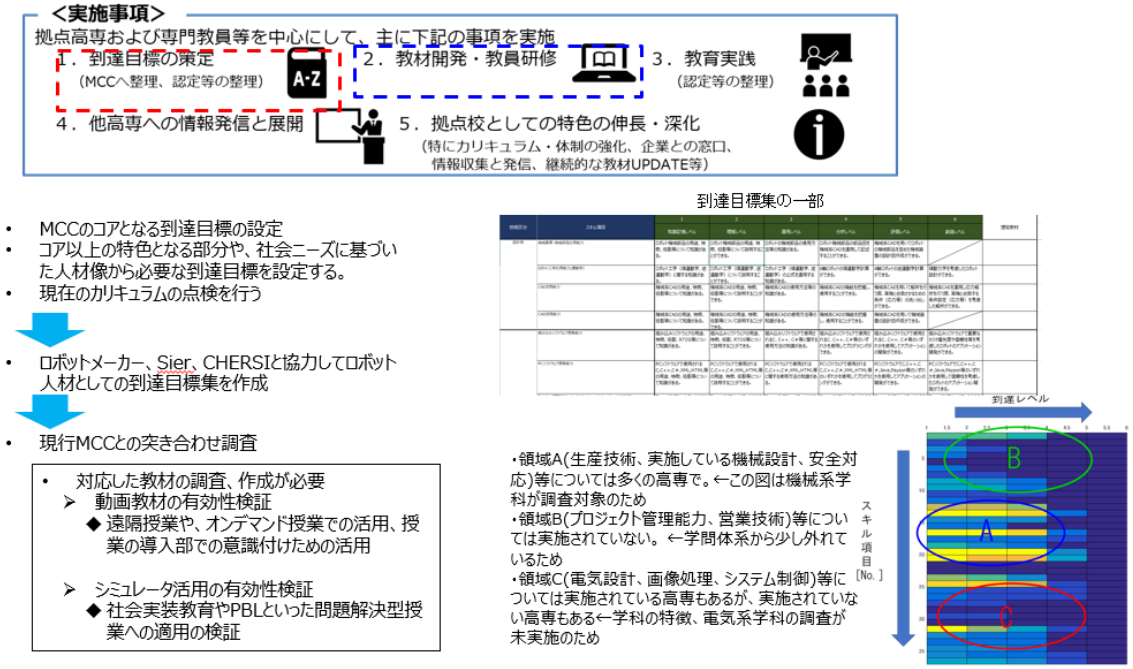


図 2.1.3　MCC 到達目標の設定

2.1.3 PBL、社会実装教育

高専教育では、「汎用的技能」や「態度・志向性（人間力）」、「総合的な学習経験と創造的な思考力」といった技術者が備えるべき分野横断的能力の向上を図るため、ロボット教育含め以前より PBL(Problem/Project Based Learning)や社会実装教育に力を入れてい

る。これは、社会で直面する問題の解決を通して、知識と社会とを繋ぐ知識の習得、問題解決に関する能力や態度等を身につけるためである。高専では、PBL 的要素を持った授業は低学年から高学年までちりばめられており、アイデアレベルだけではなく、実際に成果物としてまとめる授業もある。このような授業が SIer の顧客の課題を解決するという業務内容と親和性が高いと考えられる。

2.1.4 スキルセットについて

これら検討に基づいてスキルセットを示したものが図 2.1.4 である。「ロボット開発」を目指す学生に対しては、これまでの機械設計者や電気設計者、ソフトウェア設計者向けのカリキュラムで基本的には対応できるが、近年の AI や IoT 技術をキャッチアップするため、これをさらに高度にする必要があることがわかった。一方で、「ロボット利活用」を目指す学生に対しては、ロボット利活用概論のようなビデオ教材を授業で活用することで、学生のロボット利活用に関するリテラシ向上に貢献できると考えられる。

また専門領域では、学生のロボット技術の深化を目的として、実際にロボットを使用して課題解決することが重要であるが、各校に産業用ロボット実機を複数導入することは安全性や保守の面でも現実的ではない。一方、学生がシミュレータを通してロボットを学ぶ事ができれば、バーチャル空間でトライアンドエラーを通じて主体的なアイデアを検証することができる。今回高専のスキルセットで求められているビデオ教材やシミュレータの有効性については 4 章で検証していく。

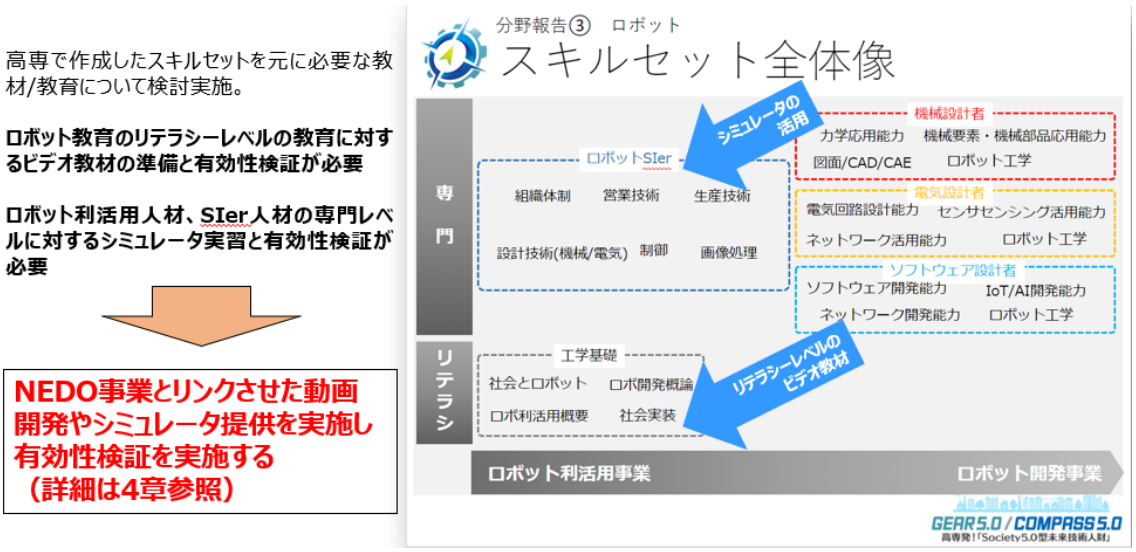


図 2.1.4　スキルセット全体像

2.2 工業高校の人材育成

工業高校の人材育成に関し、2020 年度に CHERSI 等が工業高校の教員に対して実施した「ロボット教育に関する考え」の調査結果等を踏まえ、現状について整理した。

2.2.1 ロボット教育の目的

回　　答	回答数	総回答数に対する割合
工業高校生としての基礎的知識として	212	87%
ロボット開発エンジニア	74	30%
ロボットSIer	48	20%
ロボットを導入するユーザー企業	63	26%
その他ロボットに関連する業種	45	19%
上記以外の機械・電機等職種	37	15%
上記以外	3	1%
その他	10	4%

図 2.2.1　ロボット教育の目的

図 2.2.1 よりロボット教育の目的として考えられるものとして、複数回答で 87%が工業高校生に基礎的知識として必要であると考えており、自動化・省人化やロボットの応用が求められる世の中のニーズに応えるために知識を身につけておくべきとの意見であった。

2.2.2 工業高校におけるロボット教育

工業高校におけるロボット教育は、「ロボット教育」が科目に無く体系的でないこと、また関連科目は教育内容が十分ではない。従って、各学校・各学科が目指す学生像を実現するために、次のような観点から、各学校で関連科目や実習科目等の中で取り組んでおり、学習内容や時間数の確保等に工夫をしている状況である。

- 「電気」、「機械」、「情報技術」、「制御技術」分野の工業に関する知識や技術を習得することができる。また、これらの知識や技術は、ロボット開発エンジニアだけでなく、あらゆる分野のエンジニアとして必要。
- 将来、ロボットユーザとして活躍するための基礎的な知識として必要。
- 将来、AI、IoT がさらに発展して、ロボット産業が主流となると予想できるために必要。
- 生産現場でのロボットのオペレーションやメンテナンスができる人材育成に必要。
- ロボット操作に関わる安全教育とロボットを導入するメリットの教育として必要。
- 産業界のニーズに応えるために必要。
- 地域産業界に多くの人材を送り出しており、学校の魅力発信、人材育成として重要。

2.2.3 ロボット教育の実施状況

ロボット教育に関連する科目における主な教育内容を図 2.2.2 に示す。

○時間については学科や学校により年間1時間から数百時間実施。内容としては、純粋なロボット関連科目以外のものも含まれている。

学　年	主　な　教　育　内　容
1年生	生徒の興味・関心が高まるような教材 シーケンス制御実習、レゴロボット実習、C言語プログラミング、アルゴリズム基礎、 Micro:bitによるセンサー制御、CNC工作機械、FA装置実習、リレーシーケンス、 PLC制御基礎、各種ロボット競技大会参加、 6軸制御ロボットによるパレタイジングプログラミング
2年生	ロボットの活用事例・しくみを知る教材 産業用ロボットの教示・安全等、自動制御、センサ・アクチュエータの基礎知識、 アームロボットのティーチングと自動運転、PLCプログラミング、ロボット制御、 マイコン制御、二足歩行ロボット制御、直角座標型ロボット、多関節型ロボット、 Arduinoを利用した制御実習、C言語プログラミング、マシニングセンター実習、 人型ロボット制御実習、リレーシーケンス制御、FAシステム実習、 マイコンによるモータ・センサ制御、NC工作機械実習
3年生	先端技術や産業界の応用、よりよい社会を構築するために学ぶ教材 制御実習、ロボット製作、Pythonプログラミング、電子計測制御、PLC、 アームロボット、産業用ロボットの構成部品やメンテナンス等、3DCAD、 ティーチング・プログラミング、ロボット制御・シーケンス制御、自動生産システム、 アームロボットのティーチングと自動運転、ロボットによるピック＆プレース、 MC実習、FA実習、マイコン制御応用、産業用ロボットの概要、 パソコンを使ったシミュレーション、ドローン制御、アームロボットの製作、 モータ制御、車型ロボットの制御、FMS実習、数値制御機械、 マイコンによるモータ・センサ制御、ラダー方式によるコンベア/ライン制御、 多関節ロボット実習、NC工作機械実習、ムーブマスターによる基本的操作、 アクチュエータ
4年生(定時制)	アームによるワークの移動・待機、ロボットアームのPLC制御

生徒の発達段階に併せて内容を発展させていく

図 2.2.2　ロボット教育に関連する教育内容

2.2.4 ロボット教育に対する学生の興味関心（教員回答）

回　　答	回答数	総回答数に対する割合
非常に関心が高い	37	15%
やや関心が高い	**114**	**47%**
それほど関心が高いとはいえない	**68**	**28%**
関心が低い	12	5%
上記以外	11	5%

図 2.2.3　ロボット教育に対する学生の興味関心（教員回答）

図 2.2.3 から、「やや関心が高い」、「それほど関心が高いはいえない」と感じている学生が全体の 75%を占めており、学生の興味関心を高めていくことが必要であると考えられる。一方で、関心が低いと感じる理由としては、将来の進路に関係がない、ロボット教育を実施していない、身近でないこと等が挙げられた。

2.2.5 今後ロボット教育で充実したい項目

回　　答	回答数	総回答数に対する割合
ロボット教育の時間数	36	15%
ロボットの専門性に応じた細分化した授業	19	8%
座学	10	4%
実習	**131**	**54%**
その他	43	18%

図 2.2.4　ロボット教育で充実したい項目

図 2.2.4 より、実習内容を充実させたいと回答した教員が過半数であり、その理由として実体験が社会での活躍に重要との意見が多かった。続いてロボット教育の時間数を充実させたいとの回答であり、その理由として現状時間数が確保できていないこと、社会ニーズに対応させるために高度な専門性が必要と考えられるからである。

「その他」の回答の内容は主に以下の通りである。

・企業や職業訓練校等と連携した教員研修や学生実習の実施
・ロボットユーザとしての基礎知識やリテラシ教育
・最先端の技術を教えるための外部講師の活用
・実際に活用されている職場見学や出前授業

ロボット教育を充実していくためには、今後、工業高校は基礎・基本の学習指導に加え、教員と学生が企業において最先端技術等が学べるように、学校と企業との連携を強化していくことが重要と考えられる。

2.2.6 現在のロボット教育における課題

工業高校のロボット教育における課題と解決策について教員の意見を記す。

(1) 教育内容・目標の課題

・ロボットの多様化等によりどこに到達目標を定めるか方向性を決められない。
・企業側が工業高校生にどのレベルまで求めているかわからない。また、最適な教材を選定できない。
・ロボット教育は必要であるが、ロボット利活用するには、現在行っているティーチングプレイバック形式の実習だけでは不十分である。

(2) 技術進歩への対応・教員能力の課題

・日々進化が進む技術への理解。
・学校における施設・設備の課題もあるが、ロボットに関する教員の指導力不足が課題である。企業と連携して、教員の指導力向上、施設・設備の有効活用が必要である。

(3) 時間・予算・設備の課題

・ロボット教育用実習装置が導入されたが、機器が更新されず老朽化し、現在「実習」ではなく「座学」で学習している学校がある。

(4) その他の課題

・ロボットシステムインテグレータや企業内でのロボット担当者がどのような仕事をしているか、どのような知識が必要とされるか、等の情報が少ない。

・産業界でのロボット教育の必要性と教育現場での必要性の情報交換。

(5) 課題解決のために

・学校側は、各学科の教育課程を工夫して、ロボット教育の充実を図る。

・各分野の科目から得られた知識や見知から、「ロボット」をテーマにグループディスカッションやマインドマップの作成等の方法により、課題解決力や幅広く深く学ばせる学習の方法を研究する。

・「ロボット利活用に携わるために必要な知識」を学べる教材の充実。

・座学の中でロボットに関する基礎技術等内容を説明し、知識を育んでいるが、「ロボット技術の基礎から体系的に学べる副教材(テキスト)」 や「産業用ロボットによる生産革新」等のロボット教育に関する教育動画があると、学生の興味・関心、理解度を高められる。

・学校のロボット実機は、一部老朽化しているが、ロボットシミュレータを活用し、ロボットの基本的操作やロボットの動作検証等、ロボットの活用技術を習得させる。

・実機でのティーチングを視野に入れた「安全教育」・「危機管理」を併せて教材開発が必要。

3. ロボット人材育成の潮流

ロボット人材は、理工系の基礎的知識に加えて、ロボットに関する知識（種類、特徴、用途等)、ロボット工学（動力学、設計・実装、制御、情報技術等)、ユーザの課題を解決する提案力、ユーザ企業の経営層にロボット導入の経済性・有効性等を説明できる能力等が求められる。このような能力を備えた人材の効率的な育成について検討するため、国内外の教育機関や企業、政府機関の教育コンテンツ・ツール等に係る情報収集を実施した。以下にその結果を記す。

3.1 海外におけるロボット人材育成に関する調査結果

調査はデスクトップ調査を主とし、2019 年度経済産業省「ロボット関連技術及びロボット利活用にかかる教育の実態並びに日本の教育・カリキュラムの策定に向けた調査事業」において、ロボット関連人材育成レベルの水準が国際的に最高クラスとされた、米国、ドイツ、フランス、英国、中国の 5 カ国に、特徴ある人材育成で知られるデンマークを含めた 6 カ国を対象に情報収集を実施した。

調査日程：11 月 10 日～2 月 28 日
調査方法：デスクトップ調査、現地調査（中国は現地支部から一部情報収集）
調　査　員：株式会社 NTT データ経営研究所
調査対象：米国、欧州（ドイツ、フランス、英国、デンマーク)、中国の高等学校、大学、企業、諸団体、(PBL)
調査内容：主要国での学生（高校・大学）に対する産業用ロボット・ロボットアームの教育方法、教育コンテンツ等の情報

3.1.1 調査概要

今回の調査対象国で確認されたロボット関連教育プログラムは米国 29 件、欧州(ドイツ、フランス、英国、デンマーク）24 件、中国 45 件であった。近年中国、韓国、東南アジアの産業用ロボットの導入は加速しており、特に中国では人材育成に注力したプログラムが多数行われていること、プログラムへの一元アクセスの仕組み等、日本での教育においても参考になると考えられる。

調査対象国	一覧での整理数
米国	29件
欧州 （ドイツ、フランス、英国、デンマーク）	24件
中国	45件

図 3.1.1　調査対象国での教育コンテンツ一覧

図 3.1.1 に示すように確認されたロボット関連教育プログラムの中で、特徴的な事例や今後の活動の参考となると考えられる事例を図 3.1.2 にまとめた。対象国においても国内同様、企業が自社製品を扱うユーザを育成するためのロボット講習会が展開されている。また、欧米の教育機関でのロボット教育は、学士課程よりも修士課程でより専門的に学ぶ環境が整えられていた。以降、海外調査については図 3.1.2 に記載されたプログラムと、その他参考となるプログラムについて記載した。

調査対象国	事例
米国	・ RAMTEC ・ A3 Robotics ・ ジョージア工科大学 ・ スタンフォード大学 ・ ノースイーストコミュニティカレッジ ・ ピンクニー高校、ハット高校、Hill Country College Preparatory High School ・ EPSPN America
欧州 （ドイツ、フランス、英国、デンマーク）	・ インゴルシュタット工科大学 ・ ヴォルツブルグシュバインフルト応用科学大学 ・ 川崎重工業、デンソー ・ 国立先端技術学校ブルターニュ校(グランゼコール) ・ バーミンガム大学 ・ ロンドン大学 ・ 南デンマーク大学 ・ ユニバーサルロボットアカデミー など
中国	・ IMROBOTICS ・ ハルビン工業大学(HRG及び大学本体) ・ 上海交通大学 ・ 北京電子科学技術専門学校

図 3.1.2　特徴的な取り組みの事例収集

3.1.2 米国

特徴：

RAMTEC、A 3 といったトレーニングセンターや業界団体、大学による学位、企業によるトレーニングプログラム等、各所で多岐にわたる選択肢が展開されている。ロボット化・自動化の業界団体は、学生やエンジニアをトレーニングや資格・認証制度のある企業や教育機関に対し紹介・仲介を実施している。A3 では資格取得のためのトレーニングとあわせ、産業界からの要望を反映した人材育成が図られており、仲介要件に認証制度を紐づけることで、実業と教育の強いリンクが形成されている。

教育機関では、一般的に職業訓練として大学院でのトレーニングが重視されており、産業界においても、学位がスキルを証明するものとして捉えられている社会的背景が存在している。充実した育成プログラムが多数あり、その中でもトレーニングとして、スタンフォード大学が学位なしの大学院レベルのロボットに関するオンライン教育を提供していることは特徴的であった。

事例：

(1) RAMTEC　(Robotics & Advanced Manufacturing Technology Education Collaborative)

RAMTEC は、製造技術、トレーニング、産業用ロボットの活用方法等の教育プログラムを多岐にわたって提供する米国でも最大規模の総合的ロボットトレーニングセンターである。多数の企業や教育機関をパートナとし、産業教育を学生およびエンジニア向けに提供している。

エンジニア向けの教育プログラムにビジョンに関するトレーニングがある。(iRVision 操作、プログラム)。全 32 時間のカリキュラム（図 3.1.3）で上級者向けの内容を学習することができる。なお 1,935 ドルで受講可能である。

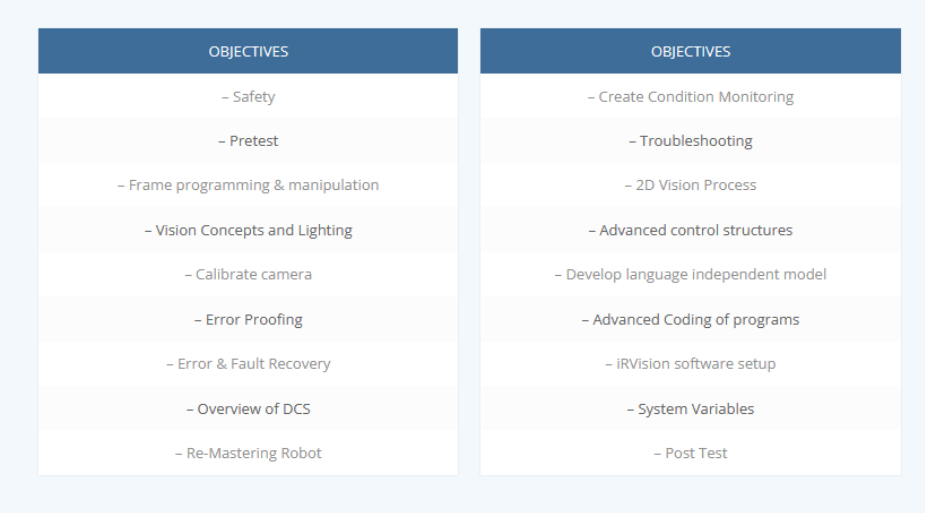


図 3.1.3　FANUC カリキュラム事例
https://www.ramtecohio.com/

学生は各ロボットメーカの資格や単位取得が可能で、2 年間の教育プログラムとして、産業用ロボットのトレーニングが実施されている。地域にホンダ、NUCOR、Whirlpool、Yutaka、RotobWorx、Xigent Robotics 等の企業があり、プログラムを修了した学生の就職先となっているようである。以下、取得可能な資格例を示す。

CERTIFICATIONS:

- Fanuc Handling Tool Operation & Programming (*6 points)
- Motoman FS100 Basic Programming W/Material Handling (*6 points)
- OSHA 10 (*1 point)
- Certified Solid Works Associate (*4 points)
- Universal Robots—Core Certification (*6 points)
- Fanuc,iRVision (*4 points)
- Lean Six Sigma—Yellow Belt (*3 points)
- Certified Additive Manufacturing—Fundamentals (*3 points)
- MSSC (*12 points)

College credits you can earn:

- 7 CCP Classes through MTC
- 17 College Credit Hours

(2) A3（Association for Advancing Automation）

A3 は、北米最大規模の自動化・ロボット化の業界団体として活動しており、トレーニングプログラムの他、業界で設定されている認定プログラムを提供している。さらに、認定ロボットインテグレータとして A3 が認定し自動化を希望する企業へ紹介する役割も担っている。

資格取得のためのトレーニングとあわせ、産業界からの要望も反映した教育と実業との強いリンクが形成されている。なお、認定に必要な事項は個別に問い合わせが必要であるが、以下の審査及び評価が必要である。

【審査類型】

Pre-Qualification ： 事前資格審査
On-site-Audit ： オンサイト監査
Practical Assessment of Key Personnel ： キーパーソンの実践的評価
Robot Safety Risk Assessment ： ロボットの安全リスク評価
Examination ：試験

A3 が行っている認定プログラムは、「認定ロボットインテグレータ」、「認定ビジョンプロフェッショナル」、「認定ビジョンシステムインテグレータ」、「認定モーションコントロール

プロフェッショナル」があり、認定されることで業界に対してそのジャンルの専門家であることを証明（信頼獲得）することができる。

日本では産業用ロボットの教示、検査等に係る業務に従事する労働者全員に対して労働安全衛生法第 39 条第 3 項に基づいて特別教育を受ける必要がある。米国においても米国規格協会（ANSI）が提唱する安全要件の規格を遵守した米国安全規格衛生局（OSHA）が出す規則に沿った安全教育が実施されている。また近年は自律走行ロボット（AGV,AMR）にも配慮した安全規格が新たに推奨されている。日本では出力 80w 未満の産業用ロボット（協働ロボット）に関わる作業の場合受講の対象外であるが、米国（A3 の事例）では協働ロボットの安全教育がなされている（図 3.1.4）。

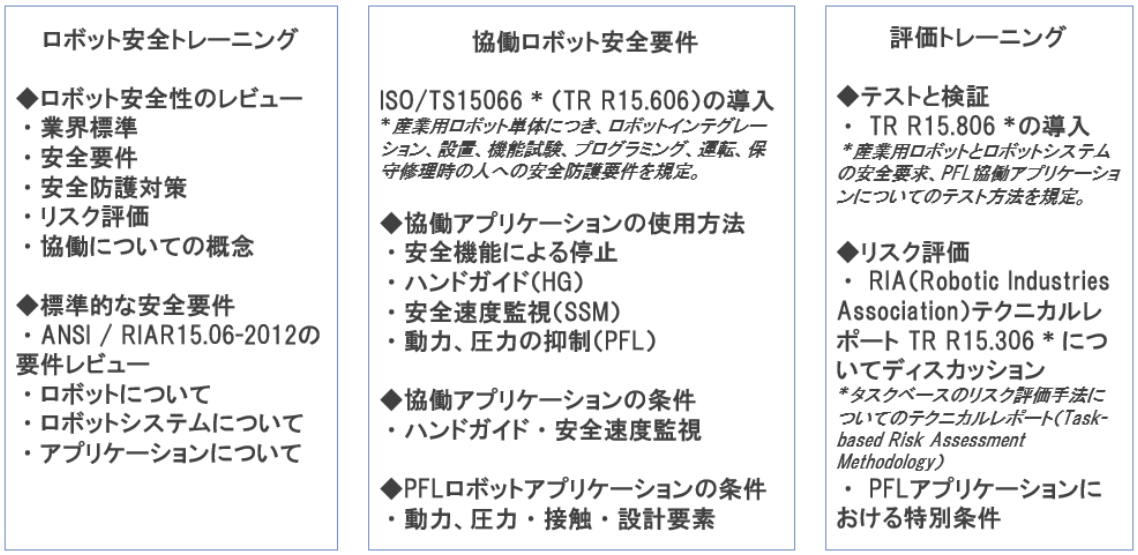


図 3.1.4　ロボット安全トレーニング等の教育プログラム例
https://www.automate.org/

(3) ジョージア工科大学　MS In Robotics Program（ロボット工学修士プログラム）

MS In Robotics Program は、電気工学・コンピュータ工学・機械工学・航空宇宙工学・医用生体工学・インタラクティブコンピューティング・物理学の 6 つの学科が共同で提供しているプログラムである。36 単位、4 学期にわたるロボット工学の修士課程であり、専門的なキャリアで急速に成長する学際的なテクノロジの課題に対応する上で必要な理論的知識と実践的なスキルを養成するもので、業界ですぐに活躍できるエンジニアと科学者を生み出すことを目的としている。ロボット工学および自動化ソリューションの設計と開発に関わり、ロボット工学や工場の自動化に関心のあるグローバル企業から高い需要を有している。

【カリキュラムの構成】

初年次秋学期（10 単位）：

ロボット工学研究入門（3 単位）
ロボティクスプロフェッショナルの準備（1 単位）
ロボット工学基礎コース（3 単位）
ロボット工学選択科目（3 単位）
初年次春学期（10 単位）：
ロボティクスプロフェッショナルの準備（1 単位）
ロボット工学基礎コース（3 単位）
ロボット工学基礎コース（3 単位）
自由選択科目（3 単位）
初年次夏期（0 単位）：
インターンシップ（0 単位）
2 年次秋学期（7 単位）：
Robotics Capstone（3 単位）
ロボティクスプロフェッショナルの準備（1 単位）
ロボット工学の選択科目（3 単位）
2 年次春学期（9 単位）：
Robotics Capstone（3 単位）
ロボット工学選択科目（3 単位）
自由選択科目（3 単位）

(4) スタンフォード大学　大学院レベルの Non-Degree プログラム

ロボット工学および自律システムの Graduate Program では、動的環境で安全かつ効果的に相互作用するロボットおよび自律システムを設計するために使用される方法とアルゴリズムを学習する。このプログラムは自動運転車やドローン、ロボットによる惑星探査、空中監視システム、さらには都市交通ネットワークや航空交通管制システムの設計と調整等多くの新興分野に関連している。大学院レベルでオンライン教育を行う Non-Degree プログラムのため、スタンフォード大学の Graduate Certificate（卒業証明）は発行されるが、学士や修士等の学位は授与されない。

【学習内容)】

- 状況を認識・計画・判断できる自律型ロボットを構築する方法
- 不確実で動的な環境向けの堅牢な意思決定システムを設計する方法
- 人々と協力し、人々を効果的かつ安全に支援できるシステムを作成する方法

【応募対象】

- ロボット工学と自律システムの深い専門知識の開発に関心のあるエンジニアやその他の技術専門家

【前提条件】

・ 3.5 以上の学部 GPA(Grade Point Average)で授与された学士
・ 大学レベルのプログラミング、微積分、線形代数、確率の基礎、確率論、統計学の知識を有している

【修了までの期間】
・ 平均 1～2 年（最大 3 年まで）

(5)The Northeast Community College　-　Machining and Manufacturing Automation

座学、および実地指導を通して、溶接、製造、精密測定、機械加工、コンピュータ数値制御（CNC）や産業用ロボット等の操作とプログラミングに関する教育を実施している。業界で認められた資格を取得できることから、雇用に結びつく教育プログラムが主である。Certificate および卒業証書等に相当する Diploma が発行されるため、当該領域におけるスキルの証明として活用できる。

Recommended Core Courses

Core		**17 Credit Hours**
Course Number	Course Name	Credit Hours
INDT 1015	Introduction to Manufacturing	2
INDT 1025	Introduction to Industrial Safety	2
INDT 1055	Print Reading for the Industrial Trades	2
INDT 1065	Manufacturing Technologies and Measurement	2
INDT 1150	Machining Fundamentals	2
INDT 1160	Machining Fundamentals Lab	2
INDT 1170	Introduction to Total Quality Management	2
MATH 1020	Technical Mathematics I	3

図 3.1.5 コアコース（Certificate）
https://northeast.edu/degrees-and-programs/machining-manufacturing-automation/certificate

Recommended Core Courses

Core		34.5 Credit Hours
Course Number	Course Name	Credit Hours
INDT 1015	Introduction to Manufacturing	2
INDT 1025	Introduction to Industrial Safety	2
INDT 1040	Industrial Process Dynamics	2
INDT 1055	Print Reading for the Industrial Trades	2
INDT 1065	Manufacturing Technologies and Measurement	2
INDT 1085	Industrial Maintenance Fundamentals	3
INDT 1140	Metrology	2
INDT 1150	Machining Fundamentals	2
INDT 1160	Machining Fundamentals Lab	2
INDT 1170	Introduction to Total Quality Management	2
INDT 1180	Computerized Manufacturing Technologies Theory	1
INDT 1190	Computerized Manufacturing Technologies Lab	1
INDT 1200	Fabrication Fundamentals Lab	2
INDT 1230	Manufacturing Technology Applications	1
INFO 1000	Basic Computer Applications	2
MATH 1020	Technical Mathematics I	3
WELD 1010	Related Welding	0.5
WELD 1020	Related Welding Lab	1

図 3.1.6 コアコース（ディプロマ）
https://northeast.edu/degrees-and-programs/machining-manufacturing-automation/diploma

(6)Pinckney High School - Engineering and Robotics

ピンクニー高校では、ロボティクスプログラムにて、エンジニアリングカリキュラムを提供している。

【カリキュラム概要】

幅広い分野を体系的に学習する。

- ロボット工学：学生がプログラムや操作方法を学ぶ。20 の産業用ロボットアームあり
- コントローラ：電気空気圧機械制御のためのアレン・ブラッドリーとモディコン PLC を利用
- セ ン サ：ロボットアームと PLC コントローラを「SMART」にするために、さまざまな接触(限界スイッチ)、非接触(近接および光学)、プロセス監視(ビジョンシステム)センサを組み込む方法を学ぶ
- CAD / CAM / CNC：デザイン・3D プリンタ・コンピュータ数値制御ミルと旋回を作成するため、コンピュータ支援設計ソフトウェアを使用してデザインを実際のコンポーネントに変換

【教材】

学生は SCORBOT、PUMA、ADEPT および三菱電機のロボットを利用して様々なコン

テストへ参加し、その設計プロジェクトに基づいて奨学金等を申請することが勧められている。

(7)Hutto High School

ロボット工学コースにて STEM エンジニアリング教育を実施している公立高校であり、2 段階のクラスが用意されている。2 段階の内、最初のカリキュラムのみ情報が公開されていた（1 年目の年間カリキュラム　参照)。以下カリキュラムの様に網羅的に学ぶ内容となっており、プロジェクトベースでのコースにて、年間を通じて、個人、パートナ、グループでのプロジェクトがある。

【1 年目の年間カリキュラム】

- 1st 6-weeks – The Robotics Profession, Safety, Robotics Team Roles, Robotics and Patent, Programming for Time, Programming using Shaft Encoders & Potentiometers
- 2nd 6-weeks – Robotics Careers, Programming Functions & Variables and Remote Control Operations
- 3rd 6-weeks – Robotics Evolution, Robotics Design Process, Programming using Light & Ultrasonic Sensors
- 4th 6-weeks – Team Structure & Leadership, Robot Structural Systems, Construction of Robot Parts: The Gripper
- 5th 6-weeks – Construction of Robot Parts: The Wheel, The Body, The Vertical Column
- 6th 6-weeks – Construction of Robot Parts: The Arm, Tooling, and Dynamics

(8)Hill Country College Preparatory High School

大学レベルのコースワークを備えた学習プログラムを標榜しており、プロジェクトベースのプログラムを用意している。

【カリキュラムの概要】　（ロボット工学のカリキュラム　コースガイドより）

ロボット工学 I ： 9th grade - 12th grade (高校生レベル)

単　位　時　間：1 年間通年

推奨される前提条件：

プロジェクトベースでの環境下で、アカデミックスキルを、設計実装を通じてコンポーネント設計に移すことができる。学生はプロトタイプを作成するか、シミュレーションソフトウェアを使用して設計をテストできる。さらに企業の期待およびロボット・自動化業界における教育ニーズを踏まえてキャリア機会を探求する。

ロボット工学 II：10th grade - 12th grade (高校生レベル)

単　位　時　間：1 年間通年

推奨される前提条件：

ロボット工学 I を修了していること。

ロボット工学 II では、ロボットおよび自動化業界における人工知能とプログラミングを探求する。プロジェクトベースでの環境下で、アカデミックスキルを、設計実装を通じてコンポーネント設計に移すことができる。学生はプロトタイプを作成し、ソフトウェアを組み込みテストを実施する。このコースでは、他の STEM コースで求められるような高度な数学は必要ないが、数学の卒業要件を満たすことができる。しかし、GPA(Grade Point Average)とランクは計算されない。

(9) EPSON America

EPSON America ではプログラミングからメンテナンスまでトレーニングコースが用意されている。例えばカリフォルニア州カーソンでは以下のようにロボット別のトレーニングが実施されている。

【ロボットメンテナンスのコース】

G Series (SCARA) - G1, G3, G6, G10, G20
RS Series (SCARA) - RS3, RS4
T Series (SCARA) - T3
LS Series (SCARA) - LS3, LS6, LS20
N2 (Six Axis) -N2
C3 (Six Axis) - C3
C4 (Six Axis) - C4, C4L
C8 (Six Axis) - C8, C8L, C8XL
S5-Series (Six Axis) - S5, S5L
EZ Modules (Linear Modules) -All

3.1.3 欧州

特徴：

欧州諸国は、 職業教育訓練（VET : vocational education and training)が盛んであり、 [岩田克彦, 2010]*1 によると、職業プログラム受講者割合を 2007 年でみると(OECD "Education at a glance 2009"の TableC1.4)、英国 41.4%、フランス 43.8%、ドイツ 57.4%、オランダ 67.6%、スウェーデン 56.2%、デンマーク 47.7%、EU19 カ国平均 47.8%と高くなっている。これに対して、日本の高校段階の受講者割合は 23.4%と職業教育(専門高校、高等専門学校等)のウェイトが低い。ドイツ、オーストリア等では、職業教育訓練が職場と訓練センター、もしくは学校とに分かれた学習計画により行われる徒弟制度(Apprenticeship、デュアルシステム)の導入が進んでいる。これは、従来 9 年間の全日制就

学義務を終えた若者が職場で職業訓練を受けながら、訓練先企業周辺の職業学校で学ぶことができる IVET：初期職業教育訓練制度（Initial Vocational Education and Training）の最も一般的な仕組みのようである。

大学院での育成プログラムが充実しており、産業界においても、学位がスキルを証明するものとして捉えられている社会的背景が存在している（米国と共通）。

大学院での教育においても、就業者向けのプログラムが複数見受けられ、人材を抱える企業との連携がなされている。英国は期間が日本と異なり、学士課程が３～４年、修士課程は１年である。

3.1.3.1 欧州（ドイツ）

(1) インゴルシュタット工科大学（THI）

ロボット工学士課程の目標は、科学的知識と方法に基づいて、ロボットの設計、組立、操作、使用、および制御、感覚フィードバックを処理するための電気および情報システムの設計、構築、操作および使用のための学際的な知識と方法の実践指向の教育としている。

技術的能力に加えて、人格形成とリーダシップの資質を促進するために社会的および方法論的スキル教育も行っており、インターンシップ、ゼミ、プロジェクトで習得した社会的スキルを学生はプロジェクトや授業で活かしている。これは、産業生産における自動化、デジタル化、ネットワーキングのための自律的なメカトロニクスシステムの開発と展開の分野だけでなく、医療技術や個人的なロボット支援等の社会的関連分野の開発と展開の分野で独立した専門的な活動につながっている。

本大学（並びに次に紹介する国際応用科学大学）では、学術研究と職業訓練や企業での実務経験を組み合わせた実用性の高いデュアルスタディプログラムを提供している。このプログラムについて［山内麻里, 2016]*2 はアビトゥーア（大学進学資格）保有者向けと、非保有者向けかつフルタイム就労中社員向けのコースがあると述べている。学習中に貴重な実務経験を積むことができ、後に労働市場でのチャンスを大幅に向上させることが出来るためドイツでは非常に人気のプログラムである。

プログラム名	取得学位・資格・所要期間	対象者	要件
Ausbildungsintegrierende duale Studieng ä nge（教育統合型二元学習プログラム）	学士号の学位とIVET*資格の両方 3～4年程度	アビトゥーアを保有する職業訓練未経験者	まず，企業と研修契約を結ぶ
Praxisintegrierende duale Studieng ä nge（実習統合型二元学習プログラム）	学士号の学位，IVET資格 は取得しないプログラムもある 3年程度	アビトゥーアを保有する職業訓練未経験者	まず，企業と研修契約を結ぶ
Berufsintegrierende duale Studieng ä nge（職業統合型二元学習プログラム）	学士号の学位のみ 3～4年程度	IVET修了者で アビトゥーア保有者	パートタイムで就労中の社員であること
Berufsbegleitende duale Studieng ä nge（定時制二元学習プログラム）	学士号の学位のみ（ディスタンスラーニングに近いが，企業に協力義務がある）	アビトゥーア保有者と非保有者の両方	フルタイムで就労中の社員であること

図 3.1.7　デュアルスタディプログラムの概要
https://www.istage.ist.go.jp/article/ishrm/17/2/17_37/_html/-char/ja

- 職業訓練と併せて勉強したい学士プログラムを選択
- 利用可能なすべてのデュアルスタディコースの概要については、データベースを確認（注：デュアルスタディのドイツ語は「Verbundstudium」である）。
- 希望する学習プログラムで THI と協力している会社の研修場所に早期（研修開始の 6〜15 か月前）に申請
  （大多数の企業は、申請者に非常に優れたレベルのドイツ語のスキルを要求）
- THI への申請書の送付期間は、研修開始年度の 5 月 2 日から 7 月 15 日まで
- トレーニング契約の認証済みコピーを、THI への出願書類と同封して送付
- 入学を許可されると、入学通知が届く。
  （この通知は、翌年、2 回目の申請で再度提出する必要があり、 2 回目の申請は、就学が開始される年の 5 月 2 日から 7 月 15 日の期間に大学に提出）

(2) 国際応用科学大学

国際応用科学大学のロボット工学士は、機械、電気、制御工学のノウハウと、コンピュータサイエンス、データサイエンス、人工知能の基礎を組み合わせ、36 ヶ月 6 セメスターからなる。理論・原理と実践的なプロジェクトを通じ、ロボット工学のスペシャリストとしてのキャリアを築くために必要なすべてのスキルを身に付けることができる（オンラインで提供)。同プログラムは、関連する技術スキル、実践的な経験、および最新のテクノロジと業界のトレンドに関する知識を備えており、ロボット工学の基礎と IoT および自動化に関し、専門家たりうる強固な基盤を養成する。授業料は 75 ユーロ/月で、奨学金制度、高校を卒業していること、英語のスキルが堪能であることが入学の条件となっている。

(3) コーブルク大学　自動化技術及びロボット工学領域(学士)

生産プロセスの自動化は、ドイツのすべての産業部門にとって重要な競争分野であり、自動化技術とロボット工学に関する十分な知識を持つ電気技術者は、生産の品質と効率の継続的な改善に大きく貢献している。専門的かつ実践的なプログラムが設計されており、学生は他の学術プログラムの学生とチーム共同でスキルを高めている。また、産業パートナとの特定のプロジェクトは、学生が自信を持って成果を提示し、実社会で応用可能となるプロジェクトを遂行する。

【ロボット工学領域】

学士課程　：自動化技術及びロボット工学領域(学士)
学　位　　：工学士
セメスター：7 学期　全日制　210 単位
必要条件　：一般的な入学基準、対象者別の入学基準または専門学校の証明書
認　可　　：認定、認証および品質保証機関 ACQUIN により認証されたプログラム
必須言語　：ドイツ語（レベル c1）

学　部　　：電気工学およびコンピュータサイエンス

(4) ミュンヘン工科大学　Robotics, Cognition, Intelligence (M.Sc.)

本課程は、ロボット工学、コンピュータビジョン/センサ融合、および認知科学を融合させたカリキュラムである。モビリティと知覚、推論、アクション生成を組み合わせた複雑化する技術システムで、エンジニアは、これらすべての分野の基礎を網羅的に理解し、相互関係と応用ができる専門知識を身につけた人材を育てることを目指している。

【カリキュラムの概要】

第 1 -3 学期

ロボット工学、認知、知性の分野で、次の項目を含む必須モジュールを完成させる。コンピュータビジョンと機械学習、自律システムの制御、ロボットモーションプランニング、画像解析、人工知能等について学ぶ。この修士プログラムの目標は、人とロボットの相互作用について理解する、工学と認知科学の間のギャップを埋めることである。このプログラムは、単なる工学ベースではなく、神経科学と認知科学のモジュールを含め、工学に加え、関係するすべての分野の原則を広く理解することを学生に奨励している。

第 4 学期

専門とする領域を選択し、詳細な研究を含む修士の研究に取り組み、完全に機能するシステムの開発をめざす。

前提条件

電気工学、機械工学、物理学、コンピュータサイエンス、または関連科目の学士または同等の学位を持つっていることが望ましい。また、授業は英語とドイツ語で行われるため十分な語学力も必要である。

(5) ヴォルツブルグシュバインフルト応用科学大学

企業等とも連携し学生にインターシッププログラムを提供する等、業界ニーズに近いカリキュラムを編成している。教育プログラムとしては、コンピュータサイエンス分野に力を入れたカリキュラムとなっている

第 1-4 学期

・基礎講義―工学、コンピュータサイエンス、数学
・応用ロボット工学―ロボットの開発と応用に関するワークショップ、実験室での実験、ソフトウェアツールへの誘導
・選択科目―メカトロニクスシステムシミュレーション/開発プロセスと法的枠組み

第 5 学期

インターンシップにて、ロボット工学エンジニアの役割を担い、ロボット工学に興味を持つ企業で専門的な経験を積む。多くの学生はインターンシップの機会を利用して、卒業後の就職先を確保する。

第 6-7 学期

3 つの異なる分野から専門（産業用ロボット/モバイルロボティクス/ヒューマノイドとサービスロボティクス）を選択。プロレベルで実践的な仕事に取り組む。事業開発・スタートアップを実現する方法も教示する。

・選択科目

3D マシンビジョン/ディープラーニング/ロボットプログラミング/高度なロボットキネマティクス

(6) カワサキロボティクス(現地法人)

生涯にわたる学習として「カワサキロボティクスアカデミ」を位置づけている。インタラクティブな技術製品のトレーニングを通じ、経済的に成功した自動化ソリューションをアカデミ参加者が効果的かつ効率的に実装できることを主眼に置いている。企業の長期的なグローバルの競争力を革新し、より高い生産性、 製品の品質と労働安全を個別学習の目標として据えている。現地アカデミでは以下のようなコースが用意されており、内容は多岐に渡っている。

コースの概要

- Operation Training
- Basic Training Programmings
- Advanced Training Programming
- Simulation Training K-ROSET
- Electrical Maintenance
- Option Training Course

(7) デンソーロボティクスヨーロッパ(現地法人)

オペレーター向けから、ベーシック及びアドバンストコース、メンテナンス、COBOTTA(人協働ロボット)までカバーし、ドイツのオフィスにて、ドイツ語と英語で開講されている。

図 3.1.8 デンソーロボティクスヨーロッパのロボットトレーニングコース
https://www.densorobotics-europe.com/customer-support/support-maintenance/training

3.1.3.2 欧州（フランス）

(1) ソルボンヌ大学「インテリジェントシステムエンジニアリング」(ISI) 標準コース

ソルボンヌ大学「インテリジェントシステムエンジニアリング」(ISI) 標準コースは、「科学、技術、健康」の修士課程であり、ロボット工学を対象とした 1 年または 2 年にわたる学習コースである。

このコースではセンサの設計から最高レベルの情報処理まで、システムと機械の開発と実装を行うことができ、雇用需要の高いセクターのメーカの高度なニーズに応える力が養われる。

マルチモーダルインタラクション、画像と音声の理解、インテリジェントシステムの設計、コンピューティング、電子機器、機械工学、ロボット工学のインターフェースの分野での研究開発について学生を訓練し、エンジニアとしてのスキルを卒業までに身につけさせることを目的としている。

領域	学習内容
デジタル信号処理プログラミング	コミュニケーション、プロジェクトの方法論、技術英語、設計適用品質、オフィスIT・保守サポート、電気的認定
線形制御	状態または周波数表現での線形制御システムの分析
ロバスト制御ランダム信号	信号処理に必要なツール、ノイズ、1次および2次のモーメント、ランダムプロセスのフィルタリングとランダムプロセスのスペクトル分析
ロボット工学	さまざまなタイプのロボットシステム概要、キネマティックモデリング、センサー概論、制御および認識アーキテクチャの概要Pythonオブジェクトプログラミング Pythonでのプログラミングの基本。オブジェクト指向プログラミング、クラスとオブジェクト、ヘリテージイングリッシュビジネスミッションプロジェクト管理入門

図 3.1.9 ソルボンヌ大学プログラムの概要

https://www.1jeune1solution.gouv.fr/formations/master-mention-automatique-robotique-parcours-ingenierie-des-systemes-intelligents?page=26

(2) 国立先端技術学校ブルターニュ校 Autonomous Robotics 専攻(修士)

フランスにおいて創設より現在に至るまでテクノクラート（技術官僚）養成校として認識されている高等教育機関「グランゼコール」の一つである。

この専攻を選択した学生は、あらゆる種類の環境（海、陸、空）で使用するロボット、特にモバイルロボットの設計、構築、プログラミング、および操作を学ぶ。

卒業生は、研究所や大企業や新興企業で、エンジニアリングのキャリア（コンサルティング、研究開発、設計等）を得ることができる。

学生は数多くの応用プロジェクトに取り組むことができる。プロジェクトは、ロボットの設計と構築、調整等に焦点を当て、国立先端技術学校ブルターニュ校の学生は、フランス国内外で数多くのロボット競技会に参加している。学生は、アンジェ大学の複雑なシステム工

学の修士（力学系と信号追跡）を選択でき（講座は全てフランスのブレストで展開）、このダブルディグリー課程は博士を取得したい学生に推奨されている。

領域	内容
学習する内容	電子工学、機械工学、設計、寸法規則、ラピッドプロトタイピング、機械加工方法（3Dプリンター、成形、フライス盤、旋盤など）、マイクロコントローラー、パワーエレクトロニクス、ワイヤレス通信システム、慣性ユニット、位置決めシステム（GNSS、USBL）、ソフトウェア、プログラミング、C++、ヒューマン/マシンインターフェース、ミドルウェア、シミュレーション、ビジョン、ローカリゼーション、制御、ミッション計画、最適化など
研究分野	自動化（制御設計）、コンピューターサイエンス（アルゴリズム、言語、ミドルウェア）、知覚（ビジョン、機械学習）、人工知能（学習、ロジック、制約プログラミング）、モデリングとシミュレーション（コンピューター上でのロボットのシミュレート。仮想現実と拡張現実を使用）、ナビゲーション（慣性、状態オブザーバー、カルマンフィルター、間隔）、力学（ニュートン・ラグランジュ、3Dプリンター、デジタルモデル）、ガイダンス（経路の計画、障害物の回避、調整）、実験（設計と運搬。事故を起こさないロボット実験）

図 3.1.10 国立先端技術学校ブルターニュ校プログラムの概要
https://www.ensta-bretagne.fr/en/autonomous-robotics
https://www.ensta-bretagne.fr/sperob/

(3) イゼール産業貿易トレーニングセンター

製造プロセスに関するロボットソリューションの調査、統合、および開発を実行する。参加者は、ロボットソリューションの設計または改善を目的として、生産ツールの技術的、機能的、およびパフォーマンス特性を分析する責任を有する。

ロボットソリューションの研究

・製造プロセスのロボット化の要件・技術仕様、機能仕様
・ロボット化ソリューションの技術
・SIer やサプライヤーと協業し、技術的・経済的データを統合

ロボットソリューションの統合

・ロボティクス統合ソリューションの実装
・さまざまなフェーズでのロボットシステムのステータス確認
・ロボットシステムのユーザへの技術支援

条件

・産業メンテナンス、電気工学、設計、機械工学、自動化の分野での実務経験もしくは BAC+2 レベル
・技術試験とインタビュー

対象

若者、従業員、求職者

大枠	トレーニング内容
部門の枠を超えたモジュールの整理、管理(182h)	コミュニケーション、プロジェクトの方法論、技術英語、設計に適用される品質、オフィスIT・保守サポート、電気的認定
研究と技術的実現(273時間)	プログラムアーキテクチャ設計、プログラム設計方法、JAVAプログラミングなど
産業用ビジョン	ビジョンアプリケーションの選択、ビジョンとロボットのリンク
機械の安全性	基準と指令、リスク分析とリスク低減
自動化	速度変動、数値軸、産業用プログラマブルロジックコントローラー(PLC)
産業用ネットワーク	PLCおよびロボットでのネットワークの実装
ロボットシステムの研究と実現可能性	顧客のニーズの分析、オフラインプログラミング
ロボットプログラミング	STÄUBLI、FANUC、ユニバーサルロボット、KUKAプログラミング
高度な機能・その他	エラー処理・追跡、試運転、コラボレーティブロボティクス

図 3.1.11　イゼール産業貿易トレーニングセンタープログラムの概要
https://www.formation-industries-isere.fr/fiche-formation/post/cqpm-charge-e-d-integration-en-robotique-industrielle

3.1.3.3 欧州（英国）

(1) バーミンガム大学　メカトロニクス及びロボット工学（学士）

メカトロニクスおよびロボット工学の学士課程は、機械工学、コンピュータ工学、電子工学および電気工学を組み合わせて、インテリジェントテクノロジの設計と展開の課題に対応し、強固な理論と実践のスキルを習得し、グローバルに専門家と共同していくことを目指している。

このプログラムは、電子、機械、およびコンピュータテクノロジ及び、それらの応用分野と連続性のある領域とともに、物理学と数学の原理について確固たる基盤を提供しており、卒業までにロボット工学、物流、医療技術、高度な製造および宇宙技術、研究開発、製品設計で成功するために必要な、メカトロニクスとソフトウェアの統合スキルを身につけることができる。

領域	学習内容
1年次	電気工学1(20単位)、工学材料(10単位)、工学数学1(20単位)、流体力学とエネルギー伝達(20単位)、統合設計プロジェクト1A/1B(20単位)、エンジニアのためのコンピューティング入門(10単位)、力学1(20単位)
2年次	デジタル電子機器および電気機械(20単位)、電子回路およびデバイスと電磁気学(20単位)、数理工学2(20単位)、統合設計プロジェクト2(20単位)、力学2(20単位)、マイクロプロセッサと制御システム(20単位)
3年次	・コアモジュール：統合設計プロジェクト3_BEng(20単位)、個別プロジェクト(40単位)、メカトロニクスデザイン(20単位) ・オプションモジュール(40単位分を選択)：電子工学(20単位)、数理工学3(20単位) パワーエレクトロニクスとパワーシステム(20単位)、Internet of Things(20単位)、テレロボティクス・テレプレゼンス・拡張現実(20単位)

図 3.1.12　バーミンガム大学プログラムの概要
https://www.birmingham.ac.uk/undergraduate/courses/eese/mechatronic-robotic-engineering-beng.aspx

(2) ロンドン大学クイーン・メアリー校　ロボット工学（学士及び修士）

ロンドン大学クイーン・メアリー校のロボット工学科はコンピュータサイエンス、機械工学、電子工学を組み合わせて、ロボット、メカトロニクス、人工知能システムを開発、製造、分析、展開する方法を学ぶことができる。

領域	学習内容
1年次	物理学-力学と材料、基礎数学、科学技術におけるコミュニケーション、数学B(通年)、物理学-空間と波動、物理学-電気および原子物理学、エンジニアリング入門
2年次	工学的設計、実験計画と実践1、計算数理モデリング1、手続き型プログラミング、エンジニアリングの調査、実験計画と実践2、計算数理モデリング2、アナログ電子システム
3年次	C言語プログラミング、マイクロプロセッサシステムの設計、電子デバイスとアプリケーション、ロボット工学の概観、制御システムの分析と設計、信号とシステム理論、オブジェクト指向プログラミング、ロボット工学におけるプロジェクトの設計と構築
4年次（学士及び修士）	・必修：デザインプロジェクト（30単位）、ロボットシステムのモデリングと制御、高度なロボットシステムインタラクションデザイン ・選択：工学分析および設計のシミュレーションツール、組み込みシステム、デジタル信号処理、運動の神経力学と生体電気。ニューラルネットワークとディープラーニング、材料の故障
5年次（修士）	認知ロボティクス（ロボティクスIV）、機械学習、研究設計チームプロジェクト ・1つ選択：高度な宇宙船の設計：操縦と軌道力学、計算工学、組み込みシステム、コンピュータビジョン入門、外科技術と安全性 ・1つ選択：臨床測定工学、設計における数値最適化、医用画像の原理と応用、リアルタイム危機管理システム、リアルタイムDSP

図 3.1.13　ロンドン大学クイーン・メアリー校プログラムの概要

https://www.qmul.ac.uk/undergraduate/coursefinder/courses/2022/robotics-engineering/

(3) キングスカレッジ　ロボット工学（修士）

ロボット工学（修士）プログラムは、個々の研究プロジェクトを完了しながら、機械装置、センサ、電子機器、およびインテリジェントなコンピュータベースの統合的操作を探求することを可能にする学際的コースである。一年かけて合計 180 単位の必須モジュールと、オプションモジュールを組み合わせてコースを修了する。ロボットシステム、コンピュータビジョン、センサとアクチュエータ、リアルタイムシステムと制御についての学習だけでなく、幅広いオプションモジュールを探索する機会もあり、興味のある学習領域を自由に選び履修することができる。このコースは、研究や産業でのキャリアの基礎を得たいと考えている工学または関連分野の卒業生に適している。

利点

・インテリジェントシステムとロボット工学に焦点を当て、ロボットデバイスの設計で貴重な経験を積み、スマートエンジニアリングソリューションを提供する機会がある。
・セミナーや外部講義を通じて国際的な評判の講演者に頻繁にアクセスし、電子工学および関連分野の新しい知識を得ることができる。

・ロンドン中心部に位置し、チャータード IT 研究所（BCS)、工学技術研究所、機械技術者協会（IMechE）等の主要な図書館や主要な科学協会に簡単にアクセスできる。

(4) PPMA アカデミ　応用ロボティクストレーニング(3 日間)

このコースでは、産業用ロボットの基礎を理解し実際の経験をとおして、より複雑なロボットシステムの操作、プログラミング、および制御に必要な高度な技術を身につけていく。このコースには参加者を評価する指標はなく、コースを修了すると、参加者は出席証明書が与えられる。

講座の内容：

このコースは 3 日間にわたって集中的に行われ、受験者は高度なロボット工学システムと制御に関して座学と実践的な演習を通して学ぶ (プログラミングと論理関数、およびツールのキャリブレーションに関する理論が含まれる)。

コースの内容は以下の通りである。

・ロボット工学理論の要約
・高度なツールキャリブレーション
・論理関数の使用
・シミュレートされた作業環境とオフラインプログラミング
・PLC でのロボットの使用

3.1.3.4 欧州（デンマーク）

特徴：

デンマークのオーデンセ市により発足した技術クラスターが展開されている。2019 年時点では約 120 社のロボット関連企業や、研究・教育機関及び投資機関・企業が参画している。ロボティクスに係る技術・経営を熟知したプロフェッショナル集団による基礎研究から市場参入まで一気通貫型支援を目指し、自治体等が各種支援を実施している。また、世界最大の海運・造船会社のマースクによるロボット工学の教育研究が南デンマーク大学で行われている。

(1) 南デンマーク大学（SDU）

①BSc 学士（工学；ロボットシステム）

学士（ロボットシステム）を取得すると、ロボットテクノロジ製品の開発を主導し、複雑な技術開発タスクを解決し、専門的かつ学際的なプロジェクトで協力し、携帯電話、Web アプリケーション、セキュリティシステム等を開発できる。さらに、数学、物理学、コンピュータサイエンス、電子工学、コンピュータテクノロジ等の基本的な科目のスキルを身に付け、ハードウェアとソフトウェアの両方、およびそれらの相互作用についての深い知識を得る

ことができる。

図 3.1.14 学士のカリキュラム(6 学期制（3 年間）)

https://www.sdu.dk/en/uddannelse/bachelor/robotteknologi

②MSc 修士（ロボットシステム）

このプログラムでは次の 2 つの専門分野のいずれかを選択する。

・高度なロボティクス技術(ART)

・ドローンと自律システム(DAS)

1 学期と 2 学期は、上記の選択した専門分野を学び、3 学期と 4 学期では、専門分野の範囲を広げていく。3 学期は選択科目のためのスペースを提供し、スキルを統合することを目的とする。4 学期は修士論文に専念する。修士論文は、自分で主題を選択し、通常は研究グループの 1 つに属し、もしくは企業と協力して実施する。

領域	学習内容
1学期	・ART専攻：人工知能入門(5 ECTS)、ロボット工学とコンピュータービジョン(10 ECTS)、多変量統計(5 ECTS)、科学的方法(5 ECTS)、選択科目(5 ECTS) ・DAS専攻：人工知能入門(5 ECTS)、多変量解析(5 ECTS)、科学的方法(5 ECTS)、ドローン技術入門(5ECTS)、古典的な自律システム(5 ECTS)、組み込みシステム(5 ECTS) s
2学期	・ART専攻：人工知能のツール(5 ECTS)、高度なコンピュータビジョン(5 ECTS)、高度なロボット制御(5 ECTS)、高度なロボット工学のプロジェクト(5 ECTS)、ロボット工学のための機械工学(5 ECTS)、選択科目(5 ECTS) ・DAS専攻：人工知能のツール(5 ECTS)、ガイダンス・ナビゲーション・制御(5 ECTS)、大規模なドローン認識(5 ECTS) バイオインスパイアード自律システム(5 ECTS)、機械式空中システム(5 ECTS)、選択科目(5 ECTS)
3学期	チームイノベーションの専門家(15ECTS；チームイノベーションの専門家/学士プログラムのチームの専門家に合格した学生の場合、このコースはロボット工学のプロジェクト(10 ECTS)+選択科目(5 ECTS)に置き換えられる)、オプションのコースまたはアクティビティ(5～15 ECTS)、修士論文のオプションの初期段階(10 ECTS)
4学期	学生は30 ECTSの論文を準備するか、3学期に開始された40ECTS論文の作業を継続する。論文は、地元の業界と協力して、2人の学生で構成されるグループで完成させることを推奨する。

図 3.1.15 修士のカリキュラム(4 学期制（2 年間))

https://www.sdu.dk/en/uddannelse/kandidat/robotteknologi/uddannelsens_opbygning

https://odin.sdu.dk/sitecore/index.php?a=sto&id=40961&lang=en

③BEng 工学士（ロボットシステム）

このプログラムでロボットシステムの学位を取得すると、ロボットと自動化ソリューションの組み立て、実装、産業環境向けのロボットテクノロジソリューションの開発、産業用ロボット、自動化機器、コンピュータビジョンテクノロジとの相互作用を含む複雑なタスクの解決を可能にする能力を身に付けることができる。ネットワーク、ロボットの制御と調整、IT ソリューションの開発等を可能にする制御技術を適用および実装を習得する。

図 3.1.16 工学士のカリキュラム（7 学期制（3.5 年間））
https://www.sdu.dk/en/uddannelse/ingenioer/robotteknologi

(2) ユニバーサルロボットアカデミ

アカデミでは、ユニバーサルロボットを短期間でマスタするための認定トレーナによるトレーニングコースや自分のペースに合わせて受講できる無料 e-ラーニングが用意されており、日本を含むアジアでは 4 カ国、欧州ではドイツ、スペイン等計 12 カ国、米国ではミシガン州、インディアナ州等計 15 州でトレーニングを提供している。

トレーニング内容は、周辺機器（コンベア、センサ、グリッパ）の操作、ピックアンドプレース、パレタイズ、およびその他の一般的なアプリケーションプログラムを自分で作成する準備学習を含んだ「コアトレーニング」。ユニバーサルロボットのユーザインターフェイスのコマンドを熟知でき、最終的にロボットの動作設定や環境適合を考慮したアプリケーションを展開ができるようになる「アドバンス（上級者）トレーニング」が用意されている。

①トレーニング内容

・コアトレーニング
・ロボットを安全に操作する方法を学ぶ
・様々なアプリケーションを体験する（ピックアンドプレース、パレタイジング、フィーチャ、力覚等）

・電動グリッパーの接続を通じ、センサやコンベアを使った操作を学ぶ
・必要なアプリケーションに対し、オンラインツールやその他便利なリソースを紹介する
②上級者トレーニング
専門的な方法でプログラムを作成および構成する
・UR ユーザインターフェイスの機能に関する深い知識を得る
・UR Script プログラミング言語を用いる
・可変位置と複数の TCP を操作する
・各種座標系での位置の参照とシフト人工視覚アプリケーションを操作する
・ロボットの動きをコンベアベルトで追跡および調整できる
・統合フォースセンサ/トルクセンサを用いて複雑なアプリケーションを開発する
③無料 e ラーニング
・e-Series Core Track
（1〜8：FIRST LOOK(概論)、ロボットのタスク設定、ツールセットアップ、プログラム作成、外部デバイス連携、コンベア操作、安全設定、最適化）
・e-Series Pro Track
(9〜11：プログラムフロー、機能調整[座標系の設定]、力制御）
・e-Series Application Track
(12〜14：パレタイジング、ネジ締め、マシンテンディング)
上記 14 パートに分かれており、e-Series ロボットに関し、ユニバーサルロボットのスタート地点として段階的に学べる仕組みが整っている。

3.1.4 中国

特徴

中国政府は 2021 年 12 月 28 日に、今後 5 年間のロボット産業発展計画を発表し、売上高について年 20%超の成長目標を掲げている。2020 年の全体の売上高は 1,000 億元（約 1 兆 8,000 億円）に達したが、基礎的な技術力や高い技術水準を有した製品の生産に弱みがあることから、ロボット産業の技術革新の能力を高めることを目標にしている。

中等職業学校と高等職業学校の位置づけ

[独立行政法人　大学改革支援・学位授与機構, 2016]*3 によると、2014 年 6 月には、教育部、国家発展改革委員会、財政部、人力資源社会保障部、農業部、国務院扶貧辦によって「現代職業教育体系構築計画（2014-2020 年)」が出された。この計画では、まず「2020 年までに、発展のニーズに適応し、産業界と教育界が深く融合し、中等職業教育と高等職業教育が接続され、職業教育と普通教育が相互に通じ合い、生涯教育の理念を実現し、中国の特色を持った世界水準の職業教育体系を作り上げ、人材養成の架橋を構築し、合理的な教育

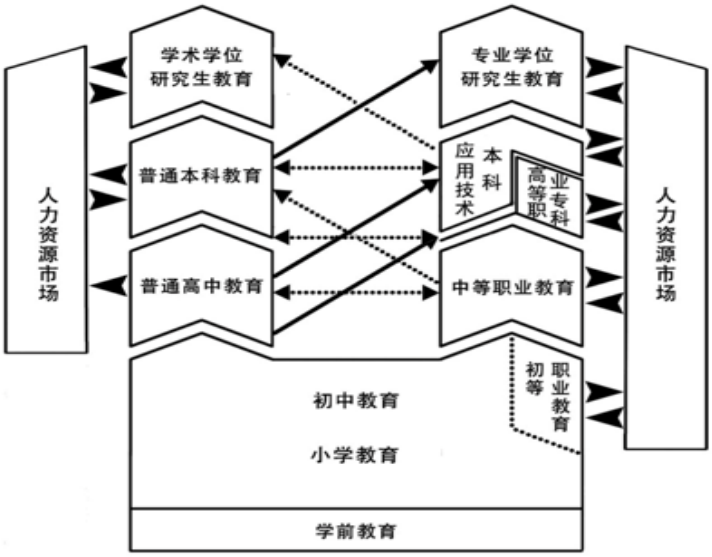


図 3.1.17 現代職業教育体系構想計画（2014-2020）に示された教育体系
出展：独立行政法人 大学改革支援・学位授与機構
『高等教育における職業教育と学位 ―アメリカ・イギリス・フランス・ドイツ・中国・韓国・日本の 7 カ国比較研究報告―』(2016)、pp130-131
https://niadqe.jp/wp/wp-content/uploads/2018/02/c002-1608-syokugyo.pdf

の構造を形成して、現代教育体系を基本的に作り上げることと、教育の現代化を基本的に実現することを推し進める」ことが目標とされている。そのうえで高等職業教育に関しては、「既存の専科課程段階の高等職業（専科）学校をしっかりと運営することを基礎として、応用技術型高等教育機関を発展させ、本科課程段階の職業人材を養成する。応用技術型高等教育機関は、高等教育体系の重要な構成要素であり、本科課程を提供する他の高等教育機関と平等な地位を有する。高等職業教育の規模は高等教育の半分以上を占め、本科課程段階の職業教育が一定の規模に達するようにする。職業能力の向上を方向づける専門職学位大学院生養成モデルを作り上げ、高等教育機関の設置に関する制度の規定にもとづき、条件に合致する技術師範学院を高等教育機関の枠内に組み入れる」とされた。これをふまえて、図 3.1.17 のような全体的教育体系が構想されている。また、中等職業学校の教育課程を図 3.1.18 に示す。

[科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター, 2018]*4 によると、教育課程の学校現場での実施においてはさまざまの問題が現れている。とくに専門科目に偏る教育課程の構成によって基礎科目が手薄になり、学校教育の優位性を失ってしまったことや、実践教育を確保できる実習の場所や実践科目の教員の能力が欠けていること等が問題点として挙げられている。これらによって、学生に保障すべきキャリア発達を損なっていることが懸念される。

科目	詳細
共通基礎科目 （総学習時間数の 3 分の 1）	必修科目： 道徳教育、国語、数学、外国語（英語など）、コンピュータ応用基礎、体育と健康、芸術（あるいは音楽、美術）
	選択科目：物理、化学などその他自然科学と人文科学類の科目、共通基礎科目として必修科目あるい は選択科目に入れることができる、また多様な形態で専門科目に入れることもできる。そのほか、学校は実際の需要に応じて、安全教育、エネルギー・環境教育、人的資源、現代 科学技術、管理などの選択科目や講座（活動）も設けるべきと規定されている。
専門技能科目 （総学習時間数の 3 分の2）	相応する職業ポスト（群）の能力要求にもとづき、専門基礎科目＋専門化（コース）の科目構成、専門技能科目を設置する

図 3.1.18　中等職業学校の教育課程

出展：科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター編
『日中の中高等職業教育制度』（2018），p50
https://spc.jst.go.jp/investigation/downloads/r_2018_03.pdf

高等職業学校の教育課程

「高等職業学校設置基準（暫行）」は、教育課程において高等職業学校の特色を際立たなければならないと規定している。具体的な内容として、実践科目は一般的に授業計画の総授業の 40%前後を占めるべきとされ、教育計画の中で規定された実験、実訓授業の実施率は 90% 以上でなければならない。各学科は基礎技能訓練や模擬操作の授業実施のための適切な条件と安定した実習、実践活動基地を備えていなければならない。また、外国語科目やコンピュータ科目を開設して、相応の設備を備えなければならない（基準第 4 条）。

ロボット分野の成長を受け、国家戦略としてロボット産業を位置づけし、大学が主体となりロボット人材育成の体系的なプログラムが整備され、教育用のロボットも開発されている。外部へ公開された教育コンテンツや教材はプラットフォームロボットとして学生のプログラミング教育等へ利用されている。大学にとっても、標準的な教材があることで、より効率的なカリキュラムを作成できるメリットがある。

メーカ提供のプログラムが中心となるが、パーツ等の手配と同列に教育プログラムが利用できる民間の取り組みも存在している。ロボットユーザが主要な顧客と想定されるが、顧客層が重なることからも有用な取り組みと考えられる。

(1) IMROBOTIC

ロボティクス/製造業関連の EC サイトを運営しているが、オンライン教育による標準化から就職先斡旋までも手掛けている。オンライン教育はメーカ提供のプログラムが多数にわたるが、各社で営業活動と併せ個々に提供しているのが実態である。下記事例では、各メーカが提供するトレーニングプログラムを一元的に集約、情報提供をしている。通販サイトを利用する感覚で、パーツの購入と同様にトレーニングメニューを購入することができる。

【各社のオンライン教育の概要】

安川電機

初級コース

産業用ロボットの応用例

- 超音波トリミング
- 安川ロボットフレキシブル同期溶接

ライブ配信コース

- 安川電機の紹介+Σ-7＆MP シリーズ商品の紹介
- サーボの基礎-SigmaWin +の使用
- リニア+ DD 製品紹介
- MP の基本-MPE720 の使用

ABB

初級コース

- 産業用ロボット基礎トレーニングコース
- 産業用ロボットの実践と応用スキル
- 産業用ロボット問題解決スキルコース
- 産業用ロボット仮想シミュレーションソフトウェア
- 産業用ロボットの応用例

中級コース

- RobotStudio6.0 オンライン機能チュートリアル
- 産業用ロボットアプリケーションチュートリアル
- 産業用ロボットの汎用ソフトウェア
- 産業用ロボットの選択と設計
- コンベアチェーン追跡ソート

上級コース

- ABB 産業用ロボット溶接アプリケーション
- ABB 統合視覚説明
- 産業用ロボット-ScreenMaker ユーザ定義インターフェースチュートリアル
- 産業用ロボットの故障診断と予防保守

・ 産業用ロボットの通信と機能オプション
・ 産業用ロボットバス通信
・ 協働ロボット YUMI チュートリアル

ユニバーサルロボット
初級コース
・ 産業ロボティクスの基礎
・ ユニバーサルロボットの設置と設定方法
・ 産業用ロボットの操作とプログラミング(MODBUSTCP 通信の使用方法、プログラムによる移動命令、力制御テストと適用、等 12 項目)
・ 産業用ロボットの応用例（ユニバーサルロボットと製糖工場）
中級コース
・ 産業用ロボットのメンテナンス
タッチスクリーンの交換方法
ジョイントの交換方法
トラブルシューティング方法

ファナック
初級コース
・ 産業用ロボットの応用例
・ 製造工学自動化ラボデモ
・ 自動ブリスターシーリングシステム
・ ロボット自動組立
・ 高速ロボット研削及び研磨
・ ファナックロボットの研磨とパレタイジング
・ ファナックロボット工作機械ローディング
・ 産業用ロボット自動パレタイジングセル

KUKA
初級コース
・ 産業ロボティクスの基礎（KUKA 産業用ロボットのヘルプドキュメント操作
表示、短軸連続動作、線形運動等 21 項目）
・ 産業用ロボットの操作とプログラミング(パルス出力、ループサイクル、データのバックアップと復元等 30 項目)
・ 産業用ロボットの応用例（KUKA ロボットプラスチックトリミング、KUKA ロボットプレス生産ライン等 5 項目）

中級コース

・ 産業用ロボットの制御とプログラミング（変数の種類と使用法、コールドスタートと休止状態の違い、システム時刻の変更法、外部自動構成等 7 項目）

上級コース

・ 産業用ロボットソフトウェア技術アプリケーション
中国語の表示 IO 定義名の実現方法
WorkVisual による 16 チャネルの入出力信号構成
WorkVisual のインストールとアンインストール
KUKA ロボットと Fronius 溶接機ソフトウェア構成
EMD を用いたゼロキャリブレーション

(2) ハルビン工業大学ロボティクスグループ(HRG)（EduBot の親会社）

HRG は新産業、特にロボット産業の振興と技術革新、インキュベーション機能を有した組織として設立されたもの。後述する EduBot 等のロボット関連教育事業を手掛ける等、ロボット関連産業のエンジニア育成を図っている。HRG では、教育事業の他にロボット開発を手掛けるグループ企業を有しており、人材育成から事業まで、幅広い活動を推進するプラットフォームとなっている。

① 搬送用ロボットの事例（BeeRobot, Yiwu Laisi Technology Co, LTD.）

ピッキング（在庫から品物を選び出すこと）の指示を受け、最適ルートを計画し、指定エリアに向かい、倉庫作業員を迅速に商品保管場所へ案内して正確なピッキングをサポートし、また次の目標地点に向かう。届いた注文書の全てのピッキングが終わるまで、ロボットの動きは止まらない。「Bee Robot」の一連の動きは、繁雑な物流ピッキング作業を軽々とこなしているように見える。最新の研究開発の成果「Bee Robot」は、日本市場参入を目指す中国製物流ロボットの一つであり、すでに日本企業と戦略的パートナシップ協定を締結している。中国の大手ロボット企業、ハルビン工業大学ロボット集団有限公司（HRG）の寇宇（Kou Yu）副総裁は「ロボットを導入する以前は、倉庫作業員たちが小型カートを推しながら 1 万平方メートル以上ある倉庫内を回ってピッキングし、1 日回ると『ハーフマラソン』になりかねない状況だった」と語り、こうした状況は人件費を上昇させ、倉庫作業員にも高い熟練度を要求していると説明した。

(中略)

2017 年に研究開発を始めて以来、「Bee Robot」は 6 回のバージョンアップを経ており、実験試作品は日本の顧客に好評だった。研究開発者はテストの結果、同システムが倉庫ピッキング効率を従来の 3 倍以上にでき、物流業界で人手不足が起きている先進国の倉庫配送市場に適していることが示されたと指摘した。[(c)Xinhua News/AFPBB News, 2019]*5

(3) EduBot

江蘇ハルビン工業大学海渡(ハイドゥ)教育技術集団有限公司。ハルビン工業大学ロボティクスグループ(HRG)の子会社による、2015 年 8 月設立の教育機関。高度な製造アプリケーションと教育ニーズに応じた、製造教育機器の開発・研究を行う。1,000 近くの大学の協力を得て、高度な製造教育機器の研究開発に焦点を当て、技術研究開発、スキルトレーニング、資格認定、標準化、およびイベントの主催を行う。同社は州議会の職業教育改革計画を実施し、運営学校の主体の役割を積極的に引き受け、質の高い職業教育にも焦点を当てており、本部、複数のスキルセンター、100 近くの認定を受けた高度な製造システムを形成する。

EduBot 人材育成教育

① 中等職業教育

・アカデミックシステム
・入学対象：中学校卒業以上
・学習期間：フルタイム 3 年
・卒業証明書：中等専門学校卒業証明書
・キャリアの方向性
主な雇用ポジション：ロボットワークステーションのサポートポジション
(運用と保守、設置、デバッグ、および管理)
・トレーニングの目的
この学科では、現代の製造業でのロボットの操作に適した技能を訓練する。現代の雇用要件と互換性のある文化レベル、人間性、科学技術のスキルといった、以下の人材を養成する。
(ⅰ)産業用ロボット操作の習得
(ⅱ)メンテナンス専門家の基礎理論と操作スキル
(ⅲ)産業用ロボットアプリケーションシステムのインストール、デバッグ、プログラミング、メンテナンス、操作と管理のタスクに独立して従事する能力
(ⅳ)技術運用に一定の実務経験があり、生産管理に従うことができる熟練した人材

②高等職業教育

・アカデミックシステム
・入学対象：高校卒業生または中等職業卒業生
・期間：フルタイムで 3 年間
・卒業証明書：高等専門学校卒業証明書
・キャリアの方向性

産業用ロボットを専攻する卒業生が従事できる職業上の地位（グループ）が明確にされており、自動車、電子機器、機械加工、食品、新エネルギー等、主に自動化を含む業務に従事。

（例）オンサイトプログラミング、デバッグとメンテナンス、故障診断、産業用ロボット操作ユニットのマンマシンインターフェース（タッチスクリーン）プログラミング等の生産技術管理、および産業用ロボットの販売とアフターサービス。

#	ポジション	内容
1	産業用ロボット機器プログラミング操作	生産タスクの要件に従って、産業用ロボット機器のプログラミング、操作、およびデバッグを行う
2	産業用ロボットの運用保守・管理	産業用ロボット機器の日常の運転点検・保守を行う
3	産業用ロボットと支援機器の設計	産業用ロボットおよび支援機器の設計、設置、試運転
4	産業用ロボットシステムの統合と簡易な開発	産業用ロボット生産ラインの開発とシステム統合設計
5	産業用ロボットのプリセールスおよびアフターサービス	産業用ロボットの基本的な動作原理を理解し、販売チャネルと方法をマスターし、アフターサービスにおけるさまざまな技術的問題を適切に解決する

図 3.1.19 キャリアの方向性の詳細
http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=1

・トレーニングの目的

この専攻は、党の基本的な方針を育成および支援し、道徳的、知的、物理的および美的に発展し、優れた科学的および文化的リテラシ、職業倫理および確かな文化的基礎知識を提供する。

学生は、新しい知識とスキルを習得するための意識と能力を持ち、変化する仕事の要求に適応することができる。また企業の生産工程に精通し、安全生産を意識し、業界の安全作業規則を厳格に遵守し、さまざまな技術プロセスを遵守し、環境保護を重視し、型破りな問題を独自に解決する基本的な能力を備える。例として、現代の産業用ロボットの設置、デバッグ、保守、操作、プログラミングに関する専門的な知識と運用スキルを習得し、機械構造設計、電気制御、センシング技術、インテリジェント制御等の専門的なスキルを持ち、産業用ロボットアプリケーションシステムのシミュレーション、プログラミング、試運転、運用、販売、保守、管理、生産管理、および生産の最前線で活躍する高品質で熟練した人材を輩出するものとする。

③ 学部教育

・アカデミックシステム

・入学対象：高校卒業者以上

・期間：フルタイムで 4 年間

・卒業証明書：学部卒業証明書
・学位証明書：工学士
・キャリアの方向性
この専攻の卒業生は、主に製品開発、エンジニアリング設計、制御システムの技術統合と革新、構成、設置、試運転、運用と保守、および運用管理に従事する幅広い分野での雇用が期待される。
・トレーニングの目的
この専攻は、工学の実践を背景として、ロボットの機械構造、モーションコントロール、プログラム可能な制御、マイクロプロセッサアプリケーション、ロボット制御技術とシステム統合およびプログラミングアプリケーション、能力トレーニングに焦点を当てている。
機械、電気電子技術、自動制御、自動検出技術、プログラム可能な制御システム、マイクロプロセッサシステムとネットワーク技術、産業用ロボットの構造と制御技術、ロボットセンサ等の幅広い分野をカバーしている。
専門知識と工学能力、上級工学と産業用自動化、特にロボットおよび関連する制御システムの分野で、システムの設計と開発、技術統合、システムの設置、運用、保守、および技術管理に従事できる技術者を養成するものとする。

④ 産業用ロボットシステム（9 日コース）
・アカデミックシステム
・対象：産業用ロボット、機械および電気の専攻または大学や専門学校のロボット工学の学生、教員および社会人等技術職および営業職、ならびに企業の従業員でトレーニングを受けたい人材。
・証明書：産業用ロボットアプリケーションエンジニア
・キャリアの方向性
このコースは、主に産業用ロボットメーカ、ロボットシステムインテグレータ、アプリケーション会社で働くことを目的とする。トレーニングと認定を受けた後、産業用ロボットの操作、プログラミング、デバッグ、保守、販売、管理を行うことができる。

企業	初期キャリア	応用キャリア
産業用ロボットメーカー	セールスエンジニア	産業用ロボットシステムテクニカルサポート
産業用ロボットシステムインテグレーター	産業用ロボットのインストールとデバッグ	産業用ロボット生産ラインの開発と設備設計
産業用ロボットアプリケーション企業	産業用ロボットの現場での運用 プログラミングのデバッグと保守管理	産業用ロボットシニアエンジニア プロジェクトマネージャー

図 3.1.20 キャリアの方向性の詳細
http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4

・トレーニングの目的

このコースの学習を通じて、学生は以下を習得できる。

(ⅰ)産業用ロボットの基本的な理論的知識

生産過程において、産業用ロボットの操作と使用に習熟し、産業用ロボットの日常のメンテナンスとトラブルシュートを完了し、産業用ロボットのプログラミング技術を習得する。

(ⅱ)オンサイトプログラミングスキル及びデバッグ能力

産業用ロボットの基本的な産業用アプリケーションを習得し、それらを産業用ロボットの自動生産に上手に使用して、操作、プログラミング、デバッグ、メンテナンス、産業用ロボットの保守、販売、管理ができる。

これらを通じ、学生の知識と勤勉な思考の学習態度の包括的な応用を育成し、産業用ロボットシステムを分析して使用する能力を向上させる。このコースでの研修を通して、問題解決の知識と、学生の包括的な応用手法を習得する目的が達成される。

項目	内容
トレーニングの目的	産業用ロボットアプリケーションプロジェクトの教育、通信プログラミング、トラブルシューティングの能力を持ち、ロボットプログラミングとデバッグおよびシステムアプリケーションをマスターする。
受講者の要件	1.産業用ロボットの機械的および電気的自動化に従事する企業の従業員(産業用ロボットの設計、アプリケーション、および生産企業に適用可能)。 2.機械、電気技術、数値制御技術に一定の基礎を持ち、産業用ロボット自動化産業に従事したい専門の技術者、管理者、およびビジネス担当者。 3.全国のさまざまな中等職業中等学校、高等職業大学、および学部の大学の新卒者および関連する専攻の現在の学生。 4.全国のさまざまな中等専門学校および高等専門学校のロボット工学関連専攻の教師。
研修日程と内容	1.産業用ロボットの基本的な認識と安全教育 2.産業用ロボットの基本的な操作とワークピース/ユーザー座標系のキャリブレーション 3.産業用ロボットの一般的な指示とプログラミングアプリケーション 4.産業用ロボットのI/O通信と電気および機械装置の組み立て 5.産業用ロボットのオフラインプログラミングとシミュレーション 6.産業用ロボットの実践 7.産業用ロボットの包括的な応用 8.理論的な知識のレビューと統合および実践的な強化 9.スキル評価(合格すると、江蘇省職業技能訓練資格証明書と、産業用ロボットの操作および調整作業員中間証明書を取得できる)

図 3.1.21 研修の詳細

http://college.irobot-edu.com/college2/collTrainD.htm?s=111

⑤ 産業用ロボットシステム(システムインテグレーション；25 日コース)

・アカデミックシステム

・対象：産業用ロボット、機械および電気の専攻または大学や専門学校のロボット工学の学生、教員および社会人等技術職および営業職、ならびに企業の従業員でトレーニングを受けたい人材。

・期間：25 日

・証明書：産業用ロボットシステムインテグレーションエンジニア

・キャリアの方向性

このコースは、主に産業用ロボットメーカ、ロボットシステムインテグレータ、アプリケーション会社で働くことを目的とする。トレーニングと認定を受けた後、産業用ロボットの操作、プログラミング、デバッグ、保守、販売、管理を行うことができる。

企業	初期キャリア	応用キャリア
産業用ロボットメーカー	産業用ロボットシステムテクニカルサポート	テクニカルアドバイザー
産業用ロボットシステムインテグレーター	産業用ロボット生産ラインの開発と設備設計	プロジェクトマネージャー
産業用ロボットアプリケーション企業	産業用ロボットプロジェクトのプログラミング、オンサイトデバッグ、技術メンテナンス	シニアエンジニア、テクニカルディレクター

図 3.1.22 キャリアの方向性の詳細

http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4

・トレーニングの目的

このコースの学習を通じて、学生は以下を習得できる。

産業での生産において、産業用ロボットのアプリケーションに習熟し、システム統合設計と産業用ロボットに基づく自動化された生産ラインとワークステーションのアプリケーションを実行し、産業の確かな専門知識を習得するロボット産業用ロボットの自動化プロジェクトを設計、実装し、産業用ロボットと周辺機器の自動化装置を統合できる。

このようにして、彼らは産業用ロボット自動化プロジェクトに関連する設計、計画、プログラミング、アプリケーション、デバッグ、保守、管理、および技術サポートに従事できる。

機械、電気、情報、その他の分野の知識を産業慣行に適用し、産業用ロボットの方向で複合技術の才能に対する関連産業のニーズを満たし、国の産業の変革とアップグレードに貢献する能力を有する。

知識と勤勉な思考の包括的な応用に関する学生の学習態度を育成し、産業用ロボットシステム統合の包括的な能力が向上する。本コースの研修を通して、問題解決の知識と、学生の包括的な応用手法を習得する目的が達成される。

項目	内容
トレーニングの目的	産業用ロボットアプリケーションプロジェクトの教育、通信プログラミング、トラブルシューティング、およびロボットプログラミング、デバッグ、システムアプリケーションのマスターの能力をマスターする。
受講者の要件	1.産業用ロボットの機械的自動化および電気的自動化に従事する企業の従業員(産業用ロボットの設計、アプリケーション、および生産企業に適用可能)。 2.機械、電気技術、数値制御技術に一定の基盤を持ち、産業用ロボット自動化産業に従事したい専門の技術者、管理者、およびビジネス担当者。 3.全国のさまざまな中等職業中等学校、高等職業大学、および学部の大学の新卒者および関連する専攻の現在の学生。 4.全国のさまざまな中等専門学校および高等専門学校のロボット工学関連専攻の教師。
研修日程と内容	1.コース概要(24日) 1)産業用ロボットプログラミング操作 2)マシンビジョンとオフラインシミュレーション技術 3)PLCプログラミング技術とアプリケーション 4)産業用ロボットシステム統合アプリケーション 2.証明書の詳細 1)証明書名:機械工業能力レベル証明書 2)発行ユニット:機械工業職業技能評価ガイダンスセンター

図 3.1.23 研修の詳細

http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=13

出版した教科書

「産業用ロボット入門実習(ABBロボット)」	「産業用ロボットのプログラミングと操作(ABBロボット)」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(スカラロボット)」	「産業用ロボット知識キーポイントの分析(ABBロボット)」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(EFORTロボット)」	「産業用ロボット技術の基礎と応用」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(安川電機)」	「産業用インターネット人材育成プログラム」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(FANUCロボット)」	「産業用ロボットオフラインプログラミング」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(ESTUNロボット)」	「産業用ロボットの基礎と応用」
「産業用ロボット(デルタパラレルロボット)の原理と応用」	「産業用ロボットのための英語」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(鞭子ロボット)」	「産業用ロボットオフラインプログラミングとシミュレーション(FANUCロボット)」
「産業用ロボット実践チュートリアル(イノバンスロボット)入門」	「産業用ロボットプログラミングオペレーション(FANUCロボット)」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(KUKAロボット)」	「インテリジェント協働ロボット紹介実践チュートリアル(ユニバーサルロボット)」
「産業用ロボット入門実習(天ロボット付)」	「産業用ロボット入門実習(COMAUロボット)」
「産業用ロボット技術の基礎と応用」	「産業用ロボットの知識ポイントの分析(FANUCロボット)」
「産業用ロボットプログラミングオペレーション(ABBロボット)」	「インテリジェントロボットの高度なプログラミングとアプリケーション(ABBロボット)」
「産業用ロボットビジョン技術と応用」	「インテリジェント製造とロボット応用技術」
「人工知能とロボット技術アプリケーションのプライマリコース(e.Do教育用ロボット)」	「人工知能技術応用の基礎コース」
「産業用インターネットおよびロボット工学アプリケーションのプライマリコース」	「産業用インターネットインテリジェントゲートウェイテクノロジーアプリケーションプライマリコース(シーメンス)」
「インテリジェント協働ロボット技術アプリケーション(AUBO)の基本コース」	「インテリジェントモーションコントロール技術アプリケーションの基礎コース(Cuiou)」
「インテリジェント移動ロボット技術アプリケーションの基礎コース(Bozhong)」	「インテリジェントビジョンテクノロジーアプリケーションの基本コース(Xinjie)」
「インテリジェントマニュファクチャリングとメカトロニクス技術アプリケーションの基本コース」	「産業用ロボットのモーションコントロール技術」
「PLCプログラミング技術アプリケーションのプライマリコース(シーメンス)」	「ナレッジマーケティング」

⑥ 教育用ロボット

(ⅰ)産業用ロボット溶接技能評価ワークステーション

特徴産業用ロボット溶接技能評価ワークステーションは、教育要件を完了するために産業用ロボット自動溶接を採用している。このワークステーションを通じて、学生は産業用ロボットを使用した溶接の構成方法、プログラミングスキル、および技術プロセスを体系的に学び、習得することができる。

・汎用性：産業用ロボットの一般的な溶接技術のシステム機能を開発する。
・実用性：産業用ロボット溶接のコアシステム構成とプログラミングをカバーする。
・柔軟性：さまざまなタイプのワークピースの溶接要件に対応し、溶接手順を独自に設計できる。
・教育リソース：豊富な教育リソース（教科書、コースウェア、教育ビデオ等）をサポートしている。
・適用範囲：インテリジェント製造の分野に適しており、産業用ロボット溶接の分野で応用人材の育成と、専門能力レベルの評価を行う。

(ⅱ)産業用ロボットスキル評価トレーニングプラットフォーム

産業用ロボット技能評価訓練プラットフォーム（プロフェッショナル版）は、主流ブランドの 6 軸産業用ロボットを選択し、産業用ロボットの細分化知識に基づいて周囲の教育機能モジュールを設計およびマッチングし、エントリー操作、システム統合、プログラ

ミングアプリケーションを実現できる。トレーニングプラットフォームは、一般的な産業用自動化デバイス（PLC、サーボシステム、ビジョンシステム等）をカバーする豊富な機能を備えており、完全な産業用ロボット教育アプリケーションシステムを構築できる。

・汎用性：海外と中国内の主流ブランドのロボットに適する。
・実用性：機能モジュールとコアデバイスは、産業業界での実用的なアプリケーションから派生する。
・スケーラビリティ：ティーチングモジュールは、指導ニーズに応じて任意に構成できる。
・教育リソース：豊富な教育リソース（教科書、コースウェア、教育ビデオ等）をサポートする。
・適用範囲：産業用ロボットの包括的な専門家および技術者のトレーニング、教育、およびスキル評価に適する。

(iii)産業用ロボットモバイルトレーニングユニット

産業用ロボット移動訓練ユニットは、モジュール設計を採用し、移動しやすいロボット作業ユニットを形成し、中小規模のインテリジェント製造訓練システムの迅速かつ便利な構築を実現する。トレーニングユニットには、国内外の主流産業用ロボットメーカの産業用ロボットを搭載し、ロボットのトレーニングと教育の機能を実現する。

・汎用性：産業用ロボットの国際的および国内の主流ブランドに適する。
・実用性：モバイルコンビネーションを実行できる。
・教育リソース：豊富な教育リソース（教科書、コースウェア、教育ビデオ等）をサポートする。
・適用範囲：インテリジェント製造分野において、複合的領域の専門家および技術者の育成に適する。

(iv)インテリジェントロボット実験ベンチ（e.Do）

インテリジェントロボット実験プラットフォームは、e.Do インテリジェントロボットをコアとし、豊富な実験モジュールを組み合わせて、若者向けの工学品質教育に関連する実験教育を実現する。このプラットフォームを通じて、学生は協働ロボットの基本的な概念と使用お　　を習得し、ロボットの学習に対する熱意を刺激することができる。e.DO は、インタストリー4.0 機能を備えた独自のモジュール式の自己構築型ロボットで、ROS オープンソースロボットシステムが適用でき、二次開発をサポートする。

・汎用性が高い：さまざまなインテリジェントロボットや協働ロボットを搭載できる。
・豊富な機能：インテリジェントロボットの認知や開発等の教育実験を行うことができる。
・豊富なモジュール：さまざまな K12 サブジェクトデザイン（現在約 140）の教育モジュールを搭載している。

・教育リソース：豊富な教育リソース（教科書、コースウェア、教育ビデオ等）をサポートする。
・適用範囲：若手エンジニアの、質の高い教育訓練に適する。

(ｖ)インテリジェント移動ロボット

インテリジェント移動ロボットは、インテリジェントロジスティクスや倉庫保管の分野で広く使用されており、補助標識なしで自由に動作でき、周囲の動作環境に応じて独立して経路を特定して計画できる。企業の生産効率を大幅に向上させ、運用コストを節約する。この製品は、IGV（インテリジェントロジスティクストラック）と協働ロボットに基づいており、モバイルナビゲーション、レーザー/ビジュアル SLAM、およびスケジューリングシステムを組み合わせて、複雑なシナリオでの自律的なロジスティクス輸送を実現する。このシステムを通じて、学生はインテリジェントな移動ロボットの設計、プログラミング、アプリケーション、および二次開発を習得できる。
・実用性：産業グレードのインテリジェントモバイルプラットフォームとロボットを使用する。
・スケーラビリティ：教育モジュールは、教育ニーズに応じて構成できる。
・教育リソース：豊富な教育リソース（教科書、コースウェア、教育ビデオ等を含む）をサポートする。
・適用範囲：インテリジェント製造の分野での応用および学術的技能の育成に適する。

(vi)無人搬送車（AGV）

AGV は、磁気ストライプを使用して正確な位置決めと移動制御を行い、サーボシステム、RFID、磁気ナビゲーションセンサ、超音波センサ、その他の自動化装置と組み合わせて、AGV システムの認識、産業用アプリケーション、設計、開発等の実験的な教育を実現する。このシステムを通じて、学生は AGV テクノロジのアプリケーション開発プロセスを習得できる。
・実用性：デバッグと適用が容易な専用 AGV コントローラを採用している。
・オープン性：AGV 制御プログラムはオープンソースである。
・教育リソース：豊富な教育リソース（教科書、コースウェア、教育ビデオ等を含む）をサポートする。
・適用範囲：インテリジェント製造の分野での応用および学術的技能の育成に適する。

(vii)教育およびエンターテインメントポピュラーサイエンスシリーズ

チェスやパズルといったゲーム、お絵描きサービス、ロボットスーパーマーケット等、主に科学技術博物館、小中学校、景勝地、インタラクティブ、ディスプレイ、テクノロジ・

インテリジェンス・自動化のフロントエンドおよび科学パズルロボット機器を提供する大規模商業施設向けロボット群を提供している。

(4) ハルビン工業大学

① ロボット工学専攻概要

製造業のインテリジェント化を軸に、サービスロボット業界のニーズと向き合い、業界の発展をリードする能力と、電気機械制御の包括的な知識体系を備えた革新的な才能を育成する。ハルビン工業大学は、中国国内のロボット研究および人材育成チームで伝統的に上位を占めている。

現在、ロボット工学専攻は、「産業用ロボット」と「インテリジェントサービスロボット」に分けられて教育研究がなされている。ロボット工学が電気工学・機械工学を統合したシステムであるため、専攻は学生の能力とリテラシを育成するために、学際的な知識体系と、学生を中心に据えた教育方法を採用している。電気工学、制御工学、ソフトウェア工学、これらを踏まえた包括的な技術力、雇用市場での強力な競争力、および幅広いキャリアの選択肢を有している。

領域	科目
数学・自然科学	工業数学及び解析学、代数・幾何学、確率論・数理統計学、複素関数論と積分変換、離散数学、物理学
工学	データ構造とアルゴリズム設計、機械製図、コンピューターグラフィックス基礎、C言語プログラミング、理論力学、材料力学、電気工学、電子工学、自動制御、コンピューターの基本構成と動作原理、熱流体工学の基礎

図 3.1.24 ハルビン工業大学専門基礎科目

http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4

領域	科目
工学	機械原理、機械工学・材料工学、互換性と測定技術の基礎、機械設計、機械製造技術の基礎、シングルチップマイクロコンピューターの原理と実験、人工知能
ロボット工学	ロボットイノベーションの設計と製造、パターン認識、ロボット知覚技術、ロボット制御コンポーネントと回路、ロボット制御方法の概要、組み込みシステムの原理、ロボット工学、ロボットの視覚と画像処理、ビッグデータインテリジェント制御など

図 3.1.25 ハルビン工業大学専門コア科目

http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4

② オートメーション専攻概要

自動化技術の開発の目的は、あらゆる分野の労働力を解放し、生産効率を向上させ、社会の進歩を促進することにある。自動化技術は、人間の優れた知性と世界を制御する能力を反映している。マクロの観点からは、自動化は物理的な世界と情報の世界をつなぐ架け橋となる。機能的な観点からは、自動化は機械を使用して所定のタスクを自動的に完了するプロセスである。

自動化に関わる分野には、産業、航空宇宙、防衛産業、農業、医学、そして金融、管理、社会、日常生活のあらゆる要素が含まれる。自動化制御オブジェクトは、大小さまざまであり、日常生活における家電製品やスマートホームから、ロボット、自動車製造プロセスまで含まれる。

また、都市の上下水道ネットワーク、下水および廃棄物処理システムから、軽工業、製薬、石油までも対象とする。化学製品やその他の生産プロセス、現代的な生物・医学から、航空機、ミサイル、ロケット、衛星、また農業から、さらには国家の人口管理、経済分野までを領域に含んでいる

領域	科目
数学・自然科学	工業数学及び解析学、代数・幾何学、確率論・数理統計学、複素関数論と積分変換、物理学
工学	回路、アナログおよびデジタル電子技術、コンピュータ工学、オートメーション技術

図 3.1.26 ハルビン工業大学オートメーション専門基礎科目
http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=13

領域	科目
工学	自動制御原理、自動制御コンポーネントと回路、システムモデリングとシミュレーションの基礎、組み込み技術の基礎
オートメーション	コンピューター制御、プロセス制御システム、制御システム設計、インテリジェント制御、航空機制御、マシンビジョン

図 3.1.27 ハルビン工業大学専門オートメーション専門コア科目
http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=13

(5) 上海流通大学　学生イノベーションセンター

①教育用ロボット

上海交通大学　学生イノベーションセンターは、製造業に関する（ロボット以外を含む）複数のトレーニングプログラムを展開。教育課程では、コンペティションへの参加を取り入れる等、実践的トレーニングの他、プロジェクト型の教育体制を提供している。

テキサスインスツルメンツ（TI）が発売した移動ロボットキット「TI- RSLK」をベースに大学でのロボット教育用に特別に設計されたものを使用。モータドライブ、センサ、組み込みプロセッサ等のロボットシステムに不可欠な機能をカバーするモジュールが含まれており、これに基づいて、ロボットシステムの設計とトレーニングが行われる。

その他利用可能なデバイス

・Nao
・UR
・KUKA（ロボットアームプレットフォーム）
・Pepper
・VEX（競技会用に開発）

・Robocup 用小型サッカーロボット
・Turtle bot

② PBL 教育（コンペティション）

ロボカップ、VEX 等国際的な大会への参加、受賞実績が多数。ロボット工学、設計のトレーニングを通して、ロボット開発の関連技術を学生に習得する機会を提供。プログラミング、ロボットのさまざまなセンサ原理と応用方法の習得を目的とする。

(6) 北京電子科学技術専門学校（北京電子科学技術職業大学）

機械電気工学部-機械製造と自動化（机械制造及自动化）専攻があり、卒業生の 60%以上が中国航天科技集団等へ雇用されている（HP 情報）等、職業訓練大学として、専門的な技術習得を可能としている。航空宇宙分野に主軸を置いている。

主要なプログラム

- 図面
- 機械工学入門
- 電気、電子技術
- モータ、電子制御
- CNC 加工技術、プログラミング
- CAD、CAM
- PLC
- 産業用ロボットのプログラミング、デバック
- 故障診断、メンテナンス　　等

教育設備

- 産業用ロボット
- グラフィックワークステーション
- 実験用ベンチ
- 顕微鏡
- ドローン
- 生産ライン　等

資格取得

学位の他、雇用に結びつく資格取得可能プログラムとして「1＋X 証明書」制度がある。

- （国）職業資格証明書制度
- （民間）SolidWorks 認定エンジニア
- 電気技師資格

(7) RoboMaster University Championship（主催：DJI）

中国の広東省深センで毎年開催される大学間ロボットコンテストで、ドローン技術を誇る製造会社の DJI が設立。このロボマスタ大学シリーズは、ロボット競技会等を通じての学術交流のためのプラットフォームで、年々影響力を拡大し、現在では世界中で 400 以上の大学を集め、35,000 人以上の若手エンジニアの才能を育成し、多数の大学と様々なトレーニングプログラムの開発を継続している。

3.1.5 ロボット教育の世界の潮流まとめ

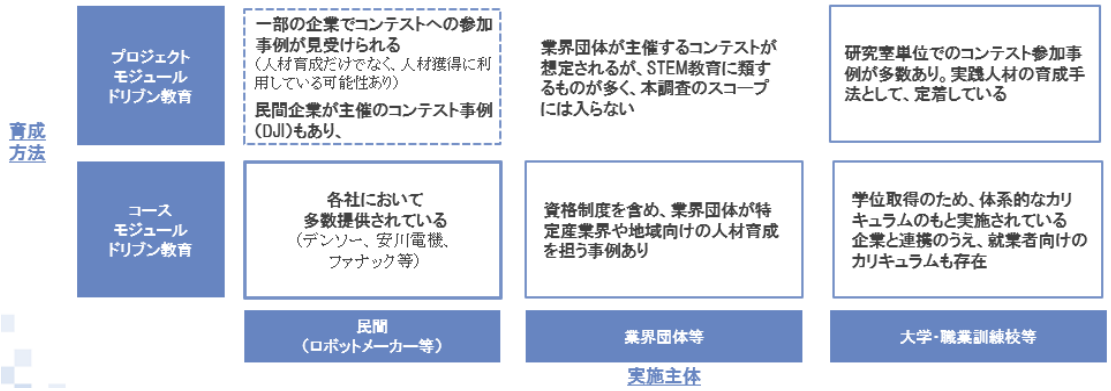


図 3.1.28 ロボット教育の世界の潮流

本調査においては、米国、欧州（ドイツ、フランス、英国、デンマーク）、中国について、ロボット人材育成の事例を収集した。各国とも、メーカ主導による自社製品のトレーニングはもとより、大学や業界団体等による体系的な人材育成制度が整備されており、産業界との連携による教育プログラムの提供等も見られる。さらに、業界団体等（事例：米国 A3、中国 EduBot）が提供する認証制度は、教育を受けた人材のスキルを対外的に証明する等、産業界への人材供給に、教育プログラムとセットで役割を果たしている。特に大学においては、ロボット人材育成において重要となる PBL 教育が取り入れられている事例が多くあり、コンテストを通した実践的な開発教育と、産業界からのリクルーティングに活用されているものと考えられる。

3.1.6 日本におけるロボット教育への示唆

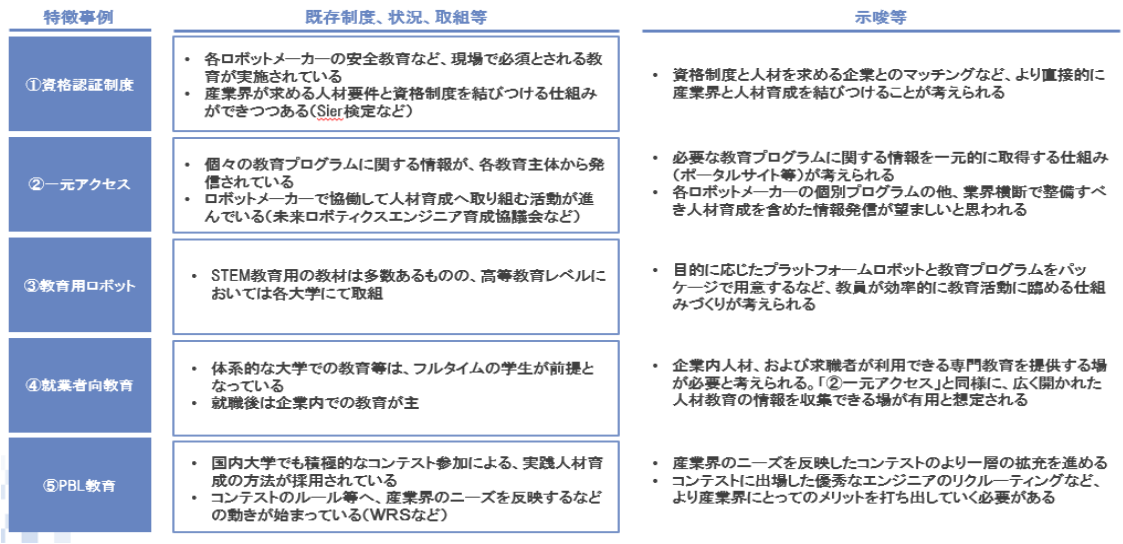


図 3.1.29 日本におけるロボット教育への示唆

【資格認証制度】

現在日本でも安全教育をはじめ、現場で必須とされる教育が実施され、産業界が求める人材要件（CHERSI 作成のロボット開発者向けスキルセット等）と資格制度（SIer 検定等）ができあがりつつある。今後は資格保持者とエンジニアやシステムインテグレータを必要とする企業を結びつける制度や動きが活発になるよう努めていくことが大事になってくるだろう。

A3（米国）事例のように、一定のスキルを持つ人材育成と認証、さらに自動化を希望する企業への紹介機能を提供する等の動きは参考になるものと思われる。例えば、CHERSI や SIer 協会のように、業界が主導する形で人材要件の定義が進んでおり、国や業界においても、マッチングまで一層踏み込んだ活動が必要と考えられる。

【一元アクセス】

個々の教育プログラムに関する情報が、各教育主体から発信されていることや、ロボットメーカと共同で人材育成へ取り組む活動が進んでいるため、必要な教育プログラムに関する情報を一元的に取得する仕組み（ポータルサイト等）を構築することが次なる取り組みになるだろう。各ロボットメーカから提供される個別プログラムは、各メーカの営業活動の一環としても普及しているものの、当然ながら特定のメーカに限定される。複数のメーカが提供する教育プログラムや、それに付随する関連プログラム等、一元的にアクセスすることができれば、自動化を検討するユーザーサイドの利便性は向上するものと考えられる。EduBot（中国）事例のように、一元的に人材育成を含めた情報発信が有用と考えられる。

【教育用ロボット】

STEM 教育用の教材は多数あるものの、高等教育レベルにおいては大学を含めた教育機関にて目的に応じたプラットフォームロボットと教育プログラムをパッケージで用意する

等、教員が効率的に教育活動に臨める仕組みづくりが考えられる。事前に必要とされるスキル向上に資するプラットフォームロボットを用意することで、一定の品質が確認されている教材を速やかに利用できる。また、同教材を用いることで、教育機関同士の情報共有により教材のアップデート等の迅速化が期待される。

【就業者向け教育】

体系的な大学での教育等は全日制の学生が前提で、就職後は企業内での教育がメインとなっている。時間的に制約が生じる企業の人材、および求職者がそれぞれのスケジュールに応じて利用できる専門教育を提供する場が必要と考えられる。「一元アクセス」と同様に、広く開かれた人材育成の情報を収集できる場が有用と想定される。

【PBL 教育】

国内大学でも積極的なコンテスト参加による、実践人材育成の方法が採用されている。就職後、多くのプロジェクトにて必要とされるコミュニケーション能力や課題を発見する能力等、より実践の場で必要とされるスキルを身に着けることが期待されている。

さらに、コンテストのルール等へ、産業界のニーズを反映する等の動きが始まっており（WRS 等)、現場で必要とされている課題解決を、コンテストを通じて経験することができる。今後も産業界のニーズを反映したコンテストにより一層の拡充を進めるとともに、コンテストに出場した優秀なエンジニアのリクルーティング等、より産業界にとってのメリットを打ち出す必要があると考えられる。

3.2 日本におけるロボット人材育成に関する調査

ロボット人材は、理工系の基礎的知識に加えて、ロボットに関する知識（種類、特徴、用途等)、ロボット工学（動力学、設計・実装、制御、情報技術等)、ユーザの 課題を解決する提案力、ユーザ企業の経営層にロボット導入の経済性・有効性等を説明できる力等が求められる。このような能力を備えた人材を効率的に育成するため、国内における教育機関や政府機関の教育コンテンツ・ツール等に係る情報収集を実施する。

調査はデスクトップ調査を主とし、産業用ロボットやロボットアームの情報収集を実施した。以下にその結果を記す。

調査日程：11 月 10 日～3 月 14 日
調査方法：デスクトップ調査
調査員　：RRI
調査対象：日本国内の高等学校、大学、企業、国・自治体・その他
調査内容：国内での学生（高校・大学生）に対する産業用・ロボットアームの教育方法、教育コンテンツ　等の情報

3.2.1 調査概要

日本国内の教育機関で実施されているロボット関連教育を調査した結果、高等学校、大学において研究室等で適用している教材に共通性が見られた。従って、3.2 章では、教材ごとに分類した結果を示す。

今回、調査内容と合致する取り組みは合計 29 件確認できた。内訳はロボットアーム 8 件、レゴ®マインドストーム®EV3 が 4 件、ライントレースロボットと製造ライン教材が 3 件、ロボット人材育成プログラムが 1 件、国・自治体・その他 13 件である。

調査対象	事例
ロボットアーム	8件
レゴ®マインドストーム®EV3	4件
ライントレースロボット、製造ライン教材	3件
ロボット人材育成プログラム	1件
国、自治体、その他	13件

図 3.2.1 日本における調査概要

図 3.2.1 より、特徴的な事例や今後の活動の参考となると考えられる事例を図 3.2.2 にまとめた。内容は共通性が見られたロボット教材を適用した授業や研究室での活動、人材育成のプロジェクト、大会やコンテストの情報で構成されている。以降、国内調査については図 3.2.2 に記載したプログラムについて報告する。

調査対象	事例
ロボットアーム	• 愛媛大学 社会共創学部 産業イノベーション学科 • 千葉工業大学　先進工学部未来ロボティクス学科 • 熊本高等専門学校　制御情報システム工学科 • 名古屋電気学園（愛知工業大学）
レゴ®マインドストーム®EV3	• 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 • 奈良工業高等専門学校 電子制御工学科
ライントレースロボット、製造ライン教材	• 函館工業高等専門学校
ロボット人材育成プログラム	• 株式会社　エアグラウンド
国、自治体、その他	• 高校生ロボットシステムインテグレーション競技会

図 3.2.2 日本における特徴的な事例

3.2.2 ロボットアームを活用した事例

(1) 愛媛大学 社会共創学部 産業イノベーション学科

授業：順運動学・逆運動学講義

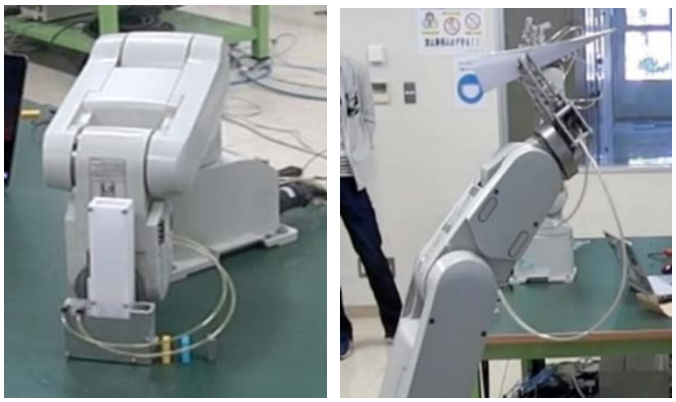
対象：3 年生

本事例では順運動学・逆運動学の授業の中で小型ロボットアームを活用し、理論の計算結果と実際のロボットアームの動きを比較するというロボット工学実験が行われている。与えられた課題に沿って Python でプログラミングを行い、動作させた小型ロボットアームの関節の角度等を実際に計測し、順運動学・逆運動学の計算上の数値とずれがないか検証する。実際に小型ロボットアームを動かすプログラムを作成して実験することでプログラミング結果と理論値に差異があるかどうかを目で見て理解できるところがこの授業の特徴である。

(2) 千葉工業大学　先進工学部未来ロボティクス学科

授業：設計製作論 3（ハンド製作コース）

対象：2 年生



産業用ロボットを適用してドミノを並べたり、ペットボトルの水をコップに注いだり、紙飛行機を飛ばしたり、自由な動作を完遂するため、ロボットハンド設計、機械図面作図、加工、最終的にロボットをプログラミングしてデモンストレーションを実施する。

図 3.2.3 千葉工業大学における教材事例
https://www.robotics.it-chiba.ac.jp/j/?p=1104

(3) 熊本高等専門学校　制御情報システム工学科

実習：ロボットアームを用いたパーツの自動仕分けシステムの構築

教材：小型 CPU ボード Raspberry Pi3（画像処理）

AL5D Robotic Arm （ロボットアーム）

図 3.2.4 熊本高等専門学校における教材事例

SEAJ Journal 2018. 1 No. 160　p29－36

研究背景

ロボットの組立、解体を行う中で出るネジやナット等のパーツを一時的に一つの箱にまとめて入れており、種類が多く形が似ているため仕分け作業を人の手で行うにも根気がいる。そこでロボットアームを用いたパーツの自動仕分けシステムを構築する運びとなった。このシステムは他校でも取り組みやすいように市販の安価なロボットを使っている。

システムの構成

図 3.2.5 のようにロボットアームを囲むように仕分けしたねじをいれるコンテナを用意し、アームの前に仕分けされるねじを置くトレイを準備する。ハンドに小型のカメラを搭載してカメラ画像をもとに画像処理を行いねじの径、長さ、向き、位置を判別する。

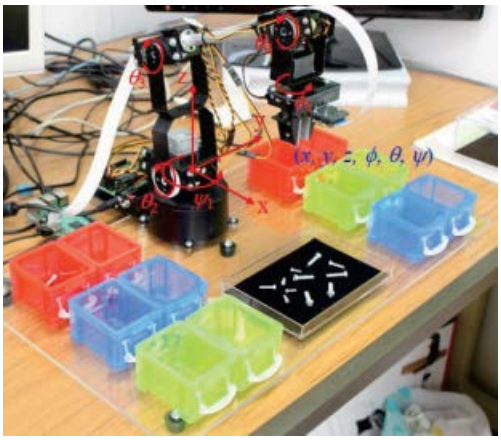


図 3.2.5 システムの外観

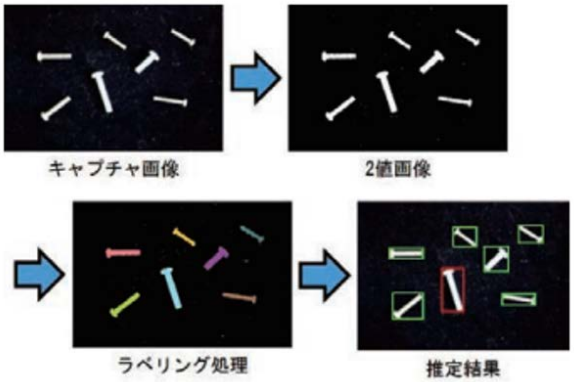


図 3.2.6 画像処理の過程

画像処理によるねじの判別処理の手順

① ロボットアーム先端をトレイ真上へ移動させカメラモジュールで静止画を撮影する
② 閾値を基に 2 値化し、ラベリング処理を施す
③ 最も大きいネジを把持対象とし、位置、向き、直径、長さを抽出する
④ ピンホールカメラモデルを用いて実世界のスケールに換算後、推定したネジの寸法を基に、最も値の近いネジの種類へと分類し、対象のコンテナへネジを移動させる。

(4) 名古屋電気学園（愛知工業大学）

・デンソーウェーブが COBOTTA 活用アイデアを求めて行う「COBOTTA ハッカソン」を大学と協力して実施する初の取り組み
・知的計測制御研究室と知能集積システム研究室の学生たち計 7 人が参加
・ロボット操作のレクチャーを受け、アイデアを競い合った中から、2 台の COBOTTA で作業を分担する餃子づくりに挑戦

図 3.2.7 作業を分担して餃子をつくる様子
http://times.sanpou-s.net/detail/pid-10361/

3.2.3 レゴマインドストームを活用した事例

(1) 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

授業：ソフトウェアデザインプロセス論

教材：レゴ®マインドストーム®EV3

Virtual Robotics Toolkit（プログラムしたロボット教材の動きをパソコン上でシミュレーションできるソフトウェア）

この授業では、レゴ®マインドストーム®EV 3 を用いてソフトウェアの開発とその過程を学習する。システム全体を考慮し、全体最適の問題解決を行うリーダを育成するべく学問的基礎や専門分野の知識の習得だけでなく、実践・体験を重視したカリキュラムが特徴である。講義はより現場に近い状況を再現するためにシステムの動作環境や仕様が細かく設定され、教員（顧客）の要求仕様（適宜変更あり）に基づき効率的なアジャイル開発を行うことが求められる。

最終課題（今回は自動搬送システム）のプレゼンテーション方法：

① システムの仕様の説明
　A）動作する条件の説明　B）動作しない条件の説明
② 実装したシステムの説明
③ ユニークな点の説明
④ システムのテストの説明
⑤ 成功確率の説明
⑥ 最終仕様の実装（VRT による自動輸送デモンストレーション）
⑦ 最終仕様の実装（実機による自動輸送デモンストレーション）
⑧ Q&A（顧客（講師）とのやり取り）

講義はグループワークと演習がメインであったため、コロナ過でも継続して授業がすすめられるようにシミュレータを導入し、学生の実機を使った演習がしたいという要望から両者を使ったハイブリット型の授業としている。その結果学生は並行開発を経験することができ、企業で取り入れられている開発手法を体験することができた。また数値データが即座に入手できるため理論の検証が容易になった。教員としても開発環境を整えたり実機を準備したりする手間が少なくなるメリットがある。

(2) 奈良工業高等専門学校 電子制御工学科

授業：令和元年度（2019 年度）の体験型課題
　　解決プログラム（PBL）

教材：レゴ®マインドストーム®EV3
　　Pitsco TETRIX®
　　自作のパーツ類

図 3.2.8 レゴ®マインドストーム®ツール
https://learninglab.afrel.co.jp/1171/
https://afrel.co.jp/product/tetrix#tetrixProduct01

第 1 学年　電子制御工学実験 I

チームで課題解決型の実験テーマに取り組む。アイコン型のプログラミングソフトウェアを使用しシステム開発を経験する。

第 2 学年　電子制御工学実験 II

レゴ®マインドストーム®EV3 をベースに、拡張センサや外部制御用の電子回路を追加して、自律型ロボットを製作する。テキストベースのプログラミング言語を使用する。

第 3 学年　電子制御工学実験III

第 4 学年で使用するベースロボットを用いて、C 言語によりライントレース、割り込み処理を行うプログラムを作成する。クランク、カムといった機構は学生自身が設計し、3D プリンタで造形したものも用いる。

第 4 学年　システム設計製作

提示されたテーマを解決できる自律移動型ロボットをチームで製作する。各班は予算 1 万円で、既製の部品に加えて、学生自身が実習工場で設計・加工した部品を組み合わせてロボットを組み立て、C 言語や LabVIEW でプログラムを開発する。年度末には学外の企業技術者も参加する成果発表会が開かれ、学生らは研究、開発、発表のスキルを大きく成長させることができる。

他の教育機関でも PBL 教育は盛んになっており、1 年を通して行われる規模の大きい地域密着型 PBL 等も展開されている。奈良高専では 1 年生から 4 年生にかけて難易度を

上げながらロボットのハードウェアとソフトウェアの両方を学ぶ多段階型 PBL が行われている。レゴ®マインドストーム®EV3 はロボットに不慣れな学生でもパーツの取り外しや組立が容易であり、アイコン型のプログラミングソフトウェアでシステム開発ができる。さらに各種センサが豊富で段階的にロボットの知識と理解を深めていく教材として優れている。プログラムの後半からは Pitsco TETRIX®という頑丈なアルミフレームでできた拡張パーツと自作のパーツ類を組み合わせ、課題を解決できる自律移動型ロボットの作成を行う。前半はロボットの知識と理解を深め、後半はチームワークと伝える力（チーム内でのコミュニケーション、成果発表、報告書）を身につけることが狙いとなっている。

3.2.4 ライントレースロボット、製造ライン教材を活用した事例

函館工業高等専門学校　生産システム工学科
情報コース、電気電子コース、機械コース

授業：生産システム創造実験 II
教材：自律型ロボット（ライントレースロボット）

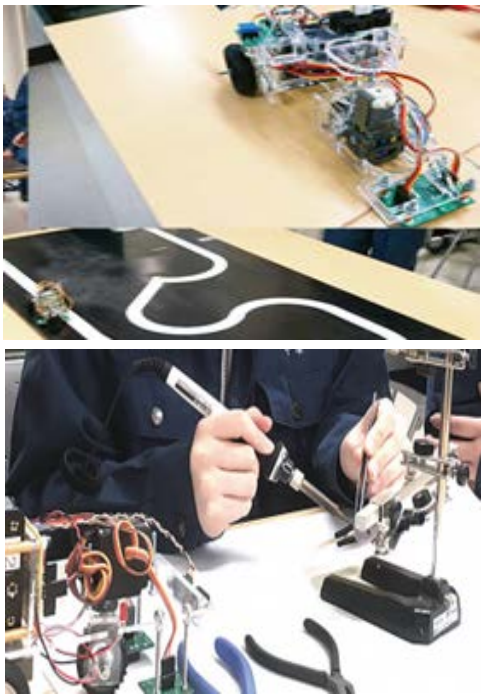


図 3.2.9 函館工業高校教材事例
https://www.hakodate-ct.ac.jp/subject/elec/

各コースの学生とチームを組んでライントレースカーを製作する授業で、情報コースはモータの回転数やセンサの検知等のプログラムを担当、電気電子コースは各種センサの電子回路や配線等を担当、機械コースはチームの要望に合わせた車体や機構の設計・製作を担当し一つの製品を作る。

ロボットシステムインテグレータの仕事は設計から導入（利用開始）までに様々な担当者が関わってくる。これはどの企業でも当てはまり何かモノやことをなすときには沢山の人、異なる部門の人が関わってくる。学生のうちにクラスメイトでのチームワークだけでなく専攻する科目が違う人と関わりチームで作業する機会を設けることでより実践らしくかつ自分の役割を確実に果たす意思を持って授業に臨むことができる良い取り組みと考えられる。

3.2.5 ロボット人材育成プログラム

株式会社エアグラウンド

「ロボットオペレーター育成教育プログラム　ロボメイツ」

対象者：小・中・高校生

「ロボメイツ」とは、「ロボット」を導入する際に必要な人材「ロボットオペレーター」を育成するための「教育プログラム」である。事業の内容は、ロボットアーム（教材：DOBOT Magician Light）の操作体験ができる無料体験会の開催、安全な作業のポイントやプログラミング技術等のオンライン学習教材（一部有料）の提供、ロボット導入企業やロボットオペレーターの仕事に関する情報提供、企業訪問のコーディネート等である。

教育機関は企業訪問等で企業とのつながりを持つことができ、キャリア教育の一環としても本プログラムを活用できる。ロボット導入企業もまた人材確保を有利に進めることができ、児童・学生に企業理解と仕事理解をしてもらうきっかけとなる。

3.2.6 国・自治体・その他の人材育成動向調査

(1) 高校生ロボットシステムインテグレーション競技会

主催・開催地：愛知県

対象：高校生

愛知県は、ロボット製造業やロボット SIer 業界において国内有数の集積地であるが、ロボット SIer の職種・業界の認知度が低い。また同県に限らず、モノづくりの現場とロボット SIer 業界では慢性的な人材不足に陥っており、あたらしい人材の確保が喫緊の課題となっている。そこで同県は高校生を対象として、「モノづくり現場へのロボット導入プロセスやロボット SI 技術の習得」、「SIer 企業やロボットメーカへの就職」、「ロボットを使いこなすモノづくり人材の創出」を狙いとして、モノづくり現場の自動化を担うロボットシステムインテグレータ（ロボット SIer）の人材創出につながる高校生を対象とした競技会を 2022 年度から開催することを決定した。

競技は愛知県内のロボットメーカ、デンソーウェーブ、FUJI、三菱電機の産業用ロボットを用いてそれぞれに振り分けられた競技課題に沿った自動化のシステムの構築を目指す。高校での課題研究や授業や部活動の一環として取り組むことを想定し、約 8 か月間かけてロボット SIer 企業が講習や実習、指導や助言を行い課題テーマに取り組み、AICHI SKY Expo.でデモンストレーション、プレゼンテーション含めた競技を行う予定である。なお、2021 年度はトライアル大会を実施し、多くの学生が活動に満足し、さらにシステムインテグレーションに対する関心も高まっており、有意義な大会となった。

図 3.2.10 高校生ロボットシステムインテグレーション競技会内容

(2) オンラインロボット講座
主催：次世代ロボットエンジニア支援機構（Scramble）
対象：小学校高学年～高校生程度

次世代ロボットエンジニア支援機構は日本のモノづくりを担う次世代のエンジニアの育成、モノづくり業界・文化の活性化を目的として 2020 年 5 月 18 日に発足された団体である。大人、社会、企業が強調し一体となって子供が自由に学び成長できる環境を提供し、モノづくり界隈を活性化させることを事業のコンセプトとしている。

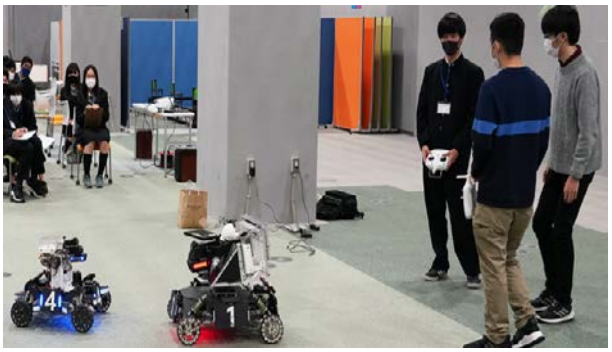


図 3.2.11 次世代ロボットエンジニア支援機構協議会風景
https://scramble-robot.org/

主な事業としてロボットの研究活動の支援、ロボット競技会やロボット教室・勉強会の企画、主催、運営等を行っている。もともとロボット競技会に参加するチームが前身であり、DJI 主催の Robo Master やロボカップに出場することを目的としたチームを計 4 つ発足している。そのため大会で使用する機体を用いて講座を開くことで、学生にロボット制御や組立、CAD の操作等の理解と、ロボットコンテストへの興味関心の創出を図っている。また 2022 年から新たな取り組みとしてオンラインでロボットアームを使ったプログラミングの仕組みを学ぶ講座が開催される。自律移動型のロボットを用いたロボット講座が多数見受けられる中でロボットアームを使った講座は珍しく、この講座をきっかけにロ

ボットアイデア甲子園への参加やその他産業用ロボットアームへ関心をもってもらったり、新たな競技会の創出につながったりしていくことが期待される。

講座名	内容	教材
オンラインロボット講座	対象：小学校高学年～高校生程度 課程に教材用ロボットアームを無料貸出 アームの制御を学習	ロボットアーム
電子工作・プログラミング講座	対象：小学校高学年～高校生程度 ロボットを用いて電子回路・プログラムの基礎を学習	全方位移動ロボット
ロボット組立＆CAD教室	対象：小学校高学年～高校生程度 ３DCADの基本操作、メカ設計の基礎を学習 モデリングしたモノを３Dプリンタで印刷	ロボット競技会用に作成した大型ロボット ３Dプリンタ ３DCADソフト「Fusion360」
ロボットプログラミング教室	対象：小学校高学年～高校生程度 ロボットの制御、画像処理の基礎を学習	インテリジェントロボットのRoboMaster S1
FA設備技術勉強会	対象：生産設備、工場設備関係者（学生、社会人も含む）	FAに関わる15分の講義を公募し発表してもらう

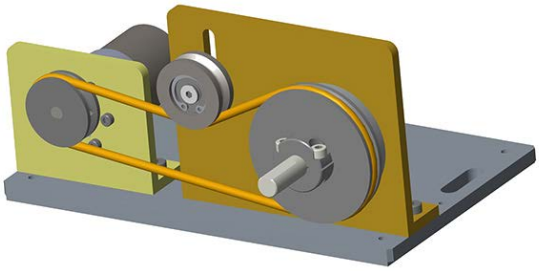
図 3.2.12 次世代ロボットエンジニア支援機構（Scramble）の講座

(3) World Robot Summit（WRS）　モノづくりカテゴリ
主催：経済産業省、NEDO（全カテゴリ）
対象：企業や大学の研究室の教授・学生の参加が多い

WRS はロボットの活躍が期待される様々な分野において、世界中から集結したチームがロボットの技術やアイデアを競う競技会である。全 4 カテゴリのうち「モノづくり」カテゴリは「迅速な一品モノづくりを目指して」を協議のスローガンとし、さまざまに変化する生産要求に、迅速かつ無駄なくスマートに対応できるシステムを構築することにより、未来の生産システムを実現することが目的である。このカテゴリで行われるの「製品組立チャレンジ」は、工業製品等の組立に必要な技術要素を含んだ複数のモデル製品を正確に素早く組立てるというものである。

製品組立チャレンジ
この競技は二つのタスクに分かれており、タスク 1 では図 3.2.13 のようなベルトドライブユニット組立に必要な要素作業（供給された部品をタスクボードの上の指定された位置に組付ける）のタイムを競う。ここでは、部品の認識と把持・部品の嵌め合いとねじ締・柔軟部品の組付けが技術的な課題となる。
タスク 2 は 1 と同様に部品トレイ上に用意された部品を使用してユニットの組立を行う。新たな生産要求として事前に告知した製品と異なる仕様の製品の組立も求められる。ここでは、タスク 1 の課題に加え、クリアランス（隙間）の小さい部品の嵌め合い、3 部品同時組立・サプライズ製品への迅速な対応・治具レスでの組み立てが技術面の課題となっている。

組み立てるユニット　　ロボットアームを駆使したユニット組立の様子



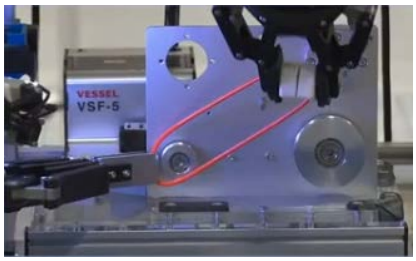


図 3.2.13 製品組み立てチャレンジの事例
https://wrs.nedo.go.jp/wrs2020/challenge/industrial/assembly.html

(4) ロボカップインダストリアル
主催：ロボカップ日本委員会
対象：高校生以下、大学生、一般

ロボカップインダストリアルは自律移動型ロボットによる各種競技を行うロボカップのリーグの一つである。これは、移動可能な産業用ロボットによる物流や倉庫管理システムを題材とした競技で、インダストリー4.0 を視野に入れてロボットによる自動化・自律化・移動可能なロボット技術を競う大会で、ロジスティクスリーグと@ワークリーグにわかれている。

・ロジスティクスリーグ

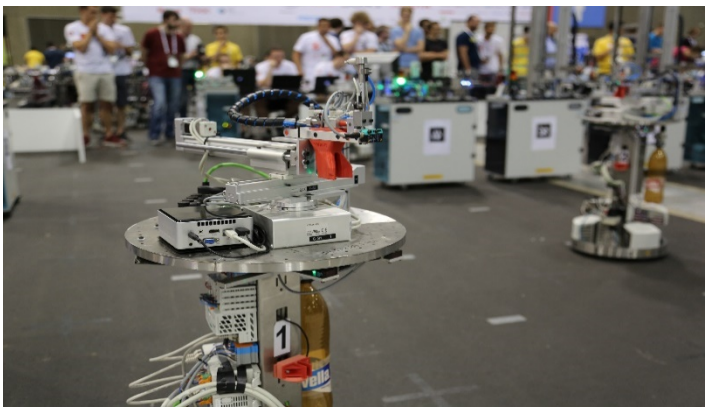


図 3.2.14 ロジスティックリーグ状況
https://www.robocup2017.org/photos.html

昨今大量生産に適した固定ラインから、多品種少量生産に対応する柔軟なライン体制を重視する工場が増えている。そのような工場では製品を作るために複数の素材を複数の加工機械に運ぶ機能が必要である。この様な環境にも適合できるように、3 台のロボットが加工機器の間を動き回り、協調して効率の良い生産のプランニングとスケジューリングを目指す競技が「ロジスティクスリーグ」である。2021 年度はコロナ過であったためシミュレータを用いてジャパンオープンが開催され、奈良朱雀・奈良商工高等学校「NaraSuzaku1」が準優勝、玉川大学「eR@sers」が優勝した。

・@ワークリーグ

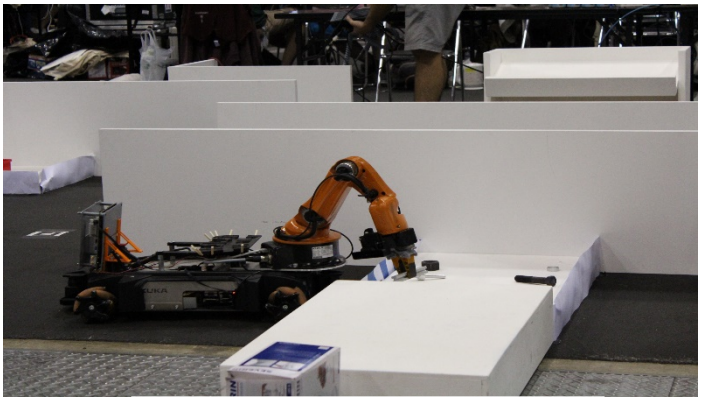


図 3.2.15 ワークリーグ状況
https://www.robocup2017.org/photos.html

インダストリー4.0 のスマート工場では、産業用ロボットアームを備えた移動ロボット「モバイル・マニピュレータ」が人間を支援すると考えられており、そのような将来を想定したロボット技術を競うのが「@ワークリーグ」である。車輪等の移動機構を備えたロボットアームが部品を検知して回収、目的地への運搬を競う。

(5) ロボットアイデア甲子園
主催：FA・ロボットシステムインテグレータ協会
対象：高校生、高専生、専門学校生、職業能力開発大学生（20 歳未満）

ロボットアイデア甲子園は、「独創性があり」、「市場や社会的ニーズが存在して」、「ビジネスとして成立するような」、「 実現の可能を秘めた」、「遊び心のある」産業用ロボットの新たな活用方法についてアイデアを競う大会である。アイデアを出すにあたって、学生には実際に見て、感じて、ロボットとは何か具体的なイメージを持ってもらうために全員が産業用ロボットの見学を行う。ロボットシステムインテグレータやロボットセンター等ブロックごとにある企業や施設に協力を得て、産業用ロボットやその他最新技術（VR、自律走行ロボット等）を体験する。また、ロボットシステムインテグレータ企業の経営者・技術者による講義も行われる。日本が世界に誇る産業用ロボットの歴史や現状を学び、今後の日本のモノづくりを支えるために自動化がいかに必要か実感してもらう。そして、「産業用ロボットの新たな使用方法、新たなアプリケーションを考えてください」というシンプルな課題を与え、自由な発想でロボットアイデアを考案してもらう。実際に見学したロボットの感覚が残る当日に 1 時間ほどでアイデアを形作ってもらう。学生たちのアイデアは東京大学の名誉教授である佐藤知正教授をはじめ、ロボットに関わる大学の教授やロボットメーカから選出された方によって審査される。各ブロックで 8 名程度優秀者が選ばれ 8 分間のプレゼンテーションが行われる。最後に各ブロックで選出された最優秀者が国際ロボット展に集まり、その中で最も優れたアイデアを出した学生が選ばれる。

この大会で学生は、産業用ロボット（ロボット技術、アプリケーションも含め）を理解し、今後の自動化の必要性、相手に伝える力を学ぶことができる。また、周りの学生のアイデアに刺激を受け、そこで得た学びから自分のキャリアプランや極めたい分野等が見つかり継

続的に学び続ける学生の創出に貢献しているであろう。

図 3.2.16 アプリケーション見学、VR 体験の状況
https://robotkoshien.jp/

3.2.7 ロボット教育の国内の潮流まとめ

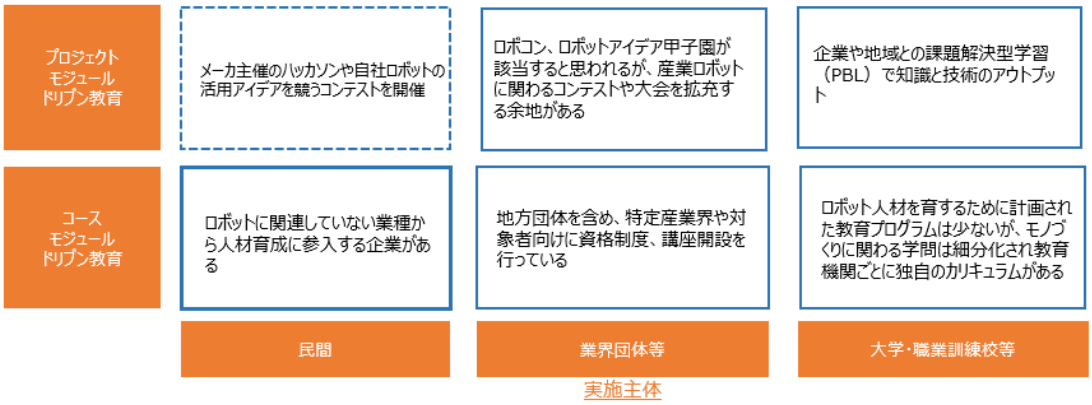


図 3.2.17 ロボット教育の国内の潮流

日本国内の高校、高専、大学等では、ロボットアームを用いた授業例や研究例が多くある。ロボットアームの制御の理解だけでなく、センサや自作のハンドを用いた自動化システムの構築、運動学・逆運動学（座学）の理論値と実測値の比較、システムを構築する上でシミュレータ導入、仕様変更によるアジャイル開発等、実際の企業で行われている開発方法に近い授業を展開している教育機関もある。また、教育教材にレゴ®マインドストーム®を適用している教育機関が見受けられる。

また、国・自治体等では、産業用ロボットを用いた生産現場の自動化を想定した競技や新たな活用方法を創出するコンテストの開催等、次世代のエンジニアやロボット業界に関わる人材の育成、発掘する場が増えている。部活動や研究室の活動の一環として参加する学校が多く、教育機関による体系的な人材育成へつなげていくことが望まれる。

3.2.8 日本でのロボット教育への示唆

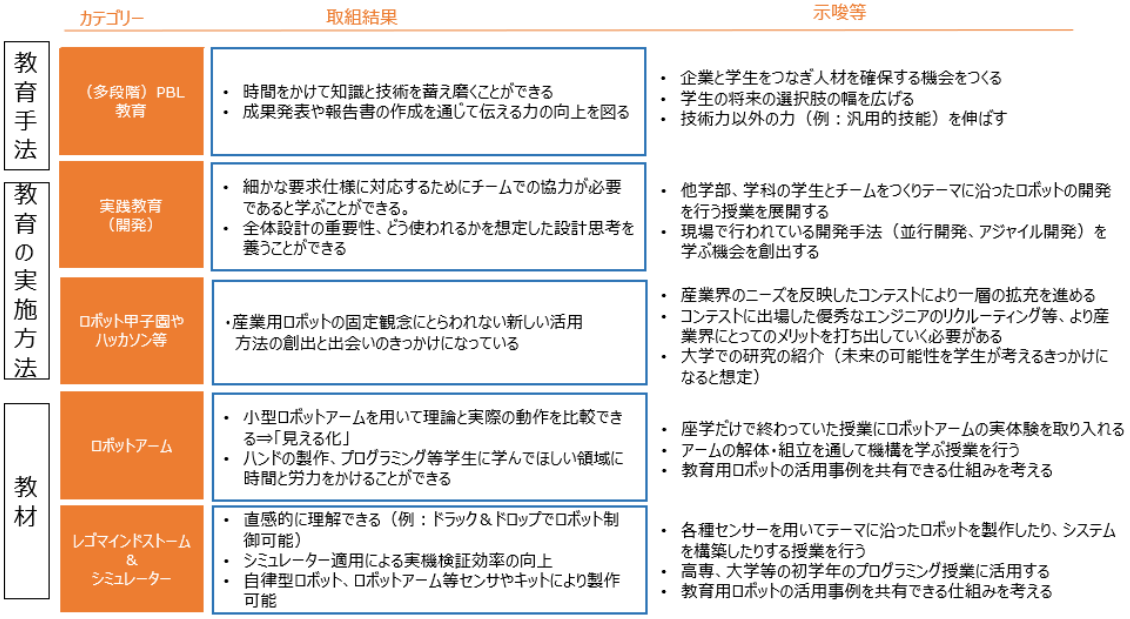


図 3.2.18 日本でのロボット教育への示唆

図 3.2.18 に日本でのロボット教育への示唆を示す。今回の調査より得られた特徴的な結果に基づき、以下のカテゴリに分類した。

・「教育手法」として、「(多段階) PBL 教育」

・「教育の実施方法」として、「実践教育（開発)」と、「ロボット甲子園やハッカソン等」（ハッカソン:ハック(hack)とマラソン(marathon)を組み合わせた造語でソフトウェア開発の関係者が短期間に集中的に開発作業を行うイベント）

・「教材」として「ロボットアーム」と、「レゴマインドストーム＆シミュレータ」

それぞれのカテゴリにおける人材育成の効果を以下に示す。

(1) 教育手法―（多段階）PBL 教育

奈良高専で行われているような多段階 PBL 教育は時間をかけて知識と技術を蓄え磨くことができ、以下のような教育的効果が期待できる。

- 成果発表や報告書の作成を通じて伝える能力の向上。
- 企業と学生をつなぎ人材を確保する機会の創出。
- 学生の将来の選択肢拡大。
- 技術力以外の力（例：汎用的技能）の伸長。
- 細かな要求仕様に対応するためのチームにおける協調体制。
- 全体設計の重要性、使用状況を想定した設計方法の習得。
- 他学部、学科の学生とのチーム構築により、ロボットの開発や授業への展開。
- 現場で行われている開発手法（並行開発、アジャイル開発）の習得。

(2) 教育の実施方法－ロボット甲子園、ハッカソン等

ロボット甲子園やハッカソンは以下のような教育効果が期待できるため、産業界のニーズを反映し、より一層の拡充を進めることを推奨する。

・　産業用ロボットの固定観念にとらわれない新しい活用方法の創出と出会いのきっかけ。
・　最新研究の紹介を通じて、未来の可能性を学生が考えるきっかけ。

ただし、コンテストに出場した優秀なエンジニアのリクルーティング等に関して、産業界にとってのメリットを打出していく必要や、また公正なリクルーティングの仕組み検討が必要と考えられる。

(3) 教材（ロボットアーム）

ロボットアームを教材として活用することで、以下のような教育的効果が期待できる。

・　小型ロボットアームを用いて理論と実動作の比較により効率的に習得可能。
・　ハンドの製作、プログラミング等学生に学んでほしい領域に時間と労力を集中可能。
・　ロボットメーカのロボット開発者を目指す学生が即戦力レベルに到達。

導入にはメリットが多いと考えられるが、教育用ロボットの活用ノウハウの蓄積や活用事例共有の仕組みが必要と考えられる。

(4) 教材（レゴマインドストームとシミュレータ）

レゴマインドストームとシミュレータには以下のような特徴があり、ロボット人材育成に有益と考えられる。

・　直感的に理解可能（例：ドラック＆ドロップでロボット制御可能)。
・　実機とシミュレータを用いた試行錯誤で作業効率の向上。
・　自律型ロボット、ロボットアーム等センサやキットにより製作可能。
・　各種センサを用いてテーマに沿ったロボット製作やシステム構築が可能。
・　高専、大学等の初学年のプログラミング授業に活用可能。

導入にはメリットが多いと考えられるが、教育用ロボットの活用ノウハウの蓄積や活用事例共有の仕組みが必要と考えられる。

(5) 考察

・3.2.2 章から 3.2.4 章で説明したように日本国内の高校、高専、大学等では、ロボットアームやレゴマインドストーム、ライントレースロボット等を授業や実習、研究等で活用して人材育成の成果を上げており、今後各教育機関で実機やシミュレータを使った授業を拡充した方が良いと考えられる。
・中国の IMROBOTIC が運営するロボットメーカが提供するトレーニングプログラムを一元的に集約し情報提供するサイトのように、国内でも各教育機関で行われているロボット教育の事例を共有するオープンプラットフォームが必要となってくると考えられ。

・競技会やコンテストを通して産業用ロボットやそれにかかわる企業の理解度は高まっていると考えられる。慶應義塾大学大学院のように実践教育を重視している学校では、システム開発を学ぶ中で「アジャイル開発」や「並行開発」といった企業で取り入れられている手法を学べるケースも見受けられる。

4. ロボット人材育成手法の開発と検証概要（試行等と検証結果）

4.1 章では、ロボット人材育成や教育コンテンツ・ツールのあるべき姿を明確にするため高専の教員と学生、工業高校の教員に対しアンケート調査と検証を実施した。また、4.2 章では、教育機関から要望があり実体験可能なロボットシミュレータを導入した調査と検証を実施した。4.3 章では教育動画開発による調査と検証を実施した。以下、その調査と検証結果を記す。

4.1 人材育成に関するアンケート調査と結果

4.1.1 教員へのアンケート

(1) 調査目的

このアンケートは、1)高専、工業高校の教員のロボット人材育成への意識、またロボット人材育成に必要な教材の特性を明らかにする、2)高専生のロボット利活用への意識と教員がロボット人材育成に提供しようとしている教育の整合性の確認、をおこなうことを目的として実施した。なお、ロボット人材はロボット開発者とロボット利活用人材の 2 つのカテゴリを指している。

(2) 調査概要

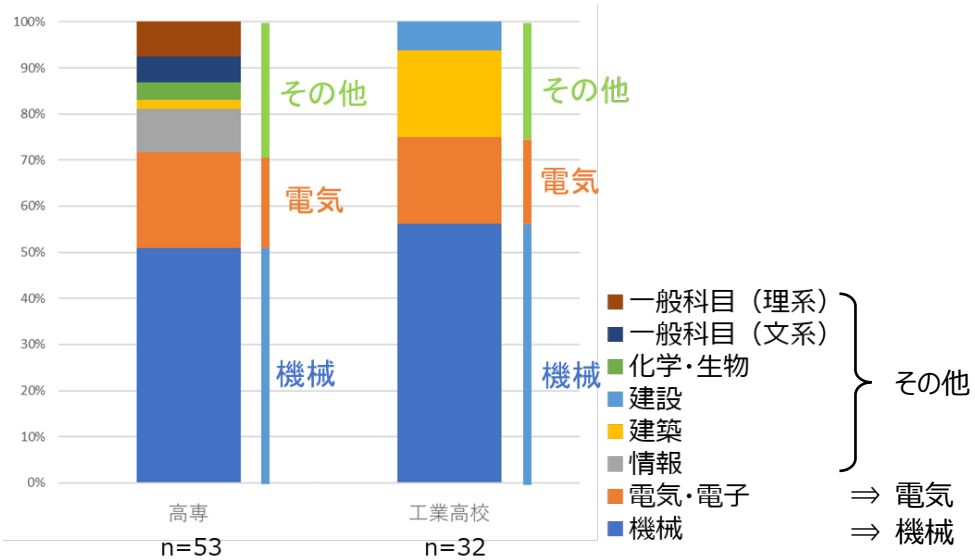
調　査　対　象：高専、工業高校教員

アンケート期間：2021/11/24～2021/12/1

アンケート回収数：高専：53、工業高校：32

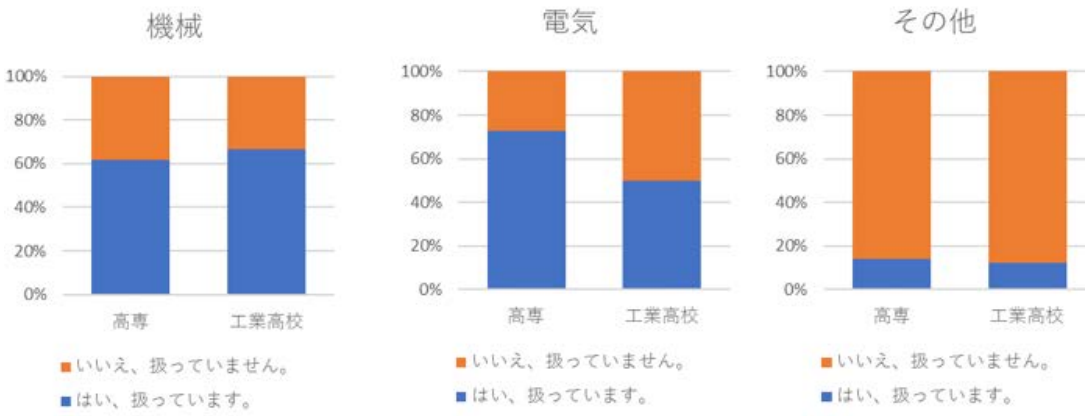
(3) 調査結果

① 主に授業/研究を担当されている分野



高専、工業高校ともにアンケート回答数の割合は大きく変わらない。機械系教員が 50～60%、電気系教員が 20%、その他の教員が 25%となっている。

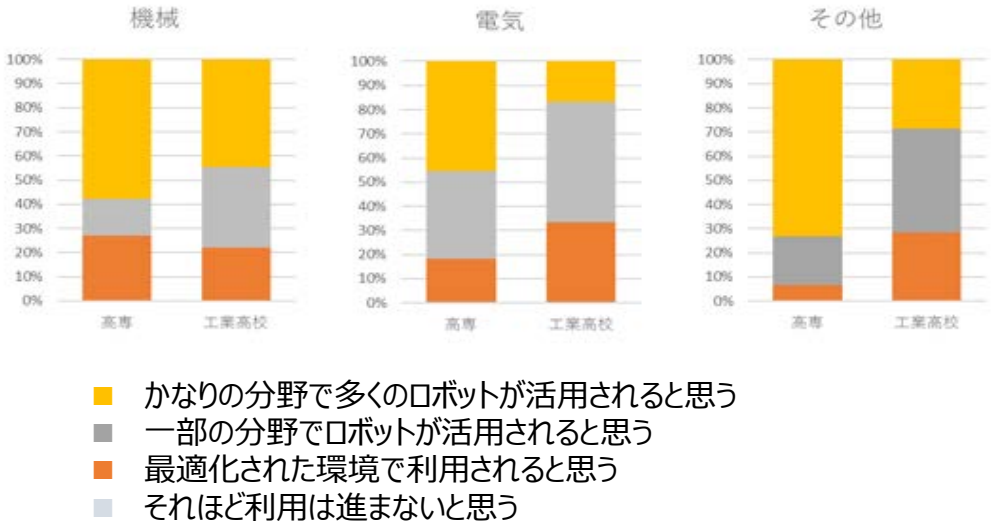
② それぞれの分野の授業でロボットに関する話題を扱っているか。



機械系分野では高専、工業高校ともに 60%程度、電気系分野では高専、工業高校で差があるものの、高専 75%程度、工業高校では 50%程度の教員がロボットに関する話題を扱っていると回答し、機械系分野、電気系分野ともに高い割合を示している。一方、その他分野の教員については、高専、工業高校とも 10～15%程度と低くなっている。

社会においてロボットのすそ野を広げ、利活用を推進する人材を育成するためには、その他分野の教員についても、ロボットの知見やロボット利活用に関する意識の向上を図る必要があると考えられる。

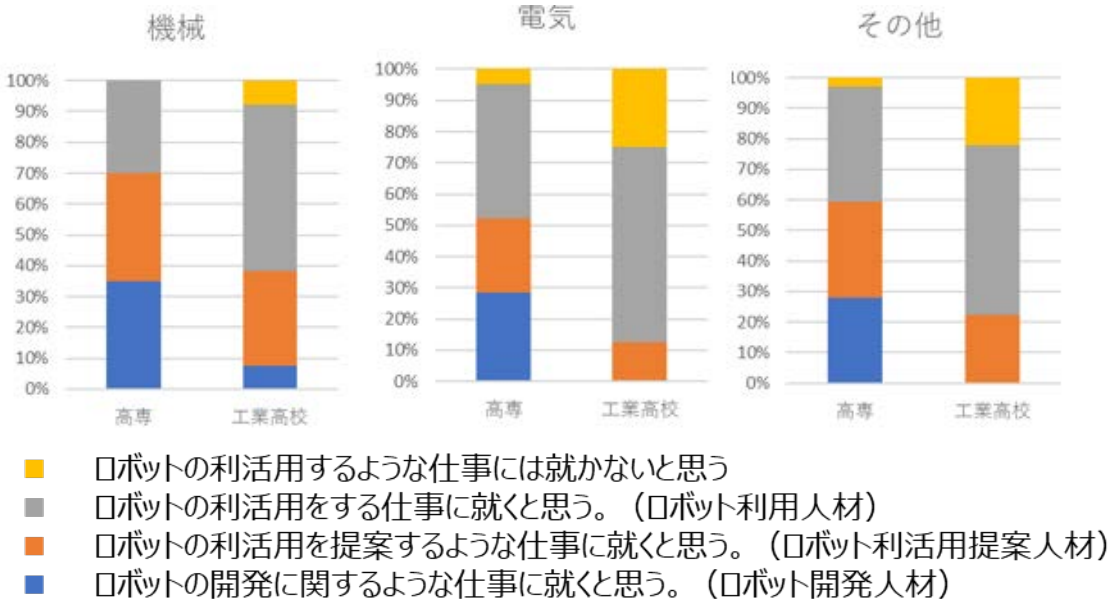
③ 「ロボフレ環境構築について（事業者の皆さまへ）」の動画(YouTube)を見てこれからの社会においてロボットが労働力として活用されると思いますか。



ロボットフレンドリ関連情報
https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604002/20210604002.html
https://www.youtube.com/watch?v=HyQSWRrc4Eg&list=PLZH3AKTCrVsXgdtwlXDG1-N2SDl1XE9lK&index=2

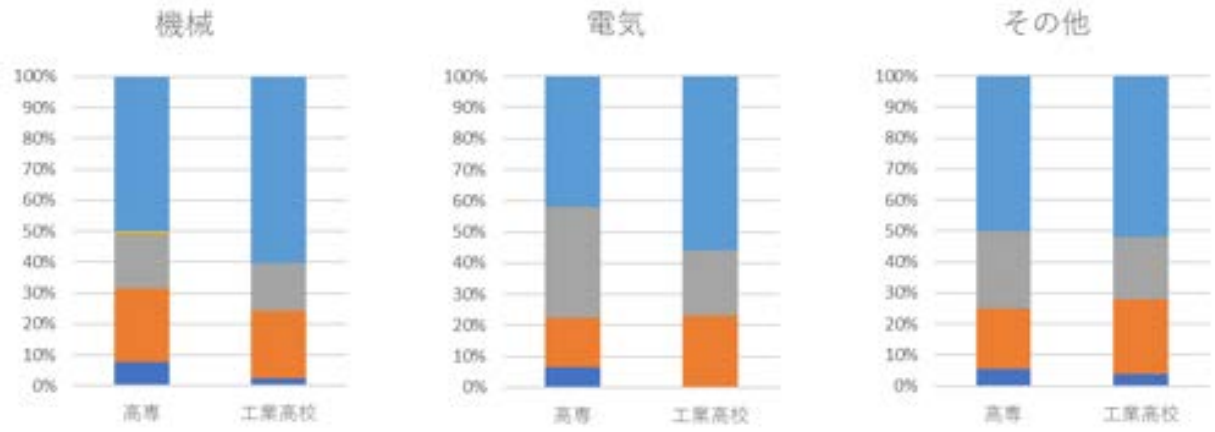
動画によってロボット利活用の範囲拡大の意識の向上の効果が見られる。高専と工業高校の教員の回答を比較すると、「かなりの分野で多くのロボットが活用される」と考えている高専の教員の割合が多く、ロボット活用に期待していることがうかがえる。

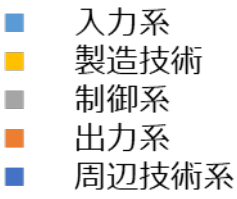
④ 卒業生が将来ロボット関連の仕事に就くと思いますか（複数回答可）



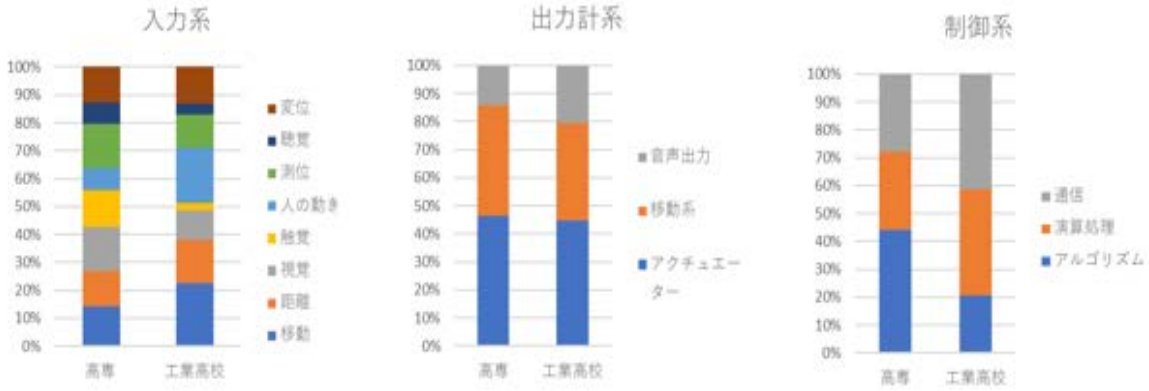
高専の教員は、卒業生の進路としてロボット利用、ロボット利活用提案、ロボット開発の全ての分野を考えている。従って、今後具体化を進めるにあたり高専には全ての分野に関連する教材の提供や、企業・エンジニアの情報等を中心に提供していく必要があると考えられる。一方、工業高校の教員は、卒業生の進路としてロボット利用を考えており、ロボット利用に関連する教材の提供や、企業・エンジニアの情報等中心に提供し検討してくことが良いと考えられる。

⑤ 授業で提供したいロボットに関する技術（複数回答可）



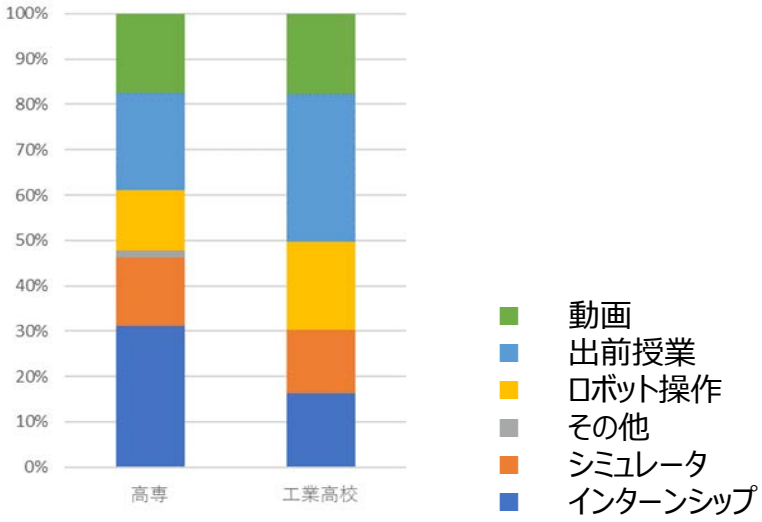


高専、工業高校共入力系（センサ等）の需要が高い。高専電気は制御系（アルゴリズム等）の需要も高い。

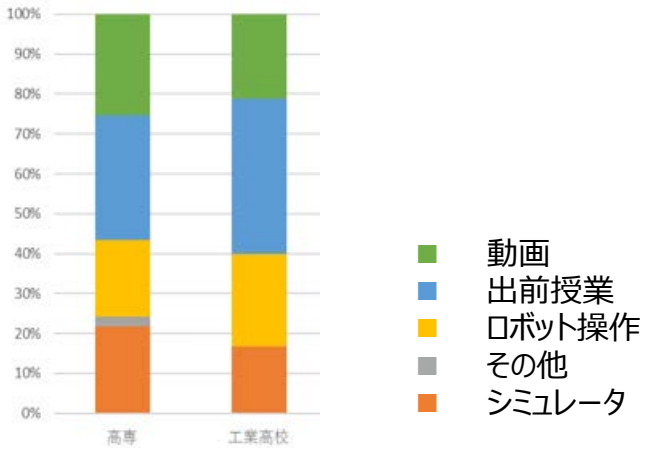


技術要素については、入力系では、高専が触覚や測位等のセンサを必要としているのに対して、工業高校では、人の動きや移動を検出するセンサ等、動作をとらえることを重視していると考えられる。出力系は、高専、工業高校とも移動系、アクチュエータの割合が多く、動作に関連する技術の需要が高い。制御系では、高専が制御アルゴリズム開発等を考えているのに対し、工業高校では演算処理や通信等アプリケーション実装に対して需要が高いと考えられる。

⑥　ロボット教育に必要なツールは何ですか（複数回答可）



高専はインターンシップに力を入れているため高い値となっている。そのため、このインターンシップという回答を除外して集計し直したのが次のグラフとなる。



ロボット人材育成に必要なツールとして、技術者から話を聞ける出前授業の期待感が高専、工業高校とも一番高い。高専は続いて動画、シミュレータとなっており、バーチャルを重視している傾向が見える。これは高専が、将来サイバーフィジカルを実現する上でバーチャルの重要性を認識しているためと考えられる。

工業高校は、続いてロボット操作となっており、リアルを重視している傾向が見える。

(4)まとめ

・高専、工業高校とも、それぞれ分野（機械、電気、その他）の授業においてロボットのテーマを取り扱う割合は同等の傾向を示している。特に、機械、電気の教員は 50~70%の割合で取り扱っておりその重要性を認識していると考えられる。
・卒業生の進路として、工業高校は高専と比較して「ロボット開発人材」より「ロボット利用人材」を考えている。従って、工業高校には「ロボット利用」に関連する教材の提供や、企業・エンジニアの情報等中心に提供し検討してくことが良いと考えられる。
・技術要素に関して、入力系、出力系とも高専、工業高校とも大きな相違は認められない。制御系は、高専が制御アルゴリズム開発等を考えているのに対し、工業高校では演算処理や通信等アプリケーション実装に対して需要が高いと考えられる。

4.1.2 学生へのアンケート

(1) 調査目的

高専学生のロボット教育に関するニーズについて調査する。

(2) 調査概要

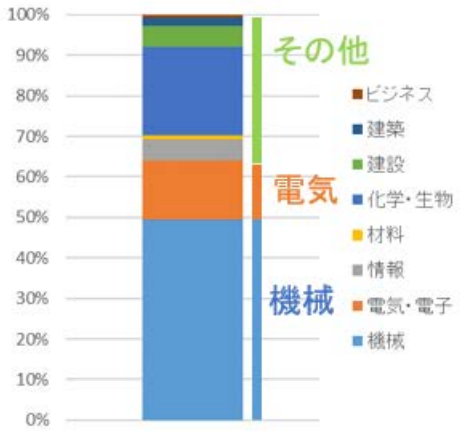
調　査　対　象：高専学生

アンケート期間：2021/12/1～2021/12/24

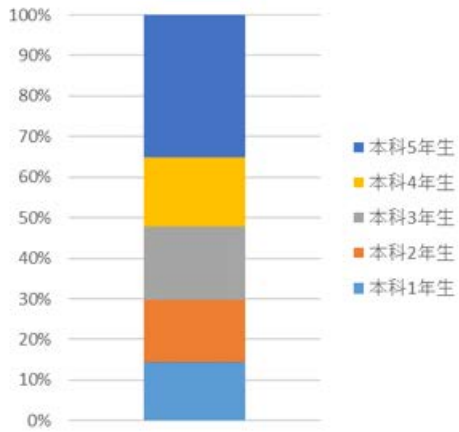
アンケート回収数 ：112

(3) 調査結果

① 回答者の属性

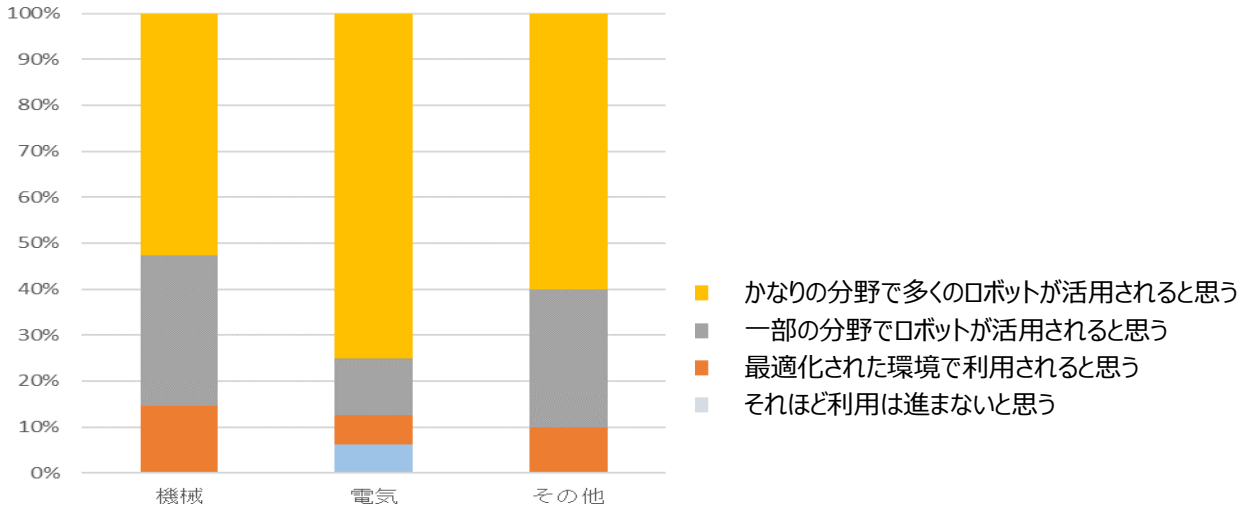


回答学生所属



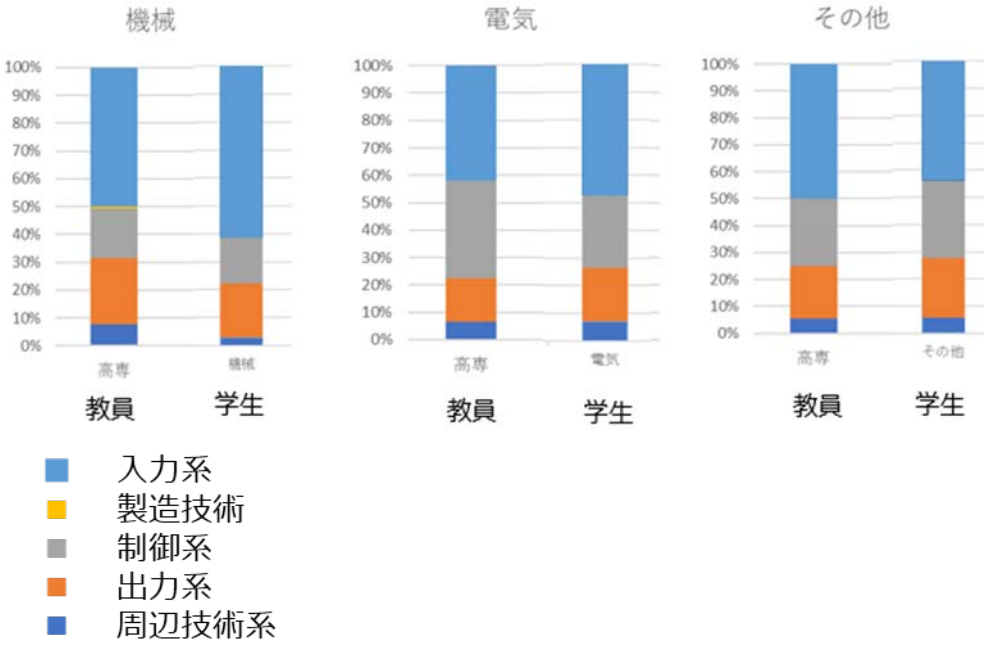
回答学生学年

② 「ロボフレ環境構築について（事業者の皆さまへ)」動画を見てこれからの社会においてロボットが労働力として活用されると思いますか



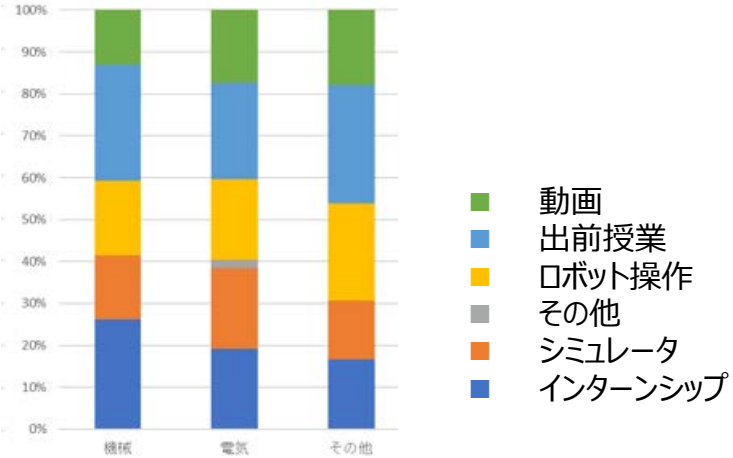
いずれの分野も 90%近い学生が、将来ロボットが労働力として活用されると考えている。学生はロボットに対する関心や期待感は高いので、学習意欲や教育成果につなげられるような教育を実施していく必要がある。

③　ロボットに関する技術で興味があるモノを選択してください。(複数回答可)

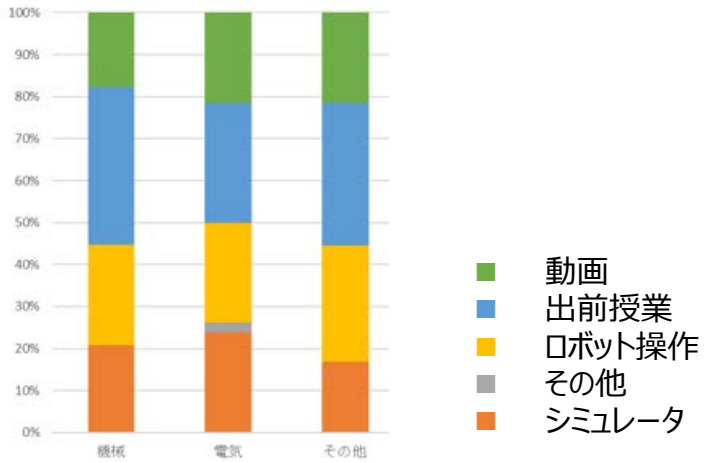


高専において、教員が提供したいロボットに関する技術と、学生が興味ある技術には大きなギャップはない。機械系の学生は入力系、次に出力系に興味を持っており、電気系の学生は入力系、次に制御系に興味を持っている。

④　ロボット教育に必要なツールは何ですか（複数回答可）



高専はインターンシップに力を入れていることから、学生へのアンケートでもインターンシップが高い値となったと思われる。学生が授業や実習で適用したいツールを判断する上で、インターンシップの回答を除外して集計し直したのが次のグラフとなる。



ロボット人材育成に必要なツールに関する学生のアンケート結果は、技術者から最新の技術動向等を聞ける出前授業の期待感が一番高い。
続いて、ロボット操作やシミュレータとなっており、両方を合わせ 50%弱の学生が実体験を希望している。

(4) まとめ

「ロボットに関して興味がある技術」や、「ロボット教育に関するツール」等、おおむね、教員と同様の傾向が見られた。「ロボット教育に関するツール」に関しては、教員・学生とも出前授業の回答が一番多く、社会で活躍する技術者の方から最新の技術動向等を聞くことを期待していると推察される。

4.2 ロボットシミュレータ導入による調査と結果

ロボット実機と比較して、導入が容易で、また多くの学生が実体験可能なツールとしてロボットシミュレータを導入し、シミュレータ教育の有効性検証、またその活用方法について検討する。

4.2.1 シミュレータ講習会

教員の授業へのシミュレータの活用を促進するためにシミュレータ講習会を実施。

(1) 講習会の概要

高　　専：安川電機　MotoSim
　　開催日　　2022/1/18
工業高校：川崎重工業　Kawasaki Robot K-ROSET K-ROSET
　　開催日　　2021/12/27,28

(2) 講習内容

・ソフトウェアインストール

・作業環境セルの構築

・ロボットモデルの作成

・ティーチング

・命令言語の入出力

トーチを用いた溶接作業を例題に基本的な動作を習得した（図 4.2.1 参照)。

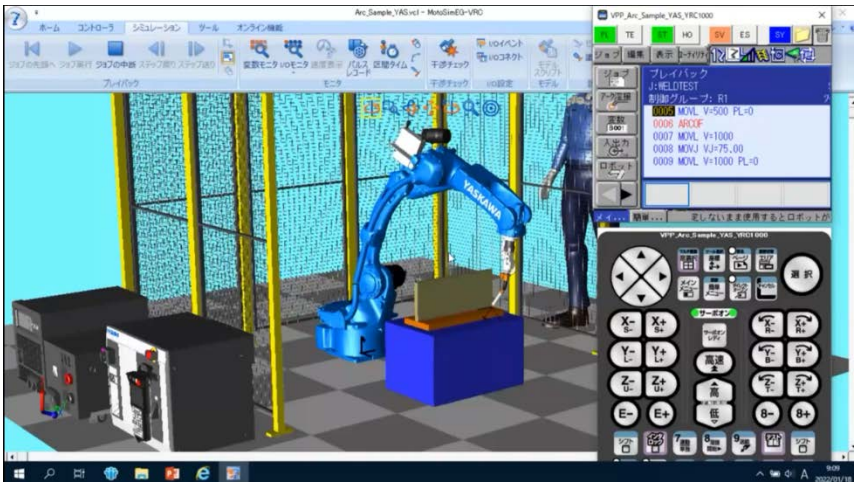


図 4.2.1 ロボットシミュレータ操作イメージ

4.2.2 高専へのシミュレータ導入調査

テーマを「コロナ x 産業用ロボット」として、MotoSim を用いたアイデアソン（アイデアとマラソンを組み合わせた造語で新しいアイデアを生み出すために行われるイベント）を実施した。学生には、チームごとに目的（何を解決したいか)、仮説（目的はどうすれば達成できそうか)、検証（仮説を実現するにはどのような技術が必要か)、課題（実現するための解決しなければならない問題はなにか）を立ててもらい授業を行った（図 4.2.2 , 4.2.3 参照)。

4.2.2 MotoSim を使った運動学の解説

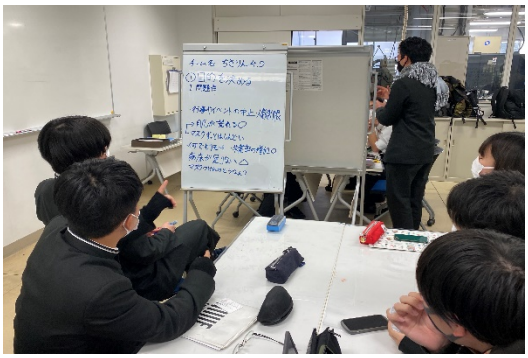
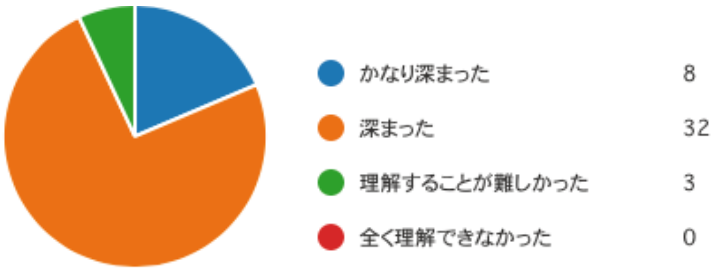


図 4.2.3 アイデア出しおよび発表状況

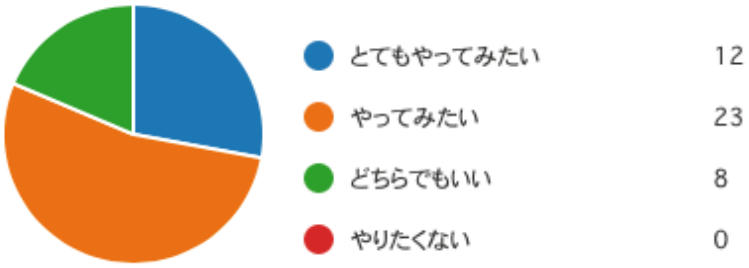
(1) シミュレータ導入に対する学生アンケート結果

シミュレータを適用したアイデアソン後に、学生へ対し以下アンケートを実施。

MotoSim を体験して産業用ロボットの動作について理解が深まりましたか？



MotoSim を使った演習を今後やってみたいと思いますか？



(2) シミュレータ導入に対する教員コメント

シミュレータを適用したアイデアソンを指導した教員のコメントを以下に記す。

①総括

従来のロボット実機を適用した実習は、台数の制約から数時間しかロボット実機を操作する事しかできず、また機材の干渉問題のため既定作業を実施するのみであった。シミュレータは機材の干渉が無く、学生が自由な発想でトライアンドエラーが可能で

ありアイデアソンを実施しやすい。学生がアイデアを主体的に考えることができる環境は大変貴重であり効果があると考えられる

②ロボット実機とシミュレータの比較について

- 実機が無くても実習が実施でき、高性能な PC でなく、既存 PC を利用できるコストメリットは大きい。
- 実機の導入数は限られており従来の実験実習の講義では、クラスの学生を少人数に分けて指導を行ってきた。しかし、シミュレータであれば、PC 室等で一斉に講義をすることができるため、教育の質を確保しながら効率の高い指導をすることができると考えられる。
- 実機の場合、学生が学んだ内容を復習したいと考えても簡単にはできなかった。シミュレータであれば、気軽に学んだ内容を復習でき、さらに応用も可能。

③ロボット教育教材としての効果

- 実機にほとんど触れたことない低学年向けの導入用教材として利用する場合、高価な実機をいきなり触ることに抵抗がある学生でも、気軽に操作できるため積極的に学ぶ姿勢を引き出しやすいのではないかと思う。
- 実機では遠隔による指導をすることは難しかったが、シミュレータであれば、遠隔での指導もしやすい。また、シミュレータ上でプログラムした内容を実機に遠隔で送り操作することもできるため、カメラ等を使用して実機を見ながら操作することで、遠隔授業の教材としても利用しやすい。

④ロボット教育教材としての注意点

- 多くの項目を表示する必要があるため、ノートパソコンでは画面が小さく、少なくとも 24 インチ程度のディスプレイが必要と感じた。
- 実機の必要がないことはメリットではあるが、ある種ゲーム感覚になってしまい、「高価なロボットを誤作動させたり故障させたりしないように」という緊張感が無くなってしまうことや、「ケガをしないように」という安全教育の観点からはデメリットにもなり得ると思った。そのため、全てをシミュレータに置き換えるのではなく、最低 1 台は実機を導入し、シミュレータで作成したプログラムを実機で動作確認する機会を確保できればさらに良い。
- 講習会の前にソフトウェアのマニュアルを参考に利用を試みたが、説明なしには分かり難い箇所があり、講習会を受講しなければ操作の習得は難しいと感じた。

⑤シミュレータに関する提言

上述したシミュレータ導入に対する教員コメントから、ロボットシミュレータは実機

を扱うには習熟度の低い学生であっても、自由な発想を使ってロボットについて理解することができ大変効果的である。今後の教育では、PBL 要素のある授業が多く配置されていき、シミュレータを活用できる場は増加する。イベント的に一過性での活用では定着性は低く、よりロボットの関心を高めるためにはしかるべき方法での予算化等により継続的に利活用することが重要である。一方で、シミュレータは各社のソフトウェアノウハウや機能が多く含まれており、多数のコピーを低コストで配布するためには障壁が高い。従って例えば機能やサポートを限定した配布フリーな教育用シミュレータ等による教育が一つの方向性と考えられる。

本調査では、人材育成ツールとしてのシミュレータの効果について検証ができた。今後はシミュレータによるバーチャルな体験と、図 4.2.4 に示すように学生のレベルに合わせてロボットキットや、ロボット講習会等のリアル体験を含めた重層的な教育も行い、Society5.0 を具現化できる学生を育成することが重要と考えられる。

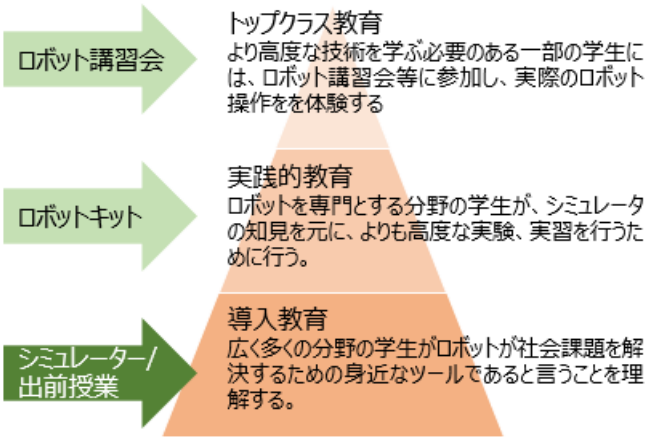


図 4.2.4 ロボット教育の階層イメージ

4.2.3 工業高校へのシミュレータ導入調査

工業高校の学生に、K-ROSET を適用したシミュレータ体験（図 4.2.5 参照）と実機を適用したティーチングを体験してもらった。教科書ではイメージがわかなかったロボットの動きを理解することができ、シミュレータ上でロボットを動かすことで実機を動かすことへの興味関心が向上した。時間の制約もあり十分に学生に両者を体験してもらうことは難しかったが、勉強への意欲向上や、キャリアデザインの一環として実施等、ロボットの学習だけではない効果が期待できそうであった。

図 4.2.5 K-ROSET を適用したシミュレータ体験

(1) シミュレータ導入に対する学生コメント

シミュレータを適用した実習後の学生コメントを以下に記す。

・産業用ロボットの動作等、教科書だけではイメージがわきにくかった点が解消された。
・シミュレータでの動作はわかりやすかった。是非本物も動作させてみたい。
・シミュレータやティーチングの時間が少なく残念であった。機会があれば、もっと様々なことを体験したい。
・覚えることが多く、もっともっと時間が欲しかった。しかし、体験的な授業でとても充実した実習であった。
・ロボットを奇麗に動作させるための改善をする時間が欲しかった。
・このような授業が増えれば工業系のことが好きになる学生が増加すると思った。
・学校でシミュレータやティーチング等のレベルの高い授業を受けられると思わなかった。
・進路決定前にこのような体験をしたかった。きっと進路選択が変わっていた。
・就職先でロボットのティーチングがあると聞いているので、勉強できてよかった。しかしもう少し学びたかった。

(2) シミュレータ導入に対する教員コメント

シミュレータを適用した実習を指導した教員コメントを以下に記す。

① 総括

・シミュレータの精度が向上しており、受講者がロボットの動作や姿勢制御をイメージしやすい。
・教材を開発し、学生にロボットシステムインテグレータの仕事の一端を経験させたい。
・機能が多くて操作手順が多いが、操作に慣れるまでにあまり時間がかからなかった。
・教科書ではイメージがわきにくいロボットの動作姿勢や干渉のチェック、システム設計や現場環境の最適化等実践に近い内容を検討している教員が多く「ロボット教育」の充実度が高まることが期待できる。

②シミュレータの授業や実習での活用方法

・ロボット操作やシミュレータ、ティーチングの基礎を学ばせたい。
・ロボット単体の動きを見るだけではなく、システム的にロボット等を配置し、連携動作の構築・干渉チェック等を学ばせたい。
・ロボットやアイテムの干渉をシミュレーションし、適切な位置を考えさせることや、プログラミングの内容についても学ばせたい。
・加工部位、形状方法による姿勢制御や動作時間、送り時間の設定について学ばせたい
・産業用ロボットシステムをどのように築いて、生産するのかを学ばせたい。
・アクチュエータの動作やロボットの可動部分等基本的な内容を学ばせたい。
・条件を提示して、レイアウトから動作までの設計を学ばせたい。
・今回はシミュレータであったが実際に運用していく上で、設置作業やメンテナンスサイクル、保守点検等の現場作業が重要になることを学ばせたい。
・実機へのティーチングを視野に入れた「安全教育」を併せて学ばせたい。

4.3 教育動画開発による調査と結果

(1) 目的

ロボットに関連する仕事のイメージを盛り込んだ教育動画や、教員が授業で説明した最先端技術を適用したアプリケーションの教育動画をロボットメーカ・SIer 協会、教育機関と連携して開発した。教育動画により人材育成の規模拡大が可能であるか検証を行う。

(2) アンケート調査の概要

高専の学生に「ロボット開発者向動画」、「ロボット利活用人材向動画」を視聴してもらいアンケートを実施した。

調査対象：高専学生

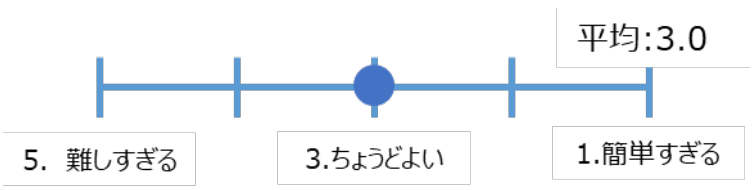
調査期間：2022.2.28～3.4

視聴者数（アンケート回答数）：ロボット開発者向け動画　n=114

ロボット利活用人材向動画　n=100

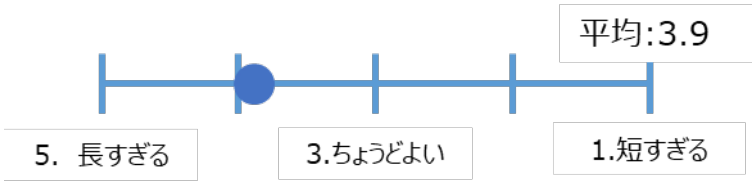
(3) 「ロボット開発者向け動画」に関するアンケート結果

① 動画はわかりやすかったですか？



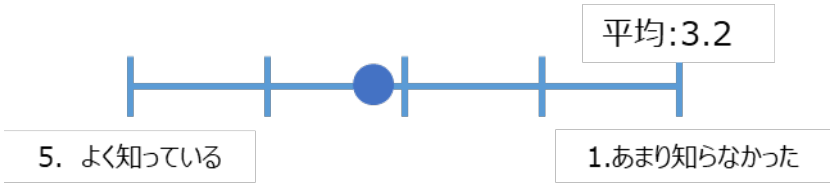
難易度につては、5 段階評価で、3.0 程度とほぼ適切に設定されている。

② 動画の長さはいかがでしたか？

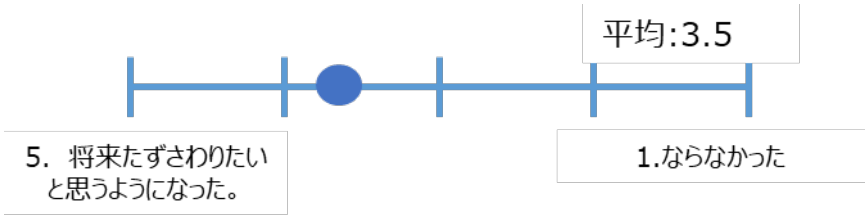


長さについては、5 段階評価で、3.9 と長いと感じている視聴者が多い。

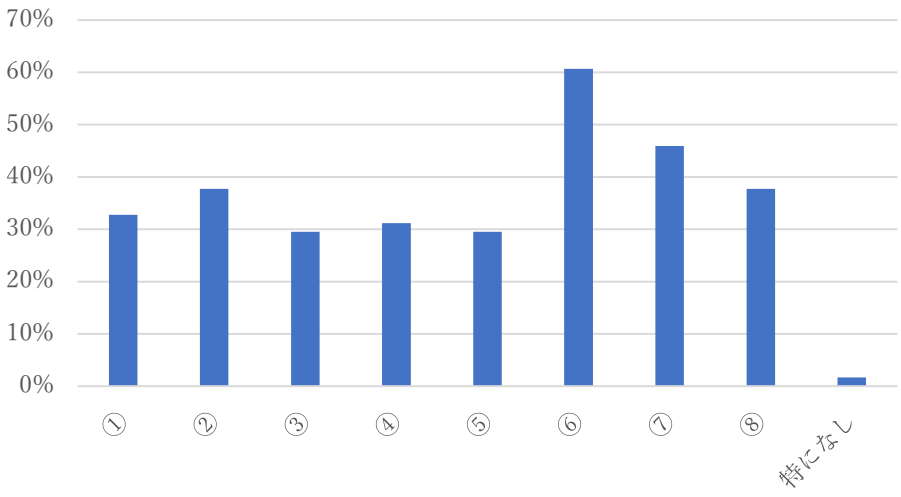
③ 産業用ロボットについて知っていましたか？



④ 動画を見て将来ロボット開発にたずさわりたいと思うようになりましたか？



⑤ロボット開発者人材向け動画をみて参考になった点はどこですか？



①活用事例（スポット溶接、アーク溶接、ハンドリング等紹介）
②新たな用途への活用（VRによるアミューズメント、居合切り）
③世界市場動向
④産業用ロボット概要（マニピュレータ、ペンダント、コントローラ紹介）
⑤他の形態のマニピュレータ（スカラーロボット、パラレルリンクロボット、人協働ロボット）
⑥必要なスキル（機械設計、ソフトウェア、電気設計、アプリケーション設計）
⑦技術者インタビュー
⑧学生の皆さんへ（アドバイス）

⑥ 動画を見て良いと思ったところを書いてください

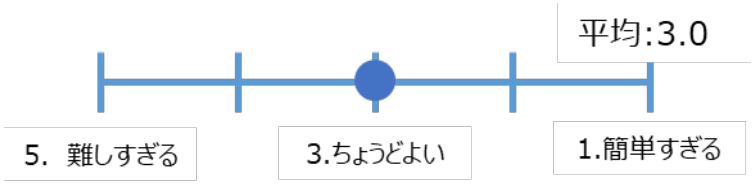
- ロボットの軸の動きを人間の動きと合わせて説明していて分かりやすかった。
- 働いている人の考えや経験も含まれているところ。
- 自分はあまり産業用ロボットについて深くは知らなかったが、今回の動画では産業用ロボットの現状、種類、開発に携わっている技術者のインタビューがとても参考になった。
- ロボットが多く使用された動画は、興味をひくのに効果的である。
- 実際に働いている人たちの声が効果的であるという意見が多かった。

⑦　動画を見て良くないと思ったところを書いてください。

- 長かった事。
- 技術者インタビューからなにを参考にしていいか分からなかった。

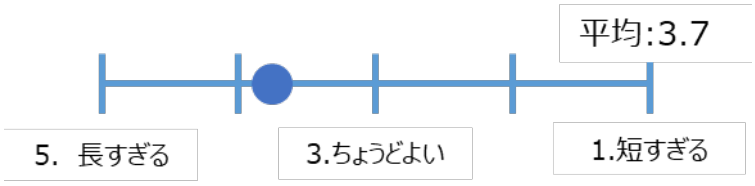
(4) 「ロボット利活用人材向け動画」に関するアンケート結果

① 動画はわかりやすかったですか？



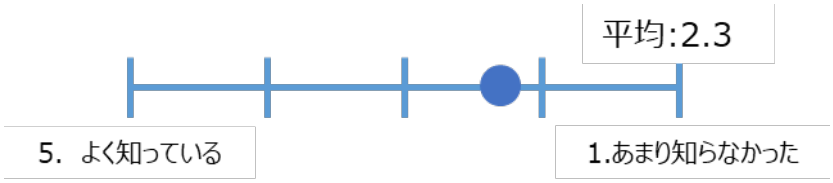
難易度につては、5 段階評価で、3.0 程度とほぼ適切に設定されている。

② 動画の長さはいかがでしたか？

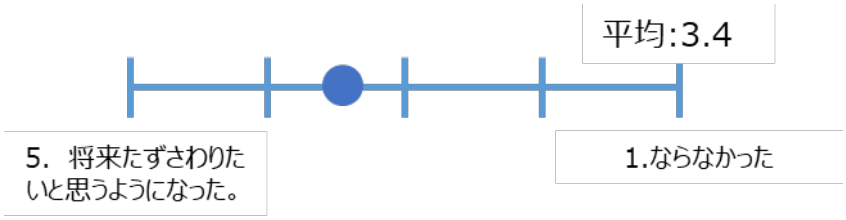


長さについては、5 段階評価で、3.7 と長いと感じている視聴者が多い。

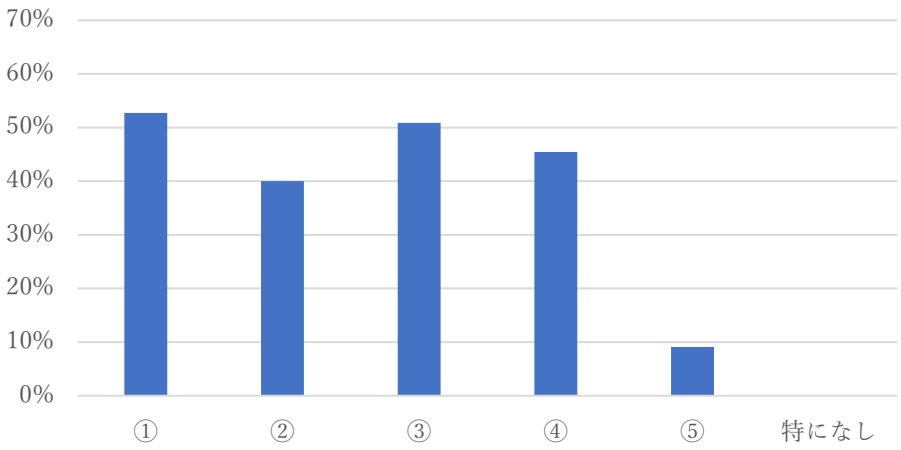
③ ロボット SIer について知っていましたか？



④ 動画を見て将来ロボット SIer の様な仕事にたずさわりたいと思いましたか？



⑤ ロボット利活用人材向動画をみて参考になった点はどこですか？



①ロボットシステムインテグレータとは
②労働人口の減少と課題
③技術者インタビュー
④若手エンジニアのインタビュー
⑤SIer協会会長インタビュー
特になし

⑥ 動画を見て良いと思ったところを書いてください

- 仕事の流れが分かりやすかった。
- ロボットが動いている映像が多くて見ていて面白い。
- ロボット SIer についてまったく知らなかったので知ることができてよかった。こちらも全体的にためになる話ばかりで見ていて面白かった。若手の人からのインタビューで比較的自分の年代に近い方々のお話も聞けて学生のうちに意識して身につけたほうがいいことを知ることができたので良かった。

- ロボットがふんだんに使われた動画は、興味をひくのに効果的であることがわかる。
- 実際に働いている人たちの声が効果的であるという意見があった。

(5) アンケート結果に対する考察

・「ロボット開発者向け動画」で学生が参考になった点として、「必要なスキル」、「技術者インタビュー」、「若手エンジニアのインタビュー」が挙がっている。これは、将来の仕事に関する情報や、年齢の近い技術者からの意見であったために参考になったと考えられる。

・「ロボット利活用人材向け動画」で学生が参考になった点として、「ロボットシステムインテグレータとは」、「技術者インタビュー」が挙がっている。これはロボットシステムインテグレータという業種の認知度が低いために、新たらしい情報を得られたことから評価が高かったものと考えられる。

・学生が進路や就職先の選定で必要な「必要なスキル」や「技術者インタビュー」が参考となったとのコメントや、ロボットのアプリケーション動画が面白いというコメントが多い。今後、全国の高専や工業高校、さらには高齢・障害・求職者雇用支援機構での視聴により、ロボット人材のすそ野を広げることができると考えられる。

(6) 教育動画を視聴した教員コメント

①高専教員のコメント

・ロボットの概要と産業現場でのロボットの役割をイメージできる動画である。学生にわかりやすい動画である。ロボットを使っている企業でのインターンシップ・工場見学の事前指導にも使用したい。

・ロボットを取り扱う授業のガイダンス等でつかえる動画だと感じた。

・学生には技術者インタビューが参考になると思った。

・ロボット業界の就職後の働き方イメージがつかめた、就職指導等にも役立つと思う。

②工業高校教員のコメント

・産業用ロボットが、「どのようなところ」で「どのような作業をしているのか」教科書ではあまりふれられていないので、動画をみせることで学生に容易に理解させることができる。特に、スポット溶接等のわかりやすい作業が使われているので、動画を見た後の説明につながりやすい。

・生産現場にあるロボットの種類の説明があり、ロボットが行う作業とロボットの特徴の関係が理解しやすい。

・ロボットの利活用場面を覚えるのではなく、考えさせることができ利活用に携わる人材の育成へとつながる。

・ロボット開発者に必要なスキルの説明は、工業高校で学ぶ科目の枠を越えており、教員

の資質向上になるが、学生には難しい。
・座学での授業導入時に活用することで、身近な事柄を視覚的に具体的な教示をし、学生に興味･関心を持たせることができ、学ぶ意欲を向上させるきっかけにもなる。
・教科書では理解しにくい機器の機構や動作、ロボットハンドの多くの事例が示されており、学生の理解が深まる。開発人材や利活用人材の育成につなげることができる。
・ロボットの産業現場を知るための産業現場見学会やインターンシップの事前学習等に活用することができる。
・動画を授業の導入や説明の中で活用し、学生にイメージをつかませやすくなる。
・これまで説明を簡単にしてきたところが、動画を見せることで、実際の現場で行われている作業を見せられるので、学生の理解を深められる。
・先端的な知識や技術を学ぶ貴重な動画である。

5. 中長期的展望に立った今後の取り組み

第 2 章では、「高専･工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果」を記載し、第 3 章では国内外における「ロボット人材育成の潮流」を調査、考察し今後の日本のロボット教育における示唆を明確にした。第 4 章では、「ロボット人材育成手法の開発と検証概要」を実施した。これらの結果をふまえて、5.1 章では「今後のロボット産業の長期的展望と今後の取り組み」、5.2 章では「高専、工業高校における中長期的展望と今後の取り組み」、さらに 5.3 章ではロボット人材育成を具現化するための「中期展望の体制とスケジュール」について記す。

5.1 ロボット産業の長期的展望と今後の取り組み

1.2.1 章の「社会が求めるロボット人材」で説明したように、モノづくりにおける Society 5.0 は、サイバーとフィジカルの融合、すなわちフィジカルにおける様々な情報を含むビッグデータをサイバー空間の AI で解析、最適化することにより、工場等生産現場における「自律ロボットを活用した生産性向上や多品種少量生産、ロボットによる省人化、ロボットによる熟練技術の継承」等多くのメリットを享受することができる。このように、Society 5.0 を具現化できればモノづくりにおける競争力の強化、人手不足の解消、多様なニーズへの対応等が可能となり、日本製造業をさらに活性化できる好機である。今後急速に進んでいくモノづくりにおける Society5.0 に対して、優秀な人材を輩出することが急務であり、その人材育成を産学官が連携して進めていく必要がある。

5.2 高専、工業高校における中長期的展望と今後の取り組み

ロボットに関しては 2020 年に設立された CHERSI において、CHERSI に参加している産業界と教育機関が連携して人材の育成の取り組みを開始、図 5.2.1 の「現状取り組み」にあるとおり、主として教育機関のニーズに対して産業界がシーズを提供する形で取り組みを進めてきているところである。ロボットに関しては CHERSI を中心として継続的に人材育成を進めていくことが重要であるが、この点について、本事業で実施した有識者による意見交換会での議論等を踏まえると、引き続き人材育成内容の具体化等を進め、産業界、教育機関と行政が双方向のつながりを持ち、共創関係を構築して、さらなる連携にむけて取り組んでいくことが望まれる。

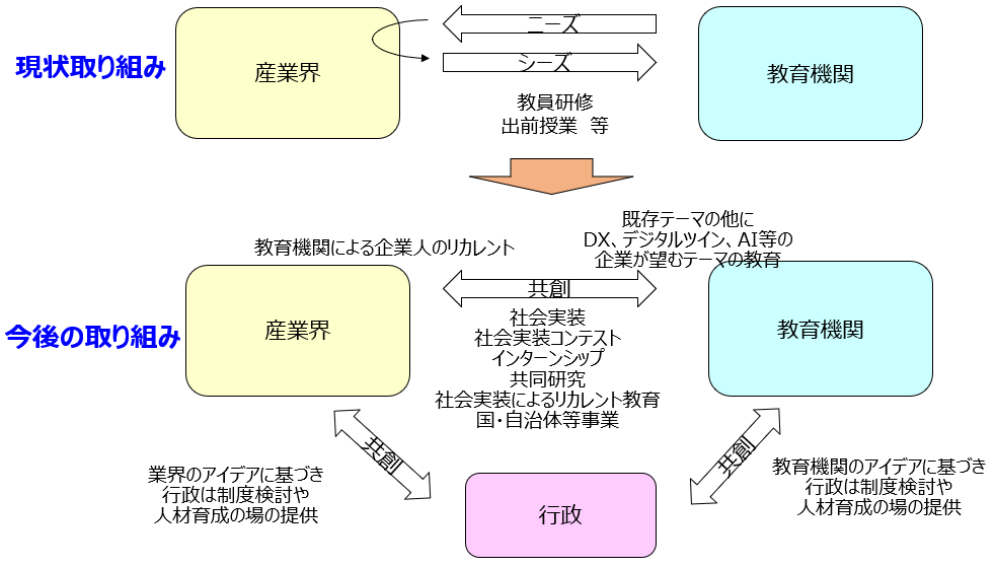


図 5.2.1 人材育成の現状と今後の取り組み

また、産業界と高専における共同教育について、COMPASS 5.0 ロボット拠点校である東京高専、北九州高専において図 5.2.2 に示す第 1 ステップ、第 2 ステップを実施し、第 3 ステップのカリキュラム作成まで進みつつある。しかし、両高専で実施している教員研修や出前授業は教育機関のニーズに対して産業界がシーズを提供する形で行われているものであり、産業界に対して教育機関が有する知見を提供する等の双方向の人材育成の観点についてはまだ取り組まれていない。

今後、この点についても取り組んでいくことが重要であり、具体的には出前授業、教員研修等において、教育機関が有する教育スキルを産業界へフィードバックする等により、産業界の研修担当者のリカレント教育につなげるような新たな取り組みを構築し、産業界、教育機関双方に有益となる構造にしていく必要がある。また、工業高校の夏季講習会等の取り組みについても可能性の検討を行う。

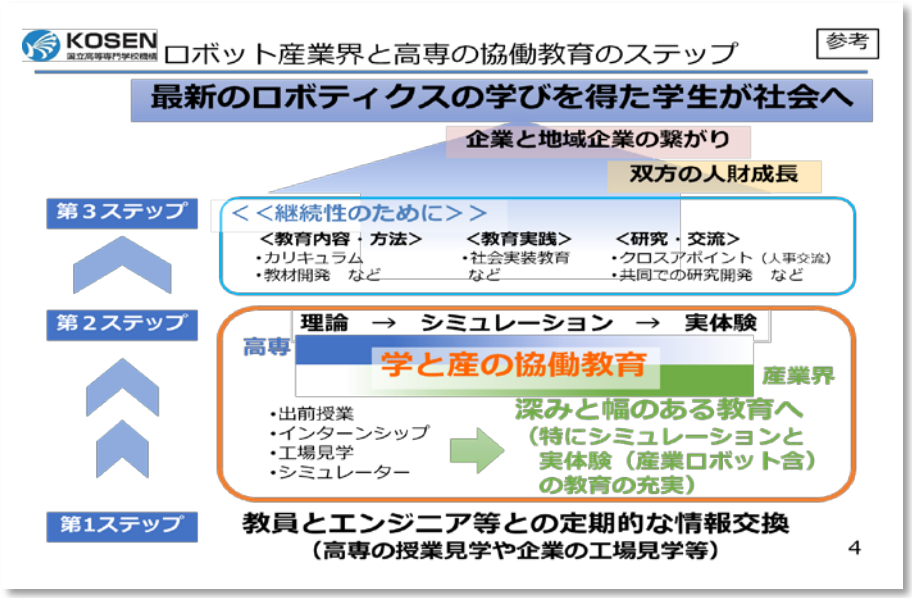


図 5.2.2 人材育成活動スキーム

5.3 中期展望の体制とスケジュール案

中期展望にたったロボット人材育成スケジュール案を図 5.2.3 に示す。今後 10 年後を見据えた長期展望は、例えば産業界と教育機関が参画する CHERSI のコアメンバ等を含めた有識者で構成される「社会実装教育研究推進委員会（仮称）」を CHERSI のサブグループとして設置し、議論を進めていくといった形での活動が考えられる。ここでは最終的な目標（KGI）を決定し、産官学で連携し主に社会や企業活動に直結するテーマについて議論することが考えられる。

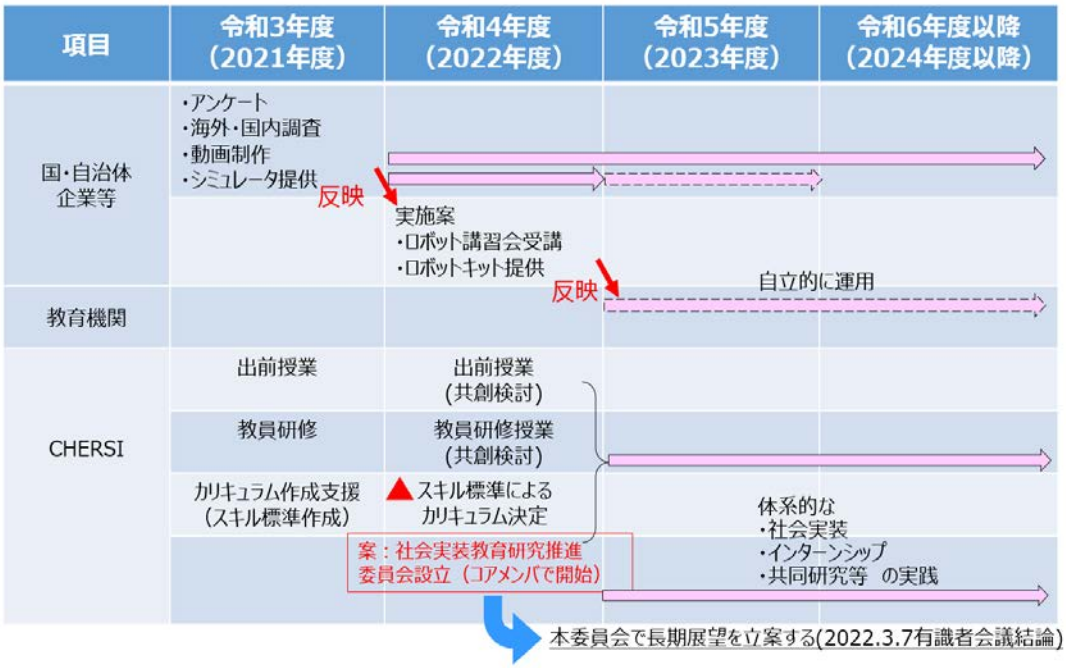


図 5.2.3 中期展望の体制とスケジュール案

説明
ロボット講習会：企業のロボット操作講習会
ロボットキット：簡易なロボットアームを適用し動作プログラミングを習得するツール
出前授業（共創検討）：企業エンジニアによる学生への授業と教育機関の教育スキルの企業へのフィードバック
教員研修（共創検討）：企業エンジニアによる教員への研修と教育機関の教育スキルの企業へのフィードバック

6. 結論

第 6 章は、第 1 章から第 5 章に記載した調査結果および試行等と検証結果について述べる。

6.1 概要

今回、日機連が NEDO の 2021 年度委託事業「ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材の効果的な育成手法に関する調査研究」の委託を受けて実施した結論の概要を述べる。

第 1 章では「調査概要」で、ロボット人材の育成が必要な社会的背景、社会や企業が求めるロボット人材像を明らかにした。また、本事業の内容や中長期的展望に立った今後の取り組みについて有識者を参集した意見交換会を開催し、その概要を記載した。

第 2 章では「高専・工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果」で、高専では、すべての学生に到達させる最低限の能力水準「コア」と、より一層の高度化を図る指針となる「モデル」を提示した。さらに COMPASS 5.0 ロボット分野が輩出するエンジニアの目標を明らかにした。工業高校に関しても、工業高校のロボット教育における課題と解決策について考察した結果を示した。

第 3 章では「ロボット人材育成の潮流」で、国内外の教育機関や企業、海外政府機関の教育コンテンツ・ツール等に係る情報収集を実施した。資格制度と人材育成情報の一元管理、プラットフォームロボットの活用等に関する結論を得た。

第 4 章では「ロボット人材育成手法の開発と検証概要（試行等と検証結果)」で、人材育成に関する教員、学生のアンケート結果は概ね相違は無く、人材育成に必要なツールに関しては社会で活躍する企業エンジニアによる出前授業、続いて、ロボット操作やシミュレータによる実体験と動画となっている。ロボットシミュレータ導入による調査では、既存 PC での運用、一斉講義や教育の質確保が可能、操作時の周辺装置との干渉レス等、ロボット実機と比較して導入障壁は低く実用的であることを明らかにした。教育動画開発による調査では、授業での活用、インターンシップや工場見学の事前指導の活用、教員の自己研鑽の活用等、幅広く活用可能であることを示した。

第 5 章では「中長期展望に立った今後の取り組み」で、ロボット産業ではモノづくりにおける Society 5.0 のサイバーとフィジカルを具現化できる人材輩出が急務。教育機関のニーズに対し産業界がシーズを提供する現状スキームでなく、産学官を含めた双方向のスキームへ改善する必要性について検討した。中長期展望にたったロボット人材育成について今後 10 年先を見据えた長期展望については、有識者による「社会実装教育研究推進委員会（仮称)」を設立し議論を進めていく方向性を示した。

6.2 結論

ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材、すなわちロボット人材の効果的な育成手法について関連動向等を調査し、実践的な試行等を通じて、人材育成手法を開発・検証することを目的とし、日機連が NEDO の 2021 年度委託事業「ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材の効果的な育成手法に関する調査研究」の委託を受けて実施した調査研究の結論について記す。

第 1 章では、本事業の「調査概要」で、ロボット人材の育成が必要な社会的背景、社会や企業が求めるロボット開発者やロボットシステムインテグレータを志す人材が習得を期待される専門分野技術や、経団連が新卒採用時に考慮する汎用技術能力も必要なことを明記した。また、本事業の内容や中長期的展望に立った今後の取り組みについて有識者を参集した意見交換会を開催し、その概要を記載した。

第 2 章では、「高専・工業高校におけるロボット人材育成の現状に関する調査結果」を記載した。高専ではモデルコアカリキュラムの「コア」として、「数学」「自然科学」「人文社会学」「工学基礎」といった技術者が共通で備えるべき基礎的能力と、「実験・実習」を含む専門分野別能力の到達目標を提示した。「モデル」として、「汎用的技能」や「態度・志向性（人間力)」「総合的な学習経験と創造的な思考力」といった技術者が備えるべき分野横断的能力の到達目標を示した。さらに COMPASS5.0 ロボット分野では、「多岐にわたる周辺技術・関連要素を総合的に見渡し把握する力(総合力)」、「対象となる現場・環境・社会に実装していく力(実装力)」、「RX×DX×オペレーションズ・マネジメント×経営”視点でクロスできるモノづくり人材」、「ロボット”を”作れるエンジニア（ロボット開発人材)」、「ロボット”で”作れるエンジニア（ロボット利活用人材)」の様な素養を有するエンジニアの輩出を目的に現在カリキュラム改善を検討している。

工業高校は、2020 年に CHERSI 等で実施した調査結果に基づき、ロボット教育の目的、学生の興味、充実したい教育内容、さらに現在のロボット教育における課題、解決策を明らかにした。ロボット教育を充実していくために、今後工業高校は基礎・基本の学習指導だけではなく、教員と学生が企業において最先端技術等が学べる様、学校と企業との連携強化の重要性を述べている。

第 3 章では、ロボット人材を効率的に育成するため、「ロボット人材育成の潮流」について、国内外の教育機関や企業、海外政府機関の教育コンテンツ・ツール等に係る情報収集を実施し、以下の知見を得た。

1)海外では人材育成と資格制度、また人材育成情報を一元的に管理し効率的に人材育成を進めているところがある。

2)海外・国内ともプラットフォームロボットの活用、教育プログラムとのパッケージを準備して、学生が効率的に学べる仕組みを整えているところが散見される。
3)海外・国内とも PBL（Project Based Learning）に参加している大学等はあるが体系的でないため、産業界のニーズも反映して進めることも一案である。

第 4 章では、「ロボット人材育成手法の開発と検証概要（試行等と検証結果）」について調査・検証を実施した。

先ず、人材育成に関するアンケート調査では、
1)高専はロボット開発者、利活用人材両面の人材輩出、工業高校は利活用人材輩出を想定しており相違が認められる。工業高校では、利活用人材のコンテンツが必要なことが明確となった。
２)教員、学生のロボット教育に関するアンケート結果、教育に関する意識も概ね両者に相違は無く、人材育成に必要なツールに関しては社会で活躍する企業エンジニアによる出前授業、続いて、ロボット操作やシミュレータによる実体験と動画となっている。

次に、ロボットシミュレータ導入による調査では、
1)シミュレータは、既存 PC での運用、一斉講義が可能であり教育の質を確保しながら効率的な教育が可能、操作時の周辺装置との干渉を考慮する必要もなく、ロボット実機と比較して導入障壁は低く実用的であることが明確となった。
2)座学ではできない実体験が可能であり教員・学生両方の評価が高い。
3)工業高校の活用方法として、ロボット操作、ティーチング、シミュレータ操作等 SIer で必要な技術習得を検討している。
4)シミュレータによるバーチャルな体験と、ロボット操作等リアルを体験する重層的な教育や、ロボット操作時の安全教育、また教育機関が導入しやすい安価な教育用ロボットシミュレータ開発に対する要望があった。

続いて、教育動画開発による調査では、
1)授業での活用、インターンシップや工場見学の事前指導の活用等幅広く活用可能である。
2)「ロボット開発者向動画」、「ロボット利活用人材向動画」とも、高専生の教育動画に対する難易度は中程度であり、ロボット基礎を学ぶ学生から就職の参考にする学生まで幅広く活用可能である。さらに教員の自己研鑽にも活用可能との意見である。
3)ロボット開発者に必要なスキルや SIer の業務の流れ、それに関係する企業エンジニアのインタビューに関して学生の評価が高く、学生にとって学ぶべき方向性や将来の就職に関連する企業エンジニアの示唆は有益である。

第 5 章では、「中長期展望に立った今後の取り組み」について検討し、
1)ロボット産業ではモノづくりにおける Society 5.0 としてサイバーとフィジカルを融合させ、それを具現化できる優秀な人材を輩出することが急務である。

2)現状の教育機関のニーズに対し産業界がシーズを提供するスキームでなく、産学官を含めた双方向のスキームへ改善する必要性がある。
3)中期展望にたったロボット人材育成スケジュールについては、令和 6 年度（2024 年度）までの大まかな方向性は有識者会議で決定したが、今後 10 年先を見据えた長期展望については、有識者で構成する社会実装教育研究推進委員会（仮称）を設立し議論を進めていく
等の方向性を示した。

6.3 提言

「ロボットの開発・導入・利活用に関わる人材の効果的な育成手法に関する調査・研究開発」の試行と検証結果ならびに結論より導き出された提言を以下に記載する。

(1) 短期的提言
提言 1：教育・実習ツールとしてロボットシミュレータが有効である。また、教育動画も効果が確認されており、人材育成にはこれらのツールやコンテンツを継続して活用すべきである。
提言 2：有識者で構成される社会実装教育研究推進委員会（仮称）を設立し、ロボット人材育成の長期的な展望を検討すべきである。

(2) 長期的提言
提言 3：ロボット人材育成は、産業界、教育機関、行政の共創関係で進めるべきである。
提言 4：教育モデルとして PBL（Project Based Learning）や社会実装教育、ロボット実体験等を取り入れ、学生の汎用的技能向上の取り組みを進めるべきである。

参考文献

*1　改革が進む欧州各国の 職業教育訓練と日本 日本においても職業教育訓練の総合的強化が急務 岩田 克彦
https://www.jil.go.jp/institute/zassi/backnumber/2010/special/pdf/054-067.pdf

*2　山内麻理『ドイツ職業教育訓練制度の進化と変容 ―二極化とハイブリッド化の兆し―』日本労務学会誌　Vol. 17 No. 2 :　37 － 55（2016）、p37, p48
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshrm/17/2/17_37/_html/-char/ja

*3　独立行政法人 大学改革支援・学位授与機構
『高等教育における職業教育と学位 ―アメリカ・イギリス・フランス・ドイツ・中国・韓国・日本の 7 カ国比較研究報告―』（2016）、pp130-131
https://niadqe.jp/wp/wp-content/uploads/2018/02/c002-1608-syokugyo.pdf

*4　科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター編 『日中の中高等職業教育制度』（2018）、p50
https://spc.jst.go.jp/investigation/downloads/r_2018_03.pdf

*5　日本市場参入目指し、進化する中国の物流ロボット （Xinhua News/AFPBB News 2019 年 6 月 7 日）
https://www.afpbb.com/articles/-/3228125

研究発表状況

研究発表・講演
イベント名：2022 国際ロボット展
開　催　日：2022 年 3 月 9 日（水）～3 月 12 日（土）
発　表　者：ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会
　　尾島正夫、長村朋典
タイトル：ロボットの開発、導入、利活用に関わる人材の育成手法に関する調査報告

付録

付録 1 「海外におけるロボット人材教育に関する調査」報告書.pdf

付録 2 「国内におけるロボット人材育成に関する調査」報告書.pdf

契約管理番号　21501677-0

一般社団法人日本機械工業連合会　御中

NTT DATA
Trusted Global Innovator

付録1
「海外におけるロボット人材教育に関する調査」報告書

株式会社NTTデータ経営研究所

2022/2/28

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

実施内容

背景

- 未来ロボティクスエンジニア育成協議会(CHERSI)設立以降、教員研修へ会員企業より講師を派遣。非常に有用な取組として受け止められており、その加速に向けた活動を模索
- ロボット関連の教育活動について、事例等を海外から収集。今後の活動の参考とする予定
- さらに、動画コンテンツの製作やアンケート等の実施を想定している
- 海外事例を参考として、国内ロボット関連の教育活動に最適なツール、およびコンテンツを提供することを目的とする

実施内容

- 主要国でのロボット教育コンテンツの概要を調査。CHERSIでの取組の参考となるよう情報を整理する
- 調査範囲は、米国、欧州(ドイツ、フランス、英国)、中国、デンマークなどを想定

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

調査概要

特徴的な取組等の事例収集

- 前頁で作成した一覧より、特徴的な事例や今後の未来ロボティクスエンジニア育成協議会(CHERSI)活動に参考となると考えられる事例を収集

調査対象国	事例
米国	• RAMTEC • A3 Robotics • ジョージア工科大学 • スタンフォード大学 • ノースイーストコミュニティカレッジ • ピンクニー高校、ハット高校、Hill Country College Preparatory High School • EPSPN America
欧州 (ドイツ、フランス、英国、デンマーク)	• インゴルシュタット工科大学 • ヴォルツブルグシュバインフルト応用科学大学 • 川崎重工業、デンソー • 国立先端技術学校ブルターニュ校(グランゼコール) • バーミンガム大学 • ロンドン大学 • 南デンマーク大学 • ユニバーサルロボットアカデミー　など
中国	• IMROBOTICS • ハルビン工業大学(HRG及び大学本体) • 上海交通大学 • 北京電子科学技術専門学校

※本調査では上記に加え、競技会等を活用している事例を一覧化している(P93～)

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国

背景

RAMTEC、A3といったトレーニングセンターや業界団体、企業によるトレーニングプログラム、大学による学位など、各所で多岐にわたる選択肢が展開されている。職業訓練として、大学院でのトレーニングが重視

事例概要

・組織 - RAMTEC、A3

・大学 - ジョージア工科大学、スタンフォード大学
(カリキュラム)
https://research.gatech.edu/robotics/ms-robotics-detailed-cirruculum
https://stanford.app.box.com/s/4bnwzk8oehq7sjus45vxsud6xu8ex4c2
→トレーニングとして、スタンフォード大学が学位なしの大学院レベルのオンライン教育を提供している(学位授与なし)。

・高校 - コンテスト等への参加活動を実施

・企業 - EPSON America

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国：RAMTEC

- RAMTEC （Robotics & Advanced Manufacturing Technology Education Collaborative）の事例：製造技術、トレーニング、産業ロボット工学の活用方法などの教育プログラムを提供
- 米国でも最大規模の総合的ロボットトレーニングセンター。多数の企業と教育機関をパートナーとし、産業教育を学生およびエンジニア向けに提供

（エンジニア向け）ファナック事例

ビジョンに関するトレーニングを実施（iRVision操作、プログラム）。32時間カリキュラム。1,935ドルで受講可能

OBJECTIVES	OBJECTIVES
– Safety	– Create Condition Monitoring
– Pretest	– Troubleshooting
– Frame programming & manipulation	– 2D Vision Process
– Vision Concepts and Lighting	– Advanced control structures
– Calibrate camera	– Develop language independent model
– Error Proofing	– Advanced Coding of programs
– Error & Fault Recovery	– iRVision software setup
– Overview of DCS	– System Variables
– Re-Mastering Robot	– Post Test

（学生向け）各ロボットメーカーの資格や単位取得が可能

2年間の教育プログラムとして、産業用ロボットのトレーニングを実施。地域にホンダ、NUCOR、Whirlpool、Yutaka、RotobWorx、Xigent Roboticsなどの企業があり就職先となっている

CERTIFICATIONS:

- Fanuc Handling Tool Operation & Programming (*6 points)
- Motoman FS100 Basic Programming W/Material Handling (*6 points)
- OSHA 10 (*1 point)
- Certified Solid Works Associate (*4 points)
- Universal Robots—Core Certification (*6 points)
- Fanuc,iRVision (*4 points)
- Lean Six Sigma—Yellow Belt (*3 points)
- Certified Additive Manufacturing—Fundamentals (*3 points)
- MSSC (*12 points)

College credits you can earn:

- 7 CCP Classes through MTC
- 17 College Credit Hours

出所 ： 図はいずれも https://www.ramtecohio.com/ より

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国：A3

■ A3（Association for Advancing Automation）の事例：

A3は、北米最大規模の自動化・ロボット化の業界団体として活動。トレーニングプログラムの他、業界で設定されている認定プログラムを提供している。

A3 CERTIFIED Robot Integrator

認定ロボットインテグレーターとしてA3が認定し、自動化を希望する企業へ紹介。インテグレーターとしてのスキルを認定すると同時に、マッチングサービスも併せて実施している

審査類型

Pre-Qualification： 事前資格審査

On-site Audit： オンサイト監査

Practical Assessment of Key Personnel：キーパーソンの実践的評価

Robot Safety Risk Assessment：ロボットの安全リスク評価

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国：A3

協働ロボット安全トレーニング、ロボット安全トレーニング等の教育プログラムを提供

ロボット安全トレーニング

◆ロボット安全性のレビュー
- 業界標準
- 安全要件
- 安全防護対策
- リスク評価
- 協働についての概念

◆標準的な安全要件
- ANSI / RIAR15.06-2012の要件レビュー
- ロボットについて
- ロボットシステムについて
- アプリケーションについて

協働ロボット安全要件

ISO/TS15066＊(TR R15.606)の導入

＊産業用ロボット単体につき、ロボットインテグレーション、設置、機能試験、プログラミング、運転、保守修理時の人への安全防護要件を規定。

◆協働アプリケーションの使用方法
- 安全機能による停止
- ハンドガイド(HG)
- 安全速度監視(SSM)
- 動力、圧力の抑制(PFL)

◆協働アプリケーションの条件
- ハンドガイド・安全速度監視

◆PFLロボットアプリケーションの条件
- 動力、圧力・接触・設計要素

評価トレーニング

◆テストと検証
- TR R15.806＊の導入

＊産業用ロボットとロボットシステムの安全要求、PFL協働アプリケーションについてのテスト方法を規定。

◆リスク評価
- RIA(Robotic Industries Association)テクニカルレポート TR R15.306＊についてディスカッション

＊タスクベースのリスク評価手法についてのテクニカルレポート(Task-based Risk Assessment Methodology)
- PFLアプリケーションにおける特別条件

出所 ：https://www.automate.org/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国：ジョージア工科大学

■ ジョージア工科大学の事例：MS In Robotics Program（ロボット工学修士プログラム）

ロボット工学修士プログラム

電気工学・コンピュータ工学、機械工学、航空宇宙工学、医用生体工学、インタラクティブコンピューティング、物理学の6つの学科が共同で提供しているプログラム。

36単位・4学期にわたるロボット工学の修士課程であり、専門的なキャリアで急速に成長する学際的なテクノロジーの課題に対応する上で必要な理論的知識と実践的なスキルを養成する。業界ですぐに使えるエンジニアと科学者を生み出すことを目的としている。

ロボット工学および自動化ソリューションの設計と開発に関わり、ロボット工学や工場の自動化に関心のあるグローバル企業から高い需要を有している。

初年次秋学期（10単位）：
ロボット工学研究入門（3単位）
ロボティクスプロフェッショナルの準備（1単位）
ロボット工学基礎コース（3単位）
ロボット工学選択科目（3単位）

初年次春学期（10単位）：
ロボティクスプロフェッショナルの準備（1単位）
ロボット工学基礎コース（3単位）
ロボット工学基礎コース（3単位）
自由選択科目（3単位）

初年次夏期（0単位）：
インターンシップ（0単位）

2年次秋学期（7単位）：
Robotics Capstone（3単位）
ロボティクスプロフェッショナルの準備（1単位）
ロボット工学の選択科目（3単位）

2年次春学期（9単位）：
Robotics Capstone（3単位）
ロボット工学選択科目（3単位）
自由選択科目（3単位）

出所 ：
https://research.gatech.edu/robotics/ms-robotics-program
https://research.gatech.edu/robotics/ms-robotics-detailed-cirruculum

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国：スタンフォード大学

■ スタンフォード大学：ロボット工学及び自動化システム

大学院レベルのNon-Degreeプログラム

学習内容
・状況を認識・計画・判断できる自律型ロボットを構築する方法
・不確実で動的な環境向けの堅牢な意思決定システムを設計する方法
・人々と協力し、人々を効果的かつ安全に支援できるシステムを作成する方法

応募対象
・ロボット工学と自律システムの深い専門知識の開発に関心のあるエンジニアやその他の技術専門家。

前提条件
・3.5以上の学部GPAで授与された学士号
・大学レベルのプログラミング、微積分、線形代数、確率の基礎、確率論、統計学

修了までの期間
平均1～2年（最大3年まで）

ロボットを実験室から現実の世界に持ち出すとどうなるか、人間とシームレスに対話し、絶えず変化する不確実な世界を安全にナビゲートする自律システムをどのように作るか。ロボット工学および自律システムのGraduate Programでは、動的環境で安全かつ効果的に相互作用するロボットおよび自律システムを設計するために使用される方法とアルゴリズムを学習する。このプログラムは、自動運転車やドローン、ロボットによる惑星探査、空中監視システム、さらには都市交通ネットワークや航空交通管制システムの設計と調整など、多くの新興分野に関連している。

（注：大学院レベルでオンライン教育を行うNon-Degreeプログラムのため、スタンフォード大学のGraduate Certificate[卒業証明]は発行されるが、学士や修士などの学位は授与されない。計算機科学や機械工学などではオンラインの修士課程が存在するが、ロボット工学では確認できなかった。）

出所 ：
https://online.stanford.edu/programs/robotics-and-autonomous-systems-graduate-program
https://online.stanford.edu/graduate-education-tuition-admission
https://stanford.app.box.com/s/4bnwzk8oehq7sjus45vxsud6xu8ex4c2

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国: The Northeast Community College

The Northeast Community College - Machining and Manufacturing Automation

- 座学、および実地指導を通して、溶接、製造、精密測定、機械加工、コンピューター数値制御(CNC)や産業用ロボットなどの操作とプログラミングに関する教育を実施
- 業界で認められた資格を取得できることから、雇用に結びつく教育プログラムが主。サーティフィケート、およびディプロマが発行されるため、当該領域におけるスキルの証明として活用できる

Recommended Core Courses

Core		17 Credit Hours
Course Number	Course Name	Credit Hours
INDT 1015	Introduction to Manufacturing	2
INDT 1025	Introduction to Industrial Safety	2
INDT 1055	Print Reading for the Industrial Trades	2
INDT 1065	Manufacturing Technologies and Measurement	2
INDT 1150	Machining Fundamentals	2
INDT 1160	Machining Fundamentals Lab	2
INDT 1170	Introduction to Total Quality Management	2
MATH 1020	Technical Mathematics I	3

コアコース(サーティフィケート)

Recommended Core Courses

Core		34.5 Credit Hours
Course Number	Course Name	Credit Hours
INDT 1015	Introduction to Manufacturing	2
INDT 1025	Introduction to Industrial Safety	2
INDT 1040	Industrial Process Dynamics	2
INDT 1055	Print Reading for the Industrial Trades	2
INDT 1065	Manufacturing Technologies and Measurement	2
INDT 1085	Industrial Maintenance Fundamentals	3
INDT 1140	Metrology	2
INDT 1150	Machining Fundamentals	2
INDT 1160	Machining Fundamentals Lab	2
INDT 1170	Introduction to Total Quality Management	2
INDT 1180	Computerized Manufacturing Technologies Theory	1
INDT 1190	Computerized Manufacturing Technologies Lab	1
INDT 1200	Fabrication Fundamentals Lab	2
INDT 1230	Manufacturing Technology Applications	1
INFO 1000	Basic Computer Applications	2
MATH 1020	Technical Mathematics I	3
WELD 1010	Related Welding	0.5
WELD 1020	Related Welding Lab	1

コアコース(ディプロマ)

出所 : 左図 https://northeast.edu/degrees-and-programs/machining-manufacturing-automation/certificate より
右図 https://northeast.edu/degrees-and-programs/machining-manufacturing-automation/diploma より

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国:Pinckney High School

■ Pinckney High School - Engineering and Robotics

ピンクニー高校では、ロボティクスプログラムにて、エンジニアリングカリキュラムを提供

<u>カリキュラム概要</u>

幅広い分野を体系的に学習。
ー ロボット工学:学生がプログラムと操作の方法を学ぶ。20の産業用ロボットアームあり
ー コントローラー:電気空気圧機械制御のためのアレン・ブラッドリーとモディコンPLCを利用

ー センサー :ロボットアームとPLCコントローラを「SMART」にするために、さまざまな接触(限界スイッチ)、非接触(近接および光学)、プロセス監視(ビジョンシステム)センサーを組み込む方法を学ぶ

ー CAD / CAM / CNC - デザイン・3Dプリンタ・コンピュータ数値制御ミルと旋回を作成するため、コンピュータ支援設計ソフトウェアを使用してデザインを実際のコンポーネントに変換

■ 教材

- SCORBOT、PUMA、ADEPTおよびMITSUBISHI社製のロボットを利用。SCROTBOTはプログラミングと配線が簡易であるため、トレーニングの選択肢として有用との紹介あり
- さらに、学生には様々なコンテストへ参加し、その設計プロジェクトに基づいて奨学金等を申請することが勧められている

テキスト:Introduction to Robotics in CIM Systems, 3rd edition, James A. Rehg, Prentice Hall
出所 : https://pinckneyrobot.weebly.com/mechatronics.html https://pinckneyrobot.weebly.com/robots.html

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国:Hutto High School

Hutto High School

- ロボット工学コースにてSTEMエンジニアリング教育を実施している公立高校。2段階のクラスが用意されている。
- 2段階の内、最初のカリキュラムのみ情報が公開。網羅的に学ぶ内容となっている。プロジェクトベースでのコースにて、年間を通じて、個人、パートナー、グループでのプロジェクトがある旨の記載あり

1年目の年間カリキュラム

1st 6-weeks – The Robotics Profession, Safety, Robotics Team Roles, Robotics and Patent, Programming for Time, Programming using Shaft Encoders & Potentiometers

2nd 6-weeks – Robotics Careers, Programming Functions & Variables and Remote Control Operations

3rd 6-weeks – Robotics Evolution, Robotics Design Process, Programming using Light & Ultrasonic Sensors

4th 6-weeks – Team Structure & Leadership, Robot Structural Systems, Construction of Robot Parts: The Gripper

5th 6-weeks – Construction of Robot Parts: The Wheel, The Body, The Vertical Column

6th 6-weeks – Construction of Robot Parts: The Arm, Tooling, and Dynamics

出所 ： https://www.hipponation.org/Page/7339

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国: Hill Country College Preparatory High School

■ Hill Country College Preparatory High School

- 大学レベルのコースワークを備えた学習プログラムを標榜しており、プロジェクトベースのプログラムを用意

参考(ロボット工学のカリキュラム　コースガイドより)

◆ロボット工学I　: 9th grade - 12th grade (高校生レベル)
単位時間:1年間通年
推奨される前提条件:
プロジェクトベースでの環境下で、アカデミックスキルを、設計実装を通じてコンポーネント設計に移すことができる。学生はプロトタイプを作成するか、シミュレーションソフトウェアを使用して設計をテストできる。 さらに雇用主の期待およびロボット・自動化業界における教育ニーズを踏まえてキャリア機会を探求する。

◆ロボット工学II:10th grade - 12th grade (高校生レベル)
単位時間:1年間通年
推奨される前提条件:ロボティクスI を修了していること。
RoboticsIIでは、ロボットおよび自動化業界における人工知能とプログラミングを探求する。プロジェクトベースでの環境下で、アカデミックスキルを、設計実装を通じてコンポーネント設計に移すことができる。学生はプロトタイプを作成し、ソフトウェアを使用して設計をテストする。
このコースでは、数学の卒業要件を満たすことができるが、他のSTEMコースで求められる高度な数学は必要ないが、GPAとランクは計算されない。

出所 : https://4.files.edl.io/d1a6/01/24/22/232835-d87c7dc3-cd0c-4403-89f6-d3f414efadad.pdf

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国: EPSON America

- EPSON America の事例:プログラミングからメンテナンスまで、トレーニングコースが用意されている。

ロボットメンテナンスのコースでは、以下のようにロボット別のトレーニングが組まれ、カリフォルニア州カーソンにて実施される。

G Series (SCARA) - G1, G3, G6, G10, G20
RS Series (SCARA) - RS3, RS4
T Series (SCARA) - T3
LS Series (SCARA) - LS3, LS6, LS20
N2 (Six Axis) N2
C3 (Six Axis) - C3
C4 (Six Axis) - C4, C4L
C8 (Six Axis) - C8, C8L, C8XL
S5-Series (Six Axis) - S5, S5L
EZ Modules (Linear Modules) - All

出所 : https://epson.com/Support/wa00850

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

欧州

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

欧州

背景

ドイツ、フランス、英国について、ロボット工学の専攻を置く大学を中心に、
企業や団体が提供するトレーニングの事例を取り上げている。

事例概要

ドイツ：
・大学 - インゴルシュタット工科大学、国際応用科学大学、コーブルク大学、ミュンヘン工科大学
　　→インゴルシュタット工科大学と国際応用科学大学には「デュアルスタディプログラム」があり、
　　フルタイムで就労中の社員に学士号の学位取得の機会が用意されている。
・企業 - カワサキロボティクス、デンソーロボティクスヨーロッパ

フランス：
・大学 - ソルボンヌ大学、国立先端技術学校ブルターニュ校（グランゼコール）
・企業 - イゼール産業貿易トレーニングセンター
　　→大学とトレーニングセンターでロボティクスが教育されている。

英国：
・大学 - バーミンガム大学、ロンドン大学クイーン・メアリー校、キングスカレッジロンドン
　　→年限が日本と異なり、学士課程が3～4年、修士課程は1年である。
・企業 - PPMAアカデミー

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

事例概要

（カリキュラム）

ドイツ：
インゴルシュタット工科大学
https://www.thi.de/en/electrical-engineering-and-information-technology/degree-programmes/robotik-beng

国際応用科学大学
https://www.iu.org/bachelor/robotics/

コーブルク大学
https://www.coburg-university.de/academic-studies/degree-programs-in-german/technology-science-and-computer-science-bachelor/automation-technology-and-robotics.html

ミュンヘン工科大学
https://www.in.tum.de/en/for-prospective-students/masters-programs/robotics-cognition-intelligence-msc/curriculum/

フランス：
ソルボンヌ大学
https://www.1jeune1solution.gouv.fr/formations/master-mention-automatique-robotique-parcours-ingenierie-des-systemes-intelligents?page=26

国立先端技術学校ブルターニュ校（グランゼコール）
https://www.ensta-bretagne.fr/en/autonomous-robotics

英国：
バーミンガム大学
https://www.birmingham.ac.uk/undergraduate/courses/eese/mechatronic-robotic-engineering-beng.aspx

ロンドン大学クイーン・メアリー校
https://www.qmul.ac.uk/undergraduate/coursefinder/courses/2022/robotics-engineering/

キングスカレッジロンドン
https://www.kcl.ac.uk/study/postgraduate-taught/courses/robotics-msc

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

Technische Hochschule Ingolstadt(THI - インゴルシュタット工科大学):ロボット工学士 1/2

ロボット工学士

Degree
・Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Duration
・7 Semester

Start of studies
・Winter

Dual Study
(デュアルスタディプログラム:後述)

Language
・German

ロボット工学士号課程の目標は、ロボットの設計、構築、操作、使用のための学際的な知識と方法、およびロボットの制御、感覚フィードバック、情報処理のための電気および情報システムの実践指向の教育にある。
科学的知識と方法。技術的能力に加えて、人格形成とリーダーシップの資質を促進するために社会的および方法論的スキルが教授される。インターンシップ、ゼミ、プロジェクトで習得した社会的スキルにより、学生はチームの一員として働いたり、プロジェクトグループを率いる。
これは、産業生産における自動化、デジタル化、ネットワーキングのための自律的なメカトロニクスシステムの開発と展開の分野での独立した専門的活動に関わり、医療技術や個人のロボット支援などの他の社会的に関連する分野にもつながる。

出所 : https://www.thi.de/en/electrical-engineering-and-information-technology/degree-programmes/robotik-beng

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

ドイツ

■ Technische Hochschule Ingolstadt(THI - インゴルシュタット工科大学):ロボット工学士 2/2

デュアルスタディプログラム

学術研究と職業訓練や企業での実務経験の組み合わせ。実用性の高さにより、ドイツで非常に人気がある。
デュアルスタディプログラムを活用すると、学習中に貴重な実務経験を積むことができ、後で労働市場でのチャンスを大幅に向上させることが出来る。
THIが提供するすべての学位コースは、デュアルプログラムとして学ぶことが可能である。
(ロボティクス分野は学士課程のみ)

(デュアルスタディプログラムへの出願例)

受講者が出願申請書類は常に会社に直接送付する必要がある。それに加えて、通常の申請期間(5月2日から7月15日)に工科大学に出願する必要がある。ここでは、THIでの申請プロセスがどのように機能するかについて詳しく解説する(海外からの応募者は、ドイツ語の知識に関して何が必要かを事前に会社に問い合わせを推奨している。大多数の企業は、申請者に非常に優れたレベルのドイツ語の読み書きスキルを要求される)。

【流れ】
・職業訓練と併せて勉強したい学士号プログラムを選択。
・利用可能なすべてのデュアルスタディコースの概要については、データベースを確認する(注:デュアルスタディのドイツ語は「Verbundstudium」である)。
・希望する学習プログラムでTHIと協力している会社の研修場所に早期(研修開始の6～15か月前)に申請する。
・THIへの申請書の送付期間は、研修開始年度の5月2日から7月15日まで。これは、勉強を始める1年前に大学への入学を確保できることを意味する。
・トレーニング契約の認証済みコピーを、THIへの出願書類と同封して送付。入学を許可されると、入学通知が届く。この通知は、翌年、2回目の申請で再度提出する必要がある。 2回目の申請は、就学が開始される年の5月2日から7月15日の期間に大学に提出される。

出所 : https://www.thi.de/en/studies/degree-programmes/dual-studies/applying-for-dual-studies

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

ドイツ

- International University of Applied Sciences(国際応用科学大学):ロボット工学士

ロボット工学士

STUDY MODEL
- Bachelor of Engineering (B.Eng.)
- 180ECTS - English - Online
- Study format: Online

DURATION OF STUDY
- 36 months
- Part time models available

STUDY FEES
- From **75 euros** per month

ADMISSION
- Scholarship Programme Options
- High School Certificate
- English Skills

国際応用科学大学のロボット工学士号は、機械、電気、制御工学のノウハウと、コンピューターサイエンス、データサイエンス、人工知能の基礎を組み合わせ、36ヶ月6セメスターからなる。

理論・原理と実践的なプロジェクトを通じ、ロボット工学のスペシャリストとしてのキャリアを築くために必要なすべてのスキルを身に付ける(オンラインで提供)。

同プログラムは、関連する技術スキル、実践的な経験、および最新のテクノロジーと業界のトレンドに関するコンテキスト知識を備えている。ロボット工学の基礎とIoTおよび自動化に関し、専門家たりうる強固な基盤を養成する。

出所 : https://www.iu.org/bachelor/robotics/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

ドイツ

■ 教育制度の前提知識：デュアルスタディプログラム
→ アビトゥーア（大学進学資格）保有者向けと、非保有者向けかつフルタイム就労中社員向けのコースあり

プログラム名	取得学位・資格・ 所要期間	対象者	要件
Ausbildungsintegrierende duale Studieng ä nge（教育統合型二元学習プログラム）	学士号の学位とIVET*資格の両方 3～4年程度	アビトゥーアを保有する 職業訓練未経験者	まず，企業と研修契約を結ぶ
Praxisintegrierende duale Studieng ä nge（実習統合型二元学習プログラム）	学士号の学位，IVET資格 は取得しないプログラムもある 3年程度	アビトゥーアを保有する 職業訓練未経験者	まず，企業と研修契約を結ぶ
Berufsintegrierende duale Studieng ä nge（職業統合型二元学習プログラム）	学士号の学位のみ 3～4年程度	IVET修了者で アビトゥーア保有者	パートタイムで就労中の社員であること
Berufsbegleitende duale Studieng ä nge（定時制二元学習プログラム）	学士号の学位のみ （ディスタンスラーニングに近いが，企業に協力義務がある）	アビトゥーア保有者と 非保有者の両方	フルタイムで就労中の社員であること

*IVET: 初期職業教育訓練制度(Initial Vocational Education and Training)。デュアルシステムは，従来， 9年間の全日制就学義務を終えた若者が職場で職業訓練を受けながら，訓練先企業周辺の職業 学校で学ぶことができるIVETの最も一般的な仕組みである。

出所 ： 山内麻理『ドイツ職業教育訓練制度の進化と変容 ―二極化とハイブリッド化の兆し―』日本労務学会誌 Vol. 17 No. 2：37 – 55(2016)、p37, p48
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshrm/17/2/17_37/_html/-char/ja

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

■ Coburg University(コーブルク大学):自動化技術及びロボット工学領域(学士号)

ロボット工学領域

Bachelor Program:
・Automation Technology and Robotics B.Eng.
Degree:
・Bachelor of Engineering (B.Eng.)
Program structure:
・7 semester fulltime (incl. required internship semester), 210 ECTS
Program start:
・winter semester (October 1)
Requirements:
・general matriculation standard, subject-specific matriculation standard or technical college certificate; no admission restrictions (NC)
Accreditation:
・accredited by Acquin
Instruction language:
・German (level C1 required)
Department:
・Electrical Engineering and Computer Science

(注:自動化技術との組み合わせ)
　生産プロセスの自動化は、ドイツのすべての産業部門にとって重要な競争要因である。自動化技術とロボット工学に関する十分な知識を持つ電気技術者は、生産の品質と効率の継続的な改善に大きく貢献している。
　したがって、彼らはこれまで以上に需要がある。 実用的なオリエンテーションプログラムは、専門的な実践の要件のために特別に設計されており、学生は他の学術プログラムの学生とチームと協働でスキルを訓練します。産業パートナーとの特定のプロジェクトは、学生が自信を持って成果を提示し、実社会で応用可能となるよう挑戦していく。

出所 :https://www.coburg-university.de/academic-studies/degree-programs-in-german/technology-science-and-computer-science-bachelor/automation-technology-and-robotics.html

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

ドイツ

Technical University of Munich(ミュンヘン工科大学):ロボット工学領域(修士)

ロボット工学の修士課程概要

Degree:
・Master of Science (M.Sc.)
Program Length:
・4 semesters
Program Start:
・Summer or winter semester
Language of Instruction:
・English and Germans
Required language proofs:
・English and German
Fee per semester:
・**147.00 Euro** for students in Munich, Garching and Weihenstephan,
・**62.00 Euro** for students in Straubing,
・**92.00 Euro** for students in Heilbronn.

ロボット工学、コンピュータービジョン/センサー融合、および認知科学を融合させるカリキュラムである。
モビリティと知覚、推論、アクション生成を組み合わせたますます複雑化する技術システムに移行するにつれて、エンジニアは、これらすべての分野の基本を完全に学際的に理解し、それらの相互関係とアプリケーションに通じる。ロボット工学、認知、知能の修士号が提供する内容は、これら専門領域である。
ロボット工学、認知、知能の修士号は、4セメスターにわたって英語とドイツ語で教えられ、詳細な実践的なトレーニングの理論的および系統的な基礎を形成するモジュールで構成されている。
また、情報学、機械工学、電気工学の側面についても学び、必修科目に加えて、選択科目、上級セミナー、必修インターンシップ、および専門的な実践的なトレーニングを受講する。

出所 : https://www.in.tum.de/en/for-prospective-students/masters-programs/robotics-cognition-intelligence-msc/curriculum/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

ドイツ

■ ヴォルツブルグシュバインフルト応用科学大学　ー　ロボット工学士

企業等とも連携し学生にインターシッププログラムを提供するなど、業界ニーズに近いカリキュラムを編成。教育プログラムとしては、コンピューターサイエンス分野に力を入れたカリキュラムとなっている

プログラム編成の概要

Degree
・Bachelor of Engineering (B. Eng.)
Duration
・7 /Semester
Start of studies
・Winter (Oct.1～)
Language
・German/English

◇学期1-4

・基礎講義
工学、コンピュータサイエンス、数学
・応用ロボット工学
ロボットの開発と応用に関するワークショップ、実験室での実験、ソフトウェアツールへの誘導
・選択科目
メカトロニクスシステムシミュレーション/開発プロセスと法的枠組み

◇学期5

インターンシップにて、ロボット工学エンジニアの役割を担い、ロボット工学に興味を持つ企業で専門的な経験を積む。多くの学生はインターンシップの機会を利用して、卒業後の就職先を確保。

◇学期6＆7

3つの異なる分野から専門（産業用ロボット/モバイルロボティクス/ヒューマノイドとサービスロボティクス）を選択。プロレベルで実践的な仕事に取り組む。事業開発・スタートアップの可能性を実現する方法も教示する。

・選択科目
3Dマシンビジョン/ディープラーニング/ロボットプログラミング/高度なロボットキネマティクス

出所 ：https://www.fhws.de/en/、https://studium-robotik.fhws.de/en/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

ドイツ

- カワサキロボティクス(現地法人):ロボティクス関連のトレーニングが開講されている。

以下のようなコースが用意されており、内容は多岐に渡っている。

- Operation Training
- Basic Training Programmings
- Advanced Training Programming
- Simulation Training K-ROSET
- Electrical Maintenance
- Option Training Course

同社は生涯にわたる学習として「カワサキロボティクスアカデミー」を位置づけている。
インタラクティブな技術製品のトレーニングを通じ、経済的に成功した自動化ソリューションをアカデミー参加者が効果的かつ効率的に実装できることを主眼に置く。
企業の長期的なグローバルの競争力を革新し、より高い生産性、 製品の品質と労働安全を個別学習の目標として据えている。

出所 : https://kawasakirobotics.de/academy/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

ドイツ

- デンソーロボティクスヨーロッパ(現地法人): ロボティクス関係のトレーニングコースが開講されている。

DENSO
Crafting the Core

DENSO Training Courses

OPERATOR TRAINING
Robot System with RC8A Controller
Robot / Operating
Targeted Personnel: Robot Operators

BASIC TRAINING
Robot System with RC8A Controller / Robot Software WINCAPS III
Robot / Operating / Programming
Targeted Personnel: Robot Operator / Programmer

ADVANCED TRAINING
Robot System with RC8A Controller / Robot Software WINCAPS III
Robot / Programming / Interfaces
Targeted Personnel: Programmer [DENSO Basic Training is a pre-requisite]

MAINTENANCE TRAINING
Robot System with RC8A Controller/ Robot Software WINCAPS III
Robot / Controller / Components
Targeted Personnel: Maintenance / Operator
Seminar Duration: 1 Day 4axis and 1 Day 5/6axis DENSO Training Centre

COBOTTA WORLD TRAINING
Robot / Robot Software Cobotta World
Robot / Controller / Programming
Targeted Personnel: Robot Operator

COBOTTA BASIC TRAINING
Robot / Robot Software WINCAPS III
Robot / Controller / Programming
Targeted Personnel: Robot Operator / Programmer

オペレーター向けから、ベーシック及びアドバンストコース、メンテナンス、COBOTTA(コボッタ;自動化用の人協働アーム型ロボット)までカバー。ドイツのオフィスにて、ドイツ語と英語で開講されている。

出所 : https://www.densorobotics-europe.com/customer-support/support-maintenance/training

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

フランス

■ ソルボンヌ大学修士課程：「インテリジェントシステムエンジニアリング」(ISI)標準コース

ISI 標準コース(修士号)

目標:
ソルボンヌ大学が発行する「インテリジェントシステムエンジニアリング」(ISI)標準コースは、「科学、技術、健康」の修士課程であり、ロボット工学を対象とした1年または2年にわたる学習コースである。

センサーの設計から最高レベルの情報処理まで、システムと機械の開発と実装は、雇用需要の高いセクターのメーカーの高まるニーズに応える。
このコースの目的は、マルチモーダルインタラクション、画像と音声の理解、インテリジェントシステムの設計、コンピューティング、電子機器、機械工学、ロボット工学のインターフェースの分野での研究開発について学生を訓練する。
卒業生はエンジニアになるスキルを有する。

領域	学習内容
デジタル信号処理 プログラミング	コミュニケーション、プロジェクトの方法論、技術英語、設計適用品質、オフィスIT・保守サポート、電気的認定
線形制御	状態または周波数表現での線形制御システムの分析
ロバスト制御ランダム信号	信号処理に必要なツール、ノイズ、1次および2次のモーメント、ランダムプロセスのフィルタリングとランダムプロセスのスペクトル分析
ロボット工学	さまざまなタイプのロボットシステム概要、キネマティックモデリング、センサー概論、制御および認識アーキテクチャの概要Pythonオブジェクトプログラミング Pythonでのプログラミングの基本。オブジェクト指向プログラミング、クラスとオブジェクト、ヘリテージイングリッシュビジネスミッションプロジェクト管理入門

出所 ： https://www.1jeune1solution.gouv.fr/formations/master-mention-automatique-robotique-parcours-ingenierie-des-systemes-intelligents?page=26

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

フランス

ENSTA Bretagne：国立先端技術学校ブルターニュ校（フランスのグランゼコールの1つ）

Autonomous Robotics専攻(修士号)

概要：
この専攻を選択した学生は、あらゆる種類の環境(海、陸、空)で使用するロボット、特にモバイルロボットの設計、構築、プログラミング、および操作を学ぶ。

卒業生は、研究所や大企業や新興企業で、エンジニアリングのキャリア(コンサルティング、研究開発、設計など)を得ることができる。

学生は数多くの応用プロジェクトに取り組むことができる。プロジェクトは、ロボットの設計と構築、調整などに焦点を当て、ENSTA Bretagneの学生は、フランス国内外で数多くのロボット競技会に参加している。

本専攻の学生は、アンジェ大学の複雑系工学の修士号(動的システムと信号トラック)を選択できる(講座は全てBrestで展開)。このダブルディグリー課程は、博士号を取得したい学生に推奨されている。

領域	内容
学習する内容	電子工学、機械工学、設計、寸法規則、ラピッドプロトタイピング、機械加工方法(3Dプリンター、成形、フライス盤、旋盤など)、マイクロコントローラー、パワーエレクトロニクス、ワイヤレス通信システム、慣性ユニット、位置決めシステム(GNSS、USBL)、ソフトウェア、プログラミング、C++、ヒューマン/マシンインターフェース、ミドルウェア、シミュレーション、ビジョン、ローカリゼーション、制御、ミッション計画、最適化など
研究分野	自動化(制御設計)、コンピューターサイエンス(アルゴリズム、言語、ミドルウェア)、知覚(ビジョン、機械学習)、人工知能(学習、ロジック、制約プログラミング)、モデリングとシミュレーション(コンピューター上でのロボットのシミュレート。仮想現実と拡張現実を使用)、ナビゲーション(慣性、状態オブザーバー、カルマンフィルター、間隔)、力学(ニュートン・ラグランジュ、3Dプリンター、デジタルモデル)、ガイダンス(経路の計画、障害物の回避、調整)、実験(設計と運搬。事故を起こさないロボット実験)

出所 ： https://www.ensta-bretagne.fr/en/autonomous-robotics , https://www.ensta-bretagne.fr/sperob/

フランス

1er centre de formation aux metiers des industries en Isere(イゼール産業貿易トレーニングセンター)

トレーニング：産業用ロボットのCQPM統合マネージャー

Certificate
・CQPM(共同冶金資格証明)
Level
・BAC(バカロレア取得)
条件
・産業メンテナンス、電気工学、設計、機械工学、自動化の分野で必要なレベルのBAC+2の技術または経験
期間
・65日間(12か月にわたる)

本プログラムは、製造プロセスに関するロボットソリューションの調査、統合、および開発を実行する。参加者は、ロボットソリューションの設計または改善を目的として、生産ツールの技術的、機能的、およびパフォーマンス特性を分析する責任を有する。

ロボットソリューションの研究
・製造プロセスのロボット化の要件・技術仕様、機能仕様
・ロボット化ソリューションの技術
・SIやサプライヤーと協業し、技術的・経済的データを統合

ロボットソリューションの統合
・ロボティクス統合ソリューションの実装
・さまざまなフェーズでのロボットシステムのステータス確認
・ロボットシステムのユーザーへの技術支援

大枠	トレーニング内容
部門の枠を超えたモジュールの整理、管理(182h)	コミュニケーション、プロジェクトの方法論、技術英語、設計に適用される品質、オフィスIT・保守サポート、電気的認定
研究と技術的実現(273時間)	プログラムアーキテクチャ設計、プログラム設計方法、JAVAプログラミングなど
産業用ビジョン	ビジョンアプリケーションの選択、ビジョンとロボットのリンク
機械の安全性	基準と指令、リスク分析とリスク低減
自動化	速度変動、数値軸、産業用プログラマブルロジックコントローラー(PLC)
産業用ネットワーク	PLCおよびロボットでのネットワークの実装
ロボットシステムの研究と実現可能性	顧客のニーズの分析、オフラインプログラミング
ロボットプログラミング	STÄUBLI、FANUC、ユニバーサルロボット、KUKAプログラミング
高度な機能・その他	エラー処理・追跡、試運転、コラボレーティブロボティクス

出所 ： https://www.formation-industries-isere.fr/fiche-formation/post/cqpm-charge-e-d-integration-en-robotique-industrielle

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

英国

■ バーミンガム大学

メカトロニクス及びロボット工学（学士号）

メカトロニクスおよびロボット工学の学士課程は、機械工学、コンピューター工学、電子工学および電気工学を組み合わせて、インテリジェントテクノロジーの設計と展開の課題に対処する。強固な理論と実践のスキルを習得し、グローバルに専門家と協働していく。

電子、機械、およびコンピューターテクノロジー及び、それらの応用分野と連続性のある領域とともに、物理学と数学の原理について確固たる基盤を提供する。

プログラムの卒業生は、ロボット工学、物流、医療技術、高度な製造および宇宙技術、研究開発、製品設計で成功するために必要な、メカトロニクスとソフトウェアの統合スキルを兼ね備える。

領域	学習内容
1年次	電気工学1(20単位)、工学材料(10単位)、工学数学1(20単位)、流体力学とエネルギー伝達(20単位)、統合設計プロジェクト1A/1B(20単位)、エンジニアのためのコンピューティング入門(10単位)、力学1(20単位)
2年次	デジタル電子機器および電気機械(20単位)、電子回路およびデバイスと電磁気学(20単位)、数理工学2(20単位)、統合設計プロジェクト2(20単位)、力学2(20単位)、マイクロプロセッサと制御システム(20単位)
3年次	・コアモジュール：統合設計プロジェクト3_BEng(20単位)、個別プロジェクト(40単位)、メカトロニクスデザイン(20単位) ・オプションモジュール(40単位分を選択)：電子工学(20単位)、数理工学3(20単位) パワーエレクトロニクスとパワーシステム(20単位)、Internet of Things(20単位)、テレロボティクス・テレプレゼンス・拡張現実(20単位)

出所 ： https://www.birmingham.ac.uk/undergraduate/courses/eese/mechatronic-robotic-engineering-beng.aspx

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

英国

■ ロンドン大学クイーン・メアリー校

ロボット工学（学士号及び修士号）

メカトロニクスおよびロボット工学の学士課程は、機械工学、コンピューター工学、電子工学および電気工学を組み合わせて、インテリジェントテクノロジーの設計と展開の課題に対処する。強固な理論と実践のスキルを習得し、グローバルに専門家と協働していく。

電子、機械、およびコンピューターテクノロジー及び、それらの応用分野と連続性のある領域とともに、物理学と数学の原理について確固たる基盤を提供する。

プログラムの卒業生は、ロボット工学、物流、医療技術、高度な製造および宇宙技術、研究開発、製品設計で成功するために必要な、メカトロニクスとソフトウェアの統合スキルを兼ね備える。

領域	学習内容
1年次	物理学-力学と材料、基礎数学、科学技術におけるコミュニケーション、数学B(通年)、物理学-空間と波動、物理学-電気および原子物理学、エンジニアリング入門
2年次	工学的設計、実験計画と実践1、計算数理モデリング1、手続き型プログラミング、エンジニアリングの調査、実験計画と実践2、計算数理モデリング2、アナログ電子システム
3年次	C言語プログラミング、マイクロプロセッサシステムの設計、電子デバイスとアプリケーション、ロボット工学の概観、制御システムの分析と設計、信号とシステム理論、オブジェクト指向プログラミング、ロボット工学におけるプロジェクトの設計と構築
4年次（学士及び修士）	・必修：デザインプロジェクト（30単位）、ロボットシステムのモデリングと制御、高度なロボットシステムインタラクションデザイン ・選択：工学分析および設計のシミュレーションツール、組み込みシステム、デジタル信号処理、運動の神経力学と生体電気。ニューラルネットワークとディープラーニング、材料の故障
5年次（修士）	認知ロボティクス（ロボティクスIV）、機械学習、研究設計チームプロジェクト ・1つ選択：高度な宇宙船の設計：操縦と軌道力学、計算工学、組み込みシステム、コンピュータビジョン入門、外科技術と安全性 ・1つ選択：臨床測定工学、設計における数値最適化、医用画像の原理と応用、リアルタイム危機管理システム、リアルタイムDSP

出所 ：https://www.qmul.ac.uk/undergraduate/coursefinder/courses/2022/robotics-engineering/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

英国

■ キングスカレッジロンドン

ロボット工学（修士号）

個々の研究プロジェクトを完了しながら、機械装置、センサー、電子機器、およびインテリジェントなコンピューターベースの統合的操作を探求することを可能にする学際的コースである。このコースは、研究や産業でのキャリアの基礎を得たいと考えている、工学または関連分野の卒業生に適している。

インテリジェントシステムとロボット工学に焦点を当て、ロボットデバイスの設計で貴重な経験を積み、スマートエンジニアリングソリューションを提供する機会がある。

セミナーや外部講義を通じて国際的な評判の講演者に頻繁にアクセスし、電子工学および関連分野の新しい知識に遅れないようにすることができる。

ロンドン中心部に位置し、チャータードIT研究所（BCS）、工学技術研究所、機械技術者協会（IMechE）などの主要な図書館や主要な科学協会に簡単にアクセスできる。

本学のロボット工学修士課程では、ロボティクスおよび自動化アプリケーションに関連する専門知識を得ることができる。

また、個々の研究プロジェクトの研究開発作業を完了しながら、ロボット工学の最新の開発を探索します。9月から9月までを勉強し、個々のプロジェクトからの60単位を含む、合計180単位の必須モジュールと、オプションモジュールを組み合わせて、1年間でコースを修了する。

ロボットシステム、コンピュータービジョン、センサーとアクチュエーター、リアルタイムシステムと制御について学習する。幅広いオプションモジュールを探索する機会もあり、興味を反映するための学習経路を自由に開発が行える。

出所 ： https://www.kcl.ac.uk/study/postgraduate-taught/courses/robotics-msc

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

英国

■ PPMAアカデミー

応用ロボティクストレーニング(3日間)

産業界にはロボットのさまざまなアプリケーションがあり、そのすべてを実行するには、何らかの形の調整と再プログラミングが必要となる。これは、システムのメンテナンス、障害、またタスクの変更の結果である可能性がある。

このコースでは、産業用ロボットの基本的なレベルの理解と経験を、産業用環境内にあるより複雑なロボットシステムの操作、プログラミング、および制御に必要な高度な技術を提供するものとする。

このコースには参加者の評価機能はないが、参加者は高度なロボット工学の実用的な知識と理解を示す必要がある。コースを修了すると、参加者は出席証明書を受け取る。

講座の内容:
このコースは3日間にわたって非常に集中的に行われ、高度なロボット工学システムと制御に関する候補者の理解を深め、強化するように設計されている。プログラミングと論理関数、およびツールのキャリブレーションに関する理論が含まれる。また、このコースでカバーされている高度なロボット工学の要素を実証および探索するための実践的な演習も含む。

コースの内容は以下の通り。
・ロボット工学理論の要約
・高度なツールキャリブレーション
・論理関数の使用
・シミュレートされた作業環境とオフラインプログラミング
・PLCでのロボットの使用

出所 ：https://www.ppma.co.uk/events/advanced-robotics.html

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

背景

オーデンセ市を中心に、ロボットクラスターが展開されている。
また、世界最大の海運・造船会社のマースクによるロボット工学の教育研究が南デンマーク大学で行われている。

事例概要

・大学 - 南デンマーク大学
→ロボットシステムについて、学士号と修士号の極めて体系的なカリキュラムを有している。
（カリキュラム）
学士号 https://www.sdu.dk/en/uddannelse/bachelor/robotteknologi
修士号 https://www.sdu.dk/en/uddannelse/kandidat/robotteknologi/uddannelsens_opbygning
https://odin.sdu.dk/sitecore/index.php?a=sto&id=40961&lang=en
工学士 https://www.sdu.dk/en/uddannelse/ingenioer/robotteknologi

・企業 - ユニバーサルロボットアカデミー
→協働ロボットのエンドユーザ向けにオンラインとオンサイトで教育を行なっている。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ 南デンマーク大学(SDU)

ロボット分野の学位

学習環境

挑戦的な環境で勉強し、明日のロボットの開発に参加したい者を、ロボット工学の分野で研究を行っているマースク・マッキニー・モラー研究所は求めている。

同研究所は、近代的な教育施設と有能で献身的な講師に基づいた創造的な研究環境を提供している。SDU Roboticsは、次の研究プログラムを提供している。

・BSc 学士(工学;ロボットシステム)
・MSc 修士(工学;ロボットシステム)
・BEng 工学士(ロボットシステム)
・BSc 学士(工学;福祉技術)
・MSc 修士(工学;福祉技術)

出所 ：https://www.kcl.ac.uk/study/postgraduate-taught/courses/robotics-msc

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

- 南デンマーク大学(SDU)

学士(ロボットシステム)

学士号(ロボットシステム)を取得すると、ロボットテクノロジー製品の開発を主導し、複雑な技術開発タスクを解決し、専門的かつ学際的なプロジェクトで協力し、携帯電話、Webアプリケーション、セキュリティシステムなどを開発できる。

更に、数学、物理学、コンピューターサイエンス、電子工学、コンピューターテクノロジーなどの基本的な科目のスキルを身に付け、ハードウェアとソフトウェアの両方、およびそれらの相互作用についての深い知識を得ることができる。

カリキュラム(6学期制,、1学期=半年)

1	物理学および回路/電子工学 10 ECTS	プログラミングにおける数学と数学的方法 15 ECTS	基本的なロボット制御の学期プロジェクト 5 ECTS	研究開始（BSc
2	オブジェクト指向プログラミングとソフトウェア開発 10 ECTS	キネマティクスとデータ技術 10 ECTS	自律型ロボットの学期プロジェクト 10 ECTS	
3	数学とデジタル信号処理 10 ECTS	コンピュータシステムとデータ通信 10 ECTS	移動ロボットシステムの学期プロジェクト 10 ECTS	
4	組み込みプログラミングとプログラマブルロジック 10 ECTS	電子機器およびデジタル制御システム 10 ECTS	ロボットシステムの制御における学期プロジェクト 10 ECTS	
5	Valgfag 5 ECTS	ロボット工学、コンピュータービジョン、人工知能の紹介 15 ECTS	統計学 5 ECTS	アルゴリズムとデータ構造 5 ECTS
6	数値解法 7 ECTS	工学における科学の理論 3 ECTS	Valgfag 5 ECTS	学士プロジェクト 15 ECTS

出所 ：https://www.sdu.dk/en/uddannelse/bachelor/robotteknologi

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ 南デンマーク大学(SDU)

修士(ロボットシステム)

次の2つの専門分野のいずれかを選択する。
・高度なロボティクス技術(ART)
・ドローンと自律システム(DAS)

1学期と2学期は、上記の選択した専門分野を学び、3学期と4学期では、専門分野の範囲を広げていく。3学期は選択科目のためのスペースを提供し、スキルを統合することを目的とする。4学期は修士論文に専念する。修士論文は、自分で主題を選択し、通常は研究グループの1つに属し、もしくは企業と協力して実施する。

カリキュラム(4学期制,、1学期=半年)

領域	学習内容
1学期	・ART専攻:人工知能入門(5 ECTS)、ロボット工学とコンピュータービジョン(10 ECTS)、多変量統計(5 ECTS)、科学的方法(5 ECTS)、選択科目(5 ECTS) ・DAS専攻:人工知能入門(5 ECTS)、多変量解析(5 ECTS)、科学的方法(5 ECTS)、ドローン技術入門(5ECTS)、古典的な自律システム(5 ECTS)、組み込みシステム(5 ECTS) s
2学期	・ART専攻:人工知能のツール(5 ECTS)、高度なコンピュータビジョン(5 ECTS)、高度なロボット制御(5 ECTS)、高度なロボット工学のプロジェクト(5 ECTS)、ロボット工学のための機械工学(5 ECTS)、選択科目(5 ECTS) ・DAS専攻:人工知能のツール(5 ECTS)、ガイダンス・ナビゲーション・制御(5 ECTS)、大規模なドローン認識(5 ECTS) バイオインスパイアード自律システム(5 ECTS)、機械式空中システム(5 ECTS)、選択科目(5 ECTS)
3学期	チームイノベーションの専門家(15ECTS;チームイノベーションの専門家/学士プログラムのチームの専門家に合格した学生の場合、このコースはロボット工学のプロジェクト(10 ECTS)+選択科目(5 ECTS)に置き換えられる)、オプションのコースまたはアクティビティ(5～15 ECTS)、修士論文のオプションの初期段階(10 ECTS)
4学期	学生は30 ECTSの論文を準備するか、3学期に開始された40ECTS論文の作業を継続する。論文は、地元の業界と協力して、2人の学生で構成されるグループで完成させることを推奨する。

出所 :
https://www.sdu.dk/en/uddannelse/kandidat/robotteknologi/uddannelsens_opbygning
https://odin.sdu.dk/sitecore/index.php?a=sto&id=40961&lang=en

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ 南デンマーク大学(SDU)

BEng(工学士)ロボットシステム

ロボットシステムの学位を取得すると、ロボットと自動化ソリューションの組み立てと実装、産業環境向けのロボットテクノロジーソリューションの開発、産業用ロボット、自動化機器、コンピュータービジョンテクノロジーとの相互作用を含む複雑なタスクの解決を可能にする能力を身に付けることができる。

ネットワーク、ロボットの制御と調整、ITソリューションの開発などを可能にする制御技術を適用および実装を習得する。

カリキュラム(7学期制,、1学期=半年)

1	PLCおよびオブジェクト指向プログラミング 10 ECTS	自動化における数学とロボットの紹介 15 ECTS	プログラミングと自動化の学期プロジェクト 5 ECTS	研究開始（BEng	
2	C ++プログラミングによるソフトウェア設計 10 ECTS	キネマティクスとデジタルインターフェース 10 ECTS	ソフトウェアとロボットの学期プロジェクト 10 ECTS		
3	高度なソフトウェア開発 5 ECTS	電気機械システムのモデリング 5 ECTS	信号処理とマシンビジョン 10 ECTS	ロボットシステムの信号処理における学期プロジェクト 10 ECTS	
4	シミュレーション 2 ECTS	工学における科学の理論 3 ECTS	応用自動化と制御 10 ECTS	自動化システムの制御とシミュレーションにおける学期プロジェクト 10 ECTS	選択科目 5 ECTS
5	チームイノベーションの専門家 10 ECTS	統計学 5 ECTS	選択科目 10 ECTS	アルゴリズムとデータ構造 5 ECTS	
6	産業工学トレーニング 30 ECTS				
7	最終プロジェクト 30 ECTS				

出所 ：https://www.sdu.dk/en/uddannelse/ingenioer/robotteknologi

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ 南デンマーク大学(SDU)

UniversalRoboTrainer – SDUとUniversal Robotの協力

南デンマーク大学では、ロボット支援トレーニングと福祉技術の研究と革新を強化している。

現在、研究者は、それぞれユニバーサルRoboTrainerとRoboTrainerLightと呼ばれる2つの異なるトレーニングロボットに取り組んでいる。

福祉技術は、健康に関連する問題を抱える人々を助け、身体障害があっても通常の日常生活を続けることを可能にする。

南デンマーク大学のMaersk Mc-Kinney Moller Instituteでは 、産業用ロボットまたはロープ引きロボットをリハビリテーションの革新的なソリューションとしてどのように使用するかについて、研究が行っており、企業、患者団体、医療関係者、研究機関などと協力している。

出所 ：https://www.sdu.dk/en/forskning/healthinformaticsandtechnology/significantachievements/universal+robotrainer

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ ユニバーサルロボットアカデミー

ユニバーサルロボットアカデミーの概説

「UR Robotを短期間でマスター」
「自分のペースによる無料e-ラーニング」
「認定トレーナーによるトレーニングコース」
「修了したコースにはすべて証明書あり」
の4点を標榜して運営されている。

コースは以下の5つに大別(本稿で解説)。
・トレーニング
・無料e-ラーニング
・ビデオチュートリアル
・ウェビナー
・教育

コースはコアトレーニングを中心に以下のようにカバーされており、複数言語にて、385件のオンサイトトレーニングと、10件のオンライントレーニングとして開講されている(カッコ内は件数)。
Core Training (272)
Advanced Training (77)
Service & Troubleshooting Training (27)
Industrial Communications Training (8)
Interfaces Training (6)
Script Training (1)
ActiNav Basic Training (1)
Safety Training (1)
Operator (Hands On) Training (1)
Service Training (Light) (1)

出所 ： https://academy.universal-robots.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ ユニバーサルロボットアカデミー:トレーニング → コアトレーニング概要

コアトレーニング

・ロボットを安全に操作する方法を学ぶ

・様々なアプリケーションを体験する(ピックアンドプレイス、パレタイジング、フィーチャー、力覚など)

・電動グリッパーの接続を通じ、センサーやコンベアを使った操作を学ぶ

・必要なアプリケーションに対し、オンラインツールやその他便利なリソースを紹介する

2日間のコースでURロボットを実際に体験。トレーニングにおける周辺機器(コンベヤー、センサー、グリッパー)の操作など、一般的なタスクを実行習得できるようにロボットのプログラムを行う。ピックアンドプレースフローを最適化し、パレタイズを実行し、安全設定を理解し、オンラインと他のトレーニングコースの両方で利用できるリソースについての知見を得る。

ピックアンドプレース、パレタイズ、およびその他の一般的なアプリケーションプログラムを自分で作成する準備の学習を含む。
(参加する前に、URアカデミーで無料eラーニング基礎レッスンを修了している必要あり)

出所 : https://academy.universal-robots.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ ユニバーサルロボットアカデミー:トレーニング → 上級(アドバンスト)トレーニング概要

上級トレーニングの内容

・専門的な方法でプログラムを作成および構成する

・URユーザーインターフェイスの機能に関する深い知識を得る

・URScriptプログラミング言語を用いる

・可変位置と複数のTCPを操作する

・各種座標系での位置の参照とシフト人工視覚アプリケーションを操作する

・ロボットの動きをコンベヤーベルトで追跡および調整できる

・統合フォースセンサ/トルクセンサを用いて複雑なアプリケーションを開発する

上級トレーニングを修了すると、ユニバーサルロボットの「ユーザーインターフェイス」のすべてのコマンドを完全に理解して利用可能となる。
また、可変ウェイポイントとユーザー定義機能を利用することで、アプリケーションをより適切に最適化し、使用されるウェイポイントの数を減らすことが可能となる。後者の機能は、ロボットの動作設定や環境適合に資する。
このトレーニングコースでは、コンベアの追跡と高度な力の制御についても言及する。このコースでは、すべての開発者がより多くの環境変数を考慮したアプリケーションを展開が可能となる。

出所 ： https://academy.universal-robots.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ ユニバーサルロボットアカデミー:トレーニングを提供している地域

アジア		欧州		米国	
Japan	30	Germany	83	Indiana	25
China	23	Spain	29	New Jersey	12
Korea	11	Italy	25	Michigan	11
Singapore	4	Czech Republic	21	Illinois	9
		Poland	22	Pennsylvania	9
		United Kingdom	18	California	8
		Romania	12	Ohio	7
		France	10	Missouri	6
		Austria	6	Kentucky	5
		The Netherlands	5	New York	3
		Denmark	3	Florida	2
		Belgium	3	Texas	2
				Washington	2
				Massachusetts	1
				Oregon	1

Source: https://academy.universal-robots.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ ユニバーサルロボットアカデミー：無料eラーニング

e-Series e-ラーニング

・e-Series Core Track
(1～8:FIRST LOOK(概論)、ロボットのタスク設定、ツールセットアップ、プログラム作成、外部デバイス連携、コンベア操作、安全設定、最適化)

・e-Series Pro Track
(9～11:プログラムフロー、機能調整[座標系の設定]、力制御)

・e-Series Application Track
(12～14:パレタイジング、ネジ締め、マシンテンディング)

上記14パートに分かれており、e-Seriesロボットに関し、ユニバーサルロボットのスタート地点として段階的に学べる仕組みが整っている。

CB3 e-ラーニング

1. FIRST LOOK(特徴と用語)
2. ロボットの動かし方
3. ツールセットアップ
4. プログラム作成
5. 外部デバイス連携
6. 安全設定
7. 機能調整[座標系の設定]
8. パッケージング
9. プログラムフロー

上記9パートに分かれており、CB3シリーズロボットについて2時間程度で学べる仕組みが整っている。

■ ユニバーサルロボットアカデミー：ビデオチュートリアル

ビデオチュートリアルの大枠

プログラミング事例
安全
トラブルシューティングと修理
ACTINAV

無料e-ラーニング学習後の各論として、プログラミング事例からトラブルシューティング及び修理までの段階を、27本の動画でカバーしている。

出所 ： https://academy.universal-robots.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

デンマーク

■ ユニバーサルロボットアカデミー：ウェビナー

ウェビナーの大枠

アップデートや各論の解説が、「ウェビナー」として行われている。

「UR+」という、システムインテグレーションのハードルを下げるための、他社製品との協働ソリューションについて、本ウェビナーにて解説されている。

■ （参考）ユニバーサルロボットアカデミー：教育

教育の大枠

ウェブ上では概要と詳細を公開していない。

「提供地域が限られている」と記述されており、CLASS CODEを入力するか、フォームから名前・組織・電話番号・メールアドレスを入力して問い合わせる必要がある。

出所 ： https://academy.universal-robots.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国

背景

中国政府は2021年12月28日に、今後5年間のロボット産業発展計画を発表し、売上高について年20%超の成長目標を掲げている。20年の全体の売上高は1,000億元(約1兆8,000億円)に達したが、基礎的な技術力や高い技術水準を備えた製品の生産に弱みがあることから、ロボット産業の技術革新の能力を高めることを目標にしている。

事例概要

・大学 - ハルビン工業大学ロボティクスグループ(HRG/Edubot)
→HRGによる中等職業教育(工業高校相当)、高等職業教育(高専相当)、学部教育、トレーニング、教材を網羅している。
また、ハルビン工業大学本体でもロボット工学とオートメーションが教えられている。
(カリキュラム)
HRG 中等職業教育 http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=1
HRG 高等職業教育 http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=2
HRG 学部教育 http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=3
HRG アプリケーション http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4
HRG インテグレーション http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=5
大学本体 ロボット工学 https://zsb.hitwh.edu.cn/home/major/details?id=2
大学本体 オートメーション https://zsb.hitwh.edu.cn/home/major/details?id=13

・企業 - IMROBOTICS
→ロボティクス及び製造業関連のECサイトによる、オンラインでの教育プログラムを、ロボットベンダごとに提供している。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：IMROBOTIC

- IMROBOTIC ：ロボティクス/製造業関連のECサイトが、オンライン教育による標準化から就職先斡旋までを手掛けている。

IMROBOTICの概説

課程推荐（推奨コース）に、ABB 、KUKA、 ファナック、 安川…が列挙。
これらの企業は、生意通会員（協力会員企業）として同サイトに名を連ねる。

- IMROBOTIC の提供コース：安川電機

初級コース

産業用ロボットの応用例
・超音波トリミング
・安川ロボットフレキシブル同期溶接

ライブ配信コース

・安川電機の紹介+Σ-7＆MPシリーズ商品の紹介
・サーボの基礎-SigmaWin +の使用
・リニア+ DD製品紹介
・MPの基本-MPE720の使用

- IMROBOTIC の提供コース：ABB

初級コース

・産業用ロボット基礎トレーニングコース
・産業用ロボットの実践と応用スキル
・産業用ロボット問題解決スキルコース
・産業用ロボット仮想シミュレーションソフトウェア
・産業用ロボットの応用例

中級コース

・RobotStudio6.0オンライン機能チュートリアル
・産業用ロボットアプリケーションチュートリアル
・産業用ロボットの汎用ソフトウェア
・産業用ロボットの選択と設計
・コンベアチェーン追跡ソート

上級コース

・ABB産業用ロボット溶接アプリケーション
・ABB統合視覚説明
・産業用ロボット-ScreenMakerユーザー定義インターフェースチュートリアル
・産業用ロボットの故障診断と予防保守
・産業用ロボットの通信と機能オプション
・産業用ロボットバス通信
・協働ロボットYUMIチュートリアル

出所 ：http://www.imrobotic.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：IMROBOTIC

IMROBOTIC の提供コース：ユニバーサルロボット

初級コース

・産業ロボティクスの基礎
　ユニバーサルロボットの設置と設定方法

・産業用ロボットの操作とプログラミング
（MODBUSTCP通信の使用方法、プログラムによる移動命令、力制御テストと適用、など12項目）

・産業用ロボットの応用例
　ユニバーサルロボットと製糖工場

中級コース

・産業用ロボットのメンテナンス
　タッチスクリーンの交換方法
　ジョイントの交換方法
　トラブルシューティング方法

IMROBOTIC の提供コース：ファナック

初級コース

産業用ロボットの応用例
・製造工学自動化ラボデモ
・自動ブリスターシーリングシステム
・ロボット自動組立
・高速ロボット研削及び研磨
・ファナックロボットの研磨とパレタイジング
・ファナックロボット工作機械ローディング
・産業用ロボット自動パレタイジングセル

出所 ：http://www.imrobotic.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国:IMROBOTIC

IMROBOTIC の提供コース:KUKA

初級コース

・産業ロボティクスの基礎
（KUKA産業用ロボットのヘルプドキュメント操作
表示、短軸連続動作、線形運動など21項目）

・産業用ロボットの操作とプログラミング
（パルス出力、ループサイクル、データの
バックアップと復元など30項目）

・産業用ロボットの応用例
（KUKAロボットプラスチックトリミング、
KUKAロボットプレス生産ラインなど5項目）

中級コース

・産業用ロボットの制御とプログラミング
（変数の種類と使用法、コールドスタートと
休止状態の違い、システム時刻の変更法、
外部自動構成など7項目）

上級コース

・産業用ロボットソフトウェア技術アプリケーション
中国語の表示IO定義名の実現方法
WorkVisualによる16チャネルの入出力信号構成
WorkVisualのインストールとアンインストール
KUKAロボットとFronius溶接機ソフトウェア構成
EMDを用いたゼロキャリブレーション

出所 ：http://www.imrobotic.com/

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：ハルビン工業大学

- EduBot ：江蘇ハルビン工業大学海渡(ハイドゥ)教育技術集団有限公司。ハルビン工業大学ロボティクスグループ(HRG)の子会社による、2015年8月設立の教育機関。

EduBotの概説

製造アプリケーションと教育ニーズに応じた、製造教育機器の開発・研究を行う。1,000近くの大学の協力を得て、高度な製造教育機器の研究開発に焦点を当て、技術研究開発、スキルトレーニング、資格認定、標準化、およびイベントの主催を行う。同社は州議会の職業教育改革計画を実施し、運営学校の主体の役割を積極的に引き受け、質の高い職業教育にも焦点を当てており、本部、複数のスキルセンター、100近くの認定を受けた製造システムを形成する。

- EduBot ： 付帯情報 - 親会社であるハルビン工業大学ロボティクスグループ(HRG)の事例

物流ロボット「Bee Robot」
ピッキング（在庫から品物を選び出すこと）の指示を受け、最適ルートを計画し、指定エリアに向かい、倉庫作業員を迅速に商品保管場所へ案内して正確なピッキングをサポートし、また次の目標地点に向かう。日本市場参入を目指す中国製物流ロボットの一つであり、すでに日本企業と戦略的パートナーシップ協定を締結している。

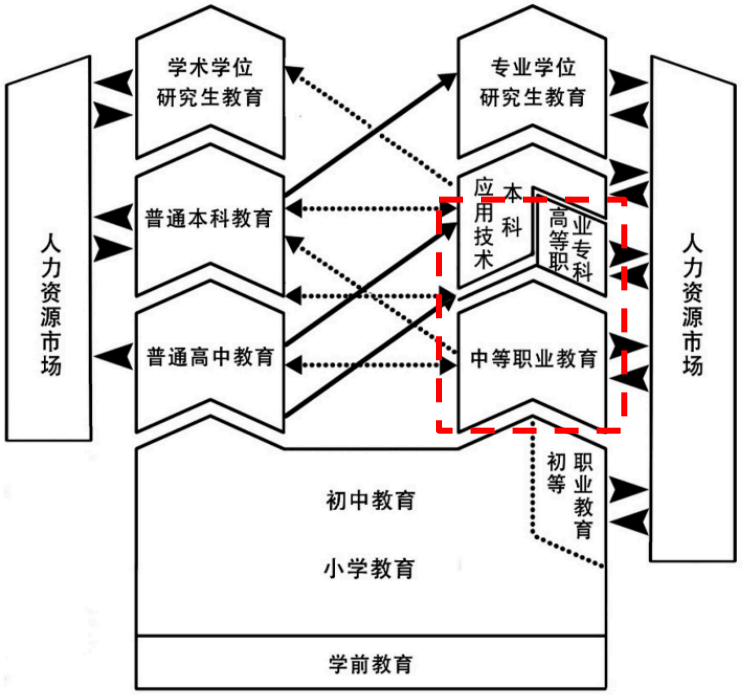
出所 ：http://www.edubot.cn/
日本市場参入目指し、進化する中国の物流ロボット（Xinhua News/AFPBB News 2019年6月7日）
https://www.afpbb.com/articles/-/3228125

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国

■ 教育制度の前提知識：中等職業学校と高等職業学校 1/2

中等職業学校と高等職業学校の位置づけ



図表 6 － 9 「現代職業教育体系構築計画（2014-2020年）」に示された教育体系

（参考）「現代職業教育体系構築計画（2014-2020年）」
2020年までに，発展のニーズに適応し，産業界と教育界が深く融合し，中等職業教育と高等職業教育が接続され，職業教育と普通教育が相互に通じ合い，生涯教育の理念を実現。世界水準の職業教育体系を作り上げ，人材養成の架橋を構築し，合理的な教育の構造を形成して，現代教育体系を基本的に作り上げることと，教育の現代化を基本的に実現することを推し進める計画

職業能力の向上を方向づける専門職学位大学院生養成モデルを作り上げる。高等教育機関の設置に関する制度の規定にもとづき，条件に合致する技術師範学院を高等教育機関の枠内に組み入れる、とされた。

図出所 ：
独立行政法人 大学改革支援・学位授与機構
『高等教育における職業教育と学位 ―アメリカ・イギリス・フランス・ドイツ・中国・韓国・日本の7か国比較研究報告―』(2016)、pp130-131
https://niadqe.jp/wp/wp-content/uploads/2018/02/c002-1608-syokugyo.pdf より

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

■ 教育制度の前提知識：中等職業学校と高等職業学校 2/2

中等職業学校の教育課程

科目	詳細
共通基礎科目（総学習時間数の 3 分の 1）	必修科目： 道徳教育、国語、数学、外国語（英語など）、コンピュータ応用基礎、体育と健康、芸術（あるいは音楽、美術）
	選択科目：物理、化学などその他自然科学と人文科学類の科目、共通基礎科目として必修科目あるい は選択科目に入れることができる、また多様な形態で専門科目に入れることもできる。そのほか、学校は実際の需要に応じて、安全教育、エネルギー・環境教育、人的資源、現代 科学技術、管理などの選択科目や講座（活動）も設けるべきと規定されている。
専門技能科目（総学習時間数の 3 分の2）	**相応する職業ポスト（群）の能力要求にもとづき、専門基礎科目＋専門化（コース）の科目構成、専門技能科目を設置する**

※教育課程の学校現場での実施においてはさまざまの問題も現れている。とくに専門科目に偏る教育課程の構成によって基礎科目が手薄になり、学校教育の優位性を失ってしまったことや、 実践教育を確保できる実習の場所や実践科目の教員の能力が欠けていることなどが問題点として挙げられている。これらによって、生徒に保障すべきキャリア発達を損なっていることが懸念される。

高等職業学校の教育課程

「高等職業学校設置基準（暫行）」では、教育課程において高等職業学校の特色を際立たなければならないと規定している。具体的な内容として、実践科目は一般的に授業計画の総授業の40% 前後を占めるべきとされている。

出所 ：
科学技術振興機構中国総合研究・さくらサイエンスセンター編『日中の中高等職業教育制度』(2018)、p50
https://spc.jst.go.jp/investigation/downloads/r_2018_03.pdf

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：ハルビン工業大学

■ EduBot ：中等職業学校

中等職業教育

アカデミックシステム

入学対象：中学校卒業以上
学習期間：フルタイム3年
卒業証明書：中等専門学校卒業証明書

キャリアの方向性

主な雇用ポジション：ロボットワークステーションのサポートポジション（運用と保守、設置、デバッグ、および管理）

トレーニングの目的

この学科では、現代の製造業でのロボットの操作に適した技能を訓練する。現代の雇用要件と互換性のある文化レベル、人間性、科学技術のスキルといった、以下の人材を養成するものとする。
・産業用ロボット操作の習得
・メンテナンス専門家の基礎理論と操作スキル
・産業用ロボットアプリケーションシステムのインストール、デバッグ、プログラミング、メンテナンス、操作と管理のタスクに独立して従事する能力
・技術運用に一定の実務経験があり、生産管理に従うことができる熟練した人材

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=1

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：ハルビン工業大学

■ EduBot ：高等職業学校 1/2

高等職業教育

アカデミックシステム
入学対象：高校卒業生または中等職業卒業生
期間：フルタイムで3年間
卒業証明書：高等専門学校卒業証明書

キャリアの方向性
産業用ロボットを専攻する卒業生が従事できる職業上の地位（グループ）が明確にされており、自動車、電子機器、機械加工、食品、新エネルギーなど、主に自動化を含む自動化に従事。
（例）オンサイトプログラミング、デバッグとメンテナンス、故障診断、産業用ロボット操作ユニットのマンマシンインターフェース（タッチスクリーン）プログラミングなどの生産技術管理が完了機器のセット、および産業用ロボットの販売とアフターサービス。

トレーニングの目的
この専攻は、党の基本的な方針を育成および支援し、道徳的、知的、物理的、および美的に発展し、優れた科学的および文化的リテラシー、職業倫理、および確かな文化的基礎知識を提供する。
学生は、新しい知識とスキルを習得するための意識と能力を持ち、変化する仕事の要求に適応することができる。また企業の生産工程に精通し、安全生産を意識し、業界の安全作業規則を厳格に遵守し、さまざまな技術プロセスを遵守し、環境保護を重視し、型破りな問題を独自に解決する基本的な能力を備える。
例として、現代の産業用ロボットの設置、デバッグ、保守、操作、プログラミングに関する専門的な知識と運用スキルを習得し、機械構造設計、電気制御、センシング技術、インテリジェント制御などの専門的なスキルを持ち、産業用ロボットアプリケーションシステムのシミュレーション、プログラミング、試運転、運用、販売、保守、管理、生産管理、および生産の最前線で活躍する高品質で熟練した人材を輩出するものとする。

キャリアの方向性(詳細)

#	ポジション	内容
1	産業用ロボット機器プログラミング操作	生産タスクの要件に従って、産業用ロボット機器のプログラミング、操作、およびデバッグを行う
2	産業用ロボットの運用保守・管理	産業用ロボット機器の日常の運転点検・保守を行う
3	産業用ロボットと支援機器の設計	産業用ロボットおよび支援機器の設計、設置、試運転
4	産業用ロボットシステムの統合と簡易な開発	産業用ロボット生産ラインの開発とシステム統合設計
5	産業用ロボットのプリセールスおよびアフターサービス	産業用ロボットの基本的な動作原理を理解し、販売チャネルと方法をマスターし、アフターサービスにおけるさまざまな技術的問題を適切に解決する

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=1

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：ハルビン工業大学

■ EduBot ：学部教育

学部教育

アカデミックシステム

入学対象：高校卒業者以上
期間：フルタイムで4年間
卒業証明書：学部卒業証明書
学位証明書：工学士

キャリアの方向性

この専攻の卒業生は、主に製品開発、エンジニアリング設計、制御システムの技術統合と革新、構成、設置、試運転、運用と保守、および運用管理に従事する幅広い分野での雇用が期待される。

トレーニングの目的

この専攻は、工学の実践を背景として、ロボットの機械構造、モーションコントロール、プログラム可能な制御、マイクロプロセッサアプリケーション、ロボット制御技術とシステム統合およびプログラミングアプリケーション、能力トレーニングに焦点を当てている。

機械、電気電子技術、自動制御、自動検出技術、プログラム可能な制御システム、マイクロプロセッサシステムとネットワーク技術、産業用ロボットの構造と制御技術、ロボットセンサーなどの幅広い分野をカバーしている。

専門知識と工学能力、上級工学と産業用自動化、特にロボットおよび関連する制御システムの分野で、システムの設計と開発、技術統合、システムの設置、運用、保守、および技術管理に従事できる技術者を養成するものとする。

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=1

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：ハルビン工業大学

■ EduBot ：産業用ロボットシステム(アプリケーション；9日コース) 1/2

産業用ロボットシステム(9日コース)

アカデミックシステム

対象：産業用ロボット、機械および電気の専攻または大学や専門学校のロボット工学の学生、教師および社会人など技術職および営業職、ならびに企業の従業員でトレーニングを受けたい人材。
期間：9日
証明書：産業用ロボットアプリケーションエンジニア

キャリアの方向性

このコースは、主に産業用ロボットメーカー、産業用ロボットシステムインテグレーター、アプリケーション会社で働くことを目的とする。トレーニングと認定を受けた後、産業用ロボットの操作、プログラミング、デバッグ、保守、販売、管理を行うことができる。

トレーニングの目的

このコースの学習を通じて、学生は以下を習得できる。
・産業用ロボットの基本的な理論的知識：
生産過程において、産業用ロボットの操作と使用に習熟し、産業用ロボットの日常の保守と保守を独立して完了し、産業用ロボットのプログラミング技術を習得する。
・オンサイトプログラミングスキル及びデバッグ能力：
産業用ロボットの基本的な産業用アプリケーションを習得し、それらを産業用ロボットの自動生産に上手に使用して、操作、プログラミング、デバッグ、メンテナンス、産業用ロボットの保守、販売、管理ができる。
これらを通じ、学生の知識と勤勉な思考の学習態度の包括的な応用を育成し、産業用ロボットシステムを分析して使用する能力を向上させる。このコースでの研修を通して、問題解決の知識と、学生の包括的な応用手法を習得する目的が達成される。

キャリアの方向性(詳細)

企業	初期キャリア	応用キャリア
産業用ロボットメーカー	セールスエンジニア	産業用ロボットシステムテクニカルサポート
産業用ロボットシステムインテグレーター	産業用ロボットのインストールとデバッグ	産業用ロボット生産ラインの開発と設備設計
産業用ロボットアプリケーション企業	産業用ロボットの現場での運用 プログラミングのデバッグと保守管理	産業用ロボットシニアエンジニア プロジェクトマネージャー

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

EduBot ：産業用ロボットシステム(アプリケーション；9日コース) 2/2

項目	内容
トレーニングの目的	産業用ロボットアプリケーションプロジェクトの教育、通信プログラミング、トラブルシューティングの能力を持ち、ロボットプログラミングとデバッグおよびシステムアプリケーションをマスターする。
受講者の要件	1.産業用ロボットの機械的および電気的自動化に従事する企業の従業員（産業用ロボットの設計、アプリケーション、および生産企業に適用可能）。 2.機械、電気技術、数値制御技術に一定の基礎を持ち、産業用ロボット自動化産業に従事したい専門の技術者、管理者、およびビジネス担当者。 3.全国のさまざまな中等職業中等学校、高等職業大学、および学部の大学の新卒者および関連する専攻の現在の学生。 4.全国のさまざまな中等専門学校および高等専門学校のロボット工学関連専攻の教師。
研修日程と内容	1.産業用ロボットの基本的な認識と安全教育 2.産業用ロボットの基本的な操作とワークピース/ユーザー座標系のキャリブレーション 3.産業用ロボットの一般的な指示とプログラミングアプリケーション 4.産業用ロボットのI/O通信と電気および機械装置の組み立て 5.産業用ロボットのオフラインプログラミングとシミュレーション 6.産業用ロボットの実践 7.産業用ロボットの包括的な応用 8.理論的な知識のレビューと統合および実践的な強化 9.スキル評価（合格すると、江蘇省職業技能訓練資格証明書と、産業用ロボットの操作および調整作業員中間証明書を取得できる）

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collTrainD.htm?s=111

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国：ハルビン工業大学

■ EduBot ：産業用ロボットシステム(システムインテグレーション；25日コース) 1/2

産業用ロボットシステム(25日コース)

アカデミックシステム

対象：産業用ロボット、機械および電気の専攻または大学や専門学校のロボット工学の学生、教師および社会人など技術職および営業職、ならびに企業の従業員でトレーニングを受けたい人材。
期間：25日
証明書：産業用ロボットシステムインテグレーションエンジニア

キャリアの方向性

このコースは、主に産業用ロボットメーカー、産業用ロボットシステムインテグレーター、アプリケーション会社で働くことを目的とする。トレーニングと認定を受けた後、産業用ロボットの操作、プログラミング、デバッグ、保守、販売、管理を行うことができる。

トレーニングの目的

このコースの学習を通じて、学生は以下を習得できる。
産業での生産において、産業用ロボットのアプリケーションに習熟し、システム統合設計と産業用ロボットに基づく自動化された生産ラインとワークステーションのアプリケーションを実行し、産業の確かな専門知識を習得するロボット産業用ロボットの自動化プロジェクトを要求、設計、実装し、産業用ロボットと周辺機器の自動化装置を統合できる。
このようにして、彼らは産業用ロボット自動化プロジェクトに関連する設計、計画、プログラミング、アプリケーション、デバッグ、保守、管理、および技術サポートに従事できる。
機械、電気、情報、その他の分野の知識を産業慣行に適用し、産業用ロボットの方向で複合技術の才能に対する関連産業のニーズを満たし、国の産業の変革とアップグレードに貢献する能力を有する。
知識と勤勉な思考の包括的な応用に関する学生の学習態度を育成し、産業用ロボットシステム統合の包括的な能力が向上する。本コースの研修を通して、問題解決の知識と、学生の包括的な応用手法を習得する目的が達成される。

キャリアの方向性(詳細)

企業	初期キャリア	応用キャリア
産業用ロボットメーカー	産業用ロボットシステムテクニカルサポート	テクニカルアドバイザー
産業用ロボットシステムインテグレーター	産業用ロボット生産ラインの開発と設備設計	プロジェクトマネージャー
産業用ロボットアプリケーション企業	産業用ロボットプロジェクトのプログラミング、オンサイトデバッグ、技術メンテナンス	シニアエンジニア、テクニカルディレクター

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

EduBot ：産業用ロボットシステム(システムインテグレーション；25日コース) 2/2

項目	内容
トレーニングの目的	産業用ロボットアプリケーションプロジェクトの教育、通信プログラミング、トラブルシューティング、およびロボットプログラミング、デバッグ、システムアプリケーションのマスターの能力をマスターする。
受講者の要件	1.産業用ロボットの機械的自動化および電気的自動化に従事する企業の従業員（産業用ロボットの設計、アプリケーション、および生産企業に適用可能）。 2.機械、電気技術、数値制御技術に一定の基盤を持ち、産業用ロボット自動化産業に従事したい専門の技術者、管理者、およびビジネス担当者。 3.全国のさまざまな中等職業中等学校、高等職業大学、および学部の大学の新卒者および関連する専攻の現在の学生。 4.全国のさまざまな中等専門学校および高等専門学校のロボット工学関連専攻の教師。
研修日程と内容	1.コース概要(24日) 1)産業用ロボットプログラミング操作 2)マシンビジョンとオフラインシミュレーション技術 3)PLCプログラミング技術とアプリケーション 4)産業用ロボットシステム統合アプリケーション 2.証明書の詳細 1)証明書名：機械工業能力レベル証明書 2)発行ユニット：機械工業職業技能評価ガイダンスセンター

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collTrainD.htm?s=110

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

■ EduBot ：教科書出版

教科書

「産業用ロボット入門実習(ABBロボット)」	「産業用ロボットのプログラミングと操作(ABBロボット)」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(スカラロボット)」	「産業用ロボット知識キーポイントの分析(ABBロボット)」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(EFORTロボット)」	「産業用ロボット技術の基礎と応用」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(安川電機)」	「産業用インターネット人材育成プログラム」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(FANUCロボット)」	「産業用ロボットオフラインプログラミング」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(ESTUNロボット)」	「産業用ロボットの基礎と応用」
「産業用ロボット(デルタパラレルロボット)の原理と応用」	「産業用ロボットのための英語」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(羅子ロボット)」	「産業用ロボットオフラインプログラミングとシミュレーション(FANUCロボット)」
「産業用ロボット実践チュートリアル(イノバンスロボット)入門」	「産業用ロボットプログラミングオペレーション(FANUCロボット)」
「産業用ロボット入門実習チュートリアル(KUKAロボット)」	「インテリジェント協働ロボット紹介実践チュートリアル(ユニバーサルロボット)」
「産業用ロボット入門実習(天ロボット付)」	「産業用ロボット入門実習(COMAUロボット)」
「産業用ロボット技術の基礎と応用」	「産業用ロボットの知識ポイントの分析(FANUCロボット)」
「産業用ロボットプログラミングオペレーション(ABBロボット)」	「インテリジェントロボットの高度なプログラミングとアプリケーション(ABBロボット)」
「産業用ロボットビジョン技術と応用」	「インテリジェント製造とロボット応用技術」
「人工知能とロボット技術アプリケーションのプライマリコース(e.Do教育用ロボット)」	「人工知能技術応用の基礎コース」
「産業用インターネットおよびロボット工学アプリケーションのプライマリコース」	「産業用インターネットインテリジェントゲートウェイテクノロジーアプリケーションプライマリコース(シーメンス)」
「インテリジェント協働ロボット技術アプリケーション(AUBO)の基本コース」	「インテリジェントモーションコントロール技術アプリケーションの基礎コース(Cuiou)」
「インテリジェント移動ロボット技術アプリケーションの基礎コース(Bozhong)」	「インテリジェントビジョンテクノロジーアプリケーションの基本コース(Xinjie)」
「インテリジェントマニュファクチャリングとメカトロニクス技術アプリケーションの基本コース」	「産業用ロボットのモーションコントロール技術」
「PLCプログラミング技術アプリケーションのプライマリコース(シーメンス)」	「ナレッジマーケティング」

出所 ：http://www.edubot.cn/alone/alone.php?id=30

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

■ EduBot ：教育用ロボット

産業用ロボット溶接技能評価ワークステーション

特徴産業用ロボット溶接技能評価ワークステーションは、教育要件を完了するために産業用ロボット自動溶接を採用している。このワークステーションを通じて、学生は産業用ロボットを使用した溶接の構成方法、プログラミングスキル、および技術プロセスを体系的に学び、習得することができる。

(1)汎用性：産業用ロボットの一般的な溶接技術のシステム機能を開発する。
(2)実用性：産業用ロボット溶接のコアシステム構成とプログラミング調整をカバーする。
(3)柔軟性：さまざまなタイプのワークピースの溶接要件に対応し、溶接手順を独自に設計できる。
(4)教育リソース：豊富な教育リソース(教科書、コースウェア、教育ビデオなど)をサポートしている。

適用範囲：インテリジェント製造の分野に適しており、産業用ロボット溶接の分野で応用人材の育成と、専門能力レベルの評価を行う。

出所 ：http://www.edubot.cn/product/show_product.php?id=627
出所 ：http://www.edubot.cn/product/show_product.php?id=612

産業用ロボットスキル評価トレーニングプラットフォーム

産業用ロボット技能評価訓練プラットフォーム(プロフェッショナル版)は、主流ブランドの6軸産業用ロボットを選択し、産業用ロボットの細分化知識に基づいて周囲の教育機能モジュールを設計およびマッチングし、エントリー操作、システム統合、プログラミングアプリケーションを実現できる。産業用ロボットと仮想シミュレーションおよびその他の教育ニーズ。トレーニングプラットフォームは、一般的な産業用自動化デバイス(PLC、サーボシステム、ビジョンシステムなど)をカバーする豊富な機能を備えており、完全な産業用ロボット教育アプリケーションシステムを構築できる。

(1)汎用性：海外と中国内の主流ブランドのロボットに適する。
(2)実用性：機能モジュールとコアデバイスは、産業業界での実用的なアプリケーションから派生する。
(3)スケーラビリティ：ティーチングモジュールは、指導ニーズに応じて任意に構成できる。
(4)教育リソース：豊富な教育リソース(教科書、コースウェア、教育ビデオなど)をサポートする。

適用範囲：産業用ロボットの包括的な専門家および技術者のトレーニング、教育、およびスキル評価に適する。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

■ EduBot ：教育用ロボット

産業用ロボット
モバイルトレーニングユニット

産業用ロボット移動訓練ユニットは、モジュール設計を採用し、移動しやすいロボット作業ユニットを形成し、中小規模のインテリジェント製造訓練システムの迅速かつ便利な構築を実現する。トレーニングユニットには、国内外の主流産業用ロボットメーカーの産業用ロボットを搭載し、ロボットのトレーニングと教育の機能を実現する。

(1)汎用性：産業用ロボットの国際的および国内の主流ブランドに適する。
(2)実用性：モバイルコンビネーションを実行できる。
(3)教育リソース：豊富な教育リソース(教科書、コースウェア、教育ビデオなど)をサポートする。

適用範囲：インテリジェント製造分野において、複合的領域の専門家および技術者の育成に適する。

インテリジェントロボット
実験ベンチ(e.Do)

インテリジェントロボット実験プラットフォームは、e.Doインテリジェントロボットをコアとし、豊富な実験モジュールを組み合わせて、若者向けの工学品質教育に関連する実験教育を実現する。このプラットフォームを通じて、学生は協働ロボットの基本的な概念と使用および開発方法を習得し、ロボットの学習に対する熱意を刺激することができる。e.DOは、インダストリー4.0機能を備えた独自のモジュール式の自己構築型ロボットです。ROSオープンソースロボットシステムに基づいており、二次開発をサポートする。

(1)汎用性が高い：さまざまなインテリジェントロボットや協働ロボットを搭載できる。
(2)豊富な機能：インテリジェントロボットの認知や開発などの教育実験を行うことができる。
(3)豊富なモジュール：さまざまなK12サブジェクトデザイン(現在約140)の教育モジュールを搭載している。
(4)教育リソース：豊富な教育リソース(教科書、コースウェア、教育ビデオなど)をサポートする。

適用範囲：若手エンジニアの、質の高い教育訓練に適する。

出所 ：http://www.edubot.cn/product/show_product.php?id=615
出所 ：http://www.edubot.cn/product/show_product.php?id=620

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国

■ EduBot ：教育用ロボット

インテリジェント移動ロボット

インテリジェント移動ロボットは、インテリジェントロジスティクスや倉庫保管の分野で広く使用されており、補助標識なしで自由に動作でき、周囲の動作環境に応じて独立して経路を特定して計画できる。企業の生産効率を大幅に向上させ、運用コストを節約する。この製品は、IGV(インテリジェントロジスティクストラック)と協働ロボットに基づいており、モバイルナビゲーション、レーザー/ビジュアルSLAM、およびスケジューリングシステムを組み合わせて、複雑なシナリオでの自律的なロジスティクス輸送を実現する。このシステムを通じて、学生はインテリジェントな移動ロボットの設計、プログラミング、アプリケーション、および二次開発を習得できる。

(1)実用性：産業グレードのインテリジェントモバイルプラットフォームとロボットを使用する。
(2)スケーラビリティ：教育モジュールは、教育ニーズに応じて構成できる。
(3)教育リソース：豊富な教育リソース(教科書、コースウェア、教育ビデオなどを含む)をサポートする。

適用範囲:
インテリジェント製造の分野での応用および学術的技能の育成に適する。

無人搬送車(AGV)

AGVは、磁気ストライプを使用して正確な位置決めと移動制御を行い、サーボシステム、RFID、磁気ナビゲーションセンサー、超音波センサー、その他の自動化装置と組み合わせて、AGVシステムの認識、産業用アプリケーション、設計、開発などの実験的な教育を実現する。このシステムを通じて、学生はAGVテクノロジーのアプリケーション開発プロセスを習得できる。

(1)実用性：デバッグと適用が容易な専用AGVコントローラーを採用している。
(2)オープン性：AGV制御プログラムはオープンソースである。
(3)教育リソース：豊富な教育リソース(教科書、コースウェア、教育ビデオなどを含む)をサポートする。

適用範囲:
インテリジェント製造の分野での応用および学術的技能の育成に適する。

ポピュラーサイエンスシリーズ

チェスやパズルといったゲーム、お絵描きサービス、ロボットスーパーマーケットなど、主に科学技術博物館、小中学校、景勝地、インタラクティブ、ディスプレイ、テクノロジー・インテリジェンス・自動化のフロントエンドおよび科学パズルロボット機器を提供する大規模商業施設向けロボット群を提供している。

出所 ：http://www.edubot.cn/product/show_product.php?id=621
http://www.edubot.cn/product/show_product.php?id=622 http://www.edubot.cn/product/product.php?id=29

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

■ ハルビン工業大学：ロボット工学専攻

ロボット工学専攻の概要

製造業のインテリジェント化を軸に、サービスロボット業界のニーズと向き合い、業界の発展をリードする能力と、電気機械制御の包括的な知識体系を備えた革新的な才能を育成する。
ハルビン工業大学は、中国国内のロボット研究および人材育成チームで伝統的に上位を占めている。
現在、ロボット工学専攻は、「産業用ロボット」と「インテリジェントサービスロボット」に分けられて教育研究がなされている。
ロボット工学が電気工学・機械工学を統合したシステムであるため、専攻は学生の能力とリテラシーを育成するために、学際的な知識体系と、学生を中心に据えた教育方法を採用している。電気工学、制御工学、ソフトウェア工学、これらを踏まえた包括的な技術力、雇用市場での強力な競争力、および幅広いキャリアの選択肢を有している。

専門基礎科目：

領域	科目
数学・自然科学	工業数学及び解析学、代数・幾何学、確率論・数理統計学、複素関数論と積分変換、離散数学、物理学
工学	データ構造とアルゴリズム設計、機械製図、コンピューターグラフィックス基礎、C言語プログラミング、理論力学、材料力学、電気工学、電子工学、自動制御、コンピューターの基本構成と動作原理、熱流体工学の基礎

専門コア科目：

領域	科目
工学	機械原理、機械工学・材料工学、互換性と測定技術の基礎、機械設計、機械製造技術の基礎、シングルチップマイクロコンピューターの原理と実験、人工知能
ロボット工学	ロボットイノベーションの設計と製造、パターン認識、ロボット知覚技術、ロボット制御コンポーネントと回路、ロボット制御方法の概要、組み込みシステムの原理、ロボット工学、ロボットの視覚と画像処理、ビッグデータインテリジェント制御など

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=4

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

■ ハルビン工業大学：オートメーション専攻

オートメーション専攻の概要

自動化技術の開発の目的は、あらゆる分野の労働力を解放し、生産効率を向上させ、社会の進歩を促進することにある。自動化技術は、人間の優れた知性と世界を制御する能力を反映している。マクロの観点からは、自動化は物理的な世界と情報の世界をつなぐ架け橋となる。機能的な観点からは、自動化は機械を使用して所定のタスクを自動的に完了するプロセスである。

自動化に関わる分野には、産業、航空宇宙、防衛産業、農業、医学、そして金融、管理、社会、日常生活のあらゆる要素が含まれる。自動化制御オブジェクトは、大小さまざまであり、日常生活における家電製品やスマートホームから、ロボット、自動車製造プロセスまで含まれる。

また、都市の上下水道ネットワーク、下水および廃棄物処理システムから、軽工業、製薬、石油までも対象とする。化学製品やその他の生産プロセス、現代的な生物・医学から、航空機、ミサイル、ロケット、衛星、また農業から、さらには国家の人口管理、経済分野までを領域に含んでいる。

専門基礎科目：

領域	科目
数学・自然科学	工業数学及び解析学、代数・幾何学、確率論・数理統計学、複素関数論と積分変換、物理学
工学	回路、アナログおよびデジタル電子技術、コンピュータ工学、オートメーション技術

専門コア科目：

領域	科目
工学	自動制御原理、自動制御コンポーネントと回路、システムモデリングとシミュレーションの基礎、組み込み技術の基礎
オートメーション	コンピューター制御、プロセス制御システム、制御システム設計、インテリジェント制御、航空機制御、マシンビジョン

出所 ：http://college.irobot-edu.com/college2/collPerPower.aspx?s=13

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国

■ 上海交通大学　学生イノベーションセンター

上海交通大学学生イノベーションセンターは、製造業に関する(ロボット以外を含む)複数のトレニーングプレグラムを展開。教育課程では、コンペティションへの参加を取り入れるなど、実践的トレニーングの他、プロジェクト型の教育体制を提供している

事例:教育用ロボット　TI-RSLK、他

テキサスインスツルメンツ(TI)が発売した移動ロボットキット。大学でのロボット教育用に特別に設計されたものを使用。 モータードライブ、センサー、組み込みプロセッサなどのロボットシステムに不可欠な機能モジュールをカバーするモジュールが含まれており、これに基づいて、ロボットシステムの設計とトレーニングが行われる

(他の利用可能デバイス)

- Nao
- UR
- KUKA(ロボットアームプレットフォーム)
- Pepper
- VEX(競技会用に開発)
- Robocup用小型サッカーロボット
- Turtle bot

PBL教育(コンペティション)

ロボカップ、VEXなど国際的な大会への参加、受賞実績が多数。
ロボット工学、設計のトレーニングを通して、ロボット開発の関連技術を学生に習得する機会を提供。プログラミング、ロボットのさまざまなセンサー原理と応用方法を習得を目的とする
(VEXのHP内紹介より)

出所 ： https://www.si.sjtu.edu.cn/zh-CN/lab/ceb9beb5-8afa-c5f2-0241-6a16d88016f6
出所 ： https://www.si.sjtu.edu.cn/zh-CN/lab/course-view?course_id=4e8bf4ed-231d-c71b-3eff-5a061fb57b20

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

北京電子科学技術専門学校（北京電子科学技術職業大学）

機械電気工学部-機械製造と自動化（机械制造及自动化）専攻があり、卒業生の60%以上が中国航天科技集团等へ雇用されている（HPからの情報）など、職業訓練大学として、専門的な技術習得を可能としている。航空宇宙分野に主軸

主要なプログラム

- 図面
- 機械工学入門
- 電気、電子技術
- モーター、電子制御
- CNC加工技術、プログラミング
- CAD、CAM
- PLC
- 産業用ロボットのプログラミング、デバック
- 故障診断、メンテナンス　等

教育設備

- 産業用ロボット
- グラフィックワークステーション
- 実験用ベンチ
- 顕微鏡
- ドローン
- 生産ライン　など

資格取得

学位の他、雇用に結びつく資格取得が可能なプログラムとして、「1＋X証明書」の制度がる。

- （国）職業資格証明書制度
- （民間）SolidWorks認定エンジニア
- 電気技師資格

出所 ： https://www.bpi.edu.cn/jdxy/info/1142/1949.htm

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

（追加調査）
PBL ： Project Based Learning

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

競技会形式によるロボット教育

- PBL(Project Based Learning)教育は、本調査にて実施した大学等においても、ロボット教育のカリキュラムとして活用されている
- コンテストへの参加を通じて、実践的なロボット開発トレーニングとなる他、産業からは優れた人材発掘の場として活用されることが期待できる

事例1

自動運転技術のイノベーション(米国)

DARPA(米国国防高等研究計画局)にとって、ロボットコンテストは重要なイノベーション促進ツールとなっている

2004グランドチャレンジ

15台中、1台もゴールにたどりつけず

2005グランドチャレンジ

4台がゴールに到達

2007アーバンチャレンジ

障害物、人などをルート上に設置。89チームのうち6台が完走

事例2

産官学連携での技術開発促進(日本)

経済産業省でも、競技会形式によるイノベーション促進と人材育成を狙いとして、4つのカテゴリーにて競技を実施。World Robot Summitとして2018年、2021年に開催されている

World Robot Summit

産業界からの期待も高く、多数の民間企業がスポンサーとなる(例:セブン&アイ・ホールディングス、JTB、ユニクロ、KDDI、大手ゼネコン　など)

⇒優秀チームの技術獲得の他、ロボット人材のリクルーティング、先端的な自社イメージの創出などが狙い

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国事例

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国事例(競技会)①

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	概要
RAT（Robotics Automation Technology）Project -ROBOTICS AND AUTOMATION TECHNOLOGY COMPETITION	**Intelitek**	https://intelitek.com/robotics-and-automation-technology-competition/	2022	産業用自動製造プロセスのシミュレーションを行う。学生は自動化技術の分野での雇用に必要なスキルを習得する。SkillsUSA.org主催の“SkillsUSA competition”によりスキルを実証する。 2人1組のチームで、プロジェクトシナリオのソリューションとしてロボット生産システムをレイアウトし、プログラムする。 ※Intelitekのロボティクストレーニング創設は1982 ※Intelitekは、テクノロジー・トレーニング・ソリューションの世界をリードする開発者、プロデューサー、サプライヤー。将来の雇用可能性を確保する重要なキャリア構築スキルを習得するのに役立つ教育プログラムを用意。 Pinckney High School、The Northeast Community College
Robofest	**Lawrence Technological University**	https://www.robofest.net/index.php	1999	ローレンス工科大学主催の”Robofest”は、自律ロボットの設計、構築、プログラムを行うコンペティションやイベントが複数ある。シニア(9-12年生)、大学部門のイベント例は下記。 ◆RoboMed： 最大5人の学生のチームが、インテリジェント&インタラクティブロボティクスを使用して(バイオ)医療ロボティクス/デバイスプロジェクトを作成し、プログラムする。このコンペティションは起業家精神も促進。 ◆VCC：コンピュータビジョンや自律型モバイルロボットの研究開発を推進。
Robotics Student Design Competition	**American Society of Agricultural and Biological Engineers**	Robotics Competition (asabe.org)	2006	学部生/大学院生対象のコンペティション。完全自律型ロボットソリューションを農業プロセスにシミュレートすることで、ロボットシステム、エレクトロニクス、センシング技術のスキルを開発可能。 ロボットは完全に自律的で、人間の介入なしにタスクを完了できる必要がある。 2021年のコンペティションテーマは、イチゴ農園でのフィールドロボティクスの応用と、シミュレーション環境での生産についてであり、チームはシミュレートされた本物のイチゴ植物につき、過剰で不健康な葉や花を自律的に識別、数え、除去できるロボットを設計し、実装するアプリケーションの開発を競った。
2021 BEST Robotics Teacher and Mentor Workshops	**提供：BEST Robotics, Inc 運営：BEST OF TEXAS ROBOTICS**	Workshops 2021 - BEST of Texas Robotics	2021	ワークショップ参加者は18歳以上。VEX Cortex with MathWorks Simulink(r)のプログラミング、 ロボット構築技術、エンジニアリング設計プロセス、機械・電気設計につき受講。ワークショップ内で自作したミニロボット（BEST Kitsを使用）とプログラムでコンペティションを行い、優秀賞を設けている。 *BEST Robotics Inc. (BRI) is a non-profit, volunteer-based organization.
Promoting Robotic Design and Entrepreneurship Experiences among Students and Teachers - NYU's Inno/Vention contest	**Tandon School of Engineering New York University**	http://mechatronics.engineering.nyu.edu/people/vikram-kapila/funding.php	2016-	本プロジェクトでは毎年、ニューヨーク自治区の高校から教師と生徒が、2週間のガイド付トレーニングと2週間の共同ロボット製品開発からなる4週間のサマースクールに通う。参加者の約半数は女性。 ロボット工学、起業家精神、K-12カリキュラム設計、プロジェクト設計と実装支援のための専門家を含む学際的なチームを結成し、毎年恒例のグランドフィナーレでは、 Inno/Ventionコンテストをモデルにしたロボット製品デザインとビジネスアイデアコンテストに結成チームが出場する。 ITEST（Inov Tech Exp Stu & Teac）プログラムにより資金提供されている。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国事例(競技会)②

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	概要
VEX ROBOTICS COMPETITION	**Robotics Education & Competition Foundation（事業体はInnovation First International）**	https://www.roboticseducation.org/teams/vex-u/	2007-	VEXロボティクスでは、競争力あるロボット工学で高等教育を補完している。VEXロボティクス・コンペティションは、単なるゲームではなく、チームワークを通じて困難に直面した際の忍耐を学び、自信を持って新しい課題にアプローチし、解決するための方法論も提供する。コンペティションでは毎年300以上のチームが競っている。2021-2022の課題は、ティッピングポイント。YouTube（https://youtu.be/H8XcvADUXTE）でガイドあり。
Intelligent Ground Vehicle competition	**THE ASSOCIATION FOR UNMANNED VEHICLE SYSTEMS INTERNATIONAL**	https://robonation.org/programs/igvc/	1992-	無人地上自律移動走行車の学生向け競技大会。日本からは法政大学をはじめ、アメリカ・カナダ・台湾・中国・インドなど世界各国からエントリーあり。第29回はミシガン州ロチェスターのオークランド大学にて2022年６月３日から６日まで開催予定。Auto-Nav Challenge Competition、Design Competition、IOP Challengeの３部門あり。 IGVCは、学際的、理論ベース、実践的、チーム実装、結果評価、および製品実現に基づき新興産業や急成長産業の技術、そしてエンジニアリング教育の最先端にあるデザイン体験を提供している。 AUVSIは無人システムとロボット工学の進歩に取り組む世界最大の非営利団体。
RoboSub	**RoboNation, Inc.**	https://robonation.org/programs/robosub/	1997-	高等学校・学部・大学院生向けの水中ロボット競技。コンペティションの基本目標は、自律型水中車両(AUV)が毎年新しいテーマで水中タスクを完了することによる自律性の実証である。2022年は、7月25-31日にカリフォルニア州にて開催予定。 *RoboNation, Inc.(旧AUVSI財団)は、2009年にAUVSIと3つの創業パートナー(SolidWorks, Northrop Grumman and Insitu (a Boeing company)）の支援を受けて運営を開始した非営利団体。
ICRA	**2022の主催：University of Pennsylvania-GRASP Lab** **IEEE Robotics and Automation Society**	https://icra2022.org/program/program-overview	1974-	ICRAは、IEEEロボティクス・オートメーション協会の主力会議で、ロボット研究者がそれぞれの調査研究を発表し議論するための国際フォーラム。 2022年はペンシルバニア大学のGRASP & friendsがオーガナイズする。”気候変動のためのロボット工学”のワークショップは、ペンシルベニア大学のGRASP研究所が主導。”協働ロボットと未来の仕事”に関するワークショップに登壇する米国の大学は、マサチューセッツ工科大学・ペンシルバニア大学のGRASPラボ（General Robotics, Automation, Sensing ＆Perception Lab、カリフォルニア大学サンディエゴ校など。ほかにも”自律レーシング”、”自律型致死兵器システム（LAWS）と自律兵器システム(AWS)に関する研究開発、使用、ガバナンスにおける倫理的および技術的課題への取り組み”、ロボットが人間レベルの操作の器用さに到達するために不可欠なバイマニュアル操作につき研究と現実世界のアプリケーションのため方向性を議論するワークショップ、ロボットシステムにおけるエネルギー貯蔵と配送についてのワークショップが開催される。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国事例(競技会)③

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	概要
ASME Student Design Competition -Robot Football	**The American Society of Mechanical Engineers (ASME)**	https://efests.asme.org/	2018	ASME Engineering Festivalsの学生デザインコンペティションで、2018年に米国ピッツバーグで開催された。当コンペティションは、学部生や大学院生がメカニズムやロボットを設計・構築する能力を紹介する絶好の機会となっている。 Robot Football competitionはFIFAワールドカップにインスパイアされた企画で、各大学がロボットサッカーチームを構築し、競った。 決勝戦には、ペンシルバニア州立大学（The Pennsylvania State University），Drexel University（ドレクセル大学），University of Florida（フロリダ大学），Milwaukee School of Engineering（ミルウォーキー工科大学）から２チームが出場、フロリダ大学が準優勝チームの3倍近くのポイントを獲得し勝利し、ASME学生セクションの1,000ドルとともに、3,000ドルの最優秀賞を受け取った。
ASME Student Design Competition -Student Mechanism & Robot Design Competition (SMRDC)	**The American Society of Mechanical Engineers (ASME)**	https://efests.asme.org/	2022	ASME Engineering Festivalsの学生デザインコンペティションで、2022年はASME International Design Engineering Technical Conferences主催でバーチャル開催となり、ミズーリ州のセントルイスステーションホテルで行われる。 コンペティションは2ラウンドで構成され、予選のラウンド1（学会および業界から選ばれた審査員による提出書類の評価）の上位5エントリーがラウンド2の出場資格を得る。ラウンド2は、口頭発表(5~7分)によるエントリー説明と、インタラクティブポスターを用意してのプレゼンテーションとディスカッションセッションを行う。
ASEE 2019 National Competition	**American Society for Engineering Education（ASEE）**	https://www.asee.org/	-	米国工学教育協会（ASEE）では、毎年恒例のロボティクスコンペティションを主催。本コンペティションには、エンジニアリングプログラムの最初の2年間の学生だけが参加できる。毎年会議の開催地をテーマにしたユニークなタスクが課される。 2019年はフロリダ州タンパにて開催され、フロリダにて起こりうる自然災害に対応する自律ロボットの構築がテーマとなった。
SEDS USA Competitions and Presentations-2018-2019 Competition:Designing the Robotic Space Tug?	**SEDS USA**	https://www.sspi.org/cpages/2018-competition-designing-the-robotic-space-tug	2018	SEDS（Students for the Exploration and Development of Space）は、教育・工学プロジェクトを通じて宇宙探査や開発を推進することを目的とする国際学生団体組織で拡大する宇宙産業における将来の貢献者育成を促進している。毎年、SEDS USAとSSPI（Space and Satellite Professionals International）が提携し、国際的な衛星設計のコンペティションを開催。 本コンペティションは大学生向けで、2018-2019シーズンは、”ロボットスペースタグの設計?”というタイトルで開催。宇宙ステーションの整備や環境汚染の防止に機能する、いわば地球周りの”タグボート”のような宇宙船の設計がテーマであった。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国事例(競技会)④

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	概要
Land O'Lakes Bot Shot	**Land O'Lakes, Inc**	https://www.landolakesinc.com/Blog/March-2019/land-o-lakes-bot-shot-from-farm-to-free-throw	2019	主催者であるランド・オレイクス社（Land O'Lakes,Inc.）は、ミネアポリス州セントポール郊外に拠点を置くアメリカ有数のアグリビジネスおよび食品会社であり、農業生産から消費食品に至るまで業界をリードする事業を行うメンバー所有の農業協同組合である。 本コンテストは2019年にミネアポリスにて、"ボットショット-農場からフリースローへ"と題し、バスケットボールと農業の共通点は何かをテーマに開催された。ライブイベント形式で行われ、7つの大学が10,000ドルの賞金を競った。各大学チームは、ランド・オレイクス社およびロボット教育用品の大手サプライヤーAndyMark, Inc.（本社：インディアナ州）の提供物を備えたロボットを構築。サウスダコタ州立大学とウィスコンシン大学マディソン校の２校が勝者となり、両校とも10,000ドルの賞金を受け取った。
CORNELL CUP ROBOTICS	**Cornell University, Engineering Project Team**	https://cornellcuprobotics.com/index.html	2010-	ARM（世界有数の半導体IP企業）、Autodesk, Inc.（アメリカの多国籍ソフトウェア企業）、ホッグ・ロビンソン・グループ（グローバルな旅行管理会社であるHRGや中小企業向け旅行管理会社eWings.com を含む上場の国際企業サービス組織）の3社がスポンサーの学内ロボット競技。複数のプロジェクトがある。例えば"C1C0"プロジェクトでは、冷蔵庫から食べ物を手に入れたり、ドアを開け個々人を認識して挨拶したり、ターゲットにダーツを発射したりするなどのタスクを遂行できるロボットを設計した。
Autonomous Snowplow Competition	**The Institute of Navigation, Inc.**	https://www.autosnowplow.com/welcome.html	2010-	生活の問題を解決するために数学と科学の使用を奨励し、実用的なエンジニアリングソリューションの適用を目的としている。 大学生のほか、一般人も競技会への参加が可能。スポンサー企業は多数存在する
The Student Division Robotics Competition (SDRC)	**ATMAE(The Association of Technology, Management and Applied Engineering)**	https://www.atmae.org/general/custom.asp?page=RoboticsCompetition	2002-	ATMAEは非営利団体で、会員には米国全土の500以上の企業、コミュニティカレッジ、大学の学生や専門職員が含まれる。 本SDRCコンペティションは、2002年から開催されているロボットデバイス構築競技であり、優勝チームにはスポンサーから賞金が授与される。 2021年のテーマは、倉庫内での貨物の受領/保管/配送ロボットの導入に関するもの

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国事例(競技会)⑤

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	概要
University Rover Challenge (URC)	**The Mars Society**	https://urc.marssociety.org/home	2007-	ユニバーシティローバーチャレンジ（URC）は、2007年から毎年夏に開催されている大学生を対象とした世界有数のロボット競技会。米国ユタ州南部の砂漠で開催。ロボット工学と火星探査に興味を持っている大学生チームが、次世代の火星探査車の設計開発を行っている。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

米国事例(競技会への参加大学、チームの取組)①

競技名	大学、団体	プロジェクト名	URL	開始/開催年	
Bot Shot/Autonomous Snowplow Competition/Vex Uほか	**University of Minnesota**	University of Minnesota Robotics - Robotics team University	http://studentrobotics.umn.edu/	2009	"University of Minnesota Robotics"は、ミネソタ大学の学生組織で、2009年12月にGOFIRSTロボティクスとして組織化したのが始まり。当初は6名の学生で構成されたが、継続的に成長と進化を遂げており、2019年にはミネソタ大学ロボット工学部の産業・システム工学部として認知されることになった。 ロボットの設計と構築、ミネアポリスとセントポール地域でのFIRSTロボティクスプログラムのサポート、ロボット工学とSTEM教育の認知度向上のためのアウトリーチイベント開催、が3つの主要目標。現在チームはION自律除雪車コンペティション、Vex U、NASAロボットマイニングチャレンジ、ボットショットといったロボット関連競技会に出場している。
Autonomous Robotic Vehicle	**The University of Michigan Autonomous Robotic Vehicle Team**	The University of Michigan Autonomous Robotic Vehicle Team (UMARV)	https://studentorgs.engin.umich.edu/project-teams/	2016	ミシガン大学の自律ロボット車両チームは、2018年にミシガン州ロチェスターのオークランド大学で開催されるインテリジェント地上車両コンペティションの完全自動運転車を作成することを目標に、2016年秋に設立されたプロジェクトチーム。デモや実践的なワークショップなどのアウトリーチ活動を通じて、インテリジェントシステムと自律システムについて学習してきた。
ASME Student Design Competition	**The University of Akron**	Pick-and-Place Robot for the 2019 ASME Student Design Competition	https://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/946/	2019	アクロン大学ウィリアムオーナーズカレッジにおける、ASME学生デザインコンペティションへの参加に向けたリサーチプロジェクト。 創造的なデザイン設計を課題とし、迅速かつ効率的な方法で「ピックアンドプレース」タスクを達成できるデバイスの構築を行った。「ピックアンドプレース」タスクは、まずチューブスタンドの上にバランスの取れたさまざまな異なるボールをすばやく慎重に固定し、次に、収集したボールを特定の収集領域に慎重に配置、そしてこれらの操作過程でボールを地面に落とすなどの意図せぬ動作を避けつつ、スピードを最大化させることを目標としたデバイスである。
RoboCup Succor	**The University of Texas at Austin**	**AUSTIN VILLA Robot Succer Team**	https://www.cs.utexas.edu/~AustinVilla/	2007	オースティンヴィラは、テキサス大学オースティン校のロボカップチーム。チームのコアメンバーは博士課程在籍の学生が多い。 機械学習、マルチエージェントシステム、ロボティクスに焦点をあてて研究開発を行っている。

米国事例(競技会への参加大学、チームの取組)②

競技名	大学、団体	プロジェクト名	URL	開始/開催年	
Bot Shot	**PURDUE UNIVERSITY College of Engineering**	Purdue Engineering robotics team	https://engineering.purdue.edu/Engr/AboutUs/News/Spotlights/2019/student-team-represented-in-robot-form-at-final-four-tourney	2019	ランド・オレイクス社（Land O'Lakes,Inc.）主催のBot Shotコンテスト参加のためのロボティクスチームを結成。機械工学専攻のメンバーを中心に物理システムや電気工学、コンピュータサイエンス専攻の学生らと協力し、また、ワークショップを開催しながらシステムの設計と構築に励んだ。完成した"ボイラーボットスペシャル（YouTubeにて公開。https://youtu.be/yxMWqmFu538）"は、90%以上のフリースロー率を誇り、決勝出場の４校内に選出された。
ASEE Robotics Competition	**CEDARVILLE University**	ASEE ROBOTICS TEAM	https://www.cedarville.edu/academic-schools-and-departments/engineering-and-computer-science/asee-robotics	2001-	ASEE ROBOTICS TEAMは、毎年恒例のASEE主催のロボティクスコンペティションに出場するための自律型ロボット構築のためのチーム。2001年から20年以上チーム活動を行っており、優勝を含む3位内の成績を何度も修めている。 ロボットは、SolidWorksと3Dプリントで設計され、Arduinoやその他のオープンソースのマイクロプロセッサを使用してロボットに電力を供給し、すべてのプログラミングは C++を使用して行われる。またイーグルCADを使用して独自のカスタムPCBボードとエレクトロニクスを設計している。
SEDS USA Competitions and Presentations	**PURDUE UNIVERSITY College of Engineering School of Aeronautics and Astronautics**	"Sisyphus Tug-Station System" team	https://engineering.purdue.edu/AAE/spotlights/2018/2018-1018SEDSSSPI	2018	SEDS USAとSSPIの共催コンペティション（2018-2019シーズン："ロボットスペースタグの設計?"）に出場するためのプロジェクトチーム。STKソフトウェアを使用したスペースタグ"Sisyphus"は3位入賞を果たした。なお、System Tool Kit（STK）はAnalytical Graphics、Inc.の物理ベースのソフトウェアパッケージであり、エンジニアや科学者が地上、海、空、宇宙におけるさまざまな解析を実行できる。
BattleBots	**WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE**	BASED LEARNING POWERED THE "BATTLEBOTS" ROBOT CREATED BY WPI STUDENTS FOR DISCOVERY CHANNEL SHOW	https://www.wpi.edu/news/project-based-learning-powered-battlebots-robot-created-wpi-students-discovery-channel-show	2020	米国で長く放送されているテレビの競技"BattleBots （自作ロボットを戦わせる競技、ロボットデスマッチ）"用のロボット開発。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

欧州事例

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

欧州事例(競技会)

国	競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	概要
UK	Student Robotics Competition	Student Robotics	https://www.studentrobotics.org/	2015-	Student Roboticsは、英国イングランドとウェールズに登録されている慈善団体で、16~19歳の若者向けロボット競技コンペティションを開催している。チームと一緒にエンジニアリングプロジェクトに取り組むという経験と、機械設計から電気システム、ソフトウェア開発までの様々なエンジニアリング分野を探求する機会を提供。チームはパイソン（Python）を使用しロボットをプログラムし、自律型ロボットを構築する。2022年はイングランドのサザンプトン大学にて開催。
Germany	European Space Elevator Challenge (EUSPEC)	Technical University of Munich in Germany ロケット・宇宙飛行科学ワーキンググループ(WARR)	https://warr.de/projects/euspec/	2011-	欧州宇宙エレベーターチャレンジは、宇宙エレベーター技術に焦点を当てたヨーロッパで最初で唯一の学生コンテスト。 ミュンヘン工科大学で宇宙技術を補うことを目標に、主に学生グループによって運営されている。
Poland	European Rover Challenge	European Space Foundation	https://roverchallenge.eu/en/about-the-erc/	2014-	火星探査用のロボットコンテストで大学チーム（参加者の75%以上が学部生/大学院生/博士課程/最近の卒業生であることが要件）。ヨーロッパ最大の国際宇宙・ロボット競技会。世界中の大学チームが独自の火星ロボットを構築し、火星と月の表面でローバーが行うタスクと同様の競技に参加。2021年以降、チームはオンサイトとリモートの両方の公式で参加可能。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

欧州事例(競技会への参加大学、チームの取組)①

競技名	国	大学/団体	URL	概要
Robot Challenge/RoboGames（in San Francisco）/Eurobotほか	オーストリア	Fachhochschule Oberösterreich	https://www.fh-ooe.at/en/	オーバーエスターライヒ応用科学大学では、ロボット工学分野での研究開発を推し進めており、2020年から各種競技会に出場しているチーム”DYNAMICS"は、ロボット競技で成功を収めるために、2007年末にロボレーシングチームRRTとして設立されたのが始まりである。
RoboCup ほか	ドイツ	Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt	https://www.fhws.de/en/	ヴュルツブルク・シュヴァインフルト応用科学大学では、「産業ロボット工学」、「モバイルロボティクス」、「ヒューマノイドとサービスロボティクス」に焦点を当てたプログラム提供で、ロボット工学分野を包括的にカバー。 ◆2021年開催のRoboCupに向けたチーム”SWOT"を2020年に立ち上げ。2名の教授と4人の学生、1名の従業員が創設メンバー。チーム編成経緯や作品の詳細が下記URLにあり、使用機材やソフトなどの記載*もあって非常に参考になる。 *ロボットは次の5つの主要コンポーネントで構成（上記PDFより抜粋/PDF内にはこれらの使用方についても言及あり） – EvocortexGmbHの移動ロボットプラットフォーム – ユニバーサルロボットのUR3eロボットアーム – RobotiqのHand-eグリッパー – Intel RealSense D435i – Intel UP Xtreme
Innovation Award of the Mechatronic Cluster of the federal state of Lower Austria	オーストリア	Fachhochschule Wiener Neustadt GmbH	https://www.fhwn.ac.at/en/	ウィーナー・ノイシュタット応用科学大学では、政府の要請でMINT科目（数学/コンピュータサイエンス/自然科学/技術）に焦点を当てた学習プログラムを提供、2018年秋から、ロボット研究所でのロボティクスの学士号プログラムが新設された。産業用ロボット工学（IR)とモバイルロボティクス（MR)の２つの専門分野が柱。 AgeWell robotが、ニーダーエスターライヒ州のメカトロニクスクラスターのイノベーション賞を受賞した。
RoboCup Rescueほか	UK	University of Warwick	https://warwick.ac.uk/fac/sci/eng/meng/wmr/	ウォーリックモバイルロボティクスは、ウォーリック大学のモバイルロボティクスの分野でのプロジェクト。都市捜索救助(USAR)ロボットから自律型の飛行ロボットまで、さまざまなプロジェクトを行っている。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

欧州事例(競技会への参加大学、チームの取組)②

競技名	国	大学/団体	URL	概要
European Rover Challengeほか	ポーランド	Politechnika Świętokrzyska	https://international.tu.kielce.pl/	キェルツェ工科大学は、ロボット競技会での常連校"IMPULS"チームを擁する。チームはメカトロニクス・機械工学部の学生と博士課程の学生、および従業員で構成されている。 宇宙ミッションで使用されるGNC(航行、誘導、車両制御)システムの技術で優れた成績。4年連続でローバーチャレンジで優勝するなど入賞
University Rover Challenge（URC)/Robot Racing/International Robot Competition Sumo Challenge/RoboSubほか	ポーランド	Politechnika Warszawska	https://www.meil.pw.edu.pl/MEiL/Kola-Naukowe/KNR	ワルシャワ工科大学は、電力工学と航空学の学生によるチーム"KNR"を擁する。メンバーは、ロボット工学の1つの分野に限定せず、自律走行車、マシンビジョン、火星ローバー、マニピュレータに関するプロジェクト、およびヒューマノイド、移動式、水中、外科ロボットの作成にも関与している。主なプロジェクト作品は、「ボート水中パーチ」/火星ローバー「HAL-062」/自律走行車「Selfie」/ヒューマノイドロボット「メルソン」。
University Rover Challenge（URC)/European Rover Challenge (ERC)	ポーランド	Politechnika Częstochowska	http://rover.pcz.pl/	チェストコバ工科大学は、機械工学とコンピュータサイエンスの学生によるチーム"PCz Rover"を擁する。URC2018年大会では、優勝を果たした。
University Rover Challenge（URC)	UK	University College London	https://uclrover.com/	2017年に設立されたチーム"UCL Rover"は、機械工学、天体物理学といった学部の学部生と卒業生から構成された学際的なチーム。現在のコアメンバーは大学2年～4年生。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

欧州事例(競技会への参加大学、チームの取組)③

競技名	国	大学/団体	URL	概要
RoboCup ほか	**ドイツ**	**FH Aachen**	https://www.fh-aachen.de/en/	学内のMASCOR（Mobile Autonomous Systems and Cognitive Robotics）研究所において、「移動自律システム」の領域と「認知ロボティクス」の分野で研究開発を行っている。前者はナビゲーション、ローカリゼーション、知覚、モバイルシステム制御に関する研究に焦点を当てており、後者は、知覚、意思決定、環境との相互作用の分野でインテリジェントなアルゴリズムと方法を適用し、ロボットの高レベルでの制御にフォーカスしている。MASCORでは様々なプロジェクト活動を行っており、詳細は下記URLで確認可能。
University Rover Challenge（URC)/European Rover Challenge (ERC)	**チェコ**	**Technická univerzita Ostrava**	http://rover.vsb.cz/	オストラバ工科大学では、ローバーチャレンジ競技会へ向けた「探査ロボットローバーK3P4」開発のためロボティクス学科の大学院生と学部生がチーム"RoverOva"を結成。 主に機械エンジニアと、電気工学、プログラミング、センサーの実用化、プロジェクト管理の新しいスキルを導入している。
Eurobot/World Robotic Sailing Championship	**UK**	**University of Southampton**	Southampton Sailing Robot Team (sotonsailrobot.org)	サザンプトン大学のセーリングロボットチームは、究極の自律航行ロボットを設計、構築するのが目的。 2020年は機械工学の学生4人のチーム編成（2019年は5人）で、CAD、レーザー切断、3D印刷、はんだ付けなど、高度な製造技術を活用している。
STI robot competition（大学主催の学際的コンペ）	**スイス**	**Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne**	https://robot-competition.epfl.ch/	スイス連邦工科大学ローザンヌ校では、2013から（2022継続中）、学内のディスカバリー・ラーニング・プログラムの一部としてプロジェクト化された"STIロボットコンペティション"を開催している。 複数の分野(エレクトロニクス、メカニック、プログラミングなど)での実践的な専門知識、プロジェクト管理、予算管理、ワークショップやサプライヤーとの対話、学際的なチーム作業などを学び、実践するプロジェクトである。 3人の大学院生で構成する5チームが、清掃ロボットを設計/構築/プログラミングした

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例(競技会)①

追加調査あり

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	参加対象	概要
ROBOTAC	主催:共産党青年同盟中央委員会、全国学生連盟 （共催あり、概要参照）	http://www.robotac.cn/	大学生	2015	文部省高等学校機械専門教育運営委員会が共催者。 中国独自の国家ロボット技術競技イベントで、共産党青年同盟中央委員会と全国学生連盟が主催する「全国大学生ロボットコンテスト」の1つ。ROBOTACは、ROBOT(ロボット)+TACTIC(戦略)の略。 教育目的とクリエイター精神に則っている。ロボット科学と技術知識の普及を促進し、起業家育成、産学連携、技術革新と変革を促進するのが狙い
“UBTECH Cup” 2021 China Robot Skill Contest and 2021 China Robot Innovation and Practice Forum sponsored by CAAI	中国人工智能学会とUBTECH Robotics Corpの共催。	https://en.caai.cn/index.php?s=/Home/Article/detail/id/447.html	高専～大学院、大学教授	2021	中国人工智能学会（Chinese Association of Artificial Intelligence：CAAI)とUBTECH Robotics Corpの共催。運営は・Shenyang Aerospace University・Liaoning Association of Artificial Intelligence・CAAI professional committee of Intelligent Detection and Motion Control Technology。 技術革新と科学教育交流のためのプラットフォーム構築を目的としている。 参加者は３部門に分かれ、「高専～大学院、大学教授」が参加する部門がある。他の2部門は、小学校・中学校の教員・生徒の部門、その他関係者の部門。 *UBTECHは、中国のロボット会社で大規模な資金調達を行っており新型コロナ蔓延を受け紫外線消毒ロボット開発や、ドバイ万博中国館でAIロボット公式パートナーであるパンダロボットを出展している。
“DaWang Cup” 20th National Robot Championships and the 9th International Humanoid Robot Olympic Games	中国人工智能学会が主催。共催あり（概要参照）。	https://en.caai.cn/index.php?s=/Home/Article/detail/id/38.html	大学生	1999-	第20回全国ロボット選手権「大王杯」第20回国際ヒューマノイドロボットオリンピック大会。中国人工智能学会（Chinese Association of Artificial Intelligence：CAAI)、趙清ハイテク産業開発区の運営委員会、広州ヤティクラブが共催。 2018年からアップグレードし、6つにカテゴリーに47のコンペティションイベントがある。1：無人運転や無人戦車の研究開発に大きな意義を持つ「車輪付き移動ロボット」に焦点をあてた競技イベント。2：ヒューマノイドロボットに焦点をあてたホームサービスロボット開発の競技イベント。3：「空中ロボット」 4：「水中ロボット」、5：「サービスロボット」、6：「アエロスロボット」。 2018年の開催には、国内外から100以上の大学から400人近くの人々が参加。また同時に、国内の一流ハイテク企業を招待、展示会に参加、新技術や研究成果に関する情報交換を行った。
China Agricultural Robot Competition（中国農業ロボット競技大会）	China Agricultural University（中国農業大学）工学部	https://english.www.gov.cn/news/photos/202110/28/content_WS617a39f9c6d0df57f98e412d.html	大学生ほか	2018-	主催の中国農業大学は農学/生命科学/農業工学が専門の研究型大学で北京市海淀区に所在、全国重点大学の1つであり北京市が共同設立した大学である。外国からの参加を農業機械化センター(CSAM)がサポートしている。2021年は、中国国際農業機械展とともに、中国青島市にて開催された。 CSAMは、人工知能、デジタル技術、イノベーションの分野での農業工学の学生を支援している。中国国内と主にネパール/パキスタン/スリランカなど外国の大学チームが参加している。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例(競技会)②

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	参加対象	概要
The First China Agricultural Robot Innovation Competition（第1回中国農業ロボットイノベーションコンテスト）	Pinduoduo、中国人工智能学会、国家農業情報技術技術研究センター、南中国農業大学ほか、多くの産学研究機関が共催。	https://www.hortidaily.com/article/9325721/winners-of-the-first-china-agricultural-robot-innovation-competition-announced/ https://futureiot.tech/robots-are-the-future-of-chinas-smart-agriculture/ https://36kr.com/p/1235345348694662	大学生、研究機関研究者、企業研究者	2021-	中国国内の大学、研究機関、科学技術企業などチームを含む195のプロジェクトがエントリーし、20チームが決勝戦に参加し競った。大学チームのプロジェクトの中では、中国農業大学のイチゴ収穫ロボットが一等賞。また、浙江大学の教授率いる「魚の自動ワクチン注射機」のプロジェクトが注目を集めた。 ※Pinduoduo（ピンデュオデュオ、拼多多)は中国のEC企業。2018年7月にNASDAQに上場。
RoboMaster University Championship (RMUC)	DJI（ディー・ジェイ・アイ、中国語: 大疆创新科技有限公司、英語: Da-Jiang Innovations Science and Technology Co., Ltd.）	https://www.robomaster.com/en-US/robo/rm	大学生	2013-	中国の広東省深センで毎年開催される大学間ロボットコンテストで、ドローン技術を誇る製造会社のDJIが設立、主催している。 RoboMasterは2013年の設立以来、学際的能力を持つエンジニアリングの才能を引き付け、「工学と技術の力で自らの世界を変革する若い学習者を支援する」という使命に取り組んでいる。このロボマスター大学シリーズは、ロボット競技会などを通じての学術交流のためのプラットフォームで、年々影響力を拡大し、現在では世界中で400以上の大学を集め、35,000人以上の若手エンジニアリングの才能を育成し、多数の大学と様々なトレーニングプログラムの開発を継続している。
RoboMaster University AI Challenge（RMUA）	DJIロボマスター組織委員会とIEEE国際会議の共催。	https://www.robomaster.com/en-US/robo/icra	短期大学生、学部生、大学院生、博士課程の学生	2017-	ロボマスター大学AIチャレンジは、IEEE国際会議シンガポール、オーストラリア、カナダ、西安支部との共催。世界中のトップ大学や科学研究機関がコンペティションや学術セミナーに参加し、ロボット工学の分野での国際化を促進している。RMUAは、統合されたコンテクストでのモバイルロボットアルゴリズムの適用に焦点を当てている。チームメンバーは、短期大学生、学部生、大学院生、または博士課程の学生で構成しなければならない。 地区大会、中国全土大会、国際大会の３ステップからなる。
23rd China Robot and Artificial Intelligence Competition and 2021 Mingyue Lake Innovation Forum	中国人工智能学会が主催。共催多数（概要参照）。	https://en.caai.cn/index.php?s=/Home/Article/detail/id/504.html	大学生	2021	中国人工智能学会（Chinese Association of Artificial Intelligence : CAAI)が主催。重慶梁新区管理委員会、重慶梁江共同イノベーション地区会社、CAAIロボット文化芸術専門委員会、レジュ(深セン)ロボット、忠慶工業大学重慶研究所、重慶南海梁江中学校、重慶産業産業機器（Chongqing Liangjiang New District Management Committee, Chongqing Liangjiang Collaborative Innovation District Company, CAAI Robot Culture and Art Professional Committee, Leju (Shenzhen) Robot, and co-organized by Chongqing Research Institute of Harbin Institute of Technology, Chongqing Nankai Liangjiang Middle School, Chongqing Robot and Intelligent Equipment Industry Federation→HP英語版の記載はこれ。上記の漢字は自動翻訳で表記の精査はしてないので注意。中国語オリジナルのページ閲覧できず英語のみ）が共催。 目的は、中国全土のトップ人材交流と競争プラットフォームを構築し科学教育と産業の相乗効果を実現させて、人工知能とロボットに代表される戦略的な新興産業の発展を共同で推進すること。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例(競技会)③

競技名	主催団体	URL	開始年/開催年	参加対象	概要
"SoftBank Robot Cup" the 3rd International Youth Artificial Intelligence Competition	中国人工智能学会が主催。	https://en.caai.cn/index.php?s=/Home/Article/detail/id/506.html	大学生ほか	2021	ソフトバンクグループがスポンサーで、第3回国際青年人工知能コンクール「ソフトバンクロボットカップ」は吉林省科学技術博物館にて開催された。コロナ感染予防要件に従い、競技はオンラインとオフライン方式を併用。中国からは315大学が参加、さらに世界35カ国からの国際チームも参加した。人工知能技術への進歩に若者が貢献することが期待されている。
中国ロボット産業発展大会	青島市人民政府（2020年）	http://cria.mei.net.cn/English/home.asp	業界のリーダー、専門家・学者、企業	2012-	中国ロボット産業連盟(CHINA ROBOT INDUSTRY ALLIANCE (CRIA))、青島市工業情報化局、青島高新技術産業開発区管理委員会の共催。2020年は青島高新区で開催された。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例(競技会への参加大学、チームの取組)①

大学名	URL	概要
中国石油大学(华东)	http://www.upc.edu.cn/	Robotmasterに出場する学校代表チームとして"RPS"チームを2016年に設立。情報制御工学、電気機械工学、コンピュータ・通信工学、化学工学、貯蔵・輸送・建設工学部から数十人の学生を集めた。現在は、RPSチームからRPSクラブへとより組織だった編成となり、トレーニングキャンプ部門、プロジェクト部門、オペレーション部門も擁する。
钦州学院	http://www.qzu.net.cn/	2015年に、Robotmaster出場に向け、"飞虎（フライングタイガース）"チームを設立。オートメーション、機械工学、機械設計、数学、応用数学などの技術分野に長けたロボット愛好家を擁する。機械グループ/電気制御グループ/ビジュアルグループ/プロジェクトグループ/プロモーショングループに分かれて運営されている。 ロボット構造の設計/加工/組立/メンテナンスを担当する機械グループでは、3DソフトウェアSiemens NX 10.0などによる全体構造モデリング、２Dソフトウェア（CAD)による部品プロット、解析ツールANSYSを使用しての構造解析を行っている。電子制御グループのメンバーはSTM32マイクロコントローラと51マイクロコントローラに精通している。ビジョングループでは、主にc言語、c++, Pythonの"opencv"におけるアルゴリズム、テクニカルビジョンQTの開発を手掛けている。
电子科技大学	https://www.uestc.edu.cn/	2015年に、Robotmaster出場に向け、機械電気工学部に"One Point Five"チームを設立。チーム全体を運営管理する非技術部門（キャプテン、プロジェクトマネージャー、広報マネージャー）と、4つの技術部門（機械/電気制御/回路/アルゴリズム）の計５部門で編成。各部門での具体的活動および使用機材など詳細は、下記で確認可能。
香港中文大学	Home | Robotics & AI Lab - CUHK(SZ)	Robotics & Artificial Intelligence Laboratory内に、9つのプロジェクトに専門チームが存在する。 1.フリーフォームロボット：非構造化環境でのモジュール式自己再構成ロボットの主要技術の開発がテーマ。群ロボットやフィールドロボットの開発に関する理論的・技術的基盤を築き、捜索救助や宇宙探査など広い分野での活用を目指す。詳 2.全方向性車両：カニのような平行移動や竜巻のような回転ができる全方位性のハイブリッド電気自動車の開発。初心者ドライバーでも操作を可能にする。 3.ツリーボット：林業における人間の作業を代替するロボットの開発。 4.マリンロボット：海洋ロボットシステムの研究開発を積極的に行う。3人の教授(海外から招聘の高名な教授)、4人の博士、6人の博士課程の学生、3人のエンジニア、研究助手を含む10人以上でチームを設立。大学内の湖で、無人航空機操作など全自動遠隔制御海洋ロボットクラスターシステムを形成し、海洋機器やロボットの研究開発の試験プラットフォームを構築・完成した。 5.書道ロボット：書道は中国国内の特に高齢者に人気であり、高齢者の脳卒中後のリハビリにも活用可能な書道ロボットを開発。 6.インテリジェント全方向性ハイブリッド電気自動車：環境問題にも配慮したハイブリッド電気自動車のプラットフォームの開発。 7.宇宙ロボティクス：様々な宇宙ロボティクスシステムの設計、制御、ダイナミクス、モデリング、リアルタイム実装を研究開発。 8.シングルホイールロボット："Gyrover"と名付けた新しいコンセプトのモバイルロボットを開発。水陸両用で、交通機関、救助、鉱業の検出、あるいはビーチなどでのレクリエーション用に用途可能なロボット。狭い通路や角地でも操縦可能にすることで監視ロボットとしても活用できる。さらには無重力空間でも効率的かつ高速に移動可能にすることで、高速月面車両として使用可能。 9.インテリジェントめがね：装着型の翻訳メガネの開発。リアルタイムで多言語翻訳を実現し、現地語を習得していない観光客に便利なツールとなる。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例(競技会への参加大学、チームの取組)②

大学名	URL	概要
北京電子科学技術専門学校	北京电子科技职业学院 (bpi.edu.cn)	◆メカトロニクス技術専攻と電気オートメーション技術専攻の人材で、ROBOTAC競技での受賞チームがある。 2018年のROBOTACにて総合準優勝を果たすなど、ROBOTACでは入賞の常連校。 ◆2022年1月、自動車工学部のメンバーと関係者が、学生の職業スキル向上と競争促進のため、学生技能コンテストセミナーを開催。産業用ロボットの応用技術についてと、2022年のトレーニングプログラムを報告。 ◆2020年に北京で開催された国際自律型知能ロボットコンテストにおいて、電気通信工学部電子情報工学専攻からの代表チームが入賞。この入賞には、人材育成プログラム改革が寄与している。2020年6月のカリキュラム改革においてロボットコンテストと連動したロボットクリエイタープログラムを開発し、このトレーニングプログラムに参加する学生を募集した。インストラクターが学生にロボットモーションプログラミングとAI設計を指導し、学生らは自分でトラック作成を行った
常州工程職業技術学院	https://www.czie.edu.cn/	◆ROBOTAC出場のロボットチーム"X-R"は、インテリジェント溶接のプロ集団。受賞歴あり。 2019年の江蘇省第10回大学生ロボットコンテストでは、ドローンチーム（空中ロボット）とロボットチーム（シミュレーションロボット）が成功をおさめ入賞。 ◆「ドローンとワイヤレスセンシングネットワーク開発とアプリケーションイノベーション」に関する研究チームあり。 ◆常州工程職業技術学院は、2021年3月に江蘇ロボット株式会社（上海ロボット）との間でロボット産業の人材育成とロボットの応用研究において戦略的に協力する旨の調印式を行うなど、産学連携で高い職業スキルを育成している。
四川大学	https://en.scu.edu.cn/	2015年からシーズンごとにチーム名を掲げ（18シーズンは"鍋"：戦闘力とパフォーマンスが四川鍋のごとく赤く沸騰することを意味）主に歩兵ロボット、ヒーローロボット、センチネルロボットなどを作成している。チームメンバーは、コンピュータ、ソフトウェア、製造、電気の各学部おおよび他大学からのロボット愛好家で構成され、製造学部と電気学部の教授が指導している。チームメンバーは3つの技術グループ（機械グループ/電気制御グループ/ビジョングループと、非技術の運用グループに分けられ、作業量に応じてメーンバー選出される。
电子科技大学成都学院	http://www.cduestc.cn/	電子工学、コンピュータ、マイクロエレクトロニクス、情報通信工学、金融経済学など他分野にわたる人材でチーム"VCTIM"を編成。 C言語、51マイクロコンピュータプログラミング、STM32、OPENCV、AutoCAD、Solidworks、その他の描画ソフトウェアと、CNC工作機械、３Dプリンタなどを使用して開発を行っている。特に、Self-learning awarenessとhands-on abilityの開発に焦点を当てている。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例(競技会への参加大学、チームの取組)③

大学名	URL	概要
南开大学人口智能学院（南開大学人工知能学院）	南开大学 (nankai.edu.cn)	学院内の「天津市智能机器人技术重点实验室」において、マイクロナノオペレーションシステム、遠隔操作ロボット技術、ロボット工学と高度な制御方法、医療・サービスロボット技術、ロボットシミュレーションと仮想現実技術、移動飛行ロボット技術、高度情報自動化技術といった分野の研究開発を行っている。 2020年には遠隔操作可能なスマート防疫ロボット「小安」を開発。赤外線で来院者の体温測定をし受診案内や緊急性判断、消毒剤の散布、検査データの移送、ごみの片づけなどを行う。小ロットでの試作もすでに行われている。
西北農林科学技術大学	https://www.nwafu.edu.cn/	"Infantry Racing and Intelligent Shooting（歩兵レースとインテリジェント射撃）" プロジェクトとして、水資源建築工学部の教師と学生で構成される大学代表のチーム"ファルコン"がコンペティションに参加。地区入賞を果たした。 ※学部の研究詳細は関係者のみに開示。
华南理工大学	https://www.scut.edu.cn/new/	学生コミュニティ内にロボット協会、ドローンクラブ、e-スポーツ協会の3つのコミュニティがあり、ベースメンバーは各種のロボット競技に参加し入賞している。2021年には"未来優秀人材ロボマスター2021フロンティアプログラム"のオンラインイベントを開催、体系的なロボット知識学習を行い、若手技術エリート育成（ロボットコンテストやアルゴリズムコンテストで成績優秀、発明の成果などを有する特定の高校生が対象）に努めた。
深圳大学	https://www.szu.edu.cn/	2014年の年末（12/28）に"RobotPilots"結成。チーム創始者のタン氏は、当時キャンパス内では無名のRobomasterについて研究室ごとに宣伝し、機械、電気制御、視覚認識の領域からメンバーを集めた。結成直後の2015年にRobotmaster中南地区チャンピオンを皮切りに、Robotmasterにおいて毎年輝かしい成績を収めている。 現在、チームには、電気機械、通信工学、電子、計測、オプトエレクトロニクス、経営学、経済学といった様々な領域の学部から100名ほどの優秀な学生が集結。 創始者のタン氏はSongling Robot (dongguan) co.,Ltd.（2016年創業/2017年設立登記）の共同設立者でもある。
郑州大学	http://www.zzu.edu.cn/	チーム"WE GO SPARK"のメンバーは、物理工学部の学部生。インテリジェントコントロール、通信、センシング、機械設計などの研究分野が強み。Robotmaster以外にも各種競技会で優秀な成績を収めている。 "階段を上昇可能なインテリジェント車椅子（"可爬楼梯的智能轮椅")、"水中ロボット（"水下机器人"）"、 "マシンビジョンベースの自動パッチおよび分解機（"基于机器视觉的全自动贴片拆片一体机" ）"が代表作品。
沈阳理工大学（瀋陽理工大学）	http://www.sylu.edu.cn/	チーム"Ambition"は、2017年にRobotmasterのために結成。メンバーは2年生で、3年生の指導の下で開発イノベーションを行っている。５グループ（運用グループ/機械グループ/電気制御グループ/回路グループ/ビジョングループ）から編成されている。
同济大学（同済大学）	https://www.tongji.edu.cn/	チーム"Super Power"のメンバーは、機械エネルギー工学、電子情報工学、交通工学、自動車学の学部生などで構成。機械グループ責任者、電気制御グループ責任者、ビジュアルグループリーダー、プロジェクト管理者、広報マネージャーがチームを率いる。
重庆电子工程职业学院（重慶電子工学専門学校）	https://cqcet.edu.cn/	2007年12月にロボットイノベーションラボが設立され、ロボット関連イベントに学校代表で参加するロボットクラブを創設した。指導教員は主にコンピュータアプリケーション、自動車工学、電子情報学、電気機械工学などのエンジニアで構成され、学生メンバーは主にコンピュータ、ソフトウェア、電気機械、通信工学、自動車工学の学生で構成されている。研究所はこれまでに国家賞や自治体賞も受賞している。

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

中国事例(競技会への参加大学、チームの取組)④

大学名	URL	概要
浙江大学	https://www.zju.edu.cn/	チーム"Meta"は、2017年に米国イリノイ大学と共同設立。チームは、電子・コンピュータ工学、機械工学、電気工学、土木工学の学部生（1～3年生）が中心。チーム組織としては、技術部門として機械グループ/制御・ビジョングループ、運営部門として戦略担当（トレーニング会場の設置など）/財務担当/アウトリーチリーダー/広報マネージャーからなる。 機械グループでは、主にSolidWorksを使用して設計している。
北京科技大学	https://www.ustb.edu.cn/	チーム"Reborn"は、2018年に設立。Rebornは学内唯一のRobomaster公式チーム。機械、電気制御、ビジョン、広報、ハードウェアの５グループで編成。毎週チーム定例会を開き、前週の進捗を披露、チーム全員での交流を図っている。
吉林大学人工智能学院	http://sai.jlu.edu.cn/	吉林大学人工智能学院は2018年5月に設立された吉林大学の新しい研究組織。研究室には40名以上の大学院生と博士課程の学生10名が勤務しており、SAI機械学習、自然言語処理、ロボット工学等の国家科学研究プロジェクトを実施。研究資金総額は約250万米ドルを超え、CCF－A/Bや、CAS-JCR1/2、SCIに学術論文を発表している。
哈爾浜工業大学（ハルビン工業大学）	http://www.hit.edu.cn/	1986年にロボット工学研究所が設立され、国内初のアーク溶接ロボットとスポット溶接ロボットで成功を収める。現在では宇宙ロボット、産業用ロボット、医療ロボット、バイオロボット、マイクロナノロボット、特殊サービスロボットなど幅広いロボット研究開発を推進。 国家重点実験室である「ロボット技術及びシステム重点実験室」を有し、黒竜江省政府、ハルビン市政府と2014年12月、ハルビン工業大学ロボット集団を共同設立、2014年12月に中国黒竜江省州政府、ハルビン地方自治体とジョイントベンチャーとしてロボティクスカンパニーHIT ROBOT GROUP社を設立、2019年には武漢開発地区に研究センターを設立するなどし、主要な国家建設プロジェクト、主要な国家科学技術プロジェクト、国家安全保障、防衛建設プロジェクトに数多く参画している。 ◆産学連携の例 https://www.nokov.jp/support/case_studies_detail/robotic-arm-assembly-skills-learning.html

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

まとめ

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

まとめ

ロボット教育の世界の潮流

- 本調査においては、米国、欧州、デンマーク、中国について、ロボット人材教育の事例を収集した。各国とも、メーカー主導による自社製品のトレーニングはもとより、大学や業界団体等による体系的な人材教育制度が整備されており、産業界との連携による教育プログラムの提供等も見られる
- さらに、業界団体等（事例：米国 A3、中国 Edubot）が提供する認証制度は、教育を受けた人材のスキルを対外的に証明する等、産業界への人材供給に、教育プログラムとセットで役割を果たしている
- 特に大学においては、ロボット人材教育において重要となるPBL教育が取り入れられている事例が多くあり、コンテストを通した実践的な開発教育と、産業界からのリクルーティングに活用されているものと考えられる

育成方法	民間（ロボットメーカー等）	業界団体等	大学・職業訓練校等
プロジェクトモジュールドリブン教育	一部の企業でコンテストへの参加事例が見受けられる（人材育成だけでなく、人材獲得に利用している可能性あり） 民間企業が主催のコンテスト事例（DJI）もあり、	業界団体が主催するコンテストが想定されるが、STEM教育に類するものが多く、本調査のスコープには入らない	研究室単位でのコンテスト参加事例が多数あり。実践人材の育成手法として、定着している
コースモジュールドリブン教育	各社において多数提供されている（デンソー、安川電機、ファナック等）	資格制度を含め、業界団体が特定産業界や地域向けの人材育成を担う事例あり	学位取得のため、体系的なカリキュラムのもと実施されている企業と連携のうえ、就業者向けのカリキュラムも存在

実施主体

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

本調査事例での各国における特徴

対象国	事例	特徴等
米国	RAMTEC、A3といったトレーニングセンターや業界団体、企業によるトレーニングプログラム、大学による学位など、 各所で多岐にわたる選択肢が展開されている。	• （欧州と共通）大学院での育成プログラムが充実。産業界においても、学位がスキルを証明するものとして捉えられている社会的背景が存在 • 業界団体が率先して資格/認証制度の認定を実施。マッチングの仲介を行っており、その仲介要件に認証制度を位置づけるなど、実業と教育の強いリンクが形成されている
欧州（ドイツ、フランス、英国）	ドイツ： ・大学 - インゴルシュタット工科大学、国際応用科学大学、コーブルク大学、ミュンヘン工科大学 ・企業 - カワサキロボティクス、デンソーロボティクスヨーロッパ →インゴルシュタット工科大学と国際応用科学大学には「デュアルスタディプログラム」があり、 フルタイムで就労中の社員に学士号の学位取得の機会が用意されている。 フランス： ・大学 - ソルボンヌ大学、国立先端技術学校ブルターニュ校（グランゼコール） ・企業 - イゼール産業貿易トレーニングセンター →大学とトレーニングセンターでロボティクスが教育されている。 英国： ・大学 - バーミンガム大学、ロンドン大学クイーン・メアリー校、キングスカレッジロンドン ・企業 - PPMAアカデミー →年限が日本と異なり、学士課程が3～4年、修士課程は1年である。	• （米国と共通）大学院での育成プログラムが充実。産業界においても、学位がスキルを証明するものとして捉えられている社会的背景が存在 • 大学院での教育においても、就業者向けのプログラムが複数見受けられ、人材を抱える企業との連携がなされている

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

本調査事例での各国における特徴

対象国	事例	特徴等
中国	・大学 - ハルビン工業大学ロボティクスグループ(HRG/Edubot) →HRGによる中等職業教育(工業高校相当)、高等職業教育(高専相当)、学部教育、トレーニング、教材を網羅している。また、ハルビン工業大学本体でもロボット工学とオートメーションが教えられている。 ・企業 - IMROBOTICS →ロボティクス及び製造業関連のECサイトによる、オンラインでの教育プログラムを、ロボットベンダごとに提供している	• ロボット分野の成長を受け、国家戦略としてロボット産業を位置づけ • 大学が主体となりロボット人材教育の体系的なプログラムが整備されている。外部へも教育コンテンツを公開しており、教育用ロボットのプラットフォームも利用されている • メーカー提供のプログラムが中心となるが、パーツ等の手配と同列に教育プログラムが利用できる民間の取組あり。ロボットユーザーが主要な顧客と想定されるが、顧客層が重なることからも有用な取組と考えられる
デンマーク	・大学 - 南デンマーク大学 →ロボットシステムについて、学士号と修士号の極めて体系的なカリキュラムを有している。 ・企業 - ユニバーサルロボットアカデミー →協働ロボットのエンドユーザ向けにオンラインとオンサイトで教育を行なっている。	• 欧州と同様に大学院での人材教育が実施されている • 民間では、ユニバーサルロボット社が提供するプログラムが多数を占めている。全体として、協働ロボットの開発、利活用に集中していると推察される

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

特徴的なロボット教育事例

①スキル証明のための認証制度を運用

- 人材を求める産業界にとって、指標となる資格認証制度の運用。資格取得のためのトレーニングとあわせ、産業界からの要望を反映した人材育成が図られている

事例：A3（Association for Advancing Automation）

認定ロボットインテグレーターとしてA3が認定し、自動化を希望する企業へ紹介

②教育プログラムへの一元的アクセス

- メーカー提供のプログラムは多数にわたるが、各社で営業活動と併せ個々に提供しているのが実態。下記事例では、各メーカーが提供するトレーニングプログラムを一元的に集約、情報提供をしている

事例：IMROBOTIC

通販サイトを利用する感覚で、パーツの購入と同様にトレーニングメニューを購入することができる

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

特徴的なロボット教育事例

③教育用ロボット（プラットフォームロボット）の利用

- 教育用ロボットを大学が提供。プラットフォームロボットとして学生のプログラミング教育等へ利用されている。大学にとっても、標準的ンな教材があることで、より効率的なカリキュラムを作成できるメリットがある

  事例：上海交通大学

  事例：ハルビン工業大学

④就業者向けの学位取得体制

- 学術研究と職業訓練や企業での実務経験の組み合わた制度（ドイツ デュアルスタディプログラム、ロボティクス分野に限定しない）を活用すると、学習中に貴重な実務経験を積むことができ、労働市場でのチャンスを大幅に向上させることが出来る。

  事例：インゴルシュタット工科大学

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

特徴的なロボット教育事例

⑤PBL教育の活用

- 体系的なコースを受講する教育以外に、コンテスト等への出場を通して実践的な開発を学ぶ機会を得るもの。大学での人材育成で多数取り入れられており、今後も利活用が進むものと考えられる

事例：RoboMaster University Championship（主催：DJI）

中国の広東省深センで毎年開催される大学間ロボットコンテストで、ドローン技術を誇る製造会社のDJIが設立。このロボマスター大学シリーズは、ロボット競技会などを通じての学術交流のためのプラットフォームで、年々影響力を拡大し、現在では世界中で400以上の大学を集め、35,000人以上の若手エンジニアリングの才能を育成し、多数の大学と様々なトレーニングプログラムの開発を継続している。

大学の取組事例

中国石油大学(华东)	China University of Petroleum	http://www.upc.edu.cn/	Robotmasterに出場する学校代表チームとして"RPS"チームを2016年に設立。情報制御工学、電気機械工学、コンピュータ・通信工学、化学工学、貯蔵・輸送・建設工学部から数十人の学生を集めた。現在は、RPSチームからRPSクラブへとより組織だった編成となり、トレーニングキャンプ部門、プロジェクト部門、オペレーション部門も擁する。
钦州学院	Qinzhou University	http://www.qzu.net.cn/	2015年に、Robotmaster出場に向け、"飞虎(フライングタイガース)"チームを設立。オートメーション、機械工学、機械設計、数学、応用数学などの技術分野に長けたロボット愛好家を擁する。 機械グループ/電気制御グループ/ビジュアルグループ/プロジェクトグループ/プロモーショングループに分かれて運営されている。 ロボット構造の設計/加工/組立/メンテナンスを担当する機械グループでは、3DソフトウェアSiemens NX 10.0などによる全体構造モデリング、2Dソフトウェア(CAD)による部品プロット、 解析ツールANSYSを使用しての構造解析を行っている。電子制御グループのメンバーはSTM32マイクロコントローラと51マイクロコントローラに精通している。ビジョングループでは、主にc言語、c++, Pythonの"opencv"におけるアルゴリズム、テクニカルビジョンQTの開発を手掛けている。
电子科技大学	University of Electronic Science and Technology of China	https://www.uestc.edu.cn/	2015年に、Robotmaster出場に向け、機械電気工学部に"One Point Five"チームを設立。チーム全体を運営管理する非技術部門(キャプテン、プロジェクトマネージャー、広報マネージャー)と、4つの技術部門(機械/電気制御/回路/アルゴリズム)の計5部門で編成

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

日本でのロボット教育への示唆

■ 特徴的な事例より、日本のロボット教育への示唆を検討

特徴事例	既存制度、状況、取組等	示唆等
①資格認証制度	• 各ロボットメーカーの安全教育など、現場で必須とされる教育が実施されている • 産業界が求める人材要件と資格制度を結びつける仕組みができつつある(SIer検定など)	• 資格制度と人材を求める企業とのマッチングなど、より直接的に産業界と人材育成を結びつけることが考えられる
②一元アクセス	• 個々の教育プログラムに関する情報が、各教育主体から発信されている • ロボットメーカーで協働して人材育成へ取り組む活動が進んでいる(未来ロボティクスエンジニア育成協議会など)	• 必要な教育プログラムに関する情報を一元的に取得する仕組み(ポータルサイト等)が考えられる • 各ロボットメーカーの個別プログラムの他、業界横断で整備すべき人材育成を含めた情報発信が望ましいと思われる
③教育用ロボット	• STEM教育用の教材は多数あるものの、高等教育レベルにおいては各大学にて取組	• 目的に応じたプラットフォームロボットと教育プログラムをパッケージで用意するなど、教員が効率的に教育活動に臨める仕組みづくりが考えられる
④就業者向教育	• 体系的な大学での教育等は、フルタイムの学生が前提となっている • 就職後は企業内での教育が主	• 企業内人材、および求職者が利用できる専門教育を提供する場が必要と考えられる。「②一元アクセス」と同様に、広く開かれた人材教育の情報を収集できる場が有用と想定される
⑤PBL教育	• 国内大学でも積極的なコンテスト参加による、実践人材育成の方法が採用されている • コンテストのルール等へ、産業界のニーズを反映するなどの動きが始まっている(WRSなど)	• 産業界のニーズを反映したコンテストのより一層の拡充を進める • コンテストに出場した優秀なエンジニアのリクルーティングなど、より産業界にとってのメリットを打ち出していく必要がある

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

NTT DATA

Trusted Global Innovator

© 2021 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.

付録２
「国内におけるロボット人材教育に関する調査」報告書

2022年3月18日
一般社団法人日本機械工業連合会

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

実施内容

背景

- 未来ロボティクスエンジニア育成協議会（CHERSI）*1 設立以降、教員研修へ会員企業より講師を派遣。非常に有用な取組として受け止められており、その加速に向けた活動を模索
- ロボット関連の教育活動について、事例等国内から収集。今後の活動の参考とする予定
- さらに、動画コンテンツの製作やアンケート等の実施を想定している
- 国内の既存の事例を参考として、国内ロボット関連の教育活動に最適なツール、およびコンテンツを提供することを目的とする

実施内容

- 日本国内でのロボット教育コンテンツの概要を調査し、CHERSIでの取組の参考となるよう情報を整理する
- 調査範囲
  調査対象　：　高校、大学（大学院）、団体、企業、（PBL）
  調査内容　：　学生（高校・大学生）に対する産業用・ロボットアームの教育方法、コンテンツ　等

*1：未来ロボティクスエンジニア育成協議会（CHERSI）活動はSlide5,6参照

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

調査概要

調査対象の教育コンテンツの一覧

- 実施されている人材育成例を一覧化。参考情報等を含め、実施機関や概要等を調査。

調査対象	事例
ロボットアーム	8件
レゴ®マインドストーム®EV3	4件
ライントレースロボット、製造ライン教材	3件
ロボット人材育成プログラム	1件
国、自治体、その他	13件

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

調査概要

特徴的な取り組みの事例収集

- 前頁で作成した一覧より、特徴的な事例や今後の未来ロボティクスエンジニア育成協議会（CHERSI）活動に参考となると考えられる事例を収集
- 実際に使用されていたロボットの販売元あるいは製品情報が確認できるURLを一部標記

調査対象	事例
ロボットアーム	• 愛媛大学 社会共創学部 産業イノベーション学科 • 千葉工業大学　先進工学部未来ロボティクス学科 • 熊本高等専門学校　制御情報システム工学科 • 名古屋電気学園（愛知工業大学）
レゴ®マインドストーム®EV3	• 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 • 奈良工業高等専門学校 電子制御工学科
ライントレースロボット、製造ライン教材	• 函館工業高等専門学校
ロボット人材育成プログラム	• 株式会社　エアグラウンド
国、自治体、その他	• 高校生ロボットシステムインテグレーション競技会

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

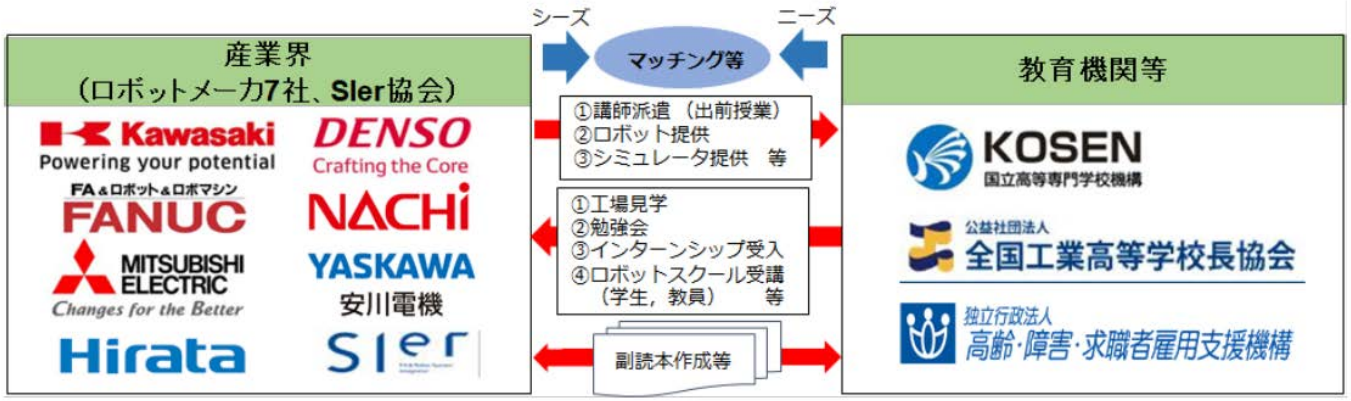
未来ロボティクスエンジニア育成協議会（CHERSI）活動

1．経緯

2019年5月に内閣府,文科省,厚労省,経産省が合同で「ロボットによる社会変革推進会議」を設立。産業界と教育界で連携して中長期的な「ロボット人材育成枠組み構築」が提唱された。2020年6月に「ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会（RRI）」に、「未来ロボティクスエンジニア育成協議会（CHERSI）」を設立し、ロボットに関する人材育成を遂行。

2．活動概要

・産業界からロボットメーカ７社とSier協会が参画
・教育機関等から高専（国立、公立）、工業高校、高齢・障害・求職者雇用支援機構が参画
・CHERSIは教育機関等のニーズと、産業界のシーズのマッチングをサポート。
（教員研修、学生の出前授業、工場見学、インターンシップ、ロボットスクール受講等を実施）



CHERSIの活動スキーム図

ロボット人財育成のため産業界が連携して教育機関の支援実施

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

未来ロボティクスエンジニア育成協議会（CHERSI）活動俯瞰図

人間本位の産業を目指して
“Connected Industries”
New vision for the future of Japanese industries

教育機関等	2020年度活動	2021年度活動
高等専門学校	■教員研修	
	2020.10 ファナック（オンライン）　18名参加 2020.10 デンソーウェーブ（オンライン）13名参加	2021.6 平田機工（オンライン）　13名参加 2021.6 不二越（オンライン）　16名参加
	■出前授業（学生への授業）	
	2021.1 北九州高専（オンライン）安川電機、三菱電機 2021.1,2 東京高専（オンライン）三菱電機、川崎重工業 各授業 40名参加	2021.12 北九州高専（オンライン）ファナック　80名参加 2021.12 東京高専（オンライン）　川崎重工業　36名参加 2021.12 東京高専（オンライン）　SIer協会（三明機工）76名参加
	■スキル標準作成	
	準備	川崎重工業, ファナック, 安川電機で作成⇒高専へ提出
工業高等学校	■夏季講習会	
	準備	2021.8 川崎重工業（オンライン）８名参加 デンソーウェーブ、安川電機は緊急事態宣言のため中止
高齢・障害・求職者雇用支援機構	■講演会	
	2020.10 職業能力開発総合大学校講演（対面）　60名参加 三菱電機 ロボット革命・産業IoTイニシャティブ協議会 2021.2 中国ポリテクカレッジ講演（オンライン）330名参加 SIer協会	2021.6 大学校カリキュラム検討委員会講演会（オンライン） 川崎重工業、SIer協会　40名参加 2022.2 コロナ禍のため中止 （職業能力開発大学校ポリテックビジョン基調講演）
	■職業訓練指導員研修	
	準備	2022.5 産業用ロボットの制御プログラミング技術　11名参加 2022.6 生産ロボットシステムコース対応研修　13名参加 2022.7 生産ロボットシステムコース対応研修　18名参加 2022.10 生産ロボットシステムコース運用支援研修　8名参加 SIer協会会員のバイナスにて研修実施
	■高度ポリテクセンターにおける在職者訓練カリキュラムの開発	
	ロボットシステム導入編（2021.10開設） ロボットシミュレーション活用編（2022.3 開設） SIer協会会員のバイナスにて実習・カリキュラム作成支援	2021.10　ロボットシステム導入編　10名参加 ロボットシミュレーション活用編　（2022.3 開設予定）10名参加予定 SIer協会会員のバイナスにて実習・カリキュラム作成、講師対応
	■委員会委員の見学会	
	緊急事態宣言のため次年度へ延期 （安川電機関東ロボットセンタ見学会）	緊急事態宣言のため次年度へ延期 （安川電機関東ロボットセンタ見学会）
参加者合計	約530名参加	約340名参加 緊急事態宣言によるイベント中止のため2020年度より減少

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

ロボットアーム関連

長野県南信工科短期大学校

https://learninglab.afrel.co.jp/2093/

自動制御実習

「小型ロボットアームの吸盤キットを使ってオブジェクトを移動させる」という動作を

１ティーチング＆プレイバック

２ダイレクトティーチング

３グラフィカルプログラミング

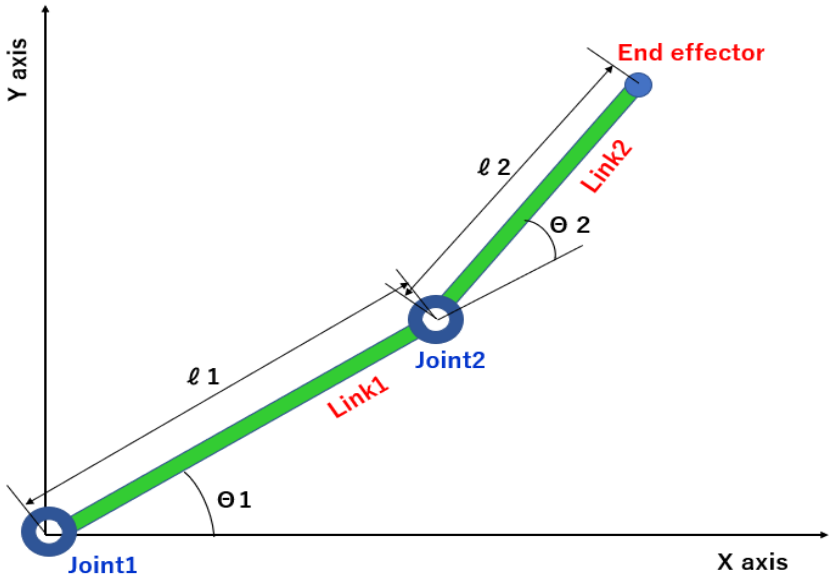
４テキストプログラミング　　で実施する

最終課題

- 鉛筆1本につき10点加点（最大6本）
- ・鉛筆を並べた際に位置ずれがあると減点
- 6本全ての移動を終えた後、残り時間1秒ごとに1点加点
- 鉛筆を何本ずつ移動させるかは自由
- プログラミング方法は自由
  （しかし方法によって加点する：ティーチング 0点/Blockly 5点/Python 10点）

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

愛媛大学 社会共創学部 産業イノベーション学科



ロボットアームの座標変換イメージ図
（順運動学）

ロボットアーム×順運動学・逆運動学講義

- 理論の計算結果と実際のロボットアームの動きを比較するというロボット工学実験
- 3年生が対象
- 2～3人のグループとなり、与えられた課題に沿ってPythonでプログラミングを行い、小型ロボットアームを動かす。
- 動作させた小型ロボットアームの関節の角度等を実際に計測し、順運動学・逆運動学の計算上の数値とずれがないか検証することで、「プログラミング結果と理論値に差異があるかどうか」が目に見えて分かる

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

千葉工業大学　先進工学部未来ロボティクス学科

Source: https://www.robotics.it-chiba.ac.jp/j/?p=1104

設計製作論３（ハンド製作コース）

- 大学２年後期の授業
- 産業用ロボットを適用してドミノを並べたり、ペットボトルの水をコップに注いだり、紙飛行機を飛ばしたり自由にある動作を完遂するためのハンドを製作する
- ハンドの設計加工技術だけでなく、図面の作図、駆動回路、関節の使い方等複数のことを同時に学び、アウトプットできる
- 最終講義日に、プログラミングにより多関節マニピュレータを動かすデモンストレーションを行う

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

産業用ロボット実習

【主に学ぶこと】

- 製造現場で使用されるロボットのプログラミングの基礎概念
- ティーチングの仕組み・機能等の実習
- ロボット導入による生産ライン作業効率の向上
- 製品品質を安定させる手法
- 産業用ロボットを使用する際の安全管理の方法論

研究室で行われているロボコンの事例

競技内容：
「時間内により多くのオブジェクトを棚に並べる」

- 例年はロボットアームから製作している模様。
- 2020年度はコロナ渦で通学ができなかったためハンドのみ製作した。
- プログラミング言語は学生ごとに使いやすいもの使用し初心者はテキスト（おそらく小型ロボットアームのモノ）を活用。
- 例年　ロボットアーム＞ハンド＞制御（時間の配分）
- 今回　自作ハンドの機構製作≒プログラム製作（同上）

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

熊本高等専門学校　制御情報システム工学科

図１　ネジの仕分け作業の様子

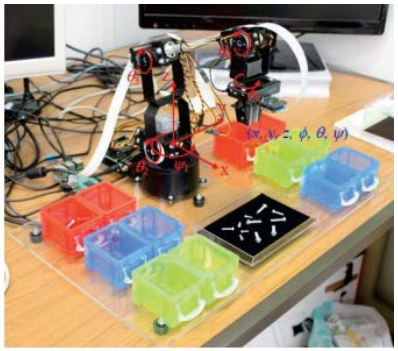


図２　システムの外観

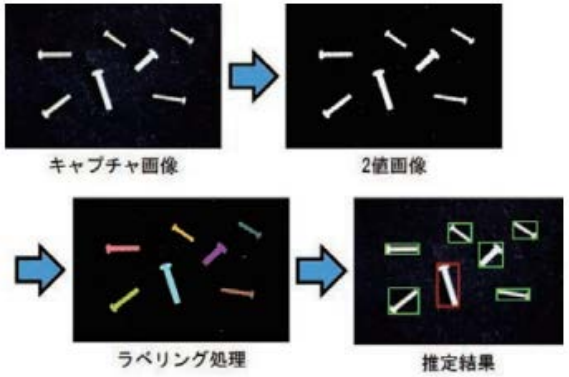


図３　画像処理の過程

SEAJ Journal 2018. 1 No. 160　p29－36

ロボットアームを用いたパーツの自動仕分けシステムの構築

画像処理：小型CPUボードRaspberry Pi3
ロボットアーム：AL5D Robotic Arm

（このロボットアームには、Arduino互換のマイコンボードが搭載されており、Raspberry Pi からシリアル通信によって目標姿勢角を受け取ることで、順次動作することができる。ロボットアームは2リンクマニピュレータのモデルを基に逆運動学によって各関節の目標姿勢角を設定します。）

画像処理によるネジの判別

画像処理によってトレーの上に乗っているネジの位置、向き、寸法を推定します。処理の手順を以下に示します（図３）。

（i）　ロボットアームの先端をトレーの真上に移動し、カメラモジュールで静止画を撮影

（ii）　閾値を基に2値化し、ラベリング処理を施す

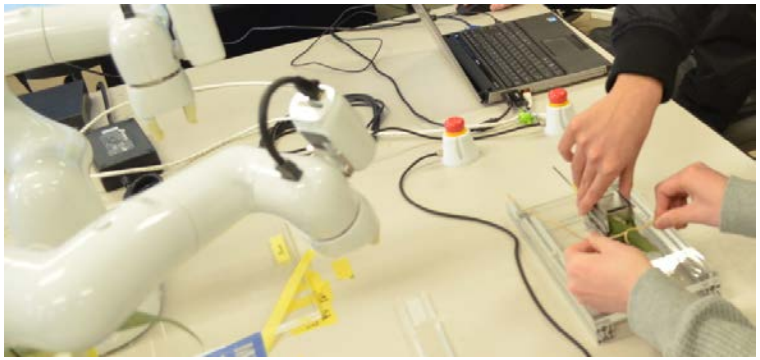
（iii）　最も大きいネジを把持対象とし、位置、向き、直径、長さを抽出

（iv）　ピンホールカメラモデルを用いて実世界のスケールに換算後、推定したネジの寸法を基に、最も値の近いネジの種類へと分類し、対象のコンテナへネジを移動します。

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

函館工業高等専門学校

函館高専×企業のPBLの一例
「ロボットアームを用いた笹の葉寿司の包装工程の自動化」



https://gekkan-kosen.com/88/

中身を傷つけず、いかに美しく笹の葉を包んで紐で留められるか
を専攻科の学生が思案している様子

高専を自社の研究部門のようにとらえて
企業の「ちょっと試してみたい」と学生の学びを実現する機会

企業（就職する領域や部門）と学生の興味関心のマッチング
ができる機会

社会で活躍できる技術者の育成

企業連携型PBLは専攻科の学生のみ履修可

企業の担当者と社会経験のある高専OBが「マイスター」として学生をサポート

技術力
- 高専での学び
- 慣れないロボットで新たな発見、学習

ビジネス（基礎能力）
- 納期
- コスト
  →初めに年間スケジュールと予算案を決める
- 交渉
  →企業の方（クライアント）の悩み解決

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

名古屋電気学園（愛知工業大学）

http://times.sanpou-s.net/detail/pid-10361/

COBOTTAハッカソン　×大学

・デンソーウェーブがCOBOTTA活用アイデアを求めて行う「COBOTTAハッカソン」を
　大学と協力して実施する初の取り組み
・知的計測制御研究室と知能集積システム研究室の学生たち計7人が参加
・ロボット操作のレクチャーを受け、アイデアを競い合った中から、2台のCOBOTTAで
　作業を分担する餃子づくりに挑戦
・右側の写真は2台のCOBOTTAで作業を分担して餃子をつくる様子

その他の取組
・COBOTTAと自立走行ロボット開発用プラットフォーム「TurtleBOT」を用いたペンの
　自動輸送機の作成（ROS制御）
・レゴマインドストームでフライドポテトの盛り付けと搬送を行うシステムを構築

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

高専の名称＋ロボットアームで検索してヒットした情報まとめ

茨城高専　DOBOT　Magician　電気電子系の国際創造工学科では別のロボットアームは導入されていたがコスト面で多く取りそろえることができなかった

鶴岡高専　COBOTTA　親子でロボットアームの体験会を実施（複数年）しており、学校で複数台所有しており、授業でも活用されているかもしれない

長岡高専　COBOTTA　デンソー等の協賛によりロボット実習講習会開催（2021）

石川高専　ロボットアームを使って紀友祭でUFOキャッチャー的なことをしていた（コントローラーがあるのでプログラミングを自らするものではないのかもしれない）

岐阜高専　オープンキャンパスや町のイベント、研究室（山田実さん）で使用。授業でも使用されているのかもしれない

舞鶴高専　学際　ロボットアームで遊ぶコーナーがあり、アームを使った授業が行われている可能性がある

大阪府立大学高専　組合せが可能なロボットアームの開発（教材用）をしていたようで、その後はどうなっているのか確認できなかった

高知高専　デザイン工学演習Ⅱ　4軸のロボットアームの組立が授業内で行われている（その他の高専でもありそうだが今回の調べ方で貴校がヒットした）、電気機械科のロボットはおそらく三菱MILFA

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

レゴ®マインドストーム®EV3関連

ソフトウェアデザインプロセス論

ロボット教材を用いたソフトウェアの開発
現場に近い実習ー教員（顧客）の要求仕様（適宜変更あり）に基づきアジャイル開発を行う

プロジェクト管理、交渉、チーム連携も学びの一つ

使用教材
レゴ®マインドストーム®EV3
Virtual Robotics Toolkit（プログラムしたロボット教材の動きをパソコン上でシミュレーションできるソフトウェア）

プレゼンテーションの内容

1. システムの仕様の説明
　A) 動作する条件の説明　B) 動作しない条件の説明
2. 実装したシステムの説明
3. ユニークな点の説明
4. システムのテストの説明
5. 成功確率の説明
6. 最終仕様の実装（VRTによる自動輸送デモンストレーション）※事前撮影した動画を使用
7. 最終仕様の実装（実機による自動輸送デモンストレーション）※事前撮影した動画を使用
8. Q&A（顧客（講師）とのやり取り）

https://learninglab.afrel.co.jp/1840/

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

電気工学思考型実験

使用教材
レゴ®マインドストーム®EV3
Virtual Robotics Toolkit（プログラムしたロボット教材の動きをパソコン上でシミュレーションできるソフトウェア）

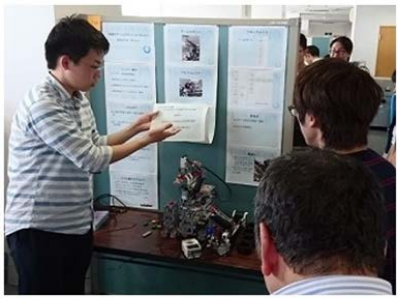
この授業ではEV3のサンプルロボットのデータと走行コースをVRTにインポートしシミュレータ上でロボットを動かした（オンライン授業のため）

内容は先に紹介した慶応大SDMと似ているため割愛

2年生の基礎工学実験と、4年生のPBL教育

使用教材
レゴ®マインドストーム®EV3

テーマ：
現実社会のシステム構築を模した「仮想的なシステムの構築」



https://learninglab.afrel.co.jp/1159/

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

国立 奈良工業高等専門学校 電子制御工学科

令和元年度（平成31年度）の体験型課題解決プログラム（PBL）

使用教材：レゴ® マインドストーム® EV3
Pitsco TETRIX®、自作のパーツ類

授業数（１～３年生）：3限135分／週 × 15週、
（4年次）： 2限90分 × 30週

頑丈なアルミフレーム
マインドストーム等の拡張パーツ

プログラムの内容：

第1学年　電子制御工学実験Ⅰ
チームで課題解決型の実験テーマに取り組む。アイコン型のプログラミングソフトウェアを使用しシステム開発を経験する。

第2学年　電子制御工学実験Ⅱ
EV3をベースに、拡張センサや外部制御用の電子回路を追加して、自律型ロボットを製作する。テキストベースのプログラミング言語を使用。

第3学年　電子制御工学実験Ⅲ
第4学年で使用するベースロボットを用いて、C言語によりライントレース、割り込み処理を行うプログラムを作成する。クランク、カムといった機構は学生自身が設計し、3Dプリンタで造形したものも用いる。

第4学年　システム設計製作
提示されたテーマを解決できる自律移動型ロボットをチームで製作する。各班は予算の1万円で、既製の部品に加えて、学生自身が実習工場で設計・加工した部品を組み合わせてロボットを組み立て、C言語やLabVIEWでプログラムを開発する。年度末には学外の企業技術者も参加する成果発表会が開かれ、学生らは研究、開発、発表のスキルを大きく成長させることができる。

https://learninglab.afrel.co.jp/1171/

https://afrel.co.jp/product/tetrix#tetrixProduct01

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

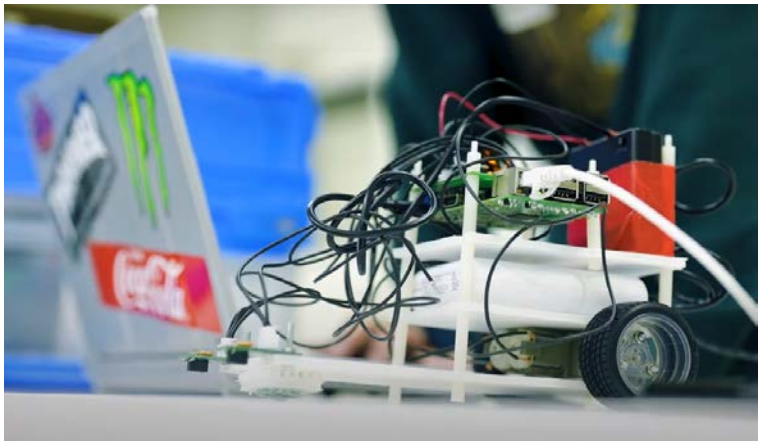
その他ロボット教育教材の事例

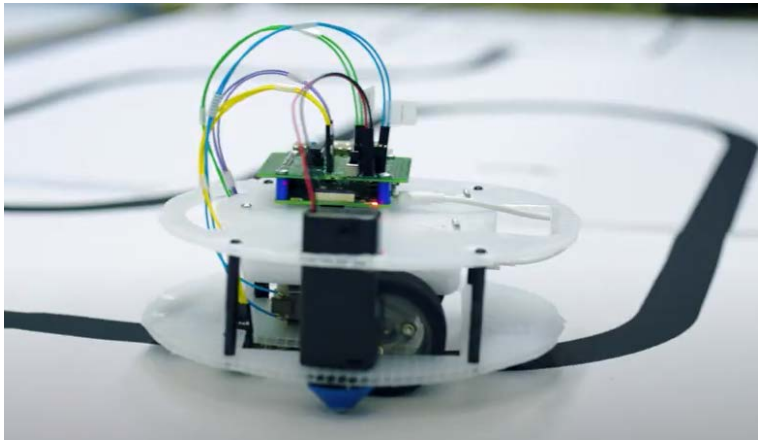
日本大学　生産工学部

ロボットエンジニア育成プログラム　Robo- BE

ロボットに「触れる」、ロボット製作に必要な基礎を学びながら「作る」、仮想環境と実環境を融合させたAI教育の実践を通してロボットの未来を「創る」の３ステップ構成（2年半）。

・1年次後半（ロボットに触れる）
　ロボットの仕組みと、動かす上で必要なセンサーや制御等について体得
・2年次（ロボットを作る）
　ロボット製作に必要な理論やプログラミング基礎を演習中心の授業を通じて習得
・3年次（ロボットの未来を創る）
　機械学習の理論、プログラミングをシミュレーションで学び、機械学習を利用した実際のロボットの制御を実践





「AI×ロボット」をテーマに取り組む製作実習

https://www.cit.nihon-u.ac.jp/special/robo_be/

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

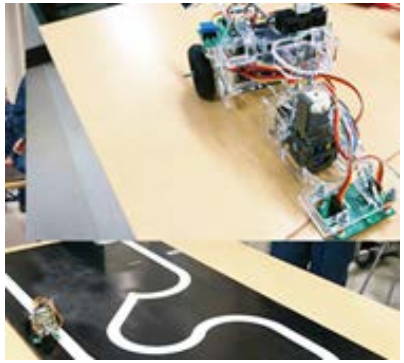
函館工業高等専門学校

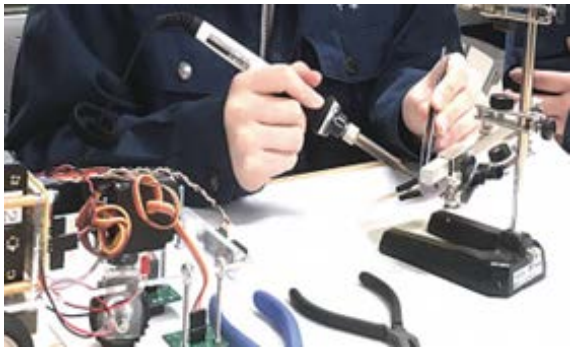
生産システム創造実験Ⅱ（4年生）

生産システム工学科
情報コース、電気電子コース、機械コース

各コースの学生とチームを組んで自律型ロボット（ライントレースカー）を製作する授業。

情報コースでは、モーターの回転数やセンサーの検知等のプログラムを担当
電気電子コースでは、各種センサーの電子回路や配線等を担当
機械コースでは、チームの要望に合わせた車体や機構の設計・製作を担当





https://www.hakodate-ct.ac.jp/subject/elec/

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

愛知県立春日井工科高等学校

電子機械科の取組
-H29年度　STEM 教育推進事業
「あいち STEM 教育力強化事業」の指定を受けて、自動化生産ラインの構成要素（アクチュエータ、センサ、コントローラー、実際の仕事をするメカニズム等）を総合的に学習できる指導書の作成を目指している

使用教材：
フエスト株式会社　STEM教育：簡易型メカトロニクス実習装置 MecLab

http://aichi-kouken.kir.jp/kouken/H30/pdf/P028.pdf

構成内容：
スタッキングマガジン，コ ンベヤ及びハンドリングの3つのサブシステム　等を組み合わせて自動化の実践を行うこともできる。
また、PCを適用して空気圧回路、電気回路、論理回路を学習することもできる。

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

ロボット人材教育プログラム

株式会社　エアグラウンド

https://robomates.jp/

ロボットのオペレーター育成教育プログラム　ROBO　MATES

対象者：小・中・高校生

目的：
つかむ、運ぶといった簡易的な動きをプログラミングして操作する体験を「足掛かり」に、ロボットやものづくりに興味を持ってもらい、将来的に現場で活躍する「ロボットオペレーター」の育成につなげること。

内容：
①無料のロボット体験会の開催
②無料の安全教育、プログラミングのオンライン学習
（より深く学ぶ場合は有料のモノを使用）
③企業訪問のコーディネート

なお「産業用ロボット特別教育インストラクター」も監修に参加している。

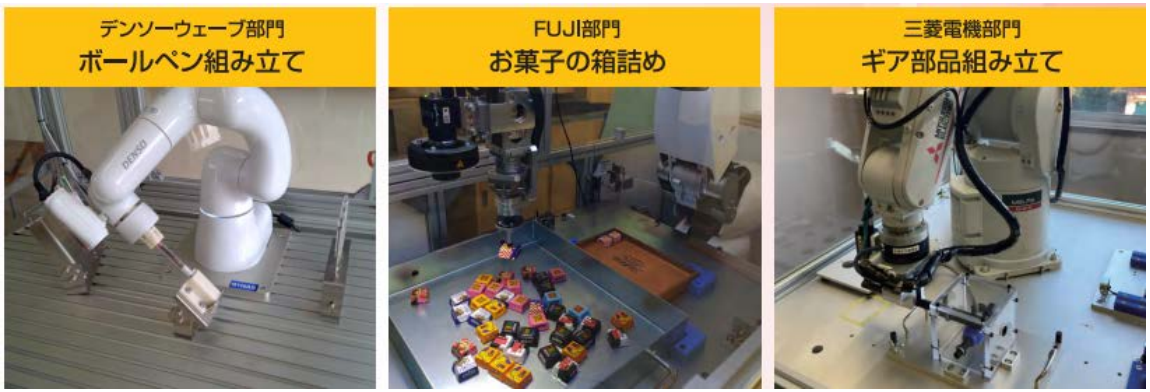
教材：ロボットアーム（DOBOT Magician Lite）

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

諸団体の人材育成動向調査
（今回の調査対象）

高校生ロボットシステムイングレーション競技会

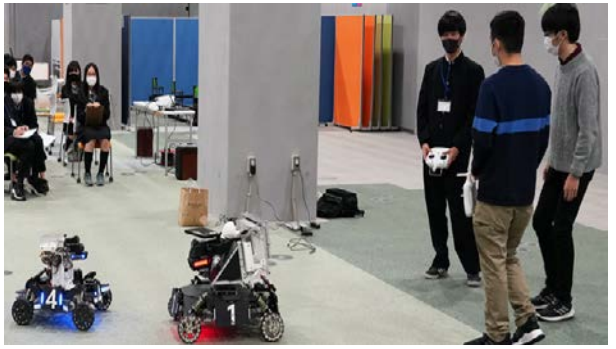
1．主催・開催地
愛知県
2．趣旨
モノづくり現場の自動化を担うロボットシステムイン テグレータ（ロボットSIer）の人材創出につながる高校生を対象とした競技会を2022年度から開催する。2021年度は、競技会に向けたトライアル大会実施済み。
3．背景
・モノづくり現場では自動化・省人化が急務。一方、ロボットSIer業界では慢性的に人材が不足。
・愛知県は、ロボット製造業やロボットSIer業界において国内有数の集積地であるが、ロボット SIerの職種・業界の認知度が低い。
4．競技会の狙い・対象
高校生を対象として、「モノづくり現場へのロボット導入プロセスやロボットSI技術の習得」、「SIer企業やロボットメーカへの就職」、「ロボットを使いこなすモノづくり人材の創出」を狙いとする。
5．競技会
以下ロボットを適用しチーム制で競技実施。工科系高校の授業や部活動等で講習や実習を行うと共に、ロボットSIer企業が随時指導や助言を行う。デモンストレーション、プレゼンテーション含めた競技を行う。



2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

次世代ロボットエンジニア支援機構（NGRESOS）

・日本のものづくりを担う次世代のエンジニアの育成、および
ものづくり業界・文化の活性化を目指して2020年に発足
・モノづくりの活動支援、ロボット競技会の運営、勉強会、情報
発信が主な事業
・各種ロボットを用いた制御だけでなく、画像処理・CAD・メカ設計
等の基礎学習ができる
・対象は小学校高学年から社会人まで。



https://scramble-robot.org/

講座名	内容	教材
オンラインロボット講座	対象：小学校高学年～高校生程度 課程に教材用ロボットアームを無料貸出 アームの制御を学習	ロボットアーム
電子工作・プログラミング講座	対象：小学校高学年～高校生程度 ロボットを用いて電子回路・プログラムの基礎を学習	全方位移動ロボット
ロボット組立＆CAD教室	対象：小学校高学年～高校生程度 ３DCADの基本操作、メカ設計の基礎を学習 モデリングしたモノを３Dプリンタで印刷	ロボット競技会用に作成した大型ロボット ３Dプリンタ ３DCADソフト「Fusion360 」
ロボットプログラミング教室	対象：小学校高学年～高校生程度 ロボットの制御、画像処理の基礎を学習	インテリジェントロボットのRoboMaster S1
FA設備技術勉強会	対象：生産設備、工場設備関係者（学生、社会人も含む）	FAに関わる15分の講義を公募し発表してもらう

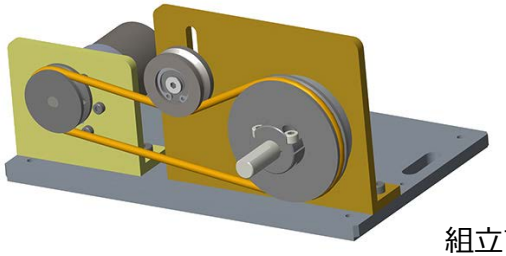
2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

World Robot Summit ものづくりカテゴリー

主催：経済産業省、NEDO（全カテゴリ）

製品組立チャレンジ

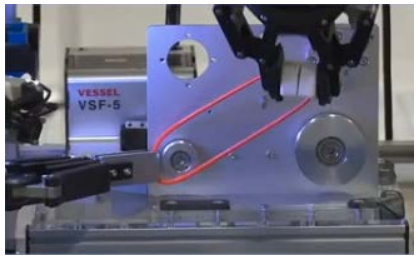
- 産業用ロボットを使って、さまざまに変化する生産現場の要求に迅速かつスマートに対応できる
- ロボットシステムを構築し工業製品の組立をする



組立てるユニット

評価

- ロボットが製品を正確に認識できるか
- 形状が異なる、変形する部品を正確に把持できるか
- 部品の機能や形状に合わせて正しい向きや位置に組付けできるか
- 的確に部品を挿入したり、複数の部品を同時に組付けできるか
- サプライズ製品の組立にも対応できるか　等



ロボットアームを駆使したユニットの組立の様子

競技内容
タスク1：ねじ締、軸の挿入、異部品の同時組付け等
タスク2：ベルトドライブユニット（動力を伝達するための装置）を組立

https://wrs.nedo.go.jp/wrs2020/challenge/industrial/assembly.html

対象者
ジュニアカテゴリーは、高校生の参加が多い
他のカテゴリーは、企業や大学の研究室の教授・学生の参加が多い

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

World Robot Summit　サービスカテゴリー

パートナーロボットチャレンジ

- セマンティックマッピング、未知物体知覚・操作、経路計画、障害物回避等の技術にフォーカスしてシステムを構築する
- 「速さ、滑らかさ、 安定、安全」の性能を競う
- 同一のプラットフォームを用いて「オープンイノベーション」を目指す

タスク1：部屋の片づけ
タスク2：障害物回避
タスク3：モノをとってくる

トヨタ自動車株式会社製ロボット
（ Human Support Robot）

https://wrs.nedo.go.jp/wrs2020/challenge/service/partner.html

フューチャーコンビニエンスストアチャレンジ

タスク１：陳列・廃棄

- コンテナ内の商品を陳列棚の所定の位置に並べる
- すでに陳列棚に並んでいる商品を整頓する
- 廃棄品を陳列棚から回収してホームまで運ぶ

タスク２：接客タスク(参加者が自由にシナリオを設定可能、以下例)

- 商品（弁当等）の温めや袋に入れる
- ホットスナックやタバコ等、店員を介して注文する商品の受注と品出し
- 商品をすすめる
- 万引き防止
- 高齢者、日本語を喋れない外国人、車椅子利用者等への対応

タスク３：トイレ清掃

- 便器（中は対象外）および便器周囲の床に付着した模擬尿を清掃する。
- 床に散乱したゴミ（トイレットペーパーや芯、紙カップ）

サービスロボットに関わる競技だが、自律走行ロボット、ロボットアームを用いたワークの把持や作業は昨今の工場内の自動化/省人化のニーズに応えるものであり、ロボットSIerのような取が可能なカテゴリーである

対象者
ジュニアカテゴリーは、高校生の参加が多い
他のカテゴリーは、企業や大学の研究室の教授・学生の参加が多い

https://wrs.nedo.go.jp/wrs2020/challenge/service/fcsc.html

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

World Robot Summit インフラ・災害対応カテゴリー

プラント災害予防チャレンジ（実機）
- 定められた基準に従ったインフラの点検またはメンテナンスする

タスク１：日常点検と設備調整
タスク２：異常検知と緊急対応
タスク３：パイプ群とダクトの設備診断
タスク４：タンクの設備診断
タスク５：総合性能（災害時の要救助者の捜索を環境外乱下で行う）

トンネル事故災害予防復旧チャレンジ（シミュレータ利用）
- トンネル災害の予防点検、緊急時の情報収集、対応をする

タスク１：車両および周辺の調査、救助
タスク２：経路の確保
タスク３：消火作業
タスク４：トンネル壁面、付帯設備の点検

災害対応標準性能評価チャレンジ
- 移動能力、センシング、情報収集、無線通信、遠隔操作、現場展開、耐久性、等を評価する
- 競技を通してインフラ災害予防・対応のための標準性能評価法（STM）を開発も行っている模様

タスク１：ネゴシエート
タスク１：キャットウォーク
タスク１：メーター/バルブ
タスク１：不整地上でのL字障害物
タスク１：広い面積の検査

-プラント災害予防チャレンジ-
メーター等の値をカメラで視認し、バルブ等を調整する様子

https://wrs.nedo.go.jp/wrs2020/challenge/disaster/plant.html

産業用ロボットを適用した競技ではないが、ロボットアームを駆使し、形状の違うバルブ等の把持や操作、画像認識（センサ）を用いたロボットシステム構築は、産業用ロボットに通ずるところがある。

対象者
ジュニアカテゴリーは、高校生の参加が多い
他のカテゴリーは、企業や大学の研究室の教授・学生の参加が多い

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

World Robot Summit ジュニアカテゴリー

スクールロボットチャレンジ

- 「Pepper」を利用し、「学校での利用方法」、「あらたな役割」について発表する

ホームロボットチャレンジ

- 自作のロボットを利用し、「家庭環境を改善し、より良い暮らしを実現するためのロボット」のアイデアを発表する
- どちらも耳や目等に障害をかかえる人を助ける役割を担うロボット（ユーザーに伝える機能）の開発とデモンストレーションが競技のメインコンテンツ

チャレンジ①
タスク１：ロボットガイドテスト
タスク２：フォローミーテスト
タスク３：ピックアップ＆プレイステスト
チャレンジ②
タスク１：ロボットガイドテスト
タスク２：ヒヤリングロボットテスト
タスク３：アシストサービスロボットテスト

上記2つはホームロボットチャレンジの様子

https://wrs.nedo.go.jp/wrs2020/challenge/junior/home.html

対象者
高校生の参加が多いが、大学生の参加も可

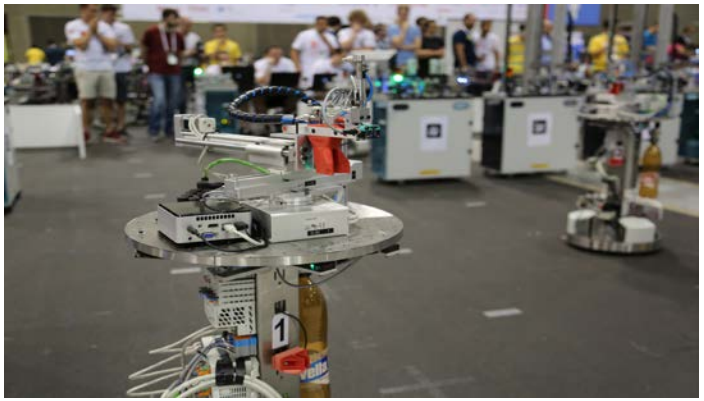
2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

ロボカップインダストリアル

主催：ロボカップ日本委員会（内閣府所轄NPO）

ロジスティクスリーグ

- 多品種少量生産に対応する柔軟なライン体制に対応したロボットを開発する
- 3台のロボットが加工機器の間を動き回り、協調して効率の良い生産のプランニングとスケジューリングを目指す競技



RoboCup Federation

https://www.robocup2017.org/photos.html

@ワークリーグ

- インダストリー4.0のスマート工場に対応したロボットを開発する
- 産業用ロボットアームを備えた移動ロボット「モバイル・マニピュレータ」が部品を検知して回収、目的地へと運ぶ技術を競う

RoboCup Federation

https://www.robocup2017.org/photos.html

産業用ロボットは利用されていないが、
スマートファクトリーに対応した自律走行機能をもったマニピュレータを開発している

対象者　：　大学生

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

ロボカップ@ホーム

内容：日常生活でのロボットの利用を想定し、リビングルームやキッチン等の家庭環境において、いかに人間との暮らしに役立つ作業を遂行できるかを競う競技

技術：
- ロボットアームやマニピュレーション技術
- 人間を追尾したり、ロボットと人が自然にコミュニケーションをとること
- 各種センサー（音声対話技術や画像認識技術等）

RoboCup Federation
https://www.robocup2017.org/photos.html

6つのリーグ：
1．オープンプラットフォームリーグ
ー自作のロボットで競う
2．ドメスティックスタンダードプラットフォームリーグ
ートヨタ自動車製のロボットHSRで競う
3．ソーシャルスタンダードプラットフォームリーグ
ーPepperで競う
4．エデュケーションリーグ
ー自律移動ロボットの入門機（Turtlebot）を用いたROSの講習会を実施したり、リーグの難易度を下げて新規の障壁を減らす取組がされている。高校生や大学生の参加も多い。
5．シミュレーションオープンプラットフォームリーグ
6．シミュレーションドメスティックスタンダードプラットフォームリーグ

対象者　：　大学生

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

ロボットアイデア甲子園

主催：FA・ロボットシステムインテグレータ協会

産業用ロボットの見学： 実社会で使用されるアプリケーションの展示を見学

産業用ロボットの講義：
・ロボットSIer企業の技術者、経営者が講師
・産業用ロボットの歴史、業界の現状、FA、今後のモノづくり等を教える
・産業用ロボットだけでなく、自律走行、四足歩行ロボット、VRシステム等、最先端の技術、IoT製品に触れることができる
・「産業用ロボットの新たな使用方法、新たなアプリケーションを考えてください」という課題でアイデアを提出

上：アプリケーションの見学の様子
下：VR体験

地方大会 - 書類審査を経て、各地区で候補者がプレゼン実施
全国大会 - 各地区の代表者が国際ロボット展でプレゼン実施

評価
・独創的であること
・社会に必要とされること
・実現可能であること
・市場やニーズがあり、ビジネスとして成立すること（国内外問わず）
・ちょっとの遊び心（アイデアやプレゼンの方法等）

対象： 高校生、高専生、専門学校生、職業能力開発大学生（20歳未満）

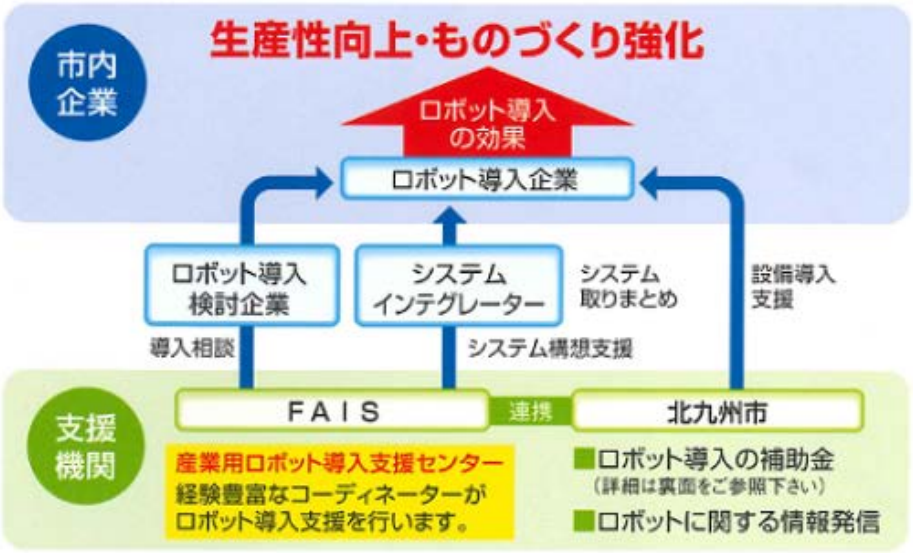
- 学生は見学を通して産業用ロボットや最先端の技術を学ぶことができる
- 限られた時間内にアイデアを出すスキル、プレゼンテーション力が身につく
- 2019年大会では社会問題を産業用ロボットをつかって解決するアイデアが多かった

SIer
https://robotkoshien.jp/

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

産業用ロボット導入支援センター（北九州市）

・北九州市では、新成長戦略に基づき、リーディングプロジェクトの一つである我が国をリードする「ロボット産業拠点の形成」を目指し、ロボット導入による地元企業のものづくり力の強化に取り組んでいる。
・この一環として、生産性向上に意欲的な地元企業へのロボット導入を総合的に支援する「産業用ロボット導入支援センター」を北九州学術研究都市内で運用。
・ロボットの導入検討中の、企業エンジニアに対するロボット教育実施。



見学会の様子

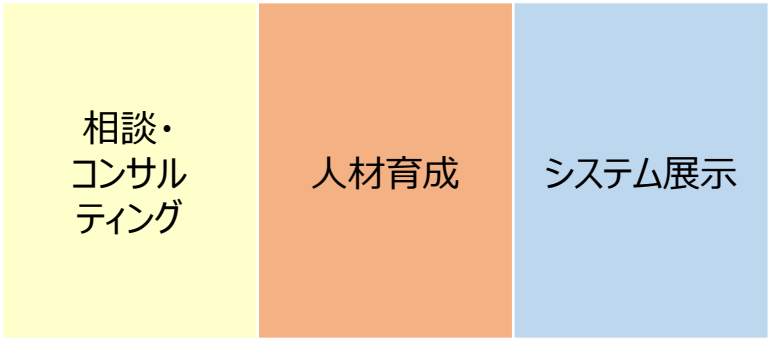
人材育成講座の様子

https://www.ksrp.or.jp/fais/robot/ind-robot.html

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

さがみはらロボット導入支援センター

・「モノづくり企業の生産性向上」を支援するために2015年に開所
・産業用ロボットの導入・活用だけでなく、AI、IoT、改善といった企業の課題に応じた支援を実施
・実践的な研修・セミナーで企業エンジニア育成に注力



ロボットSIer養成講座
期間：3か月（全9回）
対象：エンジニア、モノづくり企業の営業担当
内容：
事前講義①
「付加価値に着目したシンオウルな設備設計」
「安全講座」
1．オンライン時代の戦略的ヒヤリング力
2．現場実習・グループワーク
3．SIerケーススタディ　食品
4．SIerケーススタディ　マテハン
5．グループワーク中間発表
事前講義②
「協働ロボットの最新動向」
「AI、画像処理の活用講座」
6．実習先企業へのヒヤリング
7．最終発表

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

かわさきロボット競技大会

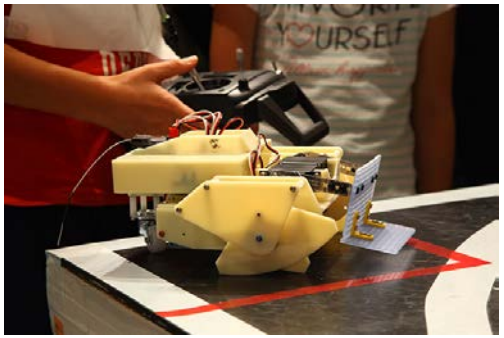
若者のモノづくりに対する関心と理解を深め、
創造性に富んだ人材育成を目的に平成6年から本大会を実施

Jrロボット部門(2022年度は不開催)
対象：小学3年生～中学生
※上記対象年齢者を含んでいれば高校生以上の参加は認められる。ただし、1チーム2～4人以内で編成
機体：かわさきロボット

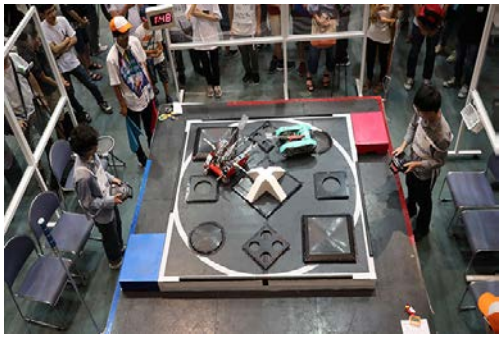
バトルロボット部門
対象：高校生以上
機体：移動用の脚、攻撃用の腕の機構を有していること
大会規定のモーター、コントローラーを用いること
腕は揺動リンク機構を用いる
大きさに制限あり

競技内容：障害物を有するリング上で、相手機体を
場外もしくはダウンさせる

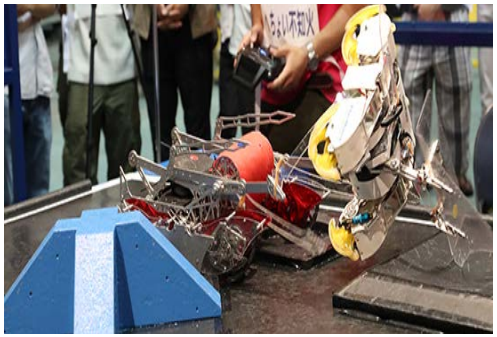
バトルロボット部門の対象は高校生以上であるが、
産業用ロボットに関わる大会ではない



かわさきロボット



バトルフィールド



相手機体をダウンさせる様子
https://kawasaki-sanshinkaikan.jp/robo/

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

諸団体の人材育成動向調査
（今回の調査対象外）

国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）

サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（講座型学習活動支援）

目　的　：児童学生の科学技術、理科・数学に対する興味関心と知的探求心等を育成することを狙いとする
採択企画：学校（小中高等学校等）と大学・科学館等が連携することにより、科学技術、理科、数学に関する観察、実験、実習等の体験的・問題解決的な学習活動を中心とした講座

結果：小中学生を対象にした「ロボットづくり」、「ロボットへの探求心の創出」を目的とした講座が多く、
ロボットアームに関わる講座はない。

出展者	プログラム内容
不二越工業高等学校	工業高校生によるロボット工作教室
静岡県立科学技術高等学校	未来の科学者「ロボット調査隊」
京都府教育局	ロボット工学の基礎を学ぶ
北海道科学大学	復興支援のための専門高校生ロボットテクノロジー開発プログラム
児童科学館	目指せロボット博士
一関高専	ロボット作りからメカとコントロールへの門をくぐろう
宮城教育大教育学部	未来を考えるロボット学習
仙台高等専門学校ICT先端開発センター	簡易ロボットカーの製作教室
鶴岡高専	動く「虫型ロボット」づくり
東京産業技術高専	君にもできるロボットプログラミング
大阪工業大学　ものづくりセンター	ロボットプログラミングによる計測と制御の基礎から応用まで
九州工業大学	ロボットと情報工学の結びつく世界の体験
東海大学付属第五高等学校	ロボット動作の論理探究プログラム
神奈川県立生田高等学校	ロボットのセンサー技術（ホームエレクトロニクスから宇宙開発まで）

平成24年度のサイエンス・パートナーシップ・プロジェクトに採択された高校、大学のロボット関連講座
https://www.jst.go.jp/pr/info/info870/besshi2.html

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

国立研究開発法人　科学技術振興機構（JST）

ジュニアドクター育成塾

目的：科学技術イノベーションを牽引する「科学者」の早期育成
事業：高い意欲や突出した能力を有する小中学生を発掘し、
　　能力を伸長する体系的育成プランの開発・実施を行うことを支援する事業
対象：小学5年生～中学3年生
取組：第一段階プログラムの基礎・応用学習と第二段階プログラムの高度・実践学習
令和3年度の実施機関：高専8校、大学19校、企業1社、法人2つ

東京大学：NPO法人日立理科クラブ等の高度な専門知識を持つ人的リソースを活用した人材育成を展開

筑波大学：市内の教育機関と研究機関が連携し、講義実習を開催する。また長期休暇中にサイエンスキャンプを行う等、児童学生が自らの「興味関心」が何かを探し出すプログラムを実施

仙台高等専門学校：ロボット，AI，電気自動車，物理，化学，生物，数学，建築系の多彩な体験的な学習内容が用意されている

→実施期間はそれぞれの地域性、機関の特徴を活かして児童学生の「研究者」としての資質や基礎能力の伸長に貢献しており、彼らの「やりたいこと」がみつかる多様なプログラムがなされている

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

文部科学省　人材育成事業

マイスターハイスクール

背景：第４次産業革命の進展、DX、６次産業化等、産業構造や仕事内容の急速な変化がアフターコロナで一層激変すると予見されており、職業人材育成システムの刷新が喫緊の社会的要請となっている

目的：産業人材育成を担う専門高校と、成長産業化を図る産業界が連動した職業人材育成システムの成果モデルを示し、各地域の特性を踏まえた取り組み加速化を狙う

熊本県立八代工業高等学校での取組例

- RPAのソフトウェアーを扱った自動化による企業の生産性の向上の体験
- ＡＩカーによる自動運転の活用技術を体験
- 年度末調整システム開発の演習
- ＡＲ体験（溶接シミュレーター）
- ＶＲ体験（塗装シミュレーター）
- スクラッチによるＡＩ応用プログラミング体験

福島県立小高技術高等学校での取組例

- 福島ロボットテストフィールドの見学
- ドローンプログラミング
- 画像認識による自動運転技術学習

・自動運転技術の学習が共通している
・最新技術が工場、企業、モノづくりにどう利用されているかを体験する学習が多い
・産業用ロボットに関わる講座はない

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

JAXA｜宇宙航空研究開発機構

授業連携実績

・学生が探査機（ローバー）の自立走行用プログラムを作成する授業が多い
・授業連携の一覧ページで「ロボット」と検索したが、探査機（ローバー）のプログラミングや操作の体験がメインであり、産業用ロボットに関る教育とは関連性が無い。

講義内容	対象者	定員	期間・時間	備考
マニピュレータの実習（ロボットアームは使用していない）	高1～3年	20名	1日/270分	SSH指定校
宇宙ロボットの動作をプログラミングし競争する	中3年	76名	2日/310分	技術課程
探査機（ローバー）のプログラミングとリモコンによる遠隔操作	高1,2年	35名	1日/270分	SPP(サイエンスパートナーシップ)
ローバーの自作とテスト走行、ローバーのソフトウェア製作	高1～3年	16名	2日/14時間	工業高校
ロボットプログラム作成・実験	高1，2年	30名	1日/330分	SPP(サイエンスパートナーシップ)
ローバーの遠隔操作・プログラミングと走行実験	高3年	15名	1日/285分	SPP(サイエンスパートナーシップ)
探査ロボットのデモンストレーション鑑賞	中1年,3年,高校生	330名	1日/160分	総合学習の時間

https://edu.jaxa.jp/activities/school/archive/

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

情報処理推進機構（IPA）IT人材の育成事業

①サイバーセキュリティ人材
・**セキュリティキャンプ全国大会**
対象：22歳以下の学生
内容：毎年4つほどのコース（内1つロボット関連）から、コースを選択し3日間講義を受講
2019年度以降、ロボットアーム関連テーマ無し

②ITイノベーション人材
・**未踏IT人材発掘、育成事業**
対象：優れた技術を持つ25歳未満
内容：独創的なアイディアとの若いIT人材を発掘・育成する、有識者を含めた合宿、ディスカッション機会
結果：産業用・ロボットアームに関わるプロジェクトはない

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

経済産業省　人材育成事業

いずれもIT人材育成であり、産業用・ロボットアームに関する人材育成は無い

若手IT人材を発掘する取組

U－22プログラミング・コンテスト

・40年以上続く大会で、現在はコンピュータソフトウェア協会（CSAJ）が開催
・自由な発想で「アプリ」、「ゲーム」、「ソフトウェア」等を開発

全国IT部活活性化プロジェクト

・産業界と連携した支援を実施
・パソコン、ロボット等の部活動が対象

実践的なAI人材育成

「**課題解決型AI人材育成プログラム-AI　QUEST-**」

・社会における身近な課題を題材とし、その解決方法としてAI実装を学ぶ
・学生、社会人が混じった１～複数人のチームを作る
・ビジネス課題（課題設定と解決策の策定）、AI実装課題（要件定義と実装）をチームで協力して行う
・実際の企業の課題やデータ、サンプルを用いてAIを活用したアイデアの創出、知恵を身につけていく
　DX人材育成
・簡単にデジタルスキルを学べる講座の情報提供したりデジタル人材育成プラットフォーム作成

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

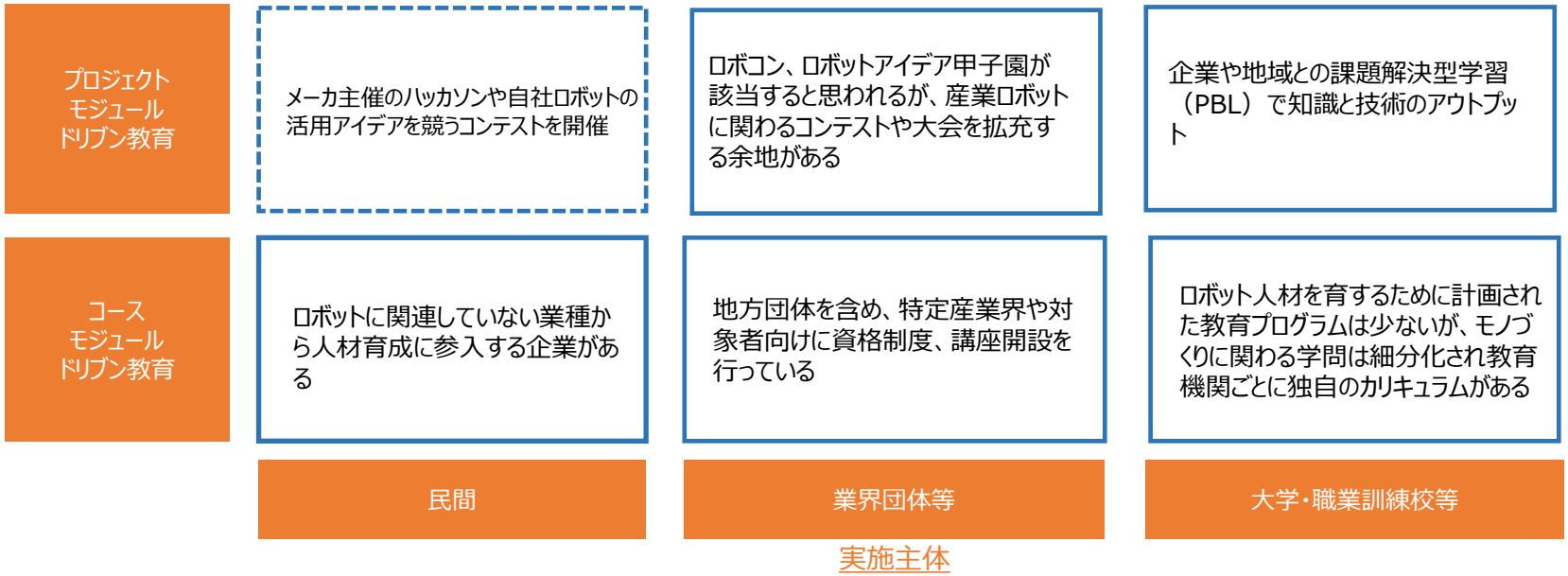
まとめ

まとめ

ロボット教育の国内の潮流

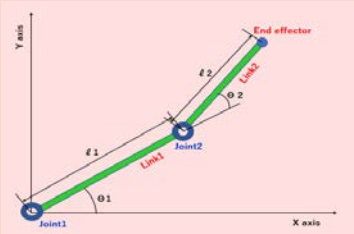
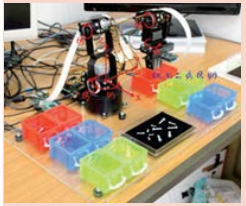
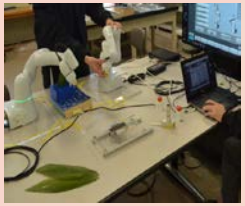
- 国内調査では、大学（院も含む）、高等学校に該当する学生を対象としたロボット人材教育（特に産業ロボットに関わる教育事例）の事例を収集
- ロボコン、ロボットアイデア甲子園等上位入賞校を含めた参加校は研究室単位での参加がほとんどであり、学校や学部学科として人材教育プログラムを行っている事例は少ない
- ロボットアーム（教育用、産業用）やレゴマインドストームを用いて学生全員に「触れる」、「創る」、「計画」させる授業事例があり、学生のロボットや機械に興味関心を惹くきっかけや、より実践に近い開発を行うのに使用されている

調査対象　：　高校、大学（大学院）、団体、企業、（PBL）
教育内容　：　学生（高校・大学生）に対する産業用・ロボットアームの教育方法、コンテンツ　等



2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

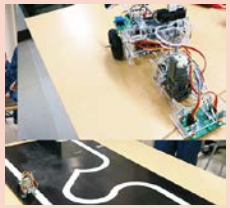
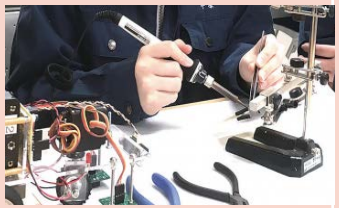
ロボットアームを使った授業、取組事例

対象	事例	内容、特徴
愛媛大学 社会共創学部 産業イノベーション学科	順運動学・逆運動学講義  イメージ図	• 理論の計算結果と実際のロボットアームの動きを比較するというロボット工学実験 • 実際に小型ロボットアームを動かすプログラムを作成して実験することで「プログラミング結果と理論値に差異があるかどうか」が目に見えて分かる
千葉工業大学　先進工学部 未来ロボティクス学科	設計製作論３（ハンド製作コース） 	• 産業用ロボットを適用してドミノを並べたり、ペットボトルの水をコップに注いだり、紙飛行機を飛ばしたり自由にある動作を完遂するためのハンドを製作する • ハンドの設計加工技術だけでなく、図面の作図、駆動回路、関節の使い方等複数のことを同時に学び、アウトプットできる
熊本高等専門学校 制御情報システム工学科 函館工業高等専門学校	自動化  	• 熊本高専では小型アームを適用して、一か所にまとめられた複数のねじの仕分け • 函館高専では人協働ロボットを適用してPBLで笹の葉寿司の工程の自動化 • 解決案の計画と実用化を経験できる

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

レゴマインドストーム、ライントレースロボットを使った授業事例

対象	事例	内容、特徴
慶應義塾大学大学院 システムデザイン・ マネジメント研究科	ソフトウェアデザインプロセス論 レゴマインドストーム×シミュレータ 	• 学生が顧客を模した教員から示される要求仕様に基づいてロボットシステムソフトウェアを開発する • 実践を重視し、システムの動作環境や使用を細かく設定する • 実践を重視して「アジャイル開発」を行う • シミュレータと実機で並行開発をする • 作るだけでなく「どう使われるか」を意識した開発を学ぶ

対象	事例	内容、特徴
函館工業高等 専門学校 生産システム工学科	生産システム創造実験Ⅱ  	• 情報コース、電気電子コース、機械コース合同 • 各コースの学生とチームを組んで自立型ロボット（ライントレースカー）を製作する授業。 • 情報コースでは、モーターの回転数やセンサーの検知等のプログラムを担当 • 電気電子コースでは、各種センサーの電子回路や配線等を担当 • 機械コースでは、チームの要望に合わせた車体や機構の設計・製作を担当

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

ロボット教育プログラム事例

対象	事例	内容、特徴
株式会社　エアグラウンド	ロボットのオペレーター育成教育プログラム　ROBO　MATES 	「産業用ロボット特別教育インストラクター」も監修に参加したプログラム 目的： つかむ、運ぶといった簡易的な動きをプログラミングして操作する体験を「足掛かり」に、ロボットやものづくりに興味を持ってもらい、将来的に現場で活躍する「ロボットオペレーター」の育成につなげること 内容： ①無料のロボット体験会の開催 ②無料の安全教育、プログラミングのオンライン学習（より深く学ぶ場合は有料） ③企業訪問のコーディネート

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

PBL教育（レゴマインドストーム適用）

・企業の自動化の課題解決や４年かけて段階を追ってハードとソフトの両面の知識をインプット、アウトプットする授業が行われている。

事例：国立 奈良工業高等専門学校 電子制御工学科 **体験型課題解決プログラム（PBL）**

学年	授業名	内容
1年次	電子制御工学実験Ⅰ	チームで課題解決型の実験テーマに取り組む。アイコン型のプログラミングソフトウェアを使用しシステム開発を経験する。
2年次	電子制御工学実験Ⅱ	レゴマインドストームEV3をベースに、拡張センサや外部制御用の電子回路を追加して、自律型ロボットを製作する。テキストベースのプログラミング言語を使用。
3年次	電子制御工学実験Ⅲ	第4学年で使用するベースロボットを用いて、C言語によりライントレース、割り込み処理を行うプログラムを作成する。クランク、カムといった機構は学生自身が設計し、3Dプリンタで造形したものも用いる。
4年次	システム設計製作	提示されたテーマを解決できる自律移動型ロボットをチームで製作する。 各班は予算の1万円で、既製の部品に加えて、学生自身が実習工場で設計・加工した部品を組み合わせてロボットを組み立て、C言語やLabVIEWでプログラムを開発する。年度末には学外の企業技術者も参加する成果発表会が開かれ、学生らは研究、開発、発表のスキルを大きく成長させることができる。

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

その他人材育成の取組（ロボット関連に限定）

調査対象	内容	特徴
愛知県	高校生ロボットシステムインテグレーション競技会 	・課題研究の授業や部活動での取り組みを想定し、8ヶ月かけて講習や実習を行う ・SIerがアドバイザーとしてチームをサポート ・競技によって機体が異なる ・産業用ロボットの無料貸し出し（契約要）
FA・ロボットシステムインテグレータ協会	・全国の高校生、高専生、専門学校生、職業能力開発大学生（20歳未満）対象 ・産業用ロボットの新たな使用方法、新たなアプリケーションを創出する大会 	・学生はSIerの見学を通して産業用ロボットや最先端技術を習得できる ・限られた時間内にアイデアを出すスキル、プレゼンテーション力が身につく ・社会問題を産業用ロボットにより解決するアイデア創出

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

日本でのボット教育への示唆

■特徴的な事例より、日本のロボット教育への示唆を検討

	カテゴリー	取組結果	示唆等
教育手法	（多段階）PBL教育	• 時間をかけて知識と技術を蓄え磨くことができる • 成果発表や報告書の作成を通じて伝える力の向上を図る	• 企業と学生をつなぎ人材を確保する機会をつくる • 学生の将来の選択肢の幅を広げる • 技術力以外の力（例：汎用的技能）を伸ばす
教育の実施方法	実践教育（開発）	• 細かな要求仕様に対応するためにチームでの協力が必要であると学ぶことができる。 • 全体設計の重要性、どう使われるかを想定した設計思考を養うことができる	• 他学部、学科の学生とチームをつくりテーマに沿ったロボットの開発を行う授業を展開する • 現場で行われている開発手法（並行開発、アジャイル開発）を学ぶ機会を創出する
	ロボット甲子園やハッカソン等	・産業用ロボットの固定観念にとらわれない新しい活用方法の創出と出会いのきっかけになっている	• 産業界のニーズを反映したコンテストにより一層の拡充を進める • コンテストに出場した優秀なエンジニアのリクルーティング等、より産業界にとってのメリットを打ち出していく必要がある • 大学での研究の紹介（未来の可能性を学生が考えるきっかけになると想定）
教材	ロボットアーム	• 小型ロボットアームを用いて理論と実際の動作を比較できる⇒「見える化」 • ハンドの製作、プログラミング等学生に学んでほしい領域に時間と労力をかけることができる	• 座学だけで終わっていた授業にロボットアームの実体験を取り入れる • アームの解体・組立を通して機構を学ぶ授業を行う • 教育用ロボットの活用事例を共有できる仕組みを考える
	レゴマインドストーム&シミュレーター	• 直感的に理解できる（例：ドラック＆ドロップでロボット制御可能） • シミュレーター適用による実機検証効率の向上 • 自律型ロボット、ロボットアーム等センサやキットにより製作可能	• 各種センサーを用いてテーマに沿ったロボットを製作したり、システムを構築したりする授業を行う • 高専、大学等の初学年のプログラミング授業に活用する • 教育用ロボットの活用事例を共有できる仕組みを考える

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.

END

2022 Copyright Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, All Rights Reserved.