

機械システム調査開発

3-D-2

人間・ロボット間の相互作用を伴う  
「合業」に関する戦略策定  
報 告 書

令和4年3月

一般財団法人 機械システム振興協会

委託先 一般財団法人製造科学技術センター

## 序

現在、AI、5Gなどの導入、設計・生産手法のデジタル化などの技術革新やサプライチェーンの接続性などが進みつつあり、我が国の技術及び経済社会は大きな変革期を迎えています。こうした中で、新技術や新システムを社会に導入するためには、技術を検討するだけでなく、経済社会の変革のあり方を検討し、イノベーションのための戦略を策定することが重要です。こうした戦略を策定するため、一般財団法人機械システム振興協会では、平成26年度から、外部の関係組織の皆様とともに「イノベーション戦略策定事業」を進めてきました。

この事業の一環として、令和3年度に、一般財団法人製造科学技術センターに委託して、「人間・ロボット間の相互作用を伴う『合業』に関する戦略策定」のプロジェクトを実施しました。これは、ロボットによる自動化から取り残された分野が多数存在することに着目し、人とロボットの協働の未来像を「合業」と名付け、技術シーズ・市場ニーズを調査するとともに、「合業」のコンセプトや「合業ロボット」の技術内容を検討し、その研究開発と社会導入の戦略を策定するもので、製造現場に限らず、農業、流通サービス分野の生産性向上や我が国ロボット産業の国際競争力の強化に役立つことが期待されます。

この中で、多様な分野の関係者とともに弊協会も参加して議論・検討を行いました。また、弊協会に設置しております「機械システム開発委員会」(委員長:東大名誉教授 大場 善次郎 氏)の指導・助言を受けました。

この成果が、機械システムによる経済・社会の変革に寄与することになれば幸いです。

令和4年3月

一般財団法人機械システム振興協会

## 「はじめに」にかえて

### ～ 「合業」の確立に向けての期待 ～

この度、一般財団法人製造科学技術センターにおきましては、一般財団法人機械システム振興協会様より受託いたしました「人間・ロボット間の相互作用を伴う『合業』に関する戦略策定」事業の報告書をとりまとめる運びとなりました。戦略策定委員会委員長の大隅久中央大学教授やプロジェクトリーダーの林浩一郎 IHI 主任研究員のみならず、多数の大学や企業の研究者などの皆様から貴重なご助言をいただき、御礼を申し上げます。

弊財団は、製造科学技術に関する基盤技術の研究開発を推進するために、昭和60年に財団法人国際ロボット・エフ・エー技術センター (IROFA) として設立されました。ロボット関連では、平成10年度から同14年度にかけて、現在の産業技術総合研究所 (AIST) 及び多数の企業や大学とともに現国立研究開発法人新エネルギー・産業技術研究所事業 (NEDO) 事業の「人間協調・共存型ヒューマノイドロボット開発」に参画したり、同30年度から令和2年度にかけて、同じく NEDO 事業の「インフラ維持管理ロボット/ロボット性能評価手法に係る特別講座」の実施を通じ、ロボット人材育成や性能評価技術の向上に取り組んだりしたこともありました。

「合業」については、平成27年に政府の日本経済再生本部が「ロボット新戦略」を策定した頃から、弊財団の研究会で検討を始めました。ロボットを、自動車の溶接や電子部品の搬送などの現場において単なる繰り返し作業を行う自動化工程用機械から、ロボットによる自動化から取り残された、サービス産業も含む広範な分野に適応可能な、人間とロボットが力や情報のやり取りをしつつ持てる能力で互いに補いあいながら人間に追随して動く複雑高精度機械にできないかと始まったものでした。検討開始後7年目を経て、一つのコンセプトを提示し節目を迎えたと考えております。

一般社団法人日本ロボット工業会は、昨年、日本のロボット産業の受注額は過去最高の1兆円超えとなる見通しを示しましたが、世界で400兆円といわれる自動車産業の規模と比べると、まだまだ小さいものです。ロボットの応用範囲が拡大すれば、途方もない新規需要が発生するとともに、人々の暮らしや働き方も大きく変わっていくでしょう。そのためにも「合業」の確立は重要であり、実用化に向けての研究開発の一層の推進が望まれます。

令和4年3月

一般財団法人製造科学技術センター

# 目次

序

「はじめに」にかえて

事業概要 .....	1
1.事業の目的 .....	1
2.事業の実施体制 .....	2
3.事業の内容 .....	4
4.事業の成果 .....	5
5.今後の展開 .....	6
本編 .....	7
第1章 人とロボットとの「合業」の必要性 .....	7
1.1 ロボットによる完全自動化か、人との協業か .....	7
1.2 ロボットの段階論：MSTC 段階論、IFR 段階論 .....	9
1.3 「合業」のキーコンセプト .....	10
1.4 合業ロボットの活用分野候補 .....	12
1.5 本章のまとめと位置付け .....	13
第2章 シーズ調査 .....	14
2.1 シーズ調査の方法 .....	14
2.2 「合業」シナリオの選定 .....	14
2.3 シーズ調査(国内ヒアリング調査) .....	15
2.4 シーズ調査(国際的な研究動向;文献調査) .....	24
2.5 シーズ調査結果のまとめ .....	31
第3章 ニーズ調査 .....	32
3.1 ニーズ調査の方法 .....	32
3.2 ニーズ調査結果と委員意見 .....	33
3.3 農業分野における「合業」の位置づけと他分野への適用の可能性 .....	37
3.4 ニーズ調査のまとめ .....	38
第4章 「合業」の位置づけとその経済効果 .....	39
4.1 「合業」の位置づけ、「受動的協働(Responsive Collaboration)」と「合業」の違い .....	39

4.2 「合業」のコンセプト .....	41
4.3 「合業」による生産性の向上(イメージ) .....	42
第5章 研究開発プロジェクト提案内容の基本的検討 .....	44
5.1 状態遷移図(ペトリネット図)を用いた「合業」の可視化 .....	44
5.2 合業階層制御 .....	46
5.3 人との相互作用を考慮した脊髄層制御 .....	46
5.4 「合業 CPS」 .....	46
5.5 「合業 CPS」を適用した簡素な機構による検証 .....	47
第6章 成果のまとめと人間・ロボット間の相互作用を伴う「合業」に関する戦略 .....	49