

IVI 先進研究分科会ホワイトペーパーVol.09

身の丈ロボット先進研究分科会

中小企業の現場に見合ったロボットの 導入普及を目指して

今すぐできること、そして将来に向けた基盤づくりへの提言

2021年9月30日

IVI

一般社団法人

インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ



CONTENTS

1. はじめに.....	3	2.3. 身の丈ロボットのコンセプト(第1案).....	16
1.1. 本書の目的.....	3	3. DOBOTO 実験によるコンセプト検証(錦正工業)....	17
1.2. 対象読者.....	4	3.1. はじめに.....	17
1.3. 関連ドキュメント.....	5	3.2. 機種選定.....	17
1.4. 用語の説明.....	5	3.3. 目標設定.....	18
2. 身の丈ロボットのコンセプト抽出経過.....	7	3.4. 構成.....	19
2.1. 机上、文献での議論.....	7	3.5. まとめ.....	20
2.2. ロボット活用の現状と課題.....	10	3.6. 参考.....	21
2.2.1. 各社の経営ニーズ、導入課題のまとめ..	10	4. 身の丈ロボットコンセプトと提言.....	22
2.2.2. パナソニック.....	11	4.1. 身の丈ロボットのコンセプト.....	22
2.2.3. ミスズ工業.....	12	4.2. 提言.....	22
2.2.4. 錦正工業.....	13	5. おわりに.....	24
2.2.5. 森田電器工業所殿.....	14	著者およびメンバー.....	25

1. はじめに

1.1. 本書の目的

日本の製造業の現場では、労働人口減少、高齢化、ダイバーシティへのさらなる対応、激しさを増す価格競争など多くの課題を抱えており、ロボットへの期待は非常に大きい。すでに、産業用ロボットは、世界中で 272 万台、日本でも 35 万台が稼働し(2019 年:出所:国際ロボット連盟(IFR)「World Robotics - Industrial Robots」)、製造業では、なくてはならない存在である。近年は、人とロボットが同じスペースで働く人協働ロボットという比較的新しいロボットも発売されて、その活躍が益々期待されてきた。しかし、製造現場(特に中小企業)では、要求はあるが、ロボットの導入・普及が進んでいない。その原因は、高価な割りにできることが少ない(コストパフォーマンスが低い)、高度な専門知識が必要でその扱いが難しい、などと言われている。

そこで、身の丈ロボット先進研究分科会では、普及に対して苦戦している原因を追究し、特に中小企業で使えるロボットがどんなものかを明らかにし、その対策を提言することを目的に、約2年半活動してきた。まず、中小企業における、ロボットに対する経営ニーズを確認した。次に、現在、ロボットメーカー各社から発売されている様々なロボットに今後の開発トレンドもある程度加味したうえで、それでも中小企業へのロボット導入が進まない原因を調べた。その上で、中小企業の製造現場の経営ニーズにあったロボット(本研究分科会では、「身の丈ロボット」と称する)とはどのようなものなのか?を明確にした「身の丈ロボットのコンセプト(スペック等)」としてまとめようとした。そして、この「身の丈ロボットのコンセプト」を、ロボットメーカーやSier(システムインテグレーター、SIベンダー)、さらに国等の公的団体に提言し、身の丈ロボットのコンセプトに基づいたロボットを開発してもらい、中小企業への導入促進を目指そうとした。

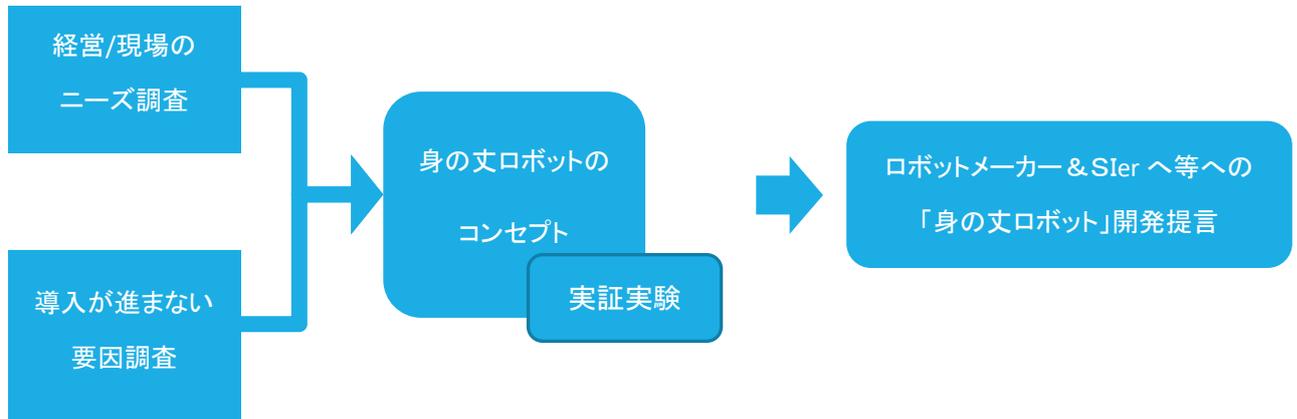
本書では、その活動内容、結論(身の丈ロボットのコンセプト)、及び、提言を述べる。

身の丈ロボットのコンセプトを導き出すために、まず、机上にて文献や研究分科会メンバー各社のロボットの利用状況などを基に、ニーズや導入の阻害要因を調査した。次に、中小企業を訪問し、現場の確認と経営者との討議、及び研究会メンバー各社での聞き取り調査などを行った。これらをまとめた結果、経営や現場のニーズと、現在販売されているロボットのスペックのギャップが大きすぎるのが分かった。現実的には、経営・現場の方から、ロボットに歩み寄ること(全てをロボット化するのではなく、ロボットを作業者等、人が活かすこと)が必須であると考えた。これをロボットの働き方改革と称して、身の丈ロボットのコンセプト第1案を作成した(2章)。

この第1案の一部に対し、本研究会会員企業の錦正工業株式会社にて、実証実験(3章)を行った。この実証実験の結果を元に、第1案を見直して、身の丈ロボットコンセプトの最終案とし、さらにコンセプトの具現化、導入の普及に向けた提言としてまとめた(4章)。

全体の構成を図表1-1に示す。

図表1-1 身の丈ロボット導入に向けた検討の経緯



<参考:それぞれの調査の方法>

A)文献調査: 1.3 節 に挙げた文献等を調査した。

B)現場調査:

- ・研究分科会の会員企業の調査
- ・森田電器工業株式会社への訪問調査(経営者との討議、現場調査:2回実施)
- ・社会福祉法人 太陽の家 京都太陽の家
(ダイバーシティ観点での調査:新型コロナウイルス緊急事態宣言発出により断念)

1.2. 対象読者

本書が想定した読者

- ①中小企業または中堅企業の経営者や担当者
- ②ロボットメーカーやSier、その関係団体
- ③中小企業または中堅企業のロボット導入を支援する各種団体

1.3. 関連ドキュメント

1. 製造業における省力・自動化(ロボット)技術導入並びに地域産業人材活用のための人材プラットフォーム構築に係る方策検討調査報告書
(公益財団法人 ちゅうごく産業創造センター 平成 27 年 3 月)
2. 平成27年度産業用ロボットの分野展開における導入阻害要因調査事業報告書
(近畿経済産業局 平成28年3月)
3. 「食品製造業へのロボット導入の促進」に関する調査報告
(経済産業省 北海道経済産業局 平成 30 年4月)
4. 中小企業における産業用ロボット導入の障壁とその解決方法の提案
(西田健(九州工業大学)、松永裕己(北九州市立大学)、多田隈健次郎(大阪大学)
第 15 回システムインテグレーション部門講演会(2014 年 12 月) 計測自動制御学会)
5. 製造業を巡る現状と政策課題
(経済産業省 製造産業局 2017 年 3 月 10 日)
6. 北九州市ロボット産業振興プラン (北九州ロボットフォーラム 平成 26 年 3 月)
7. 労働安全衛生法における産業用ロボット規制の概要
(厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課 平成 25 年 12 月)
8. 機能安全活用実践マニュアル(中央労働災害防止協会 平成 30 年 3 月)
9. ロボット活用ナビ <http://robo-navi.com/>

1.4. 用語の説明

産業用ロボット

日本産業規格 JIS B0134 によると、産業用ロボット(または産業ロボット)とは「自動制御され、再プログラム可能で、多目的なマニピュレーターであり、3 軸以上でプログラム可能で、1 か所に固定してまたは運動機能をもって産業自動化の用途に用いられるロボット」と定義されている。一般的に安全柵が必要。動作軸をシリアルにつないだマニピュレーター型が多い。

人協働ロボット

人と協力しながら働く人間協調型の産業用ロボット。従来の産業用ロボットは、安全を確保するために柵で囲い、隔離された条件下での作業に限定されている。この“人”と“ロボット”の間にある“柵”を取り払い、同じ空間で作業できるように工夫(安全技術)したものが人協働ロボット。

身の丈ロボット

本研究分科会で定義した、中小企業にも導入し易いロボット。

SIer (エスアイヤー)

システムインテグレーター、SIベンダーともいう。一般には、各種システムの開発やサービスの運用などを請け負う事業者のことであるが、ここでは、特に、製造業において顧客の要望に応じ、複数の機器をつないで製造システムを構築する業者を指している。

工数 (人工)

工数とは、人の作業量を表し、 $工数 = 人数 \times 時間$ となる。1日(あるいは1時間)の1人分の仕事量を1人工(にんく)という。



2. 身の丈ロボットのコンセプト抽出経過

2.1. 机上、文献での議論

中小企業の製造現場にて、人の近くで活躍が期待されている人協働ロボットが、なぜ普及しないのかを、文献調査なども踏まえ、メンバーでブレインストーミングにて項目出しをし、経営資源(ヒト、モノ、カネ、情報)別に、まとめた。(図表2—1、図表2—2)

図表2—1 なぜ、人協働ロボットが普及しないのか(1/2)

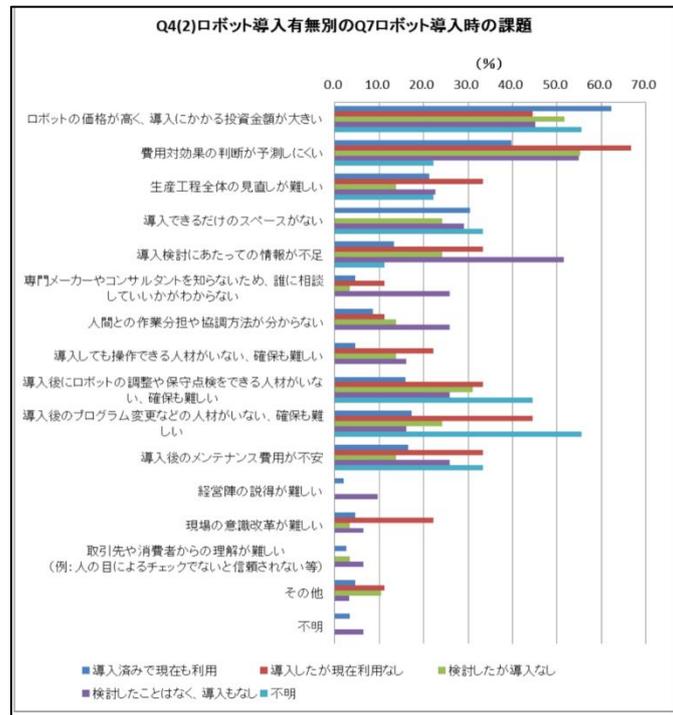
分類	No.	なぜ、人協働ロボットが普及しないのか(導入障壁があるのか)		⇒⇒ 解決策(候補)	解決策についての意見(中小企業の視点)
		I. 導入障壁(課題1)	II. なぜ左記の導入障壁があるのか(課題2)	III. 導入障壁を無くす方策(解決策)	IV. I、II、IIIに対する中小企業の現場視点
ヒト	1	どうしてもと言う(下記の問題を乗り越える)経営者の気持ちが不足、説得が難しい	危機感の欠如、ロボット導入後の姿が見えにくい	導入後の効果を公表: 既存例)ロボット活用ナビ	何故、経営者が飛びつかないのか? ⇒ 即戦力としての実感がわかず魅力に欠けるため。セミナー、ナビで勉強する暇はない。
	2	現場の意識改革が難しい	人間は、変化したくない。現状を変えたくない。将来の姿が実感できない。	現場で勉強会を開催する。将来の姿を描いた文献を公表。既存例)ロボット活用ナビ	難しいことを言われなく、考えなくとも、横で働くロボットが直ぐに欲しい(現場は文献など読みません。)
	3	導入、有用、メンテを担う技術者がいない(システム技術、生産技術)	企業規模が小さく、専門職を置くだけの設備メンテ等の仕事量がない	企業間で専門職の共有、専門職企業の起業	企業内、企業外の専門職なくとも、直ぐに入れて働くロボットが欲しい。(取説がなくとも直ぐに使える家電のように。)
	4	それをこまめに補うSier(システムインテグレータ)の手が回らない	Sier不足、Sierの手間がかかる。	Sierの教育、補助金: 既存例)政府の補助金	Sierが必要なロボットは使えない。
	5	一緒に働く現場のおじちゃん、おばちゃん仲間と仲良くできる?(意識啓蒙)	おじちゃん、おばちゃんはロボットの慣れていない。	成功現場の見学、親しみやすい風貌にする。	この成功現場はあるのか? また現在そのような協働ロボットはあるのか? そんなことをしなくとも、だれが見ても親しみやすいものにする。
	6	人間との作業分担や協調方法が分からない	作業分析ができていない。ロボットが人間と同じ動作ができない。	自動作分析ができるツールの開発	そもそも作業分析をして人を入れる中小企業がどれだけあるか? 多くのこと、完全を求めず、新人、素人作業を入れる時と同じ割り切り。
	7	何から何までロボットメーカーやSierに委託してのロボット導入は、自分たちが築き上げてきた現場が、自分たちから離れてしまうような寂しさを、経営者や現場の人達に抱かせる	ロボットは自分達の現場を奪うものと考えてしまっている。	ロボットは道具という意識させる。ロボットは仲間と意識させる。人間はより人間らしい仕事(ロボットに教える?)をすると意識させる。	メーカーやSierを介さずに、家電のように買ってすぐ自分たちで使えるようなロボットであると、自ずと「自分たちのロボット」になる。
	8	専門メーカー、Sierやコンサルタントを知らないため、誰に相談していいか分からない	専門メーカー、Sierやコンサルタントの存在が周知されていない。専門メーカー、Sierやコンサルタントが少ない。	既存例)ロボット活用ナビ Sierの教育、補助金: 既存例)政府の補助金	メーカーやSierを介さずに、家電のように買ってすぐ自分たちで使えるようなロボットであると問題ない。
	9	(食品加工業などの)検査への要求水準が厳しい業種では、人の目による目視検査が要求され、対応可能な自動機器、ロボットがあっても高額	自動機器(十周辺機器)の(性能/価格)が不足	技術開発の加速 標準化(i/F、ハード、ソフト)によるコストダウンと普及	← この分野は左案でも仕方ない。(そもそもこの分野には「中小企業用人協働ロボット」は不要なのではないか?)
	10	そもそも工場新設いらい大幅な工程変更を行っていないのでノウハウを持った人がいない	工場新設以来そのままの手法で生産を続けている	提案型Sier、成功報酬型コンサルの普及	工場建屋の寿命とともにこの生産ラインは寿命を迎える
	11	特定の専門技術に精通しているが、制御・認識等。複数の技術を組み合わせ、課題解決を図る人材が不足。足りない技術が補えない時点で、導入をあきらめがち。	認識や動作計画等、人が簡単にできる判断・動作でも、いざ開発に着手すると、考慮しなければならない技術的困難な場合が多々ある。過剰なAI.人協働ロボットへの期待感。	個別技術の本質・特性を理解し、ロボットシステムの全体最適を考えられる人材の育成	設計、開発等、実動として活躍している大手企業人材との交流。企業が持っている実課題での基礎的技術の適用・効果検証事例の大学教育内での取り組み活動。

図表2-2 なぜ、人協働ロボットが普及しないのか(2/2)

分類	No.	なぜ、人協働ロボットが普及しないのか(導入障壁があるのか)		⇒⇒ 解決策(候補)	解決策についての意見(中小企業の視点)
		I. 導入障壁(課題1)	II. なぜ左記の導入障壁があるのか(課題2)	III. 導入障壁を無くす方策(解決策)	IV. I、II、IIIに対する中小企業の現場視点
モノ	1	そもそもが独自の投資を行う資金余裕がない	中小企業の収益が少ない。	共同で購入、レンタルで導入	共同で購入、レンタルで導入をせずとも買える価格(全て込みで20~30万円)にすることが必要だが、数量が出ない初期段階は高くなり止む得ず。
	2	それでも投資しようとするにも、助成金、融資の手続きが面倒(時間、人)	手続きが複雑。手続きの経験がない。手続きをする専任者がいない。	公的機関が支援、ネットで全国から手続きができる人を探す。	手続をシンプルにしようと思えば、ロボットメーカー、あるいはファイナンス企業による分割支払い。(月額です。)
	3	ロボット単体の価格は下がってきたが、ロボット単体だけでなく、ソフト、エンドエフェクタ、周辺機器、Sier費用など入れると、まだまだ高額	ロボットシステムの構築の仕方が難しい。事例が少ない。公表されていない。経験者が少ない。	ロボットシステムの構築の仕方の教科書、訓練、大学での教育 導入後の効果を公表: 既存例)ロボット活用ナビ	ロボット単体に全てが備わっていてシンプル。したが、Sierなど不要。→設計コンセプトを別途協議必要(最重要事項と考える。)
	4	費用対効果の判断が予測しにくい	事例が少ない。公表されていない。	導入後の効果を公表: 既存例)ロボット活用ナビ	効果が出そうなのが現場感で感じられるものであれば、ややこしいことは不要。
	5	ロボット等導入したが、「人」を減らせず 損益改善に寄与できない。	一人の作業者が担当している作業全部をロボット化できる場合が少ない。結局、配員のロスが出る		まずは人手不足を補う「借りたい猫の手」ロボットに的を絞ればいい。
	6	そもそもベースとなるプラットフォームロボットがない。各社の個別製品の開発による現場の課題解決になりがち。	基盤となる人協調ロボットと、機能を実現するためのモジュール/アタッチメント等のインターフェースがソフト・ハード共に共通化されていない。個別最適化のため、改造加工・ソフト修正等コスト高	ハンド、機能ジュールのインターフェース共通化	国主導によるロボットの機能モジュール化の推進。
カネ	1	人のようにスペースを見つけて動き回るロボットで、かつ周辺設備が必要でないロボットでない限り、置き場所に困る(ほど狭い事業者が多い)	ロボットが移動しにくい。動き回らない。	移動し易いロボットの開発(小型、軽量)	作動範囲と床占有面積が一人一人の大きさを超えず、移動しやすい形状と重さ。
	2	導入後のメンテ(ハード、ソフト)のコストが不明瞭ではないのか?(ランニングコストに対する漠然とした不安)	導入後のコストや効果が公表されていない。	導入のコストを公表: 既存例)ロボット活用ナビ	明らかに導入後のコストを心配しなくともいい初期価格。でない、この懸念はいつまでもつきまとう。報告書やナビは見る暇がない。
	3	協働ロボットと言えども、人の真横で動いて本当に安全か? という不安がある(場所がないだけに)	慣れていない。技術が完全ではない。	親しみのあるデザイン 安全技術開発の促進(NEDO、大学等の研究支援)	発想の逆転。人に優しいロボットでなく、人が優しくせざるを得ないロボット。ややこしいことを考えなくとも、自然とそうなるようなもの。
	4	ロボットを導入することによる生産工程全体の見直しが難しい(プロセスのもの、担当する人材、両面を視野に入れる必要がある)	経験が少ない。自動的に見直せるツールがない。	自動的にライン見直しができるツールの開発	人と同じ扱いができるロボットであれば、生産工程の見直しは要らない。人手不足を補う人を入れるときに、そのようなことはいちいちしない。
	5	製品の入れ替えが激しい業種では、臨機応変に自動化機械、ロボットで対応が困難。製品や加工条件変化にロボットを追随できない	自動化機械、ロボットへの立ち上げが時間がかかる。事前検討が少ない。設定変更のための工数が割けないなど	事前検討用ソフトの開発 導入事例の公表: 既存例)ロボット活用ナビ	完全を求めるからそのような発想になる。50%でも人手不足を補うことができればよとする割り切りと我慢ができればよい。→それができる価格帯
	6	多品種少量生産では、段取り替え作業が多くなるほど自動化による費用対効果が厳しくなる	段取り替えが必要。自動化機械、ロボットへの立ち上げが時間がかかる。事前検討されていない。	事前検討用ソフトの開発(ライン検討用ソフトにロボットを入れる) ある程度ある・ロボットメーカーがライブラリー化してロボット緒言を公開	同上
情報	1	折角のデータ(繰返し、パターン化、部分組合せ)を活かせる人材不足	新しい技術なので、経験が少ない。教育ができていない。参考書がない。	補助金給付。ロボット学会等での発表の機会を作る。大学の研究を助成、求人を増やす。	人材がいなくとも、簡単にデータ活用ができる製品にすることが先決。III(右欄)のアクションをしても、だれが中小企業現場でやるのか?
	2	D-1を収納、取り出す、システムをつくるのはSierが行えても、それをメンテできる人材不足	新しい技術なので、経験が少ない。教育ができていない。参考書がない。データ解析の専門家(データアナリスト)がいない。	補助金給付。ロボット学会等での発表の機会を作る。大学のデータアナリストの研究を助成、求人を増やす。	同上
	3	そもそもが、D-1の発想が、経営者・古参社員にできるか?(IT社会に育った若い人はできるだろう)	経営者・古参社員への啓蒙ができていない。明確に効果がいえない。	効果が出た例を表彰し周知させる。	同上(そもそも古参社員にでもできる製品にすること)
	4	(これからの問題として)データ化したプロセスを誰が守るのか?(知財意識)(ものづくりデータ保護の大きな課題でもある。)	新しい問題なのでまだ整備されていない。合意が得られていない。	関連部門で議論を深め政府等に働きかける。(IVI:等すでに動きがある)	これは、外部機関で対応するしかないでしょう。
	5	(ロボットメーカー、Sierなどロボット提供側の課題であるが)導入先の業界ごとのニーズ把握が不十分のため、ミスマッチが起こりやすい	新しい技術なので、経験が少ない。情報が共有化できていない。	ロボット導入の情報を共有する。(Sier協会: 123社+21社(協会員)の利用)	Sierが必要なロボットは"中小企業用"人協働ロボットではない。Sierが不要なロボットであれば問題ない。
	6	(D-5と同様の課題であるが)導入先のものづくり、サービスの内容を知らないことが多いため、費用対効果最大化の的確な提案ができないことが多い	導入先のものづくり、サービスの内容を知る手段がない。(企業秘密が多く公表されにくい)	Sier協会: 123社+21社(協会員)の利用、データを出すところにインセンティブを与えるように仕組み構築	同上
	7	過去の人作業による分析、実計測データ(学習データ)がうまく活用されていないことがあり、これらを利用して匠の技術、判断を定量化、定式化・見える化することが難しい。	繰返動作と、目的的判断に基づく動作制御の違いが、機能、コスト、開発工数に関し、未理解。人作業・判断を機械動作・判断に置き換えるのための有効な情報抽出・判断力のある人材不足	現場感覚があり、現場の情報を活用して、基礎的理論、技術を理解し多上で、事例活用、実践できる人材の育成・供給。	ある程度、無償に近いもので、小企業の課題解決に向けた駆け込み寺的な技術解決を図れる相談窓口等の創設。

また、関連文献2「平成27年度産業用ロボットの分野展開における導入阻害要因調査事業報告書（近畿経済産業局 平成28年3月）」P28)には、導入時の課題が示されている(図表2-3)。

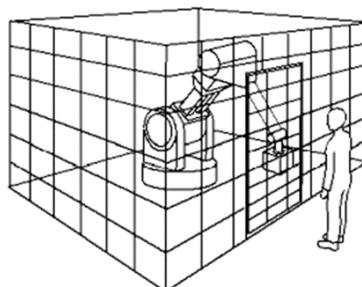
図表2-3 ロボット導入有無別の、導入時の課題



これらの結果より、以下が課題であろうと考えられる。

- 1) 費用対効果が少ない。
- 2) スペースが必要である(図表 2-4)。
- 3) 設置、運用、保守が必要である(担当する技術者がいない、素人には面倒)。
- 4) そもそも市場に出回っているロボットは、大企業、中堅企業向けデザインになっている。
- 5) 安全性が心配あるいはその対策が難しい。

図表 2-4 思ったより設置面積(スペース)をとる:安全対策(柵の設置)のイメージ



出典: <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu/0000197860.pdf>

2.2. ロボット活用の現状と課題

製造現場を持つ本研究会メンバー会社の状況と、現場を見学させてもらった株式会社森田電器工業所殿でのヒアリングを通してロボット活用の現状と課題を抽出した。なお、2020年春に社会福祉法人「京都太陽の家」様の見学を企画したが残念ながらコロナによる緊急事態となり、断念した。

2.2.1にて、経営ニーズと課題をまとめ、2.2.2以降に各社の状況などを記載する。

2.2.1. 各社の経営ニーズ、導入課題のまとめ

● 経営ニーズ

1. 価格:ハード&制御含め3M円(300万円)程度。
2. 面積:人の1人分の作業エリア程度(約0.7平米)の設置面積であること。体積も同等であること。
3. 知験:専門知識が不要であること。または、学習コストが安価であること。そして、故障等へのメンテナンス、生産変動対応などが容易にできること。

● 導入課題(問題点)

1. 専門知識を有する人を確保できなかった。
 - ①導入の企画、運用・メンテナンス それぞれの場面で、専門知識を有する人が確保できず期待通りに進まなかったり、変動対応等運用がうまくいかなかったりする。
 - ②現場の作業者などの抵抗感に対して、知識不足により説得&説明がうまくできなかった。
2. 十分な費用対効果が得られなかった。
 - ①実質の配員が減らせなかった。

例をあげる。図表 2-5 のように、4つの工程に2名の作業者が配員されている現場があったとする(投資前工数の行を参照)。ここにロボットを導入して、1.0人の削減を計画した(投資計画工数参照)。実際にロボットを導入したら、計画通りの効果が出せず、ロボットを補助する手作業が残ってしまった(作業後実工数の行を参照)。結果的に理論的には1.2名の配員であるが、実際には2名の配員となってしまう、実質の省人効果が出せないことになる。

図表 2-5 例 1人工分の削減に至れず。(人)

工程順序	1	2	3	4	合計
工程名	部品切削	部品研削	組み立て	梱包	
投資前 工数	0.4	0.3	0.7	0.3	1.7
作業持範囲(実配員)	1.0		1.0		2.0
投資計画工数	0.4	0.3	0.0	0.3	1.0
作業持範囲(実配員)	1.0				1.0
投資後 実工数	0.4	0.3	0.2	0.3	1.2
作業持範囲(実配員)	1.0		1.0		2.0

- ②周辺治工具類を含めると高額になった。

3. 導入後の生産変動に対応できなかった。

- ①制御ソフトの改廃が追い付かない、治工具の修正変更が追い付かない。
- ②ロボットのスペックが陳腐化する。

2.2.2. パナソニック

パナソニック株式会社インダストリアルソリューションズ社にて、FA(Factory Automation)用制御機器(センサ、PLC、レーザーマーカ、等)を開発、製造、販売までを行なっている部門の例を記載する。製造は、多品種を市場需要に応じて、少量ずつ生産することができるセル生産方式が多い。セル生産では、作業者の習熟度に応じて、生産性が変動するので、作業者の習熟度に依存せず多品種少量生産を実現させるため、ロボットの生産ライン導入を進めている。ロボット作業を人がサポートする設備を目指している。

(<https://www.panasonic.com/jp/corporate/is.html>)

A)成功例(ロボットを導入できる例)

新規の設備導入時のロボット導入は、設備設計時に(産業用の)ロボットを最大活用する設計を行なうため省人化、効率化の観点から、投資回収のシミュレーションが成立しやすくロボット化ができています。ある意味、ロボットを中心に作業者をレイアウトしていくため、スムーズに導入ができる。(ロボットに人を合わせる。)

B)ロボットを導入できない例

既存設備や作業を前提として、ロボット化しようとする(既存設備の改善)は、作業者を中心とした設備設計であり、ロボットを活用できる作業は限定される。高価なロボット(産業用/協働用)を導入すると投資回収が成立しない。

C)まとめ1:ロボット導入の障壁(課題)

- ①一人工＝ロボット1台での計算ができない。(0.5 人工分 減らせても、結局 1 人配員せざるを得ず、損益改善にならない)⇒新規設備は減らせるが、既存設備は減らない。
- ②ロボット導入時の効果算出ができない。⇒改善されるのは、作業者の快適さや安全性。
- ③ロボット本体費用やシステム費用を抑制した機種などを選定しようすると、満足のいくスペックが得られるロボットがない。

D)まとめ2:ロボット導入の障壁を壊す対策(身の丈ロボットのコンセプトに繋がる案)

- ①人の作業をすべてロボットに置き換えない。
- ②ロボットを人がサポートする。ロボットに全てをさせない:『ロボットの働き改革』が必要。

2.2.3. ミスズ工業

株式会社ミスズ工業は長野県と岩手県に工場を有しており、超小型精密プレス部品、電子デバイス部品の設計から製造を一貫して行う企業である。また長野県上伊那郡箕輪町の箕輪工場ではそれらの製造における省力化を目的とした生産設備の構想検討～設計、製作までを一貫して行っており社内向け設備を中心に装置製作を進めている。ここ最近では受託装置組立として半導体向け設備の組立製造も手掛けている。今後顧客の困りごとを把握し実現させる Sier として外販活動を積極的に推進している。
(<https://www.miszu.co.jp>)

A) 成功例(導入できる例(外観検査工程の合理化))

プレス加工は 24 時間稼働しており、その後工程の外観検査は日中のみ検査員が実施していたので検査能力(工数)が不足していた。そこで産業用ロボットを活用した外観検査装置を製作し 24 時間稼働(実質 2 人工の削減)が可能となった。

ただし、下記4つの課題が残った。

- ①ロボット、ビジョンの全体システム構築は専門性(高度な知見)が必要で、製作期間に時間を要する。
- ②ロボット+全体システム構築に費用がかかり回収期間が長くなる(購入部品約半分)。
- ③産業用ロボット導入における安全対策と教育が必要となる。
- ④決まったこと(教示したこと)しか出来ないため汎用性にかける(検査する部品は固定。変更すると再教示が必要)。

B) 導入できない例(メッキ・洗浄工程:手作業が多い)

過去から手作業で実施しているメッキ、洗浄工程(手作業が多い)において、ロボットや自動機を使って効率化を検討した。投資効果を検証し自動化検討したが以下の理由により断念した。

- ①頻度が少ない:右から左にカゴを移す作業などは短時間で終了して数回/Day 程度である。
- ②熟練の手作業がありロボット等で再現できない:複雑な手の動きが品質に直結しており、ロボット等の自動化で再現が難しい。
- ③面積の確保が困難:工場全体のレイアウトに制限があるため、ロボットを含めたシステムを設置するスペースが無い。
- ④現場の理解が得られない(現状作業からの変化を嫌う)。
- ⑤職場全体では工数不足ではあるが、作業ひとつひとつを自動化しても投資効果が得られない。
(0.3 人+0.3 人…の積み上げ vs 自動化との効果が得られない)

C) まとめ1:ロボット導入の障壁(課題)

- ①一人工=ロボット1台での計算ができない(例えば、0.5 人工分 減らせても、結局 1 人配員せざる

を得ず、損益改善にならない)。

- ②ロボット+全体システム構築に費用がかかり回収期間が長すぎる。
- ③熟練の手作業があり、対応できるロボット等が無い。
- ④安全面含め専門知識が必要で、企画～導入～運用メンテナンスできる人が不足している。

例)ロボットの選定も、非常に多くのロボットがあり、選定に苦勞する。」

例)製品ライフサイクルが短く、ロボット化するより人がやった方が早いという 現場の声もある。

- ⑤作業者よりも面積が広く必要で、レイアウトできない。
- ⑥現場の理解が得られなかった。

D)まとめ2:ロボット導入の障壁を壊す対策(身の丈ロボットのコンセプトに繋がる案)

- ①学習コストがかからない工夫が必要である。
- ②安全面については、配慮や対策を極力しなくてもいいようにする。
- ③ロボットのスペックや機能は低くても安価な方がいい場合もある。

2.2.4. 錦正工業

錦正工業株式会社は、栃木県那須塩原市で自社製品である動力伝達用品「KKK V プーリー」のほか、産業用ロボットや建機・工作機等の部品の受託製造も行う社員 30 名の中小企業で、同一拠点内で鋳造・機械加工・表面処理までを一貫生産対応している。典型的な変種変量フレキシブル生産で、一部自動化された工程もあるが、まだまだ人の手による作業が多く、ロボットの部品を製造しているにもかかわらず、社内にはまだロボットが一台もない、という工場である。(<https://www.kinsei.jp/>)

【経営ニーズおよび悩み】

- ・現場の作業者負荷軽減など、できればロボット化したいニーズは沢山ある。
- ・学習コストが低いことが望まれる。取り扱いが容易で学習コストが低いシステムが欲しい。
⇒ロボットに対する知験を有する人材が少なく、投資回収できる企画が立てられない。
- ・小さく始めて、将来的に大きくスケールアップできるラインナップがあるとよい。
(3章で紹介する DOBOT は、低価格帯～高価格高機能までハード面、ソフト面ともシリーズ化)
- ・一定の額(例 1M円(100万円)程度)であれば、将来への投資としてロボットを導入したい。

C) まとめ1:ロボット導入の障壁(課題)

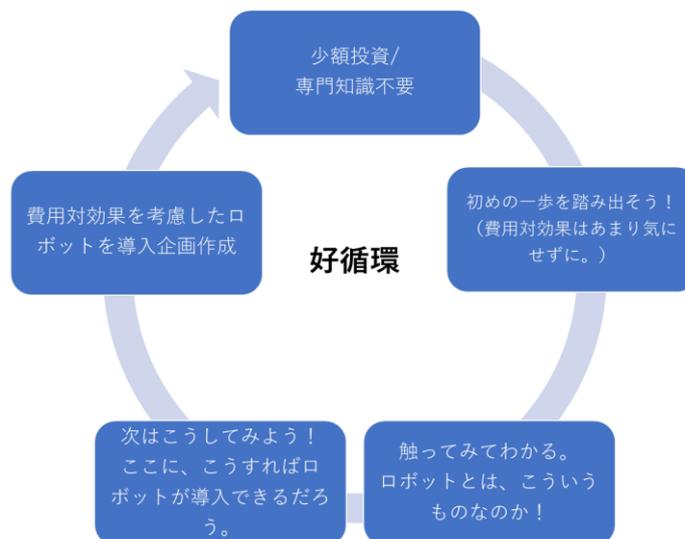
- ①適応できる作業を探すこと、それに適合するロボットを選定することに、苦勞している。

- ②小ロット品が多く、ひとつの改善が生み出す効果金額が比較的小さい。
- ③類似品種構成でもないため、水平展開も難しい。
- ④ロボットに対する知識があれば解決できるかもしれないが、そもそも知識習得へのハードルが高く、導入企画すること自体をあきらめてしまう。(学習コスト、人材)
- ⑤投資リスクがまだまだ大きい。将来に向けた投資として、少額であれば、チャレンジできる。

D)まとめ2:ロボット導入の障壁を壊す対策(身の丈ロボットのコンセプトに繋がる案)

- ①少しロボットをいじる(アタッチメントを変える等)だけで、生産変動に対応できるロボットがよい。
- ②知識を持ち、ロボット導入にチャレンジすれば、その使い方等で、あらたな気づきが得られ、それが原動力となって、次の段階のロボット化につながる という好循環(図表 2-6)が回せると思う。

図表 2-6 好循環サイクル:最初の一步を踏みだせるのは、少額投資&専門知識不要



2.2.5. 森田電器工業所殿

株式会社森田電器工業所殿は、松下電器が滋賀県彦根市へ進出時に、近辺に協力工場がないため、昭和40年に進出、当時は、部品等を生産していた。その後、調理家電、電気カミソリ、ドライヤーなどの組立に進出し、最近では、多角化、及び社内製造技術を伸ばすため、機械の製造にも進出している。

(<https://www.moritadenki.jp/company/index.html>)

2019年3月26日、2019年7月19日と2回訪問し、見学、及び意見交換をさせて頂いた。

【ロボット化へのニーズ、期待】

日本の製造業では、採用難が予想され、また、女性、高齢者等への対応が今後の課題となると予想している。(ただし、あまり手は打てていないのが実態。滋賀県彦根市近辺は製造業が、就労人口に比べ多い。発注元の Panasonic 社ですら人が足りないと言われている状況。社内には、外国人も少しいる。主婦層が多い(パートのため就業時間も工夫している)。外国人研修生も考えているが、パートが多いので、彼らとは就業時間の差ができてしまい、彼らだけ在场している時間帯ができてしまい、不安なので採用に踏み切れない。

その課題を解決するための1方策としてロボット化に期待。ただし条件は毎日動くこと。

B)ロボット化の障壁・課題

<投資の内容や金額、投資時期などの見極め、判断が本当に難しい>

- ①毎日動かない。→人工が減らせない(コストが減らない:汎用ロボをねじ締めを使うなどする場合)。
- ②同じ商品が長く続くとは限らない(あまりに売れると海外に移転してしまう事が多い)。
- ③多品種少量生産。
- ④製品が生産しにくい(ロボット化し難い)(ロボットし易いものは大企業(注文元)でやる)。
- ⑤コストが高い(1人省人:投資額の許容額=300万円(ロボット本体でなく全ての導入費用合計))。
- ⑥(商品のライフサイクルを考えると)2年で元を取りたい。
- ⑦フロア面積に余裕があまりない。面積&体積生産性も求められる。
- ⑧自動機にせよロボットにせよ、身の丈IoTにせよメンテが重要。
(保全要員がいるが、その人に仕事が集中してしまうのが悩み。)
- ⑨自動化やロボット導入前には発注元に一言しておく必要がある。
改善・投資内容が、4M変更、品質に係わる場合は、発注元への事前確認が必要。
⇒積極的な改善への着手は難しい。

D)ロボット化の障壁・課題を克服するための方策(身の丈ロボットコンセプトに繋がる)

- ①ロボットと人のすみわけを考える(女性や高齢者対応、採用難等を考慮して)。
- ②ロボットが人を助けるだけでなく、人がロボットを助ける発想で考える。
- ③ロボットが得意のところ(ねじ締め、溶接)がある。
- ④人手不足の限界点(これ以上減ったら事業継続が難しい分岐点)を見極めロボット化。

- ⑤同一動作の作業を集約して自動化するなど、流し方の発想を変えロボット中心の流し方にする。
- ⑥(県の)補助金を活用(県で半分負担)する。
- ⑦社内の生産技術(3名)では、ロボット知識が不十分であるため、有識者を顧問として迎える。
(ロボット技術者だけではなく、技術顧問(構想力と技術力)のような専門家がはいて進めていかな
いとロボットを導入しただけではラインの効率化は出来ないと感じた。)
- ⑧エチケッター組立工程で、設備間搬送をメインに、人協働ロボットを3台導入予定(注)。
⇒ある程度まとまった量が見込めるため 導入企画に踏み切った。社内の技術担当は、他業務で手
一杯のため、技術顧問に来てもらい企画から導入まで担当してもらう予定。ちなみに 人協働ロボッ
トを入れた背景には、(国などの)補助金の得やすさも考慮した。
…本当はフリーフローラインにロボットを入れたかったが難しいと判断した。
(注)本書作成にあたり、その後の状況をお聞きした所、ロボット3台を導入されたとのことであった。

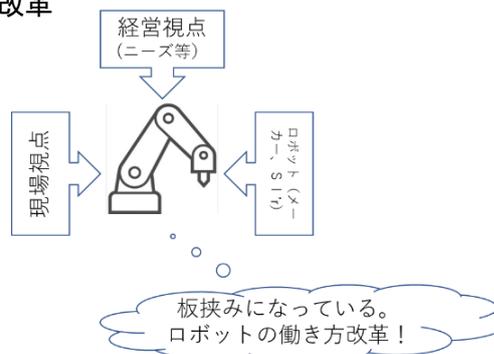
2.3. 身の丈ロボットのコンセプト(第1案)

文献、事例、企業訪問調査等から、経営ニーズを満たせるロボットのスペックは、現実に販売され
ているロボットのスペックに対して過大であることが分かった。この点を踏まえ、ロボットの働き方
改革をイメージし、身の丈ロボットには、一方的に多くを求めるのではなく、経営や現場側からも歩
み寄るべきだと考えた(図表 2-7)。

【身の丈ロボットのコンセプト(第1案)】

- ・ 安価(1~3M円程度:ロボット本体、制御等、立上げ人件費等含む)
- ・ 学習コストが安価(専門知識があまり要らない)
- ・ 1人工の仕事まで纏まってなくても導入可能。
(安価であること。一方で必ずしも多機能・高性能を求めない)

図表 2-7 ロボットの働き方改革



ロボットはイメージです。
<https://ipecan-mono.com/16070-%E3%83%AD%E3%83%9C%E3%83%B3%E3%83%88%E3%82%A2%E3%83%BC%E3%83%A0%E3%83%95%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%82%A2%E3%82%A4%E3%82%B3%E3%83%B3/>

3. DOBOTO 実験によるコンセプト検証(錦正工業)

3.1. はじめに

錦正工業では、日頃産業用ロボットのパーツを製造しているにも関わらず、超多品種超変量生産を行っており、既存の産業用ロボットの導入や維持管理、ティーチングのコストが合わず、なかなか導入に至ることができなかった。

近年、簡易的なロボットの急激な進化や多様化と、それらの操作習得難易度の劇的な低減を見聞きしていた。しかし、どうしても即仕事をさせることのみばかりを考え、スペック不足を言い訳になかなか手を付けられずにいた。

ロボットというものに触ってみなければ判断をすることもできないという思いはあったものの少し悩む金額であったため伸ばし伸ばしにしていたが、悩んでいる間にも価格低下が続き、諸々そろえても数十万円程度のコストで立ち上げられるロボットアームが登場し、まずは触れることから始めてみることにした。

身の丈ロボットのコンセプト案のうち 以下2点について、実証(コンセプト検証)実験を行った。

- ・価格(1~3M 円未満)
- ・学習コストが安価であること

3.2. 機種選定

今回の機種設定の条件として、以下のようなものを設定した。

- 低価格であること(予算 20 万円)
- 操作が極めて容易であること(ダイレクトティーチングができること)

- 多くの人が書ける一般的なプログラム言語で動かせること (Python)
- 習得した知識がそのまま実際の仕事で使えるロボットで使えること

今回はこのような条件により、Dobot Magician V2 (中国 Shenzhen Yuejiang Technology 社製) を選定した。

3.3. 目標設定

今回の目標として、鋳物の製造ラインを模して 3D プリンタで作ったワークとワークの組み合わせ動作を繰り返し行うことを目標とした。

また、同じ動作を繰り返し行うのではなく、何らかの条件で行う動作を切り替えることができることを目指した。

【実際に行った内容】

- ティーチングモードでアームを手で動かし、その通りの動きをさせる

Dobot Magician のアーム上にあるティーチングボタンをおしながらアームを手で動かしティーチングし、実行ボタンでその通りに動くことを確認した。実際のワークを模したオブジェクトをつかんで移動させることはできたが、手をつかみボタンを押すときのブレでそのままでは希望の場所からややずれた動きをした。しかし、パラメータを手打ちまたは PC 上の画面の方向/角度キーで微修正し、すぐに思い通りに繰り返し動作ができた。

- ブロックプログラミングでコードを書かずに動作を定義して動かす

Magician の PC 用ソフトに付属する設定済みの Google Blockly というソフトで、動作や条件を定義したブロックをつないでいくことで、複雑な動作を確認した。上述のダイレクトティーチングで実際の位置を指定することもでき、また、Magician ベース部分にある I/O からセンサデータをもちい、動作を条件で変えることができた。途中でいわゆるテキストベースのプログラミングは1行も触れずにできた。

- サンプルをもとに、Python で動作を定義して動かす

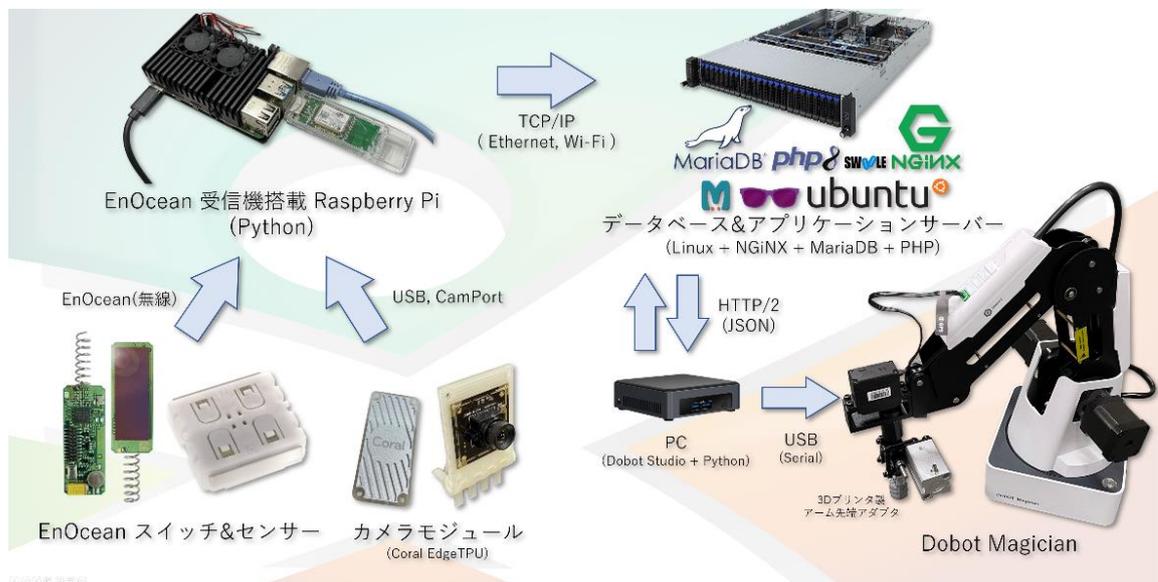
付属していた構築済みの Python 環境上で、付属していたサンプルを実行することで、アームを動作させられた。また、そのサンプルを改造することで、動作を変えることができた。インターネット上にある

Python のハウツーサイトから情報を得て、外部のセンサーやサーバーから条件や座標を取得し、その通りに動かすことができた。

3.4. 構成

構成は以下のようになった。

図表 3-1 コンセプト検証に利用した Dobot Magician の構成 (個々の部品は 3.6. 参考)



3.5. まとめ

実際に Dobot Magician を使用してみた結果として、ペイロード、精度、動作速度、耐久性、その他諸々のスペックが、現実の仕事をさせるには荷が重く、即日的な実用性という意味では自分たちの身の丈を満たすことはなかった。

しかしながら、性能以外の面ではロボットとしての要求事項を満たしており、ロボットの操作やティーチング、プログラミングを体感することができた。この経験をすることで、はじめて、しっかりと自分たちの身の丈を知ることができた。そしてその身の丈にあったロボットが何かを考えるための力を得ることができたと考えている。

そして、Dobot には上位モデルがきめ細かにあり、身の丈スペックの選択ができそうである。さらに、その身の丈モデルの Dobot は、今回一見仕事には何の役にも立たなかったおもちゃの Dobot Magician で覚えた知識、プログラム資産、感覚及び自信がそのまま活かせる。今回の Magician で知ることができた自分の身の丈に合わせた Dobot のラインナップを導入する際に、勉強や環境構築のコストがいらずに買うだけで使い方を知っている。そして、いつか自分の身の丈が大きくなってよりスペックを求める際にも同じことが繰り返し起こる。

Magician そのものは身の丈には満たないが自分の身の丈を大きくしてくれるものだと考えている。

・今回 DOBOT Magician では、ティーティングモードなどプログラミングを書かずに動かせるという経験をしたことで、ロボットとは どういうものなのか、手で触り、肌感覚で理解できたことは、自分自身の(ロボットに対する)身の丈を大きくすることができた。

<実証実験での気づき(錦正工業永森社長)>

- ・手で触ってみると、ロボットができそうなこと、できそうにないことその SPEC と価格の感触などが肌感覚でわかった。
- ・実は、経営者、現場共に、ロボットへの過大な期待や恐れがあり、ロボットを避けていた可能性が高い。
- ・ロボットメーカー & Sier とも 多機能や高機能追求という価値観が強かったのでは？

<実証実験のコンセプトに関する部分のまとめ>

ロボットとしてのスペック以外はコンセプトに沿うものであった。

- ・価格:安価ではあり投資しやすい。ただし、ロボットとしてのスペックを見た場合、アーム耐荷重やアーム長さなど、それぞれ10kg、100cm 程度は無いと、適応できる作業が限られすぎ、実用的ではない。
- ・本体設置面積:問題ない。(10kg、100cm でも今の 3 倍必要であっても問題ない。)

・知験: エクセルマクロ程度のプログラミング知識があれば十分で、立ち上げ、メンテナンス等も問題ない

<実証実験からの気づき>

・Dobot Magician は容易に立ち上げ導入ができたため、漠然と抱いていたロボットのイメージが、より具体化できて、過大な期待や逆に恐れがなくなった。

中小企業からすると、ロボット自体がまだまだ高額であり、かつ相当の知識が必要とされるため、過大な期待を抱いたり、逆に恐れたりして、最初から導入をあきらめる場合があったと想定できる。

<今後>

この実証実験およびその気づきをきっかけとして、2021 年度下期に現場へのロボット導入にチャレンジする予定。

3.6. 参考

DOBOT Magician とは - Physical Computing Lab <https://www.physical-computing.jp/page/14>

Dobot Forum <https://forum.dobot.cc/>

Dobot 中文论坛 <https://forum.dobot.cc/c/Give-or-get-a-lit-help-with-problem-solving>

Python+OpenCV で、カメラ画像から机上の物体位置(実座標系)を計測してみる

<https://qiita.com/code0327/items/c6e468da7007734c897f>

【Python】画像から物体の種類、座標、幅、高さを検出する

<https://kazusa-pg.com/object-detection-picture/>

4. 身の丈ロボットコンセプトと提言

4.1. 身の丈ロボットのコンセプト

身の丈ロボットのコンセプトの第1案(2.3節)および3章の実証実験の結果を元に、身の丈ロボットのコンセプトを下記の通りとした。

【身の丈ロボットのコンセプト】

- ・絞られた機能（多機能であることを求めない）
- ・限られた性能（精度、速度、耐荷重など）
- ・安全対策ができるだけ不要
- ・コンパクトな面積と体積
- ・安価（約3M円以内 制御等一切を含む。1人工省人を想定）
- ・学習コストが安価で初心者でも可能なこと

4.2. 提言

上記コンセプトの身の丈ロボットを開発&導入していくために、①中小企業の経営&現場、②ロボットメーカー&SIer、③業界団体、学会等への提言を下記にまとめる

①中小企業の経営&現場へ

- ・経営者も自らロボットを手で触ってみる。そして、ロボットの目利き力をつける。

→まずは、自ら教育用のロボットなどを導入してみるなどして、まずは肌感覚でロボットを理解し、過大な期待や逆に恐れを排除する。

・発想の転換:人がロボットの補佐をする。

→単純に人の役割(作業)の置き換えを目指さない。むしろロボットが動きやすいように、ロボットを補佐する。ロボットを補佐するための治工具作成や、人がロボットの動きを補助するために作業を変更するなどといった、ロボットと生産現場をうまく Fitting するなどの、作業設計や改善の技術(工程や作業の改善など)を駆使する。

・同業や地域などで、企業の垣根を越えた取り組みを行うこと。

→お互いに、工程や作業を融通しあい、ロボットを導入するなどして、1つの企業で費用対効果出せない可能性もある共同運用を研究する。(最終的には、企業各社の現場について、何らかのモジュール化を行い、ロボットをより駆使して生産性をあげていく。)

②ロボットメーカー & Sier へ

a)身の丈ロボットのコンセプトに沿った ロボットの開発と販売

- ・専門知識を有しない人でも、ロボットを選定できるように、業界で選定手法やカタログ(例:ロボットの特徴や仕様)の表現などを標準化してほしい
- ・セカンドブランド化などして、身の丈ロボット開発と販売を行う
- ・ロボットが先に壊れるといった、安全策不要なロボットの開発

b)プログラミング言語などのユーザーインターフェースを、入門から先端応用機まで、初心者でも扱えるレベルで、統一する。また、業界で標準化することが望ましい。

c)ロボット等の導入/活用ノウハウの研究と共有化、標準化を図ること。

メーカーや Sier によっては「安全対策に強い」、「画像処理系に強い」といった得意・不得意があると思われる。中小企業等からすると、そういった安全面等の様々なノウハウを、企業を越えて共有し、業界内で標準化されることが、その導入や活用に対して重要である。

③業界団体、学会等へ

a)ロボットに対する理解者を増やす活動を行うこと。

→経営者から担当層・ロボットの身近で働く人に理解してもらえる活動を行う。

例:Dobot Magician などを使ったミニ成功体験を伝える活動。

→成功体験の収集と分析やPR。(RRI の WG2 の、身の丈ロボット版)

b)目利き力を容易につける教育プログラムの開発。

→中小企業等の初心者向けの教育

→小中学生向け教育も視野に入れる

c)身の丈ロボット導入者の育成

ロボット導入に必要な知識を有した、かつ企業の垣根を越えて導入できる人材を増やす。特に、ロボットを活かす、現場の改善や作業設計等の知識を有する人材が必要。

d)ロボット等の導入/活用ノウハウの研究と共有化、標準化を行うこと。

前項②-c)でも挙げたが、業界団体や学会等でも取り上げ、牽引することが重要と思われる。

5. おわりに

本書では、中小企業が製造現場で抱える様々な課題を解決するために期待が膨らんでいる産業用ロボットについて、導入が進んでいない課題を整理して、中小企業でも導入できる「身の丈ロボット」のコンセプトをまとめた。

しかし、その具現化は、当研究分科会単独ですぐに実行することは難しく、中小企業、ロボットメーカー、SIer、国や地方の中小企業の支援団体など関係団体との連携が必要不可欠である。そこで、それらの各セクションに向けた提言を行った。

今後、本書がきっかけになり、提言の実現に向け、各セクションでの活動とそれぞれの協力が深まり、ロボットの導入が進むことの一助になれば幸いである。

本研究会は、1 期目として一旦、3年半の活動を終了する。今後、2 期目として、中小企業での身近な課題、例えば、身の丈ロボットと身の丈IoT(中小企業の身の丈に応じたIoTツール)との融合の方向性の検討等、を取り上げていきたい。

最後に、お忙しい中、2回に亘り、見学・ヒアリングにご協力頂いた株式会社森田電器工業所代表取締役社長の森田真人様に感謝申し上げます。

著者およびメンバー

著者

富田 浩治（1章、2章、4章を担当）
鈴木 敏之（1章、2章、4章を担当）
小泉 秀久（2章を担当）
赤羽 隆行（2章を担当）
永森 久之（2章を担当、3章を担当）
長島 俊輔（3章を担当、錦正工業(株)所属）

研究会メンバー

富田 浩治（(株)安川電機）正会員（2021年4月末退社）：主査（現IVI事務局長）
鈴木 敏之 個人会員：副主査
小泉 秀久（パナソニック(株)）正会員
赤羽 隆行（(株)ミスズ工業）正会員
永森 久之（錦正工業(株)）正会員
神原 敏行（神原事務所）サポート会員（2020年3月まで所属）
松枝 準（富士通(株)）正会員（2019年2月まで所属）
横井 昭佳（アズビル(株)）サポート会員（2019年10月まで所属）
保科 昭宏（KYB(株)）正会員（2019年10月まで所属）

中小企業の現場に見合ったロボット導入普及を目指して
—今すぐできること、そして将来に向けた基盤づくりへの提言—

発行者 一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ
理事長 西岡 靖之

〒102-0073 東京都千代田区九段北 4-3-28-302
電子メール: office@iv-i.org URL: <https://iv-i.org>

発行日 2021年9月30日

定価 非売品

(発行者に無断で複製または印刷を禁止します。)