

～ ロボット溶接作業における生成 A I 活用の期待：中小企業のロボット利 活用とは、データの利活用である ～

講演者：高丸工業株式会社 代表取締役社長 高丸 正

まとめ：佐藤知正（東大名誉教授）

概要

今回のデータ活用委員会は、ロボット産業の将来の姿としてコンテンツ産業を考えることを企画趣旨とし、溶接領域を題材として開催された。溶接作業には、部材の加工法や治具選定といった前工程のノウハウから、溶接法や溶接条件といった工程そのもののノウハウ、さらには後工程のノウハウに至るまで、非常に多岐にわたる知見が存在し、生成 A I はこうした知見をコンテンツとして蓄積・再利用することを可能にすると期待されている。本講演は、この問題意識のもとに企画された共同講演のうち、溶接を得意とするシステムインテグレーターである高丸工業株式会社の高丸正氏により行われた部分を取りまとめたものである。高丸氏は、40 年以上にわたり中小企業向けのロボット化に携わってきた経験から、ロボットとは本来、多品種少量生産に対応するために開発された省力化機器であるという基本認識を示したうえで、具体的な溶接事例を通じて溶接作業に内在する豊富なノウハウの多様性を示し、さらに人が溶接を行う場合とロボットが行う場合の違いを整理することで、溶接コンテンツを構築するうえでの留意点を論じた。最後に、そうした留意点を踏まえて開発された溶接作業教示デバイス「ウェルデモート」を紹介し、これが中小企業に必要とされている背景と、生成 A I 活用への期待について述べた。質疑応答では、発想の転換を生み出す人材育成の工夫、およびロボット業界における事業展開の可能性について議論が交わされたので、それにもふれる。

第 1 章 緒論

本講演が行われたロボット革命・I o T イニシアティブ協議会ロボットイノベーションWG（WG 3）データ活用委員会は、ロボット産業の将来の姿としてコンテンツ産業を考えることを企画趣旨とし、溶接領域を題材として開催された。溶接作業には、部材の加工法や治具選定といった前工程のノウハウ、溶接法や溶接条件、良品条件といった工程そのもののノウハウ、さらには残留ひずみへの対処や検査といった後工程のノウハウに至るまで、非常に多岐にわたる知見が存在する。生成 A I は、こうした様々なノウハウをコンテンツ産業として蓄積・再利用することを可能にすると期待されており、この観点から、溶接を得意とするシステムインテグレーターである高丸工業株式会社の高丸正氏、および三菱重工業の小松直隆氏、堤一也氏による共同講演として企画された。本原稿は、このうち、溶接コンテンツの多様性とそれをロボットで実現する場合の工夫について論じられた高丸氏の講演部分を取りまとめたものである。

高丸氏は、1983 年に高丸工業株式会社に入社し、1985 年に若くして同社の社長に就任して以来、40 年以上にわたり中小企業向けのロボット化に取り組んできた。2007 年には尼崎ロボットテクニカルセンターを開設し、2016 年には株式会社ロボットテクニカルセンターを設立して代表を兼務、2018 年には東京都大田区にロボットテクニカルセンター東京を開設

するなど、教育事業の拡充にも力を注いでいる。2024 年には一般社団法人ロボットシステムインテグレータ協会の理事にも就任した。同氏がロボットに携わるきっかけとなったのは、先代社長であった父の会社の現場で、建設機械向けのアーク溶接ロボットの試運転に立ち会った経験にさかのぼる。当時、品種の増加に対応するために自動機からロボットへの置き換えが進んでいた現場を目の当たりにし、ロボットとは多品種少量生産に対応するために開発された省力化機器であるという認識を得たという。本講演は、この基本認識を出発点として、溶接コンテンツの具体的な多様性、人とロボットの違いから見た溶接コンテンツ構築上の留意点、そして溶接作業教示デバイス「ウェルデモート」の紹介という、依頼者の意図に沿った構成で展開された。

本原稿では、第 1 章の緒論では、本講演が企画された背景と本講演の狙いを述べる。第 2 章では、中小企業におけるロボット活用の基本思想と、その成果の評価の考え方を、第 3 章では、高丸工業およびロボットテクニカルセンターの取り組みの実績と、溶接コンテンツの多様性を示す具体的な導入事例を、第 4 章では、人が行う場合とロボットが行う場合の違いから見た、溶接コンテンツを構築するうえでの留意点を、第 5 章では、溶接作業教示デバイス「ウェルデモート」の開発と、コンテンツ産業としてのロボット業界の将来展望を、それぞれ述べる。最後の第 6 章は、結論として、本講演の要点と将来課題を述べる。

第2章 中小企業におけるロボット活用の基本思想

2-1 ロボットは設備ではなく道具である

高丸氏は、ロボットとは本来、大量生産のための自動機とは異なり、製品の多品種化に対応するために開発された、多品種少量生産のための省力化機器であるという考え方を示した。ところが、いち早くロボットを導入した自動車産業などの大量生産現場での使われ方が広く知られるようになった結果、ロボットは大量生産としての数量がなければ採算が合わないという誤解が中小企業の間に広がってしまったと指摘した。また、ロボットメーカー各社も、大量にロボットを購入する自動車産業向けの機能開発を優先してきたため、本来の目的である多品種少量生産向けのロボット化がなおざりにされてきたという現状にも言及した。

図1に示すように、多品種少量生産を営む中小企業でロボットを導入するにあたっては、目先の生産効率のみを追い求めるのではなく、作業のデジタルデータ化こそが最大の利点であるという視点に立つ必要がある。実際、ロボットを上手に使いこなしている中小企業ほど、ロボットを設備ではなく道具として捉えており、その道具をいかに使いやすくし、作業をいかにデータ化するかが重要であると述べた。

多品種少量生産の中小企業でロボットを導入するには
目先の生産効率だけを求めているは成り立たない

- ロボットは多品種少量には不向きと誤解していないか？
そもそもロボットは製品の多品種化に対応するために開発された装置
- 投資効果は別視点から少し長い目で見るべき
ワープロ、CAD、の導入時にも同じことを言っていなかったか？
- かつてNC工作機械も中小企業には向かないと言われていた
NCが中小企業に普及したのは1985年頃
- 作業のデジタルデータ化が進むのが最大のメリット
ロボット作業により得られたデータが各企業の資産となる(後にビッグデータ化)

データ活用が、ロボット化の目的である
適正データの検索や生成にAIが果たす役割は大きい

図1 多品種少量生産の中小企業がロボットを導入する際に必要な視点

2-2 導入の成果は何によって判断すべきか

大企業と中小企業とではロボット導入の目的や手段が大きく異なる、と高丸氏は強調した。大企業では、特定工程を5秒短縮する、あるいは2人分の人員を削減するといった具体的な効果が求められる一方、中小企業では、その作業をこなせる社員が2人しかおらず、しかもその一人は60代、もう一人は70代であるため、2年以内に何とかロボットに任せたいといった、より切実な要望が大半を占めるという。

また、ロボット導入の成果とは、導入という行為そのものではなく、導入によってその企業の経営が実際に改善したかどうかで判断されるべきであり、その最も分かりやすい指標が、半年後あるいは1年

後の2台目の発注の有無であると述べた。さらに、初めてロボットを導入する段階から、生成AIやIoT、5Gといった先端技術をあわせて求めることは、導入のハードルをいらずに引き上げてしまい、かえって現場に受け入れられにくくなると指摘し、段階を踏んだ導入の重要性を説いた。

第3章 高丸工業の取り組みと人材育成の重要性

3-1 溶接作業に内在する多様なノウハウ

高丸氏は、溶接作業には、単に部材同士を接合する工程そのものだけでなく、その前後の工程にも多様な作業ノウハウが存在することを、具体的な事例を通じて示した。溶接する部材の加工法や、溶接を実施しやすくする姿勢・治具の選定には前工程特有のノウハウが、溶接法や溶接条件、良品条件の設定には工程そのもののノウハウが、それぞれ深く関わっている。こうした多岐にわたるノウハウの多くは、これまで職人の経験と勘に依存する暗黙知として現場に蓄積されてきたが、ロボットによって溶接作業を数値化・プログラム化することにより、これらのノウハウを形式知として整理し、コンテンツとして蓄積・再利用することが可能になるという見方が、本講演全体を貫く基本的な視座となっている。

3-2 会社概要とロボット導入実証事業における実績

高丸工業株式会社は、1963年創業、1967年設立の兵庫県西宮市に本社を置く老舗のロボットシステムインテグレーターであり、経済産業省のロボット導入実証事業における採択件数で全国1位の実績を持つ。自動車関係のラインビルダー業務やスポット溶接、アーク溶接をはじめ、鉄道車両、航空機部品、建設機械、さらには洋上風力発電装置に用いる超大型ターニングロールなど、幅広い業種にロボットシステムを提供してきた。2016年には子会社として株式会社ロボットテクニカルセンターを設立し、兵庫と東京の二拠点であわせて50台を超えるロボットを備え、ロボット取扱資格である安全教育をはじめとする教育事業を展開している。

図2に示すロボット導入実証事業の採択実績では、高丸工業が12件の採択を得て第1位となったが、この12社の経営者の内訳は、50代が2名、40代が8名、30代が2名と、若手経営者が大半を占めていた点が特筆される。高丸氏は、ロボット導入の成果とは導入件数そのものではなく、導入した企業が実際に儲かったかどうか、すなわち半年後、1年後に2台目の発注に至ったかどうかで判断されるべきであると重ねて強調した。

ロボット導入実証事業 Sierの採択件数 平成27年、28年、29年度

1位	: 高丸工業(株)	12件	
2位	: サンワテクノス(株)	9件	東証1部
3位	: ミツイワ(株)	7件	社員780名
5位	: グローリー(株)	5件	東証1部
5位	: (株)サトー	5件	東証1部
9位	: 大和ハウス工業(株)	3件	東証1部

採択12件は全てが多品種少量生産の中小企業で、経営者が若い
50歳代2名、40歳代8名、30歳代2名

中小企業のロボット導入成果とは、ロボットの導入行為そのものではない。ロボットを導入することによってその企業の経営が改善したかどうかである。またその結果は、2台目の導入に至ったかどうかで判断するべきである。

図2 ロボット導入実証事業におけるSierの採択件数

3-3 ロボットテクニカルセンターにおける教育事業の拡大

ロボットテクニカルセンターの安全教育講習の受講者数は、2009年の開始当初は年間100名に満たない規模であったが、2018年頃から急激に増加し、近年では年間1000名から1200名程度で推移している。図3に示すとおり、2026年8月末の時点で累計受講者数は12,371名に達しており、中小企業におけるロボット人材の裾野が着実に広がっていることを示すデータとなっている。

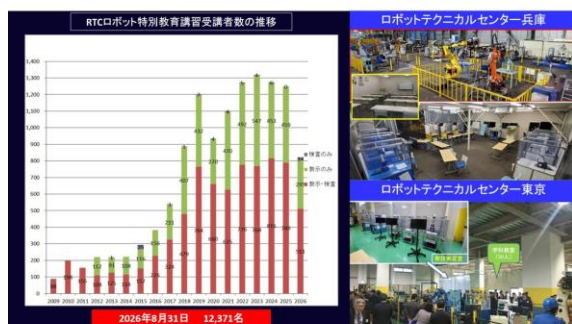


図3 ロボットテクニカルセンターにおける安全教育講習受講者数の推移

3-4 中小企業における導入事例

高丸氏は、ロボット導入実証事業の一号案件として、社員22名の板金加工会社に溶接ロボットを導入した事例を映像とともに紹介した。この会社では、車部品の溶接という大口の仕事に対応するため、従来は人手で3時間を要していた作業を、ロボットにより半分の時間で仕上げられるようになった。投資額は2,800万円であったが、補助金の活用により実質負担は3分の1に圧縮され、2年程度で投資回収が見込めたことが導入の決め手になったという。また、慢性的な人材不足に悩む同社にとって、ロボットが辞めることなく指示どおりに働き続けてくれる存在となったことも、大きな効果として紹介された。

さらに高丸氏は、2026年5月に納品した最新事例として、部品のセットから仮溶接、本溶接までを9

台のロボットにより全自動で行う設備を紹介し、これが社員170名の中小企業が初めて導入したロボットである点を強調し、中小企業のロボット活用水準が着実に高まっていることを示した。

3-5 人材育成に向けた教育の提言

高丸氏は、中小企業がロボット導入をためらう最大の要因は、ロボットを扱える人材が社内にはいないことであるとしたうえで、中小企業には、忙しいときには学ぶ時間がなく、時間ができたときには学ぶ資金がないという構造的な悪循環があり、入社後の社員教育に十分な余力を割けない実情があると指摘した。そのため、就職する前の学校教育の段階でロボットの使い方を身につけさせることが、中小企業のロボット化を進めるうえで最も有効な手段であると提言した。

図4に示すのは、中学生が日本製のロボットを用いて操作教育を受けている中国での事例の写真であり、高丸氏は、こうした教育への早期からの取り組みが、中国を世界有数のロボット利用国に押し上げた一因であるとの見方を示した。あわせて、2017年に開催された政府関係者との意見交換会において、当時の政権が掲げたロボット利活用推進策の実現手段として学校教育への導入を提案したものの、政治は教育現場に関与できないとの回答を受けた経緯にも触れ、教育を巡る課題の根深さを指摘した。

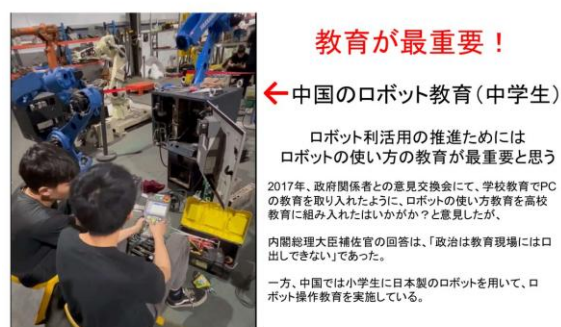


図4 中学生がロボットの操作教育を受けている中国の事例

第4章 人とロボットの違いから見た溶接コンテンツ構築上の留意点

4-1 手順そのものを変えるという発想

溶接コンテンツを構築するにあたっては、人が溶接を行う場合とロボットが溶接を行う場合とで、意識すべき変数や手順そのものが異なることを理解しておく必要がある、と高丸氏は指摘した。人が行っている作業をそのままロボットに置き換えようとすると、たいていの場合はうまくいかないため、ロボット化にあたっては手順そのものを一から考え直さなければならないという。図5に示すように、ワープロで文章を作成する手順と手書きで文章を作成する手順は同じではなく、CADによる製図の手順と製図板を用いる製図の手順も同じではない。同様

に、NC工作機械による加工手順と汎用工作機械による加工手順も異なっており、人手による製造手順とロボットを用いる製造手順もまた、決して同じではないという。

中小企業へのロボット導入指導にあたっては、何よりもユーザーの現場作業を理解したうえで、やって見せ、言ってみせ、させてみるという姿勢が重要であると述べた。

ロボットを導入することで、より良い効果を得るためには、製造手順の見直しにも、積極的に取り組まねばならない。

- ・ワープロで文章を書く手順と、手書きで文章を書く手順は同じではない。
- ・CAD製図の手順と、ドラフターを使う製図手順は同じではない。
- ・NC工作機械の加工手順と、汎用工作機械の加工手順は同じではない。
- ・人手による製造手順とロボットを用いる製造手順も同じではない！！

中小企業のロボット導入指導は、「やって見せ、言ってみせ、させてみる」何よりもユーザーの現場作業を理解することが重要。Sierは現場が基本

図5 製造手順の見直しの必要性（ワープロ・CAD・NC工作機械との類推）

4-2 グラインダーがけロボットにおける発想の転換

具体的な事例として紹介されたのが、鋳物部品のグラインダー仕上げ作業のロボット化である。当初、顧客からの要望は、作業者の代わりにロボットの先端にグラインダーを持たせて削らせるというものであった。しかし、この方式では、大きさの異なる品物ごとに位置決め用の治具が必要となるうえ、2キログラム程度のグラインダーに対して品物自体は10キログラム前後の重量があり、治具への着脱作業自体が大きな負担となってしまう。

そこで高丸工業が採用したのは、図6に示すように、ロボットが品物を把持し、グラインダーを固定側に据え置くという逆転の発想であった。この方式では、削り粉の飛散方向が一定になるため集塵が容易になるうえ、手前に棒グラインダーを併設すればツールチェンジを行うことなく連続して仕上げ作業を行うことができる。さらに、工程間の搬送作業や、別の機械への品物の搬入出までを同一のロボットに担わせることで、1台のロボットにグラインダーがけ、棒グラインダーがけ、工程間搬送、他機械への搬入出という4つの作業を集約させることに成功したという。



図6 発想を転換したグラインダーがけロボット

4-3 配管溶接における変数の捉え直し

配管とフランジの溶接工程においても、人が作業する場合とロボットが作業する場合とは、制御すべき変数そのものが異なることが紹介された。人による溶接では、配管の長さや継手の位置のばらつきに応じて、手先の感覚で電流や速度、姿勢を随時修正しながら作業が進められる。これに対しロボットでは、画像認識によりフランジのボルト穴位置を確認してつかみ替え、配管の長さを数値として入力するだけで、仮付けから本溶接までを共通のプログラムで処理できるように設計された。

また、品物を把持したまま溶接するというロボットならではの作業配分により、パイプの長さが変わっても溶接位置がずれないという利点も生まれている。さらに、配管材には規格上ミリ単位に及ぶ比較的大きな寸法公差が認められているため、隙間の最大値と最小値のいずれが来ても安定して溶接できる条件を追求する必要がある、これが本案件における技術的な課題であったという。高丸氏は、こうした事例を通じて、ロボット化にあたっては人が意識してきた変数とロボットが処理すべき変数の違いを理解したうえで、適切にロボットを使いこなすことが重要であると総括し、この人とロボットとの違いを見極めることこそが、溶接コンテンツを構築するうえで最も留意すべき点であると位置づけた。

第5章 溶接作業教示デバイスの開発とコンテンツ産業としての将来展望

5-1 ロボット業界とパソコン業界との比較

高丸氏は、ロボット業界はパソコン業界の歴史を後追いしているとの認識を示し、パソコン業界の歴史こそがロボット業界の未来であるという発想のもとに、自社の事業計画を組み立てていると述べた。

図7に示すとおり、パソコンの使用人口が約6000万人に達し、人口のおよそ半数が利用しているのに対し、ロボットを適切にティーチングできる人材は全国でおよそ1万2千人にとどまり、その差はおよそ5000倍に及ぶという。この差は、いわば市場規模の差そのものであり、高丸氏は、各ロボットメーカーが掲げる年間10%ないし20%程度の生産台数増加と

いう目標では到底埋まらない差であると指摘した。



図7 ロボット業界とパソコン業界における市場規模の比較

図8に示すパソコンの出荷台数の推移を見ると、1992年頃を境に出荷台数が急激に伸びており、その転機となったのはウィンドウズの登場であったという。ウィンドウズは、パソコンの使い方そのものを劇的に平易化したことによって普及を後押ししたのであり、ロボットについても同様に、扱い方を劇的に平易化することができれば、普及とデータの資産化が同時に進み、ロボット業界における今日のガートファに相当する企業が生まれてくるはずであると論じた。

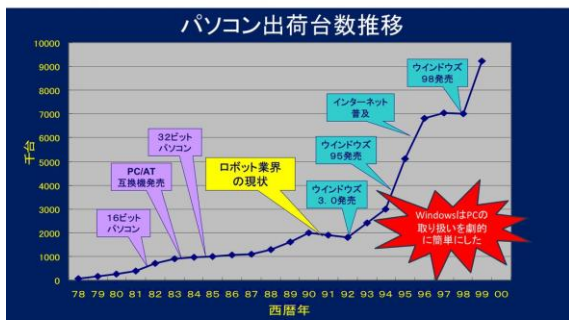


図8 パソコン出荷台数の推移とウィンドウズ登場の影響

さらに図9に示すように、パソコンの使用者や自動車の運転者は、その内部構造や仕組みを理解していなくても利用できるのに対し、ロボットのティーチングを行う者は、ほぼ例外なくロボットの基本構造や制御の仕組みを理解しなければならない状況にあり、この使用者スキルの差こそが、ロボットの普及を妨げている本質的な要因であると総括した。

ロボット業界とPC業界の比較 ③

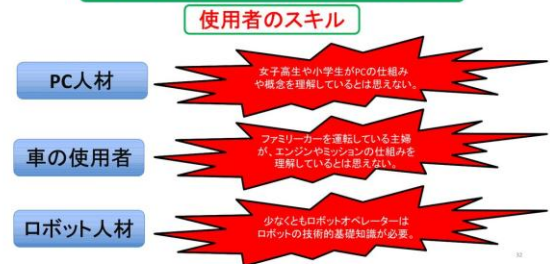


図9 ロボット業界とパソコン業界における使用者スキルの比較

5-2 溶接作業教示デバイス「ウェルデモート」の開発

前章で述べた留意点を踏まえ、高丸工業が取り組んだのが、ロボット言語やティーチペンダントの違いを意識することなく、誰もが直感的に溶接作業を教示できる仕組みの開発であった。各ロボットメーカーが提供するシミュレーションソフトには、ロボット先端に表示される矢印を操作するとバーチャルロボットが動くという共通の操作性があることに着目し、セル内に多数のカメラを配置して実際の映像とシミュレーション画面を重ね合わせるという方式を採用した。

操作者は画面上でシミュレーションを動かして干渉の有無を確認したうえで実行を指示すれば、その位置まで実機のロボットが追尾し、必要に応じてタッチセンシングにより正確な位置を補正する。この仕組みにより完成したのが、図10に示す溶接作業教示デバイス「ウェルデモート（WELDEMO T O）」であり、現場経験の少ない者でも短時間で技術を習得でき、メーカーの異なるロボットであっても操作方法が変わらないという特長を持つ。



図10 溶接作業教示デバイス「ウェルデモート」の操作画面

5-3 簡易性の実証と遠隔・在宅ワークへの展開

ウェルデモートの操作の平易さは、展示会での実演によって実証された。図11に示すように、来場した小学2年生の女兒が、専任の担当者から操作を教わりながら10分以内に実際の溶接作業を完了させた

という。また、この仕組みはパソコンを介してインターネット経由で操作できることから、開発当初の想定を超えて、在宅勤務による遠隔溶接という新たな働き方にもつながった。

コロナ禍を契機に開発された本システムは、複数のメディアに取材され、子育てや介護をしながら自宅で溶接作業に従事する事例や、大阪・関西万博の会場で一般公開され来場者が操作を体験する様子が紹介された。高丸氏は、この遠隔操作の仕組みが、外国人労働者を巡る課題の解消にも応用できる可能性があるとし、地球上の時差を活用して、日本の夜間作業をブラジルの昼間の時間帯に担ってもらった、無理のない24時間操業の構想にも言及した。



図11 展示会での実演—小学2年生が10分以内に実溶接を行った様子

5-4 コンテンツ産業としてのロボット業界の将来展望

高丸氏は、溶接作業に限らず、今後はグラインダーがけや穴あけなどの作業にも同様の技術を展開していく方針を示した。操作の平易化のために活用したシミュレーションソフトがパソコン上で動作することにより、副次的な効果として遠隔操作という機能が得られたように、ウェルデモートによってロボットを適切に操作した際の数値データが、それぞれの企業の資産として蓄積され、やがてそのデータをコンテンツとして活用する新たな事業が生まれてくると展望した。これは、生成AIが多様な溶接ノウハウをコンテンツとして蓄積・再利用することを可能にするという、本講演が企画された当初の問題意識にも直接つながる展望であるといえる。

そのうえで、ロボット業界におけるパソコン業界のGAFAMに相当する存在は、必ず日本企業から生み出さなければならないと述べ、高丸工業自身も、10年後に、10年前にはロボットでこのようなことができるとは想像もしなかったと言われるような開発に、これからも取り組んでいく方針であると結んだ。

第6章 結論

本講演は、ロボット産業の将来の姿としてコンテンツ産業を考えるという企画趣旨のもとに、溶接領

域を題材として行われた共同講演のうち、溶接を得意とするシステムインテグレーターである高丸工業株式会社の高丸正氏による部分である。高丸氏は、溶接コンテンツの多様性、人とロボットの違いから見た溶接コンテンツ構築上の留意点、そして溶接作業教示デバイス「ウェルデモート」の紹介という、依頼された三つの観点に沿って、中小企業におけるロボット活用の本質とはデータの利活用であるという主張を展開した。ロボットとは本来、多品種少量生産に対応するために開発された省力化機器であり、大量生産を前提とする大企業とは異なり、中小企業においては高齢化した限られた人員をロボットに置き換えたいという切実な要望が導入の主な動機となっている。ロボット導入の成果は、導入という行為そのものではなく、導入後にその企業の経営が実際に改善したかどうか、とりわけ2台目の発注に至ったかどうかによって判断されるべきであるとされた。高丸工業およびロボットテクニカルセンターは、ロボット導入実証事業における採択実績全国1位という成果とともに、年間1000名を超える安全教育を継続して実施しており、社員22名の板金加工会社への導入事例や、社員170名規模の企業における9台のロボットによる全自動溶接ラインの事例などを通じて、溶接に内在する前工程・工程そのもののノウハウの多様性と、中小企業のロボット活用の水準が着実に高まっていることが示された。また、ロボットの導入にあたっては、人が行っている作業をそのままロボット化するのではなく、手順そのものを見直すという発想の転換が不可欠であることが、グラインダーがけロボットや配管溶接ロボットの事例を通じて具体的に示され、これが溶接コンテンツを構築するうえでの留意点として位置づけられた。あわせて、中小企業がロボットを導入しない最大の要因である人材不足を解消するためには、就職前の学校教育の段階でロボットの使い方を教えることが有効であるとの提言がなされた。さらに、ロボット業界の発展の道筋をパソコン業界の歴史との対比のなかに見出し、ウィンドウズがパソコンの操作を劇的に平易化したように、ロボットの操作を根本から平易化することを目指して、シミュレーションソフトと実映像を重畳させる溶接作業教示デバイス「ウェルデモート (WELDEMOTO)」を開発し、小学生でも10分以内に実溶接を行えることを実証した。この仕組みは、在宅勤務による遠隔溶接や、時差を活用した24時間操業、外国人労働者を巡る課題の解消といった新たな可能性にもつながっており、蓄積された溶接条件の数値データをコンテンツとして活用することで、生成AI活用への期待にも応えるものであると位置づけられた。質疑応答では、発想の転換を生み出す人材をいかに育成しているかという質問に対し、女性の事務員も含めた全社員に現場作業を経験させる取り組みが紹介されたほか、パソコン業界とロボット業界との類比について、コンテンツ産業としての発展可能性が議論された。

将来課題としては、次の点が挙げられた。第一に、ロボットの操作をさらに平易化し、誰もが使い

こなせる水準まで高めていくことが求められる。第二に、溶接作業にとどまらず、グラインダーがけや穴あけなど、より幅広い作業へと平易化技術を展開していく必要がある。第三に、ロボット操作によって蓄積される数値データを各企業の資産として確立し、これをコンテンツとして活用する事業モデルを構築していくことが課題となる。第四に、中小企業への就職前の段階からロボットの使い方を学べる教育体制を、学校教育の枠組みの中に整えていくことが引き続き求められる。第五に、溶接工程そのものだけでなく、残留ひずみへの対処や検査といった後工程のノウハウも含めて、溶接コンテンツとして体系的に蓄積し、生成A I による再利用につなげていくことが課題として残されている。第六に、ロボット業界におけるパソコン業界のガークファに相当する存在を、日本企業から生み出していくことが、業界全体の将来を左右する課題として残されている。