

## 第4回 ロボットによる社会変革推進会議 議事要旨

日 時：令和元年 6月4日（火曜日）12 時00 分～14 時00 分

場 所：経済産業省本館17階 国際会議室

出席者：佐藤座長、石山委員、岡田委員、尾形委員、久保田委員、小平委員、野口委員、橋本委員、向殿委員、脇谷委員、渡辺委員

内閣府大臣官房審議官（科学技術・イノベーション担当）、厚生労働省政策立案総括審議官（政策評価、総合政策（労働）担当）、文部科学省 科学技術・学術政策局科学技術・学術総括官（兼）政策課長、経済産業省製造産業局産業機械課長、同ロボット政策室長、同デジタル戦略官

議題：

1. 開会
2. 議事の運営について
3. 説明・自由討議
4. 閉会

議事概要：

- 東京大学先端科学技術センター稲見教授からロボットの新たな活用領域（人間拡張工学とその展開）について、(株)豊電子工業成瀬常務取締役からロボットシステムインテグレータが今後目指すべき姿について、野口委員から高専におけるロボット教育の実情と課題について、渡辺委員から産業用ロボットの検定制度に向けた取組について説明。その後、自由討議。

### <人間拡張>

- ・ ロボットの機能は自動化と自在化の2つに分けられる。自動化は人間の代わりに、危険作業、繰り返し作業など人間がやりたくないことを行うもの。高い信頼性が求められる作業もあてはまる。それに対して自在化は、人間拡張にあたり、人間がやりたいことを支援する技術。マズローの欲求5段階説の上の方にあたるもの。すなわち、自己実現、表現、コミュニケーション、社会的承認を満たすもの。
- ・ ロボット界の権威に当たる先生曰く、ロボットがすべきことは、人がやってほしいことから、その人ができることを差し引いたもの。ロボットがどの程度、人をアシストするかをプラスマイナスして、人に対して便利だと思わせ

- ることができる。また、人が自分でやろうというモチベーションを生み出すこともできる。身体を拡張することで、モチベーション、心の部分にも働きかけることが可能。
- 人間拡張工学を新たなテクノロジーとして進めるにあたり、ロボットと同様に、サイボーグはキーワードが与えるインパクトが強すぎて、考えが身体に向いてしまう。環境側からのアプローチも重要。移動、インフラとの連携や、学術機関と大企業とのスタートアップ育成が必要。行政に関しては、オープンなコミュニティの構築、地域、サンドボックス制度などの試験的運用が必要。また、データの標準化や業界団体の設置、保険との連携も必要。
  - 大学や大企業が主体となり、研究開発を行ってスタートアップにつなげることが重要。特に、大学は、知財管理の面で戦えないので、この点については大企業と組んで守っていく必要がある。また、将来の技術について、期待できる未来を見せていく、「ハレの場」を作ることが必要。
  - 日常の外側にコミュニティを作っておくことも大切。教育業界と企業とのハブとして高専、工業高校を活用する。
  - これまで人間のアシストに係るロボットの開発を行ってきた。これは、人が持つ潜在的な能力を手助けするという考え方。ただし、人には、尊厳の観点から、できれば付けたくないというマインドがある。それとのバランスをどのようにとるとよいか。
  - その点については、ゲームデザイナーとの協力が一つの鍵ではないか。たとえば、レーシングゲームでは、難易度の違う人が一緒に楽しめるように、順位が低くなると加速されるような調整がされており、気づかないところで調整されている。こういった工夫も必要ではないか。アシストで本人が楽しみたいのか、リハビリをしたいのかによる。モチベーションをいかにデザインしていくかが重要。
  - 学生を指導していく時に、どのような点に留意すべきか。
  - 上記の点については、いわば、未来のイメージをディープラーニングすることが大事。自分が作りたと思う未来を想像して、それであればできるかもしれないというものから作っていくことが重要。特に、気を付けていることとしては、学生が先人の再発明をしようとしていても、それについて責めないことが大切。まずはこれまでと同じものを作ってみて、途中から本人のオリジナリティが生まれてくる。

- 学生のモチベーションは、競争心によるものか、表現したいという表現力によるものなのかで、人によって指導の仕方が変わってくる。
- 高専の先生方は忙しく、新しい技術が出てきても、キャッチアップする時間がない。先生方には、サバティカル制度の中で、新しい技術について、学び直しをしていただき、その間は企業も一緒になって、学生・教員の教育に協力していくという体制が必要。
- 産業用ロボットについては、人との協働型が出始めており、人間拡張については、人とロボットの共存、人とどのようにかかわるかというところが、共通のするテーマであると感じた。産業界と連携した取組事例はあるか。
- 上記の点については、様々な分野で、産業界とは共同研究を行っている。大事な点は、これまでの伝統的な産学連携、TLOが機能する分野とそうでない分野があるという点。例えば、ロボットについて言えば、アクチュエーターや電池を除いて、伝統的な産学連携の手法は通用しないと思う。大学の研究は高山植物に似ていて、環境が変わればすぐに枯れてしまう。製品を開発する初期のコンセプトを考える段階から、大学の研究者も一緒に入って考えていくとよいものができる、という事例が多い。
- 産業用ロボットについては、自動車産業が発展するのに伴って、成長してきた。自動車会社がロボットの導入に大きな資金を投入して発展してきたという歴史がある。こういったことを踏まえると、大学についても、大企業がお金を出すスキーム、環境を作っていないと、アイデアで終わってしまう。将来に向けて、大学に対して、研究開発に関する資金を投入していけるとよい。
- unknown なことにチャレンジするには、スタートアップでは対応が困難。こういった分野について、スタートアップが対応するのであれば、まずはソリューションが決まることが必要で、そうなってきたところでようやく加速する。試行錯誤するところに時間とコストがかかるため、この部分に大学と企業との連携が必要となる。ある一つの目標に対して、違った頭脳で考えることが大事で、そうすることでハイブリッドが生まれる。これをうまく回せる仕組みができれば、今まで解けなかった課題に対して、解決できる可能性が生まれる。そのためにも大企業の支援が必要。
- 人間拡張等の自在化の分野で、日本が戦略的に勝負していくべき、投資していくべき分野、アプリケーションがあれば教えてほしい。

- ・ 上記の点については、身体的な衰えを心の衰えに繋げていかないようなテクノロジーの領域ではないか。昨日できたことが今日できなくなる、そういったことで希望を持たなくなる。これがよくない。例えば、自分の力で自由に行きたいところに行けるような技術が重要。超高齢化社会の中で、世の中に参加できる仕組や技術については、大きな産業に結び付くと考えている。

### ＜システムインテグレータ、人材育成＞

- ・ ロボットシステムインテグレータや関連技術者の数は圧倒的に不足。こういった業種の重要性に比較すると、地位や知名度が低い。業界としての標準化が必要。国内でも大型インテグレータが登場してきている。日立製作所が JR オートションを買収し、大きく成長している。
- ・ 需要拡大から中小の SIer は増加しているものの、小規模事業者がほとんどで、メガインテグレータとの格差は拡大し、2 極化に向かっている。このため、ロボットシステムインテグレータの「そこあげ」と「そのさき」が重要。
- ・ 「そこあげ」としては、認知度向上や経営基盤の強化、ネットワークの構築、専門性の高度化のほか、商慣行の改善。「そのさき」としては、大規模受注ができる仕組の構築に向けて、提案型生産プロセスの開発や、ロボット・周辺機器メーカーとの開発連携を強化することが必要。これらを通じて、メガインテグレータ化、国際競争力の向上を目指していく必要。
- ・ 高専におけるロボット教育の事例の一つとしては、ロボコンが挙げられる。ロボコンに出場した学生がロボットの会社を起業する事例もある。
- ・ また、社会実装に関する教育として、東京高専を中心に実践している課題解決型学習 PBL (Project Based Learning) が挙げられるが、ここでは、地域の中小企業が抱える課題解決を題材として実施。コンテスト形式で成果を発表してもらっている。特に、その結果だけでなく、課題解決に向けたプロセスに力点を置いた教育をしている。
- ・ 鈴鹿高専では、「ロボットテクノロジーを道具として使いこなすことができる技術者」の育成を目指し、企業が求める理想的な人材に関するアンケートをもとに必要とされる到達目標を整理し、プログラム案を作成し、合宿も織り交ぜながら、教育を実践している。
- ・ 高専は5年間の本科で学び、そのうち約半分が就職する。ほか専攻科への進学や大学へ編入する。中学から高専へ進学するのは全体の1%程度であるが、技術系の企業で活躍する技術者の10%が高専の出身者。
- ・ ロボット人材を育成していく上での課題としては、産業界と連携した教育内容・環境の整備、それを継続して実施できる体制の構築。

- 中小企業にロボットを入れても、それをメンテナンスする人がいない。このため、使われなくなってしまうケースがあり、ユーザーのリテラシー向上が一つの課題。FA・ロボットシステムインテグレータ協会として、人材を育成していくことは重要だが、ロボットを導入した中小企業でもロボットを扱える人材を育成していくことも必要と考えている。
- 学生や生徒のみならず、先生方をどう教育していくかが重要な課題である。
- 4月に開催したA I - S u m m i t では、DCON という高専生を主たる対象としたディープラーニングとハードの組み合わせを競うコンテストを行った。ベンチャーキャピタルやコンサルの方などが審査員となり、市場価値の観点で採点している。通常、学術論文審査をする場合は、新規性、信頼性、有用性の観点で審査をする。特に有用性はエネルギー効率など、定量的な評価基準で見ることが多いが、DCON では、その点について市場価値で審査を行った。高専生は非常に積極的に取り組んでいた。メンターとしてスタートアップの企業がサポートに入っている。
- ハードウェアについて取り組んできた学生がソフトウェアに取り組むことは比較的簡単だが、その逆は難しいと言われる。しかし逆もあって然るべきだと考える。ハードをやってきた学生がソフトウェアに取り組めるのは、充実したオープンソースがあるため。情報系の人々がハードやインテグレーションに取り組む際、ロボット側のオープンソースが必要。ロボット用のオープンソースで、大学での学術研究ではROSがよく使われるが、企業からは信頼性の面で、ROSでは不十分と言われる。このような点が、大学と企業との共同研究するとき壁になっている。
- 検定制度について、ディープラーニングの検定では標準のライブラリがある。ロボットの場合もソフトウェアの部分を標準化したものができれば、企業との協働につながるのみならず、情報系の分野からロボットシステムインテグレートに参入できるようになるのではないか。
- FA・ロボットシステムインテグレータ協会でも、人材育成のファーストステップとして、高専、工業高校との連携に取り組んでいる。
- ロボットシステムをユーザーに導入するに当たり、導入するか否かを定めるための構想設計の費用を誰が負担するのかが一つの大きな課題。協会内でも、この構想設計部分について、有償化してほしいという声が協会内から上がっている。それは、システムインテグレータが自らの持ち出しで構想設計を実施しても、その成果がユーザーを介して、他のシステムインテグレータに流出し、

結果として、構想設計を実施したシステムインテグレータがロボットの導入を受託できなかったという事案も出ている。

- ロボットの導入が進まないのは主に中小企業であり、こういった企業では構想設計の費用を負担するのも難しいため、例えば、構想設計に対する一部補助があるとよいのではないか。その際、金融機関が補助金の申請を代行するなどすれば、その後のロボットの導入段階での融資につながる。
- また、FA・ロボットシステムインテグレータ協会でも、ロボットコンテストの一步手前の段階にあたる内容で、ロボットアイデアコンテストを開催。さらに、システムインテグレータの検定制度についても検討を進めており、現場に落とし込んでいける制度を目指している。
- ロボット工業会の中に、FA・ロボットシステムインテグレータ協会ができたことで、ロボット工業会も活気づいており、プラスとなっている。現在、産業用ロボットの約7割は輸出。残る約3割は国内出荷であるが、その半分は国内で完成品となって海外に出荷されている。したがって、生産されたロボットの内の約1, 2割が国内で使われていることになるが、国内での利活用はまだまだ進んでいない。これをもっと拡大していく必要があると考えている。大企業だけでなく中小企業にも導入できるような、利用を促していく、導入の検討を促していくような仕組みが必要。
- これまで、高専における社会実装の教育について、4年間にわたって見てきたが、当初に比べるとレベルが上がってきている。学生は毎年卒業し入れ替わっていくことを踏まえれば、これは先生のレベルが上がったことによるものと考えている。
- 最近の高専の社会実装教育では、学生も目標コストについても意識するようになってきている。コスト問題は、開発目標にプライオリティを付けて取捨選択をする側面があり大切である。高専のみならず、大学でも、社会実装の観点から同じような教育ができるとよい。一方、イノベティブな議論の場では、最初からあまりコスト問題を重視するのは好ましくない。社会実装とイノベーションではコスト問題の捉え方が違うことも教育する必要がある。
- 高専で実施しているロボットコンテストについては、評価の観点が年々ブラッシュアップされてきているため、それが、学生への指導に反映され、レベルが上がってきているのではないかと思う。それに加えて、地域の中小企業を巻き

込んでいる点がポイント。エンドユーザーを直接訪問して、話を聞きに行っている。このような取組が社会実装する学びの実現につながっている。

- 企業の方との連携については、論文のための研究だけでなく、企業やユーザーにも喜んでもらえるようなところまで話をしていくなど、深いつながりを構築していきたい。
- 最近では学生が、ビジネスコンテストに参加するなど、社会実装を意識している。そういう場を増やせるとよい。
- 連携という話の中で、どのようなシーズがあって、どのようなニーズがあるかそれをどう結び付けていくか、幅広い連携の場や仕組が重要。
- AI人材については、政府が25万人育成すると掲げた。これと同じように、ロボットの人材についても、いつまでにどういう人材を何人育成するか、具体的な目標を決めた方がよい。
- システムインテグレータが労働市場から選ばれる職種になるうえで、一般的な給与や他のエンジニアと比べて、給与はどうか。この業種の付加価値を如何につけていくかがポイント。
- ロボットの安全性に配慮しすぎることは、企業が導入や開発に躊躇するのではないかという意見があるのは分かるが、安全の教育制度の試験を実施しているので、是非、利用してほしい。
- 技術が成熟してきている現代は、組み合わせにより価値を創出していくのが重要な時代。この価値を創出する上で、いくつもトライしていく、そのトライの数が重要になってくる。トライの数を稼ぐには、衆知を集めることが重要で、コンテストやスタートアップが極めて大事。
- これまで取組を進めてきた中で、コンテストは、新しい教育方法として有効であると分かってきた。コンテストでは、失敗を通じ、隣のチームも見ながら、必死に考える。これから、学歴社会から学習歴社会に変わっていく中で、学び方を学ぶことが重要になってくる。プロジェクトモジュールによる教育が大事で、デンマークではだいぶ前から取り組み、イノベーティブな人材の育成ができています。ロボットティーチングだけでなく、新しい価値を生み出し、新しいプロセスを提案でき、社会に導入できるような人材育成が重要。

- また、高専、工業高校だけでなく中学校、大学、社会人を含めた教育も見据える必要がある。さらに海外へ展開していく上でも、教育は非常に重要な機会である。
- 技術で勝って、産業で後塵を拝するのはいかなものかと悩んでいる。スタートアップは技術を創出し、社会に実装していく担い手としても重要。まさに、技術づくりだけでなく、社会づくりにも貢献している。
- このような活動を成功させるような施策を講じないといけない。例えば、ハレの舞台や、集まれる場所などの環境づくりが必要。副業でスタートアップがどんどん創出されるような施策を講じていく必要。

以上