

FANUC NEWS

2023
座談会
特集号



2023年 座談会

5月19日に日頃お世話になっております先生方に新商品発表展示会の展示品を見ていただき、その後座談会を開催いたしました。



● 出席者

■ 新商品発表展示会 全体講評

東京大学 名誉教授 樋口 俊郎 先生 P3

■ FA

慶応義塾大学 名誉教授 青山 英樹 先生 P4
 東京工業大学 教授 高木 茂孝 先生
 東京農工大学 教授 笹原 弘之 先生
 京都大学 教授 松原 厚 先生

■ ロボット

東京大学 教授 浅間 一 先生 P9
 早稲田大学 教授 菅野 重樹 先生
 東北大学 教授 岡谷 貴之 先生

■ ロボマシ

名古屋大学 教授 社本 英二 先生 P13
 東京電機大学 教授 松村 隆 先生
 東京農工大学 名誉教授 国枝 正典 先生
 東京大学 教授 梶原 優介 先生

■ 総評

職業能力開発総合大学校 校長 新野 秀憲 先生 P19

(ご発言順)

ファンナック株式会社

代表取締役会長 稲葉 善治
 代表取締役社長 山口 賢治 (司会)

■ FA

FA 事業本部長 野田 浩
 ハードウェア研究開発本部長 羽田 浩二
 ソフトウェア研究開発本部長 岩下 平輔
 サーボ研究開発本部長 福田 正幹

■ ロボット

ロボット事業本部長 稲葉 清典
 ロボット機構研究開発本部長 安部 健一郎
 ロボットソフト研究開発本部長 加藤 盛剛

■ ロボマシ

ロボマシ事業本部長 高次 聡
 ロボドリル研究開発本部長 修 正
 ロボショット研究開発本部長 内山 辰宏
 ロボカット研究開発本部長 藤元 明彦

■ 事務局

研究開発推進・支援本部長 松原 俊介
 FA 事業本部技監 須藤 雅子

(役職は5月19日当時)

社長：本日はお忙しい中、座談会にお集まりいただきましてありがとうございます。この座談会は例年、当社の社内展に合わせて開催しています。昨年はコロナ禍の中でしたが、リアルで社内展を開催することができました。ただ、やはり人数をかなり制限し、海外からのお客様は全くいらっしゃらない状況でした。

今年はコロナ感染症が2類から5類に変わることに合わせて、昨年に比べて約3倍、国内からの来場者を迎えることができました。また海外からも、ほぼ全ての国からお越しいただき、当社の最新の商品、技術を見ていただくことができました。

1年前と比べて大きく進歩したものと思っておりますが、先生方の目から見て、忌憚ないご意見、ご指導を頂戴できれば幸いです。本日はよろしくお願いたします。

■ 新商品発表展示会 全体講評

社長：それではまず樋口先生から、全体につきましてご意見、ご指導を頂戴できれば幸いです。

樋口先生：今回の展示を見させてもらって、やっとコロナも終わって、本格的な回復に入ったかなと感じました。いつも通り、まずファナックの受賞について紹介したいと思います。

今日の展示にもありましたが、Robot M-1000iA がトリプル受賞



山口社長

されています。“2022 年日刊工業新聞社 十大新製品賞 本賞”、“2022 年日経優秀製品・サービス賞 日経産業新聞賞”、“2022 年度グッドデザイン賞 グッドデザイン・ベスト 100”を受賞されました。

Robot M-1000iA のような大きなロボットは、これからの生産の中における活躍の場が色々あるかと思っています。従来、大きなものを組み立てる際、大体クレーンやチェーンブロックで上げ下げし、調整して組むというのが普通です。しかし、それには熟練も要しますし、やはり作業に危険が伴います。ところがロボットですと、今回の展示にありましたように、部品を組んで横から組み立てるなど、好きな形で作業を行うことができます。これからそういう用途でも、広く使われていくところも評価されて受賞されたのだと思います。

それから全体として感じたのは、特に FA のほうで多かったのですが、“基本構造一新”、“基本性能向上”、それから“全面的に一新”などの言葉が多く並んでいました。

このような革新的な製品の開発には、恐らく5年ぐらい前から取り掛かる必要があります。コロナで色々な活動が停滞したと思いますが、むしろ基本に立ち返って、もう一回しっかり考え直すには、いいチャンスだったのではと思います。

今までですと現状のものを改良し、性能を徐々に上げていきましたが、もう一回元に戻ってやられるのは、良い取り組みだったと思います。その成果の一例で、新しい新世代サーボでは、エネルギー



樋口先生



2023年5月15日-17日 ファナック新商品発表展示会

の損失を 10% 低減されています。

私はアクチュエータに関し色々な研究開発を行ってきているので分かりますが、開発が進み改良の余地がほとんどない中で、10%も性能向上するのは、実は非常に難しいです。それをちゃんと取り組まれて、実現されています。

それから、例年見ていて、やはりロボットが、楽しく、面白いです。中でも協働ロボットで、可搬荷重の大きいモデルが、協働でうまく働くのが展示されていました。協働ロボットが開発され実用化が始まった時には、こんな重いものまで扱えるようになるとは思わなかったです。それともう一つ、人に危害を与える重大事故が発生する危険性を心配していました。ところが今までに新聞に取り上げられるような重大事故はありません。協働ロボットが本当に安全であるということが、実証されてきていると思います。そして、今後、この 30 キロ、50 キロモデルが、恐らく物流の分野などで相当活躍すると思っています。

いずれにしろ、色々取り組んできた開発の成果が出てきています。恐らく今年、社内展に出したかったけども、まだちょっとというものがたくさんあると思いますので、それらがどうなっているかを来年の展示会で見ることを期待しています。以上です。

社長：樋口先生、大変勇気づけられるお話をありがとうございます。

■ FA

社長：それではまず FA を中心にお話を伺ってまいります。まず青山先生、よろしくお願ひいたします。

青山先生：青山英樹です。本日は社内展にご招待いただきまして、誠にありがとうございます。毎年、この新技術のご紹介を拝見させていただくことを、本当に楽しみに参加させていただいております。

FA に関しまして、CPU 処理性能の向上、CNC ガイド 2 を含めたデジタルツイン技術、AI サーボチューニング（加減速パラメータ調整技術）、そして工作機械へのロボットの組み込み技術について、注目をいたしました。

CPU 処理性能を 3 倍近く向上したということで、関連するさまざまなプロセスが、改善あるいは向上したと思います。関連技術として、サイクルタイムの短縮が紹介されていました。CPU 処理性能の向上に伴い、ブロック処理能力が向上するという点についても、非常に大きな興味を持たせていただきました。私どものほうでも、ファナック製 CNC が搭載されている工作機械のブロック処理時間を同定いたしまして、それを基にその工作機械に適した曲面加工の NC プログラムを作っています。具体的例として、送り速度 8m/min としますと、それに対して曲面加工での指令点間距離は 0.133mm で一番高速加工になります。0.133mm の点間距離の経路であるため、要求形状に対する形状誤差が小さくなり、高精度加工にもなります。この点間距離はブロック処理時間に依存しますので、ブロック処理



青山先生

時間が 3 倍近く向上したということは、曲面加工における点間距離を 0.133 から 0.044 ぐらいまで短くできると期待できます。高速でかつ高精度にもなる加工ということは、従来の工具経路の導出法とは基本的な考えを逆転するアプローチであり、衝撃的な加工法であると思います。

CNC ガイド 2 に基づきますデジタルツイン技術ですが、これは昨年の JIMTOF でファナックが大々的にお披露目され、多くの関係者の注目を集めたと思います。工作機械のデジタルツインの一つの姿を示されたと思います。ファナックが示されましたデジタルツインに向かって、他社がキャッチアップしてくることは必至だと思いますので、ますますの高度化について期待をしております。CNC ガイド 2 から得られる位置データや予測送り速度などから加工面を推定し、事前に不具合を修正するという技術は、金型製作の現場の方々にとって、非常に強力な武器になると思います。サーボモデルを構築し、加減速まできちんとシミュレーションできておりますので、是非これをもう一步進めて、加工負荷を組み込むことができれば、加工面のよりリアルな推定が可能になります。

AI サーボチューニングですが、工作機械メーカーが CNC パラメータのチューニングを行うことをサポートする強力なツールだと思います。型技術協会の研究会でも、CNC パラメータのチューニングの違いにより、加工面の状態に大きな差が生じるということを実験で確認しております。工作機械の利用目的に応じて、最適なチューニングに設定することが重要だと思いますが、一般ユーザが CNC パラメータをチューニングするのは、難しいと思います。例えば、適当な例かどうか分かりませんが、自動車で言いますと、エンジンパワー、サスペンション、ハンドル、あるいはその他のパラメータを、4 段階から 5 段階でチューニングできるような車があると思います。ドライバーが、それらのパラメータをチューニングするかといわれますと、どうでしょうか？自動車にあらかじめ設置されている快適運転モード、通常運転モード、スポーツモード、あるいは、よりスポーツモードなどのボタンを押して、チューニングすることで十分ではないでしょうか。

工作機械も、一般ユーザは CNC のチューニングが難しいので、例えば、プレス金型加工、意匠面加工、あるいはダイキャスト金型加工、あるいは金型の機能部位の加工とか、そういうあらかじめチューニングされた設定ボタンがあれば、一般ユーザはボタンを押すだけで自動的にチューニングでき、より適した目的に応じた加工ができるのではないかなと思いました。今日の展示では、ロボドリルにも、例えば高精度化とか高速化とかの項目でチューニングできる機能になっておりました。しかし、ユーザが加工する時に、高精度モードなのか高速加工モードなのかという判断は、なかなか難しいかなと思いました。

工作機械とロボットの協働、協調作業に関してですが、これからますます重要になってくる分野だと思います。その中で、CNC とロボットをイーサネットで接続して、工作機械の G コードでロボットを操作するという事は、素晴らしい使いやすさだなと感じました。一般ユーザにとっても、非常にありがたい機能であると思います。これからは、移動ロボットの組み合わせも出てくるかと思うので、そうなった場合には、有線のイーサネットよりは、高速 Wi-Fi や 5G の利用も必要であると感じました。

それと最後になりますけれども、今日の展示とはちょっとずれてし



CNC 展示

まいですが、北京精雕という会社が、JIMTOFで話題になったと思います。聞いた話になりますが、北京精雕は元々CAMメーカーで、工作機械の特性に適したNCデータを作りたいという意気込みで、自社でCNC、機械要素などを含めて内製で工作機械を製造し、工作機械の特性を全て把握した上で、それに適したNCデータを作り、極めて高精細な加工面の生成に成功できたと伺っております。ファナックはCNCと工作機械を製作されておりますので、先ほどブロック処理時間を把握し加工経路を生成するお話をいたしました。工作機械の特性を最大限に発揮できるNCデータを生成することが可能だと思います。今は加減速があつて、形状に誤差が生じるという発想ですが、加減速の特性を利用して、曲面に沿った加工を可能にするというのかなと、感じております。

色々勝手なことを申し上げましたが、ファナックが発展し続け、製造業界で世界のトップであり続けるということが日本にとって必要だと思いますので、今後是非頑張っていただけることをお願い申し上げます。以上でございます。本日は有り難うございました。

社長: 青山先生、ありがとうございました。それでは野田事業本部長、何かコメントがあればお願いします。

野田: 非常に多岐にわたるご指摘、数々のご指導ありがとうございました。

デジタルツインの技術ですが、われわれは、いわゆるリアルの世

界と、デジタルの世界、デジタルというのは計算機の世界ですけども、計算機の世界の上にリアルの世界をつくった時に、両者の距離をできるだけ近づけることが非常に重要であつて、このための技術が鍵であると考えております。ご指摘のありましたCNCガイド2、これはCNCの動きを忠実に再現するものです。加工面を忠実に再現する面推定の技術、そしてご指導賜りました機械特性を表現するサーボモデルの考え方、これら技術により、リアルと、デジタル上の世界が非常に近くなり、デジタル世界でのプロセスが、リアル世界の最適化に、非常に有用なものになると考えます。

もちろん、工具のシミュレーションなど、難しい話がありますが、そういった技術が重なることで、ますますデジタル技術の価値が高まっていくと考えております。

ロボットとの接続技術につきましては、ファナックはCNCとロボット、両方やっている会社ですので、この連携はしっかりやっております。

最後にご指摘のありました話は、まさにプログラムから加工までとありますが、加工プロセス全体の話と思っております。

例えばCAD/CAMから生成されたNCプログラムが、使用する工



野田事業本部長

作機械にとって最適なものになっているのか、あるいはNCから見て理にかなったものになっているのかというのをデジタルの世界で検証して、問題が見つければ、デジタル世界で修正していく技術を今回発表させていただきました。加工そのものだけでなく、加工全体のプロセスに対して、ファナックとしてできることが多くあるように感じています。

本日は非常に多岐にわたるご指導ありがとうございます。今後とも、ご指導のほどよろしくお願ひいたします。

社長：高木先生、よろしくお願ひいたします。

高木先生：本日はお招きいただきまして、どうもありがとうございます。社内展で、まず最初に見せていただいたのが協働ロボットでして、昨年はロボットの動きがだんだん人間らしくなってきたと申し上げたかと思いますが、今年は、人間以上にスムーズにねじをはめており、人間以上の動作をしているというのを感じました。CRX-25iAの30キロ可搬もなかなかすごいなと思いました。それから自分で協働ロボットの先をつかんで字を書くと、それをロボットが覚えて、全く同じ字を書いてくれるという展示に触れさせていただきましたが、ちょっと硬くて、正直やりづらかったです。でもきつと、来年にはそれがスムーズになっているのだろうと期待しております。



高木先生

あと他に素晴らしいなと思ったのが、AI熱変位補正です。50分の暖機運転が全く要らなくて、加工精度が落ちずに、温度可変室も要らない、非常にコスト削減にも省エネにも役立つ技術だと思いました。私はロボット関係については全くの素人ですから、素人の感想だと思っていただければ幸いです。それから壊れる前に知らせるとか、予防保全とか、そういうキーワードがありました。きつと何らかの形でセンシングしているのだろうとっております。その中で、センサ回路が大事だと思いますが、今のところファナックで使われているセンサは、視覚と触覚だけではないでしょうか。五感あるので、残りは嗅覚と味覚と聴覚です。味覚はちょっと使いづらいかもかもしれませんが、嗅覚については、オイルの臭いの異常を検知して、故障診断につなげるという話を最近聞いたばかりでして、そういう技術もこれから必要かと思ひます。これらのセンシングの技術は、私が専門としているアナログ回路の得意とするところなんです。世の中デジタル、デジタルと騒がれていて、集積回路の分野ではデジタル回路が主流になっていますが、昔言われていたのが、デジタル回路は誰でも作れるということです。と申しますのは、ハードウェア記述言語というのがありまして、それでデジタル回路を作ると誰が作っても変わらない、差別化するならアナログ回路だという話です。最近のデジタル回路は、回路というよりはシステムなので、そんな単純な話ではないのですが、差別化にアナログ回路が有用であることは、今でも変わらないと思ひます。

今日もう一つ見学させていただいて興味深かったのが、ハードウェアの筐体の小型化で、プリント基板の実装密度が非常に高いことに驚かされました。一方で、もうとても人間業ではこれ以上はいかない、

この先は筐体の小型化の物理限界に直面し、大きな課題になってくるのではと思ひました。センサ回路についても同様で、物理限界を迎えた時に、各自のアンテナを1方向にだけ向けるのではなく、広い範囲にくまなく向けないといけな思ひます。教育の話で、大人向けの自己主導型学習と、子ども向けの教師指導型学習というのがあるのですが、大人向けの自己主導型学習では、今すぐ必要としている情報を学ぶ課題中心型学習、これが大人への学習の動機付け、方向付けになると言われております。一方、子ども向けの教師指導型学習は、いつか使う情報を学ぶ教科中心型学習です。皆さんも既実践されているかもしれませんが、この、いつか使う情報、もっと言うと、いつ使うかわからない情報にも目を向けないと、これから迎えるであろう物理限界を打破していくことは難しいだろうと思ひます。方式から変える、根本から変える、そういうことをやるためには、何だか分からないけれども、勉強してみようという姿勢が大事かなと思ひました。以上です。

社長：高木先生、ありがとうございます。それでは羽田本部長、何かありましたらお願ひします。

羽田：ハードウェア研究開発本部の羽田でございます。本日はありがとうございます。また、色々なご指摘ありがとうございます。ちょっと多岐にわたりますので、ポイントでコメントとしたいと思ひます。

今指導いただいております協働ロボットは、ご指摘のとおり物理的限界がある中でご相談させていただいたところを、見方を変えて、新しい提案をいただきましてありがとうございます。

後半話が出ました筐体の小型化に関しても、ご指摘のとおり視野が狭くなっていたかなと反省するところですので、今後はより広い分野に目を向けて、われわれ電気屋ですが、電気だけではなく、いろいろなところから知識を吸収して、解決できるものがないかという考え方で進めたいと思ひます。もちろんアナログの専門分野は必要ですので、そこに関しましては今後もご指導いただければと思ひます。今日はありがとうございました。



羽田本部長

社長：ありがとうございます。それでは、笹原先生、よろしくお願ひいたします。

笹原先生：東京農工大学の笹原でございます。今日1日見学をさせていただきまして、どうもありがとうございます。非常に楽しく、あっという間に時間が過ぎてしまいました。

幾つかお話しさせていただきます。1つ目は、新しいCNC装置の500iAです。2.7倍高速になったことも大きな変化ですが、今までのしがらみにとられない設計をされたということで、これまでだとやりにくかった五軸加工などが、かなり楽にできるようになっており革新的だと感じました。五軸加工の展示では、工具が工作物に接している状態のとき、C軸をJOG操作で回転させると、工具が加工点に接した状態でぐるぐると回りました。一点物の加工などで、加工点の様子を目視しながら加工したいというような要望があると思ひ

ますので、使う側にとっては非常にありがたい機能で、使いやすいものになっていくと思いました。

また高速化については、ブロック処理時間も短くなっており、様々な処理を同時に高速処理できる点で高速 CPU が活きていると思います。一方で、加工自体の高速化、高精度化という観点では、先ほどの青山英樹先生のお話と重なってしましますが、従来型のプログラムをそのまま使っていたのでは、恐らく新しい性能を 100 パーセント生かし切れない可能性もあるのではと思いました。そのあたりは、是非ファナックからも、ユーザあるいは工作機械メーカーに向けて、新しい性能の CNC をどうやって使いこなすかについて、発信していただくようなことがあるといいと感じました。具体的には、ブロック処理時間と送り速度で定まる微少線分長を念頭に置いて NC プログラムを作成することです。従来よりもかなり線分長が短くなると思いますが、それを高速処理することが可能なので、高精度化にもつながります。

2 つ目はデジタルツイン関係の開発についてです。CNC ガイド、サーボチューニングなど、色々展示がありましたが、やはり一番魅力的に感じたところは、工作機械の摩擦、イナーシャなどの物理的な特性だけではなくサーボ特性も正確に入力して、正確なシミュレーションができるということです。例えば加工面をシミュレーションして、ちょっと筋目が出ているような場合、工作機械メーカーであればサー



笹原先生

ボのパラメータの調整ができると思いますが、一方でユーザ側で対応可能なのは NC プログラムの修正などに限られるのが現状だと思います。今後の課題になると思いますが、加工において不具合が生じた時の対応について、CNC 側からできる何らかのソリューションを発信、開発いただくとユーザにとってはありがたいと思います。例えば、びびりが発生した時にスピンドルの回転速度を変える技術は既にありますが、それと同じように加工に不具合が発生したら何らかの設定値あるいはパラメータを変更して不具合を回避するようなことができるいいと思います。この場合、工作機械の加工にまつわるインプロセスのモニタリング機能のようなものも必要になってきます。温度センサや加速度センサだけでなく、サーボ情報から加工力が振動しているなどといったことも同定できると思います。モニタリングと適応制御のようなことを組み合わせた技術も、今後出てくるのではないかと思います。

最後もう一つ、すごいなと思ったのは、揺動切削、振動切削の条件を NC で設定する時に、どのような位相のずれ具合で切削が途切れて切りくずが分断可能となるのかを画像表示する機能です。工具の軌跡と一緒に、切りくずが分断できるので OK とか、分断できず NG とか表示される画面になっており、ユーザにとっては非常に分かりやすいです。入力したパラメータでうまく加工できるのが直感的に理解できる素晴らしい技術とユーザインタフェースになっていると感じました。私からは以上でございます。ありがとうございます。

社長： 笹原先生、ありがとうございます。それでは岩下本部長から、コメントがありましたらお願いします。



FANUC Series 500i-A

岩下：ソフトウェア研究開発本部、岩下でございます。今日は多くの有益なご意見、ご指導ありがとうございました。以前より、リアル性能アップを継続して実施していますが、今般はリアルが相当に高度化、複雑化して来ていますので、“デジタルツイン”という形で、デジタル技術のリアルへの活用が、継続的な性能向上のために重要と考えています。要素技術がやっと固まってきた状況ですので、今後はユーザ向け、工作機械メーカー向けにまとめて行きたいと思っております。今後ともご指導の程、よろしくお願いたします。今日は有難うございました。



岩下本部長

社長：ありがとうございます。それでは次に松原先生、よろしくお願いたします。

松原先生：本日は色々ご説明いただきありがとうございました。いつも細かい話ばかりで申し訳ないです。今回、基本性能を大きく上げられたのと同時に、多軸の構成などでは、座標変換を非常にシンプルにされたということで、これは私たちからすると重要なポイントです。実際に頭で考えたことの差を詰めるという点では、やはり軸間の中心位置のオフセットなどが確実に運動精度に効いてきますので、差をきちんとキャッチできる受け皿を整備されたというのは、非常に大きいのではないかと思います。もちろん、それを行う計測技

術が今後また整備されていかないといけません。

あと、先程からサーボの話が出ていますが、モータとセンサのインタフェースを良くしてスピードアップされて、サーボループのゲインを上げられたということで、これは非常に素晴らしいと思います。モータのエンコーダで速度フィードバックしているのに、サーボループが不安定になる理由は検出とか処理の遅れのためだからです。



松原先生

90年代から遅れがどんどん短くなってループゲインを上げられるようになり、問題となる振動の固有周波数がどんどんと高めに移ってきました。今回また上がっていて、新しい機械振動が問題となり、今度は機械構造の解析をしないとイケなくなると思っています。デジタルツイン技術では、周波数応答もサーボで取得されています。周波数応答はノンパラメトリックなモデルですが、機械構造のパラメータを同定できるので、今後は恐らく機械側で問題になる物理パラメータは具体的な何になるのかという話になっていくと思っております。そうしますと、恐らくいろいろな位置と姿勢でどのような特性になっているかが、工作機械各社の差別化技術となり、それをどうやってきれいに整理し、いかにモデルに反映するかがデジタルツイン技術のポイントになってくると思っております。CNCはきちんと位置を知っていて、時間軸も押さえているので、これは着実に進んでいくでしょう。

ロボットでは、Gコードによるロボット操作が出ていたのですが、



サーボ展示

我々はGコードでずっとやってきたので、これが使えることで言語の壁がなくなるというのが大きいと思いました。また、協働ロボットについてですが、協働も2種類あって、人とロボットの協働もあるし、機械とロボットの協働もあります。この三者関係での協働というのが進んでいくのだと思います。ここでは、座標が共有できるということが重要になります。つまり、言語が共通化して言葉が通じるようになったという話から、次は空間をどうやってシェアして協働していくかという話になっていくと思っています、これも実際と頭で考えたことの差が詰まっていくという点で、今後非常に楽しみにしたいと思います。

以上です。ありがとうございました。

社長:松原先生、ありがとうございました。それでは福田本部長から、何かコメントがあればお願いします。

福田:サーボ研究開発本部の福田でございます。本日はありがとうございます。私どもは今年α i-Dサーボを展示いたしました。これは、全面的に中身の設計から変えたサーボ商品です。本日コメントいただきましたように、基本性能を着実に上げていくところをご評価いただいたのは非常に嬉しく思います。サーボ商品は機械の性能に直結するところですので、これからも地道にはありますが基本性能の向上を進めていきたいと思っております。



福田本部長

また、CNC含めてキネマティクス変換の話、それからリアルとデジタルの話など、松原先生にはロボットとCNCの距離が縮まったとお言葉をいただき、我々の開発の方向性が合っているということが認識でき非常に嬉しく思います。

これから、省エネも含めてまだまだやることがあると思っています。向こう10年ぐらいの方向性が見えた気がしますので、これからも頑張っていきたいと思っております。ありがとうございました。

■ ロボット

社長:それでは続けて、ロボットを中心に話を進めてまいります。まずは浅間先生、よろしくお願いたします。

浅間先生:東京大学の浅間でございます。本日はファナックの社内展にお招きいただきまして、誠にありがとうございました。私は今、国際自動制御連盟IFACの会長をさせていただいております、そのワールドコンgresが7月9日から14日までパシフィコ横浜で行われますが、そこにもファナックにご支援いただいております。改めて御礼申し上げます。

本日の社内展、大変興味深く拝見させていただきました。やはり非常に大きな印象を持ったのは協働ロボットです。最初に見た時には社内展でも端っこのほうで小さく展示されていたものが、今やもう主役になって真ん中に多くのシリーズがずらりと置かれていて、特に高可搬のアーム長の長い協働ロボットは圧巻という印象がありまし

た。

2つ目は、やはりDX化、AI化といった、特にサーバを使ったサービスの提供などが一気に進んだ印象がありました。

3つ目は、デザインが良くなった印象で、以前もここで少しコメントさせていただいたのですが、デザインは非常に重要だと思っています、工場でもデザインのいいものが置いてあると働く人の意欲も上がります。そういった意味で、以前のロボットに比べるとずっとデザインが良くなっ

て、使う人も好感を持って使える状況になりつつある印象を持ちました。この3つが非常に印象に残った点でございます。

もう少し詳しく申し上げますと、協働ロボットに関しては、やはり高可搬でアーム長が長くなったことによって、用途が非常に広がっていて、主に組み立て、マテハン、溶接、塗装、搬送などが中心ではあるのですが、ケーキを作るようなサービスにも展開ができていたことが、非常に印象に残りました。

ここで1つ大きなポイントとしては、やはり各関節に力センサが入っていることでして、これによって手先にどういう力がかかっているか、実際にワークと接触しているところで何が起きているのかを推定できることに繋がっていて、それがこういった用途の拡大にもいい影響を与えていると思います。

それからティーチングについてですが、この機能がいろいろなスキルを持っている方の作業に適用できるようになったとのことでした。ティーチングで教えている間に、ロボットがスキルを持ったエキスパートのスキルを徐々に学習して、それを再現できるようになっています。これはいろいろなスキルを抽出して次世代の人に伝承していく上でも大いに役に立つ、新たな用途をこの協働ロボットが展開しつつあるという印象を持ちました。

また、今後の可能性としては、スキルの抽出が可能になると、ファナックがロボットを学習させたロボットを販売するというだけでなく、ユーザが新たな使い方や価値を見いだして、その人ならではのロボットに仕上げていくような展開になっていくのではないかと考えています。

そうすると、例えば道場六三郎が使ったロボットが、道場六三郎のスキルを習得したロボットとすれば、これは恐らくロボット自身が、ファナックが思っている以上の価値を持つようになるのではないかと考えています。そういった、スキルをどんどん受け継ぎ伝えてくようなメディアにこの協働ロボットがなり得るといふ展開もあるのではないかと考えた次第です。

2つ目は、これを人間が使うことによって、工場など、仕事場での満足感や達成感など、ポジティブなメンタル面でも有効なものではないかと思っています。それを使うことによって、よりやる気が出るとか、そういう効果も、期待できるのではないかと考えました。

3つ目に、あまり目立たなかったのですが、非常に重要だと思ったのは、省エネ、カーボンニュートラルの展示です。これからの製造業において、環境の負荷は、いやが応にも考えないとならない課題ですし、そこに新たなビジネスチャンスを見いださないといけないと思います。

ここはさらに進めていただいて、持続可能性という点での貢献を、



浅間先生

是非果たしていただけたらと思った次第でございます。色々申し上げましたが、非常に印象深い展示だったと思います。本日はありがとうございました。

社長：浅間先生、ありがとうございました。それでは稲葉事業本部長から、何かコメントがあればお願いします。

稲葉：浅間先生、ありがとうございます。仰る通り、今回は協働ロボットを中心に据えて展示を行いました。50kg可搬の協働ロボットを初めて出展しました。CR-35iBの機構部をそのまま使用して、ソフトウェアで対応することができます。従来の信頼性、従来の機能に加えて、使いやすさもCRXシリーズを筆頭にアピールしました。私からは使いやすさに絞って話をしたいと思います。

コメントいただきました、エキスパートのスキルを学び、再現するという出展も一つの目玉でした。昨年の座談会でも少し議論させていただきました、スキルトランスファー・・・と言うと大げさになりますがその入り口の技術だと思います。親が子どもに教えるように、人がロボットに手取り足取り教えます。それにより、人のスキルがロボット経由でデジタル化されてプログラムデー



稲葉事業本部長

タとして落とし込まれます。

労働力不足という社会課題に対して、データを介してスキルを伝承出来ることは課題解決の一つの糸口になる可能性を感じます。そしてデータそのものに価値が出てきて、その価値は教える側のスキルにも依存します。確かに、道場六三郎が教えた盛り付けの動きのデータと私が教えた盛り付けの動きのデータは価値が違いますね（笑）このような技術が発展すれば、ロボットを介してスキルの学習データを収集し、ロボットを介して再現するという、ロボットの新しい役割が出てくると思います。

生成系の学習も次の技術として着目してゆきます。既存の学習データを用いて新たなパターンの生成を行うことができることは、より自律的な動作の実現に応用できそうですね。先生が仰っていたどのような問いかけを入れてゆくのかも重要な技術であるということを入れておきたいと思います。ロボットの教育（学習データの生成）においてもティーチングだけでなく、コーチングの要素が入ってくることを興味深く感じました。

労働力不足、環境問題などの対応を始めとして、持続可能な社会の実現に微力ながら貢献してゆけるように努めます。自動化の幅、アプリケーションの幅は広がってきています。ロボットの供給だけではなく、その使い方までお客様と連携してゆきたいと思います。そして社会の変化が速くなるにつれて、お客様の要望を汲み取りながら現場に迅速に反映させる仕組みがより重要になってきています。その対応の一環として、最新機能を常にご使用いただけるローリング



協働ロボット CRX 展示

リリース対応を一部機種で始めました。お客様がインターネット上で最新機能をダウンロードすることが可能です。またデータを介して、ゼロダウンタイムでは保守・メンテナンスサービスをタイムリーにお客さまへ提供できるようにしています。IoT 技術を活用して、お客さまとの距離を縮め、迅速なサービスを提供出来るようにこれからも努めてゆきます。引き続き、ご指導をどうぞよろしくお願いいたします。

社長：それでは菅野先生、よろしくお願いいたします。

菅野先生：早稲田大学の菅野でございます。本日はお招きいただきありがとうございます。やはりこれだけたくさんロボットを目の前に見ると、実物と違いますか、フィジカルな部分の重要性というのをますます感じます。

最近サイバー空間の話が多過ぎて、やはりフィジカルな話をもっときっちりやるべき、日本の、特に製造業、ものづくりというのは、まさに実際のもので表されると私は思っておりますので、そういう意味で本日非常に感銘を受けました。

ロボット中心の感想となりますが、基本的なロボットの性能の重要さというものを改めて感じました。トルク制御、力制御、これが一番基本になりますが、ある意味人に非常に近い状態の性能を備えた白いロボットは、様々なアプリケーションに使えらると思えました。本日、非常に多くのアプリケーションを見せていただきましたが、それはやはり、白いロボットの基本性能が高いからこそ、ユーザサイドあるいはファナックの中で、新しいアプリケーションが生まれているということが明らかだと思います。もちろんコストダウンで、黄色いロボットがどんどん動くというのは、それはその姿ですが、新しい分野では、白いロボットが中心になっていくのだろうということを強く感じました。

また、先ほど話がありましたティーチングについて、白いロボットを使うことによって、ロボットにスキルを入れることは当然できますが、やはりそこに AI がどう繋がるかという点がポイントになると思います。Google 等でたくさんロボットを並べて強化学習やディープラーニングを行うという話がありますが、そうではなく、人がリーダー・フォロワー的な使い方教えて、それを何十回かやると、もうほとんどそのスキルを覚えらるという AI の使い方です。模倣制御がその一例ですが、そういうことに使えるのは基本性能、特に力、トルクに関する高い性能を持ったロボットだと思います。そこで AI がどんどん使われて、様々な場面に応用されようとしていますので、是非ともその部分にも力を入れていただきたいと思えます。

その時にポイントになるのはデータの扱いです。本日も、ログという話題が出ておりました。もちろんファナックでは、工作機械の故障予知とか診断ということで多種多様なログを集められていますが、ロボットでも動いたデータの記録というのは極めて重要です。それをベースに次の学習を進めていくところをロボットでもどんどんやる必要があるかと考えています。

もう本当にデータ命というところがありまして、お話を伺ってましたら、まだログの状態から新しい AI にかけて判断するところまでは



菅野先生

難しいということですが、私はそこを是非クリアしていただきたいと思えます。特にアメリカの AI の処理は、GPT ではないですが、非常に進んでいますので、はっきり言って情報系に関しては、日本はもうとても追いつけないと私は感じています。と言うと怒られてしまうかもしれませんが、やはり現実を見なければいけません。ただ、やはりフィジカルなロボットの部分では、絶対的に日本は強いです。ここで AI をうまく利用してロボットのスキルを高めるということが肝要で、是非ファナックには取り組んでいただきたいと思えます。

私事になりますが、この 3 月に日本ロボット学会の会長に就任いたしました。やはりこれからのロボットは、先ほど申し上げたように、情報系というよりも AI とロボットを繋げて、日本はフィジカルな部分を追求して先端を行かないと、世界的に極めて弱い状態になるのではないかと危機感を抱いております。

これはもうアカデミアの世界での話だけではありませんので、ロボット工業会はじめ実際のメーカーとアカデミアの連携を強めたいと考えております。是非そういう連携についてもご協力いただければと思います。以上でございます。どうもありがとうございました。

社長：菅野先生、貴重なご意見ありがとうございました。それでは安部本部長、何かありましたらコメントよろしくお願いいたします。

安部：菅野先生、ありがとうございます。ポイントとして、やはり基本性能が重要ということで、機構部、センサ、機構部の中のモータ、サーボ、これらをしっかりと作り込んだことが、今の CRX の機能の発展に繋がっていると思えます。その成果に対してコメントいただけたことは、非常にモチベーションが高くなる思えます。

引き続き基本性能をしっかりと開発すること、そしてアドバイスいただきましたデータの扱い、AI を含めたデータの発展性、ここを今後注力してやっていきたいと思えます。あとロボット学会につきましても、ファナックからも積極的に参加したいと思えますので、今後ともよろしくお願いいたします。

社長：ありがとうございます。それでは岡谷先生、よろしくお願いいたします。

岡谷先生：東北大学の岡谷です。私も協働ロボットとビジョン応用などについて詳細な説明をいただきまして、たった 1 年ですが着実に進展しているということに感銘を受けた次第です。

例年私はこの場を借りて、その時々 AI の進展と、ロボットへの応用を含めた示唆といったことを話させていただいています。昨年度は確か、言語を操る AI がすごく発展していると話をしまして、年後半に ChatGPT というのが、世間に受け入れられるような形で非常に話題になったのはご存知の通りです。この言語の AI は、本当に革命的、破壊的な技術です。

恐らく最初に作った人自身が驚いたはずで、つまり狙って作ったものではないのです。そのぶん、かえってすごさが分かるのではない



安部本部長



CRX によるパレタイジング



CRX ネジ締め機能

かだと思います。この技術に関して2つ言いたいがございます。

1つはこういう言語 AI を、ロボットの使い方に応用していくという方向性があると考えています。一般論として、ChatGPT のような言語モデルを使って、機械と人のコミュニケーションを言葉でやる時代になって行くと考えられます。

手始めはコンピュータからですが、Excel を使うとき、マウスでセルをクリックして、マクロを書いてとやる時代ではもうなくて、ユーザはこういう機能が欲しいと言葉でコンピュータに言えば、望みの Excel 表が作ってもらえるようになるはずで。また、コンピュータのプログラムをゼロから作る時代も、既に終わっています。言語モデルにこういうプログラムが欲しいと言って、そのままでは動かないかもしれないですが、それをひな形にしたり、あるいはテストとかデバッグも言語モデルを使ってできたりと、言語モデルを使ってコードを作っていく時代になっているわけです。ですので、ティーチングなども一種のプログラムと考えると、そこにそういうものを介在させる余地は大いにあるのではないかというのが、1つ思うところです。

もう1つは、そういう形で言語の AI はすごく飛び抜けた形で進展していますが、音声認識とか画像の一部も、ディープラーニングの登場以来大きく発展してきました。ただ何でもできるわけではなくて、できないこともまだまだたくさんあります。何ができて何ができないかを分けているのは、やはり対象がデジタルかリアルワールドかであると言え、それは結局のところ、既にお話が出ましたが、学習できるデータがどれだけあるかということに尽きると思います。

言語 AI が成功したのは、インターネットに膨大にあるテキストデータを学習する方法を見つけたためであると言えますが、それは元々 AI を作ろうとして作ったデータではありません。画像の応用も、音声の認識の応用も同様で、成功の理由の一つに、もともとデータが



岡谷先生

たくさん手に入る環境があったということです。

自動運転の苦勞を見れば明らかですが、リアルワールドに AI を適用していくというのはまだまだうまくいっていないくて、その理由の大きな一つは、AI を作ろうとしてデータを集めるところから始めたのでは十分な量が集まっておらず、結果的に実用レベルでうまくいかない、ということだと解釈できるかと思います。

ロボットへの AI の応用という点でも、まだまだ解決しなければいけない問題はあって、先ほどアメリカには敵わないという話もありましたが、リアルワールドに AI を適用していくという話では、全世界を見てもまだ成功しているとは言い難いと思うので、まだまだ日本もやれる余地はあると思っております。あとは、先ほどもお話がありましたデータの重要性ですね。

今はどう役に立つかわからないけど、とにかくたくさん貯めていくということが、今後非常に大事になる可能性もあるので、そういった観点も大事にするのが良いのではと、私も思います。以上です。ありがとうございました。

社長：ありがとうございました。それでは加藤本部長、コメントがありましたらお願いします。

加藤：ロボットソフト研究開発本部の加藤です。日頃よりご助言をありがとうございます。今回は、協働ロボットのダイレクトティーチを使って人の手業を再現する機能、継続強化してきた高速バラ積み取り出し、また AI を用いた箱検出など、いずれも先生方のご指導を生かして新しい機能を展示いたしました。本日本体いただいた手業の取り込みやロボットの操作感など、ご意見をいただきながら継続して改良を進めて参ります。



加藤本部長

今回の展示における共通項の1つに、作業そのものや箱の認識な

ど、人のノウハウをロボットが学んでいくという点があります。今後は、ロボットに単なる人まねをさせるのではなく、岡谷先生が先程おっしゃられたように、データを集めてエッセンスを抽出する仕組みを進化させ、人と機械がコミュニケーションするハードルを下げていくことを念頭に置きたいと思えます。より簡単に設備を自動化できるロボットを開発してまいりますので、引き続きご指導をお願いいたします。

社長：ありがとうございます。まだ少し時間がありますので、今の続きで、ロボットについて何かございませんか。

安部：では、データについてコメントいたします。データに関連したところでは、ゼロダウンタイムというロボットのIoT商品があり、現時点で3万5,000台以上のロボットからデータを集めています。説明の時にもデータは宝物という表現をしましたが、集まったデータから様々な機能を作るべく、まさに取り組んでいるところです。

そこからAIと言えるところまで来ているかというまだ疑問ではありますが、ここは全研究開発員で色々なことを、アイデアを出しながらやっており、是非ともアドバイスいただきたく、引き続きお願いいたします。

社長：ありがとうございます。では戻りまして、FAにつきまして追加でコメントございましたらよろしく申し上げます。

羽田：ではハード羽田からコメントいたします。正直言いまして、我々ハードウェアは中々肩身が狭い思いの中ですが、アナログの技術でもまだまだやることはあると思っております。ここで差別化できるという言葉が、非常に嬉しく思いました。是非協力いただき、表には見えませんが、基本性能向上を実現したいと思っておりますのでよろしくお願い申し上げます。

社長：岩下本部長はどうですか。

岩下：笹原先生から、最後にセンサ活用のお話をいただきました。我々はこれまでモータを位置や速度に加えて、トルクや振動のセンサにも使うことを、モータ制御の範囲で色々やってきましたが、機械先端の状態を観測する上では限界が見えています。今後外部センサの活用を行い、適用範囲を拡大して行ければと思っています。本件についても、ご指導をよろしくお願いいたします。

社長：では福田本部長、よろしくお願いいたします。

福田：それでは省エネについての取り組みをお話したいと思えます。今回発表した α i-Dサーボでは、モータもアンプも、改良というレベルではなく、やれることは全部やろうということで、一から設計の見直しを図りました。材料やデバイス類がどんどん良くなっているということももちろんありますが、モータもアンプも基本設計から見直し、10%ぐらい損失を減らすことができました。システムとして提供する以上、全面的な見直しを行うことが重要だと思っております。今後も省エネに着目した開発を継続していきたいと思っております。以上です。

社長：ありがとうございます。

■ ロボマシン

社長：ここからはロボマシンを中心にお話を進めてまいります。まずは社本先生からよろしくお願いいたします。

社本先生：名古屋大学の社本です。本年もご招待いただきましてありがとうございます。色々勉強させていただきました。まずロボマシン全般についてですが、今回も着実に性能向上されていて素晴らしいと思えました。基本性能に加えて、使いやすさの面でも着実に進歩を積み重ねておられると思えます。

例えば、ロボカットがベースから見直され、剛性と精度が格段に向上されている点です。おそらく数倍精度が良くなっているにもかかわらず、コストはそれほど上がっていないため、元々素晴らしいコストパフォーマンスの機械がさらに良くなっている点が、非常に素晴らしいと思えました。

次に、ロボカットに関しては、穴に自動的にワイヤーを入れる機能が非常に興味深かったです。私は、切削の切りくずをパイプの中に自動的に導く研究に取り組んでいたことがあり、そこでは百発百中パイプの中に入れる必要がありました。ワイヤーの自動挿入は、百発百中とはいかないまでも、それに近い確率で成功すると、説明をいただきました。失敗しても自動的にやり直せるところが、ワイヤーの自動挿入の素晴らしいところだと思えました。

ロボドリルについては、Z軸の加速度が1.5Gから2.2Gに向上していたり、それによってサイクルタイムも向上していたりと、これらも着実な進歩だと思えます。

あとはDDRの回転数を上げられて、立旋盤のような旋削を実現されていたり、ストロークを大きくされていたりといった改善も多く見られました。それから、省エネ機能も進歩されていて、周辺機器をこまめに制御することで、数%のさらなる省エネを達成されていました。毎年のように少しずつ進歩されていて、すごいなと思っております。

機能については、2つ着目すべき点があると思えます。1つ目は「加工モード設定機能2」という機能です。非常に素晴らしい方向性だと思っております。

加工の能率向上と、内回り誤差抑制、振動の抑制といった昔からある要求ですけれども、これを達成するためには、工作機械の加減速パラメータを設定し直す必要があります。それら3つはどれかを優先すると、どうしても他を損なってしまう関係にあり、かなり詳しいユーザでないと設定がちゃんとできないと思えます。それをレーダーチャートで見える化し、簡易的に設定できるようにされたことは、素晴らしい方向性だと思えました。是非これからもこの方向性を進められて、ユーザからのフィードバックを受けて、機能向上されると良いと思えます。将来的にはさらに、定性的なレーダーチャートだけでなく、定量的な部分、例えば内回り誤差は何十マイクロンとか、振動はこのレベルとか、加工時間が何%短縮というような定量化を



社本先生



ロボドリル展示

していくことも、徐々に進められると良いのではないかと思います。

もう一つ、着目させていただいた機能は、専用 G コードです。これは現場の加工技術から生まれた機能であるとお説明いただきました。Z 軸の振動抑制であったり、バリ取りサイクルであったり、非常に有用な機能を作られていて、これらをロボドリルだけに実装するのは非常にもったいないなと思いました。これらを一般化されて、他社向けの CNC にも展開されるとよいのではないかと思います。

それから、様々な機能向上がなされている中で、工作機械の動きであったり、エネルギーの消費であったりといったようなことは、かなりやり尽くされてきている印象です。もちろん着実に進歩を続けることは大事ですが、そういった基本性能について、だんだん改善余地が少なくなってくると感じています。昨年もし上げたかもしれませんが、先ほど笹原先生が言われていたモニタリングとの話と近いかもしれませんが、プロセスがやはり大事だと感じております。機能で言いますと、SSV のびびり振動抑制機能や、低周波振動で切りくずを分断する機能が含まれていると思います。そういったものがより簡単に、あるいは自動的に使えるようになり、プロセスが改善されると、例えばびびりが抑制されることで加工能率が倍になり、加工時間が半分になる可能性があります。そのような加工時間の短縮は、NC の加減速の設定では困難ですし、加工時間がそれだけ減れば、消費エネルギーも数十%のレベルで削減されるので、ものすごく大きな効果が得られる可能性があります。もちろんプロセスの改善は大変なことですが、是非それも並行して考えていただくと良いと思います。

最後にもう一つコメントがあります。私が昔から研究しているテーマで、鏡面切削という鏡のようにきれいな面に加工したいというものがああります。精度が高い工作機械は、どうしてもコストアップしてしまいます。しかし、面性状だけ、仕上げ面の粗さだけを小さくし、見た目だけ良くするというのは、微振動さえ抑えればよいので、これは精度を上げることに比べればコストアップは小さいのです。ロボドリルのようなコストパフォーマンス重視の機械でも、十分に狙っている分野だと思っています。一方で、周辺の技術としても、そういう鏡面加工を達成するような技術が徐々にそろってきていると思います。例えばファインサーフェステクノロジーのような、ファナック NC の機能もそうですし、あるいは工具の技術のほうで、低コストのダイヤモンドコーティング工具を、レーザーで高能率に研ぐといった研究成果も出てきていて、低コストでそういう鏡面加工・微細加工が可能な工具が、将来出てくとも思っています。そういった、周辺技術の進歩も併せて可能性が見えてきているので、是非そういうマシンの実現可能性も考えていただけるといいのではないかと思います。私からは以上です。ありがとうございました。

社長：ありがとうございます。それでは高次事業本部長、コメントがありましたらお願いします。

高次：社本先生、本日は色々ご指導いただきましてありがとうございます。先生からご指導いただいたことを基に、雑感を述べさせていただきます。

まず、今われわれのロボマシンに対する取り組みの方向性が間違っていないとおっしゃっていただけだったので、そこは一つ、安心材料となりました。われわれの励みとなります。まだまだ残された課題はありますが、来年の新商品発表展示会に向けて順次取り組んでいきたいと思いをします。

本日、アドバイスいただいた中で大きく心に残ったことの一つは、加工プロセスをもう少し突っ込んで解明したら、何かヒントが出てくるのではないかとということです。

例えばロボドリルですと、我々はツールについては知見がまだ浅いので、まだまだワークと機械側との間ですべきことがあると思いをします。

続いてロボショットは、今回流動解析ソフトによるシミュレーション結果との融合を手掛けましたが、まだまだ実際の現象とどう結び付けて、どう使いやすくしていくかといったところに追究の余地が残っています。

それからロボカットは、今後加工時間を短縮し、部品加工に使えるくらいの加工能力を持たせることを目指しています。それを実現するためには、加工プロセスをしっかりと現象解明し、ブレイクスルーしていく必要があるということに改めて気付かされました。原点に立ち返り、しっかりと詰めていきたいと思いをします。

二つ目は、機械単体のみならず、もう少し周辺も含めたセルのような形で、お客様に提案するという視点に気付けたと思いをします。本当にありがとうございます。今後とも、引き続きご指導いただきたいと思いをします。

社長：ありがとうございます。それでは、次は松村先生、お願いいたします。

松村先生：本日はお招きいただきまして、誠に有難うございました。毎年のことですが貴社の社内展示会は、私自身が大変勉強させていただいています。

私が印象的に感じたことは、今年度は貴社の開発においてユーザ志向がかなり強くなったことでした。工作機械は使いこなすことがなによりですから、ユーザの目線で多角的に開発に取り組まれていることは、非常に素晴らしいと思いをします。

貴社にとってのユーザ志向とは、工作機械メーカー向けの開発と、エンドユーザ向けの開発がありますね。まず、工作機械メーカーに対して、ご紹介いただきました500iAの開発では、ハードウェアを十分に活用するために、ソフトウェアからその周辺までを全てを見直されていました。これによって、工作機械メーカーにとってはアプリケーションの開発が容易になったものと思いをします。

また、5軸加工への対応も素晴らしく、これによってデジタルツインがさらに発展できると思いをしました。その中で、特に開発用ユーザインターフェースやウェブアプリケーション、さらに遠隔監視、アラームの事前確認などがさらなる実用化に寄与していると思いをしました。また、興味深かったのは5軸加工の機能として、自動モードと手動操作が併用できる点がありました。私自身その着想が非常に勉強に



高次事業本部長

なりました。

一方、エンドユーザ向けでは、ロボドリルのパラメータの設定に関して、様々な配慮がなされていると思いをしました。現在の中小企業の多くは、独自にパラメータ設定を変えることは難しいと思いをします。そこで、用途に合わせてパラメータのひな型を適用する試みは、工作機械を使いこなす観点で非常に素晴らしいと思いをしました。また、テーブル上の搭載重量に応じてパラメータを変えていく機能については昨年度もご紹介いただきましたが、今年度はさらに分解能を上げて詳細にパラメータが設定できるようになり、さらに、これが加工モード設定機能とリンクしている点は、ユーザの負荷を低減する技術と思いをしました。

このようなパラメータの設定機能により、例えば、硬脆（こうぜい）材料を割らないで削るといった、切削状態が仕上げ面のダメージに影響する加工への応用や発展があるように思いをします。また、加工モード設定機能を使うことで仕上げ面に良い効果が得られるとの説明がありましたが、仕上げ面の改善とともに工具摩耗にも差が出るように思いをしました。ユーザにとっては工具の寿命は非常に重要で、それがパラメータ設定によって改善されるのであれば、非常に魅力的な機能と思いをします。

ロボドリルの環境対応では、周辺機器やミストコレクタの制御機能、それから、スリープモードなど様々な機能を用意されていますが、これらをユーザが選択できる点は興味深く思いをしました。単に機能があるというのではなく、ユーザ側が機能を選択できる点はユーザ志向の技術の一つと思いをします。

加工モード設定機能は素晴らしいと思いをしましたが、この機能によって各メーカーの差別化が難しくなるかもしれないと思いをしました。パラメータの微調整ができる点は魅力的ですが、今後は、いかに微調整をするかが課題と思いをします。最適なパラメータは、その機械に取り付けられている工具と被削材にも左右されるので、工具モデルと被削材モデルを機械側がセンシングできるようになると、さらなる高度化につながりそうです。

最後に加工能力の高度化としては、Y軸の最大移動量が大きくなり、工程集約の視点から搭載可能な工具の本数を増やし、加工時間の短縮の観点で加速度を2.2Gまで上げられていました。さらに、加工の多様化に関しては、テーブル側に旋削主軸を付けた展示がありました。これらはロボドリルの加工能力向上に対する取組みとして、さらなる進化を感じました。

工作機械の使いこなしの技術として、今後はハードウェアだけではなく、使用する工具と加工対象である被削材の特性をいかに機械側でモデル化できるかをご検討いただければと思いをしております。

改めまして、本日は大変貴重な開発技術をご紹介いただきましたこと、御礼申し上げます。

私からは以上です。

社長：先生、ご指導ありがとうございます。それでは佐本部長から、何かありましたらお願いします。



松村先生



ロボカット展示

修：松村先生、ありがとうございます。現在、私達が直面している市場は大きく変化しています。その為、市場の動向を理解し、お客様が求められているものを、いち早く提供することは、生き残っていくために重要と理解しております。

また、おっしゃっていた加工モード設定機能に工具モデルと被削材モデルを追加することについては、確かにお客様目線で、必要な事だと思いました。是非、今後とも、引き続きご指導の程、よろしく願いいたします。



修本部長

社長：ありがとうございます。それでは、続きまして国枝先生、よろしく願いいたします。

国枝先生：今日はありがとうございました。色々勉強させていただきました。私はロボカットについて、感想を述べさせていただきます。

まず加工精度ですが、ワイヤ放電加工はワイヤが振動して、しかもギャップがある。そんなところで、±1ミクロンの精度を達成なさっているというのは、素晴らしいと思います。しかも上下のワイヤガイドとワークの間にスペースがありながら、±1ミクロンの精度というのは素晴らしいなと思いました。

相当いろいろな工夫をしなければそのような精度は達成できないと思いますが、放電するまでは静電力がかかるので、ワイヤがワークに引き付けられますし、放電した時は、逆にバブルが弾けるので、反発力が生じます。

だから静電力の引力と反発力のバランスをうまく取らないと、真っすぐ切れないはずですが、それをうまく粗加工から仕上げまで最適化なさって、最後はきちんと精度を出しておられると思います。うまく加工条件を設定するその過程が大変だと思いますが、その定量化がたいへん難しいように思います。

AIを使う試みと、物理モデルを作って定量化しようとする試みがあると考えられますが、AIだけだと限界がありますから、物理モデルを使って定量化することを、是非やっていただきたいと思います。

それから毛虫みたいに振動しているワイヤの動きを見える化することも非常に重要だと思います。例えば、ワイヤの動き自体の直接観察も重要ですが、放電点がどう分布しているかということは非常に重要で、ランダムに分布しているということは一番安定している状態を意味します。

放電位置を検出するという技術は、今から30年前にもう日本で研究されていて、本質的に重要なことです。最近やっと海外で、ス



国枝先生

イスのメーカーが実用化して、日本が後れを取っていて残念に思っていますが、これはすごく重要なことなので、是非取り組んでいただきたいと思います。

放電した瞬間に放電点がここだと分かれば、その放電位置が都合悪いところなのか、良いところなのか、瞬時に判断できる。都合が悪いところであれば、瞬時に電力の供給をやめる。そうすれば放電点を制御できるので、是非トライしていただきたいです。

ただ、1マイクロ秒以下でしょうか、その瞬間に判断して電力の供給を止めなければならないので、大変だと思いますが、是非トライしていただきたいと思っています。

それから毎年申し上げていますが、放電痕の溶けた体積のうち、数%しか加工くずになって出て行かず、再凝固してしまうので、ものすごく効率が低いのが現状です。

出ていく量を10%にするだけで、加工速度が数倍になることは分かっていますが、その手段を考え出すのは至難の業です。1マイクロ秒というパルス幅で放電波形、電圧波形を制御するのは難しいと思います。

しかし、パワーエレクトロニクスはかなり進化していますので、例えば波形をちょっと変えるといったことで除去効率を上げることについても、是非トライしていただきたいと思っています。ありがとうございました。

社長：国枝先生、ありがとうございました。藤元本部長から何かコメントがありましたらお願いします。

藤元：ロボカット研究開発本部の藤元です。国枝先生、いつも放電現象の究明による放電加工機の性能向上に向けて、アカデミックな手法に基づいたアドバイスをいただきましてありがとうございます。



藤元本部長

先生がおっしゃられた様に、ワークとワイヤ間に働く吸引力と反発力の把握、放電位置の検出、そして放電後の溶融部の除去量アップによる加工効率の向上、こういったところは、先ほど高次からもありましたように、私どもとしましては、今後の加工精度向上、生産性向上に直結する重要な開発テーマだと考えています。今後も放電現象を把握する事で、一つ一つ成果を出しながら、性能向上に繋げていきたいと考えておりますので、引き続き、ご指導とご協力をよろしくお願い致します。本日はありがとうございました。

社長：ありがとうございます。それでは続きまして梶原先生、お願いいたします。

梶原先生：東京大学の梶原です。昨年初めて座談会に参加させていただいたのですが、今年もお招きいただきまして、どうもありがとうございます。

私はロボショットを中心に話をさせていただきたいと思っています。まず昨年見せていただいた時は、いわゆるネットワーク系にフォーカスして、展示をされていたという印象でしたが、今年に関し

ては環境対応ということで、リサイクルや節電など、ちょうど世界の潮流に乗った内容について、色々な進歩を見せていただきました。どうもありがとうございます。

そういった環境対応の話について、メインでコメントさせていただきたいと思っています。まずリサイクルについてですが、リベレット材で、スマホの非常に細かい精密部品の鏡筒を作られているデモを見せていただきました。



梶原先生

「エラーはそこそこ出ます」、「出来上がりのものに関しては、一般材に比べると少しエラーが出やすいです」と謙遜されていましたが、数としては一般材と比べても遜色ないレベルにあるという印象がありましたし、今後の大きな進展が期待できると思いますので、また来年以降、色々を見せていただければと思います。

また粉砕材についての取り組みもされていました。今回見せていただいた車の継ぎ手部品は、中空構造があるような部品でした。粉砕剤はリベレットに比べると少し安定性がないというお話でしたが、今後につながる取り組みだと思います。

そういった中でリサイクル材に関して、昨年はスクリーンの深溝化を進めて、それで経路の安定化を進めたという話をいただきました。今年はその発展に加えて、粉砕剤について混入のところで色々工夫を重ねて、より安定化を実現したということで、そのさらなる進展を非常に興味深く見せていただきました。

そういったリサイクル材のデモの中で、スマホの鏡筒の細かいサンプルを作られていましたが、その金型は、ロボカットで作られているということで、社内でそういった技術の連携がよくできているところを見せていただきました。

また粉砕剤の成形については、実際に金型の中に中空構造があつて、ちょっと中子を動かして、型を取って成形しないといけないのですが、そういった中子の制御を、御社のサーボ制御を生かして、金型を閉じる前に動かして、中子入れて成形することで、サイクルタイムを早めるという話がありました。

さらに昨年サーボ2軸だったのが、今年は4軸になり、さらに複雑な動きもできるということで、今後色々期待できると思いました。その装置も、結局ロボショットの中で、金型は御社のサーボで動かして、取り出しは御社の協働ロボットでやられて、出来上がったものの評価も、御社の画像処理技術でやられているということで、オールファナックのできるので、ユーザも非常に使いやすいという印象を受けました。

また節電に関しては、昨年バレル用のカバーを導入して、11%のヒーターの電力量の低下というのをらせていただきました。そして今年は、保温用のジャケットを追加に入れて、さらに10%電力の節電化を達成しているということでした。

最初樋口先生が、10%は本当に大きな値だとおっしゃっていましたが、そういったところを2年連続で達成されているのは、非常に素晴らしい成果だと思いますし、単にジャケットを入れるのではなく、きちんと細かい設計をされて、保温性を高めていて、かなり最適な節電が進められていると感じました。

また、そういった環境対応以外の話として、成形機のパネルでシ



ロボショット展示

ミュレーションの結果を見ながら実験とすり合わせられるのは、非常にユーザとしてやりやすいと思います。

これは、将来的に、ワークステーションのマシンパワーが上がらないと無理ですが、実際の成形した時の結果をそのまま、シミュレーションで解析をして、そのデータをフィードバックして、次の成形に生かすことが将来的にできれば、まさにデジタルツインの未来形になります。マシンパワーが上がるのを待つしかないかもしれませんが、何年後かにそういったものが見られることを期待しております。

また、今年の追加機能だと思いますが、パネルに、インターロック通知機能というものが加わっています。これは、マシンのプロセスをシーケンスで管理し、ユーザの操作ミスか何かで、イベントが起こらなくなった時にそれを検知し、原因を推測して、通知してくれるという機能です。これは、ユーザにとって非常にありがたい機能だと思います。

しかし、お話を聞くと、ロボマシンの中でも、ロボショットにしかまだ実装されていないということですので、是非他のマシンにも導入いただきたいと思います。

以上、コメントでしたが、2、3質問させていただきたいと思います。差し支えない範囲でお答えいただければありがたいです。

まず1つ目は、金型をサーボで制御することについてですが、昨年2軸で、今年4軸になっていて、複雑な動きができるようになってきていると思います。今後どのような展開が、このサーボによる金

型制御に関してありそうか、お聞きしたいです。

あとは節電に関して、かなり昨年、おととして進んでいますが、この点についてまだ余地があるのかお聞きしたいです。やはり世界的に電気代が上がっており、この点はどこも致命的に感じているところだと思いますので、1%でも変わると大きく違うと思います。

あと最後に、今回リサイクル材メインで見させていただきましたが、EUは法規制があり、例えばパッケージングでは10%以上リサイクル材を使う必要があるなどが決まっているので、需要があり、技術も受け入れられやすいです。しかし、国内は法規制がないので、リサイクル材を使うとコストが安くなるなどのメリットがないとやりづらいところがあるかと思います。今回リサイクル材を見させていただいて、国内で展開する場合に、御社はどのようなモチベーションで進められるのかということについて、コメントいただければ、ありがたいです。以上です。

社長：ありがとうございます。それでは内山本部長、お願いします。

内山：ロボショット研究開発本部の内山です。梶原先生、今日は1日ありがとうございました。まずリサイクル材についてですが、従来リサイクル材は、容器などの日用品、いわゆる汎用成形品への適用がほとんどだと考えていました。しかしながら、今回の社内展でコネクタメーカー様と色々お話する中で、既に精密コネクタでもこういった

リサイクル材を一部に適用する動きが始まっていることが分かりました。精密成形分野は私どもが一番得意な分野ですので、精密成形でのリサイクル材への対応強化も必要だと感じました。機能開発、それから成形技術の両輪で、対応していきたいと考えております。

それから2点目、省エネについてですが、今回ヒータの断熱ジャケットで大幅な省エネを実現したわけですが、ヒータにはまだまだ断熱性能の強化が必要などころがございますので、さらに開発を進めていきたいと思っております。電動射出成形機の場合、サーボの電動化で駆動部の省エネが進んだ結果、ヒータが全電力の5から6割くらいを占めております。もちろんサーボの省エネも大事ですが、成形機としましては、ヒータの省エネも非常に重要になってきております。そういった意味で、今回ご指導いただいた内容を、今後の改良に活かしていきたいと考えております。

最後に、金型の電動サーボ化についてですが、電動サーボ化の目的として、まずサーボを利用した複雑な動作で新たな形状の成形品への適用を模索していきたいと考えています。また、電動サーボ化で省エネも進みます。電動サーボのメリットを生かした金型が適用されるように、私どもとしても金型メーカーと協力していきたいと思っております。引き続き環境対応、省エネをしっかり進めていきたいと思っておりますので、今後ともご指導よろしくお願いたします。

社長：ありがとうございます。以上、FA、ロボット、ロボマシンのことについてお話を進めてまいりました。

■ 総評

社長：まとめに、新野先生からお話を頂戴したいと思います。よろしくお願いたします。

新野先生：今年も社内展および座談会にお招きいただき有難うございます。久々にFA分野における最新の商品や最先端の技術を拝見しながら、自由に意見交換を楽しめました。貴重な機会を用意していただいたことに心から感謝しています。

本日、社内展会場を一巡し、最新のFAおよびロボット技術の開発状況を概ね理解できました。折角の機会をいただきましたので、社会課題である「スマートファクトリーの実現」に対してどう向き合うべきか、どのような課題を解決すべきかを考えてみることにしました。今回の社内展は、「ファナック社の考えるスマートファクトリーとそれを構成する先進システムモジュール群」の発表の場と考えられます。

さて、ファナック社の提案するスマートファクトリーは、「一連のロボマシンの群に加えてIoTやAIを含む総合ソフトウェア機能を有機的に結合し、それらの活用により、生産プロセスの最適化、生産性の向上、高品質化、省エネルギー化などを実現するファクトリーシステムである」と理解できます。

展示内容の中心となるサーボ技術やそれぞれのロボマシンに代表



内山本部長

される先進システムモジュール群は、本座談会で先生方が具体例を挙げて発言されてきましたように、既に完成度の高い製品および技術として確立されています。いずれも長年にわたるファナック社における研究開発プロセスを経て洗練された製品群を構成していますので、新たな研究開発要素を見つけることは容易ではないと思われます。

ところで、スマートファクトリーの具備すべき基本機能について、これまでに国内外で様々な議論が行われてきました。ここでは特に社内展の展示内容に関連すると共に、優先度が高いと私自身が考える次に挙げる5つの基本機能に整理、集約して述べてみたいと思います。

まず第1の基本機能は、「サイバーフィジカルシステム（Cyber Physical System, CPS）」です。CPSは現実世界である物理的空間とコンピュータ上の仮想世界であるサイバー空間を連携することによって製造工程において新たな価値を創造するためのシステム技術であり、物理的空間とサイバー空間をIoT等で同期化することが必要不可欠です。CPSを実現することによって、スマートファクトリー全体をリアルタイムでシミュレーションし、同時に効率的な情報共有が可能となります。その結果、システム状態モニタリング、熱変位の抑制と補正、自己診断、自己修復が可能となります。この基本機能を実現するためのシステムモジュールとして、「FANUC Series 500i-A」や「デジタルツインを実現する Smart Digital Twin Manager」等が挙げられます。

第2の基本機能は、「IoTとAIの利活用」です。スマートファクトリーにおけるデバイス、センサ、制御システムをIoTおよびAIを活用することによって生産工程を高度自動化すると共に、リアルタイムでのデータ収集、分析が可能になります。それらによって、生産工程の状態モニタリング、生産工程の最適化などが容易になり、予測保全、メンテナンス、品質管理等が可能となります。この基本機能を実現するためのシステムモジュールとして、「FIELD system」やリアルタイムによるデータ収集や分析を行える「AIサーボモニタ on MT-LINKi」等が挙げられます。この基本機能は、今後、総てのシステムモジュール群に展開されることでしょう。

第3の基本機能は、「人間とロボットの協働作業」です。人間と協働ロボットの特性を考慮することによって、人間と協働ロボットとの機能の相互補完を可能とした理想的な協働作業を実現し、生産工程の高度化、フレキシブル化、最適化が可能となります。この基本機能を実現するためのシステムモジュールとして、ダイレクトティーチングにより職人の技を再現する「協働ロボットCRXシリーズ」等が挙げられます。

第4の基本機能は、「デジタルエコシステム」です。生産に関わる総てのデジタルデータをシステム間で情報共有することによって、生産管理、在庫管理、製品のトレーサビリティの改善、省エネルギー化の達成が可能となります。本基本機能を実現するシステムモジュールとして、「省エネルギー新世代サーボシステム α i-D series SERVO」等が挙げられます。

第5の基本機能は、「物と情報の一元化」です。物と情報に関するデータの一元化により、生産データやアプリケーションを効率的に



新野先生

処理、格納され、参照可能になります。これにより、リモートアクセス、スケーラビリティの向上等が可能となります。工程設計や作業設計を含めて、これまでの生産体制全体が大きく変えることができるのではと期待されます。この基本機能を実現するシステムモジュールとして、「デジタルデータの活用で製造現場のスマート化に貢献するFIELD system」や「高度化したエッジの機能を備えた CNC Series 500i-A」等が挙げられます。

スマートファクトリーの構成要素、システムモジュール群は、いずれも完成度の高いハードウェア商品およびソフトウェア商品として既に市場投入、あるいは近い将来に市場投入予定とお聞きしました。今後、「スマートファクトリーの実現」が加速化することを願っています。今後、スマートファクトリーの顧客への啓発や普及を加速化するためには、発表された新商品および新技術とロボマシ群とを組み合わせ、結合することにより、素形材から、部品加工、レーザシステムによる表面処理、協働ロボットによる組立、塗装、最終製品の検査に至る一貫生産ラインを想定したコンパクトなスマートファクトリーを構築し、実証試験を行うことも有用でしょう。その結果、スマートファクトリーに対する顧客の理解と啓発が進み、所期の目的である日本の製造産業の国際競争力強化に大きく貢献できるのではないかと考えています。

最後に、本日の座談会に出席されています先生方を代表して、展示会および座談会の準備を進めていただきましたファナック社の皆様に対して深くお礼を申し上げます。ファナック社のファンのひとりとして今後も皆様の益々ご発展と成功を祈念しています。本日は誠に有難うございました。

社長：新野先生、まとめをいただき、ありがとうございました。それでは最後になりますが、稲葉会長よりお礼を申し上げたいと思います。

会長：新野先生、ありがとうございました。また本日ご出席いただいた先生方にも御礼を申し上げます。新野先生をはじめ皆さま方から、多岐にわたるご指導、ご助言いただきまして、本当にありがとうございます。

まず基本商品である CNC システムですが、20 年ぶりにハード、ソフトを完全に一新した 500iA を展示させていただきました。



稲葉会長

またそれとペアになるべく開発された α i-D サーボとの組み合わせで、更なる高性能を引き出す事ができます。そして機械加工工場の工作機械をネットワークでつなぎ、スタンドアロンの部分最適から全体最適化を図るような、CNC システムが、今後実現可能になると期待しております。

本日、先生方からご高評いただいた“使いやすさ”という点ですが、今回の大きなテーマの一つにしております。デジタル的に調整、設定、シミュレーションなどが、NC の上で簡単にお使いいただける機能を開発しました。これによって工作機械メーカー、エンドユーザが、機械の性能を簡単に引き出せるようになったことが、大きな特徴です。

また、CRX のデザインをお褒めいただきましてありがとうございます。

す。CRX は人間と協働で仕事をしますから、人間が不快感とか恐怖感を持ったら一緒に仕事ができないので、真っ先に、人に優しいデザインを考えました。その他、NC、ロボット、ロボマシも、性能だけの無骨な意匠でいいかというと、それだけでは商品にならないわけです。そういったデザインにかなり気を使ったつもりでしたので、ご評価いただけてありがたいと思います。

そしてもちろん省エネに関しても、できることから最大限の対応をしておりますが、長い道のりになると思いますので、これからもコツコツと省エネ性能上げていく努力を積み重ねて参ります。

そして最後に、新野先生からご指摘いただいたスマートファクトリーに対する取り組み、そしてクラウドコンピューティングに関しては、ごもつともな点でして、両方進めて行くことを考えております。然しながらクラウドを使いたくないというお客様も多いために、オンプレミス型のシステムも現実には必要です。また、クラウドコンピューティングは私どもだけでは構築できないので、富士通株式会社や NTT (日本電信電話株式会社) などのパートナーと一緒に進めております。更に、オンプレミス型のシステムにおいても、現場で得られる情報をクラウドに上げるか、それとも工場の中で完結させるかの、両面作戦で進めております。

本日、こうした成果をお見せできるというところまで、残念ながら到達しておりません。水面下で一息懸命開発を進めておりますので、できたものから市場に展開していきたいと考えております。

現在、デジタル技術を使ったスマートファクトリーの実現に向けて全社が全力を尽くしております。また来年も、今年より少しでも進んだ新しい技術、新しい商品をご覧いただければと思います。また引き続き、ご指導よろしくお願いたします。

社長：先生方、今日は社内展のご視察から非常に長時間にわたり、ご指導ありがとうございました。今日のご指導を踏まえ、私どもは、新しい商品、技術の開発に取り組んでまいりたいと思っております。どうもありがとうございました。



ファナック株式会社
FANUC CORPORATION

〒 401-0597 山梨県南都留郡忍野村忍草 3580
www.fanuc.co.jp