

FANUC NEWS

2022
座談会
特集号



2022年 座談会

5月20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

■ FA

慶応義塾大学 名誉教授
 神戸大学 教授
 慶応義塾大学 教授
 東京工業大学 教授
 東京農工大学 教授
 京都大学 教授
 東京大学 教授

青山 藤詞郎 先生
 白瀬 敬一 先生
 青山 英樹 先生
 高木 茂孝 先生
 笹原 弘之 先生
 松原 厚 先生
 藤本 博志 先生

■ ロボット

早稲田大学 教授
 東京大学 教授
 東北大学 教授

菅野 重樹 先生
 浅間 一 先生
 岡谷 貴之 先生

■ ロボマシン

名古屋大学 教授
 東京電機大学 教授
 東京大学 教授
 東京大学 准教授

社本 英二 先生
 松村 隆 先生
 國枝 正典 先生
 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

(ご発言順)

ファナック株式会社

■ 代表取締役
 代表取締役会長
 代表取締役社長

稲葉 善治
 山口 賢治 (司会)

■ FA

FA 事業本部長
 ハードウェア研究開発本部長
 ソフトウェア研究開発本部長
 サーボ研究開発本部長
 レーザ研究開発本部長

野田 浩
 橋本 良樹
 岩下 平輔
 福田 正幹
 西川 祐司

■ ロボット

ロボット事業本部長
 ロボット機構研究開発本部長
 ロボットソフト研究開発本部長

稲葉 清典
 安部 健一郎
 加藤 盛剛

■ ロボマシン

ロボマシン事業本部長
 ロボドリル研究開発本部長
 ロボショット研究開発本部長
 ロボカット研究開発本部長

高次 聡
 佟 正
 内山 辰宏
 藤元 明彦

■ 事務局

研究開発推進・支援本部長
 研究開発推進・支援本部長補佐

松原 俊介
 須藤 雅子

(役職は5月20日当時)

社長：本日はお忙しい中、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4月に当社の社内展（新商品発表展示会）の時期に合わせて開催してきました。コロナ禍の中、2020年4月は、社内展、座談会とも中止、2021年は、6月に社内展、座談会ともオンラインで開催いたしました。今回のリアルでの開催となる社内展、座談会は実に約3年ぶりとなります。今回の社内展では、新型コロナウイルス感染防止を考慮し、来場者を約3分の1に絞り、また、2時間ごとに来場者を入れ替えるという対応を行いました。また4月は年度初めで忙しいというご意見もあり、1カ月繰り下げて、5月の開催としました。多くのお客様にご覧いただくことができなかったのは申し訳なく思っておりますが、ご来場された方々からは、例年よりもじっくりと見学でき、説明を聞くこともできたと、おおむね高い評価をいただきました。先生方に社内展をご覧いただいた上で座談会を行うことも約3年ぶりとなり、先生方の目からご覧いただきまして、果たして進歩しているのか不安な点もございます。コロナ禍から世界経済の回復する中、当社の研究開発部門は部品不足対策を最優先で進めてきており、工場部門、購買部門と共に、かなりの時間を部品不足対策に割いてきたのが実態です。ただ、そうした事情はありますが、当社としては研究開発にも全力を挙げてきましたので、先生方におかれましては、忌憚のないご意見、ご指導を頂戴できればと考えております。本日はよろしくお願いたします。



山口社長

■ 新商品発表展示会 全体講評

社長：それでは、まず樋口先生から社内展全体につきましてご講評をいただければ幸いです。

樋口先生：今回の3年ぶりのリアル開催では、実物を見ることができ、実際の感覚として掴めたのがいいです。具体的な課題についての説明を受け、開発者との会話を直に行うことができ、非常に良かったです。久しぶりに楽しませていただきました。

今年の、ファナックの注目すべき話題の一つは、新聞等で発表されていましたが、CNCの累計生産台数が今年3月で500万台を達成したことです。昨年6月に発行された社史（ファナックの歴史）に詳しく記載されていますが、開発のスタートが1955年で、1958年からの生産開始ですね。またロボドリルの累積出荷台数30万台を達成されました。1972年にFANUC・DRILLとして販売を開始してから50年になります。いずれも、素晴らしい業績です。それから、今年の1月に日本経済新聞に掲載されました稲葉会長の「私の履歴書」です。社史の要約に加え、初めて知ることも多く記述されており、本当に楽しく読ませていただきました。

ロボットでは、昨年は第63回日刊工業新聞社十大新製品賞“本賞”、日経優秀製品・サービス賞“日経産業新聞賞”、第9回ロボッ



樋口先生



2022年5月17日-19日 ファナック新商品発表展示会

ト大賞“経済産業大臣賞”の3つを、今年は第10回技術経営・イノベーション大賞“科学技術と経済の会会長賞”を受賞されました。おめでとうございます。

全体に言えますが、地道な努力が続けられています。使用者の要求をよく見て、対応するという取り組みをされており、それが実際の物として完成しています。そして、それを支えているのはコンピュータの急速な性能向上であることが分かります。特に、シミュレーションの技術の進歩は目覚ましく、将来のファナックの製品にどのように活用されていくのが楽しみです。

展示会とは離れますが、制御工学の教育について感じていることを述べます。制御工学の基礎は、コンピュータの無かった時代に、実用的な制御系の設計手法の開発をめざした賢人達の努力によって確立しました。制御工学の授業では、ボード線図を使った制御系の安定判別やゲイン調整の手法を習います。格好の試験問題になりますが、私は実務で使った経験はありません。数値シミュレーションで容易に把握できるからです。ラプラス変換で躓き、制御工学を嫌になる学生が多くいます。数学、特に解析学の学力の低下が問題になっていますので、まずはラプラス変換を使わずに、数値シミュレーションを活用した形で、自動制御の本質と面白さを、分かりやすく教えることが必要であると思います。

今回の展示を色々拝見し、面白かったのは協働ロボットです。性能が着実に進歩しており、特に良かったのが白いロボット CRX です。今回のデモでは、ロボット自身が持つセンシングの技術を使ってチャックに倣わせて上手く掴んでいました。自動化すべき類似の作業が沢山あるので、今後の発展が期待できます。

それから、オールステンレスのゲンコツロボットです。本体が輝いており清潔であることが感じられ、丸味を帯びたデザインからは清掃のし易さが分かります。食品関連企業の人達からの評価は高いと思います。10年以上も前の座談会で、「食品機械展があるから、そこへ出展し、ロボットの利用分野をどんどん広めていかなければいけない」と発言した覚えがあります。以前の新商品展で出展された“洗えるロボット”とともに、衛生管理を重視する食品業界で活躍できるロボットになると思います。

社長：樋口先生、どうもありがとうございました。今回、FA、ロボット、ロボマシンの3部構成で進行いたします。

■ FA

社長：では、まずFAを中心に進めてまいりたいと思います。青山藤詞郎先生、お願いいたします。

青山（藤）先生：最初に、本日はお招きをいただきましてありがとうございます。久しぶりの対面型のリアルな商品展示会と座談会を非常に楽しみにしておりました。

FAということですが、その前に、いわゆる半導体不足や部品不足、また世界的な社会不安定によるエネルギーコストの上昇に対する対応がどのような状況なのか気になりました。

エネルギーコストについてですが、当然、電気料金の上昇によって、生産システムにおける省エネは昔から言われてきましたが、省エネの重要性が再度強調され、重要視されてきています。エネ

ギーコストの問題は、簡単に解消しない案件です。ファナックの製品開発における様々な取り組み、例えばFAでの省エネルギーへの取り組みや、各要素技術、デジタルツインの技術等によって、環境負荷の軽減に取り組まれており、更に新しいグリーンのロゴも展示され、ファナックの意欲や積極的な取り組みの姿勢を感じました。こういったものが、さらに重要になるかと思えます。デジタルツインも非常に高精度化してきており、機能も向上していますので、これは相当リモートワークが可能になってきていると思われます。生産現場ではなく、事務所や自宅などから、セキュリティ上なかなか難しいと思いますが、リモートワークができるような環境がどんどん進みます。このようなことも環境負荷を軽減するという間に間接的には非常に役に立つと思います。

また、FAを構成する様々な装置に関して、ユーザに対して非常に優しい機能が追加されています。ファナックのCNCというと、“プロでない人は非常に難しい”、“Gコードを熟知していないとうまく使えない”“現場のさまざまなノウハウがあって、なかなか使いこなせない”というところを、ユーザが使いやすい機能になるように、色々な取り組みをされていると感じました。

協働ロボットについて、私もここを非常に興味深く見学させていただきました。協働ロボットによる様々な動作の高度化、多様化が進んでいると感じました。展示されていたロボット群を見ると、例えば工作機械の機能と協働する形で、ロボットがこれまでより一層多様な形で生産現場への導入が進むものと感じました。また、工作機械と協働する生産システムの構築により、生産ラインを組み替える際の環境負荷軽減、省エネルギーへの効果といった面で、多様な効果が生まれると思います。このあたりにつきまして、何かご説明がいただければと思います。

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

野田：先生、ありがとうございました。今回FAの展示は、リアル、デジタル、自動化、省エネルギー、IoTという5つを意識して展示しました。

先生のコメントの中に、エネルギーコストのお話がありましたが、FAでは今後非常に力を入れていきますし、実は昔からやってきました。直接的にはモータ、特にアンプの消費電力を小さくすること。サイクルタイムや加工時間の短縮が、機械の稼働時間を減らしてエネルギー削減につながる。IoTを使って無駄を無くすことが、更にエネルギー効率化につながっていくこと。それから、デジタルの話と関係付けますと、先ほどデジタルツインの話もありましたが、近年、デジタルの空間にて色々な情報を分析・解析をすると、リアルが本当に良くなっています。展示の中で、シミュレータや実際の機械のダイナミッ



青山藤詞郎先生



野田事業本部長



CNC 展示

クモデルをデジタル空間で表現することで、デジタル空間で加工を表現するというデモがありました。例えば、リアルにおいて目的とする加工を行うために、トライアル・アンド・エラーで多くの時間を要しているところを、シミュレーションを活用することで、非常に短時間に仮想的なテスト加工を行うことができます。このように、デジタル技術を組み合わせることによって、トータルでのエネルギーコストの削減が大きくなると思っています。このようなデジタル化の流れが、まさに省エネルギー、エネルギーコストの削減につながっていきます。

最後に協働ロボットの話で、こちらはFAの観点から少し話をさせていただきます。実際に工作機械とロボットをつなげていくという要望が非常に大きくなっています。昔はコスト的に人／ロボットどちらが良いかという話がよくありましたが、今は、人がなかなか集まらないが故に、自動化が前提です。自動化を最も効率的にうまく運用できるのかという所に焦点が当たりつつあり、状況の変化を強く感じております。そういった中で、外部環境の認識力が高い協働ロボットの登場は、我々にとって非常に有益なものです。古い工作機械は昔設計された機械のため、ロボットのインターフェースを持っていません。そこへ協働ロボットとビジョンを使うことで、場所を認識して位置を覚え、工作機械に近づきます。例えば、ロボットが人間を模擬して、操作盤のボタンを押して自動扉を開けるといったことを組み合わせることで、実は新しいロボットの使い方が広まってきており、協働ロボットの活用が増えてきています。

そういった大きな流れの中で、今回、我々は上記のようなことを意識し展示を行いました。先生のご指摘、ありがとうございます。我々は、エネルギーコスト削減をはじめ、リアル、デジタル、もちろんIoTも含めて様々な技術を開発していきたいと考えております。

社長：それでは、白瀬先生、お願いいたします。

白瀬先生：まず初めに、本日の展示会、座談会にお招きいただきまして誠にありがとうございます。やはり3年ぶりの対面開催ということで、非常に楽しいなと思いました。昨年はオンラインで、多くの動画や資料を拝見しましたが、やはりそれは成果を見せていただくだけのものでした。本日は対面開催でしたので、そこに至るご苦労ですとか、何が課題だったのかを直接聞くことができ、随分と話が盛り上がりました。



白瀬先生

私はFAを中心にお話しさせていただきます。昨年、CNCの処理能力が飛躍的に向上したというお話がありましたが、CNCのデジタルツインの技術開発が精力的に進められ、確実に進化したなという印象を受けました。

一番、目を引かれたのはCNCガイド2です。サーボと機械をモ

デル化し、機械運動をシミュレーションすることで、リアルを忠実に模擬するという技術です。この技術を使えば、加工面推定のシミュレーションにおいて、加減速まで考慮した機械の動的挙動を反映させることができます。昨年は、機械を空運転させて、CNC から取得したサーボ情報を使用して加工面推定のシミュレーションを行うとお聞きしていましたが、そこが全部シミュレーションだけで加工面推定が可能となりました。試し削りはもちろん空運転も不要になり、シミュレーションだけで加工条件最適化のための試行錯誤ができるということは、昨年よりもインパクトが大きいなと感じて拝見しました。

今後の展開について、私なりに考えました。従来はシミュレーションと呼ばれていたものが、最近はデジタルツインと呼ばれるようになりましたが、全く一緒に呼び方が変わっただけでは駄目だろうと思っています。やはりリアルな情報をどうやってシミュレーションの技術にフィードバックしていくかが重要なポイントになると考えています。シミュレーションするためにはモデルが存在しますが、モデルで表現できないファクター X をどのような表現するのが鍵になるのではないかと考えています。つまり、シミュレーションの結果とリアルの結果を突き合わせて、説明がつかない差がファクター X によるもので、機械ごとに調整するような仕組みができればいいなと思っています。これが実現できると、機械の個体差や使用環境の違いがファクター X に表れます。シミュレーションの精度が向上するのはもちろんですが、機械の個体差や使用環境の違いが可視化できれば面白いなと思います。

それからもう一つは、シミュレーションの精度が向上することで、加工パフォーマンスの劣化診断も実現できるのではと思いました。具体的には、シミュレーションの結果とリアルの結果を常に突き合わせておいて、例えば急に差が大きくなった場合は、トラブルがあったに違いないとか、ワークの固定がおかしかったのかとか、そのような判定ができるでしょう。少しずつ差が大きくなる場合は、工具摩耗かもしれないとか、機械の劣化が始まっているかもしれないとか、その違いをどう解釈するかが課題ですが、そのような展開も期待できそうです。CNC ガイド 2 をはじめとする機械運動のシミュレーションや加工面推定の今後の進化に期待します。

最近ではカーボンニュートラルのための省エネとして、稼働時間の短縮や周辺機器の省電力化など、いろいろな取り組みがありますが、その他の方法として、NC プログラム作成時に省エネを考えてみてはいかがでしょうか。例えば、ワークの設置の向きや設置場所を変えると、特に 5 軸加工では機械の消費エネルギーが大きく変わります。先ほどの CNC ガイド 2 で消費エネルギーが計算できるようになると、ワークの設置の向きや設置場所による消費エネルギーの増減を比較できるようになります。さらに、これは具体的な方法が思い付きませんが、加工形状の CAD データとサーボと機械の運動特性から、機械をどのように動かせば消費エネルギーが少なくできるかを網羅的に探索し、消費エネルギーがミニマムになるような NC プログラムが自動的に生成できるようにします。今までの CAM とは全然コンセプトの違う夢のようなことが実現できるはずで。

デジタルツインはますます進化すると思いますし、今日の展示を拝見すると、色々夢が膨らみます。今年ファナックは設立 50 周年を迎えたとお聞きしていますので、次の 50 年、設立 100 周年に向けて、世界をリードするものづくりの革新技術を開拓していただきたいと思います。

社長：白瀬先生、どうもありがとうございます。続きまして、青山英樹先生、よろしくお願いたします。

青山（英）先生：青山でございます。本日は展示会、座談会にご招待いただきまして、誠にありがとうございます。今年は、現地で実物を見学でき、皆さんに対面でお会いできましたことを大変ありがたく、そしてまた、興奮を感じております。昨年は、オンラインでの見学でしたが、オンラインでの見学も期待以上の見学ができ、詳しいところまで見る事ができたと思っておりましたが、やはり対面での見学は迫力が違いましたし、質問などもダイナミックにできて、理解度が違ったなと思っておりました。



青山英樹先生

また、コロナ禍で、業界全体が落ち込んでいるのかなと思っておりましたが、先日、日工会のパーティーで、稲葉会長からすごい売り上げが期待できているという発表がございまして、かなり安心しています。

私の立場から、まずデジタルツイン技術について関心を持っております。やはりこれは、ファナックが得意とするサーボ情報を使うことで、リアルモデルをより高精度にデジタルモデル化できるといった点がものすごいファナックの強みで、それを積極的に推進しようとしている展示を見て、大きく期待をしております。各軸の特性を含んだサーボ機械のモデル化に基づいて、加工面を正確にシミュレーションするというサーボビューアは、特に金型ユーザから大きく期待されていると思います。今日、展示で見せていただいたサーボ機械のモデル化に加え、工具たわみ、工具摩耗、工具振動といった、メカモデルを追加、実装したシミュレーションができれば、本当の加工面を高精度にシミュレーションできるのではと感じます。私は自動車メーカーの金型部門の方との共同実験におきまして、自動車メーカーの金型部門の方がどのような加工面に注目しているかということについて調査をしたことがあります。もちろん形状が正確に形成されるというのは当然ですが、自由曲面に対して 50 ミクロン、100 ミクロンの誤差を小さくしたいという要求よりは、加工面に対する傷とか、我々が分からないような曇り線に対して、金型の磨き屋さん達は、原因を特定し、そのような不具合をなくそうとしています。そのようなところに、このサーボビューアを原因特定のために使えば、金型屋さんにとっては非常にありがたいことではないかと感じました。ぜひ、このサーボビューアの現状の機能をさらに発展させ、そしてメカシミュレーション機能、特に、先ほど申し上げた工具たわみが追加されると、相当効果がありますので、発展されることを願っております。

あと、CNC ガイド 2 の運転速度の高速化です。これも素晴らしい機能向上だと感じました。CNC ガイド 2 を基に、サーボ機械のモデル化を基に、機械シミュレーションまで取り入れたデジタルツインで、加工の最適化と CNC パラメータの自動調整が本当に実現できれば、加工の熟練者でなくても、高度な加工が実現できると思っておりました。その中で、高機能な CPU を取り入れたことで、かなり高速処理ができていくということが分かりました。今、私が大学で使っている工作機械に比べて、ブロック処理時間が 10 分の 1 になっており、ものすごくブロック長を短くでき、高速加工と高精度加工が同時に

実現できます。今までのCAMの加工データの作り方は、ブロック長をできるだけ長くするという考え方でしたが、ブロック処理時間が間に合えば、ギリギリのブロック長にすることにより、加工スピードが上がり、高精度化することが分かってきていますので、このCPUの高機能化はすごく機能が高いと感じました。

それから、金型意匠面の加工の関連で言いますと、ファインサーフェステクノロジーに注目しております。ツールパス最適マイザーと加工面推定機能が新たに紹介されておりました。ツールパス最適マイザーは、CADデータと1ラインの加工データから加工点を修正されていますが、せっかくCADデータを取り込んでいますので、1ラインの加工データを修正するのではなく、複数ラインの加工データを面データとして認識をし、修正されてはどうかと思いました。

それから、省エネルギー対応として、色々と消費電力の削減に取り組まれております。もう今の時代は省エネ対策をやっていないと、多分ヨーロッパでは仕事ができないような環境かなと思っています。ISO、そしてJISも工作機械の環境負荷を測定するプロセスをきちんと定義していますので、制御装置でボタンを押すと自動的に工作機械の環境負荷が測定できるような機能が追加されれば、工作機械メーカーさんにとってはつらいところがあるかもしれませんが、工作機械ユーザーさんにとってはすごくありがたい機能で、工作機械の選定のときに役に立つのではないかと思います。また、そのISO化、JIS化のときに実験を行いました。工作機械で消費する消費電力、切削に使うエネルギーというのは、大体15%しかなくて、メインが冷却液のポンプのエネルギー、それから意外とびっくりしたのが、工場の中の圧縮エアの漏れを止めるだけでかなりの消費電力削減になるとい

うような報告もありました。

あと、最後にロボットについて申し上げますと、黄色からグリーン、そして白と、色々と開発されてきて、ロボットと人間の協調の点に注目されているということがすごく感じます。協調をさらに注目していきますと、その先にはロボットが自律的に困っている所へ、困っている作業を助けに行くということが多分生まれるだろうなと思います。ダイナミックなスケジューリングシステムと組み合わせが必要ですが、それが可能になりますとAGVの上にロボットを載せ、困っている所に自動的にお助けに行くロボットが実現できるかなと感じました。

社長：青山先生、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をお願いします。

岩下：ソフトウェア研究開発本部の岩下です。本日はデジタルツインを中心に貴重な多くの意見をいただきまして、ありがとうございました。

我々は、従来のリアルのブラッシュアップということで、高速CPUを中心に性能向上を推進しております、非常に重要だと考えております。ただ、このリアルを十分に活用するためには、やはりシミュレーション即ちデジタルツインが必要と考えて、去年から始めた次第でござい



岩下本部長



デジタルツイン

す。

去年の段階では、実機での運転が必要ということ、実際の加工時間に対して早くならないということで、色々と指摘もいただきまして、その宿題を解決するという意味で、サーボ機械モデルを導入し、高速のシミュレーションをベースに発展を考えている次第です。

更にサーボのモデルが入っていますので、もちろんサーボ機械の特性を含めたシミュレーションと、その中で、例えばトルクやエラーなども分かりますので、これをリアルなデータと比較し、白瀬先生が言われたような機械の診断に役立てるとか、消費エネルギーを計算するなどの発展を考えております。

今年もたくさん宿題をいただきました。AIを使ったパラメータ最適化や、工具に関して知見を持って、たわみや変形等を推定し、補正するなど、単に動作をシミュレーションするだけではなく、性能改善に繋がりたいと思っております。まだまだ発展途上ですので、これからもご指導のほど、よろしくお願ひいたします。今日はどうもありがとうございます。

社長：続きまして、高木先生からお話を頂戴できれば幸いです。

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。やはり対面でお話を聞くのは迫力があり、本当にリアルでお会いできて、楽しませていただきました。



高木先生

簡単に、2点ほどお話しします。私の専門は、アナログ集積回路です。今、世界の状況がどうなっているか、日本の状況がどうなっているかというのを簡単にご紹介すると、世界の半導体産業は、2021年の成長率は26%強だそうです。かなり成長率はでこぼこがあり、26%という大きいですが、大体右肩上がり成長しています。去年の市場規模が6,000億ドル弱ということです。その中で、アナログ半導体は約2割の1,000億ドルぐらいといわれています。ただし、アナログ半導体の2021年の成長率は33.1%と最も高いデータが挙げられていました。ですが、残念ながら、日本の半導体産業というのは低迷しており、一方で、先ほど青山先生がお話された、世界的に半導体が不足しているというような、ちょっと矛盾した状況が日本では起きています。それが何とかならないかなと思うのが、半導体業界に身を置く者として心配しているところではあります。

その中で、産業技術総合研究所が、ミニマルファブを提案しています。ご存じの方もいらっしゃると思いますが、クリーンルームが不要で、1ラインの製造コストが1,000分の1ぐらいです。2009年にプロトタイプが完成し、モノリシック集積回路の今までのトレンドは、少品種大量生産でしたが、それを多品種少量生産に変えようとしています。日本らしい発想で、小回りが利いて、納期も短く、1カ月かからず数週間と聞いています。現状の実力は、0.5インチウエハー、1cmちょっとのウエハーで、最小線幅が6 μ mです。この話を聞きまして、ファナックの加工技術があれば半導体の加工も可能ではないかと思いました。ですから、半導体業界に身を置く者

としては、ファナックの加工技術をミニマルファブに導入して、日本発の半導体革命が起きると楽しいなと思っている次第で、ちょっと淡い期待を抱いております。

それともう一つ、私がお手伝いさせていただいているのが、協働ロボットです。今年はラインナップが充実し種類が増えており、緑色のロボットは62%の重量削減と35Kgの可搬性を両立させています。私はこの分野は素人ですが、素人から見てもすごい技術だなと思いました。

あともう一つ、白いロボットを拝見して思ったのは、ねじ込むところの動きが、センシングしているからだと思いたくはなけれども、人間の動きに近く、だんだん人間に近づいているのではという印象を受けました。協働ロボットのポイントは、人とぶつからないように、ぶつかってもすぐに止まれることで、振動のセンシングが大事だと伺っています。それらは我々がお手伝いさせていただいていますが、昨年提案した案は、残念ながら、試作時に問題点が見つかりました。ただ、その問題点は、実は理論的な問題ではなくて、回路図に表れない部分が問題になっていたということで、解決方法を提案させていただき、その問題はもう既に解決済みで、次のステップに移られるということをお伺いしております。この点に関して、経験的な知識を暗黙裏に要求しているというのがアナログ回路にはありまして、これもアナログ回路の難しいところと思っております。ただし、こういうのは、大学にいる者としては、その暗黙知を必要としないような理論を作らなければならないと、ちょっと反省しております。

そういう、経験を要するようなところも、我々としては、これからも、お手伝いできるのではと思っております。

社長：高木先生、ありがとうございました。それでは、笹原先生、お話を頂戴できれば幸いです。

笹原先生：お招きいただきましてありがとうございました。今日は結構早くから会場に入らせていただき、会場の展示全体を見学することができました。久々に実物を目の前にして対面でのやりとりができましたので、満喫したという気持ちで、非常に満足しております。



笹原先生

FAを中心に、幾つかお話しさせていただきます。まず、デジタルツインそれからハードウェアの高度化ということで技術的に非常に進展しているという印象を持ちました。微少線分のプログラムの高速化、ツール・ポストチャー・ターニング、サーボの特性も入れた加工面の推定、それから、AIのサーボチューニング等を非常に興味深く拝見いたしました。

微少線分のプログラムの高速化については、デモでは5ミクロンの線分長のプログラムを走らせて、速度が落ちず正確に加工できていました。これはすごいことだと思いますが、一方で実際に加工する立場からすると、5ミクロンの線分長のNCプログラムは一般的な加工ではなかなか作れないというのが普通かと思えます。CAMの作業において、非常に小さいトレランスを設定する必要があり、5ミクロンの線分長にするにはサブミクロンのトレランスを設定することになるのではないのでしょうか。一般的にはこれは難しいです。CAM

の演算時間が膨大になると、NC データ自体もかなりの容量になるためです。また、CNC のブロック処理時間がネックになり速度が上がらなくなる可能性もあります。とはいえ、金型自由曲面の可能などでは、ブロック処理時間が許容する範囲で線分長の短い NC プログラムとすることには強く賛同します。先の青山英樹先生と同じ見解で、新しい CNC ではブロック処理時間が大幅に短くなっているの、それに間に合う範囲で線分長を短くすると、高速化と高精度化が両立できるのは間違いないと思います。高速化できる、あるいはブロック処理時間が短くなったというアピールだけではなくて、どうい NC プログラムにすると、実際に機械が速く正確に動くのかというような、ユーザサイドに向けてのアピールをファナックから発信していただけるといいと思います。というのは、やはりトレランスが大きめでプログラムのサイズを小さくする方が高速な動作につながると思っていらっしゃるユーザは、未だに多いと思います。「高性能なファナックの NC を使いこなすプログラムには、こういうコツがあります」というようなことを、ぜひ発信していただけるといいと感じました。

CNC ガイド 2 では工作機械の各軸のサーボ特性まで考慮したシミュレーションが可能となったということで、工作機械メーカーにとっても、場合によってはユーザにとってもメリットのある開発だと思えます。工作機械メーカーにとっては、サーボ関係のパラメータの設定・調整に役立てることも可能だと思えます。また、ユーザにとっては、展示にもございましたが、コーナでの近回りなどの影響を考慮した加工面推定ができたり、より現実に近い加工時間の推定が可能となります。一般的な NC プログラムの加工シミュレータより一歩突っ込んだ情報が得られるメリットは大きいと思います。

それから、あともう 1 点は、NC の I/O のユニットを変えられたということで、地味かもしれませんが、これは非常に大きな変換です。これまで長年使われてきたユニットから変更すれば、今度は新たな I/O ユニットが長年ずっと継続して使われていくという観点で、小型化や、保守性、作業性について深くご検討なさったことと思います。恐らく数十年にわたって使われるものになると思いますので、その開発に当たっては、色々なご苦労があったのだらうなと思ひながら拝見するとともに、これがユーザさん、あるいは工作機械メーカーさんにとっても非常にプラスになる変更になったと感じております。

社長： 笹原先生、ありがとうございます。それでは、橋本本部長からコメントをお願いします。

橋本： ハードウェア研究開発本部の橋本です。高木先生、笹原先生、どうもありがとうございます。何人かの先生方が触れられましたが、ハードウェアの性能向上、高速 CPU 等によってソフトウェアの機能がかなり改善されている点があるというご指摘をいただき、ハードウェアの開発担当といたしましては、ハードウェアの高性能化には常に取り組んでいかねればいけないと感じています。

また、今回の社内展で、協働ロボット、特に白いロボット (CRX シリーズ) ですが、そのセンシング機能を利用したアプリケーションについても、幾つか話題になっていました。



橋本本部長

実は高木先生のお話の中にもありましたように、アナログのセンシング技術、この微小信号をセンシングする技術というのは、これから非常に重要になってくると考えております。高木先生のご指導のおかげで問題点を幾つか解決し、今、考えている精度は実現されていますが、実はそれ以上の高精度化と併せて微小信号を扱うということで、回路の安定化、検出の安定化も求められています。この点も含めて、高木先生には今後ともいろいろとご指導をお願いしたいと考えております。よろしく申し上げます。

笹原先生のお話にもありましたが、例えば高速 CPU の展示のところで、CPU がこれだけ性能が良くなりましたと説明した時に言われたのは「それは、じゃあ加工の結果として、どこにつながるのですか」という点です。

結局、我々が性能を上げたものが、どういう加工結果につながるか、エンドユーザ目線でしっかり考えた上で、もちろんハードウェアだけではなくて、ソフトウェアも含めた上で、機能としてアピールしていく必要があると感じました。

さらに、FANUC Slice I/O の小型化にまで触れていただきありがとうございます。色々考えた結果、小型で保守性が良いものになったと思いますので、これから拡販に力を入れていきたいと思ひます。ハードウェア面でこれからもレベルアップに取り組んでまいりますので、今後ともよろしくお願ひいたします。

社長： ありがとうございます。それでは、松原先生、お話をいただければと存じます。

松原先生： ありがとうございます。今日は説明いただいた方に本当にお世話になりました。

拝見した中で大きなポイントは、やはりデジタルツインだと思ひます。昔、金型加工が伸びた時代に、私の上司の垣野義昭先生が、CAM・CNC・Machine がうまくつながっていない問題を解決するために研究会を始められまして、その名前は頭文字をとった CCM 研究会でした。本日、拝見した内容だと CAD、CAM、CNC、Machine、Machining(process)、Measurement までつながっているので、つなぐと CCCMMM となります。これだと言いつらいので (CM)3 と略したほうがいいですね。生産技術は少しずつ進んでいくので、コンセプト的なものが形になることはなかなかありませんが、今回はそのつながりがはっきり見えたので、妄想が広がりました。

新しいマシンを設計してサーボのチューニングをすることは若いときに随分やりましたが、その結果、パスや加工面はどうなっているのか、当時は予想できなかった。今はデジタル加工面をシミュレートできるようになり、自分の設計やチューニング結果がすぐく分かりやすくなったと思ひます。最近 (というか今でも) 摩擦で悩んでいます。滑り摩擦は、油の添加剤をちょっと変えただけでステップの精度も変わってしまいます。すべり面にはテフロンを貼ったりしますが、どの要素が何に影響しているかが分からないため、モデルを作るのは至難の業です。一方で、そのモデルができてサーボのモデルに入



松原先生



サーボ展示

てきたら、どのような加工面になるのか分かるようになります。是非デジタルツインの研究開発を進めていただきたいです。デジタル加工面も実際見せていただきましたが、私は測りたい派です。うちの准教授のフランス人が面白いセンサをヨーロッパで見つけてきます。変位センサでかなりの精度を持っているものがあり、これを機械に載せると、机上計測を高速・高精度でできます。ただし、計測できても、何丁目何番地という風に CNC の位置データがないとポストプロセスで使えないので、そこをつないでいただくと、プロセスチェーンにできると思いました。

もう 1 のポイントはロボットなのですが、まず、最近あったロボットに関わる体験をお話します。うちの桂キャンパスの図書館ではロボットが働いています。仕事は、他の図書館から業者さんが持ってきた本を、門の所に行って取ってくるのが仕事です。この仕事を見学したのですが、そのロボットには手が無いので、エレベータで降りるときは職員がついて行ってボタンを押していました。つまり人間がロボットのケアをしているんです。IoT の発想からは、エレベータの制御とロボットが通信できたら職員のケアもいらないという話になって、世の中はそちらに進んでいるように思えます。しかし今日の展示会で拝見したのは、ロボットがその手でロボドリルのドアを開けるといったアナログ的なものでした。ひょっとしたら、こういうアナログ的なインターフェイスが割と重要なかもしれないと思いました。昔の CNC サーボ装置のサーボアンプはアナログ指令を受けつけてくれて、いろいろなことができました。あえて、アナログインターフェイスを環境の中に残し、ロボットは一つの個体ではなくて、分散したいろいろな装置の総称だと考える。そうすると、他の装置とロボッ

ト、そして人との関係を環境の中でもっと柔軟に考えられそうです。それは自動化というより共生のようだなと考えながら、すごく面白いと思いました。

社長：松原先生、ありがとうございます。続きまして、藤本先生、お話をいただきたいと存じます。

藤本先生：東京大学の藤本と申します。本日、初めての座談会となります。お呼びいただきありがとうございました。

2010 年度から 2020 年度までは東京大学で堀・藤本研究室という形で活動して、堀洋一先生が定年退官して、昨年度から私が主宰する研究室という形になっています。私は電気電子工学科と柏の新領域創成科学研究科を兼担しており、研究室は柏キャンパスにあります。専門は、制御工学とパワーエレクトロニクスで、電気自動車の運動制御、振動抑制、ワイヤレス走行中給電と、工作機械、露光装置、ロボットのサーボを研究しています。協働ロボットのためのサーボ技術も学術レベルで研究しています。

自動車関係では、会員が 4 万 5,000 人ぐらいの自動車技術会で活動しています。約 50 個の技術部門委員会をまとめる技術会議があり、これからその議長になる予定です。もし先生方の中で自技会に関わる方がいらっしゃいましたら、苦情処理係が議長なので、い



藤本先生

ろいろと厳しくご指導いただければと思っています。

サーボ関係では、電気学会やIEEEでずっと仕事をしており、昨日まで姫路であったパワエレの国際会議に、御社にこの4月に就職した藤本研出身の社員の方と一緒に連れて行きました。彼は大学で、キロヘルツ以上の電流波帯域を持っている高調波電流制御でトルクリップルを抑える、音振動を対策する、高周波の銅損、鉄損を削減するという研究をしていました。今日の展示会で、パネルでそういう技術があることを本日の担当説明員の方に教えていただき、先ほど話しました新人の方が活躍できそうだなと思って、安心しました。

それでは、本日の展示会の感想をお話しさせてください。工作機械のサーボは長いこと研究しています。御社のサーボアンプが、より学術研究で使いやすく、いじりやすくなると良いなど常々思っていて、P、PI制御のフィードフォワードのゲインは変えることができると思いますが、コントローラの構造から変えたい、新しい理論を導入したいと前から思っていました。

樋口先生からもありましたが、最近の学会で制御理論は進んでいて、リニアエンコーダ、負荷側エンコーダ、負荷側加速度をもっと使っていくという方向でサーボの理論も発展してきましたし、振動抑制理論もだいぶ変わってきています。技術も大いに発展していますが、これらを取り込もうとしたら、従来型のP、PIという構造とフィードフォワードだと、限界があると思っています。

特に、ヨーロッパは産学連携がとても盛んなので、最新のサーボ学術研究を応用しようとする産学連携の面で遅れを取らないかなと心配に思っています。

その中で、本日見たデジタルサーボアダプタは、メカの特性をよく知っている機械メーカーが、モーション制御にある程度踏み込めるといことなので、大いに期待しています。

あと、びびり抑制振動制御が「New」と出ていて、興味をもったのですが、このテーマは、御社のサーボ研に所属されている藤本研出身の社員の方が学生時代に担当していました。今日、その内容がついに出たのかなと思ったら、別の内容だということちょっと残念でした。今回出た内容もまだまだ進みそうなので、今後を大いに期待しています。

最後に、今まで話題になっていたCNCガイド2は、各軸のメカの周波数特性、サーボ特性を全部入れられるようになり、加工時間の10分の1ぐらいで計算できるということで、素晴らしいと思いました。最近急速に発展してきているシステム同定の新しい理論、フルクロードの新しい制御理論が出てきているので、大学と御社のようなサーボメーカー、工作機械のメーカーとオープンイノベーションができるフレームワークに発展するといいなと思いました。

社長：藤本先生、ありがとうございます。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す。松原先生、藤本先生、コメントありがとうございます。

今日は松原先生と一緒に回らせていただきました。要所要所で「これはいいね」「よく分かっているね」という言葉をいただき、市場に必要なことが提供できているのかなと認識できた部分もありますし、まだまだと感じたところもありました。また、「これは機械メーカーの視点ですか、ユーザの視点ですか」というご質問が多くあり、我々が

開発する上で区別しなければいけないところを改めて認識した次第です。

デジタルツインに関しては、先生がおっしゃったとおり、サーボモデルとともに測定まで含めてコンセプトに織り込んでおります。測定値をいかにデジタル上でフィードバックするか、今後研究を進めていきたいと考えています。また、摩擦について機械をどのようにモデル化するかは非常に奥が深いと思います。かなり時間はかかると思いますが、考察を始めてみたいと思います。

藤本先生、今年からよろしくお願いたします。優秀な社員をいただきましたので、大変期待しております。サーボは省エネが重要なトピックであるのは間違いありませんが、既に電動化・サーボ化されているものを、さらに省エネしようとする地道な改良を進める必要があると思います。

また、昨年、堀先生には「もう少し学術的なアプローチを充実させるように」とコメントを頂戴しております。藤本先生の研究テーマが我々にも大変参考になりますので、ご指導をいただいて、制御の観点でも省エネ化を進めたいと思います。今後とも、どうぞよろしくお願いたします。

■ ロボット

社長：では、これからロボットを中心に話を進めたいと思います。まず菅野先生からお話しさせていただきたいと思います。よろしくお願いたします。

菅野先生：本日はお招きいただきありがとうございます。

3月の国際ロボット展でもいろいろ見せていただきましたが、今日はその差点を詳しく御説明いただきました。既に他の先生方がロボットに言及されたので、ロボットチームとして言うことがなくなってきていると思いますが、少しロボットプロパーの視点でお話しします。

私は前々から、通常6軸力センサを手首に付けて制御するところを、各関節の力・トルクセンサで制御するべきと言っていました。各関節のセンサで制御するようになった白いロボットは、非常に動きがスムーズになっていました。手首の6軸力センサは、腕の前腕・上腕に力がかかっても何も対応できないので、今後の協働ロボットは全身でセンシングできることが重要だと思っています。

前回の懇談会で、「今は止まることが中心かもしれませんが、できるだけ人間に追従できる、倣って動くという研究開発を進めていただきたい」、というお話をしました。それに不可欠なのは各関節での力・トルクセンサによる制御ですが、それが実現できているということは、新しいロボットは人と一緒に動いても問題ないということです。すなわち、もっと人の近くで一緒に動いて、たとえ接触することがあ



福田本部長



菅野先生

でも、問題なく追従や回避や停止が可能になります。今後、産業用ではありますが、人のすぐそばで協働作業ができるロボットになるよう研究開発を進めていただきたいと思います。

ちょうど2年前、内閣府のムーンショットのプロジェクトが始まり、その目標3で、私はPMとして採択され「一人に一台一生寄り添うスマートロボット」というタイトルで、人と一緒に作業ができるロボットの研究開発を展開しています。このプロジェクトでは、AIで人の動きをうまく予測して、ロボットの動きを人に適応させる研究開発をしています。そのプロジェクトでも各関節ベースの柔らかいロボットを作っています。そこは御社の白いロボットとの共通点だと思っていますので、世界にその優位性を広めるためにも、白いロボットの研究開発を強く進めていただきたいと思います。

実はムーンショットで新しい研究テーマを立てています。家庭、医療、看護、生産現場など、人に近い所で動くことになると、人に合わせるだけではなく、人がそのロボットをどう感じるかがポイントになります。そのために、社会受容性を考えなければいけないということで、社会学者の方々と一緒に、ロボットに関する ELSI (Ethics, Legal, Social Issue) の検討を始めました。

そこで、欧米を中心に、ロボットがどう受け入れられるかという議論をしたときに、私の作ったロボットも白だったのですが、「なぜ白なのですか」と言われました。人のそばで動くロボットの場合、SFではなくリアルなロボットですと、人種差別と絡み、色も問題になるようです。

当然ながら各文化の違いによって、動き、マナーも違ってきます。

産業ロボットは効率重視、省エネルギーが全てですが、人のそばで動くときには、その動きが失礼に感じることもあるため、必ずしも効率優先ではないことが指摘されています。そのため、日本でロボットを作っても、世界中で受け入れられないと駄目だということで、社会受容性が非常に大きなポイントになってきました。

今は、単にロボットの設計、ロボットの色だけではなく、ロボットに合わせて動くときにはどう動けばよいかということが研究課題になっています。今すぐではないと思いますが、ゆくゆくは生産現場にもロボットが入って、人間のスキルを学習して人と一緒に作業をすることも考えられますので、社会受容性も含めた視点で、ロボットのプログラミング、制御、AIについて考えなければいけないと思っています。

御社も白いロボットを展開されていますので、その辺について引き続きディスカッションさせていただきたいと考えております。

社長：先生、ありがとうございます。日頃お世話になっている安部本部長からコメントをお願いいたします。

安部：ロボット機構研究開発本部長の安部です。菅野先生、今日もありがとうございました。

まず、各軸にセンサを設けた白いロボットについてです。緑のロボットは産業用ベースの黄色いロボットに6軸のセンサを付けたものですが、触れば止まる機能を持っているものの、先生が何度もおっしゃっていた柔らかさがありません。これに対して、白いロボットは、



協働ロボットラインナップ

センサを各軸に持たせることで、本日先生からコメントいただいた通り、做って動かしたり、関節を柔らかく動かししたりすることが可能になりました。これによりロボットの適用範囲が増え、その拡張性を我々もお客さまも感じておりますので、ここを発展させていきたいと思っております。

それから、社会受容性についてです。今は見た目もロボットで、自動で動く、人間とは別のもので捉えられていますが、たしかに、ロボットと人が一緒に仕事をすると、人の感情が重要になってくると思います。ちょっと先を教えてくださいましたので、色も含めて、色々考えていきたいと思っております。引き続きご指導を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、浅間先生からお話を頂戴できれば幸いです。

浅間先生：浅間です。本日はお招きいただきありがとうございます。昨年はオンラインで参加しましたが、オンラインでは限界があると改めて思いました。多くの先生方がご指摘されたとおり、実際に現場でお話を聞くことは、インタラクティブにいろいろお話ができるということです。今回はオンラインとは全然違って、いろいろな議論ができてよかったと思っております。私も多くのことを勉強させていただきました。

既に多くの先生方がいろいろとご指摘されていて、私の話もかなり重複する部分がありますが、今回、特に印象深かったことについて、簡単にお話しします。

1つ目はユーザビリティの向上です。ビジョンセンサに加えてカセンサが、ほぼ標準的に協働ロボットの中で使われていて、使い勝手の向上に非常に貢献していると思っております。もちろん、信頼性の向上にもつながっていますが、適当にシステムを構築するだけで、あとはロボットが自律的にうまくやってくれるという機能が実現されていることが大きなポイントだと思っております。

今までのファナックのロボットは、専門家でないと思えないものでしたが、中小企業の方、一般の方にも使える機能がだんだん備わってきていて、専門家でなくても誰でも使えるものになりつつあります。これにより、ユーザが飛躍的に拡大し、多様化する可能性を感じました。

これは産業用ロボットがどんどん一般化するような方向性だと思っております。今、ホームセンターに行くと、いろいろな工具を売っていて、DIYでいろいろな物を作ったり、あるいはスキルを持った人が建設機械を使って、自分の庭を耕したりしますが、そのうち、一般の人がファナックのロボットを使って、自宅でモノづくりをすることも可能になるかもしれないという期待を持ちました。ホームセンターでファナックのロボットが売られるようになったらすごいと思っております。

2番目がデジタルトランスフォーメーションです。ロボットがより使



安部本部長

われることによって、いろいろなデータが取得できるようになることが極めて重要です。これがデジタルツイン、サイバーフィジカルシステムにつながっていくわけですが、データが価値を生み、新しい事業の可能性を切り開いていく方向性だと思っておりますので、これが、今、加速しているという印象を持ちました。

以前から、私はFIELDsystemに非常に興味を持っており、これが新しい大きなビジネスの核になると思っておりました。本日展示されていたFIELD BOXは、IoTの様々な機器をこれに集約してデータを取ることができ、これを經由してリアルタイムでいろいろな制御、操作が可能になっていて、これは大きなポイントではないかという印象です。

3番目は社会的な取り組みです。製造業でもSDGs、カーボンニュートラルに対する貢献が求められるため、貢献していることをアピールする必要があります。今回も、いろいろな省エネの取り組みがしっかり掲げられていることが、印象に残りました。

そして、ロボット業界の動向も簡単にお話しします。今年はロボットにとって節目の年だと考えています。

1つ目は日本ロボット工業会です。これは今年で50周年に当たります。現在、ロボット産業ビジョンを作っており、私は委員長を務めさせていただき、ファナックからは森岡さんに委員で出ていただいて、2050年のビジョンの作成に向け、集中的に議論しているところです。

2つ目は日本ロボット学会です。これは今年で40周年に当たります。東京大学で学術講演会を9月上旬に行いますが、私は運営委員長を務めさせていただいており、ファナックにも是非ご協力いただければと思っています。

3つ目が日本ロボット大賞です。最近2年に1回開催しており、今年で10回目になります。ファナックもこれまでいろいろな賞を受賞されていますが、今年は記念特別賞を設ける予定です。これも今年の大きなイベントだと思っております。

学術的、技術的な動向としては、確率的な方法論、統計的な方法論が席卷しており、あらゆる論文にその手法が取り入れられています。それから、AI、機械学習、深層学習も活発に取り入れられ、応用されているというのが、今の学術的な状況です。

ハードも含めて言うと、ソフトロボティクスがブームになりつつあり、ドローン運用も非常に進みました。ただ、軍事転用されていることが、私は大変残念に思っています。

それから、菅野先生からもお話がありましたが、ムーンショットというプログラムが内閣府で立ち上がりました。これは大きな学術的プログラムで、どちらかというと基礎的な研究です。2050年の社会をロボット技術によって変えるというコンセプトで進められているものであり、今、ロボットについては、目標3というカテゴリーで4つのプロジェクトが進んでいます。

全体的に言うと“つなぐ”というのがキーワードになっていると思っております。先ほどのFIELDにもつながる話ですが、インダストリー4.0から始まって、つなぐことによってロボット同士、人とロボットが協調することで、様々な機能やサービスが実現できるので、今、いろいろな開発や社会実装が進んでいると考えています。

そこでは、分散化やプロトコルの重要性が指摘されており、今のファナックの取り組みもそういう方向性で進んでいるという印象を持ちました。

また、課題が3つあります。まず、人共存です。私は人工物工学



浅間先生



25kg 可搬 CRX パレタイジング

研究センターのセンター長も務めています。次世代モノづくりを考えていく上で、自動化というよりも人共存という方向に進んでいると感じています。

そうすると、人とシステムがどう共存するかという議論の中で、人の問題がいろいろ出てくるわけです。労働力不足、少子高齢化、ダイバーシティ、働き方改革といった課題の中で、ロボットに求められるものや機能を考えなければならないということです。その検討をさらに深めていく必要があると思っています。

次が、社会的な側面です。先ほど菅野先生がご指摘された社会受容性、ELSI、そして Safety 2.0 です。これは機能安全のことですが、こういった方向性は極めて重要になると考えていますし、これは工学アカデミー、日本学術会議でも議論されています。日本学術会議では、須藤さんと一緒に議論を進めています。人共存でロボットがこれから人の社会に入っていくためにどうすべきかというビジョンを社会受容性の観点からまとめていこうと考えています。

最後が、レジリエンスです。先ほど他の先生がご指摘されましたが、半導体不足で製造業が影響を受けているように、サプライチェーン、エンジニアリングチェーンで、世界中がつながっているので、どこかで問題が起こると、それが全てに影響を与えてしまう状況です。

その中で、社会的状況が変化しても、どうやってレジリエントな製造を可能にするのか。これは、極めて重要な課題だと思っています。ファナックも大変苦労されているはずですが、その辺についても今後一緒に議論させていただければと思っています。

社長：浅間先生、ありがとうございました。稲葉事業本部長、何か意見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した。

コロナ禍において、自動化の位置付けは大きく変わってきていると思います。野田事業本部長からも話があったとおり、以前は、品質向上、コスト削減などの目的が主でしたが、「事業継続に不可欠な物」として導入の相談をいただくことが増えています。熟練技能



DR-3iB STAINLESS

者の不足を補う、感染症対策として人の密集を防ぐなど、導入の目的が変わってきています。

その中で、導入される産業分野、活用のアプリケーションも広がってきています。昨年同様、信頼性とともによりやすさをアピールしていますが、多岐にわたるアプリケーションに対応するために、機種拡充にも努めています。

先生方からコメントをいただいたとおり、CRXの可搬ラインナップを5キロ、20キロ、25キロと増やし、高トルクネジ締め、塗装面の研磨、段ボール箱のパレタイジングなどのアプリケーション、1トンの可搬重量のM-1000iAを使ったバッテリー搬送などを展示しました。また、3C関連、コンピュータ、携帯電話、家電などに活用されるスカラシリーズや、樋口先生からお褒めいただいた食品分野、一次食品を扱うDR-3iB STAINLESSなどを展示しました。アプリケーションのデパート的な感じになっていますが、それだけお客様の求める用途の幅が広がっていることが背景にあります。

そういった機種拡充の一方で、先ほどソフトウェア、センサ、ユーザビリティについてコメントいただいたように、さらに使いやすさを追求しています。ビジョンセンサ立上げにおける対話式のUI、ばら積み取り出しにおけるCADモデルでの教示やマッチング、その他、AIを用いた良否判定、段ボール箱の識別機能を展示しました。力覚センサの活躍の場も広がっており、高トルクネジ締め、塗装面の研磨、旋盤の芯出しなどの展示は力覚センサが活用されています。

デジタル化、デジタルデータの活用についても重要な展示テーマでした。デジタルツインでは、シミュレーション、サイバー空間を使ったティーチレス技術が実用化されています。更にセンサ情報を活用することにより、フィジカル空間とサイバー空間の差分を吸収して、より柔軟な動作生成を可能にしています。



稲葉事業本部長

展示会では、サイバー空間にてオフラインシミュレーションで生成したスポット溶接の動作を現物合わせなしで、フィジカル空間にて再生しています。ビジョンセンサでサイバー空間とフィジカル空間のずれを認識して、生成した動作を補正しています。また、ばら積みでは取り出し方が毎回異なりますが、同様の仕組みを用いてティーチレスで動作しています。フィジカル空間で取り出した位置・姿勢情報をビジョンセンサ経由でサイバー空間に反映し、最適動作を生成しています。

このような自律的な最適動作生成は、サイバー空間における最適経路の生成技術、センサデータの処理技術だけではなく、その演算処理を支えるファナックの産業用パソコン(PC)「iPC」等の技術によって実現しています。iPCはPCという商品でありながらも弊社の特徴である生涯保守を取り入れています。

これからも信頼性を基軸に、使いやすさをもう一つの軸として商品開発を進めていきたいと思えます。浅間先生が仰るような、「空気を読むロボット」の実現は簡単ではないかもしれませんが、自律的な機能の拡張を進めます。また、カーボンニュートラルを始めとした、持続可能な社会への課題に対してどのような貢献ができるのかという視点を常に持っていきたいと思えます。

引き続きご指導をよろしくお願いいたします。ありがとうございます。

社長：それでは、岡谷先生、お話を頂戴できればと存じます。よろしくお願いいたします。

岡谷先生：今日は、ありがとうございます。今回もロボットを中心に拝見しまして、特に協働ロボットに興味深く拝見しました。

3年前は緑のロボットが2～3台あっただけだったような気がしましたが、今回は、白いロボットが多く並んでいました。協働ロボットは、ロボットの活用範囲を広げる方向に、非常に有用な物だと思います。今まで使われていないものに使われるといった中で、ビジョンやAIを組み合わせて、これまで以上に使いやすいものになっていくという方向は間違いのないと思えます。

展示会の中でも、そういった展示があり、技術的にはそんなに最先端のものではないという話でしたが、ちゃんと製品として動いていて、研究室と製品の間に大きなギャップがなく、大変素晴らしいと思えました。

今後もそういう方向に進んでいくと思えますが、その中で、ビジョンやAIはコンピュータサイエンスなので、今や隣国が、質、量共にナンバーワンという状況です。国際会議では、参加者数、発表者数、企業スポンサーの数、どれを取っても圧倒的な存在感になっています。

ロボットメーカーで、ビジョンの技術を内製しているのはファナックぐらいではという話もありましたが、ぜひ、そのまま頑張ってくださいと思います。

今後のビジョンやAIの予想を考えると、深層学習の誕生以来、

ここ10年間、AIの進展はものすごいです。冬の時代がまた来るのではなどと陰口をたたく人もいますが、現実はそのではなく、研究者から見ても毎日エキサイトするような状況で、進展の中身が斜め上を行っています。

今、一番進んでいる例を挙げると言語を使うAIです。言語の世界で閉じている分には、最新のAIは完全に人並みレベルの対話ができ、色々な知識もあるので、本当に賢い人と話しているような対話ができます。研究者の中には、汎用人工知能は完成も近いと言う人もいるぐらいです。ただし、あくまでそれは言葉の世界の話なので、リアルワールドに来ると話は違います。

ですから、ビジョンに関して言いますと、一般的に簡単にできることは、もうできてしまうので、学術的には、画像だけを研究するのはなかなか難しいです。われわれの研究室も、言語と組み合わせたAIを研究していますが、今日展示会を見学させていただいて、実は現場ではビジョンを使ってやりたいことがたくさんあって、それは本質的に難しいかもしれないが、まだまだ工夫で何とかできる部分もありそうだなと感じました。

結論として、共同研究をさせていただくことで何かお役に立てればと思えますし、われわれ自身も、学術の世界だとなかなか気付かない、現場で必要とされている問題に取り組みたいと思っています。

社長：岡谷先生、ありがとうございます。加藤本部長、コメントをお願いいたします。

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。先生方のご指摘とアドバイスを活かし、今回は新商品として溶接の教示自動化、CADデータから物を見つけて経路を自動生成するバラ積み取り出し、AIを用いた箱検出、そして協働ロボットCRXがチャックに倣いつつワークをセットする新機能などを展示しました。

岡谷先生のお言葉通り、AIの進化は日進月歩です。その成果を産業用途に実装するマシンパワーを備えた制御装置や、使いやすさに貢献する新しいセンサが出てきました。AIや制御、センサの最新技術を取り入れることで、まずは誰にでも使えるロボット、そして従来のロボットやビジョンシステムにできなかったことが可能になるような、ロボットの適用範囲を広げる開発を進めてまいります。引き続きアドバイスをお願いいたします。

社長：ありがとうございます。それでは、ロボットを中心とした議論につきましては以上とさせていただきます。

■ ロボマシ

社長：続きまして、ロボマシと加工技術全般を中心に、お話を進めてまいりたいと思えます。まず、社本先生からお話を頂戴できればと存じます。よろしくお願いいたします。



岡谷先生



加藤本部長

社本先生：社本です。今日はお招きいただきありがとうございました。やはり、リアルで展示会を見させていただく方が実感を持って良かったです。それから技術者の方たちと直接議論ができたことも良かったです。

最初に、ロボマシン全体について感想を述べます。従来から、非常に基本性能が高いマシンを作られていて、今回も、さらに少しずつ性能を向上されていることが分かりました。

高速、高効率、高精度、高剛性、高出力といった各性能をそれぞれ少しずつ向上されていて、かつ、コストも大変重視されていて、抜群のコストパフォーマンスを持っています。これは以前から感じていることですが、それをさらに高められていると思います。

基本性能以外にも、省エネ、ネットワーク対応、使いやすさ、自動化など、考えられる様々な方向性で着実に進化をされていると思います。

ここからは、私の専門に近いロボドリルについて、少し詳細に述べます。まず、今回、累計 30 万台という、すごい数値をお聞きしました。これまで、工作機械は量産されないマザーマシーンだと思っていましたが、1 機種 30 万台というのはその常識を覆すような、すごい数値だと思います。これも、先ほど申し上げたコストパフォーマンスの高さが理由だと思っています。

ロボドリルの基本性能の高さは今回も実感しました。以前から何



社本先生

度も拝見しているデモも、今回改めて拝見し、やはりすごいなと思いました。きびきび動く加工、高トルクで鋼をガリガリ削るような重切削のデモからも、基本性能が非常に高いことが分かります。

今回、新たに開発されたタッピング主軸も非常に良い進歩だと思いました。元々、ロボドリルというのは、小型の機械できびきびと動く高加減速が一つの特長だと思っていましたが、今回、さらに性能が向上し、高加減速かつ低発熱になったことは、非常に良い進歩だと思います。

このきびきび動けることについて、1 つコメントがあります。一般的に、小型の機械の弱点は剛性が低くてびびりやすいことで、これは工作機械の永遠のテーマのように言われます。工作機械でのびびり振動は私の専門分野の一つですが、その抑制法の 1 つとして、SSV という主軸の回転数を変動させる機能があります。

この主軸の回転数変動というのは、加減速が高くて、加工している回転位置が、次に回ってきたときに前回の回転位置と回転速度が何倍変わっているかという倍率が、びびりの安定性を向上するのに寄与します。従って高加減速というのは、SSV に対しても非常に有利で、びびり振動安定性につながるため、低剛性といわれている小型の機械の弱点を補えるかもしれません。

それから、SSV については以前から学会でもたくさん研究が行われていたにもかかわらず、一部、メカニズムが分かっていたところがありましたが、それが最近分かってきました。今までは、変動させる振幅や周期といった条件を試行錯誤で変えていましたが、今は最適条件も分かっています。ぜひ、そういったところを応用されて、良い条件で使えるようにしていただければと思います。これは、



ロボドリル展示

担当の方にも、FAの方にも、展示会でコメントいたしました。

それからもう1つは高精度化についてです。鏡面加工のサンプルを拝見し、この価格帯のマシンで、よくあそこまで鏡のような面が作れるなど感心いたしました。私は面品位を非常に良くするという方向性にも興味がありますが、色々な要素技術が良くなってきており、そろそろ、本当に鏡に近いものがどの工作機械でも作り出せる時代が来つつあると感じています。ロボドリルも、それを実現できるポテンシャルを持つ機械だと思っていますので、この方向性の研究開発も進めていただければと思います。

各要素技術として、例えば、ファナック殿の得意なところと言えば、ファインサーフェステクノロジーで滑らかな面を作ることができますし、リニアガイドのような要素も振動レベルが小さくなっており、工具についても、従来のスクイブ研磨に近い鋭利な切れ刃を、レーザを使って一瞬で研ぐ技術が開発されてきていますので、そういった周辺技術も含めて期待しています。

最近、重要視されている省エネ技術は、見える化も進められていて、大変良いと思いましたが、加工に使われたエネルギーかどうかを分離して示していただけるとさらに良いと思います。例えば、主軸であれば、回転だけさせたととき、回転しながらG1命令とかG2命令で動いて加工し始めたときのトルクの差から、加工に使われたトルクは分離できると思います。そのようにして、加工に正味使われたエネルギーと、それ以外のエネルギーとを切り分けていただけると、より見える化が進み、改善につながると思います。ぜひ、そういった方向性の研究開発も進めていただければと思います。

以上です。ありがとうございました。

社長： 社本先生、ありがとうございました。高次事業本部長から何かコメントがありましたらお願いします。

高次： 社本先生、貴重なコメント、ありがとうございます。

われわれロボマシンのチームは、当社のCNCとサーボシステムを使って実際の機械を作り上げ、お客さまの加工現場に具体的な形でソリューション提案をすること、そのお客さまの加工現場で得られた知見を、ロボマシンはもとよりFA商品やロボットの開発にもフィードバックすることが使命です。

今回の社内展では、現在の世の中で求められていますカーボンニュートラル、省エネ、それからIoTへの取り組みをご紹介しました。また、ロボドリル、ロボショット、ロボカットにおいて、昨年リリースした新機種を今回初めてリアル展でお披露目し、とことん基本性能を引き上げるという地道な取り組みもご覧いただきました。

ロボドリルを例に取りますと、自動車の部品加工やスマートフォンをはじめとするIT関連の部品加工で、よくお使いいただいています。自動車では、EVへの移行に伴い加工対象部品も変化しています。IT関連でも、スマートフォンの大画面化・薄型化を経て、これからはウェアラブル端末の加工なども増えてくると思いますが、こういった変化にいち早く対応していく必要があります。



高次事業本部長

先生がおっしゃるように、機械の基本性能を地道に引き上げていく努力が必要です。今まで加工できなかった物が加工できるようになる、より高精度・高品位に加工面を仕上げるができる、より短時間で加工できるということに集約されると思います。さらに、これら基本性能の向上をより早く実現できるよう、スマートな開発を目指したいと思いますので、今後ともご指導いただきますよう、よろしくお願いたします。

社長： それでは、続きまして松村先生からお話を頂戴できればと存じます。

松村先生： 本日はお招きいただき誠にありがとうございます。対面での展示会にて、実際の機械を前に色々お話を伺い、理解がさらに深まりました。

ロボドリルの開発と発展に関して、今回は社会環境と顧客対応ということがキーワードになっていたと思います。

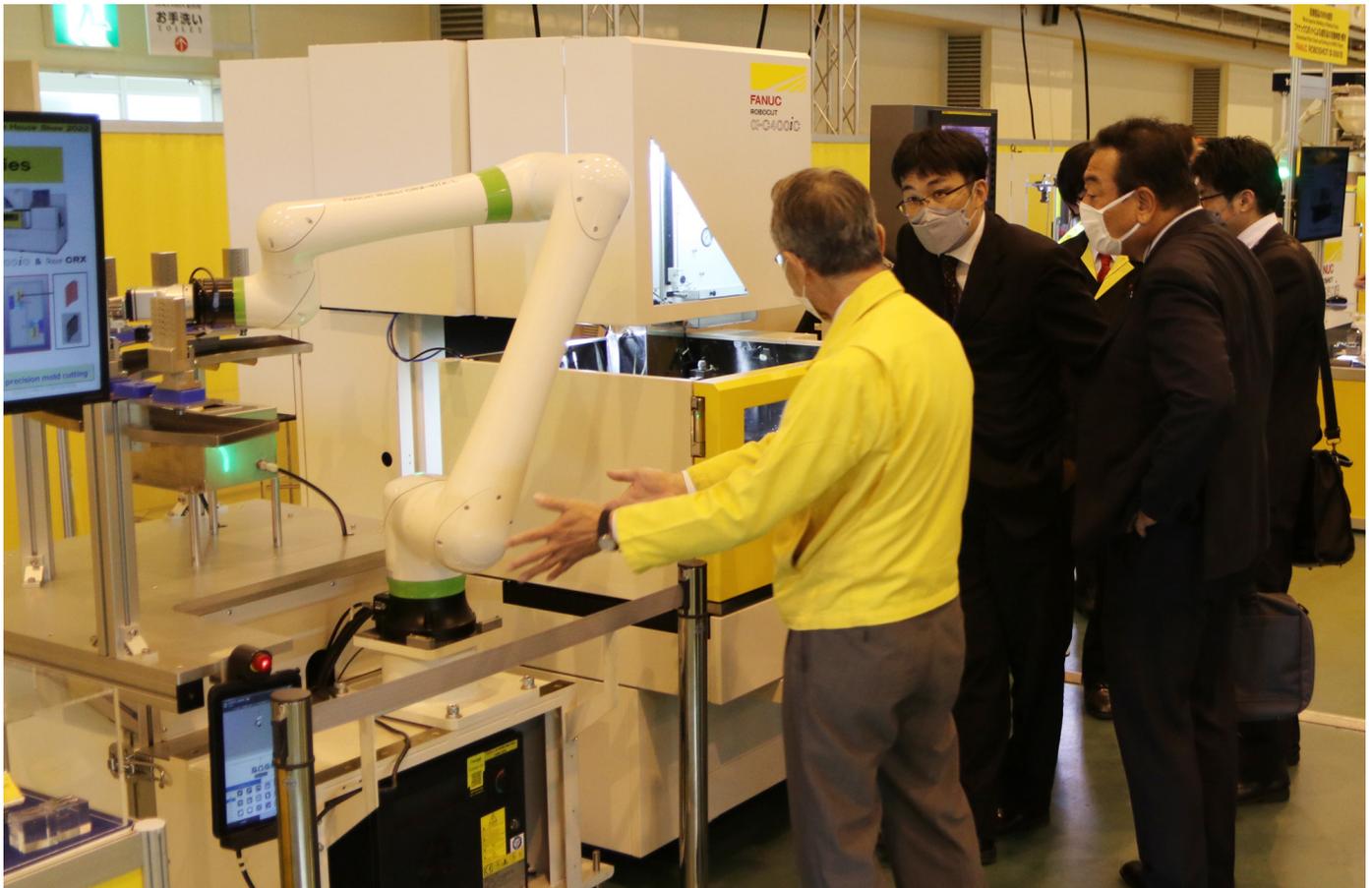
社会環境については、持続可能な社会のSDGsを推進するために、エネルギー消費の見える化に対する機能が充実していました。すなわち、省エネ、エネルギーの削減は見える化によってユーザーの意識を高める必要があることを強く感じました。この機能によって、ユーザー側では運用面における指針、機器の設計側からは設計に対する指針を明確にすることができますので、非常に素晴らしいアプリケーションだと思います。特に、工場全体を管理する必要がある場合には、この機能を生産ラインに組み込んで、いかに効率よく運用するかを考えるきっかけとなり、非常に高い効果が期待できますね。

顧客対応という点では、ロボドリルの開発においてユーザー志向が非常に高く、色々なご苦労を重ねてられてきたことを感じました。昨年または一昨年に、私は「使いやすさ」から「使いこなし」へという話をしたことがあります。今回、ご紹介いただきました専用Gコードについては、まさしく「使いこなし」へのアプローチが実現しつつあると思っております。特に、この機能によって、非常に微少な穴開け加工で、工具を折ることなく沢山の穴が安定して穿孔できるようになったのは非常に素晴らしい成果だと思いますし、このようなGコードの開発自体に意義を感じました。今後、例えばロールインなどの加工法のように、工具が欠損しないようなカッターパスをコード化するというにも取り組んでいただければ、さらなる高度化が期待できます。これは、加工ノウハウのデジタル化、あるいはパッケージ化になると思いますが、この機能が今後、匠（たくみ）の技のデジタル化につながることを期待しています。この専用Gコードは、動きのパッケージ化とコード化ですが、どこで速度を遅くするかなど、動き方のノウハウを入れた差別化ツールにもなれば、もっと面白い展開があるものと思いました。ただし、匠の技をコード化することは、匠の技をどのように同定するかを考える必要があります。御社のこれまでの周辺技術を色々と結集することで、同定方法をデジタル化し、ロボドリルの制御に組み込んでいくことができると思います。

制御パラメータの自動調節については、先ほど白瀬先生がおっしゃられていましたが、機械の経年劣化によってこのパラメータが変わ



松村先生



ロボカット展示

るように思います。それであれば、パラメータの変化によって経年劣化を逆に定量化できることが考えられます。機械側の動きに対するパラメータの履歴から経年劣化を推定できれば、ユーザにとって保全や新規導入に有益な情報となるように思います。

工作機械のハードに関しては、社本先生がおっしゃられていたように、タッピング主軸は画期的な技術だと思っております。この主軸は「軽くて高速」ということで、ハードの視点からの省エネ化につながることを強調されておりました。これも、最初にお話ししましたように、環境対応に寄与する技術ですね。

ロボドリルのご紹介から少し離れますが、FA技術ではサーボビューアを用いた加工面推定、機械のシミュレーション、切削負荷シミュレーションについてご紹介いただきました。これらの成果をロボドリルの中で活用できれば、さらなる発展ができるのではと思います。現在では処理の面で、まだ課題があると聞いておりますが、これだけの開発をされてきた御社にとっては、これも夢ではないものと思っております。

社長：松村先生、貴重なお話をどうもありがとうございました。佟本部長からコメントをお願いします。

佟：ロボドリル研究開発本部の佟です。本日はありがとうございます。前回の座談会では、先生から「簡単に使っていただく」より、「簡単に使いこなしていただく」というお話をいただきました。それを具現化したのが、まさしくロボドリルの加工技術の機能化です。今回

リリースした中では、特に小径穴明け加工は難しく、従来では数穴で工具が折損してしまうこともありましたが、我々の今までの加工ノウハウを1つのGコードにまとめて、いわゆる職人さんではなくても、職人さん並みのパフォーマンスを出せるようなものを、お客様に提供できないかと考えて開発に取り組みました。その背景には、ロボドリルをなかなか使いこなしていただけないで、機械のパフォーマンスが十分に引き出せないため、正当な評価につながらないという事情がありました。それを、簡単に使いこなしていただけるように改良することで解決を目指しています。



佟本部長

また、最後にコメントされた加工面推定などのFAの最新機能に関しては、ロボドリルはFAのショーケースという側面もありますので、今後も積極的に取り込んで、ロボドリルのユーザ様はもちろん、他の工作機械メーカー様に対しても、適用事例という形で紹介して行けると思います。今後も頑張りたいと思います。よろしくお祈りします。

社長：ありがとうございます。続きまして、國枝先生からお話を頂戴できればと存じます。よろしくお祈りします。

國枝先生：東京大学の國枝です。本日はワイヤ放電加工を中心に盛りだくさんの技術を見させていただきました。ありがとうございます。

した。

ワイヤ以外のことで、御社のサービスに関するいろんな展開に非常に感銘を受けました。修理のサービスやユーザーのための予防保全、加工機側の制御盤を変えずにロボットを取り付けるなど、ユーザーの要望に沿った取り組みに非常に感銘を受けました。

ワイヤ放電加工についてですが、ワイヤというあれほど柔らかい工具で、1ミクロンの精度を出しているというのはすごいことだと思います。よほど技術の改良を重ねた結果だと思います。本日、具体的に技術者の方から幾つかの改善点やアイデアをお伺いして、なるほどと思った次第です。

いろんな加工パラメータの設定が必要な中で、1ミクロンという精度を出すときに、加工していなくても加工液の噴流を出すだけで数十ミクロン振動するようなワイヤで、どのように1ミクロンの精度を出しているのでしょうか。それは多分、まだ実験を通してトライアル・アンド・エラーを重ねたり、実験で求めたデータベースを使ったりして、そのような加工精度を達成しておられると思いますが、どの辺まで理論的に加工条件を求めておられるのでしょうか。狭い加工溝で発生する放電による放電反力や、狭い溝で振動するワイヤが流体から受ける抗力は、まだなかなか計算から求めることは難しいと思いますが、そのようなところはどこまで理論的に求めていらっしゃるのか、非常に興味を持ちました。

それから、加工速度についてですが、昔は各社が加工速度の競争を激しくやっていた時代がありました。最近、あまりその競争が聞こえてこないのですが、加工速度については、もうこれでいいのでしょうか。毎年、私は申し上げておりますが、放電加工というのは、放電痕で溶けた領域のうち1～2%しか加工くずとして出ていないのです。ですので、まだまだ加工速度を向上する余裕が十分あるのですが、なかなかそれが実際にはうまくいかないというのが現実ではあります。そのあたりの加工速度向上に関するアプローチはどのようにチャレンジなさっているのか、その辺も興味を持って見学させていただきました。

社長：國枝先生、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。國枝先生には、日頃から放電現象の解明についてご指導いただきまして、誠にありがとうございます。

先ほど國枝先生から、加工液の噴流を出すだけで大きく振動するワイヤで、どうやって最終的に1ミクロンオーダーの加工精度を実現しているのかというお話がありました。

現在、シミュレーションによるワイヤ挙動の同定に取り組んでいる最中ですが、そこは非常に難しく、まだまだうまくいっていません。1ミクロ



國枝先生

ンオーダーの加工精度を得る為に現状は、ワークの板厚やワイヤの材種ごとに、実際にワイヤ放電加工によりテスト加工形状を切断して、目標の加工精度が得られる様に放電加工のパラメータを調整しながら、膨大な数の加工条件を取得しています。このような状況ですので、ワイヤの挙動を理論的に同定して、加工条件の取得に活用できる程度にシミュレーションの正確性を高めていくということは、非常に大切ですので、今後も継続して取り組むべきテーマだと考えております。

それから、加工速度アップについてもコメントをいただきました。加工速度の向上は私共の長年の課題でもあります。先日、國枝先生からは、単発放電で一旦溶融したワークの大部分を除去できず再凝固させてしまっているという貴重な観察結果も示していただきました。まさにその点をヒントにして、水流の理想化や放電制御の最適化を考え始めたところです。加えて、現状の水中で放電加工を行うことが最適なのかどうかも含めて、今後も積極的に検証していきたいと考えております。

いずれにしても、ワイヤ放電加工は非常に時間が掛かるというのが定説になってしまっていますので、この状況を改善して、ワイヤ放電加工機をお使いいただいているユーザーの皆様にご貢献できる方法を探していきたいと思っております。

今後も引き続きご指導をよろしく願います。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、梶原先生、よろしく願います。

梶原先生：東京大学の梶原です。私も座談会に参加させていただくのは今回が初めてでして、御社のトップの方々と、重鎮の先生方に囲まれて、いささか緊張しておりますが、よろしく願います。

私自身がやっている研究は、射出成形を使った金属と樹脂の直接接合です。簡単に言えば、金属の表面にテクスチャを作って、そこに対してインサート成形で樹脂を流し込んで、アンカー効果等で強固な接合を作るといような、研究をやっております。他にも、顕微鏡などもやっております。先ほどの接合の研究の中で、御社のロボショットを使わせていただき、非常に元気に動いておりますし、研究の進展に非常に貢献しております。ありがとうございます。

ですから、ロボショットの関連内容を中心にコメントをさせていただきます。まず、全体を見させていただいて、やはりユーザーズにすぐ感度が高く、それに対してすぐ改善策を実装され、性能を改善されているというのは、非常に感銘を受けました。

ロボショット以外であれば、例えば、何度も話題に出ていますけれども、CNCガイド2によるデジタルツインの精度向上やロボカットでのテーパ形状作製が二十分分で非常に早く削れるようになったという話は大変驚きました。

ロボショットのほうも、さまざまな工夫をされ、ここ1～2年で性能の向上やアプリケーションの開拓というのが非常に進められている



梶原先生



藤元本部長

のは感銘を受けました。

ロボショット自身の性能の面で言えば、まず一つは、昨年、第51回機械工業デザイン賞 IDEA 日本産業機械工業会賞を取られた21.5インチのパネルです。元々、ファナックのパネルは大きくて使いやすいと、特に、われわれ実験する立場としては、いろいろなセンサの信号を実験しながらモニタしつつといった状況で実験できるのは大変ありがたいです。今回、ブラウザ対応のパネルを作られ、実際に LINKi の状況とかも全てモニタできるというので、IoT の進展にもすごく重要な技術であると思いました。

パネルそのものではないですが、温調が EUROMAP の規格できちんとつながって、本体から動作できます。普通は温調と成形機は独立しているので、温調はわざわざ行ってコントロールしないといけません、それが本体側から全部できます。

先ほど、浅間先生がユーザビリティの向上が素晴らしいとおっしゃっていましたが、そういった一つ一つの積み重ねというのが、われわれユーザとしては大変ありがたいと思いました。

性能面で言えば、型締力センサによる型締力の自動調整について見せていただきました。その型締力センサが重要なパラメータであるというのを、やはり、これはさまざまところに対して感度が高いというところから、そのセンサの信号に目を付けられて、性能向上につながっていることで、素晴らしいなと思いました。

地味かもしれませんが、バレルカバーをうまく設計することで、省エネ化を図られ、熱のコントロールによる省エネを9%達成されて

おりました。結構、地味な話ですが、非常にシンプルに省電力化ができていたというのは、非常に筋のいい話だと思いますし、ぜひ、そういったところにどんどん、非常に感度の高い御社の技術を生かして進めていただければと思います。

性能向上だけじゃなくて、アプリケーションを、最近、展開されているなど思ったのは、まずリサイクル材です。3年前のデュッセルドルフの K ショーに伺った際に、一番驚いたのは、以前の K ショーにはほとんどなかったリサイクルが、ブースが乱立しすぎて注目されていたことです。

欧米ではその時点からすごくリサイクルのほうに目が行っていて、日本でも少しずつサーキュラーエコノミーの流れが来ていますが、あるカーボンニュートラルの GX (グリーントランスフォーメーション) のシナリオだと、2050 年になるともう化石燃料は使わないとことです。化石燃料を使わないということは、ナフサが取れなくなるので、プラスチックが作れなくなります。

そうした場合に、やはり一つのパスとしては、リサイクル材を使うという流れは、当然できてくると思います。やはりリサイクル材を使うというのは、国内においても非常に重要な技術になってくると思います。ファナックではそこを既に始められて、少しずつ成果を出されているということで、ぜひ、このまま流れを続けていただきたいと感じています。

もう一つ面白いと思ったのは2材成形です。一般的な2色成形は前からあり、普通は金型が回転して2色を打ちますが、御社の場合、



ロボショット展示

金型は動かずにロボットが動いてピックアップし、次の金型に打つという、非常に面白い技術を見せていただきました。

質問ですが、普通、2材成形は型を回転させますが、あえてロボットでピックアップして付けられているのは、回転時の位置決め精度等を問われるためにロボットを使用しているのでしょうか？見た目はすごく面白いのですが、その理由を教えてください。

最後に、IoTとかAIに対する取り組みです。特にロボショットで、どのような戦略で進められているのか気になっています。FIELD systemやLINKiなど、いろいろありますが、それらは成形機同士の関係や稼働状況の診断、いわゆる生産技術に適用されています。AIも故障前診断などいろいろと使われていますが、成形そのものに適用するような方向性が進められているのか、将来的に考えられるのか、その辺りを少しお聞きしたいと思っています。

例えば、先ほどのリサイクル材の成形であれば、型内にセンサを入れて、そのさまざまな情報を機械学習でうまくコントロールすることによって、成形の精度を上げたというプレスリリースが、今年3月に日立から出ています。そういった方向性が御社としてもあり得るのか、成形現象、成形品の精度向上ないし成形の状況の向上そのものに対して、AIを含めて、どういう戦略で持っていこうとされているのかお聞きしたいです。

ヨーロッパのある会社では、成形機の中に1,000以上のセンサを入れて、ビッグデータの取得・解析を行い、重要なデータに対し機械学習をして、成形の最適化を行ったという例もあります。御社として今後どのように行こうとされているのか教えていただけるとありがたいです。

社長： 梶原先生、ありがとうございました。幾つかご質問がありましたが、内山本部長、いかがですか。

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。

最初にユーザビリティのお話をいただきましたが、今回 PANEL iH Pro で大画面を実現し、もちろん画面の操作系は随分改善したと思いますが、さらに PANEL iH Pro を活用して色々な情報を集約し、分析、活用することで、さらなる操作性アップにつなげたいです。そしてそこに、AIを使った改良が加わってくると考えています。

射出成形機の場合、成形条件というのは多種多様ですが、画面が大きくなったからといって、これ以上むやみに画面数を増やすのはあまり良くないと思っています。やはりお客さまの視点に立って、いかに簡単に設定ができるようになるかという点で、AIの利用価値が出てくると考えております。

それから、ご質問をいただきました2材成形の成形方法ですが、先ほど先生からもご指摘がありましたように、金型をロータリーテーブルで回転させ、2材成形を行うという方法もございます。しかし、金型が非常に複雑になり、さらに位置決め精度や金型を壊しやすい

という問題もありますので、今回はロボットを活用しております。

次にリサイクルについてのご指摘ですが、まさに省エネとリサイクルは今後のプラスチックの大きな課題と感じています。プラスチックはある意味、今、逆風の時代にあり、これをいかに追い風に変えていくかということだと思いますが、そんな中でリサイクル材をうまく利用し、かつリサイクル材といえども、やはり精度をしっかりと維持するというところが今後の大きな課題になっています。先生からも、お話がありましたように、リサイクルについてはヨーロッパがかなり進んでおります。実は、ヨーロッパの射出成形市場は、電動化率というのは、まだ40%程度で、日本の90%から比べるとかなり低い状態です。今後、ヨーロッパでロボショットを伸ばすには、リサイクル材に対応し、環境対応や省エネを前面に出したアプローチが必要と考えております。

今日は、いろいろと先生からご助言いただきましたので、しっかり検討していきたいと思っております。今後もよろしくお願ひいたします。今日はどうもありがとうございました。

社長： 以上、FAを中心、ロボットを中心、ロボマシンおよび加工技術全般を中心ということでお話を進めてまいりました。

■ 総評

社長： 最後、まとめになりますが、新野先生にお話を頂戴したいと思っております。よろしくお願ひいたします。

新野先生： 本日は、新商品発表展示会にお招きいただきまして誠に有難うございます。3年ぶりにファナック社の技術者の皆様にお会いし、それぞれの新商品について開発担当者との貴重な意見交換をさせていただくことができました。

近年、高度情報化社会や少子高齢化社会の到来に伴って日本の製造産業を取り巻く環境は劇的に変化しています。本新商品発表展示会では、それらの環境変化に対応可能な様々な新商品に関連する具体的な研究開発の成果が紹介されていました。複数の先生方の発言内容にも含まれていましたように、新たな配色・デザインによる協働ロボット、デジタル技術を活用した環境負荷低減方法、加工工程のリアルタイムシミュレーション、ロボットとAGVの融合による自律走行ロボット、デジタルツイン技術を活用した加工工程最適化など、学術面からも注目すべき新商品が提案されていました。一般的にFA分野の研究開発課題は学術研究に昇華することが難しいと言われてきましたが、今回の新商品発表展示会に出席し、開発担当者との意見交換を行った結果、必ずしもそうとは言えないということを認識しました。例えば、新製品のひとつであるAIサーボチューニングではモデル化、プロセスの定式化を経て、加工面の推定、あるいは加工パラメータの推定に成功しており、その過程で新たな学術的な知見が多々得られていることを確認できました。一連の研究開発の過程、成果を容易に学術研究論文にまとめることができると感じました。一方、前回開催の新商品発表展示会ではどちらかとい



内山本部長



新野先生

うと構想段階であったデジタルツインについて今回は具体的、かつ実用的な研究開発の成果が得られていました。それらから、今後のデジタルツインに関わる新商品開発の方向は、自律化の実現であると強く感じました。また、これまでの展示会で注目してきた FIELD system については、プラットフォームとしての活用を推進しようとしている様子が見受けられたものの、あまり印象が残らなかったことから顧客に対する見せ方にもうひと工夫が必要な印象を受けました。

ところで、日本の製造産業を取り巻く環境、すなわち政治的、経済的、社会的、ならびに技術的要因を勘案すると、日本の製造産業についてその産業競争力が著しく低下していると強く感じています。現時点におけるマスコミの論調はそれほどでもないものの、個人的には危機的な状況にあると認識しており、早期に課題解決を図る必要性について、またとないこの機会に指摘したいと思います。常日頃、日本の産業競争力を強化する上で解決すべき具体的な課題について検討し、整理しています。現時点でそれらの課題は概ね7項目に集約することができましたので、それぞれの課題について順次、説明させていただきます。

まず第1の課題は、「人的資源 (Human resources) の質および量の確保への対応」です。今更の感のある現政府が掲げる「人への投資」の政策パッケージでは不十分であり、産業波及効果は限定的でしょう。現在、一部の製造企業でデジタルトランスフォーメーション (Digital transformation, DX) を推進するため、人材の再戦力化戦略として米国発祥の Reskilling (職業能力の再開発・再教育) が試みられ、成功していることが報告されています。国内の製造産業では、外部人材の登用といった水平分業型の人材活用が盛んに進められているものの、長期的観点から当該企業のコアコンピタンスの強化という観点からは疑問です。長期的視野による人材戦略の策定が必要となります。

第2の課題は、「製品のコモディティ化への対応」です。浅間先生の発言でコモディティ化について触れられていましたが、コモディティ化について別の観点から指摘したいと思います。デジタル技術の進展に伴って製品の差別化が困難になり、製品のコモディティ化が問題となります。その問題を回避するために、商品開発においては容易に真似をされない、すなわち他社には真似をできないような仕組みを当該商品の中にこっそりと組み込む必要があります。このことは簡単に真似されないように製品構造を擦り合わせ製品にすれば

良いということの意味しません。例えば、モジュラーデザインの製品の場合、当該企業にしか容易に実現できないモジュール (構成要素) を製品構造の中に組み込むという方策を検討する必要があります。今回の新商品発表展示会で発表されている新商品の中にしっかりと適用されているはずで

第3の課題は、「複雑化・高度化する顧客ニーズへの対応」です。顧客ニーズを把握しようとして市場調査を実施しても、恐らくありきたりの結果しか得られません。顧客の知らない、あるいは顧客の気づいていない新たなニーズは、当該顧客から引き出すことはできません。シーズが良ければ、ニーズは後からついてくるといった独善的な思考だけでは必ずしも成功しません。しかし、既存の顧客ニーズを先回りした将来の顧客ニーズを策定し、そのシーズを特定すると共に、いち早く獲得、育成することは今後の製造産業を成功に導くために必要な処方箋のひとつであると私は信じています。

第4の課題は、「プロセスイノベーション・材料イノベーションへの対応」です。これらはかつての日本のお家芸であり、日本の強みでした。1980年代から1990年代初頭にかけて日本は、高度経済成長を象徴する Japan as Number One の出版にも代表されるように、自動車産業における生産技術、セラミックスや先進複合材料等の新材料開発競争の分野で世界一であることを自他ともに認められていました。残念ながら現在の日本は、経済面、技術面で全世界の潮流から見ると周回遅れを引き起こし、欧米の後塵を拝していることが指摘されています。今後、失敗を恐れず、かつての日本の製造産業が正にそうであったように、新技術・新材料の適用に関する研究開発に果敢に取り組み、国際市場に新製品を投入することが望まれます。

第5の課題は、「製造現場のデジタル化への対応」です。現場における熟練技能者や熟練技術者の減少に伴い、「技術は人についていく」ことがあらためて重要な問題になっています。人が所属していた企業を辞めると、その人が長年にわたり蓄積していた技能や技術は当該企業から散逸してしまうことから、当該企業にとって重要な技能や技術の世代間伝承は行われません。多くの製造産業では、もはや手遅れの感があるものの、職業能力開発のDX化を対象に、私共でも取り組んでいます。今後、熟練した技能者・技術者の蓄積された経験や勘をデジタル技術の活用、定式化、体系化することにより、技術伝承・技能伝承を系統的に実現することが必要不可欠です。



サステナビリティの取り組み



サービス展示

第6の課題は、「カーボンニュートラル・資源制約への対応」です。本日の新商品発表展示会では、省エネルギー化、軽量化、高速化のテーマがCNC デジタルツイン、ロボショットのブースなどに掲げられ、環境負荷低減に対する具体的な取組が紹介されていました。カーボンニュートラルの観点から、現在の製品を構成している構造材料が果たして最適な材料であるか、あるいはその利用方法は最適であるか、ということ、製品のライフサイクル全体から、あらためて再検討する必要があります。

第7の課題は、「リスクマネジメントへの対応」です。企業は不確実性事象の発生に対して、可能な限りリスクを最小化する方策をあらかじめ用意する必要があります。しかし、多くの場合、それらの方策は成功していないのが実状です。最近のロシアによるウクライナ侵攻において様々な分野でリスクマネジメントの不備が顕在化していることから、リスクマネジメントの重要性が高まっています。製造産業界ではオープンイノベーションを成功させるために、水平分業型のビジネスモデルの有用性が喧伝され、普及しています。しかし、企業によってはリスク発生時におけるロジスティックスの確保やカントリーリスクを回避する観点から、垂直統合型のビジネスモデルに回帰する動きも散見されます。システムにおける適材適所、バランスを考慮して冷静にマネジメントを行うことが重要であることが認識され始めています。

以上に指摘した日本の産業競争力を強化する上で解決すべき7項目の課題は、日本の製造産業を取り巻く環境を勘案すると当然取り組むべき一般的な課題です。ファナック社では既に解決済の課題かも知れません。日本の産業競争力の強化を実現するためには、個々の企業が単なる商品の売りっ放しではなく、日本の製造産業の強みである「きめ細かなサービス」をさらに一層拡張すること、すなわちハードウェア・ソフトウェアをパッケージ化して、システムインテグレーションの機能・役割全般を当該企業が事業として推進することが重要になると考えます。今後、ファナック社が、「ものづくり・ことづくり・ひとづくり」を三位一体で取り組まれ、大きく事業展開されることを祈念します。

最後に、3年ぶりに対面による新商品発表展示会にお招きいただき、誠に有難うございました。本日、出席し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。今後、ファナック社の益々ご発展を祈念しています。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：本日は貴重なコメント、アドバイスをたくさんいただきましてありがとうございました。3年ぶりのリアルの社内展開催でしたが、多くの先生方から、「来て良かった!」と言っていただき、本当にありがたい気持ちでございます。準備・運営した我々も、まさに同じ気持ちでございます。展示物に触り、また動く音とか動作を直に感じていただき、説明者と直に対話する事により、オンライン展では得られない、実感を伴った、より深いご理解を得ていただける事を期待しておりました。本日はいただいた貴重なご指導を、今後の商品開発にしっかりと役立てていきたいと思っております。

また、恒例の新野先生のご発言、本当にありがとうございます。

実は、私も全く同じ思いでして、日本の製造業が、現在、世界に対して遅れを取っている事は事実ですが、まだまだ勝機はあると考えています。

世の中、モノからコトへという、耳障りのいい言葉で、皆さん、モノを忘れてコトへコトへとシフトしようとしています。逆に言えば、いいモノを作っていけば更にもっといいコトができるという事が私の信念です。ですから、これからも我々は、モノを忘れず、その上でコトも作って参ります。そして、モノを忘れてコトにシフトしようとしている海外に対して、地道なモノづくりが日本の強みであり、そしてファナックの強みでもあると考えております。このような考え方の中で、FA、ロボット、ロボマシンに関してハードの部分をしっかり作っていき、且つ、それらに載せるソフト、それらをつなぐIoT、そして、またそれらを賢く使うAI技術を統合する事で、日本の製造業の強みに貢献できていければと考えております。こうした事を口でいう事は簡単ですが、現在、実現できているわけではありません。しかし、我々はこの方向に進んでいきたいと考えております。

最後になりますが、本日、この座談会に出席していただいた先生方から直接ご指導をいただいた事は、研究開発部門のメンバにとって大きな励みになったと存じます。本日は誠にありがとうございました。

社長：先生方、ありがとうございました。予定よりもだいぶ長いお時間をいただきまして、誠に申し訳ございませんでしたが、私どもには大変貴重な機会でございました。どうもありがとうございました。



稲葉会長



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