

わたしの仕事

(37) DMG森精機株式会社

廣野陽子（H19/2007卒）



1. はじめに

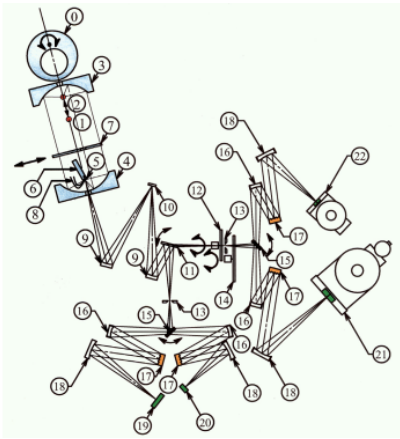
京機会会員の皆さま、明けましておめでとうございます。2007年に熱物理工学研究室（牧野研）を卒業、2009年に精密計測加工学研究室（松原研）を修了しました廣野陽子と申します。京機短信1月号という新春号に寄稿させていただきますこと、大変光栄かつ有難いことと存じます。京機会の「わたしの仕事」について、直近では同級生の投稿が相次ぎ、また、オンラインの新人歓迎会や総会、更には仕事関係でも同窓生にしばしば遭遇するようになり、懐かしさも相まった今、この節目での投稿に感慨深く筆を進めている次第でございます。

わたしは、大学3回生の授業で初めて旋盤の理論を学んだとき、この機械を考案した人は天才であると衝撃を受け、また、同学年での実習授業では、学生実習工場において初めて普通旋盤/手回し旋盤を回したときから、もう「工作機械」というものに心を奪われ、知れば知るほど好きになり、今に至ります。下手の横好きという視点で工作機械についてご紹介させていただきたく存じます。

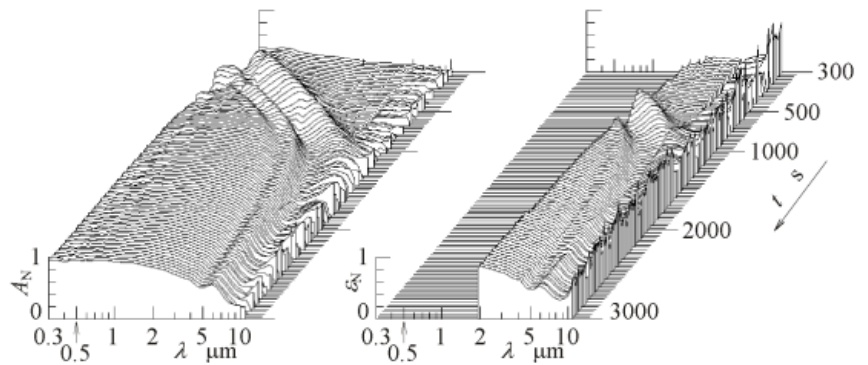
2. 大学・大学院での研究

大学3回生時、どの研究室に所属したいかという研究室見学に参加し、憧れの工作機械の研究室（精密計測加工学研究室、松原研）を訪れ、ぜひここへと心に決めたことが昨日のように思い出されます。4回生の研究室配属は大体がじゃんけんで決めるということで、それもまた一興と考え、負けたこともまた鮮明です。その後、当時の授業だったか何かの説明会だったかで、松久先生から、「B4/M1・2で異なる研究室に行った方が面白い」というお話を聞き、（当時の松久先生は、ここでは記載するのが憚られるほどの前衛的なご発言もあり、やはり京都大学に籍を置く者としては、それこそが我が出身校の良きところであり愛すべきところであると思ったものですが）じゃんけんで決まったということは、何か意味があることだったのではないかという気もしてきて、牧野研へ喜んで入りました。そこでは、C++を用いた分子動力学シミュレーションから実験まで幅広く学ぶこと

ができ、学士論文は「高温大気酸化過程にある金属表面の半球反射率と放射率のスペクトルの測定」というテーマに取り組ませていただきました。まず、黒体を作るというお題をいただき、どうすれば黒体になるかを考えた結果、ステンレス鋼にφ24mm程度の大きな穴を開け、φ1mmほどの穴が開いたふたをかぶせようとするに至りました。全反射を目指すためには内部の形状精度や表面粗さがランダムであればあるほどよいということで、慣れていない自分が加工することになり、あまりに下手すぎてモクモクとステンレス鋼から煙を上げながら大好きな旋盤で穴加工をしていました。この経験こそが、自分はどんくさすぎて旋盤工にはなれない、旋盤を設計する方がまだ向いているかもしれないと思った瞬間でした。



Experimental setup

Figure 5. Spectrum transition of absorptance A_N and emittance ϵ_N .

Ref: [New Spectrophotometer System for Measuring Thermal Radiation Characteristics of Real Surfaces of Thermal Engineering Entirely](#), T. Makino and W. Wakabayashi, *Journal of Thermal Science and Technology*

大学4回生での院試を経て、大学院からは夢にまでみた工作機械の研究室（精密計測加工学研究室、松原研）へ入ることができ、松原先生からお題をいただきました。「最近では2階の工場にも工作機械を設置するメーカーがあります。例えばタンクローリーが隣の道路を走ったとしましょう。どの程度、道路が振動し、建物に伝わり、工作機械に伝わり、製作される部品の精度に影響するのでしょうか？ 無視できる程度なのでしょうか？ 何か対策を打った方が良いでしょうか？」心が躍りました。なんと面白い。しかし、自分には考える術がない。どうすればよいのか。そこで、当時博士課程1回生、現在松原研で准教授をされている河野先生が何かから考えれば良いかを教えてくださいました。研究室にはFFTアナライザがあり、ファンクションジェネレータがあり、工作機械があり、NC（数値制御）が

あり、それらでこういった実験を行えば何が得られるのか、基本的なことを教えてくださいととも、考えるヒントをいただきました。毎月、様々な企業の方へ発表させていただける機会もあり、そこで考え直すことも多々あり、だからこそ、自分などに工作機械という題材は務まるのか、社会に出てからも取り組んで良いのかという自問自答も始まりました。就職活動が始まり、当初は工作機械業界のみを希望しており、第一志望は当時の株式会社森精機、現DMG森精機株式会社でしたが、最後の方には自信を無くし、他の業界も多少見る（といっても、大学にOBが来られる際にお話を聞く程度でしたが）ようになりました。しかし、やはり他業界はじっくりこず、結局、三菱重工業株式会社様がニッチな工作機械開発を行っているを知り、どこよりも早く合格通知をいただけたという流れもあって入社を決めました。

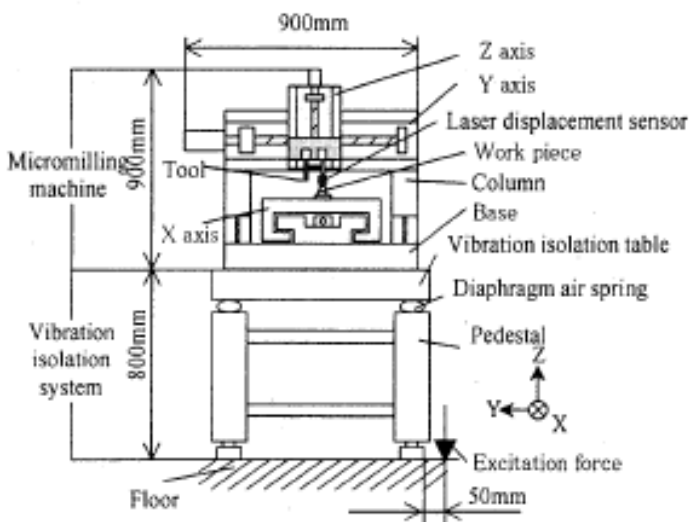


Fig.1 Experimental system

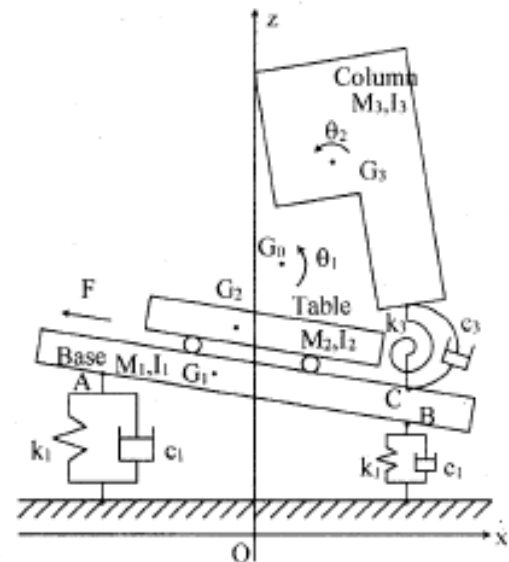


Fig.4 Rigid vibration and internal vibration model

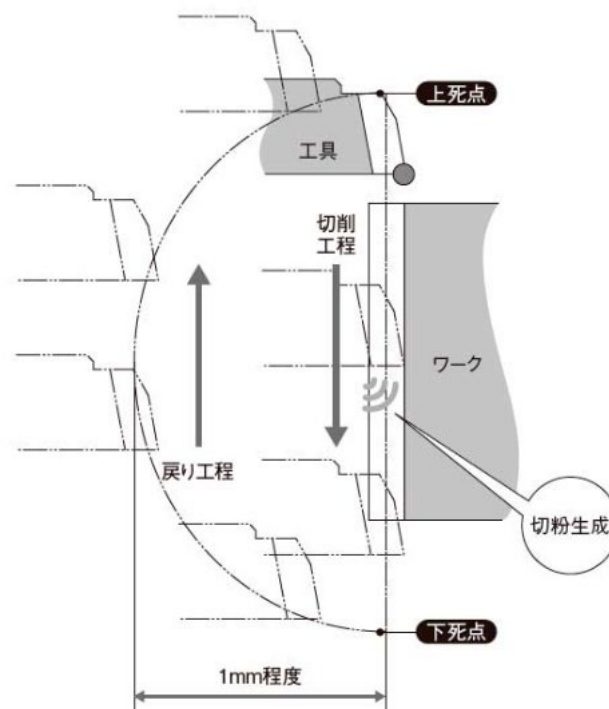
Ref. マイクロ切削加工機の振動解析（廣野、松原、廣岡）日本機械学会第7回生産加工・工作機械部門講演会

3. 三菱重工業株式会社での工作機械開発

3. 1 新入社員論文

三菱重工業株式会社の工作機械部門では、普通の旋盤やマシニングセンタではなく、歯車を加工する専門の歯車機械や、数mもの対象を加工する大型機などがありました。2009年の入社から2019年4月の平成最終月まで在籍し、様々な経験をさせていただきました。まず、有名なお話ですが、三菱重工グループでは、新入社員に「新入社員論文」というものを課します。これだけで仕事になるわけで

はないですが、1年を通して何でも良いので論理的に取り組み、その成果を論文にまとめよというものです。また、タグチメソッドなどの品質工学を使用した社員は、各事業部で優秀者を1名以下募り、最終的には本社で発表の上、当時の研究所所長からお褒めのお言葉をいただくというセレモニーもありました。わたしは、ギヤシェーパのリリービング干渉に取り組みました。歯車機械で最も有名なのはホブ盤ですが、2段ギヤ加工など、ホブが干渉する場合に用いられるのがギヤシェーパという機械です。下図のように、上から下へ動くときに加工を行い、下から上へ動き際には加工を行わずリリービングを行います。これがヘリカルギヤの場合、どのような経路で逃げなければ干渉するのか、しかし安全を見すぎると時間がかかる、などの理由で、リリービングをシミュレーションし、加工・非加工時間予測を精密に行うことが当時は難易度が高いものでした。精密に予測できても時間がかかり過ぎては意味が無く、現代のようなスペックのPCも少ない当時においては、いかに早くある程度当たるシミュレーションができるかがカギであり、ここにタグチメソッド2段階活用というオリジナリティも盛り込んで面白い新入社員論文を書くことができました。研究所所長からスカウトされ、工作機械以外には全く興味を持たないので、三菱重エグループの他の事業所には何の興味もありませんと丁寧にお断りしたのも今となっては失礼な限りであったと反省しています。



3. 2 北米自動車メーカー向けホブ盤開発とゲストエンジニア

2年目は開発した機械の検証担当、3年目は上市した機械のフィールドトラブル対応で国内を津々浦々し、4年目には国内自動車メーカーとの共同開発をメインで担当、5年目に北米自動車メーカー向けホブ盤開発を担当しました。

2~4年目にも面白いことはたくさんあったのですが、次に皆さまと集まった際にお酒のお供にするべく、ここでは割愛したいと存じます。

5年目からは安全規格やスペックの読み解き、週に一度のお客様とのwebミーティングを行っていました。webミーティングといっても、現在のそれとは異なり、顔を映すと回線が重くなるため、画面共有を行いながら電話をしているような状態でした。機械設計者ではありませんでしたが、取り纏め業務を行っていたため、自動搬送を行うメーカーとのインターフェース信号の確認なども行わなければならない、アジェンダの準備、話す内容のスクリプト準備、議事録の作成とお客様やサプライヤ様への確認など、英語が苦手であるからこそ行わなければならないことも多く、最初は非常に苦労しました。

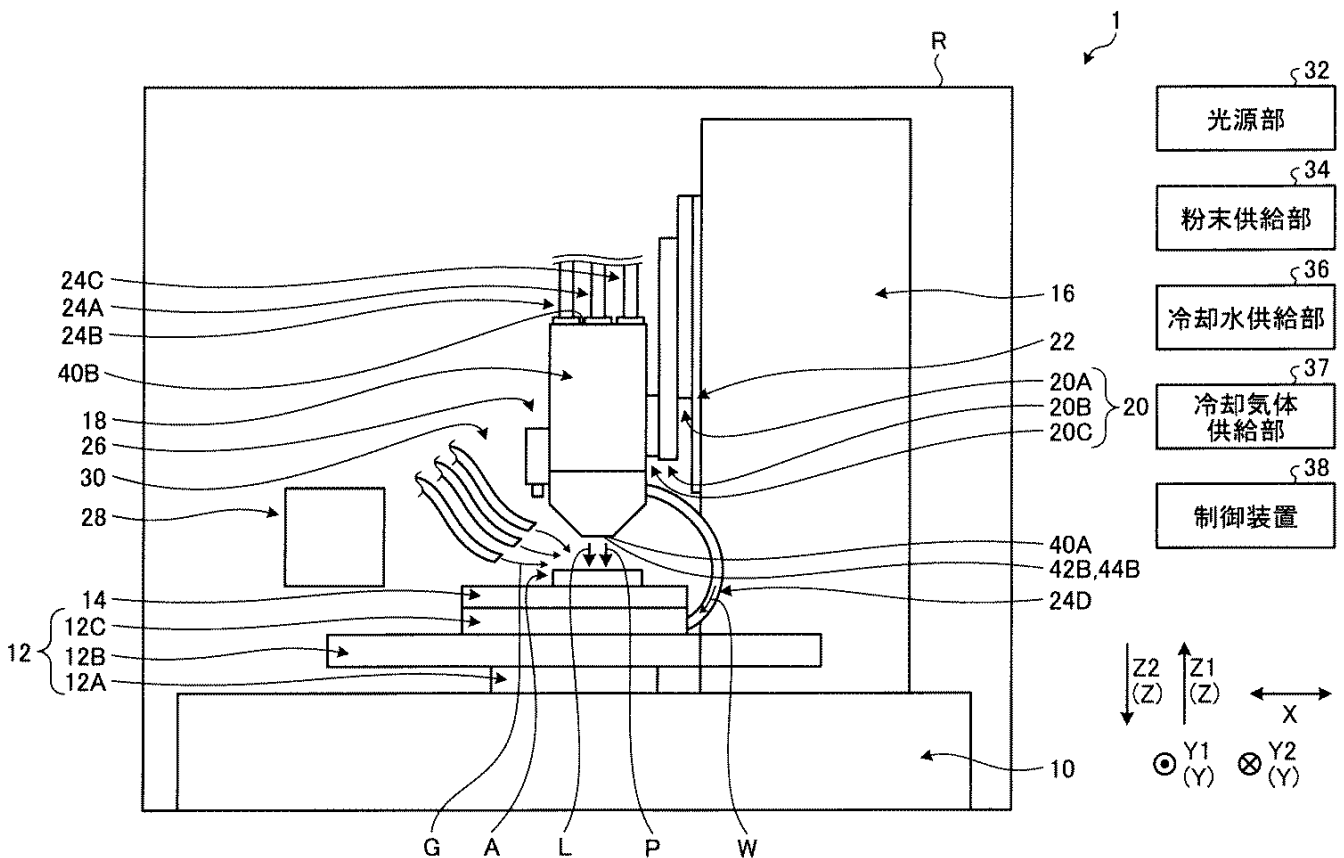
6年目には開発・設計・製造した機械を12台出荷し、7・8年目は米国の支社とお客様工場でゲストエンジニアとして勤務しました。アジア人は若く見えるため、最初は「アジアンリトルガール」とニックネームをつけられ、とくにデトロイトという昔気質の方々が多数いる土地柄もあり、ハンドリングが難しい部分もありました。しかし、わたしの判断に従ったことでうまくいく、楽になる、お金が稼げるなどのベネフィットを周囲が感じてくれるようになり、最後には何を言っても「イエス、ママ」と返してくれるようになりました。アメリカではP.E.（プロフェッショナルエンジニア）の地位が高く、地域や業界によってはPhDよりも評価が高いことあり、それを受け、わたしもP.E. Jp.（技術士）を取得しました。それも現地での成功に一役買ったのではないかと思います。また、1週間に1度は日本語を話したくなり、毎週土曜になると、日本人のマスターが経営する小さな居酒屋に通い詰めていました。そこには、1人で駐在する諸先輩方がたくさんいらっしゃり、1人で放り込まれたわたしを仲間のようによく扱ってくれ、ゴルフ場やカジノへ連れて行ってくださったり、高価なワインを飲ませていただいたり、歴史や経済をそれぞれの視点から語ってくれ、唯一無二の経験ができたと思います。



出張で飛行機に乗りすぎて航空会社から表彰され、ソムリエ田崎真也様と撮った写真

3. 3 Additive Manufacturing (AM、金属3Dプリンタ)

米国へ滞在している間に自分が主任になっていたり、会社が分社化されていたり、他メーカーの買収にあうのではという噂もあったりしましたが、とくに気にすることも無く、帰国後はお客様工場での経験を次の開発に生かそうと意気込んでいました。が、マーケティング部署のような新設部署へエースを集めると言われ、謎のまま参加、上司の不祥事で次なる部署へ1年未満で異動となりました。しかし、その部署こそが現在取り組んでいるAMを取り扱おうとしていた部署です。AMの技術的な説明については次章に譲りますが、今ではあれは運命的な出会いであったと思っています。AMを始めて1年3ヶ月、プロマネ兼唯一の機械設計担当である自分と電気ソフト設計担当である主人とで新製品を世に出し、特許を出願し、周囲からは家族経営の町工場と揶揄されていたのも良い思い出です。この分野は面白い、これからも取り組みたいと考えていたのですが、直属の部長に嫌われ、技術者生命を絶たれそうになっていたところを、松原研の1つ上の先輩に救われ、学生時代に第一志望であったDMG森精機株式会社へ転職する運びとなりました。



三次元積層装置及び三次元積層方法（特開2020-152946号公報）より

<https://astamuse.com/ja/published/JP/No/2020152946>

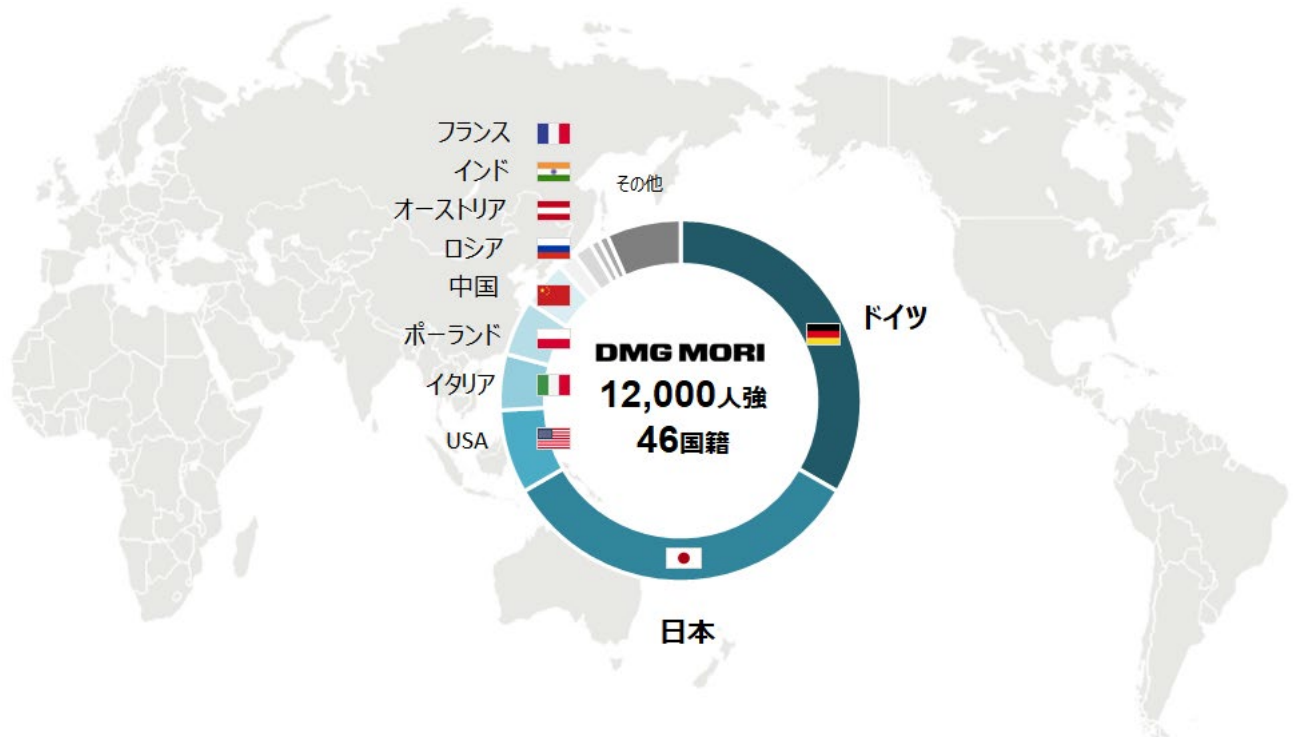
4. DMG森精機株式会社での開発

4. 1 DMG森精機株式会社と同社における開発

DMG森精機株式会社の事業内容は、工作機械（マシニングセンタ、数値制御装置付旋盤及びその他の製品）の製造、販売です。経営理念の1項目が最も分かりやすく端的に弊社の精神をあらわしていると考えため、記載します。

「わたしたちは、独創的で、精度良く、頑丈で、故障しない機械、自動化システム、デジタル技術を、最善のサービスとコストでお客様に供給することを通して、ターニングセンタ、マシニングセンタ、複合加工機、研削盤、加工オートメーションで、グローバルワンを目指す」

弊社は日本とドイツの会社が経営統合しており、社員の1/3が日本、1/3がドイツ、1/3がその他というグローバルな環境で仕事ができる面白い会社です。

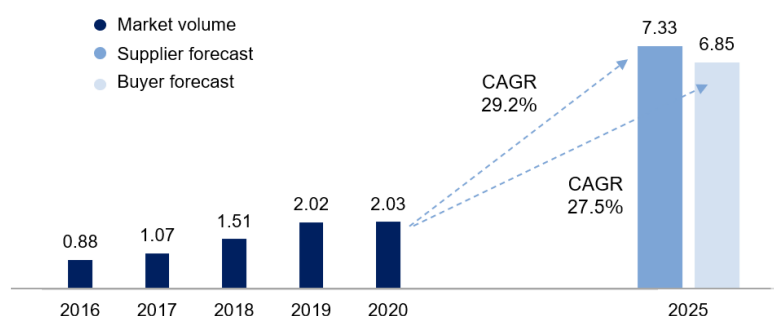


社員構成

4. 2 Additive Manufacturingとは

Additive Manufacturing（以下、AM）産業は1986年に初めて特許権利化されてから目覚ましい発展を遂げています[1]。その途上において人々の興味は、試作を早める目的であるラピッドプロトタイピングから、機能試作を行うファンクショナルプロトタイピングへと変化し[2]、新たな機能を付加する付加製造として、様々な業界に広まりました。Directed Energy Deposition（以下、DED）方式は、

航空宇宙産業での利用が期待されてきましたが[3][4]、昨今、そのアプリケーションは様々な分野に広がっています。たとえば、金型、ギヤ歯面、ベアリングシート、ロータリーダイ、カムシャフトなどへのhard facing（表面硬化、硬化肉盛）としての利用が挙げられます[5][6]。なかでも、DEDによる耐摩耗コーティング・クラディング、合金工具鋼などへのコーティングの要望が高まっています。これは、DEDが安価な母材の表面へ機能材料を付加することができるためであると考えます[7]。DEDの採用では図面をほとんど変更することなく、より安価に、より廃棄物を少なく、エネルギー消費量すなわちCO₂排出量を抑えられるという考えが一般的になり、そのハードルの低さからCAGR（Compound Average Growth Rate、年平均成長率）がAMの中で最も高いという下図[8]のマーケット予想に繋がっていると考えます。さらに、カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミーも背中を押しています。令和3年版環境・循環型社会・生物多様性白書[9]によると、企業や金融機関においても、パリ協定を契機に、ESG（Environment・Social・Governance）金融の動きなどと相まって、脱炭素化を企業経営に取り込む動き（脱炭素経営）が世界的に進展しています。また、21世紀政策研究所研究主幹梅田氏の著書[10]では、サーキュラーエコノミーで今後起こりうることとして、ものづくりのありかたの変革、製品設計におけるライフサイクル思考などが挙げられています。これらの大目標につながる製造手法として、今DEDが正に注目されていると考えます。

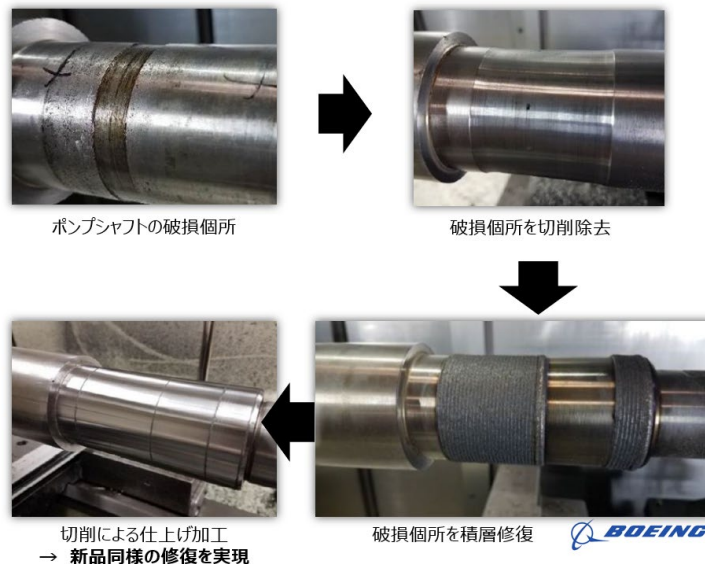


AM POWER REPORT 2021 Metal Additive Manufacturing より[8]

4. 3 DED方式AMのアプリケーション事例

下図に実際の生産工程での活用例を示します。America Makes TRX eventにてBoeing社が発表した内容ですが、同社は当社DED方式ハイブリッド機を活用し、

ポンプシャフトの修復を行っています。図に示すポンプシャフトの破損個所について切削除去し、積層により破損個所を修復、最後に切削により仕上げ加工を行い、新品同様の修復を実現しています。同社は、サステナブルな航空機製造をテーマにこの取り組みを行っており、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーの考えが世界的に進む中、こういった取り組みは増加していくと推測できます。



4. 4 博士後期課程入学

もっと真面目にこの分野の技術に取り組むため、2021年10月に松原研の博士後期課程に入学しました。8月の入学試験は英語と口頭試問があり、これぞ京大という英語の試験、先生方の鋭いご質問をいただき、身の引き締まるような思いでした。10月からは授業や他の学生さんとのグループディスカッションがありますが、コロナ禍ということでオンラインが多く、何とか仕事との両立ができています。コロナ禍であることがマイナスであったことも多々あったと思うのですが、海外のお客様とのお打合せ回数も増えたり、国内外合わせて各月20件ほど外部の方々とお話しできたり、コロナ禍が助けになったこと、学べたこともたくさんあったと感じられる2021年でした。11月には第10回JSME先端生産技術に関する国際会議(LEM21)でまずは1つめの国際会議発表もさせていただきました。データも考察も不足していましたが、2022年はしっかり勉強し、データも取り、京大機械系らしく真面目に好きなことを楽しんで結果を出していきます。

4. 5 現在のわたしの仕事

金属3Dプリンタというと、時間をかけて何か複雑なものを製造する機械という

イメージでしたが、AMの中でもDED方式は、コーティング代用や焼入れ代用による工程集約、材料費削減、省エネ、カーボンニュートラルなど、いま製造業に求められる全てといっても過言ではないアイテムが含まれる機械というイメージが世界的に持たれるようになったと思います。量産に必要な機能を有したAM機開発を続けるだけでなく、アプリケーション開発やお客様との工程設計など、AMに関する全てに取り組み、お客様を通して社会への貢献をする、非常に抽象的ではありますが、これがわたしの現在の仕事です。

5. おわりに

ありきたりですが、工作機械はマザーマシン、製造業を支えていると言われます。わたしは、工作機械の最も面白いところは、その商品を購入した人がそれを使い、稼ぎ、生活を生み出すことだと思っています。日本は賃金上昇率が低迷しています。豊かさとは何なのか、全世界の各地域で、そのタイミングで、それぞれ異なります。しかし、人が服を着る限り、食事を摂る限り、工作機械は必要です。人生を豊かにするための工作機械とは何なのか、考えながら走り続けたいと思います。

松原先生、河野先生、これからもご指導のほどよろしく願いいたします。吉田先生、今回はお声がけいただき誠にありがとうございます。段さん、これからも一緒に京機会イベント盛り上げられればと思います。

末筆になりますが、京机会の皆様のご多幸とご健勝をお祈りいたします。

- [1] Hull, C.W., Apparatus for Production of Three-Dimensional Objects by Stereo Lithography, United States Patent, US 4575330, 1986.
- [2] Tofail, S.A.M., Koumoulos, E.P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L. and Charitidis, C., 2018, Additive Manufacturing: Scientific and Technological Challenges, Market Uptake and Opportunities, Materials Today, Vol. 21, 1, pp. 22-37.
- [3] Kuriya, T., Koike, R., Mori, T. and Kakinuma, Y., 2018, Relationship between Solidification Time and Porosity with Directed Energy Deposition of Inconel 718, J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf., Vol.12, No.5, pp. 1-11.
- [4] Liu, R., Wang, Z., Sparks, T., Liou, F. and Newkirk, J., 2017, Aerospace Applications of Laser Additive Manufacturing, Laser Additive Manufacturing Materials, Design, Technologies, and Applications, pp.351-371.
- [5] Tuominen, J., Kaubisch, M., Thieme, S., Nakki, J., Nowotny, S., Vuoristo, P., 2019, Laser Strip Cladding for Large Area Metal Deposition, Additive Manufacturing, Vol.27, pp.208-216.
- [6] Cecchel, S., Ferrario, D., Mondini, C., Montani, M. and Previtali, B., 2019, Application of Laser Metal Deposition for a New Model of Assembled Camshaft, J. Mater. Eng. Perform. Vol.28, pp.7756-7767.
- [7] Cracking Suppression by Substrate Preheating Using Induction Heater in Directed Energy Deposition, Yoko HIRONO, Takanori MORI and Daisuke KONO
- [8] AM POWER REPORT 2021 Metal Additive Manufacturing
- [9] 令和3年版 環境・循環型社会・生物多様性白書
- [10] サーキュラーエコノミー 梅田靖 著