リモートものづくり教育研究

～ポストコロナ社会における遠隔化・自律化技術を活用した教育研究現場のデジタルトランスフォーメーションの可能性～*

Remote MONOZUKURI Education and Research
～Possibility of Digital Transformation at Education and Research Site Using Remoteization and Autonomy Technology in Post-Corona Society～

長藤圭介**
Keisuke NAGATO

Key words digital transformation, remoteization, autonomy, online communication tool, process informatics

1. はじめに

2020年度の大学の活動は、新型コロナウイルス感染症の影響により、未曾有の制限を強いられた。対面での実施が制限されたことで、各大学・各学科・各教職員・各学生がそれぞれオンラインツールを用いた実施に工夫を凝らして4月～7月に相当するS (Spring) セメスタを乗り切った。東京大学は、学事暦の変更をしない方針を3月中旬に固め、Sセメスタに臨んだ。現場・現物・現人(三現)が特に重要なものづくり教育の現場では、オンラインベースでの実施における工夫がより必要である。工学部機械工学科・機械情報工学科(以下、機械系学科と称す)では、3年Sセメスタに「スターリングエンジンの設計・製作」¹⁾というものづくりの基礎を学ぶ演習が設定されており、2020年度においては教職員・TA(ティーチングアシスタント)だけでなく3年生の一致団結により、オンラインコミュニケーションツールの活用方法を模索し、演習をクリアした。一方、工学部の研究現場については、6月以降、机上のミーティングやディスカッションのオンラインベースでの実施を維持しつつ、段階的に対面活動(現場活動)を進め、三現でしか行えない実験研究を中心に、コロナ対策を十分に取った上で実施してきている。本稿では、機械系学科において、コロナ渦で学生らと実践してきた事例を紹介しつつ、今後のオンライン・対面ハイブリッド型授業での課題や可能性を考える²⁾。また、With/Post コロナで強く求められる研究室現場の省人化との親和性が高い「プロセスインフォマティクス」³⁾⁴⁾を紹介し、生産プロセス開発をデータ駆動でハイスループット化するという、もともとの目的以上の効果について考える。

2018年に経済産業省が発信したデジタルトランスフォーメーション(DX)⁵⁾⁶⁾は、業務プロセスやビジネスがITの浸透によって円滑に進められるとして推進が始まった

が、コロナ渦をきっかけにその重要性が再注目されている。With コロナでの大学のものづくり教育研究現場における遠隔化・自律化技術を活用した実践、すなわちDXの一端を取り上げた本記事が、未来のものづくり教育研究構想の実現のきっかけになれば幸いである。

2. リモートものづくり教育

2.1 オンラインをベースにしたものづくり教育の構想

ものづくりは、モノやコトの企画・設計・試作・評価・製造・検証を経て世の中に出していく分野である。その作る「現場」、モノ自体の「現物」、そのモノを必要とするヒトや実際に作るのに従事するヒトとしての「現人」を重要とし、これらの思想を三現主義という。Pre コロナでは、三現主義を満足に達成できない事態をほぼ想定しておらず、コロナ渦ではものづくり教育現場に大きな影響を与えた。あらゆる大学教育の現場が、対面からオンラインに移行することで、学生と教職員がこれまで使い慣れていなかったオンラインコミュニケーションツールを利用せざるを得ず、大学の教育現場が、軌道に乗るまでに時間を要した。さらに、ものづくり教育においては三現を絶たれると、よりその教育効果が低下してしまうことは明らかであるが、講義形式授業・机上グループワーキング形式授業と同様に、円滑な情報共有や場所の制約がないなどのオンラインの良さも少なからずあるので、今後のWith/Post コロナでのハイブリッド型演習でのオンラインツールの取り入れ方を模索し続けるべきである。

図1に、リモートでものづくり教育を実践するための要素を挙げたイメージを示す。大学というものづくり現場があって、それを囲むように学生と教職員が自宅等からリモートでアクセスする。カメラ・画面を用いた表情や画像、マイク・スピーカを用いた音声でのコミュニケーションが可能であることは自明であり、多くの講義形式の授業に浸透しつつある。次のステップがアクティブラーニング⁶⁾で、学生がグループを作って共同作業すること、複数の教職員が連携して学生にレクチャ・アドバイスする点でハードルが高く、参加者どうしのリアルタイムでの連携が

*原稿受付 令和2年11月9日

**正会員 東京大学(東京都文京区本郷7-3-1)

図1 オンラインツールを利用したリモートものづくり教育基盤のイメージ

必要になる。次に難しいのがものづくりの場合で、現場・現物の情報を取り込む必要があり、図1の真ん中に位置する大学での加工等の実施、技術職員の出動、物品の搬入が必要になる。自宅で現物の作業ができるものに関しては、流通を利用して実物を行き来させることも必要である。大学での人口密度制限は学生だけでなく教職員にも及ぶため、装置を遠隔監視したり操作したりという仕組みも必要になる。With コロナでは、対面活動における人口密度制限が完全になくなるわけではないので、空間的制約がある以上、現場に全員が集まることはほぼない。すなわちオンライン・対面のハイブリッド型演習の確立が必要になるであろう。次節で詳細を説明するが、Sセメスタで設計した作品を実際に製作するのは夏休みとA (Autumn) セメスタで実施しており、ハイブリッド型演習の課題はこれから具体的に見えてくるはずである。

2.2 オンラインものづくり演習の実践

前述のリモートものづくり教育基盤のイメージにたどり着いたきっかけは、本学機械系学科の2020年度Sセメスタで実践した演習であり、ここではその内容と気づいたことを記す。機械系学科は、三現が最も重要な学問を扱っている学科の一つである。本学科の学部生には、機械工学初学者として三現体験を重んじる演習を数多く提供している。今回のコロナ禍で最も影響を受けたのが3年生Sセメスタの必修授業「機械工学総合演習第二」である。例年、全20コマ中8コマ（月火木金の午後）を占め、CAD（コンピュータを用いた製図）、CAE（コンピュータを用いた構造解析）、スターリングエンジンの設計・製作¹⁾、流れ・熱サイクル・伝熱に関する実験、電子回路、計算機演習、コンセプトスケッチを実施している。この中で最も多くのコマ数を占めているのがCADおよびスターリングエンジンの設計・製作で、4人一組のグループワークでエンジンの企画・設計・加工・組み立て・評価・講評を行う。今年度はSセメスタ通してオンラインでの実施を余儀なくされたため、実製作に代わる工程設計と改良設計に関するオンライン演習を立ち上げ、実施した。

3年生137名、大学院生ティーチングアシスタント

図2 2020年Sセメスタで実施したオンラインものづくり演習の概要（東京大学工学部機械工学科・機械情報工学科3年「機械工学総合演習第二・スターリングエンジン設計製作演習」）

(TA) 25名、教職員22名、計184名が演習環境構築およびその実施、実施をしながらの改善を一丸となって行い、7月16日に行われたスターリングエンジン設計発表会をもって全員が無事ゴールした。オンラインでのグループワーク設計演習の概要を図2に示す。大規模講義形式授業として広く用いられるZoom講義室に常時全員が入り、教職員・TAグループおよび3年生4人一組の34グループが割り当てられたGoogle Meetに入室、ここまでは会話ベースのグループミーティングで行える内容である。設計では手描きベースの構想段階の設計、CADを用いた具体化設計をグループで行うため、オンラインホワイトボードや共有ファイルサービスとしてそれぞれJamboard、Google Driveを用いた。複数の教職員TAが連携して複数のグループに出入りするためSpread Sheetsを用いた進捗管理、出欠・アンケートはGoogle Formsを用いた集計、それに加えて用途に合わせてチャネルを使い分けられるチャットツールとしてSlack、最後に限りなくプライベートに近い使い方を想定したLINEもグループ内で利用した。全員が同じように利用して円滑に進められた背景には、並々ならぬ各自の努力、グループでオリジナルのエンジン作品を作ろうというやる気あつての成果であったといえる。特記すべきこととして、本演習のSlackの投稿件数がトータル10000件を超えたことは、その活発なコミュニケーションの軌跡を語ってくれる。出来上がった34作品の設計は、どれも例年に引けを取らぬまたはそれ以上に考え抜かれたものであり、夏休みとAセメスタで実施中の希望制実製作では実際の性能に期待できる。実製作の実施

表1 対面とオンラインの長所の比較

	観点	対面の長所	オンラインの長所
1	大講義室内の会話	学生の注目具合がチェックできる	学生の教職員との距離が同等 (Zoom)
2	グループ内の会話	雰囲気・熱意の共有	対等な立ち位置 (Google Meet)
3	グループ内の情報共有	部屋内・机上の見え方が同じ	共同で書き込んだノートが残るので、引き継ぎがスムーズ (Jamboard)
4	グループを超えた情報共有	隣のグループの進捗を見てグループ内で意思統一	よくある質問・解決法など知識の共有が容易 (Slack)
5	教職員とTAの連携	ジェスチャーで呼び合える	記録をとりながらなので、モレ・ダブリが少ない。空間的制約がないので、複数の教員で対応可能 (Spread Sheets)
6	リバーシエンジニアリング	現物を現場で感じられる (過去の作品に触れる)	オンデマンド教材をいつでもどこでも見られる (Google Drive)

においては図1の構想を徐々に構築しつつ現在も進めている。2.3節にオンライン・対面ハイブリッド型演習システムに向けた要素技術の一部を紹介する。

ここで、図2の要領で進めた演習終了後に学生から集めたアンケート結果をいくつか紹介する。オンラインで困ったこと・うまくいかなかったこととして、CADの操作手順の質問が画面共有でも難しかったこと (対面では画面を気軽に指させる)、ホワイトボードでポインティングしてどこを指しているか分かりづらいことが多かった、現物が見られなくてサイズ感がわかりにくい、などがあつた。オンラインでの利点・対面授業再開になっても継続してほしいことについては、対面講義室のスクリーンよりも画面共有のほうが見やすい、対面の紙媒体の教材よりもオンデマンド教材のほうが管理が楽、Slackでの質問はしやすく情報共有も便利、などがあつた。改めて、表1に対面とオンラインの長所の比較をまとめた。ものづくり演習特有のオンラインの長所は、オンラインホワイトボードでのスケッチ等を用いた議論・共同作業、オンラインチャットを用いた全メンバーでの質疑応答の共有、教職員・TA間の管理シートへ書き込みながらの連携、オンデマンド教材が挙げられる。また、今年度は実製作に代わる「工程設計」「改良設計」を実施することで、東大機械系学科史上初の設計担当教員と製作担当職員の「実連携」が実現した。Google MeetやSlackでの設計担当者と製作担当者の「掛け合い」によって、学生は、実際に製作するときのことを考えた設計を学習することができた。教職員にとっては、これまで設計と製作を分業してきたことで見えてなかった互いの教育観念の共有を行うことができた。これらの長所は、一部対面が許されるWith/Postコロナでも積極的に利用し続ける価値があると考えられる。逆に、対面での教育効果が大きいものとして、雰囲気・熱意の共有、現物を見たり現物に触ったりしたリバーシエンジニアリングが挙げら

図3 現場でのウェアラブルデバイスを用いたオンライン参加の例

図4 現場の遠隔デバイスを用いたオンライン参加の例

図5 書画カメラを用いた現場現物と自宅をつないだオンラインディスカッションの例

れる。これらを優先して、対面化を図るべきである。

2.3 オンライン・対面ハイブリッド演習の可能性と課題

社会がコロナ対策下での活動に適用しつつある夏休みおよびAセメスタでは、コロナ対策・予約システムを整備した上で、スターリングエンジンの実製作を行っているところである。その中で試行しているオンライン・対面ハイブリッド演習の仕組みを紹介する。図3は、現場にいる職員がスマートグラスを装着し、リモート参加している学生らと手元の作業風景を共有するものである。この映像をオンデマンド教材化し、製作現場である工房に来る前に見て機器操作方法の予習をしておくことで、現場での近距離での会話を用いたレクチャを最小限に抑えられるという効

図6 自律化技術を利用したリモートものづくり研究のイメージ

果が見えている。図4は、現場にあるカメラ付き走行機を学生が自宅から操作して、現場現物を主体的に見たり聞いたり、現人と会って会話したりすることができ、工房では、「遠隔見学」「遠隔共同作業」の機能を実現するデバイスとして機能させる。また、4人同時に同時刻に集まれるとは限らないので、図5のように現場学生と自宅学生が現物の映像をもとに組み立て・評価などの共同作業をする方法も模索中である。仮想カメラソフトを用いれば、複数人が現物を映した映像に仮想的に手を入れることが可能である。フルオンラインは、全員の環境が同等であることで分かりやすく、全体の足並みがそろいやすかったといえ、一部対面／一部オンラインのハイブリッドでは、現場のヒトとリモートのヒトが対等に参加することが難しい可能性があるが、図1のような、三現でしか教育効果が発揮できないもの、オンラインでも、あるいはオンラインのほうが教育効果を発揮できるものを整理して、組み合わせで実施すべきである。今後も、当大学の実践結果を発信していく予定である²⁾。

昔から「百聞は一見に如かず」と言うが、ものづくりにおいては現代のオンラインツールで「三現を見る、聞く」ことだけによる情報量には限界があり、「三現を感じる」ことが重要であることが分かってきた。講義形式授業およびディスカッション形式の机上形式演習では、視覚・聴覚を用いたコミュニケーションで、かなりの部分をクリアできる。しかし、ものづくり教育ではどうだろうか。材料をもったときの重量感、熱伝導率の違いによるひんやり感、はめあいのきつさ、表面粗さや面取り具合によるザラザラ感、汎用工作機械のハンドルから伝わる反力、さらにはエンジンを回したときの熱気や空気の振動など、触覚で得られる情報は多く、ヒトの経験に残る重要な感覚である。味

覚を使うことは食に関すること以外ではないかもしれないが、嗅覚は、加工油のにおいや潤滑剤が焦げるにおいが、強く印象に残ることは、加工の現場を経験したことがある人にとっては当然の感覚である。一般的に、嗅覚情報は前頭葉に直接到達し、最も記憶に残りやすい感覚であるともいわれている。また、五感（本演習では味覚以外の四感）をすべてリアルタイムで共有する現場では、ものづくり教育の中でのプロセス、すなわち目標設定、進捗共有、意気投合、競合他グループの雰囲気のカッチアップ、エンジン性能評価時の現物から出てくるダイレクトなフィードバックが、得やすい。今後、視覚・聴覚を超えた五感のコミュニケーションツールの開発に期待したい。

3. リモートものづくり研究

3.1 省人ラボ構想

東京大学工学部では、コロナ対策を整備した上で、6月以降に段階的に制限を緩和しつつ現場での研究活動を行ってきた。卒業論文研究に従事する4年生については、6月に初めて研究室に立ち入ったことになる。また、人数制限や対面共同作業の制限があるため週1～2回しか登校できなかったり、現場での先輩からのレクチャを十分受けられない学生もいる中で、2.3節で説明したオンラインツールを用いて、現場と自宅をつなぐ工夫も見られた。Withコロナでは、限られた時間、限られた人数で、現場現物ベースでの作業を行うため、リモートで研究計画・実験計画で補うというのが主であることが多いが、Postコロナでは、リモートツールを積極的に活用することも考慮したい。図6にその構想のイメージを示す。①ラボ内でのルーティン手作業を多関節ロボットなどの自動実験システムに置き換えるところから始まり、例えば生産プロセス開発において

図7 リモートものづくり研究の基盤となるプロセスインフォマティクス構想

は、②材料やプロセスパラメータの探索のために必要な中間データや評価データの取得、③それらをひもづける機械学習システム、④プロセスパラメータ探索のための能動学習と自動実験システムによる自律システム、と4段階の自律化が考えられる。現場・現物でないと行えないものとして、ラボ内での実験システムのメンテナンスや改善、材料の運搬とセットアップ、さらには、研究者の手作業でないと困難な複雑作業でのEx-situ分析などは残すこともあり得る。自律化することは遠隔化することにも相当するので、機械学習システムの作成や考察・実験計画をリモートで行える。また、中間データや評価データを遠隔モニタリングに用いたり、次のシステムのデザインをリモートで行ったりすることにもつながる。研究者の勘コツに基づく場当たり的な研究遂行がPre コロナから課題になっていた中で、Post コロナでの遠隔化・自律化の効果が期待できる。

以上のような省人ラボ構想は、With コロナでの直近の課題解決だけでなく、Pre コロナからうたわれていた働き方改革・研究力強化、そのためのデジタルトランスフォーメーションをPost コロナで実践する良い機会といえる。いわんや、教育研究機関だけでなく産業界の研究開発部門でも重要視されるであろう。

3.2 プロセスインフォマティクス

ここでは、研究の自律化技術を活用した例を、筆者らがPre コロナより開発を行ってきた「プロセスインフォマティクス」を例に説明する⁴⁾。材料開発は2011年の米国のマテリアルゲノム構想⁸⁾の発信をきっかけに「マテリアルズインフォマティクス」として、世界中で解析ベースの創薬や機能材料の発見が進んできている⁹⁾。ただし、実際の試作や製品までのプロセス開発は、そのプロセスパラメータが多いという理由で、単なるその延長とはいかない。船津らの化学工学分野におけるソフトセンサのマテリアルズインフォマティクスへの拡張構想¹⁰⁾、一杉らの機能性材料の複数元素の組み合わせを自律的に探索する構想¹¹⁾に続

き、プロセス開発のハイスループット化のための高効率探索システムの開発を行ってきた。図7(a)に示すように、従来の装置のプロセスパラメータや評価データだけでなく、物理現象を象徴する「中間データ」を吸い上げ、プロセス開発をハイスループット化するという構想である。この構想では、自動システムに完全に移行しなかったとしても各装置・各プロセスのパラメータを一括で管理するところに特徴があり、そのためのデータをオンラインで管理するというものである。まさに、Physical空間で起きる物理現象をセンシングしてデジタルトランスフォームし、Cyber空間で実験計画・情報管理・結果考察、さらにその情報をPhysical空間にフィードバックするという、DX構想そのものである。ものづくりにおいては、三現主義が重要である。ただし、複雑現象ほどDX化すべきである。また、より高効率な実験のためには、ルーティン手作業から優先して自動システムに入れ替えることで、材料プロセス探索の自律化が促進される。

図7(b)は、ピペット作業および加熱作業を自動化し、乾燥プロセスのプロセスパラメータ探索を自律的に行うシステムの例である。乾燥結果の画像等を評価データとして取り込み、次の探索パラメータを提案する能動学習システム(図7(c))である。ヒトが作業してもよいが、属人化を抑える効果と再現性を高める効果がある。粉体成膜プロセスは分散・混練・塗布・乾燥の4段階が基本となり、全工程を掌握するには多くの複雑現象が含まれるが、ヒトの勘コツ・経験に基づいた手作業からの脱却には、プロセスインフォマティクスの考えが重要である。

3.3 研究における自律化とその活用方法の課題

前節では、プロセス開発の例で、自律化技術の活用方法を紹介したが、あらゆる実験系の研究開発に使えることである。多関節ロボットを用いたルーティンワーク自動化は、近年ハードルの高いものではなく、数万円～10万台の教育用ロボットでも、高いプログラミング技術を必要とせず動きを手動で記憶させることもできるものもあるの

で、パソコンが浸透し始めたときにパワーポイントでスライドを作ってみたときのように、手軽に試してみる時代である。勘コツ・手作業からの脱却と述べたが、三現をなくすあるいはあきらめるべきという意味ではない。自律システムは、すべての最適化を行ってくれるわけではなく、どういうハードウェアシステムで、何をプロセスパラメータ・中間データ・評価データとし、どのようにデータを取り込み、どういう学習システムで、何を最適化するのかは、ヒトが設計しなければならない。探索されたプロセスウィンドウの結果を考察し、次の自律システムを設計・構築するのもヒトである。その設計のためには、三現主義での経験が必要である。しかも、テクニシャンとエンジニアがオーバーラップして仕事をする日本の文化にマッチしている。先入観なしのほうが新しいプロセスパラメータが探索できる可能性がある反面、一見無駄とされる試行錯誤がないと、それまでの経験の中でしか最適化が行えないというリスクもある。とはいえ、研究開発のOODA（観察（Observe）-情勢判断（Orient）-意思決定（Decide）-行動（Act））ループ¹²⁾のハイスループット化とワーク・ライフ・バランスという背反するニーズを両立させるためには、自律化を目指す努力が必要である。少なくとも、現場でのルーティンワークを最小限にし、リモートで高次元の研究を行うポストコロナ社会での研究スタイルを目指す時である。

遠隔化・自律化技術を実装するためには、物理現象をデジタルトランスフォームするための要素技術、すなわちセンシング技術が重要である。これまで勘コツでモノにしてきた現場にセンシングを取り入れるのは、組織的にも難しいところがあるが、今がそれを実践するチャンスである。

4. お わ り に

東京大学機械系学科のWithコロナにおけるオンラインものづくり演習とプロセスインフォマティクス研究の実践を例に、ものづくり教育研究のポストコロナ社会でのあり方を考えた。演習を通して、オンラインツールの良さが分かり、逆に対面での教育効果が高い点も再認識できた。これらの実践の知見を忘れずに、オンラインと対面の長所をうまく組み合わせたハイブリッド型教育システムをはじめとしたPreコロナよりも充実した教育システムを考えていくべきである。研究においても、遠隔化だけでなく自動システム、さらに機械学習システムなどを加えた自律化技術を用いて、Preコロナからの課題であった研究開発現場の働き方改革と研究開発力強化の両立を目指すチャンスである。そのためには、Physical空間の三現をデジタルトランスフォームし、Cyber空間でデジタル処理、また、Physical空間の三現に戻すというDX構想を、遠隔化・自律化技術を活用して今こそ実践し、本来社会での充実したものづくり教育研究現場へと飛躍したい。

謝

辞

東京大学機械系学科の2020年度「機械工学総合演習第二」でのオンラインものづくり演習の実践は、教職員・TAの皆さまの多大なるご尽力により成し遂げられました。また、3年生の演習遂行だけでなく、素早いフィードバックやシステムへの提案なしには実践は不可能だったと思います。プロセスインフォマティクス構想は、未来社会創造事業の共同研究者の皆さま、研究学生の皆さま、JST事務局、さらに「共通基盤」領域運営会議委員の皆さまとの活発な議論の成果です。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 中尾政之, 濱口哲也, 草加浩平: 創造設計の技法—東大創造設計演習に学ぶ設計の奥義, 日科技連出版社, (2008).
- 2) 東京大学大学院工学系研究科: ポストコロナ教育研究の取り組み, <https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/postcovid19>
- 3) 国立研究開発法人 科学技術振興機構 未来社会創造事業: 「共通基盤」領域, <https://www.jst.go.jp/mirai/jp/program/core/index.html>
- 4) 長藤圭介, 井上元, 荒木拓人, 黒田義之, 辻口拓也, 長隆之: 粉体成膜プロセス研究のハイスループット化のためのデータ駆動型粉体プロセス・インフォマティクス, 機械の研究, **72**, 7 (2020) 511-516.
- 5) 経済産業省: DX レポートから IT システム「2025 年の崖」の克服と DX の本格的な展開～2018 年 9 月 7 日, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/pdf/20180907_03.pdf
- 6) E. Stolterman and A.C. Fors: Information Technology and the Good Life, Information Systems Research, (2004) 687-692.
- 7) エリザベス・パークレイ, パトリシア・クロス, クレア・メジャー (安永悟監訳): 協同学習の技法—大学教育の手引き, ナカニシヤ出版, (2009).
- 8) National Science and Technology Council: Materials Genome Initiative for Global Competitiveness, June 2011 (https://www.mgi.gov/sites/default/files/documents/materials_genome_initiative-final.pdf) (<https://www.mgi.gov/>)
- 9) 国立研究開発法人 新エネルギー・総合技術総合開発機構 (NEDO): 機能性材料分野の技術戦略策定に向けて技術開発センターレポート, **2** (2015), <https://www.nedo.go.jp/content/100762561.pdf>
- 10) 船津公人: 特集「マテリアルズ・インフォマティクス」の企画にあたって, 日本化学会情報化学部会誌, (2016) 95.
- 11) 一杉太郎: 多様な安定相からの高機能材料の創製, 国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター, 科学技術未来戦略ワークショップ報告書, 2018 年 12 月 16 日, http://www.apc.titech.ac.jp/~thitosugi/hitosugi/images/messages/20190516_多様な安定相からの高機能材料の創成.pdf
- 12) チェット・リチャーズ (原田勉訳): OODA LOOP (ウーダグループ), 東洋経済新報社, (2019).

長藤圭介

2009 年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了, 同年機械工学専攻助教, 2012 年講師, 2016 年准教授, 2012～2013 年カールスルーエ工科大学客員研究員, 2014～2018 年 JST さきがけ研究者兼任。研究内容は生産プロセス工学, 表面加工, レーザ加工, プロセスインフォマティクス。