超微細手術のための汎用プラットフォーム 開発とそれを支える超精密テクノロジーの追求*

Super-microsurgical Robotic Platforms and Investigation of Super-precise Manufacturing Technologies

光石 衛** 杉田直彦** 原田香奈子**

Mamoru MITSUISHI, Naohiko SUGITA and Kanako HARADA

Key words surgical robots, medical robots, super-microsurgery, biomanufacturing, bio-materials

1. はじめに

Intuitive Surgical 社（米国）の手術ロボット da Vinci Surgical System は国内で急速に普及しており、ここ数年で地方の病院にも導入されるようになった。2013 年第 3 四半期末の時点で国内に 144 台が導入されており、年間の手術件数は 6500 件を超えるという。このように日本でもロボット手術を受け入れる社会体制が整った今、わが国発の手術ロボットが待ち望まれている。わが国の手術ロボット分野の医工連携・産学連携研究は長年の歴史があり、世界的にみても恵まれた環境にあるといえるが、一方で、なかなか製品化に結びつかず、医療現場に普及しないという課題を抱えている。これは技術的な問題というよりも、むしろ、研究開発のフレームワークの問題や薬事審査への理解不足が原因と考えられる。このような状況の中で、著者らのグループは超微細手術にフォーカスし、手術ロボットの汎用化を目的とした研究開発フレームワークを提案しており、さらにはその基盤となる超精密テクノロジーの研究開発を推進している。本稿では文部科学省科学研究費補助金基盤研究（S）を受けて 2011 年より実施している「超微細手術のための汎用プラットフォーム開発とそれを支える超精密テクノロジーの追求」（研究課題番号：23226006）について、プロジェクトの概要とこれまでの研究成果について紹介する。また、医工連携プロジェクトを立案し推進するうえでの工夫や将来展望についても述べる。以下に説明する手術ロボットや医用材料加工に関連する技術を包括する「Biomanufacturing」の先行研究については文献 1) を参照されたい。

2. 研究背景

2.1 スーパー・マイクロ・サージェリーによる高度治療

従来の手術ロボットは、体内の狭小空間において複雑な動きを実現することにより操作性を向上することを目的と

したものが多い。操作性が向上することで結果的に手術時間が短縮し出血量が減少する、あるいは正確な操作により腫瘍周辺の正常組織の温存が可能となり合併症のリスクが減るというメリットがある。このようにロボット手術は操作性向上の副次的成果を狙っているため、医師の手技でも実施可能な手術を対象としている。著者らのグループは、操作性の向上だけではなく、臨床成績の向上こそを第一の目的として、医師の手による手技では大変困難とされるスーパー・マイクロ・サージェリーを実現するシステムを提案している。特に脳神経外科、眼科、小児外科、整形外科では、手術成績が術後の機能回復や生活の質に与える影響が極めて大きい。工学的支援が必要とされている。

2.2 スーパー・マイクロ・サージェリーを支える超精密加工技術の確立

スーパー・マイクロ・サージェリーを実現するためには、超精密部品の加工技術や超精密部品を使用することによってのみ実現可能なロボットの機構、高度画像処理や制御などのロボット技術が必要になる。わが国が得意とする超精密加工技術・ロボット技術を最大限に生かしたシステムを開発することが当該分野での国際競争力を高めると考える。特に人工関節用材料に代表される生体材料の加工は今後、さらに需要が高まる分野であり、テーラーメイド医療を実現するための難削材加工や 3 次元積層造形などへの対応が喫緊の課題となっている。医療機器は輸入超過の状況にあるが、人工関節などの体格に依存する医療機器や人種特有の疾病構造に対応する医療機器にとっては、今後、アジアの人口が爆発的に増加することを考えると、日本の産業にとって魅力的な市場であるといえる。アジア新興国への医療国際展開を進める政策も追い風になるであろう。

2.3 手術ロボット汎用化によるコストの低減

従来の手術ロボット研究は、対象部位別・疾患別に研究が行われており、開発されるロボットの数は増える一方である。このような状況は要素技術開発の遅れや技術レベルの停滞だけでなく、手術ロボットのコスト上昇の原因となっており、早急に解決しなければならない。すなわち、複数の対象部位・疾患に適用可能な汎用システムの開発が急

*原稿受付 平成 25 年 11 月 15 日

**正 会 員 東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻（東京都文京区本郷 7-3-1）

図1 軟組織対応手術ロボット・プラットフォーム

務である。特にスーパー・マイクロ・サージェリーのよう
に、工学支援の必要性は極めて高いが、一方で手術件数が
比較的少ないような手術を対象とする場合は、システム側
にある程度の汎用性をもたせることが実際の運用を円滑に
するうえで不可欠である。

3. 手術ロボット・プラットフォーム

上記のような背景を踏まえ、本プロジェクトではスーパ
ー・マイクロ・サージェリーを対象として、軟組織対応手
術ロボット、硬組織対応手術ロボット、血管内治療用マイ
クロロボットの3つのプラットフォームを提案している。
これらのプラットフォームを用いて、複数の対象部位・疾
患に展開することを視野に置いて要素技術の研究開発を行
う。以下にそれぞれのプラットフォームの詳細を述べる。

3.1 軟組織対応手術ロボット・プラットフォーム

脳神経外科、眼科、小児外科を主な対象領域として軟組
織対応手術ロボット・プラットフォームを提案している
(図1)。例えば、脳神経外科手術では、直径1mm以下の
血管を0.02mmの糸で吻合する手術が行われており、特
に脳深部でこのような微細な手術を行うことは極めて困難
といわれている。眼科では直径24mmの眼球に2~3本の
術具を挿入し、眼底の70μm程度の血管に薬液を注入す
る治療(マイクロ・カニューレーション)や厚さ3μm程度
の眼底の膜を剥がす治療が行われており、このような高度

な手技を行うことができる熟練医は限られる。小児外科で
は、成人と比較して体内のワークスペースが小さく、鶏卵
程度の大きさの空間内で縫合を行う必要がある。著者らは
このような困難な手術を対象とした手術ロボットやデバイ
スを開発してきた^{2)~4)}。このように、患者・患部の個体差
が大きく、臓器の変形を伴う手術を対象とする場合は、医
師の手の動きを忠実に再現できるマスター・スレーブ型ロ
ボットがふさわしい。本プロジェクトでは、このような軟
組織対応手術ロボットに共通したニーズを抽出し、対応す
る要素技術を開発している。

具体的には、マスター・スレーブにおける動作倍率と操
作性の関係に着目している。医師の手の動きを縮小すべ
るほど微細な動作が可能になるが、一方で必要な手の動
きも大きくなるため、結果として操作時間が長くなる、医
師の手が疲れるなどの問題がある。そこで実際の微細手術
における術具の持ち方や動かし方を参考にしてマスター・
マニピュレータを新たに設計し、操作性と操作時間が最適
となる動作倍率を決定した⁵⁾。結果として、脳神経外科で
は動作倍率は1/2~1/3倍が最適であった。スーパー・マ
イクロ・サージェリーでは動作倍率が小さい方が望ましい
と仮定して研究を進めていたが、微細手術の経験がある医
師は実際の手術に近い手の動きを好むことがわかり、新し
い発見であった。その他、力覚提示についても研究を進め
ており、力をほとんど感じないような超微細手術における

図 2 軟組織対応手術ロボット・プラットフォーム

力覚提示のあり方についても研究を進めている。

狭小空間における複雑な動きを実現する機構としては、小児外科手術を対象として極小ベベルギアを用いた直径 3.5 mm の多自由度鉗子を開発してきた⁶⁾。これは屈曲した先で先端把持部が回転する機構になっており、狭小空間で針を刺入・刺出する動作に適した設計となっている。現在は、同じ機構を有したマニピュレータを脳神経外科手術に展開するべく、改良を進めている。

スーパー・マイクロ・サージェリーのもう一つの特徴として、術具の先端位置・姿勢の計測が困難であることが挙げられる。術具が極細であることに加え、滅菌や洗浄の問題もあり、術具先端にセンサや位置認識用マークを取り付けることができない。術具先端から十分離れた不潔領域（滅菌が不要な部分）に設置したセンサにより位置・姿勢を算出することは可能であるが、顕微鏡画像とのレジストレーションの誤差やロボットの幾何学的誤差・変形誤差による影響が大きく、スーパー・マイクロ・サージェリーで必要とされている精度で術具の位置・姿勢を認識することは困難である。著者らは、マークを用いず、術具の形状情報と画像処理のみを用いて術具先端位置・姿勢を計測し、自動でトラッキングする手法を開発しており⁷⁾、現在は針の自動トラッキングに展開している⁸⁾。スーパー・マイクロ・サージェリーでは視野が狭く、また術具のサイズに対して針が小さいことが特徴であり、一般の内視鏡画像処理

と比較して、対象の視野外への移動やオクルージョンに対応する画像処理技術が重要な要素技術となる。これと並行してロボット手術の効率化や安全性向上を目的としたタスクの自動化についての研究も進めており、事前学習データを用いた危険回避の研究⁹⁾も行っている。

3.2 硬組織対応手術ロボット・プラットフォーム

整形外科領域における骨切りを主な対象として、硬組織対応手術ロボット・プラットフォーム（図 2）を提案している。人工膝関節置換術には 2 mm, 2 度の設置精度が要求されているが、設置精度が不十分である場合は術後の機能回復が十分でなく、再手術が必要になるという問題がある。また、骨の細胞は加熱により壊死するため、骨の加工における温度制御は非常に重要となる。

軟組織を対象とした手術と比較すると、整形外科領域では個体差や対象の変形が比較的小さいため、マスター・スレーブ型ロボットではなく、システム側が最適な手術プランを提案し、それを術者が承認し、システムが自動で実行するという半自動型ロボットとなることが特徴である。術前画像診断情報とナビゲーション・システムを利用した精密なレジストレーション（術前画像中の患部と実際の患部との位置合わせ）や、患者への侵襲（この場合は皮切長、すなわち、皮膚を切開する長さ）を最小にする工具軌道の自動生成¹⁰⁾などがロボットの特徴を生かすことができる要素技術となる。

図3 血管内治療用マイクロロボット・プラットフォーム

著者らが開発している骨切除ロボットは、膝の人工関節置換を対象としており、これを股関節、肩関節、指関節を対象とした手術に展開することを予定している。このロボットは、並進3軸、回転2軸の5軸制御を基本として、干渉回避に特化した回転軸およびベッドとの高さ調整を行う昇降軸の計7軸から構成される。回転軸の交点が1点に交わるなど、各軸は直感的に動作が確認しやすい配置になっており、患者および医師の安全確保に配慮している。また、先端6軸の多軸制御により冗長1自由度を利用した任意の工具位置・姿勢をとることで、骨切除中の周辺軟部組織との干渉を回避する。工具の回転部分には骨周囲組織の巻き込みを防止するなど工夫が施されている。さらに、先端6軸直下の粗動1軸により手術台との高さを調整することで先端6軸の可動域を最小限に設計し、ハードウェアを小型・軽量化している。このロボットをプラットフォームとして、脊椎や頭蓋骨を対象とした骨加工の分野にも開発した要素技術を展開していく。それぞれの部位ごとに必要な作業空間、精度、切削ツールの形状、加工速度などのパラメータを選定する予定である。

ロボット・プラットフォームの開発と並行して、骨の加工や人工関節や義歯などに使用される生体材料の加工の研究も積極的に行っている。

著者らのグループが特に力を入れている分野は生体適合型の骨切削である。骨組織は、生産加工分野では脆性材料

の一種という位置づけになる。脆性材料の加工では、刃先近傍の応力分布が材料破壊に寄与する割合が大きいことが知られており、ミクロな視点からの物理現象の解析と、その結果に基づいた加工方法の決定が課題となる。このように骨は脆性材料の一種であるとともに、繊維方向性を有する繊維強化材料でもある。そのため、加工現象は非常に複雑な様相を呈することから、金属の加工方法をそのまま適用することができない。また、金属とは異なり、細胞も含有していることから非常に温度に敏感である。切削温度が55度を超えると骨細胞が壊死することが知られており、手術の結果に大きな影響を及ぼす。著者らは、骨の繊維状組織であるオステオンの方向を考慮した切削力の解析¹¹⁾や加工時に発生する亀裂の解析に基づいた骨加工用ドリルの設計¹²⁾などの研究を進め、高精度・高能率・低切削温度を実現する工具およびデバイスを研究・開発してきた。これにより、骨にダメージを与えることなく、高精度で骨切削ができるようになるため、例えば、術後の人工関節の定着率が上がるなど、医学的な効果が期待できる。

生体材料の加工としては、ジルコニアのレーザー援用加工¹³⁾や炭素ドーパチタン合金の層選択的磁気研磨、積層造形チタン合金の表面改質を行っている。部分安定化ジルコニア (PSZ) は、近年、その強度の高さと優れた光の透過性による審美性から、生体用インプラントとしての需要が高まっている。しかしながら、硬脆材料である焼成後のセ

ラミックスに対する従来の加工技術は、研削・砥粒加工が中心であり、除去量の多い複雑な3次元構造の創出が困難であった。著者らは、工作物に対してレーザーを照射して照射部の結晶構造や機械特性を改質することにより完全焼結体ジルコニアセラミックスの切削加工を行っている。また、近年、軽量・高強度・耐食性・生体適合性を生かして、チタン合金が人工関節に応用されている。しかしながら、人工関節摺動面に関しては、摩耗粉が発生すると骨融解を誘発してしまうことから耐摩耗性、生体適合性が要求される。著者らは、炭素ドーパ酸化チタン処理を施したチタン合金の人工関節摺動面への適用を目的とし、熱処理時に表面に生成される複層膜のうち、目的の膜表面のみを選択的に取り出して鏡面に仕上げる超精密加工方法を研究している。

3.3 血管内治療用マイクロロボット・プラットフォーム

手術ロボットの研究開発は、さらなる低侵襲化と細部・深部へのアプローチの方向に進みつつあり、その究極は、血管内を自由に泳動可能なマイクロロボットである。著者らのグループも血管内治療用マイクロロボット・プラットフォーム (図3) を提案している。

マイクロロボットの研究は世界的に注目されており、特に外部磁場を用いることで体内を自由に移動するマイクロロボットが研究されている。著者らのグループは血管内治療を対象として、微細血管内を泳動するマイクロロボットの作成技術と流体内でのマイクロロボットの位置・姿勢制御について研究を行っている。これまでに3軸のコイルを用いた外部磁場駆動プラットフォームを試作しており、これにより拡大モデルのロボット (直径5 mm, 長さ15 mm) の独立駆動を確認した¹⁴⁾。また、FIB-CVDにより直径2 μ mのマイクロロボットの試作を行っている。

流体内でのマイクロロボットの外部磁場駆動については、揚力、浮力、重力、磁力、抗力を考慮したうえでロボットの大きさ・形状と外部磁場制御手法を設計する必要がある。まずは基本的な制御手法を確立するため、マイクロロボットを模擬した永久磁石を用いた実験系を設計した。このマイクロロボットを血管壁に沿わせて移動させることにより外部磁場制御を簡素化する手法を提案しており、血流と同じ速度の流体中において、流れに逆らってマイクロロボットを移動することに成功した¹⁵⁾。今後は複雑に入り組んだ血管ネットワークを自由に泳動することを目的として血管分岐点における分岐選択制御を開発する予定である。

4. プロジェクトを立案、推進する上での工夫

医工連携でニーズ・ドリブン型の研究を行うためには、医師の要望を聞き、適切な解決策を提案することが最も重要である。医師らの主観的かつ非定量的な表現 (もうすこし大きく、とても小さい、ザラザラした感じ、など) に基づき、プロトタイプを作っては医師に確認してもらうというトライ・アンド・エラーにより研究を進める場合が多い

が、それでは非常に効率が悪い。研究開発の結果、臨床的意義は高いものの工学的・学術的には最先端とはいえない器具の開発となる場合もあり、医学的效果の追求と学問の発展との両立を考えると非常に悩ましい。そこで、本プロジェクトの提案にあたっては、分担研究者を手術領域やロボット・プラットフォームごとに割り当てるのではなく、医学系分担研究者は手術領域ごとに割り当て、工学系分担研究者は複数の手術領域・複数のプラットフォームに共通した技術を担当する実施体制とした。これにより、各手術分野では医学的效果を追求しつつ、複数の手術分野にまたがる工学的要素技術については世界最先端のレベルを追求するという仕組みを構築することができた。工学系の分担研究者は毎週意見交換を行い、さらに、手術分野ごとに医学系分担研究者を交えたミーティングを月1回のペースで行うことで綿密な連携を図っている。定期的なミーティングは、医師からのフィードバックを迅速に受けるためだけでなく、研究開発の進捗管理のマイルストーンとしても重要な役割を果たしている。

医師のニーズの理解や医療機器審査への理解を深めるために、厚生労働省の革新的医薬品・医療機器・再生医療製品実用化促進事業も実施している。薬事審査を行う (独) 医薬品医療機器総合機構 (PMDA) との人材交流を通じて、医療機器に関連する法令や規格、市場や保険収載のプロセスへの理解を深めるとともに、医療機器審査の視点を理解したうえで医療機器評価手法を研究している。具体的には、患者モデルと位置センサ・力センサを用いた手術手技評価により、医師のニーズを定量的に抽出し、さらにはその手術手技評価結果に基づいて手術ロボットの目標値や仕様を決定する手法を提案している。手術手技評価と同じ評価系を用いることで、手術ロボットの評価やトレーニングの定量的評価も容易になる。このようなセンシング技術を活用した工学支援によって医師のニーズを工学系研究者の理解しやすい定量的表現に落とし込むというアプローチは、手術ロボットに限らず、広く医工連携に活用できると期待する。

また、大型プロジェクトを推進するにあたり、海外研究機関との連携は欠かせない。常に海外の最新研究動向を把握し、意見交換を行うのはもちろんのこと、連携機関以外にも積極的に研究室見学を受け入れ、開発中のプラットフォームに対するコメントを得ることも研究を遂行する上で非常に重要になっている。さらには大学院教育プログラムを活用することで、学生が海外大学の学生達とチームを組んで議論する機会を提供している。英語によるディスカッションだけでなく、チーム・マネジメントやタイム・マネジメントを学ぶ機会を提供することは、世界をリードする若手人材の育成にとって極めて重要である。特に、教員が指導するのではなく、世界トップクラスの大学の学生達と議論を進めていきながら彼らの手法を学生が真似て身に着けていくという方法は教育効果が大きい。このような教育プログラムに参加した学生が研究だけでなく研究成

果の発信にも積極的になっていく様子は非常に頼もしく感じる。大型研究プロジェクトと教育プログラムの全体を見渡したマネジメントが研究開発と教育の両立の秘訣である。

5. お わ り に

本稿で述べた Biomanufacturing の分野は今後ますます発展すると期待されており、精密工学分野から医療分野への参入を目指す企業も多い。このような状況の中で大学としての役割を果たすためには、研究と教育の両立だけでなく、医工連携・産官学連携の橋渡しにも積極的に貢献すべきである。例えば、大学は研究に集中し、薬事審査は企業で対応すべきであると考えられていたが、日本発医療機器の研究開発を加速するためには、中立的な立場である大学や学会がイニシアチブを取り、全体の仕組みを俯瞰した上で、製品化と臨床応用への橋渡しを行うことが重要となる。本プロジェクトや関連するプログラムを通じて、日本の医療分野全体の研究開発や産業のさらなる発展に寄与していきたい。

末筆ながら、本プロジェクトの立案・推進にあたりご協力いただいた先生方と関係者の皆様、日々熱心に研究を進めている学生に謝意を表する。

参 考 文 献

- M. Mitsuishi, J. Cao, P. Bártolo, D. Friedrich, A. Shih, K. Rajurkar, N. Sugita and K. Harada : Biomanufacturing, CIRP Annals, **62**, 2 (2013) 585-606.
- M. Mitsuishi, A. Morita, N. Sugita, S. Sora, R. Mochizuki, K. Tanimoto, Y. Baek, H. Takahashi and K. Harada : Master-slave Robotic Platform and Its Feasibility Study for Microneurosurgery, IJMRCAS, **9**, 2 (2013) 180-189.
- Y. Ida, N. Sugita, Y. Tamaki, K. Tanimoto and M. Mitsuishi : Microsurgical Robotic System for Vitreoretinal Surgery, IJCARS, **7**, 1 (2012) 27-34.
- N. Sugita, T. Nakano, N. Abe, K. Fujiwara, T. Ozaki, M. Suzuki and M. Mitsuishi : Toolpath Strategy Based on Geometric Model for Multi-axis Medical Machine Tool, CIRP Annals, **60**, 1 (2011) 419-424.
- Y. Kamei, K. Harada, S. Tanaka, Y. Kurose, Y. Baek, S. Sora, A. Morita, N. Sugita and M. Mitsuishi : Master Manipulator with High Usability Designed for Microsurgical Robotic System, IJCARS, **8**, 1, Supp. (2013) 127-139.
- M. Fujii, N. Sugita, T. Ishimaru, T. Iwanaka and M. Mitsuishi : A Novel Approach to the Design of a Needle Driver with Multiple DOFs for Pediatric Laparoscopic Surgery, MITAT, **22**, 1 (2013) 9-16.
- Y. Baek, S. Tanaka, K. Harada, N. Sugita, A. Morita, S. Sora and M. Mitsuishi : Robust Visual Tracking of Robotic Forceps under a Microscope Using Kinematic Data Fusion, IEEE/ASME TMECH (In press).
- Y. Kurose, Y. Baek, Y. Kamei, S. Tanaka, K. Harada, S. Sora, A. Morita, N. Sugita and M. Mitsuishi : Preliminary Study of Needle Tracking in a Microsurgical Robotic System for Automated Operations : Proc. of ICCAS 2013 (2013) 627-630.
- T. Osa, T. Haniu, K. Harada, N. Sugita and M. Mitsuishi : Perforation Risk Detector Using Demonstration-based Learning for Teleoperated Robotic Surgery, Proc. of IROS2013 (2013) 2572-2577.
- N. Sugita, T. Nakano, N. Abe, K. Fujiwara, T. Ozaki, M. Suzuki and M. Mitsuishi : Toolpath Strategy Based on Geometric Model for Multi-axis Medical Machine Tool, CIRP Annals, **60**, 1 (2011) 419-424.
- J. Sui, N. Sugita, K. Ishii, K. Harada and M. Mitsuishi : Force Analysis of Orthogonal Cutting of Bovine Cortical Bone, Mach. Sci. Technol., **17**, 4 (2013) 637-649.
- J. Soriano, A. Garay, P. Arrazola, K. Ishii, N. Sugita and M. Mitsuishi : A New Surgical Drill Bit Concept for Bone Drilling Operations, Mater. Manuf. Process. (2013) (In press).
- T. Kizaki, T. Ogasahara, N. Sugita and M. Mitsuishi : Ultraviolet-laser-assisted Precision Cutting of Ytria-stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal, J. Mater. Process. Technol., **214**, 2 (2014) 267-275.
- S. Tottori, N. Sugita, R. Kometani, S. Ishihara and M. Mitsuishi : Selective Control Method for Multiple Magnetic Helical Microrobots, J. Micro-Nano Mech., **6**, 3-4 (2011) 89-95.
- S. Nakamura, K. Harada, N. Sugita, M. Mitsuishi and M. Kaneko : Electromagnetic Drive of Microrobot Geometrically Constrained in Blood Vessel, EMBC'11 (2011) 6664-6667.

光石 衛

1986 年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了。工学博士。現在は東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻教授、東京大学教育研究評議員、工学系研究科副研究科長。主に生産加工と医療ロボティクスの研究に従事。CIRP (生産工学に関する国際アカデミー) 評議員、CIRP 工作機械部門長、日本コンピュータ外科学会理事など、CIRP フェロー、日本機械学会フェロー、日本ロボット学会フェロー、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門学術業績賞、工作機械技術振興財団論文賞など受賞多数。

杉田直彦

1996 年東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻修士課程修了。日本電気株式会社勤務を経て、2003 年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻助手、2005 年同大より博士号取得 (博士 (工学))。2007 年より准教授。主に生産加工と医療ロボティクスの研究に従事。CIRP、精密工学会、日本機械学会、日本コンピュータ外科学会などの会員。日本機械学会教育賞、工作機械技術振興財団論文賞など受賞。

原田香奈子

2001 年東京大学工学部精密機械工学専攻修士課程修了。(株)日立製作所勤務および国立成育医療センター勤務を経て 2007 年早稲田大学理工学研究科博士課程修了。博士 (工学)。イタリア聖アンナ大学院大学勤務の後、2010 年より東京大学所属。現在は工学系研究科バイオエンジニアリング専攻・機械工学専攻の特任講師。主に医療ロボティクスの研究に従事。IEEE、CIRP、精密工学会、日本機械学会などの会員。