



筑波大学
University of Tsukuba

工作ニュース

No.16 2025.4



筑波大学研究基盤総合センター
工作部門

<https://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>



Contents

目次

巻頭言

研究基盤総合センター 副センター長（工作部門担当） 文字 秀明 1

ガラス工作室での 44年間を振り返って

工作部門 ガラス工作室 明都 茂..... 2

研究ノート

「その場観察法を用いた高品位CNT合成メカニズムの解明」..... 3
藤田 淳一（数理物質系）

新規導入機器の紹介

..... 9

フォトギャラリー

.....17

利用の手引き

.....20

運営報告

利用状況.....25
主なイベント.....26
運営委員一覧.....27
職員紹介.....27

編集後記

.....28

研究基盤総合センター 副センター長（工作部門担当） 文字 秀明
（令和7年3月末退任）

研究基盤総合センター工作部門では、大学の研究力をものづくりの点から支えるべく、機械工作とガラス工作に関連した設計・技術相談や研究・実験用機器の製作を行っています。設計・技術相談では研究者の要望を丁寧に聞き、研究目的に合った設計の提案を行います。このとき、依頼者は設計図を示すことなく、構想だけでも相談することが可能です。また、学生から相談や依頼を受ける場合には、ものづくりの基本的な知識も得られるように、教育的な視点からも対応します。

機器の製作では、長年の工作技術を伝承し、知識と経験を有する技術職員が製作することに加え、新しい工作機械を整備し、従来では難しかった加工もできるようになっています。汎用旋盤などの従来の工作機械に加え、3Dプリンタやターニングセンタ、5軸加工マシニングセンタが導入され、試作品の簡単な製作が可能になったり、複雑な形状の部品を1つの母材から削りだしたりすることが可能になりました。教員のこれまでの経験にない製作方法を提案できることもありますので、お気軽にご相談ください。

コロナ禍で一時、閉鎖していました公開工作室も再開しました。公開工作室では学生や教職員が工作機械を使用し、機械部品等を製作することができます。また、工作の指導も受けることが可能です。公開工作室を利用するためには免許が必要ですが、その免許は工作部門の専任の教員が行う講義・実習を受けると取得できます。その他、専任の教員は大学院で機械工作に関する授業を行っており、そこでも公開工作室を利用する免許を取得することができます。

工作部門での依頼工作にかかる費用は学外業者に比べはるかに安価ですし、修理などでは、輸送がない分、時間的にも早くなる場合があります。是非、工作部門のご利用をご検討ください。学生の研究のモチベーションが上がってくる6月ころから工作の依頼件数が増加し、製作完了までに時間がかかるようになる傾向があります。年度当初からご依頼いただくと、短時間で完成すると思われます。

ガラス工作室での44年間を振り返って

ガラス工作室 シニアスタッフ 明都 茂

筑波大学は、東京教育大学を母体として創立された総合大学で、1973年から茨城県つくば市に順次移転が始まりました。ガラス工作室の前身は東京教育大学理学部物理学教室に所属し、業務を行っていました。1978年4月に全学対応の筑波大学工作センターが設置され、ガラス工作室と機械工作室が移転してきました。2004年の筑波大学独立行政法人化に伴い改組し、研究基盤総合センター工作部門ガラス工作室となり、現在に至っています。工作センターが業務を開始してから2年後の1980年8月にガラス工作室に着任しました。以後、44年間にわたり一貫してガラス工作に携わってきましたが、本年3月をもって再雇用契約満了に伴い退職することになりました。採用当時は熟練した先輩2名が在籍しており、独創的で複雑なガラス器具を製作していました。理化学実験は多岐にわたるため、必要なガラス器具も非常に多種多様です。依頼の多くは新たな研究に向けて考案されたもので、既製品では対応できない特殊な形状やサイズのオーダーメイド品です。ガラス素材の特性上、機械加工は難しく、柔軟に対応可能な手作業で一点一点バーナーワークにより制作しています。バーナーワークは、両手でガラス管を持ちながら、バーナーの炎で温度や位置を調整し、ガラスを軟化させ成形・溶着・穴あけなどの加工を行います。この一連の動作をスムーズに行うためには、反復練習が必要で、一朝一夕にはいきません。私はガラス工作の知識や経験もなく、先輩のレベルに上達できるか心配になった記憶があります。先輩方のご指導のおかげで、地道な基礎練習を重ね、ガラス加工技術の基礎をしっかりと学ぶことができました。筑波大学は総合大学ですので、製作依頼は数理物質系に限らず、生命環境系、システム情報系、芸術系、図書館情報メディア系、医学医療系など、ほぼ全学に及びます。化学実験用のガラス器具は言うまでもなく、破損品の修理、芸術系のガラスオブジェ、試料の真空封入、既製品の追加工、アルミナ・レンズ・金属試料の切断、穴あけ加工など、加工以外にはガラス工作（細工）の講習も含まれます。ガラス工作室は、つくばに移転後から工作依頼に通り番号を付けて管理していますが、現在16,700件を超えました。1件の依頼で一点のみの製作もあれば、数十点に上るものまであり、作業時間も30分程度で完了するものから、何十時間もかかるものまでさまざまです。ガラス工作室でバラエティ豊かな業務に携わる機会に恵まれ、日々新たな「世の中にないもの」への挑戦で44年間の瞬間に過ぎてしまいました。初めて作る難易度の高い器具は、徹底的に製作手順を検討しても、失敗や試行錯誤を繰り返し苦労したこともありました。しかし、最終的に完成品を見たときの喜びと感動は何ものにも代えがたいものでした。そして、仕事の楽しさや大きな達成感につながってきました。さらに実験を通して新たな発見につながり、科学の進歩に貢献できたなら、これこそがものづくりの醍醐味と言えるでしょう。

最後になりましたが、長年にわたり、本学や研究基盤総合センターの皆様には多大なご支援とご厚情を賜り、誠にありがとうございました。おかげさまで、ガラス工作に専心し、無事に今日までやっていくことができました。とりわけ、機械工作室の皆様には、数々のガラス加工治具の製作にご尽力いただき、心より感謝申し上げます。皆様の卓越した加工技術がなければ、私の業務はこれほど円滑に進めることはできませんでした。改めて深く御礼申し上げます。

筑波大学のますますのご発展を心よりお祈り申し上げます。

その場観察法を用いた 高品位CNT合成メカニズムの解明

数理物質系 藤田 淳一

1. はじめに

カーボンナノチューブ（CNT）は太さが2nm程度の極めて細い炭素分子であるが、その破断強度は100GPa、つまり髪の毛1本の太さで100kgの人を吊り下げられる程度の高強度材料である[1～5]。この炭素を基材とした軽くて高強度のCNTN繊維は宇宙エレベーターや、自動車・航空機産業での応用、さらには高いエネルギー吸収による衝撃吸収材料などへの応用が期待されている。筆者らの研究グループでは、高強度高品質なCNTを大量合成する方法として浮遊触媒化学気相合成（FCCVD）法によるCNT合成法[6、7]を開発し研究を行ってきた。FCCVD法では、原料の種類や投入位置、キャリアガスの種類や流量、反応温度等、様々な条件がCNTの品質や量に影響すること判明している。これらの合成パラメータを最適化することで、より高強度なCNT集合繊維を合成する原料とすることが可能となる。

このような次世代材料合成を詳細な気相化学反応を解明しつつ効率良く研究を進めるためには、独自のCNT合成装置を開発する必要がある。その心臓部ともなるのが、今回紹介する六方パイレックス原料混合リアクターと、気相合成中の飛翔CNTの構造をリアルタイムに計測するその場顕微ラマン分光用のNW管分光窓であり、これらを本学工作センターで作成していただいた。本研究ノートでは、それらの合成装置の機能とともに、その場のリアルタイムの顕微ラマン分光法を用いた高品位CNT成長メカニズムに関する研究を紹介する。

2. CNT 合成方法と課題

気相成長CNT合成方法は、鉄などの触媒金属微粒子にメタンやエタノールなどの炭素原料を高温で反応させる方式が一般的である。CNT成長の触媒となる鉄原料となるフェロセンを炭素原料となるエタノールに約1%程度溶解し、助触媒であるチオフェンを混合して合成原料が得られる。これを、高温電気炉中に噴霧すればCNTが成長し、反応生成物(煤)を回収することでCNTを得ることができる。しかし、CNTの太さの制御や、不純物として生成するアモルファス炭素、グラファイト微結晶が同時に生成してしまう。これらの不純物生成を抑制して、CNT太さの揃った高品位のCNTを合成するためには、気相成長での個別の原料の投入量に対して、その場でキャリアガス中の気相生成物を顕微ラマン分光で直接計測できれば、極めて効率よく反応課程を理解することができ、しいては安定したCNT成長に向けて、その場のフィードバック成長制御が可能となる。

一般的な化学気相成長では、CNT成長の触媒となる鉄と炭素原料を、エタノール等の有機溶媒にフェロセンを混合して合成炉に噴霧する手法が用いられる[6、7]。フェロセン濃度と噴霧量を調整することで、それなりに良質のCNT合成条件を見出すことになる。このような合成研究では、合成条件を設定して試料を採取し、その都度Raman分光で試料の状態を調べるという研究ルーチンを繰り返しながら合成条件を最適化させる必要があり極めて研究効率が悪い。そこで考案したのが、本報告で紹介するCVD合成における、フェロセン原料とエタノール原料の独立投入機構とその場ラマン分光法の

開発である。この合成手法を開発したことで、効率よく合成条件の最適化ができるとともに、合成中のCNT成長機構にも踏み込んだ理解を進めることができたので報告する。

3. 独立合成パラメータ CVD 装置について

本装置の概要を図1に示す。図1 (a) が工作センターで作成した5方向のNWポートを備えたパイレックス原料混合器であり、図1 (b) にはフェロセン加熱用銅ポート（左）とエタノール加熱用銅ポート（右）を実際の運転状態に配置した様子である。さらに、図1 (c) には実際の合成中のFCCVD合成炉と、この後に詳細を説明するその場ラマン観測装置全体の様子を示した。CNT合成用原料であるフェロセンは銅ポートの上に粉末状で分散させ、またエタノールは銅ポート上に直上のポートから滴下して導入する。

このようなFCCVD合成法の概要をポンチ絵として図2に示した。銅ポートの温度に依存してフェロセンとエタノールの蒸気が水素キャリアガス中に供給される。この混合蒸気が電気炉内に導入されると、フェロセンが分解して鉄を生成し、同時にエタノールも分解して炭素が生成する。これら原料の分解と凝集によって炭素過飽和の鉄微粒子が生成し、さらに周囲の炭素を取り込みながらCNTが成長していくと想定されている。この反応は、内径2cmの石

英反応管内に1L/分の水素キャリアガスが流れているので、室温領域での原料が混合されたキャリアガスは毎秒5cm程度で流れて移動している。しかし、電気炉内は1000℃であるから、混合ガスは約5倍に体積膨張して、流速は25cm/秒となり、幅30cmの電気炉内を1秒足らずで通過することになる。つまり、CNTの成長自体は、原料の分解から凝集と成長を含めて1秒で完了することとなる。

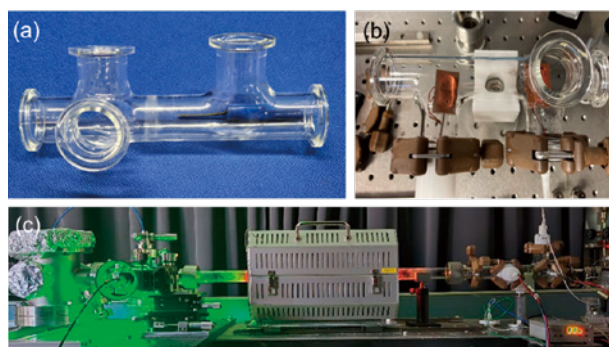


図1 CNT合成系の概要

その場頭微ラマン計測装置

図3に飛翔CNTのラマン計測系の写真を示す。飛翔中のCNTにレーザーを照射して、そのラマンスペクトルを計測しようという装置である。そのために通常の基板上に設置した試料のラマン分光と比べて、励起発光強度は極めて微弱である。さらに、反応管内を飛翔するCNTへのレーザー照射位置か

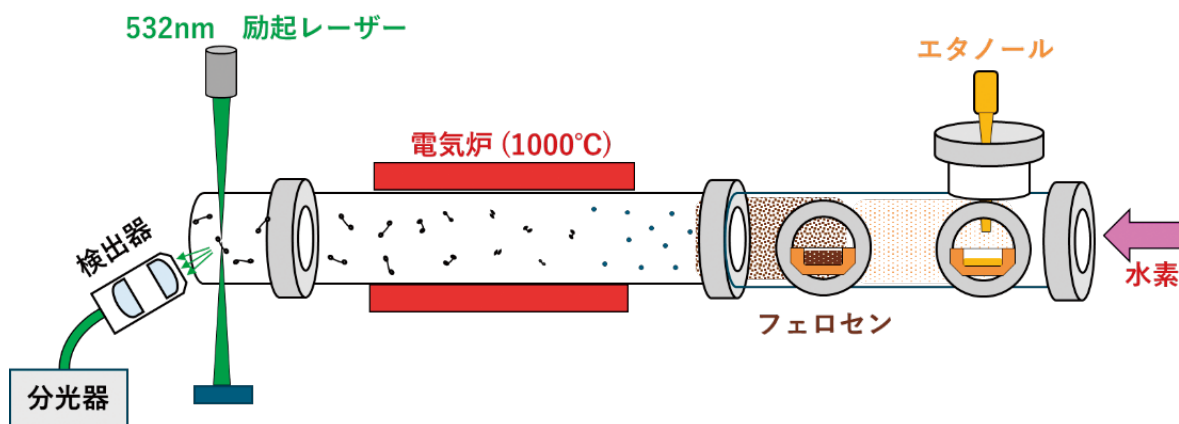


図2 CNT合成と検出のポンチ絵

ら集光対物レンズ先端までの距離 (work distance) も3cm 程度が必要となっている。この分光装置のために、通常の NW25 の六方管を工作センターで独自加工してもらい、サファイヤ窓を介した気密シールド構造を形成している。図 4 に示すように六方管上部から励起レーザーを照射し、そこからの散乱光を対物レンズで捉える構造である。また、六方管下部には、レーザー吸収用のビームトラップを設置し、散乱光の侵入を抑制している。

励起レーザーの照射は、NW フランジを介してウィルソンシール型気密構造でサファイヤ窓を保持し、さらには、ファイバー先端のコリメータと収束レンズを内蔵した構造となっている。一方で、ラマン散乱光の検出では、できる限り散乱光を効率よく検出したい。ここではレーザー集光点に直面した NW フランジを切り落とし、中心管ぎりぎりにオーリング接触面と外周ネジ溝を加工して、散乱光採取用サファイヤ窓を気密固定する構造となっている。

レーザーには CNT のラマン分光で広く用いられている 532nm 波長をもつ Civillaser 社の LSR532H-5W-FC を用いた。飛翔する微小物体からのストークス散乱光を検出するため、励起光強度を5W とした。また、ファイバー出力されるレーザーはコリメーター (f=7.86mm) と

片面凸レンズ (f=11mm) で集光することで、計測領域で直径約1mm のスポット領域を形成している。励起光のレイリー散乱由来のテールは550nm のロングパスフィルターを2枚用いて除去し、さらに合成炉の輻射熱由来の赤外光を除去するために670nm のショートパスフィルターを検出用ファイバー前に設置している。分光器は LamdaVision 製のラマン分光器である。得られた波長スペクトルは、532nm を励起光として用いた際のラマンシフトに以下の式を用いて変換できる。

$$\text{Raman shift (cm}^{-1}\text{)} = \frac{1}{532[\text{nm}] \times 10^{-7}[\text{1/nm}]} - \frac{1}{\text{wavelength}[\text{nm}] \times 10^{-7}[\text{1/nm}]}$$

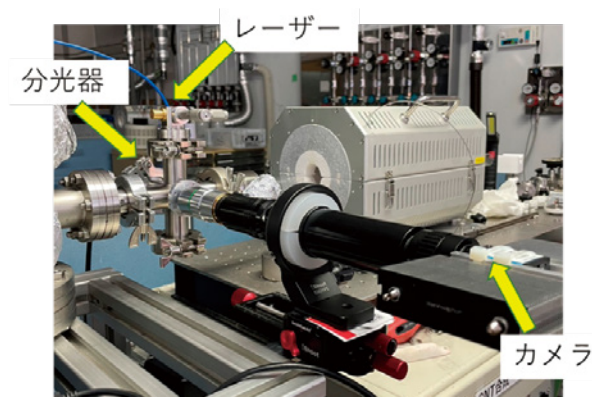


図 3 飛翔CNT可視化装置の光学系

このようなその場ラマン分光装置と、原料供給系を用いて、原料供給パラメータ依存の CNT 生成状

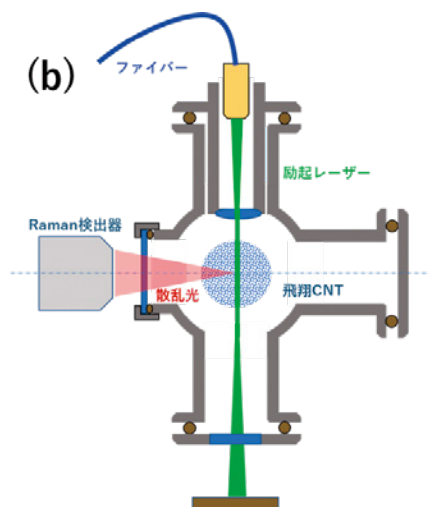
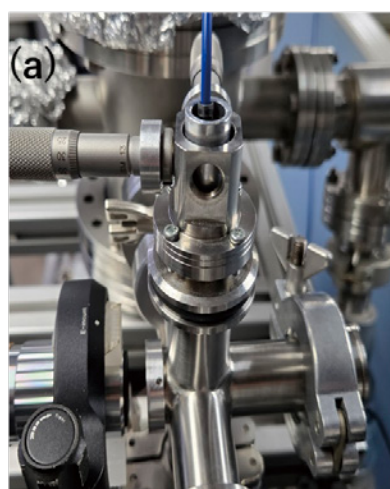


図 4 飛翔CNTのその場ラマン散乱光の検出部の構造

態をラマン分光計測で調べた結果を以下に示す。尚、エタノールには1wt%の助触媒チオフェンを混合しているが、ここではエタノールと表記する。

この実験で用いているCNT成長触媒である鉄はフェロセンから供給されている。フェロセンの蒸気圧は室温で10-7Pa程度であるが、昇華点が約100℃であり温度上昇とともに急激に蒸気圧が高まる。一方で、エタノールは約80℃が沸点となる。

まず、図5 (a) はエタノール温度を25℃に固定し、フェロセンの蒸発温度を変化させた場合のその場ラマン分光結果である。ここでは、図5 (b)と(c)に計測された典型的なラマンスペクトルであり、(b)と(c)はそれぞれ図5 (a)中に示した点に対応している。図5 (a)では時系列でもスペクトル変化をCNTのラマン分光スペクトルに特徴的なGバンド(1580cm⁻¹)とDバンド(1360cm⁻¹)のピーク強度に着目してプロットしている。エタノール温度を一定にしてエタノール蒸気圧が一定の条件でフェロセンポート温度を上げた場合、つまりフェロセンポート温度の上昇経過に伴い、ポート温度が70℃ぐらいから急激にGバンドピーク強度が上昇するこ

とがわかる。しかし100℃に設定を変更すると逆にピーク強度が減少に転じ、その後急速に強度が減少してCNT生成が止まっている。フェロセン昇華点に達して急激なフェロセン供給が起こり、逆にCNT成長が抑制されてしまっている。その後のGバンド強度の低下はフェロセンの枯渇によるものである。

次に、図6にフェロセン70℃の固定した時のエタノール(チオフェン含有)温度に依存する生成CNTのその場ラマン分光結果を示す。エタノール温度を一定にして合成した場合ではスペクトル中にDバンドが現れず、比較的きれいなCNTが生成され、フェロセン蒸気圧の上昇に伴いCNT収量が増えていた。一方で、図6に見られるようにフェロセン温度を高温で最初過剰に供給していると、不純物由来のDバンドが強く表れていることが判る。さらにエタノールポート温度を段階的に上昇させていくと、エタノールポート温度が40℃で最大Gバンド強度が観測されるものの、45℃に上昇させると、Gバンドピーク強度が減少に転じる。図5と図6の結果から、CNTの生成はフェロセン蒸気とエタノール蒸気に対して最適な混合比が存在するというこ

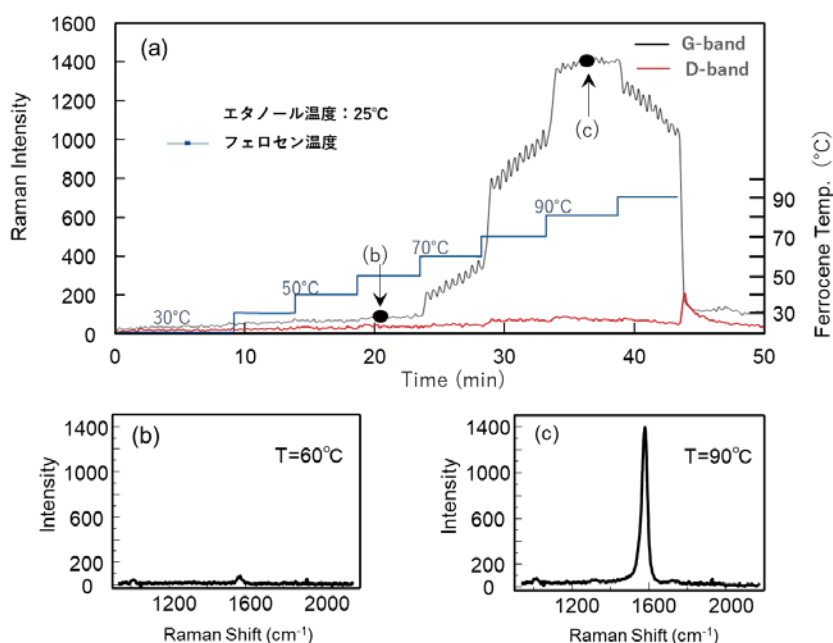


図5 フェロセン温度依存のCNTラマンスペクトル強度の変化

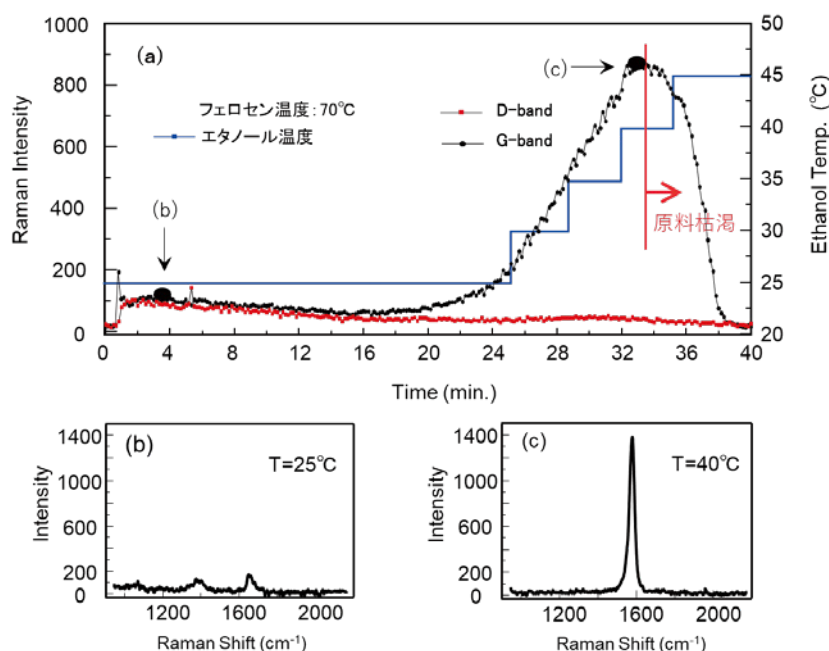


図6 エタノール温度依存のCNTラマンスペクトル強度の変化

になる。フェロセン、エタノールのどちらにも共通していることは、供給過剰によって、つまり最適混合比からのずれによってCNT成長が急激に悪化するということである。

図7に観察されたCNTの典型的なTEM像を示す。図7(a)は図6(b)の領域で、試料を採取しており、図7(b)は図6(c)の領域で試料を採取して観測したTEM像である。その場ラマンスペクトルに対応して、CNT特有のGバンドが小さく、かつ不純物由来のDバンドの強くでる図6(c)領域で採取したCNTは、明らかに太くて不規則な構造となっており、ラマンスペクトルの特徴に良く対応している。さらに、図6(c)領域に見られる、一般的には高品位CNTの特徴とされる強いGバンドと、ほとんど検出されない欠陥構造由来のDバンドの特徴を反映して図7(b)に示すTEM像では細くて均一なCNTが長く伸びていることがわかる。この結果から、その場ラマン散乱計測でえられた情報と実際に採取されるCNTが良く対応していることが判る。

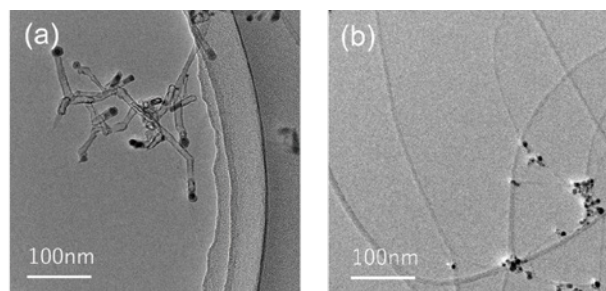


図7 観察されたTEM像

4. 結論

今回独自の原料供給機構ならびにその場ラマン計測機構を試作して、CNT成長中その場ラマン計測が実施できるようになった。このような供給原料の濃度依存性の実験は、フェロセンをエタノールに濃度を変えながら溶解させて合成し、試料を採取してラマン分光すれば、同様の結果を得る事が可能であるが、極めて手間暇のかかる効率の悪い作業となってしまう。CNT成長のその場計測は実験効率の大幅な改善となるとともに、量産化にむけたCNT成長状態の大量生産状況をリアルタイムにフィードバックして制御することも可能となる画期的な計測技術となることが期待される。

謝辞

本ニュースで紹介した研究は、筑波大学数理物質系（藤田・伊藤研究室）で実施されたものです。学生を含めた研究室のスタッフの皆様、日々応援やサポートしてくださる支援室皆様に深く感謝いたします。また、本研究を推進するにあたり、筑波大学研究基盤総合センター工作部門の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

また、本研究は、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度 JPJ004596、および、科研費による研究プロジェクト（19H00847、22H00289）の一環として実施されました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] S. Iijima, Helical microtubules of graphitic carbon, *Nature* 1991, 354, 56-58.
- [2] Y. X. Bai, R. F. Zhang, X. Ye, Z. X. Zhu, H. H. Xie, B. Y. Shen, D. L. Cai, B. F. Liu, C. X. Zhang, Z. Jia, S. L. Zhang, X. D. Li, F. Wei, Carbon nanotube bundles with tensile strength over 80 GPa. *Nat. Nanotech* 2018, 13, 589.
- [3] R. H. Baughman, A. A. Zakhidov, W. A. de Heer, Carbon nanotubes - the route toward applications. *Science* 2002, 297, 787.

- [4] P. X. Hou, F. Zhang, L. L. Zhang, C. Liu, H. M. Cheng, Synthesis of Carbon Nanotubes by Floating Catalyst Chemical Vapor Deposition and Their Applications, *Adv. Funct. Mater.* 2022, 32, 2108541.
- [5] Q. Zhang, N. Wei, P. Laiho, E. I. Kauppinen, Recent Developments in Single-Walled Carbon Nanotube Thin Films Fabricated by Dry Floating Catalyst Chemical Vapor Deposition, *Top Curr Chem (Z)* , 2017, 375:90.
- [6] T. Fujimori, D. Yamashita, Y. Kishibe, M. Sakai, H. Inoue, T. Onoki, J. Otsuka, D. Tanioka, T. Hikata, S. Okubo, K. Akada & J. Fujita, One step fabrication of aligned carbon nanotubes using gas rectifier, *Sci. Rep.*, 2022, 12, Article number: 1285.
- [7] Z. K. Li, T. Fujimori, S. Jeong, H. Inoue, M. Sakai, K. Akada, Y. Ito, J. Fujita, Direct synthesis of nitrogen-doped narrow-diameter carbon nanotubes through floating-catalyst chemical vapor deposition with high hydrogen flow rate, *Appl. Phys. Express* 2023, 16, 095001.

新規導入機器のご紹介

この度、工作部門では新規導入機器（工作機器と測定・検査機器）の大幅な導入を行いました。本稿では、導入機器の効果及び用途、その運用についてご紹介いたします。

今回の設備導入によって得られる効果は、業務の高度化と効率化の2点です。高度化とは、既存の機器では不可能だった加工・測定・検査が可能になる事です。また、効率化とは、今まで工作部門で行ってきた加工・測定が効率化される事です。

その用途は、依頼工作への活用と研究・教育への活用の2点を考えています。依頼工作への活用では、工作部門職員が新規設備を利用して依頼工作を行います。研究・教育への活用では、学生・教員に、研究・教育のため直接に新規導入機器を利用していただきます。

依頼工作においては、今まで工作部門では加工できなかった形状が加工できるようになるとともに、通常期の納期や、繁忙期の工作待ち時間が短縮される事となります。

研究・教育により広く貢献できるよう、ぜひ、皆様に広くご活用いただきたいと思います。測定・検査機器に関しましては、教員・学生が使用することを考慮し、専門知識がなくとも簡単に操作できる事や、測定データを使用者が持ち帰って後処理可能な事も重視して選定いたしました（工作機器は、専門知識がないと直接のご利用はなかなか難しいため、機能重視で選定いたしました）。具体的な運用方法については策定中ですが、まずは皆様に広く周知・体験していただきたいと考えております。測定機器や工作機器の見学・試用をご希望の方はお気軽にご連絡ください。一旦実物をご覧の上ご試用いただき、有用性をご確認いただきたいと思います。

今後とも工作部門のご利用をよろしくお願いいたします。

新規導入機器

1. 5軸制御マシニングセンタ DMU-50（DMG 森精機）
2. 小型切削加工機 ロボドリル α -D14MiB5 Plus（FANUC）
3. 卓上 X 線 CT 装置 XSeeker 8000（島津製作所）
4. 三次元測定機 VL700（キーエンス）
5. 3D スキャナ EinScan HX2（SHINING 3D）
6. 半自動旋盤 TAC-510L10（TAKISAWA）
7. CAD-CAM ソフト hyperMILL（OPEN MIND）

1. 5軸制御マシニングセンタ DMU-50 (DMG 森精機)

自由曲面を含むような複雑な形状の部品を加工するため、5 軸制御マシニングセンタを導入しました。

5 軸同時制御により、インペラや自由曲面といった複雑な形状の精密加工が可能になります。

工具の自動交換、ステージの高速移動、5 軸制御により、一般的な部品製作の効率化にも力を発揮します。



加工エリア 移動量		650mm/520mm/475mm
テーブル傾斜・回転角度	B 軸	-35度 / +110度
	C 軸	360度
テーブル作業面大きさ		φ 630mm×500mm
主軸最高回転速度		15000min ⁻¹
早送り速度 [X・Y・Z 軸]		42m/min
最大送り力 [X・Y・Z 軸]		4.8kN
テーブル傾斜早送り速度	B 軸	30min ⁻¹
	C 軸	27min ⁻¹
工具収納本数		30本

2. 小型切削加工機 ロボドリル α-D14MiB5 Plus (FANUC)

切削加工部品の効率化のため、小型切削加工機を導入しました。
加工時間の短縮により、納期短縮や製作費用の削減、内作率の向上を目指します。



移動量	X 軸	500mm
	Y 軸	400mm
	Z 軸	330mm
作業面の大きさ		650mm×400mm
工具収納本数		14本
主軸回転数		100min ⁻¹ ～10000min ⁻¹
精度	軸の両方向位置決めの正確さ	0.006mm 未満
	軸の両方向位置決めの繰り返し性	0.004mm 未満

3. 卓上 X 線 CT 装置 XSeeker 8000 (島津製作所)

部品の非破壊検査や寸法測定のため X 線 CT 装置を導入しました。

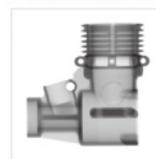
金属部品や樹脂部品の内部の検査などに使用します。

工作部門に持ち込まれる修理依頼装置には、古くて図面等の情報が残っておらず、故障箇所の調査が難航する物もあります。そのような装置の検査にも力を発揮します。

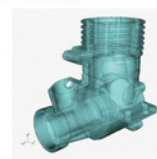
また、工業製品以外にも文化財や生物標本の研究・教育目的のための CT 画像取得が可能です。



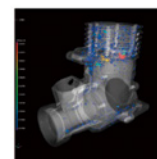
● アルミダイカスト：ドローンエンジン部品



透視画像

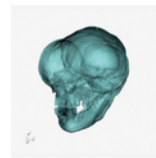


VR画像



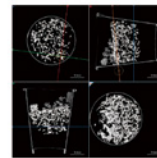
欠陥解析(VGSTUDIO MAX)

● 骨：メガネザル



VR画像

● 食品：カップ麺（ミニサイズ）



断面画像



VR画像

X 線発生装置出力	160kV1.2mA	
X 線検出器	フラットパネル検出器	
最大入力解像度	約560万画素	
搭載可能ワークサイズ	SRD ※ 1 =475mm の場合	φ 300mm×H320mm、10kg (ワークセットジグ含む)
	SRD=550mm の場合	φ 150mm×H320mm、10kg (ワークセットジグ含む)
撮影領域	SRD=475mm の場合	φ 85mm×H70mm
	SRD=550mm の場合	φ 100 mm×H80mm
空間分解能	100um (SRD=550mm の場合)	
撮影時間	12秒または 5 分	
外部漏洩線量	1uSv/h 以下	

※ SRD (Source to Rotation Center Distance) : X線源からワークの回転中心までの距離

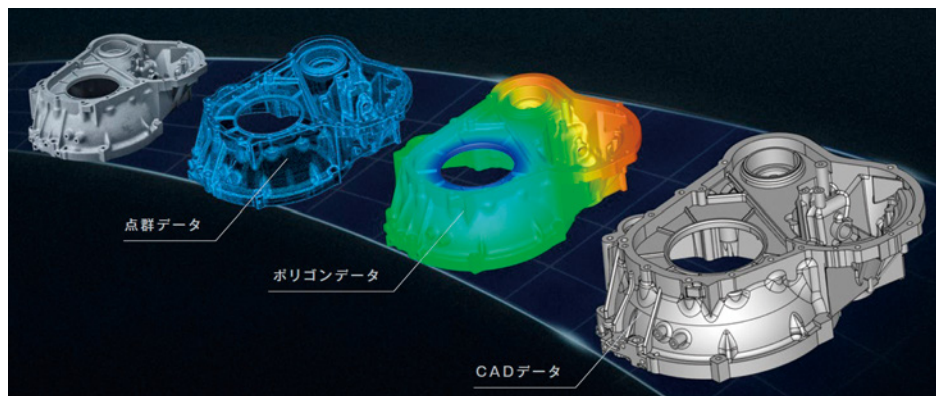
4. 三次元測定機 VL700 (キーエンス)

工業部品の形状測定のため3D スキャナ型 三次元測定機を購入しました

工業製品の各種寸法を非接触かつ高精度に測定可能です。

接触式測定機と比較して、測定時間が短い、未経験でも測定可能、ゲルやシリコン等の柔らかい物体も測定可能などの利点があります。

鏡面や透明箇所をもつ部品は、通常はそのままでは3D スキャナによる測定が困難ですが、測定用の着色・つやけしスプレーを用いることで測定が可能になります。測定用スプレーの成分は数時間で揮発して跡が残らないため、測定後に洗浄する必要がありません。



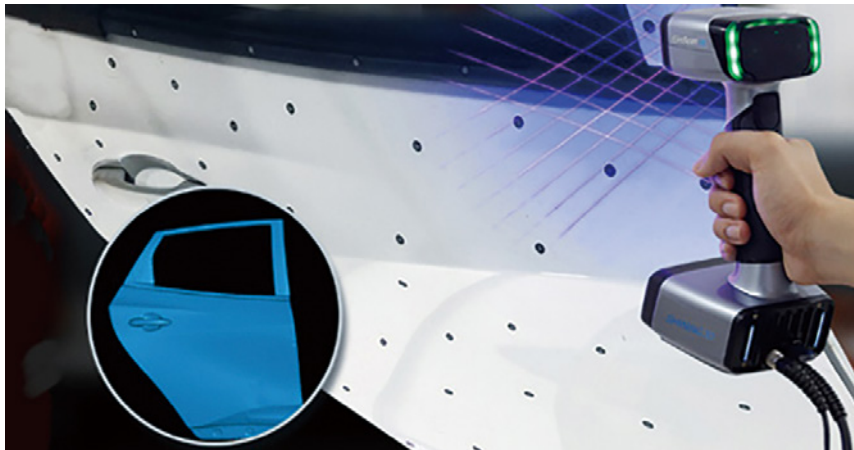
照明系	測定用光源	青色 LED
	カラーテクスチャ用光源	3 色 LED
取得データ形式		フルカラーテクスチャ3D メッシュデータ
繰り返し精度 (σ)		2 μ m
測定精度		$\pm 10\mu$ m
測定解像度		900万点
測定範囲	低倍 (広視野)	$\phi 300\text{mm} \times \text{H}200\text{mm}$
	高倍 (高解像)	$\phi 70\text{mm} \times \text{H}50\text{mm}$

5.3D スキャナ EinScan HX2 (SHINING 3D)

大型部品の形状測定や、人体などの3D データ取得のため 3D スキャナを導入しました。

2 モード(テクスチャの取得が可能で、位置合わせの容易な高速スキャンモードと、高精度測定可能なレーザースキャンモード) の測定に対応しています。

テクスチャを取得できるため、資料用の3D データ作製にも活用できます。



スキャンモード	高速スキャン	レーザースキャン
	青色 LED	13本クロスブルーレーザー
スキャン制度	最高 0.05mm	最高0.04mm
ポイント間隔	0.25 mm -3mm	0.05mm -3mm
被写界深度	200mm - 700mm	350mm -610mm
最大視野	420×440mm	380x400mm
スキャン速度	1, 200, 000 ポイント／秒, 20FPS	1、600、000ポイント／病, 120 FPS
位置合わせモード	マーカ、特徴、ハイブリッド、テクスチャ	マーカ
安全性	目に安全	CLASSII (目に安全)
出力フォーマット	OBJ;STL;ASC;PLY;P3;3MF	
本体寸法	108×110×237mm	
本体重量	745g	

6. 半自動旋盤 TAC-510L10 (TAKISAWA)

旋盤加工の効率化のため、半自動旋盤を更新しました。

CNC 旋盤としても汎用旋盤としても利用可能で、工作部門で製作する多種多様な部品の製作に活用できます。

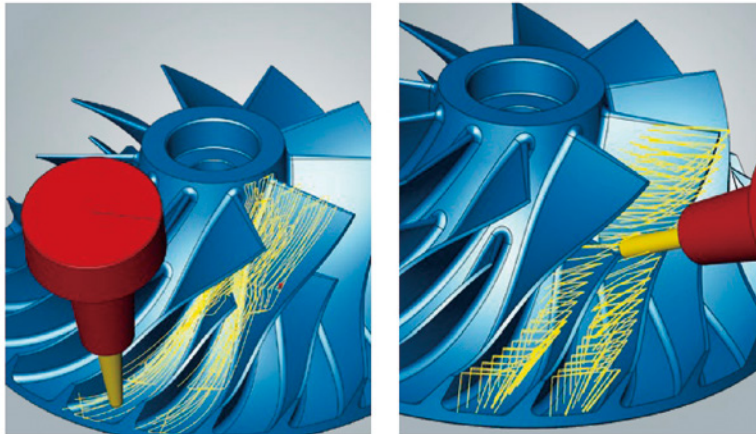


ベッド上の振り	510mm
横送り台上の振り	270mm
心間仕様（両センター間の距離）	1010mm
主軸速度範囲	15～1500 [OP.20～2000]
機械の高さ	1830mm
所要床面の大きさ（奥行き）	1535mm
所要床面の大きさ（横幅）	2905mm
機械質量	2550mm

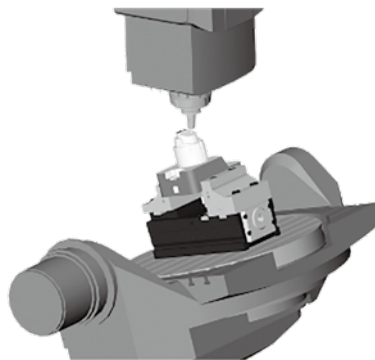
7.CAD-CAM ソフト hyperMILL (OPEN MIND)

新規導入の工作機械や従来の工作機械を用いて高度・高精度かつ効率的な切削加工を行うため、CAD-CAM ソフト HyperMILL を導入しました。

5 軸加工に対応し、効率的な加工パス生成、シミュレーションによる衝突回避機能をもち、新規及び既存の工作機器による加工の高度化・効率化が可能です。



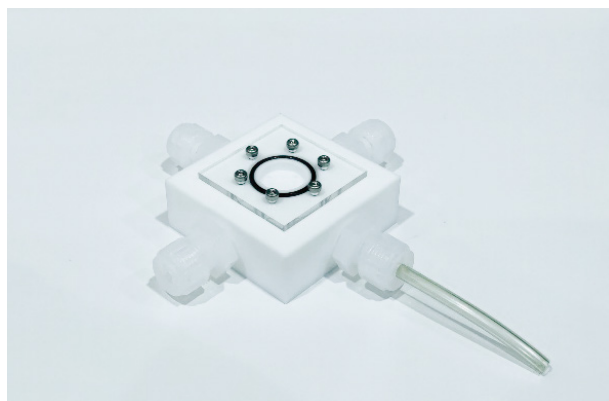
5 軸加工による加工パス生成



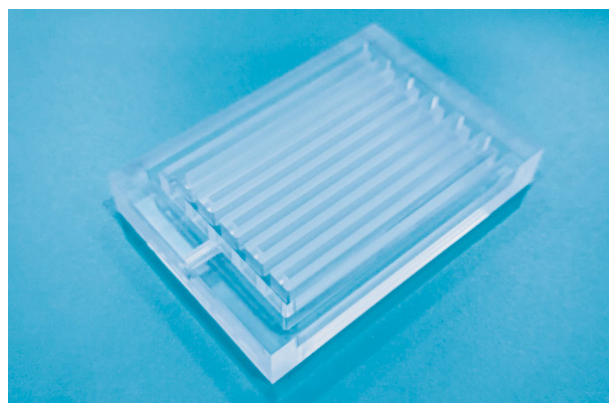
加工シミュレーション



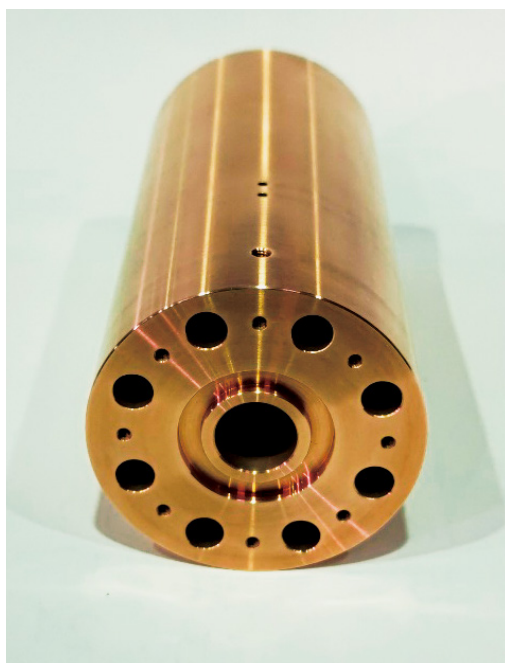
絶縁評価用シリンダ



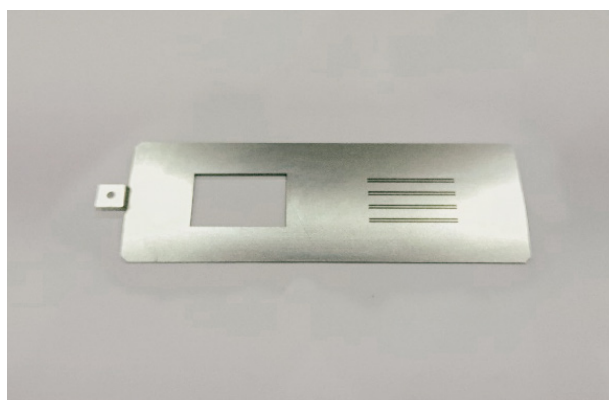
エッチング観察用線路



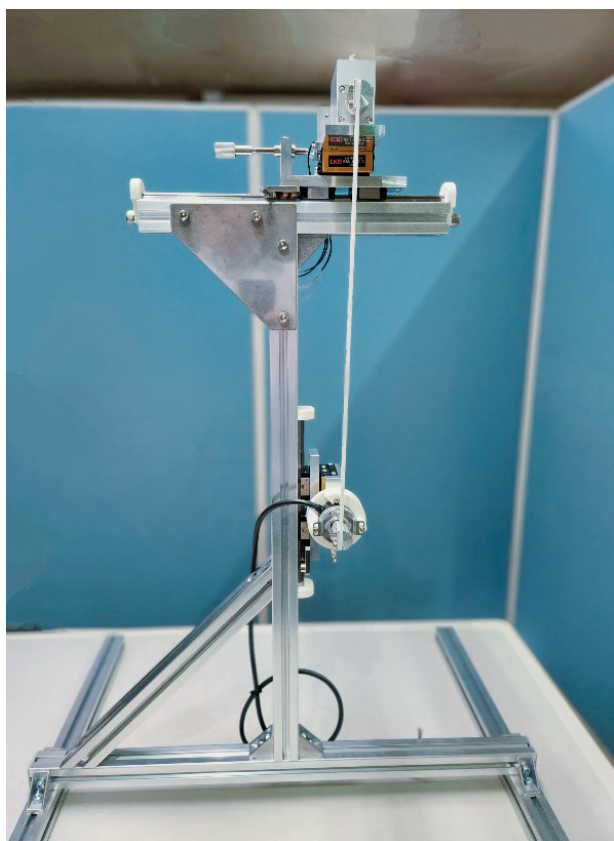
FlyPadアクリル加工



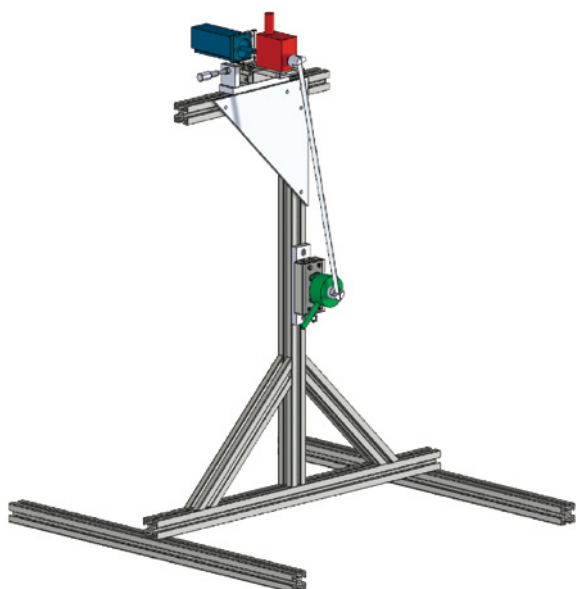
銅のヒーター円筒



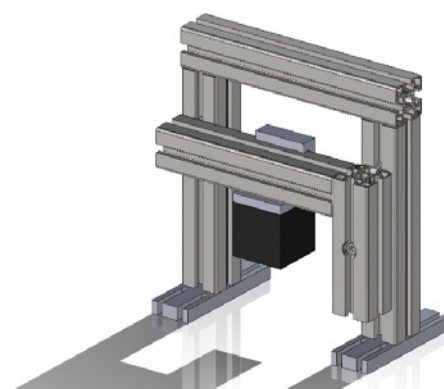
蒸着マスク



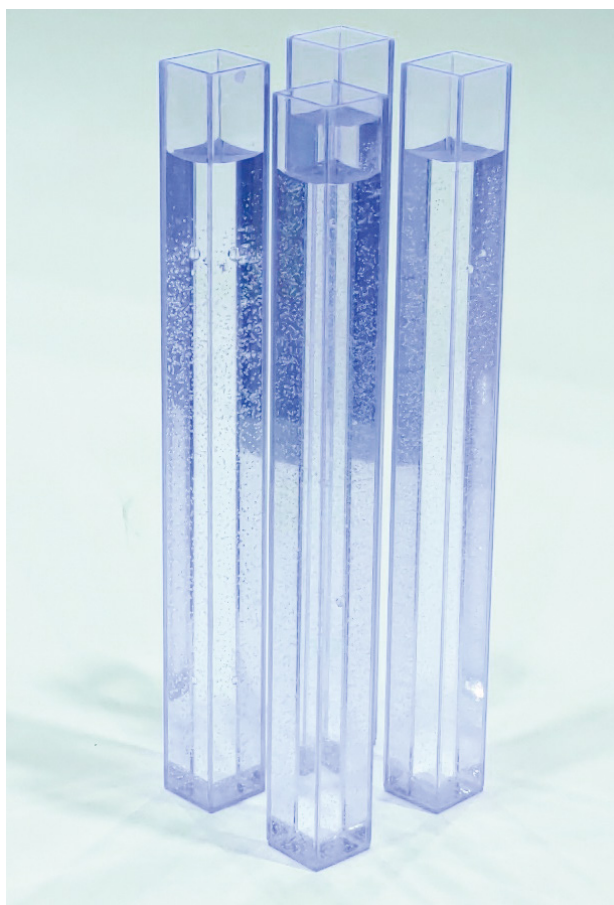
単結晶X線回折用ブラスピ



シャフト試験機
上：完成品 下：3D-CAD



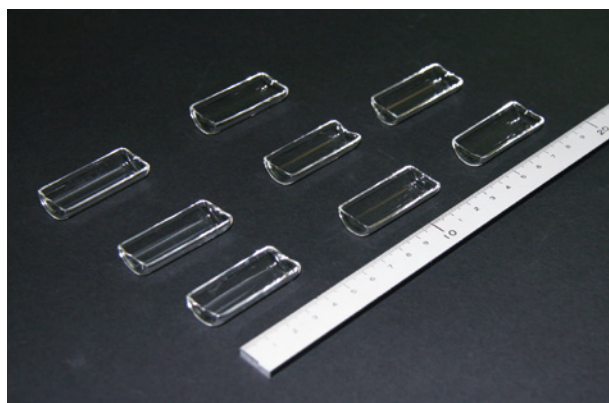
触覚実験用架台
上：完成品 下：3D-CAD



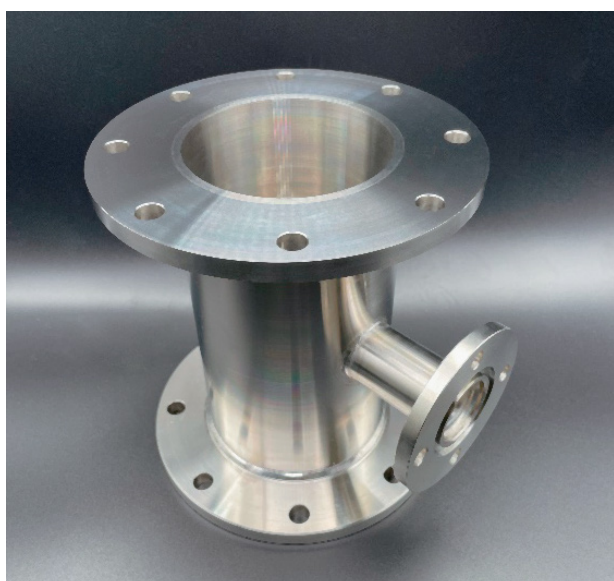
ポリスチレン製ロングキュベット



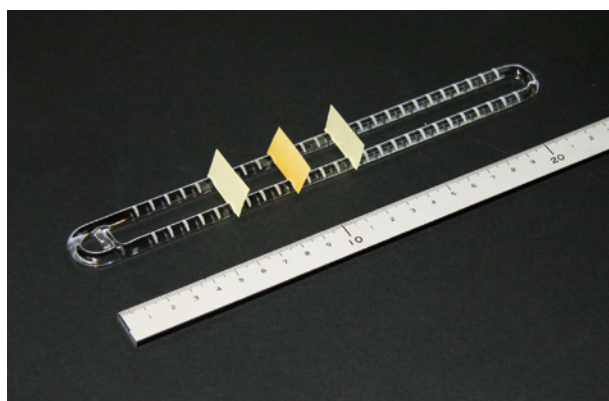
グリースレスバルブ付シュレンク管



ガラスポート



衝撃波管延長部チャンバ



酸化炉用治具

利用の手引き

国立大学法人筑波大学研究基盤総合センター工作部門は学内共同教育研究施設の一つで、実験機器・装置の設計・製作やものづくりの相談、実習を通して本学の研究・教育の向上に寄与することを目的としている。

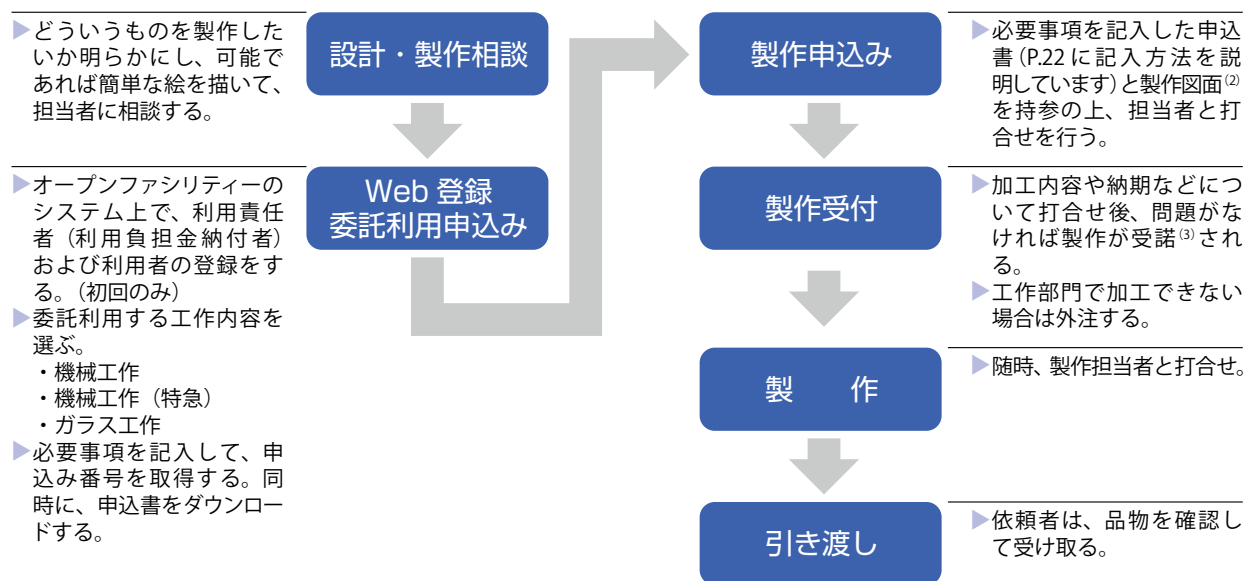
工作部門には、機械工作室、ガラス工作室、公開工作室がある。機械工作室では、汎用工作機械や数値制御（NC）工作機械による直線形状や曲線形状の機械加工、TIG溶接や銀ろう付などの溶接作業等を行っている。ガラス工作室では、手作業やガラス旋盤などによる加工や修理、精密切断機や卓上CNCフライス盤による切断作業や溝加工などを行っている。公開工作室では、利用資格を持った教職員、学生が自由に機械加工をすることができる。

また、利用方法には委託利用と共同利用がある。委託利用は、実験機器・装置の製作を工作部門に委託する利用方法である。共同利用は、オープンファシリティーに登録されている機器（主に公開工作室の機器）を自身で操作して加工する利用方法である。

工作部門の円滑な活動を確保し、できるだけ多くの人が公平に利用できるよう、ご協力をお願いしたい。

委託利用

実験機器・装置の製作を工作部門に委託する利用方法である。委託する場合は、所定の手続きに従って工作依頼の申請を行う。まず、本学オープンファシリティーのシステムから委託利用⁽¹⁾を申し込む。委託利用の流れを以下に示す。



(1) オープンファシリティの利用

オープンファシリティとは、国立大学法人筑波大学が保有する研究設備の有効利用を図ることにより、最先端の機器を容易に利用できるようにするシステムである。利用マニュアルは、オープンファシリティ推進機構のホームページにあり、以下の URL で参照できる。

<https://openfacility.sec.tsukuba.ac.jp/wp/riyou1/>

(2) 製作図面

工作部門ホームページ (<https://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>) の学内向けページに図面の描き方があり、参照できる。

(3) 委託利用のルール

利用者への公平性の確保、工作部門内にある機器の効率的運用の立場から、次のルールにより製作業務を実施する。

- ①容易に市販品で代替できるものや規格品に準ずるものの製作は、原則として受けない。
- ②原則的には、受付日時の順番で製作する。
- ③数量が非常に多いものについては、外注扱いとする場合がある。
- ④工作部門の機器で製作できないものは依頼者と相談の上、外注とする。

依頼申込書(記入例)

押印は不要です

※オレンジ色の欄にご記入ください.

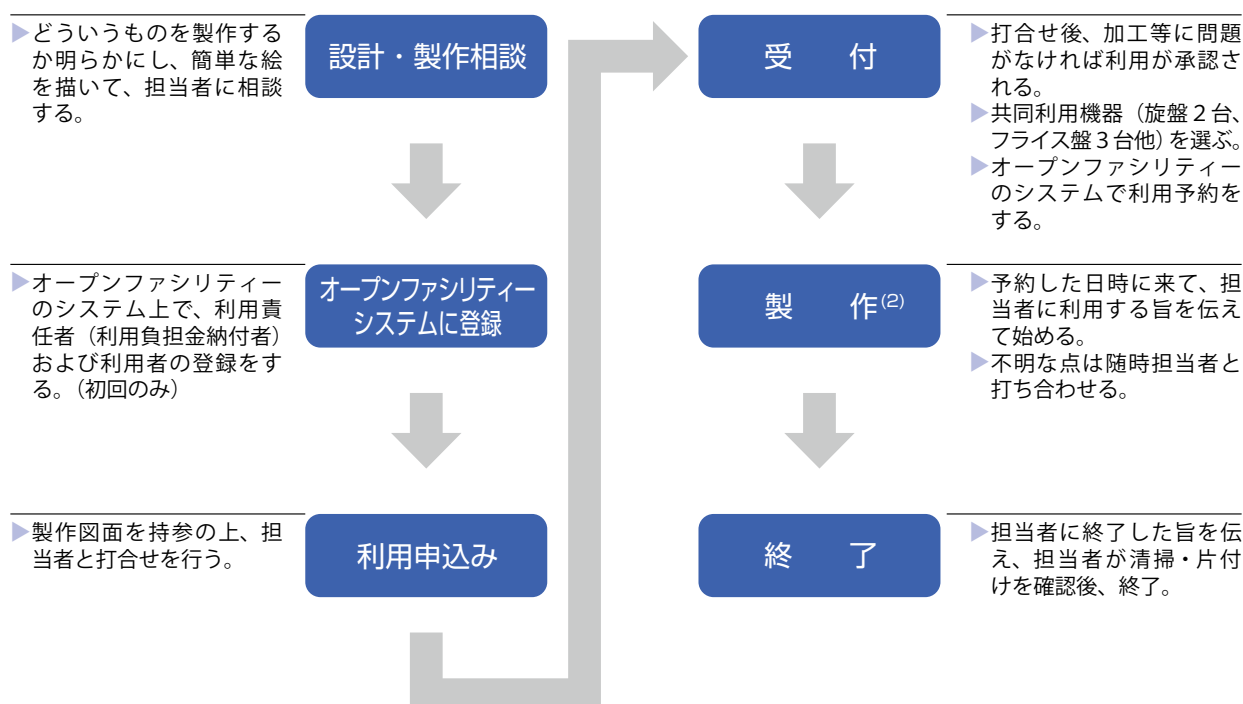
※支払責任者の押印は廃止いたしましたが、必ず事前に支払責任者の許可を得てください.

申込番号	12345678	受付日	令和 . .	受付番号	
所属部局名	○ × 系 △ □ 域				
支払責任者 (押印廃止)	筑波 太郎		依頼者	工作 花子	
工作名	センサ保持具		工作数	3 個	支給品 なし
工作図, 仕様を添付の上、提出願います					
金額	加工費	部品数が多い場合は、「1 式」 等の表記でも大丈夫です			
	材料費		開始日	年 月 日	
	外注費			月 日	
	その他		材料・部品の持ち込み等がございましたら 数量をご記入ください	月 日	
経費合計			受領者氏名		
備考					
依頼者連絡先					
TEL	1234		E-mail	X1234@YZ.tsukuba.ac.jp	

筑波大学研究基盤総合センター工作部門

共同利用

共同利用は、オープンファシリティーに登録されている機器（主に公開工作室の機器）を自身で操作して加工する利用方法である。まず、本学オープンファシリティーのシステムを利用してオープンファシリティー登録機器の利用を申請する。共同利用は、利用者資格登録⁽¹⁾をした教職員、学生が利用できる。その具体的な手順を以下に示す。



（１）利用者資格登録

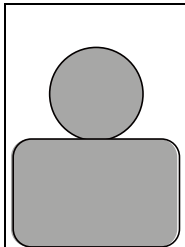
工作機械は不注意や操作ミスにより、利用者が大きな怪我を負うことがある。また、共同で利用する機器を破損して多くの利用者に迷惑を及ぼす。このため、共同利用機器の使用を希望する利用者は、安全に正しく使用することができるように、工作部門で実施する安全教育（半日）と操作実習（１日）を受講し、利用資格を得て登録する必要がある。

（２）利用上の注意

- ①利用者は、オープンファシリティーのシステム上で利用希望時間を予約する。なお、予約時間をキャンセルすることはできないので、工作部門担当者とよく相談する。
- ②機器の使用に当たっては、担当者の指示に従い、正しく操作するよう留意する。不明な点は、担当者に必ず問い合わせる。中途半端な使い方は、機器損傷や人身事故を引き起こす原因となる。
- ③作業終了後は、機器・工具及び周囲の清掃を十分に行う。切り屑は分別して廃棄する。
- ④共同利用に適応しない行為が認められた場合には、利用者資格登録を抹消する。

※利用資格登録申請書書式

令和 年 月 日



利用資格登録申請書（記入例）

申込承認 部局長名 茨城 次郎 (或いは指導教官)

申 込 者 所属部局名 ○×研究科△□専攻

職 名 博士前期 1 年 氏名 (フリガナ) キカイ 機械 ガラス 硝子 (学年)

所属研究室 茨城研 内線 1234 学籍番号 123456789

E-mail kikai5039@glass.tsukuba.ac.jp

研究基盤総合センター工作部門の共同利用機器を利用いたしたく申込みます。

但し

工作機械使用実績 : ○印が該当事項です。

(イ) 経 験 有り 無し

(ロ) 使用機械

旋 盤 フライス盤 ボール盤

(ハ) 経験作業

旋 盤 : 丸削 内面削 突切り ねじ切り ローレット
 フライス盤 : 平削 ふち削 すり割 みぞ切り
ボール盤 : 穴あけ タップ立て リーマ作業
 手 仕 上 げ : けがき やすりがけ きさげ作業 板金

(ニ) 取扱い工具

旋盤用バイト : ハイス付刃 完成バイト 超硬バイト
 フライス : エンドミル ドリル その他

(ホ) 経験年数

旋盤 : 年、 フライス盤 : 年、 ボール盤 : **1** 年

特記事項 :

※ 研究基盤総合センター工作部門記入欄

受 付 : 令和 年 月 日 安全講習 : 令和 年 月 日

実 習 : 令和 年 月 日

認 定 : 令和 年 月 日

・登録番号 : _____

最近 4 年間の利用状況

令和 7 年 1 月 31 日現在

		令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度
[委託] 機械工作	件数 (件)	218(15)	159(20)	164(14)	156(14)
	時間 (h)	2612	2454	2298.5	1708.5
[委託] ガラス工作	件数 (件)	285	257	261	228
	時間 (h)	1175	771	829.5	555
委託合計	件数 (件)	503	416	425	384
	時間 (h)	3787	3225	3128	2263.5
共同利用 (公開工作室)	件数 (件)	1	9	0	0
	時間 (h)	3	20	0	0

※括弧内は特急件数

■教育支援

令和7年1月31日現在

科目名		期 間	内 容
機械工作	共用工作室利用者講習会	11 月	共用工作室を利用するにあたっての 工作機械使用上の安全に関する講義
	大学院共通授業（機械工作序論と 実習）	夏季集中講義	機械工作に関する講義と加工実習
	機械設計	秋 BC	製図・機械要素を担当
	機械工作安全教育と 実技講習会	通年随時	工作部門の公開工作室利用資格取得 のための安全講習と加工実習
ガラス工作	ガラス工作実技講習会	通年随時 新型コロナウイルス感染症のため 休止中	ガラス細工の基本作業

研究基盤総合センター工作部門運営委員会委員名簿

令和7年1月31日現在

職 名	氏 名	任 期	内線電話番号
副センター長（工作部門） システム情報系 教授	◎文字 秀明	R5(2023).4.1～ R7(2025).3.31	内線 5061
工作部門 システム情報系 准教授	江並 和宏	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 2528
システム情報系 教授	西岡 牧人	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 5121
数理物質系 教授	柳原 英人	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 5301
数理物質系 准教授	木塚 徳志	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 4993
数理物質系 准教授	野村 晋太郎	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 4218
数理物質系 准教授	山村 泰久	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 8243

◎は委員長

工作部門教職員

令和7年1月31日現在

職 名		氏 名	内線電話番号
副センター長（工作部門）（併）		文字 秀明	5061
准教授		江並 和宏	2528
機械工作	技術職員	小川 祐生	2527（2526）
		黒澤 拓未	
	シニアスタッフ	吉住 昭治	
	派遣職員	内田 豊春	
ガラス工作	技術専門職員	門脇 英樹	2523
	シニアスタッフ	明都 茂	

編集後記

2024年度は、大幅な装備の拡充をおこなう事ができました。導入機器を有効活用して依頼加工の効率化と高機能化をめざしていきたいと考えております。今回導入された高機能な装置を使用するためには、職員にも高度な訓練が必要となるため、新規導入機器の習得に励んでいるところです。昨今の物価高騰を受け、大学における研究も厳しさを増していますが、効率化・高機能化を進めることで、「より早く、より安く、より高機能の装置を製作できる」ようにする事で、少しでも大学での研究に貢献できるよう努めてまいります。

これからも大学の教育、研究に日々貢献していく所存でありますので、皆様からのご意見ご要望、ならびにご支援をお願いできればと存じます。

今回の「工作ニュース」の発刊に際し、執筆、編集に協力していただきました教職員や学生の皆様に心から御礼申し上げます。

また、この「工作ニュース」の主要な記事は研究基盤総合センター工作部門のホームページにも掲載致しますので、併せてご覧下さい。

令和7年 3月31日

工作ニュース編集委員会

江並 吉住 門脇 小川

E-mail: kousaku-info@ml.cc.tsukuba.ac.jp

URL: <https://www.kou-c.tsukuba.ac.jp>

令和 7 年(2025年) 4 月発行

筑波大学研究基盤総合センター
工作部門

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

TEL 029-853-2528

FAX 029-853-2525

E-mail: kousaku-info@ml.cc.tsukuba.ac.jp

URL: <https://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>



