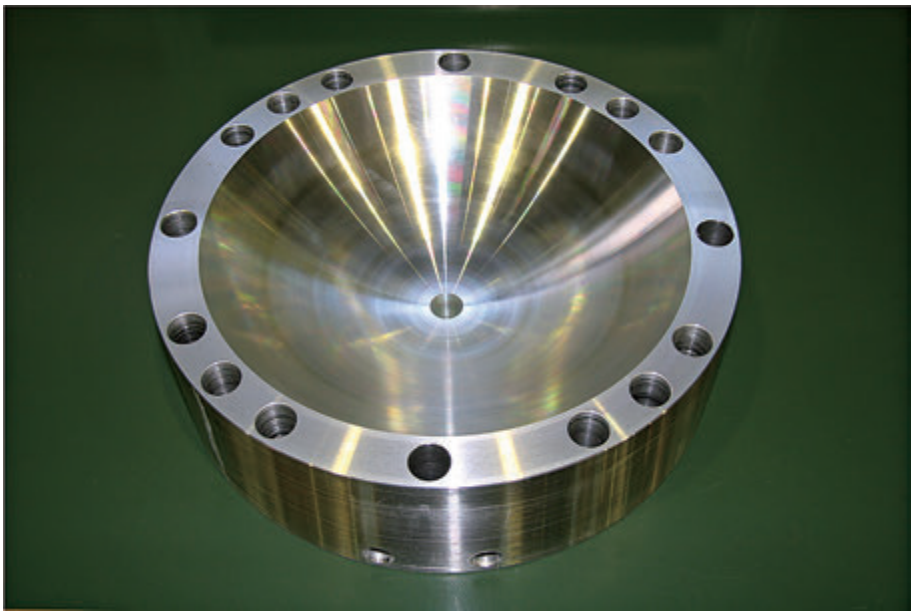
筑波大学
University of Tsukuba

Takumi

工作ニュース

No.12　2021.4



筑波大学研究基盤総合センター
工作部門
http://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）　文字　秀明 …… 1

新任の挨拶 准教授（工作部門）　江並　和宏 …… 2

研究ノート
核融合プラズマ加熱のための大電力マイクロ波伝送系コンポーネントの改良 … 3
南　龍太郎（プラズマ研究センター）
脂質膜と生体分子間相互作用観測のための全内部反射ラマン分光装置の構築 … 7
近藤　正人（数理物質系化学域）
佐野有里紗（数理物質科学研究群化学学位プログラム）
石橋　孝章（数理物質系化学域）
私の研究紹介～海中IoTを実現する水中音響通信～ …… 12
海老原　格（知能機能工学域）

技術報告 工作依頼への3Dプリンタの活用 …… 16
江並　和宏（工作部門）

フォトギャラリー …… 21

利用の手引き …… 23

運営報告
利用状況 …… 28
主なイベント …… 29
運営委員一覧 …… 30
職員紹介 …… 30

編集後記 …… 31

巻頭言

副センター長（工作部門担当）　文字　秀明

昨年からコロナ禍の状況にあり、工作部門は通常から大きく異なった形態で活動しています。昨年は一時的に工作依頼を教職員からのみに絞ったり、工作部門の建物内で勤務する職員の数を減らしたりしました。そのため、工作の打ち合わせがやりにくくなったり、製品の完成に遅れが出たりし、皆様にご不便をおかけしていることをお詫び申し上げます。また、これらの措置は大学の新型コロナウイルス感染対策に則ったものでありますので、ご理解いただきますようお願い致します。昨年後半から工作業務は、ほぼ通常に戻りましたが、感染防止を考慮し、接触機会を減らすために講習会に制限をかけたりし、すべてが元通りにはなっていません。また、今年になっても茨城県独自の緊急事態宣言が出され、いつ、どのような制限がかかるか分からず、安定した対応ができない状態です。引き続き、コロナ禍の中での業務であることにご理解いただきますようお願い致します。

さて、そのような中ですが、昨年の４月から、江並和宏准教授が工作部門に着任されました。本誌に自己紹介の記事が掲載されることと思われますが、本学着任前は高エネルギー加速器研究機構の機械工学センターに勤務されており、機械工作に詳しく、工作部門の新しい戦力として期待されます。加えて、新型コロナウイルス対策や勤務体制の見直しなど、着任後すぐに雑多な業務を一手に引き受けていただき、工作部門の運営にその手腕を発揮されています。また、学生からの工作相談にも積極的にご対応いただいており、教育の面でも活躍されるものと思われます。江並先生には研究協力並びに教育でその力を十分に発揮されることを願います。

新型コロナウイルスによって行動が制限されている中ですが、一方、新しい教員も着任し、工作部門は活性化しています。工作部門をどうぞよろしくご利用ください。

新任のご挨拶

准教授（工作部門）　江並　和宏

令和２年４月１日から、研究基盤総合センター工作部門に准教授として赴任いたしました。機械設計・機械工作・精密測定を専門としております。筑波大学に赴任する前は、つくば市の高エネルギー加速器研究機構において、粒子加速器や実験装置の開発・製造及び精密測定の研究に従事していました。

着任初年度となる令和２年度から、新型コロナ感染症という非常事態が発生いたしました。そのような中で、新型コロナ感染症対策、依頼工作の効率化、3D プリンタの活用の三点に主に取り組んでまいりました。

新型コロナ感染症の対応として、図書館への感染対策製品の製作・取付、飛沫防止パネルの作製、工作依頼のリモート化等を行いました。

今年度は職員の減少と新型コロナ感染症対策のため、前年と同量の依頼工作をこなす事が困難になることが予想されました。そこで、依頼工作の効率化に取り組んでいます。工作依頼の中には、加工に大きな手間や時間、費用がかかる設計が散見されます。そのため、装置の用途及び設計の意図をお尋ねし、機能を満たす範囲で加工が容易な設計に変更させて頂いています。これにより納期の短縮及び製作費用の削減に寄与しています。また、教育面からも効率化に取り組んでいます。加工困難な設計が生じる原因は、設計した学生が部品の加工・計測方法を理解していない事に起因しています。そこで、担当講義においては、部品加工の方法と、加工しやすい設計について講義するよう心がけております。

また、新たな取組として、依頼工作への3D プリンタの活用を試行中です。3D プリンタによる最終製品の作製や、ラピッドプロトタイピングを試行し、有効であることを確認しました。今後、さらに活用を推し進めていきます。

新型コロナウィルス感染症のため各種業務に制限が生じており困難な状況が続きますが、これからも、教職員や学生の皆様の研究に貢献できるよう努めてまいりますので、今後とも宜しくお願いいたします。

核融合プラズマ加熱のための大電力マイクロ波伝送系コンポーネントの改良

プラズマ研究センター　南　龍太郎

1. はじめに

プラズマ研究センターでは、世界最大のタンデム・ミラー型核融合実験装置ガンマ10を用いて、人類の究極的エネルギーである「プラズマ核融合エネルギー」に関する最先端の研究とそれを通じた人材育成に取り組んでいる。また、第 III 期中期目標・中期計画における大学の方針に沿って「開放端磁場と電位 / 電場効果を活かしたプラズマ輸送制御と境界プラズマ現象の解明研究」をテーマとして掲げ、双方向型共同研究を活用し、実験的・理論的研究を推進している。これまで、閉じ込め領域を有する開放端プラズマの特長を生かして、境界プラズマの様々な現象とその物理機構の解明、それらを通じたダイバータ熱負荷の軽減法とプラズマ壁相互作用の研究を実施してきた。さらに研究のもう一つの柱として、大出力・長パルスジャイロトロンの開発を進めている。

プラズマは、正の電荷を持ったイオンと負の電荷を持った電子が集まって出来ている。核融合を起こすには、反発し合うイオンとイオンを、ぶつかるまで近づける必要がある。そのために、外部からプラズマにエネルギーを投入して加熱することが必要である。しかし、電子が冷たいままでは、イオンから電子への熱輸送が発生し、イオンの温度上昇が妨げられる。そこで、積極的に電子を加熱することで、間接的にイオンの温度を上げることが必要となる。この電子を加熱する方法の一つが、電子サイクロトロン加熱（ECH）である。

ECH は、電子のサイクロトロン周波数（電子が磁場中で 1 秒間に旋回する回数）またはその整数倍に近い周波数の強力なマイクロ波・ミリ波を、アンテナを使ってプラズマに入射し、マイクロ波・ミリ波の作る電場の振動を、プラズマの電子の旋回運動に共鳴させてそのエネルギーを電子に与え、加熱する方法である。ECH は、世界中の多くのプラズマ実験装置で用いられており、現在では、将来の核融合炉加熱装置の有力候補として注目されている。ガンマ10においては、28 GHz の大電力マイクロ波を使って、プラズマの ECH を行っている。プラズマ実験で必要な ECH 装置は、①大電力のマイクロ波を発振する発振源（ジャイロトロン）、②発生したマイクロ波を真空容器まで伝送する伝送系（コルゲート導波管、マイターベンド）、③マイクロ波をプラズマへ入射するアンテナ系（ミラー・アンテナ）で構成される。大きなパワー（メガワット級）を扱うために、それぞれ開発が必要となる。

2. 大電力 ECH システムの開発

効率よく ECH を行うためには、ジャイロトロンで発振した大電力マイクロ波を効率良く伝送し、プラズマ加熱に適した偏波、分布を持った軸対称マイクロ波ビームを高効率入射する必要がある。そのため、高効率に軸対称マイクロ波ビームを最適位置に入射するための可動式アンテナ・システム等の開発を行っている。図 1 に、ガンマ10西プラグ部における ECH システムの概略図を示す。

メガワット級ジャイロトロンから発振した周波数 28 GHz の大電力マイクロ波は、マイクロ波整合器（MOU）により電磁波モードから導波管モードに変換された後、コルゲート導波管やマイターベンド等の伝送系により長距離伝送され、ガンマ10真空容器まで伝送される。ガンマ10真空容器内で、大電

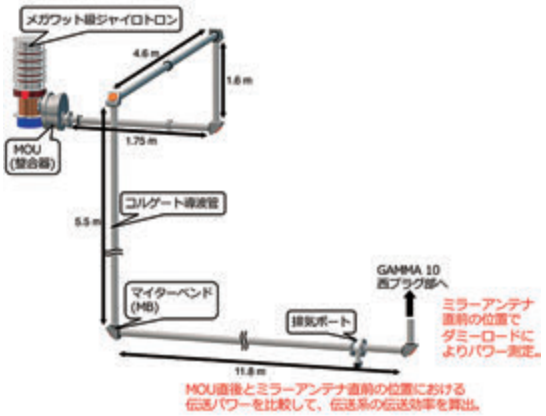


図 1　ガンマ10西プラグ部ECHシステム概略図

力マイクロ波は、プラズマ加熱に適した分布形状のマイクロ波ビームに変換された後、プラズマに入射される。大きなパワーの伝送時の放電を防ぐために、伝送系内部は、真空排気される。また、高効率な伝送のため、コルゲート導波管及びマイターベンドの伝送系、及びミラー・アンテナ系の製作においては、比較的高い精度の加工が必要となる。これまでに、ジャイロトロン出力窓位置において、1.65 MW の出力を既に達成している。

3. 工作部門における大電力 ECH システム用コンポーネントの製作と改良

ガンマ10における ECH システム構築のため、大電力マイクロ波コンポーネントのいくつかを工作部門にて製作して頂いた。図 2 、図 3 に、マイターベンドの断面図及び製作したマイターベンドを示す。

マイターベンドは、伝送されるマイクロ波をミラーにより反射させ、マイクロ波の進行方向を90度曲げるためのコンポーネントである。マイターベンドでは、モード変換が起こりやすく、製作や接続の位置合わせは非常に重要である。伝送効率の低下や放電を要因となり易いため、マイターベンドの製作には、比較的高い製作精度が必要となる。

次に、製作されたマイクロ波伝送系コンポーネント、及び、メガワット級ジャイロトロンを、ガンマ10西プラグ部の ECH システムへ適用するために、必要な伝送系の製作・組立を行った。構築したメガワット級ジャイロトロンを用いた新しい ECH 伝送系のマイクロ波パワー伝送実験を実施し、マイクロ波パワー伝送効率、放電やアウトガス等の大電力パワー伝送時の問題点などの基礎データを取得した。初期伝送実験の結果、アンテナ直近までの伝送効率として64％が得られた。この結果は、材質・設計から想定される値と比較して低かった。パワー伝送実験後にマイターベンドを取り外して内部を確認したところ、放電痕が確認された。また、コルゲート導波管内部において、伝送系組立時に混入したと考えられる異物痕が確認された。図 4 に、確認されたマイターベンドの放電痕を示す。

効率低下の要因として、伝送系内部の放電による損失が考えられる。製作精度によるマイターベンド

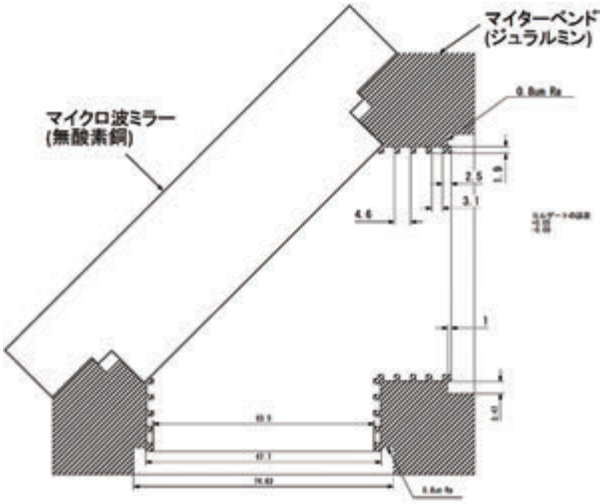


図 2　マイターベンドの断面図

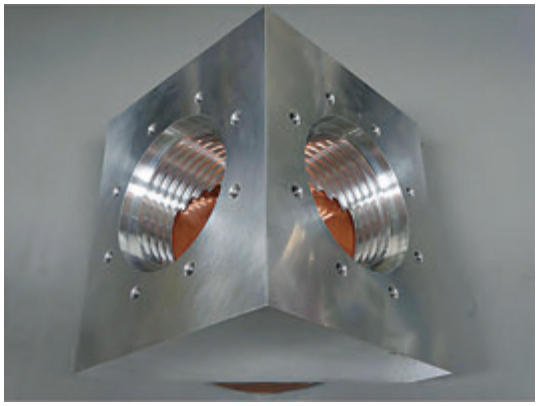


図 3　工作部門で製作されたマイターベンド及びマイターベンド用マイクロ波ミラー

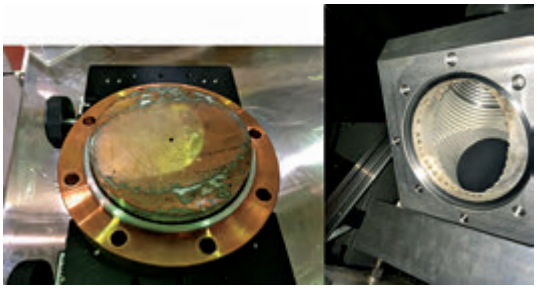


図４　マイターベンド放電痕

の本体とミラーとの間の数百ミクロン程度のギャップが、放電発生の原因として挙げられる。この結果に基づき、工作部門において、マイターベンドでの放電の要因となるギャップを無くす改良を行った。具体的には、複数のマイターベンド各々で、本体とミラーの組み合わせを固定し、本体とミラーの現物合わせによりギャップを無くす追加工を行った。その後、コルゲート導波管内部の異物を取り除くクリーニングを実施し、再度伝送系組立てを行い、伝送効率の改善を図った。伝送系コンポーネントの改良を行い、再度伝送実験を行った結果、アンテナ直近までの伝送効率として130 kW 出力時に88％程度までの改善が見られたが、出力が高くなるにつれて伝送効率の低下が見られた。

4. 大電力マイクロ波伝送実験による性能試験とプラズマ実験への適用

メガワット級ジャイロトロンを用いた新しい ECH システムをプラズマ実験へ適用し、間欠的な高熱負荷生成実験を行った。本研究は、ダイバータ模擬プラズマの、ELM（Edge Localized Mode と呼ばれる不安定性で、周期的（10～100 Hz 程度）な熱や粒子の放出現象が発生する）様高熱流負荷による動的応答のデータを取得することを目的として、ガンマ10ミラー装置において、メガワット級の大電力 ECH のパワー変調を行うことにより、間欠的な高熱流束を生成する実験を行う。これにより、ELM 状の端損失を発生させ、その間欠的な熱流を ELM によるものと模擬することで、非接触プラズマとの相互作用のデータ取得を目指す。これまでに開発されたメガワット級ジャイロトロンを、既存のガンマ10西プラグ部の ECH システムへ適用するために、必要な伝送系の製作･組立を行った。次に、メガワット・レベルの28 GHz ジャイロトロンを用いた ECH システムによる伝送・プラズマ入射実験を実施し、高エネルギー電子流束生成制御の初期実験を行い、そのプラズマ流の特性の基礎データを取得した。初期伝送実験の結果、伝送パワーが高いほど、伝送系内での放電が確認された。繰り返しエージングを行うことにより、放電抑制の改善が見られ、現時点でアンテナ直近において、550 kW のパワー入射を実現できた。今後の更なるエージングにより、より高パワーの入射が期待出来る。また、西プラグ部のみの ECH 入射実験を行った結果、入射パワーの増大により、エンド・プレート電位は線形に高くなっており、新 ECH システムの健全性を確認できた。高エネルギー電子流束生成制御の初期実験の結果、入射パワーの増大により、高エネルギー電子は増大したが、全電子電流密度は大きく変わらなかった。エンド・プレート電位は、高くなっており、生成された電子熱流束は、増大したと考えられる。

今後、より詳細な生成電子流束の解析を行う。また、ECH とガス・パフとの重畳により、生成される高エネルギー電子の制御実験等（電子温度、電子電流量のパラメーター領域の拡大・制御）を行う予定である。

以上、製作された伝送系コンポーネントは、必要な性能を十分に満たし、プラズマ実験における基幹コンポーネントとして使用されている。

5. おわりに

工作部門の皆様においては、今回、本報告で紹介した製作物品以外にも、数回にわたる追加工の飛び込み依頼にも迅速丁寧に対応して頂いた。また、製作が困難な製作物品についても、真摯に対応して頂いた。ここに、この場を借りて深謝いたします。プ

研究ノート

ラズマ研究センターは、これまで長年に亘って工作部門に大変お世話になっている。昨今の厳しい予算状況もあり、プラズマ研究センターからの製作依頼件数は、以前より減少傾向にあるかもしれませんが、工作部門の皆様には、今後ともご協力を賜りますようお願い申し上げます。

脂質膜と生体分子間相互作用観測のための全内部反射ラマン分光装置の構築

数理物質系化学域　近藤　正人
数理物質科学研究群化学学位プログラム　佐野有里紗
数理物質系化学域　石橋　孝章

【はじめに】

細胞膜は生物を構成する基本的な要素の一つであり、物質輸送や生化学反応が起きる重要な場である。膜の近傍では、細胞内にあるタンパク質やペプチドなどの生体分子が、膜に吸着、侵入したり、逆に膜から脱離したりと、様々な形で膜と相互作用する。膜近傍で起きる生化学過程を理解するには、膜と生体分子間の相互作用を感度よく捉えることが不可欠である。

相互作用が、分子のどの部位で、どのような変化を通して起きるのか、これらを分子レベルで明らかにすることを考えた際、分子の局所的な構造変化に敏感な振動スペクトル測定は有効な手段となる。しかし、これを単純に適用しただけでは、膜と生体分子間の相互作用を検出することは難しい。その理由は、「膜と相互作用していない分子」に由来する背景信号が、興味ある「膜と相互作用している分子」の信号検出を妨げるためである。もう少し詳しく述べると、相互作用を観る際には、標的分子の添加前後で得たスペクトルの差を取る方法が一般に用いられるが、この方法をただ適用しただけでは、膜と相互作用している分子も、そうでない分子も、同じ強度でスペクトルに寄与してしまう。このため、興味ある相互作用を反映した信号だけを得るには、背景信号として大きく寄与する相互作用を反映していない信号を正確に除く必要がある。このことが難しいのである。

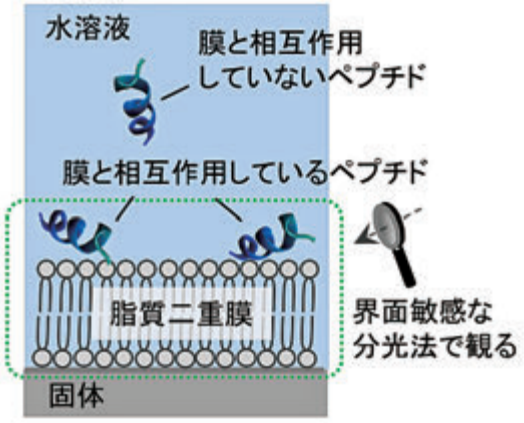


図１　本研究のアイデア

この困難を克服するために、界面を利用するという視点を取り入れたことが、我々のアイデアである。その要は、固体と液体の界面（固液界面）に平面脂質二重膜を準備し、その標的となる生体分子が溶液相にあるときとないときの違いを界面敏感な分光法で検出することである（図１）。この系では、膜は界面にだけ存在しているため、ここに界面敏感な分光法を適用させると、「膜と相互作用している分子」由来の振動スペクトルを、「相互作用していない分子」由来のものに比べて、高い比率で検出できる。

このアイデアを実現するために、我々は装置構築のレベルから研究に取り組んできた。本稿では、膜と生体分子間相互作用の高感度検出実現のための界面敏感なラマン分光装置の構築の話題に焦点をあて、これまでの取り組みを述べる。

【ラマン分光とその界面敏感検出の原理】

ラマン分光は、分子の振動スペクトルを得る代表的な手法である。励起光を試料に入れた際、試料から生じる散乱光には、励起光とは異なる振動数のものが含まれる。これは、試料分子と光の間でエネルギーのやり取りが起こったためである。励起光に比べて低振動数（低エネルギー）側に現れる散乱光は、光の

エネルギーが分子の系の振動状態を励起する（激しい振動を示す分子が多くある状態に遷移させる）のに使われたことを反映している。散乱光と励起光の振動数差（ラマンシフト）は、分子振動数に対応する。振動数ごとに散乱光強度を測定し、散乱光強度をラマンシフトに対してプロットすることで、振動スペクトルを得ることができる。

このラマン分光法を、前節で述べたアイデアに従って、膜と分子の相互作用の系に応用するには、界面敏感な検出を実現しなければならない。これは、全内部反射現象を利用することで実現できる。ラマン分光で用いる励起光を、プリズムを用いて全内部反射条件を満たすように試料に入射させると、試料側に励起光の浸み出し波が生じる。この浸み出し波は、界面からの距離とともに強度が指数関数的に減衰するため、これを利用すると、浸み込み深さ程度の界面近傍領域からの振動スペクトルだけを検出できる。界面近傍に限定された微小な空間領域からのラマン散乱光の強度は非常に小さいが、開口数の大きい対物レンズを用いて高効率で測光することで、単一分子層レベルの界面活性剤会合膜からのラマンスペクトルをも得られることが示されている。[E. Tyrode et al, *J. Am, Chem. Soc*. 130, 17434 (2008)]

この全内部反射ラマン分光法で膜の系を測定するには、原理的には全内部反射に用いたプリズム上に脂質二重膜試料を準備すればよい。だが実際には、それほど単純ではなく、精度良い測定を実現するには、いくつもの困難があった。これまで我々が直面してきた問題と、それを解決するために装置にどんな工夫を凝らしてきたかを、次節以降で述べる。

【脂質膜測定用のセルと分光装置試料部の試作】

全内部反射ラマン分光で膜と分子の相互作用の系を測定しようとした際、まず考えなければいけないのは、信号強度の確保である。界面に保持した単一分子層の脂質膜からの微弱なラマン散乱光を観るために、開口数の大きい対物レンズを用いて、ラマン散乱光を高効率で測光する方法を採用した。だが、こうした対物レンズの作動距離（レンズから試料までの距離）は短い。このため、分光装置の試料部には、プリズム（試料セル）および対物レンズ（集光光学系）を短い距離に配置しなければならない。

はじめに試作した分光装置試料部の概要図を図2aに示す。この装置では、波長532 nmの励起レーザー光をシリカ半球プリズム（直径20 mm）を用いて全内部反射条件を満たす角度で試料に入射させ、試料側に生じたラマン散乱光を対物レンズ（開口数0.45、作動距離6.9-8.2 mm）を用いて測光した。ラマン光を励起光の逆側から測光する方式（背面測光方式）としたのは、対物レンズの作動距離の制限を受けずに、後述の膜試料準備の際に扱いやすいサイズの大きなプリズムを使うためである。膜試料は、プリズムと水溶液の界面に準備する。そのため、プリズムを固定でき、なおかつ溶液のリザーバーも兼ねるテフロン製のセルを設計した。対物レンズの作動距離

図2　（a）試料部の概要、（b）半球プリズムを用いたセル（第一号機）の写真、（c）固液界面のリン脂質二重膜のラマンスペクトル

と開口数を考慮して、このレンズで測光できる領域がテフロン部分で遮られないように、セルの厚みとリザーバー穴の直径を決定した。また、このセルを装置に固定するためのジュラルミン製のホルダーも設計した。セルの工作は、工作部門の公開工作室にて、工作部門の教職員の先生方の指導を受けながら、当研究室所属の学類生・大学院生が行った。図2b に、セルの第一号機の写真を示す。

この半球プリズムと水溶液の界面に、脂質二重膜試料を準備し、まず二重膜試料からのラマンスペクトルが得られるかを試験した。脂質二重膜試料は、Langmuir Blodgett（LB）および Langmuir-Schaefer（LS）法に基づき、まず、プリズム上にリン脂質単分子膜を累積させ、これをセルのリザーバー部分に準備した水上単分子膜を合わせて作製した。この際、プリズムを水から引き揚げたり、セルに載せたりする操作が含まれるが、これらの操作は、プリズムサイズが十分な大きさだからこそできたことを強調しておきたい。以上の操作で準備した、シリカプリズム－水溶液界面のリン脂質二重膜からの全内部反射ラマンスペクトルを図2c に示す。このように、単一分子層レベルの脂質二重膜からのラマンスペクトルを得ることができた。

【測定精度改善のためのセルの改良】

第一号機のセルを利用した試作装置で、単一分子層レベルの脂質二重膜からのラマンスペクトルを測定できるだけの検出感度があることを示せた。その一方、この試作装置には、得られるラマンスペクトルの強度に、測定ごとに大きなばらつきがある問題があった。本装置では、膜試料をプリズム上に準備しなければならない。そのため、第一号機のセルでは、試料を交換するたびにプリズムを装置から取り外す必要があった。プリズムを全く同じように再度装置に設置するのは非常に困難であり、これがばらつきの問題の要因であった。興味ある膜と生体分子の相互作用を検出するためには、溶液相に生体分子があるときとないときの差を取る必要がある。このため、ばらつきを抑え、精度を確保することは、不可欠な課題であった。

そこで、装置の試料部に設置するプリズムを、シリカ半円筒プリズム（直径20 mm、高さ40 mm）に変更することを着想した。図2aのように配置した際、半円筒プリズムでは、プリズムの高さ方向（紙面の垂直方向）の移動に対して、等価な条件で測定できる。この着想に基づき、溶液を保持するためのリザーバー部分を二つ持つテフロンセルおよびホルダーの設計を行い、第二号機として公開工作室で作製した。図3a に、セルおよびホルダーの第二号機の写真を示す。半円筒プリズムセルの位置を微調整できるよう、傾斜、回転、並進ステージを試料部に取り入れて、装置全体を組み直した。この装置で、セルの二つの試料部で脂質二重膜の試料を測定した結果（図3b）、二つの試料部からほぼ同じ強度のスペクトルが得られた。セルを装置に設置したまま、二つの試料を並進ステー

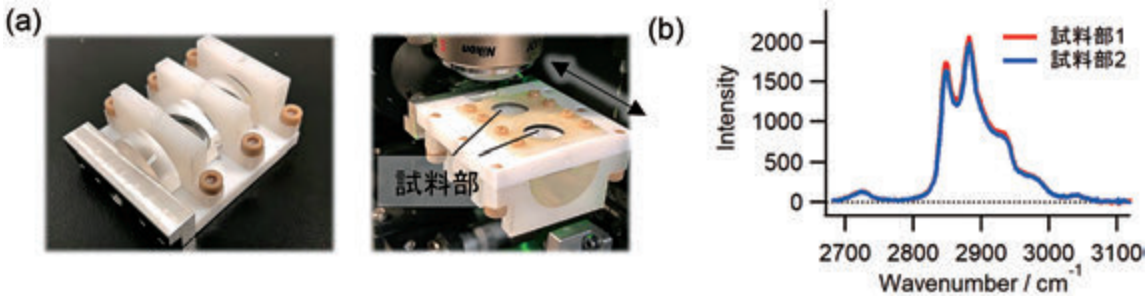


図 3　（a）半円筒プリズムを用いた二つの試料部を持つセル（第二号機）の写真、（b）それぞれの試料部で得た固液界面のリン脂質二重膜のラマンスペクトル

ジの調整だけで切り替えて測定できるようになり、精度の問題を大きく改善することができた。

【測定精度と使いやすさ向上のための試料部の変更】

半円筒プリズムを用いた二つの試料部を持つセル（第二号機）の実装で、測定精度の問題は大きく改善された。だが、一方、測定精度を出すための分光装置の光学調整は、非常に煩雑で時間のかかる作業である。半円筒プリズムの傾斜や並進位置を厳格に調整しなければ、二つの試料部で同じ強度のスペクトルは得られない。加えて、試料を作り直す際には、一号機同様に、プリズムを装置から取り外す必要がある。このため、その際の再現性を得るには、その都度光軸調整を厳格に行う必要があり、測定開始までに非常に時間がかかる問題があった。また、背面測光方式を採用しているため、試料側の媒質の屈折率の違いにより、対物レンズの最適な位置が異なる問題もある。

そこで、シリカ台形プリズム（底面 28 mm×20 mm、高さ6 mm、仰角 45°）を用い、プリズムの実効的なサイズは変えずに、ラマン光を励起光と同じ側で測光する方式に変更することを着想した（図4a）。試料溶液のリザーバーをプリズムの下側に配置し、試料交換はリザーバー内の溶液だけを交換して行うことで、交換の際の光軸調整変更の必要を一切なくすことが、この方式のポイントである。

この変更に必要な部品は、台形プリズムを装置に固定するためのプリズムホルダーと、リザーバー、および、リザーバーを装置に固定するホルダーである。ジュラルミン製のプリズムおよびリザーバーホルダー、テフロン製のリザーバーを設計し、公開工作室で作製した。これらの部品を装置に組み込んだ写真を図4b に示す。リザーバーにはプリズムとは独立に並進ステージを取り付けており、高さ方向に動かしてプリズムを溶液面につけたり、溶液面から離したりできるような設計となっている。このため、脂質二重膜試料の準備を装置に組み込んだまま行うことができる。また、新しい方式では、励起光をプリズム底面に対して平行に入射させた際に、プリズム底面中央付近で全反射するような設計にしているため、励起光を斜めに打ち上げてプリズムに入射させていたこれまでの方式に比べて、光軸調整が格段に行いやすくなった。装置全体を組み直し、リン脂

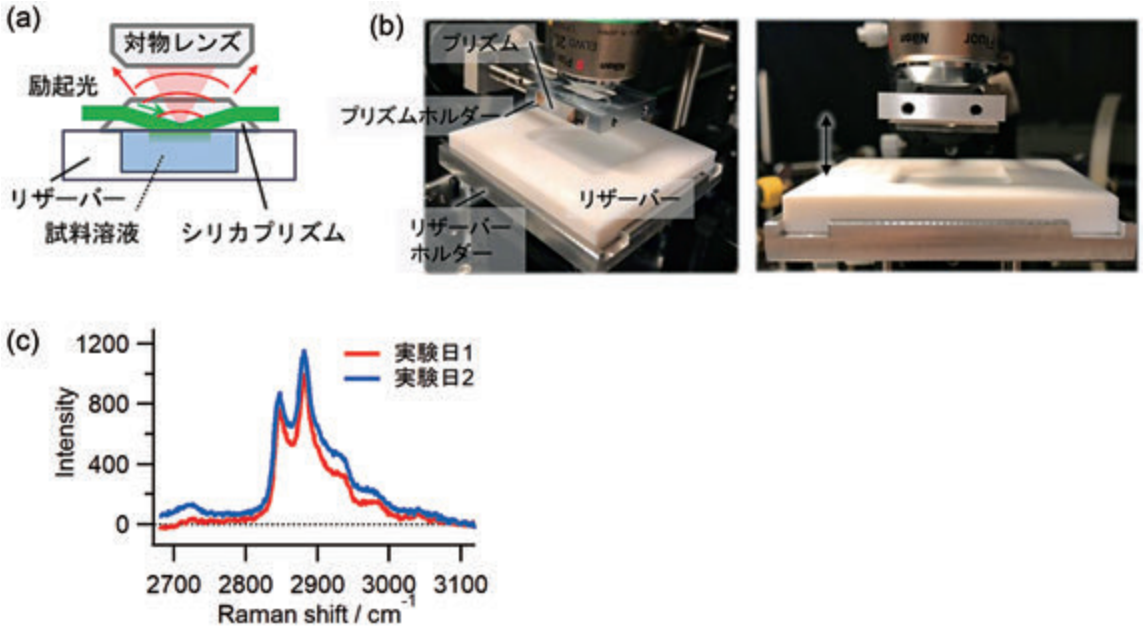


図 4　(a) 台形プリズムを用いた試料部の概要、(b) プリズムホルダー、リザーバー、リザーバーホルダーの写真、(c) 別々の日取りの実験で得た固液界面のリン脂質二重膜のラマンスペクトル

質二重膜のスペクトルの試験測定を行った。得られたスペクトルを図4c に示す。測定日ごとのばらつきが抑えられており、着想の通りに、精度および使いやすさの向上を実現できた。

【まとめ】

脂質膜と生体分子間相互作用の高感度検出を、界面敏感な振動分光法である全内部反射ラマン分光法の適用により実現することを目指し、装置構築のレベルから研究してきた。分光装置の試料部、特にプリズムセルやそのホルダーに関して、工作部門の先生方の協力を受けながら、試作から改良を重ねてきた。現段階で、シリカプリズムと水溶液界面に準備したリン脂質二重膜からの単一分子層のレベルのラマンスペクトルを精度よく測定できるようになり、溶液相に標的となる生体分子を加えて、相互作用検出の実験に挑戦できる段階まで到達した。

【謝辞】

分光装置構築に必要な部品の設計や製作に関して、研究基盤総合センター工作部門の先生方と職員の皆様に多大な協力を頂いた。製作が困難な部品に対しても、丁寧かつ真摯に対応して頂いた。また、本稿で取り上げた部品のほかにも、振動和周波発生分光や過渡回折格子法などの分光法を固液界面の脂質二重膜の系に応用するために必要な部品について、製作面で支えて頂いている。心より感謝申し上げたい。本研究は、理工学群化学類卒業生の江波静夏氏、林田幸之介氏、張欽坤氏と共同で行った。ここに感謝の意を示す。

私の研究紹介～海中IoTを実現する水中音響通信～

システム情報系　知能機能工学域　海老原　格

1. はじめに

こんにちは、システム情報系の海老原と申します。私は主にディジタル無線通信とその応用に関する研究に携わっています。一見、機械工作とは無関係に見えるそんな私が、なぜ「工作ニュース」の原稿を？と思われるかもしれません。実は、研究テーマの一つが海の中で使う無線通信技術で、様々な課題を克服する怪しい通信機を作っては、実際のフィールド（海）で検証を繰り返しています。海の環境は過酷なため、どうしても大がかりな機材が必要になりますので、実験の度に本学の工作室や技術室、技官の皆様に、大変お世話になっているところです。

さて、せっかくの機会ですので、その水中音響通信について、簡単に紹介させていただきます。信号処理がメインの研究ではありますが、様々な機材が活躍していることを知っていただければ幸いです。

2. 水中音響通信の概要

2.1 水中音響通信の位置づけ

地図を広げていただくと分かりますが、地球の表面の多くは海で覆われています。海は地球の気候に大きな影響を与えるほか、地震の原因となる断層も海の下に眠っています。また、海が抱える水産資源やエネルギー資源なども、私たちに様々な、そして大きな恩恵をもたらしてくれます。しかし、海はあまりにも広大なため、いまも未知の部分が多いところです。

そこで、近年になって、海を広範囲に亘り、効率よく調査する技術を確立するための取り組みが各国で盛んに進められています。それらのプロジェクトに共通しているのは、水中ドローンの活用です。そして、音波を用いた無線通信は、調査船からドローンにコマンドや映像を伝送したり、複数のドローンを連携させて広範囲を効率的に調査・観測する上で不可欠な基幹技術なのです（図１）。

2.2 水中音響通信の仕組み

さて、水中音響通信を実現するための仕組みを説明しましょう。図２に水中音響通信システムのブロック図を示します。

●送信機はディジタル情報を変調し、変調信号を水

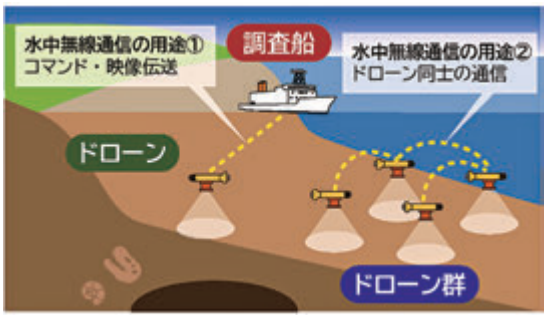


図１　ドローンを活用した水中探査

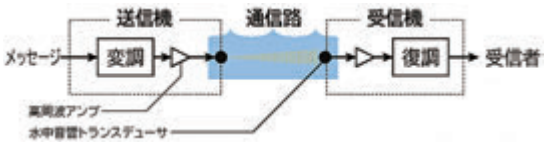


図２　水中音響通信システムのブロック図

写真１　水中音響トランスデューサ

中音響トランスデューサに入力します。水中音響トランスデューサはその名の通り電気信号と音波を変換する装置で、圧電セラミック（ピエゾ素子）が広く用いられています（写真１）。また、電気信号の中心周波数を圧電セラミックの共振周波数に併せることで、効率よく音波を出力できるようにしています。

●水中に出力された音波は、海面や海底での多重反射を繰り返して受信機に到達します。また、送受信機の揺動や、海面の動きによって、信号にはドップラーシフトが発生します。

●受信機は、やはり圧電セラミック製の水中音響トランスデューサを用いて音波を電気信号に変換します。そして、受信信号を復調することで、ディジタル情報を復元します。

こう書くと、水中音響通信は、電波無線通信と何が違うの？と思われるかもしれません。しかし、水中音響通信は、電波無線通信よりも遙かに過酷な、そして、挑戦しがいのある研究テーマなのです。その詳細を次節で説明します。

2.3 水中音響通信の課題

水中音響通信を何よりも難しくする原因は、水中の過酷な環境です（図３）。先ほど説明しました通り、水中音響通信では、送信機から出力された信号は複数の経路（マルチパス）を通って受信機に到達します。従って、受信信号には長いエコーがかかっています。また、送受信機の揺動や、海面の動きによって、信号にはドップラー変動が発生しています。水中の音速は電波と比較して遙かに小さいため、マルチパスの影響も、ドップラー変動の影響も、電波無線通信と比較して桁違いに大きくなります。さらに、水中ドローンはそこまで大きくないため、通信に必要な電力は著しく限られています。

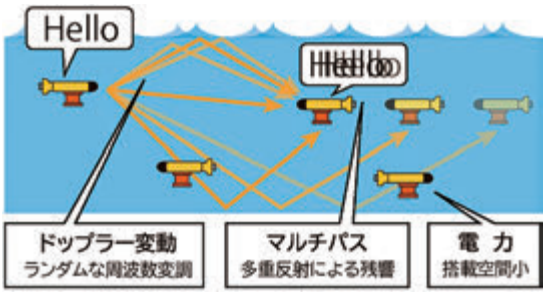


図３　水中音響通信の三課題

受信機は、このマルチパスやドップラー変動の大きさを信号処理によってキャンセルする必要があります。そこで、如何に信号電力を節約しながら桁違いに大きなマルチパスとドップラー変動をキャンセルするか？というのが、水中音響通信で解決すべき課題になるのです。

3. これまでの研究内容

我々は水中音響通信の三課題を解決するために、これまでの陸上無線技術ベースと異なる全く新しい無線技術である Orthogonal signal division multiplexing（OSDM）を確立し、困難とされてきた三課題への対策を全て確立してきました。そして、それらを統合することで、水中ドローンの運用に適した新しい通信エンジンを確立し、その性能を実海域で実証しました。ここではその概要を説明します。

3.1 マルチパス・電力対策の確立［1］

OSDM は、メッセージと測定信号を多重送信し、受信機がマルチパスの影響を精度良く測定することで、時間領域に広がったすべての信号電力を通信に活用する技術です。この技術を基盤に、マルチパスと電力の課題を解決する通信エンジンを構築し、水槽実験を通じて、従来の半分以下の電力で通信できることを明らかにしました。

3.2 ドップラー対策の確立［2］

3.1で確立した耐マルチパス通信エンジンを発展させ、マルチパス測定用の信号をドップラー変動の測定にも活用できるようにしました。これにより、ドップラー変動、マルチパス、電力の三課題を同時に解決する通信エンジンを確立しました。水槽実験の結果、水中における移動体通信環境において、小さな電力で、所望の通信品質が達成できるポテンシャル

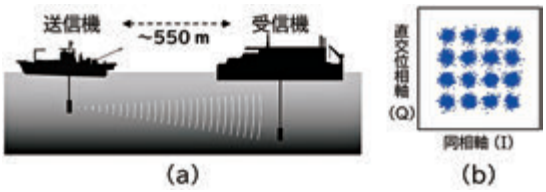


図 4　駿河湾における（a）実験環境，（b）実験結果

を有していることが明らかになりました。

3.3 実海域における実証実験［3］

新しい通信エンジンを用いた移動体通信実験を、駿河湾の実験サイトで実施しました（図 4 （a））。送信機（計測船）が湾奥部－湾央部を速度4 kt（2 m/s）で往復しながら信号を送信し、受信機（係留バージ）で受信しました。その信号を復調し、通信品質を評価した結果、新しい通信エンジンは、水中移動体通信環境において、良好な通信品質を達成することが明らかになりました［図 4 （b）］。

4. 苦労話など（いよいよ本題）

水中音響通信の実験では、送信機や受信機の設計だけでなく、水中音響トランスデューサを取り付ける架台などが必要になります。そのためには、移動中に水から受ける抵抗などを事前に計算して、最適な機材を作り上げる必要があります。逆に、これらが一つでも欠けていると、実験は成立しませんので、工作室や技術室とは、なるべく実験条件などの情報を密に共有しながら機材を準備しています。今までに機材関係で苦労した点を思い起こしてみますと・・・

- ●水中音響トランスデューサを船に取り付け、速度10kt で移動する計画を立て、構造計算をしてみたところ、トランスデューサを取り付ける鉄パイプが曲がるだけでなく、船が破壊されることが判明（教訓：水の力は大きい）。
- ●上記の経験を活かし、潮流でも変形しないような海底設置用の架台をドヤ顔で設計したところ、潮流がある大きさを超えると、変形はしないものの、転がりながら流されていくことが判明（教訓：何事も基礎が大事）
- ●水中音響トランスデューサに取り付ける金属製の機材を設計したところ、とても良いものが設計できたが、何気なく重量を計算してみたところ、学生さんの体重より重くなることが判明（教訓：ミニ四駆で培った肉抜きの技術は大人になっても役に立つ）。

なお、いずれの問題も、私が引き起こしたものですが、都度、経験豊富な学生さんや、工作室や技術室の皆様が、試行錯誤の末、鮮やかに解決してくださっています。また、加工方法を工夫したり、部材を複数に分割することで、工作室の機械ではそのまま作ることが出来ないものでも、涼しい顔で作り上げてしまうそのポテンシャルには、いつも驚かされています。

5. おわりに

新型コロナウイルスに翻弄された2020年の末に「工作ニュース」へ寄稿する機会を賜りました。本学の工作室や技術室、技官の皆様には、これまで多大なご協力をいただいておりましたので（翻弄し続けた、ということです）、少しでも恩返しが出来ればと思い、お引き受けしました。そして、着任してからこれまでの研究を振り返ってみたのですが、改めて、皆様のお力添えあって、ここまでの研究ができたという思いを新たにしました。無茶なリクエストも多かったと思いますが、いつも鮮やかな手腕で機材を作成してくださったことに御礼申し上げます。

参考文献

［1］ T. Ebihara and K. Mizutani: IEEE J. Oceanic Engineering 39 (2014) 47-58.

［2］ T. Ebihara and G. Leus: IEEE J. Oceanic Engineering 41 (2016) 408-427.

［3］ T. Ebihara, H. Ogasawara, K. Mizutani, and N. Wakatsuki: Japanese Journal of Applied Physics 58 (2019) SGGF07.

著者紹介

海老原　格

2010 筑波大学･大学院システム情報工学研究科修了、博士（工学）。同年筑波大学・大学院システム情報工学研究科助教。2013 デルフト工科大学・電子数理情報工学科客員教員。2016 筑波大学・システム情報系准教授、現在に至る。テーマはモバイル情報通信、水中音響通信、可視光通信。怪しい通信装置を作っては、実験で性能を確かめるのが趣味。

工作依頼への3Dプリンタの活用

研究基盤総合センター 工作部門　江並　和宏

1. はじめに

令和２年４月から工作部門に着任いたしました江並 和宏です。よろしくお願いいたします。着任初年度の試みの一つとして、依頼工作への3D プリンタの活用を試みています。その現状と展望についてご報告します。

2. 3D プリンタ導入の目的

3D プリンタ導入の目的は、大きく２点あります。一つは、多くの依頼工作に対応できるようにすることです。もう一つは、効率的に試作－評価－改良を繰り返すことで、より優れた製品で依頼者が研究できるようにすることです。

3. 3D プリンタの概要

3.1 3D プリンタの造形方法

3D プリンタは、付加製造技術（additive manufacturing）による製造手法です。従来のフライス盤、旋盤加工では、材料を刃物等で除去する事で加工しますが、付加製造技術では材料を付け加えて行くことで成形していきます。

3D プリンタの造形方式にも多くの種類がありますが、安価な一般向け用途では、FDM（Fused Deposition Modeling ／熱溶解積層方式）が一般的です。工作部門で採用した製品もこのタイプです。他によく採用される形式に光造形方式があります。こちらは、紫外線硬化樹脂を積層して造形するタイプです。

3.2 3D プリンタによる造形手順

3D プリンタによる造形手順は以下のようになります。まず、3D-CAD ソフトを使用して設計・モデリングを行います（図１）。作成した3D ファイルは、3D プリンタ用のファイルにスライサソフトを使用して加工用のデータに変換します（図２）。スライサソフトでは、材料と装置固有のパラメータを設定し、経路、速度、温度、吐出量等のデータを出力します。材料は、糸状の樹脂をボビンに巻きつけた、フィラメントを使用します。フィラメントから樹脂を引き出し、熱で溶解させてノズルから射出し、積層することで成形されます（図３、図４）

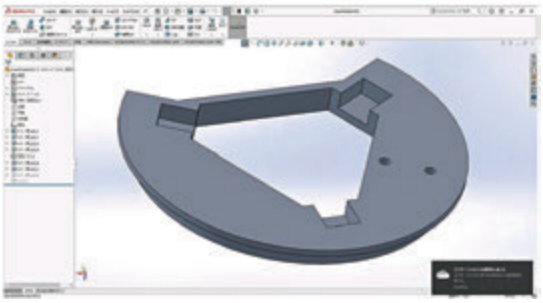


図１　3Dデータの作成

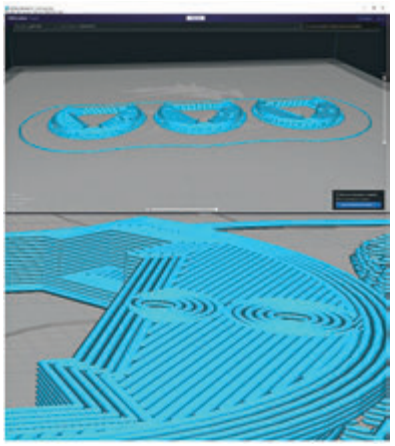


図２　スライスソフトによる加工データ作成（上：加工データ、下：フィラメントの積層の様子がわかるよう拡大したもの）

図３　3Dプリンタと積層造形の様子

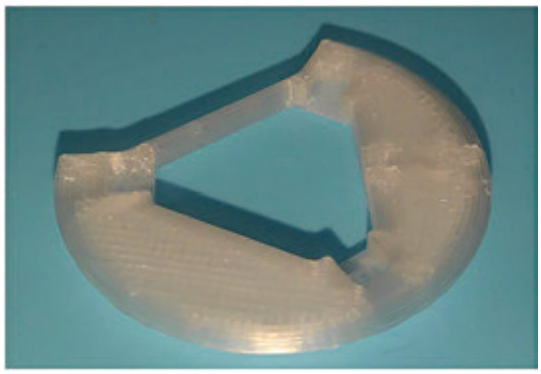


図４　完成品

4. 工作部門で使用している3D プリンタ

4.1 機種

工作部門では、試用機として超低価格の FDM プリンタ Ender-3を導入しました。造形最大サイズは 220 mm×220 mm×250 mm です。

4.2 材料

3D プリンタでは多種多様な樹脂がフィラメントとして供給されています。民生用の安価な3D プリンタでは、ABS（Acrylonitrile Butadiene Styrene/ABS）と PLA（PolyLactic Acid）がよく利用されています。工作部門では PLA や PETG（Glycol-modified PolyEthylene Terephthalate）、ポリカーボネートといった材料を試用検討した結果、成形性、耐熱性と追加工性が比較的優れたポリカーボネートを常用しています。まだ依頼工作の実績はないのですが、弾性のあるゴム状の材料として TPU（Thermoplastic PolyUrethane）もご用意しています。

5. 3D プリンタのメリット・デメリット

3D プリンタには、従来の加工法と比較して多くのメリットがあります。そのうち、依頼工作にとって有用と思われる点を記します。

１）成形が容易

造形手順で述べたように、モデリングから造形までの手間が少ないです。切削加工のような、工具交換等の作業も必要ありません。

２）フィラメント 1 個で多様な形状が造形可能

3D プリンタは、 1 種類のフィラメントさえ用意すれば。多様な形状に対応できます。これは材料の準備の上で大きな利点となります。例えば、従来の切削加工で製品を制作する場合、加工物より大きい材料から切り出し・削り出しで製作することになります。そのため、丁度よい材料のストックがない場合には購入する必要があり、納入まで時間がかかります。また、板材等では、丁度よい厚さの板材が規格にない場合があります。その場合、設計を変更するか、厚めの板を購入して厚さを削る必要があります。3D プリンタであれば、どのような厚さでも対応可能です。

３）比較的自由な形状が造形可能

従来の除去加工では不可能な形状も製作可能です。現在のところは従来の除去加工では不可能な形状の依頼はまだありませんが、今後、機能上必要であるが除去加工では加工困難な形状の加工依頼がきても対応可能です。

４）ラピッドプロトタイピング

迅速に試作品を製作する事で、試作－評価－改良のサイクルを早く回す事が可能になります。依頼工作においても、要求仕様をもとに設計・試作し、依頼者からのフィードバックを受けて改良する事で、より使い勝手の良い部品を短期間で製作可能です。

3D プリンタには上述の多くのメリットがあるのですが、樹脂製品を除去加工から置き換えるには至っていません。これは、主に以下の問題点が理由となっ

ています。

1）耐熱性の問題

FDM 形式の樹脂は、一般的に高熱には弱いです。熱可塑性樹脂を高温で溶かして成形する必要があるからです。現行の3D プリンタはノズル温度が最大250℃です。つまり、最大でも250℃では溶解してしまいます。実際には、もっと低い温度で軟化してしまいます。

工作依頼者に、120℃での殺菌を試してもらいました。材料によって程度の差はありますが、ゆがみが生じてしいました。そのため、紫外線で殺菌するようにしています。

2）形状精度の問題

熱変形による変形や、射出料の違いによる外形の変化、3D プリンタ自体に機械的精度がないことにより、造形物の形状精度は期待できません。形状精度が必要なものに関しては、従来の除去加工で対応するようにしています。

3）強度の問題

積層型3D プリンタ固有の問題点として、強度の問題があります。一般の樹脂材料は等方性があり、どの方向にも同等の強度を持ちます。しかし、3D プリンタの造形品は繊維方向には強いが、積層方向は比較してかなり弱い性質があります。図 5 は「ハエを集める器具」の試作品です。厚さ1 mm のパイプに、Φ1 mm の空気穴が多数空いている構造ですが、作業中に折れてしまいました。もともと積層方向に強度が弱い上に、穴のために断面積が小さくなっていることが原因です。そこで、厚さを増して、図 6 のように穴の配置を変更して、面積の小さい断面が生じないように設計を改良しています。

6. 今年度の活用事例

主に試作品の製作と最終製品の製作に利用しています。事例を各 1 例ずつご紹介します。

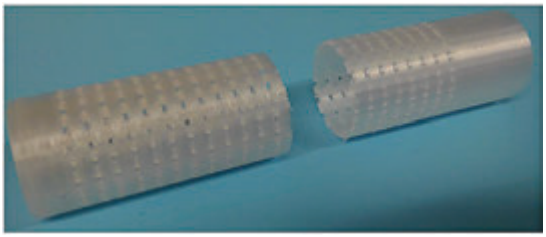


図 5　破損した「ハエをあつめる器具」の試作品

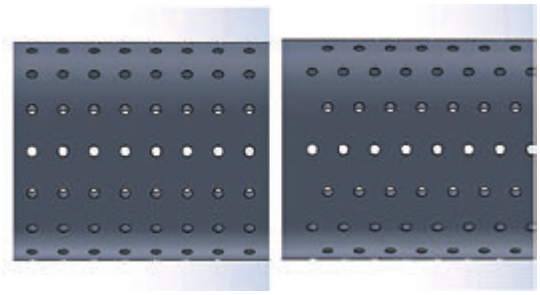


図 6　穴配置の改良（左：改良前，右；改良後）

6.1 試作品の製作例

図 7 は、蒸着用のマスクを保持する機構です。蒸着炉の中でマスクを挿入・保持する装置で、ベースはモリブデン製です。この装置の設計にあたり、問題が 2 点ありました。

1）製造方法；モリブデンは難削材のため、費用と納期の観点から、ワイヤカット加工した板材を積層し、ねじ留めする手法を採用しました。板材積層構造でうまく機能するかを確認する必要がありました。

2）マスク挿入方法確認：蒸着炉の中のベースの規定の位置に、ねじを切ったロッドで保持したマスクを挿入後、マスクからロッドを取り外しロッドのみ回収するという操作が必要です。限られた空間内でこの操作が可能かどうかを確認する必要がありました。

そこで、3D プリンタで試作品を作製し、マスク設置の取り回しが可能かどうかの確認・改良作業を行いました。結果、良好な操作性をもつ部品を製作することができました。

6.2 最終製品の製作例

3D プリンタ成形品を最終製品として納品する事

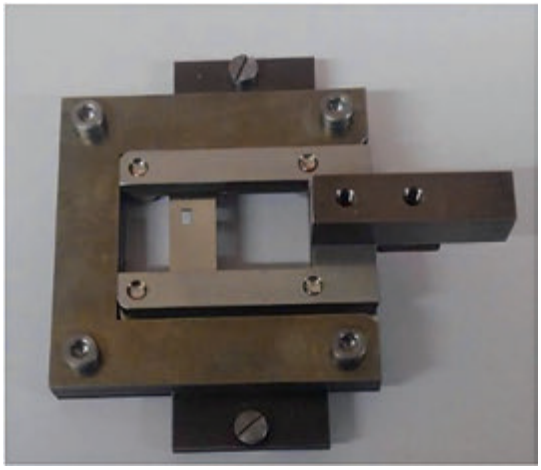


図 7　マスク保持機構

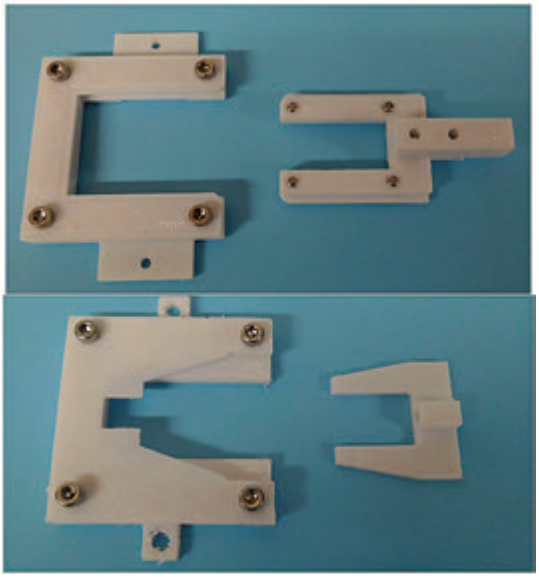


図 8　試作品（上：最終版、下：初期版）

も可能です。材料特性が問題にならない用途であれば最終製品を3D プリンタで製作できます。

図 9 は炭素電極ホルダです。この部品には耐薬品性・耐熱性が要求されません。

最終製品は 3 連の構成となっていますが、開発段階では、まず右のような 1 個の部品で試作と改良を繰り返し、最終段階で 3 個が一体化された構成になっています。このような開発が比較的短期間で可能です。

7. 考察と展望

現状の3D プリンタの使用が向いている部品は以

図 9　炭素電極ホルダの最終製品と試作品

下のようになります。

・電極・プローブ等のホルダ等、特殊環境にさらされず、形状精度も必要ない部品
・従来の加工法では加工困難な形状をもつ部品
・新規の部品のため未知の要素が大きく、試作と改良を繰り返したい部品

下記の部品は現状では3D プリンタに向いていません。従来の加工方法で対応いたします。

・耐熱性を要求される部品。
・形状精度を要求される部品。
・強度を要求される部品
・耐薬品性を要求される部品。

今年度は、各依頼に対して個別に有効性を確認するにとどまり、形状精度、耐熱製、強度等の定量的な評価にはいたりませんでした。来年度以降は材料の定量的なデータの評価をおこない、工作依頼に活用できるよう考えております。

また、上位の3D プリンタ獲得の予算獲得を目指しております。上位の3D プリンタを導入できれば、より高品質のエンジニアリングプラスチックを使用することができます。そうなれば、現状では向いていないとしてる高強度、高耐熱性、耐薬品性をもつ製品を使用することが可能になります。

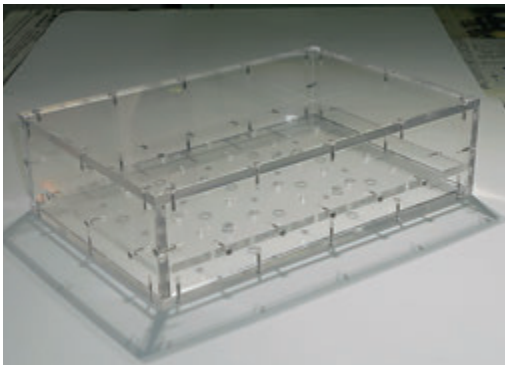
8. まとめ

3D プリンタを依頼工作に活用する試みを行いました。工作部門における適用試験の結果、3D プリンタの特性を理解して活用すれば非常に有効であるとの感触を得ることができました。依頼者からも、「こんなにもピッタリなものができるんですか」と驚か

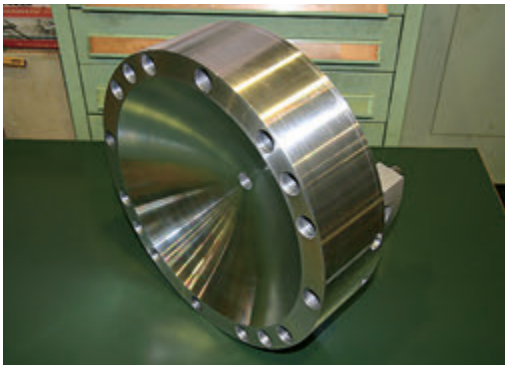
れる事も多かったです。

今年度は、材料の評価をご依頼者様にお願いすることも多く、大変助かりました。ここに感謝を申し上げます、今後は評価データを活用して依頼工作に対応する事を目指して行きます。今後とも、ぜひお気軽に依頼工作についてご相談ください。

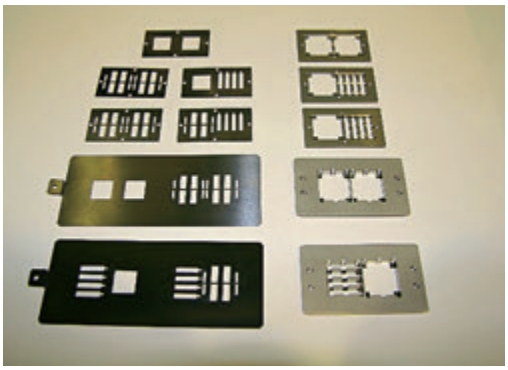
フォトギャラリー



アクリル製電極ボックス

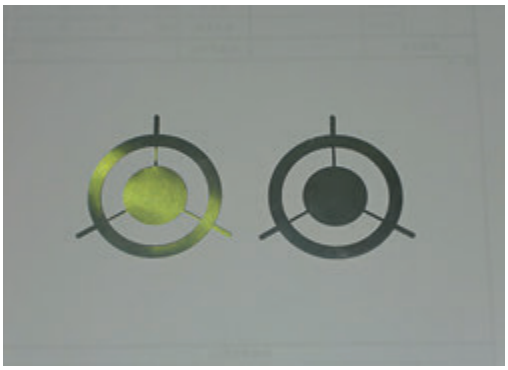


水中音響反射鏡



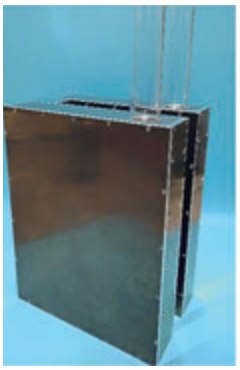
基板マスク各種

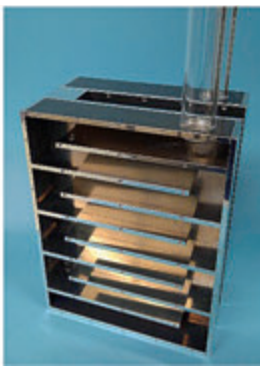
スピンコータ支持具



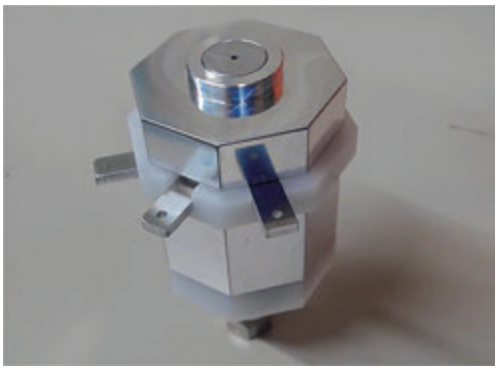
電極マスク

ブラインドボール投下装置



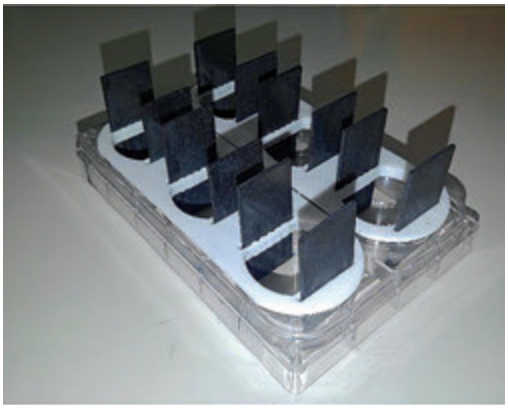


呼気冷却装置（右：内部の冷却構造）



吸収電流測定用積分球

フォトギャラリー



炭素電極ホルダ

電磁弁ボックス（7ch）

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。

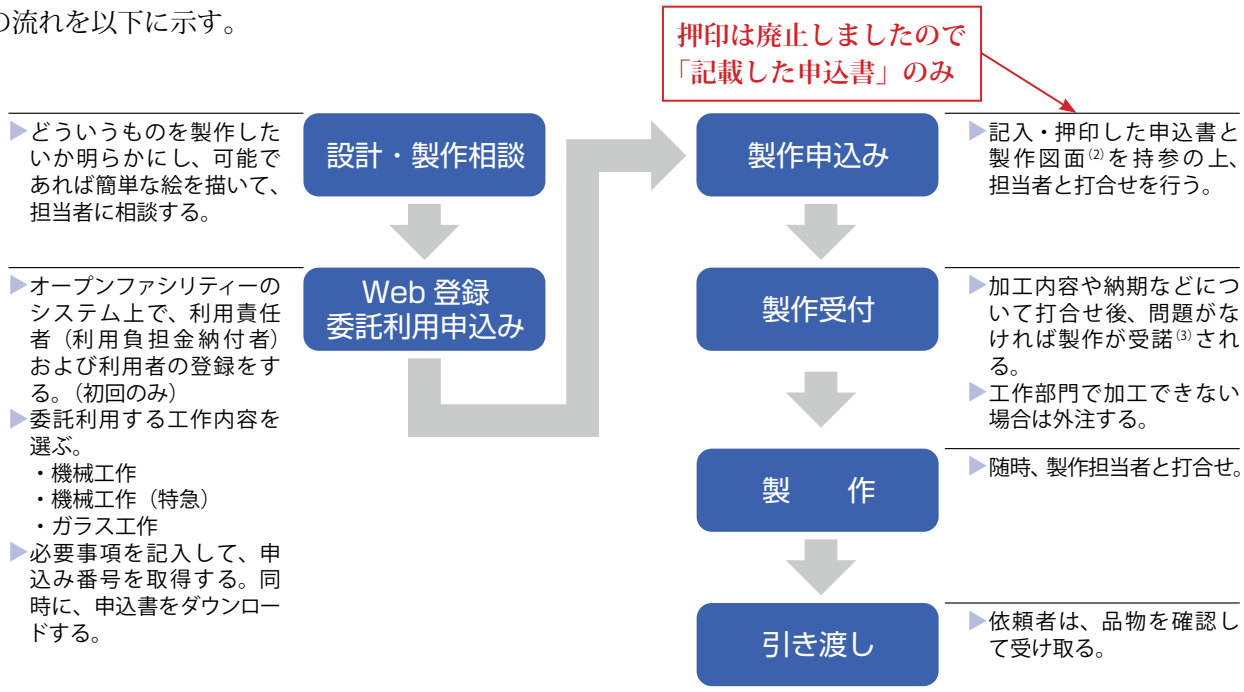
工作部門には、機械工作室、ガラス工作室、公開工作室がある。機械工作室では、汎用工作機械や数値制御（NC）工作機械による直線形状や曲線形状の機械加工、TIG溶接や銀ろう付などの溶接作業等を行っている。ガラス工作室では、手作業やガラス旋盤などによる加工や修理、精密切断機や卓上CNCフライス盤による切断作業や溝加工などを行っている。公開工作室では、利用資格を持った教職員、学生が自由に機械加工をすることができる。

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。先ず、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。



利用の手引き

（1）オープンファシリティーの利用

オープンファシリティーとは、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、研究基盤総合センターオープンファシリティー推進室のホームページにあり、以下のURLで参照できる。

http://openfacility.sec.tsukuba.ac.jp/wp/riyou1/

（2）製作図面

工作部門ホームページ（http://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え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。

※申込書の書式（黄色の部分にご記入下さい。）

申込番号	12345678	受付日		受付番号	
所属部局名	○× 研究科系		△□ 専攻域，センター		
支払責任者	筑波　太朗 ㊞	依頼者	工作　一郎		
工作名	センサ保持具	工作数	3個	支給品	なし

押印廃止

工作図、仕様を添付の上、提出願います。

金　額	加工費		作業者氏名	
	材料費		開始日	令和　年　月　日
	外注費		完了日	令和　年　月　日
	その他		製品引渡	令和　年　月　日
経費合計			受領者氏名	㊞

備　考

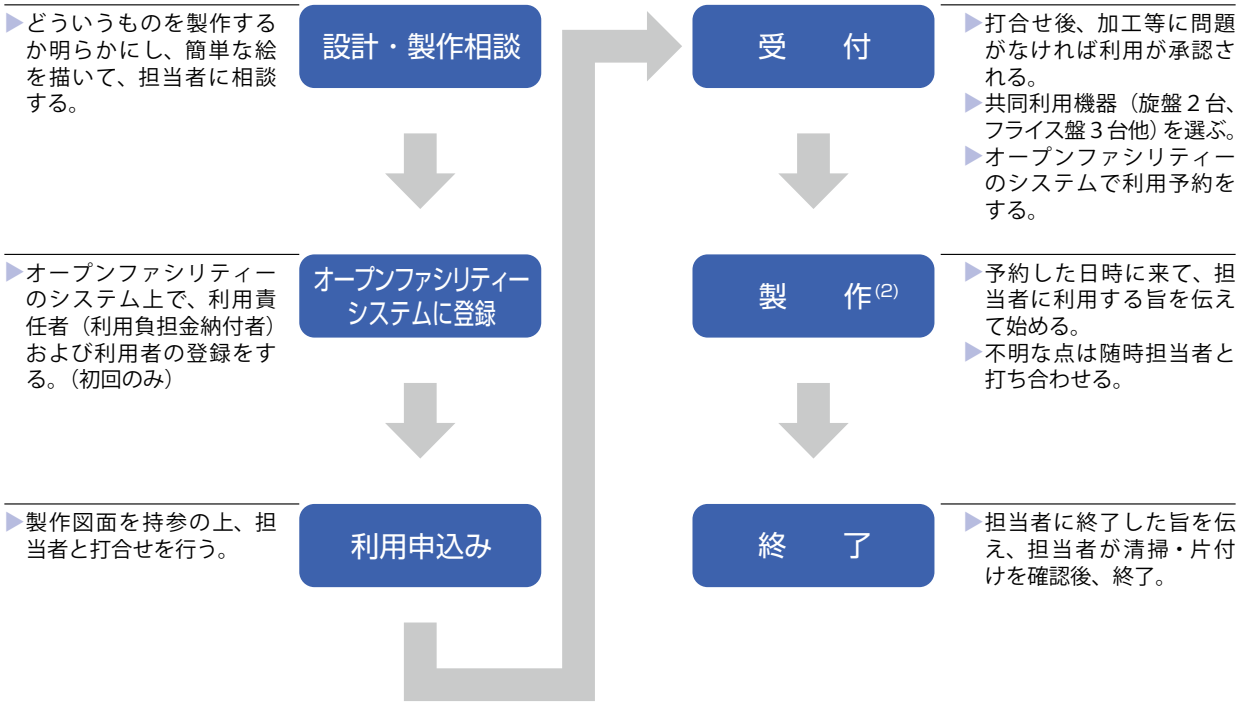
押印廃止

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。先ず、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、学生が使用できる。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。

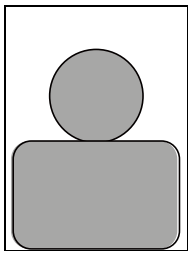
②機器の使用に当たっては、担当者の指示に従い、正しく操作するよう留意する。不明な点は、担当者に必ず問い合わせる。中途半端な使い方は、機器損傷や人身事故を引き起こす原因となる。

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**　茨
（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**（学年）　氏名（ﾌﾘｶﾞﾅ）　**機械（きかい）　硝子（がらす）**　機

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　　ローレツト
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：＿＿＿＿＿＿

利用状況

最近 4 年間の利用状況

令和 3 年 1 月 31 日現在

		平成 29 年度	平成 30 年度	令和元年度	令和 2 年度
［委託］機械工作	件数（件）	202（39）	165（25）	185（27）	181（25）
	時間（h）	2385.5	2273.5	2081.5	1834.5
［委託］ガラス工作	件数（件）	233	249	217	260
	時間（h）	746.5	833.5	745.0	929
委託合計	件数（件）	435	414	402	441
	時間（h）	3132	3107	2826.5	2763.5
共同利用（公開工作室）	件数（件）	156	289	33	6
	時間（h）	373	842	73	14

※括弧内は特急件数

■教育支援

令和３年１月31日現在

科目名		期　間	内　容
機械工作	３学系共用工作室利用者講習会	９月	３学系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

■見学会

新型コロナウイルス感染症のため、本年度の開催はなし

研究基盤総合センター運営委員会工作部門運営委員会委員名簿

令和３年１月31日現在

所属・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	R1(2019).4.1 ～ R3(2021).3.31	内線 5061
工作部門 システム情報系 准教授	江並　和宏	R2(2020).4.1 ～ R4(2022).3.31	内線 2528
システム情報系 教授	京藤　敏達	R2(2020).12.1 ～ R4(2022).11.30	内線 5105
数理物質系 教授	木塚　徳志	R2(2020).4.1 ～ R4(2022).3.31	内線 4993
数理物質系 准教授	野村晋太郎	R2(2020).4.1 ～ R4(2022).3.31	内線 4218
数理物質系 准教授	一戸　雅聡	R2(2020).4.1 ～ R4(2022).3.31	内線 4525
数理物質系 准教授	蓮沼　　隆	R2(2020).4.1 ～ R4(2022).3.31	内線 5367

◎は委員長

工作部門教職員

令和３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	技術専門官	吉住　昭治	2527（2526）
	技術職員	小川　祐生	
	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

昨年からの世界的コロナ禍の中で、筑波大学もリモートによる授業、勤務を余儀なくされ、工作部門も職員が減員したうえにコロナ禍の状況でしたので、業務にかなりの支障をきたしました。しかし現在では業務もある程度回復し「工作ニュース」も無事発刊することができました。世界のコロナ禍からの回復と工作部門の発展を願いながら、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３年３月31日

工作ニュース編集委員会
江並　明都　吉住　門脇

e-mail: takumi01@kou-c.tsukuba.ac.jp
URL: http://www.kou-c.tsukuba.ac.jp

令和３年（2021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 takumi01@kou-c.tsukuba.ac.jp
URL: http://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/