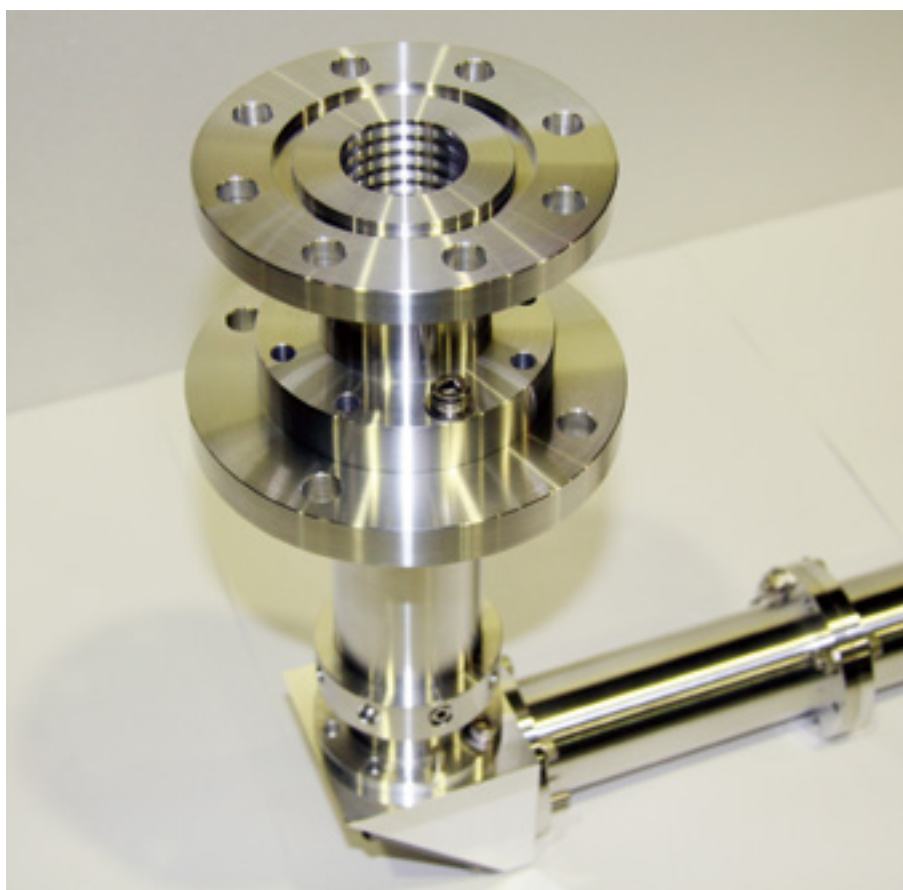




筑波大学
University of Tsukuba

工作ニュース

No.11 2020.4



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
定年退職を迎えるにあたって	准教授（工作部門） 堀 三計 2
研究ノート	短繊維CFRPの切り欠き強度と破壊靱性..... 3 阿部嵩大（システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻） 河井昌道（システム情報系構造エネルギー工学域） 駅伝大会のオブジェとトロフィーの制作..... 7 上浦佑太（芸術系） バフ盤固定部品と展示台..... 9 JEONG yeonkyung（芸術系）
技術報告	試料の真空封入について..... 12 明都 茂，門脇英樹（工作部門ガラス工作室）
活動報告	総合技術研究会2019九州大学 参加報告..... 15 小川祐生（工作部門機械工作室） ターニングセンター SolidCAM講習会参加報告..... 18 小川祐生（工作部門機械工作室）
利用の手引き	 20
運営報告	利用状況..... 25 主なイベント..... 26 新規設備紹介..... 27 運営委員一覧..... 28 職員紹介..... 28
編集後記	 29

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

工作部門は、昭和55年(1980年)に工作センターとして本格的に稼働し、ちょうど40年が経とうとしています。この間、長年にわたり筑波大学の研究室で必要とされる実験装置などの製作を担い、また、同時に学生の教育も行ってきました。建物自体は変わりませんので、外から見ると変化はありませんが、内部で働く教員や職員は入れ替わっています。

残念なことです。工作部門教員の堀三計准教授が今年度限りでご退職されます。堀先生は工作機械の専門家で、工作部門全体の運営を担当いただくと共に、大学院や学類での機械工作や製図の講義をご担当いただきました。長らく工作部門を支えていただいたことを感謝いたします。

一方、うれしい変化としては、堀先生が導入を計画されていたターニングセンタが今年度、設置されました。ターニングセンタは、種々の工具をプログラムに従って交換しながら、円筒形状や円筒と矩形の組合せ、曲面形状などの複雑形状を加工できる工作機械です。この工作機械の導入により、さらに工作部門の加工技術が向上すると共に、製品完成までの期間短縮が期待されます。

外から見ると分かりづらいのですが工作部門内部では変化が起こっており、教職員は世代交代を行いつつも、技術の伝承と知識の蓄積を行い、より良いサービスを提供することを心掛けております。これからも多くの方々に工作部門をご利用いただけることを願っています。

定年退職を迎えるにあたって

工作部門 堀 三計

2012年4月に筑波大学に着任してから8年、2020年3月に定年退職を迎えます。教職員並びに学生の皆様のお陰で無事に勤めを全うできたことを、とてもありがたく、幸せなことであったと感謝しております。

工作部門での8年間は、部門の運営、管理、工作相談などで瞬く間に過ぎ去りました。また、筑波大学では機械加工や工作機械を専門とする唯一の教員でしたので、関わった学生には機械加工や工作機械について少しでも知って貰うように努めたつもりです。

この間、新たにワイヤ放電加工機やターニングセンタ、小型立てフライス盤、卓上CNCフライス盤、測定顕微鏡用のデジタルカメラ計測システムが加わり、多少は作業環境が整ったのではないかと思います。

また、2013年度からは工作部門の工作依頼（委託業務）や一部の工作機械が筑波大学オープンファシリティ^注に登録され、利便性の向上が図られました。

工作部門には様々な分野の教職員や学生から加工の相談や依頼がきます。装置や構造物、部品について多種多様な相談や依頼があり、知らないことも多く毎回勉強の場でした。特に芸術系の依頼は感性によるものが多く、機械部品とは違った面白さがありました。

機械工作にしろ、ガラス工作にしろ、ものをつくるには時間が掛かります。以前に比べると技術職員の人数も少なく、特に依頼が混み合う時期には完成までにずいぶん待たせることもあり、依頼者には大変ご迷惑をおかけしました。今後、新しい工作機械が導入されれば加工の効率化が図られると思いますが、加工するのは人です。技術の伝承も含めてものづくりに携わる技術職員が少なくなることを大変危惧しております。特に、ものづくりに関するノウハウが途切れてしまうと回復するのに大変な時間が掛かる、否、回復できなくなります。この点からも人を繋いでいく必要があると思います。

他方、学内にある工作部門では教職員や学生が気軽に相談に来たり、加工中に仕様を変更したりと、依頼者と製作者が密にコミュニケーションをとりながら製作することができます。これは学内の工作部門であるからこそできる大きな利点です。学内にこのような施設があることは教職員、学生にとって大変幸せなことではないでしょうか。

工作部門での8年間は短い間でしたが、私も多少は皆様のお役に立てたのではないかと考えております。

最後になりましたが、本学の皆様には大変お世話になり心から御礼申し上げます。また、筑波大学、研究基盤総合センター、及び、工作部門の益々のご発展をお祈り申し上げます。

注) 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す。（オープンファシリティ推進室ホームページ参照。
<http://openfacility.sec.tsukuba.ac.jp/>）

短繊維CFRPの切り欠き強度と破壊靱性

システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻 阿部 嵩大
システム情報系 構造エネルギー工学域 河井 昌道

1. はじめに

炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastics: CFRP）はプラスチックを炭素繊維で強化した複合材料であり、炭素繊維に由来する高強度・高剛性とプラスチックに由来する軽量性・耐食性などの利点を併せ持つ優れた材料である。連続繊維を用いたCFRPは、比剛性と比強度の高さから、航空宇宙分野で広く利用されている。一方、長さ数mm程度のカーボン短繊維と熱可塑性プラスチックを用いた短繊維強化CFRPは、射出成形によって自由度の高い形状設計が可能となり、熱硬化性樹脂を用いたCFRPに比べて短時間かつ低コストで成形することも可能となる。これらの特徴から、高い生産性が求められる自動車分野での利用拡大が進んでいる。

射出成形された短繊維強化CFRPの繊維配向には射出時の流れ方向の影響を受けて偏りが生じる。このため、成形された短繊維強化CFRPは異方性を示す。射出成形カーボン短繊維強化複合材料の特性を評価する上でこの異方性を上手に処理することが重要な課題となっている。また、射出成形された短繊維強化CFRPを実構造物に適用するためには、脆性破壊に対する強さ、すなわちき裂成長に対する抵抗（破壊靱性）、を評価することも重要な要件となる。

本研究では、短繊維強化射出成形CFRPの破壊靱性とその方位依存性を明らかにすることを目的とする。このため、試験片中央にスリットを設けた射出成形短繊維強化CFRP（以下、中央スリット材）の切り欠き強度とその方位依存性を明らかにする。さらに、破壊靱性値を同定する。具体的には、異なる長さのスリットを試験片中央に設けた切り欠き試験

片を用いて静的引張試験を行い、引張強度のスリットサイズ依存性を定量化し、射出成形短繊維強化CFRPの切り欠き感度を同定する。また、種々の強度モデル（切り欠き感度モデル、Average Stressモデル、Point Stressモデル、Linear Elastic Fracture Mechanicsモデル、Camanhoモデル）を利用して試験材料の切り欠き強度の予測と破壊靱性値の評価を試みた。

2. 試験片および試験方法

2.1 試験片

供試材はカーボン短繊維強化ナイロン複合材料であり、カーボン短繊維とナイロン6を用いたベレットを鋳型に溶融射出して成形された材料である。本研究では、繊維配向の違いが機械的特性に与える影響を調査するために、射出成形板から射出方向に対して $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ の方位に3種類の試験片を切り出した。以下ではそれぞれ 0° 材、 45° 材、および 90° 材と呼ぶ。これら3種類の試験片の中央に相対切り欠き寸法0.2および0.4のスリットを機械加工によって設けた。試験片のスリット機械加工は筑波大学研究基盤総合センター工作部門に依頼した。

2.2 試験方法

油圧サーボ材料試験機を用いて静的引張試験を行った。引張りによる公称ひずみ速度が1%/minとなるように変位を制御し、試験片が破断するまで負荷した。試験は室温（23℃）で行った。

3. 静的引張試験の結果および考察

3.1 破断強度

Fig.1、Fig.2およびFig.3に、それぞれ、 0° 材、 45° 材および 90° 材の平滑強度（ $2a/W = 0$ ）と切

り欠き強度 ($2a/W=0.2, 0.4$) の比較を示す。

これらの図から、切り欠き寸法の増加とともに引張強度が低下することが確認できる。これらの強度は公称強度であるから、強度低下が切り欠きによる断面減少によるものか、それとも切り欠き先端の応力集中によるものであるかはさらに調べる必要がある。

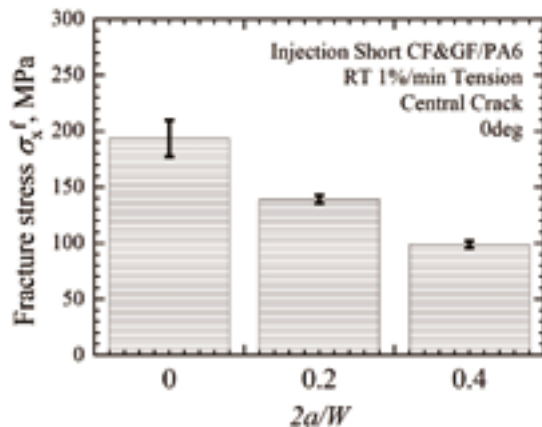


Fig.1 0°材の平滑強度と切り欠き強度

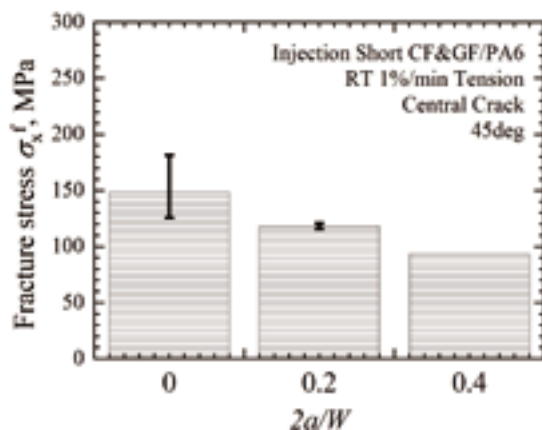


Fig.2 45°材の平滑強度と切り欠き強度

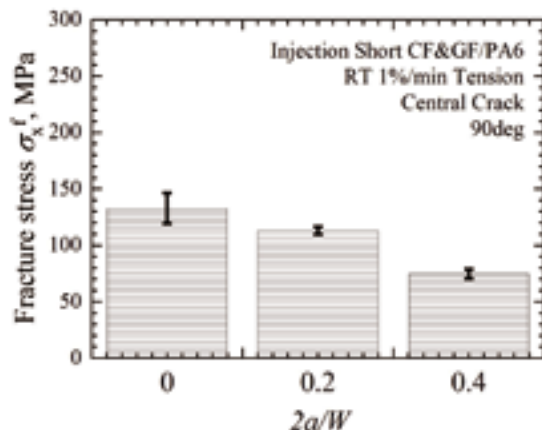


Fig.3 90°材の平滑強度と切り欠き強度

3.2切り欠き感度

0°材、45°材、90°材の切り欠き強度を平滑強度で除して無次元化した切り欠き強度比と相対切欠寸法の関係（切り欠き感度線図）を Fig.4から Fig.6

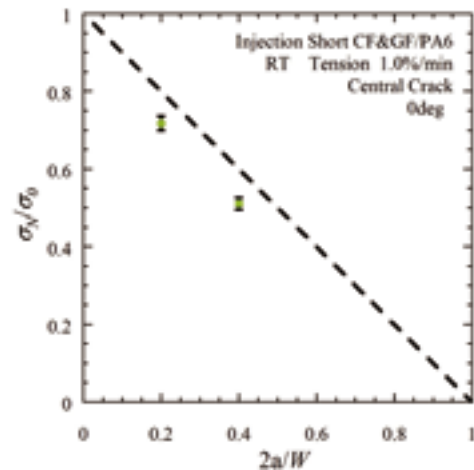


Fig.4 0°材の切り欠き感度図

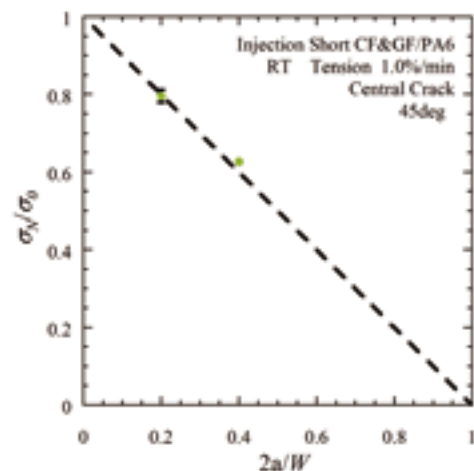


Fig.5 45°材の切り欠き感度図

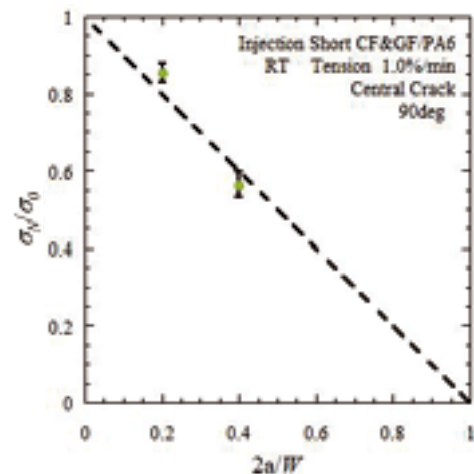


Fig.6 90°材の切り欠き感度図

に示す。

Fig.4、Fig.5およびFig.6の破線は正味断面強度レベルを表している。データ点がこの破線上に分布する場合は切り欠き強度低下が断面減少のみに起因することを表し、それよりも下に分布する場合は切り欠き先端の応力集中の影響を受けて切り欠き感度を呈することを表す。0°材はわずかに切り欠き感度を示したが、45°材と90°材は切り欠き不敏感であった。

3.3破壊靱性値およびその方位依存性

切り欠き感度モデル (NS)、Average Stress (AS) モデルおよび Point Stress (PS) モデルを用いて評価した破壊靱性値を0°材、45°材、90°材についてそれぞれFig.7からFig.9に示す。90°材については切り欠き不敏感となったため、切り欠き感度モデルを用いて破壊靱性値を算出することができなかった。得られた破壊靱性値を比較すると、切り欠き感度モデルを用いて評価した破壊靱性値がAverage Stress モデルおよび Point Stress モデルを用いて評価した値よりも大きくなった。この特徴は切り欠き感度モデルがき裂成長に対する抵抗を大きめに評価することを意味しており、他の方法に比べて危険側の評価となることを示唆する。試験に用いた射出成形CFRPの破壊靱性の方位依存性は、いずれのモデルによっても明瞭には予測されなかった。

3.4切り欠き強度予測

中央スリット材の切り欠き強度をFinite Fracture Mechanics モデルを用いて予測した。その結果をFig.10～Fig.12に示す。Finite Fracture Mechanics モデルでは、切り欠き強度の予測に平滑強度と破壊靱性値を必要とする。このため、上述の異なる強度モデルを用いて算出された破壊靱性値をそれぞれ用いて切り欠き強度の予測を行った。

切り欠き感度モデル以外のモデルを用いて算出した破壊靱性値を仮定した場合、予測した切り欠き強度は、実験値に近いが、わずかに小さい値となって

おり、精度の良い、または安全側の予測が得られた。最も高い精度の切り欠き強度予測はAverage Stress モデルから算出した破壊靱性値を仮定した場合に得られた。

4. 結言

射出成形短繊維CFRPの中央スリット試験片を用いて切り欠き強度と破壊靱性を調べた。本研究によって得られた知見は以下のように要約できる。

(1) 0°材、45°材、90°材は、いずれも、スリット

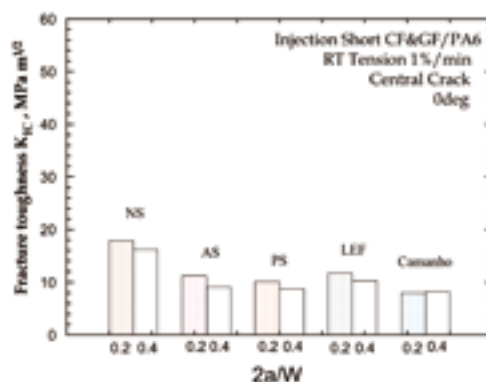


Fig.7 0°材の破壊靱性値

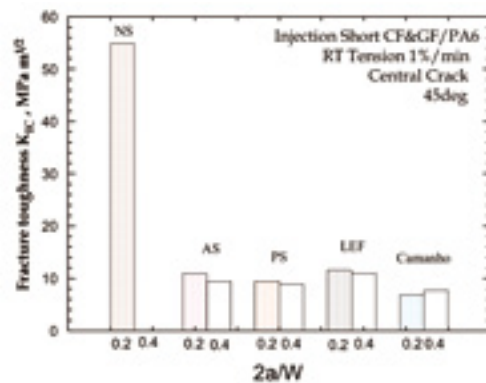


Fig.8 45°材の破壊靱性値

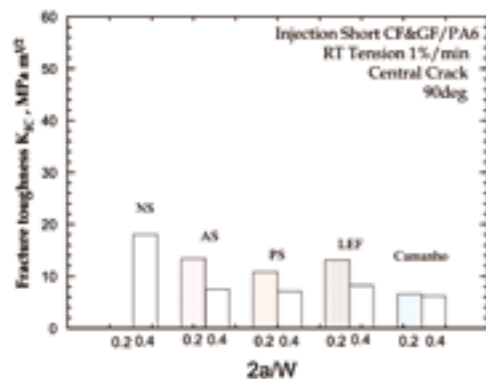


Fig.9 90°材の破壊靱性値

サイズの増大に伴い、強度が低下する。

- (2) 0°材は切り欠きに対して僅かに感度を示すが、45°材と90°材は切り欠きに対して不敏感となる。
- (3) Average Stress モデル、Point Stress モデル、Linear Elastic Fracture Mechanics モデル、お

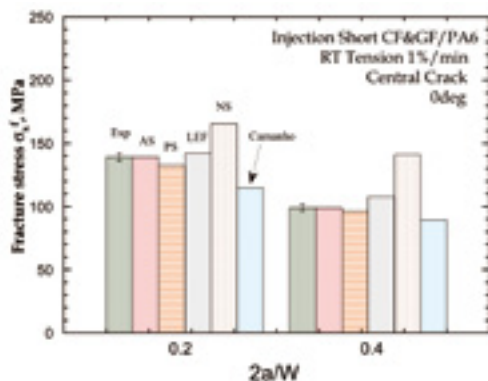


Fig.10 0°材の強度の実験値と予測値

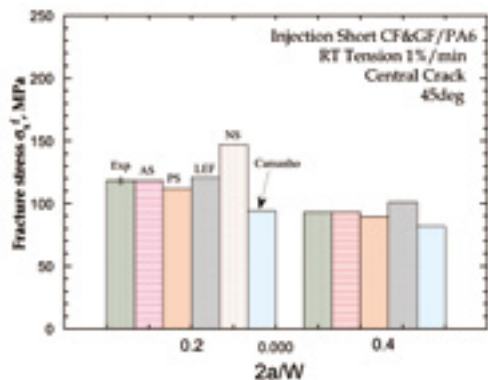


Fig.11 45°材の強度の実験値と予測値

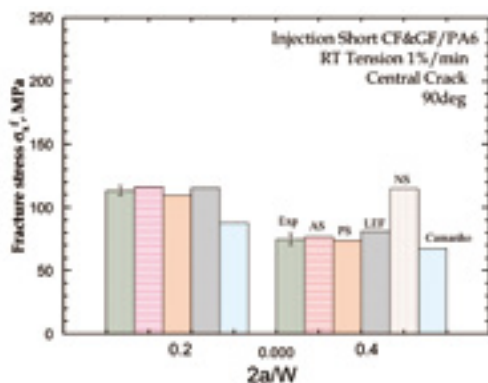


Fig.12 90°材の強度の実験値と予測値

よび Camanho モデルを用いて評価した破壊靱性は、いずれのモデルを用いた場合においても、前後の値を示した。破壊靱性の方位依存性はいずれのモデルを用いた場合においても明瞭には確認されなかった。切り欠き感度モデルを用いて評価した破壊靱性値は、その他の強度モデルを用いて評価した値よりも大きくなる傾向がある。

- (4) 切り欠き感度モデル以外の強度モデルを利用して評価した破壊靱性値を Finite Fracture Mechanics モデルに代入して予測した切り欠き強度は、実験値とほぼ等しい、あるいは僅かに小さくなり、安全側の予測となることが分かった。

謝辞

本研究に使用した切り欠き試験片の準備において、工作部門の皆様に多大なご協力をいただいた。CFRP に対してスリットの周囲に傷をつけないように機械加工 (Fig.13) することは簡単ではない。このため外部に発注すれば時間と費用を多く要する加工となる。工作部門の皆様にこの難しい加工を迅速かつ安価に仕上げていただいたことで、研究を円滑に進めることができました。技術支援に深く御礼を申し上げます。



Fig.13 スリット加工の例 (幅0.3mm)

駅伝大会のオブジェとトロフィーの制作

芸術系 上浦 佑太

2017年から筑波大学体育系が主催する駅伝大会において本研究室の学生が毎年トロフィーやメダル等のデザインと制作を担当しており、私も監修として関わっている。それらのうち、本稿では工作部門の協力を得て制作した3つの作品について紹介する。

2017年は大会の象徴となるオブジェの制作依頼を受けた。このオブジェは、走り終えたランナーが身につけていたリボンを一本ずつ結びつけることによってカラフルな球体になってゆく仕掛けになっている。球体の形状は、中央の柱の上下両端に帯状のステンレス板をしならせながら数本はめ込むことによって表現している。中央の柱は長さや太さを指定して購入できる市販の製品である。この柱を垂直に固定することができる金属製の台座が必要になり、工作部門に制作を依頼した。柱の下端は雄ネジになっているため、台座にはこれにぴったり合う雌ネジの加工が必要である。さらに側面には文字の入ったプレートを固定する必要があるため、このための雌ネジもあけてもらった。いずれも位置・深さとも高い精度で加工してもらえたため、無事プラン通りのオブジェを制作することができた(図1)。

2018年は、駅伝優勝チームのメンバーそれぞれに一点ずつ贈られる副賞として計10点のトロフィーを制作した(図2)。工作部門には、台座用の部材制作を依頼した。作品の主体となる8枚の色付きアクリル板を固定するには台座内部に空間が必要であったため、この時は無垢材ではなくアルミ板で制作してもらった。台座を展開した形に切り抜いたアルミ板を、木片に当てがいながら力を加えて慎重に

曲げることで、立体化することができる。アルミ板の表面には文字も彫刻してもらった。文字間の調整など、細かい見た目についても学生自身が自分の目で確認しながら微調整させてもらうことができ、納得のいく仕上がりになった。

2019年も駅伝優勝チームメンバーへの贈呈用に10個のトロフィーを制作した(図3)。アクリル板を層状に重ねてできるオブジェを上下から挟み込んで固定する構造のデザインを考え、上下の部材をアルミ無垢材で制作してもらった。中央のアクリル部分は重量があり、接着剤だけで金属に固定するのは不安定である。そのため、台座となる下部の直方体には上面中央に雌ねじをあけてもらい、不透明の白いアクリル内部に隠れているボルトを締めて接合し、さらに接着剤も併用することで固定の強度を得た。台座には文字彫刻を依頼した(図4)。

2017年のオブジェ制作の際、作りたいものは明確だったものの図面の引き方や材料費・加工費の相場などを知らなかったため、こんな状態で制作を依頼しても良いものかと、やや不安もあった。しかし、現地では素材、形状、耐久性、予算など様々な角度から実現のための選択肢を提案していただき、本当に助かった。金属やガラスの加工が選択肢に入ることによって造形表現の可能性は大きく広がる。外観に関わる部材の制作だけでなく、隠れたところに必要な細かい部品などもジャストサイズで依頼できるため、形の探究の自由度は飛躍的に上がる。本学に工作部門があることは芸術分野にとっても大きな財産である。



図 1. 第 1 回なないろ駅伝 大会シンボルオブジェ
海老原梓（当時博士前期課程芸術専攻 1 年生）作、
上浦監修
（2016.2.24@筑波大学陸上競技場、筑波大学体育系主催）



図 2. 第 1 回なないろスポーツフェスタ
なないろ駅伝優勝トロフィー
速水一樹（当時芸術専門学群 3 年生）作、上浦監修
（2017.7.2@つくば市洞峰公園、筑波大学体育系主催）



図 3. 第 2 回なないろスポーツフェスタ
なないろ駅伝優勝トロフィー
中山佳保子（当時芸術専門学群 3 年生）作、
上浦監修
（2019.3.17@つくば市洞峰公園、筑波大学体育系主催）



図 4. アルミ台座表面への文字彫刻加工の様子

バフ盤固定部品と展示台

芸術系 JEONG yeonkyung

はじめに

工作部門とは2017年にバフ盤固定部品を製作していただいたことが縁で何度も展示台製作のお願いしてきた。私が所属する芸術系の工房には様々な素材を用いて作品を制作する中で疑問に感じたことを、様々な実験を通して立証していくことを研究としている。研究を継続するためには、素材を扱う機材がスムーズに使えることと、完成した作品に見合った展示台は不可欠である。今回、この二つについて紹介したい。

1. バフ盤固定部品製作

バフ盤はガラス素材を研磨していく最終段階で使用する機材である。粘土などで原型を作り石膏型を取って電気炉で焼成し常温に戻すと、ガラスの表面は石膏と接していたため透明度が低い（図1）。透明度が低い面を番手の低い研磨剤から徐々に上げていき、最終のセリウムを染み込ませたバフ盤に当てると摩擦熱が起こることで透明になる（図2）。研磨前と比べ透明になったことで中身が透き通ってよく見えるためガラス造形の表現方法として研磨は利用されている。

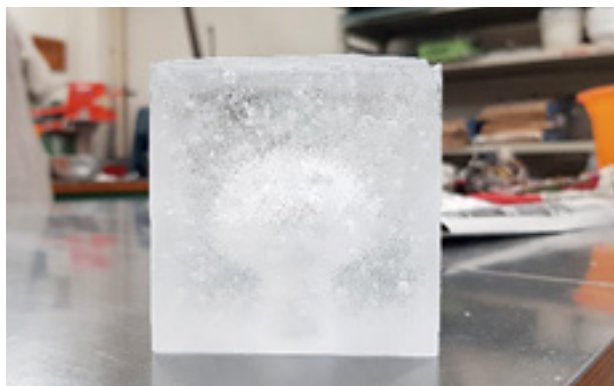


図1 石膏肌のガラス表面

ガラス素材のみならず、金属や大理石の仕上げは鏡面を作るためにバフ盤は必須である。ガラス工房にあるバフ盤（図3）は導入され15年以上年季の入った代物だが、金属の固定部品になるまでは木材を挟み（黄色く囲ったところ）ゆるくなったら楔（赤い矢印）で調整しながら使用してきた。しかし、長年使ってきたせいかバフ盤の回転振動で楔は緩くなることが多く、制作に支障をきたすようになったことから、振動の影響を受けずに固定できる部品製作を依頼した。漠然と固定部品を作っていただきたいと相談したが、私自身がイメージできそうな既製品があるわけでもなく参考になるような部品があるわけでもなかったため、工作部門に丸投げ状態であった。何度もガラス工房まで足を運んでいただき、機材や盤の位置測定、試作を試して調整をしていただき、完成された固定部品が図4である。

木材に直接回転盤軸を刺していたところは、ベアリングが受け止め柱を囲うように固定された。使用して2年経過するが、固定部品が設置されてから回転振動で緩むこともなくボルトの調整も必要ないほどしっかり固定されている（図5）。バフ盤の固

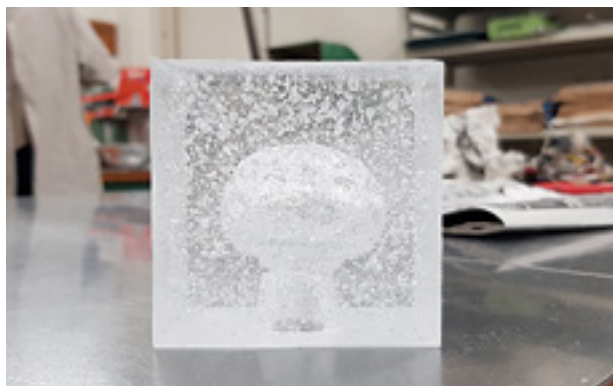


図2 研磨後の表面

定部品が安定していることで授業や卒業・修了制作、公開講座に支障なく使えるようになった。

2. 展示台製作

ガラス造形作品は光を透過する特徴を持っている

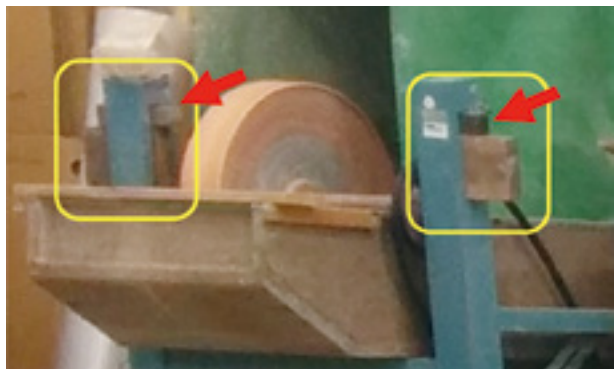


図3 木材の固定部品



図4 金属の固定部品



図5 固定部品のディテール

素材であるため、置く場所やライティングによって鑑賞時の印象が大きく変わる。展示場所を室内とした場合はライティングを調整することである程度作品の印象を決めることができるが、自然光が入る場所なら展示台の大きさや色、形状によって作品印象は大きく左右される。工作部門に依頼し、初めて製作していただいた展示台が図6である。20mmの鉄の角材を使用し天板より下は空間を開けて、圧迫感がないようにした。様々な作品を置く台として使用することも考慮し天板を2mmと薄いものにし脚と天板のバランスが崩れないように揃えた。角材を溶接で接合し、スプレー塗料を散布して仕上げた。展示台の色は作品によって様々な色に演出することもできるが、黒にすることで無難に使えるようにした。

図6の展示台は個体の作品を置く台として使用するが、グループで展示をする場合は展覧会のコンセプトによって揃えることも必要になる。図7の展



図6 角材を使用し製作された展示台



図7 ステンレス板を使用し製作された展示台

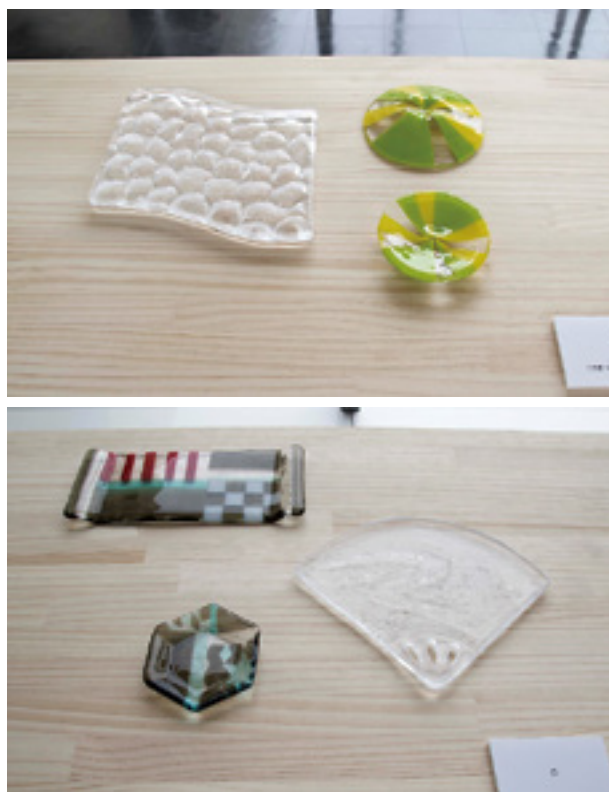


図8 学生の課題作品

示台は授業で制作した作品を展示するために脚の部分を製作していただいた。個々のデザインは違うが、大きなテーマが揃っているため、全体の雰囲気を揃えつつ、かっちりと決まりすぎないように天板は柔らかい印象を与える木材と決めた。天板と脚を木材に揃えると天板を支えるための木材は太くなるため、テーブルのように見えてしまい鑑賞の妨げになる。天板の重さに耐える素材でありながら脚が太くならないようにステンレス板を選んだ。厚み3mmのステンレス板を幅50mmに切断し、接合部を溶接した。溶接部分を最低限に抑えることで、ステンレス板の後加工を施さずそのまま使用することができた。優れた技術で製作された展示台脚は木材と相まってすっきりした印象を与え作品を注視できる環境を作ることができた。天板には課題で制作された学生の作品が置かれ、全体でバランスの取れた良い展示空間を作ることができた。

おわりに

今回紹介した機材の部品については、作品そのものではないが作品を仕上げる際の大事な要素を担う機材をストレスなく使用することができて滞りなく潤滑に制作工程のスケジュールを組むことができた。展示台に関しては、鑑賞時作品に影響する様々な要因をできるだけそぎ取って製作していただいたおかげで満足のいく展示空間を作ることができた。他にも作品のテストピースの相談をしていただくことや材料について教えていただくこともあるので、今後も作品を制作していく中で工作部門にはお世話になることがあると思われる。親身になってアドバイスいただいて製作していただいたことをこの場を借りて感謝の気持ちをお伝えしたい。

試料の真空封入について

工作部門 ガラス工作室 明都 茂
門脇 英樹

はじめに

ガラス工作室では、ホウケイ酸ガラスおよび石英ガラスを使用して実験用ガラス機器の製作・修理その他を行っている。ガラス工作は、基本的には手作業であるが、ガラス旋盤、研削盤、精密切断機、CNC 卓上フライス盤、電気炉等も備え、様々な工作依頼に対応している。また、高真空排気装置も備えており、ガラスデュワーの真空引きや、試料の真空封入にも利用可能である。工作依頼として、依頼者から持ち込まれた試料を、ガラス試料管に入れて真空封入を行い、試料作製のサポートも行っている。

真空封入とは

真空とは大気圧より低い圧力の空間で、酸素・窒素・水蒸気等の活性ガスが大気中より少ない状態を表す。低熱伝導率や不活性化の特徴を生かして、様々な分野で真空は用いられている。身近な物では、魔法瓶や食品の真空パックが広く使われ知られている。魔法瓶は真空の断熱効果を利用して保温に使われている。食品の真空パックは、パック内の空気（酸素）を少なくし食品の保存期間延長に利用されている。研究の各分野でも、真空空間での化学合成や反応、金属への熱処理等で広く応用されている。金属への真空利用だけを見ても、真空溶解、真空蒸着、真空焼なまし、真空焼結等が上げられる。大気中で酸化されやすい金属や合金を加熱すると、熱・酸素・水等により酸化されてしまうが、真空空間であれば、酸化されずに熱処理が可能である。真空熱処理を行うには、専用の設備が必要になるが、ガラス試料管を使用した真空封入は、安価で手軽に真空空間を保て熱処理も可能である。試料管に低膨張で耐熱性の優れ

ている石英ガラスを使用すると1000℃以上の熱処理にも耐えられ、金属の不純物が極めて少なく試料への影響も少ない。工作部門で依頼を受ける真空封入の大半は、透明石英ガラスを使用し高真空で封入を行っている。当部門の設備で加工可能な石英ガラス管の最大サイズは、内径30mm までとなる。今回は内径30mm の石英ガラス管を使用した真空封入の作業工程を紹介する。

真空封入の準備と作業

石英ガラス管は市販品として様々なサイズが販売されている。試料管に使用する石英管のサイズは、試料が入り数 mm 以上余裕のあるサイズを選ぶのが良い。余裕を持たせるのは、試料を熱処理のために加熱した際、試料の熱膨張から試料管の破損を防ぐためである。また、石英ガラス管は一般的な理化学ガラスに使われているパイレックスガラス等のホウケイ酸ガラスより高価なので、試料の大きさに対して極端に大きな石英ガラス管を選ぶのは不経済である。内径30mm の石英ガラス管を使用した真空封入には、図 1 に示す各部品が必要になる。試料管本体と試料を入れてから塞ぐためのキャップ、高真空排気装置の吸気管に接続するための外径φ12 の石英ガラス管の3点を製作し準備する。

試料管の長さは試料のサイズや数量により長さを調整し設計する。試料を入れて試料管の口から図 2 に示すように100mm 以上の間隔を設ける。

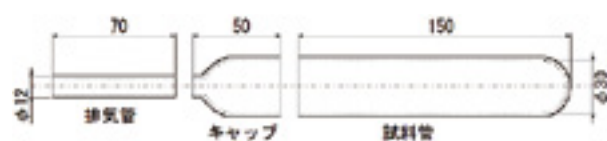


図1 封入用試料管

ガラス旋盤を使用して、試料を入れた試料管とキャップ、排気管をガスバーナーで図3に示すように溶着する。溶着加工時は非常に熱くなるので、大気中の試料に悪影響を及ぼさないように、試料管を長くして試料を保護している。

減圧後に封止する位置に、図4に示すような肉厚のくびれ加工を行う。

工作部門の高真空排気装置には磁気軸受形ターボ分子ポンプ+油回転ポンプが組み込まれており、短時間で高真空域までの排気が可能である。真空計はデジタル表示の熱陰極型電離真空計を備えている。高真空排気装置と並んで電気炉が併設されており、両装置を使用して真空封入作業を行う。高真空排気装置からの吸気管は、併設された電気炉の壁を貫通し炉内まで配管されている。この吸気管に試料管図4の排気管を図5に示すように電気炉内で接続する。

接続後、高真空排気装置を起動し真空排気を開始



図2 試料を入れた状態

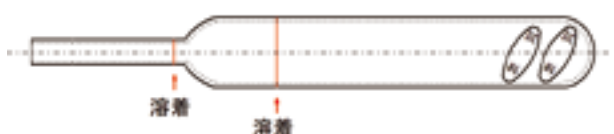


図3 試料管の溶着



図4 くびれ加工

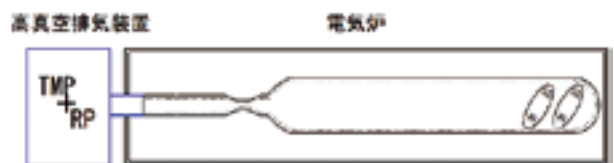


図5 高真空排気装置と電気炉の概念図

する。電気炉はベーキングを行うため150℃まで温度を上げ、3時間程度維持する。ベーキング温度は試料管内の水分除去を目的としているための設定で、依頼者の要望によりベーキング温度・時間の調整は可能である。3時間後電気炉の電源を切りベーキングを終了し、高真空排気装置の運転は更に5時間程度続ける。真空排気開始後、8時間経過すると真空度は 2.5×10^{-5} Pa程度まで到達するので、封止(チップオフ)の準備を行う。封止はハンドバーナーを使用し、図6に示すように試料管のくびれ部分を、柔らかくなるまで加熱して行う。

その際、くびれ部分から大量のガスが発生し、真空度が一桁程度下がってしまうので、封止前にくびれ部分の脱ガス作業を行う。ハンドバーナーでくびれ部分を柔らかくなる直前まで一旦加熱する。加熱後は放出ガスが多くなり、真空度は一桁程度下がるが、冷えてくると到達真空度まで戻る。この作業を3～4回繰り返し行う。繰り返すたびに、加熱時の放出ガスが減り、真空度も落ち着いてくるので封止が可能となる。

封止作業は図7に示すような流れで行う。

試料管のくびれの最も細い部分を、ハンドバーナーのシャープな炎で上下前後から全周を均一に加熱して行う。ガラスが柔らかくなり、大気圧で内側にへこんで内径が狭まってくる。更に加熱すると、管が潰れてムク棒状態になるので、試料管を右に移動し排気管から引き離す。図8に示す状態となり真空



図6 封止前の脱ガス作業



図7 封止作業の流れ

配管から分離され真空封入が完了となる。ここで高真空排気装置の電源を切り、真空封入の全ての作業が終了となる。

熱処理後、試料管から試料を取り出す方法は、試料管を破壊するか、切断機等で切断して行う。試料管の径や試料の性質によるが、工作部門の精密切断



図8 封止作業完了



図9 真空封入管の切断開封

機を使用して取り出すことも可能である。工作部門では図9で示す二カ所を切断し開封を行っている。

切断後の試料管は洗浄を行い、割れや欠け(クラック)、汚れ等が無ければ再利用が可能である。洗浄後の状態が良ければ、何度も繰り返し利用可能な場合もあり、高価な石英ガラス管を効率的に使用できる。

おわりに

ガラス試料管を使用した真空封入は、真空を保持するためのバルブも必要なく、安価で手軽に真空空間を保てる。また、封入した試料管は、その状態で加熱炉に入れ熱処理が可能で利便性が高い。ガラス工作室で対応可能な石英試料管のサイズは、内径φ8～φ30までとなる。納期は、低真空(ロータリーポンプのみ)の封入で当日、高真空封入は、最短で依頼日の翌日夕方となる。

総合技術研究会2019九州大学 参加報告

工作部門 機械工作室 小川 祐生

概要

総合技術研究会は全国の大学法人、独立行政法人の研究機関、国立高等専門学校機構に所属する技術職員が、業務遂行上有益な知識を得ること、他機関との交流を経て意識の啓発を図ることを目的とするものである。

今回の研究会は2019年3月6日(水)～8日(金)に九州大学伊都キャンパスで開催され、大学・高専等合わせて800名超の技術職員が参加した。

私も機械分野の口頭発表者として参加し、自分の発表を通して多くの技術職員と交流、情報交換を行ってきた。

本報告では研究会の参加報告と、研究会に参加した経験を業務にどのように生かしているかを報告したい。

1, 開催日時

開催場所

九州大学 伊都キャンパス

開催日時

2019/03/06(木)～08(金)

シンポジウム 03/07 10:50～11:50

特別講演 03/07 13:20～14:20

口頭発表 03/07 15:20～16:20

03/08 12:50～17:00

ポスター発表 03/08 09:30～11:30

2, ポスター発表・口頭発表

ポスター発表はキャンパス内2カ所で開催され、ポスター番号の奇数番をA、偶数番をBとして

A_40分→B_40分→フリータイム_40分

といった流れで、報告者が交互に説明を行っていた。

口頭発表は各分野で会場が用意され、

発表時間15分 質疑応答5分

の時間配分で行われた。

私は機械分野の発表を主に拝聴させてもらったが、特殊な形状を持つ部品に対して汎用機でどのように加工を行ったかなど、技術職員による創意工夫例を数多く知ることができた。

また、私が筑波大学で行われる中学生向けのイベントに参加していることもあり、地域貢献事業や実験・実習分野の報告も拝聴した。

3, 自身の発表について

発表題目_アルミ溶接を用いたミニサッカーゴールの製作報告

口頭発表の一番目ということもあってか、多くの方に参加していただけた。発表自体はトラブルなく、ほぼ時間通りに行うことができた。

質疑応答では溶接条件の選定についての質問や、安全面に関する質問など多くの質問を頂くことができ、発表に興味を持っていただくことができたの



図1. 九州大学 伊都キャンパス

ではないかと感じている。

また、質疑応答終了後もアルミ溶接条件や筑波大学の工作依頼の内容についてなどの質問を頂き、互いの技術や職務内容などの情報交換を積極的に行うことができた。

4, 発表の反省点

今回の発表は大きなトラブルもなく終わることができたが、ほかの口頭発表やポスター展示を拝聴し、私も報告内容を分かりやすくするため、以下のような工夫を行う事が重要だと考えた。

- ・製作物等、実物を持ち込んでの説明
- ・グラフや動画など感覚的にわかりやすい資料

私自身、業務や報告会で年に数回発表を行う機会があるため、より分かりやすい発表を目指し改善したい。

5, 業務への展開

今回報告会で発表するにあたり、製作資料をまとめ、予稿・発表資料を作成したが、その中や情報が不足していると感じる点があった。

主に溶接に関する部分だが、

- ・完成品の写真は十分に撮影されているものの、溶接作業用に行った機械加工の写真や溶接作業風景の写真がほとんど撮られていない
- ・溶接作業を簡単にするための機械加工について、改めて図面を作成する等の対応を行っていない。

などの点が挙げられる。

現在作成している溶接条件表は、

「溶接に慣れていない作業者が、表を基にして溶接作業を遂行することができる」ことを目的にデータをまとめている。

これまでも溶接作業を行ったときにはその条件を表にしてまとめていたが、視覚的に理解できるようなデータも同様にまとめる必要性を強く感じた。

そこで右の通り、元の図面から溶接作業用に形状を変更し、溶接治具・組付けを一目で判断できる組図を作成するようにした。(図2、3)

作成後は実際に作業を行い、修正点があれば都度修正をかけるようにして製品概要と溶接条件を正しくまとめることで、再度依頼があったときにはスムーズに作業を開始できるようになっている。

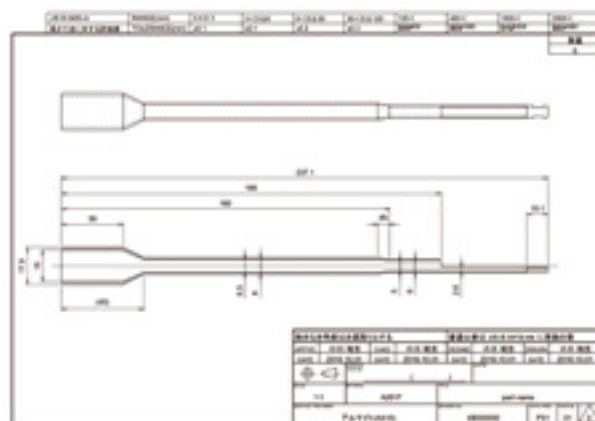


図2．元図面

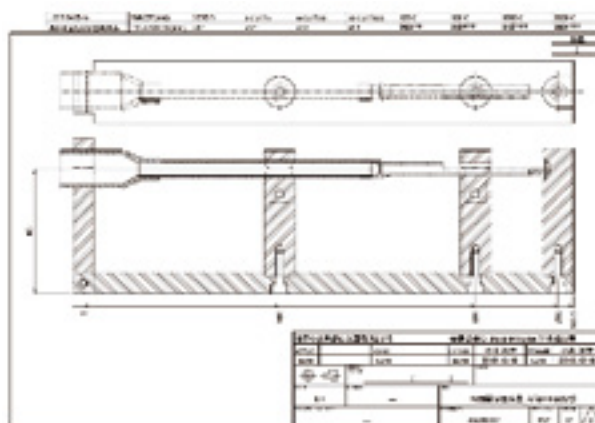


図3．溶接治具組合せ図面



図4．溶接作業風景

また、現在作成している条件表のフォルダ内に溶接依頼品のショートカットを配置し、図面や写真をすぐに確認できるようにした。

以上のようにまとめ方を変えたことで、作業段取りに掛ける時間や、溶接条件に掛ける思考時間を短縮でき、効率よく作業を進めることが出来るようになった。

6, まとめ

現地で様々な立場の技術職員と交流し、知見を広

げることが出来たほか、報告をまとめる中で業務に還元出来るような考え方に気づくこともあった。

本研究会に参加できたことは、そういった点でもとても有意義な時間だったと感じている。

この経験を糧として、以降も技術の向上に努めたい。

謝辞

このたびの参加にご配慮いただきました研究基盤総合センターの皆様に感謝いたします。

ターニングセンター SolidCAM講習会参加報告

工作部門 機械工作室 小川 祐生

概要

本年度工作部門で新しく導入した、オークマ製 CNC 旋盤「LB3000EX II」の、機械操作及びプログラミングを習得するため、オークマ株式会社が主催する講習会に参加した。

本報告では参加した講習会で学んだ主な内容について報告する。



図 1. LB3000EX II_外観

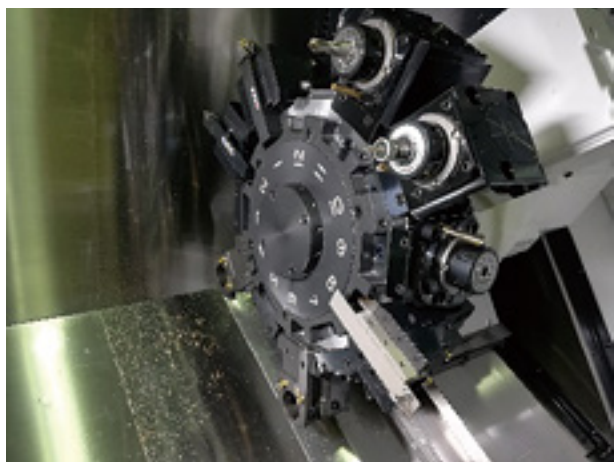


図 2. LB3000EX II_タレット

1, 講習日程

開催場所

オークマ株式会社 本社工場
グローバル CS センター

開催日時

オークマ NC スクール_基礎コース (OSP)
19/12/16~19 8:50~17:00
オークマ NC スクール_ミーリングコース
19/12/23~26 8:50~17:00

講習内容

本講習の日程を表 1、2 に示し、それぞれの内容について簡単に説明する。

基礎コース (OSP)

1、2 日目

座標の考え方やプログラムコードの説明など、CNC 旋盤を扱う上で必要となる基礎的な知識の講習や、旋盤機能を使用し加工するために必要なプログラム作成の基礎知識の講習を行った。

講習室には実機と同じ構成の操作盤が用意されており、操作盤の説明はもとより動作の確認、プログラムの打ち込み・確認など、実機操作前に大筋の操作が学べるようになっていた。

3、4 日目

オークマ製 CNC 旋盤の実機を使用し、操作盤の説明や各部の説明を動作させながら講習を行った。

最終日は用意されたプログラムを実機で動かし、加工が終了するまでの一連の流れを確認した。

また、希望者は対話機能の講習を行い、ソフトの使用方法からプログラムの作成方法まで実習用の操作盤を用いて学んだ。

ミーリングコース

1、2日目

CNC 旋盤のミーリング機能（オークマでは複合サイクルと呼称する）を使うために必要な知識と、プログラム作成の基礎について講習を行った。

基礎コースと同様に実習用の操作盤を用いて練習を行い、一通りの加工プログラムを手組で行えるようになるまで練習することができた。

3、4日目

実機を使用し、主にミーリング機能を扱う上で必要な機能について、動作確認を交えながら確認を行った。

こちらも最終日にミーリング加工を主としたプログラムを走らせ、製品の加工を行った。

また、対話機能の講習でもミーリング加工を行うにあたって重要な部分を学び、旋盤加工とミーリングを両方用いたプログラムの作成を行うなど、業務

で行うであろう加工を学べたことは大きかった。

まとめ

基礎・応用と2週間講習を受け、知識として不足していた部分や疑問に思っていた点を補うことができた。

特にプログラムの作成については、1から組み立てた経験が薄く、基礎から勉強する機会が取れなかったため、基礎知識から学べる NC スクールの恩恵は大きいと感じた。

また機械に関しても、工具のセットアップや動作エラーの復帰方法など、実際の業務で考えることが多い内容を学ぶことができ、大変参考になった。

以降は業務に積極的に使用し、機械操作・プログラムの作成に早く慣れ、様々な依頼に対応できるように多くの経験を積み上げていきたい。

おわりに

本実習を担当していただいたオークマ株式会社の皆様、並びに研究基盤総合センターの皆様に感謝いたします。

表 1. 基礎コース_日程表

	ガイダンス	
	プログラミン グの説明	旋盤機能、座標・原点の考え方 切削条件の考え方 Gコードの説明 定周速切削 ノーズRの考え方
一日目		
二日目	プログラミン グの説明	ノーズR例題 ミゾ、ネジの固定サイクル LAP機能
三日目	機械操作実習	安全関連 操作盤の各機能説明 手動、MDI操作、段取手順 工具オフセット・原点オフセット
四日目	機械操作実習	心押台操作 パラメータ関連 旋削加工
	OSP らくらく対話	旋削機能

表 2. ミーリングコース_日程表

	ガイダンス	
	プログラミン グの説明	複合加工プログラムの説明 複合加工の固定サイクル 練習問題
一日目		
二日目	プログラミン グの説明	創成加工 工具径補正 座標変換 ユーザータスク機能
三日目	機械操作実習	安全関連 手動、MDI操作、段取手順 C軸原点オフセット・工具設定
四日目	機械操作実習	パラメータ関連 ミーリング加工
	OSP らくらく対話	旋削機能 複合加工機能

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。

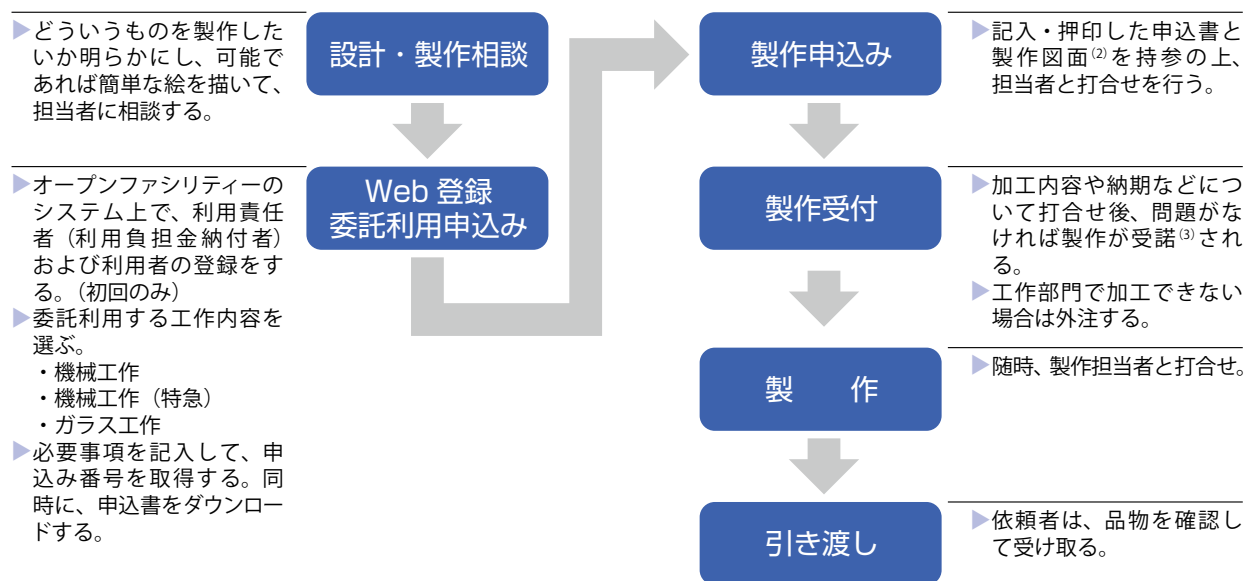
工作部門には、機械工作室、ガラス工作室、公開工作室がある。機械工作室では、汎用工作機械や数値制御（NC）工作機械による直線形状や曲線形状の機械加工、TIG溶接や銀ろう付などの溶接作業等を行っている。ガラス工作室では、手作業やガラス旋盤などによる加工や修理、精密切断機や卓上CNCフライス盤による切断作業や溝加工などを行っている。公開工作室では、利用資格を持った教職員、学生が自由に機械加工をすることができる。

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、研究基盤総合センターオープンファシリティ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。

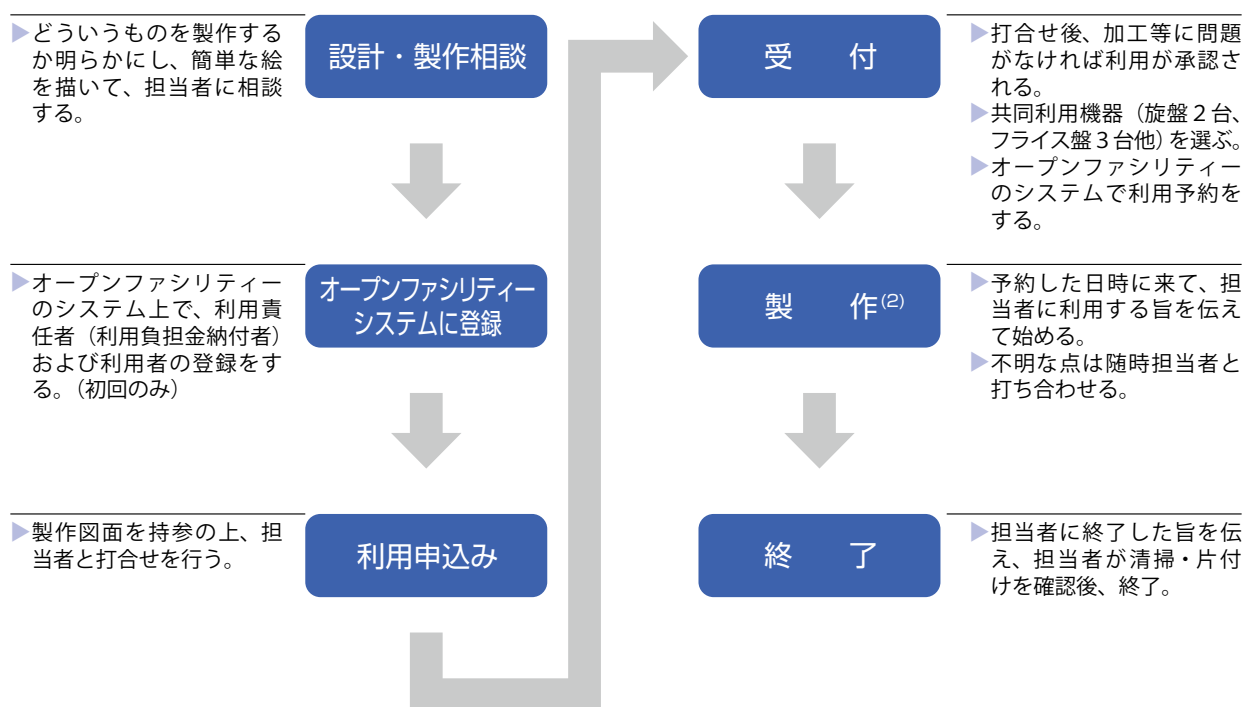
- ①容易に市販品で代替できるものや規格品に準ずるものの製作は、原則として受けない。
- ②原則的には、受付日時の順番で製作する。
- ③数量が非常に多いものについては、外注扱いとする場合がある。
- ④工作部門の機器で製作できないものは依頼者と相談の上、外注とする。

※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 太郎			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		
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										
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

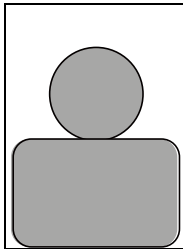
工作機械は不注意や操作ミスにより、利用者が大きな怪我を負うことがある。また、共同で利用する機器を破損して多くの利用者に迷惑を及ぼす。このため、共同利用機器の使用を希望する利用者は、安全に正しく使用することができるように、工作部門で実施する安全教育（半日）と操作実習（１日）を受講し、利用資格を得て登録する必要がある。

（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 (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) きかい がらす 機械 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 2 年 1 月 6 日現在

		平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	令和元年度
〔委託〕 機械工作	件数（件）	174（25）	202（39）	165（25）	170(26)
	時間（h）	2531.5	2385.5	2273.5	1859.5
〔委託〕 ガラス工作	件数（件）	280	233	249	195
	時間（h）	920	746.5	833.5	630.5
委託合計	件数（件）	454	435	414	365
	時間（h）	3451.5	3132	3107	2490
共同利用 （公開工作室）	件数（件）	142	156	289	33
	時間（h）	314	373	842	73

※括弧内は特急件数

教育支援

令和2年1月6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	5月2回	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	ガラス細工の基本作業

見学会

令和2年1月6日現在

見学者	見学者数	見学日
学内教育研究施設見学実習	9名	6月13日
研究推進部長のセンター訪問	1名	7月29日
国立高等専門学校技術研修会	18名	9月12日
オープンファシリティーウィーク	2名	10月17日
企業研究者他	3名	8月、10月

1 サドル CNC 旋盤 (ターニングセンタ)

オークマ(株) SPACE TURN LB3000EX II (MY)

コンピュータプログラム制御により加工を行う複合加工旋盤で、旋盤の刃物台に自動交換可能な回転工具も備える。一回のチャッキング（加工物固定）で、旋削加工からエンドミルフライス加工、ドリル穴あけ等の多種類の加工を行うことが可能。



能力・容量

最大加工径： ϕ 340mm

最大加工長：450mm

移動量

X 軸：260mm

Z 軸：510mm

Y 軸：120mm (+40～-50)

C 軸：360度（回転軸制御角度0.001）

主軸

主軸回転数：45～5000 min-1

研究基盤総合センター工作部門運営委員会名簿

令和2年3月31日現在

職 名	氏 名	任 期	備 考
副センター長（工作部門） システム情報系 教授	◎文字 秀明	2019.4.1 ～ 2021.3.31	内線 5061
工作部門 システム情報系 准教授	堀 三計	2018.4.1 ～ 2020.3.31	内線 2528
システム情報系 教授	境 有紀	2018.4.1 ～ 2020.3.31	内線 5056
数理物質系 教授	木塚 徳志	2018.4.1 ～ 2020.3.31	内線 4993
数理物質系 准教授	池沢 道男	2018.4.1 ～ 2020.3.31	内線 5908
数理物質系 准教授	二瓶 雅之	2018.4.1 ～ 2020.3.31	内線 5923
数理物質系 准教授	蓮沼 隆	2018.4.1 ～ 2020.3.31	内線 5367

◎は委員長

工作部門教職員

令和2年3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		堀 三計	2528
機械工作	技術専門職員	吉住 昭治	2527（2526）
	技術職員	小川 祐生	
	シニア職員	石川 健司	
	派遣職員	内田 豊春	
ガラス工作	技術専門官	明都 茂	2523
	技術専門職員	門脇 英樹	

編集後記

元号が平成から令和に変わり、令和最初の「工作ニュース」として、平成3年の発刊以来、今回で19回目の発刊となりました。

これから令和の時代が長く続くことを希望すると共に、教育、研究に対する工作部門の貢献により、「工作ニュース」が長く継続できるように、さらに技術の向上に努力して行きたいと思いますので、これまで同様に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2年3月31日

工作ニュース編集委員会
堀 明都 門脇 吉住

E-mail: takumi01@kou-c.tsukuba.ac.jp
URL: <http://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>

令和 2 年(2020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/>



