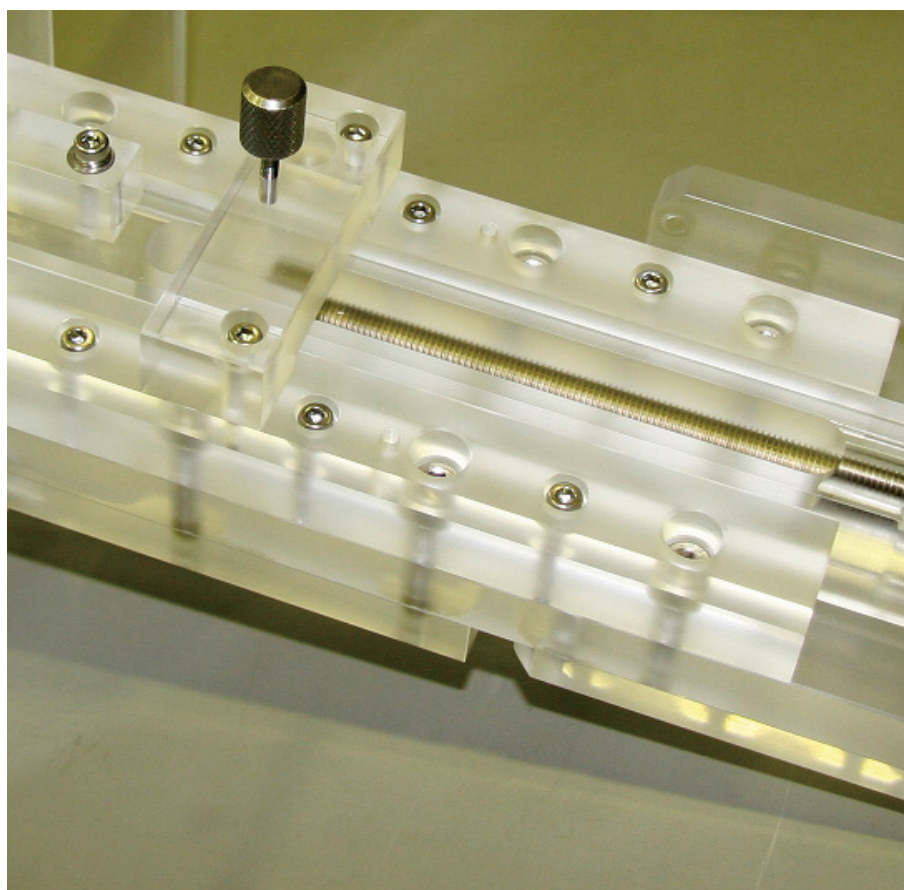




筑波大学
University of Tsukuba

工作ニュース

No.10 2019.4



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
研究ノート	生体用形状記憶合金の開発..... 3 金 熙榮（数理物質系物質工学域） スポーツにおける押し動作の運動学的研究..... 6 栗原大祐（体育学専攻）
公開工作室利用者の声	プラネタリウム投影機の製作..... 12 筑波大学天文研究会 投影機製作班
工作部門技術報告	アルミ溶接を用いた依頼品の製作報告 （アルミ製組立BOX・ミニサッカーゴールの製作）..... 14 小川祐生（筑波大学研究基盤総合センター 工作部門）
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

最近、ウズベキスタンの大学を訪れる機会がありました。ウズベキスタンは中央アジアの国で、旧ソ連に属していました。最近、日本から技術提供することを目的に、日本の大学がウズベキスタンの大学を訪れています。私もその一員として訪問し、ウズベキスタンの大学を理解するために意見交換を行うと共に、施設を見学しました。そこで印象的だったのは、工作室の見学と焼結合金の製作でした。

工作室のある建物には教室や実験室もありますが、工作室は2階くらいまでの吹き抜けで、広さは筑波大学の2コマから3コマくらいあり、広く感じられました。部屋の壁沿いに旋盤などの工作機械が間隔をあけて並べてありました。筑波大学の工作部門のように所狭しと工作機械が置いてあるわけではありません。広々としたと言うと良い印象ですが、機械が少なく寂しい状態です。それでも、やはり工作室と言うのは技術レベルを示す重要な要素なので、紹介されたものと思われます。

その後、研究室を見学に行ったのですが、機械関連の研究として紹介されたのが焼結合金の製作でした。焼結合金は異なる金属の粉末を焼き固めて作る多孔質体です。金魚鉢の水中に空気を吹き込むのにも使われたりし、材質や空隙率、形により様々なものがあります。日本であれば、大抵のものは既製品として販売されていますし、業者に特注品を作ってもらうこともできます。装置を作るために部品を大学の研究室で作っていると言うのはびっくりしました。勿論、希望通りのものを作るにはノウハウが必要だと思いますが、それを一から大学で作らねばならない、また、そのノウハウを蓄積すると言うのは、機械系の研究を行う上で、ものすごいハンデになります。

機械系の研究は、バイオや物性の研究に対して、設備投資が比較的少なくすみ、研究を立ち上げやすいと聞いたことがあります。確かに、バイオや物性の分析装置は1台1億円くらいのイメージがありますが、機械系の実験装置は部品を組み合わせでつくるので、高くても数百万円くらいでできるように感じられます。勿論、計測装置は高くなることもあります。しかし、自分で組み合わせで作るので、費用に合わせて選択可能です。そのため、私も機械系の研究は立ち上げやすいと思っていたのですが、ウズベキスタンの大学を訪問してから考えが変わりました。

機械系の実験装置を組み立てるときには、部品が手に入ることを前提にしているのですが、ウズベキスタンでは組み合わせるべき部品が手に入らないのです。そのため、部品から製作するか部品を輸入する必要がある、容易には実験装置を組み立てることができません。部品をひとつひとつ作り上げるには、時間と開発費が必要です。我々が安価に手軽に製作できている装置ですが、それは部品を組み立てるからで、その部品を作るまでには多くの時間が費やされています。また、試験部を特注することもありますが、そのような特殊なものを請け負ってくれる会社や作成できる技術者が日本にはいます。

私がウズベキスタンを訪問して分かったのは、日本の幅広いものづくりの技術の基盤の上に今の研究が成り立っているということでした。日本では規格化された部品が手軽に入手でき、かつ特殊なものも専門家に依頼すれば、

製作できる体制があります。このような体制を作るには多くの時間と費用がかけられており、我々はその恩恵を受けているということです。安価に装置ができているのですが、実はその背後に膨大な投資があるということをウズベキスタンを訪問して感じました。逆に、このようなモノづくりの体制を維持していないと、研究が思うように行えず、決して先端研究の成果を得ることができないとも感じられました。

工作部門は筑波大学において、ものづくりの基礎基盤を担う組織です。直接、装置や部品を製作する他に製作のアドバイス、外部の専門業者との連絡などを通じて、機械を用いるすべての研究を支えています。このような組織がないと最先端の研究体制を維持するのは難しく、工作部門の重要性を再認識した次第です。

生体用形状記憶合金の開発

数理物質系物質工学域 金 熙榮

1. はじめに

本研究室の主要な研究対象は、形状記憶・超弾性合金、低ヤング率・高強度合金、ゴムメタルなど機能性金属材料である。何かを記憶することは生物だけの特徴である。しかし、金属でも元の形状を覚え加熱するだけで変形前の形状に戻る“形状を記憶する”合金がある。形状記憶合金は形状を記憶するだけでなく、熱を感知して形状が回復する時に大きな力と歪みを発生するため、接続部材、感熱センサーやアクチュエータなどの様々な分野で応用されている。また形状記憶合金は組成と微細組織の制御により、一般の金属の弾性の数十倍も大きい超弾性の機能を発揮でき、生活用品や医療・福祉分野などで多く利用されている。本稿では、形状記憶合金の作動原理および最近の研究例を紹介する。

2. 形状記憶合金の作動原理

形状記憶効果はマルテンサイト変態と呼ばれる1次の相変態とその逆変態に基づいて現われる。高温で安定な相(母相またはP相)で形状を記憶させた後、冷却するとその形状のまま低温相(マルテンサイト相またはM相)に変態する。M相で行なわれた変形は、加熱によりM相からP相に逆変態することにより完全に回復する。これが形状記憶効果である。形状記憶効果の起こるときの結晶状態の変化とそれに対応する変形挙動について、図1に示した2次元原子モデルを用いて説明する。縦軸を温度、横軸は応力(または歪み)の変化を表す。縦軸の M_f は冷却時におけるマルテンサイト変態終了温度を示し、その温度以下では結晶は全て(b)のM相になる。 A_f は加熱するときの逆変態終了温度を示し、 A_f 以

上の温度で無応力状態では(a)のP相が安定である。P相の形状を基準として、試料を M_f 以下の温度まで冷却すると、(b)に示したように複数(図の2次元原子モデルではAとBの2種類)のM兄弟晶(バリエーション)が形成される。マルテンサイト変態が起こると、格子が変形するが、マルテンサイト変態は原子の拡散を伴わずに原子の集団的なせん断変形により起こり各原子はお互いに連携して移動するため、変態前後での原子位置の隣接関係は変わらない。結晶構造に差があるとP相とM相には複数の格子対応が存在し、マルテンサイト変態の際に複数の兄弟晶が形成することが一般的である。各兄弟晶は双晶関係にある。各兄弟晶は同じ結晶構造であるためエネルギー的に等価であり、変態時に各兄弟晶が生成する確率は同じである。しかし、図1の(b)に示したようにP相から一つのM相の兄弟晶Aが生成すると変態に伴う格子変形により周囲に大きな歪みが生じるが、その歪みを打ち消すことのできる兄弟晶Bが隣接して形成される。図から兄弟晶AとBはP相を基準とするとお互いに逆符号の歪みを形成しており、全体では形状変化がないことが分かる。このようにお互いの歪みを打ち消し合える複数の兄弟晶が組み合わさって全体歪みがゼロになる自己調整機構が働き、マクロ的な形状は変化しない。

次に、形状記憶効果の課程について述べる。図1に示すように(b)のM相に外力を加えるとAとBの双晶界面が移動し、(c)に示すように応力を緩和するのに有利な兄弟晶(ここではB)が成長する。即ち、兄弟晶Aは兄弟晶Bに移り変わる再配列により、マクロ的に大きな変形が起こる。この時、

M 相の双晶界面が非常に動きやすいため、この再配列に必要な応力では転位が動かず塑性変形は起こらない。この再配列応力が M 相の変形応力になる。これに対応する応力-歪み曲線を右に示す。最初の直線領域は M 相の弾性変形であり、応力が σ_T で示した再配列応力になると M 相の再配列による歪みが発生する。M 相が単一のバリエーションになる時に最大歪みが得られる。この状態で応力を除荷すると M_f 以下の温度では M 相が安定であり、結晶構造と試料形状は変わらずに弾性歪みだけが回復する。この後、加熱で A_s (逆変態開始温度) 以上の温度になると図 1 の (c) から (a) への経路で逆変態に伴う形状回復が起こり、 A_f になると歪みは完全に回復する。これが形状記憶効果である。

一方、変形温度が A_f 以上では P 相が安定であるが、外力を加えると (a) から (d) の経路で応力によって M 相が誘起される。この場合は、(d) に示すように外力方向に大きな歪みを形成できる兄弟晶 B だけが応力誘起されるため、変態の進行に伴いマクロな形状変化が起こる。しかし、この温度では M 相が不安定なため、除荷すると P 相に逆変態すると共に似形状も回復する。これが超弾性である。この状態に対応する応力-歪み曲線を右に示す。

3. 生体用形状記憶合金・超弾性合金の開発

Ti-Ni 系形状記憶合金は、その優れた形状記憶・

超弾性特性のため、工業分野、医療分野、家電製品、日用品などの様々な分野で幅広く利用されている。医療分野への応用例としては、歯列矯正ワイヤ、ガイドワイヤー、カテーテル、ステントなどが挙げられる。近年医療技術の進展に伴い、形状記憶合金の売上の中で医療デバイスとしての応用が占める割合は年々増大している。また、形状記憶合金は骨接合材や人工関節などの体内埋入材としても応用が検討されている。しかし、Ti-Ni 合金は発ガン性・アレルギー性の疑いがある Ni を高濃度で含んでいることから生体適合性についての懸念が医療サイドに潜在的にある。そのため Ni などのアレルギー性や毒性の強い元素を含まない生体用の形状記憶合金の開発が求められてきた。本研究室では、生体に安全な元素である Ti、Nb、Ta、Zr、Sn、O、N などの元素に注目し、新たな生体用に形状記憶・超弾性合金の開発に取り組んできた。

3.1 合金作製と実験方法

設計した合金組成になるように秤量した高純度の純金属原料を Ar アーク溶解法によって溶解しボタン状のインゴットを作製した。作製した合金インゴットは、溶解後の炉冷による偏析を完全に固溶させるため、1273K-7.2ks の均質化処理を施した。均質化処理は、熱処理中の酸化を防ぐため、インゴットを工作部門ガラス工作室にて石英管に真空封入して

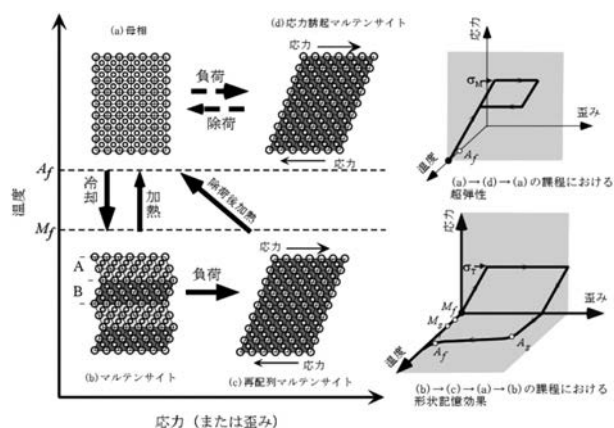


図1 形状記憶効果と超弾性の作動原理



図2 合金インゴットの真空封入

頂いた。その後、冷間圧延を行い、放電加工機により各試験片の形状に切り出した。各試験片は Ar 雰囲気中で熱処理を行い、力学特性、微細組織及び結晶構造などの特性評価を行った。図 3 に形状記憶特性を評価するため使用した引張試験機および治具を示す。微小の試験片の変形量を正確に計測するための治具と試験片を固定するチャックは工作部門機械工作室で製作して頂いた。

3.2 実験結果

本研究室では、世界に先立ち Ti-Nb、Ti-Mo、Ti-Ta 系合金のマルテンサイト変態と結晶学に関する研究を系統的に行い、Ti-Nb 二元合金を含め Ti-Nb-Ta、Ti-Nb-Zr、Ti-Nb-Mo、Ti-Nb-Pt、Ti-Nb-O、Ti-Nb-Zr-Ta-N、Ti-Zr-Nb-Sn など生体に安全な元素のみで構成された新たな生体用超弾性合金を開発してきた。例として図 4 に超弾性を示す Ti-Nb-Zr 合金の組成範囲を示す。さらに、図 5 に示すように第 4 元素として Sn を添加し、加工熱処理を最適化することで超弾性特性は大幅に改善できた。

4. おわりに

生体に安全な元素のみで構成される β 型 Ti 基合

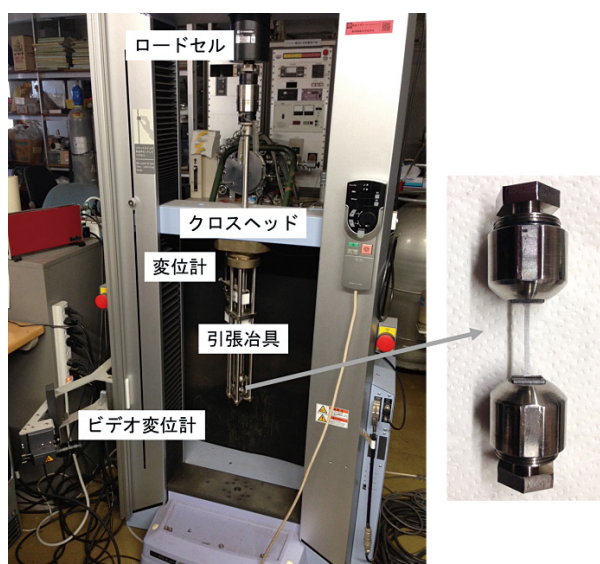


図 3 引張試験機と引張試験用の治具

金は新たな生体用超弾性材料として期待される。しかし、Ti 基超弾性合金は実用 Ti-Ni 超弾性合金に比べ、回復歪みが小さく強度が低いことが解決すべき課題である。現在、加工熱処理による組織制御、添加元素の調整により、回復歪みの増大、すべり変形応力の上昇などの特性改善が進んでいる。最近の研究により Ti-Ni 合金に匹敵する形状回復歪みを有する新たな Ti-Zr 系合金を見出した。合金組成最適化、集合組織の制御等により Ti-Ni に匹敵する特性の発現が期待される。

治具やチャック等の設計・工作から、真空封入や試験片の加工などで、工作部門の皆様には大変お世話になりました。皆様の丁寧なご指導やご助言のお陰で本研究を円滑に進めることができました。

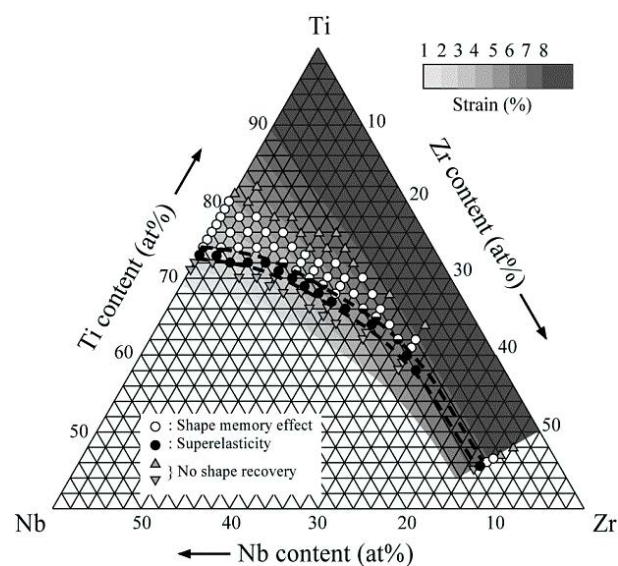


図 4 超弾性を示す Ti-Nb-Zr 合金の組成範囲

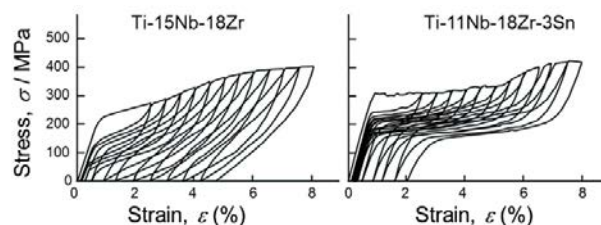


図 5 合金元素の最適化による超弾性特性の改善

スポーツにおける押し動作の運動学的研究

体育学専攻 栗原 大祐

はじめに

押し動作は人が前方に力を発揮する行為であると定義されており、押された物の運動によって静的と動的な押し動作があるとされています¹⁾。動的な押し動作に分類される福祉工学での手押し車に関する研究では、手押し位置により押す力が異なり、肩の高さでのハンドルがもっとも強かったこと²⁾や手押し時の前方への力発揮には腕の筋活動や体幹の傾斜が重要である³⁾と報告されています。これら一般の生活における押し動作については、物を押すための合理的な方法として多くの研究が行われています。

一方、スポーツ現場でみられる押し動作は相撲、ラグビー、アメリカンフットボール、ハンドボール、陸上競技の投擲系種目に見られる。押し動作は、衝突と類似する動作として捉えられ、「相手を枠外へ押し出す」、「相手を急停止させる」、「物質・物体を急発射させる」「相手を瞬間的な方向転換させる」などと定義されており⁴⁾、岡井は、押し動作においては、より大きい力を効率的に発揮させることが重要であるとしています⁵⁾。スポーツにおける押し動作の研究には、ラグビーのタックル時に見られる頸椎傷害に関連したタックル衝撃時の報告やアメリカンフットボールにおいて、タックル時の衝撃力や頭頸部への影響などの研究が行われています⁶⁾。押し動作を主な動作とする相撲においては、立合い時の三次元動作分析⁷⁾などに関する研究が行われています。

しかし、これらの研究には「押し動作」を主体とした相撲を含め、スポーツにおける「押し動作」の姿勢と押し反力を運動学的に検討したものはほとん

ど見られません。それゆえ、スポーツにおけるより効率的で安全な押し動作が明らかとなっておらず。押し動作を指導する上での基本的知見が定まっていないのが現状です。

本研究の意義としては、「押し動作」を運動学的に明らかにすることで、スポーツにおけるより効率的で安全な「押し動作」の方法が明らかとなり、「押し動作」を主体としたスポーツにおける「押し動作」の指導に対し有益な資料になり得ると考えました。

本研究では、「押し動作」の力学的特性および三次元動作を測定するため本研究用に工作センターで制作した押し動作用の測定機器を用いて、押し動作時の壁反力、床反力、および押し動作姿勢を計測・検討し、その特性を明らかにすることを目的としました。

実験装置の開発

スポーツにおける押し動作を測定するために、また「スポーツにおける押し動作」に習熟した大相撲力士や高重量の人間が押す事も考え、力士の衝突力の先行研究結果や相撲部屋に設置してある「てっぽう柱」の施工状況などの情報を基に本研究のために作成した「押し動作測定装置」は、押し動作の力学的特性を測定するために工作センターの堀先生との話し合いの中、考案されたものです。「押し動作測定装置」は、壁反力と床反力をフォースプレートを用いて同時に計測することができ、大相撲力士がフォースプレートを押しても強力な押し動作に耐え得るように計算、設計してあります。各梁の最大応力は材料の降伏点245MPa以下となり、本構造物は備え付けたフォースプレートに対し10kNの押す力に十

分耐えられる設計になっており、約471kg という重量を確保しています（図1、2、3、4、5）。

方法

被験者

被験者は、右手、右足が利き手、利き足である健康成人男性6人を一般群、「押し動作」を主とする種目であるT大学陸上競技部投擲系ブロック6人を競技者群とした。

実験試技

実験試技は押し動作測定装置を用いて、次にあげる3試技で本装置に固定されているフォースプレートに最大努力で5秒間押すように被験者に指示した。



図3 押し動作測定装置の正面上方からの状況



図1 押し動作測定装置 全体像

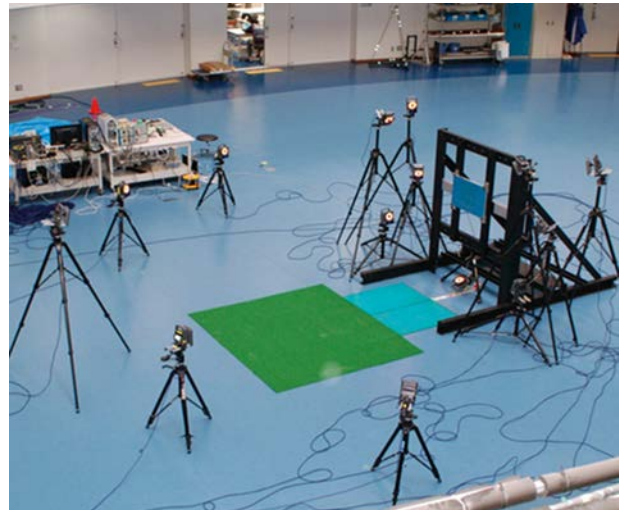


図4 押し動作測定装置を用いた機材設置状況

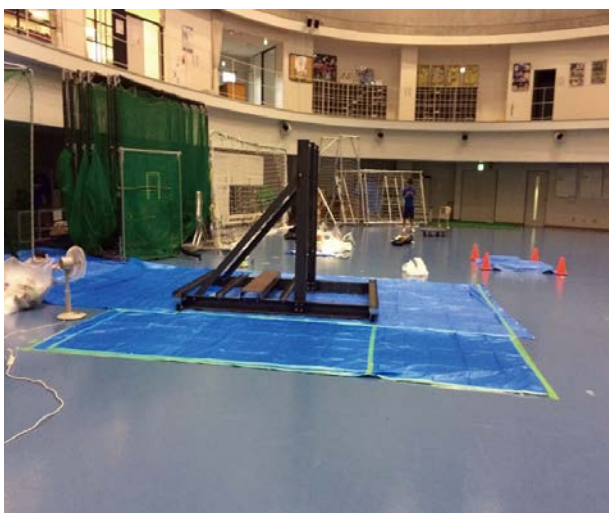


図2 押し動作測定装置 側面像

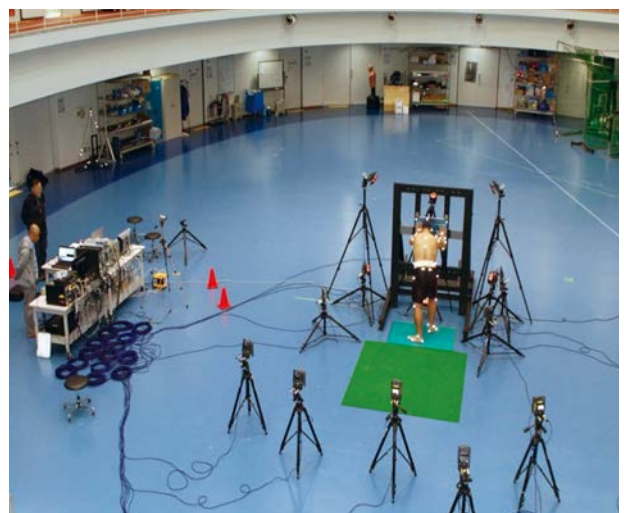


図5 押し動作測定装置を用いた実際の実験状況

3 試技は、①両足を平行にして両手でフォースプレートを押す試技（以下 BB 試技）、②右足を前に出して両手でフォースプレートを押す試技（以下 BR 試技、③陸上競技投擲種目（砲丸投げ）や相撲競技の押し動作に見られる右足を前にして右手でフォースプレートを押す試技（以下 RR 試技）とした。被験者は十分なウォーミングアップを行い、3 試技に慣れるまで練習を行い、BB 試技、BR 試技、RR 試技の順に実施した。なお、1 試技は 3 回ずつ行い、試技間には 3 分間の休憩を設けた（図 6）。

壁反力と床反力、関節角度のデータ算出

前面の壁に加える押し動作時の力の測定については、脇田ら⁸⁾、Sanjaya ら⁹⁾の研究を参考に、垂直板に固定したフォースプレートにより前方分力(Z方向)、上方分力(X方向)、側方分力(Y方向)を記録した。

床反力の測定については、床面と水平にフォースプレートを設置し、側方分力(X方向)、前方分力(Z方向)、上方分力(Y方向)を記録した。関節角度は 3 次元動作解析装置 (VICON NEXUS) を用いてオイラー角を記録した。赤外線カメラ14台使用し、阿江47点法に基づき身体47か所に反射マーカーを貼付した。なお、床反力および下肢関節角度は、左側のみを分析対象とした（図 7）。

結果

試技間の比較

試技間の比較では、壁作用力、床反力、下肢関節角度において、一般群、競技者群ともに有意差は認

められなかった。以降の結果は、一般群と競技者群との比較を示す。

1. 壁作用力

1.1 壁作用力の前方方向 (z 方向)

壁作用力の前方方向 (z 方向) に関して、BB (両手両足) および RR (右手右足) において、競技者群が一般群に比べ有意に大きな値を示した ($p < 0.05$) (図 8)。

1.2 壁作用力の上方方向 (x 方向)

壁作用力の上方方向 (x 方向) に関して、すべての試技において競技者群が一般群に比べ有意に大きな値を示した ($p < 0.05$) (図 9)。

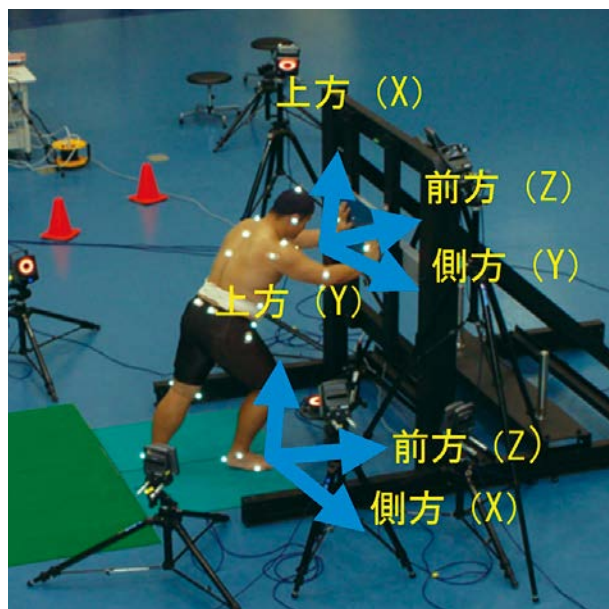


図 7 実験時座標軸



両手両足 (BB試技)



両手右足 (BR試技)



右手右足 (RR試技)

図 6 押し動作 各試技

2. 壁作用力（体重比）

2.1 壁作用力（体重比）の前方向（z 方向）

壁作用力（体重比）の前方向（z 方向）に関して、BP（両手両足）で競技者群が一般群に比べ有意に大きな値を示した（ $p<0.05$ ）（図10）。

2.2 壁作用力（体重比）の上方向（x 方向）

壁作用力（体重比）の上方向（x 方向）に関して、競技者群と一般群との間に有意な差は認められなかった（図11）。

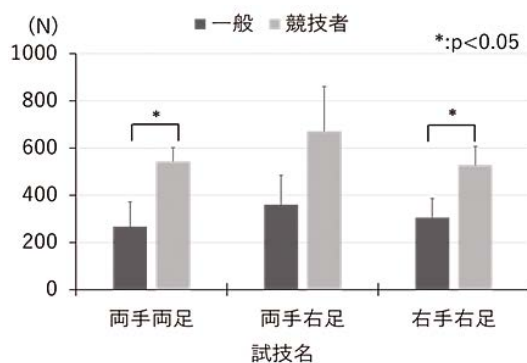


図8 壁作用力・前方向（z方向）

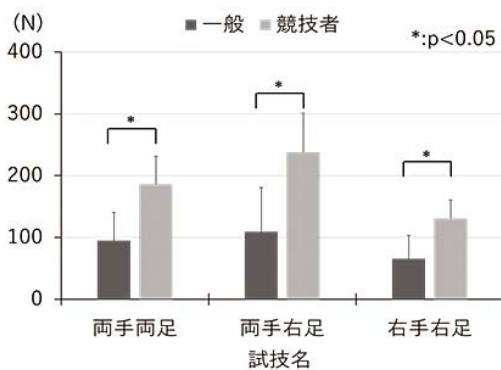


図9 壁作用力・上方向（x方向）

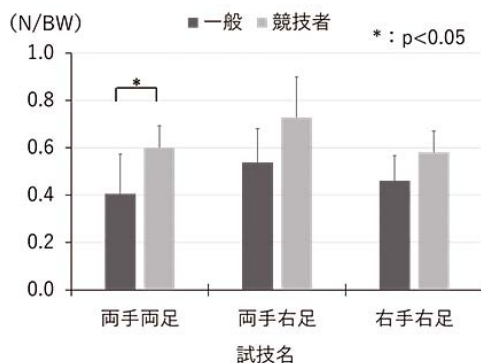


図10 壁作用力（体重比）・前方向（z方向）

2.3 左股関節内外転角度

左股関節内外転角度に関して、BR（両手右足）で競技者群が一般群に比べ有意に大きな内転角度を示した（ $p<0.05$ ）（図12）。

2.4 左股関節外旋角度

左股関節外旋角度に関して、BB（両手両足）で競技者群が一般群に比べ有意に大きな外旋角度を示した（ $p<0.05$ ）（図13）。

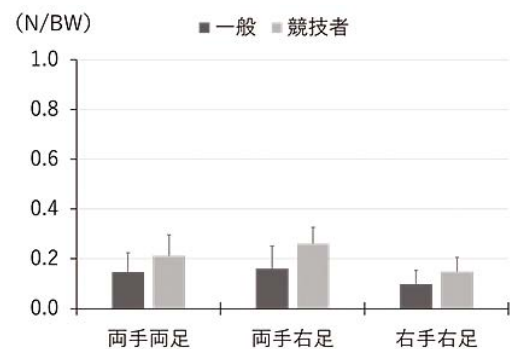


図11 壁作用力（体重比）・上方向（x方向）

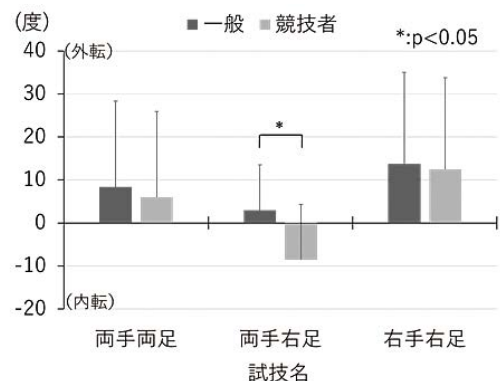


図12 左股関節内外転角度

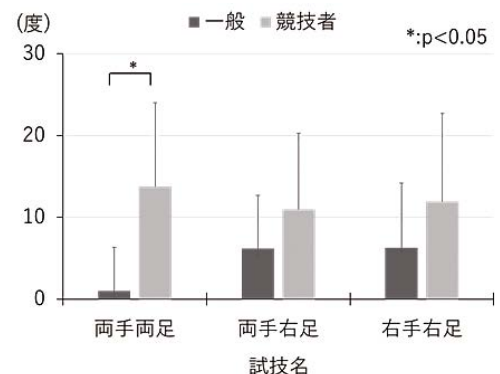


図13 左股関節外旋角度

考 察

壁作用力に関しては一般群、競技者群ともに各試技間で有意な差が認められなかったことから、壁に対する押す力は、押し方による違いがないと言える。壁作用力の、一般群と競技者群の比較では、両手両足・右手右足の試技における前方向に押す力と、すべての試技における上方向に押す力は、競技者群が一般群よりも大きい値を示した。このことは、競技者が前に押す時に前上方向に強く押していると考えられる。しかし、体重比の結果では、壁作用力上方向の値で両群間に有意な差がなかったことから競技者が前に押すときは体重を上方に預けるようにして押していると考えられる。

下肢の関節角度は一般群、競技者群ともに各試技間で有意な差は認められなかった。このことは前に押すという行為における下肢の動作様式に相違がないことを示す。一般群と競技者群を比較すると、左股関節内外転角度において、両手右足の試技で競技者群が一般群よりも内転角度が大きい値を示した。このことは、右足を前にして両手で押す時には、左股関節を内側に締め、膝を中に入れるように押していることが分かる。これは、押し動作を主に行う競技者の動きの特性であると考えられる。また、両手両足試技における左股関節内外旋角度において、競技者群が一般群に比べて外旋角度が大きい値を示した。両手両足試技の壁作用力の体重比においても、

競技者群が一般群に比べて大きい値を示したことから、両足を平行にして両手で押す場合は、股関節を外旋した方が強く押せると考えられる。

研究の限界と今後の展望

本研究では、データの偏差が非常に大きく、個人差が強く出た結果となった。これは、押し動作の厳格な規定はせず、足の位置と押す手を両手か片手かにするのみで、被験者が最も強く押せる姿勢を自由にすることが要因となっていると考えられる。しかし、このことから押し動作には個人差が大きいということを認識することが出来た。従って、より効率的な押し動作を見出すためには、動作を規定し、介入を行いその前後での比較をする必要があると考えられる。

本研究の結論

1. 作用力、床反力および下肢関節角度のすべての計測項目において、各試技間で、一般群、競技者群ともに有意な差は認められなかった。
2. 壁作用力の前方向は、両手両足と右手右足の試技で競技者群が、一般群よりも有意に大きな値を示した。

おわりに

本研究では、図14の写真のように施工時は体育統合実験棟（SPEC）の初夏の暑い環境である現場で作業して頂き、図15の写真にあるような実験装置への追加加工など「押し動作測定装置」の製作に

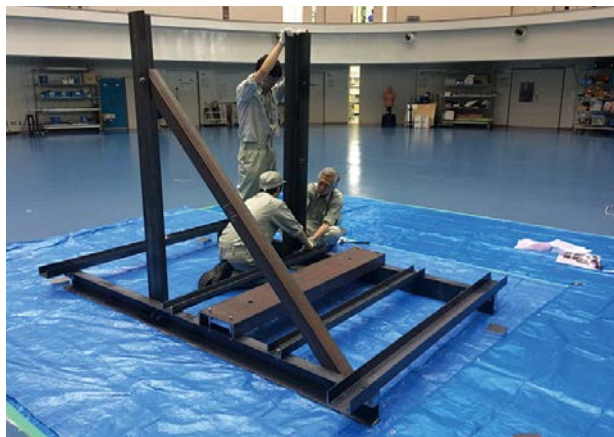


図14 SPEC・体育統合実験棟内での工作風景



図15 SPEC・体育統合実験棟外での追加加工

あたり研究基盤総合センター工作部門の先生方、職員の方には大変お世話になりました。この研究は、筑波大学という総合大学の強みを生かした体育系から理工系などの様々な分野の方々の協力が無ければほぼ不可能でした。最初の自分の無理難題から設計の段階、研究計画の細部や使用する赤外線反射を利用する三次元動作解析装置に対する装置の塗装方法・塗料など様々な実験に関する事を約1年間に渡り御相談頂いた堀先生には深く感謝を申し上げます。

参考文献

1. Chow AYY (2006): Investigation on hand forces, shoulder and trunk muscular activity patterns and EMG/force ratios in push and pull exertion. Master Thesis. University of Waterloo, Waterloo.
2. Marc L. Resnick, Don B. Chaffin (1995): An ergonomic evaluation of handle height and load in maximal and submaximal cart pushing. *Applied Ergonomics*. 26(3), 173-178.
3. Marco J.M. Hoozemans, Wilmien Slaghuys, Gert S. Faber, Jaap H. van Dieën (2007): Cart pushing: The effects of magnitude and direction of the exerted push force, and of trunk inclination on low back loading. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 37, 832-844.
4. 石井喜八 (2002): スポーツ動作学入門
5. 岡井理香 (2010): 押し動作時の外乱に対する姿勢制御方略. 奈良女子大学大学院人間文化研究科年報. 25, 257-270.
6. Elliot J. Pellman, David C. Viano, Andrew M. Tucker, Ira R. Casson (2003): CONCUSSION IN PROFESSIONAL FOOTBALL: LOCATION AND DIRECTION OF HELMET IMPACTS—PART 2. *Neurosurgery*. 53, 1328-1341.
7. 中林哲郎, 白土男女幸, 大西明宏, 久米雅, 服部祐兒, 芳田哲也 (2008): 大学相撲選手における立合いの3次元動作分析. 日本機械学会シンポジウム講演論文集23(8), 223-227.
8. 脇田裕久, 富田伊久磨 (2011): 抜重動作を用いた前方への圧力変化の検討. 三重大学教育学部研究紀要. 62, 1-8.
9. Kadek Heri Sanjaya, Soomin Lee, Andar Bagus Sriwarno, Yoshihito Shimomura, Tetsuo Katsuura (2014): THE EFFECT OF DIFFERENT TRUNK INCLINATIONS ON BILATERAL TRUNK MUSCULAR ACTIVITIES, CENTRE OF PRESSURE AND FORCE EXERTIONS IN STATIC PUSHING POSTURES. *J. Hum. Ergol.* 43, 9-28.
10. 栗原大祐, 大津卓也, 白木仁 (2018): スポーツにおける押し動作の運動学的研究. 日本トレーニング科学会編 トレーニング科学 30.3.187

本研究・実験に関しての問い合わせ

kurihara.daisuke.xw@alumni.tsukuba.ac.jp

(栗原 大祐)

プラネタリウム投影機の製作

筑波大学天文研究会 投影機製作班

1. プラネタリウム投影機について

私たち筑波大学天文研究会では毎年、雙峰祭において当研究会会員らが自主制作したプラネタリウム番組を一般公開・上映している。この企画では番組構成や音声などは新たに製作するが、プラネタリウム投影機本体（以下投影機）は10年近く同じ機材を利用している。そのため、近年では恒星原板の摩耗や電装面の劣化などの老朽化が目立ち、本来の性能を最大限に活かすことができていない。そこで、当研究会では新たな投影機の開発を2015年度より行っている。

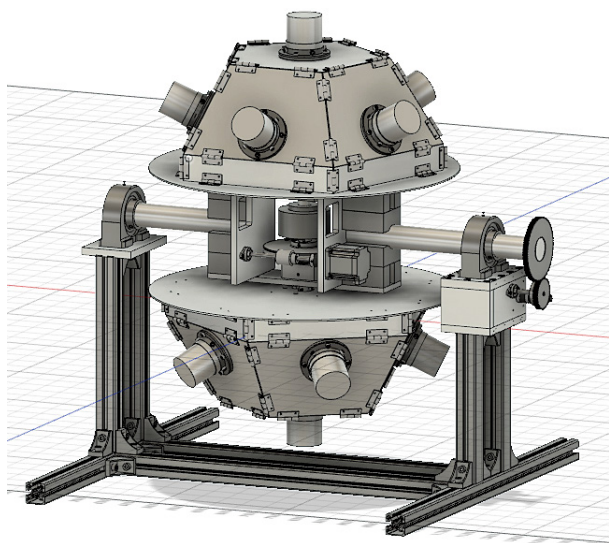
2. レンズ式投影機への挑戦

現在製作している新投影機は、レンズ式と呼ばれる手法を採用している。この手法では、金属製の原板に非常に微細な穴を開け、原板の後ろから当てた光をカメラレンズを用いて投影することで現実の夜空に浮かぶ恒星をスクリーンに映すことができ

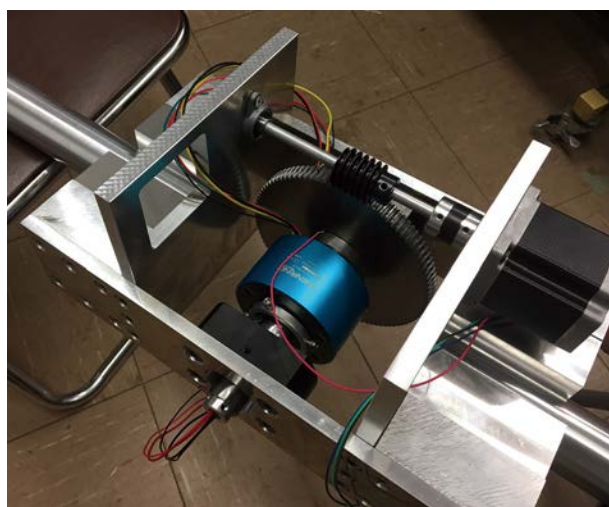
る。従来のものに比べて恒星の数が100倍以上になり、明るさも向上することや経年劣化がほとんど見られないという大きなメリットがある。なお、この金属の原板に微細な穴を開けるために必要な装置は2016年度に工作部門を利用させていただき、製作した。

3. 中心部の製作

2017年度からは筐体の製作に臨んだ。投影機は、描画領域として全天をカバーするために上下（赤緯）方向と左右（赤経）方向に回転する必要がある。そのため、モータを二つ用いなければならないが、赤経方向に回転する際には回転軸中にある配線が絡まらないようにスリッピングを使用した。モータの片方とスリッピングは投影機の中心部に取り付ける必要があり、この部分を設計し工作部門の方々に指導していただきながら、製作した。この中心部はすでに電装を取り付け、正常に回転することを確認している。



現在の投影機本体の図



投影機の中心部のみを組み立てた様子

4. 投影ユニットの製作

投影機には、光を拡大するためのカメラレンズを取り付ける部分がある。これを私たちは投影ユニットと呼んでおり、凸レンズやコンデンサーレンズ、LED、恒星原板、カメラレンズ用のアダプターのパーツからなる。レンズ式の投影機では、全天を正多面体で近似する必要があり、面数が多いほど正確な星空を再現できる。本投影機は、全天を正12面体に近似して投影するため、投影ユニットは12個必要となる。投影ユニット内のパーツ位置は、凸レンズやカメラレンズの特性により決定されるため、自由に変更できるデザインが好ましい。そこで、投影ユニットの内部を雌ネジ加工し、中に入れるパーツも雄ねじ加工した。この作業は、径が大きいネジ加工が必要なため非常に難しいだけでなく、合計で12本も製作する必要があり、投影ユニットを完成させるために工作部門を長く利用させていただいた。

5. 固定カバーの作成

投影ユニットを製作したのちに、この投影ユニットを正確な位置に取り付けるための固定カバーを製作した。固定カバーの製作時に、筐体全体の重量が大きくなりすぎるという問題が発生したため、素材としてパンチングメタルを利用した。また、固定カバーと中心部を固定するための固定カバーの土台も製作

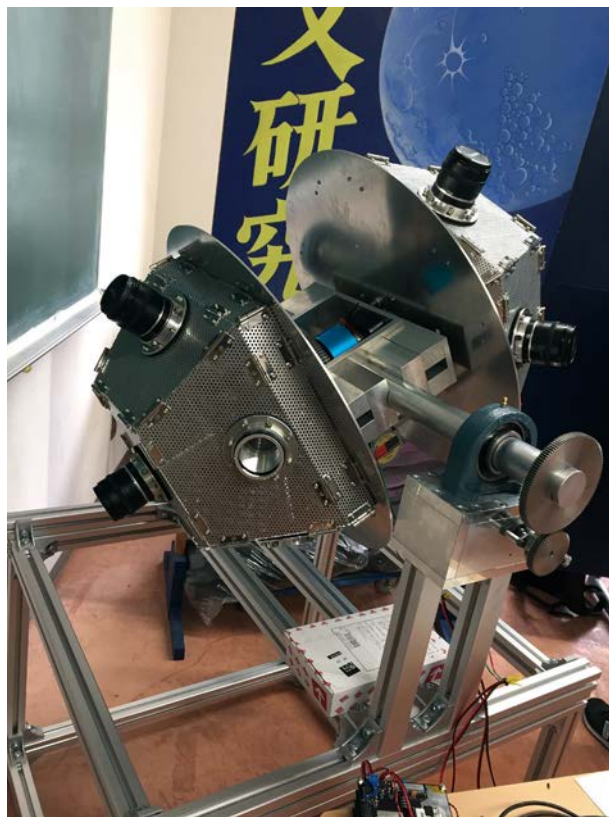


完成した投影ユニット

する必要があった。しかし、土台は直径が600mmを超えるため公開工作室で製作することができなかった。そこで、工作部門の方に委託し土台を製作していただいた。その結果、固定カバーと土台が完成し、投影機全体の機械加工が完了した。

6. 今後の展望

現在は作成した12個投影ユニットを固定カバーに取り付け、実際にスクリーンに対して星を投影できるように調整中である。今後は、恒星原板を完成させ、個々のレンズの位置調整を行う予定である。工作部門の皆様には、長期間にわたりご丁寧に指導していただけてだけでなく、一部の機械工作を委託させていただいたことで、当研究会の財産となるプラネタリウム投影機の完成を大きく前進させることができた。完成した際には、新しくなったプラネタリウムを是非雙峰祭でご覧いただきたい。



投影機の全体像（文化祭での展示の様子）

アルミ溶接を用いた依頼品の製作報告 (アルミ製組立BOX・ミニサッカーゴールの製作)

筑波大学研究基盤総合センター 工作部門 小川 祐生

概要

溶接をはじめとする接合技術は、自動車・船舶・航空・宇宙産業などあらゆる分野で用いられ、我々の生活を支える必要不可欠な技術であり、筑波大学工作部門でも様々な依頼を達成する上で必須の技術でもある。

今回は工作部門に依頼のあった溶接物のうちアルミ溶接について、筆者の情報整理と業務報告としてまとめていく。

溶接部材としてのアルミニウムの特徴

以下にアルミニウムの特徴を確認し、その問題点と対処方を示す。

(1) 融点が低く（約 660℃）、熱伝導性が良い

アルミ自体の比熱・溶融潜熱が大きく、熱伝導が良いため熱が逃げやすい。したがって局所的な加熱が難しく多量の熱を供給する必要がある。

→材料全体の温度が上がり、溶け落ちやすく、溶融プールが広がりやすくなるため、トーチの送り速度を変える、パルスを使用するなどの対策を行う必要がある。

(2) 表面に頑固な酸化被膜（ Al_2O_3 ）を形成する

大気中に放置するだけで形成され、融点が約 2000℃と高い。

→事前に表面を磨き皮膜を除去すること、TIG 溶接のクリーニング作用で除去することが対策として挙げられる。

(3) 溶接割れ（変形）が発生しやすい

熱膨張係数、凝固収縮率が大きい。

→適正な溶接条件（電流、溶接速度等）か確認する

(4) 溶接金属部にブローホールが発生しやすい

アルミニウム合金の溶接金属は水素を溶解する。これが凝固するときに溶解度が激減し、凝固が早いために放出できなかった水素が残留する。これをブローホールと言い、強度の低下などを招く。

→基本的には水素源を絶つことが対策となり、空気を巻き込まないようにすることなどが挙げられる。

組立 BOX

研究で使用する組立 BOX の製作について、検討した溶接条件を設計構想と合わせて報告する。

一般に難しいとされる薄板の溶接物ではあるが、組み合わせるプレートの形状を工夫することで、依頼者の要求する垂直・平行精度の達成と、溶接における作業効率を向上することができた。

[1] 製作条件の確認

依頼者から提供された図 1 に示す図面を基に、アルミ製組立 BOX の製作において重要な条件を以下に列挙する。

(1) 材料：A5052 板厚2mm 前後

(2) 箱の垂直・平行を出すこと

依頼者から使用用途として、

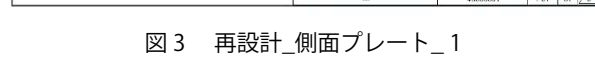
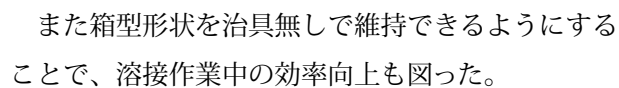
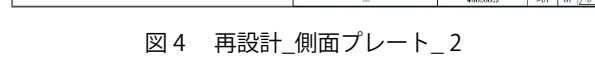
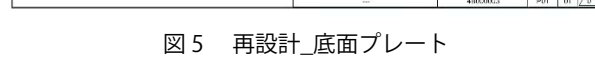
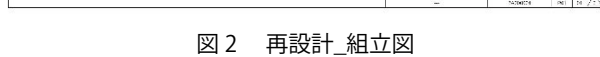
「内部に板バネを設置しモーターの力で弾く」と説明があり、内側寸法に関して注意してほしいと要望があった。

また上記使用方法につき、接合には強度が求められる。

[2] 設計

依頼者の設計では、板金を用いて箱型形状に溶接を行うように指示されていたが、

- 上記の理由があり、依頼者の了承を得て3.1の項を基に精度よく、かつ容易に溶接を行えるよう再計を行った。図2から図5に図面を記載する。

[illegible][illegible]

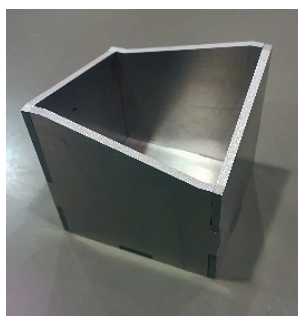


図6 試作BOX_全体

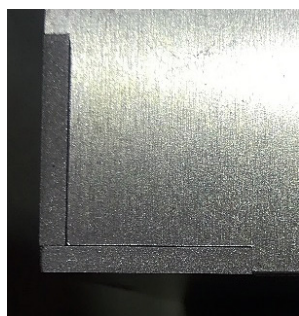


図7 試作BOX_隙間

〔3〕試作

構想どおり箱型に組み上がるか、ワイヤー放電加工機で試作を行った。なお試作品では時間短縮のため小型化し、組合せ部分の確認のみを行った。

結論として、図6に示すように箱は素組の状態でも自壊することなく形状を保っており、別途治工具を用意せずとも容易に溶接工程を行えると判断した。

改善点として、図7に示すように組込部が奥まで入りきらず全体的に隙間ができていることが確認できたため、寸法を変更し本製品には公差を設けることとした。

〔4〕製作

4.1 プレート製作

試作品を基に図面を修正し製作を行った。

ワイヤーカットでプレートの切り出しを、汎用フライス盤で穴あけ加工をそれぞれ行った。

4.2 溶接

ワイヤーカットで切り抜きを行うと、材料にワイヤー材料である真鍮が付着し、溶接条件に影響を及ぼす可能性がある。そのため事前に切断部やすり等で軽く研磨し、アルコールで洗浄を行った。

アルミ溶接の手順を以下に列挙し溶接条件を表1に記載する。

(1)材料固定

寸法精度を保つため内寸法38mmに合わせたブロックを入れ、シャコ万力で固定する。

(2)点付け

歪み防止のためBOX角部と、底面4辺の中

央部に行く。

(3)本溶接

底面→側面の順に溶接を行う。

このとき熱が集中し歪みが大きくなるように、対角・対辺を意識して溶接作業を行う。

(4)洗浄・調整

溶接焼けを除去し、設置時にガタつきが無いよう調整を行う。

以上の工程を行い、完成した製品が図9である。

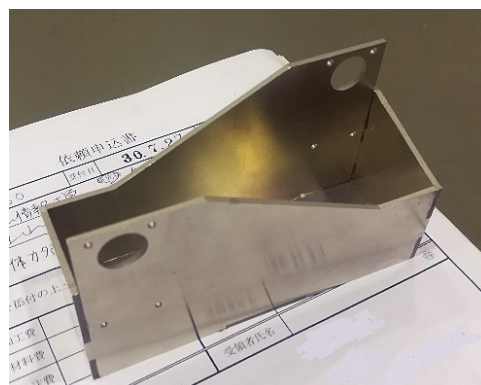


図8 組立ボックス_仮組



図9 組立ボックス_外観

表1 溶接条件

使用電極	純タングステン_φ1.6
ガス流量 [L/min]	9
使用溶接棒 (角部のみ)	A5356-BY_φ1.6
パルス周波数 [Hz]	7.0
初期電流 [A]	20
溶接電流 [A]	25
パルス電流 [A]	100
クレータ電流 [A]	45

[5] まとめ

今回溶接を行った組み込み式の箱は歪みもほぼ見られず、表2に示すように寸法もブロックを共締めしたことで依頼者の望むレベルの製品が出来上がった。

また、これまでアルミ溶接では溶接割れ(溶込不足)が発生することが多かったため、対策として電流値を高めに設定して作業を行ったが、図10と図11割れ等の不良発生が抑えられ良好な外観となった。

このことから、アルミ溶接は高めの電流条件で、熱が集中しないよう短時間で溶接することが重要なのではないかと考える。

ミニサッカーゴール

筑波大学蹴球部で使用するミニサッカーゴールの製作について、検討した溶接条件を設計構想と合わせて報告する。

フレームの直交部を工夫することで、以前蹴球部が使用していたサッカーゴールと比較して十分な強度と、規格に合う精度を達成することができた。

[1] 製作条件確認

ミニサッカーゴールの製作における条件を以下に列挙する。

- (1) 寸法: W3000×H2000×D1000 (内側寸法)
- (2) 材料: アルミ製 直径65mm 中空パイプを使用
- (3) 以前使用していた市販の組立式サッカーゴール



図10 不良イメージ



図11 今回溶接部_拡大

表2 製品寸法

	横寸法 [mm]	縦寸法 [mm]
目標寸法	115	38
実測	115.1	37.5

ルは頻繁に設置場所の移動をしており、図12に示すように降ろした衝撃でボルト締結部が破断してしまっていた。今回製作するゴールはすべて溶接で製作するか、接合部に十分な強度を持たせる必要がある。

- (4) サッカー競技の規定^[3]より怪我の原因およびボールの跳ね返りに影響するため、組立式を製作する場合ボルト等突起物が正面・内側に飛び出すことが無いようにすること。

[2] 設計

フレーム直交部の基準となるL字型の支柱を製作し、コの字型に溶接した長さ違いのフレームを差し込む形を取った。この構造で溶接作業性の向上とゴール形状の直角精度の確保、そして衝撃によるボルト締結部破断の解消を狙った。

なおフレーム部は溶接性を、支柱部は強度を考慮し以下の様に選定した。

- ・フレーム部 A5052_ φ65×t3
- ・L字支柱部 A2017中実丸棒

図13と図14に設計図面を示す。



図12 破損したサッカーゴール

[3] 試作

構想通り支柱が組み合わさり精度を出すことができるか、確認するため試作を行った。試作品を図15に示す。

なお試作はボルト締結時に

支柱が正確に直角を出せるか

ネジ穴が正確な方向へ向くか

上記の項目を確認した。

垂直部はスコヤを用いて確認し、ねじ穴方向は面取り部にダイヤルゲージを走らせ確認を行った。結論として設計した支柱は使用用途に対し十分な精度が出ていると判断できた。

[4] 製作

4.1 L字支柱製作

材料：A2017_φ65中実丸棒

図16に示すように旋盤、フライス盤で加工した後、

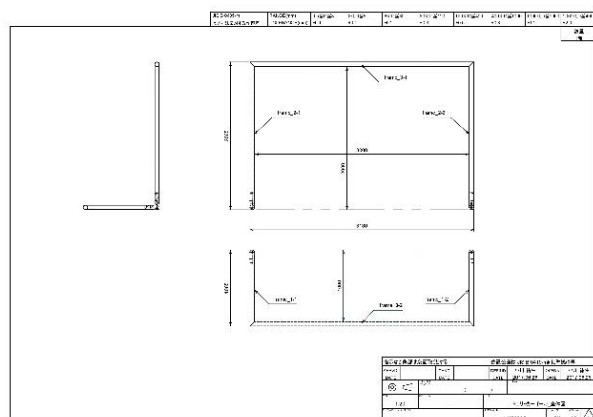


図13 フレーム全体図

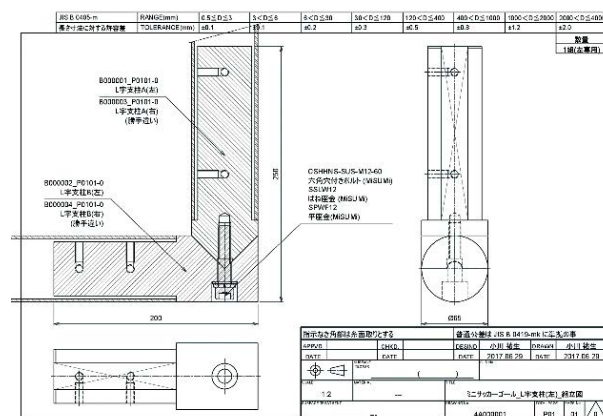


図14 L字支柱組立図

ワイヤー放電加工機で斜めの合わせ面を加工した。

4.2 フレーム溶接手順および溶接条件

フレーム溶接の手順を以下に挙げ作業途中の写真を図17から図19に示す、また各溶接条件を表3,4に記載する。

- (1) 図17に示すように定盤の上に直角クランプを乗せパイプを固定、点付けで4箇所仮付けを行いコの字型にする。
- (2) 図18に示すようにクランプに固定したまま側面2箇所→反転して裏側面と本付け作業を行う。
- (3) フレームを立たせ頂点部→内側と本付け作業を行う。

以上を2種類のフレームに対して行いL字支柱



図15 L字支柱_試作



図16 L字支柱



図17 側面仮付け



図18 側面本付け



図19 完成品

表 3 溶接固定条件

使用電極	ガス流量 [L/min]	初期電流 [A]	パルス周波数 [Hz]	使用溶接棒
純タングステン $\phi 2.4$	7	25	20	A5356-BY

表 4 各手順溶接条件

	仮付け (頂点側)	仮付け (内側)	本付け (側面)	本付け (頂点側)	本付け (内側)
溶接電流 [A]	40	50	50	40	50
パルス電流 [A]	125	175	175	100	180
クレータ電流 [A]	50	60	45	40	60
溶接棒径	$\phi 1.6$	$\phi 2.4$	$\phi 1.6$	$\phi 1.6$	$\phi 2.4$

と組み合わせたものが図19となる。

[5] まとめ

図20に示すようにアルミ溶接の試作段階において割れが生じた部分があり、対応として今回は電流値を大きくより溶けるように条件変更をした。一般にアルミ溶接の割れが発生する原因として急激な温度変化（急冷）や電流不足等が挙げられており、他の対応として作業前に溶接部を暖めること事などが考えられる。

おわりに

今回報告した溶接条件は1つの結果であり最適条件ではない。周囲の条件によっても結果は変わると予想される。以降も技術向上に努め、作業の目安として使えるよう多くのデータを集めたい。

謝辞

今回工作部門に依頼いただいた皆様、そして設計・製作においてご助力いただきました研究基盤総合セ



図20 溶接不良部

ンター工作部門の皆様に感謝致します。

参考文献

- [1] 財団法人軽金属協会編、アルミニウムハンドブック（2009）
- [2] 内田豊春、アルミニウム合金製ヘリウム容器の製作、技術報告 No11（1991）58-60
- [3] 国民体育大会 サッカー競技 施設ガイドライン 第6版（2012）

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。

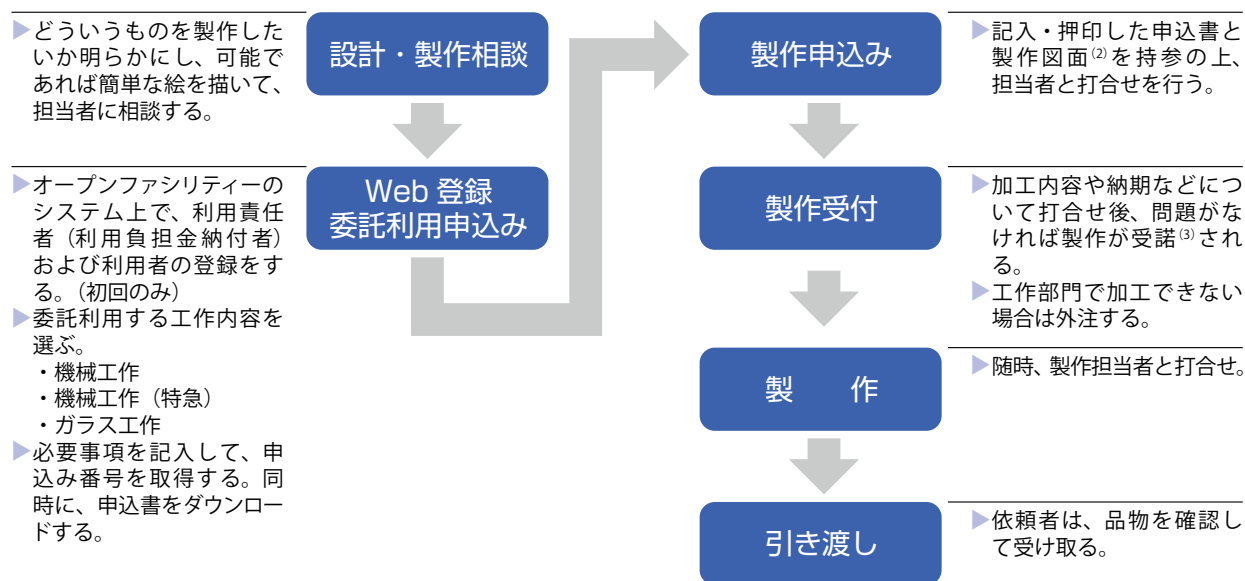
工作部門には、機械工作室、ガラス工作室、公開工作室がある。機械工作室では、汎用工作機械や数値制御（NC）工作機械による直線形状や曲線形状の機械加工、TIG溶接や銀ろう付などの溶接作業等を行っている。ガラス工作室では、手作業やガラス旋盤などによる加工や修理、精密切断機や卓上CNCフライス盤による切断作業や溝加工などを行っている。公開工作室では、利用資格を持った教職員、学生が自由に機械加工をすることができる。

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。

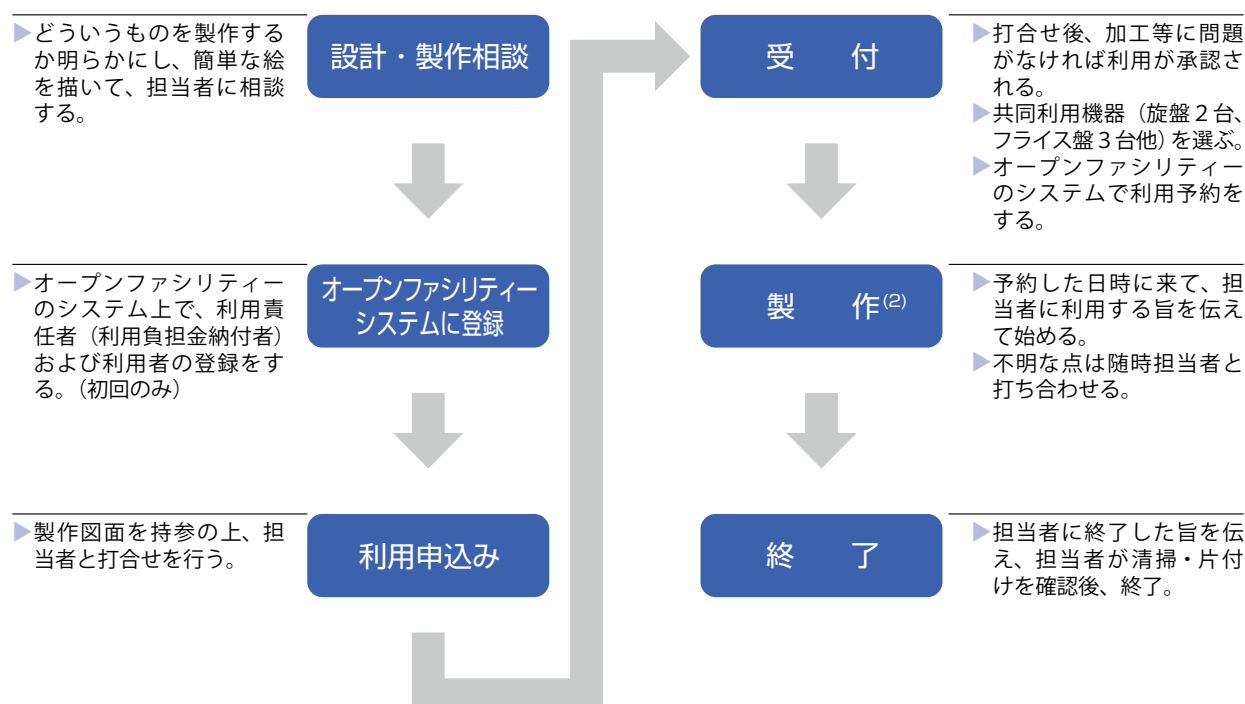
- ①容易に市販品で代替できるものや規格品に準ずるものの製作は、原則として受けない。
- ②原則的には、受付日時の順番で製作する。
- ③数量が非常に多いものについては、外注扱いとする場合がある。
- ④工作部門の機器で製作できないものは依頼者と相談の上、外注とする。

※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		年 月 日			
		外注費				完了日		年 月 日			
		その他				製品引渡		年 月 日			
経費合計						受領者氏名		印			
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

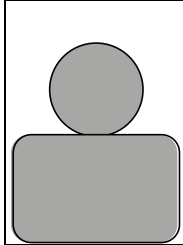
工作機械は不注意や操作ミスにより、利用者が大きな怪我を負うことがある。また、共同で利用する機器を破損して多くの利用者に迷惑を及ぼす。このため、共同利用機器の使用を希望する利用者は、安全に正しく使用することができるように、工作部門で実施する安全教育（半日）と操作実習（１日）を受講し、利用資格を得て登録する必要がある。

（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

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 : 年 月 日 安全講習 : 年 月 日

実 習 : 年 月 日

認 定 : 年 月 日

・登録番号 : _____

最近 4 年間の利用状況

		平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度
[委託] 機械工作	件数 (件)	222 (19)	174 (25)	202 (39)	165 (25)
	時間 (h)	2709	2531.5	2385.5	2273.5
[委託] ガラス工作	件数 (件)	279	280	233	249
	時間 (h)	852.5	920	746.5	833.5
委託合計	件数 (件)	501	454	435	414
	時間 (h)	3561.5	3451.5	3132	3107
共同利用 (公開工作室)	件数 (件)	71	142	156	289
	時間 (h)	173	314	373	842

※括弧内は特急件数

教育支援

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
	応用理工学基礎実験	春 a, b	製図の講義・実習
	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	基礎化学実験（化学類）	10 月 2 回	ガラス細工実習実技指導
	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

見学者	見学者数	見学日
工学システム学類「機械設計工学」受講者	39 名	6 月 20 日
学内教育研究施設見学実習	9 名	6 月 21 日
名古屋工業大学ロボコン工房 NIT 筑波大学ロボットサークル TRC	7 名	9 月 19 日
オープンファシリティーものづくりイベント	3 名	10 月 16 日
埼玉県立松山高等学校	19 名	11 月 14 日

既存の測定顕微鏡ニコン MM-60にデジタルカメラ及びコントロールユニットを増設し、顕微鏡画像のモニターへの出力やデジタル記録が可能となった。



1. 顕微鏡デジタルカメラ

ニコン：DS-Fi3

590万画素CMOSセンサー搭載のカラーカメラ。高精細・高速・高感度で幅広い観察方法に対応。



2. 顕微鏡デジタルカメラコントロールユニット

ニコン：DS-L4

タブレットタイプ(10.1インチ)のタッチパネルコントローラーで顕微鏡デジタルカメラの設定、制御、ライブ画像表示、画像のデジタル記録や豊富な計測機能、取得した画像に文字やマーカーを入力でき、記録したデータはUSBメモリ・SDカードに出力可能。



*視認性向上に外部液晶ディスプレイ（23.8型）を接続

研究基盤総合センター工作部門運営委員会名簿

平成31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	29.4.1 ～ 31.3.31	内線 5061
工作部門 システム情報系 准教授	堀 三計	30.4.1 ～ 32.3.31	内線 2528
システム情報系 教授	境 有紀	30.4.1 ～ 32.3.31	内線 5056
数理物質系 教授	木塚 徳志	30.4.1 ～ 32.3.31	内線 4993
数理物質系 准教授	池沢 道男	30.4.1 ～ 32.3.31	内線 5908
数理物質系 准教授	二瓶 雅之	30.4.1 ～ 32.3.31	内線 5923
数理物質系 准教授	蓮沼 隆	30.4.1 ～ 32.3.31	内線 5367

◎は委員長

工作部門教職員

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

昨年の「工作ニュース」は、事情により休刊となりましたが、今回の「工作ニュース」は無事発刊することになり、平成最後の発刊となりました。

「工作ニュース」は、平成 3 年に「工作センターニュース」として発刊以来、今回で18回目の発刊となります。この「工作ニュース」編集作業の頃には、新元号はまだ発表されていませんが、「工作ニュース」が皆様のお手元に届くころには、新元号が発表されていることと思います。

新元号になりましてもこれまで同様に、研究、教育支援に力を注ぎ、「工作ニュース」の発刊も継続させていきたいと思いますので、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。

平成31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/>

平成31年(2019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/>



