

# 技能 と 技術

ISSN 1884-0345  
通巻第303号

職業能力開発技術誌

1/2021

特集●コロナ禍における職業能力開発



Vol.56

# 技能と技術

1/2021号

通巻No.303

## 特集●コロナ禍における職業能力開発

<b>特集1</b> 令和2年度職業訓練教材コンクール 厚生労働大臣賞（特選）受賞 遠隔訓練も可能となる射出成形金型設計教材	1
星野 実／大阪電気通信大学 渡辺 幸治／大阪府立北大阪高等職業技術専門学校 津嶋 一之／北陸職業能力開発大学校 齊藤 総一／関東職業能力開発促進センター 瀬川 祐介／北海道職業能力開発促進センター	
<b>特集2</b> ICTを活用したARテキストの開発 ～ タブレットとスマートグラスの活用 ～	9
石沢 智也, 上野 亮, 多々良 敏也／伊勢訓練センター	
<b>特集3</b> Zoomを用いたオンライン訓練（学科）の実施	15
吉田 智和／大阪府立南大阪高等職業技術専門学校	
<b>特集4</b> ICTを活用したオンライン授業による疲労き裂実験の実践	26
酒井 則男／東京電機大学	
<b>特集5</b> 一般教室を使用した遠隔訓練の配信システムに関する検討	34
五十嵐 智彦, 栗秋 亮太／千葉職業能力開発短期大学校	
<b>特集6</b> 金属加工による感染防止対策用品の製作について	38
青地 学／宮崎職業能力開発促進センター	
<b>特集7</b> 第58回技能五輪全国大会「構造物鉄工」職種競技 国際大会に向けた試みと新型コロナ禍の影響	40
山浦 真一／職業能力開発総合大学校 第57, 58回技能五輪全国大会「構造物鉄工」職種競技主査	
<b>教材開発</b> モデルベース設計に基づく速度制御系教材の開発	46
岡田 侑大, 五十嵐 智彦／千葉職業能力開発短期大学校	
<b>施設紹介</b> 「技能と技術」誌表紙デザイン最優秀賞受賞者および指導者インタビュー	56
「技能と技術」誌 編集事務局	
原稿募集のお知らせ	60

●表表紙は、表紙デザイン（令和3年用）選考会にて最優秀賞に選ばれた神奈川県立産業技術短期大学校産業デザイン科の石黒あかりさんの作品です。  
●裏表紙は、表紙デザイン（令和3年用）選考会にて優秀賞に選ばれた沖縄県立具志川職業能力開発校メディア・アート科の新里健悟さん（左）と稲嶺潤さん（右）の作品です。

令和2年度職業訓練教材コンクール 厚生労働大臣賞（特選）受賞

# 遠隔訓練も可能となる 射出成形金型設計教材

大阪電気通信大学 星野 実  
北陸職業能力開発大学校 津嶋 一之

大阪府立北大阪高等職業技術専門学校 渡辺 幸治  
関東職業能力開発促進センター 齊藤 総一  
北海道職業能力開発促進センター 瀬川 祐介

## 1. はじめに

2020（令和2）年度の現在、教育訓練機関は、喫緊の課題として新型コロナウイルス禍の対応を求められている。この問題は射出成形金型設計においても顕在しており、対応として本教材は、遠隔授業やオンデマンドでの学習を可能にするべく作り出した。

まず、いかに制作コストを抑えて、かつ、容易に遠隔での教育訓練を実施できるかを考える。そのために既存のソフトや機器の利用、誰でも使えるネットワークを利用して、遠隔での教育訓練が可能となる教材を作成する。そして、クラウドコンピューティングを活用することにより、最低限の費用で遠隔授業やオンデマンドでの学習を可能とする。

また、金型設計に関する教材は、多数作成されている。しかし、いずれも部分的であり実際の設計工程に沿って、スタートから完了までを扱っているものは皆無である<sup>1), 2)</sup>。作成する教材は、受講生が実際に設計・製作・成形をし、報告書にまとめた“設計の部分”をベースにしている。設計工程全体が、経験の浅い受講生でも理解できる内容である。

教材の種類は、一般に普及されているWordのデータでのテキスト、PowerPointデータでの説明資料（以下、PPT資料とする）、PPT資料から作成される録画データ（以下、録画教材とする）の3種類である。

## 2. 教材の作成指針

テキストは、教育訓練目標（仕上がり像）に向けて、授業のスタートから完了までを記述できる。テキストにより、授業の全体・細部を掌握してから、単元（ユニット）ごとにPPT資料や録画教材を作成することにより体系化される。作成する教材は、デジタルデータとして無償で、広範囲に提供することを考えている。これらのことから、教材を提供された指導者や受講生は、利活用・修正・見直しが容易にできる。

PPT資料は、音声や映像を記録でき、データ量を考慮し、それぞれ使用の可否を選択できる。しかも、スライド単位での編集が可能であることから一般の録画と違い、修正・見直しを繰り返すことができる。そして、そのまま保存できるので作成者以外が、任意のスライド・音声・映像の再編集も可能である。またPPT資料は、後掲の4章で説明する方法により、録画教材に簡単に変換することができる。

録画教材は、データの容量が膨大になることも多い。しかし、無償のソフトウェアにより、画質は多少落ちるもののデータの容量を大幅に圧縮できる<sup>3)</sup>。録画の品質を見ながら、扱いやすいデータ容量にしておく。

テキスト（Wordのデータ）とPPT資料・録画教材は、「Google Meet」などのビデオ会議システムを利用することにより、遠隔教育訓練も可能となる。

テキストと録画データは、「Googleドライブ」に保存してユーザーを指定するだけで、受講生は「いつでも・どこでも」（オンデマンド）学習が可能である。

これらのシステムは、教育訓練機関が実施する場合は、今のところほとんど費用はかからない。教育訓練機関が、学習支援システム（Moodle等）を導入済みであれば、保存するだけでさまざまな機能も享受できる。また、教材をデジタルデータにしていることから、対面での授業を実施していても、遠隔教育訓練に迅速に切り替えられる。

### 3. 射出成形金型設計教材の種類

#### 3.1 テキスト

テキストは、表1に示すように001～017までの17単元、35ページからなる。また、表2に示すように4つの設計工程に分かれる。これに対応してPPT資料と、そこから作られる録画教材に分かれる。設計工程の順に（1）製品の企画・設計、（2）金型設計の事前調査、（3）金型機構設計、（4）金型

表1 テキストの目次

001 総合製作課題 製品企画	2
002 総合製作課題 製品設計	3
003 総合製作課題 製品の試作修正	4
004 総合製作課題 製品モデルの完成	5
005 成形品図の作成	9
006 金型材質の決定	10
007 射出成形機選定シートの作成	11
008 金型設計の準備	17
009 キャビティ・コア入れ子の設計	17
010 モールドベースの選定	20
011 強度計算	26
012 樹脂流入経路の設計・1	28
013 樹脂流入経路の設計・2	29
014 エジェクタ関連装置の設計	31
015 リターンスプリング	32
016 設計終了	33
017 付録	34

構造・詳細設計である。

図1には、001総合製作課題 製品企画の内容を抜粋して示し、下段に指導者のコメント例を表記した。

表2 金型設計の工程

設計工程	テキスト	PPT資料	録画教材
製品の企画・設計	001～004	1	1
金型設計の事前調査	005～007	2	2
金型機構設計	008～010	3	3
金型構造・詳細設計	011～017	4	4



#### (指導者のコメント例)

最初に総合製作課題 製品企画からスタートします。受講生は、さまざまな製品を考え、1人1個以上の製品を企画します。それを、クラス全員の前で、1人ずつプレゼンテーションして、製品1個を選びます。ここでは、12個の案を示しました。選考基準は、意匠はどうか、どんな機能があるか、難しいが私たちが作れる可能性があるかを、指導者と受講生で話し合っって判断します。なかなか決まらない場合は、指導者側で決めてしまいます。

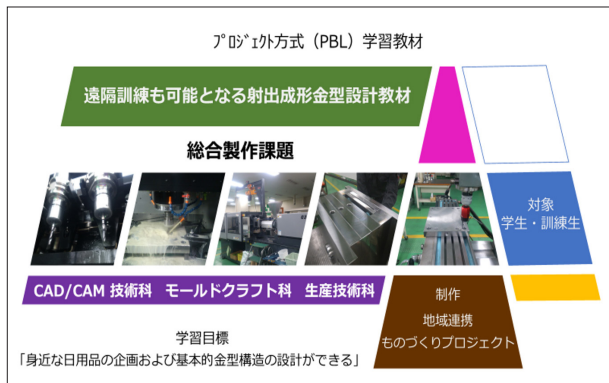
図1 001 総合製作課題 製品企画

### 3.2 PPT 資料

本節では、設計工程の順に（１）～（４）に分けて、おおよそのPPT資料のフローと内容を理解できるようにPPTスライドを抜粋していく。図に示す各PPTスライドには、下段に指導者のコメント例を表記する。

#### (1) 教育訓練の概要

1回目の授業の初めには、教育訓練目標を伝えてから、そこに向かうための授業内容を説明する。図2にPPTスライドを示す。下段に表記した指導者のコメント例は、PPTスライドのノートに記述しておき、他の指導者が使用する場合に授業内容が容易に理解できるようにしておく。また、授業でのポイントや潜在化していると思われる技術・技能のノウハウなども記述しておく。



#### (指導者のコメント例)

遠隔訓練も可能となる射出成形金型設計教材  
本教材は、金型に関する基本的な訓練を受けた受講生・学生を対象とします。利用できる訓練は、短期課程ではCAD/CAM技術科の第6システム「射出成形分野」、大阪府で新設されるモールドクラフト科「総合製作課題」、専門課程なら生産技術科の「総合制作実習」、相当とします。そして本教材は、金型設計の工程をそのまま再現しています。このことから、実際に製作する金型を、イメージしながら、教示または学習します。また、実際に製作する金型に置き換えて、CADでのモデリングや強度計算などと同時に実施します。

図2 教育訓練の概要

図3には、002総合製作課題 製品設計のPPTスライドを抜粋して示し、下段にコメントの例を表記した。製品設計では、3次元CADを使用し、パーツのモデリング（部品）からアセンブリ（組み立て）をして、嵌合調整や問題点を明らかにしていく。



#### (指導者のコメント例)

今回は、検討の結果ゴム鉄砲に決まりました。製品設計は、クラス全員で行います。そして設計は、図を描くだけではありません。動作・構造・意匠をモデルや図面で明らかにします。全員で考えて、良いところ取りをします。

図3 002 総合製作課題 製品設計

#### (2) 金型設計の事前調査 (PPT 資料2)

金型設計を実施するには、事前の調査が必要となる。成形材料の性質や金型の材質、射出成形機についての調査が必要となる。

バテックPP MA3 物性表 (グレード:種類)			
項目	単位	MA3	
密度	g/cm <sup>3</sup>	0.9	
曲げ	弾性率	1,500	
	強さ	MPa	43
引張	弾性率	MPa	1,600
	降伏応力	MPa	35
	破壊伸び(%)	%	100
シャルピー	23℃	KJ/m <sup>2</sup>	3.5
	-20℃		—
ロックウェル硬度	R-スケール	—	100
光沢	%	90	
成形収縮率	2mmt	%	1.1-1.5

成形材料は軽量で扱いやすいポリプロピレン(PP)を使用する  
PPの収縮率を調べる  
収縮率(S)=1.5%とすると  
 $1+0.015=1.015$   
製品寸法が180(mm)なら  
 $180 \times 1.015=182.7$ (mm)で金型に彫り込む

#### (指導者のコメント例)

前回までで、製品モデルを完成させました。今回は、製品モデルから、成形品図に落とし込みます。成形材料は軽量で扱いやすい、ポリプロピレン (PP) を使用します。高機能であっても特殊な成形材料は、使いません。まず、基本から取り組みます。プラスチック材料は、射出成形すると収縮してしまいます。PPの収縮率を調べてみます。材料メーカーで、公表しています。収縮率は、成形品形状や成形条件によって違ってきます。寸法精度が高いものは、トライ後に金型を修正できる方向で金型を造ります。今回は、それほど寸法精度は必要ありません。収縮率は、1.5%に決めました。 $1+0.015=1.015$ を製品モデルに掛けて、図面では成形品図となります。製品寸法が180mmなら $180 \times 1.015=182.7$ mmで金型に彫り込みます。成形収縮率について理解してください。

図4 005 成形品図の作成—1

図4の005成形品図の作成-1では、成形材料のデータを材料メーカーから入手して、物性を把握し成形収縮率を予測する。図5は、CADにより成形品の配置や突き出しピンの位置を決めている。



### (指導者のコメント例)

製品ごとにモデリングして、図面化して図面にします。テキストの6～8ページになります。

これから、成形品図の説明をします。3種類の製品モデルに成形収縮率1.015を掛けて、成形品モデルになります。これも図面化し、成形品図面とします。

次に、成形品を配置します。スペースの最小化を狙います。そして、ランナーとゲート位置を決めます。この場合、サイドゲートですので、製品の中心付近から入れます。成形樹脂の流れをできるだけ偏らせないためです。

突き出しピン配置は、成形品の角部、ボス、四隅を狙い、立ち壁の接触を避け、バランスを見ながら配置します。φ8とφ4ならば、立ち壁や突き出しピン同士で干渉しないようバランスよく入りました。

図5 005 成形品図の作成-2

### (3) 金型機構設計 (PPT 資料3)

金型機構設計は、機構学や機械要素部品の知識などを駆使して金型のタイプや可動方法、開き量などを検討し決めていく。金型設計には、図6に示すさまざまなものが必要となる。中でも3次元CADの必要性は高い。3次元CADのデータを製造データに転用できるからである。また、近年の金型製造は、3Dプリンターなどに用いられる付加製造技術(Additive Manufacturing:AM)やNC工作機械などに使われるデジタル製造技術が欠かせない<sup>4)</sup>。他の紙ベースのカタログなどは、情報通信技術の発達とともに少なくなってきたり、教材も順次対応しなくてはならない。

キャビティ・コア入れ子の設計では、成形品に基づいて検討され、図7に示す入れ子の配置や加工方法を検討しながら進めていく。

### 008 金型設計の準備

- ▼ CADシステム (またはA1ドラフター)
- ▼ 金型製作仕様書
- ▼ 射出成形機仕様書
- ▼ 樹脂材料データ
- ▼ モールド金型用部品カタログ (フタバ)
- ▼ プラスチック金型用標準部品カタログ (ミスミ)

### (指導者のコメント例)

今回は、金型設計です。最初に金型設計の準備です。

CADシステムが、必要になります。金型構造だけならA1ドラフターでも可能です。しかし、CAD/CAMを必要としますのでCAD設計すれば、そのデータをそのまま使えます。テキスト16ページの金型製作仕様書で確認しながら、設計を進めます。射出成形機の仕様書も必要です。今回は、テキストの14ページを前もって入手しました。

メーカーが公表している、樹脂材料データも必要です。今回は、9ページが参考になります。

モールド金型用部品カタログは、フタバ電子工業や日本金型材のものもあります。今回は、フタバ電子工業で説明します。

プラスチック金型標準部品は、ミスミやパンチ工業などがありますが、ミスミで説明します。最近のカタログは、電子データになっており、インターネットで調べた部品データもCADで使えますので効率的です。

図6 008 金型設計の準備

### 009 キャビティ・コア入れ子の設計

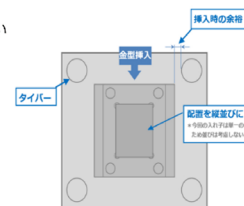
#### 製品配置と型板

入れ子が複数ある場合の製品配置は「縦並び」が望ましい

- ・成形機への挿入・取り付けに有利  
(「横並び」は、タイバー間隔に注意する)
- ・射出圧力は重力の影響を無視できるほどに大きい  
(300~500kgf/cm<sup>2</sup>)

型板はポケットタイプとする

- ・強度を考慮して型板は貫通させない方が望ましい



### (指導者のコメント例)

キャビティとコア入れ子の設計です。入れ子が複数ある場合の製品配置は、原則縦並びです。成形機への挿入・取り付けに有利です。横並びは、タイバー間隔に注意する必要があります。射出圧力は、重力の影響を無視できるほどに大きいので、下側の方が充填に有利ということはありません。型板はポケットタイプの方が有利です。型板を貫通させると強度が一気に落ちます。CADの構造解析で確認してみるとよいでしょう。

図7 009 キャビティ・コア入れ子の設計

#### (4) 金型構造・詳細設計 (PPT 資料4)

金型構造設計は、材料力学・機械力学・流体力学・熱力学を使って金型の強度や寿命を検討して、大きさを決めていく。

**011 強度計算**  
 射出成形時にかかる射出圧力によって金型変形(たわみ)が起きないかを調べる。たわみが大きいとその部分に樹脂が流れ込み「バリ」となってしまふ恐れがある。

**可動側型板** 可動側型板底面のたわみ

$H$  : 型板の厚さ(mm)  
 $L$  : スペースブロック内側の端部(mm)  
 $B$  : 型板の幅(mm)  
 $b$  : キャビティ内圧力 $p$ を受圧する幅(mm)  
 $P$  : キャビティ内圧力(kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $E$  : 弾性係数(kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $\delta_{max}$  : 最大たわみ(mm)  
 $A$  : キャビティ内圧力 $p$ を受圧する長さ(mm)

可動側型板はスペースブロックを介して取り付けるため空間部分に射出圧力が加わるとスペースブロックを両端支持にする力が発生したわみが生じます。可動側型板の厚さがどのくらいあれば、たわみを最小限に抑えられるのか計算を行います。数式は、両端支持はりの曲げ応力の計算式をモデルとします。

$$H = \sqrt[3]{\frac{5 \times p \times b \times L^4}{32 \times E \times B \times \delta_{max}}}$$

#### (指導者のコメント例)

今回は、金型構造の中で、必ずやるべき基本的な強度計算です。これをやらなかったことにより、金型全体を造り直すということも考えられます。射出成形時に掛かる射出圧力によって金型変形(たわみ)が起きないかを調べます。たわみが大きいとその部分に樹脂が流れ込み「バリ」となってしまふ恐れがあります。可動側型板のたわみを確認します。可動側型板はスペースブロックを介して取り付けるため空間部分に射出圧力が加わるとスペースブロックを両端支持にする力が発生したわみが生じます。可動側型板の厚さがどのくらいあれば、たわみを最小限に抑えられるのか計算を行います。数式は、両端支持はりの曲げ応力の計算式をモデルとします。

図8 011 強度計算 - 1

**011 強度計算**  
**可動側型板**

▼入れ子の厚さ(20mm)を追加する

$$117.9 + 20 = 137.9(\text{mm})$$

現実的ではない

▼型板の厚さ(H)

$p$  : キャビティ内圧力 = 300(kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $E$  :  $2.1 \times 10^6$ (kgf/cm<sup>2</sup>)  
 $L$  : 214(mm)  
 $\delta_{max}$  : 成形品・金型に影響を与えない0.02(mm)とする

$$H = \sqrt[3]{\frac{5 \times 300 \times 280 \times 214^4}{32 \times 2.1 \times 10^6 \times 400 \times 0.02}}$$

$$H = 117.9(\text{mm})$$

可動側型板の最大たわみ量を0.02(mm)に抑えるためには、入れ子の厚みを加えて140(mm)程度の厚さ[H]が必要となる計算結果が出た。  
 今回の課題では、厚さ140(mm)の型板は現実的ではないため「サポートビラー」を追加し、「受板(耐圧板)」(SAタイプ)を入れることにした。

#### (指導者のコメント例)

計算の結果、射出圧力に耐え、たわみ0.02mm以内に抑えるには、117.9mmの厚みが必要です。これは、厚過ぎます。現実的ではありません。成形機の型開きストロークが小さくなったり、成形機に入らないことも考えられます。そこで、成形品の直下にサポートビラーを入れるとともに、受板を1枚足すことにしました。モールドベースは、テキストの20ページからSAタイプになります。

図9 011 強度計算 - 2

図8は、型板を組み立てた状態での強度、図9は、型板単体での強度計算をして大きさや厚さを検討し決めていく。その後に入れ子や各種部品の詳細設計になる。

### 3.3 録画教材

本節では、設計工程の順に(1)～(4)に分けて、おおよその録画教材の内容とフローを理解できるように録画スライドを抜粋して説明していく。図に示す、録画教材スライドの下段には、音声の例を表記する。

#### (1) 製品の企画設計(録画教材1)

製品の企画設計は、基本検討の段階である。家庭やショップで市場調査を行い、どの製品にするか検討して決める。その後に単体の成形品にして、量産するための金型になり得るかを検討する。

図10は、3次元CADにより、製品モデルを単体の成形品モデルに落とし込んでいる。

**004 総合製作課題 製品モデルの完成**

(音声)

製品モデルの完成から、金型に落とし込むための成形品モデルの作成となります。成形品モデルの作成は、次の範囲になります。6～8ページの製品図を確認して次に進みます。今回は、受講生が製品を企画・設計していく工程についての説明でした。以上です。

図10 004 総合製作課題 製品モデルの完成

#### (2) 金型設計の事前調査(録画教材2)

図11の入れ子材質の決定は、ショット数・取り数から金型寿命を予想して材質や熱処理を検討して決定する。客観的に算出したいが、経験値でのウエートが高いのが現状である。

図12は、射出成形機を選定するためにミスのないようにマニュアル化されたシートを作成していく過

程である。ここでは、射出圧力を求めるために3次元CADで成形品の投影面積を求めている。

### 006 金型材質の決定

**ショット数** 10,000 個/月

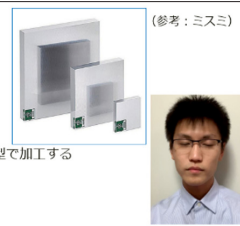
**取り数** ファミリーモールド  
\* 2種類以上の成形品を1つの金型で加工する

**成形品寿命**

ショット数	(S50C) ≤100,000 ≤ 500,000 ≤	(SKD61焼入)
P/H鋼 熱処理なしで使用可		

キャビティ・コアの入れ子は、「プリハードン鋼 (P/H鋼)」 NAK80(HRC40・快削鋼)とする (大同特殊鋼)

(参考: ミスミ)



**(音声)**

入れ子の材質の決め方です。ショット数を月に1万個と仮定しました。ファミリーモールドにします。ファミリーモールドとは、2種類以上の成形品を1つの金型で成形する方法です。製品寿命の説明をします。成形樹脂の種類にもよりますが、一般的な汎用樹脂成形での説明です。10万ショット以下は、S50C相当を使います。10万ショットから50万ショット程度まではプリハードン鋼を使います。プリハードン鋼は、調質鋼ともいわれており、初めから熱処理されていて、硬く強く傷や欠損が起きにくい。普通、加工して熱処理をしないで、そのまま使います。50万ショット以上は、寿命の問題から焼き入れをします。SKD61などを使います。

図 11 006 金型材質の決定

### 007 射出成形機選定シートの作成

**投影面積** 成形品を平面に投影させて面積を求める

▼本体投影面積

銃身右	98.05(c㎡)
銃身左	98.05(c㎡)
トリガー	37.56(c㎡)

▼その他

ランナー・ゲート	8.57(c㎡)
----------	----------

▼投影面積合計

98.05 + 98.05 + 37.56 + 8.57 = 242.23(c㎡)

3D CAD



**(音声)**

次に射出成形機選定シートを作成します。テキストの15ページを見てください。この表を作るために幾つかの計算をしていきます。最初に射出圧力を求めるために成形品の投影面積を求めます。成形品とランナー・ゲートの投影面積です。この場合、圧力をかなりの余裕をみますので、だいたいの手計算でも構いません。3次元CADなら簡単に正確に出ますので、11ページの方法で求めてください。

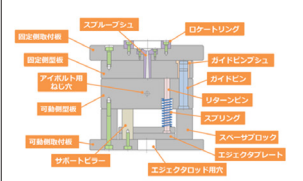
図 12 007 射出成形機選定シートの作成

### (3) 金型機構設計 (録画教材 3)

図13は、金型機構設計と金型構造・詳細設計からモールドベース (金型本体) のタイプを決めている。図14は、モールドベースを発注するために各部の寸法を確認しながら、メーカー仕様の型番に落とし込んでいる。このことでインターネット、またはメールでの発注が可能となる。インターネットでの発注ならば、注文と同時に納期と価格が把握できる。受講生は、この手順を情報通信技術の発達により、模擬的に経験することも可能である。

### 010 モールドベースの選定

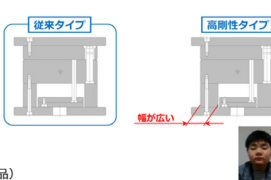
**各部の名称** 金型構造・部品名称



SCタイプ (参考: フタバ 金型用部品)

**従来タイプ** 通常は、従来タイプ

**高剛性タイプ**



**(音声)**

モールドベースの選定です。金型の種類・大きさを決めます。簡単な金型構造は、実機により理解できます。ここに示した、部品の名称も覚えてください。また、金型のタイプは、一般に突き出しピンの配置に自由度が大きい従来タイプを使います。射出圧力が大きい場合は、高剛性タイプを使用します。

図 13 010 モールドベースの選定-1

### 010 モールドベースの選定

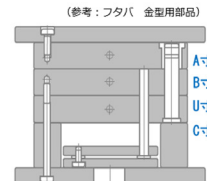
**最終型番** 型番の確認をする

ここまでの仮定により  
[MDC SA3340404070SVLJ] を選定

MDC SA 3340 40 40 70 S V L J

タイプ	突き出し	A寸法	B寸法	C寸法	仕様の追加
U寸法	V寸法	エシクタプレートの仕様	L   スペーサ方式		
S 400	トリガー機構	トリガー機構			

(参考: フタバ 金型用部品)



**(音声)**

モールドベースの選定での最終確認です。MDC SA3340404070SVLJ を金型部品用カタログで見比べて確認してください。ここでミスをする、モールドベースの再発注ということも考えられます。

図 14 010 モールドベースの選定-2



#### (4) 金型構造設計・詳細設計（録画教材4）

図15は、詳細設計であり、スプルーブッシュのタイプや寸法を決めて、インターネットで発注するためのメーカー仕様の型番に落とし込んでいる。このことにより、発注前に価格と納期が確認できるようになってきている。受講生に対して、納期やコストについての意識づけができる。

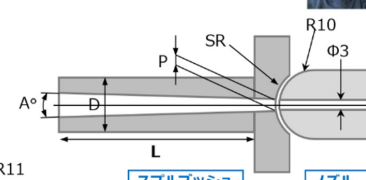
図16は、各成形品に同時充填されるように各ランナーの寸法を手計算で決めている。3次元CADは、成形での流動解析が標準装備になってきており、手計算との比較により教育訓練効果が高まると考える。

### 012 樹脂流入経路の設計・1

**スプルーブッシュ** ノズルが当たる部分を交換可能にする部品

▼射出成形機の仕様  
ノズル先端R = R10  
ノズル内径 = Φ3

▼スプルーブッシュの寸法  
D = Φ16  
L = 56(mm)  
SR (仕様に対し+1~2) = R11  
P (仕様に対し+0.5) = Φ3.5  
A° (1~4°) = 2°



ノーマル・ストレートタイプ [SBBP16-56-SR11-P3.5-A2] (ミスミ) を選定

(音声)

次は、樹脂流入経路の設計です。スプルーブッシュは、まだ損失のほとんどない射出圧力が常に掛かります。破損の可能性が高いため、交換可能な設計をします。ショット数の少ない金型は、スプルーを直接型板に加工することもあります。スプルーブッシュの形状・決め方は、図で確認してください。

図 15 012 樹脂流入経路の設計-1

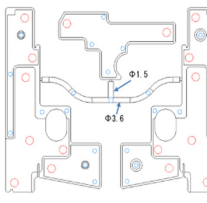
### 013 樹脂流入経路の設計・2

**ランナー径** ランナー直径の計算(3成形品の同時充填を狙う)

▼丸ランナーの直径(D)  
W = 重量 (体積 × 密度)  
L = スプルーから製品までの距離

プラスチックの種類	密度(比重) g/cm <sup>3</sup>
ポリプロピレン(PP)	0.90~0.91

$$D = \frac{\sqrt{W} \times \sqrt{L}}{3.7}$$



鏡身右 W = 21.98 × 0.9 = 19.8(g)     $D = \frac{\sqrt{19.8} \times \sqrt{78}}{3.7} = 3.6(\text{mm})$   
L = 78(mm)

鏡身左 W = 22.30 × 0.9 = 20.1(g)     $D = \frac{\sqrt{20.1} \times \sqrt{78}}{3.7} = 3.6(\text{mm})$   
L = 78(mm)

トリガー W = 8.34 × 0.9 = 7.5(g)     $D = \frac{\sqrt{7.5} \times \sqrt{17.5}}{3.7} = 1.5(\text{mm})$   
L = 17.5(mm)

(音声)

ランナー直径の計算式です。各成形品の同時充填を狙います。最近では、樹脂流動解析ソフトでも求められますが、どれくらいの差が出てくるか一度はやってみてください。

図 16 013 樹脂流入経路の設計-2

#### 4. 録画教材の作成方法

PPTは、「スライドショーの記録」を使うことにより、スライド・音声・カメラ映像を記録できる。図17①~⑥の手順を踏むことにより簡単に記録できる。しかも、PPTにそのまま保存できるので、一度記録しても再編集が可能である。

また、すでにビデオカメラなどで撮影されているファイルを使用したい場合は、メニューの「挿入」から「ビデオ」を選択してPPTに記録することもできる。

そして、PPT資料を図18の⑦~⑩の手順で保存することにより動画として記録され、録画教材に変換できる。

それから、サーバーにテキストやPPTの資料、録画教材を保存することにより、遠隔での教育訓練やオンデマンドでの学習が可能となる。また、データ量は大きくなるので、クラウドコンピューティングを推奨する。



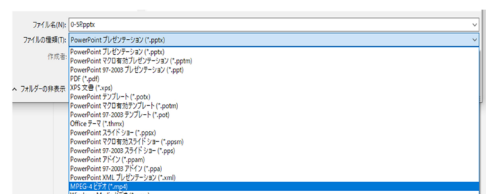
①スライドショー ②スライドショーの記録 ③現在のスライドから記録 (または先頭から記録)  
④記録 (⑤停止 ⑥再生)

色遣など

マイク・カメラ・カメラプレビューのオン/オフ

図 17 PPT スライドでの記録方法

- ⑦ファイル ⑧名前を付けて保存
- ⑨ファイルの種類を“MPEG-4ビデオ(\*.mp4)” ⑩保存



- ⑪保存したファイルをダブルクリックすると再生される (注意：上記以外の方法もあるが、いざば簡単な方法を記述した)

図 18 録画教材への変換方法

## 5. 作成した教材における期待する効果

本教材は、デジタルデータとして提供できることから、編集が簡単にできる。受講生に金型設計をさせる場合は、内容を書き換えさせ、自らの報告書として完成させる<sup>5)</sup>。それを就職活動で使用するにより、潜在化してしまう習得能力について、アピールできる<sup>6)</sup>。また全国の指導者は、実際の教育訓練現場に合わせて、加筆・修正しながら活用を繰り返すことにより、教育訓練効果の高い教材に生まれ変わっていくことを期待する<sup>7)</sup>。

そして、本教材は、普及している情報機器やソフトウェアで作成し、一般化されている通信技術を利用して遠隔での教育訓練を実施する。このことから、金型設計以外のさまざまな分野にも利用できると考えられ、この手法の普及に大いに期待できる。

## 6. おわりに

現在、デジタル製造技術による「オープンなものづくり環境の構築」を考えている。デジタル製造技術はネットワークとの親和性が高いため参入障壁が少なく、複数の教育訓練機関やさまざまな民間企業とが容易に連携することが可能である<sup>4), 8)</sup>。そこで、不足する設備や製造ノウハウを相互補完するとともにお互いの強みを生かした、新たなものづくり集団を創る。このオープンなものづくりを実現するために“地域連携ものづくりプロジェクト”をすでに発足させている<sup>9)</sup>。

本教材は、このプロジェクトでの研究テーマの一つとして制作した。他に、日本金型工業会主催の第12回学生金型グランプリ（金型教育や研究をリードする日本や中国の大学などが参加）や技術競技会などにも地域をまたいで連携し参加している<sup>10)</sup>。

本プロジェクトでは、さらに参加機関・参加者を募り、デジタル製造技術と情報通信ネットワークを活用することにより、距離と時間の壁を破った新たな“ものづくり”や“教育訓練効果の高い教材開発”を目指す所存である。

## 謝辞

本研究は、日本学術振興会（JSPS）科学研究費20K14103の助成、日本金型工業会の助成、大阪電気通信大学3D造形工房プロジェクト、地域連携ものづくりプロジェクトの助成を受けたものである。

### <参考文献>

- 1) 星野実, 櫻井光広, 海原崇人, 古賀俊彦, 太田和良, 松本和重, プロジェクト方式訓練での実技教材開発「金型製作」, 工学教育, vol.62 no.1, pp.20-25, 2014
- 2) 海原崇人, 城本秀人, 櫻井光広, 鈴木良之, 星野実, 実習教材設計マニュアル ～初学者による金型製作～, 平成24年度職業能力開発教材コンクール入賞作品集, pp.27-39, 2013
- 3) 熊本学園大学「動画の圧縮方法」, 2020  
[https://www.ecc.kumagaku.ac.jp/technology\\_information/video/compress](https://www.ecc.kumagaku.ac.jp/technology_information/video/compress)
- 4) 星野実, 田中大雅, 万福亮太朗, 山之内大悟郎, デジタル製造技術による射出成形金型の設計製作, 実践教育ジャーナル, Vol.35 No2, pp.48-52, 2020
- 5) 星野実, 坪田光平, 市川修, 中村瑞穂, 大島敦史, 岡部真幸, 求職者を対象とする実践的職業訓練の試行と評価, 日本機械学会論文集, Vol.82 No.833, pp.1-14, 2016
- 6) 星野実, 訓練課題を活用した離職者訓練の実践 ～5期連続就職率100%の要因～, 平成21年度職業能力開発論文コンクール入賞論文集, pp.3-25, 2010
- 7) 星野実, 宮下英明, 津嶋一之, 新たな訓練システムの構築 ～短期課程拡充に係る企画プロジェクト～平成23年度職業能力開発論文コンクール入賞論文集, pp.43-57, 2012
- 8) 星野実, 久保田久和, 渡辺幸治, 松井優, 中村恭平, 藤田紀勝, 3次元CADと3Dプリンターを活用した製品設計に関する実践研究, 実践教育ジャーナル, Vol.35 No2, pp.20-25, 2020
- 9) 星野実, 田中大雅, 渡辺幸治, 菅野金一, 小島篤, 久保田久和, 地域連携ものづくりプロジェクトによる学生金型グランプリの参加, 実践教育ジャーナル, Vol.35 No2, pp.11-15, 2020
- 10) 星野実, 嘉戸寛, 田中大雅, 万福亮太朗, 山之内大悟郎ほか, 「環境にやさしい」金型設計及び金型づくり「TWISTED CUP」, 第12回学生金型グランプリ作品集 Die & Mold Grand Prix, pp.73-82, 2020

# ICT を活用した AR テキストの開発

## ～ タブレットとスマートグラスの活用 ～

伊勢訓練センター 石沢 智也, 上野 亮, 多々良 敏也

### 1. はじめに

機械図面を描く上では、第三角法による投影図や断面図などさまざまな図形を理解する必要がある。製図を教える際に、受講者が初めにつまずくのは、平面の図から立体形状をイメージできないところである。平面の教科書だけでは、3次元のイメージは伝わらない。ゆえに、指導員によっては、3次元CADを用いて見せたり、実物を用意して受講者の理解度を上げている。しかし、この方法では、CADがある教室で教えるなど環境に依存し、実物を購入したり、加工したりするとコストや労力がかかる。

一億総活躍社会の昨今、ものづくり関連の職業訓練においては、今まで少数であった女性や高齢者も多く受講されている。このように受講者の幅が広がり、最新技術も含めた訓練カリキュラムを実施するためには、効率よく効果的に訓練を実施しなければならない。一方、学校教育に目を向けると、2019年6月25日に文部科学省は「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策（最終まとめ）」<sup>1)</sup>を公表し、Society5.0<sup>\*1</sup>を見据えた新時代に求められる教育を示している。その中では「現在、学校現場においては、様々な教材等における動画の利用や、教科書におけるURLやQRコードを通じたウェブサイトへの誘導が行われており、ICT<sup>\*2</sup>の活用は必須のものとなりつつある」とされている。例えば、地球の断面のイラストにタブレットをかざすと地球の立体イメージが浮き出て、あらゆる角度から地球を観察す

ることができる教科書などが活用されている。そこで、職業訓練現場においても今後ICT環境が導入されていくことを見据え、効果的かつ効率的に習得できる機械製図のICT教材を作成することとした。

### 2. 教材の概要

作成した教材は、システム・ユニット訓練用テキスト（以下「SUテキスト」という。）を補完する補助教材とした。SUテキストのイラストや2次元の図では立体を想像し難い形状を、容易に想像することができるようにAR<sup>\*3</sup>マーカーを埋め込んだテキストと3D表示アプリケーションが入ったタブレットの教材である。教材の構成概要を表1に示す。

表1 ICT を活用した AR テキストの構成概要

対象者	テクニカルオペレーション科の受講者
対象科目	MS409 「機械製図及びCAD基本」 <sup>2)</sup> 6 ユニット (108 時間)
使用目的	SU テキストの補助教材として使用
製作物	SU テキストに連動したペーパーテキスト タブレット用アプリケーション

\*1 日本政府が提唱する未来社会のこと。サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）。

\*2 「Information and Communication Technology」の略称。通信技術を活用したコミュニケーションのこと。

\*3 「Augmented Reality」の略称。拡張現実のこと。現実世界に仮想世界を反映（拡張）させる技術。

受講者自らが、イメージが湧かない図面の立体形状をいつでもどこでも確認することができ、繰り返し立体イメージを確認することによって、平面的な図形を空間図形に帰着させて考えられるようになることを目的としている。

具体的な“平面イメージの立体化”については後述するが、本教材の活用により、段階的にイメージの定着化と応用を図ることができる。段階としてまず、表示された立体イメージを自由に回転させて基礎的な理解を図れるようになる。次に、そうして立体形状へのイメージ変換について身に付いてきた先のさらなる理解の深化・応用として、複雑な形状の図形に対して理解を深めることができる。これは、表示された立体イメージの断面図や組立図をも本教材を活用して自由に確認できるためである。これにより、複雑な形状の図形の内部構造や構成詳細についても、平面的画像のテキストからイメージを発展させることができるようになる。以上の効果を、従来の製図の訓練につまずきを感じていた受講者に対してもたらすことができる。

従って、この補助教材を用いた製図の訓練では、イメージが湧かないなどでつまずくことがなくなり、受講者の空間把握能力が上がるため、JIS規格に基づいた図形を描く習得度が早く向上すると期待できる。

### 3. 教材の構成

#### 3.1 構成概要

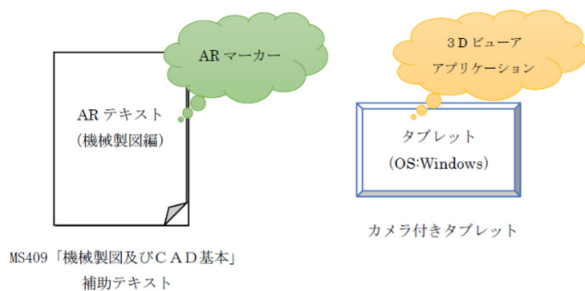


図1 ICTを活用したARテキストの構成概要

作成した教材の構成概要を図1に示す。ペーパーテキストとして各図面にARマーカーが付いたテキ

ストを作成した。カメラ付きのタブレットに、作成したARマーカーの読み込みと3Dビューアアプリケーションを入れる。

#### 3.2 ARテキスト詳細

ARテキストは、SUテキスト「機械製図及びCAD基本」の補助資料として、SUテキストにあるイラストや図面を抜き出し、各図面に応じた3次元表示をするためのARマーカーを付与したテキストである。

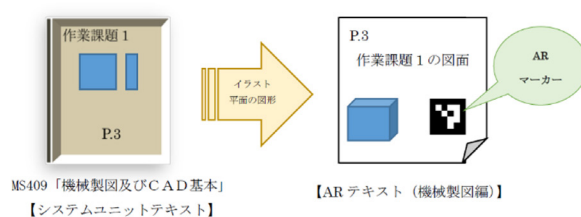


図2 ARテキストの構成

#### 3.3 タブレット用アプリケーションの詳細

タブレット用のアプリケーションは、最近AI（人工知能）の開発でもよく使用されているPython<sup>3)</sup>というプログラミング言語を使用した。この言語は、ARマーカーの読み取りや3次元表示などのライブラリが豊富に用意されており、容易に実現できるからである。また、さまざまなOSに対応しており、将来的にAIを搭載したかったのも理由の一つである。なお、今回はWindowsタブレットを使用した。

##### 3.3.1 アプリケーションの機能

図3はアプリケーションの構成図である。

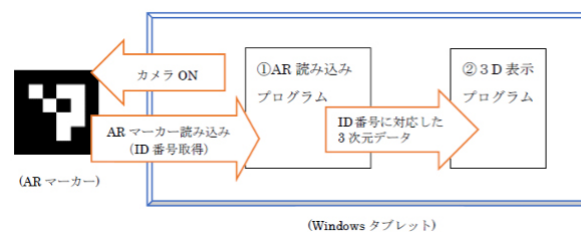


図3 タブレット用アプリケーションの構成

テキストのARマーカーにタブレットをかざすと、3次元の立体イメージが表示され、画面を操作することにより自由に回転し、あらゆる角度・断面から

形状を確認できるような仕様とした。

#### ①AR読み込みプログラムの機能

背面カメラをONにし、カメラ映像をタブレットに表示する。カメラがテキスト上のARマーカを捉えるとその情報（ID番号）を取得する。

#### ②3D表示プログラムの機能

取得したID番号に対応した3Dモデルデータを表示する。表示された立体モデルをスワイプすると、3Dモデルが自由に回転する。平面図、正面図、側面図など各投影図や断面図、組立図の表示ができる。

3Dモデルの表示も、当初Pythonで作成していたが、自由回転だけでなく、ボタン一つで上から見た図、横から見た図などさまざまな投影図を表示できるようにしたかったため、以下4つの理由から無料ソフトウェア「CAD Assistant」(図4参照)を活用することとした。

- ・無料であり、さまざまなOSに対応している。
- ・直観的で操作性に優れている。
- ・さまざまなCADデータに対応している。
- ・自作プログラムでここまでの機能を実現するのは時間と労力がかかる。

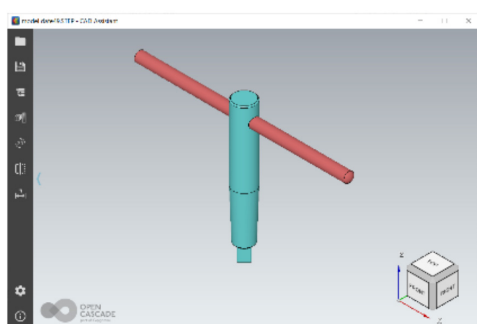


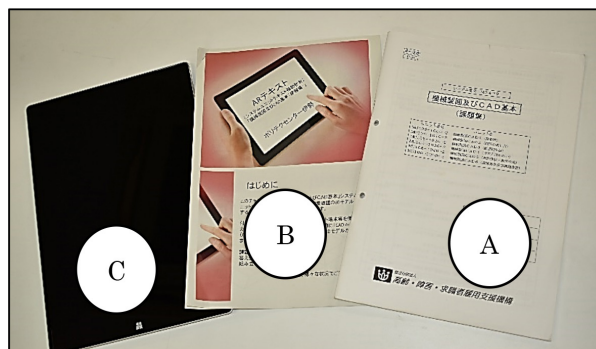
図4 Open Cascade社「CAD Assistant」の画面

また、Pythonでは、STLデータを扱っていたため、モデルに色を付けることができなかったが、「CAD Assistant」はSTEPファイルに対応しているため、3DモデルのデータはSTEPファイルのAP214 (ISO 10303-214) で扱うこととした。

## 4. 作成した教材の使用方法

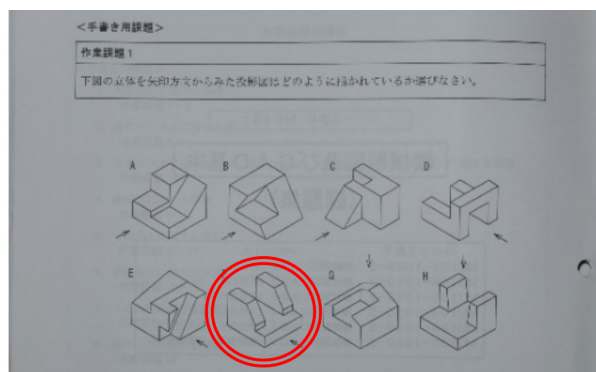
### 4.1 準備するもの

- ① システムユニットテキスト  
MS409「機械製図及びCAD基本」
- ② ARテキスト（機械製図編）
- ③ タブレット端末（ARアプリケーション実装）



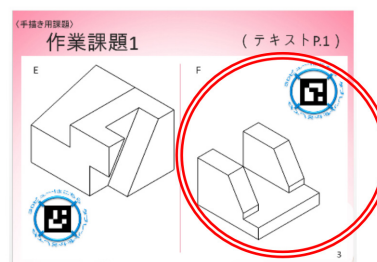
### 4.2 使用例

①SUテキストのうち、3次元表示をしたい図面を確認する。



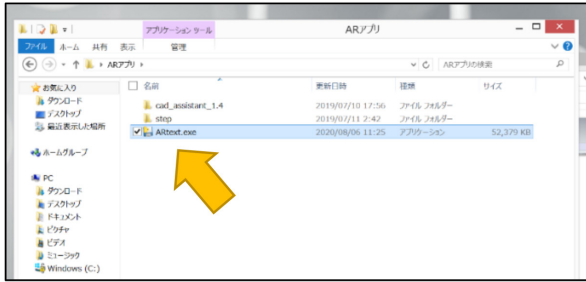
図① SUテキスト P.1 作業課題1 Fの図

②ARテキストの該当ページを確認する。



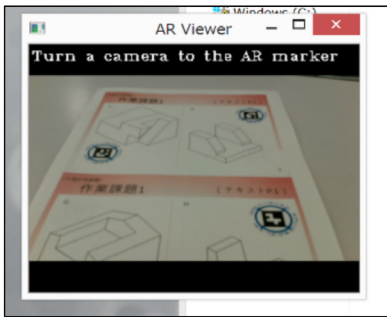
図② ARテキストを参照（作業課題1のF）

③タブレットのARアプリケーションを起動する。



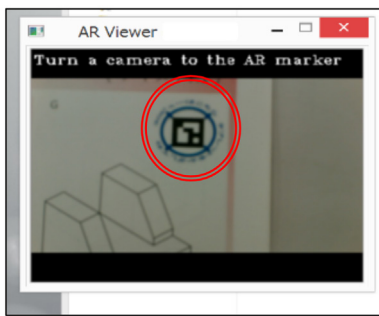
図③ ARtext.exe を起動

④背面カメラの映像が表示される。



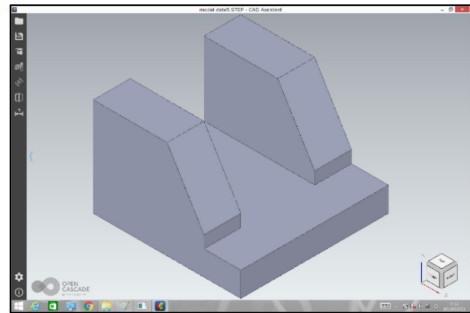
図④ AR マーカー読み取りウィンドウが起動

⑤ARテキストの図面横にあるARマーカーにカメラを近づける。



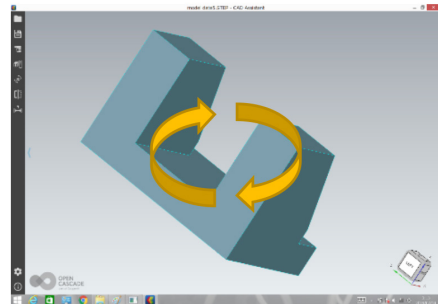
図⑤ テキストにある AR マーカーを読み取る

⑥3Dビューア「CAD Assistant」が起動し、目的の3Dモデルが表示される。



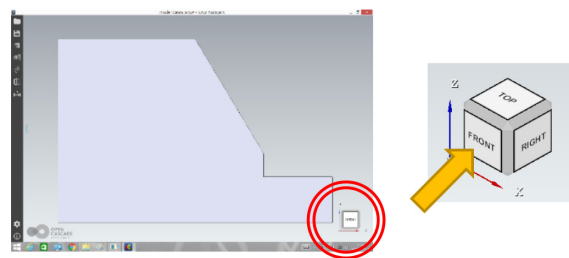
図⑥ 3D ビューアで 3 次元モデルを表示

⑦自由に回転して見る。



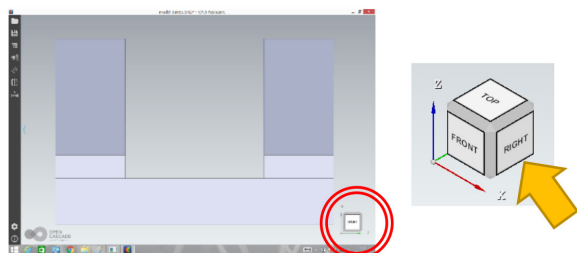
図⑦ スワイプして自由に回転

⑧正面図を見る。



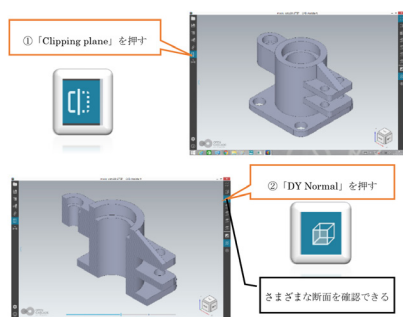
図⑧ FRONT ボタンを押す

⑨側面図を見る。



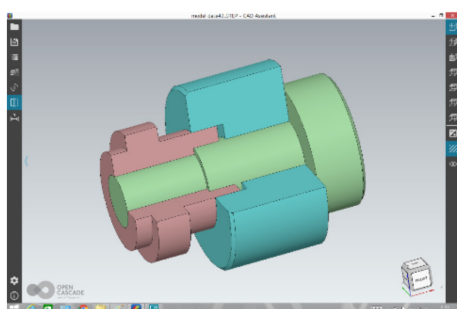
図⑨ RIGHT ボタンを押す

⑩断面図を見る。



図⑩ 作業課題9の断面図

⑪組立図を見る。



図⑪ 作業課題16の3次元モデル

## 5. スマートグラスの活用

スマートグラスとは、メガネのように装着して現実世界にディスプレイ上のデジタル情報を重ねて見ることができるウェアラブルコンピュータである。

近年では、医療、建設、製造、物流業界など、さまざまな分野においてスマートグラスを活用した遠隔支援や、作業現場のデジタル化を実現することに

より、生産性の向上や業務の効率化が行われている。

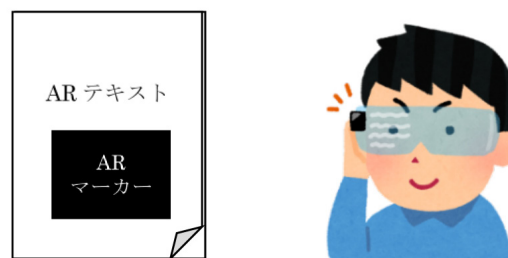


図5 スマートグラス活用イメージ

今回作成したようなARテキストにスマートグラスを活用すると、受講者がスマートグラスを装着してテキストを見るだけで、ウェアラブルディスプレイ上に3Dモデルの表示がされるため、タブレット等をかざす手間なく、機械図面と立体表示された3Dモデルを比較しながら見ることができる。

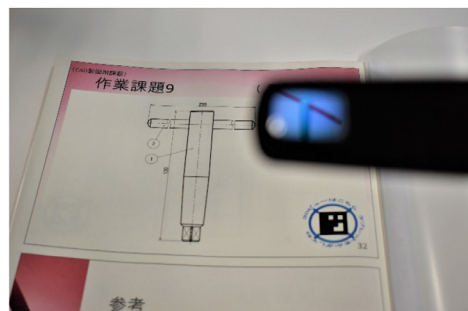


図6 RealWear社のスマートグラスを使用した例

加えて、受講者はタッチセンサーや音声、ジェスチャー等を用いて、3Dモデルを自由に回転し、あらゆる角度・断面から形状を確認できるようになる。この機能は、スマートグラスのインターフェースによるものの、受講者の視覚上で、テキスト上の平面的図形が立体イメージとより一層結びつく体験を実現可能なのである。

## 6. 総括

### 6.1 まとめ

今回は、効果的かつ効率的に習得できる機械製図のICT教材として、ARマーカーを埋め込んだテキス

トとタブレットを使用した3Dモデルの表示ができる教材を作成した。SUテキストにある図面を立体表現し、あらゆる角度・断面から形状を確認することができる教材となった。

今後は、本教材の職業訓練現場における検証を行う。今年度導入されるオンライン訓練用端末を使用すれば、受講者一人一人の手で確認することができるため、機械製図の職業訓練にこの教材を活用し、その効果を測る予定である。

## 6.2 スマートグラスの可能性

今回は、受講者がスマートグラスを掛けて3Dモデルを表示した例を提示したが、ARの技術を活用すれば、図7-2のように組図の部品イメージをアニメーション表示することもできる。

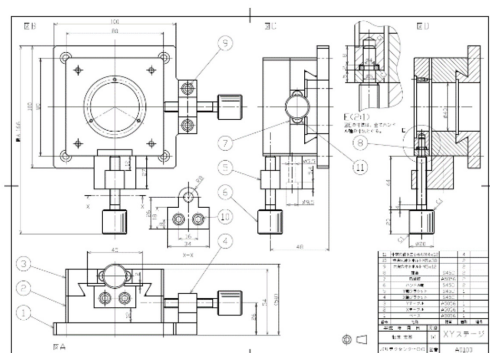


図 7-1 X-Y テーブルの組図

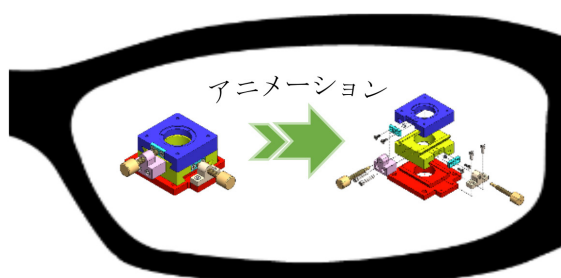


図 7-2 組図のアニメーションをスマートグラスで見る

スマートグラスをかけて図面を見れば、省略されている部分のイメージ図やアニメーション、説明の吹き出しが出てくる等、図面におけるポイントとなる箇所をより分かりやすく伝えられる。

その他、職業訓練におけるスマートグラスの活用

は、無限の可能性を秘めている。例えば、実物を正面から見たら正面図の図面が浮き出て表示されたり、機械加工の訓練においては、安全の注意喚起や作業指示などをARで表現したりと、次世代の職業訓練現場の発展をも、本教材は示唆している。

## 6.3 今後の展開

今後、職業訓練現場においてICT環境が整備される。このような教材が普及してくることを考えると、今回は、簡易的なアプリケーションとして端末に実装するプログラムを作成したが、異なる端末（OS）等に対応するためには、Webアプリケーションとして、実現する方が望ましい。Webブラウザさえ入っていれば、どの端末からも実行できるためである。

また、今後のSUテキストは、その紙面上にARマーカーを付けておき、Webアプリケーションと3次元のモデルデータは、基盤整備センターのサーバ等に置き、スマートフォンやスマートグラス等をかざすとサーバにあるモデルが画面上に表示され、操作できるようにすると、使い勝手のよいICT教材となるだろう。さらに、テキストの特定の図自体をARマーカーとすれば、テキストに別途マーカーを付ける作業も必要なくなる。そして、アプリケーションにAIを搭載すれば、平面の図形を見せるだけで3次元形状をモデリングして表示できるようになるだろう。

今回の取り組みが、来るSociety5.0時代の職業訓練教材の礎となることを期待する。

### <参考文献>

- 1) 「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策（最終まとめ）」、文部科学省（2019）。
- 2) システムユニットテキスト「機械製図及びCAD基本（課題集）」、職業訓練教材研究会（2014）。
- 3) AI Sweigart 著、相川愛三 訳：「退屈なことはPythonにやらせよう」、O'Reilly Japan（2017）。

### <使用機器>

- [1] タブレットPC「Surface Pro 4」、Microsoft社。
- [2] 3D CADビューアー「CAD Assistant Version 1.4」、Open Cascade社。
- [3] プログラミング言語「Python 3」、<https://www.python.org/>。
- [4] 産業用スマートグラス「HMT-1」、RealWear社。



# Zoomを用いた オンライン訓練（学科）の実施

大阪府立南大阪高等職業技術専門校 吉田 智和

## 1. はじめに

南大阪高等職業技術専門校は、2020年3月から5月まで通常の職業訓練を休止する措置を取った。職業訓練において、感染症拡大防止のため、3つの密を避ける形での職業訓練の実施が求められている。

そこで、新型コロナウイルス感染拡大防止対策に沿った訓練を行うために、各種教育機関で実績のあるソフトウェア“Zoom”を用いて、試験的に訓練（学科）を3パターン実施・検証し、下記の事項を確認した。

- 訓練が安価に実施できること
- 職業訓練では訓練生の興味が訓練効果につながる
- さまざまな職業訓練指導員（以下、指導員という。）が容易に訓練を実施できること
- 通常訓練に比べ訓練の変化が少ないこと
- 技術発展に対応できること
- 指導員が在宅で訓練ができること
- IT機器により訓練の効率化、質が向上すること
- 訓練生のIT機器の取り扱いが上達すること
- 指導員のIT機器の取り扱いが上達すること

## 2. 期待される訓練効果

期待できる訓練効果を下記に記載する。

- 感染防止対応ができた訓練ができる
- 訓練生と双方向での訓練ができる
- 安価に感染防止対策済みの訓練ができる

- PCの操作などに不慣れな講師でも訓練ができる
- 少ない準備で訓練ができる
- 訓練生、指導員のITスキルが身に付く
- 機材やソフトの選定や訓練の指針にできる
- 機材の準備・教材の変更・準備時間・訓練の進め方の変化・PC操作を最小限として、指導員、訓練生の負担を小さくできる
- 指導員の誰もが訓練を容易にできる
- 長時間の訓練にも対応できる環境の最適化
- 訓練生が訓練に興味を持ち参加しやすい
- 既存の携帯や通信回線を活用できるなど経済的負担が最小限で済む（通常運営費内での実施）
- 訓練生も性質がさまざまであり、準備や訓練中の操作はあまり多くない方がよい
- モバイル端末の画面、慣れない機器での訓練の実施は試行錯誤が必要である
- 訓練生が興味を持って積極的に取り組めるようにシステム操作性などの負担を小さくすること

## 3. Zoomの選定理由

Zoomの選定理由を下記に示す。

- 参加者の準備負担が少ない（ID・パスワードのみ）
- 他のソフトに比べ有名であり、訓練生が興味を持ちやすく、試験運用に協力的である
- 上記の興味から訓練効果が上がりやすい
- 1対1なら無料で時間無制限での利用が可能
- 月2,000円と安価にソフトウェアを導入できる

- 各種教育機関で運用実績がある
- 配信者に必要なのは登録とインストールのみ
- 参加者はインストールのみ
- 参加だけなら永久無料
- 録画が容易（教材として活用可能）

#### 4. 当科で実施した利点

当科は電気系科目であり、全国的に電気系科目は多く、訓練内容の電気理論についても広く教えられている内容で本報告の活用が期待できる。

#### 5. オンライン訓練概要

実施した訓練は下記の3パターン（①②③）である。いずれの訓練も下記のことは共通である。

- ネットワーク環境は校の回線を使用、PCは有線接続、携帯端末は無線接続で実施
- 通常訓練と進行方法や教え方等の変化を少なくするため、通常訓練も並行して実施
- 指導員は下記のフェイスシールド、拡声機を着用
  - ・フェイスシールド：眼鏡型フェイスシールド
  - ・拡声機：TOA ER-1000BK VOICEWALKER

##### 5.1 ①教室を分散させての訓練

別教室に設置した質問用PCとプロジェクターを用いて訓練生が別教室での分散訓練を模擬した訓練を行った（図1）。Zoomを用いて投影された映像を基に実施した。（訓練生総数21名、10名別教室、11名通常訓練）

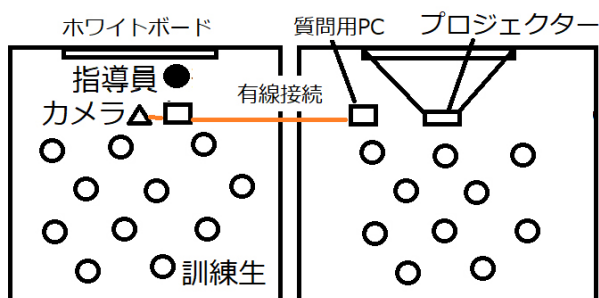


図1 ①教室を分散させての訓練（構成図）

##### 5.2 ②個別PCでの自宅受講模擬訓練

訓練用PCを6台用いて訓練生が自宅で訓練することを模擬した訓練を行った（図2）。Zoomを用いて配信し、個々PC（ヘッドセット使用）で訓練生が受講した。上記①の反省を踏まえ実施した。（訓練生総数21名、6名PC前、15名通常訓練）

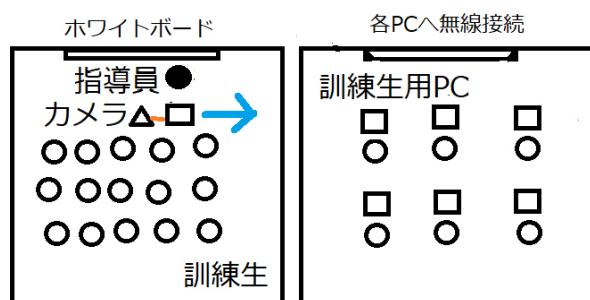


図2 ②個別PCでの自宅受講模擬訓練（構成図）

##### 5.3 ③携帯端末での自宅受講模擬訓練

携帯端末（7から10inchのモニタ搭載）を5台用いて訓練生が自宅で訓練することを模擬した訓練を行った（図3）。Zoomを用いて配信し、個々携帯端末で訓練生が受講した。上記①、②の反省を踏まえ実施した。（訓練生総数21名、5名携帯端末前、16名通常訓練）

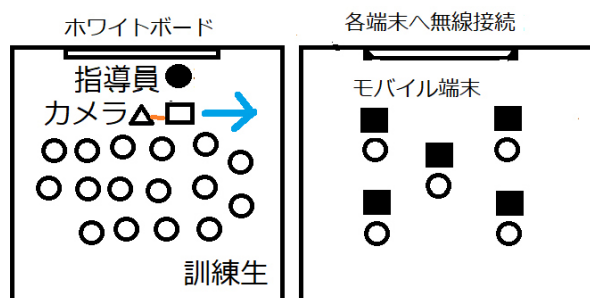


図3 ③携帯端末での自宅受講模擬訓練（構成図）

#### 5.4 電気系科目の概要

電気系科目の概要を下記に示す。

また、図4～8に訓練風景を示す。

##### (1) 訓練内容

第3種電気主任技術者試験対策 理論 直流回路

##### (2) 訓練教材

実教出版 電験三種徹底解説テキスト

電気書院 電験3種過去問マスタ 理論の15年間

電気書院 電験3種過去問題集

※訓練生には使用問題と解答が配布されている。

(3) 訓練時間

- ①教室を分散させての訓練 90分
- ②個別PCでの自宅受講模擬訓練 45分
- ③携帯端末での自宅受講模擬訓練 30分

(4) 訓練対象

電気主任技術科2年生21名



図7 ①の分散教室での訓練，別教室の様子

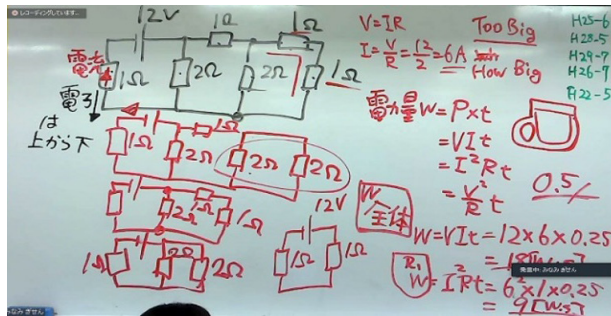


図4 訓練中のホワイトボードのキャプチャー画面

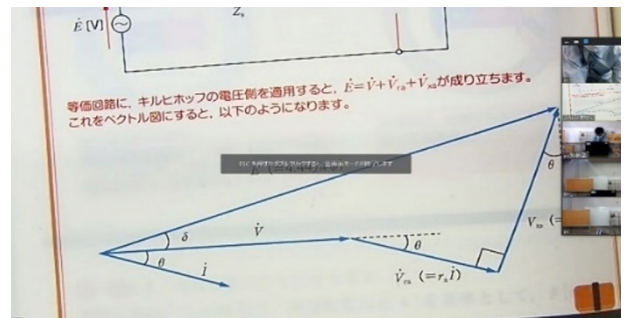


図8 指導員 PC の画面の様子（ユーザーの表示あり）



図5 通常訓練の様子

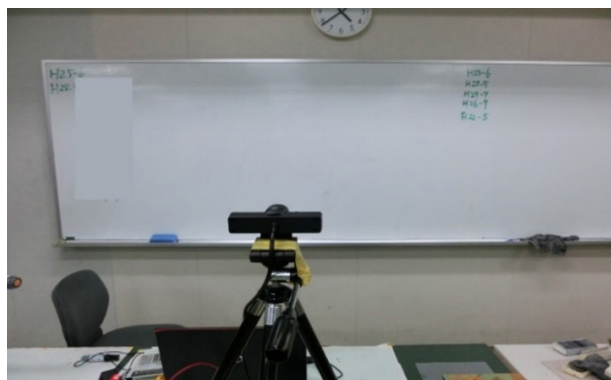


図6 ホワイトボード周りの様子

## 6. 準備項目と訓練環境

### 6.1 指導員の準備事項（①②③共通）

- PCの準備，電源の確保Webカメラの設置（詳細は下記に記載）
- Zoomのインストール
- Zoomのアカウント作成
- 新規のミーティング開始
- ZoomのミーティングIDとパスワードの伝達
- 訓練生ミーティング参加の承認
- ビデオの共有設定
- 訓練の実施

### 6.2 訓練生の準備事項

①はなし（指導員が実施）。②③共通，下記に記載する。

- Zoomのインストール
- ZoomのミーティングID入力（ログインは不要）
- Zoomのパスワード入力
- Zoomの承認を待つ
- オーディオ参加とビデオ参加の選択
- 指導員画面の最大化

### 6.3 訓練使用機材

- Webカメラ（事前テストで使用）:Logicool C920n
- Webカメラ（①②③）使用：ELECOM UCAM-C980FBBBK
- 配信用PC：FUJITSU LIFEBOOK A576/P
- 録音用マイク：Webカメラ 内蔵マイク
- ボードマーカー：PILOTボードマスター極太（黒赤橙）
- ボードイレーザー：コクヨ ホワイトボード用イレーザー RA-12NB
- ネットワーク環境：有線接続（校内回線）
- 使用ソフトウェア：Zoom（ver.5.0.5）
- 書画カメラ：ELMO L-12W

#### ①の受信用実習機材

- 受信用PC：HP Pavilion dv7 Notebook PC
- 使用プロジェクター：NEC V311V
- スピーカー：ノーブランド PC用スピーカー
- ネットワーク環境：有線接続（校内回線）
- 使用ソフトウェア：Zoom（ver.5.0.5）

#### ②実習機材（配信機器PCは①と同じ）

- 受信用PC：HP Pavilion dv7 Notebook PC×6台
- ヘッドセット：音量調整機能付き型式不明
- 無線LAN：BUFFALO WZR-HP-G302H
- ネットワーク環境：校内回線を無線LANで配信

#### ③実習機材（携帯端末）（配信機器PCは①と同じ）

- モバイル端末：7inch以上のモニタ搭載端末
- 無線LAN：BUFFALO WZR-HP-G302H

### 6.4 機器の設置環境

#### ●Webカメラ設置環境（①）

- ・床面からカメラの高さ： 1.55m
- ・カメラからホワイトボードまでの距離： 1.90m
- ・カメラから指導員までの距離： 1.65m
- ・ホワイトボード表示面 縦： 1.10m
- ・ホワイトボード表示面 横： 1.78m

#### ●Webカメラ設置環境（②③）

- ・床面からカメラの高さ： 1.55m

- ・カメラからホワイトボードまでの距離： 1.90m
- ・カメラから指導員までの距離： 1.65m
- ・ホワイトボード表示面 縦： 1.10m
- ・ホワイトボード表示面 横： 1.67m

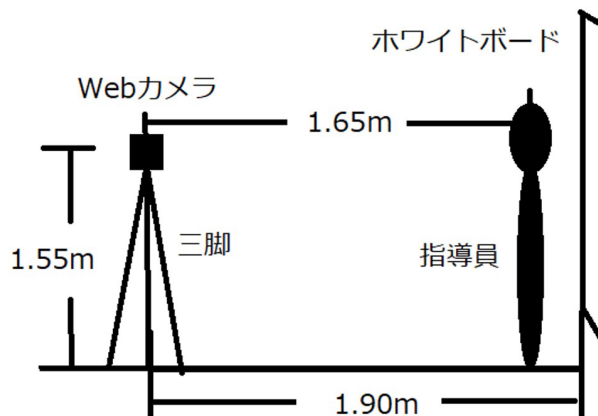


図 10 Webカメラの配置

#### ●①プロジェクター投影環境（図11）

- ・投影対象：教室ホワイトボード
- ・投影距離： 2.60m
- ・投影面寸法縦： 1.10m
- ・投影面寸法横： 1.67m

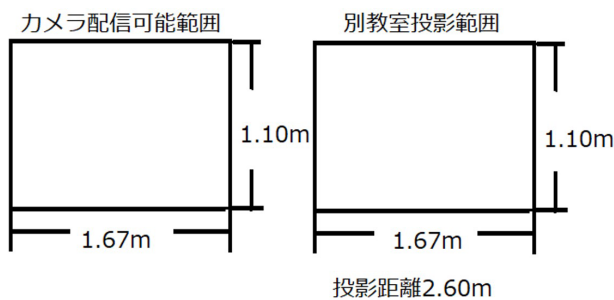


図 11 カメラ配信可能範囲とプロジェクター投影範囲

## 7. 実施結果の詳細とノウハウ

実施結果よりのノウハウを下記に記載する。

### 7.1 訓練実施について

- 現状、訓練校にある機材を使用し訓練を実施した。
  - ▶通信環境の条件を抜きにすれば、少ない設備投資で、訓練が可能であると分かった。
- 教材の変更を最小限にするため、あらかじめ訓練

生に使用するテキストを用意し、訓練を実施した。

- ▶既存の訓練教材でオンラインの訓練を実施できた。
- 訓練の進め方の変化を検証するため、通常訓練を並行して行った。
  - ▶通常訓練と同様の進め方で訓練を実施できた。しかし、訓練の速度は遅くなった。
  - ▶教科書を直接配信したい時に書画カメラの整備が必要となる。
  - ▶教科書の直接配信ではPC操作を少なくした方が指導員の負担とミスが減るため良い。
  - ▶操作を減らすために教材をPCに取り込み、Zoomの画面共有することも有効である。
  - ▶課題として配信PCの画面の移り変わり操作の増加による指導員の負担増加が考えられる。

## 7.2 配信映像について

- ホワイトボードがいっぱいになったらプリントスクリーンで画面を保存した。
  - ▶訓練が進んだ状態で、前の内容の質問が来ても、直前の板書の提示を可能として訓練の質が向上した。
- ホワイトボードがいっぱいになったら小さなボードを手前に配置し板書した。
  - ▶小さなボードを置くことで板書を消さずに訓練を進められ、ボードを動かすことで簡単に画面を切り替えることができた。
- 指導員がホワイトボードに映る範囲の枠を描いた。
  - ▶何も書かない場合に比べて、枠を視野的に認識でき、配信範囲がどこかを考えずに板書ができ指導員の負担が軽減した。
- ①において、別教室の映像を投影するホワイトボードに投影範囲をテープで表示した。
  - ▶明確に訓練生がスクリーンのどこに映されるかが分かり視認性が向上した。
- ①において、映像の撮影範囲と投影範囲の大きさが同じになるようにして訓練した。
  - ▶より自然に目の前で訓練しているように別教室でもホワイトボードの内容を同じ大きさで配信

することができた。

- ①において、配信用PCと別教室プロジェクターの縦横比に差異があり、配信者が意図した範囲が受信側から見ることはできない状況となったため、②においては個別PCと同じ縦横比のPCで配信した。
  - ▶良好に板書を視認しての訓練ができた。プロジェクターを使用するとプロジェクターの縦横比の調整とPCの設定の作業が増えると分かった。

## 7.3 配信の音声について

音声については、映像以上に訓練の質に大きく関係し、環境にも影響されるため、事前に念入りな調整作業を必要とすることが分かった。

- ①の分散教室での訓練において小型のスピーカーでは音割れが大きかった。分散させての訓練では教室の端と端に訓練生が着席しており、単独スピーカーで個々の訓練生に合わせた音量に調整することは難しかった。②の訓練ではPCでの訓練受講者は手元音量調整機能付きヘッドセットを用いて訓練をした。
  - ▶各訓練生が最適と思える音量で訓練を受講することができ、訓練生の負担が軽減した。今後スピーカーを使用して訓練する場合は、より出力の大きいスピーカーと細かいマイクの設定が必要である。
- せき、キータッチ、物を落とした時、紙をめくる音、ボールペンなどのカチカチ音をマイクが拾いやすい。
  - ▶雑音に注意を払う必要があると分かった。
- 複数のマイク（カメラ内蔵マイクやPC内蔵マイクなど）を切り替えて使用すると視聴側の耳が慣れないうちに、聞こえ方が変わり負担が増える。
  - ▶マイク切り替えを少なくした方が良いと分かった。
- 事前テスト時に拡声機からの音声を配信用のマイクから離れた場所に置いたスピーカーで拡声したが、音のこもりやハウリングが強く視聴は苦痛であった。
  - ▶マイクは口の近く、理想的には装着するとノイ

ズを拾いにくく音のレベルも安定して良いと分かった。

- ▶スピーカーはマイクから近い方が良いと分かった。

#### 7.4 Zoomでの配信について

- ①では配信側と受信側はPCを2台用いて1対1の接続で訓練をした。
  - ▶Zoomの無料版は1対1ならば時間制限がないため、無料で時間無制限で分散訓練を実施できた。
- Zoomのミーティングを開始する際、同じIDとパスワードでマイミーティングを毎回開始した。
  - ▶毎回同じIDを入力、同じパスワードを入力することで訓練に参加でき、訓練生、指導員ともに、ID管理の手間や準備の負担が軽減された。
- ②において、あらかじめZoom無料版をインストールした状態で訓練生にPCを配った。
  - ▶PCを立ち上げて、Zoomを起動してIDを入力してパスワードを入力するだけで訓練に参加でき、訓練生の訓練参加が簡単になり、負担が軽減した。

#### 7.5 訓練生からの質問について

- ②において、PC前の訓練生に対して、指導員が質問を投げ掛け、解答を指導員が復唱した。
  - ▶通常訓練を受けている訓練生にも、質問した訓練生の質問内容と回答を理解、共有することができ、双方向での訓練を実現できた。
- ①において、質問できるPCが教室に1台なため、質問しにくい環境であったため、②では各訓練生にPCを用意して、個別に質問できるようにした。
  - ▶PC前の訓練生も質問に対する負担が減り解答してもらえた。
- ②において、たとえPCが個別にあっても、訓練生にとっては自ら進んで質問はしにくい環境であった。そのため、こちらから質問を投げ掛けた。
  - ▶オンライン環境では、訓練生から質問をするというのはそもそもしにくいということが分かった。

#### 7.6 配信機器について

- 事前のテストで、ホワイトボードを映すWebカメラと、手元の教材を映すWebカメラを手持ちで撮影して、映像をZoom内で切り替えて訓練を実施した。
  - ▶訓練生からピントがずれ、手ブレがあり暗く見にくいという意見を得た。指導員側も訓練中のPC操作、カメラの操作は負担になると感じ、PC操作に慣れていない指導員では実用は難しいと感じた。
  - ▶それを踏まえ①②③では書画カメラを使用して、指導員の負担軽減と提示の質向上を実現できた。
- 事前のテストではWebカメラは校既存のLogicool C920n（オートフォーカス機能付き）を使用した。が訓練では現況で入手が容易であったELECOM UCAM-C980FBBBKを使用した。
  - ▶撮影範囲の横幅が狭くなるが訓練に差し支えなく、縦横比が4：3、16：9のいずれでも訓練が可能であると思われる。
  - ▶後記のWebカメラはオートフォーカス機能がないが問題なく訓練の実施ができた。
  - ▶双方のカメラとも、運用に新たにソフトウェアを導入する必要がなく容易に導入できた。
  - ▶配信画質はFull HD画質であるため、Full HD画質が訓練には良いと分かった。

#### 7.7 配信の確認について

- ①において、訓練に熱中すると指導員が、PCの操作を忘れてしまい、別部屋やPCで訓練を受講する訓練生に新しい映像が流れないトラブルが起きた。そのため、②では配信PCの横に受信用のPCを置き、訓練生が見ている画面と同じものを常に表示して訓練生に正しく映像が配信されているかを確認しながら訓練を行った。しかし、音声の確認はリアルタイムで聞きながらというのは1人では困難である。
  - ▶配信のミスを減らすことはできた。しかし、指導員の視線が下向きになりがちであるため、改善が必要である。

▶後記記載の外部講師の講和では、別の指導員がリアルタイムに映像と音声をモニタリングして配信を行い最も質の高い配信ができた。

●指導員が訓練を行う際、質問を投げ掛ける以外の場面では配信画面の確認に支障が出るため訓練生のビデオは非表示として、自身の配信画面を確認しつつ訓練を実施した。

▶画面端の切れがないか等、配信を確認しつつ訓練を実施できた。課題としては訓練生の居眠り等を監視することができないことが考えられる。しかし、1人の指導員が大勢の訓練生を画面上で確認しつつ訓練を実施することはかなり負担が大きく難しいためさらなる検討が必要である。

## 7.8 訓練の運用について

●②において、訓練生のPC画面上で他の参加者の画面が初期設定では映り込み、板書が見えなくなってしまうため、他の参加者の画面を最小化するように指示した。

▶訓練生のPC操作能力に差があるため、より細かく操作の指示をすることが安定した訓練を配信するための課題であり、対応表など準備が必要と分かった。

●訓練中遅延が発生した。

▶訓練に支障のない範囲であったため訓練を継続したが、通信状況によっては訓練に支障が出る遅延が発生する可能性があるため、さらなる調査が必要である。

●②において、Zoomの拍手の機能を用いて訓練生に意思表示をさせたが、指導員の目線が上にあり、指導員が意思表示に気が付かなかった。

▶直接訓練生に問い掛けて、返答してもらい意思疎通をした。

▶機能を使うよりも本人に直接質問の方がお互いがより双方向で訓練を受けているという感覚になり良かった。

▶訓練生のうなずきなどのジェスチャーは指導員の画面上でも確認が可能であった。

▶後記の外部講師の講和では、音が聞こえている

か、はい、いいえ、分かった、分からないなどの掲示用の紙を用意し、受信者に確認を取ったが、そちらの方がより容易に意思の疎通ができた。

●②において、あえて、訓練生のPCにおいては、オーディオの参加をしてもらい訓練をした。

▶訓練生の声と指導員との声が互いに聞こえ合う環境で訓練をした結果、訓練生の間では私語がほぼなくなった。指導員は訓練生の質問等の発言に気が付きやすい環境であった。

●③において、訓練生に表示する画面と情報を増やすため、図9に示すように配信側が2つのアカウントで2つの画面を配信し、一方はホワイトボード、一方は書画カメラとして配信して、訓練生自らが見たい画面を選択しながら訓練を実施できるようにした。

▶訓練生は得たい情報を選択できるようになった。

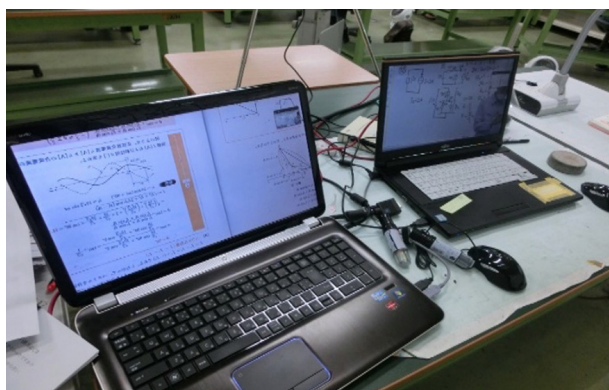


図9 指導員手元の様子  
(左 PC : PDF 表示, 右 PC : ホワイトボード表示)

## 7.9 その他

●訓練は極太のボードマーカーを使用した。

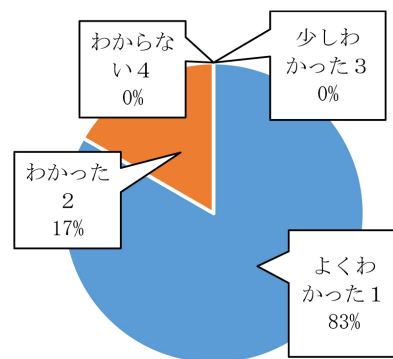
▶少々のピントのずれは気にならず訓練ができた。

●全体を通して、指導員がさまざまな試みを行いながら訓練を実施したため多くのミスが起こった。

▶オンラインでの訓練方法に慣れることと、練習ができればミスは減り質も向上すると考えられる。

●操作ミス等で配信が途切れることがあった。

- ▶何らかの理由で訓練生がミーティングに参加できない場合に対処するため、別の連絡手段を用意することが望ましい。即応性が高い電話とIDやパスワードを正確に伝えることができるメールやLINEがあると大変良い。
- ▶または、どうしてもミーティングに参加できない場合に備えて、PCやスマートフォンなど、複数の端末を指導員と訓練生で用意することが理想的である。



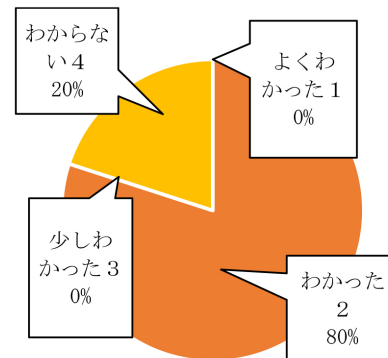
②の訓練生 (6名)

## 8. 訓練生アンケート (当日実施)

### 8.1 アンケート項目

①②③の訓練実施後、訓練生に対し下記の4項目について、4段階評価 (1.よくわかった 2.わかった 3.すこしわかった 4.わからない) でアンケートを行った。

- A. プロジェクター, PC, 端末は見やすかったか
- B. 指導員の声はよく聞こえたか
- C. 訓練の内容を理解することができたか
- D. 画面を見ながらノートは取りやすかったか

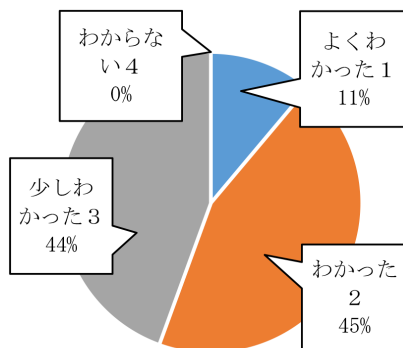


③の訓練生 (5名)

### 8.2 訓練生アンケート結果

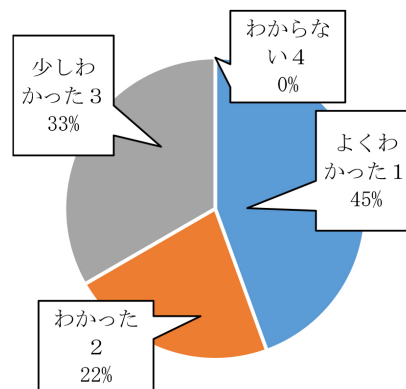
①②③の訓練のアンケート結果について、以下に示す。

- A. プロジェクター, PC, 端末は見やすかったか

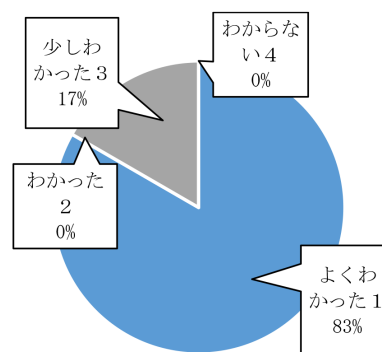


①の訓練生 (10名)

- B. 指導員の声はよく聞こえたか

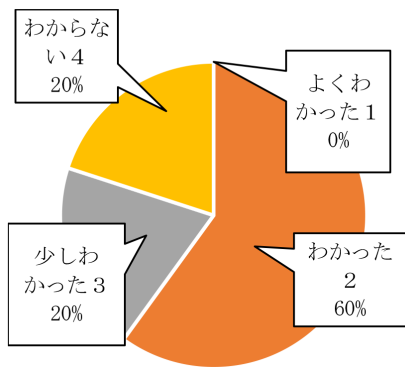


①の訓練生 (10名)

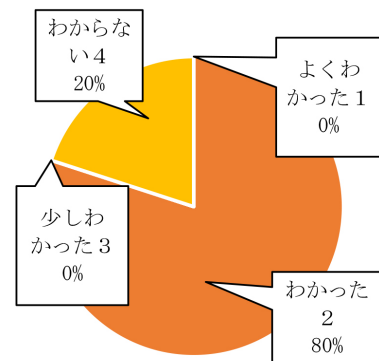


②の訓練生 (6名)



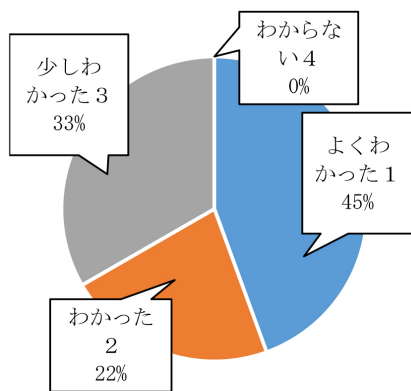


③の訓練生 (5名)

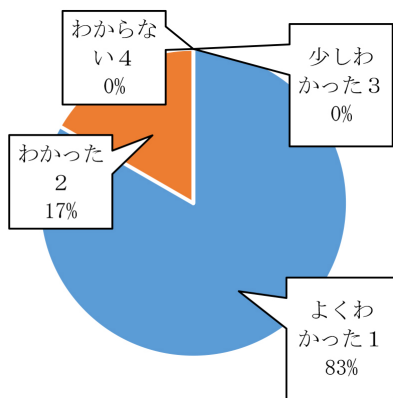


③の訓練生 (5名)

C. 訓練の内容を理解することができたか

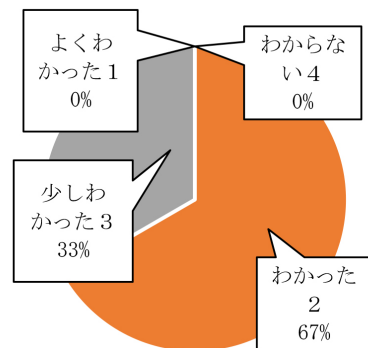


①の訓練生 (10名)

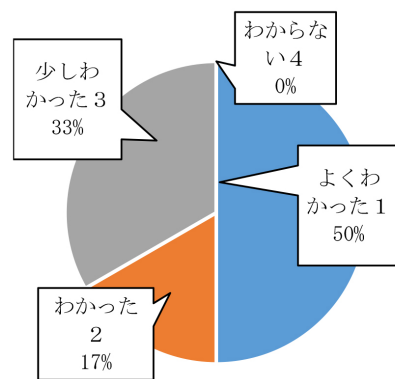


②の訓練生 (6名)

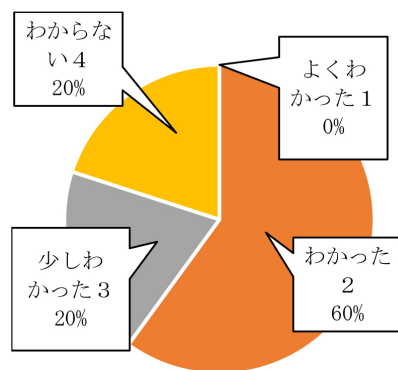
D. 画面を見ながらノートは取りやすかったか



①の訓練生 (10名)



②の訓練生 (6名)



③の訓練生 (5名)

### 8.3 訓練生コメント

#### (1) 訓練生コメント①教室を分散させての訓練

- プロジェクターの画面範囲が見切れている
- 質問のやりとりがしにくい
- スピーカーの音が割れて聞こえにくい
- ホワイトボードの映る範囲が狭い

#### (2) 訓練生コメント②個別PCでの自宅模擬訓練

- 参加者の顔表示で画面が見えない
- とても見やすく聞きやすく良かった
- 指導員がゆっくり話せば聞こえやすい
- 時々遅延する
- ノートPCのキーボードが邪魔でノートが不便
- 広い教室の一番後ろより板書が見やすい

#### (3) 訓練生コメント③携帯端末での自宅模擬訓練

- 学校のWiFi環境では安定しない。自前の端末と回線であれば支障がない
- 自前の電子機器と併用学習ができてはかどった

## 9. 総括

カメラとPCを用意し、多少訓練前に操作するだけで分散教室での訓練、自宅での学科訓練は実施可能であると判断する。

①の訓練について、分散教室での訓練はプロジェクターの画面調整、スピーカーなどの音響機器の改善と調整をすれば、十分実用的である判明した。問題はあつものの、①の利点は、事前に訓練指導員が訓練環境の準備をできる点である。IT機器の操作や準備ができる指導員が準備を行い訓練環境の最適化により、質の高い訓練が実施でき、IT機器に不慣れた指導員の負担が軽減される。

②の訓練について、個別にPCを用意した訓練であれば①の分散訓練をより快適にでき、PCと十分な速度のネット環境があれば自宅でも訓練ができ、現段階でこの方法が最良であると分かった。

③の訓練について、携帯端末を用いた場合、訓練は可能であるが7inchの画面サイズでは板書の文字が小さく訓練生の負担が大きいため長時間の訓練は

厳しい。訓練生所有の端末を使う場合、機器の操作に慣れており訓練に参加するハードルが低い。

全体を通して、大教室での訓練を多人数が受講する場合、携帯端末で板書や教材を見ることで後方の席の訓練生でも板書や資料の視認性が上がり、訓練の質が向上する。書画カメラで教科書の内容を事前準備なしで配信することが可能であると分かった。

## 10. 指導員訓練所感

筆者がオンライン訓練を担当して感じたことを以下に示す。

- 通常の訓練に比べて、指導員の負担は大きい
- 訓練生が質問しにくい、質問の方法に改善が必要
- Webカメラは邪魔にならず録画に使用可能
- 実機環境での予行演習が必ず必要
- 携帯端末は発熱、寿命の低下が不安
- 携帯端末での訓練は目の負担が大きい
- 携帯端末は機種が個別なため設定は訓練生がする必要があり、問題は各自で解決が必要
- 訓練の質はネットワーク環境に大きく依存

## 11. おわりに

今後の課題と進展を記載する。

- 訓練の質向上のために教材の提示方法の検討として訓練生側、指導側それぞれに2つのPC画面を用いて訓練をすれば、操作が容易になり、訓練の質が向上すると考え、分散教室で2画面配信、2画面受信での企業説明会を実施した。その結果、外部の講師が当日の準備で説明会を実施できた。
- 端末がPCでのオンライン訓練の場合、キーボード部分が画面の前にあるため、ノートを取る時にスペースが狭く、キーの誤入力で訓練映像の視聴ができなくなる心配があるためキーボード上に板を置くなど学習環境の最適化が必要である。
- 大阪府立の職業訓練校である当校では、現在CISCO社のミーティングソフトWebexを正式に導入した。それに伴い、上記分散教室での企業説明会、部外講師による全校への講和を実施した。

その実施は、ソフトウェアの違いはあれど、本報告のノウハウを基に実施して、本報告が訓練だけでなく、オンラインでの講義や教育に幅広く活用できることを証明した。

# ICT を活用したオンライン授業による 疲労き裂実験の実践

東京電機大学 酒井 則男

## 1. はじめに

現在日本の教育機関では、コンピュータや情報通信ネットワークなどのICT（Information and Communication Technology「情報通信技術」）を活用した教育が推進されている。また、ICTを活用した遠隔教育は、多様性のある学習環境や専門性の高い授業の実現など、質の高い学習の実現に資することが期待されている<sup>1)</sup>。

ICTを活用した教育は、文部科学省が「平成30年度文部科学白書 第11章ICTの活用の推進」で取りまとめ、6 高等教育におけるICT人材の教育の推進では、「社会の様々な場面でICTの活用が急速に広がり、社会の発展に欠かせないものとなっています。社会構造や価値観が複雑化する現代社会においては、ICTの高度な利活用が必須であり、社会的問題の本質まで掘り下げて解決策を描くことができる高度で実践的なICT人材の育成が求められています。」<sup>2)</sup>として推進している。

そして、東京電機大学（以下、「本学」という。）は、「技術で社会に貢献する人材の育成」を使命に、建学の精神「実学尊重」、教育・研究理念「技術は人なり」を基に教育の充実を重視したICTを活用した先進的情報教育への転換などを図っている。

このような情勢の中、2020年は新型コロナウイルス感染症（COVID-19）対策のため、ほとんどの教育機関では、授業の実施方法を変更し、多くの大学では、4月の新学期開始を遅らせて遠隔での授業を

実施するなど、ICTの利活用が必須な状況になった。

本学では、4月6日に開催された「新型コロナ対策ワーキンググループ協議会議（以下、「本会議」という。）の運用方針とガイドライン」に基づき、2020年度前期授業は5月7日から開始し、学生との対面を伴わない遠隔授業の導入が決定された。

筆者は、本学の学部3年生対象の「疲労き裂の破壊力学実験（以下、「疲労き裂実験」という。）の授業において、授業開始までの約1か月の準備期間の中で、実験の様子を録画し、それをWeb会議システムのZoomで配信することで学生に擬似体験させるなど、創意工夫を生かした弾力的な遠隔授業を実践させたので、その取り組みの事例について報告する。

## 2. 2020年度前期の授業概要

2020年度前期の授業は、本会議の運用方針に基づき、講義、演習科目は、遠隔授業を実施する。また、実験科目については、弾力的な遠隔授業を行う。

そして、本会議のガイドラインに沿って、次の4つの実施項目を基に遠隔授業を実施する。

- ①遠隔授業は、基本的に授業時間割に沿って実施する体制を整える。
- ②遠隔授業をライブで実施、または、コンテンツを作成する場合は、コンテンツを分けるなど学生が学習しやすい環境に整える。

- ③学生に演習問題や課題学習に取り組ませるなどの主体的学習を促す。
  - ④学習の後に、ラーニング・マネジメント・システムのWebClassなどを活用し、レポートや課題提出などを促し、学生の学習状況を把握する。
- 以上のことを踏まえて、教員と学生は、「ICTを活用した遠隔授業」の実施に向けて準備を進めた。

### 3. 遠隔授業（オンライン授業）のモデル

#### 3.1 遠隔教育の種類

「ネット教育」といわれる以前からの「遠隔教育」もあるが、それとは違った意味での現代的な「遠隔教育」の中には、大きく分けて「オンライン（同時双方向）型」と「オンデマンド型」の2種類がある<sup>3)</sup>。

##### 3.1.1 オンライン（同時双方向）型

Zoomなどを用いて授業をリアルタイムで配信するタイプである<sup>4)</sup>。

##### 3.1.2 オンデマンド型

メディアを利用して講義内容を教授することで、学生の理解度を把握し、学生からの意見や質問に対応することで、十分な指導を併せ行う。講義資料（ビデオ、音声付きPowerPointなどを含む）、教科書などを提示し、毎回の課題で「十分な指導」を行うタイプである<sup>5)</sup>。

#### 3.2 オンデマンド型とオンライン型の違い

従来の授業とICT時代の遠隔授業の授業組織を図1に4種類の授業形態を示す。

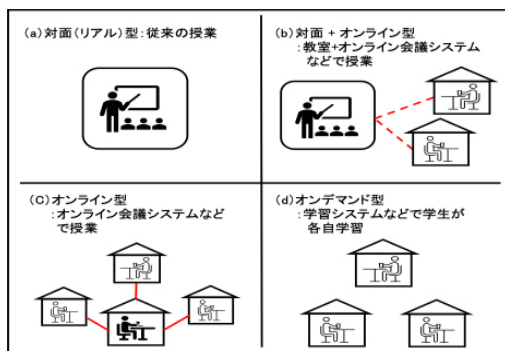


図1 従来の授業とICT時代の遠隔授業の授業組織<sup>6)</sup>

- (a) 対面（リアル）型：従来の授業
- (b) 対面+オンライン型：複合による授業
- (c) オンライン型：教室を一切使わない授業
- (d) オンデマンド型：各自が必要なときに学習

疲労き裂実験では、授業開始時はオンライン型で講義し、それが終わった後はオンデマンド型で受講させた。

### 4. ICT ツールおよび教材の構成

#### 4.1 ICT ツール

本学では、すでにオンライン授業に使えるICTツールの環境が整っており、その中で、下記4種類のツールを疲労き裂実験のオンライン授業に使用した。

以下に、ICTツールの概要を述べる。

##### 4.1.1 Box

クラウド型の容量無制限のオンラインストレージサービスで、メール添付の代わりにBoxを利用することで、大きなファイルも共有できる。電子メールでの機密文書のやりとりも不要になる。

インターネットに接続できれば、学内外から安全に必要な情報へのアクセスとファイル共有が可能になる。

##### 4.1.2 DENDAI - UNIPA

主として学生、保護者、教職員が使用するポータルサイトになる。各種お知らせの配信やシラバス登録、時間割確認、履修者名簿、学生の出席確認、採点登録、学生の成績参照などさまざまな場面で使用している。

##### 4.1.3 WebClass

本学が採用しているLMS（ラーニング・マネジメント・システム）の管理システムで、授業資料の配布やレポートの提出、掲示板の作成などがオンライン上で行え、履修学生に資料提供できる。

##### 4.1.4 Zoom

日本の大学として、はじめて全学導入したコミュニケーションツールで、リアルタイム双方向通信のため、学生が講義に参加している感覚が持ちやすく、具体的には、

- ①多様な講義運営が可能である。
- ②ホストと学生の画面共有機能を使い、双方向のプレゼンテーションが容易にできる。
- ③チャット機能を使うことで、補足説明や質問などを共有することができる。
- ④画面共有機能から、「ホワイトボードへの書き込み」や「学生のPC操作」が可能である。
- ⑤Zoomで講義を録画し、それをコンテンツとするオンデマンド型講義／反転授業に利用することができる。
- ⑥「ブレイクアウトルーム機能」を使い、講義Roomを最大50に分割できる。グループ学習を取り入れる講義運営にも対応（ホストはブレイクアウトルームを行き来可能）できる。
- ⑦教室または自宅などから配信が可能である。などの特徴が挙げられる。

#### 4.1.5 授業資料配信の主な流れ

ICTツール（Box, DENDAI-UNIPA, WebClass, Zoom）を活用した疲労き裂実験の授業資料配信の主な流れを図2に示す。

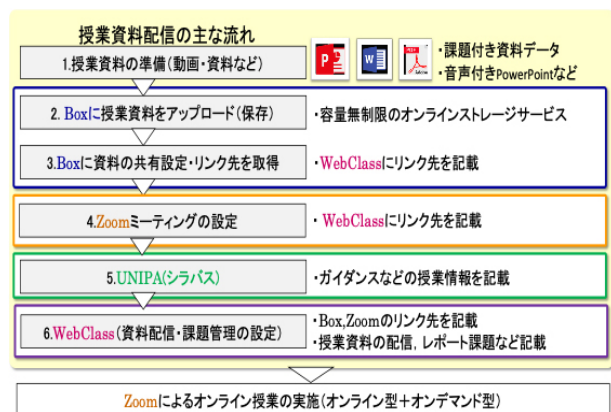


図2 授業資料配信の主な流れ

#### 4.1.6 ICT ツール活用の主なポイント

- ①動画ファイルはWebClassでデータ保存できるが、大人数が同時アクセスすると通信不能になる可能性があり、大きなデータはBoxに保存する。
- ②複数の配布資料がある場合は、種類ごとにファイルを分けて配布する。

## 4.2 ICT教材の構成

オンライン授業実施のために必要な動画・資料な

どのICT教材は、

- ①授業時間割に沿って実施する体制を整える。
- ②学生が学習しやすい構成にする。

この2つの項目を踏まえて、構成することにした。

#### 4.2.1 授業時間

疲労き裂実験のオンライン授業は、本会議のガイドライン実施項目の①に基づき、授業時間に沿って1日に1こま100分の2こまを連続して200分で実施した。学生の受講環境や通信負荷などを配慮して、「はじめに」のコンテンツを含めトータル178分にして、授業時間を超過しないようにした。

#### 4.2.2 ICT教材のコンテンツ構成

ICT教材を使ったコンテンツ構成は、表1に示すように、1-1.理論編（前半）、1-2.理論編（後半）、2.実験編（準備）、3.実験編（測定）、4.実験編（結果）、5.解析編、6.レポート作成編の6部に構成した。

表1 ICT教材のコンテンツ構成

コンテンツ名	内容	備考
0. はじめに	授業の進め方 配布資料の使い方などの概略説明を行う	「オンライン型」 スライド:4ページ
1-1. 理論編（前半）	1-1-1 材料の破壊事例 1-1-2 破壊力学の概念 (1)き裂先端近傍の応力および変位 (2)Griffithの脆性（ぜいせい）破壊理論 (3)破壊靱性（じんせい）	「オンデマンド型」 スライド:11ページ 動画:15分54秒
1-2. 理論編（後半）	(4)応力拡大係数の評価 1-2 疲労破壊過程 (1)疲労き裂の発生 (2)疲労き裂の進展 (3)疲労き裂進展の破壊力学的取り扱い	「オンデマンド型」 スライド:18ページ 動画:24分37秒
2. 実験編（準備）	2-1 実験目的 2-2 疲労き裂進展に関するASTM規格 2-3 き裂進展特性曲線	「オンデマンド型」 スライド:15ページ 動画:15分57秒
3. 実験編（測定）	3-1 疲労き裂進展の測定 装置の準備と試験片のセッティング 3-2 移動顕微鏡を使った測定方法	「オンデマンド型」 スライド:23ページ 動画:18分05秒
4. 実験編（結果）	4-1 $2\sigma$ , $da/dN$ , $\Delta K$ の求め方 4-2 各Cycleのき裂進展状況の考察 4-3 試験片の破断面の考察	「オンデマンド型」 スライド:15ページ 動画:29分25秒
5. 解析編	5-1 データ解析の方法 5-2 グラフの作成方法 5-3 データのまとめ方	「オンデマンド型」 スライド:9ページ 動画:18分23秒
6. レポート作成編	6-1 レポートの作成要領 6-2 レポートの構成 6-3 考察の記載要領	「オンデマンド型」 スライド:24ページ 動画:36分47秒

#### 4.2.3 ICT教材活用の主なポイント

##### 【動画】

- ①動画から得た情報でレポート作成できる内容を盛り込んでおく。
- ②動画ファイルは、授業全体を一つの動画ファイルでなく、複数のセッションに分ける（異なるファイル名でそれぞれ保存する）ことで学生は学習し

やすくなる。そのため、コンテンツは分割し、本会議のガイドライン実施項目の②に沿って対応した。

#### 【資料】

- ①授業で使用している教科書（新版 機械工学実験）を基に、PowerPointなどの資料を作成する。
- ②オンデマンド用の資料は、Zoomのレコーディング機能を使ってPowerPointにナレーション音声録音し、その動画データ（〇〇.mp4として保存）を授業資料として配信する。

## 5. オンライン授業実施に向けた準備

教員と学生は、オンライン授業実施に向けて、それぞれ準備を進めた。

### 5.1 教員

教員向けに配布された「オンライン講義総合マニュアル ICT（情報通信技術）を活用したオンライン講義」のマニュアルに沿って準備を進めた。

ICT教材は、動画の撮影・編集作業を行い、自宅で授業用教材を録画し、対面授業では必要なかった電子化された文章やオンデマンド用に手直したPowerPointを用意した。さらに、オンライン授業で使用する動画・資料はBoxにアップロードし、WebClassにレポート課題を設定、Zoomミーティングの設定などを行うことで、授業を開始できる。

これらの作業のほとんどは、教員が1人で行い今まで経験したことのない作業が多く、予想以上に時間と手間をかけて授業の準備を進めた。

### 5.2 学生

学生は、本学から発行された下記3項目の内容を含んだ連絡書に基づき、PC、タブレット、スマートフォンなどのデバイスを使って、オンライン授業が受講できる準備を進めた。

- ①インターネット環境がある場合は、なるべく無制限となる契約に変更する。
- ②インターネット環境がない場合は、ケーブルTV、WiFi環境やモバイルルータの導入を検討す

る。

- ③インターネット環境が用意できない場合は、スマートフォンなどの導入およびデータ通信量の上限拡大を検討する。

## 6. オンライン授業の実践

ICT教材を活用したオンライン授業の具体的な事例を紹介する。

### 6.1 科目名／対象学年

- ・科目名：疲労き裂実験
- ・対象学年：学部3年生

### 6.2 授業形態

授業開始から18分程度はオンライン型で講義し、それが終わった後は、それぞれ用意されたオンデマンド動画を使って各自のペースで受講させた。

### 6.3 実験目的

き裂進展速度 $da/dN$ の測定をASTM規格に従って実施する。変動負荷装置を使って実験を行い、き裂の発生、進展、試験片の様子などを確認するとともに、測定値からき裂進展特性曲線を作成し、求めた概算値と理論値を比較することで、疲労き裂実験に対する理解を深める（図3参照）。

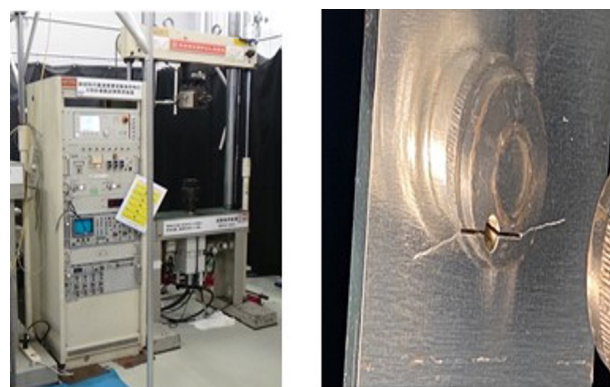


図3 変動負荷装置（左）および試験片のき裂（右）

## 6.4 オンライン授業の主なポイント

疲労き裂実験のオンライン授業を「授業前」、「授業時間」、「授業後」の3項目に分けた主なポイントを図4に示す。

項目	主なポイント
1. 授業前	1. Boxに授業用教材をアップロードする。 2. Zoomの設定を行う。 3. DENDAI・UNIPAのシラバスに授業情報を掲載する。 4. WebClassを使って、学生に資料を配布する。 5. WebClassにレポートの提出先「教材」を作成する。
2. 授業時間	1. 授業開始時：「オンライン型」 ・授業の進め方、配布資料の使い方など授業概略の説明を行い、その授業内容は、受講できなかった学生のために録画する。 2. 授業時間：「オンデマンド型」 ・学生はWebClassに公開されているリンク先から各オンデマンド動画を視聴し、各自で学習を進める。 ・教員はZoomで待機し、リアルタイムに質問に回答する。
3. 授業後	1. レポート ・1週間以内に、WebClassの提出先「教材」に提出する。 ・割り当てられた班のレポート添削を行い、学生にフィードバックする。 2. 授業開始時(オンライン)の授業動画を配信する。 3. 授業時間外の質問は、WebClassの掲示板に書き込ませる。

図4 オンライン授業の主なポイント

各項目の要点は以下の通りになる。

### 6.4.1 「授業前」の実施内容

疲労き裂実験で使用する動画・資料など授業に必要な資料は、Boxにアップロードし、Zoomミーティングの設定を行うことで、履修学生のみアクセス可能になる。そして、DENDAI-UNIPAのシラバスに授業情報を掲載し、WebClassを使って、資料を学生に配布する。図5に疲労き裂実験のWebClass掲示の一部を示す。

<p>件名: 6/12疲労き裂の破壊力学(1~2限Aグループ、3~4限Bグループ) 授業のお知らせ</p> <p>1~2限Aグループは9時20分、3~4限Bグループは13時40分からZoomによる授業を行います。</p> <p>◆ URL: <a href="https://dendai.zoom.us">https://dendai.zoom.us</a> ミーティング ミーティングパスワード</p> <p>◆ 教科書を使って授業を進めますので、事前に教科書を読んで予習を行ってください。</p> <p>◆ 授業で用意してほしいもの 1) 「新版 機械工学実験」</p> <p>2) 配布資料 (WebClassからダウンロード) (1) 疲労き裂の破壊力学実験の表およびグラフ_20200612 : <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> (2) レポート課題_各 Cycle のき裂進展状況_20200612 : <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> (1) 各 Cycle のき裂進展の写真 (2) 各 Cycle 測定値の写真 (3) 試験片の破断写真 (3) 疲労き裂の破壊力学実験_報告書作成にあたっての諸注意_20200612 : <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a></p> <p>3) 関数電卓(PCでも可)、ノート、定規、筆記用具など</p>	<p>◆ 各オンデマンド動画を視聴してください。</p> <p>1. 疲労き裂の破壊力学概略説明_前半 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 2. 疲労き裂の破壊力学概略説明_後半 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 3. 疲労き裂進展実験_part1 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 4. 疲労き裂進展実験_part2 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 5. 移動顕微鏡の説明について <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 6. 疲労き裂進展実験_part3 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 7. 疲労き裂進展の動画 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 8. 疲労き裂進展実験_part4 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a> 9. レポート作成方法 <a href="https://tdu.box.com/">https://tdu.box.com/</a></p>
--	--

図5 疲労き裂実験の WebClass 掲示内容

家にプリンタがない学生が多い。そのため、手元に資料を置いて説明を聞くスタイルの授業の場合、あらかじめWebClassで資料(PDFデータ)を配布し、コンビニなどでプリントアウトできる時間

を確保させる。

### 6.4.2 「授業時間」の実施内容

授業開始時は、オンライン型で講義し、それが終わった後は、オンデマンド型のため、学生は、自宅のPC、あるいはスマートフォンなどから何回でもアクセスできる。そして、教員はZoomで待機し、リアルタイムに学生からの質問に回答する。

表1に記載されている各コンテンツの具体的な実施内容を順に述べる。

#### 6.4.2.1 コンテンツ名：「0. はじめに」

授業開始時(冒頭18分ぐらいの時間)は、PowerPointの資料を用いて、実施すべき課題の概略やレポート提出方法、期限など指示する。特に注意する点を述べる。

- ① 学生が資料にアクセスできなかったときには、Zoomのチャット、音声またはメールでメッセージが送られてくるので、メールにも注意する。
- ② 受講できなかった学生への対応として、Zoomのレコーディング機能を使って、授業内容を録画し、授業終了後に動画配信を行う。

#### 6.4.2.2 コンテンツ名：「1. 理論編」前半/後半

学生は、今まで疲労き裂実験の理論に関する講義を受けていないので、基礎的な内容を加えた資料にした。オンライン授業では、学生の集中力が保ちにくいので、そこで、本会議のガイドライン実施項目の③に対応すべくコンテンツを前半、後半に分割し、授業の途中で課題を挟むなど、主体的学習を促した。

#### 6.4.2.3 コンテンツ名：「2. 実験編」(準備)

「実験目的」、「疲労き裂進展に関するASTM規格」、「き裂進展特性曲線」に関する内容は、PowerPointにナレーション音声を録音し、それをオンデマンド授業用の学習資料として使用した。

#### 6.4.2.4 コンテンツ名：「3. 実験編」(測定)

対面授業では、Cycleごといき裂の発生、進展、試験片の様子などを確認しながら移動顕微鏡を使って測定する。そこで、オンライン授業では、下記3つの項目について、工夫を凝らした弾力的な授業を実施した。具体的には、下記の通りになる。

- ① 疲労き裂進展状況のモニタリング方法



各Cycleの疲労き裂進展状況は、図6のように「モニター画面」、「試験片のき裂」、「測定ポイント」、「測定用スケール」の写真を4点セットにすることで、学生は、各Cycleの疲労き裂進展状況が分かるので、学習し易くなる。

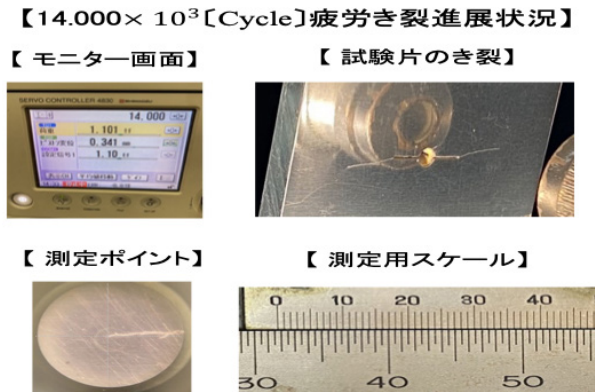


図6 疲労き裂進展状況の4点セット

②移動顕微鏡を使った測定方法

学生は、今回の実験で、初めて移動顕微鏡を使って測定する。そこで、図7の「移動顕微鏡測定マニュアル」(スライド6ページの資料で約10分の動画)を作成し、初心者でも短時間で精度よく測定値が読めるようにした。

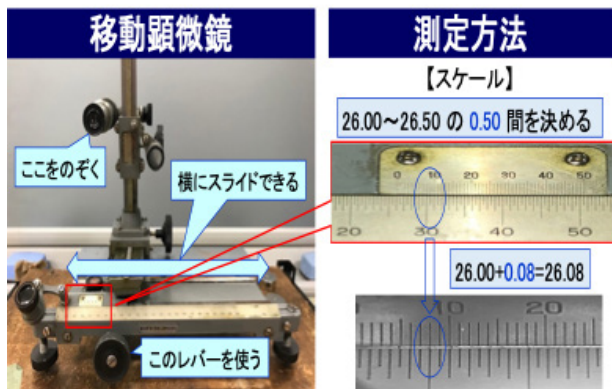


図7 「移動顕微鏡測定マニュアル」の一部を抜粋

③き裂進展状況の動画

学生が擬体体験できるように動画は教員目線で実験の様子を撮影し、ライブ感を演出させた。

対面授業では、き裂の発生、進展、試験片の破断までの実験は、約50分かけて行い、その実験結果をレポートにまとめる。学生がき裂進展のモニタリングがしやすいように一連の実験の様子を約10分間の

動画に編集した。

このような取り組みにより、対面授業と同様のオンライン授業を実践することができた。

6.4.2.5 コンテンツ名：「4. 実験編」(結果)

実験の測定値からき裂の進展速度 $da/dN \sim N$ に関係する値は、各式(2a,  $da/dN$ ,  $\Delta K$ )を使って求める。その求め方は、スライド3ページに具体的な事例を加えることで、学生に理解を深めさせた。その中の1ページ分を抜粋したものを図8に示す。

【き裂進展速度  $da/dN \sim N$  の関係をセカント法により求める】

- ① 試験片の測定値
  - ・寸法：B = 5.20mm, W = 50.05mm,  $2a_0 = 13.20\text{mm}$
- ② 疲労予き裂
  - p76 b) 疲労予き裂
  - 試験片の機械的切欠部より疲労予き裂を発生させておくことが義務付けられている
  - ・予き裂  $2a_1$  は、片側：2mm を発生させる
- ③  $2a_n$  の求め方
  - $2a_n = 2a_0 + 2 \times 2 + 2 \times \Delta$  (測定値 - ( $N=0$ の時の測定値))
  - $2a_1 = 13.20 + 2 \times 2 + 2 \times 0 = 17.20\text{mm}$

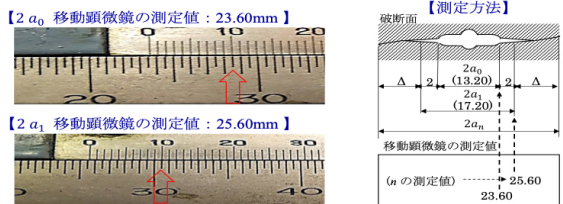


図8 「4. 実験編」(結果)の説明資料

6.4.2.6 コンテンツ名：「5. 解析編」

実験結果から得られた各値を使って、き裂の進展曲線 $da/dN \sim \Delta K$ に関係するデータ解析の方法、グラフの作成方法、データのまとめ方について行う。

具体的には、 $da/dN$ と $\Delta K$ の関係を両対数グラフに作成し、図上の係数Aとmの値をParisの式を使って概算値を求める。そして、最小二乗法の式を使って係数Aとmを求め、それぞれ概算値と計算値が一致したかを確認する。それらの求め方のプロセスを8ページのスライドにまとめ、概算値と理論値が比較できるようにした。図9に、そのスライドを編集した一部を示す。

6.4.2.7 コンテンツ名：「6. レポート作成編」

実験で学んだ学習内容は、本会議のガイドライン実施項目の④に対応すべく学生はレポートを作成して、1週間後にWebClassの指定された場所に提出する。そのレポート作成にあたって、3種類の資料を学生に配布した。各配布資料の主なポイントを以下に述べる。

【Parisの式を使って、係数Aとmの値を求める】

図上で係数Aとmの概算値を算出するために、近似直線を描いて直線上の2点のデータを読み取ると、(ΔK, da/dN)は、(11.0, 2.0×10<sup>-7</sup>)と(20.5, 1.0×10<sup>-6</sup>)であった。  
係数Aとmを求める式は、 $\log \frac{da}{dN} = m \cdot \log \Delta K + \log A$  から求める。  
∴  $\log \frac{da}{dN} = 2.59 \cdot \log \Delta K - \log 9.40$  または、 $da/dN = 3.98 \times 10^{-10} \Delta K^{2.59}$

【最小二乗法の式を使って、係数Aとmの値を求める】

最小二乗法にて係数A, mを算出する際には、次のp81 (1.68)から求める。

$$m = \frac{n \sum (\log (da/dN)) (\log \Delta K) - \sum (\log \Delta K) \sum (\log (da/dN))}{n \sum (\log \Delta K)^2 - (\sum \log \Delta K)^2}$$

$$\log A = \frac{\sum (\log \Delta K)^2 \sum (\log (da/dN)) - \sum (\log \Delta K) \sum (\log (da/dN) (\log \Delta K))}{n \sum (\log \Delta K)^2 - (\sum \log \Delta K)^2}$$

∴  $\log \frac{da}{dN} = 2.57 \cdot \log \Delta K - \log 9.40$  または、 $da/dN = 3.98 \times 10^{-10} \Delta K^{2.57}$

このように、係数Aとmそれぞれを図上での概算と最小二乗法を求め、図上での概算が正しいことを確認する。

図9 「5. 解析編」の説明資料

①レポート作成にあたっての諸注意の資料

レポート作成に必要な要件（目的や実施内容、実験結果と解析、考察など）は、2ページの資料にまとめ、授業で使用したPowerPointの資料を基に、重要な内容をレビューしながら説明を加えた。

②各Cycleのき裂進展状況の資料

各Cycleの疲労き裂進展状況と試験片の破断面は、動画から得た情報を盛り込み、図10のように一覧表にまとめ、それをレポート作成用の資料として使用した。

【各Cycleのき裂進展状況】【試験片の破断面(1)】

【0.500×10<sup>3</sup> [Cycle]】



【6.000×10<sup>3</sup> [Cycle]】



【試験片の破断面(2)】

【16.000×10<sup>3</sup> [Cycle]】

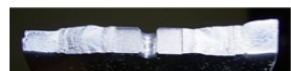


図10 疲労き裂進展状況と試験片の破断面

③表およびグラフの資料

表の記入方法、グラフの作成方法など、特に注意を要する点について説明を行った。

これらの資料を用いることで、レポート作成の質向上に結び付けさせた。

6.4.3 「授業後」の実施内容

授業終了後、主に下記3項目について実施する。

①学生から提出されたレポート添削

授業終了後の1週間以内にWebClassの提出先

「教材」にレポートが提出されるので、割り当てられた班のレポート添削を行い、学生にフィードバックする。

②授業の動画配信

授業開始時のオンライン授業を受講できなかった学生のために、録画した授業の動画を配信する。

③学生からの質問対応

授業時間外の学生からの質問は、WebClassの掲示板に書き込ませて対応する。

7. まとめ

7.1 2020年度のオンライン授業による結果

今回のオンライン授業を通じて、下記の2つの点について考察する。

7.1.1 レポート採点結果

学生から提出された過去5年間のレポートを100点満点で採点した場合の年度別採点分布を図11に示す。

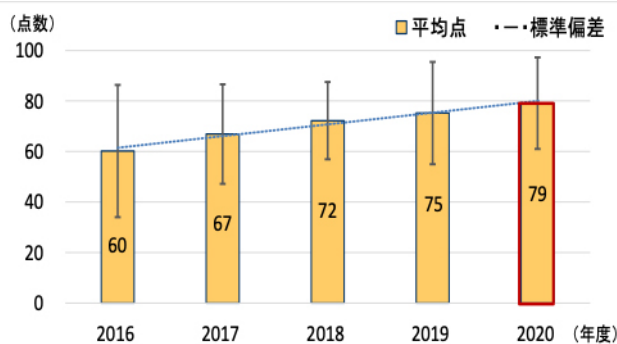


図11 疲労き裂実験の年度別レポート採点分布

オンライン授業を実施した2020年度のレポート採点の平均点は過去最高点で、標準偏差も過去並みの結果が得られた。

7.1.2 学生のアンケート結果

授業終了後に学生からWebClassに投稿されたアンケート結果の自由記述にオンライン授業に関する記載があり「映像が見やすく説明が丁寧だったためとても分かりやすかった」、「分割された動画が振り返って見直す際にとても確認しやすかつうれしかった」という狙い通りの回答がある一方で、「実験の動画を見るだけでなく実際に自分で実験をしてみた

かったが、先生が工夫してくださったおかげで理解が深まった」という回答もあった。実験系のオンライン授業では、動画や写真に頼って、ライブ感を演出したものの、やはり、実際に実験をすることが大切だと感じた。

この考察の結果から、本会議の運用方針とガイドラインの実施項目に沿って、創意工夫を生かした弾力的なオンライン授業を实践させたことで、実験の目的である「き裂の発生、進展、試験片の様子など」を学習しながら、「対面授業と同等のオンライン授業を実施」できたのではないかと判断する。

## 7.2 2021年度の授業に向けた授業デザイン

2021年度の授業は、2019年度までの授業と同じ対面授業が再開された場合を想定して、図12に示す授業デザインを基に授業を実施する。

下記に2021年度の授業概要を述べる。

2018年度までの授業	2021年度の授業	ポイント
<b>【自宅学習】</b> 教科書を使った予習	<b>【自宅学習】</b> 教科書を使った予習 <b>【反転授業の導入】</b> 理論や実験方法などの説明 (資料はWebClassで事前配布)	「反転授業」を導入し、理論や実験方法など学生が自宅で事前学習できる内容は、2020年度で使ったICT教材を使う。
<b>【対面授業】</b> 理論や実験方法などの説明 (授業当日に資料配布) 実地実験の実施 実験結果のまとめ データ解析、考察など	<b>【対面授業】</b> 実地実験の実施 実験結果のまとめ <b>個々の学習レベルに応じた指導</b> データ解析、考察など <b>個々の学習レベルに応じた指導</b>	「反転授業」で確保された実地実験の時間を使って、教員は特にレポート作成に必要な実験結果の解析、考察など個々の学習レベルに応じて、より一層きめ細かい指導を行う。
<b>【自宅学習】</b> レポート作成	<b>【自宅学習】</b> レポート作成	授業時間中にレポート作成に必要な内容が十分理解されているので、レポート作成のレベルアップにつながる。

図 12 2021年の授業デザイン

### 【具体的な推進方法】

「反転授業」を導入し、理論や実験方法など学生が自宅で事前学習できる内容は、2020年度で使用したICT教材を有効に活用する。その「反転授業」で確保された実地実験の時間を使って、特にレポート作成に必要な実験結果の解析、考察など個々の学習レベルに応じて、より一層きめ細かい指導を充実させる。

### 【期待される効果】

授業時間中にレポート作成に必要な内容が十分理解されるので、レポート作成のレベルアップにつな

がる。

この新たな授業デザインを展開させることで、さらなる授業のブラッシュアップを図り、教育の質向上に寄与させていきたい。

### <参考文献>

- 1) 2) 文部科学省：平成30年度文部科学白書 第11章ICTの活用の推進 [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/html/hpab201901/detail/1422160.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201901/detail/1422160.htm) (最終閲覧日：2021年1月28日)。
- 3) 6) 福村裕史，飯箸泰宏，後藤顕一 編 (2020) 『すぐにできる！双方向オンライン授業』化学同人， p.12.
- 4) 5) 京都大学，オンライン授業ってどんなもの？，<https://www.highedu.kyoto-u.ac.jp/connect/teachingonline/patterns.php> (最終閲覧日：2021年1月28日)。

## 謝辞

本誌に寄稿の機会を与えてくださり、また、本稿を執筆するにあたり、業務多忙の中、ご協力をいただいた職業能力開発総合大学の早坂司様に深く感謝申し上げます。

# 一般教室を使用した遠隔訓練の 配信システムに関する検討

千葉職業能力開発短期大学校 五十嵐 智彦, 栗秋 亮太

## 1. はじめに

昨今の新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、遠隔訓練が注目されるようになった<sup>1), 2), 3)</sup>。これは、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止が主目的であるが、遠隔訓練が実施されることによって、従来は休講の措置を取らざるを得なかった場合においても、受講生の教育訓練受講機会を奪うことなく訓練が実施できる利点がある。

また、企業においても遠隔訓練を受講することによって移動に要する時間がなくなることから、OJTと併用したフレキシブルな教育訓練体系を構築できるなど、一定のメリットが考えられる。

筆者らは、大手電気設備工事業の企業と共同で、遠隔方式による研修の実施について検討を行い、実際にリアルタイム型の遠隔配信により100名規模の研修の実施について支援を行った。配信には一般教室（研修室）を用い、特別な配信環境（照明・防音）などを構築することなく実施した。その訓練効果については現在検証中であるが、配信システムの構築や運営上のノウハウについて多少の知見を得ることができた。そこで本稿では、配信システムの構築や運用についてまとめたので報告する。

なお、訓練効果の検証結果等については、別稿にて追って報告する予定である。

## 2. 学習装置と職業訓練

筆者は、3年前、本誌においてスキナー型プログラム学習による訓練実施について報告した<sup>4)</sup>。本報告ではスキナー型プログラム学習の歴史について調査し、職業訓練において1970年代以降、積極的に研究が行われた旨の調査結果を述べた。

スキナー型プログラム学習とは、受講生個人のペースで、スモールステップで、問題を解きながら、かつその答えをすぐに確認できるようにしながら進める学習方式である。基本的には演習問題を解きながら学習を進めるスタイルのものであるが、当時はティーチングマシンと呼ばれる学習装置を用い学習する方法が主流であった。受講生はティーチングマシンを用いて個人ごとのペースで学習し、指導員はその教材（コンテンツ）を作成することが主たる任務であるとされた。スキナー型プログラム学習は、1970年代から急速に研究と普及が進められたが、結果的には職業訓練においても学校教育においても採用されることはなく、現在に至るまで従来通りの集合型学習が継続されている。筆者はその原因を、教育手法の内容について十分な議論をすることなく、単に「ティーチングマシンをはじめとする学習機器を使用することがスキナー型プログラム学習である。」と誤解されたためである可能性について指摘した。

ところが事情は再転し、新型コロナウイルス感染症の流行と、それに伴う休講・集合型学習の制限な

ど、訓練実施に大きな制約がかかることとなった。このため、パソコン（以下、「PC」という）等の通信機器の使用を前提とした遠隔訓練が一部の職業訓練においても実施されることとなった。この遠隔訓練の実施に伴い、受講者は各個人ごとに任意の場所で、PC等の通信端末を用いて教育訓練を受講することが可能となる。

また、講師は、従来のようにホワイトボードに板書する様子を撮影しそのまま配信する方法以外にも、電子黒板・タブレット端末等を用い、従来以上にさまざまな方法によって学習内容の提示を行うことが可能となる。このように新たな学習機器を導入することによって、われわれは新たな訓練方法を手に入れることとなり、実証実験や実際の現場を映像として配信することができれば、現在の訓練以上に実践的な訓練を提供できる可能性もある。

しかしながら、かつてスキナー型プログラム学習が、単純に「ティーチングマシンを使用すること」であると解されてしまい、その結果、教育効果が十分に発揮できなかったのと同様に、遠隔訓練における教育手法を十分に検討しないまま、「PCとWeb会議システムを用いることによって訓練を実施すること」を遠隔訓練であるとして訓練を実施するのは、教育効果が十分に発揮されないという懸念もある。われわれは、このような過去の教訓から、同じ轍を踏むことのないよう、鋭意慎重に遠隔訓練を準備

する必要がある。

遠隔訓練の実施については、さまざまな訓練手法が考えられるが、急激に社会情勢が変容する中で、十分な検討時間を設けることは困難な状況であるというのも現実問題としてある。加えて、訓練手法の検討については、十分な実践結果の蓄積とその分析を待つ必要がある。そこで本稿では、ひとまず配信システムの構築にテーマを限定し、筆者らが実際に取り組んだ遠隔訓練の実践の結果について報告することとする。

### 3. 配信システムの構築

筆者らは、急変する情勢に対応するために、早急に遠隔訓練の配信システムを構築する必要があった。従って、配信室の照明器具の設置や防音をはじめとする特別な対策は行わず、研修室（教室）などの一般教室を用いて、最小限の設備で実施することとした。

#### 3.1 配信システム

今回使用した配信システムの概略図を図1に示す。本配信システムは、Web会議システムであるMicrosoft Teams（以下、「Teams」という）を用い、講師と受講者を接続した。受講者は1人1台のノートパソコンが支給され、各個人の自宅にて講座を受

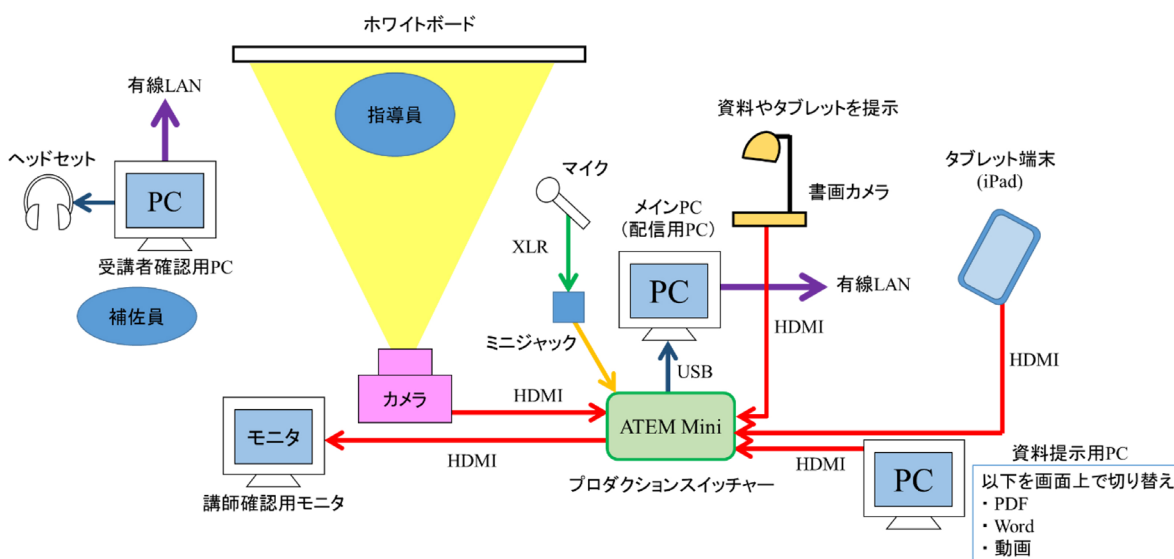


図1 配信システムの概略

講した。講師も配信用PCを用いて講座を配信し、(1) ホワイトボード、(2) 資料提示用PC、(3) タブレット端末等を用い、これらをスイッチャーによって切り替えることで教材を提示した。実際の配信室の全体像を図2に示す(図の左側が授業用ホワイトボード)。おのおのの提示方法については、次の通りである。

### (1) ホワイトボード

この方法は、ホワイトボードに板書する様子をそのままビデオカメラによって撮影し、配信するものである。ホワイトボードを用いた場合の配信画面(受講者が見るTeamsの画面)の様子を図4に示す。図4の画像は、一般教室の天井照明以外の照明を設置せずに配信を行った場合であるが、一般的なビデオカメラの性能があれば、特段見えにいいということ

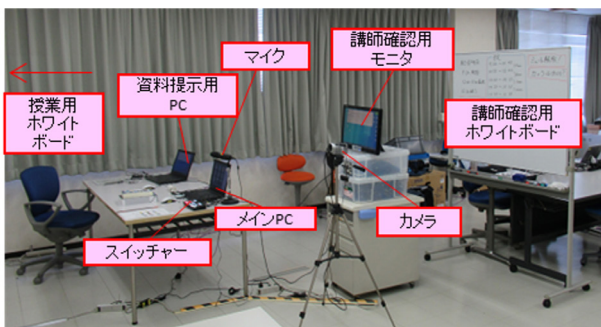


図2 配信室の様子(左側が授業用ホワイトボード)



図3 スイッチャー

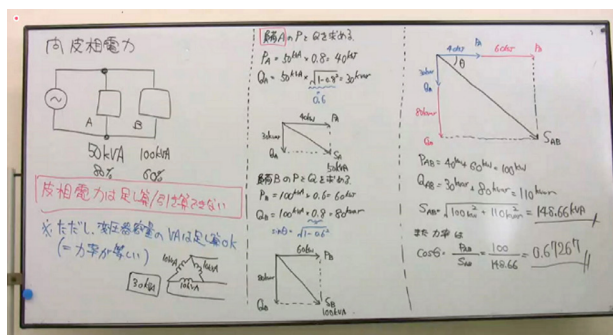


図4 ホワイトボード撮影時の受講者PCの画面

もなく運用することができた。ホワイトボードによる配信は従来の集合型の訓練をそのまま実施できるため、最も簡単に実践できる方法であると思われる。ホワイトボードの撮影は、ホームビデオカメラを用いた。動画撮影機能付きのデジタルカメラでも撮影は可能であるが、長時間撮影に対応できない機種もあり、発熱等により停止する場合があるので注意が必要である。また、カメラのオートフォーカス機能が有効であると、講師が動くたびにフォーカス機能が作動し、映像が見えにくくなる場合もあった。

この方法の最大の問題点は、受講者側の回線速度によってはタイムラグや画質の劣化が生じ、ホワイトボードの文字が読み取れなくなる場合があるという点である。筆者らの事例では、およそ1割程度の受講生がホワイトボードの文字が読めなくなるほど画質が悪かったとアンケートで回答していた。

### (2) 資料提示用PC

これは、資料提示用PCにWordやPDF、動画等の資料を表示し、その資料提示用PCの画面をそのまま配信する方法である。この方法も、ホワイトボードに板書する方法と同様に集合型の訓練における訓練の方法と同様に実施できることから、実践は容易である。その一方、写真や動画などデータ量が大きい場合には、タイムラグや画質の劣化がみられた。

### (3) タブレット端末

iPad等のタブレット端末に資料を表示し、タブレット端末の画面を配信する方法である。筆者らがiPadで試行した結果、受講生から否定的な意見がほとんど聞かれなかったことから、iPadでの講座は回線速度の影響を受けにくいと考えられる。一方で、電子ペーパーなど端末の種類によっては、画質が大幅に劣化したり、音声と画像の大きなタイムラグが発生し、講座が成立しなくなる場合もあった。

## 3.2 配信環境

講座の撮影と配信は、一般教室を使用した。照明は、あらかじめ天井に設置されている照明のみを用い、その照度はおおむね500lx程度であった。図4はホワイトボードを撮影した画面であるが、受講生から暗いといった意見は聞かれなかった。

照明において最も注意しなければならないのが、ホワイトボードにおける照明の反射である。反射が発生しないようにホワイトボードやカメラの配置については、十分に配慮する必要がある。反射に対する対策は、次のように行った。照明・ホワイトボード・カメラの位置関係を示したものを図5に示す。ここで、カメラからホワイトボードまでの水平距離を $a$ [m]、カメラからホワイトボード上辺までの垂直距離を $b$ [m]、カメラから床面までの垂直距離を $c$ [m]とする。また、ホワイトボードの上端部で反射が発生したときの反射角を $\theta$ [deg]とし、このときの光線を赤点線で示す。ここで、ホワイトボードの上端より下方で反射が発生したときを考えると、その反射角は $\theta$ よりも小さくなるため、図中緑点線のような光線となる。ここで簡単に考えるために、床面から天井面までの高さを3m、カメラの脚立高さを1m程度と考え、 $b=c=1$ mであるとする。反射が起きる天井面における境界部は、カメラを設置した場所とおおむね一致する。従って、カメラ設置位置よりも背後の照明を消灯すれば、反射は発生しないと考えることができる。また、部分的な消灯が困難な場合は、カメラ高さを高くすることでも反射を抑えることができる。

受講者とのやりとりは、原則としてチャットを通して行い受講者側のカメラ・マイクはOFFとして講座を行った。これは、双方向の通信とすることによって通信量が膨大となり、音声や画像のタイムラグや画質の劣化が見られたためである。受講者からの質問については、チャットを通して受け付けた。講座中は、講師からは度々質問を促したものの、結

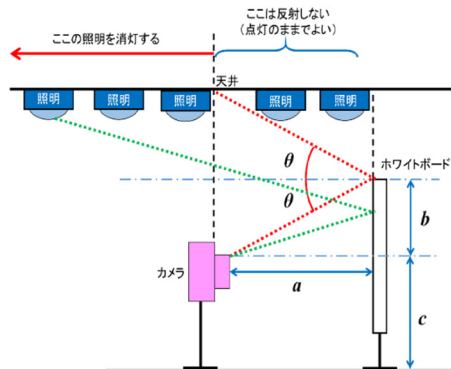


図5 反射の発生しない点灯方法

果的には受講者も遠隔訓練に慣れてないためか実際に質問するものは多くなかった。その一方で講座後にアンケートを実施したところ14.7%の受講生が、もっと質問の機会が多ければよかったと回答している。これは、全員が閲覧可能な状態で講師に対し質問をすることが、心理的なハードルが高かったためであると考えられる。この点については次のような事例がある。文献<sup>5)</sup>はベネッセコーポレーションによるものである。同社の遠隔講座では、公開チャット(みんなでチャット)と、非公開チャット(こっそりチャット)を併用し、公開チャットは受講者全員が閲覧でき、非公開チャットは本人と講師のみが閲覧できるものとして運用をしている。また、受講生の特性により学習効果が異なることも同文献では指摘している。従って、チャットの運用に関しては、全員が閲覧できるもののほか、講師との1対1でのみ閲覧できるものも用意する必要があると考えられる。

#### 4. まとめ

本稿では、筆者らが実践した遠隔研修について、配信システムと環境についての実践結果をまとめた。実践の結果、一般教室においても遠隔による訓練の配信が可能であることが確認できた。しかし、前述の通り、遠隔訓練を実施するためにはその訓練手法の検討と訓練効果の評価が必須である。今後は訓練手法と訓練効果の検証を行っていく。

#### <参考文献>

- 1) 酒井則男「実験講座におけるITC(情報通信技術)を活用したオンライン講座の取組事例」, 2020実践教育研究発表会全国大会 予稿集, pp131-132
- 2) 赤堀侃司「オンライン学習・講座のデザインと実践」, ジャムハウス, 2020
- 3) 佐藤正範「70の事例でわかる・できる!小学校オンライン講座ガイド」, 明治図書出版, 2020
- 4) 五十嵐智彦, 廣瀬拓哉「幅広い特性を持つ受講生に対応するためのスキナー型プログラム学習を活用した離職者向け職業訓練に関する報告」, 技能と技術2018年1号, pp7-13
- 5) 竹下浩, 岡田行弘「同期型e-learningにおける学習者特性とインタラクションの分析」, 日本教育工学会論文誌32(2), pp149-156, 2008

# 金属加工による感染防止対策用品の製作について

宮崎職業能力開発促進センター 青地 学

## 1. はじめに

宮崎職業能力開発促進センター（ポリテクセンター宮崎）の金属加工関係科においては、離職者や在職者を対象とした溶接をはじめとする職業訓練を実施している。

新型コロナウイルスの感染拡大が続き、感染防止対策の重要性が増している。

本稿では、金属加工の職業訓練課題開発の一環として製作した、飛沫感染防止用衝立（スニーズガード）、足踏式消毒液スタンドについて報告する。

## 2. スニーズガード

新型コロナウイルスの感染拡大が続き、マスクの着用が広がった中においても、強い感染力への対策が求められている。商店のレジや役所の受付窓口では、透明フィルムを用いて飛沫による感染防止を図っている。そこで、ポリテクセンター宮崎では、図1のスニーズガードを製作した。



図1 スニーズガード

これは、グラインダの切粉や溶接のスパッタの飛散を防止する図2の衝立をヒントに、職業訓練課題開発の一環として製作した。

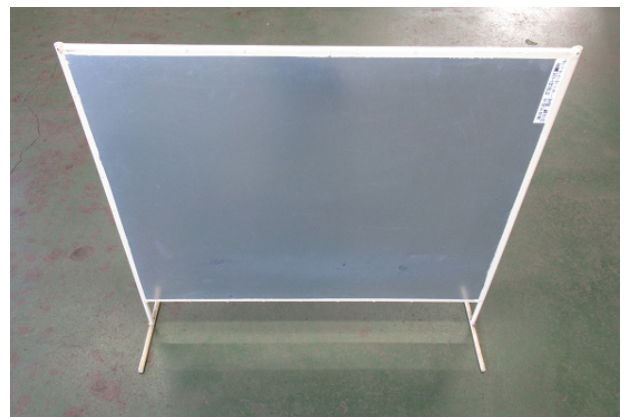


図2 切粉飛散防止用衝立

図3は、製作したスニーズガードの設置前後の様子である。設置前のように、透明フィルム単体での設置が難しい状況においても容易に配置可能で、細い鋼製フレームで圧迫感のない軽快な外観となっている。



図3 製作したスニーズガードの設置前後



これは、鉄鋼材加工における、切断、溶接、ひずみ取り等の一連の作業で製作が可能となっている。また、製作品は実用に供することができ、感染防止だけでなく、職業訓練の広報への貢献も期待できる。

### 3. 足踏式消毒液スタンド

新型コロナウイルスの感染防止のため、手動のスプレーボトルによる手の消毒が広く行われている。手でボトルに触れることによる感染リスクを低減させるため、図4に示す足踏式の消毒液スタンド（愛称：フミダス）を製作した。



図4 足踏式消毒液スタンド「フミダス」

これも、施設での離職者訓練および在職者訓練の溶接や板金の技術を活用したもので、職業訓練の課題開発の一環として製作した。製作したものは、施設の本館玄関や、図5に示す近隣の公共職業安定所の職業訓練相談窓口を設置しており、来所者の感染防止と併せて訓練の広報に活用している。

製作品には、ポリテクセンター宮崎で製作したことに加えて、該当する訓練コースの溶接や板金での製作過程を紹介して、ハロートレーニングの広報に寄与している。

製作した足踏式消毒液スタンドは、ペダルを含めた支柱、上下に高さを変更可能なボトル受け、ペダルの下降変位をボトル頂部に伝える最も長い部品と



図5 足踏式消毒液スタンドの活用例

なるスライダから構成されている。

これは、板厚1.0mmから3.0mmのステンレス鋼を用いて、シャーリングマシンによるせん断、プレスブレーキによる曲げ加工、ティグ溶接等により製作した。

現状では、消毒液ポンプに内蔵されたスプリングの力によって、消毒液使用後にスライダが元の位置に復帰する仕様となっている。このため、スプリングといった部品の調達が必要となるが、スライダを軽くする必要があり、板厚1.0mmで製作している。板厚1.0mmのステンレス鋼を溶接する際、通常の職業訓練で使用される板厚3.0mmの溶接に比べて溶融池の視認が難しくなる問題がある。

今後はさらに改良を加えて、実際の職業訓練や広報活動へと踏み出していきたい。

### 4. おわりに

職業訓練課題開発の一環として製作した、スニーズガード、足踏式消毒液スタンドについて報告した。感染防止対策への一助となれば幸いである。

製作に際して、助言や助力をして頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

# 第58回技能五輪全国大会 「構造物鉄工」職種競技 国際大会に向けた試みと新型コロナ禍の影響

職業能力開発総合大学校 第57,58回技能五輪全国大会「構造物鉄工」職種競技主査 山浦 真一

## 1. はじめに

「構造物鉄工」は種々の形状の鋼材を組み合わせ、切断、曲げ加工、組み立てなどの高度な加工・接合を施し、鋼に適切な形状と機能を与え、私たちの社会の中でさまざまに役に立つ建築・機械構造物を造り上げていく技能技術である。東京スカイツリーやあべのハルカスといった鋼構造を主とする高層建築物や鉄塔、鋼橋、水門設備などの河川管理施設、ガスタンク、風力発電のプロペラ塔などは、全て鋼板や形鋼などを加工し、さまざまな形に組み合わせて造られた構造物であり、本職種の技能は、社会の基盤となるインフラ設備や機械要素を支える現代社会

にとって必要不可欠なものである。

構造物鉄工職種は、日本の産業を支える重要な技能系職種の一つであり、技能五輪全国大会の競技職種として第1回大会（1963年（昭和38年））から50年以上にわたって競技が継続されてきた<sup>1)</sup>。

「技能と技術」2020年第2号掲載の前稿<sup>2)</sup>では著者らが第53回から第57回までの技能五輪全国大会の主査を担当した経験を基に、構造物鉄工職種の競技内容について解説した。本稿では、第58回技能五輪全国大会愛知大会における世界大会を意識した新しい取り組みとしての1ローテーション制への移行と、少し前まではわれわれが全く想像もしていなかった新型コロナウイルス感染まん延下での競技開催とそれを経験しての雑感について記したいと思う。

表1 1・2ローテーション開催の競技日程の比較

### ●1ローテーション開催(2020年11月)

2020 11/10(火)	11/11(水)	11/12(木)	11/13(金)	11/14(土)	11/15(日)	11/16(月)
会場設営	工具搬入	下見日 工具展開 競技準備	競技 1日目 4時間	競技 2日目 6時間	審査日 工具搬出	成績発表
		職種 開会式	全体開会式 (オンライン)	職種 閉会式		全体閉会式 (オンライン)

### ●2ローテーション開催(2019年11月)

2019 11/9(土)	Aグループ					Bグループ			11/17(日)	11/18(月)
	11/10(日)	11/11(月)	11/12(火)	11/13(水)	11/14(木)	11/15(金)	11/16(土)			
会場設営	工具搬入	下見日 工具展開 競技準備	競技 1日目 4時間	競技 2日目 6時間	工具搬出 搬入	下見日 工具展開 競技準備	競技 1日目 4時間	競技 2日目 6時間	審査日 工具搬出	成績発表
		職種 開会式		職種 閉会式	職種 開会式	全体開会式 (主会場)	職種 閉会式			全体閉会式 (主会場)

## 2. 職種競技の仕様変更について

### 2.1 競技スケジュールの変更

今年度第58回技能五輪全国大会「構造物鉄工」職種競技は2020年11月13、14日の2日間、合計10時間にわたって行われた。今回は世界大会予選（上海大会）であることを意識し、また、比較的日本人選手が弱いとされている“その場での対応力”を問うため、1ローテーション開催とし、課題に当日公開部分と当日変更部分を加えた。

本職種競技のこれまでの大部分の期間（1963～2009年）は1ローテーション開催であったが、2010年神奈川大会で会場の広さの都合で2ローテーション開催となり、それ以来10年間、2ローテーション開催のまま競技が行われてきたようである。今年度から世界大会になるべく合わせた課題となるよう、1ローテーション開催に戻した。そのメリットとして、課題の一部に当日公表部分および一部変更部分を含められるので、選手のその場での対応力を試すことができる。さらに職種競技開催期間の短縮にも

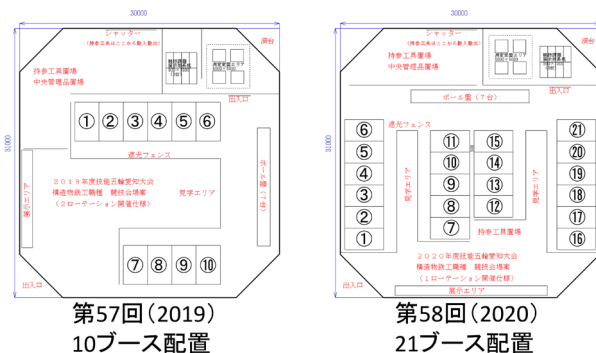


図1 第57回（2019）と第58回（2020）の会場レイアウト

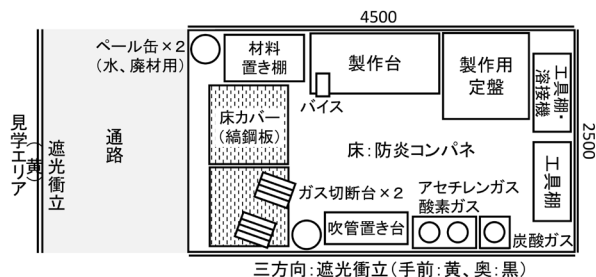


図2 競技ブースの概略図

つながるため、選手・参加団体およびわれわれ運営スタッフの負担が軽減される。表1に昨年（2019年）度および今年（2020年）度の競技日程を示す。開催日程が3日間短縮されていることが分かる。一方、デメリットとしては、最大24名の選手が一堂に会し、一斉に競技を行うため、2ローテーション開催よりも広い会場が必要である。図1に昨年（2019年）度および今年（2020年）度の会場レイアウトを示す。また、図2には競技ブースの概略図を示す。会場は同じポリテクセンター中部である。今年度は同会場内に昨年度の2倍以上の21ブースが詰め込まれ、各選手の持参工具置き場が最低限の広さとなった。また、各選手に与えられる競技ブースも昨年度よりも幅が0.3m狭く設定された。1ローテーション開催を今後継続していくには、なるべく広い会場を中央職業能力開発協会（以下JAVADA）にご用意いただくことが必要であると思われる。

### 2.2 競技ルールの変更

1ローテーション開催への変更に合わせて、時間点および安全に関する減点を廃止した。時間点は、これまでは競技時間10時間のうち、標準時間を9時間に設定し、9時間を超えた選手には軽微な減点を行っていた。安全に関しても遮光具、保護具着用の不徹底やグラインダーの火花を隣接するブース内へ飛散させること、自分の負傷および他の選手にけがをさせるなどの不安全行為について減点を行ってきた。一方、現状では世界大会は安全衛生に関してかなり緩い。例えばガス切断や溶接時における遮光保護具着用の不徹底、研削作業時の火花飛散などは問題とならない。このような細かさが日本的なガラパゴス化につながるものと考え、時間点の全面廃止、不安全行為に対する減点も原則廃止、ひどいものは競技委員会が協議の上、減点することとし、あくまで作品の完成度のみで審査を行うこととした。

さらに、作業用定盤・作業台については、2ローテーション制が開始された2010年以降、JAVADAの保管する設備品を最大12セット使用していたが、長く使用していなかった定盤・作業台については精度に不安が残ったため、各参加団体からの自前の作業

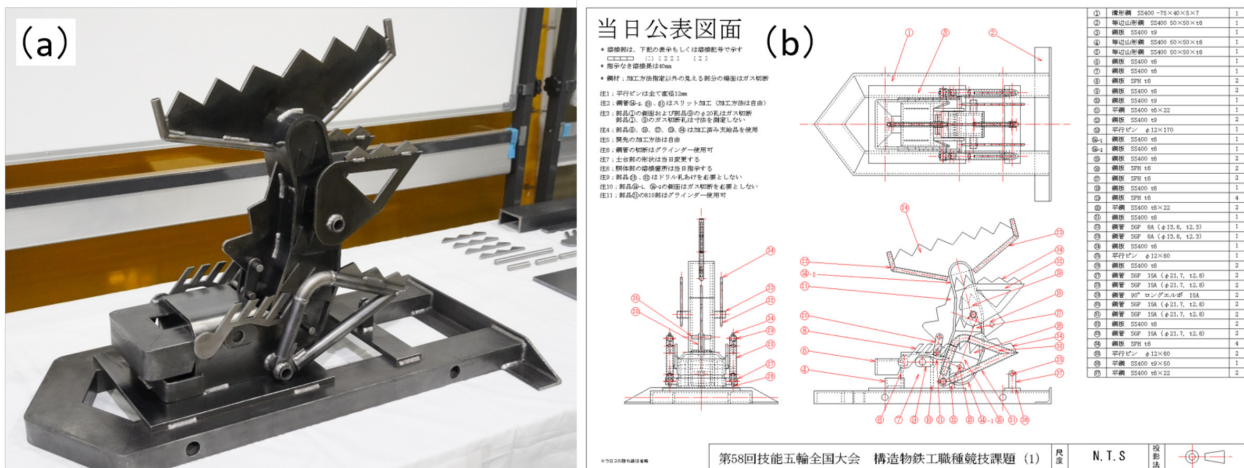


図3 第58回全国大会（愛知大会）競技課題 (a) 2か月前公表図面に基づいた展示作品, (b) 当日公表図面

用定盤・作業台の持ち込みを許可することとした。また遮光フェンスも不足となる恐れがあったため、各団体からの持参を要請した。

### 2.3 競技課題について

今回の1ローテーション制に伴って、競技課題についてもいろいろと変更を加えた。JAVADAの統一ルールとして課題は事前公開であるため、課題図面は2か月前に公表するものの、図面の一部を当日まで未公開とし、さらに図面の一部に当日変更箇所を加えた。図3に今年度の課題の製作例 (a) および当日公表図面 (b) を示す。今回の課題の題材は、名古屋城の金のシャチホコをイメージし、鋼板、鋼管、等辺山形鋼、溝形鋼、平行ピン、エルボを使用し、ガス切断、ドリル孔あけ、冷間・熱間曲げ、溶接などの技能技術を駆使し、競技時間10時間以内に

作り上げるものとした。今回の2か月前公表課題では、胴体部の溶接箇所および溶接指示記号を未記入とし、当日公開した。また、土台部の先端角度および全長を当日変更した。それにより、選手は競技開始後に図面を確認し、溶接箇所およびその方法を把握し、さらにその場で土台部となる溝形鋼の切断寸法を再計算せざるを得ない。当日公表および当日変更指示部分にうまく対応できた作品は、高得点を得た。

図4には選手の作業風景の一例を示す。選手が課題に真摯に取り組み、躍動する姿は美しく、また頼もしいものである。

「構造物鉄工」職種の世界大会では、日本人選手の金メダルは2009年静岡大会以来途絶えている。日本人選手の欠点は“当日その場での応用が利かないことにある”との議論を踏まえ、今年度大会では、選手にその場で考えさせる課題およびそれを可能にする1ローテーション制への回帰へとかじを切った。



図4 選手作業風景（ガス切断）

### 3. コロナ禍における開催について

今年度の第58回技能五輪全国大会愛知大会は、ともかくにも新型コロナウイルスに翻弄されたという意味で印象深い大会であった。例年5月に行われる競技関係者の合同説明会が中止となり、それ以降、技能五輪全国大会そのものの開催も危ぶまれる

中、必要最低限の準備を進めてきた。8月下旬にJAVADAより、最大限の感染防止対策を講じた上で無観客開催する旨の連絡を受け、準備が加速した。

無観客開催であるため、競技会場内の見学エリアは最小限とし、空いたスペースを持参工具置き場とした。競技開催2週間前からわれわれ競技スタッフも毎日体温を記録し、会期中は会場入り口で毎日体温の簡易測定と体温チェック表の提出を義務づけられた。当然マスク着用、アルコール消毒の徹底は必須である。

今年度の主会場における全体開会式・閉会式はオンラインにて行われたが、職種開会式は簡素なものとして対面で行った。ただし、選手と主査による集合写真については、選手にとっても記念として後々まで残ることを考慮し、ごく短時間だけ全員でマスクを外して撮影に臨んだ。

上述のように、今大会は無観客開催であったため、持参工具置き場を確保するために、見学エリアを最小限とした。“密”を避けるため、入場者も選手1名に対して付添者1名に限定するよう職種連絡

会でも各参加団体に要請していた。しかしながらふたを開けてみると、図5の競技会場風景写真に示す通り、見学エリアが“密”であった感が否めない。おかしいと思って参加企業の方に聞いてみたところ、JAVADA的には各企業の広報担当者は2名入場OK、協賛企業の場合は3名まで入場OKとのことで、競技委員会としては全く想定外の入場者数であった。来年度もまたwithコロナの開催であったならば、入場者数はより厳しく管理・制限するようJAVADAに要請する必要があると思われた。

一方、今回行われた各職種競技のライブ配信は、各選手の作業風景が分かり、よくできていると感じられた。今後もライブ配信は継続が望ましいと思われる。

#### 4. 審査について

##### 4.1 できれば審査および測定審査

競技終了当日の夕方、なるべく密にならないように呼び掛けながら一般公開展示を行い(図6)、その後、企業補佐員を除く15名の競技委員、競技補佐



図5 競技会場風景  
(a) 全体写真, (b) 左側見学エリア



図6 一般公開展示 (a) 21作品の展示, (b) 各選手の作品の出来具合を入念にチェック

員ができれば審査に当たった。できれば審査の項目は、①当日変更部分の確認（この項目のみ、競技1日目終了後に競技委員会のみで確認、審査を行った）、②ガス切断面、③誤作、④溶接ビード形状・美観、⑤溶接ビード位置・個数、⑥清掃状態、⑦摺動部のそれぞれについて、担当者を決めてじっくりと確認を行い、各項目について1作品のみ優秀（S評価）を選び、評価にメリハリを加えた。

競技終了翌日の測定審査では、あらかじめ2か月

表2 課題の配点と採点方式

	配点	採点
測定審査	各部高さ (ハイトゲージ)	提出姿勢、組み立て姿勢および分解した各部品で合計35か所 加点方式 (図面からの誤差に応じて点数を調整) 競技当日、2か月前公表課題図面からの変更指示、および未公表部分の開示を行う
	各部幅 (ノギス)	
	各部角度 (ベベルプロトラクター)	
	各部すきま (すきまゲージ)	
できれば審査	全体の美観、清掃状態	提出姿勢で行う 加点方式 (S、A、B、C、Dのランク付け)
	ガス切断面	
	溶接ビード位置・外観	
	合わせ部	
	摺動部	
	曲げ加工部	
	誤作	
土台部完成度 (当日指示課題)		
指示事項	提出方法等の指示事項違反の場合	重大な違反のみ競技委員会で協議の上、減点の可能性あり
安全・注意事項	重大な事故、安全違反の場合	不安全行為に対する減点はないが、重大な違反のみ競技委員会で協議の上減点の可能性あり
製作時間	製作時間10時間を超えた場合	競技打ち切り。未完成でも審査・採点を行う
合計	最終的に100点換算	

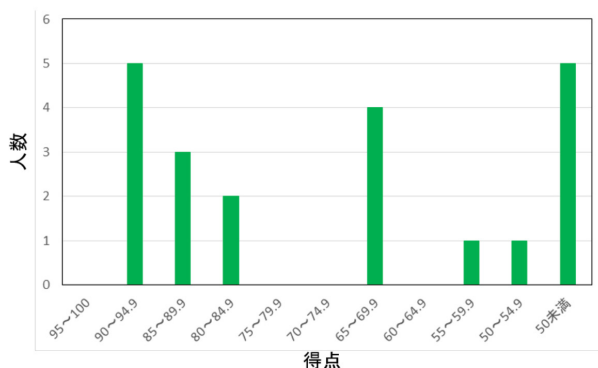


図7 結果の分析

表3 国際大会と第58回全国大会の競技仕様の比較

	国際大会	第58回全国大会
課題の公開	当日	2か月前公表 当日まで未公表箇所あり 図面の当日変更指示あり
競技日数	4日	2日
総競技時間	22時間(2017) 23.5時間(2019)	10時間
開催地	2017 UAE(アブダビ) 2019 ロシア(カザン) 2021→2022 中国(延期) 2023→2024 フランス(延期)	2020 愛知(無観客開催) (2022中国・上海大会出場選手 選考会を兼ねる)

前公表図面を基に各企業から測定箇所の提案アンケートを取り、反映した。測定工具にはハイトゲージ、ノギス、ベベルプロトラクター、すきまゲージを用い、測定箇所は35か所を選定した。表2に課題の配点と採点方式を示す。

## 4.2 結果の分析

図7には、21選手の得点分布を示す。今回は1ローテーション開催に伴い、課題に当日公表部分および当日変更部分を加えた。その結果、難易度としては昨年度よりも若干上昇したように感じられた。当日変更部分への対応に、選手の技量が明確に表れたようである。当日変更部分にうまく対応できたかどうか、大きなポイントであった。そのため、図7を見ても、上位10名グループと中間グループ4名、下位グループ7名が明瞭に分かれた。

喜ばしいことに、今大会では金メダル1名、銀メダル1名、銅メダル3名、敢闘賞5名の上位10名の全員が表彰された。このうち、金メダルを獲得した選手は再来年(2022年)に開催予定の中国・上海大会<sup>3)</sup>の日本代表となることが確定した(表3)。

競技終了後、参加団体にアンケートを行った。その結果、今回の競技仕様の変更についてはおおむね好意的に受け止めていただけたようである。個々の意見についても今後に生かしていきたい。

## 5. 運営について

今回も会場設営、競技運営、審査には競技委員・競技補佐員がその任に当たった。競技委員の内訳は、職業大2名、職業能力開発促進センター2名、高等技術専門校OB1名の計5名である。競技補佐員の内訳は、各企業から5名、職業能力開発促進センター9名、能開大1名の計15名である。このうち企業補佐員5名を除く15名が審査までを担当した。機構職員は14名であり、決して少なくない貢献である。競技の公平性を担保するためにも、機構職員の貢献が欠かせない。最後に、今回の競技委員・競技補佐員全20名の集合写真を図8に掲載し、この稿を締めくくる。



図8 今年度運営スタッフ20名の最終日集合写真

## 6. おわりに

今回は10年ぶりの1ローテーション開催への原点回帰が、世界大会強化委員会のご理解の下、競技委員会のご強い意向により“やや強引に”実施されたため、会場設営、JAVADA設備品の必要数、工具搬入・搬出等に混乱が予想された。しかしながら関係者のご理解とご協力の下、滞りなく競技を行うことができた。新型コロナウイルスまん延という、昨年初頭までは全く予想もできなかった緊急事態の中、運営と選手関係者が共に力を合わせ、今年度の職種競技を無事に来年につなげた意義は大きい。

本稿を通して、読者の皆さんに構造物鉄工職種について少しでも興味を持っていただけたならば、著者にとってこれに勝る喜びはない。構造物鉄工職種競技のさらなる発展を願ってやまない。

## 謝辞

本職種競技を開催するにあたり、中央職業能力開発協会技能振興部 栗原氏、早瀬氏、遠藤氏、尾高氏より最大限のご支援をいただきました。また会場設営には多くの外部スタッフの皆さまよりご支援をいただきました。記してここに謝意を表します。

### <参考文献>

- 1) 「五輪への挑戦 第57回技能五輪全国大会」, 中央職業能力開発協会編, 第126-142ページ, 2020年2月発行.
- 2) 「技能五輪全国大会『構造物鉄工』職種の競技紹介」, 山浦真一, 奥屋和彦, 技能と技術, 第55巻, 第2号 (2020年) 第1-7ページ.
- 3) 中央職業能力開発協会ホームページ, 技能五輪国際大会, <https://www.javada.or.jp/jigyou/gino/kokusai/index.html> (2021.01).

# モデルベース設計に基づく 速度制御系教材の開発

千葉職業能力開発短期大学校 岡田 侑大, 五十嵐 智彦

## 1. はじめに

近年の第4次産業革命進展に伴い、多くの設備が急速にオートメーション化したことから、制御工学が教育現場において重要度を増している。

その一方、一般的な制御工学の講義では、伝達関数や状態方程式等の数学を用いた抽象的な議論に偏りが生じやすい。初学者にとっては具体的な物理的イメージが実装と結び付かないために、教育現場において不人気科目として認知されることが多い。そこで、制御工学理論と物理的イメージを結び付けられる教材が提案されている。

例えば、北海道職業能力開発大学の茂木は「実機とシミュレーションを連携したフィードバック制御に係る教材の作成及びその教育訓練に関する検討」<sup>1)</sup>において、シミュレーション技術に基づくPID制御の直感的イメージを持つことを可能にする位置・角度制御系教材を提案している。

また、宇都宮大学の平田は、「ArduinoとMATLABで制御系設計をはじめよう!」<sup>2)</sup>において、模型用DCモータの速度制御系および、極指定法を用いたPIゲインの設計、さらにはBall and Beam実験装置を用いた位置・角度制御を行っている。

上記を含む制御系教材の大半は、マイコン等を用いてデジタル実装されており、演算時間に起因する無駄時間が生じる場合がある。無駄時間は、伝達関数では高次遅れ系と見なされるため、制御対象が1次遅れ系にもかかわらずステップ応答が振動を起

こす等、制御理論とは異なる挙動を示す場合がある。

そこで筆者らは、可能な限り理論に忠実な挙動を示す初学者向けの制御系教材が必要と考え、アナログ回路による模型用DCモータの速度制御系設計に基づく教材を開発した。本稿では、開発教材が制御理論通りの現象を示すかを検証した。その結果、おおむね理論通りの結果を得られたので報告する。

## 2. 本教材の仕様

本教材は、制御対象を定格5Vの模型用DCモータとして、このモータに速度フィードバックをかけることで、負荷トルクの変動に関係なく一定の速度で回転させることを目的としている。速度検出は図1に示すように、別途用意した同形式のDCモータの軸同士を機械的に結合させ、回転数を電圧に変換することで速度を検出する仕組みを設けている。

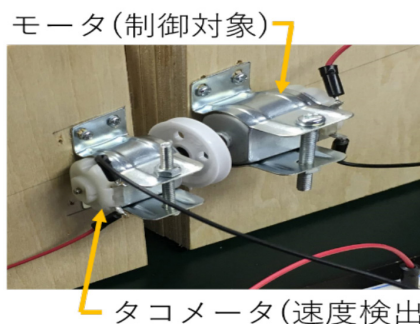


図1 本教材の制御対象モータとタコメータ部分

本稿では、下記4項目の製作手順を設け、フィードバック制御による速度制御系を開発した。



- ① ブロック線図による制御系の構成
- ② アナログ電子回路による制御器の設計
- ③ 伝達関数のパラメータ同定
- ④ 極指定法によるPIゲインの設計

### 2.1 ブロック線図による制御系の構成

図2はDCモータのブロック線図を示す。また、別添図1に本速度制御系教材のブロック線図を示す。別添図1, 2, 3の点線で示すa部分は、DCモータ相互を示し、図2は該当部分の抜き出しである。

回転速指令値は、指令値電圧  $V_r^*$  [V]で与え、指令値電圧がタコメータ出力電圧  $V_t$  [V]と一致するようにフィードバック系を構成している。ここで、タコメータは回転速度と出力電圧がおおむね比例関係にあると見なし、伝達関数を  $K_{e2}$  と置く。DCモータにはFETを用いたチョップパ回路より電圧を加える。その際、チョップパ回路のチョップパ定数を  $K_c$  と置く。

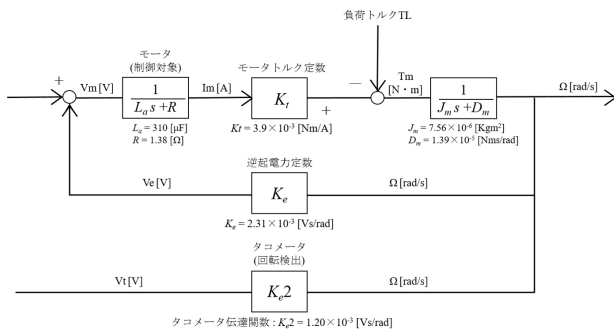


図2 制御対象（模型用 DC モータ）のブロック線図

### 2.2 アナログ電子回路による制御器の設計

制御対象の模型用DCモータはモータ内部の粘性摩擦  $D_m$ 等が原因で回転しない非線形な系（偏差部）を持つ。一般に、制御系設計は制御対象が線形な系である方が簡易に行える。本教材では制御系設計を簡易に行うために、偏差部にoffset電圧を加えるoffset生成回路を設けた。別添図1をアナログ電子回路にて実現するべく、DCモータをPWM制御する主回路、PWM制御用三角波生成回路、フィードバック制御回路（PI制御）、各制御回路の電圧を安定化させるDC/DCコンバータを用いた電源ライン製作回路、指令値波形となる矩形（くけい）波生成回路およびoffset生成回路を設計した。

### 2.3 伝達関数のモータ内部パラメータ同定

制御系設計をモデルベースで設計するべく、別添図1に示したブロック線図の各パラメータを同定する必要がある。以下、各パラメータの同定方法をそれぞれ紹介していく。

(a) モータチョップパ定数  $K_c$

チョップパでの入力指令値と出力PWM電圧には、比例関係があると考え、チョップパ定数を  $K_c$  と置いた。チョップパ出力電圧  $V_{out}$ は、出力電圧が矩形波であるので、平均値を出力電圧値として扱った。

本回路は、DCモータが誘導性負荷であると思わせる。負荷電流が小さく、かつスイッチング周波数が低い場合には電流不連続モードが発生してしまう。一般に、電流不連続モードでは出力電圧が理論値よりも上昇することが知られている。系の線形性を確保すべく、電流連続モードでの使用が望ましい。

図3, 4はスイッチング周波数をそれぞれ1kHzと5kHzにしてDCモータを駆動させた際のFET D-S間の電圧波形をそれぞれ示す。スイッチング周波数が1kHzでは、電流不連続モードとなっているが、5kHzでは電流連続モードが成されていることが確認できる。よって、チョップパ定数  $K_c$ の同定実験はスイッチング周波数を5kHzで行う。

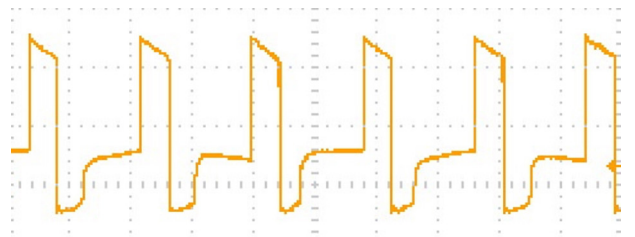


図3 FETのD-S間電圧  
(スイッチング周波数 1kHz: 不連続モード)

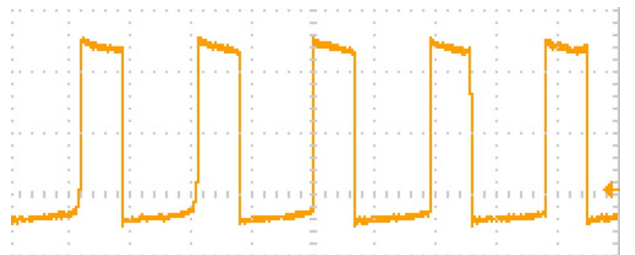


図4 FETのD-S間電圧  
(スイッチング周波数 5kHz: 連続モード)

本実験条件を踏まえ、チョップ定数 $K_c$ を同定する。チョップの出力電圧 $V_{out}$ は以下の式で表される。

$$V_{out} = d \times V_{cc} = K_c \times V_{in} \text{ [V]} \cdots \text{式 (1)}$$

ここで、 $d$ デューティ比、 $V_{cc}$ 電源電圧である。

別添図4のオープンループ・フィードバック切り替えスイッチをオープンループ側にして、チョップ入力電圧 $V_{in}$ を変化させたときのチョップ出力電圧 $V_{out}$ の関係から $K_c$ を同定する。図5に $V_{in}$ と $V_{out}$ の関係を示す。最小二乗法より、傾きが2.02と求まったため、モータチョップ定数 $K_c = 2.02$ と同定した。

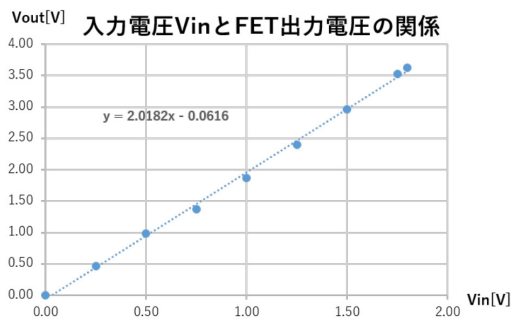


図5 チョップの指令値電圧と出力平均電圧

(b) モータ内部抵抗 $R$

模型用DCモータの内部等価回路と測定回路を図6に示す。同回路では、誘導起電力が0Vとなるように指で軸を拘束すると、模型用DCモータにかかる電圧と電流の関係より内部抵抗が同定できる。図7にDCモータの電流と電圧の関係を示す。最小二乗法を用いて傾きを1.38と求めた。よって、模型用DCモータ内部抵抗 $R = 1.38 \Omega$ と同定した。

(c) モータ内部リアクタンス $L_a$

模型用DCモータの内部リアクタンス測定回路を図8に示す。同図の通り、模型用DCモータにLCRメータを接続することで、内部リアクタンス $L_a$ を測定する。測定結果より、 $L_a = 310 \mu\text{H}$ と同定した。

(d) モータトルク定数 $K_t$ と逆起電力定数 $K_e$

模型用DCモータに負荷トルク $T_L$ をかけ、そのときの回転速度 $N$ とタコメータ出力電圧 $V_t$ からモータトルク定数 $K_t$ と逆起電力定数 $K_e$ をそれぞれ同定する。負荷トルク $T_L$ は、図9に示すプーリにエナメル

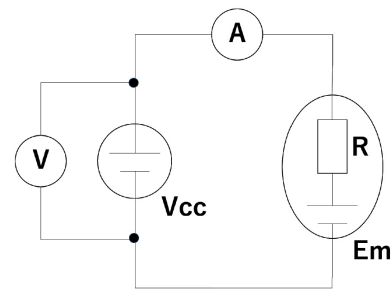


図6 モータ内部抵抗 $R$ 同定実験回路図

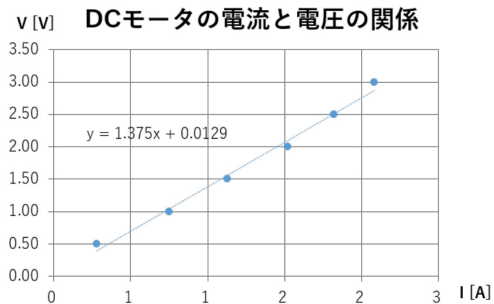


図7 モータ内部抵抗 $R$ 同定結果 (最小二乗法)

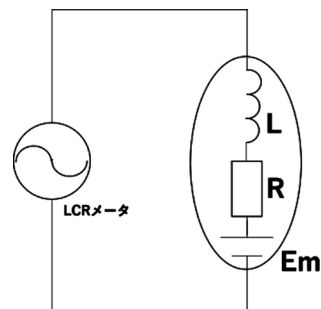


図8 モータ内部リアクタンス $L_a$ 同定実験回路図

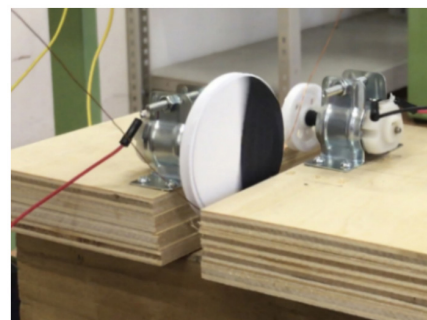


図9 モータ回転数測定用白黒円盤

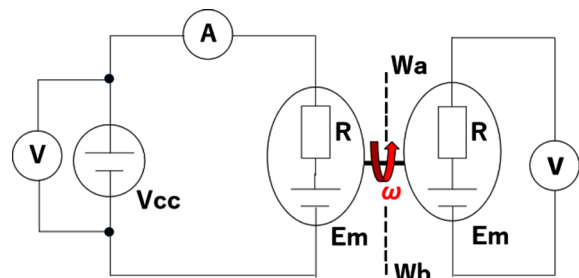


図10 モータ負荷トルク実験回路図

線をかけ、その両端にばねばかりを設けることで与えることにした。一方のばねばかりを固定し、もう一方のばねばかりの先に、手により引っ張り力を加える。両端のばねばかりの読みをそれぞれ  $W_a$  [kg] と  $W_b$  [kg] とし、実験回路図を図10に示す。この読みの差を次式に用いて負荷トルク  $T_L$  を算出する。

$$T_L = (W_a - W_b) \times L \dots \text{式 (2)}$$

上式における  $L$  は、図9に示すプーリの直径とエナメル線の直径の合計値とする。回転数は、同じく図9に示す白黒円盤をプーリの側面に取り付け、回転数測定器を用いて測定する。

負荷トルクを変化させた際のモータ電流  $I_m$ 、タコメータ出力電圧  $V_t$ 、回転速度  $N$  をそれぞれ測定する。各値を用いてモータトルク定数  $K_t$  と逆起電力定数  $K_e$  それぞれを同定する。

(d) -1 モータトルク定数  $K_t$

モータ電流  $I_m$  とモータトルク  $T_m$  の間には、次式の関係性が成り立つことが知られている。

$$T_m = K_t \times I_m \dots \text{式 (3)}$$

式 (3) より、モータトルク定数  $K_t$  を同定する。

モータ電流とモータトルクを図11に示す。最小二乗法より傾きを0.0039と求めた。モータトルク定数  $K_t = 3.90 \times 10^{-3}$  Nm/A と同定した。

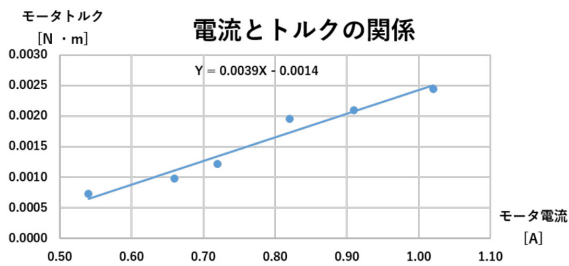


図11 モータトルク定数  $K_t$  同定結果

(d) -2 逆起電力定数  $K_e$

逆起電力  $V_e$  [V] と角速度  $\Omega$  [rad/s] の間には、次式の関係性が成り立つことが知られている。

$$V_e = K_e \times \Omega \text{ [Vs/rad]} \dots \text{式 (4)}$$

ただし、角速度  $\Omega$  [rad/s] と回転数  $N$  [rpm] の関係は以下の通りである。

$$\Omega = \frac{2\pi N}{60} \text{ [rad/s]} \dots \text{式 (5)}$$

式 (4) より、逆起電力  $V_e$  と角速度  $\Omega$  の関係が分

かれば逆起電力定数  $K_e$  を同定できるが、逆起電力を直接測定するのは困難である。しかし、無負荷時の電流が十分に小さいと仮定すると、逆起電力は電源電圧に等しいと考えることができる。

モータトルクとモータ回転数の関係を図12に示す。最小二乗法より無負荷時の回転数を推定し、逆起電力が電源電圧とほぼ等しいと見なすことで逆起電力定数  $K_e$  を同定する。

最小二乗法により1次方程式として近似すると、その切片は6649と求まる。よって、無負荷時の回転数は6649rpmと推定できる。ここで、図10を用いた実験時の電源電圧は1.61Vである。

式 (4)、(5) それぞれに各値を代入した結果、逆起電力定数  $K_e = 2.31 \times 10^{-3}$  Vs/rad と同定した。

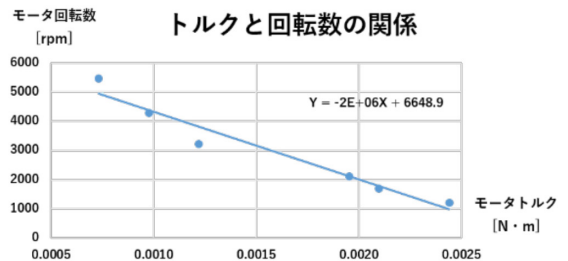


図12 逆起電力定数  $K_e$  同定結果

(e) 粘性摩擦係数  $D_m$

本教材の回転系における運動方程式は、次式のように成り立つ。

$$T = J_m \frac{d\Omega}{dt} + D_m \Omega \dots \text{式 (6)}$$

ただし、 $J_m$  はモータの慣性モーメントである。式 (6) に式 (3) を代入すると、次式ようになる。

$$K_t I_m = J_m \frac{d\Omega}{dt} + D_m \Omega \dots \text{式 (7)}$$

さらに、定常状態においては、

$$\frac{d\Omega}{dt} = 0 \dots \text{式 (8)}$$

と置くことができるので、式 (7) に代入して、

$$K_t I_m = D_m \Omega \dots \text{式 (9)}$$

となる。よって、粘性摩擦係数  $D_m$  は、下記の式より求めることができる。

$$D_m = \frac{K_t}{\Omega} I_m \dots \text{式 (10)}$$

今回は、モータ印加電圧は1.61 V一定とする。負荷を加える際、片方のばねばかり  $W_a$  [kg]の値が15.0gになるまで2.5gずつ加えていき、各粘性摩擦係数の平均値を算出した。その結果、 $1.39 \times 10^{-5}$ と算出したので、粘性摩擦係数  $D_m = 1.39 \times 10^{-5}$  Nms/radと同定した。

(f) タコメータ伝達関数  $K_{e2}$

タコメータの出力電圧は非常に小さいと仮定して、出力電圧は回転数に比例すると見なすことができる。よって、回転数と出力電圧  $V_t$  の関係が分かれば、 $K_{e2}$  を同定できる。図13に回転数と出力電圧  $V_t$  の関係を示す。最小二乗法より傾きを0.0012と求めた。よって、タコメータ伝達関数  $K_{e2} = 1.20 \times 10^{-3}$  Vs/radと同定した。

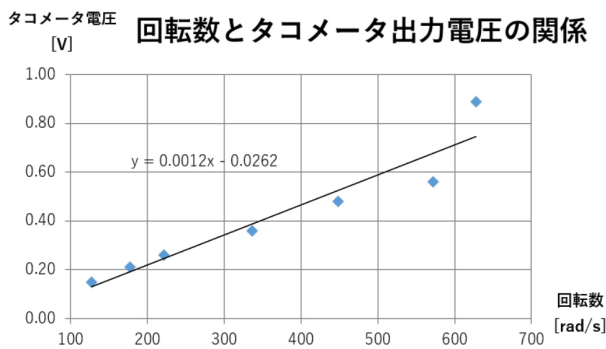


図 13 タコメータ伝達関数  $K_{e2}$  同定結果

(g) モータ慣性モーメント  $J_m$

モータ慣性モーメントは、モータ印加電圧をステップ入力としたときの、回転数のステップ応答より同定することができる。その様子を図14に示す。

また、本回路におけるモータの一巡伝達関数は、別添図1より次式のように求められる。

$$\Omega = (V - \Omega K_e) \frac{1}{L_a s + R} K_t \frac{1}{J_m s + D_m} \dots \text{式 (11)}$$

式 (11) を整理し、モータの伝達関数を求める。その際、別添図1に示す通り、モータの伝達関数を  $a$  と置く。  $a$  について整理すると、

$$\Omega = \frac{\Omega}{V} = \frac{K_t}{L_a J_m s^2 + (L_a D_m + R J_m) s + (R D_m + K_t K_e)} \dots \text{式 (12)}$$

となる。ただし、(b) と (c) の結果より、 $R \gg L_a$  と見なすことができるので、モータ内部リアクタンス

$L_a = 0$ と置くことができる。式 (12) を1次遅れ標準形として整理すると、次式が成り立つ。

$$\Omega = \frac{\Omega}{V} = \frac{\frac{K_t}{R D_m + K_t K_e}}{\frac{R J_m}{R D_m + K_t K_e} s + 1} \dots \text{式 (13)}$$

ただし、1次遅れ標準形において、 $\tau$  は時定数、 $K$  はゲインである。式 (13) より

$$\tau = \frac{R J_m}{R D_m + K_t K_e} \dots \text{式 (14)}$$

と、導くことができる。モータ慣性モーメント  $J_m$  について整理すると、次式ようになる。

$$J_m = \frac{\tau (R D_m + K_t K_e)}{R} \dots \text{式 (15)}$$

図14はモータにステップ電圧を印加したときのタコメータ出力電圧を示す。図14より時定数  $\tau$  は0.37 sと求めることができた。よって、式 (15) に表1の各値と時定数  $\tau$  を代入して、モータ慣性モーメント  $J_m = 7.56 \times 10^{-6}$  kgm<sup>2</sup> と同定した。

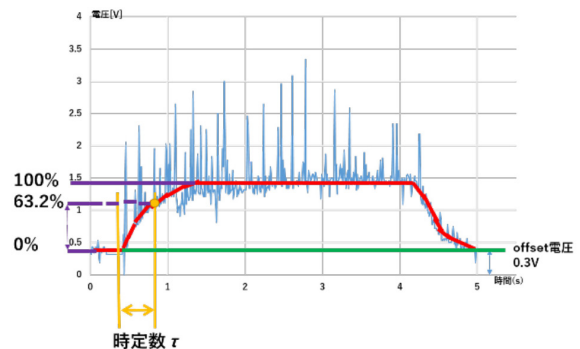


図 14 回転数のステップ応答

以上により、各パラメータの同定を行った。(a) から (g) の各値を表1にまとめた。

表 1 モータ内部パラメータ同定一覧

a	モータチョップ定数 $K_c$	2.02	単位なし
b	モータ内部抵抗 $R$	1.38	[ $\Omega$ ]
c	モータ内部リアクタンス $L_a$	310	[ $\mu$ H]
d-1	モータトルク定数 $K_t$	$3.90 \times 10^{-3}$	[Nm/A]
d-2	逆起電力定数 $K_e$	$2.31 \times 10^{-3}$	[Vs/rad]
e	粘性摩擦係数 $D_m$	$1.39 \times 10^{-5}$	[Nms/rad]
f	タコメータ伝達関数 $K_{e2}$	$1.20 \times 10^{-3}$	[Vs/rad]
g	モータ慣性モーメント $J_m$	$7.56 \times 10^{-6}$	[kgm <sup>2</sup> ]

## 2.4 極指定法によるPIゲインの設計

PI制御系の構成において、PIゲインを選定する方法は幾つも提案されている。本稿では、極指定法を用いてモデルベースに基づくPIゲインの設計を行うことにした。初めに、別添図1の点線部分  $a$  が示すDCモータの伝達関数を求める。式(13)に表1の各値を代入すると、次式が得られる。

$$\alpha = \frac{\Omega}{V} = \frac{137}{0.37s+1} \quad \dots \text{式 (16)}$$

式(16)を用いるとP制御におけるブロック線図は、別添図2と構成できる。また、PI制御におけるブロック線図は別添図3と構成できる。

### (a) P制御のゲイン設計

初めに、別添図2において指令値  $V_r^*$  から回転角速度  $\Omega$  までの閉ループ伝達関数を  $D$  と置く。閉ループ伝達関数  $D$  は前向き伝達関数  $\beta$  と一巡伝達関数  $\varepsilon$  より構成されており、次式より求められる。

$$D = \frac{\beta}{1+\varepsilon} \quad \dots \text{式 (17)}$$

別添図2の前向き伝達関数  $\beta$  は、

$$\beta = K_p K_c \alpha = \frac{279K_p}{0.37s+1} \quad \dots \text{式 (18)}$$

と求められる。同様に一巡伝達関数  $\varepsilon$  は、

$$\varepsilon = K_p K_c \alpha K_{e2} = \frac{0.33K_p}{0.37s+1} \quad \dots \text{式 (19)}$$

と求められる。よって、閉ループ伝達関数  $D$  は、

$$D = \frac{\Omega}{V^*} = \frac{\beta}{1+\varepsilon} = \frac{\frac{279K_p}{0.37s+1}}{1+\frac{0.33K_p}{0.37s+1}} = \frac{754K_p}{s+\frac{0.33K_p+1}{0.37}} \quad \dots \text{式 (20)}$$

となる。ここで、 $K_p$  は比例ゲインである。式(20)より特性方程式を導出すると次式が求められる。

$$s = -(0.89K_p + 2.70) \quad \dots \text{式 (21)}$$

従って、比例ゲイン  $K_p$  は、

$$K_p = -1.12s - 3.03 \quad \dots \text{式 (22)}$$

と求められる。式(22)における  $s$  は伝達関数の極であり、任意の負の実数を指定することができる。

### (b) PI制御のゲイン設計

(a) の場合同様、別添図3より指令値  $V_r^*$  から回転角速度  $\Omega$  までの閉ループ伝達関数  $D'$  を求める。

別添図3において、制御器の伝達関数を  $\gamma$  とおく。このとき、別添図3の  $\gamma$  は次式により求められる。

$$\gamma = \left(1 + \frac{1}{T_s}\right) K_p = K_p + \frac{K_I}{s} \quad \dots \text{式 (23)}$$

また、 $T$  は積分器の時定数である。積分ゲイン  $K_I$  は次式により定義する。

$$K_I = \frac{K_p}{T} \quad \dots \text{式 (24)}$$

別添図3より前向き伝達関数  $\beta'$  は、

$$\beta' = \gamma K_c \alpha = \frac{279K_p s + 279K_I}{0.37s^2 + s} \quad \dots \text{式 (25)}$$

と求められる。同様に、一巡伝達関数  $\varepsilon'$  は、

$$\varepsilon' = \gamma K_c \alpha K_{e2} = \frac{0.33K_p s + 0.33K_I}{0.37s^2 + s} \quad \dots \text{式 (26)}$$

と求まる。よって、閉ループ伝達関数  $D'$  は、

$$\begin{aligned} D' = \frac{\Omega}{V^*} &= \frac{\beta'}{1+\varepsilon'} = \frac{\frac{279K_p s + 279K_I}{0.37s^2 + s}}{1 + \frac{0.33K_p s + 0.33K_I}{0.37s^2 + s}} \\ &= \frac{279K_p s + 279K_I}{0.37s^2 + (1+0.33K_p)s + 0.33K_I} \quad \dots \text{式 (27)} \end{aligned}$$

(a) 同様に、式(27)より、特性方程式を導出すると次式が求められる。

$$s^2 + (2.70 + 0.89K_p)s + 0.89K_I = 0 \quad \dots \text{式 (28)}$$

式(28)の解を  $P_1$ 、 $P_2$  と置くと、2次方程式の解と係数の関係式より、次の式が導ける。

$$2.70 + 0.89K_p = -(P_1 + P_2) \quad \dots \text{式 (29)}$$

$$0.89K_I = P_1 P_2 \quad \dots \text{式 (30)}$$

式(29)、(30)の関係が成立するので  $K_p$ 、 $K_I$  の特性方程式はそれぞれ次式のように成り立つ。

$$K_p = -1.12(P_1 + P_2) - 3.03 \quad \dots \text{式 (31)}$$

$$K_I = 1.12P_1 P_2 \quad \dots \text{式 (32)}$$

式(31)、(32)における  $P_1$ 、 $P_2$  は伝達関数の極であり、任意の負の実数の重解、または実部が負の共役複素数として指定することができる。

## 3. 実験・考察

### (a) P制御

別添図4に示すP制御切り替えスイッチをON、I

制御切り替えスイッチをOFFとすることで、P制御でのDCモータ駆動を行うことができる。P制御時の比例ゲイン $K_p$ は、所望の極を式(22)へ代入して求める。本稿では、極を-3.6、-6.0、-200と変化させたときの指令値追従特性を確認する。

式(22)を用いて、比例ゲイン $K_p$ を選定するとそれぞれ、1.1、3.7、221となる。この比例ゲインを出力できるように、別添図4の\*4に示す反転増幅回路の抵抗値をそれぞれ決定する。本回路ではそれぞれ10k $\Omega$ 、33k $\Omega$ 、2.2M $\Omega$ として実験を行った。

P制御による実験結果を図15に示す。図15は指令値とタコメータ出力電圧を比較したものである。図15より、極を小さくするほど(比例ゲインを大きくするほど)、定常偏差が小さくなっていることが確認できる。また、極が-200と極めて大きい場合でも振動的にはならないと確認できた。よって、P制御は制御理論に忠実な動作をしていると考えられる。

なお、指令値が0Vのときにタコメータ出力電圧が0Vとなっていないのは、制御系設計を簡易に行いたいという観点より、DCモータの非線形な系(偏差部)にoffset電圧を加えているためである。また、タコメータ出力電圧の立ち下がり時間が立ち上がり時間に比して長くなっているのは、リミッタ回路を用いて負の操作量を除去していることから、フリーラン状態であるためである。従って、この部分に関しては本稿では議論の対象外とする。

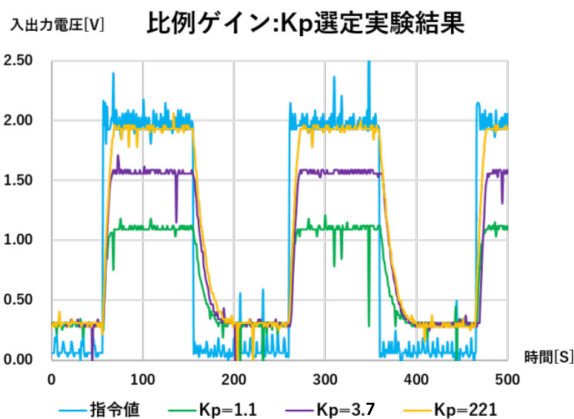


図15 P制御における指令値追従特性

(b) PI制御

別添図4に示すP制御切り替えスイッチ、およびI制御切り替えスイッチをともにONとすることで、PI

制御でのDCモータ駆動を行うことができる。比例ゲイン $K_p$ および積分ゲイン $K_I$ は、所望の極を式(31)および式(32)へそれぞれ代入して求める。本稿では、極を-2.85(重解)、 $-2.85 \pm j2.85$ (共役複素数)について、それぞれの指令値追従特性を確認する。このとき極の配置を図16に示す。

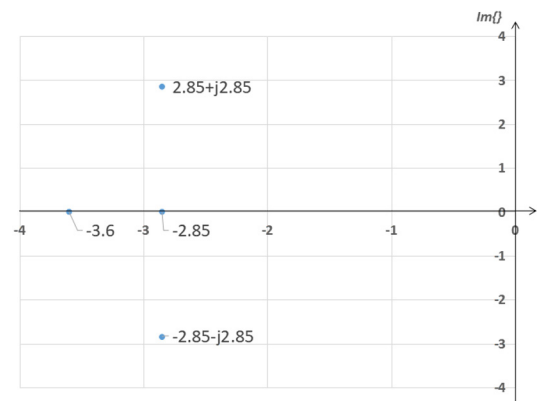


図16 極指定法による極の設計

極が-2.85(重解)の場合、式(31)、(32)を用いて比例ゲイン $K_p = 3.4$ 、積分ゲイン $K_I = 9.13$ とそれぞれ算出した。また、式(24)より積分器時定数 $T = 0.37s$ と求められる。よって、別添図4の\*5に示す反転増幅回路の抵抗値33k $\Omega$ 、積分器の抵抗値82k $\Omega$ をそれぞれ決定し、実験を行った。

同様に極が $-2.85 \pm j2.85$ (共役複素数)の場合についても式(31)、(32)を用いて比例ゲイン $K_p = 3.4$ 、積分ゲイン $K_I = 18.3$ とそれぞれ算出した。また、式(24)より積分器時定数 $T = 0.18s$ と求められる。よって、別添図4の\*5に示す反転増幅器の抵抗値33k $\Omega$ 、積分器の抵抗値39k $\Omega$ とそれぞれ決定し、同様の条件で実験を行った。

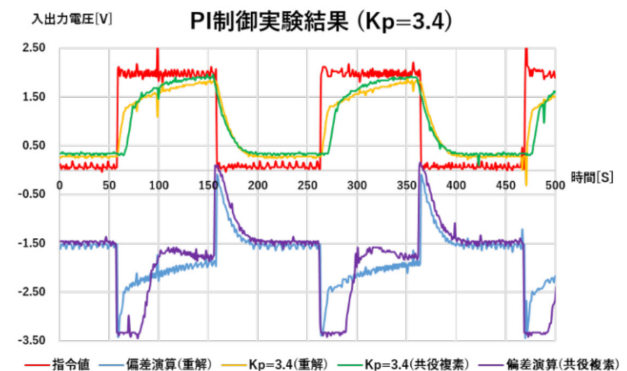


図17 PI制御実験結果 ( $K_p = 3.4$ )

PI制御の実験結果を図17に示す。図17は指令値とタコメータ出力電圧を比較したもの、および偏差信号（偏差演算用加算器の出力信号）である。図15と図17を比較すると、図17のPI制御においては、極の実部が大きい（比例ゲインが小さい）ものの、定常偏差が小さくなるように動作している。これは、積分器の働きによるものと考えられる。

次に、図17において極を重解と指定した場合と、共役複素数として指定した場合の比較を行う。本来は、極の虚部を0とすると臨界制動であるために振動的な応答にはならず、極の虚部を0としない場合には振動的な応答を示すはずである。図17を見ると、偏差信号において共役複素数と指定して極を与えた場合、多少の振動的な応答が確認できるが、タコメータ出力電圧において大きな振動は確認できなかった。これは、DCモータのモデル化誤差等の影響が考えられるが、詳細は今後の検討課題とする。

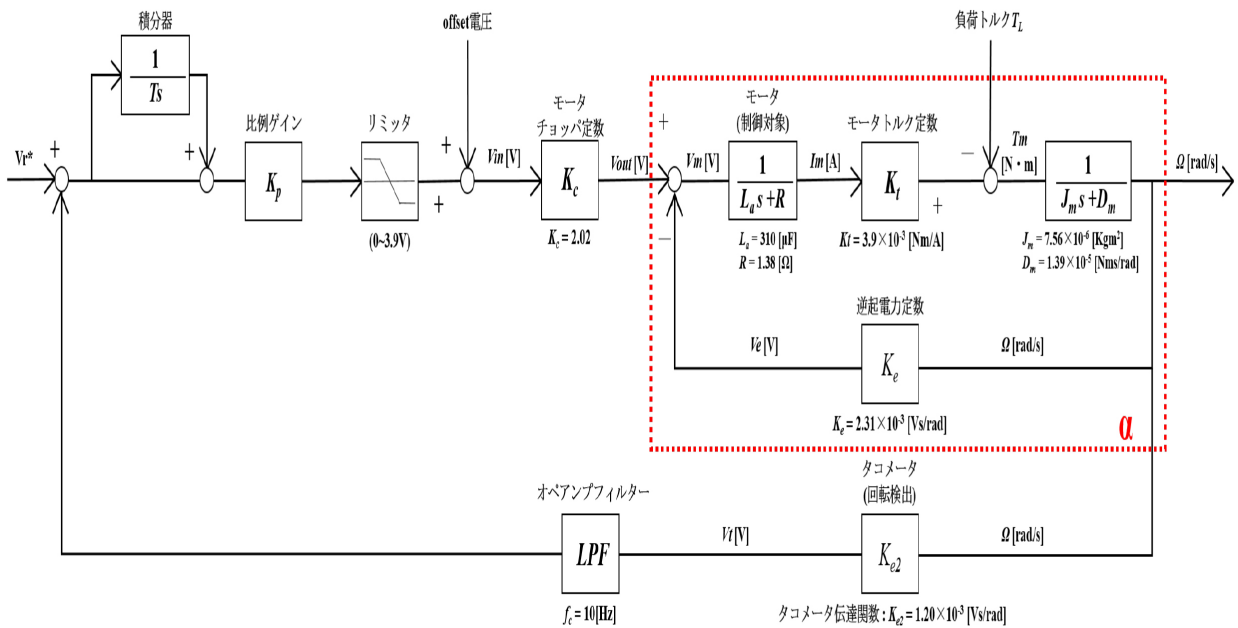
#### 4. まとめ

本稿において、アナログ電子回路による模型用DCモータの速度制御系設計にかかる教材を開発し、教材として制御理論通りの挙動を示すかを検討した。その結果、速度フィードバックにおいて、おおむね理論通りの結果を得られた。

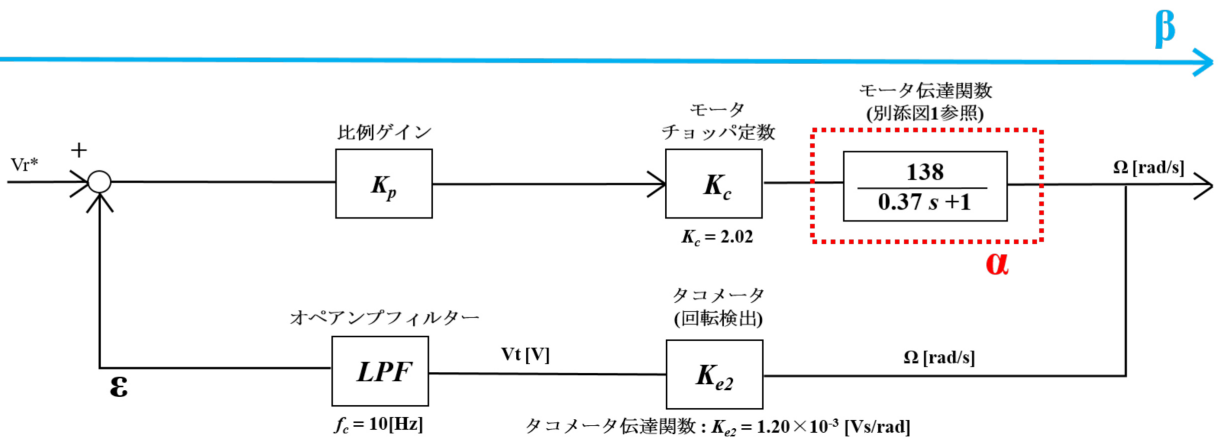
今後は、DCモータにおけるモデル化誤差要因を解明し、指定した極と実機の応答の設計精度の向上について検討する。また、比例ゲインや積分器時定数を簡易に変更できるように、アタッチメント等を採用し、教材としての利便性を向上させていく。

##### <参考文献>

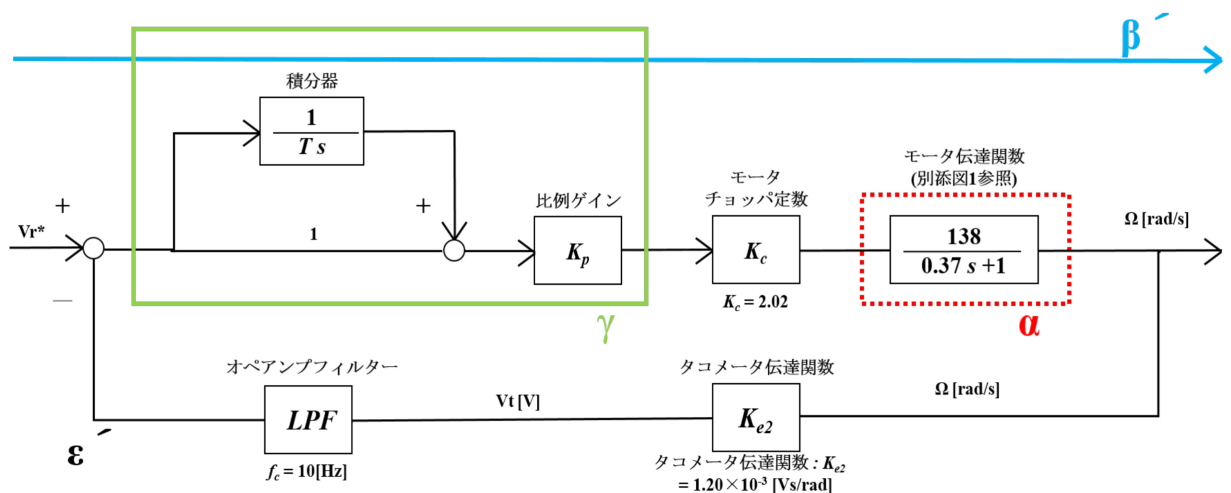
- 1) 茂木望, “「職業能力開発の実践」実機とシミュレーションを連携したフィードバック制御に係る教材の作成及びその教育訓練効果に関する検討”, 平成29年度 職業能力開発論文コンクール
- 2) 平田光男, “ArduinoとMATLABで制御系設計をはじめよう!”, Tech Share, 2012



別添図1 速度制御系教材のブロック線図



別添図2 モータ速度制御系ブロック線図(P制御)



別添図3 モータ速度制御系ブロック線図(PI制御)





# 「技能と技術」誌表紙デザイン 最優秀賞受賞者および指導者インタビュー

## 「技能と技術」誌 編集事務局

また、同校から伊藤美紅さんと中村梨々花さんの作品も佳作として選出されています。

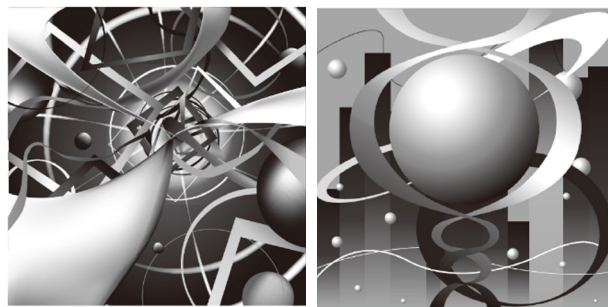
### 1. はじめに

本誌では、例年、本誌に対する意識の高揚とデザイン教育の振興を目的とし表紙デザインコンテストを開催しています。本コンテストは、全国の職業能力開発施設のデザイン系学科の方を対象とし公募しております。そして、応募いただいた作品の中から優秀な作品を選出し、その中で「最も優秀」と評価された作品が、翌年に発行される本誌の表紙を飾ることになります。

今年度の表紙デザイン選考会（令和2年10月開催）では、神奈川県立産業技術短期大学校 産業デザイン科の石黒あかりさんの作品が最優秀賞に選出され、本誌第4号（令和2年12月発行）にてお知らせしたところです。



令和3年「技能と技術」誌表紙デザイン  
最優秀賞作品



令和3年「技能と技術」誌表紙デザイン  
佳作作品（左：伊藤さん、右：中村さん）

同校は、昨年に引き続き最優秀賞を受賞されていて、毎年、質の高い作品を応募していただいています。

本誌編集事務局では、最優秀賞作品を生み出したコツを知るため、石黒さんおよび産業デザイン科担当の齋藤先生へのインタビューを行いましたので報告します。

### 2. 神奈川県立産業技術短期大学校 産業デザイン科

同校は、地域社会および経済の発展に寄与することを目的に「高い技能と技術および学識を持つ、創造性豊かな実践技術者」の育成を理念とし、県立の短期大学校として1995年に設立されました。産業の基盤となる「生産技術科」「制御技術科」「電子技術科」「産業デザイン科」「情報技術科」の5科で構成

される、最大規模の職業能力開発短期大学校です。

2年間で4年制大学に匹敵する単位数を修得し、1人1台の実習設備と少人数制（チューター制度）によるきめ細かな指導により、高度な実践技術者の育成を図っています。また、資格取得、各種競技会、地域・企業との連携プログラムにも積極的に参加しています。企業の方々から「しっかりとしたものづくりの知識と技術・技能を身に付けていて、伸びしろがある。」と、高い評価を受けており、設立以来の平均就職率97.3%を保持しています。卒業生は3,600名以上となり、製造分野のリーダーとして、神奈川県内を中心に活躍しています<sup>1)</sup>。



神奈川県立産業技術短期大学校

石黒さんが学んでいる産業デザイン科は、基礎的造形要素をはじめ、グラフィック、プロダクト、スペースという3つのデザイン分野において、ハンドワークや各種機器の活用により、企画・設計・制作からプレゼンテーションまで幅広く実践できる人材の育成を目標に訓練を実施しています。2年後の学生の仕上り像としては、各種デザインの提案から印刷物の制作作業、工業製品のモデル制作作業、空間の施工作业等、具体的にカタチにできる実践技術者を目指しています<sup>2)</sup>。

### 3. 授賞式

例年であれば、本誌編集事務局が同校に伺い授賞式を行っていたところですが、今回は、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、校内関係者のみで授賞式を行いました。



下段左より松永校長、最優秀賞の石黒さん、山崎副校長、上段左より佳作の中村さん、齋藤先生、佳作の伊藤さん

## 4. 受賞者および指導者インタビュー

最優秀賞作品を生み出したコツを知るため、石黒さんおよび産業デザイン科担当の齋藤先生にインタビューを行いましたのでご紹介します。

### 4.1 受賞者インタビュー

—神奈川県立産業技術短期大学校 産業デザイン科を選んだ理由は？

高校生の時、神奈川県立産業技術短期大学校のオープンキャンパスでの「体験授業が楽しかった」ことが理由です。さらにいろいろなデザイン分野を学べることも知りました。本校は県内にあるため自宅から通いやすいことも選んだ要因の1つです。

—産業デザイン科の良いところを教えてください。

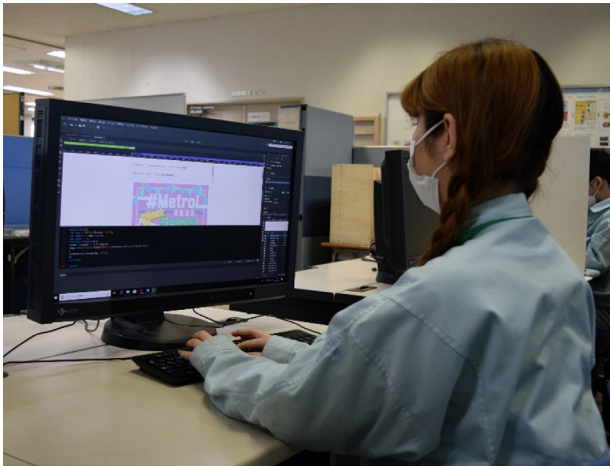
入学時、「デザインに興味がある」というだけで、いろいろなデザインの分野のうち、進路としての分野選択には迷っていました。

けれど本校の産業デザイン科は、1年前期までの半年間にデザイン全般に共通する内容と各分野の基礎を学ぶカリキュラム設定のため、授業が進むうちに自分の方向性を見つけられるのが良いところです。

—好きな科目・実習は何ですか？

「企画・提案をする授業」が好きです。1年時に「キャラバンカーの企画提案と販売促進ツールのデ

ザインをする」テーマでの授業があり、私は移動式  
プラネタリウムの企画を提案しましたが、この授業  
からいろいろな幅広い視点でデザインを考えること  
ができました。



実習中の石黒さん

—最優秀賞に選出されたと聞いてどのように感じま  
したか？

うれしかったです。友達も一緒だったので、みんな  
で頑張ってたよかったです。

—家族に報告しましたか？

はい。母に言いました。「えー、すごいね。何人  
応募していたの？」と喜んでくれました。

—応募のきっかけは何ですか？

石黒：ご教授いただいている先生からの勧めです。  
齋藤：全体に掲示もしていますが、特に私が卒業研  
究・制作を担当する学生には応募を勧めて、制作に  
取り組んでいます。

—デザインコンセプトを改めて教えてください。

脳内をイメージし、下からアイデアが湧き、上  
に行って閃き、技術や技能が生まれていく様子を表現  
しています。

—どのようにデザインを決めるのですか？

サムネイル<sup>\*1</sup>をいっぱい描いて、メイン（主）を  
決めてエスキース<sup>\*2</sup>を幾つか描いて選んでいきまし

た。

※1サムネイル 画像を縮小して表示したもの

※2エスキース 下絵

—制作過程で難しいまたは楽しいと感じたところ  
は？

最初、何を描きたいのか考え、決めるまでは、難  
しかったのですが、仕上げのグラフィックデザイン  
ソフト「Illustrator」での作業に入ってから、遠  
近感や陰影をつけるのは楽しかったです。

—一番時間がかかったところはどこですか？

決めるまでの、サムネイルに時間がかかりまし  
た。

—将来の夢は何ですか？

現在、Webデザイナーの仕事に内定しています。  
いろいろな職種の人と関われるお仕事と思うのでそ  
の仕事の良さを発信できるホームページを作りたい  
です。

—最後に今後応募される皆さんに向けて、一言お願  
いします。

アイデアの段階で納得のいくものを決めることが  
できれば、仕上げの作業は楽しく最後まで終えるこ  
とができます。ぜひ取り組んでみてください。

## 4.2 指導者インタビュー

—貴校から毎年質の高い作品を応募していただい  
ておりますが、その質の高い作品にするため指導の際  
に気を付けていることはありますか？

プロセスを踏み取り組むことを大切に指導してい  
ます。

データ作成に入ってから、実際に画面を見なが  
ら、細かなパーツを増やす、明度差を付けるなど、  
具体的なアドバイスをするようにしています。

—指導する際に苦労する部分もありますか？

描いてみることで、アイデアは膨らんでいくの

で、手を動かさず考え込んでしまう生徒には、どうアドバイスしたらいいかわからず、苦労します。また、サムネイルやエスキースから何を伝えたい作品か把握することもできるので、この段階から描き込んでほしいと指導しています。

— 「技能と技術」表紙デザイン募集については、訓練の中で役立っていますでしょうか？

1年生前期の共通授業で基本的な構成を学び、選択授業に分かれてからより具体的な構成の授業をしているので今までの過程をどれほど理解できているかを把握することができます。

このプロセスを踏んでデザインに取り組むことが卒業研究・制作にもつながっていると感じています。

## 5. おわりに

石黒さん、齋藤先生、お忙しい中インタビューを受けていただきありがとうございました。例年であれば対面でインタビューを行っていたところですが、今回は、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、電子メールでインタビューを行いました。実際にお会いして授賞式およびインタビューを行えなかったことは非常に残念でしたが、インタビューを通して受賞の喜びを感じることができました。就職先でもご活躍を期待しております。

また、来年も3年連続で同校の学生が最優秀賞を受賞できるかが楽しみです。

### <参考文献>

- 1) 神奈川県立産業技術短期大学校, 学校紹介,  
<http://www.kanagawa-cit.ac.jp/aboutus/index.html>  
参照：2021年1月
- 2) 神奈川県立産業技術短期大学校, 産業デザイン科,  
[http://www.kanagawa-cit.ac.jp/department/sub\\_dsgn/index.html](http://www.kanagawa-cit.ac.jp/department/sub_dsgn/index.html) 参照：2021年1月

---

# 原稿募集のお知らせ

「技能と技術」誌では職業訓練やものづくりに関わる以下のような幅広いテーマで原稿を募集しています。執筆に関してのご相談は [fukyu@uitec.ac.jp](mailto:fukyu@uitec.ac.jp) までお寄せください。また、記事に関するご意見やご感想もお待ちしております。

## 実践報告

各訓練施設における各種訓練コース開発、カリキュラム開発、訓練方法、指導法、評価法等の実践の報告

## 調査報告・研究報告

社会情勢や動向を調査・研究し、能力開発業務に関わる部分の考察をした報告

## 技術情報

技術的に新しい内容で訓練の実施に有用な情報

## 技術解説

各種訓練の応用に活かすための基礎的な技術を解説

## 教材開発・教材情報

各訓練コースで使用される教材開発の報告、教材に関する情報

## 企業の訓練

企業の教育訓練理念、体系、訓練内容、教材、訓練実践を紹介

## 実験ノート・研究ノート

各種の試験・実験・研究等で訓練に有用な報告、研究資料

## 海外情報・海外技術協力

諸外国の一般情報、海外訓練施設での訓練実践、教材等の情報

## 随想・雑感・声・短信・体験記

紀行文、所感、随筆、施設状況等各種

## 伝統工芸

伝統工芸を伝承するための技能や人物を紹介

## 編 | 集 | 後 | 記

新型コロナウイルス感染症が国内で確認されて1年がたちました。皆さまの日常生活が一変した1年だったのではないのでしょうか。一日でも早く新型コロナウイルスを終息させるために、今後も一人一人ができる感染症対策を行っていきましょう。

さて、今号の特集は「コロナ禍における職業能力開発」です。特集では、オンライン訓練のための教材、オンライン訓練（または授業）の実践報告、訓練や競技会での感染症対策について紹介しております。オンライン訓練のための教材では、大阪電気通信大学の星野氏が令和2年度職業訓練教材コンクールで厚生労働大臣賞（特選）を受賞した「遠隔訓練も可能となる射出成形金型設計教材」、伊勢訓練センターの多々良氏の「ICTを活用したARテキスト」の2本を紹介しております。また、オンライン訓練または授業では、南大阪高等職業技術専門校の吉田氏、東京電機大学の酒井氏、千葉職業能力開発短期大学の五十嵐氏の実践報告3本を紹介しております。宮崎職業能力開発促進センターの青地氏には、金属加工の職業訓練課題開発の一環として製作した新型コロナウイルス感染症対策用品について報告していただきました。特集の最後では、職業能力開発総合大学の山浦氏に2020年11月に開催された第58回技能五輪全国大会「構造物鉄工」職種競技での国際大会に向けた試みと新型コロナ禍の影響についてまとめていただきました。

特集以外では、千葉職業能力開発短期大学の岡田氏に総合制作実習で取り組んだ「モデルベース設計に基づく速度制御系教材の開発」についてまとめていただきました。

今号から表紙および裏表紙デザインが変わりました。表紙は、表紙デザインコンクール最優秀賞受賞作品、裏表紙については、昨年と同コンクール優秀賞受賞の2作品を掲載しています。今号では、最優秀賞受賞者および指導者にインタビューを行いましたので、その内容を掲載しております。

次号の特集は、「多様な職業訓練の成果」です。若年者に対する訓練、最新技術を取り入れた訓練、民間の訓練等の取り組み事例や、職業訓練教材コンクール受賞作品を取り上げるテーマとなりますので、この機会にぜひ皆さまの取り組みを、本誌を通じてご紹介ください。ご投稿をお待ちしております！

【編集 早坂】

## 職業能力開発技術誌 技能と技術 1/2021

掲 載 2021年3月  
編 集 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構  
職業能力開発総合大学校 基盤整備センター  
企画調整部 企画調整課  
〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1  
電話 042-348-5075  
制 作 株式会社トゥブルーム  
〒815-0032 福岡県福岡市南区塩原3-17-7  
サンシャインシティビル大橋 5F-B  
電話 092-555-7673

本誌の著作権は独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が有しております。



# 技能と技術

THE INSTITUTE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT  
POLYTECHNIC UNIVERSITY