

平成 30 年度 教材コンクール応募作品

幾何公差測定品とテキスト教材一式

—機械設計技術者のための 3 次元測定技術（幾何公差編）—

独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構

関西職業能力開発促進センター

機械系

鈴木 勝博

西村 友則

杉本 義徳

市川 正美

株式会社 プラーナー

栗山 晃治

目次

1. 教材開発に至った経緯	1
(1) 背景	1
(2) セミナー実施体系について	1
(3) 幾何公差のセミナーについて.....	2
(4) 受講者からのアンケート（要望）	3
(5) 新たなセミナーコース開発	3
2. 仕様（機器およびソフトウェア）	4
(1) 今回製作した、幾何公差測定品.....	4
(2) 実習で使用した測定機	4
3. 教材の概要	5
(1) 教材の構成	5
4. 教材の内容（応募した教材）	8
(1) セミナーの流れ（テキストに沿って説明）	8
(2) 幾何公差測定実習	11
①3次元測定機に測定品（ワーク）を固定	11
②マスタープローブによる原点補正.....	11
③データム平面 A の平面度を測定.....	12
④データム B 及びデータム C の直角度を測定	13
⑤貫通穴における円筒度の測定（貫通穴 $\Phi 20\text{mm} \times 2$ 箇所）	14
⑥座ぐり穴部分における同軸度の測定（貫通穴 $\Phi 30\text{mm} \times 2$ 箇所）	15
5. 教材活用の効果（成果）	16
6. 今後の展開	16

1. 教材開発に至った経緯

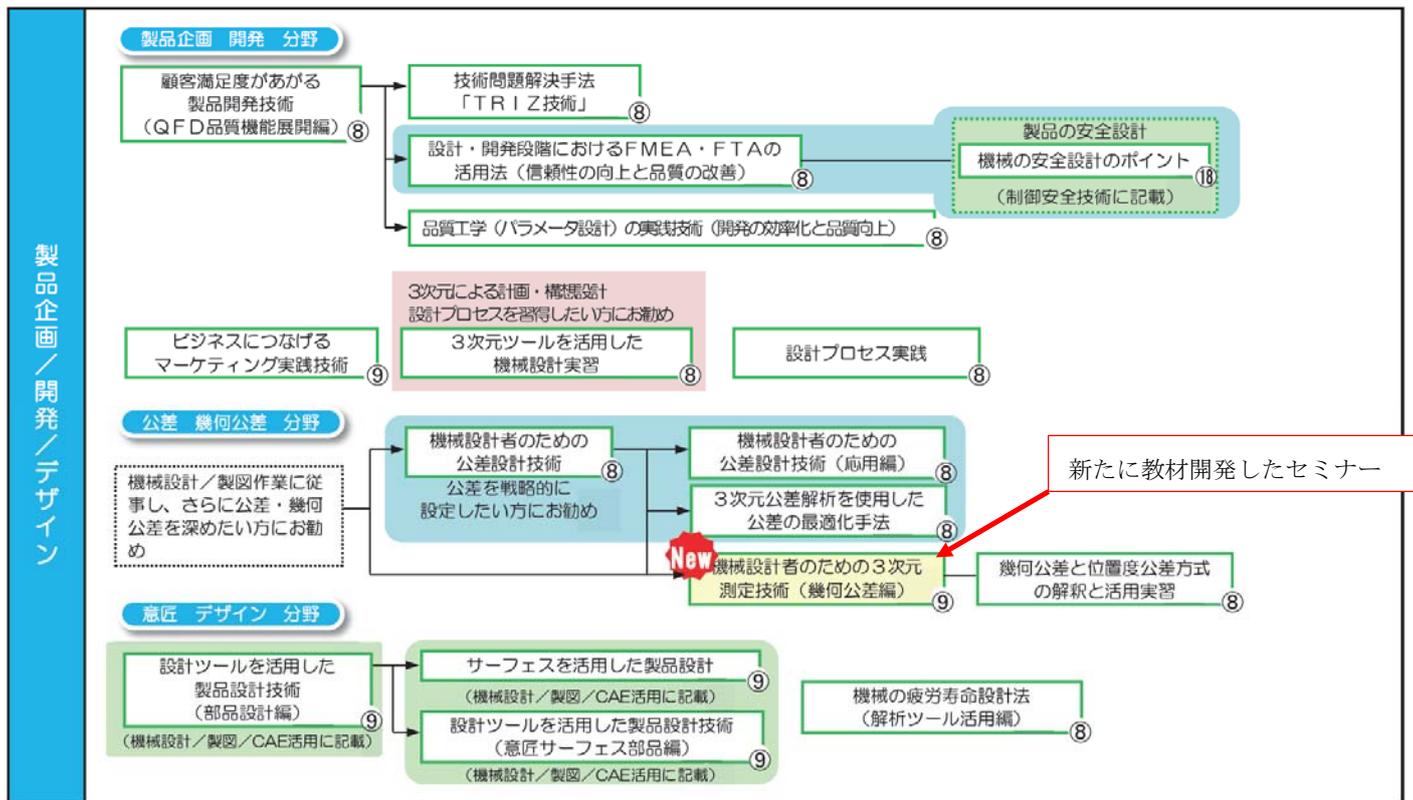
(1) 背景

近年、製造業もグローバル化が進み、日本で設計開発された製品の図面が、海外で加工や製造されている時代になった。またコストダウンを意識し、全世界から部品を調達することが増加している。そこで必要になるのが正しい図面の読み方、書き方になる。これに対して、日本における機械製図も、ISOを参考としたJIS規格に準拠しているが、姿勢や形態を表す幾何公差は日本人に馴染みが少なく、設計者の戸惑っている状況が多く見受けられる。

(2) セミナー実施体系について

当センターでは、関西圏近郊の企業ニーズに基づき様々なセミナーを実施している。

以下に製品企画／開発／デザイン分野のセミナーコース体系を示す。



(図1) セミナーコース体系

(3) 幾何公差のセミナーについて

以前から、機械設計者向けに設計意図を的確に表現し、かつ作り手側はその意図を的確に解釈するために図面の曖昧さを排除できる幾何公差について、「幾何公差と位置度公差方式の解釈と活用実習」というコースを独自に開発してセミナーを実施していた。以下にカリキュラムモデルを示す。

(表1) カリキュラムシート.1

カリキュラムシート		分類番号			
		A202-X01-4			
訓練分野	機械系	訓練コース	幾何公差と位置度公差方式の解釈と活用実習		
訓練対象者	機械設計・開発業務・生産技術等に従事する技能・技術者等であって、指導的・中核的な役割を担う者又はその候補者				
訓練目標	要求される品質をものづくり全工程の中で保証するために設計業務の効率化・最適化をめざして、設計者の設計意図を的確に表現し図面の曖昧さを排除できる幾何公差方式を習得する。				
教科の細目	内 容		訓練時間 (H)	うち実習・まとめ (H)	
1. 公差表示方式の基本原則	(1) 独立の原則とテラーの原理 (ASME Y14.5M) との違い (2) 寸法の種類と普通公差・採否の基準の考え方 (3) 寸法と幾何特性の相互依存性		1.5		
2. データム	(1) データム (基準) とは (2) データムの選択と優先順位による検証結果の違い (3) データムターゲットの解釈 (4) ローカルデータム (部分基準) の有効性 (5) 実習 (図面への適用およびデータム、データムターゲットの設定)		3.0	1.5	
3. 幾何特性	(1) 幾何公差の種類と定義 (JISとASMEの解釈の違い) (2) 公差域の定義 (3) 幾何公差の図示方法 (4) 普通幾何公差 (JIS B 0419) ・採否の基準の考え方 (5) 実習 (図面への適用および幾何公差の測定)		3.0	2.0	
4. 位置度公差方式の図面適用	(1) 真位置度理論 (2) 位置度公差方式の解釈とその効果 (3) 公差量の計算の仕方 (4) 複合位置度公差方式の解釈とその効果 (5) 突出公差域の解釈とその効果 (6) 機能ゲージによる位置の検証とゲージ寸法の計算方法 (7) 実習 (図面への適用および討議)		3.0	2.0	
5. MMPの原理	(1) 最大実体公差方式の原理と効果		1.0		
6. まとめ	(1) 質疑応答 (2) 訓練コース内容のまとめ (3) 講評・評価		0.5	0.5	
			訓練時間合計	12.0	6.0
使用器具等	製図道具一式、パソコン、電卓、書画カメラ、測定器、機能ゲージ				
養成する能力	生産性の向上を実現できる能力				

(4) 受講者からのアンケート (要望)

受講者アンケートから「幾何公差のイメージがつかめない。」「幾何公差をもっと詳しく知りたい。」「幾何公差を図面に入れるのは簡単だが、どうやって測定するのか?」などが多く寄せられていた。

(5) 新たなセミナーコース開発

今回、3次元測定機で実習を行いながら幾何公差を理解するためのセミナー開発をした。

標準カリキュラムモデルから検討を行ったが、A (機械・開発) 分野では、3次元測定機を実習で使用する最適なものが見つからなかった。そこで、D (検査) 分野のカリキュラムモデルを参考にして検討した。

本セミナーのコース開発については、寸法公差のセミナーで部外講師をしている(株)プラーナーと共同開発を行った。

(表2) カリキュラムシート.2

カリキュラムシート

分類番号

訓練分野	機械系	訓練コース	機械設計者のための3次元測定技術 (幾何公差編)	
訓練対象者	機械設計に従事する技能・技術者等であって、指導的・中核的な役割を担う者又はその候補者			
訓練目標	ものづくりにおける設計から製作に至るプロセスの効率化・最適化をめざして、図面に必要とされる幾何公差の的確な指示方法、および検証方法に関する知識や技術を習得する。			
教科の細目	内 容		訓練時間 (H)	うち実習・まとめ (H)
1. 幾何公差	(1) 幾何公差適用の目的 (2) 幾何公差の記入方法 (3) データムの考え方 (概要、設定方法、優先順位) イ. 実践的なデータム設定 (4) 幾何公差及びデータムの図示方法、公差域 (5) 普通幾何公差について		3.0	
2. 幾何公差の 評価方法	(1) 公差域と測定方法のポイント 理想的測定方法と測定ポイント (2) 真円度～傾斜度までの各幾何公差の説明と測定方法 (3) 位置度～輪郭度までの各幾何公差の説明と測定方法 (4) 円周振れ、全振れの説明と測定方法 (5) 幾何公差の測定における課題と対応方法 イ. 設計者の視点 ロ. 製造者の視点		5.5	4.0
3. 測定実習	(1) 3次元測定機による測定 (2) 汎用機による測定 (3) 評価・考察		3.0	2.5
4. まとめ	(1) 質疑応答 (2) 訓練コース内容のまとめ (3) 講評・評価		0.5	0.5
			訓練時間合計	12.0
使用器具等	3次元測定機			
養成する能力	生産性の向上を実現できる能力			

2. 仕様（機器およびソフトウェア）

幾何公差測定品は、3DCAD で形状検討を行い、3D プリンタで製作をした。
また、実習で使用した 3 次元測定機を示す。

（1）今回製作した、幾何公差測定品

3DCAD : SolidWorks 2013 (ダッソー・システムズ株式会社)

3D プリンタ : Objet 360 (Stratasys.Ltd)



(図 2) 3D プリンタ

（2）実習で使用した測定機

3 次元測定機 : DuraMax (東京精密株式会社)

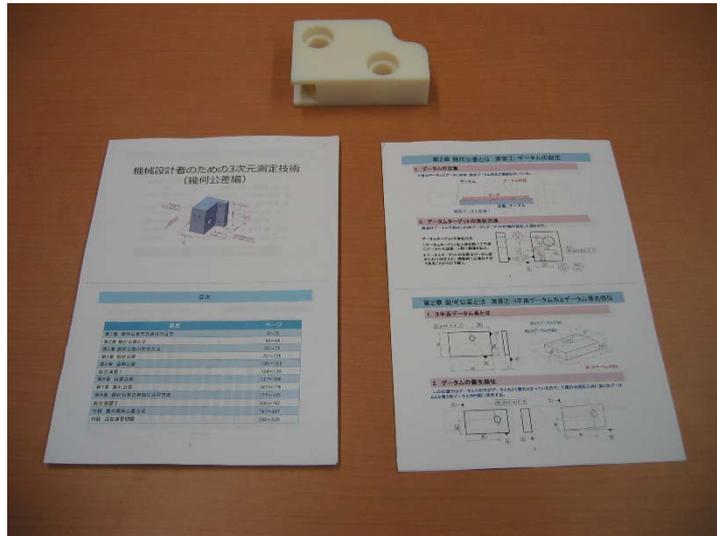


(図 3) 3 次元測定機

3. 教材の概要

(1) 教材の構成

本教材は、セミナーテキスト、演習の解答、幾何公差形状測定品で構成されている。(図1) 企業の方が参加しやすい2日間(12時間コース)セミナーの開発を行った。



(図4) 教材一式

【セミナーテキスト】

下記のような、8章でテキスト作成をした。

第1章：幾何公差方式適用の目的

第2章：幾何公差とは

第3章：幾何公差の図示方法

第4章：形状公差

第5章：姿勢公差

総合演習 I

第6章：位置公差

第7章：振れ公差

第8章：幾何公差の有効な活用方法

総合演習 II

付録：最大実体公差方式

付録：追加演習問題

【演習の解答】

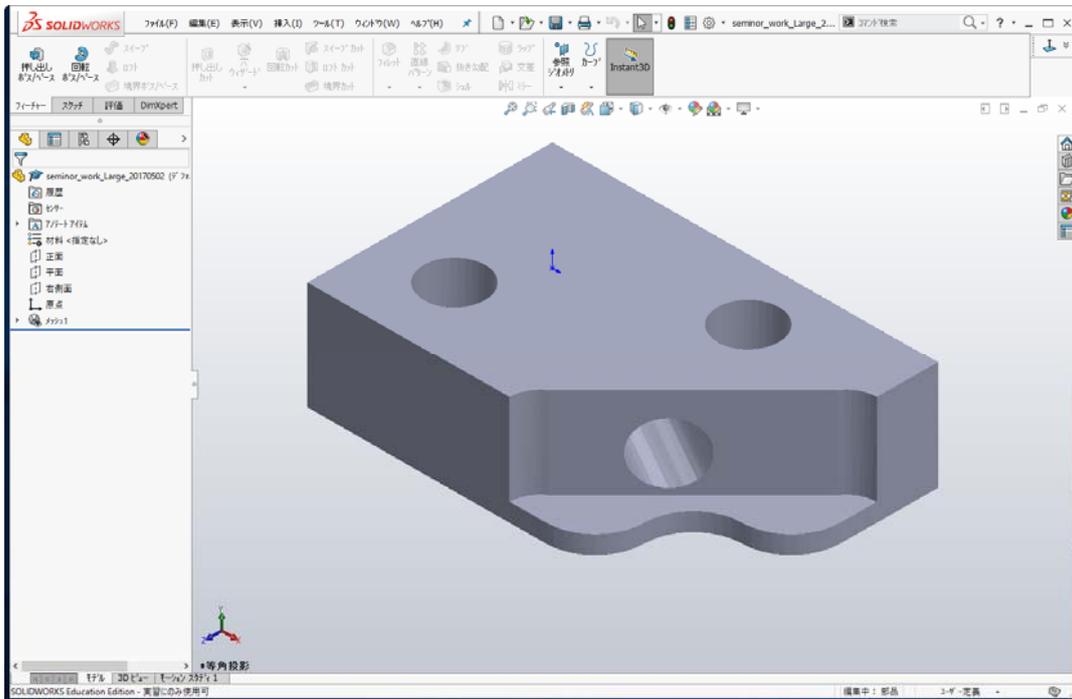
理解度を確認するため、各章には演習課題を設けた。

総合演習では、板金部品およびプラスチック部品を題材として、より実践的な課題を設けた。

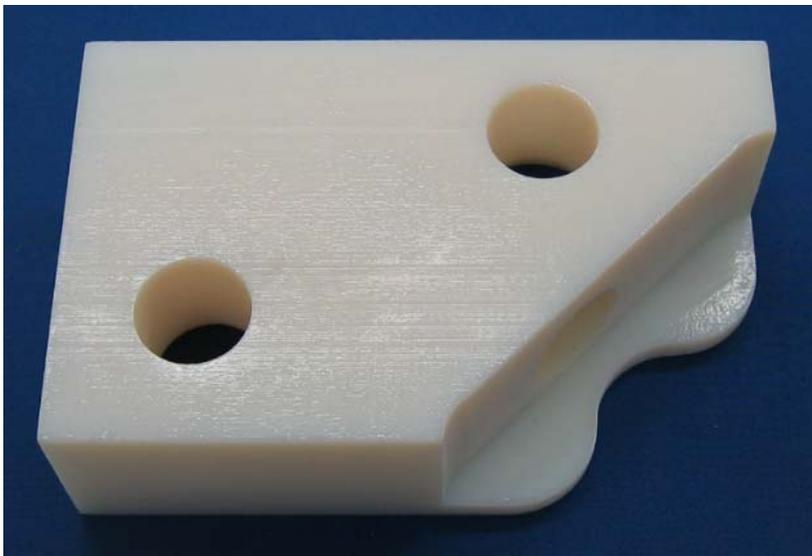
【幾何公差測定品】

幾何公差測定品の 3次元モデルを図5に示します。

3次元CADでモデリングを行い、3Dプリンタで製作しました。



(図5) 幾何公差測定品の3次元モデル



(図6) 3Dプリンタによる造形品

形状は、3次元測定機を使用して幾何公差の測定を網羅できる形状にした。

本来、3次元測定機を用いたセミナーの場合、精密に製作された測定品を用いており、不合格箇所が存在しない。機械加工部品では、0.001mmまでの加工精度で製作できるので、未熟な測定者が3次元測定機で測定してもすべてが合格品になってしまう傾向がある。

今回は、3Dプリンタによる測定品の開発を行った。

製作方法は、

- (1) 3次元 CAD で作成した 3次元モデルを作成する。
- (2) 3D プリンタにデータを渡すためには、STL ファイルにする必要がある。
これは、曲線や曲面形状を細かい直線や三角形の集合体に変換するデータであるため、特に円や円筒部分を近似的な形状データにすることで、誤差が生じる。
- (3) 3D プリンタは、プリンタヘッドから溶融樹脂を吐出し、一層ずつ積み上げる積層方法である。
その積層ピッチが 0.1mm 程度なため、積層ごとに誤差が生じる。

4. 教材の内容（応募した教材）

（1）セミナーの流れ（テキストに沿って説明）

テキストに従って、講義形式で進めた。

テキストは、PowerPoint で作成しているのので、中間モニタに映し出ししながら説明をした。（図6）



（図7）講義風景

また各章には、理解度を確認する演習課題を設けた。



（図8）演習課題風景

【テキストの内容】

第1章：幾何公差方式適用の目的・・・イントロダクションとして概要説明をしている。欧米では既に幾何公差が適用されているが、日本では、未だ進んでいないのが実情である。設計者を中心に今後活動を進める必要がある。

①幾何公差方式適用の実態

②世界で通用している図面の現状

③幾何公差に対する誤解

- 1-1. どうして幾何公差が必要なのか
- 1-2. サイズ公差と幾何公差の違い
- 1-3. 幾何公差のメリット
- 1-4. わかっているつもり of 幾何公差

第2章：幾何公差とは・・・幾何公差の用語は数多くあるが、ここでは最初に知ってほしい4つの用語を紹介している。また幾何公差を定義する上で最も重要なデータム（基準）について説明している。

2-1. 幾何公差の用語

2-2. 幾何公差の種類

2-3. データム

演習①：データムの設定

演習②：3平面データム系とデータム優先順位

第3章：幾何公差の図示方法・・・幾何公差やデータムの表記方法について説明している。

3-1. 公差記入枠とサイズ公差の描き方

3-2. データムの描き方

3-3. 軸直線・中心面に幾何公差、データムを指示

3-4. 線または表面に幾何公差・データムを指示

3-5. 投影面の軸線に幾何公差・データムを指示

3-6. 形体の限定した部分に幾何公差・データムを指示

3-7. 共通公差域を指示

3-8. 輪郭特性の全周規制

3-9. ねじ部への幾何公差・データム指示

演習③：データム指示方法

第4章：形状公差・・・単独形体である、形状公差について説明している。

4-1. 形状公差 真直度

4-2. 形状公差 平面度

4-3. 形状公差 真円度、円筒度

4-4. 形状公差 線の輪郭度

4-5. 形状公差 面の輪郭度

演習④：真直度の指示方法

演習⑤：平面度の指示方法

演習⑥：真円度、円筒度の指示方法

第5章：姿勢公差・・・データムを必要とする関連形体の姿勢公差について説明している。

5-1. 姿勢公差 直角度

5-2. 姿勢公差 平行度

5-3. 姿勢公差 傾斜度

演習⑦：直角度の指示方法

演習⑧：平行度の指示・測定方法

演習⑨：傾斜度の指示方法

総合演習Ⅰ：板金部品における機械公差について

第6章：位置公差・・・データムを必要とする関連形体の位置公差について説明している。位置公差は公差の対象となる形体が、あるデータムに対しての位置を規制する。特に位置度、輪郭度が最も幾何公差の効果をもたらしている。

6-1. 位置公差 位置度

6-2. 位置公差 同心度・同軸度

6-3. 位置公差 対称度

6-4. 位置公差 線の輪郭度

6-5. 位置公差 面の輪郭度

6-6. 位置公差 輪郭度の測定

演習⑩：位置度の指示方法

演習⑪：同心度、同軸度の指示方法

演習⑫：対称度の指示方法

演習⑬：輪郭度の指示方法

第7章：振れ公差・・・回転する形体への公差指示であり、エンジンやモータなどの回転する製品に関わらない限り必要性の低い公差である。特徴的なことは、対象となる形体をデータム軸を中心に回転させた際の振れ偏差に対する公差で、いわば動的公差である。真円度や同軸度などの静的公差による複合公差である。

7-1. 振れ公差 円周振れ

7-2. 振れ公差 全振れ

演習⑭：振れ公差の指示方法

第8章：幾何公差の有効な活用方法・・・応用的な指示方法について説明します。

8-1. 幾何公差は複数重ねて指示できる

8-2. 公差解析と幾何公差の関係

8-3. 普通公差の併用

総合演習Ⅱ：プラスチック成形品における幾何公差について

付録：最大実体公差方式

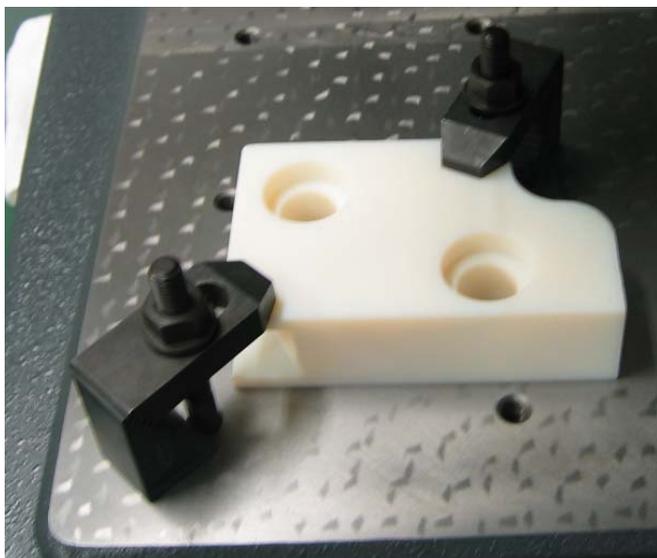
付録：追加演習問題

(2) 幾何公差測定実習

テキストで説明してきた幾何公差について、3次元測定機を用いて実習を行う。

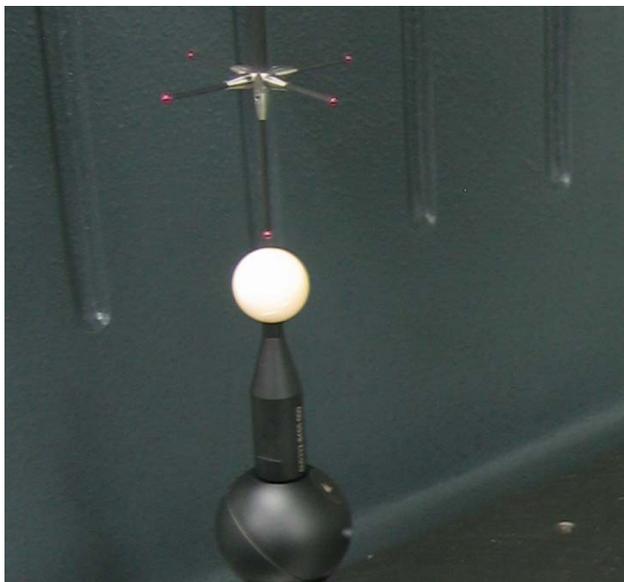
機械設計技術者が受講対象の為、測定作業はセミナー担当の指導員が行い、随時解説する形式で行った。主な作業について、以下に記載する。

①3次元測定機に測定品（ワーク）を固定



(図9) ワーク取付け状態

②マスタープローブによる原点補正



(図10) マスタープローブによる原点調整

③データム平面 A の平面度を測定

平面度に関して、5 点、15 点、25 点で測定し、その違いを観察した。

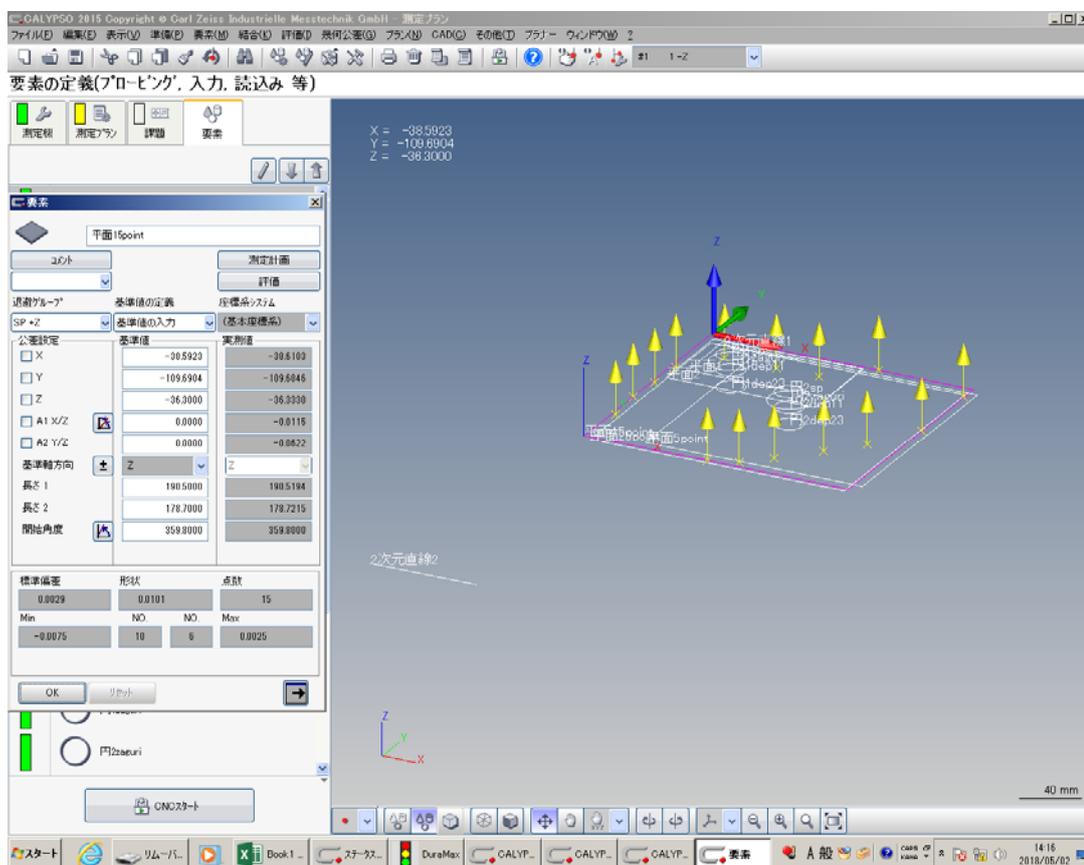
機械加工品であれば、バラツキが小さいので測定点数が結果に影響することは少ないが、3D プリンタの精度が 0.1mm 単位のため、測定点数によって合否の相違が発生した。



(図 1 1) 平面度測定風景

(表 3) データム平面 A の測定点数と実測値の関係

評価箇所	測定点数	評価指標	実測値
データム平面 A	5	平面度 0.2	0.1717
	15		0.1412
	25		0.2006



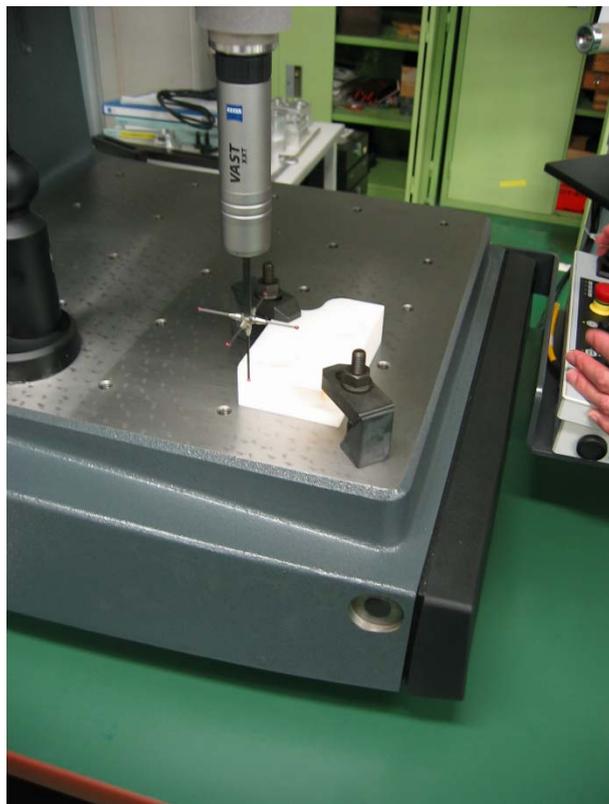
(図 1 2) データム平面 A を 15 点測定した時の測定画面

④データム B 及びデータム C の直角度を測定

データム A 設定後に、データム B 及びデータム C の直角度を測定した。

直角度の測定方法について説明をした。

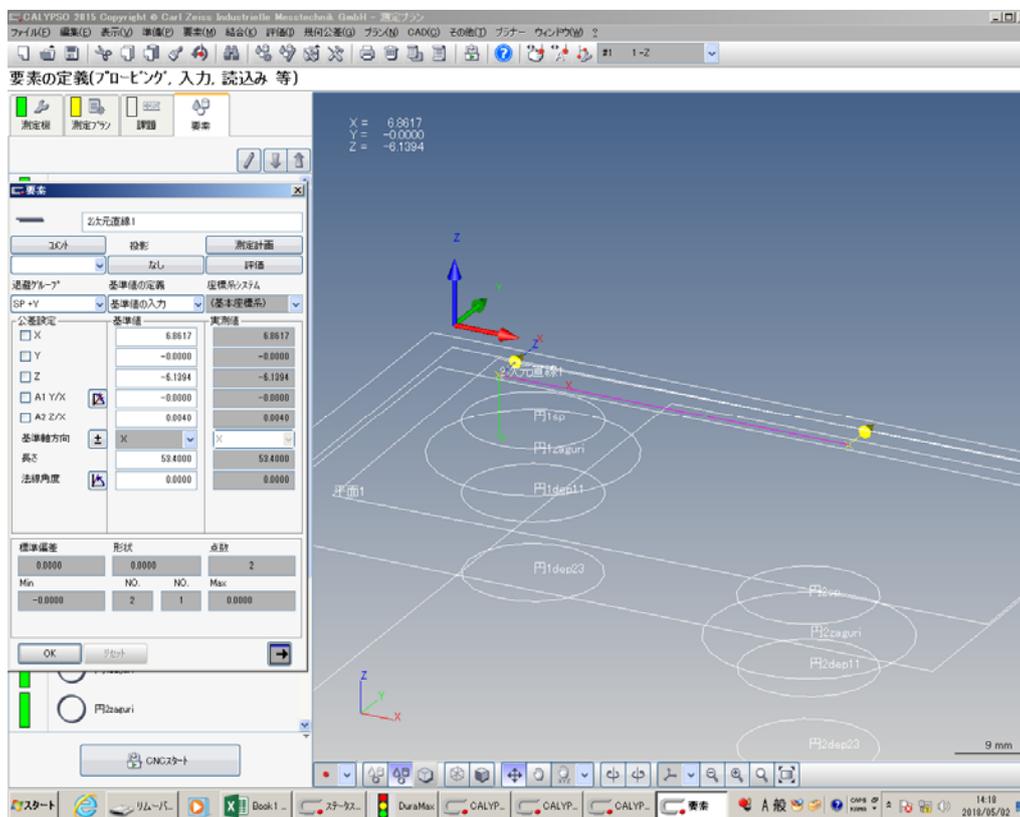
時間の関係上、測定点数は 5 点のみで行った。



(図 1 3) 直角度測定風景

(表 4) データム平面 B、C の直角度測定結果

評価箇所	測定点数	評価指標	実測値
データム平面 B	5	直角度 0.4 A	0.0382
データム平面 C A 部		直角度 0.4	0.1467
データム平面 C B 部		直角度 0.4 AB	0.1871



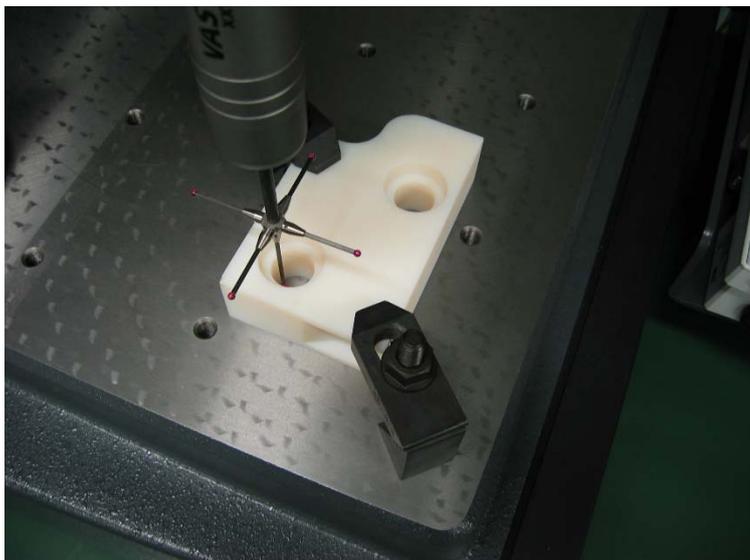
(図 1 4) データム平面 B の測定画面

⑤貫通穴における円筒度の測定（貫通穴Φ20mm×2箇所）

円筒度の測定方法について説明をした。深さ毎に4か所、計12点測定とスパイラル測定を実施した。

3Dプリンタで製作するためには、CADデータをSTLデータという特殊なファイルに変換をする。

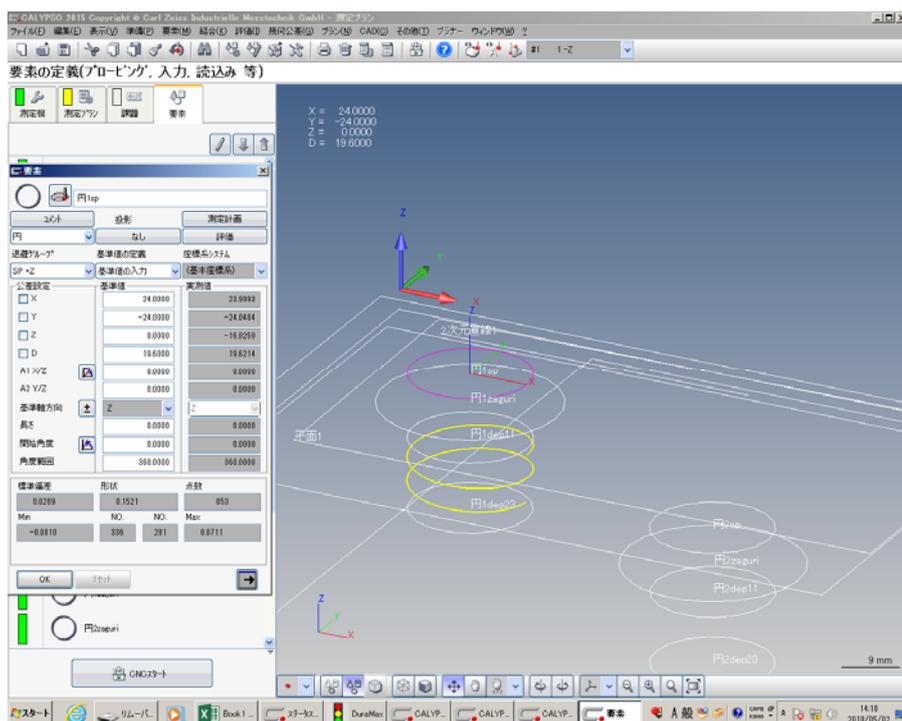
このSTLファイルは、円形状を細かい直線に置き換えるため、円筒面部分の精度が落ちることも確認できた。



(図15) 円筒度測定風景

(表5) 円筒度測定結果

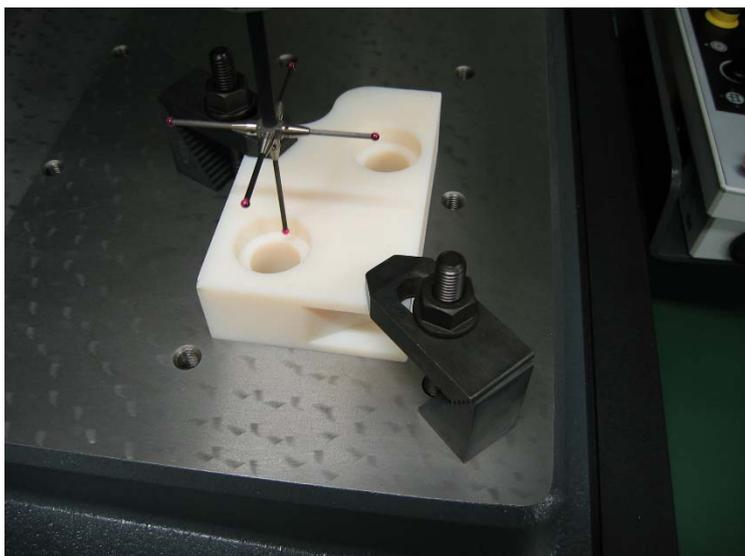
評価箇所	測定点数	評価指標	実測値
円筒1 Φ20 depth11・23・33	12	円筒度 0.04	0.085
	Spiral 1090		0.1322
円筒2 Φ20 depth11・23・33	12		0.0902
	Spiral 1098		0.1616



(図16) 円筒度測定画面（スパイラル測定）

⑥座ぐり穴部分における同軸度の測定（貫通穴Φ30mm×2箇所）

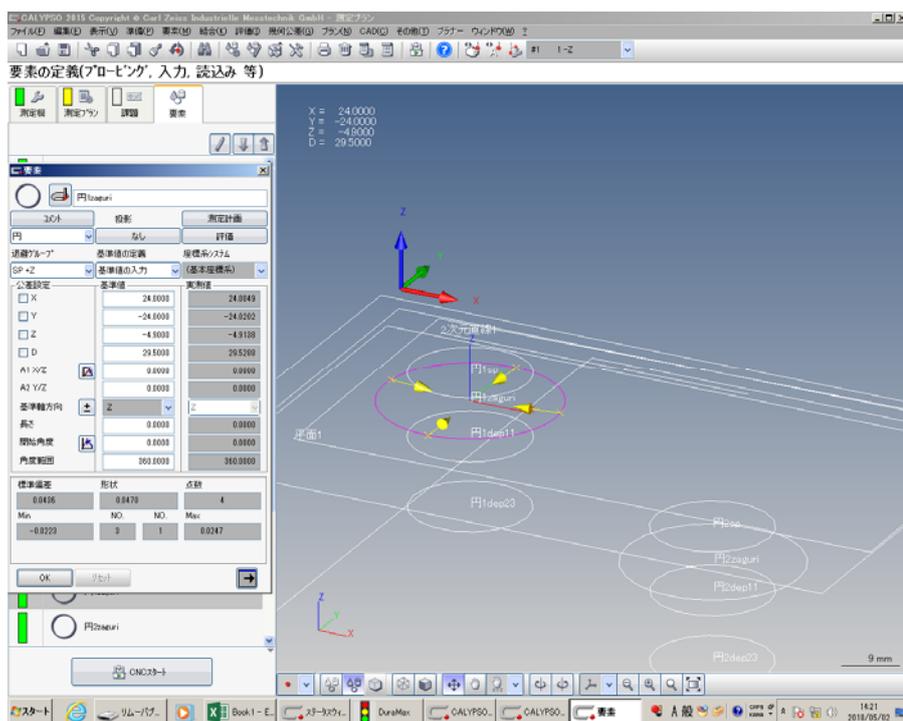
同軸度の測定方法について説明をした。深さ毎に4か所、計8点測定とスパイラル測定を実施した。



(図 1 7) 同軸度測定風景

(表 6) 同軸度測定結果

評価箇所	測定点数	評価指標	実測値
円筒 1 Φ30 depth5・7	8	同軸度 0.04 E	0.1882
	Spiral		0.1811
円筒 2 Φ30 depth5・7	8		0.2883
	Spiral		0.2818



(図 1 8) 同軸度測定画面

5. 教材活用の効果（成果）

平成 29 年度に独自カリキュラムコースとして申請し、新規セミナーとして実施した。募集人数を 12 名定員としたが、2 倍以上の 25 名の応募があった。

アンケートの抜粋であるが、

- ・ 図面の理解を深める事が出来た。
- ・ 知っとかないといけないと感じたから。
- ・ 基本的な内容を本講義で学ぶ事が出来、応用にも発展させる事が出来る。
- ・ 今まで受けたポリテク研修の中でもっとも内容が分かりやすく、業務に活かせると思う。
- ・ 内容としては、十分に満足でした。
- ・ 目的毎の幾何公差の設定方法への理解が深まった。
- ・ 特定のデータムを設定しなかったことによる、失敗例が図で示されるとより分かりやすかった。
- ・ 海外に対応できる公差の指示、最新 JIS の理解、3 次元測定機を知ることができた。
- ・ 客先との事前打合せや社内での測定方法の統一の際に品質を守り、量産していくのに役立つため。
- ・ 分からなかった事が少し分かるようになった。
- ・ 講義の中で実務を考えたデータムの設定について説明があったのが良かった。
- ・ 図面をかく事が多いので、今回の講習で得た知識が役立つと思います。
- ・ 知らなかったこと、わからなかったことが理解できた。
- ・ 幾何公差の測定方法や測定の実習の時間をもう少し増やしてほしい。

6. 今後の展開

アンケート結果を踏まえ改善を図る。

ISO や JIS が幾何公差を推奨しているため、今後多くの分野で幾何公差を考慮した図面化が進む。設計者のみならず、機械加工技術者や測定評価技術者にも必須になってくるのでより多くのニーズが見込まれる。各分野に対応できるセミナーのコース開発と教材開発を進めていく。

上記の事より、アビリティ訓練でも必要になる分野であり、今よりも理解しやすいテキスト教材の開発を進める。