

計量管理教材の開発と利用

計量士 日 高 鉄 也

1 はじめに

計量ワークショップを2010年11月より開催して現在84回になっており、その中で計量管理に関わる企業の関係者の参加により、品質管理、計量管理に関する基本から管理手法に関するワークショップを開催し、参加者の理解を進めるため、既存のテキスト、文献ではなく、実物の教材を開発し、実践的な研修を進めている。

その中から開発した教材とその利用及び近年これらの教材の開発に使用している3Dプリンター（以下3DPとする）の活用の経過について報告する。なお、教材は原理を説明するものであり精密にできていないので実務に利用する場合は各分野の専門資料の確認が必要である。

2 ノギスの測定力練習器（実用新案登録）

2.1 非常に多いノギスの測定力の質問

新入社員教育でノギスは測定部位とスケールが同軸上になくアッペの原理に反しており、測定力により測定結果が変化することから、最適な測定力について指導会で非常に多くの質問が出ることから、測定力の見える化に取り組むことにした。

2.2 ノギスの測定力練習器の製作

ノギスの測定力を測るため、**図1**のクリップを改造した物、**図2**のキッチンスケールを改造した物、**図3**の3DP製作したものを用意した。いずれの練習器も製作に手間がかかったが、仕上がり状態は3DPで製作した物の出来栄がよかったので実用新案を登録した。余談であるが、実用新案の明細書を作成する手順がISO 9001の10.2.1項の手順と共通性があり、改善

提案に役に立つ手順である。



図1：クリップ利用

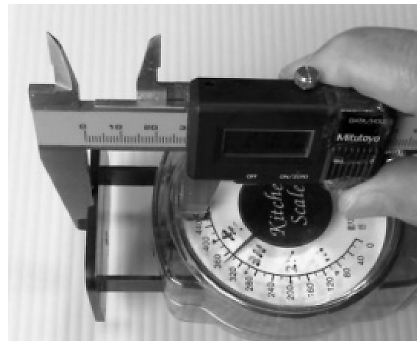


図2：キッチンスケール改造



図3：3DP製作品

2.3 ノギスの測定力練習器の利用例

計量ワークショップでゴム製品の測定に測定力練習器を使った効果は**表1**及び**表2**に示すようである。こ

のデータは製品の検査を担当している人が実施したもので(図4)、練習器を使うと同じ製品をしても品質の判断が異なることの指導用である。

3 ゲージR&R(GRR)測定サンプル(実用新案登録)

3.1 経緯

GRRは自動車関係の計測担当者には知られているが、その実践教育を行うには、実物の測定サンプルが10個必要で、実物の部品が望ましいが、技術の保持、生産数の管理などの理由により、入手が困難となった。また、市販されている部品はばらつきが小さく、GRRの目的である、測定者の技量の差、再現性の変化など明確な結果が得られず、研修が計算式の習得が重点となっていた。そこで、GRRの目的が理解できる結果が得られるサンプルを作成することにした。

3.2 測定サンプルの設計

測定サンプルは寸法と質量の用途に使えるように、

図5のように設計した。測定サンプルには、識別符号(図5の例008)をつけて異常データが出た場合の遡を可能にし、測定指導を可能にした。

3.3 測定サンプルの製作

測定サンプルは3DPを使用し、識別符号別に個々に製作した。製作したサンプルを図6に示す。

本測定サンプルは「測定手法講習会用測定物」として実用新案登録した。

3.4 測定サンプルの利用例(GRR)

(1) 測定サンプルの測定結果

計量士の会合の機会を利用して、製作したサンプル10個を利用してGRRの測定実験を実施した。

測定者はA：ノギス校正の経験者、B：ノギスによる部品検査経験者、C：ノギス初心者の計量士に参加により繰返し測定を行った。測定状態を図7、測定結果を表2に示す。

表1：練習器の利用効果

数 値	デジタルノギス：100/0.1 mm			デジタルノギス：150/0.01 mm		
	練習前	練習後	変 化	練習前	練習後	変 化
平均値	22.84	22.76	-0.08	22.954	22.909	-0.045
標準偏差	0.098	0.065	-0.033	0.0585	0.0292	0.0293
工程能力指数※	0.68	1.03	+0.035	1.13	2.28	+1.15

※：工程能力指数 = 製品規格 / (6 × 標準偏差) 製品規格 ± 0.2



会 場	第75回ワークショップ
日 時	2017年3月21日
測定者	脂製品職場の検査係長(女性)

図4：測定の様子



図6：測定サンプルの例

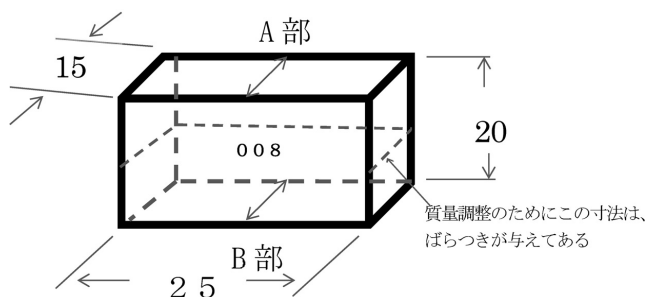


図5：測定サンプルの設計識別符号



図7：測定サンプルの測定事例

表 2 : サンプルの測定結果

測定者	繰返し	測定対象 (部品等)										平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A 校正 経験者	1回目	24.70	24.78	24.78	24.80	24.73	24.64	24.75	24.87	24.82	24.85	24.772
	2回目	24.72	24.75	24.82	24.82	24.72	24.73	24.78	24.86	24.89	24.85	24.794
	平均	24.710	24.765	24.800	24.810	24.725	24.685	24.765	24.865	24.855	24.850	24.783
	R	0.02	0.03	0.04	0.02	0.01	0.09	0.03	0.01	0.07	0.00	0.032
B 部品 検査 経験者	1回目	24.75	24.78	24.81	24.79	24.70	24.65	24.74	24.89	24.85	24.84	24.780
	2回目	24.74	24.75	24.83	24.83	24.70	24.68	24.78	24.89	24.84	24.85	24.789
	平均	24.745	24.765	24.820	24.810	24.700	24.665	24.760	24.890	24.845	24.845	24.785
	R	0.01	0.03	0.02	0.04	0.00	0.03	0.04	0.00	0.01	0.01	0.019
C 初心者	1回目	24.74	24.76	24.80	24.83	24.75	24.61	24.80	24.90	24.86	24.86	24.791
	2回目	24.73	24.60	24.77	24.74	24.77	24.64	24.71	24.90	24.83	24.89	24.758
	平均	24.735	24.680	24.785	24.785	24.760	24.625	24.755	24.900	24.845	24.875	24.775
	R	0.01	0.16	0.03	0.09	0.02	0.03	0.09	0.00	0.03	0.03	0.049
平均		24.730	24.737	24.802	24.802	24.728	24.658	24.760	24.885	24.848	24.857	24.781
		$\bar{R} = (R_a + R_b + R_c) / 3$		0.033						R_P	0.227	
		\bar{X}_{max}	24.785		\bar{X}_{min}	24.775		\bar{X}_{DIFE}	0.010			

(2) 評価結果

測定結果から、GRRの手順に従い、(3.1)式から(3.6)式により評価した結果を表3に示す。この結果から%GRRが評価基準の30%を超えており。この測

定システムの改善が必要となる。その原因としてEV値(0.0295)が比較的大きく、さらに初心者のR(範囲)平均値(0.049)が他の測定者に比べ大きいことが原因と推測でき、測定者の訓練が重要なことが解る。

$$\text{繰返し性 } EV = \bar{R} \times K_1 = 0.0333 \times 0.8862 = 0.0295 \quad (3.1)$$

$$\text{再現性 } AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFE} \times K_2)^2 - (EV^2 / (nr))} = \sqrt{(0.010 \times 0.5231^2) - 0.0295^2 / (10 \times 2)} \rightarrow 0.00 \quad (3.2)$$

$$\text{繰返し・再現性 } GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} = \sqrt{0.0295^2 + 0^2} = 0.0295 \quad (3.3)$$

$$\text{部品(サンプル)変動 } PV = R_P \times K_3 = 0.227 \times 0.3146 = 0.0714 \quad (3.4)$$

$$\text{全変動 } TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} = \sqrt{0.0295^2 + 0.0714^2} = 0.0773 \quad (3.5)$$

$$\%GRR \quad \%GRR = 100(GRR / TV) = 100(0.0295 / 0.0773) = 38.2\% \quad (3.6)$$

表 3 : R&Rの評価結果

記号	内容	計算結果
EV	繰返し性	0.0295
AV	再現性	0.0000
R&R	繰返し性・再現性	0.0295
PV	部品変動	0.0714
TV	総変動	0.0773
%R&R	R&R/TV比率	38.2%

4 ばね定数の学習教材

4.1 経緯

計量士を目指す人の中で、苦手の科目として、基礎である物理を挙げる人が多く、物理学の見える化を進めており、その第一段階としてフックの法則を理解するためのばね定数の実験用具を作成した(図8)。

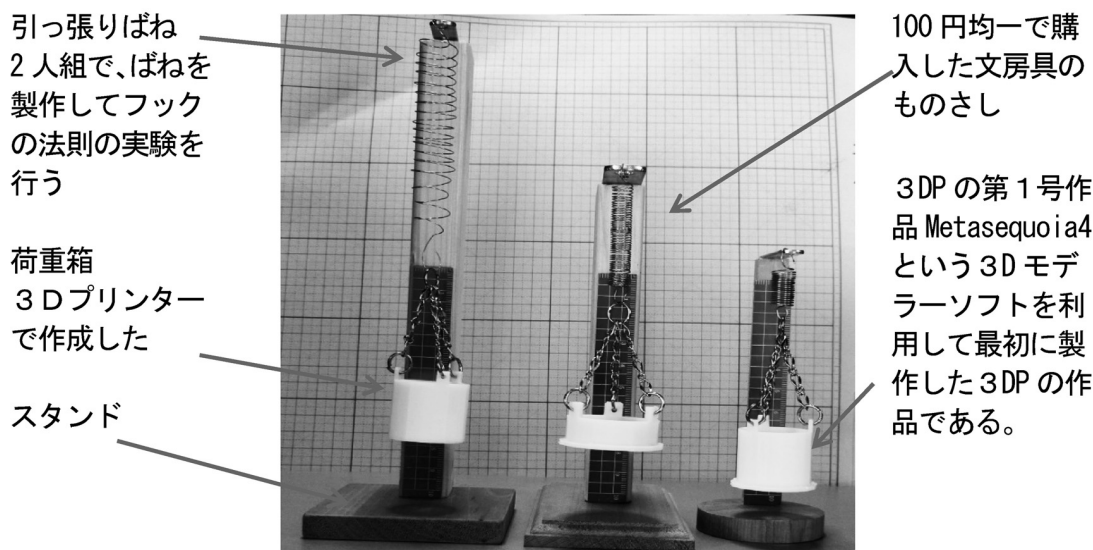


図8：ばね定数測定教材

4.2 計算式で求めるばね定数

フックの法則 GAME は、ばね定数実験用具の荷重が 10g~100g の範囲で実験できるように準備してある。この実験用具のコイルばねの線径と巻き数を測定して、ばね定数を(1)式1で計算して求める。

$$\text{ばね定数 } k = \frac{F}{x} = \frac{Gd^4}{8N_a D^3} \quad (1)$$

F : 荷重(N) x : 変位(m)、
 G : ばね材料の弾性係数(N/mm²)、
 d : ばね線径(mm)
 N_a : 有効巻き数、 D : 平均コイル径(mm)

4.3 ワークショップでの実験結果

第69回品質測定ワークショップ(2016年8月23日開催)においてW、Mチームにおいて測定した結果を表4に、荷重と変位の関係を図9に示す。

測定に用いたばねの諸特性は以下に示すもので、(4.2)式、(4.3)式の結果から、計算値と実験結果がほぼ一致している。

- ① 荷重 $F = 0.0098$ (N)
- ② たわみ $x = 0.1$ (mm)
- ③ ばね材料の弾性係数
 $G = 7000$ (gf/mm) = 68600 (N/mm²)
- ④ ばね線径 $d = 0.62$ (mm)
- ⑤ ばね有効巻き数 $N_a = 37$ (回)

⑥ 平均コイル径 $D = 6.95$ (mm)

$$k = \frac{F}{x} = \frac{0.0098}{0.1} = 0.098 \text{ (N/mm)} \quad (4.2)$$

$$k = \frac{Gd^4}{8N_a D^3} = \frac{68600 \times 0.62^4}{8 \times 37 \times 6.95^3} = \frac{10136}{99368} = 0.102 \text{ (N/mm)} \quad (4.3)$$

表4：測定結果

荷重(N)	読み値(mm)	たわみ(mm)
0	5.6	0
0.0098	5.7	0.1
0.0196	5.8	0.2
0.0294	5.9	0.3

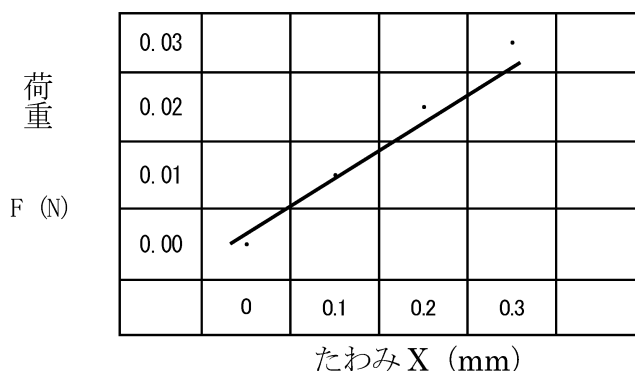


図9：ばね定数グラフ

5 水平出し練習器

5.1 製作の経緯

4点支持の大型定盤の水平出しで苦労した経験があり、また、秤の水平が大きくずれている場合も散見され、それと、水平出しの指導を先輩から受けた経験もないことから水平出し練習器の必要性を感じたので3点支持（5点支持）と4点支持の練習器を製作した。

5.2 用具

水平出し練習器の製作のために載せ台及び、図10の丸型、横型水平器を用意した。

5.3 3点支持（5点支持）の水平の出し方

図11の右が3点支持のであり、水平出し練習器には5点の調節ねじ（以下ねじ）が付いているが、これは荷重の大きいものを載せるために5点になっている。

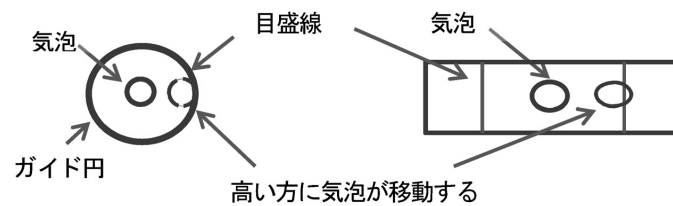


図10：水平器

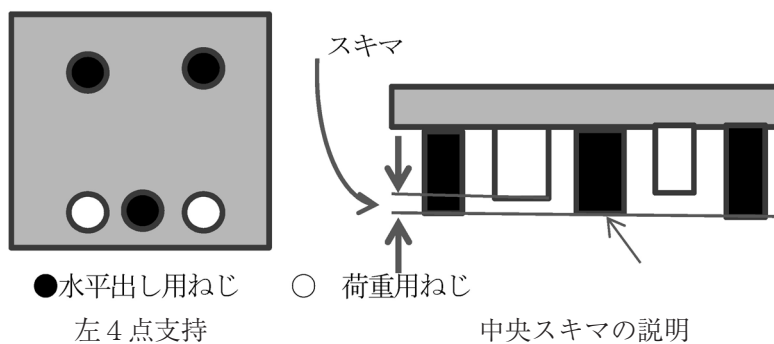


図11

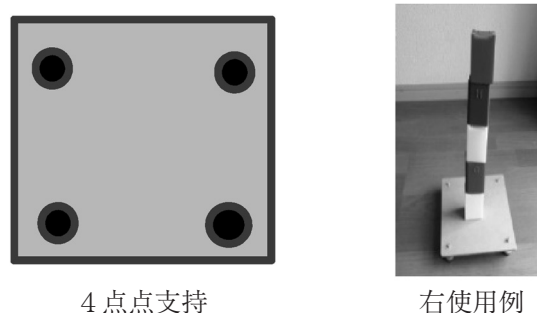


図12

水平出しをするときには、始めに3点で水平出しができるように図11のスキマができるようにねじを回して上に上げてスキマを作り、その後で水準器の気泡の位置が中央に来るように各ねじを回して水平を出す。水平出しが完成してから荷重用のねじゆっくりと回してスキマを無くす。

5.4 4点支持の水平の出し方

図12の4点支持の水平出しは大変やりにくく、何回も微調整が必要なことを認識し、横型の水平器の場合は、縦方向又は、横方向に水準器を置いて、気泡がおよそ中央になるようにねじを回し、次に反対方向に水準器を置いて、気泡がおよそ中央に来るようにねじを回し、この方法を繰り返して、縦、横の両方の向きで気泡が中央に来るように調整する。円型の水平器は気泡が中央に来るように3点のねじを回す。

6 3Dプリンターの活用

6.1 経緯

ワークショップで使う教材を作るためにホームセンターや百元ショップ等で材料を購入して製作してきたが、材料購入の制約から3DPを導入している。

6.2 3DPの特色

3DPの使用は失敗続きであるが、それでも測定教材は多く出来ている。教材は、これまでの計量士業務の中で不便を感じていたものから作っており、計量士のような一人で①設計、②製造、③使用する場合には時間が多くかかるが設備費が安いので便利な機械である。

6.3 価値のある教材の製作

先に紹介した教材を作成するには3CADによる設計から3DPの出力が完成するまでには、約20回の試作(学習と失敗)があったが、最近の作品は5~10回の試作で出来るようになった。今後は、品質要求が高まると考えるから試作は現在と同様に5~10回必要と思える。従って製作コストは高くなるから価値の大きい作品、例えばこれから自動秤の管理に関する物があると思える。

6.4 3DPを始めるための情報取り

3DPをはじめののに困ったことは、マシンとソフト及び学習方法の選択があった。インターネット情報や販売店で説明を聞いても納得のできる情報は得られなかったので、使って情報を得ることにした。

この原稿も3Dプリンターの導入を検討して見える方の情報の一つになればと思って書いているが、文章表現が上手くできないので不十分な情報になり申し訳ないと思いながら書いている。

6.5 3DPの価格と信頼性

はじめに勉強用にTHE MICROという約3万円の3DPを購入して、次にxyzプリンティング社のダヴィンチPRO 3 in 1を13万円で購入した。約1年間使用した結果は、使い方の不慣れなことと、色々と不具合もありバスタブカーブは図13であり、これは機械部品の品質の安定性に問題があるように思えた。この図13

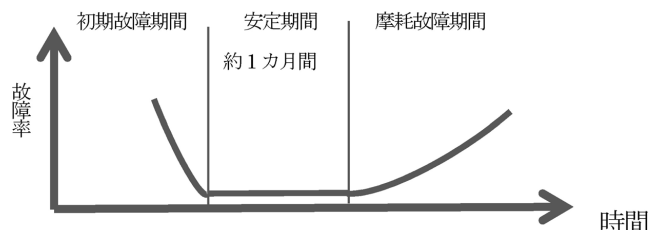


図13：バスタブカーブ

及び関連データをメーカーに送ったが技術的な返事はなかった。

次に武藤エンジニアリング社のMF 1100を23万円で購入したところ、はじめの1ヶ月で大きな故障が起きたがその後は順調であるのでバスタブカーブの安定期間は長くなると予想している。

以上のように3DPの故障は多いが、それでも記述した教材が出来たので興味のある機械である。

6.6 学習方法

3DCADソフトは、日本語の説明書があるものを選び、最初にShade 3Dを学習したが何も作れずにMetasequoia 4に移った。しかし寸法設定が不便であったのでAUTODESK FUSION 360に移り、現在も使っている。

学習方法は、2015年3月に秋葉原の小さいラボで3DPの講習を2時間受けて、その後3CADの講習を2回計6時間、それと3DPメーカーの操作方法の講習を2回、計6時間受けたのみである。このように受講時間が少ないことは、講習会が名古屋地域には少ないことが原因であるが、テキスト、講師、受講料などの講習会の開催準備が出来ていない状態と推測している。

7 終わりに

3DPの学習は、適当な講習会もテキストも少ない状況であったから失敗をしながらの学習になったが、その時に参考になったものに南極越冬隊長の西堀栄三郎氏の講演(計量管理協会主催)と、二宮金次郎の弟子が書いた「二宮翁夜話」があった。いずれも資源が少ない中で目的を実現させるためのヒントが沢山あった。

計量管理の資源は多くないが前述した偉大な2名に学び計量計測の根本的な効果を活用すると共に、今後10年間の計量行政の方針定まり、それにより自動秤の検定周期が検定の周期が適正計量管理事業所(適

管事業所)は、一般事業所の3倍に長いという大きなメリットがあるので、適管事業所の管理方法を見直して自動秤に限らず多くの事業所で見直す機会である。

愛知県計量士会や計量ワークショップで感じることに計量計測関係の人材は豊富であるから、数年後には実務的な計量士が誕生できると予想しており、その人たちはISO 9001/10012、JISQ 9100、ISI/IEC 17025などの国際規格と関係した実務を経験しており、これら

の国際規格と融合した適管事業所の運営が期待できる。

計量思想の指導が行き届いている百貨店やスーパーなどでのデータの不正利用が極めて少ない現実を、B to Bの場面にも利用する方法として、適管事業所以外にも計量思想のポスターを配布(販売)してはどうか。最後にワークショップに各位から器材や資金など多数の御支援をいただいていますことに、厚く感謝申し上げます。