

技能（普通旋盤作業）の通し評価法について

第2報 製作寸法誤差分布の正規性と寸法精度の技能評価

古 賀 一 夫

1. まえがき

1つの測定箇所を繰返し測定したとき、その測定値の分布が図1のように正規分布をなすことは一般に知られている。^{1) 2)}

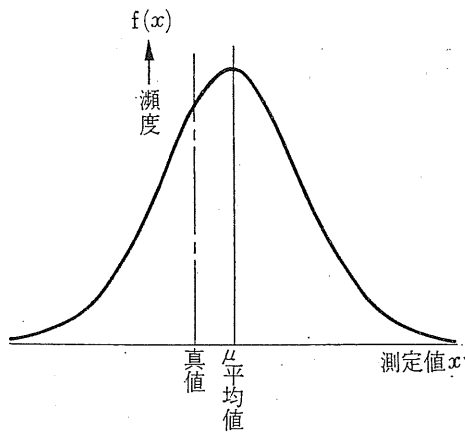


図1 測定値の分布

同様に製作寸法もまた正規分布に近い場合が多いと言われる。³⁾

この報告では、訓練生についての技能習熟実験および訓練生、技能検定1級、2級受験者の各技能競技の結果を分析して、技能習熟過程における製作寸法誤差分布の正規性（平均値のカタヨリ、標準偏差）の変化の状況、ならびに、各技能グループ・各要素作業別に誤差分布の正規性の違いを明らかにした。

2. 製作寸法誤差の分布

2.1 実験および競技の結果

さきに⁴⁾、総合職業訓練所機械科1年生に対し、その実技基本訓練10時間目ごとに図2の課題を実施させた。

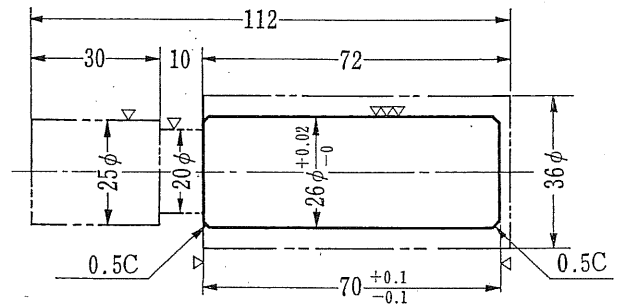


図2 旋削技能習熟実験課題

註2点鎖線は素材を示す。使用材料はS35C

26φ部について、製品寸法の公差中央からの偏差（以下これを単に製作寸法誤差と言う）とその瀬数との関係を実験各回ごとにヒストグラムとして表わすと図3のとおりである。

1回目は寸法精度として考えるよりはむしろ寸法上の欠陥として考えてがよいと思われるほど大きな誤差のものが多かったので除外した。被験者は21名に過ぎなかったが2回目以後は正規分布らしい形をしており、製品全数についてのヒストグラム図4はさらに正

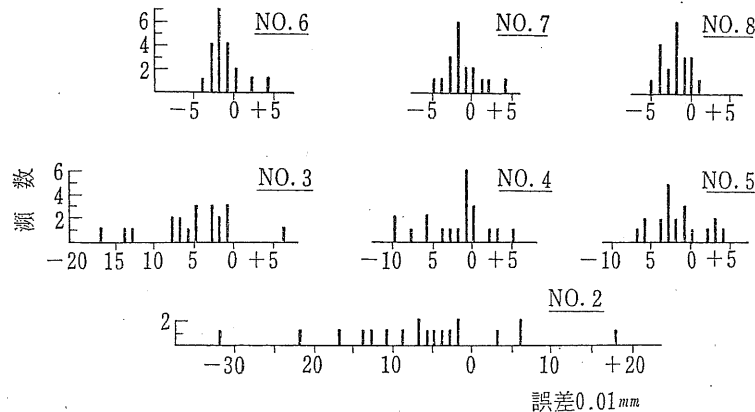


図3 外径誤差ヒストグラム（習熟実験）

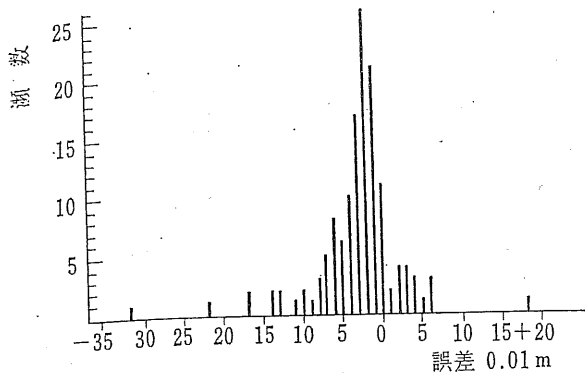


図4 外径誤差ヒストグラム習熟実験回数

規分布に近づいている。被験者数が増加して ∞ であるときは各回の誤差および全回の誤差はともに正規分布をなすと考えて差支えないであろう。

従って、次⁵⁾の(1)式で誤差の平均値のカタヨリ μ と標準偏差 σ を求め(2)式で計算してこれを正規曲線に書き表わすと図3および図4から図5が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \frac{\sum xi}{N} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (xi - \mu)^2}{N}} \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\phi(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

茲で、 N は製作個数、 xi は製品個々の寸法誤差、 $\phi(x)$ は誤差の確率密度。

附図1は技能訓練効果測定のために作成した課題⁶⁾、附図2、附図3は昭和41年度労働省が定めた2級および1級用の技能検定用課題である。

前記訓練生21名の1年終了時における実技試験として附図1を2組づつ作らせた。この際、特に作業打切り時間は設けなかった。また、東京都職業訓練部が昭和41年度直轄して行なった2級(155名)および1級(82名)技能検定受験者の競技成績個票を入手した。

表1および表2はこれらの結果を整理したものである。

各技能グループ、各要素作業別の誤差の分布は表中の μ と σ で判断できる。判断の一助に、つば外径(30 ϕ ~50 ϕ)の誤差分布を技能グループ別に正規曲線で示すと図6のとおりであり、要素作業別に1級の公差内に入った誤差の分布を正規曲線で示すと図7のとおりである。

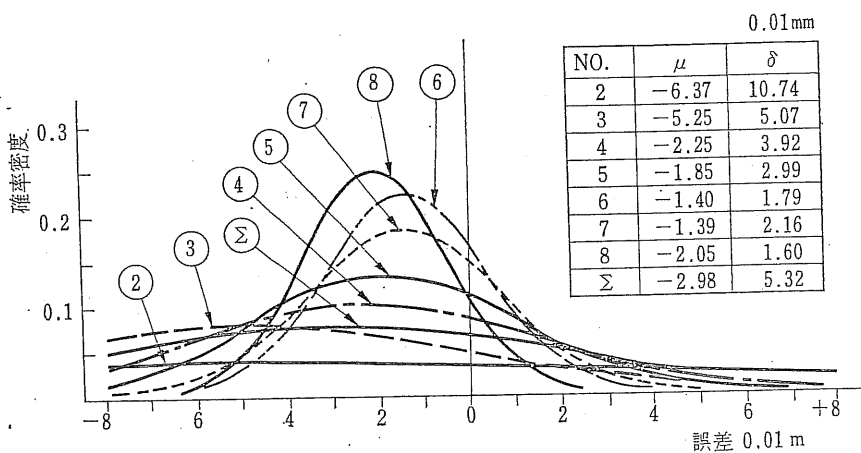


図5 外径誤差の正規分布(習熟実験)

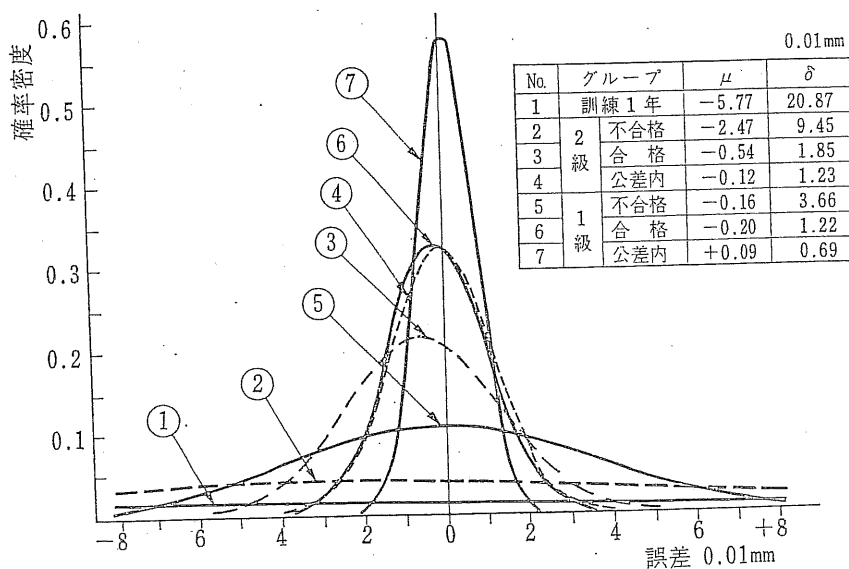


図6 グループ別誤差の一例(つば外径)

表1 技能グループ・要素作業別，誤差分布の正規性（精密公差部位）

0.01mm

軸・穴	要素	寸法 mm	μ · σ	訓練1年	2 級			1 級		
					不合格	合格	公差内	不合格	合格	公差内
軸	つば径	30~50 φ	μ	-5.77	-2.47	-0.54	-0.12	-0.16	-0.20	+0.09
			σ	20.87	9.45	1.85	1.23	3.66	1.22	0.69
	段なし径	30~50 φ	μ	+1.10						
			σ	13.86						
	段つき 外径	18~30 φ	μ	-3.34	-1.74	-0.58	-0.15			
			σ	12.04	8.70	2.88	0.94			
		30~50 φ	μ		+0.76	+0.25	+0.10			
			σ		9.83	4.39	1.42			
	みぞ径	18~30 φ	μ		-1.31	-0.43	+0.21	-1.13	-0.66	-0.26
			σ		7.71	2.63	1.80	14.38	1.32	0.65
	つば巾	6~10	μ	+1.14	+3.75	+0.60	+0.57	+1.88	+0.09	+0.25
			σ	15.67	12.56	4.13	1.44	11.84	2.16	0.95
穴	穴径	18~30 φ	μ	+8.24	+3.97	+0.74	-0.17			
			σ	13.25	13.68	10.74	1.43			
		30~50 φ	μ					+4.06	+0.66	+0.36
			σ					22.64	3.48	1.05
	みぞ巾	10~18	μ					+2.31	+1.45	+0.43
			σ					9.34	4.03	1.42

表2 技能グループ別，粗大公差およびテーパはめあい部位，誤差分布の正規性

0.01mm

区分	要素	寸法 mm	μ · σ	訓練1年	2 級			1 級		
					不合格	合格	公差内	不合格	合格	公差内
粗大公差	長さ 径	30~50	μ	+35.00	+2.93	-0.01	-0.09			
			σ	28.61	17.22	8.37	5.46			
		50~80	μ					+0.33	+0.21	+0.02
			σ					16.61	7.19	5.52
テーパ部	メス のさ	30~50	μ	+2.74	+3.04	+0.67	+0.16	+0.69	-3.33	-0.53
			σ	24.77	17.67	13.61	10.96	26.93	11.52	6.13
	テーパ すきま	0~3	μ	-0.07				+5.55	+0.89	+0.65
			σ	13.45				11.78	3.21	4.00
		18~30	μ		+3.72	-0.33	+0.19			
			σ		25.71	13.03	6.67			

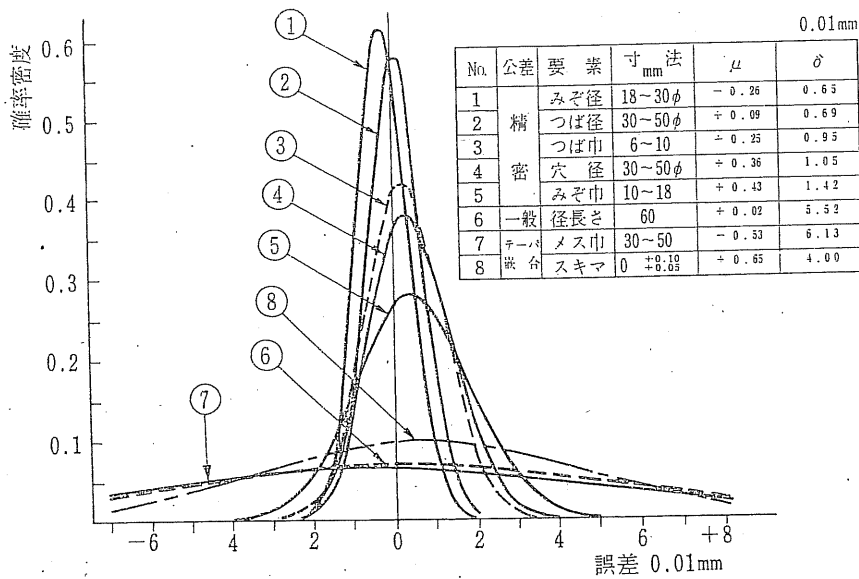


図7 要素作業別誤差分布(1級指定公差内)

2.2 結果の考察

2.2.1 技能の上達と誤差分布の正規性の変化について

実験の結果は、各技能グループごとの誤差分布が正規分布に近似し、技能が良くなるにつれて、グループの持つ μ も σ も小さくなり、次第に0に近づくことを示している。

誤差の確率論での正規分布は一般に偶然誤差の起る法則として論ぜられるが、各技能グループに属する人々が第1報で述べた公差中央を工作上的のねらいどころとして作業するとき、製作誤差が偶然誤差で起るとすれば、実験の結果に見るほど大きな各グループ間の δ の差異は起らないであろう。第1報・4節でも論じたように、技能の上達とは主として系統的誤差の排除であり、偶然誤差は排除できる性質の誤差、系統的誤差は排除できる性質の誤差であるので、この実験の結果は系統的誤差の分布が正規分布に近似したと考えると差支えない。

図5~6により、また、技能がある程度まで上達すれば、ある程度の大きさの誤差より大きな誤差は殆ど作らず、技能の低いものよりよい仕事をする事が多くなる事が明らかである。

2.2.2 各技能グループの技能度について

誤差の確率密度が(2)式で示されるとき、誤差が a から b の間の大きさである確率 p は次式で求められる。

$$p = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (3)$$

$t = \frac{x-\mu}{\sigma}$ の変数変換を行なえば

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{a-\mu}{\sigma}}^{\frac{b-\mu}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (4)$$

表3 誤差確率の一例
(30~50φ つば径仕上げ)

グループ		誤差	
		±0.01mm	±0.02mm
2級	訓練1年	3.7	7.4
	不合格	8.1	16.2
1級	合格	39.6	70.0
	公差内	58.1	89.4
2級	不合格	21.5	41.5
	合格	58.2	89.4
1級	公差内	84.9	99.6

(4)式を用いてつば外径仕上げの場合、各技能グループが公差0.02mm および0.04mm に合格できる確率を計算すれば表3のとおりである。

図6、表3を参考として、表1および表2における各技能グループの μ 、 σ の大きさを比較して次のことが推察できる。

(1) 1級の課題を公差内に仕上げうる技能は非常に良い技能である。これに較べると訓練1年の技能は非常に悪くて0に近い。

(2) 2級合格グループと1級合格グループとは可成りの技能格差がある。しかし、2級課題をその公差内に仕上げうる人は1級検定にも合格しうと思われ。

(3) 1級不合格グループは2級合格の実力を保持していない。ややむつかしいみぞ削りや穴削り作業では2級不合格グループ以下でさえある。

(3)は特に注目すべき事項である。1級受験者は不合格となったとは雖ども2級合格グループより優秀であるのが当然と考えられる。しかるに、競技の結果そ

うでないことは、1級受験者の中には2級検定合格後現場で管理的な仕事に進んでいる人が多いためである。

2.2.3 要素作業の難易について

表1および表2で、各技能グループの縦欄に見た μ 、 σ の大小は、そのグループにとっての要素作業の難易を表わす。

未熟練者は、例えば、テーパ作業などの機会には恵まれないので、特にテーパ・スキマの μ 、 σ は大きいと言うように、下位グループの μ 、 σ には作業経験の多少が大きく影響していると思われる。従って、作業の本質的な難易は上位グループの μ 、 σ で判断するのが適当である。

表1および表2によって作業の難易には形状と寸法が関係することが明らかである。

形状は同じであっても、寸法が大きいと作業はむづかしくなる。

従って、JISハメアイ公差規格の寸法区分に応じた要素作業別の μ 、 σ を求めると、要素作業の難易を寸法精度と同様に、JISの寸法公差等級で比較することができる。

第1報の結論によれば、あまり長くない円筒削りで公差5級が精度が出せる人の技能は優秀であると考えてよい。

つば外周削りの場合は、材料の心の振れや円筒度の狂いの影響が円筒削りの場合より少ないので、円筒削りで精度5級で出せる人はつば外周削り（外丸削り）では5級以上の精度が出せるはずである。旋盤の運転検査規格等を参考とすれば、円筒削り5級とつば外周

表4 要素作業の難易等価公差

公差	要素作業	等価公差	備考
精密公差	軸	つば径	4.5級 P=48.2%
		段なし外径	5級 推定
		段つき外径	5級 推定
		みぞ径	5級 47.7%
	穴	つば巾	6.5級 45.8%
		穴径	5.5級 45.6%
粗大公差	径、長さ	9級 49.7%	
テーパ嵌合	メス長さ	9.5級 48.9%	
	スキマ	10.5級 46.2%	

削り4.5級とは同等のむづかしさとして大きな誤りはないであろう。

1級公差内グループが、 $30\phi\sim 50\phi\text{mm}$ のつば外周削りで4.5級公差($\pm 0.0045\text{mm}$)に入る確率を(4)式で求めると48.2%である。

従って、1級公差内グループの他の要素作業で確率が48.2%になるような公差を求めると、それらの公差をもつ要素作業はむづかしさが等しいと言うことができる。

表4は以上の考え方で求めた要素作業の難易等価公差である。この表で段なし外径(円筒削り)は第1報の結論であり、段つき外径は1級課題に含まれていなかったの2級の結果から推定したものである。

3. 技能の通し評価法

3.1 単一要素作業の評価法

前節では技能格差を持つ特定数の技能グループについての実験とその結果を論じたが、技能格差を持つさらに数多くの技能グループについて実験することができるならば、前節で得た各グループの誤差の正規性の差異は、さらに連続的なものになるであろう。

また、数多くの技能グループが作る全製品の誤差分布もまた正規分布をなし、各グループの平均的な標準偏差を持つことは図5の曲線(Σ)から類推できる。

この技能の通し評価法では、後に述べる考え方に基づき、以上のようにして得られる技能グループ全製品の誤差正規分布(以下このような分布を要素作業・技能評価・基準正規分布、または単に基準正規分布と呼ぶ)を技能の評価基準に使用しようとするものであるが、これを実験によって求めることは困難である。

それ故、前節の実験で求めた表4に示す各要素作業の等価公差より大きな誤差の確率がほぼ90%になるような、カタヨリのない正規分布(図8)を要素作業の基準正規分布と仮定する。

このように仮定した、X要素作業の基準正規分布が

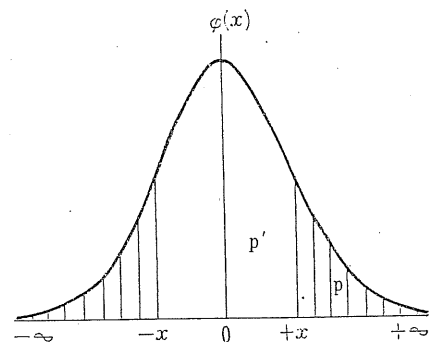


図8 基準正規分布

図8のとおりとし、その標準偏差を σ_x とすれば、その確率密度は次式で示される。

$$\phi(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}} \quad (5)$$

さて、2・2・1節で述べたように、また、図6および表3でも明らかなように、ある技能が良いグループは大きな誤差を作ることが少ないため、その標準偏差 σ は小さくなり、ある程度の技能グループはある程度以上の誤差は殆ど作らないと見做すことができる(例えば図6においてグループ⑦が作る $\pm 0.02\text{mm}$ を超える誤差の確率は表3により0.4%にしか過ぎない。)

従って、ある要素作業についての各グループごとの正規分布と基準正規分布を対比して、技能の上達を考えると、 $\pm x$ より大きな誤差を殆ど作らない技能グループは、過去の技能上達の過程において、 $\pm x$ より大きな誤差はすべて作り終ったと考えることができる。

従って、殆ど $\pm x$ より大きな誤差を作らない技能、換言すれば誤差を殆ど常に $\pm x$ 以内に納めることのできる技能(このような技能を $\pm x$ の技能と呼ぶことは一般に通用する)の技能度を、基準正規分布における、 $\pm x$ より大きな誤差の確率で表わすこととし、その技能評点を次のように定義しよう。

$$\begin{aligned} P &= 100 \times \frac{2}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}} dx \\ &= 100 \times \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int \frac{x}{\sigma_x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \\ &= 100 \times \left(1 - \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{x}{\sigma_x}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt\right) \quad (6) \end{aligned}$$

$$\text{茲で、} t^2 = \frac{x^2}{\sigma_x^2}$$

このようにして定めた技能点数は、非常に大きな誤差を作る技能が0点に近く、非常に優秀と考えられる表4の公差内に入る技能がほぼ90点、 ± 0 の技能が100点、その間の技能には、その技能に達するに要する努力の正味量に概ね比例する点数となる。

以上は、技能グループの評点について論じた。個人がどれだけの技能を持つかは数個の製品の結果によらなければ確定はできないが、1つの要素作業の結果によって、個人の技能を評価する必要があり、もし、その誤差の絶対値が x であったときは、 $\pm x$ の技能を持つものと見做して(6)式によって評点し、もし、多数の要素作業が混在する1つの製品の結果によって個人の

技能を評価する必要があるときは、3・2節に述べる方法によって評点することとする。

各要素作業のいろいろな誤差に対して、その都度(6)式を計算して P を求めるのは手数がかかる。幸い、(6)

$$\text{式の} \int \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{x}{\sigma_x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \text{は} \frac{x}{\sigma_x} \text{を確率変数と見做}$$

して正規分布表⁸⁾で求めることができるので、これを(6)式に代入して作った表5に示す $P(x/\sigma_x)$ 表を利用すれば便利である。

表5 技能評価点数表

$$P = 100 \times \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int \frac{x}{\sigma_x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$\frac{x}{\sigma}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	100.0	99.2	98.4	97.6	96.8	96.0	95.2	94.4	93.6	92.8
0.1	92.0	91.2	90.4	89.7	88.9	88.1	87.3	86.5	85.7	84.9
0.2	84.1	83.4	82.6	81.8	81.0	80.2	79.4	78.7	77.9	77.2
0.3	76.4	75.7	74.9	74.1	73.3	72.6	71.8	71.1	70.3	69.7
0.4	68.9	68.2	67.4	66.7	66.0	65.3	64.6	63.8	63.1	62.4
0.5	61.7	61.0	60.3	59.6	58.9	58.2	57.5	56.9	56.2	55.5
0.6	54.9	54.2	53.5	52.9	52.2	51.6	50.9	50.3	49.6	49.0
0.7	48.4	47.8	47.2	46.5	45.9	45.3	44.7	44.1	43.5	42.9
0.8	42.4	41.8	41.2	40.6	40.1	39.5	38.9	38.4	37.9	37.3
0.9	36.8	36.3	35.8	35.2	34.7	34.2	33.7	33.2	32.7	32.2
1.0	31.7	31.2	30.8	30.3	29.8	29.4	28.9	28.5	28.0	27.6
1.1	27.1	26.7	26.3	25.8	25.4	25.0	24.6	24.2	23.8	23.4
1.2	23.0	22.6	22.2	21.9	21.5	21.1	20.8	20.4	20.0	19.7
1.3	19.4	19.0	18.7	18.3	18.0	17.7	17.4	17.0	16.8	16.4
1.4	16.1	15.8	15.6	15.3	15.0	14.7	14.4	14.2	13.9	13.6
1.5	13.4	13.1	12.8	12.6	12.4	12.1	11.9	11.6	11.4	11.2
1.6	10.9	10.7	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1
1.7	8.9	8.7	8.5	8.4	8.2	8.0	7.8	7.7	7.5	7.4
1.8	7.2	7.0	6.9	6.7	6.6	6.4	6.3	6.1	6.0	5.9
1.9	5.7	5.6	5.5	5.4	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7
2.0	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.8	3.7
2.1	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9
2.2	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.2
2.3	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7
2.4	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3
2.5	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0

表5は特定のX要素作業に限らず任意の要素作業の評点に利用できる。この表を技能評価点数表と呼ぶこととする。

次に基準正規分布の標準偏差の具体的な決め方を述べる。

要素作業は難易を本質的に異にするから、その基準正規分布の標準偏差も違う。

旋盤作業で通常期待される精度は8級であるので、試験の合格を60点とする慣例にならって、仮りに、つば外径削り(30 ϕ ~50 ϕ mm)が8級公差に合格する技能に

60点を与えてみよう。

表5によって $x/\sigma=0.524$ のとき $P=60$ 点。30~50mmの8級公差は0.039mm。その最大許容誤差 x は0.0195mm。故に σ は外径削り=0.0372mm。このとき、つば外径削り4.5級の技能は $x/\sigma=0.009/2 \times 0.0372=0.121$ であるから表5によって $P=90.4$ 点。

従つて、 σ は外径削り=0.0372mm とすることは通常期待される公差8級の技能に60点、つば外径削りで優秀と考えられる4.5級の技能に90.4点を与えることになるので妥当な推定として差支えないであろう。

つば外径削り4.5級との難易等価公差は表4のとおりであるので基準正規分布の標準偏差を決める一般式は次式のとおりである。

$$\sigma = \frac{\text{表4の等価公差寸法}}{0.242} \quad (7)$$

3.2 多数の要素作業が混在する場合の総合評価法
前節では要素作業が1つの場合を論じたが、2つ以上の要素作業を含む製品を作ったときは、その結果から作業者の技能を総合的に評価することが必要になる。

要素作業が幾つあっても考え方は同じであるので、まず始めに2つの場合を取扱つてその結果を要素が多い場合に拡張する。

3.1節の方法で得られた各要素作業の技能評点は、言わば、1つの技能尺度で測ったものであるので平均することが許される。

いま、要素作業 X_1, X_2 を含む製品を作り、その誤差が x_1, x_2 、その要素作業技能評点が P_1, P_2 であった場合

$$\text{相加(算術)平均: } P_a = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (8)$$

$$\text{相乗(幾何)平均: } P_g = \sqrt{P_1 \cdot P_2} \quad (9)$$

であつて、常に $P_a \geq P_g$ である。

(8)式の $P_1 + P_2$ は前節の所論で明らかなように、作業 (X_1, X_2) で排除すべき誤差200のうち排除することができた誤差と見做してよいので P_a は技能習得率を表わすと考えて差支えない。

(9)式を書きかえて、 $P_g/100 = \sqrt{P_1 \cdot P_2}$ としたとき、 $P_1 \cdot P_2$ は確率論⁹⁾で明らかなように、作業 (X_1, X_2) を行つて、 X_1 の誤差が $\pm x_1$ 内であり、かつ X_2 の誤差が $\pm x_2$ に入る確率であるので、 P_g は製品の機能あるいは経済的価値感を表わすと考えて差支えない。

従つて、相加平均法は訓練生の技能評価に、相乗平

均法は熟練工の技能評価に用いるのが適當である。

もし、 X_1 と X_2 との間に、重要度が異なるため、作業者が使う神経の度合が当然異なるときは、 P_1 と P_2 とに重みをつけて平均する。

重みをつけた平均の一般式は次のとおりである。

重みつき相加(算術)平均:

$$P_{aw} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i P_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (10)$$

重みつき相乗(幾何)平均

$$P_{gw} = \exp \left\{ \frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i} \sum_{i=1}^n w_i \lg P_i \right\} \quad (11)$$

茲で、 w_i は P_i の重みである。

労働省で制定した技能競技の評価基準では、テーバ・スキマ寸法に5、精密寸法に4、粗大寸法部位に2の重みを考えているようである。

4. 適用例

4.1 技能習熟実験結果の検討

2.1節で述べた訓練生の実験結果から表6に示す誤差表をえた。

この要素作業は精密公差・軸・段なし外径・寸法区分18~30mmである。表4によって等価公差は5級。ゆえに、(7)式によって $\sigma=0.0372$ mm。従つて、表5を用いて表6を技能点数表に書き変えると表7を得る。

これらをグラフ上にプロットして実験式を作ると次のとおりである。

表6 円筒旋削習熟実験・平均誤差(26φ×70)0.01mm

区分 \ No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Gグループ (上位5名)	5.80	5.60	2.25	2.60	1.60	1.60	1.50	1.20
全 員 (21名)	14.75	9.84	5.85	3.25	3.05	2.00	2.16	2.15
Pグループ (下位6名)	27.40	13.33	7.50	5.50	4.00	2.50	2.83	3.17

表7 円筒旋削習熟実験・平均点数

区分 \ No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Gグループ	11.9	13.3	54.6	48.4	66.7	66.7	68.7	74.7
全 員	0	0	11.6	38.2	41.2	59.0	56.1	56.3
Pグループ	0	0	4.3	14.0	28.2	50.4	44.6	39.4

Gグループ：

$$P = 90 - \frac{97.4}{t^{0.805}} = 97.4 \left(\frac{1}{1.15^{0.805}} - \frac{1}{t^{0.805}} \right) \quad (12)$$

全員 (Tグループ)：

$$P = 70 - \frac{321.4}{t^{1.625}} = 321.4 \left(\frac{1}{2.56^{1.625}} - \frac{1}{t^{1.625}} \right) \quad (13)$$

Pグループ：

$$P = 55 - \frac{391.3}{t^{1.855}} = 391.3 \left(\frac{1}{2.88^{1.855}} - \frac{1}{t^{1.855}} \right) \quad (14)$$

これらの式の第2の右辺は技能習熟に関する成瀬理論式¹⁰⁾の形で示したものである。

これらの式で $P=0$ となる t_0 はそれぞれ、1.15, 2.56, 2.88であり、それ以後 P は正の値を持つ。このことはG, T, Pグループの順に技能発揮開始が遅いことを意味する。

また、 $t=\infty$ のとき $P_G=90$ 点、 $P_T=70$ 点、 $P_P=55$ 点となる。この点数は各グループが将来到達しうる技能であり、円筒削りに限らず、もし、他の技能習熟もこの実験のように進むならば、適用例2の結果と併せ考えたとき、Gグループは将来1級技能検定に優秀

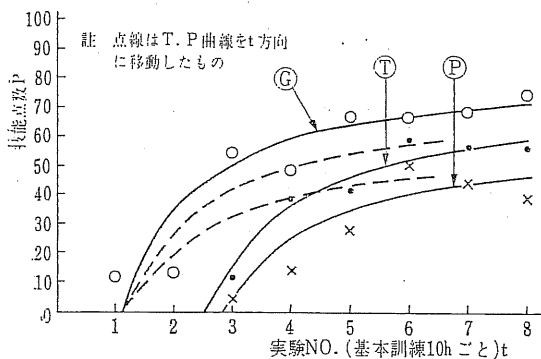


図9 円筒旋削・技能習熟曲線の一例

な成績で合格できる。Pグループは2級合格がやっとである。全体平均としては1級合格はやや困難であると言われている。

各式を曲線に表わせば図9のとおりであり、TおよびPの曲線を t 方向に移動して技能発揮点をG曲線に一致させると、曲線はT, Pの順にG曲線より下になる。

以上によって、この実験に表われた t_0 は各グループの旋盤作業に対する適応性を表わすものと考えられる。

成瀬理論は適応性の概念を年齢で代表していると考えることが許されるならば、この実験と成瀬理論は、技能を通し評価点数で表はすことによって、ほぼ一致したいといえる。

4.2 各級技能競技課題の要求技能の検討と、2~3の競技結果に対する評価

従来の減点評価法では指定公差に入れば満点とする。従って、課題が要求している技能はぎりぎり一杯で公差に入る技能と考えて差支えない。

訓練効果測定用課題 (附図1)、2級 (附図2)、1級 (附図3) および西ドイツにおける職長技能競技課題 (附図4) がそれぞれ要求している技能、ならびに労働省の定めた評価基準によって2級および1級のそれぞれ上位および下位合格と判定された人の技能の通し技能評価点を求めてみる。

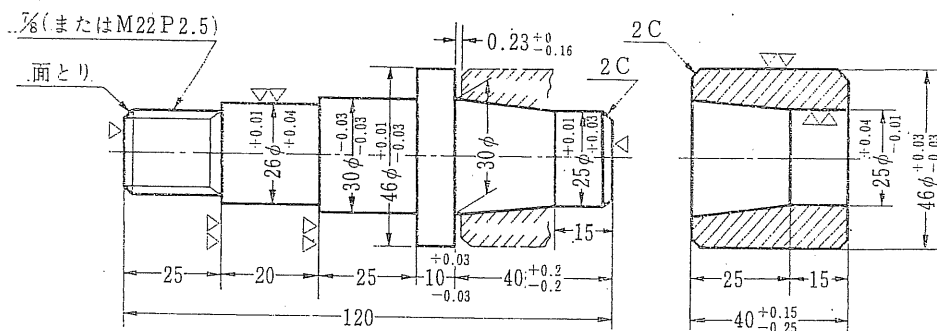
各課題の評価部位と指定寸法および評価対象に選んだ作業者の製作誤差ならびにこれらをもとにした計算書は附表1~4のとおりである。これらを要約すると表8のとおりである。

表8によって次のことが明らかである。

(1) 課題のむつかしさについて

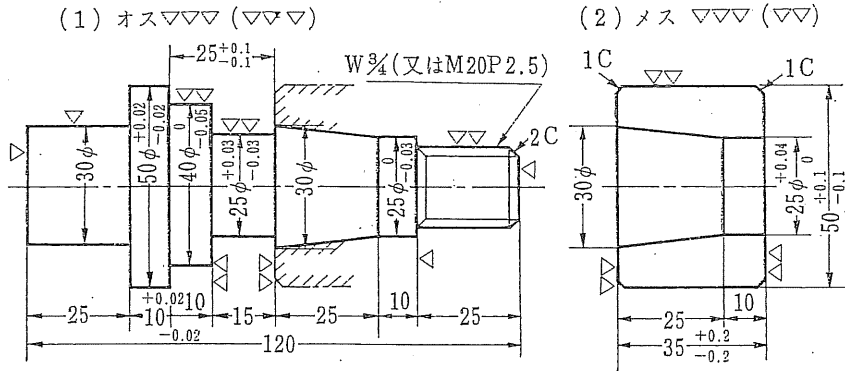
(1) オス $\nabla\nabla\nabla$ ($\nabla\nabla\nabla$)

(2) メス $\nabla\nabla\nabla$ ($\nabla\nabla\nabla$)



材料	S 3 5 C	
オス	50φ×125	1ヶ
メス	50φ×55	1ヶ
メスは20φの穴あけしたもの		

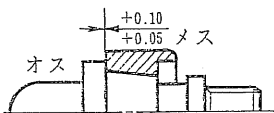
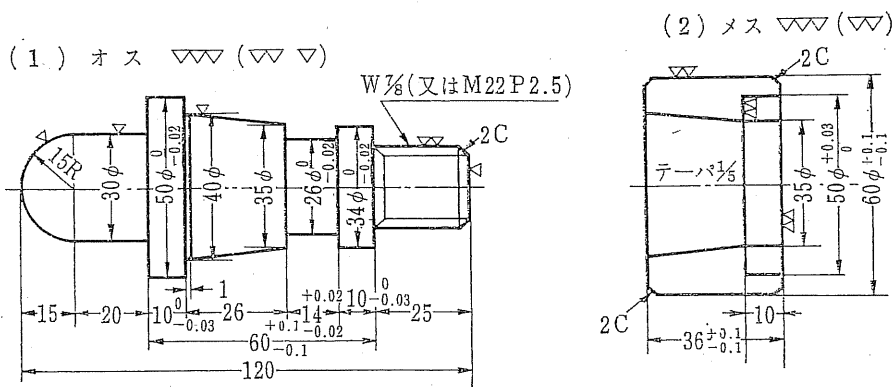
附図1 訓練効果測定用課題



競技時間		
区分	超硬バイト	ハイスバイト
標準	2h10'	2h30'
打切	2h40'	3h

材料 S35C		
オス	55φ×125	1ヶ
メス	55φ×50	1ヶ
メスは20φの穴あけしたもの		

附図2 2級
競技課題



競技時間		
区分	超硬バイト	ハイスバイト
標準	2h10'	2h30'
切打ち	2h40'	3h

材料 S35C		
オス	55φ×125	1ヶ
メス	65φ×50	1ヶ
メスは20φの穴あけしたもの		

附図3 1級
競技課題

表8 各級技能の総合評価

技能区分	評価法	労働省の基準による評価	通し評価法		
			要素評価 Pのバラツキ	総合評価	
				Paw	Pgw
1. 訓練効果測定課題の要求		100.0	42. ~ 74.2	56.9	56.1
2級	2. 上位合格者の要求	100.0	78.8 ~ 99.1	89.8	89.6
	3. 課題の要求	100.0	42.0 ~ 82.1	63.9	62.8
	4. 下合格者	54.4	0 ~ 92.8	44.4	0
1級	5. 上位合格者の要求	100.0	78.8 ~ 100.0	90.2	89.8
	6. 課題の要求	100.0	74.4 ~ 90.3	79.3	79.2
	7. 下合格者	55.0	47.7 ~ 100.0	80.0	76.9
8. 西ドイツ課題の要求		100.0	69.7 ~ 91.4	82.3	82.2

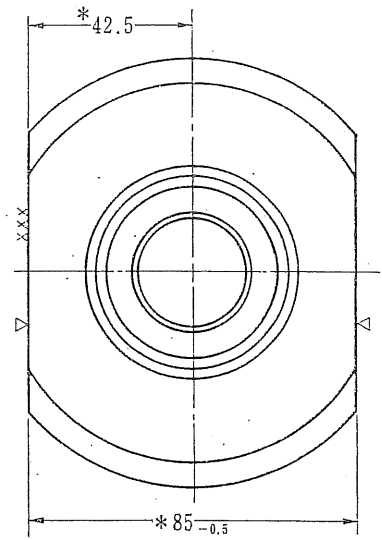
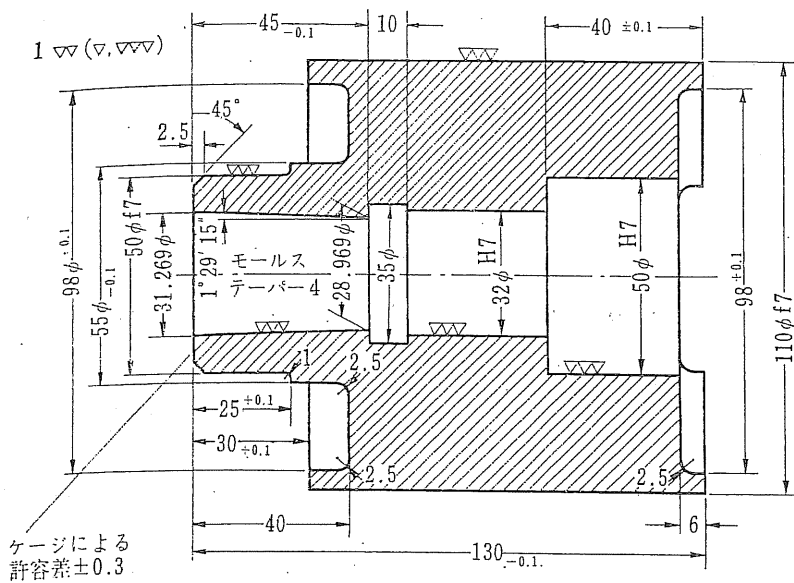
注 w_i は、スキマ5, 精密寸法4, 粗大寸法2とした。

1級技能と西ドイツの職長検定課題の図面の要求している総合評価点数を比較すると西ドイツの要求が日本の1級よりややきびしいことがわかる。

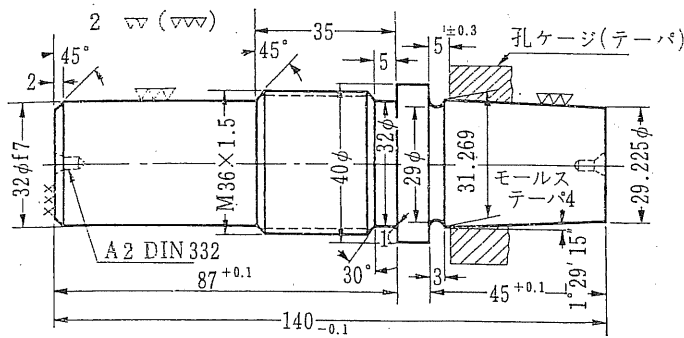
1級課題は精密公差として6~7級を与えているが、図面要求のPのバラツキが比較的小さく、かつ、下位合格者のPawが図面要求のPawと大差なく、しかも80点となることなどから、熟練工の技能検定用として手頃な課題である。

2級課題は精密公差として8級よりややむづかしい公差を与えている。図面要求のPのバラツキが大きくしかも下位合格者のPawは可成り小さく44点となっている。従って、2級検定が旋盤作業で一般に要求される8級公差の仕事ができるか否かを検定することを目的とするならば、評価部位の公差を修正することが望ましい。

訓練効果測定用課題は精密公差として8級よりやや易しい公差を与えている。しかし、これを2ヶ年訓練



*印は素材寸法



110	f 7	-0.036
50	f 7	-0.021
32	f 7	-0.025
50	H 7	+0.025
32	H 7	+0.025
寸法	ISA	公差

谷径・内径	33.916-0.2	34.032+0.2
外径・谷径	36-0.2	36.136+0.2
ネジの呼び	M36×1.5	M36×1.5
	オネジ	メネジ

旋削された面はヤスリ、エメリー又は他の方法で後加工しない事。

附図4 西ドイツにおける職長検定旋盤作業競技課題の例

の終了試験課題として実施したとき、すべてを公差内に納める、すなわち合格品を作る者が皆無である状況から、この課題はむつかし過ぎることが明らかである。

図9の技能習熟曲線から判断して公差を9級程度に下げることが望ましい。

(2) 総合評価法の比較について

要素評価点のバラツキが小さいとき、すなわち技能が安定しているときは P_{aw} , P_{gw} , いずれの評価法によってもほぼ等しい総合評価点が得られる。

しかし、1級下位合格者の場合のようにバラツキがやや大きくなると P_{gw} は P_{aw} より小さくなり、さらに、2級下位合格者の場合のように要素作業の1ヶ所でも誤差が大きく0点になるときは P_{gw} は0点となってその製品は経済的価値がないことを示す。

(3) 技能検定課題の単一化と技能等級について

表8の総合評価点を比較して、課題の違いにかかわらず、2級上位合格者は1級上位合格者とほぼ等しい技能を持ち、2級下位合格者と1級下位合格者との間には大きな技能格差があることが明らかである。

以上のことは、第1報の書面調査に表わした、1・

2級合格者の仕上げ可能最小公差に関する自信の程度とよく一致している。また、以上のことは、敢て、点数で表わして比較しないでも、技能を見る目が肥えた人は、作業者の作業振りや出来栄えから直感できることと思はれるが通し評価法はこれを点数で明示できる。

通し技能評価法によれば、課題を1級用・2級用に別けることなく適当な1つの課題で1級、2級は勿論、要すれば特級あるいは3級の技能格付けが可能である。

4. ま と め

(1) 要素作業の寸法精度の技能通し評価点数は表5・技能評価点数表で求める。

ただし、表中、 σ =(表4・要素作業の難易等価公差)寸法mm/0.242mm, x は製作寸法誤差mm

(2) 多数の要素作業が混在した製品から、その技能の総合評価を行うには、一般に、要素作業点数の重みつき相加平均法により、特に、技能の経済性を加味した評価を行うためには、重みつき相乗平均法による。

(3) 技能を通し評価点数で表わすことによって、技

能習熟実験の結果は、技能習熟に関する成瀬理論式とほぼ一致してくる。

(4) この評価法によれば、1級あるいは2級と、むつかしさを異にした課題に表われた技能に対して、また逆に、1つの課題で各級技能の格付けを行うこともできる。

(5) この研究中に、1級不合格者の中には2級合格の実力を保持していない人が多いことが明らかになった。

このことは、いろいろな意味で注目すべき事項である。

最後に、この研究のため貴重な資料を提供して下さった労働省検定課の宮森繁信氏、東京都職業訓練部石井富雄氏、富士電機(株)川崎工場の笠井秀久氏に厚く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 宮本松田訳：基礎数学ハンドブック，森北出版，1965年，確率論と誤差論，P 528

- 2) 公差便覧：日刊工業新聞社，昭39.5，測定技術，P 631
- 3) 公差便覧：前掲，統計的方法における基礎概念，P 394
- 4) 戸田，古賀：旋計線における 熟習の過程，訓大調査研究部増告書，昭40年度その2，P 61
- 5) 公差便覧：前掲，P 61
- 6) 松本洋その他：技術訓練効果測定について，中央職業訓練所調査研究報告書，昭38年度，P 22
- 7) 古賀：技能（普通旋 作業）の適し評価法について，第1報
- 8) 丸山：確率および統計，共立出版，昭33年，附表 P 313
- 9) 丸山：前掲，確立変数の独立性，P 45
- 10) 成瀬：方程式による職業訓練の解析 (1) (2) (3)，雑誌，職業訓練，労働省訓練局編，1963年4月号～6年月号

附表1 訓練効果測定課題の評価

分類	部品番号	測定箇所	呼び寸法 (mm)	等価基準公差		$\sigma = \frac{A}{0.242}$ (mm)	課題要求技能				計 算	
				等級	寸法 A (mm)		限界寸法 (mm)	許容誤差 x (mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P		
(1) 精密公差	オス	1	つば外径	46φ	4.5	0.009	0.0372	+0.01 -0.03	0.02	0.539	59.0	$P_{a1} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 P_i = \frac{390.0}{7} = 55.7$ $P_{g1} = \exp\left(\frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \lg P_i\right) = \exp\left(\frac{1}{7} \times 12.1809\right) = \exp(1.7401) = 55.0$
		2	段つき外径	30φ	5	0.009	0.0372	±0.03	0.03	0.806	42.0	
		3	"	26φ	5	0.009	0.0372	+0.01 -0.04	0.025	0.672	50.2	
		4	"	25φ	5	0.009	0.0372	+0.01 -0.03	0.02	0.538	59.0	
		5	つば厚さ	10	6.5	0.012	0.0496	±0.03	0.03	0.605	54.6	
	メス	6	段なし外径	46φ	5	0.011	0.0455	±0.03	0.03	0.659	51.0	
		7	内径	25φ	5.5	0.011	0.0455	+0.04 -0.01	0.015	0.329	74.2	
評 価		相 加 平 均 点 P_{a2}				55.7						
評 価		相 乗 平 均 点 P_{g1}				55.0						
(2) 粗大公差	オス	1	長さ	40	9	0.062	0.2561	±0.2	0.2	0.780	43.3	$P_{a1} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 P_i = \frac{98.6}{2} = 49.3$ $P_{g2} = \exp\left(\frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \lg P_i\right) = \exp\left(\frac{1}{2} \times 3.3797\right) = \exp(1.6898) = 49.0$
	メス	2	"	40	9.5	0.081	0.3347	+0.15 -0.25	0.2	0.597	55.1	
	評 価		P_{a1}				49.3					
評 価		P_{g1}				49.0						
(3) 寸法公差	オス メス	1	すきま	0.23	10.5	0.050	0.2066	+0 -0.16	0.08	0.387	69.9	$\lg 69.9 = 1.8445$
	評 価		$P_{a3} = P_{g3}$				69.9					
総 合 評 価 重み： (1):(2):(3)=4:2:5		重みつき相加平均点 P_{aw}				56.9				$P_{aw} = \frac{4 \times 7 \times 55.7 + 2 \times 2 \times 49.3 + 5 \times 1 \times 69.9}{28 + 4 + 5} = \frac{2106.3}{37} = 56.9$ $P_{aw} = \exp\left(\frac{1}{37}\right) = (4 \times 12.1809 + 2 \times 3.3797 + 5 \times 1.8445) = \exp(1.7488) = 56.1$		
		" 相乗平均点 P_{gw}				56.1						
		労働省評価基準による評価				100.0						

附表2 機械工(旋盤作業) 2級競技・評価の一例

分類	部品番号	測定箇所	呼び寸法(mm)	等価基準公差		$\sigma = \frac{A}{0.242}$ (mm)	課題要求技能				上位合格者の一例			下位合格者の一例			
				等級	寸法A(mm)		限界寸法(mm)	許容誤差x(mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P	誤差x(mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P	誤差x(mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P	
(1) 精密公差	オス	1	つば外径	50φ	4.5	0.009	0.0372	±0.02	0.02	0.538	59.0	+0.005	0.134	89.4	-0.04	1.075	28.2
		2	段つき外径	40φ	5	0.011	0.0455	$\begin{matrix} 0 \\ -0.05 \end{matrix}$	0.025	0.549	58.3	+0.010	0.219	82.7	-0.005	0.110	91.0
		3	段つき外径	25φ	5	0.009	0.0372	$\begin{matrix} 0 \\ -0.03 \end{matrix}$	0.015	0.403	68.7	-0.005	0.134	89.4	-0.155	4.160	0
		4	みぞ外径	25φ	5	0.009	0.0372	±0.03	0.03	0.806	42.0	+0.010	0.269	78.8	+0.03	0.806	42.0
		5	つば厚さ	10	6.5	0.012	0.0496	±0.02	0.02	0.403	96.7	+0.006	0.121	90.3	+0.04	0.806	42.0
	メス	6	内径	25φ	5.5	0.011	0.0455	$\begin{matrix} +0.04 \\ 0 \end{matrix}$	0.02	0.440	66.0	-0.005	0.110	91.2	-0.05	1.098	27.1
	評価	相加平均点 P_{a1}				60.1				86.9			38.4				
評価	相乗平均点 P_{g1}				59.3				86.8			0					
(2) 粗公差	メス	1	段なし外径	50φ	9	0.062	0.2562	±0.1	0.1	0.390	69.7	0.0	0.0	100	-0.08	0.261	79.4
		2	長さ	35	6.5	0.012	0.0496	±0.2	0.2	0.551	55.1	-0.020	0.119	90.5	-0.06	0.179	85.8
	評価	P_{a2}				62.4				95.7			80.7				
	評価	P_{g2}				62.0				95.1			80.5				
(3) オス・メス	1	すきま	25	10.5	0.107	0.442	±0.1	0.1	82.1	82.1	+0.005	0.011	99.1	+0.04	0.090	92.8	
すきま	評価	$P_{a3}=P_{g3}$				82.1				82.1			92.8				
総合評価			重みつき相加平均点 P_{aw}				63.9				89.8			44.4			
重み: (1):(2):(3)=4:2:5			" 相乗平均点 P_{gw}				62.8				89.6			0			
			労働省評価基準による評点				100.0				100.0			54.5			

附表3 機械工(旋盤作業) 1級競技, 評価の一例

分類	部品番号	測定箇所	呼び寸法(mm)	等価基準公差		$\sigma = \frac{A}{0.242}$ (mm)	課題要求技能				上位合格者の一例			下位合格者の一例			
				等級	寸法A(mm)		限界寸法(mm)	許容誤差x(mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P	誤差x(mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P	誤差x(mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P	
(1) 精密公差	オス	1	つば外径	50φ	4.5	0.009	0.0372	$\begin{matrix} 0 \\ -0.02 \end{matrix}$	0.01	0.269	78.8	-0.01	0.269	78.8	0	0	100.0
		2	つば外径	34φ	4.5	0.009	0.0372	$\begin{matrix} 0 \\ -0.02 \end{matrix}$	0.01	0.269	78.8	0	0	100.0	0	0	100.0
		3	みぞ外径	26φ	5	0.009	0.0372	$\begin{matrix} 0 \\ -0.02 \end{matrix}$	0.01	0.269	78.8	-0.01	0.268	78.8	-0.02	0.537	59.1
		4	みぞ幅	14	7	0.018	0.0744	±0.02	0.02	0.269	78.8	-0.01	0.134	89.4	-0.03	0.403	68.7
		5	50φ つば幅	10	6.5	0.012	0.0496	$\begin{matrix} 0 \\ -0.03 \end{matrix}$	0.015	0.302	76.5	+0.005	0.101	92.0	-0.15	0.302	76.3
	6	34φ つば幅	10	6.5	0.012	0.0496	$\begin{matrix} 0 \\ -0.03 \end{matrix}$	0.015	0.302	76.5	+0.005	0.101	92.0	+0.005	0.101	92.0	
	メス	7	内径	50φ	5.5	0.014	0.0558	$\begin{matrix} +0.03 \\ 0 \end{matrix}$	0.015	0.269	78.8	-0.015	0.269	78.8	+0.035	0.627	53.1
評価	相加平均点 P_{a1}				78.2				87.1			78.5					
評価	相乗平均点 P_{g1}				78.1				86.8			76.3					
(2) 粗公差	オス	1	長さ	60	9	0.074	0.306	±0.1	0.10	0.326	74.7	+0.01	0.033	97.4	-0.05	0.163	87.1
		メス	2	段なし外径	60φ	9	0.068	0.281	±0.1	0.10	0.326	74.4	0	0	100.0	0	0
	メス	3	長さ	30	9.5	0.068	0.281	±0.1	0.10	0.356	77.8	+0.01	0.298	97.6	-0.20	0.712	47.7
	評価	P_{a2}				75.5				98.2			78.3				
評価	P_{g2}				75.4				98.2			74.6					
(3) オス・メス	1	すきま	0	10.5	0.050	0.2066	$\begin{matrix} +0.10 \\ +0.05 \end{matrix}$	0.025	0.121	90.3	+0.005	0.024	98.1	+0.045	0.218	82.8	
すきま	(評価)	$P_{a3}=P_{g3}$				90.3				98.1			82.8				
総合評価			重みつき相加平均点 P_{aw}				79.3				90.2			80.0			
重み: (1):(2):(3)=4:2:5			" 相乗平均重 P_{gw}				79.2				89.8			76.9			
			労働省評価基準による評点				100.0				100.0			55.0			

附表4 西ドイツにおける職長旋盤作業競技課題の評価

分類	部品番号	測定箇所	呼び寸法 (mm)	等価基準公差		σ_A 0.242 (mm)	課題要求技能				備考	
				等級	寸法 A (mm)		限界寸法 (mm)	許容誤差 x (mm)	$\frac{x}{\sigma}$	P		
(1) 精密公差	1	1	段なし外径	110 ϕ	5	0.015	0.0620	$\begin{matrix} -0.036 \\ -0.071 \end{matrix}$	0.0175	0.282	77.7	<p>(1) テーバ寸法の評価について 附図1~3のテーバ加工は作業者が自分で作ったオスをゲージとしてメスを加工する。 テーバ寸法は厳しくは規定していない。したがって、最初テーバを合せたのちメスの端面を削つてスキマを出すことができる。 この課題はスキマ寸法は粗大寸法になっているが、テーバ寸法の規定は厳しい。スキマでの± 0.3の公差は直径換算で± 0.015の公差に相当するので、テーバ・ゲージでスキマを見て直径方向の切込みを決定する必要がある。 したがって一般の外径および内径の場合より等価基準公差を大きく推定した。</p> <p>(2) 深さの評価について 本文の表4では深さの等価基準公差は示されていない。内寸法が外寸法より一般にむつかしいので9.5級と推定した。</p> <p>(3) この評題ではノギス等粗大寸法測定具は競技者各人に与えるが密測定具は3人共用となっている。 粗大公差を比較的小さく定め、またその部位を多くしていることは、作業手順や製品仕上りのバランスを重視する考えによると思われる。 評価の重みを精密公差5、粗大公差3にとつているようであるが、重みをそのようにして計算すると $P_{aw}=82.8$点、$P_{gw}=82.6$点、となる。</p>
		2	内径	50 ϕ	5.5	0.014	0.0558	$\begin{matrix} +0.025 \\ 0 \end{matrix}$	0.0125	0.224	82.3	
		3	内径	32 ϕ	5.5	0.014	0.0558	$\begin{matrix} +0.025 \\ 0 \end{matrix}$	0.0125	0.224	82.3	
		4	段つき外径	50 ϕ	5	0.011	0.0455	$\begin{matrix} -0.025 \\ -0.05 \end{matrix}$	0.0125	0.275	78.5	
		5	テーバ寸法	31.269 ϕ	6	0.016	0.0661	± 0.015	0.015	0.227	82.0	
	2	6	段つき外径	32 ϕ	5	0.011	0.0455	$\begin{matrix} -0.025 \\ -0.050 \end{matrix}$	0.0125	0.275	78.3	
	7	テーバ評価	31.269 ϕ	5.5	0.0135	0.0558	± 0.015	0.015	0.269	78.8		
評価	相乗平均点		P_{a1}				80.0					
	相乗平均点		P_{g1}				80.0					
(2) 粗大公差	1	1	段つき外径	55 ϕ	9	0.047	0.3058	$\begin{matrix} 0 \\ -0.1 \end{matrix}$	0.05	0.164	87.0	
		2	深さ	45	9.5	0.081	0.3347	$\begin{matrix} 0 \\ -0.1 \end{matrix}$	0.05	0.140	88.2	
		3	内径	98 ϕ	9.5	0.1135	0.4689	$\begin{matrix} +0.1 \\ 0 \end{matrix}$	0.05	0.1066	91.4	
		4	深さ	25	9.5	0.068	0.2810	$\begin{matrix} +0.1 \\ 0 \end{matrix}$	0.05	0.177	95.9	
		5	深さ	30	9.5	0.068	0.2810	$\begin{matrix} +0.1 \\ 0 \end{matrix}$	0.05	0.177	85.9	
		6	深さ	40	9.5	0.081	0.3347	± 0.1	0.10	0.298	76.6	
		7	長さ	130	9	0.100	0.3347	$\begin{matrix} 0 \\ -0.1 \end{matrix}$	0.05	0.121	90.3	
	2	8	長さ	140	9	0.100	0.4132	$\begin{matrix} 0 \\ -0.1 \end{matrix}$	0.05	0.121	90.3	
		9	長さ	87	9	0.087	0.3595	$\begin{matrix} +0.1 \\ 0 \end{matrix}$	0.05	0.139	89.0	
		10	長さ	45	9	0.062	0.2562	$\begin{matrix} +0.1 \\ 0 \end{matrix}$	0.05	0.195	84.5	
		11	ネジ外径	36 ϕ	0	0.062	0.2562	$\begin{matrix} 0 \\ -0.2 \end{matrix}$	0.1	0.390	69.7	
評価	相乗平均点		P_{a2}				85.4					
	相乗平均点		P_{g2}				85.1					
総合評価 重み: (1):(2)=2:1	重みつき相乗平均		P_{aw}				82.3					
	" 相乗平均		P_{gw}				82.2					