

古 賀 一 夫 ※  
成 瀬 政 男 ※※

## 1. 緒 言

本報では物を自分の身体で直接作る能力を技能といい、これに作業あるいは能力の種類を冠して例えば旋盤技能、精度技能、スピード技能などと呼ぶ。

技能そのものゝ基本量は不明であるから、技能そのものゝ大きさを物理的に測定することは、未だ不可能である。

したがって、従来の技能評価では、一般に、つくった物の品質とそれをつくったスピードの測定値を目安とし、主観的かつ相対的に技能を評価するにとどまる。この方法は目安にもとずくので、当然、評価の普遍性と理論性にかける。

筆者等は、従来の技能評価の有する以上の欠点を除くことを目的とし、主に旋盤技能を例にとり、技能の測度一すなわち、技能の大きさの目安とする量一を間隔尺度化し、その妥当性と信頼性を検証した。

えられた間隔尺度では、技能なしから理想的な技能すなわち神わざに至る間の各技能に0点から100点まで通して評点することが可能である。例えば実際の一流中の一流の技能は90点、通常一人前といわれる技能はほぼ60点とする。

こゝでは、実験結果の細部は省略し、考え方を主として報告する。

## 2. 研究資料

本研究のために行なった調査及び利用した資料は次のとおりである。

№1 古賀一夫：旋盤作業に関する寸法公差内のねらいどころと、仕上げ可能な最小公差の書面調査，国家検定1級と2級の受検者合計485名，1966

№2 Industrie-und Handelskammer für die Stadtkreise, Ruhr：職長技能検定実施要領，1957

№3 労働省：機械工（旋盤作業）競技実施要領，1966

№4 成瀬政男：方程式による職業訓練の解析，1963

本研究のために行った実験および利用した実験資料は次のとおりである。

№5 戸田勝也，古賀一夫：旋盤訓練における技能習熟の過程，丸棒削り，中卒者21名，基本訓練10時間めごと8回実施，1965

№6 戸田勝也，古賀一夫：中卒訓練1年終了技能測定，国家検定2級程度に複雑な作業，被

※ 職業訓練大学校 研究員 ※※ 職業訓練大学校校長 工博

験者 №5 に同じ、2 回実施、1965

№7 東京都職業訓練部：国家検定技能競技 2 級155 名、1 級82 名、1966

№8 松本洋ら：技能測定、課題 №6 に同じ、1 級技能士14 名、2 回実施、1963

№9 古賀一夫：90 点技能作業分析、№6 その他2 課題、№8 実験最優秀者、同一課題につき4 回実施、1967

№10 松本洋ら：単純反復作業の繰返し実験、鋸座金組立、鏡写、両手共応、各32 回、訓練生21 名、1962

№11 篠崎襄：旋盤技能の時間習熟、精度公差8～9 級の複雑な作業、繰返し5 回、訓大機械科実技先生、3 年生、1 年生、1966

№12 太田博治、小原三也、古賀一夫：旋盤工技能競技：国家検定2 級に近い総合課題、全国総合職業訓練所選手60 名、1967

№13 同上、選手66 名、1968

### 3. 品質技能について

3.1 製作寸法誤差の基準と仕上げ可能な公差 品質技能の最も重要な測度は寸法の誤差である。生産の場合には、基準寸法及び上の寸法差と下の寸法差が示されるので誤差の基準を公差域のどこにとるべきかが問題となる。しかるにそれはアンケート №1 の回答によって公差域の中央とすべきことがわかり、再々実験 №7 における1 級検定上位合格者の誤差の中央値によって事実上確認された。

技能評価のためには、実際の一流中の一流といえる技能はいかなる技能であるか、また通常一人前といわれる技能はどの程度であるかを知ることが重要である。しかるに、それもアンケート №1 及び実験 №7 と №9 から、外丸（つば）削り作業における誤差を、前者は精度公差4.5 級、後者は精度公差8 級におさめうる技能といえる。なお、文献によると、前者は1 級旋盤そのものの精度であり、後者は旋盤作業において一般に期待される精度である。

3.2 製作寸法誤差分布の正規性と寸法精度技能の評点 製作寸法誤差の分布及び技能習熟の過程における分布の変化に関しては、実験 №5、№6、№7 によって次のことがわかった。

ある技能グループが一つの要素作業を行なうなら、その誤差は正規分布し、その分布の標準偏差は低い技能のとき大きく、技能が高まるにつれて小さくなる。また、低い技能のときから高い技能になるまでに作ったすべての誤差も正規分布する。

以上のことから“人が神わざに到達するまで技能習熟に精進するならば、技能が向上するにつれて誤差のばらつき範囲、すなわち誤差分布の標準偏差は小さくなりその極限において誤差なしとなる。誤差なしの技能に到達するまでにつくったすべての誤差は正規分布する、”といえる。本

報では技能なしから誤差なしの技能に到達するまでにつくる、すべての誤差の分布を技能評価の基準分布と呼び、 $i$ 要素作業についての基準分布の標準偏差を $\sigma_i$ とする。

技能の向上は、製作誤差がすべて偶然誤差ではなく、系統的誤差であるとの意識のもとに誤差の原因を知り、それを排除するよう努力することによって達成される。

技能者仲間では、昔から技能の目安的表現として“ $\pm x$ ができる”という言葉が通用している。これは“誤差が $\pm x$ 以上である技能段階は卒業し、誤差を殆んど常に $\pm x$ 以内に入れることができる”ことを意味する。この卒業部分は、前述の考察にもとずき、数学的に表現すると図1の斜線部分の面積となる。

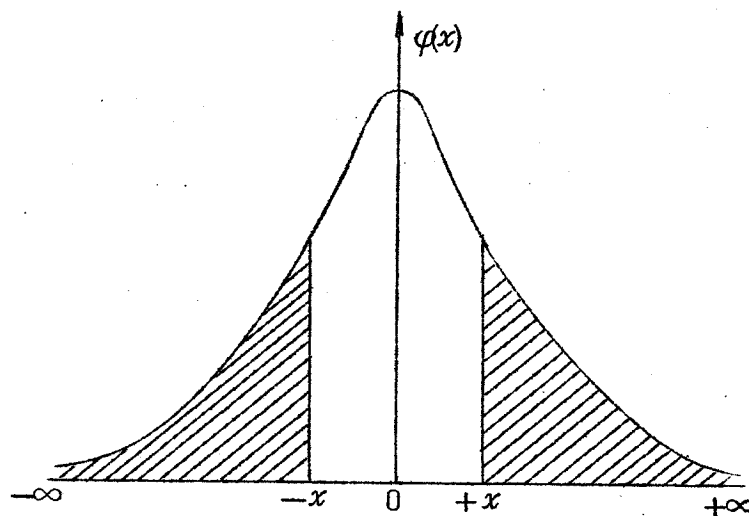


図1. 基準正規分布

$\varphi(x)$ : 確率密度

$\pm x = 0$ のとき面積は1となるので、斜線部分の面積は $\pm x = 0$ 、すなわち神わざに達するために必要な全有効努力量に対する有効努力済み量の割合といえる。\*

上述の $\pm x = 0$ のときの面積を100とすれば斜線部分の面積は次式で示される。

$$P = 100 \times \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{x}{\sigma_i}}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (1)$$

$\pm 0.1 \text{ mm}$ の技能から $\pm 0.09 \text{ mm}$ の技能に向上するのはたやすいが、 $\pm 0.02 \text{ mm}$ の技能から $\pm 0.01 \text{ mm}$ の技能に向上するには非常に多くの努力を必要とする。このように誤差の差は技能差そのものとはいえないので、努力を意味する(1)式によって技能の点数を決める。

(1)式は $x/\sigma_i$ を変数とした正規分布表を利用することによって容易に計算できる。

\* 有効度は技能を習う環境と人によって異なる。

3.3  $\sigma_i$  のきめかた  $\sigma_i$  は作業の本質的なむつかしさによって異なり、またむつかしさは作業の種類及び寸法によって変わる。人の技能が神わざに至るまでの実験は不可能であるから、次のように推定する。

低い技能者の場合、作業による誤差ばらつきの違いには作業の本質的なむつかしさに未熟さの影響が加わる。しかし、非常に高い技能者の場合、主として違いは作業の本質的なむつかしさだけによるといえる。

実験№7の1級検定合格者のうち、 $50^{+0}_{-0.02} \times 10$ のつば外周削り作業を指定寸法以内に仕上げたもの、誤差分布状態を考察し、4.5級公差値 $\pm 0.0045 \text{ mm}$ に入るもの、誤差の確率は4.8.2%であった。他の作業における同様な誤差分布において、誤差の確率をほぼ4.8.2%とする $\pm x$ の誤差を求め、これらを精度公差等級で示すと表1のとおりである。

なお、テーパ接触率における95%は実験№9によって求めた。

これらのことによつて、表1の各作業を表示の公差等級に仕上げる技能は同等の技能といえる。

表1 作業のむつかしさの比較

| 作業の種類    |                  |        | 精度公差<br>(等級) |
|----------|------------------|--------|--------------|
| 測定器      | そと削りと<br>うち削りの区分 | 形状・部位  |              |
| マイクロ     | そと               | つば・外径  | 4.5          |
|          |                  | その他・外径 | 5.0          |
|          |                  | つば・幅   | 6.5          |
| メータ      | うち               | 円筒・内径  | 5.5          |
|          |                  | みぞ・幅   | 7.0          |
| ノギス      | 一般の外径・内径・長さ      |        | 9.0          |
|          | 心出しの影響が大きいもの     |        | 9.5          |
| はめあいのすきま |                  |        | 10.5         |
| テーパ接触率   |                  |        | 95%          |

つぎに、基準点数のとり方を考える。

試験の合格点数を60点とする慣例にならつて一人前の技能をかりに60点とする。さきに精度公差8級のつば外径削りができる技能を一人前の技能とした。そこで、 $50\phi$ についての8級公差値 $x = \pm 0.0195 \text{ mm}$ を0点とする $\sigma_i$ を(1)式で計算すると $\sigma_i = 0.0372 \text{ mm}$ となる。

同様に、精度公差4.5級のつば外径削りができる技能を一流中の一流の技能とした。それゆゑに、 $\sigma_i = 0.0372 \text{ mm}$ ならば、 $50\phi$ についての4.5級公差値 $x = \pm 0.0045 \text{ mm}$ のとき(1)式は何点を与えるかを計算すると、 $\pm x / \sigma_i = 0.121$ である。よつて(1)式は90.4点となる。

$$\sigma_i = \frac{x_i}{0.242} \quad (2)$$

ただし、上式の $\alpha_i$ は表1に示す精度公差値の全量とする。  
ゆえに、(2)式によって $\sigma_i$ を仮定すれば、(1)式は各種要素作業についての一人前の技能に60点を、一流中の一流の技能に90.4点を与えたといえる。

3.4 仕上げ程度の評価 寸法精度以外に、品質評価の因子となるものに、面あらし、面とり、ねじのはめあい及び全般的印象などの仕上がり程度がある。

これらは、技能評価の対称としては寸法技能ほどは重要ではない。そこで、各評価対称あるいは評価項目ごとに主観的に評点し、それらを算術平均して100点満点で表示する。ただし各評価対称及び項目の評点は、一人前を6点とすることを基準とした10点満点である。

## 4. 早さ技能について

旋盤を用いて物をつくる早さには技能のほかに、旋盤やバイトの能力及び被削材の材質が関係する。ゆえに、技術的に考えて当然旋盤が削るに必要とする時間（以下機械時間という）を作業時間からさし引いた時間（以下この時間を技能時間という）によって早さ技能を評価する。

4.1 技能時間の分布特性と早さ技能の評点 技能時間の分布及び技能習熟の過程における分布の変化に関し、実験№5、№6、№8によって次のことがわかった。

ある技能グループが一つの作業を行なうとき、その技能時間分布は正規分布に近似し、その標準偏差及び中央値は低い技能のとき大きく、技能が高まるにつれて小さくなる。また、低い技能のときからある高さの技能に到達するまでのすべての作業の各技能時間は $\chi^2$ 分布に近似し、その自由度は到達技能が高まるにつれて小さくなる。

以上のことから、人が神わざに到達するまで技能習熟に精進したなら、前述の自由度は $n=1$ または $n=2$ になるとの推定が<sup>か</sup>いられる。

正規分布である自由度1の $\chi^2$ 分布は、3節で述べたところによって、早さの技能も(1)式によって評点できることを意味する。次に、(1)式によって№4の実験結果を評点した結果、早さの技能習熟が精度習熟より遙かに遅く、また習熟の限界値が95点に達することになった。これは明らかに非常識な結果である。つまり、 $n=1$ の推定は誤りである。

$n=2$ とし、3節と同様に考えた結果、早さ技能を評点する式は(3)式となった。

$$P = 100 \times e^{-\lambda t} \quad (3)$$

ただし、 $\lambda$ は助変数、 $t$ は技能時間である。 $\lambda t$ を変数とした指数関数表を利用することによ

表2 要素作業別・90点技能時間(普通旋盤作業)

(分、秒)

| 番号   | 作業                | 区          | 分     | 時間   | 註         | 番号 | 作業        | 区         | 分         | 時間   | 註                 |
|------|-------------------|------------|-------|------|-----------|----|-----------|-----------|-----------|------|-------------------|
| 1    | 材料の<br>取付け<br>心出し | 素材         |       | 0.40 |           | 8  | ターパ削り     | 中仕上げ      |           | 0.25 |                   |
|      |                   | 荒又は中削り後    |       | 1.20 | 小径部段あり    |    |           | 0.25      |           |      |                   |
|      |                   | 仕上げ削り後     |       | 3.80 | 〃 段なし     |    |           | 0.30      |           |      |                   |
| 2    | バイト<br>の<br>取付け   | 片刃、剣       |       | 0.25 |           | 9  | ネジ切りはめ合わせ | 複式刃物台のもどし |           | 0.20 |                   |
|      |                   | 平          |       | 0.80 | ネジ切り      |    |           | 0.09      | 送り1回につき※1 |      |                   |
|      |                   | 穴ぐり、インロ削り  |       | 0.40 | はめ<br>合わせ |    |           | 0.10      | ×2回       |      |                   |
|      |                   | ネジ切り       |       | 1.00 | 仕上げ削り     |    |           | 0.09      | ×2回       |      |                   |
| 3    | センタ<br>支え         | 面とり        |       | 0.20 |           | 10 | R削り       | ハメアイ点検    |           | 0.30 |                   |
|      |                   | 心もみ        |       | 0.25 | ネジ山のぼり取り  |    |           | 0.25      |           |      |                   |
|      |                   | センタ取付け     |       | 0.30 | 荒削り       |    |           | 0.40      |           |      |                   |
| 4    | 端面又は段よこの振れとり      | センタ取外し     |       | 0.20 |           | 11 | 中ぐり       | センタおとし    |           | 0.20 | 15Rの場合機<br>械時間を含む |
|      |                   | 削る長さ位置の印付け |       | 0.08 | 仕上げ       |    |           | 0.50      |           |      |                   |
| 5    | 刃<br>棒<br>削り      | 荒          |       | 0.20 | スケール、片パス  | 11 | 中ぐり       | 荒         | 1回目       | 0.80 |                   |
|      |                   | 段なし、大きな段付き | 1回目以後 | 0.05 | ノギス       |    |           | 2回目以後     | 0.20      |      |                   |
|      |                   |            | 中     | 公差なし | 0.10      |    |           | 中仕上げ      | 0.30      |      |                   |
|      |                   | 仕上         | 公差あり  | 0.20 | 精密公差      |    |           | 精密公差      | 1.50      |      |                   |
|      |                   |            | 公差なし  | 0.20 |           |    |           | はめ合わせ     | 200       |      |                   |
|      |                   | 一般公差       | 0.40  | 荒    | 1回目       |    |           | 0.20      |           |      |                   |
| 精密公差 | 1.00              | 荒          | 2回目以降 | 0.10 |           |    |           |           |           |      |                   |

|           |          |             |      |       |               |        |      |        |        |      |      |       |        |      |      |      |   |     |       |
|-----------|----------|-------------|------|-------|---------------|--------|------|--------|--------|------|------|-------|--------|------|------|------|---|-----|-------|
| 6         | 大きな段どさらえ | 荒           | 0.15 | 12    | ターバ突削り・軸はめ合わせ | 仕上げ    | 0.20 | 中仕上げ   | 1回目    | 0.45 | 0.20 |       |        |      |      |      |   |     |       |
|           |          | 中、仕上げ       | 0.06 |       |               | 1回目    | 0.45 |        |        |      |      |       |        |      |      |      |   |     |       |
| 7         | 小さな段付け   | 荒           | 0.80 | 12    | ターバ突削り・軸はめ合わせ | ターバ    | 0.47 | スキマ修正  | ハメアイ点検 | ×8回  | 0.20 |       |        |      |      |      |   |     |       |
|           |          | 中           | 0.40 |       |               | ターバ修正  | ×8回  |        | 0.20   |      |      |       |        |      |      |      |   |     |       |
|           |          | 仕上げ         | 1.80 |       |               | 仕上げ削り  | ×8回  |        |        | 0.20 |      |       |        |      |      |      |   |     |       |
|           |          | 荒、公差なし      | 0.10 |       |               | スキマ点検  | 0.50 |        |        |      |      | 0.20  |        |      |      |      |   |     |       |
|           |          | 一般公差        | 0.80 |       |               | ターバ仕上げ | 0.20 |        |        |      |      |       | 0.40   |      |      |      |   |     |       |
| 精密公差      | 2.00     | スキマ点検       | 0.40 | ×2回   |               |        |      |        |        |      |      |       |        |      |      |      |   |     |       |
| 仕上げ幅精密仕上げ | 0.40     | 端面仕上げ       | 0.10 |       | ×2回           |        |      |        |        |      |      |       |        |      |      |      |   |     |       |
| 8         | ミソ削り     | 中           | 0.20 |       |               | 18     | インロ  | スキマ点検  | 0.20   | 荒    | 1回目  |       |        | 0.20 | 0.20 |      |   |     |       |
|           |          | よこ          | 0.25 |       |               |        |      | スキマ点検  | 0.45   |      | 最終回  | 0.80  |        |      |      |      |   |     |       |
|           |          | みぞ径         | 0.25 |       |               |        |      | 1回目    | 0.20   |      |      | 底面仕上げ | 0.25   |      |      |      |   |     |       |
|           |          | 基準よこ        | 0.80 | 最終回   |               |        |      | 0.80   | 内径仕上げ  |      |      |       | 1.50   |      |      |      |   |     |       |
|           |          | よこ          | 0.40 | 底面仕上げ | 0.25          |        |      | 14 突切り |        |      |      |       | 0.10   |      |      |      |   |     |       |
|           |          | みぞ径         | 1.00 | 内径仕上げ | 1.50          |        |      |        |        |      |      |       | 15 面とり | 0.10 |      |      |   |     |       |
|           |          | 基準よこ        | 0.40 | 面とり   | 0.10          |        |      |        |        |      |      |       |        | ※1   |      | 0.08 |   |     |       |
|           |          | みぞ幅出し       | 2.50 | 糸     | 0.08          |        |      |        |        |      |      |       |        |      |      | 1回目  | 1回目は微小切込みの試し削り、2回目は、中削・調査研究報告(昭37年度)旋盤作業分析書に示す1回目の切込みより0.1mm小さく、爾後分析書に準じ、全所要切込み量の80%削り終ったのち、はめ合わせ作業に移る。 |     |       |
|           |          | みぞ幅出し       | 8.50 | 糸     | 0.08          |        |      |        |        |      |      |       |        |      |      |      |   | 2回目 | 2回目以後 |
|           |          | 複式刃物台の角度合わせ | 0.80 | 1回目   | 0.20          |        |      |        |        |      |      |       |        |      |      |      |   |     |       |
| 1回目       | 0.20     | 2回目以後       | 0.10 |       |               |        |      |        |        |      |      |       |        |      |      |      |   |     |       |

って(3)式のPは容易に求めうる。

一流中の一流の技能者が作業に要する技能時間をTとすれば、 $\lambda T$ のとき(3)式が90.4点となるように $\lambda$ は決定される。ゆえに

$$\lambda = \frac{0.011}{T} \quad (4)$$

4.2 一流中の一流技能者の技能時間 一流中の一流技能者のある作業に要する技能時間(以下90点技能時間という)は、その作業の理想的な細かい作業手順表を作り、その要素作業に表2に示す時間をあてはめて算出する。

表2は次の方法で作ったので一流中の一流技能者の技能時間といえる。すなわち、被験者は一流メーカー7社から推せんされた一流技能者14名(経験10~14年、国家検定1級合格者)であり、その中から実験№8によって、更に最優秀技能者を選んだ。

その最優秀技能者に同じものを4回繰返してつくらせ、実験№9の作業時間を分析した結果から、各要素作業ごとの一番短い時間を90点技能時間と決めた。

## 5. 各技能の平均評価法

(1)式は技能測度としての誤差を確率単位に間隔尺度化するものであるから、(1)式で求めた点数は平均して差支えない。

ゆえに、2つ以上の要素作業を含む物をつくった場合、まず要素作業ごとに評点し、つぎに同種の技能に属する評点の算術平均を求め、最後に、求められた平均点数を重みつきの平均をして品質技能点数とする。

| 技能の種類                 | 重み |
|-----------------------|----|
| ①マイクロメータを用いて精密に仕上げる技能 | 4  |
| ②ノギス等を用いて仕上げる技能       | 2  |
| ③はめあいすまを仕上げる技能        | 5  |
| ④テーパーをよく接触させる技能       | 6  |
| ①~④の平均：⑤精密平均技能        | 8  |
| ⑥仕上程度平均技能             | 2  |
| ⑤と⑥の平均：品質技能           |    |

以上の重みは、技能が製品の機能及び商品価値に及ぼす影響の度合いを、技能評価の重みとすべきであるとの仮定に基づき、資料№2及び№3を参考として決定した。その妥当性は、重みを変えた場合、6節3項に示す妥当性がくずれることによって証明された。

つぎに、(1)式も(3)式も確率を示すものであるから、(1)式から得た品質技能点数Pgと



(2) 式で求めた早さ技能点数  $P_s$  を掛け合わせたものにも意味がある。すなわち品質技能と早さ技能の総合技能点数を次式で定める。

$$P_T = \frac{P_g \times P_s}{100} \quad (4)$$

(4) 式はある品質のものがある早さでつくれる確率を意味し、また技能の生産性を意味するといえる。

## 6. 通し評価法の妥当性の検証

技能の通し評価法の妥当性と信頼性は次に述べるところによって実証された。

(1) 実験№.5, №.10及び№.11の結果に本評価法を適用し、縦軸に通し技能点数  $P$ 、横軸に試行回数  $t$  をとって求めた、技能習熟の実験式によると、品質技能も早さ技能もまた総合技能もすべて(6)式の型となった。

$$P = a \left( \frac{1}{t_0^b} - \frac{1}{t^b} \right) \quad (6)$$

ただし、ここで  $a$ ,  $b$ ,  $t_0$  は実験で定まる常数、 $t_0$  は技能が0である時点であり、 $a$  と  $b$  は習熟の様相を定め、 $a/t_0^b$  は習熟限界値となる。

(6) 式は資料№.4に示された成瀬の理論式と型において完全に一致する。

(2) 実験№.12及び№.13の結果に対して、一種の相対評価法である国家検定方式を適用して求めた総合点数と、本評価法を適用して求めた総合点数を算出し、それらの相関をみると、 $r = 0.8041$  ( $n = 66$ ) 以上の高い相関になった。

(3) 実験№.12及び№.13の結果、指定時間中に作業が完了しなかったものについては、未完成部位についての技能を0点として求めた総合点数は、完了するまで時間を延長したとして求めた時間延長推定の総合点数と殆んど等しくなった。

このことから、通し評価法は、たとえ作業が未完成であっても、つくったものゝ品質とそれまでに費した時間がわかれば作業者の技能そのものゝ評点を表わしうるといえる。

## 7. 結 言

以上、旋盤技能を中心に述べた技能の通し評価法は、技能の測度を間隔尺度化することができる。その結果は評価の普遍性に理論性に富むものといえる。

旋盤以外の技能についても、重要な測度は何であるか、更にその測度で一人前のあるいは一流中の一流の技能とはどの程度であるかを確定しうれば、本報と同様にその技能測度を間隔尺度化することができるであろう。