外側マイクロメーターの測定力一定化の 教育実践に関する研究

Research on Educational Practice to Realize Constant Measuring Force
in Measurement with External Micrometer

武 雄 靖^{※1} 夏 恒^{※2}
Yasushi TAKEO Wtaru NATSU

Although micrometer is a representative length measuring instrument, it is usually difficult for beginners to read the measuring value correctly because of its unique scale marking system. Therefore, the emphasis in the educational practice and training program of mastering micrometer was mainly put on how to read its scale. However, with the popularization of micrometers with digital displays, the scale reading becomes much less important. On the other hand, our comparison of measuring operations between skilled workers and beginners showed that the situation of contact between the micrometer's spindle and the measured object seems more important than the scale reading itself. Particularly, the measuring force applied when the micrometer comes in contact with the measured object should always be constant, and the control of the measuring force has become an important skill for mastering the use of the micrometer. In this study, first an apparatus to measure the measuring force of the micrometer was developed. Then, the force applied by workers under different skilled levels was investigated by using this apparatus. Furthermore, related educational practice was conducted and the result showed that the developed apparatus was quite effective in measuring skill training.

Keywords : Micrometer, Practical Education, Skill Training, Contact Situation, Measuring Force

キーワード：マイクロメーター，実践教育，技能訓練，接触状況，測定力

1. はじめに

我が国の経済が再び発展していくためには、各種製造業をはじめとしたものづくり基盤産業の発展が不可欠であり、それを支える高度な「技」を持つ人材の確保と育成、ものづくり技能の伝承、発展が重要な課題となっている。

日本のものづくりを支え続けてきた技能は主に、「切る」「削る」「曲げる」「みがく」「接合する」「測る」といったものがあげられる。この中でも測定技能は、その他の主要な技能全てに付随する共通の要素のものであり、測定技能がなければ、他の技能は成立しない。一例として、独立行政法人労働政策研究・研修機構(JILPT)の「ものづくり産業における人材の確保－機械・金属関連産業の現状－(2008年度)¹⁾」によると、「測定・検査」は、ものづくりの現場において必要不可欠な技能であると回答する企業が56.2%で最も多か

った。この結果からも技能者育成において測定技能の習得は、産業界でも重要な課題であることがうかがえる。すなわち、測定技能は、他の技能と常に組み合わせて作業が進められるため、ものづくり技能者を育成する場合、測定技能の習得は、避けて通ることのできないものであるといえる。

このような状況において、全てのものづくり技能に関連する測定技能は、技能伝承の現場で、どのような教育指導がされているのであろうか。とくに、生産現場で使用されている測定器の代表格であるマイクロメーターの取り扱いについて一般的な実技教科書²⁾には、各部の名称の解説、校正、測定手順、目盛の読み方といった項目の説明がなされていて、中でも、目盛の読み方については多くの紙面が費やされている。これは、実際の技能伝承の現場において、マイクロメーターの目盛を早く正確に読み取ることに主眼を置き指導されていることが垣間見えており、筆者の経験からも、そのような印象は否めない。

ところが、過去の研究結果³⁾では、近年のデジタル式マイクロメーターの普及により、測定値の読み間違

2013年5月30日受付

※1 関東職業能力開発大学校生産技術科

※2 東京農工大学大学院工学府機械システム工学専攻

いは激減しているため、目盛の読み取りよりも、短い時間で、なおかつ一定の測定力で、正しく測定物へ接触させることが、とくに重要な技能要素となることが報告されている。

このマイクロメーターの測定力については、JISにおいて外側マイクロメーターの場合、測定範囲の大小にかかわらずその大きさは5～15N、そのばらつきは3Nとされ、測定力の測定方法にも規定がある⁴⁾。しかし、この測定方法は、定圧装置であるマイクロメーターのラチェットストップが作動する力の測定方法であって、測定力そのものではないという指摘⁵⁾がある。

以上より、マイクロメーターによる測定において、測定結果に大きな影響を与える測定力を一定にするような教育訓練は、測定技能伝承にとって重要かつ効果的であるといえる。そこで、本研究では、マイクロメーターによる測定技能の伝承のため、測定器を測定物へ接触させる際の測定力を、より早く一定化させることを目的とした。目的を実現するため、まず、マイクロメーターの測定力を測定する装置を考案し、製作した。次に、この測定装置を用いて、実際のものづくりに携わる作業者のマイクロメーターの測定力を調査し、現状と問題点を把握した。さらに、マイクロメーターの取り扱いの教育現場に開発した測定装置を持ち込み、実習を行い、従来の実習教育の結果との比較により、考案・製作した装置の効果について検証した。

2. マイクロメーターの測定力測定装置の考案

マイクロメーターの測定技能を身につけようとする者が、測定力と測定誤差の関係を理解し、早期に一定の測定力を付加できる技能を習得することを補助する目的で、マイクロメーターの測定力測定装置を考案した。装置の特徴は、測定力が直読でき、実際の訓練や実習などでの導入をより現実的なものとするため、安価で簡単な機器構成で、誰でも容易に取り扱えるものとなるようにした。

装置の測定力検出部の詳細を図1に、全体の構成を図2に示す。マイクロメーターの測定力測定装置の基本的機器構成は、ロードセルと動ひずみ測定機の組み合わせで、ひずみ-電圧変換により行った。測定力を

図1 測定力検出部の詳細

検出するロードセルには、(株)共和電業製の小型圧縮型ロードセル「LMA-A-200N（定格容量200N）」を用い、動ひずみ計には、同社のDPM-700Bを使用し、ロードセルとの接続にはブリッジボックスを用いた。JISにおいて、マイクロメーターの測定力は、5～15Nと規定されているので、本研究は、ロードセルの定格容量の10%で使用することにした。ロードセルを用いたマイクロメーターの測定力測定装置は、過去の研究⁵⁾の中でも考案されているが、本研究は、取り扱いを簡単にするために、ロードセルのダイアフラム突起部から、台座までの厚さを、マイクロメーターで直接測定することで測定力を測定することとした。しかし、ロードセルの台座は、非常に薄く、アンビルより中央部のみに測定力が加わると、たわみが発生し、正しい測定ができないと考えられる。そこで、台座部分に厚さ3mmの鋼板を瞬間接着剤で張り付け、補強し、図1に示すように、この鋼板とロードセルを同時に測定するようにした。使用する際は、機器の暖気運転を十分に行い、測定時にロードセルに触れるときは、貼り付けた鋼板部を測定者は保持し、直接ロードセルに触れないようにした。

3. ものづくり企業での測定力測定調査

マイクロメーターの測定力が、実際のものづくり企業において、どの程度の大きさなのか、および、どの程度のばらつきがあるのかを把握するための調査を行った。

3.1 被験者および調査の方法

被験者は、普段の業務の中で、測定に関する知識が必要とされる社員を対象とした堀口エンジニアリング株式会社成田工場における社内研修に参加した方とした。人数は20名、すべて男性で、年齢は22歳から50歳（20歳代7名、30歳代8名、40歳代4名、50歳代1名、平均33.2歳）、ものづくりに関する作業経験年数は、0年から25年（平均約7年）となっている。

図2 マイクロメーター測定力測定装置の構成

調査に使用したマイクロメーターは、広く一般的に使用されている0～25mmのデジタル式のもの（ミットヨ製）を使用し、マイクロメータースタンドに固定した。測定値データは、マイクロメーターと測定値記録用PCを、USBケーブルにより接続し、デジタルカウンタの値を直接PCにデータとして取り込めるようにした。

調査のための測定作業は、被験者ごとに4回行ってもらい、最初の測定を「校正」と位置付け、普段の作業と同様に測定力測定装置のロードセルの厚さを測定し、この時の測定力を「校正時測定力」とし、マイクロメーターのデジタルカウンタを零セットしてもらった。次に2回目以降の測定は、被験者がデジタルカウンタや目盛を見ることによる測定力の過不足を無くするために、マイクロメーターのデジタルカウンタとシンプルの目盛に目隠しをした。そして、被験者には、校正時と同じ測定力と思われる測定力を与えてロードセルの厚さを測定するよう指示し、その時の測定力と目隠しされたマイクロメーターのデジタルカウンタに示されている値を「測定値のズレ」として記録した。

3.2 実験結果

被験者ごとの測定力を表1に示す。校正時を含めた測定力は、データ数80個中10個においてJIS規格である5～15Nの範囲を下回る値が観測され、2個において同範囲を超える値が観測された。被験者ごとに見ると、被験者Bについては、校正時を含めた4回の測定作業において、すべてがJISの規定以下の測定力であった。また、被験者ごとの校正時を含めた測定値のばらつきを見ると、6人の被験者がJISで規定されたば

図3 測定力差と測定値のズレ

らつき3Nを上回る結果となった。さらに、被験者ごとのばらつきは、測定回数とは無関係であり、JISの規定範囲内外を上下している被験者もいることがわかる。

次に、被験者ごとに、校正時との測定力の差（以下「測定力差」とする）と測定値のズレを計算し、プロットしたものを図3に示す。この図からは、測定力が校正時より小さい、すなわちマイナスの値となった時は、得られた測定値のズレはプラスとなり、逆の場合はマイナスの値となったことがわかる。

3.3 考察

今回の実験では、全データの15%がJISに定められた測定力で測定を行っていないという結果となった。また、測定力のばらつきも、被験者全体の30%がJISの規定である3Nを上回っていた。測定力が大きくなるということは、被験者が校正時よりスリーブを回しすぎているということになり、その結果、出力された測定値が校正時よりも小さい値を示す。そのため、測定値のズレも、全ての被験者では、0.008mmの幅があった。

参考値ではあるが、JISにはマイクロメーターの総合誤差も規定されており、最大測定長50mm以下のは0.004mm以下となっている。今回の測定値のズレは、個人誤差に該当し、作業経験や訓練を重ねることにより、小さくできると考えられる。ものづくり企業としては、この結果を重く受け止め、JISに規定の総合誤差以下を維持できるよう社員教育を実施していくべきである。また、計測器の管理は、測定器だけではなく、測定者のスキルも管理していかなければならないことが、この実験からも明らかとなった。

4. 測定力測定装置を使った実習教育の試み

第2章で示したマイクロメーターの測定力測定機を使い、測定力の一定化を目指した実習を実験的に行った。被験者は、職業訓練系短期大学の学生18名（18歳から27歳、すべて男性）を選定した。測定力測定装

表1 ものづくり企業での測定力測定結果

被験者	年齢	経験年数	測定力 (N)				測定力のばらつき
			校正時	1回目	2回目	3回目	
A	34	6	6.6	12.8	7.3	15.8	9.2
B	47	1	4.6	4.6	3.9	4.6	0.7
C	30	5	3.2	4.7	6.3	5.3	3.1
D	33	6	4.3	5.6	7.5	8.4	4.1
E	26	5	5.7	6.1	6.5	6.3	0.8
F	22	0	6.5	7.0	5.2	5.0	2
G	47	5	2.3	5.2	5.2	4.2	2.9
H	34	12	5.1	4.7	6.0	5.4	1.3
I	26	4	7.9	5.0	7.5	5.8	2.9
J	46	25	6.6	6.7	6.5	6.8	0.3
K	28	1	7.9	12.5	13.8	8.3	5.9
L	39	18	5.9	15.5	5.8	6.2	9.7
M	31	7	5.4	5.2	5.6	5.2	0.4
N	28	5	6.0	9.3	6.3	5.8	3.5
O	23	5	6.0	5.8	6.3	6.0	0.5
P	29	8	5.6	6.0	5.8	6.5	0.9
Q	31	8	6.0	6.5	6.5	6.5	0.5
R	40	20	5.5	5.3	5.1	5.5	0.4
S	50	1	5.0	6.0	7.5	7.5	2.5
T	31	1	6.8	7.0	6.6	6.0	1

表2 測定力測定装置を使った実習教育の試みの結果

	被験者 No.	練習前					練習時 間 mm:ss	練習後				
		測定力 (N)				測定力の ばらつき		測定力 (N)				測定力の ばらつき
		校正時	1回目	2回目	3回目			校正時	1回目	2回目	3回目	
A グループ (ブロックゲージ)	A1	6.4	10.3	7.5	6.6	3.9	02:19	6.0	6.8	6.6	6.0	0.8
	A2	5.0	4.7	4.7	4.8	0.3	01:10	4.9	5.0	5.6	4.5	1.1
	A3	4.6	5.5	5.5	5.0	0.9	00:30	5.6	5.8	5.9	5.8	0.3
	A4	4.7	5.1	5.2	5.3	0.6	00:38	4.5	5.0	5.5	4.8	1.0
	A5	5.5	5.1	4.9	5.5	0.6	00:20	4.6	5.1	5.9	4.7	1.3
	A6	4.7	4.7	5.6	6.0	1.3	03:00	5.0	5.2	4.8	5.3	0.5
	A7	5.5	5.5	5.5	5.7	0.2	00:29	4.5	5.6	4.8	5.8	1.3
	A8	5.0	5.0	5.3	5.5	0.5	00:40	5.5	5.1	5.5	5.6	0.5
	A9	5.4	5.5	5.4	5.6	0.2	00:58	5.4	5.5	5.2	5.6	0.4
B グループ (ロードセル)	B1	3.9	5.2	5.8	5.7	1.9	03:00	5.6	5.5	6.4	6.2	0.9
	B2	6.7	6.5	6.5	6.2	0.5	03:00	6.5	6.3	6.3	6.7	0.4
	B3	5.7	5.7	6.3	6.5	0.8	03:00	6.6	6.3	6.1	6.5	0.5
	B4	6.3	6.5	6.9	7.1	0.8	03:00	7.5	7.1	7.0	6.9	0.6
	B5	4.4	4.4	4.1	4.4	0.3	03:00	7.0	7.2	7.9	7.6	0.9
	B6	6.4	7.5	7.2	5.5	2.0	03:00	6.8	6.8	7.1	7.1	0.3
	B7	6.2	6.8	6.0	5.9	0.9	03:00	7.0	6.6	6.3	6.8	0.7
	B8	4.5	4.5	4.3	4.0	0.5	03:00	6.5	6.2	7.5	6.8	1.3
	B9	6.5	6.5	6.5	7.0	0.5	03:00	6.5	7.2	7.0	6.7	0.7

置を用いた実習教育の効果を検証するため、被験者を無作為に選んだ9名ずつの2グループに分け、それぞれAグループ、Bグループとした。そして、Aグループは従来の方で、Bグループは測定力測定装置を用いた方法で、それぞれ実習教育を行った。

実験は、まず、第3章で示した測定力測定調査と同じ手順の作業を行うよう被験者に指示し、測定力と測定値のズレのデータを記録した。次に、デジタルカウンタとシンプルの目盛の目隠しを外し、測定力が一定になるよう練習時間を3分間与えた。この時、Aグループにはブロックゲージのみを与えて練習させ、Bグループにはブロックゲージと共に、測定力測定装置の出力値を見せて練習させた。なお、この練習時間の3分間は、被験者本人が練習完了と判断した場合は、3分間に達しなくても練習終了としてよいことにした。練習後、もう一度、練習前と同様の手順にてデータを採取し、練習前後のデータの比較を行った。

4.1 練習前後の比較結果

実験の結果を表2に示す。得られたデータの中で、JIS規格範囲から外れるものは、両グループとも練習前の測定力は、Aグループは22%、Bグループは25%のデータであった。しかし、すべてが規格範囲を下回る値で、同範囲を超える値はなかった。測定力のばらつきについても、JISの規定を超えるものはAグループの1名のみであった。次に、練習後の測定力は、ブロックゲージによる練習を行ったAグループは、25%がJISの規定範囲外となったのに対し、マイクロメーター測定力測定装置を用いた練習を行ったBグループは、すべてのデータがJISの範囲内となった。練習後の測定力のばらつきは、両グループとも、練習前を上回った被

験者もあったが、すべてがJISで規定される3Nの50%以下の値となっていた。

練習時間については、Aグループは被験者9名中8名が規定された練習時間である3分を待たずに練習を終了していた。さらに、6名の被験者が1分以下の練習時間となっており、かなりの短時間で「練習は十分した」という判断を下していることがわかる。一方のBグループは、すべての被験者が与えられた3分間すべてを使って練習をしていた。

次に第3章と同様に測定力差と測定値のズレを計算し、プロットしたものをグループごとに分けて作成した。この結果を図4にAグループ、図5にBグループを示す。両グループとも練習前は、右肩下がりの傾向で、縦軸と横軸の交点を中心にはらついていて、測定値のズレは、Aグループの全ての被験者では、0.005mm、Bグループでは、0.004mmの幅があった。練習後の測定値のズレの幅については、両グループとも0.002mmと練習前よりも小さくなり、どちらの練習方法でも効果があったことが認められる。一方、測定力差について、それぞれ平均値を計算すると、Aグループの練習前が0.40Nだったのに対し、練習後は0.33Nと約18%の減少となり、従来方法の練習の効果が多少見られる。Bグループの練習前は0.29Nであったが、練習後は0.08Nと70%以上減少している。Bグループでは、マイナスの値が多くあるため、平均値は大きく減少しているが、図4と図5を比べてみると、分布の広がり半分程度になっており、確かな効果が認められる。

今回の実験は、測定値のズレと測定力差が、練習後に、どちらも0（ゼロ）になることが望ましい。したがって、練習後のすべての測定力がJIS規格である5

図4 練習前後の測定力差と測定値のズレ (Aグループ)

図5 練習前後の測定力差と測定値のズレ (Bグループ)

～15Nの範囲内となり、測定力差が小さくなったBグループのほうが、従来方法であるAグループより、教育効果が高いといえる。

4.2 実習後のアンケート

測定力測定装置に対し、被験者がどう見ているかを調べるため、アンケートを実施した。実験後は、被験者全員を対象に実験結果を示すとともに、マイクロメーター測定力測定装置を3日間(約24時間)にわたり自由に触れる環境を与えた。その後、マイクロメーターを使った測定と測定力測定装置に関するアンケートを実施した。その設問の内容と結果を図6に示す。

マイクロメーターを使った測定作業は、半数以上の55%が得意(好き)と答えた。しかし、取り扱いに不安を感じているものが67%と多数を占めた。その不安要素は目盛の読み方が40%、測定力の加え方が30%となった。次に、測定力測定装置に関する設問では、否定的な意見は皆無で、すべての被験者がその有効性を認めている結果となった。また、設問5に関しては、改良の必要があると答えたものが33%を占めたが、具体的な内容については、自由記述式の回答を求めた。その内容の主なものは以下のとおりである。

- (1) 円筒形や球体の測定物を測定するときの測定力も知りたい。
- (2) マイクロメーターを手持ちで用いた場合でも使え

設問1 マイクロメーターを使った測定は得意(好き)ですか？

設問2 マイクロメーターの取り扱いに不安を感じることはありますか？

設問3 設問2において、「ある」、「少しある」と答えた方へ...不安を感じるのはどの部分ですか？(複数回答可)

設問4 マイクロメーター測定力測定器は実習の訓練機材として有効だと思いますか？

設問5 マイクロメーター測定力測定器は改良の必要はありますか？

図6 マイクロメーターの測定に関するアンケート結果

るようにしてほしい。

- (3) JISなどの規定値を超えた場合、ブザーなどの警告音が鳴るとよい。

4.3 考察

測定力測定装置を使った実習教育の試みについては、測定力測定装置を使って練習をしたグループは、被験者全員がすべての測定において、JISで規定された測定力で測定していたことから、その教育効果は高いといえる。また、与えられた時間のすべてを使って練習していたことから、集中して実習に取り組んでいたこともうかがえる。これは、測定力を実際に自分の目で確認できるようにしたことで、被験者各個人なりの試行結果を容易に確認することできるようになったためであると考えられる。また、被験者に対し、実習内容に強い興味を持たせつつ、実習に取り組ませることに成功したといえる。その結果、被験者が集中して長時間練習したことで、技能の習熟度をさらに向上させることに繋がった。

測定力のばらつきは、JISにおいて3Nであることや、図5からもわかるように、2N程度のばらつきでは測定値に影響がおよばないことから、0.1N単位の測定力の違いを議論することは無意味である。しかし、今回の測定力測定装置は、0.1N単位まで読み取れるようにしたことから、被験者にとって1Nの違いが大きく感じられ、より安定的な測定力での測定を目指す意識付けになったのではないと思われる。

アンケートの結果からは、今回の実習教育の試みは有効であり、効果的であるといえる。しかし、いくつかの改良点は指摘されている。とくに手持ち使用での測定力測定については、今回のような方法ではなく、測定器に装置を組み込む形式がよいと考えられる。たとえば、マイクロメーターのフレームやスピンドル部のたわみを測定する方法やシンプル部の回転トルクを測定する方法などがあげられる。手持ち仕様での測定力が測定できれば、測定物の形状を選ぶことなく測定力を測定できる。

5. おわりに

本研究により以下が明らかになった。

- (1) 実際の製造現場での測定力は、予想以上のばらつきがある可能性があり、寸法測定結果に何らかの影

響を与えていることが考えられるので、その業務に従事する人員の測定力を、早期に点検するべきである。

- (2) マイクロメーター測定力測定装置を用いた実習教育は、大変効果的である。

- (3) 測定機器そのものに測定力測定装置を組み込むほうが理想的である。

謝 辞

マイクロメーターの測定力調査にご協力いただいた千葉県成田市の堀口エンジニアリング(株)成田工場の皆様に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 独立行政法人労働政策研究・研修機構(JILPT)：ものづくり産業における人材の確保－機械・金属関連産業の現状－, JILPT調査シリーズ, 44, pp.59, 2008
- 2) 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 雇用開発研究センター：機械加工実技教科書, 社団法人雇用問題研究会, pp.36－37, 2012
- 3) 武雄 靖, 夏 恒：技能伝承のためのマイクロメーターによる寸法測定作業中の注視点移動に関する実験的検討, 日本機械学会論文集(C編), 79－799, pp.814－826, 2013
- 4) JIS B 7502－1994：マイクロメーター
- 5) 池田 進, 矢野 宏：マイクロメーターの操作過程による個人誤差の発生機構, 精密機械, 50－11, pp.1798－1802, 1984

著 者 紹 介

武雄 靖

学 歴 東京農工大学大学院技術経営研究科卒, 東京農工大学大学院工学府機械システム工学専攻(博士後期課程)在学中

現 職 関東職業能力開発大学校 能開准教授

専門分野 機械加工, 精密測定, 技術経営
所属学会 日本機械学会, 砥粒加工学会, MOT学会