

工業科の学習指導法について

— 「工業技術基礎」における測定技術の指導に関する一考察 —

後藤 博史／大熊 敬一

1. はじめに

平成30年3月に告示された学習指導要領も高等学校では令和4年度から年次進行で実施され令和5年度で2年目を迎える。今回の改訂では「主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を通して、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、特に、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力等を育むとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かし多様な人々との協働を促す教育の充実に努めること。」に重点がおかれ、「知識及び技能の習得においては「何を理解しているか、何ができるか」など基礎的・基本的な知識を着実に習得しながら、既存の知識と関連付けたり組み合わせたりしていくことにより、学習内容（特に主要な概念に関するもの）の深い理解と、個別の知識の定着を図るとともに、社会における様々な場面で活用できる概念としていくことが重要となる。また、技能についても同様に、一定の手順や段階を追って身に付く個別の技能のみならず、獲得した個別の技能が自分の経験や他の技能と関連付けられ、変化する状況や課題に応じて主体的に活用できる技能として習熟・熟達していくということが重要である。」としている。

本稿では工業科で「各学科において原則として全ての生徒に履修させる科目（原則履修科目）」として位置付けている「工業技術基礎」における最も基礎的・基本的な学習内容である「ものづくりにおいてものをはかる」という測定指導の内容について効果的な指導法について考えてみることにした。

2. 平成30年3月改訂の工業科の学習指導要領について

2-1 工業科の目標について

平成21年改訂において、工業科の目標は、「どのようなものをいかに作るか」という能力を重視するなど時代の要請に対応し改訂された。工業科においては、これまでも関連する職業に従事する上で必要な資質・能力を育み、社会や産業を支える人材を育成してきた。今回の改訂では、こうしたことを踏まえ、従前の目標の精神も受け継ぎながら、実践的・体験的な学習活動を行うことなどを通して、ものづくりを通じ、地域や社会の健全で持続的な発展を担う職業人の育成を目指すことを教科の目標として

「工業の見方・考え方を働かせ、実践的・体験的な学習活動を行うことなどを通して、ものづくりを通じ、地域や社会の健全で持続的な発展を担う職業人として必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 工業の各分野について体系的・系統的に理解するとともに、関連する技術を身に付けるようにする。
- (2) 工業に関する課題を発見し、職業人に求められる倫理観を踏まえ合理的かつ創造的に解決する力を養う。
- (3) 職業人として必要な豊かな人間性を育み、よりよい社会の構築を目指して自ら学び、工業の発展に主体的かつ協働的に取り組む態度を養う。」

ことを示した。また、今回の改訂では、技術の高度化、安全・安心な社会の構築、環境保全やエネルギーの有効な活用、情報技術の発展、地域や社会の健全で持続的な発展及び産業の国際的な展開など、産業社会を取り巻く状況が大きく変化する中であって、必要とされる専門的な知識、技術などが変化するとともに、高度化してきていることから、今日的な課題に対応するため、改めてものづくりで求められる資質・能力を整理し、育成を目指す資質・能力を(1)「知識及び技術」、(2)「思考力・判断力・表現力等」、(3)「学びに向かう力・人間性等」という三つの柱に基づいて示している。

2-2 「工業技術基礎」について

(1) 「工業技術基礎」の目標について

この科目は、ものづくりを通じ、地域や社会の健全で持続的な発展を担う職業人として工業の諸課題を適切に解決することに必要な基礎的な資質・能力を育成することを主眼としたものであり、平成21年改訂の学習指導要領と同様に、工業に関する各学科において原則として全ての生徒に履修させる原則履修科目として位置付けている。今回の改訂では、人と技術と環境、加工技術及び生産の仕組みに指導項目を再構成するなどの改善を図り、次のような目標を掲げている。

目標

「工業の見方・考え方を働かせ、実践的・体験的な学習活動を行うことなどを通して、工業の諸課題を適切に解決することに必要な基礎的な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 工業技術について工業のもつ社会的な意義や役割と人と技術との関わりを踏まえて理解するとともに、関連する技術を身に付けるようにする。
- (2) 工業技術に関する課題を発見し、工業に携わる者として科学的な根拠に基づき工業技術の進展に対応し解決する力を養う。
- (3) 工業技術に関する広い視野をもつことを目指して自ら学び、工業の発展に主体的かつ協働的に取り組む態度を養う。」

この科目においては、工業技術を環境への配慮や安全性を優先した工業製品の生産や社会基盤整備などの推進を図る視点で捉え、工業の各分野に関わる技術と相互に関連付けて考察し、実践的・体験的な学習活動を行うことなどを通して、工業の諸課題を適切に解決

するとともに、基礎的な力を身に付けることができるようにすることをねらいとしている。

特に、目標の(2)については、環境への配慮や安全性を優先した工業製品の生産や社会基盤整備などに着目して、工業技術に関する課題を見だし、単に生産性や効率だけを優先するのではなく、工業製品が社会に与える影響に対して責任をもち、科学的な根拠に基づき工業に携わる職業人に求められる倫理観を踏まえ工業技術の進展に対応し解決する力を養うことを意味している。

(2) 指導項目と内容を取り扱う際の配慮事項について

この科目は、目標に示す資質・能力を身に付けることができるように、

- | | | |
|------------|--------------|-------------|
| 1) 人と技術と環境 | ア 人と技術 | イ 技術者の使命と責任 |
| | ウ 環境と技術 | |
| 2) 加工技術 | ア 形態を変化させる加工 | イ 質を変化させる加工 |
| 3) 生産の仕組み | ア 生産工程 | イ 分析と測定技術 |

の三つの指導項目で、2～4単位程度履修されることを想定して内容を構成している。また、内容を取り扱う際の配慮事項は次のように示されている。

特に、3) 生産の仕組みでは、科目の目標を踏まえ、生産の仕組みについて、生産に関する技術と生産の過程における材料の分析や製作途中での測定などの視点から捉え、科学的な根拠に基づき生産の仕組みの事例と関連付けて考察し、実践的・体験的な学習活動を行うことなどを通して、工業の諸課題を適切に解決することに必要な基礎的な力を身に付けることができるようにすることをねらいとしている。

このねらいを実現するため、次の①から③までの事項を身に付けることができるよう、〔指導項目〕を指導する。とあり、

- ① 生産の仕組みについて工業製品の製作を踏まえて理解するとともに、工業に携わる者として必要な基礎的な技術を身に付けること。
- ② 生産に関する技術と生産の過程における材料の分析や製作途中での測定に着目して、生産の仕組みに関する課題を見だすとともに解決策を考え、科学的な根拠に基づき結果を検証し改善すること。
- ③ 生産の仕組みについて自ら学び、工業の発展を図ることに主体的かつ協働的に取り組むこと。

ア 生産工程 製品の考案から製作、評価に至る一連の製作過程を具体的に理解できるよう扱う。

また、原材料の品質検査や分析、製作途中での計測・計量、完成後の製品検査や性能試験などを正確に行うことにより、優れた品質の製品が生み出されることについても具体的に理解できるよう扱う。

イ 分析と測定技術 工業の各生産工程における計測、計量、測量、検査、試験、分析などの技術を取り上げ、具体的に理解できるよう扱う。

とある。

内容を取り扱う際の配慮事項としては、

ア 〔指導項目〕の1)のアについては、産業社会、職業生活、産業技術に関する調査や見学を通して、働くことの社会的意義や役割、工業技術と人間との関わり及び工業技

術が日本の発展に果たした役割について理解できるよう工夫して指導すること。

イについては、安全な製品の製作や構造物の設計・施工、法令遵守など、工業における技術者に求められる職業人としての倫理観や使命と責任について理解できるよう工夫して指導すること。

イ〔指導項目〕の2)及び3)については、相互に関連する実験や実習内容を取り上げるよう留意し、工業の各分野に関する要素を総合的に理解できるよう工夫して指導すること。
となっている。

3. なぜ「測定」が必要か

ものづくりの原点は、正しい測定にあると言っても過言ではない。材料の調達から加工、組立て、検品、出荷に至るまで、各工程で同一の基準で測定を行うことで、製品を設計通りに作ることが可能となり、品質を保証することができるようになる。もし、各工程でだけか一人でも測定をおろそかにすると、品質を保つことができなくなり、それによって不良品が混入すると、歩留まりの悪化につながってしまう。ましてそのまま完成品として納入された場合、クレームの発生につながってしまう。ひとたびクレームを発生させるとそれは製品をつくっている企業にとって大きなダメージとなり、また、社会から信用を失うこととなる。つまり、ものづくりのすべての過程において、組織全体のメンバーが正しい測定を行うことが欠かせないということとなる。この意味において「測定」がものづくりにおいて非常に重要となる。

正しい測定の基本は、ものづくりに携わる人々が測定に対する技術を持つことであり、その上で測定機を正しく管理、使用することは重要である。これらは「計測管理」と呼ばれる取り組みであり、品質管理の土台となる。近年、計測管理は計測マネジメントシステム (ISO10012) として規格化されている。

このためものづくり教育を実践する工業科 (高校) では、科目「工業技術基礎」や「実習」を中心として測定を重視する教育を実践している。

(モノづくりにおける測定の重要性 | 測定機の基礎知識 | 測定器ナビ | キーエンス (keyence.co.jp) より)

4. 「生産の仕組み」における測定技術の指導について

原材料の品質検査や分析、製作途中での計測・計量、完成後の製品検査や性能試験などを正確に行うことにより、優れた品質の製品が生まれ出される。そのため、工業の測定技術を具体的に理解できるように扱うことは重要となる。今回機械系の生徒が主にもものづくりの生産工程において寸法を測る技術に注目し、その指導をどのように進めていくのがよいのか考えてみることにする。

4-1 「測定」を精度高く正確に行う意味を生徒に考えさせるには

前述のように、なぜ「測定」が必要か、また、重要なのかを考えさせるため、次のようなワークシートを用いて指導を行うことを想定してみた。

ワークシート

科 年 組 氏名

1. 「測定とは」どのようなことか考えてみよう

.....
.....
.....

2. なぜ、ものづくりにおいて「測定」が重要なのか？

1) 自分の考えをまとめてみよう

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2) グループ討議での考えをまとめてみよう

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

このワークシートを活用して「測定の重要性」について考えさせた後、いかに測定を正確に行っていくかを「マイクロメータの寸法測定方法の指導」を例として展開していく。

4-2 マイクロメータの寸法測定方法

(図1～図9の出典は、教科書「工業技術基礎」(実教出版)から)

ものづくりにおいて、製品を指定された寸法のとおりには、正しい寸法の測定方法を学ぶ必要がある。とくに精度が要求される製品の場合、 0.01mm や 0.001mm といったオーダーの単位を測定する機器を活用しながら作業を進めなければならない。そのため、ノギス、マイクロメータ、ハイトゲージ、ダイヤルゲージなどの測定機器が一般的に使われる。次にその図を示す。今回はマイクロメータの指導について検討していく。

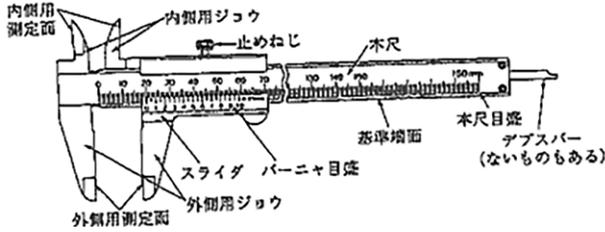


図1 ノギス

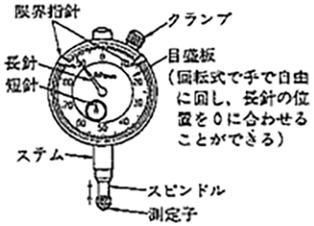


図2 ダイヤルゲージ

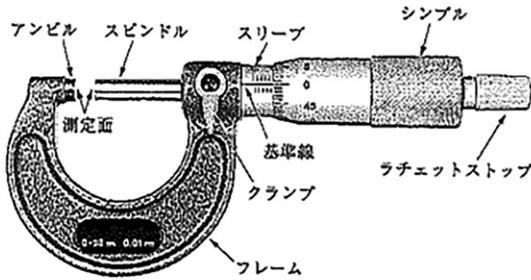


図3 マイクロメータ

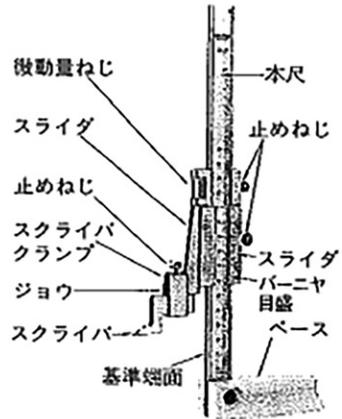


図4 ハイトゲージ

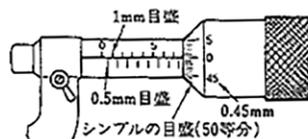
4-3 測定機器の基礎知識 -マイクロメータについて-

マイクロメータ (micrometer) は被測定物の外側の寸法をはかることができる外側マイクロメータ, 内側マイクロメータ, デプスマイクロメータ, 歯車の歯厚の寸法を測定できる歯厚マイクロメータなどがあるが, マイクロメータといえば, 一般には図3に示すような外側マイクロメータのことを示す。

4-4 測定方法の指導法

マイクロメータは, 測定範囲別に0~25mm, 25~50mm, 50~75mm, など25mmおきに最大測定長500mmまでのものがあり, 0.01mmの精度で測定ができる。

図5にマイクロメータ (測定範囲0~25mmの目盛) の原理を示す。



目盛はスリーブとシムブルの上に刻まれており, シムブルの1目盛は円周を50等分した0.01mmで, 1回転するとスリーブの上を0.5mm移動する。

図5 マイクロメータの目盛の原理

(1) ゼロ点調整 (図6)

まず測定に入る前にゼロ点調整を行う必要がある。どの測定器であってもゼロ点(原点)がしっかりとしていないと測定自体の信頼性や正確性を保つことはできないので、大切な操作の一つである。

アンビルとスピンドルの測定面をきれいにして、ラチェットストップを1～2回回し、両測定面を合わせる。

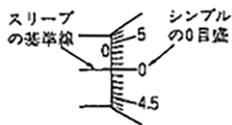
次にクランプでスピンドルを固定し、スリーブを回し、ゼロ点を合わせる。

測定範囲が0～2.5mm以外のマイクロメータの場合のゼロ点調整は、基準棒を用いて調整を行う。

(2) 測定 (図7)

測定器の測定範囲を確認して、被測定物にスピンドルが軽く接するところまでシンプルを回す。

次にラチェットストップを軽くつまみ、1～2回回して一定の測定力を被測定物に加える。



スリーブの基準線とシンプルの0目盛を一致させる。

図6 ゼロ点調整の方法

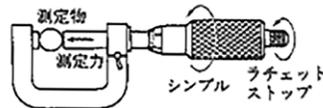


図7 測定力の加え方

(3) 目盛りの読み方

まず、シンプルの先端が示すスリーブの目盛を読む。

次に、スリーブの基準線と一致しているシンプルの目盛を読む。

最後に、①で読んだ測定値と②で読んだ測定値を合計して最終的な測定値を確定する。

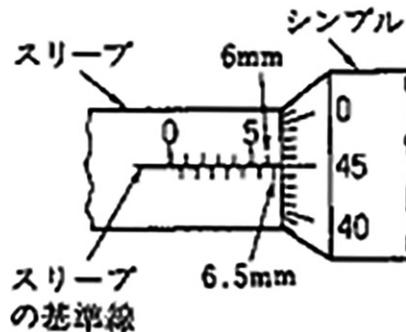


図8 目盛りの読み方1

図8の例では ①で読んだ測定値は6.5 mm,
 ②で読んだ測定値は0.45 mm
 最終的な測定値は $6.5 + 0.45 = 6.95$ mm となる。

目盛の読み方については、何度も測定を繰り返して読み方に慣れておく必要があるため、練習問題等を生徒に出題して読み方の練習を数多く行う必要がある。

4-5 目盛の読み方を間違えた生徒に対する指導方法

目盛の読み方については練習を繰り返しても読み方を間違える生徒が出てくるのが常である。

その場合、その生徒が、「なぜ間違えたのか」をしっかりと理解させる指導が必要となる。次に指導例を示す。

図9のマイクロメータの目盛りの部分を活用して生徒A、生徒B、生徒Cがつぎのように目盛の読み方を誤り、異なった寸法を読み取ったとする。

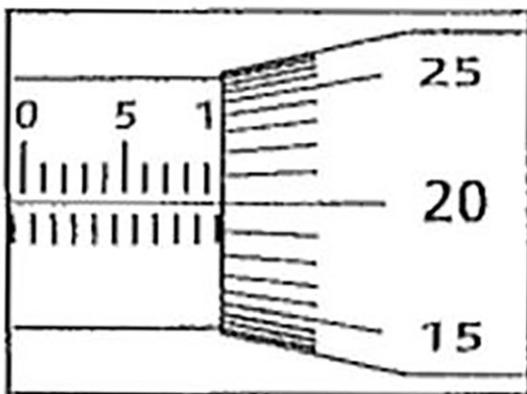


図9 目盛の読み方2

- ① 生徒Aは、測定値を $20.0 + 0.95 = 20.95$ として寸法を読み取った。
- ② 生徒Bは、測定値を $9.0 + 0.20 = 9.20$ として寸法を読み取った。
- ③ 生徒Cは、測定値を $10.0 - 0.20 = 9.80$ として寸法を読み取った。

指導例

- ① 生徒Aは、シンプルな目盛を整数の値とし、スリーブの目盛を小数点以下の値として読み取り、それぞれの値を合計し寸法を求めたと考えられる。
 よって、スリーブの目盛の読み取り方とシンプルな目盛が小数点以下の値を表していることを指導することが考えられる。
- ② 生徒Bは、スリーブの目盛を整数の値とし、シンプルな目盛を小数点以下の値として読み取り、それぞれの値を合計し寸法を求めたが、スリーブの下の目盛を見落としたと考えられる。

よって、スリーブの目盛の読み取り方について指導することが考えられる。

- ③ 生徒Cは、スリーブの目盛を整数の値とし、シンプルの目盛を小数点以下の値として読み取り、シンプルの目盛りをスリーブの目盛に満たない値と判断し寸法を求めたと考えられる。

よって、スリーブの目盛の読み取り方と計算方法を指導することが考えられる。

正解は $9.50 + 0.20 = 9.70$ mmとなる。

いずれの場合も、それぞれの生徒が測定値を読み誤った理由として考えられる内容を生徒自身が考察し、再度計測を行って目盛りの読み取りを行わせることが必要と考える。

また、それでも理解が深まらない生徒のためにグループワークなどを行うことにより、わからない点を共有し、どこが間違っているのかをお互いに教え合う中で理解を深めていく方法もあり、教員はそれに対するアドバイスを加えながら指導を行っていくことが必要と考える。

5. 指導により期待される効果

- (1) 自分自身の中で「なぜ」という問いとなり、考えることによって、「どのようにすれば」という気づきとなり、再度の試行にその気づきを活かすことができるようになると考える。
- (2) グループワークを取り入れることにより、「わからない点、どこが間違っているのか」をお互いに共有し、教え合うことにより、理解の深まりが生まれ、協働的な学びへと発展していくことが期待できる。
- (3) 自ら主体的に正確な測定を心がけるようになり、測定の大切さを理解することができるようになると考える。

6. まとめ

「はかる」や「測定」というキーワードは、今回の学習指導要領の改訂において大変重要なキーワードとして取り上げられており、小学校算数科でも「はかる」を大きく取りあげている。

例えば、坂上・後藤の『<はかる>科学』(2007)によれば、「『はかる』ことは『分けること(分類)』とともに、人間(動物も含む)が外界に適応し、働きかけて生きていくうえで最も基本的な営みの一つである。」と述べられている。また、はかる(計・測・量・図・謀・諮)の中でも数量による認識、数値による表現は大部分を占め、重要な表現であるとしている。そして、その例として、農業社会においては、穀物の収穫予定量、そのために必要な耕地面積、種子の量などを計(量)ることが必要であること、また、日常生活においても、時計、物差し、温度計、万歩計、体重計など、様々なはかる道具を使って多種多様なものごとをはかっていることをあげている。

工業の分野では「測定」を正確に行うことにより、優れた品質の製品が生み出される。特に、機械系分野の機械加工には必ず伴う作業であり、非常に重要な作業であり基礎・基本となる作業となる。ものを加工中あるいは加工後の製品が与えられた精度や仕様に沿ったものであるかどうかは、「測定」によって判断される。したがって、加工の良否、製品の良否は、測定の正確さで左右されるといっても過言ではない。

近年ではデジタル化が進み測定した結果が一瞬でデジタル表示される機器も多くなってきており、最も基礎的・基本的な測定に関する指導を軽んじてしまわないように注意が必要と考える。基礎・基本をしっかりと身に付け理解したうえでのデジタル化を望みたい。

今回は機械系の測定器であるマイクロメータを取り上げたが、生徒が測定するにあたっては、それぞれの測定器の原理・構造をわかりやすく教示し、正しいはかり方を身に付けさせるための指導工夫が必要であると考えます。

【引用文献】

- 1 学習指導要領 平成30年3月告示 文部科学省
- 2 学習指導要領 (平成30年3月告示) 解説総則編・工業編 文部科学省 平成30年7月
- 3 「工業技術基礎」教科書 実教出版 7実教工業701
- 4 「工業技術基礎」教科書 実教出版 7実教工業301
- 5 「機械実習 1」実習書 実教出版
- 6 「新版 機械実習 1」実習書 実教出版
- 7 モノづくりにおける測定の重要性 | 測定機の基礎知識 | 測定器ナビ | キーエンス (keyence.co.jp) より
- 8 坂上孝・後藤武 (2007) 『<はかる>科学』 中公新書