

# 定量的考察力の早期育成と高専物理教育

神戸市立工業高等専門学校 ○大多喜重明, 長井清香

## 1. はじめに

「平均値の求め方」として確率誤差を、1年生の第1回目の授業で教えるなど、定量的実験力の早期育成に努めてきた。数年前、非常勤講師だった大学院生に、「数値の丸め方(JIS Z8401)」の扱いについて尋ねたところ、院生が測定値の扱い方に弱くなっていることに気付いた。その院生が高校生だった頃の物理の教科書を調べると、有効数字の説明が少ないことや有効数字を考慮した足し算の方法が、出版社間で異なることなどを知った。また、2年生を対象としたアンケート結果から、若手教員も測定値の扱いに弱くなっていることに気付いた。これらのことについて調べ報告<sup>1,2)</sup>した。

科学技術創造立国を目指し、科学技術基本法が平成7年に制定され、それを根拠に、長期的視野に立った政策がなされてきた。それから20年経ち、その効果が表れている節もあるだろう。しかし、日本国内でのものづくりは、1990年代以降、競争力を失ってきた。その理由の一つとして、産業のグローバル化の他に、定量実験の基礎教育の低下があげられるのではないかと思った。

大学教員が高校生を直接指導し、2006年以降、国際科学オリンピック (<http://www.jsoc-top.jp/03soc/soc.htm>) に物理も参加するようになった。また、Webなどを活用して主体的に勉強する子供も増え、大学による英才教育が強まる傾向にある。競争もグローバル化し、求められる能力のレベルが上がった現在、好ましい傾向ではあるが、一方で、測定値の取り扱い方といった基礎能力は、依然弱いままのようである。

測定値の扱い方について、文部科学省検定済教科書(検定教科書)やWebでどのように説明されているか報告するとともに、ものづくりを元気にする方法について提案する。

## 2. 測定値の扱い方についての現状

高等学校理科用の物理基礎の検定教科書に、物理量の測定と扱い方について、巻頭資料や序章などに説明がある。東京書籍の「物理基礎」では、有効数字や測定誤差について2ページ弱の説明がなされている。啓林館の「新編 物理基礎」<sup>3)</sup>では、約3ページにわたって説明がなされていて、物理量の扱い方として踏み込んだ説明がなされている。

統計学では、他の値に比べて大きくはずれた値は、信頼性が低い数値とみなし、使わずに計算する。数個のデータがあれば、最大値と最小値を除いて平均

値を求めることもある。啓林館の「新編 物理基礎」には、「・・・原因を明らかにした上で使わない・・・」という物理ならではの説明があるが、前回報告<sup>2)</sup>した矛盾もその教科書にある。(図1)

## 検定教科書の説明文の矛盾

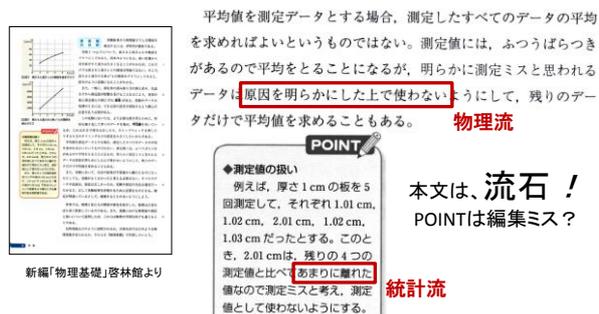


図1 矛盾と課題

検定教科書が出版されるまでには、多くの人が目を通してはいるはずであるが、それでも矛盾が起きるのはなぜだろうか。

中学校理科用の検定教科書でも、誤差や有効数字は1ページ程度の説明である。中学校の教科書では、むしろ、数学の教科書の方が詳しく説明が書かれている。2013年以降の中学校学習指導要領の数学の第1学年の内容に、「資料の活用」という単元があるためである。大日本図書「数学の世界」の第1学年用教科書<sup>4)</sup>には、ものさしの目盛りの読み取り方が図2のように説明されている。

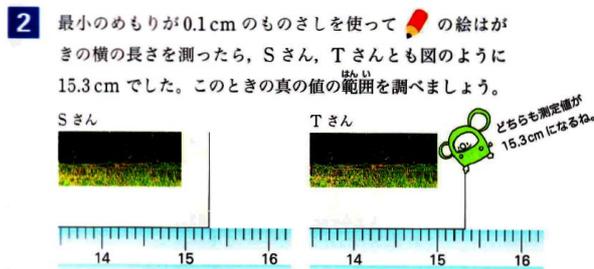


図2 めもりの読み取り方 (数学では、最小目盛りの1/10まで読み取らない)

理科では、中学校の検定教科書も高等学校の検定教

【連絡先】〒651-2194 兵庫県神戸市西区学園東町 8-3 神戸市立工業高等専門学校 一般科  
大多喜重明 TEL:078-795-3282 FAX:078-795-3314 e-mail: ohtaki@kobe-kosen.ac.jp  
【キーワード】高専教育, 物理教育, 研究開発力, 定量的実験, 定量的考察の練習

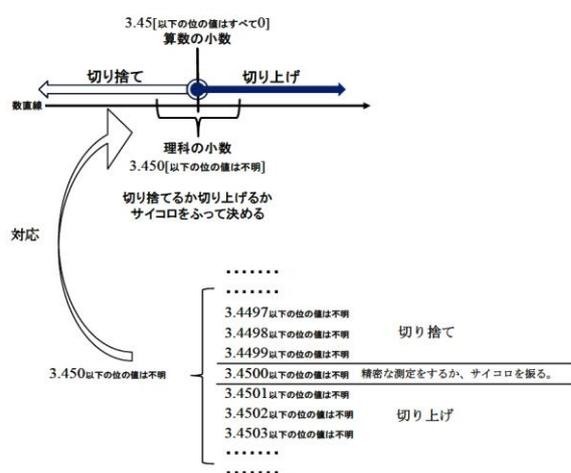
科書も、最小目盛りの1/10まで読み取り、その桁までを有効数字とするよう説明されている。しかし、中学校の数学の検定教科書では最小目盛りまでが有効数字と説明されている。中学校の数学で習ったように、最小目盛りまでを有効数字だと覚えて来る新入生が、今後増える可能性がある。

測定値の四捨五入のときにサイコロを使う方法を従来からの理科の方法として報告<sup>1)</sup>した。その方法を図3に示す。

### 「算数の小数」と「理科の小数」 —四捨五入—

#### 【理科の問題】

ものさしで測ると、棒の長さは123.3mmであった。  
マイクロメーターで測ると、台の厚さは3.450mmであった。  
台の上に棒を立てたときの高さを求めなさい。



理科の小数 3.450 には、取り得る値に幅（不確かさ）があります。理科では、3.450 が算数の小数 3.45（小数第 3 位以下のすべての位が 0）より小さい確率と大きい確率は同じと考え、サイコロをふって、切り捨てるか切り上げるかをランダムに決めます。

切り捨てとなった場合は 3.450 を 3.4 として、

$$\begin{array}{r} 123.3 \\ + 3.450 \\ \hline 126.7?? \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{r} 123.3 \\ + 3.4 \\ \hline 126.7 \end{array}$$

答え 126.7 mm

切り上げとなった場合は 3.450 を 3.5 として、

$$\begin{array}{r} 123.3 \\ + 3.450 \\ \hline 126.7?? \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{r} 123.3 \\ + 3.5 \\ \hline 126.8 \end{array}$$

答え 126.8 mm

図3 理科の四捨五入

ところが、Web で調べたところ、同様のやり方は、全く検索にかからなかった。

2.10 の 0 と同じく、0.00 の小数第二位の 0 は丁度の 0 である。したがって、0.00 は有効数字 1 桁の値であるが、正しい説明が Web で見つからない。この他にも、測定値の扱い方に関連した事項を調べると、説明の矛盾や方法の違いが見つかる。

### 3. 矛盾が次々に見つかる訳

測定値の扱い方に関連した事項で矛盾が見つかる訳は、長期間の高校物理履修率の低さが主因ではないかと考える。物理を高校で履修していない学生が

物理学実験に加わると、測定原理の説明時間が長くなり、測定値の扱い方の説明が短くなる。定量的な考察を行うためには、有効数字や確率誤差などの知識が必要であるが、それらの知識が不足していると、定量的な考察ができない。そのような学生が多い状態が 30 年以上続いている。

大学紛争時には、学生実験や実習が開講されなかった大学もあり、その世代はさらに深刻な問題を抱えていたと思われる。しかし、短期間であったため、実験や実習を正常に受講した世代に挟まれ、問題が現出することはなかった。ただ、このことも一因ではないかと考える。

実験や実習で、定量的に考察する練習を十分行うことで、例えば「原因が分からないまま、測定値を捨ててはならない。」ということに気付く。定量的に考察を行うための知識さえ不足し、それを体験していない教育関係者が多いという現状があるのではなからうか。そう考えると、教科書の矛盾を見過ごすことも理解できる。

「理科の四捨五入」の説明が Web 上に無いことも同様の原因ではなからうか。Web が使える若手教員は「理科の四捨五入」の知識がないのかもしれない。

### 4. まとめ

測定値の扱いに不慣れな教育者や研究者が増えている。高校物理の履修率が 30 年以上低いと、定量的な考察について十分な教育を受けた人材が不足し、測定値の「自然科学ならではの扱い方」の知識が教育現場で不十分となっているようだ。Web などを活用して主体的に勉強する子供も増える中、早期の対策が必要である。

定量的考察教育を早期に行い、実験や実習を通じて実践を積み重ねることに、高専の 5 年一貫教育は最適である。定量的に考察する練習はアクティブ・ラーニングであり、継続的活動期間が同年代を生徒に持つ他校種に比べて長いので、自然科学関連の部活動に力を入れ、アクティブ・ラーニングをこれまで以上に活性化させる必要がある。若者の研究開発の基礎力の向上を図ることは、今後のものづくりを再び元気にする効果があると考えられる。

### 参考文献

- 1) 大多喜重明, 長井清香:「物理教育における数値の丸め方の扱い」, 大学の物理教育 第 19 巻 1 号, pp. 24-27 (2013)
- 2) 大多喜重明:「平成 25 年度全国高専教育フォーラム 教育研究活動発表概要集」, 国立高専機構, pp. 61-62 (2013)
- 3) 高木堅志郎・植松恒夫 ほか 16 名:「新編 物理基礎」, 啓林館, pp. 6-8 (2012)
- 4) 相馬一彦 ほか 17 名:「数学の世界 1 年」, 大日本図書, p. 245 (2012)