

安全面から見た技術教育の課題

——旋盤によるパイプ加工に関わって——

Technology Education viewed from Safety Aspects

——Concerning about Processing Pipes with Lathes——

井 嶋 博

Hiroshi IJIMA

(和歌山大学教育学部)

寺 本 東 吾

Tougo TERAMOTO

(和歌山大学協働教育センター)

石 塚 亙

Wataru ISHIZUKA

(和歌山大学教育学部)

2015年10月2日受理

Abstract

"Manufacturing" in school education is becoming more important, and the role should be achieved by the course at junior high school. But due to lower birthrate many schools become smaller in scale, which brings about several problems including safety control. We focus on processing by a lathes and try to reveal one of the problems which are often overlooked. New structures in science education at schools are required.

はじめに

学校教育における「ものづくり」の大切さが言われている。そのための機会として中学校技術の果たすべき役割は大きい。しかし一部の地域では少子化による学校の小規模化が進み、そのために技術教育の授業にも支障が現れている。本論では少子化の「先進地」としての和歌山県の状態を分析し、一つの具体例により、顕在化した際には大きな課題となる安全管理の問題を提起する。また将来的に求められる教科・科目を跨ぐ教育に関連して、教育内容の面から技術科と理科の望ましい連携の在り方についての考察を行う。

1. 技術教育の課題

中学校技術・家庭科の技術分野で和歌山県で顕在化している課題の一つは、教員がいわゆる免外教科として技術の授業を担当する機会が多いことである。全国平均ではその率は2割に満たないが、和歌山県においては6割に達する。そこでただちに現れる指導上の問題は、技術教育の必要な内容に「抜け」が生じることであり、それが全国平均でもたとえば「エネルギー変換」の内の「設計」に充てられる時数が非常に少なく0～2時間が最多である。さらに技術科を担当する教員の年齢は、全国平均では50代以上は約30%であるが和歌山県では半数を超え、しかも50代の後半が多い。これは極めて危機的な状況である。われわれが和歌山県で中学校教員を対象に独自に行った次のアンケート調査からも、中学校技術教科の授業を他教科の教員が担当することがむしろ一般的であることが窺われる。

質問：中学校の教科「技術」の授業を、他教科の教

員が代わって担当していたことがありましたか？

回答：はい18人、いいえ8人。(26人中)

近代から現在まで「ものづくり」に対する社会からの支持は依然として大きい。科学技術の振興による科学技術創造立国を維持するためには、学校教育における「ものづくり教育」の充実が欠かせない。しかし現状は望ましい方向に向かっているとは言えない。その理由の所在はどこか。

技術科教育の課題が和歌山県で極端な形で現れている大きな理由は、少子化に伴う学校の小規模化である。小規模校の統合は現在も進んでいるが、それにも解決すべき事柄が多く在り、容易に解決策とはならない。中学校の学級数の全国平均は12であるが、学級数が12の学校であっても、技術科のみを教える教師の週当たりの授業時数は10時間であり、英語などの他教科の教師はこれの5割増しになるといった状況がある。週当たりの授業時間数が6時間以下の中学校の割合は3割で、これは6学級以下の小規模校の割合である3割と符合する。これが和歌山県では学級数が12の学校は10校であり、むしろ大規模校にあたる。和歌山県において各中学校に技術科教員を配置することの困難さがこれにより生じる。中学校に配置される教員の総数が抑制されている状況の下で、この解決は容易ではなく、教育体系全般に関わるとともに教育行政にも関わるが本論では問題の指摘に留める。

一方で、非専門家が担当することによる技術教育の教育内容の抜け以上に懸念されるのが、安全管理に関することであり、技術室に置かれている機器類の操作の問題である。複数の技術科教員が配置されるのが全

く現実的でない以上は、単独で操作できることが求められる。その際に、より重要なことは一般に危険を伴うことと、具体的にどのような操作が危険を伴うのかを理解して、生徒を指導出来るだけの力量を備えていることである。特に、木材加工や金属加工における機械加工では、機械の誤った使用が重大な事故につながる可能性があることから、起こり得る事故の把握と安全管理のマニュアルが求められている^{2),3)}。想定外の事故はいつでも起こり得るが、技術科の非専門家にとってもその防止のために教師として理解しておくべき知識と技能が最も大切と考える。

次章では、一般的な加工機械の例として旋盤を採りあげて、特に見逃されがちな危険な事象について検討を加える。和歌山県の場合は特殊であるといった一面が現在はあるが、少子化に向かうのは全国的な状況である。近い将来に多くの地域が同様の状況に陥ることは疑いようがない。その際の必要な備えとして、安全の面に焦点を当てる。

2. 工作機器の隠れた危険性

技術教室には種々の工作機器が置かれている。取り扱いが難しいものもあり、中学生に操作を学ばせる場合には尚一層の注意が求められる。本稿で取り上げる旋盤はそれらの中では必ずしも一般的なものではないが、その危険性が見逃されやすい例として採りあげる。隠れたリスクについての知識を持つことは、技術科を担当する教師に強く求められる。

実際に生じた事例として次のようなものがある。全長2mのジュラルミンのパイプを、旋盤で加工しようとしたところ、長く突き出したパイプの先が遠心力で大きく曲がって振れ回った(図1)。このように長い材料を旋盤で加工するときの危険性は、厚生労働省の職場の安全サイト⁴⁾でも指摘されているが、関係者の何人かに伺ったところでは必ずしも十分に周知されているとは言えない。

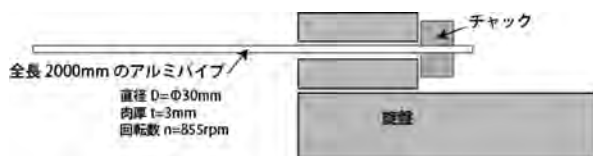


図1 旋盤によるパイプの加工

2-1. 回転による遠心力

以下では、材料力学の観点から、どのような加工条件の時に危険性が高まるのかについて考察する。本稿では例として取り上げるのに留めるので、ごく簡単なモデル化を行う。図1のパイプを、次の図2のように回転による遠心力を受けるバネに置き換える。円板に中心を通る半径方向に直線の細長い溝が設けられており、その溝の中に一端が固定されたバネ(ばね定数

k 、自然長 L)が、他端に質量 m の小さなおもりを取り付けられており、おもりは管の溝の内面に沿ってなめらかに動くことができる。円板はモーターに繋がれており、水平面内を任意の角速度で回転させることができる。

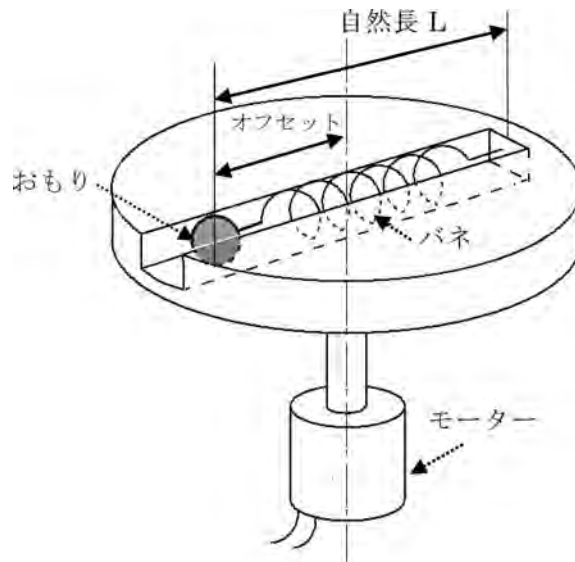


図2 旋盤加工のモデル

このモデルは、パイプの軸の延長線上に視点を置いて、この軸の方向を平面の上に“潰した”ものである。バネの伸びは、パイプのたわみの大きさに相当する。

予想されるように、またわれわれが行った数値計算の結果からも、おもりの初期位置(オフセットと仮に名前を付ける、おもりの重心と回転中心間の距離、前述の問題の場合はばねの自然長さ L に等しい)によって、その挙動は大きく異なってくることが分かる。オフセットが小さくなると、釣り合う変位の幅が急激に小さくなる。旋盤にパイプを取りつけて回転させる場合には、遠心力が働くためにはオフセットが必要であり、それは自重によるたわみである。それはパイプの自重によるので、見かけ上は少なく、回転速度が小さい間はほとんど変形は起こらないが、ある一定の大きさに達すると突然大きく曲がり始める。

2-2. 片持梁-分布過重によるたわみ

次に、オフセットの大きさを評価する。図3のように旋盤にパイプを取りつけた状態で、パイプの重さが均等に分布過重として作用すると仮定する。 L はパイプの全長、 m_0 はパイプの単位長さあたりの重さ、 δ_B はパイプの先端のたわみの大きさである。チャックからの距離 x におけるたわみの大きさ δ_x の計算結果を図4に示す。ただし、 L と m_0 の大きさはそれぞれ2,000(mm)、6.958(N/m)である。

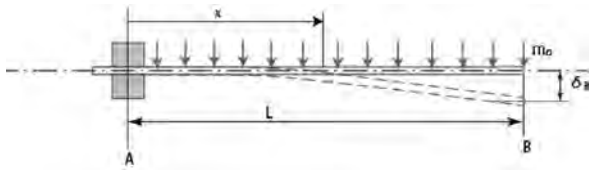


図3 パイプの自重によるたわみ

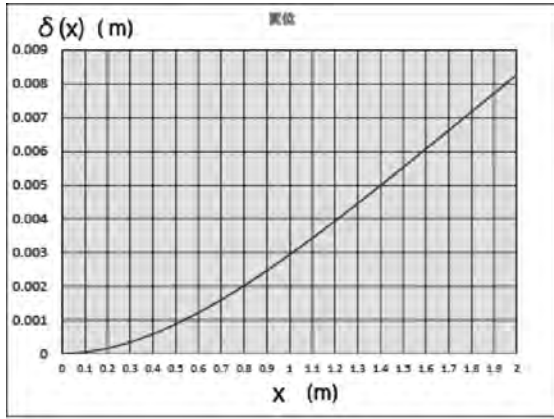


図4 たわみの長さ依存

2-3. 安全な回転数の上限

旋盤の高速回転による遠心力は、このたわみを大きくする方向に作用する。増大したたわみによって更に大きな遠心力が生じるために、増加のペースが格段に増大して速やかに弾性限界を越える。これがどの段階で起こるかについて、次に考察する。弾性限界内ではパイプの変形 δ_B による復元力の増加分が、遠心力の増加分をちょうど打ち消している。これが有効に作用する範囲は、パイプの先端部の近傍 dL における力の釣りの条件から決めることができる。

パイプの変形による復元力の増加分

$$dL \cdot F_p(B) = dL \frac{120EI}{11L^4} (\delta(B) - \delta_0(B)) \quad \text{式(1)}$$

遠心力の増加分

$$dL \cdot Fr(B) = \frac{dLM\delta(B)\omega^2}{L} \quad \text{式(2)}$$

式(1)、式(2)で、 $F_p(x)$ は x での復元力の大きさ、 E はパイプのヤング率、 I はパイプの断面2次モーメント、 M はパイプの質量、 ω はパイプの中心軸の周りの角速度である。式(1)、式(2)から次の式(3)が得られる。

ただし

$$\delta(B) = \frac{C\delta_0(B)}{C - \omega^2} \quad C = \frac{120EI}{11ML^3} \quad \text{式(3)}$$

図4は、式(3)をグラフで表したものである。式(3)か

ら、 $\omega^2 \rightarrow C$ で $\delta(B)$ が発散することがわかる。 $\omega^2 = C$ となる ω_c は、本稿で採りあげた例($L=2,000\text{mm}$ 、 $M=1.43\text{kg}$)では、 $\omega_c=40.2(\text{rad/sec})$ 、すなわち回転数 $n_Y=384(\text{rpm})$ となる。

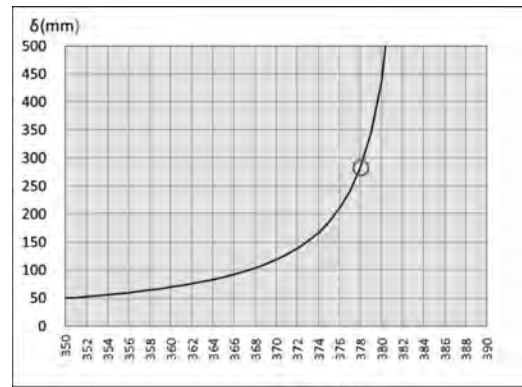
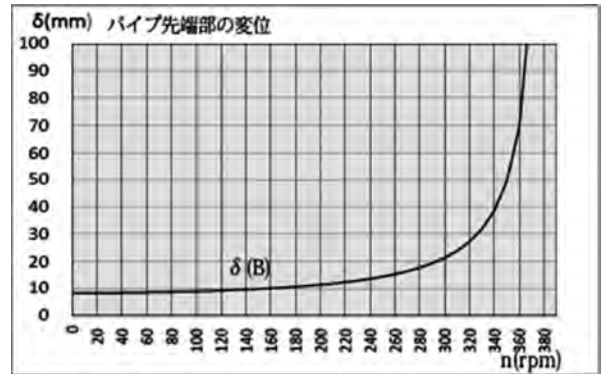


図5 回転による変形の増加

実際はパイプの固定端(チャック側)に生じる最大応力が材料の耐力 σ_Y を越えたときに、材質の弾性限界を越えて、復元力を急速に失う。したがって ω_c に達する以前に大きな変形が始まると考えられる。 $\sigma_Y=275 \text{ N/mm}^2=275\text{MPa}$ と仮定して補正を加えると、 $\omega_Y=9.58(\text{rad/s})$ 、すなわち回転数 $n_Y=378(\text{rpm})$ となる。この時の変位は281mmとなる。

以上から、旋盤を380rpm以上で回転させると、遠心力によりパイプに発生する最大応力が材料の耐力 σ_Y を越えて急激な変形をもたらす、パイプの折損につながることを推定される。我々が把握している事例においても、作業時の旋盤の回転数は850回転であったので、限界を大幅に超える回転速度であった。一瞬にして変形したという報告とも符合する。

3. 科学教育としての再生

ここまで和歌山県の状況を多数の他地域の「先行事例」として捉え、技術科教育が現在抱えている困難な課題を提起しながら、旋盤を例に隠れた危険性に関する考察を行った。安全確保が最優先であることを強調したい。それを踏まえて、この状況を、より良い形に変革するための機会として新しい教育体制の構築に繋

げることが提案する。既に一部の学校で試みが進められている、理科との融合による「科学教育」の展開である。先に述べたように他教科の教師が技術科も教える場合、それが理科教師であれば、たとえば「ものづくり」を共通のテーマとした教科横断の授業を行うことができる。低融点金属や電気に関わる素材などは、理科と技術科に共通の教材である。問題となるのは、一つには両教科の単元の意味での進度を合わせるものがあげられるが、教える教員の技量に大きく左右される。

そこで、われわれは、教員養成段階でこれに取り組もうとしている。「ものづくり」は体験的な学習の典型であり、技術科と併せることは「体験にもとづく確かな理解(理科学習指導要領)」を狙う理科の目標にも叶う。「ものづくり」の過程に視点を向ければ、ものを作るための機器類や道具は、理科実験で用いる測定器具と相同である。装置を使用して理解しようとする対象に興味に向くのか、あるいは装置自体の性能に関心を持つのかによって、大きくは理科と技術がそれぞれの特色を持つ。無論これらは相補的であり、両教科を併せることによる相乗効果が期待される。

理科・理学的な立場からのアプローチと技術・工学的な立場からのものを並置し、これに本稿で述べたような危険性を十分に意識した上での安全管理の視点を加えて、それを実践する場を含めた教員養成のプログラムが、最も望ましい。少子化が益々進行する中で、中学校技術科のみを専門とする教師が活躍できる機会は限られていくと考えられる。しかし技術科と理科の免許を併せ持ち、両教科を通じた教育を行える人材は今後も必要とされると考えられる。次期の学習指導要領改訂に向けて「教科・科目の垣根を越えて教育内容

を関連させることによる効果的な教育」の検討が進められており⁵⁾、この意味からも先行事例としての意義は大きい。

4. まとめと課題

本県の技術教育が抱える課題は、全国の先行事例として捉えられる。この問題が少子化の進行とともに顕在化していくことは明らかである。その際に懸念される、十分な技能を持たない教師が授業を担当することの危険性を、具体的な旋盤加工を例に採り論じた。学校教育一般への関連付けは措いた上で、加工自体の危険性等について論じた研究はこれまでも行われている^{2),3)}。これらの安全に関わる留意を併せて、「ものづくり教育」の維持の観点から、理科、技術および工業の新しい枠組みづくりが求められている。

おわりに、大阪大学名誉教授高杉英一氏と、全日本中学技術・家庭科研究会会長池田敦彦氏、和歌山大学教育学部附属中学校教諭一色秀之氏に、有益な議論を感謝する。

《参考文献等》

- (1)公立中学校における技術科教育の現状と課題、池田敦彦、平成27年度産業技術教育学会、於愛媛大
- (2)技術科教育における事故調査に基づく木工機械のマニュアル作成、福田英昭、古見優人、日本産業技術教育学会第41回全国大会、pp.74、1998年
- (3)機械工作(切削加工)における被削材温度の可視化 —安全教育に繋がる基礎的研究—、島田和典、大分大学教育福祉科学部紀要、第36巻2号、2014年
- (4)厚生労働省の職場の安全サイト、http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/SAI_DET.a
- (5)次期学習指導要領の改訂に向けて、大杉住子、平成27年度産業技術教育学会、於愛媛大