

曲げ木加工中の力を測定・表示する教材の開発

岡村吉永・弘中 誠*・白石拓也**

Development of the Teaching Materials which Measure and
Display the Power under Wood Bending Processing

OKAMURA Yoshihisa, HIRONAKA Makoto*, SHIRAISHI Takuya**

(Received September 28, 2007)

I. はじめに

中学校の技術・家庭科「ものづくり」分野において、曲げ木加工を教材とする試みについては、これまでもいくつかの例が報告されている。しかしその多くは、学校における導入を目的とした曲げ木製作方法の確立および曲げ木材を用いた製作品の提案¹⁾が主で、作業安全性の向上や軟化処理にともなう水が木材に与える影響を体験的に学習させる試み等については、十分な検討がなされているとはいえない。

これに対処するため、筆者らはまず作業安全性向上の観点から、最も一般的な曲げ方法であるトーネット方で使用する帯状鋼板（帯鋼）を荷役用ベルトで代替する曲げジグ（フォーマー）の開発²⁾を行った。これにより、帯鋼を使用した際に起きる鋼の断裂や反発による事故が回避されるだけでなく、メッシュ状で通気性が高いベルトの効果で木材中の水分が速やかに揮発し、変形の固定が早いという利点も得られている。

また荷役用ベルトは、引っ張り方向のみに強度を有し、曲げに対しては、ほとんど抗力を有さないため、フォーマーに使用した場合、曲げ木作業における木材の抗力のみを「手ごたえ」として体感することができる。実践的に木材の軟化処理を学習する手段としては、優れた方法の一つといえよう。ただし、このフォーマーによって学習者が曲げ得る木材は1回に1本のみで、複数の木材を並べ、同時に手ごたえを比較するといったことは難しく、作業経験の少ない学習者では、手ごたえを正しく評価・比較できない場合も予想される。

以上のことから本研究では、作業経験の少ない学習者であっても木材から伝わる手ごたえを正しく評価できるよう、曲げ木作業中の木の抗力を測定し、客観的かつ視覚的にわかり易い形で表示する教材の開発を行った。

II. 開発したフォーマーによる曲げ木加工の特徴

開発したフォーマーを使って、中学生が曲げ木加工を行っている様子を図1に示す。曲げ木用材には、スチームボックスで軟化処理を行ったニレ材（厚8×幅25×長400mm）を使用した。

図2に、開発した荷役用ベルト使用のフォーマーを示す。通常木材の曲げ加工では、湾曲させる外縁部の伸びによって繊維が破断しやすいため、家具などの製作においてはトーネット法と呼ばれる帯鋼を用いて、外側の伸びを抑制する方法（図3参照）が一般的である。しかし、

* 柳井市立柳井西中学校

** 山口大学大学院教科教育専攻技術教育専修



図1 曲げ木を行っている様子

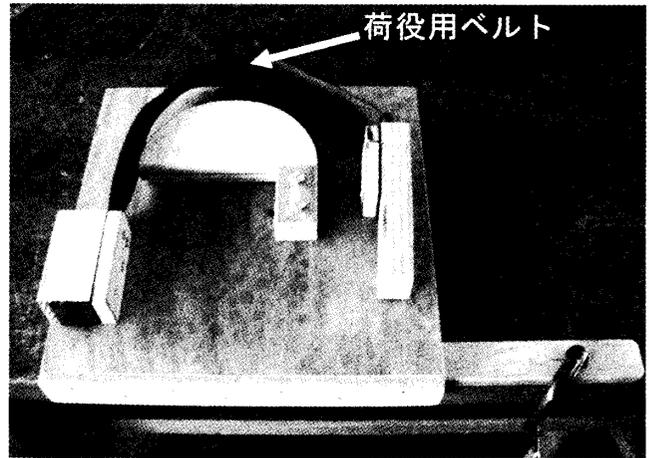
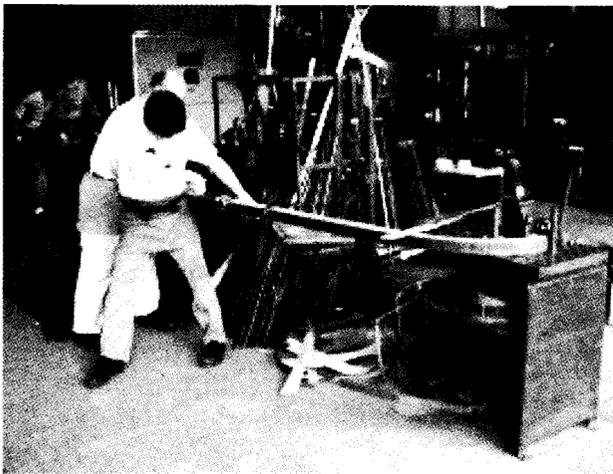


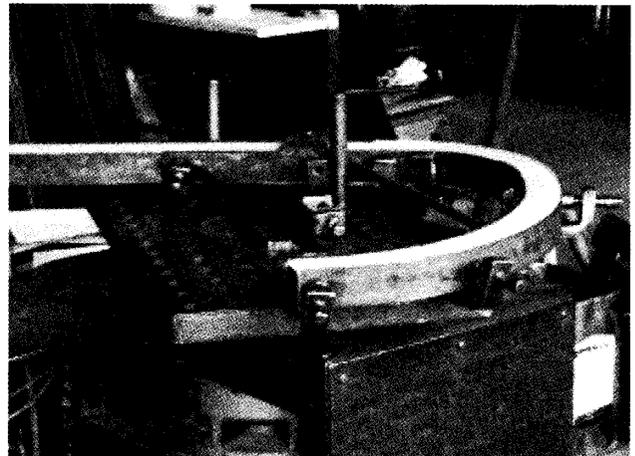
図2 開発したフォーマー

教材で使用する程度の小断面木材であれば、荷役用ベルト（材質：ポリプロピレン、トラスコ中山、幅40mm）でも十分に外縁部の伸びを抑制することは可能で、帯鋼の代替として特に支障はみられない。むしろ曲げに対する柔軟さから、曲げ木作業時の木の抗力をそのまま「手ごたえ」として体感することができる長所を、学習指導上の利点として活用するべきと考える。



曲げ木作

厚い帯鋼を使用するため、曲げ木作業に大きな力が必要。危険も伴う。



曲げの固定

帯鋼をつけたまましばらく放置。このあと乾燥へ。

図3 トーネット法による曲げ木

Ⅲ. 処理の違いによる木材の曲げ易さ（生徒による評価）

木材中に存在する水分は、曲がりや反り、割れといった材の外観や精度だけでなく、その機械的強度にも影響与えるため、木材利用に当たって特に配慮が必要な事項の一つとなっている。今回扱う曲げ木は、この水が木材に与える影響を積極的に利用した加工方法で、木と水との関係を実践的に理解できるという、学習上のメリットを有している。本研究では、まず曲げ木を学習に取り入れるための基礎資料を得るため、学習者がどの程度、木材の軟らかさの差異を認識できるか調査を実施した。

調査は、柳井市内の中学校において、3年生の選択技術の時間を利用して実施した。対象生徒は、8名（男3、女5）、実施日は2007年6月21日である。供試する木材は、処理の異なる下記の3通りとし、生徒には、まず素手で供試木材に力を加えさせ、その違いを確認させた。この後、フォーマーに供試木材をセットして実際に曲げ比べ、その手ごたえを確認するという手順を踏んでいる。図4は、素手で軟らかさの比較を行っている様子である。

【供試木材】

A…乾燥材：十分に自然乾燥した木材

B…水浸材：4週間水に浸けた木材

C…蒸し材：Bをさらにスチームボックスで120分蒸し、軟化処理したもの

※ニレ材、厚さ8×幅25×長さ400（mm）

（繊維方向は、長さ方向とほぼ平行になるよう木取り）



図4 処理の違いによる木材の軟らかさを比較している様子

生徒による軟らかさの評価結果を表1に示す。これをみると、乾燥材と水浸材との比較においては、その違いが区別できず「同じ」と回答した生徒が8人中3人とかなりの割合で存在し、評価の難しいことが分かる。乾燥材と蒸し材については、全員が蒸し材を軟らかいと答えており、両者間に明らかな手ごたえの差があることがわかる。水浸材と蒸し材については、2名の生徒が水浸材を「やや軟らかい」と誤った評価をしている。その原因については今回明らかに出来ていないが、「手ごたえ」を正しく評価できていないという事実については、何らかの対処が必要である。本研究では、この対策のため、曲げ木中の力を測定し、結果を客観的かわかり易く表示する教具の開発を行った。

表1 手ごたえによる軟らかさの比較・評価

生徒	乾燥材－水浸材	乾燥材－蒸し材	水浸材－蒸し材
1	C*	D	D
2	D	D	D
3	D	E	B**
4	C*	D	D
5	D	E	D
6	D	E	E
7	C*	E	E
8	D	E	B**

* 違いが評価できない
** 誤った評価

A:乾燥材が薄い A:乾燥材が薄い A:水浸材が薄い
B:乾燥材がやや軟い B:乾燥材がやや軟い B:水浸材がやや軟い
C:同じ C:同じ C:同じ
D:水浸材がやや軟い D:蒸し材がやや軟い D:蒸し材がやや軟い
E:水浸材が薄い E:蒸し材が薄い E:蒸し材が薄い

Ⅳ. 曲げ木加工中の力を測定・表示する方法

製作した曲げ木加工中の力を測定・表示する装置を図5に示す。木材を取り付けて曲げ加工時の力を測定する本体部分は、前述したフォーマーをそのまま利用し、グリップ部のみをセンサー付きのものに交換した。これは授業での活用を前提に“通常の曲げ木加工作業”と“検証のための測定作業”との条件を統一し、両者を対照させやすいよう配慮したためである。グリップ部には、鉄角棒（22×22×210mm）を使用し、曲げ平面と直角をなす面の両側に貼り付けた歪ゲージ（三栄 N11-FA-5-120-11）をブリッジ接続し、曲げ作業時に加わる力を検出するようにしている。

つぎに上部中央にある箱は、アンプ、A/D変換器およびパソコンと通信するための回路で、組み込み用マイコン PIC16F873を使用して、A/D変換器と測定系の制御を合わせて行っている。

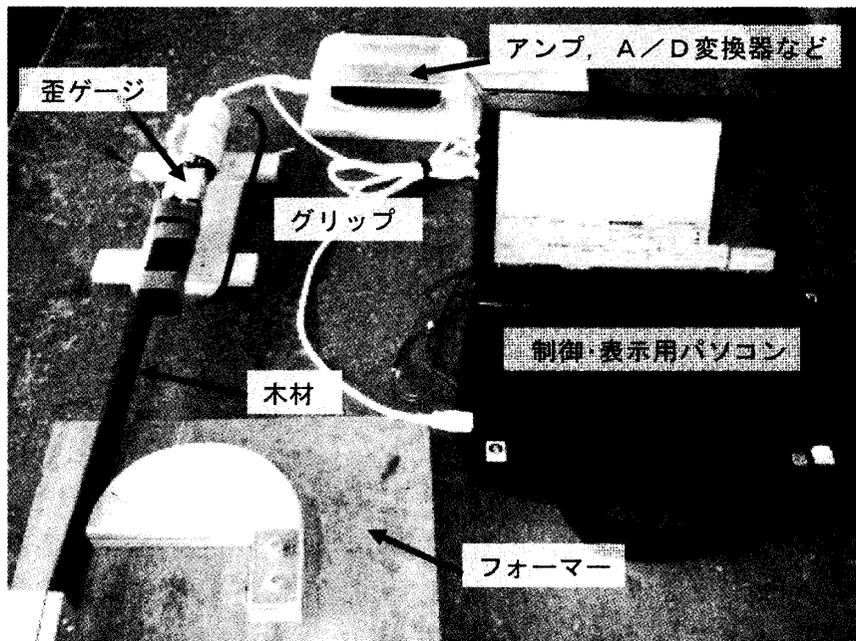


図5 曲げ木加工中の力を測定・表示する装置

る。サンプリング条件は、PIC に書き込んだプログラムおよびパソコン側プログラムの組み合わせによって可変できるが、今回は比較的緩やかな現象であり、腕力が小さい女子生徒などで作業に時間を要する場合も予想されることから、10Hz（最大90秒間）を標準としている。

装置全体の制御および結果の処理と表示は、USB ケーブルで接続したパソコンで行う。図6は、パソコン画面示された測定結果の例で、説明のため一定期間ごとに手から加える力を階段状に増加させたものである。なお製作した表示用プログラムでは、条件による力の違いを比較し易くするため、最大4つまで結果を同時に表示（動画または静止画）できるようにしている。

グラフの縦軸は、検出された力の大きさを、[kgf/div]表示と[N/div]表示を切り替えることができるが、中学校での学習利用が主であるため、標準は [kgf/div] を使用する。

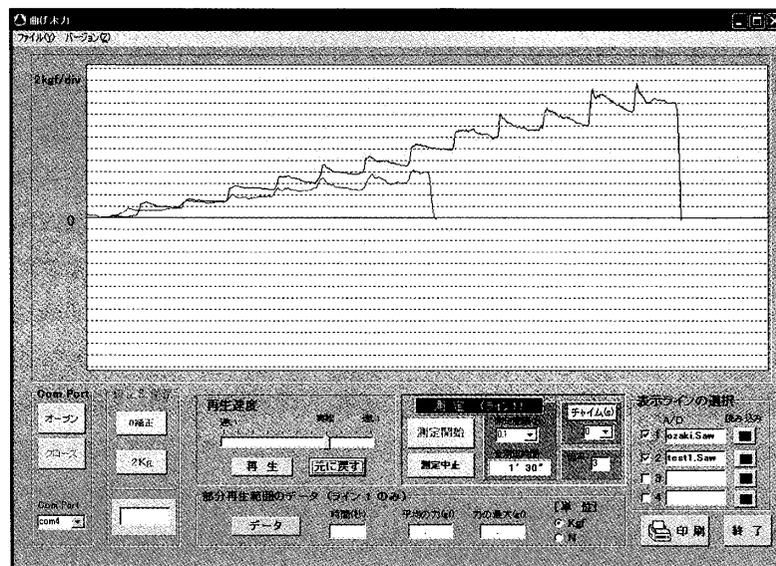


図6 測定結果の表示例

実際に装置を用いて測定した、処理条件による曲げ中作業の力の測定結果を図7に示す。この図は、実際に力を加えた期間のみを拡大したもので、乾燥材、水浸材、スチームボックスで蒸した軟化処理材の3つを重ねて表示している。

まず乾燥材では、曲げ作業の進行とともに曲げに対する木材の抗力が増加し、①の時点で急激な力の減少がみられる。このとき木材は、曲げの力に抗しきれず、材中にひび割れが発生する。実用上は、①の時点が乾燥材の曲げ限界（抗力の最大値）と判断される。その後さらに力を加え続けると一端抗力が増すが、その後完全に材が破断する。なお、①以後については、既に限界を超えた値であるため、比較や評価に用いることは不適當である。

水浸材についても傾向は乾燥材と同様で、作業の進行とともに曲げに対する木材の抗力が増し、①の付近で急に力が減少する。繊維中に含まれた水分の影響で少し木材繊維が軟らかくなっているため、全体に抗力は乾燥材に比べて小さい傾向にある。その後さらに力を加え続けると、急激な抗力の上昇がみられた後、材が折れ曲がる。水分の影響で木材の粘りが増しているため、一時的とはいえ図7のように乾燥材よりも抗力が大きくなる場合もみられるが、材としての使用限界を超えた部分のため、比較・評価には適さない。乾燥材ともども、どの時点をもって手ごたえの評価とするべきか、木材の性質や利用を踏まえた事前の指導が必要といえよう。

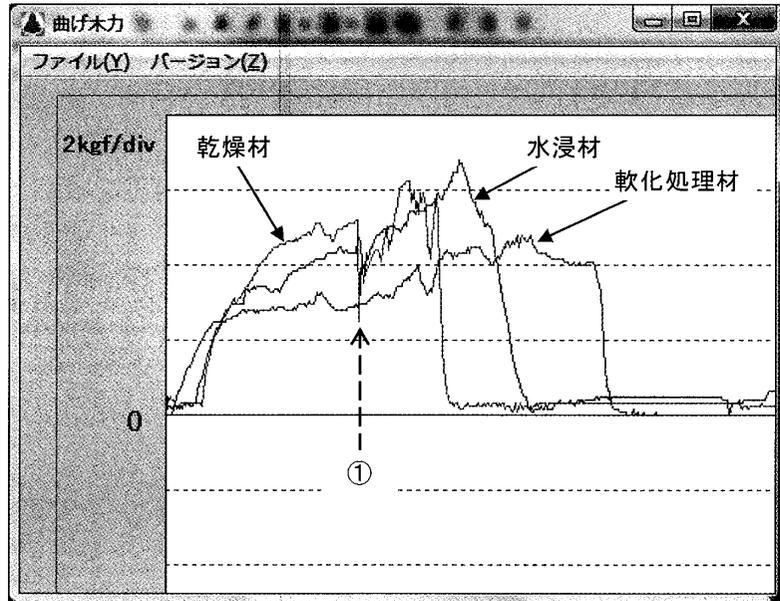


図7 処理の違いによる曲げ木作業中の力の変化

軟化処理材については、前二者に比べ抗力の増加が緩やかで急激に力が低下する①のような現象はみられていない。なお、右端における力の低下は、曲げ加工が完了し、外部からの力が加えられなくなったことによるもので、ひび割れ等の破壊によるものではない。測定器から材を取り外して観察した場合も、明らかなひび割れ等は観察されなかった。

V. おわりに

曲げ木加工は「木材が受ける水分の影響を知る」「木を曲げるという通常なじみの少ない加工方法を体験できる」「曲線を生かした創造的な作品の構想ができる」など、ものづくり学習における教材としてユニークかつ優れた利点を有している。ただし、処理の違いによる木材の軟化については、その差異を「手ごたえ」として正しく評価できない学習者が存在するため、これに適切に対処するための学習支援を整えることが必要である。

本研究で開発した「曲げ木中の力を測定・表示する装置」は、曲げに対する木材の抗力や処理による軟化の差異を客観的に知ることが出来るもので、手ごたえを正しく評価できない学習者だけでなく、より詳しく材料の性質を知ろうとするものにとっても、有用な学習手段を提供できるものと考えられる。より有効な装置の活用方法も含め、曲げ木の教材科について、さらに研究を深めていきたい。

なお本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金(課題番号：18500710)を受けて実施した。

文献

- 1) 例えば 今田ほか、日本産業技術教育学会誌 vol.29、No.3、p.1-8、1987；高崎ほか、日本産業技術教育学会教育分科会誌、vol.7、p.45-48、2001；堀ほか、日本産業技術教育学会第50回全国大会講演要旨集、p.25、2007 などがみられる。
- 2) 弘中誠、岡村吉永、白石拓也、日本産業技術教育学会第50回全国大会講演要旨集、p.24、2007