

テーマ「高度で専門的な技能の維持・継承」

副題 若年層のものづくり感性を養うための職業訓練について

—魔鏡製作を題材とした手仕上げ加工の試み—

所属施設 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構

執筆者 刈部 貴文（近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校）

1. はじめに

日本の機械加工などの産業界では、技能継承が危ぶまれている。世界の中の「メイド・イン・ジャパン」と言われていた付加価値の高い日本の製品を支えてきた団塊の世代の引退により、必要とされている技能が徐々に低下しているといっても過言ではない。

技能は、一朝一夕では身に付くものではなく、長い年月をかけて訓練し続けて習得できる賜物である。さらに技能の本質は、教科書・参考書に記載することが困難であり、熟練工の技能（カン・コツ）は、文章では表現できない部分がある。むしろ、技能を具現化することは困難な要素が多く、完全な技能の技術化は不可能とさえ言われている。製造現場の技能継承の取り組みとして、「技能の技術化」を図っている所ではあるが、まだまだ熟練工のカン・コツを数値化し、それをどのように継承していくか課題は多いと考える。

現代は、若者のものづくり離れがより一層深刻化している。この背景としては、幼いころに培うべき「ものづくり経験」、「ものを壊す・分解する経験」が乏しいことが要因の一つと言われている。幼い頃の遊びを通じて自然に身に付いていた「ものづくり感性」を培う機会が現代では減少している。

このような技能継承とものづくり感性を職業訓練により学生達に伝えることを題材として検討してきた。高度な技能を活用し、五感を使ったものづくり感性が養える要素としては、「手仕上げ加工」が挙げられる。この手仕上げ加工を用いた製品作りとして、日本古来の伝統技能である「魔鏡」に着目した。この魔鏡製作を通して、「手仕上げ加工」の技能の重要性、伝統技能の復元に成功した過程、学生達のものづくり感性の変化について述べたい。

2. 職業訓練と技能継承

職業訓練の中には、技能を習得させることを1つの目標としている。同じ作業を繰り返し訓練し、体で覚えることで技能の向上を図っている。工作機械の進歩が著しい昨今、超精密加工を行う工作機械、測定機等が急速に普及しているが、最終的には人間の手で仕上げる加工法に頼らざるを得ない部分がある。例えば、工作機械のきさげをかけた摺動面、すり合わせ加工による精密定盤の面、ブロックゲージの最終仕上げ等、「手仕上げ」による加工は今も重要な役割を持つ。

技能継承の観点では、以前は師匠の背中を見て、長い年月をかけて技能を習得した徒弟制度の時代があったが、現代ではそれが通用しないといわれている。言葉では「打たれ弱い若者が増えた」と表現している部分もあるが、果たしてそうであろうか。この背景として考えられることは、幼い頃から「ものづくり経験」をしていない、自らの手で便利な道具や玩具を作らない、などといった時代の流れではないであろうか。お金を出せば遊び道具を入手できる便利な世の中である反面、これらの積み重ねにより技能離れに拍車がかかっていないだろうか。自分達の遊び道具等に創意工夫を盛り込んで行うものづくりの姿こそ、将来、熟練技能者に近づく子供達の登竜門であると考え。

このような技能離れした一部の若者に訓練をさせるためには、技能を細分化し、訓練の導入部分で理解しやすく、興味を持てるように工夫しなければならない。その足がかりとして「手仕上げ」という分野に着目し、職業訓練の展開を行ってきた。これらを引き

っかけに、技能の魅力について学生達に伝えることが出来れば本望である。

平成 27 年、我が国の人口動態（厚生労働省）における人口ピラミッドでは、図 1 に示すようにワイングラス形状の労務構成となっている⁽¹⁾。高い技能を有する労働者が、現役から退き、カン・コツ等の技能継承が危ぶまれる中、意欲ある若者の人材確保が急務であると言える。2018 年問題を控えた我が国で若者の技能離れの時代となった昨今、科学（知識）・技術・技能を有する実践技術者を育成する場である能力開発施設での職業訓練が重要であると考えます。

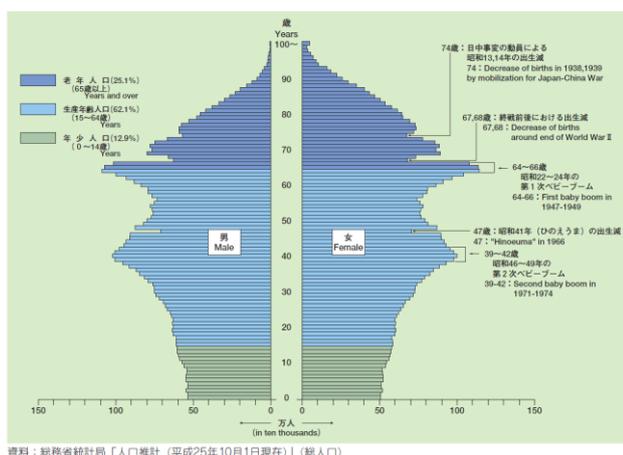


図 1 我が国の人口ピラミッド
-平成 25 年 10 月 1 日現在-

3. 技能と技術

技能とは、目標を達成するために今まで習得してきた知識や経験を頼りに身に付けた技量、スキル、ノウハウを指す。これらは、五感を活用して磨くものであり、日々の訓練によって習得していくものである。この習得したスキルは、言葉で伝達することは困難であり、技能の教科書はないとも言われている。技能は、人間の内部に存在し技能継承しなければいずれ消えてしまう。効率よく技能継承を行うためには、技能の技術化を行う取り組みが必要となるが、一朝一夕にはいかないのが現状である。そのため、時間をかけて技能継承を行うわけであるが、習得する受け手側の意欲が低いと技能継承も達成することができない。これをいかにわかりやすく指導し、学生達の技能の向上につなげるかがポイントとなる。

その半面、技術とは、他人に伝達することが可能である。例えば、第三者が理解できる図面等の技術資料等が挙げられる。そのため、技術の教科書は存在することになる。

しかし、技能と技術は、重複して存在する部分が多く、これらを明確に区別することは出来ない⁽²⁾。

4. ものづくり感性

職業訓練施設では、地域イベント等においてもものづくり体験教室を展開している。このものづくり啓発活動を通して感じられる事は、受講する子供達は、決してものづくりを敬遠しているのではなく、むしろ新鮮な眼差しで取り組む傾向がある。このことから、ものづくりを行う機会の減少がものづくり離れを引き起こしている一つの要因と推察できる。

ポリテクカレッジ京都（以下、「当校」という）で開催している学校祭において、平成 25 年から平成 26 年に実施したものづくり体験の保護者アンケートの内容を表 1 に示す。アンケート内容には、当校をものづくり体験の場として評価していただいている一

方、ものづくりに対する保護者の意識啓発もイベントを通して必要であると考える。

表1 ものづくり啓発活動 保護者アンケート

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・毎年開催されるものづくり体験を楽しみにしている・地域にもものづくり体験を行う場所が少ないため、子供にとって有意義である・子供にどのようなものづくり体験を行わせた方が良いか分からない・ドライバー等の工具を初めて使用させた・カッター等の刃物類は、危ないので使用させていない |
|---|

平成23年4月より小学校学習指導要領が改訂され、図画工作の目標に「感性を働かせながら」という表現が追加された。ものづくりには、この感性が非常に重要であると考える。小学校の頃よりこのものづくり感性を磨くことで、次世代のものづくり分野を担う若者の増加が今後期待できるのではないかと考える。

また、当校の専門課程においては、機械工作実習(4単位)や総合制作実習(18単位)において手仕上げ加工を通じたものづくり感性を養うカリキュラムを取り入れている。機械加工とは違い、自分自身の腕のみを信じて精密加工を行う手仕上げ加工は、ものづくりの基礎加工技能であることは言うまでもないが、手仕上げ加工の高度な技能を習得すると、加工精度という観点からものづくり感性を養うことができると考える。

この感性と技能には、密接な関わり合いがあり、特に手仕上げ加工分野の魔鏡製作においては、五感を使った高度なやすり加工の技能が必要であり、また、見た目の美しさなどの造形的な部分も含まれているため、感性教育の題材として用いることができると考える。

5. やすり加工

手仕上げ加工の技能とは、前述した通り、体で覚えるものである。すなわち人の中にあり、その人が存在しないと技能も存在しなくなる。手仕上げ加工では、人間の手で道具を活用して作業をする。機械のように目盛りや送り機構もない。頼るのは自分自身の腕のみである。訓練を重ねることで精密機械にも勝る精密加工が実現できる。しかし、この技能は長い年月をかけて初めてできる努力の結晶である。そのため、基礎・基本をしっかりと身につける必要がある。手仕上げ加工には、やすり加工やきさげ加工、紙やすりでの磨き作業なども含まれる。魔鏡製作では、主に「やすり加工」を中心に行っていく。やすり加工においては、精密加工を行う上で重要であるやすりの特徴を把握し、加工に関する基礎的な事項、自分自身の技能の把握等を習得しなければならない。

5.1 やすり加工の原理

やすり加工は、仕上げ作業の基本となるもので、手仕上げが上達するには、相当長い年月を要する。このことは、やすりの使用法がいかに熟練を要するものであるかを語っている。したがって、漫然とやすりを使っているだけでは、何年経っても優れた仕上げ技能者にはなれない。仕上げ技能者は、やすり使用にあたり、自身の意のままに「平らなものは平らに、角のものは角に、丸いものは丸く」削ることを意識し、仕事に取り組

む姿勢が大切になる。その為には、①やすりの使用を経済的に ②仕事を能率的に ③身体の疲労を少なくするように心掛けねばならない。これをやすり使用法の三要素と言う⁽³⁾。手仕上げ技能の向上には、この三要素を体で覚えるまで長期間訓練を行っていく。

5. 2 訓練の導入① やすりの歴史について学ぶ

実技指導を行う前に、まずは自分自身が使用するやすりに興味を持たせることを心がけている。歴史や観察を通して、自分が使用するやすりについてより理解を深めることで単なる道具としてではなく、知的好奇心があふれた道具となる。

やすりの語源はいろいろな諸説はあるが、「ますます、きれいに磨くもの」という意味の弥磨（いやすり）が転じて「やすり」となった説や矢尻（鏃）を擦るもの、成形するものから「やすり」と呼ばれるようになった説がある。

歴史上の初出とされるやすりは、紀元前 2000 年にギリシャのクレタ島で発明された青銅製のやすりである。日本国内の遺跡でもやすりとされる遺物が出土されており、奈良時代の東山遺跡（宮城県）で出土した遺物はやすりとして確認されている。また、1997 年より発掘調査をした飛鳥池遺跡（奈良県）で出土した遺物の中にやすりがあり、日本最古の鑄造貨幣とされる富本銭の仕上げに用いられたのではないかという説もある⁽⁴⁾。

やすりについての歴史を調べていると、やすりと古銭に関係があることが分かった。日本では、12 世紀ごろから中国より渡来銭が輸入され、寛永通宝などの基になったものである。鑄造後の貨幣の湯口を取り、やすりなどでバリ取り（仕上げ）をする時に、四角の穴に四角の軸を通してまとめて固定し、やすりをかけたとされる。古銭の表面を観察すると、当時のやすりがけの跡が確認できる（図 2）。この古銭を実習の導入段階で提示し、古銭のやすり加工された表面を観察させている。江戸時代に製作された物を手に取り、目を輝かせる学生も少なくない。当時のやすり製造や古銭の鑄造方法、その後の仕上げ加工等、導入部分からものづくりの奥深さを感じ、知的好奇心があふれてくるのではないだろうか。



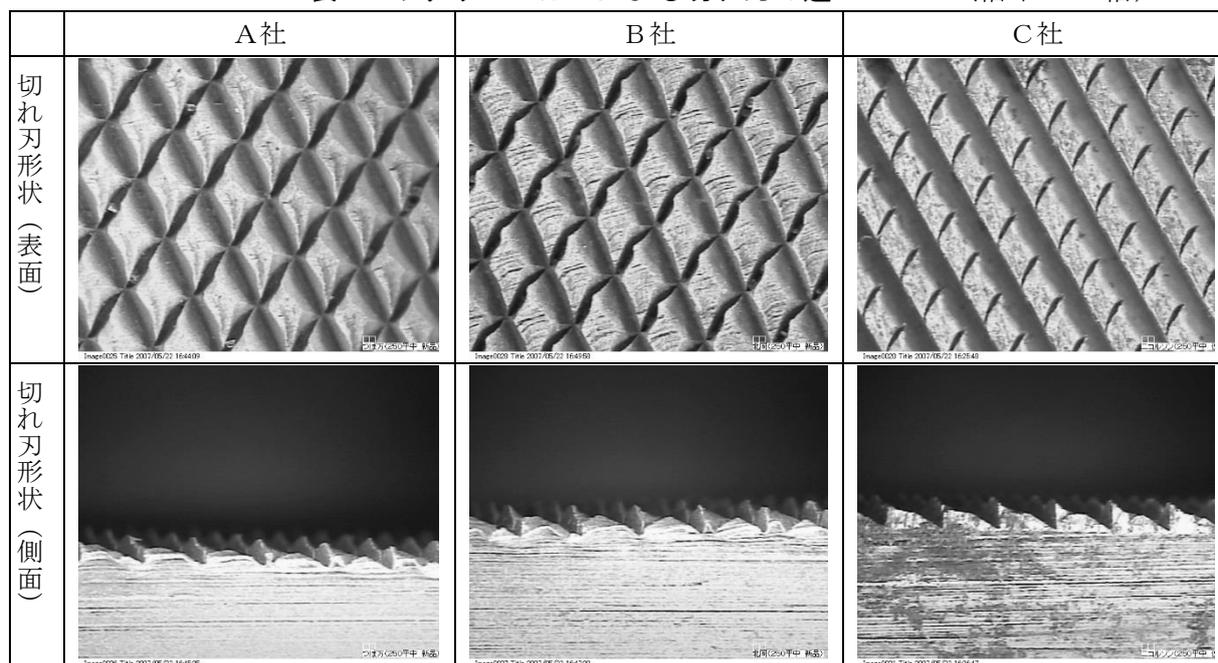
図 2 やすり加工された古銭

5. 3 訓練の導入② 鉄工やすりの観察

日本国内のやすりは、広島県呉市仁方地区で 95% 製造されている⁽⁵⁾。我々の馴染み深い鉄工やすり・組やすりを始め、メーカーによっては技能五輪検定用のやすりやテレビやインターネットで話題となっている目詰まりの発生がしにくいコーティングやすりなどが製造され、ニーズに合わせて進化している。やすりを扱うとやすりメーカーごとに加工時の手に伝わる感覚や切れ味等が異なる。これは、メーカーごとに特徴のある目の切り方があるためであると考えられる。表 2 に示すように国内外のやすりをマイクロSCOPE によって観察することで切れ刃や逃げ溝の形状を把握することができる。切れ味の良さやすり、耐久性のあるやすりなどを手仕上げ実習前の導入段階として、視覚的に確認させることで、精密加工を行う際の感覚的な技能の習得に良い影響が現れていると考える。

表2 やすりメーカーによる切れ刃の違い

(倍率：50倍)



5.4 やすり加工の工程とものづくり感性

当校の学生は、1年時に機械工作実習(4単位)を習得し、その中でやすり加工を行う。やすり加工では主に平面加工を行い、平面度・平行度0.01mmを目標に加工を行う。平面加工の工程を図3に示す。

この平面加工を行う際、表3に示すように大きく分けると3つのステップで技能の向上が見られる。学生が初めて平面加工を行うと、学生自身の現段階におけるものづくり感性の良し悪しが確認できる。

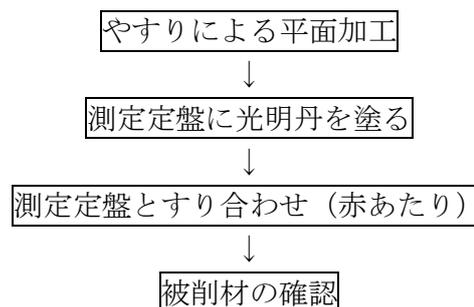


図3 平面加工の工程

表3 やすり加工における平面加工のステップ

ステップ1 (初心者)	ステップ2 (訓練中)	ステップ3 (熟練者)
		
初心者によく見られる傾向であり、中高になる。平面の外周は、面だれを起こしやすい。	技能が向上してきたときに見られる傾向である。ある程度狙った箇所を削ることができるようになる。	熟練者が削った平面である。全体的にあたりが出ており、ほぼ面だれも起こしていない。

本来であればステップ1から技能が向上していく形になるが、ものづくり感性が身につけている学生はステップ2から実習を行っている。該当する学生達は、幼い頃から多くのものづくり経験があることが分かった。表4に幼少期から高校時までのものづくり経験についての一例を示す。

幼少期から行ってきたものづくり経験が、実習に影響する要因の一つであると推察されるが、ものづくり経験が少ない学生も実習を通してカン・コツを身に付けることで技能の向上につながり、時間をかけることで多くの学生がステップ3ま

表4 ものづくり経験（幼少期～高校時）

幼少期	積み木、ブロック、お絵かき、玩具の分解
小学生	プラモデル、絵画、生物捕獲時の道具製作、自転車の分解
中学生	プラモデル、自転車修理、家具製作
高校生	プラモデル、自転車・バイク・楽器修理

で技能を向上させることが出来る。「好きこそ物の上手なれ」ということわざがあるが、ものづくりを好きになる時期は違えども、好きになれば技能の上達が見込める。これらがものづくり感性につながるのではないだろうか。そのため、この感性をものづくりの経験が少ない学生達にどのように指導していくかがポイントになると考える。カン・コツを体で覚えさせるには、中長期的な指導が必要となるため非常に難しい課題ではあるが、学生自身が技能の習得に興味を持ち、実践することが出来れば、技能の継承に繋がると考える。

5.5 鉄工やすりによる平面加工の確認

精密な平面加工を行うためには、適正なやすり加工ができる技能を習得しなければならない。ここでは、適正なやすり加工を確認・習得するための方法を述べる。

やすり加工の実技教科書等には、やすりの持ち方、力配分、基本的な姿勢等の作業分解シートを基にやすり加工を習得していくが、カン・コツを習得するまでには、長期間の訓練が必要となる。図3に示した平面加工の工程に沿って訓練を行うわけであるが、これと同時にやすりの動かし方について、視覚的に確認する方法を取り入れることで理解促進につながっている。最近の学生達は、携帯端末（スマートフォン）を所有しているため、これらの動画機能を活用して自分自身のやすりの動かし方を確認させている（図4・図5）。やすりが前方に上がり気味、後方に下がり気味、やすりの不安定な加工状況など、自分自身のやすりがけの癖を視覚的に確認することができる。また、実習後のイメージトレーニングとして動画を活用する学生もあり、一要素としての技能の技術化が習得度向上につながっている。



図4 やすり加工風景



図5 切削状況の確認

5. 6 鉄工やすりの選定・修正方法

鉄工やすりで精密な平面加工を行う場合、やすりの接触状況を観察しておく必要がある。これは、やすりの目の高さが微小に異なるためであり、精密加工の世界では、目の高さの違いを把握しておくことで、高精度な平面加工を行うことが出来る。

やすりの接触状況を観察しやすくするためには、図6に示すように使用する面（ツラ）にチョークを塗りこんでおく。これは、どの部分が材料と接触して削れているかを観察するためだけでなく、切粉の目詰まり防止にも効果的である（図7）。

このやすりの目の微小な高低差を修正する方法を図8に示す。実際に使用する面の裏面をグラインダ等で削ることで、やすり自体が変形し、やすりの目の高低差を少なくすることができる（図9）。やすりの高低差の変化を表5に示す。



図6 やすりの準備



図7 やすり目の高低差確認

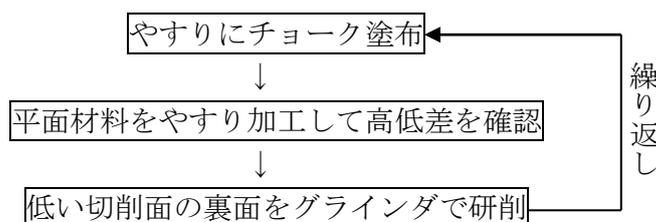


図8 鉄工やすりの修正方法



図9 裏面のグラインダ加工

表5 やすり切削面の高低差の変化

修正前	修正中 1	修正中 2	修正後

魔鏡製作では、高精度な平面加工が必要となるため、高低差の少ない鉄工やすりを選定する必要がある。やすりの選定や修正を学生が自ら行うことで、ものづくり感性を養い、技能の向上につながっていると考える。

5. 7 やすり加工の切削量の把握

やすりには、面取りのような加工から精密な平面加工等まで幅広い用途がある。高精度な寸法精度を得る加工法でのポイントとして、やすり加工時の自分自身の切削量を把握することが挙げられる。このことは、加工精度を追及する上で最も大切な事項であり、優れた技能者はこれらを感じ覚で判断しているが、学生達は、自分自身のやすりひとかけの切削量を数値化することで技能の技術化を行っている。

(1) 実験方法

図 10 に示すように SS400 の材料 (60×60×20mm) を長手方向に削り、20 回削ったときの切削量の平均を求めた。使用する鉄工やすりは、呼び寸法 250mm の平やすりで、荒目と細目を用いた。対象者は、赤当たりが 60%以上出せる技能を有した学生 20 名で実施した。

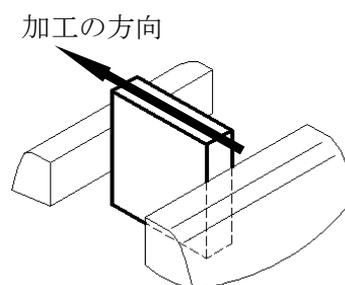


図 10 加工方法

(2) 実験結果

結果としては、やすりひとかけにおける荒目の切削量は 0.001~0.003mm 程度、細目の切削量は 0.0005~0.002mm 程度であることが分かった (図 11)。比較的平面加工の習得度が高い学生は、全体の約 7 割であり、荒・細目を使用したときの切削量は変化無し、または細目を用いた時の切削量が減少する傾向となった (図 12)。また、習得度の低い約 3 割の学生は、荒目と細目の切削量が 0.002mm 以上大きくなり、一部の学生は、荒目よりも細目の切削量が大きく、双方とも長手方向に面だれを起こす傾向であった。原因としては、やすりにかける力配分のバラツキによりやすり自身を変形させており、正しい姿勢での加工技能の低さが確認できた。これらを踏まえて、実技指導する場合は、切削量を意識させて力をかけすぎないような正しい姿勢を習得させることが重要であると考えられる。魔鏡製作に要求される加工精度は、最低でも寸法公差・平面度・平行度が 0.01mm 以内が求められるため、十分な手仕上げ技能を習得してからの製作となる。

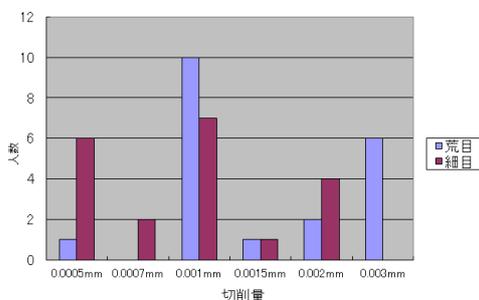


図 11 荒目・細目の切削量の比較

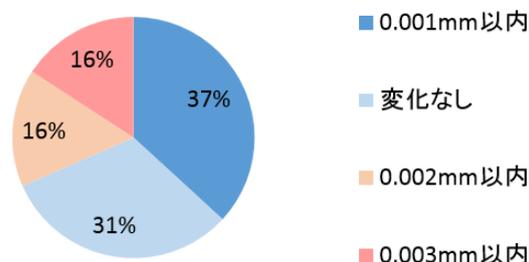


図 12 荒目・細目の切削量の差

6. 総合制作実習における魔鏡製作

「伝統技能の復元 魔鏡の製作」と題して、魔鏡の製作をテーマに取り組んできた。本テーマを選定した学生達は、手仕上げ加工の習得に意欲があり、自分達の技能で伝統技能を復元したいという強い思いを持った学生達であった。それらの学生達は、前述した技能継承問題を考え、更なるものづくり感性の向上を目指す傾向があった。製作に当たり、魔鏡製作のノウハウが無いから、手探りの状態からのスタートとなり、まずは、魔鏡の文献調査から始めた。

6.1 魔鏡とは

鑄造製の鏡 (柄鏡) は、博物館や骨董品として目にすることがあるが、銅合金などで

作られた貴重品である。元々は、弥生時代に中国から伝来してきたものがはじまりとされ、平安時代には、鶴、菊などの日本風の模様をつけた柄鏡（和鏡）が製作されるようになった⁽⁶⁾。この柄鏡は、年月がたつと鏡面がくすむため、鏡研ぎ師が磨き、輝きを取り戻していた。図 13 に示す図は、江戸名所図会の「四谷内藤新駅」である⁽⁷⁾。中央左上付近に柄鏡を磨く鏡研ぎ師の姿が確認できる。江戸時代には、このような鏡研ぎを生業とした職人がいたのである。



東京都立中央図書館 特別文庫室
江戸名所図会 3巻

図 13 四谷内藤新駅（鏡研ぎ師）

鏡研ぎの工程の一例では、やすりによる平面加工後に砥石で磨き、朴炭（ほおずみ）で磨き上げた。更に鏡面とするために錫めつきを施したとされる⁽⁸⁾。

何度も磨きをかけた柄鏡は、板厚が薄くなり鏡面加工時に裏面の凹凸（模様）に板厚の違いがあるため圧力差が生じ、模様の部分が多く削られ凹んだ状態で加工される。ゆえに表面に微小な凹凸が発生し、表面の反射光の中に裏面の模様が浮かぶ不思議な魔鏡現象を起こす。図 14 は、学生が製作した魔鏡であり、図 15 は、この魔鏡により得られた魔鏡現象である。



図 14 魔鏡

図 15 魔鏡現象

6. 2 魔鏡の原理

魔鏡の原形は、鋳造で製作され、鏡となるブランク製作時に鏡面となる表面の反対側に模様（突起）を作る（図 16）。

このブランクの表面を一定圧力でやすり加工を行い、板厚が薄くなってくると模様（突起）の反対側の表面に凹みが発生する（図 17）。

この表面に太陽光などの点光線が当たると凹み部分の反射光が角度を変えて集約され、反射された光に濃淡が生じて像が浮かび上がる（図 18）。

例えるならば、しわのついたアルミ箔に光を反射させると反射光に濃淡が出る現象に似ている。しかし、実際の魔鏡現象を発生する表面のくぼみは、数 μm とわずかな凹みであるため、目視ではほとんど確認できない。

魔鏡として現存するものは、銅合金の鋳造製である。当校では、鋳造の設備がないため、学生達が学んでいる切削加工によってブランクを製作することとした。魔鏡製作の

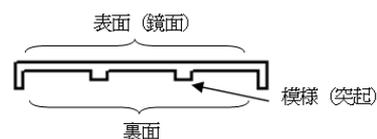


図 16 魔鏡のブランク

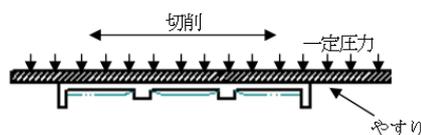


図 17 鏡面の加工

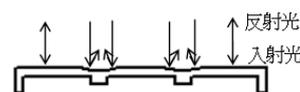


図 18 光の反射

文献では、鋳造された 2~3mm の銅合金製の材料をやすりで加工し、裏面模様の板厚が 1mm 未満になってくると魔鏡現象が発生するとされる⁹⁾。しかし、削りすぎると材料にひずみ・割れが発生する。これらを考慮して、ブランクの材質を快削黄銅 (C3604)、板厚を 3mm とした。今回は、裏面模様をマシニングセンタで切削し、その後、表面をやすり加工する。

6. 3 実験 模様幅の検討

魔鏡製作は、やすり加工の技能に左右される。前述した手仕上げ加工を習得した後に製作しなければ魔鏡製作は困難である。各個人による魔鏡現象の発生状況を数値化し、いわゆる技能の技術化を行うために以下の実験を行った。

(1) 実験方法

魔鏡現象が現れる模様幅を検証するために、図 19 に示す材料を製作した。図 20 に実験材料の断面図、表 6 に各部の寸法について示す。材料の模様幅を変えることで魔鏡現象の発生状況を把握するためのブランクとして製作した。

今回は、魔鏡製作に必要な手仕上げ技能を習得した 5 名の学生により図 21 に示す手順で実験を行った。鮮明な魔鏡現象は、平面度に影響を受けるため、精密測定定盤を用いて赤・黒当たり等で平面度を測定した。表面(鏡面)を 0.2mm 単位で加工し、その都度、魔鏡現象が発生しているか鏡面加工を行って確認した。一工程当たりの切削量については、やすり加工 0.19mm、耐水ペーパーで 0.01mm 加工し、その後研磨剤で鏡面加工を行った。



図 19 実験材料

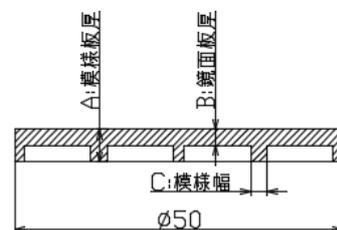


図 20 実験材料 (断面図)

表 6 実験材料の各部の寸法 [mm]

A(模様板厚)	B(鏡面板厚)	C(模様幅)
3	1.6	3.0
		2.5
		2.0
		1.5

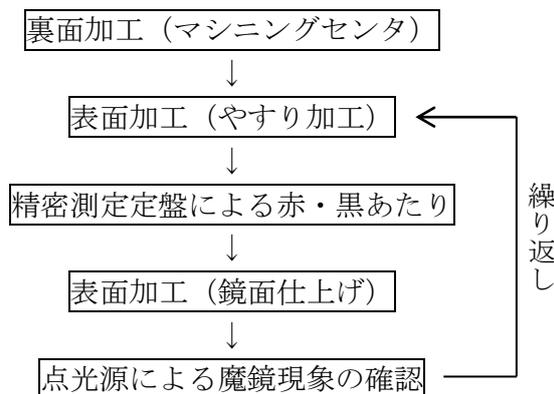


図 21 実験方法

(2) 実験結果

実験結果としては、対象者 5 名の魔鏡現象発生状況を表 7 に示す。個人差はあるが模様幅 2mm 以上で鮮明な魔鏡現象が確認できた。また、表の赤枠内部は、適正な魔鏡現象

の発生を示す。鏡面板厚が 0.5~0.7mm 近傍で鮮明な魔鏡現象が発生した。鏡面板厚が 0.4mm 以下では、表面（鏡面）や魔鏡現象に歪みが発生し、魔鏡表面に割れが発生することもあった。この実験結果を踏まえて、表 8 の仕様で魔鏡の製作を進めることとした。

表 7 魔鏡現象発生状況

加工者 表面板厚 (mm)	A君	B君	C君	D君	E君
0.7					
0.6					
0.5					
0.4					

表 8 製作する魔鏡の仕様

①ブランク材質	快削黄銅 (C3604)
②板厚	3.0mm (鏡面板厚 1.0mm)
③裏面模様幅	2.0mm 以上
④直径 (手鏡)	100mm
⑤魔鏡の種類	キリシタン魔鏡

6. 4 直径 100mm の魔鏡製作

(1) 裏面模様の検討

裏面模様の検討では、裏面模様が魔鏡現象として発生するため、唯一無二となる成果物を後世に残したいとの学生の思いがあった。そして、本製作時に東日本大震災が発生し、多くの方々が被災された現状を踏まえて、被災者の方々に対してものづくりを通して「技能」で勇気づけられないかという学生からの強い要望があったことから、裏面模様に「絆」という文字を採用した (図 22)。また、魔鏡を化粧板にはめ込むことにより、魔鏡の裏面模様が隠され、より不思議さを出すことができるキリシタン魔鏡となるように製作を進めた。製作後は、東日本大震災の被災地へ成果発表することを念頭に進めてきた。



図 22 裏面模様

(2) 固定用治具の製作

魔鏡のブランクの板厚が 3mm であり、円形状であるため、切削加工時にマシンバイスでの固定が困難である。そのため、ブランクの形状に合わせた治具 (羽クランプ) を製作し、魔鏡や化粧板の加工時に用いた (図 23、図 24)。

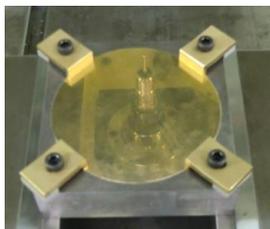


図 23 魔鏡用治具

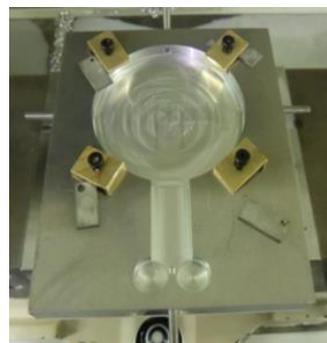
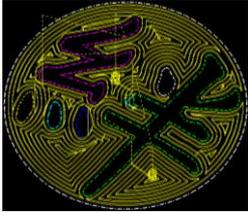


図 24 化粧板用治具

(3) 魔鏡の製作工程

魔鏡の製作工程を表9に示す。

表9 魔鏡の製作工程

<p>①デザイン作成</p> 	<p>②NCプログラム作成</p> 	<p>③裏面模様の加工</p> 
<p>④ブランクの表面加工</p> 	<p>⑤表面仕上げ（紙やすり）</p> 	<p>⑥鏡面仕上げ</p> 
<p>⑦鏡面の確認（傷の有無）</p> 	<p>⑧魔鏡現象を確認</p> 	<p>⑨ニッケルめっき</p> 
<p>⑩魔鏡の完成</p> 		

魔鏡の材質を快削黄銅（C3604）としているため、月日がたつと腐食することが考えられた。そのため、魔鏡完成後にニッケルめっきを施すことで鏡面の腐食対策を行った。

(4) 化粧板の製作

直径 100mm の魔鏡を納める化粧板は、手鏡となるように柄付きとし、裏面模様に魔鏡と異なるデザインを選定した。学生の要望より、東日本大震災の被災者の方々を勇気づけられるデザインを考案した（図25）。



図25 化粧板（表裏）

(5) 魔鏡の完成

魔鏡現象を得ることができる鏡を化粧板にはめ込み、キリシタン魔鏡が完成した(図 26)。魔鏡現象は、裏面模様が映し出されるが、キリシタン魔鏡にすることで、裏面模様が隠されるため、魔鏡の不思議さをよりアピールすることが出来る。



図 26 完成したキリシタン魔鏡

(6) 被災地へ成果発表

魔鏡を製作した学生達は、製作当初より東日本大震災で被災した子供たちを技能で勇気付けることができないか、またものづくりの楽しさを伝えることができないか検討していた。ポリテクセンター宮城の計らいにより、製作した魔鏡の成果発表を被災地で行うことができた。発表場所としては、宮城県名取市にある閑上(ゆりあげ)小学校を訪問した。閑上小学校は、津波の影響を受け、仮校舎での授業を余儀なくされている。成果発表は、震災から1年後の日となり、これも何かのご縁を感じる。被災した閑上小学校を図 27・図 28 に示す。



図 27 被災した小学校



図 28 正門付近



図 29 成果発表時の魔鏡

学生達は、被災された小学校が快く迎えてくれるか不安であると話していたが、成果発表当日は、校長先生を初め職員の方々に出迎えていただいた。製作した魔鏡は、魔鏡の固定用として発砲ウレタンを加工したものをジュラルミンケースに収納し、児童達が回覧しやすいようにした(図 29)。

被災地訪問を行った学生達は、現状を目の当たりにし、「私たちにできることはないでしょうか」と何度も話し、時折涙を流す場面もあった。被災地の現状は、マスメディアによって知ることができるが、すべてを知ることにはできない。百聞は一見にしかずということわざの通り、被災の悲惨な現状を目の当たりに感じ取っていた様子であった。未だに多くの方が仮設住宅での生活を余儀なくされている。復興には、ものづくりが必要不可欠であり、一刻も早い復旧・復興を願ってやまない。

今回の被災地訪問により、製作した魔鏡を見たことがきっかけでものづくりに興味を抱き、ものづくりの分野に進む児童が増えれば幸いである。

この取り組みは、新聞やケーブルテレビなどのマスメディアに取り上げられ、学生達の被災地訪問を通して復興の現状について伝えることができた(図 30、図 31)。

その後の閑上小学校は、再建方針の中で閑上地区に小中一貫校として移設新設し、2017年春の開校を目指している。



図30 平成24年3月6日付 北國新聞⁽¹⁰⁾



図31 平成24年3月13日付 北國新聞⁽¹¹⁾

6. 5 考察

(1) これまでに学生達が復元した魔鏡

魔鏡製作は、ポリテクカレッジ石川、当校の総合制作実習課題として取り組んできた。わずか2年間という限られた専門課程の学び舎で、魔鏡の復元は困難であるといわれていた中、高精度な手仕上げ技能の向上とものづくり感性の習得を踏まえて、表10に示す魔鏡を製作することができた。

表10 現在までに製作した魔鏡

製造年	製作名 (魔鏡現象)	裏面模様	魔鏡現象
平成21年度	製作1 (石川短大)		
平成22年度	製作2 (能登)		

<p>平成 22 年度 製作 3 (石川県 県旗)</p>		
<p>平成 23 年度 製作 4 (絆)</p>		
<p>平成 26 年度 製作 5 (伝)</p>		

魔鏡の製作に挑戦した学生達は、いくつかの共通点があることが分かった。それは、分野は異なるが、幼い頃より熱中できることに取り組んでいた。野球やバスケット、空手などのスポーツ、プラモデル製作や車やバイクいじり等、趣味・特技を通じて自ずと養われた感性があるのではないだろうか。熱中することで集中力の向上や妥協をしないこだわり、視点を変えると他人と違う発想で注目を浴びたい等、ものづくりを行う上で重要な要素となるものについて生活を通じて学んでいたのである。熱中できるものがないと答えた学生もいたが、高校生までの生活についてたな卸しを行うと、園芸に熱中していたと答えた。自分自身では、気づかないことでもたな卸しを通じて認識させることができた。これは、誰しも経験することではなかろうか。この経験をものづくりに融合させることで、今回の事例のような高度な技能の習得につながるのではないかと考える。そのため、職業訓練指導員は、これらの要素の橋渡しの存在として学生指導を行うことが今まで以上に必要ではないかと考える。

(2) 学生達のものづくり感性の変化

当校の専門課程で学ぶ学生は、高校で学んできた学科が多様である。普通科や機械科、商業科や園芸科等の出身学生が実践技術者を目指して学んでいる。高校の学科の延長を学ぶ学生が、ものづくり感性に優れているかという点必ずしもそうではない。むしろ、幼い頃からのものづくり経験や、将来に目標を持ち直向に努力を苦と思わない学生がものづくり感性に優れているといっても過言ではないと考える。将来の目標、希望などがものづくり感性を養う土壌になっていることが推察できる。この方向性を見出すきっかけを創るのが職業訓練指導員であり、学生達の学ぶ姿勢や意欲向上の一翼を担うもので

あると考える。

これまでに述べてきた手仕上げ実習や総合制作実習において、学生達の直向な努力が高い技能の習得につながっていると考える。他方では、学生達の習得した手仕上げ技能や培われたものづくり感性が製造現場でどのように役立っているのであろうか。就職先は多様であるため、必ずしも手仕上げ分野の仕事に就いているわけではない。一要素としてどのように活用できているか。また、魔鏡製作を通して、ものづくり感性に変化があったか、修了生たちの声を表 11 に取りまとめた。

表 11 事例紹介 習得した技能の活用、ものづくり感性の変化

修了生① 一般機械器具製造業 勤務年数 1 年目
私は、製造業以外での就職を考えていたため、あまり製造業に興味がありませんでした。製造業に興味が出てきたきっかけは、旋盤加工や手仕上げ加工を通して、自分で考えたものが形になる所にもものづくりの醍醐味を感じたからです。夏休み返上で技能の向上に励み、習得した手仕上げ技能を駆使して魔鏡が完成したときは、ものづくりで初めて感動を覚えました。今の仕事は、研削工具の製造を行っており、CBN などの砥粒の電着作業を行っています。ベンチレースで電着前のシャンクの面取り加工があるのですが、やすりで糸面取りを行う時の力加減は、魔鏡製作のときに習得した技能が役に立っています。入社して間もないため、これからいろいろな仕事を覚えていきたいと思っています。
修了生② 金属製品製造業 勤務年数 4 年目
私は、幼い頃からものづくりが好きで、暇があればいろいろなものを作っていました。中でも、車をいじるのが大好きで、今でも趣味のひとつです。現在は、アルミサッシの生産管理・品質管理を行っています。直接機械加工を行うことはありませんが、管理部門として厳しい目で製品チェックを行っています。この厳しい目が養えたのも、魔鏡製作を行ったからだと思っています。魔鏡は、高精度な製品なので妥協すればすぐに魔鏡現象に現れてきます。辛い実習でしたが、今考えると非常に勉強になりました。品質管理においては、製品のゆがみについて測定をしなくても見た目や手で触れることで判断がつきます。この見分け方を後輩に教えようとしているのですが、なかなか難しいです。これが技能でしょうか。先生がおっしゃっていたものづくり感性の重要性が働いてからよく理解できました。
修了生③ 一般機械器具製造業 勤務年数 4 年目
現在の仕事内容は、射出成形用金型の製作を行っています。主に担当しているものが、形彫り放電加工です。私は、工業高校出身なのですが、ポリテクカレッジに進学するまでは、高精度な加工精度を追求したことがありませんでした。手仕上げ加工や魔鏡製作を通して、1000 分の 1 ミリを意識して加工に取り組めるようになりました。また、自分達で材料の固定方法を考え、治具を製作するなど、単に図面通りの製品を加工すればよいという発想から、加工に付属するものまで考えられるようになりました。中でも、手仕上げの技能を習得してからは、やすり加工を行うときの力加減や手に伝わる感覚が鋭くなったと思います。現在は、このものづくり感性を金型製作に活かしています。金型の磨き作業やピンゲージの測定時の力加減など、魔鏡製作をしていたため短期間で仕事に慣れることができました。魔鏡製作のおかげだと思います。金型製作を就職先とする学生は、手仕上げなどのものづくり感性をなるべく早い段階で習得しておくことを勧めたいです。

上述の修了生の声は、2年間の専門課程における職業訓練において習得した内容が、製造現場で活かされている事例と言える。高度な手仕上げ技能を習得した学生達は、座学と実技を学ぶ上で体系的に理論と実際と学び、それらにより技能・技術を習得している。特に、総合制作実習においては、テーマの目標を掲げ、それに向けて仲間が一丸となって協力し、構想・設計・加工・組立て・成果発表等を行っていく。課題によっては、失敗や挫折を味わうこともあるが、これらも仲間や指導員がバックアップをしながら克服していく。試行錯誤を繰り返しながら目標に近づけ、最終的に成果物を残すことで学生達が取り組んできた足跡を確認することができ、自信につながるものと考えている。修了生達の今後の活躍において、ものづくり感性が活かせることを期待している。

(3) 一要素における技能の技術化

今回は、手仕上げ加工を題材としているが、マルチメディア教材を取り入れることで、学生達の習得度向上につながると思う。これは、単に動画や静止画などを用いるのではなく、加工者自身の動画を撮影し、その場で確認ができるようなものである。前述したスマートフォンなどを大いに活用し、言葉では伝えにくい部分を視覚的に伝えることでエラーチェックができる。現に、実習時にこの手法を取り入れることで、習得度向上につながっている。今後は規模を拡張して、大型液晶テレビなどにリアルタイムに撮影した動画を提示するなどの手法を導入し、手仕上げの切削状況等を確認しながら職業訓練を展開していきたい。

7. おわりに

本稿では、平成21年度より魔鏡の製作を通して、学生達へ手仕上げ技能の重要性や伝統技能の復元に挑戦させてきた職業訓練の取り組みを述べてきた。この取り組みの背景には、私が社会人となった初任地での手仕上げ技能者との出会いから始まった。昭和48年技能五輪世界大会において第3位に入賞された村上英俊先生である。目の前で高精度な手仕上げ技能を拝見し、鉄工やすり1本で平面を仕上げる姿に魅了された。お話をする中で、手仕上げ技能者の不足、技能継承問題、若者の技能離れ等について警鐘を鳴らされていたため、私も微力ながら職業訓練の中で手仕上げ加工を一つの柱として展開し、手仕上げ技能の重要性を伝える取り組みを行ってきた。その後、伝統技能を駆使した魔鏡との出会いにより、益々手仕上げに魅了されていった。指導する側が手仕上げ加工に興味を持ち、楽しさや重要性を伝えることで学生達の手仕上げ加工ファンを増やすことができる。単に愛好者としてではなく、手仕上げの一要素を生業にすることができる職人の要素を兼ね備えた実践技術者の養成を目標としてきた。その結果、試行錯誤はあったものの、高度な手仕上げ技能の習得、魔鏡の復元といった成果につながった。そして、手仕上げ技能の要素を活用している修了生たちの声を確認することができた。学生達自身の手で伝統技能の復元に至った経験は、何事にも変えがたい財産となったに違いない。

ものづくり感性を養うためには、幼少期から行うことが望ましいが、職業訓練を通して動機付けを行い、ポリテクカレッジ在学中の2年間で新たにこの感性を身につけることも可能である。将来、ものづくり技能者・技術者として活躍できる人材の育成には、

このような場所やきっかけが必要である。また、各能力開発施設で行われているものづくり体験教室やワークショップが若者の技能離れを止める一つの役割となると確信している。今後も、ものづくり啓発活動として、地域に向けたものづくり体験教室を立案・実施し、少しでも多くの若年技能者・技術者の卵を養成し、学生達に「技能継承」や「ものづくり感性」についての重要性を伝え、現場で即戦力となる実践技術者を輩出していきたい。

最後に、この取り組みご協力いただいた関係者の皆様、ご助言・ご指導いただきました皆様に深く御礼申し上げます。

[参考文献]

- (1)厚生労働省、平成 27 年わが国の人口動態（平成 25 年までの動向）、p. 6
- (2)海野邦昭、技術・技能の伝承に関する考察、職業能力開発技術誌 技能と技術、1997 年 2 号
- (3)北九州マイスター 村上英俊監修、手仕上げ実践技術、能力開発セミナー教材
- (4)荏山信行、改訂 やすり読本、2001 年、162p
- (5)ひろしま文化大百科、仁方のヤスリ
<http://www.hiroshima-bunka.jp/modules/newdb/detail.php?id=282>（閲覧日：2015 年 8 月 6 日）
- (6)学生編集委員会、“魔鏡”が映す匠の技術-歴史・原理編-、精密工学会誌、Vol. 78 (No. 1)、2012 年、pp. 49-52
- (7)東京都立中央図書館 特別文庫室、江戸名所図会 3 巻「四谷内藤新駅」
- (8)東京都鏡商工業協同組合、金属鏡の歴史
<http://www.mirror.or.jp/data/history1.html>（閲覧日：2015 年 8 月 6 日）
- (9)学生編集委員会、“魔鏡”が映す匠の技術-製作工程・インタビュー編-、精密工学会誌、Vol. 78 (No. 6)、2012 年、pp. 469-474
- (10)北國新聞、平成 24 年 3 月 6 日朝刊、被災地へ絆の魔鏡
- (11)北國新聞、平成 24 年 3 月 13 日朝刊、宮城の児童 魔鏡で激励