

# 「顔の見えるねっとわーく」を活用した 機械加工指導員の技能伝承

京都職業能力開発促進センター 石山 樹里

## 1. はじめに

製造業界では2007年問題（団塊世代の退職者が最も多く発生する問題）の対策のために雇用期間の延長、他企業の退職者の獲得等により、熟練技能者が有する卓越した技能を維持し、製造活動を続けた。さらには若者の工場勤務離れも相乗し、その結果、製造業における就業者数が減少し、高年齢技能者の割合が増加した。このため、高齢技能者が有する熟練技能を若年技能者へ技能伝承することが急務とされている。しかし、多くの中小企業においては、技能伝承の手法が明確化されていない、あるいは技能伝承をするための時間や人的余力がない等の理由により、技能伝承に満足な施策がとり難い状況にあることが報告されている<sup>(1)</sup>。

職業能力開発施設においても、団塊世代のベテラン指導員の退職や新規採用指導員の減少などにより、若手指導員がベテラン指導員からの技能伝承のための実技指導等を受けることが難しい状況にある。

一方で、全国規模の組織である職業能力開発促進センター及び職業能力開発大学校では、統一した訓練カリキュラム、指導技法、および訓練効果が求められている。しかし、統一されているのは訓練カリキュラムであり、指導技法のうち作業の提示については、指導員によりばらつきがあることがしばしば見受けられる。

これらを改善するため、近畿圏では顔の見えるねっとわーく（以下、「顔ねっと」）という取り組みが活用されている。

「顔ねっと」は、機械系機械加工分野（以下、「顔ねっと機械加工」）、機械設計分野、溶接分野、など計9つの分野に分かれている。

各分野ともに、技能伝承の他、情報の共有化、訓練内容の調整、テキストの共同作成、教材の共同開発、訓練技法の研究・伝授など、様々な活動へと発展している。また、業務を円滑に行うための意見交換や調整、不明瞭な点の相談や解決なども図られている。

図1に近畿ブロックの施設配置地図を示す。近畿ブロックは、北は京都府舞鶴市、東は滋賀県近江八幡市、南は和歌山県和歌山市、西は兵庫県加古川市へと広がっているが交通の便が良く、また移動に要する時間も他のブロックに比べて短いため、「顔ねっと」への参加者は京都や大阪などの中心部施設に集結しやすいという特色があり、これを近畿ブロックでは「近畿の地の利」と表現している。

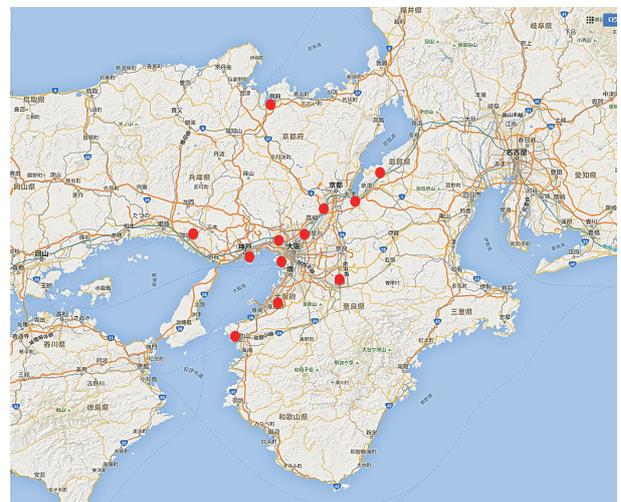


図1 近畿の地の利

近畿地方の経済圏は、京阪神地域を中心として一円に広がっている。また、産業界の各社・各グループは、近畿ブロック一帯に展開している。このような産業界の展開に対して、機構組織も施設毎の慣行に捉われず、産業界同様の機動的な活動が必要だと考える。

産業界の機動性にわたしたちの組織が持つ知識や技能、技術支援方法を適合させていくためには、一つの施設にとどまることなく、経済圏の視点で行動することが必須である。これらのことを前提に、近畿ブロックでは協働組織として、「顔ねっと」を積極的に実施している。

そのなかで、「顔ねっと機械加工」では、ベテラン指導員からの機械加工作業や実践的な加工手法に関する技能伝承と、それら指導技法の共通化を図り、企業に対してハイレベルな技術支援が行える技能者集団の構築を図るための活動を行ってきた。

本稿では、「顔ねっと機械加工」にかかわった過去6年間の実施内容と今後の技能伝承の在り方についてまとめた。

## 2. 技能伝承の実施計画

顔ねっと機械加工で取り組む技能伝承のテーマは、毎年度の7月頃に行われる「顔ねっと機械加工」の委員会で決定される。委員会では、各施設の機械系指導員が参加し、機械加工に関する技能についての問題点や加工方法についての課題点や疑問点などを話し合い、技能伝承として相応しい内容をテーマとして決定している。ここでいう相応しい内容とは、書籍等に詳しく記載がない要素であり、習得し難い実践的な加工手法だけでなく、治工具類の使い方の基礎から、技能の発展性を期待するための作業手順などをさす。

以上のようにして決められた技能伝承のテーマに関して、前提となる知識や技能の確認とともに、企業で求められる加工技能や実際に行われている機械加工法、技能の発展的な内容に対してベテラン指導員から教授して頂いている。

平成22年度においては、普通旋盤によるねじ切り

加工に関する総合的な技能伝承を行った。平成23年度および平成24年度においては、企業から指導支援の相談があった長尺物の旋盤加工技能についての技能伝承を行った。平成25年度は不整形物の加工方法、平成26年度はパスを使用した加工と測定の極意を実施した。平成27年度は工具研削を行った。

なお、平成22年度から平成26年度までは坂井利文氏（滋賀職業能力開発促進センター機械系指導員：平成24年度おうみの名工）、平成27年度は藤原力氏（京都職業能力開発短期大学校機械系指導員）にお願いし、関連知識に関する講義と実技指導をして頂いた。

## 3. 実施実績

### 3.1 ねじ切り加工の技能伝承

普通旋盤によるねじ切りのテーマでは、高精度ねじ加工を目的とした場合の実技作業として挙げられる、①ねじ切りバイトの研削作業、②ねじ加工作業、③ねじ精度の測定・評価作業の3項目について技能伝承を行った。

ねじ切りバイトの研削では、普通旋盤作業の訓練で多く使用されているハイスヘルバイトを用いて、両頭グラインダと油砥石を使用した作業を行った。その際、ねじ切り荒削り用や仕上げ削り用のすくい角のつけ方の実技指導を受けた。

ねじ切り加工作業では、普通旋盤におけるねじ切り機構、歯車選択方法（2段掛け・4段掛け）、切込



図2 ねじ切り加工の実技指導の様子

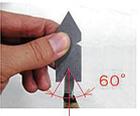
バイトの研削4			
11.03.28_版48			
1. 前スライ角6°を研削する (仕上げ用は0°にする)	2. 後スライ角が必要な場合は 工程1と同時に研削する	3. バイトの左切れ刃長さを研削する	4. 同時に左フランク面逃げ角6°も研削する
			
6. バイトの右切れ刃長さを研削する	6. 同時にセンターゲージを使い、 先端角度60°も研削する	7. 同時に右フランク面逃げ角6°も研削する	8. 先端部分を面取りする
			

図3 ねじ切り加工テキスト

み手法（直進法・斜進法・千鳥法），加工手法等の指導を受けた。図2に実技指導の様子を示す。

ねじ精度の測定作業では，マイクロメータによる外径測定だけでなく三針による有効径測定，フランク面の粗さ評価，および嵌合による評価方法について指導を受けた。

以上の普通旋盤によるねじ切り加工に関して，指導技法の統一化と指導ポイントの明確化のために，能力開発セミナー用カリキュラムとテキストを参加者全員で作成した。作成したテキストの一部を図3に示す。

### 3.2 長尺物加工の技能伝承

長尺加工物のテーマでは，軸の直径に対する軸の長さ（L/D）が10以上のものに対しての旋盤加工による長尺物加工について技能伝承を行った。このテーマでは，①普通旋盤に付属されている固定振れ止め，および移動振れ止めの使い方，②自作治具の設計におけるポイント，③長尺加工における切削条件などの問題点の洗い出し，④長尺加工における段取りの4項目について習得することを目的とした。

その際の実技指導においては，普通旋盤の中空主軸内径側に材料を通すことが可能な丸鋼素材（φ38×700）の場合と，材料を通すことが不可能な丸鋼素材（φ65×600）の場合の2種の題材を設定し，素材の大きさを考慮した段取りを習得できるように計画した。

普通旋盤による長尺物加工に関する経験や知識

が「顔ねっと」の参加者にはほとんどなかったため，初めに長尺物加工に関する加工時の問題点についてベテラン指導員より講義を受けた。次に，参加者で問題点についての解決方法を見出すために，文献調査やディスカッションを行い，共通認識の確立を図った。

まず初めに実技作業として，普段の訓練で行っているスローアウェイバイトやセンター押しによる旋削加工手法で，φ38×700の素材を使用して長尺物加工を参加者全員が行った。この時，センター押し作業により旋削加工を行っている最中に，加工物が切削抵抗により押され主軸台側に移動してしまい，心押台側の回転センターで固定しているはずの加工物が，センター穴から外れ，作業者に危険性を与えることを指摘された。

また，加工中の長尺物が切削による発熱により熱膨張し，軸方向長さが増加することにより長尺物がたわみ，円筒度が悪化する可能性があることも指摘された。

この2つの対策として，材料を固定する心押軸の支える圧力を切削加工中に調整する心押し作業について指導を受けた。また，今回の工具や加工手法では表面粗さおよび円筒度が目標とする仕上がり精度に達しないことも参加者全員が把握できた。

次に，長尺物加工で使用される2種類の振れ止めの使用方法と加工作業について実技指導を受けた。図4に移動振れ止めを用いた長尺物加工の実技指導の様子を示す。



図4 長尺物加工の実技指導の様子

移動振れ止めの使用方法ではφ38×700の素材を使用して実技指導が行われた。その際、材料を保持する2つの振れ止めの駒（以下、「駒」）の位置関係と役割の違い、振れ止めの取付け方法、加工方法による駒とバイトの配置方法、加工中の2つの駒を調整するための調整ねじの使用方法、作業中の機械と作業者の安全な立ち位置、および安全作業を意識した振れ止めの操作方法について指導を受けた。

固定振れ止めの使用方法では、φ65×600の素材を使用して実技指導が行われた。この課題（又は作業）では、旋盤に材料を固定する前に同軸を得るため軸両端面にセンター穴を事前にあける必要がある。その為、片パスを用いて円筒中心のケガキ作業、電気ドリルによるセンター穴加工を行った。

また、固定振れ止めの旋盤への取付け方法、駒による材料保持方法、回転中に駒と材料が摩擦熱による焼き付き防止を目的とした革ベルト等の使用方法、3つの駒の役割と切削加工中の使用方法、および高精度な同軸度を得るための加工手順について実技指導を受けた。

最後に、長尺物加工についても指導技法の統一化と指導ポイントの明確化のために、能力開発セミナー用カリキュラムとテキストを、ねじ切り加工技術と同様に作成した。

### 3.3 不整形物（面板作業）の加工方法の技能伝承

現在ではNC工作機械やCAMの発達により、熟練者ではなくても、複雑な形状をもった製品の加工ができるようになってきている。過去に熟練者が知恵を出し、取付具や治具などを製作しながら加工を行ってきたことが容易にできるようになっているため、普通旋盤などの汎用機での複雑な形状加工を指導する経験のない指導員が多い。

そこで、平成25年度は普通旋盤を用いて不整形物と呼ばれる形状の加工をする方法をテーマとした。

普通にチャックでは固定できない円筒形状の外周にドリルで下穴を開け、さらに内径加工を行って図面の寸法公差内に仕上げる加工を行った。この材料を旋盤に固定するため、面板やイケールといった取付具を用い、さらには加工する材料を回転させたと

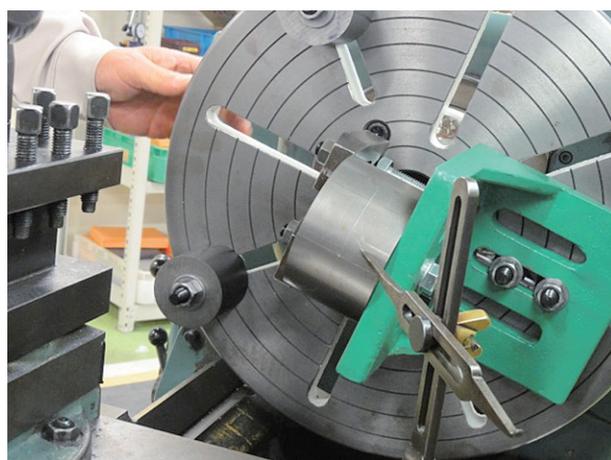


図5 不整形物の心だしの様子



図6 不整形物の穴開けの様子

きの動バランスをとるために、重りを付けた。また、材料の心だしは材料にケガキをし、トースカンを使用して慎重に心位置の確認を行った。心だし作業の様子を図5に示す。

加工物を固定している状態が不安定であるため、高速回転をすると、遠心力により材料が外れる危険があるという指摘がベテラン指導員からあった。そのため、穴開け作業と内径加工ともに低速回転数でも目標とする面粗度が得られるハイス工具を使用し、切削を行った。穴開け作業の様子を図6に示す。

不整形物加工は今回のような形状だけではなく、加工法の考え方と加工法の一例を経験することで、様々な難加工形状に対するアプローチの幅を広げることができた。

### 3.4 パスの扱い方の技能伝承

パスとよばれる測定器は、現在ではほとんど使用されていない。デジタル化された様々な測定器がある中で、パス測定に関する技能伝承を行う理由は、単に測定器の名称や扱い方を習得するだけではなく、測定技能や機械加工に対する技能者の感性を磨くことが目的である。

パスでの測定は手に伝わるわずかな感覚が大事である。ベテラン指導員は、パスを用いて材料を測定する際、手に伝わる感覚で $\phi 0.005\text{mm}$ ほどの差を感じ取る。まだ感覚を養えていない初心者は、毎回同じ測定器を使用して訓練することが必要である。そのため、平成26年度「顔ねっと機械加工」の参加者は各自のパスを用意し、自分の使いやすいように先端を研削、焼き入れしてから使用する事とした。

ベテラン指導員と共に作業を行いながら、そのわずかな感覚を実際に経験することで、様々な加工の「勘」として応用することを目的とし作業に取り組んだ。

実施にあたって、パスについての知識や測定の仕方を知らない指導員が多いため、まずはパスの種類や扱い方についての説明と指導を受けた。パスの扱い方で使用したテキストの一部を図7に示す。

次に、外パス・内パスを用いて実際に円筒物の測定に関する指導を受けた。参加者全員がマイクロメータを使って実際に測定した値と、パスを用いて測定作業を行った値との比較を行った。図8に測定の実技指導の様子を示す。

次に、実際に加工を行いながらパス測定をした。



図8 パス測定の実技指導の様子

仕上げ加工では、超硬工具を用いて切削量の微調整を行うことは難しいため、ハイス工具を使用し、 $\phi 0.05\text{mm}$ ずつ切り込みながらパス測定を行い、目標寸法まで加工した。

参加者全員が仕上がり寸法を目標値に一致することはできず、短期間で感覚を身につける難しさを理解した。

### 3.5 切削工具の研ぎ方の技能伝承

若手指導員が中心となり運営している職業訓練施設では、切削工具の研ぎ方をベテラン指導員から学び、自ら練習を行い、習熟したのちに指導を行うという理想的なプロセスを経験することができず、自らの技能に自信を持って訓練担当をできない例もある。

この問題を解決するためにH27年度「顔ねっと機械加工」では、関西職業能力開発促進センターで使用している工具研削のテキストを共有し、平成22年度に行われたねじ切りバイトの研ぎ方の復習と、新しく加えたドリル研削等の技能伝承を行った(図9)。また、工具研削の様子を図10に示す。

工具の研削技能は、「顔ねっと」に参加するだけで身につけられるような簡単なものではない。ただ、工具を研ぐときの知識、またその姿勢や作業目線、作業者の手の置く位置などをベテランの指導員から直接指導してもらうことで、その後の自己研鑽の効率は格段に上がる。何より、「顔ねっと機械加工」の本来の目的である、困ったときに相談できるベテ

手順	項目	要 点	図 解
外パスの使い方 1 			
1	パスの点検	1. パスのかきめ具合を確認する。 【磨きすぎると調整しにくく、使いにくい】 【新しいパスの調子が安定で正確な測定ができる】 2. 測定子器の形状と両先端の合わせ状態を確認する。	1.  2. 
2	持ち方	1. パスのまたに中指を入れ、親指と人差し指で軽く支える。 2. パスの自重で垂直になるように指先に力を入れずに支える。	

図7 パスの使い方テキスト



図9 技能伝承の様子



図10 切削工具研削作業の様子

ラン指導員との横の繋がりを持つことが、若手指導員の大きな心の支えとなる。

#### 4. 技能伝承を受けて

ベテラン指導員から若年世代の指導員へと技能を伝承させるためには、被継承者が実際に作業に従事しながら習熟させる方法が第一に挙げられる。しかし技能には、ベテラン指導員が経験則的に体得したものなど、暗黙知的な性質を有するものがあり、その継承に多くの時間を費やす。このため、個々の技能の体系化・可視化・定量化したのち、被継承者への理解を促すことが必要とされる。

顔ねつと機械加工では、技能伝承テーマである旋盤作業において、体系化・可視化のためにカリキュラム作成、およびテキスト作成を行った。このテキストには、指導の統一化や理解度促進を目的として、多数の写真や動画を作業者目線で撮影し、細かい作業のポイントも記載した。

しかし、実際に作成したカリキュラムとテキストを用いて指導を行ったが、受講生が持つ前提知識、経験値、および受講目的の差により、ベテラン指導員のような受講生に応じた実技指導を実施することができなかった。その結果、作業の手法・手順の違いによる加工精度や加工時間への影響の説明や、加工時の不具合への対処方法などについての説明ができなかった。

ここには、若手指導員はベテラン指導員と比べ、個々の作業における技能の質の差だけではなく、加工プロセス全体の流れを想定しつつ個々の作業時に起きうる予測の把握が不足していると思われる。すなわち、共通したカリキュラムを実施しようとした場合、指導員はテキストやカリキュラムの充実化や共有化だけでは不足であり、テキストで表現が困難な暗黙知的な熟練技能や、より実践的な技能を習得し、個々の作業技能に対して取捨選択できる技術と技能を身につけることが必要不可欠である。

近年のコンピュータ、NC工作機械、およびCAMの発達により、熟練技能の一部を数値化することが可能となってきた<sup>(2)</sup>。また、熟練者の手先の感覚や音・振動等からの判断による加工状態判断や不具合予測などの熟練技能を定量化・体系化し、技能習得の短縮化に寄与する試みもみられる<sup>(3)</sup>。

職業能力開発施設において、ベテラン指導員がもつ機械加工に関する「勘」の数値化や熟練技能の体系化には、多くの時間を費やすことであり、早急に取り組むべき内容であろう。しかし、技能は一朝一夕で習得できるものでなく、長年の自己研鑽により培われるものである。

ベテラン指導員の大量退職が進んでいる現在も、若手指導員は熟練技能をベテラン指導員から直接指導を仰ぎ、「五感」を通じて習得したのち、後輩指導員、あるいは受講生に対して伝承しなければならない。さらには、技能伝承における「五感」を「五感以外で伝承する手法」も検討し実施する必要がある。

そして、技能者が集う職業能力開発施設として、企業から信頼され、企業の人材育成と技術向上に貢献する必要がある。

## 5. おわりに

職業能力開発施設の指導員にとって、普段の訓練指導で経験することが少ない、実践的なテーマを取り上げて活動を行う「顔ねっと機械加工」は、若手指導員の技能を向上する場、発見する場として重要な役割を果たしている。

また、施設を越えて行う「顔ねっと」は、施設の人員配置におけるベテラン指導員の偏りによる若手指導員の技能伝承不足を補う役割も果たしている。

今後も「顔ねっと」では技能伝承をテーマとし、動画や写真の集約、テキストの改善を繰り返し、技能の見える化に向けて取り組んでいく。

熟練技能はテキストの工夫などにより可視化は可能だが、効果的な伝承方法や伝承すべき内容については未だ検討の余地がある。

今後はICTを活用した指導技法や技能向上のシステム構築も行い、近畿圏のみならず組織全体、日本

のものづくり全体での技能伝承システムを作り上げる必要があるだろう。

最後に、「顔ねっと機械加工」の運営および実技で直接ご指導をいただき、加工の面白さ・技能向上の素晴らしさ・技能伝承の大切さを教えて下さった坂井利文先生、今回の原稿執筆にあたりお忙しい中、改めて「顔ねっと」に関する内容をご教授いただいた加畑満久先生、梅田良範先生、「顔ねっと機械加工」のまとめ役・事務局の前任担当として、厳しくご指導くださった高木勝規先生、引き続き「顔ねっと機械加工」での技能伝承に精力的に取り組んで頂いている藤原力先生、斉藤哲也先生、芝原寛健先生、いままでの顔ねっと機械加工の参加者全員に感謝の意を称します。

### <参考文献>

- (1) 平成24年度ものづくり白書, 経済産業省
- (2) 笠原和夫・広田明彦・滝野亮人:CNC旋盤による加工での切削抵抗データに基づく加工精度向上,精密工学会誌,77,6(2011), pp.581-586.
- (3) Y. Kameyama et al., Trans. JSME C, Vol.75(2009), pp.2456-2458.