

技術教育における機械・金属加工分野の教材開発

河添久美

(元奈良教育大学 技術教育講座 教員)

世良啓太

(奈良教育大学 技術教育講座 (技術教育・機械・金属加工))

谷口義昭

(奈良教育大学 技術教育講座 (木材加工))

Development of Teaching Material on the Machine and Metal Working Section in the Department of Technology Education

Hisami KAWAZOE

(Former Department of Technology Education, Nara University of Education)

Keita SERA

(Department of Technology Education, Nara University of Education)

Yoshiaki TANIGUTI

(Department of Technology Education, Nara University of Education)

要旨：奈良教育大学に新規に導入された普通旋盤、卓上立て型フライス盤、NCフライス盤の加工機械に注目し、機械加工技術と金属加工技術の理論、および機械操作と加工法を教授する教材を開発した。教材は「穴基準はめあい方式による、すきまばめ部品の製作」、「Al合金製サイコロの製作」、「刻印入り黄銅製文鎮の製作」であり、これらは学生へ機械加工、金属加工技術の理解を深めるのに適しており、加えて中学校技術・家庭科技術分野と高等学校工業の教育現場での教材開発にも繋がる可能性が示唆された。

キーワード：実験・実習用教材 Teaching Material in Practice and Experiment
機械・金属加工分野 Section of Machine and Metal Working
NC加工 Numerical Control Machining

1. はじめに

近年科学技術の発展に伴い、機械・金属加工分野の工作機械類に数値制御(Numerical Control、略称 NC：以降では略称を用いる)機能を搭載した NC フライス盤や高精度旋盤が広く普及している。そのため、工業界を視野に入れた専門教育としての技術教育では NC 機械類の加工は必須であり、普通教育としての技術教育である中学校技術・家庭科技術分野においても NC 機械類を用いた授業までは要求されないものの、精密な加工方法として取り扱うことは十分にある。例えば、ボール盤、旋盤といった手加工と NC 加工を比較し、加工精度の向上や多様な設計、加工の簡易化を通して、技術の進歩を伝える授業が挙げられる。これらのことから、中学校技術・家庭科技術分野の教員を志す学生においても NC 加工を取り入れた製作体験が重要であることは言うまでもない。そこで、新規に導入された普通旋盤および卓上立て型フライス盤、NC フライス盤の機械加工技術と金属加工技術の理論、機械の操作と金属

加工の実験・実習を通じた教授方法と内容について検討した。本研究は、特に導入された機械類で製作可能な教材の開発を行い、その結果を報告するものである。

2. 本教材で使用した工作機械類

2. 1. 工作機械の内訳

- (1)普通旋盤 2台
- (2)卓上立て型フライス盤 1台
- (3)NC フライス盤 1台

2. 2. 各工作機械の機能及び特徴

2. 2. 1. 普通旋盤

普通旋盤は、主軸に連結されているチャックに丸棒状金属素材を取り付け固定し、これを回転させながら、バイトと呼ばれる硬質の切れ刃の付いた切削工具を押し当て、必要量の切込みを与え、素材の長さ方向(縦方向)あるいは

それと直角な半径方向（横方向）に送ることにより切削を行うものである。一般に、製作物は同心の円柱部分や円筒部分を組み合わせたものとなる。

この機械が従来と大きく変わった点は、“スローアウェイバイト”を全面的に採用した点である。これは、図1に示すようにバイトの刃先部分が摩耗したり、欠損したりして使用できなくなった際に、一つのチップにある複数の切れ刃の新しい部分に位置を変更が可能であり、すべてが使用不可になった際には、チップを丸ごと新品に交換するものである。

これにより高度な熟練を要する従来のハイス（高速度工具鋼、すなわちハイススピードスチールを略して通称ハイスと呼ばれている）製バイトの再研削作業から解放され、実験実施の能率とメンテナンス性の両方の大幅な向上が図れるようになった。

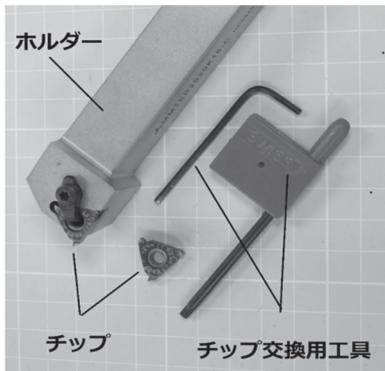


図1 スローアウェイバイトの構成

2. 2. 2. 卓上立て型フライス盤

卓上立て型フライス盤は図2に示すように上下方向の軸（Z軸）周りに回転する主軸に、図3(a)に示す正面フライスや同図(b)のエンドミルと呼ばれる切削工具を取り付けて使用する。加工素材を専用万力で固定したテーブルを、装置正面に向かって左右方向（X軸）あるいは前後方向（Y軸）に手動あるいは自動送りにより、主に平面部から構成される（ブロック状）直方体や溝部の加工に用い

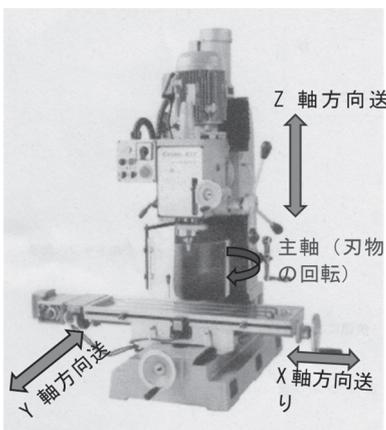


図2. 立てフライス盤の配置

られる。この卓上立て型フライス盤では各軸に位置センサーが組み込まれており、1/100 mm 単位で各軸の移動量を測定およびデジタル表示あるいは設定できるため、学生にとって操作が容易な仕様となっている。

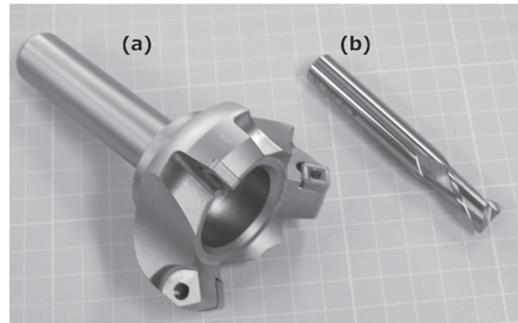


図3. 立て型フライス用切削工具 (a) 正面フライス（スローアウェイチップ付き3枚刃）、(b) エンドミル（ハイス製2枚刃）

2. 2. 3. NC フライス盤

一方、NC フライス盤は、卓上型と同様な構造を有しているが、以下の点にその有用性がある。

- ① 装置全体の剛性が高いこと（より加工が難しくなる高強度素材でもその加工が可能となり、負荷がより大きくなるような切削条件でも性能を維持できることを意味する）。
- ② 各軸の位置精度もより高くなり一桁上がり、1/1000 mm 単位の加工が可能であること。
- ③ 工作機械専用のコンピューターである数値制御装置が組み込まれ、2軸同時制御加工が可能であること（例えば、先の図3(b)のエンドミル工具を用い、直方体素材の平面上に1本のハンドル操作で円形の溝加工など）。
- ④ 制御装置に内蔵の各種3軸同時加工用プログラムの中から選定して、より複雑な形状の製品加工が自動運転により可能であること。

3. 教材の内容

3. 1. 「機械実験実習」における教材

技術教育講座の2回生を対象とする「機械実験実習」において次節より示す教材を取り扱うこととした。

3. 1. 1. 「穴基準はめあい方式による、すきまばめ部品の製作」¹⁾

これは図4(a)に示す穴部品を旋盤による加工とハンドリーマという工具により内径12.7mmに先に加工および仕上げを行っておく。次に図4(b)の軸部品のブロック矢印の部分の直径を、マイクロメータで測定しながら旋盤

の外丸切削で少しずつ寸法調整し、図5に示すように組み合わせて用いる部品の製作課題である。

以上のはめあいで得られる機能として、機械において多用される“普通のはめ合わせ部分。(分解することが多い)”がある。2) なお加工素材は直径25mmのアルミニウム合金 (JIS 記号 A2017B、通称：ジュラルミン) を用いた。材料の性質については「金属工作理論」で既習した内容であり、硬度や加工の難易等について作業を通して体験できる。図6は旋盤作業中の学生の様子である。

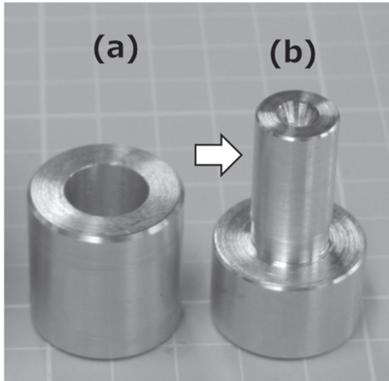


図4. 穴基準はめあい方式による、すきまばめ部品外観 (a) 穴部品、(b)軸部品 (軸部品のブロック矢印の部分の直径を規定の誤差範囲内に収めるように加工していく。)



図5. 学生が製作したすきまばめ部品の組み合わせ



図6. 旋盤作業中の学生の様子

3. 1. 2. 「鑄鉄丸棒素材からの直方体の製作」

これは図7(a)に示す通り加工素材として直径20mm、長さ約40mmのねずみ鑄鉄品 (JIS 記号 FC250) 丸棒素材から、卓上立て型フライス盤を用いて素材の円形断面にほぼ内接する一辺の長さ16mmの正4角柱品 (図7(b)) を製作するものであり、次年度の3回生後期科目で使用するためのフライス盤の操作の習熟も目的として設定した。

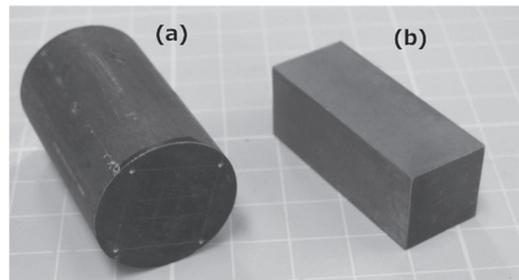


図7. (a) 鑄鉄丸棒素材および (b) 試作品

3. 2. 「金属工作設計」における教材

技術教育講座の3回生を対象とする「金属工作設計」において次節より示す教材を取り扱うこととした。

3. 2. 1. 「Al 合金製サイコロの製作」

加工素材を直径25mmのジュラルミン丸棒とし、サイコロを設計製作するもので、完成品の所持および実際にサイコロとして使用するときの安全性の確保、立方体表面で対面する平行な二つの面の目数の合計を7にすることを条件として、受講生に独自アイデアも盛り込んで設計させるものである。

加工は、まず素材を旋盤により約20mmの長さの円柱材として取り出した。立方体への加工は2回生の時に学習する予定であった卓上立て型フライス盤 (図2) に正面フライスカッター (図3(a)) を取り付けて一辺の長さ17.7mmの立方体 (図8(a)) を製作した。フライス盤によるサイコロの目を加工している学生の様子を図9に示す。次に、各面の個々の目の位置は通常の罫書きに用いる、定盤、Vブロックおよびハイトゲージ (罫書き用の超硬質エッジを持つ高さ方向の定寸および測長装置) を用いてマジックインクを適宜塗布した表面に、個々の目の中心位置

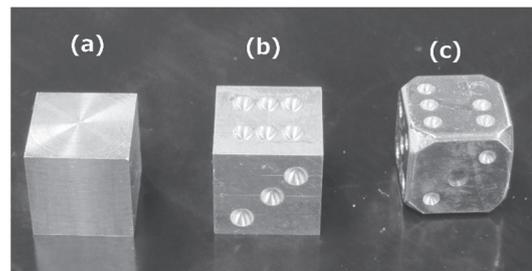


図8. Al 合金丸棒材からのサイコロの製作過程



図 9. フライス盤による加工の様子

を直交する 2 本の罫書き線の交点として決定させた。

目の加工は卓上立て型フライス盤にカッターとして、設計した直径の半球面のくぼみを削り出せるボールエンドミル (図 3 (b) のエンドミル先端が回転により切れ刃部分が、その直径の半球面を形成するカッター) に交換して、万力に品物を固定した。加工位置はカッターを目的の目に近いところまでカッター先端を下ろし、その後直交する 2 方向からの目視により、テーブルの X、Y 軸を操作してカッター先端を中心位置の直上に移動させてから、その半径分、Z 軸方向に切り込むことで完了する。図 8 (b) が加工終了後の製品の外観である。

次に、サイコロとして、またその安全性を考慮して、隣り合う直交する 3 表面が 1 点で交わる 8 箇所 of “隅部分”、隣り合う直交する 2 表面が直線状に交わる 12 箇所の “稜部分” をなだらかなものに加工する必要がある。8 カ所の隅部分については製図用品の一つである、ステンレス薄板製の字消し板の手頃な正三角形の穴の部分を隅部分に隙間なくはまるようにしてその周囲を罫書き、手作業用万力に固定して、組やすりを用いて加工していくこととした。図 8 (c) は受講生による加工例である。

最後に、表面仕上げとして金属光沢を希望する場合、定盤の代用品として厚板ガラス面上に 600 番、次に 1000 番の研磨紙を置き、順に研磨し、1 次研磨を行う。仕上げ研磨として同じくガラス板上にガーゼを 2~3 枚折り返した上に市販の金属用液体研磨剤 (商品名: ピカール) を適量含ませ、その上で力を入れて往復させることにより光沢加工を行う (図 8 (c) は光沢処理後の製作品)。

3. 2. 2. 「刻印入り黄銅製文鎮の製作」

これは、直径 30mm、長さ 100mm の黄銅 (別名: 真鍮で銅と亜鉛の合金、JIS 記号 C2801) 丸棒材を用いた。材料を黄銅とした理由は、先のサイコロに要求される機能がまずは、軽やかに床の上を転がることであるのに対して、文鎮としては入手可能で余り高価でなく適度に密度の高い合金であることによる。(密度の値はジュラルミン、黄銅でそれぞれ 2.80 および 8.5Mg/m³ である。)

底面および NC フライス盤による刻印彫刻用平面の前加工は卓上立て型フライス盤を用い、正面フライスカッターを取り付け行う (図 10 (a))。



図 10. 製作者名前入り黄銅製文鎮の製作

次に名前の英文字彫刻加工を NC フライス盤の制御装置の特殊機能を利用してプログラムによる自動運転により加工する。切削工具は直径 2mm (半径 1mm) のボールエンドミルを用いることとした。

受講生の設計事項としては、各自のローマ字による名前の配列である。すなわち一文字当たり 5mm 角の正方形の柵領域を、つまみ取り付け用ねじ込み部用の空白用柵も含めて、直線上に配列している 18 個に限られた柵群の中に、どのように配列するかを決定することである。

以上で、加工開始位置の座標値 (X 軸および Y 軸、図 10 (b) の例では最左端の文字枠の左下隅の箇所) やその他必要な数値を予め作成しているプログラムに入力して、加工前にその形状を定義してある加工素材に対する工具の軌跡をディスプレイ上にグラフィックスとして描画させ、それを確認し、問題がなければ加工を実行する。文字の線幅を決める切込み量 (Z 軸) は 0.5mm とし、工具の移動速度を 30mm/min、主軸回転速度を 3000 rpm とした。

4. 結果および考察

4. 1. 「機械実験実習」

4. 1. 1. 「穴基準はめあい方式による、すきまばめ部品の製作」

このテーマに関しては、図 4 (a) に示す穴部品から製作を始めた。普通旋盤が 2 台であるのに対して受講生が 10 名であったが、部品の形状が簡単であり工程数も少なかったため、時間内にすべての学生が部品を完成することができた。

一方、図 4 (b) に示す軸部品では、進行は思うようにはかどらず、大変停滞した。その原因として、まず、部品の形状が複雑で工程数が多く、作業時間の増加につながったこと、部品製作で最も慎重に行う必要がある図 4 (b) ブロック矢印で示す部分の加工途中での直径測定のために必要なマイクロメータの操作方法を忘れていた受講生が多かったこと、学生の順番を明確に定めていなかったため、操作者の交代がスムーズにいかなかったことなどが挙げられる。

一方で、作業を進めていく中で、次に加工する学生が

操作している学生に付き添い手順を確認したり、気が付く限り操作中の学生の誤操作に注意・疑問を与える様子が見られた。最終的に両部品が完成し、すき間の少ないスムーズな回転運動ができたときは、金属材料ならではの精度の高い加工が可能であることが理解できたようである（図5）。

4. 1. 2. 「鋳鉄丸棒素材からの直方体の製作」

本教材は、実施年度において進捗のバラつきが生じた際に取り上げる教材として設定していたが（加工マニュアルは作成済み）、実践対象者の進捗のバラつきが少なかつたため実施年度では取り上げなかった。

4. 2. 「金属工作設計」

4. 2. 1. 「Al合金製サイコロの製作」

この教科は4名の学生の受講で始まった。少人数であったため、アイデア検討、設計そして工作機械の操作法の習熟等いずれの段階でも時間をかけ、十分に理解してから学生が取り組むことができ、授業の進行はスムーズに運んだ。授業の中で学生が最も興味を示したのは、最後の研磨工程であった。自らの手で金属の持つ“金属光沢”を出せるということに、感動すら覚えた学生もいた。

このテーマに関しては、中学校技術・家庭科技術分野の教材としての移行の可能性やその課題について考えさせた。課題として、素材の入手が困難であること、立方体への加工、目の位置の罫書き、目の加工の難易度が高いといった意見が挙げられた。

一方で、今後の産業の技術革新の進展や、教材化のための工夫、例えば各工程での専用治具類の整備や工作機械への付属品の追加装備による加工の種類の大等一の積み重ねにより、多角的な教材化の検討が可能になるといった肯定的な意見も挙げられた。

4. 2. 2. 「刻印入り黄銅製文鎮の製作」

文鎮の製作は金属加工分野での実習教材としてかつては、講座の専修学生が手加工で取り組んだ教材であった。今回、教科担当者側で選んだ文鎮の形状・寸法は、比較的割高な材料費の節約およびNCフライス盤による名前彫刻加工に適した平面領域の確保という条件から設定したものであり、書道などでの利用等、実用性を事前調査した結果を反映したものではない。単に積み重ねた書類の山が風で飛散しない“重り”程度の機能を想定したものである。この点について今後は、目的をより明確にし、それに沿った形状・寸法をもち、場合により、より適した材料を

用いた設計課題に沿った実習が行われることが必要であろう。

このNCフライス盤による名前彫刻加工機能により完成した製品は、刻印を用いた手作業による打刻品と比べ物にならない仕上がり、すなわち均一な線の幅、フォントの大きさが揃っている点、文字間の間隔の均一性や文字配列が一直線上に揃っている点が優れた機能感を与えてくれる。高度に制御された工作機械による製品の質の高さを受講生に実感させてくれるものといえる（図10(b)）。

5. まとめと今後の課題

本報告は、新規に導入された普通旋盤、卓上立て型フライス盤、NCフライス盤の機械加工技術と金属加工技術の理論および機械の操作と金属加工法を教授する教材を開発することを目的とした。本研究では、3つの教材「穴基準はめあい方式による、すきまばめ部品の製作」、「Al合金製サイコロの製作」、「名前入り黄銅製文鎮の製作」について検討し、機械加工、金属加工技術に導入が可能であることを立証した。また、鋳鉄丸棒素材からの立方体の製作については、加工マニュアルについては作成したものの、実践には至っていない。

今後、本研究で用いた金属材料およびその他多くの金属材料を用いて中学校技術・家庭科技術分野および高等学校工業での教材化を目指して今後検討を加えることが必要であろう。

謝辞

新規の機械類の導入にご尽力、ご協力いただいた関係者各位に深甚の謝意を表します。また、「機械実験実習」の指導書の、特に作業安全に関する記述は米子工業高等専門学校ものづくりセンター提供の安全マニュアルを参考にさせていただいたことを著者の内一名（H.K.）は謝意を持って、ここに記します。

注

- 1) 日本設計製図学会（現、日本設計工学会）（発行年不詳）、資料「寸法公差」。

参考文献

- 1) 日本規格協会（2016）、JIS4010-1「公差およびはめあい方式」。