

精密加工学におけるモノづくり技術者育成教育

機械工学科 原田 孝

1 はじめに

筆者は、平成 18 年度に理工学部機械工学科に着任し、設計製図や精密加工学などのモノづくりに密着した講義を担当している。本学着任以前は国内の製造メーカーに勤務し、1990 年代前半の日本のバブル経済崩壊からヨーロッパの時代を経由し、現在のアジア経済の発展を目の当たりにしてきた。着任時は、わが国の未来を背負って立つ機械工学技術者を育成するという大志を抱き、企業時代の経験を交えて講義を行ってはみたが、学生のやる気を大いに引き出すまでは到らなかったというのが実感である。

いくら企業出身の教員であっても、学生のみからみると「大学の先生」であり、学生への刺激は筆者が思ったほど大きくないようである。そのように思い悩んでいたときに、東大阪モノづくり技術者育成プロジェクト(以下、プロジェクトと略す)への参画の誘いを頂き、精密加工学の講義の中で、現役の企業の方の特別講義を企画実施した。その結果は筆者の想像以上の評価であり、学生の心に火がつけられた。「外部の企業人」を招いた特別講義は、本プロジェクトの主旨である教育の産学連携の第一歩であるが、大学教育に新しい風を吹き込ませる期待を抱かされた。

本報では、教育の産学連携により全体を俯瞰できる技術者を育成するという本プロジェクトの主旨に則り、筆者が機械工学科 機械工学コース 3 年生対象の精密加工学(履修者数:100 名程度)にて取り組んだ内容について報告する。

2 プロジェクトの計画

2.1 プロジェクト導入科目の選択

プロジェクトの導入に関しては、準備の手間や費用を考慮し、まずは外部講師を招聘する特別講義形式とした。筆者は、モノづくり関連の講義の他に、機械力学や制御工学演習実験などの機械工学の基幹科目も担当している。しかし、プロジェクト参画の誘いを受けた時から、精密加工学へプロジェクトを導入することに迷いなく決めていた。その理由を以下に記載する。

材料力学、熱力学、流れ学、機械力学、制御工学といった、機械工学のいわゆる 5 工学に対して、油まみれで行われる機械加工は、古くて汚いものとして敬遠する学生が少なくない。筆者も学生時代には同じように考えていた。しかし、実際に社会に出てみると、機械加工こそがモノづくりの生命線であり、また、新しい加工方法が次から次へと

開発されており、まさしく技術開発の最前線であることに驚かされた。実際に、自動車や飛行機などの製品の形や仕組みなどの見た目は大きく変わっていないが、製品をつくる技術は大きく変化している。機械加工に関しての、高精度、高効率といった要求がつきることは無く、「高」への要求レベルが厳しくなっている。

昔は機械工学科の研究の花形であった機械加工や精密加工は、今でも産業の発展において無くてはならない技術であるにも関わらず、昨今の大学機械工学系においては実践的研究の活動が下火になってきている。大学の研究者は、ナノや原子サイズレベルの超々微細加工など、超最先端で外部資金の導入が行いやすい研究に目を向けていることが原因の一つである。機械加工や精密加工の実践的な研究は、大学から企業にシフトしている。

学生に対して、単に目先を変えた話題を提供するだけでなく、企業で行われている最先端の実践的技術も学習することができるということが、精密加工学において本プロジェクトを導入し、外部講師を招聘する理由である。

また、精密加工学は就職活動を控えた 3 年生の後期に開講されており、企業からの外部講師による講義は、学生自身の進路選択の参考としてタイムリーな時期でもあることが、この科目にプロジェクトを導入したもう一つの理由である。

2.2 プロジェクト導入以前の学習目標と学習方法

プロジェクト導入以前の精密加工学の学習目標と方法を平成 18 年度のシラバスより引用する。

生産工程の国際化により「だれでもできる」ものづくりは、BRICS などへの海外流出が進んでいる中、「だれもができない」精密加工、特殊加工は国際競争力を高める上でますます重要である。そこで、精密加工や特殊加工の原理とその加工特性を把握し、生産量、形状精度、材質に最適の加工法を選択できる能力を習得することが精密加工学の学習目標である。

具体的には、高精度加工と特殊加工の基本である、研削加工、超仕上げ、放電加工、レーザー加工に関する原理や加工特性を重点的に学習する。さらに、電子ビーム加工、イオンビーム加工、溶射、PVD/CVD などの特殊加工についても学習する。

学習方法は、他の講義科目と同様に 14 回の講義形式にて実施している。単に教科書や参考書の内容だけでなく、筆者の実務経験の範囲内での実例を交えながら精密加工法、特殊加工法の原理や特性を講義している。

2. 3 プロジェクトの学習目標と学習方法

プロジェクト講義の導入に際して、現行の学習内容に加え、実際の製品を題材とし、商品企画、製品/生産技術開発から量産化までの流れの中における精密加工/特殊加工の適用事例を、品質とコストのバランスや、商品開発マネジメントなどの概念も交えて紹介し、実社会の要求に乖離しないエンジニアとしての能力を習得することを学習目標とした。

その方法として、東大阪周辺のモノづくりに関係する企業の中で、技術とマネジメントに携わっておられる上級マネージャの方を外部講師としてむかえ、上記取組みの主旨に該当する講演を実施して頂くこととした。現行 14 回の講義の中で、3 回程度を外部講師による授業とし、学生には都度レポートを提出させ、外部講師にもフィードバックすることとした。

2. 4 講師の人選

本プロジェクトに限らず、大学に外部講師を招聘する場合、その人選はきわめて重要である。はじめにでも述べたように、企業出身の大学教員は、学生から見てもやはり「大学の先生」であり、「他の先生とはちょっと違う」と言う意味ではお役に立つことはそれほど大きくはないが、企業時代に培った人脈は外部講師を招聘する際に大いに役に立つ。

今回はプロジェクトの主旨と、2.2 に示した学習目標に則り、以下の考えで、外部講師を人選した。

- (1) スパイスを効かせた人選：筆者と同年代の次課長クラス技術者を招聘しても、講義の話題が筆者とそう大きくは変わらない。一連の講義にスパイスを効かせるために、筆者とは年齢層の異なる講師を招聘する。
- (2) 教育の産学連携：プロジェクトの主旨である。教育の産学連携の主旨をご理解頂く技術者を招聘する。具体的には、企業において、人材採用、人材育成などにも関わった経験のある技術者である。
- (3) プロジェクト X：精密加工学の講義に関連する分野で、顕著でかつ、学生にとっても分かりやすい「成功体験」を持たれている技術者。（「成功体験」の裏には、数多くの「失敗体験」がある。）
- (4) キャリア形成の動機づけ：精密加工学の講義は、就職活動や大学院進学を控えた大学3年生の後期に開講されている。学生が自らのキャリア形成を考えられるような、経験豊富な話題を提供して頂ける技術者。

以上の考えで、以下の2名の講師を人選した。

- ・幸田 盛堂 氏
大阪機工株式会社, 代表取締役 常務取締役. 日本機械学会フェロー, 精密工学会フェロー
- ・本西 英 氏
三菱マテリアル株式会社 超硬製品事業部 加工カンパニー カンパニープレジデント補佐. 精密工学会フェロー

両氏は、精密加工の分野で、関西を代表する技術者であ

り、経営者である。新入社員の採用や育成にも携われ、技術者教育、JABEE など最近の大学教育にも造詣が深い。

本プロジェクトの主旨も十分にご理解頂き、講師招聘の依頼を快諾頂いた。

3 プロジェクトの実施

3. 1 通常講義との連携：講義の再編

本学では、半期の講義を90分×15回で実施している(15回目は定期試験)。外部講師による特別講義の内容と通常講義とを連携させるため、外部講師のテーマと関連の深い内容であるPVD/CVD(切削工具のコーティング技術)や、工作機械や工具の対象製品である金型加工などを、Table 1 に示すように外部講師の講義の前に実施するように講義内容を再編した。

Table 1 のPVD/CVD や放電加工の前の↑は、講義再編で特別講義を開始する前に持ってきた内容である。また、(CMP)などの()付きの内容は、特別講義実施のために、時間を短縮した。

3. 2 特別講義の内容

① 精密加工技術が拓いた世界 I, II

講師：三菱マテリアル株式会社 本西 英 氏

現在、身の回りにある製品に関わる精密加工技術に関して、過去から現在に至る歴史的背景を交えながら、講師の実経験を元に講義形式(2回)にて授業を実施して頂いた。

[1回目]

1. 精密加工技術はハイテク製品の生みの親
2. 精密加工技術はその時代の先端技術
 - ・ピラミッドも精密加工技術がなければ、歴史に残らなかった。
 - ・産業革命も精密加工技術がなければ、華開かなかった。
 - ・ハイテク製品も精密加工技術がなければ高根の華

Table 1 講義内容の再編

講義回	内容
1~4回	研削加工
5回	↑PVD/CVD, 溶射
6回	↑放電加工, 金型加工
7回	[特別講義] 精密加工技術が拓いた世界 I
8回	↑超仕上げ, (CMP)
9回	小テスト
10回	[特別講義] 精密加工技術が拓いた世界 II
11回	レーザー加工 I, (レーザー加工 II)
12回	[特別講義] 母なる機械：マザーマシンの実力と今後
13回	電子ビーム加工
14回	(イオンビーム加工), (講義全体のまとめ)
14回	定期試験

[2回目]

3. 私が体験した精密加工技術
4. 精密加工技術は総合技術であり、デザイン能力の訓練
5. なぜ、精密加工学を学ぶのか
6. 三菱マテリアル㈱と精密加工技術
7. これからの人材

本西氏は、長年に渡り神戸製鋼所にて、特にチタンなどの機械加工が困難な難削材料の精密加工に関する技術開発に携われてきた。神戸製鋼所の切削工具製造販売部門が三菱マテリアル株式会社に統合され、現在は、三菱マテリアル株式会社 超硬製品事業部 加工カンパニープレジデント補佐として、切削工具の技術開発を担当されている。大学の外部評価委員や非常勤講師の経験をお持ちで、技術者教育に造詣が深い。

本西氏の講義の主旨は、「精密加工が拓いた(過去形であることに注意)世界」というタイトルに集約されている。第1回目の講義で、ピラミッド、産業革命から、現在のハイテク製品に到るまで、人類の過去の技術史において、精密加工技術が「拓いた」世界を紹介された。第2回目の講義では、学生に対して、これからの世界を「拓いていく」ことを熱望する、メッセージを込めた内容であった。

学生たちは、人類の技術史に脈々と引き継がれ発展してきた精密加工学を今学んでいるという、学問に対する厳かな気分を味わうと共に、次なる世界は自分たちが拓いて行くのだ、という、技術者としての将来を目指す自分自身を鼓舞させられたようである。

本西氏の講義の様子を Fig.1 に示す。本西氏の講義に関しては、本成果報告書にご本人から直接ご寄稿頂いており、詳細はそちらを参照願う。

② 工作機械とは？ 母なる機械：マザーマシンの実力と今後

講師：大阪機工株式会社 幸田 盛堂 氏

一国の技術水準のバロメータとなる工作機械の歴史とその技術的・産業的特異性、さらには工作機械業界の市場動向と研究開発動向について解説して頂いた。

1. 工作機械の技術課題
2. 工作機械における環境対応技術
3. 工作機械の剛性設計
4. 主軸の高速高精度設計と熱変形対策
5. 送り駆動系の高速高精度化
 - ・すべり案内面の高速高精度化
 - ・ころがり案内面の高速高精度化とクリーン化

大阪機工株式会社は製造拠点を兵庫県に置く、日本を代表する工作機械の老舗メーカーである。幸田氏は、長年、工作機械の技術開発をご担当されて、現在は、代表取締役 常務取締役として、大きな責任を持って会社の経営をリードされている。日本機械学会 生産加工・工作機械部門や、精密工学会など、筆者が関わる学会の役員を歴任され、大学非常勤講師の経験も持たれている。

幸田氏の講義の様子を Fig.2 に示す。



Fig. 1 精密加工が拓いた世界 本西氏



Fig. 2 母なる機械：マザーマシンの実力と今後 幸田氏

本西氏の講義と同様に、幸田氏の講義の主旨も、そのタイトルである、「母なる機械：マザーマシン」に集約されている。工作機械は、自動車、飛行機、家電などの身の回りのあらゆる機械をつくり機械であり、タイトルどおりの Mother Machine である。この分野で、日本は 1980 年代にアメリカを追い越して世界の座に立ち、その後現在に到るまで世界をリードし続けている。工作機械の出荷額は、その他の製造メーカーの設備投資に直結する景気のパロメータとして新聞などにも紹介されている。

幸田氏の講義は、「マザーマシンという、カッコ良い響きにあこがれて、この仕事に就いたのだよ」という言葉からスタートし、ノンストップで工作機械の各種技術を網羅した密度の濃い内容であった。機械系の学生は、機械加工実習を通して工作機械を触った経験があったが、そこに、さまざまな先端技術が注ぎ込まれていることを知り、講義内容に大いに興味を持ったようである。学生へのアンケートには、幸田氏の工作機械に対する強い思い入れを感じとり、工作機械業界への就職を考えたとの声もあった。

3. 3 特別講義のアンケート

特別講義には、Fig.3 に示す講義メモ兼アンケート用紙を配布した。

講義メモ

講義中に重要と思った事柄や印象に残った事柄を自由に記述させた。これは、学生に対してメモをとる訓練と講義に集中させることが目的である。そのおかげで、講義中に居眠りをするような学生は殆どいなかった。また、この講義メモは外部講師へもフィードバックし、学生が講義のどの箇所を重要と認識したのかを把握して次年度の講義へ反映して頂くことも狙いといた。

平成20年度精密加工学 特別講義レポート	年月日	平成 20年 10月 15日
学籍番号	氏名	
講演タイトル	精密加工技術が拓いた世界	
講師	① 特別講義の内容で印象に残った事柄、重要と思った事柄を箇条書きで記述して下さい。 ② 今回の特別講義に関する意見/感想を記述して下さい。	
	①・日本は 精密加工技術がすすんでいる。(キレノ、トヨクセ) ・精密加工による小型化で、少ない材料で加工品を作れるようになった。 これは、エジプトが、いる。 ・医療機器などの精密化、小型化により、人にもやさしいものを作れるようになった。	
	0.1 0.001 [mm]	

Fig. 3 講義メモ兼アンケート用紙

アンケート

講義に対する意見を、自由記述させた。講義は好評であり、学習意欲の向上、モノづくり企業への就職意欲向上などの効果が得られた。代表的な意見を以下に分類して記載する。

[特別講義に対する意見]

- ・企業の方の講演を生で聴けるのはとても恵まれていると思った。
- ・就活を迎えるこの時期に自分の進路を考えていく上でとても大切な授業であった。
- ・大学の授業とは違い、会社の利益を中心とした話は新鮮だった。

[学習の動機付け]

- ・積極性と観察力を伸ばせば、近大でもがんばれるのかなあと、勇気が出ました。
- ・精密加工学は社会が要求している技術なので、しっかり学習していきたいと思いました。
- ・大学院は行った方が良いのですか？

[モノづくり企業への就職意欲向上]

- ・私も一人の技術者となり、ハイレベルな工作機械を作って行きたいと思った。
- ・この仕事はとても楽しそうだ。
- ・僕も講師の方のように夢中になる仕事に就きたいです。

[実世界と大学との橋渡し]

- ・今学んでいることが何に使われているかを教えてもらえて良かった。
- ・別の授業で学んだ用語や考えが出てきたので、全ての授業の重要性を感じた。

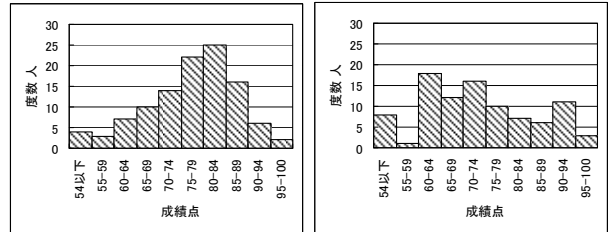
4 教育の効果

効果を図るには、計測可能な数値であるメジャーが必要である。実施計画にメジャーとして、①授業評価アンケートの評点、②定期試験の成績点、③大学院進学率、④ものづくり関係企業への就職率などを掲げていた。

③④は学科全体の大きな枠組みとして評価する必要があるため、ここでは、精密加工学の講義単独の効果を示す①②に関してまとめる。

Table 2 授業全体の10段階評点

プロジェクト	年度	評点 [()は偏差値]	
		精密加工学	学部平均
導入前	平成 18年	8.4 (55.1)	7.6
導入後	平成 19年	8.5 (56.2)	7.5
	平成 20年	8.3 (56.9)	7.5



(a)導入前(平成18年度) (b)導入後(平成19年度)

Fig. 4 プロジェクト導入前後の定期試験点数分布

①授業評価アンケート

本学の授業評価アンケートは、5段階評価による理解度、授業方法などに関する14の設問と、10段階評価による授業全体の評点の設問が標準設定されている。

プロジェクト導入前後の授業全体の10段階評点をTable 2に記載する。プロジェクトの導入後も、精密加工学は全学平均よりも高い評価を保ち続けている。()内に全学部における、精密加工学の評点の偏差値を示す。プロジェクトの導入後である平成19年度より偏差値が1~2ポイント向上した。これは、本プロジェクトの効果と言える。

②定期試験の成績

平成18年度と平成19年度の試験成績の度数分布を図1に示す。平成19年度は平均点が4.5点下がったが、逆に90点以上の好成績者の数が8(平成18年)→14(平成19年)と増加した。授業に興味を持って、学習を深めた好成績の学生数が増加した。一方、低成績の学生の比率も増加した。同程度の難易度の試験であったが、特別講義のために通常授業のコマ数が14→11と少なくなり、通常授業の内容が理解できていない学生数が増えてしまったようである。

5 まとめ

精密加工学に、東大阪モノづくり技術者育成プロジェクトを導入した事例を紹介した。授業評価アンケートの評点や定期試験の点数で教育の効果を示した。学生の講義アンケート結果にも、プロジェクトを好評価する意見が多く、学生、筆者、外部講師にとっては満足のいく教育が出来た。

プロジェクトの本来の目的は、産学協同の教育改善のしくみをつくることである。本プロジェクトに参加頂いた三菱マテリアルの本西氏には、平成20年度から機械工学科の外部評価委員として教育改善に活躍して頂いている。

このプロジェクトが単発的な活動として終わらせるのではなく、今後も学部全体に発展させて教育改善を継続的に行うように尽力する所存である。