信州大学の諏訪圏精密工業の活性化・人材養成への取り組み

The Case Study for Activation and Personnel Development of Precise Industry in Suwa Area in Shinshu University

中山 昇^{※1}
Noboru NAKAYAMA

杉本 公一^{※1}
Koh-ichi Sugimoto

山沢 清人^{※1}
Kiyohito YAMASAWA

The Suwa area is the typical place of precision processing. Since it corresponds to diversification of company needs, or the speed of technical innovation, the talented people who have problem solution capability are called for strongly. In this paper, new education program for engineering graduate courses and the achievements are described. In order to raise the engineer who can revive the industry in the future Suwa region, the new education program for industry-university cooperation performing practical personnel training was developed. The practice must be requiring to the feature of this new program. Since this program was created, the talented people who have problem solution capability were able to be educated.

Keywords : Engineering Education, Graduate Course, Industry Collaboration, Practical Education, Curriculum, Lesson & Lecture Method, Education Effect, Manufacturing, Engineering Education
キーワード：工学教育，大学院教育，産学連携，実践教育，カリキュラム，授業・講義法，教育効果，ものづくり，技術者教育

1. はじめに

諏訪圏域は「東洋のスイス」と称されたように、我が国はもとより世界を代表する精密加工の産業集積地域である。諏訪圏域の産業は、戦後の時計、カメラ生産などを経て、現在はプリンター、コンピュータ、ハードディスク等の電子機器及び情報通信、自動車分野製品の製造へと時代と共に移行している。企業ニーズの多様化や技術革新のスピードに対応するため、問題解決能力を有する提案型開発人材が強く求められている。

また、「1985年のプラザ合意以降の円高」、「大量生産拠点のアジア諸国への移転」という流れの中で、諏訪圏域の岡谷市の製造品出荷額は平成2年をピークとし、平成18年では約25%減少した。また、企業数、従業員数はそれぞれ50%、40%減少した。今後も、技術者の数は縮小傾向にある。さらに、エレクトロニクス化により求められる科学技術レベルは年々高くなるため、企業の自助努力だけでは生き残りが難しく、次世代技術であるスマートデバイスなどの新しい技術を導入する場合、「精密機械のエレクトロニクス化」により、加工のみではなく電気・電子、化学等の周辺技術の専門知識が必要となる。しかし、諏訪圏には人材養成の支援環境が整っていないという問題点がある。例えば、

信州大学工学部および繊維学部から諏訪圏は約80kmも離れている。そこで、基礎から応用まで超微細加工技術を一貫して教育するシステムを諏訪圏域に構築することで地域を再生化できるのではないかと考えた。つまり、諏訪圏に大学と連携した高度技術者の人材育成プログラムの開発と産学連携研究による先端技術の開発を行うことができる研究拠点を形成することで諏訪圏の地域が再生できるのではないかと考えた。

信州大学では、このような課題を解決すべく、平成18年度より経済産業省の産学連携製造中核人材事業「諏訪圏における超微細加工活用人材育成コースの構築」の予算で、大学院修士課程専門職コースのカリキュラムを開発し、平成20年度に正式な修士課程（専門職コース）を諏訪サテライトキャンパス（テクノプラザおかや）で開講するに至っている。

本論文では、企業在職者を対象にした実践的カリキュラムを構築し、各人が抱える課題（テーマ）を解決できるオンデマンド型中核人材育成を目指す産学官連携による実習・演習を必修とした実践的な大学院「機械システム工学専攻 専門職コース（通称）超微細加工技術者育成コース」のプログラムの内容とその成果を報告する。

2. プログラムの内容

将来の諏訪圏の産業を興すことができる提案型開発技術者、戦略的開発マネージャーを育成するためには、

平成21年3月31日受付

※1 信州大学工学部

個々の企業の抱える課題を教育プロセスに持ち込み、その課題を解決する教育過程で周辺技術のスキルを身につけるプログラムが有効だと考えた。即ち、個々の課題に即したオンデマンド型であることを特徴とするカリキュラムを構築した。しかも座学中心でなく、実習・演習・検証を中心とし、ものづくり人材の育成に即したものである。

専門職コースの概略図を図1に示す。個々の企業が抱える持込課題を修士研究のテーマとし、その研究内容を基に以下の分野の講義をオンデマンドでカスタマイズし、「理論・設計・シミュレーション・現物試作・検証と改善」のサイクルを通じて実践教育する。これによって提案型開発能力と戦略的技術マネジメント能力を育成する。

このような実習・演習を重視した実践的カリキュラムへの試みは従来の大学院教育の枠組みを大きくはみ出しており革新的であると考え、本大学院が目指すカリキュラムの要点は次のようになる。

- (1) 精密デバイスを加工する精密加工技術（素材、先端加工法、超精密金型）
- (2) 超精密計測・評価技術（超精密形状、物性特性）
- (3) 超精密デバイス・モジュール設計技術（システム設計、構造設計、熱解析、動的設計）
- (4) 制御技術・自動化技術（精密機構、精密制御方式）
- (5) 材料・処理・薄膜技術（超精密、微細部品、先端材料）
- (6) 開発管理技術（コスト、品質、生産方式、スケジュール管理、順法、環境等）

図1 専門職コースの概略図

これらのカリキュラムを基に、諏訪圏産業界が求める戦略的製品・技術開発能力と情報発信能力を磨き、ものづくりの諏訪を牽引するための問題解決能力と開発スキルを修得する。このカリキュラムの実現のためには諏訪圏の中堅企業が抱える開発キーパーソンの協力を得ることが必要不可欠である。

表1 カリキュラム一覧

分野	授業名	単位	担当	講義・実習 実施場所
精密加工	超精密加工実習Ⅰ（必修）	1		
	微細切削加工（CAD/CAM）実習		高島産業㈱	テクノプラザおかや
	放電加工実習		高島産業㈱	テクノプラザおかや
	切削加工実習		㈱みくに工業	テクノプラザおかや
	微細穴加工実習		㈱タイマ精機製作所	テクノプラザおかや
	切削加工の最適化実習		長野県工業技術総合センター	長野県工業技術総合センター（岡谷）
	超精密加工実習Ⅱ（必修）	1		
	精密光学素子加工実習		チノンテック㈱	チノンテック㈱茅野工場
	塑性加工実習（精密金型・プレス加工）		㈱ミズ工業	㈱ミズ工業
	超精密加工実習Ⅲ	2		
設計・CAE	超精密加工実習Ⅳ	1		
	超精密加工実習Ⅴ	1		
	超精密加工実習Ⅵ	1		
	超精密加工実習Ⅶ	1		
	超精密加工実習Ⅷ	1		
	超精密加工実習Ⅸ	1		
	超精密加工実習Ⅹ	1		
	超精密加工実習Ⅺ	1		
	超精密加工実習Ⅻ	1		
	超精密加工実習Ⅼ	1		
表面処理	超精密加工実習Ⅽ	1		
	超精密加工実習Ⅾ	1		
	超精密加工実習Ⅿ	1		
	超精密加工実習ⅰ	1		
	超精密加工実習ⅱ	1		
	超精密加工実習ⅲ	1		
	超精密加工実習ⅴ	1		
	超精密加工実習ⅵ	1		
	超精密加工実習ⅶ	1		
	超精密加工実習ⅷ	1		
計測・評価	超精密加工実習ⅸ	1		
	超精密加工実習⅙	1		
	超精密加工実習⅚	1		
	超精密加工実習⅛	1		
	超精密加工実習⅜	1		
	超精密加工実習⅝	1		
	超精密加工実習⅞	1		
	超精密加工実習⅟	1		
	超精密加工実習Ⅱ	1		
	超精密加工実習Ⅲ	1		
メカトロ技術	超精密加工実習Ⅳ	1		
	超精密加工実習Ⅴ	1		
	超精密加工実習Ⅵ	1		
	超精密加工実習Ⅶ	1		
	超精密加工実習Ⅷ	1		
	超精密加工実習Ⅸ	1		
	超精密加工実習Ⅹ	1		
	超精密加工実習Ⅺ	1		
	超精密加工実習Ⅻ	1		
	超精密加工実習Ⅼ	1		
管理技術	超精密加工実習Ⅽ	1		
	超精密加工実習Ⅾ	1		
	超精密加工実習Ⅿ	1		
	超精密加工実習ⅰ	1		
	超精密加工実習ⅱ	1		
	超精密加工実習ⅲ	1		
	超精密加工実習ⅴ	1		
	超精密加工実習ⅵ	1		
	超精密加工実習ⅶ	1		
	超精密加工実習ⅷ	1		

表1に上記の内容を考慮して作成したカリキュラムを示す。大きく分けて、「精密加工分野」、「設計CAE分野」、「表面処理分野」、「計測評価分野」、「メカトロ技術分野」、「管理技術分野」の6分野に分けることができる。講義・実習の開催場所は岡谷市の「テクノプラザおかや（サテライトオフィス）」や諏訪圏の企業内で行う。表1に示すカリキュラムより、諏訪圏の中堅企業および長野県工業技術総合センターが持つ個々の基盤技術である超精密加工技術を教材として講義・実習を行い、提案型開発技術者、戦略的開発マネージャーを育成することができるプログラムの内容となっている。

また、本カリキュラムは信州大学大学院工学系研究科機械システム工学専攻の教員だけではなく、電気電子工学専攻、物質工学専攻、繊維学部などの部局を超えた教員が講義・実習・演習を担当している。

本カリキュラムの特徴をまとめると次の通りである。

- (1) 超精密加工とその周辺技術の実習と演習を重視した（必修とした）実践的であり新しいカリキュラムである。
- (2) 超微細加工分野の戦略的開発技術者、提案型技術者などの高度ものづくりの中核人材を育成できる。
- (3) 企業の抱えている研究課題を修士研究課題として持ち込み、大学との共同研究により、課題を解決できる。つまり先端的研究成果が期待でき、企業力が向上する。
- (4) 諏訪圏内の企業をキャンパス（実習・演習会場）とし、企業の技術者を講師とし、工場に配置してある実機により実践的指導を行う。

3. 専門職コースの教育実績

3.1 これまでの経緯と実績

信州大学と（財）長野県テクノ財団と合同で経済産業省の平成18年度産学連携製造中核人材育成事業に「諏訪圏における超微細加工活用人材育成コースの構築」を申請し、同年6月8日に採択された。平成19年度は、

図2 超精密加工学特論Ⅲ（精密板金実習風景）

信州大学と参加企業10社および長野県工業技術総合センターによるカリキュラム作成と一期生12名を対象とした実証講義を行った。

平成20年4月から信州大学大学院修士課程「機械システム工学専攻専門職コース（通称）超微細加工技術者育成コース」として引き継がれ、一期生11名、二期生12名、計23名が大学院へ入学した。

平成20年度は7名が修了し、修士（工学）が授与された。

3.2 各分野の実績

(1) 精密加工分野

精密加工実習Ⅰ、Ⅱ、精密加工特論Ⅰ～Ⅳ（切削・研削・除去加工・塑性加工・射出成型・精密板金加工）の授業は信州大学教員5名、企業講師（補助員含む）28名により実施した。超精密加工実習Ⅰ（46時間・1単位）と超精密加工実習Ⅱ（36時間・1単位）を必修科目とし、企業の協力により各企業が得意とする加工技術力、ノウハウを動画、ビデオ、シミュレーションソフト等を活用した講義を実施した。実習では実機を操作しながら加工条件の諸設定で微細（微妙）に変化する“ものづくり”の極みを体験修得できる。

信州大学では超精密加工理論と応用の知識を修得し、サブミクロン、ナノレベルの精密さが要求される物の加工、問題解決能力と基礎～応用までの理論を修得できる内容とした。

図2、図3はそれぞれ超精密加工実習Ⅰと超精密加工実習Ⅱの実習風景である。

(2) 設計CAE分野

信州大学5名、企業講師2名により実施した。固体・熱流体解析学特論と固体・熱流体応用解析演習の授業は固体・流体の力学解析基礎、数値的解析、有限要素法等の授業から理論を修得できる内容である。

また、固体力学解析汎用ソフトウェアANSYS、熱流体解析汎用ソフトウェアFLUENTの操作方法を基礎的例題解析法等で演習体験する事で修得できる。

最適設計特論は民間企業の協力を得て、品質工学のSN比による評価技術を学習し、設計及び製造のパラメータを効率よく最適化する手法を事例研修でノウハ

図3 超精密加工実習Ⅱ（精密射出成型実習風景）

図4 めっき実習風景

ウを含め修得できる。

発明的問題解決理論も同様に、民間企業のTRIZ専門技術者に技術課題を解決するためのTRIZ理論の概要、課題解決ステップ（根本原因の追求・アイデア創出・アイデア練上げ・アイデア決定）一連の流れを演習により理解させ、具体的事例の問題解決と対策案の実施内容をレポート報告させた。

(3) 表面処理分野

信州大学3名、企業講師4名の講師により授業を実施した。

表面処理技術実習Ⅰ（熱処理・めっき）では企業の実機でテストピースに浸炭焼入れ・窒化処理・真空焼入れを行い、表面硬度・硬化層・金属組織を観察測定し金属表面処理技術を体得できる。

めっき技術では各種ニッケルめっきの条件変化による特性変化を評価分析し微妙な温度・pH・添加剤等の条件設定の重要性を実践体得できる。

表面処理技術実習Ⅱ（薄膜・洗浄）の真空技術では企業の実機でロータリーポンプの構造を理解し初歩メンテナンス方法、操作特徴等を実践体得できる。

洗浄技術では前処理の種類、超音波洗浄について真鍮薄板と真鍮細物切削品を題材に企業の実機で実践体得できる。

薄膜技術では電子デバイス製造分野で不可欠となる薄膜を、企業の蒸着装置とスパッタ装置を使い、成膜条件での品質（密着性、ムラ等）の違いを実践体得できる。

表面処理特論（ウェットプロセス概論・めっき実務概論・表面処理概論・真空技術・薄膜技術・洗浄技術）では機械部品等の特性（耐食性、硬度、耐磨耗性）を左右する重要な工程であり、各種表面処理について原理から実務まで幅広く学習できる。

先端材料学特論では先端材料の特徴や現在の研究動向を学び、新たな材料の存在と産業界への貢献で何が変化していくか等幅広い知識と情報を習得できる。

図4にめっき実習風景、図5に薄膜実習風景を示す。

図5 薄膜実習風景

(4) 計測評価分野

信州大学4名、長野県工業技術センター6名の講師により授業を実施した。

計測技術実習（講義含む）ではものづくりの基礎技術である測定について三次元形状物の測定での測定誤差の概念、測長器の原理、測定の基礎知識等を長野県工業技術総合センターの光応用測定器・三次元測定器等を操作しながら測定対象に適合した正しい条件で測定が実施できる測定技術を実践体得できる。

評価技術実習（講義含む）では部品の性状（耐磨耗性、残留応力、結晶粒等）を評価するため、磨耗に関する基礎知識をトライボロジー論で学び、表面性状の観察測定等を表面分析・材料分析論で学習できる。

観察・測定・原理については信州大学工学部・長野県工業技術総合センター（岡谷）の評価分析機器の実機を操作しながら「測定目的の選択、的確な測定技術」併せて観察結果の分析に必要な基礎知識について実践体得できる。

(5) メカトロ技術分野

信州大学3名、企業講師7名（補助員含む）の講師により授業を実施した。

また、本授業を実施するに当たり、工作機械精度・半導体設備・情報関連機器・超精密加工分野等は、今後さらに発展し、極めて高い精度が要求されてくるであろうと考え、この要求精度を確保していく要素・要因等を修得していくために「ボールネジ(直動案内軸受)」「リニアモーター駆動型エアスライド」機構の機械装置を2台開発設計製作し実機を用意した。図6にメカトロ講義・実習風景を示す。

精密位置決め技術実習（講義含む）では実機を操作決め機構の構成要素の選定、操作方法、ステージの運動精度（直進性測定、姿勢変化測定）・静剛性と熱変位（弾性変位測定、熱変位測定）・磨耗測定と測定構造等の原理を企業のノウハウを含め学習する事で位置決め精度に影響を及ぼす要因を修得した。併せて精密位置決め電機制御方法を講義及び実機で実践修得で

きる。

自動搬送講義・実習では空気圧アクチュエータとステッピングモータ、簡単なセンサーで構成した搬送装置をシーケンス制御で動かし、製品の除給材、搬送法等の基礎的な内容を実体験できる。

精密位置決め技術特論では汎用のパッケージソフトウェアであるMATLAB/Simulinkを利用して、制御対象の動特性計測及び制御系設計を効率的に行う方法について学習できる。

2台の位置決め実験装置で実験を行う事で、性能差を体験でき各駆動方式の特徴・特性が理解でき、制御系設計のための実用的アプローチ方法等を修得できる。

(6) 管理技術分野

企業講師7名（補助員含む）の講師により授業を実施した。

管理技術特論Ⅰ・Ⅱ・Ⅲは授業開始時に授業内容のオリエンテーションを実施し、受講生の現場管理の現状と認識度、感じている課題等を調査したうえで授業を実施した。

授業内容とカリキュラムは「QCDの基本的考え方」・「現場管理・改善に活かせる7つのキーワード」・「ムダ取り技術を軸とした目標原価達成へのアプローチ」・

(a) 精密位置決め技術実習

(b) 自動搬送講義・実習

図6 本プログラム用に製作した自動制御機器によるメカトロ講義・実習風景

「ものづくりの基点（企画品質）と品質の作り込み」の重要性を特論Ⅰ「現場管理基礎」・特論Ⅱ「品質管理」・特論Ⅲ「工程管理」で構成、開発技術者の果たす重要な役割を学習できる。図7に管理技術の演習風景を示す。

演習では「ボールペン」をツールに演習－1（作業改善・生産性）、演習－2（品質は工程で作り込む）、演習－3（工程設計と効率化ライン）を2班に分け事例研修を実施後、各グループで検討した高効率なラインを相互に発表しディスカッションで深耕を図った。講義実習終了後、受講生の自己レベルチェックを実施し受講前後の成果、課題の把握と必要なポイントの補講を実施した。

管理技術特別講義Ⅳは今後、重要であるとする知的財産・順法・環境・薬事法について、講師が国内外で実体験した事例を解説しながら学習した。

3.3 アンケートによる評価結果

各講義・実習・演習を行った後にアンケートを実施し、集計した。アンケート結果の一部を紹介する。

(1) 受講生の感想（原文のまま）

(a) 実際に加工することは初めてだったが、目に見えないような小さなものを素早く加工してしまうことに感動しました。微細加工の測定は、人間による誤差が非常に出ると感じた。測定にも技術が必要だと感じた。

(b) 実際にプログラムを入力して加工機を動かすこ

(a) 各班に分かれて演習

(b) 演習結果を報告（プレゼンテーション）

図7 管理技術の演習風景

- とができたので良かった。
- (c) 自分にとって専門外の内容もあるが、自分の可能性や未知の分野を追求（探求）したく取り組んだ。
 - (d) 自分の仕事の分野に直結する部分を見つけることが出来た。
 - (e) 新しい技術等の話が聞けて良かったです。社会人として、そのような技術の話の方が興味が持てます。
 - (f) 会社では教わらないことを教えてもらえて、自分の知識が高まり、会社で役に立てそう。
 - (g) ドリルメーカーについては、自社でも検討したいと思う 実際に簡単なプログラムを入力して加工機を動かすことができたので良かった。
 - (h) 何度か経験してみないと身に付くまではできませんが、CAD/CAM実習から切削までの流れが学べたのは良かった。
 - (i) 実際に加工が出来、体で感じ取れる部分があったので良かったです。
 - (j) 溶接は初めてでしたが、わかりやすかった。
 - (k) 素人の僕にも理解しやすいように教えて頂きました。
 - (l) 内容は難しいが直ぐに確認ができるので実習としてはやり易い。
 - (m) 本講義の応用というか、さらに高度な講義があれば受講したい。
 - (n) 個々で持ち寄ったサンプルで評価できたのは良かったと思います。
 - (o) それぞれの測定器に特徴があり、測定よりどの測定器を選択するのが、大切だと感じました。
 - (p) 基本をあらためて考えさせられた。
 - (q) 会社では教わらないことだらけだったので役に立つ。
 - (r) 品質管理をしていますが、三現主義の大切さをあらためて感じた。
 - (s) ものづくりをしない私の仕事の中にも、あてはまる部分が非常にありました。現在、工場内ではないですが、私の仕事の中で、標準をドキュメント化、5S、ムダ取りなど心がけています。まずは、自分から、そして社会の中へ。また、将来につなげていきたいと思っています。

表2 各講義の評価点数

科 目	評価点
超精密加工学特論Ⅰ	4.18
超精密加工学特論Ⅱ	4.06
固体・熱流体応用解析演習	4.17
最適設計特論	4.40
表面処理特論（ウェットプロセス概論）	4.25
表面処理特論（めっき実務概論）	4.14
表面処理特論（表面熱処理概論）	4.38
精密位置決め技術特論	3.54
管理技術特論Ⅰ	4.58
管理技術特論Ⅲ	5.00

- (2)「この授業は、今後のあなたの仕事に役立ちそうですか」との設問に対して、代表的な評価結果（平均点）を表2に示す。なお、この設問は講義のみである。評価点は、5：そう思う、4：いづらかそう思う、3：どちらともいえない、2：あまりそう思わない、1：そう思わない である。

表2よりほとんどの講義は4点以上であり、仕事に役立つ講義であったことがわかる。

以上の結果から、本大学院は「企業のニーズに合った講義を行う事で、受講生は知識を得ることができ、企業で力を発揮することが出来る」と有効性が確認されたと判断した。

4. おわりに

諏訪圏における精密工業の活性化および再生のために信州大学が取り組んでいる超微細加工技術を基礎から応用まで一貫して教育するシステムを構築した実施状況と成果について述べた。

本大学院のカリキュラムは実習・演習を必修とした実践的カリキュラムであり、提案型開発能力と戦略的技術マネジメント能力を育成することができると期待される。

今後も産官学による教育および共同研究により超微細加工技術者を育成することは重要な課題である。人材を育成するためには時間が必要であり即効性はないが、長いスパンで考えると人材育成こそ地域を再生する最適な手段だと考える。また、大学だけでは地域の基礎技術を底上げすることは難しく、県や市町村や地元企業と一緒に取り組むことが必要と思われる。

このような取り組みが全国に広がり、日本全体が再生し活性化することを望む。

謝 辞

本論文の取り組みは平成18～19年度経済産業省産学連携製造中核人材育成事業「諏訪圏における超微細加工活用人材育成コースの構築」の採択を受けた。また、実施に当たっては、長野県、諏訪圏域6市町村、(財)長野県テクノ財団、長野県工業技術センター、参加企業10社の協力を得た。ここに謝辞を表す。

著 者 紹 介

中山 昇
 学 歴 千葉工業大学大学院工学研究科
 精密機械工学専攻博士後期課程
 修了、博士（工学）
 現 在 信州大学工学部機械システム工
 学科
 連絡先 〒380-8553
 長野市若里4丁目17番1号
 e-mail: nobo@shinshu-u.ac.jp