

## 機械「ものづくり」教育カリキュラムの拡充

知能生産システム工学科（機械系） 佐田富 道雄，丸茂 康男

### 1. 緒言

知能生産システム工学科（機械系）における「機械工学実験」は、機械ものづくり教育の最重要科目の一つであり、これまで改善拡充がおこなわれてきた。現在の「機械工学実験」の内容は、平成14年度に改定がおこなわれてから3年経過し、いくつかの改善点が見出されてきた。そこで、平成18年度には新カリキュラムもスタートすることを考慮して、機械ものづくり教育の観点から「機械工学実験」をテーマごとに見直し、改善・拡充を行なった。

### 2. 実施概要

#### 2.1 機械ものづくり教育と機械工学実験の関連

図1に、知能生産システム工学科機械系における機械ものづくり教育のカリキュラム概要を示す。第1学年から第3学年にかけて、工学基礎科目、機械工学基礎科目、機械工学応用科目等の講義が設けられ素材から工業製品までの生産システムに関する教育が行われる。講義内容を、さらに理解し実際に応用するトレーニングをするために、実習、実験、実技科目（機械システム入門セミナー、機器創造実習、機器創造技術、機械工学実験、機械製図&FDG、設計製図）が設けられている。これらの実習・実験・実技科目は、機械工学における実践的ものづくり教育科目として位置付けられ、機械工学への導入と動機づけ、機械工学の基礎・応用知識・認識の習得、各種機器製作技術の習得、創造的な機器製作技術能力の育成、機器設計能力の育成、機械における様々な現象への直接的働きかけによる現象の理解と把握する能力の育成を目標としている。ここでは、これらの科目のうちの機械工学実験の改善・拡充を行う。

図2に、今回改善拡充を行う機械工学実験と機械工学基礎・応用科目との関連を示す。機械工学実験においては、基礎・応用科目の授業で得た知識・認識を利用して、機械ものづくりにおいて遭遇する機械工学諸現象の法則性を把握する鍛錬をするとともに、諸現象の認識を深める。

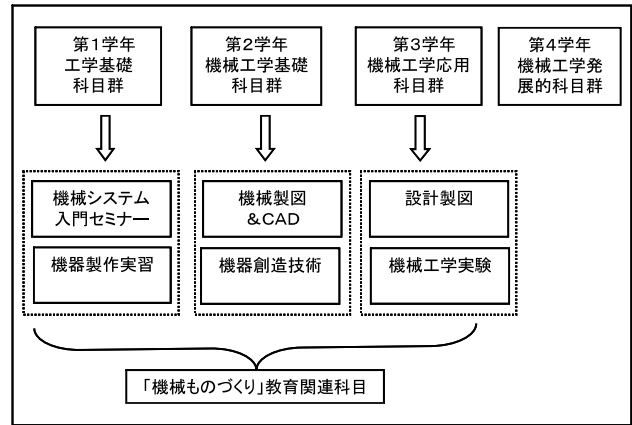


図1 機械ものづくり教育のカリキュラム概要

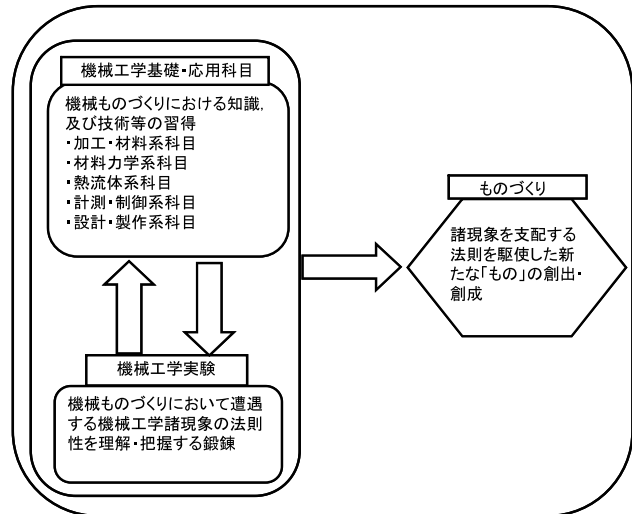


図2 機械工学実験と機械工学基礎・応用科目の関連

#### 2.2 改善・拡充の概要

図3に、機械工学実験の主要分野と実験テーマを示す。これらのテーマの内容に関して、改善・拡充が行われた。以下に具体的な改善・拡充の内容を報告する。

##### 2.2.1 加工・材料系（担当：安井，峠，岩本，外本）

加工・材料系の実験では、超精密切削加工、ラッピング加工による金属面の高精度仕上げ、溶接部材の評価と金属組織観察についての実験を行う。

超精密旋盤を用いた超精密機器製作実験では、超精密切削技術によるものづくり実習を行っている。この実習では、学生に工具種類の違いによる仕上げ面粗さを評価させるとともに、切削加工における表面粗さを理論的に導出させ、導出した理論値と実験値との違いについて考察させている。今回の改善では、加工した材料表面の凹凸をより詳細に観察・評価するために、顕微鏡観察を取り入れた。この改善によって、加工表面の詳細観察が可能となり、「ものづくり」における高精度加工面の切削加工技術を用いた創成の重要性を学生に伝えることができる。

溶接材の超音波探傷実験・金属組織観察実験においては、「ものづくり」の中核技術である溶接などの加工において発生する欠陥を、試験、検査する手法について学ぶ事を目的としている。超音波探傷実験では、接合部位に発生した欠陥を超音波で探索しその分布を明らかにする実験を行っている。今回の改善では、部材

<b>加工・材料系</b> 担当：安井、峠、岩本、外本	超精密機器製作実験 硬脆材料および延性材料のラッピング加工実験 溶接材の超音波探傷実験と金属組織観察
<b>材料力学系</b> 担当：森、波多、丸茂、阮	引張試験 曲げ試験 圧縮試験
<b>熱・流体系</b> 担当：川原、加野、吉川、宗像、小糸、藤原	管内の速度、流量および圧力損失の測定 遠心ポンプの性能試験 熱交換器の伝熱特性 レーザー光の干渉を利用した速度計測
<b>計測制御系</b> 担当：水本、山口、公文	振動の実験1 振動の実験2 振動の実験3

図3 機械工学実験の主要分野とテーマ

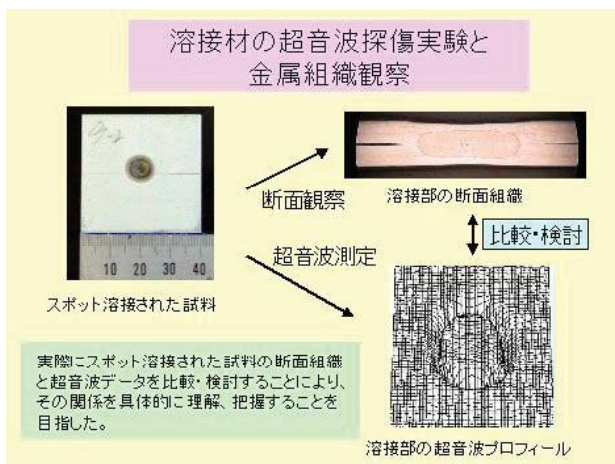


図4 改善事例（「溶接材の超音波探傷実験と金属組織観察」、担当：岩本、外本）

接合部を切断し、その断面形態を実際に確認させることにより、超音波による像との関係を具体的なイメージとして理解させるようにしている（図4）。

### 2.2.2 材料力学系（担当：森、波多、丸茂、阮）

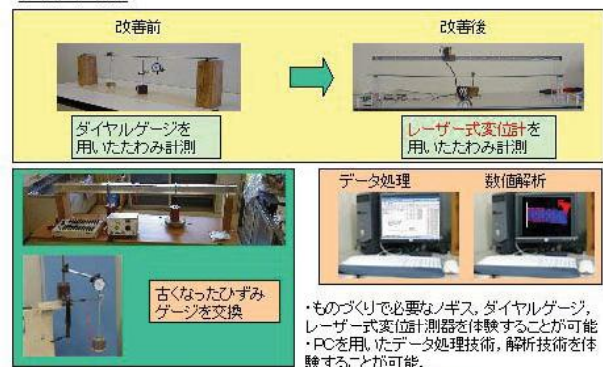
材料力学系では、機械ものづくりの基本となる金属材料の基本的試験法である引張試験、圧縮試験及び曲げ試験について実験を行う。

引張試験では、これまで、ひずみを弾性域用ひずみゲージを用いて計測を行っていた。今回の改善では、塑性域用ひずみゲージを用いるようにした。これによって、学生は材料の引張特性を十分に理解できるようになる。

はりの曲げ試験では、応力・ひずみ、たわみの計測実験、数値解析を行っている。計測実験において、はりの寸法をノギス、ダイヤルゲージなどの計測器を使い測定させている。今回の改善では、さらにレーザー式変位計による変位計測もできるようにした。また、パーソナルコンピュータを用いたデータ処理技術に加えて、解析技術の体験もできるようにした（図5）。

圧縮試験では、アルミニウム試験片を用いた圧縮試験とコンピュータを用いた材料の変形シミュレーションを行っている。今回の改善では、変形シミュレーションを高速化し、シミュレーションによる実験を効率的にしている。

#### 曲げ試験



材料力学をより良くイメージして修得することが可能となり、ものづくりにおける設計・強度解析において役立てられると考えられる。

図5 改善事例（「曲げ試験」、担当：波多）

### 2.2.3 熱・流体系（担当：川原、加野、吉川、宗像、小糸、藤原）

熱・流体系では、機械ものづくりにおいて重要となる熱や流体の移動についての実験を行う。

管内の速度、流量および圧力損失の測定に関する実

験では、円管内を流体（水あるいは空気）が流れた場合の圧力損失・流量等を実測し、流れの圧力損失の評価法および各種流体計測法についての理解を深めることを目標としている。今回の改善では、差圧センサおよび流量センサの検定を実施し、計測器の精度や検定の必要性・重要性を理解させることができるようになっていく。

熱交換器の伝熱特性実験では、シェル&チューブ式熱交換器に温水と冷水を流し、流量および温度分布を測定して、熱交換器の伝熱特性について実験学習する。今回の改善では、温度計測に利用する熱電対を学生に製作させ、それを実験装置に取り付けて温度測定するようにした。これにより、熱工学において最重要事項のひとつである温度測定の原理を理解できるようになっている。また、温度測定点を増やすことができ本実験を効率的に行うことができるようになった。

レーザ光の干渉を利用した速度および変位計測実験では、位置や速度の高精度計測技術であるレーザー計測技術を用いて計測実験を行っている。今回の改善では、フラットスピーカ採用による振動の高精度化、デジタルストレージユニットの採用によるデータ記録の高速化および大容量化、高速応答光センサ（SiQ フォトダイオード）の採用による波形精度の向上、カメラを通したモニタリングによるレーザ光観察の安全化を達成した。これにより、実験内容に対する理解および実験時の安全性の向上を達成できた。

遠心ポンプの性能試験では、遠心ポンプの性能試験に加え、今回の改善では、遠心ポンプの分解と組立て作業も行うようにしている。この改善によって、設計者・製作者の視点からその構造や仕組みを理解させ、さらに、ものを造るにあたって何を学ばなければならないかを自発的に意識させることができる（図6）。

**2.2.4 計測制御系（担当：水本，山口，公文）**

計測制御系では、振動とその測定、共振振動の解析、振動制御の実験を行っている。今回の改善では、センサー信号のD/A変換器を介したSFへの取りこみを効率化し、実験時間の大幅短縮と耐久性向上を達成した。また、計測周期の高速化・対応ソフトウェアの高機能化により詳細な実験データの収集を可能にした。これにより、さらに発展的なレポート課題を設定することが可能となっている。また、OFUメータも導入し、実験を効率化し複数の測定手段による測定結果を比較させることを可能にした（図7）。



図6 改善事例（「遠心ポンプの性能試験」，担当：吉川，宗像）

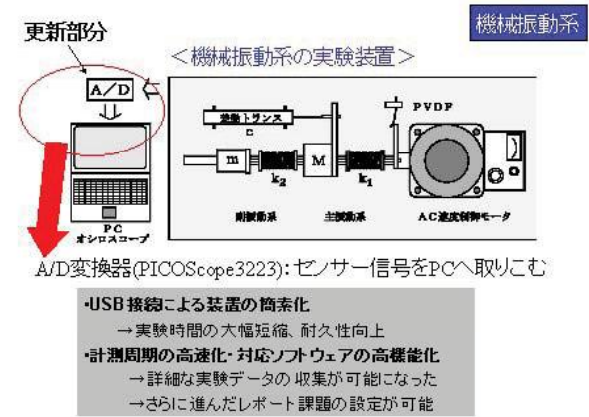


図7 改善事例（「振動の実験」，担当：水本，山口，公文）

**3. 結言**

1. 平成14年度の開始から3年間経過し、テーマごとに見出された改善点を、改善・拡充することができた。
2. 今回の改善・拡充によって、学生に機械ものづくりの基本を、効果的に習得させることができる。
3. 今回の改善・拡充プロジェクトは、実験担当者が機械工学実験を「ものづくり教育」の観点から見直す良い機会となった。
4. 平成19年度のMDEHHの更新審査を控え、機械工学主要科目を学科をあげて改善・拡充できた意義は大きい。
5. 今回の改善・拡充をスタートとして、今後、改善・拡充を進め、「機械ものづくり」教育をさらに向上させていく。