

(資料)

## 機械工学科における計測オートメーションの 実践教育の取り組み\*

本 田 知 宏\*\*  
森 山 茂 章\*\*

### Engineering Education using the Virtual Instrumentation Software in Mechanical Engineering

Tomohiro HONDA and Shigeaki MORIYAMA

**Key Words:** Engineering Education, Mechanical Engineering, Instrumentation, LabVIEW

#### 1. はじめに

福岡大学機械工学科の教育目標は、社会のニーズを的確に把握して機械の開発・設計・生産ができる技術者を養成することである。そのため、材料力学、機械力学、流体工学および熱力学など機械工学の基幹科目について、十分な単位を配当している。さらに機械要素設計、機械加工、機械制御、設計製図、実験実習など設計・生産に関する科目や卒業研究を通して、学生が自ら問題意識を持って学習に取り組める環境と設備が整備されている。

しかし、現実には、これらを習得するのに、規定の4年間を超える期間を要する学生も少なからず存在する。その一因は、機械工学を学ぶ上で必要な初等力学と数学について、十分な理解がなされないまま入学してしまったことがあげられる。そこで、本学科では、物理学・数学と機械工学の専門科目との関連付けを念頭に置き、その橋渡しを意識しながら、機械工学に必要な基礎学力の向上させることを目標として、平成12年度より、1年次生を対象とした「機械工学基礎演習」(前期週1コマ1単位)を開講している。当初は、少人数クラスによる個別指導を主体とした導入教育の形態をとっていた。その結果、基礎的事項の修得や学習意欲の向上は見られたが、目的である専門科目の基礎力はあまり向上しなかった。そこで現在では、授業方法を変更し、試験を中心とした内容として、学生の自学自習を促している。もちろん、

この科目だけで専門科目の基礎力が大幅に向上することは期待できないため、数学や物理学など他の基礎科目と専門科目との関係を学生が意識できるように、カリキュラムを改善する必要性を感じている<sup>(1)</sup>。

以上のように基礎力養成について十分な配慮をしているが、機械工学科の最終目標は、ものづくりに携わる技術者を養成することである。したがって、専門教育科目においては、開発、設計、生産技術など、製造業との関わりを、学生が常に意識して学べるような環境(カリキュラム)を提供する必要がある。そのような環境のひとつに、計測システムがあげられる。現在、製造業のみならずあらゆる分野において、物理量の測定にはコンピュータを介した自動計測システムが使用されている。機械工学科においても、環境調和型ヒートポンプシステムや生体工学に関する実験装置には、計測オートメーションソフトウェア LabVIEW によって開発された計測システムが利用されている。このソフトウェアは比較的短期間で修得することが可能であり、さらに、開発期間と費用を大幅に圧縮することができ、開発されたプログラムの完成度が高く、システムの運転、監視、管理が容易であるという利点がある。近年、産業界においても、本計測ソフトウェアは急速に普及しつつある。

そこで、機械工学科では、製造業における計測自動化の意義と概念を学生に教授するとともに、計測自動化ソフトウェアを利用したプログラミングおよび設計の実践体験を通して、計測オートメーションの素養を備え、生産プロセスの自動化に対応できる人材を育成するための新たな取り組みを開始した。このような計測システムを

\* 平成19年5月31日受付

\*\* 機械工学科

体系的に学習するカリキュラムを学生に提供するためには、先に述べた基礎学力のレベルを勘案した学習プログラムであることが肝要である。さらに、初学者に対する導入教育の手法を確立するだけでなく、教育効果の評価法についても検討しておくことが大切である。

本取り組みは平成16年度より3カ年にわたって福岡大学の「特色ある教育の推進」に採択されるとともに、経費の一部は日本私立学校振興・共済事業団による「高等教育研究改革推進経費」の補助を受けて実施したものである。本報では、その概要と結果を報告する。

2. 取り組みの概要

2.1 プログラミング環境の整備

計測オートメーションソフトウェアの学科サイトライセンスを導入した。中心となるソフトウェアは、前述の計測オートメーションソフトウェア LabVIEW である。本ソフトウェアは Windows, Mac, Linux のいずれにも対応しているため当学科各研究室が所有している全コンピュータのプログラミング環境に合わせてインストールをすることができる。また、学科メンテナンスという年度更新を行うことで、常に最新のバージョンの使用が可能となっている。

実験室既設の計測用レコーダと LabView を組み合わせた計測システムの機能を確認するとともに、プログラミングにおける注意点（命令シーケンスのタイミング調整等）を明らかにした。平成16年度には、まず、熱工学実験室と機械設計研究室の卒業研究および大学院の機械設計特論において、プログラミングセミナーを開催した。また、温度センサーのステップ応答に関するサンプルプログラムの一部は講義でも提示し、本プログラムの有効性を示した。

2.2 導入教育に関する検証

初心者に対する教育効果を検証するために、受講者24名に対して指導者1名、パソコン8台を使用して1.5時間×5回のセミナーを実施した。3名ずつのグループで簡易マニュアルを使用した学習によって、C言語や VisualBACIS 等によるプログラミング経験の有無に関わらず、約7割の学生が配列計算、繰り返し、ループ、条件判別、グラフ作成などの基本事項に関しては習得できることが明らかになった。

ここで、プログラミングの初心者に対する導入教育用の例題を示す。逆正接関数  $\tan^{-1}x$  は、 $|x| \leq 1$  において Eq.(1) の級数展開が可能である。

$$\tan^{-1}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(x) \tag{1}$$

$$\text{ここに } a_n(x) = (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{2n+1} \tag{2}$$

ここで、Eq.(1) において  $x=1$  とおくと、左辺は  $\pi/4$  であるから、この級数を用いて  $\pi$  の値を計算することが可能となる。しかし、次の Eq.(3) の展開式を Eq.(1) の級数で計算すると、少ない項数で  $\pi$  の値に収束することが知られている。

$$\pi = 4 \left( 4 \tan^{-1}\left(\frac{1}{5}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{1}{239}\right) \right) \tag{3}$$

Fig.1は Eq.(2) を、Fig.2は Eq.(3) を計算するためのプログラムのブロックダイアグラム、Fig.3はその結果を出力したフロントパネル画面の出力例である。プログラムの特徴は、(1)  $(-1)^n$  を  $n$  の値が偶数であるか、奇数であるかで判定している、(2) 長方形の for ループによって級数の和を求められる、(3) 級数の収束状況を確認するために級数の和の途中経過を記憶する配列が for ループ上に自動的に生成される、(4) Fig.3の配列の表とグラフは、LabVIEW で提供されるアイコンをドラッグすることで作成できる。したがって、オペレーティングシステムに依存せず、また、フローチャートや

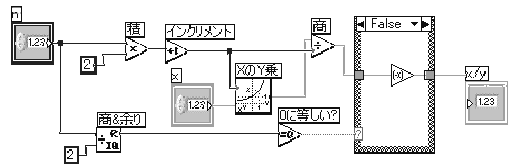


Fig.1 Block diagram for Eq.(2)

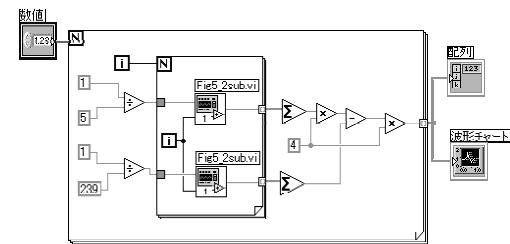


Fig.2 Block diagram for Eq.(3)

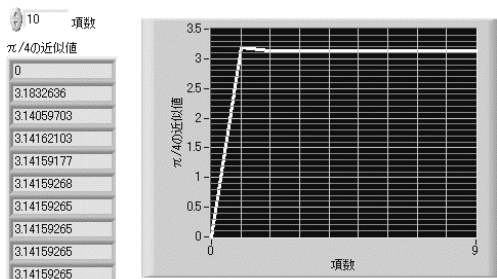


Fig.3 Front panel output of the calculation of Eq.(3)

PAD 図を描くことなく、アルゴリズムを視覚的に確認しながらプログラムを作成することが可能である。

### 2.3 アプリケーションの開発

既存アプリケーションソフトウェアとの連携を確かめるため、PROPATH<sup>(2)</sup>で提供されている熱物性値計算プログラムライブラリの中から、5物質(水、二酸化炭素、HFC134a、空気、アンモニア)について、LabVIEW上で実行するための計算モジュールを作成した。これは、PROPATHのサブセットであるWindowsPC用のE-PROPATHで提供されているDLLファイルを、LabVIEW上で利用できるようにしたものである。ソフトウェア側のDLLファイル取り込み機能を利用することで、プロパス関数のアイコンを作成し、初心者でも簡単に熱物性値の計算過程をプログラムに組みこむことができる。したがって、実験装置のデータ取得からデータ解析までを一つのソフトウェアで処理することが可能となる。

Fig.4およびFig.5は水のT-s線図を描くプログラムおよびその出力である。蒸気表を引く操作がアイコンで提供されるため、蒸気表を作って図を書くという操作に専念することができる。すなわち、グラフィカルに確認しながら作業を進めることができる。

### 2.4 学習用テキストの作成

平成16年度と17年度において、導入教育に適したサンプルプログラムを開発・集積し、平成18年3月に57ペー

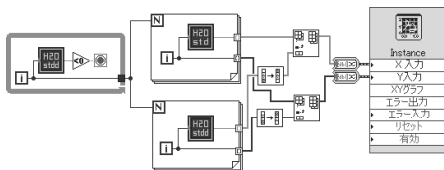


Fig.4 Block diagram for T-s diagram of water (H<sub>2</sub>O)

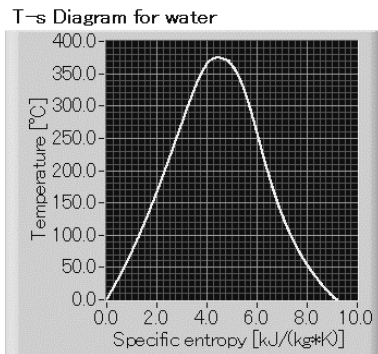


Fig.5 Front panel output of T-s diagram of water (H<sub>2</sub>O)

ジの本文と3枚の付録図で構成される入門解説書<sup>(3)</sup>を作成した。これは、平成18年度より機械工学科2~4年次の希望者に配布して自習を勧めている。

### 2.5 学習用ハードウェアの整備

製造および生産プロセスを模擬的に体験できる機器としてFig.6に示すNI-Elvisを7台導入した。これは、機械工学科のカリキュラムにはない電子回路の製作実習にも適している。本機器を用いて電子回路を学習するためのテキスト<sup>(4)</sup>も公開されている。電気抵抗、コンデンサ、トランジスタ、カウンタ等を準備し、テキストに従って自習が可能である。そこで、機械工学科4年生3名に自習により電子回路の基礎をマスターする課題を与えた。しかし、電子回路を組んだ経験のない学生が自習によって学習を進めることは困難で、きめ細かい指導が必要であった。

### 2.6 結果の公表

本取り組みに関する成果発表を行い<sup>(5)(6)</sup>、工学系大学の教育研究者との意見交換を行った。

## 3. 教育プログラム試案

導入教育については、90分×5回程度の時間で一通りのプログラミング技法の習得が可能である。しかも、30名程度のクラスであれば、1人の教員による十分な指導も可能である。一方、電子回路の製作実習について学習効果を高めるためには、実習の初期(3時間2コマ程度)において教員1人に対して学習者10名を限度としてきめ細かく指導する必要がある。したがって、正課のカリキュラムとして、プログラミングと電子回路の実習を完全に行うのであれば、通常の実験・実習程度(3時間×15週で2単位)の半分程度の時間を配当することが必要となる。また、ティーチングアシスタントの導入も必要となろう。しかし、グラフィカルインターフェースに優れた計算ツールとして使用するのであれば、導入教育(90分×3コマ)で十分である。



Fig.6 NI-Elvis

#### 4. おわりに

当初は、USBを介した安価なAD変換モジュールや画像集録ボードも使用して、画像処理を伴う自動計測システムに関する教育も実施する予定であった。しかし、現状では、電子計測や画像処理の基礎をどのように教育するかを検討を先に行うべきと考えている。今後は、学生の自主的な学習意欲を効果的に高めるために、どの年次にこのような教育プログラムを配当するのが良いかを慎重に検討したい。本教育が提供する自動計測に関する知識は、技術者が備えるべき重要な要素のひとつである。近い将来、本プロジェクトの成果を土台にして、工学系の基礎科目として展開できるような教育プログラムの完成を目指している。

#### 参 考 文 献

- (1) 森山茂章, 一年生を対象とした機械工学の基礎学力向上の試み, 平成17年度工学・工業教育研究講演会講演論文集 (2005), 44-45.
- (2) プロパス・グループ, PROPATH: 熱物性値プログラム・パッケージ, 第11.1版 (1999)
- (3) 森山茂章, 学生配布用テキスト LabVIEW ではじめるプログラミング (2006), 57ページと付録図3枚
- (4) バリー・ペイトン, NI ELVIS 入門 (2004), National Instruments Corporation
- (5) 本田知宏・森山茂章, 機械工学における計測オートメーションの実践教育の取り組み, 日本機械学会九州支部第59期総会講演会講演論文集 No.068-1 (2006), 113-114.
- (6) 本田知宏・森山茂章, 機械工学における計測オートメーションの実践教育プロジェクト, 平成18年度工学・工業教育研究講演会講演論文集 (2006), 688-689.