# 低学年の専門導入科目における in situ 実験の導入と効果

徳井　直樹[*1]，河合　康典[*2]，田屋　悦子[*3]，瀬戸　悟[*2]

# Introduction of *in situ* experiments in early-stage engineering education and its teaching effectiveness

Naoki TOKUI, Yasunori KAWAI, Etsuko TAYA and Satoru SETO

This paper reports on a new engineering education method based on *in situ* experiments performing in classroom in the lower college years. We call this early-stage engineering education method "*in situ* experiment". Until now, various basic laws taught in the class have been checked in experimental laboratory later, but not in time in classroom. We think that this time lag between the teaching and experiment results in the incomplete knowledge about the basic laws. Our proposed education method is an effective method to resolve this problem. In this paper, we describe some examples of the "*in situ* experiment" introduced in some special subjects and report result of the questionnaire from students.

KEYWORDS: *in situ* experiments, active learning, early-stage engineering education, engineering education

## 1．　はじめに

高専教育の特徴は，中学を卒業した段階で専門分野を選択した学生を受け入れ，入学直後からの専門教育を特徴として教育を行なっている．本校の電気工学科においても，この "早期専門科目の教育" を実施し，低学年では，基礎的な内容の専門科目を実施している．

ところが，学習内容の理解がなかなか進まず，高学年になっても専門知識が定着していない事例があり，学年が進んでも専門科目に興味を持てない学生が存在する．

そのため，低学年のうちに専門科目への興味を持たせ，積極的に学習を進めていけるような教育方法を検討した．これまでのように高学年と同様な教室で実施する座学中心の授業形態は，学年にあわせて内容の難易度を下げても集中力を維持することが難しく，教えられている内容が抽象的な面が多いために理解しにくいことが理解を妨げる原因として考えられた．

そこで，教室での授業のなかに簡単な実験を授業内容に合わせて時間を置かず"その場"で積極的に導入する方法を行った．我々はこれを in situ 実験と呼んでいる．授業中に話題となっている内容が，その場（in situ）で実験装置を使って確認させて，授業の理解と定着を図る教育方法である．

本論文では，in situ 実験の導入方法と事例，お

[*1]石川工業高等専門学校電気工学科 (Dept. Electrical Engineering, Ishikawa National College of Technology)
〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ１　E:mail:tokui@ishikawa-nct.ac.jp
[*2]石川工業高等専門学校電気工学科 (Dept. Electrical Engineering, Ishikawa National College of Technology)
[*3]石川工業高等専門学校技術教育支援センター (Technology and Education Support Center, Ishikawa National College of Technology)

よびその教育効果についても報告する.

## ２．　従来の授業と学生実験

石川高専電気工学科においても，専門科目の授業を１学年から実施している．そのうち，学生実験は，２学年から５学年の前期まで導入されている．本章では，従来からの授業と学生実験との連携体制について説明する.

### ２．１　１，２学年における学生実験

１学年で行っている専門科目の授業内容は，その後の専門科目で用いる数学を取り上げた “電気数学”，電気工学全般の導入科目としての “電気工学基礎”，および，ディジタル回路の基礎を学ぶ “計算機工学基礎” などの専門科目の基礎的な内容となっている．これらの科目の授業形態は，従来型の教室での座学による教育方法である.

一方，学生実験は２学年から導入され，ほかの専門科目と連携して授業で学んだ内容を確認する実験を行ってきた．この実験では，少人数のグループに分かれて実施している．各グループは，数週間一つのテーマに取り組み，実験の最後にはレポートをまとめて提出している．ただし，複数あるテーマは全員が同じスケジュールで実施するわけではなく，それぞれのテーマを数回ごとに交代する方法を採用している．これは，実験に用いる機材台数に制限があることが原因の一つにある。加えて教員や技術職員のサポート人数も限られているために，一斉に実験を行うことが出来なかった.

### ２．２　３学年，４学年前期，５学年前期における学生実験

第３学年以降では，徐々に専門科目の授業が増えている．それに伴い，学生実験でおこなうテーマや授業時間を増やして座学中心にならないよう対応してきた．また学生実験をテーマごとに一斉に行う方法は，第４学年の半分ずつの学生に対して行っている．これは週交代による方法で，比較的装置の数がそろっている実験群と装置の数が少ない実験群をまとめてスケジュールを組んで実施している.

この比較的装置の数がそろっている実験群は，同じテーマをクラスの半分に対して一斉実験として行っている。その際、クラスの半分を数人のグループに分けて，それぞれ一つの装置を囲んで行っている.

一方，装置が少ない実験群は，測定装置や機材が大型であったり，高価である場合が多い．そのため，グループごとに交代で実験を実施せざるを得ない状況である.

### ２．３　４学年後期における創造工学実験

第４学年後期において，創造工学実験を実施している．この実験では，与えられた大まかなテーマから自分たちで目標を決めて，一つのものを作り上げる，ものづくり創造教育である．学生たちは大きく四つのグループに分けられ，またそこから数人ずつのグループに分かれて実験に参加している．これまで学んできたことを生かしつつ，それぞれのテーマに取り組んでいる.

### ２．４　従来の学生実験における問題点

学年が進み専門科目が増えるにつれ，電気工学科の専門内容に興味が持てない学生が存在し始める．これらの学生は，早くから成績が低迷し，さらに学習意欲が減退するという悪循環に陥っているケースが多い．また，彼らが専門科目に興味が持てなくなった時期を尋ねたところ，第１，２学年の専門科目の授業がよく理解できなかったことも原因の一つであるという意見が多かった.

学生の興味を引き出す必要性から，低学年で実施する学生実験は，なるべく少人数のグループできれば１人で実施して，それぞれが教材を使って一斉に行う実験形態が好ましい．この一斉実験の形態はグループでテーマを廻しながら実施する実験とは異なり，授業の進度にあわせて実験を実施できる利点がある。しかし，教材や人員の配置の関係から実現が難しかった.

## ３．　in situ 実験の導入

### ３．１　導入により期待される効果

低学年のうちに，専門科目の学習に興味を持ってもらうためには，なるべく手を動かしたり実際の動作を見てもらうような授業形態が効果的であると考えられる．特に電気工学では目に見えない電

気を扱うためにこの授業形態は効果的である．ただし，教室での授業と，動作を確かめさせる実験との間隔が開いてしまうと，効果が薄れてしまうことが危惧された．

そこで，授業内容に合わせて実験を取り入れ，さらに実施場所も教室内でおこなう方法を導入した．これは，in situ（その場）実験といい，授業で習った法則などを教室での実験により，時間的・空間的（実験室に移動することなしに）にその場で確認させて理解を深めてもらうことを目的としている．

この in situ 実験は，学生一人一人あるいは少人数のグループで行い，彼ら自身で実験装置を自ら操作して体験させる．また，装置によっては教員が実験を行い，授業内容を確認させる演示による方法も採り入れている．

この in situ 実験の実施内容は、各科目のシラバスで大まかな明示している．例えば表１は 1 学年後期の科目である ”計算機工学基礎 ”のシラバスの抜粋である．この科目の場合は in situ 実験の実施回数が多く，半期 15 週で 6 回の in situ 実験を実施しているが，科目によってはこれより少ない科目もある．

**表１**　シラバスでの in situ 実験の記載例

【後期】
第１週　コンピュータの概要
第２週　コンピュータでの数の表現と論理代数
第３週　基本論理回路（１）　in situ実験
第４週　基本論理回路（２）
第５週　基本論理回路（３）　in situ実験
第６週　組合せ論理回路（１）
第７週　組合せ論理回路（２）　in situ実験
　　後期中間試験
第８週　組合せ論理回路（３）
第９週　フリップフロップ（１）　in situ実験

### ３．２　導入により発生する問題点

学生に体験させる方法では，教室の机上で取り扱うことができる小型で軽量な装置が必要である．また，電源の確保も困難となる場合が多いため，乾電池や充電池で動かすことが重要となる．さらに，実験装置はクラスの人数分を用意する必要がある．

演示による方法では，教卓の上で実験装置を使い実演を行う．教卓でおこなっている実験は，書画カメラと呼ばれる動画カメラとプロジェクタを使ってスクリーンに投影している．また，実験に用いる装置も小型軽量であることが望ましい．

in situ 実験の導入により，授業中の進度が遅くなる傾向がある．そのため，座学だけで実施していた授業に比べて，その授業全体で教えることができる項目や内容を削減せざるを得ない．これについては，授業内容を精査して，重要な部分や学習の理解に必要な部分を中心にカリキュラムを組み立てていくことで解決している．

また，in situ 実験では実験指導が教員 1 名では，全体に目が届きにくいため，他の教員や技術職員の応援で対処している．

### ３．３　in situ 実験と創造工学実験や卒業研究への連携

in situ 実験の導入にあたって，授業の内容と学生実験の内容を整合させるために，電気工学科教員で検討を行った．その結果，これまで授業内容を確認するための学生実験の項目は，in situ 実験で確認できるため廃止することにした．それに代わり本来の低学年の学生実験では，これまで学習した内容を応用して，学生自らが考えて実験するテーマを低学年から導入することとした．さらに同じテーマを同時に一人一人が行う一斉実験の方式を出来る限り取り入れることにした．

図１に示すように，低学年から in situ 実験により，確認，検討，計画，実行のスパイラルを経験させていく．これらのスパイラルアップにより，第４学年で実施する問題解決型の創造工学実験や，卒業研究で自主的に行う習慣につなげていくことを目指している．

## ４．　in situ 実験の導入事例

本校電気工学科の学生を対象にした授業で，in situ 実験の導入事例を示す．“電気工学基礎” と “計算機工学基礎” は，第１学年を対象にした授業で，実験装置を使って in situ 実験を行った事例である．“電子回路Ｉ” は，第３学年を対象にした授業で，教員の演示によって in situ 実験を行った事例である．“電気電子工学基礎実験Ｉ” は，第２学年を対象にした学生実験で，in situ 実験の導入に伴う実験方法の見直しを行った事例である．

### ４．１　“電気工学基礎” における事例

“電気工学基礎” は電気回路と電気磁気学の基礎的な内容の授業を行っている．

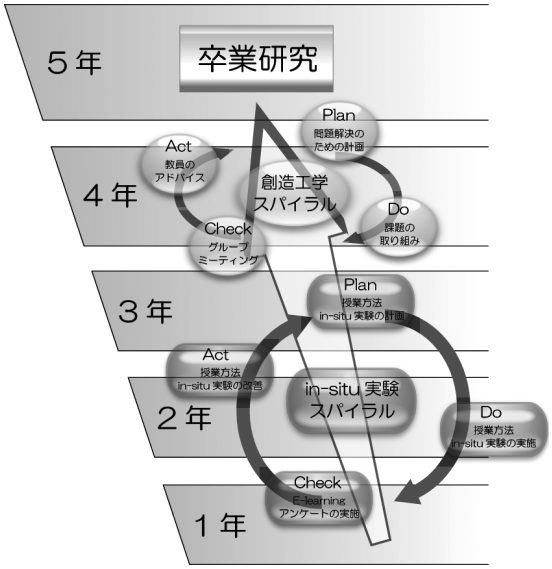


**図1**　in situ 実験と創造工学実験や卒業研究との連携

この授業における事例の一つは，電磁力とその応用である直流電動機の原理を理解するため，小型の直流モータを製作させた．竹串，ネジ，コイルを用いて回転子，クリップでブラシ，アルミテープで整流子を製作し，磁石を取り付け，電池を接続してモータが回転することを確認した．１人１個ずつ製作して全員がそれぞれ体験している．図２は製作風景である．

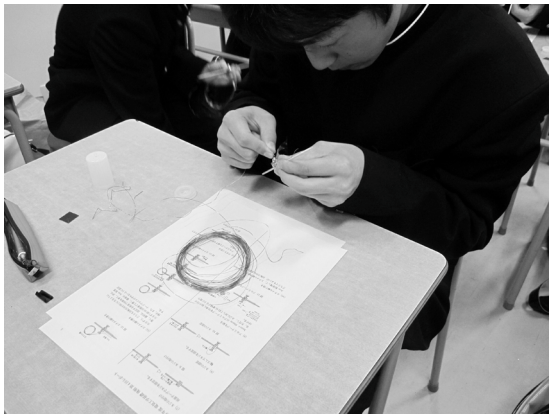

**図2**　小型直流モータの製作風景

また，別の事例では，電気回路に用いる素子として，抵抗とコンデンサの測定を行った．この授業では，教室の机をグループに並べ替えて，共同で測定を行った．図３は共同で測定しているところである．

**図3**　抵抗，コンデンサの測定風景

### ４．２　“計算機工学基礎” における事例

“計算機工学基礎” は論理代数，論理回路と簡単な順序回路について授業を行っている．この授業における事例では，授業で学んだ論理代数と論理回路の動作を理解させるため，実際に論理回路用 IC により動作を確認させている．

図４は，in situ 実験を導入する前に試験的に行った授業中に実験を取り入れた事例である．この授業では，授業の前半に教室で説明を行って，後半は離れた実験室に移動して実験を行った．実験に用いた実験用教材は，4 台しか用意できなかったため，約 10 名の学生が一つの実験装置に群がる状態になってしまった．そのため，実験装置に触ることなく眺めているだけの学生が多く，授業に積極的に参加させることができなかった．

**図4**　論理回路の確認実験を試験導入したときの様子

そこで，この科目の in situ 実験では，市販の

ディジタル IC 実験セット[1)]をクラスの人数分用意して実験を行っている．この実験セットに学生自身で配線させて，回路を作成し動作を体験させている．図５は，学生が実験装置を使っているところである．また，図６のように，配線などの指示は，書画カメラを使って教卓上で実演をしながら指導している．

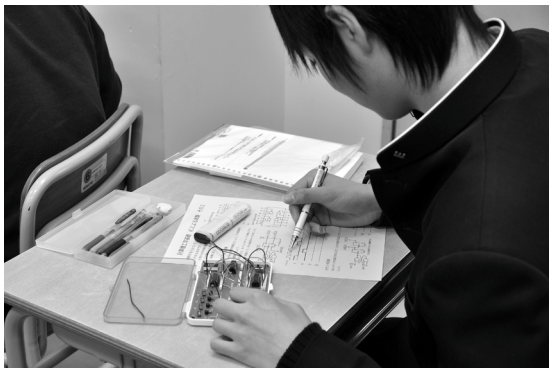

**図5**　教室で実施した in situ 実験で使用した IC トレーナーと配線の様子

**図6**　教室で行っている in situ 実験で実験装置の配線を指導している様子

### ４．３　“電子回路Ｉ” における事例

“電子回路 I” はダイオード，トランジスタや演算増幅器について，基本的な動作や回路の構成について授業を行っている．従来，これら回路の動作の説明は，黒板に特性や図を描いて説明していた．しかし，学生たちの理解の過程では，実際の回路と説明された回路の動作がなかなか結びつかないため，理解しにくい面が多かった，

そこで，授業の事例では，ダイオードを使った波形操作回路の動作を演示して，理解を助けようとしている．図７のように，教卓で実験を行っている．これを書画カメラでスクリーンに投影し，回路の動作を説明している．

**図7**　教卓上に設置した波形操作回路の実験装置

### ４．４　“電気電子工学基礎実験Ｉ” における一斉実験による方法の導入

“電気電子工学基礎実験Ｉ” は，論理回路，直流電気回路の基礎，交流回路の基礎，および，測定器の使用方法について実験を通じて学んでいる．このうち，前期では全員に同じテーマを同時に行う方法を導入した．この実験では，週 1 回につき 100 分を 3 週で行う実験である．

順序回路の応用に関する実験では，図８で示した IC トレーナー[2)]を人数分用意し，実験室で一斉に行っている．また，実験装置が増える分，学生からの質問などが増えることが予想されたため，担当教員を電気工学科の約半数にあたる 5 名体制にした．この一斉実験では，従来のグループ実験と比較して，実験の進行速度のバラツキが大きくなった．それぞれで実験を行うため，理解が進んでいない学生や，手際のよくない学生が，全体の進行に取り残される結果となった．これらの学生に対しては，教員が折を見て個別に指導することで対処し，また，進度の速い学生が遅い学生に対して教え合う姿が自然発生的に見られた．これらにより，1 テーマで最大約 1 時間程度の遅れで実験を終了することができた．

## ５．　in situ 実験の導入と学生の意識

４．２に示した “計算機工学基礎” において，in

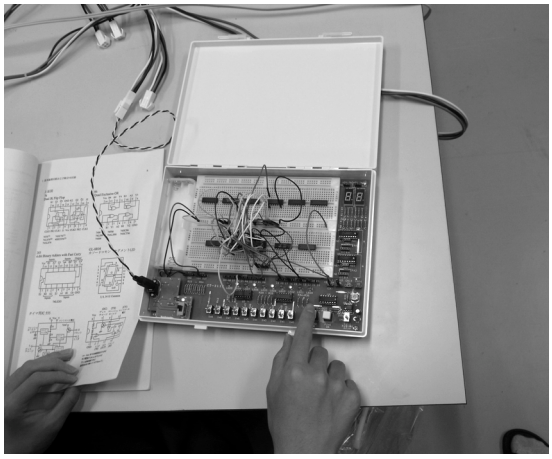

**図8**　“電気電子工学基礎実験Ｉ” で使用する IC トレーナーと実験指導書

situ 実験を行ってからアンケートを実施した．このアンケートは，in situ 実験の導入の是非や，効果などについて簡単に調査する目的で行った．対象となった電気工学科 1 年生の学生数は 42 名である．その集計結果を表２に示す．

表２より，in situ 実験で取り扱った内容に対する難易度についてはやや意見が分かれたが，実験前と実験後を比較すると理解度が向上したと感じた学生が多くアンケート結果もその傾向が見られた．また，学生の評価も高く実験回数を増加してほしいという意見も比較的多く，特に他の科目でも導入してほしいという意見が多い．

in situ 実験による学習内容の定着は，“計算機工学基礎” の平均点が実施前の学年が 79.2 点に対し実施後の学年は 80.8 点であった．また，同一学年の “計算機工学基礎” における 10 点満点の小テスト平均点が in situ 実験実施前が 7.43 点に対し実施後は 8.31 点であった．年度や実施時期により，差があるため正確な比較ではないが，ある程度の定着効果があると考えられる．ただし，今後も追跡調査や継続実施による効果の調査が必要である．

## ６．　まとめ

低学年に実施する専門科目で教育効果の向上を目指して in situ 実験の導入を行った．本教育方法は，学生一人一人が手を動かして実験することで，授業内容の確実な理解と定着につながることが期待された．

実際、授業後に実施した学生へのアンケートでは，おおむね好評で授業内容の理解が進んだとの意見が多く，本教育方法の導入効果が見られた．一方で，in situ 実験の導入により，授業の進度が遅くなることが担当教員から指摘されている．そこで，授業全体で教える項目や内容を精査して，重要な部分や学習の理解に必要な部分を中心にカリキュラムを組み立てるように変更している．さらに，in situ 実験の指導のため，他の教員や技術職員の応援により実施している．

今後，さらに in situ 実験の導入方法や回数や従来型の学生実験との整合性を検討し，他の専門科目においても in situ 実験を実施して本教育方法の効果を検証していきたい．

**表2**　“計算機工学基礎” における in situ 実験の導入に対して 42 名に行ったアンケート結果（表中の数字は人数）

| 設問 | 肯定的 | 中間的 | 否定的 |
|---|---|---|---|
| 実験内容の難易度 | 14 | 18 | 10 |
| 実験前の理解度 | 20 | 16 | 6 |
| 実験後の理解度 | 34 | 6 | 2 |
| 実験回数の増加 | 18 | 17 | 7 |
| 他の科目での実施 | 30 | 5 | 7 |

## 謝辞

本論文は，平成 21 年度大学教育・学生支援推進事業【テーマ A】大学教育推進プログラムに採択された『基礎科目を重視した創造教育プログラム』の一環の事業である．

### 参考文献

1) 「IC トレーナー model CT-312 ディジタル IC 実験セットガイドブック」，サンハヤト（2009）
2) 「IC トレーナー CT-311R 取扱説明書 IC トレーナーの手引き」，サンハヤト（2009）