

# ペアプログラミング手法に基づく 実験・実習ナビゲーションシステムの開発

稲守 栄\*

## Development of Navigation System for Engineering Experiments based on Pair Programming Method

Sakae INAMORI

Abstract – We have developed a experiment navigation system that adopted pair programming technique. The experiment navigation system uses Augmented Reality (AR) to support students experiments. The experiment navigation system is useful for students who are not skillful at approach of student experiments. And the experiment navigation system is broadly applicable to a variety of students experiments in need of collaboration work. This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 16H00360. (Grant-in-Aid for Encouragement of Scientists)

Key Word : Augmented Reality, Cooperative work, Student experiment, Teaching material

### 1. はじめに

工学系の大学や高専では、座学で学習した内容を確認する場として、実験・実習が重要視されている。本校電気工学科においても、学習者は与えられたテーマにグループで協働しながら実験を行っている。グループによる協働作業の目的は、学習者同士が対等な立場で取り組み、意見の出し合いをし、課題達成をする。また、各学習者が理解している事柄などを互いに教え合うことで知識を深める。しかし、実際の学習者たちの協働作業を観察すると、学習者間の知識や技術の経験量に差があることが多い。このため、経験量の多い学習者が先に実験を進めてしまい、知識不足など経験量の少ない学習者は、課題達成に貢献できずにいた。そのため、このような学習者は、実験・実習の内容を十分に理解し、知識を習得する機会が得られにくい。そこで、筆者はこの様な

学習者が実験・実習に貢献できるように、「ペアプログラミング手法を取り入れた支援システム Ex ナビ」を開発、学生実験に運用してきた<sup>(1)(2)</sup>。ただし、Ex ナビはシーケンス制御実験に限定したシステムのため、他の実験に利用するには、汎用性に欠けていた。また、この Ex ナビで提示される助言内容の情報量が学習者にとって多い場合や、さらに基礎的な助言内容が必要な学習者がいることも、アンケート評価などからわかってきた。本研究では、これらの問題を改善するため、ペアプログラミング手法に基づく実験・実習ナビゲーションシステムの開発を行った。

本論では、これまで開発してきた実験・実習ナビゲーションシステムと、それを学生実験に導入した結果についての報告をする。

### 2. ペアプログラミング手法を取り入れた学習支援システム「Ex ナビ」

実験に対して消極的な学習者を支援するシス

---

\* 釧路高専 教育研究支援センター

テムとして、ペアプログラミング手法を取入れた学習支援システム Ex ナビを開発してきた。ここで、ペアプログラミング手法および Ex ナビについて説明する。

## 2.1 ペアプログラミング手法

ペアプログラミング手法とは、図 1 のように学習者が二人一組となり、ナビゲータ役とドライバー役に分かれて課題達成に取り組む手法である。ナビゲータ役は、配線やプログラミングなどのアドバイスをドライバー役に行う。ドライバー役は、ナビゲータ役からの指示により、実際に配線やプログラミングを行う。この時、ナビゲータ役には知識や技術などの経験量が少ない学習者、ドライバー役には積極的に実験に取り組む傾向が高い学習者を割り当てる。これにより、各学習者がそれぞれの立場で実験にかかわることで、実験の内容を理解することができる。

## 2.2 学習支援システム Ex ナビの概要

Ex ナビには、かざす情報表示機能とアドバイス機能がある。この機能により、ナビゲータ役の学習者は、課題達成に向けて必要な知識を補強することが可能になる。次にこれらの補強機能について説明する。

### 2.2.1 かざす情報表示機能

かざす情報表示機能は、実験装置に計測器を配線する際に必要となる実体配線図を、実際の実験装置に重ねる様に表示させる機能である。この機能は、図 2 の様に実験装置に付いている AR マーカーにタブレット端末をかざすことで、タブレット端末の画面上に 3D 画像の配線図を実験装置に重ねて表示させることができる。実験装置と重ね合わせて表示させることで、実際に配線すべき箇所を直感的に理解させることができる。また、視認性を向上させるために、配線の種別ごとに異なる色で表示させることもできる。さらに、部分的に必要とする配線だけの表示も可能なため、複雑な配線でも、配線の確認作業が行いやすい。そして、結線箇所助言欄には、実体配線図と連動して実際に配線している箇所や使用する線の数などを文字でも表示させ、ナビゲータ役の学習者に説明のための補足情報を提示できる。

### 2.2.2 アドバイス機能

アドバイス機能は、課題達成に必要な事柄をナビゲータ役の学習者が事前に学習ができる機能である。図 3 の様に、事前に学習したい事柄を

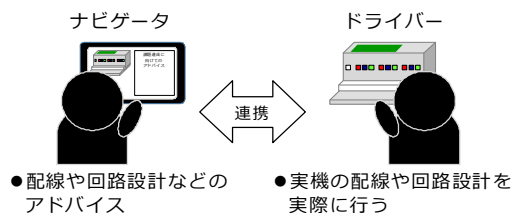


図 1 ペアプログラミング手法



図 2 かざす情報表示機能

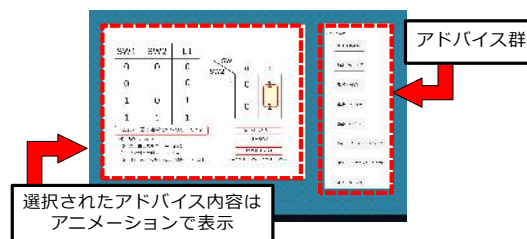


図 3 アドバイス機能

右欄のアドバイス群から選択すると、選択された内容が表示される。この機能では、回路図の説明や真理値表など課題達成に必要な情報を表示させる。また、選択された内容は、考え方や作業手順がわかりやすくなる様に、流れに沿ったアニメーションで表示させる。これにより、近くに指導教員がいない場合でも、順序立てて学習することが可能となる。

## 2.3 学生実験導入による問題点

これまで説明してきた Ex ナビを本校電気工学科 4 年生のシーケンス制御実験に導入した。その結果、アドバイス機能にて 1 度に提示する情報量が多いこと、他の協働作業を有する実験・実習に運用には、メインシステムと各機能のデータとの構造が扱いづらいことが明らかになった。次にこれらの改良点を示す。

## 3. 協働作業を支援する実験・実習ナビゲーションシステム

### 3.1 ナビゲーションシステムの概要

Ex ナビの問題点を改善した協働作業を支援する実験・実習ナビゲーションシステムについて説明する。本システムは、Ex ナビの様に特定の実験テーマ専用ではなく、協働作業が必要となる実験にも対応できる様に Ex ナビを汎用化した

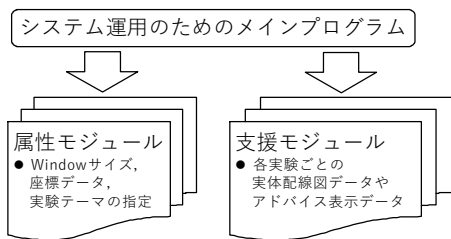


図4 システムのモジュール構造



図5 属性モジュール

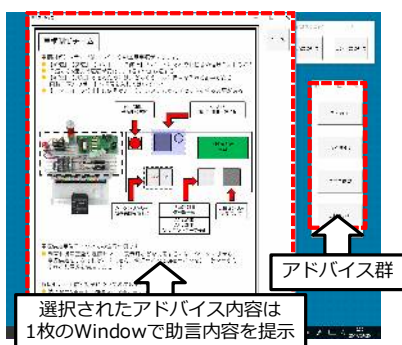


図6 アドバイス機能の改良

システムを開発する。また、アドバイス機能の効果をもっと向上させるため、情報提示方法など再検討を行う。次にシステム構成および機能の再検討について説明する。

### 3.2 ナビゲーション用データのモジュール化

Ex ナビでは、配線表示用の AR データ、アドバイス用文字データ、ウィンドウプロパティデータなどをメインプログラムに埋め込んでいた。本システムでは、これらのデータをメインプログラムから切り離し、各機能内で必要となるデータなどを、いくつかのモジュール化した。あわせて、本システムのメインプログラムは、必要に応じてモジュール化したこれらのデータを読み出す方式とした。これにより、協働作業が必要な様々な実験にシステムを運用するには、メインプログラム自体を改造しなけりばならなかったが、図4の様なメインプログラムとデータモジュールの構造にすることで、実験に合わせてデータモジュールのみ変更をすれば対応できるようになった。今回は、実験テーマの指定や使用するタブレット端末の window 形状などのデータを扱う属性モジュール(図5)と実験テーマ

ごとの配線表示用 AR データやアドバイス用文字データを扱う支援モジュールを作成した。

### 3.3 アドバイス機能の改良

これまでのアドバイス機能は、課題を解くために必要な情報をアニメーション形式で提示していた。しかし、学習者の必要とする情報が一部分であっても、確認するためには初めから再生しなければならず、学習者の動機付けと学習効率の低下を招いていた。そこで、本システムでは、図6の様にアドバイスしたい事柄を1ページに集約させて提示する。学習者は提示されたアドバイスから、必要な事柄のみに集中することができる。これにより、学習者が必要な部分にのみ学習することができる。

## 4. 実験・実習ナビゲーションシステムの学生実験導入

提案するナビゲーションシステムは、本校電気工学科4年生の学生実験の、シーケンス制御実験、同期機特性計測実験、列車制御実験の3種類の実験である。各実験において、支援モジュール内で準備したデータは表1の通りである。次に、各実験の導入内容を説明する。

表1 支援モジュールのデータ数

実験名	配線用 AR データ	アドバイス機能用データ
シーケンス制御	3種類	3種類
同期機特性	2種類	2種類
列車制御	3種類	4種類

### 4.1 シーケンス制御実験

この実験ではベルトコンベア付き卓上型実験装置を用いて、論理回路から産業向け搬送実験まで幅広く扱う。図7(a)の様に、ドライバー役が配線したものをナビゲータ役は、タブレット端末上に表示されている実体配線図と照し合せ確認をしていた。また、アドバイス機能の活用方法として、ナビゲータ役が応用課題に取り掛かる前に、アドバイス群から必要な事柄を選択し学習していた。その学習結果を基に、ドライバー役へ課題達成に向けて指示を出していた。

### 4.2 同期機実験

同期機実験では、5名前後の学習者が班となり特性試験を行う。このとき、同期電動機に電流計や電圧計などの計測器を配線する必要がある。ナビゲータ役がタブレット端末をかざし実体配

線図を確認したのち、ドライバー役が指示に従い実際に配線を行っていた。詳細の実体配線図を確認する際には、ナビゲータ役は実験装置とタブレット端末に表示された AR 画像と対応させ、配線先を確認した後、ドライバー役に指示を出していた。アドバイス機能では、実験に取り掛かる前に、測定に関する注意やポイントを提示することで、ナビゲータ役は実験の取り組みの要点を学習しドライバー役と実験に取り組んでいた。図 7(b)は実体配線図より確認中の様子である。

### 4.3 列車制御実験

列車制御実験では、シーケンス制御実験で使用した実験装置と N ゲージを使用して実験をする(図 7(c))。この実験では、列車の速度制御と路線切り替え制御を行う。4人前後の学習者がそれぞれの制御に対する課題を担当するため 2 班に分かれ、さらに各班の中でナビゲータ役とドライバー役となり取り組む。ナビゲータ役は本システムを使い、それぞれの制御課題を実現するために実験装置の配線作業の仕分けを、ドライバー役に指示していた。また、それぞれの制御課題を達成させるために、装置の使用方法やシーケンス制御実験で学習した基礎知識の復習などをアドバイス機能から学習し、ドライバー役と共に課題達成をしていた。図 7(d)は、アドバイス機能を活用している様子である。

### 4.4 導入結果

学生実験に導入した後、被験者 14 名に対してアンケートを行い、その概要を表 2 に示す。学習者からのアンケート結果では、指導書だけではわかりにくかった配線は、実体配線図を提示することで実験の理解の助けとなっていた。また、アドバイス機能は、課題に取り組む際、不足した知識等を適切なタイミングで提供することで、学習効果の向上が確認できた。本ナビゲーションシステムは年度途中からの導入のため、対象学生全員から意見を聞くことができなかったが、実験装置の配線や課題達成のための学習に役立つ可能性が高いことが確認できた。

### 5. おわりに

本研究では、これまで開発してきたペアプログラミング手法を取り入れた学習支援システム Ex ナビを基にした、ペアプログラミング手法を導入した実験・実習ナビゲーションシステムの開発を行った。本システムでは、協働作業が必要



図 7 各実験の導入風景および実験風景

表 2 アンケート結果

良かった点
・かざすだけで実体配線図が表示される利便さ
・アドバイスが回路設計に役立った
悪かった点
・AR マーカーが認識しにくかった
・アドバイスの表示の大きさが変えられない点
改良して欲しい点
・PLC 上の AR マーカーの位置によって実体配線図がずれるので、ずれないようにしてほしい
・列車制御の例を示して欲しい

な、様々な実験に運用させるため、ナビゲーション用データのモジュール化とアドバイス機能の改良を行った。本システムを実際に学生実験へ導入し、機能の操作性や利用状況など確認を行った。今後は、他の協働作業の実験・実習にも導入できるよう機能などを充実させ、評価を行う予定である。

### 謝辞

本研究は、平成 28 年度科学研究費補助金(奨励研究)採択番号: 16H00360 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を示す。

### 参考文献

- [1] 稲守, 千田, 野口: ペアプログラミング手法を用いた学生実験を効果的に支援するための「Ex ナビ」の開発, 教育システム情報学会大 40 回全国大会講演論文集, pp.315-316 (2015)
- [2] 稲守, 千田, 野口: ペアプログラミング手法を用いた学生実験を効果的に支援するための Ex ナビの開発と実践, 信学技報(教育工学), Vol.115, No319, pp47-0 (2015)