

ブロック線図に基づくロボット制御に関する教員講習会テキストの開発

須田孝之*・鬼藤明仁**・横尾恒隆**

Development of Textbook for Teacher Training Workshop on Robot Control utilizing Block Diagram

Takayuki SUDA, Akihito KITO and Tsunetaka YOKOO

キーワード：制御学習，教員講習会，ブロック線図，ロボット制御

Keyword: Control learning, Teacher training workshop, Block diagram, Robot control

1. はじめに

本研究の目的は、ブロック線図に基づくロボット制御に関して学校教員を対象とした講習会のテキストを開発することとする。

学校教員は業務、特に生徒の指導をより高い水準で遂行できるよう、時間を工面して勉強を重ねていくことになる。効率的に勉強を進めるために、理念の共感や同僚性を基に自主的に集まって勉強することも多い¹⁾。その形態の一つとして講習会が挙げられる。しかし、近年、学校では業務の多忙化や人員の不足といった問題を抱えており、教員が講習会に参加して勉強する機会も限られるのではないかと懸念される。このことは、Benesse 教育研究開発センターが2010年に学校教員を対象に実施した調査²⁾で、学習指導要領の改訂に伴うカリキュラムの見直しに対する不安の理由として、先の問題が指摘されていたことから示唆される。そこで、本研究では、限られた機会となる講習会で十分な学習効果が得られるよう、そのテキスト開発に着眼することにした。

本研究において開発する講習会テキストのテーマは、フィードバック制御を取り上げる。フィードバック制御は身近の家電製品等で使用されており、現代科学技術の中でも重要な分野の一つといえる。フィードバック制御は学校教育においても学習の充実が期待されるが、例えば、工業高校の機械系学科の必修科目「生産システム技術」について高等学校学習指導要領³⁾では「温度管理など具体的な事例を取り上げ、実験・実習を通して、体験的に理解させる」と記載されているものの、実験・実習の時間の確保の難しさ等を理由に活発になされていないことが指摘されており^{4),5)}、フィードバック制御の学習実践は教員にとって課題になっていると考えられる。また、制御システムはブラックボックスとされていることも多く、専門性の高い内容との印象をもって手を出しづらくなっている教員がいることも指摘されており⁶⁾、講習会で勉強することの必要性が生じているといえる。

本研究ではフィードバック制御の学習題材として、ブロック線図に基づくロボット制御を取り扱うことにする。フィードバック制御に関するテキストや教材は制御理論に深く踏み込んだものが多いため、制御学習の指導を始めようとする教員はもちろんのこと、制御

* : 横浜国立大学大学院教育学研究科 (院生)

** : 横浜国立大学教育人間科学部技術教育講座

学習の指導経験の浅い教員にとって内容の理解が難しいものとなっていた。そのためか、現在使用されている高校生対象の制御教材は、シーケンス制御を使用したものがほとんどであり、フィードバック制御を用いたものは見受けられない状況にある⁷⁾。生徒にとっても、フィードバック制御のテキストは基礎理論から始まり微分・積分・ラプラス変換等との内容の順序を踏むものが多いため、工業高校では数学科で微分・積分等を学習する以前にフィードバック制御を学習するケースも起こり得ることから、学習が困難になっていると考えられる。一方、最近の制御技術においては、実際の現象をモデリングする作業に重点が置かれ、計算等その他の作業はコンピュータによって自動化されている。そのモデリングを、図記号を用いて表したものがブロック線図である。ブロック線図を採用することによって、数学的知識を必要最小限に留めて、フィードバック制御の学習を進行させられることが期待できる。

本研究で開発するテキストによる講習会の受講者としては、工業高校及び普通高校情報科の教員、中学校技術科の教員を想定した。工業高校では、機械関連学科の「生産システム技術」、「計測・制御」、「電子機械応用」等の授業の中で、フィードバック制御について多く触れられている。他の電気科等の授業においても同様のことがいえる。工業高校の学科で取り扱われる学習内容は、機械科を例にとっても金属加工から電子機械までと幅広い。フィードバック制御を大学時代や研修等で専門的に学習した経験を有する教員は、世代に関わらずあまり多くないと考えられる。普通高校では、情報科の「社会と情報」もしくは「情報の科学」のいずれかを必ず履修することになっており、特に「情報の科学」においてフィードバック制御は取り扱われている。中学校では、必修教科の技術科の「情報に関する技術」の中で、プログラムによる計測・制御の内容が取り扱われており⁸⁾、身近の家電製品等で使用されているフィードバック制御について、今後教員が学習を深めておく必要があると考えられる^{9),10)}。

以上のことから、本研究では、フィードバック制御をテーマとした講習会において、受講した教員が十分な学習効果を得られるよう、ブロック線図に基づくロボット制御を題材にテキストを開発することを目的とした。

2. 教員講習会テキストの制作

2.1. 教員講習会の内容量と使用教材

教員講習会の内容量の設定に際しては、工業高校機械科において2年生もしくは3年生が履修する科目「機械実習」の一つの分野とすることを目安に、そこで20時間(4時間×5日分)の授業を実施することのできる容量の内容を、講習会で教員が学習できることを意図する。講習会の時間は、学校業務の多忙化を考慮し、3時間程度と設定する。なお、3時間程度では、受講する教員が体験的に学習する場面の割合が少なく、座学や講師の演示を観察する場面の割合が多くなることも懸念される。そのため、時間を例えば8時間程度とし、受講する教員が体験的に学習する場面の割合を多くすることも考えられるが、本研究では先の理由から3時間程度と時間を設定することにした。

使用教材の設定に際しては、ハードウェアの制作に時間が過分に掛かるものである場合、制御理論の学習に支障をきたすことになりかねないため、プラスチック製ブロックを接続して組み立てるタイプであるものが望ましいと考えた。一方、難易度や費用対効果も考慮

する必要がある。本研究では LEGO 社の Mindstorms NXT (図 1 参照) を採用することにした。Mindstorms NXT は、機械加工等の作業がなく組み立てが容易であり、プログラム等にミスがあっても壊れることがない。分解・組み立てが何度でもでき、一つのを複数回の講習会で使用することが可能である。難易度も、講習の最後に総合課題として受講者が各自工夫を凝らした制作が可能である水準と考えられる。また、シミュレーションソフトとして、MathWorks 社の MATLAB/Simulink (図 2 参照) を採用する。グラフィカルユーザーインターフェースで、ブロック線図で設計した制御システムの出来具合を随時確認しながら操作することができる。視覚的にも体験的にも学習できることで、専門性の高い内容との印象をもって手を出しづらくなっている教員にとっても、フィードバック制御の学習に取り組みやすくなると考えられる。

2.2. 教員講習会テキストの構成

教員講習会の梗概 (プロット) について、「フィードバック制御の概念」「ブロック線図」「PID 制御」「チューニング」「MATLAB/Simulink」「C 言語」「総合課題」を順々に配置したものを図 3 に示す。受講する教員がフィードバック制御に関して十分な学習効果を得られることを意図したものとなっている。これを基に、説明や作業の内容を整理し、肉付けを施す経緯で、教員講習会テキストを構成した。

教員講習会テキストの目次を表 1 に示す。第 1 節では、フィードバック制御の定義、シーケンス制御との相違について説明する。

第 2 節では、風呂湯沸かし器を例に挙げ、ブロック線図について説明する。また、フィードバック制御の主な制御方法である P 制御、PI 制御、PID 制御の特徴を、外乱を引っかけ合いに出しながらブロック線図を用いて説明する。

第 3 節では、PID 制御を取り上げてチューニング作業の説明を行う。LEGO NXTmindstorms を用いて ET ロボコンサンプルロボット NXTway-GS (2 輪型倒立振り子ロ



図 1 Mindstorms NXT のロボット例

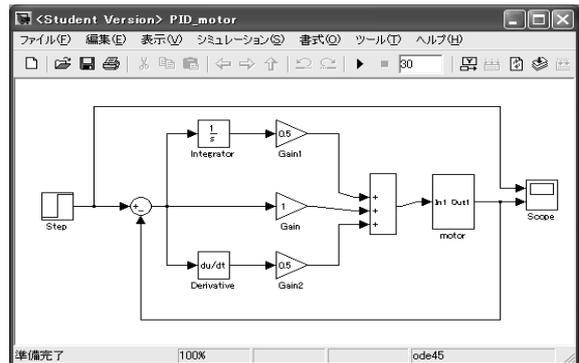


図 2 Simulink のブロック線図画面

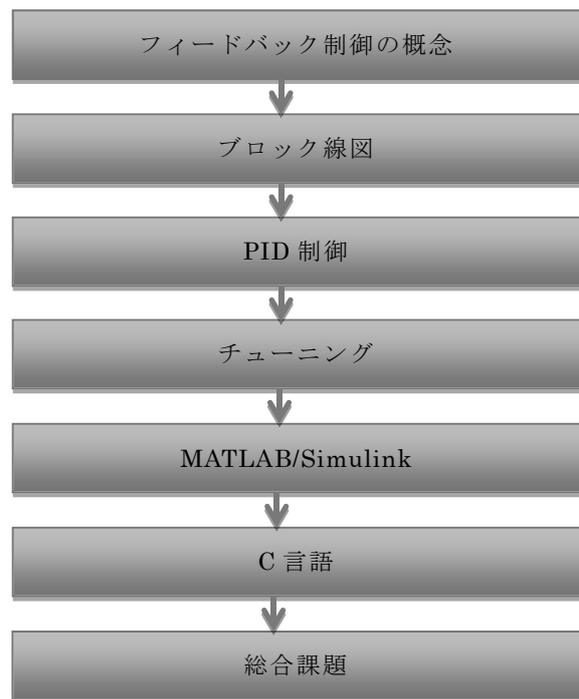


図 3 講習会の梗概 (プロット)

表 1 教員講習会テキストの目次

1	フィードバック制御とは
	○フィードバック制御の定義
	○フィードバック制御とシーケンス制御との相違
2	フィードバック制御
	○ブロック線図
	○外乱
	○P制御、PI制御、PID制御の動作とブロック線図
3	NXTway-GS(2輪型倒立振り子ロボット)のチューニング
	○オートチューニングとチューニング作業
	○LEGO mindstorms NXT を用いた ET ロボコンサンプルロボット (NXTway-GS) の組み立て、サンプルプログラムのチューニング作業
4	MATLAB/Simulink
	○MATLAB/Simulink の基本操作
	○P制御、PI制御、PID制御のシミュレーション作業
5	C言語を用いた LEGO Mindstorms NXT の制御
	○C言語の基礎
	変数の取り扱い
	制御構文(if文、for文、switch文、while文等)
	○nxtOSEK の基本操作
	モーターの回し方
	各種センサの使い方
	○P制御、PI制御、PID制御のプログラミング
6	総合課題－自動衝突回避自動車の製作・プログラミング
	○LEGO Mindstorms NXT を用いた自動車の製作
	○P制御を用いた自動車制御プログラミング
	○PI制御を用いた自動車制御プログラミング
	○PID制御を用いた自動車制御プログラミング

ロボット)を組み立て、サンプルとして用意されたプログラムのパラメータを変えてチューニングを行う内容となっている。

第4節では、MATLAB/Simulink の基本的な操作方法を示したうえで、P制御、PI制御、PID制御のシミュレーション作業及び、それぞれの制御の特徴を MATLAB/Simulink を用いて説明する。

第5節では、LEGO mindstorms NXT の制御で必要となる C 言語プログラミングの基礎、LEGO mindstorms NXT 用の開発／実行環境である nxtOSEK の使用方法について説明する。また、P制御、PI制御、PID制御のプログラミング手法についても説明する。

最後に第6節では、総合課題として自動衝突回避自動車の製作を説明する。P制御、PI制御、PID制御それぞれのプログラミングを行ない、制御の種類による自動車の動きの差異を体感的に理解する内容となっている。

3. 教員講習会テキストの試用

3.1. テキストの試用のための講習会の計画

制作した教員講習会テキストを試用し、受講者が学習効果を得られるのかについて検討することにした。立案した教員講習会の計画を表 2 に示す。講習会の時間は 3 時間 10 分となった。途中、10 分間の休憩を 2 回設けている。

講習会は、制作した教員講習会テキストに沿ってフィードバック制御の学習を進行していく内容となっている。受講者は本テキストの試用のための講習会との主旨に賛同する教員を募ったため、特にフィードバック制御の学習を希望していたのではないどころか、制御学習に特別な興味をもっていたのでもなかったため、冒頭 10 分間で「制御」の説明を行うことにしている。教材のロボットは事前に組み立てておきプログラミングも行っておくことにする。また、MATLAB/Simulink は事前に PI 制御、PID 制御のブロック線図を入力しておくことにし、LEGO mindstorms NXT 用の開発／実行環境である nxtOSEK は開発環境をあらかじめ構築しておくことにする。「総合課題」では、P 制御と PID 制御それぞれの制御による自動衝突回避自動車の動きの差異を、受講者が手に触れて体感的に理解できるように配慮する。

表 2 テキストの試用のための教員講習会の計画

時間	単元	内容	備考
10 分	制御概説	○制御の定義 ○シーケンス制御とフィードバック制御の定義	
30 分	フィードバック制御について	○ON/OFF 制御 動作と問題点の確認 ○ブロック線図 ブロック線図の意味と読み方 ○PID 制御 P, PI, PID 制御のブロック線図とその挙動	
20 分	NXTway-GS(2 輪型倒立振り子ロボット)のチューニング	○NXTway-GS の紹介 事前に制作したロボットを実演 ○チューニング チューニングについての説明 プログラムの修正箇所の説明	NXTway-GS は事前に組み立て、サンプルプログラムを入れておく
10 分 休憩			
30 分	MATLAB/Simulink	○MATLAB/Simulink の説明 MATLAB/Simulink の機能紹介 ○Simulink の実演 P 制御のブロック線図を示す シミュレーションを演示 ゲイン調整	MATLAB/Simulink は事前に PI 制御、PID 制御のブロック線図を入力しておく
40 分	C 言語の説明	○C 言語 テキストに沿って一通り確認 ○nxtOSEK nxtOSEK の説明・使い方について ○P, PI, PID 制御のプログラミング C 言語のプログラム例を説明	nxtOSEK の開発環境をあらかじめ構築しておく(構築方法についても触れる)
10 分 休憩			
40 分	総合課題： 自動衝突回避自動車の制作・プログラミング	○課題の内容説明 ○自動衝突回避自動車の実演 制作とプログラミングの説明 P と PID 制御の動作確認	自動衝突回避自動車は、事前に組み立て、プログラミングしておく

3.2. 事前・事後調査票の作成

制作した教員講習会テキストを用いた講習会において、受講者が学習効果を得られているのかを検討するための調査票が必要になる。そこで、事前調査票及び事後調査票を作成した。事前調査票の項目内容を表3に、事後調査票の項目内容を表4及び表5に示す。

事前調査では、受講する教員が制御学習とのかかわりをどの程度もつのか把握することを意図した。事前調査票では、そのための質問項目として、「シーケンス制御を授業で教えたことがありますか」「シーケンス制御の実習を担当したことがありますか」「シーケンス制御の研修会に参加したことがありますか」「高校・大学時代にシーケンス制御を学んだことがありますか」「フィードバック制御を授業で教えたことがありますか」「フィードバック制御の実習を担当したことがありますか」「フィードバック制御の研修会に参加したことがありますか」「高校・大学時代にフィードバック制御を学んだことがありますか」の8項目を設定した。なお、ここでは「講習会」ではなく「研修会」との用語を用いている。「研修会」は、教員の勉強会を指す用語として学校現場において馴染みのある言葉である。調査に際しては実施する講師が口頭で両者を同じ意味で使用していることを周知している。回答は、「はい」「いいえ」の2件法とした。

事後調査では、受講する教員が学習効果をどの程度得られているのか把握することを意図した。事後調査票では、「講習会に対する評価」に関する質問項目として、「フィードバック制御の教材を知ることができた」「フィードバック制御の学習活動を一通り体験できた」「フィードバック制御の学習指導方法を学ぶことができた」の3項目を設定した。また、「講習会で身に付いたこと」に関する質問項目として、「シーケンス制御がどういうものを理解できた」「フィードバック制御がどういうものを理解できた」「ブロック線図がどういうものを理解できた」「オンオフ制御がどういうものを理解できた」「P制御がどういうものを理解できた」「PID制御がどういうものを理解できた」「ソフトウェア「MATLAB/Simulink」の使い方が身に付いた」「C言語のプログラミングが身に付いた」「チューニング方法が身に付いた」の9項目を設定した。回答は、「とてもそう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「全くそう思わない」の4件法とした。

さらに事後調査では、制作した教員講習会テキストについて、自由記述形式の回答欄を設けた。上記事後調査項目の回答に関して、その背景を考察する材料とするために、「フィードバック制御学習を行う上での課題」について「教師にとっての課題は何でしょうか」「生徒にとっての課題は何でしょうか」との質問文を設定することにした。

3.3. 講習会の受講者及び事前・事後調査の方法

2012年4月に神奈川県内の工業高校において講習会を実施した。受講者の都合上、各回1名受講の講習会を3回行い、計3名の受講人数となった。受講者は本テキストの試用のための講習会との主旨に賛同する教員を募ったため、特に制御の分野を専門としないと思われる工業高校機械科の教員となった。教員経験年数がそれぞれ2年、10年、20年と幅広い年齢層となった。

講習会の開始前と終了後に、事前調査及び事後調査をそれぞれ実施した。講師及び調査の実施は、筆者のうち1名（須田）が担当した。

3.4. 事前・事後調査の結果とその考察

集計では3名の受講者をそれぞれA、B、Cと表記する。事前調査の結果を表3に示す。

表 3 事前調査の結果

質問項目	受講者 A	受講者 B	受講者 C
シーケンス制御を授業で教えたことがありますか	0	1	0
シーケンス制御の実習を担当したことがありますか	0	1	0
シーケンス制御の研修会に参加したことがありますか	0	1	0
高校・大学時代にシーケンス制御を学んだことがありますか	0	1	1
フィードバック制御を授業で教えたことがありますか	0	0	0
フィードバック制御の実習を担当したことがありますか	0	0	0
フィードバック制御の研修会に参加したことがありますか	0	0	0
高校・大学時代にフィードバック制御を学んだことがありますか	0	0	1

1 : はい 0 : いいえ

受講者 A は、シーケンス制御・フィードバック制御ともに、全ての質問項目、すなわち「授業で教えたことがありますか」「実習を担当したことがありますか」「研修会に参加したことがありますか」「高校・大学時代に学んだことがありますか」の質問項目に対して回答が「いいえ」であった。受講者 B は、シーケンス制御については、全 4 項目で回答が「はい」であったものの、フィードバック制御については、全 4 項目で回答が「いいえ」であった。受講者 C は、「高校・大学時代にシーケンス制御を学んだことがある」及び「高校・大学時代にフィードバック制御を学んだことがある」の質問項目に対して回答が「はい」であった以外は、全ての回答が「いいえ」であった。

全受講者において、フィードバック制御を「授業で教えたことがある」「実習を担当したことがある」「研修会に参加したことがある」の質問項目について、全ての回答が「いいえ」であったことがわかる。学校教員がフィードバック制御を自主的に学ぶことが困難であったり、専門性の高い内容との印象をもって手を出しづらくなったりしている実状が、この結果からもうかがうことができる。今回は、このような受講者 3 名を対象に、以下、事後調査の結果について考察を行う。

事後調査の結果を表 4 に示す。「講習会に対する評価」に関して、全受講者が全ての質問項目すなわち、「フィードバック制御の教材を知ることができた」「フィードバック制御の学習活動を一通り体験できた」「フィードバック制御の学習指導方法を学ぶことができた」の質問項目に対して、「4 : とてもそう思う」もしくは「3 : ややそう思う」との回答であった。したがって、全受講者が、本教員講習会テキストを用いたフィードバック制御の講習会に対して肯定的な評価をしていることがわかる。特に、「フィードバック制御の学習活動を一通り体験できた」の質問項目に対しては、全受講者が「4 : とてもそう思う」と回答していた。本教員講習会テキストを用いた講習会が、受講した教員にとってフィードバック制御の内容を概括する効果のあったことが確認されたと考えられる。

「講習会で身に付いたこと」に関して、全受講者が、「シーケンス制御がどういうものを理解できた」「フィードバック制御がどういうものを理解できた」「ブロック線図がどういうものを理解できた」「オンオフ制御がどういうものを理解できた」「P 制御がどういうものを理解できた」「PID 制御がどういうものを理解できた」の 6 つの質問項目に対して、「4 : とてもそう思う」もしくは「3 : ややそう思う」と回答していた。

表 4 事後調査の結果

質問項目	受講者 A	受講者 B	受講者 C
【講習会に対する評価】			
フィードバック制御の教材を知ることができた	3	4	4
フィードバック制御の学習活動を一通り体験できた	4	4	4
フィードバック制御の学習指導方法を学ぶことができた	4	4	3
【講習会で身に付いたこと】			
シーケンス制御がどういうものを理解できた	3	4	3
フィードバック制御がどういうものを理解できた	4	4	3
ブロック線図がどういうものを理解できた	4	4	3
オンオフ制御がどういうものを理解できた	3	4	3
P 制御がどういうものを理解できた	4	4	3
PID 制御がどういうものを理解できた	4	4	3
ソフトウェア「MATLAB/Simulink」の使い方が身に付いた	3	3	3
C 言語のプログラミングが身に付いた	3	2	3
チューニング方法が身に付いた	4	2	3

4: とてもそう思う 3: ややそう思う 2: あまりそう思わない 1: まったくそう思わない

このことから、全受講者が、本教員講習会テキストを用いた講習会において、フィードバック制御の学習のキーワードとなる「シーケンス制御」「フィードバック制御」「ブロック線図」「オンオフ制御」「P 制御」「PID 制御」について理解できたことが示唆される。

また、受講者 A 及び受講者 C は、「ソフトウェア「MATLAB/Simulink」の使い方が身に付いた」「C 言語のプログラミングが身に付いた」「チューニング方法が身に付いた」の 3 つの質問項目に対して、「4: とてもそう思う」もしくは「3: ややそう思う」との回答であった。これらの受講者は、MATLAB/Simulink のソフトウェアの使い方や C 言語のプログラミング、C 言語を用いたチューニングの方法について、ある程度身に付いたことが推察される。一方、受講者 B は、「C 言語のプログラミングが身に付いた」「チューニング方法が身に付いた」の 2 つの質問項目に対して、「2: あまりそう思わない」との回答であった。このことは、本教員講習会テキストを用いたフィードバック制御の講習会において、受講者によっては、C 言語プログラミングやチューニングの方法の習得が難しい可能性があることを示唆していると考えられる。

事後の受講者の自由記述例を表 5 に示す。「フィードバック制御の実習を行ううえで教師にとっての課題は何でしょうか」の質問に対しては、受講者 A が「C 言語を理解するのに時間がかかり、独学も難しい」、受講者 B が「C 言語の学習についていけない」「C 言語に抵抗のある教員が多いと思う」、受講者 C が「プログラム言語について学ぶ意欲が低い」との回答であった。C 言語を使用することは、教員にとって大きな負担になっているといえる。また、「フィードバック制御の実習を行ううえで生徒にとっての課題は何でしょうか」の質問に対しては、受講者 A が「C 言語のプログラミングで、理解するように説明することが難しい」、受講者 B が「教員が C 言語を理解してないために、生徒も理解できない」、受講者 C が「制御は身の回りのことであるが、学習となると数字が出てくるので拒絶反応が出る」等との回答であった。C 言語の使用が、生徒にとっても大きな負担になると教員が感じていることがわかる。受講者 B は、「C 言語のプログラミングが身に付いた」の質

問項目に対して「2:あまりそう思わない」との回答であったが、その自由記述から、C言語の使用がフィードバック制御の学習において大きな障壁になっていると考えられる。

表 5 事後の受講者の自由記述例

フィードバック制御の実習を行ううえで教師にとっての課題は何でしょうか
<p>受講者 A</p> <ul style="list-style-type: none"> 教材をそろえるのに費用がかかる パソコンのソフトウェア環境を整えるのが大変 C言語を理解するのに時間がかかり、独学も難しい <p>受講者 B</p> <ul style="list-style-type: none"> C言語の学習についていけない C言語に抵抗のある教員が多いと思う <p>受講者 C</p> <ul style="list-style-type: none"> 制御の学習が楽しくできる課題の設定が難しい プロムラム言語について学ぶ意欲が低い（新しいことは若い人に任せるという意識がある） 新しいものに触れる機会が少ない ブロック線図からシミュレーション結果を視覚的に確認できるので、初心者には良い
フィードバック制御の実習を行ううえで生徒にとっての課題はなんでしょうか
<p>受講者 A</p> <ul style="list-style-type: none"> 教材をそろえるのが大変 C言語のプログラミングで、理解するように説明することが難しい <p>受講者 B</p> <ul style="list-style-type: none"> 生徒には制御概念が理解できない 教員がC言語を理解していないために、生徒も理解できない <p>受講者 C</p> <ul style="list-style-type: none"> 制御は身の回りのことがあるが、学習となると数字が出てくるので拒絶反応が出る 楽しさを伝えるために、視覚的に取り組めるような環境を整える必要がある 色々な数値設定を繰り返し試すことができる粘り強さが無い

これらのことから、本教員講習会テキストに関して、講習会で使用する際には、C言語を使用する部分について講師がより丁寧に学習進行する必要があることが示唆される。もしくは、受講者Cの自由記述に「楽しさを伝えるために、視覚的に取り組めるような環境を整える必要がある」とあるように、受講者が取り組みやすいようなインターフェースのソフトウェアに変更することが望ましいと考えられる。

受講者Aの自由記述に「教材をそろえるのに費用がかかる」とあるが、これについては、本テキストによる教員講習会が普及することによってフィードバック制御の学習に携わる教員が増え、その必要性の認識が広まっていくことで、教材を備えている学校が増えていくと期待される。

4. おわりに

本研究は、フィードバック制御をテーマに、ブロック線図に基づくロボット制御に関して学校教員を対象とした講習会のテキストを開発するものであった。教員講習会テキスト

の制作及びその試用を行った結果は次のようにまとめられる。

- ①工業高校及び普通高校情報科の教員、中学校技術科の教員を対象とし、内容量は、工業高校の科目「機械実習」での 20 時間分の授業に相当する分量とした。使用教材は、ハードウェアの制作に比較的時間の掛からないものとして、LEGO 社の Mindstorms NXT を採用した。また、ブロック線図を構築するソフトウェアは MathWorks 社の MATLAB/Simulink を採用した。以上の設定の下、「フィードバック制御の概念」「ブロック線図」「PID 制御」「チューニング」「MATLAB/Simulink」「C 言語」「総合課題」をキーワードとした、全 6 節からなる教員講習会テキストを制作した。
- ②制作したテキストを用いて、受講者が学習効果を得られるのかを検討するために、約 3 時間の教員講習会を立案し、受講者 3 名を対象に実施した。事前及び事後調査票を作成し、受講者に回答してもらったところ、全受講者が本教員講習会テキストを用いた講習会を肯定的に評価していることが示され、特にフィードバック制御の内容を概括する効果のあったことが推察された。
- ③また、事後調査から全受講者がフィードバック制御の学習のキーワードとなる「シーケンス制御」「フィードバック制御」「ブロック線図」「オンオフ制御」「P 制御」「PID 制御」について理解できたことが示唆された。一方、受講者の自由記述から C 言語を使用することは教員にとって大きな負担になっていることが示された。

以上のことから、一定の有用性の実証された教員講習会テキストが開発されたと考えられる。C 言語の使用については、受講者がより取り組みやすいインターフェースのソフトウェアに変更することが考えられる。条件に適合するソフトウェアがあった場合、その配備のための費用が懸念されるが、講習会の実施に関してはソフトウェアの企業との連携・協力等で対処できると思われる。また、本テキスト試用のための講習会において受講者が少人数であったため、より人数を増やした場合について検証する必要がある。さらに、講習会の時間をより増やすことで、例えば NXTway-GS(2 輪型倒立振子ロボット)や自動衝突回避自動車を受講者が制作する実習を盛り込むことができ、受講者が体験的に学習する場面の割合を多くすることも考えられる。今後はこれらの課題の検討を踏まえた上で、本教員講習会テキストを用いた講習会の実践に取り組みたい。

参考文献

- 1) Shakya Dipu : 教員の自主研修活動の社会学的一考察 : 事例研究対象の教師文化的側面から, 第 61 回日本教育社会学会大会発表要旨集録, pp.99-100(2009)
- 2) Benesse 教育研究開発センター : 第 5 回学習指導基本調査 (高校版) 学習指導に関する学校の取り組みと教員の実態・意識, pp.92-93(2010)
- 3) 文部科学省 : 高等学校学習指導要領解説工業編, 実教出版, pp.33-36(2010)
- 4) 富永英二 : 教育実践 フィードバック制御装置の開発, 工業教育資料, 307 号, pp.22-25(2006)
- 5) 門田和雄 : 工業高校における「計測・制御」の教育実践, 日本機械学会 2000 年度年次大会講演論文集, pp.581-582(2000)
- 6) 大塚友彦, 加藤格, 谷田部喜久雄, 福井繁雄, 青木宏之, 正木進 : フィードバック制御教育のための導入実験の試み, 平成 16 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集,

pp.533-534(2004)

- 7) 金井徳兼, 高橋良彦, 吉留忠史, 三輪基敦, 川原田康文: ロボットをテーマとした教員研修カリキュラム開発, 平成 20 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.166-167(2008)
- 8) 文部科学省: 中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 教育図書, pp.36-37(2008)
- 9) 山本利一, 本村猛能, 本郷健: プログラムによる計測・制御に関する教員研修内容の提案, 日本教育情報学会第 27 回年会論文集, pp.210-213(2011)
- 10) 山本利一: 新学習指導要領に対応する教員研修内容の提案, 埼玉大学紀要教育学部 Vol.61 No.1, pp.131-138(2012)