

計測・制御システムに対する生徒の技術評価・活用力を育成する
学習指導方法に関する実践的研究

2014

兵庫教育大学大学院
連合学校教育学研究科
教科教育実践学専攻
(兵庫教育大学)

萩 嶺 直 孝

学 位 論 文 要 旨

氏 名 萩嶺 直孝

題 目 計測・制御システムに対する生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法に関する実践的研究

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(以下、技術科)において、計測・制御システムに対する生徒の技術評価・活用力を適切に育成しうる学習指導のあり方を実践的に検討することである。

本論文は、緒論と結論を含め全8章で構成されている。第1章では、本研究の目的を踏まえ、先行研究を整理し、計測・制御システムに対する技術評価・活用力を「現在の社会や生活に支えている計測・制御システムの仕組みに関する基本的な概念を理解し、計測・制御システムのあり方を技術的な見方・考え方に基づいて適切に評価・判断することにより、これからの社会を構成する計測・制御技術の方向性を主体的かつ創造的に考え、生活に活用する力」と定義した。その上で、計測・制御システムに対する技術評価・活用力の育成に向けて、1)生徒のレディネスや学習に対する反応を分析し、適切な学習指導過程を構成する必要性、2)学習効果測定の方法論を確立する必要性、3)生徒が計測・制御技術と自らの生活や社会との関連性を見通しやすい生活課題型の題材及び学習指導方法を構築することの必要性の3点を研究課題として指摘した。これらの研究課題に対し本研究では、第2章から第7章において以下のように取り組んだ。

まず、第2章では、計測・制御システムに対する生徒の既存概念の実態を概念地図法によって把握した。その結果、生徒の既存概念は、入力系についてはある程度の概念が保持されているのに対し、インタフェースに関連する要素や出力系においては概念の形成率が芳しくないことが示された。また、生徒の描画した概念地図を分類したところ、適切なレディネスを有する「概念保持群」(36.2%)、該当するレディネスがほとんど形成されていない「概念未保持群」(15.8%)、計測・制御システムの全体像は捉えられているものの、部分的に修正が必要な「概念異保持群」(48.0%)に類型化された。そして、各群の描画した概念地図の特徴から、計測・制御学習の指導過程として、①導入段階は、生活場面にある身近な計測・制御機器を見つけさせ、その働きから入力・処理・出力という上

位概念を形成させること、②その上で、各上位概念に含まれる具体的な要素を下位概念として理解させることの重要性を指摘した。

次に、第3章及び第4章では、計測・制御学習において技術的な見方・考え方の育成につながる生徒の反応について、自律走行型ロボットを用いた走行ゲーム課題型と自動灌水器を用いた生活課題型の実践の比較を通して検討した。まず、第3章では、走行ゲーム課題型及び生活課題型の実践に参加した生徒の自由記述感想文を分類・整理した。その結果、技術評価・活用力に繋がる技術的な見方・考え方の変化に関して「機器の構成に対するイメージの形成」、「プログラムの働きに対する気づき」、「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」などのカテゴリが作成された。続く第4章では、第3章で作成したカテゴリに基づく測定尺度を構成し、因子分析を行った。その結果、計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方として、「体系的な見方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・関心」、「ユーザーとしての責任感」の3因子が抽出された。また、これら3因子の形成状況を走行ゲーム課題型、生活課題型の実践間で比較した結果、いずれの因子においても生活課題型の実践の方が、技術的な見方・考え方の形成に有効であることが示唆された。しかし、情意面の関連性では、走行ゲーム課題型には、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子が「難しさ」の軽減に寄与することに特徴が見られた。これらのことから、生徒の技術評価・活用力を育成する計測・制御学習のデザインとしては、第2章で設定した指導過程をベースとしつつ、走行ゲーム課題型の実践を導入題材に、生活課題型の実践を主題材とする2段階の単元構成が有効であることを指摘した。

第5～7章では、第2～4章で得られた知見に基づく実践開発に取り組んだ。まず第5章では、計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況をアチーブメントとして評価するため、項目反応理論(IRT)を用いた標準評価問題を開発した。その結果、技術評価・活用力の構成要素である「概念」、「判断」、「活用」の3観点について、妥当な識別力、難易度を持った計30問からなる標準評価問題を構成することができた。次に第6章では、第2～4章で得られた知見に基づき、走行ゲーム課題を導入題材に、生徒が自らアイデアを発想し「システムの構築」に参加する創造的な問題解決を含む生活課題を主題材とする学習指導過程をデザインした。そして第7章においてこれを試行的に実践し、生徒の反応を第4章で構成した測定尺度及び第5章で構成した標準評価問題を用いて評価した。その結果、本実践は第2章で使用した走行ゲーム課題型、自動灌水器課題型の実践と比べて、①技術的な見方・考え方の3因子を共に深め、学習の有用感や生活への活用力を育むという生活課題型の利点を維持しつつ、②「システムの構築」という創造的な問題解決を通して、概念形成や課題解決時の判断力の育成を図れることが学習効果として確認された。

第8章では、以上の各章で得られた知見を整理し、技術リテラシー育成の観点から生徒の技術評価・活用力の育成を図る計測・制御学習のあり方について考察した。その上で、第6、7章で構築した学習指導過程をモデル化し、実践展開時のポイントを整理すると共に、今後の実践研究に向けた課題を展望した。

目次

第1章 緒論	1
1. 研究の目的	1
2. 研究の背景	1
2.1 社会における情報化の進展	1
2.2 コンピュータを用いた計測と制御の技術	2
2.3 社会・生活場面における計測・制御技術の活用	3
2.4 計測・制御技術について学ぶ必要性	4
3. 先行研究の整理	6
3.1 我が国の教育課程における計測・制御学習の位置づけと内容	6
3.2 1989年学習指導要領下「情報基礎」領域における計測・制御学習に関する実践研究	7
3.3 1998年学習指導要領下「情報とコンピュータ」における計測・制御学習に関する実践研究	9
3.4 2008年学習指導要領下「情報に関する技術」における計測・制御学習に関する実践研究	10
4. 問題の所在	12
4.1 計測・制御システムに対する生徒のレディネスを把握する必要性	12
4.2 計測・制御学習における生徒の学習状況を把握する評価手法を確立する必要性	14
4.3 計測・制御システムに対する生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法を構築する必要性	17
5. 研究のアプローチ	18
第2章 計測・制御学習における生徒の既有概念の実態把握	20
1. 目的	20
2. 方法	20
2.1 概念モデルの作成	20
2.2 概念地図法による調査	22
2.2.1 調査対象	22
2.2.2 調査の内容と手続き	22

2.2.3 分析の手続き	24
3. 結果と考察	24
3.1 大学工学部生と中学生の比較	24
3.1.1 ノード使用率の比較.....	24
3.1.2 リンク形成率の比較.....	25
3.2 中学生の既存概念の類型化.....	26
3.2.1 クラスタ分析による類型化.....	26
3.2.2 各類型の解釈	28
3.3 考察	33
4. まとめ	33
第3章 計測・制御学習における生徒の反応に関する探索的検討	35
1. 目的	35
2. 方法	35
2.1 調査対象	35
2.2 題材のタイプと実践の概要	36
2.3 分析の手続き	39
3. 結果と考察	40
3.1 実践の様子	40
3.2 情意面の比較.....	43
3.3 技術的な見方・考え方の変化における比較	44
3.4 能力形成感における比較	46
3.5 考察	48
4. まとめ.....	48
第4章 計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方の構造分析	50
1. 目的	50
2. 方法	50
2.1 一次調査	50
2.1.1 調査対象.....	50
2.1.2 質問項目の設定.....	50
2.1.3 調査及び分析の手続き	51

2.2	二次調査	53
2.2.1	調査対象	53
2.2.2	測定尺度	53
2.2.3	手続き	53
3.	結果と考察	53
3.1	測定尺度の構成	53
3.1.1	調査対象者の状況	53
3.1.2	技術的な見方・考え方の構造	53
3.1.3	尺度項目の再編	56
3.2	技術的な見方・考え方の形成状況の比較	57
3.3	技術的な見方・考え方が情意形成に及ぼす影響	58
3.4	考察	60
4.	まとめ	60
第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための標準評価問題の開発		
	題の開発	62
1.	目的	62
2.	問題の開発	62
2.1	問題構成の枠組み	62
2.2	予備問題の作成	64
3.	開発した問題の標準化	66
3.1	標準化の手続き	66
3.2	調査の対象	67
3.3	妥当性評価の方法	67
4.	結果と考察	68
4.1	予備問題の精選・修正	68
4.2	標準評価問題の確定	70
4.3	確定した標準評価問題の検証	72
4.3.1	履修の有無による得点の差異	72
4.3.2	題材の違いによる得点の差異	73
5.	まとめ	74

第6章 計測・制御学習における技術評価・活用力を育成する題材の開発	75
1. 目的	75
2. 開発のコンセプト	76
3. 題材の開発	77
3.1 学習目標の設定	77
3.2 学習ユニットの設計	79
3.3 学習指導計画	80
3.4 計測・制御システムの教材	81
3.5 単元の指導過程	82
3.5.1 単元(1)「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」の指導 過程	82
3.5.2 単元(2)「計測・制御システムの基本構成要素の理解」の指導過程	82
3.5.3 単元(3)「社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発」の指導 過程	84
3.5.4 単元(4)「社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用」の 指導過程	85
3.6 評価規準	86
4. まとめ	87
第7章 技術評価・活用力を育成する計測・制御学習の試行的実践と学習効果	89
1. 目的	89
2. 研究の方法	89
2.1 実践対象	89
2.2 実践内容	89
2.3 測定尺度	90
2.3.1 実験群における学習状況の把握	90
2.3.2 群間における学習効果の差異の把握	90
2.4 手続き	90
3. 結果と考察	92
3.1 実験群における授業実践の状況	92
3.1.1 各単元における学習の状況	92

3.1.2	学習目標の到達状況.....	103
3.2	学習効果の検討.....	109
3.2.1	群間の等質性の確認.....	109
3.2.2	情意面の比較.....	110
3.2.3	技術的な見方・考え方の比較.....	111
3.2.4	技術評価・活用力の比較.....	112
3.2.5	考察.....	113
4.	まとめ.....	114
第8章	結論及び今後の課題.....	115
1.	本研究で得られた知見の整理.....	115
1.1	計測・制御学習における生徒の既存概念の実態把握.....	115
1.2	計測・制御学習における生徒の反応に関する探索的検討.....	116
1.3	計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方の構造分析.....	117
1.4	計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握する標準評価問題の開発.....	117
1.5	計測・制御学習における技術評価・活用力を育成する題材の開発と試行的実践.....	118
1.6	結論.....	118
2.	教育実践への示唆.....	120
3.	今後の課題.....	123
	文献.....	126
	資料.....	130
	謝辞.....	132
	本研究に関する論文等.....	133

第1章 緒論

1. 研究の目的

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(以下、技術科)において、計測・制御システムに対する生徒の技術評価・活用力を適切に育成しうる学習指導のあり方を実践的に検討することである。

2. 研究の背景

2.1 社会における情報化の進展

有史以来、人類は、最初の生産手段として農耕技術を獲得した後、工場による製品の大量生産、均一化など豊富な物資を入手できる工業技術による工業社会を形成した。その後、電話、テレビなどの電気通信技術、コンピュータなどの情報手段の発展を経て、現在の高度情報通信ネットワーク社会の形成に至っている。ここでいう高度情報通信ネットワーク社会とは、情報化社会あるいは高度情報化社会など、多様な表現で語られることがあるが、その一つとして、2000年に制定された「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法」においては、高度情報通信ネットワーク社会を「インターネットその他の高度情報通信ネットワークを通じて自由かつ安全に多様な情報又は知識を世界的規模で入手し、共有し、又は発信することにより、あらゆる分野における創造的かつ活力ある発展が可能となる社会」と定義している¹⁾。

このような高度情報通信ネットワーク社会には、様々なメリット、デメリットがある。メリットとしては、情報の入手が容易になり、多様な情報に触れる機会や選択肢が増えたり、様々な形式でのコミュニケーションが図られ、多様な価値観、思想、発想が育ちやすくなったりするなど、多様化とグローバル化が進展することである。一方、デメリットとしては、情報が増えすぎて処理しきれなくなったり、無価値な情報や誤った情報が増え、それらを適切に取捨選択するための能力が必要になったりすることが挙げられる。また、コミュニケーション形態の変化や多様化に伴い、個人情報保護などの情報安全の問題、誹謗中傷などの情報モラルの問題が生起している。そのため、現代の高度情報通信ネットワーク社会においては、人々は大量の情報の中から適切な情報を取捨選択したり、情報の表現やコミュニケーションの効果的な手段としてコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用したりする能力が求められるようになっている。同時に、ネットワーク

第1章 緒論

上の有害情報や悪意のある情報発信など情報化の影の部分への対応も早急に求められており、このような状況の中で、情報や情報手段を適切に活用できる能力がすべての国民に必要とされるようになってきている。

2.2 コンピュータを用いた計測と制御の技術

一方、社会や生活におけるコンピュータの活用という観点に立つと、それは情報通信ネットワークのような情報活用とコミュニケーションの手段に限定されているわけではない。例えば、製造業などの生産現場においては、生産プロセス等の管理システム、製造機器等の計測・制御システム、設備・環境システムなどの生産システムの情報化が進展している。家庭生活の場面においても、全自動洗濯機や電気炊飯器など、簡単な操作で利用可能な機器が広く普及している。これらには、コンピュータを用いた計測と制御の技術が用いられている。

日本工業規格²⁾によると計測は「変量の値を確定することを目的に行う一連の操作」と定義されている。同様に、制御とは「システムにおいて、所定の目的に合致するように行う意図的な操作」と定義されている。また、システムは、「所定の目的を達成するために、要素を結合した全体」と定義されている。これらのことから、コンピュータを用いた計測と制御の技術とは、所定の目的を達成するために、要素を結合したシステムにおいて、変量の値を確定し、所定の目的に合致するように行う意図的な操作を、コンピュータを用いて実現する技術と捉えることができる。以下、本研究では、コンピュータを用いた計測と制御のシステムを構築する諸技術を総称して計測・制御技術と呼ぶことにする。

このような計測・制御技術における被制御物の制御方法には、大別してシーケンス制御、フィードバック制御、フィードフォワード制御などがある。シーケンス制御は、「あらかじめ定められた順序、前段の動作の実行、ある条件の充足などによってシステムの動作を定めるシーケンスプログラムを実行する制御」と定義される。例えば、自動販売機や交通信号機など、同じような動作が所定の順番通りに実行される制御がこれに該当する。これに対して、フィードバック制御とは、「フィードバックによって制御量を目標値と比較し、それらを一致させるように操作量を生成する制御」と定義される。例えば、エアコンが設定した温度を保つべく、風量や風向、風温などを細かく制御したり、ロボットアームが物体をつかむ時に、物体の位置を常にセンサで検知しながら手先を動かしたりする制御がこれに該当する。しかし、フィードバック制御は、閉ループによるシステムであるため、制御を乱す外的要因(外乱)が突然発生しても、その影響が現れてからでなければ修正が行えない

第1章 緒論

い。その欠点を補うものとして、フィードフォワード制御がある。フィードフォワード制御とは、「目標値、外乱などの情報に基づいて、操作量を修正する制御」と定義され、外乱などによるシステムへの影響が現れる前に、あらかじめその影響を極力抑えるように修正動作を行う制御方式である。そのためフィードフォワード制御は、フィードバック制御の欠点を補うために併用される。

2.3 社会・生活場面における計測・制御技術の活用

生産システムにおける計測・制御技術の応用例としては、自動化及び智能化された産業用ロボットの活用が挙げられる。特に、産業用ロボットは、従来、人間によって行われていた作業を無人化し、生産工程の自動化を図るファクトリーオートメーション(FA)において、コンピュータ数値制御(CNC)が組み込まれた工作機械、プログラマブルロジックコントローラ(PLC)といった産業用制御システムを用い、他の通信系の情報技術とともに連携した自動化が図られている³⁾。このような生産システムと製品開発を支援するCAE(Computer Assisted Engineering)、経営情報システム等の連携・統合によって、フレキシブル生産システム(FMS: Flexible Manufacturing System)の実現が図られている。FMSは、現代の市場が持つ多様なニーズに迅速に対応する多品種変量生産を支える重要な技術体系となっている。

一方、生活場面への応用としては、家事労働を軽減する全自動洗濯機や電気炊飯器、自動掃除ロボット、店舗等の無人化を図る自動販売機やATM、自動券売機や自動清算機といった例が見られる。また、社会インフラの分野では、無駄な運転を省くために光電検知センサを備えたエスカレータ、夜間に自動点灯する街灯、道路交通の信号機や自動車に搭載された衝突を防ぐプリクラッシュセーフティシステム、電力や水道の供給など、計測・制御技術の活用例は数えきれない。このように計測・制御技術によって、様々な機器やシステムの省力・簡便化、省エネルギー化、安全性・安定性向上、労働環境の改善が図られ、社会が円滑に機能することができている。これらのシステムが停止してしまうと、物資の生産が停止したり品質が一定しなくなる、流通が滞ったり移動が円滑にできない、ライフラインが停止するなどの問題が生じる。このように、およそ、現在の社会・生活の中において、高度で複雑な機能を持つ機器や製品、インフラには、少なからずコンピュータを用いた計測・制御の技術が組み込まれ、不可欠な存在となっている。

ただし、近年の半導体技術の発達に伴い、自動制御装置の分野にもその技術がデジタル化の方向に進んでいるが、自然界を取り巻く温度・圧力・流量などを計測するセンサか

第1章 緒論

らの信号はアナログ信号，また制御するためのアクチュエータの多くはアナログ信号で動作するものである。このように計測・制御はもともとアナログ信号によるものであった。そのため，現在のコンピュータによる計測・制御はデジタルとしての計測・制御システムから入っているが，今後はアナログとしての計測・制御についての位置づけについても検討すべき課題となっている。

2.4 計測・制御技術について学ぶ必要性

上述したように，コンピュータを用いた計測・制御技術は，現代の社会・生活を支える重要な技術となっている。しかし，その利用者(ユーザ)は，機器や製品，システムを利用する際に，その中に組み込まれている計測・制御技術について意識することはあまりない。これは計測・制御技術が機器や製品，システム等の持つ機能の利用に際して，利用者が煩雑な手続きをふまなくとも利用できるように自動化することをねらいとしているためである。そのため，自動化された機器や製品，システムを使用するための道具的な知識(つまり，使い方に関する知識)として，広く市民が計測・制御技術について学ぶ必要性はあまりない。(逆に言えば，利用者が使い方を学ぶ必要がないように自動化されている)。しかし，技術リテラシー(Technological Literacy)の観点からはむしろ，「広く社会を支えているにも関わらず，利用者が使い方を意識しなくてもよい技術」についてこそ，学ぶことの重要性は高いと考えられる。

技術リテラシーとは，2000年にITEA(International Technology Education Association, 現在は ITEEA: International Technology and Engineering Educators Association に改名)が，そのプロジェクト「Standards for Technological Literacy, 以下 STL」の開発の中で提唱した概念である⁴⁾。STLによると技術リテラシーとは，「技術を理解し，活用し，管理・評価する能力」と定義される。STLによると，技術リテラシーを有する人格は，「時とともに発展するさらに洗練された方法で，技術とは何か，どのように技術は創られるのか，そしてどのように技術は社会を形作り，そして逆に社会によって形づくられるのかを理解する」と述べられている。また，STLの序文には，「われわれは，技術にますます依存している。しかし，この依存にかかわらず，社会は，社会を支える技術の歴史と基本的な性質についてほとんど知らない。その結果が，未来の技術を形づくことに結びつく決定に関与しない市民である。民主主義の原理に基づく国においてこれは危険な状況である。」と述べられている。すなわち，社会を支える技術を理解し，それを自らの生活の中で適切に活用するだけでなく，未来にあるべき技術の方向性を見定め，その形成に多様な方法で

第1章 緒論

関与しうる市民性を形成することに技術リテラシー概念の中核が見て取れる。そして、このような技術リテラシーを育成する教育的行為を指して、技術教育(Technology Education)が規定される。

我が国における普通教育としての技術教育は、職業・家庭科を前身として1958年に設置された技術科が唯一、その役割を担っている。その後、2008年告示学習指導要領では、技術科の教科目標の中に「技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」(技術評価・活用力)ことが明記された⁵⁾。ここでいう技術評価・活用力には、対象技術に関する概念形成を基盤としつつ、技術的な見方・考え方に基づく判断と生活の中の実際の文脈の中での活用という要素が含まれている。これは前述した技術リテラシーの考え方が、我が国の技術科においても主要な教育として位置付けられたことを示している。したがって、現在の技術科の立場から現代の情報化社会を支える情報技術について取り上げる場合、そこには情報とコミュニケーションの手段としての情報技術と共に、コンピュータによる計測・制御技術を適切に取り上げることが必要となる。

このことについて日本産業技術教育学会は、1999年に、「21世紀の技術教育」の枠組みを発表している⁶⁾。これによると、技術教育の目的は「自然および社会の法則を認識して合目的な製作活動を行うための感性、技能およびシステマ的思考力とともに、生活や社会に大きな影響を与え、その在り方を規制する要因である技術を公正に評価することのできる能力を備えた人格(生産的人格)の形成」と述べられており、STLによる技術リテラシーを有する人格の捉え方と同じ方向性を示す内容となっている。また、技術教育の対象内容の枠組みにおいても、計測・制御学習は技術教育の内容知の一つである「情報・システム・制御技術」の中に位置づけられている。このことは、計測・制御学習が単なるプログラミングに関する学習の題材に止まるのではなく、計測・制御技術を内包した計測・制御システムのあり方そのものを技術リテラシーの観点から捉えることの重要性を示唆している。その後、この枠組みは2012年に改定され、「21世紀の技術教育(改訂)」が新たに刊行されている⁷⁾。この改訂版には、技術教育は「生産の理解および実践につながり、民主主義国家の主権者として関係する決定への関与を可能とする能力、すなわち技術的素養(技術リテラシー)の形成に意義がある」と述べられている。さらに技術的素養(技術リテラシー)については、「技術と社会との関わりについて理解し、ものづくりを通して、技術に関する知識や技能を活用し、技術的課題を適切に解決する能力、および技術を公正に評価・活用する能力」と定義され、STLによる技術リテラシーの中核を踏襲している。さらに「発明・

第1章 緒論

知的財産とイノベーション」や「社会安全と技術ガバナンス」を共通の知識・技能として掲げており、技術リテラシーが創造性の育成や技術に対する「評価」、「判断」、「活用」する力の構成要素を持つものであることを示している。

本研究では、これらの議論を踏まえ、技術リテラシーの観点から育成すべき「計測・制御システムに対する技術評価・活用力」を「現在の社会や生活を支えている計測・制御システムの仕組みに関する基本的な概念を理解し、計測・制御システムのあり方を技術的な見方・考え方に基づいて適切に評価・判断することにより、これからの社会を構成する計測・制御技術の方向性を主体的かつ創造的に考え、生活に活用する力」と定義することとする。すなわち、「計測・制御システムに対する技術評価・活用力」は、技術的な見方・考え方に方向付けられた計測・制御システムに対する「概念」、「判断」、「活用」の要素を含むものである。このような観点から、技術教育における計測・制御学習には、①社会や生活に利用されている計測・制御システムの基本的な仕組みを理解すること、②計測・制御システムの構築に関わる創造的な問題解決を経験すること、③これからの社会を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価・判断すること等の要素を含むことが重要であると考えられる。

3. 先行研究の整理

3.1 我が国の教育課程における計測・制御学習の位置づけと内容

技術科において情報技術に関する学習内容の取扱いが始まったのは、1989年告示の学習指導要領からである⁸⁾。これは、初等中等教育の教育課程に情報に関する教育(以下、情報教育)を設置する動向と結びついている。我が国における情報教育は、生徒の「情報活用能力」を育成する教育と定義できる。1989年告示の学習指導要領においては情報活用能力が、①「情報の判断、選択、整理、処理能力及び新たな情報の創造、伝達能力」、②「情報化社会の特質、情報化の社会や人間に対する影響の理解」③「情報の重要性の認識、情報に対する責任感」、④「情報科学の基礎及び情報手段の特徴の理解、基本的な操作能力の習得」と定義され、その育成を図る中核的な教科として中学校の技術科に「情報基礎」領域が新設された⁹⁾。この時期の「情報基礎」領域の学習内容は、上述した情報活用能力の各要素に対応して構成されているため、計測・制御技術については明示的には取り上げられていない。しかし、関連する内容としては、「コンピュータの基本操作と簡単なプログラムの作成」¹⁰⁾の一部として2進法、プログラム言語の種類やOSの仕組み、BASIC言語を用いた簡単な

第1章 緒論

着色図など、応用ソフトウェアの働きなどが挙げられている¹¹⁾。この時期、教育現場では、プログラム作成を学ぶ題材の一つとして、模型自動車をプログラムで制御する実践が試みられている。しかし、それらは計測・制御技術そのものを生徒に理解させることを目的としたものではなかった。

その後、1996年の第15期中央教育審議会「体系的な情報教育の実施に向けて（第1次報告）」によって「情報活用能力」が①「情報活用の実践力」、②「情報の科学的な理解」、③「情報社会に参画する態度」に再定義された¹¹⁾。これは、情報技術そのものの発展が目覚ましく、情報機器の基本的な操作を取り上げる必要性が低減したこと、その一方で情報モラルに関する問題が噴出し、情報化社会の特質を理解することと責任ある情報行動が取れるようになることを情報化社会に参画するための基本的態度の育成へと統合的に昇華させる必要があったためである。このことをうけ、1998年の学習指導要領では、技術科の「情報基礎」領域が、内容B「情報とコンピュータ」へと再編された¹²⁾。その内容は、「情報基礎」領域と同様に、情報活用能力の3要素と対応して構成されたものの、新たに計測・制御技術に関する内容として「プログラムと計測・制御」が選択履修項目として設定された。具体的には、「ア プログラムの機能を知り、簡単なプログラムの作成ができること。」と「イ コンピュータを用いて、簡単な計測・制御ができること。」の2点が挙げられた¹³⁾。その後、現在に至るまで、「情報活用能力」の考え方に修正は施されていないものの、2008年の学習指導要領の改訂によって、内容B「情報とコンピュータ」が内容D「情報に関する技術」と改められた。その中で、計測・制御技術に関する内容は「プログラムによる計測・制御」と改名され、より計測・制御技術の位置づけを大きなものとしている。そして、それまで選択履修項目であったものが、必修項目とされた。具体的な指導項目としては、「ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること。」、「イ 情報処理の手順を考え、簡単なプログラム作成できること。」となっている¹⁴⁾。

このように我が国の技術科では、情報に関する技術がその学習内容に加えられて以降、3回の学習指導要領の改訂を経て、計測・制御技術に関する学習の位置づけは、より重要なものへとシフトしてきている。

3.2 1989年学習指導要領下「情報基礎」領域における計測・制御学習に関する実践研究

「情報基礎」領域における実践研究は、前述した通り、「コンピュータの基本操作と簡単なプログラムの作成」の指導に関する先行研究が行われてきている。これらの先行研究は大別すると、①プログラミングの学習指導に関する研究、②「電気」・「機械」領域と「情

第1章 緒論

報基礎」領域との融合を目指した計測・制御教材の開発に関する研究に分けられる。

まず、プログラミングの学習指導に関する研究としては、奥西ら（1993）、林ら（1993）、本郷ら（1994）の実践研究が挙げられる^{15) 16) 17)}。奥西らは、コンピュータの基本操作及びプログラミングの基礎に重点をおいた授業実践を行っている。その結果、プログラミングにおいては、グラフィックスを中心に扱い、最低押さえておきたい内容については繰り返しコマンドを使用する場面を設定することが有効であることを指摘している。また、林らはプログラミング学習の導入において、生徒が作成可能ないろいろな目的のプログラムに対する興味や関心を明らかにするために、日本語 LOGO で作成した6種類のプログラムを生徒に実行させている。その結果、それ以前の LOGO 以外の言語によるコンピュータの操作経験とプログラム実行に対する関心度とは関係がなく、女子の方が男子より強い興味を示すことを示している。本郷らは、生徒のプログラミングにおける学習支援のために、プログラム作成過程を思考プロトコルとして記録し、実験後に再現するキー入力記録装置を作成している。この装置を技術科のプログラミング教育および小学校算数科の授業で試行した結果、児童・生徒にさほど負担をかけることなく確実にキー入力履歴が取れ、指導者が学習者の状況を把握する一助となりうることを示している。これらの研究ではいずれも、生徒のプログラミング能力の育成に向けた実践ストラテジーが検討されているものの、その内容は基本的に計測・制御学習とは切り離されたものといえる。

一方、「電気」・「機械」領域と「情報基礎」領域との融合を目指した計測・制御教材の開発に関する研究では、坂日ら（1989）、宮倉ら（1990）、大倉（1991）、村尾ら（1994）の実践研究が挙げられる^{18) 19) 20) 21)}。坂日らは、「機械」領域で取り上げる「動く模型の製作」にポケットコンピュータを使用し、模型の動力部であるモータを制御する融合教材を考え試行している。その結果、授業後の感想として、約90%の生徒が楽しいと答え、コンピュータに対する興味・関心が高かったと報告している。宮倉らは、「機械」領域と「情報基礎」領域の両領域にまたがる教材として、コンピュータによって工作機械の模型を制御する仕組みについて教具を開発している。この教具は、コンピュータで切削位置を制御する機能を備え、熱線によって発泡スチロール板を切断するものである。この装置を使用すれば、コンピュータによる制御の仕組みを平易に教示できるだけでなく、製作学習の形態の面を併せ持つ授業を構成することをねらったものである。大倉らは、コンピュータを用いた機械(機構)制御学習の際に用いられるメカトロニクス教具のアクチュエータにステッピングモータを容易に理解させるための一方法として、これらの事柄を視覚的に学習・理解ができる教

第1章 緒論

具の開発と、その教具の特性について考察を行っている。その結果、本教具はステッピングモータの動作原理と特性およびコンピュータによる励磁方法について、視覚的学習を可能にし、また短時間に理解させる上で有効であることを示唆している。村尾らは、「電気」領域の発展教材として、コンピュータ制御モデルを設定するとともに、生徒に電気と生活との結びつきについて認識を深めさせることを意図して授業実践を行なっている。その結果、「情報基礎」領域の学習の動機づけには、コンピュータの役割を直観的に理解でき、生徒自身が教具の操作を通してその働きを体験的に把握できる教材が有効であることを指摘している。

以上のように、1989年学習指導要領下における計測・制御学習に関する実践研究は、「機械」領域や「電気」領域と「情報基礎」領域の関連性を持たせる観点から行われていたと考えられる。

3.3 1998年学習指導要領下「情報とコンピュータ」における計測・制御学習に関する実践研究

「情報とコンピュータ」における実践研究は、学習指導要領の改訂に伴い設定された「プログラムと計測・制御」の指導に関する検討を中心に先行研究が行われてきている。これらの先行研究は大別すると、①計測・制御学習の教材開発の研究、②計測・制御学習の実践開発に関する研究に分けられる。

まず、計測・制御学習の教材開発の研究としては、大倉ら(2003)、亀山ら(2003)、森ら(2007)の実践研究が挙げられる^{22) 23) 24)}。大倉らは、中学校や工業高校などでの実践的・体験的な「ものづくり」学習における制御を含む教材として、磁気ライントレーサの回路開発を行なっている。開発した教材用磁気ライントレーサは、磁気ラインの曲率、磁力の大きさ、センサの配置・個数、走行速度などの諸要素により、設計・製作活動において試行錯誤、創意工夫する機会が多く含まれており、電気・機械・制御を融合した「ものづくり」教材として、実践的・体験的な製作活動を通して、創意工夫を育む問題解決学習が展開できることを目指したものである。亀山らは、8ビット出力のビット単位の制御が可能なUSBインタフェースをもつ制御教具とソフトウェアの開発を行っている。この研究では、中学校技術科の学習指導要領や教科書に記載されているコンピュータ制御学習が幅広く実践可能なことを示唆している。森らは、計測・制御学習の題材としてインテリジェントハウスを取り上げている。この研究では、インテリジェントハウス教材を計測・制御システムのひとつであると生徒に認識させ、センサ、コンピュータおよびプログラムの関係について理解させる

第1章 緒論

ことを試みている。

一方、計測・制御学習の実践開発に関する研究としては、森(2005)、嶋田ら(2007)、伊藤ら(2007)の実践研究が挙げられる^{25) 26) 27)}。森は、計測・制御学習のための題材としてロボット技術を取り上げ、生徒らにその概要を理解させるとともに、自主的な班活動による学習を行うことで、ロボット、センサ、プログラミングの知識や興味についての理解度と興味・関心に関する教育的効果について検討を行っている。その結果、授業構成および教材がロボット、センサ、プログラミングについて、理解度および興味・関心の向上に有効であることを明らかにしている。嶋田らは、技術科では、自律型ロボット教材は生徒の学習意欲を高めるとともに、プログラム、計測・制御に関する基礎知識を修得するのに適当であると考え、系統的にロボット教材を用いた授業計画や展開、授業方法について検討を行っている。そして、自律型ロボット教材を用いて、27 単位時間に及ぶ系統的なプログラムと計測・制御学習に関する授業実践を実施し、授業経過における興味や関心の変容及び学習効果を評価している。その結果、本実践によって、興味・関心を持ってロボット製作とプログラム作成に取り組むことができ、計測・制御の学習において高い学習効果が得られることを報告している。伊藤らは、ハードウェアとソフトウェアの両面からの技術的な理解を深めることをねらいとして計測・制御学習の教材を提案するとともに学習指導計画を示している。計測部分として距離センサを製作するとともにプログラムを作成する学習活動を通じて、壁面と一定の距離を保ちながら移動可能な「ナビゲータ・ロボット」の製作を目標とする授業計画を立案し、授業実践を試みている。

以上のように、1998 年学習指導要領下においては、選択履修であったとはいえ、教育課程上に正規に設置された「プログラムと計測・制御」の実践支援の観点から、題材及び教材の開発が積極的に行われると共に、その効果を実践的に評価しようとする試みが展開されはじめた点に特徴が見られる。また、実践開発に関する研究においては、題材名に「ロボット」という用語が用いられるケースが多くなってきた点にも特徴を見出すことができる。

3.4 2008 年学習指導要領下「情報に関する技術」における計測・制御学習に関する実践研究

「情報に関する技術」における実践研究は、学習指導要領の改訂に伴い必修化された「プログラムによる計測・制御」の学習指導に関する検討として行われてきている。これらの先行研究は大別すると、①ロボットコンテストに関わる教材開発に関する研究、②生活機

第1章 緒論

器に関わる教材開発に関する研究に分けられる。

ロボットコンテストに関わる教材開発に関する研究としては、伊藤ら（2008）、紅林ら（2009）の実践研究が挙げられる^{28) 29)}。伊藤らは、ロボットコンテストに含まれる種目の中で災害救助を模倣したレスキューロボットを新たに情報技術学習の題材とすることを提案している。そして本題材を用いた授業実践により、工夫し創造する手段である計測・制御用プログラム作成の観点からその有効性を示している。紅林らは、3モータ制御が可能な教材用ロボット基板を開発し、ロボット製作の学習とコンピュータ制御の学習が融合できる教材システムを開発している。開発した教材システムは、市販されている部品や材料を利用でき生徒自らが工夫し製作できるようにしたものである。実践による評価の結果として、開発した教材システムは、ロボットコンテストと制御プログラムの学習を融合する授業が可能であることを報告している。これらの先行研究では、ロボットコンテストの実践の中に、計測・制御技術の学習を取り入れることによって、生徒に具体的な学習目標を持たせ、工夫し創造する思考過程の育成を図ろうとしていると考えられる。

一方、生活機器に関わる教材開発に関する研究としては、古平ら（2009）、紅林ら（2009）、井戸坂ら（2011）樋口ら（2011）の実践研究が挙げられる^{30) 31) 32) 33)}。古平らは、生活の中に密接に関わっているコンピュータ制御機器の仕組みや技術を理解する学習に適した自律型ロボット教材を用い、授業計画を立案し、授業実践を実施し、学習意欲の向上、知識・理解の習得ができたことを報告している。紅林らは、制御学習の効果を、「エレベータ事故」に関する新聞報道の資料を用いて二つの方法で調査を行っている。その結果、学習経験の有無によって制御に関わる事故報道の制御対象の認知に差が生じることを明らかにしている。井戸坂らは、計測・制御の教材に求められる要件を整理し、自律型ロボットを使った授業を通して教育課程のねらいが達成できるかを検証している。その結果、コンピュータを利用した計測・制御の仕組みや情報処理手順を考えたプログラミングが学習できると、コンピュータや制御機器への興味・関心が高まり、身近にある制御機器の仕組みに関する理解も深まることを示している。樋口らは、走行型ロボット以外の生徒のアイディアに合わせて制御対象を選択することを取り入れた計測・制御学習のモデルを考え、そのモデルを実現できるための教材の開発を試みている。これらの先行研究では、従来の模型自動車を制御する題材から離れ、社会や生活を支える計測・制御技術との関わりを重視した教材開発を行うことによって、計測・制御技術を評価し活用する力の育成を目指したもの

であると考えられる。

以上のように、技術科における計測・制御学習に関する実践研究は、1989年学習指導要領下に「機械」・「電気」領域の融合教材という視点からその教材・教具開発が始められたが、1998年学習指導要領以降、教育課程上に設置された計測・制御学習の実践支援という観点へと移行していったことが読み取れる。また、1998年学習指導要領以降の題材では、走行型の模型自動車の制御に「ロボット」という名称の冠されるケースが見られるようになったものの、近年では模型自動車でコースを走行させるタイプの課題(以下、走行ゲーム課題型)ではなく、生活の中にある様々な機器をテーマにした課題(以下、生活課題型)の題材開発が試みられるようになってきた点に動向の変化が見られる。これらの動向を表1-1に整理して示す。

4. 問題の所在

しかし、これまでの先行研究はいずれの時期においても、教材・教具や題材の開発を中心に行われてきている点に大きな変化は見られない。そのため、授業実践の事例が数多く蓄積される反面、それらは開発された教材・教具や題材の評価にとどまっており、計測・制御学習としての学習効果を客観的に捉える視点は不十分であったと言わざるを得ない。前述したように、技術リテラシーの観点から計測・制御技術を学習内容として取り上げる場合、生徒の「計測・制御システムに対する技術評価・活用力」の観点から生徒の実態を把握し、効果的に学習指導ストラテジーを構築し、実践を通してその効果を客観的に評価していく必要があると考えられる。

そして、このような研究スキームの確立によって、今後の多様な実践開発の成果を実証的に蓄積することができるものと考えられる。しかし、このような技術リテラシーの視点に基づく計測・制御学習の実践研究は筆者の知る限り、十分に行われてきているとは言えないのが現状である。この問題に対処するためには、次に示す各課題に取り組む必要がある。

4.1 計測・制御システムに対する生徒のレディネスを把握する必要性

一般に、授業設計において、教師は生徒のレディネスを的確に把握することによって、学習内容や学習教材、学習活動や学習展開計画などを構想する。これらを検討するには、授業で設定した主要な学習目標との関連性から適切な分析の着眼点を設定することが重要である。また、学習指導において生徒のレディネスを把握する場合、その不完全さを否定

的に捉えるのではなく、レディネスを出発点に生徒の認識過程に即した学習指導を展開し、最終的に教師が形成させたい概念へと変容させることが重要である。計測・制御学習の場合は、特に「コンピュータを用いた計測・制御の基本的な仕組み」を理解することが重要な学習目標に位置付けられていること、生徒の身の回りには計測・制御機能を含む家電製品が数多く存在していることから、レディネスとして計測・制御システムに対する生徒の概念形成の状況に着目する必要がある。

ここでいう概念とは、人が事物や現象に何らかの形で含まれている規則性やパターン、共通性を見出し、理解や学習などの認知活動において一定のまとまりとして処理することができるものである。Ausubel によると学習の場面では、生徒は学習内容に関連する既有概念を保持しており、そこに新しい学習事項に関連づけながら、概念を変容させつつ、学習を進めていくと考えられている³⁴⁾。例えば計測・制御学習の場合、炊飯器、洗濯機、自動販売機など、生徒が生活の中にある身近な計測・制御システムを見たり触れたりする経験から、生徒はそれらの事例に含まれる何らかの共通性に着目した既有概念を形成しており、そこにアクチュエータやセンサ、インタフェースなどの新しい学習事項に関連づけながら新しい概念を形成していくものと考えられる。

ところが、計測・制御システムについて生徒が保有する既有概念を把握したり、その変容過程に着目したりする学習指導ストラテジーの構築には、現状として至っていない。以上のことから、既に生徒にとって身近に存在する計測・制御システムに対して彼らの持つ既有概念を把握し、生徒のレディネスを類型化して捉える実践研究が、学習指導ストラテジーを構築する前提的な知見として必要であると考えられる。

4.2 計測・制御学習における生徒の学習状況を把握する評価手法を確立する必要性

一般に、概念的な理解を中心とする学習指導において生徒の学習状況を把握する方法には、①対象概念の形成度をアチーブメントとして把握する方法、②対象概念を構成する下位概念間の関連性を質的に把握する方法、③対象概念に対する見方・考え方を内省として把握する方法が考えられる。

(1) 概念形成のアチーブメントを把握する方法上の課題

対象概念を構成する下位概念の個々の形成度を把握する方法には、アチーブメントテストを用いることができる。しかし、計測・制御学習の場合、この方法で生徒に「センサ」や「アクチュエータ」などの用語の意味を問うテストを実施しても、体系的な知識を有していない学習前の段階では適切な回答を得ることは難しい。また、この方法で得られるデ

第1章 緒論

ータも各問題に対する正誤情報だけであり、生徒のレディネスを既習事項や生活経験との関わりから捉えるには適していない。したがって、アチーブメントテストを活用した学習状況の評価は、基本的に学習指導後に実施するべきものとなる。通常、このようなアチーブメントテストは、担当教員が直接指導した生徒を対象に個別的に作成して実施されてきている。しかし、このような総括的評価に利用するアチーブメントテストでは、テスト問題自体を共通化することができず、多様な実践事例や学習指導方法の差異、題材や教材・教具の効果測定には利用することができない。言い換えれば、テスト問題の違いや被験者集団に影響されない効果測定を可能とするアチーブメントテストを開発することが、今後の実践研究には極めて重要であると考えられる。

このことについて国立教育政策研究所は、2009年に技術科の授業に対する生徒の学習状況を把握するため、「特定の課題に関する調査」を実施している³⁵⁾。「情報に関する技術」では「コンピュータの構成と機能について、入力、処理、出力、保存のそれぞれの機能を担う装置を選択させる」などの問題が作成され、技術科における基礎・基本となる知識・技能の実現状況および、基礎・基本となる知識を生活の中で活用する力の実現状況の調査が試みられている。しかし、この調査は基本的に、古典的なテスト理論に基づいた素点と達成率の評価のみが行われているため、テスト問題自体の妥当性の検証は行われておらず、標準化されたアチーブメントテストとしての利用には適していない。

アチーブメントテストの標準化には、テスト理論の一つとして、項目反応理論 (Item Response Theory : 以下, IRT) を用いたテスト開発の手法がある³⁶⁾。IRTは、各問題に対する能力ごとの正解する確率に基づき、評価項目群への応答に基づいて、被験者の特性 (認識能力, 物理的能力, 技術, 知識, 態度, 人格特徴等) や、評価項目の難易度・識別力を測定する方法である。このIRTを古典的なテスト理論 (素点方式, 偏差値方式) と比べると、被験者やテストの依存性にとらわれず、不変的に被験者の能力値とテスト問題の難易度を求められる利点がある。IRTを用いることで、テスト問題の違いや受験する集団の違いに影響されずに教育効果を測定できると考えられる。

しかし、計測・制御学習における同様の標準化テストの作成はまだ試みられていない。したがって今後は、計測・制御学習における種々の実践形態の学習効果の測定に向け、IRTを用いて標準化したアチーブメントテストの開発が必要であると考えられる。

(2) 概念間の関連性を質的に把握する方法上の課題

一方、対象概念を構成する下位概念間の関連性を質的に把握する方法には、Ausubelの認

第1章 緒論

知理論に基づいて Novak が開発した概念地図法を用いることができる³⁷⁾。概念地図法とは、概念間の関係として命題（例えば、「～は～である」）に焦点をあて、概念をネットワークの形で図式化したものである。概念地図法の構成要素は概念を表すノードと関係を表すリンクから構成されている。リンクには、ノード間の関係を表すリンクワードが付される。概念地図の作成は、ノード間の関係を考え、その関係を表すリンクワードを判断し、ノード間のリンクを結んでリンクワードを書き入れるといった過程から成る。概念地図法は生徒が体系的な知識を有していなくても描画することができ、生徒のレディネスを既習事項や生活経験との関わりから捉えるのに適している。また、概念地図の評価には、個々の生徒が描画した概念地図を事例的に検討する分析と、生徒集団の概念地図からノードの使用頻度やリンクの形成度などを集計する量的な分析とを使い分けることができる。概念地図法を用いた先行研究としては、有川がエネルギー変換に関する概念形成の状況と学習プログラムによる変容過程を量的に把握した研究などが見られる³⁸⁾。しかし、計測・制御学習において、概念地図法を用いて生徒の既有概念の状況を検討した先行研究は見あたらない。

以上のことから、今後の計測・制御学習の効果測定においても前節で指摘したアチーブメントテストと併用して、質的に生徒の概念を捉える概念地図の導入を考える必要がある。

(3) 技術的な見方・考え方を内省として把握する方法上の課題

技術的な見方・考え方は、2008年の学習指導要領の改訂により重要視された技術評価・活用力を方向づける視点である。そのため、技術リテラシーの考え方に基づく計測・制御学習では、前述したアチーブメントテストや概念地図による知識・理解面、概念形成面のみならず、技術的な見方・考え方の形成度を適切に把握する必要がある。一般に、対象概念に対するある視点からの見方・考え方を内省として把握する方法には、対象概念を刺激とする自由記述による調査やインタビュー、それらに基づいて構成した質問紙など、内省を把握する手法を用いることができる。技術科の実践研究では、例えば、村松らは、ロボット学習を通して形成される生徒の技術観・職業観を対象に、信頼性、妥当性のある意識尺度を開発している³⁹⁾。また、宇野らは、技術科の製作学習に対する生徒の情意的意識を測定する情意尺度を開発し、その妥当性を検証している⁴⁰⁾。しかし、これらの尺度はロボット学習や製作学習などを対象としたものであり、計測・制御学習を対象にした尺度として構成されたものではない。また、計測・制御システムに対する生徒の見方・考え方を適切に把握しうる質問紙や測定尺度は、これまでのところ作成されていないのが現状である。

以上のことから、今後、計測・制御学習によって形成される生徒の技術評価・活用力を

適切に測定するためには、生徒が学習を通して形成する技術的な見方・考え方を内省として把握する測定尺度の作成が急務であると考えられる。

4.3 計測・制御システムに対する生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法を構築する必要性

2008年学習指導要領では、基礎的・基本的な内容を確実に身に付けさせ、自ら学び自ら考える力などの「生きる力」をはぐくむことをねらいとしている⁴¹⁾。そのため、主体的な体験学習の推進や問題解決能力の育成等に取り組み、身近な生活から課題や題材を設定し実践がなされてきた。その一方で、中央教育審議会審議経過報告書では、「生徒は学んだことを生活に生かすことができない」という指摘もある⁴²⁾。前述したように、現在の技術科の学習指導は、その方向性として技術評価・活用力の育成が重要である。そして、計測・制御学習の在り方については、①社会や生活に利用されている計測・制御システムの基本的な仕組みを理解し、②計測・制御システムの構築に関わる創造的な問題解決を経て、③これからの社会を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価する態度を育成することが重要である。前述したように、これまでの計測・制御学習に関する先行研究では、自律走行型ロボットを組み立て、プログラムを作成し制御するという実践が多く見られる。これは、コース等を設定し、迷路抜けやライントレースのような走行ゲームを課題として生徒に与え、制御プログラムを構築させるものである。このタイプの題材は、走行ゲームの課題条件に即しているため、自律走行型ロボットのプログラム作成及び修正することによって問題解決を行うことが重視されている。しかし、これらの題材では、現実の社会や生活という文脈を持たないため、計測・制御技術との関わりを理解させることが難しく、社会や生活における具体的な問題解決に結びつけることは困難であると言わざるを得ない。

この課題に対応するためには、古平ら³⁰⁾や井戸坂ら³²⁾が取り組んだように、生徒の生活場面にある製品をモデルとし、その製品の現実的な使用状況を踏まえつつ、動作を再現する制御プログラムを構築させる生活課題型の題材が考えられる。この題材のタイプは生活課題型ロボットを組み立て、プログラムを作成し制御する実践である。そして、現実の社会や生活という文脈を持ち、モデルとなる製品の使用状況を課題条件として、その実用性を踏まえた問題解決に着目させることができると考えられる。しかし、古平らや井戸坂らの研究では、効果測定の方法が個別的であり、題材評価を主としたものであった。そのため、このような生活課題型の題材及び学習指導方法の満たすべき要件や展開の要点は必ずしも明らかとは言えないのが現状である。

第1章 緒論

したがって今後は、技術リテラシー育成の観点から、効果的な計測・制御学習を実践するため、従来の走行ゲーム課題型の題材から生活課題型への転換を図りうる題材及び学習指導方法のあり方について検討する必要があると考えられる。

5. 研究のアプローチ

これまで述べてきた各課題から、今後の計測・制御学習の実践研究においては、①生徒のレディネスや学習に対する反応を分析し、適切な学習指導過程を構成する必要性(以下、研究課題 1)、②学習効果測定の方法論を確立する必要性(以下、研究課題 2)、③生徒が計測・制御技術と自らの生活や社会との関連性を見通しやすい生活課題型の題材及び学習指導方法を構築することの必要性(以下、研究課題 3)の3点を研究課題として指摘できる。これらの研究課題間の関連性を図 1-1 に示す。

そこで本研究では、これらの研究課題 1～3 に対して次のように対処することとした。まず、研究課題 1 については、第 2 章から第 4 章において生徒の実態把握の分析に基づく学習指導過程の構築に取り組むこととする。まず、第 2 章では、計測・制御学習における生徒の既存概念の実態把握を行い、生徒のレディネスを類型化して捉える。そして、第 3 章及び第 4 章では、計測・制御学習における生徒の反応を把握し、その構造分析を通して技術評価・活用力の育成に向けた学習指導過程のあり方について検討する。

次に研究課題 2 に対しては、第 2～4 章において生徒の概念形成の質的な把握や「技術的な見方・考え方」の形成に対する生徒の内省を把握する手法を合わせて検討する。その上で、第 5 章では、計測・制御学習を通して習得すべき技術評価・活用力をアチーブメントとして把握するための評価問題の開発を試みる。

これらの研究課題 1 及び 2 へのアプローチに基づき、研究課題 3 に対しては、第 6 章及び第 7 章において生徒が計測・制御システムと自らの生活や社会との関連性を見通しやすい生活課題型の題材及び学習指導方法の開発に取り組むこととする。これらの構想に基づき本論文では、各章を以下のように設定した。

第 1 章 緒論

第 2 章 計測・制御学習における生徒の既存概念の実態把握

第 3 章 計測・制御学習における生徒の反応に関する探索的検討

第 4 章 計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方の構造分析

第1章 緒論

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための標準評価問題の開発

第6章 計測・制御学習における技術評価・活用力を育成する題材の開発

第7章 技術評価・活用力を育成する計測・制御学習の試行的実践と学習効果

第8章 結論及び今後の課題

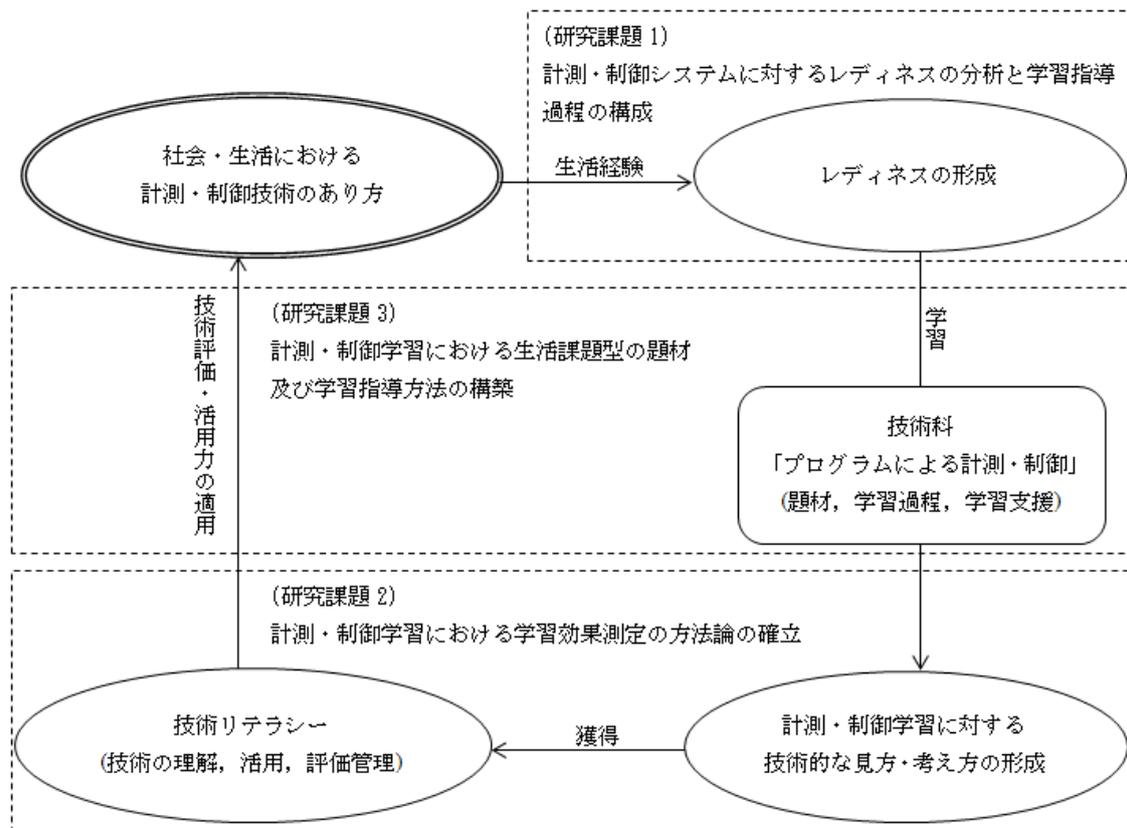


図 1-1 研究課題の関連図

第2章 計測・制御学習における生徒の既有概念の実態把握

1. 目的

本章の目的は、計測・制御学習に対する生徒のレディネスを適切に把握し、それに基づく学習支援の方策を検討することである。

第1章で述べた通り、授業の設計に際しては、教員が生徒のレディネスを的確に把握することが極めて重要である。また、計測・制御学習の場合は、既に生徒の身の回りに計測・制御システムを含む様々な家電製品が数多く存在していることから、計測・制御システムに関する生活経験上のレディネスを有していることが予測される。そこで本章では、計測・制御学習を履修していない生徒を対象に、計測・制御システムに関する既有概念の実態を概念地図法により把握し、生徒のレディネスを類型化して捉えることにした。具体的には、まず、技術科教員の協議によって、計測・制御学習で生徒に形成させたい概念のモデルを設定した。これは、生徒のレディネスを類型化する際、分析の基準となる何等かの枠組みが必要となるためである。しかし、作成したモデルが計測・制御学習の学習内容から見て適切なものでなければ分析に利用することはできない。そこで作成した概念モデルを技術科教育や制御工学を専門とする大学教員(専門家)によって評価・修正してもらい、その妥当性を担保することとした。次に、大学工学部生及び計測・制御学習が未履修の中学校2年生を対象とした概念地図法による調査を行った。ここで、大学工学部生を対象とした調査を実施したのは、計測・制御システムに関してより体系的に理解していると考えられる大学工学部生を比較対象とし、生徒の描画した概念地図の特徴を俯瞰的に把握するためである。その上で、生徒生の描画した概念地図について下位概念間の関連性を量的に分析し、概念モデルとの比較に基づいて類型化を行った。その後、各類型別に生徒の概念地図の描画事例を質的に取り上げ、学習指導上の留意点を考察することとした。なお、本章では以下、生徒を大学工学部生と対比的に標記するため、中学生と記すこととする。

2. 方法

2.1 概念モデルの作成

K 県内の計測・制御学習を実践している技術科教員6人で協議し、2008年告示学習指導要領解説技術・家庭編に記載された計測・制御学習に関連する入力、処理、出力、センサ、プログラム、フローチャート、アクチュエータ、インタフェース、アナログ、デジタル

の10語の用語間の関係を模式化した概念モデルを作成した⁵⁾。なお、概念モデルの表示については、ハード面の観点からの構成、データ処理の観点からの構成等、種々の観点からの作成方法が考えられるが、本章では、入出力（機能）と処理（演算機能）のコンピュータの機構構成の観点から検討を行った。

作成した概念モデルの妥当性は、技術科教育を専門とする教員養成系の大学教員2人、制御工学を専門とする工学部の大学教員3人の計5人で検討した。検討作業は、①概念モデルが中学生に形成させたいメンタルモデルとしての概念をあらわしていること、②制御工学の立場から見て誤りや問題が含まれていないこと等の観点で実施した。これらの専門家からの指摘に基づき当初の概念モデルを適宜、修正した。その結果、図2-1に示す概念モデルにおいて専門家から、コンピュータの機構構成の観点から中学生に形成させたい概念の模式図として妥当性があると判断された。一般にシステムを表現するモデルには、着目する視点によって多様な形態が考えられる。図2-1の概念モデルは、計測・制御そのものの体系を網羅的に示しているものではない。しかし、技術科の計測・制御学習において生徒にメンタルモデルとして形成させたい概念モデルとしては、利用可能なものであると考えられる。

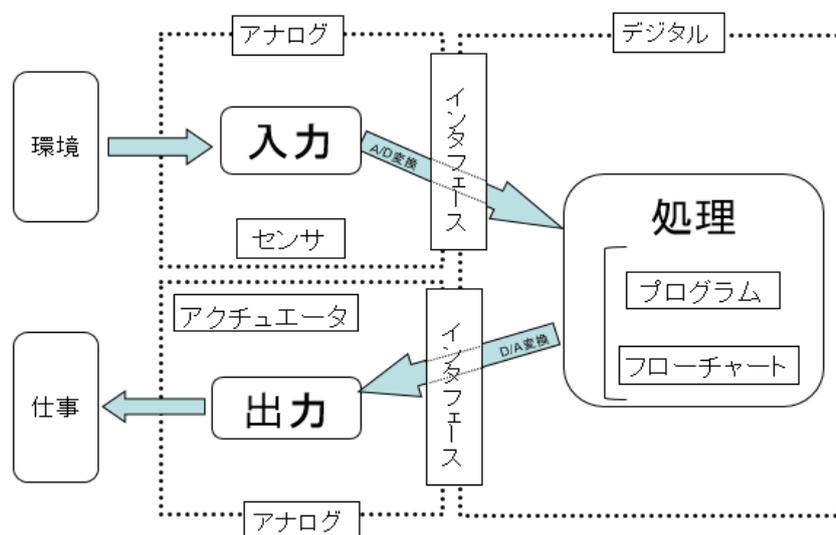


図 2-1 概念モデル

この概念モデルは、計測・制御システム全体を、入力、処理、出力という3構造でとらえ、これらがインタフェース(A/D, D/A変換)を介して関連づけられていることを示したものである(以下、入力系、処理系、出力系)。具体的には、入力系にはセンサ、アナログが、

処理系にはプログラム、フローチャート、デジタルが、出力系にはアクチュエータ(動作部)、アナログがそれぞれ位置づけられている。また、「センサ」「アクチュエータ」などは、計測・制御システムの要素であり、計測・制御システムの中では一連の情報が「プログラム」によって「処理」されることを示している。2008年告示学習指導要領解説技術・家庭編に記載されている用語以外には、入力系に「環境」、出力系に「仕事」が付け加えられている。また、電気信号の処理法として、入力系と出力系にはアナログ、処理系にはデジタルを該当させている。本章ではこの概念モデルに示されているノード間の関係を「望ましいリンク関係」、示されていないものを「望ましくないリンク関係」として扱うことにした。また、中学生に概念地図を描かせる際には、この概念モデル内で使用した用語を使用することとした。なお、概念モデル内に「コンピュータ」という用語を入れていないのは、プログラムによってコンピュータ内部でデジタル信号の処理・伝達が行われていることを踏まえ、システムにおける情報の処理・伝達の様子をより詳細に示すためである。特に、計測・制御学習が未履修の中学生に概念地図を描かせる場合には、「コンピュータ」という用語がパーソナルコンピュータを指す用語なのか、中央演算処理装置やPICを指す用語なのかの区別がつきにくくなり、システム全体の構成を表現しにくくなることを避けるために、この用語を使わないことにした。

同様に、中学生に概念地図を描かせる際には、「アクチュエータ」という用語を補完するために、「動作部」という用語を追加することとした。これは、「アクチュエータ」が、学習指導要領解説技術・家庭編に記載されている用語であるものの、計測・制御学習が未履修の中学生にとっては既知の用語ではないため、表現としてよりわかりやすい「動作部」という用語を選択できるようにした。さらに、「デジタル」という用語も中学生にとって馴染みのある「デジタル」という表記を用いることとした。

2.2 概念地図法による調査

2.2.1 調査対象

調査は、K県内F中学校2年生計158人(計測・制御学習は未履修、有効回答152人、有効回答率96.2%)及びT大学工学部の学生計16人(計測・制御システムに関する学習は専門科目として履修済、有効回答率100.0%)を対象に実施した。

2.2.2 調査の内容と手続き

調査内容は、Novakが開発した概念地図法³⁷⁾の作成手順に基づき、調査対象者に概念地図を作成させた。調査に使用した調査票を図2-2に示す。中学生を対象とした調査は、2010

第2章 計測・制御学習における生徒の既有概念の実態把握

年3月に調査対象校の技術科教員がクラス毎にホームルームの時間を用いて実施した。大学工学部生を対象とした調査は2010年4月に、工学部の大学教員が個別に実施した。

通し番号 _____ 氏名 _____
コンピュータによる機器の制御 について、概念地図を書いてみましょう。
私達の身の回りには、コンピュータを使って制御された機器が数多くあります。簡単な操作(スイッチオン・オフなど)で複雑な仕事をする機器や完全に自動化された機器などのことを思い浮かべてみてください。このような機器には、コンピュータを用いた計測・制御システムが使われています。では、この「コンピュータを用いた計測・制御システム」について、以下の手順で作業を進めましょう。
ラベル 最初にラベルにこの言葉を書いて準備しましょう。
入力 処理 出力 センサ 動作部 プログラム フローチャート
アクチュエータ インターフェース アナログ デジタル
問い 上のラベル欄の言葉を下の「コンピュータを用いた計測・制御システム」というラベルと関連づけて、図に表して下さい。その時、ラベルとラベルの間は線でつなぎ、線の上にその関連性を表す言葉(～は～である)を書いて下さい。ただし、準備した全部のラベルを無理に使用する必要はありません。使えるラベルを選んで図に表して下さい。また、準備していないが入れたい言葉がある場合は、入れたい言葉をラベルに書いて追加してもかまいません。
コンピュータを用いた 計測・制御システム

図 2-2 概念地図の作成に使用した調査票

両調査対象者には概念地図作成の経験が無かったため、両調査共に概念地図の作成方法に関する事前指導を行った後、図 2-2 の調査票を使用して作成に取り組ませた。事前指導については、①概念地図は概念間の関係として命題(例えば、「～は～である」)に焦点をあて、概念をネットワークの形で図式化したものであること、②構成要素は概念を表すノード(node: 節点)と関係を表すリンク(link: 連結)から構成されていること、③概念間の関係を考え、その関係を表すリンクワード(link word: 結合語)を判断し、概念間のリンクを結んでリンクワードを書き入れるといった過程からなること等、他教科で作成された概念地図の事例をもとに説明した。そして「私」と「先生」というノードとその関係を表すリンクとリンクワードを書くことによって練習させた。その後、計測・制御システムに関する概念地図の作成に取り組ませた。概念地図の作成では、簡単な説明文で「コンピュータによる機器の制御」について確認させた後、概念モデル作成時に使用した「入力、処理、出力、センサ、プログラム、フローチャート、アクチュエータ、インターフェース、アナログ、デジタル」の10語と前述した理由で追加した「動作部」の計11語をノードと

し、「コンピュータを用いた計測・制御システム」という命題に対して、ノード間の関係を考えさせ、ノード間のリンクを結んでリンクワードを書き入れさせた。なお、11語のノードについては、無理に全ての語を使用しなくてもよいこと、11語以外のノードも各自の判断で自由に設定してもよいことを指示した。また、ノードとリンクワードの書き込み作業では、繰り返し貼り付けることのできるシールを用いさせ、試行錯誤的に概念地図を修正しつつ、作成できるようにした。

2.2.3 分析の手続き

調査対象者の描画した概念地図の分析では、使用されたノードの種類とノード間のリンクの本数をデータとして用いた。そして、有効回答者数に対する各ノードを使用した回答者の割合をノード使用率とした。また、有効回答者数に対する各リンクを使用した回答者の割合をリンク形成率とした。中学生の描画した概念地図の類型化では、入力系・処理系・出力系ごとに前述した「望ましいリンク関係」と「望ましくないリンク関係」のリンク形成率をそれぞれ集計し、これを入力データとするワード法によるクラスタ分析を行った。得られたデンドログラムに基づいて各クラスターに属する中学生の概念地図を検討し、その類型を解釈した。

3. 結果と考察

3.1 大学工学部生と中学生の比較

3.1.1 ノード使用率の比較

まずノードの使用率を集計した結果を、表 2-1 と表 2-2 に示す。大学工学部生では、「デジタル」の 100.0%をはじめ、「入力」「プログラム」が 93.8%、「出力」「アナログ」が 87.5%、「処理」が 81.3%、「フローチャート」「アクチュエータ」が 68.8%、「センサ」が 56.3%「インタフェース」が 50.0%となった。このように大学工学部生の概念地図では、ノードとして設定した 11 語中 10 語の使用率が 50%以上の高い割合を示した。これに対して、中学生では「入力」が 89.5%、「センサ」が 86.8%、「処理」が 85.5%、「プログラム」が 84.9%、「出力」が 83.6%、「動作部」が 75.7%となったが、「アナログ」と「デジタル」が 41.4%、「フローチャート」が 20.4%、「インタフェース」が 5.9%、「アクチュエータ」1.3%と、11 語中 5 語で 50%を下回った。

これらのことから、ノード使用率は、中学生に比べて大学工学部生の方が顕著に高い割合を示した。

表 2-1 大学工学部生のノード使用率

ラベル	人数	割合
デジタル	16	100.0 %
入力	15	93.8 %
プログラム	15	93.8 %
出力	14	87.5 %
アナログ	14	87.5 %
処理	13	81.3 %
フローチャート	11	68.8 %
アクチュエータ	11	68.8 %
センサ	9	56.3 %
インタフェース	8	50.0 %
動作部	6	37.5 %

n=16

表 2-2 中学生のノード使用率

ラベル	人数	割合
入力	136	89.5 %
センサ	132	86.8 %
処理	130	85.5 %
プログラム	129	84.9 %
出力	127	83.6 %
動作部	115	75.7 %
アナログ	63	41.4 %
デジタル	63	41.4 %
フローチャート	31	20.4 %
インタフェース	9	5.9 %
アクチュエータ	2	1.3 %

n=152

3.1.2 リンク形成率の比較

次に、概念モデルに基づく「望ましいリンク関係」のリンク形成率を集計した結果を図 2-3、図 2-4 に示す。大学工学部生では、入力系の概念となる「入力-センサ」間リンクが 43.0%，処理系の概念となる「処理-プログラム」間リンクが 43.8%，出力系の概念となる「出力-アクチュエータ」間リンクが 12.5%となった。さらに、「入力-処理」間リンク、「処理-出力」間リンクがそれぞれ 37.5%となった。これに対して中学生では、「インタフェース-センサ」間リンク、「インタフェース-処理」間リンク、「インタフェース-アクチュエータ」間リンクが認められず、インタフェースを介するノード間の関係性が全く形成されていなかった(いずれも 0.0%)。また、「出力-アクチュエータ」間リンク、「アナログ-アクチュエータ」間リンクも認められず、出力系のノード間の関係性も形成されていなかった。

これらの結果から、中学生の計測・制御システムに対する既有概念は、入力系についてはある程度の既有概念が保持されているのに対し、インタフェースに関連するノードや出力系については概念の形成率が芳しくないことが示された。そこでこのような既有概念の状況をより詳細に把握するために、中学生の概念地図の類型化を行った。

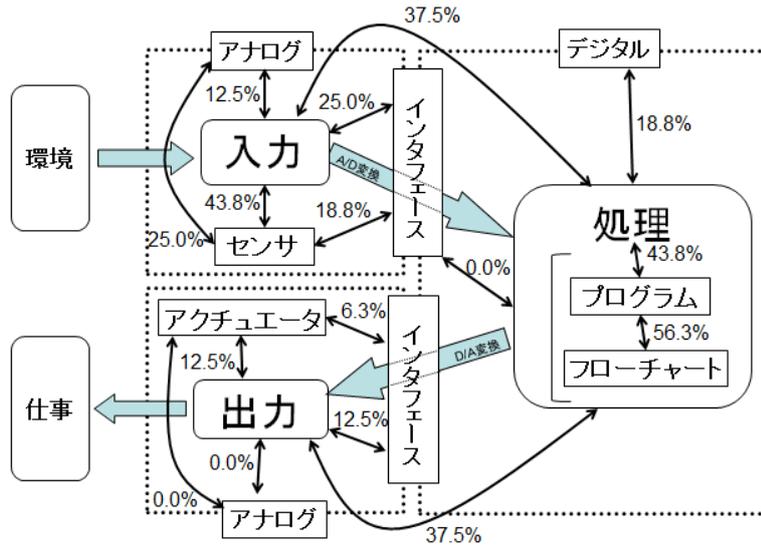


図 2-3 大学工学部生のリンク形成率

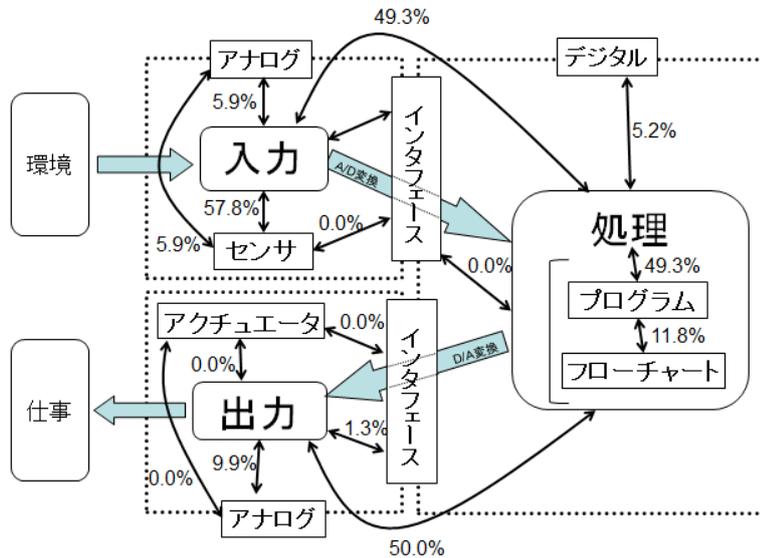


図 2-4 中学生のリンク形成率

3.2 中学生の既有概念の類型化

3.2.1 クラスタ分析による類型化

中学生の概念地図より、「望ましいリンク関係」と「望ましくないリンク関係」を入力系、

処理系，出力系の別に集計し，ウォード法によるクラスタ分析を行った。得られたデンドログラムを図2-5に示す。非類似度指標(距離)15.0を基準にクラスタを大別すると，全体が3クラスタに類型化された(以下，クラスタ1～3)。クラスタ1には中学生有効回答152人中73人(48.0%)が該当した。クラスタ2には，同様に55人(36.2%)が，クラスタ3には24人(15.8%)がそれぞれ該当した。最も規模の大きいクラスタ1はさらに，非類似度指標(距離)10.0を基準とすると，3つの下位クラスタに類型化された(以下，クラスタ1-A，1-B，1-C)。クラスタ1-Aには，中学生有効回答152人中14人(9.2%)が，クラスタ1-Bには42人(27.6%)，クラスタ1-Cには17人(11.2%)がそれぞれ該当した。

クラスタ1～3の規模と入力系・処理系・出力系それぞれのリンク形成率を表2-3に示す。また，クラスタ1-A～Cの規模と入力系・処理系・出力系それぞれのリンクの形成率を表2-4に示す。

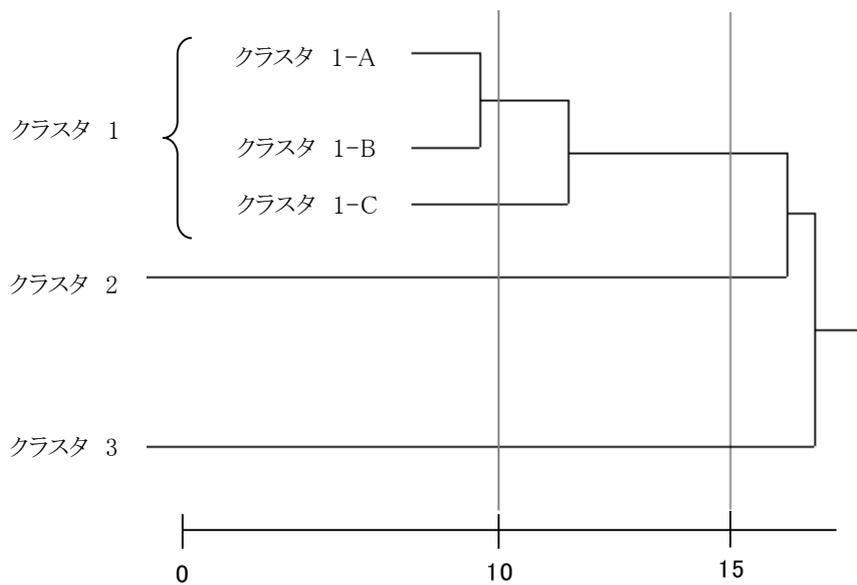


図2-5 クラスタ分析で得られたデンドログラム(ウォード法)

表 2-3 クラスタ 1~3 の規模と入力系・処理系・出力系のリンク形成率

クラスターNo.	該当者数	入力系ラベル		処理系ラベル		出力系ラベル		群の解釈
		望ましいリンクを含む	望ましくないリンクを含む	望ましいリンクを含む	望ましくないリンクを含む	望ましいリンクを含む	望ましくないリンクを含む	
クラスタ 1	73	26.0%	13.7%	24.9%	9.3%	23.8%	11.6%	概念異保持群
クラスタ 2	55	44.1%	0.0%	38.5%	2.9%	29.5%	0.3%	概念保持群
クラスタ 3	24	1.0%	0.0%	2.8%	0.0%	0.8%	0.0%	概念未保持群

n=152

%は、当該クラスタの該当者数に対する各カテゴリの回答者数の割合

表 2-4 クラスタ 1-A~C の規模と入力系・処理系・出力系のリンク形成率

クラスターNo.	該当者数	入力系ラベル		処理系ラベル		出力系ラベル		群の解釈
		望ましいリンクを含む	望ましくないリンクを含む	望ましいリンクを含む	望ましくないリンクを含む	望ましいリンクを含む	望ましくないリンクを含む	
クラスタ 1-A	14	37.5%	12.2%	42.9%	7.1%	48.6%	22.6%	タイプ I 異保持群
クラスタ 1-B	42	28.0%	15.3%	23.4%	2.9%	19.5%	9.5%	タイプ II 異保持群
クラスタ 1-C	17	11.8%	10.9%	13.7%	27.1%	14.1%	7.8%	タイプ III 異保持群

n=73

%は、当該クラスタの該当者数に対する各カテゴリの回答者数の割合

3.2.2 各類型の解釈

各クラスタのリンク形成率を比較すると、クラスタ 2 の中学生は、全体的に「望ましいリンク関係」のリンク形成率（入力 44.1%，処理 38.5%，出力 29.5%）が高く、「望ましくないリンク関係」のリンク形成率（入力 0.0%，処理 2.9%，出力 0.3%）が低い点に特徴が見られる。これは、クラスタ 2 の中学生の描く概念地図が、他のクラスタの中学生に比べて比較的、概念モデルに近いものであったことを意味している。しかし、そのリンク形成率は最も高い入力系でも 44.1%であり、不完全であることは否めない。言い換えれば、このタイプの中学生は、不完全ながらも比較的的概念モデルに近い既有概念をレディネスとして保持していると考えられる。そこでクラスタ 2 の中学生を「概念保持群」と解釈した。反対に、クラスタ 3 の中学生は、全体として「望ましいリンク関係」のリンク形成率（入力 1.0%，処理 2.8%，出力 0.8%）、「望ましくないリンク関係」のリンク形成率（入力 0.0%，処理 0.0%，出力 0.0%）が共に低い点に特徴が見られる。これは、クラスタ 3 の中学生が、予め使用するノードを示しているにもかかわらず、ほとんど概念地図を描画できていないことを意味している。言い換えれば、このタイプの中学生は、計測・制御システムに対して、ほとんど既有概念を保持していないのではないかと考えられる。そこでクラスタ 3 の中学生を「概

念未保持群」と解釈した。一方、クラスタ 1 の中学生は、他のクラスタのリンク形成率に比べて、「望ましいリンク関係」（入力系 26.0%，処理系 24.9%，出力系 23.8%）と「望ましくないリンク関係」（入力系 13.7%，処理系 9.3%，出力系 11.6%）が混在して描画されている点に特徴が見られる。これは、クラスタ 1 の中学生の描く概念地図が、概念モデルと比較して隔たりがあることを意味している。すなわち、このようなタイプの中学生は、学習前に社会や生活における様々な既有の知識や経験から自分なりの考えを持ち、概念モデルから隔たりのある状態で概念を保持しているのではないかと考えられる。そのような意図を持って「概念保持群」と区別するために、クラスタ 1 の中学生を「概念異保持群」と解釈した。

前述した通り、クラスタ 1 は、クラスタ 1-A～C の 3 つの下位クラスタに分類される。そこで、ここでは便宜的にクラスタ 1-A の中学生を「タイプⅠ異保持群」、クラスタ 1-B の中学生を「タイプⅡ異保持群」、クラスタ 1-C の中学生を「タイプⅢ異保持群」と呼ぶことにする。各下位クラスタのリンク形成率に着目すると、「タイプⅠ異保持群」は主に出力系に「望ましくないリンク関係」が多く、出力系を中心に概念モデルとの差異を有する中学生と解釈できる。また、「タイプⅡ異保持群」は主に入力・出力系に「望ましくないリンク関係」が多く、入力・出力系に概念モデルとの差異を有する中学生と解釈できる。一方、「タイプⅢ異保持群」は、入力・処理・出力の全体にわたって「望ましくないリンク関係」が多く、入力・処理・出力のそれぞれに概念モデルとの差異を有する中学生と解釈できる。

3.2.3 各類型の概念地図の事例

3.2.2 で類型化された中学生の回答について、それぞれの類型事例を示すとともに学習指導上の留意点を検討する。

(1) 「概念保持群」の概念地図

「概念保持群」における概念地図の事例を図 2-6 に示す。この事例は「入力」「処理」「出力」のノードを横一列に配列してリンクさせたり、「入力」と「センサ」、「処理」と「プログラム」、「出力」と「動作部」のそれぞれをリンクさせたりするなど、計測・制御システムの概念モデルに類似のリンクはできている。しかし、「フローチャート」や「インタフェース」、「アクチュエータ」などのノードが未使用であるため、完全な全体像は把握できていない。このようなレディネスを持つ中学生に対しては、概念モデルと既有概念とを照合させながら、誤解していた部分に気づかせ、正しい知識を持たせる学習指導が必要であると考えられる。

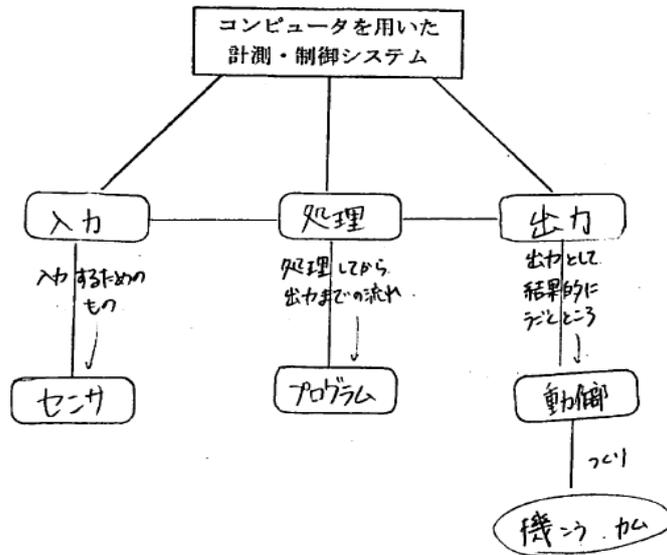


図 2-6 「概念保持群」における概念地図の事例

(2) 「概念未保持群」の概念地図

「概念未保持群」における概念地図の事例を図 2-7 に示す。この事例では、それぞれのノードを円状に配置するだけで、ノード同士をリンクさせることが全くできていない。このような中学生は基本的に計測・制御学習のレディネスを有していないため、個別の学習内容を取り上げる前に、まず計測・制御システム全体を入力・処理・出力系という大まかな構成で捉えさせる学習指導が必要であると考えられる。

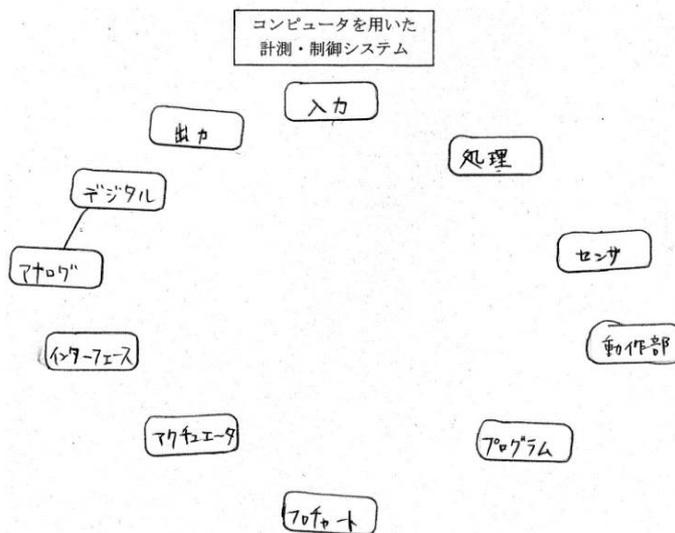


図 2-7 「概念未保持群」における概念地図の事

(3) 「タイプⅠ異保持群」の概念地図

「タイプⅠ異保持群」における概念地図の事例を図 2-8 に示す。この事例では、計測・制御システムの全体像はとらえられているが、「入力」と「出力」のノードを同じ位置に配置したり、「出力」に「センサ」をリンクしたりするなど、概念モデルとの差異を有している。このタイプの中学生の概念地図では、「入力」「処理」「出力」というそれぞれの上位概念と関連する下位概念(各要素)は適切に理解できているものの、上位概念間の関連性の把握に概念モデルとの隔たりが見られる「下位概念先行理解型」と解釈できる。このタイプの中学生には、入力系、処理系、出力系の各要素を捉えた既有概念を活かしつつ、上位概念間の関連性を適切に理解させる学習指導が必要と考えられる。

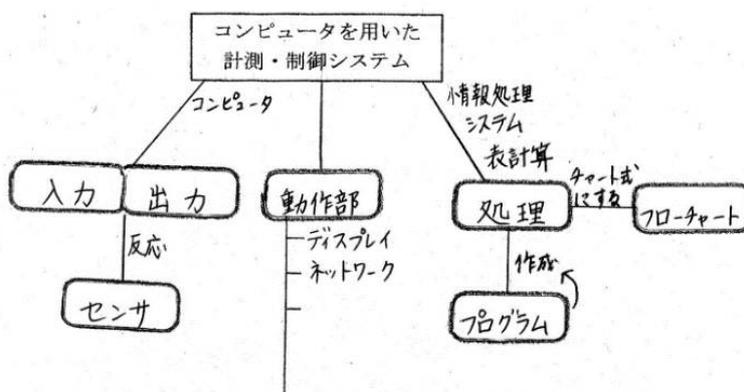


図 2-8 「タイプⅠ異保持群」における概念地図の事例

(4) 「タイプⅡ異保持群」の概念地図

「タイプⅡ異保持群」における概念地図の事例を図 2-9 に示す。この事例では、計測・制御システム全体を「入力」、「処理」、「出力」に分けてとらえられているが、「アナログ」、「デジタル」の両方のノードを「出力」にリンクさせていたり、「センサ」を「出力」にもリンクさせていたりするなど、概念モデルとの差異を有している。このタイプの中学生の概念地図では、「入力」「処理」「出力」という上位概念間の関連性は適切に理解しながらも、各上位概念に関連する下位概念(各要素)の理解に概念モデルとの隔たりが見られる「上位概念先行理解型」と解釈できる。このタイプの中学生には、全体を入力系、処理系、出力系というおおまかな構成で捉える既有概念を活かしつつ、上位概念と下位概念(各要素)との関連性を適切に理解させる学習指導が必要であると考えられる。

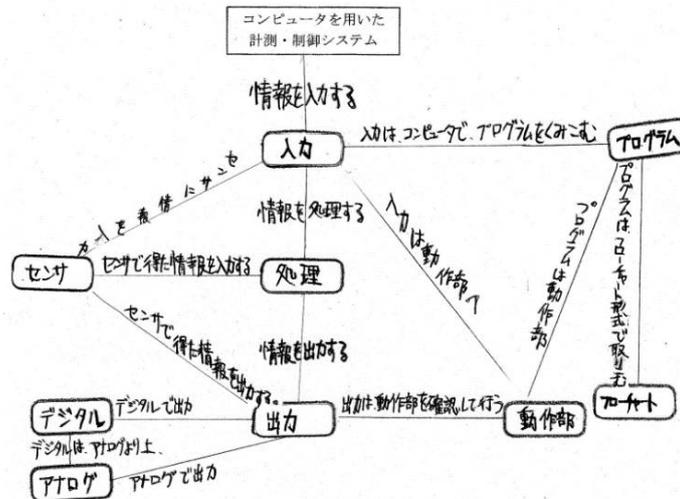


図 2-9 「タイプⅡ異保持群」における概念地図の事例

(5) 「タイプⅢ異保持群」の概念地図

「タイプⅢ異保持群」における概念地図の事例を図 2-10 に示す。この事例では、「プログラムを入力する」や「センサに反応して動作部が動く」などのリンクワードを用いて「プログラム」と「入力」, 「センサ」と「動作部」など、概念モデルとの差異を有した概念を形成している。このタイプの中学生の概念地図は、生活の中で耳にするフレーズから、人間がコンピュータ操作する作業手順を通して各ノードの関連性を捉え概念を形成している可能性があり、「手順的理解型」と解釈できる。そのため、このようなタイプの中学生には、生活の中で耳にする手順的なフレーズの意味を計測・制御システムの全体像と関連づけて捉えさせた上で、各ノードの正しい意味を知らせる学習指導が必要であると考えられる。

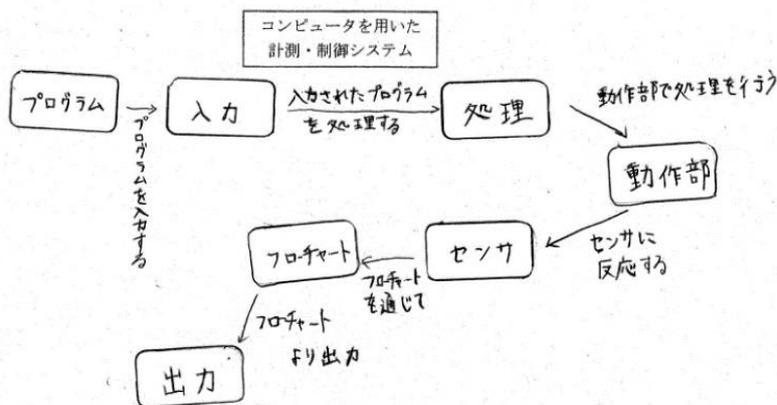


図 2-10 「タイプⅢ異保持群」における概念地図の事例

3.3 考察

以上の分析結果から、計測・制御学習の開始段階では、教室の中に少なからず「概念保持群」のほか、「概念未保持群」、「概念異保持群」という3つのタイプの生徒が存在することが示唆された。これらのタイプを、教員の形成させたい概念モデルへと類似させるためには、まず「概念未保持群」の概念形成を図った上で、「概念異保持群」の概念変容を促す指導過程の順序性が重要と考えられる。例えば、計測・制御学習の導入段階では、家庭の屋内、屋外、家庭外といった生活の場面で、計測・制御機器を見つけさせ、使用されているセンサや情報処理の手順などに気づかせる指導が必要であると考えられる。このようにして計測・制御システムに対する大まかな概念を形成させた後、「概念異保持群」の概念変容を図るため、入力・処理・出力という上位概念の単位で、各上位概念に関連する下位概念(各要素)の理解と上位概念間の関連性の理解を図る指導段階が必要となる。例えば、具体的な計測・制御システムを教材として準備し、各パーツの果たす役割を、入力・処理・出力という観点で理解させる手立てが必要であると考えられる。また、制御プログラムを作成する際には、単純な出力の制御から、一定の処理手順を持った出力の制御、そして入力に応じて条件判断する出力の制御へと、制御のレベルを、「出力のみ」→「処理+出力」→「入力+処理+出力」としだいに高度化する中で、それぞれの役割を累加的に理解させる方法が考えられる。このような手だてによって、生徒の計測・制御システムに対する概念をしだいに構造化しうる指導過程の構成することが重要と考えられる。

4. まとめ

本章では、計測・制御学習に対する中学生のレディネスとして、計測・制御システムに関する既有概念の実態を、概念地図法を用いて把握した。その結果、本調査の条件の範囲内で以下の知見が得られた。

- 1) 計測・制御システムに関する概念地図を大学工学部生と中学生で比較した。その結果、中学生の既有概念は、入力系についてはある程度の概念が保持されているのに対し、インタフェースに関連する要素や出力系においては概念の形成率が芳しくないことが示された。
- 2) 中学生の描画した概念地図を分類したところ、概念モデルに類似のリンクができていない「概念未保持群」(15.8%)、計測・制御システムの全体像は捉えられているが、概念モデルと比較し

たところ部分的にリンクの差異を有している「概念異保持群」(48.0%)に類型化された。

- 3) 「概念異保持群」はさらに、下位概念の理解が先行している「タイプⅠ異保持群」: 下位概念先行理解型(9.2%), 上位概念の理解が先行している「タイプⅡ異保持群」: 上位概念先行理解型(27.6%), 操作手順に即して用語間の関連性を理解しようとする「タイプⅢ異保持群」: 手順的理解型(11.2%)に類型化された。

これらの知見から、中学生がこれまでに計測・制御に関して見聞きしたり触れたりした経験から、計測・制御システムについての既有概念が形成されている状況が把握できた。また、これらの実態に応じて、計測・制御学習の指導過程のあり方を考察した。具体的には、①計測・制御学習の導入段階は、生活場面にある身近な計測・制御機器を見つけさせ、使用されているセンサ、情報処理の手順などに気づかせ、入力・処理・出力という上位概念を形成させること、②その上で、入力・処理・出力の上位概念に含まれる各要素を下位概念として理解させる指導過程の重要性を指摘した。

そこで次章においては、本章で考察した指導過程を導入した計測・制御学習の実践を行い、技術評価・活用力の育成につながる学習反応を探索することとする。

第3章 計測・制御学習における生徒の反応に関する探索的検討

1. 目的

本章の目的は、計測・制御学習において技術的な見方・考え方の育成につながる生徒の学習反応を探索的に把握することである。

第1章で述べた通り、計測・制御学習の実践は、自律走行型ロボットを組み立て、コース等を設定し、迷路抜けやラインレースのような走行ゲームを課題としてプログラムを作成し制御する実践が多く見られる。しかし、2008年告示の学習指導要領以降、技術リテラシー育成の観点から、走行ゲーム課題型の題材に対する問題点が指摘されている。その背景には、走行ゲーム課題型の学習では、題材を通じた学習の経験を、社会や生活における計測・制御技術と関連づけて理解することが難しく、技術的な見方・考え方の育成にはそぐわないのではないかという懸念がある。このような走行ゲーム課題型の実践の問題点を解決するために、学習指導要領の改定以降、生活課題型の題材開発を試みる実践研究が行われるようになってきている。しかし、このような題材タイプの違いによる学習効果の差異に関しては、これまで実証的に検討された先行研究は見当たらない。

そこで本章では、第2章で考察した指導過程を用い、技術的な見方・考え方の育成につながる生徒の反応について、走行ゲーム課題型と生活課題型という2つの題材の差異に着目して検討することとした。

2. 方法

2.1 調査対象

K県内の中学校4校の3年生、計352名（男子178名、女子174名）を対象に、学校ごとに題材を分けて実践及び調査を行った。なお、これらの4校の対象生徒については、同県の技術・家庭科研究会が実施した調査（技術科の学習内容に関する履修状況調査）において技術科の履修状況や学習内容の習得状況に差異はなかった⁴³⁾。そこで題材のタイプ別に2校ずつを配当し、走行ゲーム課題型履修群204名（男子100名、女子104名、1クラスの生徒数32～34名の6クラス）、生活課題型履修群148名（男子78名、女子70名、1クラスの生徒数37名の4クラス）とした。なお、調査対象者はいずれも、計測・制御学習未履修の状態で大実践に参加した。また、実践中は走行ゲーム課題型や生活課題型というタイプの名称を対象生徒には伝えず、両タイプとも2008年告示学習指導要領解説技術・家庭

編に示されている学習目標をねらいとした授業実践を行った。これによって、対象生徒が調査に回答する際には、題材タイプに含まれる「生活」という用語によるバイアスはかからないよう配慮した。

2.2 題材のタイプと実践の概要

実践は、走行ゲーム課題型として自律走行による迷路脱出、生活課題型として自動灌水器の構築を題材として実施した。本実践では両群共に、第2章で考察した指導過程を導入したものとした。具体的には、①計測・制御学習の導入段階は、生活場面にある身近な計測・制御機器を見つけさせ、使用されているセンサ、情報処理の手順などに気づかせ、入力・処理・出力という上位概念を形成させること、②その上で、入力・処理・出力の上位概念に含まれる各要素を下位概念として理解させる指導過程を骨格とした。走行ゲーム課題型の指導計画を表3-1に、生活課題型の指導計画を表3-2にそれぞれ示す。表中「学習活動」欄に示す記号は、学習指導要領の内容D「情報に関する技術」の「プログラムによる計測・制御」の指導項目との対応を示している（全て網羅）。また、実習のための装置は、同一のPC、インタフェース、被制御物：JAPAN ROBOTECH社のROBO DESIGNER⁴⁴⁾とし、いずれの題材においても、男女別に2人組で1班を構成し、各班に1セットずつを与えた。

まず、走行ゲーム課題型の実践では、プログラム作成や計測・制御システムについてT社教科書に掲載されている基礎的事項を指導した⁴⁵⁾。その後、図3-1に示す模型自動車を用いてU字型のコースを自律走行させるプログラムを考えさせた。プログラムの作成では、生徒2人1組の班毎にコースを速く脱出させるゲーム形式の課題を与えた。具体的には、①壁を感知したら回避するようにセンサからの入力による処理の分岐方法を検討すること、②壁を回避できるようにモータを作動させる時間を検討すること、③センサの接触の有無を感知しつつコースを抜けられるようにモータを作動させる速度を検討することを課題とした。なお、模型自動車のセンサの数や種類、位置などの改良はできないものとし、全員が同じ条件の模型自動車を使用した。実習の後、生活と計測・制御技術の関わりについて身近な例を取り上げ、教科書に即して指導した。

一方、生活課題型の実践では、走行ゲーム課題型と同様の基礎的事項を指導後、ペットボトルとモータを組み合わせた灌水器⁴⁶⁾に、タッチセンサ等を取り付け、作動させるプログラムを作成させた（図3-2、以下、自動灌水器）。ただし、自動灌水器を作動させる計測・制御系は、走行ゲーム課題型の実践と同じシステム（同じモータ、インタフェース、プログラム言語を使用）とした。プログラムの作成では生徒2人1組の班毎に、自動灌水器の

実際の使用状況を踏まえさせ、①湿度の低下をセンサからの入力によって捉え灌水を実行する処理の流れを検討する、②モータを作動させる時間が長いと電池の消耗が早いため適度な作動時間を検討する、③モータの作動速度が速いと動作音が大きくなるため適度な動

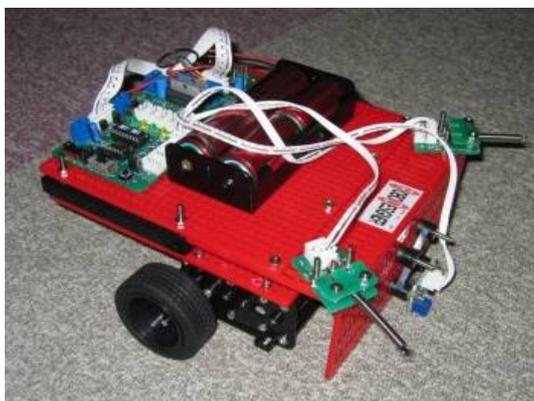


図 3-1 模型自動車

表 3-1 走行ゲーム課題型実践の指導計画

時	指導項目	学習活動
1	計測・制御の仕組みを知ろう	身の回りにある電気製品について、自動的に仕事をする事例を調べる (3)ア
2	計測・制御システムを調べよう	コンピュータによる計測・制御の情報の流れを調べる (3)ア
3	プログラムの役割と	プログラムを構成する基本的な手順を知る (3)イ
4	機能を知ろう	
5	自律走行の簡単な計測・制御をしよう	・模型自動車のセンサによる計測の目的や条件を設定する
6		・コースを走行する情報処理手順を検討し、処理手順に沿ってプログラムを作成する
7		
8		・短時間でコースを走破する動作になるようプログラムを修正する (3)イ
9	計測・制御技術を適切に評価し活用しよう	・計測・制御技術が社会や生活に与える影響を調べる ・情報技術と産業や環境の関係を調べる (1)エ



図 3-2 自動灌水器

表 3-2 生活課題型実践の指導計画

時	指導項目	学習活動
1	計測・制御の仕組みを知ろう	身の回りにおける電気製品について、自動的に仕事をする事例を調べる (3)ア
2	計測・制御システムを調べよう	コンピュータによる計測・制御の情報の流れを調べる (3)ア
3 4	プログラムの役割と機能を知ろう	プログラムを構成する基本的な手順を知る (3)イ
5 6 7 8	自動灌水器の簡単な計測・制御をしよう	<ul style="list-style-type: none"> ・自動灌水器のセンサによる計測の目的や条件を設定する ・自動灌水器の情報処理の手順を検討し、処理手順に沿ってプログラムを作成する ・自動灌水器が効率的な動作になるようプログラムを修正する (3)イ
9	計測・制御技術を適切に評価し活用しよう	<ul style="list-style-type: none"> ・計測・制御技術が社会や生活に与える影響を調べる ・情報技術と産業や環境の関係を調べる (1)エ

作速度を検討することを課題とした。本題材は、走行ゲーム課題型のような速さを競うゲーム性は含まれていない。なお、自動灌水器のセンサの数や種類、位置などの改良はできないものとし、全員が同じ条件の装置を使用した。実習の後、走行ゲーム課題型と同様に、生活と計測・制御技術の関わりについて身近な例を取り上げ、教科書に即して指導した。

2.3 分析の手続き

実践終了後、生徒の反応を把握するために、図3-3に示す調査票を用いた調査を実施した。調査項目は、情意面の差異を比較検討するために、「①学習の楽しさ」、「②学習の難しさ」、「③学習の有用感」の3項目を設定した。次に、技術的な見方・考え方の差異を比較検討するために、「④学習による技術的な見方・考え方の変化」、「⑤学習による能力形成感」の2項目を設定した。①～③では、例えば、「『プログラムによる計測・制御』の学習は楽しかったですか」というような形式で質問を設定し、「とても思う」から「全く思わない」までの4件法で回答させた。

一方、④では、「『プログラムによる計測・制御』の学習を通して、『生活の中で技術的な見方・考え方が変わった』と思いますか。それはどのようなことですか、できるだけ具体的に書いて下さい」、⑤では、「『プログラムによる計測・制御』の学習を通して、どんな力が身についたと思いますか。いくつでもかまいませんので、できるだけ具体的に書いて下

コンピュータによる計測・制御の学習を振り返って	
通し番号(3)	
計測・制御の学習を振り返って、次の各項目に答えて下さい。 このアンケートは、成績には関係ありません。思った通りに答えて下さい。	
4・とても思う、3・少し思う、2・あまり思わない、1・まったく思わない	
① 「プログラムによる計測・制御」の学習は、楽しかったですか？ (それはどのようなことですか？できるだけ具体的に書いてください。)	4-3-2-1
② 「プログラムによる計測・制御」の学習は、難しかったですか？ (それはどのようなことですか？できるだけ具体的に書いてください。)	4-3-2-1
③ 「プログラムによる計測・制御」の学習は、これからの生活の役に立つと思いますか？ (それはどのようなことですか？できるだけ具体的に書いてください。)	4-3-2-1
④ 「プログラムによる計測・制御」の学習を通して、「生活の中でももの見方や考え方が変わったこと」がありましたか？ (それはどのようなことですか？できるだけ具体的に書いて下さい。)	4-3-2-1
⑤ 「プログラムによる計測・制御」の学習を通して、どんな力が身についたと思いますか？ (いくつでもかまいませんので、できるだけ具体的に書いて下さい。)	

図3-3 生徒の反応を把握するための調査票

さい」と質問し、その具体的な内容を自由記述で回答させた。調査では、調査票に出席番号を記入させたが、それが生徒の回答内容に影響しないようにするため、本調査が成績に関係しないことを調査票に明記すると共に、調査前に口頭で説明した。

分析では、①～③の4件法による回答を順次4～1点に得点化し、全体の単純集計と題材×性別の2元配置分散分析を行った。また、④と⑤に対する自由記述による回答から、テキストマイニング用ソフトウェア(IBM Text Analytics for Surveys Ver.4:TAFS)を用いてキーワードを抽出した。キーワードの抽出では、生徒の自由記述に対する形態素分析の結果、10以上の発生頻度のある名詞句、動詞句、形容詞句、副詞句を選定した。選定した名詞句、動詞句、形容詞句に対して、漢字とひらがなの表記混同、同一意味内容等の重複を手動で修正し、キーワードとした。なお、「コンピュータ」と「操作」のように、コメント内で複数のキーワードが連動して用いられることの多い語句は「コンピュータ-操作」のように一つのキーワードで扱うこととした。こうして抽出したキーワードを含むコメントを収集し、技術科教員1名と大学教員2名の計3名で協議して、生徒の回答を分類するためのカテゴリを作成した。その際、同じキーワードを含んでいても、作成したカテゴリの解釈に適合しなかったコメントについてはカテゴリ内の集計から除外した。また、いずれのキーワードを含んでいないコメントについては、帰納的にコメントの意味を解釈し、カテゴリを追加した。

こうして作成したカテゴリに該当する自由記述を述べた生徒の人数(該当人数)について、題材のタイプ×性別のクロス集計を行った。ここで、性別を分析の対象にしたのは、例えば森(2005)がプログラミング学習に対する関心・意欲について、男女間の作業分析を行い、その差異を明らかにした先行研究⁴⁷⁾が見られることから、本章でも必要に応じて男女間の性差を取り上げる必要があると考えたためである。

3. 結果と考察

3.1 実践の様子

走行ゲーム課題型の実践で用いたコースと実践に取り組む生徒の様子を図3-4に示す。生徒は、より短時間でコースを走破する走行動作にするため、センサ接触後の後退時間や方向転換の角度などを工夫し、プログラム作成に取り組んでいた。

生徒の作成したプログラムとそのフローチャートの例を図3-5に示す。このプログラムは、分岐処理と反復処理を用いている。左右どちらかのタッチセンサが反応した場合(CN1又は

CN2 が yes の時) は、接触したセンサと逆方向にあるモータを後方 (Bwd) へ動作 (mot) させ、壁を回避する。タッチセンサの反応がない場合 (CN1 と CN2 が共に no の時) は、前方 (Fwd) へ動作 (mot) する処理の流れとなっている。模型自動車には左右に二つのタッチセンサが取り付けられているため、このような分岐処理を 2 段組にし、反復処理 (loop-end) によって繰り返している。



図 3-4 走行ゲーム課題型の実践の様子

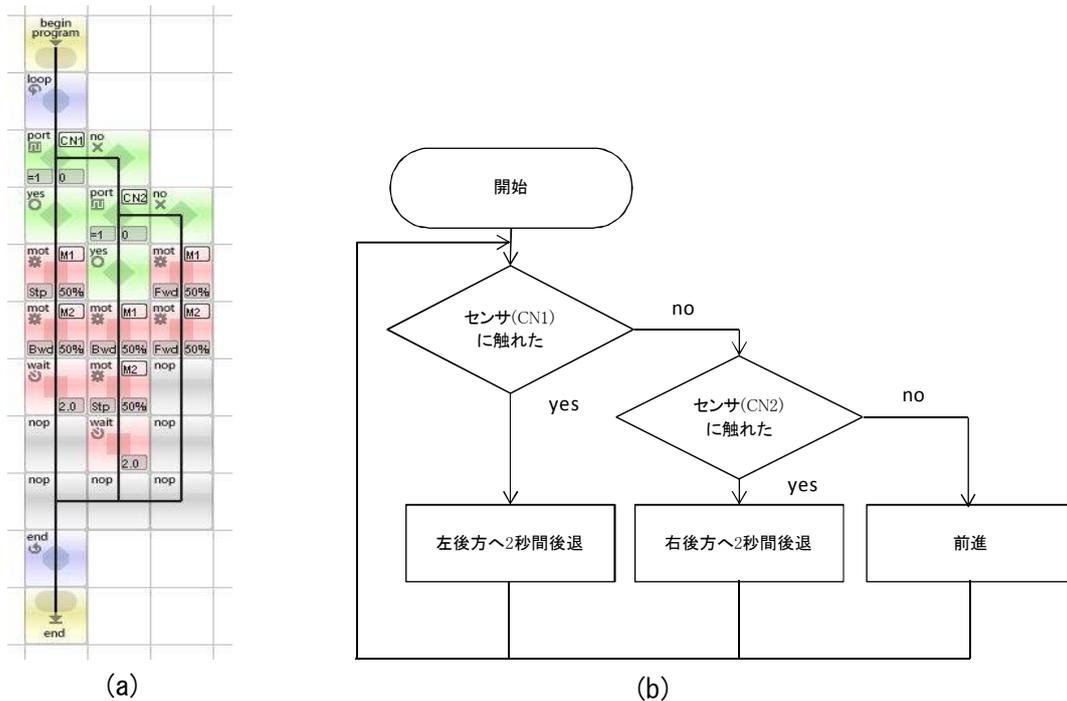


図 3-5 走行ゲーム課題型のプログラム(a)とフローチャート(b)の例

次に、生活課題型の実践に取り組む生徒の様子を図 3-6 に示す。生徒は、受け皿を移動させるモータの作動時間やスピードを工夫し、実際に屋外で土中の水分の多少に応じて動作するかどうかを確認しながら、プログラムの作成に取り組んでいた。生徒の作成したプログラムとそのフローチャートの例を図 3-7 に示す。このプログラムは、分岐処理と反復

第3章 計測・制御学習における生徒の反応に関する探索的検討

処理を用いている。湿度センサが土中の湿度の低下によって導通が遮断された場合（CN1 が no）は、灌水するために一定時間モータを動作（mot）する。モータによって受け皿が下げられ、ペットボトルから水が放出される。湿度センサが反応しない場合（CN1 が yes）は、何も処理は実行されない。これを反復処理で繰り返している。なお、この生徒の場合は、動作音が大きくなるように作動速度を調整し、結果的に 50%にしていた。また、電池の消耗を考慮するため、作動時間を調整し、結果的に 1 秒に設定していた。



図 3-6 生活課題型の実践の様子

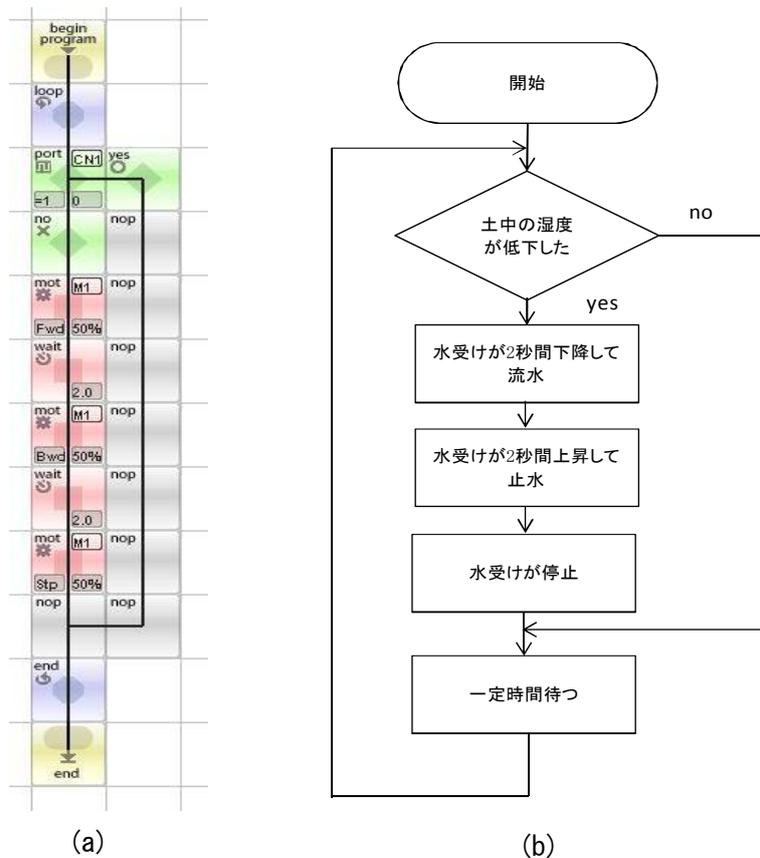


図 3-7 生活課題型のプログラム (a) とフローチャート (b) の例

図3-5と図3-7に示したように、走行ゲーム課題型と生活課題型では、生徒の作成したプログラムの長さに違いがある。これは、各課題で使用したセンサとモータの数が異なっていたためである。なお、両課題共に、最終的に提出されたプログラムの長さにはあまり生徒間の個人差は見られなかった。しかし、生徒が提出したプログラムからは、その解決のポイントに課題間の差異が認められた。走行ゲーム課題型では、ルールは単純であるが、2つのセンサとモータを一つのプログラムの中でどのように処理させるかを考えることが解決のポイントとなっていた。これに対して生活課題型では、使用するセンサとモータはそれぞれ1つずつと少ないものの、灌水器全体のイメージを持って、湿度センサが実際の土の状態をどのように捉えているかを把握できるかが解決のポイントとなっていた。

なお、両課題共に指導計画で設定していた4単位時間内で全ての生徒がプログラムを提出することができた。このことから、両者は解決のポイントは異なるものの、課題の難易度はほぼ同程度であったと考えられる。しかし、個々の生徒が完成に要した時間や達成度、学習の積極性、知識の理解度には生徒間に個人差が生じていた可能性がある。4クラス30名以上の学級規模の実践では、このような個別的な学習プロセスを詳細に把握することは難しい。そこで、本章では課題のタイプの違いによる個人差については区別せずに、全体的な傾向を把握することを目的に分析を進めることにした。

3.2 情意面の比較

まず、情意面の反応について4校の生徒計352名を合算して各項目に対する回答を集計した。その結果、3項目の平均値は、「①学習の楽しさ」(3.36)、「②学習の難しさ」(3.31)、「③学習の有用感」(3.05)といずれも高かった。このことから、本実践において生徒は、計測・制御学習に対して「楽しい」が「難しい」、あるいは「難しい」が「楽しい」という反応を示しており、生徒が本実践に対して興味・関心を持って意欲的に取り組んだことが明らかとなった。

次に、題材のタイプによる情意面の反応の差異を把握するために、項目①～③に対して題材別×性別の二元配置分散分析を行った(表3-3)。その結果、「①学習の楽しさ」($F_{(1,348)}=7.42, p<.01$)では、題材の主効果が有意であり、走行型に比べて生活課題型の平均値が高くなった。これに対して「②学習の難しさ」では交互作用が有意であった($F_{(1,348)}=3.92, p<.05$)。単純主効果検定の結果、生活課題型における男女間($F_{(1,348)}=5.82, p<.05$)、男子における題材間($F_{(1,348)}=4.63, p<.05$)の単純主効果がそれぞれ有意であり、男子の生活課題型の平均値3.12が他の平均値に比べて有意に低かった。しかし、「③学習

の有用感」では主効果、交互作用共に有意ではなかった。

これらの結果から、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が、学習を楽しく感じやすい傾向が示された。この理由としては、生活課題型が、現実の社会や生活に課題の文脈を設定しているため、様々な場面を想定してプログラム作成の工夫ができたためと考えられる。また、学習の難しさに対しては男女間に傾向の違いがあり、生活課題型に対しては男子の方が女子よりも難しさを感じにくい傾向が示された。この理由としては、女子が生活状況に応じたパラメータを熟考したためと考えられる。得られた以上の結果に基づいて、計測・制御学習の方法を検討すると、女子に対しては過度に困難感を持たせないように適宜ヒントを与える支援や、作業に目標を持たせて励ますなどの情意面の支援が必要であろう。また男子に対しては、ゲーム性という文脈に対して高い反応を示す傾向があるため、実用性の題材にゲーム性の文脈を持たせたりなど、興味・関心の向上に効果的な課題設定が必要であろう。

表 3-3 題材のタイプと性別による情意面の反応の差異

		走行ゲーム課題型			生活課題型			ANOVA
		男子	女子	全体	男子	女子	全体	
学習の楽しさ	平均	3.47	3.01	3.26	3.56	3.32	3.44	題材の主効果 $F(1, 348)=7.42$ ** 性別の主効果 $F(1, 348)=24.26$ **
	SD.	0.70	0.67	0.72	0.59	0.69	0.60	
学習の難しさ	平均	3.36	3.34	3.34	3.12	3.42	3.26	交互作用 $F(1, 348)=3.92$ *
	SD.	0.75	0.71	0.72	0.81	0.77	0.80	
学習の有用感	平均	3.26	2.96	3.11	3.08	2.83	2.96	性別の主効果 $F(1, 348)=9.34$ **
	SD.	0.82	0.87	0.86	0.83	0.76	0.81	

* $p < .05$ ** $p < .01$

3.3 技術的な見方・考え方の変化における比較

項目「④学習による技術的な見方・考え方の変化」に対する自由記述による回答を全体で集計した。その結果、計 352 コメントが得られた。

これらのコメントに対するテキストマイニングを行った。その結果、発生頻度の 10 以上のキーワードとして、「機器-わかる」(発生頻度:78, 以下同様), 「プログラム」(67), 「センサ」(34), 「仕組み」(17), 「計測・制御-身近」(13), 「アルゴリズム-フローチャート」(13) が抽出された。また、冷蔵庫や自動販売機などの生徒の身の回りにある具体的な機器の名称を集約して「具体的な機器の名称」(38) とした。

これらのキーワードに基づき、「身の回りの機器はこのように作られていることがわかっ

た」等のキーワード「機器-わかる」を含むコメントの内容を解釈し、「機器の構成に対するイメージの形成」(78件, 全生徒数352名に対する回答者の割合22.2%, 以下同様)のカテゴリを作成した。同様にして「エアコンはどのようなプログラムで動いているのかを考えるようになった」等のキーワード「プログラム」を含むコメントから「プログラムの働きに対する気づき」(66件, 18.8%)のカテゴリを、「一つのロボットや機械がどのようなセンサで働いているのか, 考えるようになった」等のキーワード「センサ」を含むコメントから「センサの働きに対する気づき」(34件, 9.7%), 「生活の中の機器はどんな仕組みになっているのか考えるようになった」等のキーワード「仕組み」を含むコメントから「機器の仕組みに対する好奇心」(17件, 4.8%), 「ものごとの進め方や手順をアルゴリズムやフローチャートに置き換えて考えてみるようになった」などのキーワード「アルゴリズム-フローチャート」に該当するコメントから「アルゴリズム的な考え方」(12件, 3.4%)等のカテゴリを作成した。

また、「身近なものもコンピュータで計測・制御されているのだな, と思うようになった」等のキーワード「計測・制御-身近」を含むコメント13件及び、「自動ドアを見る目が変わった」等の「具体的な機器の名称」を含むコメント38件を合わせて解釈し、「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」(48件, 13.6%)のカテゴリを作成した。その他, いずれのキーワードを含まないコメントのうち, 「自動ドアを見る目が変わり, どういう制御なのだろうかと考えた」などのコメントを帰納的に分類し, 「制御の仕組みに対する探究心」(13件, 3.7%)のカテゴリを追加した。

これらのカテゴリから, 生徒は計測・制御学習を通して, 身の回りにある機器や製品の仕組みに興味・関心を持ち, プログラムやセンサの働き, 情報処理の手順に気づいたりする反応が生じていたことが明らかとなった。このことより, 生徒が身近な機器や製品を自分なりに計測・制御システムとして捉えようとする技術的な見方・考え方を形成していたのではないかと推察される。

各カテゴリに該当するコメントの発生頻度について題材別に集計し, 発生頻度の差について独立性の検定を行った。ただし, この時, 発生頻度が10未満のセルを含む場合は, フィッシャーの直接確率計算法を用いた(表3-4)。その結果, 「機器の仕組みに対する好奇心」($p=0.01<.05$: 両側検定), 「センサの働きに対する気づき」($p=0.00<.01$: 両側検定), 「アルゴリズム的な考え方」($p=0.00<.01$: 両側検定), 「プログラムの働きに対する気づき」($\chi^2_{(1)}=5.21, p<.05$), 「機器の構成に対するイメージの形成」($\chi^2_{(1)}=11.79, p<.01$)におい

て、それぞれ人数の偏りが有意であり、いずれのカテゴリにおいても、生活課題型の方が走行ゲーム課題型よりも多くなった。

これらの結果から、前述した反応には題材のタイプによって差異が認められ、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が、身近な機器や製品を自分なりに計測・制御システムとして捉えようとする技術的な見方・考え方が深まりやすい傾向が示された。ただし、「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」や「制御の仕組みに対する探究心」のカテゴリでは有意差が見られず、走行ゲーム課題型でも、技術的な見方・考え方がある程度深まりやすい傾向が示された。

表 3-4 技術的な見方・考え方の変化における題材タイプ別の発生頻度の差異

カテゴリ	生活課題型 (n=148)		>	走行ゲーム課題型 (n=204)		群間の差の検定
	度数	割合		度数	割合	
機器の構成に対するイメージの形成	46	13.1%	>	32	9.1%	$\chi^2(1)=11.79$ **
プログラムの働きに対する気づき	36	10.2%	>	30	8.5%	$\chi^2(1)=5.21$ **
生活における計測・制御システムの存在に対する気づき	18	5.1%		30	8.5%	$\chi^2(1)=0.067$ n. s.
センサの働きに対する気づき	27	7.7%	>	7	2.0%	$p=0.00$ **
機器の仕組みに対する好奇心	13	3.7%	>	4	1.1%	$p=0.01$ *
制御の仕組みに対する探究心	6	1.7%		7	2.0%	$p=0.78$ n. s.
アルゴリズム的な考え	11	3.1%	>	1	0.3%	$p=0.00$ **

群間の差の検定は、2×2の独立性検定による。ただし、頻度が10以下のセルがある場合は、直接確率計算法を用いた。

* $p < .05$ ** $p < .01$

3.4 能力形成感における比較

項目「⑤学習による能力形成感」に対する自由記述による回答を全体で集計した。その結果、計 318 コメントが得られた。

これらのコメントに対して同様の分析を行ったところ、「プログラム-作る」(100)、「順序-考える」(100)、「コンピュータ-操作」(25)、「工夫-創意-創造」(21)、「課題-発見」(18)、「手順-計画」(16) のキーワードが抽出された。

これらのキーワードに基づき、「プログラムを作り、ロボットの動かし方が分かった」などのキーワード「プログラム-作る」を含むコメントの内容を解釈し、「プログラム作成力の形成感」(90件、全生徒数 352名に対する回答者の割合:25.6%、以下同様)のカテゴリを作成した。同様にして、「順序立てて物事を考えることができるようになった」などのキーワード「順序-考える」を含むコメントから「論理的思考力の形成感」(83件、26.6%)のカテゴリを作成した。その他、発生頻度は低いものの「コンピュータを操作する力が身についた」などのキーワード「コンピュータ-操作」を含むコメントから「コンピュータ操作能力の形成感」(22件、6.3%)、「創意工夫してものをつくることができるようになった」など

のキーワード「工夫-創意-創造」を含むコメントから「工夫創造力の形成感」(21件, 6.0%), 「身近にある課題を見出す力がついたと思う」などのキーワード「課題-発見」を含むコメントから「課題発見力の形成感」(18件, 5.1%), 「ひとつの行動を成し遂げるまでの手順や計画を考えられるようになった」などのキーワード「手順, 計画」を含むコメントから「計画力の形成感」(12件, 3.4%)のカテゴリを作成した。

また, 上記のいずれのキーワードも含まないコメントについて帰納的に分類したら「先を予想して考えられるようになった」などのコメントを解釈し, 「予測力の形成感」(15件, 4.3%)のカテゴリを追加した。

これらのカテゴリから生徒は, 計測・制御学習によって, コンピュータの操作やプログラムの作成力のような具体的な情報手段を活用する力と共に, 課題発見力や計画力, 論理的思考力などの問題解決能力が身についたと感じていることが示唆された。

各カテゴリに該当するコメントの発生頻度について題材別に集計し, 発生頻度の差について独立性の検定を行った。ただし, この時, 発生頻度が10未満のセルを含む場合は, フィッシャーの直接確率計算法を用いた(表3-5)。その結果, 「課題発見力の形成感」($p=0.00<.01$: 両側検定), 「計画力の形成感」($p=0.03<.05$: 両側検定), 「工夫創造力の形成感」($p=0.00<.01$: 両側検定), 「論理的思考の形成感」($\chi^2_{(1)}=29.06, p<.01$)において, それぞれ人数の偏りが有意であり, いずれも生活課題型の方が走行ゲーム課題型より多くなった。

これらの結果から, 前述した反応には題材のタイプによって差異が認められ, 走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が, より問題解決能力の形成感が促されやすい傾向が示された。ただし, 「プログラム作成力の形成感」や「コンピュータ操作能力の形成感」, 「予測力の形成感」のカテゴリでは有意差が見られず, 走行ゲーム課題型でも, ある程度の問題解決能力の形成感が促されやすい傾向が示された。

表3-5 能力形成感の変化における題材タイプ別の発生頻度の差異

カテゴリ	生活課題型 (n=148)		走行ゲーム課題型 (n=204)		群間の差の検定	
	度数	割合	度数	割合		
プログラム作成力の形成感	38	10.8%	52	14.8%	$\chi^2_{(1)}=2.22$	n. s.
論理的思考力の形成感	50	14.2%	> 33	9.4%	$\chi^2_{(1)}=29.06$	**
コンピュータ操作能力の形成感	6	1.7%	16	4.5%	$p=0.49$	n. s.
工夫創造力の形成感	15	4.3%	> 6	1.7%	$p=0.01$	**
課題発見力の形成感	18	5.1%	> 0	0.0%	$p=0.00$	**
予測力の形成感	9	2.6%	6	1.7%	$p=0.56$	n. s.
計画力の形成感	8	2.3%	> 4	1.1%	$p=0.31$	*

群間の差の検定は, 2×2 の独立性検定による。ただし, 頻度が10以下のセルがある場合は, 直接確率計算法を用いた。

* $p<.05$ ** $p<.01$

3.5 考察

以上の結果から、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が学習を楽しく感じやすく、技術的な見方・考え方では、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が、学習後に身近な機器や製品を自分なりに計測・制御システムとして捉えやすいという傾向が示された。また、能力形成感の比較では、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が、より問題解決能力の形成感が促されやすいという実態が明らかとなった。これらの結果からは、生徒の生活場面にある製品をモデルとし、その製品の現実的な使用状況を踏まえつつ、動作を再現する制御プログラムを構築させる生活課題型の題材は、計測・制御学習のねらいを達成する上で、極めて重要な位置づけを持つと考えることができる。一方で、両者には有意差が見られないカテゴリも見られた。具体的には、「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」や「制御の仕組みに対する探究心」、「プログラム作成力の形成感」、「コンピュータ操作能力の形成感」、「予測力の形成感」などのカテゴリである。これらのカテゴリは、生徒に計測・制御システムの存在に気づき、その仕組みを探究したいという気持ちを持って「センサからの入力に応じてモータの動きを制御する」という情報処理の流れを考えるものであり、計測・制御学習の導入段階での生徒の反応としては重要なものである。このような学習の反応においては、走行ゲーム課題型の題材も、生活課題型に比べ著しく劣るものではないことが示唆された。その意味においては、両タイプの題材をそれぞれの特徴に応じて適切に使い分けたり、組み合わせたりすることが重要であると考えられる。

4. まとめ

本章では、計測・制御学習において技術的な見方・考え方の育成につながる生徒の学習反応について、自律走行型ロボットを用いた走行ゲーム課題型と自動灌水器を用いた生活課題型の実践の比較を通して、探索的に把握した。その結果、本章の実践条件下で得られた以下の知見が得られた。

- 1) 情意面の比較では、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が学習を楽しく感じやすい傾向が明らかとなった。また、学習の難しさでは男女間に傾向の違いがあり、生活課題型に対しては男子の方が女子よりも難しさを感じにくい傾向が明らかとなった。
- 2) 技術的な見方・考え方に関する自由記述を分類したところ、「機器の構成に対するイメージの形成」、「プログラムの働きに対する気づき」、「生活における計測・制御システムの

存在に対する気づき」, 「センサの働きに対する気づき」など, 計7カテゴリを設定することができた。

- 3) 同様に, 能力形成感に関する自由記述を分類したところ, 「プログラム作成力の形成感」, 「論理的思考力の形成感」, 「コンピュータ操作能力の形成感」, 「工夫・創造力の形成感」など, 計7カテゴリを設定することができた。
- 4) 技術的な見方・考え方に関するカテゴリの発生頻度について走行ゲーム課題型と生活課題型の実践を比較したところ, 走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が, 学習後に身近な機器や製品を自分なりに計測・制御システムとして捉えやすい傾向が示された。しかし, 「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」や「制御の仕組みに対する探究心」カテゴリでは両者に有意な差は認められなかった。
- 5) 同様に, 能力形成感の比較では, 走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が, より問題解決能力の形成感が促されやすい傾向が示された。しかし, 「プログラム作成力の形成感」, 「コンピュータ操作能力の形成感」, 「予測力の形成感」などのカテゴリでは両者に有意な差は認められなかった。

これらの結果から, 計測・制御学習における生徒の反応を探索的に把握することができた。また, 題材のタイプによって生徒の学習に対する反応には違いが生じていることが示唆され, 計測・制御学習においては両タイプの題材を適切に使い分けたり, 組み合わせたりすることの重要性を指摘した。そこで次章においては, 本章で把握された生徒の反応に基づいて技術的な見方・考え方の因子構造を明らかにし, 題材のタイプによる反応の差異についてより詳細に検討することとする。そして, 本章で示された異なるタイプの題材をどのように使い分けたり, 組み合わせたりすることが適切であるかについて検討を進める。

第4章 計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方の構造分析

1. 目的

本章の目的は、第3章で探索的に把握された計測・制御学習に対する生徒の学習反応を構造化し、形成される技術的な見方・考え方の内省を捉えることである。

第1章で述べたように、計測・制御学習において育成されうる技術的な見方・考え方の構成因子を明らかにすることは、2008年告示学習指導要領の改訂により重要視された技術評価・活用力を方向づける上で極めて重要である⁵⁾。このことについて第3章では、計測・制御学習で形成される技術的な見方・考え方を生徒の自由記述に基づいて検討した。しかし、自由記述をカテゴリ化して内省を把握する手法では、技術的な見方・考え方の構成要素を構造的に把握することは難しい。そこで本章では、計測・制御学習を履修することによって形成される技術的な見方・考え方の内容について、第3章で得られた自由記述から質問項目を作成し、その内的構造の把握を試みることとした。具体的には、技術的な見方・考え方を把握する測定尺度を構成する一次調査、題材の違いによる見方・考え方の形成状況を比較する二次調査を実施した。

2. 方法

2.1 一次調査

2.1.1 調査対象

調査対象は、K県内の公立中学校3校で計測・制御学習の実践を履修した中学3年生とした。各校の学習指導過程を表4-1に示す。学校によって若干の差異はあるものの、いずれの学習指導過程も、第3章で示した走行ゲーム課題型の題材であり、①生活の中にある計測・制御、②計測・制御システム、③処理の手順とプログラム、④プログラムによる模型の制御、⑤情報技術の評価・活用の5単元で構成されている。これはK県内の技術・家庭科研究会が発行しているモデル・カリキュラムに沿った標準的な実践である⁴⁸⁾。

2.1.2 質問項目の設定

第3章で得られた計352コメントの内容を教職経験15年以上の技術科教員3名の協議によって帰納的に分類し、本調査のための計25項目の質問項目を作成した。作成した質問項目を図4-1に示す。

表 4-1 調査対象校における学習指導過程

学習内容	時数		
	A中学校	B中学校	C中学校
①生活の中にある計測・制御	1	1	1
②計測・制御システム	1	1	1
③処理の手順とプログラム	4	2	2
④プログラムによる模型の制御			
(1) センサを利用しない課題	3	4	3
(2) タッチセンサを利用した課題			
(3) 赤外線センサを利用した課題			
⑤情報技術の評価・活用	1	1	1

本調査では、作成した25項目を、計測・制御学習によって形成される技術的な見方・考え方を把握する項目とした。加えて、計測・制御学習に対する生徒の情意を把握する項目として、第2章と同じ①「計測・制御学習の楽しさ」、②「計測・制御学習の難しさ」、③「計測・制御学習の有用感」の3項目を設定した。回答はいずれも、各項目に対するあてはまりの程度を「とても」、「少し」、「あまり」、「まったく」の4段階で回答させるものとした。

2.1.3 調査及び分析の手続き

作成した質問項目を用いて本調査を実施した。本調査は正規の計測・制御学習の実践後に実施した。本調査における有効回答数は236名（男子114名、女子122名、有効回答率98.7%）であった。

集計では各項目に対する回答において、「とても」から「まったく」までの4件法の回答に対して、4点から1点まで順番に点数化した。計測・制御学習に対する生徒の情意に関する3項目は、項目別に平均値とS.D.を求めた。計測・制御学習によって形成される技術的な見方・考え方を把握する25項目に対しては、各項目の天井効果及びフロア効果、IT 相関によって不良項目の有無を確認した。その後、因子分析を行った。因子分析では、主因子法で初期解を求めた後、スクリープロット法を用いて回転する因子数を決定し、プロマックス法による因子軸の回転を施した。回転後の因子負荷量の絶対0.40を基準に各項目を各因子に当てはめ、いずれの因子にも該当しない項目を削除しながら因子分析を数回繰り返した。因子分析の後、最終解として抽出された因子に該当する項目について教職経験年数15年以上の技術科教員で協議し、項目を取捨選択し、測定尺度を構成した。以下、本測定尺度を「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」と呼ぶ。

<p style="text-align: center;">コンピュータによる制御機器の見方や考え方についてのアンケート</p> <p style="text-align: center;">通し番号()</p> <p>このアンケートは、成績には関係ありません。思った通りに答えてください。</p> <p>I 技術科「プログラムによる計測・制御」の学習を振り返って、次の各項目に答えて下さい。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>4・とても思う 3・少し思う 2・あまり思わない 1・まったく思わない</p> </div> <p>① 「プログラムによる計測・制御」の学習は楽しかったですか？</p> <p>② 「プログラムによる計測・制御」の学習は難しかったですか？</p> <p>③ 「プログラムによる計測・制御」の学習は、これからの生活に役に立つと思いますか？</p> <p>④ 「プログラムによる計測・制御」の学習を通して、生活の中でのもの見方や考え方が変わったと思いますか？</p> <p>II コンピュータで計測・制御されている身の回りにある機器や製品に対するあなたの考えや気持ちについて、次の各項目に答えてください。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>4・とても思う 3・少し思う 2・あまり思わない 1・まったく思わない (まったくない)</p> </div> <p>① コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品の仕組みに興味がありますか？</p> <p>② コンピュータで計測・制御されている機器や製品が社会や生活の役に立っていると感じることがありますか？</p> <p>③身の回りの機器や製品を見て、その仕組みを入力、処理、出力の組み合わせで考えることができますか？</p> <p>④身の回りの機器や製品を見て、コンピュータや電子回路など、計測・制御に関する技術の大切さに気付くことがありますか？</p> <p>⑤人間にしかできないこと、コンピュータが得意とすることなど、それぞれの特徴には違いがあると思いますか？</p> <p>⑥ コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品を、身近に感じることがありますか？</p> <p>⑦ コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品の仕組みを自分なりに考えることができますか？</p> <p>⑧ コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品を見て、それを作った人の工夫や苦勞を感じるがありますか？</p>	<p>⑨身の回りにある機器や製品の中で、コンピュータで計測・制御されているものを自分で見つけることができますか？</p> <p>⑩身の回りの製品や機器を見て、どのような種類のセンサが何を計測するために使われているか、考えることができますか？</p> <p>⑪身の回りの機器や製品を見て、内部で情報がどのように処理されているか、考えてみる必要がありますか？</p> <p>⑫身の回りの機器や製品を見て、プログラムでどのような処理手順(アルゴリズム)が実行されているか、考えてみる必要がありますか？</p> <p>⑬身の回りの機器や製品を見て、どのような出力装置がどのように動作しているか、考えてみる必要がありますか？</p> <p>⑭身の回りの機器や製品が、どのような部品や装置の組み合わせでできているかを自分なりに考えてみる必要がありますか？</p> <p>⑮日常生活の中にある様々な手順や動作をアルゴリズムやフローチャートを使って詳しく考えてみる必要がありますか？</p> <p>⑯コンピュータで計測・制御されている機器や製品も、時には誤動作を起こしたり、事故を起こしたりする可能性がありますか？</p> <p>⑰コンピュータで計測・制御されている機器や製品は、日頃から丁寧に扱うことが大切だと思いますか？</p> <p>⑱コンピュータで計測・制御されている機器や製品は、日頃から適切にメンテナンス(お手入れ)することが大切だと思いますか？</p> <p>⑲コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品に不具合が生じたとき、その原因を自分なりに考えてみる必要がありますか？</p> <p>⑳生活の中にある問題を解決するために、コンピュータによる計測・制御の技術を活用したシステムのアイデアを自分なりに考えてみる必要がありますか？</p> <p>㉑コンピュータによる計測・制御の技術を活用して、自分の生活の中にある問題を解決してみたいと思うことがありますか？</p> <p>㉒もし、身の回りの機器や製品が故障や誤作動によって事故を起こした場合、それが社会や生活にどのような影響を及ぼす可能性があるか、考えてみる必要がありますか？</p> <p>㉓もし、昔のように、コンピュータで計測・制御されている機器や製品が身の回りになかったとしたら、今の生活がどの程度不便になるか、考えてみる必要がありますか？</p> <p>㉔身の回りの機器や製品を見て、利用者が安全に使えることを最優先にして設計されているかどうか、考えてみる必要がありますか？</p> <p>㉕これから社会においてより良い技術の開発を進めていくためには、技術者だけでなく、利用者が広い視野で適切な機器や製品を選択していくことが大切だと思いますか？</p> <p>ご協力、ありがとうございました。</p>
---	---

図 4-1 本調査に使用した調査票

2.2 二次調査

2.2.1 調査対象

生活課題型(自動灌水器題材)の実践に参加したK県内の公立中学校1校の中学3年生154名(男子73名,女子81名)を対象とした。本実践の学習指導過程,題材,教材はいずれも,第3章の生活課題型と同じものである。

2.2.2 測定尺度

一次調査で構成した「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」を用いた。

2.2.3 手続き

分析では,標準的な走行ゲーム課題型の実践を履修した一次調査対象者と,生活課題型の実践を履修した二次調査対象者の間で,一次調査で抽出された技術的な見方・考え方の構成因子の尺度平均値を比較した。

3. 結果と考察

3.1 測定尺度の構成

3.1.1 調査対象者の状況

まず,一次調査対象者の状況を把握するために,計測・制御学習に対する生徒の情意を把握するための項目を集計した(表4-2)。その結果,「計測・制御学習の難しさ」の平均値(平均:3.49, S.D.:0.70)が最も高く,次いで「計測・制御学習の楽しさ」(平均:3.20, S.D.:0.75),「計測・制御学習の有用感」(平均:3.13, S.D.:0.75),となり,全ての項目において男子と女子の間に有意な差は見られなかった。

表4-2 計測・制御学習に対する生徒の情意

		男子(n=114)	女子(n=122)	t検定	全体(n=236)
計測・制御学習の楽しさ	平均	3.25	3.16	t(234)=0.84	3.20
	S.D.	0.77	0.73	ns	0.75
計測・制御学習の難しさ	平均	3.40	3.57	t(234)=1.79	3.49
	S.D.	0.75	0.64	ns	0.70
計測・制御学習の有用感	平均	3.16	3.11	t(234)=0.52	3.13
	S.D.	0.80	0.70	ns	0.75

3.1.2 技術的な見方・考え方の構造

次に,計測・制御学習で形成される技術的な見方・考え方を把握する25項目について天井効果及びフロア効果を確認した。その結果,いずれの項目にも天井効果及びフロア効果

は認められなかった。また、IT 相関を求めたところ、いずれの項目においても相関係数 r が 0.4 以上を示した。そこで 25 項目全てを用いて、因子分析を行った。

その結果、初期解として抽出された各因子の固有値は、第 1 因子から順に 8.63, 2.70, 1.43, 1.09, 1.01, 0.90…となり、第 4 因子において固有値が 1.0 近くまで大きく減衰した。また、第 4 因子以降の固有値の減衰傾向は緩やかであった。そこで、第 3 因子までを対象にプロマックス回転を施すこととして、最終解を求めた。その際、因子負荷量の絶対値 0.40 を基準に各項目を各因子に当てはめ、いずれの因子にも該当しない項目を削除しながら因子分析を数回繰り返した。その結果、最終解として得られた因子負荷量を表 4-3 に、因子間相関を表 4-4 に示す。

第 1 因子では、「身の回りの機器や製品を見て、プログラムでどのような処理手順が実行されているか、考えてみることもある」、「身の回りの機器や製品が、どのような部品や装置が組み合わさってできているかを自分なりに考えてみることもある」などの項目が含まれた。これらは、生徒が身の回りにある機器や製品に対して、その仕組みをシステムとして捉えようとする見方・考え方を示す項目と考えられる。そこで第 1 因子を「システム的な見方・考え方」因子と命名した。

第 2 因子では、「身の回りの機器や製品を見て、コンピュータや電子回路など、計測・制御に関する技術の大切さに気付くことがある」、「コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品を、身近に感じることもある」などの項目が含まれた。これは生徒が身の回りにある機器や製品に用いられている計測・制御技術の大切さに気づき、興味・関心を持てるようになったことを示す項目と考えられる。そこで第 2 因子を「計測・制御技術に対する興味・関心」因子と命名した。

第 3 因子では、「コンピュータで計測・制御されている機器や製品は、日頃から丁寧に扱うことが大切だと思う」、「コンピュータで計測・制御されている機器や製品は、日頃から適切にメンテナンスすることが大切だと思う」などの項目が含まれた。これらは生徒が身の回りにある機器や製品に対して、それを使用するユーザーとしての責任感を認識していることを示す項目だと考えられる。そこで第 3 因子を「ユーザーとしての責任感」因子と命名した。

表 4-3 技術的な見方・考え方を把握する 25 項目における因子分析の結果 (因子負荷量)

No.	項 目	F1	F2	F3
15	日常生活の中にある様々な手順や動作をアルゴリズムやフローチャートを使って詳しく考えてみるがありますか？	0.920	-0.262	-0.047
12	身の回りの機器や製品を見て、プログラムでどのような処理手順(アルゴリズム)が実行されているか、考えてみるがありますか？	0.824	-0.032	-0.152
14	身の回りの機器や製品が、どのような部品や装置の組み合わせでできているかを自分なりに考えてみるがありますか？	0.720	0.027	0.141
13	身の回りの機器や製品を見て、どのような出力装置がどのように動作しているか、考えてみるがありますか？	0.709	0.035	0.034
11	身の回りの機器や製品を見て、内部で情報がどのように処理されているか、考えてみるがありますか？	0.657	0.147	-0.005
21	コンピュータによる計測・制御の技術を活用して、自分の生活の中にある問題を解決してみたいと思うがありますか？	0.643	0.026	0.128
10	身の回りの製品や機器を見て、どのような種類のセンサが何を計測するために使われているか、考えるがありますか？	0.621	0.158	0.077
20	生活の中にある問題を解決するために、コンピュータによる計測・制御の技術を活用したシステムのアイデアを自分なりに考えてみるがありますか？	0.514	0.212	0.034
3	身の回りの機器や製品を見て、その仕組みを入力、処理、出力の組み合わせで考えるがありますか？	0.430	0.331	-0.070
4	身の回りの機器や製品を見て、コンピュータや電子回路など、計測・制御に関する技術の大切さに気付くがありますか？	0.041	0.661	-0.002
1	コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品の仕組みに興味がありますか？	0.120	0.612	0.018
6	コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品を、身近に感じるがありますか？	0.024	0.579	0.058
2	コンピュータで計測・制御されている機器や製品が社会や生活の役に立っていると感じるがありますか？	-0.066	0.485	0.178
7	コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品の仕組みを自分なりに考えるがありますか？	0.446	0.447	-0.173
9	身の回りにある機器や製品の中で、コンピュータで計測・制御されているものを自分で見つけることができますか？	0.266	0.430	0.106
8	コンピュータで計測・制御されている身の回りの機器や製品を見て、それを作った人の工夫や苦勞を感じるがありますか？	0.153	0.423	0.007
17	コンピュータで計測・制御されている機器や製品は、日頃から丁寧に扱うことが大切だと思いますか？	-0.009	-0.122	0.923
18	コンピュータで計測・制御されている機器や製品は、日頃から適切にメンテナンス(お手入れ)することが大切だと思いますか？	-0.020	0.058	0.747
16	コンピュータで計測・制御されている機器や製品も、時には誤動作を起こしたり、事故を起こしたりする可能性があると思いますか？	0.063	0.011	0.493
25	これからの社会においてより良い技術の開発を進めていくためには、技術者だけでなく、利用者が広い視野で適切な機器や製品を選択していくことが大切だと思いますか？	-0.035	0.129	0.416

表 4-4 因子間相関

	F1	F2	F3
F1	—	0.588	0.219
F2		—	0.376
F3			—

3.1.3 尺度項目の再編

抽出した各因子の尺度平均値を用いた分析を行うために、精度を下げずに各因子の項目数を均衡化させる項目再編を行った。

再編前には「システムのな見方・考え方」因子は9項目、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子は7項目、「ユーザーとしての責任感」因子は4項目がそれぞれ該当していた。そこで、これらの項目数を均衡化させるために、最も項目数の少ない「ユーザーとしての責任感」因子に合わせて「システムのな見方・考え方」因子及び「計測・制御技術に対する興味・関心」因子を4項目に再編した。再編にあたっては、K県内の教職経験15年以上の技術科教員10名と技術科教育を専門とする大学教員2名の計12名で協議し、計測・制御学習で形成される技術的な見方・考え方の構成概念に照らして項目を取捨選択した。その際、再編後の尺度項目が、今後の計測・制御学習における授業改善の研究に使用できることも配慮した。その結果、「システムのな見方・考え方」因子はNo. 10, 12, 13, 14の4項目に再編された。同様に「計測・制御技術に対する興味・関心」因子は、No. 4, 6, 8, 9の4項目に再編された。この項目再編の妥当性を確認するために、因子別に再編前後の尺度平均値間の相関係数を求めた（表4-5）。その結果、再編前後の因子間の相関係数は、すべて0.90以上と高く、両者の測定精度は同等と見なせるものであった。また、因子別に再編前後の内的整合性についてCronbachの α 係数を求めた（表4-6）。その結果、各因子ともに、再編後の α 係数が0.7以上を示し、因子の内的整合性が適切に維持されていることが確認された。

以下、再編した3因子12項目を「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」、各因子を総称して「技術的な見方・考え方因子群」と命名する。

表 4-5 項目再編前後の相関係数

	再編前後の相関係数
システムのな見方・考え方	0.95 **
計測・制御技術に対する興味・関心	0.94 **
ユーザーとしての責任感	1.00 **

** $p < .01$

表 4-6 項目再編前後の Cronbach の α 係数

	再編前	再編後
システム的な見方・考え方	0.90	0.84
計測・制御技術に対する興味・関心	0.82	0.72
ユーザーとしての責任感	0.74	0.74

3.2 技術的な見方・考え方の形成状況の比較

前節で構成した測定尺度を用いて、「技術的な見方・考え方因子群」の形成状況を比較した。走行ゲーム課題型の実践を履修した一次調査対象者を走行ゲーム課題群、生活課題型の実践を履修した二次調査対象者を生活課題群とし、因子別平均値を群間で比較した。

両群の因子別平均値を表4-7に示す。その結果、走行ゲーム課題群では、「ユーザーとしての責任感」因子、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子については、中位点2.50以上の高い値が認められたものの、「システム的な見方・考え方」因子については、平均値が2.29と低く、中位点2.50に至らなかった。これに対して、生活課題群では、「技術的な見方・考え方因子群」の3因子すべてにおいて中位点2.50を超える肯定的な反応が得られた。また、群間の差について t 検定を実施したところ、全ての因子において生活課題群の平均値が走行ゲーム課題群の平均値よりも有意に高くなった(いずれも $p < .01$)。

これらのことから、走行ゲーム課題型の実践は、生活課題型の実践に対して、「技術的な見方・考え方因子群」の形成状況が芳しくなく、特に「システム的な見方・考え方」の形成は十分ではないという実態が把握された。逆に言えば、生活課題型の実践は、走行ゲーム課題型に比べて、「技術的な見方・考え方因子群」の形成に対する有効性が高いことが示唆された。

表 4-7 走行ゲーム課題群と生活課題群の因子別平均値

全体		システム的な見方・考え方	計測・制御技術に対する 興味・関心	ユーザーとしての責任感
走行ゲーム課題群 (n=236)	平均	2.29	2.90	3.42
	S.D.	0.68	0.62	0.52
生活課題群 (n=154)	平均	2.82	3.30	3.68
	S.D.	0.66	0.52	0.43
群間の差の検定		$t_{(388)}=7.62$ **	$t_{(388)}=6.63$ **	$t_{(388)}=5.14$ **

** $p < .01$

3.3 技術的な見方・考え方が情意形成に及ぼす影響

「技術的な見方・考え方因子群」と情意3項目との関連性について検討するため、群別に「技術的な見方・考え方因子群」を説明変数、情意3項目を基準変数とする重回帰分析を行った。

走行ゲーム課題群の結果を表4-8に、生活課題群の結果を表4-9に示す。まず、走行ゲーム課題群では、計測・制御学習の「楽しさ」、「難しさ」、「有用感」のいずれに対しても、弱いながらも有意な重相関係数が得られた。そこで、標準偏回帰係数に着目して図4-2のようにパス・ダイアグラムを作成した。その結果、「システムのな見方・考え方」因子が「楽しさ」や「有用感」の向上に寄与していることが示された。また、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子には「楽しさ」を高めるとともに「難しさ」を低減させる効果のあることが示唆された。「ユーザーとしての責任感」因子については、「有用感」の向上に重要な役割を果たしていることが明らかとなった。一方、生活課題群では、「楽しさ」、「有用感」に対して中程度の有意な重相関係数が得られた。そこで、標準偏回帰係数に着目して図4-3のようにパス・ダイアグラムを作成した。その結果、「システムのな見方・考え方」因子及び「計測・制御技術に対する興味・関心」因子が共に「楽しさ」や「有用感」の向上に寄与していることが示された。しかし、「ユーザーとしての責任感」因子については、いずれの情意に対しても有意な影響力は認められなかった。

これらのことから、計測・制御学習における生徒の情意形成に向けては、題材のタイプによらず、「技術的な見方・考え方因子群」を高めていくことの重要性が示唆された。しかし、情意形成に及ぼす影響力は、題材のタイプによって異なっており、走行ゲーム課題型では「計測・制御技術に対する興味・関心」因子が「難しさ」の低減に寄与しうることが示唆された。

表 4-8 走行ゲーム課題群の「技術的な見方・考え方因子群」と情意3項目との重回帰分析

	標準偏回帰係数			R	分散分析
	システムのな見方・考え方	計測・制御技術に対する興味・関心	ユーザーとしての責任感		
計測・制御学習の楽しさ	0.20 **	0.26 **	0.05	0.43	F(3, 232)=17.32 **
計測・制御学習の難しさ	-0.05	-0.18	0.02	0.21	F(3, 232)=3.59 *
計測・制御学習の有用感	0.25 **	0.15 *	0.14 *	0.43	F(3, 232)=17.25 **

* p<.05 ** p<.01

表 4-9 生活課題群の「技術的な見方・考え方因子群」と情意3項目との重回帰分析

	標準偏回帰係数			R	分散分析
	システムのな見方・考え方	計測・制御技術に対する 興味・関心	ユーザーとしての責任感		
計測・制御学習の楽しさ	0.26 **	0.23 *	0.11	0.55	F(3,150)=16.94 **
計測・制御学習の難しさ	-0.21	0.16	0.01	0.18	F(3,150)=1.48 ns
計測・制御学習の有用感	0.25 **	0.34 **	0.00	0.53	F(3,150)=19.09 **

* p<.05 ** p<.01

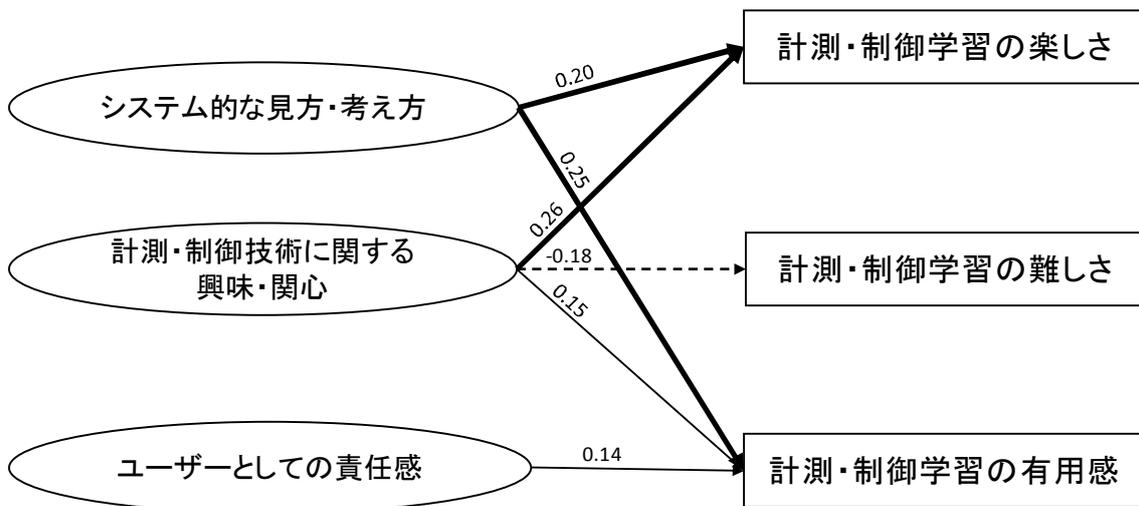


図 4-2 走行ゲーム課題型の「技術的な見方・考え方因子群」と情意のパス・ダイアグラム

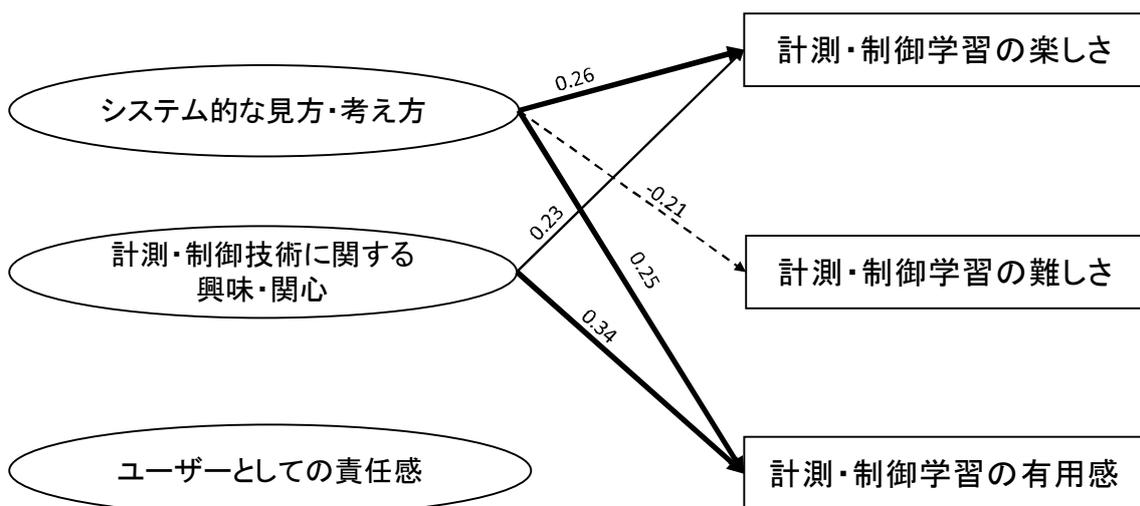


図 4-3 生活課題型の「技術的な見方・考え方因子群」と情意のパス・ダイアグラム

3.4 考察

以上の結果から、①計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方が、「システムの見方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・関心」、「ユーザーとしての責任感」の3因子で構成されること、②生活課題型の実践は、走行ゲーム課題型に比べて、「技術的な見方・考え方因子群」の形成により効果的であること、③走行ゲーム課題型の実践は、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子が「難しさ」の低減に寄与しうる点に特徴が見られたこと、の3点が把握された。

第3章では、自由記述を用いた探索的な調査の結果からは、技術的な見方・考え方の形成や能力形成感の形成に対する生活課題型の優位性を指摘した。しかし、「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」や「制御の仕組みに対する探究心」等の一部のカテゴリにおいては、走行ゲーム課題型と生活課題型との間に遜色はないことも指摘した。このことと本章で得られた知見とを合わせて考察するならば、走行ゲーム課題型の題材は、生活の中の計測・制御システムへの気づきを促し、その仕組みに対する探究心や興味・関心を持たせることで、「難しさ」を和らげつつ、学習を導入していくのに適していると考えられる。これに対して生活課題型の題材は、「計測・制御技術に対する興味・関心」のみならず、「システムの見方・考え方」や「ユーザーとしての責任感」などの技術的な見方・考え方全体を高め、学習の「楽しさ」や「有用感」を形成するのに適していることから、導入題材で興味づけられ、基礎・基本を学んだ生徒が主題材として取り組むのに適しているのではないかと考えられる。したがって、指導時間を十分に確保できる場合には、計測・制御学習に2段階の題材設定することが望ましいと考えられる。しかし、両タイプの題材から1つを選び使い分ける場合は、走行ゲーム課題型では技術的な見方・考え方が十分に形成しえない可能性のあることを踏まえ、形成した概念を生活の文脈の中と適切に関連づける指導が必要になると考えられる。

4. まとめ

本章では、計測・制御学習における生徒の反応から、技術的な見方・考え方の因子構造を把握した。また、技術的な見方・考え方の形成状況を第3章で設定した走行ゲーム課題型、生活課題型の実践間で比較した。その結果、本調査の条件下で以下の知見が得られた。

- 1) 計測・制御学習で形成される技術的な見方・考え方について因子分析を行った結果、「システムの見方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・関心」、「ユーザーとしての

責任感」の3因子が抽出された。

2)抽出された3因子の尺度平均値を、走行ゲーム課題型と生活課題型の実践間で比較した。

その結果、いずれの因子においても生活課題型の実践の方が、技術的な見方・考え方の形成に有効であることが示唆された。

3)学習の「楽しさ」、「難しさ」、「有用感」等の情意の形成に及ぼす技術的な見方・考え方3因子の影響力について比較した。その結果、両群共に技術的な見方・考え方が情意の形成に重要な役割を果たしていることが示唆された。また、走行ゲーム課題型の実践には、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子が「難しさ」の軽減に寄与することに特徴が見られた。

これらの結果から、生徒の技術評価・活用力を育成する計測・制御学習のデザインとしては、第3章で設定した指導過程をベースとしつつ、走行ゲーム課題型の実践を導入題材に、生活課題型の実践を主題材とする2段階の単元構成が有効であると考えられた。

そこで続く第5～7章においては、上記に得られた指導仮説に基づく計測・制御学習の実践をデザインし、その効果の検証に取り組むこととする。そのために第5章では、実践研究の効果を客観的に把握するため、計測・制御学習を通して習得すべき知識や概念のアーチブメントを評価する標準評価問題の開発に取り組むこととした。

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための 標準評価問題の開発

1. 目的

本章の目的は、計測・制御学習における実践研究に向けて、学習効果を客観的に把握するための標準評価問題を開発することである。

本研究ではこれまで、第2～4章において生徒の既有概念の実態把握、実践に対する反応の分析を通して、指導過程、題材の構成に関する指導仮説を構成した。次に重要となるのが、これらの指導仮説に基づくより効果的な計測・制御学習の実践デザインである。しかし、このような実践研究を進めるためには、構成した指導過程や題材の効果を客観的に測定する手法が必要となる。第1章で述べた通り、技術科で育成する技術評価・活用力は、対象技術に関する概念形成を基盤としつつ、技術的な見方・考え方に基づく判断と生活の中の実際の文脈の中での活用という要素が含まれている。この意味において第4章で作成した「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」は、生徒の内省から技術的な見方・考え方の形成状況を学習効果として測定する際に利用することができる。しかし、本尺度のような評定尺度によって生徒の内省を調査する方法だけでは、技術評価・活用力を構成する「概念」、「判断」、「活用」の諸観点に基づく学習効果の測定を客観的に行うことは難しい。また、第2章で実施した概念地図法は質的には評価には向いているものの、客観的な学習状況をアチーブメントとして把握することはできない。

そこで本章では、計測・制御学習を通して生徒が形成した技術評価・活用力、すなわち対象技術に関する概念形成とそれに基づく判断力や活用力をアチーブメントとして適切に測定しうる評価問題を開発することとした。その際、開発した評価問題が多様な実践を行う学校現場においても適切に学習効果に測定に利用できるよう、被験者集団の差異に影響されない標準評価問題を、項目反応理論(IRT)を用いて開発することとした。

2. 問題の開発

2.1 問題構成の枠組み

標準評価問題の開発を行うために、まず問題構成の枠組みを次のように設定した。第1章で述べた通り、技術評価・活用力には、対象技術に関する概念形成を基盤としつつ、技術的な見方・考え方に基づく判断と生活の中の実際の文脈の中での活用という要素が含ま

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための
標準評価問題の開発

れている。また、第2章で述べた通り、計測・制御学習で形成をねらう生徒の概念モデルは、システム全体とそれを構成する入力・処理・出力という各要素との組み合わせによって構成されている。そこで本章では、これらの要因をクロスさせ、標準評価問題を作成する枠組みとした。作成した問題フレームワークを表5-1に示す。

表5-1 計測・制御学習の問題フレームワーク

対象	内容	概念に関する基礎知識の理解	授業内課題において条件から判断できる	実際の文脈において技術的意図を推理できる
システム	制御システム(C)	(C1)制御システムに関する基礎知識が理解できる	(C2)制御システムについて判断できる	(C3)制御システムについて推理できる
		(C1-1)制御システムの考え方が理解できる	(C2-1)課題に応じた制御システムの構成が判断できる	(C3-1)生活の中にある機器や制御システムの構成を推理できる
		(C1-2)制御システムの構成が理解できる	(C2-2)課題に応じたインタフェースの働きが判断できる	(C3-2)生活の中にある機器や制御システムにおいて、インタフェースに関する技術的意図を推理できる
		(C1-3)インタフェースの役割(A/D変換, D/A変換)が理解できる (C1-4)アナログ信号・デジタル信号の特徴や違いが理解できる		
入力	センサ(S)	(S1)センサに関する基礎知識が理解できる	(S2)センサについて判断できる	(S3)センサについて推理できる
		(S1-1)センサの役割が理解できる	(S2-1)課題に応じたセンサの役割や使い方が判断できる	(S3-1)生活の中にある機器や制御システムにおいて、センサに関する技術的意図を推理できる
		(S1-2)センサの種類が理解できる		
		(S1-3)センサの使用方法が理解できる		
処理	アルゴリズム(AL) プログラム(P)	(AL・P1)処理に関する基礎知識が理解できる	(AL・P2)処理について判断できる	(AL・P3)処理について推理できる
		(AL1-1)順次・分岐・反復処理のアルゴリズムが理解できる	(AL2-1)課題に応じた処理のアルゴリズムが判断できる	(AL3-1)生活の中にある機器や制御システムにおいて、処理の流れを推理できる
		(P1-1)プログラム言語の種類や特徴が理解できる	(P2-1)課題に応じた処理のプログラムの表現が判断できる	(P3-1)生活の中にある機器や制御システムにおいて、プログラムの内容を推理できる
		(P1-2)プログラム言語を用いたプログラムの表現方法(命令語, 変数, 構造化)が理解できる		
出力	アクチュエータ(AC)	(AC1)アクチュエータに関する基礎知識が理解できる	(AC2)アクチュエータについて判断できる	(AC3)アクチュエータについて推理できる
		(AC1-1)アクチュエータの役割が理解できる	(AC2-1)課題に応じたアクチュエータの使い方が判断できる	(AC3-1)生活の中にある機器や制御システムにおいて、アクチュエータに関する技術的意図を推理できる
		(AC1-2)アクチュエータの種類が理解できる		
		(AC1-3)アクチュエータを用いた動作部の使用方法が理解できる		

表5-1では、縦軸に概念モデルに基づき、「システム」、「入力」、「処理」、「出力」の4水準を配置した。そして、「システム」には「制御システム」、「入力」には「センサ」、「処理」には「アルゴリズム」と「プログラム」、「出力」には「アクチュエータ」をそれぞれ具体的な対象・内容として位置づけ、計12項目のカテゴリを設定した。

横軸には技術評価・活用力の下位要素である「概念」、「判断」、「活用」の3水準を配置した。「概念」は、「適切な概念を形成していること」、「判断」は「授業内の課題において条件から適切な判断ができること」、「活用」は「実際の文脈における活用場面を想定し、技術的意図を思考できること」をそれぞれ目標に位置づけた。

これらの縦軸・横軸の組み合わせに基づいて予備問題を作成した。例えば、「概念」×「制御システム」では「C1 制御システムに関する基礎知識が理解できる」、「概念」×「入力」では「S1 センサに関する基礎知識が理解できる」、「概念」×「処理」では「AL・P1 処理に関する基礎知識が理解できる」、「概念」×「出力」では「AC1 アクチュエータに関する基礎

知識が理解できる」の4カテゴリを設定した。同様に、「判断」では「C2 制御システムについて判断できる」、「S2 センサについて判断できる」、「AL2・P2 処理について判断できる」、「AC2 アクチュエータについて判断できる」の4カテゴリを、「活用」では「C3 制御システムについて推理できる」、「S3 センサについて推理できる」、「AL3・P3 処理について推理できる」、「AC3 アクチュエータについて推理できる」の4カテゴリをそれぞれ設定した。

次に、上記に設定した12の各カテゴリ内をより詳細に把握するために、下位カテゴリを設定した。例えば、「C3 制御システムについて推理できる」では、「C3-1 生活の中にある機器や制御システムの構成を推理できる」、「C3-2 生活の中にある機器や制御システムにおいて、インタフェースに関する技術的意図を推理できる」と2つの下位カテゴリを設定した。また、高次の目標に進むとともにより包括的に思考ができるようになると考え、カテゴリを少なく設定した。例えば、「システム」においては、「概念」は下位カテゴリを4つ設定したが、「判断」、「活用」では各2つの設定とした。以上のように、計12カテゴリ、25項目の下位カテゴリを設定した。

2.2 予備問題の作成

表5-1の25項目の問題フレームワークに基づき、まず予備問題を25問作成した。次に、以下の点に留意して適宜、問題を追加した。

- 1) 標準評価問題として30問以上の問題数を確保する。
- 2) S2 や AC3 などのカテゴリは1項目しかないので、そのようなカテゴリに該当する問題は2問以上を作成する。
- 3) 特に「授業内の課題において条件から判断できる」、「実際の生活の文脈を想定し、技術的意図を思考する」に該当する項目については、形成された概念が授業内や実際の生活の文脈でどれだけ応用できているかを評価できるように、これらの段階に該当するカテゴリには2問以上の問題を作成する。

これらの意図でP1-2, C2-2, AC2-1, S3-1に各1問, S2-1, C3-1, AC3-1に各2問, AL3-1に3問の問題を追加した結果、予備問題として計38問を作成した。作成した問題の概要と具体例を以下に示す。

「概念」に関する問題については、第2章の概念モデルに基づいて基本的な知識を問う問題を設定した。「C1-1 制御システムの考え方が理解できる」問題を示したものが図5-1である。この問題は、計測・制御システムの用語の知識を問う問題とした。「S1-1 センサの役割が理解できる」問題を示したものが図5-2である。この問題は、計測・制御システムのセン

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための
標準評価問題の開発

サの役割を問う問題とした。「AL1-1 順次・分岐・反復のアルゴリズムが理解できる」問題を示したものが図 5-3 である。この問題はフローチャートのアルゴリズムを問う問題とした。

「判断」に関する問題については、計測・制御学習の実習の一場面を想定し、授業で取り組んだ教材を基に、「制御システム(C)」、「センサ(S)」、「アルゴリズム(AL)」、「プログラム(P)」、「アクチュエータ(AC)」について、適切な判断を問う問題を設定した。「S2-1 課題に応じたセンサの役割や使い方が理解できる」問題例を示したものが図 5-4 である。この問題は、計測・制御学習の教材として一般的な自律走行型ロボットの走行実習場面で適切なセンサの使用法を問う問題とした。

「活用」に関する問題については、「制御システム(C)」、「センサ(S)」、「アルゴリズム(AL)」、「プログラム(P)」、「アクチュエータ(AC)」が内蔵されている身の回りの製品に対して、その製品の仕組みや機器の技術的意図を推理させる問題を設定した。「S3-1生活の中にある機器や制御システムにおいてセンサに関する技術的意図を推理できる」問題例を示したものが図5-5である。この問題は、ゲーム機用コントローラの仕組みの技術的な意図を問う問題とした。

電気機器や製品の制御では、それぞれ機能を持った入力部・処理部・出力部によって構成されている。その中で、(ア)部が目的を持った状態になるように、互いに影響を及ぼし合う機能として集まったものを(イ)という。()に入る適切な言葉を選択せよ。

- ① ア：出力 ・ イ：制御システム
- ② ア：処理 ・ イ：社会システム
- ③ ア：出力 ・ イ：社会システム
- ④ ア：入力 ・ イ：制御システム

図 5-1 「C1-1 制御システムの考え方が理解できる」問題

身近な機器に取り付けてあるセンサの働きについて説明している文章です。正しいものを1つ選択せよ。

- ① 動作を命令する
- ② プログラムを入力する
- ③ 周囲の情報を計測する
- ④ 命令に従って動作する

図 5-2 「S1-1 センサの役割が理解できる」問題

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための標準評価問題の開発

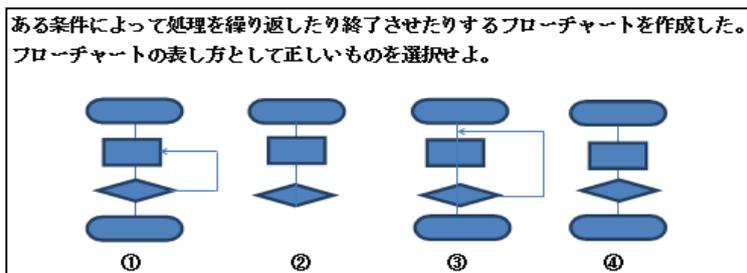


図 5-3 「AL1-1 アルゴリズムが理解できる」問題

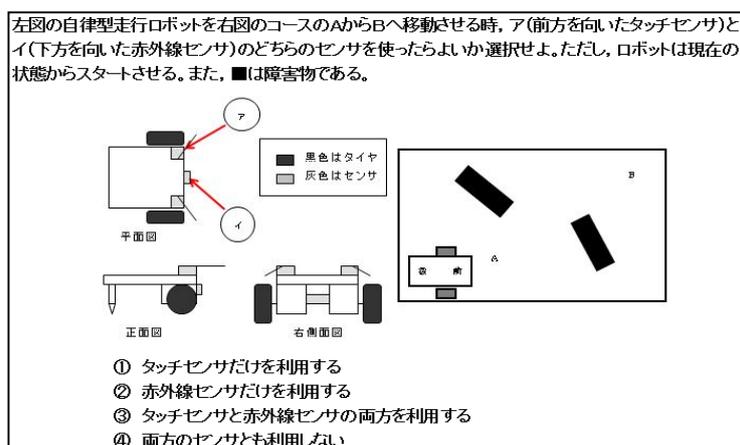


図 5-4 「S2-1 センサの役割や使い方が理解できる」問題

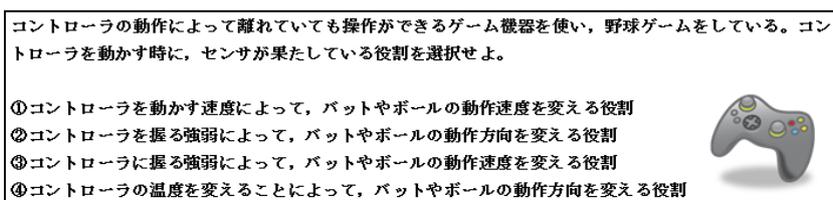


図 5-5 「S3-1 センサに関する技術的意図を推理できる」問題

3. 開発した問題の標準化

3.1 標準化の手続き

前節で作成した予備問題を用いた予備調査及び本調査を実施した。予備調査の目的は、前節で作成した予備問題の妥当性を IRT を用いて評価し、不適切な予備問題を削除したり、修正したりすることである。これに対して本調査の目的は、予備調査で精選・修正した問題が最終的な標準評価問題として利用可能であるかどうかを確認することである。

3.2 調査の対象

予備調査は、1道4県6中学校1～3年生まで1119名の生徒を対象に行った。本調査は、K県内の5中学校において、計測・制御学習未履修の生徒(以下、未履修群:2,3年生277名)、履修済の生徒(以下、履修群:3年生307名)の計584名の中学生を対象に、予備調査で再設定した問題を用いて実施した。なお、履修群における計測・制御学習の実践は、第2章の走行ゲーム課題型(自律走行ロボットによる迷路走破)と生活課題型(自動灌水器の制御)と同様とした。

3.3 妥当性評価の方法

予備調査及び本調査における解答形式は、IRTによる問題で多く用いられる4択式とした。また、両調査は、回答・集計のASPを作成するWebアプリケーション構築ツール(AUTOASP31)⁴⁹⁾を用いてWeb上で解答できるWeb調査システムで実施した。しかし、Web解答ができない学校環境や授業条件も考慮し、調査用紙による解答方法も併用した。

IRTによる問題の妥当性評価には、熊谷(2009)のIRT計算プログラムEasy Estimation Ver. 1.4.3(以下、IRT計算プログラム)を使用した⁵⁰⁾。本章では、サンプル数から、最少標本数が200～400の被験者数を対象とした2パラメタ・ロジステックモデルを用いた。このモデルは、問題を50%の確率で正解する能力値である項目難易度(以下、難易度)と問題がどの程度被験者の能力を識別できるかという項目識別力(以下、識別力)を推定することができる。

分析の手順は次の通りである。調査の結果から得られた解答データを正解「1」、不正解「0」に変換した集計用ファイルを作成する。そして、IRT計算プログラムを用いて、1)因子分析、2)項目パラメータの推定、3)項目特性曲線・テスト情報量を出力する。IRTでは、問題によって測定する能力が多面的なものではなく、一次元的であることを確認する必要がある。そのためにもまず1)の結果により、測定能力の次元性を確認する。次に2)、3)の結果を踏まえ、各問題の識別力、難易度を検討する。識別力の値は0.30以上⁵¹⁾を問題採択の基準とした。難易度については、難易度 θ の分布が中央値0を中心に-1以上かつ1以下の範囲は68%、-3.00以上かつ3.00以下の範囲は99.7%であることから³⁶⁾、難易度が-3.00以上かつ3.00以下を問題採択の基準とした。また、難易度の分布は、試験目的により選択基準が異なる。例えば、可否を決めたい試験では、一定以上の難易度に設定し、差がつきやすい問題を集める問題構成が望ましい。本章では、計測・制御学習の学習効果の測定が目的であるため、難易度が低い問題から高い問題までを幅をもって揃えることとした。具体的には、

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための
標準評価問題の開発

0を中心に-3.00, -2.00, -1.00以上の各段階の問題数, 1.00, 2.00, 3.00以下の各段階の問題数のバランスを確認することとした。こうして得られた各指標に基づき, 予備調査によって予備問題を精選・修正し, 本調査によって標準問題として確定した。

4. 結果と考察

4.1 予備問題の精選・修正

予備調査の解答をIRT計算プログラムで分析した結果, 標準問題は1因子に集約され, 次元性が確認できた。項目パラメータ推定の結果より, 本調査と合わせ識別力0.30未満となった問題は38問中19問であった(表5-2)。具体的には, 「制御システム(C)」では, 「概念」, 「判断」, 「活用」の全てにおいて識別力が0.30未満の問題が2問あった。「センサ(S)」では「概念」は, 全て識別力が適切であったが, 「判断」には2問, 「活用」には1問の識別力が0.30未満となった。「アルゴリズム(AL)・プログラム(P)」では, 「概念」は2問, 「判断」は1問, 「活用」は3問の識別力が0.30未満となった。「アクチュエータ(AC)」では, 「概念」, 「判断」は各1問, 「活用」は2問の識別力が0.30未満となった。

表5-2 予備調査における識別力と難易度

対象	内容	概念に関する基礎知識の理解				授業内課題において条件から判断できる				実際の文脈において技術的意図を推理できる			
		評価規準	問題番号	識別力	難易度	評価規準	問題番号	識別力	難易度	評価規準	問題番号	識別力	難易度
システム	制御システム(C)	(C1)制御システムに関する基礎知識が理解できる				(C2)制御システムについて判断できる				(C3)制御システムについて推理できる			
		C1-1	Q05	0.30	0.80	C2-1	Q06	0.19 *	2.19	C3-1	Q03	0.19 *	2.27
		C1-2	Q01	0.13 *	3.84	C2-2	Q23	0.29 *	1.07	C3-1	Q07	0.51	0.46
		C1-3	Q18	0.22 *	3.40	C2-2	Q02	0.32	1.54	C3-1	Q15	0.76	-1.10
		C1-4	Q35	0.55	0.73					C3-2	Q20	0.20 *	2.00
入力	センサ(S)	(S1)センサに関する基礎知識が理解できる				(S2)センサについて判断できる				(S3)センサについて推理できる			
		S1-1	Q04	0.62	0.60	S2-1	Q14	0.61	-0.31	S3-1	Q13	0.63	0.24
		S1-2	Q08	1.22	-0.61	S2-1	Q21	0.17 *	4.11	S3-1	Q33	0.23 *	0.64
		S1-3	Q22	0.38	0.78	S2-1	Q32	0.22 *	3.60				
処理	アルゴリズム(AL) プログラム(P)	(AL1・P1)処理に関する基礎知識が理解できる				(AL2・P2)処理について判断できる				(AL3・P3)処理について推理できる			
		AL1-1	Q25	0.47	0.49	AL2-1	Q09	0.62	0.31	AL3-1	Q30	0.24 *	0.57
		P1-1	Q38	0.15 *	6.05	P2-1	Q17	0.15 *	6.07	AL3-1	Q37	0.32	0.72
		P1-2	Q16	0.39	0.56					P3-1	Q10	0.25 *	3.44
		P1-2	Q36	0.15 *	5.51					AL3-1	Q11	0.11 *	6.30
								AL3-1	Q24	0.30	1.69		
出力	アクチュエータ(AC)	(AC1)アクチュエータに関する基礎知識が理解できる				(AC2)アクチュエータについて判断できる				(AC3)アクチュエータについて推理できる			
		AC1-1	Q27	0.18 *	2.35	AC2-1	Q19	0.57	-0.15	AC3-1	Q28	0.50	-0.47
		AC1-2	Q12	0.17 *	3.84	AC2-1	Q29	0.15 *	5.14	AC3-1	Q34	0.33	1.87
		AC1-3	Q31	0.47	1.08					AC3-1	Q26	0.15 *	5.00

*については項目識別力0.30未満を表す

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための
標準評価問題の開発

識別力が 0.30 未満となったこれらの問題のほとんどは、難易度が 3.01 以上であった。その原因としては、表現として内容理解が難しい問題や問題文中の説明が不足しているケースが見られた。例えば図 5-6 に示した「C1-2」に対応する Q01(識別力 0.13, 難易度 3.84)は、選択肢自体が「センサ, アクチュエータ」という用語が分からないと解答できない問題であったため、難易度が高くなったと考えられた。そこで、この問題を図 5-7 のように選択肢を類推しやすい用語に修正した。また、図 5-8 に示した「AC2-1」に対応する Q29(識別力 0.15, 難易度 5.14)は、自律走行型ロボットの計測・制御システムを問う問題であったが、問題文と選択肢のみで、問題として説明が不足していたため、難易度が高かったと考えられた。そこで、この問題を図 5-9 のように、問題文中の自律走行型ロボットの簡易図を挿入し、具体的にイメージしながら解答できるように修正した。

同様にして、識別力が0.30未満の19問の中で、修正可能であった14問について、説明や選択肢の変更および図の加筆などの修正を行った。以上の修正により、修正した14問と識別力が0.30以上であった20問の計34問を本調査の問題として再設定した。

電気機器や製品の制御では、入力部-処理部-出力部と電気信号が流れるように構成されている。その中で、入力部に利用する機器(部品)は(ア)であり、出力部に必要な機器(部品)は(イ)である。()に入る言葉の組み合わせを選択せよ。

- ① ア:コンピュータ ・ イ:センサ
- ② ア:アクチュエータ ・ イ:センサ
- ③ ア:センサ ・ イ:アクチュエータ
- ④ ア:コンピュータ ・ イ:アクチュエータ

図 5-6 Q01 の修正前の問題

電気機器や製品の制御では、入力部-処理部-出力部と電気信号が流れるように構成されている。その中で、主に(ア)に利用する機器(部品)はセンサであり、(イ)に利用する機器(部品)はモータなどのアクチュエータである。()に入る言葉の組み合わせを選択せよ。

- ① ア:入力部 ・ イ:出力部
- ② ア:処理部 ・ イ:出力部
- ③ ア:入力部 ・ イ:処理部
- ④ ア:出力部 ・ イ:入力部

図 5-7 Q01 の修正後の問題

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための標準評価問題の開発

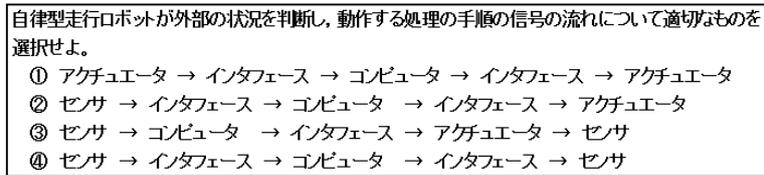


図 5-8 Q29 の修正前の問題

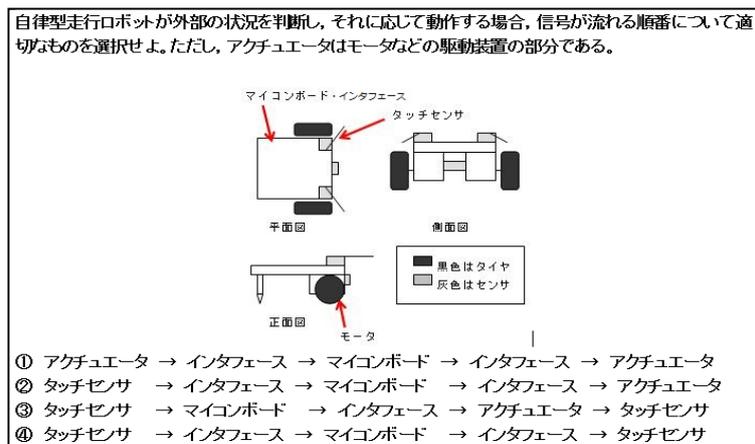


図 5-9 Q29 の修正後の問題

4.2 標準評価問題の確定

本調査の解答を未履修群と履修群を合算して、全体を IRT 計算プログラムで分析した。その結果、予備調査と同様に、標準評価問題は 1 因子に集約され、一次元性が確認できた(図 5-10)。次に、識別力 0.30 未満となった問題を確認したところ、34 問中 4 問であった(表 5-3)。例えば、「活用」では、エアコンが温度管理を行う仕組みをフローチャートで表現する問題と電気ポットが水温を保つ仕組みをフローチャートで表現する問題で識別力が低かった。「アクチュエータ(AC)」では、「活用」に対応したエスカレータの自動運転装置がどのような仕組みで動いているかを問う問題で識別力が低かった。これらの問題は、難易度も 4.10~6.12 と非常に高く、標準評価問題としては不適切であると考え、削除した。一方、Q01, Q29 等、予備調査時に修正した多くの問題は、識別力 0.30 以上の結果が得られたことから、上記の 4 問を除く計 30 問を選定した。

選定した 30 問における解答の度数分布を確認したところ、-1.00 以上、1.00 以下の範囲に 20 問(30 問中 66.7%)、-2.00 以上、2.00 以下の範囲に 8 問(26.7%)、-3.00 以上の範囲に

第5章 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握するための
標準評価問題の開発

1問(3.3%)となった(表5-4)。これは難易度の分布割合に近く、±両側でほぼ同数の分布であった(平均:0.05, SD:0.98)。このことから、選定された30問の難易度はバランスが取れていると判断された。

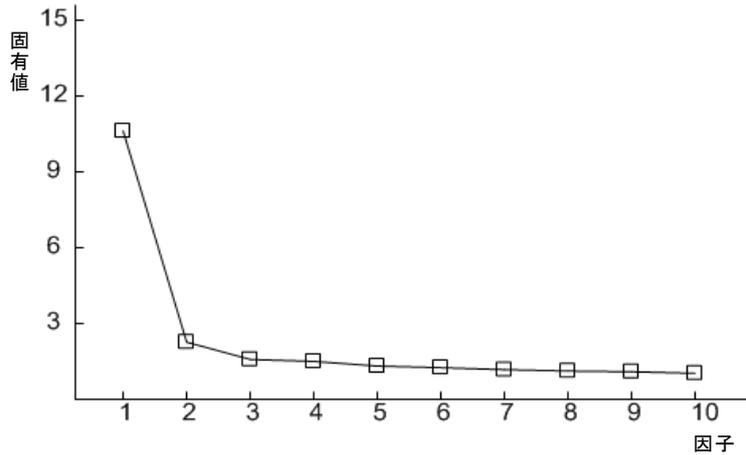


図5-10 本調査における因子の固有値のスクリープロット

表5-3 本調査における識別力と難易度

対象	内容	概念に関する基礎知識の理解				授業内課題において条件から判断できる				実際の文脈において技術的意図を推理できる			
		評価規準	問題番号	識別力	難易度	評価規準	問題番号	識別力	難易度	評価規準	問題番号	識別力	難易度
システム	制御システム(C)	(C1)制御システムに関する基礎知識が理解できる				(C2)制御システムについて判断できる				(C3)制御システムについて推理できる			
		C1-1	Q05	0.59	-0.37	C2-1	Q06	1.19	0.25	C3-1	Q03	1.04	-1.87
		C1-2	Q01	0.58	0.44	C2-2	Q23	0.99	0.05	C3-1	Q07	0.33	0.21
		C1-3	Q18	0.99	1.07	C2-2	Q02	0.14 *	4.10	C3-1	Q15	0.52	-2.25
		C1-4	Q32	1.00	0.25					C3-2	Q20	1.71	1.49
入力	センサ(S)	(S1)センサに関する基礎知識が理解できる				(S2)センサについて判断できる				(S3)センサについて推理できる			
		S1-1	Q04	1.34	0.18	S2-1	Q14	1.15	-0.46	S3-1	Q13	0.71	-0.53
		S1-2	Q08	0.99	-1.99	S2-1	Q21	0.70	-0.61	S3-1	Q30	0.35	-1.20
		S1-3	Q22	0.49	-0.43								
処理	アルゴリズム(AL)	(AL1・P1)処理に関する基礎知識が理解できる				(AL2・P2)処理について判断できる				(AL3・P3)処理について推理できる			
		AL1-1	Q25	0.77	-0.05	AL2-1	Q09	0.91	-0.30	AL3-1	Q26	0.39	1.66
		P1-1	Q34	1.04	1.24	P2-1	Q17	1.17	1.34	AL3-1	Q33	1.30	0.53
	プログラム(P)	P1-2	Q16	1.06	-0.10					P3-1	Q10	1.64	0.87
										AL3-1	Q11	0.15 *	6.12
									AL3-1	Q24	0.15 *	6.09	
出力	アクチュエータ(AC)	(AC1)アクチュエータに関する基礎知識が理解できる				(AC2)アクチュエータについて判断できる				(AC3)アクチュエータについて推理できる			
		AC1-1	Q27	0.55	1.18	AC2-1	Q19	0.95	-0.39	AC3-1	Q28	0.50	-0.47
		AC1-2	Q12	0.99	0.46					AC3-1	Q31	0.27 *	5.36
		AC1-3	Q29	0.87	0.76								

*については項目識別力0.30未満を表す

表 5-4 選定問題の難易度の度数分布

$-3.00 \leq \theta < -2.00$	$-2.00 \leq \theta < -1.00$	$-1.00 \leq \theta < 0.00$	$0.00 < \theta \leq 1.00$	$1.00 < \theta \leq 2.00$	$2.00 < \theta \leq 3.00$
1	3	11	10	5	0

n=30

以上の結果より、これら 30 問を標準評価問題として確定した。確定した 30 問は、本論文巻末の資料に示す。開発した標準評価問題は、計測・制御学習によって形成される技術評価・活用力を、「概念」13 問、「判断」8 問、「活用」9 問の 3 観点で測定する問題構成となった。そこで、これら観点別の正答数を観点別の問題数で除し、10.0 倍した指標をアチーブメントの得点とする(各 10 点満点)。

4.3 確定した標準評価問題の検証

4.3.1 履修の有無による得点の差異

標準評価問題として確定した 30 問について、本調査の対象者のうち、計測・制御学習未履修の生徒と履修済の生徒間で、各観点の得点を比較した(表 5-5, 5-6, 5-7)。その結果、「概念」、「判断」、「活用」のいずれにおいても、履修済の生徒の得点が、未履修の生徒の得点よりも有意に高くなった。このことから、開発した標準評価問題 30 問は、計測・制御学習の履修の有無による技術評価・活用力の差異を適切に検出できることが検証された。

表 5-5 履修前・後における「概念」の群間の差の検定

	n	平均	S. D.	群間の差の検定
履修前	166	6.14	2.03	$t_{(324)}=3.28$ **
履修後	160	6.86	1.88	

** $p < .01$

表 5-6 履修前・後における「判断」の群間の差の検定

	n	平均	S. D.	群間の差の検定
履修前	166	6.93	2.17	$t_{(324)}=3.86$ **
履修後	160	7.79	1.87	

** $p < .01$

表 5-7 履修前・後における「活用」の群間の差の検定

	n	平均	S. D.	群間の差の検定
履修前	166	6.23	1.80	$t_{(324)}=4.40$ **
履修後	160	7.10	1.75	

** $p < .01$

4.3.2 題材の違いによる得点の差異

次に、履修済の生徒のうち、第2章で示した走行ゲーム課題型(自律走行型ロボットの制御)の実践を履修した生徒と生活課題型(自動灌水器)の実践を履修した生徒の間で、観点別の得点を比較した。(表5-8, 5-9, 5-10)その結果、「概念」、「判断」、「活用」のいずれにおいても、生活課題型の実践を履修した生徒の得点が、走行ゲーム課題型の実践を履修した生徒の得点よりも有意に高くなった。第4章においては、両題材間の比較から、生活課題型の方が走行ゲーム課題型よりも技術的な見方・考え方の形成状況が優れていることが示されている。この形成状況の結果からも、生活課題型の得点が有意に高くなった結果と関連していると考えられる。

以上のことから、本章で開発した標準評価問題は、計測・制御学習における技術評価・活用力の形成状況を、被験者集団の差異に影響されず、実践の学習効果として検出可能であることが示された。

表5-8 走行ゲーム課題型と生活課題型における「概念」の群間の差の検定

	n	平均	S. D.	群間の差の検定
走行ゲーム課題型	69	4.05	2.23	t (227)=9.79 **
生活課題型	160	6.86	1.88	

** p < .01

表5-9 走行ゲーム課題型と生活課題型における「判断」の群間の差の検定

	n	平均	S. D.	群間の差の検定
走行ゲーム課題型	69	5.07	2.82	t (227)=8.60 **
生活課題型	160	7.79	1.87	

** p < .01

表5-10 走行ゲーム課題型と生活課題型における「活用」の群間の差の検定

	n	平均	S. D.	群間の差の検定
走行ゲーム課題型	69	5.36	2.08	t (227)=6.51 **
生活課題型	160	7.10	1.75	

** p < .01

5. まとめ

本章では、計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を適切に評価するため、IRTを用いた標準評価問題を開発した。問題開発の手続き及び得られた知見を以下に整理する。

- 1) 技術評価・活用力の構成要素である「概念」、「判断」、「活用」と、計測・制御システムの概念モデルとを照合し、計30項目からなる問題フレームワークを設定した。この問題フレームワークに、計測・制御学習で取り扱われる具体的な学習事項を当てはめ、予備問題計38問題を作成した。
- 2) 作成した予備問題を用いた予備調査を実施し、IRTによる分析を行った。その結果、問題の精選・修正を施し、妥当な識別力と難易度を持った30問が選定された。選定された30問を用いた本調査を実施し、同様にIRTによる分析を行った。その結果、これらの問題の識別力と難易度は妥当と評価され、計測・制御学習履修前後での差異が適切に検出できることが確認された。
- 3) 開発した標準評価問題計30問は、計測・制御学習によって形成される技術評価・活用力を、「概念」、「判断」、「活用」の3観点(各10点満点)からアチーブメントとして測定することができるものである。

次章では、第2～4章で得られた知見に基づき、生徒の技術評価・活用力を効果的に育成しうる題材の開発を行う。

第6章 計測・制御学習における技術評価・活用力を育成する題材の開発

1. 目的

本章の目的は、第2～4章で得られた知見に基づき、計測・制御学習において生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法をデザインすることである。

第1章で述べた通り、現在の技術科の学習指導は、その方向性として技術評価・活用力の育成が重要である。このような観点から、計測・制御学習の在り方についても、①社会や生活に利用されている計測・制御システムの基本的な仕組みを理解し、②計測・制御システムの構築に関わる創造的な問題解決を経て、③これからの社会を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価する態度を育成することが重要となる。これまでの計測・制御学習に関する先行研究では、自律走行型ロボットを組み立て、プログラムを作成し制御するという実践が多く見られる。これは、社会や生活に文脈を持たない題材であるため、計測・制御技術の知識を理解させることはできても、社会や生活における具体的な問題解決に結びつけ、計測・制御システムを評価・活用することは困難であると考えられる。この課題に対応するため、生徒の生活経験で形成される既有概念を踏まえつつ、生活場面にある製品をモデルとし、その製品の現実的な使用状況を踏まえて動作を再現する制御プログラムを構築させる生活課題型の題材が考えられる。

このことについて本研究では、第2章において生徒の既有概念の実態把握を試み、①計測・制御学習の導入段階は、生活場面にある身近な計測・制御機器を見つけさせ、使用されているセンサ、情報処理の手順などに気づかせ、入力・処理・出力という上位概念を形成させること、②その上で、入力・処理・出力の上位概念に含まれる各要素を下位概念として理解させる指導過程の重要性を指摘した。また、第3～4章においては、①計測・制御学習に対する生徒の反応を探索し、走行ゲーム課題型(自律走行型ロボットの制御)よりも生活課題型(自動灌水器の制御)の方が、技術的な見方・考え方の育成に適していること、②情意面の反応の差異からは、走行ゲーム課題型の実践を導入題材に、生活課題型の実践を主題材とする2段階の単元構成が有効であることを指摘した。

しかし、第3章で用いた題材「自動灌水器の制御」は、題材の文脈が生活課題型であるものの、自動灌水器という課題そのものは教師が与えており、計測・制御システムそのものを構築する学習経験は含まれていなかった。そのため、生徒が自ら計測・制御システムを構築する創造的な問題解決の体験を提供するという観点では必ずしも十分とはいえない

い。

そこで本章では、題材の文脈を生活課題型としつつ、生徒が計測・制御システムを自ら構築する学習場を導入した新たな題材の開発を試みることにした。具体的には、技術評価・活用力を育成するという観点から題材開発のコンセプトを構想し、目標リストを作成することとした。そして、いくつかの目標を組み合わせ学習をユニット化し、具体的な学習指導計画と評価規準を構成することとした。

2. 開発のコンセプト

生活課題型の題材のコンセプトとして、次の3点を取り上げる。第一に、計測・制御学習の基礎的・基本的な学習内容(教科書や学習指導要領に記載されている内容)の習得が適切に図れることである(以下、要件1)。第二に、プログラムの作成だけでなく、入力・処理・出力という基本的な構成を持つ計測・制御システムの構築そのものに生徒が携わることで、創造的な問題解決の機会を提供できることである(以下、要件2)。第三に、このような創造的な問題解決の場において、社会的・経済的・環境的側面からの制約条件や要求仕様を考慮し、トレードオフを考えるなど、技術評価・活用の視点を体験的に学びとれることである(以下、要件3)。

従来から行なわれてきた走行ゲーム課題型の実践であっても、計測・制御学習としての基礎的・基本的な学習内容は十分に網羅されている。また、要件2を満たすような自由度の高い題材では、生徒に十分なレディネスが備わっていないと、学習を成立させることが難しい。そこで本章では、これらの問題を解決するために、基礎的・基本的な学習内容を習得させる走行ゲーム課題型の題材を先行題材として位置づけることにした。この題材では、コース等を設定し、迷路抜けやライントレースのような走行ゲームを課題として生徒に与え、制御プログラムを構築させる学習を展開するものである。先行題材の後、習得した知識・技能を用いて、計測・制御技術と生活との関わりを理解させやすくするために、様々な生活の中の課題を取り上げ、時間や労力の軽減を図る生活課題型ロボットを構想させることにした。そして、生徒に構想した生活課題型ロボットの模型を製作させることで、入力・処理・出力という基本的な構成を持つ計測・制御システムの構築に携わらせることにした。その上で、模型のシステムを実際に動作させるためのプログラムを作成させる展開により、現実の社会や生活という文脈における実用性を踏まえた問題解決に着目させることにした。

3. 題材の開発

3.1 学習目標の設定

第1章で述べた通り，2008年告示学習指導要領解説技術・家庭編「プログラムによる計測・制御」の指導項目のねらいは，「計測・制御のためのプログラムの作成を通して，コンピュータを用いた計測・制御の基本的な仕組みを知り，簡単なプログラムの作成ができるようにするとともに，情報処理の手順を工夫する能力を育成する」と示されている⁵⁾。また，指導項目としては，「ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること」，「イ 情報処理の手順を考え，簡単なプログラム作成ができること」の2項目が掲げられている。これらのねらいや指導項目を踏まえつつ，前述したコンセプトを導入し，本題材の目標を次のように設定した。

【題材の目標】

社会や生活を支える機器や製品に組み込まれている計測・制御システムの仕組みを理解し，創造的な問題解決の経験を通して，技術を評価・活用する力を育成する

この題材目標の達成に含まれる下位目標を，技術科の観点別評価の4観点である「生活や技術への関心・意欲・態度」（以下，関心・意欲・態度），「生活を工夫し創造する能力」（以下，工夫・創造），「生活の技能」（以下，技能），「生活や技術についての知識・理解」（以下，知識・理解）の4観点到して以下のように設定した。

〈A. 知識・理解〉

A1.計測・制御システムの機能がわかる。

A2.計測・制御システムの構成がわかる。

ソフトウェア

ハードウェア

センサ

インタフェース

アクチュエータ

プログラム

フローチャート

順次

反復

条件分岐

シーケンス制御

フィードバック制御

フィードフォワード制御

自律走行型ロボットの構成

生活の中の計測・制御システムの事例

生活課題型ロボットの構成

<B. 技能>

B1. 計測・制御システムのプログラム作成ができる。

B2. 計測・制御システムのフローチャート構成ができる。

フローチャート

順次

反復

条件分岐

プログラム

シーケンス制御

フィードバック制御

フィードフォワード制御

計測・制御システムのフローチャート作成

計測・制御システムのプログラム作成

<C. 工夫・創造>

C1. 計測・制御システムのアイデアが構想できる。

C2. 計測・制御システムについて設計・構成できる。

計測・制御システムのアイデア構想

計測・制御システムの設計

計測・制御システムの構築

計測・制御システムに必要なプログラムの作成

計測・制御システムの評価

〈D. 関心・意欲・態度〉

- D1. 生活に利用されている計測・制御システムを調べようとしている。
- D2. 計測・制御システムのアイデアの発想とその実現に向けて工夫・創造しようとしている。
- D3. 社会や生活と計測・制御システムについて評価し、今後の活用に対する自分なりの考えを持とうとする。

生活の中の計測・制御システムの事例

計測・制御システムの社会的、環境的、経済的な側面

計測・制御システムの評価

3.2 学習ユニットの設計

設定した各下位目標を組み合わせて、学習ユニットを構成した。ここでいう学習ユニットとは、一つの学習テーマに即して知識・理解、技能、工夫・創造、関心・意欲・態度に関する各下位目標を組み合わせて構成した学習展開上の最少単位とする。

Unit-1: 社会や生活における計測・制御システムの関わり

対応する目標:D1

Unit-2: 自律走行型ロボットを用いた課題コース走行

対応する目標: A1, A2, B1, B2

Unit-3: 生活課題に対応した計測・制御システムの構成

対応する目標:C1, C2, D2

Unit-4: 社会や生活における計測・制御システムの評価・活用

対応する目標: D3

最初に、D1 を一つの学習ユニットとしたのは、第2章で考察した結果より「概念未保持群」の概念形成を図った上で、「概念異保持群」の概念変容を促す指導過程の順序性を重視する必要性があったからである。また「概念未保持群」や「概念異保持群」の生徒は、計測・制御システムを入力・処理・出力の大まかな構成で捉えさせたり、上位概念と下位概念の関連性を適切に理解させたりする学習指導が必要と考える。そのため、計測・制御学習の導入段階で、家庭の屋内、屋外、家庭外といった生活の場面で、計測・制御システムを包含している機器を見つけさせ、その仕組みや情報処理の手順について指導することとした。

次に、A1, A2, B1, B2 を一つの学習ユニットとしたのは、第2章で考察した結果より、

「概念異保持群」の概念変容を図るため、入力・処理・出力という上位概念の単位で、各上位概念に関連する下位概念(各要素)の理解と上位概念間の関連性の理解を図る指導段階の指導が必要だと考えたからである。そのため、自律走行型ロボットなどの入力・処理・出力が一体化となった具体的な計測・制御システムを教材として準備し、各パーツの果たす役割を、入力・処理・出力という観点で理解させることとした。

また、C1, C2, D2 を一つの学習ユニットとしたのは、第3章で考察した結果より、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が学習を楽しく感じやすく、技術的な見方・考え方では、学習後に身近な機器や製品を自分なりに計測・制御システムとして捉えやすいという傾向が示され、題材の目標が達成しやすいと考えたからである。そのため、生徒の生活場面に活用できる製品を題材のモデルとし、その製品の社会や生活における現実的な使用状況を踏まえつつ、動作を再現する制御プログラムを構築させる生活課題型を設定することとした。また、この題材のプログラム作成については、走行ゲーム課題型における最適解型のプログラム作成を起点として、社会や生活に活用するための新たな計測・制御システムを開発するために生活課題型における適応解型のプログラム作成という段階を踏むことで、制御プログラムのレベルを高度化することとした。具体的には、「出力のみ」→「処理+出力」→「入力+処理+出力」と次第に高度化する中で、それぞれの役割を累加的に理解させる方法が考えられる。

最後に、D3 を一つの学習ユニットとしたのは、題材の目標に最も接近する重要な目標行動となるからである。そのため、Unit-1 で調査した生活の中の計測・制御システムを社会的、環境的、経済的側面に基づき評価し、既存の計測・制御システムの改善策を考えたり、新たなものを工夫し創造したりすることによって活用する場面を設定することとした。そして、これまでの学習事項をもとに評価・活用力の育成に関係づけるようにした。

3.3 学習指導計画

以上のように設計した学習ユニットを時系列に展開し、次の(1)～(4)のように単元を構成した。

(1) 社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握

- ①社会や生活に利用されている計測・制御システムの調査・分類
- ②社会や生活に利用されている計測・制御システムの構成要素の調査

(2) 計測・制御システムの基本構成要素の理解

- ①自律走行型ロボットの構成理解

- ②自律走行型ロボットを用いた課題コース走行計画の作成
- ③自律走行型ロボットを用いた課題コース走行・修正
- (3) 社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発
 - ①生活課題に対する計測・制御システムのアイデア構想と検討
 - ②生活課題に対応した計測・制御システムの設計と構成
 - ③生活課題に対応した計測・制御システム動作計画の作成
 - ④生活課題に対応した計測・制御システムの動作・修正
- (4) 社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用
 - ①社会的・環境的・経済的側面から構築した計測・制御システムの評価
 - ②構築した計測・制御システムの評価に基づく改善点の検討
 - ③今後の社会や生活における計測・制御システムの活用についての考察

3.4 計測・制御システムの教材

上記の学習指導計画に基づく指導を行うために、JAPAN ROBOTECH 社の ROBO DESIGNER⁴⁴⁾ を教材として選定した。この教材に選定した理由は、次の2点にある。

- (1) 本教材はもともと自律走行型ロボットとして入力、処理、出力別にパーツが揃えられているが、それを自由自在に取り外して使用できるという点である。具体的には、入力部のパーツには、タッチセンサ、IR センサ、赤外線センサ等がある。処理部のパーツには、PIC とメモリ等を有したマイクロコントローラ、モータドライバで構成されたコントロールボードがある。このコントロールボードでは、センサからの入力を受け、書込まれたプログラムの処理によって出力ポートに出力することができる。出力部のパーツには、モータを有したギヤボックスがある。他にも、音としてブザー、光として LED などの出力装置を接続することもできる。入力、出力と処理の A/D・D/A 変換を行うインタフェースは、RS232C シリアル通信ボードを用い、同規格のシリアルケーブルによってコンピュータと接続するようになっている。
- (2) プログラムは TiColla というタイル形式によるプログラム環境によって作成できるという点である。TiColla は、プログラムの基本である「プログラミングの考え方」や「フローチャートの作り方」に沿った制御プログラムが組めるよう構成されている。正方形のタイルを、フローチャートの条件分岐や反復のように組み合わせて、フローチャートと比較しながらプログラムを作成することができる。また、TiColla 上で計測・制御システムに用いるハードウェアの入出力がビジュアルに設定でき、プログラムのためのタイル

とリンクしている。そのため、常にハードウェアを意識しながらプログラミングができるようになっている。

3.5 単元の指導過程

3.5.1 単元(1)「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」の指導過程

単元(1)では、家庭、地域、会社・産業に区分して、それぞれ利用されている計測・制御機器を調べる活動を行う（表 6-1）。調べる活動では、対象とする機器名と機器が何によって反応しているか（センサの種類）とそれによってどのような動作をしているか（アクチュエータの種類）という観点でインターネットや図書、家庭にある実物やその説明書などで調べることにした。

表 6-1 「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」の指導過程

学習活動	学習内容
①社会や生活に利用されている計測・制御システムの調査・分類	計測・制御システムが使われている事例を調査し、家庭、地域、会社・産業の区分に分類する
②社会や生活に利用されている計測・制御システムの構成要素の調査	区分した計測・制御システムに使われているセンサやアクチュエータの種類を調査する。

3.5.2 単元(2)「計測・制御システムの基本構成要素の理解」の指導過程

単元(2)では、ROBO DESIGNER を用いてコースを走破する課題を中心に構成した。教材としては、ROBO DESIGNER が自律走行型ロボットの教材としてパーツ毎に揃えられているため、走行ゲーム課題型に対応した自律走行型ロボットとして 3 章で使用したものと同じように構成することとした。そして、構成した自律走行型ロボットを表 6-2 に示した指導過程に沿って学習活動を進めることにした。そのため、自律走行型ロボットを前進後退することによって、基礎的・基本的な知識・技能を示し、ハードウェア設定やプログラム作成の手順を説明することとした。次に、習得した基礎的・基本的な知識・技能を活用して、設定したコースを走行させることにした。そのため、設定したコース上でセンサを使って走行するための学習として、タッチセンサを使ってコースの壁に触れながら走行させたり、赤外線センサを使ってコース上の白と黒のラインを識別させながら走行させたりするため、自律走行型ロボットと図 6-1 のように設定した U 字型コース（コース枠：450mm×450mm、

走行距離：約 800mm) を準備することとした。これらの学習を通して、センサの使い方やセンサを使うためのプログラム作成を行わせる。プログラム作成も適切に行わせるために、コースを走行させるためのフローチャート、プログラムの関係を考えさせるワークシートを準備した。このように本単元の学習にあたっては、タッチセンサや赤外線センサを使って走行できるサンプルプログラムを準備しておき、コースをより早くゴールできるように工夫することに重点を置くこととした。



図 6-1 U字型コース

表 6-2 「計測・制御システムの基本構成要素の理解」の指導過程

学習活動	学習内容
①自律走行型ロボットの構成理解	自律走行型ロボットの入力・処理・出力について、計測・制御システムとして理解する
②自律走行型ロボットを用いた課題コース走行計画の作成	アルゴリズム、フローチャート、プログラム作成の手順に沿って走行計画を作成する。
③自律走行型ロボットを用いた課題コース走行・修正	U字型の課題コースをスタートからゴールを目指して走行させ、ゴールまで到着しなかった場合は修正する

3.5.3 単元(3)「社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発」の指導過程

単元(3)は、表 6-3 に示すような生徒が自ら計測・制御システムのアイデアを構想し、疑似的に開発に取り組む活動を中心に構成した。具体的には、計測・制御システムの構築で工夫・創造すべきことは、「作業に関わる時間や労力を軽減することにある」という点を構想の出発点とした。そのため、計測・制御システムを構想する前段階で自律走行型ロボットの学習を行い、習得した知識・技能を活用することとした。その上で、生活する中で計測・制御システムが使われている機器に目を向けさせ、機器の種類とその機器のセンサの目的をまとめさせた。これらの学習をふまえた上で、生徒自ら構築できるように、自律走行型ロボットに構成されていた入力、処理、出力の部品を分類してパーツ化し、考案したアイデアをシステムとして構築できるようにした。

そこで考案したロボットの中から、クラス毎に「ベストアイデア賞」を選ばせ、さらに全クラスの「ベストアイデア賞」の中から具現化できそうなアイデアを選定することとした。そして選定したアイデアをもとに、生徒が入出力の位置を設定できる基本的な計測・制御システムの模型を製作することとした。模型の個数は、各班で取り組みたいアイデアを事前に調査し、その数に応じて製作させるようにした。同様に、模型の部品として、入力部（センサ、図 6-2）、処理部（コントローラボード、図 6-3）、出力部（ギヤボックス、図 6-4）と分けてそれぞれをパーツ化し、100×100 の塩ビボードに部品を取り付け、その塩ビボードの四隅には 50mm のボルトを取り付けた。それによってパーツが有効ボード上の穴に差し込んで配置できる形態にした。以上の方法により、各班で考えた計測・制御システムを入力・処理・出力と分類しながらプロトタイプとしてモデル化し、計測・制御システムに適応したプログラムを作成することによって、目的の計測・制御システムの模型が完成できるようにした。さらに、単元(2)「計測・制御システムの基本構成要素の理解」で学んだフローチャートを基に、単元(3)「社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発」においてプログラム化する作業を取り入れ、表 3 のように「フローチャート作成」、「プログラム作成」と段階を踏ませることによって、プログラム作成に必要な技能を習得できるようにした。

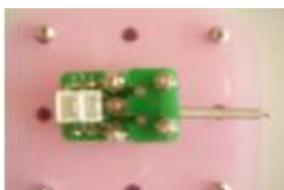


図 6-2 入力部

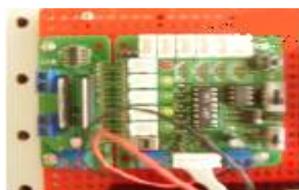


図 6-3 処理部



図 6-4 出力部

表 6-3 「社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発」の指導過程

学習活動	学習内容
①生活課題に対する計測・制御システムのアイデア構想と検討	何がどのような形で入力を与えられるのか、何をどのような形で出力すればよいのか検討する
②生活課題に対応した計測・制御システムの設計と構成	どのような方法で課題を解決するか手順を検討し、計測・制御システムの動作手順を図化する
③生活課題に対応した計測・制御システム動作計画の作成	計測・制御システムを動作させるため、フローチャートをもとにプログラムを作成する
④生活課題に対応した計測・制御システムの動作・修正	プログラムが目的どおりに動作するか試し、不具合があれば③に戻って修正する

3.5.4 単元(4)「社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用」の指導過程

単元(4)では、単元(1)～(3)の学習全体を振り返り、これからの社会や生活を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価する態度を育成することをねらいとした(表 6-4)。本単元では、前単元で構築した計測・制御システムに対し、その製品の現実的な使用状況を踏まえつつ、動作を再現する場面を設定した。そして、現実の社会や生活という文脈における実用性を踏まえた問題解決に着目させることによって、社会的・環境的・経済的側

表 6-4 「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」の指導過程

学習活動	学習内容
①社会的・環境的・経済的側面から評価した計測・制御システムの評価	構築した計測・制御システムを実生活の中で使用する場面を想定し、その機能と制約条件などを社会的・環境的・経済的側面から評価する
②構築した計測・制御システムの評価に基づく改善点の検討	評価した計測・制御システムをよりよいものにするために改善点を検討し、アイデアを考える。
③今後の社会や生活における計測・制御システムの活用についての考察	①と②の検討結果を踏まえ、今後の社会や生活における計測・制御システムのあり方や活用方法について自分なりの考えを考察し、まとめる。

面からの制約条件や要求仕様を考慮し、トレードオフを考えるなど、技術評価・活用の視点を体験的に学べるようにした。

3.6 評価規準

以上に構成した本題材の実践に対して、評価規準を以下のように設定した。前述したように、2008年告示学習指導要領解説技術・家庭編技術分野の「情報に関する技術」(3)には、「プログラムによる計測・制御」の指導事項として「ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること」、「イ 情報処理の手順を考え、簡単なプログラム作成ができること」の2点を挙げている⁵⁾。これらについて評価規準を作成するためには、技術科の観点別評価の4観点である関心・意欲・態度、工夫・創造、技能、知識・理解ごとに、達成目標を(1)教科・学年レベル、(2)単元レベル、(3)学習過程レベルの各レベルで設定する必要がある。そこで本章では各評価の観点について次のように考えた。

(1)「関心・意欲・態度」については、「コンピュータを用いたプログラムに関心をもち、身の回りで見られる計測・制御について調べようとしている」ことを評価規準とした。この評価規準は、到達目標が1点ではなく、幅を持ったものである。そのために、指導計画全体の学習前と学習後の計測・制御の関心・意欲・態度をウェビング法で記述させ、コンピュータを用いたプログラムや身の回りで見られる計測・制御に関するラベルの使用状況を比較し、個人内の変容を評価することとした。

(2)「工夫・創造」については、「計測・制御にかかわる課題を設定し、その課題解決のためにプログラムの手順を工夫し創造している」ことを評価規準とした。そのために、動作の効率やユーザーから見たシステムの使いやすさ等をもとに、課題意識を明確に持ってプログラムを修正したり、プログラムを自分で考え出したりすること、センサやアクチュエータなどのシステムの構成を工夫したりすることができているかどうかを評価することとした。

(3)「技能」については、「コンピュータを用いた簡単なプログラムの作成及び計測・制御ができる」ことを評価規準とした。そのために、開発環境を適切に操作し、プログラム言語のルールに従って実行可能なプログラムを作成(入力・編集)することができているかどうかを評価することとした。

(4)「知識・理解」については、「簡単なプログラムの作成に関する知識を身につけ、コンピュータを用いた計測・制御の仕組みについて理解している」ことを評価規準とした。そのためにフローチャートからプログラムへの作成手順を説明したり、入力・処理・出力

といった計測・制御システムの構成要素を説明したりすることができているかどうかを評価することとした。

これら(1)～(4)の考え方にに基づき、前述した各単元の主な学習活動に対して評価の観点と規準を表6-5のように設定した。

4. まとめ

本章では、第2～4章で得られた知見に基づき、計測・制御学習において対する生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法を構築するために、走行ゲーム課題型から生活課題型へと至る計測・制御学習の題材を開発した。

- 1) 題材開発のコンセプトとして、技術評価・活用力育成の観点から、①社会や生活に利用されている計測・制御システムの基本的な仕組みを理解し、②計測・制御システムの構築に関わる創造的な問題解決を経て、③これからの社会を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価する能力と態度を育成する、という3つの要件を設定した。
- 2) 上記の3要件を満たすために、第3章で得られた知見に基づき、①走行ゲーム課題型を用いた基礎的・基本的な導入題材、②生活課題型を用いた問題解決的な主題材を組み合わせた学習指導計画を構成した。
- 3) 走行ゲーム課題型の導入題材は、従来型の自律走行型ロボットを用いた迷路抜け課題とした。その後、生活課題型を用いた問題解決的な主題材では、生徒が生活の中での利便性を考え、システムのアイデアを構想し、そのモデルを構築・制御する課題とした。

次章では、本章で開発した題材を試行的に実践し、第4章で開発した「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」及び第5章で開発した標準評価問題を用いた学習効果の検証を行うこととする。

第6章 計測・制御学習における技術評価・活用力を育成する題材の開発

表 6-5 各単元の主な学習活動に対する評価観点と評価規準

単元及び主な学習活動	評価観点	評価規準
①日常生活とコンピュータのかかわりを調べよう。	関心・意欲・態度	コンピュータを用いたプログラムに関心をもち、身の回りで見られる計測・制御について調べようとしている。
②走行型ロボットに目的の動作のための手順を理解しよう。	1) 知識・理解	簡単なプログラムの作成に関する知識を身につけ、コンピュータを用いた計測・制御の仕組みについて理解している。
1) 計測・制御のしくみを理解しよう。	2) 知識・理解	簡単なプログラムの作成に関する知識を身につけ、コンピュータを用いた計測・制御の仕組みについて理解している。
2) 仕事の流れを表すフローチャートのかき方を理解しよう。		
③自律走行型ロボットに目的の動作をさせよう。	1) 技能	コンピュータを用いた簡単なプログラムの作成、及び計測・制御ができる。
1) 計測・制御システムの機能と構成を理解しよう。	2) 技能	コンピュータを用いた簡単なプログラムの作成、及び計測・制御ができる。
2) 目的のプログラムを作成しよう。		
④センサを使った生活課題に対応した計測・制御システムを開発しよう。	1) 関心・意欲・態度	コンピュータを用いたプログラムに関心をもち、身の回りで見られる計測・制御について調べようとしている。
1) ベストアイデア賞を選ぼう。	2) 技能	コンピュータを用いた簡単なプログラムの作成、及び計測・制御ができる。
2) 生活課題に対応した計測・制御システムの仕組みを理解しよう。	3) 工夫・創造	計測・制御にかかわる課題を設定し、その課題解決のためにプログラムの手順を工夫し創造している。
3) 生活課題に対応した計測・制御システムの動作手順を考えよう。	4) 工夫・創造	計測・制御にかかわる課題を設定し、その課題解決のためにプログラムの手順を工夫し創造している。
4) 生活課題に対応した計測・制御システムを動かすプログラムの作成をしよう。	5) 知識・理解	簡単なプログラムの作成に関する知識を身につけ、コンピュータを用いた計測・制御の仕組みについて理解している。
5) 生活課題に対応した計測・制御システムを動かすプログラムの工夫をしよう。		
⑤これからの生活とコンピュータのかかわりを考えよう。	関心・意欲・態度	コンピュータを用いたプログラムに関心をもち、身の回りで見られる計測・制御について調べようとしている。

第7章 技術評価・活用力を育成する計測・制御学習の試行的実践と学習効果

1. 目的

第1章で述べた通り、現在の計測・制御学習では、従来の走行ゲーム課題型の題材や学習指導方法の枠組みを超え、生徒が計測・制御技術と自らの生活や社会との関連性を見通しやすい題材及び学習指導方法の開発を進める必要がある。このことについて第6章では、第2～4章で得られた知見に基づき、①社会や生活に利用されている計測・制御システムの基本的な仕組みを理解し、②計測・制御システムの構築に関わる創造的な問題解決を経て、③これからの社会を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価する態度を育成する新しい題材をデザインした。また、第4章では、計測・制御学習に対する生徒の反応から、技術的な見方・考え方に対する内省を把握する測定尺度を構成した。さらに第5章では、計測・制御学習における技術評価・活用力の形成状況を「概念」、「判断」、「活用」の3観点から評価できる標準評価問題を作成した。そこで本章では、第6章で構成した新しい題材を試行的に実践し、その学習効果を第4章及び第5章で構成した測定尺度及び標準評価問題を用いて検証することとした。具体的には、次の2点について検討を行う。

検証事項1:本実践に対する生徒の反応や学習状況の把握が第6章で構想した実践デザインに即したものとなっているか。

検証事項2:従来型の実践と第6章で構成した実践とを比較し、学習効果を確認することができるか。

2. 研究の方法

2.1 実践対象

本実践は、K県国立K中学校3年生(男子24人、女子26人、計50人)を対象とした(以下、実験群)。また、本実践の学習効果の比較対象として、第2章で示した走行ゲーム課題型の実践をK県公立U中学校3年生(男子29人、女子29人、計58人)を対象に実施した(以下、走行ゲーム課題群)。また、第3章で示した自動灌水器を用いた生活課題型の実践をK県公立S中学校3年生(男子23人、女子23人、計46人)を対象に実施した(以下、自動灌水器課題群)。

2.2 実践内容

実験群では、第6章で構成した題材の学習指導計画に沿った実践を行った。走行ゲーム

課題群及び自動灌水器課題群では、いずれも表 7-1 で示した学習指導計画に沿って実践を行った。

2.3 測定尺度

測定尺度には、前述した二つの検討事項に即して、実験群における学習状況を把握する測定尺度、3 群間における学習効果の差異を把握する測定尺度をそれぞれ準備した。

2.3.1 実験群における学習状況の把握

実験群における学習状況の把握には、ワークシートへの記入状況及び第 5 章で作成した標準評価問題 30 問を用いた。

2.3.2 群間における学習効果の差異の把握

群間における学習効果の差異の把握には、①第 3 章で使用した学習に対する情意を把握する項目 3 項目(以下、情意項目)、②第 4 章で作成した「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」(以下、見方・考え方尺度)、③第 5 章で作成した標準評価問題をそれぞれ用いた。情意項目は、計測・制御学習に対する「楽しさ」、「難しさ」、「有用感」の 3 項目である。「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」は、「システムの見方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・関心」、「ユーザーとしての責任感」の 3 因子計 12 項目である。また、標準評価問題は「概念」、「判断」、「活用」の 3 観点である。

2.4 手続き

実験群における学習状況の把握は、単元の構成に即して継時的に評価資料を収集した。具体的には、各単元においてそれぞれに対応したワークシートを記入させ、評価資料とした。学習状況の評価では、第 6 章で設定した評価規準及び評価アイテムに基づき、2011 年告示の「評価規準の作成、評価方法の工夫改善のための参考資料」(中学校技術・家庭)⁵²⁾における観点別評価の 4 観点、すなわち関心・意欲・態度、工夫・創造、技能、知識・理解から、生徒のワークシートに対する記入状況を技術科教員が評価した。

群間における学習効果の差異については、情意項目、見方・考え方尺度、標準評価問題を用いて検討した。標準評価問題は、実践以前に群間に差がないことを確認するための事前テスト、実践による技術評価・活用力の形成度を把握する事後テストの 2 回を実施した。情意項目及び「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」に対する回答は、計測・制御の学習経験を生徒に振り返らせる形式であるため、各群の実践後に事後調査として実施した。

表 7-1 学習指導計画

時	走行ゲーム課題群 / 自動灌水器課題群		時	実験群		
	指導項目	学習活動		指導項目	学習活動	
1	計測・制御の仕組みを知ろう	身の回りにある電気製品について、自動的に仕事をする事例を調べる	1	社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握	1) 社会や生活に利用されている計測・制御システムの調査・分類 2) 社会や生活に利用されている計測・制御システムの構成要素の調査	
2	計測・制御システムを調べよう	コンピュータによる計測・制御の情報の流れを調べる	2	計測・制御システムの基本構成要素の理解	1) 自律走行型ロボットの構成理解	
3	プログラムの役割と機能を知ろう	プログラムを構成する基本的な手順を知る	3		2) 自律走行型ロボットを用いた課題コース走行計画の作成	
4			4		3) 自律走行型ロボットを用いた課題コース走行・修正	
5	計測・制御をしよう	走行ゲーム課題群	5	社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発	1) 生活課題に対する計測・制御システムのアイディア構想と検討	
6		・模型自動車のセンサによる計測の目的や条件を設定し、コースを走行するプログラムを作成。	6		2) 生活課題に対応した計測・制御システムの設計と構成	
7		自動灌水器課題群	・自動灌水器のセンサによる計測の目的や条件を設定し、適切な灌水動作を行うプログラムを作成。		7	3) 生活課題に対応した計測・制御システム動作計画の作成
8					8	4) 生活課題に対応した計測・制御システムの動作・修正
9					9	10
10	計測・制御技術を適切に評価し活用しよう	1) 計測・制御技術が社会や生活に与える影響を調べる 2) 情報技術と産業や環境の関係を調べる	11	社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用	1) 社会的・環境的・経済的側面から構築した計測・制御システムの評価	
			12		2) 構築した計測・制御システムの評価に基づく改善点の検討 3) 今後の社会や生活における計測・制御システムの活用についての考察	

3. 結果と考察

3.1 実験群における授業実践の状況

3.1.1 各単元における学習の状況

(1) 単元「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」の実践状況

本単元では、社会や生活と計測・制御システムのかかわりを理解させることを目標とした。そのために本単元では、身近な生活の中でプログラムによって制御されている機器を調査させる学習活動を設定した。具体的には、家庭、会社・産業、地域社会の中で、コンピュータを用いて制御されている機器を調査し、機器名（例：エアコン）と制御する対象（例：温度、湿度、風量）などを書かせた。また「なぜそれを知っていたのか」という理由を、記入した機器を使ったことがある場合はE，使ったことはないが見たことがある場合はL，インターネットや書籍等で調べた場合はIにチェックを入れさせた。

その結果、生徒は、家庭では「洗濯機」や「掃除機」，会社・産業では「コピー機」，地域社会では「バスカード」などを調べる事例がみられた。これらの事例を選んだ理由としては、E「使ったことがある」68.3%，L「見たことがある」55.7%，I「インターネットや書籍等で調べた」20.1%となり、実際に使ったことがある事例を多く取り上げる傾向がみられた。本単元の学習に対する生徒の感想例を表7-2に、生徒の記入したワークシートの例を図7-1に示す。

表 7-2 「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」の感想例

機器の外見（かわいい，小さい）などしか見なかったものが，どうしてこのような動きをするのか中身を考えるようになった。

エアコンの電源を入れると，すぐに送風しないのは，周囲の状況をセンサによって判断していると分かってから，すぐに電源を切らないようにした。

		I・インターネット E・経験, 体験, L・見たことがある O・その他				
家庭 機器 制御	洗濯機	そうじ機	エアコン			
	洗う(はめ)	動かさぬ(ほり)	温度 時間			
	I, (E, L) O ()	I, (E, L) O ()	I, (E, L) O ()	I, E, L O ()	I, E, L O ()	
会社・ 産業 機器 制御	コピー機	アイロン				
	枚数	材質 温度				
	I, (E, L) O ()	I, (E, L) O ()	I, E, L O ()	I, E, L O ()	I, E, L O ()	
地域 社会 機器 制御	バスカード					
	乗ったところの 読み					
	I, (E, L) O ()	I, E, L O ()	I, E, L O ()	I, E, L O ()	I, E, L O ()	

図 7-1 生徒の記入したワークシート例

(2) 単元「計測・制御システムの基本構成要素の理解」の実践状況

本単元では、アルゴリズムとフローチャート、プログラム作成ができることを目標とした。そのために、フローチャートの記号と構造を用いた表現法を学習させ、全自動洗濯機やエアコンなど、生活で利用している機器の動作をフローチャートで表現する学習活動を設定した。具体的には、全自動洗濯機の場合には、洗濯物を洗濯機に投入し電源を入れた後に洗濯の開始から終了までの全プロセスを例示し、それを基に「電源を入れ洗濯が始まるまで」と「洗濯が始まった後終了するまで」でプロセスを区切った。そして区切った各部分をフローチャートで書かせ、最後に全体のフローチャートとして描かせた。エアコンの場合も、同様に全プロセスを示した後、プロセスを2つに区切った各部分のフローチャートを考え、全体のフローチャートをまとめさせた。

その結果、機器の動作に何のつながりもないという考え方から、機器の動作自体に順序性があり、それを図式化できる方法としてフローチャートがあることに気付いた事例が見られた。また、プログラムの作成を行う前に、フローチャートを作成することで、作業が早く進められることに気付いたり、協同して進められることに気付いたりする事例も見られた。本単元の学習に対する生徒の感想例を表7-3に示す。

次に、プログラム作成の基礎的な技能を習得させるために、自律走行型ロボットを使った学習活動を設定した。具体的には、まず自律走行型ロボットに前進後退などの基本的な動作をさせるために、ハードウェア設定やプログラム作成の手順を説明した。そして、習得した内容を活用させて、設定した U 字型コースを走行させた。さらに、設定したコースにセンサを使って走行するための学習として、タッチセンサや赤外線センサを使ってコース上の障害物を回避させながら走行させた。走行させる実践については、サンプルプログラムを準備しておき、コースをより早くゴールできるようにプログラムを工夫することを重視した。

その結果、「フローチャート作図」、「プログラム作成」でフローチャートをプログラムに変換する学習過程を経ることによって、プログラム作成に必要な技能の習得が図られている状況が見られた。本単元の学習によって、コースを走行するために生徒が記入したワークシートの例を図 7-2 に示す。

表 7-3 「計測・制御システムの基本構成要素の理解」の感想例

機械などは操作すれば勝手に動くと思っていたが、フローチャートやプログラムを学んだことで、その動きまでの成り立ちや、その動きの流れなどに目を向けられるようになった。

フローチャートを書かなくても、プログラムは簡単に作れると思っていたが、フローチャートを使うことで友達とも協力して、手際よく進めることができる事を知った。

(3) 単元「社会や生活に活用する計測・制御システムのアイデア構想と開発」の実践状況

本単元では身近な生活や産業利用の中から、計測・制御機器の調査活動を生かし、生活課題を改善する目的を持たせた計測・制御システムを構想し開発することを目標とした。この目標に対して、これまで学習した「計測・制御システムの基本構成要素」から、特に入力部と出力部に着目させ、それぞれ目的を持った構想を主な学習活動として設定した。また、計測・制御システムは、必ずプログラムによって動作することを条件とした。具体的には、まず、入力部はタッチセンサ、赤外線センサに限定し、生活の中での利用形態を調べる活動を設定した。次に、出力部は、動力としてモータ、光として LED、音として電子ブザーの 3 種類を準備した。これらのパーツによって生活に活用する計測・制御システムのアイデアを構想する活動を設定した。処理部は、自律走行型ロボットでも使用してい

第7章 技術評価・活用力を育成する計測・制御学習の試行的実践と学習効果

選定基準：①自力で製作が可能か？ ②ロボデザイナーにしているセンサの形状で応用可能か？
 ③出力として音、光、動力が使えるか？ ④プログラムを作成して動かせるか？
 ⑤独自のアイデアか？

※アイデアが実現可能かどうかというところにポイントを置いて5作品選ぼう。

順位	アイデア 作成者名	作品のタイトル	選定基準					選んだ理由
			①	②	③	④	⑤	
1位	前田くん	自動窓閉機		○	○		○	実際におねえ 便利だし、使え るから。
2位	青木くん	—————	○	○	○		○	災害の時に あつとバツリ だから。
3位	中島さん	Happy Flower	○	○	○		○	花の水やりで、 太陽光を使っ ているのがすごい。
4位	小林さん	Sit! じっと! Fan! Fun!	○	○	○		○	夏などにおねえ 使えとL.ECO だから。
5位	後藤君	ぶんだらヒカッ		○	○		○	電気の7Lヒカ がたく、節電が おねえから。

図 7-3 生徒のアイデア審査用紙記入例

1) 「降雨感知式自動シャッター」システム

このシステムは、生徒の洗濯物が突然の雨で台無しになったという経験から、雨が降っても洗濯物がぬれないようにするために構想したシステムである（図7-4、7-5）。降った雨水の重さでコップが下がり、コップにタッチセンサが反応しシャッターを降ろすという仕組みである。また、雨がやんで、雨水が減りコップが上がったら、シャッターも上昇する仕組みである

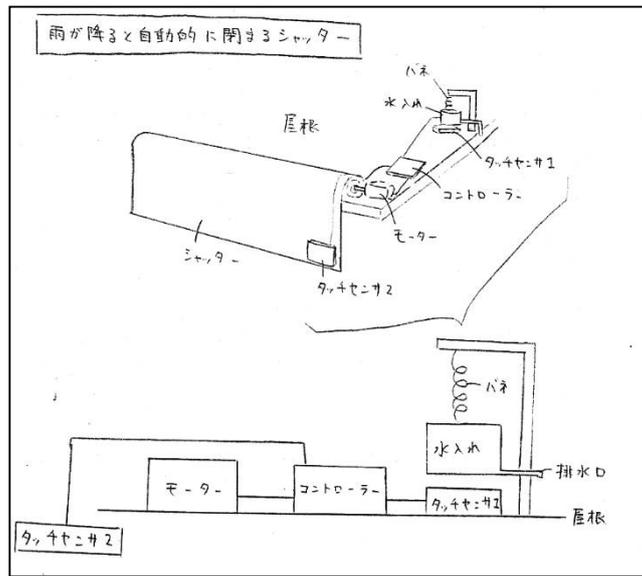


図7-4 「降雨感知式自動シャッター」構想図

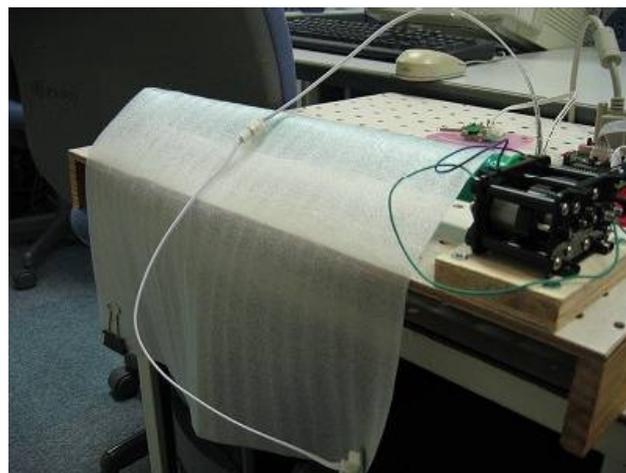


図7-5 「降雨感知式自動シャッター」模型

2) 「郵便物お知らせポスト」システム

屋外にあるポストは、郵便受けの扉を開け確認しなければ入っているかどうか分からない。特にマンションの場合、定期的の確認しないと郵便受けがあふれてしまう。それを防止するために開発したシステムである（図7-6、7-7）。ポストの投函口のふたの部分にタッチセンサを取り付け、郵便物が入るとふたに取り付けてあるセンサが反応し、屋内にあるランプが点灯するという仕組みである。

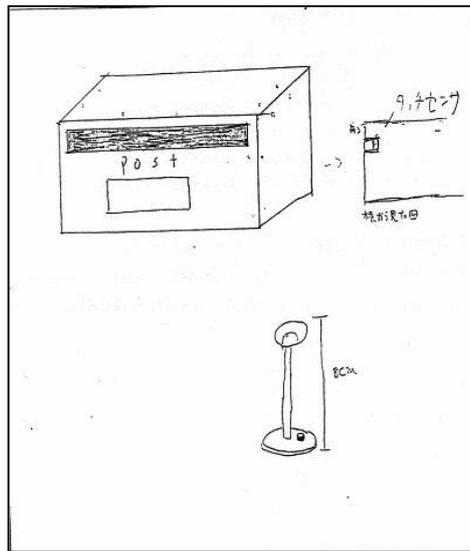


図7-6 「郵便物お知らせポスト」構想図



図7-7 「郵便物お知らせポスト」模型

3) 「犬用自動餌やり器」システム

“お手”のしつけを覚えた犬が、えさを求めてくると、決まった分量のえさを自動的に与えるためのシステムである(図7-8, 7-9)。犬がシステムのそばに近づいたら、システムが反応して“お手”をする手の部分を差し出す。その手に犬が“お手”をすることで、側にあるえさ箱の蓋が開閉して適量の餌が皿に盛られ、犬が食べることができるという仕組みになっている。



図7-8 「犬用自動餌やり器」構想図

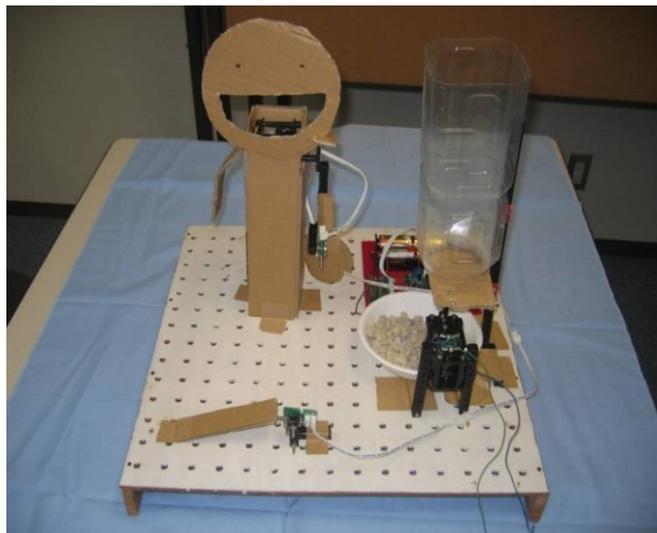


図7-9 「犬用自動餌やり器」模型

4) 「自動書籍ページめくり器」システム

センサに反応したら、書籍のページを持ち上げ、めくり、押さえるというページをめくる一連の動作を行うシステムである(図7-10, 7-11)。モータを有したギヤボックスに連動した3つの機構によって、ページを押さえて持ち上げたり、持ち上げたページをめくったり、めくったページを押さえるという仕組みになっている。

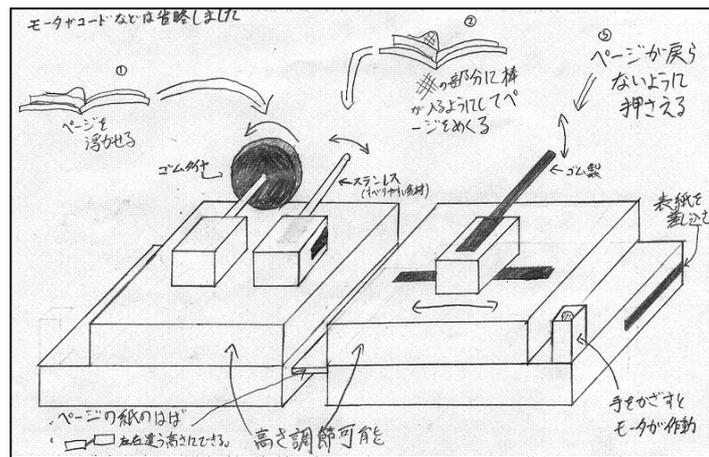


図7-10 「自動書籍ページめくり器」構想図

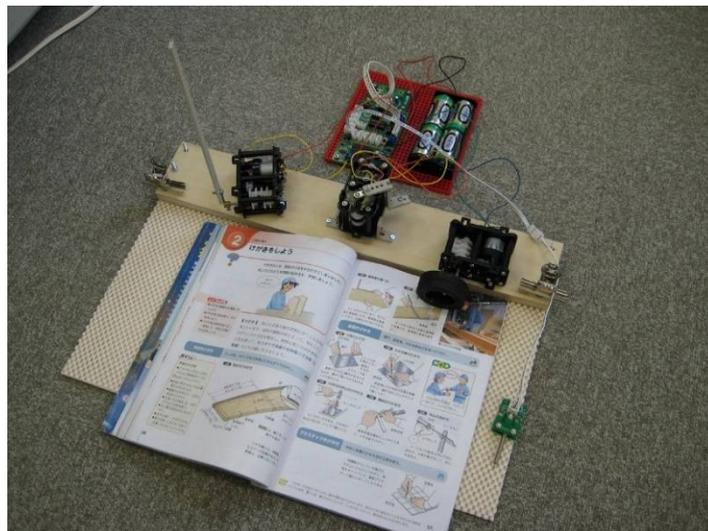


図7-11 「自動書籍ページめくり器」模型

プログラムの作成では、計測・制御システムを「目的に合った動作をすることができる」、
 「利用者のことを考えた動作をすることができる」という2段階の目標を設定し、作成と
 改善のプロセスを踏ませた。図7-12のワークシートは、作成したプログラムを中央に貼り、
 その右側に工夫したプログラムの改善案を記入したものである。下段の表には、①今回の
 課題、②修正したところ、③修正して成功したこと、④修正して失敗したこと、⑤次回の
 課題を記入させている。また、図7-13はこのワークシートを用いながら「自動書籍ページ
 めくり器」のプログラムの改善を行っている生徒の様子である。

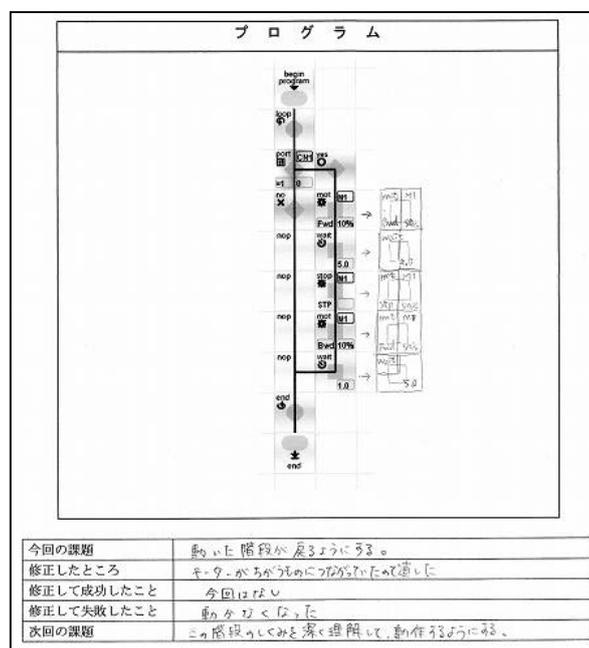


図7-12 プログラムを改善するためのワークシート例



図7-13 プログラムを改善している生徒の様子

(4) 単元「社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用」の実践状況

本単元では、プログラム作成に伴って、計測・制御システムが何のためにあるのかという理解させることを目標とした。この目標に対して制作したプログラムや模型を通して「生活の中でどこにどんな計測・制御システムが利用されているか」、「既存の製品に計測・制御システムを取り入れることによって、よりよい生活を送ることができるか」という視点で社会や生活を振り返ることを主な学習活動として設定した。生徒の記入したワークシートの例を図7-14に示す。また、本単元の学習に対する生徒の感想例を表7-4に示す。

1. 置くだけ靴箱が製品化された場合、社会や環境、経済にどのような影響を及ぼすでしょうか。それぞれの条件についてプラスの影響とマイナスの影響の視点から考えよう。

社会的側面・置くだけ靴箱の製品化により、生活や安全にどのような影響がありますか？		環境的側面・置くだけ靴箱の製品化により、周囲の環境にどのような影響がありますか？		経済的側面・置くだけ靴箱の製品化により、経済的な効果にどのような影響がありますか？	
社会に		周囲の環境に		経済に	
プラスの影響	マイナスの影響	プラスの影響	マイナスの影響	プラスの影響	マイナスの影響
・靴箱に置くことが前例だと思っていた人が置くようになる。 ・手の不自由な人や子どもでも高い所にも靴が入りやすいようになる。	・手元と見身に素早く入れるのに入れた場所を忘れやすくなる。 ・靴を入れる時に、はき取りがむずかしい。	・靴箱に靴を入れるやすくなる。 ・玄関や公共施設への靴箱付く。	・掃除機に比べ、掃除が楽になる。 ↓ ・不衛生で臭いなどが問題となる。	・靴箱の価値がある。 ・材料の企業とコンビニの企業がコラボしても便利なお靴箱ができる。	・修理代、部品代が大量に必要。 ・電気代がかかる。

2. 置くだけ靴箱のプラスの影響を向上させ、マイナスの影響を最小限におさえたい。そのためにどのように「フローチャートの改良」をすればよいか考えよう。(フローチャートは裏面)

・前後の移動時間を縮める → 電気代の削減
・太陽光パネルなどで電気を供給する
・安全装置をつけてフローチャートに組み込む

3. 置くだけ靴箱を使用することによって、社会や生活がどのように変化するか考えよう。

・毎年寄りや子どもに親切な機械なので、公共施設などに普及すると、靴をいれて集まる所にも人が集まりやすくなる → 人間のコミュニケーションができるようになる

図7-14 評価・活用を行うためのワークシート例

表7-4 「社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用」の感想例

あるものが、当たり前のように動くのは、ごく普通のことと思っていたが、そのあるものをどうやって作ったのか、なぜこのような形なのか、自分だったらどのように作るか、など考えるようになった。

基本的に何も考えず街を歩いていたが、急にライトがついたり、動き出したりしたときなど、何かに触れたからついたのか、どこを通ったから動いたのかなどを考え調べるようになった。

これらの感想から、生徒が社会や生活の中にある様々な機器の仕組みを自ら考え、さらに既存の技術を再構築して創造しようとする姿勢が読み取れる。また、社会や生活の中で利用されている機器を単に使うだけでなく、技術的事象に対する興味・関心を持ち、計測・制御システムを評価しようとする姿勢が伺える。

3.1.2 学習目標の到達状況

本実践に対する生徒の反応を、第6章で設定した評価規準に基づいて評価した。

(1) 関心・意欲・態度の評価状況

単元「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」においては、社会や生活に利用されている計測・制御システムを用いた機器について調査させた。生徒の反応を大別すると、図7-15のように全てを網羅し調べている生徒、図7-16のように調べた数が少なかったり項目に偏りが見られたりした生徒、ほとんど記入ができていない生徒に分けられた。そこで本観点の評価基準を、図7-15の生徒のように、「社会や生活に利用されている計測・制御システムを用いた機器について調べ、様々な場面から3項目以上記入している」状況を「A」（十分満足できる）、図7-16の生徒のように「社会や生活に利用されている計測・制御システムを用いた機器について調べ、1～2項目記入している」状況を「B」（概ね満足できる）、これらに至らない「社会や生活に利用されている計測・制御システムを用いた機器について記入していない」状況を「C」（努力を要する）と設定した。その結果、「A」評価が81.0%、「B」評価が19.0%、「C」評価が0%となった。このことから、題材の導入段階では、多くの生徒が興味・関心を持って意欲的に社会や生活に利用されている計測・制御システムを用いた機器について調査していた状況が把握された。

家庭	機器	炊飯器	冷蔵庫	ステレオ	ポンプ水機	洗濯機
	制御	時間・温度	温度管理	位置管理	回転数	水量・決り量・手順
	評価	1, B, L 0 ()				
会社・産業	機器	コスケレーター	エレベーター	電話交換	レジ	会員カード
	制御	回転数	回転数・位置	電気信号の識別	お金の計算	記憶・計算
	評価	1, B, L 0 ()				
地域社会	機器	信号	ツウカード	バス停の電子表示	ネオン	リフト
	制御	時間(長さ)	お金の保管・読み取り	位置(GPS)	発光時間	人の認知(時間)・回転数
	評価	1, B, L 0 ()				

図7-15 関心・意欲・態度で「A」と設定した資料例

家庭	機器制御	選たの機	そうじ機	Iアコン		
	制御	洗う(は)	ゴミが吸い(ほ)	温度 時間		
会社・産業	機器制御	ゴミ機	アロニ			
	制御	枚数	材質 温度			
地域社会	機器制御	バスカード				
	制御	乗たところの				

図 7-16 関心・意欲・態度で「B」と設定した資料例

また、単元「社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」と「社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用」においては、生活と計測・制御システムとの関係についてウェビング法によるラベルを書かせた。さらに履修前と履修後（図 7-17）のラベルの増減と達成ラベルの個数を自己評価ワークシートに記入させ、本実践での学習による関心・意欲・態度の向上があったかどうかを記述させた。図 7-18, 7-19 は生徒の記入した評価資料の例である。生徒の反応を大別すると、図 7-18 の生徒のように「生活と計測・制御システムとの関係について、ラベルが増加し、生活についての関心・意欲・態度を記述している」状況を「A」（十分満足できる）、図 7-19 の生徒のように「生活と計測・制御システムとの関係について、ラベルが増加しているが、生活についての関心・意欲・態度を記述していない」状況を「B」（概ね満足できる）、これらに至らない「生活と計

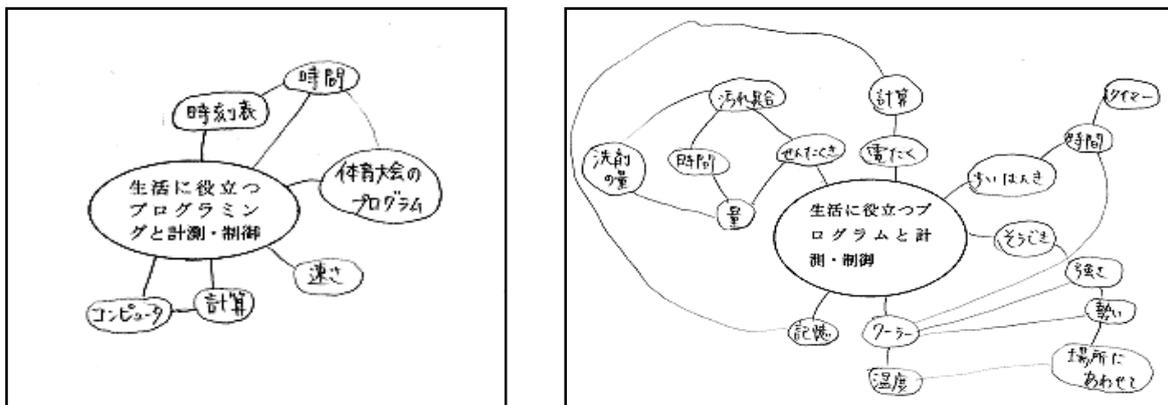


図 7-17 ウェビング法による履修前(左), 履修後(右)のワークシート

測・制御システムとの関係について、ラベルが増加しておらず、生活についての関心・意欲・態度の記述もしていない」状況を「C」（努力を要する）と設定した。その結果、「A」評価が86.0%、「B」評価が14.0%、「C」評価が0%となった。このことから本実践では、題材の終末段階においても、生徒の関心・意欲・態度が高い水準で持続されていた状況が把握できた。

1 ウェビング法で書いた単語数が増えればYes、同じ又は減ってればNoに○をつけなさい。

書いてある単語数が増えている
Yes No

2 後半のアンケートに書いた単語で、①に該当するのがあれば□にチェックを入れ、□にない単語があれば(その他)に入れなさい。また、授業で学習した内容以外の単語があれば、□に書きなさい。

①授業で学習した内容の単語を書いている <input checked="" type="checkbox"/> プログラム <input type="checkbox"/> アルゴリズム <input type="checkbox"/> フローチャート <input checked="" type="checkbox"/> タッチセンサ <input checked="" type="checkbox"/> IRセンサ (赤外線センサ) <input type="checkbox"/> コントローラ <input type="checkbox"/> ダウンロード <input type="checkbox"/> 順次 <input type="checkbox"/> 分岐 <input type="checkbox"/> 繰り返し (その他) <input type="checkbox"/> 入力 <input type="checkbox"/> 出力 <input type="checkbox"/> 処理 <input type="checkbox"/> セーバ	②授業で学習した内容以外の単語を書いている <input checked="" type="checkbox"/> 感圧センサー <input checked="" type="checkbox"/> 生活家電 <input checked="" type="checkbox"/> (IRセンサ) 階梯 <input checked="" type="checkbox"/> エレベーター <input checked="" type="checkbox"/> 機械装置 <input checked="" type="checkbox"/> など <input type="checkbox"/> のこぎり <input checked="" type="checkbox"/> ハンカチ <input checked="" type="checkbox"/> 電卓 <input type="checkbox"/> フロッピー <input type="checkbox"/> ナンプレ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
--	---

3 授業で学習した内容をふまえて、①、②、③の質問に答えなさい。

①授業で学習した内容をふまえて、生活の中で「～をしてみたい」と考えたり思ったりしたことを書いてみよう ・正直言って、単純な作業は機械任せが良かったです。思いませんでした。	②授業で学習した内容をふまえて、生活の中で「～をしてみたい」と調べたり行動したことを書いてみよう ・(宿題で調べて)アロケ74と針通し、針制御について調べてみた。	③授業で学習した内容をふまえて、生活の中で「～を感じるようになった・感じたり感じたりすることを書いてみよう ・「目の前はもてこぼれはいいから」と思うようになった。火星探査車とがはすのいい感じでした。
--	--	--

図 7-18 ウェビング法において「A」と設定した評価例

1 ウェビング法で書いた単語数が増えればYes、同じ又は減ってればNoに○をつけなさい。

書いてある単語数が増えている
Yes No

2 後半のアンケートに書いた単語で、①に該当するのがあれば□にチェックを入れ、□にない単語があれば(その他)に入れなさい。また、授業で学習した内容以外の単語があれば、□に書きなさい。

①授業で学習した内容の単語を書いている <input type="checkbox"/> プログラム <input type="checkbox"/> アルゴリズム <input type="checkbox"/> グローチャート <input type="checkbox"/> タッチセンサ <input type="checkbox"/> IRセンサ (赤外線センサ) <input type="checkbox"/> コントローラ <input type="checkbox"/> ダウンロード <input type="checkbox"/> 順次 <input type="checkbox"/> 分岐 <input type="checkbox"/> 繰り返し (その他) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	②授業で学習した内容以外の単語を書いている <input type="checkbox"/> 動作録 <input type="checkbox"/> 光センサー <input type="checkbox"/> エアコン <input type="checkbox"/> 洗たく機 <input type="checkbox"/> iPad <input type="checkbox"/> センサー <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
--	---

3 授業で学習した内容をふまえて、①、②、③の質問に答えなさい。

①授業で学習した内容をふまえて、生活の中で「～をしてみたい」と考えたり思ったりしたことを書いてみよう	②授業で学習した内容をふまえて、生活の中で「～をしてみたい」と調べたり行動したことを書いてみよう	③授業で学習した内容をふまえて、生活の中で「～を感じるようになった・感じたり感じたりすることを書いてみよう
--	--	---

図 7-19 ウェビング法において「B」と設定した評価例

(2) 工夫・創造の評価状況

単元「社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発」においては，作成した生活に役立つロボットのプログラムから課題を見つけさせ，それを修正させた。図 7-20，7-21 は生徒の記入した評価資料の例である。生徒の反応は大別すると，図 7-20 のように課題意識を持ってプログラムの修正を行っている生徒，図 7-21 のように課題は明確ではないが，プログラムの修正を行っている生徒，プログラムの修正ができていない生徒に分けられた。そこで本観点の評価基準を，図 7-20 の生徒のように，「課題を明確にしてプログラムの修正をしている」状況を「A」（十分満足できる），図 7-21 の生徒のように「試行錯誤を通してプログラムの修正をしている」状況を「B」（概ね満足できる），これらに至らない「プログラムを修正していない」状況を「C」（努力を要する）と設定した。その結果，「A」評価が 54.0%，「B」評価が 43.0%，「C」評価が 3.0% となった。このことから本実践では，ほとんどの生徒がプログラムの修正活動において概ね工夫・創造することができていたと考えられる。

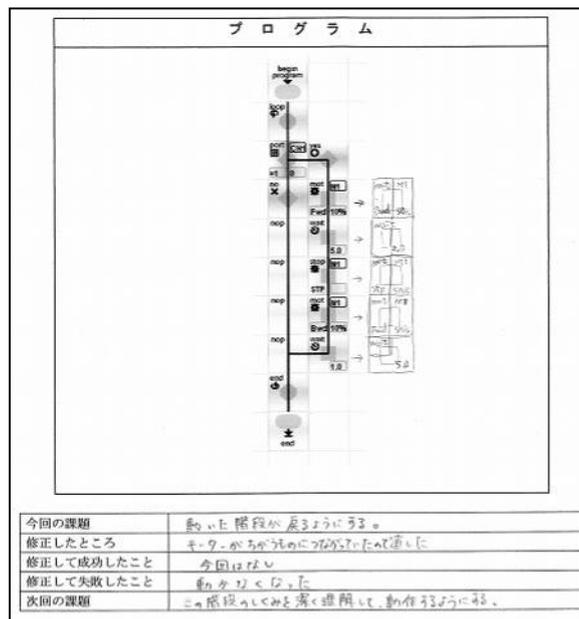


図 7-20 工夫・創造において「A」と設定した評価例

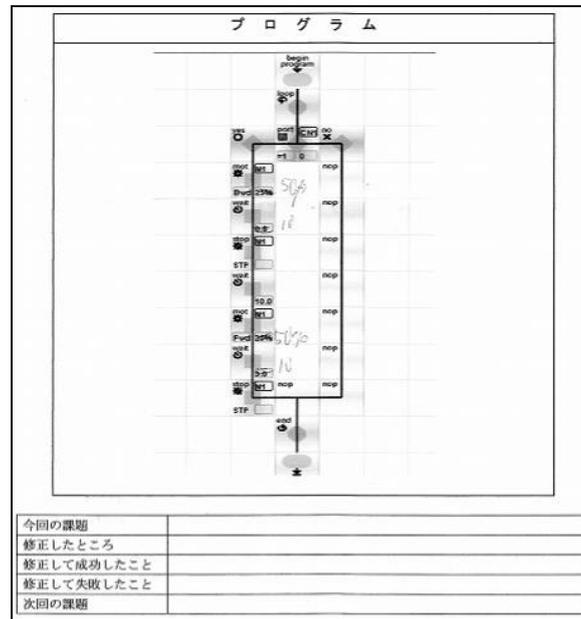


図 7-21 工夫・創造において「B」と設定した評価例

(3) 技能の評価状況

単元「計測・制御システムの基本構成要素の理解」においては、走行コースを動作するためのプログラムを、社会におけるプログラム開発の工程に沿って作成させた。図 7-22、7-23 は生徒の記入した評価資料の例である。生徒の反応は大別すると、図 7-22 のようにフローチャートからプログラムを作成できた生徒、図 7-23 のように フローチャートは作成しているがプログラムの作成はできていない生徒、ほとんどフローチャート・プログラム共に作成ができていない生徒に分けられた。そこで本観点の評価基準を、図 7-22 の生徒のように「走行コースの課題を解決するために、フローチャートを作成し、それをもとにプログラム作成をしている」状況を「A」（十分満足できる）、図 7-23 の生徒のように「走行コースの課題を解決するために、フローチャートを作成しているが、プログラムは作成していない」状況を「B」（概ね満足できる）、これらに至らない「走行コースの課題を解決するために、フローチャートの作成も、プログラム作成もしていない」状況を「C」（努力を要する）と設定した。その結果、「A」評価が 49.0%、「B」評価が 47.0%、「C」評価が 4.0% となった。このことから本実践では、ほとんどの生徒が情報処理の流れをフローチャートで表現することができていた。

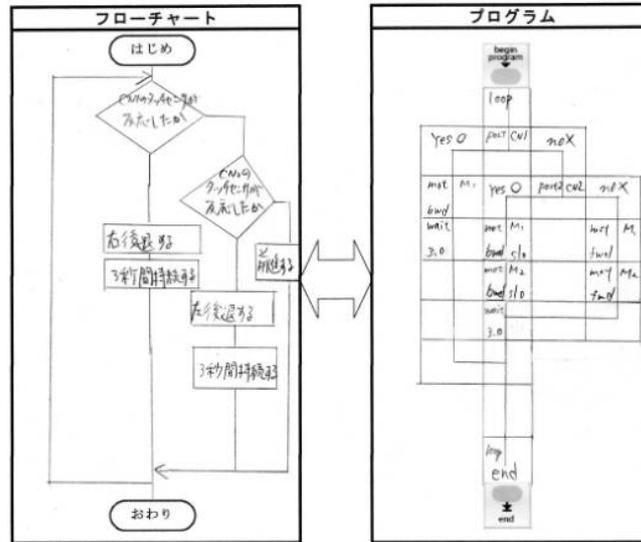


図 7-22 技能において「A」と設定した評価例

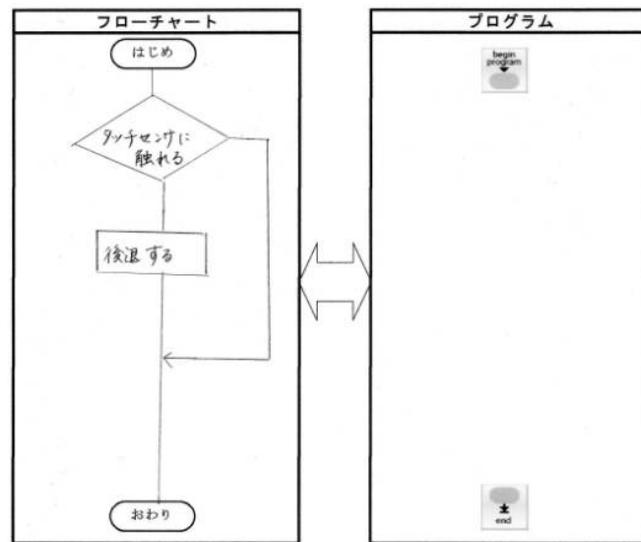


図 7-23 技能において「B」と設定した評価例

(4) 知識・理解の評価状況

第6章で作成した標準評価問題を用いて、本実践の事前事後にテストを実施した。実施後、30問中の到達度80%に相当する24問を正答した生徒を「A」、到達度50%に相当する15問を正答した生徒を「B」、それ以下を「C」として知識・理解の学習状況を評価した。その

結果、事前に調査した結果から A: 12.0%, B: 70.0%, C: 18.0%と評価が、事後には A: 42.0%, B: 52.0%, C: 6.0%という割合となった(表 7-5)。さらに、本実践の履修前(平均:17.24, SD: 4.29)に比べ、履修後(23.24, 4.59)は、換算得点の平均点が 6.00 ポイント高く、1%水準で有意な上昇($t_{(50)}=19.98, p<.01$)が確認できた。この結果から、A が 30.0%増加し、B が 18.0%, C が 12.0%とそれぞれ割合が減少したことによって、構成した題材による計測・制御学習の知識・理解の形成が図られていたことが確認された。

表 7-5 標準評価問題における本実践前後の評価状況

	評価 A	評価 B	評価 C
事前	6 人 (12.0%)	35 人 (70.0%)	9 人 (18.0%)
事後	21 人 (42.0%)	25 人 (52.0%)	3 人 (6.0%)

3.2 学習効果の検討

以上に示した本実践の学習効果を走行ゲーム課題群、自動灌水器課題群と比較した。

3.2.1 群間の等質性の確認

まず、実践対象の生徒の等質性を確認するために、標準評価問題を用いた事前テストの結果を集計した。群間の平均値の差について一元配置分散分析を行った(表 7-6, 7-7, 7-8)。その結果、計測・制御学習を履修する前の状態としては、「概念」、「判断」、「活用」のいずれの観点においても群間の主効果は有意ではなかった。このことから、計測・制御学習履修以前の状態として、3群は技術評価・活用力の形成状況に差異はないことが確認された。

表 7-6 実践前の「概念」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	4.48	1.65	F (2, 151)=1.80 ns 実験群=自動灌水器課題群=走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	3.96	1.16	
走行ゲーム課題群	58	4.05	1.47	

多重比較はTukey法による。

表 7-7 実践前の「判断」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	4.90	1.94	F (2, 151)=2.59 ns 実験群=自動灌水器課題群=走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	4.44	1.80	
走行ゲーム課題群	58	4.02	1.57	

多重比較はTukey法による。

表 7-8 実践前の「活用」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	5.07	2.13	F (2, 151)=2.96 ns 実験群=自動灌水器課題群=走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	4.17	2.01	
走行ゲーム課題群	58	5.03	2.39	

多重比較はTukey法による。

3.2.2 情意面の比較

次に、事後調査における情意面の効果について集計した(表 7-9, 7-10, 7-11)。群間の平均値の差について一元配置分散分析を行った。その結果、「学習の楽しさ」では群間の主効果が有意であった。Tukey 法を用いた多重比較を行ったところ、「学習の楽しさ」の平均値に実験群>走行ゲーム課題群>自動灌水器課題群の順序性が見られた。同様に、「学習の難しさ」でも群間の主効果が有意であり、実験群>走行ゲーム課題群>自動灌水器課題群の順序性が見られた。また、「学習の有用感」では、実験群=自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群の順序性が見られた。

これらのことから、本実践に対して生徒は、走行ゲーム課題群と同程度の「学習の楽しさ」、自動灌水器課題群と同程度の「学習の有用感」を感じており、各題材の持つ情意面の効果を適切に両立していることが示唆された。しかし、「難しさ」に関しては、他の2題材よりも本実践の方が感じやすい傾向のあることが示唆された。

表 7-9 実践後の「楽しさ」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	3.40	0.61	F (2, 151)=14.33 ** 実験群=走行ゲーム課題群>自動灌水器課題群
自動灌水器課題群	46	2.83	0.70	
走行ゲーム課題群	58	3.47	0.63	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

表 7-10 実践後の「難しさ」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	3.66	0.48	F (2, 151)=7.94 ** 実験群>自動灌水器課題群=走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	3.17	0.47	
走行ゲーム課題群	58	3.31	0.82	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

表 7-11 実践後の「有用感」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	3.52	0.61	F (2, 151)=13.92 ** 実験群=自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	3.54	0.55	
走行ゲーム課題群	58	2.95	0.78	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

3.2.3 技術的な見方・考え方の比較

事後調査における技術的な見方・考え方の因子別平均値を集計した(表 7-12, 7-13, 7-14)。因子別に群間の平均値の差について一元配置分散分析を行った。その結果、「システムのな見方・考え方」因子、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子、「ユーザーとしての責任感」因子の各因子では、群間の主効果が有意であった。Tukey法を用いた多重比較を行ったところ、それぞれの因子の平均値は、いずれも実験群=自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群の順序性が見られた。

これらのことから、本実践と自動灌水器課題群という生活課題型の方が、走行ゲーム課題型の場合に比べて技術的な見方・考え方の形成に効果的であることが確認された。

表 7-12 実践後の「システムのな見方・考え方」因子の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	2.98	0.54	F (2, 151)=21.50 ** 実験群=自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	2.83	0.70	
走行ゲーム課題群	58	2.22	0.67	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

表 7-13 実践後の「計測・制御技術に対する興味・関心」因子の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	3.35	0.41	F (2,151)=9.16 ** 実験群>自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	3.17	0.47	
走行ゲーム課題群	58	2.93	0.60	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

表 7-14 実践後の「ユーザーとしての責任感」因子の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	3.69	0.34	F (2,151)=5.72 ** 実験群=自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	3.67	0.35	
走行ゲーム課題群	58	3.44	0.55	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

3.2.4 技術評価・活用力の比較

標準評価問題を用いた事後テストの結果を集計した(表 7-15, 7-16, 7-17)。観点別に群間の平均値の差について一元配置分散分析を行った。その結果、「概念」では、群の主効果が有意であった。Tukey 法を用いた多重比較を行ったところ、「概念」の平均値には、実験群>自動灌水器課題群=走行ゲーム課題群の順序性が見られた。「判断」でも、群間の主効果は有意であった。しかし、その順序性は、実験群>走行ゲーム課題群>自動灌水器課題群となった。「活用」においても群間の主効果は有意であったが、平均値の順序性は、実験群=自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群となった。

これらのことから、本実践は、計測・制御システムに関する概念や課題解決時の判断力の形成において、自動灌水器課題や走行ゲーム課題を用いる場合よりも、効果的であることが確認された。

表 7-15 実践後の「概念」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	6.34	1.73	F (2,151)=15.35 ** 実験群>自動灌水器課題群=走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	5.08	0.98	
走行ゲーム課題群	58	4.54	2.11	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

表 7-16 実践後の「判断」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	7.13	2.18	F (2, 151)=28.61 ** 実験群>走行ゲーム課題群>自動灌水器課題群
自動灌水器課題群	46	3.59	1.68	
走行ゲーム課題群	58	5.11	2.79	

** p<.01

多重比較はTukey法による。

表 7-17 実践後の「活用」の群間の差

	n	平均	S. D.	一元配置分散分析及び多重比較
実験群	50	5.87	1.89	F (2, 151)=4.29 * 実験群=自動灌水器課題群>走行ゲーム課題群
自動灌水器課題群	46	5.48	1.45	
走行ゲーム課題群	58	4.90	1.77	

* p<.05

多重比較はTukey法による。

3.2.5 考察

以上の結果に基づいて本実践の学習効果について考察する。まず、情意面では、本実践において生徒が、走行ゲーム課題群と同程度の「楽しさ」、自動灌水器課題群と同程度の「学習の有用感」を感じており、各題材の持つ情意面の効果を適切に両立していることが示された。これは、本実践が二つの題材を段階的に設定したことで、走行ゲーム課題型の導入題材によって興味・関心を喚起すると共に、生活課題型の主題材によって学習の有用感を喚起することができたのではないかと考えられる。一方、「難しさ」に関しては、従来型の題材よりも本実践の方が感じやすく、難易度の調整に配慮が必要であることが示唆された。しかし、生徒が難しいと感じつつも、楽しさや有用感も同時に感じていたことは、学習に対する達成感や成就感に繋がる可能性もある。今後、同様の実践を行う場合には、生徒に課題の「難しさ」を必ずしも否定的に捉えさせず、達成に向けた動機づけにつなげるような支援が重要であると考えられる。

次に、技術的な見方・考え方に対する効果では、本実践と自動灌水器課題群が同程度であり、共に走行ゲーム課題群よりも有効であることが示唆された。また、技術評価・活用力に対する効果においても同様に、「活用」の観点では本実践と自動灌水器課題群の平均値が同程度となり、共に走行ゲーム課題群よりも有効であることが示唆された。これらのことから、本実践や自動灌水器課題群のような生活課題型の題材設定は、技術的な見方・考

え方の深化や学習事項を生活の文脈の中に「活用」する力の育成に向けて重要な指導方略となりうるということが実践的に検証された。しかし、技術評価・活用力に対する効果のうち、「概念」と「判断」の2観点については、本実践の平均値が他の2群に比べて最も高くなった。この2観点において自動灌水器課題群との有意な差が認められたことは、同じ生活課題型であっても本実践が「システムの構築」という創造的な問題解決を含むことで、概念形成や判断力向上に対する学習効果が得られたのではないかと考えられる。

以上のことから、第6章で構成した本実践の学習効果として、①技術的な見方・考え方を深め、学習の有用感や生活への活用力を育むという生活課題型の利点を維持しつつ、②「システムの構築」という創造的な問題解決を通して、概念形成や課題解決時の判断力の育成を図れることが示唆された。

4. まとめ

以上、本章では、第6章で構成した題材を試行的に実践し、その効果を検証した。その結果、本実践の条件下において以下の知見が得られた。

- 1) 第6章で構成した学習指導計画に即して計測・制御学習を展開したところ、関心・意欲・態度、工夫・創造、技能、知識理解の各観点において「A」又は「B」評価の生徒が多数を占め、所与の学習目標を適切に達成していたことが示された。
- 2) 第3章で示した走行ゲーム課題型、自動灌水器課題型の実践と比較したところ、本実践の学習効果として、①技術的な見方・考え方を深め、学習の有用感や生活への活用力を育むという生活課題型の利点を維持しつつ、②「システムの構築」という創造的な問題解決を通して、概念形成や課題解決時の判断力の育成を図れることが示唆された。

これらの知見から、第6～7章で構成・実践した学習指導方法が、第1章で設定した研究目的「技術リテラシー育成の観点から、計測・制御学習において生徒の技術評価・活用力を効果的に育成しうる学習指導方法を構築すること」に概ね対処しえたものと考えられる。

次章においては、本研究のまとめとして、第2～7章で得られた知見を整理し、今後の教育実践のあり方について考察する。

第8章 結論及び今後の課題

1. 本研究で得られた知見の整理

本研究の目的は、技術リテラシー育成の観点から、技術科の計測・制御学習において生徒の技術評価・活用力を効果的に育成しうる学習指導方法を実践的に検討することであった。この目的に対し第2～4章では、生徒の既存概念の実態把握及び学習指導に対する生徒の反応の分析を通して、学習指導過程を構成する指導仮説を導出した。続く第5～7章では、指導仮説を導入した実践のデザインと標準評価問題を開発し、その効果を検証した。各章で得られた知見を以下に整理する。

1.1 計測・制御学習における生徒の既存概念の実態把握

第2章では、計測・制御学習に対する中学生のレディネスとして、計測・制御システムに関する既存概念の実態を、概念地図法を用いて把握した。その結果、本調査の条件の範囲内で以下の知見が得られた。

- 1) 計測・制御システムに関する概念地図を大学工学部生と中学生で比較した。その結果、中学生の既存概念は、入力系についてはある程度の概念が保持されているのに対し、インタフェースに関連する要素や出力系においては概念の形成率が芳しくないことが示された。
- 2) 中学生の描画した概念地図を分類したところ、概念モデルに類似のリンクができていない「概念未保持群」(15.8%)、計測・制御システムの全体像は捉えられているが、概念モデルと比較したところ部分的にリンクの差異を有している「概念異保持群」(48.0%)に類型化された。
- 3) 「概念異保持群」はさらに、下位概念の理解が先行している「タイプⅠ異保持群」：下位概念先行理解型(9.2%)、上位概念の理解が先行している「タイプⅡ異保持群」：上位概念先行理解型(27.6%)、操作手順に即して用語間の関連性を理解しようとする「タイプⅢ異保持群」：手順的理解型(11.2%)に類型化された。

これらの知見から、中学生がこれまでに計測・制御システムに関して見聞きしたり触れたりした経験から、計測・制御システムについての既存概念が形成されている状況が把握できた。また、これらの実態に応じて、計測・制御学習の指導過程のあり方を考察した。具体的には、①計測・制御学習の導入段階は、生活場面にある身近な計測・制御機器を見つけさせ、使用されているセンサ、情報処理の手順などに気づかせ、入力・処理・出力と

いう上位概念を形成させること、②その上で、入力・処理・出力の上位概念に含まれる各要素を下位概念として理解させる指導過程の重要性を指摘した。

1.2 計測・制御学習における生徒の反応に関する探索的検討

第3章では、計測・制御学習において技術的な見方・考え方の育成につながる生徒の学習反応について、自律走行型ロボットを用いた走行ゲーム課題型と自動灌水器を用いた生活課題型の実践の比較を通して、探索的に把握した。その結果、本章の実践条件下で以下の知見が得られた。

- 1) 情意面の比較では、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が学習を楽しく感じやすい傾向が明らかとなった。また、学習の難しさでは男女間に傾向の違いがあり、生活課題型に対しては男子の方が女子よりも難しさを感じにくい傾向が明らかとなった。
- 2) 技術的な見方・考え方に関する自由記述を分類したところ、「機器の構成に対するイメージの形成」、「プログラムの働きに対する気づき」、「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」、「センサの働きに対する気づき」など、計7カテゴリを設定することができた。
- 3) 同様にして、能力形成感に関する自由記述を分類したところ、「プログラム作成力の形成感」、「論理的思考力の形成感」、「コンピュータ操作能力の形成感」、「工夫・創造力の形成感」など、計7カテゴリを設定することができた。
- 4) 技術的な見方・考え方に関するカテゴリの発生頻度について走行ゲーム課題型と生活課題型の実践を比較したところ、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が、学習後に身近な機器や製品を自分なりに計測・制御システムとして捉えやすい傾向が示された。しかし、「生活における計測・制御システムの存在に対する気づき」や「制御の仕組みに対する探究心」カテゴリでは両者に有意な差は認められなかった。
- 5) 同様に、能力形成感の比較では、走行ゲーム課題型に比べて生活課題型の方が、より問題解決能力の形成感が促されやすい傾向が示された。しかし、「プログラム作成力の形成感」、「コンピュータ操作能力の形成感」、「予測力の形成感」などのカテゴリでは両者に有意な差は認められなかった。

これらの結果から、計測・制御学習における生徒の反応を探索的に把握することができた。また、題材のタイプによって生徒の学習に対する反応には違いが生じていることが示唆され、計測・制御学習においては両タイプの題材を適切に使い分けたり、組み合わせたりすることの重要性を指摘した。

1.3 計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方の構造分析

第4章では、第3章で収集した自由記述に基づいて計測・制御学習において形成される技術的な見方・考え方の因子構造を検討した。また、技術的な見方・考え方の形成状況を第3章で設定した走行ゲーム課題型、生活課題型の実践間で比較した。その結果、本調査の条件下で以下の知見が得られた。

- 1) 計測・制御学習で形成される技術的な見方・考え方について因子分析を行った結果、「システムの見方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・関心」、「ユーザーとしての責任感」の3因子が抽出された。
- 2) 抽出された3因子の尺度平均値を、走行ゲーム課題型と生活課題型の実践間で比較した。その結果、いずれの因子においても生活課題型の実践の方が、技術的な見方・考え方の形成に有効であることが示唆された。
- 3) 学習の「楽しさ」、「難しさ」、「有用感」等の情意の形成に及ぼす技術的な見方・考え方の影響力について比較した。その結果、両群共に技術的な見方・考え方が情意の形成に重要な役割を果たしていることが示唆された。また、走行ゲーム課題型の実践には、「計測・制御技術に対する興味・関心」因子が「難しさ」の軽減に寄与することに特徴が見られた。

これらの結果から、生徒の技術評価・活用力を育成する計測・制御学習のデザインとしては、第3章で設定した指導過程をベースとしつつ、走行ゲーム課題型の実践を導入題材に、生活課題型の実践を主題材とする2段階の単元構成が有効であると考えられた。

1.4 計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を把握する標準評価問題の開発

第5章では、計測・制御学習による技術評価・活用力の形成状況を適切に評価するため、IRTを用いた標準評価問題を開発した。

- 1) 技術評価・活用力の構成要素である「概念」、「判断」、「活用」と、計測・制御システムの概念モデルとを照合し、計30項目からなる問題フレームワークを設定した。この問題フレームワークに、計測・制御学習で取り扱われる具体的な学習事項を当てはめ、予備問題計38問題を作成した。
- 2) 作成した予備問題を用いた予備調査を実施し、IRTによる分析を行った。その結果、問題の精選・修正を施し、妥当な識別力と難易度を持った30問が選定された。選定された30問を用いた本調査を実施し、同様にIRTによる分析を行った。その結果、これらの問題の識別力と難易度は妥当と評価され、計測・制御学習履修前後での差異が適切に検出

できることが確認された。

- 3) 開発した標準評価問題計 30 問は、計測・制御学習によって形成される技術評価・活用力を、「概念」、「判断」、「活用」の 3 観点(各 10 点満点)からアチーブメントとして測定することができるものとなった。

1.5 計測・制御学習における技術評価・活用力を育成する題材の開発と試行的実践

第 6 章では、第 2～4 章で得られた知見に基づき、計測・制御学習において生徒の技術評価・活用力を育成する学習指導方法を構築するために、走行ゲーム課題型から生活課題型へと至る計測・制御学習の題材を開発した。

- 1) 題材開発のコンセプトとして、技術評価・活用力育成の観点から、①社会や生活に利用されている計測・制御システムの基本的な仕組みを理解し、②計測・制御システムの構築に関わる創造的な問題解決を経て、③これからの社会を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価する能力と態度を育成する、という 3 つの要件を設定した。
- 2) 上記の 3 要件を満たすために、第 3 章で得られた知見に基づき、①走行ゲーム課題型を用いた基礎的・基本的な導入題材、②生活課題型を用いた問題解決的な主題材を組み合わせた学習指導計画を構成した。
- 3) 走行ゲーム課題型の導入題材は、従来型の自律走行型ロボットを用いた迷路抜け課題とした。その後、生活課題型を用いた問題解決的な主題材では、生徒が生活の中での利便性を考え、システムのアイデアを構想し、そのモデルを構築・制御する課題とした。

第 7 章では、第 6 章で構成した題材を試行的に実践し、その効果を検証した。その結果、本実践の条件下において以下の知見が得られた。

- 4) 第 6 章で構成した学習指導計画に即して計測・制御学習を展開したところ、関心・意欲・態度、工夫・創造、技能、知識・理解の各観点において「A」又は「B」評価の生徒が多数を占め、所与の学習目標を適切に達成しえていたことが示された。
- 5) 第 3 章で示した走行ゲーム課題型、自動灌水器課題型の実践と比較したところ、本実践の学習効果として、①技術的な見方・考え方を深め、学習の有用感や生活への活用力を育むという生活課題型の利点を維持しつつ、②「システムの構築」という創造的な問題解決を通して、概念形成や課題解決時の判断力の育成を図れることが示唆された。

1.6 結論

以上に得られた知見から、技術リテラシーの観点から生徒の技術評価・活用力の育成を図る計測・制御学習を実践するためには、生徒の生活経験に基づく既有概念の形成状況を

踏まえ、「システムの見える方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・関心」、「ユーザーとしての責任感」などの技術的な見える方・考え方の醸成を図る学習指導過程が重要であることが明らかとなった。そして、そのためには、①社会や生活に利用されている計測・制御システムの基本的な仕組みを理解し、②計測・制御システムの構築に関わる創造的な問題解決を経て、③これからの社会を構成する計測・制御技術の在り方や方向性を評価する態度を育成する題材が有効であることが明らかとなった。

この知見に基づく実践モデルを図 8-1 に示す。このモデルは、学習前の生活経験を基に既有概念を保持した生徒が、本実践の学習指導過程を経て、学習後に計測・制御システムの仕組みに関する概念と技術的な見える方・考え方に基づく判断力や活用力を身につけ、技術評価・活用力が育成される経緯をモデルとして図に表したものである。本研究から得られた知見より、生徒は生活経験から計測・制御システムに関する概念を保持することが確認されている。それは、概念モデルに類似のノード同士のリンクができていない「概念保持群」、ノード同士をリンクさせることが全くできていない「概念未保持群」、概念モデルと比較して部分的なノード同士のリンクの差異を有している「概念異保持群」である。さらに「概念異保持群」は3つのタイプがある。これらの様々なタイプの生徒に対応できる学習指導を考えた場合、走行ゲーム課題型と生活課題型を組み合わせた題材の設定が重要である。具体的には、まず、計測・制御学習の導入段階は、生活場面にある身近な計測・制御機器を見つけさせることで、入力・処理・出力といった計測・制御システムの大枠を理解させ、上位概念を形成させるために、「①社会や生活に利用されている計測・制御システムの把握」を取り入れた。次に、入力・処理・出力の上位概念に含まれる計測・制御システムの詳細について知らせるためセンサやアクチュエータといった各要素を下位概念として理解させる走行ゲーム課題型の題材を用いた指導過程である「②計測・制御システムの基本構成要素の理解」を取り入れた。さらに、社会や生活に活用する計測・制御システムのアイデアを構想し、それを基にセンサやアクチュエータを構築・制御する生活課題型の題材を用いた指導過程である「③社会や生活に活用する計測・制御システムの構想と開発」を取り入れた。最後に、構築した計測・制御システムの評価と、それに基づく改善点の検討、今後の活用について検討を行う「④社会や生活に利用されている計測・制御システムの評価・活用」を取り入れた。以上の指導過程を通して、計測・制御学習に対する「楽しさ」、「有用感」、といった情意が醸成されると同時に、「困難感」に対応した支援を行う。このような指導過程を通して生徒は「システムの見える方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・

関心」、「ユーザーとしての責任感」といった見方・考え方を獲得し、技術評価・活用力が形成されて行くものと考えられる。この図に示す指導過程を本研究の結論とする。

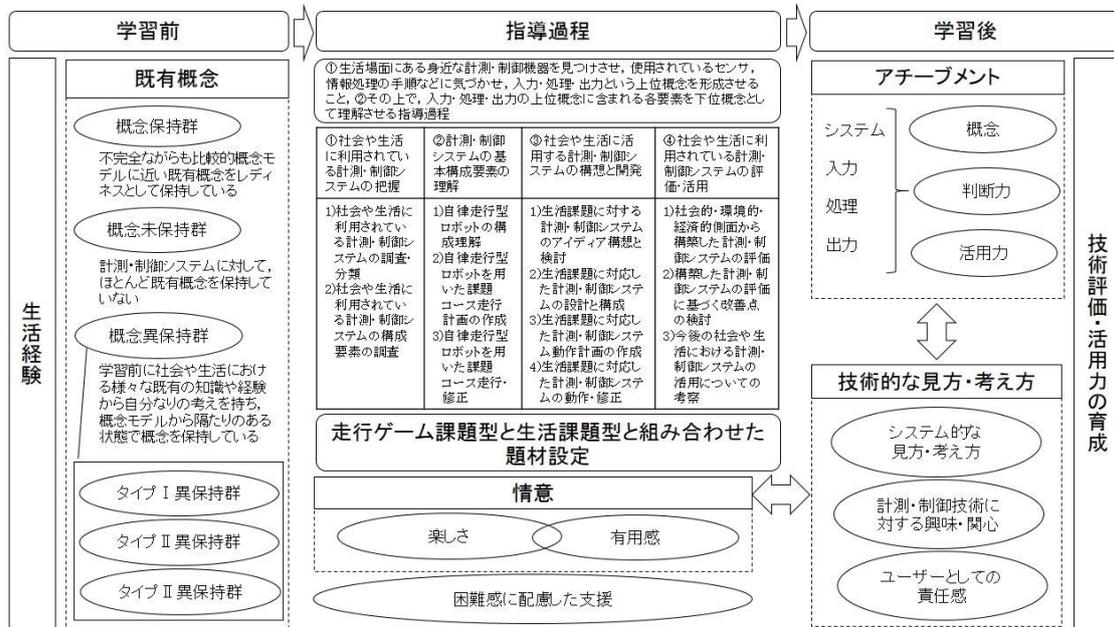


図 8-1 技術評価・活用力を効果的に育成しうる計測・制御学習の実践モデル

2. 教育実践への示唆

本研究で得られた知見及び結論に基づく教育実践への示唆として、次の3点を考察する。第一に、「計測・制御システムに対する評価・活用力」を育成するためには、計測・制御学習の過程と社会や生活における概念や経験、課題等とを常に往還しながら、そのための基礎的・基本的な知識・技能を習得したり、それらをもとに設計・製作（制作）を実践したりすることの重要性である。第1章で述べた通り、2008年告示学習指導要領においては、技術科の学習内容が4内容に再編され、全ての内容において技術評価・活用力の育成が教科の最重要目標として掲げられた。その目標を達成するために全国各地で様々な実践が行われている。その学習内容については、社会や生活に利用されている材料・加工やエネルギー変換、生物育成、情報に関する製品、機器、技術的事象などの事例を基に、社会的、環境的、経済的側面から評価する場面と活用するために工夫し創造する場面を設定することが主流となっている。また学習内容は、それぞれの内容における製作（制作）、整備、操作や、観察、実験等を経験した生徒が、履修した内容と関連する別の課題を改めて設定し、

最後のまとめとして行う傾向にある。このように、学習過程の中で実践的・体験的な学習活動として経験した題材の内容と技術評価・活用力の内容は、学習経験という意味では関連しているものの、社会や生活とのつながりが希薄である場合が多い。しかし、本研究の第2章では、生徒の社会や生活経験をもとに形成された既有概念の実態を把握し、社会や生活との関連付けを図った。また、第3～4章では、社会や生活における文脈を意識した学習指導過程や題材設定の重要性を指摘した。それらを基に第6～7章では、生徒の認識過程に即した学習指導を展開するために、生活課題型の題材を設定し、生徒自身にアイデアを構想しモデルを構築させて、社会や生活における計測・制御技術に関する課題と照合しながら習得した知識・技能の活用を図った。さらに、構築したモデルについて社会的、環境的、経済的側面から評価し、社会や生活に実際において利用するために必要な改善点を検討することによって、今後の社会や生活における計測・制御技術の活用について考察を行った。これらの学習指導過程の骨格は、前述した図8-1の通りである。すなわち、図8-1の指導過程に即して、生徒が社会や生活における経験や課題と題材とを常に往還しながら、学習が終了する頃には、自ずと計測・制御システムに関する評価・活用力が育成されている学習過程を授業実践の現場に広く普及させていくことが重要であると考えられる。

第二に、このような学習指導過程の普及に際して、技術リテラシーの観点から技術評価・活用力を育成するという計測・制御学習に対する技術科教員の指導観の重要性である。第1章で示したようにコンピュータを用いた計測・制御技術は、現代の社会・生活を支える重要な技術となっている。しかし、このような計測・制御技術をユーザーが意識し、その使用方法をスキルとして習得する必要はない。また、生活の中にある計測・制御システムは省力化や操作性向上の文脈で自動化されているものが多いため、その使用に特別な知識は求められない場合が多い。技術リテラシー育成の観点からは、このような特徴を持つ計測・制御技術であるからこそ、その仕組みを学び適切に評価・活用する能力を育成することが必要であることは第1章で述べた通りである。しかし、計測・制御学習を実施する技術科教員の中には、技術科に対する教科観、指導観として、道具や機器の使用方法をスキルとして習得させたり、製作品を生徒が自宅に持ち帰り、直接的に生活に活用できたりすることが重要と考える場合が少なくない。このような教科観、指導観を持つ技術科教員にとっては、そもそも計測・制御学習を生徒に指導することの意義を見出せない危険性がある。本研究ではこの点について第3章において技術的な見方・考え方の重要性を指摘した。すなわち、生徒が計測・制御学習を履修することによって、生活の中にある機器や製品に対

する技術的な見方・考え方が技術的な志向性に方向づけられうることを示した。具体的には、計測・制御学習を経験した生徒が生活の中にある機器や製品を見た時、それを入力・処理・出力という要素を持つシステムとして捉えることができるようになる。また、計測・制御機器の仕組みや開発に至るプロセスに対する興味・関心を持つことができるようになる。さらに、このような視点と興味・関心に基づいて、機器や製品を適切に選択・使用できるユーザーとしての責任感を醸成することができる。このような学習に対する反応は、極めて生徒の内面的な事象であり、知識やスキルといった形態で習得されるものではない。ましてや、「製作品が直接、生活の役に立つ」という観点からの有効性を見ることはできない。しかし、このような技術的な見方・考え方を「学びの成果」として生徒が自己の生活に持ち帰ることが、「未来の技術社会を形作りうる市民」の資質として極めて重要である。技術リテラシーの教育はまさに、技術社会の発展に自ら責任を負いうる市民を育成することに他ならない。この意味で計測・制御学習を捉えた時、生徒が経験すべき学習は、「何が作れるようになったか」ではなく、「どのような見方や考え方ができるようになったか」を育む機会を提供するものでなければならない。このように計測・制御学習は、技術科に含まれる学習内容の中でも特に教員が技術リテラシー育成を強く意識して指導をしなければならぬ領域の一つであると考えられる。

第三に、生徒が「システムの構築」に携われるような工夫・創造を育む問題解決的な学習の重要性である。従来、中学校現場における計測・制御学習は、準備された教材によって学習指導過程が強く制約されてきた。走行ゲーム課題型の実践が大半を占める現状は、そのような教材の入手が容易であるからに他ならない。また、走行ゲーム課題型の実践で生徒が「工夫・創造」できる要素は、多くの場合、プログラム作成の部分に限られているのが現状である。しかし、本研究では第3～4章において題材の持つ生活の文脈の重要性を指摘した。さらに第6～7章においては、題材の持つ生活の文脈と共に、新しいアイデアを生徒が発想し、それを自らシステムとして構築していく問題解決的な学習過程の重要性を指摘した。具体的には、生徒が自らシステムを構築する「工夫・創造」の経験を持つことで、技術的な見方・考え方が深まり、技術に対する概念形成や判断力の形成に寄与することが示されている。逆に言えば、生徒の技術評価・活用力を育成するためには、生徒に生活の中に存在するテクノロジーの仕組みを知識として理解させるだけでは不十分である。本研究では、一定の指導時間を確保し、システムの構築に関わる「工夫・創造」の場面を設定したが、このような場面設定の質と量については多様なアプローチが考えられる。

第7章の試行的実践では、「工夫・創造」場面の質や量を変数として取り扱っていないため、適切な学習効果を得るために必要な学習指導の条件は明らかにできていない。しかし、今後の計測・制御学習の展開においては、少なくとも、プログラム作成場面だけでの「工夫・創造」に限定せず、システムの目的や機能、制約条件などを生徒に考えさせ、その構築に何等かの形で取り組ませるような問題解決的な学習の設定が重要であると考えられる。

3. 今後の課題

しかし、本研究には次のような課題が残されている。第一に、第2章で構成し、第5章の標準評価問題の枠組みとしても用いた概念モデルの多様性に対する今後の検討の必要性である。本研究では第2章において、学習指導要領に記載されている用語を用い、それらの関係性を技術科教員の考えに即して構造化し、生徒に形成させたい概念モデルを構成した。この概念モデルは、学習内容間の関連性を技術科教員の指導意図に即して俯瞰する上で有用なものであった。しかし、第2章でも述べた通り、一般にシステムを表現するモデルには、着目する視点によって多様な形態が考えられる。この意味において第2章で構成した概念モデルは、計測・制御システムそのものの体系を網羅しているわけではない。また、生徒の既存概念を把握するという観点に立てば、学習指導要領に記載されている用語に限定されない幅広いラベルを生徒の直接・間接的な生活経験から拾いだし、それらを類型化する方法も考えられる。ここに、映画やドラマ、小説などで登場する架空のロボット等のイメージの影響までを考慮するならば、単一の概念モデルで生徒の既存概念を捉えることには限界がある。したがって今後は、第2章で構成した概念モデルを学習指導上の羅針盤の一つとしながらも、生徒の学習や生活経験の状況によって異なる概念モデルが存在することを想定し、小学生から中学生、高校生に至る概念モデルの発達段階的特徴を捉えていくことが必要となろう。

第二に、技術評価・活用力の測定方法の多様化への対応と精度向上の必要性である。本研究では第5章において、計測・制御学習で形成される技術評価・活用力を「概念」、「判断」、「活用」の3観点で捉える標準評価問題を開発した。開発した問題は、IRTを用いたことにより、被験者集団の差異によらず多様な実践形態の学習効果を測定することができるものとなった。また、第4章では計測・制御学習に対する生徒の反応から、「システムの見方・考え方」、「計測・制御技術に対する興味・関心」、「ユーザーとしての責任感」という3因子からなる「計測・制御学習における技術的な見方・考え方尺度」を構成した。し

かし、これらを用いた実践の効果を検証した第7章においても、学習後の生活行動の変化までは評価対象にできていない。標準評価問題における「活用」問題も、生活の文脈を問題文の中で想定した上で生徒に考えさせる形式をとっていたため、厳密に言えば「活用に向けた推論」を測定していることになる。言い換えれば、本研究で得られた知見はあくまで、計測・制御学習を通して形成された「生活を工夫し、創造する能力と態度」の兆しを評価したにすぎない。したがって、計測・制御の学習を経験した生徒が、授業外の生活場面で実際にどのような生活行動を取ろうとするのか、あるいは取っているのかについては検討の余地が数多く残されている。例えば、生徒が身に付けた技術評価・活用力を生活行動としてどのように発現しうるかを把握する生活行動インベントリを開発することができれば、学習指導方法の改善研究に対しても重要な示唆を得られる可能性がある。

第三に、テクノロジーの進歩や生活スタイルの変化に応じたより多様な生活課題型題材の開発の必要性である。本研究では第6章において、生活の文脈を持ちつつ創造的な問題解決を通して技術評価・活用力を育成する題材を開発した。そして第7章では、このような題材が従来の走行ゲーム課題型の題材や、生活の文脈を持つものの創造的な問題解決の要素が少ない生活課題型の題材に比べて学習効果が高いことを実践的に示した。しかし、現代の社会では生活の中に急速に自動化された機器や製品が普及しつつある。例えば近い将来、ロボット掃除機のような製品の世帯普及率が急速に高まった場合に、現在の題材の有効性が維持され続けるかどうかについては定かではない。第2章で述べた通り、計測・制御学習では生徒の生活経験に基づく既存概念を的確に把握することが重要である。この意味において上述した生活環境の変化を捉えるならば、テクノロジーの進展と生活スタイルの変化によって当然、生徒の既存概念は変化していくこととなる。言い換えれば、テクノロジーの進展や生活スタイルと密接に関連する計測・制御技術を学習内容として扱い続けていくためには、生徒の生活経験の変化に対応した多種多様な題材の開発を継続していくことが極めて重要と考えられる。現段階においても、第6章で示した題材以外に、多様な題材開発の余地は残されている。また、技術評価・活用力を育成するための学習指導ストラテジーについても、異なる多様なアプローチを考えることができる。本研究で示した実践モデルはその第一歩であり、今後の実践研究を方向づけた点において一定の意義を見出すことができる。しかし、それは今後の多様な実践研究の基礎を形作ったにすぎない。今後、このような多種多様な計測・制御学習の実践研究が積極的に展開されることを願ってやまない。本研究で得られた知見に対する追試を含め、これらについてはいずれも今後

第8章 結論及び今後の課題

の課題とする。

文献

- 1) 高度情報通信ネットワーク社会形成基本法,
<http://www.kantei.go.jp/jp/it/kihonhou/honbun.html> (最終アクセス2013.8)
- 2) 日本工業規格, <http://www.jisc.go.jp/> (最終アクセス2013.8)
- 3) 人見勝人: 入門編 生産システム工学, 共立出版(2011)
- 4) International Technology Education Association: *Standards for Technology Literacy -Content for the Study of Technology-*, p.10 (2000)
- 5) 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.14-15(2008)
- 6) 桐田襄一, 板倉安正, 近藤義美, 田中喜美, 宮川秀俊, 矢田茂樹, 山崎貞登: 21世紀の技術教育, 日本産業技術教育学会, p.5 (1999)
- 7) 田口浩継, 藤木 卓, 浅田 茂裕, 谷田 親彦, 山崎 貞登: 新21世紀の技術教育, 日本産業技術教育学会, p.4 (2012)
- 8) 文部省: 中学校学習指導要領, 大蔵省印刷局(1989)
- 9) 情報教育に関する手引き, ぎょうせい(1990)
- 10) 文部省: 中学校指導書技術・家庭編, 開隆堂出版株式会社, pp.57-58(1989)
- 11) 鈴木寿雄他: 技術・家庭 上: 開隆堂出版株式会社(1992)
- 12) 文部科学省: 中学校学習指導要領, 国立印刷局(1998)
- 13) 文部科学省: 中学校学習指導要領解説技術・家庭編, 東京書籍, pp.42-45(1998)
- 14) 前掲5), pp.36-37
- 15) 奥西邦彦, 松田純雄, 富山朝司, 結城守利: グラフィックスによる簡単なプログラムの作成を中心とした「情報基礎」の指導, 日本産業技術教育学会誌, 第35巻, 第1号, pp.39-45(1993)
- 16) 林秀昭, 八高隆雄: 日本語LOGOによる「情報基礎」のためのプログラム実行学習の実践, 日本産業技術教育学会誌, 第35巻, 第1号, pp.57-60 (1993)
- 17) 本郷健: プログラム作成プロトコルの記録装置とその試行, 日本産業技術教育学会誌, 第36巻, 第4号, pp.305-312(1994)
- 18) 坂日喜啓, 榊見和孝: ポケットコンピュータを用いたモータ制御用教材の活用例, 日本産業技術教育学会, 第31巻, 第4号, pp.261-268 (1989)
- 19) 宮倉禎典, 津田政明, 金沢信利, 廣瀬幸雄, 村田昭治: 制御モデルを用いた情報基礎教材の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第32巻, 第4号pp.263-267(1990)

- 20) 大倉宏之：制御学習のためのステッピングモータ教具の開発，日本産業技術教育学会誌，第33巻，第2号，pp. 127-132(1991)
- 21) 村尾卓爾，大内信頭：材料加工を題材としたコンピュータ制御教材の開発，日本産業技術教育学会誌，第36巻，第3号，pp. 215-221(1994)
- 22) 大倉宏之，須見尚文，畑俊明：ものづくり学習のための教材用磁気ライントレーサの開発，日本産業技術教育学会誌，第45巻，第2号，pp. 83-89(2003)
- 23) 亀山寛，戸塚雅彦：USBインタフェースを備えた制御教材の開発，日本産業技術教育学会誌第45巻，第3号，pp. 135-141(2003)
- 24) 森慎之助・山本透：融合教材：“インテリジェントハウス”を使用したプログラムと計測・制御学習，日本産業技術教育学会誌，第49巻，第4号，pp. 297-305 (2007)
- 25) 森慎之助：ロボット教材を用いた制御・プログラミング学習の授業実践と作業分析，日本産業技術教育学会誌，第47巻，第3号，pp. 201-207 (2005)
- 26) 嶋田彰子・山菅和良・針谷安男：自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価，日本産業技術教育学会誌，第49巻，第4号，pp. 297-305 (2007)
- 27) 伊藤陽介・森誉範・菊地章：「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習材の開発と実践，日本産業技術教育学会誌，第49巻，第3号，pp. 213-221(2007)
- 28) 伊藤陽介，石塚仁志，大泉計，菊地章：ロボカップジュニア・レスキューを題材とする情報技術学習の提案，日本産業技術教育学会誌，第50巻，第2号，pp. 59-67(2008)
- 29) 紅林秀治，井上修次，江口啓，鎌田敏之，青木浩幸，兼宗進：自律型3モータ制御用ロボット教材の開発，日本産業技術教育学会誌，第51巻，第1号，pp. 7-16(2009)
- 30) 古平真一郎，坂本弘志，針谷安男：自律型ロボット教材を用いた「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証，日本産業技術教育学会誌，第51巻，第4号，pp. 285-292 (2009)
- 31) 紅林秀治，江口啓，兼宗進：プログラム学習における中学生の学習効果，日本産業技術教育学会誌，第51巻，第4号，pp. 301-309 (2009)
- 32) 井戸坂幸男，久野靖，兼宗進：自律型ロボット教材の評価と授業，日本産業技術教育学会誌，第53巻，第1号，pp. 9-16 (2011)
- 33) 樋口大輔，紅林秀治：コンピュータによる計測・制御学習のための汎用計測・制御基板の開発，日本産業技術教育学会誌，第53巻，第3号，pp. 169-178(2011)

- 34) Ausubel, D. P. : *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. NewYork : Grune and Stratton , p. 7 (1963)
- 35) 国立教育政策研究所 : 特定の課題に関する調査 (技術・家庭) 調査結果 (中学校), pp. 55-57 (2009)
- 36) 高橋正規 : 項目反応理論入門ー新しい絶対評価ー, イデア出版局, pp. 103-104 (2002)
- 37) Novak, J. D. : *Learning, Creating, and Using Knowledge-Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, pp. 4-7 (1998)
- 38) 有川誠 : 技術科「機械」領域におけるエネルギー変換概念の学習プログラムの検討, 日本教育工学雑誌, 第 22 巻, 第 3 号, pp. 179-191 (1998)
- 39) 村松浩幸・杵淵信・渡壁誠 他 : ロボット学習を通して形成される生徒の技術観・職業観を把握する意識尺度の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第52巻, 第2号, pp. 103-110 (2010)
- 40) 宇野哲美・松浦正史・安東茂樹 : 中学校技術科の製作学習における生徒の情意的意識に関する尺度構成, 日本産業技術教育学会誌, 第 40 巻, 第 2 号 pp. 103-110 (1998)
- 41) 文部科学省 : 中学校学習指導要領, 東山書房 (2008)
- 42) 中央教育審議会 初等中等教育分科会 教育課程部会 : 審議経過報告 平成 18 年 2 月 13 日,
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/06021401/all.pdf
(最終アクセス 2013. 1)
- 43) 熊本県教育研究会技術・家庭部会 : 学習内容に関する履修状況調査, pp. 5-6 (2011)
- 44) JAPAN ROBOTECH LTD : ROBO DESIGNER,
<http://www.japan-robotech.com/robodesigner/index.html> (最終アクセス 2013. 1)
- 45) 加藤幸一他 : 新しい技術・家庭 技術分野 (文部科学省検定済教科書), 東京書籍, pp. 228-235 (2011)
- 46) 間田泰弘他 : 技術・家庭 技術分野 (文部科学省検定済教科書), 開隆堂, p. 125 (2011)
- 47) 森慎之助 : ロボット教材を用いた制御・プログラミング学習の授業実践と作業分析, 日本産業技術教育学会誌, 第 47 巻, 第 3 号, pp. 201-209 (2005)
- 48) 前掲 45) , pp. 6-7
- 49) カーソル研 : AUTOASP , <http://www.net-web.ne.jp/carsol/autoasp/> (最終アクセス

2013. 1)

- 50) 熊谷龍一：初学者向けの項目反応理論分析プログラム Easy Estimation シリーズの開発，日本テスト学会誌，第5巻，第1号，pp.107-118(2009)
- 51) 大友賢二：項目反応理論入門，大修館書店，p.36(1996)
- 52) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料 中学校 技術・家庭，教育出版，p.21 (2012)

資料

⑪ 制御システムに関する基礎知識が理解できる

(C1-1) 制御システムの考え方が理解できる

電気機器や製品の制御は、それぞれに機能を持った入力部・処理部・出力部によって実行されている。その中で、(ア)部が目的の状態になるように、各部の機能を集めたものを(イ)という。()に入る適切な語句を選択せよ。

- ①ア：出力 ・ イ：社会システム
- ②ア：処理部 ・ イ：社会システム
- ③ア：出力 ・ イ：制御システム
- ④ア：入力 ・ イ：制御システム

(C1-2) 制御システムの構成が理解できる

電気機器や製品の制御では、入力部・処理部・出力部と電気信号が流れるように構成されている。その中で、主(ア)に利用する機器(部品)はセンサであり、(イ)に利用する機器(部品)はモータなどのアクチュエータである。()に入る言葉の組み合わせを選択せよ。

- ①ア：入力部 ・ イ：出力部
- ②ア：処理部 ・ イ：出力部
- ③ア：入力部 ・ イ：処理部
- ④ア：出力部 ・ イ：入力部

(C1-3) インタフェースの役割が理解できる

センサから入力された情報をコンピュータが処理するために、センサとコンピュータの間に入れるインタフェースの役割の説明について適切なものを選択せよ。

- ①センサから入力された文字情報をアナログ信号に変換する
- ②センサから入力された文字情報を数値情報に変換する
- ③センサから入力された数値情報を判断する
- ④センサから入力されたアナログ信号をデジタル信号に変換する

(C1-4) アナログ信号・デジタル信号の特徴や違いが理解できる

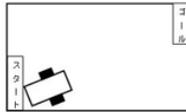
センサから入力された信号をコンピュータで処理するために、インタフェースは、センサからの(ア)信号を、コンピュータが処理できる(イ)信号に変換する役割を果たしている。()に入る適切なものを選択せよ。

- ①ア：アナログ ・ イ：デジタル
- ②ア：デジタル ・ イ：アナログ
- ③ア：アクチュエータ ・ イ：デジタル
- ④ア：アナログ ・ イ：アクチュエータ

⑫ 制御システムについて判断できる

(C2-1) 課題に応じた制御システムの構成が判断できる

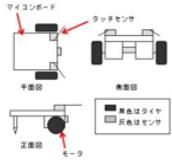
下図のように、タッチセンサを備えた自律走行型ロボットをスタートからゴールまでより早くゴールさせたい。ロボットの走行方法について適切な手順を選択せよ。



- ①タッチセンサを使って、走行するために必要な時間を設定した後にコースを走行させる
- ②タッチセンサを使って、コースにある障害物に反応させ、方向転換できるように設定した後に走行させる
- ③タッチセンサを使って、動き始めるまでの時間を確認した後にコースを走行させる
- ④模型自動車の走行する距離と時間の関係を確認してスタートからゴールまでの走行距離を測定し、対応した時間を設定した後に走行させる

(C2-2) 課題に応じたインタフェースの働きが判断できる

下図のような自律走行型ロボットを走行させるために、(ア)から入力された信号が、(イ)で処理されて、(ウ)に出力され走行できるように構成した。()に入る部品名の適切な組み合わせを選択せよ。



- ①ア：マイコンボード ・ イ：モータ ・ ウ：タッチセンサ
- ②ア：マイコンボード ・ イ：タッチセンサ ・ ウ：モータ
- ③ア：タッチセンサ ・ イ：マイコンボード ・ ウ：モータ
- ④ア：モータ ・ イ：タッチセンサ ・ ウ：マイコンボード

⑬ 制御システムについて推理できる

(C3-1) 生活の中にある機器や制御システムの構成を推理できる

下図のエアコンによって室内の温度を調節するためには、温度センサを使って(ア)を入力し、空気を圧縮するコンプレッサを使って(イ)を出力する。()に入る言葉として適切なものを選択せよ

- ①ア：室温 ・ イ：冷風や温風
- ②ア：外気温 ・ イ：水蒸気
- ③ア：室温 ・ イ：水蒸気
- ④ア：水温 ・ イ：冷風や温風



(C3-2) 生活の中にある機器や制御システムの構成を推理できる

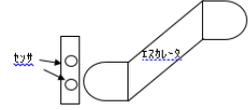
車や人などを認識して自動的に道いけながら走行したり、しゅう突を避けたりする自動車の制御システムがある。このシステムは、車や人などの身の回りの状況をどのように認識するのが、その説明として適切なものを選択せよ。

- ①自動車に取り付けたカメラを用いて、画像処理をすることで認識する
- ②自動車の速度計を用いて、一定の速度に調節することで認識する
- ③自動車に取り付けたナビゲーションシステムを用いて、位置情報を処理することで認識する
- ④自動車に取り付けた温度センサを用いて、前方の自動車との温度差によって区別することで認識する



(C3-1) 生活の中にある機器や制御システムの構成を推理できる

下図のエスカレータの扉閉口には、あるセンサが取り付けられている。このセンサによってエスカレータはどのような動作をするかを選択せよ。



- ①接近した人を感じてエスカレータが作動する
- ②明るさを感じてエスカレータが作動する
- ③音を感じてエスカレータが停止する
- ④人の重量を感じてエスカレータが停止する

(C3-2) 生活の中にある機器や制御システムにおいて、インタフェースに関する技術的意図を推理できる

下の1~5は、下図のエアコンを動作させる信号の流れを表したものである。この動作がおこなわれている時の信号の流れについて、正しく説明しているものを選択せよ。

- 1 温度センサ → 2 インタフェース → 3 コンピュータ → 4 インタフェース → 5 コンプレッサ
- ※ コンプレッサ：空気を圧縮して冷風や温風をつくる



- ①1と3：アナログ信号 ・ 5：デジタル信号
- ②1と5：デジタル信号 ・ 3：アナログ信号
- ③1と5：アナログ信号 ・ 3：デジタル信号
- ④3と5：デジタル信号 ・ 1：アナログ信号

⑭ センサに関する基礎知識が理解できる

(S1-1) センサの役割が理解できる

下記は、身近な機器に取り付けられているセンサの働きについて説明している文章である。適切なものを選択せよ。

- ①動作を命令する
- ②プログラムを入力する
- ③周囲の情報を計測する
- ④命令に従って動作する

(S1-2) センサの種類が理解できる

周囲の光の強弱の変化を計測するとして適切なセンサを選択せよ。

- ①タッチセンサ
- ②温度センサ
- ③音センサ
- ④光センサ

(S1-3) センサの使用方法が理解できる

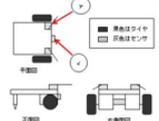
重さを計測するセンサは、どのような機器に利用できるか、適切な活用法を選択せよ。

- ①炊飯器の底面の温度を計測し、加熱の温度を調整する
- ②洗濯機に入っている洗濯物の量を計測し、洗剤の量を調整する
- ③ドアに近づいた人を感じ、ドアの開閉を行う
- ④観葉植物の土の保湿を感じ、かん水を行う

⑮ センサについて判断できる

(S2-1) 課題に応じたセンサの役割や使い方が判断できる

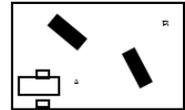
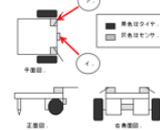
下図のような自律走行型ロボットがある。このロボットの(ア)センサにより障害物に接触すると接触を確認でき、(イ)センサにより、白や黒のラインがあるところを読み取ることができ、(ア)と(イ)にあてはまる適切なものを選択せよ。



- ①ア：赤外線センサ ・ イ：タッチセンサ
- ②ア：タッチセンサ ・ イ：赤外線センサ
- ③ア：音センサ ・ イ：タッチセンサ
- ④ア：温度センサ ・ イ：赤外線センサ

(S2-2) 課題に応じたセンサの役割や使い方が判断できる

左図の自律走行型ロボットを右図のコースのAからBへ移動させる時、A(前方を向いたタッチセンサ)とイ(下方を向いた赤外線センサ)のどちらのセンサを使ったほうが適切かを選択せよ。ただし、ロボットは現在の状態からスタートさせる。また、■は障害物である。

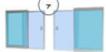


- ① タッチセンサだけを利用する
- ② 赤外線センサだけを利用する
- ③ タッチセンサと赤外線センサの両方を利用する
- ④ 両方のセンサとも利用しない

⑯ センサについて推理できる

(S3-1) 生活の中にある機器や制御システムにおいて、センサに関する技術的意図を推理できる

自動ドアを開閉するために、センサが下図の(ア)の位置に取り付けられている。センサが反応する仕組みについて、適切な説明を選択せよ。



- ①紫外線を照射し、そこに人やものが近づくと光が遮られることによってセンサが反応する
- ②音を発信し、そこに人やものが入ると音が吸収されることによってセンサが反応する
- ③熱を放射し、そこに人やものが近づくと温度が下がることによってセンサが反応する
- ④赤外線を照射し、そこに人やものが入ると反射する光の量が変わることによってセンサが反応する

(S3-2) 生活の中にある機器や制御システムにおいて、センサに関する技術的意図を推理できる

下図のようにコントローラの動作によって離れていても操作ができるゲーム機を使い、野球ゲームでバットを振ったり、ボールを投げたりしている。コントローラについてのセンサがやっていると、バットやボールの動作に果たしている役割を選択せよ。

- ①コントローラの握り方の強弱に応じて、バットやボールの動作方向を変える役割
- ②コントローラを動かす速度に応じて、バットやボールの動作速度を変える役割
- ③コントローラの握り方の強弱に応じて、バットやボールの動作速度を変える役割
- ④コントローラを握る手の体温に応じて、バットやボールの動作方向を変える役割



AL・P1 処理に関する基礎知識が理解できる

(AL-1) 順次・分岐・反復処理を用いたアルゴリズムが理解できる

1～3は、生活中的行動を表している。対応する処理の手順として適切な組み合わせを選択せよ。

- 朝起きたら、顔を洗い、朝食を食べて、歯磨きをする
- 通勤のために雨の時は電車を使い、晴れの時は自転車を使う
- 徒歩中に、雨が降ると傘を開き、雨が降らないと傘をたたむ

- ① 1: 順次 - 2: 分岐 - 3: 反復
 ② 1: 順次 - 2: 反復 - 3: 分岐
 ③ 1: 分岐 - 2: 反復 - 3: 順次
 ④ 1: 反復 - 2: 順次 - 3: 分岐

(P1-1) プログラム言語の種類や特徴が理解できる。

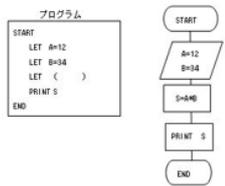
プログラムは、人間がコンピュータに与える命令の指示書である。(ア)はプログラムを書くのに使われる言語であり、それによってコンピュータは何らかの(イ)や(ウ)を実行し、プリンタやロボットなどの外部装置を制御する役割を果たしている。()に入る適切な語句の組み合わせを選択せよ。

- ① ア: プログラム言語 ・ イ: 計算 ・ ウ: アルゴリズム
 ② ア: アルゴリズム言語 ・ イ: プログラム ・ ウ: ロボット
 ③ ア: プログラム言語 ・ イ: 動作 ・ ウ: ディスプレイ
 ④ ア: アルゴリズム言語 ・ イ: 動作 ・ ウ: アルゴリズム

(P1-2) プログラム言語を用いたプログラムの表現方法(命令語、変数、構造化)を理解できる。

下図の右側のフローチャートをもとに、左側のプログラムの()内に入るコマンドを選択せよ。

※LET A=12は「Aに12を入れる」、PRINTは「画面に出力」という意味



- ① A+B
 ② A*B
 ③ A-B
 ④ A/B

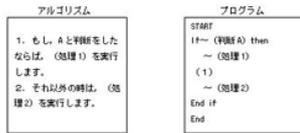
AL・P2 処理について判断できる

(AL2-1) 課題に応じた処理のアルゴリズムが判断できる

左のアルゴリズムを右のプログラム言語で表現した。プログラムの(1)部分に当てはまるプログラムの命令を選択せよ。

※If ~thenは「もし～ならば」、Else～は「それ以外の時は～」、End ifは「If～thenの終了」という意味

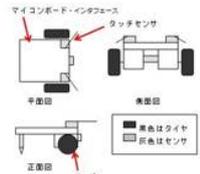
- ① else
 ② then
 ③ end
 ④ if



(AL2-1) 課題に応じた処理のアルゴリズムが判断できる。

下図のように、自律走行型ロボットが外部の状況を確認し、それに応じて動作する。動作をする時の、信号が流れる順番について適切なものを選択せよ。※アクチュエータはものを動かす装置である。

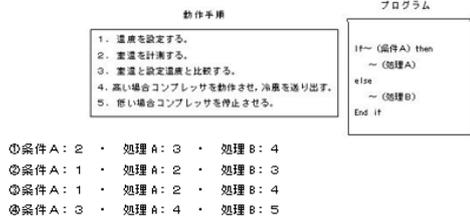
- ① アクチュエータ → インタフェース → マイコンボード
 → インタフェース → アクチュエータ
 ② タッチセンサ → インタフェース → マイコンボード
 → インタフェース → アクチュエータ
 ③ タッチセンサ → マイコンボード → インタフェース
 → アクチュエータ → タッチセンサ
 ④ タッチセンサ → インタフェース → マイコンボード
 → インタフェース → タッチセンサ



(P3-1) 生活の中にある機器や制御システムにおいて、処理の流れを推理できる

下図は、室温を管理するためのエアコンの動作手順である。これをプログラムとして動作させた場合、プログラムの(条件A)、(処理A)、(処理B)に動作手順の1～5のどの手順を入れると良いか、適切に組み合わせるものを選択せよ。

※If～(条件A) then ～(処理A) else ～(処理B)「もし～(条件A)と判断した時、(処理A)を実行する。それ以外の時は(処理B)を実行する」という意味



(AC1) アクチュエータに関する基礎知識が理解できる

(AC1-1) アクチュエータの役割が理解できる。

アクチュエータはものを動かしたり、その(ア)により制御を行ったりする(イ)的あるいは油圧的な装置のことをいう。()に入る適切な語句の組み合わせを選択せよ。

- ① ア: 動作 ・ イ: 機械
 ② ア: 機械 ・ イ: 動作
 ③ ア: 装置 ・ イ: 動作
 ④ ア: 機械 ・ イ: 装置

(AC1-2) アクチュエータの種類が理解できる。

下記の①から④の中で、物を動かす装置であるアクチュエータとして利用できないものを1つ選択せよ。

- ① ステッピングモータ
 ② 空気圧モータ
 ③ 油圧式シリンダ
 ④ インタフェース

(AC1-3) アクチュエータを用いた動作部の使用方法が理解できる。

下図の洗濯機は、(ア)を回転させ、その水流によって洗濯物を洗ったり、(イ)を回転させ、その遠心力で洗濯物を脱水したりする。それらは全て(ウ)の動力によって行われる。()に入る適切な語句を選択せよ。

- ① ア: 洗濯槽 ・ イ: ファン ・ ウ: モータ
 ② ア: モータ ・ イ: 洗濯槽 ・ ウ: ファン
 ③ ア: ファン ・ イ: モータ ・ ウ: 洗濯槽
 ④ ア: モータ ・ イ: ファン ・ ウ: 洗濯槽

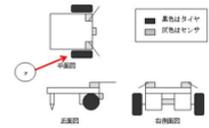


AC2 アクチュエータについて判断できる

(AC2-1) 課題に応じたアクチュエータの使い方について判断できる

下図の自律走行型ロボットの(ア)の部分は、コンピュータからの命令に従ってロボットを動かす装置であるアクチュエータである。ロボットを動かすために使用しているアクチュエータとして適切なものを選択せよ。

- ① ヒータ
 ② LED
 ③ モータ
 ④ タッチセンサ



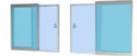
AC3 アクチュエータについて推理できる

(AC3-1) 生活の中にある機器や制御システムにおいて、アクチュエータに関する技術的素因を推理できる

下図の自動ドアが開閉して人が通過する場合、安全に配慮した動作がされている。アからキまでの配慮点として適切な組み合わせを選択せよ。

ア: 人が近づいても、閉まろうとしていたらドアが完全に閉まるまで動作する
 イ: 人が近づいても、ドアが開こうとしていたら完全に開くまで動作する
 ウ: 数秒間ドアが開いた状態になる

- エ: 人が通過後、数秒間完全に開いた状態にする
 オ: センサが人を感じたら、開閉中であっても動作を停止する
 カ: ドアが開まった直後にすくには開かない
 キ: ドアをゆっくりと開く

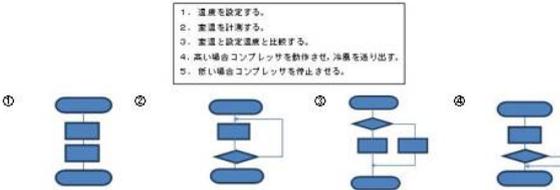


- ① エ・オ・キ
 ② ア・ウ・エ
 ③ イ・オ・カ
 ④ ウ・エ・オ

AL・P3 処理について推理できる

(AL3-1) 生活の中にある機器や制御システムにおいて、処理の流れを推理できる

下図はエアコンの冷房の温度管理を行う動作手順の中で、分岐処理を行っている手順の組み合わせとして適切なものを選択せよ。



- ① 1→2 ・ 1→3
 ② 2→3 ・ 2→4
 ③ 3→4 ・ 3→5
 ④ 4→5 ・ 4→1



引用資料：問題一覧のイラストの中で、エアコン(C3-1, C3-2, AL3-1)、自動車(C3-1)、自動ドア(S3-1, AC3-1)、洗濯機(AC1-3)はMicrosoft社のMicrosoft Word2010のクリップアートを使用了。

謝辞

本論文の執筆及び研究の推敲にあたり、多くの方々のご指導、ご支援とご協力を賜りました。特に、主指導教員の兵庫教育大学大学院教授 森山 潤先生には、本研究の土台となる基礎を積み上げた研究生から、博士課程として研究計画、研究指導、本論文の執筆まで4年間の長きにわたり、懇切丁寧なご指導を賜りました。森山先生の徹底的に追究する情熱や多岐に渡る学術分野からの助言など、研究に対する姿勢に感銘を受ける日々でした。先生のご指導とご鞭撻無しには、本研究の遂行はあり得ませんでした。心から感謝申し上げます。

また、副指導教員の鳴門教育大学大学院教授 菊地 章先生と兵庫教育大学大学院教授 小山 英樹先生をはじめ、博士候補認定試験委員をお引き受け下さった鳴門教育大学大学院教授 伊藤 陽介先生、博士論文審査委員をお引き受けくださった上越教育大学大学院教授 黎 子椰先生と鳴門教育大学大学院准教授 林 秀彦先生には、多角的な視点から本研究に対する貴重なご指摘、ご助言を頂きました。深く感謝申し上げます。

さらに、本研究に関する論文の共著者となってご指導いただいた熊本大学教育学部教授 田口 浩継先生、信州大学教育学部准教授 村松 浩幸先生、埼玉大学教育学部教授 山本 利一先生には、本論文の基礎研究に対して貴重なご助言とご意見をいただいたことに感謝申し上げます。岩手大学教育学部准教授 宮川 洋一先生、大分大学教育福祉科学部准教授 島田 和典先生には、データ分析や考察についてご指導いただきました。このように私一人の力ではなく、たくさんの方々に支えていただき研究を進めることができたことに、心よりお礼申し上げます。

本論文の研究においては、多くの生徒の皆さんと各中学校の先生方に調査のご協力を頂きました。特に、熊本県技術・家庭科研究会の先生方には、数回にわたる調査の協力や議論をしていただくなど貴重なお時間を頂きました。本研究の知見が少しでもお役に立てれば幸いです。

最後に上記の皆さまを含めまして、研究の遂行にあたり私を支えてくれた家族、友人、全ての皆さまに感謝の意を表し、謝辞といたします。ありがとうございました。

2014年1月10日

萩嶺 直孝

本研究に関する論文等

第1章

萩嶺直孝, 森山潤: 中学校技術科「プログラムによる計測・制御」の学習指導に関する実践研究の展望と課題, 兵庫教育大学学校教育研究センター紀要「学校教育学研究」, 第26巻, pp. 83-94, 2014

第2章

萩嶺直孝, 島田和典, 森山潤: 概念地図法を用いた計測・制御システムに対する中学生の既存概念の類型化, 日本産業技術教育学会誌, 第53巻, 第4号, pp. 263-271, 2011

第3章

萩嶺直孝, 宮川洋一, 森山潤: 中学校技術科「プログラムによる計測・制御」の学習における題材タイプの違いによる生徒の反応の差異, 日本産業技術教育学会誌, 第55巻, 第3号, pp. 181-190, 2013

第4章

萩嶺直孝, 森山潤: 中学校技術科「プログラムによる計測・制御」の学習によって形成される「技術的な見方・考え方」の実態把握, 教育システム情報学会誌, Vol. 31, No. 3, pp. 239-244, 2014

第5章

萩嶺直孝, 村松浩幸, 冨田充: 中学校技術科における計測・制御システムを対象とした学習の教育効果測定のための標準評価問題の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第56巻, 第1号, pp. 39-50, 2014

第6章

萩嶺直孝, 田口浩継, 山本利一: 身近な課題を解決するための模型製作を題材とした制御学習の検討, 日本産業技術教育学会誌, 第51巻, 第4号, pp. 23-30, 2009

第7章

萩嶺直孝, 田口浩継, 森山潤: 中学校技術科「プログラムによる計測・制御」の学習指導における評価基準の開発-生徒の学習状況を把握するためのルーブリックの構成-, 日本産業技術教育学会九州支部論文, 第18巻, pp.65-72, 2010