

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†

The Development of a Standardized Test for Measuring the Effect of Education on Controlling and Sensing Systems in Junior High School Technology Education Classes

萩嶺 直孝*

村松 浩幸**

富田 充***

Naotaka HAGIMINE Hiroyuki MURAMATSU Mitsuru TOMITA

本研究は、中学校技術・家庭科技術分野における計測・制御システムを対象とした学習において、教育効果を測定するための標準評価問題を、項目反応理論を用いて開発することを目的とした。先行研究を基に、対象となる技術的思考を「基礎知識が理解できる」、「条件から判断できる」および「技術的意図を推理できる」の3つに分類して評価規準表を作成し、38問題を開発した。予備調査では中学1-3年生1119名、本調査では584名を対象に調査した結果、妥当な識別力と難易度を持った30問を選定できた。この問題を用い、中学3年生160名を対象に計測・制御システムの学習の履修前・後に調査した結果、履修後に能力推定値(換算得点)の平均点の有意な上昇が確認できた。以上のことから、開発した問題は、計測・制御システムを対象とした学習の教育効果測定に活用できると考えられる。

キーワード：中学校技術科、計測・制御システム、項目反応理論、標準評価問題、技術的思考

1. はじめに

1.1 問題の所在

本研究の目的は、中学校技術・家庭科技術分野(以下、技術科)「D 情報に関する技術」「プログラムによる計測・制御」での計測・制御システムを対象とした学習(以下、計測・制御学習)において、教育効果を測定するための標準評価問題を、項目反応理論を用いて開発することである。

「21世紀の技術教育(改訂) 1)」では、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・活用する能力である技術的素養の形成は、技術教育の重要な目的であるとき

(2013年2月20日受付, 2014年2月13日受理)

* 八代市立第六中学校

(現在, 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究所・院生)

** 信州大学教育学部

*** 東京都町田市立鶴川第四小学校

† 2011年12月本学会技術科教育分科会第17回研究会(埼玉大学)にて発表

れている。

一方、2008年告示の中学校学習指導要領技術・家庭において、「D 情報に関する技術」で計測・制御学習が必修化された²⁾。技術的素養の観点からも、計測・制御学習において、計測・制御が用いられたシステムの基本概念を理解し、システムのなものの見方や考え方を習得することは重要である。そして、システムのなものの見方や考え方は、社会におけるシステムに関する技術的事象の有効性と限界を認識し、計測・制御技術を評価・活用する能力と態度の育成するためにも必要であると考ええる。

こうした計測・制御学習に対し、萩嶺らは、計測・制御のシステム概念を育成する学習ストラテジーの重要性を述べている³⁾。そして、中学生の計測・制御システムに関する既有概念を概念地図法により把握し、計測・制御システムの概念モデル(以下、概念モデル)と比較することで、中学生の計測・制御のシステムに対する概念形成の実態を類型化できるとしている。

萩嶺らの概念モデルとは、中学校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」の内容に記載されている入力、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モデル化したものである。具体的には、計測・制御システム全体を、入力、処理、出力という3つの構造でとらえ、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ている（図1）。

萩嶺らは、計測・制御学習において概念モデルを活用することは、中学生の計測・制御のシステムに対する概念形成の実態を類型化できるのみならず、計測・制御学習を構成する時の指針となるレディネスや、生徒の計測・制御システムに対する見方・考え方の把握にも有効であるとしている³⁾。しかし、この概念モデルによる分析では、用語や用語間の関連性を量的に把握することはできても、計測・制御に関する具体的な知識や問題解決の能力などを対象とはしていない。そこで、概念モデルを元に、具体的な知識や問題解決の能力などを把握できる評価問題を開発できれば、計測・制御学習の教育研究にも寄与できると考える。

こうした評価問題や尺度については、技術科においても様々な先行研究が行われている。それらは主に、情意面の測定尺度と知識・技能面での測定尺度に分類できる。

情意面の測定尺度の先行研究については、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⁴⁾。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⁵⁾。情報の学習では、森山らがプログラム作成の思考過程の内省を測定する尺度を開発している⁶⁾。ただし、この尺度は計測・制御学習を対象にした尺度ではない。

知識・技能面の評価問題については、例えば国立教育政策研究所により「特定の課題に関する調査」が実施されている⁷⁾。「情報」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」などの問題を作成し、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を調査している。

以上のように、情意面の測定尺度や知識・技能面での評価問題の研究および調査は様々に行われているが、本研究が対象とするような計測・制御学習についての評価問題は見あたらない。

1.2 項目反応理論

評価問題の開発に関わって、テスト理論の1つに、テスト問題の違いや被験者集団に影響されない測定が可能となる項目反応理論 (Item Response Theory: 以下、IRT) がある。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⁸⁾。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。すなわち、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。

こうしたIRTを適用しているテストの例に、「英語コミュニケーション能力」を測定するTOEFLなどがある。また、IRTを用いた研究として、松浦らによる理科学習における生徒の観察・実験活動におけるメタ認知の評価尺度研究⁹⁾や数学科における絶対評価用のソフトウェアおよびテスト問題を開発¹⁰⁾などの研究がある。しかし、技術科において、IRTを用いた尺度開発や問題開発は見あたらない。

以上のことから、本研究では、技術科での計測・制御学習において、教育効果を測定するための標準評価問題を、IRTを用いて、開発することとした。

2. 問題開発の方法

2.1 評価規準作成の方針

標準評価問題を開発するためには、まず概念モデルを取り入れた計測・制御学習の評価規準を作成する必要がある。そして、概念モデルを取り入れた評価規準を作成するためには、概念モデルを対象にした技術的な思考について検討しなければならないと考える。技術的な思考については、清原が「概念」、「判断」および「推理」の3要素から構成される「技術的思考」を検討している¹¹⁾。

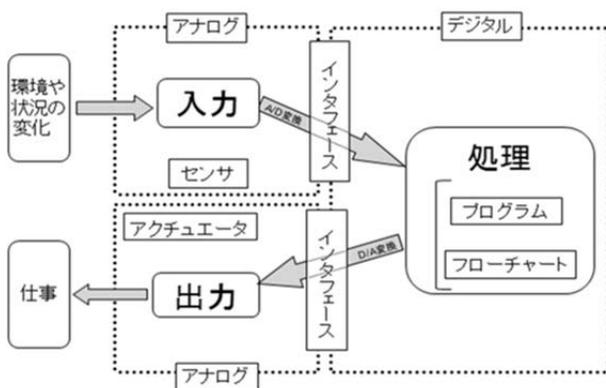


図1 計測・制御システム概念モデル

清原は、各要素のうち、概念とは「多くの個別的経験に共通する一般性から構成されるもの」であるとしている。また、判断とは「量や質についての類似・差異、原因と結果との関係などを把握する心的作用」であるとしている。そして推理とは、「課題解決するために、現実の事態の正確な知識(判断)と過去の経験とをいろいろ考えあわせて結論(課題解決)に到達する心的過程」としている。

これらを踏まえ、清原は、切削工具を例に工具を使用する上で一般的な思考の考え方をを用いて、適切な工具の使い方の判断や推理に関する「技術的思考」を説明している。

こうした「技術的思考」について、大谷・畑山¹²⁾は、切断加工の学習において、「工具や機械等を操作する技能を習得する中で、効率面や精度面に関する技術が向上するため、思考する活動を『技術的思考』として位置づけ」、技術的思考の要素やその習得基準を構成し、最適な切断加工に関する教育内容について検討している。そこで本研究ではこれら研究を参考に、概念モデルを取り入れた計測・制御学習についての思考活動を計測・制御学習における「技術的思考」と位置づけ、評価基準の枠組みを設定した。そして、この評価基準の枠組みに基づき、具体的な評価基準を作成することとした。

2.2 問題開発の手続き

問題開発にあたっては、作成した評価基準に沿って検討することとした。各問題は、1)「概念」に関する問題、2)「判断」に関する問題、3)「推理」に関する問題に分類し、開発した。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。

開発した問題は、アンケート回答・集計のASPを作成するWebアプリケーション構築ツール(AUTOASP31)¹³⁾を用いてWeb上で解答できるWeb調査システムとして設定した。また、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の分析には、熊谷の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¹⁴⁾。本研究では、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)も推定できる。

分析の手順として、最初に解答データを正解「1」、不正解「0」に変換した集計用ファイルを作成した。次に、

IRT計算プログラムを用いて、1)因子分析、2)項目パラメタの推定、3)項目特性曲線・テスト情報量を出力した。

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。そのためにまず1)の結果により、測定能力の一次元性を確認した。次に2)、3)の結果を踏まえ、各問題の識別力、難易度を検討した。識別力の値は0.30以上¹⁵⁾を問題採択の基準とした。難易度については、難易度0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以上かつ3以下の範囲は99.7%であることから¹⁶⁾、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、合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。本研究では、計測・制御学習の教育効果を測定する標準評価問題の開発が目的であるため、難易度が低い問題から高い問題まで揃えることとした。具体的には、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した。

2.3 調査の手続き

予備調査は、開発した問題を用いて2012年1月~3月に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。前述の手続きにより、解答データを変換、分析した。各問題の識別力および難易度の値とバランスを確認し、問題の精選と修正を行った。

本調査は、2012年4月~9月にK県内の5中学校において、計測・制御学習の未履修群(2、3年生277名)、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、未履修群にも調査した理由は、各問題の識別力に着目し、学習経験がなくても識別が可能か判断する材料として用いるためである。調査の手続きおよび検討は、予備調査と同様に行った。以上の手続きにより、標準評価問題を確定した。

3. 問題の開発

3.1 評価基準の作成

(1) 評価基準の枠組み

前述の「技術的思考」に基づき評価基準を検討した。評価基準の検討では、一般に教育目標の分類体系がよく使われ、「技術的思考」は教育目標の分類体系における認知的領域に該当すると考える。認知的領域の最終目標

達成に行き着く過程の分類として、知識、理解、応用、分析、総合、評価の6要素が設定されている¹⁷⁾。

知識には、述語の知識や方法論の知識、理論や構造の知識などが含まれる。理解はこれら知識を変換したり、解釈したりする要素である。この知識と理解は、「技術的思考」では「概念」に対応すると考える。そこで「概念」は知識、理解の要素として、教育目標を「概念に関する基礎知識が理解できる」と設定した。

応用には、具体的な状況における概念や技術的な原理などが含まれる。分析には、要素の分析や関係性の分析、組織原理の分析などが含まれる。これは「技術的思考」では「判断」に対応すると考える。具体的には、各授業内課題の実習において、概念モデルに関する知識を用い、「判断」する場面を想定した。そこで、「判断」を応用、分析の要素として、教育目標を「授業内課題において判断できる」と設定した。

総合には、計画などの創出、抽象的な関係の導出、仮説や関係の演繹などが含まれる。評価では素材や方法が基準を満たす程度について量的質的に判断することなどが含まれる。これは「技術的思考」では「推理」に対応すると考える。具体的には、実習を通した「概念」、「判断」を踏まえ、生活や社会など実際の文脈で活用されている計測・制御システムの技術的意図を推理する場

面を想定した。そこで、「推理」を総合、評価の要素として、教育目標を「実際の文脈の中で推理できる」と設定した。

以上を踏まえ、「技術的思考」の各構成要素における教育目標を表1に示す。

(2) 評価規準の設定

前章で検討した「技術的思考」の構成要素を横軸に、概念モデルを基にした対象・内容を縦軸に設定し、作成した評価規準を表2に示す。

具体的には、横軸には、「概念に関する基礎知識を理解している（以下、概念の理解）」、「授業内課題において条件から判断できる（以下、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（以下、推理できる）」といった「技術的思考」の3つの教育目標を位置づけた。また、縦軸には、「システム」は「制御システム」、「入力」は「センサ」、「処理」は「アルゴリズム」と「プログラム」、「出力」は「アクチュエータ」と4つの対象・内容として位置づけ、計12項目の評価規準のカテゴリを設定した。例えば、「概念の理解」には、「C1 制御システムに関する基礎知識が理解できる」、「S1 センサに関する基礎知識が理解できる」、「AL・P1 処理に関する基礎知識が理解できる」、「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。「判断できる」には、「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」とカテゴリを設定した。「推理できる」項目には、「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

表1 技術的思考に基づいた評価規準の枠組み

構成要素	計測・制御学習の教育目標
概念	概念に関する基礎知識の理解
判断	授業内課題における判断
推理	実際の文脈の中における推理

表2 概念モデルに基づいた計測・制御学習の評価規準

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		
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		

いて推理できる」, 「AC3 アクチュエータについて推理できる」とカテゴリを設定した。

次に, 各評価規準のカテゴリの下に下位評価規準を設定した。例えば, 「C3 制御システムについて推理できる」のカテゴリには, 「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つの下位評価規準を設定した。

また, 高次の教育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って考え, 評価規準を少なく設定した。例えば, 「システム」においては, 「概念の理解」は下位評価規準を4つ設定したが, 「判断できる」, 「推理できる」では各2つの設定とした。

以上のように, 計12カテゴリ, 25項目の評価規準を設定した。

3.2 問題の開発

問題の開発にあたっては, 表2において示した25項目の評価規準を基に, 次の3点に留意して問題を作成した。1)問題数は, 豊田による問題数の目安¹⁸⁾を参考に30問以上の問題数を確保する。2)S2, S3, AC2, AC3の評価規準は1項目のみなので, 同カテゴリに該当する問題は2問以上を作成する。3)特に「実際の文脈において技術的な意図を推理できる」の各カテゴリに該当する評価規準の項目は, 「概念に関する基礎知識の理解」と比べて項目数が少ないが, 実際の文脈は多様であることから, 問題数を増やし多面的に評価する必要があると考え, 項目毎に可能な限り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。その結果, 予備調査の問題数は38問となった。それらの概要と具体例を次に示す。

「概念の理解」に関する問題については, 概念モデルに基づいて基本的な知識や技能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2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3である。この問題は, 計測・制御システムのセン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4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。

「判断できる」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

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2 「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3 「S1-1 センサの役割が理解できる」問題

ある条件によって処理を繰り返したり終了させたりするフローチャートを作成した。フローチャートの表し方として正しいものを選択せよ。

図4 「AL1-1 アルゴリズムが理解できる」問題

左図の自律型走行ロボットを右図のコースのAからBへ移動させる時, ア(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らよいか選択せよ。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

図5 「S2-1 センサの役割や使い方が理解できる」問題

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器を使い, 野球ゲームをしている。コントローラを動かす時に, センサが果たしている役割を選択せよ。

①コントローラを動かす速度によって, バットやボールの動作速度を変える役割
 ②コントローラを握る強弱によって, バットやボールの動作方向を変える役割
 ③コントローラに握る強弱によって, バットやボールの動作速度を変える役割
 ④コントローラの温度を変えることによって, バットやボールの動作方向を変える役割

図6 「S3-1 センサに関する技術的意図を推理できる」問題

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型走行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。

「推理できる」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6である。この問題は、ゲーム機用コントローラの仕組の技術的な意図を問う問題とした。

3.3 問題の修正と選定

(1) 予備調査

予備調査の解答をIRT計算プログラムで分析した結果、開発した問題は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3)。具体的には、「制御システム(C)」では、「概念の理解」、「判断できる」、「推理できる」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「概念の理解」は、全て識別力が適切であったが、「判断できる」には2問、「推理できる」には1問の識別力が0.30未満となった問題があった。「アルゴリズム(AL)・プログラム(P)」では、「概念の理解」は2問、「判

断できる」は1問、「推理できる」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、「概念の理解」、「判断できる」は各1問、「推理できる」は2問の識別力が0.30未満となった。

そして、識別力が0.30未満となった19問中、難易度が3.01以上となったのは12問であった。これらの問題について、問題採択の基準である難易度3.00以下になるように問題を再検討した。検討のポイントは次の3点である。1)選択肢を類推しやすい用語や表現にする。2)問題文を分かりやすくする。3)図を加筆して分かりやすくする。例えば、問題番号Q01(図7)は、識別力0.13であったが、難易度が3.84であった。難易度を下げるために、図8のように選択肢を平易にした。同様にQ29(図9)においても難易度が5.14と高かったため、図10のように用語の示す概念を図で示し、思考しやすいようにした。

また、識別力0.30未満で、難易度3.00以下の7問については、3問(Q06, Q20, Q30)は前述の3つのポイントに従って修正できた。しかし、残りの4問については修正不能であったために本調査の問題として不採用とした。

以上の修正した15問と識別力が0.30以上であった19問との計34問を本調査の問題として再設定した。

(2) 本調査

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、予備調査同様に、標準評価問題は1因子に集約され、次元性

表3 予備調査における識別力と難易度表3 予備調査における識別力と難易度表3 予備調査における識別力と難易度3

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

*は項目識別力0.30未満を示す

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(A)であり、出力部に必要な機器(部品)は(I)である。()に入る言葉の組み合わせを選択せよ。

① A:コンピュータ ・ I:センサ
 ② A:アクチュエータ ・ I:センサ
 ③ A:センサ ・ I:アクチュエータ
 ④ A:コンピュータ ・ I:アクチュエータ

図7 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(A)に利用する機器(部品)はセンサであり、(I)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 A:入力部 ・ I:出力部
 ② A:処理部 ・ I:出力部
 ③ A:入力部 ・ I:処理部
 ④ A:出力部 ・ I:入力部

図8 Q01の修正後の問題

自律型走行ロボットが外部の状況を判断し、動作する処理の手順の信号の流れについて適切なものを選択せよ。

① アクチュエータ → インタフェース → コンピュータ → インタフェース → アクチュエータ
 ② センサ → インタフェース → コンピュータ → インタフェース → アクチュエータ
 ③ センサ → コンピュータ → インタフェース → アクチュエータ → センサ
 ④ センサ → インタフェース → コンピュータ → インタフェース → センサ

図9 Q29の修正前の問題

自律型走行ロボットが外部の状況を判断し、それに応じて動作する場合、信号が流れる順番について適切なものを選択せよ。ただし、アクチュエータはモータなどの駆動装置の部分である。

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

図10 Q29の修正後の問題

が確認できた(図11)。次に、識別力0.30未満となった問題は34問中4問であった(表4)。例えば、「推理できる」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の2問であった。「アクチュエータ(AC)」では、「推理できる」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あった。これらは、難易度も4.10~6.12と非常に高く、削除することとした。一方、Q01, Q29等、予備調査で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、問題の修正は適切であったと考えられた。

選定された30問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1問(3.3%)となった(表5)。これは難易

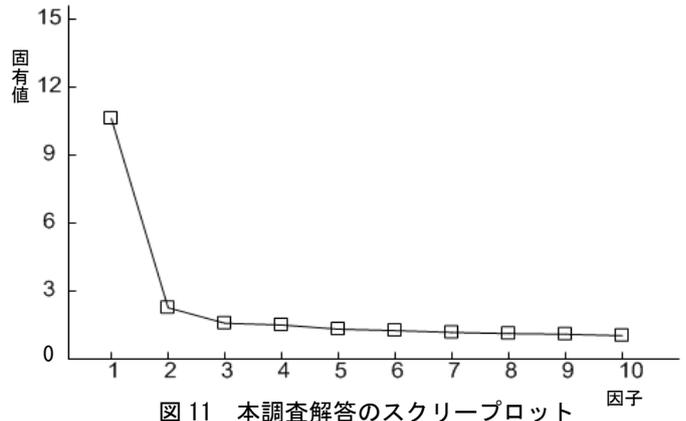


図11 本調査解答のスクリープロット

表4 本調査における識別力と難易度(全体)

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) 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	0.77	-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
		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								

*は項目識別力0.30未満を示す

度の分布割合に近く、±両側でほぼ同数の分布であった (Mean:0.05, SD:0.98)。このことから、採択された 30 問の難易度はバランスが取れていると判断した。

次に、未履修群と履修群の識別力と難易度の比較結果を表 6 に示す。未履修群と履修群の両方で識別力が 0.30 未満の問題は、「AC3-1」に対応する Q31 と「AL3-1」に対応する Q11 および Q24 の計 3 問のみであった。未履修群のみ識別力が 0.30 未満の問題は、前述の 3 問に加え、「C2-2」Q02, 「C3-2」Q20, 「P2-1」Q17 の 3 問であった。それ以外の 27 問は、未履修群と履修群の両方で十分な識別力を持っていた。逆に履修群のみ識別力が 0.30 未満の問題は確認できなかった。

開発した問題の多くが、未履修群に対しても識別力を持つことと、履修群の方が識別力も高かったことから、開発した標準評価問題は、計測・制御学習の教育効果を識別できると考えられた。そこで、選定された 30 問は識別力の点において標準評価問題として使用可能であると判断した。

難易度においては、識別力が不十分であると判定された「C2-2」の Q02 および「AC3-1」Q31 と「AL3-1」に対応する Q11, Q24 の 2 問、計 4 問でのみ、難易度が同じか、未履修群よりも履修群の方が、難易度が高い結果となった。しかし他の 30 問全てにおいては、未履修群よりも履修群の方が、難易度が低い結果となった。

表 5 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

これは計測・制御学習で得た知識や技能による教育効果であると考えられた。難易度が逆転していた 4 問は、履修群にも難易度が高い問題であったため、結果的に十分な識別力が得られなかったのではないかと考えられた。これらのことから、識別力から選定された 30 問は、難易度の点においても標準評価問題として使用可能であると判断した。

以上の結果より、確定した 30 問を示したものが巻末の資料である。

4. 開発問題の検証

4.1 検証の方法

本調査によって確定した 30 問が、計測・制御システムの標準評価問題として妥当かどうかを検証するため、中学 3 年生 160 名を対象に、表 2 の評価規準がすべて含まれる計測・制御学習の授業(以下、該当授業)の履修前・後で調査した。解答結果を元に IRT 計算プログラムにより能力推定値を算出した。IRT 計算プログラムで測定した能力推定値の換算については、今井らによる方法を用いた¹⁹⁾。今井らは、J-CAT(Japanese computerized adaptive test)の被験者の能力に応じた難易度の問題について、IRT 計算プログラムによる能力推定値を換算式のシミュレーションに基づいて得点で結果を返す方法を示している。先行研究から、算出される能力推定値は、概ね-3.5~+3.5 の範囲であること分かっている。そこで今井らの算出方法を用いて、シミュレーションによる得点調整の結果、以下の換算式を用い

表 6 本調査における未履修群と履修群の識別力と難易度

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						
		識別力		難易度		識別力		難易度		識別力		難易度				
		評価規準	未履修群	履修群	未履修群	履修群	評価規準	未履修群	履修群	未履修群	履修群	評価規準	未履修群	履修群	未履修群	履修群
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	0.62	0.64	-0.48	-2.37	C2-1	0.39	0.88	-0.78	-0.95	C3-1	0.85	1.61	-1.87	-1.71
		C1-2	0.57	0.95	-0.39	-0.74	C2-2	0.63	0.72	0.18	-0.47	C3-1	0.37	0.55	-0.22	-0.34
		C1-3	0.38	0.40	1.84	0.64	C2-2	0.18 *	0.31	1.28	1.55	C3-1	0.61	0.71	-1.68	-1.74
		C1-4	0.86	1.01	0.60	0.01						C3-2	0.14 *	0.39	1.98	0.39
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	0.56	0.94	-0.06	-0.82	S2-1	0.58	1.09	-0.53	-1.09	S3-1	0.41	0.66	-0.36	-1.08
		S1-2	0.94	1.37	-1.76	-1.56	S2-1	0.74	0.94	-0.72	-1.25	S3-1	0.50	0.34	-0.88	-1.72
		S1-3	0.49	0.61	-0.48	-0.33										
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	0.57	0.66	0.25	-0.56	AL2-1	0.63	1.02	-0.34	-0.57	AL3-1	0.14 *	0.36	3.94	0.44
		P1-1	0.44	0.54	1.48	0.60	P2-1	0.26 *	0.46	2.99	1.26	AL3-1	0.22 *	0.57	1.18	-0.09
		P1-2	0.62	0.79	-0.04	-0.56						P3-1	0.31	0.70	2.85	0.41
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	0.37	0.45	1.41	1.10	AC2-1	0.60	1.11	-0.59	-0.68	AC3-1	0.38	0.46	-2.26	-0.82
		AC1-2	0.68	0.66	0.43	-0.38						AC3-1	0.22 *	0.13 *	3.50	4.75
		AC1-3	0.64	0.78	1.00	0.43										

*は項目識別力0.30未満を示す

ることで、100点満点の得点値に変換した。

$$\text{換算得点} = \text{能力推定値} \times 8 + 50$$

この換算式を用いて、履修前・後での能力推定値を換算得点に変換し、対応のあるt検定を行った。

開発した標準評価問題が、計測・制御学習の教育効果を測定する評価問題として妥当であるならば、該当授業の履修により、履修前より履修後での換算得点の上昇が想定できると考えた。該当授業では、身近な課題を解決するための制御システムの模型製作を題材とした²⁰⁾。計測・制御学習の実習教材には、RoboDesigner²¹⁾をベースに、マイコンボードとインタフェースを題材とする模型に組み込んで使用した。学習指導計画の全9時間および各学習活動に対応した評価規準を合わせて表7に示す。具体的には、1~4時に習得した基礎知識を活用して、鍵かけ忘れ防止のシステムや靴箱から靴の出し入れを簡易化するシステム等の生活に役立つアイデアの発想をさせた。その後の5~8時の計測・制御の教材を使用した実践では、前述した2例のアイデアを具現化したプロトタイプに、作成したプログラムを転送して動作チェックを行った。9時は計測・制御技術を評価・活用する場面を設定し、その影響を考えさせた。

実践は2012年4月から9月まで行い、調査は4月および9月に実施した。履修前・後の調査間に約6ヶ月の

表7 学習指導計画および対応する評価規準

時	指導項目	学習活動 ※ () は具体化した評価規準
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 をする事例を調べる (C01)
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 (C02)
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制御システムの基本的な 機能を知る (AL・P01, S01 AC01)
5	生活に役立つシス テムを考え、その	・生活に役立つシステムのセンサやアクチュエー タの目的や条件を設定する (S02, AC02)
6	7	・生活に役立つシステム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
8	しよう	・生活に役立つシステムが効率的な動作になるよ うプログラムを修正する (AL・P02)
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 (C03, S03, AL・P03, AC03)

インターバルがあるため、標準評価問題自体の学習効果の影響はないものと考えられる。

4.2 検証の結果と考察

調査の結果、該当授業の履修前 (Mean:55.98, SD:9.30) に比べ、履修後 (59.73, 10.47) は、換算得点の平均点が3.74ポイント高く、1%水準で有意な上昇 ($t(154)=6.36, p<.01$) が確認できた。この結果から、開発した標準評価問題は、計測・制御学習の教育効果を検出できたといえる。

以上のことから、開発した標準評価問題は、計測・制御学習の教育効果測定に使用可能であると判断された。

5. おわりに

本研究では、技術科での計測・制御学習において、教育効果を測定するための標準評価問題を、IRTを用いて開発した。そのために、概念モデルを取り入れた計測・制御学習についての思考活動を計測・制御学習における「技術的思考」と位置づけ、評価規準を作成した。作成した評価規準表に対応させた38問題を開発した。

予備調査および本調査により、妥当な識別力と難易度を持った30問を選定できた。選定した問題を用いて、中学3年生160名を対象に計測・制御学習の履修前・後での検証の結果に調査した結果、履修後に換算得点の平均点の有意な上昇が確認できた。以上のことから、開発した標準評価問題は、計測・制御学習の教育効果測定に使用可能であると判断された。

今後は本研究を基に、学習内容等の様々なタイプの問題開発とそれに応じた実践による検証を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 日本産業技術教育学会「21世紀の技術教育」検討WG:21世紀の技術教育(改訂),日本産業技術教育学会,第54巻,第4号別冊(2012)
- 2) 文部科学省:中学校学習指導要領技術・家庭科(2008)
- 3) 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)
- 4) 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)
- 5) 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)
 - 6) 森山潤・足立明久・桐田襄一: 初学者のプログラミングにおける思考過程の自覚程度を測定するための尺度項目の作成, 京都教育大学教育実践研究年報, 第12号, pp.103-119 (1996)
 - 7) 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)
 - 8) 高橋正規: 項目反応理論入門—新しい絶対評価—, イデア出版局, pp.2-6 (2002)
 - 9) 松浦拓也・木下博義: 項目反応理論を用いたメタ認知尺度の構成に関する基礎的研究 - 理科学習における観察・実験活動を中心にして-, 日本教科教育学会誌 第30巻, 第4号, pp.1-7 (2008)
 - 10) 金子太陽: 項目反応理論を利用した CAT ソフトウェアの開発・実践事例研究, 数学教育論文発表会論文集第38号, pp.643-648 (2005)
 - 11) 清原道寿: 技術的思考の学習心理, 清原道寿・松崎巖共著, 技術教育の学習心理, 国土社, pp.132-137 (1966)
 - 12) 大谷忠・畑山翔子: 切断加工を工夫し習得する段階における学習過程の最適化, 日本産業技術教育学会誌, 第53巻, 第1号, pp.1-8 (2011)
 - 13) カーソル研: AUTOASP, <http://www.net-web.ne.jp/carsol/autoasp/> (最終アクセス2013.1)
 - 14) 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)
 - 15) 大友賢二: 項目反応理論入門, 大修館書店, p.36 (1996)
 - 16) 高橋正規: 前掲8), pp.103-104
 - 17) 梶田叡一: 教育評価, 有斐閣, pp.129-135 (2002)
 - 18) 豊田秀樹: 項目反応理論 (事例編) —新しい心理テストの構成法—, 朝倉書店, pp.10-11 (2002)
 - 19) 今井新悟・伊東祐郎 他: 項目反応理論に基づくテストの得点-J-CAT の得点換算・解釈・利用法について-, 大学教育, 第6号, pp.93-105 (2009)
 - 20) 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を題材とした制御学習, 日本産業技術教育学会誌, 第51巻, 第4号, pp.277-284 (2009)
 - 21) Japan RoboTech LTD: RoboDesigner, <http://www.japan-robotech.com/robodesigner/index.html> (最終アクセス 2013.1)

Abstract

The purpose of this study is to develop a standardized test in order to measure the educational effectiveness of junior high school technology education with regards to the conceptual model of control and sensing systems. Based on previous research, we divided the element of technological thinking into three categories: “to understand basic knowledge”, “to make decisions based on certain conditions”, and “to infer technological intent” using evaluation criterion. We developed 38 items based on these categories. We conducted a survey on 1119 junior high school students from grades 1 to 3, and analyzed the data using “Item Response Theory”. Initially, 30 items with a reasonable degree of difficulty and discernment were selected. We conducted a pre- and post-survey with selected items on 160 third grade junior high school students who were studying about control and sensing systems. As a result, there was a significant increment in the post scores, suggesting that the developed standardized test is useful in measuring educational effects for control and sensing systems instruction.

Key words : Technology Education, Controlling and Sensing Systems, Item Response Theory, Standard Test, Technological Thinking

資料 開発した問題

E1 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。

- Ⓐ ア：出力 ・ イ：社会システム
- Ⓑ ア：処理 ・ イ：社会システム
- Ⓒ ア：出力 ・ イ：制御システム
- Ⓓ 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。

- Ⓐ ア：入力部 ・ イ：出力部
- Ⓑ ア：処理部 ・ イ：出力部
- Ⓒ ア：入力部 ・ イ：処理部
- Ⓓ 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。

- Ⓐ 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
- Ⓑ センサから入力された文字情報を数値情報に変換する
- Ⓒ センサから入力された数値情報を判断する
- Ⓓ 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

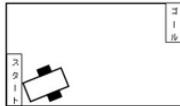
センサから入力された信号をコンピュータで処理するために、インタフェースは、センサからの(ア)信号を、コンピュータが処理できる(イ)信号に変換する役割を果たしている。()に入る適切なものを選択せよ。

- Ⓐ ア：アナログ ・ イ：デジタル
- Ⓑ ア：デジタル ・ イ：アナログ
- Ⓒ ア：アクチュエータ ・ イ：デジタル
- Ⓓ ア：アナログ ・ イ：アクチュエータ

E2 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

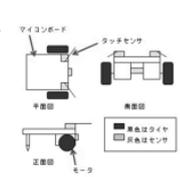
右図のようなタッチセンサを備えた自律走行型ロボットをスタートからゴールまでより早くゴールさせたい。ロボットの走行方法について適切な手順を選択せよ。



- Ⓐ 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
- Ⓑ 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
- Ⓒ 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コースを走行させる
- Ⓓ 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

右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。



- Ⓐ ア：マイコンボード ・ イ：モータ ・ ウ：タッチセンサ
- Ⓑ ア：マイコンボード ・ イ：タッチセンサ ・ ウ：モータ
- Ⓒ ア：タッチセンサ ・ イ：マイコンボード ・ ウ：モータ
- Ⓓ ア：モータ ・ イ：タッチセンサ ・ ウ：マイコンボード

E3 制御システムについて推定できる

(C3-1) 生活の中にある機器や制御システムの構成を推定できる

右図のエアコンによって室内の温度を調整するためには、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。



- Ⓐ ア：室温 ・ イ：冷風や温風
- Ⓑ ア：外気温 ・ イ：水蒸気
- Ⓒ ア：室温 ・ イ：水蒸気
- Ⓓ ア：水温 ・ イ：冷風や温風

(C3-1) 生活の中にある機器や制御システムの構成を推定できる

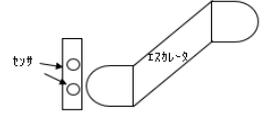
車や人などを認識して自動的に道いけながら走行したり、しょう突を避けたりする自動車の制御システムがある。このシステムは、車や人などの身の回りの状況をどのように認識するのが、その説明として適切なものを選択せよ。



- Ⓐ 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
- Ⓑ 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
- Ⓒ 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
- Ⓓ 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定できる

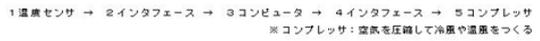
右図のエスカレータの奥開口には、あるセンサが取り付けられている。このセンサによってエスカレータはどのような動作をするかを選択せよ。



- Ⓐ 接近した人を感じてエスカレータが作動する
- Ⓑ 明るさを感じてエスカレータが作動する
- Ⓒ 音を感じてエスカレータが停止する
- Ⓓ 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定できる

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と3：アナログ信号 ・ 5：デジタル信号
- Ⓑ 1と5：デジタル信号 ・ 3：アナログ信号
- Ⓒ 1と5：アナログ信号 ・ 3：デジタル信号
- Ⓓ 3と5：デジタル信号 ・ 1：アナログ信号



E1 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

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、適切なものを選択せよ。

- Ⓐ 動作を命令する
- Ⓑ プログラムを入力する
- Ⓒ 周囲の情報を計測する
- Ⓓ 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。

- Ⓐ タッチセンサ
- Ⓑ 温度センサ
- Ⓒ 音センサ
- Ⓓ 光センサ

(S1-3) センサの使用方法が理解できる

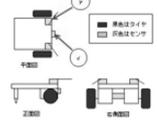
重さを計測するセンサは、どのような機器に利用できるか、適切な活用法を選択せよ。

- Ⓐ 炊飯器の釜底の温度を計測し、加熱の温度を調整する
- Ⓑ 洗濯機に入っている洗濯物の重さを計測し、洗剤の量を調整する
- Ⓒ ドアに近づいた人を感じ、ドアの開閉を行う
- Ⓓ 観葉植物の土の保湿を感じ、かん水を行う

E2 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

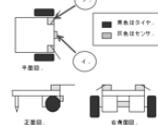
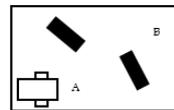
右図のような自律走行型ロボットがある。このロボットの(ア)センサにより障害物に接触すると接触を確認でき、(イ)センサにより、白や黒のラインがあるところを読み取ることができ、(ア)と(イ)にあてはまる適切なものを選択せよ。



- Ⓐ ア：赤外線センサ ・ イ：タッチセンサ
- Ⓑ ア：タッチセンサ ・ イ：赤外線センサ
- Ⓒ ア：音センサ ・ イ：タッチセンサ
- Ⓓ ア：温度センサ ・ イ：赤外線センサ

(S2-1) 課題に応じたセンサの役割や使い方が判断できる

右図の自律走行型ロボットを左側のコースの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方がよいかを選択せよ。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。

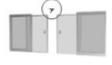


- Ⓐ タッチセンサだけを利用する
- Ⓑ 赤外線センサだけを利用する
- Ⓒ タッチセンサと赤外線センサの両方を利用する
- Ⓓ 両方のセンサとも利用しない

E3 センサについて推定できる

(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定できる

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。



- Ⓐ 赤外線を照射し、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
- Ⓑ 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
- Ⓒ 熱を発し、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
- Ⓓ 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増えることによってセンサが反応する

(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定できる

右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器を使い、野球ゲームでバットを振り、ボールを投げたりしている。コントローラについてセンサがやっていることと、バットやボールの動作に果たしている役割を選択せよ。



- Ⓐ 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
- Ⓑ 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
- Ⓒ 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
- Ⓓ 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、生活中の行動を表している。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。

1. 朝起きたら、顔を洗い、朝食を食べて、歯磨きをする
2. 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
3. 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。

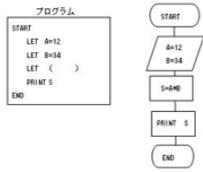
プログラムは、人間がコンピュータに与える命令の指示書である。(ア)はプログラムを書くのに使われる言語であり、それによってコンピュータは何らかの(イ)や(ウ)を実行し、プリンタやロボットなどの外部装置を制御する役割を果たしている。()に入る適切な語句の組み合わせを選択せよ。

- 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。

右図のフローチャートをもとに、左のプログラムの()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



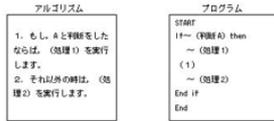
- ① A + B
 ② A * B
 ③ A - B
 ④ A / B

AL-P2 処理について判断できる

(AL-2-1) 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

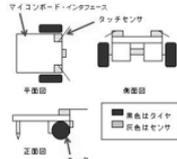


- ① else
 ② then
 ③ end
 ④ if

(AL-2) 課題に応じた処理のアルゴリズムが判断できる。

右図のように、自律走行型ロボットが外部の状態を判断し、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

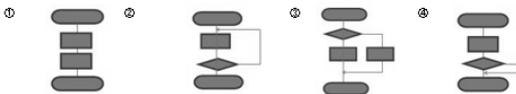


AL-P3 処理について推理できる

(AL-3-1) 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

下図はエアコンの動作手順である。動作手順の2・3・4について、フローチャートで表現したものを選擇せよ。

- 動作手順
 1. 室温を設定する。
 2. 室温を計測する。
 3. 室温と設定室温と比較する。
 4. 高い場合コンプレッサを動作させ、冷風を送り出す。
 5. 低い場合コンプレッサを停止させる。



(AL-3-1) 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

下図にある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。

- 動作手順
 1. 室温を設定する。
 2. 室温を計測する。
 3. 室温と設定室温と比較する。
 4. 高い場合コンプレッサを動作させ、冷風を送り出す。
 5. 低い場合コンプレッサを停止させる。

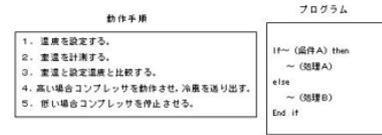


- ① 1→2 ・ 1→3
 ② 2→3 ・ 2→4
 ③ 3→4 ・ 3→5
 ④ 4→5 ・ 4→1

(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。適切に組み合わせたものを選択せよ。

※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



- ① 条件 A：2 ・ 処理 A：3 ・ 処理 B：4
 ② 条件 A：1 ・ 処理 A：2 ・ 処理 B：3
 ③ 条件 A：1 ・ 処理 A：2 ・ 処理 B：4
 ④ 条件 A：3 ・ 処理 A：4 ・ 処理 B：5

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。

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。

右図の洗濯機は、(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

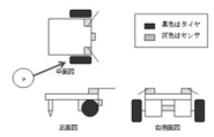


AC2 アクチュエータについて判断できる

(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、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意図を推理できる

右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、開きようとしていたらドアが完全に開くまで動作する
 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：センサが人を感知したら、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ぐには開かない
 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

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 Word 2010のクリップアートを使用した。