

# 技術的概念の定着を目指したロボット学習システムの開発<sup>†</sup>

—中学生を対象にした安全技術を取り入れた授業実践—

鈴木 研二\*・糀谷 隆雄\*\*・村松 浩幸\*\*\*・神山 勇人\*\*\*\*・針谷 安男\*\*\*\*

宇都宮大学大学院教育学研究科\*

宇都宮市立星が丘中学校\*\*

信州大学教育学部\*\*\*

宇都宮大学教育学部\*\*\*\*

近年、情報技術やロボット技術が発展を遂げ、ものづくりの高度化・複雑化が進んでいる。また、社会全体で安全・安心に対する意識が強まる中、安全技術の重要性が高まっている。技術科教育では、技術的概念を学ぶことや使用者の安全を考えた設計・製作を行うことが重要となり、安全技術に関する学習は重要な課題である。さらに、ロボットが注目されている中で今後の技術科教育に必要なロボット学習システムの開発が望まれている。本研究では、技術科教育におけるロボット学習を通して、技術的概念の定着を目指した学習システムの開発を目的とした。技術科教育と安全技術教育の関連性の考察から、技術科教育で行われるべき安全技術教育を提案し、中学生を対象に授業実践を行った。その結果、安全技術を取り入れたロボット学習が実践可能であること、安全技術に対する意識、安全技術及びプログラムによる計測・制御に関する知識・理解に効果的であると考えられる。

キーワード：安全技術，ロボット学習，技術的概念，技術科教育，授業実践，中学校

## 1. はじめに

今日、私たちの生活は多くの技術によって成り立っており、近年では、特に情報技術やロボット技術が著しい発展<sup>1)</sup>を遂げている。そのような中で、私たちの生活を支える製品の情報化が進み、ソフトウェアを組み込んだ「組込みシステム」と呼ばれる製品が増えている。自動車を例に挙げると、エンジン制御システムやカーナビゲーションシステム、先進運転支援システム<sup>2)</sup>が導入されている。このように、製品の情報化が進んだことによって、様々な機能が実現されてきたが、急速に開発が進んだことによって、組込みシステムの品質への悪影響が懸念されている。また、製品事故発生の背景には、ものづくりの高度化・複雑化という要因も挙げられている<sup>3)</sup>。

このことから、社会全体で安全・安心に対する意識が強まる中、センサやプログラムといった計測・制御技術を駆使した、安全技術の重要性は高まっている。

一方、技術的素養（技術リテラシー）として、最適化・トレードオフ、効率、制御・システム、信頼性・安全性といった技術の中核となる概念（技術的概念）を学ぶことの重要性<sup>4)</sup>も近年指摘されている。さらに、2008年告示の中学校学習指導要領、技術・家庭科技術分野（以下：技術科）では、「技術にかかわる倫理観」が追加<sup>5)</sup>された。ここには、使用者の安全を考えた設計・製作を行うことも含まれ、安全技術を扱うことも必要である。また、「プログラムによる計測・制御」の内容が必修化されたことや現代社会での動向からも、特に制御技術を活用した安全技術に関する学習については、今後の技術科教育の重要な課題であると考えられる。

さらに、エネルギー変換およびプログラムによる計測・制御などの技術領域を広く学習できるとして、ロボットが注目されている。これまで、ロボット学習がものづくりの興味・関心を高め、問題解決能力や工夫し創造する能力の育成に効果的であることを

<sup>†</sup> Kenji SUZUKI\*, Takao KOUJIYA\*\*, Hiroyuki MURAMATSU\*\*\*, Hayato KAMIYAMA\*\*\*\* and Yasuo HARIGAYA\*\*\*\*: Development of Robot Learning System for Fixing Technical Concept -Lesson Practice on the Safety Technology for Junior High School Student-

\* Graduate School of Education, Utsunomiya University

\*\* Hoshigaoka Junior High School, Utsunomiya City

\*\*\* Faculty of Education, Shinsyu University

\*\*\*\* Faculty of Education, Utsunomiya University

示す事例や研究は多数報告<sup>6)7)8)</sup>されている。しかし、ロボット学習の教育内容や統一したカリキュラム、評価方法は定まっていないため、今後の技術科教育に必要なロボット学習システムの開発が必要である。

そこで本研究では、技術科教育におけるロボット学習を通して、安全工学という観点から、技術的概念の定着を目指した学習システムの開発を目的とする。本報告では、技術科教育と安全技術教育の関連性を考察し、技術科教育で行われるべき安全技術教育の提案を行う。さらに、中学生を対象にした安全技術を取り入れた授業実践について述べる。

## 2. 技術科教育と安全教育の関連性

昨今の社会情勢から国民の安全に対する意識や関心は高まってきている。また、技術科教育では、社会変化への対応という観点から、安全・リスク問題も含めた技術と社会との関係を理解することが重視された。しかし、「安全」と付く言葉や分野が無数に存在している。そこで、今回は技術科との関係が深い「安全工学」に着目した。

### 2. 1 安全教育の必要性

安全教育の必要性が望まれてきた背景として、現場の技術力や安全意識の低下によって多くの重大事故が起こってきたことが挙げられる。それらの対策として、安全文化の創造、安全意識の徹底が取り上げられ、以下のことが指摘<sup>9)</sup>された。また、これらの場において一貫した安全教育を行っていくことの必要性が示された。

- (1) 学校教育全般を通じた安全教育の充実
- (2) 事業者等における安全教育と安全意識の徹底

安全の確保には安全教育が大きな役割を担っている。また、安全教育は教育機関や企業等によって独自に行われてきた。そして、初等教育の現場において本格的な安全教育はこれからというのが現状である。

表1 領域毎の安全に関する取り扱い内容

領域	内容
A	設計・製作，加工法，工具や機器の使用
B	機器の保守点検と事故防止，感電事故や火災の防止
C	作物の選定・燃料生産の影響，薬品の使用上の注意
D	個人認証，暗号化，情報モラル，制御による影響，労働環境

るとし、教育の場に存在する教育対象者の年齢や属性に応じた、適確、具体的な安全教育の明確化の必要性<sup>9)</sup>が指摘されている。

### 2. 2 技術科教育における安全

現在、技術科教育で取り扱われている安全に関する内容を表1に示す。このように、技術科で行われている学習は、工具や工作機器の正しい使用方法、電気機器を安全に利用する仕組みを学び、手入れや点検の必要性を知ることなどが中心である。これは、機器類や刃物類、電気などを取り扱う実習を行うためであり、様々な場面で安全について触れることや学習する機会が多い。

技術科教育に必要な安全技術教育とは、正しい工具の使い方などを学習するだけでなく、「技術にかかわる倫理観」の育成すなわち使用者の安全を考えた設計・製作を行うことである。しかし、これまでの技術科教育では安全を考えた設計・製作を体験的に学習できる機会が少ないのが現状である。

### 3. 技術科教育における安全技術教育の提案

以上のことを踏まえ、学校教育における初等中等教育向け安全教育体制の整備と明確化が求められている。そして、技術科教育における安全技術教育の明確化が必要であると考えられる。

今回提案する学習方法では、自律型ロボット教材 LEGO MINDSTORMS NXT (以下:NXT) を使用する。自律型ロボット教材を用いた学習は、問題解決を行う過程の中で、動力伝達機構、設計、アルゴリズム、プログラムや計測・制御などの基礎から、発展的な内容まで幅広く学ぶことができる<sup>10)11)</sup>。さらに、NXTによって自動制御機器をモデル化した題材を利用す

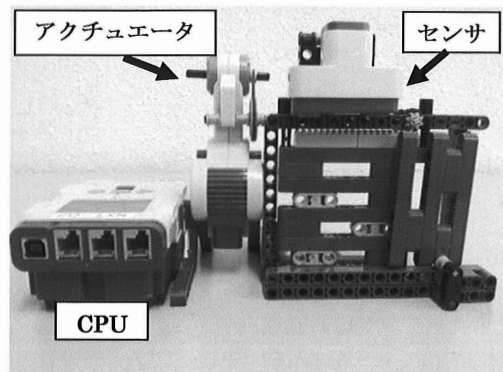


図1 NXTによる自動制御機器のモデル化

ることで、「安全技術教育」と「プログラムによる計測・制御」を組み合わせた学習が可能になる<sup>12)</sup>。NXTによる自動制御機器のモデルを図1に示す。

学習の流れを図2に示す。学習方法としては、安全という視点から問題点を発見し解決する活動を繰り返し行う。具体的には、まず、自動制御機器の動作から、想定される事故の発生原因を考え、危険源の同定を行う。次に、製作品のリスクの評価を行う。その後、そのリスクを低減するための対策を考え、実際に設計・製作を行う。この一連の学習活動を何度も繰り返し行っていく。さらに今回は、安全を考える上で、安全技術の中でも「センサやプログラム」といった計測・制御技術に着目・活用し、安全性の向上を図っていく。

また、学習全体を通して、常に開発者としての立場から使用者の安全について考えるよう意識させる。さらに、ロボット学習を通して疑似体験をさせることで、安全について興味を持たせ、実践的な態度が身に付くと考える。そして、技術にかかわる倫理観（適切な安全行動をとれる人材）の育成に繋がると考える。

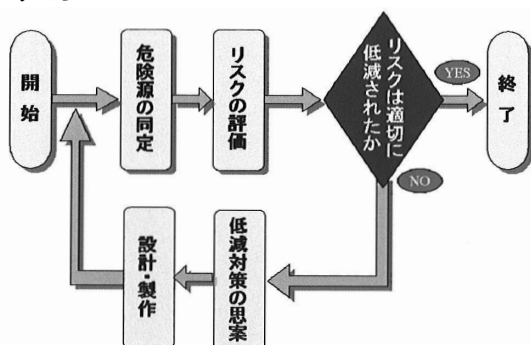


図2 学習の流れ

表2 授業実践計画

時数	学習内容
3(3)	ガイダンス, 初回アンケート 社会人基礎力, 班分け
3(6)	動力伝達機構の学習, 製作 (ドアの開閉)
1(7)	製作品の発表
2(9)	中間アンケート, 計測・制御, フローチャート
2(11)	プログラム, センサの評価・選択
2(13)	安全技術を考える 使用者の安全を考えた設計
3(16)	プログラムの作成 発表会
1(17)	まとめ, 最終アンケート

## 4. 中学生に対する授業実践

### 4.1 実践概要

平成23年10月～平成24年2月にかけて、全17回の授業実践を栃木県H中学校において、3年生140名を対象に必修授業として行った。

授業計画を表2に示す。実践内容としては、実践校の年間指導計画を考慮して「B エネルギー変換に関する技術」（4時間分）及び「D 情報に関する技術」（9時間分）の複合題材として行った。なお、実際の授業では行事等による授業進行の遅れや、製作の様子を確認し、生徒の進行状況に合わせて計画を変更しながら授業を進めていった。

### 4.2 授業展開

#### (1) ガイダンス, 初回アンケート, 社会人基礎力, 班分け 【1～3時間目】

ガイダンスとして、安全技術の重要性や本実践で学ぶ内容を具体的に示し、目的意識を持って学習に取り組むよう伝えた。また、「工夫し創造する能力」や「社会で求められる資質・態度」の必要性と技術科との関連性について説明した<sup>13)</sup>。

その後、視覚教材を用いて社会人基礎力<sup>14)</sup>について説明を行い、本授業で行う問題点を発見し解決する活動の重要性について示唆した。説明後、今後のグループ活動を行うため、4～5人1組の班を各クラス8つ構成した。

#### (2) 動力伝達機構の学習, 製作 (ドアの製作) 【4～6時間目】

ここでは、生徒は第2学年時に座学で動力伝達機構について学習していたため、提示用教材を用いて、歯車やベルトとプーリ、リンク等の動力伝達機構について復習を行った。その後、NXTを用いて実際に動力伝達機構の仕組みと特徴を体験した。さらに、様々なパーツの使い方に慣れることや、歯車やベルトとプーリといった機構の学習をするために、これらの機構を用いた車を実際に製作させた。その後、学習した知識を活用して、ドアの開閉を行う機構を考えさせ、各班で製作を行った。

製作に関しては、教材を4クラスで使用しているため、製作したドアを毎時間解体する必要があった。そのため、次時には記録した写真をもとにして、もう一度組み立てることから始めなければならず、十分な製作時間を確保することができない状態であっ

た。しかし、生徒の様子を見ると、積極的に話し合いながら進めており、ほとんどの生徒が熱心に取り組んでいた。そのため、完成度にバラつきはあるものの、全ての班で製作品を完成することができた。また、生徒からは「難しいけど楽しい」「もっとやりたかった」といった声も多数聞かれ、高い意欲を持って学習に取り組んでいるようである。授業の様子を図3に示す。

### (3) 製作品の発表 【7時間目】

ここでは、4～6時間目で製作した製作品の発表会を行った。発表の内容は、使用した動力伝達機構、製作品の特徴・工夫点である。また、発表を聞いた生徒には「発表の上手さ」、「製作品の精度」、「製作品として欲しいか」を評価させた。製作品としては、チェーンとスプロケット、かさ歯車、ラックとピニオンなどを活用したもの等が製作された。製作品の一部と発表会の様子を図4に示す。

生徒の様子は、使用した動力伝達機構の名称を発表するだけでなく、その機構を選択した理由を述べている班も見られた。また、実際に使用されている自動ドアを想定して、より既製品に近づけようとした班や、パーツ数を極力少なくして作成した班等、様々な特徴が見られた。さらに、他の班の発表を良く聞き評価しているとともに、質疑応答の時間を確保しなかったが質問する生徒も見られ、充実した発表会であった。

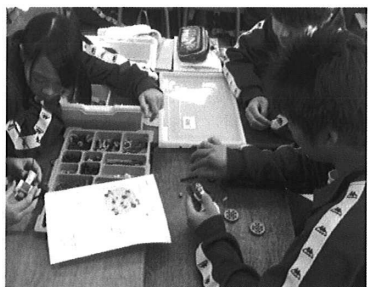


図3 授業の様子（動力伝達機構）

### (4) 中間アンケート、計測・制御、フローチャート 【8～9時間目】

ここでは、「計測・制御」の意味の説明、処理の流れをエアコンと人間と比較し、自動制御機器の構成（センサ、CPU、アクチュエータ）について学習した。その後、情報処理の手順（順次、分岐、反復）の方法、フローチャートの記号や描き方について説明し、プログラムの基礎となることを伝えた。

生徒は、身近な自動制御機器と人間との比較を行うことで、自動制御機器の構成や要素を理解しただけでなく、生活の中から計測・制御システムについて考える良い機会になっていた。フローチャートでは、全体的に理解しているようであるが、分岐や繰り返しの条件をどのように表現すれば良いか戸惑っている生徒も見られた。

### (5) プログラム、センサの評価・選択

#### 【10～11時間目】

ここでは、今回使用する GUI (Graphical User Interface) 型のプログラムソフトウェア「ROBOLAB」の使い方やアイコンの説明、プログラミングの方法や転送方法について指導した。次に、簡単なプログラム課題を与え、実際にロボットを動作させた。その後、センサの評価・選択として、赤外線センサ、タッチセンサ、超音波センサ、サウンドセンサを用いたプログラムの作成課題を行った。課題は「センサを利用して、車が壁にぶつからないように自動で停止する」である。各センサのメリット・デメリットを体験・考えるとともに、センサやプログラムによる制御による安全を意識させることを意図した。

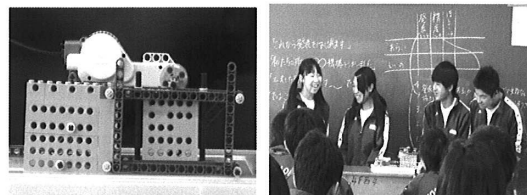
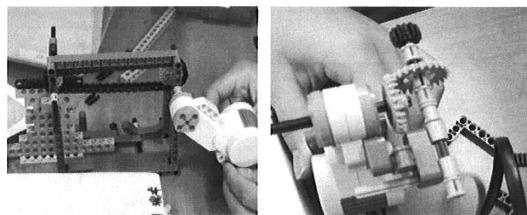


図4 製作品と発表会の様子

生徒は、自ら作成したプログラムでロボットを何度も動かし改良を加えており、意欲的に取り組んでいるようであった。また、アイコンを並べるだけでプログラムが完成することに驚いている反面、どのアイコンがどのような処理をするのか理解できず、戸惑っている様子も見られた。センサの評価・選択では、センサの感知によってロボットを制御できるため、何度もしきい値を変化させロボットの動きを観察・確認している様子が見られた。この観察によって、センサの用途によって向き不向きがあることに気づき、実際にこれらのセンサ類が使用されている環境を考える機会になった。使用したロボットとプログラムの様子を図5に示す。

**(6) 安全技術を考える、使用者の安全を考えた設計** 【12~13時間目】

ここでは、使用者の安全を考えた設計を行うため、開発者として安全についてどのように考えるべきか指導した。また、「絶対安全」は存在しないことや安全・リスクの関係、リスクアセスメントについて説明した。その後、自動ドアの事故発生の例（駆け込みによる衝突、立ち止まりによる挟まれ、斜め進入による接触）を示し、それぞれの「危険性の特定」（危険源の同定）と「事故防止に必要な対策」（リスクの低減対策）を考えることを行った。

さらに、自動ドアのフローチャートや安全な自動ドアに必要な機能（センサやプログラム）を考えさせ、使用するセンサの役割とその効果について記入させた。その後、自分の考えをもとに班内で議論を行い、安全な自動ドアの設計図として「どのような危険を防ぐようにするか」「その危険を防ぐ対策方法（使用センサと役割）」「どのような動きをするのか（フローチャートを含む）」を作成した。

生徒の感想の一部を以下に示す。

- ・ 自動ドア1つを考えただけでも、たくさんの危険性や対策が見つかりました。企業の人たちはたくさんの問題を抱え、より安全性の高い商品を作るためにたくさんの努力をして、話し合い、会社で協力しているんだろうなと、今日の授業を振り返ってふと思いました。
- ・ とても難しいことだと思っていたが、考えてみると面白かった。日常、そこまで考えたことがないので、いろいろ改めて考えさせられました。
- ・ 一人ではなく、数人で話し合っって評価することは、何においても重要なことだと思いました。
- ・ 製品をつくる側は、安全性についてよく考えていることが分かった。しかし、「絶対安全」は存在しないことを知ったので、製品をつくる人の努力と、それを利用する人の理解や注意があっって初めて安全というものが成り立っていくのだと思った。

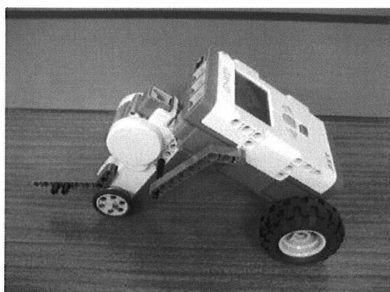


図5 使用したロボットとプログラムの様子

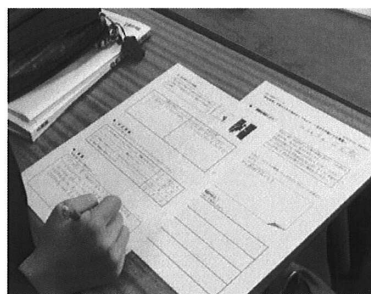


図6 授業の様子

生徒は、実際の自動ドアにおける事故の状況を想定し、問題点と対策の方法を自分なりに考え、表現していた。さらに、新たな機能を提案する生徒や、老人から子供まであらゆる使用者を想定した対策の意図、用途について考えている様子が見られた。また、自分で上手く考えることができなかつた生徒も他の生徒の意見に耳を傾け、議論に積極的に参加している様子も見られた。授業の様子を図6に示す。

#### (7) プログラムの作成、発表会【14~16時間目】

ここでは、12~13時間目に考えた設計図をもとに、各班で自動ドアのプログラム作成を行った。各班には自動ドアのモデル1台ずつと、赤外線センサ、タッチセンサ、超音波センサ、サウンドセンサの中から必要なセンサを配付した。また、設計図が完成していない班は完成してからプログラムの作成に入るように指導した。

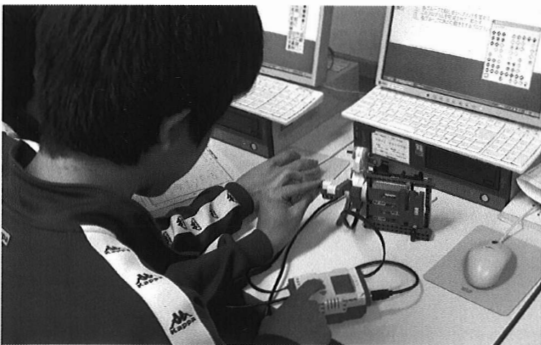


図7 授業の様子

プログラムの作成では、まず、自動ドアのモデルの動作や特徴を確認するため、「超音波センサで人を感知したらドアの開き、2秒間停止後、ドアを閉じる。この動作を何度も繰り返す。」というプログラム課題を与えた。このプログラム課題は班で1つのプログラムではなく、全ての生徒に作成させるようにした。次に、設計図のフローチャートを参考にプログラムの作成を行った。ここでは、班員で協力してプログラムを作成するようにし、プログラムの修正を何度も繰り返して行うように促した。

生徒は、プログラム課題を解決していく中で、ロボットの動作を確認後、何度も修正を繰り返す様子が見られた。また、上手くプログラムが作成できない班員の生徒に対して助言をする姿も見られた。その結果、全ての生徒がプログラム課題の作成を行うことができた。設計図を参考にしたプログラム作成では、プログラムを作成していく中でフローチャートの間違いに気付き修正を行う班や、動作確認後に選択したセンサの検出が不安定である点に気付き、使用するセンサを変更する班が見られた。全体的に意欲的かつ熱心に取り組んでいる様子が見られた。

しかし、授業進行の遅れによって、発表会を予定していたが行うことができなかつた。また、設計図を参考にプログラムの作成を行ったが、完成した班は半分ほどであった。これは、多くの班が「割り込み処理」のプログラム作成を行えなかつたためである。これまでの学習で、この割り込み処理を行うプログラムの作成については指導していなかつたことが要因として考えられる。授業の様子を図7、生徒が作成したプログラムの一部を図8に示す。

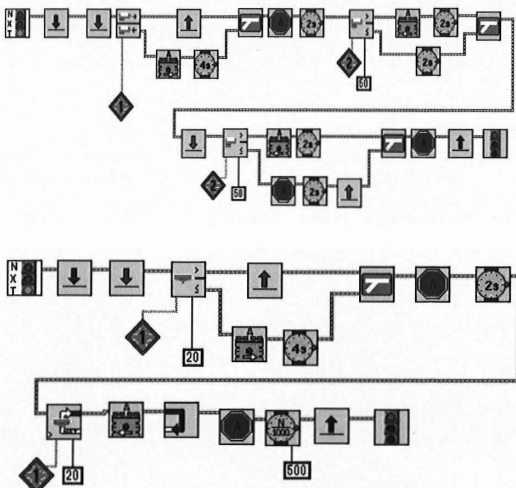


図8 作成したプログラム

#### (8) まとめ、最終アンケート【17時間目】

ここでは、まとめとして今回行った安全技術を取り入れた学習活動を振り返り、実生活で利用されている製品には、安全技術として様々な制御技術が関わっていることを確認した。また、これらの安全技術に過信せず、常に様々な安全・リスクの問題について考え、適切な安全行動をとることが大切であることを伝えた。そして、安全という観点から問題点を発見し、その解決方法を考えて設計・製作を行ったことから、問題解決の方法や工夫し創造することの大切さについて伝えた。最後に事後アンケートを行った。

表3 質問項目

質問項目	
F1	Q01 安全技術に関する発明や技術開発について知りたいと思う。
	Q02 安全技術に関する情動的（プログラムなど）な内容を知りたいと思う。
	Q03 安全技術について興味がある。
	Q04 安全技術を取り入れた機構などの製作を試みたいと思う。
F2	Q05 安全技術を「ものづくり」に積極的にいかすことは、必要なことであると思う。
	Q06 様々な機器や機械（自動ドアやエレベーターなど）を使う人も、危険性に関する知識は持っているべきだと思う。
	Q07 様々な機器や機械（自動ドアやエレベーターなど）は、多額の費用がかかっても安全性を優先すべきだと思う。
	Q08 安全技術が高まることで、私たちの生活は豊かになると思う。
	Q09 使用者の安全を「プログラムによる制御」で考えることは、必要だと思う。
	Q10 様々な機器や機械（自動ドアやエレベーターなど）に関する安全性は、年々高まっていると思う。
F3	Q11 プログラムによって制御すれば、事故を防げると思う。
	Q12 プログラムによって機械を制御すると、安全性は高められると思う。
	Q13 プログラムによって制御すれば、危険は少なくなると思う。
	Q14 技術による安全対策がしっかりしていれば事故は起きないと思う。
RP1	Q15 ロボットに対して興味がある。
	Q16 ロボットのメカ的（機構など）な部分を知りたい。
	Q17 ロボットの情動的（プログラムなど）な部分を知りたい。
RP2	Q18 様々な機器や機械（自動ドアやエレベーターなど）に利用されている安全技術を理解している。
RP3	Q19 身の回りの機器がどのように制御されているか仕組みを理解している。
	Q20 プログラムがどのようなものか知っている。
RP4	Q21 プログラムを作成してみた。
	Q22 プログラムに対していろいろなことが知りたい。
	Q23 自分の力でプログラムが考えられるようになりたい。
RP5	Q24 これから行う授業が楽しみだ。

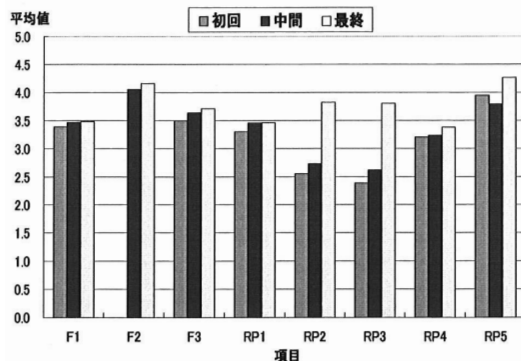


図9 安全技術のアンケート結果

## 5. 質問紙による意識の変容

授業実践前の初回アンケート、授業実践中の中間アンケート、授業実践後の最終アンケートから、質問紙による意識の変容を分析した。

質問項目は、鈴木ら<sup>10)</sup>による安全技術に対する意識尺度 (F1～F3) を使用した。また、ロボットやプログラムに対する関心・意欲、知識・理解 (RP1～RP5) の面への効果の調査を行った。各因子と質問項目の内容を表3、意識の変容結果を図9に示す。尺度に対して当てはまる程度を5件法で回答させ、数値が高くなるにつれて肯定的な意見を示す。また、項目9・10については初回アンケートを行っていたため、F2は中間・最終のみの結果になっている。

安全技術に関する項目は、問1～4がF1「安全技術に対する興味・関心」、問5～10がF2「安全技術の必要性への認識」、問11～14がF3「安全技術への信頼」である。

ロボットやプログラムに関する項目は、問15～17がRP1「ロボット学習に関する関心・意欲・態度」、問18がRP2「安全技術に関する知識・理解」、問19～20がRP3「プログラムによる計測・制御に関する知識・理解」、問21～23がRP4「プログラムに関する関心・意欲・態度」、問24がRP5「授業に対する関心・意欲」である。

安全技術に対する意識について、初回から最終まで全体的に高い数値を維持することができた。また、ロボットやプログラムに対する関心・意欲、知識・理解については、特にRP2・RP3の増加が顕著である。これは、身近な製品のモデルを利用し、安全技術という観点から使用者の安全を考えた設計・製作を疑似体験させることが効果的であったと考えられる。

以上のことから、安全技術を取り入れ信頼性・安全性に関する授業を展開することができ、提案したロボット学習システムが実践可能であることが確認できた。各因子や項目について詳細な分析を進め、意識の変容について詳しく考察を行う必要がある。

## 6. まとめ

本報では、技術的概念の定着を目指したロボット学習システムの開発を目的として、技術科教育における安全技術教育の提案、中学生を対象に安全技術を取り入れた授業実践を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ① 技術科教育と安全教育の関連性について調査し、技術科教育で行われるべき安全技術教育、その学習方法を提案できた。
- ② 中学生を対象に安全技術を取り入れた授業実践を行い、安全の考え方、信頼性・安全性に関する学習を実践できた。また、提案したロボット学習システムが実践可能であることが確認できた。
- ③ 提案した学習システムは、安全技術に対する意識、安全技術及びプログラムによる計測・制御に関する知識・理解に効果的であると考えられる。
- ④ 授業実践の課題として、安全技術を取り入れた学習を実践することができたが、問題点を発見し解決する活動を何度も繰り返し行う学習時間が十分確保できなかった。
- ⑤ 今後の課題として、詳細なアンケート分析や生徒のワークシートへの記述から、評価基準の明確化と作成、意識の変容について詳しく考察を行う必要がある。さらに、授業計画の再検討を行うとともに、ロボット学習の評価システムの開発と教育効果の検証が必要である。

本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号 23300282）による。

#### 【参考文献】

- 1) 経済産業省：ロボット産業政策研究会報告書（2009）
- 2) 富士重工業：先進運転支援システム「新型 EyeSight（アイサイト）」、<http://www.subaru.jp/news/2010/eyesight/>（2012.1.16 最終アクセス）
- 3) 経済産業省：2011 年版ものづくり白書、<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2011/index.html>（2012.3.16 最終アクセス）
- 4) 桜井 宏：社会教養のための技術リテラシー，東海大学出版会（2006）
- 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（2008）
- 6) 村松浩幸・杵渕 信・渡壁誠・他 10 名：新学習指導要領におけるロボット学習研究の提案，日本産業技術教育学会第 51 回全国大会講演要旨集，p. 131（2008）
- 7) 赤羽根岳・山本利一・佐藤正直：新しい学習指導要領におけるロボットを題材とした指導計画の検討，日本産業技術教育学会第 21 回関東支部大会講演論文集，pp. 53-54（2009）
- 8) 糀谷隆雄・鈴木研二・針谷安男：技術科教育における工夫し創造する能力の育成を目指した取り組み，第 4 回科学技術におけるロボット教育シンポジウム論文集，pp. 23-26（2011）
- 9) 日本学会会議：安全・安心な社会構築への安全工学の果たすべき役割，人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会（2005）
- 10) 嶋田彰子・山菅和良・針谷安男・他 1 名：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（2008）
- 11) 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）
- 12) 鈴木研二・糀谷隆雄・伊藤直美・他 2 名：自動制御機器のモデルを利用した題材の開発—「安全性」を考慮した授業実践—，宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要，第 34 号，pp. 89-96（2011）
- 13) 糀谷隆雄・針谷安男・伊藤直美・他 3 名：技術科教育史と社会的要素を踏まえた授業・題材の開発—工夫し創造する能力の育成を重視した授業実践—，宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要，第 34 号，pp. 65-72（2011）
- 14) 経済産業省：社会人基礎力とは，[http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/kisoryoku\\_image.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/kisoryoku_image.pdf)（2012.3.16 最終アクセス）
- 15) 鈴木研二・村松浩幸・針谷安男・他 2 名：中学生を対象にした安全技術に対する意識尺度の開発，日本産業技術教育学会第 23 回関東支部大会講演論文集，pp. 21-22（2011）