

## ロボット製作・ロボコンの教育的効果について

加藤 幸一<sup>1)</sup>・山浦 政彦<sup>2)</sup>・山本 静<sup>3)</sup>・鈴木 綾子<sup>4)</sup>  
手島 真理子<sup>5)</sup>・片岡 孝文<sup>6)</sup>・金子 恵介<sup>7)</sup>・本間 良彦<sup>8)</sup>  
宮内 秀貴<sup>3)</sup>・村上 竜太<sup>9)</sup>・櫻井 慎弥<sup>10)</sup>

- 1) 群馬大学教育学部技術教育講座
- 2) 伊勢崎市立北小学校
- 3) 前橋市役所
- 4) 前橋市立粕川中学校
- 5) 前橋市立宮城幼稚園
- 6) 太田市立生品中学校
- 7) 志木市立宗岡第二中学校
- 8) 京都市立九条中学校
- 9) さいたま市立与野八幡小学校
- 10) 太田市立藪塚本町中学校

(2010年9月24日受理)

### **Educational Effects of Creating a Robot and Participating Robot Contest.**

Koichi KATO<sup>1)</sup>, Masahiko YAMAURA<sup>2)</sup>, Shizuka YAMAMOTO<sup>3)</sup>, Ayako SUZUKI<sup>4)</sup>  
Mariko TESHIMA<sup>5)</sup>, Takafumi KATAOKA<sup>6)</sup>, Keisuke KANEKO<sup>7)</sup>, Yoshihiko HONMA<sup>8)</sup>  
Hideki MIYAUCHI<sup>3)</sup>, Ryuta MURAKAMI<sup>9)</sup>, Shinya SAKURAI<sup>10)</sup>

- 1) Department of Technology Education, Faculty of Education,  
Gunma University, Maebashi, Gunma, 371-8510, Japan
- 2) Kita Elementary School, Isezaki, Gunma, 372-0055, Japan
- 3) Maebashi City Office, Maebashi, Gunma, 371-8601, Japan
- 4) Kasukawa Junior High School, Maebashi, Gunma, 371-0217, Japan
- 5) Miyagi Kindergarten, Maebashi, Gunma, 371-0244, Japan
- 6) Ikushina Junior High School, Ota, Gunma, 370-0314, Japan
- 7) Muneoka Daini Junior High School, Shiki, Saitama, 353-0003, Japan
- 8) Kujo Junior High School, Kyoto, Kyoto, 601-8425, Japan
- 9) Yonohachiman Elementary School, Saitama, Saitama, 338-0003, Japan
- 10) Yabuzukahonmachi Junior High School, Ota, Gunma, 379-2304, Japan

(Accepted on September 24th, 2010)

## 1. はじめに

ロボット製作・ロボコン（ロボットコンテストの略称）は中学生、小学生の段階にまで広がって、中学生では、平成10年の学習指導要領<sup>1)</sup>の改訂から授業の中に取り入れられるようになった。ロボット製作・ロボコンでは、知識・技能の習得ばかりでなく、目標や課題に対して実践的・体験的な問題解決活動をするので、その教育的効果が大きいと言われている。しかしながら、教育的効果の客観的な検証は十分になされておらず、ロボット製作・ロボコンが小中学生に与える影響についてはより具体的に検討すべき状況にある。

これまでに、筆者らは本学部で開催する「群大ロボット創作教室」（以下、群大ロボコン）、「群馬県中学生ロボットコンテスト」、前橋市の「親子でチャレンジ!ロボットスクール」、「小学校総合的学習の時間におけるロボット製作・ロボコン」など多くの取り組みを行い、個別にその結果・教育的効果について報告してきた。そこから、ロボット製作・ロボコンでは小中学生に対していろいろな効果、例えば、

- ・ロボット製作・ロボコンの実践的・体験的な活動の中で、目標を達成するために多くの工夫を重ね、その結果、問題解決能力や創造的能力は向上する<sup>2)</sup>。
- ・ロボット製作・ロボコンをグループで目標に向かって取り組ませると人との係わり（コミュニケーション力）が育成される<sup>3)</sup>。
- ・ロボットを始め、科学技術に対する興味関心や意欲が向上する<sup>4)</sup> ことなどが得られてきた。

ここでは、ロボット製作・ロボコンの教育的効果を検討する足がかりになり、主要な成果が得られた2003年度から2008年度の6年間の群大ロボコンでの研究結果を主に取り上げて、ロボット製作・ロボコンの効果を総合的に述べてみたい。

この研究を進めるに当たり、渋川市立金島中学校教頭 上原志之夫氏、群馬県総合教育センター指導主事 平形隆正氏、群馬県教育委員会指導主事 小熊良一氏、群馬大学教育学部附属小学校教諭 井口克三氏、前橋市教育研究所指導主事 中村宏基氏、

前橋市立荒牧小学校教諭 中澤 弘氏から多大の支援を受けた。また、本研究の一部は平成16年度～平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2）研究代表者 加藤幸一）、平成19年度科学振興機構サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト講座型学習活動（プランB）（実施主担当者 加藤幸一）の補助金を得て実施された。ここに深甚の謝意を表す。

## 2. 運営方法

群馬大学教育学部のフレンドシップ事業の一環として、県内からの参加希望のあった小・中学生を対象に、ロボット製作・ロボコンをおこなう群大ロボコンを平成9年度より毎年夏休み期間の8月10日頃に開催し、それぞれ学習内容が異なる小学生の部と中学生の部として開催してきた。ここで、児童・生徒たち2～3人とチューター役の1名の大学生とグループを形成し、2日間の日程でロボット製作を行った。各年度ともほぼ同様に、表1のように、1日目に基本ロボットの製作とプログラミングを学習（図1）し、2日目にかけてロボコンの内容に合わせて、競技用ロボットに改造・改良し、その午後に用意されたコースでロボットを走らせてタイムを競い合うロボットコンテストを行った（図2）。本教室における具体的な学習内容は、年度によって異なるが、使用教材としてLEGO社のMINDSTORMSを使用して、「ライントレース型」（図3）または「タッチセンサー型」の自走式ロボット、二足歩行ロボット（2007、2008年度の中学生用、図4）を製作する内容である。具体的な開催方法と参加者（調査対象者）については表2に示す。

本学部のフレンドシップ実践演習（1単位）を受講したチューター役の学生については、事前にガイダンスを行い、子ども支援・指導の基礎、子どもたちの支援を行うためのロボット製作やプログラミングの基礎を1日かけて学習した。そしてロボット教室当日は、チューターとして各グループに1人（希に2名）付き添い、2日間通して子どもたちの活動を支援した。

表1 群大ロボット創作教室の標準的な日程

	1日目	2日目
8:30	集合 於：群馬大学教育学部 コンピューター実習室等	集合 於：群馬大学教育学部 コンピューター実習室等
9:00	講習開始 第1回アンケート調査 ROBOLABによるプログラミングの基礎(プレゼン使用)	ロボット製作・プログラミング ロボットとプログラムの改良(試走中もタイム計測し、コンテストの参考記録とする)
10:00	ロボット製作プログラミング(講習)	
11:00	基本ロボットの製作	ロボット最終調整・写真撮影
12:00	昼食・休憩	昼食・休憩
13:00	ロボット製作・プログラミング(自由製作) 基本ロボット用プログラムの製作	第1回ロボットコンテスト ロボットの補修・改善
14:00	競技コースの試走・完成 基本ロボットの改造・改良	第2回ロボットコンテスト
15:00		第3回アンケート調査 道具の片付け
16:00	第2回アンケート調査 解散	表彰式 解散

表2 群大ロボット創作教室の参加者・調査方法・ロボコンの内容

年度		2003	2004	2005	2006	2007	2008
参加者	小学生	53	34	31	69	55	70
	中学生	25	18	5	8	12	21
	チューター	32	17	16	35	30	40
調査方法	観察の有無	なし	有り(3段階)	グループ	グループ	個人	個人
	ロボコンアンケート	なし	なし	○	○	○	○
	対人アンケート	なし	30項目	○	○	○	○
	養育アンケート	なし	なし	○	○	○	○
	用途テスト等	○	なし	なし	なし	○	なし
経緯	なし	なし	なし	○	なし	○	
科学技術	なし	なし	なし	なし	○	○	
ロボコンの内容	小学生	タッチセンサー型 ロボット・テニス 缶障害物コース	ライトレース型 ロボット・ホワイト ボード&橋コース (2004製)	ライトレース型 ロボット・橋コース (2005製)&簡 単コース	タッチセンサー型 ロボット・竹障害 物コース	ライトレース型 ロボット・橋コース (2005製)&簡 単コース	ライトレース型 ロボット・橋コース 盤(2008製)& 簡単コース
	中学生	光センサー型ロ ボット・S字障害 物コース	(小・中)ライト レース型ロボット ・ホワイトボード &橋コース(2004 製)	(小・中)ライト レース型ロボッ ト・橋コース(2005 製)&簡単コース	(小・中)タッチセ ンサー型ロボッ ト・竹障害物コー ス	二足歩行ロボット ・超音波センサー 対応迷路(2007 製)抜け	二足歩行ロボッ ト・超音波センサー 対応迷路(2007 製)抜け



図1 ロボット創作教室の様子



図2 群大ロボコン(2008)の様子

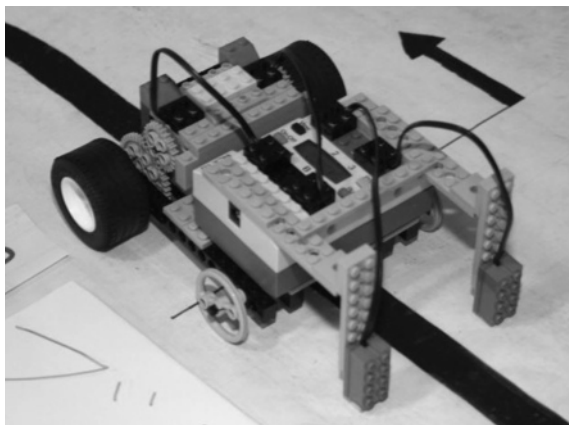


図3 小学生が製作したライトレース型自走式ロボット

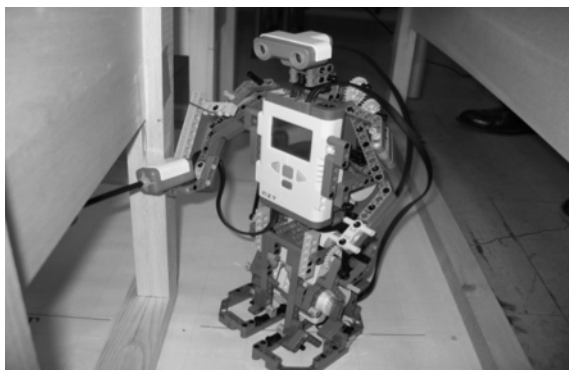


図4 中学生が製作した超音波制御の自走式二足歩行ロボット

### 3. 調査方法

調査方法は、年度によってやや異なるが、質問紙によるアンケート調査と観察表を用いた観察調査、用途テスト等を実施した。

#### 3.1 質問紙による調査

##### 3.1.1 子ども用

質問紙によるアンケート調査については、子ども用として「ロボコンに関するアンケート」(26項目5件法、内容は表4に示す)を用いた。「ロボコンに関するアンケート」については、1日目のロボット教室の開始時(1回目)、1日目の作業終了時(2回目)、2日目の作業終了時(3回目)の計3回実施した。なお、2003年度については、「ロボコンに関するアン

ケート」の基になった30項目からなる調査紙による調査を全講習の事前と事後に実施したが、その内容・結果については紙面の都合で割愛する。

##### 3.1.2 チューター用

チューター用として「対人態度に関するアンケート」(23項目5件法、内容は表5に示す)と、子どもへの接し方を自己評価させる「養育態度に関するアンケート」(19項目5件法、内容は表6に示す)の2種類を用意した。「対人態度」及び「養育態度に関するアンケート」については、事前に行われたロボコンガイダンス終了時に1回目を、ロボコン1日目の終了時2回目を、2日目の終了時に3回目の計3回実施した。年度によっては、2回目を実施しないこともあった。なお、2003、2004年度については、対人態度、養育態度の両アンケートの基になった30項目からなる調査紙による調査を、全講習の事前と事後に実施したが、その内容・結果については紙面の都合で割愛する。

##### 3.1.3 経験の質問紙

ロボット製作・ロボコンに取り組む小中学生の活動には、それまでに獲得した科学技術的な知識や技能が影響すると予想される。また、子どもを支援するチューターの活動や指導にも、知識、経験などの多くの要素が影響すると思われる。そこで、2006年度と2008年度に子どもの活動やチューターの指導法に対する科学技術的な経験の影響について調査することにした。

調査方法は、従来から用いている意識調査と行動

表3 経験の質問内容

1: ロボコンを見たことがありますか?
2: レゴブロックで遊んだことはありますか?
3: モーターで動くプラモデルをつくったことはありますか?
4: 自分たちでつくったもので競争をしたことがありますか?
5: ビデオの録画予約をしたことがありますか?
6: テレビやオーディオの配線をしたことがありますか?
7: ラジコンで遊んだことはありますか?
8: 電球を取り替えたことがありますか?
9: 家でものをつくったことがありますか?
10: 電池の交換をしたことがありますか?
11: ねじの取り外しをしたことがありますか?
12: 音楽をカセット・MDに録音したことがありますか?
13: 包丁を使って家で料理をしたことがありますか?
14: 身のまわりの整理・整頓はしますか?
15: 洗濯をしたことがありますか?

観察（評価基準を用いた評価）と平行して実施し、講習の開始時点で、表3の内容の経験のアンケート調査（3件法）を行った。

### 3.1.4 科学技術の興味・関心の調査

子どものロボット製作・ロボコン活動が科学技術への興味・関心の喚起などに及ぼす影響について検討するために、2007、2008年度の群大ロボコンで、他の調査方法と平行して、「科学技術の興味・関心に関するアンケート」（内容は表7に示す）を講習の前後で実施した。

## 3.2 観察調査

子どもとチューターの活動を観察調査するために、事前に観察評価表（資料）を作成し、それに基づいて観察評価を行った。観察表は、子どもに関する項目として、①集団活動の有無「協調性」、②作業の主体性「主体性・積極性」、③「役割分担」（責任感）、④グループ内における「リーダーシップ」（責任感）、⑤「ロボット製作力」、⑥「プログラミング力」の6項目について5段階評価で観察評価した。チューターについては、「コミュニケーション(会話の頻度)」、「活動の様子」、「適切な指示力」、「子どもの主体性を大切にされた指導」の4項目について5段階評価で観察評価した。なお、各年度の調査目的によって評価項目を増減させた。

観察調査は、1日目の午前10時から15時30分まで、2日目の午前9時から15時までの間、30分につき1回、計19回（12時～13時の昼食・休憩時間は除く）の調査を行った場合と、午前・午後各2回の2日間で8回行った場合など、観察回数、観察時刻は年度により異なる。観察評価者は、それまでに2回以上本ロボコンに携わった技術教育講座の大学院生・4年生である。1人当たりの担当数は3～5グループとした。観察評価者間の評価の違いについては、観察評価者間で事前に協議し、また観察中も適宜協議して観察評価者間の評価の差を無くす平準化を図った。

なお、2004年度についても、観察評価表の基になった基準表を用いて観察調査（3段階）を実施したが、その内容・結果については紙面の都合で割愛す

る。

## 3.3 用途テスト等

ロボット製作・ロボコンの実践的・体験的な活動の中で、目標を達成するために多くの工夫を重ねるので、その結果として、問題解決能力や創造的能力は向上することが、すでに、三枝らの研究<sup>2)</sup>から明らかになっている。さらなる検証の意味で、2003年度と2007年度にこの点を取り上げ確認することにした。

今回の調査方法は、三枝らのテストを用いて、講習開始時に1回目として、用途テスト『ペットボトルの使用法』と問題解決テスト『池に関する問題』を実施した。2回目として、1日目の終了時に、用途テスト『ガムテープの使用法』と問題解決テスト『棒に関する問題』を実施した。さらに3回目として、2日目の講習終了時に、用途テスト『空き缶の使用法』と問題解決テスト『橋に関する問題』を実施した。小学生と中学生ともにテストの内容は同一であり、問題文を実施担当者が範読し、用途テストでは2分間、問題解決テストでは3分間で回答させた。

## 3.4 チューター用理解度テスト

チューターのロボット製作に関する理解度を測定するために、事前に行われたロボコンガイダンス終了時に、ロボット製作・ロボコンに関する技術的な内容の理解度テストを実施した。出題については、過去のロボット創作教室において、子どもたちが多く間違いをしたものや質問が多かったもの、誤解しやすい内容から精選し、プログラムに関する問題と車体の構造・ギヤ比に関する問題の2分野で構成した。配点については、基本的に一つの回答につき1点とし、プログラムに関する出題に10点満点、車体に関する出題に10点満点、計20点満点で採点を行った。なお、各年度の調査目的によって、出題の内容と配点を変えたので、ここでは10点満点に換算して用いた。

## 4. 意識、態度の向上効果

ここでは、ロボット製作・ロボコンにおける活動の様子や意識の経時的な結果を示す。

### 4.1 因子分析結果

「ロボコンに関するアンケート」の中学生の回答結果について、因子分析を行い（この研究での統計処理はすべて統計処理ソフト SASver 9.1.3 を用いた）、固有値や解釈のしやすさから、表 4 のように、「知識・理解」、「コミュニケーション」、「メタ認知・態度」、「興味・関心・意欲」「工夫・創造」の 5 因子を抽出した（表中の  $\alpha$  はクロンバクの  $\alpha$  係数の値、以下同様）。小学生の回答結果の因子分析からは「メタ認知」に關した因子が得られなかったため、中学生の場合を取り上げ、これらの因子を小学生にも適用した。なお、後述するように、小学生にはメタ認知能力が形成される時期と考えられており、この影響で抽出できなかったのかもしれない。

「対人態度に関するアンケート」の全チューターの回答結果について、因子分析を行い、固有値や解釈のしやすさから、表 5 のように、「集団行動意識」、「集団指向意識」、「気遣い」、「ウケ行動」「状況対応意識」、「プライバシー尊重意識」の 6 因子を抽出した。

「養育態度に関するアンケート」の全チューターの回答結果について、因子分析を行い、固有値や解釈のしやすさから、表 6 のように、「受容的係わり」、「統制的係わり」、「責任回避的係わり」の 3 因子を抽出した。

科学技術のアンケートの小、中学生の回答結果について因子分析を行い、固有値や解釈のしやすさから、表 7 のように、「仕組みへの興味・関心」、「技術への興味・関心」、「科学技術を知る意欲」、「理科への興味・関心」、「科学技術的遊びへの興味・関心」の 5 因子を抽出した。

## 4.2 アンケートの回答結果

### 4.2.1 小中学生の意識の推移

2005 年から 2008 年の 4 回の「ロボコンに関する

アンケート」の回答から得られた「知識・理解」、「コミュニケーション」、「メタ認知・態度」、「興味・関心・意欲」「工夫・創造」の回答得点の平均値の推移を図 5（小学生）、図 6（中学生）に示す。

小学生の場合、各因子の回答得点は推移とともに増大する傾向が認められる。特に、「知識理解」に関する回答得点は、ロボコン開始前 3.7 点、1 日目終了時 3.9 点、2 日目終了時 4.0 点で分散分析と多重比較の結果、1 回目から 3 回目にかけて有意な増大が認められた。同様に、「メタ認知」に関する回答得点は、ロボコン開始時 3.9 点、1 日目終了時 4.0 点、2 日目終了時 4.1 点で有意であり、「創意・工夫」に関する回答得点は、ロボコン開始時 4.2 点、1 日目終了時 4.4 点、2 日目終了時 4.5 点で有意である。「興味・関心・意欲」もロボコン開始時 4.4 点、1 日目終了時 4.6 点、2 日目終了時 4.6 点で、「コミュニケーション」とともに有意傾向がある。すなわち、開始時から 1 日目の終了時にかけて、これらの意識の高まりがみられ、さらに、2 日目では、高まった意欲がロボコン終了まで持続することが分かる。

中学生の場合も小学生の場合と同様・同程度に、各因子の回答得点は全体的に、ロボコン開始前から、1 日目終了時に向けて増大し、そこから 2 日目終了時までは変化が少ない傾向を示す。調査対象人数が多くないので、分散分析では有意な差は認められなかった。

以上から、ロボット製作・ロボコンによって、子どもの意識から、興味・関心や意欲が増大し、同時に、知識・理解や問題解決能力、創意工夫する能力が増加したことが認められた。

### 4.2.2 チューターの意識の推移

2005 年から 2008 年の 4 回の回答から得られた全チューターの対人意識の回答結果を図 7-1、図 7-2 に、各因子の調査時ごとの平均値で示す。「集団行動意識」、「集団指向意識」、「気遣い」、「ウケ行動」、「状況対応意識」、「プライバシー尊重意識」の 6 因子共に、若干の増加傾向がみられる。各因子について調査時の間の分散分析と多重比較を行い、「集団行動意識」、「プライバシー尊重意識」の 2 因子で有意に向上することが得られた。すなわち、学生も 2 日間の

表4 ロボコンに関するアンケートの回答の因子分析結果（中学生）

因子・質問項目	因子負荷量					共通性	α
	因子I	因子II	因子III	因子IV	因子V		
因子I：知識・理解 V11：自分で作った「もの」の仕組みを人に説明できる。 V13：自分から進んでものごとに取り組みます。 V19：学んだことを人に教えることができる。 V20：自分の力で問題を解決できた。 V23：問題を解決する方法を人に説明できる。 V17：問題が生じたとき、その原因を考えることができる。 V16：ものごとに対し、たくさんの考えがうかんでくる。	0.8 0.68 0.67 0.67 0.65 0.53 0.48	0.11 0.37 0.23 0.21 0.3 0.25 0.35	0.2 0.2 0.22 0.23 0.34 0.33 0.23	0.22 0.18 0.06 0.26 0.05 0.15 0.25	0.04 0.17 0.15 0.19 0.19 0.39 0.43	0.66 0.71 0.59 0.65 0.62 0.64 0.66	0.9
因子II：コミュニケーション V9：友達と協力して何かをすることができる。 V6：チューターや友達のアドバイスを素直に聞ける。 V12：よく人をたよったり、人にたよられたりする。 V26：相手の気持ちを考えて行動できる。	0.23 0.15 0.44 0.26	0.72 0.72 0.69 0.68	0.3 0.27 0.02 0.3	0.22 0.16 -0.01 0.04	0.04 0.05 0.16 0.24	0.72 0.64 0.71 0.68	0.84
因子III：メタ認知・態度 V24：やりはじめたことは最後までやれます。 V21：計画を立てていろいろなことに取り組める。 V14：自分の目標を決めてものごとに取り組める。 V22：失敗したことを次に生かすことができる。 V15：作りたいものを図に表すことができる。	0.2 0.27 0.35 0.16 0.47	0.11 0.21 0.31 0.44 0.09	0.78 0.72 0.63 0.6 0.5	0.2 0.06 0.15 0.15 -0.06	0.12 0.17 0.09 0.08 0.39	0.73 0.68 0.66 0.62 0.65	0.85
因子IV：興味・関心・意欲 V2：ロボットについてより深く学びたい。 V8：ロボットづくりが好きだ。 V4：ものづくりに興味がある。 V3：失敗を恐れずにできるまで何度も挑戦する。	-0.03 0.19 0.35 0.29	0.15 0.04 0.08 0.39	0.1 0.16 0.02 0.25	0.86 0.84 0.7 0.5	0.1 0.02 0.25 0.29	0.79 0.77 0.69 0.64	0.83
因子V：工夫・創造 V25：人と違ったものをつくりたいと思う。 V18：自分なりに工夫することが好き。 V5：自分なりの方法で学習することが好き。 V1：わからないことも何とか解決法を見つけようとする。	0.06 0.38 0.11 0.29	-0.06 0.17 0.44 0.35	0.18 0.14 0.02 0.11	0.07 0.2 0.1 0.25	0.8 0.6 0.6 0.48	0.68 0.61 0.58 0.52	0.73
因子寄与率 (%)		44.5	7.6	5.6	5	4.5	

表5 対人態度アンケートの回答の因子分析結果（チューター）

因子・質問項目	因子負荷量						共通性	α
	因子I	因子II	因子III	因子IV	因子V	因子VI		
因子I：集団行動意識 V6：他人にやってもらいたいことを、うまく指示することができる。 V5：まわりの人たちがトラブルが起きても、それを上手に処理できる。 V20：知らない人とでも、すぐに会話が始められる。 V12：仕事をするとき、何をどうやったらよいか決められる。 V14：他人が話しているところに、気軽に参加できる。 V19：初対面の人に、自己紹介が上手にできる。 V17：他人を助けることを、上手にやれる。 V7：自分の感情や気持ちを、素直に表現できる。 V16：相手から非難されたときにもそれをうまく片付けることができる。	0.79 0.7 0.66 0.64 0.64 0.64 0.6 0.59 0.57	0 0 0.4 0.03 0.52 0.4 0.11 0.4 0.08	0.05 0.15 0.21 0.16 0.15 0.12 0.26 0.2 0.14	0.18 0.15 0.13 -0.1 0.12 0.07 0.42 0.2 0.12	0.01 0.25 0.14 0.11 0.13 0.03 0.07 0.07 0.41	0.16 0.13 -0.1 0.27 0.02 -0.09 0.13 0.02 0.24	0.7 0.63 0.69 0.54 0.75 0.63 0.65 0.56 0.61	0.89
因子II：集団指向意識 V15：みんなで一緒にいることが多い。 V22：一人の友達と特別親しくするよりはグループで仲良くする。 V10：友達に心を打ち明ける。	0.11 0.01 0.3	0.84 0.69 0.63	0.11 0.14 0.11	0.18 0.28 0.08	0.04 0.07 0.16	0.08 0.27 -0.13	0.77 0.66 0.57	0.75
因子III：気遣い V4：相手の考えていることに気をつかう。 V1：お互いを傷つけないよう気をつかう。 V3：自分を犠牲にしても相手につくす。 V9：楽しい雰囲気になるように気をつかう。	0.34 0.01 0.16 0.3	0.02 0.09 0.17 0.36	0.79 0.72 0.64 0.43	-0.04 0.12 0.22 0.37	0.09 0.17 0 0.01	0.07 0.06 0.04 0.06	0.76 0.58 0.53 0.5	0.73
因子IV：ウケ行動 V2：冗談を言って相手を笑わせる。 V18：周りの人がウケるようなことをする。	0.15 0.23	0.21 0.28	0.17 0.1	0.8 0.73	0.06 0.12	-0.05 -0.11	0.75 0.71	0.78
因子V：状況対応意識 V23：周りの人たちが自分とは違った考えをもっていてうまくやれる。 V13：何か失敗したときに、すぐに謝ることができる。 V21：友達と真剣な議論をすることができる。	0.11 0.15 0.41	0.01 0.22 0.17	-0.05 0.37 0.17	0.27 -0.13 0.01	0.75 0.65 0.47	0.16 -0.08 -0.01	0.69 0.67 0.45	0.53
因子VI：プライバシー・尊重意識：ふれあい回避 V8：相手の言うことに口をはさまない。 V11：お互いのプライバシーには入らない。	0.12 0.17	0.15 -0.08	0.27 -0.07	0.03 -0.01	0 0.09	0.72 0.7	0.64 0.55	0.42
因子寄与率 (%)		34.8	8.3	6.4	5.1	4.7	4.5	

表6 養育態度アンケートの回答の因子分析結果(チューター)

因子・質問項目	因子負荷量			共通性	$\alpha$	
	因子 I	因子 II	因子 III			
因子 I : 受容的係わり V18 : 子どもと一緒に、活動するのが楽しい。 V16 : 子どもが喜びそうなことを、いつも考えている。 V4 : 子どものことに、十分気を配っている。 V8 : 子どもによく話しかける。 V19 : 子どもが、不安そうなきときには安心させる。 V5 : 自分のことより、子どものことを考える。 V6 : 子どもの考えていることを理解しようとしている。	0.76 0.73 0.72 0.69 0.66 0.66 0.66	-0.07 0 -0.03 0.06 0.02 -0.04 -0.15	0 0.22 0 -0.08 -0.19 0.01 -0.11	0.58 0.58 0.53 0.49 0.48 0.44 0.47	0.83	
因子 II : 統制的係わり V12 : 子どもに自分の指示通りに従わせる。 V2 : 子どもには、できるだけ私の考え通りにさせる。 V11 : 子どもが言いつけ通りにするまで、子どもを責めたてる。 V7 : 子どもに、自分で物事を決めさせることはあまりない。 V10 : 子どもに、どのようにしたらよいか、細かく説明する。 V1 : 子どもがすべきことを、きちんとするまで指示する。 V17 : 子どもに対して、決まりごとをつくり、言い聞かせるようにする。	-0.17 -0.09 -0.1 -0.23 0.36 0.38 0.24	0.77 0.71 0.66 0.57 0.53 0.48 0.31	0.05 0.07 0.24 0.25 -0.02 -0.36 0.09	0.62 0.52 0.51 0.44 0.41 0.51 0.16	0.69	
因子 III : 責任回避的係わり V14 : 子どものために作った決まりをよくかえる。 V13 : 子どもの言いなりになってしまう。 V9 : 子どもが悪いことをしても、あまりとがめだてしない。 V3 : 言いつけに対し子どもが不平を言うと、言いつけを取りやめることがある。 V15 : そのときの気分子どもに決まりを押し付けたり、ゆるめたりする。	-0.05 -0.1 0.05 0.11 -0.16	0.2 0.01 -0.02 0.26 0.39	0.74 0.7 0.64 0.53 0.5	0.59 0.5 0.41 0.37 0.43	0.68	
因子寄与率 (%)			21.9	16.6	9.4	

表7 科学技術アンケートの回答の因子分析結果

因子・質問項目	因子負荷量					共通性	$\alpha$	
	因子 I	因子 II	因子 III	因子 IV	因子 V			
因子 I : 仕組みへの興味・関心 V3 : テレビがどのように映るか知りたいですか？ V2 : 自動車の仕組みを知りたいですか？ V4 : 風力発電の仕組みを知りたいですか？ V17 : 科学技術の話の家の人から聞きたいですか？	0.85 0.81 0.75 0.51	0.02 0.27 0.06 -0.04	0.07 0.09 0.16 0.24	0.06 -0.01 0.2 0.44	0.11 -0.03 0.17 0.03	0.75 0.75 0.68 0.52	0.79	
因子 II : 科学への興味・関心 V14 : ロボコンに参加したいですか？ V6 : 色々な実験をすることが楽しいですか？ V1 : ロボットの仕組みを知りたいですか？ V8 : 木や金属で何かを作ってみたいですか？	0.08 0.03 0.54 0.08	0.7 0.64 0.58 0.52	-0.09 0.28 0.21 0.13	0.2 0.26 -0.04 0.07	-0.06 0.09 -0.05 0.28	0.55 0.58 0.69 0.38	0.64	
因子 III : 科学技術を知る意欲 V5 : 取扱説明書(マニュアル)を見ながら作業しますか？ V12 : 総合学習の内容をインターネットで調べたいですか？ V13 : 科学館や博物館へ行くときは楽しみですか？ V11 : 科学技術に関する本を買いたいですか？	0.09 0.23 0.1 0.38	0.11 0.38 -0.11 0.14	0.72 0.64 0.62 0.51	-0.08 0.08 0.41 0.25	0.28 -0.06 -0.18 0.17	0.63 0.63 0.62 0.53	0.67	
因子 IV : 理科への興味・関心 V7 : 理科の授業は楽しいですか？ V9 : 理科の実験をしたら理科に興味を持ちましたか？	0.04 0.15	0.21 0.28	0.1 0.03	0.8 0.7	0.09 0.05	0.71 0.6	0.69	
因子 V : 科学技術的遊びへの興味・関心 V15 : ドラえもんなどの道具にあこがれますか？ V10 : TVゲームをすることは好きですか？	0.17 -0.005	-0.06 0.15	0.15 -0.03	0.06 0.04	0.71 0.71	0.57 0.53	0.31	
因子寄与率 (%)			29.8	9.5	7.6	7.5	6.5	

チューター役をすることから、対人意識が向上することが認められる。

2005年から2008年の4回の回答から得られた全チューターの養育意識の回答結果を図8に、各因子の調査時ごとの平均値で示す。「受容的係わり」に増大する有意傾向がみられたものの、「統制的係わり」

は有意ではないが減少傾向が、「責任回避的係わり」では変化しない傾向がみられた。すなわち、2日間のチューター役をすることから、子どもに自分の意見を押しつけないで、子どもの意見や行動を受け入れようとした傾向が認められる。



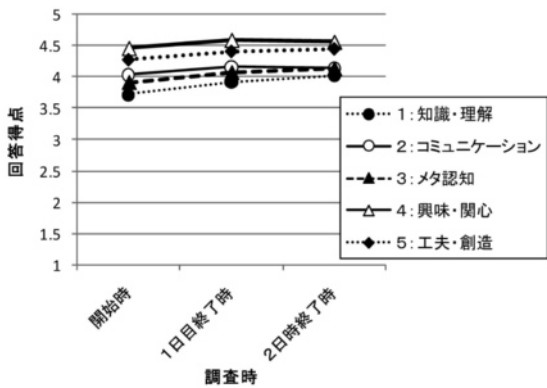


図5 ロボコンに関するアンケートの回答結果の推移 (小学生)

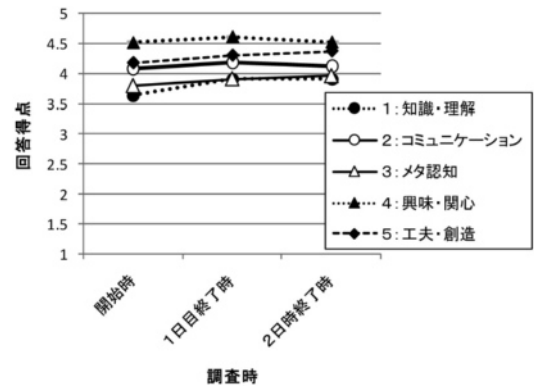


図6 ロボコンに関するアンケートの回答結果 (中学生)

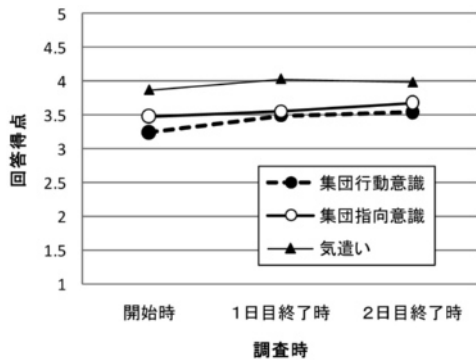


図7-1 チューターの対人意識の推移

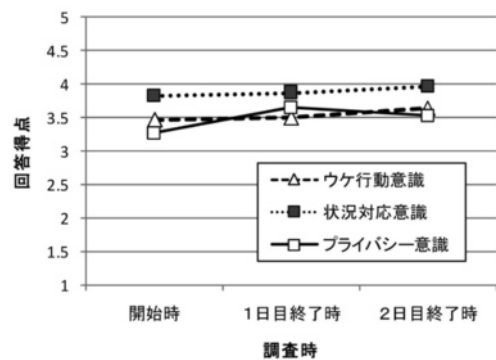


図7-2 チューターの対人意識の推移

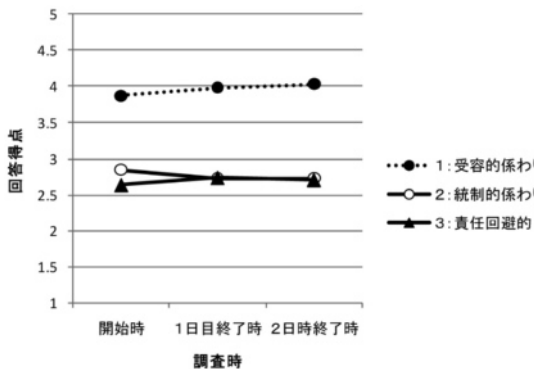


図8 チューターの養育意識の推移

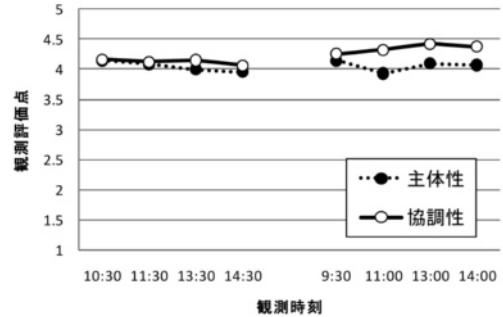


図9 小学生の主体性・協調性の観察評価点の推移

### 4.3 観察調査結果

#### 4.3.1 小学生の活動の様子

2005年から2008年までの4回の結果をまとめた。小学生の活動を、「協調性」、「役割分担」、「主体性」、「リーダーシップ」、「ロボット製作力」、「プロ

グラミング力」の観点で観察評価した。参加者の観察評価点の平均値の経時変化を図9から図12に示す。なお、これらの図では1日目と2日目の間を線で結ばない表現をしている(以下、同様)。

「協調性」については、時間の経過とともに向上する傾向がみられる。「主体性(積極性)」は変化の無

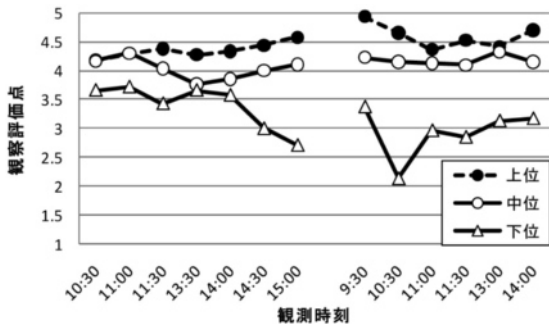


図10 小学生の主体性観察評価点（階層別）の推移

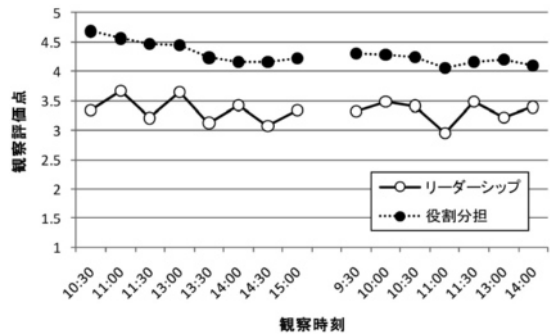


図11 小学生のリーダーシップと役割分担の観察評価点の推移

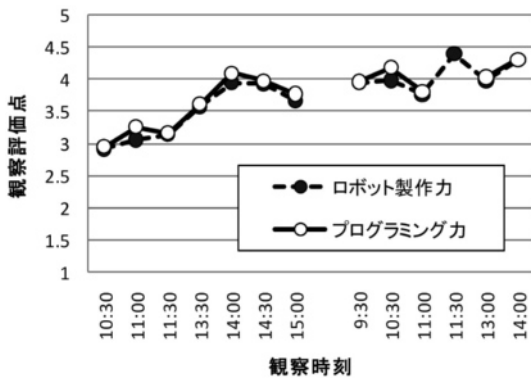


図12 小学生の製作力・プログラミング力の観察評価点の推移

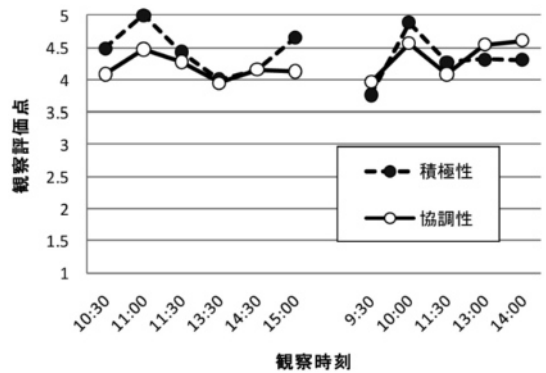


図13 中学生の主体性・協調性の観察評価点の推移

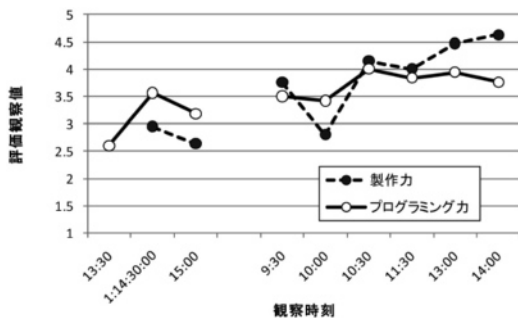


図14 中学生の製作力・プログラミング力の観察評価点の推移

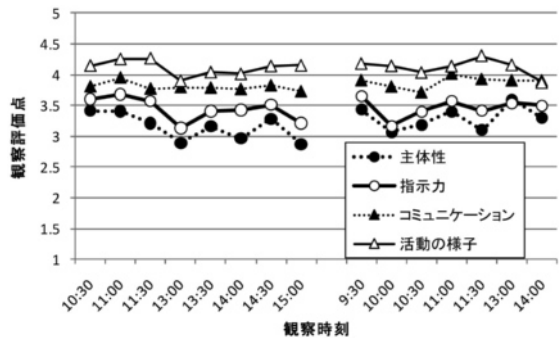


図15 チューターの主体性を大切にした指導、適切な指示力などの観察評価点の推移

い傾向であるが、図 10 のように、総点の平均値の上位 1/3 の群は経過とともに向上し、下位 1/3 の群は 1 日目で下降し、2 日目のロボコンに向けて、他の群と同様に向上する傾向を示して、全ての調査対象者の平均値からは見えない傾向が読み取れる。中学校

ですべての生徒が学習するロボット学習の授業でも同様な傾向がみられ、意欲が改善しないこともある<sup>5)</sup>。したがって、希望者が集う今回の講習でも意欲の低下傾向がみられるので、支援・指導の改善が求められる。「協調性」についても、上位、下位の観察

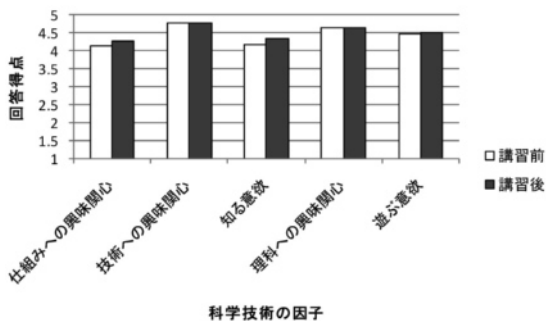


図16 科学技術に関するアンケートへの回答結果 (小学生)

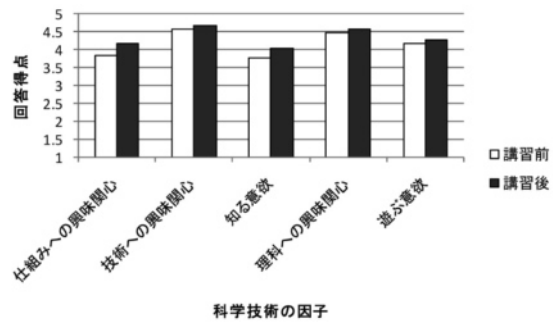


図17 科学技術への興味・関心の回答結果 (中学生)

評価点には時間経過に伴って同じような変化がみられた。

「リーダーシップ」、「役割分担」については、1日目から2日目に掛けて徐々に低下する傾向がみられ、ロボコンに向けて他のグループより優秀なロボットを創ろうとする活動に付いて行けない子どももいるので、このようなことが観察評価点の低下傾向に影響しているのかもしれない。

「ロボット製作力」、「プログラミング力」の観察値の時間経過を図12に示すように、時間経過とともに有意に上昇する。

#### 4.3.2 中学生の活動の様子

図13のように、中学生の「協調性」はやや上昇する傾向を示し、反対に、積極性はやや低下する傾向がみられた。「ロボット製作力」、「プログラミング力」の観察値の時間経過を図14のように、時間経過とともに有意に上昇する。

#### 4.3.3 チューターの活動の様子

ここでも、中学生を支援したチューターの数は多くないので、小学生を支援したチューターの結果を併せて検討する。

「子どもの主体性を大切にされた指導」、「適切な指示力」の全体的な傾向としては、図15のように、両因子ともに、同じような変化を示し、推移に伴う大きな変化はない。1日目の講習が終わる昼休みに掛けてやや低下し、その後、徐々に向上する傾向がみられる。「コミュニケーション」については、1日目より2日目が高く、子どもとのコミュニケーション

(会話の頻度)が向上したと思われる。「活動の様子」については、全体的に比較的高い評価点で、常に子どもと活動していたことが認められる。しかし、ロボコンに向かって低下の傾向がみられるが、これは、子どもが特に活発になり、チューターがその後追い状況になりやすいことに因るとと思われる。

#### 4.4 科学技術への興味・関心のアンケートの回答結果

科学技術への興味・関心に関する意識の変容を因子項目ごとに図16(小学生)、図17(中学生)に示す。両場合とも講習の前後でほぼすべての項目が上昇している。特に中学生の仕組みへの興味では有意に、科学技術を知る意欲では、小中学生ともに有意傾向の上昇している。したがって、ロボット製作・ロボコン活動は科学技術への興味・関心につながると考えられる。なお、中学生は小学生に比べて向上が明らかであるが、二足歩行ロボットを用いたロボット製作・ロボコン講座は中学生の科学技術に関する意識の向上に効果があったのかもしれない。

科学技術への興味・関心のアンケートの回答結果とロボコンに関するアンケートの結果との関連についてみてみたい。小学生の科学技術への興味・関心のアンケートの因子項目ごとの回答結果とロボコンに関するアンケートの因子項目ごとの回答結果との関連をみると、両アンケートともに意識を問う内容なので、「遊びへの興味・関心」を除いたすべての因子項目間で有意な正の相関関係がある。一例として、

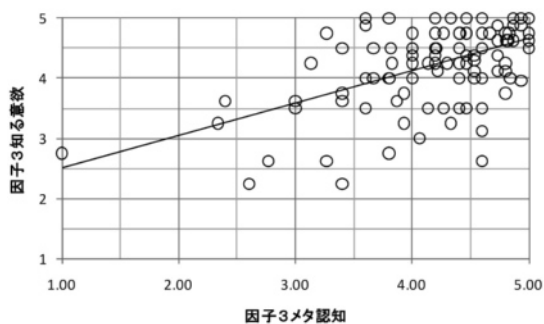


図18 科学技術アンケート「知る意欲」とロボコンアンケート「メタ認知」との関係

ロボコンに関するアンケートの「メタ認知」の回答得点と、科学技術アンケートの「科学技術を知る意欲」回答得点との関係を図18に示す。

中学生の科学技術への興味・関心のアンケートの因子項目ごとの回答結果とロボコンに関するアンケートの因子項目ごとの回答結果との関連をみると、調査対象の人数が少ないので明確ではないが、小学生の場合と異なり、技術への興味・関心と理科への興味・関心の2因子のみに関するアンケートがロボコンに関するアンケートの因子と有意に相関の関係にある。

小学生での科学技術への興味・関心のアンケートの回答結果と観察結果との関連をみると、ほとんどで関係が認められないが、技術への興味・関心と観察の製作力との間に有意な関係が認められた(図19)。中学生での科学技術への興味・関心のアンケートの回答結果と観察結果との関連をみると、ほとんどで有意な関係が認められなかった。

## 5. 能力向上の教育的効果

### 5.1 問題解決能力の向上効果

2005年度の小学生の用途テストと問題解決テストでの流暢性の得点(回答数)を図20に示す。開始時の平均得点は4.3点、1日目終了時では4.7点、2日目終了時では6.1点となって、開始時から終了時にかけて有意に上昇した。

問題解決テストでは、開始時の平均得点は5.4点、1日目終了時では5.8点、2日目の終了時では5.8点

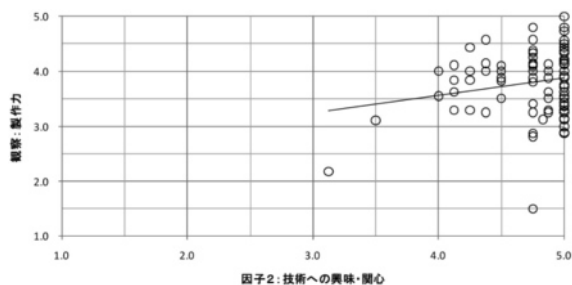


図19 科学技術アンケート「技術への興味関心」と観察評価点「製作力」との関係

となっており、開始時から終了時にかけて上昇する傾向がみられる。

中学生の用途テストと問題解決テストの結果を図21に示す。開始時の平均得点は4.2点、1日目終了時では4.7点、2日目の終了時では6.2点となっており、開始時から終了時にかけて上昇した。問題解決テストでも、開始時の平均得点は4.2点、1日目の終了時では5.6点、2日目の終了時では6.9点となって明らかに上昇した。

2008年度の小学生の部での用途テストの流暢性(回答の個数)を図22に示す。流暢性は有意に向上した。

以上により、ロボット製作・ロボコン講座で、ロボットが思うように動かなかったり、より性能の良いものにしたりするために、ロボットを改造したり、プログラムを改良したりして、自分達で工夫して考える実践的・体験的な問題解決活動を通して、答が思いつきやすくなり、すなわち、発想が滑らかになっていることが分かる。したがって、ロボット製作・ロボコン活動には、問題解決をする上での発想能力を向上させる効果があると考えられる

### 5.2 コミュニケーション力の向上効果

#### 5.2.1 小学校総合的な学習の時間での結果

小学校の総合的な学習の時間で、チューターによるグループ内の話し合いの促進や、コミュニケーションボードを用いて、グループ間の情報交換をさせる、ロボット製作・ロボコンの取り組みをさせた場合(2005, 小学5年生78名をライトレース系、

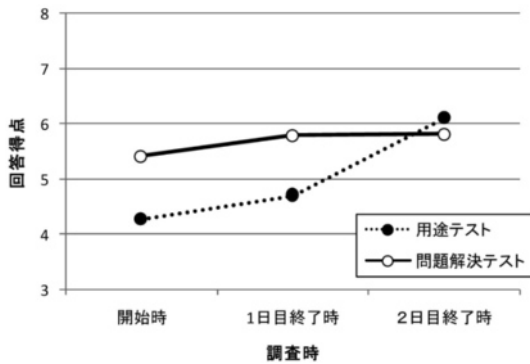


図20 用途テスト等の結果 (2005年度小学生の部)

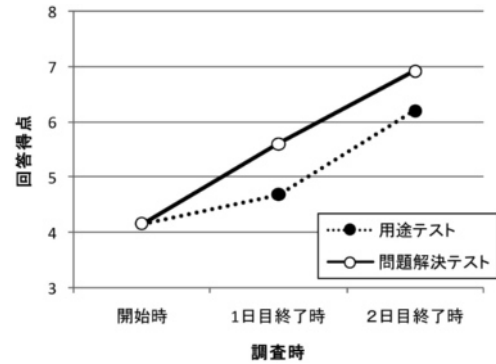


図21 用途テスト等の結果 (2005年度中学生の部)

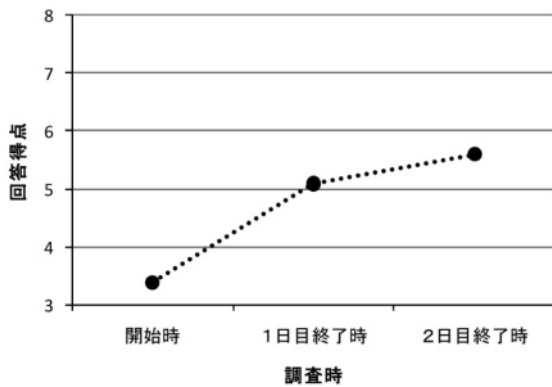


図22 用途テストの結果 (2008年度小学生の部)

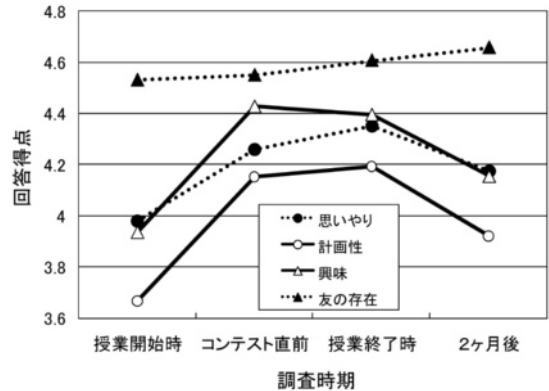


図23 自己評価の推移 (小学校の総合的な学習の時間におけるロボット製作・ロボコン)<sup>3)</sup>

タッチセンサー系、お絵描き系の3コースに分けて、計17時間の授業を行った)には、図23の自己評価アンケートの回答結果が示すように、ロボット製作の経過に伴って、小学生の意識の上ではコミュニケーションは向上する傾向が認められた<sup>3)</sup>。

### 5.2.2 群大ロボコンの場合

前述のように、グループごとにチューターの支援がある群大ロボコンでも、図5(小学生)、図6(中学生)の「コミュニケーション」の意識に増加傾向がみられる。コミュニケーションと関連の強い「協調性」も図9のように向上している。

子どもを支援するチューターの「コミュニケーション」の観察評価点は、図15のように、1日目よりも、2日目の点がやや高く、ロボコンに向けた活動で、子どもとチューター間のコミュニケーションがよく取られるようになった傾向がみられる。した

がって、群大ロボコンでもコミュニケーションの向上効果は認められる。

さらに、次の6.4と関連することであるが、子ども(グループ)とチューターとの関係で結果を整理し、図9の「協調性」の結果をチューターの指導の観察評価結果を基にして、3段階にランク付けし、そのランク別に観察結果を比較した。

図24のように、上位、中位、下位の観察評価点に差は少ないが、上位のチューターが支援したグループは協調性が経過と伴に向上するが、中位、下位グループでは、1日目と2日目の最後に低下する傾向が見られる。人との係わりを示す協調性にチューターの指導が関連していること予想される。

以上のように、ロボット製作・ロボコンでは、チューターの子どもの関わり方が、子ども同士や子どもとチューターとのコミュニケーションに影響

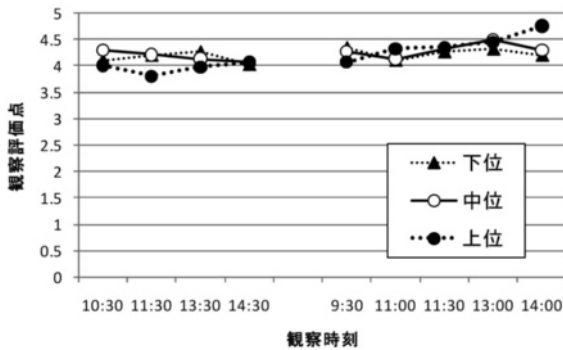


図24 コミュニケーションの観察評価点（階層別）の推移

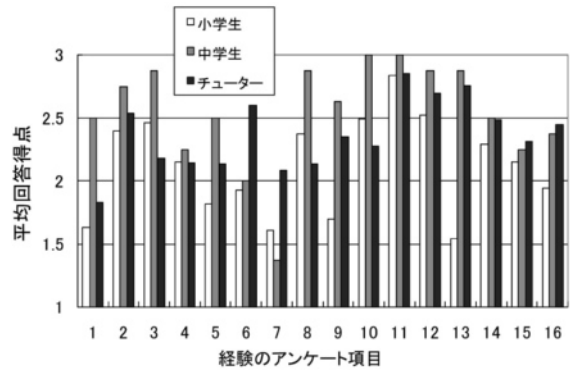


図25 参加者の経験の状況

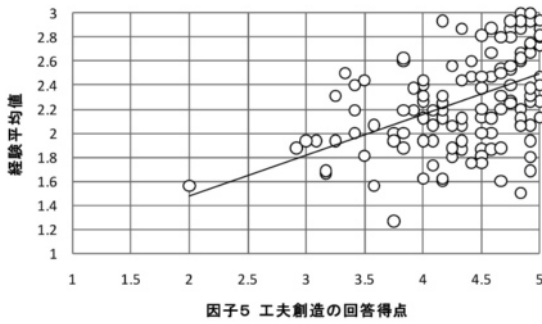


図26 経験と工夫創造の自己評価点との関係

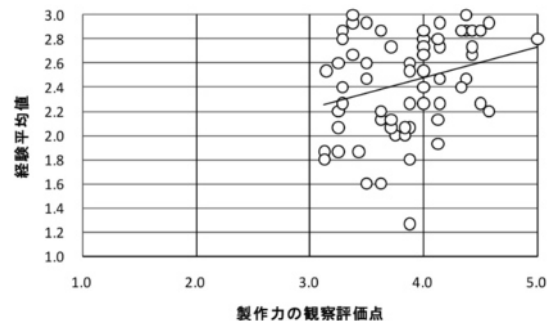


図27 経験と技能（観察評価点）との関係

を与え、係わり方が良い場合にはコミュニケーションが向上することが分かった。効果的なロボット製作・ロボコン活動にするためには、支援の内容・方法を考慮する必要がある。

### 5.3 ロボット製作力、プログラミング力の向上

すでに、小学生の場合、4.2.1と図12、中学生の場合、4.2.1と図14で示したように、ロボット製作の取り組みによって、ロボット製作力、プログラミング力の向上の向上は明確に認められる。

## 6. 効果に影響する諸因子

### 6.1 ロボット製作・ロボコン活動に及ぼす科学技術的な経験の影響

#### 6.1.1 経験の程度

群大ロボコン2006、2008年度で調査した、小学生、中学生、チューター（大学生）の経験の自己評価点

を図25に示す。「11：ねじの取り外しをしたことがある」のように、ほぼ全員がよく経験するとの回答があるが、反対に、「7：ラジコンで遊んだことがある」の経験は比較的少ない。また、全体的には、小学生、中学生、大学生の違いは余りないが、「1：ロボコンを見たことがある」は中学生で経験が多く、「9：家でものをつくったことがある」や「13：包丁を使って料理をしたことがある」では、小学生の経験が少ない。

#### 6.1.2 小・中学生の活動に及ぼす経験の影響

小学生の場合、経験の回答得点の平均値と「ロボコンに関するアンケート」の5因子の回答得点、「科学技術のアンケート」の5因子の回答得点との相関関係をみると、図26の一例のように、科学技術アンケートの「科学技術的遊びへの興味・関心」因子を除くすべての因子と正の有意な相関関係が認められた。すなわち、経験が多い小学生はロボット製作や科学技術への意識が高いことが認められる。

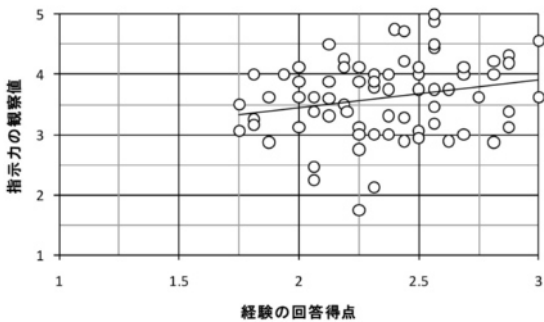


図28 チューターの経験と「適切な指示力」との関係

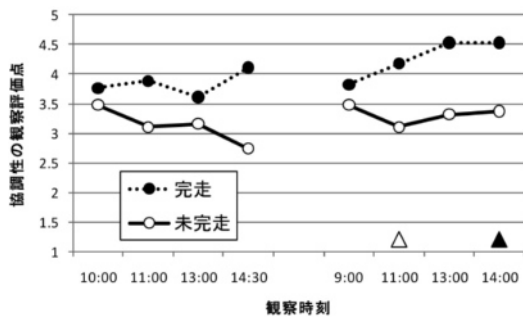


図29 完走、未完走の違いによる「協調性」の観察評価点の傾向  
△：ロボコン1回目、▲：ロボコン2回目

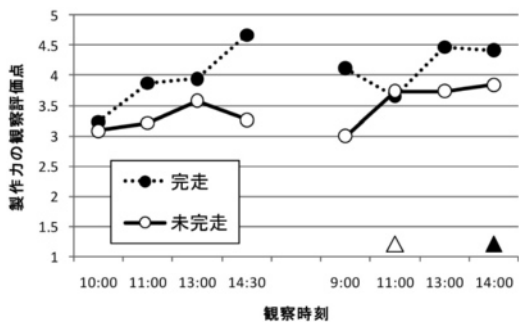


図30 完走、未完走の違いによる「製作力の観察評価点」の傾向  
△：ロボコン1回目、▲：ロボコン2回目

活動の観察値の「協調性」、「役割分担」、「主体性」、「リーダーシップ」とは、いずれとも有意な傾向は認められなかったが、ロボットの製作力、プログラミング力とは有意な正の相関関係が認められ、経験を積んでいる小学生は実践的な力があると言える(図27)。しかしながら、中学生については、調査対象者が少ないこともあって、小学生のような明確な

関係は得られなかった。

### 6.1.3 チューターに及ぼす経験の影響

チューターに関しては、経験の得点と対人アンケートの因子1「集団行動意識」、因子5「集団での対処意識」、養育態度アンケートの因子1「受容的係わり」と有意な関係がみられ、経験の多いチューターは基本的な対人意識や養育意識が形成されていると考えることができる。経験と、観察結果の「子どもの主体性を活かした指導」や「適切な指示力」との相関関係を見ると、図28のように正の有意傾向がみられ、多くの経験は指導を向上させることが伺える。

## 6.2 ロボコンの成績が活動に及ぼす影響

ロボコンでの成績がその後の子どもの活動に影響を及ぼすとの報告例<sup>9)</sup>もあるが、あまり研究されていない。そこで、ロボコンの成績とロボコン後の子どもの意識や活動の変化と、ロボットとの関係などについて検討した。

2008年のロボット創作教室では、成績の影響を検討するために、1回目のロボコンの開始時間を2日目の10時に早め、競技盤には平坦でヘアピンカーブの無いものを用い、2回目は例年通り14時30分に実施し、坂路とヘアピンのあるコース(図2)を用いた。

小学生の参加者は29チーム70名であったが、1回目のロボコンの結果で上位7チーム17名を「完走」、完走できなかった8チーム19名を「未完走」グループ化して検討した。

### 6.2.1 成績と意識、活動

ロボコンでの成績が子どもの意識に及ぼす影響をみると、完走、未完走での因子得点に明確な差はなく、1回目のロボコン前後でも因子によっては若干の増減はあるが、有意な傾向も認められない。今回の結果からは、ロボコンの成績は意識に影響しなかったと考えられる。

ロボコンでの成績が子どもの活動(観察値)に及ぼす影響をみると、図29、図30のように、子どもの協調性、リーダーシップ性、積極性、ロボットを作る能力で、完走チームの観察評価値は上昇し、未完走のチームは上昇傾向がみられなかった。また、完

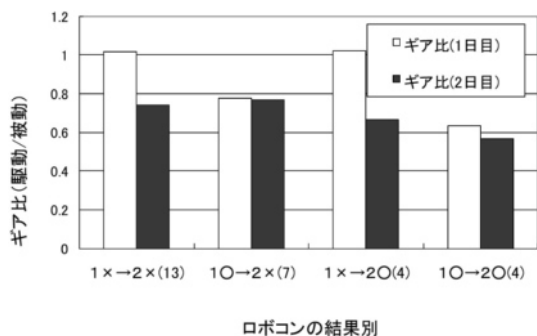


図31 ロボコン結果別の1日目と2日目のギア比  
1：ロボコン1回目、2：ロボコン2回目  
○：完走、×：未完走

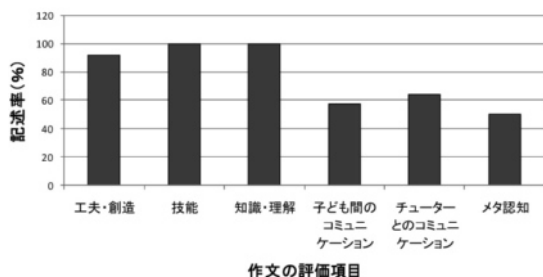


図33 群大ロボコンに参加した小学生の感想文の評価項目別の記述率

走チームの観測評価値は未完走のそれに比べて高く、講習開始時から差が現れている。

### 6.2.2 ロボコンでの成績とギア比

子どもはロボットの速度を増そうとして、駆動軸から被動軸へのギア比を大きくする傾向がある。今回の競技盤(図2)では、ギア比を大きくすると、坂路の登りや下った直後のカーブに対応できないので完走できない。完走にはギア比の最適値がある。

2回のロボコンの成績と駆動軸から被動軸へのギア比との関係を図31に示す。ここでは、1回目と2回目のロボコンの完走できたかどうかで4通りのグループに分けている。2回目のロボコンで完走できたチームのギア比は最適値の0.6前後を示している。未完走のチームのギア比は最適値より大きくなっている。どのグループのギア比も1回目のロボコンから2回目のロボコンに掛けて改善がみられるが、特に、1回目のロボコンで完走できなかったチー

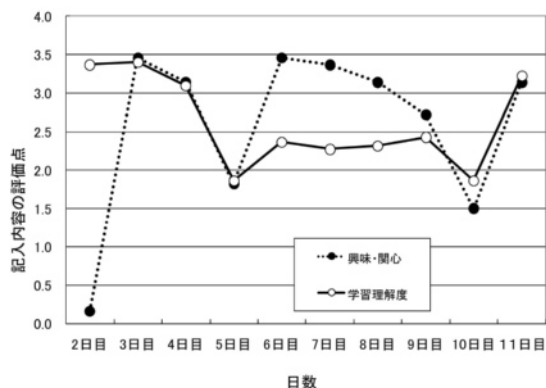


図32 学習プリント記入内容の変容(小学校総合的な学習の時間でのロボット製作・ロボコンの「お絵かきコース」の結果)<sup>3)</sup>

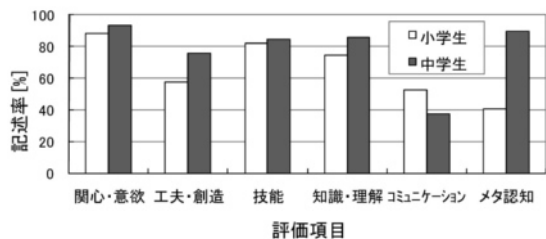


図34 小学生と中学生の実践的・体験的な学習での作文内容の記述率<sup>3)</sup>

ムは傾向は明らかである。1回目から2回目にかけて、チーム間の情報交換や、後述するチューターの支援があったと思われる。チューターとの関連については後述する。

### 6.3 ロボット製作・ロボコンにおける小学生と中学生の意識、活動等の相違

小学生と中学生との違いを明確にしないままに、中学生の講習内容やロボコンの内容を小学生より、やや高度にして実施してきた。小学生と中学生それぞれの特徴を生かして、ロボット製作・ロボコンの内容や支援の方法・内容を設定すべきであったが、その特徴を明確にする資料の蓄積もほとんどない状況では仕方のないことではあった。この研究の取り組みの一部の目的はこの状況を改善することにもあった。

この目的に沿って、これまでに述べてきた結果等



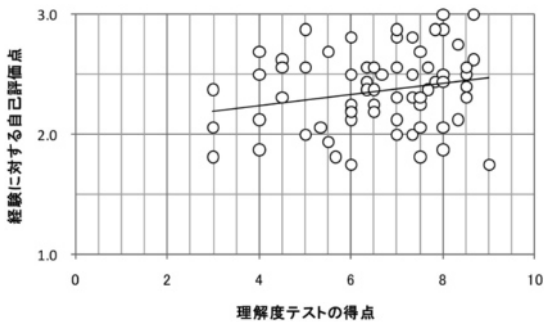


図35 チューターの理解度と経験との関係

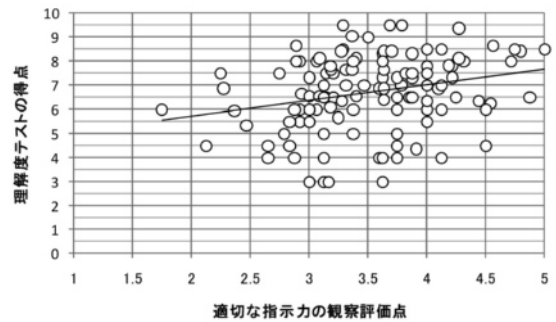


図36 理解度テストの得点と適切な指示力の観察評価点

では、経験の自己評価値が中学生で2.4、小学生で2.3、用途テストの成績も中学生がやや良好で経験・知識の量に差はあると思われるが、意識調査の結果や観察結果、用途テストの結果等には、明確な違いをみつけるまでには至らなかった。

作文や学習プリントの記述を評価<sup>3,7,8)</sup>しても、図32のように、ロボット製作の学習の中で意識や気持ちを表現することができる。群大ロボコンの開催に連携協力する小学校の児童の終了後の作文を評価基準に従って評価し、その各評価項目について記述の有無の比率を示す記述率を図33に示す。この結果は、小学校の総合的な学習の時間で開催した場合やものづくり学習での作文の評価結果(図34)と同様な結果を示している。中学生とはメタ認知能力の面で明らかに低く、メタ認知は小学生から中学生に掛けて発達することが分かる。

ロボット製作では、子ども達は、現状を認識して次ぎへの方策を考えるメタ認知能力をまさに発揮しているが、ロボット製作の講習の計画時には、メタ認知能力をさらに伸ばすことや、この能力の違いを考慮した運営等を今後検討すべきであろう。

## 6.4 ロボット製作・ロボコン活動に及ぼすチューター等の支援・指導の影響

### 6.4.1 アンケートと観察結果

これまでにロボット製作・ロボコンが、子どもたちの問題解決能力や発想力を向上させ、その指導内容・方法を工夫すれば、児童・生徒のコミュニケー

ションを向上させる効果があることが確認されてきた。

ここでは、子どものロボット製作活動を支援するチューターの役割に目を向け、そのロボット製作に関する理解度や子どもへの接し方が児童・生徒へ及ぼす影響について、2005年度と2006年度の小学生の結果を主に取り上げ検討した。

チューターの対人態度及び養育態度アンケートの因子得点とチューターの支援の様子の観察結果との相関関係を求めたところ、対人態度アンケートの因子5「状況対応意識」と「適切な指示力」とに有意な関係がみられた他は有意な関係が認められなかった。すなわち、観察結果と自己評価とは関係が薄く、チューターの自己評価と他者評価とが異なっていることが分かった。この両者の結果が一致しない結果は従来からの多くの研究結果と同様であり、人を測る難しさと、自己評価と他者評価とは一致しないことを再確認した。

### 6.4.2 理解度テスト結果とチューターの指導

経験に対する自己評価点(アンケートの合計点)と理解度テストの得点との関係を図35に示すように、両者には有意な正の相関関係が認められる。経験の豊富なチューターほど、1日のガイダンスを終えてのロボット製作に関する理解度が高い傾向がみられた。

理解度テストと指導法(適切な指示力)との関係を図36に示すように、チューター理解度テストの成績と「適切な指示力」「子どもの主体性を大切にした

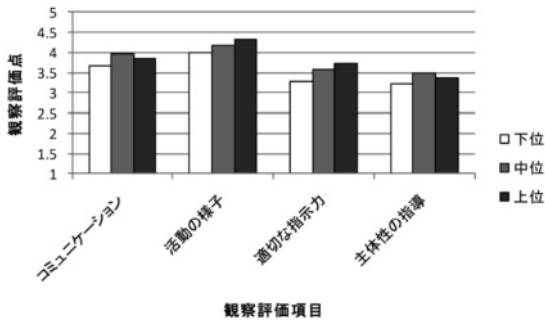


図37 チューターの理解度別に見る支援の様子

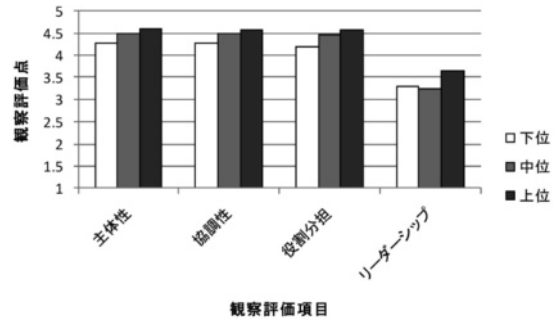


図38 主体的の指導のランク別にみた子どもの活動の様子

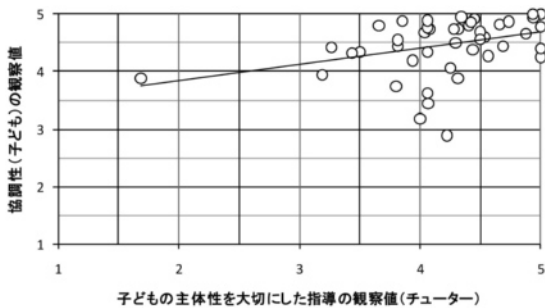


図39 子どもの協調性の観察評価値とチューターの子どもの主体性を大切にした指導の観察評価値との関係

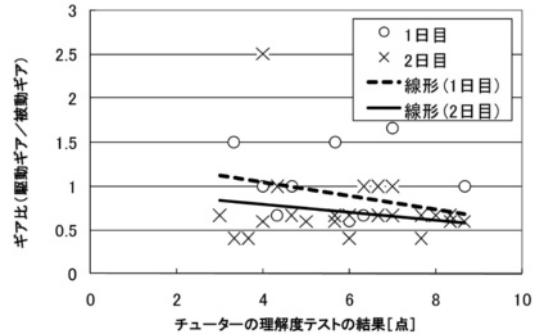


図40 チューター理解度テストとギア比の関係

指導」とは有意な正の相関関係が認められる。いずれの指導を充実するためには、まず専門的知識の習得の重要性を示している。

チューター理解度テストの結果からチューターを上位群 (1/3)、中位群 (1/3)、下位群 (1/3) に分け、これらと一緒に活動した子どもたちに対しての「コミュニケーション」、「活動の様子」、「適切な指示力」、「子どもの主体性を大切にした指導」の4項目のチューターの観察評価点を図37に示す。分散分析と多重比較の結果、「適切な指示力」において、上・中位群と下位群の間に、有意差がみられた。下位群と中位群の間では「コミュニケーション」に有意、「活動の様子」、「子どもの主体性を大切に指導」に有意傾向がみられた。

理解度テストの点が高いほど、指導力がある傾向が認められる。しかし、チューターの理解度テストの得点と子どもの活動の観察評価点とは有意な相関関係がみられないので、チューターの知識・理解の

程度が子どもの活動を活性化させるまでの影響はみられなかった。

### 6.4.3 チューターの指導と子どもの活動

観察調査による「子どもの主体性を大切にした指導」の評価点の平均から、チューターを上位群 (1/3)、中位群 (1/3)、下位群 (1/3) に分け、これらと観察による子どもの活動の評価点の平均との関係を図38に示す。全体的にはチューターの指導の評価点が高いほど子どもの活動の評価点は高くなる傾向がみられる。分散分析と多重比較の結果では、リーダースhipの中位と上位の間に有意差がみられたが、他の因子では見られなかった。

さらに、チューターの指導と子どもの活動の相関関係をみると、チューターの「子どもの主体性を大切に指導」と「適切な指示力」の観察評価点はそれぞれ子どもの主体性、協調性(図39)、役割分担と有意な関係がある。当然のことではあるが、良い指導・支援によって子どもの活動が良くなることを示す結

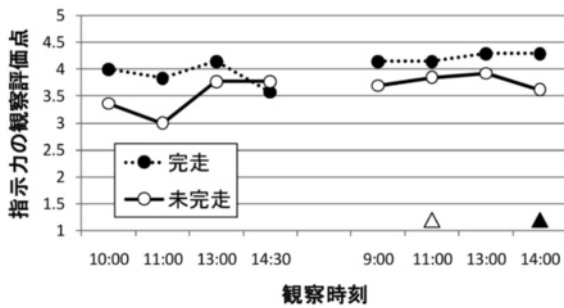


図41 完走、未完走の違いによる「適切な指示力」の観察評価点  
△：ロボコン1回目、▲：ロボコン2回目

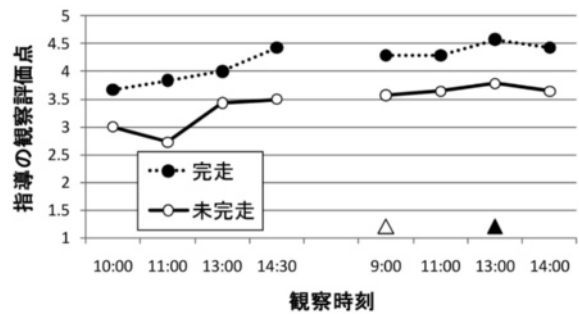


図42 完走、未完走の違いによる「子どもの主体性を大切にした指導」の観察評価点  
△：ロボコン1回目、▲：ロボコン2回目

果である。この詳細については次章のモデル化で明確にしたい。

#### 6.4.4 チューターの指導とロボットのギヤ比

2008年度の小学生の競技盤（図2）では、ギヤ比に最適値があること先に示した。チューターには事前のガイダンスで、ギヤ比の重要性は講義と実践で知らせるが、理解度テストの結果をみると、すべてのチューターが理解しているとは言えない状況であった。

チューターの理解度テストの結果とその担当した小学生チームのロボットの駆動軸から被動軸へのギヤ比の関係を図40に示す。チューターの理解度が良いとギヤ比は最適値に近づくことがわかった。また、1日目より2日目の方がよくなっている。これは、1日目のロボコンを行った結果、チューターと子どもの理解度が上がり、ギヤを効率よく使用することができるようになったと考えられる。

1日目のロボコンで完走したグループとできなかったグループに分けて結果を整理すると、図41のように、完走したグループのチューターは未完走のグループのチューターに比べて、「適切な指示力（観察値）」や、図42のように、「子どもの主体性を大切にした指導」が低いことが認められた。「コミュニケーション」においては完走と未完走との差は認められなかった。すなわち、分からないこと、難しいことの学習には適切な指示も必要であることを示す事例であろう。この点についても次章でもさらに扱う。

## 7. 子どもの活動と指導・支援のモデル化

### 7.1 モデル化の目的

ロボット製作・ロボコンに関わらず、指導者の指導力や資質について、多数のベテラン教師の意見を取り入れた経験論に基づく提言<sup>9)</sup>や質問紙調査から教師と生徒との関係を調べた研究<sup>10)</sup>などが見られ、理想の教師像が言及されている。しかし、指導者の指導力や資質と学習者への影響など具体的なデータに基づいた研究成果からの提言にはなかなか行き着けない。理想的には多数の教師の支援方法や子どもに対する考え方、専門的知識などが子どもの活動にどのように影響しているかなど多数の事例について同一の基準で調査できれば、教師の教育力・指導力を実践的・具体的に知ることができるが、現状を考えれば実現は極めて困難である。

以上のような先行研究や問題点を踏まえ、以前からのロボット製作・ロボコンの講習で得た比較的多数のチューターと子どものデータから、ロボット製作・ロボコンにおける支援方法と資質が子どもの活動に及ぼす影響をある程度明らかにできると考えてきた。最初の試みとして、子どもの活動とチューターの支援力との関係について、2005年度、2006年度の調査結果（グループを基盤とした調査）からパス解析によって、概略のモデルを構築した<sup>11)</sup>。ここでは、さらに精巧なモデルにするために調査対象を個々の子どもと、チューターを対象にして検討することに

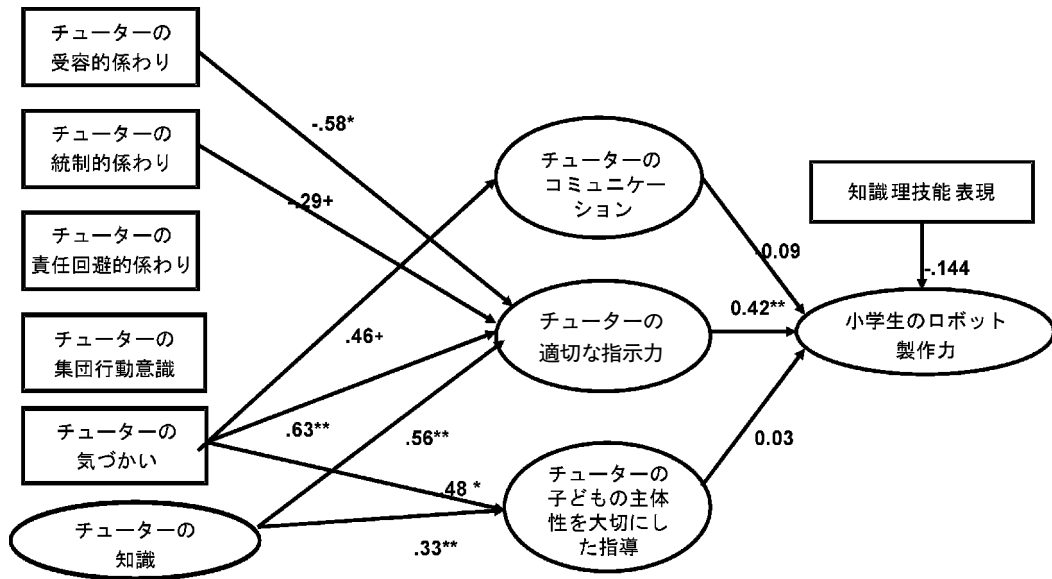


図43 小学生のロボット製作力のパス図 (\*\* :  $p < 0.01$  \* :  $p < 0.05$  とする)

した。さらに、得られた結果から、指導者の指導指針を得ることも本研究の目的とした。

## 7.2 モデル化の方法

モデル化に当たり、今回は、調査人数がある程度確保できた小学生に限ることとし、2007年度の小学生55名、チューター30名と2008年度の小学生71名と、チューター40名を対象にした。

具体的なモデルの設定として、前モデルを参考にして、外生変数をチューターの知識、養育意識、対人意識とした。次にそれらが、チューターの支援方法に影響を及ぼすと考え、チューターの支援方法と子どもの意識が子どもの活動へ影響を与えるとした。

子どもの活動は行動観察調査から得られた「協調性」、「リーダーシップ」、「積極性」、「ロボット製作力」、「プログラミング能力」の5項目の結果を用い、各被験者のそれぞれの最初と最後の評価点の差をとった。差はそれぞれの能力等の向上を表しており、評価点の平均値と差との相関は有意であるが、その係数は0.21であり、高いとは言えない。

チューターの支援方法は行動観察から得られた

「コミュニケーション」、「適切な指示力」、「子どもの主体性を大切にした指導」の3項目の結果を用い、各被験者のそれぞれ最初から最後まででの評価点の平均値を用いた。

チューターの知識は理解度テストの点数をそのまま用いた。チューターの養育意識については、因子分析した結果から第1因子「受容的係わり」、第2因子「統制的係わり」、第3因子「責任回避的係わり」の下位因子を用い、それぞれの回答得点の平均値を用いた。同様に、チューターの対人意識についても、因子分析した結果から第1因子「集団行動意識」、第2因子「集団指向意識」、第3因子「気遣い」の下位因子を用い、それぞれの回答得点の平均値を用いた。

経験の結果については、小学生の場合には、製作力と有意な関係があることを前述したが、製作力の向上(差)とは有意傾向がみられないので、また、意識と有意な関係にあるので意識の下位要素(外生変数)ともみなせるので、モデルの単純化のために用いなかった。同様に、チューターについても、経験の結果は理解度テストの結果や対人や養育意識と有意な関係があるが、指導等とは有意傾向であり、知識や意識の下位要素(外生変数)ともみなせるの

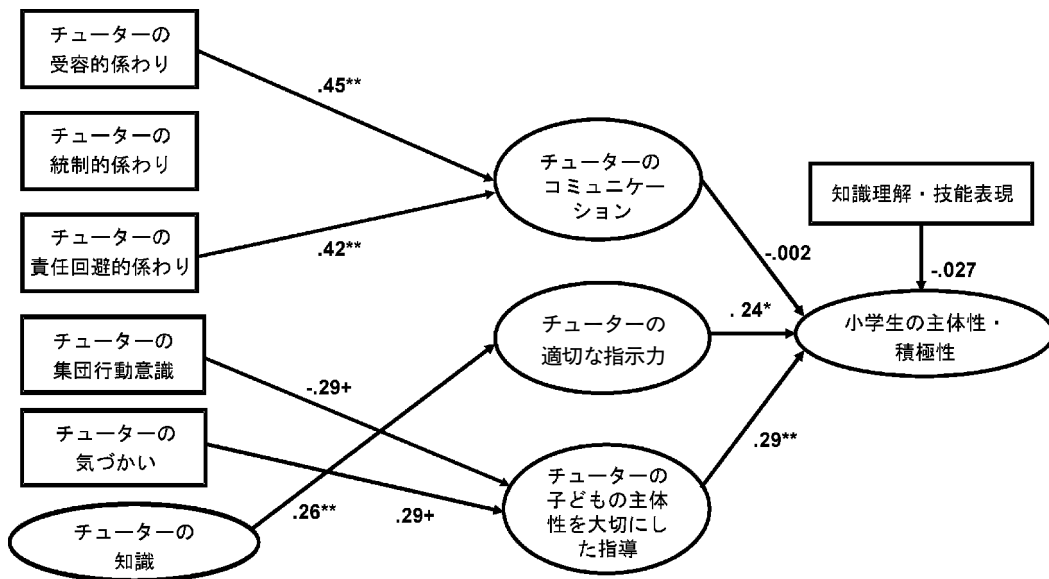


図44 小学生の主体性・積極性のパス図 (\*\* :  $p < 0.01$  \* :  $p < 0.05$  + :  $p < 0.10$  とする)

で、モデルの単純化のために用いなかった。

### 7.3 小学生のロボットを作る能力への影響

ロボットを作る能力のパス図を図 43 に示す。小学生の「ロボットを作る能力」に対し、子ども自身の意識は影響なく、チューターの支援方法の「適切な指示力」に有意な正のパス係数が認められた。「子どもの主体性を大切にした指導」と「コミュニケーション」には関係が認められなかった。ギャ比を理解し、これを適切に組み込む競技用ロボットの製作のような新しい知識の習得・理解と実践をする際には、適切な指示も必要であることが分かる。

「適切な指示力」に対し、チューターの対人意識の「気づかい」、チューターの「知識」に正のパス係数が認められ、チューターの「受容的係わり」に有意な負のパス係数が認められた。この結果から、適切な指示力の発揮には、受容的係わりを押さえ、子どもに気遣いをして、知識を有効に使って、支援・指導することと考えられる。また、プログラミング力についてもほぼ同様な傾向を示す。

したがって、小学生のロボット製作力やプログラミング力を伸ばすためには、知識や気づかい意識の

あるチューターが適切な指示を与える必要があると考えられる。

### 7.4 小学生の主体性・積極性への影響

ロボットを作る際の主体性・積極性への能力のパス図を図 44 に示す。小学生の「主体性・積極性」に対し、子ども自身の意識は影響なく、チューターの支援方法の「適切な指示力」と、「子どもの主体性を大切にした指導」に有意な正のパス係数が認められた。小学生の主体性・積極性を伸ばす情意面の指導には、製作力の指導の場合と異なって、両方の指導が必要であることが分かる。

「適切な指示力」に対し、製作力の場合と同様に、チューターの「知識」に、正のパス係数が認められている。「子どもの主体性を大切にした指導」にはチューターの「集団行動意識」に有意傾向の負の、「気遣い」に有意傾向の正のパス係数が認められた。この結果から、「子どもの主体性を大切にした指導」の発揮には、集団行動意識を押さえ、子どもに気遣いをすると考えられる。

したがって、ロボット製作・ロボコンで、小学生の主体性・積極性を伸ばすためには、知識や気づか

い意識のあるチューターが、子どもの主体性を大切にした指導方法を取りながら、適切な指示を与える必要があると考えられる。

### 7.5 支援・指導の指針

本研究では、チューターの支援方法や資質による子どもの活動への影響を明らかにしていくことを目的として検討したところ、支援方法として小学生の場合には適切な指示をすることの重要性が認められる。

また、子どもの主体性を大切にした指導は主体性などの情意面を伸ばすことには有効だが、技術的な能力を向上させる場合には有効ではないと考えられる。また、指導・支援者の資質として、気づかい意識や受容的係わり意識の高く、専門的知識があることが必要だと考えられる。モデルからは表現できなかったが、メタ認知能力等の発達を考慮すると、子どもの発達を考えて支援方法を変えることも必要であろう。

以上のことから、教師として子どもを指導する場合、専門的な知識を持ち、コミュニケーションを図りながら支援をすること、時と場合に応じて適切な指示を出すこと、新しいことを指導する時は子どもの主体性に任せきりにならないようにすることが必要だと考えられる。また、教師の資質として、気遣いができ、受容的係わりのできることが大切であるとされる。

## 8. おわりに

以上のように、ロボット製作・ロボコンは参加者の意識や能力を高めることが明らかになった。また、それを指導する上での、常識的ではあるが、ある程度の指針を実証することができた。ロボット製作とチューターをそれぞれ実際の教育現場の授業と教師に置き換えてみると、違った視点で教育をみられるかもしれない。

このロボット製作・ロボコンの取り組みは、冒頭でも示したように、教員になる学生（ほとんどが本学部2年生）に、子どもをより知るために設けられ

たフレンドシップ事業の一環として実施されている。チューター役の学生には、ここで扱ったアンケート以外に、授業としての「子どもに関わった感想や問題点、今後の方向」などについて回答が義務付けられている。

その記述からみえてくるものは、参加するまでは、子どもとの係わりがかなり不安であったが、実際に係わってある程度の自信を得た反面、教えることを良く知っていないと指導ができない、人間関係のちょっとしたトラブルにも対応できないなど、今後とも多くの経験を積む必要があることを自覚できたことであった。チューターの感想等から、事業本来の教員養成の目的も達成できたと思っている。

最後に、この事業が本来の教員養成の目的をある程度達成し、その中で、幾つかの修士論文や卒業研究の研究成果を得ることができたことに感謝したい。また、多数の小中学生の参加者やチューター役の学生が、研究のためとは言いながら、調査に快く応じてくれたことにも感謝したい。

## 文 献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説―技術・家庭科編一(1999)
- 2) 三枝 浩・石川智博・加藤 幸一：「技術科教育における問題解決能力の育成について」群馬大学教育実践研究 27号 pp.145-162 (2010)
- 3) 加藤幸一・品川真理子・上原志之夫：「小学校総合的な学習の時間へのロボット製作・ロボコンの試み」日本産業技術教育学会第48回全国大会講演要旨集 p.112 (2005)
- 4) 加藤幸一・三田純義・山本 静・村上竜太・中島一徳・上原志之夫：「科学技術への興味・関心の喚起に及ぼすロボット製作・ロボコンの効果」日本産業技術教育学会第19回関東支部会講演論文集 pp.A6-7 (2007)
- 5) 松島 隆・加藤幸一：「技術分野におけるロボット製作の教育的効果について(2) ―ロボット教材とその授業実施結果―」日本産業技術教育学会第44回全国大会講演要旨集 p.29 (2001)
- 6) 宮内光一・平形隆正・上原志之夫・加藤幸一：「ロボット製作・ロボコンに取り組む生徒の意識の変容調査研究」日本産業技術教育学会第16回関東支部会講演論文集 pp.13-14 (2004)
- 7) 高橋正明・小熊良一・加藤幸一・林 徹志：「技術科教育における作文から評価するためのルーブリックの作成と

- その実践」日本産業技術教育学会第 16 回関東支部大会講演要旨集 pp.65-66 (2004)
- 8) 小熊良一・山浦政彦・加藤幸一：「[技術とものづくり]における作文による評価」日本産業技術教育学会第 17 回関東支部大会講演要旨集 pp.21-22 (2005)
- 9) 例えば、稲垣忠彦編「教師のライフコース昭和史を教師として生きて」東京大学出版会 (1988)

- 10) 尾瀬美紀子：「学習上の援助要請における教師の役割—指導スタイルとサポート的態度に着目した検討—」教育心理学研究 pp.243-255 (2008)
- 11) 加藤幸一・山本 静・本間良彦・井口克三・山浦政彦・宮内秀貴：「小、中学生のロボット製作・ロボコンの指導の影響とそのモデル化」日本産業技術教育学会第 50 回全国大会講演要旨集 p.127 (2007)

資料 観察評価表

チューターの名前：

観察者：

日付：

時刻：

	観点項目	5点	4点	3点	2点	1点
チューターに関する項目	コミュニケーション	ロボコンの内容以外でも子どもと対話ができている。(チ⇄子)	ロボコンに関する内容で子どもと対話ができている。(チ⇄子)	チューターが必要と感じたときのみ話かける。(チ→子)	子どもからの質問のときのみ、チューターが答える。(チ←子)	チューターと子どもの間で会話が無い。(チ≠子)
	適切な指示力	子どもの状況に合わせて適切な指示を与えることができる(子どもが行き詰ったときに、指示をあたえる)。	子どもが間違ったときに、指示を与える。	子どもの判断で行動できる場面、指示をししてしまう。	どんな場面でも、チューターが指示を出しすぎている。	チューターが主となって作っている(子どもたちを手足として使っている)。
	子どもの主体性を大切にしたい指導	自分は理解した上で、子どもに考え気づかせる支援をしている。そして、子どもから解決法が出てくる。	子どもに考えさせる指導・発言があるが、最終的には、チューターが解決法を教えてしまう。	知識はないが一緒に考えて、指導・発言をする。	口頭で教え込み、行き過ぎた指導をする。知識はなく、その場しのぎの指導・発言をする。	子どもを放っておく。子どもの近くにいない(後ろで寝ていたり、他のチューターと会話している)。

子どもの名前：

観察者：

日付：

時刻：

	観点項目	5点	4点	3点	2点	1点
子どもに関する項目	1. 協調性	チームの友達やチューターと積極的に協力できる。	チームの友達と積極的に協力することができる。	基本的に協力している(一生懸命見ているなど)。チューターのみ協力することができる。	時々非協力的な行動をする。	非協力的な行動をする。
	2. リーダーシップ	子どもがリーダーになり、チューターを含めて、目的に向かって全体をまとめている。	子どもがリーダーになり、チューターを含めないで、目的に向かって全体をまとめている。	リーダーになっているが、時々まとめられていない。	リーダーになっているが、まとめられていない。	リーダーになっていない。
	3. 積極性	目標達成のために改良や創作をし、主体的に活動している(動きや手の動かし方が大きいなど)。	目標達成のために改良や創作をするが、分らないときはまわりに頼ってしまう。	基本的に活動に参加している(4点と2点を歩き来している)。	活動に参加しているが、嫌々作業に取り掛かっている(部品を転がすなど手持無沙汰している)。	活動に参加する様子が見られない。
	4. ロボットを作る能力	強度や性能などが考えられたロボットを作っている。	強度あるいは性能が欠けている。	形はできているが、プログラムに則した走りをする事ができない。	形はできているが、機能的には走らせることができない。	形になっていない(組み立てることができない)。
	5. プログラミングをする能力	解答例のプログラムを参考にし、光や時間などの数値を適切に調節することができる。	解答例のプログラムを参考にし、光や時間などの数値を変えているが、マニュアルの各レベルの課題を満たしていない。	解答例のプログラムを真似している。	解答例のプログラムを、真似したいが、手こずっている。	手が止まっている。