

共同学習を取り入れたプログラミング学習の課題の提案

—カーリングゲームを取り入れたプログラミング指導—

Proposal of Problem of Programming in the Cooperation Learning

—Programming Learning for Adopted the Curling Game—

山本 利一／田賀 秀子／新屋 智絵／小林 靖英

日本教育情報学会誌「教育情報研究」

第22巻第3号 2006, p.11-18 別刷

共同学習を取り入れたプログラミング学習の課題の提案

－カーリングゲームを取り入れたプログラミング指導－

Proposal of Problem of Programming in the Cooperation Learning

－Programming Learning for Adopted the Curling Game－

* 1

* 2

* 3

* 4

山本 利一／田賀 秀子／新屋 智絵／小林 靖英

問題解決的な学習題材として、ロボット制御のプログラムの作成を初等教育に取り入れた。児童の興味・関心を考慮し、ゲーム的活動を取り入れた学習課題を設定し、それらの効果を実験授業で検証した。

学習課題は、「ロボットカーリング」と名付け、所定の動きをするロボットを制御するためのプログラムを作成し、その動作の試走(確認)から、課題を見つけ、改善策を考え、プログラムを修正する主体的な問題解決活動が展開できるものである。

また、個別学習になりがちなプログラム学習に共同(グループ)学習を取り入れることで、話し合い活動を通して、作戦を考え、役割分担を行うなど、1つの課題遂行のための様々な知識や技能の習得も可能である。本実践の結果、児童は意欲的に学習に取り組み、課題を遂行する姿が確認できた。

1. 緒 言

新教育課程において「学校の教育活動を進めるにあたっては、各学校において児童に生きる力をはぐくむことを目指し、創意工夫を生かし特色ある教育活動を展開する中で、自ら学び自ら考える力の育成を図るとともに、基礎的・基本的な内容の確実な定着を図り、個性を生かす教育の充実に努めなければならない」と示され、児童が自ら課題を見つけ、学び、考え、主体的に判断し問題を解決しようとする資質や能力の重要性が挙げられている^[1]。換言するならば、児童自身が問題を解決する過程で物事を主体的、創造的に考え、自分の生き方を考えることがで

きるような指導が求められている。そのため学校現場では、児童が興味・関心を示す学習課題や学習展開が検討されている。

元来、プログラム学習は、児童・生徒が課題の内容を理論的に分析し、命令語(アイコン)を適切な順序で構成することによって、問題を解決する取り組みであるとされている^[2]。そのため、プログラム学習は、問題解決的な学習題材として、学校教育の中で様々な実践がなされ^{[3], [4]}、その学習効果が明らかになりつつある^{[5], [6]}。しかし、プログラム学習は、抽象的な試行や系統的な学習が積み重ねられないと十分な効果が上がらないことや、発達段階に応じた課題が選択されないと学習意欲が持続しないことなどから、初等教育での実践に対して、否定的

論文受理日：2006年6月23日

* 1 YAMAMOTO Toshikazu : 埼玉大学教育学部 (〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255)

* 2 TAGA Hideko : 鯖江市立惜陰小学校 (〒916-0053 鯖江市日の出町6-37)

* 3 SHINYA Chie : 渋谷区立常磐松小学校 (〒150-0011 渋谷区東1-7-10)

* 4 KOBAYASHI Yasuhide : 株式会社アフレル (〒918-8231 福井市問屋町3-111)

な見解も見られる^{[7], [8]}。

宮田ら(1997)^[9]は、このような相反する見解に対して、プログラム学習の指導法にそれらの原因があることを指摘している。また、森山ら(2001)^[10]は、プログラミングを効果的に行う指導法として、共同学習の導入を提案している。そこで、これらの先行研究を整理すると、“発達段階に応じて、課題や学習形態を工夫し、適切な学習支援が得られれば、初等教育におけるプログラム学習は、問題解決的な学習の題材として教育効果が期待できる”ということが考えられる。そこで、プログラム学習の課題や効果的な学習支援の在り方を検討することとした。

2. 研究目的及び研究方法

前述のように、プログラムを小学生に対して指導するには、適切な学習課題の設定と、学習形態の工夫が必要である。そこで本研究は、小学校高学年を対象にした、プログラム学習を通して主体的な問題解決の活動を実践するための学習課題を検討し、実験授業を通して、その効果を検証することを研究の目的とした。

実験授業での調査は、授業前後の児童の「プログラム」や「課題(ロボット)」に関する興味・関心や認識の状態」をアンケートを活用し確認することとした。

3. 授業実践

小学生など抽象概念が十分に発達していない児童に、プログラミングを指導する際は、実際の動作とプログラムを関連付けて学習することが望まれる。また、学習意欲を持続させるためにも身近な事柄を対象に、児童の興味・関心の高い題材を設定することが望ましい^[11]。そこで、プログラミングの学習題材として、LEGO Mindstorms™^[12]を活用した「ロボットカーリング」を設定した。

3.1 ロボットカーリング

「カーリング」は、ストーンと呼ばれる石を、ハウスと呼ばれる円に向かって氷の上を滑らせていくスポーツである^[13]。これまで日本においては、「カーリング」という競技に対する知名度は、あまり高いスポーツとは言えない状態であった。しかし、トリノオリンピックにおいて、日本チームの活躍がTVなどのマスメディアから流れたこともあり、児童の認知度も比較的高いものとなりつつある。この「カーリング」のストーンをロボットに置き換え、ハウス中央でロボットが停止するプログラムを作成する競技を課題として設定した。

3.2 ルールの設定

ウィンタースポーツとして行われている「カーリング」は、1チーム4人1組で行われるが、教室のスペースやロボットの大きさを考慮してロボット3台で1チーム(第1投、第2投、第3投)と設定した。対戦する2チームが交互にロボットを動作させ、全員のロボットが停止した時点で得点を数えることとした。ただし、モータが回転していてもコートでロボットの動きが止まった(タイヤが空回りしている)場合は、プログラムが終了したと見なすこととした。先攻、後攻の2回で1ゲームと定め、第1投から第3投までの投順の変更はできないものとした。ロボット製作の時間を短縮するため、4輪で動作するローバーロボット^[14]を基本形と定め、ロボットのサイズは、長さ250mm×幅250mmまでとして、高さの制限は設けない。試合中、ロボット同士がぶつかって他のロボットを動かすこと、相手のロボットを押し出し、コートに戻ることも許可した。

3.3 コート及び得点

通常のカーリングのコートは、縦40.06m×幅4.77mで、直径約3.66mのハウス(house:円形のゴール)にストーンを投げるのに対し、ロボットカーリングのコートサイズは、1000mm×2500mm、ハウスのサイズを900mmと設定した。中心のサークル(ボ

タンと呼ばれる)は、直径50mmで黒色で塗りつぶし得点を40点、2番目のサークルは、直径300mmで赤色で塗りつぶし得点を30点、3番目のサークルは、直径500mmで青色で塗りつぶし得点を20点、4番目のサークル(最終サークル)は、直径900mmで黒色で20mmの線で囲み得点を10点とした。ロボットの車輪の一部が、サークルの一部にかかっている場合、その中心に近い高い得点を与えるものとした。ロボットカーリングのコースの概要を図1に示す。

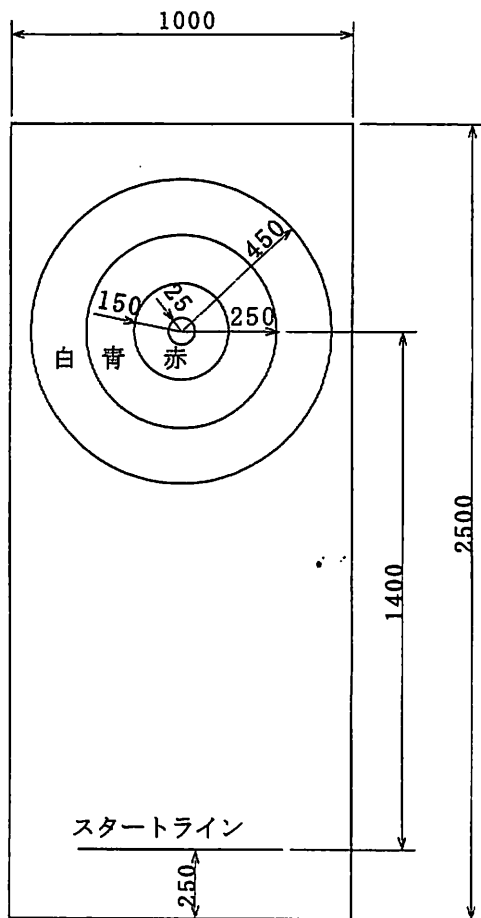


図1 コートの概要

3.4 学習支援

上記の学習課題を児童に適切に伝えることと、学習がスムーズに進むための支援教材を作成した。それらを下記に示す。

(1) ルール説明の動画ソフト

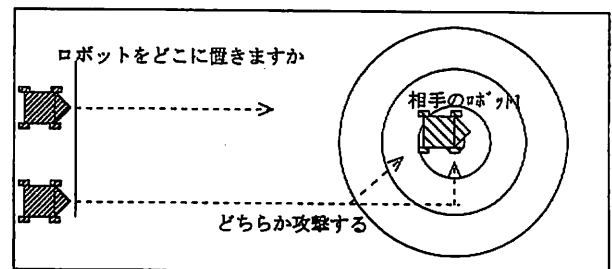
児童に、ロボットカーリングのルールを説明することと、ロボットの動作のイメージを具体的に持た

せるために、ルール説明の動画ソフトをプレゼンテーションソフトウェアで作成し、ルールの理解を支援した。活用した画面の一例を図2に示す。

制作した動画ソフトは、①基本的なゲームのルールを説明し、1投から3投までの流れをシミュレーションする、②得点の数を説明する、③作戦のアドバイスとプログラムの考え方、の3つの内容から構成されている。

特に、作戦のアドバイスとプログラムの考え方は、先攻、後攻の条件で、相手がどのようにロボットをハウスに止めてくるかをシミュレーション(動画)することで、グループでの話し合いや、プログラムを作るときの参考とするものである。

あなたは、後攻の第1投です。どのようなプログラムを組みますか?



どれぐらいまっすぐ進む?どこで曲げる? 第2投のロボットはどこに?

図2 ルール説明の動画ソフトの画面の一例

(2) 学習プリント

授業を効果的に進めるために、学習内容の理解を支援する学習プリントを準備した。学習プリント活用の目的は、①学習内容を補説する、②学習内容の記録、③ロボットの動作の確認とプログラムの参考資料、④本時の学習の振り返り活動、の4項目とした。下記に作成した学習プリントの概要を示す。

「基本ロボットの製作」として、ローバーロボットの製作の方法や、コンピュータからロボットへのデータの転送方法を示した。

「制御ソフトの使い方」として、制御ソフトの操作方法や基本コマンドの役割と活用法を示した。

「グループでの作戦」として、グループで作戦を立てる手順と考え方を示した。書き込むものとして、

先攻・後攻の場合分け、投順、相手や自分のロボットの動き、攻め方を書かせるプリントとした。この学習プリントは、各グループに4枚配布し、様々な動きを考えさせた。学習プリントを図3に示す。

「時間機能を使ってカーリングしよう：第 班」
氏名

- 1 相手の動きを予想して、チームでどんな動きをしていくかを考えてみよう。
- 2 先攻と後攻に分けて考えよう。どちらかに○をつける。 先攻・後攻の場合
- 3 第1投から第3投までの役割を決め名前を書こう。
- 4 自分のロボットと相手のロボットの動きを予想して書き込んでみよう。

第1投 (名前)	第2投 (名前)	第3投 (名前)
どこからスタート	どこからスタート	どこからスタート
自分の動き	自分の動き	自分の動き
相手の動き	相手の動き	相手の動き
先攻の場合の作戦	後攻の場合の作戦	

図3 グループでの作戦を支援する学習プリント

「カーリングゲームの進め方1」としては、時間制御でロボットを動作させるために必要な情報(ハウスまでの距離や直進時間など)と、プログラムの作成方法を示した。また、先攻・後攻の場合分け、投順、自分のロボットの動作を考えさせ、それに応じたプログラムを記すスペースを設定した。学習プリントを図4に示す。

「制御ソフトの応用的な使い方」として、光センサー入力とタッチセンサーについて簡単な使い方を説明した。光センサーでは、ロボットが青や赤の色まで進むためのプログラムを事例として説明した。タッチセンサーでは、相手のロボットにぶつかったとき、ロボットの方向を変えるためのプログラムを

事例として説明した。

「カーリングゲームの進め方2」としては、時間制御と1つのセンサーを活用した動作を図に書き込み、プログラム作成を支援した。センサーを1つに限定したのは、プログラムが複雑になることを防ぐためである。

「学習のまとめ」では、対戦した結果を基に、反省点や改良点を記入し、学習のまとめと振り返りができるようになっている。また、ロボット製作からプログラム作成を経験して、新しく発見したことや、難しかったこと、授業の感想を書かせるスペースを設定し、児童の学習の理解を確認した。

「カーリングのプログラムを作ろう：第 班」

- 1 あなたは何役目ですか？
- 2 先攻と後攻に分けて考えよう。どちらかに○をつける。 第1投、第2投、第3投 先攻・後攻の場合
- 3 ロボットをどこに置きますか？最初に置く場所を書こう。
- 4 自分のロボットの動きを書こう。

ロボットの動き	プログラム

何秒前進 (秒)

5 コートの上でプログラムを実行してみよう。

6 うまくいかなかった部分を修正しよう。

修正箇所 ()

7 作ったプログラムを使って相手チームと対戦しよう

得点表	先攻のとき		後攻のとき	
	自分のチーム	相手チーム	自分のチーム	相手チーム
第1投	点	点	点	点
第2投	点	点	点	点
第3投	点	点	点	点
合計	点	点	点	点

8 試合の結果を見て、さらにプログラムを改訂しよう

修正箇所 ()

9 授業を振り返り、感想を書こう。

対戦して

図4 プログラムの作成を支援する学習プリント

4. 実験授業の概要

4.1 実験日時及び期間

実験授業は、2005年10月～12月において、11時間(45分×11回)を配当した。

4.2 実験対象及び諸条件

実験は、S市内の公立小学校第6学年(男子18名、女子12名、計30名)を対象に、2名に1台のパーソナルコンピュータとロボットを準備して実験授業を行った。実験授業は、理科の「B 物質とエネルギー」(3)電磁石と電流(電流のはたらき)の単元で、ものづくりを行う学習^[15]に位置づけて実施した。学習目的は、ロボット(モータ)の動きをパーソナルコンピュータで制御する仕組みを理解することとした。

また、グループ編成(6名1グループ)は、学級担任と協議を行い、生活班を基本として、グループのリーダーは、班長が務めることとした。

4.3 学習目標及び授業展開

本実験授業の目標を、「ロボットを使ってカーリングゲームをしよう」と設定し、下記の配時計画で実験授業を展開した。

- 1～2時間：ロボット製作及び制御ソフトの基本操作
- 3～4時間：時間制御と繰り返し命令(ループ)
- 5～6時間：時間制御によるロボットカーリング
- 7～8時間：光センサー、タッチセンサーの利用方法
- 9～10時間：センサーと時間制御を利用したロボットカーリング
- 11時間：学習のまとめと反省

4.4 ロボットカーリング(時間制御)の指導展開

ロボットカーリングの指導展開の具体的な流れを下記に示す。

①事前調査

②本時の課題の提示

- ・「ロボットを使ってカーリングゲームをしよう」

③カーリングについての説明

- ・カーリングというスポーツに対する知識を確認する。
- ・カーリング競技のVTRを視聴し、競技の説明をする。

④ロボットカーリングの概要を説明する

- ・学習プリントを配布し、実際のカーリングのルールとの差異や留意事項の説明を行う。
 - ・アニメーションソフトを活用してゲームの流れ、具体的なロボットの動作、得点の数え方をつかませる。
 - ・コースを提示し、実際にロボットを置いて、ゲームの流れ、得点の数え方を知らせる。
- ##### ⑤グループでの話し合い活動及びプログラミング
- ・グループごとに、投順、作戦を話し合わせる。
 - ・学習プリントにロボットの動作や作戦を記入させる。
 - ・作戦に基づき、プログラムを作成させる。

⑥試走

- ・作ったプログラムをロボットに転送し、実際のコートでの動きを確認させる。
- ・自分が予想した動作になるようにプログラムを修正させる。試走の様子を図5に示す。



図5 コートで活動する児童の様子

⑦ゲーム

- ・抽選で対戦相手を決め、ゲームをスタートする。
- ・進行は教師が行い、代表の生徒に記録をさせる。
- ・自分と相手のロボットの動きを記録させる。
- ・強いチームの工夫点を考えさせる。

⑧学習の振り返り活動

- ・グループに分かれて、ゲームやプログラムなどの学習の振り返りを話し合わせる。

- ・自分たちの勝因・敗因を考え、次回に向けよりよい作戦を考えさせる。

⑨学習のまとめ及び次時の予告

- ・グループ毎に話し合った内容を発表させる。
- ・本日の学習のまとめを行う。
- ・次時の予告をする「センサーを活用したプログラム作り」。

⑩事後調査

4.5 調査項目

事前調査は、実験授業の最初に、「カーリングのルールについての知識の程度」、「プログラムに関する興味・関心の有無」、「ロボットに関する興味・関心の有無」などを尋ねた。

事後調査は、「時間制御でプログラムがうまく作れたか」、「光センサーを使ってプログラムがうまく作れたか」、「タッチセンサーを使ってプログラムがうまく作れたか」などプログラムに関する自己評価を行った。また、「プログラムに関する興味・関心の有無」、「ロボットに関する興味・関心の有無」など学習内容に関する興味・関心を尋ねた。最後に、「グループ別活動の状況」を自己評価させた。回答は、「はい」の場合を「4」、「どちらかと言えばはい」の場合を「3」、「どちらかと言えばいいえ」の場合を「2」、「いいえ」の場合を「1」として記入させた。

5. 実験授業の結果と考察

表1に示す事前調査から、カーリングというゲームをTVや新聞で目にする機会を持ち合わせていたが、具体的な試合運びやルールについての正しい認識を持っている児童は7%と少数であることが示された。また、「ロボットに関して興味・関心がある」、もしくは「どちらかと言えば興味・関心がある」と答えた児童の割合は、88%と比較的高いが、「プログラムに関する興味・関心がある」もしくは「どちらかと言えば興味・関心がある」と答えた児童の割合は34%と低いものであった。児童の興味・

関心のあるロボットを導入としてプログラムに発展する学習過程は、児童の実態に即した題材だと推察される。

VTRやアニメーションソフトを活用してのルール説明は、比較的短時間でゲームの概要を理解していた。また、学習プリントにヒントや作戦の考え方が示されているので、基本的なプログラムは、短時間で完成することができた。しかし、グループ別の話し合い活動については、リーダーとなった児童が、適切な話し合い活動や調整ができない場面も見られ、予想以上に時間が必要となったグループも見られた。表2に示す事後調査からも、どちらかと言えばグループ活動がうまくできなかったと答えた児童が12名(40%)見られた。個別にプログラムを作成する授業とは異なり、グループでプログラムを設計し、それらを適切に分担する必要があるため、グループでの活動を支援する手立てをさらに検討する必要があることが明らかとなった。

表1 事前調査結果

事前調査 (n=30)	1	2	3	4	平均
カーリングのルール認知	21(70)	7(23)	2(7)	0(0)	1.37
プログラムへの興味関心	5(17)	15(50)	8(27)	2(7)	2.23
ロボットへの興味関心	1(3)	4(13)	10(33)	15(50)	3.30

() は%を示す

また、センサーを活用した応用的なプログラム作成は、センサーの活用を1つに限定したが、児童からは2つのセンサーを使いたいという要望が強かった。しかし、実際に1つのセンサーを十分使いこなせた児童は、約40%であり、応用的な課題になると、さらに進度に差が見られた。グループでゲームを行うので、比較的理解の高い児童が第3投を担当し、応用コマンドを十分理解できない児童が時間制御で第1投を担当して、競技は進行した。センサーを使ったプログラムをより確実に定着する指導方法の改善が必要であることも明らかになった。

最後の学習のまとめのプリントには、「またやりたい」、「もっと強いプログラムに改善したい」、「もっと他のコマンドも勉強したい」といった意欲的な感想が多数見られた。また、プログラムに関する興味・関心が授業前後で有意に増加した($\chi^2(3) = 8.02, p < 0.05$)。このことから、本実践を通して、プログラム学習に対しての興味・関心を高めたと言える。全体を通して、児童は大きな目標に向かって、より効果的に課題を解決しようとする姿が最後まで見られ、所期の目的を果たすことができた。

表2 事後調査結果

事前調査 (n=30)	1	2	3	4	平均
時間制御に理解	1(3)	3(10)	10(33)	16(53)	3.37
光センサーの理解	5(17)	5(17)	11(37)	9(30)	2.80
タッチセンサーの理解	5(17)	6(20)	11(37)	8(27)	2.73
プログラムへの興味関心	3(10)	8(27)	9(30)	10(33)	2.87
ロボットへの興味関心	1(3)	1(3)	9(30)	19(63)	3.53
グループ活動の自己評価	0(0)	12(40)	12(40)	6(20)	2.80

() は%を示す

6. 結 言

本実践は、ロボットの制御のプログラムをグループで複数制作し、それらの動作をロボットカーリングで競うものである。児童は、本学習課題を通して、ロボットの制御に興味・関心を持ち、相手のロボットの動きを推察し、試行錯誤しながら問題解決の糸口を模索していた。本学習課題は、ゲーム的な要素も含まれており、児童や実践校の教師からも良い評価を得ることができた。本実験条件下において得られた知見を下記に整理する。

①小学校高学年を対象に、ゲーム的な要素を取り入れたロボットカーリング(学習課題)は、児童の興味・関心も高く、全ての児童が最後までプログラムを作成する姿が見られた。

- ②ロボットカーリングを通して、課題を確認し、問題解決の過程を経験することができた。
 - ③本実験授業を通して、プログラムに関する興味・関心が有意に増加した。
 - ④グループでのロボットカーリングは、児童の能力に応じて役割分担ができ、効果的に学習を進めることができたが、グループ内でのコミュニケーションの取り方や、リーダーの指導に関しては、今後適切な指導方法を検討する必要がある。
 - ⑤複数のセンサー入力の指導は、基礎・基本的確に押さえる時間の確保が不可欠であり、カリキュラムに応じて取捨選択する必要がある。
- 今後は、プログラム学習を通して身につくとされている問題解決能力の調査を行い、学習課題やプログラム学習の具体的な学習支援の方策を検討したい。

<参考文献>

- [1] 文部科学省：小学校学習指導要領解説 総則編，東京書籍（1999）
- [2] 黒川利明著：情報科学こんせぶつ2，プログラミングの仕組み，朝倉書店，pp.8-22（1997）
- [3] 例えば，T. Yamamoto, R. Makino, Y. Ando, Y. Kobayashi：Curriculum Development of Programm Learning by Utilizing ROBOLAB™，一 Lesson Practise of Problem Solving Learning by Using Two Kinds of Sensor一，*Proceedings of the Third International Symposium on Human and Artificial Intelligence Systems*, pp. 189-195（2003）
- [4] 例えば，楠 房子・宮内 新・小沢慎治：プログラミングスタイルを重視した言語教育(3) カリキュラムの改良と実施，電子情報通信学会研究報告，ET90-147, pp.89-96（1991）
- [5] 山本利一・林 俊郎・小林靖英・牧野亮哉：中学生が作成したプログラムの分析による指導法の改善，教育情報研究，第21巻，第1号，（2005）
- [6] 森山 潤：構成実験法によるプログラミングの学習指導法の検討ーディバック事例研究と分業プログラミングの効果，教育情報研究，第17巻，第2号，

- pp.3-11 (2001)
- [7] R.D.Pea:Logo Programming and Problem Solving, Technical Report 12, Bank Street College of Education, New York (1983)
 - [8] J. D. Williamson & D. W. Ginther:Knowledge Represntation and Cognitive Outcomes of Teaching Logo, Journal of Computing in Childhood Education, 3:3-4, pp.303-322 (1992)
 - [9] 宮田 仁・大隅紀和・林 徳治:プログラミングの教育方法と問題解決能力との関連, 教育情報研究, 第12巻,第4号,pp.3-13 (1996)
 - [10] 森山 潤:プログラミングにおける共同学習過程の分析, 日本産業技術教育学会, 第41巻,第4号, pp.187-196 (1999)
 - [11] 山本利一・林 俊郎・小林靖英・牧野亮哉:中学生が作成したプログラムの分析による指導法の改善, 教育情報研究, 第21巻, 第1号, pp.15-26 (2005)
 - [12] 古川 剛:LEGO MINDOSTORMS™パーフェクトガイド, 翔泳社 (1999)
 - [13] 小川 豊和 監修:みんなのカーリング, 学研 (2006)
 - [14] 山本利一:体験 ロボットとコンピューターWAPR5500 テクニカルガイド, 永和システムマネジメント, pp.27-34 (2004)
 - [15] 文部科学省:小学校学習指導要領解説理科編, 東洋館出版, pp66-68 (2001)