

児童・園児のためのプログラミング教育の教材研究

— パソコンを使わない教材に関する提案 —

奈良 拓哉*・葛西 克行**

Programming Education for Young Kids.

— Coding Activities Without a Computer —

Takuya NARA*・Katsuyuki KASAI**

Key word : プログラミング教育 Programming Education
アンプラグド Unplugged Programming
プログラミング的思考 Programming Concepts

I 序 論

『IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果～報告書概要版～』によると、「ITは今後も我が国産業の成長にとって重要な役割を担うことが強く期待されており、十分なIT人材を確保することは、これまで同様、今後もきわめて重要な課題である」（経済産業省2016, p.3）としている。しかし、「我が国の人口減少に伴い、労働人口（特に若年人口）が減少することから、今後、IT人材の獲得は現在以上に難しくなると考えられる」（経済産業省2016, p.4）とされ、「IT人材の不足は、今後ますます深刻化し、2030年には最大で79万人が不足する可能性がある」（経済産業省2016, p.7）と報じた。また、英オックスフォード大学のマイケル・A・オズボーン准教授およびカール・ベネディクト・フレイ博士との共同研究で発表された『日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能』では、「国内601種類の職業について、それぞれ人工知能やロボット等で代替される確率を試算し、10～20年後に、日本の労働人口の約49%が就いている職業において、それらに代替することが可能」（野村総合研究所2015, p.1）とし多くの反響を呼んだ。こ

のような背景もあって政府は2016年開催の産業競争力会議で、ICTに関わる人材育成を図るため、2020年から小学校でプログラミング教育を必修化することを発表した。そして平成29（2017）年3月告示の『小学校学習指導要領』に、「プログラミング教育」に関する内容が正式に盛り込まれることになった。

ところが、地域による予算的格差や学校の規模などにより、ICT環境の整備は一律に統一され

表1 学校におけるICT環境の整備状況
(全学校種平均)

| | 全国平均 | 最高値 | 最低値 |
|------------------------------------|------|--------------|-------------|
| 教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数 (人/台) | 5.6 | 1.8 佐賀県 | 7.9 埼玉県 |
| 普通教室の校内LAN整備率 (%) | 90.2 | 99.0 徳島県 | 64.2 青森県 |
| 超高速インターネット接続率 (30Mbps以上) (%) | 91.8 | 100.0 富山県 | 72.1 山口県 |

* 東北女子大学

** 東北女子短期大学

ておらず、どこにいても同じ指導が受けられる状況にないのが現状である。文部科学省が平成 30 (2018) 年 3 月 1 日現在で調査した『平成 29 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 (概要)』を見ると、全学校種の全国平均で教育用コンピュータ 1 台あたりの児童生徒数は 5.6 人/台。普通教室の校内 LAN の整備率は 90.2%。超高速インターネット接続率 (30Mbps 以上) は 91.8% (文部科学省 2018a, p.8) と、高い割合で整備されているのがわかる。しかし、都道府県ごとに細かく見ると、普通教室の校内 LAN 整備率で最上位の徳島県が 99.0%であるのに対し、最下位の青森県では 64.2%となっている (文部科学省 2018a, p.11) など、環境整備が高い割合ですすめられている一方で、そうではない地域も存在し、その内容に大きな格差があることがわかる。

また、『幼稚園教育要領』においては、情報機器の安易な利用は避けるべきとしている。論理的思考と関連する数量や図形、物の仕組み等に関心・興味を持つためには、実際に積み木やボール等の遊具や用具等の物に触れ、遊びを通して学習することを重要視している。情報機器は直接的な経験を活かすために使用する二次的なツールとしての意味合いを持ち、情報機器を使用しないで、実際に積み木やボール等の遊具や用具で遊ぶことが主要な学習活動となる。(文部科学省 2018d, p.115)

このような状況下、小学校低学年児や幼稚園児に対して、コンピュータを用いずに実施できる「プログラミング教育」の教材を開発した経過について報告する。

II 本 論

1 プログラミング教育

『小学校プログラミング教育の手引き (第二版)』では、小学校におけるプログラミング教育のねらいを、「①「プログラミング的思考」を育むこと、②プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに、コンピュータ等を上手に活用して身近な問題

を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと、③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとする事」(文部科学省 2018b, p.11) としている。

①の「プログラミング的思考」を育むための教材は表 2 に示すとおり、現在 3 種類が提供されており、大きくコンピュータを使用するものと使用しないものに分けられる。コンピュータを使用するものの一つは、マサチューセッツ工科大学メディアラボのミッチェル・レズニック氏率いる研究チームが開発した『Scratch』や、文部科学省が開発した『プログラミン』などのソフトウェアを用いて学習する「ビジュアル型プログラミング教材」である。もう一つは、電子機器などのハードウェアの利用を伴うもので「ロボット教材・ブロック教材・基盤教材」に分かれる。また、コンピュータを使用しないものとしては、『ルビィのぼうけん』のような絵本を用いるものや、カードなどで実践する「アンプラグド教材」がある。

表 2 「プログラミング的思考」を育むための 3 種類の教材

| | |
|------------------------------------|--|
| コンピュータを使用するもの | |
| ビジュアル型プログラミング教材 | |
| ソフトウェアのみの教材 (Scratch、プログラミン など) | |
| ロボット教材・ブロック教材・基盤教材 | |
| ハードウェアの利用を伴う教材 (mBot など) | |
| コンピュータを使用しないもの | |
| アンプラグド教材 | |
| 絵本やカード等を使用 (ルビィのぼうけん など) | |

どの学年でどのようなプログラミング教育を実施するか判断は、各学校現場に委ねられている

が、『小学校プログラミング教育の手引き（第二版）』では、「プログラミング教育全体において児童がコンピュータをほとんど用いないということは望ましくないことに留意する必要がある」（文部科学省 2018b, p.19）としている。そして、「コンピュータを用いずに『プログラミング的思考』を育成する指導を行う場合には、児童の発達の段階を考慮しながらカリキュラム・マネジメントを行うことで児童がコンピュータを活用しながら行う学習と適切に関連させて実施するなどの工夫が望まれる」（文部科学省 2018b, p.19）とされている。

幼児や小学校低学年児に対しては、コンピュータを使わないアンプラグド教材は極めて有効である。しかし、コンピュータを使わないプログラミング教育の導入には、子供たちの発達段階に応じた配慮が必要である。

2 アンプラグド教材の提案

アンプラグド教材によりプログラミング的思考力を養う方法として、歯車の特性に注目し、それを学習活動に取り入れることにした。大きさの違う平歯車（正歯車、円筒歯車ともいう）を組み合わせ、歯の数や回転数を比較し、動力が伝わる様子を予想しながら観察することで論理的思考力の育成を図ることができるのではないかと考えた。その理由としては、歯車が子供たちにとって生活の中で見かける身近な存在であること、また、歯車が回転する仕組みは容易に理解できることが挙げられる。さらに、平歯車を回転させて瞬時に結果を確認できる場所は、コンピュータを利用した学習効果と同等の結果を得ることができるからである。

『小学校プログラミング教育の手引き（第二版）』では、プログラミング的思考を「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的

に考えていく力」（文部科学省 2018b, p.9）と説明している。歯車を活用した学習ではまさに、自分が意図する一連の活動を実現するために歯数の違う歯車の組合せを考え、回転させたり改善を試みたりすることで、プログラミング的思考力を育むことが可能であると考えられる。

これらのことから、歯車を使った教材は、アンプラグド教材として利用できると判断した。

3 平歯車の特性

平歯車は図1に示すとおり、歯の筋が軸に対して平行に配置された形状で、動力伝達用として幅広く使われている。

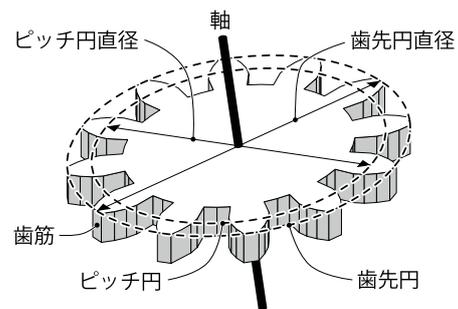


図1 平歯車の形状

平歯車を接合した際の、回転方向や速度・回転力（トルク）の伝わり方を表3にまとめる。

表3 回転方向や速度、回転力の伝わり方

| | 接合する歯車の大きさ | | |
|------|------------|-------------|-------------|
| | 同じ場合 | 違う場合 | |
| | | 動力を伝える側が大歯車 | 動力を伝える側が小歯車 |
| 回転方向 | 逆方向 | | |
| 回転速度 | 同じ | 速い | 遅い |
| 回転力 | 同じ | 小さい | 大きい |

平歯車では、動力の回転方向は常に逆方向に伝わる。そして、接する2つの歯車の大きさが同じ

場合には、回転速度と回転力は同じである。歯車の大きさが異なる場合では、歯車の大きい方を大歯車、小さい方を小歯車と呼び、動力を伝える側が大歯車の場合には、回転速度は速く回転力は小さく伝わる。動力元が小歯車の場合には、回転速度は遅く動力は大きく伝わるという特性がある。

4 平歯車の製作

平歯車を製作するにあたり、材料は厚さ15mmのシナベニヤを用いた。そして子供の手でも扱いやすいように、歯の大きさを示すモジュールは10mmに設定した。歯車全体の大きさが違う場合でも、モジュールのサイズが同じであるため、歯の大きさ・形状は等しく、噛み合わせはスムーズである。歯車全体の大きさは、中心から歯先までを半径とする円の直径で表される。また、歯車が噛み合う際には、歯先円からモジュール値の分だけ内側にあるピッチ円上で接するが、ピッチ円の大きさもその直径で表す。本研究で製作する平歯車の詳細を表4に示す。

表4 製作する平歯車

| | | モジュール (mm) | ピッチ円直径 (mm) | 歯先円直径 (mm) |
|-----------|----|---------------|----------------|---------------|
| | | | | |
| 歯数 (枚) | 6 | 10 | 60 | 80 |
| | 12 | | 120 | 140 |
| | 18 | | 180 | 200 |
| | 24 | | 240 | 260 |

平歯車を用いた学習では、歯車の位置や順番を替え、接合と回転を繰り返しその動きを確認するのが主な活動となる。そのため、組み合わせが簡単にできるよう、図2のようにそれぞれの平歯車に台座を製作し取り付けました。

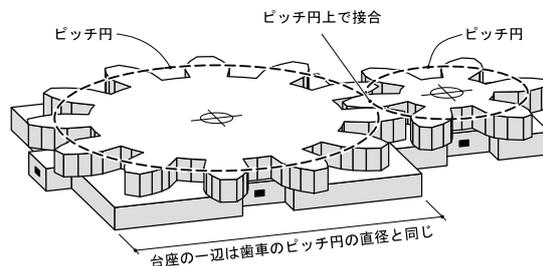


図2 歯車接合の様子

台座同士の接合により自然に歯車のピッチ円が接するよう、正方形を基準にした台座の一边は、ピッチ円の直径に合わせた。そして台座を接合しやすいように、図3のような凹凸を付け磁石を埋め込んだ。回転する歯車に指が巻き込まれるようなときは、台座が離れけがをすることはない。さらに、歯車を回しやすいように取り付けした取っ手にも磁石を埋め込み、各歯車と簡単に着脱できるようにした。

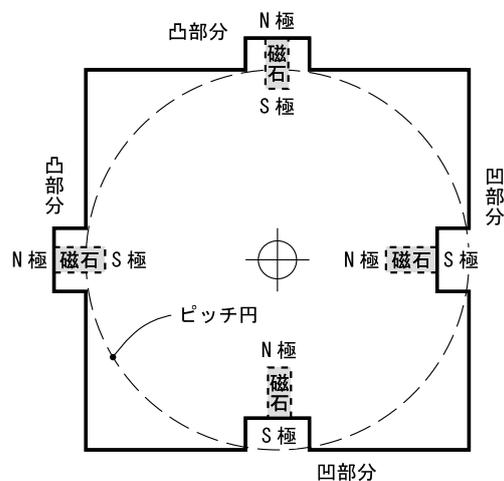


図3 製作する台座

完成した6歯の歯車を5組、12歯は4組、18歯を2組、24歯を1組の計12組の平歯車を図4のように組み合わせしてみた。動かしてみると、それぞれの平歯車がかみ合い、スムーズに回転することができた。

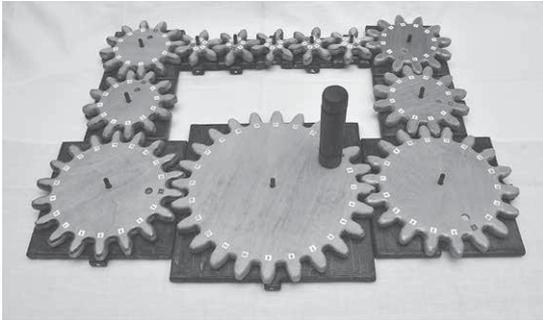


図4 製作した平歯車の組み合わせ例

5 子供たちの反応

10月に開催した本学の学園祭に訪れた子供たちに、歯車で遊んでもらいその様子を観察した。5歳と7歳の女兒姉妹は、取っ手や歯車の接合と分離を繰り返しながら、大小ある台座をいろいろと組み合わせ、歯車が回転する動きを見ていた。勢いよく回転する様子を見て「お花みたい」とか、「(大きい歯車に比べ)小さい歯車(の回転速度)が速い」と感想を述べていた。4歳男児は、台座から平歯車を分離させ、一つの台座に二つの歯車を重ねてみたり、連結する一方の平歯車を台座ごと90度傾け、垂直方向に接合しようとしていた。



図5 歯車で遊ぶ子供たちの様子

6 改良点

子供たちが歯車で遊んだ際、垂直方向に連結を試みようとする様子を見て、図6のようなパーツを新たに製作した。パーツの凹凸部分と台座の凹凸部分は同じサイズにし、歯車の大小に関係なく、どの台座にも接合できるようにした。このパーツを二つの台座の間に挟み接続することで垂直方向にも連結でき、図7に示すように、立体的な組み合わせが可能となった。

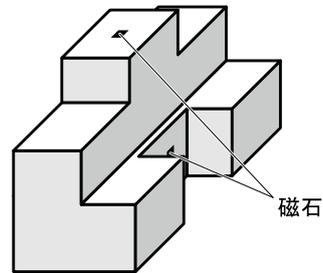


図6 垂直に連結するためのパーツ

7 今後の課題

これまでに製作した4種12個の歯車を一直線上に並べようとしたとき、その組み合わせは83,160通りにのぼる。それをそれぞれの台座にある4か所の凹凸部分を利用して、平面的に広げながら連結させた場合、その組み合わせのバリエーションはさらに増え、自由な発想による学習活動が活発に行われることが期待できる。今後は、図7に示

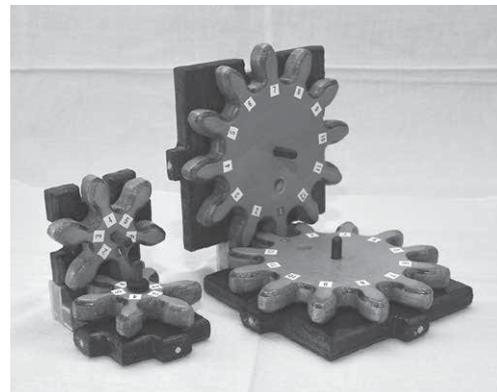


図7 連結パーツで垂直に接続した様子

す接合方法とは違った連結を工夫したり、一つの軸に歯数の異なる2種類の平歯車がついた二段歯車を製作したり、回転運動を往復運動に変換するクランク機構や間欠回転運動に変換するジェネバ機構などのメカニズムを取り入れるなど、動きのバリエーションを増やしたいと考えている。

また本教材の活用は、プログラミング学習を中心とするが、その周辺の算数や理科の教科における具体的活用方法も探っていきたい。他に、歯車遊びをシミュレーションできるアプリケーションソフトウェアをオブジェクト指向の設計手法で開発する予定である。幼児の歯車遊びを補完するために活用できるほか、児童のプログラミング学習を、段階を踏んで進めていくことが可能になると考えている。木製の歯車を利用して、プログラミングの思考力を養う活動をした幼児や児童が、数年後、自在にコンピュータを操作できるようになったとき、今度は以前の活動に関連付けてコンピュータを操作し、振り返りながら「論理的思考力」の育成が図れるツールとなるよう開発を計画している。

Ⅲ 最後に

森林伐採を起因とする山林での土砂災害や海での磯焼けなど、環境破壊が全国的な問題になった。そのため、子供たちに対し木材や森林を身近なものに捉えさせようと、木に触れさせたり、森林保全の活動を体験させたりする試みが多く見られた。2004年にはじまった、北海道の木育推進プロジェクトチームによる「木育」もその一つで、「食育」や「服育」などと並び子供たちにその大切さを伝える教育活動である。木育では、木を使いながら、遊んだり考えたりする経験を通して「思いやり」や「優しさ」など、人間としての豊かな心や感性を育むことを目指している。そして、自然災害や環境問題にまで興味が広がるようにその内

容が工夫されている。木材ならではの感触や匂い、木目の模様や色、擦れたりぶつかったりする際に発する音などは、無機質なプラスチックや金属などとは違った興味を引き、子供たちの五感を刺激する。華美ではないシンプル素材の木材に触れて体験することは、情操教育の観点からもその意義は大きいのではないだろうか。

本研究が子供たちの「プログラミング的思考力」とともに、豊かな心や感性をも育む一助となることを願う。

参考文献

- 経済産業省 (2016) 『IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果～報告書概要版～』
https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/27FY/ITjinzai_report_summary.pdf, (参照 2018-11-10)
- 野村総合研究所 (2015) 『日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に』
https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/news/newsrelease/cc/2015/151202_1.pdf, (参照 2017-11-01)
- 文部科学省 (2018a) 『平成29年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果(概要)』
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/10/30/1408157_001.pdf, (参照 2018-11-01)
- 文部科学省 (2018b) 『小学校プログラミング教育の手引(第二版)』
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/11/06/1403162_02_1.pdf, (参照 2019-01-10)
- 文部科学省 (2018c) 『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 総則編』, 東洋館出版社
- 文部科学省 (2018d) 『幼稚園教育要領解説』, フレーベル館
- リンダ・リカウス (鳥井雪 訳) (2016) 『ルビィのぼうけん』, 翔泳社
- 草ヶ谷圭司 (2003) 『初学者のための機構学』, 理工学社