

研究論文

# 「ものがたり」と「ものづくり」の論理的思考に 基づくプログラミング学習

角 和博\* ・ 古川 美樹\*\*

Learning of Programming Based on Logical Thinking of  
"Narrative" and "Making Things"

Kazuhiro SUMI\*, Yosiki FURUKAWA\*\*

## 【要約】

様々な「ものづくり」や「ものがたり」には、特有の論理が含まれている。またそれらを構成するためのストーリーやプロットなどは、制作の重要なルールとなる。プログラミングは、コンピュータの命令文を作成することではあるが、その中身はコンピュータが自分自身で情報を制御することであつたり、周辺機器との入力と出力であつたりする。人工知能などの基本的なモデルは、人間の思考パターンからもたらされるものであるが、逆にコンピュータのアルゴリズムを人間の行動にあてはめたりもできる。子どもたちの思考に近いところからプログラミング的思考への導入を検討する。

## 【キーワード】

プログラミング, 論理的思考, ものづくり, ものがたり, アルゴリズム

## 1. はじめに

内閣府の平成29年度青少年のインターネット利用環境実態調査報告(平成29年11月3日~12月3日, 3288人から回答)によれば, 就学期の児童・生徒のスマートフォンの利用率は, 小学生46.9%, 中学生84.5%, 高校生91.1%である<sup>1)</sup>。その利用内容は, 動画視聴, ゲーム, コミュニケーション, 音楽鑑賞, 情報検索などである。またこれらの平均利用時間は小学生1時間, 中学生2時間, 高校生3時間である。厚生省調査によれば, このうち中高生のネット依存は93万人として対策を呼びかけている<sup>2)</sup>。

一方においてディープラーニングなどの機械学習システムにより人工知能が高度に発展し, より複雑な条件における情報処理が可能となり, それらが加速度的に進展するシンギュラリティ(技術特異点)と呼ばれる2045年が四半世紀後に近づいている。

諸外国の学校教育では, 情報教育, コンピュータ教育から始まり, プログラミング教育, コンピュータショナル思考などに進展している事例もある<sup>3)</sup>。我が国では, 高等学校普通科で2006年度から教科「情報」が始まり2022年度から3度目の学習指導要領改訂が実施される。それに先だつて2020年度の小学校の学習指導要領では, 教科横断的にプログラミング体験を行うことが明示されている<sup>4)</sup>。また, 文部科学省の有識者会議「議論の取りまとめ」においては, 情報技術を効果的に活用しながら, 論理的・創造的に思考し課題を発見・解決していくために, 「プログラミング的思考」が必要であり, そうした「プログラミング的思考」は, 将来どのような進路を選択しどのような職業に就くとしても, 普遍的に求められる力であるとしている。そして, 「プログラミング的思考」とは, 「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

\*佐賀大学教育学部

\*\*有田中部小学校

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」であると説明している。その上で、情報活用能力の育成を図るための学習活動の充実を図ることとして、特に小学校においては、「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を行うことと規定している。

そこで本研究では、小学校の児童が、授業や遊びを通して日常的に行っている創作活動である「ものがたり」や「ものづくり」の中に含まれる論理的思考に気づきながら学習を進めるプログラミング学習の考え方をについて検討する。

## 2. 方法

小学校の学習指導要領総則の解説編において情報活用能力は、世の中の様々な事象を情報とその結び付きとして捉え、情報及び情報技術を適切かつ効果的に活用して、問題を発見・解決したり自分の考えを形成したりしていくために必要な資質・能力であるとされている。児童の学習場面においてこの情報活用能力とは、必要に応じてコンピュータ等の情報手段を適切に用いて情報を得たり、情報を整理・比較したり、得られた情報を分かりやすく発信・伝達したり、必要に応じて保存・共有等ができる能力である。このような学習活動の前提となる資質・能力には、情報手段の基本的な操作の習得や、プログラミング的思考、情報モラル、情報セキュリティ、統計等に関するものが含まれる。これらの情報活用能力は、教科横断的に学習を支える基盤といえる。このため各教科等の特質に応じて、適切な学習場面で情報活用能力育成を図ることが重要である。これらを日常的に活かすことで、各教科等における主体的・対話的で深い学びへとつなげていくことができる。

小学校においては、特に情報手段の基本的な操作の習得に関する学習活動及びプログラミングの体験を通して論理的思考力を身に付けるための学習活動を、カリキュラム・マネジメントにより各

教科等の特質に応じて計画的に実施することとしている。子供たちが将来どのような職業に就くとしても、時代を越えて普遍的に求められる「プログラミング的思考」を育むためには、小学校においては、児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動を実施しなければならない。このとき小学校段階におけるプログラミング教育の目標は、児童にプログラミング言語を覚えさせたり、プログラミングの技能を習得させたりすることではなく、プログラミング体験を通して児童の論理的思考力を育むことであり、プログラムの働きやよさを理解させることである。これによって児童は、情報社会がコンピュータをはじめとする情報技術によって支えられていることなどに気づき、身近な問題の解決に主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度を身につけることができる。このため、教科等における学習上の必要性や学習内容と関連付けながら、計画的かつ無理なく確実に実施されることに留意しつつ、教育課程全体を見渡し、プログラミングを実施する単元を位置付けていく学年や教科等を決定することが必要となる。なお小学校学習指導要領では、算数科、理科、総合的な学習の時間において、児童がプログラミングを体験しながら、論理的思考力を身に付けるための学習活動を取り上げる内容やその取扱いについて例示している。しかしプログラミングを学習活動としてそれ以外の教科内容でも実施することも可能であり、プログラミングに取り組むねらいを踏まえつつ、学校の教育目標や児童の実情等に応じて工夫して取り入れていくことが求められる。また、こうした学習活動を実施するに当たっては、地域や民間等と連携し、それらの教育資源を効果的に活用していくことも重要である<sup>4)</sup>。

「ものがたりの」と「ものづくり」の両方に共通する概念としてアリストテレスが用いたポイエーシスのとらえ方を提案する。表1に示すように彼は学問の領域を大きく「理論 (テオリア)」・「実践 (プラクシス)」・「制作 (ポイエーシス)」の3

つに分けて捉えた<sup>5)</sup>。

表1 アリストテレスの3つの学問の領域

テオリア	プラクシス	ポイエーシス
科学的な真理を追究する学問	有用性を求める学問	価値を創出する学問
物理学, 化学, 生物学などの自然科学や数学等	倫理学, 政治学, 経済学, 土工学等	文学, 音楽, 芸術, 技術, 工学等

テオリアとプラクシスは、現在のセオリアとプラクティスの語源である。ポイエーシスは、ポエムやポエトリという単語に名残があったが、近年ではオートポイエーシスという言葉で復活している<sup>6)</sup>。このポイエーシスは、制作することを意味するが、その中には文学、音楽、美術などのすべての芸術を含むほか、図1に示すようにテクネからの分岐がプラクシスとポイエーシスであるため、技術や工学も含むことになる<sup>7)</sup>。人間の行為にかかわるプラクシスに対して、ポイエーシスは、図2に示すように人間が己の身体を離れて情報としての記号または物質の組合せや加工として表出することにかかわっている。

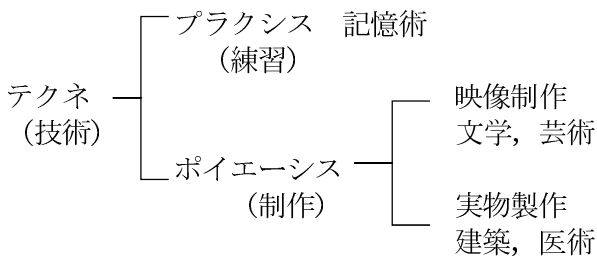


図1 古代ギリシャ時代のテクネの分類

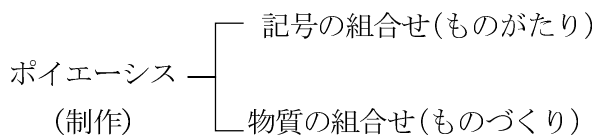


図2 ものがたりとものづくりの関係

「ものがたり」と「ものづくり」は、このポイエーシスという同一の階層で見ることができる。そのため、ここでは「ものがたりの」と「ものづくり」では、ポイエーシスの記号形式的側面と物質的形式的側面として捉えることとする。

### 3. 結果

物語の原初形態は世界各地に残る神話に見ることができる。この神話の論理性は、生物を起源とする生命の論理である。物語に現れる様々なものはことごとく擬人化され、あらゆるものの中に入り方が自由で、現実の世界ではありえないことばかりである。これは論理が時間や空間に先行しており、それらの制約に縛られない世界を構成することができることに他ならない。中沢新一の著書「人類最古の哲学」では、この神話の論理の特徴を「内側と外側がすんなりとひとつにつながってしまう場所」、「いまは別々の存在になってしまっているものたちが同じ生き物であったとき」、「いまいる場所がとてつもなく遠いところの異界にくつついてしまう奇妙な特異点」、「人間が・・・動物たちと同じことばをしゃべって対等なつきあいをしていた頃」<sup>8)</sup>などとしている。これらは現代科学のトポロジー、生物進化、宇宙の構造などのヒントにもなっているかもしれない。さらに中沢は、これらは人間のもつ無意識の論理構造が、「外からの影響から自由になった状態で、自由に結合や反転や変形をおこないながら、自分を展開しようとしている」<sup>9)</sup>とも述べている。生命は時間と空間の中で繰り返される一種の反復プログラムではあるが、ときどきエラーが発生して、新しい反復プログラムを展開する。長い時間で見れば生物進化は、むしろ新しい反復プログラムの連続とも見ることができる。

一般にプログラムを完成するまでは、

- P1. テーマを決める
- P2. あらすじを作る
- P3. シナリオを書く
- P4. プログラミング言語に翻訳する
- P5. プログラムを実行してみる
- P6. 実行結果を確認する

### P7. デバッグや改良を行う

などの手順がある。

このうちP1からP3までは「ものがたり」作成と同じ手順である。つまりコンピュータに向かって行うプログラミングの前半は「ものがたり」の作成ということになる<sup>10)</sup>。

また一般に、「ものづくりは」,

- (1) 構想
- (2) 設計
- (3) 制作・製作
- (4) 検査
- (5) 改良

という手順を辿るが、この(3)から(5)は、P5からP7に対応する。このことからプログラミングは、「ものがたり」と「ものづくり」の途中に人間がコンピュータに仕事を任せるために仕事の内容を順番に記述する作業であることが分かる。

このプログラミングの基本アルゴリズムは、順次、分岐、反復である。一方において認知心理学では、人間の知識は宣言的知識と手続き的知識に分けられる。宣言的知識は、言葉で説明できるような知識であり「AはBである」の形で表現される。手続き的知識は、「AならばBである」の形をもつ行為に関する知識であり、自転車の乗り方やキーボード入力など、反復練習によって意識せずに秩序だった行動が可能になる知識である。順番としてはまず宣言的知識で得られた知識が反復練習などによって「身体が覚えている」状態の手続き的知識となるが、この逆は成り立たないことが知られている。このうち宣言的知識は、プログラミングの基本アルゴリズムの順次に相当し、「AはBである」として表現できる。

また手続き的知識は「もしAならば、Bである」と表現できるが、これは条件文であり、基本アルゴリズムの分岐と反復に相当する。この分岐と反復は、もともとある条件における状態を示すものであり、条件文の中でコンピュータが得意とする反復を特に明確化したものである。

この宣言的知識と手続き的知識をわれわれは生活の中でどのように使っているだろうか。朝起きると習慣に従って登校や出勤までに身支度や食事

をすることは、宣言的知識で行われる条件文で表わすことができる。

1. 朝起きる。
2. トイレに行く。
3. 歯を磨き、顔を洗い、髪を整える。
4. 朝食をとる。
5. 身支度をする。
6. 靴を履き玄関から出る。
7. 目的地まで歩く。
8. 目的地に着く。

このように習慣的な行為では順次的に出来事が進んでいくように思えるが、実は玄関を開けると雨が降っているか、または雨が降りそうな天気である場合は、傘を開くまたは傘を手を持つなどの条件による変化が生じる。常にある条件の中で判断しているのである。習慣的な宣言的知識は、予定可能な範囲で日々に変化する条件を手続き的知識で解決していることになる。

## 4. 考察

2006年に計算論的思考という考え方を提案したWingの文章の中には、つぎのような日常的な例が挙げられている<sup>11)</sup>。

- あなたの娘さんが朝学校に行くとき、その日必要なものをカバンに詰める→プリフェッチとキャッシュ
  - あなたの息子さんが手袋を失くしたとき、来た道を逆戻りすることを勧める→バックトラック
  - どの時点でスキーのレンタルを止めて自分用のを買うか?→オンラインアルゴリズム
  - スーパーマーケットのレジでどの列に並ぶだろうか?→これはマルチサーバシステムの効率モデリング
  - あなたの電話はどのようにして停電中も通じるのか?→これは故障からの隔離したデザインの冗長性
  - 完全自動チューリングテストはどのようにしてコンピュータと人間を見分けるのだろうか、あるいは人間を認証するのだろうか?→これはAIの解決困難な課題を利用して計算エージェントに箔を付けること
- このように日常の様々な出来事の処理手順にコ

ンピュータ的な思考が入り込んできている。アルゴリズムや前提条件といった用語が日常的語彙となり、計算論的思考は生活の必須要素となる。すでに我々は計算論的思考が他の研究領域に与える影響を知っている。例えば機械学習によって変化した統計的学習は、膨大なデータ量と次元の巨大な問題に適用されている。すべての組織の統計部門は、コンピュータ科学者を採用し始めている。コンピュータ科学の学部では、統計学科をすでに擁立していない場合には、新しく設立している。

現在のプログラミングの世界を開いたエイダ・ラブレス<sup>12)</sup>は、父は英国の詩人バイロンであり、母は数学者のアン・イザベラ・ミルバンクであった。エイダの生涯は、たしか知識と豊かな想像力が結びつけば、だれも思いもおよばない世界がつくりだせることを示している。この世界で初めて理論的なソフトウェア・アルゴリズムを開発したエイダ・ラブレスは、「世界初のコンピュータープログラマー」または「サイエンティフィック・コンピューティングの創始者」などと呼ばれている。つまりプログラミング的な論理的思考の出発点では、プログラミングそのものは、本当に創造的で情熱的な仕事であることを示している。

プログラミングの基本は、プログラムという命令文の主語（主体）がコンピュータ本体であるということである。これはプログラムを組んだことのある人でも、このことを意識しなければ気づかない。プログラムを組んでいると自分がコンピュータに命令している気になってくる。自分の思い通りにコンピュータが動くように見える。しかし少し考えるとコンピュータは命令の主体として周辺機器を動かし、ネットワークでコミュニケーションを行っている。実行している主体は、あくまでコンピュータそのものでプログラムを組んだ人間の意志で直接周辺機器を動かしているわけではない。この実行の主体が何であるかを間違えるとシステム全体に対する認識を間違えることになる。コンピュータは作業機械ではなく、命令する機械である。急速に進む様々な作業環境によるオートメーション化やこれから始まるであろう自動操縦車などの一般道路本格稼働など、その作業主

体がコンピュータであることを忘れてはならないのである。

ところでコンピュータが稼働している全体を微視的にみれば、論理回路を構成する電子回路の集まりである。論理回路は、オンとオフだけで構成されているために、0と1の2値だけでよい。論理回路を目的に合わせて組み合わせることで論理演算が可能となる演算回路を作ることができる。

著者の角は、大学生1年生の情報基礎概論の授業でプログラミングの説明をするときは、いつも下駄箱から上履きを出して、下足を下駄箱に入れることができる人は、プログラミングができると話している。フランス語では、*ordinateur*（順序づける）という言葉がコンピュータの意味で用いられている。たとえば、 $A \leftarrow A + 1$ という文に代表される代入文である。これはキーボードの配列の文字に「←」がないためにプログラミングでは、 $A = A + 1$ という文で代用されているために混乱が起こる。プログラミング言語は、その種類が多く教養科目の授業で特定しても汎用性がない。そこで授業では、日本語でメモリ番地とアキュムレータの間のやり取り（アセンブリ的な動作）を行うことで、演算が可能であることを演習させている。

## 5. まとめ

本研究では、小学校教育において行われる「ものがたり」と「ものづくり」に焦点をあてて、これらの中にある論理的思考を抽出しようと試みた。まず、文部科学省が平成32年度から教科横断的に実施する小学校におけるプログラミング学習は、必ずしもスクリプト型のプログラミングでなくともよく、むしろ体験的に学ぶことを重視している。論理的思考を用いる教育内容は、小学校のすべての教材に含まれている。そこで小学校の教材すべての根底にある「ものがたり」と「ものづくり」の論理を見定めようと、この2つがまだ未分化な状態の言葉がアリストテレスの分類の中のポイエーシスであることを突き止めた。このポイエーシスがものごとの生成にかかわること、近年用いられてきたオートポイエーシスという言葉が生命システムを示すことが分かった。



生命システムの様々な基本構成物は、DNAから転写されることから、生命の基本機能は転写プログラムであることが分かる。また地球上の生物進化の過程は、このDNAの中に書き込まれていることも知っている。地球上の生物は、すべてこのプログラムによって生き続けている。小学校の教材では、多くの生命が取り扱われている。このあたりにも小学校のプログラミング教育の可能性があるように思われる。春になり、気温が上昇したら、開花し実がなる。このような自然の営みが、ポイエーシスによってなされていることに気づくことがプログラミング学習の第一歩であると言えよう。

### < 文 献 >

- 1) 内閣府の平成29年度青少年のインターネット利用環境実態調査報告
- 2) 厚生労働省研究班 中高生のネット依存93万人，佐賀新聞LiVE 2018年8月31日  
[https://www.nri.com//media/Corporate/jp/PDF/news/newsrelease/cc/2015/151202\\_1.pdf](https://www.nri.com//media/Corporate/jp/PDF/news/newsrelease/cc/2015/151202_1.pdf)  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/技術的特異点>
- 3) 勝野頼彦，諸外国における教育課程の基準—近年の動向を踏まえて—，国立教育政策研究所教育課程研究センター，2013  
[https://www.nier.go.jp/05\\_kenkyu\\_seika/pdf\\_seika/h25/2\\_9\\_all.pdf](https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h25/2_9_all.pdf)
- 4) 文部科学省，小学校の学習指導要領解説 総則編 平成29年6月21日公表
- 5) アリストテレス，出隆訳，「形而上学」，1959，岩波文庫
- 6) H.R.マトゥーラ，F.J.ヴァレラ，河本英夫訳，オートポイエーシス 生命システムとは何か，1991，国文社
- 7) アリストテレス，高田三郎訳，「ニコマコス倫理学（上）」，1971，岩波文庫
- 8) 中沢新一，「人類最古の哲学 カイツ・ソバージュ I」，講談社，2001，p23
- 9) 同上，p22
- 10) 谷尻豊寿監修，谷尻かおり著，「これからはじめるプログラミング 基礎の基礎」，技術評論社，2001
- 11) Jeannette M. Wing, 中島秀之訳 計算論的思考, 情報処理 Vol.56 No.6 2015 : Jeannette M. Wing, Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol.49, No.3, 2006, pp.33-35
- 12) フィオナ ロビンソン著, せなあいこ訳, 「世界でさいしょのプログラマー—エイダ・ラブレスのものがたり—」, 評論社 (児童図書館・絵本の部屋), 2017