SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

協調学習の中でのプログラミング

メタデータ	言語: ja 出版者: 情報処理学会 公開日: 2019-10-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 遠山, 紗矢香 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/00026852

ARTICLE

基般

協調学習の中でのプログラミング

遠山紗矢香
静岡大学

プログラミング教育をとりまく状況

2020 年度から順次，各種学校での全面実施が始まる新学習指導要領[1)]では，小学校の児童がプログラミングを体験的に学ぶことが明記された．現在は，使用する教材や教育方法についての議論が盛り上がっているところである．

一方で新学習指導要領では，従来の教師中心から学習者中心の学習観への転換を，指導面では「主体的・対話的で深い学び」また学習評価面では「学習者が何をどれだけ学び，どのようなことができるようになったのか」といった表現によって強調している．この転換に対して，協働的な学習を活用した学習過程の改善が有効だと考えられている．

協働的な学習は，日本では「グループ学習」，「小集団学習」，「協調学習」などのさまざまな呼称で，さまざまな学校，さまざまな教科・場面での活用が進められている．協働的な学習を適切に位置付けることで，学習者一人ひとりの学びの深化を促すことができることも知られている[2)]．学びの深化はたとえば発話数やキーワードの登場数に表れるとは限らないため，多様な評価方法の検討が進められつつある．

こうした背景を踏まえて本稿では，協働的な学習を採り入れたプログラミング教育の小学校授業への位置付け方，およびその評価について筆者の考えを述べる．

プログラミングの位置付け

❑ 新しいメディア

本稿ではプログラミングを「新しいメディア」の１つと捉えて，小学校での学習場面の設計方法を考える．この文脈では，鉛筆，ノート，ふせんやタブレット PC のように，考えを表現し，自分や仲間と共有することを通じて考えを再吟味するための手段としてプログラミングを捉える．メディアとしてプログラミングを捉える考え方は，アラン・ケイ（Alan Kay）らの「Personal Dynamic Media」に遡る．ケイらの著作[3)]では，Personal Dynamic Media を用いて個人主体の創造活動ができるようになることの意義が鮮やかに描かれている．

小学校の新学習指導要領では，５年生算数の正多角形の単元，６年生理科のエネルギーの効率的な利用の単元，および総合的な学習の時間においてプログラミングを用いた教育が例示されている．また，学習活動としてプログラミングを取り入れながら児童が教科等の学びを深められるようにすることが求められている．プログラミングを各教科へ浸透させるかのようなこの位置付け方は，新学習指導要領がプログラミングを新しい学びのメディアとして位置付けていることの表れとも解釈できる．

❑ プログラミングの特性

従来のメディアと異なるプログラミングの利点として，（丸め誤差等を度外視すれば）実行結果が正確

にフィードバックされる，何度でも試すことができるという２点が挙げられる．ほかにもたくさんの利点があるが，多様な文脈に共通する代表的な利点としてここではこれら２つに焦点化する．

プログラミングを用いると，先に挙げた２つの特徴から，自分や仲間の曖昧な考えをプログラムとして表現し実行する→実行結果がフィードバックされる→得られたフィードバックを踏まえて自分たちの考えを更新し，プログラムも更新して実行する→再度実行結果がフィードバックされる→もう一度考えてプログラムを更新して実行する……という活動のスパイラルが促される．このスパイラルは試行錯誤の過程であり，授業設計次第では成功的に働く場合もある．

試行錯誤では，仮説的な考えを試しながら自分の考えをより良くしていく「建設的な試行錯誤」と，眼前の対象に対して取り得る手続きを手あたり次第に試す場あたり的な試行錯誤とが区別される[4]．前者の建設的な試行錯誤は，学習者中心の仮説検証を促すものだと考えられるが，後者のみの場合は，教科書に掲載されたアルゴリズムにただ（数値等を）当てはめて実行するだけの仮説を伴わない探索活動を助長する恐れがある．

学習場面の設計

❑ 授業設計の考え方

そこで重要になるのが授業設計である．プログラミングを用いて建設的な試行錯誤を促す授業を実施するには，プログラミング教育に限定されない，授業設計の基本的な考え方が参考になる．Scardamaliaらによる「前向きアプローチ」（あるいは「創発的アプローチ」）[5]や，「協働的な学び」はその１つである．

❑ 前向きアプローチ

前向きアプローチとは，どんなに小さな子でも学習者は自分で自分の考えを創り上げていくことができる存在だと認めて，各学習者が自分なりに考えたいことや知りたいことを見つけられるよう支援し，考えたいことや知りたいことへ向かって各学習者が自律的に学習活動を進められるよう促す授業設計の考え方である．ただし，考えたいことや知りたいことは何か，と突然問われても学習者は答えられない場合が少なくない．答えられたとしてもすぐに解ける話だったりする．そこで，まずは探究しがいがあり，かつ学習者が解いてみたいと思える問題を教師が用意する．学習者はその問題を解く過程で仲間と話し合ったり調べものをしたりしながら情報を集め，統合し，自分なりに考えをまとめる．教師は，各学習者がこの学習活動を通じて，自分で探究する能力を伸ばし，各学習者が持っている視点を際立たせることができるよう手を尽くす．つまり，学習者が教師から与えられた問題に正解することのみを最終目的とせず，学習者が問題を解きながら自分で問題を見つけ，学び続ける能力を伸ばすよう支援するアプローチである．

一方で，学習者がすべて同じ学習過程を通り，ほぼ同じペースで学習目標を達成すると想定して作られた授業は，学習目標を速く正確に達成することこそが好ましい学習だという錯覚を学習者に抱かせる危険性がある．この場合，学習者が自分で問題を考えたり，その問題を解くためにこれまでに得た知識を統合したりすることは起こりがたい．

❑ 協働的な学び

前向きアプローチによる授業では，学習者が自分なりに問題を設定し探究する過程が重視される．この過程の質は協働で行う方が高まりやすい．同じ問題を解いている仲間であっても，仲間は自分と異なる視点からものごとを見ているため，自分では思いもよらなかった解決方法や知識の活用法を提案してくれることがある．また，自分の中で腑に落ちていたことでも，仲間に説明したり仲間から質問を受けたりすることで，実はよく分かっていなかったこと

に気付くことがある．仲間との話し合い，つまり協働的な学びが自分の考えをより良くしていくために寄与するのである．

協働的な学びでは，1人で解くのが困難だと考えられる難しさの問題を扱うことが前提となる．さらに，その問題に，一緒に問題を解いている仲間の考えが可視化されること，仲間の考えの正誤が判断しづらいこと，の2つの特徴が備わっている問題は，協働で考えるのに適しているという[6]．

❑ 具体的な授業の在り方：知識構成型ジグソー法

前向きアプローチや協働的な学びと整合的に捉えられる授業設計方法として，東京大学CoREFが提唱している「知識構成型ジグソー法」[2]が挙げられる．この方法では，学習者一人ひとりが主体となって，学習者自身が解いてみたいと思える問題を協働的に解決していくことを通じて，学習者一人ひとりがさらに考えたいことがらを見つけていく学習過程を促すことができる．知識構成型ジグソー法はさまざまな学校種・教科で2,000を超える先行実践例が蓄積されており，適切に活用することで上記の学習者中心の前向きな学びが促されることが分かっている．

授業進行の基本的な考え方は図-1の通りである．授業者は「エキスパート資料」と呼ばれる資料を，続くジグソー活動の班の中で重複が発生しないように，学習者1人に1種類ずつ配布する．学習者はその資料を読み，内容を把握する．ジグソー活動では異なるエキスパート資料を持った者同士が，課題解決のために各資料の情報を共有し，統合していく．グループでの話し合い後には，クラス内で各グループが考えた解を互いに共有し合う「クロストーク」を行う．

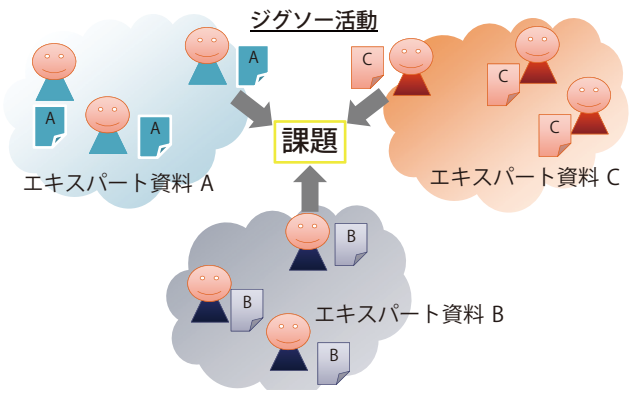


図-1　エキスパート資料A，B，Cを用いた知識構成型ジグソー法

授業を進行する教師は学習者へ与える課題を考えると同時に，課題について学習者が考えるための手掛かりとなるエキスパート資料も用意する．東京大学CoREFの実践例ではエキスパート資料は3種類程度が多い．エキスパート資料を通じて知識を学習者へ積極的に提供するのは，「学習者が自分で知識を統合して問題に対する答えを自分で作る」，また「自分で作った考えを土台にしてさらに考えたいことを見つける」という意味での学習を引き起こしたいからである．

また，知識構成型ジグソー法は評価方法も備えている．活動前と後で，学習者は1人で，課題に対する自分なりの解答を書く．教師が期待する解答の要素が事前と事後の解答にそれぞれどの程度含まれているかを学習者別に分析すれば，学習者一人ひとりの学習の深まりを評価できる．

❑ 理科×知識構成型ジグソー法

筆者は児童一人ひとりが学びを深めるための新しいメディアとしてのプログラミングを，知識構成型ジグソー法と組み合わせて用いることに可能性を見出してきた．ここでは小学校6年生理科の授業2時間で実施することを想定した「micro:bit」を用いたプログラミング教育の例を示す．micro:bitは現在の日本で，安価（2,000円程度）かつ容易に手に入れられるセンサボードの1つであり，ブロックプログラミング環境「MakeCode」や「Scratch 3.0」を用いれば，プログラミング初学者にはやや説明しがたい「おまじない」的な準備作業（I/Oの設定など）からも解放される．

筆者が実際に行った授業で児童に問うた学習課題は「エアコンは部屋の温度をちょうどよくするためにどのようなコントロールをしていると思いますか？」であった．授業前にこの課題を6年生児童に問

いかけたところ，「AI がやっている」，「ちょうど良い温度になるように風を出している」といった曖昧な回答が返ってきた．そのため，授業を通じて，エアコンが部屋の温度を測っていること，温度測定は定期的に行っていること，測定結果に応じて出力を変えていることを児童が論理的に説明できるようになることを目指した．

エキスパート資料は A, B, C の 3 種類を紙面で用意し，各資料のテーマは A「一定間隔で繰り返し文字列を表示する」，B「測定結果の温度によって場合分けする」，C「不等号を使用して条件に一致しているかを判断する」とした．これら資料を統合すると，一定間隔を空けて繰り返し温度を測定し，温度が 28 度以上ならば「HOT!」と表示する等，micro:bit を用いたエアコンのような温度監視プログラムができる．

なお，同小学校の別の 6 年生児童に対して，学習課題を「自分たちのオリジナル micro:bit を作ろう」とした授業も実施したが，児童グループの最終成果物はエキスパート資料いずれか 1 種類に例示されたプログラムを一部改変しただけの作品が多数を占めた．また，作品は，児童らがプリントに記載した「作りたいもの」とは異なる，きわめてシンプルなものだった．児童の創造性を刺激することを期待して自由度の高い課題を設定したが，かえってエキスパート資料間を統合する児童間の対話が促されず，児童らがすぐにできそうなこと（この場合エキスパート資料にあるサンプルプログラムの一部改変）に合わせて作りたいものを変更してしまう結果となった．学習課題の自由度が児童の現状に見合わず高かったことで，授業者が意図した対話を含む学習活動を児童に引き起こすことができなかったと考えられる．

児童 35 名の事前・事後の解答の構成要素を分析した結果を図 -2 に示した．温度を測る必要性はプログラミングを体験する前から言及されているが，(温度に対して) 閾値を決める必要があること，繰り返し処理を用いる必要があることの記述は事後に増加していた．このことから，児童は授業を通じて，プログラムでは暑さ・寒さを数値 (温度) で表す必要があること，エアコンのような温度監視は繰り返しで実現されていることを学んだと考えられる．

また，活動中の様子からは「○度以上」の条件を不等号で表すことが難しい児童が一定数いたことが見出された．不等号は小学校 3 年生算数科の学習内容だが，その知識を実際の文脈に応じて活用するのは容易ではなかった可能性がある．

上記以外にも，筆者は算数や音楽等で知識構成型ジグソー法を用いたプログラミング授業を実施してきた．知識構成型ジグソー法を用いる利点は，グループの参加者全員がプログラム作りに参画し，プログラムの意味を考えられる点である．一人ひとりに異なるエキスパート資料を渡すことで，それらをいかに組み合わせればよいかを学習者が話し合う必然性が生まれる．話し合いには，プログラムを構成する一つひとつの命令の意味の確認や，複数の命令の組合せ方を検討する発話が見られる．話し合いながらプログラムを考えた場合と対比的なのは，学習者がプログラムを丸暗記した場合である．丸暗記の場合，学習者は一つひとつの命令の意味を説明できなかったり正しくトレースできなかったりする．これらを説明できないということは，学習者が暗記したプログラムを別の機会に活用するのは困難であることを意味する．

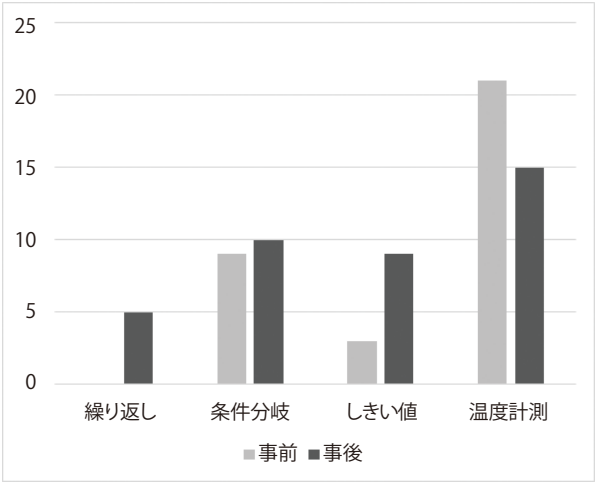


図 -2　各児童の事前・事後の解答の要素

これからの教育を実現する手立てとしてのプログラミング

本稿では新しいメディアとしてプログラミングを捉えて前向きアプローチによる授業へ位置付けること，学習者の「分かったつもり」を超える仕掛けとしての協働的な学び，および学習課題に即して児童の学びを評価することについて述べた．一方で前向きアプローチに照らせば，この授業を契機として児童がどのような問いを持ったのか，どのような主体的な学びへと動機づけられたのかを調査する必要がある．教師向けの研修会での例ではあるが，上述の学習のあとで参加者がどのように micro:bit を活用できるかアイディアを出し合った例がある．児童を対象とした授業でこのような前向きな学びが表れるか，今後検討を進めていきたい．

筆者の所属である情報科学科のように，コーディングそのものを学ぶことを目的とした場合は，プログラミング教育の在り方も変わる．多様な位置づけ方が可能なプログラミングだからこそ，学習目標に照らして実践や評価方法を整理することが重要だと考える．

参考文献

1) 文部科学省，新学習指導要領，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1383986.htm（参照 2019-06-15）
2) 東京大学 CoREF，自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト 活動報告書，http://coref.u-tokyo.ac.jp/archives/11519（参照 2019-06-15）
3) Kay, A. C. and Goldberg, A. : Personal Dynamic Media, Computer, 10(3), pp.31-41 (1977).
4) 原田悠我：プログラミング学習における Tinkering の支援～建設的試行錯誤を促すシステムの開発～，京大学修士学位論文 (2018).
5) Scardamalia, M., Bransford, J., Kozma, R. and Quellmalz, E. : New Assessments and Environments for Knowledge Building, In Griffin, P., McGaw, B. and Care, E. (Eds.) : Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Dordrecht, Springer, pp.231-300 (2012).
6) 三宅なほみ：建設的相互作用を引き起こすために，植田一博，岡田　猛（編著）：協同の知を探る―創造的コラボレーションの認知科学，共立出版，pp.40-45 (2000).

(2019 年 7 月 1 日受付)

遠山紗矢香（正会員） tohyama@inf.shizuoka.ac.jp

静岡大学教育学部特任助教，静岡大学情報学部学術研究員を経て 2018 年より助教．博士（認知科学）．協調学習やプログラミング教育の実践研究を行っている．日本認知科学会，日本教育工学会，International Society for the Leaning Sciences 各会員．

