

特別支援教育におけるプログラミング教育を含む 情報関連学習の段階的な実践

水谷 好成¹, 福井 恵子², 梅津 直哉³, 米谷 年法⁴

¹宮城教育大学技術教育講座, ²宮城教育大学教員キャリア研究機構, ³宮城教育大学附属特別支援学校, ⁴仙台市立六郷小学校

概要：小学校特別支援学級の児童・特別支援学校高等部の生徒を対象にして実施可能なプログラミング教育を含む情報関連学習として試行的授業を実践した。小学校の特別支援学級の児童にScratch系のブロックプログラミング教材である micro:bit の学習を実施したが、理解できる児童は少なかった。これに対し、入力と出力ブロックを線（画面上のワイヤ）で接続してプログラミングする MESH教材は、ボタンでLEDを点灯させるような入出力関係が直感的にわかる簡単な構造になっているため理解しやすかった。特別支援学級の児童に対するプログラミングの思考の学習では、普通学級以上にプログラムで何ができるかを理解させる学習を実施することが重要である。特別支援学校中学部以上では、日常生活や卒業後の進路を想定して役立つICT学習として、文書作成（Word）・表計算（Excel）のアプリケーションソフトの学習を組み込むことが有効である。そこで、特別支援学校高等部の選択学習でタイピングの練習を基本としてExcelを使ったカレンダー作りに取り組んだ。カレンダー作りは目的が明確でわかりやすく、画像の貼り込み機能などを加えることで生徒の理解度や技術に応じて仕上がりが変わる課題であるため、理解度の異なる生徒が混在しても適用しやすかった。発展的な学習として、ゲーム的な要素があり興味を引きやすい小型ドローンの制御学習を実施した。リモコン操作によるドローン制御から始め、理解の容易な順次処理によるブロックの積み重ねで実現するプログラミングをさせた。PC内のプログラムをリアルな世界で実現するために試行錯誤が必要になり、生徒に達成感を与える学習になった。特別支援教育では個々の生徒の特性・適性に配慮した学習を段階的に適用する必要がある。小学校特別支援学級と特別支援学校高等部で実践した学習は、特別支援教育におけるプログラミング教育を含む情報関連学習の提案の一つになる。

キーワード：プログラミング教育, 特別支援教育, 知的障害, 一般就労

1. はじめに

新学習指導要領によって小学校にプログラミング教育が必修化され、ソフトバンクによる Pepper を使ったプログラミング教育（渡邊裕，2020）、タミヤによる「カムプログラムロボット工作セット」の発売、LINEによる「LINE entry」など、新しいプログラミング教材・コンテンツが開発されている [1, 2]。小学生にとってわかりやすい普通学校で適用できる教材であっても、多様な障害のある児童を扱う特別支援教育において適切な学習方法であるかの判断は難しい。障害のレベルや特性によって適用する方法を変え

なくてはならないからである。スマートフォンやタブレット端末の家庭への普及により、キーボードを用いるPCを使用したことがなくてもタブレットの使用経験がある児童が増えている [3]。学習内容にも依存するが、特別支援教育においては児童の扱いやすいタブレットを用いた学習が適用しやすい [4]。プログラミング教育においてもタブレットを用いた学習は導入しやすいと考えられる。

小学校・特別支援学校小学部卒業後の中学校・特別支援学校中学部段階からは将来の進路を念頭にした学習が行われる。特別支援学校（高等部）の教育を経て

社会に出る際、コンピュータ操作ができることは進路選択に有利になる。そのため、小学校段階とは異なる職業指導的なICT教育が求められる。

本稿では、小学校の特別支援学級と特別支援学校高等部において実施した複数の情報関連学習の実践結果を報告する。それらの結果をもとに、課題と他の障害のある児童生徒への適用可能性について示す。特別支援教育におけるプログラミングを含む情報関連学習の一つの提案になると考えられる。

2. 小学校から始めるプログラミング教育

発達障害などで学習に困難を抱える子供たちへの支援するためのICTの活用が期待されている。これに応じて2014年には「ICTの活用による学習に困難を抱える子供たちに対応した指導の充実に関する調査研究」が実施されている(兵庫教育大学, 2014; 宮城教育大学, 2014)。さらに、2020年度から小学校においてプログラミング教育が必修化された。プログラミング教育の指導経験がほとんどない教員が多く、「小学校におけるプログラミング的思考を目的とした学習は従来からのICT活用の目的とは必ずしも同じではない」という観点で教えなくてはならない(豊田充崇, 2017)。授業開始時に扱い方を習得する必要があるキーボードやマウスを用いるPCに比べ、タッチパネル画面上を指で叩く操作(タップ)や移動操作(ドラッグ)だけで扱えるスマートフォンやタブレット端末は小学校に導入しやすいと考えられる(加藤直樹他, 2014)。そのため、タブレット端末を使ったICT学習は小学校に導入しやすく(三宅星也・深見俊崇, 2017; 城間江里子, 2015)、タブレットを用いた漢字学習支援(成田まい他, 2016)のように特別支援学校におけるタブレットの活用事例は多い。中学校段階以上では、様々な教科の学習にICTを活用する観点から、キーボードやマウス操作を用いたPC学習もしなくてはならない。そのため、小学校から段階的にステップアップする学習として実施されることが望ましい(佐藤和紀, 2018)。

3. 小学校プログラミング学習と特別支援教育

3.1 小学校で適用しやすい教材の検討

小学校では視覚的にわかりやすいビジュアルプログ

ラミング教材が用いられている。Scratchは代表的なプログラミング学習ソフトの一つである[5]。ブロックコマンドを組み合わせてスプライト(デフォルトはネコ)と呼ばれるキャラクタを動かしたり鳴き声を出したりすることができる(図1)。Scratchは比較的難易度の低いプログラミング言語ではあるが、Blockly Games[6]やプログル[7]等は使用するブロックコマンド数を少なくすることによって、さらに難易度を下げて、小学生でもわかりやすい簡単な課題から、アルゴリズムの理解が必要な難易度の高い課題まで用意されており、学習者の理解度に応じた指導がしやすい。Web環境で利用できる教材は、使用するPCのOSに依存しないために比較的導入しやすい。ブロックプログラミング教材はPCの画面内でターゲットを移動させるものが多いが、マイコンボードmicro:bit[8]はブロックプログラミングの結果を転送することで、PCを切り離れた状態で実体物の動作として確認できる。そのため、安価で導入しやすい教材として小学校のプログラミング教育への活用が注目されている(村上志穂他, 2019)。

3.2 micro:bitを用いた学習の検討

仙台市立六郷小学校の知的障害・情緒障害学級(対象児童11人:1~5年)において、micro:bitを用いたブロックプログラミングの学習を2019年に試行的に実施した。

micro:bitに装備されているAとBボタン入力に対して、5×5のLEDマトリクスにアイコンを表示する機能を用いた「じゃんけん遊び」を題材とした学習を実施した。Aを押す・Bを押す・AとB両方を押す(A+B)の3状態に対してグー・チョキ・パーを代替する表示可能な3種類のアイコンを割り当てた。グー・チョキ・パーのように、3つのアイコンが互いに得意・苦手な相手を1つずつ持つ「三すくみ」となる設定を考えさせた。

プログラムは「ボタンA/B/A+Bが押されたとき」という枠の中にアイコン表示ブロックをドラッグ&ドロップ操作で移動して入れる(図2)。プログラム作成画面内に使用するブロックコマンドを用意し、各ボタン入力で表示させたいアイコンブロックを選んで移動させた。作成したプログラムをmicro:bitにダウンロードしてLEDマトリクスの動作確認後、ルールを

決めて「じゃんけん遊び」をした。プログラムに従ってLEDで好きなアイコンを表示できた体験は児童に興味を与え、じゃんけん遊びがゴールとなる楽しい活動になった。画面上に用意したブロックコマンドの移動だけであれば、対象児童でも操作できたが、プログラム動作の仕組みを理解できていたのは知的レベルの高い2人(4年生と2年生)だけであった。残りの児童は作業としての学習を楽しんではいたが、プログラムの意味を十分に理解できていないと観察され

た。そのため、使用するブロック数を増やす高次のプログラム学習に進めることは難しく、対象児童にとってより簡単な学習の方が適していると考えられた。理解度の異なる児童が混在する特別支援学級全体としては、プログラムの意味を理解させる学習活動としてmicro:bitを用いたブロックプログラミングの適用は難しかったと考えられる。



図1 ブロックプログラミング (Scratch)

3.3 プログラミング玩具を使った学習の実践

小学校のプログラミング教育としては、PCやタブレットなどを使用しない「プログラミング玩具」と呼ばれる知育玩具を用いた学習方法もある。プログラミングを行うための考え方や論理的思考が身につけられることを目的として、ロボット型、ブロック型、ボードゲーム・パズル型などがあり、対象年齢に応じた様々な玩具が開発されている[9]。おもちゃの要素があるロボット型教材は児童に興味を持たせやすく、プログラミング学習の前段階の学習として活用しやすい。マス目のコースを移動するロボットカー「カードでピットとはじめてのプログラミングカー[10]」は、移動方向や回転などの命令が書かれた紙カードを順に読み込ませる方法でプログラムを作成する。ロボットは読み込んだ紙カードの命令の順に移動や回転などを実行する。

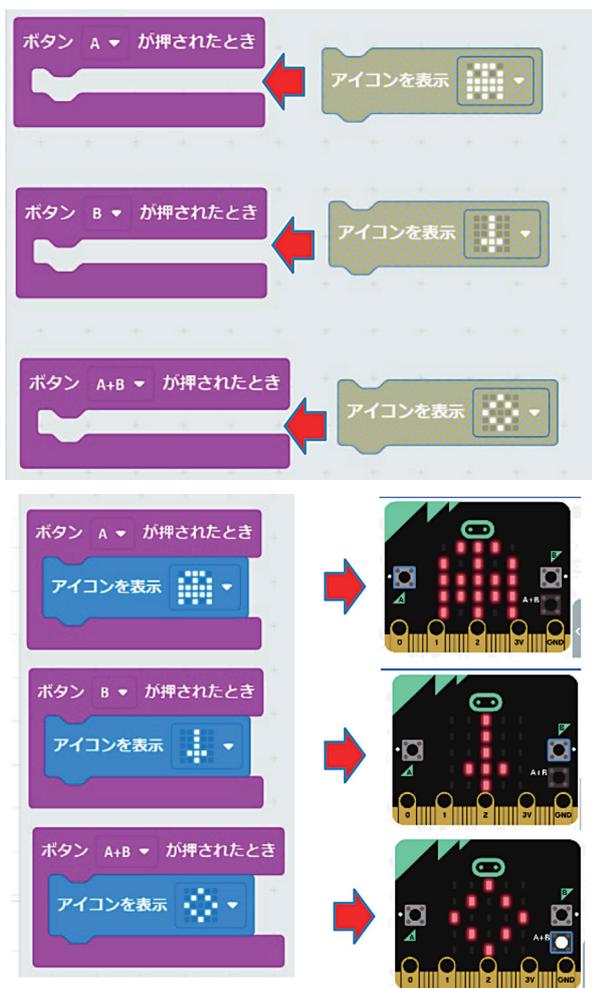


図2 micro:bitによるブロックプログラミング

六郷小学校の特別支援学級では、micro:bitを使ったプログラミング学習の後、操作が簡単なプログラミング玩具[9]を使用した学習を検討し、イモムシ型ロボットの「プログラミングロボ コード・A・ピラー[11]」を用いた学習を実施した。プログラミングカーの選択も検討したが、動きが面白くて興味を持たせやすいと考えられるイモムシ型ロボットを選択した。5つのダイヤルを回して動作を決めると、ダイヤルの命令に従ってイモムシ型ロボットが順に動く(図3)。3~6歳を対象としており、ダイヤル操作だけでプログラムが作成できる知育玩具である。ダイヤルの設定



図3 プログラミングロボ コード・A・ピラー

を順番に実行する「順次処理」のプログラムであるため、対象児童でもプログラムの意味を理解することができた。楽しんでいる活動の様子は観察されたが、この学習に続く学習を検討する必要がある。

3.4 MESHの適用方法の検討

micro:bitを使った学習とコード・A・ピラーを使った学習実践によって、対象の児童に対しては操作が単純で対応関係がわかりやすいことが重要で、順次性が明確なプログラムであれば理解しやすいことが示された。そこで、プログラムアイコンを線(ワイヤ)で結ぶだけでプログラムを作成できるフロー型のビジュアルプログラミング教材MESH(ソニー)を検討した。対象児童たちはプログラミング学習以外でタブレット(iPad)を用いた学習補助教材を使用していたため、操作に慣れているiPadで実施できる教材は適用しやすい。PC操作の苦手な児童もいたが、iPadで起動したプログラム作成画面上で指を移動させてプログラムアイコンを線(ワイヤ)で結ぶだけで作成できるフロー型のビジュアルプログラミング教材であれば適用できると考えた。micro:bitとプログラミングトイの実践と同年度末に試行授業を2回実践した(水谷好成他, 2020)。教材数の関係から、2人単位でグループを作って各グループに1セットずつ教材を適用した。MESHには、入力として5種類(ボタン/動き/人感/明るさ/温度・湿度)と出力1種類(LED)とGPIOの計7種類のMESHブロック(MESHタグ)がある(図4)。このうち児童にとってわかりやすい入力ブロックとして「ボタン/明るさ/動き」・出力ブロックとしてLEDを選んだ。

初回の授業では、MESHで何ができるかを理解させることを意識した。わかりやすさの観点から、最初に「ボタブロック」のスイッチを押すと「LEDブロック」のLEDが点灯することを確認させた。ここでは、スイッチ入力に対してLED出力が生じるという因果関係を認識させることが大切である。次いで、点灯するLEDの色や点灯時間の長さなどを変更させた。プログラムはMESHアプリというプログラム作成環境の上で各ブロックに相当するアイコンを線で結ぶだけでプログラムができる。プログラムを作る作業と並行して、プログラムの結果が入力ブロックの操作に対して出力ブロックの反応となって実現することを確認さ

せながら授業を進行した。

MESHのブロックアイコンの動作説明には漢字も使われているが、ブロックと同じ色のアイコンマークが示されているので、読めない漢字が使われていても実物のブロックを使って説明しながら動作確認をさせたことで、目の前にあるブロックとPC内の同じ色のブロックアイコンの関係を対応させやすかった。MESHブロックアイコンには入口側と出口側の方向性があり、入力ブロックの出口側と出力ブロックの入口側の2つを結ぶ作業は直感的にプログラムの意味を理解しやすかった(図5)。点灯するLEDの色の变化や点灯時間を設定する操作は、iPad画面上でボタンをスクロールして色や数字を変えて調整するため(図6)、パラメータ操作の意味の理解があいまいでも、結果を確認することで感覚的に操作ができた(図7)。対象児童はコンピュータを使って目の前にある実物のブロックをコントロールでき、プログラムによってブロックの動作を変えられることができるという理解はできていると観察された。休憩後の授業では、明るさブロックを使って、コップを重ねて明るさを変化させることでLEDブロックのLEDを点灯させることができるようにした。このプログラムでは、「なぜ?」という疑問を与えるマジック的な要素があるので楽しい活動になった。

2回目の授業実践では、1入力1出力をセットとしたプログラムを複数組み合わせるプログラムを作る学習に発展させた。ボタン押しと異なる操作の入力ブロックとして「動きブロック」を入力として使用するプログラムを追加した。

動きとしては、「振る/ひっくり返す/振動感知/方向」などが選択できる。「振る」という操作は方向性を問わない動作であるために児童にとっては直感的にわかりやすかったが、「縦・横・ひっくり返す」という方向性のある動きは区別が難しく、対応関係を対象児童に理解させることは難しかった。動きの対応関係を間違えないようにブロックの方向がわかるラベルを貼るような工夫をしなければ、動きの方向によって結果が変わるプログラムを理解させることは難しいと考えられた。MESHブロック以外に、MESHプログラムを作るMESHアプリを動作させるデバイス(この実践ではiPad)の機能をソフトウェアブロックとして利用できる。MESHブロックの出力としてはLED



図4 MESHブロック



図5 MESHプログラミング



図6 LEDの動作設定の変更



図7 MESH学習の様子

以外には GPIIP ブロックが利用できるが、出力用の電子回路を作る必要があるため事前準備が必要であるとともに、理解をさせる工夫も必要になる。これに対し、iPad に内蔵されているスピーカー機能は他の学習ですでに使用した経験もあり、MESH ブロックで iPad を操作するという展開は受け入れさせやすかった。最初は既定として用意されている音を出力させていたが、事前の他の学習で録音していた音声出力できることに偶然に気がついた児童がおり、録音した音声出力をさせるプログラムに積極的に取り組む様子が観察された。プログラムを使うことで「こんなこともできる！」ということがわかったことで、学習への取り組みの姿勢が変わるといえる。

最終的には、ボタンや動きで好きな音を出し、LED の点灯を自由に組み合わせる学習に進んだ。ペア学習としたことで、相手の作業を待たない状態になる場合への対応が問題であった。楽しい活動であるためにタブレットを一人で占有して扱いたい気持ちが児童に生じやすい。普通学級であれば、グループ学習で待つということを理解できるが、障害特性によっては、「待つ」という作業に対して衝動的な反応をする児童もいるため、普通学級の児童以上に待つことが難しい。そのため、適用する児童の状態に依存した指導を工夫する必要があった。

学習を進める過程で、入力ブロックと出力ブロック同士が反応する互いの距離に疑問を持つ児童もおり、教室の端まで移動してブロックが反応する距離を確認していた。プログラムの意味を完全に理解できなくても、プログラムの入出力の因果関係は理解できており、プログラミングを楽しむ活動はできていた。多数のコマンドを組み合わせる複雑なプログラムを教える学習よりも、単純なプログラムを定着理解させる学習の方が効果的である。動きの変化に対して音出力の種類が変わる楽器作りのような入出力関係が明確な工作に応用する関連学習へ展開する学習であれば、児童にわかりやすいと考えられた。2020年の授業実践後に新型コロナウイルスの影響によって授業実践が中断してしまっていたが、2021年2月にMESHの授業を再開することができた。対象児童には1年間の空白期間はあったが、継続学習としての導入は容易であった。この結果からも対象児童にわかりやすく興味を持たせやすいMESHを用いたプログラミング学習は適用しやすい

題材といえる。

4. 特別支援学校中学部以上の ICT 学習

4.1 進路を意識した ICT 学習の検討

特別支援学校中学部（あるいは中学校の特別支援学級）から特別支援学校高等部等に進学して卒業した後の進路を考える場合、PCの基本的操作を身につける学習は有意義である。そこで、タイピング練習、文書（Microsoft Word）作成、表計算（Microsoft Excel）に関する基礎的な学習内容を基本として、ここに新学習指導要領で導入されたプログラミング的思考に係る学習要素を組み入れることを考えた。小学校の通常学級で実施されるプログラミング教育の学習内容には、特別支援学校の中学部・高等部でも導入が可能な内容が多く含まれている。生徒の特性を考えた場合、実際の機器の動作でプログラムの結果を確認できる方が学習指導しやすい。結果を実体によって確認できる教材としてはロボットプログラミング学習も候補となるが、小型のドローンの動きを制御する学習は、社会的な課題解決を目指す学習として小学校の総合的な学習の中でも実践されており、社会で実際に利用されている機器を模擬的に制御する学習として導入しやすい題材の一つである（澤柿教淳, 2020）。

2019年度の宮城教育大学附属特別支援学校高等部の「選択学習：情報」としてICT関連学習を計画・実施した（福井恵子他, 2020）。対象は高等部生徒であったが、内容的には中学部に適用できる生徒もいる。学習計画を検討した結果、（1）導入：タイピング練習、（2）基本：表計算ソフトの活用、（3）発展：ドローン制御の体験学習、の3段階の学習計画を立てた。

4.2 タイピング学習

PCを使用し始める段階では正しいキーボード操作を教えられていないことが多く、片手や指一つで操作する自己流でタイピングする生徒が多いため、キーボードのホームポジションを教えるところからスタートとした。自己流で身につけたタイピング方法よりも、一時的に入力速度は遅くなるが、練習を重ねて頑張れば役立つことを意識させて学習を進めた。小学校のコンピュータの学習においてホームポジションがあることは教えられているが、ホームポジションを意識したキー入力を習得するには繰り返

し練習が必要である。大半の児童は自分にとってやりやすい入力をしているのが実情であり、中学校段階で適切なキーボード入力ができている生徒は多くはない。e-typing サイトを利用して学習レベルを評価し、最終的に「C」ランク評価を取得させることを目指して以下の順で授業を進めた。

1. パソコン入力の正しい姿勢を身につけよう
2. タイピングのホームポジション
3. Wordに入力してみよう
4. e-typing サイトで腕試し [12]

正しいパソコン入力の姿勢やホームポジションを意識したキー入力の定着はすぐにはできないため、e-typing サイトを用いた練習は、この後に続く授業の最初の時間に組み入れて実施した。この授業以前に自己流でキー入力をしてきた生徒にとっては、正しいキー入力操作に変えたことで一時的に入力の速度が落ちてしまうことを不満に感じる。そのため、自分流で入力したいと何度も主張する生徒もいた。対象生徒にはこだわりが強い者も多いため、適切な入力方法を身につけることが結果として速いキー入力ができるようになることを質問の度に何度も説明する必要があった。e-typing では図8のように、対象者の学習スキルに応じて文字数や難易度を変えることができる。図の例のように、入力するキーと対応させる指が示される。正しい指使いを使ったキー入力操作は大人でも習得できない人が多く、正しい操作ができるようになるまで練習を繰り返す学習は不可欠である。

スマートフォンやタブレットが家庭に普及したことでキーボード入力の機会は減っている（佐藤和紀, 2018）。普通学校の生徒であっても、コンピュータの正しいキー入力のトレーニングを受けていない生徒は少なくない。学校で系統的な学習を適切にしていない場合、日常生活の中でパソコンを使用する過程で正しい方法を意識せずに入力方法を身につけてしまう。学校におけるPCのキーボード操作の学習では最終的にブラインドタッチを習得することまでは重視されていないのが現状である。ローマ字の学習以前の段階では「かな入力」の方が分かりやすい。そのため、「ローマ字入力」ではなく、「かな入力」でキーボード入力をする生徒も少なくない。また、タブレット端末を使った学習が主流になることで、小学校段階においてキーボード入力の学習を経験しない場合も出てきた。特別

支援学校の生徒の特性上、一度身についた自己流の入力方法を修正することは難しいので、キーボードを使った学習をする場合、導入時にタイピング学習をしておくことが望ましい。就労スキルとしてのタイピングと日常生活でのスキルとしてのタイピングでは、求められる技能の質が異なる。就労を意識させることで生徒に求められている質的な違いや必要性を捉えやすくなる。就労スキルとして直接的に活用することにならなかったとしても、日常生活を豊かにするスキルとしては意味がある。



図8 タイピング学習

4.3 表計算ソフトの活用 (Excel を学ぶ)

PCを使った実用性の高いアプリケーションとしては、文書作成と表計算が挙げられる。大学生のレポートなどを考えると文書作成の方が学習として優先度が高いと一般的には思われがちである。しかし、長い文章を考えて書くことは対象とする知的障害のある生徒には難しい作業である。文書作成ソフトには、文字のフォントや大きさや装飾・レイアウトなどたくさんの機能の学習内容がある。これに対して、表計算ソフトで複雑な計算方法を覚えることは難しいが、簡単な表を作るだけであれば、文書作成ソフトよりも作業は簡単である。使用する機能が少ないほど、対象生徒に

とってわかりやすい学習でもある。そこで、表計算ソフトの表作り機能を利用したカレンダー作りを題材として取り上げた。セルサイズの変更・セルの結合で基本設計ができる。計算式としては日付の数字を1ずつ増やす式の使用のみで作成できる。ここに写真や図の貼り込み、文字サイズやフォント・色の修正作業で実用的なカレンダーを作成できる。最終的に仕上がった作品の完成度は生徒のスキルに応じて高くできるため、生徒にとって学習の成果が本人にわかりやすく達成感を得やすい課題といえる。

1. Excel入門
2. カレンダーを作ろう

授業では、Excelの基本的な使い方から始め、数字の合計を出す程度の計算機能の学習をした。生徒の名簿作りのような表を作るという操作まで確実にできるスキルまで身につけることが目標である。特別支援学校では生徒の特性に応じた学習をさせることが重要であるため、生徒の能力に応じた作品作りができる「カレンダー作り」は扱いやすい課題といえる(図9)。この学習成果を生かして、翌年の就業体験実習では作業の進捗状況をタスクリストとして作成させる活動につなげることができた。生徒自身がExcelやスプレッ



2020年

3月

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3 初日学習	4 小規模研修	5	6 小規模	7
8	9	10 春1、2校外学習	11 春3、4校外学習	12	13	14 ホワイトデー
15	16	17	18	19 修学式	20 春休みの日	21
22	23	24	25	26	27 修学式	28
29	30	31				

備考後記 このカレンダーを作るにあたり3月は卒業シーズンなので行事が多く大変な月でもあります。Excelでは、枠組みがとても難しかったです。

図9 Excelを使ったカレンダー作り

ドシートを操作して、管理することができるためのスキルを習得させることは就労を意識した授業として有益である。

4.4 ドローン制御の体験学習

タイピング練習やExcelを使った就労にとって有益な基本的な情報学習以外に、対象生徒にも可能なプログラミング学習、コンピュータ制御の活用可能性を体験的に認識させる学習を検討した。普通学校でも同じであるが、特別支援学校の生徒にとって、わかりやすく興味関心を持たせやすい学習を組み込む必要がある。近年、空中撮影や配達などによるドローンの活用が進んでいる。屋外で用いられる産業用ドローンには規制があるが、「トイドローン」と呼ばれる200g以下の小型ドローンの操作には特別な免許は不要で、空港周辺や一定の高度を越えなければ自宅の敷地や飛行練習場などで操縦可能である。室内で利用できる小型ドローンはプログラミング学習として小学校で人気のある学習になっている [13]。ドローンを自身でコントロールできるゲーム的な要素があり、プログラムの結果がドローンの動きとして確認できるために理解しやすい学習といえる。

小学校のプログラミング的思考の学習としては、プログルなどを使った図形(多角形)の描画は代表的なプログラミング学習として扱われている [14]。プログルではPC画面内のロボットがプログラムに従って移動する(図10)。多角形には内角と外角があるが、ロボットからみた進行方向の変更は外角の考え方をしなくてはならない。外正方形の場合は内角 90° と外角 90° が同じであるため、想像した通りの動きをする。これに対して、正三角形の場合は内角 60° に対して外角 120° になるため、 60° 回転すると勘違いしやすい。PCだけの座学的な学習でもプログラムの誤りは確認できるが、ドローンの制御の場合はリアルな体験として実感できる。ドローンの移動制御がうまくできないことでプログラム(考え方)の誤りを実感でわかりやすい学習にすることができる。

購入可能な小型ドローンからプログラミング教育用ドローン「Tello EDU」(98×92.5×41mm,87g)を用いた [15]。この教材はScratch・Swift・Pythonでプログラミングでき、初心者でも扱い易いため楽しみながら学ぶことが可能な小型ドローンの一つである。

iPadを使ったりリモコン操作とプログラムによる制御の両方ができる教材である。附属特別支援学校でも人文字や校舎の撮影にドローンを使ったことを知っている生徒もいる。対象生徒はiPadの操作には慣れているため、結果のわかりやすいリモコン的な制御は容易であった。問題はプログラミング学習をどのように進めるかである。生徒の理解度を確認しながら、以下の学習手順に沿って進めた。

1. 教育用ドローン Tello を iPad アプリ TELLOEDU でプログラミングを体験
2. 教育用ドローン Tello を iPad アプリ Tello で飛行させ撮影を体験
3. Tello で他の選択学習の様子をテスト撮影

ドローン操作のプログラミングでは、基本的な操作(離陸-着陸, 前進-後退移動, 回転:時計・反時計回り)が必要になるため、提供されているサンプルプログラムを利用してiPad内でのシミュレータによって確認させる段階から始めた。次いで実際にドローンをプログラムで制御させてプログラムとドローンの動きの関連を確認させた。基本動作の確認課題に続く応用課題としては、2枚の色紙を用意し、離陸後に移動して着陸させるプログラムに挑戦させた。離陸と着陸というブロックを使い、2枚の色紙の間を計測させて、何cm前進させるかというプログラムを作成させた(図11)。ブロックプログラミングは設定した目的に到達できるよう、ブロックを積み木のようにつなぎ合わせて論理的思考を養うことができる。つなぎ合わせた結果はその都度シミュレーションして修正ができるため、「どうするとどうなるか」が視覚的に理解できる。分岐処理がない順次処理であるため、知的障害生徒でも理解は難しくない。

ドローンを使った学習の面白さは、4～8個のプロペラで空中を移動するドローンの制御が、床面で移動するロボットカー制御よりも難しいことである。空中で浮遊固定するホバリングを正確にするためにはGPSや磁気センサーを使用する必要がある。しかし、実際に制御すると、横風のような予測できない要素の影響によって、必ずしも操作者の思い通りには動かない。計測した距離を基にパラメータを修正してもプログラム結果がうまく反映されずに着陸の目的色紙を超えてしまうなど、プログラム通りに動作しない場合もあった。仮想的なプログラムが現実世界で必ずしも同

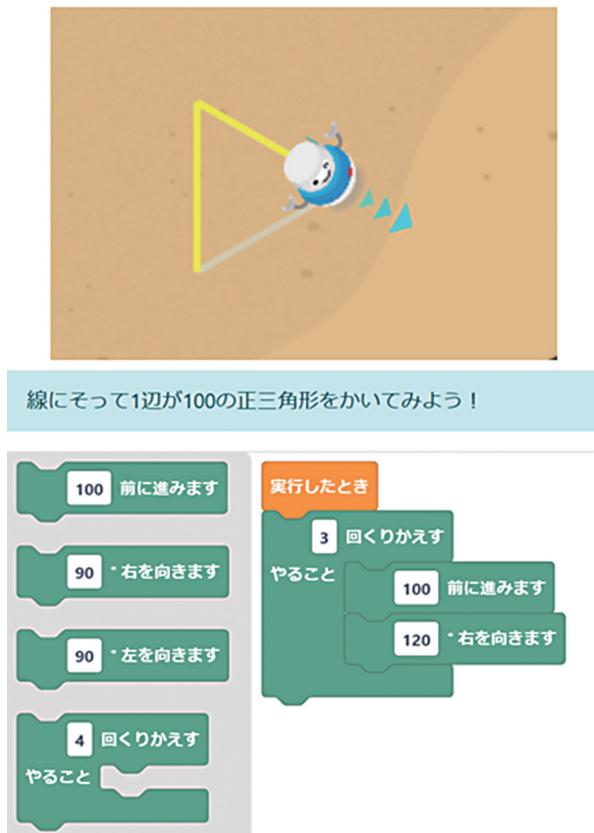


図10 正三角形の描画（プログル）



図11 ドローン制御プログラミング例

じにならないという経験は学習としても有意義である。なかなかプログラム通りに動いてくれないため、移動距離を制御するパラメータを試行錯誤によって修正させた。PC内のシミュレータと異なり、簡単に目的が達成できないことが生徒の興味関心を高めさせ、苦労して課題が解決したという達成感を与える学習になった。

与えられた課題をクリアするというゲーム性があることも、生徒の興味関心を高めた要素であり、積極的に課題解決に取り組む様子が観察された。この学習の後半で行った他の生徒の選択学習の様子をドローン

で撮影させた活動（図12，写真中央の上部の枠内が使用した小型ドローン）では，他の生徒に対しても興味関心を持たせるとともに，「すごいね！」という賞賛をもらえる機会を与えることもできた。



図12 小型ドローンを使った学習

4.5 学習効果の検討

下記は，授業を終えた高等部生徒の感想の一部である。タイピング学習から始めて，ゲーム的な楽しみの要素のあるドローン制御の学習を組み入れたことで，興味を持続させながら授業に取り組ませることができたと考えられる。ドローンを使った制御学習には，予想できない要素によって位置や移動距離を制御するプログラムを作成するという難しさもあったが，課題解決の難しさがあることで生徒の興味関心を高めることができた。難しい学習であると感じながら，結果を出すまで学習を続けた結果として課題解決ができたという達成感を与えるという当初の目的は果たせたと考えている。

A：私たちは選択学習をどこに行きたいか，投票のプリントに「パソコン」と言う選択肢があり，期待を胸に抱き，私たち4人はパソコングループとして，結成されたのであった。パソコングループになり，最初にやった授業はタイピングであった。私含め4人は，ブラインドタッチがまず出来なかった。そんな中，情け無用のタイピングゲームが始まった。成績はそんなに良くなかった。しかし練習を重ね，みな上達していくのであった。

B：私たちはパソコンの画面越しに日々 Excel やタイピング練習をしていた。…私たちはパソコン室へ来た。今回の授業内容はドローンのプログラミングだった。先生から iPad を渡された。ゲームのプロ

プログラミングをやっていた。途中四苦八苦しな
がらやっていた。でも楽しかった。ある程度知識を
学び、リアルで飛ばす本番に入った。iPadを巧
みに使い、ドローンに命令を送る。すると、ド
ローンは空を舞い、指示どおりに動き出した。
しかしすべての指示を聞いてはくれなかったが、
とても楽しめた。

C：最初はiPadでデモンストレーション的な
ゲームみたいなことをしました。最初は難しか
ったですけど段々になりました。それからいよ
いよドローンを試してみますが・・とてもむ
ずかしかったです。まずドローンを着陸させ
たいところに設定しましたが面白いようにう
まくできませんでした。残念デモンストラ
ーションはありましたがとても貴重な経験に
なりました。

5. 特別支援教育における段階的ICT関学習

小学校におけるプログラミング的思考を目的
としたプログラミング学習では、プログラミン
グをできるようにする学習ではなく、プログ
ラムを作るための思考を育成する学習をす
ることが目的である。プログラミング技術
を向上させる学習も重要であるが、それ
以上にプログラムによって色々なことが
できるようにすることを理解することが重
要とされている。特別支援教育におい
ては難しい学習をするのではなく、簡
単な学習を繰り返し実施することが求
められるため、学年や対象児童の理
解度にも依存するが、プログラミング
をすることの楽しさとプログラムを使
って自動的に光の点灯や音声出力を
するような機器を実現できるという
可能性の存在を経験的に理解させる
学習が適用しやすいといえる。その
場合、異なる機能のブロックコマ
ンドの意味を理解して組み合わせる
Scratch系のブロックプログラミング
よりも、単機能の入力と出力アイ
コンブロック同士を線で結ぶだけ
のフロー型プログラミングのMESH
の方が、順序性(因果関係)さえ理
解できれば良いので適用しやすい
といえる。

実体のあるMESHブロックとPC内の
同じ色で表示させるアイコンを同一
として認識させやすいため、障
害のある児童にもわかりやすい
ことが授業実践で確認できた。
プログラムで用いるアイコンブ
ロックの動作説明に漢字が使
われており、全ての機能を理
解することは難しい。しかし、
それぞれのMESHブロック
と対応するPC内のコマンド
が同じであるとイメージ

として理解できれば、動作時間の
長さやLEDの発光色の変更の
ような各ブロックの要素の一
部をプログラムで修正する作
業は可能である。MESHブ
ロックの方向変化の検出機
能のように動きに関する操
作の中には直感的に意味が
わかりにくい要素もあるので、
理解を助ける表示を付ける
ような理解を助ける補助的
な工夫が必要である。入力
ブロック→出力ブロックとい
う因果関係(順序性)を理
解することは対象児童にも
できるため、ブロックの動
きや明るさの変化などに
応じて、iPad内に用意さ
れた音や録音した音声を出
すなどの機能を使って仮
想的な楽器を製作するよ
うな図画工作の学習へ展
開することは可能である。

特別支援学校中学部(中学校の特別支援学
級)以上では、最終的に卒業後にも役
立つ技能を習得させることが目的の
一つとなる。本報告で示した実践授
業単体で考えるのではなく、この授
業の後にはどのような指導につな
げるかが重要である。この授業に
参加・学習した生徒が中心とな
って、コロナ禍で必要になったビ
デオ会議システム(Google Meet)
の接続自体を生徒が行う活動へと
発展させることができた。離れた
教室間での情報交換やリモート
での学校集会の設定を行う活
動につながり、普段の学校生活
で活用が進んでいる。卒業後に
一般就労する生徒たちは出勤・
退勤をExcelで入力する作業
も増えてくるため、タイピング
技能の習得やExcelの基本的
な操作のようなICTを活用し
た基本的な作業で躓かないた
めの支えにも考えられる。ICT
の基本的なスキルを授業で学
習し、普段の学校生活や日常
生活の中で反復的に活用して
いく展開は特別支援学校にお
いて馴染みやすい学習である。
障害児の特性・適性に
応じた学習の一つとして積
極的に組み入れることは有
効である。

6. まとめ

特別支援教育においては、個々の
特性・適性に応じた学習指導
が必要であるため、今回の試
行学習を誰にでもそのまま
適用できるわけではない。し
かし、MESHプログラミング
やドローン制御の学習で
コンピュータ(ICT)を学
ぶ楽しさを経験させられる
ことを児童生徒の感想、他
の学習と課題達成度・理
解度を比較することで適
用できることを確認でき
た。さらに、対象児童
生徒に適用しやすいよう
に実施方法を修正する
必要はあるが、特別支
援教育におけるプログラ
ミン

グ学習を含む情報関連学習として提案できると考えられる。

プログラムを作ることによって、学習前にはできると思っていなかったことができるという実践的な学習経験は、障害のある児童生徒に対してICT関連の学修に対する動機付けになると考えられる。

付記

小学校特別支援学級における授業実践は水谷・米谷が担当し、特別支援学校高等部の授業実践は福井・梅津が担当した。全著者によって、論文全体について共同して検討し、発表原稿について最終的な承認している。なお、本論文に関して開示すべき利益相反関連事項はない。

引用・参考文献

- 加藤直樹・横山隆光・村瀬康一郎・日比光治・興戸律子・山崎宣次・及川浩和・松井徹・埴岡靖司 (2014) 「タブレット PC の教育利用に関する検討」『教育情報研究』Vol.29, pp.39-44.
- 佐藤和紀 (2018) 「小学校段階で ICT 技能をどのように育成するか」『学校と ICT』, https://www.sky-school-ict.net/ite/infotech-education/k_satou/ (2021年2月12日アクセス)
- 澤柿教淳 (2020) 「ドローンを用いたプログラミング体験活動の開発とその検討」『松本大学研究紀要』Vol.18, pp.69-79.
- 城間江里子・城間園子・緒方茂樹 (2015) 「特別支援学級における iPad を活用した実践事例」『琉球大学教育学部発達支援教育実践センター紀要』No.6, pp.19-26.
- 鈴木二正・西山由真・芳賀高洋・大川恵子・村井純 (2015) 「小学校1年生におけるタブレット端末を活用した授業実践と評価」『情報処理学会論文誌教育とコンピュータ』Vol.1, No.4, pp.21-37.
- 豊田充崇 (2017) 「小学校プログラミング授業の推進における実践上の課題」『和歌山大学教職大学院紀要 学校教育実践研究』No.2, pp.83-90.
- 中島栄之介 (2020) 「特別支援学校におけるプログラミング教育の開始に当たって—学習指導要領の位置づけと条件整備を中心に—」『奈良学園大学紀要』Vol.12, pp.151-157.

- 成田まい・大山帆子・銘苅実土・成川敦子・吉田友紀・雲井未歎・小池敏英 (2016) 「中学校特別支援学級在籍の知的障害児における漢字書字学習の効果に関する研究：タブレット PC 活用による視覚的記憶法に基づく検討」『東京学芸大学紀要 (総合教育科学系)』Vol.67 (2), pp.125-134.
- 兵庫教育大学 (2014) 「発達障害のある子供たちのための ICT 活用ハンドブック—特別支援学級編—」, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/08/09/tokushi_hougo.pdf (2021年2月5日アクセス)
- 福井恵子・水谷好成・梅津直哉 (2020) 「特別支援学校生徒を対象にしたドローン制御などを組み込んだ情報教育の実践」『日本産業技術教育学会第63回全国大会講演要旨集』No.2P312, p.169.
- 三宅星也・深見俊崇 (2017) 「特別支援学級におけるタブレット端末を活用した事例研究」『教育臨床総合研究』Vol.16, pp.77-92.
- 水谷好成・草薙拓巳・米谷年法 (2020) 「MESH を用いた特別支援学級におけるプログラミング学習の試み」『日本産業技術教育学会第63回全国大会講演要旨集』No.2P305, p.162.
- 宮城教育大学 (2014) 「発達障害のある子供たちのための ICT 活用ハンドブック—通級指導教室編—」, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/08/09/tsukyu_miyagi.pdf (2021年2月5日アクセス)
- 三宅星也・深見俊崇 (2017) 「特別支援学級におけるタブレット端末を活用した事例研究, 教育臨床総合研究, pp.77-92.
- 村上志穂・千田峻吾・岡田倫明・坂本弘志・松原真理 (2019) 「マイクロビットを用いた小学校プログラミングの授業実践」『宇都宮大学教育学部教育実践紀要』Vol.6, pp.531-534.
- 渡邊裕 (2020) 「幼児教育の現場における人型ロボットの活用 (1) Pepper 教育アプリケーション開発の試み」『研究紀要 [小池学園]』Vol.18, pp.25-34.
- [1] TAMIYA: カムプログラムロボット工作セット, <https://www.tamiya.com/japan/products/70227/index.html> (2021年2月5日アクセス)
- [2] LINE: LINE entry, <https://entry.line.me/> (2021年2月5日アクセス)

- [3] 総務省：主な情報通信機器の保有状況（世帯），<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd252110.html>（2021年2月5日アクセス）
- [4] 文部科学省：特別支援教育でICTを活用しよう，https://www.mext.go.jp/content/20200109-mxt_tokubetu01-00071_1_2_2.pdf（2021年2月5日アクセス）
- [5] Scratch, <https://scratch.mit.edu/>（2021年2月5日アクセス）
- [6] Google:Blockly Games, <https://blockly.games/>（2021年2月5日アクセス）
- [7] みんなのコード：プログル，<https://proguru.jp/>（2021年2月5日アクセス）
- [8] Microsoft：MakeCode for micro:bit, <https://makecode.microbit.org/>（2021年2月5日アクセス）
- [9] プログラミング玩具のおすすめ15選，<https://sakidori.co/article/537780> など（2021年2月8日アクセス）
- [10] カードでピピッと はじめてのプログラミングカー，<https://www.gakkensf.co.jp/pgc/>（2021年2月8日アクセス）
- [11] プログラミングロボ コード・A・ピラー，<https://miraino-manabi.jp/content/391>（2021年2月8日アクセス）
- [12] e-typing:<https://www.e-typing.ne.jp/>（2021年2月5日アクセス）
- [13] ステモン！BLOG 最先端のSTEM教育教材 ドローンを使ったプログラミング教育に挑戦，<https://www.stemon.net/blogs/10940/>（2021年2月5日アクセス）
- [14] 文部科学省：小学校プログラミング教育に関する研修教材，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/05/21/1417122_002.pdf（2021年2月8日アクセス）
- [15] Shenzhen Ryze Technology Co., Ltd.：Tello 公式ウェブサイト，<https://www.rzyzerobotics.com/jp/tello-edu>（2021年2月5日アクセス）