

[算数・数学]

算数授業のプログラミングロボット導入に関する一考察

－第6学年「速さ」の実践から－

佐藤 優紀*

1 はじめに

時価総額（株価に発行済株式数を掛けた企業価値を評価する指標）の世界ランキングではアップルやアマゾンなどIT関連の会社が上位を席卷している。また、内閣府は未来の日本の社会像についてサイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、Society5.0という新たな社会像を提唱している。現代は情報化社会だが、その勢いは近い将来において確実に進んでいくだろう。

学校教育の現場において、2020年から全面实施となる小学校の新学習指導要領では、プログラミング教育が必修化される。2017年3月に公示された小学校学習指導要領の中で、プログラミング教育とは、「子どもたちに意図した処理を行うよう指示することができる体験をさせながら、プログラミング的思考などを育むこと」としている。さらに、プログラミング的思考については「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」とまとめられている。

こうした流れの中、文部科学省が開発した「プラグラミン」といったプログラミング教材を授業に導入してきた。導入してみると子どもにとっては新鮮だったようで心を躍らせ、楽しむ姿があった。こうした子どもの姿を見ても、未来の社会像を考えた時にも、子どもとプログラミングとの出会いをつくることは重要であるだろう。授業に取り入れるにあたっては、小学校プログラミング教育の手引きの中で、「プログラミング的思考は、プログラミングの取組のみで育まれたり、働いたりするものではありません。各教科等の指導を通じて思考力、判断力、表現力等を育む中に、プログラミング的思考の育成につながるプログラミングの体験を計画的に取り入れ、位置付けていくことが必要となります。」と述べられている。こうした指摘を考えた時、プログラミング的思考を育むために教科の学習にプログラミングの体験の場をどのように位置づけるかを考えていくことが教材研究の視点となる。

しかし、プログラミングを授業に導入してみて、プログラミングが教科の学びを一層充実させることにつながるのでは、ということを感じてきた。もちろん、ここまでまとめてきたようにプログラミング的思考を育むことも重要であるだろう。ただ同時に、例えば算数授業でプログラミングを導入することで算数の学習内容の理解が深まるのではないかといったことである。

筆者が受け持つ6年生において、算数科の授業にプログラミングを導入した先行研究にはいくつかある。中でも、プログラミングロボットを使った実践には強く惹かれるものがあった。プログラミングロボットを実際に動かすという面白さがあると思うからである。中村（2016）は、小学校6年生の「速さ」の単元で、Spheroというロボットを使った授業について提案をしている。この提案では、プログラミング的思考を育むと同時に、数学的な見方・考え方を育むことができることを理論的にまとめているものの、実際の授業実践は行っておらず、具体的な効果の検討を課題としていることから本稿でその提案の実践を考えた。速さは、時間・道のりといった異種の量の割合によって表され、子どもにとって捉えることが難しい。川村（2012）は、「速さ」の指導の中で、既習との違いがあったり様々な考えが生まれたりする問題場面を設定することで、必要な情報を読み取るなど主体的に問題構造を把握しようとする姿につながったとしている。前述した中村の提案授業においても必要な情報について子どもが検討していく場面が生まれるだろう。その上で、こうしたプログラミングロボットを取り入れた数学的活動が「速さ」の単元において、どのような効果をもたらすかということについてはまだまだ研究の余地が残されている。

*小千谷市立東小千谷小学校

こうした問題意識・先行研究のもと、本稿では算数科の授業にプログラミングを教材として導入していくことについて、子どもの姿から考察し、授業改善の示唆を得たいと考えた。

2 研究の目的と方法

本研究では、プログラミング的思考を働かせた数学的活動（プログラミングロボットを取り入れた授業）によって、数学的な見方・考え方を育むことを目的とした授業を行った。本稿では授業の発話記録・行為を分析し、プログラミングロボットを授業に導入する効果について検証をしていく。

3 実践で使用する教材（プログラミングロボット）について

Sphero MINIは、Sphero社が開発した教育用ロボットである（写真1）。Sphero Eduというアプリを使うことで進む方向や速度をプログラミングし、ロボットに思った通りの動きをさせて楽しむことができる。また、アプリであるSphero Eduは、ビジュアルプログラミング（写真2）で、命令ブロックをドラッグ&ドロップで組み合わせてプログラミングするため、子どもでもプログラミングを楽しむことができる。また、このビジュアルのプログラムを一般的なテキストベースのプログラミングに変換して表示することも可能である。



写真1 Sphero MINI



写真2 ビジュアルプログラミングの画面

4 実践の概要

(1) 対象児童・期日・内容

第6学年、30名（男子18名女子12名）に対して2018年9月に筆者が行った「速さ」の単元での授業実践である。

(2) 身に付けさせたい力

速さについて理解するとともに、速さなどを求めることができるようにし、生活や学習に活用する力をつける。

(3) 単元計画（全10時間）

1. 距離、時間、どちらも異なる場合の速さの比べ方を理解する。
2. 時速、分速、秒速の意味と求め方
3. 速さと時間を使った道のりの求め方、速さと道のりを使った時間の求め方
4. ロボットを制御するために速さ・時間・道のりの関係を捉える－本稿で焦点を当てた場面

(4) プログラミングロボット導入にあたって行う活動「JUST TOP」

中村（2016）で提案された「JUST STOP」は、指定された位置にロボットを停止させる活動（図1）である。この活動では、時間と道のりの2変数に気付き、それらに関数関係があることを捉えることを目指す。動作時間（継続時間）、スピードメータ（速さではなくパワーを表していることに注意）をプログラミングコマンドとして入力し（写真3）、ロボットの動きを制御する。指定された位置にロボットを停止させるために、1つの変数（時間や道のり）を一定にして、時間・速さ・道のりの関係を考察する必要がある、ロボットの動きを制御するために「速さ」の知識を生かして取り組む活動となると考える。

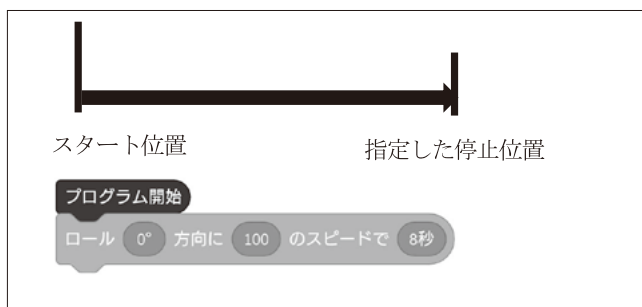


図1 「JUST STOP」の活動イメージ

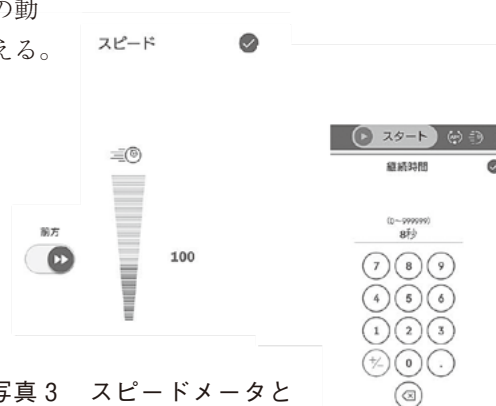


写真3 スピードメータと動作時間

5 実践の描写

<場面1>

子どもは小さな球体のSphero MINIを見て「え？何それ？」と、興味を示した。ロボットであることを伝え、
「動かしてほしい！」と子どもは声をあげた。まず、ラジコンモードで動かして見せた。教師がアプリに向かって指先
を左右に振ると、ロボットがそれに対応して左右に動く。テレビモニターに映っているアプリの操作画面を見せながら
ロボットの操縦方法を説明すると、アプリで指を動かした通りにロボットが動くことがわかった。「やりたい」との声
が多かったので、子どもの中から代表者を決めて、操作させた。代表者が動かすはじめると、「こっちまで来て」「タッ
チしてかえってきて」などのただ動かすだけではなく思い通りに動かしたいと子どもがつぶやきはじめた。子どものつ
ぶやきを整理する形で、「こっちまで来て」は「一定のところまできてとまること」、「タッチしてかえってきて」は
「ある距離を進んで、そこで向きを変えてまたある距離を進むこと」などと、ロボットを制御していくことであるとま
とめた。

<場面1について>

教材であるプログラミングロボットと出会った場面である。動かせることを知ると、「思い通りに動かしたい」
と意識は向かった。こうした思いを生かす形で、プログラミングによるロボット制御を今後の活動の方向性とした。
自在に動かせるロボットは、子どもにとって興味を惹かれる教材であるようである。

<場面2>

場面1でまとめたロボットを自在に操ることについて、ビジュアルコマンドのプログラミングを組むことで制御でき
ることをおさえ、JUST STOP（指定された位置に止める）活動に取り組んだ。まず、スタート位置から2m先の位
置で停止させることを課題として、学習班（4人程度）でその制御コマンドを考え、取り組んだ。ビジュアルコマンド
にある時間・スピードメータを設定する場面の発話・行為の記録は次の通りである。

C 2mで停止ってどうするの？
C スピード100でやってみよ。
C 100なら、4秒とか？
C やってみよ。
スピード100、時間4秒でコマンドを組み、スタートさせたが、1m60cmでとまった（写真4）。
C めっちゃ早くとまった。
C 先生、このメータってどういうやつなの？
T あ、スピードメータはこのロボットのパワーのことなんだけど。
C え？じゃあ、無理じゃん。
C ちょっと待って。スピードわかったかも。
C だから、100の時、4秒で1m60だから、1秒で40cmでしょ。
C 秒速40cmなら、5秒ってこと？

この後、子どもは時間を5秒に設定し直すと、2mの位置でロボットはとまった。課題がクリアできたこのチームの
やりとりについて全体で紹介する中で、スピードメータがロボットのパワーで
あって秒速や時速でないことを確認した。

<場面2について>

スピードメータがロボットのパワーであることを知り、公式に当てはめ
て考えられない、と子どもは葛藤を感じていたようだった。こうした状況
の中、実際に走らせたデータと「速さ」の既習内容を関連づけて考えはじ
めた。決めたスピードで一定時間に進む道のりを調べ、1秒間で進む道の
りを求める方法である。ロボットのパワーしか現れていない状況で、自分
たちで「速さ」の考えを持ち込み、また得られたデータをもとにパワーに
対応する速さを求めていっている。つまり、ロボットの制御を既習の「速
さ」の視点から行おうとしていること、実際に制御できたことで「速さ」
という考え方の有効性を実感することができた場面となっている。



写真4 ロボットの動きを確認

<場面3>

場面2で課題を終えた子どもが様々なプログラムを組み始めていたことを受け、チームごとに動かし方を考えて、取り組ませた。前時に正方形のように動かそうとプログラムを組んだチームがいたことを紹介すると、そのアイデアについて様々な意見がでてきた。ここでの発話・行為の記録は次の通りである。

- C 正方形でやるのは簡単だよ。
 C 辺ごとにスピードを変えたら難しくなると思うんだけど。
 C おー（多くの子が「なるほど」といった表情をしていた。）
 T 今、みんな「おー」って言ってたけど、そんなことして大丈夫？
 C 何が？
 T 正方形って1辺が全部等しくなきゃいけないんだよね？
 なのに、速さが変わってもいいの？
 C いや、だから時間も変えるでしょ。
 C うんうん。
 T え？今の意見ってみんな意味わかった？
 C うん。
 子どもが黒板に「速さ×時間＝道のり」の公式を書く。
 C だから、この公式があるでしょ。速さが速くなったら、時間を少なくすればいいわけで。
 C そうそう。
 T でもロボットのスピードメータはパワーで秒速とかじゃないよね？公式使える？
 C パワーだけど、時間と道のりがわかれば、秒速だせるでしょ。
 C うんうん。
 子どもが黒板に「道のり÷時間＝速さ」の公式を書く。
 C で、秒速がでるから、それとさっきの公式使えばいいってことでしょ。
 T なるほどー、みんな納得？
 C うん。

<場面3について>

場面2では課題を設定したが、場面3においてはどのように動かすかを子どもが決めて、決めた通りにするためにどうしたらいいかと、「速さ」の既習内容を生かしてプログラムを組もうとしている。また、単純に正方形を描くように動かすだけでなく、「速さ」の知識を背景に、正方形の辺上で1辺ごとに速さを変えた動かし方をさせようと思いついている。スピードを変えることについて、移動距離が変化してしまうのではと教師が投げかけたが、公式に立ち返りながら、速さに関する関数関係を活用していくことで移動距離を一定にできることを説明している。

<場面4>

設計図(図2)のとおり、正方形の辺ごとに速さを変えていくことを思いついたチームがプログラミングコマンドを考えていった場面である。発話・行為の記録は次の通りである。

- T 1辺2mの正方形で①②③④の順で速くしていくってこと？
 C うん。だから、とりあえずさっきのスピード100で5秒で2mのやつをどっかにいれて。
 C さっきの動かしてみた他のデータでもつくれそうじゃない？
 C めっちゃ速かったやつのデータとか。
 T どういうこと？
 C (図3のノートの★を示し)前に試した時、めっちゃ速いやつはスピード200の8秒で6m40cm進んだのね。
 「道のり÷時間＝秒速」だから、「640cm÷8秒＝秒速80cm」ってわかるでしょ。
 C そうそう。で、秒速がわかれば、「2m÷秒速」で設定する時間がわかるでしょ？
 C (図3の◆を示し)5mおしかつたやつの秒速もだせるから使おうよ。

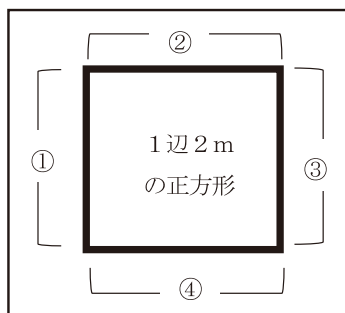


図2 動かす設計図

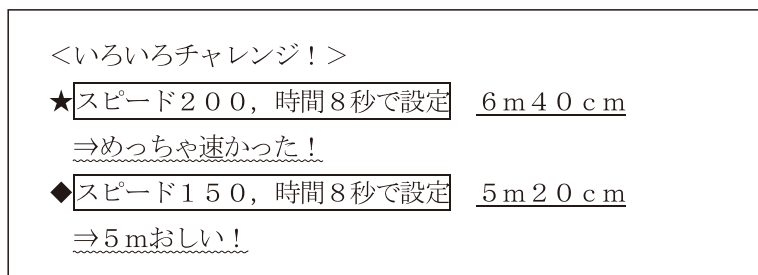


図3 試してみたデータ (ノートの一部を抜粋)

※四角で囲んだところが設定, その横に進んだ道のり, ⇒はコメント

前に試した図3のデータを使って秒速が出せること, そこから設定時間を求めることができることを説明すると, 他にもデータも取ろうと, スピード50で4秒に設定して進んだ道のりを調べた。これらを図4のように, スピード・設定時間のコマンドとして求めていった。

<スピード〇の時, □秒でどれだけ進むか ⇒ 秒速 … 200cm ÷ 秒速 = 設定する時間>	
①	スピード50の時, 4秒で 50cm ⇒ 秒速12.5cm … 200 ÷ 12.5 = 16秒
②	スピード100の時, 5秒で2m00cm ⇒ 秒速40cm … 200 ÷ 40 = 5秒 (場面2の課題と同じ)
③	スピード150の時, 8秒で5m20cm ⇒ 秒速65cm … 200 ÷ 65 = 3.1秒
④	スピード200の時, 8秒で6m40cm ⇒ 秒速80cm … 200 ÷ 80 = 2.5秒

*①②③④の四角囲みのスピード・時間を設定し, 停止ごとに90度方向転換
*①②③④をセットにしてループ再生

図4 調べた結果をもとに, 設定時間まで計算して求めた (*はコマンド)

図4のようにノートに書いた段階で, 「①②だけで1回やってみない?」と実際に試すことがチーム内で提案され, 2mで止まることを確かめていった。確認が終わり, スピード・時間の全てのプログラムコマンドを入力した (図4の*をコマンドとして入力)。いよいよ発表である。図2の設計図をもとに見どころを紹介しながらロボットの動きを発表した。チームのスタート係が「スタートを押すよ!」と声を出すと, 学級全員が緊張した様子でロボットの動きを見つめた。実際, スタートすると①②③④の順にスピードを変えながら正方形を描くようにロボットが動いた。1辺ごとにスピードが速くなっていく様子に歓声があがり, 頂点のところできっかり止まって向きを変える様子につくった子どもも「やったー」と喜びの声をあげていた。他にも, 一定距離を様々なスピードで行ったり来たりする動きを見せるチームや二等辺三角形を描くような動きを見せるチームなど, どのチームも速さの学びを生かして思い通りにプログラムを組んでいた。

<場面4について>

ここでは, 正方形の辺上での動きを4段階の速さで動かすために, プログラミング中の数値をどのように決めていったらいいかといった検討が行われた。そのアイデアとして出されたのが, 場面2の際に, 色々動かしてみた時のデータを使うことである。データをもとに, 任意のスピードメータの速さを, 時間と道のりから求め, 求めた速さから必要な時間がわかることがアイデアとして出された。前に動かしてみた時のデータが使えるのではと思いついたこと, 任意のスピードメータで設定時間を調べるために秒速から順に求めていったこと, 「速さ」の知識を活用しながらプログラミングの質を高めていっている顕著な様相が表れているといえるだろう。

また, プログラムを組むにあたって, 計算して求めた時間について不安をもつ様子を見せる子どももいた。実際に試し, 思う通りに動かせると, 自分たちの考えた方法について自信をつけていた。

<授業の振り返りから (子どものノートから一部抜粋)>

- ・正方形の動きの時, 最初遅いのは心配だったけど, やってみるとしっかり止まってよかった。辺ごとに速くなっていく動きが出せるか心配だったけど, 計算した通りになったから, 他にも動かし方を考えたいと思った。
- ・班の友達とスピードを試しながらやってみるのが面白かった。ぴったり止まった時も面白かったけど, 2mを通り過ぎていった時にみんなで『うわー! (惜しい, 悔しいという気持ち)』ってなったのも面白かった。

6 考察

まず、場面1・2についてである。子どもとロボットの出会いであるこの場面では、ロボットに対して強い興味をもっている様子がわかる。「思い通りに動かしたい」といった思いは、ロボットの制御というプログラミング的思考を育むことに当然つながってくる。この思いを生かす形で、場面2で実際に動かしている。すると、思うようにならず、どうやったらロボットを思い通りに動かせるか、実際に動かしたデータと「速さ」の既習内容を関連させて考えた。こうした子どもの姿から、プログラミングロボットを教材化する1つの魅力として、ロボットを動かすという視覚的・実感的な面白さが挙げられるだろう。

次に、場面3・4についてである。「速さ」の学習とロボット制御の関係性について理解が深まっている場面3では、子どもが「速さ」の知識を背景にロボットの動かし方に工夫をしようとしている。表面的な公式のみの知識でなく、速さに関する関数関係を理解し、学びを整理した中で知識を生かそうとしている。場面4ではプログラムを組むことになる。ここでは、速さがわかれば設定時間を求めることができること、スピードメータを変えて動かしてみた時のデータが使えることを思いついている。そして、「速さ」の知識を活用することで、スピードメータ・設定時間がそれぞれ異なるデータからロボット制御のために必要な情報を求めることができている。プログラムを試行しながら完成させ、思った通りに動かせると、子どもは知識の活用自信をつけていた。振り返りには「他の動かし方も考えてみたい」と更に意欲を見せていた。場面3・4は、「速さ」の知識を活用して、必要な情報をとったり、情報を組み立てたりといった学習過程となっている。

新学習指導要領解説算数編には、資質・能力の育成にあたっては、算数の問題発見・解決の学習過程が極めて重要であるとし、このような学習過程を遂行するものとして「数学的活動」が示されている。日野（2018）は、数学的活動を行う時に大切にしたいことを、「教科書では、数量の関係がすでに表に整理されていることも少なくない。しかし大切なのは子どもが問題を解決するにはどの数量や数量の関係に着目したらよいかを考え、試行錯誤をしながら、その関係を整理・考察していくこと」としている。つまり、本実践でプログラミングロボットを教材として数学的活動を行ったことは、「ロボットを思い通りに動かしたい」という子どもの思いが生まれ、そのためにどんな情報が必要か、道のり・速さ・時間に関わって知りたい情報を子どもが思いをもって検討していくことにつながったものと考えられ、数学的な見方・考え方を豊かに働かせている顕著な様相として捉えることができるだろう。このことは、「速さ」の単元における深い学びの達成につながるものとも考えられる。

以上を踏まえ、プログラミングロボットの導入について「思い通りに動かしたい」といった視覚的・実感的な面白さがある教材であること、数学的な見方・考え方を豊かに働かせる数学的活動となりうる教材であることを考察としてまとめる。

7 おわりに

ロボットにときめき、ワクワクしながら学習に取り組む子ども。自分の思う通りに動かした時には、言葉にならない感動がある。本稿で紹介した振り返りには、「びったり止まった時も面白かったけど、2mを通り過ぎていった時にみんなで『うわー！（惜しい、悔しいという気持ち）』ってなったのも面白かった。」といったものもあった。仲間と一緒に考えて、実際にやってみる時の、一体感といったものだろうか。こうしたことが、間違いなくプログラミングロボットの魅力だと思う。だから、ロボットの面白さを感じる感性が教材研究の第一歩だと思う。本稿で扱ったのは1つのロボットであったが、現在、ロボットは様々な種類が出ている。今後は今回取り扱わなかったロボットについても実際に体験しながら、どのように授業に導入できるか研究を続けていきたい。

<引用文献・参考文献>

1. 川村孝樹「子どもの能動的な学びを引き出す工夫－6年生「速さ」の実践を通して－」『上越教育大学実践研究第22集』、2012年、129～134pp
2. 日野圭子『初等教育資料4月号』、東洋館出版社、2018年、80～82pp
3. 内閣府、科学技術政策（Society5.0について）、http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
4. 中村好則「算数科におけるプログラミング的思考と数学的な見方・考え方の育成に関する考察：－Sphero SPRK Editionを活用した『速さ』の指導事例を通して－」『日本科学教育学会研報31号』、2016年、9～12pp
5. 文部科学省『小学校学習指導要領』東洋館出版社、2017年
6. 文部科学省『小学校学習指導要領解説編算数』東洋館出版社、2017年
7. 文部科学省『小学校プログラミング教育の手引（第一版）』2018年
8. Yahoo!世界時価総額ランキング（2018年9月時点）、<https://stocks.finance.yahoo.co.jp/us/ranking/?kd=4>