

プログラミング学習の有効活用へ結びつく算数・数学の教育実験

－ 距離センサを用いた「速さ」の量認識 －

Experiment of the Arithmetic and the Mathematics Related to Effective Use of Programming Learning －Quantity Recognition of "Speed" Using Distance Sensor－

村橋 貴之* 稲葉 芳成** 丸山 解*** 小林 一茂*** 河崎 哲嗣****

Takayuki MURAHASHI, Yoshinari INABA, Satoru MARUYAMA
Kazushige KOBAYASHI, Tetsushi KAWASAKI

要旨：本稿では、小学校高学年の児童と中学生を対象に実施した公開講座における「速さ」に関する教育実験について報告する。子ども達にとって、距離と時間の2量の複合量である「速さ」の理解は難しいとされている。一方で、速さに関する公式を中心に授業で扱うために、彼らの量の理解が十分に備わらない間に、自然現象や日常生活の問題解決に取り組む状況も指摘されている。本教育実験では速さの異なる直線運動について実際に体感し、かつ運動を瞬時に視覚で捉えるために距離センサを用いた。このような活動によって子ども達は、運動する物体の速さや速さの変化の様子と、グラフの形状との相互関係の理解を深めた。このことは、ものの動きをプログラミングによって再現する活動に繋がるものと考えた。

Keyword：速さ，グラフ関数電卓，距離センサ，子どもの認識，複合量，プログラミング学習，創造性

1. はじめに

1-1. 研究の背景－「量と測定」領域の指導と ICT 機器の活用について－

小学校の学習内容の一つの領域「量と測定」に関して、学習指導要領は「身の回りにある様々な量の単位と測定について理解し、実際に測定できるようにするとともに、量の大きさについての感覚を豊かにすることである。」としている。ICT 機器の普及で、画像や映像などによる学習が可能となったが、教育機器の利用が「量」に対する感覚や認識に有効に働くとは断言できない。コーブランド(1976)、鈴木(1992)は量の認識のために、実物を見たり、触れたりする直接的な体験や、測定で用いられる対象物を操作する(実験する、巧みに手で扱う)ことの必要性を指摘している。

また「量と測定」領域で扱う複合量の認識を育む先行研究として、横地(1965)、藤島(1990)、植松(2016)、川上(2016)などの「速さ」の研究がある。横地(1965)は速さの認識レベルを「移動した長さ」と時間の両方を考えて、長さ」と時間の二つの量で判断する」を最高とする4段階に分けた。藤島(1990)は、量的定義を子ども達に理解させるためには「等しい時間で長い距離を走るものは速い、等しい距離を短い時間で走るものは速い、長い道程を短い時間で走るものは速い、短い道程を長い時間で走るものは遅い、という関係を順序立てて整理することが重要だ」としている。さらに植松(2016)は、速さが一定のもの、そうでないものの区別がつかないことの改善のために「速さを大局的に捉え、その中で速さの変化に着目させ、どんな変化をするものがあるかといった仲間分けの指導をしていくことが重要だ」と述べている。

1-2. 「速さ」指導の現状

現行の小学校6年生使用の算数教科書の「速さ」の導入をみると、電車や人が走っている場面が取り上げられている。そして速さを比べる発問により、単位量あたりの大きさを考えさせている。最後に速さは「時間あたりに進んだ道のり」、「距離あたりにかかった時間」としてまとめている(写真1)。

*岐阜大学大学院教育学研究科2年生 **立命館宇治中学校・高等学校 ***カシオ計算機株式会社 ****岐阜大学教育学部

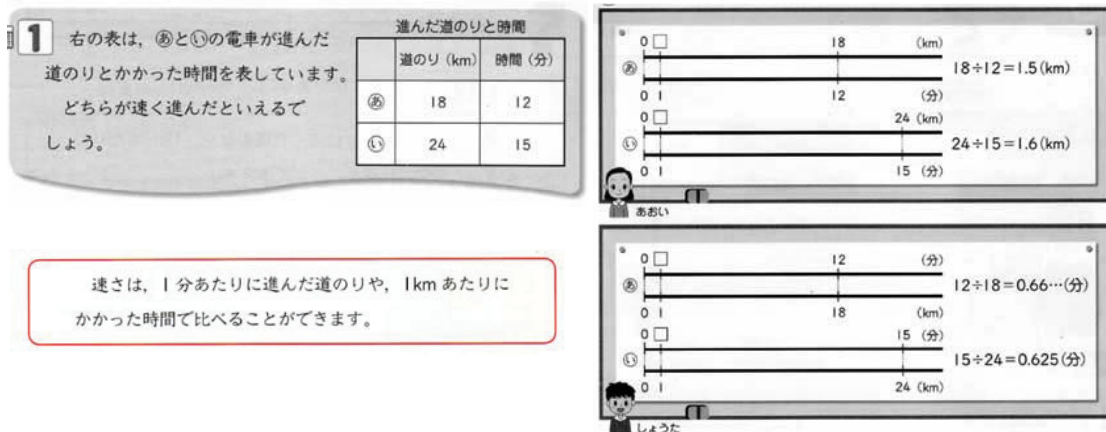


写真1 速さの導入場面 (大日本図書, 2010)

しかし、最初から時間と距離の数値が示された表が与えられているが、なぜ時間と距離に着目するかについては触れられていない。植松 (2016) は、速さを時間と距離の2つの量で規定されることを明確に理解していない状況が、小学生や一部の中学生に見受けられることを課題として指摘している。速さを時間と距離の2つの量の関わりの中で捉えさせる指導の工夫が求められている。

さらに、川上は「速さを実感したり体感したりする学習環境の欠如が、速さ指導の課題である」とした上で、活動の中心が「速さをどう計算するか」という数学の世界に閉じてしまう危険性について指摘している。そして、速さの単元の導入でグラフ関数電卓と距離センサを用いて、歩く速さの様子をグラフで捉える指導方法の可能性について明らかにしている。

2. 実践研究の目的

2-1. 「量の認識」の指導の必要性

筆者らは、はじめに速さの認識について調査を実施した。調査の目的は、現在の子ども達が速さに対してどのような認識をもっているかを明らかにすることである。それは子ども達が、速さという量の理解が不十分であり、速さに関係する身の回りの事象を捉えることを苦手としているのではと考えたからである。その調査を踏まえて、グラフ関数電卓と距離センサを用いた川上らの先行研究を参考に、教育実験を行った。その中で、藤島の研究をもとに速さとは何かを認識させるために、距離と時間の関係を整理するような活動や、植松の研究をもとに、速さが一定のものだけでなく、加速運動と減速運動も扱って、速さの変化を表現する活動を行った。

その際にグラフ関数電卓と距離センサを用いて「歩いたり走ったりする動きの様子」と「直線や曲線で表現できるグラフに置きかえた数学モデル」を対応させて、その相互関係を表現させたり「言葉で説明」させることで速さの理解が深まるのではないかと考えた。そこで次のように仮説をした。

速さの指導において、グラフ関数電卓と距離センサを適切に使用し、速さという量を「言葉」「グラフ」「体」で表現する活動をすれば、速さという量の理解が深まる。

2-2. 研究の目的

研究の目的を次の2点とした。

- (1) 子ども達の速さの認識についての調査を行い、教育実験によって速さの理解を深める。
- (2) 速さについて整理して、研究仮説を検証する。

そして、これらの目的のために4つの観点を定めた。

観点①： 速さを構成する要素を発見し、速さという量について整理できる。

- 観点②： 速さという量を「言葉で表現する」ことができる。
- 観点③： 速さという量を「グラフで表現すること」ができる。
- 観点④： 速さという量を「歩いて表現すること」ができる。

2-3. 研究の方法

研究の目的にある4つの観点に沿って、以下のような研究方法とする。

観点①では、速さに関する認識の事前・事後調査を行う。そして教育実験において、速さを構成する量を発見する活動と、時間と距離と速さの関係についてまとめる活動を行い、認識の変容があるか検討する。観点②③④では、運動しているものの何が変わると、グラフの何が変わるのかを考えさせる。その上で、速さはグラフのどこに表れるのかを言葉・グラフ・歩き方の変化と関連させる教育実験を通して検討する。

3. 教育実験の内容と様子

3-1. 距離センサとグラフ関数電卓の利用

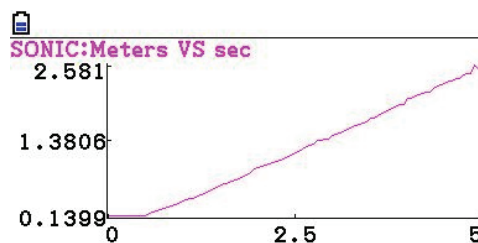
教育実験では、距離センサとグラフ関数電卓を使用した(写真2)。距離センサは超音波によって、対象物からの超音波が戻ってくるまでの時間から、距離を測る機器である(図1)。自分の歩いている様子が、グラフ関数電卓によって、タイムラグも少なく縦軸を距離、横軸を時間のグラフとして表され可視化される(グラフ1)。

このとき、等速運動は直線のグラフ、加速・減速運動は曲線のグラフで表される。グラフの形状の変化の様子から速さの変化に気付くことができる。速さが一定でない場合は、その速さの変化を直接観察することによって感じ取ることは難しい。しかし直線や曲線という数学モデルに置きかえて、短時間に何度でも速さの変化とグラフの対応関係を観察し考察することで、速さの変化の理解が容易になる。

一方で、グラフ関数電卓は画面表示がすべて英語表記であるために、小中学生が使用するためには克服しなければならない点もある。そのため、事前の講習会を設けた。



写真2 距離センサとグラフ関数電卓



グラフ1 等速運動を測定したグラフの様子



図1 測定の概略図



写真3 実際の測定の様子

3-2. 教育実験参加者の概要

2017年8月に日本学術振興会の事業である「ひらめき☆ときめきサイエンス KAKENHI〜ようこそ大学の研究室へ」のプログラムの1つが岐阜大学の会場で行われた。当日は、地元や近隣から31名が参

加し、その内訳は中学2年生2名、中学1年生5名、小学6年生7名、小学5年生15名、小学4年生2名であった。

3-3. 速さの認識調査

そのうち教育実験の事前調査に中学2年生2名、中学1年生5名、小学6年生5名、小学5年生10名、小学4年生2名の合計24名が参加した。質問形式は質問紙による書き取り形式とし、所要時間は約40分であった。以下に調査結果の概要をいくつか記す。

【調査①】 「速さ」とは何かを説明することはできるか。

(質問) 「速さ」とは何ですか。

表1 調査①の結果まとめ(回答24名)

分類	分類	小学生	中学生	合計
正答	時間と距離の両方の言葉を用いて説明している。	1	2	3
	速さの公式で説明している。(距離÷時間)	2	2	4
誤答	時間だと説明している。距離だと説明している。	1	1	2
	速さ・スピード・説明に「速さ」を使っている。	5	0	5
	その他(物が動いていること、比べる時に使う)	1	2	3
	無回答・わからない	7	0	7

【調査②】 身の周りにある「速さ」に関係するものについてどのくらい認知しているか。

(質問) 「速さ」をはかる道具で、知っている物をすべて書きましょう。絵で書いてもかまいません。

表2 調査②の結果まとめ(回答24名)

分類	小学生	中学生	合計
ストップウォッチ	2	0	2
けいさつが車の速度を測る機械	1	1	2
車のメーター	0	1	1
分からない・無回答	14	5	19

【調査③】 直線運動でなく回転運動について「速さ」をどのように捉えているか。

(質問) 観覧車の「速さ」はどうやって考えたらよいか？

表3 調査③の結果のまとめ(回答18名)

分類	小学生	中学生	合計
時間と動く距離で考えている	3	2	5
1周あたりの時間で考えている	3	2	5
動いた距離で考えている	2	0	2
その他	3	0	3
分からない・無回答	2	1	3

【調査④】 「速さ」について問い方を変えても同様な正答を得られるか。

質問1 A君は決められた長さを他の人よりも短い時間で走ることができる。(正しい・間違い)

質問2 A君は決められた時間内に他の人よりも遠くまで走ることができる。(正しい・間違い)

表 4 調査④の結果まとめ (回答 24 名)

質問	正答	誤答	無回答	正答率
1	16	5	3	66 %
2	10	11	3	41 %

3-4. 速さの認識調査のまとめ

調査①の結果より小学生は、無回答や説明に「速さ」という言葉を使ってしまう回答が多く、「速さ」とは何かを言葉で表現することが難しいようである。中学生でも正しく説明できたのは約半数となっており、速さの公式を書く説明も見られた。このことから、速さという量がそもそもどのような量であるのかを理解している子どもは少ないのであろう。

調査②では、回答した参加者はわずか5名だけであった。速さが2つの量に関わるために、1つの道具で速さを測れるものを思い出すことが難しかった可能性がある。ストップウォッチは学校生活で親しみ深い道具のひとつであるが、時間そのものを速さとして捉えている可能性がある。

調査③では、観覧車の動く「速さ」に関する質問に18名が回答したが、回転運動を含む現象を観察する難しさがあった。観覧車では「回転と所要時間」の2量にかかわる回答が10名あり、そのうちの5名は単位時間あたりの回転数でなく、1周あたりに要する回転数で考えていた。

これら3つの調査結果から、「速さ」という量が何であるかを2つの量の関係から正確に理解している参加者は少ないことが分かる。「速さ」を相対的に捉える傾向として、「1つの量に着目した」「距離を固定した場合の時間の差」「時間を固定した場合の回転数などの動作回数差」などがある。

また調査④では、回答した21人において質問2の正答率が質問1に比べて25%ほど下がる。速さについての距離と時間の関係が理解できていれば正答率は同等であると予想したが差が生じていることから、十分に速さと時間と距離との関係が定着していないことが予想できる。

3-5. 教育実験の流れと概況

教育実験は3部構成で実施した。I部では、事前調査問題後に速さを構成する変量の抽出とその関係を整理する活動を行った。具体的には、まずロウソクが燃えている映像、歩いている人の映像を見せ、変量を見出す活動を行った。そして様々な変量がある中で速さは、時間と距離によって決まることを確認した。

次に、見出した量(時間と距離)の関係を整理し、新しい量(速さ)を創る活動を行った。具体的には「距離が同じで、要する時間が違う場合」、「距離が違って、要する時間が同じ場合」、「距離と要する時間が共に違う場合」の3つの速さ比べの映像を見せた(写真4)。そして、「(A) 走った距離が同じ時は、走った時間が短い台車の方が速い、(B) 走った時間が同じ時は、走った距離が長い台車の方が速い、(C) 走った距離と時間が共に違う場合は、1秒あたりに進んだ距離または地面に刻んだ1目盛あたりにかかった時間で速さを比べる」ことを確認した。そして速さの比べ方と「速さとは何か」を自分の言葉でまとめた。

続いてII部ではチームごとに、距離センサとグラフ関数電卓を用いて測定活動を行った。チームの構成は、4名から5名で1チームとした。そして運動の何が変わると、グラフの何が変わるのか、「動き方」と「グラフの形状」を対応して、それを言葉で適宜説明する活動を行った。

はじめに、一定の速度で歩いてできるグラフの作成とそれらを考察する活動を行った。直線グラフの傾きの違いから、速さを比べるためには、傾きに注目すればよいこと発見した(写真5)。動き方として、先行研究の横地・藤島・植松・川上では等速な運動を扱っているが、等速で遠ざかるものだけでなく、加速あるいは減速しながら遠ざかる場合や近づく場合も扱った。途中で速さを変えるとグラフが直線ではなく曲線になることはグラフの様子から読み取ることは容易であるが、その意味を考えることは難しい。グラフで速さを考えるためには、グラフの中のある2つの場所を選んで、その場所を結ぶ直線の傾きに注目すればよいことを活動の結果から確認した。またグラフが曲線になる場合には、速さが変化することでグラフの部分毎で考えた直線の傾きが変化していくことを確認した(写真6)。

Ⅲ部では、チームごとに自分たちでグラフを考えた(写真7)。そして、それを再現するにはどうしたらよいかを考えて、最後に実際に歩き方を発表した。等速や加速以外のグラフを作成したチームも多く見られた。この段階で子ども達は「動きかた」と「グラフの形状」の双方向の対応関係について慣れ親しんだ姿が見られた(写真8)。



写真4 速さ比べの映像の様子

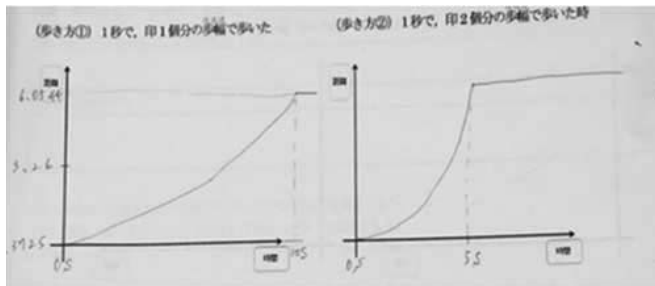


写真5 直線グラフの傾きの比較の様子

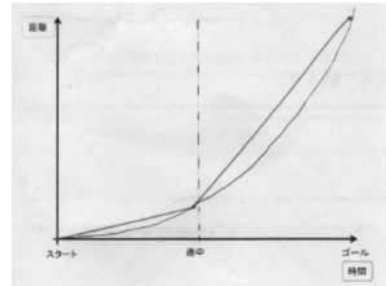


写真6 グラフに傾きを書き加えている様子

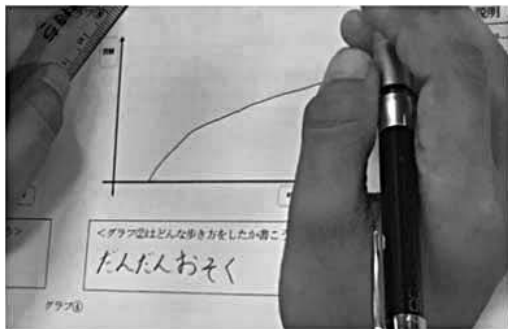


写真7 再現するグラフと歩き方を考えている様子

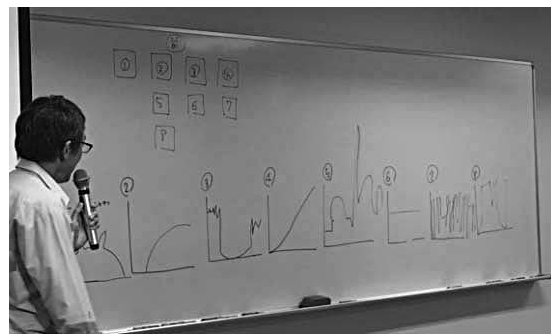


写真8 グループが発表したグラフの様子

4. 教育実験の結果について

以下では2-2. 研究の目的, で示した観点①～④に沿って結果を示す。

4-1. 速さの認識の変化について (観点①)

事前・事後調査で行った「速さとは何ですか」という問いに関しては、小学生の無回答率が減少(事前7人→事後1人)し、自分の言葉で速さを説明できる児童が増加した。また、グラフの傾きとして説明するものや、速さを構成する要素の距離と時間の両方の言葉を使って説明するものもあった(表5)。教育実験後の成果としては十分な成果とは言えないものの理解の向上が見られた。

表5 速さの認識の変化の例

学年	事前	事後
小4	無回答	ある距離をある時間で走ったもの
小5	無回答	同じ時間で進む距離。部分や全体でもスタートからゴールで進んだ数
小6	きよりを時間でわったやつ	グラフの傾き
中1	距離	同じ時でどれだけ進んだか、同じ距離をどれだけで進んだか

次に、速さの理解に関する調査結果を示す。質問は事前と事後で全く同じ問いとせず、事前では走る速さ、事後では本を読む速さ、が「速いという説明として正しいかどうか」を以下のように質問をした。

<p>質問1：他人と比べた行動が「速い」と表現できる言葉として、次の説明は正しいか 事前：A君は決められた長さを他の人よりも短い時間で走ることができる。(正しい・間違い) 事後：A君は決められたページの本を他の人よりも短い時間で読むことができる。(正しい・間違い)</p> <p>質問2：他人と比べて「速い」を表現する言葉として、次の説明は正しいか 事前：A君は決められた時間内に他の人より遠くまで走ることができる。(正しい・間違い) 事後：A君は決められた時間内に他の人より沢山のページを読むことができる。(正しい・間違い)</p>

「距離」と「時間」の関係を「読んだ量」と「要する時間」という2つの量の関係に読み替えられるか、を通じて速さの理解を見ようと考えた。事前・事後調査を回答した22名についての正答誤答の様子を2×2の分割表に表した(表6, 表7)。結果は理解の深まりを示すものとなった。

表6(左)、表7(右) 速さの理解に関する質問に対する正答状況(回答22名)

事前・事後の比較：質問1		
事前1	事後1	
	正答	誤答
正答	15	0
誤答	6	1

p=0.03*(McNemar Test)

事前・事後の比較：質問2		
事前2	事後2	
	正答	誤答
正答	9	1
誤答	9	3

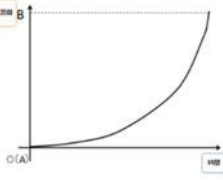
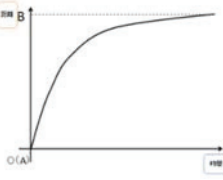
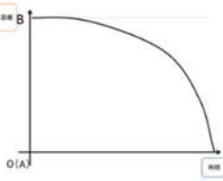
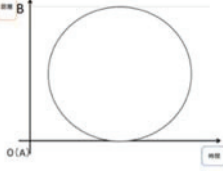
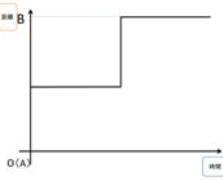
p=0.02*(McNemar Test)

4-2. 速さという量を「言葉で表現する」活動について(観点②)

事前・事後調査で、与えられたグラフを見て、それらを実現する「動き」を考え言葉で説明する調査を行った。事前・事後調査を回答した23名についての正答と誤答の様子を2×2の分割表に整理した(表8)。質問は「A地点からB地点まで車で走ります。下の①から⑤までのグラフはその様子を表しています。それぞれ車はどのように走ったと思いますか」であった。

検定の結果、調査問題③を除いて有意差がみられた。③の調査問題では正答者が増えたものの、有意差がみられなかった。ただしB地点からA地点に戻ってくることは読み取れていたが、その時に加速しているところまで読みとることができない子どもがいた(7名)。これらの結果からグラフの形状と実際の動きとの対応関係についての理解の深まりが見てとれる。

表 8 速さという量を「言葉で表現する」調査結果

与えられたグラフ	グラフの種類	事前・事後の比較 (23人)											
①加速しながら遠ざかる動きのグラフ		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">①事前</td> <td colspan="2">①事後</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>誤答</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>12</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>誤答</td> <td>11</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>p<0.01 ** (McNemar Test)</p>	①事前	①事後		正答	誤答	正答	12	0	誤答	11	0
①事前	①事後												
	正答	誤答											
正答	12	0											
誤答	11	0											
②減速しながら遠ざかる動きのグラフ		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">②事前</td> <td colspan="2">②事後</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>誤答</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>誤答</td> <td>12</td> <td>3</td> </tr> </table> <p>p<0.01 ** (McNemar Test)</p>	②事前	②事後		正答	誤答	正答	8	0	誤答	12	3
②事前	②事後												
	正答	誤答											
正答	8	0											
誤答	12	3											
③加速しながら向ってくる動きのグラフ		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">③事前</td> <td colspan="2">③事後</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>誤答</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>誤答</td> <td>6</td> <td>12</td> </tr> </table> <p>p=0.13 ns (McNemar Test)</p>	③事前	③事後		正答	誤答	正答	4	1	誤答	6	12
③事前	③事後												
	正答	誤答											
正答	4	1											
誤答	6	12											
④再現できないグラフ (円)		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">④事前</td> <td colspan="2">④事後</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>誤答</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>誤答</td> <td>8</td> <td>14</td> </tr> </table> <p>p=0.01 * (McNemar Test)</p>	④事前	④事後		正答	誤答	正答	1	0	誤答	8	14
④事前	④事後												
	正答	誤答											
正答	1	0											
誤答	8	14											
⑤階段状のグラフ		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">⑤事前</td> <td colspan="2">⑤事後</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>誤答</td> </tr> <tr> <td>正答</td> <td>5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>誤答</td> <td>8</td> <td>10</td> </tr> </table> <p>p=0.01 * (McNemar Test)</p>	⑤事前	⑤事後		正答	誤答	正答	5	0	誤答	8	10
⑤事前	⑤事後												
	正答	誤答											
正答	5	0											
誤答	8	10											

4.3. 速さという量を「グラフで表現する」活動について (観点③)

さらに、台車が動くいくつかの映像を見てその様子をグラフで表現できるかを調査した (表 9)。

表 9 映像を「グラフで表現する」調査結果 正答率 %

台車の動き	小学生	中学生	全体
① 坂道を登っている台車	64	71	67
② 平らな道を等速で走っている台車	94	100	96
③ 坂道を下っている台車	35	85	46
④ 坂道を登って、その後下ってくる台車	35	85	46

中学生は、すべての設問で、7割以上の正答率を収めている。小学生は、①減速②一定の速度の運動は理解できている割合が大きい。しかし、正答率 3 割の設問も存在するなど、特に④のような複雑な運動

を表すグラフは難しいことが分かる。小学生において、坂道を登っていく様子は速さの変化が徐々に遅くなり映像上での見た目がわかりやすいのに対して、同じく速さが変化しながら坂道を下っていく様子は、徐々に加速する変化が映像上で捉え難かった可能性もある。それでも、中学生の理解度と大きく差がついたものとなった。

4.4. 速さという量を「歩いて表現する」活動について（観点④）

まずチームごとに再現したいグラフを考えた。そして、それを再現するにはどうしたらよいかを考えて、最後に実際に歩いて表現する活動を行った。等速や加速以外のグラフ（往復・減速・停止のグラフ）を歩いて表現する様子が複数見られた。中には当初考えたグラフの再現が難しく、グラフを修正したり動き方を変えたりする試行錯誤の姿が見られた。以下に子ども達が歩いて表現したグラフの例を示す（表 10）。

表 10 速さという量を「歩いて表現する」活動の結果

再現したグラフ	歩き方
山型のグラフ	距離センサから、離れてまた近づいた。
波型のグラフ	距離センサの前を何度も往復した。
谷型のグラフ	距離センサに、近づいてまた離れた。
横軸に平行なグラフ	距離センサの前で、動かなかった。
1/4 の円型のグラフ	距離センサからだんだん遅くなるように遠ざかった。
直線のグラフ	距離センサを持ちながら、壁から遠ざかった。

4.5. グラフの軸を変換する調査結果

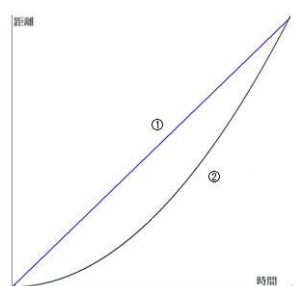
台車が走っている映像を見て $x-t$ グラフと $v-t$ グラフを作る問題をチャレンジ問題とした。動きを理解しグラフ化するだけでなく、 $x-t$ グラフを $v-t$ グラフへの変換するためには、速度の変化の様子を十分に理解していることが求められる。これは高校生が物理で扱うような問題である。結果として、チャレンジ問題だったこともあり、回答したのは 14 名に留まった。このうちの正答状況を 2×2 の分割表に表した（表 11）。問題 1, 2 では $x-t$ グラフは正答しているものの $v-t$ グラフが誤答となった人数が有意に増加し、 $v-t$ グラフを考える難しさが示された。

表 11 $x-t$ グラフ, $v-t$ グラフをつくるチャレンジ問題の正答状況

番号	動き	$x-t$ グラフと $v-t$ グラフの正答状況			
		問題 1		$v-t$	
1	坂道を上っている	$x-t$	正答	5	6
			誤答	0	3
		$p=0.04$ *(McNemar Test)			
		問題 2		$v-t$	
2	平らな道を走っている	$x-t$	正答	8	6
			誤答	0	0
		$p=0.04$ *(McNemar Test)			

3	坂道を下っている	問題3		v-t	
				正答	誤答
x-t		正答	3	6	
		誤答	2	3	
p=0.29 ns(McNemar Test)					
4	台車がレールを登って、その後下ってくる	問題4		v-t	
				正答	誤答
x-t		正答	2	6	
		誤答	3	3	
p=0.51 ns(McNemar Test)					

また対象を当日の参加者でなく現職の教員 11 名にして、 $x-t$ グラフから $v-t$ グラフへの変換と $a-t$ グラフ（縦軸は加速度）への変換についての認識結果を示す（表 12, 表 13）。ここではあらかじめ $x-t$ グラフが準備されたとして、 $v-t$ グラフと $a-t$ グラフそれぞれの変換への状況を示している。中学校と高校の理数系の教諭でも正答できず、運動によるパラメータの関係の意味を理解していないことが分かる。



グラフ 2 $x-t$ グラフ

表 12 教員対象の $v-t$ グラフへの変換の正答状況（回答 11 人）

	等速直線運動	等加速度直線運動
正答	10	9
誤答	1	2

表 13 教員対象の $a-t$ グラフへの変換の正答状況（回答 11 人）

	等速直線運動	等加速度直線運動
正答	3	1
誤答	8	10

5. まとめ

5-1. 教育実験の評価について

目的 (1) の評価について、速さの認識調査の結果より、子ども達は距離と時間の 2 つの量で考えることが不十分な実態であることが明らかになった。また観点①の結果より、事前と事後の調査での「速さとは何か」という問題に対して、予想していたものに比べて十分でないものの理解の向上が見られた。速さの理解に関する調査」では検定の結果、事前・事後調査で有意差が出たことから、実践の効果があったことが示された。

続いて目的 (2) の評価について観点②の結果より、授業で扱った等速運動と加速・減速運動の表現や、再現できないグラフの読み取りまでに有意差が表れたことから、グラフの形状と実際の動きとの対応関係についての理解を深めたといえる。

観点③の結果より、授業で扱った等速運動はもちろん、減速運動の表現まで高い正答率だった。中学生に至っては、複雑な運動の読み取りの正答率が 8 割を超える結果となった。しかし、小学生の正答率は約 3 割となり、十分な理解が得られているとはいえないだろう。

観点④の結果より、子ども達が自発的に様々な運動を表現しようとする様子が見られた。その中には、等速・加速運動だけでなく、減速運動や複雑な運動の表現も含まれていた。

$v-t$ グラフへの変換する問題には 14 名がチャレンジし、そのうちの数名は正答を得ている。この問題では単位時間あたりの動いた距離をグラフの傾きの変化として読み取る必要があり、グラフの読み取りや速さに関しての本質的な理解が問われるものであった。等速・加速・減速などの「動き方」を直線・曲

線などのグラフの形状だけでなく、直線の傾きや曲線の曲がり具合などの特徴の違いとして捉えられた。

以上のように、この教育実験の目的については、一部の子ども達は達成されたが、十分に検証できていない点も残された。特にグラフ関数電卓と距離センサを使用することによって、運動の様子・速さの変化とグラフの対応の理解に変容が生じた。これらの活動のみで「速さ」という量についての理解が深まったとは、判断はできない。しかし課題解決の場面におけるグループ活動では、子ども達が自発的に様々な運動を表現しようとする様子が見られ、その中には、等速・加速運動だけでなく、減速運動や複雑な運動の表現も含まれていたことは、創造的思考力が発揮されたと考えられる。

また、事後のアンケートでは「グラフ関数電卓の使い方が難しかった」という回答は、**10%** に留まり、距離センサが便利だと感じた回答は **67%** であった。これらの結果より、「速さ」のような複合量に対する概念形成を促すためには、グラフ関数電卓のような ICT 機器の活用は十分有効であると考えられる。

5-2. 今後の展望

今後の展望は、本実践の認識調査や実験結果を参考に、速さの認識を深めるような教材や指導法を検討することである。その中の **1** つにプログラミングを用いた学習活動がある。**2020** 年度を皮切りに順次、小学校・中学校・高等学校におけるプログラミング教育が必修化されることになった。文部科学省(2016)では、「プログラミングを体験することによる数学的活動が、算数における「深い学び」の達成に寄与するものになることが求められる」としている。今回扱ったような、等速運動・加速・減速運動を、ピコクリケット(注1)やスクラッチ(注2)によるプログラミングを用いて、機械などのものを動かすことで表現させる活動とその教材化を検討する予定である(写真9, 写真10, 写真11)。

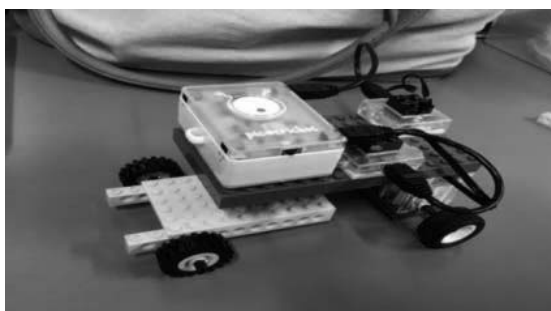


写真9 ピコクリケットで作った車

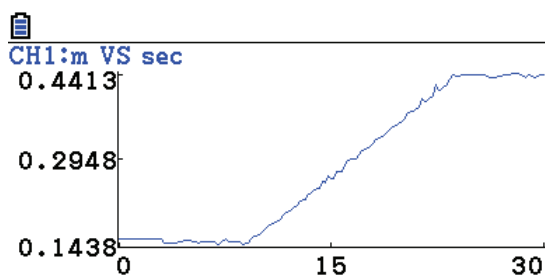


写真10 動かした車を距離センサで測定したグラフ

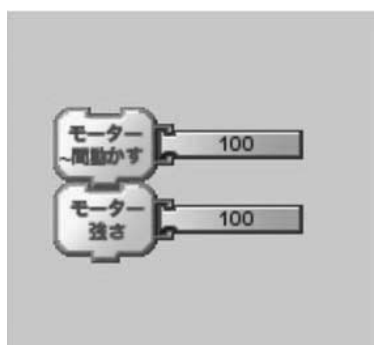


写真11 車を動かす簡易プログラミング

6. 注釈

- 1) ピコクリケット：難しいプログラムコードの記述が不要で、ドラッグとドロップの簡単なビジュアル操作を使うプログラミングソフト。センサ（音、光、電圧、タッチ）やモーターなどを制御できる。
- 2) スクラッチ：ビジュアルプログラミングソフトの1つであり、操作が簡単なことと、フリーソフトであることから教育現場での利用が期待されている。作図や演算の命令などもプログラムできる。

7. 引用・参考文献

- 1) 文部科学省, 「小学校学習指導要領解説 算数編」, 東洋館出版社, 2008.
- 2) コーブランド, 「ピアジェを算数指導にどう生かすか」, 明治図書, 1976.
- 3) 鈴木啓子, 「量感を育てる長さの指導のあり方—第2学年を中心に—」, 日本数学教育学会誌第74巻第6号, 1992, 122-127.
- 4) 横地清, 「小学生の思考力Ⅱ」, 三一書房, 1965.
- 5) 藤島一満, 「『速さ』の概念の指導」, 日本物理教育学会誌第38巻1号, 1990, 13-16.
- 6) 植松敬太, 「生活場面における子どもの速さの認識に関する調査」, 教育デザイン研究 第7号, 90-97, 2016-01, 横浜国立大学, 2016.
- 7) 川上貴, 「グラフ電卓と距離センサーを活用した算数科『速さ』の導入指導の留意点—大学公開講座の取組から—」, 西九州大学子ども学部紀要 第7号, 2016, 57-66.
- 8) 大日本図書, 『6 速さの表し方を考えよう』, 「新版 たのしい算数 6上」, 2010, 65-66.
- 9) 文部科学省, 「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm (最終検索日 12月22日), 2016.
- 10) 上杉剛志, 「『量と測定』領域における基礎的・基本的な知識及び技能を身に付ける学習指導の工夫—量の大きさについての感覚を豊かにするための算数的活動を通して—」, 平成26年度教員長期研修(前期)算数教育研究報告, 広島県立教育センター, 2014.