

プログラミング教育の視点から構成する 速さの単元の教材

横 山 修

要 旨

文部科学省は Society5.0 人材育成のため、2020 年度から小学校でプログラミング教育を全面実施した。この目標の一つとしてプログラミング教育により児童の思考力・判断力・表現力の3つの力を育成することがある。ここで我々は、プログラミング教育と3つの力の育成の間に相補性があると指摘する。本稿では児童の3つの力を育成するために、算数教育においてプログラミング教育の要素、すなわち試行錯誤によるアルゴリズム創出と表現の等価変換を含む新指導法確立の必要性を論じた。

この新指導法を構成するための探索的な研究として、小学校高学年の「速さ」の単元に焦点をあて、速さの小単元に対応するデジタルコンテンツ群を作成した。ここでは作成したコンテンツ群の使い方について、各小単元の指導案骨子に沿って述べた。また、コンテンツ群の使い方と3つの力の育成との対応についてまとめた。

キーワード：算数教育、Society 5.0、プログラミング教育、思考力・判断力・表現力、
デジタルコンテンツ

1. 社会的背景

日本政府が2016年1月に閣議決定した「第5期科学技術基本計画」の中で、はじめて「Society 5.0」が提唱された。これは、「狩猟社会 (Society 1.0)、農耕社会 (Society 2.0)、工業社会 (Society 3.0)、情報社会 (Society 4.0)」に続く、新たな社会像として位置付けられている。第5期科学技術基本計画によれば、Society 5.0とは「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会のさまざまなニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といったさまざまな違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」を意味する。この社会では、「データ」から抽出した統計的経験則（つまり「情報」）が、社会の諸問題に関する意思決定に関与する。これを「データ駆動型社会」と呼び、そこではデータや情報を「読み解き活用する」力が一般市民にも強く求められる。このデータや情報を読み解き活用する力は、旧来の「情報リテラシー」を超えた、いわば「高度な」情報リテラシーとも言えるものである。このような高度な情報リテラシー修得の重要性は今後ますます高まると予想される ([1])。

データ駆動型社会において、データを「読み解き活用する」ためには、大量の「データ」(ビ

ッグデータ)を処理して人間にとって意味のある「情報」を抽出する必要があり、抽出処理には「プログラム」が必要である〔2〕。

政府による「Society 5.0」の提唱を受けて、文部科学省は「プログラミング教育」を導入して Society5.0 対応人材の育成を進めている(小学校では2020年度から「プログラミング教育」が全面実施となっている)。文部科学省は、その期待される効果を、「将来どのような職につくとしても、普遍的に求められる力としての『プログラミング的思考』を育成すること」としている〔3〕。なお、「プログラミング教育」導入に際して、小学校で新たに「プログラミング」の教科は新設されず、小学校の既存の教科と「プログラミング的思考」を融合することとなっている。このため、教育現場ではプログラミング学習の要素を各教科に取り入れたカリキュラム作成とカリキュラムに沿った新指導法の確立が要求されている。

2. 研究の背景

前章で述べた文部科学省のプログラミング教育の内容については「小学校プログラミング教育の手引き(第二版)」〔4〕に説明されている。この手引きによれば、プログラミング教育で育む資質・能力について

各教科等で育む資質・能力と同様に、資質・能力の「三つの柱」(「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」)に沿って、次のように整理し、発達の段階に即して育成するとしています。

【知識及び技能】身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。

【思考力、判断力、表現力等】発達の段階に即して、「プログラミング的思考」を育成すること。

【学びに向かう力、人間性等】発達の段階に即して、コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。

としている。一方で、学習指導要領「生きる力」〔5〕に以下の記述がある。

平成22年度全国学力・学習状況調査の結果において、例えば、資料や情報に基づいて自分の考えや感想を明確に記述すること、日常的な事象について、筋道を立てて考え、数学的に表現することなど、思考力・判断力・表現力といった「活用」に関する記述式問題を中心に課題が見られた。(中略)このように、学力に関する各種の調査の結果により、我が国の子どもたちの思考力・判断力・表現力等には依然として課題がある。

これらを合わせて、思考力・判断力・表現力の不足という課題解決のために、既存の各教科でプログラミング教育を導入するよう見える。つまり、文部科学省の解釈ではプログラミング教育が思考力・判断力・表現力の育成に直結する。それに対し、我々は「プログラミング教育」と「思考力・判断力・表現力の育成」が相補的な関係にあると認識している(図1)。

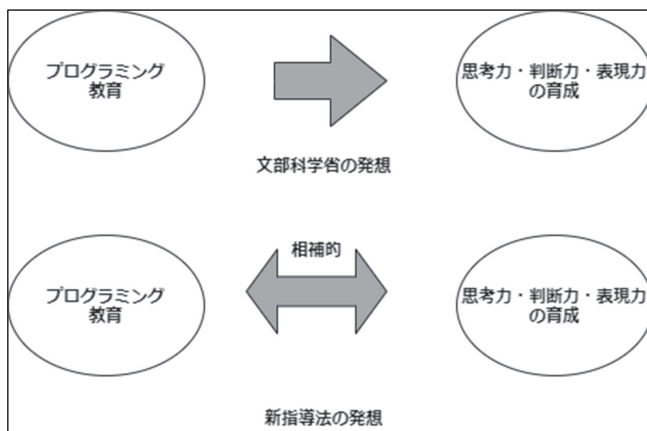


図1 文部科学省の発想と新指導法の発想との対比

その理由を以下に挙げる。

- (1) プログラミング学習の要素である「試行錯誤」が思考力・判断力の育成につながると予想されること
- (2) 「試行錯誤」のプロセスをアルゴリズムとして表現できれば、表現力の育成につながると予想されること

実際に先行研究では、プログラミング教育を既存の教科に単純に組み込んでコンピュータを使うようにしただけのものも見られる。しかし、(1)、(2) から我々は、プログラミング教育と思考力・判断力・表現力の相補性を認識しなければ、これら3つの力もプログラミング思考のどちらも身に付かないと考える。これについて「み・は・じ」問題を例に取り考える。「み・は・じ」問題とは、小学校算数の「速さ」の単元において

$$\text{道のり} = \text{速さ} \times \text{時間}$$

の関係を「み・は・じ」として児童に覚えさせ、機械的に上式にあてはめる指導法を指す。「速さ」の単元理解は、本来、思考力・判断力・表現力と関わると考えられる。ここで我々はこれら3つの力とプログラミング教育との相補性について次のように捉えている。

試行錯誤のプロセスはプログラムのアルゴリズム創出プロセスそのものであるため、このプロセスには、プログラミングの3つの制御構造（順次実行・条件分岐・繰り返し）および表現の等価変換が含まれている。制御構造のそれぞれに思考・判断・表現に関わる要素が多分に含まれている。

このような相補性があるならば、試行錯誤のプロセスを可視化することにより既存の指導法の限界を突破できる可能性がある。「速さ」の単元を例にとると試行錯誤のプロセス可視化の要点は次のようになる。

速さの概念を理解するためには、速さを構成する2つのパラメータ（道のりと時間）の双方が変化することを認識する必要がある。道のりと時間について可視化し、更にその表現の下での試行錯誤を通じて、変化する2つの量を明確に児童が認識できるようになれば、速さの概念獲得が

容易となり、「み・は・じ」法は不要となるだろう（[6]）。このように試行錯誤のプロセス可視化を一般化して各単元に導入することで、それぞれの単元の概念獲得が容易になると予想できる。

プログラミング的思考を効果的に取り込んだ授業により、児童が問題解決の手順を3つの制御構造に分解して考えることに慣れていけば、新たな問題に対してもプログラミング的思考で解決手順を考え出せるようになることが期待される。アルゴリズム創出過程を思考力・判断力・表現力の効果的な育成に結び付けるのが、本研究が最終的に目指す新指導法の要諦である。

3. 研究の目的

本研究の最終目的は、算数科におけるすべての単元について、プログラミング学習の要素を取り入れて思考力・判断力・表現力を育成する指導法を開発することである。煩雑さを避けた中期的な目標として、算数科上学年の4領域（「数と計算」「図形」「変化と関係」「データの活用」）から1つずつ取り上げて指導法を構成していく計画である。計画策定にあたり、多くの児童が苦手とする内容で、指導法の効果が大きいと予想される単元を示したのが表1である。

表1の内容のそれぞれについて、プログラミング学習の要素（順次実行・条件分岐・繰り返し）および等価変換を取り入れた学習指導案およびデジタルコンテンツを構成し、それらを用いた模擬授業を通じて新指導法の効果検証を行いたい。

表1

領域	内容
○ 数と計算	四則演算のルール
○ 図形	作図
○ 変化と関係	単位量あたりの大きさ
○ データの活用	起こり得る場合

新指導法の概念実証のため、手始めに1つの単元に絞って学習指導案およびデジタルコンテンツをまとめたプロトタイプを作成することを試みる。ここでは、その単元として「変化と関係」の領域の「単位量あたりの大きさ」の単元、とくに「速さ」に焦点を当てる。「速さ」の単元においてプログラミング学習の要素を取り入れた新指導法を検討するため、学習指導案に先んじてデジタルコンテンツを作成する。

4. デジタルコンテンツ動作環境

本研究を進めるにあたり、デジタルコンテンツを作成するソフトウェアを選定する必要がある。小学校プログラミング教育の現場でよく利用されているのは汎用プログラミングソフトウェア「Scratch」である（[8] [9] [10] [11] [12] [13] [14]）。このため、デジタルコンテンツ作成ソフトウェアの候補としてScratchを取り上げる。さらに、Scratchとの比較のため、もう

一つの候補として、汎く知られている「GeoGebra」を取り上げる。まず、それぞれのソフトウェアの特長を述べる。

前者の Scratch は、2006 年にマサチューセッツ工科大学（MIT）メディアラボが開発したビジュアルプログラミング実行環境である。プログラミングの 3 つの制御構造（順次、選択、繰返し）がアイコン化されている。それらのアイコンを、アルゴリズムを意識しながらドラッグ & ドロップで接続して組み合わせることでプログラムを作成でき、その動きを直ちに確認できる。無償で入手でき、マルチプラットフォームに対応することも、小学校での導入事例が数多く見られる理由である。汎用性が高いため、現場での更なる利用拡大も予想される。

後者の GeoGebra は汎用プログラミングソフトウェアではないものの、座標系を意識せず、関数や図形を動的に扱うことが可能なソフトウェアである。本ソフトウェアは、数理構造、すなわち、数量やグラフを表現するのに適したソフトウェアであり、Scratch と比較して数式・グラフ処理に手間がかからない。なお、GeoGebra も Scratch 同様無償で入手でき、マルチプラットフォームに対応する。

上述のように、Scratch・GeoGebra とともにユーザビリティ（操作のしやすさ）に優れており、またどちらも無償でマルチプラットフォームに対応するなど小学校教育に導入しやすいソフトウェアとなっている。ただし、Scratch にはない GeoGebra の次の特徴、

数理構造に特化したソフトウェアであり、算数・数学のコンテンツをつくることを前提とすれば、汎用プログラミングソフトウェアに比して、現場教員の負担が少なく済む

が期待できるため、本研究ではデジタルコンテンツ作成にあたり GeoGebra を採用した。

なお、本研究での GeoGebra の動作環境は表 2 の通りである。

表 2

プロセッサ	Intel (R) Core (TM) m3-6Y30 CPU 1.51GHz
メモリ	4.00GB
SSD	118GB
OS	Windows 10 Pro
機種	Surface Pro 4

5. 作成したデジタルコンテンツの機能と思考力・判断力・表現力との関連

速さの単元における小单元ごとの内容は表 3 の通りであり、それぞれの小单元に対応するコンテンツ A～コンテンツ C のデジタルコンテンツを作成した（〔7〕）。そのコンテンツ A～C の内容を次節より順次説明する。

表3

小単元	内容	デジタルコンテンツ
第1	①	コンテンツA
第2	②	
第3	③	コンテンツB
第4	④	
第5	⑤	コンテンツC

【表中の内容の詳細】

- ① 速さ比べに2つの方法があることを知る
- ② 第1小単元の速さ比べをもとに、自然な速さの定義を導入する
- ③ 速さと時間を使って、道のりを求める
- ④ 速さと道のりを使って、時間を求める
- ⑤ 第2小単元の速さの定義を使って、秒速・分速・時速を相互に表現し直す

5.1 コンテンツA

5.1.1 画面の説明

コンテンツAの画面は、表4の問いかけの例を出発点としている。

表4 きりゅうとサニブラウンのどちらが速いですか

	道のり	時間
きりゅう	1m	2秒
サニブラウン	3m	4秒

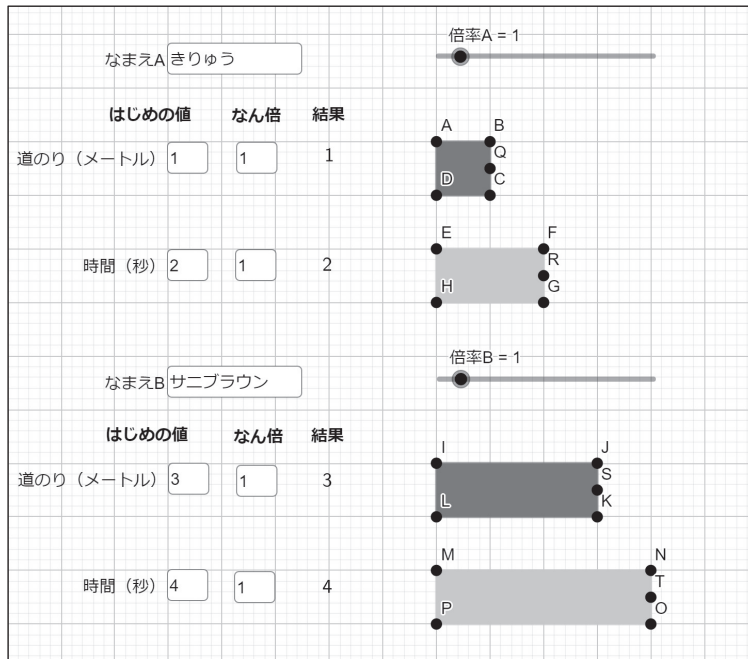


図2 初期状態

この画面では、2者それぞれの「速さ」を決定する2つのパラメータ（「道のり」および「時間」）を棒グラフで表している。なお、図2は表4が反映されたコンテンツAの初期画面である。

5.1.2 小単元での利用法

コンテンツAは第1小単元と第2小単元で利用することが前提である。利用の仕方を小単元ごとに説明する。

(1) 第1小単元

以下は、第1小単元の学習指導案骨子である。

- 速さくらべにはどのような方法があるか考える。
- 見出した速さ比べの方法を（アルゴリズムで）適切に表現する。
- 2者の速さをくらべるため、1者の速さの構成要素である「道のり」を倍率調整して、残り1者の「道のり」とそろえる。この場合、速さのもう一つの構成要素である「時間」の大小から、2者のうちどちらが速いかを認識する。
- 2者の速さをくらべるため、1者の速さの構成要素である「時間」を倍率調整して、残り1者の「時間」とそろえる。この場合、速さのもう一つの構成要素である「道のり」の大小から、2者のうちどちらが速いかを認識する。
- 数値をグラフや図などの別の表現に置き換えて考える。
- 速さくらべの方法をアルゴリズムで表現する

第1小単元の学習指導案骨子に基づいて、コンテンツAの使用方法を説明する。

このコンテンツでは、「きりゅう」もしくは「サニブラウン」のそれぞれの「道のり」および「時間」の2つのパラメータについて、倍率を調整することで、2つのパラメータが同時に変更されるようにしている。倍率調整には画面で示したスライダーバーで行う。

このコンテンツを使ってきりゅうとサニブラウンの2者の速さを比べる場合、次の2つの方法がある。

(ア) 2者の進んだ道のりのりをそろえて、かかった時間を比べる方法

(イ) 2者の経過時間をそろえて、進んだ道のりを比べる方法

つまり、2者の速さを比べるとき、2者のうちの1者の「道のり」もしくは「時間」のどちらか一つのパラメータを基準とし、他者をその基準のパラメータに合うように調整して、他方のパラメータを比べればよい。デジタルコンテンツを用いた試行錯誤によって、(ア)および(イ)を児童に見出させるのが目的となる。

試行錯誤のための(ア)の可視化

きりゅうの倍率を3倍（道のり・時間をともに3倍）して、サニブラウンとの道のりをそろえた場合の、コンテンツAの画面を図3に示す。

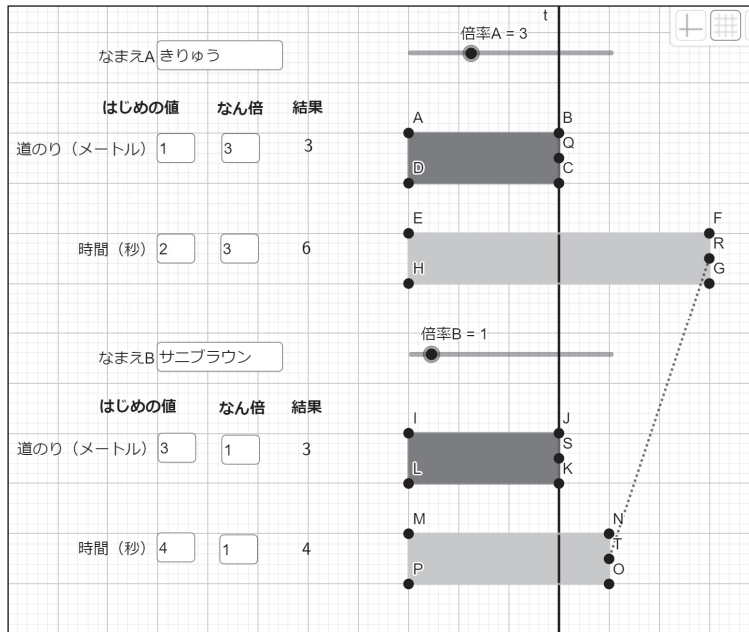


図3 道のりがそろった場合に時間を比べる

このコンテンツでは「道のり」がそろった場合の「時間」を比べやすくするため、道のりがそろった場合のみ、きりゅうとサニブラウンの「道のり」を実線で、きりゅうとサニブラウンの「時間」を破線で結ぶようにした。この図3から、同じ道のりを進むのにかかった時間はきりゅうに比べてサニブラウンが小さいことが読み取れるため、サニブラウンがきりゅうより速いことが理解できる。

試行錯誤のための (イ) の可視化

きりゅうの倍率を2倍(道のり・時間をともに2倍)して、きりゅうとサニブラウンの時間をそろえた場合の、コンテンツAの画面を図4に示す。

このコンテンツでは「時間」がそろった場合の「道のり」を比べやすくするため、時間がそろった場合のみ、きりゅうとサニブラウンの「時間」を実線で、きりゅうとサニブラウンの「道のり」を破線で結ぶようにした。この図から、同じ時間で進む道のりは、きりゅうよりもサニブラウンの方が長いことが読み取れるため、サニブラウンがきりゅうより速いことが理解できる。

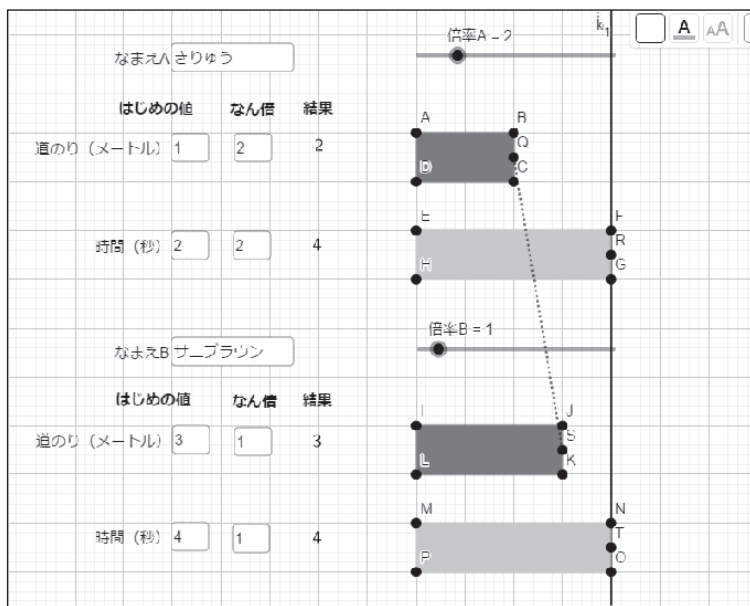


図4 時間がそろった場合に道のりを比べる

(2) 第2小単元

以下は、第2小単元の学習指導案骨子である。

- 第1小単元を振り返り、2種類の速さのくらべ方((ア)および(イ))のうちどちらが自然か考える。
- 一定の時間では「速さ」が速い方が「道のり」が大きくなる。このため、2者で速さを比べる場合、第1小単元の(イ)の方法が自然であることを認識する。
- 表5の問いかけの例を元に、3者の速さくらべをするにはどうすれば良いかを考える。

表5 時間を何秒にそろえたら速さくらべできるかな

	道のり	時間
きりゅう	1m	2秒
サニブラウン	3m	4秒
やまがた	5m	6秒

- 3者で速さくらべをする場合、2者ずつ3回の比較で速さの順位が決まることを認識する。
- 3者で速さくらべをする場合、3者で時間をそろえれば2者ずつ2回の比較で速さの順位が決まることを認識する。
- 上記の方法を使う場合、そろえる時間は任意であることを認識する。
- 3者で速さくらべをする場合、3回の比較と2回の比較で速さの順位が変わらないことを認識する。
- 例えば100者で速さくらべをする場合、どうすれば良いかを考える。
- 例えば100者で速さくらべをする場合、3者の場合同様、2者ずつの比較で速さの順位がきまるが、煩雑であることを認識する。
- 例えば100者で速さくらべをする場合、100者で時間をそろえれば速さの順位が決まり、そろえる時間は任意であることを認識する。
- 上記の方法の場合、そろえる時間は任意であるため時間を単位時間としても良いことを認識する。その上で速さの定義を導入する。また速さの計算ができる。

第2小単元の指導案骨子に基づいてコンテンツAの使用方を説明する。

第2小単元では、第1小単元での(ア)と(イ)のどちらがより自然かを児童が判断できるようにするために、速さのくらべ方を試行錯誤して整理する。この整理の結果、第1小単元の(イ)の方法が自然と判断できる。次に表5の問いかけの例を用い、コンテンツAを3者間での比較に適用する。

具体的には、2者間、つまり「きりゅう・サニブラウン」間(第1小単元で取扱済)「サニブラウン・やまがた」間、「やまがた・きりゅう」間でコンテンツAを3回用いて速さの順位を決定できる。図5は、「やまがた・きりゅう」間での速さくらべの様子である。

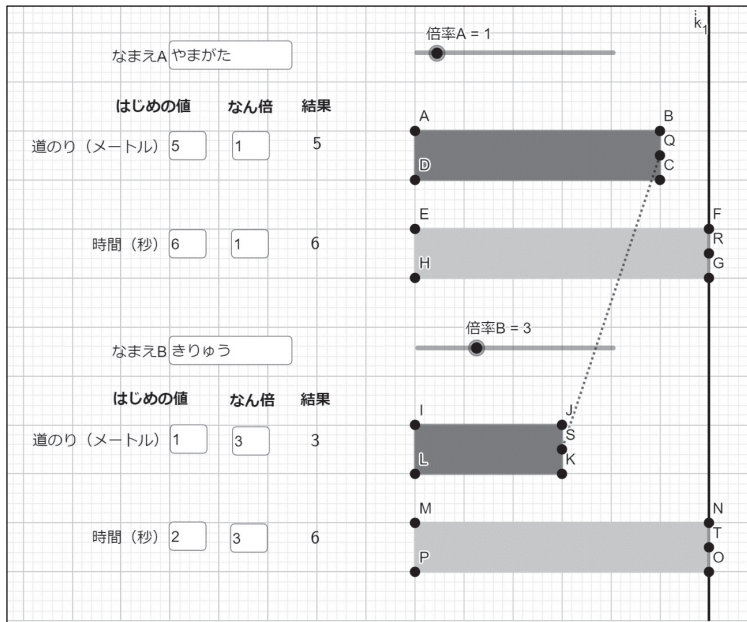


図5 やまがた・きりゅう間で時間をそろえる

3者以上、例えば100者での比較において、前述の使い方より効率の良い速さの順位付け方法を模索するため、各児童の3者比較のコンテンツAでの倍率パラメータ状況を比較して共有する。このパラメータ比較を通じて、例えば図4・図5のコンテンツAの時間をすべて「12秒」に設定して、2回の使用で速さの順位が決まる。結果として速さの順位は

- ① やまがた ② サニブラウン ③ きりゅう

となる。なお、「2者ずつ3回の速さくらべ」で速さの順位を決める方法と「3者の時間をそろえた2回の速さくらべ」で速さの順位を決める方法とは速さの順位は変わらない。このように速さの性質を活用し、くらべる方法を工夫することで、コンテンツAの使用回数を減らせることが理解できる。次の段階としてそろえる時間をいろいろと変化させても速さの順位は変わらないことをコンテンツAで確認できる。

5.1.3 思考力・判断力・表現力との関連

各小単元の内容と、コンテンツ A 利用により育成可能と予想される思考力・判断力・表現力との関連を表 6 にまとめる。

表 6

小単元	思考力・判断力・表現力	どのようにコンテンツを使うか
第 1	思考力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 表 4 の問いかけの例をコンテンツに反映させて、試行錯誤によって倍率を調整してパラメータの基準を合わせれば良いことに気付く。 ○ 道のりと時間が同時に何倍かすればよいことを認識できる。 ○ 2 種類の比べ方で得られた結果が同じであることが理解できる。 (※思考力・判断力共通)
	判断力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2 者の速さを比べるには、どちらかのパラメータをそろえれば良いことが認識できる。 道のりをそろえた場合、時間の棒グラフが短い方が速く、時間を揃えた場合、道のりの棒グラフが大きい方が速いことが認識できる。
	表現力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 道のりや時間の数量を視覚化して棒グラフで表現できる。 ○ 2 者の速さを比べる方法（アルゴリズム）をことばや図を使って表現する。
第 2	思考力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 速さを比べる 2 通りの方法（第 1 小単元の（ア）と（イ））のうち（イ）の方が、速さの概念を自然に捉えやすいことを認識できる。 ○ 速さを比べるとき時間をそろえればコンテンツ A を使用する回数が少なくなることを認識できる。 ○ 時間を任意に設定しても、速さの順位の結果は変わらないことが認識できる。
	判断力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 表 5 の問いかけの例を用い、第 1 小単元の比較法の単純拡張であれば、2 者ごとの比較を 3 回しなければ速さの順位を決定できないことが判断できる。
	表現力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 道のりや時間の数量を視覚化して棒グラフで表現できる。 ○ 3 者以上の速さを比べる方法（アルゴリズム）をことばや図を使って表現できる。

5.2 コンテンツ B

5.2.1 画面の説明

速さを「単位時間」と「単位時間に進む道のり」の組ととらえられるので、視覚化の手法はコンテンツ A と同一である。また、スライダーバーの役割もコンテンツ A と同一である。なお、図 6 は初期状態の画面であり、初期パラメータに特に意味はない。

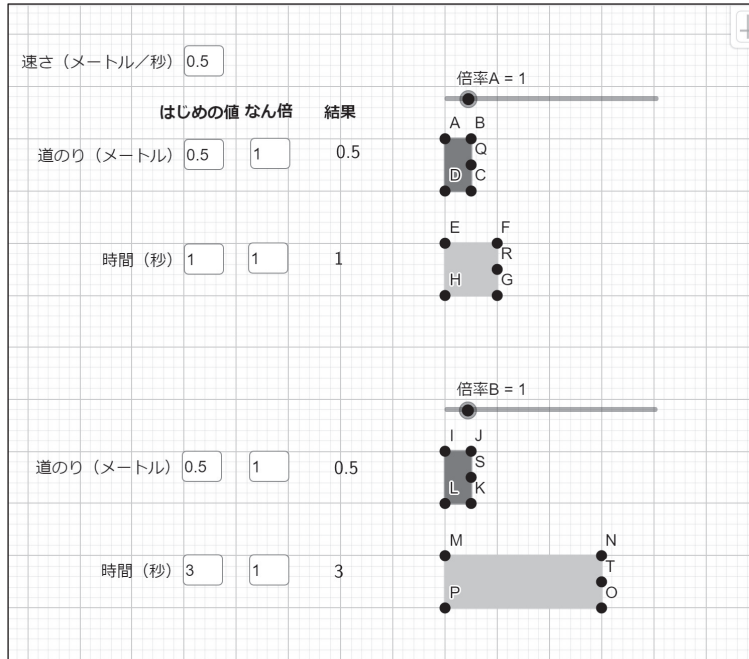


図6 初期状態

5.2.2 小単元での利用法

コンテンツ B は第3小単元と第4小単元で利用することが前提である。「速さ」が与えられたとき、一方のパラメータ（「道のり」または「時間」）からもう一方のパラメータを求めるという点で、第3小単元・第4小単元で操作はほとんど変わらない。

以下は、第3小単元・第4小単元の学習指導案骨子である。

【第3小単元】

- 速さが単位時間に進む道のりであることを理解する。
- 表5を材料として、以下の問いかけの例をもとに「速さ」と「時間」から「道のり」を求める方法を考える。

きりゅうは3秒進むと何メートル進むかな

- サニブラウンとやまがたについても、速さと時間から道のりを求める方法を考える。以下問いかけの例である。
 - ・サニブラウンは〇〇秒進むと何メートル進むかな
 - ・やまがたは△△秒進むと何メートル進むかな
- きりゅう・サニブラウン・やまがたの事例から、図6の上段の「倍率」と下段の「時間」が一致するときのみ「道のり」が求まることを、コンテンツを使って認識する(図7)。
- 図6の上段の「倍率」と下段の「時間」が一致するとき何故「道のり」が求まるかをコンテンツの可視化から理解する。
- 式「道のり＝速さ×時間」の意味を理解する。また、何故この式が良いのか議論する。

【第4小单元】

- 速さが単位時間に進む道のりであることを理解する。
- 表5を材料として、以下の問いかけの例をもとに「速さ」と「道のり」から「時間」を求める方法を考える。

きりゅうは3メートル進むのに何秒かかるかな

- サニブラウンとやまがたについても、「速さ」と「道のり」から「時間」を求める方法を考える。以下問いかけの例である。
 - ・ サニブラウンは〇〇メートル進むのに何秒かかるかな
 - ・ やまがたは△△メートル進むのに何秒かかるかな
- きりゅう・サニブラウン・やまがたの事例から、図6の上段の「倍率」と下段の「道のり」が一致するときのみ「時間」が求まることを、コンテンツを使って認識する。
- 図6の上段の「倍率」と下段の「道のり」が一致するとき何故「時間」が求まるかをコンテンツの可視化から理解する。
- 式「時間＝道のり ÷ 速さ」の意味を理解する。また、何故この式で良いのか議論する。

第3小单元の学習指導案骨子に基づいて、第3小单元でのコンテンツBの使用方法を説明する。具体的には、速さと時間が与えられたとき進む道のりを求めるために、第3小单元学習指導案骨子の問いかけの例を用いる。

まず第2小单元の成果から、きりゅうは2秒で1メートル進むので、1秒で0.5メートル進むこと、つまり速さが秒速0.5メートルであることが認識できる。そこで、図6の上段の設定値である「速さ」の欄に「0.5」を入力する。その上で、きりゅうが3秒で進む道のりを考えるには、図6の下段の入力値である「道のり」の欄に「3」を入力すればよいと理解できる。図6の上段の倍率を試行錯誤により調整して、上段の「時間」と下段の「時間」が一致したときに、上段と下段の道のりを破線で結ばれる。ここで、破線で結ばれた道のりが求める道のりである。この様子を図7に示す。図7から破線で結ばれた道のり、つまり、求める道のりが1.5メートルであることも読み取れる。

なお、上段と下段の道のりが一致するのは、上段の倍率と下段の時間が一致する場合であることが、「きりゅう」の例を含めたいくつかの事例を通じて理解できる(図7)。

なお、第4小单元については、第4小单元の学習指導案骨子に基づいて、コンテンツBの下段「道のり」と「時間」を入れ替えて第3小单元と同様に操作すればよい。

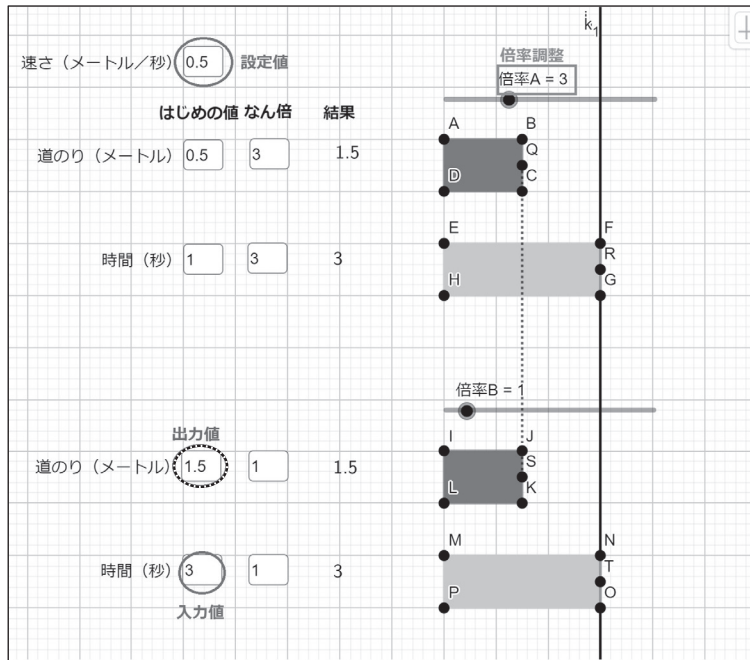


図7 速さと時間を使って道のりを求める

5.2.3 思考力・判断力・表現力との関連

第3小単元の内容と、コンテンツB利用により育成可能と予想される思考力・判断力・表現力との関連を表7にまとめる。

表7

小単元	思考力・判断力・表現力	どのようにコンテンツを使うか
第3	思考力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 速さが単位時間に進む道のりであることを視覚的に読み取る。 ○ 表5の「きりゅう」の例を含めたいいくつかの事例を通して、設定した下段の「時間」と上段の倍率が一致したときにのみ「道のり」が求まることが認識できる。 ○ 設定した時間と倍率が一致した場合になぜ道のりが求まるのかをグラフから理解できる。
	表現力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 速さと時間から道のりを求める方法を、ことばや図を使って表現できる。
第4	思考力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 速さが単位時間に進む道のりであることを視覚的に読み取る。 ○ 表5の「きりゅう」の例を含めたいいくつかの事例を通して、設定した下段の「道のり」と上段の倍率が一致したときにのみ「時間」が求まることを認識できる。 ○ 設定した道のりと倍率が一致した場合になぜ時間が求まるのかをグラフから理解できる。
	表現力	<ul style="list-style-type: none"> ○ 速さと道のりから時間を求める方法を、ことばや図を使って表現できる。

5.3 コンテンツC

5.3.1 画面の説明

視覚化の手法はコンテンツ A・コンテンツ B と同一である。コンテンツ B との違いは、コンテンツ B が速さを使って到達時間や到達距離の予測を行うのに対し、コンテンツ C は速さの表現の言い換えである点である。コンテンツ C 作成にあたっては、コンテンツ A やコンテンツ B とは別の工夫が必要となるため、図 8 に示すコンテンツ C を作成した。

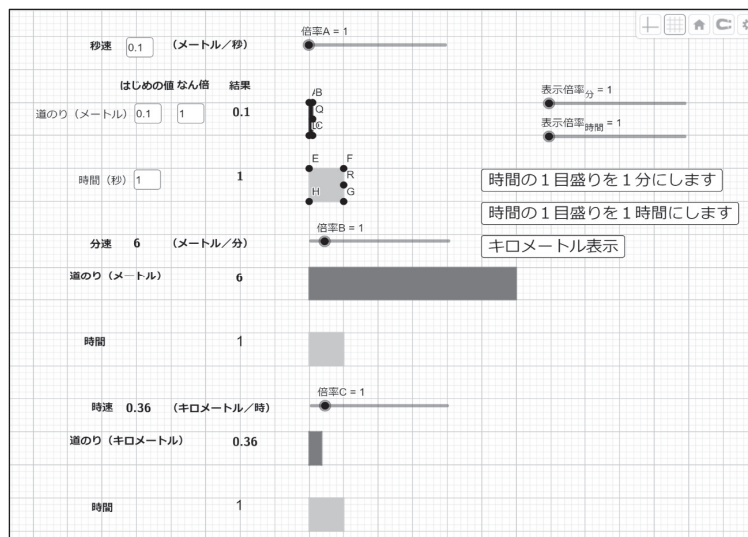


図 8 初期状態

初期状態では、方眼紙の 1 目盛りを 1 秒としている。また、秒速を分速・時速に変換するため、以下①～⑤にあげるインターフェースをコンテンツに持たせている。

1. 秒速から分速を求めるとき必要となるインターフェース

- ① 画面上の方眼紙の「時間」の 1 目盛を 1 秒から 1 分に切り替えるボタン
- ② 分速を求めため、画面の横軸（「道のり」と「時間」）のスケールを 60 倍にするスライダー

2. 秒速から時速を求めるとき必要となるインターフェース

- ③ 画面上の方眼紙の「時間」の 1 目盛を 1 秒から 1 分に切り替えるボタン
- ④ 時速を求めため、画面の横軸（「道のり」と「時間」）のスケールを 60 倍にするスライダー
- ⑤ 道のりを「メートル」から「キロメートル」に切り替えるボタン

5.3.2 小単元での利用法

コンテンツ C は第 5 小単元で利用することが前提である。以下は、第 5 小単元の学習指導案骨子である。

- 以下の問いかけの例をもとに、秒速を分速や時速に変換する求める方法を考える。(等価変換)。
 - 1秒間に0.1メートル進んだら、1分(または1時間)では何メートル進むかな
- 秒速・分速・時速が混在しているとき、いずれかにそろえなければ比較できないことを認識する。
- 秒速・分速・時速を相互変換できる。
- 1時間あたりに進む道のりを、必要に応じて「メートル」から「キロメートル」に切り替える。

第5小単元の学習指導案骨子に基づいて、コンテンツCの使用方法を説明する。

このコンテンツでは、次の2つの方法を実現できる。なお、初期状態では方眼紙上の時間1目盛りを1秒としている。

I. 秒速を分速に変換する方法

まず、学習指導案骨子で示した問いかけの例をもとに、画面上に道のり(0.1メートル)と時間(1秒)が表示されている(図8)。

秒速を分速に変換するため、画面上の「時間の1目盛りを1分にします」ボタンを押して、時間の1目盛りを1分にする(これにより、1秒が1目盛りの60分の1に縮小表示される)。その後、「道のり」および「時間」のスケールを、「表示倍率_分」のスライダーバーで60倍にする。これらの作業を経て表示された道のりが分速を示す。なお、求めた「道のり」は実線で結ばれる(図9)。

II. 秒速を時速に変換する方法

まず、学習指導案骨子で示した問いかけの例をもとに、画面上に道のり(0.1メートル)と時間(1秒)が表示されている(図8)。

秒速を時速に変換するため、画面上の「時間の1目盛りを1時間にします」ボタンを押して、時間の1目盛りを1時間にする(これにより、1秒が1目盛りの3600分の1に縮小表示される)。その後、「道のり」および「時間」のスケールを、「表示倍率_{時間}」のスライダーバーで3600倍にする。これらの作業を経て表示された道のりが時速を示す。「キロメートル表示」ボタンを使うことにより、必要に応じて道のりを「メートル表示」から「キロメートル表示」に切り替えられる。なお、求めた「道のり」は実線で結ばれる(図10)。

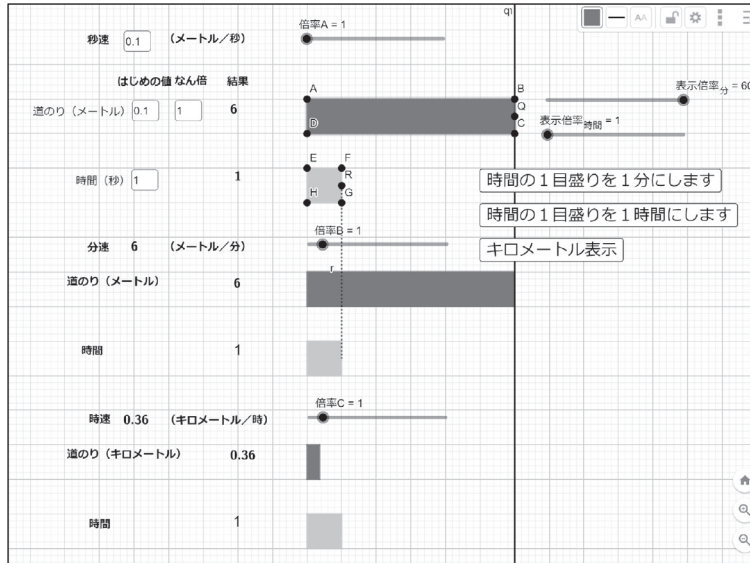


図9 秒速を分速に変換（1分あたりに進む道のりに実線を引いている）

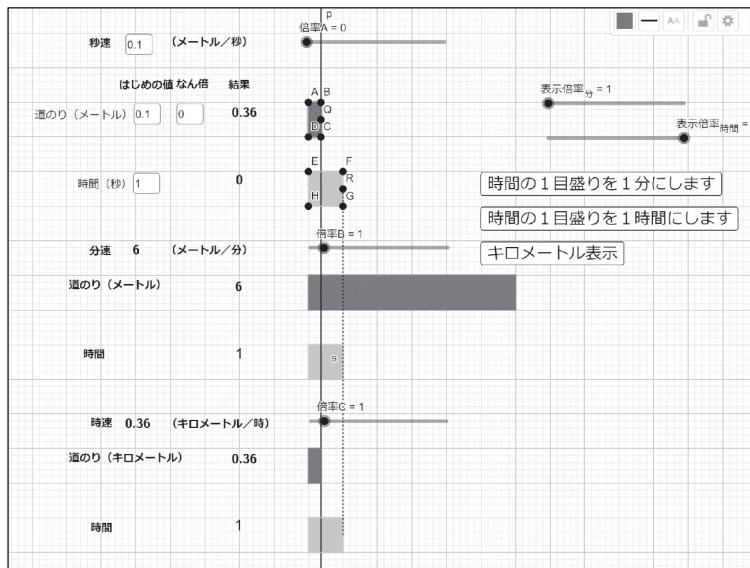


図10 秒速を時速に変換（1時間あたりに進む道のりに実線を引いている）

5.3.3 思考力・判断力・表現力との関連

第5小単元の内容と、コンテンツC利用により育成可能と予想される思考力・判断力・表現力との関連を表9にまとめる。

表8

小単元	思考力・判断力・表現力	どのようにコンテンツを使うか
第5	思考力	○ 秒速を分速や時速に変換する方法に気付く。 ○ 秒速を時速に変換するとき、「メートル表示」「キロメートル表示」のどちらが適当かを認識できる。
	判断力	○ 単位系が混在するときに、どれに合わせればよいかを判断できる。
	表現力	○ 1分間に進む道のり（分速）、1時間に進む道のり（時速）を視覚化して棒グラフで表現できる。

6. まとめ

本稿では、試行錯誤によるアルゴリズム創出と等価変換を含む新指導法の確立が、児童の思考力・判断力・表現力の涵養に資すると提案した。

この新指導法を構成するための探索的な研究として、ここでは小学校高学年の速さの単元における5つの小単元（表3）に対応するデジタルコンテンツ群（コンテンツA～コンテンツC）を作成した。作成したコンテンツ群の使い方について、各小単元の指導案骨子に沿って述べた。また、コンテンツ群の使い方と思考力・判断力・表現力がどのように対応するかをまとめた。

謝辞

この研究に際し、本学高瀬剛教授に御指導頂いた。記して深甚の謝意を表する。

参考文献

- [1] 日立東大ラボ, “Society5.0 人間中心の超スマート社会,” 日本経済新聞社, pp.292-293, 2018.
- [2] 横山修, “プログラミング教育に関する学生の現状と課題 —教員養成系の学生を対象として—,” 子ども未来学研究, 第14号, pp.3-23, 2019.
- [3] 文部科学省, “小学校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）,” 16 6 2016. [オンライン]. Available: https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm. [アクセス日:21 1 2021].
- [4] 文部科学省, 小学校プログラミング教育の手引（第二版）, 2018.
- [5] 文部科学省, “学習指導要領「生きる力」,” [オンライン]. Available: https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/gengo/1300857.htm. [アクセス日:21 1 2021].
- [6] 横山修・福永光一郎・風間喜美江, “「速さ」の概念に気付き、その概念を深めるための教材開発 —数学ソフトウェア「GeoGebra」を用いて—,” 日本教材学会第32回研究発表大会〈紙上研究発表大会〉研究発表要旨集, pp.82-85, 2020.
- [7] わくわく算数6上 第2部詳説別冊1 指導資料集, 啓林館, pp.232-241, 2011.
- [8] 利根川裕太・佐藤智, “小学校プログラミングがよくわかる本,” 2018.

- [9] 石井英男・吉岡直人・赤石昭宏・森谷健一・松原拓也・大森敏行, “小学校からはじめるプログラミングの本,” 日経 BP 社, 2017.
- [10] 阿部和広, “小学校からはじめるわくわくプログラミング,” 日経 BP 社, 2017.
- [11] 石塚正雄, “スクラッチ 2.0 アイデアブック,” カットシステム, 2017.
- [12] 杉浦学, “Scratch ではじめよう！プログラミング入門,” 日経 BP 社, 2017.
- [13] たにぐちまこと, “いちばんはじめのプログラミング,” マイナビ出版, 2016.
- [14] 角田一平・とがぞの・高村みづき・若林健一・砂金よしひろ, “Scratch でつくる！たのしむ！プログラミング道場,” ソーテック社, 2017.