

算数・数学と鉄道との関連についての一考察

橋本 吉貴 (教育学科)

Study on the Relationship between School Mathematics and Railway Operation

Yoshitaka Hashimoto

Department of Education, Kamakura Women's University

Abstract

The purpose of this study is to clarify the following. Firstly, what has been addressed in previous studies and railway publications related to school mathematics? Secondly, what kinds of contents from school mathematics are utilized in railway operation?

The three findings are as follows. Firstly, we can see problems related to railway operation in elementary, junior high and senior high school mathematics. And the problems are valuable mathematically. Secondly, there are many problems related to "numbers and calculations" in elementary school mathematics. Thirdly, it is important to select the correct data when creating problems related to the "utilization of data."

Key words: school mathematics, railway, mathematical value, function

キーワード：算数・数学、鉄道、数学的な価値、関数

1. はじめに

橋本(2019)は、「算数・数学と音楽との関連についての一考察」において、先行研究や書物を通して、算数・数学と音楽が、どのような場面で活用されているのか考察した。

本研究では、筆者が幼少期の頃から興味・関心をもっている鉄道に焦点を当てて、算数・数学との関連で考察をしようと考えた。その理由は、以下の2点である。

第一に、小学校算数の内容として、ターミナル駅での利用者数や、車両の分割・併合の問題(数

と計算領域)、駅舎や窓の形、車両の体積に関する問題(図形領域)、車両の長さや駅の時刻表に関する問題(測定領域)、列車の速さや乗車率の問題(変化と関係領域)、時間帯別の利用者をグラフに表す問題(データの活用領域)など、ということに関連して教材研究ができるものと考えた。また、中学校数学の内容については、1次関数に見られるダイヤグラムの問題、高校数学については、速度と微分の関係や三角比を使った勾配の問題を通して、生徒が数学的に考える力を身に付けることができるものと考えた。

第二に、児童や生徒にとって、鉄道は生活して

いて身近に存在し、鉄道を素材にしたものを数学的に価値づけできるものがある。それを教材化すれば、興味・関心をもって問題に取り組むことができるのではないかと考えたからである。

算数で学んだことを生活の場面で活用させる、ということについては、『小学校学習指導要領解説（算数編）』（2018, p.29）の中に、次のような記述が見られる。

算数は生活や学習の様々な場面で活用することができる。そして、算数の学習で身に付けた資質・能力を生活や学習の様々な場面で活用することによって、児童にとって学習が意味あるものとなり、数学のよさを実感を伴って味わうことができるようになる。これらを実現していくためには、算数で学んだことは活用できるように学習されなければならないし、活用を重視した創造的な学習展開を用意する必要がある。

そして、「小学校算数科の内容の骨子」（2018, p.34）の中では、次のように述べられている。

日常の事象を数理的に捉えて処理したり、日常生活や社会で直面する問題を算数の舞台に載せて解決したりする過程の中で、数や計算を活用したり、概数や概算を用いて処理するなど、数理的な処理のよさが分かるようにする。

具体例としては、第5学年「速さ」の単元で「児童は日常生活において、人の走る速さや乗り物が移動する速さなどを、速い、遅いなどと表現して捉える経験をしてきている。速さを量として表すには、移動する長さ、移動にかかる時間という二つの量が必要になる。」と述べられている。

ここで、鉄道に関連しての研究を展開していくにあたり、「鉄道」の定義を明確にしておく必要がある。所澤（2010）によると、一口に鉄道と言っても意味が広義で、大きく2つ、軌道と鉄道に分けられる。軌道は、基本的に路面電車のことである。鉄道は、普通鉄道、懸垂式鉄道、跨座式鉄道、案内軌条式鉄道、無軌条電車、鋼索鉄道、浮上式鉄道のように、7種類に細分化される。例えば、跨座式鉄道の例としては、浜松町と羽田空港を結

ぶ東京モノレール。鋼索鉄道はケーブルカー。浮上式鉄道は、リニアモーターカーのことである。本研究では、上記カテゴリーのうち「普通鉄道」のみを扱うことにする。

2. 研究の目的

（1）算数・数学と鉄道に関連した先行研究や、鉄道に関連した書物等では、どのような内容が扱われているのかを明らかにすること。

（2）算数・数学の教科書に見られる鉄道に関連した題材、逆に、鉄道に関連した書物に見られる算数・数学に関連する内容について、どのような場面で活用されているのかを明らかにすること。

3. 研究の方法

上記2つの目的を達成するために、以下の方法で研究を進める。

（1）「算数・数学」、「鉄道」などをキーワードにして、学会誌や鉄道に関連する書物等にあたり、算数・数学と鉄道との関連性についての概要をまとめる。

（2）算数・数学の教科書に見られる、鉄道に関連した文章題やコラムを探し、学年や領域と照らし合わせて、どんな場面で指導内容として取り入れることが可能か検討する。

4. 研究の内容

（1）算数・数学と鉄道に関連した先行研究

「算数・数学」と、鉄道に関連する用語「ダイヤグラム」、「時刻表」、「線路」、「勾配」、「パンタグラフ」をキーワードとして考える。そして、『日本数学教育学会誌 算数教育』と『同 数学教育』に掲載されている論文の検索を行った。過去60年分（1961年～2021年）の先行研究が、日本数学教育学会の会員ページより検索可能である。

①新幹線と豪雪地帯についての話題

中島ほか（1984）による、日本国有鉄道（現在

のJR)の技術開発室の主幹、森山氏を招いてのシンポジウムの中で、1982年6月に開業した東北新幹線(大宮～盛岡間)の雪の対策についての話題が出てきている。森山氏は対談の中で「今回の新幹線の開業は、何といっても技術的にみて、東北および上越の多雪・豪雪地帯を200km/h以上のスピードで走るといって、世界でも初めての分野に挑戦して、見事にこの問題を解決した点が大きいと思います」と述べている。説明の中で、降雪量についてのグラフを提示して、東北地方は雪が比較的少ないので、車両が自力で雪をはね退け、高架の両側の空いたスペースにためておく。降雪量の多い上越地方は、線路に水を撒いて雪を溶かすという方式になっている(その図については、割愛する)。

ここでは、降雪量についてのグラフを分析したり、地域による雪質の違いについて確率・統計的な面から対策を考えたりする、という場面で算数・数学が活用されている。

②運賃表の点字を用いた実践事例

大澤(1999)は、小学校5年生のトピック教材として、駅に設置してある運賃表の点字についての実践授業を行った。授業では、実在の電車の運賃表(数字と点字が併記されたもの)を資料として、児童は点字を解読して、その仕組みについて考えた。点字を解読していく過程で、児童は「点字では、なぜ6つの点が使われているのか」という疑問がわいた。そこで児童は、点字が開発されていった過程や工夫されている点について、算数的活動(現行では、数学的活動)を通して探究を行った。

教科書(大日本図書)では、小学校6年生のトピック教材として「点字のしくみ」(p.215)のところで掲載されている。

③ダイヤグラムを用いた実践事例

清水宏幸(2003)は、中学校1年生の「比例」の単元で、列車の速さを一定と考えることによって、比例とみて問題を解決する力を生徒につけさせることを目的とした実践授業を行った。授業で

は、「中央本線の笹子トンネル(山梨県大月市)の中で、上りと下りの特急列車がすれ違うことがあるだろうか」という課題を設定した。生徒に時刻表と10万分の1の地図を配付し、笹子トンネルの位置を地図上で確認し、そのトンネル内で2本の特急列車がすれ違うことがあるか、探究させた。

生徒は、始めに時刻表を読み取って、方眼紙に上り列車と下り列車のダイヤグラムを描いた。2本の直線の交点の場所から、すれ違う時刻を求め、列車は一定の速度で走っていると仮定して、甲府駅から笹子トンネルまでのダイヤグラム上の距離と、地図上の距離が等しいかどうかを計算して、解決する生徒が多かった。授業者の清水氏が甲府駅に問い合わせたところ、かいじ104号とあずさ51号は、実際にトンネルの中ですれ違うことを確認できたという。本実践では、時刻と道のりで描くグラフが直線となることで、速さを一定とみるのが視覚的に捉えられ、また、速さについて何度も数値計算することで生徒の理解が深まった、と報告している。

清水健(2006)も、同じ単元で、「桂川橋梁で特急列車がすれ違うかを調べよう」という課題設定で、同様に時刻表と方眼紙を配付して、生徒に解決させている。グラフ自体は、生徒にとっては未習の1次関数であるが、既習事項(文字と式、1次方程式)をもとに解決できると考えて、比例の応用として扱ったということである。

教科書(大日本図書)では、中学校2年生のコラムとして、ダイヤグラムの話題が掲載されている(p.102)。

④線路の勾配に関する話題

菅(2015)は、高校1年生の数学I「図形と計量」の単元で、「箱根登山鉄道で数学をしよう」という題材を扱った。生徒に登山鉄道の写真を示して、勾配を表す単位として用いられている%(パーミル)と%について説明した後、80%の部分を車両が走行する様子を紹介した。ここで、80%というのは、「1000m走る間に80m登る」という意味である。そして、生徒に「80%」を角度に直すと何度くらいあるか、5つの選択肢から感覚

的に予想させた。その結果、① 5° ② 15° ③ 25° ④ 30° ⑤ 32° のうち、一番多かったのは③だった(正答は①)。理由は、スキー場で経験した角度感からだった(スキー場で 25° の斜面といたら、実際には絶壁に近いものである)。

解決する際には、 $\tan A$ の考え方と三角比表を用いて角度を算出した。その結果、80%を角度に直すと $4^\circ \sim 5^\circ$ 程度であることを求め、先入観との相違や、実生活での勾配に気づかせ、数学を用いることの良さを生徒に指導することができた、と報告している。なお、この80%という勾配については、筆者の自宅にある鉄道模型で再現してみたので、詳細については後述する。

また、「パンタグラフ」をキーワードに、文献の検索を行ったところ、2本の論文があったが、屋根についているパンタグラフのことではなく、相似な図形を描くための作図の道具についての内容だったので、本研究の考察からは外すことにする。

(2) 算数・数学の問題場面に見られる、鉄道に関連する内容

教科書を分析する前に筆者が考えた、領域別の鉄道に関連する内容は、以下の通りである。

A：数と計算領域(小学校)

列車の両数、1日の利用者数、年間の利用者数、運賃の計算方法

B：図形領域(小学校)

車両の窓の形、駅舎の形、駅の壁や床に使われている敷き詰め

C：測定領域、変化と関係領域(小学校)

車両の重さや長さ、列車の走行距離、速さ

C：関数領域(中学校)

ダイヤグラム(1次関数)、乗車した距離と運賃の関係(階段状のグラフ)

①教科書に見られる、鉄道を題材にした問題

算数・数学の教科書の1つである、大日本図書の小学校の算数教科書『たのしい算数』(2020)、中学校の数学教科書『数学の世界』(2021)、東京

書籍の高等学校の数学教科書『数学Ⅲ』(2013)から、鉄道を題材にした問題について調べた。その結果、教科書で使われている問題として、以下のような問題が見られた。なお、問題文ではなくて挿し絵として鉄道に関連する写真が掲載されている場合は、その写真の説明を記述する。

ア. 小学校の算数教科書『たのしい算数』(2020)に見られる問題

(1年生は、鉄道に関連する問題の掲載なし)

(2年生 C 領域、時こくと時間)

ゆうさんは、午前9時30分から午前9時55分まで、電車ののりました。電車にのっていた時間は何分ですか。

(3年生 C 領域、時こくと時間)

あかりさんの家からおばさんの家まで、車では1時間20分かかり、電車では40分かかります。車で行くほうが、何分多くかかりますか。

(3年生 B 領域、三角形と角)

三角形のしきつめのページに、伊勢崎駅の写真が掲載。窓の形が二等辺三角形で、二等辺三角形が敷き詰められている。

(4年生 A 領域、わり算の筆算)

たかしさんは、電車に乗って、となりの県をつくば駅に行きます。大人料金は、780円で、子ども料金はその半分です。つくば駅までの子ども料金はいくらですか。

(4年生 B 領域、垂直、平行と四角形)

台形と平行四辺形のページに、平行四辺形の形をしたケーブルカーが坂道を登っている写真が載っている。車体は斜めに傾いているが、ドアと窓は地面に対して垂直である。

(5年生 A 領域、整数の性質)

特急ひたちの号数を表す数は、次のようになっています。

㊸ いわき方面 1 3 5 7 9 11 ……

㊹ 上野方面 2 4 6 8 10 ……

㊸と㊹の数は、どのような数の集まりといえるか、調べましょう。

(5年生 B 領域、図形の角の大きさ)

敷き詰め模様を作るページに、列車が鉄橋を通

過している写真が載っている。その鉄橋の骨組みが、正三角形の形をしている。

(5年生 C 領域、割合)

定員85人の車両があります。12月1日には51人、2日には102人の人が乗っていました。乗っていた人の数は、それぞれ定員の何パーセントですか。

(5年生 C 領域、速さ)

3時間で840km 走る新幹線 A と、4時間で1040km 走る新幹線 B があります。どちらが速いですか。

時速84km で走っている電車があります。この電車に8分乗ると何 km 進みますか。

ある特急列車は、3時間で360km 進みました。速さは、時速何 km ですか。

(6年生 A 領域、分数のかけ算)

時速75km で走っている電車があります。この電車に8分乗ると何 km 進みますか。

(6年生 C 領域、比例と反比例)

次の2つの量 x と y について、 y が x に比例しているか、反比例しているか答えましょう。また、 y を x の式で表しましょう。

①電車が時速100km で走るときの、走る時間 x 時間と走る道のり y km

②電車が時速 x km で160km 進むときにかかる時間 y 時間

③電車が2時間走るときの、時速 x km と走る道のり y km

イ. 中学校の数学教科書『数学の世界』(2021)に見られる問題

(1年生は、鉄道に関連する問題の掲載なし)

(2年生 C 領域、1次関数)

1次関数の単元の終わりに、鉄道運行管理に携わっている職員が、ダイヤグラムについての解説を行っている。

ウ. 高等学校の数学教科書『数学Ⅲ』(2013)に見られる問題

ここでは、単元「微分の応用」の中で、速度と加速度についての話題が出ている。平面上を移動する点 P について、微分の定義に沿った説明と、

ベクトルを使った説明が記述されている。

また『高等学校学習指導要領解説 数学編理数編』(p.79)には、「直線上の点の運動や平面上の点の運動について、速度及び加速度と点の位置を表す関数の導関数との関係を理解できるようにする」と述べられている。

②問題集に見られる、鉄道を題材にした問題

『鉄道ドリル1～4年生』(2020)が出版されている。1、2年生は、国語・算数・生活、3、4年生は国語・算数・理科・社会の問題と関連させて、ほぼ鉄道に関係した問題で構成されている。例えば、社会の問題では、見開き左側のページに白地図、右側に都道府県名と列車の写真が載っていて、白地図のどこに該当するかを答えるという問題である。

以下は『鉄道ドリル』からの問題である。前述(1)①の問題と、単元が重ならないようにして選出した。

(1年生 A 領域、たし算とひき算)

たかしさんは、まえから4りょうめにのっています。そのうしろには、6りょうつながっています。車りょうは、あわせてなんりょうありますか。

(1年生 B 領域、いろいろなかたち)

えきべんのしゃしんがあります。かたちでなかまにわけて、それぞれせんでかこみましょう。(筒の仲間と、箱の仲間て分類させる問題)

(2年生 A 領域、かけ算)

E235系のロングシートには、7人がすわれます。ロングシートを5つ使うと、何人がすわれますか。

(2年生 C 領域、長さ)

切符のたてと横の長さをはかりましょう。

(3年生 A 領域、わり算)

ある列車の1号車には、ドアが3つあります。乗車しようとしている人は、18人です。それぞれ同じ数ずつ並ぶとき、ドアの乗車口に並ぶ人数は何人ずつですか。

(3年生 B 領域、円、三角形)

(三角形と円の形をとした吊り革の写真を提示して) 2つの形のつりかわがあります。2つの形

に近いものを、ア～クの中からそれぞれ選んで記号で答えましょう。

(3年生 D 領域、表とグラフ)

右の表(表は割愛する)は、駅弁屋さんで売れた弁当を商品ごとに数えたものです。それぞれの売れた数を棒グラフに表しましょう。

(4年生 A 領域、小数のたし算)

天満駅から動物園前駅まで行きます。天満駅から扇町駅までは、0.17km、扇町駅から動物園前駅までは5.9kmです。移動する距離は、合わせて何 km ですか。

(4年生 A 領域、小数のかけ算とわり算)

大阪モノレール3000系の1人分の座席の幅は、0.48m あります。8人がけの座席の幅は何 m になりますか。また、幅1.92mの座席は、何人がけですか。

(4年生 A 領域、概数)

てつひろさんは、三連休に鉄道旅行をしました。電車賃が、1日目3,630円、2日目8,730円、3日目2,860円かかりました。3日間の電車賃は合わせて約何万円千円ですか。

(3) 鉄道に関連した書物などに見られる、算数・数学に関連する内容

ここでは、教科書や問題集以外で鉄道に関連した書物にあたる。また、プラットホーム、駅などに見られる算数・数学に関連する内容についてまとめる。

①線路の幅に関連した話題

線路の幅は、国や鉄道会社によって決められている。日本の鉄道は、新幹線や京急電鉄などに見られるような、標準軌と呼ばれる1435mm、JR線と私鉄各線の多くに見られる狭軌と呼ばれる1067mm がほとんどである。多くの路線は、線路幅が統一されていることによって、相互直通運転が可能となり、目的地まで乗り換えなしで移動ができるという利点がある。

橋爪(2021)によると、ヨーロッパの鉄道は、イギリスから鉄道技術を輸入した国が多く、それらの国では1435mm が採用されたが、国によって

は独自で鉄道を開発したために、イギリスとは異なる線路の幅を採用した例もあった。しかし、ヨーロッパは地続きで国境を陸路で行き来ができるので、他国と異なる線路の幅を採用すると、他の国との直通運転ができなくなるという問題が生じるので、最終的にほとんどの国が1435mm へ改軌した。その逆に、戦争をしていた当時、スペイン政府がフランスから鉄道を使って攻めてくることを恐れて、国境で兵士や貨物列車に載せた戦車を足止めするために、意図的に1676mm という、直通運転のできない線路幅で設定したという例もある。その名残で、現在でも、フランスとスペイン間を列車で移動する際は、国境のセルバル駅で乗り換えをしないと、両国間での移動ができない。

一方、所澤(2010)によると、それぞれの線路幅を変えずに、直通運転をしている鉄道会社が日本国内で見られる。例えば、小田急電鉄と箱根登山鉄道の入生田～箱根湯本間が該当する。前者の線路幅が1067mm で、後者の線路幅が1435mm となっていて、線路の1本は共有し、3本レールとなっている(三線軌条と呼ばれている)。この三線軌条は、日本国内では全部で4ヶ所存在する。図1は、京浜急行電鉄の六浦駅近くで見られる三線軌条である。



図1 六浦駅近く(2021年9月、筆者撮影)

この題材は、2年生のA領域の単元「1000より大きい数」の単元で扱うことが可能である。

②線路の曲線部分に関連した話題

列車が曲線部分を通過すると、そこに遠心力が

働く。急カーブのある駅で線路をよく見ると、外側のレールの方が内側のレールよりも高くなっていることに気がつく。急行列車などに乗っていて、その駅を通過する場合には、ほとんど傾きに気がつかないが、満員の各駅停車でその駅に停車すると、体がカーブの内側に向かって傾いていることがよく分かる。

半田利弘（2010）によると、道路ではこの高低差をバンクと呼ぶが、鉄道の場合はカントと呼び、Cを使った数値で表す。列車がカントにさしかかると車体が傾き、重心が曲線の内側を向く。このことによって、レールの横圧（外側に働く力）を軽減して、曲線の線路でも乗客は快適に乗ることができる。



図2 東武練馬駅（2021年9月、筆者撮影）

ただ、高速で通過すると遠心力の方が勝ってしまい（カント不足と呼ぶ）、逆に停車している場合は、前述の筆者の体験のように、体がカーブの内側に倒れそうになる（カント超過と呼ぶ）。

図2は、筆者が東武東上線の東武練馬駅のホームから撮影したもので、曲線でカントによって車体が傾いていることが分かる。

しかし、東武練馬駅のホームから見える場所には曲線標（カントの表示）が設置されていなかったため、別の駅まで移動した。

図3は、北池袋駅のホームから撮影したもので、線路上に設置してあった。「C=30」と書かれて

いるので、外側のレールが内側のレールよりも僅かに3cmだけ上がっていることを示している。



図3 北池袋駅（2021年9月、筆者撮影）

その数値の右側に、Sを使った数値が見える。これをスラックと呼ぶ。鉄道の車両は、台車に車輪が固定されているが、レールの間隔をそのままにしてカーブに進めると、詰まって動けなくなる。レールの幅を少し広げることで、列車がスムーズに通過できるようになるが、元のレールの幅よりも何mm広げたかを表す数値が、スラックである。北池袋駅の場合は、「S=0」と書かれているので、レールの幅は1067mmのまま変わらない。

③線路の勾配に関連した話題

日本の地形は、起伏に富んでいる。上浦ほか（2000）によると、鉄道の線路は平坦であることが望ましいが、平坦な線形を確保するために長いトンネルや鉄橋などの構造物をつくるのは、現実的なことではない。地形などに制約されて勾配区間を設けるのが普通である。鉄道では、一般的に

勾配は水平距離に対する高低差を表す千分率で表す。つまり、1000m 進んだときに何 m 上るか(または下るか)、ということである。

車を運転したことのある人なら分かるが、上り坂の途中で一時停止すると、その車を再び発進させるために大きなエネルギーを必要とする(アクセルを強めに踏まないと前に進まない)。鉄道の場合も同じで、上り坂の途中で止まったときのことを想定して、最急勾配が設定される。例えば、新幹線の場合の最急勾配は、15%と決められている。



図4 東大宮～土呂間 (2021年8月、筆者撮影)

図4は、宇都宮線の東大宮～土呂間の線路脇に見られる、勾配を表した目印である。列車の運転士は、写真左側に見える線路を走っているときに、この目印を見る。矢印が下向きで、「10.0」と表示されているので、「この先は下り坂になっていて、1000m 進むと10m 下る」ことを意味する。

では、日本の鉄道の中で最も急な勾配を上り下りするの、どこだろうか。それは、先行研究のところでも触れた箱根登山鉄道である。箱根湯本駅を出発すると、列車は80%の山道を登っていく。この列車が「1000m 走る間に80m 登る」という状況は、「12.5m 進むと1m 登る」とことと同じである。登山鉄道の車両は14m ほどなので、車両最前部と最後部の高低差が1m 以上になる計算になる。

鉄道模型店に足を運ぶと、この80%の坂道を再

現できるパーツを販売していたので、それを再現してみた。図5である。実際に長さを測ってみると、水平距離が360mm、高さが30mm だった。 \tan (タンジェント) で計算すると、 $30 \div 360 = 0.8333\cdots$ となり、三角関数表より、 5° 弱であることが確認できた。先行研究にも見られたように、高等学校数学Iの「三角比」の単元で扱うことが可能である。

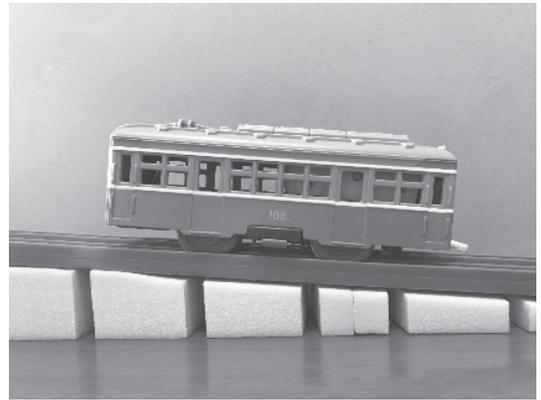


図5 80%の再現模型 (2021年9月、筆者撮影)

この% (パーミル) は、1000分の1と関係があるが、2021年8月30日の東京パラリンピックの男子100m 決勝で、選手たちがゴールした後、なかなか順位が表示されなかった。ピーコック (イギリス) とフロールス (ドイツ) の2人が同着。記録に残らない1000分の1秒まで同じであった。銅メダルは、2人に与えられた (8月31日付、日刊スポーツ新聞)。

④列車の側面に描かれていた帯の比

東京から伊豆方面に向かう、東海道線の特急「踊り子号」として使用されていた、国鉄型の185系には、列車の側面に太さの異なる緑色のストライプの線が3本引いてあるのが特徴的だった。図6は、東京駅に停車中の特急「踊り子号」である。



図6 東京駅（2021年3月、筆者撮影）

真柄智充（編）（2021）によると、「ストライプはそれぞれ幅が異なり、太いものから1600・800・400mmとちょうど半分ずつの幅となっている」とある。3本の線の幅の比を簡単にすると、4：2：1となる。これは、乗客にとって目を引くものだった。この題材は、小学校6年生のC領域の単元「比」で扱うことが可能である。

⑤ 0（ゼロ）キロポストに関連した話題

路線には、必ず始発の駅が存在する。山手線は環状線になっていて、円を描くように運転されているが、正式には始点があって、それは品川駅である。

筆者は、東京駅の中央線ホームに設置されている「ゼロキロポスト」を確認してきた。図7は、ちょうど列車が入線してきたところで、左下に写っているのが「ゼロキロポスト」である。



図7 東京駅（2021年8月、筆者撮影）

「ゼロキロポスト」とは、路線の起点の駅に設

置されている「0」と表示された目印のようなものである。小学校の教科書では、1年生の「10よりおおいかず」の単元で「かずのせんのしくみ」について「0からはじまっている」という説明が書かれている。また、中学校1年生のA領域の単元「正負の数」の単元で扱うことが可能である。

⑥ ホームの番線に関連した話題

駅のホームには、駅長室に近い方から順に番号が振っており、1番線から始まるのが普通である。ところが、全国には何ヶ所か、「0番線」なるものが存在する。もし、あとからできたホームに「現存の最大の番号+1」を振ると、例えば1番線の隣が7番線のようになり、おかしいことになる。また、新しくできたホームを1番線にして、全部つけ直す方法もあるが、既にあるホームの番線や、案内板などを全て直す必要が出てきて、大規模工事になってしまう。そこで、1より小さな数として、「0番線」と命名した。

図8は、千葉県の成東駅、東金線ホームに見られる「0番線」である。



図8 成東駅（2016年6月、筆者撮影）

そして、2001年に公開された映画『ハリーポッターと賢者の石』では、「9と3/4番線」が登場する。イギリス、ロンドンにあるキングス・クロス駅（実在する）の9番線と10番線の間であり、主人公たちはそのホームから、魔法魔術学校のあるホグズミード駅と結ぶ汽車に乗ることができる。

この題材は、3年生のA領域の単元「分数」の単元で扱うことが可能である。

⑦ダイヤグラムに関連した話題

ダイヤグラムは、横軸が時間、縦軸が距離を表している。ダイヤグラムを参照すれば、現在乗っている電車がどこで対向列車とすれ違い、急行列車なら、先行する列車をどの駅で何時何分に追い抜くか、一目でわかる。実際の鉄道では「スジ屋」と呼ばれるプロの方がいて、手書きでダイヤグラムを作成している。

⑧一筆書きと路線図に関連した話題

一筆書きは、算数・数学の問題に出てくる。仲田(1998)の中に見られる、ドイツのケーニヒスベルクにかかる7本の橋を渡る問題である。これが、鉄道の運賃にも適用されている。「同じ経路を2回通らず、途中下車しなければ大回りをもよい」というルールがある。例えば、JR山手線で初乗り運賃の切符を購入しておいて、反対回りの電車に乗って約1時間かけて、隣の駅まで移動する方法が容易に思いつく。ほかには、目白駅から池袋駅までの切符(140円)を購入したら、山手線の内回りに乗って新宿駅で中央線に乗り換え、西国分寺駅で武蔵野線に乗り換え、武蔵浦和駅で埼京線に乗り換えて池袋まで移動、というルートが可能である。品川から東海道線、相模線、八高線、高崎線を使って池袋まで乗れば、さらに大回り乗車ができる。

⑨電車の運賃とグラフに関連した話題

JTB時刻表(2021年3月号)に掲載されている、JR各線の普通運賃は、乗車した距離によって定められている。例えば、JR東日本の幹線では0km~3kmが150円、4km~6kmが190円、7km~10kmが200円……となっている。これをグラフにすると、「階段状のグラフ」になる。階段状のグラフについては『中学校学習指導要領解説数学編』のp.161に次のように掲載されている。「グラフについては、連続した直線や曲線にはならず、階段状の線分になることを明らかにし、こ

のことは、それぞれの区間の料金が一定であることを意味している。」具体例として、「2種類の輸送方法(A, B)の重さと料金の関係」というタイトルのグラフが載っている。

中学校数学の教科書(大日本図書)では、3年生の「関数」の単元の中の「いろいろな関数」の中で、郵便小包の料金のグラフが例示されている(p.128)。

⑩推理小説に見られる時刻表のトリック

トラベルミステリー作家の第一人者といえば、西村京太郎氏であろう。時刻表の中に隠されたトリックを巧みに使って、犯人を列車の中から消してしまったり、奇想天外な展開が続く。よく使われるトリックとしては、ローカル線の単線で2つの車両がすれ違うとき、後に到着した列車から先に到着した列車に乗り移ることはできないが、その逆の行動は可能であるというトリック。そして、特急列車や新幹線で先回りして、待ち伏せするというトリックがある。いずれの場合も、時刻表に表示されている数字から、緻密な計算をしている。

絵本の世界でも、『しんかんせんでおいかける』(1997)では、東京駅で買い物をしている間に寝台列車に乗り遅れてしまった姉が、駅員さんの協力を得て、弟の乗っている寝台列車に新幹線で追いかけて、名古屋駅で無事に追いつくというストーリーである。

⑪鉄道模型に関連した話題

日本では主に、鉄道模型といえばNゲージかHOゲージが主流であるが、縮尺の違いによって分けられている。Nゲージは、本物の車両の1/150の大きさで、1両の長さが13cmほどになっている。線路幅は9mmとなっており、「9=nine」の頭文字を取って、Nゲージと呼ばれている。狭いスペースで走らせることが可能である。一方、HOゲージは本物の車両の1/80の大きさで、1両が25cmほどになっている。線路幅が16.5cmであることから、16番ゲージと呼ぶ人もいる。模型のサイズが大きいので、車両の細部まで再現されている。

筆者は、模型を走らせていたとき、偶然「スピードも再現ができないのだろうか」と考えた。鉄道模型店に足を運んだところ、「速度計測装置」が販売されていたので入手した。この装置はトンネルの形をしていて、まず、鉄道模型の縮尺を選択する。装置の下にレールを敷いて、模型を走らせる（くぐらせる）と、本物の列車さながらに「時速〇km」のように表示がされるというものである。

図9は実際の列車であれば、時速55kmで走行していることを表している。



図9 鉄道模型の速度計測装置による表示
(2021年9月、筆者撮影)

この題材は、6年生のA領域の単元「拡大図と縮図」の単元で扱うことが可能である。

(4) 筆者の考えた問題

これまでに分析した教科書や書物をもとに、新たに筆者が考えた問題は、以下の通りである。

【問題】(小学校3年生A領域、かけ算の筆算)

山手線には、30の駅があります。電車が1駅進むのに2分かかるとすると、山手線を1周するのには何分かかるとでしょう。

(式) $2 \times 30 = 60$ 答え 60分

【問題】(小学校4年生B領域、垂直、平行と四角形)

電車の車両やレールには、いろいろな形がかくれています。どんな形があるか、書き出してみましょう。

(解答例)

- 車両の外
 - レール (平行)
 - 車両全体の形 (直方体)
 - パンタグラフ (ひし形)
 - 窓の形 (正方形、長方形、円)
 - フロントガラスの形 (正方形、長方形、台形)
 - 車輪 (円)
- 車内
 - 吊り革の形 (円、正三角形、二等辺三角形)

【問題】(5年生B領域、正多角形と円)

横須賀線E235系の車輪の直径は、86cmです。列車が大船駅から鎌倉駅まで4.5km走ると、1つの車輪は何回転するでしょう。

次の①～③のうちから、最も近い番号を選びましょう。

- ①約1700回転 ②約3700回転 ③約5700回転
(答え)

まず、 $86\text{cm} = 0.86\text{m}$ 、 $4.5\text{km} = 4500\text{m}$ として単位を「m」で統一しておく。

$$0.86 \times 3.14 = 2.7004 \quad (1 \text{ 回転で進む距離})$$

$$4500 \div 2.7004 = 1666.4 \dots\dots$$

約1700回転

【問題】(5年生C領域、速さ)ならびに、(6年生B領域、拡大図と縮図)

縮尺1/80で作られている鉄道模型があります。長さ1mの4両編成の模型の列車が速度計測装置の真下を通過するのに、ちょうど4秒かかりました。このとき、速度計測装置の数値は、時速何kmを示していますか。

(式)

$$1\text{m} = 100\text{cm} \text{ なので、} 100 \div 4 = 25 \text{ (cm/秒)}$$

$$\text{縮尺 } 1/80 \text{ より、} 25 \times 80 \div 1000 = 20 \text{ (m/秒)}$$

$$20 \times 3600 \div 1000 = 72 \text{ (km/時)}$$

答え 時速72km

【問題】(6年生D領域、平均)

新宿駅12:00発の特急ロマンスカーは、途中3つの駅に停車しながら箱根湯本駅まで行きます。

新宿～町田が30分、町田～本厚木が13分、本厚木～小田原が29分、小田原～箱根湯本が24分かかります。駅間の平均の時間は何分でしょう。

$$(式) (30+13+29+24) \div 4 = 96 \div 4 = 24$$

答え 24分

ここからは中学校数学に関連した問題である。アメリカには、大陸を横断するような、長大編成を持つ貨物列車が走っている。筆者が小学生の頃にアメリカ旅行に出かけたとき、米国の草原を通過している貨物列車の両数を数えたら、100両以上つないであった。そして、松尾・佐々木(2010)によると、それだけの貨物列車を牽引するためには、機関車が先頭車に加えて2～3両、組み込まれている。以下は、そこから考えた問題である。

【問題】(中学校1年生 A 領域、文字と式)

アメリカの草原を長い貨物列車が走っています。機関車の長さは1両が23mあって、3両つないであります。貨物の部分は、1両が20mあって、x両つないであります。

貨物列車の編成全体の長さをy mとすると、yをxの式で表しましょう。

$$(式) \text{機関車の長さの合計は、} 23 \times 3 = 69 \text{ (m)}$$

$$\text{答え } y = 20x + 69 \text{ (m)}$$

【問題】(中学校2年生 D 領域、確率)

4人で鉄道旅行に出かけます。4人がけのボックスシートにランダムに座るとき、自分が進行方向窓側の席に座れる確率を求めましょう。

(式)

4人の座り方は全部で $4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$ (通り) そのうち、自分が進行方向窓側の席に座るのは、 $3 \times 2 \times 1 = 6$ (通り)

$$\text{よって、} 6 / 24 = 1 / 4 \quad \text{答え } 1 / 4$$

5. 考察

(1) 先行研究を通しての考察

先行研究に見られた単元は、取り上げた順に、中学校の確率統計、小学校5年生のトピック教材としての「場合の数」、中学校1年生の「比例」の応用、高等学校数学Iの「三角比」であった。

領域で言えば、小学校と中学校が「D データの活用」領域、高等学校が数学Iの「図形と計量」の内容である。

「はじめに」の項でも記述したように、日常生活と算数・数学を結び付けた内容で、実践授業が行われているといえる。

(2) 教科書、問題集、書物を通しての考察

教科書、問題集、書物からは、小学校1年生～高等学校数学IIIまで幅広く、鉄道に関連した問題が見られた。見られた問題を、学年と学習指導要領に示されている領域ごとにまとめたのが表1である。ただし、高等学校については、「領域」というカテゴリーがないので、単元名で示してある。凡例は、教科書に見られたものが○、問題集が△、書物が◇である。

表1の結果から、鉄道に関連した問題はA領域～C領域で多く見られたが、D領域(データの活用)では、あまり見られなかったことが明らかになった。

表1 教科書、問題集、書物に見られる領域
(高等学校については、単元名)

	A領域	B領域	C領域	D領域
小1	△	△		
小2	△◇		○△	
小3	△	○△	○	△
小4	○△	○		
小5	○	○	○	
小6	○	◇	○◇	
中1	◇		○	
中2			○	
中3			○	
数学I	三角比◇			
数学III	微分の応用○			

(3) 問題を含めた考察

前述の表1に、筆者の考えた問題(●で示す)を追加したものが表2である。

表2からも読み取れるように、筆者が問題を作成していて、B領域の問題が作りやすかった。D領域については、問題を提示する場合には正確なデータの収集が大切である。例えば、小学校6年生であれば、ある駅の1日の乗降客数のデータを1時間ごとに示しておいて、「柱状グラフに表しましょう」という問題が設定できる。朝の出勤時間帯と、夕方と帰宅時間帯の部分が、グラフの柱の長さが長くなるであろう。

表2 教科書、問題集、書物に見られる領域
(高等学校については、単元名)

	A領域	B領域	C領域	D領域
小1	△	△		
小2	△◇		○△	
小3	△◇●	○△	○	△
小4	○△	○●		
小5	○	○●	○●	
小6	○	◇●	○◇	●
中1	◇●		○	
中2			○	●
中3			○	
数学Ⅰ	三角比◇			
数学Ⅲ	微分の応用○			

6. 知見と今後の課題

本研究から得られた知見は、以下の3点である。

(1) 小学校算数科の4つの領域すべて、そして中学校数学、高等学校数学Ⅰ、数学Ⅲにおいて、鉄道に関連する問題が見られ、それらが数学的に価値のある問題であったこと。

(2) 領域別に見ると、A領域(数と計算)とB領域(図形)、C領域(測定及び変化と関係)に関する問題が、教科書や問題集に数多く見られたこと。

(3) D領域(データの活用)の問題提示の際には、正確なデータの収集が肝要であること。

今後の課題は、本研究でまだ取り上げられてい

ない学年と領域について、児童・生徒が興味をもって取り組めるような問題を考案することである。

引用・参考文献

- 大日本図書(2020), 教科書『たのしい算数1』, p.78
- 大日本図書(2020), 教科書『たのしい算数2』, p.97
- 大日本図書(2020), 教科書『たのしい算数3』, p.74, p.176, p.185
- 大日本図書(2020), 教科書『たのしい算数4』, p.42, p.97
- 大日本図書(2020), 教科書『たのしい算数5』, pp.30-31, p.97, p.160, p.225, p.229
- 大日本図書(2020), 教科書『たのしい算数6』, p.105, p.189, p.215
- 大日本図書(2021), 教科書『数学の世界2』, p.97, pp.182-192
- 大日本図書(2021), 教科書『数学の世界3』, p.128
- 半田利弘(2010), 『物理で広がる鉄道の魅力』, 丸善出版, pp.88-89
- 橋本吉貴(2019)「算数・数学と音楽との関連についての一考察」, 『鎌倉女子大学紀要第26巻』, pp.47-57
- 橋爪智之(2021), 『美しい世界の線路 ヨーロッパ編』, 技術評論社, pp.40-41
- JTB(2021), 『JTB時刻表 2021年3月号』, JTBパブリッシング, p.23
- 交通新聞社(2021), 『小田急時刻表 2021年ダイヤ改正号』, p.38
- 真柄智充(編)(2021), 『旅と鉄道 増刊3月号 ありがとう185系』, 天夢人, p.15
- 松尾よしたか・佐々木也寸志(2010), 『アメリカ鉄道大全』, 旅行人, pp.34-35
- 文部科学省(2018), 『小学校学習指導要領解説 算数編』, 日本文教出版
- 文部科学省(2018), 『中学校学習指導要領解説 数学編』, 日本文教出版, p.161
- 文部科学省(2019), 『高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編』, 学校図書, pp.76-79

- 中島健三ほか (1984), シンポジウム「21世紀へ向けての数学教育－問題解決を中心として－」『日本数学教育学会誌 第66巻第4号』, pp.84-92
- 仲田紀夫 (1998), 『世界周遊「数学7つの謎」物語』, 黎明書房, pp.8-9
- 日刊スポーツ新聞, 2021年8月31日付
- 大澤弘典 (1999), 点字の探究活動による場合の数の指導－算数を核とした総合的な学習の時間の展開例－『日本数学教育学会誌 算数教育 第81巻第12号』, pp.13-20
- 清水宏幸 (2003), 「比例とみて問題を解くことのおよさを感じさせる指導」『日本数学教育学会誌 数学教育 第85巻第11号』, pp.25-30
- 清水健 (2006), 「特急列車どうしはどこですれ違ふか－1次関数の学習へつなげる一年生段階での学習－」『日本数学教育学会誌 臨時増刊 総会特集号88』, p.254
- 菅達徳 (2015), 「内省的思考を促すことをめざした指導報告－箱根登山鉄道で数学をしよう－」『日本数学教育学会誌 臨時増刊 総会特集号97』, p.476
- 谷和樹 (2020), 『鉄道ドリル小学1年生』, 高橋書店, pp.16-17, p.30
- 谷和樹 (2020), 『鉄道ドリル小学2年生』, 高橋書店, p.12, p.24
- 谷和樹 (2020), 『鉄道ドリル小学3年生』, 高橋書店, p.8, p.12, p.24
- 谷和樹 (2020), 『鉄道ドリル小学4年生』, 高橋書店, p.15, p.20, p.28, pp.74-75
- 所澤秀樹 (2010), 『鉄道の基礎知識』, 創元社, p.15-21, pp.498-501
- 東京書籍 (2013), 教科書『数学Ⅲ』, pp.186-187
- 上浦正樹、須長誠、小野田滋 (2000), 『鉄道工学』, 森北出版, pp.53-54
- 渡辺一夫 (1985), 『トコトコ登山電車』, あかね書房, pp.16-19

要旨

研究の目的は、以下の事柄を明らかにすることにある。第一に、算数・数学と鉄道に関連した先行研究や書物等では、どのような内容が取り扱わ

れているのか。第二に、算数・数学の内容が鉄道のどのような場面で活用されているのか。

知見として、以下の3点が明らかになった。第一に、小学校算数科の4つの領域すべて、中学校数学、高等学校数学において、鉄道に関連する問題が見られ、それらが数学的に価値のある問題であったこと。第二に、小学校において「数と計算」、「図形」、「測定」領域の問題が多く見られたこと。第三に、「データの活用」領域の問題を提示する場合には、正確なデータの収集が肝要である。

(2021年9月9日受稿)