

国立国語研究所学術情報リポジトリ

教科学習における抽象的思考と結びつく言語形式：
数学における「とする」をケーススタディとして

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2023-11-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新山, 聖也, 竹本, 理美, 澤田, 浩子 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15084/0002000137

教科学習における抽象的思考と結びつく言語形式 — 数学における「とする」をケーススタディとして —

新山 聖也 (筑波大学)

竹本 理美 (筑波大学)

澤田 浩子 (筑波大学)

Linguistic Forms Linked to Abstract Thinking in Subject Learning : Case study of "To Suru" in Mathematics.

Seiya Niiyama (University of Tsukuba)

Satomi Takemoto (University of Tsukuba)

Hiroko Sawada (University of Tsukuba)

要旨

近年、日本語指導を必要とする外国人児童生徒が増加しており、教科学習に必要な学習言語能力の支援が問題となっている。本稿では、教科学習の中で求められる抽象的思考と結びつく言語形式を分析することを目的とし、中学校教科書のテキストを対象として形態素解析を行った。

まず、数学教科書と理科教科書の比較から、共通して出現しやすい表現と特定の教科に出現しやすい表現が存在することを指摘し、ケーススタディとして数学に特徴的な文型として「AをBとする」に注目して分析を行う。「とする」の前後文脈、出現しやすい単元に関して分析を行い、数学では「とする」が具体的事象における要素と数式に出現する要素を同定し、立式の際に思考の枠組みを設定する用法で用いられることを指摘する。

本稿の分析は、語彙だけでなく、特定の文型が教科学習で求められる抽象的な思考と結びつくことを示す事例として位置付けられる。

1. 研究の背景

1.1 教科学習と抽象的思考

日本の公立学校において日本語指導が必要な児童生徒の数は日本国籍、外国籍を問わず増加しており、2010年度は34,007人だったのに対し、2021年度は58,307人となっており、約10年で1.7倍程度増加している(文部科学省 2022)¹。このような、文化的・言語的に多様な背景を持つ子ども(Culturally Linguistically Diverse Children、以下CLD児)は、日常会話において高い日本語能力を持っているように見えても、教科学習に関わる日本語能力に課題を持っていることがある(cf.西川・青木 2020)。この言語能力の違いは、Cummins (1979)においてBICS(Basic Interpersonal Communication Skills)とCALP(Cognitive / Academic Language Proficiency)の違いとして区別されるものと対応している。

教科学習に関わる日本語能力を対象とする分析の一例として、竹本・新山・澤田(2023)は、CLD児の受動文理解を対象として研究を行っている。竹本・新山・澤田(2023)は、CLD児を対象に文理解テストを実施し、CLD児が受動文の理解を苦手とすること、その中

¹ 内訳は、2010年度は外国籍28,511人と日本国籍5,496人であり、2021年度は外国籍47,619人と日本国籍10,688人である。

でも特に物理的接触を伴わない動詞（例：「探す」「囲む」）を述語とする受動文の理解に困難を抱えていることを報告している。さらに、現代日本語書き言葉均衡コーパス(BCCWJ)の「教科書サブコーパス」による小・中学校の教科書分析から、学年があがるにつれて「含まれる」や「囲まれる」のような二者間の抽象的な関係を表す受動文が用いられやすい傾向にあることを指摘している。このように、教科学習においては、一種の抽象性に関わる日本語表現を理解することが求められ、CLD 児にとって困難となり得ると考えられる。

本稿では、さらに教科書のテキスト分析を進めることで、教科学習で求められる抽象的思考と結びつく言語形式の抽出を行う。抽象的思考と結びつく言語形式は、特定の環境で用いられやすいものと考えられ、日常会話を通じて学習することがより困難であると考えられるためである。

1.2 教科学習と文型の関係

教科学習と日本語の関係を取り扱った研究として、宮部 (2019, 2021) が挙げられる。宮部は、教科書に出現する言語形式の分析から、日本語学習者が教科学習を行う際に困難になり得る言語形式をまとめている。中でも、宮部 (2019) では、数学教科書に出現する助詞トに着目し、トが多様な用法を持つことやトと動詞の組み合わせが派生的な意味や機能的な働きを持つことなどを指摘している。

興味深い点として、「と言う」「とみる」「とする」「となる」のようなトと組み合わせられる動詞が、日常会話や初期の日本語学習における「言う」「見る」「する」「なる」とは異なる意味を持っているという点が挙げられる²。つまり、日常会話において高い日本語能力を持っているように見える CLD 児にとっても、「と言う」「とみる」「とする」「となる」のようなトと動詞の組み合わせは、教科学習でしか出会わない表現である可能性がある。この事実は、教科学習と日本語の関係について分析する際には、語彙レベルの言語形式に着目するだけでなく、文型レベルの言語形式に着目する必要があることを示唆している。

宮部 (2019) の問題点としては、分析対象が数学教科書に限定されているため、言語形式と教科学習の対応関係がわからない点が挙げられる。例えば、「と言う」は「意味を持つ最小の単位を形態素と言う」のように用語や概念を導入する際に普遍的に用いられる。このような「と言う」は、「ものごとを教える」という場面において普遍的に用いられ、「急に降る雨は、にわか雨って言うんだよ」のような日常会話の日本語とも連続的な側面を持つことが予想される。よって、本稿では、教科書に頻出する言語形式の中でも、特定の教科に頻出する言語形式に着目する。

1.3 本稿の目的

以上の背景に基づいて、本稿は、抽象的思考と結びつく言語形式を抽出し、その言語形式と教科学習の結びつきを明らかにすることを目的とする。この目的を達成するために、本稿では、以下の2点について調査を行う。

- (1) 抽象的思考と結びつく言語形式を取り出すために、教科書に頻出する言語形式を調査する。中でも、特定の教科に頻出する形式に着目する。

² 「と言う」は教科書の中ではひらがなで「という」と表記されるが、「数学という教科」のような場合に用いられる「という」と区別するため、本稿では「と言う」と表記する。

- (2) 教科書に頻出する言語形式の中でも、特定の教科に頻出する言語形式について、言語形式と教科の関係について分析を行う。本稿では、ケーススタディとして「AをBとする」という文型に着目し、「AをBとする」という文型と数学の関係について分析する。

まず、(1) は、抽象的思考と結びつく言語形式を取り出すために行う調査である。前述の通り、教科に偏りなく頻出する形式は、「ものごとを教える」という場面において普遍的に用いられ、日常会話の日本語とも連続的な側面を持つと予想される。一方、特定の教科に頻出する形式はその教科の学習で求められる抽象的思考と結びついていることが予想される。よって、本稿では、特定の教科に頻出する形式に着目することで、教科学習で求められる抽象的な思考と結びつく言語形式を取り出すことを図る。

続いて、(2) は、言語形式と教科学習の結びつきを明らかにするために行う分析である。「AをBとする」という文型が、数学という教科とどのように結びついているのかを明らかにすることで、教科学習における抽象的思考と結びつく言語形式についてのケーススタディを提示する。

2. 研究方法

2.1 調査対象

本稿では、教科学習の中でも、中学校の理数系科目である数学と理科を対象として調査を行った。中学校の数学は「抽象的な概念や関係を理解し、思考し、また、それを説明するという言語的要素もともなう教科 (宮部 2019: 118)」であり、教科学習における抽象的思考と言語形式の関係を分析する上で重要な調査対象となる。また、教科間の比較をする上で、本稿では理数系教科書に絞って調査を行った。具体的な調査対象は、(3) と (4) に記載する6冊の教科書である³。

- (3) 中学校数学教科書：『新しい数学 1』『新しい数学 2』『新しい数学 3』（東京書籍）
 (4) 中学校理科教科書：『新しい科学 1』『新しい科学 2』『新しい科学 3』（東京書籍）

本稿では、教科間の比較を行うために、同一の出版社から出版された教科書に統一して調査を行った。

2.2 調査方法

本稿では、上記 (3) と (4) の教科書について文字情報をすべてテキストデータ化し、キストデータについて中・長単位解析器 Comainu (小澤ほか 2014) を用いて長単位解析を行った⁴。長単位解析の結果、本稿で調査を行った数学教科書は合計で 121,398 語、理科教科書は合計で 280,523 語の長単位に分割された⁵。

³ 調査対象となる教科書の詳細な書誌情報は、調査資料として論文の末尾に掲載している。

⁴ 本稿で長単位解析のデータを用いた理由としては、「とする」と複合助詞「として」や「と言う」と脚注 2 で言及した「という」を区別して取り扱うためである。

⁵ ここでは、長単位を数える単位として語を採用している。本稿では、長単位解析における長単位について、言語学における形態素（意味を持つ最小の単位）というより語に近いものと見なし、語という表現を用いている。

また、解析によって得られた長単位データについて、N-gram 分析を行った。N-gram とは、N 個の単位の連続のことを指しており、本稿で言えば、N 個の長単位の連続を指す。N-gram 分析では、2gram であれば「次/の」、3gram であれば「次/の/式」、4gram であれば「次/の/式/を」のような言語単位の連続を対象として、単位同士の組み合わせのパターンやその出現回数について分析を行うことが可能となる。

以上の通り、本稿では、理数系教科書を対象とし、長単位解析と N-gram 分析によってデータの分析を行った。このデータに基づいて、3 節で理数系教科書の比較を行い、4 節で数学教科書における「とする」の分析を行う。

3. 理数系教科書の比較

3 節では、抽象的思考と結びつく言語形式を取り出すために、教科書に頻出する言語形式を調査する。1 節で述べた通り、教科書に頻出する言語形式は、教科一般に頻出する形式と特定の教科に頻出する形式に分類できると考えられ、本稿では、後者の言語形式に着目する。これは、特定の教科に頻出する形式は、その教科の学習で求められる抽象的思考と結びついていることが予想されるためである。

本稿では、前述の通り、N-gram 分析によって、長単位の組み合わせの出現回数を調査した。これは、1.2 節で見た通り、語彙レベルの言語形式だけでなく、文型レベルの言語形式についても調査を行うためである。この調査の結果を表 1 に示す。表 1 は、中学校の理数系教科書に長単位 2-gram として出現する形式のデータを、20 位まで示している。この際、句点や読点を含むものは除外している。

表 1 では、数学教科書と理科教科書について、それぞれ 4 列で情報を示している。1 列目と 2 列目には、2-gram として出現する語彙素の連続のデータとその出現回数を記載し、3 列目と 4 列目には、語彙素が実際にどのような形であられるか、出現回数が 2 桁以上の回数になる書字形の例を、2 種類まで掲載している。語彙素「様だ」であれば、実際には書字形「ように」や書字形「ような」として出現することが確認できる⁶。

表 1 を見ると、数学では、「値」「数」「長さ」「式」「図」のような数学に関わる名詞語彙だけでなく、「のような」「次の」「右の」のような指示表現、「でしょうか」「求めなさい」や「考えてみましょう」のような読み手に働きかける表現が頻繁に出現していることがわかる。理科では、「調べる」「作る」「使う」のような理科の観察・実験などに関わる動词语彙の他にも、「のような」のような指示表現、「どのような」「だろうか」のような疑問表現が頻繁に出現していることがわかる。

また、理科教科書では、場所や状況に関わる「では」「には」が上位となっている。これは「がある」「れている」のように存在や状態を述べる表現、「の中」のような位置を示す表現の出現回数が多いこととも対応した結果と思われる。

注目すべき点は、数学における「とする」（12 位）と理科における「と言う」（9 位）である。「とする」と「と言う」はいずれも、宮部（2019）において数学教科書に出現し、派生的な意味や機能的な働きを持つとされていたトと動詞の組み合わせであるが、「と言う」は理科教科書においても出現頻度順位が高いことがわかる。

⁶ 「では」や「には」のように、語彙素よりも書字形の出現回数が多い例もある。これは、語彙素の判定としては別の語彙素として判定されたが、書字形としては「には」や「では」として出現している例が存在することを示しており、数値が誤っているわけではない。

表1 数学教科書と理科教科書における2-gramの組み合わせの出現回数

	数学教科書				理科教科書			
	語彙素	出現回数	書字形内訳	出現回数	語彙素	出現回数	書字形内訳	出現回数
1	様だ	934	ように	678	様だ	2,059	ように	1,277
			ような	256			ような	780
2	次の	713	次の	713	には	958	には	966
3	てみます	551	てみましょう	546	何の様	795	どのよう	795
4	ですか	523	でしょうか	386	が有る	746	がある	564
			ですか	137			があり	137
5	の図	474	の図	474	では	662	では	699
6	の様	452	のよう	452	の様	606	のよう	606
7	考えてみる	406	考えてみよう	332	に成る	517	になる	401
			考えてみ	74			になっ	260
8	の値	384	の値	384	れている	472	れている	302
							れてい	170
9	の数	378	の数	378	と言う	471	という	394
							といい	61
10	に成る	350	になる	322	の中	455	の中	364
			になり	53			のなか	91
11	右の	346	右の	346	だか	452	だろうか	452
12	とする	307	とする	229	の大きさ	384	の大きさ	384
			とし	78				
13	を使う	299	を使っ	256	た時	375	たとき	362
			を使う	22				
14	の長さ	298	の長さ	298	を調べる	347	を調べる	218
							を調べ	93
15	事を	289	ことを	289	を作る	346	をつくる	210
							をつくっ	55
16	を求め為さる	278	を求めなさい	278	時の	345	ときの	345
17	では	267	では	279	を使う	344	を使っ	236
							を使う	71
18	には	248	には	249	事を	327	ことを	327
19	数の	246	数の	246	ています	323	ています	292
							ていまし	18
20	の式	239	の式	239	自分の	320	自分の	320

そこで、本稿では、トと動詞の組み合わせを対象を絞り、数学教科書と理科教科書における出現回数を比較した。表2に、数学教科書と理科教科書におけるトと動詞の組み合わせの出現回数を示す。この際、実際の出現回数だけでなく、カッコ内に10万語あたりの出現回数も示した。2.2節で見た通り、理科教科書と数学教科書はデータサイズが異なるので、10万語あたりの出現回数を見ることで、教科書の分量の差を考慮に入れた上で比較を行うことができる⁷。表2からは、「と言う」については理科教科書でも数学教科書でも出現回数が多いのに対し、「とする」については一定の差があることが窺える。

⁷ ここで10万語としている数は、長単位の数である。長単位を数える単位として語を使っていることについては、脚注5で説明している。

表2 数学教科書と理科教科書における「ト+動詞」

数学教科書		理科教科書	
ト+動詞	出現回数 (10万語あたりの回数)	ト+動詞	出現回数 (10万語あたりの回数)
とする	307 (252.9)	と言う	471 (168.0)
と言う	213 (175.5)	と比べる	237 (84.5)
となる	152 (125.2)	と考える	200 (71.3)
と考える	57 (47.0)	となる	183 (65.2)
と表わす	43 (35.4)	とする	173 (61.7)
と言える	40 (32.9)	と呼ぶ	93 (33.2)
と書く	38 (31.3)	と言える	54 (19.2)
と見る	28 (23.1)	と結び付く	35 (12.5)
と思う	20 (16.5)	と思う	34 (12.1)
と比べる	17 (14.0)	と異なる	14 (5.0)

このような対立は、教科書に出現する「と言う」の実例からも伺える。(5) はそれぞれ数学と理科の教科書における「と言う」の実例であるが、いずれも「原点」や「受粉」という用語を導入するために用いられている。

- (5) a. 数直線上で0が対応している点を原点という。
(『新しい数学1』p.23 下線は筆者による)
- b. めしべに花粉がつくことを受粉という。
(『新しい科学1』p.12 下線は筆者による)

このような「と言う」による用語の導入は、特に数学という教科や理科という教科内容に対応しているわけではなく、「ものごとを教える」という場面において普遍的に用いられることが予想される。実際、日常会話を収録したコーパスである『日本語日常会話コーパス』(CEJC)にも、(6)のような例がみられる。特に、(6b)は、身近ではない単語を教えるという意味で、教科書における用語の導入に近い用法だと考えられる。

- (6) a. (さつま揚げの呼び方について) 香川では天ぷらってゆうんだよねこれ
(CEJC カッコ内の補足と下線は筆者による)
- b. 今はだから塾歴社会ってゆうんだって (CEJC 下線は筆者による)

つまり、「と言う」は、(5)のような例において確かに本動詞「言う」と異なる意味を持っているものの、それは日常会話でも使われる用法と連続的であり、教科学習と強く結びつく表現ではないものと考えられる。

このような、特定の教科と結びつかない「と言う」に対して、表2の結果を踏まえると、「とする」は数学という教科と結びつく言語形式と見なし得る可能性がある。これに関して、本稿では、数学教科書と理科教科書における「とする」の前接形式について調査を行うことで、「とする」がどのような文型で用いられているかについて確認した。この結果を表3に

示す⁸。表3では、表2と同様にカッコ内に10万語あたりの出現回数を示している。

表3 理数系教科書における「とする」の前文脈⁹

前接形式のパターン	数学教科書	理科教科書
	出現回数 (10万語あたりの回数)	出現回数 (10万語あたりの回数)
N とする	276 (227.4)	118 (42.1)
た とする	9 (7.4)	11 (3.9)
V とする	8 (6.6)	3 (1.1)
V よう とする	6 (4.9)	28 (10.0)
A とする	5 (4.1)	3 (1.1)
である (だ) とする	3 (2.5)	4 (1.4)
[オノマトペ] とする	0 (0.0)	6 (2.1)

表3は、数学に出現する「とする」が、「N (名詞) とする」という一定の形で頻繁に用いられること示している。10万語あたりの出現回数で考えると、数学における「N とする」は、理科における「N とする」の5倍程度出現していることになる。「N とする」は、主に(7)の「AをBとする」、あるいは(8)の「A=Bとする」のような文型で用いられる。

- (7) 3つの続いた整数のうち、もっとも小さい整数をnとすると、3つの続いた整数はn, n+1, n+2と表される。
(『新しい数学2』p.22 下線は筆者による)
- (8) 円Oの周上の点をA, B, Cとし、 $\angle ACB = \angle a$ とする。
(『新しい数学3』p.174 下線は筆者による)

一方、理科においては「流そうとする」のような「V ようとする」の用例も一定数出現する。これは日常会話にも頻出するタイプの「とする」であると考えられ、日常会話に頻出しない「AをBとする」とは異なった性質を持っている¹⁰。このように、数学においては「AをBとする」という文型が頻出するのに対し、理科においては必ずしもそうではないことが確認できる。

3節では、抽象的思考と結びつく言語形式を取り出すために、教科書に頻出する言語形式の調査を行った。表1のデータは、様々な言語形式と教科の関係を示唆しているが、本稿では「とする」と「と言う」の対立に着目し、数学と理科に共通して頻出する「と言う」に対して、数学のみに頻出する「AをBとする」という文型の存在を示した。

⁸ 表4におけるN, V, Aはそれぞれ名詞、動詞、形容詞を指している。

⁹ 10万語あたりの出現回数を算出する際には、小数点第2位以下を四捨五入する形で数値を算出している。この処理は、表5においても同様である。

¹⁰ 日常会話コーパス (CEJC) における「とする」の用例525例のうち、233例が「V ようとする」の例である。また、123例が「とろっとする」のような「オノマトペとする」の用例であり、「AをBとする」は28例程度である。「AをBとする」の内訳としては、「必要とする (8例)」や「よしとする (4例)」のような定型的な表現が多くみられる。

4. 数学における「とする」の分析

4.1 思考の枠組みを提供する「とすると」

3節では、特定の教科に頻出する形式は、その教科の学習で求められる抽象的思考と結びついているという予想に基づいて、特定の教科に頻出する言語形式の調査を行った。一方で、3節の調査では、「AをBとする」という文型が数学という教科とどのように結びついているかが明らかになっていない。よって、4節では、「AをBとする」という文型と数学という教科の関係について分析を行う。

まず、数学教科書において「AをBとする」という文型が、どのような文脈で用いられているのかを確認する。表4は、数学教科書における「とする」と「と言う」の後文脈を比較したものである。

表4 数学教科書における「とする」「と言う」の後文脈

「とする」	出現回数	「と言う」	出現回数
とすると	79	と言う。	180
とします	50	と言い、	15
とする。	49	であると言う	11
とするとき	33	と言います	6
とする点	22	距離と言う	5

数学教科書において、「とする」は接続助詞「と」や「とき」を後接し、従属節に出現するパターンが多いのに対し、「と言う」は、句点や「ます」を後接し、文末に出現するパターンが多いことが見て取れる。

表4から、「AをBとする」は接続助詞トを後接する形で用いられやすいと考えられるが、「とすると」を扱った研究として、中俣(2017)が挙げられる。中俣(2017)では(9)のような例文を取り上げ、「とすると」の機能について、(10)のように説明している。

(9) 1.9%で借り入れたとすると、毎月の返済は5万2,285円です。

(BCCWJ) (中俣2017:93)

(10) すなわち、「PとするとQ」はPという前提の元ではQが成り立つことを意味し、Qを述べるための思考の枠組みを提供する働きがあると言える。

(中俣2017:93)

中学校教科書における(11)の事例も、中俣(2017)が説明する通り、思考の枠組みを提供するような用法で用いられていると考えられる。また、(12)の事例では「とする」が文末で用いられているが、「とする」が出現する文をP、「このとき」から続く文をQと捉えれば、「Pという前提の下ではQが成り立つ」という思考の枠組みを提供する機能を持っている。なお、「提供する」という言葉は、コミュニケーションにおいて聞き手や読み手に対して教える文脈が想起されるので、本稿では「思考の枠組みを設定する」用法としておく。

(11) 紙パックの枚数をx枚とすると、次の等式ができる。

(『新しい数学1』p.92 下線は筆者による)

(12) 縦が 4cm, 横が xcm の長方形の面積を ycm² とする。

このとき, y を x の式で表すと $y = 4x$ となり, $y = ax$ の形で表されるから, y は x に比例する。

(『新しい数学 1』 p.120 下線は筆者による)

このように、数学における「A を B とする」は主に「とすると」や「とするとき」のような条件に関する接続助詞と共起し、思考の枠組みを設定する用法で用いられていると考えられる。ただし、数学における「とすると」は、(9) のような「たとする」の形で用いられる用例は少なく、主に「A を B とする」という文型で用いられている。この点に着目し、4.2 節では、「A を B とする」という文型が数学という教科とどのように関わっているかを分析する。

4.2 具体的事象における要素と数式に出現する要素を同定する「A を B とする」

4.1 節では、数学における「とすると」が主に条件に関する接続助詞と共起し、思考の枠組みを設定する用法を持つことを確認した。一方、この説明では、数学において「A を B とする」という文型が頻出する要因について説明することができない。よって、4.2 節では「A を B とする」という文型と数学という教科について分析を行う。

結論を先取りすると、4.2 節では、「A を B とする」が数学における立式という抽象的操作と関わる言語形式であることを主張する。立式とは、清水 (2022) において「中学校で学習する方程式の立式では、文章問題から数量を読み取ってそれらの等しい関係を見つけ、等式で表すことが要求される」と述べられているように、文章題などの具体的事象から数量を読み取って数式であらわす抽象的操作のことを言う。文部科学省 (2017) による学習指導要領の解説においても「中学校数学科では、具体的な事象の中から二つの数量を取り出し、それらの変化や対応を調べることを通して、関数関係を見いだし考察し表現する力を 3 年間にわたって徐々に高めていくことが大切である。(p.50)」と述べられており、立式は中学校数学において重要な位置付けを占めている。

まず、「A を B とする」という文型について確認する。金 (2014) によると、「A を B とする」は、「 $A=B$ 」の意味をあらわすとされている。また、「A を B とする」は、(13) のように「だ」を挿入できず、トの前に節を埋め込むような引用のトとは異なるものとされており、「とすると」の前に節を埋め込む「たとする」と「A を B とする」とは、文法的に異なった構造を持つと考えられる。数学における「A を B とする」についても、(14) のように、「だとする」は不自然であり、「 $A=B$ 」という同定の意味をあらわすものと考えられる。これは、(8) のような「 $A=B$ とする」の用例からも支持される。よって、数学における「A を B とする」は、2つの要素が同一であることを示す、同定を行う形式であると考えられる。

(13) a. 父は兄を後継者とした。

b. *父は兄を後継者だとした。

(金 2014 : 137)

(14) 一辺の長さを x (*だ) とする。

これを踏まえた上で、「A を B とする」が数学という教科とどのように結びついている

のかを調査する。ここでは、数学教科書の中で、「とする」がどのような単元で頻出するのかを調査した。一口に数学といっても、全ての単元において等質な内容を扱っているわけではない。よって、単元と出現回数との関係は、文型と教科の結びつきを考える上で、重要な証拠となる。表5に、数学教科書の各章において、「とする」がどの程度出現しているかをまとめた表を示す。表5では、出現回数に加え、カッコ内に1万語あたりの出現回数を示している。

表5 数学教科書における「とする」の出現回数と単元の関係

1年生教科書 (『新しい数学1』)		2年生教科書 (『新しい数学2』)		3年生教科書 (『新しい数学3』)	
章タイトル	出現回数 (1万語あたりの回数)	章タイトル	出現回数 (1万語あたりの回数)	章タイトル	出現回数 (1万語あたりの回数)
正負の数	2 (2.5)	式の計算	7 (14.7)	多項式	8 (14.4)
文字式	2 (3.8)	連立方程式	8 (19.0)	平方根	17 (35.7)
方程式	9 (18.1)	1次関数	23 (28.4)	2次方程式	12 (25.2)
比例と反比例	25 (30.7)	平行と合同	13 (20.4)	関数 $y=ax^2$	20 (28.5)
平面図形	20 (31.8)	三角形と四角形	26 (36.0)	相似な図形	28 (37.7)
空間図形	7 (11.0)	確率	7 (16.8)	円	30 (76.1)
データの分析と活用	3 (6.6)	データの比較	1 (4.5)	三平方の定理	38 (84.5)
				標本調査	1 (3.7)

表5の興味深い点として、1年生であれば「文字式」や「方程式」、2年生であれば「式の計算」や「連立方程式」のように、主に計算を扱う章では「とする」の出現回数がそれほど多くないことがわかる。一方で、比例や関数、図形のように、計算だけでなくグラフや図形を扱う章においては、「とする」の出現回数が多くなる。また、3年生では全体的に「とする」の出現回数が多くなっている。

この事実は、「AをBとする」が数学における立式という抽象的操作と関わる言語形式であることを示しているものと考えられる。比例や関数、図形のような章では、グラフや図形にあらわれる要素を式としてあらわす必要がある。よって、他の章と比べ、具体的事象から数量を読み取って数式であらわす、立式という抽象的操作を多く求められることが予想される。更に、立式においては、具体的事象における要素と数式における要素を関連付ける必要があり、「AをBとする」がAとBの同定を行う文型であることも整合的である。なお、計算を主に扱う章においても立式を要するような文章題は一定数登場するが、1年生と2年生では立式を扱う分量よりも計算に割く分量が多く、「とする」の出現回数が少ないものと思われる。

表5から得られた「AをBとする」と立式との関係は、实例を見ても確かめることができる。まず、(15)において、「AをBとする」の「A」は「紙パックの枚数」という具体的事象における個数を示しており、「B」は数式の中で個数をあらわす“x”という文字を示している。そして、「AをBとする」という文型によって、具体的事象における数量を式にあ

らわすための枠組みが示されている。また、(16)において、「AをBとする」の「A」は「2辺の長さ」や「斜辺の長さ」という図形の中の空間的な長さを示しており、「B」は長さを数式の中であらわす“a”や“b”という文字を示している。同じく(16)においても、「AをBとする」という文型によって、具体的事象における数量を式にあらわすための枠組みが示されている。このように、(15)と(16)における「AをBとする」は、具体的事象に出現する要素であるAと数式に出現する要素であるBを同定し、関連付ける機能を持っている。

(15) 紙パックの枚数を x 枚とすると、次の等式ができる。

$$10x + 1000 = 21000 \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

(『新しい数学1』p.92)

(16) 直角三角形の直角をはさむ2辺の長さを a , b , 斜辺の長さを c とすると、次の関係が成り立つ。

$$a^2 + b^2 = c^2$$

(『新しい数学3』p.189)

このように、「AをBとする」という文型は、思考の枠組みを設定するというだけでなく、数学の教科学習においては、具体的事象から数量を読み取って数式であらわす立式という抽象的操作と深くかかわる言語形式であると考えられる。よって、本稿では、数学における「AをBとする」という文型が数学における立式という抽象的操作と関連する言語形式であると捉えるために、4.1節と4.2節の内容を踏まえ、(17)のような教科と文型と機能との対応関係を提案する。

(17) 教科：数学

文型：AをBとする

機能：具体的事象から数量を読み取って数式であらわす立式という操作において、具体的事象における要素を数式に出現する要素と同定し、思考の枠組みを設定する。

4.2節では数学という教科と「AをBとする」という文型の関係について考察した結果、立式を行うという数学における操作と「A=B」という同定を行う「AをBとする」が対応関係を持っていることを示した。

5. まとめ

本稿では、大きく分けて以下の2点の分析を提示した。

(18) 理数系教科書の比較を行い、数学の教科学習に結びつく「AをBとする」という文型の存在を明らかにした。

(19) 「とする」の分析から、数学において「AをBとする」という文型が具体的事象における要素と数式に出現する要素を同定する機能を持っていることを明らかにし、数学における立式という抽象的な操作と「AをBとする」という文型が結びついていくことを明らかにした。

最後に、教科学習における日本語の理解と日本語の使用について述べる。前述の通り、文

部科学省 (2017) では、「中学校数学科では、具体的な事象の中から二つの数量を取り出し、それらの変化や対応を調べることを通して、関数関係を見だし考察し表現する力を3年間にわたって徐々に高めていくことが大切である。(p.50)」と述べられている。ここで「関係を見だし考察し表現する」とあるように、数学においては、理解するだけではなく、それを表現する場面も存在する。その一例として、証明問題では、日本語を使って数学的な思考について説明する必要がある。このような背景を踏まえると、数学という教科と日本語の関係は、単なる理解の問題だけでなく、日本語を使って考察し、説明を行うという使用の問題とも関連するものと考えられる。よって、教科書の調査だけでなく、教科学習でどのような形で日本語を使用する必要があるかという点についても研究が必要だと思われるが、これについては今後の課題としたい。

謝 辞

本研究の成果は、以下の共同研究および助成事業の成果に基づくものである。
筑波大学・凸版印刷株式会社共同研究「ICT 教材の活用による多文化的背景を持つ生徒支援施策の研究」(研究代表者：澤田浩子)
茨城県教育委員会，グローバル・サポート事業委託研究「オンライン学習による日本語初期指導カリキュラム開発・検証に関する研究」(研究代表者：澤田浩子)
日本学術振興会，科学研究費補助金・基盤研究(B)「学びの場における CLD 生徒の言語使用の分析とデータベースの構築」(研究代表者：澤田浩子，22H00666)
日本学術振興会，科学研究費補助金・基盤研究(B)「インクルーシブ教育システムにおけるインテンシブ・ニーズ支援モデルの構築」(研究代表者：米田宏樹，22H01031)

参考文献

- 金賢娥 (2014). 『現代日本語における助詞「ト」の研究：引用の周辺にある「ト」を中心に』筑波大学博士論文.
- 小磯花絵・天谷晴香・居關友里子・白田泰如・柏野和佳子・川端良子・田中弥生・伝康晴・西川賢哉・渡邊友香 (2023). 「『日本語日常会話コーパス』設計と特徴」『国立国語研究所論集』24, pp.153-168.
- 小澤俊介・内元清貴・伝康晴 (2014). 「BCCWJ に基づく長単位解析ツール Comainu」『言語処理学会第20回年次大会論文集』pp.582-585.
- 竹本理美・新山聖也・澤田浩子 (2023). 「外国人生徒による受動文の文構造理解：教科学習におけるつまづきを探る」『全国大学国語教育学会国語科教育研究：大会研究発表要旨集』144, pp.71-74.
- 清水宏幸 (2022). 「学校数学における文字式に関する研究：式をひとまとまりと見ることに焦点を当てて」『日本数学教育学会誌』103:R117, pp.5-14.
- 西川朋美・青木由香 (2020) 「日本生まれ・育ちのJSLの子どもの格助詞の産出：記述式テストで見られたモノリンガルとの違い」『日本語教育』177, pp.47-61.
- 宮部真由美 (2019). 「トの分析からみた中学校数学科教科書の日本語の難しさ：日本語学習者の教科学習における日本語の困難点とは」『日本語／日本語教育研究』10, pp.117-131.
- 宮部真由美 (2021). 「中学校数学科教科書の内容理解における日本語の困難点：日本語を母語としない中学生の教科学習支援を目指して」『人文・自然研究』15, pp.127-139.
- 文部科学省 (2017). 「【数学編】中学校学習指導要領(平成29年告示)解説」

https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_004.pdf

文部科学省 (2022). 「日本語指導が必要な児童生徒の受入状況等に関する調査結果について

https://www.mext.go.jp/content/20221017-mxt_kyokoku-000025305_02.pdf

Cummins, J. (1979). Cognitive/Academic Language Proficiency, Linguistic Interdependence, the Optimum Age Question and Some Other Matters. *Working Papers on Bilingualism*, 19, pp.197-205.

調査資料

梶田隆章・真行寺千佳子・永原裕子・西原寛 ほか 131 名 (2022). 『新しい科学 1』 東京書籍株式会社.

梶田隆章・真行寺千佳子・永原裕子・西原寛 ほか 131 名 (2022). 『新しい科学 2』 東京書籍株式会社.

梶田隆章・真行寺千佳子・永原裕子・西原寛 ほか 131 名 (2022). 『新しい科学 3』 東京書籍株式会社.

藤井斉亮・真島秀行 ほか 94 名 (2022). 『新しい数学 1』 東京書籍株式会社.

藤井斉亮・真島秀行 ほか 94 名 (2022). 『新しい数学 2』 東京書籍株式会社.

藤井斉亮・真島秀行 ほか 94 名 (2022). 『新しい数学 3』 東京書籍株式会社.

『現代日本語書き言葉均衡コーパス (BCCWJ)』 <https://clrd.ninjal.ac.jp/bccwj/>

『日本語日常会話コーパス (CEJC)』 <https://www2.ninjal.ac.jp/conversation/cejc.html>