

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：62601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03220

研究課題名(和文) 科学用語の共起ネットワーク分析による数学・理科・情報の教科間全体の構造について

研究課題名(英文) Co-occurrence network analysis of the overall structure about mathematics, science and information subjects using scientific terms

研究代表者

坂谷内 勝 (SAKAYAUCHI, MASARU)

国立教育政策研究所・研究企画開発部教育研究情報推進室・総括研究官

研究者番号：70187053

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：日本の中学校と高等学校の数学・理科・情報の教科書に出現する科学用語を基本にして、各教科の特徴について多角的な分析を行った。収集した索引総数は12015件である。現在の中学校の数学、理科、技術の科学用語数は、10年前と比べてすべての教科で減少している。20年前と10年前の科学用語数を比較すると、すべての教科で10年前の方が増加している。現在の数学、理科、技術の3教科に共通して出現する科学用語はない。高等学校の科学用語の数の変遷は、20年前、10年前、現在の順に増加している。増加率は、20年前から10年前は約30%の増加、10年前から現在は約5%の増加である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、日本の数学・理科・情報(技術)の教科書に出現する科学用語を様々な方法で分析した。この結果は、日本の中学校と高等学校の科学教育に関する実態を、20年前と10年前と現在の比較や、各教科間の違いを数量的に明らかにすることができた。また、共起ネットワーク分析をすることによって、各教科の科学用語の相互関係を視覚的に把握することができた。

研究成果の概要(英文)：This research conducted various analyzes based on the scientific terms appearing in Japanese textbooks of mathematics, science and information used in junior high school and high school. The total number of indexes collected is 12015. There are 2761 junior high school indexes and 9254 high school indexes.

Comparing the number of scientific terms from the present and 10 years ago, the number of scientific terms decreased in all subjects. The rate of increase is small in mathematics and large in science and technology. There is no common scientific term that appears in the current three subjects of mathematics, science, and technology. There are 13 common scientific terms that appear in the two subjects.

The change in the number of scientific terms in high school is increasing in order of 20 years ago, 10 years ago, and now. The rate of increase is about 30% from 20 years ago to 10 years ago, and about 5% from 10 years ago to now.

研究分野：教育工学

キーワード：科学教育 科学用語 共起ネットワーク

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、中学校・高等学校の教科書に出現する用語を分析し、用語の使用頻度（量的な分析）や用語の適切な使用方法（質的分析）についての報告がある。しかし、多くの科学用語分析は一つの教科・科目の教科書の中で調べており、科学用語が使用されている複数の教科・科目全体を対象とした俯瞰的な研究は少ない。

そこで、本研究は、中学校・高等学校の数学・理科・情報（技術・家庭の技術分野）の教科書に出現する科学用語に注目し、個々の科学用語の関連性を複数の教科間に渡って分析することによって、中学校・高等学校の科学教育全体の構造を俯瞰する研究を目指す。

具体的な分析手法として、教科書に出現する科学用語の共起ネットワーク分析を用いる。共起ネットワークとは、2つの科学用語が文章中に近い距離で出現する頻度が多いとき、この2つの科学用語には共起関係が存在し、共起関係（リンク）と科学用語（ノード）を図式化したネットワークである。このネットワークを様々な観点で分析することによって、科学概念の全体的構造への示唆、教師への指導助言、生徒への学習支援に貢献する知見を得ることができると考える。

### 2. 研究の目的

本研究は、日本の中学校と高等学校の数学・理科・情報の教科書に出現する科学用語を基本にして、各教科の特徴について多角的な分析を行い、科学用語からみた科学教育の実態を数量的に把握し、科学教育の指導・学習に貢献する知見を明らかにすることが目的である。

### 3. 研究の方法

科学用語を収集した教科書は、中学校の数学、理科、技術・家庭（技術分野）と高等学校の数学、物理、化学、生物、地学、情報の教科書である。現在と過去（10年前、20年前）の科学用語を比較するために、中学校は平成10～11年の学習指導要領改訂（平成14年度実施、以下「20年前」と呼ぶ。）平成20～21年の学習指導要領改訂（平成24年度実施、以下「10年前」と呼ぶ。）平成29～30年の学習指導要領改訂（令和3年度実施、以下「現在」と呼ぶ。）の教科書、高等学校は平成10～11年の学習指導要領改訂（平成15年度実施、以下「20年前」と呼ぶ。）平成20～21年の学習指導要領改訂（平成25年度実施、以下「10年前」と呼ぶ。）平成29～30年の学習指導要領改訂（令和4年度実施、以下「現在」と呼ぶ。）の教科書である。収集した索引は、中学校は2761件（表1参照）、高等学校は9254件（表2参照）で、合計12015件である。

表1 科学用語を収集した中学校教科書と索引件数

教科	教科書名[発行所]	索引件数
20年前数学	中学数学1, 2, 3 [教育出版]	196件
20年前理科	中学校理科1分野上下, 2分野上下 [大日本図書]	367件
20年前技術	新しい技術家庭[技術分野] [開隆堂出版]	235件
10年前数学	中学数学1, 2, 3 [教育出版]	201件
10年前理科	新版 理科の世界1, 2, 3 [大日本図書]	489件
10年前技術	技術・家庭[技術分野] [開隆堂出版]	315件
現在数学	中学数学1, 2, 3 [教育出版]	180件
現在理科	理科の世界1, 2, 3 [大日本図書]	474件
現在技術	技術・家庭[技術分野] [開隆堂出版]	304件

表2 科学用語を収集した高等学校教科書と索引件数

	教科	教科書名[発行所]	索引件数
20年前	数学	新編数学[数研出版]	85件
	物理	物理 I [大日本図書]	365件
	化学	化学 I [実教出版]	362件
	生物	生物 I [新興出版社啓林館]	508件
	地学	地学 I 地球と宇宙[東京書籍]	586件
	情報	情報A, B, C[第一学習社]	605件
10年前	数学	新編数学 I [数研出版]	153件
	物理	物理基礎[第一学習社]	540件
	化学	化学基礎[実教出版]	634件
	生物	生物基礎[新興出版社啓林館]	833件
	地学	地学基礎[東京書籍]	529件
	情報	情報の科学,社会と情報[第一学習社]	600件
現在	数学	新編数学 I [数研出版]	165件
	物理	物理基礎[第一学習社]	562件
	化学	化学基礎[実教出版]	637件
	生物	生物基礎[新興出版社啓林館]	994件
	地学	地学基礎[東京書籍]	609件
	情報	情報 I [第一学習社]	487件

#### 4. 研究成果

##### (1) 中学校の科学用語の実態

現在の中学校の数学、理科、技術の科学用語数は、10年前と比べてすべての教科で減少している(図1参照)。減少した件数(減少率)は、数学21件(10%減)、理科15件(3%減)、技術11件(3%減)である。数学は減少率が大きく、理科と技術は減少率が小さい。

20年前と10年前の科学用語数を比較すると、すべての教科で10年前の方が増加している。増加率は、数学が小さく、理科と技術は大きい。

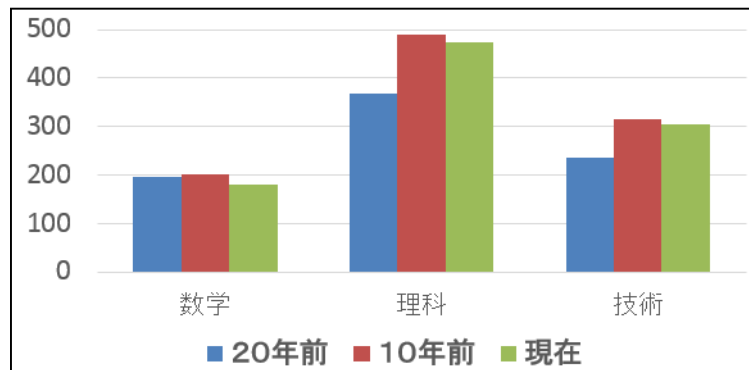


図1 20年前と15年前と現在の中学校の科学用語の数

教科ごとの科学用語の異なり数(同じ教科で重複している用語を削除した数)を基に、10年前と比較して、現在の科学用語の既出数、新出数、消失数を調べると、数学は、既出の科学用語が多く(全体の93%)、消失数の方が新出数より多い。理科も、既出の科学用語が多く(全体の90%)、消失数の方が新出数より多い。技術は、新出と消失の科学用語が多く、既出数(全体の62%)が少ないのが特徴である。現在と10年前を比較して、技術は科学用語の入替えが多いという特徴がある。10年前と20年前を比較しても同様なことが言える。

現在の数学、理科、技術の3教科に、共通して出現する科学用語はない。2教科に共通して出現する科学用語(13件)を表3に示す。この内、10年前も2教科に共通して出現したものは、「エネルギー変換効率」等の8件である。

これらの科学用語を指導するときは、他教科での取扱いに注意を払う必要がある。

表3 2教科に共通して出現する科学用語(下線の用語は10年前も共通に出現したもの)

複数教科	科学用語
理科と技術	エネルギー、 <u>エネルギー変換効率</u> 、化石燃料、感電、慣性、交流、再生可能エネルギー、 <u>持続可能な社会</u> 、弾性、地球温暖化、直流、電池
数学と技術	変数

文字数が多い科学用語を調べると、数学で最も多い科学用語は「無作為に抽出すること」(10文字)、理科では「フレミングの左手の法則」(11文字)と「力学的エネルギーの保存」(11文字)、技術では「ガスコージェネレーションシステム」(16文字)である。

技術は、数学と理科と比較して文字数が多い傾向にある。技術の科学用語が長いという特徴は、10年前と20年前の教科書でも同様なことが言える。

## (2) 高等学校の科学用語の実態

高等学校の科学用語の数の変遷は、20年前、10年前、現在の順に増加している(図2参照)。増加率は、20年前から10年前は約30%の増加、10年前から現在は約5%の増加である。

20年前から10年前の大幅な増加は履修時間の増加に起因している。20年前は「ゆとり時代」、10年前は「脱ゆとり時代」と呼ばれている。

教科別の科学用語数の推移を図3に示す。数学、物理、化学、生物の科学用語数は、20年前、10年前、現在と順に増加している。20年前と比べて現在の科学用語数が最も増加した教科は生物(486件)以下増加した順に、化学(275件)、物理(197件)、数学(80件)、地学(23件)である。

以下、数学の科学用語(以下、「数学用語」と呼ぶ。)について分析した結果を述べる。

数学用語の件数の平均は134件で、他教科(物理489件、化学544件、生物778件、地学575件、情報564件)と比べて少ないのが特徴的である。現在の数学用語の内、10年前、20年前から共通に

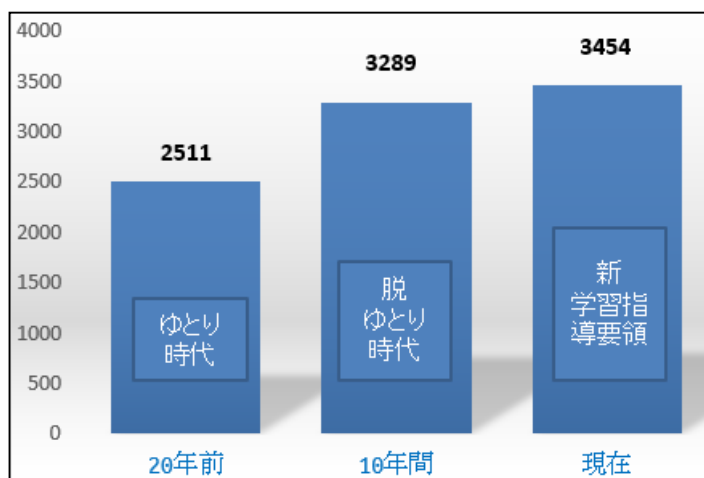


図2 高等学校の科学用語の数の変遷

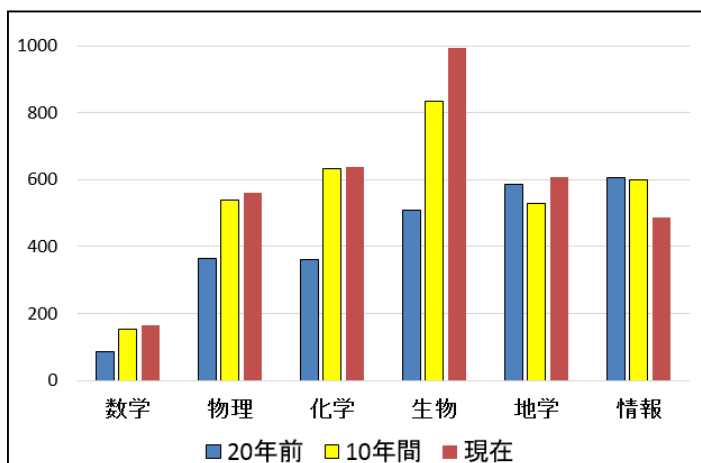


図3 高等学校の教科別科学用語数の推移

出現している用語は以下の64件である。現在の数学用語の約4割が20年前から既出している。  
 【既出の数学用語】1次関数、1次不等式、2次関数、2次不等式、n次式、グラフ、サイン、タンジェント、移項、因数、因数分解、下に凸、解、解の公式、外接円、関数、係数、原点、降べきの順、項、根号、座標、座標軸、座標平面、三角比、指数法則、次数、軸、実数、重解、循環小数、上に凸、数直線、整式、正弦、正弦定理、正接、接する、接点、絶対値、多項式、単項式、値域、頂点、定義域、定数項、展開、同類項、不等式、複号、平行移動、平方完成、平方根、放物線、無限小数、無理数、有限小数、有理化、有理数、余弦、余弦定理、累乗、連立3元1次方程式、連立不等式

10年前と20年前に出現していたが、現在消失した数学用語は「直線」と「点」の2件である。10年前に出現していたが、現在消失した数学用語は5件である。

【消失した数学用語】直線、点、右辺、相関、相関関係、相関関係がない、対称移動

10年前と20年前に出現していなかったが、現在新出した数学用語は以下の17件である。

【新出の数学用語】2重根号、たすき掛け、因果関係、黄金長方形、黄金比、仮説検定、階級、外れ値、質的データ、対象移動、直線  $x = p$ 、直線  $y = ax + b$ 、点  $(a, b)$ 、統計的探究プロセス、分割表、変量、量的データ

数学用語の文字数を調べると、文字数の平均は3.6文字である。物理、化学、生物、地学の科学用語の文字数の平均は約4文字、情報の科学用語の文字数の平均は約5文字である。

複数教科に出現する科学用語は、各教科でどのように説明しているか、とても興味深い。複数教科に出現する科学用語の「電磁波」についての説明は表4のとおりである。

表4 複数教科に出現する科学用語「電磁波」の説明

教科書	「電磁波」の説明
情報	信号は伝送媒体によって伝えられる。伝送媒体としては、ツイストペアケーブル、同軸ケーブル、光ファイバー、電磁波などが使われる。
物理	電気と磁気の周期的な変化(振動)が、電磁波として空間を伝わる。
地学	太陽が放射している電磁波には、可視光線だけでなく、赤外線、紫外線、X線などもある。

例えば、情報科の教師が「電磁波」を教えるとき、物理や地学での「電磁波」の取り扱い方、説明の仕方を意識して指導することは、科学教育的に十分意義がある。

### (3) 共起ネットワーク分析

共起ネットワーク分析によって、どのような科学用語が共起して出現するかを調べた。使用したテキストは「わかる！小学校の先生のための統計教育入門」(文献 )で、計量テキスト分析は、KH coder (文献 )を使用した。

このテキストの総抽出後数は15897語、異なり語数は2416語、異なり語数の内、135語が科学用語で、科学用語が占める割合は5.6%であった。科学用語の共起ネットワークから、比較的大きなグループとして、「生態系とその保全(生物)」、「さまざまな情報の表現(情報)」、「いろいろなグラフ(情報)」、「データの分析(数学)」に関する科学用語が出現していることがわかった。出現回数が多い科学用語は、お互いに共起して出現していることがわかった。同様な分析を、様々な文献で行うことによって、科学概念の全体的構造への示唆、教師への指導助言、生徒への学習支援に貢献する知見を得ることができる。

#### <引用文献>

- 坂谷内勝：『わかる！小学校の先生のための統計教育入門』，ミネルヴァ書房，2019.
- 樋口耕一：『社会調査のための計量テキスト分析 内容分析の継承と発展を目指して』，ナカニシヤ出版，2014.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 坂谷内 勝	4. 巻 46
2. 論文標題 高校教科書に出現する科学用語分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集	6. 最初と最後の頁 341-342
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14935/jssep.46.0_341	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 坂谷内 勝	4. 巻 45
2. 論文標題 中学校教科書に出現する科学用語分析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集	6. 最初と最後の頁 493-494
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14935/jssep.45.0_493	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 坂谷内 勝	4. 巻 44
2. 論文標題 数学・理科・情報の教科に出現する科学用語の分析（3） - 中学校と高校の教科書索引の分析 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集	6. 最初と最後の頁 313-314
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------