

ROSEリポジトリいばらき（茨城大学学術情報リポジトリ）

Title	クラスター分析と自己組織化マップを用いた技術科教科書の比較研究
Author(s)	保坂, 和樹; 臼坂, 高司
Citation	茨城大学教育学部紀要. 教育科学, 66: 237-248
Issue Date	2017-03
URL	http://hdl.handle.net/10109/13281
Rights	

このリポジトリに収録されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作権者に帰属します。引用、転載、複製等される場合は、著作権法を遵守してください。

お問合せ先

茨城大学学術企画部学術情報課（図書館） 情報支援係
<http://www.lib.ibaraki.ac.jp/toiawase/toiawase.html>

クラスター分析と自己組織化マップを用いた 技術科教科書の比較研究

保坂和樹*・白坂高司**

（2016年11月1日受理）

Comparative Research of Three Junior High School Technology Textbooks by Using Cluster Analysis and Self-organizing Maps

Kazuki HOSAKA* and Takshi USUZAKA**

（Accepted November 1, 2016）

1. はじめに

平成24年度より平成20年度改定中学校学習指導要領¹⁾に準拠した文部科学省検定済教科書（以下、教科書）が採択され、中学校技術・家庭技術分野（以下、技術科）の教科書は従来の2社に新たに1社が加わり、3社から出版されている。

現行の学習指導要領では、従来選択項目であった内容が必修化され、ガイダンス的な内容を第1学年に履修させるなど、学習内容が大きく再編されている。その一方で、技術・家庭科の授業時間数の変更がないため、実践的・体験的な学習活動を系統的に実施することは極めて困難であることが指摘され²⁾、教師は指導上で一層の創意工夫が要求される。

こうした背景の中、指導の工夫の一つとしてこれまで以上に教科書を有効利用する方法を模索する必要があると考えられる。教科書は児童生徒が共通して使用する主たる教材であり、学校はもとより家庭での学習においても重要な役割を果たしている。文部科学省は、教科書の利用が、教育の機会均等を保障し、児童生徒が基礎的・基本的な知識・技能を確実に身に付け、それらを活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等をはぐくむことに大いに資するものであるとしている³⁾。

従って、教科書ごとに記述内容を質的・量的に分析し、その特徴を明らかにすることは、教師が学習指導を行う際の一助となり、有意義であると考えられる。

技術科教科書を分析した先行研究は、推移確率により情報活用能力の関連構造を明らかにしたも

*神栖市立神栖第一中学校（〒314-0115 茨城県神栖市知手100-3；Kamisu Municipal Kamisu First Junior High School, Kamisu 314-0115 Japan）。

**茨城大学大学院教育学研究科（〒310-8512 水戸市文京2-1-1；Graduate School of Education, Ibaraki University, Mito 310-8512 Japan）。

の⁴⁾や、情報モラルに関する記述方法等の特性を分析し、内容の取扱いの特徴を明らかにしたものの⁵⁾が報告されている。さらに、現行の学習指導要領で必修化された「生物育成」と以前からの「栽培」との教科書記述を比較したもの⁶⁾や文の長さ、各種文字の含有率、語彙・漢字の難易度などの観点から分析したもの^{7) 8)}などが挙げられる。上記の研究成果から技術科教科書の特徴を解明するための示唆が得られている。しかし、単語の出現頻度から指導事項間や指導事項中の単語の関連を分析したものは見当たらない。

中学校学習指導要領解説、技術家庭編⁹⁾では、各指導事項を関連させて指導することを促している。例えば、「D 情報に関する技術」(1)の指導事項ウでは、「情報通信ネットワーク上のルールやマナー、法律等で禁止されている事項に加えて、D (1) のアの情報のデジタル化や、D (1) のイの情報通信ネットワークの学習と関連させて、情報通信ネットワークにおいて知的財産を保護する必要性を知ることができるようにする」と記述されている。そのため、指導事項間の関連構造を調査することは必要であると思われる。

指導事項の関連を調べる際に、教科書内の1つ1つの文章を見ていき内容を把握することも求められるが、同じ単語が教科書に複数回出てくことも多い。そのため、単語の出現頻度から指導事項間や指導事項中の単語の関連を見ていくことも教科書の特徴を捉えるために重要である。単語の出現頻度に基づいた分析を行うことで指導事項間の類似性（相違性）を検証することや指導事項内で使用されている単語の関連が分析できれば、学習指導の一助になると考えられる。

そこで、本研究では単語の出現頻度に基づいて技術科教科書の記述内容を分析・比較することを目的とする。具体的には、平成24年度用技術科教科書の「D 情報に関する技術」を調査対象とし、指導事項間の関連構造をクラスター分析によって明らかにするとともに、後述する自己組織化マップ（Self-organizing maps, 以下 SOM）¹⁰⁾を用いて指導事項中の単語間の関連を分析する。

2. 研究方法

2.1 教科書の分析対象

平成24年度用技術科教科書（A社¹¹⁾、B社¹²⁾、C社¹³⁾）において、「D 情報に関する技術」(1)に該当する箇所（表1）の単語を抽出し、分析対象とした。教科書の分析対象ページ数と総ページ数を表2に示す。本研究では、教科書の本文だけではなく図表に使用されている単語も抽出の対象とした。

2.2 単語の抽出方法

クラスター分析や SOM の生成を行うために、教科書の本文をテキストファイル化した。分析箇所の抽出例を図1に示す。図1のようなページでは、四角で囲んだ部分を分析の対象とした。

次に、テキストファイル化したデータから形態素解析フリーソフト「茶筌」¹⁴⁾を用いて、全ての単語とその品詞を抽出した。

表 1 学習指導要領の分析対象

(1) 情報通信ネットワークと情報モラルについて、次の事項を指導する。
ア コンピュータの構成と基本的な情報処理の仕組みを知ること。
イ 情報通信ネットワークにおける基本的な情報利用の仕組みを知ること。
ウ 著作権や発信した情報に対する責任を知り、情報モラルについて考えること。
エ 情報に関する技術の適切な評価・活用について考えること。

表 2 分析対象である教科書のページ数

教科書会社	ページ数	総ページ数
A 社	pp.174～203 pp.234～236	33 ページ
B 社	pp.190～201 pp.236～238	15 ページ
C 社	pp.190～203 pp.240～243	18 ページ



図 1 分析箇所である教科書の一部（A社）

2.3 不要単語の削除

教科書に使用されている単語数は多く、全ての単語（特に、「れる」、「ある」などの意味をもたないもの）を含めると分析後の考察が困難になるため、単語の削除を行った。ここでは、単語の関連を検討する時に用語として意味があると考えられる名詞、形容詞、動詞（形式動詞は除く）を残し、それ以外は削除した。なお、指導要領解説の「D 情報に関する技術」(1)¹⁵⁾（以下、指導要領解説）に記述される単語以外や、各教科書で単語の出現頻度が1回のもは基本的に除外した。これらの作業は、4名（大学教員1名と教育学部技術選修の大学生3名）により行った。表3に単語の削除前・後の例を、表4に各教科書会社の削除前・後の単語数と分析単語（不要単語を削除した単語を分析単語とする）の割合を示す。表4より、A社では495、B社では270、C社では269の分析単語を選定した。

表3 単語の削除前と削除後の例（A社）

削除前	削除後
する	情報
こと	コンピュータ
情報	技術
いる	データ
れる	利用
できる	・
コンピュータ	・
ある	
なる	
技術	
データ	
利用	
・	
・	

（網掛け部は削除した単語）

表4 各教科書の削除前・後の単語数と分析単語の割合

	削除前	削除後（分析単語の割合）
A社	1076	495 (46.0%)
B社	508	270 (53.1%)
C社	620	269 (43.4%)

2.4 方法

まず、各指導事項の関連を把握する。そのため、A社では495、B社では270、C社では269の分析単語が「D情報に関する技術」(1)指導事項「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」に該当するページで何回出現したかを集計した。そして、教科書会社ごとに分析単語の出現数を指標(変数)として4つの指導事項(「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」)の関連を階層的手法を用いたウォード法によるクラスター分析により分類した。具体的には、教科書会社ごとに、4つ指導事項×分析単語のマトリックスを作成し(A社では4×495、B社では4×270、C社では4×269)、分析単語の出現数に基づいてデンドログラムを作成した。

次に、単語間の関連を検討する。単語の関連を分析する有効な方法としてSOMによる研究が報告されている^{16) 17)}。SOMは、ニューラルネットワークの1つと考えられ、従来の多変量解析による分類よりも優れているという指摘がある¹⁸⁾。松原はSOMを応用し、単語の関連から理科教科書の内容全体の構造を分析できることを明らかにしている¹⁹⁾。SOMは、多くのデータから視覚的にわかりやすくマップを作り、座標の距離によって関連性の強さを示しているものであり、技術科教科書の分析においても有益な示唆が得られると思われる。

そこで、「D情報に関する技術」(1)指導事項「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」に該当する箇所、1文章あたりの分析単語の出現頻度を変数とし、SOMによる分析を行った。なお、分析にはMSOM^{17) 18)}を使用した。

SOM上の全ての単語について考察を行うことは困難であるため、今回は指導事項ごとに1つの単語に注目した(以下、注目単語)。指導事項「ア」では「デジタル」、「イ」では「ウイルス」、「ウ」では「著作」、「エ」では「活用」とした。これらの単語は、指導要領解説の記載内容を参考にし、各指導事項に関連したものを筆者らが決定した。

3. クラスター分析の結果と考察

3.1 A社の分析結果

A社のクラスター分析結果を図2に示す。第1クラスターは、「ア」と「イ」が結合しているものである。第2クラスターは、第1クラスターに「ウ」が結合し、第3クラスターは、第2クラスターに「エ」が結合する形になっている。

したがって、「ア」は単語の種類と出現頻度が「イ」とは非常に、「ウ」とはやや類似していることが明らかになった。指導要領解説において、「ウ」の学習では、「ア」の情報のデジタル化や、「イ」

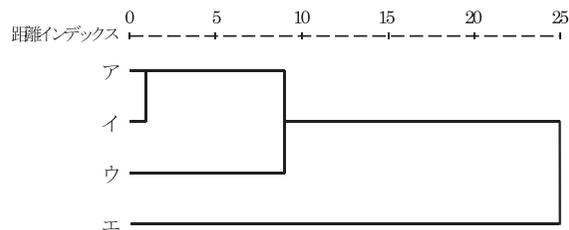


図2 クラスター分析の結果 (A社)

の情報通信ネットワークの学習と関連させて、情報通信ネットワーク上において知的財産を保護する必要性を知らせることが記載されている。さらに、「イ」の学習では、情報通信ネットワークの仕組みの観点から、情報セキュリティの確保のために対策・対応がとれるよう、「ウ」と関連させて指導することが述べられている。A社の指導事項で「ア」、「イ」、「ウ」の関連が近くなったのは、このような背景があるのではないかとと思われる。

一方、「エ」は他の指導事項と離れており、情報に関する技術の適切な評価・活用の内容で使用される単語の種類や出現頻度は、他と異なることが示された。「エ」の評価・活用は現行の学習指導要領から技術分野の目標に位置づけられており、他の指導事項と関連付けて十分な学習指導を行う必要がある。そのため、A社の教科書では「エ」を学習する際に、「ア」、「イ」、「ウ」の学習内容を想起させて指導を行うとより効果的であることが示唆された。

3.2 B社の分析結果

B社のクラスター分析の結果を図3に示す。第1クラスターは、「イ」と「エ」が結合しているものである。第2クラスターは、第1クラスターに「ア」が結合し、第3クラスターは、第2クラスターに「ウ」が結合する形になっている。

したがって、「イ」の単語の種類と出現頻度は「エ」とは非常に、「ア」とはやや類似していることが明らかになった。指導要領解説において、「エ」の学習では、省資源・省エネルギーの観点から「イ」の情報通信ネットワークを利用する利点を検討することが記載されている。さらに、「ア」の学習ではデジタル化する必要性について指導するため「イ」と関連させることが述べられている。このことから、B社では指導事項「ア」、「イ」、「エ」の関連が表出したと思われる。

一方、「ウ」は他の指導事項と距離があることから、著作権や情報モラルの内容で使用される単語の種類や出現頻度は、他と異なると推察される。しかし、指導要領解説では「イ」と「ウ」を関連させて指導する必要が指摘されており、さらに評価・活用の「エ」とも関連させることも重要である。そのため、指導の際はこれらを意図的に関連させるよう指導を行うと有効であると考えられる。

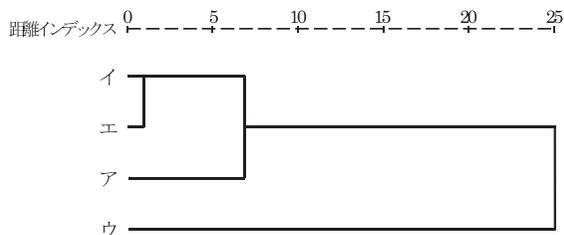


図3 クラスター分析の結果（B社）

3.3 C社の分析結果

C社のクラスター分析の結果を図4に示す。第1クラスターは、「ウ」と「エ」が結合しているものである。第2クラスターは、第1クラスターに「ア」が結合し、第3クラスターは、第2クラスターに「イ」が結合する形になっている。第2クラスターの距離インデックスが他の2社と比較して高い点が指摘できる。



図4 クラスタ分析の結果 (C社)

したがって、指導事項「ウ」と「エ」は単語の種類と出現頻度が非常に類似しているが「ア」、「イ」とは関連が低いことが示された。このことから、「知ること」が目標である「ア」、「イ」と「考えること」が目標である「ウ」、「エ」の学習内容で使用されている単語の組み合わせは異なる特徴をもつことが考えられる。また、C社では情報モラルと技術の適切な評価・活用を強く関連付ける単語構成になっていることが示唆された。

このことから、C社の教科書を使用して「ウ」と「エ」の学習指導を行う際は、必要に応じて「ア」、「イ」の内容を想起させた指導が効果的であることが示唆された。

4. 自己組織化マップの結果と考察

A社の自己組織化マップを図5に示す。単語数が多くマップ上で見づらい箇所があるため、特に注目単語付近のマップを図の下に拡大した。紙面の都合上、B社、C社は注目単語付近の拡大図をそれぞれ図6、図7に示す。なお、注目単語とその付近の単語は筆者らで協議し、関連が見られる範囲を抽出した。そのため、必ずしも注目単語がマスを中心にはなっていない。図5(A社)の「活用」周辺では、「活用」がマスの1番上に配置されたため、注目単語がマスを中心ではなく端に位置している。図6(B社)の「ウイルス」周辺、「著作」周辺も同様の理由により注目単語が端に配置された。3社の自己組織化マップをもとに注目単語と関連のある単語を抽出したものを表5に示す。なお、図5～図7中の「0」はそこにどの単語も配置されなかったことを意味する。

4.1 「デジタル」について

A社では、「デジタル」の近くに「画像」、「文字」、「アナログ」などの単語が配置された。これは、デジタルとアナログの関連である。また、アナログの説明では、電圧や温度などの変化を例にしているためこのような配置が見られた。

B社では、「デジタル」の近くに「画像」、「数字」、「少ない」などの単語が配置された。これは、デジタル化とその利点の関連である。教科書では画像などのデータをデジタル化することにより情報量を減らせることを示している。

C社では、「デジタル」の近くに「数値」、「波」、「音」などの単語が配置された。これは、デジタル化とその特性の関連である。

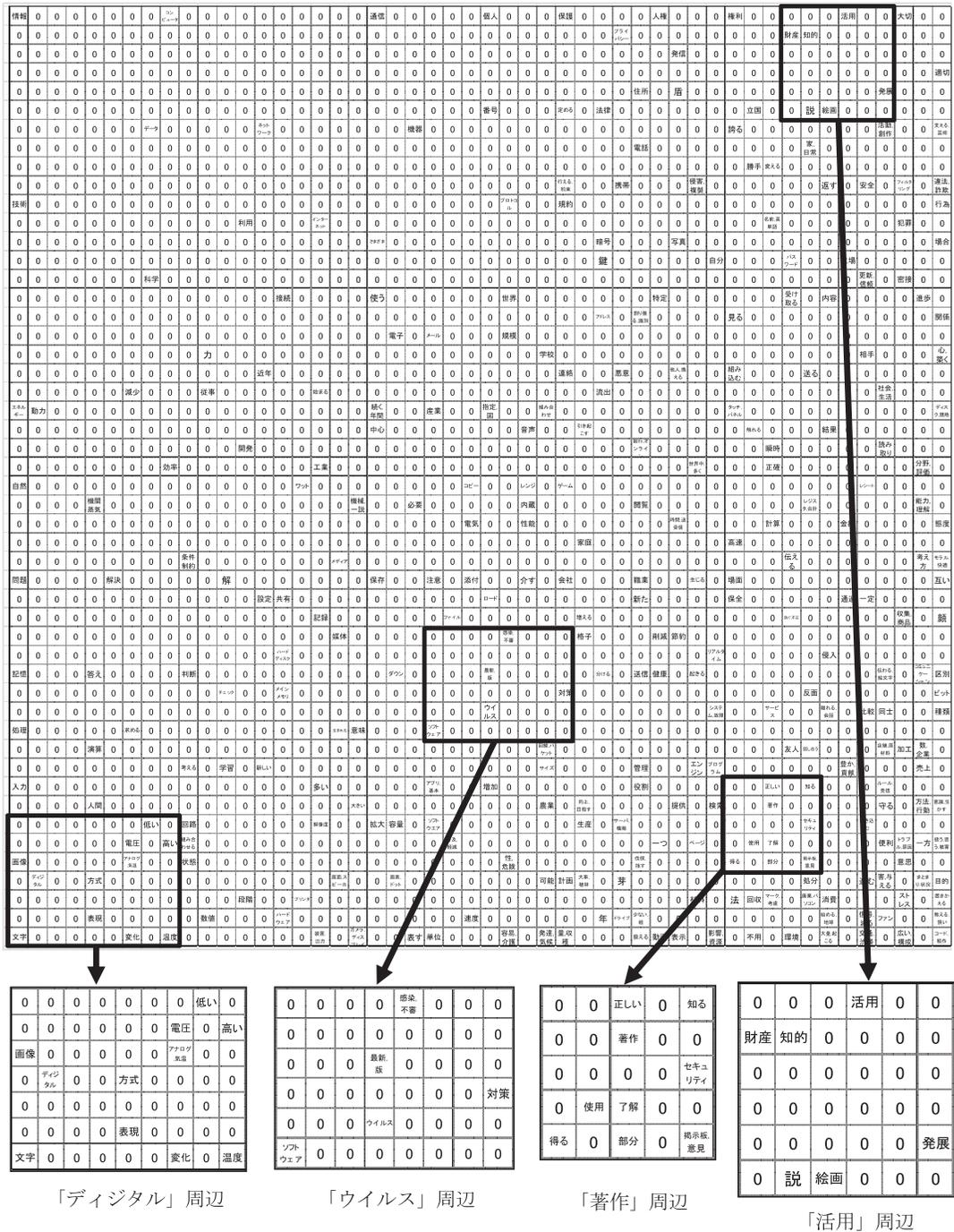


図5 A社の自己組織化マップ（全体・注目単語付近）

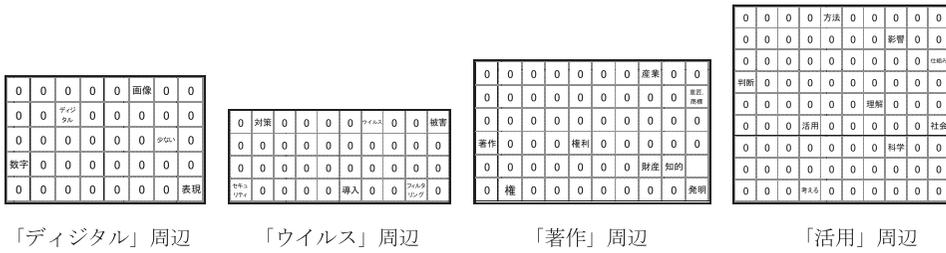


図6 B社の自己組織化マップ（注目単語付近）

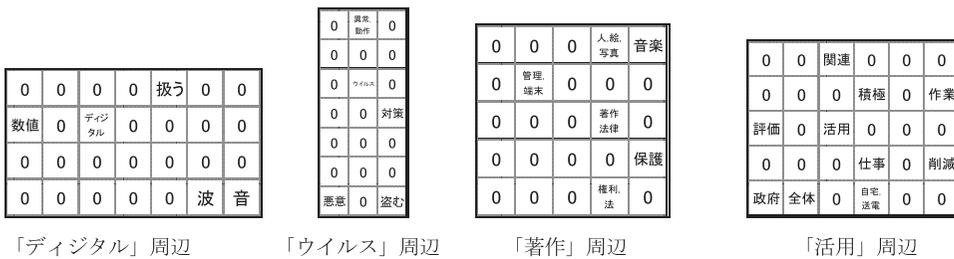


図7 C社の自己組織化マップ（注目単語付近）

表5 注目単語と関連のある単語

注目単語	A社	B社	C社
デジタル	画像, 文字, アナログ, 方式, 表現, 変化, 気温, 電圧, 低い, 高い, 温度, 変化 【アナログとの違い】	数字, 少ない, 表現, 画像 【アナログとの違い】	数値, 波, 扱う, 音 【アナログとの違い】
ウイルス	最新, 版, ソフトウェア, 感染, 不審, 対策 【感染防止】	導入, フィルタリング, 被害, 対策, セキュリティ 【感染防止】	異常, 動作, 対策, 悪意, 盗む 【感染時の症状】
著作	正しい, 知る, セキュリティ, 了解, 使用, 部分, 得る, 意見, 掲示板 【著作(物)の使用】	権, 権利, 財産, 知的, 産業, 発明, 意匠, 商標 【著作権の説明】	法律, 保護, 人, 絵, 写真, 権利, 法, 音楽, 管理, 端末 【著作権の説明】
活用	知的, 財産, 発展, 絵画, 説 【著作権や情報モラルとの関連】	考える, 判断, 理解, 方法, 科学, 影響, 社会, 仕組み 【社会との関連】	仕事, 積極, 関連, 自宅, 送電, 全体, 評価, 政府, 作業, 削減 【社会との関連】

「デジタル」では、3社ともアナログとデジタルの違いを具体的に説明するための単語が近くに配置される結果となった。

4.2 「ウイルス」について

A社では、「ウイルス」の近くに「最新」、「ソフトウェア」、「対策」などの単語が配置された。これは、ウイルスと感染防止に必要な単語の関連である。

B社では、「ウイルス」の近くに「被害」、「対策」、「フィルタリング」などの単語が配置された。これも、A社と同様にウイルスと感染防止に必要な単語の関連である。

C社では、「ウイルス」の近くに「異常」、「悪意」、「盗む」などの単語が配置された。これは、ウイルスに感染した時の症状を示す単語の関連である。

4.3 「著作」について

A社では、「著作」の近くに「了解」、「使用」、「得る」などの単語が配置された。これは、著作と著作物を使用する際の単語の関連である。

B社では、「著作」の近くに「権利」、「知的」、「財産」、「産業」、「発明」などの単語が配置された。これは、著作と発明品などの著作権の関連を具体的に説明したものである。

C社では「著作」の近くに「法律」、「音楽」、「写真」などの単語が配置された。これも、著作と権利や著作物の関連を具体的に説明したものである。

4.4 「活用」について

A社では、「活用」の近くに「知的」、「財産」などの単語が配置された。これは「活用」と「知的」、「財産」などが多く使われている「ウ」にある著作権や情報モラルに関連した単語が表出したものである。「エ」との関連よりも「ウ」との関連が強く見られた。

B社では、「活用」の近くに「考える」、「影響」、「科学」などの単語が配置された。これは、活用を情報に関する技術が社会に果している役割を理解し、その影響について判断することと結び付けた単語の関連である。

C社では、「活用」の近くに「仕事」、「評価」、「政府」、「全体」などの単語が配置された。これは節電などを例に挙げながら、活用と社会との関わりを関連づけたものである。

4.5 まとめと考察

自己組織化マップを用いた分析の結果、B社とC社の注目単語付近の単語の配置は「ウイルス」以外では類似傾向にある。一方で、A社は「デジタル」を除く3つの注目単語で、他の2社とは単語の配置が異なることが示された。

教師が学習指導を行う際に、ある単語の周辺にどんな単語が配置されているかを把握することができれば、教科書を使用した学習計画の立案に役立つと考えられる。例えば、A社では、「活用」の近くに「知的」、「財産」などの単語が配置され、著作権や情報モラルと関連させた指導には効果的である。その一方で、「活用」と社会との関わりを関連づけた指導を行うときは、周辺には配置されにくい単語も用いた指導を行うなどの工夫が必要になると考えられる。

今回注目しなかった単語でも、マップ周辺に配置されている単語を見ることでその単語に関連する内容を指導するために役立つと思われる。言い換えれば、周辺に単語が配置されていないものは、他の単語との関連が低いことが予想されるため、教師がその単語に関わる内容を指導する時は、意図的な関連付けが必要になると考えられる。

5. おわりに

本研究では、平成24年度用技術科教科書の「D 情報に関する技術」(1) 指導事項「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」を調査対象とし、指導事項間や指導事項中の単語の関連を分析した。その結果、以下のことが明らかになった。

単語の出現頻度を変数としたクラスター分析の結果、A社の指導事項では「ア」、「イ」、「ウ」の関連が近く、「エ」で使用される単語の種類や出現頻度は、他と異なることが示された。

B社では指導事項「ア」、「イ」、「エ」の関連が表出した。一方、「ウ」は他の指導事項と距離があることから、著作権や情報モラルの内容で使用される単語の種類や出現頻度は、他と異なる単語構成であると推察された。

C社では指導事項「ウ」と「エ」は単語の種類や出現頻度が非常に類似しているが「ア」、「イ」とは関連が低いことが示された。

また、自己組織化マップを用いることで、注目単語（「デジタル」、「著作」、「活用」、「ウイルス」）の周辺に位置する単語を調査した。その結果、教科書会社ごとに単語の配置に特徴が見られた。

「デジタル」では、3社ともアナログとデジタルの違いを具体的に説明するための単語が近くに配置される結果となった。

「ウイルス」では、A社、B社がウイルスと感染防止に必要な単語を関連づけたのに対し、C社では、ウイルスに感染した時の症状を示す単語との関連が見られた。

「著作」では、A社で著作と著作物を使用する際の単語の関連が見られたのに対し、B社とC社では、著作と発明品、権利などの著作権の関連を具体的に説明したものが見られた。

「活用」では、A社で著作権や情報モラルに関連した単語が表出したのに対し、B社、C社では、活用と社会との関わりを関連づけていた。

なお、本研究ではD(1)のみを分析対象とした。しかし、指導要領解説にも書かれているように例えば、D(2)の内容とD(1)ウの内容を関連させて指導することが考えられるため、「D情報に関する技術」全体を分析する必要がある。今後の課題として取り組んでいきたい。

注

- 1) 文部科学省『中学校学習指導要領』（東山書房，2008）。
- 2) 鈴木寿雄『技術科教育史 戦後技術科教育の展開と課題』（開隆堂出版，2009），p.229。
- 3) 文部科学省『教科書の改善について-教科書の質・量両面での充実と教科書検定手続きの透明化-（報告）』（教科用図書検定調査審議会，2008）。
- 4) 相澤崇「中学校技術科における検定教科書の記載内容と高等学校共通教科「情報」の学習内容の関連性」『日

- 本情報科教育学会誌』5（1）（2012），65-70.
- 5) 長谷川元洋「中学校技術・家庭科技術分野の教科書における情報モラルの指導内容に関する分析」『日本産業技術教育学会誌』56（2）（2014），101-108.
 - 6) 島津敦美・佐藤史「中学校技術科における栽培・生物育成の内容に関する教科書分析：1989年改訂以降の学習指導要領に準拠した開隆堂教科書の記述内容の分析を中心に」『和歌山大学教育学部紀要・教育科学』63（2013），141-148.
 - 7) 吉田誠・福田誠・檜岡健史・吉田武尚「教科書の用語・用字調査：技術とものづくり（栽培）」『日本産業技術教育学会誌』48（2）（2006），73-80.
 - 8) 福田誠・吉田武尚・吉田誠・檜岡健史「中学校技術・家庭科教科書電気領域の表記・表現について」『日本教科教育学会誌』23（3）（2000），37-42.
 - 9) 文部科学省『中学校学習指導要領解説 技術家庭編』（教育図書，2008），pp.16-37.
 - 10) T. コホネン著；徳高平蔵・岸田悟・藤村喜久郎訳『自己組織化マップ』（シュプリンガー・フェアラーク東京，1996），pp.102-171.
 - 11) 間田泰弘ほか59名『技術・家庭技術分野』（開隆堂出版株式会社，2012），pp.174-203.
 - 12) 加藤幸一・永野和男ほか59名『新しい技術・家庭技術分野』（東京書籍株式会社，2012），pp.190-201.
 - 13) 佐竹隆顕ほか9名『技術・家庭技術分野』（教育図書株式会社，2012），pp.190-203.
 - 14) ChaSen—形態素解析器 <http://chasen-legacy.osdn.jp/>（最終閲覧日 2016年10月27日）
 - 15) 前掲9），pp.32-35.
 - 16) 松原道男「理科学習における自己組織化マップを用いた継続的自己評価の分析法の開発」『理科教育学研究』48（1）（2007），95-101.
 - 17) 中山実・實松北斗・清水康敬「学習指導要領に基づいた学習情報のキーワード検索のための用語辞書に関する検討」『電子情報通信学会論文誌』D-I，情報・システム，I-情報処理 J83-D-I（1）（2000），225-233.
 - 18) 山川烈（監修）・徳高平蔵・藤村喜久郎『自己組織化マップ応用事例集—SOMによる可視化情報処理』（海文堂出版，2002），pp.97-99.
 - 19) 松原道男「自己組織化マップを用いた理科教科書内容の分析」『金沢大学教育学部紀要教育科学編』57（2008），6-11.