

実用的なプログラミング教材の条件の検討

—現職教員によるコメントのテキストマイニング—

古田 貴久・橋詰 倫典

群馬大学教育実践研究 別刷

第39号 65～71頁 2022

群馬大学共同教育学部 附属教育実践センター

実用的なプログラミング教材の条件の検討

— 現職教員によるコメントのテキストマイニング —

古田 貴久¹⁾・橋詰 倫典²⁾

1) 群馬大学共同教育学部技術教育講座

2) 伊勢崎市立第一中学校

Examination of the conditions for practical programming materials

— Text-mining analysis on the comments from an in-service teacher —

Takahisa Furuta¹⁾, Tomonori Hashizume²⁾

1) Dept. of Technology Education, Cooperative Faculty of Education

2) Dai-ichi Junior-High School, Isesaki

キーワード：教材開発、プログラミング、テキストマイニング

Keywords: development of teaching materials, programming, text mining

(2021年10月24日受理)

1 はじめに

教材とは、教育内容を子どもが学習できるように、身に付けられるように、教師が選択・構成・作成した事実・内容・素材など、学習活動の直接の対象となるものである（群馬大学教育学部附属小学校教育研究会2015）。子どもは生活経験や学習経験を基にして教材に見たり、ふれたり、感じたり、考えたりして、そこから日常生活の事実、現象の意味付けを行ったり、新たに知識や技能を身に付けたりして、単元の目標及び授業のねらいを達成していく。適切な教材が用意できないと、授業の実施は容易ではない。

日本では2020年度から小学校でのプログラミングの指導が必修化されたが、現場の教員が抱えている不安の1つとして、教材の供給が不十分であることが挙げられる（坂巻，福島，2017）。プログラミングの指導で使える教材を豊富に作り出し、提供していくことが求められている。

この場合問題になるのは、特にプログラミングの指

導に適切な教材とはどのようなものであるかということである。もちろん「教えやすい」とか「子どもが興味を持って取り組める」といったことは自明である。だが、実際に教材を作成するにあたっては、「題材計画を立てる時は題材をただならべているだけではいけない」とか「資質・能力の三つの柱（知識・技能、思考・判断・表現力、学びに向かう力）を意識した学習課題を設定しましょう」といった、どの教科にも当てはまる一般論よりも、もう少しプログラミングの指導に即したアドバイスが望ましい。

しかしながら、あまりプログラミングの教材の開発が進んでいない現状では、実際に教材を作成する上で考慮すべき条件があまり整理されていないと言える。プログラミング教材の満たすべき条件が明確になれば、教材の開発をより効果的に進めることができるであろう。問題は、実態に即した有効なアドバイス如何に得るかである。

教員養成系の多くの学生は、事実とは反するはずだが、大学に入って初めてプログラミングを学んだと述

懐する。2020年に、第一著者が教える技術教育講座の4年生11名に、いまの自分ならプログラミングを教えられると思うかを、「とてもそう思う」を5、「まったくそう思わない」を1とする5段階で評定させたところ、平均値が3.2であった(標準偏差は1.1)。つまり、必ずしもプログラミングは得意ではないが、教えられないと思っているわけでもない状態であると考えられる。しかしながら、彼らは教育実践についての知識や若干の経験と、教職に就こうとする意欲がある。その意味で、教員養成系の学生が開発した教材を、現職教員が評価して、それぞれの教材の適切なところ、そうでないところを1つ1つについて明らかにしていくことは、教材作りにおいて留意すべき条件を明らかにするうえで得るものが多いと考えられる。

本研究では、第一著者が「教職実践演習」の授業で技術教育専攻4年生に課題として制作・発表させた、小学校高学年の「総合的な学習の時間」、もしくは中学校・「技術」で、自分がプログラミングを指導するときに使う教材を検討対象とする。1つ1つの教材に対して、現職の中学校教員(第二著者)が与えた評価とコメントをテキストマイニングの手法を使って分析し、実際の授業で使える教材が、そうでない教材と比べて、どのような点で異なっているかを明らかにしようとするものである。この知見は、プログラミング教材を開発するときは、どのようなことを念頭に置かなくてはならないか、どのような作り方をすると失敗するかを明らかにするものである。本研究の知見はとりわけこれから教員になっていこうとする者にとってよりリアリティがあるだろう。

なお、本研究で分析対象としたコメントは第二著者が各作品に与えたものである。通常は、分析対象となった者が研究論文の著者となることはない。だが、本論文はプログラミング教材のあり方についての筆者らの議論が反映されていることから、本論文の著者としている。

2 テキストマイニングについて

テキストマイニング(text mining)とは、テキスト(文書)データに埋もれている情報をマイン(掘り出す)することであり、語句や文書の意味を数学的に表して、意味的に類似した語句や文書を見つけたり比

較したりする探索的な分析法の総称である。

どの分析法も、おおむね、テキストを語句(単語)に区切って、語句ごとに文書に現れた回数や、各語句の前後に置かれた語句、同じ文書で一緒に使われやすい語句を調べる。1つ1つの語句は多次元のベクトルで表される。このとき、300以上の次元を持つベクトルが使われることもしばしばである。

テキストマイニングはおおむね次のように進められる。まず、分析対象とするテキストの形態素解析を行う。形態素解析では、文書を構成する各センテンス(単文)を、名詞、動詞、形容詞や助詞などの形態素に切り分ける。形態素は意味を持つ最小の単位のことであるが、語句(単語)のことだと考えておおむね間違いはない。日本語の形態素解析では、MeCabがよく使われる(豊田2008;柳井, 庄司, 2019;山内2017)。

次に、本格的なテキストマイニングの事前準備として、テキストのクレンジング(洗浄)を行う(柳井, 庄司, 2019;山内2017)。テキストのクレンジングでは、全角・半角の統一、ストップワードの除去、表記の統一などを行う。ストップワードとは、「および」や「どんな」、「まさに」など、多くの文章に頻繁に現れるが、それ自体は特に意味や内容を持たない語句である。テキストマイニングでは、語句が文章に現れた回数をもとにして分析を進めるので、出現回数が多いだけで意味や内容のない語句は分析対象から外したい。そのため、ストップワードのリストを用意しておき、そのリストに含まれる語句をテキスト分析の前に除去するのである。表記の統一では、「Micro:bit」と「マイクロビット」、「子供」と「子ども」など、表記が揺らいているとき、どれかの表記に統一する。場合によっては「MB」といった語に統一する。

事前準備が終わったら、分析の狙いに応じたテキストマイニングの手法を適用する。しばしば使われるものとして、トピックモデルによる分析、単語と単語の共起(コロケーション)による分析、Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF)分析が挙げられる。

トピックモデルは、各単語の意味を多次元ベクトルで表す各種の方法を指す。ベクトルなので、余弦関数(cos)やユークリッド距離などを使って単語同士の類似度の計算ができる。LDA, LSA, word2vecが代表的である。word2vecの有名なデモに、コンピュー

4.2 評定者のコメントと製作者による説明文のTF-IDF分析

現職教員による高評価（評価AとB）・低評価（評価C）の作品、および、制作者（学生）自身による高評価・低評価の4種類のテキストに対してPythonのScikit Learnパッケージを使ってTF-IDF分析を行い、TF-IDF値の順に上から10位までの単語のランキングを作った（表1）。表は、単語とそのTF-IDF値を示す。なお、TF-IDF値が相対的に大きい語句がそのテキストを特徴づける重要語である。

制作者（学生）の説明ではMicro:bitが重要語だが、評価者（現職教員）のコメントではそうではない。高評価な作品に対する現職教員のコメントは、単語のTF-IDF値が最大で6であったが、他の3種類のテキストは約20を超える単語を含んでいた。このことから、今回、高評価の作品へのコメントにおける特徴的な語句はないことが他のテキストとの顕著な違いである。高評価な作品へのコメントはどれも短いことも考えると、特段の問題点のない教材に対しては、特に言うことがなかったということかもしれない。

評価が低い教材を制作した学生の説明文では、他の3種類のテキストでは重要語ランキング10位以内に入っている「教材」がランキングに入っておらず、重要語としての順位が低い。ランキングを見ると、評価が低かった教材の制作者は、自分の教材をMicro:bitを使った作品であることを重点的に紹介しているとも解釈できるが、そうだとすると、彼らは自分の教材の説明において、本単元の課題「Micro:bitを使ってプ

ログラミングを指導する教材の開発」を繰り返しているに過ぎないとも言える。

4.3 評定者のコメントの共起分析とTPACKとの対応

評価が高い作品と低い作品に対する、評価コメントの単語の共起性を図2に示す。評価が高い作品は、中心に来るのは「プログラム」であり、「教材」「センサ」「乱数」「画面」など、情報・技術の専門用語が高い共起性を示したのに対して、低い作品では、中心に来るのは「子供」であり、「ゲーム」「音楽」など、専門性の低い用語が共起性を示したことである。また、評価が高い作品では、ほとんどのノードが比較的狭い範囲で、すなわち相互に近い距離を持って相互に密につながっていた。これに対して、評価が低い作品では、そのような網目というよりも、中心にある「子供」から距離をとって放射状につながっているノードが多い。

評価の高い作品へのコメントでは、話題の中心が「プログラミング」であり、「教材」との共起性も高い。このことは、評価が高かった教材に対しては、プログラミングの学習を狙いとした教材として評価者に受け止められたことを示唆している。

以上の結果を、学習指導に関する一般的な枠組みから捉えるため、TPACK（テクノロジーと関わる教育的知識）モデル（小柳 2016; Mishra, Koehler, 2006; 八木澤, 堀田, 2019）に対応づけて検討する。TPACKでは、教師に求められる知識を、「教え方に関する知識（Pedagogical Knowledge; PK）（授

表1 TF-IDF分析で得られた各テキストの重要語上位10

現職教員のコメント				制作者(学生)による説明文			
高評価の作品		低評価の作品		高評価の作品		低評価の作品	
乱数	6.0	子供	25.7	Micro : bit	24.2	Micro : bit	21.2
子供	6.0	ゲーム	11.0	表示	19.6	作品	20.8
反応	5.7	問題	10.6	花火	17.2	図	18.1
難易	5.7	移動	9.6	角度	16.0	児童	13.4
教材	5.0	教材	9.0	教材	15.0	ボタン	12.2
センサ	5.0	プログラミング	8.0	筒	13.4	マーク	12.1
プログラム	5.0	ボタン	7.3	プログラム	12.0	音楽	11.0
興味	4.9	音楽	7.0	魚	10.6	レベル	10.6
教室	4.5	プログラム	7.0	図	10.6	プログラミング	10.0
音	4.5	興味	6.1	プログラミング	10.0	装置	9.6

(注)本教材の主題である「教材」「プログラム」「プログラミング」の各語に網掛けした

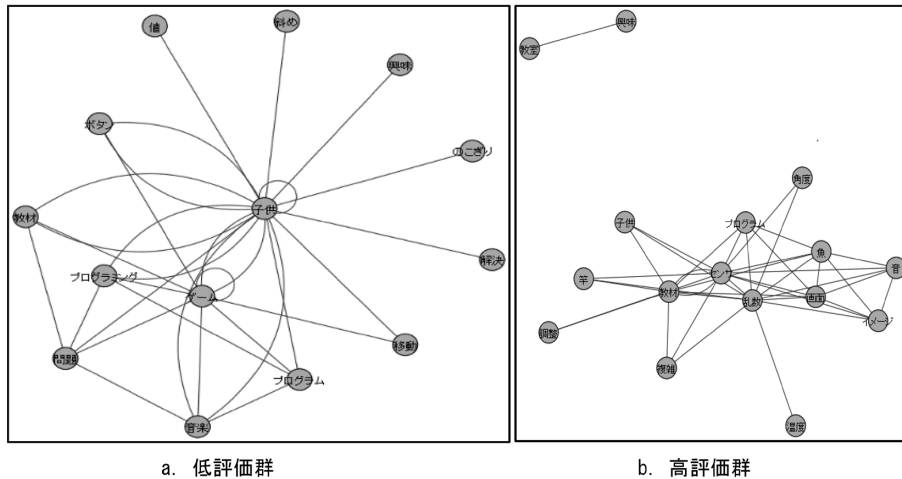


図2. 現職教員による教材評価コメントにおける語句の共起

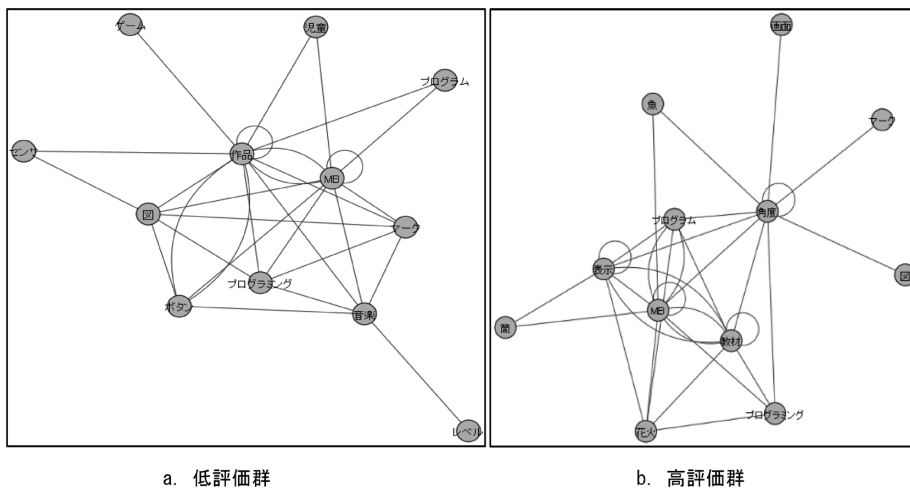


図3. 制作者本人による解説における語句の共起

業づくりについて、学習と動機づけについて、など)、「教科内容に関する知識 (Content Knowledge; CK)」、「テクノロジーに関する知識 (技能を含む) (Technological Knowledge; TK)」の3種類の知識の組み合わせで表している。

評価が高い作品は、この教材の狙いであるプログラミングや情報分野の専門的な内容 (CKとTK) を取りこんだ作品であると考えられる。もちろん、評価の高い作品も、題材として音楽や魚釣りなど「お楽しみ要素」を含んでいるが、それ以上に情報領域の専門的な内容と対応しているということである。

これに対して、低い作品へのコメントでは「子供」にくり返し言及されている。また、図2に現れているが、共起している語句は情報分野に固有の内容 (CK) というより、ゲームや音楽など、子どもの興味関心を

引こうとした「お楽しみ要素」に対するコメントが中心的になっていると言える。ここで、教員によるコメントを読み返すと、彼は、これらの教材には、子どもの興味関心をひき、学習に対する意欲を維持するものとは認められないことを繰り返し指摘していた。これは、TPACKにおけるPKに該当する。つまり、評価が低かった教材は、テクノロジー的及び教科専門的内容 (TKとCK) のみならず、教え方 (PK) についての検討が不十分であると考えられる。

4.4 制作者自身の説明文の共起分析

学生自身が自分の作品を解説したレポートにも、類似した傾向が表れた。図3は学生が提出したレポートの解説文に対して、評価別に共起分析を実施した結果である。なお、図中のMBは「Micro:bit」を表す。

評価が低かった作品では、「作品」を中心に「Micro:bit」と「ボタン」が密につながっていたのに対して、高評価を受けた作品では、「プログラム」を中心に、「表示」、「MB」、「教材」が低評価の作品よりも短距離で密に接続された。したがって、評価が低かった教材では、その「作品」が「Micro:bit」を使っており、「ボタン」で操作することが強調されていたのに対して、評価が高かった教材では、その作品は「プログラム」についてのものであり、「Micro:bit」を使い「表示」を操作する「教材」であることが主題的であったと推測される。

これらの推測が正しければ、そもそも教材・題材構想の時点で、どれだけ「プログラミングの教材」として構想されたかが、教材としての適格性に影響すると考えられる。すなわち、教材としての評価が低い作品は、学校の授業で使う教材という観点からあまりよく検討されていない。それよりも、「児童」(学習者)が「ゲーム」や「音楽」を通じて「プログラミング」することを目指していたようだが、現職教員から見ると、学習者観に問題があったようである。ここでいう学習者観の問題とは、現職教員のコメントを引用すると、「子供に対する“これくらいできるだろう”の期待値が高過ぎると思う」、「シンプルすぎて、子供が“すげー、作ってみよう”とは思わないだろう」、「子供のモチベーションが維持できないだろう」である。このようなことを適切に判断することは現場経験がないと難しいと思われるが、同一評価者から「使ってみたい」と高評価を得た教材もあるので決して学生にはできない判断ではないであろう。すなわち、学生や新人教員が教材開発するときには、「これくらいできるだろう」と考えずに「できない子にはどうするか」を考えること、および、いかに興味を持たせ興味を失わないようにさせるかを特に留意すると、教材の適切性が高まると期待される。

5 総合考察

5.1 テキストマイニングが持つ、考察を深める効果について

本論文で引用したテキストマイニングの教科書でも、分析の手順と結果を示し、得られた結果を分析対象とした文章に当てはめてみると、よく文章の特徴や

違いを捕らえていると言えよう、というふうに書かれている。このように、テキストマイニングは、与えられた文章サンプルの特徴を、事後的(あとづけ)であっても振り返った時、テキストの中心的内容を多角的に解釈するための要約的な視点を与えるという使い方ができると言える。つまり、与えられた文章の内容を、改めてコンパクトにまとめる時、カギとなる重要な概念が何であるかを、てっとりばやく把握するための便利な方法であると思われる。すなわち、分析によって得られたグラフを見ながらテキストの内容を思い起こすと、内容理解を整理することが容易になると思われるのである。

今回は、教材に対する評価の高低ということ为前提として、分析結果のグラフを検討した。グラフに現れた違いを、作品の評価の高低とどうすれば対応付けられるか考えることで、どのような特徴が教材(作品)の実用性に影響しているか、考えを深めるきっかけになると思われる。

5.2 教材に求められるその他の条件

学生の教材を見たこの現職教員が、多くの教材に共通して強調したことのうち、4.1節に示した以外のことを3点挙げる。

1つ目は、教材には「ぱっと見た目の分かりやすさ」が不可欠だということである。すなわち、長々と説明されてようやく自分が何をするのか分かるようなものでは、教材として使えない。

2つ目は、学校の教室で安全かつ確実に実施できる教材でなくてはならないことである。防犯意識の向上を狙いとしてドアの鍵に取り付けて使う教材は、狙いは良いのだが、学校の教室にあるドアの鍵は2つなので、全部の子どもが自分のプログラムを試せない。

3つ目として、内容を詰め込みすぎないことである。Micro:bitをマラカスに見立てて、自分で作曲した曲に合わせながら振るという授業は、音楽、プログラミング、図画工作の各教科と複合しているが、どこに主眼があるのか子どもにわからなくなってしまう。

6 おわりに

コンピュータを使った分析では、現職教員が指摘した教材づくりのかなめが抽出できなかった。だが、こ

のような欠点については、従来から、コンピュータ（機械）による論理的文章の自動採点に向けての課題として指摘されている（犬塚，椿本，2014）。今後の研究の進展によっては、コンピュータによる自動化された分析によって、主張のかなめが自動抽出されるようになるかもしれない。だが、それまでは、人間がテキストを読んで主張のかなめを把握することは欠かせないだろう。だが、本論文が示したようにコンピュータで文章の特徴を抽出して提示することは、我々がテキストの内容を整理しながら思考を深める際に有用であろう。

参考文献

- 群馬大学教育学部附属小学校教育研究会編著（2015）*新 教師へのとびら。小学校教師の基礎・基本*。日本文教出版
- 犬塚美輪&椿本弥生（2014）*論理的読み書きの理論と実践*。北大路書房
- 小柳和喜雄（2016）. 教員養成及び現職研修における「技術と関わる教育的内容知識（TPACK）」の育成プログラムに関する予備的研究. *教育メディア研究*, 23 : 1, 15-31.
- Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006) Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teacher College Record*, 108: 6, 1017-1054.
- 中村祐治, &長南裕志 (2018) *授業のKARUわざ*. 技術分野. 授業づくりシリーズ 第1巻. 教育図書
- 坂巻若菜&福島健介 (2017) 授業実践から考える小学校におけるプログラミング教育の課題・方向性. 2017 *PC Conference*, 151-154.
- 佐藤一誠 (2015) トピックモデルによる統計的潜在意味解析. 奥村学監修, 自然言語処理シリーズ8. コロナ社
- 豊田秀樹編著 (2008) *データマイニング入門*. 東京図書
- 八木澤史子&堀田龍也. (2019). 児童が情報端末を活用する授業において用いられる教師の知識 技術と関わる教育的内容知識 (TPACK) による類型化と細分化. *教育メディア研究*, 25 : 2, 29-43.
- 山内長承 (2017) *Pythonによるテキストマイニング入門*. オーム社
- 柳井孝介&庄司美沙 (2019) *Pythonで動かして学ぶ自然言語処理入門*. 翔泳社

(ふるた たかひさ・はしづめ とものり)

