

令和 元年 6 月 26 日現在

機関番号：32513

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00987

研究課題名(和文) 理科教員養成のためのビッグデータ調査とリテラシーモデルの構築

研究課題名(英文) Research of Big Data and Organization of Literacy Model for Science Teacher Training

研究代表者

田中 元 (TANAKA, HAJIME)

秀明大学・学校教師学部・教授

研究者番号：40512942

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：高校理科分野8科目(物理基礎・化学基礎・生物基礎・地学基礎・物理・化学・生物・地学)において平成26年度に発行された検定済み教科書すべて(計57冊)の本文をテキスト化し、情報を付加してコーパスを構築した。このコーパスはさらに単元ごとに、教科書出版会社ごとに、あるいは特定の言葉を含む段落ごとに複数のコーパスを容易に派生する。我々が開発した手法は、コーパスその他のデータをすべてネットワークグラフに変換しスペクトラルクラスタリングを施す。これは全ての言葉の重みと言葉の間の関連性を定量し、科目間/教科間連携に資する概念を抽出する。やがて理科教員養成に向けた新たなカリキュラムの開発につながるであろう。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果が持つ意義として、学術的な面で理科教科書に現れる各言葉(概念)の持つ重みと関わり合いを可視化、定量化するための手法を確立した点、社会的な面で科目間連携に資すると強く期待される概念・トピックス(例として「電池」「熱」「アミノ酸」)を抽出した点が挙げられる。我々は教科間/科目間の連携が児童生徒に対する教育に先んじて、理科教員の養成に効果を発揮するものであると考えている。学習指導要領が改定を迎え「教科等横断的な学習」の充実が強調されるこのタイミングにおいて、教科間連携を対象とし得るこの研究の先は時を得たものであり、社会に対して創造的な意義をより大きく持つことになる。

研究成果の概要(英文)：All the sentences in 57 high school science textbooks were textized, and they made a corpus with some kinds of information. This corpus can easily reproduce ones specific to a teaching unit, to a publisher, and to a science conception. We developed tools, and now they derive a network graph from each corpus or text/map datum and apply spectral clustering there. This method made it feasible to estimate every weight of word and correlation between words, and extract important science conceptions likely available to explore cross-sectional/cross-curricular programs. This will help us to develop a new curriculum for science teacher training.

研究分野：生物無機化学,化学教育,理科教育

キーワード：科学教育 理科教育 理科教員養成 科学リテラシー コーパス マップ

1. 研究開始当初の背景

当時、理科教員を養成する側が理科教員に求める科学リテラシー、または社会が理科教員に求める科学リテラシーに関して研究例は国内外で少なく、2019年現在に至っても多くは無い。さらにはビッグデータを用いてこれらを定量的に解析するものは皆無に近い。教員養成に関わる情報を収集し、ビッグデータとして定量的に解析し、理科教員養成に役立てようとする点は、本研究独自のアプローチであった。

2. 研究の目的

まず、理科教員を養成するに当たって社会がどのような知識の枠組みや技術の習得を暗に求めるのか、重視する分野はどのようなものを調べるために、ビッグデータ(コーパスの構築とその他の調査)を構築し、これを定量的に分析することを目標とする。次にその分析を通じながら理科教員に求められる科学リテラシーの姿を他に見られる科学リテラシー(例;理科教員養成系以外の大学学部教育との比較、理科の学習者に実際に根ざす科学リテラシー、時代の潮流、国・地域による差異)と比較することでより明らかにすることを目的とする。その上で、理科教員に対してまず社会から望まれるリテラシー、そして科学分野から見て実効的なリテラシーのモデルの構築を目指す。

3. 研究の方法

以下に数種類のコーパスおよびマップが扱われるが、これらはすべてネットワークグラフという形に変換され、PC上で処理され得る。本研究では、コーパスの形態素解析、マップのネットワークグラフ化、ネットワークグラフのクラスタリング等を一連の作業として行うが、この大部分は我々が開発したプログラムによるものである。

形態素解析に当たってはそのエンジンとしてMeCabを用いている。各コーパスに対して、解析対象とする言葉がコーパス内の各段落に現れるか否かを1,0で表現し、ベクトルを得る。2つの言葉の関連の強さを、その2つの言葉それぞれから得られるベクトルの相関係数として評価することで、コーパスに出現する言葉同士のつながりをネットワークグラフとして可視化することができる。言葉同士の関連を定量評価する方法は他にも挙げられるが、いずれにせよここで言うネットワークグラフとは言葉を「ノード(頂点)」に置き、関連があると見なされる言葉と言葉を「エッジ(辺)」で結ぶものである。コーパスをネットワークグラフで表現することは可視化という意義を持つだけでなく、統計的な処理を適用可能にするものでもある。我々は複数のクラスタリング手法の中でスペクトラルクラスタリングがこの研究の上では有効的な手法であることを示した。あるコーパスに対して、それを代表する言葉のセット(クラスタ)をこの手法によって得ることができる。

3-1 高校理科分野コーパスの構築とそこから派生されるコーパス

高校理科分野8科目(物理基礎・化学基礎・生物基礎・地学基礎・物理・化学・生物・地学)において平成26年度に発行された検定済み教科書すべて(物理6,物理基礎10,化学7,化学基礎12,生物5,生物基礎10,地学2,地学基礎5;計57冊)の本文をテキスト化した。現時点で発展的コラムや付録のページは含んでいない。また、コーパスの作成に当たって理科教員養成に向けた用途を意識したため、教員養成系学部理科専修の入学で履修の割合が少ない「科学と人間生活」には未着手である。テキストファイル内の各段落に高等学校学習指導要領解説理科編(平成27年7月)に示された各科目単元に対応する分類記号を付し、コーパスとして仕上げた(段落数約5万、ファイルサイズ約14Mb)。これを以下、「高校理科分野コーパス」と称す。高校理科分野コーパスから教科書出版会社ごと、単元ごと、あるいはある特定の言葉を含む段落ごとにコーパスを派生させることは容易である。

3-2 イメージマップまたはコンセプトマップを用いる調査

コーパスから得られる結果と対照するために、中等教育課程を終えたばかりの段階で形成される科学リテラシーを調べるために、本研究申請年度から継続して、教員養成系学部(理科専修/初等理科コース)を含む大学・専門学校新入生を対象として年度初めにイメージマップ/コンセプトマップを描いてもらう調査を行った。現在までに延べおよそ500名からデータを得て、これらをネットワークグラフに変換し解析中である。一部は論文、学会発表に供された。

4. 研究成果

本研究はまず、理科教員養成に向けた数種のリテラシー、例えば社会が理科教育者に暗に要求する質の高さや幅の広さ、科学的に妥当なレベルであり且つ教育現場に実際に活用されやすい内容を模索するものである。次にこれらを踏まえて、理科教員養成のためのカリキュラムの構築を望む。以下に、こうした目的に向けて我々が試行し確立した一連の手法を成果として報

告する。また、これまでに大学の教員養成系学部における理科教育では、「環境」に対するウエイトが大きいことが本研究によって示されている。これに注目して教科間連携に発展するカリキュラムを模索すべく、まず中等理科教育において理科教育と家庭科教育とがそれぞれ「環境」をどのように扱うのか、比較調査をスタートした^{〔雑誌論文〕}。

4-1 コーパス分析の手法の開発^{〔図書〕}

高校理科分野コーパスから単元ごとにコーパスを派生させ、それら一つ一つに対して上記の手法を適用することで、たとえば単元間の相関の度合いを見積もることができる。科目をまたいだ単元間でも大きな相関が見られるケースがあることが、表1から見て取れるであろう。この手法を拡張することにより、中等または高等教育課程における教科書、資料集、副読本から科学的な話題を扱うニュース、一般に市販される書籍までも含め、あらゆる科学文献に対して各単元に帰される要素をどの程度含むのかを定量することができる。あるいは科学文献と科学文献の間に、理科教育の見地に立った距離を導入できるということになる。

表1 相関の強い単元の組み合わせの中で科目をまたぐ例

高等学校学習指導要領に示された範囲1		高等学校学習指導要領に示された範囲2		相関の度合い
地基(2)イ(イ)	古生物の変遷と地球環境	生物(5)ア(ア)	生命の起源と生物の変遷	0.818
化基(1)イ(イ)	熱運動と物質の三態	物基(2)ア(ア)	熱と温度	0.801
化学(1)ア(イ)	気体の性質	物理(1)オ(ア)	気体分子の運動と圧力	0.713
地学(4)ア(イ)	太陽系天体とその運動	物理(1)エ(ア)	惑星の運動	0.669
化学(1)ア(ア)	状態変化	物基(2)ア(ア)	熱と温度	0.658
地学(2)イ(ウ)	地球環境の変遷	生物(5)ア(ア)	生命の起源と生物の変遷	0.652
化基(2)ア(ア)	原子の構造	物理(4)イ(イ)	原子核	0.630
化学(1)ア(イ)	気体の性質	物理(1)オ(ウ)	気体の状態変化	0.618
化学(5)ア(イ)	天然高分子化合物	生物(1)ア(イ)	生命現象とタンパク質	0.595

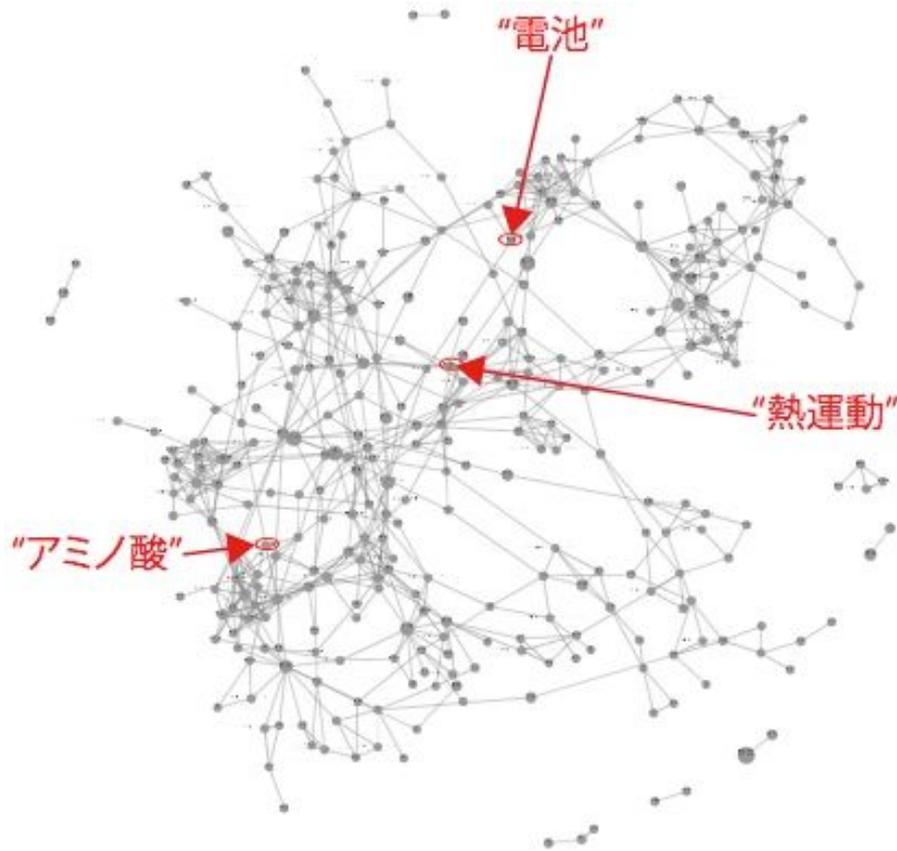


図1 高校理科分野コーパスから得られたネットワークグラフの例

図1は、各単元を代表する言葉のセットの和集合を用意し、高校理科分野コーパスの上でそれらの言葉の分布を調べ、ネットワークグラフを得た例である。図中に数箇所丸印が付されたノ

ードがあり、これらは表1他の分析結果も通じて、科目をまたいで重要視されるべきであると思われた言葉である（「電池」「アミノ酸」「熱運動」）。

理科の科目間の連携を元にしたカリキュラムを提案し理科教員の育成に資するためには、そこに適切なトピックスを拾い集めなければならず、それらのトピックスがどのような科学文献で扱われるのかを調べる必要が生じる。上に記した手法はこのプロセスにおいて非常に有益なものであろう。理科教員養成に当たっては今後、科目間連携にとどまらず教科間連携、文理融合という動きが導入されることは想像に難くない。この手法は、比較的たやすくこれらの動きにも適用されるものである。

4-2 マップ分析の手法の開発^{〔雑誌論文〕}

図2は、2017年7月に我々が行った調査で計126名から得たマップを元に作成された。「放射線」をキーに置いて描かれたイメージマップを扱ったものであり、中央の「START」から延びる各枝の、先端部に位置するものほどマップの上におけるウエイトが大きい言葉であり、各枝がそれらの言葉を核とするクラスターであると思えることができる。この図では、大学・専門学校新入生の年代に当たる学生達が「放射線」に対して抱くイメージは大きく5つの領域に分類されることが示される（1「放射線に関する科学的知識」、2「被爆の危険性」、3「原子爆弾」、4「医療への応用」、5「3.11福島」）。さらに因子分析を適用したところ、その5つの領域はそれぞれ独立であることが示された。これは例えば、「放射線に関する科学的知識」を有する学生とそうではない学生の間で、放射線の「医療への応用」に対する興味を有するかどうかに差異が無いということである。

こうした例を通じ、我々はマップの分析において、スペクトラルクラスタリングが非常に有効な手法であることを確認した。これはマップの分析に限らず、既述したコーパスから得られるネットワークグラフや、アンケート既述の分析にもたやすく応用できる。

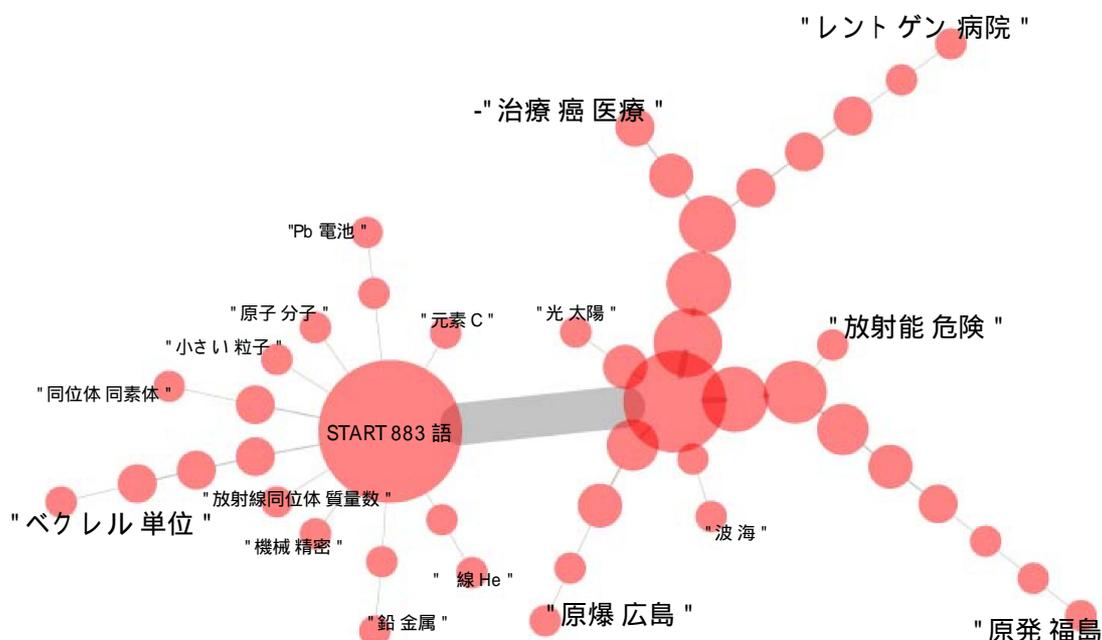


図2 「放射線」をキーとして描かれたイメージマップ126枚の分析

4-3 教員養成系に望まれる科学リテラシーの追究

4-1で触れたように、高校理科分野コーパスでは「電池」が物理-化学分野にまたがって大きなウエイトを見せた。理科教員に求められる科学リテラシーでは「電池」が重要な位置を占める可能性があり、理科教員養成に向けたカリキュラムを開発する上でこれに注目する必要があるかもしれない。こう考えた我々は2018年8月に学生151名（大学・専門学校新入生）を対象とし、「電池」に関連する言葉として「電気」を選び、これをキーとしてイメージマップを描いてもらう調査を行った。図3に『(a)高校理科分野コーパスから得られた「電気」を中心とする代表的なクラスター』とこの調査から得られた『(b)「電気」をキーとした学生達のイメージマップから得られた代表的なクラスター』を示す。(a)は高校理科分野の教科書の内容を反映し、これは理科教員に社会が求める科学リテラシーとかなりの程度一致を見せるものではないかと思われる。一方で(b)の調査対象者達はそのほとんどが、近日までそれらの教科書を用いて学習していた者である。すなわち(b)は、実際に教科書から伝わった「電気」に関する知識、イメージとはどのようなものかを推し量るためのデータとなり得る。

詳細な分析は他の場に譲るが、ここで簡単に触れることができる結果として次が言える。大学・専門学校新入生が「電気」から直ちにイメージするものの中で高校理科分野の用語に最も明らかに連なると示されるものは、この調査では「発電」を以て他に無い。さらなる分析を行ったところ、それは高校における理科教育に由来すると言うよりも、社会・生活に関わるイメージとして想起され、その中で理科の教科書にも記載されているものとして「発電」があったのだと考えられる。

この4-1に示すように、我々が開発した手法は、教科書本文というテキストデータと学習者

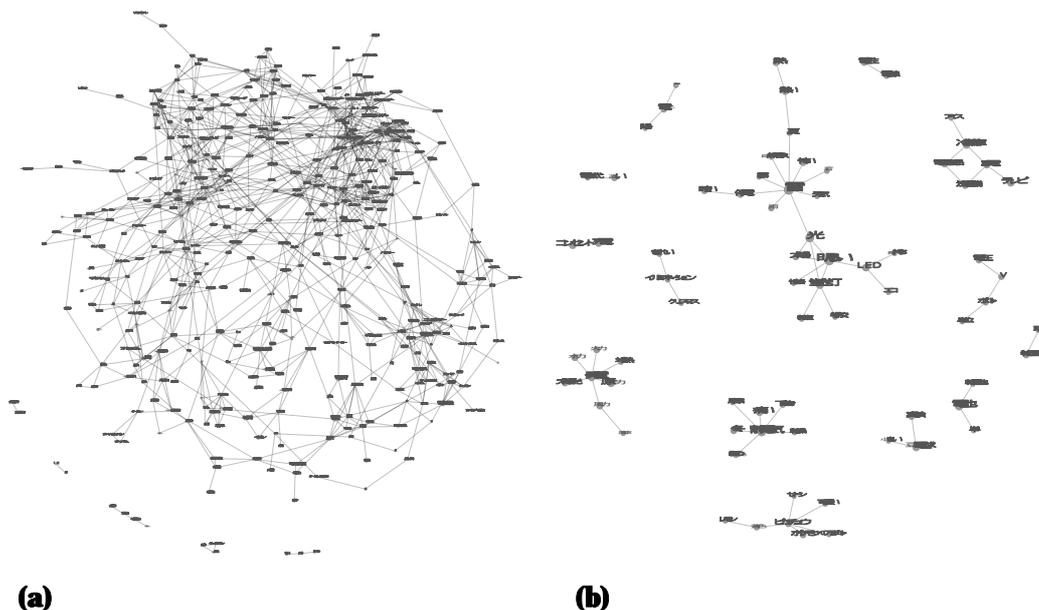


図3 高校理科分野コーパスから得られたネットワークグラフの例

- (a) 高校理科分野コーパスから得られた「電気」を中心とする代表的なクラスタ
- (b) 「電気」をキーとした学生達のイメージマップから得られた代表的なクラスタ

が描くマップとを等しく統計的に処理することができる。これを「電気」以外の言葉・概念にも適用し、教科書が学習者に伝えようとする内容と実際に学習者が身に着けるそれらにはどのような共通点と相違点があり、それらは学校における理科教育の内外の何に由来するのかをやがて探ることができるであろう。ここに教員養成系における科学リテラシーの姿があるのではないか。これを把握した上で組み立てられるカリキュラムは、教科書の内容を学習者に伝えるという、理科教員のサイエンスコミュニケーターとしての能力を磨くものに仕上がるのが期待される。

(以上、参考文献のインデックスは次の「5. 主な発表論文等」内のもの。)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 13 件)

「高等学校理科分野コーパスの可能性(1) - 理科・家庭科間の 関連用語に注目して - 」, 小林久美, 鈴木 哲也, 田中 元, 秀明大学紀要 2018年10月 [査読有り]

「高校理科における教科書の科目間連携再構築 -21世紀型能力の育成に向けて-」, 田中元, 鳩貝 太郎, 鈴木 哲也, 榎森 啓元, 鈴木 樹, 塩瀬 治, (公財)教科書研究センター委託事業 2018年10月

「理科・家庭科間の関連用語の取り扱い -高校理科分野コーパスに基づいて-」, 小林久美, 鈴木 哲也, 田中 元, 日本科学教育学会年会論文集 (42) 405-406 2018年

「高校理科分野コーパスの可能性 -理科教員養成に向けた科学リテラシーの定量的解析-」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本科学教育学会年会論文集 (42) 241-244 2018年

「イメージマップを用いた「放射線」に関する意識調査 -5つの領域の存在と学校・学部による違い-」, 田中 元, 鈴木哲也, 教育改善向上(FD)年報(東京未来大学) (3) 32-41 2017年12月 [査読有り]

「教員養成系学部(理科)入学時点における学生の科学リテラシーの調査 -「化学」をキーコンセプトに据えた用語のマッピングを基にして-」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本科学教育学会年会論文集 (41) 361-362 2017年

「大学入学者(教育系学部・理科)の化学分野と物理分野をまたぐ科目横断型知識・理解」, 田中 元, 鈴木哲也, 秀明大学紀要, 14, 1-18 2017年 [査読有り]

「大学入学者の化学分野と生物分野をまたぐ科目横断型知識・理解(秀明大学学校教師学部(理科)における調査)」, 田中 元, 鈴木哲也, 東京未来大学研究紀要(Web) (10) 239-246 2017年3月

「コンセプトマップで探る大学入学者(教育系学部・理科)の科目横断型知識・理解」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本科学教育学会年会論文集 (40) 377-378 2016年

「コンセプトマップとその変遷を通じて読み取る学生の化学概念」, 田中 元, 鈴木哲也, 秀明大学紀要, 13, 59-80 2016年 [査読有り]

「中等教員養成課程(理科)新入生の「化学」に対するイメージ-「実験」が持つ具象性の利用に向けて-」, 田中 元, 鈴木哲也, 東京未来大学研究紀要(Web) (9) 235-244 2016年3月

「大学入学者(教育系学部・理科)が抱く「化学」のイメージ-用語のマッピングを通して-」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本科学教育学会年会論文集 (39) 353-354 2015年

「大学向け一般化学教科書を基にした教育系学部化学教育の調査-中高理科教員に求められる科学リテラシーを追究する過程で-」, 田中 元, 鈴木哲也, 東京未来大学研究紀要 (8) 159-168 2015年3月

〔学会発表〕(計 6 件)

「平成30年度第6回教科書セミナー「高校理科における教科書の科目間連携再構築 - 21世紀型能力の育成に向けて -」, 田中 元, 2018年12月13日

「高校理科分野8科目における単元間相関性の定量 - 理科教員養成に資するビッグデータ構築の有用性 -」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本理科教育学会第68回全国大会発表論文集 第16号(2018), 170 2018年

「「理科用語」の出現パターン - 大学新入生が描くコンセプトマップと教科書とを比較して -」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本理科教育学会第67回全国大会発表論文集 第15号(2017), 280 2017年

“Image of Chemistry for New Students Probed by “Concept maps”, Hajime Tanaka, Tetsuya Suzuki 田中 元, 鈴木哲也 “EASE2016 Tokyo” August 26-28, 2016, Tokyo University of Science, Tokyo, Japan

「「化学基礎」に由来する化学リテラシーの調査- 新課程を契機として -」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本理科教育学会第66回全国大会発表論文集 第14号(2016), 206 2016年8月

「大学入学前に形成される化学概念ごとの強弱 - 中高理科教員に求められる科学リテラシーを追究しながら -」, 田中 元, 鈴木哲也, 日本理科教育学会第65回全国大会発表論文集 第13号(2015), 158 2015年8月

〔図書〕(計 2 件)

「センター通信 No.114」

田中 元 (担当: 分担執筆, 範囲: 「高校理科における教科書の科目間連携再構築 - 21世紀型能力の育成に向けて -」研究成果の概要), 公益財団法人教科書研究センター 2018年10月

「中学校各教科の「見方・考え方」を鍛える授業プログラム」, 富谷利光 (共著, 田中 元担当範囲: 理科1年生 運動の法則を突き止めよう), 学事出版 2018年3月 ISBN:978-4-7619-2478-2

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 (特になし)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 鈴木哲也

ローマ字氏名: SUZUKI, tetsuya

所属研究機関名: 東京未来大学

部局名: こども心理学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 50566750

研究分担者氏名: 小林久美

ローマ字氏名: KOBAYASHI, kumi

所属研究機関名: 東京未来大学

部局名: こども心理学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 40343686

(2) 研究協力者 (なし)