

令和 4 年 9 月 12 日現在

機関番号：52201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03183

研究課題名(和文) 化学の基礎を直感的に理解するための組立式3Dクラフト教材の開発と効果検証

研究課題名(英文) Development and verification of an assemblable 3D craft learning material to intuitively understand the basics of chemistry

研究代表者

森下 佳代子 (Morishita, Kayoko)

小山工業高等専門学校・一般科・教授

研究者番号：50344924

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：化学の基礎を直感的に理解するための教材開発を目的として、電気陰性度とイオン化エネルギーを対象に、組立式3Dクラフトを設計・製作した。これらを使って授業を実施した結果、既存の教材として供される教科書のグラフや説明文だけでは理解できなかった学生も、ピースを原子番号順に並べる作業によって、電気陰性度が同じ周期の中で、あるいは同じ族の中で、原子番号にともなってどのように変化するか、またアルカリ金属が1価の陽イオンになりやすい理由、アルカリ土類金属が2価の陽イオンになりやすい理由、希ガスがイオンになりにくいことを視覚的に理解できることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高校化学の教科書は、多くの概念を説明するために定義表現や分類表現が多用され、複雑な文章となっている。テキストの複雑さを補うために多数の図表が用いられているが、図表の読み取りそのものや図表と本文の関連付けが苦手な学習者も多く、結果として学習者が教科書を読んでも理解できないケースが多くみられる。本研究の遂行により、教科書の内容をより認知しやすい形で提供することで、教科書理解が深まることが確認された。また、クラフトの組み立て作業は、化学の概念を学習者が主体的かつ楽しく学習するのに有効な手段となることがわかった。

研究成果の概要(英文)：For the purpose of developing teaching materials for intuitive understanding of the basics of chemistry, we designed and manufactured an assembly-type 3D craft for electronegativity and ionization energy. Using these crafts, it was confirmed that even students who could not understand only with the graphs and explanations of the textbooks can understand clearly about the manner of electronegativity and the property of ionization energy by arranging the pieces in atomic number order.

研究分野：化学工学

キーワード：化学 3Dクラフト 組み立て

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

かねてより、子どもたちの学力低下は教育現場において深刻な問題となってきた。国立情報学研究所教授の新井氏はその著書『AI vs. 教科書が読めない子どもたち』¹⁾の中で、中学生の半数は中学校の教科書が読めていないと指摘している。教科書が読めなければ、教科の内容を理解することは難しい。理科は概念を重視する科目であるため、高等学校の学習指導要領中にも「概念」という言葉が教科中で最も多く出現しており、次点の数学のおよそ3倍も多用されている²⁾。新井らは、小学校5・6年生と中学校1・2年生の理科教科書テキストを対象として、テキスト読解の困難さを定量的に分析し、小学校教科書に比して中学校教科書では、定義表現と分類表現が著しく増大することを報告している³⁾。後期中等教育段階における化学の学習範囲は、理論化学、無機化学、有機化学と幅広く、習得すべき化学の知識量は膨大であり、化学の基本的な概念や原理・法則の整理や理解がより一層困難になることは想像に難くない。これまでに、概念を理解させることを目的として、例えば科学理論の内部構造を現すコンセプトマップを用いてイオンについての理解を深める取り組みや⁴⁾、ロールプレイによって特定の単元の理解を促す実践研究⁵⁾が報告されている。しかしながら、化学に関する図表の読み取りや図表とテキストの関連付けを強化する取り組み、および後期中等教育化学の分野全体の基礎となる元素の周期性に関する概念理解のための実践はない。

2. 研究の目的

直接的には視認できない粒子や物性などを、より直感的に認識できる学習教材を使用することにより、図表の読み取りやテキストとの関連付けを強化することを目的として、3Dクラフト教材の開発を考えるに至った。本報では、開発した3Dクラフト教材とその効果について報告する。

3. 研究の方法

(1) 3Dクラフト製作および効果の検証

3Dクラフトは、3Dプリンタにより製作した。対象とした内容は、化学の基礎となる元素の周期性に関係するイオン化エネルギー、電気陰性度および電子親和力である。3Dクラフトは、短周期の周期表の土台と、各元素の物性値を高さで表現したブロックから構成される。各ブロックには元素記号を表記し、元素の周期表を見ながら、利用者が一人で並べたり、組み立てたりできるようにした。

3Dクラフト利用による効果の検証は、1年生162名に3Dクラフトの用途を簡単に説明した後、被験者自身に組み立ててもらい、教科書の内容や図表と見比べてもらうことで、学習内容の理解のしやすさや視認性を確認した。

(2) 読解力調査

被験者の教科書理解の程度を調査するために、教育のための科学研究所によって開発されたリーディングスキルテスト(以下RSTと略記)により、読解力の定量的な評価をした。対象は、1年生5クラスのうちの1クラス(39名)とした。RSTによって評価されるスキルは、係り受け解析

(DEP), 照応解決(ANA), 同義文判定(PARA), 推論(INF), イメージ同定(REP), 具体例同定(INST)の6つである。評価は各学生の能力値に基づく5段階評価とその平均値, および能力値分布とした。

4. 研究成果

(1) 読解力のスキル別評価

RSTの読解力評価においては, 6つのスキルのうち, 同義文判定と具体例同定で評価の平均値が低かった。これら2項目に関して, 5段階評価の2以下をマークしている学生の割合はそれぞれ1割であり, これらの学生は, 文章を最後まで読み切ることはできるものの, 文章の読み方を基礎から見直す必要があり, 文章をあわてて読んでしまう傾向にあること, また辞書や定義をうまく使いこなせないことが指摘されている。一方, 図1に示すように, イメージ同定は5段階評価平均値が4.15と比較的高いものの, その分布は多極化しており, 文と図表などの非言語情報を正しく対応づけることが困難な学生が一定程度いることが示唆された。

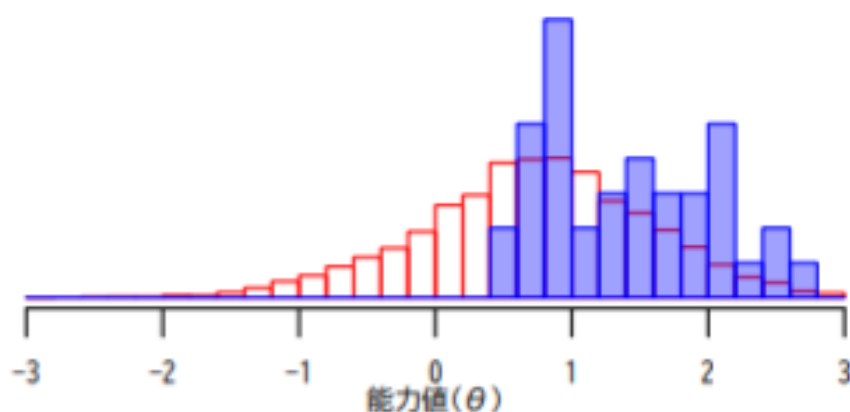


図1 RST能力値分布(イメージ同定)

(2) 3Dクラフトの効果検証

電気陰性度の単元において, 製作した3Dクラフトと教科書の3次元グラフを比較して, 内容理解にどの程度影響するか調査した。図2に3Dクラフトの写真を, 図3にそれぞれの教材と内容理解についての調査結果を示す。

図2中の黄色でラベルされたブロックは金属元素を示し, 青色でラベルされたブロックは非金属元素を示す。



図2 電気陰性度の3Dクラフト

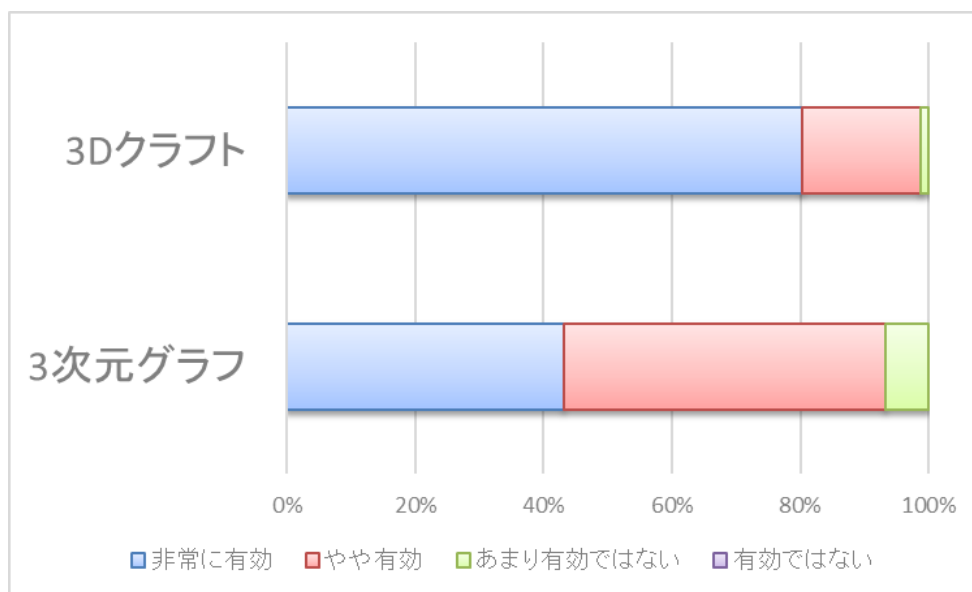


図3 使用教材と内容理解

通常、教科書において、電気陰性度は3次元グラフで紹介される。3次元グラフでは水素の電気陰性度が実際より拡大されて視認されがちであり、極性の理解の妨げになりやすい。3Dクラフトでは、実際にブロックを移動することで、直接比較することができ誤解が生じない。また、3次元グラフにおいては、グラフの見方や本文とのリンクに時間のかかる学生もいる一方、3Dクラフトでは説明なしでも理解でき、内容を理解するのに非常に有効であると評価した学生が80%に及ぶ(図3)。イオン化エネルギーの単元においては、教科書では、第1イオン化エネルギーのみを2次元の折れ線グラフで示しているが、3Dクラフトでは第3イオン化エネルギーまでを3次元で表現することができ、周期性を強く理解できる教材となった。

(3) まとめ

本取組により、3Dクラフト教材で視覚化することにより、学生が内容を直観的に理解でき、教科書本文の内容を深く理解できることが確認された。また、3Dクラフトを組み立てる作業を通して、繰り返し、元素の周期表を見たり、原子番号の順に並べたりすることで、元素の周期性を認識しやすくなることがわかった。加えて、クラフトの組み立てが学生の興味関心をひき、化学に対するアレルギーを和らげる効果があったと思われる。

<引用文献>

- ① 新井紀子,「AI vs. 教科書が読めない子どもたち」, 東洋経済新報社, (2018).
- ② 吉岡亮衛,「中等教育科学における基本的な概念(1)―新編化学基礎―」, 日本科学教育学会論文集, 40, 163-166, (2016).
- ③ 新井庭子ら,「テキスト読解の困難さに関する定量的分析―小・中学校の理科教科書を事

例として」, 情報処理学会研究報告, 2017-CH-114 No.5, 1-8, (2017).

④ 福田恒康ら, 「科学理論の内部構造の理解に留意したイオン概念の指導」, 理科教育学研究, 55, 333-340, (2014).

⑤ 内之倉真吾, 「理科教育におけるロールプレイとその可能性」, 科教研報, 23(5), 11-16, (2007).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 森下佳代子, 関根健雄, 石原学
2. 発表標題 読解力が設問理解に及ぼす影響について
3. 学会等名 日本工学教育協会第68回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kayoko MORISHITA, Takeo SEKINE, Manabu Ishihara
2. 発表標題 Teaching Textbook Reading and Comprehension Using the Quasi-Flip Teaching Method in Chemistry Class
3. 学会等名 15th international CDIO Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeo SEKINE, Kayoko MORISHITA, Manabu Ishihara
2. 発表標題 Integrated Education for Mid-Adolescent Engineering Students in KOSEN
3. 学会等名 15th international CDIO Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森下佳代子, 関根健雄, 石原学
2. 発表標題 自学自習の促進と学力向上を目指した授業法の開発 セミ反転授業による化学の授業における教科書読解トレーニング
3. 学会等名 日本工業教育協会 第67回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森下佳代子, 関根健雄, 石原学
2. 発表標題 化学の教科書を読み解くためのセミ反転授業について
3. 学会等名 日本リメディアル教育学会第15回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森下佳代子, 関根健雄, 石原学
2. 発表標題 化学の教科書理解を目的としたトレーニング法としての擬似反転授業の効果の検証
3. 学会等名 平成31年度全国高専フォーラム
4. 発表年 2019年

〔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
研究分担者	飯島 洋祐 (Iijima Yosuke) (90565441)	小山工業高等専門学校・電気電子創造工学科・准教授 (52201)	
研究分担者	石原 学 (Ishihara Manabu) (20211047)	小山工業高等専門学校・電気電子創造工学科・教授 (52201)	
研究分担者	関根 健雄 (Sekine Takeo) (00709769)	小山工業高等専門学校・一般科・講師 (52201)	

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
---------	---------