

令和元年6月24日現在

機関番号：13401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13067

研究課題名(和文) 分子模型型教材によるものの認識手法の開発とその評価に関する実証的研究

研究課題名(英文) Development and Evaluation of the Method of Recognition of an Object Using a Molecular Model Type Instruction Material

研究代表者

青山 絹代 (AOYAMA, Kinuyo)

福井大学・学術研究院教育・人文社会系部門(教員養成)・助手

研究者番号：80126630

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：初等中等教育段階におけるものの認識過程に焦点を当て、気がかりな子どもの学習支援教材の開発とその実証的研究を行うことを目的として分子模型教材に着目し、主として4つの研究を進めた。すなわち、(1)直径300mm大の分子模型教材の開発、(2)直径20mm大の分子模型教材使用時のヒトの集中度に関する脳波計測による分析、(3)RFIDタグを導入した発泡スチロール球教材及び化学反応学習台紙を使った分子モデルについて画像認識を行うことで学習履歴を取得できるシステムの開発、(4)バーチャルリアリティ(VR)環境内で実物大型分子模型と同様な仮定な分子模型を用いた学習を行うことができる装置の開発である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、多数の分子模型教材が市販されているにも関わらず、万人のための化学教育教材という観点からの研究は少ない。今回、化学・化学教育、機械工学、情報工学・特別支援教育の専門家の合同研究チームを構成し、単なる化学分野の学習教材としての分子模型教材から特別支援教育教材へ展開する過程において、視線分析、脳波分析、アンケートやインタビューなどを通じて、子どものものの認識力向上に資する教材開発を行うものである。安全かつ大型分子模型教材の開発と同等の模型作成体験が仮想空間内で行える分子模型教材の開発、更には模型作成時の脳波計測によるものに対する集中度の分析など合同チームでしか為し得ない研究となっている。

研究成果の概要(英文)：The authors of this paper were interested in the recognition processes of junior and senior high school students who require special support. Therefore, a new molecular model type teaching material for special needs education was developed by us. The process included (1) the development of a large-sized (diameter 300 mm) molecular model type instruction material; (2) EEG measurement and the analysis of the degree of students' attention during the use of the teaching material (diameter 20 mm); (3) the development of spherical styrene foam teaching materials into which a radio frequency identifier tag was introduced and the construction of a system of collecting the learning history of students by their image recognition of the molecular model type teaching material using a chemical reaction learning board; and (4) the development of learning equipment using a virtual molecular model equivalent to the real object in a virtual reality environment.

研究分野：化学教育

キーワード：発泡スチロール球 分子模型 脳波 集中度 仮想空間 RFID 視線計測

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

申請者は、教員養成系学部において、小中高の理科、特に化学を担当する教員養成に従事しており、その演習的科目および実験実習科目を担当してきた。また、本研究の分担者(浅原)とともに、小中高校生を対象とした化学実験を中心とする化学コミュニケーション活動に積極的に関わってきた。その中で、安価な発泡スチロール球と接続パーツを活用した「化学分子模型教材」を活用してきた。本分子模型教材は、本学医学部藤井教授と本学教育地域科学部浅原教授(研究分担者)、更には、地域の中学校教員の協働により開発及び改良されてきたものである。この模型教材の最大の特徴は、発泡スチロール球の大きさを様々に変えることができることであり、接続パーツも発泡スチロール球のサイズに合わせて可変可能な点にある。

一方、学習障害(LD)や発達性協調性運動障害(DCD)をもつ子どもたちの特徴として、一般に集中力が続かないことが挙げられる。また、興味を示すものにはある一定期間高度な集中力による高い学習効果を示す子どもがいたりする反面、運動の発達の顕著な遅れによる不器用さを持つ子どもも多い。これらの特徴を有する子どもは、ある一定の視界の中に入るものには興味を示すが、言い換えると、通常活用されている視野が狭いため、その視界よりも広い範囲のものを認識することは、日常生活において重要であるにも拘わらず、困難を伴う場合が多い。

これらの状況を合わせて考えた場合、分子模型教材を単なる分子模型教材と捉えるのではなく、ものの認識範囲を意図的に制御する教材として捉えると、市販の分子模型では達成することのできない、新教材の開発が可能ではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

初等中等教育段階におけるものの認識過程に焦点を当て、学習障害(LD)や発達性協調性運動障害(DCD)をもつ子の学習支援教材の開発とその実証的研究を行うことを目的とする。

研究を進めるにあたり、学内外の複数の研究分野の教員がコラボレートすることで、系統的かつ相補的なものの認識過程の把握とそのために必要な実空間を対象としたマニファクチュアルな教材とICTを活用した仮想空間におけるものの認識のための教材開発、更には、これらの相補的相乗効果によるものの認識力の育成から、高等学校における化学教育支援への接続までを意識した開発に取り組む。

### 3. 研究の方法

本研究では、共同研究者のそれぞれの強みを活かし、次の研究開発を進めた。

手先が器用でない小さい子どもでも扱えるような、大型で「ボール&スティック型」以外の接続方法を用いた分子模型の開発を行うこと、および開発した分子模型を用いた大学生および高校生を対象とする実践からその有用性を調査・検討した。

(a) 模倣やイメージに関する脳波計測：他者の手の動きの模倣、あるいは行動を観察したりイメージしたりするだけで、ミラーニューロンシステムが活性化して、脳波の $\mu$ 波が減衰することが知られている。そこで、手の動きの刺激映像を見せた時の脳波を分析し $\mu$ 波抑制の様子を調べた。(b) 集中度に関する脳波計測：分子モデル作成課題に取り組んでいる時(VRヘッドセットを装着時)の集中度を調べるために脳波計測を行った。VRヘッドセットを装着した状態で脳波を計測するために、キャップおよび脳波計を電磁シールドで覆い、課題取り組み時の脳波を分析し、 $\mu$ 波の占有率の変化を調べた。

(a) RFID タグを導入した発泡スチロール球教材および(b) 化学反応学習台紙を使った分子モデルについて画像認識を行うことで学習履歴を取得できるシステムを開発し、その研究成果を活かして、模型作成に関して、テキストを用いる場合と用いない場合の両方について、高専生及び大学生に対する比較実験を行った。

実際の大型分子模型を用いた学習において、どのような要素が学習に反映されるかを検証するための実験装置として、バーチャルリアリティ(VR)環境内で実際の大型分子模型と同様な仮想定分子模型を用いた学習を行うことができる装置を開発する。

### 4. 研究成果

大型分子模型教材の開発に関して、発泡スチロール球を一定の大きさで平らに切断する方法の開発、発泡スチロール球切断用固定具の開発、切断面の大きさの検討、発泡スチロール球の接合するテープの検討、使用するマジックテープを切断面に貼り付ける接着剤の検討、どの発泡スチロール球同士でも接続可能なマジックテープの貼り方の検討を行った。開発したモデルを図1に、作製した模型から作成可能な分子模型を図2に示した。

自作のアイトラッカー(被験者がどの方向を注視しているかを検証する装置として作成した市販の視線計測モジュールを利用した視線計測装置)を用いて視線分析を行った結果、300 大型分子模型使用時は測定できていない時間が50%を超えた(人体検出、顔検出、顔向き推定、視線推定等には十分な性能を有しているが、使用した視線計測モジュールの仕様から計測範囲が限られるため、実際に被験者が大型分子模型を用いた実験を行う際には、装置の設置位置に注意が必要)が、20 小型分子模型に比べて、大型分子模型の方が模型に注視している時間が長く、アンケート調査の結果からも大型分子模型の方が良かったと回答する割合の方が多かった。

大型分子模型を扱った感想では、「マジックテープでくっつくのは簡単で楽しかった」「くっ

つける位置が分かりやすかった」「たくさんつなげても重くない」といったものがあった。

以上のことから、大型分子模型の方が興味を引きやすく、扱いやすいことが判断できた。また、特別支援を必要とする高校生であっても、テキストを読み進めながら、模型を作製することが可能であった。







| 元素             | 水素  | 酸素  | 窒素  | 炭素   | 炭素  | 炭素  |
|----------------|---|---|---|--|---|---|
| 実物写真<br>(1/20) |  |  |        |  |  |  |
| 結合の様子          | H—  | $\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O} \\    \end{array}$                    | $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{N} \\   \\ \text{N} \\ \diagdown \end{array} \equiv$ | $\begin{array}{c}   \\ \text{C} \\   \end{array}$                                  | $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} \\   \end{array} =$                           | $\begin{array}{c} =\text{C} \\ -\text{C} \\ \equiv \end{array}$                     |
| 作製数            | 11  | 2   | 3   | 3  | 6   | 1   |

図1 作製した模型キットの種類と数(水素：150 , その他の元素 300 )

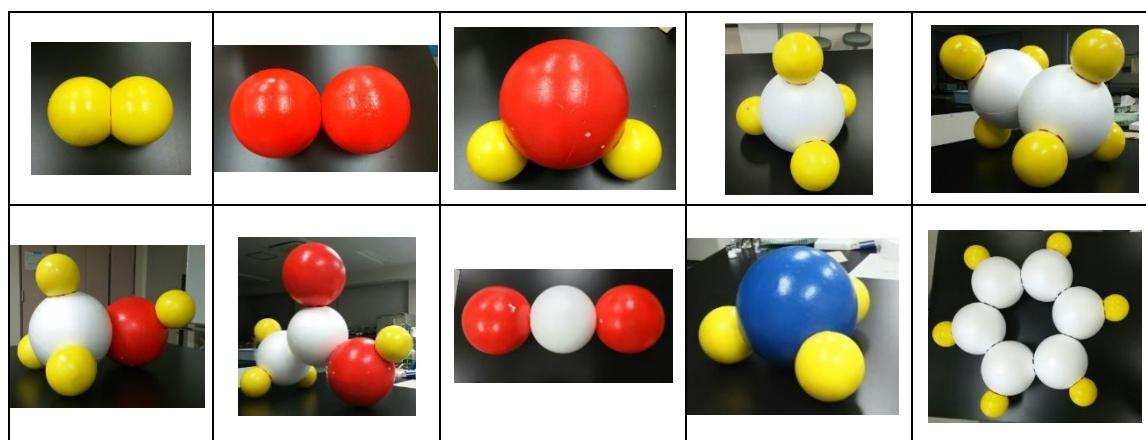


図2 作製した模型キットから作成可能な模型の例

(a)定型発達、発達障害ともに、 $\mu$ 波抑制が確認できた。また(b)分子モデル作成課題に取り組んでいるときに fm- 波の占有率が高くなっており、興味関心が高まったり集中度が高まったりしているのではないと思われる。特に、分子モデル作製課題として、模型の説明を省いた自由な組み立て課題、テキストの分子モデル組み立て例に従った組み立て課題、テキストを参考にした自由な組み立て課題を与えたところ、各仮題実行中の占有率変化と瞬目回数を比較すると、安静時よりも、 $\mu$ 波、 $\alpha$ 波の課題実行中の占有率が高く、瞬目回数が減少する結果が得られた。

以上のように、脳波の個人特性を調べるとともに、分子モデル作成課題時における興味関心、集中度に関して、脳波計測により評価する方法を見出すことができた。

今後、より多くの被験者に対して評価を行うことで、分子モデル学習を効率化するための方法を提案することに寄与できるのではないかと考えられる。

(a) RFID タグを導入した発泡スチロール球教材として、図3を開発した。

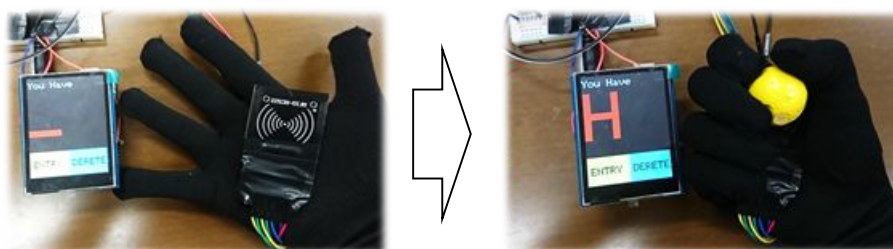


図3 分子モデルを手で持ったときに、音と文字で、その分子モデルが何のモデルなのか伝える機器を開発(RFIDとRFIDリーダ)

実験は、 $\mu$ 波抑制の研究成果を活用し、テキストを用いて教材に触れて学ぶケースと、テキストを

用いないで自由課題で取り組むケースの2つのケースで実施した。組み立て時間と分子モデルに触れた回数について、自由課題とテキスト課題について両側 t 検定を行ったところ、有意に自由課題の方が組み立てた時間が長く、触れた回数も多かった。実験後に行ったアンケートの結果、すべての被験者が「Q1.どちらがやりやすかったか」に対してはテキスト課題と、「Q2.どちらが想像力をより働かせたか」に対しては自由課題と回答した。「Q3.どちらが楽しかったか」に対しては意見が二分化した。

(b) 化学反応学習台紙を使った分子モデルについて画像認識を行うことで学習履歴を取得できるシステムを図4に示した。

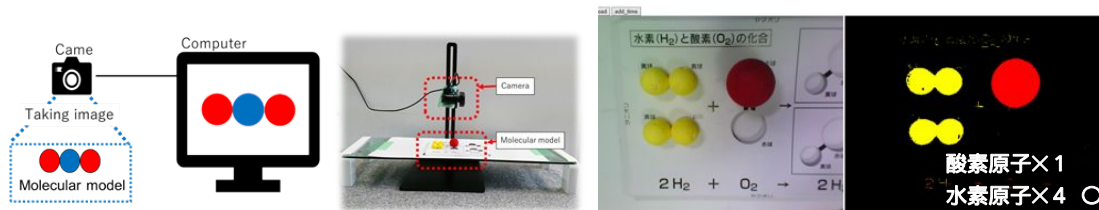


図4 台紙を用いた分子モデル教材で学習時、画像処理で何の分子がいくつ設置されたか画像に文字で表示

3D分子モデルでの実験と、台紙を用いた実験の観察から、分子の学習経験を持つ被験者は、理解しながらスムーズな学習を行っており、分子の学習経験を持たない被験者は、単純な動作で学習を行っていたことが分かった。すなわち、分子について学習経験のある児童生徒には台紙を使った教材のほうが好まれ、小学生など分子について学習経験のない児童生徒には3D分子モデル教材のほうが好まれる。

VR環境内で仮想的な大型分子模型を用いて学習を行うことができるシステムを開発した。開発システムを実際に操作している概観を図5に示す。構築したシステムでは、ソフトウェアの開発プラットフォームとしてUnityを用い、開発言語にはC#を用いた。入出力装置としては、頭部装着型ディスプレイ(HMD)にOculus Rift CV1、両手に持つ入力用コントローラとしてOculus Touchを用いた。なお、HMDの選定にあたり、HMD内で視線計測も可能なFOVEや、外部センサを必要としないMirage Soloなどにもプログラムを実装して試験を行ったが、コントローラも含めてOculus Riftが扱いやすかったため、これを使用した。仮想環境内で用いる元素の大きさは、実際の大型分子模型で用いられている元素の大きさとほぼ同等のものとした(図6)。被験者は、両手に持つ入力用コントローラを用いて、水素や酸素などの元素を仮想環境内に自由に出現させ、移動させることができ、他の元素や分子に結合させることができる。実際に学習を行う際には、学習するために指定された分子の学習テキストが仮想環境内に表示され、被験者が試行錯誤により分子を構築し、指定した分子構成になった際に、学習が完了したことが表示されるようになっている。大学生及び中学生を被験者とした試験を行い、想定された動作を行うことを確認した。



図5 開発したVR大型分子模型体験システムの概観

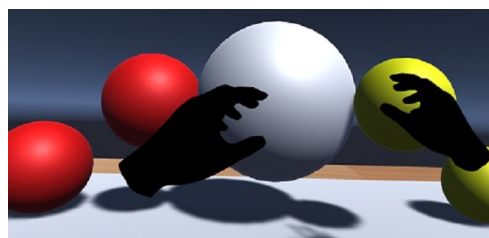


図6 VR環境内での映像例

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計7件)

淺原雅浩・吉寄友梨・鈴木彰馬・川井昌之・青山絹代, “大型分子模型作成と連動するVRによる模型作成の試み”, 日本理科教育学会第68回全国大会(2018).



青山絹代・吉寄友梨・川井昌之・浅原雅浩, “大型分子模型の開発とその作成活動の評価の試み”, 日本理科教育学会第68回全国大会(2018).

Kotoko Tanaka, Sakiko Ogoshi, Toru Saitou, Yuuiti Takaku, Yasuhiro Ogoshi, Masahiro Asahara, Kinuyo Aoyama, “Education Material for Cognitive of the Characteristics by Radio Frequency Identifier and Image Processing”, The 19th Asia Pacific Industrial Engineering And Management Systems Conference (APIEMS 2018) (2018).

田中 琴子, 小越 咲子, 小越 康宏, 浅原 雅浩, 青山 絹代, “RFIDを用いた児童の行動認知を行うIoT教材の開発研究”, 平成29年度電気関係学会北陸支部連合大会(2017).

K. Tanaka, S. Ogoshi, T. Saitou, Y. Takaku, Y. Ogoshi, M. Asahara, K. Aoyama, “Teaching Materials to Generate Behaviour and Cognitive Profiles by IoT”, The 18th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, (APIEMS2017) (2017).

Hisashi Goto, Yasuhiro Ogoshi, Sakiko Ogoshi, Masahiro Asahara, Kinuyo Aoyama, Yutaka Fujii, “Examining Concentration Using Electroencephalography and Electromyography”, The 17th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2016) (2016).

後藤尚志, 小越康宏, 小越咲子, 浅原雅浩, 青山絹代, 藤井 豊, “脳波-筋電図を用いた学習時の注意・集中に関する基礎研究”, 平成28年度電気関係学会北陸支部連合大会(2016).

〔図書〕(計0件)

〔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 なし

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 浅原 雅浩

ローマ字氏名: (ASAHARA, masahiro)

所属研究機関名: 福井大学

部局名: 学術研究院 教育・人文社会系部門

職名: 教授

研究者番号(8桁): 70304201

研究分担者氏名: 川井 昌之

ローマ字氏名: (KAWAI, masayuki)

所属研究機関名: 福井大学

部局名: 学術研究院 工学系部門

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 00334805

研究分担者氏名: 小越 咲子

ローマ字氏名: (OGOSHI, sakiko)

所属研究機関名: 福井工業高等専門学校

部局名: 電子情報工学科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 70581180

研究分担者氏名: 小越 康宏

ローマ字氏名: (OGOSHI, yasuhiro)

所属研究機関名: 福井大学

部局名: 学術研究院 工学系部門

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 80299809

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、研究者個人に帰属されます。