

令和元年6月21日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01034

研究課題名(和文) ニュートン力学概念の獲得と概念図の解釈および描画に関する研究

研究課題名(英文) Research on interpretation and drawing of conceptual diagrams of Newtonian mechanics concept

研究代表者

佐藤 実 (SATO, Minoru)

東海大学・清水教養教育センター・講師

研究者番号：10328099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：ニュートン力学概念の理解度と概念図の描画の相関に関する調査を行なった。ニュートン力学の初学者を調査対象者とし、描画された概念図のわかりやすさの評価方法と、適切な概念図を描画させる方法の確立を目標とした。このうち、描画された概念図の評価方法について、視線追跡装置を用いることで教科書などに掲載されている概念図を、学習者がどのように解釈しているかを明らかにするための調査をした。その結果、この方法では費用的、時間的問題があり、教育現場向きではないことがわかった。そこで、概念図のわかりやすさと相関する指標としてフラクタル次元を用いて図の複雑さを数値化した指標を検討し、適応可能であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理教育に限らず、教育現場では言語的表現の補助として視覚的表現が多用されている。しかし、視覚的表現には解釈の多様性があり、教授者が提示した図や学習者が描画した図が、その表現者の意図通りに解釈されるとは限らない、という困難がある。本研究の結果により、フラクタル次元を用いることで図のわかりやすさを数値化することが可能であることがわかったことから、教授者や学習者によって表現された図のわかりやすさが客観的に評価できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：A research on the correlation of understanding of Newtonian mechanics concepts and conceptual drawing was conducted. The subjects of the survey were beginners in Newtonian mechanics. The goals were to establish a method for evaluating the intelligibility of drawn conceptual diagrams and a method for drawing appropriate conceptual diagrams. A research was conducted to clarify how the beginners interpret the conceptual diagram by using a eye tracking device. As a result, it was clarified that this method is not suitable for the education site because it is expensive and time-consuming. Therefore, as an index correlating with the intelligibility of the conceptual diagram, the index which quantified the complexity of the diagram using the fractal dimension was examined and it is clarified that this method is applicable.

研究分野：物理教育研究

キーワード：ニュートン力学概念 概念図 視線追跡 フラクタル次元

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

1. 研究開始当初の背景

物理の教科書や授業での板書、試験問題などには、言葉や数式などの言語的な表現だけでなく、図や絵などの視覚的な表現が多く用いられる。これらの視覚表現には、写真のような具象的なものから、ファインマン・ダイアグラムのような抽象的なものまで、さまざまな用途と、その用途に応じた種類がある。これらの中で、物理学の文脈において言語表現による説明を補完または補強するために用いられる視覚表現は、抽象的な図(概念図)であることが多い。

しかし、視覚表現には、意味の理解において言語表現にはない問題がある。言語表現では、未知の学術用語などに遭遇した学習者は、言葉そのものに対する知識がないため、その意味が理解できないことを自覚しやすい。これに対して視覚表現では、未知の概念図などに遭遇しても、提示された図を日常的な文脈で絵画的に解釈することも可能であり、意味が理解できないことを自覚できない恐れがある。このため、提示された事物の意味を理解できていない学習者は、言語表現では教授者に質問することができるが、視覚表現では質問することができない可能性がある。

また視覚表現には、意味の伝達においても言語表現には見られない問題がある。言語表現では、学習者の理解度は教授者との対話などの双方向の伝達手段により、教授者に把握されやすい。これに対して視覚表現では、対話のような双方向の伝達手段が用いられないため、学習者の理解度は教授者に把握されにくい。このため、学習者が教授内容を理解できていない場合、言語表現では教授者は学習者が理解できるまで解説を繰り返すことができるが、視覚表現では学習者が理解できていないことに気付かないまま先に進めてしまう可能性がある。

このように、視覚表現による学習者への提示は、意味の理解と伝達に問題がある。そのため、学習者の理解を助けようと教授者が提示した図が、学習者には有効に作用しない恐れがある。学習者は教授者が意図したようには解釈せず、さらに教授者は学習者が理解していないことに気が付かないという状況が起こりうる。

とくに物理教育の現場では、状況の説明や原理や法則の解説のために図を使う機会が多い。視覚表現における意味の理解と伝達の問題が、物理の学習を困難にしているかもしれない。

そこで、物理学の教科書や試験問題で物理学的な文脈において使われている概念図を、大学生がどのように把握しているかについての調査を行ったところ。たとえば、学生が「つりあい」という言葉を聞いたときに思い浮かべる事柄には多様性があり、抽象的な図を描く学生と、具象的な図を描く学生がいることがわかった。

抽象的な図を描く学生は物理的な概念を含む図を描いていることから、物理概念を把握していることが期待される。しかし、抽象的に見える図を描いていても、見たことのある図を模倣しているだけで、物理概念を基に描画しているわけではない可能性がある。そこで、物理的な概念の理解度と図の描画との相関を確認するために、ニュートン力学概念調査を実施した結果、抽象的な図の描画者は具象的な図の描画者よりもニュートン力学概念を把握している可能性が高いことがわかった。

物理的な概念の理解度と図の描画との間に相関があるならば、図を使うことで学習者の理解度を評価できる可能性がある。さらに、図を理解させることで物理的な概念を把握させることができる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では次の3点を目的とした。1)ニュートン力学概念の理解度と図の描画の相関に関する調査の信頼性向上、2)ニュートン力学の学習者にとって理解しやすい図の特徴の抽出、3)図の描画によってニュートン力学概念の理解度を評価する方法の確立。

ニュートン力学概念の理解度と図の描画の相関に関する調査の信頼性向上については、図の描画とニュートン力学概念の理解度についての調査のサンプル数を増し、調査の信頼性を向上させることを意図していた。信頼性を増すことにより、調査結果が物理教育の現場で活用されるようになると期待された。

ニュートン力学の学習者にとって理解しやすい図の特徴の抽出については、図の違いによって学習者の理解度に差があるか、また、差があるとすれば、図中のどの要素が学習者の理解度に影響しているかを明らかにすることを意図していた。学習者が理解しやすい図の特徴の抽出することで、教科書などの教材で使用する図について、より理解されやすくするための指針を得ることが期待された。

図の描画によってニュートン力学概念の理解度を評価する方法の確立については、学習者に概念図を描かせることで学習者のニュートン力学概念の理解度を評価する方法の検討を意図していた。力学概念調査は多肢選択式のものが多いため、調査結果が必ずしも対象者の物理概念の理解度を評価しているとはいえないことが懸念される。図を用いた調査法を確立することで、さらに確実な評価とすることが期待された。

3. 研究の方法

本研究における目的を達するためには、まず教育現場での図的表現の使用に伴う、図的表現の解釈についての困難を解決する必要がある。そのためには、提示された図的表現を被験者がどのように解釈しているのか、また、どの程度理解しているのかを指標化する必要がある。しかし、解釈や理解は多面的であり、そのままでは単一の指標に落とし込むこと困難である。

そこで、図的表現に対する被験者の理解度の指標として、図のわかりやすさを想定した。これは、被験者がわかりやすいと感じる図ほど被験者にとって理解しやすい、とみなしたことになるが、図のわかりやすさは主観的な感覚なので、何らかの方法で定量化する必要がある。感覚を定量化する方法としては、官能検査や視線追跡などが挙げられる。たとえば、官能検査では被験者の感覚を測定器として用いることでわかりやすさを推定する。また、視線追跡では、被験者の目の位置や動きを検出することで、わかりやすさを推定する。ただし、これらの方法を実施するには手間や費用がかかるので、教育現場において手軽に利用するのは難しい。もし、図のわかりやすさと図の複雑さの間に関連性があり、図の複雑さを定量的に扱うことができれば、図の複雑さを測ることでわかりやすさを推測することができるため、図から数値的に得られる指標としてフラクタル次元を用い、図の複雑さを定量化できるかを検討した。さらに、図の複雑さに対して図のわかりやすさに最適値があるならば、図の複雑さを測定することでその図のわかりやすさについての示唆を得ることが可能となるため、官能検査として視線追跡を用いて検討した。

4. 研究成果

ニュートン力学概念の理解度と図の描画の相関に関する調査の信頼性向上については、調査対象者に図を描画させる方法と図の内容と調査対象者が描画した図の評価方法について検討を行った。調査対象者に描画させた図の分類方法と力学概念調査の結果との相関を取るための点数化の方法について検討した。ニュートン力学の学習者にとって理解しやすい図の特徴の抽出については、図の違いによって被験者の理解度に差があるかについての検討をおこなった。

教科書などに掲載されている図を学習者がどのように見てどのように解釈しているかを明らかにするための調査においては、視線追跡装置(トビー社製 X2 アイトラッカー)の導入と調査対象者に使用するために必要な精度での測定が可能かについての検討をおこなった。

図的表現に対する被験者の理解度の指標として、図の複雑さを数値的に得る指標としてフラクタル次元を用いる方法について検討し、図の複雑さの定量化をおこなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

1 佐藤 実「視線追跡による概念図の妥当性評価」日本物理学会第 72 回年次大会(2017 年),2017 年 3 月 19 日,大阪大学(豊中キャンパス)。

2 佐藤 実「視線追跡による概念図の妥当性評価 2」日本物理学会第 73 回年次大会(2018 年),2018 年 3 月 22 日,東京理科大学(野田キャンパス)。

3 佐藤 実「視線追跡による概念図の妥当性評価 3」日本物理学会 2018 年秋季大会,2018 年 9 月 10 日,同志社大学(京田辺キャンパス)。

4 Minoru Sato, "Does the diagram that you draw tell its meaning?", International Conference on Physics Education (ICPE-SAIP-WITS 2018), 2 Oct. 2018, Johannesburg, South Africa.

5 佐藤 実「図の複雑さとフラクタル次元」日本物理学会第 74 回年次大会(2019 年),2018 年 3 月 14 日,九州大学(伊都キャンパス)。

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6．研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：