

令和 6 年 5 月 20 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02881

研究課題名（和文）力学概念調査の縦断データ分析～高校3年間の力学概念理解の過程を探る

研究課題名（英文）Longitudinal data analysis of the Force Concept Inventory; Exploring the process of understanding the concept of mechanics in three years of high school

研究代表者

宗尻 修治（Munejiri, Shuji）

広島大学・先進理工系科学研究科（総）・准教授

研究者番号：90353119

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：ニュートン力学は物理を学ぶうえで最も基本となる分野である。本研究では、「力学を学び始めた学習者（高校生）がニュートン力学の様々な概念をどのような順序で理解していくか、また理解度の個人差を説明する変数は何であるか」を明らかにすることを目的とした。361人の高校生に対して力学概念調査を実施し、データを分析した。その結果、力学の中でもまず運動学の分野を理解することが、その後の力学概念の理解に重要であり、これが、個人のその後の得点の伸びや、また、高校で「物理」を選択するかどうかにも関わることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、運動学の概念理解はその後の力学の概念理解に大きな影響を与えることが明らかになった。さらに、それはその後、生徒が「物理」を選択するかどうかにも関わることがデータによって示された。つまり運動学の理解が、生徒の進路にも影響することが明らかになった。運動学について丁寧に時間をとって指導していくことが必要であると思われる。

研究成果の概要（英文）：Newtonian mechanics is the most fundamental field of physics study. The purpose of this study was to determine in what order learners (high school students) beginning to study mechanics understand the various concepts of Newtonian mechanics, and what variables explain the individual differences in understanding. We conducted a mechanics concept survey of 361 high school students and analyzed the data. The results revealed that understanding the field of kinematics is important for understanding the concepts of mechanics, and that this is related to the subsequent increase in individual scores and to whether students choose "physics" in high school.

研究分野：物理教育研究

キーワード：物理教育研究 力学概念 物理基礎 高校物理 運動学

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

物理教育の効果を測定するために、様々な指標調査問題が研究開発されてきた。その中でも最もよく用いられているものがニュートン力学の概念理解度を調査する Force Concept Inventory (FCI) である。FCI は多肢選択式の問い 30 項目で構成され、回答選択肢には学習者が抱きやすい誤概念が含まれており、学習者の誤概念診断に用いることもできる。FCI 開発者によると、FCI の得点は 60% であれば、ニュートン力学をなんとか推論の中で使いはじめられる状態であり、85% でニュートン力学の概念を修得したとみなせる段階であるとされる。その得点の各段階において、学習者がどのような力学概念を理解しており、また、どのような誤概念を持っているかについて調べられ、力学概念の種類によって、難易度が異なることが明らかにされている。一方、このような研究は横断データによる分析であり、個人個人が力学を学ぶ過程における概念の順序を示しているわけではない。概念理解の発達の順序について、またその個人差については、これまでの横断データからは調べることができない。しかし、力学を学び始めた学習者がどのような順序で力学概念を獲得していくのか、その過程を明らかにできれば、効果的なカリキュラムを構築するための貴重な知見となる。

2. 研究の目的

ニュートン力学は物理を学ぶうえで最も基本となる分野である。本研究の目的は、「力学を学び始めた学習者(高校生)がニュートン力学に関わる様々な概念をどのような順序で理解していくか、また理解度の個人差を説明する変数は何であるか」を FCI データから明らかにすることである。

3. 研究の方法

我々は、A 高校において、2013 年から 6 年間、約 250 人の生徒に対して調査を行ってきた。調査は同一の生徒に対して、高校で「物理基礎」を学び始める直前の高校 1 年の 4 月 (I)、2 月 (II)、高校 3 年の 4 月 (III)、「物理」を習い終えた直後の高校 3 年 11 月 (IV) の 4 つの時点で実施した。この 4 回のテストをすべて受けた生徒はおよそ 250 名である。この 250 名の得点の平均は時点 I から時点 IV の間におよそ 29%、51%、62%、69% と上昇している。したがって、この縦断調査データを分析することにより、ニュートン力学の概念を理解していく過程を調べることができる。また、「物理基礎」のみを履修して「物理」までは選択しなかった生徒についても時点 I、II でデータを取得している。これらの生徒を含めると調査対象者は 361 人である。

(1) 4 時点のデータを用いて、前の時点で選ばれた各問の選択肢が、後の時点で選ばれる選択肢にどのように影響するか分析を行った。

(2) 高校では、まず「物理基礎」、次に「物理」を学ぶ。「物理基礎」を選択しても「物理」は選択しない生徒もいる。「物理」を選択するかどうかの理由は様々であると思われるが、「物理」を選択する生徒としない生徒では、「物理基礎」を学んでいる段階で持っている力学概念には違いがあるかもしれない。そこで、「物理基礎」を選択した生徒の内、後に「物理」を選択した生徒と選択しなかった生徒が、「物理基礎」を学習している時点で持っている力学概念や誤概念を調べ、両者の違いを分析した。

4. 研究成果

(1) 直接観測できる観測変数(個人の各問の正誤データ)を用いたパス解析を行った。4 時点で測定された FCI 縦断データを潜在成長モデル(マルチレベルモデル)を用いて分析したところ、観測データはモデルによく適合し、各個人のスコアの変化の特徴を表す潜在変数として、切片と傾きを得ることができた。本研究の準備研究において、運動学に関する問いが、その後のスコアをよく説明することを示していたため、個人差を説明する変数として、運動学に関する 3 問(問 9, 19, 20)を選び、残り 27 問のスコア変化を説明できるか調べた。その結果、これら 3 問の潜在成長モデルにおける切片は、残りの 27 問の切片だけでなく傾きとも関係していることがわかった。つまり、始めの時点の運動学に関するスコア(切片)は、残り 27 問のスコアのその後の伸びにも関係していることが明らかになった。

次に、潜在変数を用いた分析を行った。FCI の 30 問は、運動学、運動の第 1 法則、第 2 法則、第 3 法則、重ね合わせの原理、力の種類の 6 つに分類されている。しかし、学習者は、必ずしも

そのような概念理解をしているとは限らない。そこで、30 問の観測変数の因子分析を行い、本研究対象者の理解の仕方を因子に分類した。高校 1 年時の 4 月と 2 月の 2 時点について、それぞれ 4 つと 5 つの因子に分類した。各因子はおおよそ、運動学、運動の第一法則、第三法則などに意味付けすることができた。この 2 時点間の各因子の共分散構造分析を行った結果、運動学の因子が次の時点におけるすべての因子と相関が強いことがわかった。一方、運動学以外の因子は、後の時点で、同じ意味を持つ因子との間の相関はあるものの、それ以外の因子との相関は低かった。つまり運動学の理解がその後の力学概念の理解に重要であることが示された。

(2) 後に「物理」を選択する生徒(物理選択者)は、後に「物理」を選択しない生徒(物理非選択者)に比べて、「物理基礎」を学ぶ前の時点の 4 月での FCI の得点が、有意に高いことが分かった。正解率に差があった問いは、重力に関する問 1、運動の第一法則に関する問 10、運動学に関する問 9, 19, 20 であった。また、4 月時点では差がなく、学年末の 2 月で差が生じた問いは、11 問あったが、そのうち 10 問は、インペタスや活性力の誤概念を含む問いであった。つまり、当初は、後の「物理選択者」、「物理非選択者」ともに、これらの誤概念を同様に持っているが、後の「物理選択者」は「物理基礎」を学ぶ間にこれらの誤概念を克服している割合が高いことがわかった。

また、4 月時点における 30 問の正誤を説明変数として物理選択の有無を目的変数とするロジスティック回帰分析を行った。この分析においても、運動学の問 9, 10, 20 の係数は有意となった。これらの問いは 2 月時点の得点と相関が強いので、その後の「物理」選択に関係するのは妥当な結果と思われる。しかし、この分析で、係数が最大となったのは問 14 (飛行機から落ちたボーリングの球の軌道を問う)であった。この問いは、自己中心的な座標系で観測してしまうという誤概念である。なぜこの問いが、その後の物理選択と相関が高いかについては、今後調べていく必要のある課題である。(1)(2) の分析を通じて、運動学の分野の理解が、その後の力学概念理解の伸び、また、「物理」を選択するかどうかに関係していることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件(うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件)

1. 著者名 Yoshihiko Shoji, Shuji Munejiri, and Eiko Kaga	4. 巻 17
2. 論文標題 Validity of Force Concept Inventory evaluated by students' explanations and confirmation using modified item response curve	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Phys. Educ. Res.	6. 最初と最後の頁 20120
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020120	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 河野杏樹, 加賀栄子, 宗尻修治
2. 発表標題 高校生の「物理」選択者を学ぶ高校1年生の力学概念理解 その後の「物理」選択者と非選択者の違い
3. 学会等名 第38回物理教育研究大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野杏樹, 加賀栄子, 宗尻修治
2. 発表標題 高校生の「物理」選択者と非選択者の、「物理基礎」を学んでいる時点での力学概念理解の違い—FCIデータを用いた多変量解析—
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Kono, S. Munejiri
2. 発表標題 Differences in understanding of mechanics concepts between high school students who choose 'advanced physics' and those who do not
3. 学会等名 The International Conference on Physics Education 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野杏樹, 加賀栄子, 宗尻修治
2. 発表標題 高校の「物理」選択者と非選択者が、高校の「物理基礎」を学んでいる時点での力学概念理解の違い
3. 学会等名 第26回物理教育研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宗尻修治, 加賀栄子
2. 発表標題 マルチレベルモデルを用いたFCI縦断データの分析
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河野杏樹, 宗尻修治
2. 発表標題 力学概念調査(FCI)縦断データのクラスター分析
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河野杏樹, 宗尻修治
2. 発表標題 ニュートン力学の概念理解度調査データのクラスター分析
3. 学会等名 2021年度 応用物理・物理系学会 中国四国支部 合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱田彩日香, 宗尻修治, 梅田貴士, 野村和泉, 斉藤準, 庄司善彦,
2. 発表標題 力学概念調査データの分析～自信度のジェンダーギャップ～
3. 学会等名 第39回物理教育研究大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Asuka Hamada, Shuji Munejiri, Takashi Umeda, Izumi Nomura, Jun Saito and Yoshihiko Shoji
2. 発表標題 Gender Gap in Confidence in the Force Concept Inventory
3. 学会等名 2024 AAPT(American Association of Physics Teachers) Winter Meeting
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 濱田彩日香, 宗尻修治, 梅田貴士, 野村和泉, 斉藤準, 庄司善彦
2. 発表標題 力学概念調査に対する自信度のジェンダーギャップ
3. 学会等名 第27回物理教育研究会
4. 発表年 2024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

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