

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：13701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700875

研究課題名(和文) 思考過程ごとに段階化された設問群を用いた和訳版力学概念指標の定量的な妥当性評価

研究課題名(英文) Validating the Force Concept Inventory with Sub-questions

研究代表者

安田 淳一郎 (Yasuda, Jun-ichiro)

岐阜大学・教育推進・学生支援機構・准教授

研究者番号：00402446

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円、(間接経費) 390,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、力学概念指標を用いた調査で現れる偽回答に着目し、質問紙調査によって、同指標の妥当性を定量的に評価した。質問紙の開発においては、偽回答の判定を行うのに必要な思考過程の単位まで指標の設問を細分化し段階化した設問群を独自に開発した。調査は、のべ635名の学生に対して実施した。分析の結果、問7と16は被験者がその設問で問われている物理概念を理解していなくても正答できる設問であり、妥当でないことが示唆された。ただしこの結果は、それらの設問を修正する必要があることを直ちに意味するものではない。それらの設問の不備を定量化し、系統誤差として今後の分析に組み入れればよい可能性がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we evaluated the validity of the Force Concept Inventory quantitatively, focusing on the false-answers. We addressed whether respondents who answer the questions of the FCI correctly actually have an understanding of the concepts of physics tested in the questions. To examine respondents' levels of understanding, we used subquestions that test them on concepts tested in the questions. Our sample size comprised totally 635 respondents; we derived false-positive ratios for prelearners and postlearners and then statistically test the difference between them. Then, we found that it is possible for postlearners to answer both questions without an understanding of the concepts of physics tested in the questions; therefore, Q.16 and Q.7 are invalid. However, this result does not indicate immediately that the two questions should be modified. We can use the questions if we can quantify the inadequacy of the questions and evaluate it as systematic errors.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：物理教育 科学教育 教育工学 教育評価 妥当性 指標 FCI 物理概念

1. 研究開始当初の背景

物理教育の効果を実証的に測定することを目的として、様々な指標の研究開発が国内外で活発に行われている。中でも、最も盛んに研究されている指標の一つが、Force Concept Inventory (以下、「FCI」) である¹⁾。FCI は学習者の Newton 的力学概念を測定するための指標であり、数式をほとんど使わずに解答できる 30 問の多肢選択式設問で構成されている (例を図 1 に示す)。FCI は 1992 年に米国で開発されて以降、現在では 21 カ国語に翻訳されており、国際的に広く普及している。国内では、東京理科大・東京学芸大グループ等が FCI を和訳したことを契機として、FCI を用いた物理教育研究が広まりつつある²⁾。

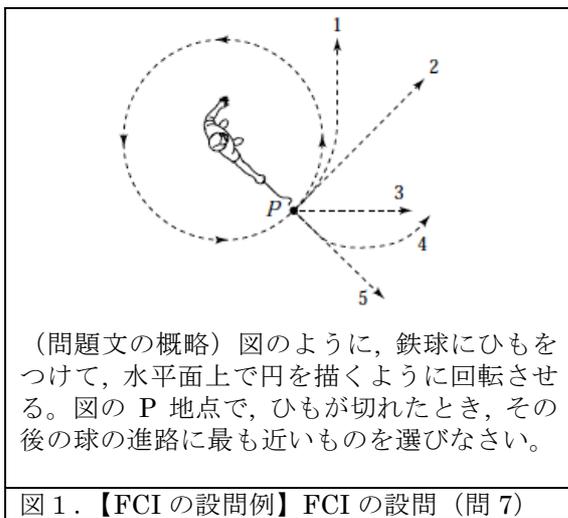


図 1. 【FCI の設問例】 FCI の設問 (問 7)

FCI 等の指標を用いる場合には、その妥当性を評価する必要がある。妥当性とは調査の目的とその手段の整合性のことであり、FCI の妥当性評価とは、「設問等が学習者の Newton 的力学概念を正確に測定できるように構成されているか」を調べることである。これまでに、文章や図の妥当性¹⁾、選択肢の妥当性³⁾、設問と物理概念との対応関係の妥当性⁴⁾など、様々な観点から FCI の妥当性が評価されている。

指標の妥当性は、調査対象となる集団ごとに異なる可能性があるため、国外で開発された指標を翻訳して用いる場合には、妥当性を改めて評価する必要がある。特に、日常体験に基づく表現で構成されている FCI の場合には、米国と文化的背景の異なる日本でも通用するとは限らない。ところが、和訳 FCI の妥当性はこれまでほとんど評価されてこなかった。

そこで、我々は前研究において、半構成型聞き取り調査によって、和訳 FCI の妥当性を評価した⁵⁾。その結果、表 1 で表される偽誤答または偽正答が、和訳 FCI 全 30 問中 16 問に現れることが明らかになった。ただし同調査では、和訳 FCI に不備がある可能性を示すことはできたが、被験者数が十分でなかった

ため、不備の確実さを定量的に評価することはできていなかった。

	理解している	理解していない
正答	真正答	偽正答
誤答	偽誤答	真誤答

表 1. 【回答の二項分類】 各行は、ある設問に正答したか、誤答したかを表す。各列は、その設問で問われている物理概念を理解しているか、理解していないかを表す。二項分類の方法を用いて FCI の妥当性を評価した研究は、それまでほとんどなかった。

2. 研究の目的

本研究では、質問紙調査の方法を用いて、和訳 FCI の妥当性を定量的に評価することを目的とする。前研究では、偽正答および偽誤答の判定を聞き取り調査で行ったが、同じ判定を質問紙調査で行うことにより、多数の被験者に調査を実施することが可能になる。

本研究の目的は、単に「FCI が使用しうるに適切か」を確かめることにとどまらない。本研究の目的には、FCI の問題点を探り出し、より適切な指標を開発する際の手がかりとすること、さらに、学習者の認知過程を精密に分析することにより、学習者の認知過程に関する新たな法則を発見することも含まれる。

3. 研究の方法

本研究では、偽回答の判定を行うのに必要な思考過程の単位まで設問を細分化し、段階的に再構成した設問群 (以下、「部分設問群」) を独自に開発した。これは、自由記述式の質問紙では、偽回答の判定を行うのに必要な全ての情報を、学生が記述するとは限らないという問題点があるためである。

部分設問群の例を図 2 に示す。

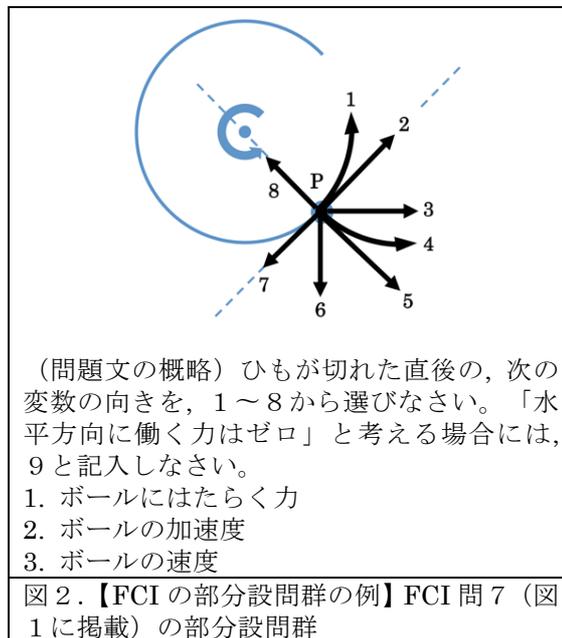


図 2. 【FCI の部分設問群の例】 FCI 問 7 (図 1 に掲載) の部分設問群

図2の部分設問群では、FCI問7(図1参照)を解くために必要な物理概念の全てを問うている。そのため、被験者が部分設問群を全て正答したか否かによって、被験者が問7で問われている物理概念を理解しているか否かを判定することができる。すなわち、偽回答の判定は、表1に対応づけると、表2のようにして行うことができる。

	部分設問群を 全て正答	部分設問群を 1つ以上誤答
正答	真正答	偽正答
誤答	偽誤答	真誤答

表2.【部分設問群を用いた偽回答の判定法】各行は、FCIの設問に正答したか、誤答したかを表す。

4. 研究成果

【研究の主な成果】

(1) 聞き取り調査の結果より、不備があることが強く示唆されていたFCIの2つの設問(問7,16)について、部分設問群を開発した。これらの部分設問群を含む調査票を用いて、国立大、私立大、各1校の学生計111名を対象に質問紙調査を実施した。

調査結果を表3に示す。分析は、各設問で問われている物理概念の既習者および未習者の2層に分けて行った。各層の偽正答率を算出し、両者の差について仮説検定を行った結果、95%の確実さで、両者の差が有意であることが明らかになった。この結果は、被験者がその設問で問われている物理概念を理解していなくても、その設問に正答できることを意味している。これより、本調査で対象とした2つの設問には不備があることが示唆された。

	問7		問16	
	未習者	既習者	未習者	既習者
部分設問群の誤答者数	46	48	31	48
偽正答率	$P_1=0.39$	$P_2=0.71$	$P_1=0.26$	$P_2=0.50$
P_1 と P_2 の差の標準化量	3.09		2.14	
P_1 と P_2 の5%水準有意差	有		有	

表3.【初年度調査の分析結果】

(2) 研究成果(1)の確証性を高めるために、当初の2問(問7,16)を含む、4つのFCIの設問について、部分設問群の改善および新規開発を行った。追加した2問のうち1問は、

聞き取り調査の結果から、偽正答率が問7、問16の次に高いことが示唆された設問(問6)を選択した。また、比較のため、偽正答率が低いことが示唆されていた設問(問5)も選択した。部分設問群の改善にあたっては、米国ジョージタウン大学、およびヴァルパライズ大学の研究者とも議論を行った。調査は、国立大1校、私立大3校の学生計524名を対象に実施した。

調査結果をまとめたものを表4-1と表4-2に示す。研究成果(1)と同様に、分析は、各設問で問われている物理概念の既習者および未習者の2層に分けて行った。各層の偽正答率を算出し、両者の差について仮説検定を行った結果、問7,16については、95%の確実さで、既習者と未習者の偽正答率の差が有意であることが明らかになった。一方で、問5、問6については、既習者と未習者の偽正答率の差は有意ではなかった。これらの結果により、研究成果(1)の確証性が高まるとともに、偽正答の観点から行うFCIの妥当性評価においては、問7および問16の影響が支配的であることが示唆された。

	問7		問16	
	未習者	既習者	未習者	既習者
部分設問群の誤答者数	226	225	109	337
偽正答率	$P_1=0.35$	$P_2=0.61$	$P_1=0.35$	$P_2=0.52$
P_1 と P_2 の差の標準化量	7.18		5.61	
P_1 と P_2 の5%水準有意差	有		有	

表4-1.【最終年度調査の分析結果(問7,16)】

	問5		問6	
	未習者	既習者	未習者	既習者
部分設問群の誤答者数	209	220	223	119
偽正答率	$P_1=0.091$	$P_2=0.082$	$P_1=0.57$	$P_2=0.65$
P_1 と P_2 の差の標準化量	0.34		1.67	
P_1 と P_2 の5%水準有意差	無		無	

表4-2.【最終年度調査の分析結果(問5,6)】

(3) 研究成果(1), (2)においては, 判明した不備が FCI 総得点に与える影響を定量的に評価することはできていなかった。また, 仮に同成果の結果を踏まえて FCI の一部の設問を修正した場合, FCI を用いた過去の調査結果と新しい調査結果を比較することが難しくなるという課題がある。

ここで我々は, 上記の課題は, 設問の不備を定量化し, 系統誤差として表現することによって解決できることに気がついた。このアイデアに基づいて, 最終年度の調査データを用いて分析を行ったところ, 不備のある設問は, 不備のない設問の4~7倍程度の値の系統誤差をもつこと, および, それらの系統誤差の値は統計誤差の値と同程度の大きさであることが明らかになった。この結果が, ゲイン⁶⁾等に与える影響の評価については, 今後の研究課題として取り組む予定である。

【得られた成果の国内外における位置づけとインパクト】

本研究の成果は, 2回の国内学会および2回の国外学会において, 全て口頭発表によって報告を行った。また, 中間まとめ報告としての論文を, *Physical Review Special Topics Physics Education Research* 誌から出版した。同誌は物理教育研究分野において, 2012年で最も *Impact Factor* が高い論文誌であり, また同誌から出版された日本人の論文は極めて少ない(私が調べた限り, 本論文が2本目)ことから, 本研究の成果には大きなインパクトがあるものと考えられる。

同論文は, 私と親交のある国内・国外の研究者に送付した。そして, ハーバード大の研究者には論文を各所に転送していただいた。その結果, ヴァルパライズ大学の研究者からは2ページにわたるコメント文が届いた。このコメントは, 研究成果(2)で実施した調査の改善にあたって, 大いに役立った。

【今後の展望】

研究成果(2)および(3)については, 国内および国外学会において中間報告を行っており, 今後は論文として早期にまとめる予定である。研究成果(2)については, 国内論文誌への投稿準備を進めている。また, 研究成果(3)については, 系統誤差がゲインに与える影響を解析した後に論文としてまとめ, 国外論文誌に投稿する予定である。

その後は, FCI の系統誤差評価の研究をさらに進める予定である。部分設問群の妥当性を評価して, 系統誤差の確実性を高めること, 系統誤差の一般性を高めること, 系統誤差を用いた教育効果分析法を構築すること, その国際的な通用性を高めること等を具体的なテーマとして, 次の研究計画を立てている。

引用文献

1) D.Hestenes, M.Wells and G.Swachkamer:

Phys.Teach., 30-3(1992)141-158 .

- 2) 新田英雄, 塚本浩司: 大学の物理教育, 17-1(2011)16-19.
- 3) N.Rebello and D.Zollman: *Am.J.Phys.* 72-1(2004)116-125.
- 4) T.F.Scott, D.Schumayer and A.R.Gray: *Phys.Rev.ST Phys.Educ.Res.*8(2012)020105.
- 5) 安田淳一郎, 植松晴子, 新田英雄: 物理教育, 59-2(2011)90-95.
- 6) R.Hake: *Am.J.Phys.*66(1998)64.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

① J.Yasuda and M.Tachiguchi, "Validating Two Questions in the Force Concept Inventory with Sub-Questions," *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 9, 010113, American Physical Society, 2013. (査読有) DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.9.010113

〔学会発表〕(計4件)

① 安田 淳一郎, 谷口 正明「Subquestionsを用いた FCI の定量的妥当性評価」日本物理学会 2013 年秋季大会, 徳島大学, 2013 年 9 月. (査読無)

② J.Yasuda and M.Taniguchi, "Validating the Force Concept Inventory with Sub-Questions," *International Conference on Physics Education 2013, Don Giovanni Conference Centre, Prague, Czech Republic, August, 2013.* (査読有)

③ 安田 淳一郎, 谷口 正明「思考過程ごとに段階化された設問群を用いた和訳版 FCI の定量的妥当性評価 2」日本物理学会 2012 年秋季大会, 横浜国立大学, 2012 年 9 月. (査読無)

④ J.Yasuda and M.Taniguchi, "Validating a Japanese Version of FCI with Cognitively Sequenced Questions," *World Conference on Physics Education 2012, Bahçeşehir Üniversitesi, Istanbul, Turkey, July, 2012.* (査読有)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安田 淳一郎 (YASUDA, Jun-ichiro)
岐阜大学・教育推進・学生支援機構・准教授
研究者番号: 00402446

(2) 研究協力者

谷口 正明 (TANIGUCHI, Masa-aki)
名城大学・総合数理教育センター・准教授

Mike Hull

Georgetown University, Department of
Physics, Research Associate