

## FCI に対する作図回答の調査と計算機による自動診断化

### Study of Drawing Force in FCI and Its Automated Diagnosis

山田 敦士<sup>\*1</sup>, 篠原 智哉<sup>\*2</sup>, 山元 翔<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>

Atsushi YAMADA<sup>\*1</sup>, Tomoya SHINOHARA<sup>\*2</sup>, Sho YAMAMOTO<sup>\*2</sup>, Yusuke HAYASHI<sup>\*2</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 広島大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering, Hiroshima University

<sup>\*2</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Engineering, Hiroshima University

Email: yamada@lel.hiroshima-u.ac.jp

**あらまし**：力学の概念における学習者の理解度を調査するためのテストとして、Force Concept Inventory (以下 FCI) というものが提案され、国際的に広く普及している。しかし FCI は選択形式で出題されるため、学習者の持つ概念を選択結果としてしか調査することができない。本研究では学習者の持つ力学概念をより詳細に調査するため、FCI の問題状況を表した図を提示し、物体に働く力を作図させるテストの提案と実施を行う。テストはシステム化し、適切に診断を行うことで、正解、及び問題となる状況に対して学習者の持つ誤概念を集計できる仕組みになっている。また、システム化による FCI の演習化も試みる。

**キーワード**：Force Concept Inventory, 誤概念, 力学, 作図

## 1. はじめに

ニュートン力学の基本的な概念について学生の理解度を調査するためのテストとして Force Concept Inventory(以下 FCI)というものがある。

FCI は広く利用されているテストではあるが、選択形式で出題されているため、被験者の持つ概念を選択結果としてしか知ることができないという特徴を持つ。そこで本研究では、被験者の持つ力学概念をより詳細に把握するため、FCI の選択肢を選択した後、その問題で対象としている物体に対して、力、速度、あるいは加速度を矢印で作図させる方法を提案する。また、この診断結果を計算機で診断することで、その結果の診断・集計の負担軽減や、FCI を利用した演習の実現も目指す。

## 2. Force Concept Inventory(FCI)

### 2.1 FCI とは

物理力学の学習者が持つ概念の調査のための試験紙として、Force Concept Inventory(以下 FCI)というものが提案されている<sup>(1)(2)</sup>。この FCI は 18 カ国語に翻訳され、国際的に広く普及している。また、FCI はある物体の軌道や力、速度、加速度を問う全 30 問からなり、各問は 5 つの選択肢を持つ。ここでの選択肢は、状況に対する学習者の力学的解釈を記述しており、正解だけではなく、学習者の持っている誤概念も含まれている。よってここでの選択は、学習者の持つ、物理状況に対する力学的概念を選択することになる。

### 2.2 FCI の出題形式による問題点

FCI は選択肢による概念調査になっているため、学習者の選択肢としてしか、その人が持つ概念を知ることができない。そのため、何故そのような力学的概念を持っているかまでは知ることができない。

### 2.3 FCI の回答の作図

学習者の持つ力学概念をより詳細に知るために、作図により、その力学概念の理解に至った理由を知ることができる。そこで、本研究では学習者に FCI の選択肢に回答させ、その選択した力学的概念を作図させることにより、その学習者の持つ力学概念を詳細に把握することを試みる。この際、作図結果の診断を計算機により自動化することで、演習の負荷の軽減も目指す。

## 3. FCI の演習化

### 3.1 FCI の課題の分析

FCI の作図化を行う上で、課題の分析を行う。FCI の課題は、全て物理状況を提示した上で、その状況と力、速度、あるいは加速度の関係について選択させるものになっている。そのため、どの間の選択肢に記述されている物理状況も、これら 3 つの要素に分解することができる。よって作図とは、学習者には問題で提示されている物体にこれらの力、速度、加速度を矢印で記述させることになる。

### 3.2 作図方法の定義

FCI の全ての選択肢の状況を記述するために必要な要素の分析を行う。作図のためには、まず、力、速度、加速度の矢印が必要である。そしてこれらの矢印には、大きさ、向き、そしてどの位置から記述するか、といった始点の設定が必要となる。これらを、FCI の全ての物理状況と、全ての選択肢において作成したところ、以下のルールが必要になった。

- (1) 矢印の大きさ：8 段階
- (2) 矢印の向き：8 方向
- (3) 矢印の始点：オブジェクトに対して、上下左右の辺と中心

これらのルールに基づいて、学習者は自らの選択した概念に対する力の関係を記述することで、その概念の選択理由の作図を行う。

### 3.3 演習手順

ここまでのまとめとして、FCI を課題化した際の演習方法について述べる。学習者はまず、従来の FCI の問題に取り組む。その後、選択した力学的状況について、その理由を状況に対する作図という形で記述する。その後回答結果を診断・フィードバックすることで、学習者の概念についての理解の把握や、その修正などを行うことができると言える。

## 4. Force Concept Drawing System

ここでは3章で述べた演習方法を実現したシステム、Force Concept Drawing System(FCDS)について説明する。

### 4.1 システム画面

システムは大きく分けて2つの画面から構成されている。

1つは従来の FCI と同様に選択肢の中から自分の考え方に一番近いものを選ぶ「選択肢回答画面」(図1)である。この画面は、選択肢が記述されている箇所がボタンになっており、その箇所を押すことで回答を行う。「作図画面へ」ボタンを押すことにより、次の作図画面に移る。

そしてもう1つは、自分が選んだ選択肢について作図を行う「作図画面」である(図2)。この画面には、力、速度、及び加速度の中から自分が記述する矢印を切り替えるボタンと、自分が記述した矢印を削除するボタンと作図結果を診断するボタンが用意されている。ここで、学習者は画面に提示されている物体に「力・速度・加速度」を記述できる。

### 4.2 診断機能

システムでは、学習者が5つある選択肢の中から選んだ回答の正誤の診断、及び問題が対象とする状況で物体に働く「力・速度・加速度」が正しく作図できているかの診断を行う(図3)。

診断要素としては、物体にかかる、「力・速度・加速度」のそれぞれの大きさ、「力・速度・加速度」のそれぞれの向き、について一致しているかどうか、どのように一致しないかを診断する。

ただし、図1の問題は自動車とトラックの間に働く「力」の関係について各選択肢で述べられているが、「速度・加速度」に関しては直接触れられてはいない。そのため正誤診断を行うためには、こちらで「速度」と「加速度」の正しい作図表現を定義しなくてはならない。その作図表現の妥当性について、現在力のみ分析を終えているので、今回は力の範囲のみ取り扱う。

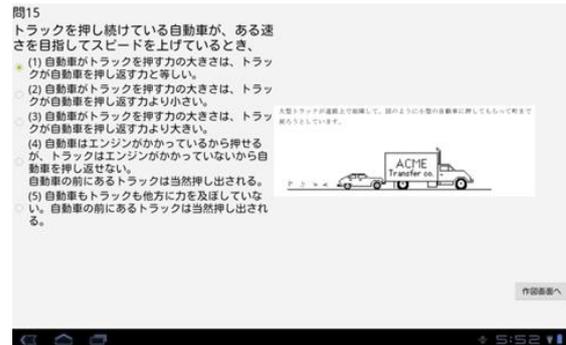


図1 選択肢回答画面

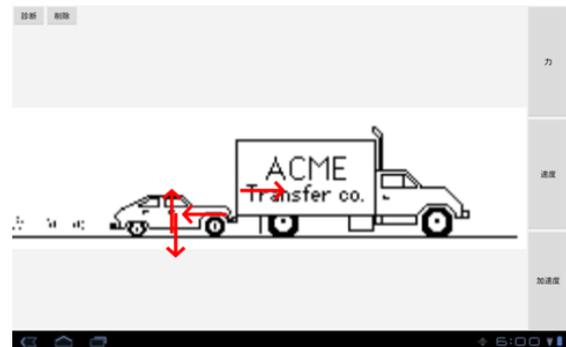


図2 作図画面

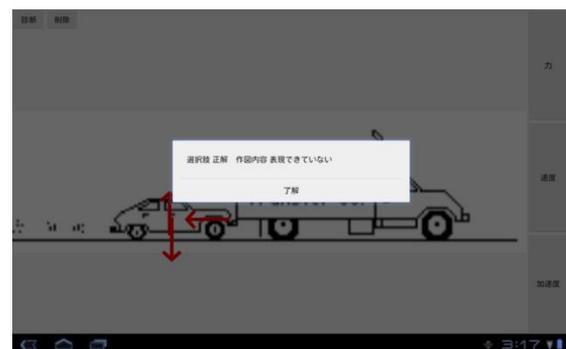


図3 診断機能

## 5. まとめ

本研究では、従来の FCI の問題に加え、作図を行わせることによって、被験者の持つ力学概念をより詳細に調査をするという演習方法を提案した。さらに、それによって新たに現れる診断者側の負担を軽減するためのシステムの設計・開発を行った。

現時点では、提示した物体に力についての作図を行わせる機能は実装しており、診断が可能となっている。

今後は速度と加速度について範囲を拡張し、システム上での演習の再現性、及び演習の有効性の調査を目的とした評価実験を予定している。

### 参考文献

- (1) D. Hestenes, M. Wells and G. Swackhamer, Phys. Teach. 30, 141(1992)
- (2) 新田英雄,塚本浩司:FCI(Force Concept Inventory)とは何か,大学の物理教育,17(1), pp.16-19(2011).