

ILDs型授業による中学校理科「力と運動」の学習効果

福岡 環^{*1}・二子石将顕^{*2}・別府直晃^{*1}・木下浩樹^{*1}・福島和洋^{*3}

Effectiveness of Lecture Based on ILDs for Learning of Force and Motion in Junior High School Science

Tamaki FUKUOKA, Masaaki FUTAGOISHI, Naoaki BEPPU, Hiroki KINOSHITA and Kazuhiro FUKUSHIMA

Abstract

A lecture on the issue of force and motion concept is carried out at a junior high school class by use of a pedagogical manner based on Interactive Lecture Demonstrations (ILDs). We evaluate the degree of conceptual understanding and compare this result with that for students who are taught with the conventional lecture. As a result, we find from the score of post-test that the conceptual miss-understanding is remarkably improved in the ILDs-based class, namely, active learning can clearly enhance the ability to understand the law of dynamics.

1. はじめに

近年、学習者に正しい概念や思考力を身に付けさせるため、Active Learning (AL) 型の授業が注目され、広く実践されている。物理学の分野においては、よく知られた力学の誤概念を是正するため、ThorntonとSokoloffは、その評価テストであるForce and Motion Conceptual Evaluation (FMCE)を用いて大学生に対して行ったAL型授業により飛躍的な改善が得られたという報告を行っている。[1]この報告で実践された授業方法は、Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) と呼ばれる手法で、ILDs型授業では、学習者が抱きやすい誤概念を中心に、段階的に構成された複数の課題を通して、設定された課題の解決を対話的に行うよう組み立てられている。学習者はまず個人で課題に対する予想を立て、次に学習者同士で深く討論を行い、その物理現象の根底にある概念について理解を深めていく。伝統的な講義、つまり、一方向的な授業に比べて、概念の理解・獲得においては、学習者間のInteraction (相互作用) を取り入れることが本質的効果をもたらすと考えられている。Thornton-Sokoloffの成果を受け、その後、ILDs型授業のための演示実験装置の開発[2]や熱力学的誤概念の解消を目的とした授業の実践[3]、学習者の動機づけへの影響に関する

研究[4]など研究領域は広がり発展しつつある。

AL型授業の効果については、参考文献[1]以外にもその有効性に対し高い評価が得られている。[5]、[6]特に、単なる知識の習得だけでなく、物理概念の確実な理解が顕著であることが、AL型授業の特徴であると述べられている。しかしながら、その手法は確立されているとは言い難く、現在まだ検証段階であるといえる。これまで、ILDs型授業は、主に米国の物理教育において開発・研究がなされてきており、日本では高校・大学で実践されているのみである。[7]本稿では、中学生を対象にILDsに基づく授業を行い、力と運動の概念理解に対する効果を検証する。事前・事後のテスト結果の分析から学習者の理解の変化について考察する。

2. 方法

2.1 対象

一般に、中学生が持つ力と運動に関する誤概念として、①力は運動する方向に常に働いている ②継続する運動の途中で速度がゼロになる瞬間において力は働いていない、または、つりあっている が挙げられる。①は、運動状態から働いている力を考えようとしており、②は、一瞬静止したときも速度は変化し続けているということが理解されていない、という考え方が誤りを生む原因となっている。いずれにせよ、Newtonの運動法則が正しく理解されていないことが問題である。対象の生徒に行った事前の概念テストでも、この傾向がみられる。そこで、

*1 熊本大学大学院教育学研究科

*2 熊本大学教育学部附属中学校

*3 熊本大学教育学部

運動法則を正しく理解させることを目的として、熊本大学教育学部附属中学校3年生のうち、class-A38名（男子：19名、女子：19名）を、ILDs型授業を行った実験群、class-B38名（男子：19名、女子：19名）を、伝統的な通常授業を行った対照群として実践した。

2.2 授業内容

実験群について、2017年8月31日に力学分野の中から運動の第1・2法則についてILDsによる授業を行った。ILDsオリジナルの展開は、

1. 演示実験を用いた課題の説明
2. 課題に対する予想（ワークシートに記入）
3. 予想に対する班・全体討論
4. 演示実験
5. 結果のまとめ
6. 結果に対する班・全体討論

である。今回は、1コマ50分の授業のはじめにプレテストを10分程度行い、その後40分間以下のような展開で実践をおこなった。

1. 演示実験を用いた課題の説明
2. 課題に対する予想（ワークシートに記入）
3. 予想に対する班・全体討論
4. 可能なものは演示実験を示しながらまとめる
演示に用いた実験装置を図1に示す。



図1 実験装置

対照群については、2017年9月1日に、実験群と同じ単元を、説明による伝統的な講義形式で行なった。

2.3 手続き

物理概念の変化

授業前後での物理概念の変化を検討するために、FMCEをもととした中学生向けの力学概念テスト（付録）を実施した。実施時期は、事前テストは授業の直前、事後テストは授業終了から1週間後である。

受講者の意識調査

事後テストとともに、生徒には自由記述で授業の感想を書かせている。本稿では、テストの伸び率とともにこの回答を分析する。

授業記録

授業中の受講者の行動を記録・検討するため、教室後方に1台ビデオカメラを設置した。

3. 結果と考察

3.1 物理概念の変化

ILDsの概念理解に対する効果を調査するため、事後テストにおける規格化ゲイン（G：以下、ゲイン）による評価を行なった。このとき、ゲインの計算式は

$$G = \frac{(\text{事後テストの得点率}) - (\text{事前テストの得点率})}{1 - (\text{事前テストの得点率})}$$

であり、ALとして授業が成立したことを示す目安の値は0.3である。また、事前・事後テストの採点は連続する問題をすべて正解することで一つの正解とする、群採点の方法で行った。（付録の問題における通し番号1-2を問題群1、3-4-5を問題群2、6-7-8を問題群3、9-10を問題群4と表記する）FMCEは群採点で概念理解を評価する形式のテストであるため、FMCEをもととした今回のテストも、これに準ずる必要がある。

このような方法で評価したところ、実験群G=0.47、対照群G=0.15であった。実験群の結果は、ALの目安となる値0.3を上回っており、実践したILDsは受講者の力学概念の理解に一定の効果があったといえる。また対照群は、伝統的授業における一般的な伸び率を示している。

3.2 各問題群の伸び率と授業展開

各問題群の伸び率を、図2に示す。また、図3・4は、実験群・対照群それぞれの、問題群ごとの正答率の変化のグラフである。

図2から、問題群1・2・3は実験群の伸び率が

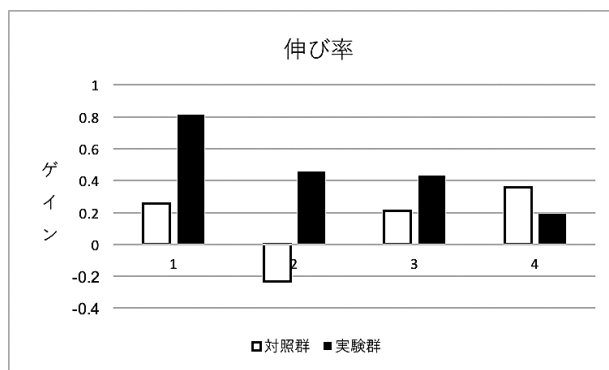


図2 伸び率グラフ

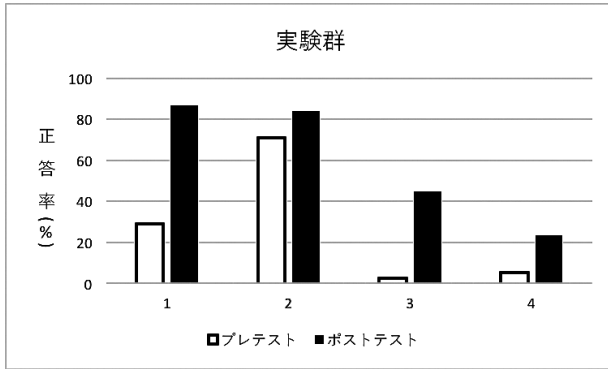


図3 実験群テスト結果

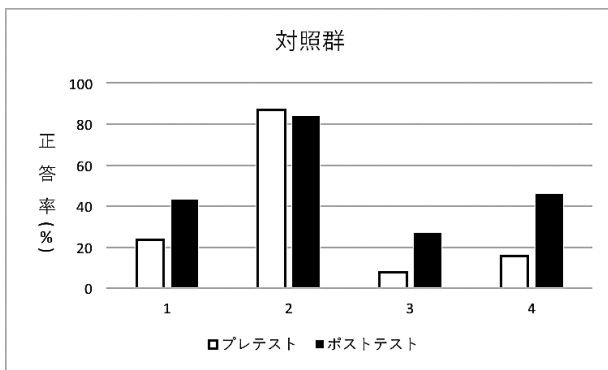


図4 対照群テスト結果

極めて大きいという結果が得られた。特に問題群1は等速直線運動における力の働き方を問う問題であり、事前の運動する方向に力が働くという誤った考えがかなり改善されている。同様に問題群3では上昇する運動と一瞬静止したとき、下降する運動のすべてにおいて下向きの力が働いているという基本的な力学概念が、十分ではないがよく理解されていることを示している。問題群4では対照群の伸びが逆転していることがわかる。このことについて、授業の展開を考察する。問題群4は、グラフに関する問題である。対象群では力や速度についての説明をする際、グラフを用いて講義を行ったが、実験群では討論に時間をかけた展開であったため、実際のグラフを見せたりするなどの結果の提示が不十分であった。そのため、生徒たちの思考が完全に整理されることがないままであったことが考えられる。

4. 結論

中学生を対象に、力と運動に関する誤概念の是正を目的として、ILDsによる授業と通常授業を行い比較した。実践の分析結果、ILDsの展開で行ったclass-Aでは、通常授業を行ったclass-Bに比べ、概念理解に明らかな効果が見られた。特に、誤概念に直結する問題群3で伸びが見られたことから、中学

生に対してもILDs型授業の有効性が示されたものと結論できる。ただし、本来のILDsでは、結果を演示実験で示し、まとめをおこなった後に全体でその結果についての討論を行うことになっているが、本実践では、中学生向けに内容を作り変えたこともあり、まとめの段階で全員が納得して終わることができなかった。結果の示し方とまとめについては、今後、改善策を検討していきたい。

また、学習観による成績の伸びの違いに関して、事後テストと同時におこなった自由記述の感想を分析すると、授業に対して不快、怒りのような感情を示したグループと、楽しかった等の良い印象を表現したグループに比べ、無回答またはどちらとも言えないと回答したグループでは、わずかではあるが伸び率に差が見られた。不快を示したグループが高い伸び率を示したことについて、認知的な葛藤が起こったためや、悔しさからより理解を深めたいという感情につながると解釈すると、動機づけによる学習者の変化について述べられている、北村・谷口の研究[4]の内容とも一致する。調査学習者に事前に動機づけを施し、学習観の変化を確認したのち、その結果として、概念理解にどのような影響がもたらされるかを、中学生を対象として実践し解析することを今後の課題とする。

謝辞

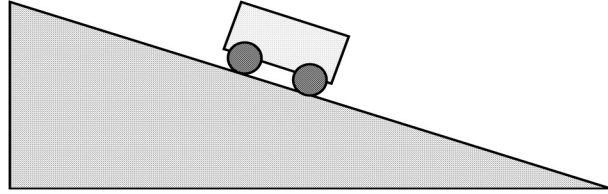
本研究を進めるにあたり、京都教育大学の谷口和成教授には多くの有意義な示唆を頂き大変感謝いたします。

引用文献

- [1] R. K. Thornton and D. R. Sokoloff, Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula, *Am. J. Phys.* **66**, 338-352, 1998.
- [2] G. Yoder, and J. Cook, Innovative Interactive Lecture Demonstrations Using Wireless Force Sensors and Accelerometers for Introductory Physics Courses, *Phys. Teach.*, **48**, 567-571, 2010.
- [3] H. Georgiou and M. D. Sharma, Does using active learning in thermodynamics lectures improve students' conceptual understanding and learning experiences ?, *Eur. J. Phys.*, **36**, 01520, 2015.
- [4] 北村貴文, 谷口和成, ILDsによる概念理解に対する学習者の動機づけの影響, *物理教育*, **63**, 98-103, 2015.

2 図のような斜面の上を転がる台車の運動を考える。

台車を手で持って斜面の下から上へ押し上げ手を離すと、初め、台車は斜面に沿って上向きに運動し、最高点の高さまで登って一瞬止まり、次に転がり落ちる運動をする。ここでは、手を離れた後の運動を考える。ただし、摩擦や空気抵抗はないとする。



次の問いについて、最も当てはまるものを解答群の中から選んで A から N の記号で答えよ。ただし、記号は何度用いてもよい。

- (1) 台車が斜面に沿って上向きに運動しているときの速度を示したものはどれか。 []
- (2) 台車が斜面の最高点で一瞬止まったときの速度を示したものはどれか。 []
- (3) 台車が斜面に沿って下向きに運動しているときの速度を示したものはどれか。 []
- (4) 台車が斜面に沿って上向きに運動しているときの力を示したものはどれか。 []
- (5) 台車が斜面の最高点で一瞬止まったときの力を示したものはどれか。 []
- (6) 台車が斜面に沿って下向きに運動しているときの力を示したものはどれか。 []

解答群

- A. 速度は斜面に沿って上向きで一定である。
- B. 速度は斜面に沿って上向きで段々速くなっている。
- C. 速度は斜面に沿って上向きで段々遅くなっている。
- D. 速度はゼロである。
- E. 速度は斜面に沿って下向きで一定である。
- F. 速度は斜面に沿って下向きで段々速くなっている。
- G. 速度は斜面に沿って下向きで段々遅くなっている。
- H. 力は斜面に沿って上向きで一定である。
- I. 力は斜面に沿って上向きで段々大きくなっている。
- J. 力は斜面に沿って上向きで段々小さくなっている。
- K. 力は働いていない。
- L. 力は斜面に沿って下向きで一定である。
- M. 力は斜面に沿って下向きで段々大きくなっている。
- N. 力は斜面に沿って下向きで段々小さくなっている。

3 ここでも、摩擦や空気抵抗のない斜面上の台車の運動を考える。手で押し上げられた台車が手から離れた後の運動において、初め、台車は斜面に沿って上昇し、最高点に達した後、下降する。下の図は、斜面に沿って上向きを正（プラス）とし、横軸を時間、ある量を縦軸にとったグラフである。この一連の運動に関する問いについて、最も当てはまるものをグラフの中から選んで A から H の記号で答えよ。ただし、記号は何度用いてもよい。

- (1) 縦軸が速度を表しているグラフはどれか。 []
 (2) 縦軸が力を表しているグラフはどれか。 []

