

複数シチュエーションでの MIF 誤概念解消を目的とした 物理学映像授業の作成と評価

石井 稜悟^{*1}, 仲林 清^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院, ^{*2} 千葉工業大学

Development and Evaluation of Physics Video Content Intending to Resolve MIF-Misconception in Various Situations

Ryogo ISHII ^{*1}, Kiyoshi NAKABAYASHI ^{*1}

^{*1} Graduate School of Chiba Institute of Technology, ^{*2} Chiba Institute of Technology

「物体が運動をするとき、進行方向には力が働いている」と考える Motion Implies a Force (MIF) 誤概念を所持している大学生は多い。このような誤概念は、高校物理学の授業において「力」というわかりにくい概念から最初に教えようとするため生じていると考える。そこで、MIF 誤概念が確認される問題において「力」から問題を解いていくのではなく、質量や加速度、運動の法則といった学習者が正しく認識しやすいものから順序立てた説明を行い、それらの知識を結び合わせて「力」の説明を行えば、正しく「力」を認識できるのではないかと考えた。等速度運動のシチュエーションを例とした MIF 誤概念解消のための映像教材を作成し、MIF 誤概念を持つ大学生を対象に評価を行った。

キーワード: 映像授業, 物理学学習, MIF 誤概念, 運動の法則, 学習の順序

1. はじめに

高校物理学を勉強する際、学習者が経験則に基づく誤概念を所持している可能性に留意する必要がある。経験則に基づく誤概念の具体例として、Clement (1982) が提唱した「運動をする物体には運動の向きに常に力が働いている」と考える Motion Implies a Force (MIF) 誤概念⁽¹⁾や、質量の異なる二つの物体が互いに力を及ぼし合うとき、質量の小さい物体が他の物体に及ぼす力よりも、質量の大きい物体が他の物体に及ぼす力の方が大きいという考えなどがある⁽²⁾。学習者が経験則に基づく誤概念を所持していると運動方程式の立式が困難となるという報告⁽³⁾も存在し、誤概念の保持は教育の現場で大きな問題となっている。また、誤概念の保持は高校物理学の初学者だけでなく、一度学習をした大学生にも多くみられ、学習のつまづきの原因となっている。

本研究では、このような高校物理学を既習済みにも関わらず MIF 誤概念を保持してしまう原因は、従来の

教育が「力」というわかりにくい概念をあいまいな説明で行ったまま問題を解かせようとするためではないかと仮定した。そこで、学習者が正しく「力」を認識できるようにするために、質量や加速度、運動の法則といった学習者が理解しやすいものからそれらの知識を結び合わせて「力」の説明を行う授業を設計した。この授業を映像教材として作成し、MIF 誤概念を所持する高校物理学既習者の大学生を対象に学習効果についての調査を行った。

2. MIF 誤概念に関する先行研究

これまでの物理学誤概念を題材とした研究は、シミュレーション教材や実験映像を用いた研究と、生徒間の討論を中心としたアクティブ・ラーニング実践の研究に分けることができる。シミュレーション教材を用いた研究では、動的シミュレーションと静的シミュレーションを用いた研究⁽⁴⁾や、学習者にシミュレーションを操作させ、映像で操作に基づく物体の動きを提示

して物理概念理解をもたせようとする研究⁽⁵⁾がある。実験映像を用いた研究では、固定カメラと追跡カメラを用いて物体の落下実験を映像として学習者に提示をする研究⁽⁶⁾がある。アクティブ・ラーニング実践の研究では、MIF 誤概念を注目的に力の様子を可視化できる教材の開発と授業実践⁽⁷⁾や、生徒応答システム(クリッカー)を利用し、「ピア・インストラクション(PI)」を取り入れた授業実践⁽⁸⁾、アクティブ・ラーニングを用いた物理カリキュラム「インタラクティブ・レクチャー・デモンストレーションズ(ILDs)」により、伝統的な授業や実験では払拭することが困難な誤概念を学習者自らの手で克服することを目的とした授業実践⁽⁹⁾などがある。

しかし、これらの研究は実験やシミュレーションを通じて学習者に正しい力の考え方を認識させようとするものであり、質量や加速度を先に理解させ、それによって力の説明を行うといった授業の設計は行っていない。そこで本研究では、質量や加速度の理解後に力の説明を行う授業方法に着目し、MIF 誤概念解消を目的とした学習手法の開発を行う。

3. 前回の研究と課題

前回の研究⁽¹⁰⁾では物理学映像授業において、教師の有無で学習者の理解に違いが生じるか調査をした。この調査は予備校などの教育の場で主に用いられる授業風景を録画した映像授業を視聴する実験群と、個人作成で多く用いられるスライドと音声で構成された映像授業を視聴する統制群に分ける比較実験である。情報系大学の学部3年生8名を対象に物理学の習熟度に関するアンケート調査を行い、均等に2群分けを行った。

この実験では、学力調査を目的とした基礎・応用問題の他に、学習者の誤概念の保持状況について調査をする概念問題を出題した。教師あり映像授業を視聴した実験群と教師なし映像授業を視聴した統制群の両群とも、映像の視聴前と視聴後に同一の概念問題を解答させたが、事前段階で両群を合わせて多くの学習者が経験則に基づく誤概念を所持しており、映像視聴後も一部の学習者で若干の改善がみられたものの誤概念が払拭された学習者は少なかった。また、誤概念を払拭

できなかったことから学力を測る基礎、応用問題でも運動方程式の立式がうまく行えず学力の向上がみられなかった。

この研究で研究対象とした大学生のほとんどがなんらかの物理学誤概念を保持しており、中でもMIF 誤概念に関しては学習者8名全員が保持していた。作成した従来の映像授業では概念的な理解まで深められなかったため、物理学誤概念に焦点を当てた映像教材、特に保持する学習者の多かったMIF 誤概念に焦点を当てた学習手法の開発が必要であると考えた。

4. 今回の研究の目的

前回の研究より、高校で物理学を学習したのにも関わらず、大学生の多くがMIF 誤概念を所持してしまうのは、従来の授業における「力」の教え方に問題があるのではないかと考えた。

高校の授業などでは、最初に「力」を説明する場合に、「力は、物体を変化させたり運動の状態を変えたりする原因」と説明し、ボールとバットの例などを用いて身近に体感できるものと学習者に教えることが多い。また、運動方程式の問題を解答する際にも、力を最初に図に書き込むべきと指導する場合が多い。しかし、「力」はMIF 誤概念などが生じるように本来はあいまいで分かりにくい概念である。そのため、学習者は分かりにくい概念をなんとなく分かった気のままになってしまい、「力」から先に考えようとするために誤概念が発生しているのではないかと仮定した。そこで、運動の法則を用いて、「加速度と質量という学習者がイメージしやすいものを先に確認させてから力について定義する」という順序で教育を行えば、学習者は自身の正しく理解できるものから知識の結び付けを行い、正しく「力」について認識することができるようになるのではないかと考えた。

またMIF 誤概念は、等速度運動を含む複数の連続的運動のシチュエーションに対して生じる。そこで、学習者が等速度運動の例で正しい「力」の概念を認識できれば、他のMIF 誤概念が現れるシチュエーションでも、正しい「力」の概念を当てはめることができるようになるのではないかと考えた。

本研究では、高校物理学力学分野を既習済みでMIF

誤概念を所持する大学生に、等速度運動シチュエーションを例として「力」を正しく認識させるための映像教材を視聴させ、等速度運動シチュエーションでの MIF 誤概念の解消を試みる。その後、MIF 誤概念が確認される他シチュエーションの問題を提示し、等速度運動以外のシチュエーションにおいても学習者が MIF 誤概念の解消につなげることができるか調査する。

5. 学習目標と学習範囲

5.1 学習目標

MIF 誤概念は、物体の進行方向に力が働いていると考えてしまう素朴概念である。そこで、学習者が従来まで MIF 誤概念を所持していたシチュエーションにおいて、物体の進行方向に力は働いていないと正しく認識することを学習目標としている。

5.2 学習の範囲

今回の研究では、学習の範囲を高校物理学の力学に関する例題として多く出題される「人が物体を手放したときの物体の運動」に絞った。しかし、「人が物体を手放したときの物体の運動」は水平転がし・鉛直投げ上げ・斜め投射といった複数のシチュエーションに分けることができる。また 4 章で述べたように、MIF 誤概念は等速度運動を含めた連続的な運動に当てはめられるため、これら全てのシチュエーションで MIF 誤概念が確認される。そこで、以下の各節でシチュエーション（床の摩擦、空気抵抗は考えない）における誤概念の特徴を解説する。

5.2.1 水平転がし問題

物体を転がすと等速で転がり続けることは多くの学習者が理解している。しかし、MIF 誤概念により物体が転がり続けるからには力が働き続けているはずだと考える学習者が多い。問題例を図 1 に示す。

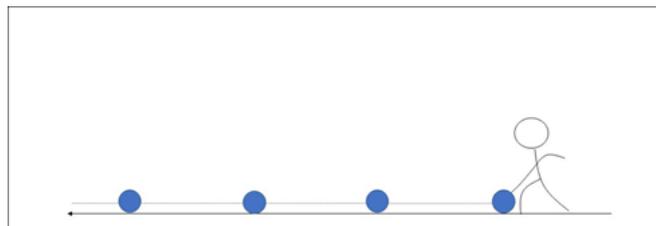


図 1 水平転がし問題の例

5.2.2 鉛直投げ上げ問題

重力下の物体の投げ上げでは、物体が上昇している間は重力に勝る上向きの力が働き、下降するのは上向きの力が徐々に減少した結果、重力が勝って下向きに力が働いていると学習者は考える⁽¹¹⁾。問題例を図 2 に示す。

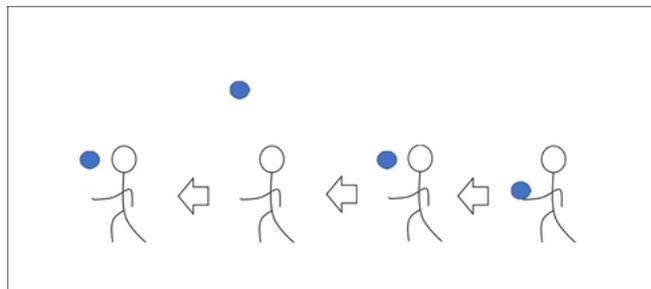


図 2 鉛直投げ上げ問題の例

5.2.3 斜め投射問題

斜め投射の問題では水平ころがしと鉛直投げ上げの誤概念の特徴が合わさったものになる。MIF 誤概念を持つ多くの学習者は物体の描く放物線に沿って力が働いていると考えるが、水平方向に力が働いていると解答する学習者も一部存在する⁽¹¹⁾。問題例を図 3 に示す。

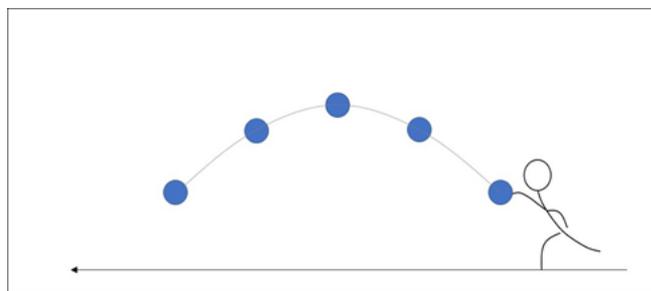


図 3 斜め投射問題の例

6. 学習手法

6.1 学習の組み立て

本研究では力学既習者を対象とするため、学習者は運動の法則や公式などの既有知識として所持している。そこでこれまでに学習した知識を用いて順序立てた説明を行い、自身の間違い部分（MIF 誤概念の所持）について気がつかせることができると考えた。例えば、力について理解をしたい場合、力学を学習済みの学習者は図 4 のように、質量と加速度について理解と、運動方程式 ($ma = F$) 用いることで力についての理解につなげることができる。力というものは抽象的で理解しにくいものであるが、質量や加速度は実体験や測定

に基づいて力よりも理解がしやすいのではないかと考えた。そこで、学習者の理解しやすい知識から順序立てて説明し、運動の法則と結びつけて力について理解させ、どこで自身の法則と矛盾が生じているか学習者に気がつかせるための学習を設計した。

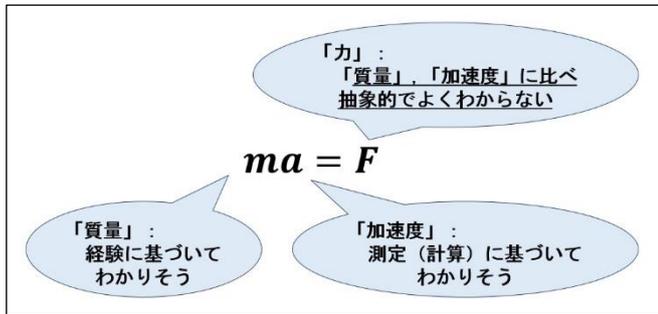


図 4 運動の第 2 法則と力

設計した学習のステップを表 1 に示す。ステップ 1 では、従来の高校物理学の教科書や参考書ではどのように「力」が説明されているかを振り返り、力学に関する知識の投げかけやおさらいを行った。ステップ 2 では質量についての確認を行った。学習者がすでに持つ知識を活用するため、従来の高校物理学の質量に関する教育時に多く用いられる「同じ物体でも地球と月で計ってみると重さが変わる」とう話を交えながら説明を行った。重さと質量の違いを確認することで、質量について正しく理解し、重さは「力」と関係があると気がつかせる意図がある。ステップ 3 では、はじめにステップ 2 で説明を行った質量を例として用い、質量が大きいものほど物体が動かすにくいという体験をしたことがあるのではという投げかけを行う。その後、質量が違う 2 物体を同時に押し進めるアニメーションを提示し、2 物体で進み方が違うこと（単位時間あたりの物体の位置の変化）を示す。その後、単位時間あたりに速度がどれだけ変化していたかをグラフで示し、この変化の大きさが加速度であると説明する。そしてこの加速度は質量と反比例しており、これを式で表したものが運動の第 2 法則（運動方程式）であると示す。ステップ 4 では、運動の第 2 法則はこれまでに確認した質量と加速度、そして最終的に理解をしたい「力」で成り立っていると確認を行う。その後運動の第 1 法則（慣性の法則）の内容について確認し、運動の第 1 法則が成り立つ場合は運動方程式($ma=F$)において $F=0$ であるともいえると説明を行う。そして

最後のステップ 5 において、等速度運動の例題を提示し、ステップ 2、ステップ 3、ステップ 4 で理解した知識をひとつに結び付ける実例を行うことで、進行方向への力の記入が起こりやすい問題を解答する際の考え方の順序や、働く力についての確認を行った。

表 1 学習のステップ

	学習内容
ステップ 1	これまでに学習を力学に関する内容のおさらい
ステップ 2	質量についての確認・理解
ステップ 3	加速度についての確認・理解
ステップ 4	運動の第 1 法則, 第 2 法則についての確認・理解
ステップ 5	力についての確認・理解

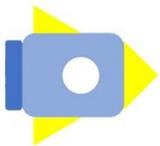
6.2 映像教材

映像教材の設計、作成を行った。教材内容は表 1 のステップに基づいたものである。教材の PowerPoint を用いて作成を行い、スライドを動画化して映像教材とした。映像教材はクラウド上に保存し、学習者は大学から配布された iPad を用い、指定した URL から動画を視聴する。動画再生時間は 10 分 33 秒である。作成した映像教材の例として、学習のステップ 5 の等速度運動の例題を用いた解説部分のキャプチャーを図 5 に示す。

問題から状況の読み取り

例題
重力がない(無視できるほど小さい)空間で宇宙船がエンジンを止めて等速度運動をしている。宇宙船に働く力について答えよ。

- ・宇宙船の質量が存在する
- ・等速度運動をしている
- ・重力は無視できる
- ・抵抗や摩擦は受けていない



宇宙船に対して、水平方向、垂直方向に分けて力を考える

図 5 作成した映像教材の例

6.3 学習課題

この節では本研究における学習の内容および、学習の流れについて説明する。表 2 に学習の流れを示す。

表 2 実験の流れ

	実施内容
1	学習者は同意書の確認後、これまでの物理学学習状況についてのヒアリングに回答を行う。
2	事前問題の解答を行う。(15分)
3	映像教材の URL を提示し、クラウド上に保存された動画を視聴する。(10分33秒)
4	2種の事後問題の解答を行う。(2分, 15分)
5	事後アンケートに回答する。回答を確認できたら実験終了である。

6.3.1 事前問題

事前問題は、学習者が映像視聴前に持つ物理学概念について調査する意図がある。MIF 誤概念の調査に関連のある先行実験^{(11) (12) (13)}を参考に、第5章第2節で説明を行った物体の水平転がし(問題1)、鉛直投げ上げ(問題2)、斜め投射(問題3)の3シチュエーションについて計3題の問題を提示し、力を表す矢印の記入と記入を行った理由(力が働いていると思った理由)についての記述を行わせた。問題の例を図6に示す。

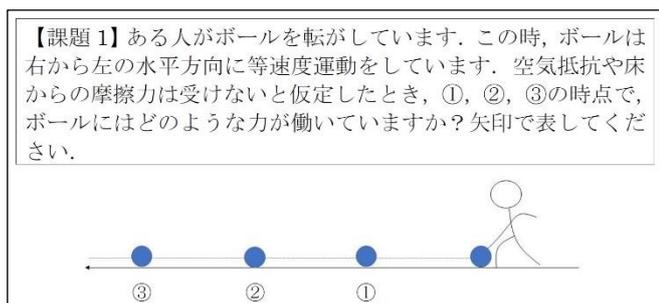


図 6 水平転がし問題の例

6.3.2 事後問題

事前問題は、学習者が映像視聴後に持つ物理学概念について調査する意図がある。事後問題は事前問題と同一の MIF 誤概念が確認される 3 シチュエーションに関する問題を提示した。またこの問題の他に、学習者が映像教材視聴後に質量と加速度について正しい理解をしているか確認する問題(各1題)を提示した。この問題は、本研究が質量と加速度を力の理解のための入り口としているため、認識の誤りがないか確認するためのものである。質量と加速度に関する確認問題の例を図7に示す。

- 月での重力は地球の 1/6 なので、(体重・質量)も月では 1/6 になる。一方(体重・質量)はもともとその物体が持っている量なので月でも地球でも一定る。
- 質量が大きいものほど、物体は(動かしやす・動かしにく)くなる。この動かしやすいかどうかを数字で表しているのが(加速度・速度)である。

図 7 質量と加速度に関する確認問題の例

6.3.3 アンケート

アンケートは、映像視聴前と視聴後の力に対する考え方の変化に関する記述アンケートと、2つの項目に関して5件法アンケートを実施した。5件法アンケートの1つ目の項目は、映像教材視聴前後の力学に関する知識の理解度について調査する項目である。この項目に関しては、映像視聴前と視聴後の理解度についてふたつの回答をお願いした(1.理解していない～5.とても理解している)。2つ目の項目は、学習(実験)内容全体を通じて感じた印象について調査する項目である(1.とてもそう思わない～5.とてもそう思う)。

7. 実験と結果

情報系学科の大学生6名を対象に実験を行った。事前問題ではすべて学習者が MIF 誤概念を持つことを確認した。事後問題では、すべての学習者が質量・加速度を理解していると確認できたが、力に関しては正しく理解できた学習者とそうでない学習者に分かれた。アンケートにより、質量と加速度を理解し運動の法則へと知識を結び付けられた学習者がすべてのシチュエーションで正しく力を理解していたとわかった。事前・事後問題、アンケートの詳しい結果を各節で示す。

7.1 事前問題の結果

事前問題では、すべての学習者が MIF 誤概念を所持する結果となった。学習者 F は水平転がし問題のみ進行方向に力を書き込んでいなかったが、他のシチュエーションでは進行方向に力を書き込んでいた。他の5名の学習者については、水平転がし、鉛直投げ上げ、斜め投射のいずれの問題においても進行方向に力を書き込んでしまっていた。

力を書き込んだ理由の記述では、問題1では正答を

した学習者 F 以外は、等速直線運動をしているからという学習者と人が物体を転がしたからという学習者に分けることができた。問題 2 では、物体の上昇中は人が上向きにボールを投げたから重力に逆らった力が働いていると全員が解答した。しかし最高到達点では、進行方向上向きと重力下向きの 2 方向に力が働いていると考える学習者 4 名と、最高点では静止しているため力が働いていないと考える 2 名に解答が分かれた。問題 3 では、物体の上昇中は人が上向きにボールを投げたから進行方向に力働いていると全員が解答した。事前事後共通問題の正答結果を表 3 に示す。

表 3 事前事後共通問題の正答結果

問題	学習者											
	A		B		C		D		E		F	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
1	×	○	×	×	×	×	×	○	×	○	○	○
2	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×
3	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×

7.2 事後問題の結果

質量と加速度について正しい理解をしているか確認をする問題はすべての学習者が全問正答をしていた。しかし、事前問題と共通の問題では、力が正しく理解できた学習者とそうでない学習者にわかれた。学習者 A と学習者 E は、事前問題では進行方向に力を書き込んでしまっていたが、事後問題ではすべてのシチュエーションで正しく力を認識していた（以下、この学習者 2 名を誤概念解消群とする）。学習者 D は問題 1 のみ進行方向に力を書き込まなかったが、他のシチュエーションでは事前問題と同様に進行方向に力を書き込んでいた。事前問題で唯一、問題 1 において進行方向に力を書き込まなかった学習者 F に関しては、問題 1 は事前問題と同様に正答をしていたが、問題 2、問題 3 では進行方向の力を書き込んでいた。学習者 B、学習者 C は事前問題と同様に正答がなかった。

力を書き込んだ理由の記述では、問題 1 が不正解だった学習者 B と学習者 C は事前問題と解答の変化がなかった。問題 2 および問題 3 では、誤概念解消群以外の学習者全員が、人がボールを投げたから進行方向に力が働いていると解答していた。

7.3 アンケートの結果

それぞれのアンケート結果について報告をする。

7.3.1 映像視聴前と視聴後の力に対する考え方の変化に関する記述アンケート

アンケートでは、学習者 6 名全員が映像教材視聴後に力に対する考え方の変化があったと回答した。誤概念解消群は共に共通のキーワードとして運動の法則（慣性の法則・運動方程式）の説明により考え方が変わったと記述していた。その他の学習者については、慣性の法則のみに着目をする学習者や、重力の説明に着目をしていた学習者がいた。アンケートの結果を表 6 に示す。

表 6 記述アンケート結果

学習者	考え方の変化	考え方の変化がおきた教材の説明部分
A	変化あり	等速度運動と運動の法則の加速度の説明
B	変化あり	運動の第 1 法則の説明
C	変化あり	重力についての説明
D	変化あり	等速度運動の説明
E	変化あり	運動の法則の説明
F	変化あり	慣性の法則の説明

7.3.2 映像教材視聴前後の力学に関する知識の理解度アンケート

誤概念解消群は共にすべての理解度項目が映像視聴後に上昇していた。また、問題 1 のみ事後問題では進行方向に力を書き込まなかった学習者 D もすべての理解度項目が映像視聴後に上昇しているが、誤概念解消群よりも低い結果となった。事前と事後両方すべての問題で MIF 誤概念が確認された学習者 B と学習者 C は、共に質量と加速度の理解度は上昇したと回答していたが、力や運動の第 1 法則、第 2 法則の理解度に変化が現れなかった。アンケート結果を表 7 に示す。

7.3.3 学習内容全体を通じて感じた印象アンケート

誤概念解消群は今回の学習内容をおもしろかったと回答していたが、他の学習者はどちらともいえないと解答をしていた。MIF 誤概念を持ち続けた学習者の共通点としては、「自分が何をどこまで理解できているか確認しながら取り組むことができた」という質問項目に対して低い回答をしていたことが挙げられる。アンケート結果を表 8 に示す。

表 7 理解度アンケート結果

	学習者											
	A		B		C		D		E		F	
	前	後	前	前	後	前	前	後	前	後	前	後
質量	4	4	3	5	2	3	3	4	3	4	4	4
加速度	3	4	3	4	2	3	2	4	2	4	2	3
力	2	4	3	3	3	3	4	3	2	4	2	4
運動の第 1 法則	2	4	3	3	3	3	2	4	2	4	2	4
運動の第 2 法則	3	4	3	3	3	3	2	4	2	4	2	4

表 8 学習の印象アンケート結果

	学習者					
	A	B	C	D	E	F
学習内容はおもしろかったか	4	3	3	3	4	3
何が重要な内容か注意して学習に取り組むことができた	4	4	3	3	4	2
自分が何をどこまで理解できているか確認しながら取り組むことができた	4	3	3	2	4	3
自分なりに学習した知識を整理(まとめる)ことができた	4	3	2	4	4	3
映像を通して学習内容を十分に理解できた	5	4	3	3	4	4

8. 考察

事後問題の結果から、学習者を 3 つのタイプに分類した。MIF 誤概念がすべてのシチュエーションで確認できなくなった学習者 A と学習者 E をタイプ 1、事後問題の 1 シチュエーションで MIF 誤概念の確認できなくなった学習者 D をタイプ 2、事前問題と事後問題で解答に変化がなかった学習者 B、学習者 C、学習者 F をタイプ 3 とする。それぞれのタイプについて考察し、最後に全体の考察を行う。

8.1 タイプ 1 学習者の考察

この群の共通点として、運動の法則の説明を受け映像視聴前と視聴後の力に対する考え方の変化が生まれたとアンケートに回答していることが挙げられる。また、映像視聴後にすべての理解度項目が映像視聴後に上昇していることから、質量や加速度、運動の法則を個別にしっかりと理解し、理解したことを結び付けて

力について考えることができたため映像視聴前に所持していた考え方が間違いであると気づくことができたと考えられる。

8.2 タイプ 2 学習者の考察

水平転がしのシチュエーションでのみ MIF 誤概念のシチュエーションで確認できなくなった学習者 D は、すべての理解度項目が映像視聴後に上昇しているが、力に対する理解度のみ MIF 誤概念がすべてのシチュエーションで確認できなくなった学習者群よりも低かった。映像視聴前と視聴後の力に対する考え方の変化に関する記述アンケートでは、等速度運動の説明によって考え方の変化が生まれたと回答している。この結果より、学習者 D は等速度運動をしていると問題中で明示されていた水平転がしの問題は正答できたが、その他の 2 シチュエーションでは力について正しい理解ができていなかったのではないかと考える。

8.3 タイプ 3 学習者の考察

映像視聴前と視聴後の全シチュエーションで MIF 誤概念が確認された学習者 B と学習者 C は、理解度に関するアンケートで力と運動の第 1 法則、第 2 法則の理解度に変化が現れていなかった。この学習者 2 名は、学習（実験）内容について感じた印象に関するアンケートでは、MIF 誤概念がなくなった学習者と比べて学習した知識を整理できていないと回答していた。また、事前問題と事後問題で水平転がしの問題のみ MIF 誤概念が確認されなかった学習者 F は、映像視聴後の考え方の変化として慣性の法則の理解を挙げていたが、鉛直投げ上げおよび斜め投射の問題では進行方向の力を書き込み続けていた。MIF 誤概念を持ち続けた学習者の共通点として、MIF 誤概念が確認できなくなった学習者と比べて学習した知識を整理できていない・

結び付けられていないことがアンケート結果から分かる。これは、加速度や質量などの理解はあるが、運動の法則や力に結び付けて考えることができず、理解につながらなかったのではないかと考える。

8.4 全体の考察

質量と加速度について正しい理解をしているか確認する事後問題では全ての学習者が問題に正答をしていた。このことから、質量と加速度については正しく理解できており、質量と加速度を理解してから力の理解を試みる本授業設計は適切であったと考える。しかし、MIF 誤概念を持ち続けた学習者は、MIF 誤概念が確認できなくなった学習者と比べて学習した知識を結び付けられておらず、運動の法則の理解度が低いことがアンケート結果からわかった。これは、慣性の法則や運動方程式を知識としては持っていたが、問題自体や問題文中に示される質量や加速度といったヒントと結びつけることができなかつたためである。このことから、慣性の法則や運動方程式を正しく学習者に理解させることが力の理解に重要であると考えられる。

9. まとめ

高校物理学を学習済みで MIF 誤概念の所持が確認される学習者に対して実験を行った。質量と加速度を力の理解の入り口として順序立てた説明を行い MIF 誤概念の解消を目的とする映像教材を視聴させたところ、6名中2名の学習者が MIF 誤概念の確認される3シチュエーションすべてで誤概念が確認できなくなった。しかし残りの4名の学習者については、映像の視聴前後で力に対する考え方の変化はあったものの MIF 誤概念は解消されない結果となった。

今後の課題としては、質量・加速度と力の間で生じる理解の違いの調査が挙げられる。加速度と質量はすべての学習者が理解できていたが、力に関しては理解できた学習者とそうでない学習者にわかれた。力について理解ができていない学習者は、運動の法則の理解が低い傾向にあるため、その部分を重点的に調査することが今後の課題である。

参 考 文 献

- (1) CLEMEN. J “Students' preconceptions in introductory mechanics”, *Am. J. Phys.* 50, pp.66-71 (1982)
- (2) 文部科学省：“高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編”，文部科学省, pp.50-51(2018)
- (3) 佐藤誠：“物理答案に頻出する計算間違いのパターン”，津山工業高等専門学校紀要, 第 57 号, pp.59-62 (2009)
- (4) 廣瀬直哉：“運動の判断における動的情報の効果”，京都大学大学院教育学研究科紀要,45,pp.110-122 (1999)
- (5) 今井功,東本崇仁,堀口知也,平嶋宗：“中学理科における Error-based Simulation を用いた授業実践：「ニュートンに挑戦」プロジェクト”，教育システム情報学会誌,Vol.25, No.2, pp.194-203 (2008)
- (6) 吉野巖,小山道人：“「素朴概念への気づき」が素朴概念の修正に及ぼす影響—物理分野の直落信念と MIF 素朴概念に関して—”，北海道教育大学紀要（教育科学編），第 57 卷 2 号, 165 (2007)
- (7) 山崎翔平, 定本嘉郎, 牧井創：“MIF 素朴概念をなくす教材の開発と中学校での授業実践”，物理教育, 第 57 卷, 第 3 号, pp.215-219 (2009)
- (8) 山崎翔平, 定本嘉郎, 牧井創：“クリッカーを用いたピア・インストラクションの授業実践”，物理教育, 第 57 卷, 第 2 号, pp.103-107 (2009)
- (9) 山崎敏昭, 谷口和成, 古結尚, 酒谷貴史, 山口道明, 岩間徹, 笠潤平, 内村浩, 村田隆紀：“高校物理に導入したアクティブ・ラーニングの効果と課題”，物理教育, 第 61 卷, 第 1 号, pp.12-27 (2009)
- (10) 石井稜悟, 仲林清：“教師の有無に着目した物理学映像授業の作成と評価”，教育システム情報学会 2018 年度学生研究会, pp.55-56 (2019)
- (11) 徐丙鉄,安部保海,道上達広：“物理学における誤概念と答案分析”，近畿大学工学部紀要. 人文・社会科学篇 45, pp.1-22 (2015)
- (12) 神高垣マユミ：“大学生はいかに力のプリコンセプションを変容させるか”，発達心理学研究 15 卷 2 号, 217-229 (2004)
- (13) 飯田洋治：“こう教えればもっとわかる“運動の法則””，パリティ, Vol.19, No.7, pp.56-60 (2004)