

数学・物理に関する文系大学生の能力

竹中 真希子・中原 久志・大野 貴雄

Competence of Humanities University Students in Mathematics and Physics

TAKENAKA, M., NAKAHARA, H. and OHNO, T.

大分大学教育学部研究紀要 第42巻第1号

2020年9月 別刷

Reprinted From

RESEARCH BULLETIN OF THE

FACULTY OF EDUCATION

OITA UNIVERSITY

Vol. 42, No. 1, September 2020

OITA, JAPAN

数学・物理に関する文系大学生の能力

竹中 真希子^{*1}・中原 久志^{*2}・大野 貴雄^{*3}

【要 旨】 STEAM の E(engineering), A(arts)の「つくること」「デザインすること」を通して、Society5.0 に求められる創造的な問題解決やイノベーションを創出する力の伸張を促す取り組みが注目されている。「つくること」「デザインすること」の根底として、「理」を見る力や「理」を解く力が不可欠で、これらは創造的な問題解決やイノベーションを創造する力の根底でもある。

本研究では、文系学生を対象とし、物体が動くありさまやそのふるまいを数学や物理を用いて解説する活動を通して、「理」を見る力、解く力としての数学・物理に関する能力を調査した。その結果、日常の現象に対して中等教育までで習った概念や原理・法則に関する知識を当てはめることはある程度できるが、数理的、物理学的に現象を捉えることはできておらず、「理」を見る力、解く力はかなり乏しいことがわかった。

【キーワード】 STEAM 教育 数学・物理の能力 文系大学生 一般教養教育 ピタゴラス装置

I はじめに

Society5.0 において、生産的活動における人間の重要な役割は、社会の主権者、そして設計者となることが考えられる。すなわち、人間の強みである目的に応じた創造的な問題解決、いわゆるイノベーション力を発揮することができる人材育成が重要であり、そのような「人間の強み」を伸ばしていくことが、教育が今後担うべき役割の一つである。科学技術イノベーションは国家成長戦略の重要な柱の一つであり、日本が経済的成長を続け、社会において新たな価値を生み出していくためには、未来の人材に対して豊かな創造性を育むことが重要であると言える。

このような中、教育再生実行会議(2019)の提言や中央教育審議会の諮問(文部科学省, 2019)等においては、初等中等教育段階における STEAM 教育の推進が示されている。また、Kurup ら(2019)は、若者が将来に積極的に参加できるよう準備するために、STEM 教育を小

令和2年6月1日受理

*1 たけなか・まきこ 大分大学大学院教育学研究科教職開発専攻

*2 なかはら・ひさし 大分大学教育学部生活・技術教育講座(技術教育)

*3 おおの・たかお 大分大学教育学部理数教育講座(解析学)

学校段階で開始する必要があると述べている。一方で、高等教育段階の STEM 教育についてアメリカでは、国や The Association of American Universities がイニシアチブを取り、科学、技術、工学、数学分野の学部教育の質的向上に努めている。日本では、2018 年に Society5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会において、大学等の高等教育段階では、「今後、学生が所属する学部等に関わらず、教育における STEAM やデザイン思考の必要性を踏まえ、学生が必要とする教育をいかに提供していくか、各大学の工夫が期待される」と示されるように文系学部においてもその必要性が示唆されている。

大学教育の STEM 教育研究が進み、学修効果や教育の質の向上が見られることも明らかになってきているが、すべての実践において意図した成果が得られるわけではなく、大学教育での STEM 教育実施の困難も指摘されている (Henderson ら 2011)。Quigley ら (2016) は、時に STEM 教育において、分野を超えた統合を必要としない狭義のアプローチで、特定分野の問題解決のみを対象としているものがあると指摘している。その上で、革新性、創造性、批判的思考、効果的なコミュニケーション、協働を伴い、最終的に新しい知識や概念により、学生が世界の差し迫った問題を解決できるようにすることを目指した STEAM のアプローチを推奨している。

STEAM 教育は、目的に応じた創造的な問題解決、すなわちイノベーション力を発揮できる人材育成の在り方として期待されている。今日、STEAM の E (engineering), A (arts) の「つくること」「デザインすること」を通して、創造的な問題解決やイノベーションを創造する力の伸張を促す取り組みも盛んである (例えば、デビッド・A・スーザら 2017)。「つくること」「デザインすること」の根底には、「理」を見る力や「理」を解く力が不可欠であり、創造的な問題解決やイノベーションを創造する力の根底でもある。しかしながら、理系大学生でさえも数学・物理に関する力不足が指摘されており (芳沢 1999)、文系学生では数学が最も不得意・嫌いな科目であると報告されている (津野田ら 2015)。物理については、素朴概念、誤概念などに代表される学習者の前知識が学習後も変わらず、概念変化をもたらすような科学的理解にいたらないことがよく知られている (村山 2011)。

数学・物理の力不足や素朴概念、誤概念についての調査は、そのほとんどが教科の学力を計る形式で実施されている。STEAM 教育で目指すのは、教科の学力として理解していることを効率的に再生できるようにすることではない。数学や物理は道具となって「理」を見る力や「理」を解く力につながることである。そこで本研究では、文系学生を対象とし、日常の現象に対して数学や物理を道具として使用し「理」を見たり、解いたりできるかについての調査を行った。

II 研究の目的と方法

1 目的

本研究の目的は、物の動きやふるまいの「理」を見る力、解く力としての数学・物理に関する文系学生の能力について明らかにすることである。学校教育における「数学」「物理」などの教科の枠組みの中で、問題に対する解答を求めるいわゆる学力調査ではなく、動きを伴う物をつくる「ものづくり」活動の中で物体が動くありさまやそのふるまいを数学や物理を用いて解説する活動を通して、「理」を見る力、解く力としての数学・物理に関する力を調査することで、目的に迫る。

2 方法

(1) 調査期間および対象

本調査は、2019年11月22日から12月13日にかけて、国立大学法人の一般的には文系と分類される学部には所属する学生のみが履修可能な一般教養科目「ものづくりと教育」で、4回の授業および時間外学修において実施した。受講者は教育学部の学生が9割、経済学部が1割で、全体の8割が1年生であった。本調査の対象は、授業で実施したアンケート、調査用紙、課題などを全て提出した48名の学生とした。その内訳は教育学部41名、経済学部7名であった。

(2) 調査を実施した授業について

「ものづくりと教育」において実施した4回分の授業のタイトルは「機構の作成を通して考える数学・物理+ちょっとデザイン」で、テーマは「複数の機構を組み合わせた装置（ピタゴラ装置）を作成し、機構に含まれる数学・物理の世界を見つけ出して、その魅力を発信すること」であった。「機構」については、「機械内部の構造で、諸部分が互いに関連して働く仕組みである」ことを解説した。授業は① 複数の機構を組み合わせた装置（ピタゴラ装置）の設計・作成（1～3時間目）、② 機構に含まれる数学・物理の世界の解説（1時間目と4時間目）、③ 機構の魅力および機構の中の数学・物理の世界を広く一般に伝えるデザイン性を備えた資料の作成（時間外学修）の3つの活動で構成されている（表1参照）。到達目標は、次の通りである。

- (a) 「機構を完成させることができる」
- (b) 「機構に含まれる数学・物理の世界を見つけ出すことができる」
- (c) 「機構に含まれる数学・物理の世界を解説することができる」
- (d) 「一般読み物としての機構の紹介資料を作成することができる」

(3) 調査について

実施した調査は、次の7つである。

調査(1) STEM/STEAM教育の認知度アンケート

「STEM/STEAM教育を知っていますか」という項目に「1. 知っていて説明できる」「2. 少し知っている」「3. 名前を聞いたことはある」「4. 聞いたことがない」の4件法で回答させた。

調査(2) 機構（「装置 No.107 たまご2」の一部）の仕組みを数学・物理で解説（1回目）

調査(3) (2)と同様の調査（2回目）

(2)と(3)は同じ調査であり、図1を調査用紙として印刷し解答させた。時間は10分であった。開始から5分経過後、何も解答できそうにない者は思いの丈を記述してもよいことを伝えた。

調査(4) 機構（「装置 No.212 からし」の一部）の仕組みを数学・物理で解説

図2に示した図を印刷した調査用紙を用いて10分で解答させた。(2)、(3)の調査と同様に何も解答できそうにない者は思いの丈を記述してよいことを伝えた。

調査(5) 到達度自己評価

(a)～(d)の到達目標について、1～5点で自己評価させた。

調査(6) 学修活動に関するアンケート

表 1 授業の構成と調査

活動	時間	内容
-	授業前	調査(1) STEM/STEAM 教育の認知度アンケート
活動 1	1 時間目	映像の視聴 (DVD) NHK エデュケーショナル『ピタゴラ装置はこうして生まれる DVD ブック』 「ビーだま ビーすけの大冒険」「装置 No.107 たまご 2」 LMS(Moodle)の動画の閲覧 「装置 No.107 たまご 2」の一部をアニメーションで表現した動画 (図 1)
		調査(2) 動画で見た「装置 No.107 たまご 2」の一部について、その仕組みを数学・物理で解説
		映像の視聴 (続き)「装置 No.212 からし」 グループ (4 人 1 組) で、機構 (ピタゴラ装置)の設計と数学・物理の解説 (設計図・デザイン画の作成)
		2 時間目 機構の作成
		機構の作成とビデオ・写真撮影
活動 2	2 時間目	機構 (ピタゴラ装置)の設計と数学・物理の解説の追記・改善 (設計図・デザイン画の作成)
		活動 3 時間外 一般読み物としての機構の紹介資料の作成
活動 1	4 時間目	作成した機構の数学・物理の解説 機構の紹介資料の見直し 調査(3) 調査(2)と同様 調査(4) 「装置 No.212 からし」の一部について、その仕組みを数学・物理で解説 調査(5) 到達度自己評価 調査(6) 学修活動に関するアンケート
		活動 3 時間外 調査(7) 機構の紹介資料の完成

「機構・装置作成に対する情意について (1 項目)」「数学について (3 項目)」「物理について (3 項目)」「授業全体での数学・物理の自己学修について (1 項目)」の計 8 項目に対し、「1. とてもそう思う」「2. ややそう思う」「3. あまりそう思わない」「4. 全くそう思わない」の 4 件法で回答させるとともに、数学・物理の自己学修で何を用いたのかを選択式で訪ねた。

調査(7) 機構に含まれる数学・物理の世界を紹介する資料の作成

3 時間目終了後の時間外学修として、機構の魅力および機構の中の数学・物理の世界を解説した読み物資料を Word で作成させた。サイズは B5 見開き 2 ページで、写真や図などを用いること、またレイアウトなどのデザイン性も追究して仕上げることを条件とした。4 時間目にペアで互いの紹介資料について意見交換を行い、最終版を提出させた。

(4) 分析の方法

調査(1)と調査(6)のアンケートは回答の集計を行った。調査(5)の到達度自己評価は得点ごとの人数と平均点を算出した。

調査(2)、調査(3)、調査(4)の数学・物理について解説させた調査用紙は、解答中の数学的記述・表現および物理的記述・表現を抽出した。数学的記述・表現の抽出は、本稿の連名著者の



図1 LMS (Moodle) 上の動画および調査 (2) (3) で用いた図

一人である数学者が行った。物理的記述・表現は、著者らと同じ大学に勤務する物理学者の解答を元にして著者の一人が抽出し、物理学者が確認した。図3には、学生の解答例と抽出例を示している。調査(7)の機構の紹介資料は、数学的記述・表現および物理的記述・表現を用いた解説があるかないかについて調べた。数学的記述・表現については、本稿の連名著者の一人である数学者が行った。物理的記述・表現については、前述の物理学者の協力を得て著者の一人が行った。尚、本研究では数学・物理に関する力について追究する目的に沿い、文章力やデザイン性については分析対象とはしていない。図3には、両方の記述・表現があった紹介資料の一部を示している。

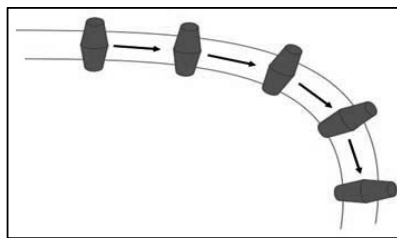


図2 調査(4)で用いた図

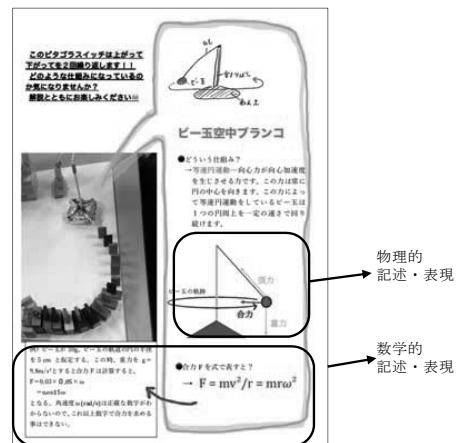


図3 両記述・表現があった紹介資料の例

Ⅲ 結果

1 STEM/STEAM 教育の認知度アンケート

表2には、調査(1)の結果を示している STEM/STEAM 教育について知っているかどうかたずねたところ、85.4%の学生が「聞いたことがない」と回答しており、STEM/STEAM 教育の認知度は低い。

2 機構の仕組みを数学・物理で解説

調査(2), 調査(3), 調査(4), 調査(7)について, 数学的記述・表現, 物理的記述・表現のそれぞれについて結果を述べる。

(1) 数学的記述・表現

表3の調査(2), (3), (4)には, 1人の学生の解答に数学的記述・表現がいくつ含まれていたのかを示している。それぞれ

の調査において, 数学的記述・表現数が最も多いもので3個であるが, 2個, 1個を含めて書けていたのは少人数であった調査(2)と同じ内容の調査(3)では, 1個書けていた人数が増えている。どの調査においても数学的記述・表現が0個の学生が最も多く, 特に調査(4)では, ほとんどの学生が0個であった。調査(7)には, 機構の紹介資料に数学的記述・表現があるのか, ないのかを示している。数学的記述・表現があった学生は17人で, なかったのは31人であった。以下, それぞれの調査における数学的記述・表現について示す。

調査(2), (3)においては, ボールが斜面を滑り落ちる様子をベクトルの知識を用いて斜面と水平方向と鉛直方向に分解することで表現する学生や(図4右の例), ボールに対する物理的法則や現象(運動量保存の法則, 位置エネルギー, 等速直線運動)を数式や言葉の式で表現していた学生が多く見られた。また, ボールと台車の移動時間が等しいことを用いて, 現象の数量やその関係から, 2通りに表される数量を見出し, 等号で結んで言葉の方程式を作った学生もいた。

調査(4)においては, 同心円は外側の円の方が内側の円より円周が長いことを用いて, 曲がった道を進む物体の動き方を説明している学生が複数名いた。

調査(7)においては, ドミノ倒しの倒れたドミノやボールが転がる坂には直角三角形が潜んでいるため, そのような直角三角形に対して, 傾斜や距離などを三角比や三平方の定理を用いて求めようとする説明があった。また, 調査(2), (3)と同様に, 物体の動く様子をベクトルの知識を用いて表現し, 物理的法則や現象(運動量保存の法則, 位置エネルギー, 等速直線運動, 等速円運動)を数式や言葉の式で表現していた記述もあった。さらに, ドミノ倒しを数学的帰納法と関連付けて説明している学生もいた。

表2 STEM/STEAM教育の認知度アンケート

知っていて説明できる	1
少し知っている	0
名前を聞いたことはある	6
聞いたことがない	41

($n=48$, 単位: 人)

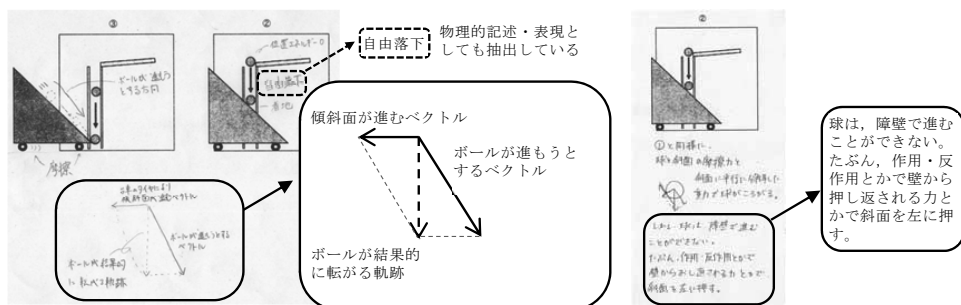


図4 回答例と数学的記述・表現の抽出例(左)および物理的記述・表現の抽出例

(2) 物理的記述・表現

表4の調査(2), (3), (4)には, 1人の学生の解答に物理的記述・表現がいくつ含まれていたのかを示している。同じ調査用紙を用いた調査(2), (3)において, 物理的記述・表現数が最も多かったのは4個で, 3人の解答であった。1個書けていたのは, 調査(2)が23人で, 調査(3)が17人であった。調査(4)では, ほとんど全ての学生が物理的記述・表現はできていなかった。調査(7)では, 42人の学生の機構の紹介資料に物理的記述・表現があった。以下, それぞれの調査における物理的記述・表現について示す。

調査(2), (3)においては, 物体の動きに関連する「等加速度直線運動」「重力」「自由落下(図3左の例)」「垂直抗力」「作用反作用」の記述が見られた。「ボールは等速で加速する」「重力により自由落下する」「球は, 障壁で進むことができない。たぶん作用・反作用などで壁から押し返される力とかで斜面を左に押す(図4右の例)」などの文章による記述もあった。また, 直角三角形の斜辺にあるボールの重力と垂直抗力を図示している学生もいた。

調査(4)においては, 解答があった4名全員が, 転がる物体の形状に着目し, 中央部の外周が最も長く両端に行くほど短くなっていることに触れていた。そのことから回転数が同じであっても移動距離が異なることまで記述していたのは1名であった。

調査(7)においては, 物理的記述・表現が多く見られた。例えば, 自転車で坂道を下るメタファーを用いながら, ビー玉が傾斜を下る際の等加速度運動について説明しているものがあった。また, 支柱の天辺に紐でつるした物体が支柱の周りをぐるぐると回る等速円運動について, 向心力の特性から解説しているものもあった。さらに, シーソー型の機構で「てこの原理」を解説している記述などがあった。

(3) 到達度自己評価

表5には, 調査(5)の結果を示している。授業の到達目標の(a)「機構を完成させることができた」では, 満点をつけた学生が60.4%で, 平均点も4.44と高くなっている。(d)「機構の紹介資料を作成することができた」では, 満点をつけた学生は41.7%だが, 平均点は4.21と高い数値である。(b)「数学・物理の世界を見つけ出すことができた」, (c)「数学・物理の世界の紹介資料を作成することができた」においては, 満点をつけた学生は, それぞれ14.6%, 10.4%と, ぐっと低くなるものの平均点は3以上で, 自己評価では半分程度はできたと考えていることがわかった。

表3 数学的記述・表現

	3 個	2 個	1 個	0 個
調査(2)	2	1	2	32
調査(3)	2	1	11	34
調査(4)	2	1	0	44
調査(7)	あり	17	なし	31

(n=48, 単位: 人)

表4 物理的記述・表現

	4 個	3 個	2 個	1 個	0 個
調査(2)	3	3	3	23	16
調査(3)	3	1	9	17	18
調査(4)	0	0	0	4	44
調査(7)	あり	17		なし	31

(n=48, 単位: 人)

(4) 学修活動に関するアンケート

表 6 には、調査(6)の結果を示している。機構・装置の作成の楽しさについては 95.9%の学生が「とても・やや」と肯定的な回答をしていた。

「機構に含まれる数学を見つけることができたか」では 64.6%,「解説できたか」では 81.3%の学生が「あまり・全く」と否定的な回答をしていた。「機構や装置に含まれる数学の世界を資料で伝えることができたか」では 66.7%の学生が否定的な回答であった。

「機構に含まれる物理を見つけることができたか」では 79.2%の学生が肯定的な回答で、「解説できたか」では 66.7%,「資料で伝えることができたか」では 75.0%の学生が肯定的な回答であった。

「4 回の授業の間に数学や物理について調べたり、勉強したりしたか」では 79.2%の学生が肯定的な回答であった。その際に使用した物についてたずねた結果を表 7 に示している。インターネットの利用率が 82.1%と群を抜いて多く、Word の使い方とデザインについてもインターネットを利用したのがそれぞれ 28.6%と 25.0%で、書籍類よりも圧倒的に多かった。

表 5 到達度自己評価の結果

到達目標	1	2	3	4	5	平均点
(a) 機構を完成させることができた	0(0.0)	3(6.3)	2(4.2)	14(29.2)	29(60.4)	4.44
(b) 機構に含まれる数学・物理の世界を見つけ出すことができた	1(2.1)	5(10.4)	22(45.8)	13(27.1)	7(14.6)	3.42
(c) 機構に含まれる数学・物理の世界を解説することができた	2(4.2)	7(14.6)	16(33.3)	18(37.5)	5(10.4)	3.35
(d) 一般読み物としての機構の紹介資料を作成することができた	1(2.1)	3(4.2)	2(6.3)	22(45.8)	20(41.7)	4.21

(n=48, 単位: 人, カッコ内は%)

表 6 学修活動に関するアンケートの結果

質問項目	とても	やや	あまり	全く
(1) 複数の機構を組み合わせた装置 (ピタゴラ装置) の作成は楽しかったか	32(66.7)	14(29.2)	2(4.2)	0(0.0)
(2) 機構に含まれる数学を見つけることができたか	1(2.1)	16(33.3)	25(52.1)	6(12.5)
(3) 機構に含まれる数学について解説できたか	0(0.0)	9(18.8)	26(54.2)	13(27.1)
(4) 機構や装置に含まれる数学の世界を資料で伝えることができたか	3(6.3)	13(27.1)	18(37.5)	14(29.2)
(5) 機構に含まれる物理を見つけることができたか	12(25.0)	26(54.2)	9(18.8)	1(2.1)
(6) 機構に含まれる物理について解説できたか	8(16.7)	24(50.0)	14(29.2)	2(4.2)
(7) 機構や装置に含まれる物理の世界を資料で伝えることができたか	12(25.0)	24(50.0)	11(22.9)	1(2.1)
(8) 4 回の授業の間に数学や物理について調べたり、勉強したりしたか	12(25.0)	26(54.2)	8(16.7)	2(4.2)

(n=48, 単位: 人, カッコ内は%)

表 7 4 回の授業の間に調べたり、勉強したりする際に使用した物

インターネット	46 (82.1)	高校などの数学の教科書	2 (3.6)
数学の学術図書	1 (1.8)	高校などの物理の教科書	4 (7.1)
物理の学術図書	2 (3.6)	デザイン関連の図書	2 (3.6)
数学の一般図書	2 (3.6)	デザインについてインターネットで調べた	14 (25.0)
物理の一般図書	3 (5.4)	Word の使い方の図書	3 (5.4)
数学の参考書	2 (3.6)	Word の使い方をインターネットで調べた	16 (28.6)
物理の参考書	4 (7.1)	その他 (工学部の人, 人からの意見, 先輩や友人, 新聞)	4(7.1)

(n=48, 単位: 人, カッコ内は 48 人中の利用率%, 複数回答可)

IV 考 察

1 「ものづくり」活動と学修

調査対象 48 名のうち 41 名が教育学部の学生であったが、これからの社会に求められている STEM/STEAM 教育については、その言葉もほとんど認識されておらず、どのようなものであるかを知る学生もほぼいないことが調査(1)の結果からわかった。

調査(5)の到達度自己評価と調査(6)のアンケートの結果から、STEAM 教育において注目されている「ものづくり」活動については、ほとんどの学生が楽しいと感じており、本研究で取り扱った複数の機構を組み合わせた装置（ピタゴラ装置）やその紹介資料の作成ができたかどうかについての自己評価も高いことがわかった。

また、調査(6)のアンケートの結果から、一連の学修において追究を求めた数学・物理について、約 8 割の学生が主体的に調べたり、勉強したりしていたことがわかった。その際に利用していたのはインターネットがほとんどであった。授業では、ピタゴラ装置を作成するにあたって、そこに含まれる数学・物理について調べたり、勉強したりすることを直接的な課題にはしていない。しかしながら、設計したり、紹介資料を作成したりする中で数学・物理を用いた解説という課題の遂行にあたって、自身が有している知識のみでは対応できず、調べる必要に迫られたと考えることができる。

2 文系学生の数学に関する能力

今回の調査から文系学生の数学に関する能力に対して、次のような傾向が見られることがわかった。

1 つ目は、日常の事象に対して、基礎的な概念や原理・法則に関する数学的知識をある程度有する学生もいるということである。例えば、3.2.1.でも紹介したように、ボールが斜面を滑り落ちる様子をベクトルの知識を用いて斜面と水平方向と鉛直方向に分解し考える学生や、物理の法則や現象を数式や言葉の式で表現する学生はある程度見られた。また、ドミノ倒しの倒れたドミノやボールが転がる坂に直角三角形を見出し、三角比の知識や三平方の定理を使えるのではないかと考えた学生も数名いた。このように、日常の事象に対して、中等教育までで習った基礎的な概念や原理・法則に関する数学的知識をある程度発見できていた学生もいた。ただし、数学的記述・表現が 0 個であった学生が調査(2)、(3)で 6 割以上、調査(4)では 9 割以上であったことも事実である。

2 つ目として、日常の事象に対して、中等教育までで習った基礎的な概念や原理・法則に関する数学的知識をある程度発見することはできていた学生においても、数学を活用して問題解決する方法の理解は乏しいということである。これは、学修活動に関するアンケートの結果（表 6）にも見られるように、「機構に含まれる数学を見つけることができたか」の質問項目のとても、ややの回答数に対して、「機構に含まれる数学について解説できたか」の質問項目のとても、ややの回答数が少ないことから見てとれる。また、調査(2)、(3)、(4)の解答や調査(7)の解説においても、機構に関係する数学的な概念や原理・法則を発見することができたが、その概念や原理・法則をうまく使って数学的な処理を行った学生はいなかった。例えば、3.2.1.でも紹介したボールと台車の移動時間が等しいことを用いて、等号で結んで言葉の方程式を作った学生も、その方程式を解き、得られた結果の意味を考察する過程はなかった。このことは、文系学生が

日常の事象を数理的に捉える過程に慣れていないためであるとも考えられる。

3 文系学生の物理に関する能力

文系学生の物理に関する能力に対しては、次のようなことがわかった。

1 つ目は、物体の動きに関連するのがどのような物理的法則であるのかについて、単語レベルで示すことはある程度できるということである。3.2.2.の調査(2)、(3)の結果で示したように、物理現象をあらわす単語を並べている例や単語を用いて現象を文章で表すことはできていた。調査(2)、(3)では 1 個以上の物理的記述・表現ができていた学生は概ね 6 割いたことから見てとれる。また、アンケート結果(表 6)の「機構に含まれる物理を見つけることができたか」でとても、ややの回答が多いことから学生自身もある程度できていると思っていることがわかる。

しかし一方で、現象に対するメカニズムを詳しく説明できているものはほとんどなかった。特に調査(4)では、転がる物体の形状から外周の長さが異なることには気づいたものの、回転と移動距離に言及できていたのは 48 人中 1 人だけであった。調査(2)、(3)では、単語レベルではあるものの関連する物理的記述・表現が散見された。これは、一見似ている「物体が斜面を滑る現象」を題材とした内容が中等教育で取り扱われていること関連があるのではないかと推察する。このことは、数学と同様に、文系学生が日常の事象を物理学的に捉える過程に慣れていないからであるとも考えられる。

V 結論および今後の課題

本研究では、「数学」「物理」などの教科の学力ではなく、それらを用いて動きやふるまいの「理」を見る力、解く力としての数学・物理に関する文系学生の能力について調査した。これは、STEAM 教育において伸張が期待される力でもある。調査の結果、次のことが明らかになった。

① 動きを伴う物をつくる「ものづくり」活動に対する情意は良好である。

② 日常の現象に対して、中等教育までで習った概念や原理・法則に関する知識を当てはめることはある程度できるが、数理的、物理学的に現象を捉えることはできておらず、「理」を見る力、解く力はかなり乏しい。

③ 「理」を見る力、解く力に乏しい実態ではあるが、自己評価は比較的高い。

調査(4)で何も解答できなかった学生が綴った思いの丈に、②を象徴するとても印象的なものがあった。「これは、ほんとに物理的・数学的要素があるのだろうか。あるいは仮に、これらの要素がなかったとしてもこの装置はできてしまうのではないかと考える」といものである。そのようなものは世の中に存在しないのだが、人間の日常すなわち世界とその「理」とが乖離した状態で認識されていることがうかがえる。本研究で明らかになったことから、新たな価値やイノベーションを創出する基礎力ともいえる社会や世界の「理」を見る力、解く力を培う STEAM 教育は重要性がますます浮き彫りになった。①「ものづくり」活動に楽しんで取り組んでいることや、③自己評価が高いことは、学修への参加意欲、積極的貢献や満足感を高めるための授業設計に示唆を与えるものである。

本研究の調査で扱ったのは、実際に物体が動くありさまのみであった。とりわけ数理の世界

においては、静的な状態の中に見える動きやふるまいが存在する。数理の領域のこの動きやふるまいは、STEAM の A(芸術) にも含まれる。STEAM 教育では、こうした世界観や概念も含めた「理」を見る力、解く力につながる取り組みも重要であり、今後開発する学修プログラムにおいては、十分に考慮する必要があると考える。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、大分大学教育学部理数教育講座の藤井弘也教授に物理学の視点からご示唆をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- デビット・A・スーザ, トム・ピレッキ (2017) AI 時代を生きる子どものための STEAM 教育. 胸組虎胤 (翻訳), 幻冬舎
- Henderson, C., Beach, A., & Finkelstein, N. (2011) Facilitating change in undergraduate STEM instructional practices: an analytic review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 952-984.
- Kurup, M., P., Li X., Powell, G. & Brown, M. (2019) Building future primary teachers' capacity in STEM: based on a platform of beliefs, understandings and intentions. *International Journal of STEM Education*, 6, Article number: 10(2019).
<https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-019-0164-5> (最終アクセス: 2020年5月29日)
- 教育再生実行会議 (2019) 技術の進展に応じた教育の革新、新時代に対応した高等学校改革について (第十一次提言). <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaisei/teigen.html> (最終アクセス: 2020年5月29日)
- 文部科学省 (2019) 新しい時代の初等中等教育の在り方について (諮問).
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1415877.htm (最終アクセス: 2020年5月29日)
- 村山功 (2011) 概念変化についての諸理論. *心理学評論*, 54(3), 218-231.
- Quigley, C.F., Herro, D. (2016) Finding the Joy in the Unknown: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *J Sci Educ Technol* 25, 410-426.
- Society5.0に向けた人材育成に係る大臣懇談会 (2018) Society5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～. https://www.mext.go.jp/a_menu/society/index.htm (最終アクセス: 2020年5月29日)
- 津野田雄太, 高橋健一, 稲葉通将 (2015) 大学生アンケートからの文系理系学生の特徴に関する分析. *情報処理学会論文誌教育とコンピュータ*, 1(4), 83-92.
- 芳沢光雄 (1999) 数学の学力低下と物理の教育. *大学の物理教育*, 99(3), 21-23.

Competence of Humanities University Students in Mathematics and Physics

TAKENAKA, M., NAKAHARA, H. and OHNO, T.

Abstract

In this study, we investigated the Competence of humanities major university students to understand theorems through activities that explain the phase and behavior of objects using mathematics and physics. As a result, it was found that students could apply the concepts, principles, and laws as knowledge learned in secondary education to phenomena, but lack the ability to understand theorems mathematically and physically.

【Key words】 Undergraduate STEAM Education, Competence of Mathematics and Physics, Humanities Majors University Student, General Education, “Pythagora Mechanism”