一般論文（訂正版）

カードゲーム型学習教材「エトミー」の効果について

Effects of Card-Based Learning tool “*Etomi*”

南垣内　智宏
MINAMIGAITO Tomohiro
（和歌山大学教職大学院）

受理日　令和４年９月15日

抄録：現在中学校数学における課題として、生徒の数学への関心・興味が低いことと論理的に理由付けて説明する力が不足していることが、国内外の調査から明らかになっている。この課題を解決するために、著者が開発したカード型学習教材「エトミー」を用いた授業実践を複数の中学校の協力を得て実施した。

本論文は、この教材を利用した授業実践の結果、複数の条件から必要なものを取捨選択して問題を解決する力や反例を用いて常に成り立たないことを説明する力の習得に一定の効果があることを示すと共に、授業後のアンケートの結果等から、教材を通して数学に対する関心・意欲の向上や数学的な思考力の獲得に有効であることを示唆するものである。

キーワード：カード型学習教材、反例、数学的な考え方、エトミー

1. はじめに

現在、中学校数学における課題として、生徒の数学への関心･興味が低い点と論理的に理由付けて説明する力が不足していることが挙げられる。これらの課題解決のために、南垣内（2022）は生徒の興味･関心を高め、楽しく数学に取り組むことができるとともに、論理的に説明する力を習得することができることを目的としてカードゲーム教材「エトミー」を開発した。

「エトミー」の開発の意図や経緯については､既刊である「和歌山大学教育学部紀要　第72集（p117 − p126)」にて、その試行的な活用を含めて既に述べてきた通りである。

この教材は、次のような、不等式から元の数の正負を判断する問題を素材として作成されている。

> a、b、c、d はいずれも０ではない数で、
> $acd > 0$
> $a < d < b$
> $abcd < 0$
> の不等式が成り立っている。このとき、４つの数 a、b、c、d はそれぞれ正の数か、負の数か。

この問題は、与えられた条件を組み合わせて個々の数の正負を判断するものであり、提示された条件を統合して考えることが求められる。この問題にはいろいろな課題があるが、カードゲーム型の教材にすることで、後述するように課題が解消される。

本研究では、「エトミー」に期待される

・与えられた条件から必要な条件を取捨選択して問題を解決する力
・反例から常に成り立たないことを説明する力

の習得と、数学に対する関心・意欲の向上、数学的な思考力の獲得に有効であることを検証する。

2. 開発教材及びそれを用いた授業について

2.1. 先行研究

南垣内（2022）が開発した「エトミー」は、数の正負または０を（以下、正負等と記す）カードによって提示された条件から推理する対戦型カードゲーム教材である。ゲームでは、４数 a ～ d の正負等を示す符号カード（図１左）と４数 a ～ d の和や積の結果及び大小関係を示す条件カード（図１右)､そしてゲーム性を高めるため相手に命令をする効果カードを使用する。また、条件カードはその向きによって演算結果等を示す。下の図では､４数 $abcd$ の積が正の数になることを

示している。

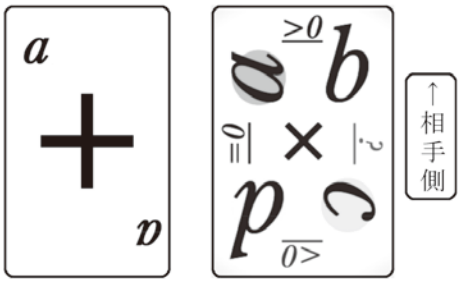


図１　符号カード（左）と条件カード（右）

前ページのカード以外に【資料 1】に示したゲームボードを使用する。ゲームの流れは次の通りである。

① 各自が a ～ d の符号カードでそれぞれの正負等を決める。

② 場に置いた条件カード、効果カードの山から１枚ひき、自分の符号カードの正負等から示された条件を計算または判断し、その結果をカードの向きによって相手に提示する。

③ ②を交互に繰り返し、相手の符号カードの正負等がすべてわかった時点でストップをかけ、正負等を答える。また、双方が条件カードを８枚提示して解答することができなければ引き分けとなる。

④ 条件によって得点が決まっており、得点を３点とるか３セット終わればゲームが終了する。

セットの勝敗は相手よりも早く相手の設定した正負等を正答することで決定し、その際、

・相手の４枚の符号カードの正負等をすべて正解すればこちらの勝ち
・もし、１枚でも正負等を間違えれば相手の勝ち
・ただし、間違った際に相手の提示した条件カードを確認し、その提示に間違いがあればこちらの勝ち

とルールを決めている。

1. に示した素材とした問題には、

・１問で１パターンの解答しかできず自由度が小さい。
・提示される条件は必要十分な条件で、条件を取捨選択して利用する必要がない。
・生徒の興味・関心が高くない。

のような課題があるが、これらの課題は、次のように解消している。

・自由度が小さいという課題については、対戦毎に毎回正負等が設定され、相互に提示する条件も条件カードをひくことで毎回ランダムに設定されるため、同じ問題や条件で解答することがほぼなくなっているため問題の自由度も大きくなっている。
・提示される条件が必要最小限ではなく、必要のない条件もランダムに提示されるため、解答するために必要な条件をその順番も含めて取捨選択する必要がある。
・ゲームの要素を取り入れているため、単に問題を解答するよりも興味を持って取り組める。

また、提示される条件から必要なものを取捨選択して統合的に考えることから、論理的に思考する力が育成されるとともに、相手の条件提示の間違いを指摘する際、反例をあげて常に成り立たないことを説明する必要があり、現行の学習指導要領で求められている事象が常に成り立たないことを説明する際に反例を用いるという場面が自然に設定されている。

2.2. 実施した授業及び活動

教材の効果を確かめるために、2021 年５～７月にかけて中学校３校で２時間ずつの授業を実施した。実施にあたり、筆者が作成した指導案を参考に、担当教員が生徒の現状に沿った形にアレンジをして授業を行った。A 校は、３年生２クラス 44 名を対象に実施し、１限目はルールの説明と２名の教員が演示を行い、周囲で参観した生徒がいずれかの教員の符号を推測して考える形で授業を進めた。また、２時間目は条件を制限するために、和の条件カードを使用せずにゲームを行った。B 校は､3 年生２クラス 55 名を対象に実施し、1 限目はルールの説明と４枚の符号カードのうち､d の符号カードを開いて３枚のカードの符号等を推測する形で指導を行った。２限目は実際にゲーム形式を取り入れた授業を行った。なお、両校とも２時間目のゲームで、効果カードは用いず、時間制限も行わなかった。C 校は、３年生４クラス 127 名を対象に実施し、指導案に近い形で指導を行った。また、すべての学校の各教室に２～４週間、空き時間に自由に使い、継続的な使用の結果どのように生徒が変化するかを調査するために教材を配置した。その結果、66 名の生徒が使用した。

3. 指導前後の調査について

A 校 45 名､B 校 55 名の２校計 100 名の生徒に対し、反例の意味理解と反例を用いた説明ができるかどうかと問うため、次の問題を用いて指導の事前事後にそれぞれ調査を行った。

なお、問題の難易度による正答率等のばらつきを防ぐために、A 校では問題Ⅰを事前調査、問題Ⅱを事後調査としてそれぞれ実施し、B 校では事前調査と事後調査を、問題Ⅰと問題Ⅱを入れ換えてそれぞれ実施した。

3.1. 調査問題及び解答基準

問題Ⅰ

１、次のことがらの逆を言いなさい。また、それが正しいかどうか調べて解答欄の「正しい」「正しくな

い」のいずれかを選び、正しくない場合には反例を示しなさい。

・整数 a、b で、a が偶数、b が奇数ならば、$a + b$ は奇数である。

2、2つの偶数の和は偶数になります。これは次のように説明できます。

m、n を整数とすると、2つの偶数は、$2m$、$2n$ と表される。

このとき、その和は、

$2m + 2n$

$m + n$ は整数だから、$2(m + n)$ は偶数である。

したがって、2つの偶数の和は偶数である。

それでは、2つの偶数の商は偶数であるといえますか。説明しなさい。

問題Ⅱ

1、次のことがらの逆を言いなさい。また、それが正しいかどうか調べて解答欄の「正しい」「正しくない」のいずれかを選び、正しくない場合には反例を示しなさい

・整数 a で、a が6の倍数ならば、a は3の倍数である。

2、2つの偶数の和は偶数になります。これは次のように説明できます。

m、n を整数とすると、2つの偶数は、$2m$、$2n$ と表される。

このとき、その和は、

$2m + 2n$

$m + n$ は整数だから、$2(m + n)$ は偶数である。

したがって、2つの偶数の和は偶数である。

それでは、2つの整数の和が偶数であるとき、その2つの整数はいずれも偶数であるといえますか。説明しなさい。

調査終了後、以下の正答例と解答基準を作成し、正答（表内の○）を2点、部分正答（表内の△）を1点として採点し、結果を数値化した。なお、問題1については、

① 与えられた命題の逆を述べる。

② その真偽を問う。

③ 偽の場合、反例を述べる。

の項目に分け、それぞれ採点・分析を行った。

問題Ⅰ

《正答例》

【1－①】（逆の提示）・・・整数 a、b で、$a + b$ が奇数ならば、a は偶数、b は奇数である。

【1－②】（逆の真偽の判断）・・・正しくない。

【1－③】（反例の提示）・・・$a = 3$、$b = 4$（a が奇数、b が偶数）

【2】 $m = 12$、$n = 4$ のとき、その商は3となり、偶数ではない。

したがって、2つの偶数の商は偶数であるとは言えない。

表1－1　問題Ⅰの解答類型及び解答基準

【1－①】

整数 a、b で、$a + b$ が奇数ならば、a は偶数、b は奇数である。（同意可）	○
$a + b$ が奇数ならば、a は偶数、b は奇数である。（前提抜け）	△
整数 a、b で、a が奇数、b が偶数ならば、$a + b$ は奇数である。（b が偶数、a が奇数を含む。）	
整数 a、b で、b が奇数、a が偶数ならば、$a + b$ は奇数である。	
その他	
無解答	

【1－②】

正しくない。	○
正しい。	
その他	
無解答	

【1－③】

$a = 3$、$b = 4$（a が奇数、b が偶数）	○
$1 + 2 = 3$ のようにどちらが奇数か明確でない。	△
a：偶数、b：奇数を例としてあげているもの	
1－②で正しいと答え無解答	
その他	
無解答	

【2】

反例を用いて正しく解答している。	○
反例を提示しているが説明が不十分である。	△
2数を m、n と置いて解答している。	○
2数を m、n と置いて解答しようとしているが説明が不十分。	△
2数を m、n と置いて解答しようとしているが説明ができていない。	
結論を偶数として証明している。	
商を和、差、積と間違えて説明している。	
その他	
無解答	

問題Ⅱ

《正答例》

【1－①】（逆の提示）・・・整数 a で、a が3の倍数ならば、a は6の倍数である。

【1－②】（逆の真偽の判断）・・・正しくない。

【1－③】（反例提示）・・・$a = 3$、9・・・（a が3の倍数であって6の倍数でない数）

【2】 2つの整数が1、3のとき、その和は4となり、偶数である。
したがって、その和が偶数である2つの整数はいずれも偶数であるとは言えない。

表1－2　問題Ⅱの解答類型及び解答基準

【1－①】

整数 a で、a が3の倍数ならば、a は6の倍数である。（同意可）	○
a が3の倍数ならば、a は6の倍数である。（前提抜け）	△
整数 a で、a が6の倍数ならば、a は3の倍数でない。（とは限らない。）	
整数 a で、a が3の倍数でないならば、a は6の倍数でない。	
その他	
無解答	

【1－②】

正しくない。	○
正しい。	
その他	
無解答	

【1－③】

a = 3、9・・・（a が3の倍数であって6の倍数でない数）	○
反例を示しているが書き方が適切でないもの（$3a$ = 9、3 × 3 = 9）	△
1－②で正しいと答え無解答	
その他	
無解答	

【2】

反例を用いて正しく解答している。	○
反例を提示しているが説明になっていない。（または不十分）	△
（奇数）＋（奇数）＝（偶数）を証明して根拠としている。	○
（奇数）＋（奇数）＝（偶数）を証明して根拠としているが不十分。	△
（奇数）＋（奇数）＝（偶数）を用いようとしている。	
命題が正しい前提で証明しようとしている。	
（偶数）＋（偶数）＝（偶数）を証明している。	
その他	
無解答	

3.2. 調査結果

調査の結果は以下の通りである。表中の“部分“は部分正答を示す。

調査項目【1－①】の結果を表2－1に示す。t検定の結果、命題の逆を求める問題については、指導前と指導後に有意差が認められた。正答者は72名から86名に増加し、誤答・無答の人数がほぼ同数減少していることから、効果があったと考えられる。

表2－1　調査項目【1－①】の結果

	正答	部分	誤答	無答	有意差
事前	72	2	22	4	*
事後	87	1	11	1	

*p<0.05

調査項目【1－②】の結果を表2－2に示す。t検定の結果、有意差は認められなかった。問題が真偽を問う問題であり、二者択一の問題であったことが影響していると考えられる。

表2－2　調査項目【1－②】の結果

	正答	部分	誤答	無答	有意差
事前	60		32	8	
事後	64		28	7	

調査項目【1－③】の結果を表2－3に示す。t検定の結果、反例を述べる問題については、指導前と指導後に有意差が認められた。正答者は38名から54名に増加しており、部分正答者の人数はほとんど変わらないことから、効果があったと考えられる。

表2－3　調査項目【1－③】の結果

	正答	部分	誤答	無答	有意差
事前	38	6	40	16	*
事後	55	5	28	12	

*p<0.05

調査項目【2】の結果を表2－4に示す。t検定を行った結果、p<0.05となり、反例を挙げて説明する問題については、指導前と指導後に有意差が認められた。正答者は6名から16名に増加しており、部分正答者の人数はほとんど変わらないことから、効果があったと考えられる。また、無答率についてもt検定の結果、p<0.05となり、実数も34名から22名に減少したため、効果があったと考えられる。

表2－4　調査【2】の結果

	正答	部分	誤答	無答	有意差
事前	6	9	51	34	*
事後	16	10	52	22	

*p<0.05

調査項目【2】について、指導前と指導後の正答数等を相関図にまとめてみると表3のようになる。

表３　反例に関する問いの解答結果

前＼後	正答	部分正答	誤答	無解答
正答	1	2	3	0
部分正答	4	0	4	1
誤答	**9** イ)	6	31	5
無解答	**2** ア)	2	**14** ウ)	16

この結果から、

ア　無解答→正答

イ　誤答→正答

ウ　無解答→誤答

の３グループについて見ていく。

3.2.1. グループ ア について

２名の解答者については、いずれも「いえない」ことを明示した上で、その理由として反例を用いて説明をしている。また、授業のふり返りでは、

・１つ１つ整理していくとけっこう簡単だった。どれが何なのか分かってきた。

・条件が３つ４つ出たところでややこしくなってあきらめてしまった。

と条件から判断することについてのコメントはあるが、反例を用いた説明のについての説明はない。ただし、いずれの生徒も教材に対しての関心が他の生徒よりも高いことを示す感想を記していることと、使用したワークシートの記述から数学への興味・関心と能力が高いことを読み取ることができ、授業の中でゲームを繰り返す中から、常に成り立たないことの説明について反例を用いて説明する方法を自然と身に付けた数少ない例と考えられる。

3.2.2. グループ イ について

９名の解答者について指導前の誤答を分析すると、2数の和の例をそのまま使用し、問に置き換えて解答とした生徒が４名、そのまま問題に置き換えて解答しようとしたが、途中までしか解答できなかった生徒が５名となっている。また、指導後の結果については、反例を用いて説明をした生徒が７名、反例を用いずに、「答えが（偶数に）定まらない。」ことを述べて説明とした生徒が２名となっている。反例を用いて説明をした生徒のふり返りでは、

・反例を楽しんで学ぶことができた。

・このゲームを機に反例について学ぶことができた。

というコメントがあったが、反例を用いてどのように証明をするのかを学んだのか、反例の意味を復習することができたという捉え方なのかは判断することができなかった。また、これ以外に、

・与えられた条件から推測するのはできた。

・－か＋か０を考えるのが楽しかった。

と反例に関するものではなく、条件から判断する力やゲームの感想を述べているコメントがあった。

3.2.3. グループ ウ について

14名の授業後の解答については、グループ イ の授業前の解答と同様、２数の和の例をそのまま問題に置き換えて解答とした生徒が３名、そのまま置き換えて解答しようとしたが、途中までの生徒が９名となっている。また、

・１＋２＝３のように、・・・（以下、略）

・２（４＋４）＝16

のように、題意に合わない２数を記述している例が２例あった。なお､無解答→部分正答の２名については、正しい反例を挙げているが説明が不十分な解答である。

反例に関する生徒のふり返りには、

・反例を示すことによって、より理解が深まった。

・反例の勉強になった。

・１つの条件（反例）を加えると難しかった。

のコメントがあったが、具体的にどのように理解をしたのかやどのような場面であったのかの記述は見られず、めあて内で示した「反例」という用語を受けて記述したものではないかと推測できる。また、他のコメントについても、ゲームに関する感想や相手が正答したことへの驚きなど数学に直接関係しないことが散見された。

4. 使用後のアンケートについて

教材についてのアンケートを、以下の項目で実施した。(n=227)

1　教材を使用した授業は面白かった。
2　ゲームのルールは分かりやすかった。
3　条件から符号等を求めることができるようになった。
4　ゲームの中で論理的に考えることができた。
5　論理的に考える力を身につけるのに効果があると感じた。
6　（授業のとき使用して､）論理的に考える力と運や感の割合は（　：　）と思った。（割合の合計が10となるように指示）

なお、授業後、教材を教室に配置して自由に使用できるようにし、その結果についても調査したため、授業終了後、Ａ校･Ｂ校は２週間後にＣ校は４週間後それぞれ調査した。そのため５件法に加え､『忘れた』という項目も追加して調査を行っている。

4.1. 授業終了時に関するアンケートの結果

南垣内（2022）が示したように、教材を使用した授業は面白かったかという質問に対して、88.5%の生徒が肯定的に回答している。図２－１はその分布を詳細に示したものである。このアンケート項目に関連した記述を、授業終了時の振り返りの中から抽出すると、

・間違ってしまったときはどこでいけなかったのか、

さかのぼると、あーそこか！ってなり、今度からは気をつけようと計算にも応用できたので、面白かったです。

と具体的に楽しむことができた点を列挙していたものや、

・カードゲームで反例（を学習）することでなんかスーって入ってきたし、楽しく学べた。みんなで協力してするのも楽しかった。苦手な数学をこれで勉強できたらいいのに・・・

といったようにゲームとしての利用やペアでの学習を目標を持つことで自然にできたことが楽しかったと振り返っている意見があった。また、

・問題だったら難しくて楽しめないと思うけれども、ゲームだから楽しみながら考えることができました。

とゲーム教材の長所について述べている意見もあった。

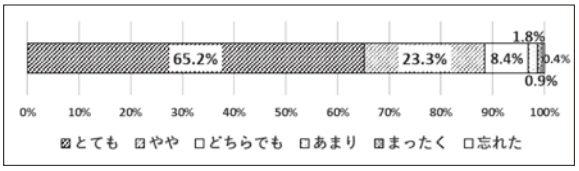


図２－１　アンケート１の結果

図２－２はゲームのルールは分かりやすかったかという質問に対しての回答である。62.0% の生徒が肯定的に回答しているが、他の項目と比較すると低くなっている。授業の実施に伴い、ゲームの説明書を用意し事前に読んでおく宿題を出していたが、曖昧な部分をなくすために細かいところまで説明した文章中心の説明書となっていたため、振り返りやアンケートでもわかりにくかったと訴えるものが多かった。そのような中で、

・ルールの説明書を読むと難しそうだなーと思ったけれど、よく考えるとシンプルで実は奥が深いゲームだということが分かりました。

・正直初回の時はさっぱりでしたが、２回目は本当によく作られているなと・・・（以下、略）

といったように、実際にゲームをする中で納得したという生徒も見て取ることができた。また、マニュアルのビデオ化を希望する意見もあったので今後の教材普及の参考としたい。

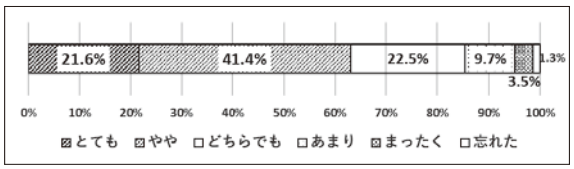


図２－２　アンケート２の結果

図２－３は、条件から符号等が求められるようになったかという質問に対しての回答である。73.5% の生徒が肯定的に回答している。そのような中で、

・カードから分かったことや途中経過のことなどメモしておくと分かりやすいと思いました。

・ペアの人と「かけ算して＋になるってことは、－と＋じゃなくて、－と－か＋と＋かな。」とか話して解くことができました。

といったように方法やペアでの活動について振り返りを行った意見もあり、単に符号を判断するだけでなく、考えるスキルを身に付けることにもなっていた。

また、符号等をあてるだけではなく、相手にあてられないようにするために、

・どうすればバレにくいかとかペアと考えるのが楽しかったです。「＋」「－」「0」を混ぜるとバレにくかったです。

・0をふたつ設定すると＝カードが出ると自爆するし、×カードだと0になるので0ふたつ以上は無理だと思った。＋、－何個か入れた方が勝ちやすいと思いました。

といった問題を出す側に立ったときの方法についても思案していた様子が見て取れた。

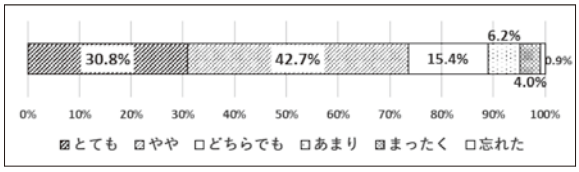


図２－３　アンケート３の結果

図２－４は、ゲームの中で論理的に考えることができたかという質問に対しての回答である。73.6% の生徒が肯定的に回答している。

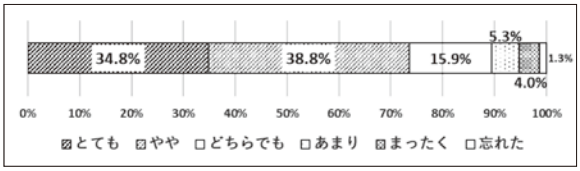


図２－４　アンケート４の結果

そのような中、図３は実際の思考の様子を記録した生徒のメモである。

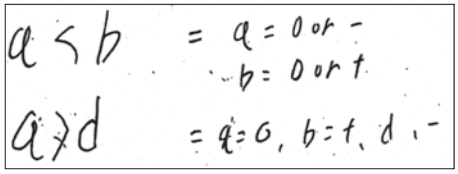


図３　生徒のメモから

まず提示された条件 $a < b$ から、

$a < 0$、$b = 0$　または　$a = 0$、$b > 0$

であると判断している。

次に提示された条件 $a > d$ において、
もし、$a < 0$、$b = 0$ とすると、$a > d$ に矛盾するから、
$a = 0$、$b > 0$
よって、a よりも小さい d は負の数となり、
$a = 0$、$b > 0$、$d < 0$
と考えたことが推察できる。
このように、背理法的な考え方を取り入れて判断している例があった。

図２－５は、論理的に考える力を身に付けるのに効果があると感じたかという質問に対しての回答である。

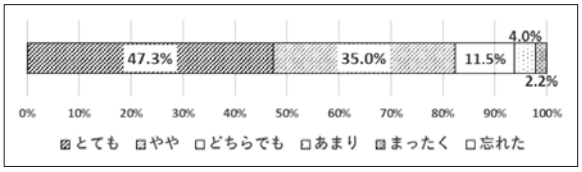


図２－５　アンケート５の結果

82.3% の生徒が肯定的に回答している。また具体的にどのような観点で論理的に考えたかを振り返りから抽出すると、以下のものがあった。

予測を立てて考えること

・色々仮定して考えるのも楽しかったです。
・ある程度の仮定を立ててものごとを考えることの重要性がわかった。

とあらかじめ符号等を仮定して考えることに言及したものがあった。a ～ d の符号等の組み合わせは 81 通り考えられるが、ゲームの早い段階で提示された条件から組み合わせを絞り込み、予想立てて考えたことが推測される。

情報の選択

・よくよく考えると確定している情報でも情報量が多いとこんがらがってしまって難しかったです。
・たくさん情報があるほうが答えに近づくけど、たくさんありすぎると頭が混乱してしまった。

と複数の条件から必要な条件を選択する必要性について言及したものがあった。一般的な数学の問題は、与えられる条件が必要十分なものであり、不必要な条件が混在していることはまずない。しかし、今回の教材では、条件がランダムに提示されるため、必要のない条件が提示される。この違いに対する違和感がこのようなふり返りにつながったものであろう。

反例の利用

・実際にやってみて、相手が間違っている所を反例を示して指摘できた。
・反例を頭の中で出して何通りも答えを出すことで、どんどん選択の幅をせまくできました。
・チーム内で反例を用いて考えながら答えを導いていくことができた。

といったように、反例を思考の手段として用いていたことが読み取れる。相手の間違いを指摘するためだけに反例を用いるのではなく、相手の符号を判断する際にあらかじめ相手の符号を仮定して、反例を用いて複数ある候補から絞り込んでいくことに使われていたと推測できる。

図２－６は、ゲームを実施する際、論理的に考える力と運や感との割合はどのようになると感じるかきいた回答である。すべてが論理的に考える力であると考えた生徒はいなかったが、すべて運と答えた生徒も若干名いた。ただし、論理的に考える力が６割以上の生徒が 55.3% だったのに対し、運や感が６割以上の生徒が 26.5% であった。運や感に左右される以上に論理的に考える力が必要であると考えた生徒が多かった。
また、自由使用後の結果は、論理的に考える力が６割以上の生徒が 65.2% だったのに対し、運や感が６割以上の生徒が 19.7% と論理的に考える力が強いと考える生徒が増えている。(n=66)

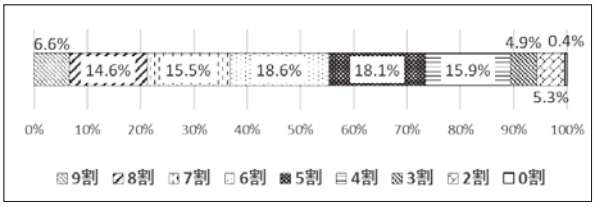


図２－６　アンケート６の結果

5. 考察と今後の検討課題

5.1. 考察

研究のまとめとして考察を述べる。
まず、教材を通した数学に対する関心・意欲の向上については、２時間の授業に限定すれば興味・関心を持って授業に取り組んでいた。このことは前述したふり返りからも読み取ることができる。ゲームへの興味・関心かゲームを通した数学への興味・関心かについては、授業観察や生徒の振り返りからしか判断できないが、いずれの時間でも単にゲームをするだけではなく、反例というキーワードを含んだめあてを提示した上で授業を進めた結果、数学への関心の高まり、意欲の向上はあったと考えられる。ただし、これまで経験したことのない教材であったためルール理解に時間がかかり、教材が使用できるまでに時間が必要であったり、ルール習得までの時間に個人差があって取り組みに温度差が生じたりと、事前の準備不足を起因とする課題も見て取れたので限られた時間内で教材に集中させ、関心・意欲の向上に繋げるより細やかな事前の準備を

検討する必要がある。

次に習得できると考える力について、2つに分けて考察する。

5.1.1. 必要な条件を取捨選択し問題を解決する力

必要な条件を取捨選択して問題を解決する力に課題があり今後習得する必要があることについては、全国学力・学習状況調査小学校・算数（2007）で取り上げられており、指導の際には過剰な情報を含んだ場面や事柄を提示し、それらの中から問題解決のために必要な情報を選択する活動を取り入れることが求められている。

今回使用した教材は、不必要な条件が出たり、最適な順番で条件が出なかったりといったゲーム教材の持つ偶然性という特性を持っている。もし普通の数学の問題で不必要な条件を入れて出題した場合、不必要な条件は問題に含まれないという大前提が崩れることから、生徒は解答に戸惑うとともに問題に不信感を抱くかもしれない。しかしゲーム上では、運の要素として必要のない情報が提示されることは自然に受け入れると考えられる。

実社会においても、不必要な条件が混在する中から、最適な解を求めるために、必要な条件を取捨選択して課題を解決する場面に対応できる力が求められている。

生徒も社会で求められている力にこの教材がつながることをおぼろげながらも感じることができたようで、身につく力を聞いた際も、

・たくさんの条件の中から必要な条件を絞り出す力
・どの情報を使って答えを導き出すかを決める力

との答があり、そのような力が習得できることを実感できたようである。

またこの力に関連して、

・カードから分かったことや途中経過のことなどメモしておくと分かりやすいと思いました。
・このゲームは紙に書いてまとめないと頭が混乱してミスが起きやすいということに気づいたし・・・（以下、略）

と頭の中だけでイメージするのではなく、思考の際に実際にメモをとることの大切さについても言及している意見があった。

このように、この教材では問題解決の一手順として必要な条件を取捨選択することが必要であることを理解することができ、実際にその機会を体現できるため、このような力を習得するのに有効であると考えられる。

5.1.2. 反例を用いて理由を説明する力

反例を用いて常に成り立たないことを説明することについては、使用前後の調査から条件付きで有効であると考えられる。前述の通り、学習指導要領解説（2017）でも、実際に反例を用いて常に成り立たないことを説明ができるようになることが求められているが、現在使用されている7社の中学校数学の教科用図書（2021）では、反例の意味説明と常に成り立たないことを説明するために反例を用いることができることを記述するのみで、実際に反例を用いてどのように説明するのかについては言及されていない。そのため、生徒は『反例とは何か。』について理解をしているが、授業で反例を用いて常に成り立たないことの説明をした経験がなく、具体的な説明方法を知らない現状があると考えられる。全国学力・学習状況調査の結果に基づいた授業ヒント集（2019-2）でも、反例を用いた説明の指導について取り上げられているが、現場ではまだまだ普及していない。

この状況に関連して、指導前後の調査の問題【2】で示したように、授業実施前後を比較すると、正答者が6名から16名に増加している。このうち、反例を用いて説明ができた生徒は3名から11名に増加し、2時間の指導の中で教材に取り組んだことから、反例を用いて説明する方法を身に付けたものと推測できる。ただし、無答の生徒については34名から22名に減少しているが、**5.1.** で示したように、常に成り立たないことを説明するには反例を示せばいいことを理解している生徒が4名、常に成り立つことを説明するときと同様に説明する必要があると理解している生徒が14名、説明の方法が分からず無解答のままの生徒が16名となっている。また、指導前後のいずれも誤答であった生徒が31名おり、これらの生徒を含めた半数以上の生徒が、反例を用いれば常に成り立たないことが説明できることと今回のゲームを用いた反例を用いた授業の関連付けができなかったものと考えられる。以上のことから、反例を用いて常に成り立たないことの説明ができるようになるためにこの教材は有効ではあるが、単に今回のようなゲームを中心とした授業だけではなく、あらかじめ常に成り立たないことを反例を用いてどのように説明するかを指導した上で、ゲームを用いた授業を行い、また、ゲームを用いた授業から得た反例を用いた説明の事例を他の事例に当てはめて、再度指導する必要があると考える。

なお、**5.1.1.** で示した必要な条件を取捨選択して問題を解決する力については、このゲームを行う上で常に求められているが、反例を用いて相手の提示した条件の間違いを指摘する場面は、相手が条件提示を間違えたために解答を間違った場合に限定される。今回、授業内で行ったのは1～2ゲームであり、反例を用いて相手の間違いを指摘する場面が少なかったことも影響していると推測できる。今後、反例を用いて説明する力を身に付けるためには、反例を用いて相手の間違いを指摘する機会を数多く持つために継続的に使用す

ると共に、誤答例の収集・分類・分析を行い、反例を示して事柄が成立しないことを説明する例を蓄積する必要もある。

5.2. 今後の検討課題

5.2.1. 客観的な効果の測定方法の検討

今回の調査では、反例に関して指導前後の理解度を問題で調査した。問題の難易度による影響をできるだけないように心がけたが、結果が客観的であったか、教材を用いた指導以外の影響の受けていないかまだまだ不安なところもある。橋本（2001）は、数学教育における論理的思考力を調査した際、命題に関し客観的に判断できる調査問題を用意しそれを用いて調査を行っている。比較対象として中学生にも調査を実施しているため、その際の調査問題を参考に測定問題について検討したい。

また、これまでの調査以外に、授業終了時に自由記述形式でアンケート調査を行っている。その中の、『この教材を使うと数学のどのような力がつくと感じたか書いてください。』という質問の回答を分析して、使われている単語を抽出し、多数使用されている単語として、表４の単語を得ることができた。今後の調査する際、これらの単語を念頭に選択肢を作成していく。

表４　『つく力』の調査から抽出された単語

計算（速く計算、暗算を含む）80 回、**考える** 51 回 **符号** 29 回、**判断** 27 回、**条件** 20 回、**情報** 13 回 **導く** 11 回、**思考** 10 回、**整理**、**理解**各 9 回、 **推理**、**予想**各 6 回

5.2.2. 長期使用時における効果の調査方法の検討

今回の使用は２時間の授業での使用と２～４週間の自由使用であり、長い学校でも１ヶ月に満たない使用期間であった、また、自由使用については、その回数も１回が 26 名、２～５回が 40 名と筆者が想定していたよりも少ないものであった。今後数ヶ月のスパンで継続的に利用していき、その際どのような変化が起こるかを見ていく必要があると考える。実際授業で継続的に取り扱うにば授業時間が不足するという課題もあり、具体的にどのように効果を持つかを調査するにあたっては、研究協力校の追加も含めて検討する必要がある。

謝辞

本研究を実施するにあたり、

・かつらぎ町立笠田中学校

・かつらぎ町立妙寺中学校

・和歌山大学教育学部附属中学校

の皆様より多くの協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

※「エトミー」の由来

記号＋はラテン語の et を、記号－は minus の m をそれぞれ簡略化したものといわれています。そこで、＋、0、－の記号･数を et、o、m にそれぞれ置き換え、minus の i を加えた造語 etomi から「エトミー」と名付けました。（商標登録済）

参考文献

・文部科学省（2017）､中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 数学編、p20、p114

・南垣内智宏（2022）、カードゲーム型学習教材「エトミー」の開発と使用について、和歌山大学教育学部紀要 第 72 集、p117-p126

・国立教育政策研究所（2007）、平成 19 年度全国学力・学習状況調査 解説資料【小学校／算数】p54-59　https://www.nier.go.jp/tyousa/07kaisetsu_shou_sansuu.pdf （参照日 2021.11.25）

・東京書籍（2021）、新しい数学 2、p135

・大日本図書（2021）、数学の世界 2、p140

・学校図書（2021）、中学校数学 2、p136-137

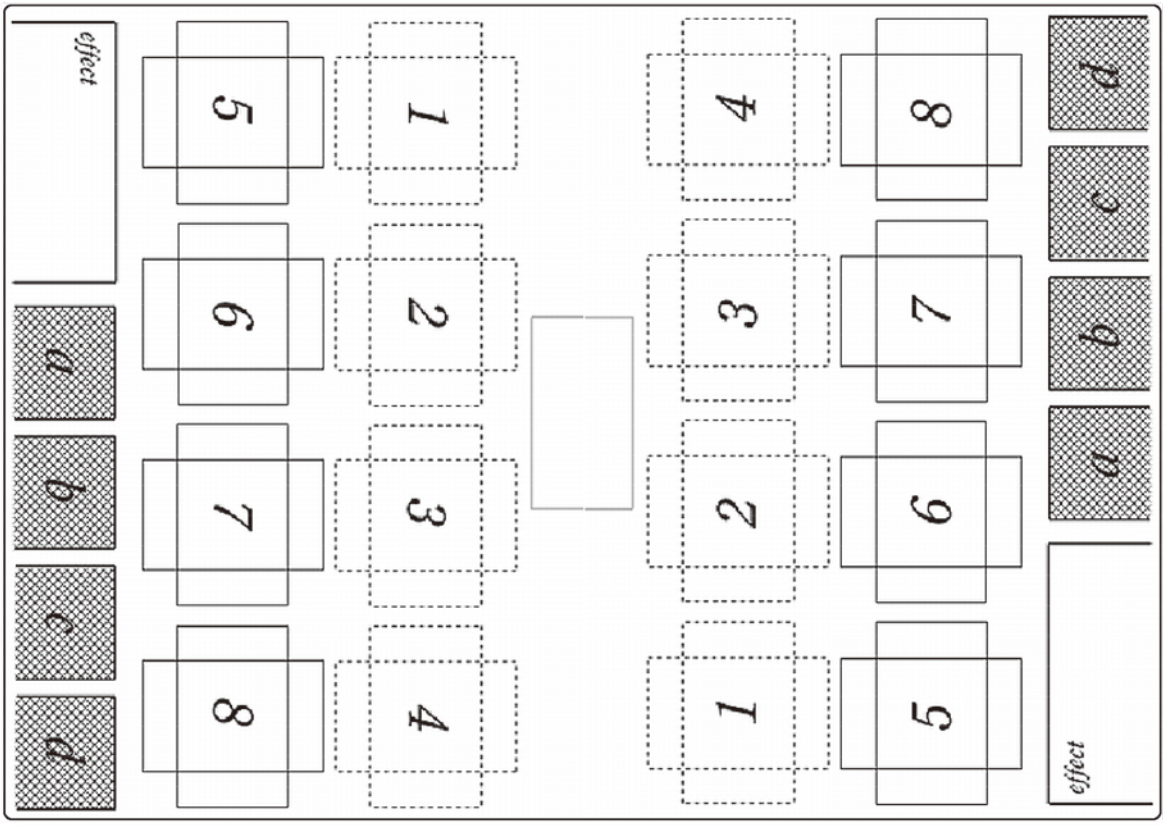
・教育出版（2021）、中学数学 2、p152

・新興出版社啓林館（2021）、未来へひろがる数学 2、p131-132

・数研出版（2021）、これからの数学 2、p150-151

・日本文教出版（2021）、中学数学 2、p141

・国立教育政策研究所（2019-2）、令和元年度 全国学力･学習状況調査 授業アイデア例 p1 https://www.nier.go.jp/jugyourei/h31/19idea-mmath_01.pdf （参照日 2021.11.25）

・橋本三嗣（2001）、数学教育における論理的思考力に関する調査研究（1）－大学生に対する論理的思考力調査の結果の分析・検討－、日本教科教育学会誌 第 24 巻第 1 号、p50

【資料 1】使用するゲームボード（大きさは A2 サイズ）