

数学科における「ゲームをつくり変える」活動の一考察 —教材「Dice game」の授業開発を通して—

古林 智美

千葉大学大学院教育学研究科修士課程

数学科の授業でゲームを利用する研究は数多くなされているが、生徒自らがゲームをつくり変えるような活動を取り入れた研究はまだほとんどなされていない。一方で、数学科では問題の条件変更をして新たな問題をつくることの有効性が認められているが、条件変更の仕方について生徒が学ぶ機会はほとんどない。そこで、数学に関係するゲームをつくり変えることで、モチベーションを喚起しながら条件変更について学び、新しい問題を作れるようになるのではないかと仮説を立てた。

そこで、確率に関するゲーム教材「Dice game」を用いた授業プログラムを開発・実践した。実践の様子やアンケートを通して、ゲームをつくり変えることで条件変更をし、新しい問題をつくれることが明らかになった。また活動を通して、生徒自らが数学に関する発見をすることも可能であることが明らかになった。

キーワード： 数学教育、確率、ゲーム、ゲームをつくり、授業開発

1. はじめに

1.1. 研究の目的と背景

数学科の授業の中で、ゲームを活用した授業が以前から注目されている。ゲームを活用し始めた当初は動機づけが目的とされていたが、次第に目的の多様化が起きた。多様化を踏まえ、黒田(1989)はゲームの役割として「ア. 法則を自分で発見するためのゲーム」「イ. 習熟を目的とするゲーム」「ウ. 授業の内容と関連して、数学の内容をひろげるようなゲーム」という分類を行っている。

一方で、上記のような一連の研究の中で使用されているゲームは既存のゲームを利用するにしろ、新しくゲームをデザインするにしろ、完成されたゲームを生徒に与えている場合がほとんどである。村川(2017)は、当時求められていた学習観をもとにゲームを利用した算数・数学教育に関する国内の研究動向をまとめているが、生徒が手を加えるような活動を行っているものはない。

しかし、ゲームの要素として完成されたゲームをプレイする楽しさもあれば、自分たちで手を加える楽しさもあるはずだ。これは、あるコミュニティにける鬼ごっこなどでオリジナルルールをつくることからもうかがえる。既存のルールがコミュニティに合わないとき、よりゲームバランスが適切になるように自らルールを加えたり変えたりすることは珍しくない。また、その場合誰かに強要されてするのではなく、自ら考え行動に移すこ

とが自然であろう。新しいルールの影響によって、試行錯誤しながらさらにルールを修正することもある。

つまり、不完全なゲームに触れたとき、自らがより面白くなるようにゲームをつくりかえたいと思うことが期待でき、それが活動のモチベーションとなることも予想できる。そうすることで、生徒はゲームをプレイするのみのとき以上に自ら学び、知識理解が促されることが期待できるだろう。

さらに、ゲームをつくり変える際に必要になるであろう、条件を変更するという活動により、問題をつくることについても学ぶことができる。狩俣(1994)は「既に解決した条件を変更して新たな問題へと発展させることが、「数学を創造」する第一歩だと言われる」と述べ、条件変更による問題づくりをし、互いに検討し合うようにすることで「数学を膨らませる」能力や態度が育まれると論じている。このように、数学科において条件変更を行うことの効果があるといわれているが、どのように条件を変更するべきかについて学ぶ機会は少なく、また指導方法についても研究されていない。

以上から、ゲームをプレイするだけでなく、つくり変えることで、生徒がモチベーションを高め、数学の問題づくりの際に重要になる条件変更についても学ぶことができるのではないかと考えられる。また、このことは、数学教育における新たなゲーム活用の方向性がもたらされるという意義があるだろう。

1.2. 研究の方法

本論文では、生徒にゲームをプレイする活動と不完全

なゲームのルールを変える活動、両方を取り入れた授業を開発し、授業実践の中で、活動を比較検討することを試みる。確率に関係するゲーム教材「Dice game」を作成し、その教材を扱いゲームをつくり変える活動を取り入れた授業を開発し、授業実践を行った。実践の様子やアンケートを参考にして、ゲームをつくり変える活動の可能性と課題を明らかにしていく。

2. 授業プログラムの開発

2.1. 教材「Dice game」について

筆者が考案した「Dice game」について説明する。「Dice game」は複数人のプレイヤーがサイコロを振り、その出目が大きいプレイヤーが勝ちというゲームである。1~6の目が記されている通常のサイコロだと、運に全てを任せるゲームになってしまうが、以下の基本ルールで示すような変則サイコロを用いることで、プレイヤーに勝ちやすいと思われるサイコロを選択する、という要素を加えた。基本となるルールは以下の通りである。

表1 基本ルール

<ul style="list-style-type: none"> プレイヤーの人数は2人または3人とする。 各プレイヤーは3つの変則サイコロ（サイコロを区別するためにそれぞれRed、Blue、Yellowと名付ける）から1つを選ぶ。ただし、対戦するプレイヤーと同じサイコロは選べない。¹ 全プレイヤーが一斉にサイコロを振り、出目が一番大きかったプレイヤーの勝利。 一番大きい出目が複数のサイコロで出た場合、ドロー（引き分け）とし、勝者はいないとする。² サイコロは正六面体とする。ただし、サイコロを振ったときの出るそれぞれの面の確率には偏りがなく、同様に確からしいとする。 3つの変則サイコロの目は以下のように定める。 <ul style="list-style-type: none"> Red {3、3、3、4、4、4} Blue {2、2、2、5、5、5} Yellow {1、1、1、6、6、6}
--

このゲームでプレイヤーがこのゲームに勝つためには、できるだけ勝ちやすいと考えられるサイコロを選ぶことが重要な戦略となる。

上記の変則サイコロの場合、プレイヤーが2人の場合はRed、Blue、Yellowどのサイコロを選んでも勝ちやすさは変わらない。しかし、プレイヤーが3人になるとYellowが一番勝ちやすくなる。直感的には、同じサイコロを使用しているのだから、プレイヤーが3人のときも同様に、どのサイコロでも勝ちやすさは変わらないように思える。しかし勝つ確率（以下、勝率）を求

めてみると、同じサイコロを用いてもプレイヤーが3人のときには、勝ちやすいサイコロがある、という直感に反した結果になる。この直感に反した結果が現れることが、「Dice game」の面白さの一つである。

以下にそれぞれの場合の勝率を示していく。

プレイヤーが2人の場合の変則サイコロの組み合わせと勝率を示す。

RedとBlueの対戦		RedとYellowの対戦		BlueとYellowの対戦	
Blue		Yellow		Yellow	
	2 2 2 5 5 5		1 1 1 6 6 6		1 1 1 6 6 6
Red	3 R R R B B B	Red	3 R R R Y Y Y	Blue	2 B B B Y Y Y
	3 R R R B B B		3 R R R Y Y Y		2 B B B Y Y Y
	3 R R R B B B		3 R R R Y Y Y		2 B B B Y Y Y
	4 R R R B B B		4 R R R Y Y Y		5 B B B Y Y Y
	4 R R R B B B		4 R R R Y Y Y		5 B B B Y Y Y
4 R R R B B B	4 R R R Y Y Y	5 B B B Y Y Y			
Redの勝率		Redの勝率		Blueの勝率	
18/36 = 1/2		18/36 = 1/2		18/36 = 1/2	
Blueの勝率		Yellowの勝率		Yellowの勝率	
18/36 = 1/2		18/36 = 1/2		18/36 = 1/2	

図1 2人プレイのときのそれぞれの勝率³

上記で示したように、プレイヤーが2人のとき、RedとBlue、RedとYellow、BlueとYellowのサイコロでゲームを行なった場合、それぞれの場合についてどちらのサイコロを選んでも勝ちやすさは変わらない。

プレイヤーが3人の場合を考えてみる。以下のように勝つ確率が求められることができる。

<p>① Redが勝つときの組み合わせの総数を考える。 Redが勝つためには出目は以下のようにでないといけない。 Redが3または4の目かつBlueが2の目かつYellowが1の目。 これを満たす目の組み合わせの総数は $6 \times 3 \times 3 = 54$ 通り</p> <p>② Blueが勝つときの組み合わせの総数を考える。 Blueが勝つためには出目は以下のようにでないといけない。 Redが3または4の目かつBlueが5の目かつYellowが1の目 これを満たす目の組み合わせの総数は $6 \times 3 \times 3 = 54$ 通り</p> <p>③ Yellowが勝つときの組み合わせの総数を考える。 Blueが勝つためには出目は以下のようにでないといけない。 Redが3または4の目かつBlueが2または5の目かつYellowが6の目 これを満たす目の組み合わせの総数は $6 \times 6 \times 3 = 108$ 通り 3つのサイコロの目の組み合わせの総数は $6^3 = 216$ 通りかつ①~③よりそれぞれのサイコロの勝率は Red → $54/216 = 1/4$ Blue → $54/216 = 1/4$ Yellow → $108/216 = 1/2$</p>
--

図2 プレイヤーが3人のときのそれぞれの勝率

上記で示したように、Red、Blue、Yellowの勝率を比べると、Yellowの勝率が最も高い。

以上から、プレイヤーが2人のときには3つのサイコロがどれも勝ちやすさは変わらなかったが、プレイヤーが3人のときになると、Yellowが一番勝ちやすくなるということが示された。

勝率を求めること自体は難しいことではない。そのため、それぞれのサイコロの勝率を求めるだけであつたら深い学びには繋がらないであろう。しかし、我々は、上記の結果に対して感覚的に違和感を覚えることがある。

先に示したように、同じ3つのサイコロを使用しているにもかかわらず、プレイヤーの人数によって勝率が変わるということはそのうちの1つである。また、例えば1の目が含まれているから弱く、6の目が含まれているから強いというように、変則サイコロに幾つの目が何面あるかも我々が直感的にサイコロの勝ちやすさについて判断をする要素となる。しかし確率を考えてみると、その直感が正しくない場合もあり、違和感を覚えるだろう。このような感覚は中学生も味わうことができるはずだ。

また、変則サイコロの目を変え、試行するという事は中学生にとって困難な作業ではないと考える。通常、ゲームのルールが適正か検証する場合多大な時間をとりゲームをプレイすることが多いが、「Dice game」では、実際にプレイしなくても、それぞれの勝率を計算することで済む。勝率の計算のみなので時間の限られた授業内で何回も試行することが可能だろう。

2.2. 対象となる生徒について

実践は附属中学校の選択教科にて2017年度前期に開講された「違和感と数学～真らしく見えるにすぎないもの」を数学的に解く！～のカリキュラムの中で行った。授業の概要は以下の通りである。

表2 授業の概要

実施校	千葉大学教育学部附属中学校
教科	数学(選択教科)
対象	中学3年生 男子10名 女子1名
時間	50分×4時間 (13:10~13:50)
実施日時	
1時間目	5月17日(水)
2時間目	5月24日(水)
3時間目	5月31日(水)
4時間目	6月14日(水)
授業者	古林智美(筆者)

生徒に事前アンケートをとったところ、題材となる確率分野への関心は以下のような結果となった。

表3 事前アンケートの結果(項目 Q1、Q2)

Q1 確率の分野は好きですか？			
とても好き	少し好き	少し嫌い	とても嫌い
1人	5人	2人	3人
Q2 確率の分野は面白いと思いますか？			
とても面白い	少し面白い	あまり面白くない	とても面白くない
1人	6人	2人	2人

ここから、もともと高い関心を持っている生徒がいる一方で、約半数生徒が確率の分野へそこまで高い意欲・

関心を持っていないことがわかる。確率の面白さを感じていない生徒もいる中、授業内や後でどのように変容したのかも本実践の観点となるだろう。

2.3. 授業プログラムの概要

以下に授業プログラムの概要を示す。

①テーマ:ゲーム教材を通して、確率について探究する。

②概要

ゲーム教材「Dice game」を用いて、確率について深く学んでいく。直感と実際の確率との差、サイコロの目と人数によって確率が変化することを実体験しながら学び、最終的に自分の「Dice game」をつくる。活動を通して、確率の必要性と意味を理解した上で、場合の数を元にして得られる確率を考察し表現する。

「イ・カサマ=カジノ」という架空のカジノのゲームとして「Dice game」があるとし、生徒はプレイヤーになったり、オーナーから依頼されたり、カジノの入社試験を受けたりする、という緩やかなストーリー性を持たせて授業を展開した。なお、生徒に提示するルールは表4のように設定した。

表4 「Dice game」のルール

1) 各プレイヤーは3つのサイコロ (Red、Blue、Yellow) から1つ選ぶ。ただし、対戦する他のプレイヤーと同じサイコロは選べない。
2) 選んだサイコロと同じ色のチップ25枚をもちチップとしてセットする。
3) 下記ルールに従いゲームを始める。
・サイコロを振り、出目が一番大きいプレイヤーの勝利。勝利したプレイヤーは他のプレイヤーからチップを1枚もらう。
・一番大きい出目が複数のサイコロで出た場合、ドロウとし、チップの移動はない。*やり直しではなく、勝者がいない、とする。
・サイコロを振ったときの出るそれぞれの面の確率には偏りがなく、同様に確からしいとする。
・プレイヤーの人数は、2人または3人とする。



図3 授業で使ったサイコロとチップ

チップの利用は、ゲームの演出以外に、プレイ後まとめて勝敗の記録を取れるようにすることを意図した。プレイする都度記録用紙に勝敗を記録するとゲームの進行がスムーズに進まなくなる。ゲーム内では色分けされたチップの枚数を数えることで、プレイ後でも勝敗の回数を把握することができる。

授業では、変則サイコロと勝率の関係性に注目させるために表 5 のように目を設定し、それぞれ場合の勝率を求めさせた。1時間目に扱った変則サイコロは、それぞれのサイコロの目の平均値が 3.5 となるようにし、かつ 2 プレイのときにはどのサイコロでも勝率は変わらないが、3人プレイのときには Y-1 の勝率が高くなるようにした。2時間目に扱った変則サイコロは、1時間目のときには勝率が高くなった Y-1 と同様、6 の目を含みながら 2 人プレイのときには一番勝率が低くなるような Y-2 を設定した。また、1時間目と対照的に、2人プレイのときには勝率の低いサイコロがあるが、3人プレイのときには勝率が変わらないように設定した。3時間目で扱った変則サイコロは、1時間目・2時間目で扱った B-1・R-2 を用いながら、2人プレイのとき、3つのサイコロで選ぶべき優劣が現れるように設定した。表からわかるが、勝ちやすいのは B-1 と同じ勝率で Y-3 よりも勝率が高い R-2 であり、次に勝ちやすいのは R-2 と Y-3 と同じ勝率である B-1、最も勝ちにくいのは B-1 と同じ勝率で R-2 よりも勝率の低い Y-3 である。

表 5 授業で示したサイコロの目と確率

時数	サイコロ名 ⁴ (目の数字×面の数)	2人プレイ の勝率	3人プレイ の勝率
1	R-1 (3×3 4×3) B-1 (2×3 5×3) Y-1 (1×3 6×3)	どの場合でも同様	R-1: 1/4 B-1: 1/4 Y-1: 1/2
2	R-2 (4×6) B-2 (3×3 5×3) Y-2 (1×2 2×2 6×2)	R-2 = B-2: 1/2 B-2: 2/3 > Y-2: 1/3 R-2: 2/3 > Y-2: 1/3	全て同様
3	R-2 (4×6) B-1 (2×3 5×3) Y-3 (1×2 3×2 6×2)	R-2 = B-1: 1/2 B-1 = Y-3: 1/2 R-2: 2/3 > Y-3: 1/3	全て同様

③目標

(1)ゲーム教材を通し、確率について自ら問いを立て探究できるようにする。

(2)確率をどのようにして求めるか理解した上で、考察し表現できるようにする。

④展開計画

表 6 展開計画 1 時間目

時配	内容	留意点
5分	事前アンケート	
10分	イ・カサマ=カジノのルール説明・変則サイコロ・チップ・プリントの配布	・2人×6組を作る。
20分	【ゲーム1】 R-1、B-1、Y-1 ・2人プレイ ゲームを行う→記録する →全体で共有する ・3人プレイ ゲームを行う→記録する →全体で共有する	・サイコロの目を含めルールについて確認する。 ・各プレイヤーのサイコロに選ぶか選ぶ。 ・できるだけ試行回数を多くするよう促す。
10分	【ゲーム1】 プリントを配布し、2人プレイ、3人プレイのときに有利なサイコロを考える。	・ゲーム1の結果を黒板に提示し、勝ちやすさに差があるかないか、予想をさせる。 ・それぞれの勝つ確率に注目させる。
5分	事後アンケート	

表 7 展開計画 2 時間目

時配	内容	留意点
10分	【ゲーム1】 2人プレイ・3人プレイのときに有利なサイコロの考えを共有する。	・前回の生徒のワークシートを共有する。 ・有利なサイコロの求め方を全員が把握できるようにする。
5分	カジノのルール説明 確認・教具配布	・2人×6組を作る。
20分	【ゲーム2】R-2、B-2、Y-2 ・2人プレイ ゲームを行う→記録	・ルールについて確認する。 ・できるだけ試行回数を多くするよ

	する →全体で共有する ・3人プレイ ゲームを行う→記録する →全体で共有する	う促す。 ・選ばれない色のサイコロがないようにうまく促す。
12分	【ゲーム2】 2人プレイ・3人プレイのときに有利なサイコロを考える。	
3分	事後アンケート	

表8 展開計画3時間目

時配	内容	留意点
10分	【ゲーム2】 2人プレイ・3人プレイのときに有利なサイコロの考えを共有する。	・前回の生徒のワークシートを共有する。 ・意見を発表させる。 ・有利なサイコロを求める考え方を全員が把握できるようにする。
15分	【ゲーム3】R-2、B-1、Y-3 ・直感で2人プレイ、3人プレイの時のサイコロを自分なら選ぶか考える。 ・それぞれの場合の確率を計算し、どのサイコロが勝ちやすいかを考える。 ・全体で確認する。	・直感の選択を板書に記録し、感覚と理論値の違いを比較できるようにする。 ・【ゲーム1】【ゲーム2】と同様に考えるよう促す。
12分	【カジノからの依頼】 ・3つの変則サイコロのうち1つのサイコロの目だけ変え2・3人プレイ共に有利なものが出ないようにサイコロをつくる。	・ストーリーを読み上げ、課題に対しての意欲をあげる。 ・どのようにして考えたらいいか、周りとは相談してもいいと促しながら机間指導する。
5分	事後アンケート	

表9 展開計画4時間目

時配	内容	留意点
15分	前回の続き 2人プレイ・3人プレイのときも公平になるようなサイコロの目を発表する。 →全体で確かめて見る。	・説明も含め完答できる生徒が1人いるので、周りを巻き込みつつ、共有する。
20分	【イ・カサマ＝カジノの入社試験】 ＜試験の流れ＞ ①2人1人組になり、2つのサイコロの目を決める。 ②1組ずつ発表していく。 サイコロの目を発表→観客である他の生徒・院生は5秒間で判断。(赤、青、平等、の三択)→解説も含め、結果を発表する。 ③6組全部行い、一番騙せた人数が多かった組が入社試験に受かったこととする。 ＜作り方＞ ・サイコロは二つ(赤と青) ・サイコロは6面体とする。	・例を示しながら、活動の流れを確認する。 ・生徒へ提示しないが以下のような方針で机間指導を行う。 ◎目の数の指定はしないので、1～6以外の自然数・分数・小数・無理数・負の数もありとする。 ◎2つのサイコロの目の被りは推奨しないが有りとする。(被った場合をどう定義づけるのかについては確認させる) ・説明の際にはスケッチブックを利用させる。 ・判断は、赤と青の札をあげて主張させる。
10分	発表(入社試験) 30秒:サイコロ発表・判断→1分説明。 ・時間短縮のため、その場で発表する。	・1組1.5分を目安に発表させる。
5分	事後アンケート	

3. 授業の実践と考察

3.1. 授業実践の実際

本授業実践は2つのパートに分けることができる。1つ目のパートは、1時間目～3時間目の前半までに行った、表5で示したすでに目が決まっている変則サイコロでどれが勝ちやすいかを考える活動が中心であった。2つ目のパートは、3時間目の後半から4時間目に行った、サイコロの目を変える課題を生徒に与え、目を考える活動である。

1つ目のパートはこれまでのゲームを用いた数学教育の研究と同様、プレイする活動によるゲーム利用と言える。2つ目のパートが本研究で主として扱いたいゲームをつくり変える活動にあたる。

1つ目のパートでは、生徒たちは意欲的に参加し、ゲームや確率についての理解を深めていった。ゲームを試行する際に、机の上ではサイコロが転がり過ぎてしまうなどよりサイコロを振りやすい環境を設定するなど課題はあったものの、概ね問題なく活動ができた。また、勝ちやすいサイコロを考える場面でも、プリントを用いて個人もしくはグループで確認し合いながら、考えることができていた。活動の難易度や変則サイコロの目の設定は適切であり、生徒たちの興味関心を喚起させるものであったといえることができるだろう。

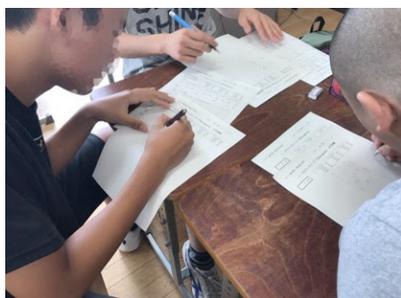


図42 時間目の活動の様子

2つ目のパートでは、まず「3つの変則サイコロのうち1つのサイコロの目だけ変え2・3人プレイ共に有利なものが出ないようなサイコロをつくる」という制限付きで目を変える活動を行った。制限をつけた活動を行うことで、漫然と目を変えるのではなく意図を持ちながら目を設定していくことを意識づけたかったためである。変則サイコロは以下のように設定し、Yellowのサイコロの目を変えさせた。

表10 提示した変則サイコロの目

Red {1, 1, 1, 6, 6, 6}
Blue {1, 1, 1, 6, 6, 6}
Yellow {1, 1, 1, 6, 6, 6}

生徒たちは全員が試行錯誤をしながらそれぞれ目を考えていた。試行錯誤する中で、性質についても探究し意見を共有する場面では「1と6が含まれていれば、他の5つの面は2~5のどのような数字でも、有利なサイコロが出なくなる」という結論に至った。

最後に、2つの変則サイコロを自由につくる活動を行った。本来であれば、これまでのゲーム同様3つの変則サイコロを使いたかったが、時間の関係上3つのサイコロの目を考え共有することは難しいと判断し、2つのサイコロをつくる活動とした。

サイコロの目を変える活動は、ペアで行った。全6班のうち、1班は人数が足りなかったため、授業補助者の大学生が入っている。それぞれの班がつくったサイコロの勝率や期待値は次の表5の通りである。

数字を凝ったために時間内に作業が終わらないグループもあったが、どのグループもサイコロの目をつくることができおり、サイコロの目をつくる活動そのものに困難さをあらわにする生徒は見られず、時間ギリギリまで意欲的に取り組んでいる様子が確認できた。

表11 各班がつくったサイコロの目

1班	サイコロの目	期待値	勝率
Red	1+2-9、-1、0.3、0.875、 π 、 $\sqrt{98}$	$(-13/8 + \pi + 7\sqrt{2})/6$	11/36
Blue	0.7、 $190/\sqrt{1445}$ 、 $6/30$ 、+6、 $445/\sqrt{7421}$ 、 $6\pi/5$	$169/60 + \pi/5$	25/36
2班	サイコロの目	期待値	勝率
Red	1, 3, 3, 4, 5, 5	21/6	16/36
Blue	1, 2, 3, 3, 8, 8	25/6	15/36
3班	サイコロの目	期待値	勝率
Red	1, 2, 4, 5, 7, 12	31/36	15/36
Blue	2, 2, 4, 5, 8, 10	31/36	17/36
4班	サイコロの目	期待値	勝率
Red	1, 1/2, 7/5, 0.8, $\sqrt{2}$, 3	2.95	11/36
Blue	4, 2, 1, 2, 8, -2	2.5	19/36
5班	サイコロの目	期待値	勝率
Red	11.1, 1, 1, -1.1, 1, 0.1	13.1/6	13/36
Blue	0.01, 1, 1, -1, 1, 11.11	13.12/6	14/36
6班	サイコロの目	期待値	勝率
Red	1, 1, 5, 6, 10, 10	33/6	7/15
Blue	1, 2, 2, 8, 10, 10	33/6	8/15

3.2. 授業実践の考察

各回終了後に事後アンケートをとった。本節では、前説で記した授業の実際を踏まえ、さらにアンケートから必要事項を取り上げ、本実践の考察を行う。

分析する際の観点を3点挙げる。1つ目は「Dice game」の教材の評価、2つ目は、「イ・カサマ＝カジノ」という架空のカジノを提示し緩やかなストーリーを作り授業を展開したことの効果についてである。3つ目は、ゲームをつくり変える活動の可能性と課題について明らかにする。

3.2.1. 教材の有効性と課題

まずは、1つ目の「Dice game」の教材としての有効性と課題を挙げる。まず、この教材は、生徒たちのレベルにあっており、また元々の確率分野への関心とは関係なく、楽しめるものであったとみなせる。このことは授業の様子に加え、以下のアンケート結果からもわかる。

表12 アンケート項目 Q1

今日の授業は楽しかったですか？				
	1時間目	2時間目	3時間目 ⁵	4時間目
とても楽しかった	5人	5人	2人	6人
少し楽しかった	6人	6人	7人	5人
あまり楽しくなかった	0人	0人	1人	0人
とても楽しくなかった	0人	0人	0人	0人

3時間目で「あまり楽しくなかった」と答えている生徒の理由を見ると「3ゲーム目は分かったが4ゲーム目は考えてみるのだけじゃわからなかったから」⁶との記述があった。それまで実際のサイコロを用いて試行していたものが、計算だけになってしまい混乱してしまった可能性がある。しかしながら、その次の回ではその点に関して触れずに「とても楽しかった」を選択していることから、試行から計算のみへの移行の際に配慮する必要があるが、試行は必ず毎回必要ではないと判断できる。他の回については全員が「とても楽しかった」「少し楽しかった」に回答しており、元々の確率分野への関心に関わらず概ね楽しめる教材であったと考えられる。

では、確率が変動する面白さについて生徒は感じ、自ら条件を変えて、ゲームをつくり変えてみたいという気持ちは芽生えたのだろうか。この点に関してもある程度有効であったと考えられる。1時間目の事後アンケート

の時点で「面の数字をいじるだけで確率が変化しておもしろかった。」「2人でやると勝率は変わらない。」「このイカサマカジノは使える。二人でやった後ならばれない。」「というような記述がみられたからだ。2人または3人でプレイをした後に確率を考えるという、実感を伴いつつ数字でも確認することで、同じサイコロであるのに人数によって確率が変わること違和感を感じることに成功したと考えられる。また、1時間目終了後時点で、約半数以上の生徒が「もっと考えてみたいこと、調べてみたいこと」があったと述べている。(表13)

表13 アンケート項目 Q4

今日の授業の中で、もっと考えてみたいこと・調べてみたいことはありましたか？
1時間目：7人
・4人5人でやったらどうなるのか。 ・サイコロの目の数字を変えてみたい。 など
2時間目：7人
・4人5人の場合。 ・サイコロの数を増やしてみたい。 ・弱そうに見えて強い組み合わせのサイコロを知りたい。 など
3時間目：6人
・さいころ4こ、5こ、6こ ・2つ変えた場合 ・立方体から形を変えたサイコロを作ってみたい。 ・もっと色々勝つ方法。公式。 ・サイコロ以外もやってみたい など
4時間目：9人
・別の賭け事をいじって考えて見たい(スロット etc...) ・条件を付け加えたい(4が出たら負け etc...) ・どうだったらよりだませるか ・サイコロの範囲を自然数にしぼる ・どうやったらあの平等なのか平等でないのかクイズをかんとんに答えることができるかが知りたいと個人的に思った。 ・サイコロの面を増やしたい ・立方体以外のサイコロ ・コイン など

また、どの生徒も1時間目から4時間目の間に最低でも1回は「もっと考えてみたいこと、調べてみたいこと」があったと記述している。つまり、どの生徒にとってもある程度自ら条件を変えて、ゲームをつくり変えてみたいという気持ちを芽生えさせたと考えられるだろう。一方で、生徒によって、記述の量や質に差がある

ことから、全ての生徒がより充実した活動を行うために工夫を加えることが必要であると考えられる。

また、この教材を確率の分野で扱うことについても有効性を確認できた。表 14 で示した第 4 回目の事後アンケートの結果から、11 名のうち 9 名が授業を通して確率の印象が変わったと記述していることが確認できる。さらに、事前アンケートで確率分野が「少し嫌い」、「とても嫌い」かつ「あまり面白くない」、「とても面白くない」と回答していた生徒 4 人のうち 3 人は印象が「とても変わった」「少し変わった」と肯定的に回答している。理由を見ると、「意外におもしろい」など、これまでとは異なる視点で確率を捉え直した様子が確認できる。

一方で、2 人特に変化がないと回答した生徒がいる。「今までと大差ないから」という理由から、これまで扱ってきた確率と何が異なり、どんな面白さがあるのかについて伝えることができなかったという課題がみえた。

表 14 アンケート項目 Q6、Q7

Q6 確率の分野に対する印象は変わりましたか？			
とても	少し	あまり	全然
2 人	7 人	2 人	0 人
生徒	Q7 理由を教えてください。		
1	変わらず気持ち悪いが、少し楽しめるようになった気になっている自分がいるから。		
2	期待値どおりじゃない。		
3	もともとそんなに嫌いではなかったが、今までよりも勝率が楽に解けるようになったから。		
4	ただ確率を求めるだけでなく、いかに人をだませるかどうかを考える所。		
5	とくになし。		
6	ゲームを通して学ぶことができ楽しかったから。		
7	意外におもしろい。		
8	確率の考え方を使っているいろんなことができたから。		
9	意外に面白かったから。		
10	確率の問題でなかなか出てこない問題が出てきたから。		
11	今までと大差ないから。		

さらに、表 15 より、生徒も本実践について高い評価をしていることがうかがえる。自由記述にもかかわらず、11 名のうち 9 名が「面白かった」「楽しかった」と評価している。残りの 2 名のうちの 1 人は「もう 1 度！」と活動の機会を求める様子が見られる。

生徒が評価したポイントとしては、簡単なゲームであ

りながら様々な種類のサイコロがつくること、確率を操作することができること、実体験を伴いながら確率について学ぶことができること、が挙げられるだろう。この良さを活かしながら、さらに生徒たちが確率について深く学べるよう教材を生かした授業を展開することが今後の課題である。

表 15 アンケート項目 Q10

生徒	「イ・カサマ=カジノ」を舞台に授業を行いました。面白かったですか？また、自由に感想を書いてください。
1	世の中にはイカサマはたくさんはびこっていると思った。
2	色々な方法がありとてもおもしろいと思った。
3	面白かったです。自分で実際に体験して考えられるところがいいと思う。
4	むずかしいところも多々ありましたが実際にやることができとても楽しく学べました。
5	面白かった。最後の授業で√を使ったりした班はずりと思いました。
6	確率について考えを深めることができ、様々なゲームを通して学べたので面白かった。
7	もう 1 度！
8	確率が様々なことに応用できて、面白いと思いました。
9	確率がこんな風に使えるのだと初めて知って、とても面白かったです。少し確率が好きになりました。
10	目の違うサイコロを 2、3 人で戦うのが楽しかった。
11	まあまあ面白かった

3.2.2. ストーリーを取り入れた効果

2 つ目の観点として、「イ・カサマ=カジノ」という架空のカジノを提示し緩やかなストーリーを作り授業を展開したことの効果について考察していく。今回の授業では各回で主にスライドを利用してストーリーを提示した。(下記図 5~7 を参考)

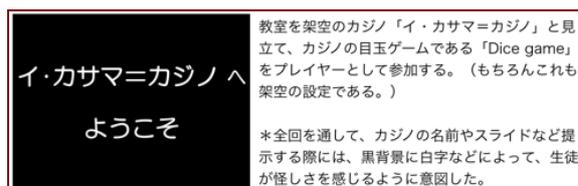


図 5 1 時間目・2 時間目のストーリー概要

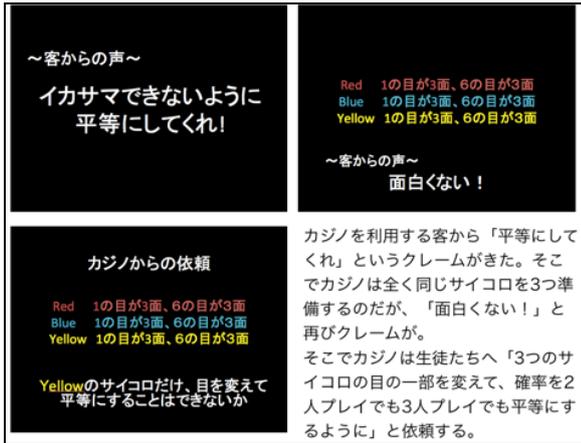


図 6 3 時間目のストーリー概要

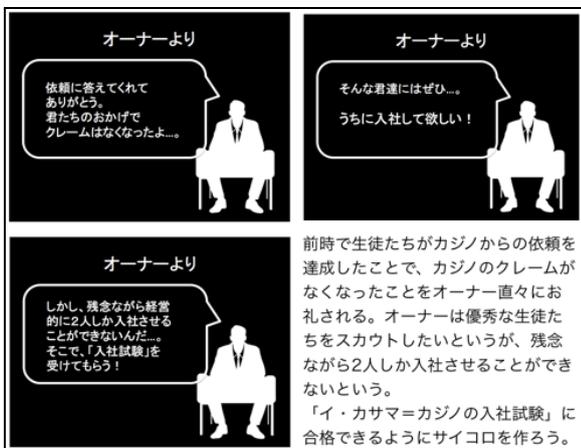


図 7 4 時間目のストーリー概要

上記のように今回、「イ・カサマ=カジノ」を舞台に展開したことによって、得られた利点は、2点あったと考えられる。

1点目としては、ゲームの方針を全員が認識しやすくなったということである。「イ・カサマ=カジノ」という名前とすることで、このゲームの面白さが、騙されること・騙すことであることを生徒たちは認識できたようである。4時間目の活動後のアンケートでは「どれだけわかりやすく人をだませるかどうかがポイントのゲームだと思いました。」という生徒の記述も確認できた。

2点目として、生徒たちがストーリーに乗り、ゲームをプレイすることやつくることのモチベーションを上げる効果があったことである。授業の中で笑ったり声をあげたりなど生徒の反応が良かったのは、図 6 と図 7 で示したようにカジノからの依頼やオーナーからの入社試験が課せられたときである。比較していないため明示はできないが、ただ単に「3つのサイコロのうちの1つのサイコロの目の数を変えて、2人プレイ3人プレイ共に平等になるようにしましょう」や「ほかの人を騙すことができるようなサイコロをつくろう」と課題を提示する

よりも、生徒を引きつけ、活発な活動を促すと予想できる。架空のストーリーに課題を盛り込むことで、生徒にとってより魅力的な課題になるといえる。

3.2.3. 「ゲームをつくり変える」活動の有効性と課題

3つ目の観点として、「ゲームをつくり変える」活動の可能性と課題を挙げる。

本授業では、変則サイコロの目をつくるのがゲームをつくり変えることに当たる。さらに今回は、変えるべきポイントを教師側が指定した。一方でこの指定は生徒にとって意外なものではなく、生徒の思考に寄り添っているものであったと考えられる。例えば、1時間目終了後のアンケートでは11名中4名がサイコロの目を変えてみたい、3名がプレイヤーの人数を増やしてみたい、という旨の記述をしていた。2時間目終了後のアンケートでは11名中3名がサイコロの目を変えてみたい、4名がプレイヤーの人数を増やしてみたい、という旨の記述をしていた。なお、一部のサイコロの目を変える活動を行った3時間目終了後のアンケートでは11名中3名がサイコロの目を変えてみたいと記述し、プレイヤーの人数に言及した記述をした者はいなかった。このアンケート結果から変則サイコロの目をつくり変える活動は生徒の思考に寄り添っている課題だったといえよう。

また、アンケートではサイコロの目を変える活動についての印象について聞いた。結果を以下の表に示す。

表 16 アンケート項目 Q9

サイコロの目を変える活動は楽しかったですか？			
とても	少し	あまり	全然
7人	4人	0人	0人

11人全員がサイコロの目を変える活動について肯定的な回答を示している。実践の様子を踏まえても、「Dice game」のルールを作り変えることは生徒たちにとって困難なことではないということである。

しかし課題として、より多くの活動時間と自分たちがつくり変えている出目について客観的に振り返る機会が必要だったことがある。今回あえて、サイコロの目の条件に制限を加えなかった。その結果、1班と4班で根号を用いたり、5班で同じような数字を用いてかく乱させようとしたりする班が出てきた。本来の筆者の意図としては、このような数字を使用する場合、プレイヤーにとって難しくはなるが面白くはならないことを生徒自身が気づき軌道修正をすることをさせたかった。事後アンケートを見ると、「だますためにはわかりやすくしないといけない」「最後の授業で√を使ったりした班はずるいと思いました」というように、面白くするにはどうすればいいかについて考え始めている生徒もいるよう

であった。そのため、生徒自身が気づき軌道修正させることは時間と機会があれば可能であろう。

一方で、このように自由にサイコロの目を設定させることで、生徒自身が探究し様々なことに気づくという成果も得られた。例えば、「1 か 6 を使うのをどちらか 1 つにすれば期待値と勝つ確率はひっくり返せる」「期待値が同じでも、サイコロを振った時の強さは平等にならないようなサイコロの数字にすること」「期待値だけではどちらが強いサイコロなのかは判断できない」などがアンケートの記述で見られたが、これらは生徒自身が発見したことである。

さらに、特筆すべきことは、ゲームをつくり変えることで、条件を変更することが自然とできるようになったと考えられることである。表 13 で興味深いのは、時間を経るごとに、考えてみたいことの種類に多様性がうかがえたことだ。本来では授業が展開するにつれて、疑問や調べてみたいことが解消し、考えてみたいことの種類が減ってもおかしくないはずである。しかし、「もっと考えてみたいこと、調べてみたいこと」が最も多く挙げたのは、最終回である 4 時間目である。このことから、目を変える活動を行なったことで、ゲームを構成している他の要素、サイコロの面の数並びに形や、プレイヤーの人数、目の条件の制限などに注目できるようになり、興味も沸いたことがある。また「どうやったらあの平等なのか平等でないのかクイズをかんたんに答えることができるかが知りたいと個人的に思った。」というようなゲームの性質により関心を持つ生徒も確認できた。

自分たちでサイコロの目を決めるという条件をつくり変える活動を行ったことで、条件を変更するポイントがわかり、さらに自ら課題をもち、様々な発見をすることにつながった。今回は実践できなかったが、表 13 で望んでいるように条件を変更することで、生徒たちはさらなる発見をすることが可能だろう。

4. まとめと課題

本実践を通して、ゲームをつくり変える活動することは、生徒のモチベーションを高め、数学の問題づくりの際に重要になる条件変更について自然と学ぶことができるということがわかった。また、活動を通して、自主的に新しい課題や仮説を立て試行錯誤をする様子が見られ、最終的に数学を探究し発見をする活動を可能にするという効果がみられた。特にそれは、「面白いゲーム」をつくるということを目指して掲げた時に、効果を発揮するであろう。どんなサイコロの目の配列が人を騙しやすいのか、どんなルールを付け加えればよりプレイヤーが楽しめるゲームとなるのかを考えることは数

学についての理解を深めることにもつながる。

一方で、十分にその効果をあげるためには、より多くの活動時間ととつくり変えているものを客観的に振り返らせる機会を設ける必要があることもわかった。また、どこを探究するのか曖昧だったために、性質を見出した発展させたりすることが不十分であった。また、さらに、「Dice game」の基本ルールには多様な条件を含んでおり、条件の変更を考えることが容易いはずである。例えば、プレイ人数、サイコロの数、サイコロの目、サイコロとなる多面体などが条件としてあげられる。このゲームの特性をより活かすのであれば、生徒が自由に条件を変更して、新たなゲームにつくり変えるような活動を行わせるという可能性があり、今後検討していく価値もあるだろう。

ゲームをつくり変える活動を行うことで、新しい問題をつくるができるようになるだけではなく、自ら数学を探究し発見できるという可能性が明らかになった。今後、より効果的なゲームデザインや授業構成について明らかにしていきたい。

¹ 本実践の中で対戦するプレイヤー同士が同じサイコロを選んだ場合のルールは指定しなかった。授業内での様子を確認すると話し合いなどで対戦するプレイヤー同士被らないように調整していたようである。しかし、よりルールを一般化するのであれば、先攻後攻など順番を決め、先攻のプレイヤーからサイコロを選ぶ、などルールとして明文化が必要であった。

² サイコロの勝率を考えるときドローの扱いは重要になる。今回、ドローになったらサイコロを振ったときの組み合わせの通り数には含めるが、勝者はいないというように定めた。

³ 縦軸は Red のサイコロの目、横軸は Blue のサイコロの目を示す。目の数がぶつかるセルでは、どちらが勝つかを示している。

⁴ R は Red、B は Blue、Y は Yellow のサイコロを指している。また、カッコの中については、(目の数字×面の数)で示している。そのため、例えば、R-1 であれば「Red で 3 の目が 3 面、4 の目が 3 面」ということを示している。

⁵ 3 時間目は体調不良により 1 人アンケートに回答していないため、アンケート回答の合計人数は 10 人になっている。

⁶ 「2 ゲーム目はわからなかったが 3 ゲーム目は」の誤りであると考えられる。

引用文献

- 狩俣智(1994)「条件変更による問題づくり」、『琉球大学教育学部教育実践研究指導センター紀要』、第 2 号、pp. 57-64
 黒田俊郎(1989)「高校のゲーム」、『数学教室』、No. 444、pp. 43-46
 村川弘城(2017)「4.1 算数・数学教育」、編著：藤本徹、森田裕介、監修：日本教育工学会『ゲームと教育・学習』、pp. 91-112、ミネルヴァ書房

謝辞

本研究において、千葉大学教育学部附属中学校の生徒、教員の方に授業の実施、アンケートのなど多くのご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。