

序列化された選択枝によるモンティ・ホール問題の検討¹

下木戸隆司*・阿部将大**

(2023年11月15日 受理)

Examination of the Monty Hall problem using three ordered options

SHIMOKIDO Takashi, ABE Masahiro

要約

モンティ・ホール問題は3つの扉（選択枝）のなかから、挑戦者が当たりが含まれる扉を選ぶことで高額な景品を得ることができるというゲームである。挑戦者が1つの扉を選んだ後、司会者は残りの2つの扉から1つを開けてハズレであることを示した後、挑戦者には当初の選択を維持するか、それとももう1つの扉に変更するか判断が求められる。もし挑戦者が選択を維持すると当せん確率は1/3となり、選択変更すると当せん確率は2/3になる。それにもかかわらず、多くの人が当初の選択を維持するという非合理的な判断をすることが知られている。

本研究では、このようなモンティ・ホール問題を変形し、選択枝を金額的に序列化するという操作に着目した。これによって司会者の行動が「当たりの位置」と「挑戦者の選択」という2つの要因によって決定される因果構造に気づきやすくなり、結果的に合理的な判断が増えるという予測の下、検討を試みた。実験の結果、条件間で選択変更率が統計的に異なることは見られなかったものの、序列化・金額条件においてこれまで先行研究で報じられてきた値よりも有意に高い変更率が認められた。

キーワード : Monty Hall problem, collider principle, ordered options, conditional probability

¹ 本研究は、第2著者が第1著者の指導の下で作成した卒業論文を第1著者が再分析・再構成したものである。実験に快くご協力いただいた皆様に感謝いたします。

* 鹿児島大学 法文教育学域 教育学系 准教授

** 児童養護施設 仁風学園

モンティ・ホール問題 (Monty Hall problem) は、1990年に雑誌 *Parade* のコラム“Ask Marilyn”で取り上げられ、その是非をめぐって物議を醸したことで有名になった (vos Savant, 1996)。この問題の名称は、当時の人気テレビ番組“Let’s make a deal”のなかで、司会者のMonty Hallが挑戦者と様々な取引ゲームをしていたところから来ている。以来この問題は人々を魅了し、頭を悩ませる難問 (brain-teaser) として様々な論文、書籍、Webなどで紹介される人気コンテンツとなっている (例えば、市川, 1998; Rosenhouse, 2009; vos Savant, 1996)。

モンティ・ホール問題には多くのバリエーションが存在するものの、標準形 (standard version) と呼ばれるものは以下のような形になっている。ゲームの挑戦者の前に3枚の扉が用意され、1枚の扉の後ろには高級車が、残りの2枚の扉の後ろにはヤギが置かれる。高級車がアタリで、ヤギがハズレにあたる。挑戦者は、「アタリの扉はどれか」を問われ、3枚のなかから1枚を選択するように求められる、挑戦者が選び終えると、司会者は挑戦者が選択しなかった扉のなかから、ヤギが置かれている扉を1枚選んで開き、それがハズレであることを示す。その上で挑戦者には、最初に自分が選んだ扉を変更する (switch) か、それとも選択した扉を維持する (stick) かを選ぶ機会が与えられる。自分が選んだ扉がアタリであれば、挑戦者は高級車を手に入れることができる。アタリを入手するため挑戦者は最初に選んだ扉を変更すべきだろうか、それともそのまま (変更しない) にすべきだろうか。

この問題では、最初に選んだ扉 (選択枝) を挑戦者が変更しない場合、それがアタリである確率は $1/3$ である。その一方で扉を変更する場合には、選びなおした扉がアタリである確率は $2/3$ になる。そのため最初に選んだ扉を変更した方が、扉を変更しないときよりも、アタリを引き当てる確率は2倍大きくなるため有利である。それにもかかわらず、この問題を呈示され、扉を変更するか、維持するかという意味決定が求められると、大多数の人が「選んだ扉を維持する」ことを選択するのである。これまで標準形の問題を扱った多くの研究では、「扉を変更する」ことを選択した者は1割未満から2割程度の低い割合に過ぎない (例えば、Burns & Wieth, 2003; Friedman, 1998; Granberg, 1999; Granberg & Brown, 1995; Krauss & Wang, 2003; Tubau & Alonso, 2003)。

なぜ人は扉を変更するという合理的な決定を行わず、より当せん確率の低い、扉を維持する決定をするのだろうか。基本的に人は自身の行動をあまり変更したがる傾向があることが知られており (例えば、Hirao et al., 2016; 道家・村田, 2007)、そこには自分の手によってアタリを引き当てることができるという統制の錯覚 (Herbranson, 2012) や、扉を変更してハズレを引き当てた際の後悔を避けるためといった理由が見出されている (Gilovich et al., 1995; Granberg & Brown, 1995)。

そもそもほとんどの人が、「扉を変更する」場合にアタリを引き当てる確率が $2/3$ となることを理解していない (Fox & Levav, 2004; Krauss & Wang, 2003; Rosenhouse, 2009)。よく見られる誤解としては、司会者がハズレの扉を開いた後では、2枚の扉のいずれかにアタリが含まれることになるため、選んだ扉の当せん確率は $1/2$ となるというものである (Falk, 1992; Fox & Levav, 2004; Shimojo & Ichikawa, 1989)。この誤解は、そもそも司会者がハズレの扉を開いた後でも、挑戦者が当初選んだ

扉が当たりである確率が $1/3$ になることを失念している。また扉を変更してもしなくても、当せん確率は $1/2$ で等しいと考えているのであれば、「扉を変更する」ことを選ぶ者も「扉を維持する」ことを選ぶ者も同程度に見られるはずである。しかし実際には扉を変更することを選ぶ人は少なく、当初の選択を維持する保守的な判断が見られる。

次に多い誤解は、扉を変更しようがしまいが、選んだ扉の当せん確率は $1/3$ で変わらないというものである (Falk, 1992; Shimojo & Ichikawa, 1989)。3枚の扉という選択枝のなかに1つだけ当たりが含まれるのだから、たとえ司会者がハズレの扉を開いた後であっても、挑戦者が選んだ扉が当たりである確率は $1/3$ で変わらないなどと考えているのであろう。実際は、司会者がハズレの扉を開くことで当たりが含まれる選択枝は2つに絞り込まれるため、どの扉を開くのかという司会者の行動は、挑戦者が当たりの扉を選ぶ上で重要な情報となるのである。

モンティ・ホール問題のポイントは、当せん確率を高めるために司会者の行動が関係していることに気づけるかにある (Burns & Wieth, 2004; Kraus & Wang, 2003; Tubau & Alonso, 2003)。司会者がどの扉 (選択枝) を開けるかは、挑戦者がどの扉を選んだかと、当たりがどの扉に含まれているか、これら2つの要因に依存する。挑戦者が最初に選んだ扉や当たりの扉を司会者が開くことはないからである。つまり司会者の行動は合流点原理 (collider principle) と呼ばれる因果構造に基づいて決定されている。しかし合流点原理による因果構造は理解が難しいことが知られており (Glymour, 2001)、そのことがモンティ・ホール問題の難解さに繋がっていると考えられる。

Burns & Wieth (2004) はモンティ・ホール問題を標準形の取引ゲーム (deal) ではなく、試合 (competition) 形式に変更して検討を行っている。すなわち「司会者は必ずハズレの扉を開く」というものを「優れた選手が必ず勝つ」に置き換えている。モンティ・ホール問題における司会者の行動は、上記の合流点原理によって機械的に決定されている。それにもかかわらず、実験参加者は司会者の行動をシステムティックなものとして捉えるより、心理戦や騙しあいによるものと受け取ってしまう可能性が考えられる (例えば、三好他, 2004; 清水・服部, 2020)。挑戦者にわざわざハズレの扉を開いて教える理由がわからず、「司会者は挑戦者を欺こうとしている」といった具合にその意図を深読みしてしまうのかもしれない。取引ゲームではなく試合形式としてシンプルに優勝劣敗で勝負が決まる因果構造に置き換えることで、このような懸念を避けることができると考えられる。実際、Burns & Wieth (2004) の実験では試合形式の問題に改めることで、選択の変更率が大きく向上することが示されている。

司会者の行動が合流点原理によって決定されていることに気づきにくいのは、挑戦者が選んだ扉 (選択枝) が当たりだったとき、残りの扉のどちらを司会者が開くかはランダムに決まるというルールが過度に意識づけられるためかもしれない (Burns & Wieth, 2004)。司会者の行動からランダム性を排除することで、実験参加者は、挑戦者の選択と当たりの位置によって司会者の行動が決定されているという因果構造に気づきやすくなる可能性が考えられる。そこでモンティ・ホール問題における景品を金額面で序列化することを考える。例えば、景品を1万円、1,000円、100円という具

合に序列化した場合、1万円が当たり、1,000円と100円がハズレに該当する。もし挑戦者が最初に当たりを選択している場合、司会者が示すハズレの選択枝は1,000円か100円のいずれかになるが、司会者は必ず価値の低い方の選択枝を開示することにする。これによって司会者の行動からランダムに決まる部分がなくなるため、合流点原理による因果構造に気づきやすくなり、選択を変更するという合理的判断が促進されると考えられる。

この場合、挑戦者が最初に選んだ選択枝が1万円である確率は $1/3$ 、1,000円である確率は $1/3$ 、100円である確率は $1/3$ である。挑戦者が選択枝を変える場合、変更後の選択枝が1万円である確率は $2/3$ 、1,000円である確率は $1/3$ 、100円である確率は 0 である。したがって最初のケースでは選択枝を変えないときに当せんし、後の2つのケースでは選択枝を変えるときに当せんするので、当初の選択を変更する方が有利なのは標準形の問題と変わらない。

選択枝を序列化することで合理的な判断が促されるという可能性を吟味するため、本研究ではモンティ・ホール問題の標準形を統制条件（景品：1万円・箱ティッシュ・箱ティッシュ）とし、上記のように選択枝の景品を金額的に順序づけたものを序列化・金額条件（景品：1万円・1,000円・100円）として設定する。2つの条件に加えて、選択枝の景品を金額ではなく得点で順序づけた序列化条件（景品：1万点・1,000点・100点）と、選択枝の景品を金額に置き換えた金額条件（景品：1万円・1,000円・1,000円）も設定して比較検討を行う。

方法

実験参加者

大学生 65 名が実験に参加した。そのなかから「この問題を以前見たことがあり、正答を知っている」と回答した6名を除外し、59名（男性25名、女性34名）を分析対象とした。平均年齢は20.9歳（ $SD=1.06$ ）であった。参加者は各条件に無作為に割り当てられ、その内訳は統制条件に15名、金額条件に15名、序列化条件に14名、序列化・金額条件に15名であった。

実験課題

実験で用いた課題は、Google Formsによって作成・実施された。その際、実験参加者にとって馴染みやすい表現にするために標準形のモンティ・ホール問題を改変し、統制条件の課題として用いた。具体的には清水・服部（2020）を参考に、以下の記述を統制条件の課題とした。

あなたはあるゲーム番組の出演者です。あなたの前に閉まった3つのドアがあって、1つのドアの後ろには景品の1万円が、2つのドアの後ろには、はずれを意味する箱ティッシュが用意されています。あなたは当たりのドアを当てると1万円がもらえます。あなたが1つのドアを選択した後、司会者が残りのドアのうち箱ティッシュが用意されているドアを開けて箱ティッシュを見ます。プレイヤーのあなたは、司会者に「最初に選んだドアを残っている開けられていないドアに変更してもよい」と言われます。当たりを手に入れるために、あなたはドアを

変更すべきでしょうか？

なおゲームのルールは以下に示す通りです。

- (1) 3つのドアに（1万円・箱ティッシュ・箱ティッシュ）がランダムに入っている。
- (2) プレーヤー（あなた）はドアを1つ選ぶ。
- (3) 司会者は残りのドアのうち1つを必ず開ける。
- (4) 司会者の開けるドアは、必ず箱ティッシュの入っているドアである。
- (5) 司会者はプレーヤー（あなた）にドアを選びなおしてよいと必ず言う。
- (6) もし最初に選ばれなかったドアが2つともはずれだった場合、司会者は完全にランダムにどちらかのドアを開ける。

なお、司会者は上記のルールをすべて必ず守ります。

その他の条件では、統制条件の課題文のアタリとハズレに関する記述を以下のように設定し、さらに序列化条件と序列化・金額条件では、「もし最初に選ばれなかったドアが2つともはずれだった場合、司会者は完全にランダムにどちらかのドアを開ける」という文を削除した。具体的には、序列化・金額条件ではアタリとして1万円、ハズレとして1,000円、100円を用い、序列化条件ではアタリとして1万点、ハズレとして1,000点、100点を用い、金額条件ではアタリとして1万円、ハズレとして1,000円を用いた。それに加え、序列化条件と序列化・金額条件では、司会者が必ずハズレの方を開けるという記述を、必ず金額（得点）の低い方を開けるというものに改めた。

手続き

実験参加者は課題を読んだ後、選択を変更するかしないかを判断した。さらに最初の選択によって何%の確率でアタリを引き当てることができるか、その当せん確率を回答した。続いて、選択を変更するかしないかによって何%の確率でアタリを引き当てることができるか、その当せん確率を回答した後、なぜ選択を変える（変えない）と判断したのか、その理由を「その方が確率的に1万円（点）を引きやすそうだから」「（そうした方が）直観的に良さそうだから」「最初に選んだものが1万円（点）だったときに後悔するから」から一つ選んで回答した。最後に、実験参加者の確率に関する知識・理解度を測るため、高校数学の条件付き確率に関する問題を2問出題し、参加者はそれらに対しても解答した。以下にその2つの問題を示す。

条件付き確率に関する問題①

1から3の目が赤色に塗られており、4から6の目は青色で塗られているサイコロがある。今、このサイコロを投げて青色の目が出たとき、この目が偶数である確率はいくつでしょう。

（正解 $2/3$ ）

条件付き確率に関する問題②

赤い玉3つと白い玉2つが入っている袋から、玉を1つ取り出し、それを元に戻さずに続けてもう1つ取り出した。2つ目に取り出した玉が白だったとき、1つ目の玉が赤である確率はいくつでしょう。（正解 $3/4$ ）

結果

各条件のもとでの選択変更率は、統制条件で.27、金額条件で.27、序列化条件で.29、序列化・金額条件で.60であった (Table 1 参照)。Fisher の直接確率検定を行ったところ、条件間に有意な偏りは認められなかった ($p=.20$)。

最初の選択における当せん確率を $1/3$ と正しく回答した人数は、統制条件で 14 名、金額条件で 13 名、序列化条件で 11 名、序列化・金額条件で 14 名であった。変更するか変更しないかの判断後の当せん確率を $2/3$ と正しく回答した人数は、統制条件で 3 名、金額条件で 3 名、序列化条件で 4 名、序列化・金額条件で 5 名であった。判断後の他の当せん確率については、 $1/3$ と回答した人数は統制条件で 6 名、金額条件で 5 名、序列化条件で 6 名、序列化・金額条件で 8 名であり、 $1/2$ と回答した人数は統制条件で 6 名、金額条件で 6 名、序列化条件で 1 名、序列化・金額条件で 2 名であった。これら当せん確率における回答のばらつきはすべて有意ではなかった (ns)。

変更する変更しないを選択した理由については、「確率的にアタリを引きやすそう」と回答した者は、統制条件で 2 名、金額条件で 5 名、序列化条件で 4 名、序列化・金額条件で 7 名であった。「直観的に良さそう」と回答した者は、統制条件で 10 名、金額条件で 7 名、序列化条件で 4 名、序列化・金額条件で 6 名であり、「選んだものがアタリだったときに後悔する」と回答した者は、統制条件で 3 名、金額条件で 3 名、序列化条件で 6 名、序列化・金額条件で 2 名であった。これら理由を回答したばらつきについてもすべて有意ではなかった (ns)。

本研究で得られた選択変更率は、先行研究で報じられている 1 割未満から 2 割程度の値からすると少し高いものであったため (Burns & Wieth, 2003; Friedman, 1998; Granberg, 1999; Granberg & Brown, 1995; Krauss & Wang, 2003; Tubau & Alonso, 2003)、選択変更率の母数をやや高めに.30 と仮定して Fisher の直接確率検定を行った。その結果、序列化・金額条件においてのみ変更率が有意に高く ($p<.05$)、他の条件では有意ではなかった (ns)。つまり序列化・金額条件では、先行研究で報じられている値よりも高い変更率が確認された。

次に、選択変更と当せん確率の各回答、判断理由の各回答との関連を検討するため ϕ 係数を求めたところ、選択変更を判断した者は、当せん確率を $2/3$ と正しく回答することが多く ($\phi=.70, p<.01$)、またそう判断した理由として「確率的にアタリを引きやすそう」と回答することが多かった ($\phi=.81, p<.01$)。その一方で選択変更を判断した者は、当せん確率を $1/3$ と誤って回答することが少なく ($\phi=-.35, p<.01$)、またそう判断した理由として「直観的に良さそう」と回答すること ($\phi=-.40, p<.01$) や「選んだものがアタリだったときに後悔する」と回答すること ($\phi=-.42, p<.01$) が少なかった。なお、当せん確率を $2/3$ と回答した者は、判断理由として「確率的にアタリを引きやすそう」を挙げるものが多く ($\phi=.63, p<.01$)、「直観的に良さそう」と回答すること ($\phi=-.30, p<.05$) や「選んだものがアタリだったときに後悔する」と回答すること ($\phi=-.33, p<.05$) が少なかった。一方、当せん確率を $1/3$ と回答した者は、判断理由として「直観的に良さそう」と回答することが多く ($\phi=.38,$

Table 1
各条件における選択変更率, 当せん確率の回答数, 判断理由の回答数

	条件			
	統制	金額	序列化	序列化・金額
選択変更率 人数	.27 4/15	.27 4/15	.29 4/14	.60 9/15
最初の当せん確率を回答した人数				
1/3	14	13	11	14
それ以外	1	2	3	1
判断後の当せん確率を回答した人数				
2/3	3	3	4	5
1/3	6	5	6	8
1/2	6	6	1	2
それ以外	0	1	3	0
判断理由を回答した人数				
確率的にアタリを引きやすそう	2	5	4	7
直観的に良さそう	10	7	4	6
選んだものがアタリだったときに後悔する	3	3	6	2

$p < .01$), 「確率的にアタリを引きやすそう」と回答することが少なかった ($\phi = -.35, p < .01$)。当せん確率を 1/2 と回答した者と判断理由の各回答の間には有意な関連は見られなかった (ns)。

実験参加者の確率に関する理解度を問うために呈示された問題については、条件付き確率に関する設問①に対して正答した人数は 22 名 (正答率.36) であり、条件付き確率に関する設問②に対して正答した人数は 16 名 (正答率.27) であった。問題の内容は高校数学 A で既習得であることを踏まえると、とても高いとはいえない数値である。これらの問題に対する正誤と選択変更の有無との関連を調べるため ϕ 係数を算出したところ (Table 2 参照), 条件付き確率に関する設問①と選択変更については $\phi = .04 (ns)$ であった。条件付き確率に関する設問②と選択変更については $\phi = .42 (p < .01)$ であり、条件付き確率の設問②に正答している者は、選択変更の判断が増える傾向が見られた。また、条件付き確率に関する設問①に正答している者は、当せん確率を 2/3 と正しく回答することが多かった ($\phi = .30, p < .05$)。条件付き確率の設問②に正答している者は、当せん確率を 2/3 と正しく回答することが多く ($\phi = .52, p < .01$)、その判断理由として「確率的にアタリを引きやすそう」を挙げるが多かった ($\phi = .42, p < .01$)。

考察

本研究では、選択枝を序列化する条件を設けることでモンティ・ホール問題の検討を行った。Fisher の直接確率検定による結果では、選択枝を序列化した序列化条件と序列化・金額条件で、統制条件

Table 2
条件付き確率の設問①②における正誤と選択変更, 当せん確率, 判断理由との ϕ 係数

	選択 変更	当せん確率		
		2/3	1/3	1/2
条件付き確率の設問①	.04	.30*	-.06	-.27*
条件付き確率の設問②	.42**	.52**	-.14	-.27*
		判断理由		
	確率的に アタリを引き やすそう	直観的に 良さそう	選んだもの がアタリだっ たときに後悔 する	
条件付き確率の設問①	.05	-.04	.00	
条件付き確率の設問②	.42**	-.18	-.25	

** $p < .01$, * $p < .05$

よりも変更率が高くなることは見出されなかった。この結果はどのように解釈されるだろうか。

まず一つには、標本サイズが適切なものではなかったというものである。変更率という数値で見ると、序列化・金額条件は.60 という高い値を示しているものの、統計的には他の条件の変更率(.27-.29) と異なるものではなかった。これには統制条件の変更率が.27 と少し高い値になったことで差異が現れにくくなったという事情もあろうが、数百人の標本サイズで実験を行っている研究も見られることから (Saenen et al., 2018)、本研究の 59 名という人数は十分な検定力をもたなかったと考えられる。

他の条件の変更率と統計的に異なるものではなかったが、序列化・金額条件条件の変更率は先行研究で報じられている 1 割未満から 2 割程度の値よりも高く、有意に 3 割を超えた数値になっていた。このことから選択枝を金額的に序列化することは、実験参加者の合理的な判断を促すことにある程度寄与したと考えられる。

この操作によって司会者がハズレの選択枝を開示する際のランダム性を除外できるため、実験参加者は合流点原理の因果構造に気づきやすくなり、挑戦者の当初の選択を変更する判断が増加したものと考えられる。しかしながら序列化・金額条件の参加者は、必ずしも全員が妥当な確率理解に基づいて選択変更を判断したわけではなかったようである。つまり選択を変更することで当せん確率が 2 倍に増えるということを正しく理解した上で選択変更を判断した者は、序列化・金額条件でも 5 名に留まっており、残り 4 名は当せん確率が 1/2 あるいは 1/3 と見積もりながらも選択変更を判断していた。選択を変更するか変更しないかの意思決定と、そのときの当せん確率の理解との間に乖離が見られることは度々指摘される場所であり (Burns & Wieth, 2003; Krauss & Wang, 2003; Saenen et al., 2018; Tubau & Alonso, 2003)、モンティ・ホール問題のような確率的思考を用いる課題の困難さが改めて確認されたものといえる。

なお序列化条件においては、選択変更を判断した 4 名全員が当せん確率が 2 倍に増えるというこ

とを理解していた。参加者の数が少なく統計的な差は認められなかったため、この結果は慎重に取り扱う必要があるとはいえ、注目に値する。

次に、実験参加者の確率に関する知識・理解の不十分さが挙げられる。高校数学における条件付き確率に関する2つの設問の正答率は、それぞれ.36と.27であり、両方正答した者の割合は.12という低い値であった。モンティ・ホール問題を数学的に解決するためには、条件付き確率についての知識・理解が必要とされる。しかしながら参加者の多くは、確率に対する理解がそもそも怪しかったことで、選択を変更するという合理的な判断が妨げられたのかもしれない。この可能性を裏付けるように、条件付き確率の設問②に正答している者は、選択変更の判断が増える傾向が見られており、その際に当せん確率が $2/3$ になることを認識し、選択を変更しないときと比べてアタリを引きやすくなることを理解して合理的に判断している傾向が認められた。モンティ・ホール問題の構造を数学的に的確に捉えることができたかによって、選択を変更するかしないかの判断が異なったものと解釈され、このことは Tubau (2008) の結果とも一致する。一方で選択変更しないことを判断した参加者は、数学的に解を求めたというより、むしろ直観というヒューリスティクスによって当せん確率を $1/3$ と認識している傾向が見られた。

モンティ・ホール問題は十分な教育を受けてきた大人であっても規範解にたどり着くのが難しいことが知られているため (Rosenhouse, 2009; vos Savant, 1996), 実験に参加した大学生の多くが合理的な判断を行えなかったとしても、とくに不思議ではないのかもしれない。しかしその一方で、確率は不確かな情報やランダム要素のある事象を合理的に取り扱うことのできる便利で強力なツールとして、今日では欠かせないものになってきている。確率の解釈を誤ることで様々な弊害が生じうるし、なかには医療過誤や冤罪事件といった重大な過失に繋がったケースもある。「確率は難しいから、うまく使えなくても仕方ない」などといった具合に楽観視してられない状況である。

確率に関する興味を喚起し、正しい知識の習得を促すため、近年では中学校や高等学校での数学の教科書や参考書、副教材のなかでモンティ・ホール問題が取り上げられるケースも増えているようである (例えば、石橋, 2020; 田中・上野, 2013; 佃, 2012)。その成果がかたちに現れるまで、モンティ・ホール問題は依然として多くの人を悩ませる難問であり続けるのかもしれないが、この問題を数学的に捉えやすくする表現形式や教示方法に関する研究も進められている (レビューとして、Saenen et al., 2018)。人々の確率的思考能力を高めるために、どのような要因が合理的な思考を促進させ、どんな要因がそれを妨害するのかを明らかにすることで、数学教育や統計学教育に資するだけでなく、日常場面で確率をうまく使いこなすリテラシー能力を高める指導法や教材開発に活用していくことが期待できよう。

引用文献

- Burns, B., & Wieth, M. (2004). The collider principle in causal reasoning: Why the Monty Hall dilemma is so hard. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*, 436-449. DOI: <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.3.434>
- Falk, R. (1992). A closer look at the probabilities of the notorious three prisoners. *Cognition*, *43*, 197-223. DOI: [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90012-7](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90012-7)
- Fox, C. R., & Levav, J. (2004). Partition-editcount: Naive extensional reasoning in judgment of conditional probability. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*, 626-642. DOI: <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.4.62>
- Friedman, D. (1998). Monty Hall's three doors: Construction and deconstruction of a choice anomaly. *The American Economic Review*, *88*, 933-946. Retrieved from: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/117012>
- Gilovich, T., Medvec, T. G., & Chen, S. (1995). Commission, omission, and dissonance reduction: Coping with regret in the "Monty Hall" problem. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *21*, 182-190. DOI: <https://doi.org/10.1177/0146167295212008>
- Glymour, C. (2001). *The mind's arrows: Bayes nets and graphical causal models in psychology*. The MIT Press.
- Granberg, D. (1999). Cross-cultural comparison of responses to the Monty Hall dilemma. *Social Behavioral and Personality*, *27*, 431-438. DOI: <https://doi.org/10.2224/sbp.1999.27.4.431>
- Granberg, D., & Brown, T. A. (1995). The Monty Hall dilemma. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *21*, 711-723. DOI: <https://doi.org/10.1177/0146167295217006>
- Herbranson, W. T. (2012). Pigeons, humans, and the Monty Hall dilemma. *Current Directions in Psychological Science*, *21*, 297-301. DOI: <https://doi.org/10.1177/0963721412453585>
- Hirao, T., Murphy, T. I., & Masaki, H. (2016). Stimulus-preceding negativity represents a conservative response tendency. *NeuroReport*, *27*, 80-84. DOI: <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000495>
- 市川 伸一 (1998). 確率の理解を探る: 3 囚人問題とその周辺 共立出版
- 石橋 一昂 (2020). 「確率は事象についての情報に対して適用される」という認識を育む教授単元の一考察 日本数学教育学会誌, *102*, 25-33. DOI: https://doi.org/10.32296/jjsme.102.5_25
- Krauss, S., & Wang, X. T. (2003). The psychology of the Monty Hall problem: Discovering psychological mechanisms for solving a tenacious brain teaser. *Journal of Experimental Psychology: General*, *132*, 3-22. DOI: <https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.1.3>
- 道家 瑠見子・村田 光二 (2007). 意思決定における後悔: 現状維持が後悔を生むとき 社会心理学研究, *23*, 104-110. DOI: <https://doi.org/10.14966/jssp.KJ00004663344>

- 三好 一英・生駒 忍・若林 真衣子・服部 環 (2004). モンティ・ホールジレンマにおける選択の偏好に関する探索的研究: 自由記述の分析 筑波大学心理学研究, 28, 31-36. Retrieved from:
<https://tsukuba.repo.nii.ac.jp/record/2810/files/5.pdf>
- Rosenhouse, J. (2009). *The Monty Hall problem: The remarkable story of math's most contentious brain teaser*. Oxford University Press. (松浦 俊輔 (訳) (2019) モンティ・ホール問題 テレビ番組から生まれた史上最も議論を呼んだ確率問題の紹介と解説 青士社)
- Saenen, L., Heyvaert, M., Van Dooren, W., Schaeken, W., & Onghena, P. (2018). Why humans fail in solving the Monty Hall dilemma: A systematic review. *Psychologica Belgica*, 58, 128–158. DOI:
<https://doi.org/10.5334/pb.274>
- 清水 千加・服部 雅史 (2020). モンティ・ホール問題における信頼の影響 日本認知科学会第37回大会発表論文集, 565-568. Retrieved from:
https://www.jcss.gr.jp/meetings/jcss2020/JCSS2020_proceedings_Web.pdf
- Shimojo, S., & Ichikawa, S. (1989). Intuitive reasoning about probability: Theoretical and experimental analyses of the “problem of three prisoners”. *Cognition*, 32, 1–24. DOI: [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(89\)90012-7](https://doi.org/10.1016/0010-0277(89)90012-7)
- 田中 伸明・上野 祐一 (2013). 数学的活動を通して学ぶ高等学校数学科の「課題学習」: 「モンティ・ホールのジレンマ」を題材として 三重大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 33, 51–56.
Retrieved from: <https://mie-u.repo.nii.ac.jp/record/4383/files/21C16395.pdf>
- 佃 拓生 (2012). 不確定な事象の考察における数学的活動のあり方に関する考察: 平成21年度全国調査B6「賞品当てゲーム」の授業実践を通して日本数学教育学会誌, 94, 42–45. DOI:
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsme/94/9/94_42/article/-char/ja/#:~:text=https%3A//doi.org/10.32296/jjsme.94.9_42
- Tubau, E. (2008). Enhancing probabilistic reasoning: The role of causal graphs, statistical format and numerical skills. *Learning and Individual Differences*, 18, 187–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.08.006>
- Tubau, E., & Alonso, D. (2003). Overcoming illusory inferences in a probabilistic counterintuitive problem: The role of explicit representations. *Memory & Cognition*, 31, 596–607. DOI: <https://doi.org/10.3758/bf03196100>
- vos Savant, M. (1996). *The power of logical thinking*. New York: St. Martin's Press. (サヴァント, M. 東方 雅美 (訳) (2002). 気がつかなかった数字の罠 論理思考力トレーニング法 中央経済社)