

確率判断課題／意思決定課題としての

モンティ・ホール・ジレンマ¹⁾

—数学から、心理学、そして行動経済学へ—

筑波大学大学院（博）人間総合科学研究科 三好 一英

筑波大学大学院人間総合科学研究科・心理学系 服部 環

A review of the Monty Hall Dilemma as an exercise in probability judgment and decision making

Kazuhide Miyoshi and Tamaki Hattori (*Institute of Psychology, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

This paper reviews research on the Monty Hall Dilemma (MHD) from the perspectives of probability judgments and decision making. First, we introduce the MHD and outline why it is so difficult to solve correctly. Next, we present several ways of correctly solving the MHD. Then, we discuss cognitive support in terms of both the factors that make the problem so difficult to solve and those that make less difficult. Studies of the MHD from other fields, including mathematics, physics, and economics, are also introduced. Finally, we discuss some proposals for future research concerning the MHD.

Key words: Monty Hall Dilemma, probability judgment, decision making, behavioral economics

「生きるべきか死ぬべきか、それが問題だ」

(Shakespeare, 1604 河合訳 2003, p98)

意思決定研究に携わる研究者であれば誰もが引用したくなるこの名台詞には、二者択一状況における人間の葛藤が如実に表現されている。

我々の日常において、生死を左右するような大きな決断状況というものは滅多にないが、二者択一の

決定を迫られる状況は多分に存在する。その際の意思決定は、全くのランダムに行われているわけではなく、何らかの判断の拠り所となる情報に従って意思決定を行うのが通常だろう。判断の拠り所となる情報は種々様々であるが、時にはそれが確率として与えられることもある。この場合の確率は客観的な確率に限らず、主観的な確率による場合も含まれる。

意思決定の判断材料として確率情報が与えられた場合にそれを人間が適切に利用できないことは、ギャンブラーの誤謬、Allaisのパラドックス (Allais, 1953) などによって古くから知られている。また、近年では、条件付き確率の計算を伴う課題において規範解を得ることもかなりの困難を極めることが報告されている (例えば, Kahneman, Slovic & Tversky, 1982など)。

1) 原語においても定着した呼称はなく、Monty Hall problem (たとえば Eisenhauer, 2000; Gilovich & Medvec, 1995; Selvin, 1975b), Monty's dilemma (Shaughnessy & Dick, 1991; Tierney, 1991), three door task (Friedman, 1998), LMAD (Page, 1998) など様々であるが、本稿ではこの課題を一躍有名にした vos Savant が自著 (vos Savant, 1996) において Monty Hall Dilemma という呼称を使用していることから Monty Hall Dilemma を採用した。

条件付き確率の計算を伴う二者択一の意味決定課題として俄かに注目を集めているものにモンティ・ホール・ジレンマ (Monty Hall Dilemma: 以下 MHD と略記) がある。これはアメリカで1963年から1990年まで放映されたテレビショー “Let's Make a Deal” の中で司会を務めた Monty Hall 氏と、その番組のクライマックスに用意されたアトラクションの内容に由来する。参加者の前に用意された3枚のドアのうち1枚のドアの後ろには自動車が賞品として用意されている。残りの2枚ははずれで、たとえばヤギなどつまらない景品が用意されている。この課題に対してほとんどの人が誤った解答を導くこと、規範解に対してなかなか納得できないことなどが研究者に注目され、様々な視点から検討が行われるようになった。そこで本稿では、まず MHD が世間の注目を集める契機となった経緯から主な解法について述べ、その後、問題の所在について整理し、現在までに行われている研究内容について概観することを目的とする。また、この課題は心理学以外の分野でも盛んに検討されている。本稿では心理学における検討を中心に、隣接分野における検討内容についても簡単に紹介していくことにする。

MHD とは

あなたはみのもんたが司会をつとめるテレビ番組に参加しています。今、目の前に3枚のドアがあります。3枚のうち1枚はあたりで残りの2枚ははずれです。当然みのもんたはどれがあたりでどれがはずれかを知っています。ここであなたは一番左のドアを選びました。するとみのもんたは「ヒントをあげましょう」と一番右のドアを開け、それがはずれであることを教えてくださいました。右のドアの向こうには何もありません。そこでみのもんたは言いました。「今なら選んだドアを替えてもいいですよ。チャンスは一度だけ。さあどうしますか？」

(日本版 MHD 課題; 若林・三好・生駒, 2003)

詳しい解法については後述するが、実はドアを変更しない場合 (stick) の当選確率は $1/3$ 、一方ドアを変更した場合 (switch) の当選確率は $2/3$ となるため、ドアを変更した方が確率的には有利である。この問題に対する数学的な解答は主に数学界において早くに提出された (例えば, Nalebuff, 1987; Selvin, 1975a, b など) が、この時点ではまだ学術的な興味は高まらず時間の経過とともに埋没していった。しかしその十数年後、事態は新たな局面を迎える。アメリカの大衆雑誌 *Parade* でコラム Ask a Marilyn を担当する自称 IQ228 の Marilyn vos

Savant のもとに、読者からこの問題についてドアを変更すべきか否か質問が寄せられた。これに対して彼女が「ドアを変更したほうが2倍有利である」と回答したところ、この回答に納得しない読者から抗議の手紙が殺到し事態は紛糾した。その抗議の手紙の大半は vos Savant の誤りを指摘するもので、数学の ph. D や大学教授からの手紙も含まれていた (vos Savant, 1990a, b, 1991a)。数学の専門家が誤るというのも不思議な話ではあるが、エルデシュ数で有名な Paul Erdős でさえも MHD の解答にすぐには納得できなかったという逸話が残っており (Hoffman, 1998 平石 訳 2000; Schechter, 1998)、それほど MHD が数学者さえも唖らせる難問であったことを物語っている。ただ De Neys & Verschueren (2006) は、最高に訓練された海兵隊の兵士が有事の際に殺されたからといって訓練が生存率を増加させないからと兵士に訓練をやめさせるべきでない、と述べ、Erdős の例から最も才能のある科学者でさえも解くのに失敗する、すなわち能力とは無関係だと結論付けさせようとするのは早計であると指摘した。

しかしそれでもこの問題の構造を正しく把握することが困難であり、正答にたどり着くことが困難であることには変わりない。*“Butterfly economics”* (Ormerod, 1999) の邦訳監修者塩沢は、モンティ・ホールの問題に対する監修者注で「選択を変える合理的理由はない」と誤った解説を行い、後に web 上で監修者注への補注を行っている (塩沢, n.d.)。また、大澤 (2006) も筆者の勘違いによるものか、あるいは校正段階でのミスか、確率に関する解説に誤りがあり、正誤表による訂正を行っている。Piattelli-Palmarini (1994) は、MHD を聡明なとても訓練された頭脳でさえもひっかかるメンタルトンネル (認知的錯誤) の最も最たる例だと特徴づけ、スーパートンネルとして章を立て、3 囚人問題と共に MHD を紹介している。

その後、MHD はアメリカ中を巻き込んだ大議論となり、その様子は *The New York Times* (Tierney, 1991) でも報じられたほどである。後に vos Savant (1991a) の呼びかけに応じた多くの読者が実際に実験してみた結果、確かにドアを変更したほうが有利であることが明らかとなり、それが vos Savant (1991b) で報告されることで、議論は一段落ち着いたとみられる。当時 *Parade* 誌で行われ

-
- 2) Tierney (1991) によると、ゲームショーの司会者 Monty Hall 自身でさえも、最後はどちらのドアを選んでも確率は $1/2$ だと考えていたという。

た一連の手紙のやり取りの内容に関する定性的分析が Alexander (2004) によって行われている。

規範解を得るための前提条件 ―ワーディングの問題―

vos Savant の規範解には多くの人々が納得できず不快感を覚えたが、実はそれも強ち間違っているとは言いがたい。vos Savant の規範解を導くにはいくつかの前提となる条件が実は必要であった。Friedman (1998) は、Monty Hall に直接電話や e-mail で質問し、彼が稀にしかゲストにドアの変更の提案をしていないことを指摘した。そして、もしもゲストの最初の選択が正しかったときだけ Monty がドアの変更を提案するのだとしたら、変更しない方が結局のところ最適だということになってしまうと述べている。また、Tierney (1991) は、Monty と直接対談する中で、司会者が毎回必ずはずれのドアを開けて変更の提案をするのであればドアを変更すべきであるが、その提案をするかしないかの選択権をホストが握っている場合には用心すべきだという言葉で Monty から引き出している。

このように、言い回しが曖昧な部分が否定できない場合には Friedman (1998) や Tierney (1991) が指摘するように、ドアを変更しない方がむしろ規範的であり、また Morgan, Chaganty, Dahiya & Doviak (1991) が指摘するように、条件付き確率の設定によってはどちらのドアを選んでも確率が $1/2$ となるような場合さえも存在してしまい、問題自体の設定が適切でない（ワーディングをめぐる確率がどう変化するかについては Nickerson, 1996 が整理を行っている）。そこで、Granberg & Brown (1995) は MHD が vos Savant の提示する規範解を得るために必要な条件を整理し、以下の 7 点を挙げた。

(1) 車は任意に置かれ、各ドアの後ろに置かれる確率はそれぞれ等しい。(2) 司会者は車がどこにあるか知っていて、出場者が最初にどのドアを選んだかも知っている。(3) 出場者が最初の選択をした後、司会者は (2) の知識を使ってまだ選ばれていないドアの中からヤギのいるドアを選ぶ。(4) 出場者が最初の選択をした後、司会者はまだ選ばれていない不正解のドアを開けなければならない。(5) もし、司会者が不正解のドアの 2 つから選ぶことができる場合、すなわち出場者の最初の選択が正解だった場合、司会者の選択は任意にそれぞれ等しい確率で行わなければならない。(6) 司会者は出場者にドアを変更するか変更しないかの選択をさせなければならない。(7) 司会者は決して嘘をつかない。

以上の前提がすべて満たされている場合には

vos Savant の指摘通り、ドアを変更しない場合の当選確率が $1/3$ 、ドアを変更した場合の当選確率が $2/3$ となる。したがって、これ以降において行われる規範解の反直観性に焦点を当てた MHD に関する研究は、基本的にこの前提を満たしているとみなされる。

上記の前提をすべて満たした場合には、「 n 枚ドアにおいて p 枚司会者がはずれを開ける場合」のような一般化した場合の規範解を求めることも可能になる。このような一般化された状況でドアを変更して当たりを引く確率が Ferguson 氏により公式化され、

$$(n-1)/\{n(n-p-1)\}$$

として紹介されている (Selvin, 1975b)。

一般的な解法

オリジナルの MHD においては、司会者の提案を無視しドアを変更しなかった場合の当選確率は $1/3$ 、司会者の提案に従いドアを変更した場合の当選確率は $2/3$ となる。本節では先行研究で示された種々の解法について紹介していく。

樹形図による場合分け：Selvin (1975a, b) など、数学者によって最初期に提出された解法である。3 枚のドアを便宜的にドア A、ドア B、ドア C とし、自動車（当たり）のドア、ゲストの最初の選択するドア、司会者の開けるヤギ（はずれ）のドアについて、取りうる可能性を列挙していき、最終的にどちらが有利な選択であるかを判断する。なお、場合分けのやり方についてはいくつかの方法がある。9 通り (Selvin, 1975a; Table 1)、6 通り (vos Savant, 1990b; Table 2)、4 通り (Shaughnessy & Dick, 1991; Fig. 1)、3 通り (Blom, Holst & Sandell, 1994; Table 2) などがある。

ベイズの定理の適用：ベイズの定理による解法は Selvin (1975b) によって最初に紹介された。市川 (1998) は 3 囚人問題と MHD との同型性に触れた上で、ベイズの定理による解法 (Fig. 1) を紹介している。

ベイズの定理を利用するためには事前確率と事後確率についての情報が必要となるため、それぞれについての確率を求めるために樹形図 (Fig. 1) を作成することが必要となる。樹形図の作成の後は該当する確率を公式に代入すれば解が得られる。この解法のメリットは唯一数式によって解答が得られる点であるが、それは同時にデメリットでもあり、ベイズの定理に対する理解がまず必要となるため一般には理解が困難である。なお、樹形図は場合分けを元

Table 1 9通りの場合分け (Selvin, 1975a を改変)

当たりのドア	ゲストが 選択するドア	司会者が 開けるドア	ゲストの戦略 (stick)	stick の 結果	ゲストの戦略 (switch)	switch の 結果
A	A	B or C	A → A	当たり	A → B or C	はずれ
A	B	C	B → B	はずれ	B → C	当たり
A	C	B	C → C	はずれ	C → B	当たり
B	A	C	A → A	はずれ	A → C	当たり
B	B	A or C	B → B	当たり	B → A or C	はずれ
B	C	A	C → C	はずれ	C → A	当たり
C	A	B	A → A	はずれ	A → B	当たり
C	B	A	B → B	はずれ	B → A	当たり
C	C	A or B	C → C	当たり	C → A or B	はずれ

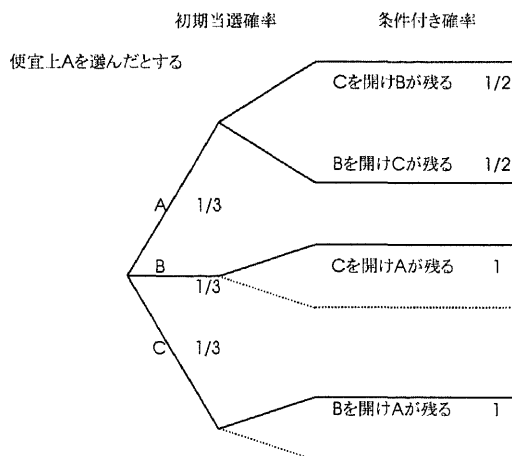
※便宜上, 3 枚のドアを左から順に A, B, C とする。

Table 2 6通りの場合分け (vos Savant, 1990b を改変)

	A	B	C	作戦	結果
1	車	ヤギ	ヤギ	stick	当たり
2	ヤギ	車	ヤギ	stick	はずれ
3	ヤギ	ヤギ	車	stick	はずれ
4	車	ヤギ	ヤギ	switch	はずれ
5	ヤギ	車	ヤギ	switch	当たり
6	ヤギ	ヤギ	車	switch	当たり

※ゲストが最初にドア A を選ぶとする。なお 3 通りの場合は 1, 5, 6 を利用する。

<樹形図>



<ベイズの定理>

Aを選んだらBが開いたと想定する

$$\begin{aligned}
 &\text{stick時} \\
 &P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{P(B)} \\
 &\begin{array}{l} A: Aが当たり \\ B: Bが開いた \end{array} \\
 &= \frac{1/3 \times 1/2}{1/6 + 1/3 + 0} \\
 &= \frac{1}{3} \\
 &\text{switch時} \\
 &P(C|B) = \frac{P(C)P(B|C)}{P(B)} \\
 &\begin{array}{l} C: Cが当たり \\ B: Bが開いた \end{array} \\
 &= \frac{1/3 \times 1}{1/6 + 1/3 + 0} \\
 &= \frac{2}{3}
 \end{aligned}$$

Fig. 1 ベイズ解を求めるための樹形図とベイズの定理

にして作成されるため、表現形式の差異はあるものの本質的には樹形図による場合分けと同義である。

ドアの枚数を増やす: vos Savant (1990a) が自

身のコラムの中で読者に向けて最初に提案した説明である。100万枚のドアがあったと仮定し、あなたはそこから1番のドアを選んだ。司会者はドアの

後ろに何があるかを知っていて、賞品の入っているドアは絶対に開けない。司会者は777777番のドアを残して、それ以外のドアをすべて開けて、はずれであることを示した。あなたならすぐに変更するだろう、というものであった。しかし、これに対する読者の反応 (vos Savant, 1990b) が如実に示したように、この説明には受け入れられにくい側面もある。実証的な研究としてドアの枚数が3枚、6枚、10枚の条件でN枚ドア問題（実際にはN箱問題）を検討した Kamada (1997) においても参加者の成績は劇的には向上しなかった。一方、Page (1998) はサンプルサイズの点で検定力不足の感が否めないものの、ドアの枚数が3枚、10枚、100枚と増えるに従い選択を変更する割合が増加する結果を報告している。

余事象に注目：vos Savant (1991a) で提案されたものである。「最初にあなたが1番のドアを選んだとき、そのドアの後ろに賞品がある確率は1/3です。そして残った2つのドアのうち、どちらかに賞品がある確率は2/3です。ここで司会者が介入し、ヒントをくれます。もし賞品が2番のドアの後ろにあったとしたら、司会者は必ず3番のドアを開けます。そして賞品が3番のドアの後ろにあったとしたら、司会者は必ず2番のドアを開けます。だから、賞品が2番または3番の後ろにあった場合、選択を変えればあなたは当たりを取ることができます。2番でも3番でもどちらでも当たりです。でも、もし選択を変えなければ、1番のドアの後ろに賞品があった場合にしか、当たりを取ることができません (vos Savant, 1996 東方訳 2002, p. 11)。」

この解法は非常にシンプルで分かりやすい。説明に納得がいくかどうかは別として、その説明が示している状況がイメージしやすい。また図解を必要とせず、紙面をそれほど割かないためか、多くの一般書籍で紹介されている解法である。

視点の変更：Gigerenzer (2002) によって紹介された解法である。ドアの前にいる出演者ではなく、ドアの裏側にいる司会者のモンティの立場で考えてみるというものである。「司会者であるあなたはどのドアが当たりかを知っている。当たりは三番目のドアで、出演者はすでに一度選んだとしよう。この場合、三つのケースが考えられる。出演者が一番目のドアを選んだのなら、あなたは二番目を開くしかない。出演者が二番目を選べば、あなたは一番目を開くしかない。どちらも出演者が選択を換えれば当たりになる。出演者が三番目を選んだ場合にだけ、あなたは一番目でも二番目でも好きなほうを開くことができる。三つのシナリオのうち、最後のケース

だけ、出演者は自動車を獲得できない。つまり、出演者は三つのケースのうち二つで、選択を変えれば賞品が手に入り、選択を換えないほうがいいのは一つのケースだけだ (Gigerenzer, 2002 吉田訳 2003, p. 275)。」

視点の変更も本質的には樹形図による場合分けと同義であるが、舞台裏に注目するという点では上記の「余事象への注目」と同様、発想の転換による解法であるといえよう。

実験・シミュレーション：近年、確率をめぐる諸問題について方程式が解けないときには、とりあえず実際に何試行も行い、どのようにデータが振る舞うかを観察 (モンテカルロ・シミュレーション) することで解を得ようとする動きが盛んである。手取り早く結果を得る方法としては非常に簡便なやり方である。Shaughnessy & Dick (1991) はまず実際に最低100回程度の実験を行った後に、コンピュータプログラムによって10万回のシミュレーションを行うことによって確率への理解が深まらうと提案している。また、成田 (2001) は高校における数学教育の一環として、MHD を教材にコンピュータシミュレーションによる理解を試みている。vos Savant (1991a) が実際に試行してみingことを薦め、その結果MHDに関する議論が収束したことを鑑みると、理屈はともかくとしても結果を目の当たりにすることはかなりのインパクトを与えるようである。まさに「論より証拠」である。

MHD を紹介している一般書籍

MHD について言及している一般書籍も多数存在し、市井で多く紹介されている。経済学、論理パズル、確率などをテーマとした書籍において、トピックのひとつとして紹介されている場合がほとんどであり、MHD を中心な話題として扱った書籍というものは少ない。管見の限りではあるが、国内でMHDについて触れている書籍についてそこで紹介されている解法とともに挙げておく (Table 3)。

3 囚人問題との異同

MHD と数理的な構造が同型な課題としては3囚人問題が知られている。3囚人問題それ自体は1950年代には知られていた作者不詳の問題である (市川, 1998)。Shimojo & Ichikawa (1989) は、それまで数学の一問題であった3囚人問題を初めて心理学的問題として扱った。また、国内においても認知科学会を中心に大いに議論された (3囚人問題に関するレビューとしては市川, 1998を参照)。

3囚人問題においては、問題文におけるワーディ

Table 3 MHDを紹介している国内の書籍

タイトル	著者	発行年	出版元	紹介されている主な解法
Mind Hacks —実験で知る脳と心のシステム—	スタッフォード, T. ウェッブ, M., 夏目 大 (訳)	2005	オライリー・ ジャパン	余事象に注目 1000枚ドア
Statistics Hacks —統計の基本と世界を測るテクニク	フレイ, B. 鴨澤真夫 (監修), 西沢直木 (訳)	2007	オライリー・ ジャパン	余事象に注目
愛と成功の確率	ベア, G. 杉田七重・ 田中亜希子 (訳)	2003	集英社	余事象に注目
確率の理解を探る —3囚人問題とその周辺	市川伸一	1998	共立出版	ツリー表現によるペイズの定理
確率論へようこそ	ブロム, G.・ホルスト, L.・ サンデル, D. 森 真 (訳)	2005	シュブランガー・ フェアラーク東京	3つに場合分け
巨匠の傑作パズルベスト100	伴田良輔	2008	文春新書	余事象に注目
偶然のチカラ	植島啓司	2007	集英社新書	ペイズの定理
計量心理学	西川泰夫・ 大澤 光・沼野元義	2006	放送大学 教育振興会	3つに場合分け
行動経済学 経済は「感情」で動いている	友野典男	2006	光文社新書	3つに場合分け
算数パズル「出しっこ問題」 傑作選	仲田紀夫	2001	ブルーバックス	余事象に注目
知ってトクする確率の知識 成功するにはワケがある!	野口哲典	2006	サイエンス・ アイ新書	3つに場合分け
論理パラドクス —論証力を磨く99問	三浦俊彦	2004	二見書房	6つ(4つ)に場合分け
数字に弱いあなたの驚くほど 危険な生活 病院や裁判で統計にだまされないために	ギーゲレンツァー, G. 吉田利子 (訳)	2003	早川書房	3つに場合分け視点の変更繰り返す
バタフライ・エコノミクス: 複雑系で読み解く社会と経済の動き	オームロッド, P. 塩沢由典 (監修)・ 北沢 格 (訳)	2001	早川書房	—
放浪の天才数学者エルデシュ	ホフマン, P. 平石律子 (訳)	2000	草思社	6つに場合分け
論理思考力トレーニング法 —気がつかなかった数字の罠	サヴァント, M. 東方雅美 (訳)	2002	中央経済社	100万枚ドア6つに場合分け 余事象に注目

ングの問題や数理的な構造について一通りの議論がなされた。そのため、これと同型問題であるMHDにおいて、それらについて再び議論することはあまり生産的でない(もちろん、問題文をきちんと定義するための議論は必要であり、その成果が前述した規範解を得るための前提条件として整理されている)。MHDが3囚人問題とは別個に研究対象として注目されている理由としては、私見ではあるが以下の3点が挙げられよう。

まず、安直ではあるが課題材料効果(論理的な構

造としては同じ問題でも用いる材料が異なると正答率が大きく異なる現象)に対する検討余地があるだろう。Ashcraft (2005, p. 484) はギャンブルには人間の推論についての証拠が満ち溢れていると述べているが、MHDは比較的ギャンブル課題に性質が似ているため、3囚人問題とは異なるアプローチから迫ることが可能となる。

次に、MHDでは試行の繰り返し容易だという点が挙げられる。3囚人問題は囚人の処刑、つまり人の生死を扱っているだけに、一度限りの事象と考

えるのが自然であり、そのため場面の状況が複数回の繰り返しにそぐわない³⁾。その点で、MHDはそもそもショー自体が毎週のようにテレビで行われていたわけであるから、繰り返し状況に非常に馴染んでいる。よって試行の繰り返しによる成績の変化を検討することも可能となる。

そして最後に、これが一番大きな理由であると考えが、3人問題が確率推定課題であったのに対して、MHDは確率判断課題であると同時に意思決定課題の側面も同時に持ち合わせているという点である。すなわち、MHDにおいては、まず司会者とのやり取りを通して、最終的に二者択一になった時点での確率判断が求められる。そしてその後、最終的な意思決定として、どちらのドアを選択するかが求められる。この両者の判断を比較することにより、確率判断過程と意思決定過程それぞれのルートについて検討することが可能となる。そして、次章以降の議論で明らかになることであるが、この両者が驚くほどに乖離しているのがMHDの特徴でもある。

心理学における MHD 研究

vos Savant (1991b) の後、数学者を中心に問題文の曖昧さについての議論が行われた (Gillman, 1992; Klein, 1993; Morgan et al., 1991; Rao, 1992;) が、その後しばらくは鳴りを潜め、MHD に対する学術的興味は失われたかに思われた。しかし数学者達が踏み固めた土台の上に次に立ったのは心理学者達であった。MHD の意思決定課題の側面にいち早く注目した Granberg & Brown (1995) によって最初の包括的な研究結果が提出された⁴⁾。

そこで本章では、まず Granberg & Brown (1995) によって提出された研究結果について概観し、意思決定課題としての MHD における問題の所在を明らかにしたうえで、心理学における MHD 研究について概観していくことにする。

Granberg & Brown (1995)

Granberg & Brown (1995) は 5 つの実験を行っている。彼らがまず最初に検討したのは、MHD に

おける選択比率の確認であった (study 1)。vos Savant の元に寄せられた投書の 92% は彼女の意見を否定するものであったが、そもそも彼女の意見に賛成ならば投書は行わない。文句のある人達ばかりが投書をした可能性がある。そこで実際にはどのくらいの人がドアを変更 (規範的行動) をとるのかを検討した。大学生 228 名を対象に質問紙による調査を行ったところ、switch を選んだ者は 13% のみであった。

study 2 では繰り返しの効果が検討された。MHD をコンピュータプログラムによって提示し、フィードバックを与えた上で 10 試行を 1 ブロックとする 50 試行を行った。参加者には当たりを引くごとにポイントを与え、最もポイントを獲得した最優秀者には賞金として 25 \$ を与えることを告げ、できるだけ多くのポイントを集めるよう教示がなされた。ポイントの付与率について 3 群 (ベースライン、switch で正解のみ 2 倍、switch で正解のみ 4 倍) が設けられた。実験の結果、第 1 試行目における switch の割合はベースラインでは 10% であったが、他の 2 条件では 40% 前後が switch を選択した。また、試行の繰り返しによって漸進的に switch の割合が増加し、最後のブロックにおける switch 率はそれぞれ 55%、73%、88% となり、特に 4 倍条件において顕著な上昇を見せた。しかし最後のブロックですべて switch する戦略をとった参加者は 4 倍条件においてさへ半数にも満たなかった。

study 3 では、MHD とは対照的に stick が規範解となるロシアンルーレットジレンマ (RRD) を用いて、これと MHD との反応を比較した。RRD においては当たり (弾丸) が 2 つではずれ (空砲) が 1 つとなる。参加者が 3 つのうち 1 つを選ぶと実験者から当たりが 1 つ教えられる。RRD においてははずれ (空砲) を引くことが勝利となるため stick が規範解となる。実験の結果、第 1 試行においては 31% もの参加者が switch した。MHD と RRD は対称な課題であるにもかかわらず、参加者の反応は非対称であった。

study 4 では、司会者の賞品の位置に関する事前知識の有無が操作された。MHD の成立する前提条件で議論したように、司会者があらかじめどこに賞品があるかを知っていて、その上ではずれのドアを開けることが、この問題を考える上で非常に重要となる。そこで、司会者が賞品の位置と参加者の最初の選択したドアの位置の両方について、どちらも知っている (gnostic) 条件とそのどちらも知らない (agnostic) 条件を設定し、質問紙によって stick、switch のどちらを選ぶかと、2 回の選択場面 (最初

3) 小林 (1998) のように強引に 300 回の繰り返しを行ったものもあるが、極めて稀である。

4) 時期的には Gilovich, Medvec & Chen (1995) の方が先に公刊されているが、彼らの研究は後悔研究のための手続きとして MHD の状況を利用したにすぎず、MHD を正面から扱ったものではない。

の選択、最終的な選択)における主観的な当選確率を回答させた。その結果、gnosticとagnosticとで差異は見られず、参加者が司会者の事前知識に関する手がかりを考慮に入れていない可能性が示唆された。

study 5では、はずれた時の後悔の大きさについて検討された。MHDの質問文の後半のシナリオを改変し、最終的にstickしてははずれるもの(stick-lose)と、最終的にswitchしてははずれるもの(switch-lose)の2つを用意した。参加者には回答させる代わりに、2つのシナリオのどちらかに割り振り、結果(はずれ)を読んでどのように感じたかを8つの形容詞について尺度評定させた。その結果、switchでははずれた群の方がstickでははずれた群よりも「不満」と「怒り」をより大きく評価していた。

このように、Granberg & Brown (1995)によって、MHDの反直観的な特性が初めて具体的にデータとして示された。その中で最も特筆すべきは、選択比率に関するデータであろう。その後多くの研究が追試を行うことになるが、一回限りの選択においては、概ね9:1から8:2の割合でstickが優勢となる結果が報告されている(Burns & Wieth, 2004; De Neys & Verschueren, 2006; Franco-Watkins, Derks & Dougherty, 2003; Friedman, 1998; Granberg, 1999; Kamada, 1997; Krauss & Wang, 2003; Patt, Bowles & Cash, 2006; 若林 他, 2003)。

問題の所在 一何が難しいのか一

MHDにおける規範解に基づく規範的意思決定はswitch戦略をとることである。しかし、多くの先行研究が示すようにほとんどの人はswitchしない。MHDの表面的な難しさはvos Savantの一連のやり取りが如実に示したように、反直観的な規範解を求めることの困難性、そしてその規範解に他人を納得させることの困難性であり(Krauss & Wang, 2003)、これは3囚人問題と基本的には同じである。

意思決定課題の要素を多分に含んだMHDに特徴的な問題は、確率判断と意思決定との乖離にある。MHDにおける確率判断要素はもっぱら内省報告として得られ、MHDを確率判断課題⁵⁾として扱った

研究はそう多くないが、Franco-Watkins et al. (2003)、時田 (2004)、Tubau & Alonso (2003)によれば、参加者は残った2つのドアのどちらを選んでも当選確率は同じだと推定している。Granberg & Brown (1995)はMHDに対する人々の振る舞いに対する今後の検討課題として、確率が50:50だと誤って推定したとしてなぜstickするのかという疑問を提起した。

その後の研究は主にこの疑問に対して回答することが目的となった。switchを選択した人数の比率、回数比率を従属変数に据え、どのような要因が影響を与えるのかを検討することとなり、様々な要因が報告されることとなった。次節ではこれまでに報告されたそれらの要因を外的要因と内的要因とに分け、それぞれ見ていくことにする。

意思決定に影響する外的要因

性差: Granberg (1999)は、わずかに少し女性の方が男性よりもstickする傾向にあることを報告したが、この傾向は条件や文化で一貫しなかった。性差の認められなかったもの(Granberg & Brown, 1995; 若林 他, 2003)や逆にやや男性のほうが女性よりもstickする傾向を示す結果(Friedman, 1998)も報告されており(ただし経済学分野の研究。有意検定は行われていない)、結論は出ていない。性差は要因としての影響がないか、あるいは仮にあって非常に小さいものと思われる。

文化差: オリジナルのMHDはテレビショーの形式を取っている。初期の研究は主に当該番組に非常に馴染みのあるアメリカ人を対象に行われており、アメリカ人のみに特有の反応である可能性が懸念された。そこでGranberg (1999a)はブラジル、中国、スウェーデン、アメリカの大学生を対象に文化比較を行った。その結果、どの文化においても同様に大多数がstick反応を示した。日本人を対象にした研究はKamada (1997)、三好・生駒・若林・服部 (2004)などがあるが、いずれも大多数がstickする結果を報告している。どちらのドアを選んでも当選確率が同じだと推定した上で選択を変更しない傾向は、文化を問わず共通しているようである。

学力差: Granberg & Brown (1995)はstickした参加者とswitchした参加者とでGPAの得点に差があるかどうかを検討したが、差異は認められなかった。若林 他 (2003)は理系・文系と選択比率との関連を調べたが、有意な関連は認められなかった。一方、De Neys & Verschueren (2006)は、学力と関連の高いワーキングメモリ容量との関連について調べた。その結果、switchした参加者はそうでない

5) 確率判断課題の場合、直接確率を推定させる方法(Franco-Watkins et al., 2003)の他に、選択肢をstick、switchと「どちらでも同じ」の3択にして回答させるもの(時田, 2004; Tubau & Alonso, 2003)とがある。

参加者に比べて有意に大きいワーキングメモリ容量を持っていた。

ドアの枚数：vos Savant (1990a) は人々への説得に失敗したが、確率の面ではドアの枚数が増えるに従って switch により当選する確率は劇的に上昇する。たとえば10枚ドアの場合、stick で当選する確率が10%である一方で、switch で当選する確率は90%にも跳ね上がる。一度限りの試行においてこの違いに気付かせることは容易ではなく、たとえば3, 5, 7枚で検討した Granberg & Dorr (1998) では7枚条件においてさえも switch は11%であったが、次に述べる試行の繰り返しと組み合わせることによって事態が非対称であることを気付かせることが容易になる。3, 6, 10枚条件で検討した Kamada (1997), 3枚と10枚で比較した Franco-Watkins et al. (2003) などいずれも試行を繰り返すことによってより多くの switch 反応を漸進的に引き出している。

試行の繰り返し：一度限りの事象では stick した参加者も、何度も同じ課題を経験することで次第に課題の構造(確率の勾配)に気付き switch の方が有利な選択であることに気付く可能性がある。Granberg & Brown (1995) は50回の繰り返しによって最初のブロックで10%だった switch 率が最後のブロックでは55%となり、switch 反応が漸進的に向上することを示した。また、前述したドアの枚数との組み合わせによる効果は絶大で、Franco-Watkins et al. (2003), Granberg & Dorr (1998), Kamada (1997) などいずれもドアの枚数が増加するに従い、繰り返しによる効果が大きく現れることを示している。

Tubau & Alonson (2003) は、繰り返し試行の経験によって問題の心的表象とその結果としての推論過程が変化したかどうかは不明であり、また、規範的選択の選択率の高さが課題の数学的な構造と一致した推論であることを意味するかどうかは不明であるとし、確率に対する顕在的判断と switch 反応との関連を検討した。その結果、参加者が確率を顕在的に50:50だとどの時点で判断していても、試行回数を増やせば単純に switch 反応は増加することを発見した。これはすなわち、繰り返しによって switch 反応の割合は増加するけれどもそれは潜在的に switch が有利だと判断されているだけで、顕在的には stick と switch のどちらが有利なのか全く学習されていないということを示していると考えられる。そして、繰り返しの経験はMHDの構造の理解のためには不十分であると指摘した。

確率に勾配のついた二者択一課題を何度も繰り返

すというパラダイムは、比較心理学の分野において確率学習として研究の蓄積がある。確率学習における典型的な反応パターンは最大化(勾配のついた選択肢一方のみを選択)と確率対応(確率の勾配に対応した選択比率)の2つがある。どちらの反応パターンが出現するかは動物種によって異なり、ラットでは最大化、魚類では確率対応が生じるが実験手続きによって結果が異なることも報告されている(佐伯, 1999)。一般的には系統発生の差異によるものと考えられている。ヒトの確率学習についての検討は財前・福井・木村(1988)などがある。松井・森山(2003)では、実験参加者の選択反応が受ける随伴結果が影響する場合には確率対応が起こるのではないかと考えられている。

繰り返しのあるMHDを確率学習課題としてとらえると、最大化とはすべての試行において switch 戦略をとることであり、確率対応とは stick と switch との比が1:2となるような選択をすることである。MHDが単純な確率学習課題ならば、参加者の反応は最大化あるいは確率対応が生じると予想される。しかし実際に最大化を示す参加者はごく少数でしかなく(Granberg & Brown, 1995)、また多くの参加者は確率対応をはるかに下回る割合でしか switch しない。Granberg & Brown (1995) の繰り返し試行においても最後のブロックにおける switch の割合は55%にとどまり、また Kamada (1997) においても全ブロックを通して switch の割合は終始50%を下回った。Granberg & Brown (1995) は、switch した方が有利だと気付いたのなら、なぜ全 switch 作戦に出ようとしなかったのかと疑問を提起している。系統発生的に高等な動物になるほど利得の増大する可能性のある行動様式をとるようになってきた(中村, 1991, p. 15)にもかかわらず、ヒトはMHDにおいて確率的なフィードバックを受けてなおドアを変更しようとはしないようである。

その他：MHDの反直観性に対してMHDを様々な形に改変することでも検討が進められている。Granberg & Dorr (1998) の第2実験では、ドアの枚数が5枚、7枚の状況で、はずれのドアを1枚しか開けて見せない条件を設けこれを統制条件と比較した。その結果、有意ではないもののドアの枚数が増えると switch が増加した。Granberg (1999b) は変形3囚人問題(Shimojo & Ichikawa, 1989)と類似の状況を4枚ドアのMHDで実現した。4枚のドアにそれぞれ0.1, 0.2, 0.3, 0.4の初期確率を割り当て参加者に1枚自由に選ばせた後、残りの3枚のドアからはずれのドア2枚を開け、最終的な参加者の意思決定を観察した。ペイズの定理が示すところ

ではまず0.1のドアを選びその後 switch するのが最も有利な戦略となるが⁶、実験の結果、最初に0.4のドアを選びそのまま stick するという選択が最も多くみられた。Fox & Levav (2004) は5枚カードで参加者に2枚選ばせ、残りの3枚を実験者が保持するという形に改変した。第1実験ではその後のはずれの情報開示に、はずれを1枚も開けない条件、1枚だけ開ける条件、2枚開ける条件の3条件を設け、参加者に switch による最終的な当選確率の推定と最終意思決定を求めた。3つの条件はいずれも stick/switch による当選確率がそれぞれ2/5、3/5で共通であったが、実験の結果、推定された確率の中央値・最頻値ともに裏向きのカードの枚数から推定したのかそれぞれ3/5、1/2、1/3となり、switch する割合もそれを反映して徐々に少なくなっていた。第2実験では第1実験の2枚開ける条件をさらに改変した。はずれ情報の開示時に、実際に2枚を表にする条件と、単に2枚を指差すだけの条件とを設けた。その結果、単に2枚を指差すだけの条件の方が若干ながらも正しい確率を推定する割合が有意に増加した。

以上、種々の外的要因が指摘されているが、MHD は単純な二者択一課題ではなさそうである。条件付き確率事態を構成する種々の状況があり、そしてそこから生じる内的要因の存在が MHD 研究をさらに複雑にしている。次節では、先行研究によって示唆された stick への固執をサポートする、あるいは switch を躊躇させる内的要因についてみていく。

意思決定に影響する内的要因

三好他 (2004) は MHD において人々が選択を変更しようとししない理由が何であるのかを回答者から直接引き出すため、参加者の意思決定理由を自由記述によって求め、これを分析することによって内的要因に関する探索的研究を行った。その結果、参加者の回答から「みのもんた」、「後悔したくない」、「直感を信じる」、「ひっかけ」、「なんとなく」、「経験則」、「変更したくない」、「好み」の8カテゴリを抽出した。ここでは、そのうち、既に検討されている、「後悔」、「変更したくない」、「ひっかけ」について概観し、これらの背後にあると思われる認知過程について紹介いくことにする。

後悔：感情としての後悔に関する研究は汗牛充棟、実に多くの研究がなされているが MHD を用いて検討した研究は意外に少ない。Gilovich, et al. (1995) は後悔に関する研究の文脈において MHD を用い、作為による失敗と不作為による失敗のどちらがより不快な感情を引き起こすかを実験的に検討

した。参加者はサクラの女性と2人1組で実験に参加し、MHD で当たれば T シャツが、はずれたらステッカーがもらえると告げられた。最初の選択は参加者自身によって決めさせたがその後、stay 群、switch 群に割り振られた参加者はサクラの誘導によってそれぞれ誘導どおりに強引に選択を決定させられ、そして（実験者の計画通りに）はずれてステッカーをもらうという結果を経験した。その後、そのステッカー（1.1\$ 相当）をもしも買い取ってもらえるとしたらいくらくらいで買い取ってもらいたいかを尋ね、これを落胆度の指標とした。その結果、switch 群の方が stay 群よりもステッカーの値段をより高く評価した。そしてこの結果を認知的不協和低減の観点から説明を試みた。また、前述した Granberg & Brown (1995) の study 5 は、反実仮想により MHD においてドアを変更しつづける理由を解釈することが可能であると述べている。

ひっかけ：鎌田 (1997) は6枚 MHD50 試行の後に、switch すると stick の場合に比べて当選確率が高くなることを参加者に伝え、試行後この現象に気付いていた者に対して switch すると当たりやすくなることの理由について自由記述を求めた。その結果、司会者のカードの配置や目線の位置、めくり方の癖など確率以外の部分に注意が向けられやすいことを報告した。

人々の注意を意図的に確率以外の部分に向けさせることでこの点について検討したのが時田 (2004) である。時田は MHD における人々の選択を、ワーディングの問題で Friedman (1998) や Tierney (1991) が指摘したように、司会者の行動が意図的であると感じたために起こった結果だと考え、これを実験的に検討した。司会者が「変えてもいいですが、どうしますか」という選択変更の提案があるときとないときがあるとして前提を改変し、どちらに賞品があると思うか（解答者・出題者・同じ）を選ばせ、これをオリジナルの MHD でも行い比較検討した。そして出題者が「言ったり言わなかったりする」行動をより意図的であると感じられたときには出題者の行動に注目した回答がなされると結論付けた。

変更したくない：ここでの「変更したくない」の意味するところは、switch してはズれるのが嫌だという消極的な stick ではなく、むしろ最初に自分が

6) そのためか、stick という表現を用いる代わりに stay という表現を用いている研究 (Franco-Watkins et al., 2003; Gilovich et al., 1995; Krauss & Wang, 2003) もある。

選んだものだからこのままでよいという意味での積極的な固執であると解釈する。まさに stick という言葉の意味するところそのものである⁶⁾。これは後悔のところで紹介した Granberg & Brown (1995) の study 5 の結果を反対方向から眺めることによって得られる。すなわち自分が最初に選んだものだから、はずれても後悔しないととらえることができる。Granberg & Brown (1995) はこの点に対して制御幻想 (Langer, 1975) を用いて考察を行っている。Granberg & Dorr (1998) の第 1 実験はこの制御幻想に着目した。MHD において 2 回あるドアの選択のうち最初の選択をコンピュータにランダムに決定させ、その後の stick/switch のみを参加者に選択させた。その結果、統制群において 9% であった switch は 38% と高くなった、つまり統制群において 91% であった stick が 62% と低くなった。また Granberg & Dorr (1998) はこの結果を制御幻想だけでなく、信念固執 (Ross, Lepper & Hubbard, 1975) や現状維持バイアス (Samuelson & Zeckhauser, 1988) によっても同様に説明することが可能であると述べている。

認知支援研究

MHD に対してなぜ最初の選択に固執し選択を変更しようとししないのかという問いが立てられて以来、多くの研究が行われ、その中で様々な外的・内的要因が意思決定に影響を与えている可能性が指摘されてきたことをここまで見てきた。これらの要因が MHD の反直観性を形成していると考え、今度はそれが MHD の反直観性に打ち勝つための方策を考える上でのヒントにもなりうる。どうすれば stick よりも switch の方が有利だと気付かせることができるか。そして最初の選択から有利な選択肢へと変更させることができるか。本節では規範解、規範的行動を得やすくするための認知支援に関する研究を概観していくことにする。

Krauss & Wang (2003) は、Gilovich et al. (1995) のサクラを使って実験参加者の選択を強引に操作した手続きに対して、参加者の stick は強固なものではなく、他者の意見によって変えることができるものだと捉えた。そして最初の選択に固執しようとする強い傾向は別の心理的要素によって中和されるものだと考えた。彼らの提案した別の心理的要素 (認知的側面) とは自然頻度、メンタルモデル、視点の転換、less-is-more 効果の 4 つであった。これら 4 つについて簡単に説明を加えておく。

まず自然頻度であるが、これは確率的情報を頻度 (自然頻度) によって提示することにより、理解が促

進されるというものである。Gigerenzer & Hoffrage (1995) は乳がんの罹患率を推定させる課題を用いて、ベイズ推定問題に対しては確率情報の表示方法は確率表示 (0.001) よりも自然頻度表示 (1000 人中 1 人) の方が参加者にとって分かりやすいということを実験的に示した。

次にメンタルモデルであるが、これは Johnson-Laird (1983) によって提唱された論理的推論における演繹的メンタルシミュレーション理論である。近年、MHD を含めた多くの確率推論課題に対してもこの理論が拡張されている (Johnson-Laird, Legrenzi, Girotto, Legrenzi & Caverni, 1999)。

視点の転換に関しては、「一般的な解法」の中で既に紹介した通りである。司会者の視点を取得することで、どのドアの後ろに車があるかによって司会者がどうしなければならぬかを想像することが可能になる。

最後に less-is-more 効果であるが、これは中途半端に知識があるよりも、逆に知識が少ない方が正答率が高くなる場合もあることを示したものである。Goldstein & Gigerenzer (2002) はアメリカの学生とドイツの学生に対して、サンディエゴとサンアントニオのどちらが大都市かを尋ねた。その結果、アメリカの学生は 2/3 が正答したが、ドイツの学生はほぼ全員が正答した。

これら 4 つの認知的側面を利用して、一度限りの MHD における認知支援の可能性を検討した。その結果、これらを単独で提示するよりも組み合わせ (特に頻度情報と視点の転換の組み合わせ) で提示すると正しく回答する割合が増加した (実験 1, 2)。実験 3 では学習の転移について調べられた。頻度とメンタルモデルによる学習を行った群はその後のテスト課題において学習の転移が顕著に見られたが、ベイズの定理により学習を行った群では転移は確認されなかった。

Glymour (2001) はコライダー (collider) の原理を提唱し、MHD の因果構造がコライダーの構造であることを指摘した。コライダーの構造とは、2 つの独立変数が同時に 1 つの結果に対して因果関係を持っている場合をいう。Burns & Wieth (2004) は、これを踏まえて、MHD がコライダー構造を持っていることを理解できれば MHD にも適切に対処できるのではないかと考え実験を行った。選択肢間に強弱をつけ因果の構造を顕在的に表現したいいくつかのシナリオを用い検討した結果、コライダー構造を把握しやすいシナリオほど switch 反応が増加することを発見した。なお、同様の試みは Fox & Levav (2004) における抗がん剤課題 (study 2A)

においても行われている。

他分野における MHD 研究

MHD の反直観性に対しては心理学のみならず、数学、量子力学、経済学など他の分野においてもそれぞれの視点から研究がなされている。ここでは、心理学以外の学問分野における MHD 研究について簡単に紹介していくことにする。

数学分野における研究

MHD に対する規範解が数学界において早くに出されたことは既に述べた。ワーディングについての議論が一段落ついた後は、もっぱら数学教育の側から確率についての学習のための教材のひとつとして用いられているようである。

Eisenhauer (2000) は学生に司会者のルールを考えさせることで条件付き確率がどのように生じるかについて考えさせるとともに、ドアの枚数が増えるなどどのような計算式になるかを考えさせることで、確率に対する理解を深めさせようとしている。Puza, Pitt & O'Neill (2005) は、統計学の講義で条件付き確率とベイズの定理について履修済みの大学生に対して MHD を出題したところ、半数以上がどちらを選んでも同じだと答えたと報告している。Duckworth (2006) は、「嘘と統計学」の講義の中で MHD について触れ、stick が有利だという人も switch が有利だという人もいるが、どちらも間違っており、司会者の戦略、意図が明らかにならない限り確率は定まらなると述べた。そして MHD は数学の問題ではなく、これは心理学の問題だと締めくくった。

わが国においては成田 (2001) が高校における数学教育の一環として、MHD を教材にコンピュータシミュレーションによる理解を試みている。コンピュータプログラムのアルゴリズムを考える中で難航した点が MHD の確率を理解するための重大なヒントとなったと報告している。ただ、教材としての感想では、現行カリキュラムが条件付き確率をほとんど扱わないために効果的な学習の機会が奪われていることを憂慮している。松本 (2003) は高等学校数学 A の確率の学習の導入における動機付けの実践例として、授業の冒頭に MHD を用いている。生徒になぜドアを変更した方が有利なのかを余事象の概念を用いることで理解させようと試みている。しかし、余事象の概念の適用による switch の有利性を強調する一方で反直観的課題である MHD それ自体についての説明は一切行っていない。そのため vos

Savant とのやり取りの中にも見られた、1 枚開けた時点で $1/2$, $1/2$ になるのではないかとの疑問に対して適切に答え切れていない。やはりここは司会者が答えの位置を知っていてそれ以外のドアを開けるという基本ルールを説明した上でないと、余事象による説明も今ひとつ効力が弱くなってしまうだろう。ただ、これは授業の導入時における動機付けに主眼が置かれていることを考えると、これを契機に生徒の中で確率に対する関心が高まるという効果も期待できるため、単純に批判できるものでもない。

量子力学分野における研究

物理学の難解な分野にまで MHD は入り込んでいる。量子力学の応用に量子ゲーム理論というものがある。これは各プレーヤーを量子として記述し、各プレーヤーの行動を量子の振る舞いとしてとらえ、その動きを予想、解析しようというものである。

量子のつかないゲーム理論は心理学でもおなじみで、よく例として出されるのは囚人のジレンマである。特に繰り返しのある囚人のジレンマには様々な戦略が提案されているが、量子ゲーム理論でも同様に囚人のジレンマなどを題材に研究が進められている (たとえば川上, 2002; 大平・大橋・陳, 2002)。MHD は量子ゲーム理論におけるゲーム状況の一つとしてとりあげられている。MHD において 3 枚のドアを 3 つの選択肢を許容する量子システムと見立て、ドアを開ける動作をある特定の観測と見立てるところまでは共通だが、その後司会者がどう振る舞うか、その戦略によって様々な可能性が生まれる。Li, Zhang, Huang & Guo (2001), Flitney & Abbott (2002), D'Ariano, Gill, Keyl, Kümmerer, Maassen & Werner (2002), Zander, Casas, Plastino & Plastino (2006) など、精力的に研究が進められている。

経済学分野における研究

これまでの標準的経済学では、不確実な状況下では常に合理的な選択を行う「合理的経済人」というものが仮定され、これが期待効用理論に基づき満足を最大化するような意思決定を行うとされてきたが、Kahneman & Tversky (1979) のプロスペクト理論に代表される多くの研究は、人が期待効用理論からすると一見非合理的な行動を行うことをいくつも示してきた。Kahneman が 2002 年にノーベル経済学賞を受賞したことをきっかけに、経済学の分野においても人間の感情や直感を研究対象として認識するようになっていった。まさに「勘定から感情へ」(友野, 2006) である。なお行動経済学については

友野 (2006) が、行動ファイナンスについては吉野 (2006) が良書であるのでそちらに譲る。

さて、近年行動経済学の興隆とともに、MHD の反直観性に対して経済学からもアプローチがなされるようになった。経済学においてまず最初に MHD 研究を行ったのが Friedman (1998) である。彼はまず大学生に対してオリジナルの MHD に回答させ、有意検定を行っていないものの、理系学生よりも文系学生の方がより switch したこと、統計学の初級しか履修していない学生よりも上級履修者の方がより switch したことを報告した。10 試行の繰り返しでは switch 率は試行を重ねるごとに上昇し、7-8 試行目にピークを迎え、その後再び下降することを発見した。次の実験では、試行毎の成績の記録、アドバイス冊子 (stick, switch を参加者ごとにランダムにアドバイス)、先行参加者の結果比較 (たとえば switch した 62.3% が当たりで、stick した) などが switch 率にどう影響するかを調査した。その結果、結果比較が大きく影響していることを明らかにした。そしてこれらはギャンブラーの誤謬、制御幻想、コミットメント、所持効果、オプション取引などの観点から考察がなされた。なお、Friedman (1998) の分析には計量経済学的手法に則って OLS 推定、プロビット推定などが用いられている。

その後、Kluger & Wyatt (2004)、Page (1998)、Palacios-Huerta (2003)、Slembeck & Tyran (2004) などが出ているが、基本的に Friedman (1998) をなぞるものであったり、心理学の分野で既に検討されているものであったりと、心理学の側から見て注意を引くような研究はまだ見られない。その意味では心理学に一日の長があるように見受けられるかもしれない。しかし、それは経済学者による MHD 研究を行動経済学の研究としてまとめた本稿におけるこの括り方が適切でなかったのかもしれない。心理学者による MHD 研究もそれを行動経済学と呼べない理由はどこにもない。友野 (2006) にもあるように経済学は心理学となじみの深かったものであり、行動経済学は経済学と心理学の復縁の産物なのだから、両者がお互いの得意分野を伸ばして学問の発展に尽力していけばよい。心理学が研究テーマとしてもっと経済学側に歩み寄る必要があるともいえよう。

なお蛇足ではあるが、国内における研究としては藤本・小島 (2000)、Fujimoto (2004) などがある。

まとめと今後の展望

本稿は、確率判断課題と意思決定課題の両方の側

面を持つモンティ・ホール・ジレンマ (MHD) について包括的にレビューを行った。まず反直観的確率判断課題としての側面について概観し、規範解を得るための前提条件、一般的な解法についてこれまでに提案されたものを整理した。3 囚人問題との異同について論じる中で、MHD の意思決定課題としての特徴が明らかになった。心理学における MHD 研究を概観していく中で、問題の所在がどこであるのかを確認した。そしてこれまでに報告された様々な要因を、外的・内的要因として整理を行った。その後、規範的行動を取るためにどのような認知的支援が有効であるのかについて、先行研究で検討された支援策について概観した。最後に他領域における MHD 研究を見ていく中で、心理学における MHD 研究との接点を探った。特に行動経済学は心理学にとってはまだまだ開拓の余地があり、社会に貢献できる応用分野としても有望であることから、今後心理学からも積極的に参加していくことが期待された。

MHD 研究は、記述的アプローチを経て、種々の要因のリストアップに努めてきた。今後はこれらの要因の相対的強弱や、日常生活における役割、意義について検討することも有益であろう。また、ほとんどの人が switch しないとされる一方で、どの研究においても大体 1 割前後の人は switch を選択している。9 割もの人が switch しない中での switch は、ある意味勇気ある選択である。これまで「なぜ switch しないのか」に焦点を当てて研究が行われてきたが、逆に「なぜそこで switch しようと思ったのか」に焦点を当てた研究があってもよさそうである。何らかの性格特性が要因としてそこに関与している可能性は十分考えられる。

ほとんどの人が switch しないという事実は、ほとんどの人が正常な認知発達を遂げた結果として MHD にひっかかった、ということでもある。すると我々の認知発達の中に MHD で規範解を得る妨げになる何かが存在している可能性が示唆される。どうやら我々は認知発達のどこかで、条件付き確率を含む意思決定を困難にする何かを学んでしまったようである。それが何なのかを探る研究も非常に興味深い。これまでに多くのヒューリスティックスに関する研究が行われており、これらが MHD に関しても有益な理論を供給することが期待される。

Piattelli-Palmarini (1994) が、MHD を非常に聡明なとても訓練された頭脳でさえもひっかかるメンタルトンネル (認知的錯誤) の最も最たる例だと述べたことは冒頭でも紹介したが、これは換言すれば、我々の認知能力がいつも簡単に騙されていると

いうことでもある。クイズやパズルで笑っていられるうちは構わないが、これが一度悪意のある人達の手に渡るとどのような使われ方をするか分からない。人がどのように騙されるかを知ることによって将来の犯罪被害を未然に防ぐその一助になるような研究も今後望まれる。

引用文献

- Alexander, M.G. (2004). *Marilyn and the Goats Aspects of persuasion and evaluation in a popularized probability problem*. Master of Arts dissertation, Department of English Language, School of English and Scottish Language and Literature, Faculty of Arts, University of Glasgow.
- Allais, P.M. (1953). The behavior of rational man in risk situations-A critique of the axioms and postulates of the American School. *Econometrica*, 21, 503-546.
- Ashcraft, M.H. (2005). *Cognition*. 4th ed. Prentice Hall.
- Baer, G. (2003). *Life: the odds (and how to improve them)*. Gotham Books USA. (ベア, G. 杉田七重・田中亜希子 (訳) (2003). 愛と成功の確率 集英社)
- Blom, G., Holst, L. & Sandell, D. (1994). *Problems and Snapshots from the World of Probability*. Springer-Verlag New York. (プロム, G.・ホルスト, L.・サンデル, D. 森 真 (訳) (2005). 確率論へようこそ シュプリンガー・フェアラーク東京)
- Burns, B.D. & Wieth, M. (2004). The collider principle in causal reasoning: Why the Monty Hall dilemma is so hard. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 434-449.
- D'Ariano, G.M., Gill, R.D., Keyl, M., Küemmerer, B., Maassen, H. & Werner, R.F. (2002). The quantum Monty Hall problem. *Quantum Information & Computation*, 2, 355-366.
- De Neys, W. & Verschueren, N. (2006). Working memory capacity and a notorious brain teaser. *Experimental Psychology*, 53, 123-131.
- Duckworth, F. (2006). The Royal Statistical Society Schools Lecture 2004: 'Lies and Statistics', Part 2. *Teaching Statistics*, 28, 84-89.
- Eisenhauer, J.G. (2000). The Monty Hall matrix. *Teaching Statistics*, 22, 17-20.
- Flitney, A.P. & Abbott, D. (2002). Quantum version of the Monty Hall problem. *Physical Review A*, 65, 062318.
- Fox, C.R. & Levav, J. (2004). Partition-edit-count: Naive extensional reasoning in judgment of conditional probability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 626-642.
- Franco-Watkins, A.M., Derks, P.L. & Dougherty, M.R.P. (2003). Reasoning in the Monty Hall problem: Examining choice behaviour and probability judgements. *Thinking and Reasoning*, 9, 67-90.
- Frey, B. (2006). *Statistics Hacks*. O'Reilly Media. (フレイ, B. 鴨澤真夫 (監修), 西沢直木 (訳) (2007). *Statistics Hacks ー統計の基本と世界を測るテクニック* オライリー・ジャパン)
- Friedman, D. (1998). Monty Hall's three doors: Construction and deconstruction of a choice anomaly. *The American Economic Review*, 88, 933-946.
- Fujimoto, H. (2004). The Monty Hall dilemma with joint sufficient statistics. 福岡大学経済学論叢, 48, 117-144.
- 藤本浩明・小島亜希子 (2000). モンティ・ホールのジレンマと3囚人問題に関するベイズ分析 福岡大学経済学論叢, 45, 81-106.
- Gigerenzer, G. (2002). *Calculated risks: How to know when numbers deceive you*. Simon & Schuster New York. (ギーゲレンツァー, G. 吉田利子 (訳) (2003). 数字に弱いあなたの驚くほど危険な生活 病院や裁判で統計にだまされないために 早川書房)
- Gigerenzer, G. & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instruction: Frequency formats. *Psychological Review*, 102, 684-704.
- Gillman, L. (1992). The Car and the Goats. *American Mathematical Monthly*, 99, 3-7.
- Gilovich, T. & Medvec, V.H. (1995). The experience of regret: what, when, and why. *Psychological Review*, 102, 379-395.
- Gilovich, T., Medvec, V. H. & Chen, S. (1995). Commission, omission, and dissonance reduction: Coping with regret in the "Monty Hall" problem. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21, 182-190.
- Glymour, C.N. (2001). *The mind's arrow: Bayes*

- nets and graphical causal models in psychology*. MIT Press Cambridge.
- Goldstein, D.G. & Gigerenzer, G. (2002). Models of ecological rationality: The recognition heuristic. *Psychological Review*, 109, 75-90.
- Granberg, D. (1999a). Cross-cultural comparison of responses to the Monty Hall Dilemma. *Social Behavior and Personality*, 27, 431-437.
- Granberg, D. (1999b). A new version of the Monty Hall Dilemma with unequal probabilities. *Behavioural Processes*, 48, 25-34.
- Granberg, D. & Brown, T. A. (1995). The Monty Hall Dilemma. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21, 711-723.
- Granberg, D. & Dorr, N. (1998). Further exploration of two-stage decision making in the Monty Hall dilemma. *American Journal of Psychology*, 111, 561-579.
- 伴田良輔 (2008). 巨匠の傑作パズルベスト100 文春新書
- Hoffman, P. (1998). *The man who loved only numbers*. Hyperion Books New York. (ホフマン, P. 平石律子 (訳) (2000). 放浪の天才数学者エルデシュ 草思社)
- 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
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P.N., Legrenzi, P., Girotto, V., Legrenzi, M.S. & Caverni, J.-P. (1999). Naive probability: A mental model theory of extensional reasoning. *Psychological Review*, 106, 62-88.
- Kahneman, D., Slovic, P. & Tversky, A. (1982). *Judgment Under Uncertainty: Heuristics And Biases*. New York: Cambridge University Press.
- Kamada, A. (1997). Probability judgments in the N-box problem. 日本大学心理学研究, 18, 33-42.
- 鎌田晶子 (1997). 確率に対する信念の変化について—内省報告の分析を中心に—平成9年度日本大学大学院文学研究科研究発表会資料
- 川上 岳 (2002). 通信、そして計算としての量子ゲーム 情報処理学会研究報告. AL, アルゴリズム研究会報告, 2002(42), 81-88.
- Klein, I. (1993). Comment on Morgan et al. *American Statistician*, 47, 82-83.
- Kluger, B.D. & Wyatt, S.B. (2004). Are judgment errors reflected in market prices and allocations? Experimental evidence based on the Monty Hall problem. *The Journal of Finance*, 59, 969-997.
- 小林厚子 (1998). 確率判断の認知心理 (1) 東京成徳大学研究紀要, 5, 89-100.
- 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.
- Langer, E. (1975). The illusion of control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 32, 311-328.
- Li, C.-F., Zhang, Y.-S., Huang, Y.-F. & Guo, G.-C. (2001). Quantum strategies of quantum measurements. *Physics Letters A*, 280, 257-260.
- 松井 進・森山哲美 (2003). 確率学習事態における被験者の予測行動に影響を及ぼす変数の吟味 人間科学論究, 11, 91-101.
- 松本和光 (n.d.). 確率の性質 (本時は余事象について) "IT 授業" 実践ナビ < <http://www.nicer.go.jp/itnavi/jirei/ITN41349.html> > (2008年12月1日現在)
- 三浦俊彦 (2004). 論理パラドクス—論証力を磨く 99問 二見書房
- 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.
- Morgan, J.P., Chaganty, N.R., Dahiya, R.C. & Doviak, M.J. (1991). Let's make a deal: the player's dilemma. *American Statistician*, 45, 284-287.
- 中村則雄 (1991). 行動の進化 藤田 統 (編) 動物の行動と心理学 教育出版, pp. 9-16.
- 仲田紀夫 (2001). 算数パズル「出しっこ問題」傑作選 ブルーバックス
- Nalebuff, B. (1987). Puzzles. *Journal of Economic Perspectives*, 1, 157-163.
- 成田 収 (2001). モンティ・ホール・ジレンマのコンピューターシミュレーションによる理解 北海道地区数学教育協議会高校サークル全道数学教育研究大会・高校分科会報告 <<http://www7.biglobe.ne.jp/watmas/dosukyo/circle-reports/montyhall5%20dvi.pdf>> (2008年12月1

日現在)

- Nickerson, R.S. (1996). Ambiguities and unstated assumptions in probabilistic reasoning. *Psychological Bulletin*, 120, 410-433.
- 野口哲典 (2006). 知ってトクする確率の知識 成功するにはワケがある! サイエンス・アイ新書
- 大平哲史・大橋弘忠・陳 昱 (2004). 進化計算による戦略の更新を行う繰り返し囚人のジレンマのダイナミクス 電子情報通信学会技術研究報告. NLP, 非線形問題, 103(567), 23-28.
- 大澤 光 (2006). 主観的確率とベイズの理論 西川泰夫・大澤 光・沼野元義 計量心理学 放送大学教育振興会
- Ormerod, P. (1999). *Butterfly economics: a new general theory of social and economic behaviour*. Faber and Faber: London. (オームロッド, P., 塩沢由典 (監修)・北沢 格 (訳) (2001). バタフライ・エコノミクス : 複雑系で読み解く社会と経済の動き 早川書房)
- Page, S.E. (1998). Let's make a deal. *Economic Letters*, 61, 175-180.
- Palacios-Huerta, I. (2003). Learning to open Monty Hall's doors. *Experimental Economics*, 6, 235-251.
- Patt, A.G., Bowles, H.R. & Cash, D.W. (2006). Mechanisms for enhancing the credibility of an adviser: Prepayment and aligned incentives. *Journal of Behavioral Decision Making*, 19, 347-359.
- Piattelli-Palmarini, M. (1994). *Inevitable illusions*. John Wiley & Sons New York, 162-165.
- Puza, B.D., Pitt, D.G.W. & O'Neill, T.J. (2005). The Monty Hall three doors problem. *Teaching Statistics*, 27, 11-15.
- Rao, M. (1992). Comment on Morgan et al. *American Statistician*, 46, 241-242.
- Ross, L., Lepper, M. & Hubbard, M. (1975). Perseverance in self perception and social perception: Biased attributional processes in the debriefing paradigm. *Journal of Personality and Social Psychology*, 32, 880-982.
- 佐伯大輔 (1999). ゴールデンハムスターによる確率学習 動物心理学研究, 49, 41-47.
- Samuelson, W. & Zeckhauser, R. (1988). Status quo bias in decision making. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1, 7-59.
- Schachter, B. (1998). *My brain is open: The mathematical journeys of Paul Erdos*. Simon & Schuster New York.
- Selvin, S. (1975a). A problem in probability. *American Statistician*, 29, 67.
- Selvin, S. (1975b). On the Monty Hall problem. *American Statistician*, 29, 134.
- Shakespeare, W. (1604). The Tragedy of Hamlet, Prince of Denmark. UK. (シェークスピア, W. 河合祥一郎 (訳) (2003). 新訳 ハムレット 角川文庫)
- Shaughnessy, J.M. & Dick, T. (1991). Monty's dilemma: Should you stick or switch? *Mathematical Teacher*, 84, 252-256.
- 塩沢由典 (n.d.). 『バタフライ・エコノミクス』113ページ監修者注への補注 モンティ・ホールの問題をどう考えるか <<http://ramsey.econ.osaka-cu.ac.jp/~Shiozawa/monti-hall.htm>> (2008年9月30日現在)
- Shimojo, S. & Ichikawa, S. (1989). Intuitive reasoning about probability: Theoretical and experimental analyses of the "problem of three prisoners." *Cognition*, 32, 1-24.
- Slembeck, T. & Tyran, J.-R. (2004). Do institutions promote rationality? An experimental study of the three-door anomaly. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 54, 337-350.
- Stafford, T. & Webb, M. (2004). Mind Hacks. O'Reilly Media. (スタッフオード, T. ウェッブ, M. 夏目 大 (訳) (2005). Mind Hacks 一実験で知る脳と心のシステムー オライリー・ジャパン)
- Tierney, J. (1991). Behind Monty Hall's doors: Puzzle, debate and answer? *New York Times*, 21-Jul.
- 時田真美乃 (2004). 確率判断課題における「心の理論」の優先性: Monty Hall Problemの変形問題を用いて 日本認知科学会第21回大会発表論文集, 118-119.
- 友野典男 (2006). 行動経済学 経済は「感情」で動いている 光文社新書
- Tubau, E. & Alonson, D. (2003). Overcoming illusory inferences in a probabilistic counterintuitive problem: The role of explicit representations. *Memory & Cognition*, 31, 596-607.
- 植島啓司 (2007). 偶然のチカラ 集英社新書
- vos Savant, M. (1990a, September 9). Ask Marilyn. *Parade*, p. 15.
- vos Savant, M. (1990b, December 2). Ask Marilyn.

- Parade*, p. 25.
- vos Savant, M. (1991a, February 17). Ask Marilyn. *Parade*, p. 12.
- vos Savant, M. (1991b, July 7). Ask Marilyn. *Parade*, p. 26.
- vos Savant, M. (1996). *The power of logical thinking: Easy lessons in the art of reasoning...and hard facts about its absence in our lives*. St Martins Press New York. (サヴァント, M., 東方雅美 (訳) (2002). 論理思考力トレーニング法―気がつかなかった数字の罠 中央経済社)
- 若林真衣子・三好一英・生駒 忍 (2003). The Monty Hall Dilemma in Japan. 日本認知心理学会第1回大会発表論文集, 251.
- 吉野貴晶 (2006). サザエさんと株価の関係―行動ファイナンス入門― 新潮新書
- Zander, C., Casas, M., Plastino, A. & Plastino, A.R. (2006). Positive operator valued measures and the quantum Monty Hall problem. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 78, 417-422.

(受稿 9月30日：受理11月19日)