

壺の 2 択クイズの情報カスケード実験 実験の手順とデータアーカイブについて

守 真太郎 北里大学理学部物理学科
久門 正人 金融庁
高橋 泰城 北海道大学大学院文学研究科

概要

2012 年から 2015 年まで 4 回に渡り実施した壺の 2 択クイズを用いた情報カスケード実験の詳細とデータアーカイブについて説明する。過去に行った一般知識の 2 択クイズとは異なり、被験者の持つ個人情報 (private signal) のコントロールが容易な点が本実験のメリットである。

1 はじめに

我々は過去に一般知識に関する二択クイズを用いた情報カスケード実験を行った [1, 2]。被験者は自分の知識と、自分より前に回答した被験者の回答情報 (各選択肢の選択者数など) をもとに回答する。クイズの正解を知っている被験者は正解を選び、正解を知らない被験者は多数派の選択肢を選ぶ傾向があり、問題の難易度の変化により後者の被験者の比率を変えることで被験者間の相互作用をコントロールできる。系を非線形ポリア壺過程として記述すると、非線形ポリア壺過程の安定固定点の個数が 1 個から 2 個に変化する不連続転移が起きる [3]。

この実験での問題点は、回答者を正解を知る回答者 (正答率 100%) と完全に知らない回答者 (正答率 50%) の集団に対して実験を実施するという前提条件にあった。系の確率法則の推定および他のマクロ量の評価ではデータの一部をそうした前提条件に反するという事で削除した。データのクリーニングの基準は次の 2 つである。

- 1. 自分の知識のみで回答したときの正答率 Z_0 は前提条件が正しい場合、 Z_0 は 50% 以上になるので、50% から著しく低い問題は問題の 2 択に誤った選択肢を選びやすいバイアスがあるとして削除する。
- 2. 他の被験者の回答を参照した回答したときの正答率が Z_0 と比較して著しく低い問題は、問題の 2 択に正しい選択肢を選びやすいバイアスがあるため Z_0 の値が高くなっているとして削除する。

しかし、実験の前提条件を確認・検証する方法はない。回答前後に問題の正解を知っているかどうかを確認すること、回答に対する自信度といっしょに回答してもらう、などを実験では試みたが完全ではなかった。

個々の被験者が持ち、他の被験者とは共有されない情報のことを一般に private signal (以下、PS) と呼ぶ。PS を実験者側でコントロールするには、被験者が本当に正解を知っているのかどうか、どの程度回答に自信があるのかの推定・検証が難しい一般知識の二択クイズではなく、被験者が正解を確実に知ることが不可能な二択のクイズを用意し、正解に関する情報を実験側でコントロールして被験者に提示する必要がある。そこで、従来の情報カスケード実験で用いられてきた、壺の 2 択を用いた実験を実施した [4]。本原稿は、その実験の詳細について報告するものである。

2 壺を用いた二択クイズと個人的情報

2つの自然数 n, m に対し、赤球 (R) を n 個、青球 (B) を m 個入れた壺 R と赤球 (R) を m 個、青球 (B) を n 個入れた壺 B を用意する。 $n > m$ とし、壺 R には赤球が青球より多く、壺 B には青球が赤球よりも多い。壺 R, B からランダムに壺を選択し、それを壺 X とする。2 択のクイズは、この壺 X が壺 R, B のどちらかという問題である。壺 X の選択はランダムであり、情報が無い限り正解を選ぶ確率 (事前確率) は 50% である。つまり、PS は実験者が完全にコントロールできる。

PS は、被験者毎に壺 X からランダムに取り出した球の色として提示する。赤球のとき、壺 X が壺 R である事後確率 q は $n/(n+m)$ 、壺 B である事後確率 $1-q$ は $m/(n+m)$ である。

$$q = \frac{n}{n+m}.$$

(n, m) の組み合わせを変えることにより、PS の精度を表す事後確率 q をコントロールできる。過去の情報カスケードの実験では、 $(n, m) = (2, 1)$ が採用されることが多く [5]、 $(n, m) = (5, 4)$ の実験は被験者の選択の確率法則の q 依存性を調べた実験のみである [6]。

情報カスケード実験では、PS に加えて、他の被験者の選択情報も被験者に伝える。過去の実験では、被験者が順番に選択し、選択の時系列情報を完全に共有した [5, 6]。つまり、1 人目が壺 R、2 人目が壺 B、3 人目が壺 B といった 1 人 1 人の選択を被験者全員で確認しながら実験を行った。一方、我々の実験では、 $t+1$ 番目に回答する被験者は、過去 t 人の被験者の $C_R(t)$ 人が壺 R、 $C_B(t)$ 人が壺 B を選択という各選択肢の選択者数やそれに基づいた倍率という集約情報を与える。時系列情報ではなく集約情報にした理由は 2 つある。1. 被験者列の長さ T が大きな実験を行うため、時系列情報を提示し、被験者が確認して選択を行うことが時間的な問題から困難なこと。2. 集約情報に対する被験者の選択のモデル化は、時系列情報と比較して容易であること。

3 実験の詳細

実験は 2012 年に被験者数 33 の実験を、2013, 2014, 2015 の 3 年間に被験者数のべ 307 名の実験を実施した。前者を実験 2、後者を実験 1、実験 1 の各年の実験をそれぞれ実験 1-1, 1-2, 1-3 と呼ぶことにする。実験番号と時系列的な順序が一致しないのでは、論文 [4] において実験規模の大きな実験を実験 1、小さな実験を予備実験的な扱いで実験 2 としたためであるが、ここでは時系列順に実験の説明を行う。表 1 は各実験の概略をまとめたものである。以下、集約情報のうち、選択者数情報を C 情報、倍率情報を M 情報と略記する。

表 1 情報カスケード実験一覧: q and 集約情報 (C, M) 欄の q の後の括弧 () の中 C, M の C は選択者数情報、M は倍率情報を表す。(C, M) は双方の情報で実験を行ったことを意味する。

実験	日時	対象被験者	被験者総数	$q = n/(n+m)$ and 集約情報 (C, M)	I
実験 2	2012.1.18	物理学科学生	33	$2/3(C), 5/9(C), 8/15(C)$	33
実験 1-1	2013.9-2013.10	理学部学生	126	$2/3(C, M), 5/9(C, M)$	200
実験 1-2	2014.12	理学部学生	109	$7/9(C), 5/9(M)$	200
実験 1-3	2015.9	理学部学生	121	$8/9(C)$	400

3.1 実験 2

2012 年 1 月 18 日に北里大学理学部情報科学演習室で実施した実験である。被験者は理学部物理学科学生、被験者数 ID は 33、実験者は守と物理学科 4 年の杉本、岸、研究生の入江の計 4 名。クイズの問題数 I は 33 問、 $(n, m) \in \{(2, 1), (5, 4), (8, 7)\}$ 、 $q \in \{2/3, 5/9, 8/15\}$ の 3 パターンの PS と C 情報で実施した。実質的



図1 実験2の回答画面。

な実験時間は3時間程度であった。当初は、 (n, m) について $(2, 1)$, $(5, 4)$, $(8, 7)$ の順番で実験したあと、再度 $(8, 7)$, $(5, 4)$, $(2, 1)$ の順で実験を行う予定であったが、後述するサーバープログラムの問題とトラブルにより二度目の $(8, 7)$ の実験中に実験を中断し、そのまま終了した。

被験者33名は指定の時刻に情報科学演習室(60名収容)に集合し、パソコンの設置された机の椅子に着席する。その後、実験者の杉本がスライドで実験内容、報酬について説明した。机にはパーティションはなく、他の被験者の画面ものぞけるため、実験に用いるパソコンの間隔を広くとり、また、被験者には他の被験者の画面をのぞかないように注意した。実験はサーバーと接続されたパソコンを通して実施した。被験者にはIDを付与し、ブラウザを用いてサーバープログラムにアクセスし、各自のIDでログインする。被験者番号 $id \in \{1, 2, \dots, 33\}$ 、問題番号 $i \in \{1, 2, \dots, 33\}$ とする。 (n, m) , $q = n/(n+m)$ での問題 i に対して t 番目の回答する被験者が問題 i の壺 X_i からランダムに球をひいたときの球の色の情報 $S(q, i, t)$ をあらかじめ乱数で生成し、サーバーに用意しておいた。

実験は $(n, m) = (2, 1)$ の $q = 2/3$ からスタートする。被験者 id は $i = id$ の壺の問題から回答を開始する。そして、ひとつずつ問題番号を増やしながら回答を続け、33問回答する。これにより、各被験者は各問題、各順番に1回ずつ回答することになり、特定の被験者がある順番で回答することを避けられる。問題 i に対して t 番目の回答を $X(q, i, t)$ で表す。

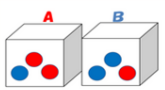
図1は実験2での被験者の回答画面をキャプチャしたものである。 $i = 5$ の壺 X_5 に、 $id = 1$ の被験者が回答している(実際の実験画面ではない)。すでに4名の被験者($id = 2, 3, 4, 5$)が回答を終えていて、うち2名が壺R、2名が壺Bを選択している。また、 $id = 1$ の被験者が壺 X_5 から引いた球の色は青球である。また、壺R、壺Bの中の球の構成を参考のために示してある。これらの情報をもとに、被験者は壺 X_5 が壺Rか壺Bかを推測し、下のラジオボタンで選択して回答ボタンを押す。すると、次の画面で回答終了と表示され、次の $i = 6$ の問題に進むためのボタンが表示される。実験2では、被験者は各問題の正解を知ることはない。こうしてI問の問題にID名の被験者が回答を終えた時点で、最初の $(n, m) = (2, 1)$ の実験が終了する。そして、しばらく休憩をとった後に、 $(n, m) = (5, 4)$ の実験を開始する。当初の計画では、

カスケード実験

0009さん、現在までに 0 問回答しています。

■あなたが選んだ球の色は赤でした。

■この壺のタイプは下の図のAとBのどちらか得票数も参考に推測して、あなたの自信度をお答え下さい。



■あなたの判断の自信度をお答えください。

壺	A						B						壺
得票数	3						1						得票数
A	100%	90%	80%	70%	60%	50%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	B
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

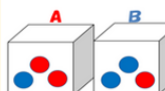
回答

カスケード実験

0009さん、現在までに 137 問回答しています。

■あなたが選んだ球の色は赤でした。

■この壺のタイプは下の図のAとBのどちらか倍率も参考に推測して、あなたの自信度をお答え下さい。



■あなたの判断の自信度をお答えください。

壺	A										B										壺
倍率	×2.5										×1.3										倍率
A	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	B
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

回答

図 2 実験 1 の回答画面。上図は各選択肢の人数をヒントとした場合、下図は人数をもとに計算した倍率がヒントの場合。

$(n, m) = (2, 1), (5, 4), (8, 7), (8, 7), (5, 4), (2, 1)$ の計 6 実験を行う予定であった。しかし、出題に渋滞が発生し、実験が遅々としてすまなくなり、出題に 1 分以上待たされた。また、1 回目の $(8, 7)$ の実験が終わった次の 2 回目の $(8, 7)$ の実験中にサーバープログラムが出題しなくなった。原因は不明である。そのため、実験時間も 3 時間近くになったこともあり実験を終了した。被験者の謝金は正答 1 問あたり 5 円に、参加費として 3000 円とした。

3.2 実験 1

実験 1 は実験 2 の問題点を修正し、実験規模 (被験者列の長さ) T 、問題数 I のより大きな実験を実施してデータをとること、および、ヒントとして、C 情報の選択者数 $C_R(t), C_B(t)$ と、それらを用いて倍率に変換した M 情報 $O_R(t), O_B(t)$ を被験者に示したときの被験者の応答の差異を調べることにあった。t+1 番目の被験者に示す倍率情報 $O_R(t), O_B(t)$ は、t+1 ポイントを各選択肢を選んだ被験者に山分けするときのポイント数である。 $\alpha \in \{R, B\}$ として、倍率 $O_\alpha(t)$ を次の式で計算する。

$$O_\alpha(t) \equiv \frac{t+1}{C_\alpha(t)+1}, \alpha \in \{R, B\}.$$

ここで、分母は $\alpha \in \{R, B\}$ を選ぶ被験者数を意味している。

図 2 は実験 1 での被験者の回答画面である。上図はヒントが C 情報の場合、下図は M 情報の場合である。PS は 2 行目に、また、C 情報、M 情報は表の 2 行目に示してある。実験 2 と異なり、壺 R,B を壺 A,B とし、

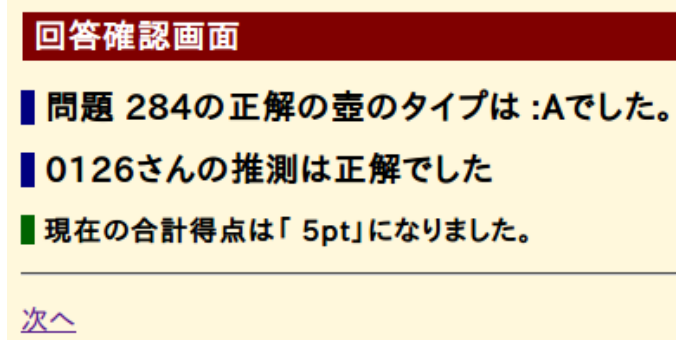


図 3 実験 1 の回答後の画面 .

それぞれの壺の中の赤球，青球の構成を参考のために表示している．上図の C 情報の場合，すでに 4 人回答し，3 人が壺 A，1 人が壺 B を選択している．被験者は，赤球という PS と C 情報 $C_A(4) = 3, C_B(4) = 1$ をもとに選択する．下図の M 情報の場合，同じく 4 人回答し，3 人が壺 B，1 人が壺 A を選択している．このとき，壺 B の倍率は $5/4 = 1.25$ 壺 A の倍率は $5/2 = 2.5$ となるが，少数第 2 位を四捨五入して壺 B の倍率は 1.3 倍としている．

実験 1 では被験者は，壺 A,B を選択する際に，回答への自信度で回答する．自信度は各自の選択にどの程度の自信を持っているか，各自の選択が正解である見込みを表し，自信がない場合は 50%，絶対の自信がある場合は 100% 回答することを被験者に指示した．C 情報の場合，自信度が 50% 以上の選択肢を選ぶと考えられるので，50% から 100% の 10% 刻みでラジオボタンを用意した．M 情報の場合，自信度が 10% 未満でも，倍率が 10 倍を超えている場合はその壺を選択することは合理的であると考え，10% から 100% まで 10% 刻みでラジオボタンを用意した．被験者は自信度とともにラジオボタンで壺 A,B を選択するが，報酬は正解かどうかには依存し，自信度には依存しないことを被験者には説明した．回答ボタンを押すと，被験者の選択が正しかったかどうかを次の画面で知り，次の問題の出題ボタン「次へ」を押す (図 3 参照)．

実験は，2013 年 (実験 1-1)，2014 年 (実験 1-2)，2015 年 (実験 1-3) の 3 年間に渡って実施した．以下，各年の実験について説明する．

実験 1-1: $(n, m) = (5, 4), (2, 1)$ で，被験者数 $ID = 126$ ，C 情報と M 情報でそれぞれ $I = 200$ 問の問題を用意して実施した．実験者は物理学科 4 年の桑波田，吉田，院生の入江，守の 4 名．被験者を 3 回実験室 (理学部セミナー室を利用) に呼び，1 回目は一般知識の二択クイズを用いた情報カスケード実験，2 回目は $(2, 1), q = 2/3 = 6/9$ ，3 回目は $(5, 4), q = 5/9$ ，で C 情報，M 情報で 100 問ずつ回答してもらった．1 回目の実験 (実験時間は 60 分弱) で全 3 回の実験の概略を説明し，参加同意書に記名してもらったので，2 回，3 回目での実験時間は説明などを含めて 30 分程度である．被験者は 7 インチタブレット (nexus 7 など) でサーバープログラムにアクセスし回答する．セミナー室にはパーティションはないが，タブレットの画面は小さいため，他の被験者のタブレット画面を参照して回答することは難しい．C 情報のときは正答 1 問に対して 10 ポイント (円)，M 情報のときは正答 1 問に対して 5 ポイントの倍率倍のポイントを獲得するとし，200 問回答での総ポイントを報酬とした．全 3 回の実験参加に対して参加費を調整し，被験者の謝礼額が 4500 円程度となるように調整を行った．

実験 1-2: $(n, m) = (7, 2)$ は C 情報で， $(5, 4)$ は M 情報で $ID = 109$ 名の被験者で実施．実験者は物理学科 4 年の宇佐美，板橋，院生の吉田，守の 4 名．問題数は C 情報，M 情報それぞれ 200 問で，被験者は昼休みに実験室に集合し，最初に C 情報の実験，次に M 情報の実験で 100 問ずつ回答した．実験時間は説明，実験参加同意書の記入を含め 40 分程度である．C 情報のときは正答 1 問に対して 5 ポイント (円)，M 情報のときは正答 1 問に対して 5 ポイントの倍率倍のポイントを獲得するとし，200 問回答での総ポイントに参加費 150 ポイントを追加し，被験者の謝礼額が 1050 円程度となるように調整

を行った。

2015年 $(n, m) = (8, 1)$ の C 情報のみで, $ID = 121$ 名の被験者で実験を実施。実験者は物理学科4年の川崎, 佐野, 院生の吉田, 守の4名。問題数は $I = 400$ で, 被験者は昼休みに1度実験室に集合し, 200問回答した。実験時間は説明, 実験参加同意書の記入を含め40分程度である。正答1問に対して5ポイント(円)とし, 200問回答での総ポイントに参加費150ポイントを追加し, 被験者の謝礼額が1050円程度となるように調整を行った。

4 データの詳細と利用について

アーカイブする実験データは, 実験1の C 情報のデータが EXP-I.csv, M 情報のデータが EXP-IM.csv, 実験2が EXP-II.csv である。ファイルは, $q = n/(n+m)$ の n の値を1列目に, 問題番号 i を2列目に, 回答順 t を3列目に, $X(q, i, t)$ を4列目, $S(q, i, t)$ を5列目, 6列目に $X(q, i, t)$ を回答した被験者の番号 id , そして7列目は回答 $X(q, i, t)$ に対する自信度 $C(q, i, t)$ の7列の構成である。被験者 id は実験1では共通のものを用いている。実験1-2の参加者109名のうち39名は実験1-1に参加し, 実験1-3の参加者121名のうち10名は実験1-1, 2に共に参加しているため, 実験1-1の id は1から126の126名分, 実験1-2の新規 id は127から196の70名分, 実験1-3の新規 id は197から307の111名分である。 $q = 2/3$ のときは $q = 6/9$ として $n = 6$ とした。また, 実験2では自信度で回答していないため自信度はゼロとしてある。

実験データはWEBサイト (<http://202.24.143.74/TWOCHOICE/>) にアップロードしてある。実験データの利用は原則自由である。本実験の設定には様々な問題があると考えられ, また, 本文書では説明不足な点もあるかと思う。実験に関する質問や修正点など, 可能な限り対応したいと考えているので, ご連絡をお願いしたい。

5 謝辞

本実験の実施において実験者として協力してくれた杉本愛, 岸雄介, 桑波田康太, 吉田俊介, 板橋宗一, 宇佐美敬允, 川崎紫苑, 佐野史昂, サーバプログラムの開発を担当してくれた入江洋介, 日野雅文(以上, 敬称略, 参加日時順)に深く感謝します。本研究はJPSJ KAKENHI Grant Number 21654054, 25610109の助成を受けています。

参考文献

- [1] S. Mori, M. Hisakado, and T. Takahashi, “Phase transition to two-peaks phase in an information cascade voting experiment,” *Phys. Rev. E*, vol.86, pp.026109–026118, 2012.
- [2] S. Mori, M. Hisakado, and T. Takahashi, “Collective adoption of maxmin strategy in an information cascade voting experiment,” *J.Phys.Soc.Jpn.*, vol.82, pp.0840004–0840013, 2013.
- [3] S. Mori and M. Hisakado, “Correlation function for generalized polya urns: Finite-size scaling analysis,” *Phys.Rev. E*, vol.92, pp.052112–052121, 2015.
- [4] M. Hino, Y. Irie, M. Hisakado, T. Takahashi, and S.Mori, “Detection of phase transition in generalized polya urn in information cascade experiment,” arXiv:1507.07269, 2015.
- [5] L.R. Anderson and C.A. Holt, “Information cascades in the laboratory,” *Am. Econ. Rev.*, vol.87, pp.847–862, 1997.
- [6] J.K. Goeree, T.R. Palfrey, B.W. Rogers, and R.D. McKelvey, “Self-correcting information cascades,” *Rev. Econ. Stud.*, vol.74, pp.733–762, 2007.