

# ゲーミングシミュレーションによる繰返し最後通牒モデルの動学的分析

## Dynamic analysis of iterative ultimatum bargaining model using participatory gaming simulation

○菱山 玲子 (早稲田大学) 中島 悠 (東邦大学)

Reiko HISHIYAMA, Waseda University, reiko@waseda.jp

Yuu NAKAJIMA, Toho University, yuu.nakajima@is.sci.toho-u.ac.jp

We conducted an iterative ultimatum bargaining game using Web-based multi-agent gaming platform called MAGCruise to analyze and estimate participants' intention of the decision-making behavior when they maintained iterative mutual interaction. The effect of the mutual interaction between the two role players, known as a provider and a receiver in the ultimatum bargaining game, affect their decision-making during the gameplay. To understand these effects, we conducted the experiments under two experimental conditions: under the condition of a face-to-face interaction and of anonymity interaction. These experiments provided new insight into the relationship between the providers'/receivers' decision-making and the communication environment. We found that the provider tried to adjust their suggested amount upward when the previous suggested amount was reject from the receiver, or downward when the previous suggested amount was accepted from the receiver.

**Key Words:** multiagent gaming, iterative ultimatum bargaining game, gaming simulation, face-to-face interaction, anonymity interaction

### 1 はじめに

人間の合理的行動についての知見を深めるうえで、近年、実験にもとづいて経済理論を検証するアプローチの有用性が見出され、行動経済学 [1, 2], ないし実験経済学 [3] としてその研究方法が注目を集めている。実験経済学で扱われる問題の多くは、心理学で議論されてきたような人間の感情を考慮した人間中心の経済行動を扱っており、研究の方法として、これらの人間の感情を伴うような問題を実験によって説明し、明らかにしようとするアプローチが取られる。従って、実験においては人間による意思決定行動が主たる分析の対象となり、人の参加を得た実験が行われるが、これらの実験にもとづく行動に関する情報を効率的に収集し、統計的に意味を持つ一定規模の母集団からの詳細な行動データを、正確性を確保しつつ収集するためには、大規模で手間のかかる実験の遂行が必要となる。また、複数の実験条件を設定して行動データを取得する場合には、更に手間としてのコストをかける必要が生じる。

そこでまず、本研究では、ネットワーク上で人が参加することで意思決定行動に関する情報を収集可能なゲーミングシミュレーションの実行基盤を用いて、これらの実験を遂行することを提案する。本研究において扱う問題は、実験経済学で取り上げられてきた最後通牒ゲームであるが、本研究では特にこれを拡張し、繰返し最後通牒ゲームとして実験する。このゲームにおいて繰返されるような意思決定行動を正確さを保証しつつ記録することは多大なコストを要するため、ネットワーク上で人の意思決定の経過をログとして記録し、そのログを利用して分析をすすめる。本研究では特に、この意思決定ログを利用し、人に割り当てられた最後通牒ゲームにおける 2 種の役割とコミュニケーション環境の相違に注目して比較分析し、その行動意図を推定する。

最後通牒モデルはこれまで、様々な条件のもとで人間行動モデルとしての行動意図が分析されている。しかしこれらの行動は、モデルがどのような行動環境のもとで実行されるか、また、どのような行動意図を持つ者同士のペアによってプレイされるかに影響を受けると考えられる。研究ではゲーミングシミュレーション基盤からのログを利用できるため、特に異なる行動環境での意思決定の遷移を遡りながら動学的な視点で分析することができる。すなわち、本研究ではネットワーク上で参加型ゲーミング環境(人・

エージェントが参加する環境)を利用し、繰返し最後通牒ゲーム実験を対象として、人の行動意図とプレイヤー間の関係性をゲームのログを利用して検証することで、このゲームの参加者の行動意図に関する新たな知見を得ることをゴールとする。

本稿の構成は、以下のとおりである。続く 2 章において本研究で扱う繰返し最後通牒モデルの概要を述べ、3 章でこのモデルを用いた実験結果を説明する。続く 4 章で考察を述べ、最後に本研究をまとめる。

### 2 繰返し最後通牒ゲーム

#### 2.1 ゲームの概要

最後通牒モデルとは、Güth ら [5] により提起された実験経済学の代表的な実験対象問題である。最後通牒ゲーム (ultimatum bargaining game) のモデルである。このモデルでは、利他性と互酬性に関して、実験により人の意思決定行動における知見を得て、これを考察することが行われている。

最後通牒ゲームの基本的なプロセスは、以下のとおりである。ゲームに参加する人間は 2 名<sup>1</sup>である。まず、提案者 (プロバイダ。以下、P とする。) が受諾者 (レシーバ。以下、R とする。) に対して、自分に与えられている一定の持分 (例えば、10 万円) のうちの一部 (例えば、2 万円) を、譲与することを提案する。次に、この P からの金額の譲渡の提案を受けた R は、この提案を受諾ないし拒否することができる。もし、R が P からの提案に納得がいらずこれを拒否した場合、P も R も何ももらえず、ゲームは終了する。一方、R が受諾した場合は、提案どおりの持分による金額の配分が実行され、P 及び R はそれぞれの分け前を受け取ることができ、ゲームは終了する [1, 2]。このゲームの基本的なインタラクションを、図 1 に示す。

このゲームのナッシュ均衡は、P は最小単位の金額 (例えば、1 円) を R に提案し、R は何ももらえないよりは P の提案を受諾することで一定額を手にする、というものである。すなわち、前述の 10 万円の例では、P は 99,999 円を獲得し、R は 1 円を獲得することになる。この戦略は、経済理論における合理的な経済人を前提としたものと位置づけられている。

<sup>1</sup>最初に提案者に一定の金額を渡す人物を 1 名と数え、計 3 名によるモデルと位置付けることもある。

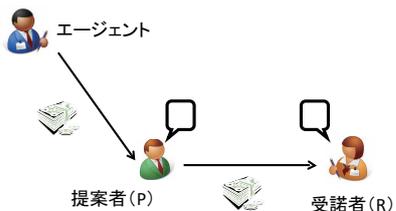


Fig.1 Basic ultimatum bargaining game

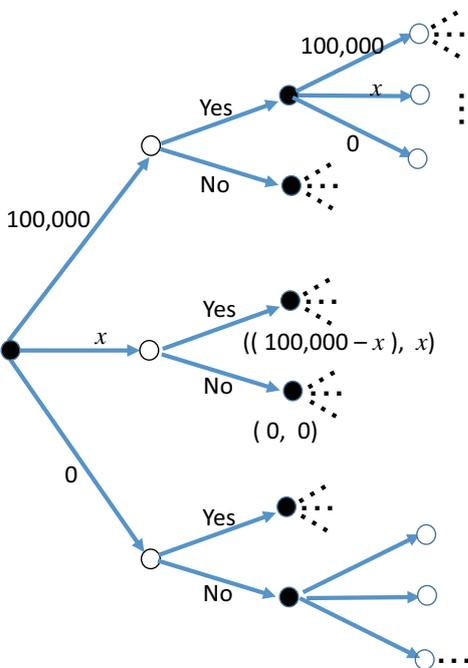


Fig.2 Gametree of the iterative ultimatum game

一方、最後通牒ゲームについてはこれまで、参加者を得た多くの実験が行われており、それらの知見から実際の社会においてはこのような譲渡は行われず、この配分をもたらし戦略が否定されることが明らかになっている。これらの戦略が否定されることの影響にある意図について考察を深めるため、匿名による実験も行われており、この匿名実験では、P から R へ提案される金額は P と R の顔が相互に見えている非匿名実験の場合と比較して低下する、という結果が明らかにされている [4]。これらの実験結果を踏まえたうえで、本研究では特に、繰り返し最後通牒ゲームが行われる際の非匿名状態ないし匿名状態での意思決定行動の関係について比較考察する。すなわち、同じ相手に対して P から R への通牒が繰り返し行われる場合にもたらされる意思決定について、インタラクション環境を軸として明らかにする。繰り返し最後通牒ゲームのゲームツリーを、図 2 に示す。この図において、黒丸は P を示し、白丸は R を示す。

本研究ではこの繰り返し最後通牒ゲームを、参加者を得た実験として遂行することとした。実験は、P と R の顔がお互いに見えている状態で行われる実験（以下、非匿名実験とする。）に加え、先行研究 [4] の知見を踏まえ、P と R が互いに誰かわからない環境での実験（以下、匿名実験とする。）の両方について、行った。

本研究で用いた繰り返し最後通牒モデルのシナリオを、以下に示す。まず、エージェントから P に 10 万円が提示される。この 10 万円を受け取った P は、R に対して譲与する金額を入力し送信する。送信された金額は直ちに R のディスプレイ画面に表示され、R はその提案を受諾するか、拒否するかを選択することができる。もし、R が P からの提案に納得がいらずこれを拒否した場合、P も R も何ももらえない。一方、R が P からの提案を受諾すれば提案どおりの持分にもとづいて金額の分配が行われ、

P 及び R はそれぞれの分け前を受け取ることができる。この分配額の確定後、エージェントは再び P に 10 万円を提示し、同様のステップを繰り返す。繰り返しは 10 回とし、10 回目の配分額の確定が行われた時点で、ゲームは終了する。

多数の参加者を得て行う対面での繰り返しゲームでは、正確なデータ取得を行おうとすれば各グループに実験補助者を配置するなど相応のコストを払う必要があり、その記録を人手で行うとすればこうした正確性を担保することも難しい。この点で、コンピュータを利用した実験は、ログとしての意思決定データ採取の容易性と正確性の点でメリットがある。また、非匿名実験に加え、ネットワークを介することで匿名実験の環境を提供することも容易である。本研究ではこうしたメリットを活用できる繰り返し最後通牒ゲームのためのゲーミングシミュレーション環境を構築し、100 名を越える実験参加者を得て、これをコンピュータ上で比較実験することとした。

## 2.2 実験の概要

実験は、138 名の理工系大学生を参加者として行った。実験グループは 2 名 1 組として、69 組を作成した。2 名 1 組のうちの 1 名は提案者 (P)、もう 1 名は受諾者 (R) として役割を割り当てた。参加者には最初に、前節に示した最後通牒モデルのシナリオを説明した。R は P がエージェントから受け取った金額が 10 万円であることを知っている。

実験は、2 回行われた。1 回目は P と R の役割を果たす参加者がペアを組んで隣同士に着席し、顔が見えている状態（非匿名状態）、かつ、相互に相談ができる状態<sup>2</sup>で実施した。2 回目は、1 回目は P と R の参加者ペアが同じ空間内にあるものの、相互に相手を把握できない匿名状態でゲームを実施した。空間内にある参加者は 138 名もの多人数の集団であり、ネットワークを介して匿名状態の実験を遂行することができる。この 2 回の実験では、1 回目の役割と 2 回目の役割 (P ないし R) が同一である参加者と、1 回目の役割と 2 回目の役割が異なる参加者の両方が含まれる。

また、2 回目のゲーム実施後に全参加者を対象にアンケートを実施した。アンケートでは、「このゲームでは、相手と相談できたほうがよいと思いますか？」という問いを設定し、相談できたほうがよい、相談できないほうがよい、どちらともいえない、の 3 選択肢の中から最も自分の意見に近いもの 1 つを選択する形式とした。この設問は、このゲームにおける自分と相手との関係性に関する、参加者の基本的な姿勢を推定するために設定されたものである。

なお、前節で述べたように、実験にあたっては繰り返し最後通牒ゲームのためのゲーミングシミュレーション環境を用いた。利用した環境はマルチエージェントゲーミング基盤 MAGCruise (Multi-Agent Gaming Cruise) [6] である。この基盤を利用することで、実験遂行者は複数の人やエージェントが混在する環境での相互のインタラクションを、シナリオとして容易に記述することができる。また、繰り返しゲームを行ううえで、ラウンド進行形式でシナリオを記述することが可能である。

この実験では、P による提案と R による受諾ないし拒否の意思決定のセットを 1 ラウンドとし、10 ラウンドの繰り返しゲームとした。すなわち、MAGCruise のラウンド冒頭で 10 万円を P に交付するエージェントに加え、R に通牒としての提案を行う P (人)、P からの提案金額を見て受諾するか否かを意思決定する R (人) の、3 者間のインタラクションとしてのシナリオを記述した。実験に用いたインタフェース画面の例として、P の役割を与えられた参加者のための提案金額の入力画面を図 3 に示し、R の役割を与えられた参加者のための受諾ないし拒否の意思決定入力画面を図 4 に示す。

## 3 実験結果

包括的な実験結果を、表 1 に示す。

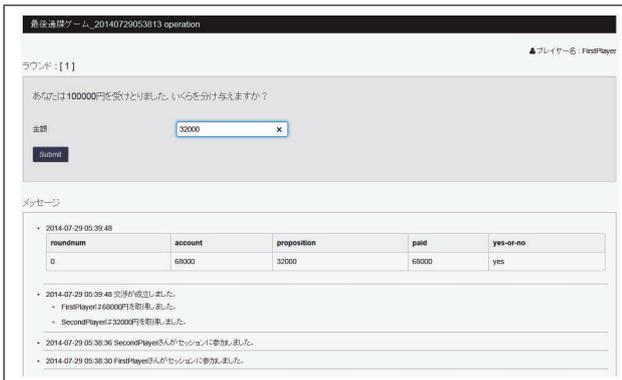
<sup>2</sup>非匿名状態での実験においては、実験参加者には、隣同士で相談することを妨げないと教示した。

**Table 1** Summary of experimental results

条件	提案平均金額	平均取得金額 P	平均取得金額 R	受諾回数
非匿名	37,471 円	31,273 円	22,494 円	371
匿名	33,856 円	25,637 円	17,696 円	299

**Table 2** Experimental results:money amounts as provider

意見	匿名性	平均提案金額	(P としての) 平均取得金額
相談できたほうがよい	非匿名	39,187 円	30,552 円
相談できないほうがよい	匿名	31,539 円	22,722 円



**Fig.3** Screenshot for provider



**Fig.4** Screenshot for receiver

表 1 において、提案平均金額とは P から R へ提示された平均金額を示し、平均取得金額 P は P の平均取得金額、平均取得金額 R は R の平均取得金額を示す。また、最右欄の受諾回数とは、P から R へ提案された金額に対し、R がこれを受諾した回数を示す。この結果から、匿名状態で行われたゲームと比較して、顔が見える状態で行われた非匿名状態でのゲームの方が提案平均金額が大であったことがわかる。また、非匿名状態でのゲームのほうが、提案が受け入れられる回数が多いことがわかる。実際に取得できた金額はどちらの実験条件のほうが大きかったか、という点では、P、R ともに顔が見えない匿名状態で行われたゲームのほうが、取得金額が小さい結果となった。

次に、アンケート結果を踏まえて、平均提案金額と (P としての) 平均取得金額について分析した結果を、表 2 に示す。アンケートの設問に対し、相談できたほうがよいと回答した参加者は全 138 名の参加者中 34 名、相談できないほうがよいと回答した参加者は 54 名であり、残りの参加者はどちらともいえないと回答した。このことから全体として、相談できないほうがよいと回答した参加者のほうが相談できないほうがよいと回答した参加者より多かったものの、それぞれ参加者の半数に満たないことがわかった。

相談できたほうがよいと回答した参加者群と、相談できないほう

**Table 3** Experimental results:recievers' judgements

条件	受諾	拒否	合計
非匿名	371	319	690
匿名	299	391	690
合計	670	710	1,380

がよいと回答した参加者群に注目して分析したところ、「相談できないほうがよい」と回答した参加者の提案平均金額の平均と「相談できたほうがよい」と回答した参加者の提案平均金額の平均との間には有意差がみられ ( $\leq$  有意水準 0.05)、前者の方が提案金額が低いことがわかった。平均値の差はおおよそ 7,500 円であり、「相談できないほうがよい」と考える参加者は提案金額を抑える傾向にあった。しかし、その試みはむしろマイナスに働いており、表 2 のとおり、相談できないほうがよいと考える参加者の匿名時の P としての平均取得金額は、相談できたほうがよいと考える参加者の非匿名時の P としての取得金額より平均して 7,000 円程度少ないことがわかった。

この実験では、繰り返し最後通牒ゲームとして、10 ラウンドにわたり、同一相手に対して提案と受託の意思決定を繰り返し行った。その結果、全体では 1,380 回の通牒行動が行われ、R による受諾と拒否の回数を集計した結果を、表 3 に示す。この結果から、非匿名状態では受諾された回数のほうが多く、匿名状態では拒否された回数のほうが多かったことがわかった。また、表 3 について、非匿名状態にある参加者が受諾した比率と、匿名状態にある参加者が受諾した比率に差があるかどうかをカイ二乗検定により評価したところ有意差がみられ、非匿名状態と匿名状態とは受諾した比率が異なることがわかった ( $\leq$  有意水準 0.05)。

更に、繰り返しによる受諾状況と提案金額の変化の関係性についてより詳しい分析を行うため、表 4 のとおりインタラクションのパタン化を行った。このパタンにもとづいて、参加者の意思決定行動に関するログから各パタンごとの出現回数を調査した結果を、表 5 に示す。

表 5 中の数字は出現回数を示している。各実験参加者のペアによる通牒は 1 ゲームあたり 10 回行われていることから、最終回の 10 ラウンド目でゲームは終了し次の通牒は行われない。このため、10 ラウンド目はどのパタンにも属さないデータとなることから、これを除外した。この事由により除外されたデータは非匿名分、匿名分ともそれぞれ 69 回 (全実験ペアの 10 ラウンド目を総計したものに相当) であり、1 回目及び 2 回目の実験の合計で 138 回分である。表 3 に示したとおり、全体では 1,380 回の通牒行動が行われたが、この通牒行動から 138 回分を除外し、計 1,242 回分の通牒行動を、表 4 のパタンによる分析対象データとした。分析対象となった通牒行動は、非匿名分、匿名分ともそれぞれ 621 回である。

表 5 について同等性の検定を行った結果、非匿名状態と匿名状態では 6 つのパタンの比が有意に異なることがわかった ( $\leq$  有意水準 0.05)。非匿名状態、匿名状態とも、R により提案が拒否されると次のラウンドでの P からの提案では金額を上げて提案するパタンが最も多く、次に、R により提案が受諾されると次のラウンドでの P からの提案では金額を下げて提案するパタン

Table 4 Providers' decision-making patterns

パターン	説明
no → up	R が申し出を拒否した後、+1 ラウンドにおいて P からの提案金額が上がったパターン。
no → down	R が申し出を拒否した後、+1 ラウンドにおいて P からの提案金額が下がったパターン。
no → equal	R が申し出を拒否した後、+1 ラウンドにおいて P からの提案金額に変化がなかったパターン。
yes → up	R が申し出を受諾した後、+1 ラウンドにおいて P からの提案金額が上がったパターン。
yes → down	R が申し出を受諾した後、+1 ラウンドにおいて P からの提案金額が下がったパターン。
yes → equal	R が申し出を受諾した後、+1 ラウンドにおいて P からの提案金額に変化がなかったパターン。

Table 5 Experimental results: providers' decision-making

条件	no → up	no → down	no → equal	yes → up	yes → down	yes → equal	合計
非匿名	250	25	26	86	215	19	621
匿名	262	52	55	66	152	34	621
合計	512	77	81	152	367	53	1,242

が多くみられたが、非匿名状態と匿名状態とで比較すると、前者のパターンは匿名状態に多く見られ、後者パターンは非匿名状態に多くみられた。このことから、非匿名状態では受諾がある状態でどこまで提案が受け入れられるかを金額を下げながら探る傾向があり、匿名状態では拒否された状態で提案金額を上げながら受諾を得られる金額を探る傾向があることがわかった。

また、提案を拒否された後、次の提案で同等金額、ないし、更に金額を下げて提案するパターンは匿名状態のほうに多くみられた。一方で、提案が受諾された後、次の提案で更に金額を上げて提案するパターンは非匿名状態のほうに多くみられた。

#### 4 考察

これまで行われてきた既存研究の実験結果では、匿名状態で行われるゲームでは非匿名状態で行われるゲームと比較して通牒される金額が小さくなりがちであることが指摘されており、本実験においてもこの結果を追試することができた。

前章で述べたように、相談できたほうがよい、ないし、相談できないほうがよいとアンケートに回答した参加者について、意見群別に提案金額と取得金額を確認すると、相談できないほうがよいと考える参加者は提案金額を抑える傾向にあった。顔が見えているコミュニケーション環境では、P からみて、相手との関係性において一定の距離を保つほうが、より相手に対して気兼ねする必要がなく、より強気の提案を行いやすいという意図を推察できる。1,380 回の通牒行動を見ると、非匿名状態では受諾された回数の方が多く、匿名状態では拒否された回数の方が多かったことがわかり、この点からも顔が見える状態では受諾しがちな傾向を読み取れ、相手への配慮の意図を推察することができる。逆に、匿名状態ではより相手に対して気兼ねする必要がなく、より強気の態度をとることができると推察される。

非匿名状態、匿名状態とも、拒否されると次の提案では金額を上げて提案するパターンが最も多くみられたことは、P から R への譲歩を意味する行動を予見させる。受諾されると次の提案では強気になり、金額を下げて提案するパターンが多くみられた点もこれと同質の意図があると考えられる。更に、非匿名状態と匿名状態とで比較すると、匿名状態では拒否されると次の提案では金額を上げて提案するパターンがより多くみられたことから、相手と相談できない環境では最初により強気の提案を行った状態から相手の意図を探る行動として、どこまで提案が受け入れられるかを金額を上げながら譲歩してゆくという意図が読み取れる。逆に、非匿名状態の場合に受諾されると金額を下げて提案するパターンが多くみられたことは、相対的に弱気の提案を行った状態から、相談できる環境での相手の歩み寄りを引き出そうという意図が働いている可能性がある。なお、提案が受諾された後、次の提案で更に金額を上げて提案するパターンが見られた背景には、ペアの相手への配慮とは別に、自分の配分額の増分への期待があるものと考えられる。P からみて R に提案を受諾してもらえるか否かという点のみならず、一部に自分の取り分を多くしたいという意図の存

在が読み取れたことは興味深い。

#### 5 おわりに

本研究では最後通牒ゲームの拡張である繰り返し最後通牒ゲームによって、繰り返される意思決定行動に注目し、人に割り当てられた 2 種の役割とコミュニケーション環境の相違を考慮して実験データの比較分析を行った。匿名状態と非匿名状態では、行動条件としてのコミュニケーション環境が異なり、匿名状態では通牒金額がより小額になりがちであることが指摘されてきた。本研究ではこのことを追試すると同時に、ゲーミングシミュレーションの実行基盤を用いて意思決定行動に関するより詳細なログ情報を得て、このログから意思決定行動とその意図を推定した。

ネットワーク上の参加型環境を利用して実験を行うと、精細な意思決定行動の変化を時系列的に遡って動学的に分析することができ、これによってペアとなるプレイヤー間のインタラクションの相違に基づく意思決定行動の違い、コミュニケーション環境の相違に基づく意思決定行動の違いを、容易に分析することができる。これらの動学的な知見は、多数の時間的経過を伴う大量の意思決定過程のログを分析することで新たに得られるものである。今後の課題としては、これらの知見に対する経済理論にもとづく検討に加え、新たな実験設定に基づく参加者実験から更なる知見の補強を得ることである。これにより、得られる知見に関し多角的評価を加えることができると考えられる。

#### 謝辞

本研究は、科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業（社会技術研究）問題解決型サービス科学研究開発プログラム採択プロジェクト「サービス指向集合知に基づく多言語コミュニケーション環境の実現」及び JSPS 科研費 (S) (24220002, 2012-2016) の成果によるものです。

#### References

- [1] 依田高典, 行動経済学: 感情に揺れる経済真理, 中公新書, 2041, 2010.
- [2] 友野典男, 行動経済学: 経済は「感情」で動いている, 光文社新書, 254, 2006.
- [3] 川越敏司, 実験経済学, 東京大学出版会, 2007.
- [4] Elizabeth Hoffman, Kevin McCabe and Vernon L. Smith. Social Distance and Other-Regarding Behavior in Dictator Games, The American Economic Review, vol.86, no.3, pp.653-660, 1996.
- [5] Werner Güth, Rolf Schmittberger and Bernd Schwarze., An experimental analysis of ultimatum bargaining, Journal of Economic Behavior and Organization, vol.3, no.4, pp.367-388, Elsevier, 1982.
- [6] マルチエージェントゲーミング基盤 MAGCruise(MultiAgent Gaming Cruise), <http://www.magcruise.org/world/>, (最終アクセス: 2014 年 7 月 27 日) .