

# 非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおける 協力の選択についての実験研究

西原 宏\*

鍵原理人†

渡邊淳一‡

## 概要

囚人のジレンマの利得構造の下で、プレイヤーの先手/後手の手番はランダムに決められ、先手が非協力行動を選択する場合にのみその行動が後手によって観察されるとする。このゲームと通常の囚人のジレンマとの相違は情報構造の違いに帰着する。この情報構造が修正された囚人のジレンマを非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマと呼ぶ。非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマには、利得構造がある一定の条件を満たすとき、双方のプレイヤーが協力的戦略を選択して協力行動がプレイされるナッシュ均衡が存在する。本研究の目的は、このゲームの協力的戦略の選択比率が、通常の囚人のジレンマの協力的戦略（協力行動）の選択比率に比べて、高いか否かを実験によって検証することにある。実験の結果、理論とほぼ合致する範囲の利得構造において、協力的戦略の選択比率は非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマで高まることが示される。

JEL 分類番号： C72, C91

キーワード： 囚人のジレンマ, 情報構造, 実験

## 1 序論

囚人のジレンマは、人々の個人的な合理的選択と社会的に望ましい選択が一致しない状況を表わすモデルとして、これまで経済学、社会学、社会心理学の研究者に注目されてきた。このゲームは、現実の社会的問題を表現するモデルとして用いられると同時に、個人の非協力行動によって生じる社会的問題を解決する要素を探るためのモデルとして活用されている。本研究では、囚人のジレンマの情報構造を修正したモデルによって、社会における人々の協力可能性を実験的に検討する。

囚人のジレンマでは、非協力を採ることがプレイヤーにとって利得最大化の観点から合理的行動となる。しかし、現実の人間関係が標準形としての囚人のジレンマとしてモデル化される際には、様々な要素が捨象されている。そこで、それらの要素の中のいくつかを囚人のジレンマに追加してプレイヤーが協力を採る可能性を検討することがこれまで試みられて来た。ゲームの繰り返しは、そのような要素の代表的なものの1つである。

Nishihara (1997) は、人々が互いの非協力行動を観察できる状況に注目し、囚人のジレンマの情報構造を次のように修正したゲームを考察した。すなわち、囚人のジレンマの利得構造の下で、プレイヤーはランダムに順序が決定される逐次手番で選択を行い、先手プレイヤーが非協力を選択するとそれが後手プレイヤーによって観察されるゲームである。そして、利得が一定の条件を

\*福岡大学経済学部, E-mail: nishi@fukuoka-u.ac.jp

†福岡大学経済学部, E-mail: kagihara@fukuoka-u.ac.jp

‡福岡大学経済学部, E-mail: junwata1@fukuoka-u.ac.jp

満たすとき、このゲームにはどちらのプレイヤーも協力を採るナッシュ均衡（以下、協力均衡と呼ぶ）が存在することを示した。このゲームを非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマと呼ぶ。非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマと通常の囚人のジレンマとの相違はその情報構造の相違に帰着できる。この修正された囚人のジレンマには、どちらのプレイヤーも非協力を採るナッシュ均衡が存在する。そのため、協力が採られるナッシュ均衡が存在するとはいえ、それが実際にプレイヤーに採られて囚人のジレンマが解消するか否かは明らかでない。

本研究の目的は、非協力探知型情報を持つ囚人のジレンマと通常の囚人のジレンマについて実験を行い、プレイヤーの協力の選択比率に差が見られるか否か、言い換えれば、情報構造の相違によって協力の選択比率に差が生まれるか否かを検証することである。あわせて、協力を採る要因は何かを調べる。

実験は、福岡大学の学生約 700 人を被験者として、2009 年から 2010 年にかけて 14 回に分けて行われた。対戦相手はランダムに選ばれ、各被験者には自分の相手を知らせずに囚人のジレンマと修正された囚人のジレンマにおける選択を strategy method によって行わせた。実験結果は以下の通りである。

1. 理論的に協力均衡が存在する利得パラメータの範囲の中央付近においては、通常の囚人のジレンマと比較して、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて協力を選択する人々の比率が増加していることが有意水準 1% で確認された。
2. 理論的に協力均衡が存在する利得パラメータの範囲の境界付近においては、通常の囚人のジレンマと非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて協力を選択する人々の比率に有意な差は必ずしも見られなかった。
3. 通常の囚人のジレンマと非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマのいずれにおいても、協力を採る被験者の割合は非協力の誘因が増加すると単調に減少していく傾向が見られた。
4. 非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて、相手が協力的であるという信念を形成している被験者は協力を採り、相手が非協力的であるという信念を形成している被験者は非協力を採る傾向が見られた。

## 2 理論的背景と研究の目的

表 1 に示される利得構造を持つ囚人のジレンマを考える。各プレイヤーの採り得る行動は、協力  $X$  と非協力  $Y$  の 2 通りである。通常の同時手番の囚人のジレンマにおいては、この 2 つの行動  $X$  と  $Y$  がそのままプレイヤーの（純粋）戦略となる。ここで、 $G$  は行動を協力  $X$  から非協力  $Y$  に変更した際に追加的に獲得される利得を表わしており、本稿では非協力の誘因と呼ぶことにする。

表 1: 囚人のジレンマの利得行列（単位：円）

	協力 ( $X$ )	非協力 ( $Y$ )
協力 ( $X$ )	500, 500	100, 500 + $G$
非協力 ( $Y$ )	500 + $G$ , 100	100 + $G$ , 100 + $G$

(注)  $G$  : 非協力の誘因,  $0 < G < 400$ .

Nishihara (1997) の分析した非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマは、次のような展開形ゲームである。

1. 「自然」が等確率で2人のプレイヤーのどちらかを先手のプレイヤーとして選ぶ。
2. 「自然」の選んだ手番の順序にしたがって各プレイヤーは協力  $X$  または非協力  $Y$  を選択する。
3. 各プレイヤーは2つの情報集合を持つ。1つは、自分が後手で相手が非協力  $Y$  を採ったときに到達する情報集合（情報集合1）であり、もう1つは、自分が先手のときか自分が後手で相手が協力  $X$  を採ったときに到達する情報集合（情報集合0）である。これを非協力探知型情報構造と呼ぶ。
4. 2人のプレイヤーが行動を選んだ後、各プレイヤーは表1に従って利得を獲得する。

このゲームにおいて、各プレイヤーの（純粋）戦略を  $ab$  で表す。ただし、 $a$  は情報集合0で採る行動で、 $b$  は情報集合1で採る行動である。各プレイヤーは、4つの戦略、 $XX, XY, YX, YY$  を持つ。次の命題が成り立つ。

**命題 1.**  $(XY, XY)$  は、 $G \leq 200$  のときナッシュ均衡である。 $(YY, YY)$  は、 $G$  の大きさに関わりなくナッシュ均衡である。

$(XY, XY)$  のプレイでは、どちらのプレイヤーも  $X$  を採り、協力が実現する。一方、 $(YY, YY)$  ではどちらのプレイヤーも  $Y$  を採り、協力は実現しない。したがって、 $(XY, XY)$  の存在は協力の実現を保証しない。そこで、実験において現実のプレイヤーに選択を行わせて、上述の構造によって協力の実現可能性が高まるか否かを検証することにした。それが本研究の目的である。

### 3 実験方法と検証仮説

#### 3.1 実験の方法

実験は、2009年から2010年にかけて福岡大学の学生約700名を被験者として実施された。福岡大学の全学生が閲覧可能な電子掲示板等に実験協力者募集案内を掲示することによって、被験者の募集がなされた。募集案内では、金銭報酬が得られることと1人1回のみ実験に参加できることが明示された。本実験は、1回の実験に参加する被験者を50人程度として14回にわたって実施された。各回の実験は2つのセッションから構成されており、各セッションごとに異なる意思決定問題を被験者に行わせた。被験者に対しては、何種類の意思決定に参加してもらうかについて事前に知らせることはせず、各セッションの合間に第2セッションの意思決定は第1セッションの意思決定とは無関係であることを告知した。

2つのセッションの内、一方が実験群、もう一方が対照群となるように各回の実験は計画された。全14回の実験の内、実験群の意思決定を第1セッションに配置したのが7回、対照群の意思決定を第1セッションに配置したのが7回である。これは、実験の順序の影響を見るためである。本研究においては、実験群を構成するのが非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマの意思決定であり、対照群を構成するのが同時手番の囚人のジレンマの意思決定である。

各セッションは次のように進められた。まず、ゲームのルールについての説明書を配布し、十分な時間を与えて被験者に黙読させた。説明書には、現在教室にいる誰かとランダムにペアとなり、その相手と自分の選択によってゲームの利得が決定することが明記された。全員が読み終わるのを待って、理解度テストを行った。理解度テストが2回の追試までに満点となった被験者に対し

て、意思決定を行わせた。これについても、十分な時間が与えられた。2つのセッションの終了後に非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおける意思決定について質問紙調査を行なった。最後に、獲得金額を支払い、実験を終了した。獲得金額は、2つのセッションにおける利得の合計に参加への謝礼 500 円を加えた金額とした。1人ずつこの金額を領収書と交換して手渡し、今回の実験内容について口外しないことを求めて退室させた。

実験は全て strategy method によって行ったので、実際のプレイで到達されない情報集合での選択も観察することができた。本実験は、上記2種類の情報構造を持つ囚人のジレンマをいくつかの利得構造の下で実施したものである（表2参照）。

表 2: 実験の設定と被験者数

情報構造 \ $G$	30	50	100	150	200	計
同時手番 (S1, S2)	(58, 42)	(120, 89)	(49, 23)	(38, 36)	(56, 51)	(321, 241)
非協力探知型 (S1, S2)	(42, 58)	(89, 120)	(83, 115)	(36, 36)	(51, 53)	(301, 382)

(注) S1 は第1セッション, S2 は第2セッションを意味する。

### 3.2 検証仮説

一群の人々からなる集団を考える。その集団からランダムに2人ずつ組み合わせられ、同時手番の囚人のジレンマがプレイされるとする。このとき、その集団において協力戦略  $X$  を選択する人々の割合を  $\alpha$ 、非協力戦略  $Y$  を選択する人々の割合を  $1 - \alpha$  とする。同じ集団からランダムに2人ずつ組み合わせられ、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマがプレイされるとする。このとき、4つの戦略  $XY$ 、戦略  $YY$ 、戦略  $XX$ 、戦略  $YX$  を採る人々の割合をそれぞれ  $p, q, r, s$  とする。戦略  $XY$  と戦略  $XX$  は、これらの戦略の組み合わせでは協力  $X$  がプレイされるので協力戦略とみなす。同様に、戦略  $YY$  と戦略  $YX$  は、これらの戦略の組み合わせでは非協力  $Y$  がプレイされるので非協力戦略とみなす。したがって、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて協力戦略を採る人々の母集団比率は  $p + r$  となる。

以上の設定の下、実験結果に基づいて  $\alpha < p + r$  であると統計的に有意に判断できるのであれば、通常の囚人のジレンマに比べて、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて協力の採られる可能性が高まると結論できる。すなわち、情報構造の相違が協力戦略の選択比率に差を生み出すと結論できる。本実験が検証の対象とする帰無仮説  $H_0$  と対立仮説  $H_1$  は次の通りである。

$$\begin{cases} H_0 : \alpha = p + r \\ H_1 : \alpha < p + r \end{cases} \quad (1)$$

## 4 実験結果

以下の表は、通常の囚人のジレンマを対照群、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマを実験群として実施した実験結果をまとめたものである。表3は第1セッションの実験データのみを用いた分析結果、表4は第1セッションと第2セッションの実験データ双方を用いた分析結果を示している。非協力の誘因パラメータ  $G$  に関して  $0 < G \leq 200$  が成立する時、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて協力均衡が存在する。本実験では、 $G = 30, 50, 100, 150, 200$  に設定した状況で実験を実施した。第3.1節で述べたように各セッションの意思決定の無関連性は被

験者に告知しているが、実際の意思決定において全く無関連であるとは限らない。そのため、第1セッションのデータのみを用いた分析の方がより信頼度が高いといえる。

表 3: 協力戦略選択者の比率 (括弧内は標準偏差): 第1セッションデータのみ

非協力の誘因 $G$ 括弧内は被験者数: 左が同時手番・右が非協力探知型	同時手番	非協力探知型	比率差
$G = 30$ (58名, 42名)	0.534 (0.065)	0.476 (0.077)	-0.058 (0.101)
$G = 50$ (120名, 89名)	0.308 (0.042)	0.494 (0.053)	0.186* (0.068)
$G = 100$ (49名, 83名)	0.224 (0.060)	0.470 (0.055)	0.245* (0.081)
$G = 150$ (38名, 36名)	0.211 (0.066)	0.167 (0.062)	-0.044 (0.091)
$G = 200$ (56名, 51名)	0.161 (0.049)	0.137 (0.048)	-0.023 (0.069)

\*: 1%水準で有意, \*\*: 5%水準で有意, \*\*\*: 10%水準で有意, \*\*\*\*: 15%水準で有意.

表 4: 協力戦略選択者の比率 (括弧内は標準偏差): 第1&第2セッションデータ

非協力の誘因 $G$ 括弧内は被験者数: 左が同時手番・右が非協力探知型	同時手番	非協力探知型	比率差
$G = 30$ (100名, 100名)	0.440 (0.050)	0.570 (0.050)	0.130** (0.070)
$G = 50$ (209名, 209名)	0.316 (0.032)	0.531 (0.035)	0.215* (0.047)
$G = 100$ (72名, 198名)	0.222 (0.049)	0.455 (0.035)	0.232* (0.060)
$G = 150$ (74名, 72名)	0.203 (0.047)	0.181 (0.045)	-0.022 (0.065)
$G = 200$ (107名, 104名)	0.121 (0.032)	0.183 (0.038)	0.061**** (0.049)

\*: 1%水準で有意, \*\*: 5%水準で有意, \*\*\*: 10%水準で有意, \*\*\*\*: 15%水準で有意.

実験結果から、以下の諸点を読み取ることができる。まず、協力均衡が存在するパラメータの範囲の中央付近 ( $G = 50, 100$ ) では、検証仮説は有意水準 1% で統計的に支持されていることが理解される。この点、第1セッションのデータのみで分析しても (表3参照)、第2セッションのデータを含めて分析しても (表4参照)、結果は変わらない。すなわち、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいては、通常の囚人のジレンマの場合に比べて協力戦略を採用する人が増加するという仮説が統計的に支持される。一方、パラメータの境界付近  $G = 30, 150, 200$  においては、検証仮説は必ずしも支持されなかった (表3参照)。この点、第2セッションのデータを含めて分析すれば、 $G = 30$  では有意水準 5%、 $G = 200$  では有意水準 15% で検証仮説は支持されることになるが、 $G = 150$  ではやはり有意ではない (表4参照)。Harsanyi and Selten (1988) の risk dominance の概念を用いると、 $G < 133$  のとき、 $XY$  は  $YY$  を risk dominate する。したがって、 $G = 50, 100$  において検証仮説が支持される一方で  $G = 150$  においては支持されないという結果は、被験者の選択と risk dominance の関連を示唆している。また、同時手番と非協力探知型情報構造の両者において、協力戦略を採用する人々の割合は、非協力の誘因パラメータ  $G$  の増加に対して、単調に減少する傾向が記述的に観察される。

本実験では、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマに関して、被験者に対して戦略選択の動機について質問紙調査を行った。表5は、その内の一つの質問 B-4 に対する回答の分布状況を被験者の類型 (協力戦略選択者、非協力戦略選択者、全被験者) ごとに示したものである。これ

より、相手が協力的であるという信念を形成している被験者は協力戦略を採り、相手が非協力的であるという信念を形成している被験者は非協力戦略を採っていることが分かる。

表 5: 選択の動機 :  $G = 100$  の場合

質問 B-4 に対する回答分布	1	2	3	4	5	計
協力戦略 (XX, XY) 選択者 90 名	54.4%	15.6%	21.1%	3.3%	5.6%	100%
非協力戦略 (YY, YX) 選択者 108 名	5.6%	64.8%	16.7%	2.8%	10.2%	100%
全被験者 198 名	27.8%	42.4%	18.7%	3.0%	8.1%	100%

**質問 B-4** 「選択してください」という言葉のみを受け取ったときの選択をあなたが行った際、相手の選択についてあなたがどのように予想したかがいます。「選択してください」という言葉のみを相手が受け取ったときの選択として相手は何を選択するとあなたは予想しましたか。下の 1~5 から最もよく当てはまるものを 1 つ選んでその数字に○をつけてください。

- 回答
1. 相手は X を選択する可能性が高い
  2. 相手は Y を選択する可能性が高い
  3. 相手は X を選択する可能性と Y を選択する可能性はほぼ同じくらい
  4. 相手がどちらを選択するかは見当がつかなかった
  5. この場合における相手の選択については予想しなかった

## 5 結論

本実験において、同時手番の囚人のジレンマと非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマの間で被験者の協力戦略の選択に差が見られるか否かを検証した。非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて協力均衡 (XY, XY) が存在する非協力誘因パラメータの範囲は  $0 < G \leq 200$  である。実験は、 $G = 30, 50, 100, 150, 200$  において、福岡大学の学生を被験者として実施された。実験から以下の結果が得られた。協力均衡が存在する誘因パラメータの範囲の中央付近 ( $G = 50, 100$ ) では、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて、協力戦略の選択比率は通常の囚人のジレンマに比較して増加していることが確認された。しかし、パラメータの境界付近 ( $G = 30, 150, 200$ ) においては、情報構造の相違による有意な差は必ずしも見られなかった。質問紙調査によって、非協力探知型情報構造を持つ囚人のジレンマにおいて、相手が協力的であるという信念を形成している被験者は協力戦略を採り、相手が非協力的であるという信念を形成している被験者は非協力戦略を採っている傾向が確認された。

## 参考文献

- Harsanyi, J. C. and R. Selten (1988) *A General Theory of Equilibrium Selection in Games*, MIT Press.
- Kagel, J. and A. Roth eds.(1995) *The Handbook of Experimental Economics*, Princeton University Press.
- Nishihara, K. (1997) “A resolution of N-person prisoners’ dilemma”, *Economic Theory*, **10**, pp.531–540.