

# 第 3 部

# 実験

# **Rises and Falls of Cooperation**

## **— Macro Analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility —**

**Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hideki Fujiyama, and Hirokuni Oura**  
(University of Chicago) (Tokyo Institute of Technology) (Dokkyo University) (Teikyo University)

### **Abstract:**

We report cyclic rises and falls of the group cooperation rate in a social dilemma experiment with intergroup mobility. How do the group cooperation rate and the group size affect each other? Olson argues negative effects of the group size on cooperative behavior. Yet the counter effect of cooperation on the group size is yet to be fully examined. For this purpose, we conduct a social dilemma experiment with intergroup mobility (with 170 participants in ten sessions). We analyze data at the macro group level. (i) We observe the positive effect of the group cooperation rate on the group size. (ii) This leads to the cyclic rises and falls of the group cooperation rate. (iii) Intergroup mobility accelerates the cycle.

**Keyword:** Cooperation, free-rider, social dilemmas, mobility, experiment

## **1. Introduction**

### **1.1 Cooperation and Group Size**

Olson (1955) theoretically argues that as the group size increases, we can expect fewer participants. This negative effect of the group size on cooperation has been empirically supported, both in laboratory experiments and field surveys (Kollock 1998).

Such situation has been conceptualized as “the free-rider problem.” It occurs in groups or even in structured organizations, such as shirking in workplaces, not donating, tax evasion, and environmental pollution. Those people are called “free-riders.”

However, the counter effect of cooperation on the group size is yet to be fully investigated. If we leave it unsolved, we may fail to understand the causal mechanism of the free-rider problem. Ehrhart and Keser (1999) is the only exception. Still, they controlled no condition, so we cannot estimate the exact effect. Therefore, we investigate the following research question.

**Research question.** How the group cooperation rate and the group size affect each other in social dilemmas? Especially how does the group cooperation affect the group size when mobility costs vary?

We extend Ehrhart and Keser’s experimental design by adding various mobility costs. We conduct a laboratory experiment because our research question requires well-manipulated design,

which cannot be expected in field surveys.

## 1.2 Literature

The free-rider problem is generalized to “social dilemmas.” Social dilemmas depict conflict between individual rationality and collective efficiency. In a social dilemma, rational persons would free-ride on others’ contributions rather than contribute. Yet if many people free-ride, serious dissonance will result.

Dawes (1980) gave a formal definition of social dilemmas. In a social dilemma, persons have options of “cooperation” (voluntary contribution to the group) and “defection” (noncontribution).

1. Defection always provides higher payoff than cooperates.
2. But if everyone defects, they receive less payoff than if everyone cooperates.

Payoff is measured in an objective, material scale.

In the literature, social dilemmas have been studied mostly without mobility. However, as Hirschman (1970) correctly points out, we often have options to “exit” from a group in the real world. This holds true especially in modern societies.

Tiebout (1956) predicted that if people are fully mobile, cooperation will be promoted. This is because cooperators can gather in cooperative groups. Orbell and Dawes (1993) showed that in a two-player social dilemma experiment with intergroup mobility, cooperation increases. This happens since cooperators are more likely to expect that their partners are also cooperators. Yamagishi et al (1994) supported it in computer simulations.

Based on these work, Ehrhart and Keser (1999) reported a cyclic process of the group cooperation rate. They focus on the size and the average cooperation rate of groups. As the group size increases, the group cooperation rate falls. Then, the group size decreases, which leads to the rise of the group cooperation rate. We retest these results under various conditions.

In Section 2, we raise hypotheses. To test them, we design a laboratory experiment in Section 3. In Section 4, we report results. Implications and future directions will be discussed in the final section.

## 2. Method

### 2.1 Experimental Design

To test these hypotheses, we conduct a laboratory experiment. We use a similar experimental design to Ehrhart and Keser (1999), with some differences (see Table 1). The crucial difference is that three levels of mobility costs are compared: “high,” “low,” and “no” mobility costs.

*Sessions and Participants:* Ten sessions in three Japanese universities in or near Tokyo. In December 2003 and in June 2004. 17 participants in a session, with 170 participants in total. Participants are undergraduate students. The experiment is announced in classes and by advertisements on campus. There is no experienced participant, nor any deception.

Table 1. Differences of Experimental Design

	Ehrhart and Keser (1999)	This Paper
Conditions	No condition	Three mobility costs
Sessions	9 with 90 participants	10 with 170 participants
Rounds and Exit Options	30, can create new group	10, cannot create
Stages	30	50
Initial State	3 groups, each with 3 participants	4 groups, each with 4 or 5 participants
Investment	10 units (dividable)	20 yens (undividable)
Marginal Rate of Return	0.33 to 0.7	0.12 to 1
Mobility Costs	5 units	0, 20, 50 yens

**Conditions:** High mobility costs in four sessions, low mobility costs in four sessions, and no mobility costs in two sessions.

**Procedure:** 90 minutes per session. (i) Seats are assigned to participants by a lottery. In a large room with no partition. (ii) Instruction by the experimenter and the pre-experiment questionnaire (30 minutes). (iii) The experiment. Participants are randomly assigned to groups by computer. Participants are connected by a local area network on computer. Decisions are made anonymously. They make decisions by clicking mouses on laptop computers (40 minutes). (iv) The post-experiment questionnaire and debriefing (20 minutes). (v) Rewards are given.

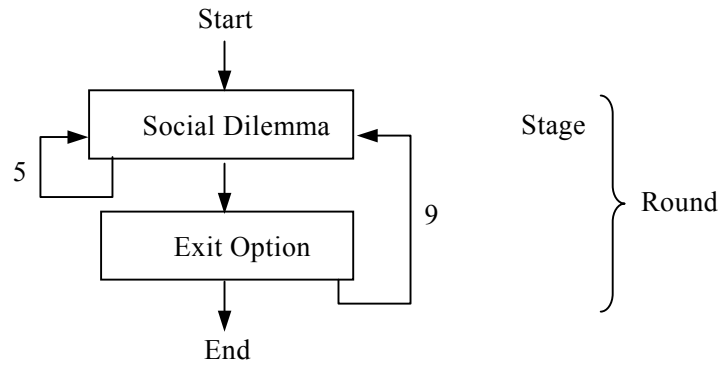
**Rewards:** Participants receive monetary rewards (in yen), which is exactly how much payoff they earned in the session. They know this. Still, they receive 1,000 yens as a minimum reward. They are unaware of this adjustment. The average reward is 1244.8 yens (100 yens is about a U.S. dollar).

**Instruction:** An instruction handout is distributed. Participants keep it through a session. The experimenter explains the experiment by reading the instruction. After that, participants are asked to answer two confirmation tests. Solutions are provided.

## 2.2 Session

In a session, participants play a social dilemma game with intergroup mobility in four groups. A session consists of two levels:

1. In a stage, participants play a social dilemma game.
2. In a round, they repeat *five* stages and then have an option to exit.
3. In a session, participants play *50* stages in *10* rounds.



### 2.3 Social Dilemma Game in a Stage

In each stage, participants receive 20 yens as a resource. They decide whether to “provide” it to a group as investment (cooperation) or to keep it (defection). The investment is multiplied. Then, it is distributed equally to all the group members. Following Dawes’ (1980) formulation, payoff functions are supposed to be linear (i.e., proportional to the number of providers).

**Payoff functions:** The rate of return depends on the group size. In single-player groups, the return is equal to the investment. This is because there is no “social” dilemma here.

$$u(C, m, 1) = u(D, m, 1) = 20 \quad \text{for any } m,$$

where  $u(C)$  denotes the payoff of providing 20 yens when there are  $m$  providers in the group (except the participant). Similarly,  $u(D)$  means that of keeping 20 yens.

In two-player groups, the investment is multiplied by 1.5.

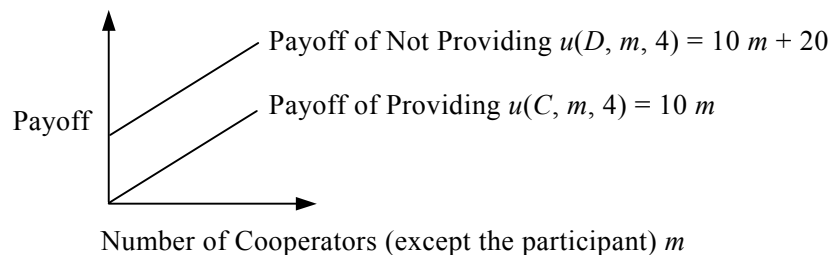
$$u(C, m, 2) = 30 \frac{m}{2} = 15m, \quad u(D, m, 2) = 30 \frac{m}{2} + 20 = 15m + 20.$$

In multiple-player groups, the investment is multiplied by 2.

$$u(C, m, n) = 40 \frac{m}{n}, \quad u(D, m, n) = 40 \frac{m}{n} + 20,$$

where  $n$  is the group size (see the graph with 4 participants).

Note that these payoff functions satisfy the conditions of social dilemmas (except that in one-person groups).



**Information:** In each stage, a participant sees the following information on the computer display.

1. number of providers in the group in the stage;
2. her decisions and payoffs in the round;
3. each group size, each group's average payoffs in the current stage, and those in the current round.

## 2.4 Exit Option in a Round

After five stages, participants are simultaneously offered the exit option. Participants decide which group to play the next round. They can stay at the same group. If another group is chosen, participants pay 20 yens in the “low” mobility costs condition. They pay 50 yens in the “high” mobility costs condition. It is free to move in the “no” mobility costs condition.

$$u(E) = -50, \quad u(S) = 0 \text{ in high mobility costs condition,}$$

$$u(E) = -20, \quad u(S) = 0 \text{ in low mobility costs condition,}$$

$$u(E) = u(S) = 0 \text{ in no mobility costs condition,}$$

where  $u(E)$  expresses the payoff of exiting and  $u(S)$  does that of staying.

**Information:** After a round, participants are provided with the following information.

1. the payoff she earned in the round;
2. each group's average payoffs in each stage and the size;
3. each group's average payoffs in the current round;

In sum, a participant earns payoffs in a session as

$$\sum_{t=1}^{50} u^t(a^t, m^t, n^t) + \sum_{T=1}^9 u^T(b^T),$$

where  $a^T = C, D$  (cooperation or defection in stages) and  $b^T = E, S$  (exit or stay in rounds).

## 3. Hypotheses

### 3.1 Effects of Group Size on Group Cooperation

In such a social dilemma, game theory predicts that cooperation declines as the group size increases. This is because the marginal (per capital) rate of return decreases in bigger groups as follows.

$$u(C, m+1, 2) - u(C, m, 2) = 15,$$

$$u(C, m+1, n) - u(C, m, n) = \frac{40}{n} \quad \text{if } n \geq 3.$$

**Hypothesis 1 (Size on Cooperation).** The bigger the group size is, the lower the group cooperation rate will be. Conversely, the smaller the group size is, the higher the group cooperation rate will be.

### 3.2 Effects of Group Cooperation on Group Size

Table 2. Descriptive Statistics of Sessions

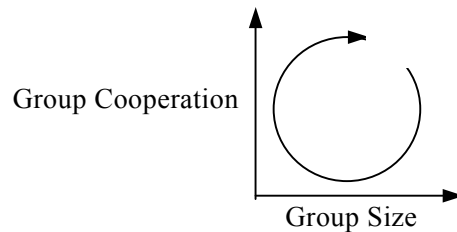
Session	Condition (Mobility Costs)	Univ- ersity	Year	Group Cooperation Rate		Group Mobility Rate		Payoffs	
				Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1	50 yens	A	04	0.349	0.209	0.203	0.180	1236.5	171.9
2	50 yens	A	04	0.360	0.184	0.203	0.116	1228.2	113.8
3	50 yens	B	03	0.256	0.181	0.209	0.201	1145.0	181.7
4	50 yens	C	03	0.268	0.178	0.131	0.116	1203.9	142.4
5	20 yens	A	04	0.295	0.161	0.327	0.145	1217.1	111.8
6	20 yens	A	04	0.296	0.207	0.216	0.210	1223.7	102.5
7	20 yens	A	03	0.395	0.224	0.281	0.162	1331.8	199.3
8	20 yens	B	03	0.286	0.163	0.268	0.166	1218.8	88.1
9	0 yen	A	04	0.288	0.231	0.693	0.181	1261.8	100.1
10	0 yen	A	04	0.416	0.186	0.654	0.178	1381.2	138.3
				0.3		0.3			
Total				37		18		1265.5	

Unit is individuals.

What happens then? Once the group cooperation rate declines, rational actors would leave the group.

**Hypothesis 2 (Cooperation on Size).** The lower the group cooperation rate is, the smaller the group size will be in the next round. Conversely, the higher the group cooperation rate is, the bigger the group size will be in the next round.

Thus, we expect a cyclic process of the group size and the group cooperation rate.



### 3.3 Effects of Mobility Costs

Ehrhart and Keser (1999) already showed this process. So, we add the following hypothesis.

**Hypothesis 3 (Mobility Costs).** As mobility costs decrease, the cyclic process will be accelerated.

This is because players can move more easily if mobility costs lower.

## 4. Results

### 4.1 Descriptive Statistics

Descriptive statistics are provided in Tables 2 and 3. We are interested in mutual effects of the group size and the group cooperation rate. So, the unit of analysis hereafter should be “the group in the

Table 3. Descriptive Statistics of Conditions

	Conditions (Mobility Costs)											
	50 Yens				20 Yens				0 Yens			
	N	Mean	Correlations		N	Mean	Correlations		N	Mean	Correlations	
			1	2			1	2			1	2
1. Current Group Cooperation	160	0.34			160	0.36			80	0.40		
2. Current Group Size	160	4.25	-0.32		160	4.25	-0.38		80	4.25	-0.30	
3. Previous Group Cooperation	144	0.34	0.46	0.01	144	0.36	0.04	0.16	72	0.40	-0.13	0.39

Unit is group in round.

Table 4. Test Result of Hypothesis 1.

	Conditions (Mobility Costs)		
	50 Yens	20 Yens	0 Yen
	Round	.00 (.01)	.00 (.01)
Current Group Size	-.04 (.01) ***	-.05 (.01) ***	-.03 (.01) *
Previous Group Cooperation	.47 (.07) ***	.11 (.08)	-.04 (.13)
$R^2$	.323	.160	.113

$N=360$ . †  $p < .10$ , \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ . Unit is group in round.

Unstandardized coefficients and standard errors.

Dependent variable = Current group cooperation.

round” (with five stages and one exit option).

The sample size is 4 groups x 10 stages x 10 sessions = 400. If we use variables “in the previous round,” the sample size becomes 360 (4 groups x 1 stage x 10 sessions = 40 is subtracted for the first stage).

#### 4.2 Effects of Group Size on Group Cooperation

In Hypothesis 1, the dependent variable is “the average group cooperation rate in the current round.” The independent variable is “the current group size.” We control for the order of the round (1 to 9) and the average group cooperation rate in the previous round. With these variables, we test the hypothesis by a regression equation:

$$\text{Current Cooperation} = \alpha + \beta_1 \text{Round} + \beta_2 \text{Current Size} + \beta_3 \text{Previous Cooperation}.$$

Test results are shown in Table 4. In each condition, the current group size has significant negative effects on the current group cooperation rate. This verifies the first hypothesis.

**Result 1.** The bigger the group size is, the lower the group cooperation rate is.

#### 4.3 Effects of Group Cooperation on Group Size



Table 5. Test Result of Hypothesis 2.

	Conditions (Mobility Costs)		
	50 Yens	20 Yens	0 Yen
Round	.00 (.04)	-.01 (.05)	.07 (.10)
Previous Group Cooperation	2.12 (.44) ***	3.11 (.57) ***	4.83 (1.08) ***
Previous Group Size	.83 (.06) ***	.65 (.07) ***	.36 (.11) **
$R^2$	.596	.374	.265

$N=360$ . <sup>†</sup>  $p < .10$ , \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ . Unit is group in round.

Unstandardized coefficients and standard errors.

Dependent variable = Current Group Size.

In Hypothesis 2, the dependent variable is “the current group size.” The independent variable is “the average group cooperation rate in the previous round.” We control for the order of the round and the group size in the previous round. The hypothesis is tested by a regression equation:

$$\text{Current Size} = \alpha + \beta_1 \text{Round} + \beta_2 \text{Previous Cooperation} + \beta_3 \text{Previous Size}.$$

Test results are shown in Table 5. In each condition, the previous group cooperation rate has significant positive effects on the current group size. This verifies the second hypothesis.

**Result 2.** The lower the group cooperation rate is, the smaller the group size is in the next round.

#### 4.4 Effects of Mobility Costs on Cycle

By combining these results, we observe cyclic rises and falls of the group cooperation rate. As the group expands, the group cooperation rate falls. As a result, the group shrinks, which on the other hand raise the group cooperation rate.

How is this cycle affected by mobility costs? To test Hypothesis 3, compare regression coefficients. Even as mobility costs increase, the effects of “the current group size” on “the current group cooperation rate” have no trend (the coefficients are  $-.04$  to  $-.05$  to  $-.03$ , see Table 4). This makes sense because once the group size is fixed, the group cooperation rate cannot be affected by intergroup mobility.

On the other hand, the effects of “the previous group cooperation” on “the current group size” monotonically increase (2.12 to 3.11 to 4.83, see Table 5). This is a result of increasing intergroup mobility.

Therefore, Hypothesis 3 is roughly supported. Still, differences are not statistically significant (by testing differences of two independent groups).

**Result 3.** As mobility costs decrease, the cyclic process is accelerated. Still, this trend is not statistically significant.

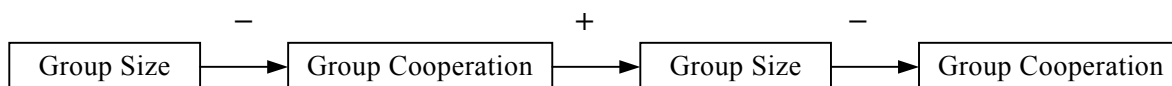
## 5. Conclusion

### 5.1 Summary

We examined how the group cooperation rate and the group size affect each other. Following Ehrhart and Keser (1999), we conducted a social dilemma experiment with intergroup mobility. Unlike them, we compared three mobility costs.

By analyzing the data at the group level, we reported the following findings.

- (i) The group size decreases the group cooperation rate (Result 1). This is rather trivial because the per capita marginal rate of return decreases as the group size increases.
- (ii) The group cooperation rate boosts the group size in the next round (Result 2). This result can only be attained when intergroup mobility is introduced.
- (iii) Combining these results, we observed cyclic rises and falls of the group cooperation rate.
- (iv) These three findings were already reported in Ehrhart and Keser (1999). What is added here is that intergroup mobility accelerates the cycle (Result 3).



### 5.2 Practical Lesson

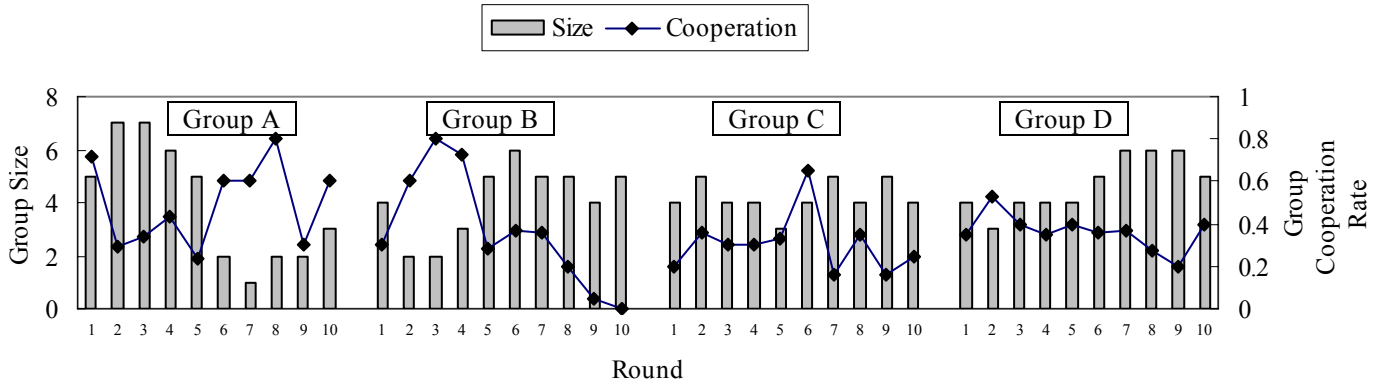
A practical lesson might be that, to raise cooperation in groups, it would be a useful method to promote mobility. To keep a high cooperation level, restrain mobility. These could be applied in business transactions, community development, and social movements.

### 5.3 Discussion

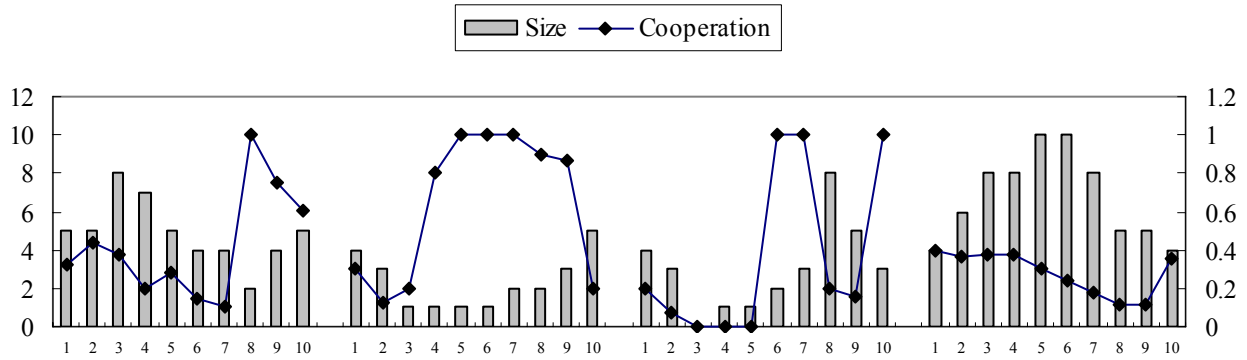
- (i) Micro analyses: We analyzed the data at the “macro” group level. “Micro” individual decisions are analyzed in another paper (Fujiyama, Kobayashi, Koyama, and Oura 2004). The pre- and post-experimental questionnaires will provide how individual fairness affects free-riding. Messick and McClintock (1968) revealed that people sometimes have fair motivations rather than selfish ones. Kobayashi (2001) argues that if such fairness is well shared, cooperation can be attained.
- (ii) Network formation: This experiment may clarify the process of cooperative network formation. Marwell and Oliver (1993) show that dense and centralized networks will promote cooperative decisions. We can examine the reverse causality from cooperative behavior to cooperative networks.
- (iii) Survey: Our experimental findings can be supplemented by field surveys on free-riding. March and Simon (1958) argues that workers make two decisions: to participate or exit and to contribute or not. We conducted a survey on workers. The survey focuses on the effect of mobility, yet such effects have been unclear in previous surveys (i.e., Ostrom 1990 on communities and Takahashi 2001 on workplaces).

## Appendix: Group Size and Group Cooperation Rate in Sessions

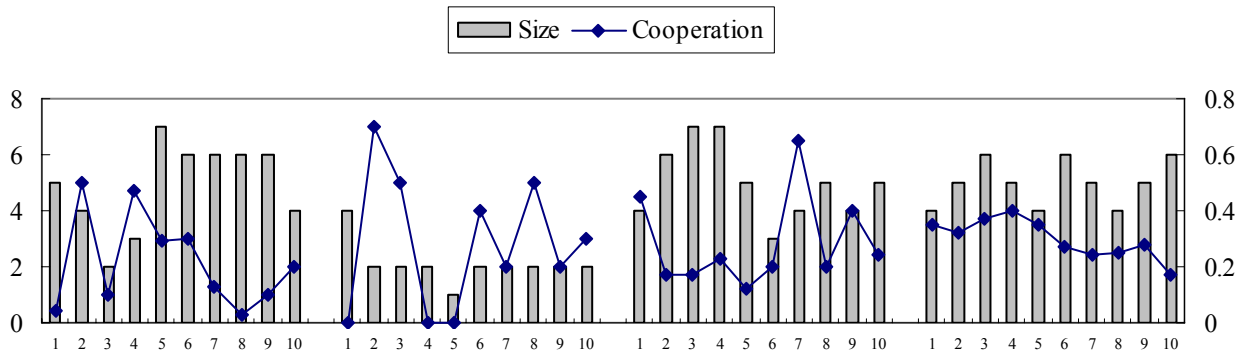
Session 1 (Mobility Costs = 50 Yens)



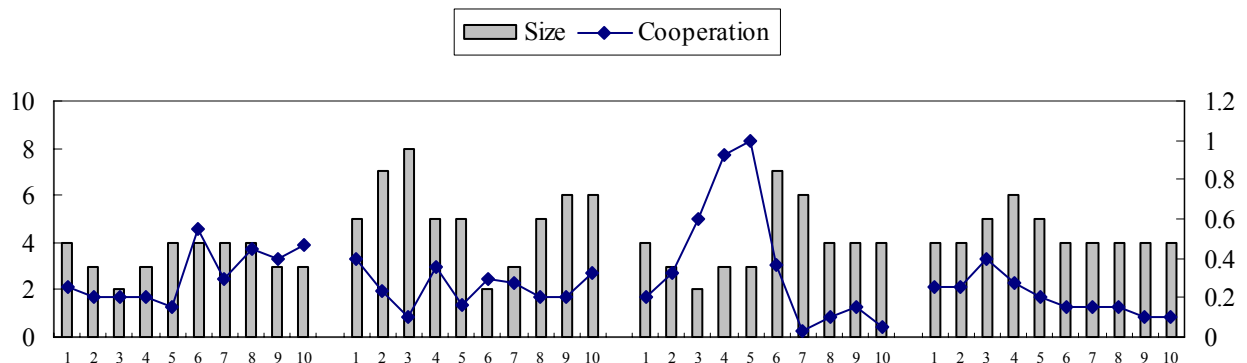
Session 2 (Mobility Costs = 50 Yens)



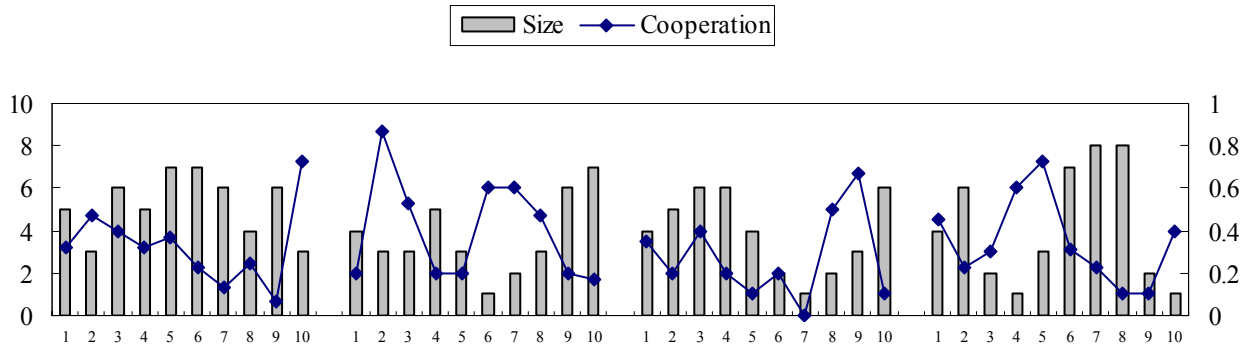
Session 3 (Mobility Costs = 50 Yens)



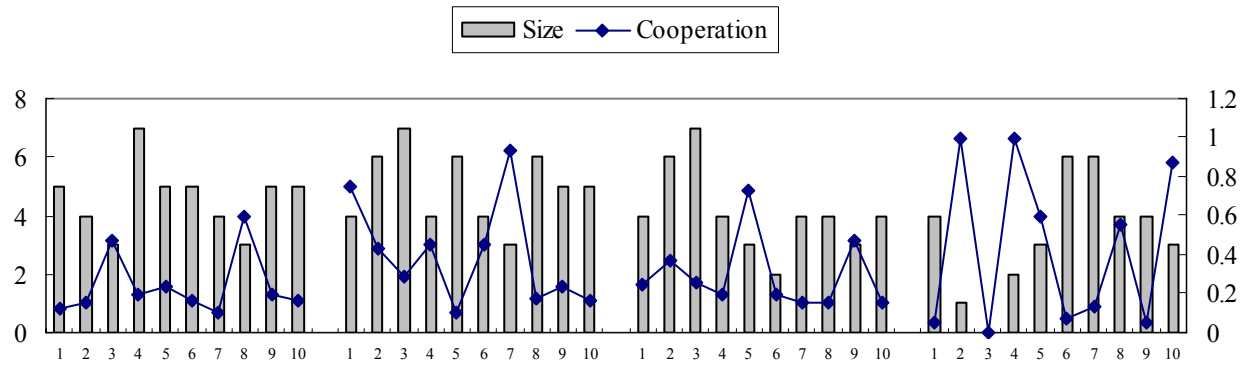
Session 4 (Mobility Costs = 50 Yens)



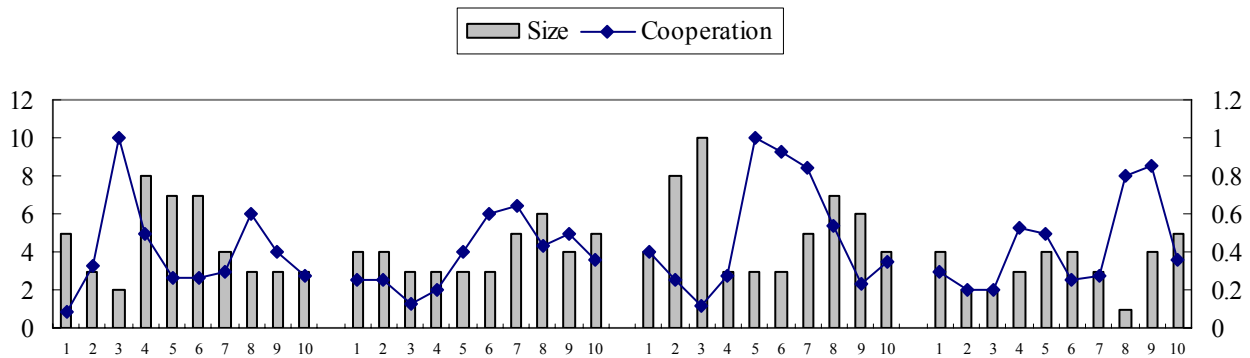
Session 5 (Mobility Costs = 20 Yens)



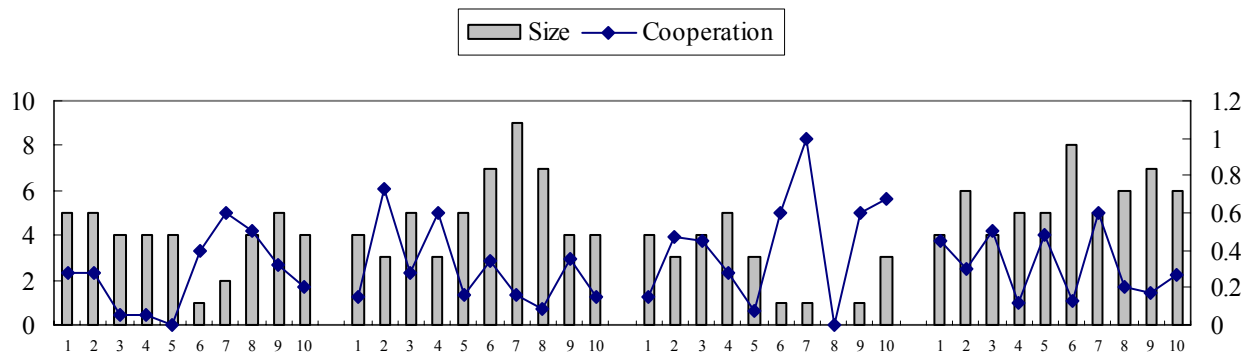
Session 6 (Mobility Costs = 20 Yens)



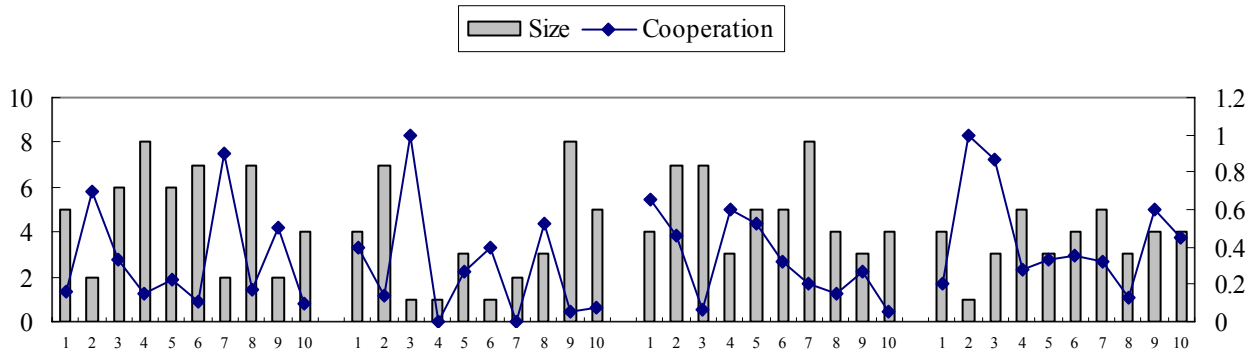
Session 7 (Mobility Costs = 20 Yens)



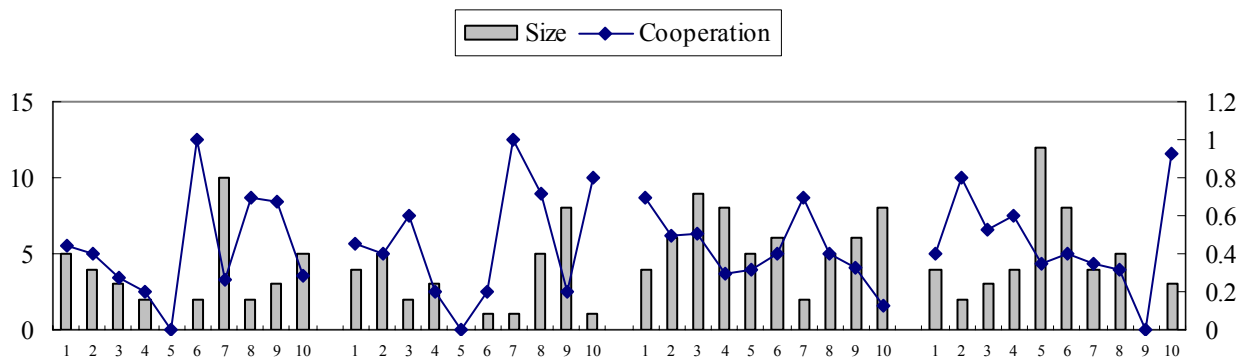
Session 8 (Mobility Costs = 20 Yens)



Session 9 (Mobility Costs = 0 Yens)



Session 10 (Mobility Costs = 0 Yens)



## References

- Axelrod, Robert. 1984. *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books.
- Dawes, Robyn M. 1980. "Social Dilemmas." *Annual Review of Psychology* 31:169-93.
- Ehrhart, Karl-Martin and Claudia Keser. 1999. "Mobility and Cooperation: On the Run." CIRANO Working Papers 99s-24.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, and Hirokuni Oura. 2004. "Social Dilemma and Intergroup Mobility: Experimental Analysis." Paper presented at the 8th China-Japan Symposium on Statistics. October 17. Guilin, China.
- Hirschman, Albert O. 1970. *Exit, Voice, and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations and States*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kobayashi, Jun. 2001. "Unanimous Opinions in Social Influence Networks." *Journal of Mathematical Sociology* 25:285-97.
- Kollock, Peter. 1998. "Social Dilemmas: The Anatomy of Cooperation." *Annual Review of Sociology* 24:183-214.
- March, James G. and Herbert Simon. 1958. *Organizations*. New York: John Wiley and Son.
- Marwell, Gerald and Pamela Oliver. 1993. *The Collective Mass in Collective Action: A Micro-Social Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Messick, David M. and Charles Graham McClintock. 1968. "Motivational Bases of Choice in Experimental Games." *Journal of Experimental Social Psychology* 4(1): 1-25.
- Olson, Mancur. 1965. *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*. Harvard University Press.

- Orbell, John M. and Robyn M. Dawes. 1993. "Social Welfare, Cooperators' Advantage, and the Option of Not Playing the Game." *American Sociological Review* 58, 787-800.
- Ostrom, Elinor. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.
- Takahashi, Nobuo. 2001. "Effective Temperature Hypothesis and Lukewarm Feeling in Japanese Firms." *International Journal of Management Literature* 1: 127-42.
- Tiebout, Charles M. 1956. "A Pure Theory of Local Public Expenditures." *Journal of Political Economy* 64: 416-24.
- Yamagishi, Toshio, Nahoko Hayashi, and Nobuhito Jin. 1994. "Prisoner's Dilemma Network: Selection Strategy versus Action Strategy." In Ulrich Schulz, Wulf Alberts, and Ulrich Mueller (eds.), *Social Dilemmas and Cooperation*, pp.233-50, Berlin: Springer-Verlag.

**Acknowledgement:**

Authors thank Authors thank Gary S. Becker, Phillip Bonacich, Vincent Buskens, Toko Kiyonari, Nobuyuki Takahashi, Toshio Yamagishi, and Kazuo Yamaguchi for their comments. We also thank Hideki Ishihara, Kazuhiro Kagoya, Masayuki Kanai, Hideki Kamiyama, Naoko Taniguchi, Ryuhei Tsuji, Motoko Harihara, and Masayoshi Muto for their support in the experiment.

# Decisions on the Exit

## —Micro Analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 1—

Hideki Fujiyama, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, and Hirokuni Oura  
(Dokkyo University) (University of Chicago) (Tokyo Institute of Technology)  
(Teikyo University)

### Abstract:

Using experimental data from a series of social dilemma experiments, we examine the differences in the exit behaviors between cooperators and non-cooperators. Our results indicate that cooperators have a higher probability for an exit choice than non-cooperators. Non-cooperators, on the other hand, are more sensitive to the surrounding cooperation rate in their group.

**Keywords:** exit, decision-making, social dilemmas, mobility, experiment.

## 1. Introduction

In modern societies, we enjoy increasing mobility in areas such as job changes, moves and immigration. On the other hand, there exists the free-riding problem, such as shirking in the workplaces and issues relating to public peace and order.

Theoretically, there is a relationship between these two phenomena, that is, there is the negative effect of mobility on cooperation. In situations where there is no mobility, players continue to interact with each other in their groups or societies. They know that free-riding can bring about harmful effects on their future payoff. In situations where there is mobility, however, players can cut relationships with other members of their group. The more mobility increases, the less the players care about the harmful effects of free riding. This argument is based on the “folk theorem” of the repeated prisoner dilemma game.

On the other hand, the positive effect of mobility on cooperation is shown in several papers on the coordination game (Dieckmann[1999], Bhaskar and Vega-Redondo [2004], Oechssler [1997]). In the coordination game, there are both a Pareto-efficient equilibrium and a Pareto-inefficient equilibrium. As the Pareto inefficient equilibrium can have the advantage in risk taking, that is “risk dominance,” the Pareto inefficient and risk dominant equilibrium is selected under many learning processes (Kandori et al [1993], Young [1993]). However, if there is a choice to move to another group, the Pareto efficient equilibrium is selected instead of the inefficient and risk dominant equilibrium. The logic is very simple. The player in the inefficient group can exit in order to change the action from the inefficient one to the efficient one.

However, this logic in the coordination game does not apply in the social (or prisoner) dilemma game. In the coordination game, as all players wish to change for the efficient action, the action of players who are moving to a group is desirable for players who have been in the group. On the other hand, in the social (or prisoner) dilemma game, some players try to enjoy free riding by moving to another group. The cooperative players in the group do not continue to cooperate because of these free riders. The equilibrium efficiency is therefore affected.

In the social (or prisoner) dilemma game, therefore, it is important for cooperators to continue to exit from inefficient groups earlier than the non-cooperators (or free riders). In other words, the difference in moving behaviors between cooperators and non-cooperators is a key factor in achieving cooperation in a social dilemma situation with mobility.<sup>1</sup>

We estimate the exiting functions and examine the differences in moving behaviors between cooperators and non-cooperators using our experimental data.

In Section 2, we outline the experimental design and the data set. Section 3 reports the results and Section 4 concludes the paper.

## **2. Research design**

### **2.1 The Experiment**

#### **Social Dilemma with Intergroup Mobility**

Dawes (1980) gives a formal definition of social dilemmas. In a social dilemma,

1. persons have options of “cooperation” (voluntary contribution to the group) and “non-cooperation” (non-contribution);
2. non-cooperation always provides higher payoff than cooperation
3. but if everyone defects, they receive less payoff than if everyone cooperates.

Payoff is measured in an objective material scale.

We are interested in social dilemmas with intergroup mobility. In the our experiment, we assume:

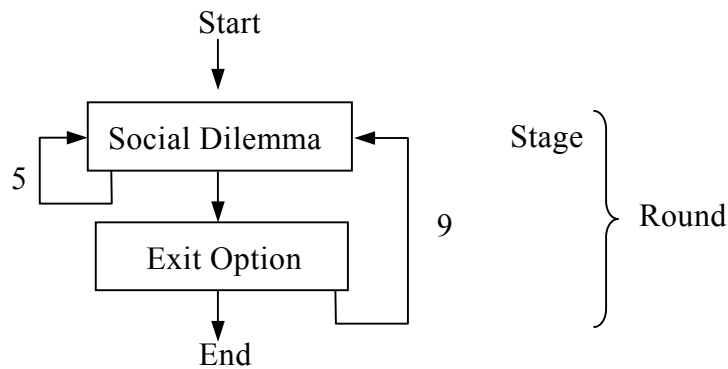
1. in a stage, participants play a social dilemma game in groups;
2. in a round, they repeat five stages and then have an option to move to another group;
3. in a session, they repeat ten rounds.

In total, participants play the social dilemma game for 50 stages with nine chances to exit (Figure 1.).

---

<sup>1</sup> Ehrhart and Kaser [1999] reports that the cooperators are on the run from non-cooperators who follow them around.





**Figure 1: Structure of the Game.**

We control mobility costs. Four levels of mobility costs are compared: “high,” “low,” and “zero” mobility costs and “no mobility” condition.

**Sessions:** Ten sessions were held in three Japanese universities in or near Tokyo in December 2003 and in June 2004. In each session, 17 or 16 participants were enrolled, with a total of 234 participants in 14 sessions.

**Conditions:** (i) 0-yen-moving-cost (4 sessions with 17 participants) (ii) 20-yen-moving-cost (4 sessions with 17 participants) (iii) 50-yen-moving-cost (4 sessions with 17 participants) (iv) no mobility i.e. no moving option (4 sessions with 16 participants).

**Participants:** 234 undergraduate students. The experiment was announced in classes and by advertisements on campuses. There were no experienced participants, nor was there any deception.

**Procedure:** (i) Seats were assigned to participants by a lottery in a large room with no partitions. (ii) Instructions, and a pre-examination questionnaire, were given by the experimenters. (iii) Decisions were made anonymously. (iv) A post-experiment questionnaire and debriefing were given. (v) Rewards were given.

**Time:** 90 minutes per session. 30 minutes for the instruction and the pre-experimental questionnaire. 40 minutes for the experiment. 20 minutes for the post-experimental questionnaire and debriefing.

**Rewards:** Participants knew that they would receive a monetary reward (in yen), which would be exactly equal to the payoff they earned in their session. However, they did not know that they would receive a 1,000 yen as a minimum reward, regardless of their earnings. The average reward was 1287.1 yen, with the standard deviation of 190.1 yen (a 100 yen was about one U.S. dollar at the time of the experiment).

**Equipment:** Participants were connected by computers on a local area network. They made decisions by clicking their mouse on a laptop computer.

**Instructions:** An instruction handout was distributed. Participants kept it through out the session. The experimenter explained the experiment by reading the instructions. Participants were then asked to complete two confirmation tests, in order to check they had understood the instructions. Solutions were provided.

**Matching:** Participants were randomly assigned to groups by computer. Each group had four or five participants at the beginning.

**Social Dilemma Game in a Stage**

In a session, participants played social dilemma games with intergroup mobility in four groups. The game consisted of two levels:

1. In each stage, participants played a social dilemma game.
2. In a round, they repeated *five* stages and then had an option to exit.

Participants played 50 stages in *nine* rounds.

In each stage, participants received 20 yen as a resource. They decided whether to “provide” it to their group as an investment (cooperation), or to keep it (non-cooperation). The investment was multiplied by 2 or 1.5, depending on their group size. It was then distributed equally to all the group members.

**Payoff functions:** The rate of return depended on the group size. In single-player groups, the return was equal to the investment. This was because there was no “social” dilemma:

$$u(C) = u(N) = 20,$$

where  $u(C)$  denotes the payoff of providing 20 yen, while  $u(N)$  means keeping 20 yen.

In two-player groups, the investment was multiplied by 1.5:

$$u(C) = 30 \frac{m}{2} = 15m, \quad u(N) = 30 \frac{m}{2} + 20 = 15m + 20,$$

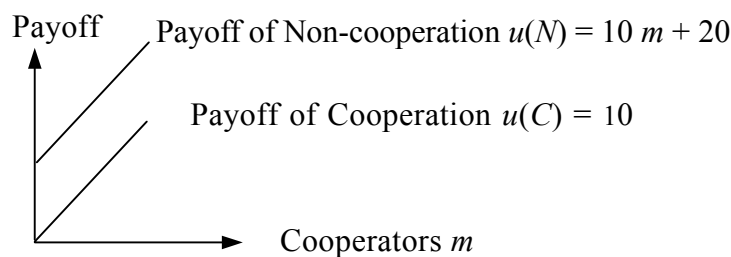
where there were  $m$  providers in the group.

In multiple-player groups, the investment was multiplied by 2:

$$u(C) = 40 \frac{m}{n}, \quad u(N) = 40 \frac{m}{n} + 20,$$

where  $n$  was the group size (see the graph for 4 participants).

Note that these payoff functions satisfy the conditions of social dilemmas except that for one-person groups (Figure 2).



**Figure 2: Social Dilemmas**

**Information:** Participants made decisions anonymously. In each stage, a participant saw the following information on the computer display:

1. The number of providers in the group in the stage;
2. His/her decisions and payoffs in the round;
3. Each group’s size, each group’s average payoffs in the current stage and each group’s average payoffs in the current round.

### Exit Options/Pauses in a Round

**Exit option:** After five stages, participants were simultaneously offered an exit option. Participants decided which group to join in the next round. They could decide to stay in the same group. If another group was chosen, participants paid 20 yen costs in the “low” mobility costs condition, 50 yen in the “high” mobility costs condition and no cost for moving in the “no” mobility costs condition:

$$u(E) = -50, u(S) = 0 \text{ in high mobility costs condition,}$$

$$u(E) = -20, u(S) = 0 \text{ in low mobility costs condition,}$$

$$u(E) = u(S) = 0 \text{ in no mobility costs condition,}$$

where  $u(E)$  expresses the payoff for exiting, and  $u(S)$  for staying.

**Pause:** In the “no mobility” condition, participants make a pause for a minute. During this time, they see the same information as shown in other conditions.

$$u(S) = 0.$$

**Information:** In any condition, after a round participants were provided with information on:

1. The payoff he/she earned in that round;
2. Each group’s average payoffs in each stage and the sizes of the groups;
3. Each group’s average payoffs in the current round;

In summary, a participant earned payoffs in a session as follows:

$$\sum_{t=1}^{50} u^t(a) + \sum_{T=1}^9 u^T(b),$$

where  $a = C, N$  (cooperation or non-cooperation in stages), and  $b = E, S$  (exiting or staying in a round).

## 2.2 Data and Estimation

### Data

A player has nine chances to exit from a group in a session. There are ten sessions in which 17 participants are included. The sample size is 1,530 (= 9 chances × 17 participants × 10 sessions). We construct an “**exit variable**,” that is, if a participant exits from a group then the value is 1, otherwise, it is 0. That is, this variable is a binary.

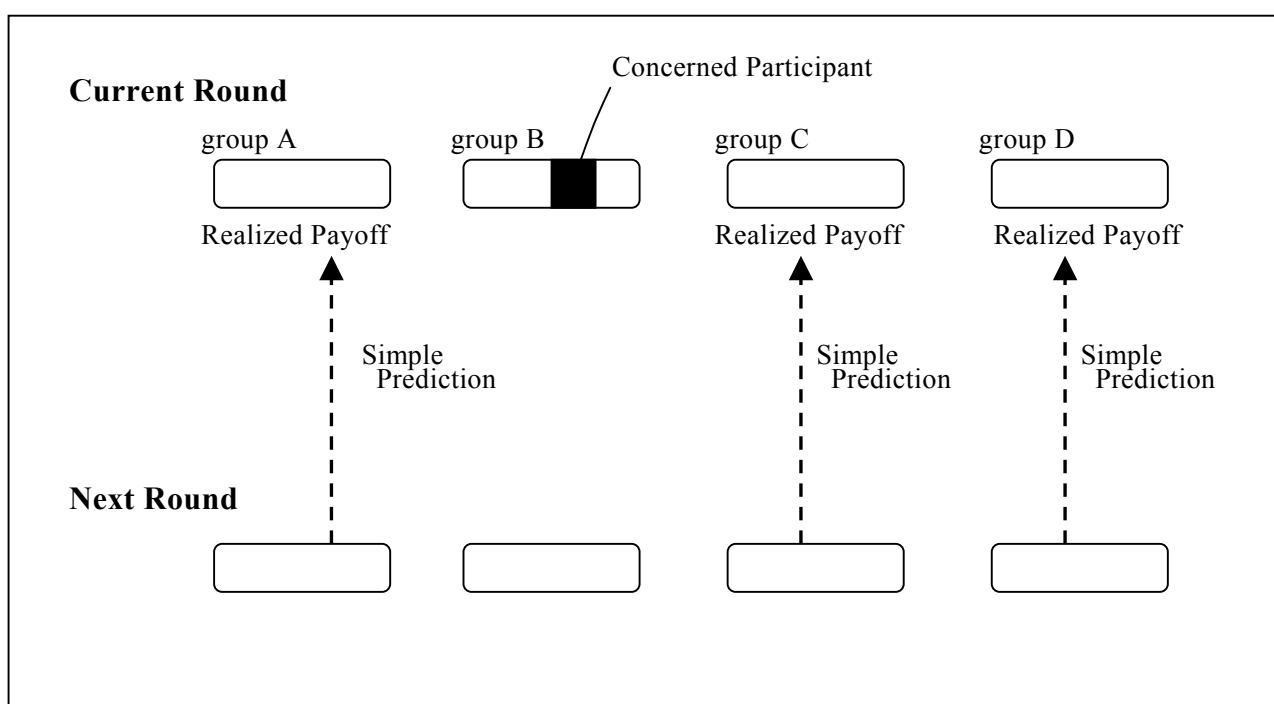
The degree of individual cooperation is represented by the “**individual cooperation rate**,” which is the ratio of cooperation in all 50 decisions. This measure is not concerned with attitudes, but with behaviors.

In order to investigate whether there is a difference in exit behaviors between cooperators and non-cooperators, we estimate the relationship between decisions on exit and “individual cooperation rates.” We assume that the “exit variable” is a dependent variable, and that the “individual cooperation rate” is an explanatory variable. As the “exit” is not a direct significant factor that affects the “individual cooperation rate” in this experiment (Fujiyama et al [2005]), we assume this relationship.

In order to control the environment, we consider several control factors. The first control factor is one in which participants are pushed to another group. For this factor, we have a “**group surrounding cooperation rate**,” which is the group’s average cooperation rate excluding the concerned participant in that round. For example, there are four participants in a group, and the cooperation rate of Participant 1 is

0.4; the cooperation rate of Participant 2 is 0.6; the cooperation rate of Participant 3 is 0.2; and the cooperation rate of Participant 4 is 0.3. For Participant 2, the “group surrounding cooperation rate” is 0.3 ( $= (0.4 + 0.2 + 0.3) / 3$ ). If this value is low, then the participant tends to exit from the group.

The second control factor is one in which participants are pulled from other groups. For this factor, we have data for payoffs of the other groups in the current round. This information is interpreted as a simple predicted average payoff for each group, that is, we assume that participants consider that the payoff in a current round significantly affects the payoff in the next round (Figure 3).<sup>2</sup> Though there are more complicated (sophisticated) ways of predicting outcomes, the fact that participants have no prior experience of playing the game means that they utilize our simple prediction methods, and these are therefore a reasonable way to analyze the results.



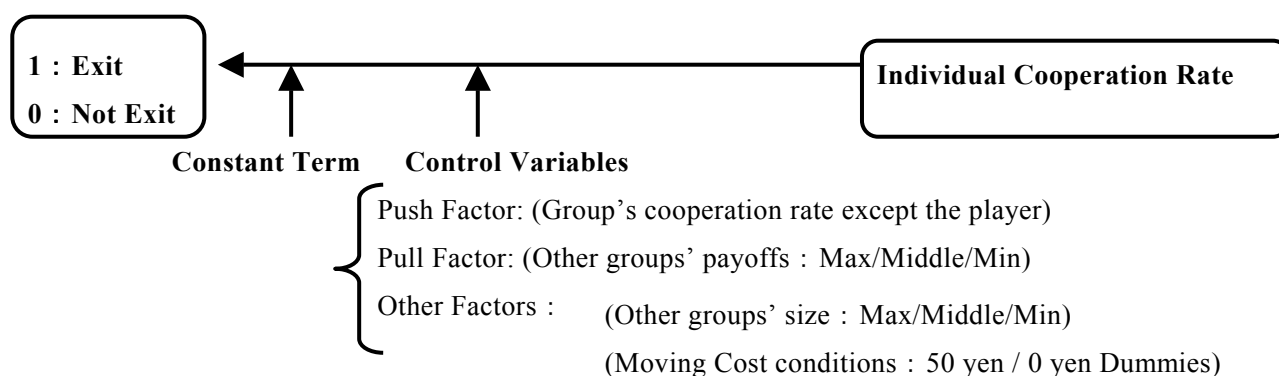
**Figure 3: Simple Prediction**

From the point of view of maximizing payoff, the first and second factors mentioned above are the most important pieces of information. The reason we take the cooperation rate in “push” factor and payoffs in “pull” factor is as follows: (1) The payoff is determined by the “group surrounding cooperation rate” and the concerned participant’s cooperation rate. There is therefore, by definition, positive

<sup>2</sup> If there is an empty group in a current round, that is, there is no participant in that group, we take 20 yen as the predicted payoff for that group. This is because, if one participant moves to that empty group in the next round, but all other participants stay in the same groups, then the participant belongs to the one participant group in the next round, and the participant’s payoff is, by definition, 20 yen.

correlation between these two explanatory variables (individual cooperation and individual payoff). (2) There is no such correlation concerning “pull” factors. In addition, the average payoffs of other groups are displayed on their computer screens for all participants in the experiment.

The third control factor is the sizes of the other groups, and the dummy variables for the 50-yen-cost and 0-yen-cost conditions.<sup>3</sup> We omit the data for the exits from one and two participants groups for two reasons: the formula for payoffs in one and two participant groups are different and it is not relevant to treat the “group surrounding cooperation rate” as in other cases.<sup>4</sup> The relationship among variables is summarized in Figure 4.



**Figure 4: Dependent and Explanatory Variables**

**Estimations**

We consider two estimations. (1) A simple estimation using all data. (2) An estimation in which we divide data into two categories, that is, high cooperators and low cooperators, to compare estimated parameters. We arrange the data in order, from high individual cooperation rates to low individual cooperation rates, and consider that the upper one-third of the data is data for high cooperators, and the lower one-third of the data is data for low cooperators. As the dependent variable (“the exit variable”) is binary data, we use the Probit and Logit models to estimate parameters. We consider that there is not serious multicollinearity,

<sup>3</sup> As the total number of participants is fixed, we omit, from our analysis, the total number of participants in the group to which the concerned participant belongs. If we include this variable, there is perfect correlation among the four variables (the number of participants in the concerned group, plus the numbers of participants in the other three groups).

<sup>4</sup> In one-participant groups, it is impossible to calculate the “group surrounding cooperation rate”. In a two-participant group, a participant can retaliate against another participant directly. This direct retaliation is impossible in three-or-more-participant groups. From this point of view, we can consider that games of two-participants, and three-or-more-participant, are qualitatively different.

as for the explanatory variables, all correlation coefficients are under 0.3, and all VIFs are under 1.5 generally.<sup>5</sup>

### 3. Results

The result of the estimation is shown in Table 1.<sup>6</sup>

**Table 1 : Decision on the Exit**

Dependent Variable: Exit Variable

Variables	Coefficients (P-value)
Constant Term	-1.135 (0.028)*
Individual Cooperation Rate	0.513 (0.006)**
Group Surrounding Cooperation Rate	-1.442 (0.000)**
Other Group's Payoff (Max)	0.010 (0.327)
Other Group's Payoff (Mid)	0.036 (0.031)*
Other Group's Payoff (Min)	-0.026 (0.231)
Other Group's Size (Max)	0.008 (0.793)
Other Group's Size (Mid)	0.028 (0.432)
Other Group's Size (Min)	0.024 (0.571)
Dummy for 50 yen moving cost	-0.375 (0.000)**
Dummy for 0 yen moving cost	1.068 (0.000)**

Probit Estimation

LR test (zero slopes) =266.186 (P-value =0.000\*\*)

N=1425,  $R^2=0.183$ , Fraction of Correct Prediction =0.734.

\* Significant at 5 %, \*\* Significant at 1%.

From this estimation, we obtain the following results:

**[Result 1]** There is a positive correlation between the “individual cooperation rate” and the probability for the exit choice.

**[Result 2]** There is a negative correlation between the “group surrounding cooperation rate” and the probability for the exit choice.

In order to examine the difference between the higher cooperators and the lower cooperators, we arrange in descending order all participants in terms of the “individual cooperation rate,” and divide data into three equal categories. As a result, participants whose “individual cooperation rates” are higher than 0.4 belong to the upper one-third of the data. Participants whose “individual cooperation rates” are lower

<sup>5</sup> Among the other group payoffs, we found the correlation coefficients are about 0.5, and VIFs are about (but under) 2. However, these variables are control variables that we does not focus on in our analysis.

<sup>6</sup> We have the similar results in the Logit model.

than 0.2 belong to the lower one-third of the data. We compare upper and lower categories. The LR test for structural changes of all variables indicates that the null hypothesis, under which there is no difference between these two categories, is rejected with a level of 1 % significance.

**[Result 3]** There are significant differences in the exit decision-making processes between the upper one-third of participants and the lower one-third of participants in terms of the “individual cooperation rate.”

With dummy variables for the lower one-third of the data, we estimate the difference more concretely. The result is shown in Table 2.

**Table 2 : Difference between high and low cooperators**

Dependent Variable: Exit Variable	
Variables	Coefficients (P-value)
Constant Term (CT)	-0.774 (0.386)
Individual Cooperation Rate (ICR)	1.445 (0.009)**
Group Surrounding Cooperation Rate (GSCR)	-0.699 (0.035)*
Other Group’s Payoff [Max] (OGPMAX)	0.003 (0.877)
Other Group’s Payoff [Mid] (OGPMID)	0.017 (0.565)*
Other Group’s Payoff [Min] (OGPMIN)	-0.018 (0.625)
Other Group’s Size [Max] (OGSMAX)	-0.028 (0.558)
Other Group’s Size [Mid] (OGSMID)	-0.042 (0.468)
Other Group’s Size [Min] (OGSMIN)	-0.018 (0.805)
Dummy for 50 yen moving cost (D50)	-0.400 (0.008)**
Dummy for 0 yen moving cost (D0)	0.747 (0.000)**
Structural Change Dummy for CT	-0.921 (0.505)
Structural Change Dummy for ICR	0.251 (0.834)
Structural Change Dummy for GSCR	-1.958 (0.001)**
Structural Change Dummy for OGPMAX	0.001 (0.958)
Structural Change Dummy for OGPMID	0.008 (0.846)
Structural Change Dummy for OGPMIN	-0.002 (0.968)
Structural Change Dummy for OGSMAX	0.117 (0.138)
Structural Change Dummy for OGSMID	0.174 (0.064)
Structural Change Dummy for OGSMIN	0.199 (0.070)
Structural Change Dummy for D50	-0.200 (0.366)
Structural Change Dummy for D0	0.462 (0.074)

Probit Estimation

LR test (zero slopes) =184.699 (P-value =0.000\*\*)

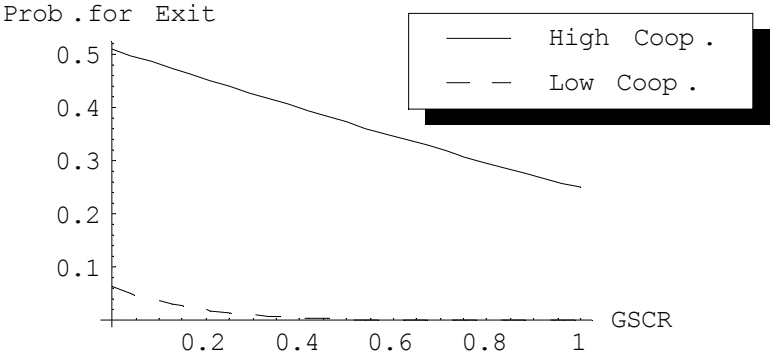
N=910,  $R^2$  =0.194, Fraction of Correct Prediction =0.730.

\*Significant at 5 %, \*\* Significant at 1%.

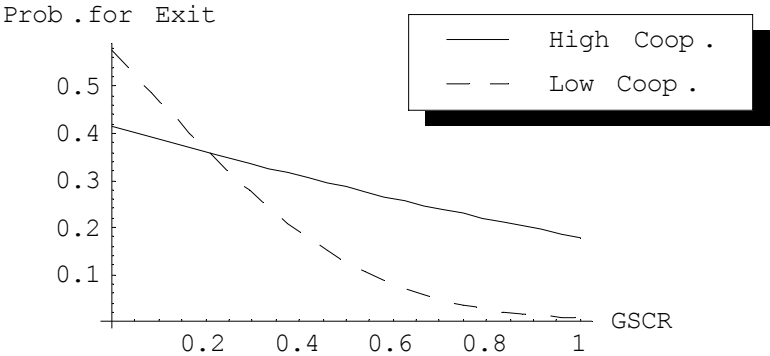
From this estimation, we have the following result:

**[Result 4]** The structural change dummy for the “group surrounding cooperation rate” has a significant and negative coefficient. In other words, the graph for the participants with low “individual cooperation rates” has a steeper negative slope than that for the participants with a high “individual cooperation rate.”

To see the difference more clearly, we show graphs of the probability for the exit choice. In Figure 5, we substitute the values of the constant term and the “group surrounding cooperation rate” into the estimated cumulative density function.<sup>7</sup> In Figure 6, in addition to these values, we also substitute the average values of explanatory variables into the estimated cumulative density function.



**Figure 5: Probability for Exit (only constant term)**



**Figure 6: Probability for Exit (all explanatory variables)**

**4. Conclusion**

We investigated factors in the exit decision-making and derived the following conclusions:

First, the surrounding cooperation rate in their group was an important factor for all participants (Result 2). Cooperators have a higher probability for the exit choice (Result 1, Figure 5, Figure 6). One reason for this phenomenon is that cooperators have a very high threshold of the surrounding cooperation

---

<sup>7</sup> As we divide the data into two categories, in terms of the “individual cooperation rate,” average values of “individual cooperation rate” in both categories are included in the constant term.



rate in their group, so the cooperators tends to exit from groups in general. In other words, the cooperators ask a high cooperation rate for others as same as themselves, so the cooperator is not satisfied with the middle (or possibly high) cooperation rate. As a result, the cooperators have high probability for the exit choice.

Second, there is a significant difference in the exit behavior of the cooperators and in that of the non-cooperators (Result 3). Non-cooperators are more sensitive to the surrounding cooperation rate in their group (Result 4). One reason for this phenomenon is that non-cooperators attempt free riding. At the low surrounding cooperation rate in their group, they exit to other groups because they cannot enjoy free riding. At the middle or high surrounding cooperation rate, they do not exit to other groups because they enjoy free riding. In other words, for the non-cooperators, the surrounding cooperation rate in their group is the primary factor for the exit decision. This is the reason for this sensitivity.

Finally, we can derive a practical lesson from the above conclusions. Cooperators exit from the groups before the group's cooperation rates do not decrease so much. After the cooperators exit, non-cooperators begin to exit. Therefore, in order to achieve the high cooperation rate, it is important to create a new group and enclose cooperators in early stages.

## References

- Bhaskar, V and Fernando Vega-Redondo. 2004. "Migration and the evolution of conventions." *Journal of Economic Behavior & Organization* 55 397-418.
- Dieckmann, Tone. 1999. "The evolution of conventions with mobile players." *Journal of Economic Behavior & Organization* 38 93-111.
- Dawes, Robyn M. 1980. "Social Dilemmas." *Annual Review of Psychology* 31:169-93.
- Ehrhart, Karl-Martin and Claudia Keser. 1999. "Mobility and Cooperation: On the Run." CIRANO Working Papers 99s-24.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005. "Performance of the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 2." in this volume.
- Kandori, M., Mailath, G., Rob, R.1993. "Learning, mutation, and long-run equilibria in games." *Econometrica* 61 29-56.
- Oechssler, Jorg 1997 "Decentralization and the coordination problem." *Journal of Economic Behavior & Organization* 32 119-135.
- Orbell, John M. and Robyn M. Dawes. 1993. "Social Welfare, Cooperators' Advantage, and the Option of Not Playing the Game." *American Sociological Review* 58, 787-800.
- Young, P. H. 1993. "The evolution of conventions." *Econometrica* 61, 57-84.

## Acknowledgement:

Authors thank Authors thank Gary S. Becker, Phillip Bonacich, Vincent Buskens, Toshio Yamagishi, and Kazuo Yamaguchi for their comments. We also thank Hideki Ishihara, Kazuhiro Kagoya, Masayuki Kanai, Hideki Kamiyama, Naoko Taniguchi, Ryuhei Tsuji, Motoko Harihara, and Masayoshi Muto for their support.

# Performance of the Exit

## —Micro Analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 2—

Hideki Fujiyama, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, and Hirokuni Oura  
(Dokkyo University) (University of Chicago) (Tokyo Institute of Technology)  
(Teikyo University)

### Abstract:

We investigate the results of exit choices on three variables: the group surrounding cooperation rate, the individual cooperation rate and the individual payoff. As a result of these exit choices, the participants, on average, succeeded in moving into more cooperative groups. However, the scale of this success was small, and did not dominate the cost of the exit options, 20 yen or 50 yen.

**Keywords:** exit, result, social dilemma, mobility, experiment.

## 1. Introduction

Mobility affects the social dilemma both positively and negatively. The cooperation rate in a group depends on whether cooperators can select cooperators from all players, or not.

This selection effect is supported indirectly by an experimental analysis (Orbell and Dawes[1993]). In their experiment, participants can choose between playing and not playing Prisoner's Dilemma games. If this choice exists, then cooperators tend to play the games, and as a result, cooperators tends to meet with each other.

Fujiyama et al [2005a] shows that there is a significant difference in decision-makings between cooperators and non-cooperators. Cooperators tend to exit more than non-cooperators. On the other hand, non-cooperators are more sensitive to the cooperation rates around them. In addition, Fujiyama et al [2005b] showed that there are significant different intentions of the exit choice between cooperators and non-cooperators. Non-cooperators tried to move into the groups with higher payoffs. On the other hand, there is not such a tendency in cooperators. In order to evaluate these behaviors, it is important to estimate the performance of the exit choice.

We examine the results of the exit on various variables: the group surrounding cooperation rate, the individual cooperation rate, the individual payoff, and the group size.

In Section 2, we outline the data set. Section 3 reports the results and Section 4 concludes the paper.

## 2. Research design

## 2.1 The Experiment

This subsection is the same as the subsection 2.1 in Fujiyama et al [2005 a], which is included in this volume. See the corresponding subsection.

## 2.2 Data and Estimation

### Data

A player has nine chances to exit from a group in a session. There are ten sessions in which 17 participants are included. The sample size is 1530(=9 chances  $\times$  17 participants  $\times$  10sessions). We construct an “**exit variable**,” that is, if a participant exits from a group then the value is 1, otherwise, it is 0. This binary variable is a target explanatory variable.

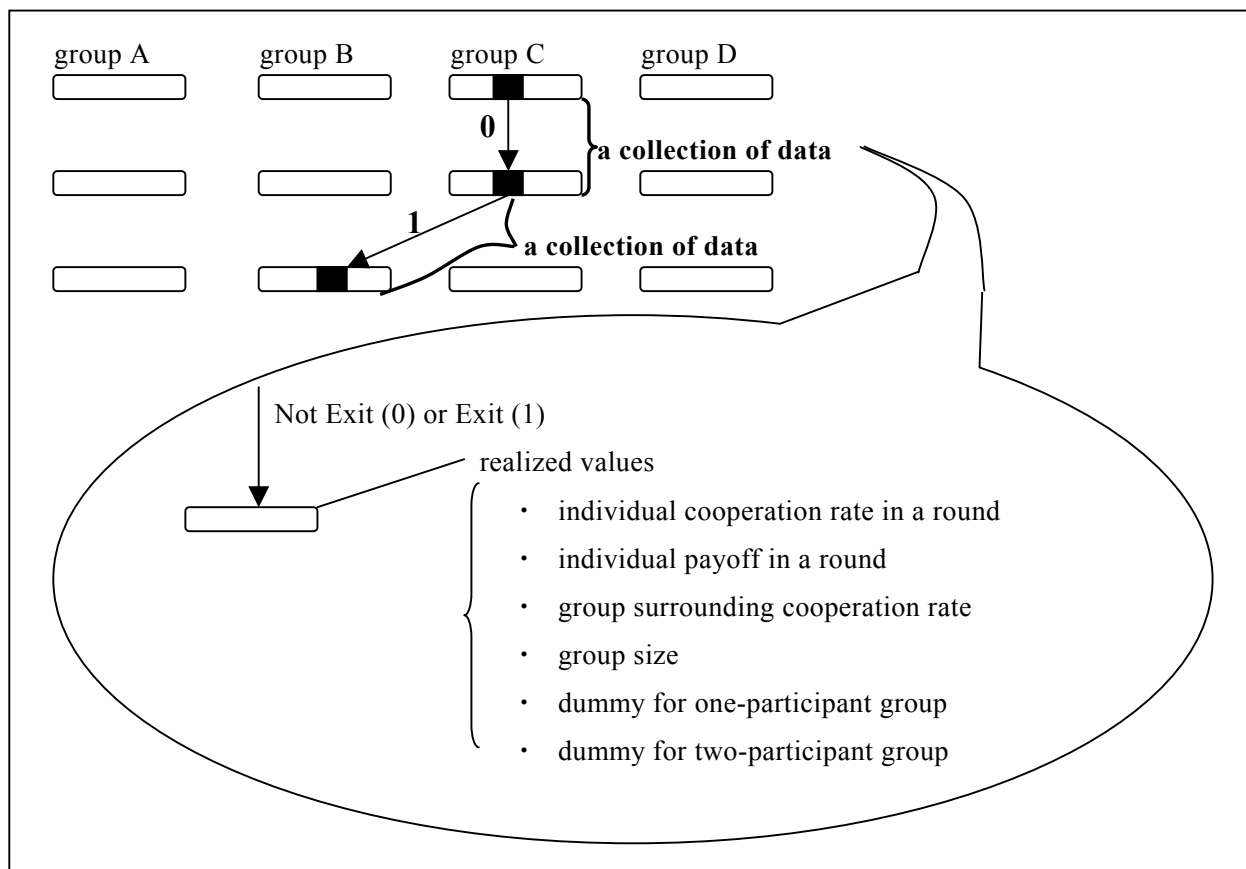
We consider four different models in which dependent variables differ. In the first model, a dependent variable is a “**group surrounding cooperation rate**,” which is a group’s average cooperation rate excluding the concerned participant in that round. For example, there are four participants in a group and the cooperation rate of Participant 1 is 0.4; the cooperation rate of Participant 2 is 0.6; the cooperation rate of Participant 3 is 0.2; and the cooperation rate of Participant 4 is 0.3. For Participant 2, the “group surrounding cooperation rate” is  $0.3(=(0.4+0.2+0.3)/3)$ . In the second model, a dependent variable is an “**individual cooperation rate in a round**,” which is a cooperation rate of a concerned participant in a round. In the third model, a dependent variable is an “**individual payoff in a round**,” which is the concerned participant’s average payoff per social dilemma game in a round. In the forth model, a dependent variable is the “**group size**” in a round.

In order to control the environment, we consider dummy variables for 50-yen-cost and 0-yen-cost conditions and a trend dummy variables. The trend dummy variable represents a decreasing in cooperation rates that is observed generally.<sup>8</sup> In addition to these variables, as the payoff function is different; we consider dummy variables for a one-participant group and a two-participant group.

In order to examine the performance of the exit choice, we collect the “exit variable” in a current round and the dependent and control variables in the next round (Figure 1).

---

<sup>8</sup> This decline in the cooperation is reported in many experiments (Dawes and Tharler [1988]).



**Figure 1: Data**

### Estimations

We consider four models in which dependent variables differ. In the first model (**Model I**), the “group surrounding cooperation rate” is a dependent variable. In this model, we examine whether the exit made the circumstance better or not. There are seven control variables (the 50-yen-cost dummy, the 0-yen-cost dummy, the trend, the “group size”, the one-participant group dummy, the two-participant group dummy, the “individual cooperation rate in a round”). These control variables are divided into three classes. The 50-yen-cost dummy, the 0-yen-cost dummy and the trend are common in session. The “group size”, the one-participant group and the two-participant group are common in a round and decided before the first stage in a round. The “individual cooperation rate in a round” is decided in a round endogenously.

In the second model (**Model II**), the “individual cooperation rate in a round” is a dependent variable. In this model, we examine whether participants who exit change their cooperative behaviors or not. All control variables are the same as the control variables in the first model except for “individual cooperation rate in a round.” The “group surrounding cooperation rate” is included instead of the “individual cooperation rate in a round.”

In the third model (**Model III**), the “individual payoff in a round” is a dependent variable. In this

model, we examine whether the participants who exit improve their payoff or not. This is a direct estimation on a performance of the exit option. The “individual payoff in a round” is determined by the “individual cooperation rate in a round” and the “group surrounding cooperation rate.” As it is difficult to extract changes that are caused by the exit choice from all changes, we omit these two variables. In addition, we consider an “exit variable” as a proxy variable for these two variables and the coefficient of it as direct and indirect effects of an exit choice. There are six control variables (50-yen-cost dummy, 0-yen-cost dummy, trend, group size, one-participant group dummy, two-participant group dummy). It is important to note that in this analysis the “individual payoff in a round” does not include the moving costs, that is, we use data for the gross payoffs.

In the fourth model (**Model IV**), the “group size” is a dependent variable. In this model, we examine an effect of the exit on the “group size.” The “group size” is an important factor in social dilemma game because it is known that the group size affect the cooperation rates negatively (Olson [1965], Kollock [1998]), and that the cooperators move to the small size group (Ehrhat and Kaser[1999]). As the “group size” is determined before the first stage in a round, we cannot use the control variables that is determine in the round endogenously. Therefore, there are only three control variables (50-yen-cost dummy, 0-yen-cost dummy and trend).

As for explanatory variables, all correlation coefficients are under 0.3 and the VIFs are under 1.5. Therefore, we consider that there is not a serious multicollinearity.

### 3. Results

In Model I, we examine the effect of the exit on the “group surrounding cooperation rate.” The result of the estimation is shown in Table 1.

**Table 1: Effect on the “group surrounding cooperation rate”**

Dependent Variable: Group Surrounding Cooperation Rate	
Variables	Coefficients (P-value)
Constant Term	0.405 (0.000)**
Exit Variable	0.028 (0.009)**
Individual Cooperation Rate in a Round	0.242 (0.000)**
Group Size	-0.026 (0.000)**
Dummy for 50 yen moving cost	-0.007 (0.501)
Dummy for 0 yen moving cost	0.020 (0.140)
Trend	-0.007 (0.000)**
Dummy for One Participant Group	-0.496 (0.000)**
Dummy for Two Participant Group	0.063 (0.000)**

OLS estimation

F (zero slopes)=72.22 (P-value =0.000\*\*)

N=1530, adj-  $R^2$  =0.271

\* Significant at 5 %, \*\* Significant at 1 %.

With this estimation, we have a result as follows:

**[Result 1]** There is a significant positive correlation between the “exit variable” and the “group surrounding cooperation rate.” We have the data for “group surrounding cooperation rate” after the decision making on the exit option (Figure 1), we have the result that there is a positive effect of the “exit” on the “group surrounding cooperation rate.”

As there are interesting results concerning the control variables, we summarize them as follows:

**[Result 2]** There is a significant positive correlation between the “individual cooperation rate in a round” and the “group surrounding cooperation rate.”

**[Result 3]** There is a significant negative correlation between the “group size” and the “group surrounding cooperation rate.” The group size is determined before the “surrounding cooperation rate” is determined, we have the result that there is a negative effect of the “group size” on the “surrounding cooperation rate.”

In Model II, we examine the effect of the exit on the “individual cooperation rate in a round.” The result of the estimation is shown in Table 2.

**Table 2: Effect on the “individual cooperation rate in a round”**

Dependent Variable: Individual cooperation rate in a round

Variables	Coefficients (P-value)
Constant Term	0.269 (0.000)**
Exit Variable	0.022 (0.151)
Group Surrounding Cooperation Rate	0.497 (0.000)**
Group Size	-0.017 (0.000)**
Dummy for 50 yen moving cost	-0.006 (0.661)
Dummy for 0 yen moving cost	0.013 (0.502)
Trend	-0.047 (0.078)
Dummy for One Participant Group	0.319 (0.000)**
Dummy for Two Participant Group	0.041 (0.217)

OLS estimation

F (zero slopes)=46.98 (P-value =0.000\*\*)

N=1530, adj-  $R^2$ =0.198

\* Significant at 5 %, \*\* Significant at 1 %.

With this estimation, we have a result as follows:

**[Result 4]** There is **not** a significant correlation between the “exit variable” and the “individual cooperation rate in a round.”

As there are interesting results concerning the control variables, we summarize them as follows:

**[Result 5]** There is a significant positive correlation between the “individual cooperation rate in a round” and the “individual cooperation rate in a round.”

**[Result 6]** There is a significant negative correlation between the “group size” and the “individual cooperation rate in a round.” The group size is determined before the “individual cooperation rate in a round” is determined, we have the result that there is a negative effect of the “group size” on “individual cooperation rate in a round.”

In Model III, we examine the direct and indirect effects of the exit on the “individual cooperation rate in a round” omitting the variables the “group surrounding cooperation rate” and the “individual cooperation rate in a round.” The result of the estimation is shown in Table 3.

**Table 3: Effect on the “individual payoff in a round”**

Dependent Variable: Individual Payoff in a Round	
Variables	Coefficients (P-value)
Constant Term	30.70 (0.000)**
Exit Variable	0.773 (0.018)*
Group Size	-0.704 (0.000)**
Dummy for 50 yen moving cost	-0.233 (0.464)
Dummy for 0 yen moving cost	0.458 (0.263)
Trend	-0.188 (0.001)**
Dummy for One Participant Group	-9.514 (0.000)**
Dummy for Two Participant Group	-3.541 (0.000)**

OLS estimation

F (zero slopes)=17.05 (P-value =0.000\*\*)

N=1530, adj-  $R^2$ =0.068

\* Significant at 5 %, \*\* Significant at 1 %.

With this estimation, we have a result as follows:

**[Result 7]** There is a significant positive correlation between the “exit variable” and the “individual payoff in a round.” We have the data for “individual payoff in a round” after the decision making on the exit option (Figure 1), we have the result that there is a positive effect of the “exit” on the “individual payoff in a round.”

As there are interesting results concerning the control variables, we summarize them as follows:

**[Result 8]** There is a significant negative correlation between the "group size" and the "individual payoff in a round." The group size is determined before the "individual payoff in a round" is determined, we have the result that there is a negative effect of the "group size" on the "individual payoff in a round."

In Model IV, we examine the effect of the exit on the "group size." The result of the estimation is shown in Table 4.

**Table 4: Effect on the "group size"**

Dependent Variable: Group Size

Variables	Coefficients (P-value)
Constant Term	5.500 (0.000)**
Exit Variable	-0.058 (0.620)
Dummy for 50 yen moving cost	-0.042 (0.711)
Dummy for 0 yen moving cost	0.671 (0.000)**
Trend	-0.068 (0.001)**

OLS estimation

F (zero slopes)=9.898 (P-value =0.000\*\*)

N=1530, adj-  $R^2$  =0.022

\* Significant at 5 %, \*\* Significant at 1 %.

With this estimation, we have a result as follows:

**[Result 9]** There is **not** a significant correlation between the "exit variable" and the "group size."

#### 4. Conclusion

We investigate the effect of the exit on various variables: the group surrounding cooperation rate, the individual cooperation rate, the individual payoff, and the group size. We derive several conclusions.

Firstly, the participants succeeded in moving to the more cooperative groups (Result 1). Though the exit itself does not affect the participants' cooperative behaviors (Result 4), the individual cooperation rates and the group surrounding cooperation affected each other positively (Result 2, 5). We can conclude that the exit option made the group more cooperative. This positive effect is detected in terms of the payoffs (Result 7). In other words, the positive effect of the exit choice dominates the negative effect of the exiting in the experimental data. However, the gain of the exit is 0.77 yen per exiting. As it is below the costs of the exit, 20 yen or 50 yen, the net gain from the exit choice is negative values.

Secondly, we confirm the negative effect of the group size on the cooperation rate, that is, if the group size grows, the rate of cooperation decreases (Result 3, 6). These results are consistent with the results in Kobayashi et al [2005] included in this volume and former works (Kollock [1998], Ehrhart and



Keser [1999]). However, we do not find the effect of the exit choice on the group size. One of the reasons is that there are a few explanatory variables.

## References

- Dawes, Robyn M, Richard H. Thaler 1988. "Anomalies: Cooperation" *Journal of Economic Perspectives* 2 187-197.
- Ehrhart, Karl-Martin and Claudia Keser. 1999. "Mobility and Cooperation: On the Run." CIRANO Working Papers 99s-24.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005a. "Decisions on the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 1." in this volume.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005b. "Intentions in the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 3." in this volume.
- Kobayashi, Jun, Yuhsuke Koyama, Hideki Fujiyama, Hirokuni Oura, 2005 "Rise and Fall of Cooperation: Macro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility." in this volume.
- Kollock, Peter. 1998. "Social Dilemmas: The Anatomy of Cooperation. *Annual Review of Sociology* 24:183-214.
- Olson, Mancur. 1965. *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*. Harvard University Press.
- Orbell, John M. and Robyn M. Dawes. 1993. "Social Welfare, Cooperators' Advantage, and the Option of Not Playing the Game." *American Sociological Review* 58, 787-800.

## Acknowledgement:

Authors thank Hideki Ishihara, Kazuhiro Kagoya, Masayuki Kanai, Hideki Kamiyama, Naoko Taniguchi, Ryuhei Tsuji, Motoko Harihara, and Masayoshi Muto for their comments and support.

# **Intentions in the Exit**

## **—Micro Analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 3—**

**Hideki Fujiyama, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, and Hirokuni Oura**  
**(Dokkyo University) (University of Chicago) (Tokyo Institute of Technology)**  
**(Teikyo University)**

### **Abstract:**

We investigate the intentions of exit choices in terms of predicted payoffs and predicted group sizes. As for the predicted payoffs, non-cooperators usually try to move into groups with higher predicted payoffs. As for the predicted group sizes, non-cooperators usually try to move into larger groups. Cooperators, on the other hand, generally try to move into smaller groups. These facts are consistent with the interpretation that non-cooperators try to enjoy free riding and cooperators try to escape from free riding.

**Keywords** exit, intention, social dilemma, mobility, experiment.

## **1. Introduction**

Cooperators tend to exit from groups more than non-cooperators, on the other hand, non-cooperators are more sensitive to the cooperation around them (Fujiyama et al [2005]). One reason for these facts is that the cooperators escape from free riders and create a new desirable groups, on the other hand, the non-cooperators move to enjoy free riding (Fujiyama et al [2005] and Erhart and Keser [1999]).

These results show the different exit behaviors between in the cooperators and in the non-cooperators. However, it is important to note that, as there are many factors in the experiment, there is a possibility that the intention of the participants is not clear in usual estimations. In addition, in order to construct the institutions to promote cooperation in a group, it is a critical factor to note the different intentions on the exit choices between in the cooperators and in the non-cooperators. Therefore, we compare the data for the group to which participants moved actually with the data for the group to which participants can move to potentially. With this comparison, we investigate the intentions on the exit choices.

In Section 2, we outline the data set. Section 3 reports the result and Section 4 concludes the paper.

## **2. Research design**

### **2.1 The Experiment**

This subsection is the same as the subsection 2.1 in Fujiyama et al [2005], which is included in this volume. See the corresponding subsection.

## 2.2 Data and Estimation

### Data

There are ten rounds in a session in which 17 participants are included. In each round, there are three groups for which a participant can exit choice.<sup>9</sup> The sample size is 5100 (= 3 groups × 10 rounds × 17 participants × 10 sessions). There are data for an average payoff and a size for each group. This realized values in a current round are information that is used for the decision on the exit. As it is difficult to predict the average payoffs and the sizes of other groups in the next round, we assume that the participants simply consider that realized values in a current round affect the payoff in the next round significantly, that is, these data in the current round is interpreted as simple predicted values for each group in the next round. These simple “**predicted value (payoff or group size)**” are dependent variables.

We construct an “**exit dummy variable**”, that is, if the group in the current round is the group to which the player moves actually in the exit option in the current round, then the value is 1, otherwise, it is 0. Using this dummy variable, we divide all data into two categories. In the first category, the values of the “exit dummy variables” are 0. In other words, the data in this category is the data for the group to which participants can move potentially. If players select the group randomly in the exit choice, characters of groups in this category were realized<sup>10</sup>. We use the results in this first category as criteria to compare. In the second category, the values of the “exit dummy variables” are 1. The data in this category is the data for the group to which participants moved actually. This date include the intention in the exit option because (1) this data is information that is used for the decision-making and (2) actually, the participant moved to the group in this category. If there are some different results between in the first category and in the second category, the intention of the exit choice is included.

An explanatory variable is an “**individual cooperation rate**,” which is a cooperation rate of a concerned participant in all 50 decisions. We make a comment on causality. As the “simple predicted values” are values in groups to which the concerned player does not belong, there is no direct causality from the “simple predicted values” to the “individual cooperation rate,” that is, there is no reverse causality.

The way to collect data is summarized in Figure 1.

---

<sup>9</sup> In the last round, players cannot exit. However, data of the last round also have information for the criterion with which we judge the bias of the result in the group to which the players move actually. Therefore we use the data for the last round.

<sup>10</sup> Of course, in exact analysis for random choices, we have to include the data in second category. However, the total number of data in the first category is much larger than that in the second category. Therefore, the difference is very small.

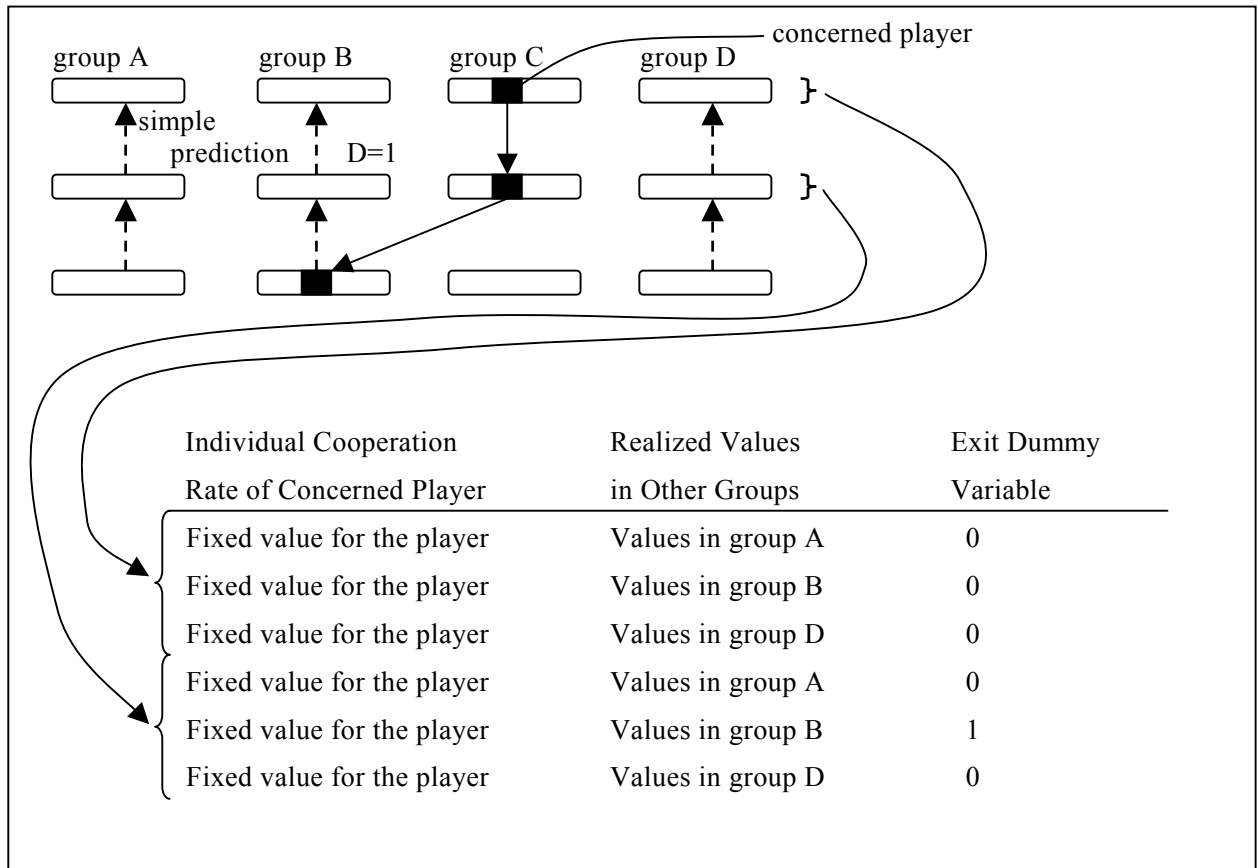


Figure 1: data set

### Estimations

We consider two models in which dependent variables differ. In the first model (**Model I**), the “simple predicted payoff” is a dependent variable. In the second model (**Model II**), the “simple predicted group size” is a dependent variable. In both models, the “individual cooperation rate” is an explanatory variable. Using the “exit dummy variable,” we examine the changes of constant term and coefficient of the “individual cooperation rate. In order to control the environment, we consider dummy variables for 50-yen-cost and 0-yen-cost conditions and seven dummy variables for sessions.<sup>11</sup>

### 3. Results

In Model I, we examine the difference in the “predicted payoffs” among players with various “individual cooperation rates.”

First, we confirm the significant difference between the “predicted payoffs” in the first category in which there are groups to which participants could move potentially and those in the second category in

<sup>11</sup> With these 9 dummy variables, we can classify effects of each session completely.

which there are groups to which participants moved actually. Concerning the constant term and the coefficient of the “individual cooperation rates,” we have the significant difference between in the first category and in the second category with a level of 1 % significance.<sup>12</sup>

Second, we estimate parameters in Model I. The result is shown in Table 1.

**Table 1: Predicted payoffs**

Dependent Variable: Predicted Payoffs (PP)

Variables	Coefficient (P-value)
Constant Term	25.70 (0.000)**
Exit Dummy for Constant Term	3.463 (0.000)**
Individual Cooperation Rate (ICR)	-1.284 (0.000)**
Exit Dummy for the coefficient of ICR	-4.400 (0.000)**
Dummy for 0 yen moving cost	-0.476 (0.076)
Dummy for 50 yen moving cost	1.223 (0.000)**
Dummy for session 1 with 50 yen moving cost	-0.626 (0.019)*
Dummy for session 2 with 20 yen moving cost	0.585 (0.029)*
Dummy for session 3 with 0 yen moving cost	1.615 (0.000)**
Dummy for session 4 with 50 yen moving cost	-1.106 (0.000)**
Dummy for session 5 with 50 yen moving cost	-2.114 (0.000)**
Dummy for session 6 with 20 yen moving cost	-0.447 (0.095)
Dummy for session 7 with 20 yen moving cost	2.444 (0.000)**

OLS estimation

F(zero slopes) =29.465 (P-value =0.000\*\*)

N=5100, adj-  $R^2$  =0.062

\* Significant at 5%, \*\* Significant at 1%

With this estimation, we have results as follows:

**[Result 1]** The “exit dummy variable” for the constant term is significant and positive.

**[Result 2]** The coefficient of the “exit dummy variable” for the “individual cooperation rate” is significant and negative.

In Model II, we examine the difference in the “predicted group size ” among players with various “individual cooperation rates.”

First, we confirm the significant difference between the “predicted group size” in the first category and those in the second category. Concerning the constant term and the coefficient of the “individual cooperation rates,” we have the significant difference between in the first category and in the second category with a level of 1 % significance.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Using the F test, the test statistic is 57.86 and the P-value is 0.000.

<sup>13</sup> Using the F test, the test statistic is 7.818 and the P-value is 0.000.

Second, we estimate parameters in Model II. The result is shown in Table 2.

**Table 2: Predicted group sizes**

Dependent Variable: Predicted Group Sizes (PGS)

Variables	Coefficient (P-value)
Constant Term	3.789 (0.000)**
Exit Dummy for Constant Term	0.525 (0.002)**
Individual Cooperation Rate (ICR)	0.454 (0.001)**
Exit Dummy for the coefficient of ICR	-1.645 (0.000)**
Dummy for 0 yen moving cost	-0.003 (0.977)
Dummy for 50 yen moving cost	0.152 (0.195)
Dummy for session 1 with 50 yen moving cost	-0.362 (0.002)**
Dummy for session 2 with 20 yen moving cost	0.137 (0.241)
Dummy for session 3 with 0 yen moving cost	-0.303 (0.011)*
Dummy for session 4 with 50 yen moving cost	0.041 (0.726)
Dummy for session 5 with 50 yen moving cost	-0.031 (0.791)**
Dummy for session 6 with 20 yen moving cost	-0.033 (0.778)
Dummy for session 7 with 20 yen moving cost	0.027 (0.812)

OLS estimation

F(zero slopes) = 4.137 (P-value =0.000\*\*)

N=5100, adj-  $R^2$  =0.007

\* Significant at 5%, \*\* Significant at 1%

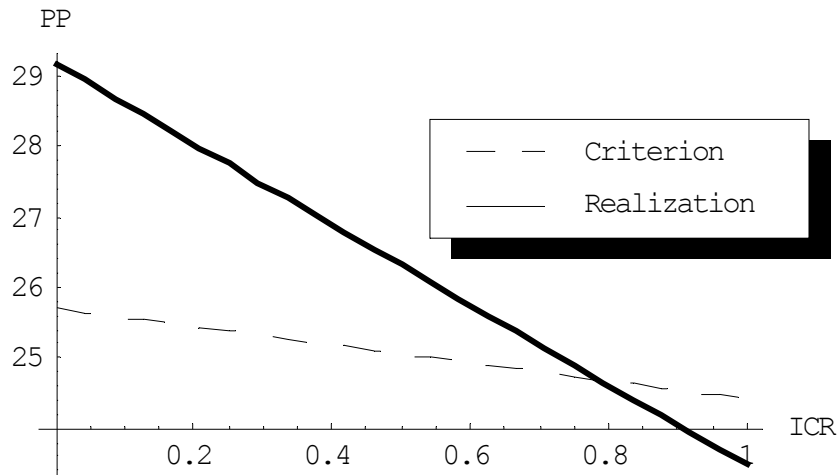
With this estimation, we have results as follows:

**[Result 3]** The “exit dummy variable” for the constant term is significant and positive.

**[Result 4]** The coefficient of “exit dummy variable” for the “individual cooperation rate” is significant and negative. On the other hand, the coefficient of the “individual cooperation rate” is significant and positive.

To see the difference more clearly, we draw graphs of the estimated functions in Model I and Model II (Figure 2, 3).<sup>14</sup>

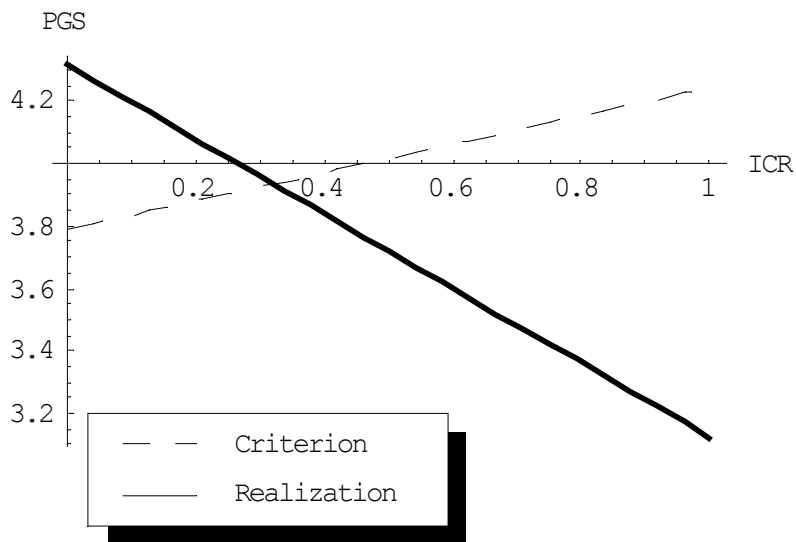
<sup>14</sup> In the graphs, we omit the common control variables, that is, we consider only the constant term, the “individual cooperation rate” and the corresponding dummy variables.



PP: Predicted Payoffs, ICR: Individual Cooperation Rate  
 Criterion: The line that is realized if the participants exit randomly.  
 Realization: The line that is realized with an actual exiting.

**Figure 2: Predicted payoffs and Individual cooperation rate**

The lower the participants have the “individual cooperation rates,” the higher group they try to move into. At the highest “individual cooperation rate,” that is, it is near 1, the participants try to move into the group with the lower payoff than the average “predicted payoffs” that would be realized with the random exits.



PGS: Predicted Group Sizes, ICR: Individual Cooperation Rate  
 Criterion: The line that is realized if the participants exit randomly.  
 Realization: The line that is realized with an actual exiting.

**Figure 3: Predicted group sizes and Individual cooperation rate**

The participants with the lower “individual cooperation rate” moves into the group whose size is larger

than the average size of groups that would be realized with the random exits. On the other hand, the participants with the higher “individual cooperation rate” moves into the group whose size is smaller than the average size of groups that would be realized with the random exits.

#### **4. Conclusion**

We investigate the intensions of the exit choices in terms of the predicted payoffs and the predicted group sizes.

As for the predicted payoffs, the non-cooperators try to move into the groups with higher predicted payoffs (Result 1, 2 and Figure 2). This is consistent with the results of Fujiyama et al [2005], that is, the non-cooperators is sensitive to the cooperation rate around them and move to enjoy free-riding. On the other hand, for cooperators, there is not a clear intention to the move into the group with the higher payoff (Result 1, 2 and Figure 2).

As for the predicted group sizes, the non-cooperators try to move into the larger groups (Result 3, 4 and Figure 3). As the group size affects the cooperation rate negatively (Kobayashi et al [2005]), the larger group is not desirable for free riding. However, in a larger group, the free riding is not standing out than in a small group. This is one reason for this tendency.

The cooperators try to move into the smaller groups (Result 3, 4 and Figure 3). This is consistent with result in Ehrhart and Keser[1999], that is, the cooperator tends to move into the smaller groups. In addition, Ehrhart and Keser[1999] concludes that the cooperator escape from free riders and create new groups. Though, in our experimental design, the number of groups is fixed and there is no choice to create new groups,<sup>15</sup> one reason for moving into smaller groups in our experiment is the same as the Ehrhart and Keser[1999]’s conclusion. From this viewpoint, we can understand why the cooperators moved to the groups with lower payoffs, that is, the cooperators consider that free riders exit from the group with the lower payoff and that if they, the cooperators, move into the group with the lower payoff, then they can escape from the free riders.

As for future topics, there are low values of the R-squared, especially in the Model II. As there are various intentions in the exit choice, we have to add some explanatory variables.

#### **References**

- Ehrhart, Karl-Martin and Claudia Keser. 1999. “Mobility and Cooperation: On the Run.” CIRANO Working Papers 99s-24.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005. “Decision on the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 1.” in this volume.

---

<sup>15</sup> Within four groups, an empty group can exist. If there is an empty group, any participants can move into the empty group.



**Acknowledgement:**

Authors thank Hideki Ishihara, Kazuhiro Kagoya, Masayuki Kanai, Hideki Kamiyama, Naoko Taniguchi, Ryuhei Tsuji, Motoko Harihara, and Masayoshi Muto for their comments and support.

# Decisions on Cooperation

## —Micro Analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 4—

**Hideki Fujiyama**  
(Dokkyo University)

### **Abstract:**

We estimate individual participant's behavior patterns using experimental data from "repeated social dilemma games." Various cooperation behaviors are studied in theoretical analysis. The purpose of this paper is to provide empirical facts for the analysis. The results are as follows: The cooperation behaviors are classified into six categories. Especially, we found both the "conditional cooperators" who cooperate with others if others also cooperate with them and the "empirical players" who choose their actions based on their past actions. These behaviors are most apparent in the social dilemma game with a restricted exit options.

**Keywords:** cooperation, decision-making, social dilemma, mobility, experiment.

### **1. Introduction**

In the evolutionary game theory, there are various behavior patterns at the individual level. However, we have not much information for the actual behaviors of individuals in social dilemma games, though there are some works to investigate the behaviors (Camerer [2003]). It is important, for the further analysis to tackle the "social dilemma" problems especially in designing institutions, to gather facts concerning the actual behaviors instead of the theoretical ones.

In the "social dilemma" games, Perez-Marti and Tomas [2004] tests the three different behavior patterns: the standard Bayesian model, the Regret model in which the payoff differences between contributing and not contributing is taken account for, and Warm-grow model in which the satisfaction that comes from contribution is taken account for. Under the analysis in Perez-Marti and Tomas [2004], there is an implicit assumption that all participants in the experiment use the same behavior pattern. However, this assumption is not consistent the assumption of evolutionary game theory in which there are many different behaviors simultaneously. In addition, it is natural that we behave differently in a real life. Fischbacher et al [2001] estimates different behavior patterns by the individual. In 44 participants, there are four different behavior patterns: "Conditional cooperators" who, roughly speaking, are want to contribute if others also want to contribute. "Free riders" who are do not contribute at all, "Hump shaped contributors" who, roughly speaking, is "conditional cooperators" at the low contributing level, but reduce their contribution beyond the some contributing level, and "Other patterns." In their works, there is no repetition of games and the participants describe only behavior schedules. It is important to note that, in

principle, describing the schedule in mind and using the schedule repeatedly in actual games are different things. As there is no guarantee for using the schedule, information based on actual data is more important.

The distinguish feature of this paper is as follows: we estimate the behavior patterns by the actual data in “repeated social dilemma games.” In addition to this, we examine the effect of mobility on the behavior patterns, too.

In Section 2, we outline the data set. Section 3 reports the results and concludes the paper.

## 2. Research design

### 2.1 The Experiment

This subsection is the same as the subsection 2.1 in Fujiyama et al [2005], which is included in this volume. See the corresponding subsection.

### 2.2 Estimation

#### Data

As there are ten rounds in which there are 5 stages, each participant has 50 decision-makings on “cooperation” (voluntary contribution to the group), or not. We construct a “**variable on cooperation**,” that is, if a participant chooses the option of cooperation then the value is 1, otherwise, it is 0. This binary variable is a dependent variable.

As for target explanatory variables, we consider two variables. First, we consider a “**group surrounding cooperation rate**, ” which is a group’s average cooperation rate excluding the concerned participant in that round. For example, there are four participants in a group and the cooperation rate of Participant 1 is 0.4; the cooperation rate of Participant 2 is 0.6; the cooperation rate of Participant 3 is 0.2; and the cooperation rate of Participant 4 is 0.3. For Participant 2, the “group surrounding cooperation rate” is 0.3  $(=(0.4+0.2+0.3)/3)$ . Second, we consider a “**previous action**, ” which is a choice that the concerned participant took actually in the previous stage, that is, “*Action<sub>-1</sub>*” in the notation of the regression model.

There are two control variables. First, we consider the “group size, ” which is the total number of participants in a group in the current round.<sup>16</sup> Second, we consider a dummy variable for the first stage,

---

<sup>16</sup> The “group size” is determined at the beginning of the round, and all participants know this information in the first stage in a round. Therefore, we use the “group size” in current round not in the previous round.

as there is a tendency of a high cooperation rate.<sup>17</sup>

As for the multicollinearity, we examine the stability of estimated parameters. In order to examine the stability, we add the lagged variables for the action to the estimation model, that is, we sequentially add the second lagged value for the action, “*Action<sub>-2</sub>*”, the third lagged value for the action, “*Action<sub>-3</sub>*” and so on. We add the sixth lagged variables in the maximal cases.<sup>18</sup> We judge that the estimated parameters are stable, if there are no qualitative differences in at least three different regression models. In addition, we have the correlation coefficients among the explanatory variables and find that all values are less than 0.5 except for several cases. In all exceptional cases, the values are about 0.6. We have the VIFs and find that all values are less than 1.6 except for several cases. In all exceptional cases, the values are about 2. In all exceptional cases, the “stability criterion” mentioned above is satisfied.

The significance levels for the LR-test (zero slope) and *t*-test are 5 %. As the dependent variable (the “variable on cooperation”) is binary data, we use Probit and Logit models to estimate parameters.

### Classes

We consider six classes for the behavior patterns of participants: (1) If a coefficient of the “group surrounding cooperation rate” is positive and significant, then we call the participant a “**conditional cooperator**.” (2) If a coefficient of the “previous action” is significant and positive, then we call the participant an “**empirical player**.”<sup>19</sup> (3) If a coefficient of the “previous action” is significant and negative, then we call the participant a “**try and error player**.” (4) If a participant chooses the choice of cooperation more than 41 times, then we call the participant a “**cooperator**.” (5) If a participant chooses the choice of non-cooperation more than 41 times, then we call the participant a “**non-cooperator**.”<sup>20</sup> (6) If the behavior of the participant is not included in all classes mentioned above, then we call the participant “**others**.”

---

<sup>17</sup> As the mean mobility rate is about 0.33, that is, the ratio of new members is low in the first stage in a new round, we assume that the “group surrounding cooperation rate” in the last stage in the previous round is relevant information for the cooperation decision making in the first stage in the new current round. There is another assumption that the cooperation decision-makings in the first stage in a round is qualitatively different from those in other stages. Given this assumption, we should omit the data in the first stage. This is a future topic for our analysis.

<sup>18</sup> We use the higher lagged variables, *Action<sub>-2</sub>*, ..., *Action<sub>-6</sub>*, only for judging the stability. As for the target explanatory variable, we examine the significance for the *Action<sub>-1</sub>* only. The reason is that (1) it is difficult to interpret the higher significant lagged variables, especially in the case that the *Action<sub>-1</sub>* is not significant but the other higher lagged variables are significant, and (2) classifying 234 estimations into some categories needs a simplification for procedures.

<sup>19</sup> There is a certain reinforcement learning process implicitly behind this behavior.

<sup>20</sup> In Ehrhart and Keser [1999], if a participant chooses the choice of cooperation (or non-cooperation) more than half, they call the participant a “cooperator (or non-cooperator).” Therefore, our criterion is a stricter criterion than the Ehrhart and Keser [1999]’s criterion.

### 3. Results and Conclusion

The results of the estimations are summarized in Figure 1. All results are in the Appendix.

We find the various significant cooperation behaviors. The group surrounding cooperation rates and the previous action are important factors.

Comparing Fischbacher et al [2001], the percentage of “free riding” is very close, as the percentage is 29.5 % in Fischbacher et al [2001], on the other hand, that in our analysis is 28.2%.<sup>21</sup> The percentage of “conditional cooperation” is different, as the percentage is 50.0 % in Fischbacher et al [2001], on the other hand, that in our analysis is about 11.9%.<sup>22</sup> The reason for this is as follows: As, in Fischbacher et al [2001], the game is played once, and only the “contribution schedules” are submitted, on the other hand, in our analysis, the game is repeated and the behavior patterns is estimated by the actual actions, the behavior patterns tends to simplified in Fischbacher et al [2001] than in our analysis.

In Appendix, the significant behaviors become obvious in the 20-yen-cost “Session 7” in which there are 10 “conditional cooperators” and 3 “empirical players” and the 50-yen-cost “Session 2” in which there are 5 “conditional cooperators” and one “empirical player.” In addition to this, the “conditional cooperators” and “empirical players” become obvious in the 50-yen-cost and 20-yen-cost condition than in the no-mobility and 0-yen-cost condition, that is, 22.7 % of the participants are the “conditional cooperators” or the “empirical players” in the 50-yen-cost and 20-yen-cost condition, on the other hand, 8.1 % in the no-mobility and 0-yen-cost condition.

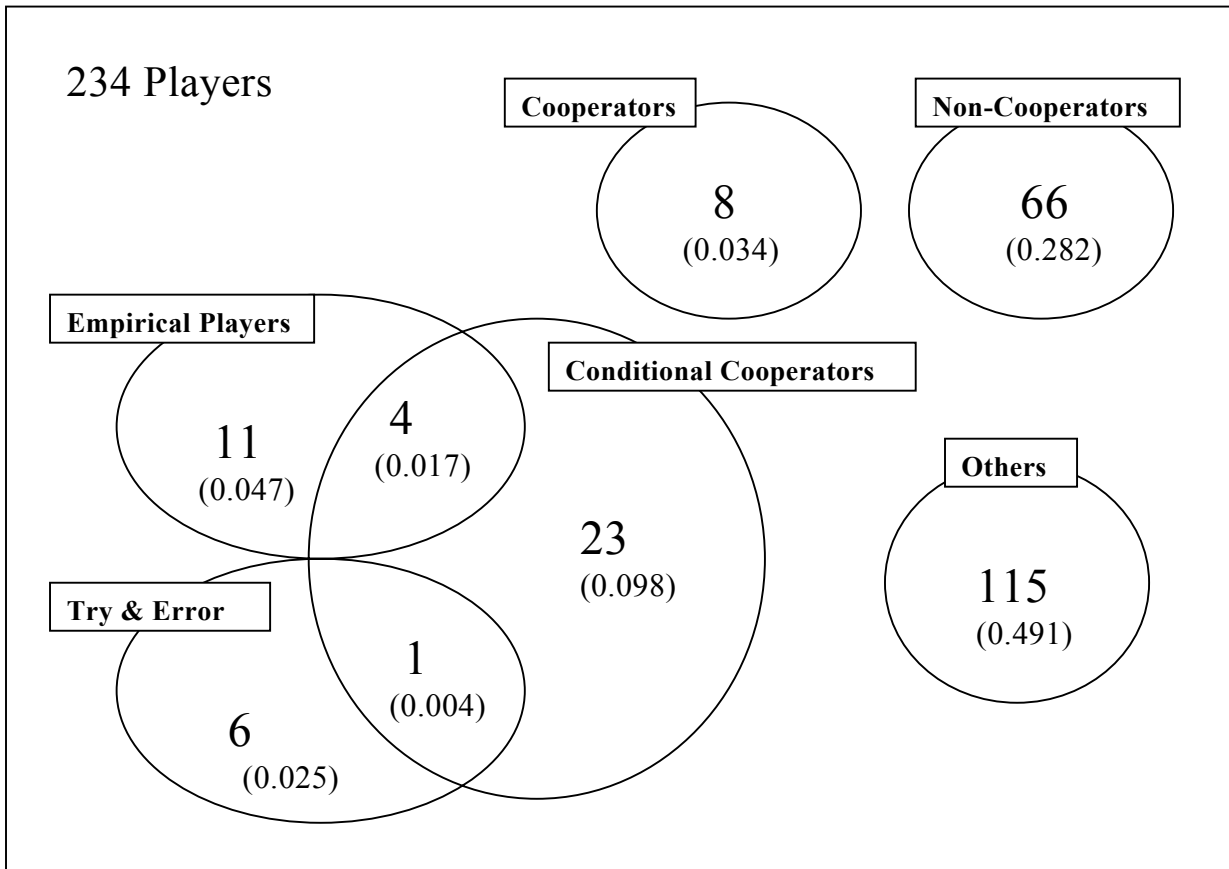
One reason for this is as follows: As there is a high mean mobility rate (67.3 %) in 0-yen-cost condition, the participants feel that the game is played with all 17 participants within one group as same as the case in the no-mobility conditions in which the group is fixed. In other words, the effect of selecting the members decreases in 0-yen-cost condition, and the situation become similar to that in the no-mobility condition. This ineffectiveness of the selecting members diminishes the incentive for using strategic behaviors.

It is a future topic to investigate the condition under which the desirable behavior patterns are realized and high cooperation rate is attained.

---

<sup>21</sup> In Fischbacher et al [2001], the participants are asked to “*indicate for each average contribution level of other group members how much they want to contribute to the public good.*” The behaviors are classified depending on this contribution schedule. If the participants submitted a contribution schedule that contained ‘0’ for every average contribution level of other group members, they are called “free riders.”

<sup>22</sup> In Fischbacher et al [2001], if there is significant and positive Spearman rank correlation coefficient between “average contribution level of other group” and own contribution in the “contribution schedule,” the participant is called a “conditional cooperator.”



(Percentage in Parentheses)

**Figure 1: Classification**

# Appendix

## 50-Yen-Costs Sessions:

CC: Conditional Cooperators    EP: Empirical Players

NC: Non-Cooperators    Co : Cooperators

Session 1	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1				1		
player 2						1
player 3						1
player 4						1
player 5						1
player 6						1
player 7						1
player 8				1		
player 9						1
player 10						1
player 11						1
player 12	1					
player 13				1		
player 14				1		
player 15						1
player 16						1
player 17						1
sum.	1	0	0	4	0	12

T&E: Try and Error

Oths : Others

Session 2	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1						1
player 2	1					
player 3		1				
player 4						1
player 5				1		
player 6	1					
player 7	1					
player 8						1
player 9						1
player 10				1		
player 11						1
player 12	1					
player 13						1
player 14						1
player 15				1		
player 16	1					
player 17						1
sum.	5	1	0	3	0	8

Session 3	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1		1				
player 2						1
player 3				1		
player 4				1		
player 5						1
player 6						1
player 7				1		
player 8				1		
player 9				1		
player 10						1
player 11				1		
player 12				1		
player 13				1		
player 14				1		
player 15		1				
player 16						1
player 17						1
sum.	0	2	0	9	0	6

Session 4	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1				1		
player 2		1				
player 3						1
player 4		1				
player 5						1
player 6						1
player 7						1
player 8						1
player 9				1		
player 10				1		
player 11				1		
player 12						1
player 13						1
player 14				1		
player 15						1
player 16				1		
player 17						1
sum.	0	2	0	6	0	9

**20-Yen-Costs Sessions:**

CC: Conditional Cooperators    EP: Empirical Players

NC: Non-Cooperators    Co : Cooperators

Session 5	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1	1					
player 2				1		
player 3				1		
player 4						1
player 5		1				
player 6				1		
player 7				1		
player 8				1		
player 9	1					
player 10				1		
player 11						1
player 12						1
player 13			1			
player 14						1
player 15						1
player 16						1
player 17						1
sum.	2	1	1	6	0	7

T&E: Try and Error

Oths : Others

Session 6	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1	1	1				
player 2						1
player 3						1
player 4				1		
player 5						1
player 6				1		
player 7				1		
player 8				1		
player 9						1
player 10						1
player 11				1		
player 12				1		
player 13	1					
player 14	1					
player 15						1
player 16					1	
player 17						1
sum.	3	1	0	6	1	7

Session 7	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1	1					
player 2				1		
player 3	1	1				
player 4					1	
player 5						1
player 6	1		1			
player 7	1					
player 8	1	1				
player 9				1		
player 10		1				
player 11				1		
player 12	1					
player 13				1		
player 14	1					
player 15	1					
player 16	1					
player 17	1					
sum.	10	3	1	4	1	1

Session 8	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1	1	1				
player 2				1		
player 3						1
player 4				1		
player 5						1
player 6		1				
player 7				1		
player 8				1		
player 9						1
player 10						1
player 11						1
player 12						1
player 13			1			
player 14	1					
player 15						1
player 16			1			
player 17				1		
sum.	2	2	2	5	0	7



**0-Yen-Cost Sessions:**

CC: Conditional Cooperators    EP: Empirical Players

NC: Non-Cooperators            Co : Cooperators

Session 9	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1				1		
player 2						1
player 3				1		
player 4				1		
player 5						1
player 6				1		
player 7					1	
player 8						1
player 9				1		
player 10						1
player 11						1
player 12						1
player 13						1
player 14				1		
player 15						1
player 16				1		
player 17						1
sum.	0	0	0	7	1	9

T&E: Try and Error

Oths : Others

Session 10	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1						1
player 2						1
player 3						1
player 4	1					
player 5						1
player 6						1
player 7						1
player 8						1
player 9				1		
player 10						1
player 11						1
player 12						1
player 13				1		
player 14						1
player 15				1		
player 16	1					
player 17						1
sum.	2	0	0	3	0	12

**No-moving Sessions:**

CC: Conditional Cooperators    EP: Empirical Players

NC: Non-Cooperators    Co : Cooperators

Session 11	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1				1		
player 2						1
player 3				1		
player 4				1		
player 5		1				
player 6						1
player 7				1		
player 8						1
player 9						1
player 10					1	
player 11				1		
player 12						1
player 13					1	
player 14				1		
player 15		1				
player 16						1
sum.	0	2	0	6	2	6

T&E: Try and Error

Oths : Others

Session 12	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1						1
player 2						1
player 3						1
player 4				1		
player 5						1
player 6	1					
player 7				1		
player 8						1
player 9				1		
player 10	1					
player 11						1
player 12			1			
player 13						1
player 14						1
player 15						1
player 16						1
sum.	2	0	1	3	0	10

Session 13	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1				1		
player 2						1
player 3			1			
player 4						1
player 5						1
player 6						1
player 7						1
player 8		1				
player 9	1					
player 10						1
player 11						1
player 12						1
player 13						1
player 14						1
player 15						1
player 16				1		
sum.	1	1	1	2	0	11

Session 14	CC	EP	T&E	NC	Co	Oths
player 1				1		
player 2					1	
player 3						1
player 4						1
player 5						1
player 6					1	
player 7						1
player 8			1			
player 9						1
player 10				1		
player 11						1
player 12						1
player 13						1
player 14						1
player 15					1	
player 16						1
sum.	0	0	1	2	3	10

## **References**

- Camerer, Coline f. 2003 Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction. Princeton University Press.
- Ehrhart, Karl-Martin and Claudia Keser. 1999. "Mobility and Cooperation: On the Run." CIRANO Working Papers 99s-24.
- Fischbacher, Urs, Simon Gächter, Ernst Fehr. 2001. "Are people conditionally cooperative? Evidence from a public goods experiment." Economics letters 71 397-404.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005. "Decisions on the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 1." in this volume.
- Perez-Marti, Felipe, Josefa Tomas. 2004. "Regret, Warm-glow and Bounded Rationality in Experiments on Binary Public Goods" Journal of Economic Behavior & Organization 55 343-353.

## **Acknowledgement:**

Authors thank Hideki Ishihara, Kazuhiro Kagoya, Masayuki Kanai, Hideki Kamiyama, Naoko Taniguchi, Ryuhei Tsuji, Motoko Harihara, and Masayoshi Muto for their comments and support.

# Effects of Unanimity on Cooperation

## —Micro Analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 5—

**Hideki Fujiyama**      **Hirokuni Oura**  
(Dokkyo University)      (Teikyo University)

### **Abstract:**

We examine the relationship between non-random sequences of cooperation choices and unanimous cooperation in a group. We find that unanimous cooperation generally affects cooperation behavior positively. This positive effect is most prominent in moderate mobility conditions. This fact implies that unanimous cooperation is a signal for cooperators in a group and the signal is clearer in moderate exit costs conditions than in no-mobility and high mobility conditions.

**Keywords:** cooperation, unanimity, social dilemma, run, experiment.

## **1. Introduction**

For solving the social dilemma problem, there are two streams: strategic solutions and motivation solutions (Kollock [1998]).<sup>23</sup> In the stream of the strategic solutions, egoistic players are assumed, and the reciprocity and the choice of partners are important factors.<sup>24</sup> On the other hand, in the stream of the motivation solutions, altruistic players are assumed, and it is known that the communication and the group identity are important factors to promote this altruism.

In this paper, we look for the phenomenon that promotes the cooperation in an experiment in the stream of the motivation solutions.

In the experimental data, there is a cluster of cooperation both in the time series data and in the cross section data. More concretely, we can find the sequence of cooperation choices in a player. On the other hand, there is a group in which all players choose the choices of cooperation simultaneously. We examine the relationship between these phenomena using the cross table analysis.

In Section 2, we outline the data set. Section 3 reports the results and Section 4 concludes the paper.

---

<sup>23</sup> If we consider the changes in the structure of the game, there is a structural solution in which the game is altered in order to solve the social dilemma problem. In both strategic and motivation solutions, there is no changes in the structure of the game (Kollock [1998]).

<sup>24</sup> The exit option as a way of selecting the members in a group is examined in Fujiyama et al [2005a, b, c]. The conditional cooperator is detected in Fujiyama [2005d]. These works are in the stream of strategic solutions.

## 2. Research design

### 2.1 The Experiment

The subsection is the same as the subsection 2.1 in Fujiyama et al [2005a], which is included in this volume. See the corresponding subsection.

### 2.2 Methods

#### Data

As there are ten rounds in which there are 5 stages, a participant has 50 decision-makings on “cooperation” (voluntary contribution to the group). We construct a “**variable on cooperation**,” that is, if a participant chooses the option of cooperation then the value is 1, otherwise, it is 0. We calculate an “**individual cooperation rate**,” which is the ratio of cooperation in all 50 decisions. This measure is used in a run test. As there are ten sessions in which 17 participants took part and four sessions in which 16 participants took part, there are 234 participants to examine.

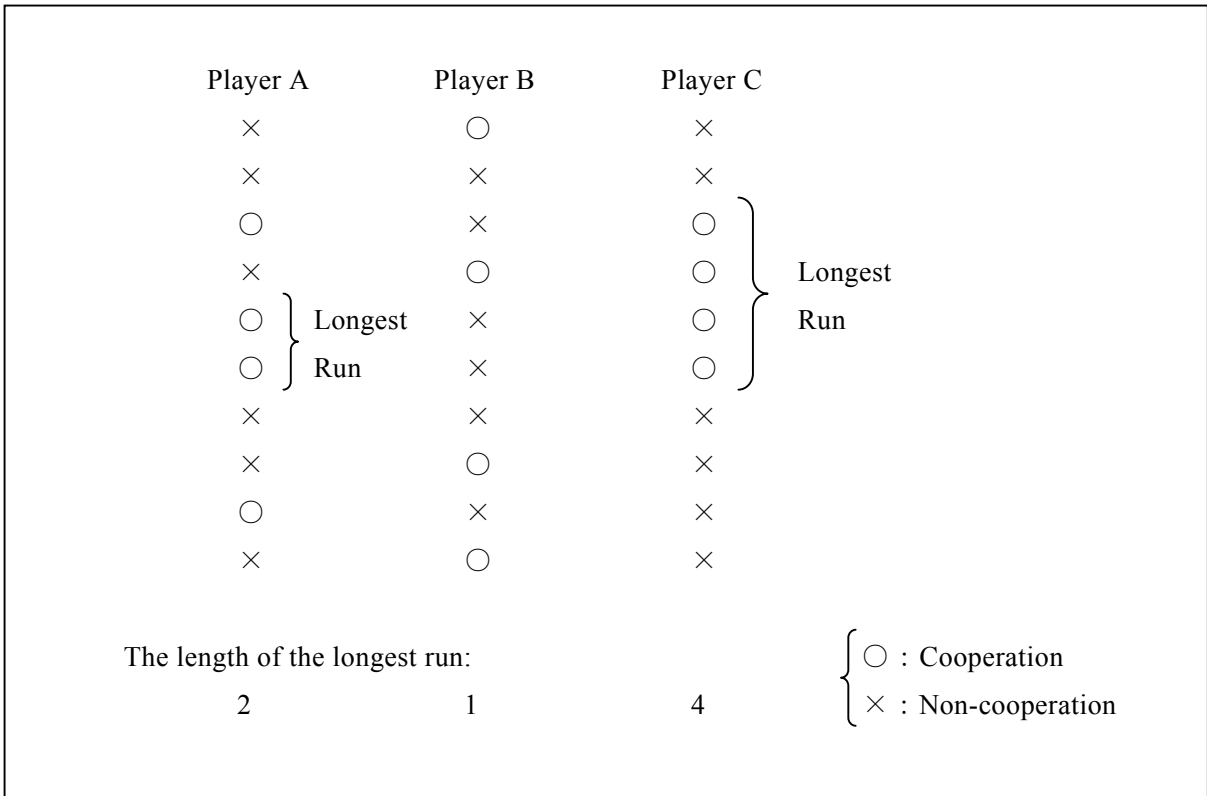
#### Criterion for a cross table

We consider two criterion for a cross table. First, we examine whether the participant continue to choose the choice of cooperation significantly. We examine the length of run of cooperation in a “variable on cooperation” given the “individual cooperation rate.” For example, consider that there are ten decisions and three players, A, B, C, whose “individual cooperation rate” are 0.4. In Figure 1, we consider that Player C has a significant long run of cooperation because, if the decision-making is random, the run of cooperation for Player C happens rarely. For this judgment, we use the tests based on the length of the longest run.<sup>25</sup> As the frequency of cooperation choices and the length of the longest cooperation run are obtained from the data in the experiment, we can have the test statistics. As it is difficult to calculate the exact distribution function, we obtain it using a computer simulation (Monte Carlo Analysis).<sup>26</sup> The graph of the distribution function of the length of the longest cooperation run with 7 cooperation choices and 43 non-cooperation choices is shown in Figure 2. In this case, the probability for the runs in which the length of the longest one is 1 is 0.3917; the probability for 2 is 0.5286; the probability for 3 is 0.0718, and so forth. In this test, the null hypothesis is that the runs are realized at random. If the runs that reject the null hypothesis are detected, we think that there are some hidden factors that affect the participant’s behavior. As one of reasonable candidates for these factors, we consider the following second criterion.

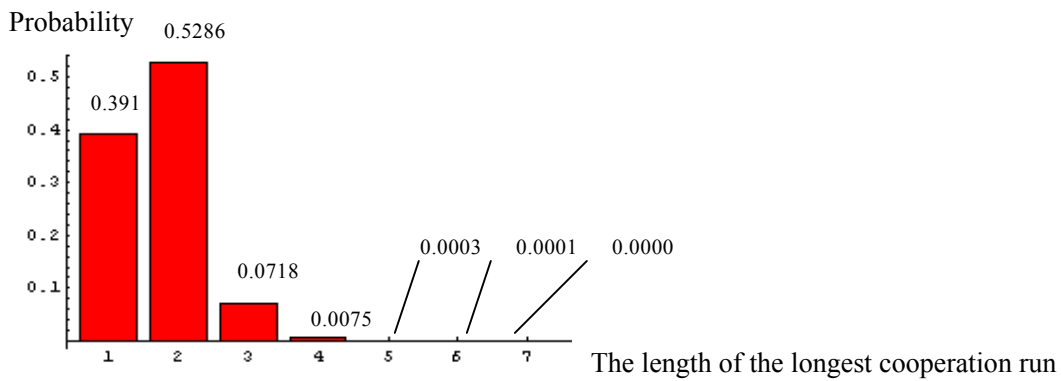
---

<sup>25</sup> See Gibons and Chakraborti [1992] for a detailed explanation of the tests based on runs.

<sup>26</sup> We derive the distribution functions with 100,000 times trials using Mathematica.



**Figure 1: Runs of Cooperation**



**Figure 2: Example: the distribution function**

Second criterion is as follows: we examine whether the participant experienced the unanimity of cooperation in a group, that is, all participants who belong to a group choose the choice of cooperation in a game.

We examine the relationship between two criteria using the cross table analysis. As we control the “individual cooperation rate” in the test based on the length of the longest run, these two criteria are

independent for each other.

### 3. Results

As the distribution function is a discrete function, there are cases in which critical value and the test statistic are in the same religion. In these cases, we cannot judge whether the test statistics are larger than the critical value, or not. For example, in Figure 2, if we have the 5 % significant level, the critical value is in 3 of the length. If a realized length of the longest cooperation run is also 3, we cannot judge whether the test statistics (that is 3) is larger than the critical value, or not. Of course, there is a way of thinking that, in this case, we consider that the null hypothesis is not rejected. But if we accept this way of thinking, there is a bias not to reject the null hypothesis in this case. In other words, in Figure 2, we do not test the hypothesis under the 5 % significant level but under 1 % significant level substantially. In order to avoid this bias, we omit the samples of these cases from the all data.<sup>27</sup>

The result is shown in Table 1. We find the positive association between two criteria.<sup>28</sup>

**Table 1: Cross Table**

		Non-random sequence of cooperation choices		
		Yes	No	Sum.
Unanimous Cooperation in a group	Yes	29	72	101
	No	10	73	83
	Sum.	39	145	184

Cramer's V =0.202,  $\chi^2=7.57$  (p-value <0.01)

As for the samples in the 20-yen-cost and 50-yen-cost conditions, we find that the positive association between two criteria is more outstanding.

---

<sup>27</sup> Though we accept the way of thinking that we do not reject the null hypothesis, the results are not altered qualitatively. The results are shown in Appendix.

<sup>28</sup> The association (the Cramer's V) is corresponding to the correlation coefficient. It seems that 0.202 is low. However, it is important to note that the value of the Cramer's V in the below case is also 0.2:

	B1	B2	Sum.
A1	60	40	100
A2	40	60	100
Sum .	100	100	200

The Cramer's V in qualitative data tends to be lower than the correlation coefficient in the quantitative data. This example is cited from Takahashi [1992, p.181-182].

**Table 2: Cross Table (20 yen costs and 50 yen costs)**

		Non-random sequence of cooperation choices		
		Yes	No	Sum.
Unanimous Cooperation in a group	Yes	25	43	68
	No	4	35	39
	Sum.	29	78	107

Cramer's V =0.287,  $\chi^2=8.81$  (p-value <0.01), Fisher's exact probability test's p-value <0.01

#### 4. Conclusion

We examine the relationship between the non-random sequence of cooperation choices and the unanimous cooperation in a group. We find a positive association between two criteria. In addition, we find that the experience of the unanimous cooperation is realized in the early parts of the cooperation run. We conclude that the unanimous cooperation affects the cooperation behavior positively. In other words, it is a factor to promote the cooperation in a group.

This positive effect of unanimity is prominent in the 20-yen-cost and 50-yen-cost conditions. The reason of this is as follows: In social dilemma game, it is important to guess others' behavior in a group.<sup>29</sup> From this viewpoint, the communication and the group identity can be interpreted as the way to bring the participants the good guess. The unanimous cooperation in a group is interpreted similarly, if we consider the unanimous cooperation as a signal of high cooperation of others in a group. This signal is weakened in a no-mobility condition as they interact repeatedly for a long time and have much information except the unanimous cooperation. In 0-yen-cost conditions, this signal is also weakened, as many participants move into the group. On the other hand, because, in the 20-yen-cost and 50-yen-cost conditions, the past information is a little and the noise with mobility is also low, the signal is clearer than in the 0-yen-cost and no-mobility conditions.

As for the future topics, we examine the difference between the 20-yen-cost and 50-yen-cost conditions and the 0-yen-cost and no-mobility conditions using some statistical test. In addition, it is needed to obtain the numerical information with which we know when the experience of the unanimous cooperation is realized in the cooperation run.

---

<sup>29</sup> Though the analysis is based on the trust game, we find the same comments in Bohnet and Croson [2004] and Eckel and Wilson [2004].



## Appendix

**Table 3: Cross Table**

		Non-random sequence of cooperation choices		
		Yes	No	Sum.
Unanimous Cooperation in a group	Yes	29	84	113
	No	10	111	121
	Sum.	39	195	234

Cramer's V =0.233,  $\chi^2=12.7$  (p-value <0.01)

**Table 4: Cross Table (20 yen costs and 50 yen costs)**

		Non-random sequence of cooperation choices		
		Yes	No	Sum.
Unanimous Cooperation in a group	Yes	25	50	75
	No	4	57	61
	Sum.	29	107	136

Cramer's V =0.325,  $\chi^2=14.3$  (p-value <0.01), Fisher's exact probability test's p-value <0.01

## References

- Bohnet, Iris, Rachel Croson 2004 "Editorial Trust and Trustworthiness" *Journal of Economic Behavior & Organization* 55 443-445.
- Eckel, Catherine C., Rick K. Wilson 2004 "Is Trust a Risky Decision?" *Journal of Economic Behavior & Organization* 55 447-465.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005a. "Decisions on the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 1." in this volume.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005b. "Performance of the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 2." in this volume.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005c. "Intentions in the Exit: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 3." in this volume.
- Fujiyama, Hideki, Jun Kobayashi, Yuhsuke Koyama, Hirokuni Oura. 2005d. "Decisions on Cooperation: Micro analyses of a Social Dilemma Experiment with Intergroup Mobility 4." in this volume.
- Gibbons, Jean Dickinson Gibbons, Subhabrata Chakraborti 1992 *Nonparametric Statistical Inference (3rd ed.)* 1992 Marcel Dekker Inc.
- Kollock, Peter. 1998. "Social Dilemmas: The Anatomy of Cooperation. *Annual Review of Sociology* 24:183-214.
- Takahashi, Nobuo 1992 *Keiei Toukei Nyuumon*, Tokyo Daigaku Syuppankai (in Japanese).

## Acknowledgement:

Authors thank Takashi Matsui for his comments on methods of tests. We also thank Jun Kobayashi, Hideki Ishihara, Kazuhiro Kagoya, Masayuki Kanai, Hideki Kamiyama, Naoko Taniguchi, Ryuhei Tsuji, Motoko Harihara, and Masayoshi Muto for their comments and support.

# ゲームにとって「移動」とは何か？

## －半繰り返しゲームの生成－

神山 英紀  
(法政大学)

### 【要旨】

この論文は、これまでにゲーム論に関連して論じられてきたプレイヤーの“移動(所属集団の変更)”について、その理論的位置づけを根本的に見直そうとするものである。まず、繰り返しゲーム理論の前提を確認し、移動を「戦略」と把握する他のパラダイムと対比させながら、それとは異なる、「半ば繰り返しゲーム」を創出するものとして移動を捉えるパラダイムを提示する。次に、実験データを紹介し、それらを「50回繰り返しゲーム」と「5回繰り返しゲームを10ゲーム続けて行う試行」との混合物として分析しながら、経験的分析の可能性における後者の優位を示す。

**キーワード:** 囚人のジレンマ, 実験, 移動, 所属集団, 繰り返しゲーム, 半繰り返しゲーム, 進化

### 1. 「移動」の戦略パラダイムとその限界

近年の囚人のジレンマゲーム (PD ゲーム) に関する研究では、プレイヤーが、他のプレイヤー (=ゲームの相手) を変更できるという設定で論じるものが散見される。それは各文脈によって、「ゲーム間の移動」・「ゲームからの離脱」・「ゲーム相手の指名」・「ゲームのネットワーク」等々として言及されているが、共通することは、通常の PD における「協力」・「裏切り」戦略に加えて、「移動する」・「移動しない」のように、この設定に基づく新たな戦略が想定されることである (林 1993), (石原・大浦・小林 2003) 等)。

いうまでもなく、「移動」と呼ばれるものをふくむ数多くの現象がこの現実世界には確かに存在している。しかし、もし、この「移動」を、ゲームの戦略として概念化してゆくなればすぐに限界にゆきつくようにおもえる。移動とは、論理的に言えば、少なくとも1名が、ある時点では(2名以上からなる)グループ  $A_t$  に属しており、それ以降の時点では他のグループ  $B_{t+1}$  に属することを意味する。さらに言外にグループ  $A_t$  と並行して別のグループ  $B_t$  がすでに存在していたこと、そしてグループ  $B_{t+1}$  と並行して  $A_{t+1}$  が存在していることもそれは含意する。したがって、もし、移動をゲームの戦略とみるなら、この4つのグループの、どれをどのようなゲームのプレイヤー集合とみなすかという問題を最低限、処理しなくてはならない。

この理論的問題については、A および B に属すメンバー全員をプレイヤーとして、繰り返しゲームが行われるという回答がありうる。この場合、「移動」は、(移動する, しない) × (協力, 裏切り) のような、複雑な戦略のなかに表現される。そして、もし移動が毎期おこるのでないなら、このようなプレイヤー全員によるゲームと、さらに、あるグループの選

扱が他のグループの利得に影響しないような利得関数をもつ小さなゲームとが、交互に繰り返されると考えるべきであろうか。しかし、この場合、（多数の選択肢をもってしかも繰り返す、このような特殊なゲームを想定することが果たして PD の問題への意義あるアプローチなのかという疑念は措くとしても、それとは別に、）「移動」を検討する意義自体も乏しい。この繰り返しゲームには理論上の新しさはなく、「移動」は、「バレーに行く」・「キッシュを食べる」等々と並ぶところの戦略のレッテルとなる。したがって、それに焦点をあてる理由は、ただ、日常語でいう「移動」が関わる、何らかの経験的現象の個別的な重要性に求められることになるであろう。

## 2. 「移動」の半繰り返しゲーム・パラダイム

「移動」をゲームの戦略とみなすとき、それをプレイするゲームの存在は暗黙裡に前提されている。しかし、戦略は、プレイヤー集合の確定があってはじめて想定でき、そして、先に述べたように、経験的に存在する「移動」をゲーム・モデルに取り込むにあたって、そこにどんなゲームが存在するかは、実はクリティカルな問題なのである。そこで、「移動という“戦略”と PD ゲームの関わり」を探求するのに先行して、「移動はどのような“ゲーム”を構成するか」という問題を考慮しなくてはならないとわかる。

そして、これについて考えるとき決定的に重要なのは、次の、繰り返しゲームについての初歩的知識の確認である。すなわち、均衡導出の手続を考えればわかるように、理論的には、「繰り返しゲーム」とは、あるゲームがプレイされる時、同一のプレイヤーによる（結果的にそれ以前の）同じゲームでどんな選択がなされたか互いに完全に知っていることを前提としたゲームということである (Taylor 1987=1995)。つまり、プレイヤーがある種の知識（記憶）をもっていると考えられるかが鍵であり、決して、時間的順序、あるいは「毎日」・「毎時限」といった慣習上・制度上の人為的区切りが本質なのではない。したがって、経験的に「移動」が存在しており、それをゲーム・モデル化しようとするばあいには、 $A_t$ ,  $B_t$ ,  $A_{t+1}$ ,  $B_{t+1}$ , … 等々に属するプレイヤーが、どの時点においてどの範囲の知識を持ちうると前提できるかによって、それをどのようなゲーム・モデルと考えるべきか決まる。

例えば、グループ間で完全に情報が共有され、それまでの選択を全て記憶できるとみられる状況では、先にみたような全体で1つの繰り返しゲームとしてそれを考えるべきである。また、移動のないまま各グループそれぞれで長期間の繰り返しがあるけれども、時折、大規模・無秩序に相互に移動する状況もありうる。このばあい、それまでの選択についてグループ間では無知であるという理由から、複数の同時並行する有限回の繰り返しゲームが存在し、時折それらは終わり、また新たに始まるというモデルが適当かもしれない。さらに、こう考えると、「繰り返し」ではない、1回限りのゲームとは、全員が「移動」して集まってゲームが始まり、プレイ後に全員がそこから「移動」して去るゲームと解釈できる。

しかし、ここで移動の語の中心的意味を考慮すれば、一部はそのグループに残存しつつ、一部だけが他グループに所属が変わる状況を想定しなくてはならない。このような状況でも、プレイヤーの能力・メンバーの総数・グループのメンバー数・“繰り返し”回数等によって、妥当なモデルがどのようなものであるかは変わってくる。けれども、これらの変数をうまく

調整すれば、各グループにおいて一部については以前にどのような選択をしたか知っているが一部については知らない、また、あるときは知っているがあるときには知らない、ことを前提としてプレイが“繰り返される”モデルを構築できる。このときには、移動の機会をばさんで、ある意味でゲームは繰り返され続けているが、ある意味では互いに独立したゲームが始まり終わっているともいえる。このような“半ば繰り返すゲーム”こそ、「移動」を導入して構築される特有のゲーム・モデルである<sup>(1)</sup>。

### 3.実験結果の分析

#### 3.1 実験の概要

半繰り返しゲームのパラダイムが理論上の実りをもたらす保障はないが、少なくとも、現実の諸現象をモデル化するとき指針を与える役割は果たせる。そして、単純化した現実であるところの実験の結果を説明するさいにも、有用な分析方針を提供できる。

ここで取り上げる実験のセッティングの詳細については、本報告書の他の論文等でも言及されているから、そちらを参照されたい。ここでは概略のみ述べる。実験は、計 14 回、4 種の条件のもとに行われた。1 回の実験（1 セッション）の被験者数は 16 あるいは 17 名であり、そのなかで被験者は 4 あるいは 5 名ごとに A~D のグループに属し、そのなかで PD ゲームを行う。利得は金額で表現され、C（協力）： $(\text{グループの C 選択者数} \times 40 \text{ 円}) / \text{グループ成員数}$ 、D（非協力）： $\{(\text{グループの C 選択者数} \times 40 \text{ 円}) / \text{グループ成員数}\} + 20 \text{ 円}$ である。ゲームは 50 回繰り返される（終了回がいつかは告知しない）が、5 回を 1 ラウンドとし、セッションによって、各ラウンドの終了後に被験者がグループを移動することを条件付きで認めた。条件は、「移動コスト 0 円」（2 セッション）、「移動コスト 20 円」、「移動コスト 50 円」（各 4 セッション）の 3 種があり、プレイヤーが移動するさいに当該金額を支払わせるものである。なお、残る 4 セッションは「移動不可」である。被験者が獲得した金額は、基本的にはそのまま謝礼として実験終了後に各人に支払われた。最初の教示の後で被験者は、LAN でつながれたコンピュータ画面の指示に従い、それを操作する形で実験は進められた。被験者は同じグループに属する者を特定できないが、一方で、（自分が属する以外のグループも含め）グループの成員数や協力率については刻々知ることができた。当然ながら、ラウンド終了などを知らせる画面上の表示は、異なる条件間でも極力類似させた。なお、この実験は、上に述べた半繰り返しゲーム・パラダイムにもとづく仮説の検証として企画されたのでは全くない<sup>(2)</sup>。

#### 3.2 移動の戦略パラダイムにもとづく基本的分析

##### 3.2.1 基本的分析

実験結果を、まず、「戦略パラダイム」にとって基本的とおもわれる観点からみる。全般的にみて、（同一条件下でもかなりバラつきがあるが）少なくとも、移動可能な諸条件が「移動不可」に比べて協力率が高いとはいえず、獲得金額が大きいともいえないようにみえる。そこで、より詳細に、第一に、プレイヤーの協力率と移動率の関連について、第二に、プレ

プレイヤーの協力および移動についての選択が獲得金額に与える影響について分析しよう。

### 3.2.2 協力率と移動率の関係

まず、移動条件ごとに実験データを統合し、プレイヤーの平均協力率と平均移動率の関連を散布図に表現する。戦略パラダイムの詳細が何であれ、移動とそして協力の選択をプレイヤーの戦略とみるかぎり、個人を単位とする協力率と移動率は基本的変数として取り上げるをえないしその関連も無視できない。しかし、どの散布図においても特別な関連はみられない（相関係数は、移動コスト0円、20円、50円でそれぞれ、 $-0.16$ 、 $0.14$ 、 $0.16$ ）（図1-1～1-3）。むしろ2変数に関連がみられないとき“擬似無相関”を疑うことはいつでもできるが、この実験のばあい、他の諸変数（たとえば各小グループの集団規模や協力率）は協力率と移動率の双方に影響を与えている可能性があり、それらを統制しつつ恣意性を抑えて解析することは困難である。サンプルの数が少なくはなく、他の変数が平均されている可能性を考慮すれば、移動“戦略”と協力戦略の関連を展望するさいの、最も重要な結果とみなしてよいであろう。

図 1-1

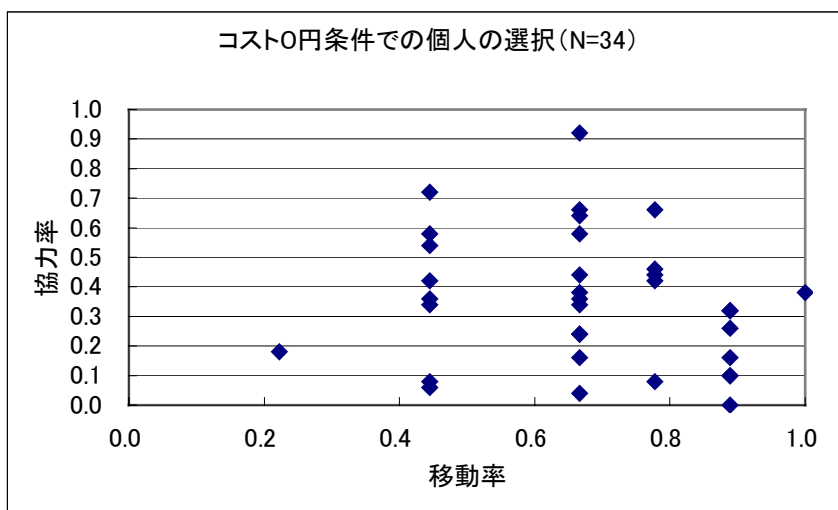


図 1-2

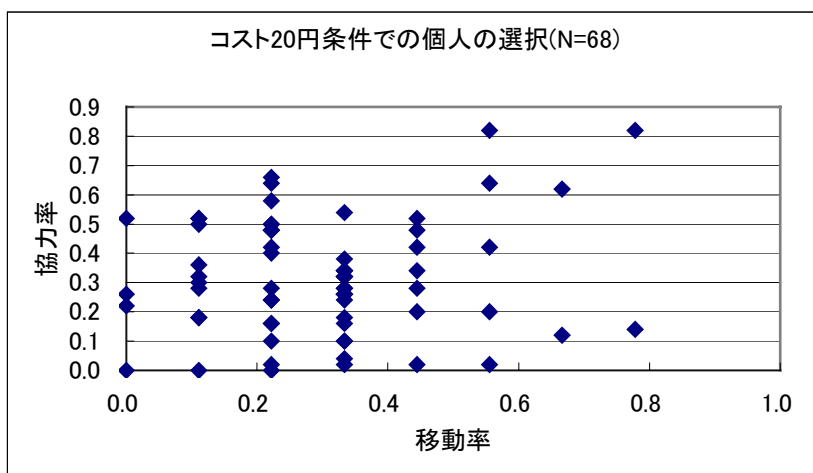
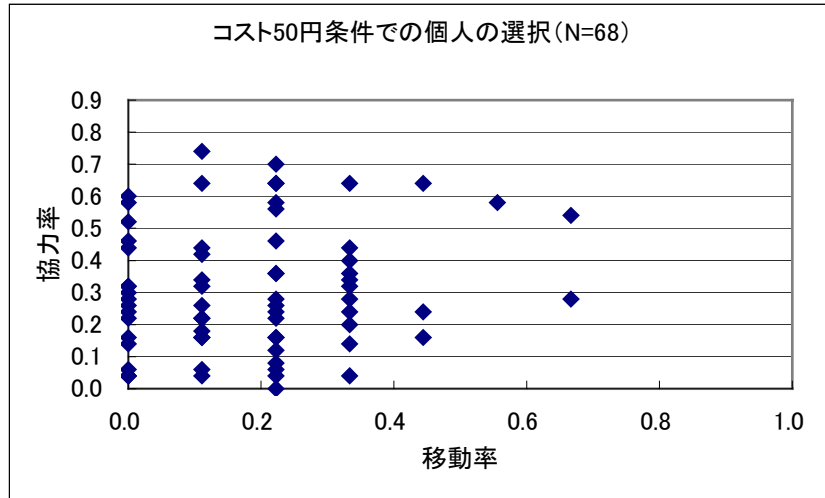


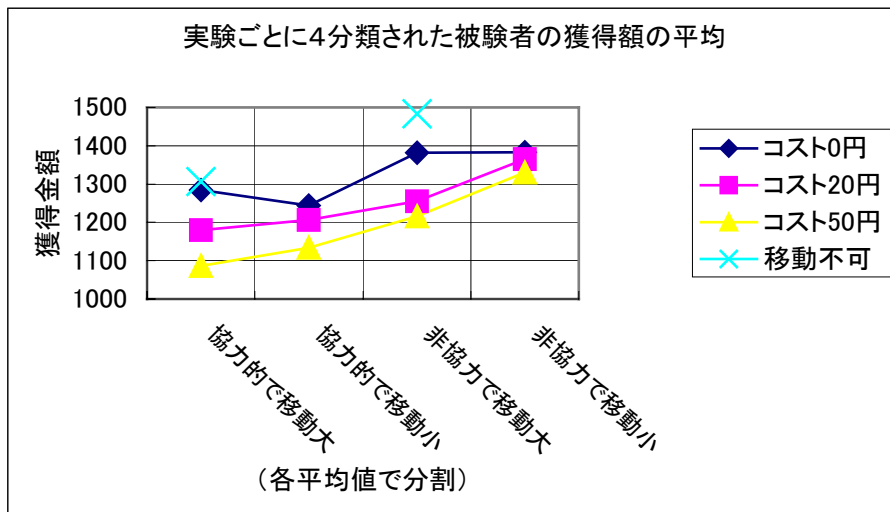
図 1-3



### 3.2.3 協力・移動の選択と獲得額の関係

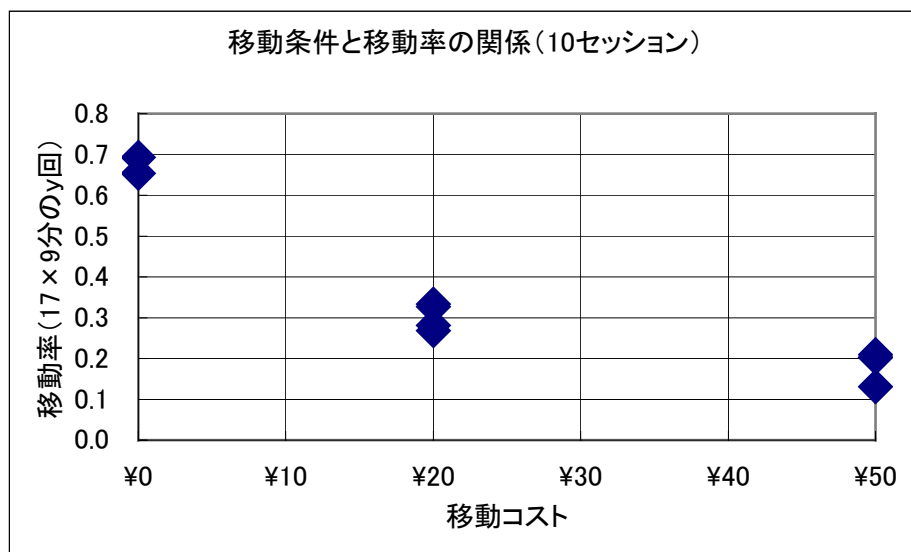
次に、NPD に移動を導入したことで、移動するほうが、そして協力するほうが、より多くの利益を得られるようになったか調べる。もしこの実験に“プレイヤーの進化”を読み込むなら、“諸変数が統制されたときの結果”ではなく、“正味の損得”こそ、問われるべきものである。図 2 は、各セッションにおいて協力率および移動率の平均値によってプレイヤーを 4 分割し、分割されたグループごとに獲得額を平均した後、さらに移動条件ごとに獲得額を平均した結果である。これをみると、通常の NPD 実験と同様、協力率が高いほど獲得額が小さい傾向が一般的にみられ、また移動にコストがかかるときには移動率が高いほど獲得額が小さい傾向がみられる。また、移動ができない（移動不可）セッションにおいて協力的である場合、他のどの移動条件の協力的プレイヤーより大きな獲得額を得られ、非協力的である場合、他のどの移動条件の非協力的プレイヤーよりも大きな獲得額が得られる。したがって、この実験の設定では、移動が可能な NPD 状況にいることは、それが無い通常の NPD 状況にいるよりもプレイヤーにとって一般に不利であり、さらに移動が可能な状況のなかにあ

図 2



っては、より移動するプレイヤー、より協力するプレイヤーが、他のプレイヤーに比べて不利なことが多いといえよう。

図 3



### 3.2.4 まとめ

ここで戦略パラダイムと呼んだ何らかの言述の体系があったとして、それに反証可能性をもたらす実験結果についての何らかの予測が、事前に明確に与えられていたわけではない。そのため、上の分析が戦略パラダイムの可能性を否定するのに最も有効なものであると主張することはできない。しかし、この実験の分析にあたって、「移動」をゲームの戦略とみてPDゲームとの関わりを探求する方針の行き詰まりは、これだけでも十分に理解されると確信している。

なお、これも実験の基本的なデータの1つであるが、移動が可能な10セッションにおいては、移動コストが低いほど平均移動率が高い傾向は明瞭にみられ、しかも移動条件ごとに特定の移動率の値にセッションが集中していることが分かる(図3)。実験は、それ自体としては十分に正確におこなわれ、また各セッションにおける被験者の差異の影響も限定的であったことの証左の1つである。

## 3.3 半繰り返しゲーム・パラダイムによる分析

### 3.3.1 半繰り返しゲーム・パラダイムによる分析方針

次に、「半繰り返しゲーム・パラダイム」にしたがい、以下のような仮定を導入し、実験データの諸側面を説明する。(1)移動が全く自由なとき、プレイヤーは自分の属すグループ以外も含め全員の選択を知り記憶する。また、自分の選択はそれら全員に知られ記憶されると考える。(2)移動の可能性が全くないとき、プレイヤーは自分が属すグループの選択のみを知りそれらのみ記憶する。また、自分の選択は同じグループのプレイヤーにのみ知られ記憶さ

れると考える。(3)移動の可能性が大きいほど、プレイヤーは自分が属さないグループのプレイヤーの選択について、よりよく知ろうと努めよりよく記憶する。また、自分の選択は、その人々によりよく知られ記憶されると考える。ここから、次が導出される。「移動の可能性が限定的であるとき、自分のこれまでの選択を知らず、また自分もその人々の選択を知らないようなプレイヤーがいくらか存在し、そのような人々とともに実際にゲームをプレイしていると考えることがある(半繰り返しゲームの生成)。」

上の説明によって「半繰り返し」の意味を理解するのは必ずしも容易でないかもしれない。その場合には、理論的厳密性はさらに欠くが、次のように直感的にも理解できる。先にみたように、人々が集まったときにゲームははじまり、その人々が散開したときそこでゲームは終わる。たとえその直後に同じ場所で同じゲームが行われたとしても、そのプレイヤーが先とは別の人々であるならば、そのゲームは、最初にプレイされたゲームが“繰り返された”ゲームではない。単に時間的順序にしたがってあるゲームの後に引き続き、別のゲームが行われただけである。では、もし、ゲーム開始後のある時点で、一部の人間はどこかに去ってしまうが一部の人間は残り、そして去っていった人々の代わりに、いままでゲームに参加していなかった人が新たにそこに加わったならば、それはどのようなゲームと考えるべきか。繰り返しゲームとしてゲームが続いているわけではないが、一方で、前のゲームは完全に終わり全く新しくゲームが始まるというわけでもない。ゲームは、そこで、“半ば”終わり“半ば”新たに始まるのである。逆にいうと、ゲームはその人々の入れ替わりの前後で“半ば”繰り返された、ということもできる。このようにして、移動によって、半繰り返しゲームが生成すると考えられる。もちろん、複数の集団が同時並行的にゲームを繰り返しており、そこに所属する人々が互いに入れ替わるという形の移動でも、半繰り返しゲームが生成する可能性がある。さらに具体的にこの実験の設定に即して言い直せば、次のようになる。この場合の「半繰り返しゲーム」とは、「半-50回繰り返しゲーム(=半-10ラウンド繰り返しゲーム)」を意味する。それは、通常の「50回繰り返しゲーム」と、「5回繰り返しゲームをただ10ゲーム次々に行う試行」との間に存在するものなのである。

ところで、類似する先行実験の結果から、次は広く知られているので、ここでも分析の前提とする。すなわち、一般にPDの繰り返しでは、初回には相当な高さの協力率が観察されるものの、回を繰り返すにしたがってそれは低落し、ゼロに近づく。例えば、M.D.デービスは、PDゲームに関して行われた初期(1960年前後)の実験の結果を概観し、50回繰り返しゲームにおいて前半よりも後半により非協力的になる傾向、また、ゲームの進行につれてより非協力的になる傾向を指摘している(Davis 1970=1973)。また、A.ラポポートは、繰り返しゲームにおける1回目から2回目にかけての協力率の減少(initial decline effect)や、終了回における非協力の増加(end effect)を1960年代の論文ですでに指摘している(Rapoport 1966)。

### 3.3.2 移動条件により異なる協力率の推移の説明

さて、このような見方により説明される実験結果を順次みてゆこう。

その1つは次である。移動条件ごとにデータを統合し個人平均協力率(4つのグループではなく17あるいは16の個人を単位として平均した協力率)の時系列的な推移をみると、そ



れらは、概して2つの傾向の合成と分かる。1つは、50回（10ラウンド）を通じての低下トレンドであり、もう1つは、1ラウンド5回ごとにみられる周期的低下およびそれに伴う各ラウンド初回の急上昇である。しかしながら、2つの傾向のどちらが明瞭かは条件ごとに異なり、前者の傾向がほとんどみられず後者が著しいのは、「コスト20円」の場合である。逆に前者がみられ後者が曖昧なのは「移動不可」である。そして「コスト50円」はこれら2条件の中間的な波形である。一方で、「コスト0円」は、部分的には周期的低下・急上昇もみられるものの、全体的な低下トレンドがあるところは「移動不可」と似ている（図4-1～4）。先述のように、繰り返しゲームは初回の協力率が高く、回の進行とともにそれが低下することをふまえると、この結果は、次のように理解できる。すなわち、移動条件における両極は（「コスト0円」の方では“揺らぎ”がみられるが）、一方は4人からなる4つの、他方は17人からなる1つの、50回（10ラウンド）繰り返しゲームであり、そして、「コスト20円」および「コスト50円」は、そのような50回繰り返しゲームと、それに並存する4グループによる5回有限繰り返しゲームとの混合と解釈すべきなのである。すなわち、移動にコストがかかるとき、限定的な移動があり、そこで半繰り返しゲームが生じるのである。

図 4-1

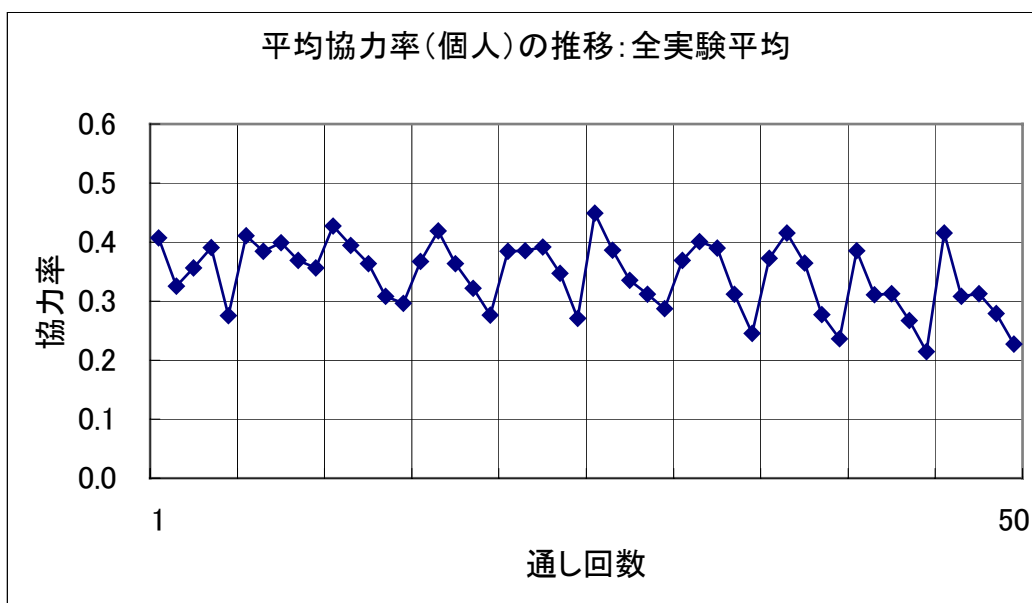


図 4-2

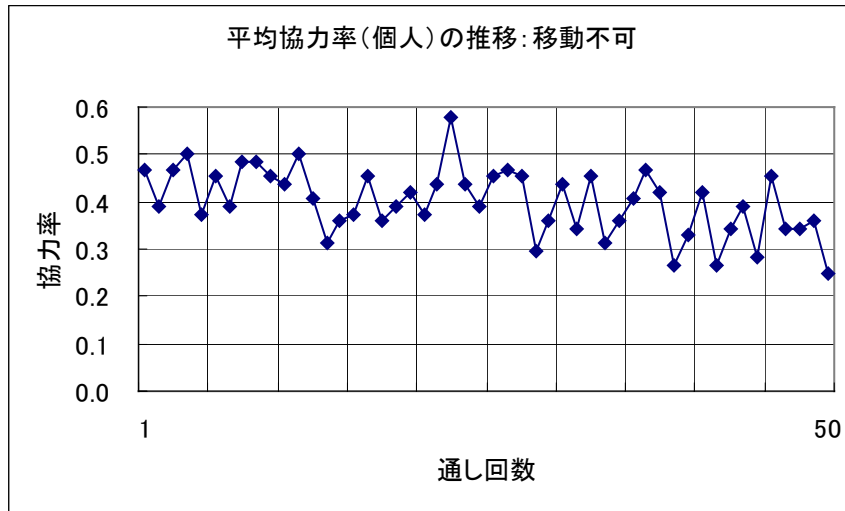


図 4-3

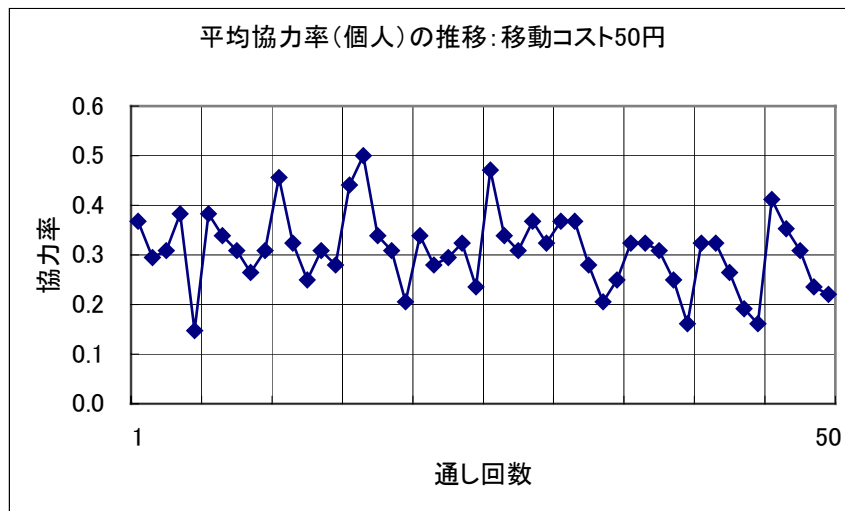


図 4-4

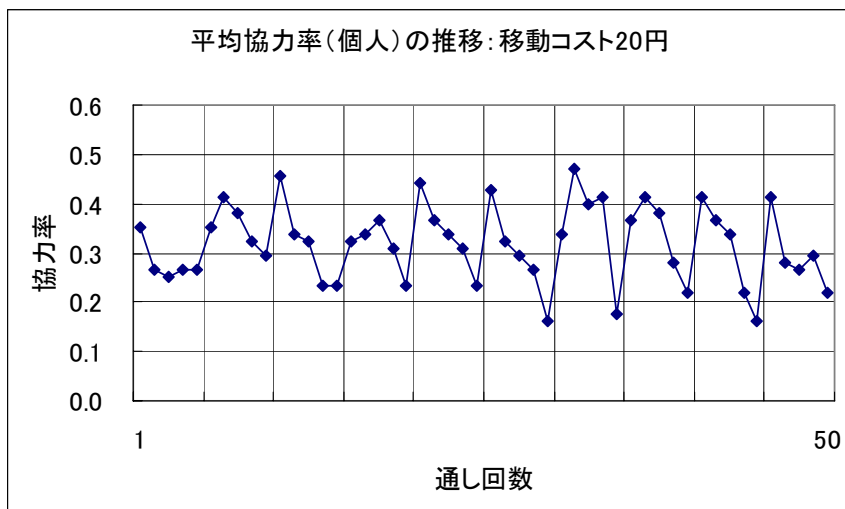
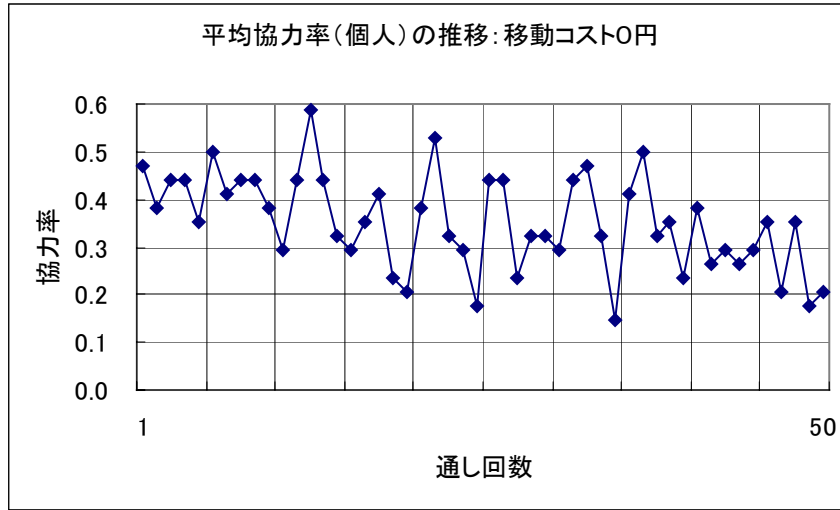


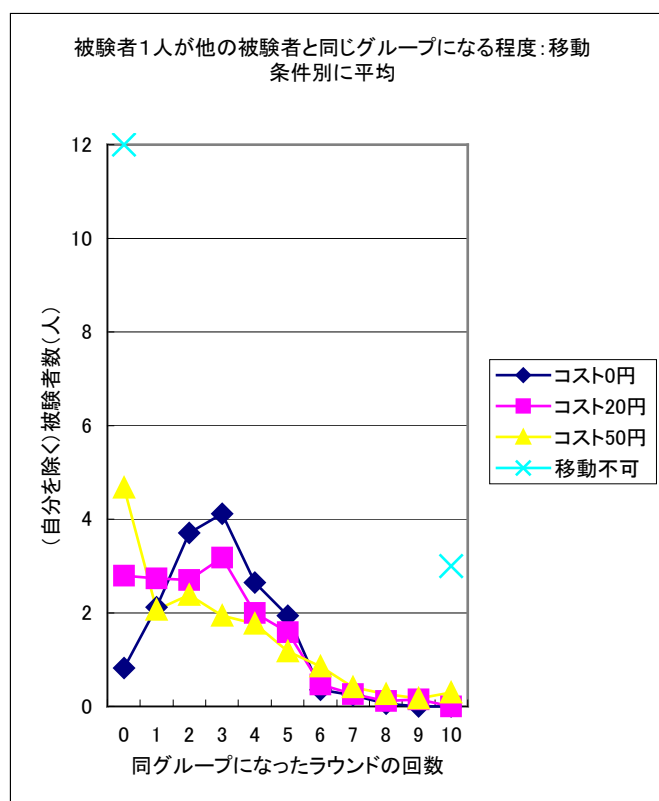
図 4-5



いまのことを補足しつつ分かりやすくいうため、次の疑問に答えることを考えよう。すなわち “「移動不可」から「コスト 50 円」「コスト 20 円」となるにしたがって、50 回全体を通じての低下トレンドは消え、代わってラウンドごとの周期的変動が顕著になるが、なぜ、「コスト 0 円」になると、再び「移動不可」に似た傾向が現れるのか” という問題である。図 5 は、「被験者 1 人が他の被験者と同じグループになる程度」を、移動条件ごとに平均して示したものである。つまり、あるセッションにおけるある 1 人の被験者に焦点をあてるなら、移動が可能なとき、その人は、ある被験者とは何度も同じグループに属して共にゲームをプレイするが、別の被験者とは一度も同じグループに属することはないということがありうる。むしろ、移動できない条件にあっては、ある 3 名とは 10 ラウンド全てを共にし（図の右下の×印）、残りの 12 名とは 1 ラウンドもグループを同じくすることはないのである（図の左上の×印）。この図をみると、コスト 50 円、コスト 20 円の条件では、同じグループになったラウンドの回数の分散が大きいことが分かる。これは、直感的ないいかたをすれば、これらのセッションでは、自分にとって身近な人と、疎遠な人との双方が（誰にとってもお互いに）存在したということである。それは、自分の「所属するグループ」が被験者に意識されながら移動がなされたことを意味する。このとき、自分の所属グループから自分あるいは他の被験者が移動して去ることは、ある程度（半ば）ゲームがそこで終わることを意味する。そして他の被験者が移動してきて自分の所属グループに加わるあるいは自分が移動して他のグループに所属することは、ある程度（半ば）、そこから新たなゲームが始まることを意味するのである。一方で、コスト 0 円の場合には、「同じグループになったラウンドの回数」の分散が 3.5 回を頂点とする 1 つの山になっている。これは、他の条件と比較すると、同じセッションの誰とも、“平均的な親しさ” で交わっていたことを意味する。実際、コスト 0 円のときの移動率は 0.6 を超えており、このような状況では、あるラウンドで自分がプレイしているグループを、自分の所属グループとして認識する余地は非常に少なかったと推測で

きる。このときは、いうなれば、セッションに属する全員が同じ1つのグループに属していたとも解釈できる。そして、グループ間の横の仕切りが消失するときには、移動チャンスによる縦の区切りも消失に向かう。この時間軸上に存在する区切りは、所属グループ間の変更があればこそ実質的な意味をもつのである。全員が同じ1つのグループに属すと認識されているとき、「移動」にゲーム理論上の意味はなく、したがって移動チャンスの前後でもゲームは変わらず繰り返されていると考えられるのである。この見方に誇張があるとしても、このような認識が多くの被験者に広がるなか、コスト0円の条件では、17人全員による50回繰り返しゲームとしての側面が現れるようになったと考えられる。そして、その協力率の波形は当然、移動不可の4人による50回繰り返しゲームの波形に近づく。ただし、おそらくは集団規模の効果により、移動不可の場合よりもその低下トレンドはさらに急である。

図5

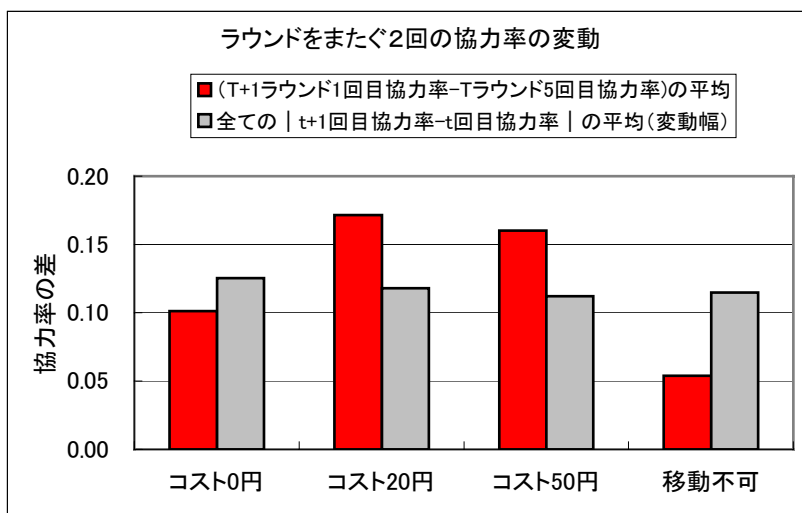


### 3.3.3 移動チャンスをはさむ協力率の変化についての説明

2番目に、上のこととも関連するが、移動チャンス前後の協力率についてさらに踏み込んでみてゆこう。図6は、ラウンドをまたぐ2回の協力率の変動をみたものである。黒の棒は、 $T+1$ ラウンド1回目の個人平均協力率から移動チャンスをはさんだ直前の $T$ ラウンド5回目の個人平均協力率を差し引いたものの、移動条件ごと(9ラウンド×4セッション(コスト0円は2セッション)=36回(18回))の平均である。ただし、連続する2回の協力率の変動幅には移動条件による一般的な差異があるかもしれないので、全ての $t+1$ 回目の協力率

と  $t$  回目の協力率の差分の絶対値を平均してグレーの棒で示した. どの移動条件であっても, 協力率はラウンドをまたぎ上昇するが, コスト 20 円およびコスト 50 円におけるその上昇幅は, 移動不可のその 3 倍かそれ以上である. コスト 0 円の上昇幅と比べた場合も, 5% 以上の開きがある.

図 6



移動条件間のこの差異は先の説明から理解できるとおもわれるが, 移動可能なセッションにおいて, このようにして得られた協力率の変動は, そこで「移動した人」の移動チャンス前後における協力率と, そこで「移動しなかった人」のそれとを平均したものであることに注意する必要がある. いま, この移動チャンス前後の協力率の変化を, そこで「移動した人」と「移動しなかった人」とに分解して示せば, それは移動条件ごとに図 7-1~3 のようになる. これによれば, 移動チャンス前後の協力率の上昇は, そこで「移動しなかった人」よりも「移動した人」のほうが明確に大きい(「コスト 0 円」と「コスト 50 円」)か, あるいは同じ程度(「コスト 20 円」)ということが分かる.

図 7-1

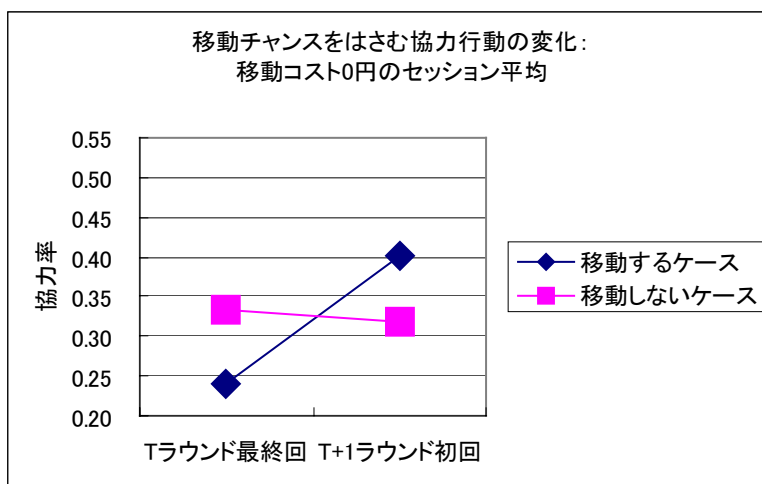


図 7-2

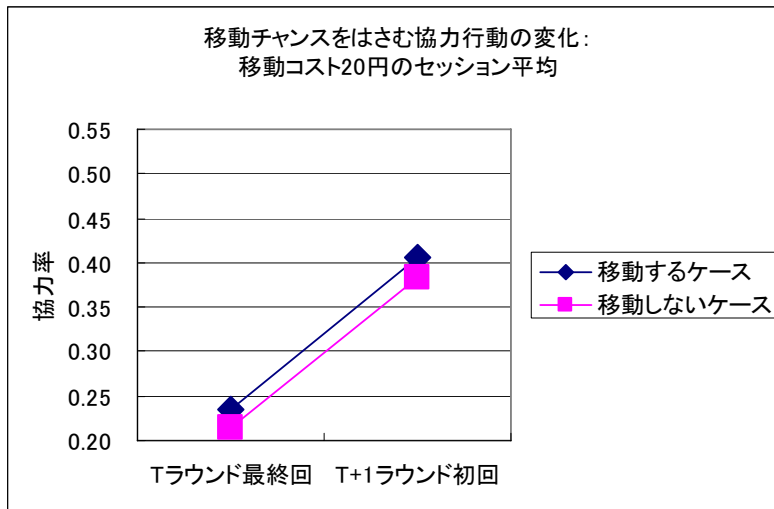
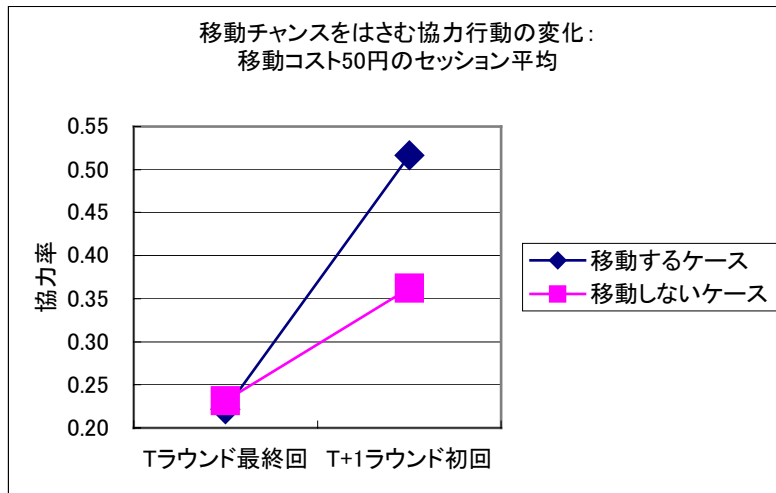


図 7-3



半繰り返しゲームのパラダイムからすれば、このような傾向は次のように説明できる。移動の可能性がいくらかあって所属集団を意識できるとき、移動によって身近な人と離れ、疎遠な人と新たにゲームをプレイする可能性が高まる。しかし、その可能性の大きさは、実際に「移動した人」と「移動しなかった人」とでは異なる。というのも、「移動した人」は、いままで共にゲームをプレイした身近な人々の多くから離れ、多くの疎遠な人々と新たにゲームをプレイすると想像する。一方で、「移動しなかった人」は、移動チャンスをはさんでその後も、「移動した人」に比べればより多くの身近な人々とゲームを続けていると想像するであろう。これによって、移動チャンスをはさんで、どの程度ゲームが終わりどの程度

ゲームが新しく始まるのか、逆にいえば、どの程度それが繰り返しゲームであるのか、その程度が、「移動する人」と「移動しない人」とでは異なるのである。そして、もちろん、そこにゲームの終わり始まりを認める人のほうが、繰り返しゲームの終了そして開始にともなう行動をするのである。

この理解はまた、移動直後における両者の協力率の差が、「移動コスト 50 円」では 15% 以上あるが、移動率のより高い「20 円」ではほとんどなくなることの説明にもなる。すなわち、移動の稀な「50 円」の条件でこそ「移動する人」と「移動しない人」の非対称性は鮮明になるのである。グラフの他の特徴についてはここで紙幅をとることは避けたい。しかし、移動コスト 0 円のときは先に述べたように、移動チャンスでの区切りのない 50 回繰り返しゲームに近くなること、そして、将来の行動の可能性に左右される移動チャンス直前の協力よりも、実際になした行動に左右される移動チャンス直後の協力のほうが、移動の影響をより受けやすいであろうという推察を加えて考えれば、グラフに示された結果は全て理解の容易なものにみえる<sup>(3)</sup>。

### 3.3.4「協力戦略と移動戦略の関連」についての疑問、そして「協力戦略」への疑問

これらの分析から、協力と移動に関して 2 つのことがまず推測できる。第一に、これまでみたように、セッション間の協力率の比較においては“50 回を通じた低下トレンドが顕著なもの”と“ラウンド毎の周期的変動が顕著なもの”とがあったが、同様に、あるセッション内の個人間の協力確率の比較においても、前者のパターンに近い者と後者のパターンに近い者とが存在するであろう。そして、当然ながら、ラウンド毎に周期的に協力確率を変動させている個人ほど、移動回数が多い傾向であろう（逆にいったほうがわかりやすい、「移動の回数が多い個人ほど、協力する確率をラウンド毎に周期的に変動させるであろう」）。注意すべきは、このように個人のレベルで協力行動のパターンと移動行動との関連がかりに見出されても、次のように考えなくてはならない理由はないということである。つまり、各被験者は（Tit-for-Tat や Trigger のような）協力行動についての戦略と、そして移動行動についての様々な戦略を潜在的傾向として内在させており、さらに、協力行動についてのある戦略と移動行動についてのある戦略とが個人の内ですべて結びついており、それらの発現として、両者の関連が実験で観察されたと考える必要はない、ということである。

半繰り返しゲーム・パラダイムはより自然な解釈を与える。つまり、被験者が個々に異なる移動戦略をもっているのではなく、被験者は、一般に、自分が移動する前には非協力の選択をする傾向があり、移動した後には協力の選択をする傾向があるのである。それは、有限繰り返しゲームの最終回には非協力を、初回には協力を選択するという、いままでによく知られている傾向の反映である。そして実験のなかで移動の可能性が与えられれば、多く移動する者と少なく移動する者があるのは当然であり（移動回数が皆同じならむしろ説明を要する）、結果、移動の多い個人ほど、協力する確率をラウンドごとに周期的に変動させるのである。

日本人から数百人のサンプルを取り出し、8 月に“ビールを飲んだ回数”と“枝豆を食べた回数”とを尋ねたとしよう。すると、「ビールを飲んだ回数の多い個人は飲んだ回数の少

ない個人に比べて、枝豆を食べた回数が多い傾向」が観察できよう。これは確かに事実ではあるが、その事実に注目すること、あるいは、「なぜビールをよく飲む人は枝豆をよく食べ、ビール飲まない人は枝豆を食べないのか？」などと問うことには意味がない。この場合、一般に、夏にビールを飲むという行動は枝豆を食べるという行動に関連しており、かつ、ビールを飲む回数に関しては、当然ながら多い人も少ない人もいるために、そのような観察がなされると考えるべきである。（なお、この指摘は、“ビールに対する嗜好”が、遺伝的な体質によるのか、文化的に獲得されたものかという論点とは関係がない。一般的な諸行動の関連を、個人間の差異に還元して解釈する必要性への疑問である。また、この指摘は、「“ビールに対する嗜好”は偶然的なもので個人間の差異は一切ない」という主張を含んでもいない。ある年の夏にビールを多く飲む人は翌年の夏にも多く飲むかもしれない。同様に、ある実験で協力的な人は他の類似の実験でも協力的であるかもしれない。しかし、行動間の関連を解釈するとき、その関連が強い人と関連が弱い人とが存在すると考えなくてはならない理由はない。）

さて、第2の推測は、協力の時系列的な変動ではなくて、個人の平均的な協力率と移動率に関することである。いまいちど図 7-1~3 をみれば分かるように、移動チャンスをはさんだ協力率の変化は、先に述べたように、確かに、全体的には、「移動する人」は「しない人」に比べ移動チャンス前に協力率が低くその後に協力率が高いようにみえる。しかし、その差異の程度を比べてみれば、「コスト 0 円」の場合を除いて、前者の違いは後者の違いに比べて小さくみえる。したがって、移動チャンスの前後を平均すると、「移動する人」は「しない人」よりも若干協力率が高くなるかもしれないと推測できる。そして、ほとんどのセッションでは、自明に、あるラウンドの2回目以降の協力率はラウンド1回目の協力率に関連している（自己相関がある）から、移動はラウンド初回の協力率の上昇を通じて全体の協力率を若干高める可能性がある。このことは、先に「戦略パラダイム」による分析をみたときに、移動コスト 20 円・50 円の条件において、移動率と協力率との間にごくわずかながら正の相関があったことと整合的である。もちろん、ここでも先と同じことを指摘できる。移動率と協力率との関連をかりに見出すことができたとしても、移動についての戦略というものを個人は持っており、それが協力に関する戦略と関連していると考えerる必要はとくにない。

関連してもう1つ付け加えておこう。この実験の結果の解釈として、「移動戦略」を想定する意義の乏しさをこれまで主張してきたが、実は、「協力戦略」を想定する意義もまた疑問である。協力戦略については、“Tit for Tat”や“Trigger”，“all D”，“all C”など、様々な種類と名称がこれまでに考えられており一般に馴染み深い。今回の実験結果をこの種の戦略を介して理解しようとするときの問題はいくつも考えられる。しかし、そのうち、「実際に観察された被験者の選択からプレイヤーが潜在的にもつ戦略を推定するときの原理的な困難」、あるいは「そうして帰納的に得られた諸命題は当然ながら実験結果の説明において無力である」等の問題については、紙幅をとって訴える必要もないであろう。ここでは、先に2で述べたことを、より具体的ないいかたで繰り返しておきたい。すなわち、もし協力戦略を推定することができ、そうするとしても、そのための前提として、やはり、半繰り返しゲーム・パラダイムを受容する必要があるのである。それは、“Tit for Tat”や“Trigger”を



例とすれば分かるように、繰り返しゲームの多くの戦略は繰り返された回数に基づいて定義されているが、その回数は、当然、それがどのようなゲームであるかに依存するからである。例えば、実験の移動不可のセッションは、理論的には「終了回の知らされていない 50 回繰り返しゲーム」とみなすほかなく、また、（よく考えると実はこれは論理が転倒した見方だが、それはともかく）先にみたように観察データ上からいっても、そうみなしたほうが自然なアプローチとなる<sup>(4)</sup>。したがって、移動不可のセッションでは、第 1 ラウンドの 1 回目だけが、繰り返しゲームの初回を意味する。一方で移動コストがある場合はどうか。こちらは、観察データから（やはり本当は論理が転倒しているがそれはともかく）各ラウンドの 1 回目をそれぞれの繰り返しゲームの初回とみなしたくなるかもしれない。しかし、それならば、もし、「移動コスト 100 円」のように、ほとんど移動が生じない条件のセッションを行った場合にはどう考えればよいのであろうか。ようするに、“Tit for Tat” や “Trigger” のような協力戦略の概念を用いて実験結果を理解したいなら、それが半繰り返しゲームである可能性も含め、どのようなゲームなのかをまず理論的に考えざるを得ない。

ところが、一旦、半繰り返しゲーム・パラダイムを受容するなら、みてきたように観察される協力率の変動はそれだけで概ね説明でき、協力戦略の概念からあらためてアプローチする余地はほとんどないとおもえる。残るのは「繰り返しゲームの初めは協力率が高く終わりは低い」という以前からよく知られている傾向のみであり、これを戦略の概念を用いて表現し直しても発展性に欠ける。「日本人のビール消費量の夏から秋にかけての減少」を観察したとき、それを「一年を通じて一定量のビールを飲む人」・「ビールを飲むことが全くない人」・「気温の高低に応じてビールを飲む人」の 3 種類の人口割合として表現し直すことはもちろんできる。しかし、この場合、ビール消費量に一般的に関連している変数ははじめから明確である。このような類型化が有意義になるのは、ただ、「その関連の強さには個人差（連続的差異や両極への偏りなど）もあろう」という通常の推論が、観察事実から不適當といえるときだけである。

### 3.3.5 協力率が上昇する 2 セッションの説明

半繰り返しゲーム・パラダイムに基づく実験結果の説明の 3 つめとして、2 つのセッションの個人平均協力率の推移を示そう（図 8-1,2）。実験 D-1 と名付けられているセッションは移動条件がコスト 20 円であり、実験 16-1 は移動コスト 50 円である。これらは他の 12 セッションと異なり、少なくとも一部について明確な協力率の上昇トレンドがみられる。この実験は PD ゲームに関するものであるから、いうまでもなく、一部のセッションとはいえ、このような協力率の上昇トレンドがみられたなら、それをどのように評価するかは重要である。

図 8-1

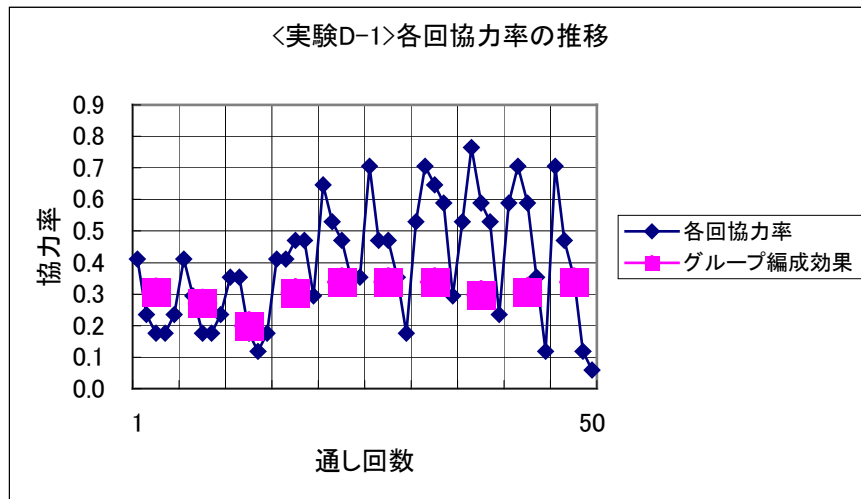
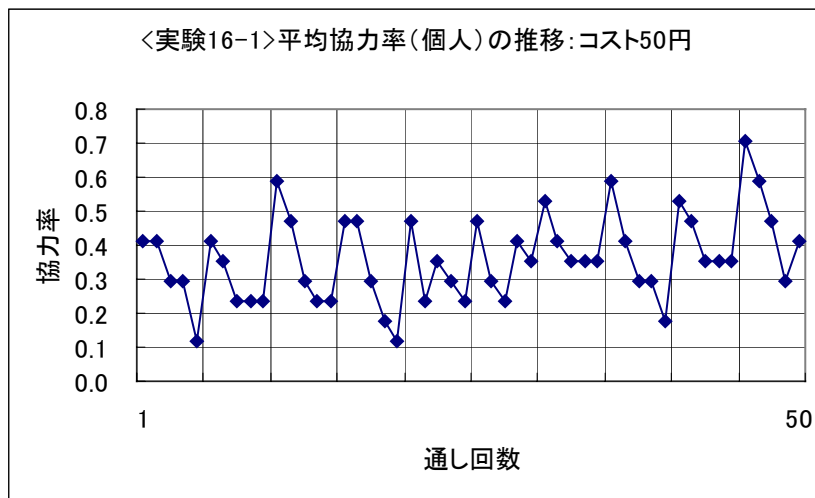


図 8-2



まず、この上昇が必ずしも「グループ編成効果」ともいべき効果によるものではないことを述べておこう。この報告書の他の論文でも指摘されているように、一般に、個人の協力率は、その個人が属するグループ（A～D のグループ）の集団規模の影響を受ける。よく知られているように、小規模集団では協力率が高くなり、大規模集団では協力率が低くなる。17人を4分割して4グループをつくる場合、小規模集団ができればそれだけ他に大規模集団ができる可能性が高くなるから、17人の平均協力率を出せば、ある程度、集団規模の効果は相殺される。しかし、その影響が全くなくなるわけではなく、規模の異なる集団の組み合わせにより、平均協力率が高くあるいは低くなる。たとえば、2人、2人、6人、7人の4グループからなる集団の編成よりも、4人、4人、4人、5人の集団編成のほうが平均協力率は高くなるのが他のセッションも含めた結果から予想できるのである。そこで、実験 D-1 については、同時期に実施した他の5セッションの結果も利用し、グループ編成効果の大き

さを調べることにした。その手順は以下の通りである。まず、6セッションに存在したグループの全てについて集団規模ごとに分類し、それぞれの平均協力率を算出した。次に、実験D-1がどのようなグループ編成で推移したかを調べ、それぞれのグループの規模に応じて、先に算出した平均協力率を代入した。その後改めてこのセッションの平均協力率を算出した。この推移は図8-1において■の印で示されている。しかし、図からわかるように、このグループ編成効果では、3ラウンドから4ラウンドにかけての協力率の上昇は説明できるものの、その後の5ラウンドから7ラウンドにかけての上昇については説明できない。

では、あらためて、この上昇はなぜ生じたのか。半繰り返しゲーム・パラダイムからすれば、注目すべきは、問題となっている50回を通じてのトレンドと対照されるところの、ラウンド内での協力率の推移である。そして、その点に関しては、両方の実験とも、明確でしかも大幅なラウンド内での下落が繰り返しみられることにすぐに気付くであろう。それは、多くの被験者にとって、この実験の状況は、ラウンドごとに5回繰り返しゲームが終わりそして始まっている、それらがただ次々に行われていると認識されていることを意味する。そうであれば、ラウンドの初回は5回繰り返しゲームの初回の選択となる。そして、繰り返しゲームの初回は、協力率が高く、また、それはそれ以前の協力率の影響を受けないため、ある範囲内でよりランダムな大きさに決まると推論できる。（したがって、あるラウンドの5回目と次のラウンドの1回目とを実線でつないでしまっているこの図の表現は不適切ということになる。）各ゲームの初回の協力率がランダムであれば、それらが、たまたま順次大きな値となってゆくこともある。もちろん、小さくなってゆくケースもあろうが、それらは、ここに取り上げられていないのである。大きくなることもあれば小さくなることもあるから、それらを平均すれば、先にみたように、協力率の時系列的な変化は非常に小さくなるのである。

### 3.3.6 重回帰分析によるパラダイムの妥当性の確認

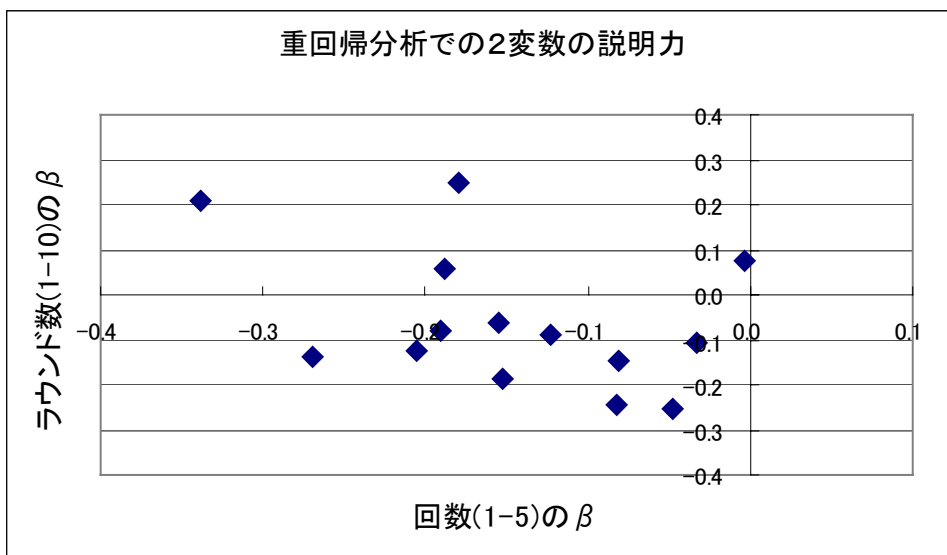
これまでの議論からすでに明らかになっているとおもうが、この実験に半繰り返しゲーム・パラダイムをあてはめるとき、それはあるセッションを、半50回繰り返しゲーム（＝半10ラウンド繰り返しゲーム）として理解しようとしているのである。すなわち、一方には、50回繰り返しゲームがあり、他方には、5回繰り返しゲームを10回ただ次々に行う試行があり、多くのセッションはその間に位置づけられると推測しているのである。そして、それぞれのセッションの「位置」は、プレイヤーの移動率に影響されるはずであり、その移動率は先に述べたように移動条件とほぼ一意的な対応がある。したがって、セッションの「位置」は移動条件に影響される、いいかえれば、それぞれのセッションの、50回繰り返しゲームと、5回繰り返しゲーム10回試行との「混合比率」は、移動条件に左右されると考えられる。

これらを確認するため、1実験に $4 \times 50 = 200$ 程ある「ゲームの協力率」を従属変数とし、「集団規模」・「各ラウンドにおける回数（1～5ステージ）」・「ラウンド数（1～10ラウンド）」を独立変数とする重回帰分析を実験ごとに行う。「集団規模」を独立変数として取り入れたのは、それが協力率に大きな影響を与えることが分かっており、この効果を除いた他の2変数の協力率への影響を比較するためである。それぞれの独立変数と従属変数との関

連についていえば、各変数が大きくなるにつれ協力率が低下する傾向を確認できる。ただし、集団規模と協力率の関係については、規模がかなり大きいところでは一このような規模のサンプルが少なかったためと考えられるが一単回帰直線からはかなり乖離する。それをふまえた上であるが、重回帰分析を実施すると以下のことが分かる。

導出された回帰式の標準化係数を比較すると、まず全体として、説明力における「全ラウンドを通じての低下トレンド」と「周期的低下（その後の急上昇）」との間のトレード・オフがみられる。それに加えて、「移動不可」では前者が相対的に優越するが、移動コストが安くなるほど、（不安定さをみせながらも）後者が優越するようになり、「コスト 0 円」では、再び、前者の優越がみられる（図 9）。このようにして、実験データのある側面が説明されると同時に、半繰り返しゲーム・パラダイムの妥当性が確認できるのである。

図 9



コスト種類	標準化係数			R
	回数	ラウンド数	集団規模	
0円	-0.08	-0.24	-0.41	0.48
0円	-0.19	0.06	-0.36	0.41
20円	0.00	0.08	-0.41	0.41
20円	-0.03	-0.11	-0.30	0.32
20円	-0.27	-0.14	-0.52	0.59
20円	-0.34	0.21	-0.20	0.45
50円	-0.15	-0.19	-0.37	0.44
50円	-0.18	0.25	-0.35	0.47
50円	-0.19	-0.08	-0.14	0.25
50円	-0.21	-0.12	-0.22	0.33
不可	-0.05	-0.25		0.26
不可	-0.08	-0.15		0.17
不可	-0.12	-0.09		0.15
不可	-0.16	-0.06		0.17

#### 4. おわりにー戦略パラダイムと進化ゲーム理論ー

「半繰り返しゲーム・パラダイム」と「戦略パラダイム」との根本的な相違は何であろうか。それは、われわれに備わっていると考えられる、非常に広い意味での、「合理性」の扱いかたの違いといえる。「合理性」は様々に定義できようが、ここで指摘したいのは、世間知とか日常の知とか常識とか呼んでもよいような、他者との交わりのなかで発揮する人間の意識的・主観的で多様な推論能力のことである。それは、認識や操作可能性といった面で自分と対等な他者が周囲に存在していると認めながらも、その上で、他者と折り合いつつ社会生活を営むために誰もが日々発揮している能力であり、また、われわれが自分でもっている信じ、他者もまた当然に備えていると信じている性質のことである<sup>(5)</sup>。

半繰り返しゲーム・パラダイムにおいては、被験者を、実験者と基本的に対等な存在とみなした上で、その人々は実験のなかでこのような合理性を活用しており、その行動は共感的に理解しようという立場で結果を解釈する。「グループ間で頻繁に移動があるならプレイヤーはそのグループへの所属意識をもたない」、「同じ人々とゲームを続けるときにゲームが繰り返されていると被験者は理解する」などということは、（これまでそうしようとしてきたように）理論的に言い直せばできなくはないが、それ以前に、われわれがふだん日常生活のなかで用いている知識の応用でもある<sup>(6)</sup>。

一方で、移動の戦略パラダイムにおいては、移動する／しないという選択をゲームの戦略という観点からみるが、その前提として協力する／しないという選択も戦略のなかでとらえる。したがって、実験で観察される諸々の変動を戦略の差異によって一元的に理解しようとする「戦略一元論」といってよい。実験のなかで協力の機会があればそのプレイヤーがもつ協力戦略によってそれに関わる行動が選択され、移動の機会があれば移動戦略によってそれに関わる行動が選択されるのである。「戦略」は個々のプレイヤーが内在させているものであるから、「戦略一元論」は、また、諸々の変動を「個人間の差異」に還元するアプローチでもある。ただし、通常、そのときの「差異」は、その存在が自明視されている連続的な個人差を意味するのではなく、各戦略に対応する様々な類型という意味であり、それぞれに属す人数の割合に注意が向けられている。実験結果の分析枠組みとしての戦略パラダイムは、観察される行動の全てがこのような差異のみで決められるという考えに基づいている。したがって、それは、極めて行動主義的で個人主義的（個体主義的というべきか）で機械論的な人間像に基づくものと評価しても、的を外してはいないであろう。そして、また、意識的にかどうかはともかく、この（興味深くそして正確に実施された）実験の、分析に先んじての企画や設計もまた、同様な人間像に基づいてなされたものとおもわれる<sup>(7)</sup>。

このような特異なパラダイムー少なくとも代替的に提示したパラダイムと比較したとき、多くの社会学者にはこちらの方が特異に感じられると論者は予想するーは、どのようにしてもたらされたのであろうか。終わりに、戦略パラダイムの背後にあるものを探してみよう。今回の実験に限って言えば、それは、「進化への着目」と、「その社会科学への特殊な導入」の2つによってもたらされたと推測できる。

まず、このような戦略概念の重視は、繰り返しゲーム理論の受容とともに、近年、新たな

展開をみせた、(生物学的な意味での)進化学理論・進化ゲーム理論への着目によって強化されたものであることは容易に推測できる。進化のプロセスは、生物の個体に備わった遺伝的プログラムの差異によって進行し、進化ゲームにおいてそのプログラムは、實際上、戦略と同一である。そして、その戦略は、「既存戦略」と「突然変異戦略」の対比にみられるように、非連続的な相違が印象的である(Weibull 1995=1998)。したがって、進化学理論と進化ゲーム理論の応用として実験を構想し結果を理解しようとするかぎり、戦略に注目するのはある意味では当然なのである。また、もともと生物と生態を対象として発達した理論からの着想が、驚くほどに行動主義的な戦略概念をもたらしたとしても、何ら不思議ではない。

しかし、このような進化や進化ゲームへの着目—それは確かに称賛すべき先進的着眼である—によって、このパラダイムが必然的に生まれるわけではない<sup>(8)</sup>。進化(ゲーム)理論が戦略パラダイムに結びつくには、社会科学がこれまでもたらした人間・社会についての知識にたいし、生物学的な理論から得た観点をどう接続させるかという点に関する、より特殊な選択も影響しているとおもわれる。

あえて議論を単純化すれば、進化(ゲーム)理論を社会科学のこれまでの蓄積とつなげようとするときの考え方は2通りありうる。1つは、進化(ゲーム)理論から得られた観点によって、社会科学のこれまでの知見に重要な修正・追加を行い、新たな方面の探求に向かおうとする方途である、そして、2つめは、社会科学のこれまでの知見の多くを幻想とみなし、それにとって代わろうとする考え方である。

そして、進化(ゲーム)理論を我々の社会に適用するとき「戦略パラダイム」をもたらすのは、後者の選択をした場合のみである。なぜなら、この半世紀から1世紀ほどの間に社会科学に何らかの進歩があったとすれば、おそらく、その1つは、「社会学者が研究対象にしているものは、認識能力や操作可能性において自分たちと対等な人間とそれらが成す社会である」という、当然ではあるが、ともすれば脇に置きたくなるような事実を直視するようになったことだからである。ここで具体的な論拠を述べる余裕はないが、この困難が共有されてその克服が社会学者のエートスとなり、これを大前提としながら理論と方法とを構築することがどうにか出来るようになったことが、長期的にみたときに、人間と社会に関する諸学問が共に獲得してきたものであると主張しても大きな異論はなかろう。そうであれば、進化(ゲーム)を我々の社会の研究に用いるとき、この前提のもと得られた理論や方法の成果を軽視・無視するならば、先に述べたような意味での対象の「合理性」を考慮する必要はなくなり、ただ一種独特の戦略概念のみが残るのである。

むしろ、ある科学方法論にしたがえば、どのようなパラダイムに基づこうとも、それによって現象をよりよく説明できるなら、その特異性を理由に否定することは誤りとなる。しかしながら、この長い論文は、まさに現象を説明するという点において、この選択が大きな実りをもたらすことはないであろうことを、科学方法論上の要請とそして一般的な研究者の倫理にできるかぎり誠実に従いつつ、示そうとしたものなのである。

いうまでもなく、戦略パラダイムが、進化(ゲーム)理論の受容から必然的にもたらされたものではなく、ある特殊な選択が加わって形成されたということは、逆に、前者の選択をした場合には、進化(ゲーム)理論が、今後、社会科学に大きな恩恵をもたらす可能性もあ

ることを含意する。そして、論者自身も、生物学的な進化への着目は社会科学に新たな展開をもたらす可能性があると認める—おそらくいまだ数多いとはいえない—研究者の1人であることを最後に付け加えておきたい。

この論文では、「移動」を含む諸現象にゲーム理論を適用しゲーム・モデルを構築しようとするさい、ゲームの「戦略」としてそれを把握するのではなく、現象全体を「半繰り返しゲーム・モデル」とみなす根拠としてそれを理解すべきことをわれわれは提案した。そして、そのような「移動」の位置づけは、既存のゲーム理論体系からみて自然であるのみならず、実験結果を理解するうえでも有効であった。今後、現実の多様な諸現象のゲーム論的把握においても、このような見方が有用な指針として利用されることを期待する。

### 【注】

- (1)しかし、このような“半繰り返しゲーム”は、モデルとしての新しさはもつが、ゲームの前提となる Common Knowledge が想定できないのであるから1つの新しいゲームのクラスというわけではない。あるプレイヤーはそれをグループ内部での一回限りのゲームや短期有限回のゲームとみなし、別のプレイヤーはそれを全メンバーによる長期的な繰り返しゲームとみなすかもしれない。その意味で半繰り返しゲームは複数のゲームの複合と考えられるが、そのようにゲームを複合させるロジック自体は、ゲーム理論の体系の内にはない。したがって、移動を、日常語でいう「戦略」とみなすことは確かにできるが、それをゲーム理論の中に位置づけることは適当でなく、おそらくは、ゲームに外在する別の枠組みの中で記述せざるをえない（多くの場合、それは、各ゲームの帰結の“足し算”，あるいは、ゲームのみの場合の帰結と移動「戦略」のマッチングの帰結との“掛け算”を考えれば済むような単純な問題なのではないかと論者は推察している）。
- (2)このプロジェクトに研究協力者として関わった論者が記憶するかぎりでは、この実験は少なくとも当初は、実験結果についての以下のような見込み・期待に誘導されつつ、「通常の『仮説検証型実験』とはちがう『探索型実験』」と位置づけられて実行された。すなわち、プレイヤーに所属集団間の移動の可能性を与えれば、「協力」の選択をする傾向をもつプレイヤーはそのようなプレイヤー同士で集結し、また一方で、「非協力」の選択をする傾向をもつプレイヤーもそのようなプレイヤー同士で集結するという状況が生じる。このように、協力的な者はその者同士でゲームをし、非協力的な者はその者同士でゲームをするという分極化が一時的であれもしおこれば、N人囚人のジレンマの利得関数からして、前者が得る利得は後者のそれに比べて大きくなる可能性がでてくる。獲得される利得を重視する進化ゲームの観点からすれば、それはジレンマの解消ということに関連している。このような見込み・期待の存在は、(大浦 2003)、(金井 2003)などからも推測できる。もちろん、この「分極化」が生じるには、協力/非協力についての戦略と、移動についての“戦略”が別個のものでなく、関連しあうものと考える必要がある。その点で、この実験のもともとの“仮説”は、この論文で批判する「戦略パラダイム」とも密接に関わるのである。
- (3)図6に戻って、次の点を指摘しておこう。すなわち、ラウンド初回の協力率の上昇を、先行研究の用語を使って、ひとまとめに「リフレッシュ効果」と呼ぶのは不適切ということである。ここで明らかにしたことは、第一に、コスト20円およびコスト50円の条件では、移動不可のときにはないラウンド初回における協力率の大きな上昇がみられること、そして第二に、その上昇は、移動ということと本質的に関連しているがゆえに、この実験の分析において軽視できないということである。“リフレッシュ”という語感の問題はとりあえず無視するとしても、「リフレッシュ効果」の語のみでは、「ラウンド終了」・「ラウンド開始」という「合図による効果」—その効果があえて指摘するほど強いと認めたとしてだが—と「移動による効果」とを区別できなくなる。
- (4)ただし、より詳細に言えば、被験者は実験の終了回や終了時間を知らされていなかったため、ある程度時間を経た後の各ラウンド中に、そのラウンドの5回目ですれまでの繰り返しゲームが終了する可能性を考えたであろう。例えば、第5ラウンドの4回目には、次のプレイ後にゲームが完全に終わるであろうと推測するプレイヤーは少なからず存在したであろう。

- (5)進化ゲームの社会学への応用において、合理性の扱いが1つの論点となることは志田がすでに指摘している(志田 2003)。
- (6)一般論としていえば、これらの推測を理論的に位置づけ明らかにすることも重要である。そのさいには、それらのうち1つを被説明変数として析出し、他は統制されるよう、慎重に実験が企画・設計される必要がある。しかし、少なくとも、いったんある実験が実施され、そしてその結果がある分析方針によっては十分に説明できないならば、これらの、不明確ではあるがよく知られている日常の知を徹底的に活用して分析を進めてゆく以外に仕方がない。
- (7)「合理性」という要素をこのように観察対象から除いたとき、それは実験の方法論にも大きな影響を与える。つまり、このような、極度に単純化された人間行動の理解に基づくなら、実験の企画・設計の段階においては、前記の「個人間の差異」には還元することが難しい、先行研究がもたらした様々な知見(たとえば集団規模の効果、グループ・アイデンティティの効果、ナッシュ均衡に基づくゲーム理論の予測など)は軽視あるいは無視される可能性が高くなる。そして、結果を分析する段階においては、「個人間の差異」に拘泥するため、変数の種類やその関連の仕方についての思考は著しく制約され、誤った分析・解釈を続ける可能性が高まる。
- (8)たとえば、進化に注目した実験ということでは近年の進化心理学の興隆を想起させるが、有名な「4枚カード問題」の実験では(Cosmides 1989)、「合理性から逸脱したもの」を進化プロセスの存在によって説明しようとする。そこでの探求対象は合理性との対比でとらえられており、合理性と、集合的レベルで観察できる、進化のなかで獲得したある種の偏向との、二元論的な人間観が暗黙裡にある。

#### 【文献】

- Cosmides, L. 1989. "The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task" *Cognition*, 31, 187-276
- Davis, Morton D. 1970. *Game Theory* Charles. E. Tuttle Inc. Ltd. = 桐谷維・森克美. 1973. 『ゲームの理論入門』講談社
- 林直保子. 1993. 「TIT-FOR-TAT から OUT-FOR-TAT へーネットワーク型囚人のジレンマにおける戦略選手権ー」『理論と方法』8:19-32
- 石原英樹・大浦宏邦・小林盾. 2003. 「所属集団を変更できる社会的ジレンマ実験(2) 戦略の抽出と利得」『第35回数理社会学会大会研究報告要旨集』数理社会学会 20-23
- 金井雅之. 2003. 「進化ゲームにおける選択的相互作用モデルの意義と課題」『理論と方法』vol.18 No.2
- 大浦宏邦. 2003. 「秩序問題への進化ゲーム理論的アプローチ」『理論と方法』vol.18 No.2
- Rapoport, A. 1966. "The "end" and "start" effects in iterated Prisoner's Dilemma" *Journal of Conflict Resolution* vol.10 issue3:363-366
- 志田基与師. 2003. 「進化ゲーム理論は数理社会学に応用可能か？」『理論と方法』vol.18 No.2
- Taylor, M. 1987. *The possibility of cooperation*, New York: Cambridge University Press. = 松原望. 1995. 『協力の可能性』木鐸社
- Weibull, J. W. 1995. *Evolutionary Game Theory* MIT Press. = 大和瀬達二監訳. 1998. 『進化ゲームの理論』文化書房博文社

### Theoretical Placing of Players' Shifts in NPD

Hideki Kamiyama

Hosei University



The purpose of this paper is placing players' shifts on the game theory. First, We confirm the necessity of the iterated game theory and show the paradigm of "quasi-iterated games" that is different from the paradigm of regarding players' shifts as strategies. The quasi-iterated games in this case are mixtures of 50 times (10 rounds) iterated games and only 10 series of 5 times iterated games. Next, We show the results of experiments and point out the possibility of the paradigm of quasi-iterated games for analysis of social acts.

# 社会的ジレンマ実験における「移動型トリガー戦略」

## —心理的個人特性、行動意図からの検討—

針原 素子・辻 竜平

(東京大学) (明治学院大学)

### 【要旨】

本論文では、社会的ジレンマ問題の解決可能性のある「移動型トリガー戦略」が、実験室実験内で実際に採用されるかどうか、どのような心理的個人特性を持ち、どのような行動意図を持った人が採用するのかを、主に質問紙データから検討する。実験では、所属集団に関して、1) 移動なしの条件、2) 移動できるが移動コストが高い条件、3) 移動コストが低い条件、4) 移動コストがない条件の4条件を設け、社会的ジレンマゲームを行った。その結果、多数の実験参加者が「トリガー戦略」を取るのだが、移動なし条件と比べて、移動ありの3条件において、より「トリガー戦略」が取られることが分かった。また、移動なし条件では「トリガー戦略」を取るほど共貧状態、相互不信に陥るのに対し、移動あり条件では、「トリガー戦略」がそれなりの協力的関係を達成するのに有効である可能性が示された。

**キーワード:** 社会的ジレンマ、選択的移動、トリガー戦略、心理的個人特性、行動意図。

## 1. 目的

本論文では、本プロジェクトの社会的ジレンマ実験の前後に行われた事前質問紙と事後質問紙のデータを中心とした分析結果を報告する。事前質問紙では、実験中の参加者の行動に影響を与えと思われる個人の心理的特性について測定した。また、事後質問紙では、実験中に参加者が何を考えて行動したかを事後的に回答してもらった。実験参加者の行動から彼らの行動意図を推測することも可能だが、質問紙データを用いることで、これらの推測の妥当性を検討することができるだろう。

本プロジェクトでは、所属集団の選択的移動が社会的ジレンマ回避に有効である可能性を検討することを目的とした。具体的には、自らは協力的行動をとりながらも周囲の非協力に対しては非協力で応え、かつ協力的なメンバーを求めて選択的に所属集団を移動する「移動型トリガー戦略」の有効性を検討した。数理モデルやコンピューター・シミュレーションによる検討の結果、「移動型トリガー戦略」が存続可能であることが示され、実験室実験では、実際にこの「移動型トリガー戦略」が存在するのかを探索的に検討した。本論文では、実験参加者の質問紙への回答を基に、「移動型トリガー戦略」が本当に取られていたと言えるのかどうか、どのような個人特性や行動意図を持った人が「移動型トリガー戦略」を取っていたのかを検討する。

## 2. 方法

### 2.1 実験参加者

実験参加者は、関東の A 大学の学生 134 名<sup>1)</sup>であった。校内の募集掲示に応募した学生で、16 名または 17 名ずつのグループで実験に参加した。女性 100 名・男性 34 名、年齢は 18 歳～23 歳であった。

### 2.2 実験計画

参加者は、次のいずれかの条件に振り分けられ、1 セッションずつ計 8 回の実験を行った。

1. 移動なし条件：16 名ずつ×2 セッション
2. 移動コスト高条件：17 名ずつ×2 セッション
3. 移動コスト低条件：17 名ずつ×2 セッション
4. 移動コストゼロ条件：17 名ずつ×2 セッション

実験手続きの詳細については、他の章に詳しいので割愛するが、おおよそ次のようなものであった。

実験参加者は、ランダムに割り振られた自分の ID 番号(1～16 または 17)の机に座り、事前質問紙に回答した。次に、実験のインストラクションを受けた後、サーバマシンにつながれたクライアントマシンを使って意思決定を行った。1 セッションの参加者は、パソコン画面を通して、さらに 4 つのグループ (A・B・C・D と表示。1 グループ 4, 5 名) のいずれかに割り振られ、そのグループ内で社会的ジレンマゲームを行った。具体的には各参加者が与えられた資金 20 円をグループに提供する (協力行動) か、手元に残す (非協力行動) かを選択し、提供された金額がグループ内でプールされ 2 倍の公共財となり、メンバーに等分に分配されるものであった。その意思決定を 5 ステージ繰り返した後、移動なし条件以外の 3 条件では、他の集団に移動するチャンスが与えられた。ただし、移動コスト高条件では 50 円、移動コスト低条件では 20 円の移動コストが差し引かれた。ここまですべてを 1 ラウンドとし、計 10 ラウンドの意思決定を行った。途中、グループ人数は変動するが、2 人グループになった場合には、プールされた金額は 1.5 倍の公共財にしかならず、1 人グループになった場合には、提供・非提供にかかわらず得られる利益は元手と同じ 20 円とされた。10 ラウンド行ったところでコンピュータを使った実験は終了された。その後、事後質問紙に回答し、実験目的の説明を受け、実際に実験で得た利益を謝礼として受け取ったところで全ての実験は終了した。

### 2.3 質問項目

#### 2.3.1 事前質問紙

事前質問紙では、実験参加者のもともとの心理的個人特性を測定した。主なものを以下に説明する。

- 1) 一般的信頼尺度：Yamagishi & Yamagishi (1994)より抜粋した以下の 3 項目の平均値を用いた。「ほとんどの人は基本的に正直である」、「私は人を信頼するほうである」、

- 「ほとんどの人は信頼できる」(1:全くそう思わない~7:強くそう思う) ( $\alpha=.75$ ).
- 2) 用心深さ尺度: Yamagishi & Yamagishi (1994)より抜粋した以下の3項目の平均値を用いた。「他人との付き合いでは、いくら用心してもしすぎることはない」、「この社会では、気をつけていないと誰かに利用されてしまう」、「人にはみな邪悪な傾向があると考えておけば、困った目にあわないですむ」(1:全くそう思わない~7:強くそう思う) ( $\alpha=.51$ ).
  - 3) 他者協力期待傾向: 「ごみの分別をきちんとしている人は何%くらいいると思いますか」、「水不足のときに、何%くらいの方が節水すると思いますか」の2項目についてそれぞれ0~100%の数字で回答させ、平均値を用いた ( $r=.33$ ).
  - 4) 共感性尺度: 加藤・高木 (1980)の情動的共感性尺度より抜粋した以下の5項目の平均値を用いた。「人が冷遇されているのを見ると、非常に腹が立つ」、「大勢の中で一人ぼっちでいる人を見ると、かわいそうになる」、「贈り物をした相手の人が喜ぶ様子を見るのが好きだ」、「まわりの人が悩んでいても平気でいられる(反転)」、「まわりが興奮していても、平静でいられる(反転)」(1:全くあてはまらない~7:とてもあてはまる) ( $\alpha=.52$ ).
  - 5) 向社会的行動尺度: 菊池 (1988)の向社会的行動尺度(大学生版)より抜粋した以下の6項目の平均値を用いた。「お店で、渡されたおつりが多かったとき、注意してあげる」、「何か探している人には、こちらから声をかける」、「酒に酔った友人などの世話をする」、「バスや列車で、立っている人に席をゆずる」、「友人のレポート作成や宿題を手伝う」、「見知らぬ人がハンカチなどを落としたとき、教えてあげる」(1:全くしない~5:いつもする) ( $\alpha=.61$ ).
  - 6) 集団アイデンティティ: 以下の2項目の平均値とした。「自分の出身中学や出身高校を誇りに思う」、「自分の学校の悪口を言われると腹が立つ」( $r=.52$ ).
  - 7) 効力感: 以下の3項目で測定し、平均値を用いた。「自分一人がクーラーの使用を控えても地球温暖化を防ぐには役に立たないと思う(反転)」、「自分のごみを捨てなければ、学校がきれいに保たれると思う」、「自分一人ぐらい投票に行かなくても、選挙結果には関係がないと思う(反転)」(1:全くそう思わない~7:強くそう思う) ( $\alpha=.57$ ).
  - 8) 未来傾斜尺度: 高橋 (1997)の未来傾斜尺度より抜粋した次の2項目の平均値を用いた。「『石の上にも3年』という格言が好きだ」、「将来のことを思えばどんな苦しみにも耐えられる」(1:全くあてはまらない~7:とてもあてはまる) ( $r=.47$ ).
  - 9) 粘り強さ: 以下の3項目の平均値とした。「困難な状況にも、逃げずに立ち向かう方だ」、「あきらめは早い方だ(反転)」、「粘り強い方だ」(1:全くそう思わない~7:強くそう思う) ( $\alpha=.72$ ).
  - 10) フリーライド傾向: 以下の4項目の平均値とした。「面倒なことでも自分から進んで行う方だ(反転)」、「何事も他人に任せる方だ」、「給料が同じなら、必要以上に働きたくない」、「掃除当番などの義務はなるべく避けたい」(1:全くそう思わない~7:強くそう思う) ( $\alpha=.68$ ).

### 2.3.2 事後質問紙

事後質問紙では、実験の説明が理解できたか、不審な点はなかったか、などの確認と共に、様々な実験中の思考、行動意図について質問した。因子分析の結果に基づいて、実験中の協力傾向、移動傾向に影響していそうな以下の尺度を作成した。

- 1) 非協力・利益重視志向：以下の5項目の平均値を用いた ( $\alpha=.85$ )。「自分だけ資源を提供すると損をするので、それを避けようと思いましたが」、「資源を提供しないことで自分の利益を増やそうと思いましたが」、「他のメンバーが資源を提供しなかったとき、自分も提供したくないと思いましたが」（以上、1：全く思わなかった～7：強くそう思った）、「実験中、できるだけたくさんのお金を得ようと努力しましたか」（1：全く努力しなかった～7：非常に努力した）、「ゲーム中、『なるべく自分の利益をあげることにどの程度関心があったか』（1：全く関心がなかった～7：非常に関心があった）。
- 2) 集団利益志向：以下の4項目の平均値を用いた ( $\alpha=.72$ )。「あなたが資源を提供すれば、グループ全体の利益が上がると思いましたが」、「他のメンバーが資源を提供したとき、自分も提供するいいチャンスだと思いましたが」（以上2つ、1：全く思わなかった～7：強くそう思った）、「ゲーム中、『自分のグループの利益をあげることにどの程度関心があったか』」、「ゲーム中、『他のグループより利益をあげることにどの程度関心があったか』（以上2つ、1：全く関心がなかった～7：非常に関心があった）。
- 3) 他者評価懸念：「グループのメンバーとして、他のメンバーに嫌がられないことを重視しましたか」（1：全く重視しなかった～7：非常に重視した）。
- 4) 応報的協力期待：「あなたが資源を提供すれば、グループのメンバーも提供すると思いましたが」（1：全く思わなかった～7：強くそう思った）。
- 5) 信頼形成感：「同じメンバーでゲームをしていると、信頼関係ができてくると思いましたが」（1：全く思わなかった～7：強くそう思った）。
- 6) 所属集団好意度：移動なし条件では所属集団について、その他の3条件については「とくに長く所属していたグループ」について聞いた以下の6項目の平均値を用いた ( $\alpha=.86$ )。「そのグループの居心地がよいと思いましたが」、「そのグループは他のグループと比べて優れていると思いましたが」（以上2つ、1：全く思わなかった～7：強くそう思った）、「そのグループにどれくらい愛着を感じていましたか」（1：全く感じなかった～7：強く感じた）、「そのグループのメンバーはどんな人たちだと思うか」について「1：信頼できない～7：信頼できる」、「1：非協力的～7：協力的」、「1：好ましい～7：好ましくない（反転）」。
- 7) メンバー選択願望：以下の2項目の平均値を用いた ( $r=.49$ )。「資源を提供する人たちと一緒にグループになりたいと思いましたが」、「他のメンバーが資源を提供しなかった時、他のグループに移りたいと思いましたが」（1：全く思わなかった～7：強くそう思った）。
- 8) 利益追求移動意図：（移動なし条件以外の3条件のみで測定）「次のことがらは、あ

なたの移動の理由にどの程度あてはまりますか」という問に対する、次の2項目「他のグループの利益が高かったから移動した」、「利益が下がってきたから移動した」に対する回答（1：全くあてはまらない～7：非常にあてはまる）の平均値とした（ $r=.34$ ）。

### 3. 結果

事前質問、事後質問に関しては、明確な条件の効果についての仮説をあらかじめ設定していなかった。従来の知見や、本プロジェクトにおける「移動型トリガー戦略」存在の想定から、いくつかの予測を立てることが可能だが、煩雑さを避けるため仮説の節を設けず、探索的な分析結果と共に、それらの予測が支持されたかどうかを解釈していくこととする。

#### 3.1 行動戦略の指標

まず、質問項目との関係を見ていくことになる実験参加者の行動戦略の指標、並びに周辺環境の指標を算出した。本論文では主に以下の指標との関係を検討した。

##### 1) 個人協力率：

各実験参加者が計50回（5ステージ×10ラウンド）の協力／非協力の意思決定の機会のうち、何度協力行動を選択したかの率を算出した。個人の協力傾向の指標と言える。ただし、1人グループになった時には協力／非協力の意味がないので、その場合、そのラウンドは計算から除外した。

##### 2) 平均周辺協力率：

社会的ジレンマ実験という性格上、実験参加者の意思決定は他者の意思決定の影響を受ける。各参加者は計50回の意思決定をすると同時に、所属グループの他メンバーのうち何人が協力したか（これを周辺協力率と呼ぶ）も同じ数だけ知ることとなる。ただし、最後の周辺協力率は個人協力率には影響しないので、計49回の周辺協力率を平均して指標とした。実験を通して、各実験参加者がどれだけ恵まれた環境にあったかの指標と言える。

##### 3) トリガー戦略度：

各実験参加者が「周辺協力率が高いほど自分も協力行動を取りやすい」というトリガー傾向を持っていたかの指標である。移動あり条件ではラウンドごとに移動が行われメンバーが入れ替わるため、ラウンドごとに周辺協力率が大きく変わる可能性がある。そこで、「ラウンドごとの平均周辺協力率」と「ラウンドごとの個人協力率」との相関係数を「トリガー戦略度」と定義した<sup>2)</sup>。ただし、各ラウンド最後の周辺協力率は、移動のため次の協力／非協力の決定に影響を与えず、また、各ラウンド初回の個人の協力／非協力の決定は、移動のため前回の周辺協力率に影響を受けないと考えられるため、算出に用いる「ラウンドごとの平均周辺協力率」は第1～4ステージの周辺協力率の平均とし、「ラウンドごとの個人協力率」は第2～5ステージにおける協力率とした<sup>3)</sup>。その結果、ラウンドごとの個人協力率が全て0（全て非協力）、あるいは全て1（全て協力）の参加者については、相関が計算できないため、トリガー戦略度を扱う時にはそれらの参加者を除外した（ $n=130$ ）。

4) 移動率：(移動なし条件以外の3条件においてのみ)

実験参加者が計9回のグループ移動の機会のうち、何度実際に移動したかの率を算出した。

### 3.2 協力率の規定因(従来<sup>1)</sup>の知見の確認)

本プロジェクトの主目的を検討する前に、どのような人が協力率が高いのかを確認するため、個人協力率と心理的個人特性、実験中の行動意図との関係を検討した。ジレンマ実験における従来<sup>1)</sup>の知見との整合性の確認ともなる。

表1：個人協力率と個人特性(事前質問)との相関 (n=134)

一般的信頼	.08
用心深さ	-.11
他者協力期待	-.02
共感性	<b>-.19*</b>
向社会的行動	.06
集団アイデンティティ	.03
効力感	<b>.25**</b>
未来傾斜	.05
粘り強さ	-.04
フリーライド	<b>-.19*</b>

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

表2：個人協力率と行動意図(事後質問)との相関 (n=134)

非協力・利益重視志向	<b>-.50***</b>
集団利益志向	<b>.43***</b>
他者評価懸念	<b>.23**</b>
応報的協力期待	<b>.37***</b>
信頼形成感	<b>.22**</b>
所属集団好意度	.06
メンバー選択願望	-.08
利益追求移動意図	-.14

\*\*\* $p < .001$ , \*\* $p < .01$

まず、個人特性との関係に関しては表1のような結果となった。トリガー戦略を仮定するならば、他者も協力すると予測する人ほど自分も協力するようになると考えられるため

- 1) 一般的信頼が高い人ほど、
- 2) 用心深さが低い人ほど、
- 3) 他者の協力期待が高い人ほど、協力率が高いだろう

と予測していたが、支持されなかった。

また、他者や所属集団の利得への配慮が協力行動につながると考えられるため、

- 4) 共感性が高い人ほど、
- 5) 向社会的行動得点が高い人ほど、
- 6) 集団アイデンティティが高い人ほど、協力率が高いだろう

と予測していたが支持されず、共感性に関しては逆の相関が見られた ( $r = -.19, p < .05$ )。共感性は他者の利得への配慮を促すものと考えていたが、用いた尺度が他者の行動に対する情動的鋭敏さのようなものを測定していたために、共感性が高い人ほど他者の非協力行動に敏感に反応したためと考えられる。

次に、効力感が高い人は、自分の協力行動の影響力を高く認知すると考えられるため、

- 7) 効力感が高い人ほど、協力率が高いだろう

と予測しており、その予測は支持された ( $r = .25, p < .01$ )。また、

8) 未来傾斜得点が高い人ほど

9) 粘り強い人ほど，協力率が高いだろう

と予測していた。これは，このような人は一時的な損失には耐えても，自分から協力をもたらすことで他者が協力行動で応えてくるのを待つ可能性があると考えたためであるが，その予測は支持されなかった。

最後に，日常の社会的ジレンマ状況でのフリーライド傾向と実験状況でのフリーライド傾向とは一致すると考えられるため，

10) フリーライド傾向の高い人ほど，協力率が低いだろう

と予測しており，その予測は支持された ( $r=-.19, p<.05$ )。

一般的に，予測が支持されなかったのは，事前質問紙には，様々な個人特性を日常生活の他の文脈で問い，測定しようとした尺度が多く，社会的ジレンマという特殊な実験状況での行動を予測できなかったためと考えられる。

個人協力率と実験中の行動意図との関係は，表2のような結果となった。

社会的ジレンマ実験では個人の利益を重視すれば非協力を選択することになるので，

1) 非協力・利益重視志向<sup>4)</sup>が高い人ほど，協力率が低いだろう<sup>5)</sup>

と予測でき，これは支持された ( $r=-.50, p<.001$ )。実験の構造を参加者がきちんと理解していたことを示す結果と言えるだろう。

また，そのような状況においても，個人の利益ではなく，集団全体の利益をあげることや，他者に迷惑をかけないことを目的とする人がいるならば，協力行動を取るであろうから，

2) 集団利益志向の高い人ほど，

3) 他者評価懸念の高い人ほど，協力率が高いだろう

と予測しており，これもその通りの結果であった (それぞれ， $r=.43, p<.001$ ， $r=.23, p<.01$ )。

次に，他者がトリガー戦略を取ると考え，自分の協力行動で他者の協力行動を引き出そうとする人がいるならば，

4) 応報的協力期待が高い人ほど，協力率が高いだろう

と予測でき，その予測も支持された ( $r=.37, p<.001$ )。

また，協力行動，あるいはトリガー戦略によって共栄状態が達成される場合があるならば，そこに信頼が形成されたと感じ，協力しやすくなるので，

5) 信頼形成感が高い人ほど，協力率が高いだろう

と予測でき，その通りの結果となった ( $r=.22, p<.01$ )。

残りの変数に関しては，個人協力率との相関は見られなかったが，これは，本人が協力傾向にあらうが非協力傾向にあらうが，メンバーに恵まれれば「所属集団への好意度」は高くなるものであり，また，「メンバー選択願望」，「利益追求移動意図」に関しても，やはり本人の協力傾向には寄らないと解釈できる。

総じて，個人協力率と行動意図との関係は予測どおりであり，参加者の実験中の意図や思考が，研究者の考えるものとかげ離れていないことを保証するものと考えられる。



### 3.3 「移動型トリガー戦略」は存在したか

次に、本実験の目的である、「移動型トリガー戦略」の存在の確認と、その戦略を取る人の特性の検討を行った。

#### 3.3.1 「トリガー戦略」の存在確認

まず、「移動型」であるかどうかは問わず、実験参加者が、他者の協力率に応じて自分も協力的行動を取る「トリガー戦略」を取っていたと言えるのかどうかを確認した。

第一に、全体として、多くの人が「トリガー戦略」を取っていたのであれば、実験を通して協力的な他者に恵まれていた人ほど、協力率が高くなるはずであると考え、平均周辺協力率と個人協力率の相関を検討したところ、正の相関が見られた ( $r=.32, p<.001$ , 表 8 の「全体」の項参照)。ここから、比較的多くの人が「トリガー戦略」を取っていたことが推定される。

次に、3.1 で算出した個人別のトリガー戦略度 (ラウンドごとの平均周辺協力率と個人協力率の相関) の分布を確認した。図 1 から分かる通り、分布は 0 以上に偏っていた (平均:  $r=.35$ , 標準偏差:  $0.31$ , 最小値  $r=-.54$ ~最大値  $r=.86$ )。このことは、かなり多くの参加者が、ラウンドごとに所属グループの他メンバーの協力率が高ければ自分も協力するという「トリガー戦略」を取っていたことを意味する。

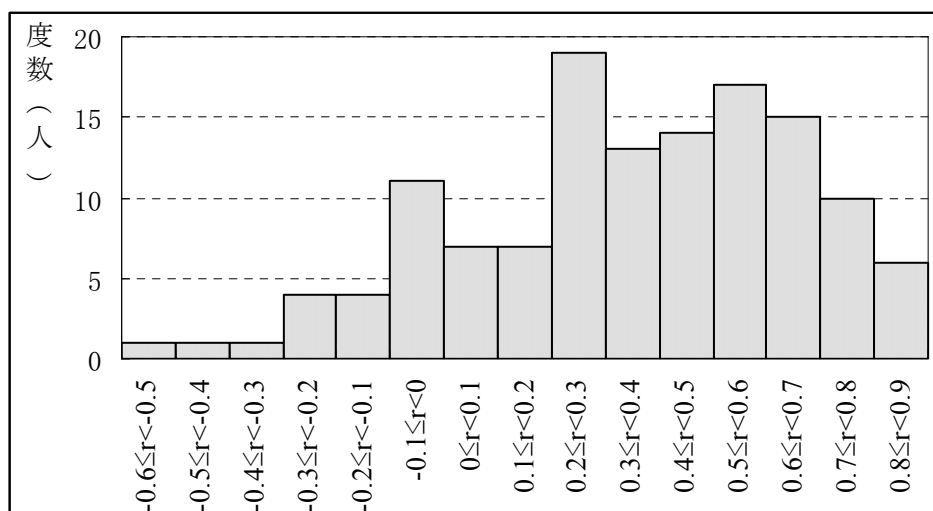


図 1 : トリガー戦略度 (ラウンドごと平均周辺協力率とラウンドごと個人協力率の相関) の分布 ( $n=130$ )

#### 3.3.2 「トリガー戦略」者の特徴

本実験では「トリガー戦略」を取っていた人が多かったことが分かったが、では、「トリガー戦略」を取っていた人はどのような人だったのだろうか。

まず、実験参加者全体で、トリガー戦略度と個人協力率には正の相関が認められた ( $r=.29, p<.01$ , 表 10 の「全体」の項参照)。

次に、トリガー戦略度と心理的個人特性との相関を見た結果、表 3 のような結果になり、一般的信頼尺度、未来傾斜尺度との間に正の相関傾向が見られた (それぞれ、 $r=.15, p<.10$ ,  $r=.15, p<.10$ )。

これらの結果から、「トリガー戦略」を取っていた人は、一般的信頼が高く、将来志向型の基本的に協力傾向にある人であることが確認できた。

表 3：トリガー戦略度と個人特性（事前質問）との相関（ $n=130$ ）

一般的信頼	.15 <sup>+</sup>
用心深さ	-.06
他者協力期待	.07
共感性	.06
向社会的行動	.08
集団アイデンティティ	.01
効力感	.02
未来傾斜	.15 <sup>+</sup>
粘り強さ	.04
フリーライド	.02
	+ $p<.10$

### 3.3.3 「移動型トリガー戦略」の存在確認

次に、「移動戦略」と「トリガー戦略」の組み合わせとしての「移動型トリガー戦略」なるものが存在していたかどうかを検討した。もし、「トリガー戦略」は「移動戦略」と組み合わせることによってはじめて実社会における適応価を持つのであれば、「移動型トリガー戦略」という1つの戦略として存在している可能性がある。そこで、移動あり3条件の参加者全体で、トリガー戦略度と移動率との相関を見たところ、「トリガー戦略を取る人ほど移動率が高い（あるいは、移動率が高い人ほどトリガー戦略を取る）」という傾向は見られなかった（ $r = -.09, ns$ , 表10の「全体」の項参照）。少なくともこの実験環境では、「非移動型トリガー戦略」よりも「移動型トリガー戦略」を取る人の方が多かったということはなさそうである。しかし、トリガー戦略度と移動率の相関がないということは、「トリガー戦略」と「移動戦略」を独立に取った結果としての「移動型トリガー戦略」は存在したと考えられる。

### 3.3.4 「移動戦略」者の特徴

トリガー戦略度とは無関係に存在する「移動戦略」を取る人の特徴を確認した。移動率が高い人がどのような人かを検討するために、移動率と個人協力率等の指標、心理的個人特性、実験中の行動意図との相関を算出した。

個人協力率、平均周辺協力率、利得に関しては、表4の通り、移動あり3条件全体として移動率との相関は見られなかった。つまり、「協力的な人ほど移動しやすい」、「グループメンバーの協力を恵まれなかった人ほど移動しやすい」といった傾向は見られなかった。表4に参考までに条件ごとの相関係数を載せたが、利得がコスト高条件、コスト低条件で移動率と負の相関にあるのは、コストを払って移動したことによるだろう。

個人特性に関しては、表5から分かる通り、未来傾斜得点が高いほど移動率が低いという相関傾向が見られた（ $r = -.17, p < .10$ ）。これは、将来志向の人ほどあきらめずに、グループ

メンバーが協力行動を取ることを期待して移動しなかった結果と解釈ができるかもしれない。しかし、その他の個人特性と移動率との明確な関係は見られなかった。

また、実験中の行動意図との関連でも、表6のように、移動率との明確な関係は見られなかった。

このように移動率を規定する要因が明らかでないのは、協力傾向にある人も非協力傾向にある人も含めて、移動の意図は様々であったこと、さらに本実験では、実験参加者が同時に移動の意思決定をするため、意図を持って移動した先で一緒になりたかったメンバーとは異なる人たちと一緒にいる可能性、移動しなかったのに他メンバーの移動によりメンバーが入れ替わる可能性などがあるために、移動意図が直接、移動行動に結びつきにくい実験状況であったと考えられる。その意味で、真の「選択的」移動ができない実験状況であったと言えるだろう。

表4：移動率と個人協力率，平均周辺協力率，利得との相関

	全体 n=102	コスト高 n=34	コスト低 n=34	コストゼロ n=34
個人協力率	.04	.16	.15	-.15
平均周辺協力率	.03	.27	-.01	-.21
利得	.03	<b>-.51**</b>	<b>-.43*</b>	-.12

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

表5：移動率と個人特性（事前質問）との相関（n=102）

一般的信頼	.15
用心深さ	-.04
他者協力期待	.08
共感性	-.01
向社会的行動	.00
集団アイデンティティ	.14
効力感	-.11
未来傾斜	<b>-.17<sup>+</sup></b>
粘り強さ	-.02
フリーライド	-.10

<sup>+</sup> $p < .10$

表6：移動率と行動意図（事後質問）との相関（n=102）

非協力・利益重視志向	-.01
集団利益志向	-.06
他者評価懸念	-.08
応報的協力期待	.02
信頼形成感	-.05
所属集団好意度	-.00
メンバー選択願望	.16
利益追求移動意図	-.01

全て ns

### 3.4 「トリガー戦略」に及ぼす移動条件の効果

前節の分析の通り、「移動戦略」と「トリガー戦略」との間に関係は認められず、「移動型トリガー戦略」という固有の戦略を持つ人の特徴は明らかにならなかった。しかし、それは本実験の特殊な実験状況においての話である。「移動型トリガー戦略」傾向というのは、いつでもにおいても発動するような凝り固まった個人的特性ではなく、人々が有効であると考えた状況において選択的に採用する戦略であると考えられる。

そこで、本節での分析では、本実験の移動条件の影響を検討した。もし、本プロジェクトの推測通り、社会的ジレンマ問題は、「トリガー戦略」だけでは解決できないが、選択的移動と組み合わせることによって解決されていると考えるならば、実験参加者は、移動なし条件よりも、移動あり条件において「トリガー戦略」を採用する可能性がある。そこで、以下のような仮説を立て、検討した。

仮説：「移動なし条件よりも、移動あり条件において『トリガー戦略』が多く採用されるだろう」

#### 3.4.1 移動条件の操作チェック

仮説の検討を行う前に、移動条件が何を操作していたかを確認した。移動率、個人協力率、利得と実験中の行動意図に条件ごとの平均値差が見られるかどうかを検討した。その結果が表7である。

表7：条件ごとの移動率、個人協力率、利得、行動意図（事後質問）の平均値（標準偏差）

	移動なし <i>n</i> =32	コスト高 <i>n</i> =34	コスト低 <i>n</i> =34	コストゼロ <i>n</i> =34	<i>F</i>
移動率	—	0.20 <sup>a</sup> (1.15)	0.33 <sup>b</sup> (0.18)	0.67 <sup>c</sup> (0.19)	<b>67.46</b> <sup>***</sup>
個人協力率	0.37 (0.23)	0.35 (0.20)	0.29 (0.19)	0.35 (0.22)	0.83
利得	1369 <sup>b</sup> (229)	1232 <sup>a</sup> (148)	1220 <sup>a</sup> (109)	1321 <sup>ab</sup> (137)	<b>6.54</b> <sup>***</sup>
非協力・利益重視	5.21 (0.97)	5.49 (1.17)	5.49 (1.35)	5.73 (0.97)	1.16
集団利益志向	4.76 (1.21)	4.21 (1.40)	4.56 (1.36)	4.19 (1.45)	1.38
他者評価懸念	3.28 (1.46)	2.76 (1.60)	2.38 (1.61)	2.71 (1.57)	1.86
応報的協力期待	4.31 (1.47)	3.74 (1.54)	4.39 (1.75)	4.47 (1.76)	1.42
信頼形成感	3.06 (1.48)	3.62 (1.91)	3.44 (2.02)	3.41 (1.71)	0.53
所属集団好意度	3.14 (1.16)	3.52 (1.36)	3.72 (1.07)	3.56 (1.09)	1.36
メンバー選択願望	4.45 <sup>a</sup> (1.48)	5.10 <sup>a</sup> (1.46)	5.57 <sup>b</sup> (1.62)	5.79 <sup>b</sup> (1.28)	<b>5.38</b> <sup>**</sup>
利益追求移動意図	—	4.20 (1.50)	4.27 (1.72)	4.13 (1.63)	0.06

\*\**p*<.01, \*\*\**p*<.001; 異なるアルファベットは *p*<.05 で差があることを意味する

移動ありの3条件のみで、移動率に条件による差があるかどうかを分散分析で検定した結果、条件による効果が認められ ( $F(2, 99)=67.46, p<.001$ )、事後検定の結果、全ての条件の間に有意水準5%で差が見られ、コスト高条件 ( $M=0.20$ ) < コスト低条件 ( $M=0.33$ ) < コストゼロ条件 ( $M=0.67$ ) の順に移動率が高かった。また、個人協力率には条件の影響は認められなかった ( $F(3, 130)=0.83, ns$ ) が、利得には条件の効果があり ( $F(3, 130)=6.54, p<.001$ )、事

後検定の結果、移動なし条件 ( $M=1369$ ) よりもコスト高条件 ( $M=1232$ ) , コスト低条件 ( $M=1220$ ) の利得が低かった。これは移動に伴って支払ったコストのためと考えられる。

また、行動意図に関しては、メンバー選択願望に条件の効果があり ( $F(3, 130)=5.38, p<.01$ )、事後検定の結果、移動なし条件 ( $M=4.45$ ) , コスト高条件 ( $M=5.10$ ) よりも、コスト低条件 ( $M=5.57$ ) , コストゼロ条件 ( $M=5.79$ ) の方が、メンバー選択願望が強かった。これは、移動の機会が多く与えられている程、メンバー選択の可能性を強く意識したためと考えられる。以上から、本実験の実験条件は「グループ移動のしやすさ」を操作していたことが確認できた。

### 3.4.2 「トリガー戦略」に及ぼす移動条件の効果

次に、仮説を検証するための1つの方法として、まず、条件ごとに平均周辺協力率と個人協力率との相関を見た。その結果、表8の通り、移動なし条件においてのみ相関が見られなかった ( $r=.01, ns$ )。これは、移動のない条件では、協力的他者に恵まれていた人ほど協力率が高いという全体傾向が見られなかったということである。移動がない状況において「トリガー戦略」があまり取られなかったことを示すものであり、仮説と一致する結果である。

表8：条件ごとの平均周辺協力率と個人協力率との相関

全体	移動なし	コスト高	コスト低	コストゼロ
$n=134$	$n=32$	$n=34$	$n=34$	$n=34$
<b>.32***</b>	.01	<b>.37*</b>	<b>.44**</b>	<b>.50**</b>

\*\*\* $p<.001$ , \*\* $p<.01$ , \* $p<.05$

次に、算出した個人のトリガー戦略度に条件による平均値の差が見られるかどうかを分散分析で検討した。表9から分かる通り、条件の効果が認められ ( $F(3, 126)=2.85, p<.05$ )、事後検定の結果、移動なし条件 ( $M=0.21$ ) よりも、コスト高条件 ( $M=0.43$ ) の方がトリガー戦略度が高いという結果になった。移動なし条件とコスト低条件 ( $M=0.37$ ) , コストゼロ条件 ( $M=0.36$ ) の間には、有意な差が認められなかったが、コスト高条件、コスト低条件、コストゼロ条件の移動あり3条件をまとめて、移動なし条件と移動あり条件でトリガー戦略度に差があるかどうかをt検定で検討した結果、移動なし条件 ( $M=0.21$ ) よりも、移動あり条件 ( $M=0.39$ ) の方が、トリガー戦略度が高かった ( $t(128)=-2.76, p<.01$ )。

表9：条件ごとのトリガー戦略度（ラウンドごと平均周辺協力率とラウンドごと個人協力率の相関）の平均値（標準偏差）

移動なし	コスト高	コスト低	コストゼロ	F
$n=31$	$n=34$	$n=32$	$n=33$	
0.21 <sup>a</sup> (0.23)	0.43 <sup>b</sup> (0.31)	0.37 <sup>ab</sup> (0.38)	0.36 <sup>ab</sup> (0.27)	<b>2.85*</b>

\* $p<.05$ ; 異なるアルファベットは  $p<.05$  で差があることを意味する

以上の結果から、移動なし条件よりも、移動あり条件において「トリガー戦略」が多く採用されるという仮説はほぼ支持されたと言えるだろう。

### 3.4.3 移動なし条件でトリガー戦略が取られにくい理由

それでは、なぜ、移動なし条件では「トリガー戦略」が採用されにくかったのであろうか。我々は、移動のない社会的ジレンマ状況では、「トリガー戦略」が有効でないからと考えた。つまり、制裁のために非協力行動を選択すると、かえって他の協力行動選択者にとっては非協力者が1人増えただけのことになり、結局、共貧状態に陥ってしまうという可能性である。しかし、選択的移動が可能な状況であれば、協力者同士が取引する可能性が増えるため、「トリガー戦略」が有効であるかもしれないと考えた。これは理論的な予測であるが、実際に実験参加者がこのように考えて「トリガー戦略」を採用したりしなかったりしたのかどうかは分からない。そこで、移動条件ごとに、どのようなことを考えた人が「トリガー戦略」を取っていたのかを検討するため、条件ごとにトリガー戦略度と協力率その他の指標、行動意図との相関を見た。その結果が表10である。

表10：トリガー戦略度と個人協力率その他の指標、行動意図（事後質問）との条件別相関

	全体 n=130/99	移動なし n=31	コスト高 n=34	コスト低 n=32	コストゼロ n=33
個人協力率	<b>.29**</b>	.02	<b>.47**</b>	<b>.40*</b>	.22
平均周辺協力率	-.03	<b>-.58***</b>	.26	.17	.15
移動率	-.09	--	-.09	-.05	-.01
利得	<b>-.25**</b>	<b>-.53**</b>	-.16	-.07	-.03
非協力・利益重視志向	-.00	-.05	-.19	.21	-.27
集団利益志向	<b>.31***</b>	.14	<b>.48**</b>	<b>.49**</b>	.21
他者評価懸念	.10	-.05	.20	.14	.24
応報的協力期待	<b>.16<sup>+</sup></b>	-.07	<b>.31<sup>+</sup></b>	.23	.18
信頼形成感	<b>.30***</b>	.11	<b>.39*</b>	.21	<b>.40*</b>
所属集団好意度	<b>.17<sup>+</sup></b>	-.29	.19	.14	<b>.51**</b>
メンバー選択願望	<b>.15<sup>+</sup></b>	<b>.38*</b>	-.01	.07	.04
利益追求移動意図	-.04	--	-.27	-.09	.23

\*\*\* $p < .001$ , \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$ , + $p < .10$

表10から分かるように、移動なし条件では、他の移動あり3条件とかなり傾向が異なることが見て取れる。3.3.2で行った「トリガー戦略」者の特徴とも一貫して、全体的に見ると、トリガー戦略度の高い人は協力傾向にある人である（個人協力率と正相関、 $r = .29, p < .01$ ）。集団利益志向の人ほど（ $r = .31, p < .001$ ）、他者への応報的協力期待が高いほど（ $r = .16, p < .10$ ）、トリガー戦略度が高く、その結果、メンバーとの間に信頼形成感を感じ（ $r = .30, p < .001$ ）、所属集団への好意度も高い（ $r = .17, p < .10$ ）。これらの関係は、条件別に見たとき、移動ありの3条件ではおおむね一貫して認められる（サンプル数の影響もあって全てが有意な結果とはならないが）。しかし、移動なし条件では、これとは明らかに異なる関係が見られた。移動なし条件では、トリガー戦略度と個人協力率には関係が認められず（ $r = .02, ns$ ）、トリガー戦略を取ると言うのに、他者への応報的協力期待は高くなっていない（ $r = -.07, ns$ ）。その結果、トリガー戦略度の高い人は、信頼形成感も感じず（ $r = .11, ns$ ）、所属集団へは有意では

ないものの非好意的である ( $r = -.29, ns$ ) .

このような「トリガー戦略」者の傾向に関する、移動の有無による違いは、なぜ生じているのだろうか。ここで解釈の鍵となるのが、移動なし条件でのみ明確に認められる、トリガー戦略度と平均周辺協力率、利得との負の相関である（それぞれ、 $r = -.58, p < .001$ ,  $r = -.53, p < .01$ ）. 特に、平均周辺協力率との相関は、他の移動あり条件では、有意ではないものの相関は正方向であるのにである。これは次のように解釈できる。

移動が可能な条件では、移動という形でメンバー選択が可能である。そのため、共栄状態が望ましいと思う参加者は、非協力的なメンバーと同一グループになった時には、そのラウンドは自分も非協力行動を取って搾取されるのを避けることに努め、次に違うメンバーと協力関係を築くことに賭けることになる。そのため、あきらめたラウンド内では共貧状態に陥るかもしれないが、1セッションの中に、ある程度の「トリガー戦略」者が存在すれば、そのようなメンバーと同一グループになった時には共栄状態を達成できるため、全体を通して見れば、「トリガー戦略」者は周辺協力率に恵まれる可能性もある。そして、それ故に「トリガー戦略」者の協力率は高くなる。

一方、移動のない条件では、最初に協力的なメンバーに恵まれない限り、他者の非協力に対して「トリガー戦略」で対抗すると、それが新たな他者の非協力行動を生み、共貧状態から抜け出すことができない。そのため、トリガー戦略を取る人ほど、望まざるにも関わらず周辺協力率を自ら下げることになり、利得が低くなってしまう。そのような状態では、「トリガー戦略」者は協力行動を取れず、他者の協力期待も信頼形成感も持てず、所属集団へは好意が抱けない。そして、許されていないメンバー選択願望だけが強くなる（トリガー戦略度とメンバー選択願望との相関は、移動なし条件のみで有意であった、 $r = .38, p < .05$ ）.

このように解釈すれば、「トリガー戦略」を取った実験参加者が、移動なし条件では共貧状態に陥っていく不本意な感覚を敏感に感じ取った一方、移動あり条件では、我々の想定した通り協力的メンバー同士での取引を経験することができたのであり、それ故に、「トリガー戦略」自体、移動なし条件よりも移動あり条件において採用されやすかったと考えることができるであろう。

### 3.5 「移動型トリガー戦略」の有効性

本実験では、「移動型トリガー戦略」が存在するかどうかの検討を目的としていたが、最後にその戦略が有効に機能していたか、利得の点から確認しておく。表 10 の利得との相関からも分かる通り、「トリガー戦略」は、移動できない状況で行うよりは、移動できる状況で行った方が利得の面でも「まし」なことは分かるが、しかし、決して「トリガー戦略」を取るほど利得が高いということにはなかった。また、「移動戦略」者に関しても、表 4 から分かる通り、特に移動コストのかかる条件では、利得の面では損をしていたことが分かった。つまり、少なくとも本実験の実験状況の中では、「移動型トリガー戦略」は利得の面で有効であったとは言えないことが分かった。

## 4. 考察

#### 4.1 「移動型トリガー戦略」の存在と有効性

本実験では、「移動型トリガー戦略」の存在の確認を目的としていた。本論文の分析の結果、「トリガー戦略」に関しては、大半以上の実験参加者が採用していたことが分かった。このことは、他者の協力には協力で、他者の非協力には非協力で対応するという戦略が、多くの人々がすぐに思いつく戦略であること、あるいは、日常生活の中でその戦略の有効性を知り、既に身につけている戦略であることを意味するだろう。「移動戦略」に関しては、特に「トリガー戦略」と組み合わせさせて存在したわけではないが、それなりの移動率が確保されていた（コスト高条件で20%～コストゼロ条件で67%）。ただし、これは、移動の機会をかなり明示的に与えていた本実験の特徴によるもので、この移動率の大きさによって「移動戦略」の存在の有無を議論してもあまり意味はない。

それよりも興味深いのは、移動の機会が与えられた場合と、与えられなかった場合によって、「トリガー戦略」の意味するもの、さらには採用のされ方が異なっていた点である。移動のない条件では、「トリガー戦略」が共貧状態に結びついてしまうらしい様子が見られた。これは、社会的ジレンマ状況では「トリガー戦略」が有効ではないという従来知見と一致する結果である。一方、移動の機会が与えられた条件では、「トリガー戦略」がそれなりの周辺協力率に恵まれ、自らの協力傾向を保ち、メンバーへの信頼感を形成するのに役立っているらしい様子が見られた。これは、本プロジェクトの推測通り、選択的移動が加わることによって「トリガー戦略」が社会的ジレンマ状況に有効であることを示したもので、と言えるかもしれない。結果として、「トリガー戦略」が移動機会のある条件において、より多く採用されていたということは、「移動型トリガー戦略」というものが確かに存在していたということであると考えられるだろう。

しかし、よく考えてみると、本実験でこのような移動機会の効果が見られたことには、不思議な点もある。選択的移動によって、本当に取引他者を選択できるのであれば、協力者同士が同一集団に所属して共栄状態を達成することもできるであろう。しかし、本実験の設定では、移動の際に、今まで協力率の高かった集団を選択することはできるが、全ての実験参加者が同時に移動の意思決定をし、非協力者も望ましい集団を選択するため、移動した先の集団が、以前のまま望ましい集団である保証は全くない。そこで、実際には裏をかくような移動戦略（利得の低い集団を選択するなど）も存在したのである（移動戦略の詳細については他の論文を参照されたい）。そこで、実験参加者それぞれが自分なりの意図を持って移動したとしても、結果としては望ましい集団に所属することはできずに、ランダムに集団をシャッフルしたのと同じであったと考えてみる。すると、何度、移動を繰り返しても、協力的な他者に恵まれる確率は、最初のグループ分けで協力的他者に恵まれる確率と同じはずであり、移動の機会があろうとなかろうと、全体を通しての周辺協力率の期待値は同じはずである。その中で「トリガー戦略」を取れば、共貧状態に陥る確率も同じように思われる。しかし、分析結果を見てみると、「トリガー戦略」者は、移動なし条件よりも移動あり条件において、協力的な他者に恵まれていたのである。

これには、以下の2つの可能性が考えられるだろう。1つには、メンバー選択が難しそう



に見える本実験の設定においても、トリガー戦略者はきわめて適切な判断をして、本当に協力者同士で共栄状態を築きやすい傾向にあったという可能性である。もう1つには、実際にはランダムシャッフルと変わらない移動であったにも関わらず、実験参加者は、移動機会が与えられたというだけで、新しいメンバーへ実際以上の期待を抱くことができ、その期待ゆえに自ら協力的行動を取りやすくなり、期待がいい方向に働いたという可能性である。真偽のほどは分からないが、本実験の設定を考える限り、前者の可能性だけで見られた条件差を説明するのは難しいように思われる。もし、後者のようなプロセスが働いていたとするならば、この社会で社会的ジレンマの回避に必要なのは、本当に協力的なメンバーを見極めて選択的交際をすることではなく、例えランダムな移動であっても移動の機会があることで、新しいメンバーが協力的であるかもしれないと期待することなのかもしれない。

本実験では、「移動型トリガー戦略」が利得の面で有利ということは決してなかったが、実際に採用されており、それなりの心理的満足度を生んでいることが分かった。本実験では、グループ数も限られており、前述のようにメンバーを選択することも困難であった。よりグループ数が多く、より意図的に取引相手を決定しやすいような現実の集団においては、実際に「移動型トリガー戦略」が適応価値を持っている可能性もあるだろう。「移動型トリガー戦略」による社会的ジレンマ問題の解決可能性が示唆されるが、それでもやはり、環境問題などのよりグローバルで選択的プレーが困難なジレンマ状況には適応できないであろう点は注意が必要である。

#### 4.2 実験の妥当性と限界

本実験では、実験参加者の行動戦略と、事前質問紙で測定した個人特性、事後質問紙で測定した行動意図との関係においても、おおむね従来の知見と一致する結果であり、また、解釈可能な結果であった。このことは、実験参加者が実験状況を理解し、研究者の想定範囲内の行動を取っていたことを意味し、本実験の社会的ジレンマ実験としての妥当性を保証するものであろう。一部、特に個人特性との関係で予測された結果が見られなかったが、それは主に、質問項目の問題であろう。今後の研究では、このような問題を踏まえて、より適切に実験参加者の意思決定を予測する尺度を工夫する必要があるだろう。

最後に、本論文、並びに本実験に関わる他の論文の知見を解釈するに当たって、注意が必要な問題点を挙げておく。本実験での条件分けは、134人の実験参加者を集め、そこで1人1人をランダムに4つの条件に振り分けたという訳ではない。16人ないし17人ずつの集団実験を行う都合上、参加者の希望をもとに16人ないし17人ずつの参加者を集め、そこに1つずつ条件を割り当てた。そのため、条件によってサンプルに偏りがあったという問題がある。一例として、表11に一般的信頼と効力感、フリーライド傾向との条件ごとの相関係数を載せた。一見して、条件ごとに相関係数が大きく異なるのが分かるが、ここで注意が必要なのは、一般的信頼、効力感、フリーライド傾向はいずれも、事前質問紙内で測定した個人特性である、という点である。事前質問紙であるということは、条件の影響はないはずであり、実験参加者が完全にランダムに条件分けされていれば、各条件内で、同じような相関係数が見られるはずなのである。特に、本実験は、個人個人が統制された環境で条件の操作のみを受け、

独立に反応するというものではなく、1セッションの参加者同士が相互作用するものであった。そのため、条件ごとにサンプルが異質であることの問題は大きいと思われる。当初のサンプルの違いが増幅される可能性もあるためである。したがって、本論文の中で「移動条件の効果」であると解釈した分析結果も、実際には、操作された「移動のしやすさ」の効果ではなく、「もともとのサンプルの特性による偶然の違い」である可能性も否定できない。そのため、本論文では、偶然の結果が出てしまいやすい複雑な多変量解析は行わず、もとの変数間の関係が分かりやすいように、単相関と平均値の記述をするにとどめた。

このような問題を解決し、本実験の知見をさらに確かなものにするには、実験参加者募集の簡便さを求めず、集めた被験者を完全にランダムに条件に振り分けたり、参加者には集団でプレーをしていると思わせるが実際には一人一人コンピューター相手に統制された条件下で意思決定をさせるなどの工夫が必要であろう。

しかし、実際に集団で相互作用させたからこそ見えてきた面白いダイナミズムもあり、「移動型トリガー戦略」を探索的に検証する第一歩としての本実験の意義は大きいと考える。

表 11：条件ごとのサンプルの異質性の問題の例  
(一般的信頼と効力感、フリーライド傾向との相関)

	移動なし n=32	コスト高 n=34	コスト低 n=34	コストゼロ n=34
効力感	-.01	<b>.36*</b>	<b>.34<sup>+</sup></b>	-.15
フリーライド	-.22	-.22	<b>-.62***</b>	.04

\*\*\* $p < .001$ , \* $p < .05$ , + $p < .10$

【注】

- (1) 2004年6月実施の実験データのみ使用した。2003年12月実施の同様の実験では、条件ごとに実施大学が異なるなど条件以外の効果が大きいと判断したためである。
- (2) つまり、第1～10ラウンドまでの10個の平均周辺協力率と10個の個人協力率との相関である。ラウンドごとにまとめずに、初回を除いた計49回の個人の意思決定と、その直前の計49回の周辺協力率との関連を指標にする方法もあるであろう。しかし、個人の意思決定は必ずしも直前一回のみの周辺協力率の影響を受けるわけではないかもしれないため、やや大まかに、所属グループの協力傾向とその時の実験参加者自身の協力傾向との関係を指標にした。
- (3) 移動なし条件では、ラウンドごとのグループ移動がないため、ラウンドごとで区切った計算にはそれほど積極的な意味はなく、また、ラウンド初回の意志決定は、前ラウンド最後の周辺協力率にも影響されるはずである。しかし、1つには他の条件と揃えるため、もう1つには、移動はなくとも「ラウンド終了」の画面と直前ラウンドの情報が提示されるので参加者が区切りを意識する可能性もあるため、移動のある他の3条件と同様の算出をした。
- (4) そもそも、非協力志向と利益重視志向が1つの因子としてまとまったということからも、利益を重視した実験参加者ほど非協力行動をとったという証拠である。
- (5) 事後質問紙に関しては、事後的に測定しているため、因果は逆で「実験中、協力率の低かった人ほど、自分の行動の原因を考えると『利益を重視したからだ』と考えた」とも考えられるが、本文では簡単のために、事後質問紙では実験中の意図を正確に思い出すことができたものと考え、「事後質問紙での実験中の意図の回答⇒実験中の行動」という因果のみを記す。事後質問に関する記述は全て同様である。

【文献】

- 加藤隆勝・高木秀明. 1980. 「青年期における情緒的共感性の特質」 『筑波大学心理学研究』 2, 33-42.
- 菊池章夫. 1988. 『思いやりを科学する－向社会的行動の心理とスキル』 川島書店.
- 高橋伸夫. 1997. 『日本企業の意思決定原理』 東京大学出版会.
- Yamagishi, T. & Yamagishi, M. 1994. "Trust and commitment in the United States and Japan." *Motivation and Emotion*, 18, 129-166.

# 社会学における実験アプローチ

—方法論, コンピュータの利用, 実践例—

小山友介

(東京工業大学)

## 【要旨】

社会学における実験アプローチの意義と独自性を, 社会心理学および経済学の実験アプローチとの比較, 実験とゲーミングシミュレーションの比較をもとに明らかにする. また, 実際に実験を行うに当たって不可欠なコンピュータ化の長所と短所について述べ, ケーススタディとして本科研費プロジェクトの開発プロセスを概説する.

**キーワード:** 実験経済学, ゲーミングシミュレーション, 価値誘発理論, 開発プロセス, コンピュータを用いた実験

## 1. はじめに

これまで社会科学は, 「管理された実験が出来ないため, 議論の追試ができない」と言われてきた. この社会科学に対する「常識」が, 徐々に変わりつつある. 2002年度のノーベル経済学賞は, 経済学に実験的手法を採用した先駆者として, Vernon Smith と Daniel Kahneman に与えられた<sup>(1)</sup>. このことに象徴されるように, 社会科学にも徐々に実験的手法が広まることは間違いないだろう. だが, 社会学においては, 実験と言う研究手法はまだ一般に認知されているとは言えず<sup>(2)</sup>, 社会学における実験の意義と必要性について, 明確な見解の合意が得られているわけではない. さらに言えば, 実験を実際に設計し, 実施する際に必要な運用ノウハウはまだ未成熟である.

本稿の目的は, 実験を行うにあたって必要不可欠な, 社会学における実験で扱える／扱うべき社会現象とその意義, 実際の運用に必要なノウハウを共有することである. ノウハウの共有にあたって, 視点の異なる3つの議論を集めた. 第2節では, 社会学における実験の意義について述べる. 第3節では, 実際に実験を遂行するにあたって今後不可欠となると思われるコンピュータ利用に関して, プラス面とマイナス面, 実際にかかるコストなど, 実際にコンピュータを用いた実験を行うにあたって知っておく必要があることを述べる. 最後に第4節では, 今回の科学研究費プロジェクトを事例として, 実際の実験設計, 実験システム開発と運用に関するさまざまな諸問題について述べる.

社会科学に実験アプローチが加わることで, これまで不可能であった研究が出来るのは事実である. しかし, 実験は社会科学を「自然科学並み」の厳密性を持つ科学にする救世主ではない. また, 実験にかかる時間的な手間, 経済的コストは膨大であり, 「研究の経済性」を考えると, ありとあらゆる問題を実験すればいいと言うわけではない. あくまでも, 「社会を分析する工具箱に一つ新しいツールが加わった」と解釈すべきである, こと

をここに断っておく。

## 2. 社会学における実験の位置づけ

社会学では「人々の行為を調べる」際に用いられるアプローチは観察と調査がほとんどであり、実験というアプローチは非常にマイナーである。そのため、社会学研究に資する1アプローチとして実験を位置づけたいなら、扱うことの出来る社会現象が何か、これまでのアプローチにない有用性は何か、を示す必要がある。その際に、隣接学問であり、実験アプローチの利用としては先輩である社会心理学と経済学（実験経済学）での用いられ方を検討することが参考になる。

### 2.1 実験で扱う社会現象と実験の定義

実験は被験者を集め、実験者が条件をコントロールした人為的環境で行う。そのため、実験で扱うことが出来る社会現象は限られている。本稿では実験が取り扱う社会現象を「複数の人間が相互作用した結果、発生した行為の集積」として表現できるもの」と定義する。こう定義する理由は、以下、経済学および社会心理学で扱われている実験の議論を進める中で明らかにしてゆく。

社会現象に対するこの定義の上で、社会学における実験を「複数の被験者の意志決定の結果発生したさまざまな社会現象に関する結果を、統制を加えた環境下で科学的な目的のために集めることを目的とした行為」と定義する。

「実験環境に人為的な統制を加える」、「存在している現象を観察するのではなく、観察・分析したい現象のデータを直接生み出す」という意味で、実験は事例調査と異なる種類のデータを提供する。また、単なる「意思の表明」ではなく、「実際の行動」のデータを提供すると言う意味で実験は質問紙調査とも異なる（表1）。実験が可能な現象は限られているが、この特徴を有効に使えば、実験は社会現象を解明する一つの重要なツールになる。

表1 他の調査手法との比較

	事例調査	質問紙調査	実験
データ収集条件の人為性		○	○
データの生成		○	○
実際の行動の観察	○		○

それでは、社会学で研究ツールとして実験をどう用いるのが望ましいのだろうか。議論に当たって、類似の対象にアプローチしている隣接学問である、社会心理学、経済学（実験経済学）、ゲーミングシミュレーションで一般的に行われている方法を比較した後、社会学における実験の意義を議論する。

### 2.2 社会心理学における実験

末永編（1987）によると、社会心理学は、社会的行動の理解と予測を目的としている。「社

会的」とは、「他者の介在」を意味している(P1). 実験の目的は、「人々が行動する社会的場面に対して研究者の側が人為的な統制を加えたうえで、その人の行動を観察したり、言語報告を求めたりする」ことである(P59). この学問的な性質から、「社会的場面での被験者の意志決定の一般的性質を調べる」ことへと主たる関心は向けられる. 被験者間の相互作用、と言った視点は必然的に弱まることになる.

実験の際にとられる手法としては、(ミルグロムによる権威への服従実験(アイヒマン実験)で有名な)被験者に嘘の実験目的を伝えて被験者の行動を観察したり、偶然モノを落とした風に装ったり、と(次に述べる)実験経済学と比べるとかなり自由度が高い. また、被験者に対する報酬に対しては、記念品程度のこともあり、明確なルールはない.

### 2.3 経済学(実験経済学)

経済学で実験を行う目的には、社会心理学と同じ趣旨で行う 1)被験者の行動に関する分析に加えて、2)理論モデルの示した結果が人間を用いても得られるかの検証、3)理論の負荷試験(Stress Test)、4)制度の評価、がある. 理論の負荷試験とは、通常のエconomic理論で想定している状態(完全に利己的な個人で構成された市場での完全競争)からどれだけ乖離しても理論が想定する競争均衡に達するかを、被験者を用いて調べるものである. 制度の評価とは、「オークション市場や CO2 排出権取引市場などで理論が想定しているパフォーマンスを発揮できるか」を、実際に被験者を用いて実験することで評価することである. このように、被験者の行動にかなりの合理性が予想出来る経済現象に限定されるものの、被験者間の相互作用とその結果として発生する現象に対する分析と評価を行う点に特徴がある.

また、経済学では、「被験者に金銭的報酬を支払う」ことを実験手続きの正当性の担保として求められる. 金銭的報酬は実験結果に対応した単調増加関数であることが要求される<sup>(3)</sup>. この理論的根拠が、「価値誘発理論」である. 価値誘発理論は、実験の被験者に事前に特定した特性(=効用関数の制御)を誘発させるために実験者が報酬手段を適切に使用すること、そのためには報酬が以下の 3 つの条件を満足することを求めている(Friedman and Sunder(1994)).

- ・ 単調性：被験者は少ない報酬より多くの報酬を好み、報酬に飽きたり(欲望が飽和する)ことがあってはならない
- ・ 感応性：報酬は被験者(および他の被験者たち)の行動に依存しなければならず、被験者の理解している制度的ルールに依存していなければならない
- ・ 優越性：実験中の被験者の効用の変化は、主として報酬に由来しなくてはならない

報酬に対するこれらの諸条件が要求される背景は、「定常繰り返し法」と呼ばれる実験手法とも関連している. 定常繰り返し法とは、「被験者に同じ環境での意志決定を繰り返してもらおう」という実験方法である. 実験を始めた段階では被験者は実験環境になれていないし、どのように振る舞うのが自分の利益にかなう合理的行動であるかを理解しているとは限らない. そのため、一回目の意志決定に注目するのではなく、環境について学習した後に意志決

定がどこに収束したかに注目する、と言う実験方法である。

すなわち、報酬に対する価値誘発理論が要求されるのは、同じ環境が繰り返されるなかで被験者が実験中の単調な作業に退屈してしまい、「実験に最善を尽くすことより、いろいろ試すことからくる知的好奇心の満足の方に流れる」ことを防ぐために設定されている条件である、と考えていいだろう（繰り返しが学習に必要なだけなら、結果に比例する報酬を用意するインセンティブはない）。さらに言えば、現在では学会誌への論文投稿の必須条件となっており、制度的な要請ともなっている。

## 2.4 「被験者の真剣さ」の担保問題

実験経済学で「被験者に金銭的報酬を払うことでデータの科学性を担保する」という方法を採用した理由には、先述した「飽き」の問題以外に、経済学という学問領域特有の性質も関連している。すなわち、「経済学が分析の対象としているのが、被験者の主たる行動原理が金銭的動機である現象」であることである。

逆に言えば、「被験者の主たる行動原理が金銭的動機でなくてもよい現象」を実験することが多いと考えられる社会学では、無条件にこの条件を適用できるかは不明である。

事実、社会的ジレンマ問題や最後通牒ゲームのような「公平性や平等原理など、被験者の主たる行動原理が金銭的動機でなくてもよい現象」「他人との相互関係によって、ムキになって（実験に熱中して）真剣に行動する現象」の実験結果では、たとえ実験中に得られた得点に対応した金銭的報酬を払ったとしても、全員が完全に利己的な行動をとるという結果（ナッシュ均衡）が得られることはまれであるし、結果に文化的な差異が見られることもある<sup>(4)</sup>。また、実験結果に比例的な金銭的報酬を払わなかったときでも、結果は金銭的報酬を払ったときと見分けがつかない。そのため、実験を行うにあたって、「被験者たちを実験の世界に熱中させるだけの作り込みさえあれば、比例的な金銭的報酬にそれほどとられなくとも信頼できる結果が得られるはず」と考えることも可能である。

「統制された環境の中で人間が様々な行動をする、その結果に金銭的報酬が伴わない。日常生活への影響もない」現象とは、カイヨワが「遊び」の本質として定義したものと一致する<sup>(5)</sup>。

「遊び」をベースとし、「楽しさ」を「被験者が熱中する状態」につなぐ回路を作り込むことで、「遊び」を教育や制度設計の研究に取り入れているのがゲーミングシミュレーションである。

## 2.5 ゲーミングシミュレーションのアプローチ

ゲーミングシミュレーションは「ビジネスゲーム」という形で「現実と対応がつく仮想世界で、現実に使えるスキルを訓練する」手法として開発され、その後はビジネスだけでなく国際関係論や都市工学などの分野でも「計画・政策担当者の訓練や新しい計画の評価を行う手法」として発展してきた<sup>(6)</sup>。

また、社会学や社会心理学などの領域では、「板書講義では伝わりにくい社会構造を仮想的に体験することで、わかりやすく理解するためのツール」として、学生の教育に利用されている（新井他（1998））。ゲーミングシミュレーションは多様な形態で用いられるため、

厳密な定義は専門家でも議論が分かれている。だが、「プレイヤーの役割構造を作り込んだ人為的なコミュニケーション空間を構築して、ゲーム内の仮想現実を体験する」という漠然とした共通理解がある。

実験は「被験者の意志決定を中立に保つために、被験者の意志決定に影響する情報を与えてしまう可能性をできるだけ排除する」という方針であった。ゲーミングでは実験とは異なり、ゲーム内でのプレイヤーの役割に対して十分豊か（複雑）な定義を与え、役割に伴うインセンティブ構造を十分に作り込む。十分に作り込まれた「リッチな現実感」を提示することで、プレイヤーがゲームに「熱中」する構造を作り込む。ゲーミングではゲーム内の結果に対して、プレイヤーに報酬を払うことはないが、プレイヤーが十分に熱中する構造があれば、ゲームの結果に比例した報酬を用意しなくても、ゲームの結果に再現性があることが知られている。

また、ゲーミングは「デブリーフィング」と呼ばれるゲーム後の相互反省の機会を非常に重要視する。デブリーフィングではゲームの内容や途中で起こった出来事に対して、ゲームプレイヤー同士が自分のゲーム内経験に基づいて率直に話し合う。ゲームで起こった出来事やその背景にある構造と因果関係について理解を深めるのである。

## 2.6 実験経済学とゲーミングシミュレーションの問題意識とアプローチの違い

実験経済学とゲーミングは、「とりあえず実際の人間に何かさせる」というレベルでは同じである。そのため、専門外の方からは「類似の研究」、「似たアプローチ」と思われることがあるが、研究に対する方法論の根底が異なっている。

実験経済学がゲーミングとこれだけ差のあるアプローチをとるのは、「知りたい現象の差」から「被験者（プレイヤー）に真剣にやってもらうためにする努力」が違う方向に向いた自然な帰結である。

実験経済学は主たる目的が「経済学の理論的結果が人間を用いても得られるかの検証」であるため、非常にシンプルなモデルを用いる。また、被験者が実験状況に慣れるため、同じ実験状況を繰り返す。この環境で被験者に飽きさせないためには「金銭」が不可欠になる。ゲーミングは政策の評価や社会的現象の理解と言った場面で用いられることが多く、十分なリアリティを感じられるような複雑なモデルを扱う。そのためにゲームバランスを調整したり、プレイ中のリアリティ感を高めたりと言った「熱中度」を高めるアプローチをとる。この差が決定的な違いとなる。

しかし、CO<sub>2</sub>の排出権取引制度の検討のように実験経済学とゲーミングの双方の研究者が独立に研究しているケースもあり、今後も増えてゆくだろう。双方の差は、単なるグラデーションの両端にすぎない。

## 2.7 社会学における実験の意義とアプローチ

社会学で扱う議論は非常に幅が広く、簡単にまとめることは難しいが、実験で扱える議論の内容から、ここで筆者が主張したい暫定的結論を用意する。

### (1) 実験で扱える現象のイメージ



社会学で扱う議論の中で、もっとも実験的手法とマッチしやすいのは、理論的バックボーンとして合理的選択理論を用い、繰り返しゲームの枠組みで議論することである。事実、本研究プロジェクトでは、この線に沿って実験設計が行われている。

このアプローチの利点は、実験の準備から報酬の支払い手続きまで、実験経済学の手法を踏襲することが可能であることである。しかし、Thaler(1990)で経済学の理論的仮定で説明できない現象（アノマリー）が数多く指摘されているように、社会的ジレンマ現象を含む数多くの現象は自己利益最大化を主としたアプローチでは説明不可能である。

また、本研究プロジェクトの結果が示しているように、実験に参加する被験者の行動原理は決して一様でなく、複数存在している。ある目的関数を最大化している、という合理的選択理論的仮定を置くとしても、「では、最大化している目的関数は何か？」を議論する必要が残ってしまう。

加えて、さまざまな行動原理を採用している被験者が集まっており、しかも採用されている行動原理の中身も各行動原理の分布も最初はわからず、その被験者達と相互作用している状況（まさに社会学が対象としている社会状態に近い）を想定してみよう。このとき、「自分がどう行動すれば、自分の利益が最大化されるか」を読み解くこと自体が不可能となる。

筆者が抱いている、実験で扱える社会現象のモデルは、各被験者の意志決定が(1)被験者の属性（性別、年齢、経済状態、社会ネットワーク（どのグループに参加しているか）など）、(2)実験中の状況、(3)被験者の価値観などの心理変数（ここでは、経済的利益最大化以外の行動を招き寄せる全ての因子を含むことにする）の3種類の性質の異なる変数によって決定され、その集積として社会現象が成立している、というものである（図1）。

各被験者の意志決定結果の集積として全体の結果が発生し、それがフィードバックして被験者が次の意志決定する状況となる。通常に実験では遂行される時間はせいぜい1時間程度であり、被験者の属性や心理変数が影響を受けるほど長期では無いと考えていいだろう<sup>(7)</sup>。

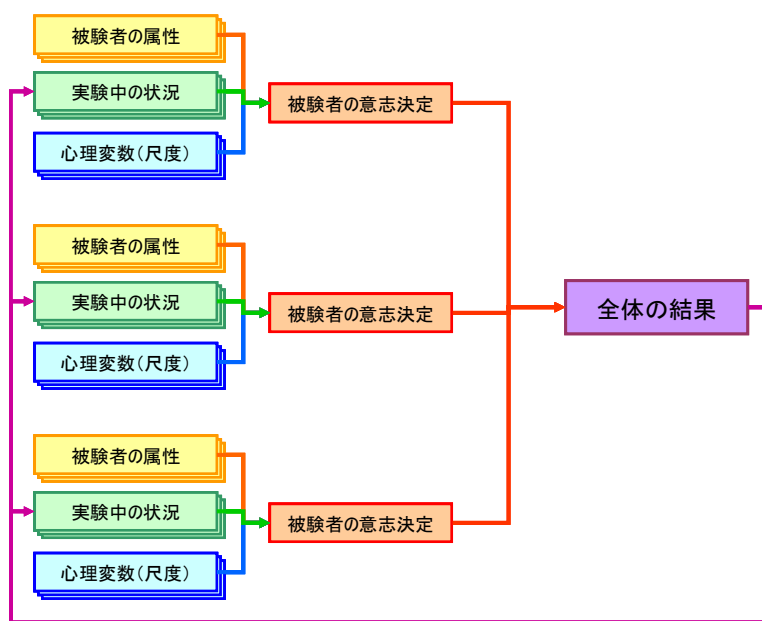


図1 実験で扱う社会現象のイメージ

この視点で現象を捕らえたとき、実験で集めるべきデータは被験者の行動だけでは不足であり、被験者の価値観を探る心理変数も不可欠となるだろう。また、実験にあたって被験者の属性を確認しておくことも必要となる。そのため、いくつかのフェイズ項目と実験環境で有意に働く心理変数を探るためのさまざま質問が収録された質問紙を被験者に回答してもらうことが不可欠となる。

実験の実験手続きの大枠は実験経済学に準じたとしても、被験者に心理変数を集めるためには社会心理学者の持つノウハウ（特に、質問紙の作成）は不可欠となる。また、これらの心理変数が有効に機能するためには、ある程度複雑な意志決定が行われる環境を被験者に提供する必要があるだろう。その際には、ゲーミング的なセンスが問われることになる。

## (2) 実験設計の基本指針

ここまでの議論をまとめよう。

経済学、社会心理学の実験では行われていない、よって解明されることのないタイプの現象として、以下の状況を想定する。

- ・ 社会的属性、心理変数が被験者の意志決定に影響する
- ・ 被験者間の相互作用が、被験者の意志決定に影響する
- ・ 各被験者の意志決定結果を集積したものが、次期の各被験者が意志決定を行う状況となる

基本的には、ここで示した程度に複雑な現象が対象となる。社会的ジレンマ現象が、ここで想定している複雑の現象のミニマムである。しかし、ミニマムな複雑さであっても、決して容易に分析し尽くせるものではない。そのため、当面の実験の設計指針として、以下の設定を置くことを主張する：

1. 被験者たちの相互作用が充分濃密で、経済的動機以外の行動原理が発動するよう、ゲーミングのノウハウ（「リッチな現実感」の提示）を活用する
2. だが、実験へ被験者が許容可能なレベルで真剣に参加することを担保するために、結果に比例した金銭的報酬を用意する

「リッチな現実感の提示」については、上手に行わないと被験者の行動に望ましくない効果を与えてしまうので注意を要する。社会的ジレンマ現象のようなかなり理論的抽象度の高いモデルを実験する際には、具体的な提示がない方がいい場合もある（詳細は実際の運用例の箇所述べる）。

社会学における実験目的としては、ミクロ的視点からマクロ的視点へと向かう、以下の4つを挙げる。これらはそれぞれ別の実験で行なうのが理想だが、一つの実験が複数の視点を持っていても構わない<sup>(8)</sup>。

1. 社会現象に対する仮説を構築する前段階として、被験者の意志決定を探索する
2. 被験者の行動に関する仮説を検証する

3. ある社会現象に対する理論が主張する結果が実際に再現できるかを検証する
4. 社会現象に対してある制度を構築（環境に制約を与える）した場合に起こる結果にたいして、制度の評価・テストを行う

1 は予備的実験にあたるもの、2 が社会現象のベースとなる被験者の行動の検討である。3 に該当する実験がもっとも行われる。4 に関する実験はまだ少ないが、交通渋滞を社会的ジレンマ問題と解釈し、情報提供の方法などのさまざまな政策的手法の組み合わせでその解決を試みる藤井（2003）のような研究もあり、今後増えてくることが予想される。

### 3. コンピュータを利用した実験

経済学・社会心理学・社会学の別を問わず、最近では実験にネットワークにつながったコンピュータ（クライアント・サーバシステム）を利用することが多い。実験にコンピュータを用いる利点は多数ある。箇条書きで挙げると次のようになる：

1. 実験結果のデータ入力を省力できる。
2. 実験データの入力ミスがなくなるため、分析する際にデータクリーニングの手間が省ける。
3. 被験者に配るカード類の準備や実験中にカードを回収する実験補助者へのアルバイト代など、実験一回あたりにかかる費用や手間の軽減される。
4. 時間制約で十分な回数の繰り返しが出来なかった現象を多数繰り返すことができる。
5. 複雑な計算も正確にこなすため、これまでは不可能だった実験を行うことができる。すなわち、手実験と比べて実験で扱える現象の質が変化する。

1 と 2 はほぼ自明だろう。節を変えて、3 以降の利点について議論したのち、コンピュータ化に伴う問題点を指摘する。

#### 3.1 コスト面でのコンピュータ化の利点

コンピュータ化の利点を説明するために、「寄付ゲーム」を繰り返す実験を考えてみよう。ここで寄付ゲームとは、次のような公共財供給ゲームを指す：

- ・ 全員で 5 人のグループがあり、グループのメンバーはそれぞれ持ち点として 5 点持っている。
- ・ メンバーは 0 点から 5 点の範囲（1 点刻み）で、グループ全体に寄付を行える。
- ・ 被験者達は、他のメンバーと一切の会話は禁止される。
- ・ 全員の寄付量の合計は意志決定後に知らされる。しかし、自分以外の個別メンバーがどれだけ寄付したかを知ることができない。
- ・ 全員の寄付を集めて公共財がつくられる。公共財の価値は  $(\text{寄付の合計}) \times 2 \div 5$  と

する。メンバーは自分の手元に残した持ち点に公共財の価値の分だけ得点加わる。すなわち、グループの各メンバーの得点は、(公共財の価値) + (5 - 寄付量)である。

この実験では、被験者間で互いの意志決定がわからないように実験を進める必要がある。そのための手順例を以下に示す：

1. 被験者に自分の意志決定をカードに記入してもらう。
2. 実験補助者がカードを回収する。
3. 被験者達に見えないところでグループ全員の意志決定を集計し、公共財の価値を計算する。
4. 寄付の合計と公共財の価値が記されたカードを実験補助者が各被験者に渡す（各被験者に対して、個別に席上の机の上に置く）。

このプロセスを繰り返すのは非常に時間がかかる。回収の迅速化と確実性を高めるには、1グループ（5人）あたり実験補助者を1名（合計4名）用意する必要がある。4名用意したとしても、実験時間を1時間とした場合、繰り返せる回数は10回程度が上限である<sup>(9)</sup>。

こういったコストと手間を省き、実験の効率化をはかるために、ネットワークにつながったコンピュータ（クライアント・サーバシステム）を利用することができる。コンピュータを用いた場合、先ほどの手順は以下のように変更される：

1. 被験者はコンピュータ上で意志決定を行う
2. 意志決定の結果はサーバに送られる
3. サーバで被験者の意志決定の集計と、公共財の価値計算が行われる
4. 各グループの寄付の合計量と公共財の価値がサーバから各被験者に送信される

コンピュータ化をしたことで、以前の手順の2から4がすべて自動化されるだけでなく、カードの回収のための実験補助者は不要になる。また、サーバ内に実験中に被験者の意志決定を記録できるので、実験後に記録を入力する手間も省くことができる。

### 3.2 研究可能性の拡大

コンピュータ化のさらなる利点として、実験時間内で繰り返せる回数が飛躍的に増えることがあげられる。寄付ゲームの場合、1時間の実験時間で50回から60回程度の繰り返しが可能になる。そのため、これまでは時間的制約から不可能だった繰り返し回数のデータを用いた研究が可能になる。

また、ゲーム途中の得点計算をコンピュータに任せることで、人間が計算を行っていた場合には不可能な複雑な実験を行うことが可能になる。たとえば、本科学研究費で行った次のような寄付ゲームの拡張は、コンピュータ化無くしては不可能である：

- ・ 最初は 5 人ずつの 4 グループでこれまでと同じ形でスタートする。
- ・ 繰り返し 5 回ごとに各グループの結果が公表され、被験者はその情報を元に次の 5 回の寄付ゲームを 4 グループのうちどのグループでプレイするかを選ぶことができる。
- ・ 各グループの人数には制限が無く、0 人になってもかまわないものとする。
- ・ 寄付ゲームは最終的に 100 回（移動機会は 9 回）繰り返される。

これだけの実験が、実験内容の説明（インストラクション）・実験後のデブリーフィング、実験報酬支払いを合わせて 90 分で可能になったのも、全てはコンピュータによって実験プロセスが効率化されたことによる。

繰り返し回数を増やしただけでなく、この実験では 5 回ごとに各グループの人数と被験者の所属グループが変わることで、得点計算処理は非常に複雑になる。実験実施者側が実験中にミスをする可能性を考えると、この実験はコンピュータ化抜きには考えられない。

### 3.3 コンピュータ化の弱点

実験のコンピュータ化は利点ばかりではなく、もちろん弱点も存在する。箇条書きで挙げると、次の 3 点となる：

1. 開発・維持費用がかかる
2. 安定動作までに時間がかかり、なかなか実験を開始出来る目処がつきにくい
3. 仕様変更の難しい

以下、順次説明する。

#### (1)開発・維持費用

実験システムを手軽に自分で開発出来れば経済的費用はゼロとなるが、社会学で行われる実験は複数の参加者の相互作用を分析する必要がある場合がほとんどだろう。その場合、ネットワーク環境が必須となり、プログラミングの敷居はかなり高くなる。

加えて、開発できれば終わりではなく、実際の実験会場でのネットワーク環境の設定、フリーズさせることなく最後まで運用するだけのスキルをもつ管理者も必要になる。

ネットワークを用いた実験プログラムの開発および実験用コンピュータに実験システムを設定するには、理工系大学院の修士課程程度の専門的な能力が必要となる。そのため、研究グループ内にそのようなスキルを持つ人がいない場合には外注する必要があるが、通常は開発にかかる費用はおおよそ 1 人月（1 人の専門家を 1 ヶ月その仕事のみに張り付けた場合の費用）で 100 万円程度かかる<sup>(10)</sup>。

#### (2)動作が安定するまでにかかる時間

ネットワークが関係するシステムでは、通常のプログラムと比べてチェックする箇所が膨大に増え、トラブルの発生原因の特定が難しい。システムが複雑になるほどデバッグ（プログラムの誤りの修正）に手間がかかる。加えて、十分なストレステスト（高負荷試験）を行っておかないと、実験中に思いがけないエラーが発生することがある。

また、システムのエラーとは別に、実験プログラムのインターフェイスを調節や、被験者の気まぐれな行動から安全なシステムを構築するための時間も無視できない。被験者が発作的にプログラムを終了させたり、操作を間違えたりした場合にも現状復帰できる頑健なシステムを構築するためには、テストを繰り返す必要がある。

最低でも数回、実際の実験と同じ想定で（実験協力者や実験補助者を総動員して）システムをテストし、その結果発見された要改善点を開発者にフィードバックする、と言うプロセスを最低でも数回行う必要がある。

### (3)仕様変更の難しさ

一番重要なのは、一度決定した仕様を変更することが難しいことである。

手実験では容易に変更可能な実験設定の変更でも、一度プログラムを書いたあとで変更することは難しい。プログラムの内部処理場は可能でも、画面表示の関係で実質上不可能な場合もある。

本科研費で扱った実験ゲームの場合、プログラムを書く段階では被験者の人数やグループ数、繰り返し回数などは変更可能なパラメータとして設定してことはみんな考えるだろう。しかし、「被験者が意志決定する際に表示する情報を変更する」と言った、微妙な設定変更を行いたいと考えても、プログラムを書く前に表示する情報の設定パラメータを用意しておかないと、後で修正することは非常に困難である。

様々な設定を変更可能なプログラムは複雑なため、開発コストが高騰する。実験開発者側は将来の拡張可能性も十分配慮してシステムを開発（もしくは外注）する必要がある。

## 3.4 コンピュータを使った実験まとめ

ここまでの議論をまとめよう。いわゆる手実験とコンピュータを使った実験の長所／短所をまとめると、表2のようになる。一見してすぐわかるように、コンピュータ実験の方が遙かに敷居が高い。かかる費用も考えると、決して気軽に行えるものではない。

表2 コンピュータ実験と手実験の比較

	コンピュータ	手実験
初期費用	高	低
ランニングコスト	低	高
実験後の手間	少	多
実験中の時間的制約	緩やか	厳しい
実験実施中の臨機応変な対応	難しい	柔軟
試行錯誤しながらの内容の改良	難しい	柔軟
扱える現象	複雑でも OK	単純なもののみ

実験にコンピュータを使いたいなら、これらの問題を充分認識して実施する必要がある。また、コンピュータ実験に向けた研究計画を立てる必要がある。コンピュータ実験向きの研究計画の例としては、次のようになる：

- ・ 繰り返し回数などの実験時間の制約から、コンピュータ化によるプロセス高速化が絶

対に必要な実験

- ・ 計算処理や実験プロセスの複雑性から、コンピュータ化による正確な処理が絶対に必要な実験
- ・ 低いランニングコストによって最終的にかかるコストが手実験を下回るぐらい、相当数のデータを集める必要がある実験

上のような項目が該当するにせよ、手実験を繰り返すことで実験内容、実験プロセスなどの「仕様」を固めることが必要だろう。また、単純な繰り返しゲーム実験では、自由に利用可能な開発ツールが複数存在するので<sup>(11)</sup>、それを利用するという方法もある。

#### 4. 実際の開発プロセス: 科研費プロジェクトの事例

実際に実験プロジェクトを運営する際には、ここまでの議論では尽くせていない課題・トラブルに多数遭遇する。そのケーススタディとして、本科研費プロジェクトでの実際の開発プロセスを採りあげる。

本プロジェクトは、実際の実験に関わったことのあるメンバーが少なく（主たるメンバーの中では、小山に加えて、辻（明治学院大学）、針原（東京大学）ぐらいである）、実験システムの開発と運用が軌道に乗るまでに多数のトラブルに遭遇することとなった。遭遇した課題・トラブルには本プロジェクトに個別的なものもあるが、その多くがこの種の研究プロジェクトを運営する際に普遍的に発生するものである。このケーススタディが、他の研究者が実験を行う際の一つの「たたき台」となることを希望する。

##### 4.1 システム開発プロセス

もっとも基本的なシステム開発プロセスである「ウォーターフォール・プロセス」では、以下の順でシステム開発が行われる：

1. 利用者の要求の分析／定義
2. 設計
3. プログラミング
4. テストと修正

今回の実験システムはほぼこの順番で進んでいったが、慣れない研究者が仕様を固めていたため、途中での追加実装依頼が多数発生し、開発はかなり混乱した。加えて、このプロセス外項目として、「開発者探し」という項目があった。

##### 4.2 実験システムの開発・運用プロセス(1) 2002年の失敗

社会心理学を専門とする数名を除いて、科研費プロジェクトメンバーのほとんどは、実験をするのも、実験システムの開発を行うのも初めてであった。小山は京都産業大学での日本

学術振興会特別研究員時代に実験の経験があり、簡単な一人意志決定実験のプログラムを作成したこともあった<sup>(12)</sup>。プロジェクト発足の年に工学系（東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻）に奉職したこともあり、プログラマー探し、インターフェイス設計、実験時のサーバオペレータなどを担当することになった。

今回行うことになった実験は、実験経済学者や社会心理学者だと「複雑すぎて、実験の成功見込みが低い」「被験者に影響を与える項目が多すぎて、本当に有効な分析が可能かわからない」と躊躇して行わないことが想定されるぐらい、大規模で複雑なものとなった。これは、実験の経験が無い大浦が主として設計したことが影響している。実験の複雑さと規模の巨大さはシステム構築の障害となったが、実験が成功すれば世界初となるものだった。

初年度の結果を端的に述べると、「大失敗」だった。サーバは不安定で実験が最後まで遂行できた回数はわずかだった。得られたわずかなデータも、質的な問題が多かったため、現在は使われていない。

また、システム面だけでなく、実験で用いるインストラクションや実験中に被験者が得る利益の計算関数も、下記の点で不十分であった：

- ・ 実験の名前が「ビジネスゲーム」であり、被験者が予断を持って実験に望む可能性があった<sup>(13)</sup>。
- ・ 実験中でグループを「企業」の比喻を用いて説明していたため、「同じ企業に勤めあげないと・・・」という実験とは無関係な「行動規範」を実験に持ち込んだ被験者がいた<sup>(14)</sup>。
- ・ 実験中の時間表記は企業の比喻に合わせて「○年△月」形式を採用しており、移動は6回（半年）に一度だった。
- ・ 各被験者の得る利益の計算関数として（寄付量の合計）÷（人数）－（本人の寄付量）÷2を用いており、Dawes（1980）の社会的ジレンマの定義を満足していなかった。

これらの問題点は、2003年以降に改善されていくことになる。本節では2002年のシステム開発および運用の失敗について、時系列に沿って見ていく。

#### (1) プログラマー探しと要求仕様確定（2002年6月～8月上旬）

- ・ 4月中旬：科研費交付内定通知・・・研究プロジェクトスタート
  - 大浦、プロトタイプ実験の実施と要求仕様書の作成
- ・ 6月29日：実験経済学コンファレンス（京産大）・・・実験システムの見学・検討
  - クライアントにパソコンの利用を決定。
  - 小山「サーバもノートで可能では」発言。
- ・ 7月中：プログラマー探し
  - 最終的に、小山の知り合いに決定。
- ・ 8月1-2日：葉山合宿
  - 開発者決定に関する経緯の報告



4月中旬に科学研究費の交付内定通知が届き、研究プロジェクトがスタートする。大浦が講義時間でプロトタイプ実験を行い、実験内容の大枠を確定させ、要求仕様書を作成した。

京都産業大学で行われた実験経済学カンファレンスに研究代表の大浦他数人が参加し、京産大の実験システム (<http://www.kyoto-su.ac.jp/project/orc/execo/>) を見学した。視察する前は、大浦の構想では、クライアントはポケット PC のような小型情報端末を用い、それらをネットワークでつないで実験することを考えていたらしい。京産大での実験システムを見学した後の会合で、想定する実験システムを構築する際にはポケット PC の表示領域では不十分なこと、キーボードが利用できるポケット PC 端末が市場から姿を消しそうであり、入手性に不安があることから、ノート PC をクライアントマシンに採用することが決定された。

見学後にメーリングリストで行われた議論で、京産大で行われているチープトーク実験<sup>(15)</sup> (20台のクライアントからランダムマッチングで2台×10組を生成し、チープトークゲームを行わせる実験) がノート PC をサーバにしていることから、小山が「サーバもノート PC で可能かも」と発言し、サーバもノート PC を採用することが決定する。最終的に、このことが初年度の実験失敗を引き起こす理由となる。

研究プロジェクトメンバーは社会学・社会心理学者が主体となっており、実験システムを構築できる人（もしくは業者）の見当が付かなかったため、東工大の工学系に籍を置く小山に開発者の探索が依頼される。研究室に開発を依頼できる学生が不在であったため、小山は個人的知り合いである SE である青木俊秀氏に開発者の紹介を依頼した。

依頼する際に、実験プロセスのイメージ案（大浦作成）を資料として添付し、以下の条件を伝えた<sup>(16)</sup>：

- ・ 被験者は文系の学生で、コンピュータ操作にあまり習熟していないので、インターフェイスに Web ブラウザが使えるように、Perl を使った CGI プログラムという形で依頼したい。
- ・ 予算は上限 30 万円。仕事量と比べて金額的に不足する場合、来年度以降の予算からの支出、という形で対応したい<sup>(17)</sup>。
- ・ 文部科学省の科学研究費から出すので、やや支払いが遅い。また、見積書・請求書・納品書の 3 点セットが必要。
- ・ 可能ならば、プログラム 20 万＋メンテ 10 万といった契約を結びたい。

この条件で青木氏本人が開発することを了承したことで、開発者の目処が立った。開発者が決定したことは、8月1-2日に行われた研究合宿で全員に報告され、了承された。

## (2)各種設計および実装

- ・ 8月中旬：設計仕様確定に向けて小山・青木がメールで打ち合わせ
  - 一度、小山と青木が直接会って（8月18日）細かな内容を確認
  - 3フレームのインターフェイスに決定。
  - インターフェイスについては小山案がほぼそのまま。
- ・ 9月：開発と未確定な仕様の調整
  - 被験者募集チラシなどの配布開始。

プログラムを開発するにあたって、実験でのタイムチャート、インターフェイスイメージ、実験プロセスの進行イメージが書かれた仕様書を小山が作成した。仕様書は研究プロジェクトのメーリングリストに投稿され、各メンバーからの指摘をもとに一部修正<sup>(18)</sup>されたのち、了承を受けた。

その仕様書をもとに、8月18日に小山・青木が都内で直接会い、実装上必要な設計を検討した。その際の合意内容は次の通りである：

- ・ コスト削減のため、実験システムのサーバへのインストールと設定は小山が担当する。
- ・ 小山が全実験に参加してサーバオペレータをこなすのは難しいため、サーバオペレータに要求するスキルは最小限とする。可能な限り Windows で動かせるようにする。
- ・ データベースソフトウェアの管理は敷居が高いため、実験中のデータ保存にデータベースソフトウェアは利用しない。データは分析時に利用しやすいように CSV 形式で保存する。
- ・ Linux にサーバを移行する可能性に配慮して、httpd は Apache を利用する。

実験インターフェイスについては、小山が設計方針を青木に説明し、了承を受ける、という手順をとった。そこで説明した設計方針は以下の通りである：

- ・ 被験者のコンピュータ力はさまざまなので、キーボード入力はさせず、全てマウスで操作できるようにする（フルプルーフ）
- ・ 実験途中でハングアップした際の対策を十分にする（フェイルセーフ）<sup>(19)</sup>
  - 被験者の意思決定データは逐次一時保存ファイルに残す
  - ブラウザが強制終了しても、一時データを読み込んですぐに実験に復帰できるようにする

加えて、実験条件のコントロールが容易になるように、サーバマネージャ用 CGI の開発も依頼した。そこでコントロール出来るようにお願いしたのは、次の項目である：

- ・ 実験起動画面中の、実験をする大学の教官名をいれる「〇〇先生」の部分
- ・ 意思決定水準（2段階~最大5段階）
- ・ 移動までの間隔（1ヶ月~任意の整数）
- ・ 実験の長さ（移動~移動を1単位とした単位数で入力）

レイアウト表示を安定させる必要から、グループ数は4に固定することを決定した。また、実験参加人数の調整は依頼しなかったが、多数のクライアントマシンを用意しなくてもテストが可能とするために青木の方で自主的に導入された。以降、実装の詳細部分での疑問は青木からの質問メールに小山が回答する、という形で開発は進められた。

また、被験者を募集する案内チラシの配布が実験を行う帝京大学と山形大学で始まり、実験システムの最終納期が確定した。

### (3)不十分なテストと実験失敗

- ・ 10月1日：ネットワーク上仮サーバでの最初の $\beta$ テスト
  - 重複ログイン禁止措置など、追加実装依頼.
- ・ 10月中： $\beta$ テストのバグフィックス&追加機能実装
  - 最初の実験時利用バージョンがほぼ完成.
- ・ 11月2日：帝京大で、実機での初のテスト
  - 8台では、安定動作を確認.
  - 20台のストレステストをしなかった。このことが後々の火種に.
  - その後、小山は海外出張。約2週間開発が停滞.
- ・ 11月19日：第1回帝京実験(小山不参加)
  - 結果はボロボロ（フリーズ多発）.
  - ストレステストの不備が決定的要因.
  - 同期処理の問題（先に進みすぎるエラー）.
- ・ 11月25日：第2回帝京大学実験（小山参加）
  - 前回と同じ、エラー多発サーバでの実施.
  - 実行時の工夫で少しは長期データが取れた.
  - 実験後、新サーバの20台テスト実施→最後まで成功
- ・ 11月30日：山形大学実験（小山不参加）
  - 3回中、2回が最後まで成功.
- ・ 12月21日・22日：秋保合宿
  - システムが不安定だった理由について、小山からメンバーへ説明

暫定バージョンは初頭に完成し、テストランが青木氏のサーバ上でネットを経由して行われた。その際のチェックから、同じ座席番号での重複ログインの禁止を追加実装することが決定した<sup>(20)</sup>。

実験の17日前の11月2日に、実験で使用する機器へのApache, Perl, 実験ソフトウェアをインストールし、テストランを行った。11月19日の初回実験は小山は参加できないため、初回実験参加者にサーバの起動方法および実験終了時の対処方法などをレクチャーを行った。この日に8台のクライアントマシンとサーバをつないで行ったテストでは、無事に最後まで実験が遂行できることが確認できた。テストに参加した人数が少なく、テストする場所の余裕がなかったため、20台全てを使ったストレステストは実施されなかった。小山はその直後から約2週間海外出張となり、テストが不十分なまま実験当日となってしまった。

11月19日の実験は、フリーズが多発してしまい、実質的なデータは全く採れなかった。その結果の連絡を受けて小山は急遽青木に連絡を取るとともに、11月25日の実験参加を決定した。事前に青木とのメールでのやりとりで、以下に示す「周回遅れエラー」が発生しているとの予測を立て、一部対策を行った改良プログラムを持ち込んだ。

11月25日の実験では、事前に改良プログラムのテストが出来なかったため、旧プログラムで実験を行ったが、運営側の工夫（実験者が指示したとき以外はマウスから手を離す）で19日より長い期間のデータが採れた。しかし、実験中はサーバのCPU負荷率が常に100%となっており、サーバの処理が遅れがちで、このことがエラーを発生させる原因となっているようだった。また、最後まで行ったデータは無かった。この段階で小山が確認したエラーは次の3通りである：

1. サーバ内の一時ファイル生成（消去）エラーによる、クライアントの無限ループ
2. クライアントのHTML受信エラー
3. 被験者間の同期がずれることで発生する「周回遅れ」エラー

ネットワーク環境下では通信エラーは不可避に発生する。1と2は通信エラーに関して発生するもので、1はサーバ内の一時ファイルを消去することで、2はブラウザの再起動で対処可能なエラーである。「周回遅れ」エラーはほとんどの場合、実験を終了させる以外に方法はない。

深刻な周回遅れエラーが発生していることを確認したので、改良プログラムのテストを行った。改良プログラムでは全員の意志決定が終了するまで「次に進む」のボタンが出てこないため、高い確率で周回遅れエラーを回避可能であるが、処理が増えるためにCPU負荷はさらに増加することになる。しかし、時間的制約から移動ターンでは2重読み込みを実装することが間に合わなかったため、移動ターンで周回遅れエラーが発生する可能性が残されてしまった<sup>(21)</sup>。

11月30日の山形実験には小山は不参加だったが、改良プログラムと運営上のノウハウ、人数を減らす（18人）ことで3回中2回成功した。12月21日22日の合宿で、なぜ実験中にシステムが不安定になったかの説明と、来年度以降の改善予定について小山が報告した。

#### 4.3 実験システムの開発・運用プロセス(2) 実験システムの改良と安定化～2003年・2004年

##### (1) タイトル、インストラクション、実験システムの修正

小林・大浦は実験結果の分析を複数の学会・研究会での報告し、さまざまなコメントのフィードバックを受けた。これらのコメントと2002年度のさまざまな失敗の反省から、実験の実施・実験システムに対して、以下の項目を修正することとなった。

- ・ ゲーム名を”Giving Game”に変更。
- ・ 被験者が予断を持たないように、インストラクションで用いられる表現が「企業」から価値中立的な言葉である「グループ」に変更。
- ・ 実験中の時間表記を「○年△月」から「第○ラウンド△回目」に変更。元の実験にあわせてプログラム内時間が年月で計算されているため、表示向けに再計算することとなり、サーバの負担は増えた。
- ・ 公共財の計算式が、通常の寄付ゲームでよく用いられる、定数×（提供者の価値合計）

÷人数へと変更.

- ・ 移動コストの影響を評価するために、移動にコストがかかるようにする.
- ・ 複数の条件を実験することで、比較することになった. 具体的には、実験群として移動コストを 2 条件 (高コスト, 低コスト), 比較群として移動コストゼロと移動が無い場合の 2 条件, 合計 4 条件の実験を行う.

これらの修正により、「中途半端なゲーミング」的状況から、より「実験」へと趣が変わることとなった.

## (2) 実験システムの修正

小山は青木と連絡を取り、要求仕様を満たす実装を依頼した. 実装の追加と変更にあたって、青木は 1)画面に表示する文字コードを windows で用いられる shift-jis のみの対応とする、2)いくつかの関数をサブルーチンからインライン化する、ことでコードの高速化を行った. 加えて、移動時にも 2 重読み込みを実装することで、より安全に実行できるようにした.

サーバに関しては、能力不足解消のため、以後の実験ではサーバをノートパソコン (ThinkPad R32:Mobile Pentium4-1.6Ghz) からデスクトップ (Dual Athron MP 2000+) に、OS を Linux (RedHat 9.0) に変更した. また、サーバが出力する一切のログを止めることで、サーバの負担を可能な限り減らした.

また、テスト不足だった去年の反省を踏まえ、小山の講義を利用してサーバマシンの事前テストを 2 回実施した. その結果、RedHat9.0 で標準インストールされている Apache 1.3 では、デスクトップマシンをサーバに採用しても 2002 年と同様の周回遅れエラーが発生することが確認され、実験システムの根本的な見当が必要になった.

そこで、サーバに Apache2.0<sup>(22)</sup>を perchild モード (高負荷に強いマルチスレッドモード) でコンパイル&インストールし、帝京大で全数テストを行ったところ、最後までエラーが発生することなく進行することが確認された.

## (3) 実験の実施と 90%の成功

実際の実験は、2002 年、2003 年ともに、9 回中 8 回の成功となった. テストで成功していたにもかかわらず、両年ともに 1 回ずつ失敗した理由は以下の通りである:

- ・ 負荷テスト時は、実験参加者と同数の人員を裂くことが出来ないため、意志決定の送信がやや散漫で、全員の意志決定が短時間で集中することはなかった.
- ・ 一方、実験中の被験者は実験になれてくるとともに意志決定が早くなるため、全員の意志決定が一度に集中することで短時間にサーバに負荷が集中することがある.

アクセスが集中したときに CPU の負荷が極度に高まるのは CGI の限界であり、開発の初期で技術選択に失敗した結果である. システムの改善としてはこれが上限だろう<sup>(23)</sup>.

## 4.4 システム開発についての反省とまとめ

コンピュータに詳しくない人の中には、開発側との明確な要求仕様を詰める、といったことを全くしないままに「ちゃんと動いてあたりまえ」「こちらの思い通りに動作してあたり

まえ」と考え、「動かない、使い勝手が悪いのは相手が悪い」と言った誤解を持っている場合も少なくない。2002年4月に発生した、みずほ銀行のATMトラブルに対するマスコミ・政府の反応はその典型的なものと言える（日経コンピュータ編（2002a））。

だが、ケーススタディからわかるように、根本となる技術選択、詳細仕様の決定で間違えると、希望通りの性能が出せない、後付の修正に多大な時間とコストがかかる、ということが発生する。今回の場合は、実験内時間の変更は余計な負担をサーバにかけることとなり、実験条件の追加によるプログラム修正にはかなりの時間が費やされることとなった。

日経コンピュータ編（2002b）には、業務用に開発が依頼されたシステムがちゃんと動かなお、性能が不十分で十分な活用が出来ない、と言った事例が起こる原因として、次に示す11点を指摘している：

1. ソフトの不具合を修正できず
2. 開発を請け負った企業の業務知識が不足
3. 導入計画に無理があり、システムの使用が不完全
4. 出来上がったシステムを確認する検収作業が不十分
5. 開発を請け負った企業の指導が足りず、顧客がシステムを運用できず
6. 顧客企業にシステム専任要員がない
7. 利用したパッケージ・ソフトが業務に合わない
8. 顧客企業と開発を請け負った企業の役割分担があいまい、契約も不明確
9. システムを運用するための基本的な準備が不足
10. 顧客の社内および開発を請け負った企業との人間関係のこじれ
11. 開発を請け負った企業の担当者が交代あるいは退職

今回のケースで該当する項目は非常に多く、1～4、7～9が該当する。すなわち、

1. 最終的に、10%強の失敗率を克服できなかった。
2. 社会科学的な実験やゲーム理論に関する知識を開発者が持っていなかった。これは外部に実験システムの開発を委託する限り、避けて通れない問題である。
3. システム開発の目処が完全に立つ前から、被験者の募集が始まっており、時間の余裕がなかった。
4. 2002年では全数テストを行わなかった。2003年以降では、被験者と同数のテスト用員を集めての負荷テストを行わなかった。
7. 今回の実験は非常に負荷が高だけでなく、全体の状況を把握するアプリケーションが居るべきタイプの事件であるため、CGIは本質的にあわなかった。
8. 科研費による支払いが持つ宿命であるが、開発者にいつ支払われる報酬が不明確であるばかりか、支払われる時期が非常に遅かった。
9. 実験実施側に基本的知識が無く、コンピュータ関係の業務はほとんど小山が行った<sup>(24)</sup>。

また、何らかの原因で小山がプロジェクトを離れると実験の遂行が完全に不可能となる、という意味で11の危険も常に抱えていたことも指摘しておく必要があるだろう。

## 5. まとめ: 社会学的実験を成功させるために

多額の費用と多数の人員が必要なのは、実験も社会調査も同様である。社会調査では、標準的な方法論が確立している。また、実際に社会調査を経験している研究者は多数存在するため、実践上のノウハウも広く研究者間で共有されている。そのため、それらの方法論とノウハウに従う限り、最低限の研究成果は保証されている。

しかし、実験、特に被験者間の相互作用の分析を重視した社会学的に意義のある実験に関しては、まだ方法論もノウハウも確立しているとは言えない。甘い気持ちで実験研究を行おうとすると、多額の費用を失うばかりか、デスマーチプロジェクト（失敗することが明白なプロジェクト）特有の副産物として、プロジェクトメンバー間の人間関係まで損なわれてしまう可能性がある。

今回の経験から、今後実験を行う予定のある研究者が参考とできる点を挙げると、次のようになる。以下に挙げる項目のうち、一つでも多くの項目が達成できれば、ケーススタディのケースより実験の成功確率が上昇するだろう。

- 実験を設計する早い段階から、システムの専門家の助言を受けること。
- 採用する技術の選定には、細心の注意を払うこと。
- 可能なら、開発者としては、連絡が付きやすく時間の融通が利きやすい学生を採用すること。実験データを学生の研究とすることで開発するインセンティブが高まるならなお望ましい。
- システムのテストにかかる時間を充分とること。
- 実験システムの管理ができる担当者を複数養成すること。

本稿が、これから実験を行う研究プロジェクト・研究グループの参考となることを強く希望する。

## 付録: 周回遅れエラーの発生原因と、その対処方法について

「周回遅れエラー」が発生してしまうこと、およびこのエラーの解決策がないことは、CGIで実験システムを設計したことから不可避免的に発生したものである。

今回の実験システムは実現困難な条件を克服するために、非常にアクロバティックな設計となっている：

- サーバでは各被験者担当のCGIが稼働する。すなわち、サーバでは人数分のCGIクライアントが同時に稼働している。

- 全体を統括するアプリケーションは存在せず，各 CGI プログラム間のデータ通信（被験者の意志決定結果のやりとり）はサーバ内の HDD に作成した一時ファイルで行う．
- 実験中のステップ管理はクライアントが持つ cookie で行い，全クライアントの同期を取るプログラムは存在しない．

被験者の意志決定時に行う CGI プログラムの処理は次の通りである：

1. 被験者が意志決定結果をサーバに送信すると，被験者の意志決定結果を記した一時ファイルを作業ディレクトリ内に作成する．
2. その後，作業ディレクトリ内に同一グループの全員の一時ファイルが集まるまで待機する
3. 一時ファイル数が人数と同じになった段階でそのステップの処理（被験者が得られる利得の計算，もしくは移動）を行い，一時ファイルを消去して被験者に次のステップが始まることを通知する．

このサーバプログラム下では，周回遅れエラーの発生原因は 2 種類存在する：

1. cookie の書き換えに失敗する
2. 被験者の意志決定が早くなりすぎ，サーバ側で処理の遅れた被験者の同期がずれる

1 のエラーは，クッキーを人為的に書き換えることで復活させることができるが，2 のエラーは致命的で，発生すると実験を終了させる以外方法がない．

一時ファイルにはタイムスタンプがない．そのため，ある被験者に対する処理が遅れてしまい，前回ステップの一時ファイルの消去が終わる前の段階で，グループ内の他の被験者全員が素早く今回ステップの意志決定をサーバに送信してしまうと，周回遅れエラーが発生してしまう．この症状が発生した場合，周回遅れエラーが発生した被験者は 1 ステップ前のデータが使われて利得の計算がなされてしまう．そのため，復旧させても以後のデータは全く意味をなさなくなる．

周回遅れエラーが出ないようにする 2 重読み込みとは，各ステップの進行を次の手順でコントロールすることである．

1. 被験者が意志決定を行った段階で，一時ファイル A を作業ディレクトリ内に作成し，被験者に対しては「お待ちください」画面を表示する．この段階では，「次に進む」ボタンはまだ画面に表示されていない．
2. 作業ディレクトリ内にグループメンバー全員の一時ファイルが集まったら，「お待ちください」画面を「今回の結果（＝グループでの結果）」へと変更し，一時ファイル B を作業ディレクトリ内に作成する．この段階も，「次に進む」ボタンはまだ画面に表示されていない．



3. 全被験者の一時ファイル A と一時ファイル B が集まったら、「次へ進む」ボタンを「今回の結果」画面に表示させる。
4. 「次へ進む」をクリックすると、一時ファイル A と一時ファイル B は消去される。
5. 全ての一時ファイルが消去されると、次のステップの意志決定画面を表示する。

このように、一時ファイルが 2 つそろわないと次のステップに進ませないことで、周回遅れエラーが発生するのを防いでいる。

#### 【注】

- (1) 受賞理由と二人の研究内容の詳細は、<http://www.nobel.se/economics/laureates/2002/public.html> を参照
- (2) 近年書かれたテキストの中で方法論にかなりのページを割いている今田編(2000)内でも、実験に関する記述は見られない。
- (3) 金銭を払わない実験は「授業で生徒に理論を理解させるためにやるもの」程度の価値しかなく（しかも結果と成績を連動することが推奨されている！）、金銭を伴わない実験を「不完全な実験」の意味で「ゲーミング」と呼ぶ、というゲーミング研究者が怒り出しそうな風習まである。実験経済学には、「実験中は自由に行動してもいいけど、みんなバカじゃないからどうすればいいかわかっているよね？」と言外でメッセージを伝えているようないやしさがある。
- (4) 例えば、Timonthy, Saijo, and Yamato(2002)を参照。
- (5) 「実際、遊びは本質的に生活の他の部分から分離され、注意深く絶縁された活動であり、それはふつう、時間と場所の明確な限界の中で完成される。（カイヨワ、『遊びと人間』、多田道太郎・塚崎幹夫訳、講談社学術文庫）」
- (6) 飛行機の操縦を訓練するフライトシミュレータ、都市開発ゲーム、日本や中国大陸で全国統一を目指すシミュレーションゲームなどを想像してもらおうとわかりやすい。
- (7) もちろん、ある種の「社会化」を検討したい実験などでは、心理変数へのフィードバックも考える必要が出てくるだろう。
- (8) 実験をする際にもっとも逼迫する資源は「実験をまだ一度も経験していない被験者」と、「実験に必要な予算」である。これらの制約から、十分な回数の実験が行えないことも多い。
- (9) これは、手実験で行った小山他（2002）で実際にかかった時間である。また、コンピュータ化された実験がほとんど無い過去の繰り返しゲームの実験で繰り返し数が 10 回程度のものが多いのも同じ理由であらう。
- (10) 東京工業大学で実際に開発委託を行っているソフトウェア会社の人から聞いた数字。
- (11) 有名なところでは、チューリッヒ大学で開発された ztree (<http://www.iew.unizh.ch/ztree/index.php>) や、カーネギーメロン大学で開発された comlabgames (<http://www.comlabgames.com/>) がある。
- (12) この実験は、最終的に Ogawa, Koyama and Oda（2003）にまとめられた。
- (13) さらに言えば、通常、「ビジネスゲーム」は経営学教育の一環として実施される経営的なゲームに対する一般的な名称であり、研究者グループにも誤解を与える可能性があった。
- (14) これは、実験後の質問紙の自由記述に書かれていたものである。実験経済学では質問紙を採用しない実験が多いが、ここで示すように実験を改善する手がかりが得られることもある。
- (15) 20 台のクライアントからランダムマッチングで 2 台×10 組を生成し、チーブトークゲームを行わせる実験。詳細は西野他（2003）を参照。
- (16) 大学関係の取引慣習に慣れていない人（もしくは企業）に業務を依頼するには、後々のトラブルの元にならないよう、大学での事務手続きに特有の問題を事前に通知しておく必要がある。特に個人で活動しているプログラマーの場合、収入がいつはいるかが重要なこともあるので、事前にわかることは全て説明しておくことが望ましい。
- (17) 前述したように、この金額は非常に安価な「知り合い特別価格」である。今回の開発にかかった時間から推計する限り、本当なら 100 万円ぐらいは必要だったはずである。
- (18) 最初の設計では、Web ブラウザを立ち上げて最初に出る画面が座席番号入力画面だったが、実験参加了承画面が追加された。また、被験者が自分の意志決定を送信した後、次の結果が出るまでの間「お待ちください」のメッセージが表示されたポップアップウィンドウが出るように追加された。

- (19) 被験者実験では、実験システムが途中でハングアップしても、道義上被験者に謝金を支払う必要がある。しかも、その際の被験者は実験内容を知ってしまっているので実験をやり直してデータとして利用することは出来ない。そのため、「実験を最後までやりきり、データを得る」ことが最優先の設計をする必要がある。
- (20) 重複ログインチェックは、クライアントマシンの IP アドレスを使って行われる。その仕組みは 1) クライアントマシンに実験承諾画面が出たときにサーバ側に一時ファイル (IP アドレスがファイル名) が作成され、2) 次に出来る座席選択画面で番号を入力して、「実験画面へと進む」ボタンをクリックされた段階で、一時ファイルが削除される、というものである。実際の実験では、実験承諾画面で被験者がうっかり (もしくは興味本位で) 「いいえ」をクリックする、ブラウザを落としてしまう、と言うトラブルが稀に発生し、その際にはサーバ側の一時ファイルを消去する必要があった。そのため、残念ながら、この仕様は邪魔になることが多かった。
- (21) 以後、他の箇所の修正に追われた結果、最後まで移動時の二重チェックは実装されず、実験はアクセス鍵を抱えたまま続けられることになった。
- (22) Apache1.3 は多数の web サイトでの採用実績があり安定しているが、シングルスレッドで動作しており、多数のマシンが同時にアクセスする高負荷環境に弱いという欠点がある。一方、当時はまだ普及途上にあった Apache2.0 はマルチスレッドを採用しており、高負荷時でも動作が遅くなりにくいことを特徴としていた。
- (23) 実際、開発者の青木からは、「次に開発することがあるなら、CGI は使わずに JAVA を使う方がいい」とのコメントを受けている。
- (24) 数少ない例外は、2004 年度の獨協大学の実験である。獨協大学の藤山氏は自ら Linux の操作を習得することで、小山が参加できない日のサーバ管理を自分で行った。

#### 【文献】

- 今田高俊(編). 2000. 『社会学研究法・リアリティの捉え方』有斐閣
- 末永俊郎 (編) . 1994. 『社会心理学研究入門』東京大学出版会
- Danier Friedman and Shyam Sunder. 1994. *Experimental Methods: A Primer for Economists*. Cambridge University Press. 川越敏司・内木哲也・森徹・秋永利明訳. 1999. 『実験経済学の原理と方法』同文館
- Kazuhiro Ogawa, Yuhsuke Koyama, Sobei H. Oda. 2004. A Middleman in An Ambiguous Situation - Experimental Evidence-, *Journal of Socio Economics*, forthcoming.
- Timothy N. Cason, Tatsuyoshi Saijo, and Takehiko Yamato. 2002. "Voluntary Participation and Spite in Public Good Provision Experiments: An International Comparison," *Experimental Economics*, 5:133-153.
- 小山友介・濱口泰代・小田宗兵衛. 2002. 「閾値つき公共財供給ゲームにおける行動原理の探索」『数理社会学会予稿集』
- 藤井聡. 『社会的ジレンマ問題の処方箋—都市, 交通, 環境問題のための心理学』ナカニシヤ出版
- 西野成昭, 上田完次. 2003. 「経済実験における計算機の利用: チューブトークゲームと仲介市場実験」, 物性研究, Vol. 80, No. 6, pp.846-863.
- 日経コンピュータ (編) . 2002a. 『システム障害はなぜ起きたかみずほの教訓』日経 BP 出版センター.
- 日経コンピュータ (編) . 2002b. 『動かないコンピュータ---情報システムに見る失敗の研究』日経 BP 出版センター.

#### 【謝辞】

実験システムの開発に、採算を大きく割り込んだ「友人レート」で協力して頂いた、青木俊秀氏に感謝します。