ごみ処理問題についての再考察
—実験による検証—

和　田　良　子[†]
経済学部助教授
平　瀬　和　基[‡]
経済学部講師

1．序

和田-平瀬（2005）と同様に，環境問題のひとつであるごみ処理問題について議論をする．ごみ処理問題にかんする理論を紹介し，そのゲームについて実験を行った結果を考察する．ごみ処理にかんするゲームは，外部不経済が存在する状況の一例としてShapley and Shubik（1969）によって分析されており，譲渡可能な効用を用いた枠組みで，提携合理性を満たすごみの配分が存在しないことが示されている．Hirai et al.（2004）は，扱うゲームの種類の一例として，譲渡不可能な効用を用いた枠組みでごみ処理ゲームを記述し，詳細な分析をしている．そこでは報復均衡の存在やコアの存在などが示されている．本稿では，均衡概念の存在が知られている譲渡不可能な効用を用いた枠組みを用いたゲームを紹介し，理論における均衡概念と関係する行動と実験で得られた行動とを比較することが主な目的である．

本稿第2章では，譲渡不可能な効用を用いたごみ処理ゲームの定義を紹介する．このゲームでは，有限の主体がそれぞれある量のごみを保有しており，そのごみを自分も含めた主体間で処理する状況を考える．プレーヤーの戦略は，保有しているごみを誰にどれくらい処理させるかを決めることであり，主体の利得は結果的に自分のところに集まったごみの量が少ないほど高くなるものとする．ごみ処理ゲームの均衡概念として，ナッシュ均衡，強均衡，αコア，βコアについて取り上げ，どのような行動がそれらの均衡概念と関連しているのかを紹介する．ナッシュ均衡は自分以外の主体にごみを処理させる行動を，強均

[†]メール：YRI02505@nifty.com
[‡]メール：hirase@gs.econ.keio.ac.jp

衡は全員でごみを受け渡すサイクルができることを，２つのコアは各主体がはじめに与えられるごみと同じ量を処理するという行動を支持することが示される．

第３章では，このゲームに関連して行った実験について説明をする．実験は，被験者のグループを対象にごみ処理ゲームを５回繰り返すというものであるが，繰り返しを行う中で被験者に与える情報を変えて，以下の３種類の実験を行った．第一は，５回繰り返す中で，前の回に自分に集まった量だけが分かるというものであり，第二は，前の回に誰が自分にごみを処理させたかという情報を与えるというものである．第三は，前の回に誰が誰にどのくらいの量のごみを処理させたか（前の回の全被験者の戦略）を情報として与えるというものである．

第４章でこれら３種類の実験結果を述べ，実験結果と理論上均衡概念に関連づけられた行動とを比較し考察を与える．特に第２章で扱ったナッシュ均衡とコアに注目して比較を行う．また３種類の実験で被験者に与える情報の変化と行動の変化についても考察をする．

２．理論

2.1　モデル

本稿で扱うごみ処理ゲームを定義する．ごみ処理ゲームでは，各主体に外生的にある量のごみが与えられているときに，どの主体のどのくらいの量のごみを処理させるかを決めるという状況を考える．各主体の戦略は，自分のごみを誰にどのくらい処理してもらうかを決めることに対応している．主体の利得は，各主体がそれぞれ戦略を選んだ結果その主体に集まったごみの量に依存して決まり，集まったごみの量が増えるほど利得が下がるという仮定をおく．

定式化すると次のようになる．

定義 1.

ごみ処理ゲームは，以下の戦略形ゲーム $G=\{N,(b_i,X_i,u_i)_{i\in N}\}$ であらわされる．

- $N=\{1,...,i,...,n\}$ は主体の集合．
- $X_i=\{x_i=(x_{i1},...,x_{in})\in\Re^n_+|\sum_{j\in N}x_{ij}=b_i\}$ を主体 i の戦略集合とする．ただし，$b_i(\in\Re_+)$ を主体 i が処分しなければならないごみの量とする． x_{ij} は主体 i が主体 j に渡すごみの量をあらわすものと解釈できる．

- $U_i : \Pi_{i \in N} X_i \to \Re$ で主体iの利得関数をあらわす．また，$u_i(x_1, ..., x_n) = U_i(\sum_{j \in N} x_{ji})$ で，u_i は単調減少関数であると仮定する．

Nの非空な部分集合を提携と呼び，Sであらわす．提携の集合を $\mathcal{N}$ と表記する．提携による戦略について，便宜的に以下のような記号を用いることにする．提携Sによる戦略の集合 $\Pi_{i \in S} X_i$ を X_S として，その典型的な元を x_S とする．全員提携Nによる戦略や戦略集合については添え字を省略し，x, X などとあらわす．i以外の主体による提携$N \backslash i$を $-i$ で表記する．また，1人提携$\{i\}$を単にiと表現する．

2.1 均衡概念

本節では，ごみ処理ゲームGの均衡概念を定義し，それらの均衡概念によってどのような戦略が支持されるかを述べる．均衡概念を定義する前に，逸脱という概念を定義する．その後，ある種の逸脱がおこらない戦略の組として各均衡概念を定義する．

定義 2.

（逸脱） 提携Sが $x = (x_1, ..., x_n)$ に対して逸脱戦略 $y_S (\in X_S)$ をもつとは，提携Sの全ての構成員jについて，

$$u_j(y_S, x_{N \backslash S}) > u_j(x)$$

が成立することをいう．

上の式は，提携Sのメンバーjは y_j という戦略を選ぶことで，x_j という戦略を選んだときよりも高い利得を得られることを意味する．本稿で取り上げる均衡概念は全てある種の逸脱がおこりえない戦略の組として考えることができる．

2.2.1 ナッシュ均衡

戦略の組 x がナッシュ均衡であるとは，どのような一人提携も x に対して逸脱戦略をもたないということである．

定義 3.

（ナッシュ均衡） 戦略の組x がナッシュ均衡であるとは，全ての主体iとX_iに属する全ての x'_i に対して，$u_i(x) \geq u_i(x'_i, x_{-i}) = u_i(x_1, ..., x_{i-1}, x'_i, x_{i-1}, ..., x_n)$ が成立することをいう．

このナッシュ均衡の定義から，次の命題が成立する．

命題 1　ごみ処理ゲーム G において，戦略の組 $x=(x_1,...,x_n)$ がナッシュ均衡であることは，全ての主体 i について，$x_{ii}=0$ が成立することと同値である．（証明については和田-平瀬（2005）参照．）

命題 1 は戦略がナッシュ均衡になるための必要十分条件を示しており，ナッシュ均衡は，処理しなければならないごみを全て自分以外の主体に渡すという戦略で特徴づけられる．

2.2.2　強均衡

定義 4.

（強均衡）どのような提携も戦略の組 x に対して逸脱戦略をもたないとき，戦略の組 x が強均衡であるという．

一人提携に逸脱されない戦略の組として定義されていたナッシュ均衡と比較すると，強均衡はより強い均衡概念となっている．

注 1．強均衡はナッシュ均衡である．

命題 2　$i_1,...,i_n$ を $1,...,n$ の置換とする．このとき，ごみ処理ゲーム G にかんして，

- $x_{ii}=0\ \ (\forall i\in N)$
- $x_{i_1i_2}=b_{i_1}, x_{i_2i_3}=b_{i_2},...,x_{i_ni_1}=b_{i_n}$

を満たす戦略の組 x は強均衡になる．（証明については和田-平瀬（2005）参照．）

全員提携でごみの受け渡しサイクルが形成されるような戦略の組が，強均衡によって支持されることが示された．ナッシュ均衡のときとは異なり，ここでは強均衡がこのような戦略の組に完全に特徴づけられているわけではない．他のナッシュ均衡戦略の組も強均衡になっている可能性があるというわけである．

2.2.3　コア

定義 5.

戦略形ゲーム G の α 特性対応 V_α を以下のように定義する．

- $V_\alpha(S) := \{u = (u_1, ..., u_n) \in \Re^n | \exists x_S \in X_S, \forall x_{N\setminus S} \in X_{N\setminus S}, \forall i \in S, u_i \leq u_i(x)\}$ $(S \neq N)$
- $V_\alpha(N) := \{u = (u_1, ..., u_n) \in \Re^n | \exists x \in X, \forall i \in N, u_i \leq u_i(x)\}$

とする．

この特性対応は，Aumann and Peleg (1960) が導入した α 的状況に基づいている．$N \setminus S$ がどのような戦略を選ぼうと，提携 S のメンバーが最低でも達成できる利得ベクトルの集合を表現したものと解釈される．

この特性対応を使って，α コアを定義する．

定義 6.

（α コア）戦略ゲーム G の α コア $C_\alpha(G)$ を，以下の利得ベクトルの集合で定義する．

$$C_\alpha(G) := V_\alpha(N) \setminus \bigcup_{S \in \mathcal{N}} \mathrm{int} V_\alpha(S)$$

α コアは，α 的な状況を考えたときに，全員提携で達成される利得ベクトルの集合から何らかの提携によって逸脱されてしまう利得ベクトルの集合を除いたものと解釈できる．

次に，α 流とは異なる特性対応を定義する．

定義 7.

戦略形ゲーム G の β 特性対応 V_β を

- $V_\beta(S) := \{u = (u_1, ..., u_n) \in \Re^n | \forall x_{N\setminus S} \in X_{N\setminus S}, \exists x_S \in X_S, \forall i \in S, u_i \leq u_i(x)\}$ $(S \neq N)$
- $V_\beta(N) := \{u = (u_1, ..., u_n) \in \Re^n | \exists x \in X, \forall i \in N, u_i \leq u_i(x)\}$

とする．

この特性対応は，Aumann and Peleg (1960) が導入した β 的状況に基づいている．N \ Sがどのような戦略を選ぼうと，それに対して提携 S のメンバーが適当な戦略を選ぶことで達成することができる利得ベクトルの集合を表現したものと解釈できる．提携 S が N \ Sの戦略に対応することができるであろうという，α 流よりは提携 S にとって楽観的な状況をあらわしていると考えられる．

α コアと同様に β コアを定義する.

定義 8.

（β コア）戦略形ゲーム G の β コア $C_\beta(G)$ を，以下の利得ベクトルの集合で定義する.

$$C_\beta(G) := V_\beta(N) \setminus \bigcup_{S \in \mathcal{N}} \mathrm{int}V_\beta(S)$$

α コアは悲観的な予想に基づいた逸脱を許さない状況，β コアは楽観的な予想に基づいた逸脱を許さない状況，強均衡はいかなる逸脱も許さない状況を記述していると解釈できよう.

これら3つの均衡概念については，定義から，強均衡で達成される利得の組は β コアになり，β コアは α コアに含まれるという関係が成立する．このことと命題2から，ごみ処理ゲーム G においては，α コアと β コアが存在することが確認される．一般的には β コアは α コアに含まれるのだが，本論文でモデル化したごみ処理ゲームでは α コアと β コアの一致が知られている.

命題 3　ごみ処理ゲーム G において，α コアと β コアは一致する.（証明については和田-平瀬（2005）参照.）

ごみ処理ゲーム G においては，α 流の（悲観的な）行動予想をもつ提携によって逸脱を受けない利得ベクトルの集合は，β 流の（楽観的な）行動予想をもつ提携によって逸脱を受けない利得ベクトルの集合と一致するということである．ここからは，特に区別する必要がない限り α コアと β コアを単にコアと呼ぶことにする．どのような戦略がコアによって支持されるのかということについて，Hirai et al.（2004）が次の命題を示している.

命題 4　一般性を失うことなく，$b_1 \leq b_2 \leq ... \leq b_n$ とする．ごみ処理ゲーム G において，

$$\sum_{j=1}^{k} b_j \geq b_{k+1} (k = 1, ..., n-1)$$

が成立するとき，またそのときに限って，全ての i について $x_{ii} = b_i$ を満たす戦略の組 x によって得られる利得ベクトルがコアに含まれる.

命題の前件は，外生的に与えられるごみの量に主体間で大きな差がないという条件であ

るといえる．ごみの量に主体間で差がなければ，またそのときに限って，自分のごみを自分で処理するという戦略をとったときに得られる利得の組がコアになるということである．例えば，はじめに全ての主体が10ずつごみを与えられている状況を考えると（この状況は命題の前件を満たす），各主体がある戦略を選んだ結果全ての主体に10ずつのごみが集まったとすると，その戦略の組はコアになるといえる．

3．実験の手順

第２章において，ごみ処理ゲームにおけるいくつかの均衡概念とそれらに支持される戦略（あるいは結果）との関係について理論的に述べてきた．以下では実験の方法と結果について述べていくことにする．第２章の理論モデルで扱った均衡概念が実験で支持されるのかどうかを検証することが目的である．

3.1 手順

1. 被験者ははじめに10単位のごみを保有しているものとする．
2. その10単位のごみを誰にどのくらいずつ処理させるか（という戦略を）決めてもらい，決めた数字を記入してもらう．
3. 実験者は被験者が記入した用紙を回収する．
4. 実験者は用紙を集計し，３種類の実験についてそれぞれ以下の情報を被験者に与える．
   実験１　５回のセッションの中で，前の回に自分に集まったごみの量だけを知ることができる．（誰が自分にごみを渡したかは分からない．）
   実験２　５回のセッションの中で，前の回に誰が自分にどれくらいのごみを渡したかが分かる．
   実験３　５回のセッションの中で，前の回に誰がどのような戦略をとってきたかが共有知識になっている．
5. １～４を５回繰り返す．
6. ３種類の実験ともに，被験者をアルファベットであらわし，各被験者は他の被験者がどのアルファベットに対応しているのかを知らないものとする．（他の被験者の顔と名前についての情報を与えないものとする）

3.2　被験者・実験日時

・実験１については，敬愛大学の３年生20名を対象に平成19年２月15日に行った.

・実験２については，同大学の２年生10名を対象に平成18年12月13日に行った.

・実験３については，同大学の３年生20名を対象に平成19年２月15日に行った.

なお，実験１と３の被験者は同一である．実験１のあと実験３を行った．３つの実験を同一の被験者に行わなかった理由は，実験時間が長過ぎて集中が失われることと，実験２のあと実験３を行うことにより実験２の結果やそのとき有効と考えられた戦略を継続する可能性が高いと考えられるためである．特に後者は致命的な影響をもたらしうるため，異なる被験者を選んだ.

実験１と実験３では10名ずつの２グループで実験を行った．２つのグループの構成は変えなかったが，グループ内の名前と被験者の対応は変えた．実験１の結果を引きずらないための手順である.

４．実験結果と考察

4.1　実験１の結果と考察

実験１では，10人の被験者２グループを対象に実験を行った．赤グループと黒グループとし，トランプのカードの色によってグループが，数字に対応して，名前Ａ～Ｊが決定された.

各グループ，各被験者５回分の意思決定を表にすると以下のような実験結果が得られた．前述の通り，前の回に誰が自分にごみを渡したかは分からないが自分に集まったごみの量だけを被験者に情報提供を行いながら実験を行った.

4.1.1 ナッシュ均衡との関係

この項では実験結果と第２章で扱ったナッシュ均衡との関係を考察する．命題１より，ナッシュ均衡は，全ての主体が自らによるごみ処理を０にすることである.

実験１では，全ての主体が同時に自らによるごみ処理を０にするというナッシュ均衡が，グループ赤の２回目とグループ黒の２回目，４回目，５回目で観察された．また各被験者が延べ100回戦略を選ぶ中で，自らによるごみ処理を行っているのは，グループ赤では10回，グループ黒ではわずか４回である．（そのうち３回は１回目の実験におけるものであ

表1　実験1-1回目, グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E	2	0	2	0	0	2	0	2	0	2	10
F	5	2	0	0	0	0	0	3	0	0	10
G	0	0	3	1	0	1	0	0	2	3	10
H	1	1	1	0	1	1	1	0	3	1	10
I	1	1	0	0	0	1	2	3	1	1	10
J	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	10
計	12	14	9	4	4	18	6	14	9	10	100

表2　実験1-1回目, グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	10
B	0	0	0	1	1	2	2	2	1	1	10
C	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
D	2	2	2	0	2	2	0	0	0	0	10
E	2	0	2	0	1	2	1	2	0	0	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	0	2	0	2	0	2	1	2	1	0	10
H	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	10
I	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	10
J	0	2	0	5	0	1	1	1	0	0	10
計	8	11	7	13	7	14	18	11	4	7	100

表3　実験1-2回目, グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	1	2	1	2	2	0	0	0	10
B	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
C	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	10
D	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5	10
E	1	2	1	2	0	0	2	0	2	0	10
F	0	0	1	2	3	0	1	0	1	2	10
G	2	3	0	0	1	1	0	3	0	0	10
H	2	2	0	5	0	0	0	0	1	0	10
I	3	1	4	1	1	0	0	0	0	0	10
J	0	6	0	0	0	0	0	4	0	0	10
計	9	18	7	13	7	5	17	9	6	9	100

表4　実験1-2回目，グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	10
B	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	10
C	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
D	0	0	0	0	0	2	2	3	2	1	10
E	0	2	1	2	0	0	1	0	2	2	10
F	0	2	2	2	0	0	2	0	2	0	10
G	0	3	3	3	1	0	0	0	0	0	10
H	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
I	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10
J	0	0	0	4	0	0	3	0	3	0	10
計	22	8	7	17	2	3	14	14	9	4	100

表5　実験1-3回目，グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10
B	0	0	3	0	0	0	0	3	1	3	10
C	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10
D	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10
E	2	0	2	0	0	2	0	2	0	2	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	0	0	0	3	1	3	0	0	2	1	10
H	0	0	4	0	4	1	1	0	0	0	10
I	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	10
J	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	10
計	7	17	12	6	9	18	4	9	6	12	100

表6　実験1-3回目，グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
B	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	10
C	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10
D	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
E	2	1	1	1	1	1	0	2	0	1	10
F	0	0	2	2	2	0	0	2	2	0	10
G	0	0	0	0	3	3	0	3	1	0	10
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
I	0	2	0	2	2	0	2	2	0	0	10
J	0	3	5	0	0	0	0	2	0	0	10
計	12	6	18	5	18	6	4	13	5	13	100

表7　実験1-4回目，グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	2	0	1	1	0	2	2	2	12
B	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	10
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
D	2	4	2	0	0	0	0	0	0	2	10
E	0	2	0	2	0	1	2	1	2	0	10
F	0	0	3	0	0	0	3	0	4	0	10
G	2	1	1	0	3	0	0	1	1	1	10
H	1	1	0	0	0	3	3	0	1	1	10
I	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
J	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
計	15	22	9	3	5	6	9	6	20	7	100

表8　実験1-4回目，グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	3	0	0	3	0	0	4	0	0	10
B	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	10
C	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
D	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	10
E	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
F	0	2	2	1	1	0	2	2	0	0	10
G	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	10
H	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
I	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1	10
J	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	10
計	14	13	17	5	9	2	14	13	11	2	100

表9　実験1-5回目，グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	0	2	1	1	1	2	1	0	2	10
B	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
D	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7	10
E	1	2	1	2	0	1	2	0	0	1	10
F	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10
G	1	2	0	1	1	0	0	2	2	1	10
H	3	3	0	0	0	0	0	0	1	3	10
I	1	1	1	1	1	1	0	0	3	1	10
J	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	10
計	8	10	6	17	15	5	6	6	11	16	100

表10　実験1-5回目，グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
B	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10
C	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
D	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	10
E	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
F	0	1	2	2	2	0	1	1	1	0	10
G	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	10
H	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
I	0	2	0	3	0	2	0	3	0	0	10
J	0	1	0	0	0	0	7	2	0	0	10
計	14	8	4	15	7	7	28	16	1	0	100

る．）したがってグループ赤では延べ50回中40回，グループ黒では延べ50回中46回の意思決定において自らによるごみ処理を０にするというナッシュ均衡戦略が観察されていることが分かる．極めて多くの被験者が高い頻度で個人合理的な行動をとっていることが実験により検証された．この結果は，実験１では誰にも自分の戦略がわからないことに起因すると考えられる．

4.1.2 コアとの関係

命題４から，初期と同じ状態がコアという均衡概念で支持されている．この実験においては，全ての主体が自分自身と他者からのごみを受け取った結果として，各自10ずつのごみを処理するという結果がコアで支持されることになる．

表11　実験１　グループ赤　結果の標準偏差

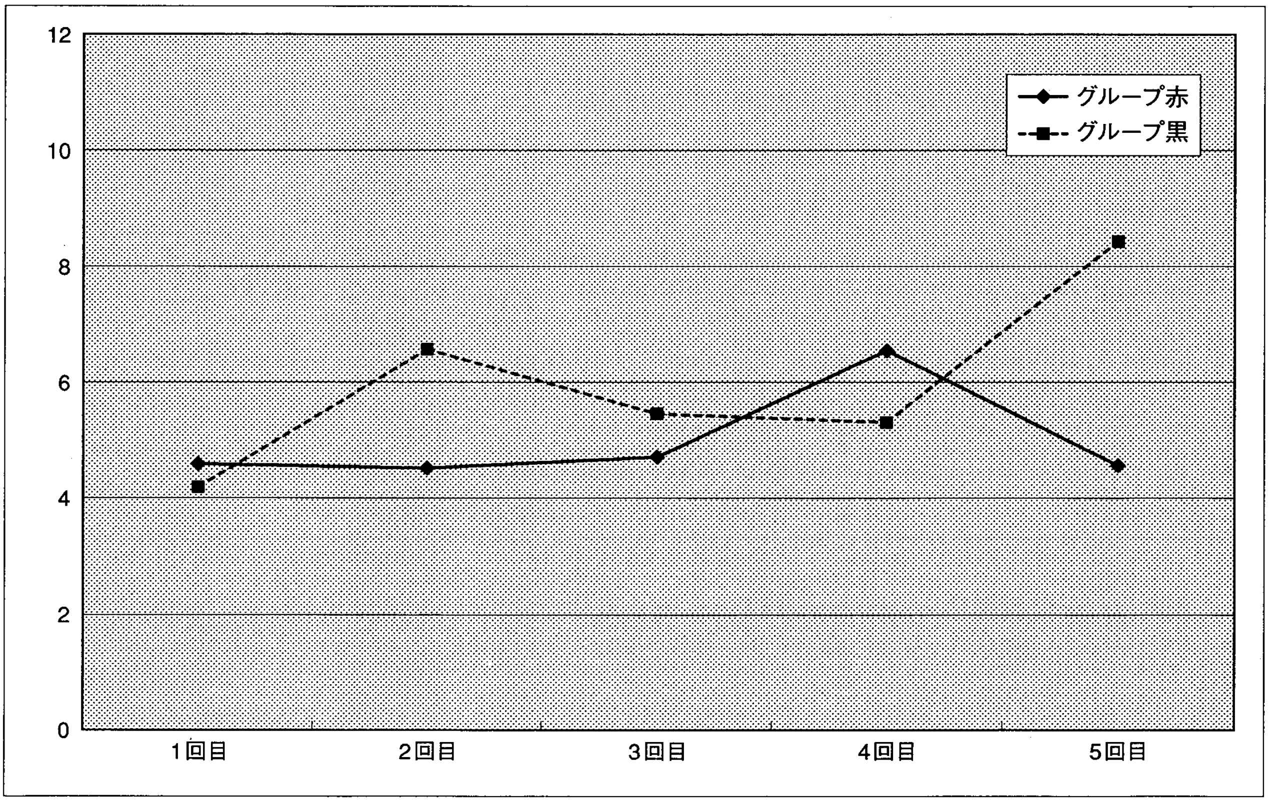
被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
A	12	9	7	15	8
B	14	18	17	22	10
C	9	7	12	9	6
D	4	13	6	3	17
E	4	7	9	5	15
F	18	5	18	1	5
G	6	17	4	9	6
H	14	9	9	6	6
I	9	6	6	20	11
J	10	9	13	7	17
結果の標準偏差	4.5947	4.5216	4.8534	5.9405	3.6209

表12　実験１　グループ黒　結果の標準偏差

被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
A	8	22	12	14	14
B	11	8	6	13	8
C	7	7	18	17	4
D	13	17	5	5	15
E	7	2	18	9	7
F	14	3	6	2	7
G	18	14	4	14	28
H	11	14	13	13	16
I	4	9	5	11	1
J	6	4	13	2	0
結果の標準偏差	4.1900	6.5659	5.4569	5.3125	8.4327

ここでは，このコアに支持される状態からの乖離を把握するために，セッション毎に，ごみの配分における標準偏差を算出する．標準偏差が０であればその回の結果はコアで支持される結果であったということになり，標準偏差が大きければコアからの乖離も大きいというわけである．以下がそのデータである．

図1　実験１　ごみ処理量のグループ内標準偏差



グループ赤では４回目に標準偏差が大きくなり，コアから一度乖離したが，５回目には１から３回目と同程度にまで標準偏差の水準が戻っている．グループ黒では２回目にコア

から乖離し，その後収束に向かった後，５回目に再びコアから大きく乖離している．実験１では誰からごみをもらったかはわからないため，しっぺ返しという考え方はない．途中で標準偏差が大きくなりコアから乖離していくのは，戦略を変えて様子をみたいという気持ちのあわられのようである．

4.1.3 実験で得られた戦略と勝敗との関係

この項では，どのような戦略をとった者がごみの処理量を減らせたのかという点に注目し，均衡概念との関係とは別に，実験で得られた戦略と各被験者に集まった５回分のごみ合計との関係を考察する．

ここでは，被験者が各回に選んだ戦略の標準偏差に着目した．被験者がある回で自分も含めた全ての主体に１ずつのごみを処理させていればこの標準偏差の値は０になり，偏ったごみ処理を行えばこの標準偏差の値は大きくなる．この値を表にすると以下のようになる．

表13　実験１　グループ赤　戦略のばらつきとごみ合計

被験者	１回目	２回目	３回目	４回目	５回目	標準偏差平均	ごみ合計
A	0	0.9428	0.4714	0.9189	0.8165	0.6300	51
B	3.1623	3.1623	1.4142	2.8284	3.1622	2.7459	81
C	0	0.4714	0.4714	0	0	0.1886	43
D	0	1.4907	2.1082	1.4142	2.2111	1.4448	43
E	1.0541	0.9428	1.0541	0.9428	0.8165	0.9621	40
F	1.7638	1.0541	0	1.6330	3.1623	1.5226	52
G	1.2472	1.2472	1.2472	1.155	0.8165	1.1001	42
H	0.8165	1.6330	1.6330	1.1547	1.4142	1.3303	44
I	0.9428	1.4142	2.8284	2.9768	0.8165	1.7267	52
J	2.3094	2.1603	2.8284	3.1623	0.471	2.1864	54

表14　実験１　グループ黒　戦略のばらつきとごみ合計

被験者	１回目	２回目	３回目	４回目	５回目	標準偏差平均	ごみ合計
A	1.0541	2.1082	3.1623	1.6330	3.1623	2.2240	70
B	0.8165	2.1082	1.0541	0.4714	3.1623	1.5225	46
C	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	53
D	1.0541	1.1547	3.1623	2.1082	2.1082	1.9175	55
E	0.9428	0.9428	0.6667	0.9428	3.1623	1.7753	43
F	0	1.0541	1.0541	0.9428	0.8165	0.7735	32
G	0.9428	1.4142	1.4142	1.0541	1.6997	1.3050	78
H	0.4714	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	2.6241	67
I	0.3162	0.4714	1.0541	0.4714	1.3333	0.7293	30
J	1.5635	1.6330	1.7638	2.1082	2.2111	1.8559	26

標準偏差平均というのは，1回目から5回目までの値の平均で，ごみ合計というのは5回のセッションで各被験者に集まったごみの量を合計した値である．

図2，3に，各人の戦略の標準偏差と各人が処理したごみの量の関係を示す．グループ

図2　実験1　戦略のばらつきとごみ合計　グループ赤

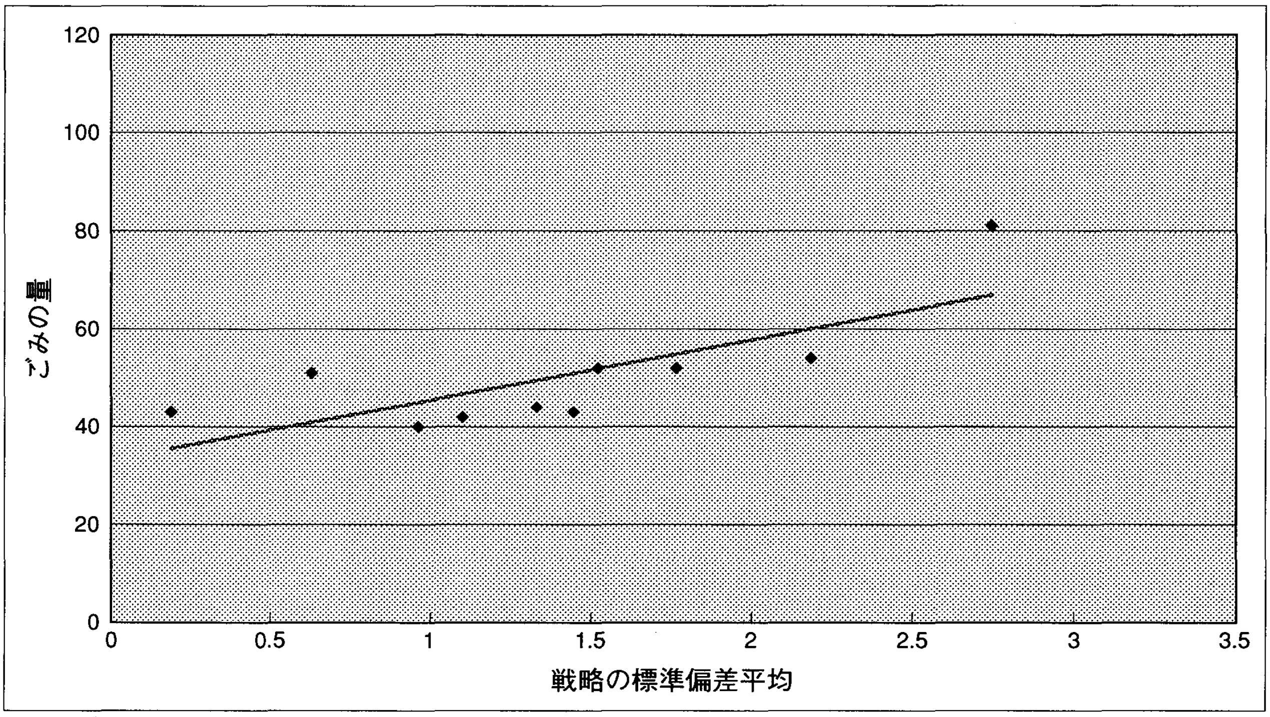
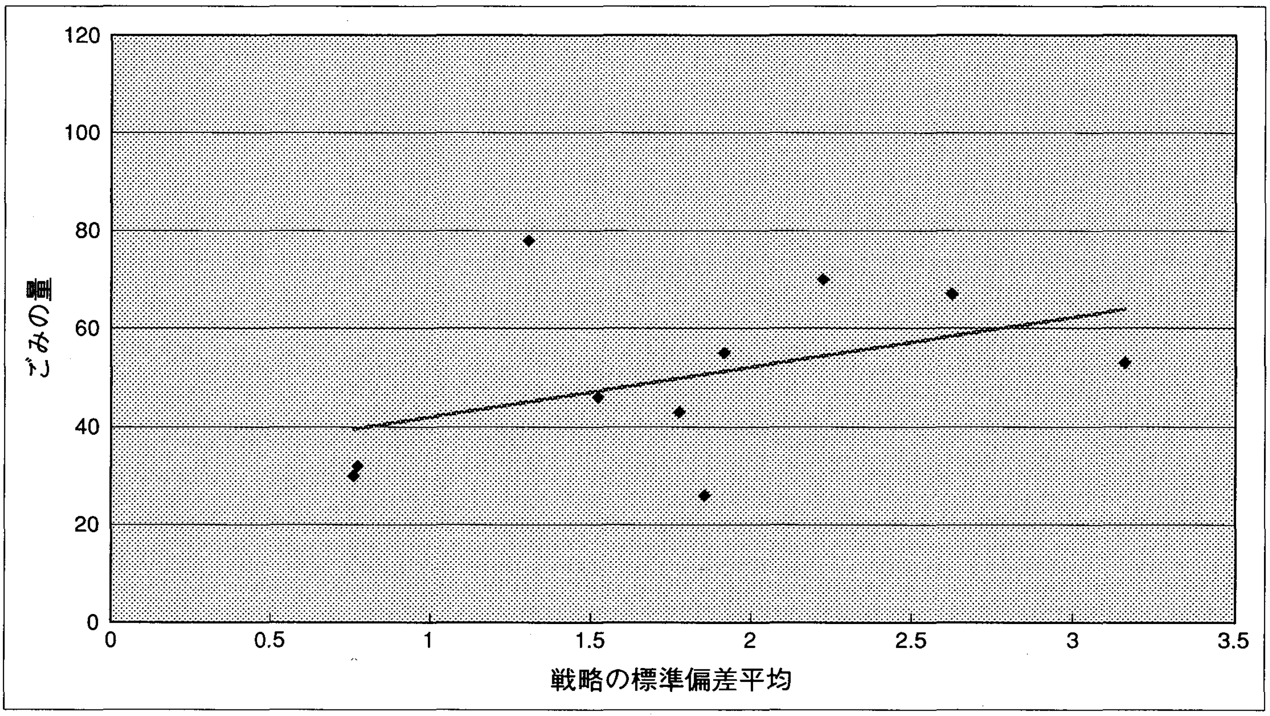


図3　実験1　戦略のばらつきとごみ合計　グループ黒



赤・黒ともに戦略の標準偏差の値が小さく，したがって各主体に平均的にごみを処理させた主体には結果として少ないごみが集まっている．誰が自分にごみを出したのかがわからないという情報の与え方にもかかわらずこのような結果が得られたのは，標準偏差が小さくなるような戦略を，グループ内の主体が同時に取ったときに全主体に少ないごみが集まることからきていると考えられる．

4.2 実験2の結果と考察

実験2は，10人の被験者1グループを対象に実験を行った．被験者にくじを引いてもらい誰がA～Jになるかを決定した．実験結果は以下の表の通りである．

表15 実験2-1回目

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
C	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	10
D	2	3	1	0	4	0	0	0	0	0	10
E	0	3	0	2	0	0	2	3	0	0	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
H	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	10
I	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	10
J	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	10
計	13	14	9	11	14	7	9	9	6	8	100

表16 実験2-2回目

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	10
B	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	10
C	1	1	0	1	0	1	1	1	1	3	10
D	1	1	0	0	1	1	1	1	1	3	10
E	0	2	1	0	0	2	0	1	1	3	10
F	0	1	1	2	2	0	1	1	0	2	10
G	1	1	1	0	3	1	1	1	1	0	10
H	0	1	1	0	4	1	1	0	2	0	10
I	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10
J	0	0	2	0	0	2	2	2	2	0	10
計	7	8	9	6	15	9	12	10	10	14	100

表17　実験2-3回目

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	10
B	1	0	2	1	2	2	0	0	2	0	10
C	2	0	0	0	1	1	1	1	1	3	10
D	1	3	1	0	0	3	0	0	1	1	10
E	1	1	0	1	0	1	2	4	0	0	10
F	2	2	1	1	0	1	1	1	1	0	10
G	0	3	1	1	0	1	1	0	0	3	10
H	1	0	0	1	0	0	0	7	0	1	10
I	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1	10
J	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	10
計	9	14	9	10	6	14	6	16	5	11	100

表18　実験2-4回目

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	2	0	0	2	0	0	2	2	0	2	10
C	0	2	0	1	0	1	1	0	3	2	10
D	3	1	1	0	1	0	1	1	0	2	10
E	1	2	0	1	0	1	1	1	1	2	10
F	1	1	1	0	2	1	1	3	0	0	10
G	3	0	1	0	3	1	1	0	1	0	10
H	0	1	1	0	0	0	0	8	0	0	10
I	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	10
J	2	0	4	0	0	0	4	0	0	0	10
計	14	10	10	6	8	6	13	17	6	10	100

表19　実験2-5回目

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
B	0	0	0	3	3	0	3	0	1	0	10
C	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	10
D	1	3	1	0	1	1	1	1	1	0	10
E	1	1	1	2	0	1	2	1	1	0	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	0	3	0	0	0	0	1	0	0	6	10
H	1	0	0	1	1	1	1	5	0	0	10
I	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1	10
J	0	0	4	0	0	0	3	2	1	0	10
計	6	10	9	19	8	6	14	12	6	10	100

4.2.1 ナッシュ均衡との関係

この項では実験結果と第２章で扱ったナッシュ均衡との関係を考察する．

実験２では，全ての主体が同時に自らによるごみ処理を０にするというナッシュ均衡が観察されることはなかったが，被験者が延べ50回戦略を選ぶ中で，35回の意思決定において自らによるごみ処理を０にするというナッシュ均衡戦略が観察されたことが分かる．多くの被験者が高い確率で個人合理的な行動をとっていることが実験により検証された．

4.2.2 コアとの関係

実験１のときと同様に，コアに支持される状態からの乖離を把握するために，セッション毎に，ごみの配分について標準偏差を算出した．以下がそのデータである．

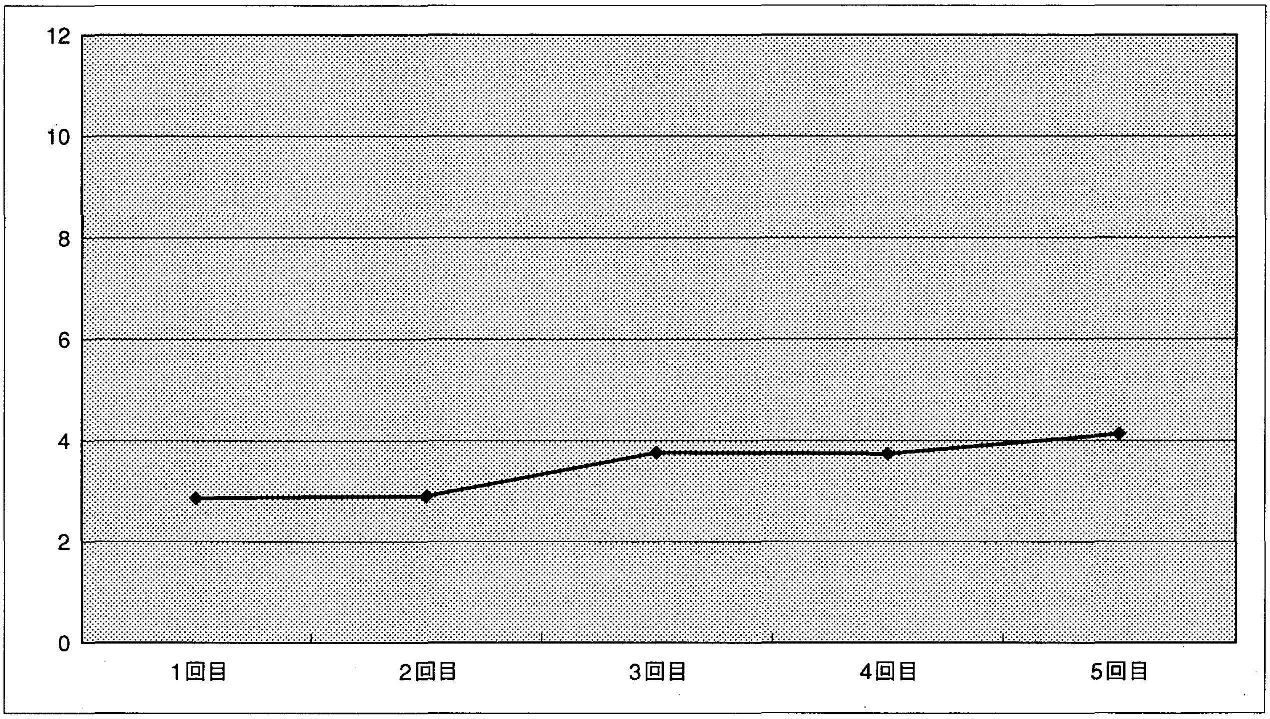
表20　実験２－結果の標準偏差

被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
A	13	7	9	14	6
B	14	8	14	10	10
C	9	9	9	10	9
D	11	6	10	6	19
E	14	15	6	8	8
F	7	9	14	6	6
G	9	12	6	13	14
H	9	10	16	17	12
I	6	10	5	6	6
J	8	14	11	10	10
結果の標準偏差	2.86744	2.90593	3.77124	3.74166	4.13656

データから，１回目の標準偏差の値も０からは離れていることに加えて，回を重ねる毎に，実験の結果がコアに支持される結果から乖離していくことが分かる．これは，実験２では前のセッションで自分にごみを処理させた主体についての情報を得られるため，各主体が前の回に自分にごみを処理させた主体への仕返しとして，多くのごみを処理させていることによると考えられる．実験後の被験者のコメントからも仕返しが行われていたようである．仕返しが仕返しを呼び，標準偏差は回を重ねる毎に大きくなっていったというわけである．

１回目からコアに支持される結果とは乖離があり，その乖離は大きくなっていくことから，第２章で扱ったコアは実験では観察されなかったといえる．

図4　実験２　ごみ処理量のグループ内標準偏差



4.2.3 実験２で得られた戦略と勝敗との関係

この項では，どのような戦略をとった者がごみの処理量を減らせたのかという点に注目し，実験で得られた戦略と各被験者に集まった５回分のごみ合計との関係を考察する．

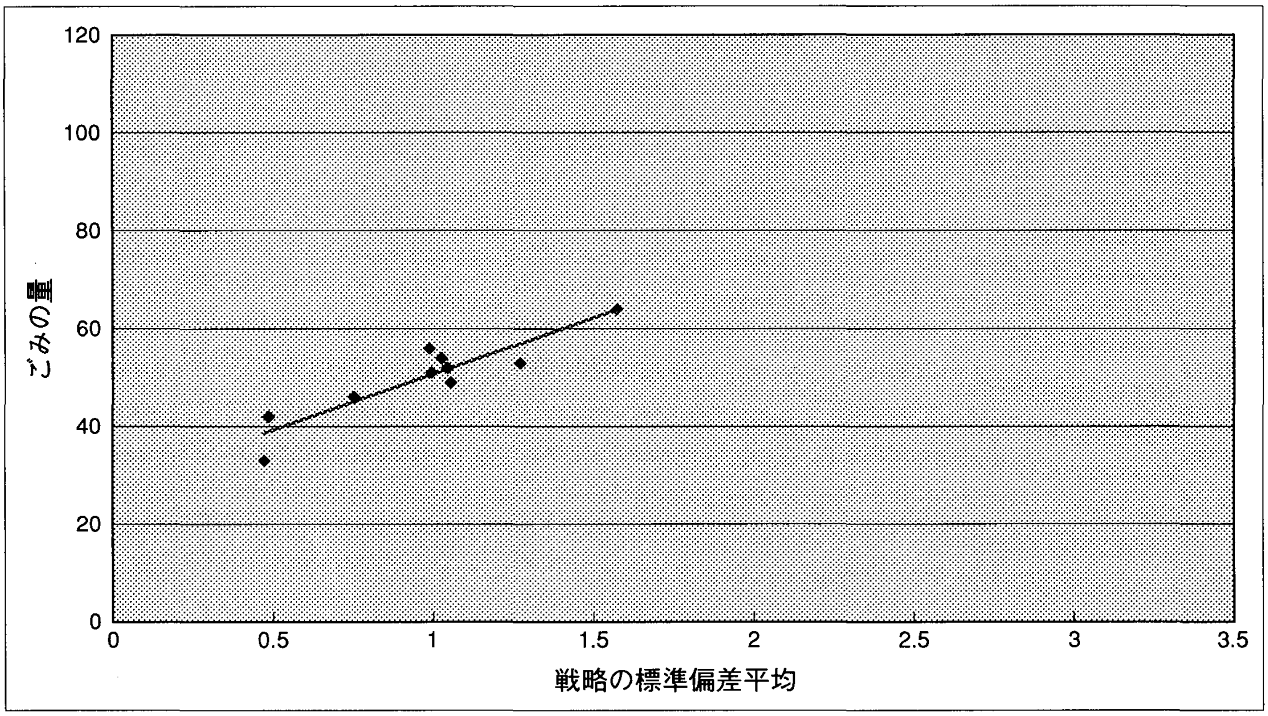
実験１のときと同様に，被験者が各回に選んだ戦略の標準偏差に着目し，ごみの合計量との関係をあらわしたのが下の表である．

表21　実験２　戦略のばらつきとごみ合計

戦略の標準偏差	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	標準偏差平均	ごみ合計
A	0	1.0541	1.0541	0	3.1623	1.0541	49
B	0.4714	1.0541	0.9428	1.0541	1.4142	0.9873	56
C	0.4714	0.8165	0.9428	1.0541	0.4714	0.7512	46
D	1.4907	0.8165	1.1547	0.9428	0.8165	1.0442	52
E	1.3333	1.0541	1.2472	0.6667	0.6667	0.9936	51
F	0	0.8165	0.6667	0.9428	0	0.4852	42
G	0	0.8165	1.1547	1.1547	2	1.0252	54
H	0.4714	1.2472	2.1603	2.4944	1.4907	1.5728	64
I	0.4714	0.4714	0.4714	0.4714	0.4714	0.4714	33
J	1.0541	1.0541	1.0541	1.6997	1.4907	1.2705	53

標準偏差平均とごみ合計の値について，散布図を作成すると図５のようになる．

図5　実験2　戦略のばらつきとごみ合計



実験２では，実験１および３と比較して，戦略の標準偏差平均が小さいという結果が得られている．（図２，３および図７，８を参照のこと）

また，結果的に戦略の標準偏差の値が小さかった者には比較的少ないごみしか集まらず，値が大きかった者には比較的多くのごみが集まったという結果が得られた．コアとの関係でみたように，前の回に誰が自分にごみを処理させたかが分かる実験２では，自分に多く処理させた者に次回仕返しをするという傾向がある．このため，仕返しを受けないように各回各主体に平均的にごみを処理させた，すなわち標準偏差が少ない戦略を選んだ被験者が多くのごみ処理を避けられたとも解釈できる．

4.3　実験３の結果と考察

実験３は，10人の被験者赤グループと黒グループの２グループを対象に実験を行った．トランプのカードの色によってグループが，数字に対応して，名前Ａ～Ｊが決定された．

表22　実験3-1回目, 赤グループ

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	10
B	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	10
C	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
D	1	0	3	0	5	0	1	0	0	0	10
E	2	3	0	2	0	0	0	0	3	0	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	10
H	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	10
I	4	0	3	0	0	2	0	1	0	0	10
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
計	12	11	13	11	13	19	4	6	6	5	100

表23　実験3-1回目, 黒グループ

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B	1	0	1	2	5	0	0	0	1	0	10
C	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
D	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	10
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
G	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
H	3	0	3	1	2	0	0	1	0	0	10
I	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	10
J	2	0	2	2	2	0	2	0	0	0	10
計	19	3	28	14	17	3	5	4	4	3	100

表24　実験3-2回目, グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	0	2	0	0	3	0	0	3	10
B	0	0	0	0	0	0	3	2	2	3	10
C	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
E	0	0	0	2	0	0	2	2	2	2	10
F	1	1	3	0	0	0	2	0	2	1	10
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
H	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	10
I	0	4	0	3	0	0	2	0	0	1	10
J	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	10
計	4	15	6	15	3	11	13	5	7	21	100

表25　実験3-2回目，グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	2	0	0	2	0	1	1	2	10
B	0	0	0	0	2	1	2	2	1	2	10
C	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
D	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
E	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
F	0	1	0	1	0	0	2	2	2	2	10
G	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
H	2	0	1	2	2	0	1	1	1	0	10
I	2	0	0	2	2	2	0	0	0	2	10
J	1	1	1	5	0	1	1	0	0	0	10
計	15	4	14	10	6	6	26	6	5	8	100

表26　実験3-3回目，グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	0	0	0	1	0	3	3	3	0	10
B	2	0	0	0	3	0	0	3	2	0	10
C	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
D	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	10
E	1	0	2	0	1	0	2	2	2	0	10
F	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	10
G	1	0	1	0	2	0	0	3	3	0	10
H	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	10
I	1	0	0	0	4	0	0	3	0	2	10
J	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	10
計	7	2	19	7	13	11	5	24	10	2	100

表27　実験3-3回目，グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	3	0	0	0	3	0	2	2	0	10
B	0	0	0	0	0	5	0	0	3	2	10
C	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
D	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
E	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
F	0	3	0	0	0	0	0	3	3	1	10
G	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
H	2	2	0	2	1	1	1	0	1	0	10
I	2	0	2	2	2	0	2	0	0	0	10
J	2	2	0	2	0	2	0	0	2	0	10
計	16	10	12	6	3	11	23	5	11	3	100

表28　実験3-4回目, グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	2	0	2	1	0	1	0	2	2	10
B	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	10
C	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
D	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
E	0	3	0	0	0	0	0	3	3	1	10
F	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
G	3	2	0	2	3	0	0	0	0	0	10
H	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
I	0	2	0	1	0	0	4	0	0	3	10
J	3	0	0	4	0	0	1	1	1	0	10
計	6	9	20	19	4	10	11	4	6	11	100

表29　実験3-4回目, グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	1	0	2	0	1	1	1	2	0	2	10
B	2	0	0	1	1	1	0	0	1	4	10
C	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
D	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
E	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
F	0	3	0	0	0	0	0	3	0	4	10
G	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
H	2	0	2	0	4	0	1	0	1	0	10
I	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1	10
J	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	10
計	7	5	16	3	8	4	36	7	3	11	100

表30　実験3-5回目, グループ赤

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	3	0	0	3	0	3	0	1	0	10
B	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	10
C	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
D	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	10
E	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
F	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
G	2	0	0	0	2	0	0	1	4	1	10
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
I	0	0	3	0	2	4	0	1	0	0	10
J	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
計	3	3	14	11	14	15	14	8	6	12	100

表31　実験3-5回目，グループ黒

誰が＼誰に	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	計
A	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	10
B	0	0	1	1	0	0	0	4	2	2	10
C	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
D	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
E	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
F	0	3	0	0	0	0	0	3	2	2	10
G	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
H	3	0	3	0	3	0	1	0	0	0	10
I	0	1	1	0	2	2	0	3	0	1	10
J	1	1	1	1	1	0	0	3	2	0	10
計	4	10	36	2	6	2	11	18	6	5	100

4.3.1 ナッシュ均衡との関係

実験結果と第２章で扱ったナッシュ均衡との関係を考察する．

実験３では，全ての主体が同時に自らによるごみ処理を０にするというナッシュ均衡がグループ赤の４回目，５回目およびグループ黒の３回目，５回目で観察された．また各被験者が延べ100回戦略を選ぶ中で，自らによるごみ処理を行っているのはグループ赤ではわずか５回，グループ黒では７回である．（グループ黒では１回目において５人にみられる．）したがってほとんどの意思決定において自らによるごみ処理を０にするというナッシュ均衡戦略が観察されていることが分かる．多くの被験者が高い頻度で個人合理的な行動をとっていることが検証されたといえる．

4.3.2 コアとの関係

他の実験と同様に，コアとの乖離を確認するために，各回における各被験者のごみ処理量の標準偏差を求めたところ，以下ようなことがわかった．

図６をみるとグループ赤では２回目と３回目に標準偏差が大きくなり，コアから一度大きく乖離したが，４回目からやや収束し，５回目には１から３回目と同程度にまで標準偏差の水準が戻っている．グループ黒では初回にコアから一度大きく乖離し，その後収束に向かうかにみえたが，４回目，５回目と再びコアから乖離している．グループ赤で，実験の途中では特定の人間にまとまったごみ出しをするなどの傾向が強まったが，細かく分散したごみ出しによって，できるだけ各人の負担を均等にしていくと，自分に戻ってくるごみも少なくなるということに早めに気づいたものと思われる．これに対し，グループ黒で

表32　実験３　グループ赤－結果の標準偏差

被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
A	12	4	7	6	3
B	11	15	2	9	3
C	13	6	19	20	14
D	11	15	7	19	11
E	13	3	13	4	14
F	19	11	11	10	15
G	4	13	5	11	14
H	6	5	24	4	8
I	6	7	10	6	6
J	5	21	2	11	12
結果の標準偏差	4.6904	5.9255	7.1336	5.6568	4.6667

表33　実験３　グループ黒－結果の標準偏差

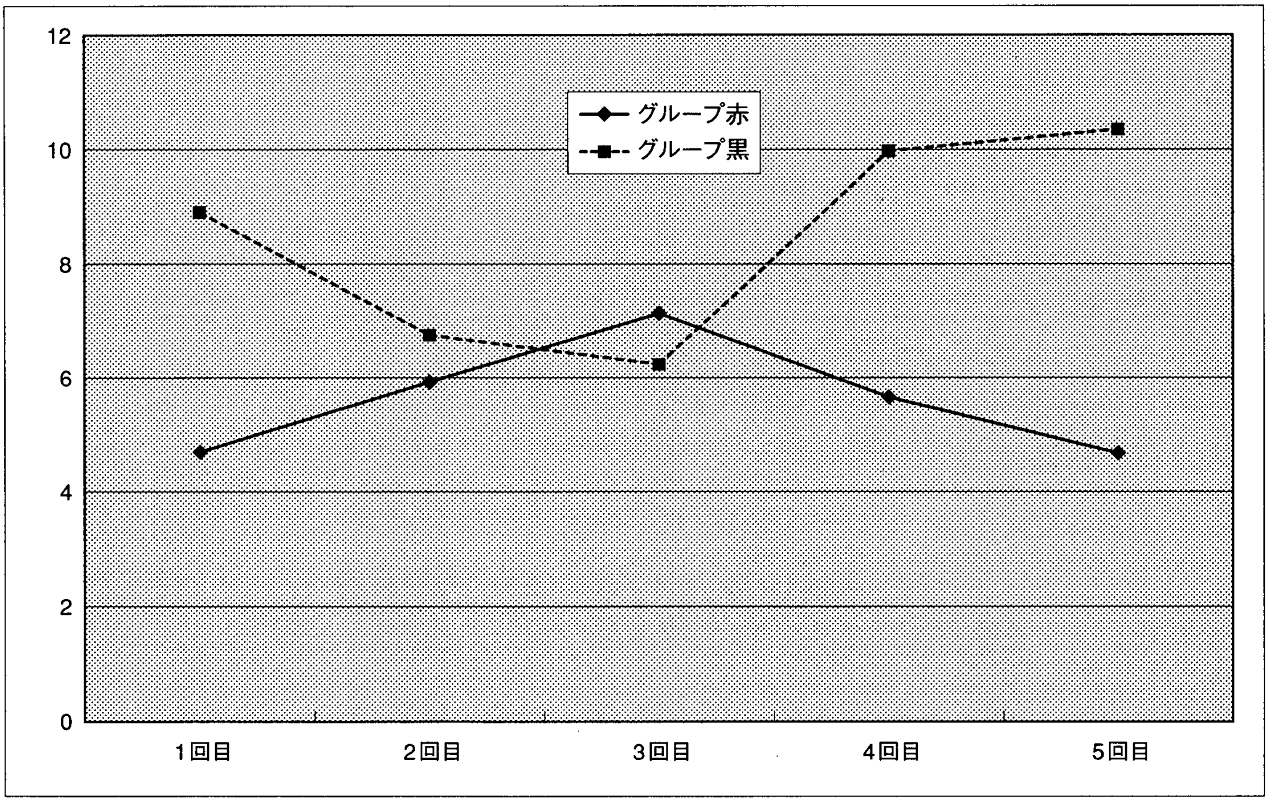
被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
A	19	15	16	7	4
B	3	4	10	5	10
C	28	14	12	16	36
D	14	10	6	3	2
E	17	6	3	8	6
F	3	6	11	4	2
G	5	26	23	36	11
H	4	6	5	7	19
I	4	5	11	3	6
J	3	8	3	11	5
結果の標準偏差	8.9069	6.7495	6.3078	9.6666	10.3387

は全員による暗黙の合意が得られなかったものと思われる．

図６から，実験３ではいずれのグループでも実験１，２と比べて極めて大きい標準偏差となったことがわかる．この要因について以下に考察する．

実験３では誰が誰からごみをもらったかがすべてわかるのだが，実験２の結果から予想されたしっぺ返しはあまり観察されなかった．むしろ，特定の人間にしつこく同じだけのごみ出しをするような戦略がみられる．これは，誰から自分にごみが来たかという情報のみならず，誰が誰にごみ出しをしているかのすべての情報を閲覧した結果，自分にとって重要な情報を選択的に得ることができなかったことに起因しているのではないかと思われる．（戦略を自分のシートに書き移すように指示したにもかかわらず，全くメモを取らない被験者もあらわれた.）

図6　実験３　ごみ処理量のグループ内標準偏差



情報が増えて意思決定のコストが高まってしまったため，それを低下させようとして，情報を無視し，自分なりのごみ出しルールを作ったものと考えられる．

それを裏付けるのが図７と図８であり，それぞれ大きなばらつきをもった戦略を行うと，ごみの量が増えてしまうという結果が得られている．これは実験１の結果との大きな違いである．

4.3.3 実験で得られた戦略と勝敗との関係

実験３ではどちらのグループでも戦略の標準偏差が極めて大きくなった．そして標準偏差の大きな戦略は多いごみの量を処理することにつながった．実験３では，ごみの合計量との正の相関が顕著であった．このことは実験１と比べると明らかで，赤，黒のどちらのグループでも，標準偏差平均とごみ合計量の関係をあらわす回帰線の勾配が大きくなっていることがわかる．

表34　実験３　グループ赤　戦略のばらつきとごみ合計

被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	標準偏差平均	ごみ合計
A	1.0541	1.3333	1.4142	0.9428	1.4142	1.2317	32
B	0.4714	1.3333	1.3333	2.1082	0.4714	1.1435	40
C	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	72
D	1.6997	3.1623	2.1082	3.1623	2.1082	2.4481	63
E	1.3333	1.0541	0.9428	1.4142	3.1623	1.5813	47
F	0	1.0541	2.8284	3.1623	3.1623	2.0414	66
G	1.0541	0	1.2472	1.3333	1.3333	0.9936	47
H	1.0541	1.0541	1.0541	3.1623	3.1623	1.8974	47
I	1.4907	1.4907	1.4907	1.4907	1.4907	1.4907	35
J	0	2.1082	2.1082	1.4907	1.4907	1.7586	51

表35　実験３　グループ黒　戦略のばらつきとごみ合計

被験者	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	標準偏差平均	ごみ合計
A	0	0.9428	1.3333	0.8165	2.1082	1.0402	61
B	1.5635	0.9428	1.7638	1.2472	1.3333	1.3701	32
C	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	106
D	2.8284	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.0955	35
E	0	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	2.5298	40
F	0	0.9428	1.4142	1.6330	1.3333	1.0647	26
G	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	3.1623	101
H	1.2472	0.8165	0.9944	1.3333	1.4142	1.1256	40
I	2.1082	1.0541	1.0541	0.4714	1.0541	1.1484	29
J	1.0541	1.4907	1.0541	0.4714	0.9428	1.0026	30

図7　実験３　戦略のばらつきとごみ合計　グループ赤

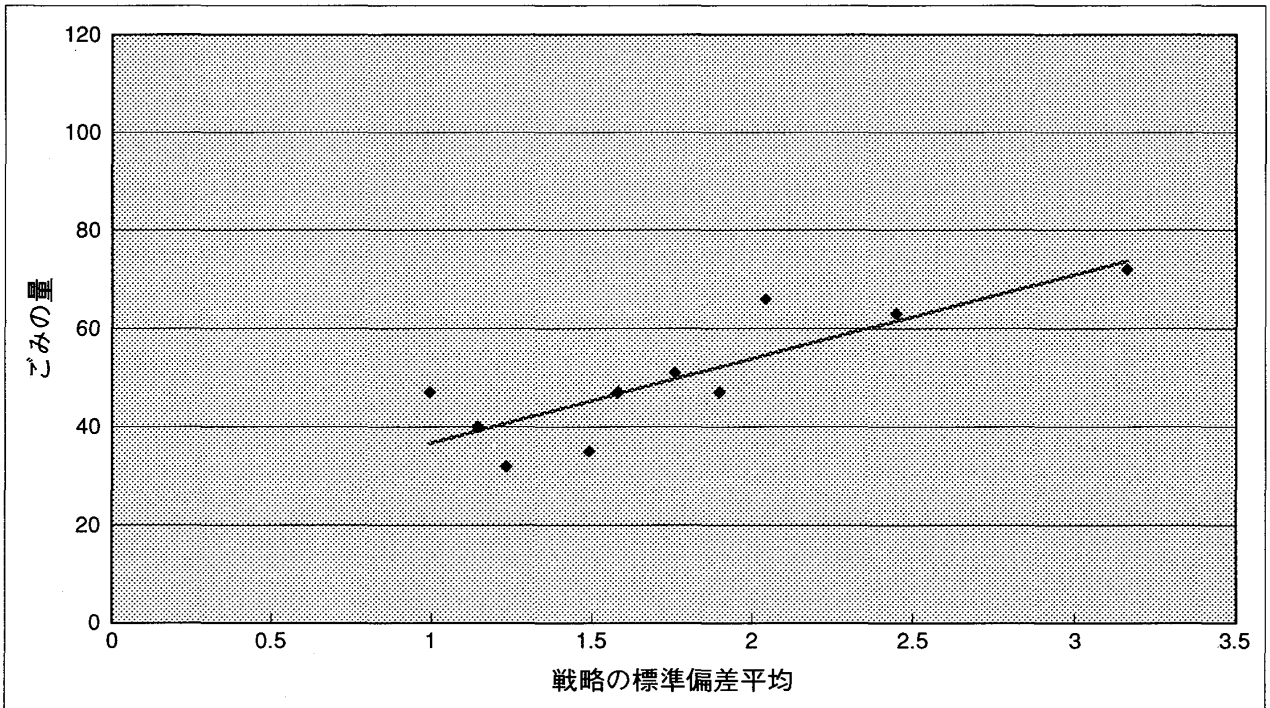
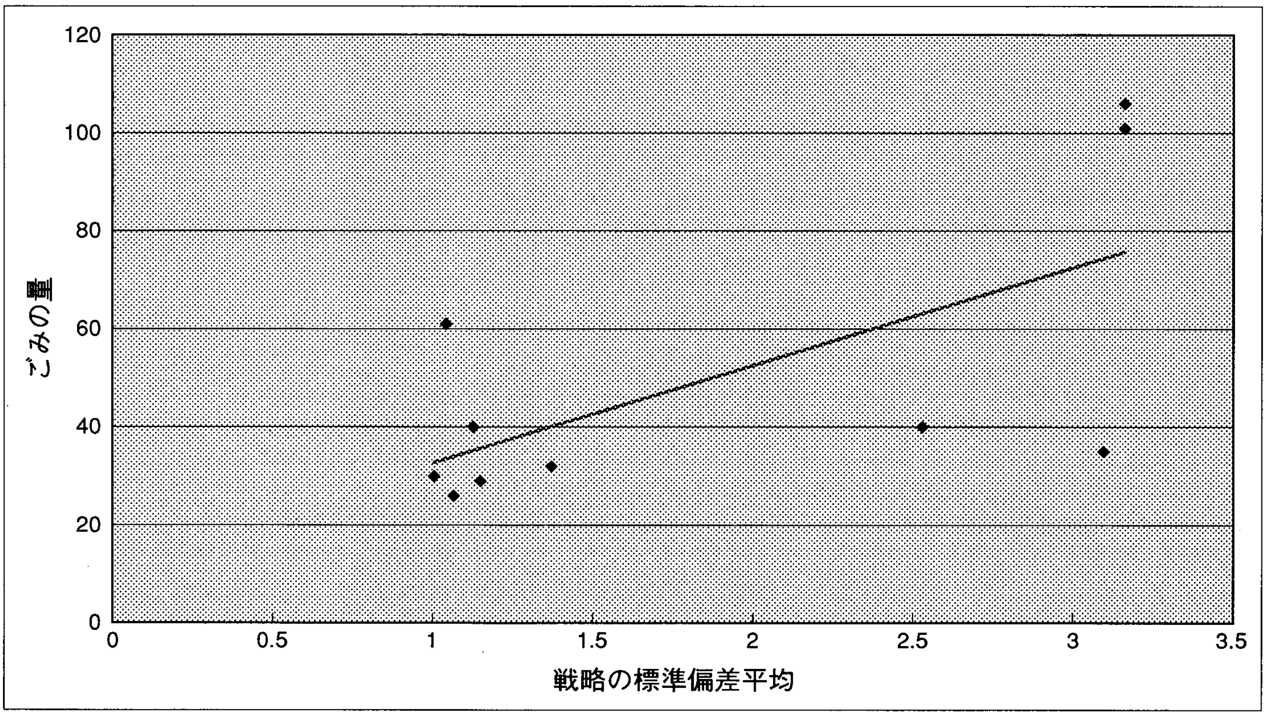


図8　実験3　戦略のばらつきとごみ合計　グループ黒



4.4　実験1-3を通じた考察

実験１では，各被験者は誰からごみが来たのかわからない，実験２では誰から自分にごみが来たのかだけがわかる，実験３では誰が誰にごみを処理させたかすべてがわかる，という異なる情報の与え方をした．それによって明確な戦略の違いが出た．

実験１では，グループ黒において，実験２と比較するとより個人合理的な行動が観察された．自分へのごみ出しを全員が５回中３回ゼロにしたのである．これは，自分の行為が特定されないためと考えられる．グループ赤では４回目には戦略の標準偏差が高まっており，最終回に，３回目までにとられていた多くの被験者に均等に近く分散させる戦略に戻っている．ここだけみると，一度１～３回目の戦略から逸脱したものの，それがただちに悪い結果をもたらし，もとに戻る何らかの力が働いたようである．

また実験１では，戦略のばらつきが大きいほどごみを多く受け取るという結果が得られているとはいえない．これは，誰からごみが来たかわからないため，自らの戦略が自分のごみの受け取りにそれほど反映されず，結果的に，各自の戦略とグループ全体の結果の関連が弱まったものと考えられる．

実験２では，ナッシュ均衡は得られなかったが，戦略の標準偏差が他の実験と比べて小さく，コアからの逸脱が小さいことがみてとれる．これは，各被験者が自分に誰がごみを

処理させたかを知ると同時に，自分の行為も他者に知られることをよく理解した結果であると考えられる．

実験3では，グループ赤の4回目と5回目とグループ黒の3回目と5回目でナッシュ均衡が得られた．また1～3回目のうち，自分へのごみ出しは合計して5回だけみられた．実験2よりも自分へのごみ出しの頻度が小さくなっている．

また，集中したごみ出しが回を重ねると大きくなっていき，赤，黒の両グループで戦略の標準偏差が極めて大きくなった．このように標準偏差の大きな戦略は，結果的に多いごみの量を処理することにつながっている．

予想しなかったことだが，しっぺ返しは実験2ほど明確には観察されなかった．単純な自分のルールを作ってごみ出しをしようとする傾向がみられた．このような結果は，情報が多すぎるためにおきたことではないかと考えられる．情報が多すぎることによって，意思決定が難しくなり，意志決定のコストを最小化しようとした可能性がある．興味深い結果であり，今後の研究課題としたい．

参考文献

Aumann, R. J., B. Peleg, (1960) “Von Neumann-Morgenstern solutions to cooperative games without side payments,”

Bulletin of the American Mathematical Society. 66, 173-177.

Hirai, T., T. Masuzawa, M. Nakayama, (2004) “Credible Deviations and Retaliations in a Class of Strategic Games,”

KUMQRP Discussion Paper Series DP2004-012, -12.

Nakayama, M., (1998) “Self-Binding Coalitions,” Keio Economic Studies. 35, 1-8.

Scarf, H., (1967) “The core of an n-person game,” Econometrica 35, 50-69.

Scarf, H., (1971) “On the Existence of a Cooperative Solution for a General Class of N-Person Games,” Journal of Economic Theory. 3, 169-181.

Shapley, L., M. Shubik (1969) “On the Core of an Economic System with Externalities,” American Economic Review. 59, 678-684.

環境庁「環境白書」平成16年度版.

和田良子, 平瀬和基 (2005)「ごみ処理問題についての一考察」, 敬愛大学経済文化研究所紀要, 10, 155-182.