

「びわ湖石けん運動」における 人々の利得マトリックスの変容

井手慎司¹・安藤英二²

¹Ph.D. 滋賀県立大学助教 環境科学部環境計画学科 (〒522-8533 滋賀県彦根市八坂 2500)

²株式会社ジェイ・エス・ビー 名古屋支店企画開発部 (〒453-0015 名古屋市中村区椿町 7-1)

本研究は、滋賀県において 1970 年代後半におきた「石けん運動」をゲーム理論的視点からとりあげ、同運動が「共有地の悲劇」ゲームであったと仮定することによって、同運動の前後において大きく変容したであろう県下住民の粉石けん使用に関する利得マトリックスの構造(利得差)を、大学生を対象としたゲーム実験と同県における粉石けんの使用率の変化とから推計、推計の過程と結論から仮説の妥当性を検証しようと試みたものである。その結果として、仮説の検証までにはいたらなかったが、「共有地の悲劇」ゲームにおいてはバンドワゴン効果が認められないこと、本研究で想定したゲームの場合、石けん運動の前後において人々の粉石けん使用に関する利得マトリックスの利得差が最大 5 から最小 2 まで変化したであろうことが明らかになった。

Key Words : commons dilemma game, Tragedy of the Common, band-wagon effect, Soap Movement,

1. はじめに

環境問題の多くは「共有地の悲劇」と呼ばれる社会的ジレンマの構造を抱えており、それ故に解決が難しいのだとする考え方が^{1), 2)}ある。ここでのジレンマとは環境に関する私益と公益との対立だと言い換えてもいいだろう。

滋賀県において 1970 年代後半に起こった「石けん運動」も同様の構造を抱えていたとする先行研究がある³⁾。琵琶湖に大規模な赤潮が発生したとき、当時の滋賀県民は、便利さという私益のために合成洗剤を使い続けるのか、あるいは琵琶湖の浄化という公益のために不便な粉石けんに切り替えるのかの社会的ジレンマに直面していたと考えるものだ。

しかし一方では、社会的ジレンマ論の環境問題へのあまりにも包括的な適用、特に「石けん運動」のような資源問題とは異なる環境問題に「共有地の悲劇」モデルを適用することへの批判もある⁴⁾。

本研究は、国内において最も成功した住民環境運動の一つであったとされる「石けん運動」を、同運動が人々にとって「共有地の悲劇」ゲームであったと仮定することによって、運動の前後における人々の利得マトリックスの変容を推計して、推計の過程と結果から、同運動へ「共有地の悲劇」モデルを適用することの妥当性を検討しようと試みたものである。

2. 研究方法

本研究は「石けん運動」が繰り返し「共有地の悲劇」(n 人囚人ゲーム実験)ゲームであったと仮定することからはじまる。同ゲームを複数の大学の学生を被験者(プレイヤー)として実施。ゲーム実験によって、使用する利得マトリックスの違い(利得差)がゲーム中の個々のプレイヤーの選択にどのような影響を及ぼすかを調査。調査結果から、利得差と選択結果に関する関係式をもとめ、同関係式に滋賀県における粉石けんの使用率の経時変化を代入して、同変化を誘導したであろう利得差をもとめる。最後に考察を加えて終了する。

3. ゲーム実験の概要と結果

(1) 実験全体と「共有地の悲劇」ゲームの概要

本研究で実施した実験は次の 3 種類。

- 1) 実験 A : 繰り返し「共有地の悲劇」(8 人)ゲーム、被験者数 32 人、S 大学、実施日 10/26/99
- 2) 実験 B : 「他者選択と自己選択の関連性」調査、被験者数 217 人、K 大学、実施日 11/10/99
- 3) 実験 C : 「他者選択と自己選択の関連性」調査、被験者数 56 人、R 大学、実施日 12/16/99、および被験者数 44 人、S 大学、実施日 11/29-12/17/99

実験は広瀬^{5), 6)}の「8 人囚人ゲーム実験」を参考に設計した。実験においては 8 人が一組となり、

そのようなグループ複数組が繰り返し「共有地の悲劇」ゲームをおこなう。

ただし広瀬が1種類の利得差を使用しているのに対して、本実験では4種類の利得差を設定、利得差の違いがプレイヤーの選択におよぼす影響を明らかにしようとした。加えて、実際に8人がプレイするのではなく、各被験者にそのような状況を想定するようもとのた仮想プレイも実験に取り入れた。

ゲーム全体を通じた各プレイヤーの目標は、後述するルールによって獲得する個人得点の合計を最大化することである（グループ内の最高得点を目指すことではない）。

個々のプレイヤーは、1回の「共有地の悲劇」ゲーム毎に、「裏」か「表」のどちらかを選択する。またそれに先だって、グループ内の自分以外のプレイヤー（7人）のうち、何人が「裏」を選択するかも予想する。他のプレイヤーと事前に相談したり、他のプレイヤー個々の選択結果を知ること是一切禁じられている。

こうしてグループ内の全プレイヤーの選択が決定した時点で、実験者が各プレイヤーの選択を確認、集計の上、各プレイヤーにグループ内で何人が「裏」を選択したかを知らせる（原則として他のグループの選択結果は知らせない）。

各プレイヤーの1ゲーム毎の得点は、自己の選択（裏／表）とグループ内の裏を選択した人数とによって定まる。その得点規則を表したのが表-1の利得マトリックスである。

表-1 利得マトリックス

自己 選択	裏を選択した人数								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
裏	$\alpha+5$	$\alpha+3$	$\alpha+1$	$\alpha-1$	$\alpha-3$	$\alpha-5$	$\alpha-7$	$\alpha-9$	
表	7	5	3	1	-1	-3	-5	-7	

（本実験で使った利得差： $\alpha=0, 2, 3, 6$ ）

プレイヤーには、表-1の利得マトリックスが予め提示されており、各プレイヤーは1回のゲーム毎に各自の得点を同表によって確認する。実験の開始前には、実験の概要やルールの説明とともに、利得マトリックスの構造を次のように説明した。

『裏を選択したプレイヤーと表を選択したプレイヤーとでは、前者の方が常に得点が α 高い（以下、この α を「利得差」と呼ぶ）。しかし、個々のプレイヤーとして考えた場合には、自分が裏を選択すれば確実にグループ内で裏を選択した人数が1人増えることになり、裏か表かを選ぶことによる個人の得点差は、裏を選択するほうが表を選択するより常に $\alpha-2$ 高いことになる。しかし、裏を選択した人数が増えれば増えるほど得点は2ずつ減少していく。』

つまり、このゲームにおいては、 $\alpha>2$ であれば常に、表を選択するより、裏を選択する方がグ

ループ内での得点は相対的に高くなる。しかし、全てのプレイヤーがそのように考え、裏を選択する人数が増えれば、得点の絶対値は減少していく。グループ内の全員が協力して表を選択すれば、全員が高得点を得られるにも関わらず、利己的に裏を選択するプレイヤー数が増えれば増えるほど全員が低い得点となってしまう。ジレンマゲームと呼ばれる所以である。

以上の内容をふまえ、これ以降、同ゲームにおいて表を選択するプレイヤーを「協力的プレイヤー」、裏を選択するプレイヤーを「非協力的プレイヤー」と呼ぶ。

(2) 実験Aの概要と結果

実験AはA1-A4の4グループ（32人）によって実施した。同実験は連続する2つのフェーズ（AaとAb）からなっており、それぞれフェーズにおいて使用する利得マトリックスの利得差を $\alpha=3$ と $\alpha=6$ にするとともに、それぞれのゲームの繰り返し回数を10回と9回とした。この実験では無限ゲームの性格をもたせるために、プレイヤーに各フェーズが何回で終わるかを知らせていない。またグループ間にある唯一の違いは、A1-A2グループのプレイヤーが自分のグループ以外のグループの各ゲームにおける選択結果（裏を選択した人数）を知らされないのに対して、A3-A4グループのプレイヤーには他のグループの選択結果も知らされている点である。

図-1に実験結果（プレイヤーの選択の推移）を示す。結果は表を選択した人数のA1-A2グループの平均とA3-A4グループの平均とで表している。

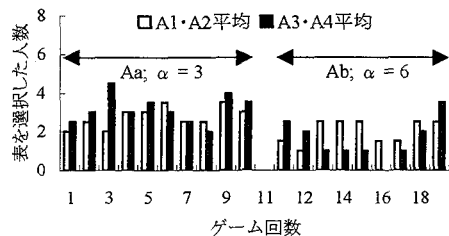


図-1 実験A：プレイヤー選択の推移

図-1から分かることとして、利得差が小さいフェーズAa ($\alpha=3$)における協力的プレイヤー数のほうが、利得差がより大きなフェーズAb ($\alpha=6$)における協力的プレイヤー数より多い。ちなみに協力的プレイヤー数の全グループの平均は、フェーズAaで2.95人、フェーズAbで1.78人であった。

ただしA1-A2グループとA3-A4グループの平均値の違いは、t検定の結果、フェーズAaが「P（統計量）= 0.3 < 2.1 = t値（有意水準 0.05）」、フェーズAbが「P（統計量）= 0.2 < 2.1 = t値（有

意水準 0.05)」と、いずれのフェーズにおいても有意ではなかった。「共有地の悲劇」ゲームにおいて、個人選択は他グループの選択情報に左右されないのかもしれない。

次に、実験 A の結果を他者の選択と他者の動向予測、自己選択の 3 者の関連性という視点から、それぞれのフェーズごとに見てゆく。

以下の図-2 と 3 は、フェーズ Aa における、それぞれ、前回の他者の選択結果 x_{n-1} と今回の他者の動向予測（平均） x'_n との関連（以下、「結果と予測との関係」と呼ぶ）と、今回の他者の動向予測（平均） x'_n と実際の自己選択 x_n との関係（以下、「他者予測と自己選択の関係」と呼ぶ）とをしめたものである。図-4 と 5 は、フェーズ Ab における同様の関係をしめている。

図-2 と 4 から分かるように、前回に表を選択し

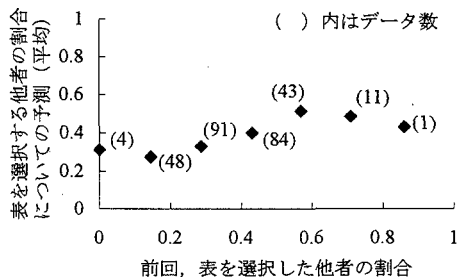


図-2 結果と予想の関係 (Aa; $\alpha = 3$)

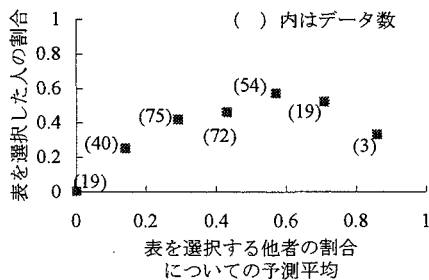


図-3 他者予測と自己選択の関係 (Aa; $\alpha = 3$)

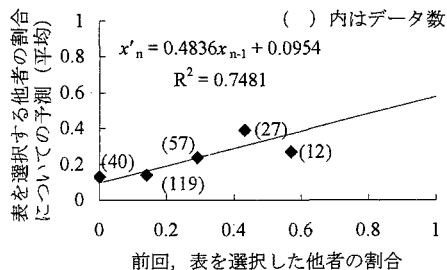


図-4 結果と予想の関係 (Ab; $\alpha = 6$)

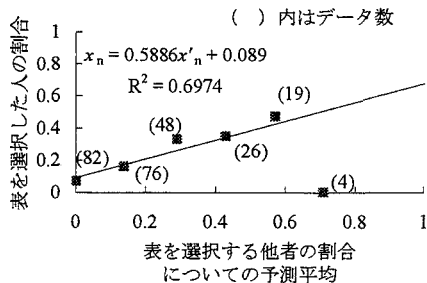


図-5 他者予測と自己選択の関係 (Ab; $\alpha = 6$)

た他者の割合が高くなればなるほど、各プレイヤーは、今回のゲームにおいて、表を選択する他者の割合が高くなると予測する傾向がある。また、図-3 と 5 より、他者が協力的であると予測すればするほど、個人としても協力的な選択をする傾向があることがわかる。

また、図-4 と 5 の図中にしめた直線は、それぞれの関係式（近似直線）をデータ数による重み付をした上でもとめたものである。図中には直線式と R^2 値もあわせて表示している。

(3) 実験 B の概要と結果

実験 B においては、実験 A のように、実際に 8 人一組（複数組）でゲームをやるのではなく、各被験者に、あくまでそのようなゲームに参加しているものと想定してもらい、その上で 1 回きりの他者の動向予測と表・裏の自己選択をもとめた。このような仮想プレイの利点は、一度に大人数を被験者とできることによって、個々人の性向が全体的な結果におよぼす影響を最小化でき、かつ実験時間を短縮できる点である。

各被験者には「前回、裏を出した他者の人数」と利得差 $\alpha = 3$ の利得マトリックスが提示されている。なお各被験者に与えた「前回、裏を出した他者の人数」は、予め乱数表によって用意した 0-7 の数値である。

実験 B の結果を、結果と予想の関係と他者予測と自己選択の関係とについてしめたものが図-6 と 7 である。仮想実験 B についても、実際の 8 人実験 A とほぼ同様の傾向を見ることができる。

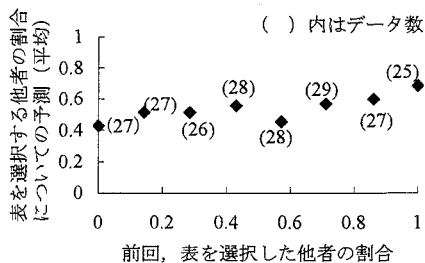


図-6 結果と予想の関係 (B; $\alpha = 3$)

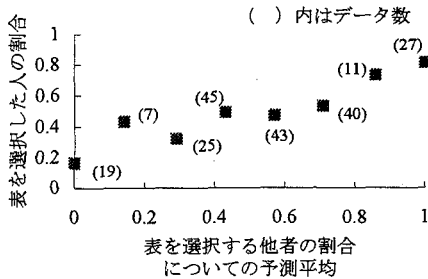


図-7 他者予測と自己選択の関係 (B; $\alpha=3$)

実験 B と実験 A のフェーズ Aa とは、実験方法は異なるものの、同じ利得マトリックス (利得差 $\alpha=3$) を用いた実験である。結果と予測との関係を表す図-2 と 6, 他者予測と自己選択の関係を表す図-3 と 7 を対比してみると、多少の差異はあるものの、ほぼ同様の傾向を観察することができる。実験 B と実験 A のフェーズ Aa との結果をまとめて、結果と予想の関係と他者予測と自己選択の関係とについてまとめ直したものが図-8 と 9 である。

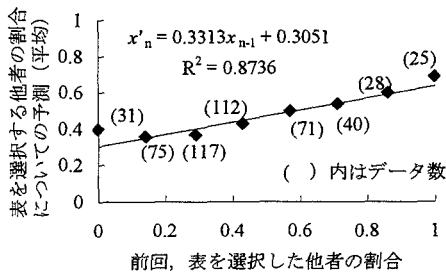


図-8 結果と予想の関係 (Aa+B; $\alpha=3$)

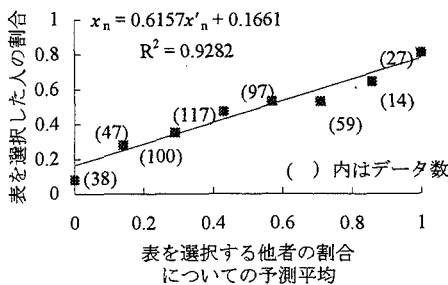


図-9 他者予測と自己選択の関係 (Aa+B; $\alpha=3$)

図-8 と 9 の図中の直線は、先の図-4 と 5 の直線と同じく、それぞれの関係式をデータ数による重み付けをした上でもとめたものである。これ以降、図中に登場する直線ならびに直線式、 R^2 値はすべて同じである。

(4) 実験 C の概要と結果

実験 C は、先の実験 B とほとんど同じ実験である。異なるところは、実験 B とは異なる 2 種類の利得マトリックス ($C1; \alpha=0$ と $C2; \alpha=2$) を用いたこと、それぞれについて 1 回ずつの他者予測と表・裏の自己選択をもとめた点である。

実験 C の結果を、先の実験結果と同様に、結果と予想の関係と他者予測と自己選択の関係とから整理したものが図 10 から 13 である。

実験 C においても、直線の切片や傾きに差異が見られるものの、結果と予想の関係と他者予測と自己選択の関係とに実験 A や B と同様の線形関係を認めることができる。

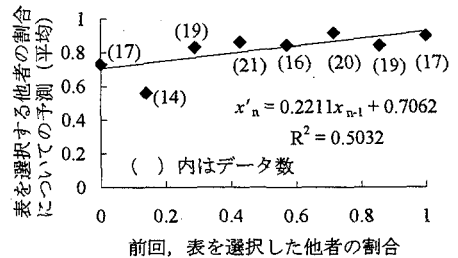


図-10 結果と予想の関係 ($C1; \alpha=0$)

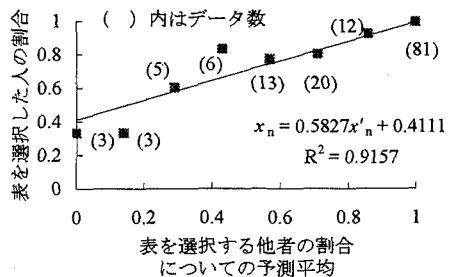


図-11 他者予測と自己選択の関係 ($C1; \alpha=0$)

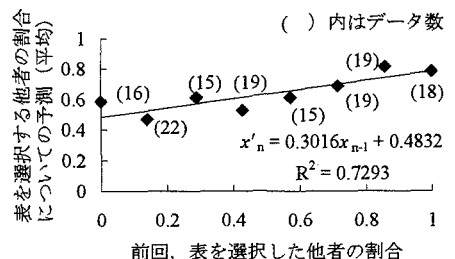


図-12 結果と予想の関係 ($C2; \alpha=2$)

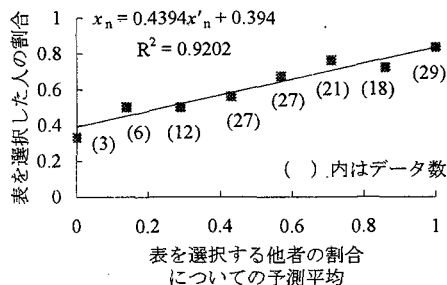


図-13 他者予測と自己選択の関係 (C2; $\alpha = 2$)

(5) 利得差に関する実験結果 (A-C) のまとめ

以上の実験の結果を、利得差の違いによって変化する、「結果と予想」および「他者予測と自己選択」の関係式の傾きおよび切片という視点から、まとめ直したものが図-14 と 15 である。

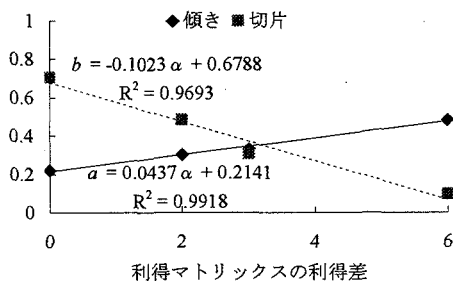


図-14 利得差と「結果と予想」の関係式の傾きおよび切片との関係 (A-C)

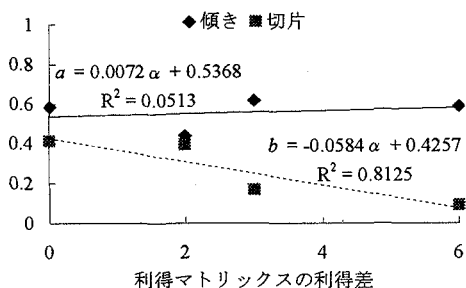


図-15 利得差と「他者予測と自己選択」の関係式の傾きおよび切片との関係 (A-C)

またこれまで他者動向の予測については、平均値のみで考え、個人による予測のばらつきについて無視して議論を進めてきたが、他者予測のばらつき (標準偏差) についても、その平均値および標準偏差と利得差との間には図-16 の関係が見られた。

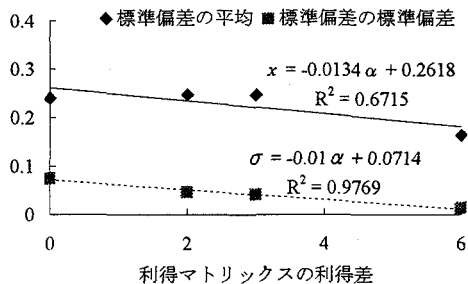


図-16 利得差と「他者予測のばらつき (標準偏差)」の平均および標準偏差との関係 (A-C)

最後に、今まで「結果と予想」と「他者予測と自己選択」というように、分けて考えていた二つの関係を、それぞれの関係式から合成関数をもとめることによって、前回の「他者選択」結果と今回の「自己選択」との関係として整理し直したものが図-17 である。また同関係における利得差と関係式の傾きおよび切片との関係として図-18 を得ることができた。

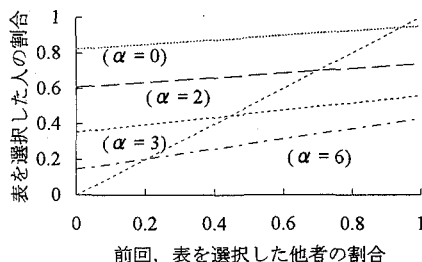


図-17 他者選択と自己選択の関係 (A-C)

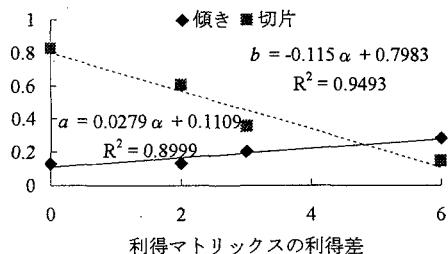


図-18 利得差と「他者選択と自己選択」の関係式の傾きおよび切片との関係 (A-C)

他者選択と自己選択とが線形関係にあることをしめす図-17のもつ意味は大きい。なぜなら、そのような関係が成り立つゲームでは、協力的なプレイヤーの割合は、ゲームの初期値 (最初のゲームにおける協力的なプレイヤーの割合) に関わらず、ゲームが繰り返されるにつれて、必ず問題の関係式と $y = x$ ($x_n = x_{n-1}$) のたった一つの交点に

収束していくからである。これに対して、他者選択と自己選択の関係式がS字カーブを描く場合は、「バンドワゴン」効果と呼ばれる現象が現れ、S字関係式と $y=x$ の交点を臨界点として、ゲームの初期値によって協力的プレイヤーの割合はまったく両極端の二つの均衡点をもつことになる⁷⁾。

4. 粉石けん使用率の推移（シミュレーション）と考察

以上のゲーム実験の結果をもとに、1979年から98年までの滋賀県における粉石けんの使用率の推移を利得差の変化によってシミュレーションした結果が図-19である。

シミュレーションでは、各家計は大体1ヶ月に一回のペースで粉石けんあるいは合成洗剤を購入している、つまり、人々はこの間、12回/年×20年間=240回の、粉石けん（表）か合成洗剤（裏）かを選択する「共有地の悲劇」ゲームを繰り返していたと仮定している。シミュレーション中、前回の粉石けん使用率 x_{n-1} からの今回の使用率の予測 x'_n 、使用率予測 x'_n からの今回の選択（使用率） x_n の決定には、それぞれ図-14と15の図中の関係式を使用した。ただし、利得差 α に関しては、以下の関係式からもとめている。

まず、図-18より前回の「他者選択」結果と今回の「自己選択」との関係を表す直線式の傾き a と切片 b は、近似式(1)と(2)で与えられる。

$$a = 0.0279\alpha + 0.1109 \quad (1)$$

$$b = -0.115\alpha + 0.7983 \quad (2)$$

従って、前回の「他者選択」結果 x_{n-1} と今回の「自己選択」 x_n との関係を表す直線式は(3)式となる。

$$x_n = (0.0279\alpha + 0.1109)x_{n-1} + (-0.115\alpha + 0.7983) \quad (3)$$

最後に、(3)式と $y=x$ との交点が協力的プレイヤー数（割合）の収束値となることから、 $x_n = x_{n-1}$ と置き、(3)式を α について解くと、これが粉石けん使用率 x_n から、それに対応する利得差 α をもとめる(4)式となる。

$$\alpha = \frac{0.8891x_n - 0.7983}{0.0279x_n - 0.115} \quad (4)$$

厳密に言えば、このシミュレーションで使用した図-14と15の図中の関係式には、他者の動向予測の際に観察された個人差（予測の個人的ばらつき）が考慮されていない。しかしながら、本シミュレーションは、滋賀県の35万家庭（昭和55年

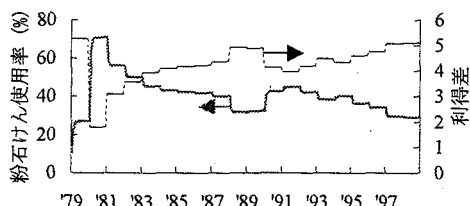


図-19 利得差の変動による粉石けん使用率の推移（シミュレーション）

の世帯数が約30万世帯、平成10年の世帯数が約40万世帯）を想定したシミュレーションであることから、使用率という観点からは、その誤差は無視できるものと判断した。

図-14と15で求められた線形関係からすると当然の結果ではあるが、粉石けん使用率と利得差の間には、ほぼ反比例の関係が見られる（図-19）。逆にいえば、琵琶湖条例施行（'80）前後の粉石けん使用率の25%前後から70%への急激な増加⁸⁾は、粉石けんと合成洗剤との使用に関する利得差の約5から2への減少によって、またその後の粉石けん使用率の漸減もほぼ逆の利得差の変化によって説明できることになる。

このように人々の利得差が急激に変化した大きな要因としては、1)赤潮の大量発生、2)各種の県民運動（粉石けんの洗濯テストや学習会、共同購入、宣伝活動など）、3)マスコミによる報道、4)行政からの支援（各種運動への補助金の交付や講師派遣などの協力、粉石けん使用への奨励金交付など）、5)「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」の制定などが約5から2への利得差の減少について、また逆に6)「無リン合成洗剤」の登場（同合成洗剤の拡販キャンペーンによって「合成洗剤による琵琶湖の汚染問題は解決した」との印象を人々に植え付けることに成功）や7)行政から運動体への財政的支援の打ち切りなどが2から5まで利得差が上昇した理由として考えられる⁹⁾。

5. 結論

本研究において得られた重要な結論は、以下の4点であった。

- 1)繰り返す「共有地の悲劇」（8人）ゲームにおいて、前回の他者の選択結果と今回の他者の動向予測との間に、また、今回の他者の動向予測と実際の自己選択との間に密接な関連性があった。
- 2)しかし、上記の関連性は、「バンドワゴン」効果とは異なり、協力的プレイヤー数（割合）が一定の値に収束するものであった。
- 3)また、上記の協力的プレイヤー数の収束値は、協力的な選択（表）と非協力的な選択（裏）との間の利得差によって規定されていた。

4) 粉石けん使用率の推移をシミュレーションすることにより、粉石けんと合成洗剤との使用に関する利得差の推移が明らかになった。

本研究は、石けん運動を「共有地の悲劇」モデルで表したとき、滋賀県における粉石けん使用率の推移が利得差の変化によって説明できることをしめしたものである。

しかし、そのことは決して「石けん運動」の評価を貶めるものではない。むしろ逆に、本報で示唆したほどの大きな利得差の変化を同運動が人々の中に喚起したのだと考えるべきだろう。

ただし本研究の結果は「共有地の悲劇」モデルが石けん運動に適用できる妥当性までを保証したものではない。あくまでもモデルが適用できると仮定した場合の一つの結論である。また、同運動の最盛期に報告されているバンドワゴンの現象¹⁰⁾は、本実験がしめしたように、「共有地の悲劇」モデルと、そのままでは整合性を欠く恐れがあることを最後に指摘しておきたい。

付録

滋賀県における石けん使用推進運動は「びわ湖を守る粉石けん使用推進県民運動」県連絡会議の結成（昭和 53 年）へとつながる。その後、同組織は昭和 57 年に「びわ湖を守るせっけん使用推進県民運動」県連絡会議（せっけん会議）と、さらに

昭和 63 年度には「びわ湖を守る水環境保全県民運動」県連絡会議（びわ湖会議）へと改称されるが、一貫して「びわ湖」という表記を使用している。したがって、本稿の表題においても「石けん運動」を限定する修飾語としてはこの表記を採用し、本文中の湖としての「琵琶湖」とは区別することとした。

参考文献

- 1) 船橋晴俊：「社会的ジレンマ」としての環境問題，社会労働研究，35，pp.23-50，1989.
- 2) 鈴木光男：新ゲーム理論，勁草書房，1994.
- 3) 広瀬幸雄：洗剤汚染事態における地域住民の態度と行動，名古屋大学文学部研究論集，96，pp.19-52，1986.
- 4) 井上孝夫：「社会的ジレンマとしての環境問題」の批判的検討，環境社会学研究 1，pp.178-184，1995.
- 5) 広瀬幸雄：社会的ジレンマゲームの実験研究(1)，女子大社会福祉評論，48，pp.35-56，1981.
- 6) 広瀬幸雄：共有地の悲劇状況としての環境問題についてのゲーム論的分析，名古屋大学文学部研究論集，87，pp.79-87，1983.
- 7) アビナッシュ・ディキシット／バリー・ネイルバフ：『戦略的思考とは何か』，TBSブリタニカ，1999.
- 8) 滋賀県：第31回県政世論調査，1998.
- 9) 脇田健一：環境問題をめぐる状況の定義とストラテジー—環境政策への住民参加／滋賀県石けん運動再考一，環境社会学研究 1，pp.130-144，1995.
- 10) 谷村巖：琵琶湖を守る粉石けん使用県民運動の経過について，合成洗剤研究会誌，1981.

CHANGES IN PEOPLE'S PAYOFF MATRIX FOR THE LAKE BIWA SOAP MOVEMENT

Shinji Ide and Eiji Ando

This study was aimed to estimate changes in the people's payoff matrix, payoff difference, which must have differed significantly before and after the soap movement in Shiga Prefecture in the late 1970s with the assumption that the movement was a commons dilemma game. The changes were eventually estimated through experimental games played by university students and changes in the usage of powder soap in Shiga. As a result, it was illustrated that no band-wagon effect was observed in the above commons dilemma game, and the payoff difference must have changed at least from 5 to 2 in the game assumed in this study.