

N人相互依存関係(N人ゲーム)に於ける 個人間の協力とグループサイズ

土 肥 聡 明

人間は社会的動物といわれているが、我々の社会生活の最も基本的な部分の一つは、個人間の相互依存関係にあると考えられる。人間は様々な行動を起し、その行為の結果として利益を得たり、損をしたりする。しかし我々の社会では、ある個人の行為の結果はその行為の当事者だけでなく、他の人々あるいは社会全体に影響を与えたり、又他の人々の行為の結果も彼に影響をおよぼす事がある。この様な相互依存関係にあつては、個人の自己利益追求が他の人々に不利益を与えたり、あるいは社会全体に共通な利益の実現のためには、個人が犠牲的に個人的な不利益を受け入れなければならないというように、個人利益の追求と、社会全体に共通な利益の追求が矛盾する場合があります、各個人は個人利益追求か、社会的な利益の追求かの葛藤状態におかれることになる。この様な相互依存関係における個人の行為選択の結果として生じている様々な解決の困難な深刻な問題を我々の社会の中に見出すことが出来る。様々な種類の環境汚染 (Hardin, 1968; Schelling, 1971; Dawes et al., 1974), 人口問題 (Hardin, 1968; Schelling, 1971; Kahan, 1974), 共通利益の実現を旨とする組織への個人参加の意思決定問題 (Olson, 1965; Messick, 1973), パニック行動 (Brown, 1965) など数多くあり、これらの問題への関心が高まって来ている。

さて相互依存関係を我々の社会に存在する具体的な例からではなく、極めて抽象的なレベルで取り扱っている分野がある。von Neuman と Morgenstern (1947) に始まるゲーム理論であるが、これが心理学、社会学、経済学、政治学等の社会科学の分野に紹介されてから (Luce and Raiffa, 1957), 相互依存関係に於ける人間行動の実験的研究が可能となり、以来極めて多くの実験ゲームが行なわれて来た。それらの膨大な実験結果は Gallo と McClintock (1965), Becker と McClintock (1967), Davis et al. (1976), Pruitt と Kimmel (1977) にまとめられている。しかしそれらの研究のほとんどが2人ゲームを使用し、その中でも特に「囚人のジレンマ」と呼ばれるタイプのも

のに集中し、いわゆるN人タイプのゲームにはほとんど目が向けられて来なかったといえる。しかしN人ジレンマ型ゲームが、先に見た我々の社会に存在する様々な問題のモデルであると考えられるようになってから、社会科学者の目が次第にこのN人タイプのジレンマに向けられるようになって来た。特に Hardin の論文 Tragedy of the Commons (1968) や Olson の The Logic of the Collective Action (1965) 以降様々なN人ジレンマ型ゲームのモデルが考えられ、理論的考察が行なわれるようになって来た (Weil, 1966; Hardin, 1971; Dawes, 1973, 1975; Hamburger, 1973; Messick, 1973; Schelling, 1973; Komorita, 1976)。

さてN人ゲームの表記方法であるが、Fig 1の様なグラフによる方法、あるいは Table 1 に示されている利得表が一般的である。この表記方法は2人ゲームで普通使われている利得行列とは異っている。もしN人ゲームを利得行列で表わすとN次元行列となり複雑すぎて取り扱いが極めて困難となる。Fig 1 あるいは Table 1 は極めて明瞭にN人関係の利得を表わしているが、この方法は、各個人が対等の立場(ゲーム理論では対称関係)にある場合にのみ有効で、その意味では表記出来るN人関係の種類は制限される事になる。これらの表記によるN人関係の表現では、各行為者は2つの選択肢C, Dを持っている。そのいずれかを各行為者は選択し、その選択

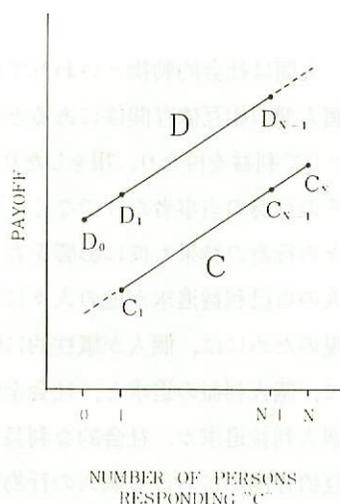


Fig 1. N人ゲームの利得構造

の結果としての利得がC, D 2本の直線で表わされている。利得の値は、横軸に示されているCを選択した行為者の人数によって決まる。Fig 1の例では直線Dは直線Cの必ず上にあり、交っていない。という事は各行為者にとって、N人中何人がCを選択しても、Dを選択する方がより大きな利得を得ることになる。つまり選択肢Dは選択Cに優先している訳である。もしN人全員がその様に自分の利得の最大化を考えるとCを選択する人数は0となり、各個人の得る利得は D_0 となる。しかし、今仮に個人の利得の最

Table 1. N人ゲームの利得表

RESPONSE	NUMBER OF PERSONS RESPONDING C						
	0	1	2	...	K	...	N-1 N
C	-	C_1	C_2	...	C_k	...	$C_{n-1} C_n$
D	D_0	D_1	D_2	...	D_k	...	$D_{n-1} -$

大化に反する選択肢 C を N 人全員が選択したとすると、各個人の利得は C_N となる。Fig 1 では明らかに $C_N > D_0$ であるから、個人利益の最大化を試みない時の方が試みた時よりも大きな利得を得る事になり、2 人囚人のジレンマに見られたのと同様な状況が出現する。これが N 人タイプのジレンマである。所で Fig 1 では利得は 2 本の平行線で表わされているが、利得を示す 2 直線は必ずしも直線である必要も、平行である必要もない。それ以外の様々の利得構造の種類があり、それに応じて N 人関係の質も変わってくる。そして 2 人ゲームの場合、囚人のジレンマに大きな関心が集まった様に、N 人の場合も囚人のジレンマを規定する条件が求められたり (Weil Jr., 1966; Hamburger, 1973) して、N 人囚人のジレンマへの関心が高いようである。

この様にして 2 人囚人のジレンマに対する N 人囚人のジレンマ状況が考えられるようになってくると、グループサイズのちがいと人間の選択行動の関係について関心が向けられるようになって来た。2 人ゲームを使用した実験的研究では、被験者の協力的反応 (あるいは競争的反応) の選択率が行動の指標として取られ、様々な実験条件 (利得構造のちがひ、教示、性差、報酬、相手のストラテジー、年齢差等々) と被験者の協力性 (あるいは競争性) の程度の関係に主なる関心が払われて来た。この流れの中で、N 人タイプのジレンマゲームへの関心の高まりは、グループサイズと人間の協力性 (競争性) の程度の関係に多くの研究者の目を向けさせていった。これまでの理論的な分析からは、例えば労働組合の様に、ある一定の共通利益 (賃金の引き上げ) の実現を旨とする組織に個人がコスト (組合費、組合活動) を負担するか否かの意思決定では、グループサイズが大きくなるにしたがって各個人の共通利益増加に対する貢献度は低下するので、個人の負担するコストに対する共通利益増加量は極めて小さなものとなる。しかし各人の負担するコストは、決して小さなものではないので、結局グループサイズが大きくなるにしたがって、協力的反応 (共通利益を実現するためにコストを払う) の選択率は低下してゆくだらうという結論に達している (Olson, 1965; Messick, 1973)。しかし、これはある決まった大きさの共通利益を目標とする時、つまり実現可能な最大の共通利益の値を等しくした利得構造の条件でのグループサイズと各個人の行為選択の関係である。そしてこの方法でグループサイズの小さい時と大きい時の対応づけを行う事が、人間の協力性の程度とグループサイズの関係を見るのに適切かどうかの吟味はなされていない。

この問題は非常に重要と考えられる。まず相互依存関係を示す利得構造そのものがグループサイズの人数で規定されている訳だから厳密な意味で、人数は異なっているけれど等価な利得構造というのはあり得ない。利得構造が異なれば、それだけで被験者の行為選択が変わるという事は、多くの実験が示している。つまり、選択率の変化は、行為者の協力性の程度の変化ではなく、利得構造の変化が行為者の行為選択の結果変化を与えたのであって、被験者の内的な協力性のレベルは変わらなかったと解釈する事も出来

る。したがって、今何らかの条件の変化が行為者の協力性の程度に効果を持つかを見るには、同じ利得構造を、異なった条件で使って実験をする必要がある。ところがグループサイズをその条件とした時には、厳密に等価な利得構造を与える事は不可能なのである。どうしてもグループサイズと被験者の行為選択の関係を見たいとするなら、何らかの適切な方法で、2人関係の利得構造とN人関係の利得構造の間に対応関係をつける必要がある。この点に関しての議論はこれまでの所ほとんどなされていないように思われる。そこで、この小論文の中で、この対応づけの問題を考えてみたい。ここでは2人関係に於ける人間の行為選択の特徴を極めて簡単に明確に示した実験的研究(土肥, 1977, 1978)と、その基となった2人共通利益—個人利益問題(土肥, 1978)の結果を土台として、この問題に取り組んでみたい。

共通利益—個人利益問題：2人関係からN人関係へ

まず2人共通利益—個人利益問題(土肥, 1968)を簡単に説明しておこう。今2人の個人A, Bがいて、それぞれコストを払う(I)か、コストを払わない(II)かの行為選択をせまられている。A, Bいずれか一人がコスト(ネガティブな個人利益)を払った時に生ずる共通利益を G_1 、二人とも払った時に生ずる共通利益を G_2 とする。この共通利益は定義により、それが与えられる時には、2人に同時に等しく与えられる。さらに2人に、各人の行為選択とは無関係に与えられる量を考え、これを α で表わしている。2人共通利益—個人利益問題は以上の4変数で表記されるが、この場合2人は対称関係にある。2人の最終利得はFig 2に示されるが、通常の対称2人ゲームとの関係は明確で、1対1の対応関係がある。つまりいかなるゲームの利得行列についても、それと等価な2人共通利益—個人利益問題が存在するし、その逆も真である。

		PLAYER "A"			
		I To pay cost		II Not to pay cost	
PLAYER "B"	I	$G_2 - C + \alpha$	$G_2 - C + \alpha$	$G_1 - C + \alpha$	$G_1 + \alpha$
	II	$G_1 + \alpha$	$G_1 - C + \alpha$	α	α

Fig 2. 2人共通利益—個人利益問題の利得構造(各セルの左側がPLAYER B, 右側がPLAYER Aの利得を示す)

さて、この2人共通利益—個人利益問題の行為選択論的分析から、この問題の利得構造の特性を表現していると考えられる2変数 G_2/C と I/C ($I = 2G_1 - G_2$) が見つけられ、これら2変数によって、2人相互依存関係の組織的な操作が可能となった。この2変数は行為選択の仕方に直接かかわり合いを持つだろうと考えられたが、実験結果からは、被験者の行為選択は、利得構造の G_2/C の値によっている事が明らかにされた(土肥, 1977, 1978)。つまり、異なった G_2 , G_1 , C , α の値で構成された利得構造でも、 G_2/C の値が同じであれば、被験者は同じ選択率を示すという事である。したがって記述的な行為選択論的立場に立てば、2人相互依存関係の利得構造の性格づけを、 G_2/C (ゲームの利得行列では、 $(R + T - S - P) / (T - S)$ がこれに相当する) によって行っても良いように思われる。したがって、選ばれた2変数のうち I/C の値が異なっても、 G_2/C の値が変わらない限り、被験者にとっての利得構造は等価であると考えられる。そこで今 $I/C = 0$ つまり $I = 0$ の値を取る利得構造だけを考え、それ以外の利得構造を代表させることにする。 $I = 0$ つまり $2G_1 - G_2 = 0$ となるが、この場合2人の行為者のコストによって生ずる共通利益に加算性が保たれている事を意味する。ゲーム理論では、利得行列の構造が、分解可能 decomposable (Pruitt, 1966) あるいは分離可能 separable (Hamburger, 1969, 1974) と呼ばれる条件を満している場合に相当する。

この2人共通利益—個人利益問題の行為選択論的分析から導き出されたもう一つの重要な結論がある。それは、行為者に内在する協力性、あるいは競争性の程度を知るためには、単一の利得構造に於ける選択行為を見るだけでは不可能で、異なった幾つかの利得構造に於ける選択率の変化からそれを読み取らなければならない。行為者の協力性の程度は、単にある利得構造に於ける協力的反応の選択率によって示されるのではなく、行為者の側に動機〔註1〕の方向 motivational orientation (Messick & McCintock, 1968; Griesinger, 1973) として内在しており、それと利得構造の組合わせの結果として選択反応が現われると考える事が出来る。これは、相互依存関係に於いて、各行為者は自分の利得と相手の利得を適当に重みづけをし、その和を最大化する様に行為選択を行なう (Wyer, 1969, 1971) と考え、その重みづけが動機〔註1〕の方向 motivational orientation を示しているという仮定によっている。例えば、自分の利得と相手の利得の和を最大化するような重みづけは、協力的な動機〔註1〕の方向と解釈され、相手の利得には全く無関係に、自分の利得の最大化を試みる動機〔註1〕の方向は、個人主義的と解釈されている。又自分の利得と相手の利得の差を最大化するような重みづけは、競争的な動機〔註1〕の方向とされている。

この様な行為選択原理の仮定に立つと、2人相互依存関係に於ける選択行為は、Fig 3の様になる事が予想され、実験結果もそれと一致している。つまり横軸に G_2/C を取った時に、ある被験者グループの協力的反応(コスト C を払う)の選択率は、右上りの S

字型カーブとなる。このS字型カーブの位置、高さ、巾、型の特徴から、その被験者グループを構成している構成員の動機の方角 motivational orientation の分布について知ることが出来る。したがって相互依存関係に於ける協力性、競争性の程度を知るには、Fig 3 の様な反応のパタンを得なければ出来ない事になる。この事はN人関係の場合でも同じであらうと考えられ、グループサイズと被験者の協力性を問題とするなら、N人関係に於ける結果も、Fig 3 の様な反応パタンとしてとらえ、それを2人関係の反応パタンと比較するということを取らなければならない。この目的のために、これまで見て来た2人共通利益一人利益問題のモデルを、N人関係に拡張して考えてみたい。

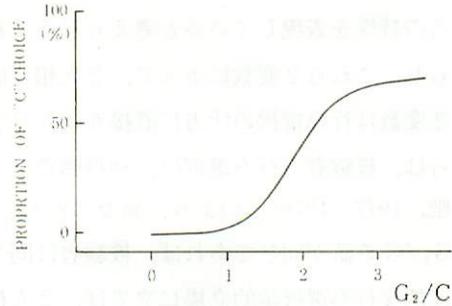


Fig 3. 2人関係の特性値 G_2/C と被験者の選択率

上で見た2人関係は、各行為者が対称関係(対等の立場)にあり、各行為者のコストによって生ずる共通利益には加算性が保たれている。今、この条件でN人共通利益一人利益問題を考えることにする。各行為者はコストCを払う(I)、コストCを払わない(II)の2つの選択肢を持っている。誰かがコストを払えば、共通利益を生ずるが、N人中K人がコストを払った時に生ずる共通利益を G_k とする。誰れもコストを払わなかった時は、共通利益は生じないと考え $G_0 = 0$ 。しかし、コストを払う、払わないの行為選択と無関係に生ずる共通利益を α とすると、各行為者の利得は、コストを払わなかった人は $G_k + \alpha$ で、コストを払った人は、 $G_k - C + \alpha$ で表わされる。さらに各行為者のコストによって生ずる共通利益に加算的な関係を保つ条件は、

$$G_k = \frac{K}{N} G_N \dots\dots\dots(1)$$

となる。さらに行為選択論の立場からは、 α の値のちがいは行為者に影響を与えないと考えられるので、2人関係の分析と同様に $\alpha = 0$ としてN人問題を考えてゆく事にする。そこで、このN人共通利益一人利益問題の利得構造をグラフで表わすと Fig 4a の様な2本の平行線となる。平行線の上下間の距離がコストCの大きさを表わし、直線の傾きは、共通利益 G_k の大ききで決まる。又 Fig 1 との比較でわかる通り、グラフ表現で2本の直線となる利得構造を持つN人ゲームは、我々のN人共通利益一人利益問題の表現に書き変えることが出来、両者の間には1対1の対応関係がある。

さて、2人共通利益一人利益問題の行為選択論的分析からは、個々の利得構造の質的な特性は、共通利益とコストの比、 G_2/C とか G_1/C によっている事が明らかにされ、

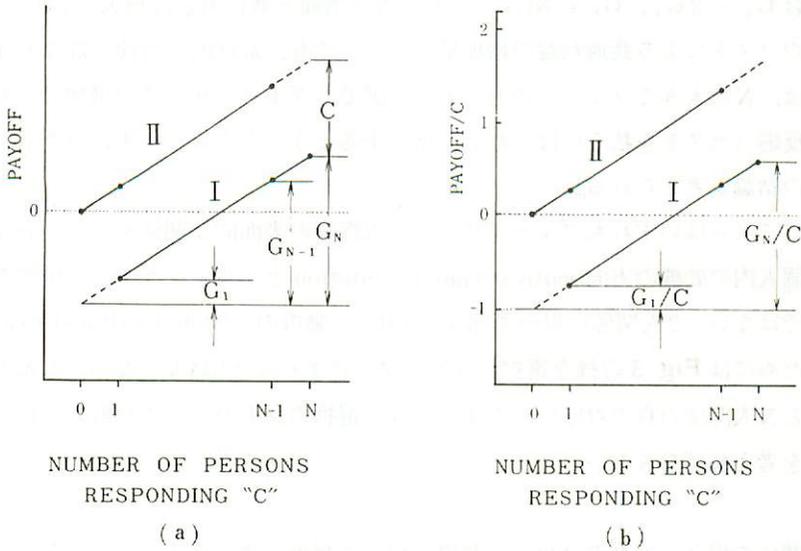


Fig 4. N人共通利益一人利益問題のグラフによる表現

実験の結果もそれを支持している。これを今N人関係にも適用出来ると考え、グラフ表現の縦軸を利得 (Payoff) とコストCの比で表わす事にすると、Fig 4bの様になる。この場合、どのような利得構造も、グラフ表現の2直線の上下間の距離は等しくて1となる。したがって、利得構造のちがいは、直線の傾きと横軸の巾 (グループサイズ) となる。ここで2人関係の場合とN人関係の場合の2直線の幾何学的類似性をみてみよう。又混乱をさけるために2人関係の場合のC, G_1 , G_2 を C' , G'_1 , G'_2 で表わす事にする。まず横軸はグループサイズによって数値の取り方が変わるが、今N人関係の0と2人関係の0の位置、N人関係のNの位置と2人関係の2の位置を合わせてみる。この場合は $G'_2/C' = G_N/C$ の時に2人関係の2直線とN人関係の2直線が重り合う。つまりグループの到達可能な最大の共通利益 (全員がコストを払った時) のコストに対する比の値で2人関係とN人関係の対応を求めていることになる。この場合、1人の行為者のコストによる共通利益の増加分は G_1 であるから、2人関係では $G'_1 = C'_2/2$ 、N人関係では $G_1 = G_N/N$ となり G'_1/C' と G_1/C の値は等しくならない。 G_1 の値はNの値の増加と共に減少してゆく。ごく単純な行為選択問題と考えると、自分のコストCによって生ずる利益 G_1 が小さければ小さいほどコストは払わなくなると考えられ、その意味では、Messick (1973) や Olson (1965) の結論と一致する。彼らはNの値の異なる利得構造の対応づけを、上述の様な方法で行なっていたのである。

一方逆に G'_1/C' と G_1/C の値で2人関係とN人関係の対応づけをすることも可能である。これはグラフの横軸で、2人関係の1の位置とN人関係の1の位置を重ねる事になる。そして $G'_1/C' = G_1/C$ の時、2人関係の2直線とN人関係の2直線は重なり合う。

この場合 $G_2 = 2G_1$, $G_N = NG_1$ となり, N の増加と共に G_N は増大してゆく。とすると個人のコストによる共通利益の増加量は等しくても, 最終的に到達可能な共通利益の大きさは, N の大きなグループの方が大きい訳で, グループサイズの増加にともなって協力的反応(コストを払う)は, むしろ増加するように考えられ, 先にみた対応づけとは反対の結論が考えられる。

しかしこれらはいずれもグループサイズと選択率の表面的な関係を示しているのであり, 各個人内の動機の方向 motivational orientation とグループサイズの関係を示しているのではない。2人関係の場合で明らかな様に, 動機の方向 motivational orientation を見るためには Fig 3 の様な選択の反応パターンによらなければならない。したがって2人関係とN人関係の真の対応づけをするには, 選択の反応パターンの比較が可能となる対応づけを考えねばならない。

2人関係の場合, 行為者は自分の利得と相手の利得に適当な重みづけをし(ネガティブな重みも考える), その和を最大化するように行為選択を行うと仮定し, その重みづけが動機の方向 motivational orientation を表すと考えている。これをN人関係で考えると色々問題が生じてくる。N人関係では(N-1)人の他者が存在するので, 自分の利得と(N-1)人の他者の利得の和を重みづけし, その和を最大化すると仮定する事が出来るが, この場合, N の値が増加するにしたがって自分の利得のちがいが行為選択に与える影響力を失ってゆき, N の値のちがいによって, 重みづけの意味が変わってくると考えられる。今2人関係とN人関係の対応を考えているのだから, N の値に無関係に, 同じ重みづけの値が, 同じ動機の方向 motivational orientation の意味を持つと解釈出来る事が望ましい。それでは(N-1)人の他者の利得の和ではなく, (N-1)人の他者の利得の平均, つまり平均的他人の利得を考え, それと自分の利得を適当に重みづけをすると考えると, これは2人関係の場合と全く同様に考えることが出来る。この仮定に立った場合のN人関係に於ける行為選択と利得の構造の関係についてまず考えてみたい。

先に述べた様に, 我々は $\alpha = 0$ として問題を取り扱っているので, 今N人中K人がコストCを払った場合の各個人の利得は,

$$\text{コストCを払った人の利得 } P(C) = G_k - C \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{コストCを払わなかった人の利得 } P(\bar{C}) = G_k \dots\dots\dots(3)$$

となる。今ある行為者が, N人中K人はコストCを払い, 残りの(N-K-1)人は払

わない事がわかっている状況で、コストCを払うか払わぬか迷っているとす。今自分の利得に対する重みを1とし、平均的他人の利得に対する重みづけをaとすると、もし彼がコストCを払わなければ、重みづけをした利得の和 weighted payoff は、

$$\begin{aligned} WP(\bar{C}) &= G_k + a \frac{(N-K-1)G_k + K(G_k - C)}{N-1} \\ &= G_k + a \left(G_k - \frac{K}{N-1}C \right) \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

又、彼がコストCを払うと決心した場合には、重みづけをした利得の和 weighted payoff は、

$$\begin{aligned} WP(C) &= G_{k+1} - C + a \frac{(N-K-1)G_{k+1} + K(G_{k+1} - C)}{N-1} \\ &= G_{k+1} - C + a \left(G_{k+1} - \frac{K}{N-1}C \right) \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

となる。重みづけをした利得の和の最大化を試みる仮定によれば、

$$WP(C) - WP(\bar{C}) > 0 \dots\dots\dots(6)$$

の時彼はコストCを払う事になり、コストを払うか払わないか無差別にある利得構造は、

$$WP(C) - WP(\bar{C}) = 0 \dots\dots\dots(7)$$

の時である。(1), (4), (5)式より、

$$WP(C) - WP(\bar{C}) = \frac{a+1}{N} G_N - C \dots\dots\dots(8)$$

となり、Kが消え、N人中何人がコストCを払うか否かは、彼の行為選択に影響を与えない。(7), (8)式より

$$\frac{G_N}{C} = \frac{N}{a+1} \dots\dots\dots(9)$$

となり、aの値(動機^{〔註2〕}の方向 motivational orientation)に応じた選択の境界点となる利得構造が、この(8)式で与えられる。a=0の時は、相手の利得に対する重みが零で、自分の利得のみを考慮する個人主義的行為選択者となり、その時の選択の境界点は、(9)式より

$$\frac{G_N}{C} = N \dots\dots\dots(1)$$

となり、 $G_N/C > N$ の時、コストを払う。N=2の時には $G_2/C = 2$

となり、2人関係の時の分析の結果と一致する。又、a=1の場合は、2人関係では協

力的方向と呼ばれているものであり、

$$\frac{G_N}{C} = \frac{N}{2} \dots\dots\dots(11)$$

となり、 $G_N/C > N/2$ の時コストを払う事になる。 $N=2$ の時には $G_2/C = 1$ となる。又 $a = -1$ の時は、2人関係で競争的方向と呼ばれているが、 N の値に無関係に $G_N/C \rightarrow \infty$ となり、いかなる利得構造の関係に於いてもコストを払わない事になる。以上の例を含む $a > -1$ の条件では

$$\frac{G_N}{C} > \frac{N}{a+1} \dots\dots\dots(12)$$

の時にコストを払う選択をするが、 $a < -1$ の条件では、

$$\frac{G_N}{C} < \frac{N}{a+1} \dots\dots\dots(13)$$

の時にコストを払う選択をする。

さて、(9)式を使って2人関係からN人関係まで、各 a の値に応じた選択の境界点を G_N/C 軸上に求める事が出来るが、この場合 a の値を2人関係からN人関係まで全く同様に解釈出来るかどうか問題である。上で見た例では、 $a = 0$ の時は、他者の利得を全く考りよしない個人主義という意味で、 N の値に関係なく、同一の意味を与える事が出来そうである。 $a = -1$ の場合、自分と他者の利得の差を問題とする自分と他者の比較過程が入ると考えられ、 N 人関係では、平均的他者と自分の比較過程となり、 N の値に無関係にコストを払わない選択をする事も考え合わせると、 $a = -1$ を競争的と解釈する事に無理はないと思われる。

次に、 $a = 1$ の場合を考えると、自分と他者の利得の和の最大化をする様な選択となるが、 N 人関係では、平均的他者と自分の利得の和となり、これを協力的と解釈するのはどうだろうか。協力という言葉の意味の問題になるが、協力がグループ全体の利得の向上(ある意味では社会主義的、全体主義的な意味合になるが)というニュアンスを含むとすると、自分の利得と、 $(N-1)$ 人の他者の利得の和を重みづけした和を最大化すると仮定する方が良いのではないか。この場合は、選択の境界点は

$$\frac{G_N}{C} = \frac{N}{a(N-1)+1} \dots\dots\dots(14)$$

となる。 $a = 1$ の時には、グループ全体の利得の和を最大化する様に選択する事になり、境界点は、 N の値に無関係に $G_N/C = 1$ となる。又、 a の値を1より小さくしてゆけば、他者よりも自分の利得に大きな重みをつけた集団の利得の和となり、 $a = 0$ の時には $G_N/C = N$ となり、先に見た個人主義の解釈と矛盾しない。そして集団全体の利得の和の最大化を協力的と意味づける事は、先に見た平均的個人と自分の利得の最大化よりも

無理がない様に思える。もちろん先に行った平均的個人と自分の利得の重みづけの和の場合でも、 $N=2$ の場合の $a=1$ に対して、任意の N の値に対して $a=N-1$ で対応させれば良いのであるが、それでは、 a の値の解釈が N の値によって変わることになる。そこで、 a の値の解釈を不変にするために $a \leq 0$ では(9)式を、 $a \geq 0$ では(14)式を用いて選択の境界点を求める事を提案する。これら(9)式、(14)式より、任意の利得構造について、それが丁度選択の境界点となる様な動機の方 *motivational orientation* を求める事が出来、 $a \leq 0$ の場合は、(9)式より算出され

$$a = \frac{N}{\frac{G_N}{C}} - 1 \dots\dots\dots(15)$$

となり、 $a \geq 0$ の場合は(14)式より算出され、

$$a = \frac{\frac{N}{N-1}}{\frac{G_N}{C}} - \frac{1}{N-1} \dots\dots\dots(16)$$

となる。 a の値の解釈は N の値によらないのでこれら 2 式によって同一の a の値を与える利得構造は、 N の値を超えて対応関係を持っていると考える事が出来る。さてこれまでの所、自分の利得の重みづけを 1 として議論して来たが、 -1 とした場合も考えなければ、総ての動機の方を取り扱えない。しかし、自分の利得の重みづけを -1 とする場合も、全く同様な議論の展開となるので、ここでは省略する。

この様にして、動機の方 *motivational orientation* を表す a の値によって、 N の値の異なる利得構造の対応づけを行う事が可能となった。しかし、 a の値は、利得構造を直接示さないで、次に異なった N の利得構造を直接関係づけてみたい。 $N=2$ の場合、(15)式と(16)式は同じ式になってしまうので、ここでは他の N の値の時の G_N/C が、 $N=2$ の場合の G_2/C とどの様な対応関係を持つかを見てみよう。そこで、異なった N の時の G_N/C に対応する 2 人関係の場合の G_2/C を G_{N-2}/C で表わす事にする。 $a \leq 0$ の場合、つまり(15)式より $G_N/C \geq N$ の場合、

$$\frac{G_{N-2}}{C} = \frac{2 \frac{G_N}{C}}{N} \dots\dots\dots(17)$$

となり、 $a \geq 0$ つまり $G_N/C \leq N$ の場合は、

$$\frac{G_{N-2}}{C} = \frac{2(N-1) \frac{G_N}{C}}{N + (N-2) \frac{G_N}{C}} \dots\dots\dots(18)$$

となる。当然であるが、 $N=2$ の時、両式は一致し、

$$\frac{G_{2 \rightarrow 2}}{C} = \frac{G_2}{C} \dots\dots\dots(19)$$

となる。これによって、Fig 3 の様な反応の選択パターンを、Nの値が異なっても、共通の横軸 $G_{N \rightarrow 2}/C$ によって比較する事が出来る事になり、グループサイズと行為選択の関係を見る事が出来るようになる訳である。

以上のごとく、異なったNの利得構造の対応関係が明らかになったが、これはあくまで共通利益の加算性（ゲーム理論でいう、利得構造が分解可能 decomposable あるいは、分離可能 separable）が保たれている場合のみである。しかし、この条件が満たされなくなると、それだけで、利得構造そのものが複雑化し、対応関係を求める事は、さらに難しくなっていくと思うが、それは今後の課題としたい。

N人ゲームの実験的研究

N人ゲームの実験は Kelley と Grzelak (1972) の14人ゲームの後、次第に行なわれる様になって来た。Hamburger et al. (1975), Foxと Guyer (1977) は Take Some と呼ばれる表現形式を用いて、N人タイプの囚人のジレンマゲームを使い実験を行なったが、彼らの利得構造は、グラフ表現では、2本の曲線として示され、共通利益に加算性が保たれていない。又、Meux (1972) はN人タイプのチキンゲームを使っているが、その利得構造は、グラフ表現では2本の直線ではあるが、平行ではなく、やはり共通利益の加算性が保たれていない。したがって、これらの研究の実験結果は、上でみて来た2人関係とN人関係の対応づけに乗せて見ることは出来ない。Kelleyと Grzelak (1972) は14人ゲームを、Goehringと Kahan (1976) は3人ゲームを Table 1 の利得の表現を使っており、それらは我々の条件を満たしている。しかし、どちらも単一のグループサイズを使っているので、グループサイズと行為選択の関係について触れる事は出来ない。しかし両研究共に幾つかの異なった利得構造を使っており、利得構造のちがいが、選択率に影響を与えている事を示している。Caldwell (1976) は、我々の条件を満足する5人囚人のジレンマを使い、コミュニケーションと性差の効果を見ているが、単一のグループサイズで、しかも単一の利得構造を使用しているため、グループサイズと行為選択に関する情報は得られない。なお性差の効果は認められなかった。

Marwell と Schmitt (1972) は、彼ら独自の表現形式を用い、我々の条件を満足する囚人のジレンマ型ゲームを、2人の場合と3人の場合を比較し、3人関係の方が協力的反応の割合が少ない事を示した。しかし2人関係と3人関係の利得構造の対応づけは、我々の立場からは適切とは認め難い。Bonacich et al. (1976) は、Table 1型の利得

表を用い、我々の条件を満たす囚人のジレンマを $N=3, 6, 9$ の3条件について実験を行なった。特に $N=3, 9$ の2条件では、3種類の利得構造を用いて、3種類の対応関係で結果を表わし、グループサイズと被験者の協力的反応の関係は、対応のさせ方により、全く相反する結果となる事を示した。しかし、この場合に使われた対応づけの方法も、我々の立場からは問題があり適切性に欠いている。

以上これまでに行なわれた幾つかの N 人ゲームの実験研究を見て来たが、これら全部を合わせて見ても、我々の議論して来た対応づけによって、反応パターンにより、グループサイズと行為選択の関係について見るには、実験例が少なすぎる。しかし我々の利得構造の条件を満足させる実験結果では $N=3$ の場合については比較的データが多いようなので、 $N=3$ の場合の選択の反応パターンを見てみよう。 $N=3$ を使っているのは、Marwell と Schmitt (1972)、Bonacich et al. (1976) と Goehring と Kahan (1976) の3研究であるが、それらの結果が Table 2 に示されている。

Table 2. 3人ゲームの特性値 G_3/C と協力的反応の関係

EXPERIMENT	G_3/C	G_{3-2}/C	% of C choice
Bonacich et al. (1976)	1,125	1,091	15
	1,800	1,500	43
	1,800	1,500	41
Marwell & Schmitt (1972)	1,500	1,333	25
Goehring & Kahan (1976)	1,000	1,000	28
	1,500	1,333	24
	2,000	1,600	44
	2,500	1,818	49
	3,000	2,000	70

G_3/C および G_{3-2}/C の値は、彼らの使った利得表から計算して得たものである。同じ値の所もあるが、元の利得表そのものは総て異っている。Marwell と Schmitt (1972) および Goehring と Kahan (1976) は150試行の繰返しでゲームを行なっているが、Bonacich et al. は15試行しか行っていないので、結果は最初の10試行1ブロック分のみで表わしてある。この結果を、横軸に G_{3-2}/C 、縦軸に協力的な反応の選択率で示したのが Fig 5 である。協力的反応の選択率は G_{3-2}/C の値の増加と共に増加しており、独立に行なわれた3つの実験の結果も同一の反応パタンの一部であるかの様に重り合っている。2人関係の場合と同じように、この反応パターンはS字型になると思われるが、

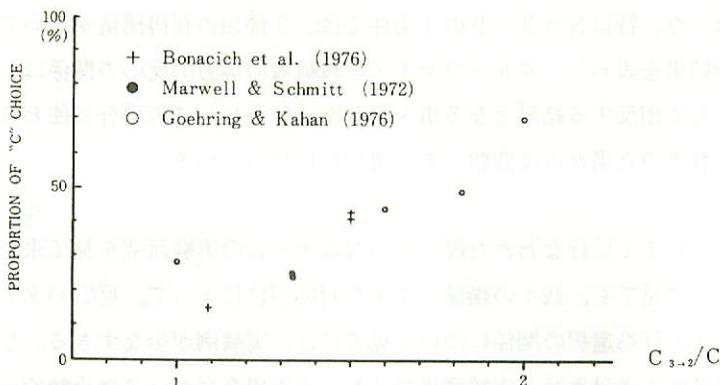


Fig 5. 3人ゲームに於ける特性値 G_{3-2}/C と被験者の選択率—実験データより

ここで使われている G_3/C の値の範囲がせまくて、S字型がどの辺で始まり、どの辺で頭打ちになるのか、頭打ちの高さはどの程度なのかについては、残念ながら見出す事が出来ない。

この様にして、3人関係については、選択の反応パターンが、ごく一部ではあるが得られたのであるが、他の人数の結果については、実験例が少なすぎ、この様な反応パターンを得ることは無理である。それでは膨大な数の2人ゲームの結果があるではないかといわれるかも知れないが、ここで見て来たN人ゲームの表現形式は、2人ゲームで使われて来た利得行列とはかなり異なっている。そして異なった表現形式は、内容的に等価な利得構造を持っていても、被験者の行為選択に大きなちがいを与えてしまう (Pruitt, 1967; Guyer et al., 1970) ので、これまでの2人ゲームの結果との比較はやはり無理である。又、土肥 (1977, 1978) は、2人関係で P_2/C を横軸とした反応パターンを得ているが、使っている表現形式が異なり、しかも繰返しのない一回限りの行為選択の結果であり、やはり Fig 5 と比較するのは無理である。したがって、これまでの実験研究の結果から、グループサイズと行為選択について、何かを引き出す事は出来ない。したがって、今後の実験研究が、ここで見て来た、異なったNの値に対する利得構造の対応づけを用いて行なわれる事が望まれる訳である。しかし2人関係の場合 G_2/C が選択行動の指標となった様に、N人関係に於いても G_{N-2}/C あるいは G_N/C が選択行動の指標になるという事は、単にグループサイズと行為選択の分析に限らず、一般にN人関係に於ける行為選択の分析にも有効に使われるのではないかと考えられ、今後のN人関係問題の取り組み方の1つの方向として使われる事を望みたい。

註

- [註1] 自分と相手の利得の重みづけのちがいは、相手の利得を縦軸、自分の利得を横軸に取った2次元空間では、幾何学的な方向のちがいとなって現われる。
- [註2] G_N/C で利得構造を表わすと、 G_N/C と $N(a+1)$ の大小関係により、コストを払う、払わないが決まる。そして $G_N/C = N(a+1)$ の時に、コストを払う、払わないの無差別状態 indifferent にあり、その時の G_N/C の値を、その時の動機の方角 a に応じた選択の境界点と呼ぶことにする。

文 献

- Becker, G. M. and McClintock, C. G. Value: Behavioral decision theory. *Annual Review of Psychology*, 1967, 18, 239-286.
- Bonacich, P., Shure, G. H., Kahan, J. P. and Meeker, R. J. Cooperation and group size in the N-Person Prisoner's Dilemma. *Journal of Conflict Resolution*, 1976, 20, 687-706.
- Brown, R. *Social Psychology*. New York: Free Press, 1965.
- Dawes, R. M. The commons dilemma game: An N-person mixed-motive game with a dominating strategy for defection. *Oregon Research Bulletin*, 1973, 13, No. 2.
- Dawes, R. M. Formal models of dilemmas in social decision-making. In M. Kaplan & Schwartz, S. (Eds), *Human Judgment and Decision Processes*. New York: Academic Press, 1975.
- Dawes, R. M., Delay, J. and Chaplin, W. The decision to pollute. *Environment and Planning*, 1974, 6, 3-10.
- Davis, J. H., Laughlin, P. P. and Komorita, S. S. The social psychology of small groups: Cooperative and mixed-motive interaction. *Annual Review of Psychology*, 1976, 27, 501-541.
- 土肥聡明 異なった認知形式が 2×2 ゲームに於ける行為選択におよぼす影響 日本心理学会第41回発表論文集, 1977, 344-345.
- 土肥聡明 二人共通利益—個人利益問題の理論的研究 *Hokkaido Behavioral Science Report Series P, Supplement No. 3*, 1978.
- 土肥聡明 2人相互依存関係に於ける行為選択の基本構造 北海道心理学会第25回大会発表抄録集 (印刷中).
- Fox, J. and Guryer, M. Group size and other's strategy in an N-person game. *Journal of Conflict Resolution*, 1977, 21, 323-339.
- Gallo, P. S., Jr. and McClintock, C. G. Cooperative and competitive behavior in mixed-motive games. *Journal of Conflict Resolution*, 1965, 9, 68-78.
- Goehring, D. J. and Kahan, J. P. The uniform N-person prisoner's dilemma game. *Journal of Conflict Resolution*, 1976, 20, 111-128.
- Griesinger, D. W. and Livingston, J. W., Jr. Toward a model of interpersonal motivation in experimental games. *Behavioral Science*, 1973, 18, 173-188.
- Guyer, M. J., Fox, J. and Hamburger, H. Format effects in the prisoner's dilemma game. *Journal of Conflict Resolution*, 1973, 17, 719-744.
- Hamburger, H. Separable games. *Behavioral Science*, 1969, 14, 121-132.
- Hamburger, H. N-person prisoner's dilemma. *Journal of Mathematical Sociology*, 1973, 3, 27-48.
- Hamburger, H. Take-some-a format and family of games. *Behavioral Science*, 1974, 19, 28-34.
- Hamburger, H., Guyer, M. and Fox, J. Group size and cooperation. *Journal of Conflict Resolution*, 1975, 19, 503-531.

- Hardin, G. The tragedy of the commons. *Science*, 1968, 162, 1234-1248.
- Hardin, R. Collective as an agreeable n-prisoner's dilemma. *Behavioral Science*, 1971, 16, 472-481.
- Kahan, J. P. Rationality, the prisoner's dilemma, and the commons. *Journal of Social Issues*, 1974, 30, 189-210.
- Kelly, H. H. and Grzelak, J. Conflict between individual and common interest in an N-person relationship. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1972, 21, 190-197.
- Komorita, S. S. A model of the N-person Dilemma-type game. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1976, 12, 159-169.
- Luce, R. D. and Raiffa, H. *Games and Decisions*. New York: Wiley, 1957.
- Marwell, G. and Schmitt, D. R. Cooperation in a three-person prisoner's dilemma. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1972, 21, 376-383.
- Messick, D. M. To join or not to join: An approach to the unionization decision. *Organizational Behavior and Human Performance*, 1973, 10, 145-156.
- Messick, D. M. and McClintock, C. G. Motivational bases of choice in experimental games. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1968, 4, 1-25.
- Meux, E. P. Concern for the common good in an n-person game. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1973, 28, 414-418.
- Olson, M., Jr. *The Logic of Collective Action*. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press, 1965.
- Pruitt, D. J. Reward structure and cooperation: the decomposed prisoner's dilemma game. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1967, 7, 21-27.
- Pruitt, D. G. and Kimmel, M. J. Twenty years of experimental gaming: Critique, synthesis, and suggestions for the future. *Annual Review of Psychology*, 1977, 28, 363-392.
- Schelling, T. C. Hockey helmets, concealed weapons, and daylight saving: Binary choices with externalities. *Journal of Conflict Resolution*, 1973, 17, 379-380.
- Schelling, T. C. On the ecology of micromotives. *The Public Interest*, 1971, 25, 61-98.
- von Neumann, J. and Morgenstern, O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, N. J.: Princeton Univ. Press, 1944.
- Weil, R. L. The N-person prisoner's dilemma: Some theory and computer oriented approach. *Behavioral Science*, 1966, 11, 227-233.
- Wyer, R. S., Jr. Prediction of behavior in two-person games. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1969, 13, 222-228.
- Wyer, R. S., Jr. Effect of outcome matrix and partner's behavior in two-person games. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1971, 7, 190-210.

(旭川医科大学 心理学)