Ann. Rep. Asahikawa Med. Coll.
1981, Vol.3, 83～99

ストラテジーの構造解析と行為選択モデル

土肥　聡明　　　岩渕　次郎

個人間に見られる協力，競争などの社会的行動に関する研究として，過去30年来，非常に多くの実験ゲーム研究がなされてきた。これらの研究は，主として２人・２×２行列ゲームを使用している。被験者は相手との利害関係を示す利得行列が与えられ，同一の個人を相手として行為選択を多数試行（数10から数100試行）繰り返えす。このような繰り返しのあるゲーム場面では，被験者の行為選択はお互いに影響をおよぼし合いながら進行するものと考えられる。Apfelbaum (1974) は，被験者の行為選択が相手の前試行の選択によって影響される程度の重要性を，実験的に明らかにした。また，Rapoport & Charmmah (1965) は，よく知られた幾つかの時系列モデルを選択過程に適用し，それぞれの行為選択モデルとしての有効性を検討している。しかし，多くの実験研究では，せいぜい選択率の変化が記述されるにとどまり，その内的過程の考察は十分になされていないように思われる。一つの理由として，行為選択過程を扱い得る有効な接近方法，概念が確立されていないことがあげられる。本論文では，繰り返しのあるゲーム場面における行為選択過程を取り扱い得る新たな方法を明らかにする。さらに，我々はこの方

		行為者Ｙの選択肢 I		行為者Ｙの選択肢 II	
行為者Ｘの選択肢	I	R	R	S	T
	II	T	S	P	P

Fig.1. ゲームの利得行列。 各セルの文字は，左側が行為者Ｘに対する，右側が行為者Ｙに対する利得を表わす。

法を用いた分析に基づいた行為選択のモデルを提案し，ゲーム場面における行為選択の幾つかの問題について検討する。

I．行為選択におよぼす経験の効果

1．過去経験の効果に関する4つのタイプ

実験ゲーム研究では，実験の全試行数を幾つかのブロックに分割し，各ブロック内での選択肢IまたはIIの選択率を求め，試行ブロックの進行にともなう選択率の動的変容を表わす方法がしばしば用いられる。試行の進行とともに被験者の選択率が変化するということは，各試行における被験者の行為選択が，それ以前の全部または1部の試行における被験者および相手の選択反応，それによって生じた利得等の影響，つまり過去経験の影響を受けたことを意味する。このように，試行の進行にともなう選択率の変化を過去経験の効果によるものと考え，我々は，この効果を記憶との関連において，(1)初頭性効果，(2)新近性効果，(3)短期性効果，および(4)長期性効果の4種類に分けて，次のように考える。

(1) 初頭性効果

記憶，学習あるいは発達等のように，時間経過に対する変化を問題とする研究においては，被験体の初期経験が後々まで被験体に影響を与えることが知られている。ゲーム場面においても，実験開始時の初期試行の経験が，後々の行為選択に影響を与えることが考えられる。我々は，この初期試行の経験の効果を，初頭性効果と呼ぶ。

(2) 新近性効果

直前試行（あるいは最近の数試行）の経験は，被験者にとっては印象が強いと考えられ，その後の行為選択に強く影響を与えることが予想される。このような効果は，学習，記憶の分野において，実験的に確かめられている。我々はこの最近試行の経験の行為選択におよぼす影響を，新近性効果と呼ぶことにする。

(3) 短期性効果

直前試行を含めてある程度まとまった長さの最近の試行の経験（選択反応の系列）が

得られると，それを総合的，全体的に処理することにより，相手の行為選択についての一時的な評価，判断が可能となり，それに基づいて行為選択の基本方針を変更することが可能になる。このある程度の長さの最近の試行の経験の行為選択におよぼす影響を短期性効果と呼ぶ。

(4) 長期性効果

短期性効果の場合と比較して，さらに長く試行全体にわたる経験（選択反応の系列）からは，相手の行為選択に関する力動的な側面の評価，判断が可能となり，これが被験者の行為選択の基本方針に影響を与えることが考えられる。我々は，このような試行全体にわたる経験の行為選択におよぼす影響を，長期性効果と呼ぶ。

過去経験の行為選択に与える効果を，以上４つのタイプに類別してみた。これらの中で，初頭性効果をのぞいた３タイプの効果の特徴的な差異は，まず影響を与える経験の時間的な長さにある。新近性効果は最近の少数試行経験の，短期性効果はそれよりもやや長い最近の試行経験の，そして長期性効果はさらに長い試行全体にわたる経験の効果である。さらに，これら３種の効果は質的にも大きく異なる。過去経験が行為選択に影響を与えるということは，被験者と相手の選択の時系列パタンに行為選択が依存していることを意味する。今考慮の対象となる試行の長さがかなり短い時には，選択の時系列パタンの可能な数は限られ，それらを個別的に取り扱うことが実際に可能である。したがって，行為選択が選択の時系列パタンに直接依存するタイプの経験の効果が考えられる。初頭性効果はこのタイプの経験の効果であろうと考えられる。

選択の時系列パタンを個別的に取り扱うことは，どのような長さの試行数に対しても，理論的には可能である。しかし対象となる試行数が増加するにともない，選択の時系列パタンの可能な数は急速に増加する。したがって，時系列パタンを個別的に取り扱うことは実際には不可能になってくる。そこで，ある程度長い試行数を対象とする場合は，時系列パタンを何らかの方法で処理し，相手の行為選択に関して何らかの評価，判断を行い，これに基づいて行為選択の基本方針を決定していく方法が考えられる。したがって，そのような選択の時系列パタンの全体的な評価に基づく効果が考えられる。短期性効果および長期性効果はこのような種類の経験の効果であろう。

先に見たように，短期性効果は相手の行為選択についての一時的な評価，判断であり，新近性効果よりも長い試行数を必要とする。しかし，相手の行為選択は試行の進行とともに変化することが考えられ，必要以上長い期間の経験を考慮することは適当ではない。また，この効果は，新近性効果とちがって，ある程度の長さの選択の時系列の全体的な評価，判断に基づくので，この効果による選択反応の変化は，新近性効果と比較すると，

かなりゆるやかであろう。例えば，今この短期性効果として働く経験の長さが10試行分であるとすると，21試行目の行為選択に対しては11～20試行の経験が短期性効果として働く。そして22試行目では12～21試行の経験の影響が短期性効果となる。ここで11～20試行の内容と12～21試行の内容との差はそれほど大きくはないので，試行の進行にともなう短期性効果による行為選択の変化はかなりゆるやかになるであろうと考えられる。

長期性効果は，相手の行為選択の試行進行にともなう変化が被験者の行為選択に与える影響である。したがって実験試行全体の経験（選択の時系列）が対象となるが，このように非常に長い試行を対象とする評価を各試行毎に行っているとは考えにくい。過去の全試行の総合的評価がされ得る十分な条件が整った時に，この長期性効果は被験者の行為選択の基本態度に影響を与えると考えられる。したがって，この長期性効果は，実験進行のある時点の前後における行為選択の基本方針の比較的大きな変化として影響を与える。

以上３つのタイプの効果の質のちがいは，まず，近新性効果が選択の時系列パタンに直接依存するが，短期性および長期性効果は選択の時系列が全体的に処理された後の評価，判断に基づくことにある。さらに，短期性効果は相手の行為選択の一時的，静的側面の認知に基づいているが，長期性効果は，継続的，動的側面の認知に基づいているといえる。また短期性効果に基づく試行の進行にともなう選択率の変化は，新近性効果の場合と比較するとよりゆるやかである。一方，長期性効果の影響は，行為選択の基本傾向がある試行で比較的大きく変化する，という形で表われることになる。

ここに類別された効果は各試行における経験が記憶され，効果を生ずるとの基本的発想に基づく。従って，これらの効果は記憶のされ方と密接な関連を持ち，初頭性効果は記憶における初頭効果 primacy effect を，新近性効果は新近効果 recency effect を，また短期性効果は短期記憶 short term memory を，長期性効果は長期記憶long term memory を背景としていると考えられる。

２．これまでの研究とモデル

さて，過去経験の行為選択におよぼす効果を，４つのタイプに類別し，それぞれのちがいを明らかにしてきたが，この類別方法は過去経験の問題を一般的に取り扱う１つの枠組を与える。ゲーム研究では，このような枠組で過去経験の効果を捉え，過去経験の行為選択におよぼすさまざまなタイプの影響を統合的に関連づけるような試みはなされていないようである。そこで，これまでの実験的研究の中で，試行の進行にともなう被験者の選択反応の変化を記述している研究は，この枠組の中に，どのように位置づけられるだろうか。

まず初頭性効果に関しては，実験開始時の第1試行の経験の行為選択におよぼす効果に関する研究（Rapoport & Charmmah, 1965; Terhune, 1968; Sermat, et al., 1965）や，初期のやや長い経験の効果に関する研究（Sermat, 1967）があるが，最初の数試行が後の行為選択に決定的な影響を与えるともいわれている（Pilisuk & Rapoport, 1964）。

次に，試行ブロック毎に選択率をとる方法は短期性効果を表現することに相当し，それぞれの試行における個別的，具体的経験の効果ではなく，試行の進行にともなう比較的ゆるやかな選択率の変動を捉えるものと理解される。このようなブロック毎の選択率の変化が，ある試行を境として急激な場合が認められる。そのような急激な変化に対しては，短期性効果以外の何か他の要因が働いていると考えられ，例えば，新たな情報が外部から与えられたか，あるいは長期性効果が大きく働き，被験者の行為選択の基本方針が大きく変ったための効果と考えられる。例えば，サクラを相手とする実験研究では，試行の途中でサクラの選択ストラテジーが変化したとき，被験者の選択率が大きく変化することが知られている（Bixenstine & Wilson, 1963; Swingle & Gills, 1968; Swingle, 1968）。この場合サクラの変更後のストラテジーが同じであっても，被験者の行為選択の変化は，それ以前にサクラがいかなるストラテジーを使用していたかに依存する。この際生ずる選択率の急激かつ大きな変化は短期性効果だけでは説明できない。この変化はより長期にわたる経験（両者の選択反応の基本的傾向の変化）に基づく効果，すなわち長期性効果によるものと考えられる。

新近性効果については，例えばRapoport & Charmmah（1965）は，選択反応が前試行の両被験者の選択反応の組み合わせに大きく依存していることを実験的に明らかにしている。またKelley et al. (1962) は最小社会場面（Sidowsky, 1957; Sidowsky, et al., 1956）における2人の行動の相互関係を説明するために win-stay loose-shift とよばれるルールを考えた。このルールでは行為選択は，明らかに，直前試行の反応の組み合わせにのみ依存する。さらにApfelbaum (1974) は，サクラを相手とする実験場面で，サクラの用いる win-stay loose-shift のストラテジーを操作し，それが行為選択に大きな影響を与えることを明らかにした。サクラを相手とする多くの実験ゲーム研究では，ランダムストラテジーよりも tit for tat とよばれるストラテジーの方が被験者からより多くのいわゆる協力的反応を引き出すことが見られている（ Oskamp, 1972)。つまり協力的反応という行為選択の側面から見ると，過去経験に全く依存しないランダムストラテジーよりも，前試行の相手の選択に完全に依存する tit for tat ストラテジーの方がより有効である。これら win-stay loose-shift あるいは tit for tat ストラテジーは，明

らかに前試行の選択結果への依存性，つまり新近性効果をその内的過程に含む行為選択のモデルとなっている。

以上，記憶との関連から，我々は過去経験の行為選択に与える効果を4つのタイプに類別し，過去経験の問題を考えるための1つの枠組を明らかにした。過去経験の行為選択過程における役割を明らかにし，過去経験の結果に関する知識を統合的にまとめるためには，優れたモデルが必要である。そのようなモデルを考えるには，過去経験を適切に捉え得る枠組を必要とする。過去経験の問題が記憶の問題と密接に関連していることを考えると，記憶研究で明らかにされている現象，概念に関連のある我々の枠組は，過去経験の構造に関する重要な側面を捉えていると考えられ，行為選択モデル作りに役立つのではないかと思われる。この枠組に基づくモデルは，4種の経験の効果のそれぞれを説明できると共に，それらを関係ずけ，過去経験に依存する行為選択過程の諸側面を統合的に説明できるものになるであろう。そこで本論文では，特に直前試行のみの新近性効果に焦点を絞り，直前試行で取られた両被験者の選択の行為選択におよぼす影響について，理論的な分析を試みる。

II．前試行依存型ストラテジーの構造解析

1．前試行依存性と条件つき確率

今，2人・2×2行列ゲーム（Fig. 1）で行為選択が直前試行の経験（両者の選択反応の組み合わせ）に依存すると考え，各試行における選択確率を条件つき確率で表わす方法をとる。両被験者ともに選択肢I，IIを持っているから，各試行毎に4通りの選択の組み合わせI I，I II，II I，II IIがある。左側および右側のローマ数字はそれぞれ選択者および相手の選択した選択肢を示す。したがって選択肢Iを選択する確率は，4種の条件つき確率 $P(\mathrm{I}|\mathrm{I\,I})$，$P(\mathrm{I}|\mathrm{I\,II})$，$P(\mathrm{I}|\mathrm{II\,I})$，$P(\mathrm{I}|\mathrm{II\,II})$ あるいは $P(\mathrm{I}|ij)$，($i=\mathrm{I},\mathrm{II}$; $j=\mathrm{I},\mathrm{II}$) と表わすことにする。

このように各試行における選択率が4つの条件つき確率で表現される選択方法を条件つき確率ストラテジー S_X と呼ぶことにし，

$$S_X = (P(\mathrm{I}|\mathrm{I\,I})\ \ P(\mathrm{I}|\mathrm{I\,II})\ \ P(\mathrm{I}|\mathrm{II\,I})\ \ P(\mathrm{I}|\mathrm{II\,II}))\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

と表わすことにする。これら4つの条件つき確率は0から1までの任意の値を取り得る

が，今それが0または1のいずれかの値しか取らない場合を考えてみよう。この場合，n試行目の選択反応は$n-1$試行の選択の組み合わせにより確定的に決定される。$P(\mathrm{I}\,|\,ij), (i=\mathrm{I},\mathrm{II};\ j=\mathrm{I},\mathrm{II})$に0または1を与える組み合わせは全部で16通りあり，それぞれが行為選択のストラテジーを表わす(Table 1)。例えば，S_7は前試行の反応がⅠⅠ，ⅡⅠの時にはⅠを，ⅠⅡ，ⅡⅡの時にはⅡを選択する，つまり相手が前試行で選択した選択肢をそのまま選択するストラテジーである。またS_1は前試行の選択反応に無関係にⅠを選択するストラテジーである。

Table 1．直前試行に完全に依存するストラテジー

ストラテジー	ストラテジーを構成する条件つき確率			
	$P(\mathrm{I}\,|\,\mathrm{I}\,\mathrm{I})$	$P(\mathrm{I}\,|\,\mathrm{I}\,\mathrm{II})$	$P(\mathrm{I}\,|\,\mathrm{II}\,\mathrm{I})$	$P(\mathrm{I}\,|\,\mathrm{II}\,\mathrm{II})$
S_1	1	1	1	1
S_2	1	1	1	0
S_3	1	1	0	1
S_4	1	0	1	1
S_5	0	1	1	1
S_6	1	1	0	0
S_7	1	0	1	0
S_8	0	1	1	0
S_9	1	0	0	1
S_{10}	0	1	0	1
S_{11}	0	0	1	1
S_{12}	1	0	0	0
S_{13}	0	1	0	0
S_{14}	0	0	1	0
S_{15}	0	0	0	1
S_{16}	0	0	0	0

2．ストラテジーの基礎ベクトル表現

さて，(1)式に従えば，

$$S_7=(1\ 0\ 1\ 0) \cdots\cdots (2)$$

と表わされる。これをストラテジーのベクトル表現と考えると，(2)式は2つのベクトルの和とみなすことができ，

$$S_7=\left(\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\right)+\left(\frac{1}{2}\ -\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ -\frac{1}{2}\right)\cdots\cdots(3)$$

となる。ここで，

$$S_R=\left(\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\right)\cdots\cdots(4)$$

$$\varDelta S_7=\left(\frac{1}{2}\ -\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ -\frac{1}{2}\right)\cdots\cdots(5)$$

とすると，

$$S_7=S_R+\varDelta S_7\cdots\cdots(6)$$

となる。S_Rはそのベクトルの各成分を(2)式と同じく条件つき確率と考えると，前試行の反応の組み合わせと全く無関係に½の確立で選択肢Ⅰを選ぶランダムストラテジーを表わしていると解釈される。$\varDelta S_7$は補正ベクトルでベクトルS_7からベクトルS_Rを引いたベクトルである。一般にストラテジーS_Xは，

$$S_X=S_R+\varDelta S_X\cdots\cdots(7)$$

と表現することができる。こうして任意のストラテジーS_Xは共通なランダムストラテジの成分であるベクトルS_Rと，各ストラテジー独自の補正ベクトル$\varDelta S_X$によって構成さ

Table 2．16のストラテジーの補正ベクトル $\varDelta S_X$

S_X	$\varDelta S_X$	$P(\mathrm{I}\mid\mathrm{I\ I})-½$	$P(\mathrm{I}\mid\mathrm{I\ II})-½$	$P(\mathrm{I}\mid\mathrm{II\ I})-½$	$P(\mathrm{I}\mid\mathrm{II\ II})-½$
S_1	$\varDelta S_1$	½	½	½	½
S_2	$\varDelta S_2$	½	½	½	−½
S_3	$\varDelta S_3$	½	½	−½	½
S_4	$\varDelta S_4$	½	−½	½	½
S_5	$\varDelta S_5$	−½	½	½	½
S_6	$\varDelta S_6$	½	½	−½	−½
S_7	$\varDelta S_7$	½	−½	½	−½
S_8	$\varDelta S_8$	−½	½	½	−½
S_9	$\varDelta S_9$	½	−½	−½	½
S_{10}	$\varDelta S_{10}$	−½	½	−½	½
S_{11}	$\varDelta S_{11}$	−½	−½	½	½
S_{12}	$\varDelta S_{12}$	½	−½	−½	−½
S_{13}	$\varDelta S_{13}$	−½	½	−½	−½
S_{14}	$\varDelta S_{14}$	−½	−½	½	−½
S_{15}	$\varDelta S_{15}$	−½	−½	−½	½
S_{16}	$\varDelta S_{16}$	−½	−½	−½	−½

れる。前述の16のストラテジーに対する $\varDelta S_X$は Tabl 2　に示される。

さて，補正ベクトル $\varDelta S_X$の 4 成分を表現する座標軸で表わされる 4 次元空間を考える。任意のストラテジー S_Xは，この空間内の 1 点 (−½，−½，−½，−½) からの位置ベクトルとして空間内の 1 点を表わすと考えることができる。さらにベクトル $\varDelta S_X$ は原点からベクトル S_X が示す点までの位置ベクトルになっている。これら 3 種のベクトル S_X, S_R, $\varDelta S_X$の関係は Fig. 2 のごとく示される。本論文ではこの 4 次元空間をストラテジー空間と呼ぶことにする。確率の性質から，

$$-\frac{1}{2} \leqq \left\{ P(\mathrm{I} \mid ij) - \frac{1}{2} \right\} \leqq \frac{1}{2} \qquad \cdots\cdots (8)$$

$$(i = \mathrm{I}, \mathrm{II}; \ j = \mathrm{I}, \mathrm{II})$$

であるから，任意のストラテジーはこのストラテジー空間の中で，中心を原点とし，1 辺の長さを 1 とする 4 次元の超立方体の内部に存在する。16のストラテジーS_X の表わす点はこの超立方体の頂点に位置する。任意の $\varDelta S_X$ は原点から，この超立方体内部の各点へ向うベクトルとして表わされる。

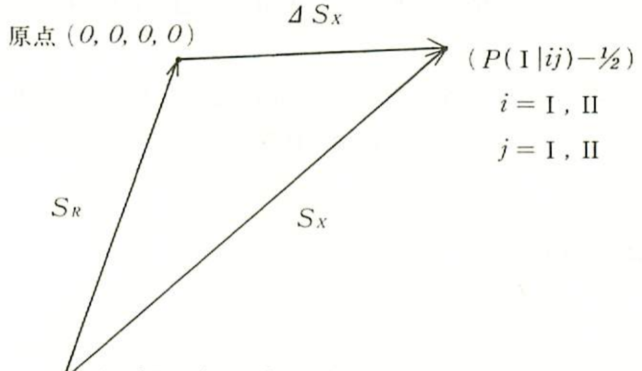

Fig. 2．3 つのベクトル S_X, S_R, $\varDelta S_X$ の関係

このストラテジー空間の性質を情報理論的に考えると，原点を示す S_R は 2 選択肢場面で最大の情報量つまり最大の不確定度を持つストラテジーを意味する。換言すれば前試行における行為選択の情報が得られても行為選択の予測は偶然の域を出ない。これに対して，超立方体の各頂点を示す16のストラテジーの場合は，不確定度ゼロつまり情報量最小のストラテジーとなっている。したがって行為選択は前試行の選択の組み合わせ

により完全に確定する。これらの各点以外の点を示すストラテジーは上の両極端の間の不確定度を持つことになり，原点に近づくほど不確定度は高まり，各頂点へ近づくほど低下してゆく。

さて，Table.2 において，ΔS_8 と ΔS_9 の間を対称軸として上下に対象関係の位置にある ΔS_X は，ストラテジー空間内では長さが等しく，互いに逆向きである。したがって，16の ΔS_X の方向はストラテジー空間内では８方向に限られる。そこで，これら８方向の直交性をベクトルの内積を用いて調べて見たところ，２つのグループに分けることができた。それは ΔS_2, ΔS_3, ΔS_4, ΔS_5 から成るグループと，ΔS_1, ΔS_6, ΔS_7, ΔS_9 のグループである。それぞれのグループ内では任意の２つの ΔS_X ベクトルの内積は０となり，ΔS_X は互いに直交（独立）の関係にあるが，グループ間の任意の２つの ΔS_X ベクトルの内積は０とはならず，直交していない。一般に４次元ベクトルは，４つの独立したベクトルの一次結合として表現されるから，任意の条件つき確率ストラテジー S_X の ΔS_X は，

$$\Delta S_X = a\Delta S_1 + b\Delta S_6 + c\Delta S_7 + d\Delta S_9 \quad \cdots\cdots (9)$$

として表わすことができる。[注] ΔS_8 を使わずに $\Delta S_9 (= -\Delta S_8)$ を使用した理由は後で述べる。

(9)式の ΔS_1, ΔS_6, ΔS_7, ΔS_9 の各ベクトルは，後に述べるように，行為選択論的に興味深い性質のちがいが見られる。そこで，後で見るこれらのベクトルの性質に合わせて，我々は，

$$\Delta S_1,\ \Delta S_6,\ \Delta S_7,\ \Delta S_9$$

をそれぞれ

$$\Delta S_I,\ \Delta S_S,\ \Delta S_O,\ \Delta S_{S\cdot O}$$

と表わすことにし，以後この表現を使っていく。

(7)式より任意のステラテジー S_X は共通ベクトル S_R と補成ベクトル ΔS_X の和として表わすことができた。 そして(9)式より任意の補成ベクトル ΔS_X は，４つのベクトル ΔS_1, ΔS_6, ΔS_7, および ΔS_9 の一次結合で表わされることが明らかにされた。そこでストラテジーの一般表現とし，我々は次のようなモデルを提案する。

$$S_X = S_R + a\Delta S_I + b\Delta S_S + c\Delta S_O + d\Delta S_{S\cdot O} \quad \cdots\cdots (10)$$

となる。つまり任意のストラテジー S_X は(10)式により共通な S_R ベクトルと，４つの相

互に独立したベクトルにより合成される。我々は，これらのベクトルを，ストラテジーの基礎ベクトルと呼ぶことにする。次節で明らかにされるが，この基礎ベクトルは各ストラテジーの個別的な特徴，性格の基本特性を与え，a, b, c, d はそれらに対する重みづけである。

3．基礎ベクトルの行為選択論的特徴

ストラテジーの個別的特徴・性格を表わす ΔS_X の性質を明らかにするために，基礎ベクトルにかかる重みづけの1つを残して他をゼロとする4つの場合について論ずる。すなわち(1) $a \neq 0$，$b = c = d = 0$ の前試行・非依存型ストラジー，(2) $b \neq 0$，$a = c = d = 0$ の自己前試行・依存型ストラテジー，(3) $c \neq 0$，$a = b = d = 0$ の他者前試行・依存型ストラテジー，(4) $d \neq 0$，$a = b = c = 0$ の交絡性前試行・依存型ストラテジーのそれぞれの場合について論ずる。

(1)前試行・非依存型ストラテジー

この場合(10)式は基礎ベクトル ΔS_I のみで構成され，

$$S_X = S_R + a\Delta S_I$$
$$= \left(\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\right) + a\left(\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\right)$$
$$= \left(\frac{1+a}{2}\ \frac{1+a}{2}\ \frac{1+a}{2}\ \frac{1+a}{2}\right) \quad \cdots\cdots (11)$$

となる。$a = 1$ の時 $S_X = S_1$ となり，前試行に無関係に選択肢Iが選択され，$a = -1$ の時 $S_X = S_{16}$ となり，選択肢Iが選択される。一般に S_X は，$-1 \leqq a \leqq 1$ の時，前試行の選択と無関係に $(1 + a)/2$ の確率で選択試Iを選択するランダムストラテジーを表わす。したがって選択は前試行に全く依存しない。

(2)自己前試行・依存型ストラテジー

この場合 S_X は，基礎ベクトル ΔS_S のみで構成され

$$S_X = \left(\frac{1+b}{2}\ \frac{1+b}{2}\ \frac{1-b}{2}\ \frac{1-b}{2}\right) \quad \cdots\cdots (12)$$

となり，$b = 1$ の時 $S_X = S_6$ となり前試行の自分の選択を繰り返すストラテジーとなる。$b = -1$ の時には $S_X = S_{11}$ となり，前試行の自分の選択と異なる選択をするストラテジーとなる。自分の前試行の選択を繰り返えす確率は，$(1 + b)/2$ で示され，b の値が 1 から -1 へと変化すると共に，その確率は 1 から 0 に減少していく。

(3) 他者前試行・依存型ストラテジー

この場合 S_X は基礎ベクトル ΔS_O のみで構成され，

$$S_X = \left(\frac{1+c}{2}\ \frac{1-c}{2}\ \frac{1+c}{2}\ \frac{1-c}{2}\right) \cdots\cdots (13)$$

となり，$c=1$ の時は $S_X = S_7$，つまり前試行の相手の選択を模倣するストラテジーであり，$c=-1$ の時は $S_X = S_{10}$ となって，相手の前試行の選択と異なる選択をするストラテジーを表わす。相手の前試行の選択を模倣する確率は $(1+c)/2$ となり，c の値が 1 から -1 へと変化するとともに，その確率は減少していく。

(4) 交絡性前試行・依存型ストラテジー

この場合 S_X は基礎ベクトル $\Delta S_{S \cdot O}$ のみで構成され，

$$S_X = \left(\frac{1+b}{2}\ \frac{1-b}{2}\ \frac{1-b}{2}\ \frac{1+b}{2}\right) \cdots\cdots (14)$$

となる。$b=1$ の時 $S_X = S_9$，$b=-1$ の時 $S_X = S_8$ となる。S_9 は前試行の自分と相手の反応が一致した時，つまりＩＩまたはIIIIの時に選択肢Ｉを選択し，ＩIIまたはIIＩのように不一致の時には選択肢IIを選択するストライテジーである。S_8 はその 逆の選択をするストラテジーである。自分と相手の選択の一致した時に選択肢Ｉを選択する確率は $(1+b)/2$ となり，b の値が 1 から -1 に変化するとともに，その確率は減少していく。

以上のごとく，(10)式によるストラテジーの表現モデルにおいて，ストラテジーの個別的特徴・性格を示す４つの基礎ベクトルの質的差異は，その前試行の選択に対する依存性にあることが明らかにされた。ΔS_I は前試行の選択に依存しない性質を，ΔS_S は自己の選択に依存する性質を，ΔS_O は相手の選択に依存する性質を，そして $\Delta S_{S \cdot O}$ は自分と相手の選択の交絡関係に依存する性質を表わしている。一般に補正ベクトル ΔS_X は(9)式により，これら４つの基礎ベクトルの一次結合で表わされるから，その性質の程度は，基礎ベクトルに対する重み a, b, c, d の値により決定される。したがって，我々のモデルによれば，任意のストラテジーをストラテジー空間の中に位置づけることが可能であり，幾つかのステテジーが与えられた時には，前試行依存性の性質のちがいを明らかにすることができる。しかも我々のモデルは，前試行依存性の可能なタイプを総て考慮しており，ストラテジーの前試行・依存性の性質を明確に捉えている。そこで我々は(10)式によるストラテジーの表現は，ストラテジーの基礎構造を表わしていると考える。なお，全ての基礎ベクトルに対する重みが 0，すなわち $a=b=c=d=0$ の時には，

$$S_X = S_R \quad \cdots\cdots (15)$$

となり，ストラテジー S_X は確率½のランダムストラテジーとなる。

さて，ストラテジー空間内では，上述の４つの基礎ベクトルは原点から超立方体の４つの頂点を示す位置ベクトルであり，それらはお互いに直交している。これまでこのストラテジー空間は $\varDelta S_X$ の各成分を表わす座標軸で表現してきたが，この空間内に上述の４つの基礎ベクトルの方向を軸とし，そのベクトルの長さを１単位とする新たな座標系を考えることができる。この新しい座標系では，ベクトル $\varDelta S_X$ は，$(a\ \ b\ \ c\ \ d)$ と表現される。ストラテジー空間においてベクトル $\varDelta S_X$ は原点からの位置を表わすベクトルであるが，それを表現する座標系はこの空間内には無数にある。ストラテジー空間を定義する時に使った $\varDelta S_X$ の成分の示す座標系も，基礎ベクトルを１単位とする座標系も，それらの中の１例にすぎない。任意の座標系によって，ストラテジーを表わすことができるが，行為選択論的に興味深いストラテジーの側面である前試行依存性に関しては，基礎ベクトルを１単位とする座標系においてはじめて明確に捉えられる。

Ⅲ．モデルの適用と今後の問題

１．モデルの拡張

さて，我々のモデルは直前試行の経験の効果のみを考慮するモデルである。しかし，実際の行為選択においては，短期性あるいは長期性効果のようなより以前の過去経験もまた影響を与えていると考えられる。もしそうであるならば，このモデルは実際の行為選択過程を十分には説明できないであろう。しかし我々の構造分析の方法は直前試行に限らず，より以前の試行を含めた経験に対しても適用可能である。しかし，取り扱う試行数が増加するに従って，この構造分析によるモデルは急速に複雑になってしまう。ここで，我々のモデルは，選択の時系列を総合的に評価，判断し，これに基づく効果を取り扱う短期性および長期性効果を表わす過程を取り込み，不必要な複雑化を避けることができる。このようにして構造分析に基づいた我々のモデルはより一般的な過去経験を考慮するモデルへと拡張することが可能である。

２．実験ゲーム研究で検討されたストラテジー

これまでの議論から前試行依存型ストラテジーの基礎構造は⑽式により，確率½のラ

ンダムストラテジーを表わす共通ベクトルとストラテジーの個別的特徴を表わす4つの基礎ベクトルで構成されていることが明らかにされた。そこで，これまでの実験ゲーム研究で検討されてきたストラテジーの問題を，我々のモデルに従って検討する。

(1)　ランダムストラテジー

このストラテジーは，我々のモデルでは前試行・非依存型ストラテジーと呼ばれるタイプであり，サクラを使った実験ゲーム研究では，かなり頻繁に用いられてきたストラテジーである。このストラテジーを用いた実験研究では，サクラの用いる選択肢Iを選択する確率は*0*から*1*までさまざまである。しかし，この選択確率の異なる条件に対して，被験者の協力的または競争的選択をとる選択率にあまり大きな差は認められなかった（詳しくは，Oskampf, 1971 を参照のこと）。

(2)　Tit for tat ストラテジー

これは相手の前試行の選択を模倣するストラテジーであり，我々のモデルでは他者前試行・依存型ストラテジーと呼ばれ，(13)式において $c=1$ の時，つまり S_7 がこのストラテジーである。このストラテジーもサクラのとるストラテジーとして実験研究でしばしば用いられてきた。ランダムストラテジーを用いた場合と比較すると，このストラテジーは，被験者の行為選択により大きな影響を与えるようで，被験者の協力的反応の選択率が試行の進行とともに高まっていくことが明らかにされている(詳しくは Oskampf, 1971を参照のこと)。

(3)　Win-stay loose-shift ストラテジー

このストラテジーは，Sidowsky, et al. の最小社会場面 (Sidowsky, et al., 1955; Sidowsky, 1957) における人間行動の相互作用を説明するために，Kelley, et al. (1962) によって用いられた。このストラテジーは，ある選択の結果が良ければその選択を次試行も続け，悪ければ変えるストラテジーである。今 **Fig 3.** で示される行列ゲームではストラテジー S_9 が win-stay loose-shift ストラテジーになっている。したがって，このストラテジーは，我々のモデルでは交絡性前試行・依存型ストラテジーのカテゴリーに入る。

これらの3ストラテジーは，我々のモデルで考えると，共通ベクトル S_R と単1の基礎ベクトルによって作られる特殊なストラテジーである。ランダムトラテジーは ΔS_I を，tit for tat ストラテジーは ΔS_O を，win-stay loose-shift ストラテジーは $\Delta S_{S\cdot O}$ を含んでいる。さらにランダムストラテジーの場合は，基礎ベクトル ΔS_I に対する重み，つまりランダム性が操作されているが，tit for tat および win-stay loose-shift ストラ

		被験者Yの選択肢			
		I		II	
被験者Xの選択肢	I	10	10	0	10
	II	10	0	0	0

Fig. 3.　2人2×2行列ゲームの利得行列

テジーの場合は，基礎ベクトル ΔS_O および $\Delta S_{S\cdot O}$ に対する重み c, d が1の時のストラテジーが検討されている。実験研究では，これらの特殊なストラテジーを時系列的に組み合わせて用いることはあるが，基本的に3種の特殊なストラテジーに注意を向け，検討してきたことになる。また，この win–stay loose–shift ストラテジーの興味深い性質に注目して，(9)式の表現では，ΔS_8 ではなく ΔS_9 を使うことにした。

3．モデルによるストラテジーの検討

相手のストラテジーに関するこれまでの実験研究では，3つの基礎ベクトル ΔS_I，ΔS_O，$\Delta S_{S\cdot O}$ の中のいずれか1つを含むストラテジーを検討してきた。そして，まず前試行に依存しない ΔS_I 成分は被験者の行為選択へあまり大きな影響を与えないことが明らかにされた。ΔS_O，$\Delta S_{S\cdot O}$ を含むストラテジーは被験者の行為選択に大きな影響を与えることが明らかにされているが，ΔS_O，$\Delta S_{S\cdot O}$ が表わす依存性の性質は，ストラテジーの興味深い側面を捉えていると考えられる。 tit for tat ストラテジーは相手の行為選択を模倣する成分であるが，この模倣という現象は，日常生活でもよく見られる現象である。また，win-stay loose-shift ストラテジーは学習における正の強化，負の強化の概念で説明できる行為選択の側面を捉えている。したがって ΔS_O，$\Delta S_{S\cdot O}$ は，行為選択論的にみて，ストラテジーの重要な性質を適切に捉えていると考えられる。

我々のモデルでは，上記の3つの基礎ベクトルの他に，ΔS_S と呼べれる基礎ベクトルを含んでいる。この ΔS_S は自己の前試行への依存性を表わす成分である。共通ベクトル S_R とこの基礎ベクトル ΔS_S のみで構成される特殊なストラテジーが存在するが，実験的には全く検討されていない。このストラテジーは自己前試行・依存型ストラテジーであり，自分の前試行の選択を特別な理由によらずに続けようとする傾向，あるいは

変えようとする傾向に密接に関係している。このストラテジーは(12)式で表わされるが，ΔS_S に対す重みの符号が正で値が１に近いような被験者は１度決定した選択の方針を変更するのが困難なタイプであり，行為選択の固執性を表わす。逆に ΔS_S に対する重み b の符号が負で値が１に近い被験者は１度決まった選択の方針を維持するのが困難なタイプであり，行動が発散的で，固定した行為選択の方針を保持できず，行為選択の不安定性を表わす。これらは人間の行為選択場面における性質の興味を引く１つの側面であり，実験的に検討する価値があるものと考えられる。

さらに，実際の行為選択場面ではある性質だけを純粋に持つ特殊なストラテジーが使われるということは考えられず，それらが何らかの型で混合されたストラテジーが使われると思われる。これまでの研究では，先に見た３種の特殊なストラテジーを時系的に組み合わせる方法は用いられているが，それらを直接混合させたタイプのストラテジーは用いられていない。実際の行為選択場面で，どのようなストラテジーが用いられているかを明らかにするためには，すでに検討されている特殊なストラテジーばかりでなく，それらのストラテジーの持つ性質の混合を含むストラテジーの検討も必要であろう。我々のモデルに従えば，そのような複数の性質の混合を含むストラテジーは容易に作ることができ，またストラテジーが含む性質の混合を定量的にコントロールすることも容易である。したがって，ストラテジーの性格の操作に関しても，我々のモデルは有効である。

以上みてきたように，構造解析に基づく我々のモデルは，ストラテジーの依存性のちがい，さらに模倣性，正と負の強化，あるいは固執性，不安定性などの心理学的諸特性などを明らかにした。また，我々のモデルはストラテジーの性質の量的操作を可能にしている。我々のモデルの持つこれらの特徴は，ストラテジー研究においても，ストラテジーのかなり基本的な部分と関連していると考えられる。したがって，我々のモデルは，ゲーム場面におけるストラテジー研究に対して，新たな研究の枠組および手段を与えるものと考えられ，この分野の研究に１つの新しい方向を与え得るのではないかと期待される。

注） 補正ベクトル ΔS_X は ΔS_2，ΔS_3，ΔS_4，ΔS_5 の各ベクトルにより，(9)式と同じように，

$$\Delta S_X = a'\Delta S_2 + b'\Delta S_3 + c'\Delta S_4 + d'\Delta S_5$$

と表わすことができる。しかし，この式による ΔS_X の表現は，心理学的にみて，特に

興味深いストラテジーの性質を明らかにすることはない。したがって本論文は，この表現について，これ以上議論をしない。

文　献

Apfelbaum, E. On conflicts and bargaining. In L. Berkowitz (Eds), *Advances in Expermental Social Psychology.* Vol. 6. New York: Acadamic Press, 1974, Pp. 103-56.

Kelly, H. H., Thibaut, J. W., Radloff, R., & Mundy, D. The development of cooperation in the "minimal social situation". *Psychological Monograph,* 1962, 76, No. 19.

Oskamp, S. Effects of programmed strategies in the prisoner's dilemma. *Journal of Conflict Resolution,* 1971, 15, 225-59.

Pilisuk, M., and Rapoport, A. A non-zero-sum game model of some disarmament problems. *Peace Research Society (International) Papers,* 1964, 1, 57-78.

Rapoport, A. & Chammarh, A. M. *Prisoner's Dilemma; A study in conflict and cooperation.* Ann Arbor, Michigan: U. of Michigan Press, 1965.

Sermat, V. The effect of an initial cooperative or competitive treatment upon a subject's response to conditional cooperation. *Behavioral Science,* 1967, 12, 301-13.

Sermat, V. & Gregovich, R. P. The effect of experimental manipulation on cooperative behavior in a chicken game. *Psychonomic Science,* 1966, 3, 435-36.

Sidowsky, J. B. Reward and punishment in a minimal social situation. *Journal of Experimental Psychology,* 1957, 54, 318-26.

Sidowsky, J. B., Wyckoff,L. B., & Tabory, L. The influence of reinforcement and punishment in a minmal social situation. *Journal of Abnormal and psychology,* 1956, 52, 115-19.

Terhune, K. W. Motives, situation, and interpersonal conflict with in Prisoner's Dilemma. *Journal of Personality and Social Psychology, Monograph Supplement,* 1968, 8 (3. part 2), 1-24.

（旭川医科大学 心理学）