

## 農業地理学における行動論的接近(Ⅰ) —ゲーム理論から Time geography まで—

杉 浦 芳 夫

### Ⅰ はじめに

空間の科学としての地理学が、自らの研究の焦点を形態から過程へと移行させるに伴い、行動論的接近にかけられた期待は大きかった(King, 1969)。しかし、近年、こうした行動論的接近をめぐって、多様な論議が展開されている。まず第1にあげられるものは、行動論が科学的実証主義哲学に基づくものであるとの認識に立つ、現象学的立場からの方法論的批判である。人は、自らと独立して存在する客観的世界に住むのではなく、自らの意識の志向性の変化に伴って多様に変化する主観的世界に住むと観念するならば、主体と客体とを分離し、事実と価値とを峻別する自然科学的方法の人文・社会科学への教条主義的もちこみには、意義申し立てがなされる。これが、そもそもの現象学的地理学の出発点である(Relph, 1970)。

現象学的接近は、分野的には、人間と自然(環境)の全体的・統一的把握に適しているとされ(Relph, 1970)、Tuan による、地理的諸現象の意味と価値の存在論的起源の探求(Tuan, 1974)、意味の中心として空間を組織化する“場所”の考察(Tuan, 1977)は、その結実である。彼の研究は、独自の現象学的接近を、黙示的に地理学において実践したものであるが、科学的実証主義哲学にとってかわる方法論として、現象学をより積極的に位置づけようとするれば、Weberの理解社会学とHusserlの現象学の統合を意図するSchutzの現象学的社会学(シュッツ, 1980, 1982)に対し、少なくとも実証研究レベルでは一定の期待が寄せられる(Ley, 1977, 1981)。

それに対し、これまでの地理学における現象学の解釈は、内容的には実存的現象学<sup>1)</sup>に近いものであるとし、方法論としてよりも、むしろ批判の学としての価値を現象学にみいだすむきもある

(Entrikin, 1976)。さらには、現象学的立場からの行動論批判に一定の評価を与えつつも、指定された間主観的な生活世界において語られる“社会性”の脆弱な認識に対して向けられる、弁証法的唯物論の立場からの現象学批判<sup>2)</sup>(Cox, 1981)は、こうした方法論的論議を一層複雑なものとしている。

以上の方法論上の論議に加え、実証科学として限定した場合の行動論的接近についても、その評価をめぐって議論百出している。実証科学としての従来の行動地理学に対し、卒直に疑問を表明したのは、Bunting and Guelke (1979a)であった。彼らの主張は以下のようにまとめられる。すなわち、1) 従来の行動地理学は、人の心の中には正確に測定可能な環境のイメージが存在し、そのイメージと現実世界での明白な行動との間に強い関係があると仮定するあまり、イメージの研究に力を注ぎすぎてきた。2) しかし、イメージと行動とを直接結びつける説得的な研究はなされておらず、その結果、他の地理学の分野に貢献するものを何らうみだしてこなかった。3) こうした反省の上に立ち、今後は、現実世界にみられる明白な行動の研究を行なうべきである。4) そのさい、イメージと行動との間に、状況証拠の指標 External behavior indicator を介在させる、より想像性に富んだ接近法を推奨したい、と<sup>3)</sup>。

これに対し、3人の行動地理学者からすぐさま反論が寄せられたが、Bunting and Guelke (1979b)は次のように再反論している。すなわち、空間的行動の観点(杉浦, 1981, p. 17)に立ち、現実の行動の観察から出発する(帰納的)方法をもってしては、行動地理学が長年課題としてきた、異なる認知から生起する同一の行動の説明が不可能であろうと主張するRushton (1979)に対しては、現実世界の活動から切り離された認知行動研究の無意味さを指摘した。また、自然災害パーセプシ

ョン研究の立場から、行動のたんなる観察・記述を行っていた自然災害研究が自然災害パーセプション研究へ変貌をとげた理由の認識不足をつくとともに、この研究分野が学際研究の中で大きな評価を受け、すぐれて応用性の高いものであることを強調した Saارين (1979) に対しては、地理学固有の問題への解答提出可能性を応用性としてとらえる認識のズレと、自然災害パーセプション研究の非体系的体質を指摘した。そして、行動地理学には、科学的実証主義哲学に基づく行動論的接近とともに、そのいたらない点を補完する現象学的接近もあったとした上で、この後者の接近を無視して、“双子”の一方の欠点のみを批判するのは不当であると反論した Downs (1979) に対しては、人文主義者 Humanist への転向の瀬戸際に立たされた実証主義者の知的危機状態を露呈するものであるとときめつけた。

こうした一連の論争に対し、それは、行動地理学についてのイメージの相違がもたらす誤解に起因しているものであり、まずそれを氷解させることが先決であると主張したのが Golledge (1981a, 1981b) であった。そのため、彼は、実証主義の枠内での論争のみならず、方法論上の論争をも視野におき、現在の行動地理学の位置づけを行なった。それによると、行動論的接近は、より詳細な説明を希求することへの関心から出発しており、地理学の中に新たな分野を作りだそうとするものではないとされる。しかし、だからといって、現在あるモデルに、より現実的な仮定（例えば、経済人 Homo economicus に代る満足人 Satisficer）を導入する試みでもないのである。この接近法の最大の特徴は、学習、知覚、認知、態度形成等の行動過程を重視した過程指向の説明を基調とすることである。したがって、最低次の集計レベルとしての個人（あるいは世帯、企業等）の行動過程に言及しない、たんなる行動の記述や、統計区のような行動論的にみて無意味な単位で集計された、共通の社会・経済的属性をもつ下位集団の行動の分析は、行動論的研究ではないのである。そして、彼自身は、方法論的には、統一科学の理念を掲げた論理実証主義をのりこえて発展した科学哲学に依拠することを認めつつも、主体・客体分離問題に対処するためか、人間、環境、そして両者の相互作用のそれぞれの存在結果として認知表象をとらえる

立場 Dynamic interactionist position に立つことを明言している。

行動地理学が念頭におく人間像が、1960年代前半までの経済人とそれに代る満足人 (Wolpert, 1964) から、1960年代後半の確率人 Homo stochasticus (Olsson and Gale, 1968) を経て、1970年代には心理人 Homo psychologicus (Golledge, 1981a, 1981b) へと変化した事実がさし示すように、この10年間に心理学が行動地理学へもたらした影響は大きい。その意味で、Golledge の行動地理学の定義は大方の共感をうるものである。彼の心理的構成概念を重視する行動地理学、換言すれば、アメリカにおいて発達した行動地理学は、ますます心理学への傾斜を強めつつあるが (Golledge and Rayner, 1982)、他方では、Time geography に代表されるように、個人に及ぼす様々な社会的・空間的制約の側面に注目し、心理的側面には一際言及しない行動地理学があるのも事実である (Thrift, 1981)。はたして両者は統合されるのであろうか。あるいは、そのような試み自体、方法論的に正当化されるものなのであろうか。こうした内在する問題をかかえつつ、自らの方法論的基礎の再検討をせまられているのが昨今の行動地理学といえよう。

さて、以上の如くまとめられる地理学全体における行動論的接近の近年の展開を、農業地理学におけるそれと比較してみると、農業地理学ではやや傾向が異なっていることに気づく。新たな成果を盛りこんだ農業地理学のテキスト (Found, 1971) をみても、作物選択や農業的土地利用の意志決定と、農民の環境に対するパーセプションやイメージとの関連性を論じた章が設けられているが、現実には、Bunting and Guelke (1979a) の指摘を待つまでもなく、両者の関連性を直接実証した研究は皆無に近い。むしろ、農業地理学においては、“不確定性 Uncertainty の下での意志決定” をとり扱う、ゲーム理論や統計的決定理論のような意志決定理論からの成果の導入が図られている。

いま、確定性と不確定性という2つの概念に着目して意志決定を眺めてみると、おおよそ次のようにまとめられるであろう (Found, 1971, pp. 106-123; 太田, 1973; クームス他, 1974, pp. 125-175)。まず、確定した状況下における意志決定とは、個々の行為選択が、それぞれ固有の結果

に確実に結びつくことが知られている場合の意志決定を意味し、可能な行為選択肢の中から最大の効用をもたらす行為を選ぶという効用最大化の原理に従うものである。例えば、労働、土地、資本などの農民が保有する生産要素の集合 Resources を所与のものとして、最高の生産性をあげる作物選択を行なうことは、こうした状況下での意志決定に相当する。これは、線形計画法から求められる最適生産性によって表わされる、経済人の意志決定にほかならない (Wolpert, 1964)。

不確定性については大きく2つにわけられ、外界に関する不完全な知識・情報に起因する不確定性と、自分自身の知識の欠如に起因する不確定性がある。前者の場合は、さらに2つにわけられ、ある行為の選択が、起りうる結果の集合のうちの1つと結びつき、それぞれの結果の生起確率が既にわかっている場合の意志決定は、リスク状況下における意志決定と呼ばれる。これは統計的決定理論が適用される領域である。それに対し、ある行為の選択に伴って起りうる結果の集合はわかっているが、それらの生起確率が全く不明であるか、確率を考えるのが無意味な場合が、不確定な状況下における意志決定と呼ばれる。これはゲーム理論が適用される領域である。なお、ゲーム理論と統計的決定理論が適用される領域は、客観的に与えられた、結果がわかっている選択肢の中から合理的選択を行なうことを前提としている点で、基本的には、確定性に乏しい状況に直面した経済人の意志決定をとり扱う領域といえよう (サイモン, 1970, pp. 375-378)。

他方、自らの知識の欠如に起因する不確定性は、意志決定者自身の心の状態に関係し、こうした状況下での意志決定は、不確実な選好の下での意志決定と呼ばれる。これは、定数効用モデルや確率効用モデルといった確率的決定理論が適用される領域である。同一条件の下での個人の選択結果に不斉一性がみられることは、一種のランダム過程の存在を予想させるため、この領域が念頭におく人間像は確率人であるとみなされるかもしれない。

このほかに考えられるものは、満足人の概念が適用される意志決定の領域である。すなわち、選択肢の数があまりに多すぎて、不完全な知識・情報しかもちえない状況下での意志決定である。

本稿では、上記のような意志決定の分類に従って、農業地理学における行動論的接近方法を概観し、あわせてそれぞれの接近方法がもつ問題点を検討してみることにしたい。こうした目的とは別に、本稿は、筆者にとって次のような意味をもっている。すなわち、イノベーションの空間的拡散研究においては、現在、Brown (1981)によって1つの説明の枠組が与えられている。しかし、それは、規範的な枠組であって、検証のための具体的なアルゴリズムは殆ど明示されていない。筆者は、このアルゴリズムを、空間分析とともに行動論的接近に求めたいと考えている。特に、農業技術や新しい作物の伝播をとり扱う場合、農業地理学における行動論的接近は参考になると思われる (Harvey, 1966)。そのためにも、前稿 (杉浦, 1981) 同様、こうした接近方法の財産目録作りは、筆者にとって必要な迂回作業なのである。なお、本稿での行動論的接近の検討は、あくまでも実証主義の枠内に留まるものであって、より広汎な方法論上の検討は、別の機会を待ちたい。

## Ⅱ 経済人と満足人

農業地理学のみならず、広く地理学における行動論的接近の先駆的研究の1つと評価されるものに、Wolpert (1964) の「空間的文脈における決定過程」がある。それは、次の2点において評価されるように思われる。第1に評価される点は、それまで地理学においてははっきりと意識されることのなかった意志決定者としての人間に光をあて、現実世界の意志決定者は、立地論が仮定するような経済人ではなく、満足人に近い人間であることを指摘したことである。

経済人とは、自らのおかれている状況に関する完全な情報を保有するとともに、無矛盾で安定的な選好尺度上にすべての選択肢を正確に位置づける能力をもち、1つの目標について、常に最大の効用をもたらすような選択肢を選ぶように合理的に行動する人間である (サイモン, 1970, p. 427; Found, 1971, p. 124)。すなわち、利潤最大化ないしは費用最小化という唯一の目的達成のために最適化行動をとるのが経済人である。現実世界の人間がこうした超人的人間でないことは自明であるが、完全情報の仮定以上に問題視されるのは、最適化行動の基準が利潤のような経済的なものだけ

であるのかという点であり、もしそうであるとしても、常に最適化をめざすものなのか、という目的に関してである。

立地論的にみても、経済人の概念には論理矛盾が含まれている。例えば、競争者をだしぬくことを含意している経済人の行動原理を不完全競争下での立地行動に適用すれば、全体としての立地パターンが最適なものでないことは明らかである。換言すれば、行為者相互の意志決定や同一行為者の連続した意志決定が関連性を有している場合、最終的に最適立地パターンがうみだされる可能性は少ないのである。それに加え、立地環境の時間の経過に伴う変化を考慮すると、短期的にも、長期的にも最適である立地行動はありえない(Pred, 1967, pp. 7-10; Golledge *et al.*, 1972, p. 64)。

そこで、新たに登場したのが、経済人の全知の合理性 Omniscient rationality の原則を、限定された合理性 Bounded rationality の原則でおきかえ、行動目標を最適化ではなく満足化とする満足人の概念である。すなわち、満足人とは、不完全情報によって限定された有限の選択肢を満足の程度によって分類し、自らの最低の満足度を表わす欲求水準 Aspiration level をみたま選択肢を選択する人間である。

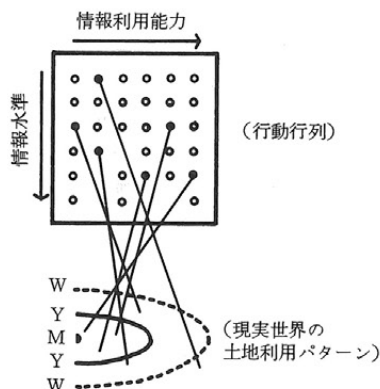
Wolpert (1964) は、中部スウェーデンを対象地域とし、農民が、線形計画法で求められるような最適生産性をめざした行動をとるものではないことを実証した。こうした経済人的行動からの現実の行動の乖離の原因は、1) 最大の生産性をあげるようには農民が最適化行動をとっていないこと、2) 農業経営に関する完全な知識・情報を農民が保有していないこと、3) 農業経営をとりまく環境の不確定性と農民自身の不確定性、によるものとされた。そして、特に、1) と 2) の状況下での意志決定が、満足人の概念によって記述されうることを指摘した。

Wolpert の研究が評価される第2の点は、農民がもっている目標、知識・情報水準、リスクや不確定性を回避する度合は、個人によって異なるものの、それは決してランダムに分布するのではなく、空間的に秩序だって分布することを指摘したことにある。実際、最適生産性からの乖離の地域区分を試みると、経済人に近い行動をとる地域からそうでない地域まで合計5地域に区分される。地域的

にバイアスのあるコミュニケーション・チャンネルが存在すること、天候等の客観的な不確定性に地域的差異があること、地域的にバイアスのある情報流動によって影響をうける農民の不確定性の知覚に地域的差異があることは、いずれも意志決定に空間的次元があることを示唆するものである。彼の研究を正しく継承しようとするならば、満足人の概念を、一点世界での意志決定問題ではなく、空間的次元をもった意志決定問題に適用することが考えられねばならないであろう。少なくとも、彼以後の農業地理学における行動論的接近は、限られた場所での意志決定問題に限定されてきたきらいがある。

満足人の概念を援用し、より現実的な立地論の構築を図ろうとしたのが、Pred の行動行列 Behavioral matrix を用いての地理的立地論である(Pred, 1967, 1969)。そこでは、不完全情報と非最適化行動が重視され、各意志決定者は、情報水準軸と情報利用能力軸とからなる行動行列上に位置づけられる。情報水準軸は、ある立地決定がなされた時点において1人の行為者が保有している情報の質と量を表わし、情報利用能力軸は、行為者の様々な心理的能力と意志決定能力を表わしている(第1図参照)。そして、満足人と仮定される行為者は、行動行列上において、幸運な適合者(行列右下部分)、幸運な採用者(行列右上部分)、不運な適合者(行列左下部分)、不運な採用者(行列左上部分)、に大別される。

行動行列において、対角要素沿いに右下方向に向かって位置する行為者ほど最適化行動に近い行動をとり、通常、時間の経過に伴って各行為者は



第1図 行動行列と農業地域の出現

左上から右下方向に移動する。こうした移動は、行為者の消滅、情報の獲得、経験、革新的行動、模倣行動からなる循環的・累積的過程によってもたらされた結果と解釈される。この一種の全体的学習過程は、ときとして、経済環境の変化、輸送・生産技術の改善、政治的・制度的環境の変化といったパラメトリック・ショックによって影響をうける。正のパラメトリック・ショックの場合には、全体的に右下方向への移動が早まり、最適立地パターンへ近づく。負のパラメトリック・ショックの場合には、全体的に左上方向へ逆もどりし、無秩序な立地パターンへ近づく。

行動行列上での変化を確率的学習モデルによって表わせば、次のようになる。いま、時期  $t$  における立地決定によって行列要素  $B_{ij}$  が占有される確率  $P_{B_{ij}}(t_x)$  は、

$$P_{B_{ij}}(t_x) = \frac{mB_{ij}(t_{x-1}) \cdot cB_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n mB_{ij}(t_{x-1}) \cdot cB_{ij}} \quad (1)$$

である。ただし、 $n$  は行動行列の行（あるいは列）の数、 $mB_{ij}(t_{x-1})$  は、時期  $t_{x-1}$  に行列要素  $B_{ij}$  を占有する行為者の数、 $cB_{ij}$  は、行列要素  $B_{ij}$  の情報水準軸と情報利用能力軸から求められた合成得点である。

また、時期  $t$  と  $t+1$  の間に行列要素  $B_{ij}$  において行為者の消滅が起る確率  $Q_{B_{ij}}(t_x \rightarrow t_{x+1})$  は、

$$Q_{B_{ij}}(t_x \rightarrow t_{x+1}) = \frac{mB_{ij}(t_x) / cB_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n mB_{ij}(t_x) / cB_{ij}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

である<sup>4)</sup>。

しかしながら、第(1)式では、他の行為者の行動の模倣ないしは自らの経験に基づく学習過程の確率的要素は考慮されているが、行列対角要素沿いの移動は考慮されていない。それゆえ、当該行列要素が、その真上、左斜上、左横にすぐ隣接する行列要素からうける影響を考慮して、第(1)式は次のように再定義される<sup>5)</sup>。

$$P_{B_{ij}}(t_x) = \frac{\{mB_{ij}(t_{x-1}) \cdot cB_{ij} + mB_{i,j-1}(t_{x-1}) \cdot cB_{i,j-1} + mB_{i-1,j}(t_{x-1}) \cdot cB_{i-1,j} + mB_{i-1,j-1}(t_{x-1}) \cdot cB_{i-1,j-1}\}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n mB_{ij}(t_{x-1}) \cdot cB_{ij}} \quad (3)$$

そこで、以下のルールに従って行動行列上での変化がシミュレートされる。1) 2つの軸から合成得点  $cB_{ij}$  を求める。2) 各行列要素に、最初の時期の行為者の数  $mB_{ij}(I)$  をわりあてる。3) 対象期間内の新たな出現行為者の数、消滅行為者の数、くり返される意志決定の数を決める。4) 最初の時期の  $P_{B_{ij}}$ 、 $Q_{B_{ij}}$  を計算する。5)  $P_{B_{ij}}$ 、 $Q_{B_{ij}}$  を累積確率に直す。6) 必要な数の乱数をひいて、行為者が占有する行列要素と、行為者が消滅する行列要素を決定する。7) 以上のステップを対象期間内においてくり返す。

この確率的学習過程モデルを実際に適用してはいるが、Pred は、行動行列によって、経済諸活動の現実の立地パターンが、立地論で示される規範的な立地パターンから乖離する理由を論じた。特に、農業立地問題に関しては、なぜ現実世界の農業地域が、明瞭な境界線で区切られることなく、漸移地帯を伴って出現するのかを説明しようとした（第1図）。いま、都市Mの周辺で商品作物A、Bが作られており、両作物の経済地代は、いずれも都市Mから離れるにつれて減少するものとする。ただし、境界Yの内側では作物Aの経済地代の方が大きく、その外側では作物Bの経済地代の方が大きいと仮定する。さらに、境界Wより外側の場所では、作物Aを栽培しても利潤をあげることができないものとする。もし農民が経済人のような行動をとれば、作物Aは境界Yの内側でのみ栽培されるであろう。しかし、現実には、作物Aは境界Yの外側でも栽培され、まれに境界Wの外側でも栽培されることがある。かくして、都市Mから周辺に向かって作物Aの作付面積が減少する土地利用パターンがみられるであろう。行動行列の考え方によれば、都市Mの近くに位置する農民のうち、情報水準、情報利用能力がともに高い農民が最適化行動に近い行動をとるのに対し、周辺に位置する農民のうち、情報水準、情報利用能力がともに低い農民が非最適化行動をとることによって、こうした立地パターンがうみだされるとされる。

行動行列の考え方を評価するに当たっては、まず行動に関する仮定の妥当性が問われねばならない。これについては、 $10 \times 10 = 100$  のセルからなる仮想的都市内部地域において、5人前後のプレーヤーがそれぞれ5つの（小売）店舗を10~18ラウンドにわたって立地させる、ゲーミング・シ

ミュレーションによって検討された(Pred and Kibel, 1970)。その結果、次のような結論がえられている。1) 立地行動は、情報や行動のフィードバックによって、時間の経過に伴って次第に合理的なものとなる。2) 失敗した意志決定を意味する行為者の消滅は、初期の頃に比較的多く、より進んだ段階での参入者は、成功する確率が高い。3) 1人の行為者が意志決定をくり返す場合、後の時期になるほど自らの以前の決定や他の行為者の決定を参考にする。4) 負のパラメトリック・ショックは、空間的に無秩序なパターンをうみだす行動をとらせ、正のパラメトリック・ショックは、空間的に秩序だったパターンをうみだす行動をとらせる。

以上の如く、行動行列がもつ仮定に対し、経験的な支持が部分的に与えられているが、行列を構成する2つの軸に関して素朴な疑問が存在する。すなわち、常識的には、情報利用能力が高い行為者ほど質の高い情報を多く保有している可能性が強いから、情報水準軸と情報利用能力軸を独立に設定する必要があるであろうかという疑問である<sup>6)</sup>。それに加え、前記の確率的学習過程モデルを適用するに当たって、2つの軸から改めて1つの合成得点を作り出さねばならなかったことは、一層この疑問を強くする。もっとも、合成得点を作り出す以前に、いくつかの技術論的問題があることも事実である。それを列挙すれば、2つの軸を尺度構成するための指標と方法に関する問題、完全情報と完全能力を定義する問題、パラメトリック・ショック後の尺度再構成の問題等である。そして、何よりも重要な問題は、行動行列上の行為者の位置を、現実の空間的パターンに対応させる方法が確立されていない点である。この問題の解決は、操作モデルの開発に当たって不可欠であり、これが解決されない限り、理論的立地パターンの検討や予測問題に行動行列の考え方が適用されえないであろう。

モデル化の問題を別にしても、行動行列の考え方は、Predが意図するような新たな立地論の構築を可能とするものであろうか。満足人の行動を念頭におく行動行列は、不完全情報と非最適化行動を重要視している。満足人の概念は、極論すると、経済理論の経験的な短所を指摘するために案出されたもので、新たな理論をうみ出す目的で作られ

たものではない(Harvey, 1969, p. 44)。したがって、“満足”の概念自体非常に曖昧で、“満足のいく行動”の定義も明確でない。例えば、行動行列では、満足人の行動は非最適化行動と仮定されている(Pred, 1967, pp. 21-24)。このように解釈すれば、殆どすべての行動がこれに該当し、帰納的にしか理論化が図れないため、満足人の概念は非常に不毛な概念になってしまう。理論は現実を完全に記述するものではなく、すぐれて規範的なものであるとの認識に立てば、規範的解釈が適用される経験的状況を正しく識別する方が、非最適化行動の理論を模索するよりも、実り多い成果がえられるかもしれない。

満足人の概念を生産的なものとするためには、“満足のいく行動”を一種の最適化行動とみなす必要がある(Harvey, 1969, pp. 41-49)。それを、非経済的な基準に基づく最適化行動と解釈するならば、規範的なモデルの援用が可能であり、目的関数を非経済的な特性で操作的に定義すればよい。しかし、限定された合理性の意味内容を尊重すれば、無限の選択肢の中からの限られた選択肢の選択に関する、あらゆる種類の最適化行動と考えるのが妥当であろう。この解釈をとる場合の問題点は、多数の選択肢の中から特定の選択肢が選択され、さらにその中から満足のいく選択肢が1つ選択されるメカニズムを詳述しなくてはならないことである。この問題は欲求水準の設定とも関わっており、そのむつかしさゆえ、Wolpert (1964, p. 545, p. 553)は、満足人の概念による直接的な分析を断念したのであった。結局、満足人の概念に基づき、立地論の再構築を図ろうとすれば、情報の獲得から始まって行為選択に至るまでの認知過程の研究が不可欠となるのである(Harvey, 1969)。

### Ⅲ 不確定な状況下における意志決定 — ゲーム理論の世界 —

農民は、ときとして、環境や価格について事前には十分な知識・情報をもたないで、合理的な意志決定を下さねばならないかもしれない。こうした不確定な状況における意志決定問題は、ゲーム理論<sup>7)</sup>がとり扱う領域である(Harvey, 1966, p. 369)。

1) ゲーム理論について ここでいうゲームとは、その内容を規定するルール集合のことである。そして、このルールに従って実際にゲームを



行なうときの一連の選択行為の系列をプレーといい、ゲームに参加するプレーヤーの数が  $n$  人であるゲームを  $n$  人ゲームという。数少ない地理学の研究例の中で扱われてきたゲーム理論のゲームは、次のようなルールからなる最も単純なものである。

- 1) プレーヤーの数は 2 人である。
- 2) ゲームの結果についての 2 人のプレーヤーの評価値である利得の和は常にゼロである。
- 3) 各プレーヤーがとりうる行動の計画を戦略と呼び、戦略の数は有限である。
- 4) 各プレーヤーが自らの戦略の中から 1 つの戦略を提示することによってゲームは終了する。すなわち、プレーは 1 回限りである。
- 5) 各プレーヤーは、自分の戦略を選択する際、すべての利得について完全な知識をもっているが、相手がどのような戦略を選択するかは知らないものと仮定する。

以上 5 つのルールをもつゲームはゼロ和 2 人ゲームと呼ばれ、そこでは、2 人のプレーヤー  $P$ 、 $Q$  はそれぞれ  $m$  個と  $n$  個の戦略の集合をもち、利得  $a_{ij}$  をできるだけ大きくするような合理的行動をとると仮定される。ゼロ和 2 人ゲームでは、利得は、2 人のプレーヤーのとり戦略  $i$  と  $j$  との関係で表わされる。いま、 $P$  と  $Q$  の利得関数を  $f_P(i, j)$ 、 $f_Q(i, j)$  とすれば、

$$a_{ij} = f_P(i, j) = -f_Q(i, j) \quad \dots\dots\dots(4)$$

である。ゼロ和 2 人ゲームにおいてとられうる戦略と利得の関係は、第 2 図のような利得行列  $A = (a_{ij})$  で表わすことができ<sup>8)</sup>、 $m$  行  $n$  列の利得行列をもつゲームを  $m \times n$  ゲームと呼ぶ。

そこで、この利得行列の情報を正しいものとした上で、各プレーヤーがとりうる合理的な選択行動を次のように仮定する。すなわち、利得行列は、 $P$  がうけとる利得と  $Q$  が支払う利得を同時に表わ

	Q			
	$a_{11}$	$a_{12}$	$\dots\dots$	$a_{1n}$
	$a_{21}$	$a_{22}$	$\dots\dots$	$a_{2n}$
	$\dots\dots\dots$			
P	$a_{m1}$	$a_{m2}$	$\dots\dots$	$a_{mn}$

第 2 図 利得行列

していると考え、 $P$  はできるだけ大きな利得を得るように最大化プレーヤーとして行動し、 $Q$  はできるだけ小さな利得を支払うように最小化プレーヤーとして行動するものとする。同一の利得行列に関して、 $P$  は最大を求め、 $Q$  は最小を求めて行動するため、2 人の利害は完全に対立することになる。ここにおいて考えられる合理的行動は、相手の行動によって起りうる最悪の場合を考慮した上で、自らの利得を最大あるいは最小にしようとする行動である。最大化プレーヤーは、相手が利得の支払いを最小にするような行動をとると考え、自らが戦略  $i$  をとったときに最悪の場合でも得られる利得  $\text{Min}_j a_{ij}$  を最大にする戦略を、戦略の集合の中から 1 つ選ぶものとする。すなわち、

$$\begin{aligned} & \text{Max}(\text{Min}_j a_{1j}, \text{Min}_j a_{2j}, \dots, \text{Min}_j a_{mj}) \\ & = \text{Max}_i \text{Min}_j a_{ij} = v_1 \quad \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

をもたらず戦略をとる。 $v_1$  をこの利得行列のマックスミニ値と呼び、そのときのプレーヤー  $P$  の戦略をマックスミニ戦略と呼ぶ。他方、最小化プレーヤーは、戦略  $j$  をとったときに、最悪の場合に支払う利得  $\text{Max}_i a_{ij}$  を最小にする戦略を、戦略の集合の中から 1 つ選ぶものとする。すなわち、

$$\begin{aligned} & \text{Min}(\text{Max}_i a_{i1}, \text{Max}_i a_{i2}, \dots, \text{Max}_i a_{in}) \\ & = \text{Min}_j \text{Max}_i a_{ij} = v_2 \quad \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

をもたらず戦略をとる。 $v_2$  をこの利得行列のミニマックス値と呼び、そのときのプレーヤー  $Q$  の戦略をミニマックス戦略と呼ぶ。以上のような最大化プレーヤーの行動原理をマックスミニ原理、最小化プレーヤーの行動原理をミニマックス原理（狭義）と呼び、2 つを合わせてたんにミニマックス原理（広義）と呼ぶ。

ここで問題となるのは、2 人のプレーヤーがともにミニマックス原理（広義）に基づいて行動した場合の結果である。2 人がともに勝つことはありえないため、何らかの均衡に達することが予想される。ゲーム理論では、

$$\text{Max}_i \text{Min}_j a_{ij} = \text{Min}_j \text{Max}_i a_{ij} \quad \dots\dots\dots(7)$$

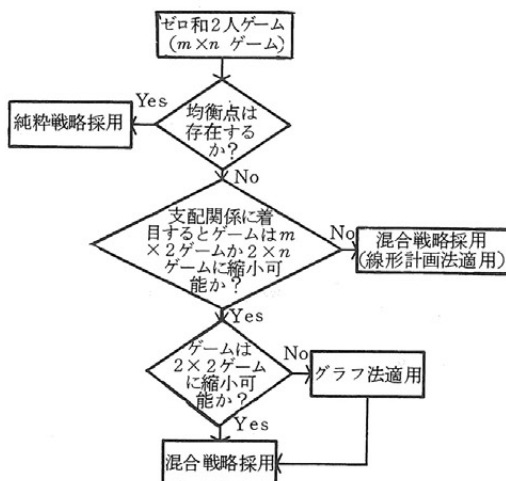
が成立するとき、このゼロ和 2 人ゲームは「厳密に決定される」という。このときのマックスミニ戦略を  $i^*$ 、ミニマックス戦略を  $j^*$  とすると、第(7)式の関係が成立するときの戦略の組合せ  $(i^*, j^*)$  をこのゲームの均衡点といい、均衡点における値  $v(A) = a_{i^*j^*}$  をゲームの値という。均衡点とゲ

Q				(各行の 最小値)	(最大値) $v_1$
P	7	8	3	1	3
	1	6	4	1	
	9	10	5	3	
	1	3	2	1	
(各列の 最大値)	9	10	5	3	3
(最小値) $v_2$				3	

第3図 純粋戦略解の求め方

ームの値が求められたとき、ゲームは解かれたことになる。例えば、第3図のような利得行列について、ミニマックス原理（広義）に従ってゲーム解を求めると、均衡点は  $(i^*, j^*) = (3, 4)$  であり、 $v(A) = v_1 = v_2 = 3$  となり、ゲームは厳密に決定されたことになる。均衡点は鞍点と呼ばれ、プレーヤーPが戦略  $i^*$  を用いると、プレーヤーQがいかなる戦略を用いても、少なくとも  $v(A)$  を得ることができ、またプレーヤーQが  $j^*$  を用いる限り、プレーヤーPは  $i^*$  以外の戦略に代えても、 $v(A)$  以上の利得を得ることができない。この意味で、 $i^*, j^*$  をそれぞれP、Qの純粋戦略と呼ぶ。なお、均衡点は1つとは限らず、複数個ある場合もある。

しかし、ゲームには常に鞍点が存在するわけではなく、ゲームに決着がつかない場合がある。したがって、各プレーヤーは、自らの戦略の選択に当たって、相手が存在することによって生じる選択の不確定性に直面するであろう。そこで、戦略を1つだけ用いるのではなく、複数の戦略をまぜあわせて用いることを考える。いま、プレーヤーは、とりうる行動の中からある行動を選択した場合に、その確定的な状態に至る確率分布を知っているものとする。プレーヤーPがもつ  $m$  個の戦略に対し、確率  $p = (p_1, p_2, \dots, p_m)$  を与え、この確率ベクトルの集合を新たに戦略と考え、この集合をプレーヤーPの混合戦略と呼ぶことにする。同様に  $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$  の確率ベクトルをプレーヤーQの混合戦略と呼ぶ。プレーヤ



第4図 ゼロ和2人ゲームの解を求める手順

ーP、Qが混合戦略をとるとき、プレーヤーPが戦略  $i$  をとる確率は  $p_i$ 、Qが戦略  $j$  をとる確率は  $q_j$  であるため、Pの利得が  $a_{ij}$  になる確率は  $p_i q_j$  である。したがって、Pの利得の期待値は、 $p$  と  $q$  との関数である期待効用関数

$$E(p, q) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} p_i q_j \quad \dots\dots\dots (8)$$

で表わされる。混合戦略の場合、第(4)式の利得関数に代えて、第(8)式の期待効用関数を新たな利得関数とする。

以上述べてきたことをふまえ、 $m \times n$  ゲームの解を得るための手順を第4図に示した。まずゲームにおける均衡点の有無を第3図の方法に従って調べる。均衡点が存在するならばゲームの解はすぐさま求められるが、そうでない場合は、戦略間の支配関係に注目して、ゲームを  $m \times 2$  ゲームないしは  $2 \times n$  ゲームに縮小することを考える。支配関係と縮小は次のようなことを意味している。プレーヤーPの2つの戦略  $i$  と  $j$  について、利得行列の第  $i$  行と第  $j$  行の利得の間に、

$$a_{i1} \geq a_{j1}, a_{i2} \geq a_{j2}, \dots, a_{in} \geq a_{jn} \quad (9)$$

なる関係が成立するならば、より大きな利得の獲得を望むプレーヤーPが戦略  $j$  を選ぶことはない。このとき、戦略  $i$  は戦略  $j$  を支配するという。他方、より小さな利得の支払いを望むプレーヤーQについては、逆に、ある戦略よりも大きい利得をもつ戦略を選ぶことは無意味であり、同様に支配関係が定義される。他の戦略によって支配される



			Q					Q		
			3	6	5			3	6	
P			8	4	10			8	4	
			2	7	12			2	7	

第5図 利得行列の縮小

戦略は実際に採用されえないため、利得行列の対応する行あるいは列を取り除いて、ゲームを縮小することができる。例えば、第5図のような利得行列では、第3列の各利得は第1列の対応する各利得よりも大きいため、第3列を除いて  $3 \times 2$  ゲームに縮小が可能である。

もし  $m \times 2$  ゲームないしは  $2 \times n$  ゲームに縮小できないときには、線形計画法によってゲームは解かれる。なぜならば、次のように考えることによって、ゲーム理論問題は線形計画問題に帰着するからである。第2図のような利得行列が与えられ、ゲームの値を  $v$ 、プレイヤーP、Qの混合戦略を  $p = (p_1, p_2, \dots, p_m)$ 、 $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$  とすると、そのときの最大化プレイヤーPの問題は、

$$\left. \begin{aligned} a_{11}p_1 + a_{21}p_2 + \dots + a_{m1}p_m &\geq v \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 + \dots + a_{m2}p_m &\geq v \\ &\vdots \\ a_{1n}p_1 + a_{2n}p_2 + \dots + a_{mn}p_m &\geq v \\ p_1 + p_2 + \dots + p_m &= 1, \\ p_1 \geq 0, p_2 \geq 0, \dots, p_m \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

という制約条件の下で、 $v$ の最大値とそれを実現する  $p_i$  を求めることに等しい。そこで、

$$p'_i = \frac{p_i}{v} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (11)$$

とすると、この問題は、

$$\left. \begin{aligned} a_{11}p'_1 + a_{21}p'_2 + \dots + a_{m1}p'_m &\geq 1 \\ a_{12}p'_1 + a_{22}p'_2 + \dots + a_{m2}p'_m &\geq 1 \\ &\vdots \\ a_{1n}p'_1 + a_{2n}p'_2 + \dots + a_{mn}p'_m &\geq 1 \\ p'_1 \geq 0, p'_2 \geq 0, \dots, p'_m \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

という制約条件の下で、 $p'_1 + p'_2 + \dots + p'_m$  の最小値を求める線形計画問題に帰着する。

また、最小化プレイヤーQの問題は、

$$\left. \begin{aligned} a_{11}q_1 + a_{12}q_2 + \dots + a_{1n}q_n &\leq v \\ a_{21}q_1 + a_{22}q_2 + \dots + a_{2n}q_n &\leq v \\ &\vdots \\ a_{m1}q_1 + a_{m2}q_2 + \dots + a_{mn}q_n &\leq v \\ q_1 + q_2 + \dots + q_n &= 1, \\ q_1 \geq 0, q_2 \geq 0, \dots, q_n \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

という制約条件の下で、 $v$ の最小値とそれを実現する  $q_j$  を求めることに等しい。そこで、

$$q'_j = \frac{q_j}{v} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (14)$$

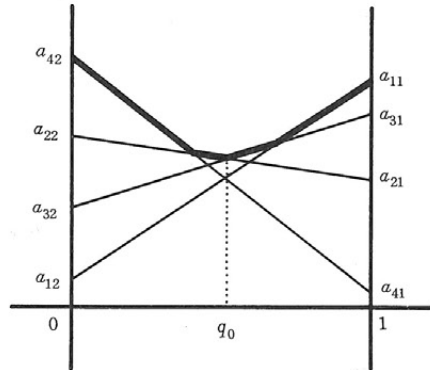
とすると、この問題は、

$$\left. \begin{aligned} a_{11}q'_1 + a_{12}q'_2 + \dots + a_{1n}q'_n &\leq 1 \\ a_{21}q'_1 + a_{22}q'_2 + \dots + a_{2n}q'_n &\leq 1 \\ &\vdots \\ a_{m1}q'_1 + a_{m2}q'_2 + \dots + a_{mn}q'_n &\leq 1 \\ q'_1 \geq 0, q'_2 \geq 0, \dots, q'_n \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

という制約条件の下で、 $q'_1 + q'_2 + \dots + q'_n$  の最大値を求める線形計画問題に帰着する。

この線形計画問題を解くに当たっては、最大化プレイヤーと最小化プレイヤーの問題が互いに双対問題 Dual problem となっているため、標準形(最小化問題)と双対形(最大化問題)の一方の解を求めれば、他方も解をもち、それぞれの最大値と最小値が一致することが証明されている。したがって、具体的にはシンプレックス法によって最小化問題を解けばよい(Killen, 1979, pp. 28-30)。

さて、もしゲームが  $m \times 2$  ゲームないしは  $2 \times n$  ゲームに縮小可能な場合は、最終的に  $2 \times 2$  ゲームにまで縮小されうる可能性を調べる。 $2 \times 2$  ゲームに縮小されえないときは、次に述べるグラフ法によって解を求める。 $m \times 2$  ゲームの解を求



第6図 グラフ法による  $m \times 2$  ゲームの解の求め方

		Q	
		湿潤年 ( $q_1$ )	乾燥年 ( $q_2$ )
P	トウモロコシ ( $p_1$ )	61 ( $a_{11}$ )	49 ( $a_{12}$ )
	陸 稲 ( $p_2$ )	30 ( $a_{21}$ )	71 ( $a_{22}$ )

第7図 ガーナ・ジャンティラ村農民と自然環境の  
利得行列

めるには、まず第6図のように、プレーヤーQがプレーヤーPに支払う利得の組合せを左右に目盛ったグラフを作り、 $m$ 個の戦略に対応する利得をそれぞれ直線で結ぶ。そこで、最小化プレーヤー問題を解くことを考え、第6図の直線群の最上部を結ぶ折れ線中の最低点 $q_0$ を探す。この点は、プレーヤーQが、そこで交わる2つの戦略のみを採用し、それ以外の戦略は採用しないことを示唆している。したがって、用いない戦略の確率をゼロとすれば、結局、 $m \times 2$ ゲームは $2 \times 2$ ゲームの混合戦略解を求める問題に帰着する。 $2 \times n$ ゲームの場合は、まず最大化プレーヤー問題を解くことを考え、プレーヤーPの戦略に対応する直線群の最下部を結ぶ折れ線中の最高点を探す。あとは、 $m \times 2$ ゲームの場合と同様に、最終的には $2 \times 2$ ゲームの混合戦略解を求めればよい。

$m \times n$ ゲームが最終的に第7図のような $2 \times 2$ ゲームに縮小されたとすると、次のような考えの下にゲームの解を求める。プレーヤーPがプレーヤーQに対して混合戦略 $p=(p_1, p_2)$ をとるとすれば、少なくとも $v$ という期待値(ゲームの値)が獲得されるため、

$$\left. \begin{aligned} a_{11}p_1 + a_{21}p_2 &\geq v \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 &\geq v \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

という関係が成立する。同様にプレーヤーQがプレーヤーPに対して混合戦略 $q=(q_1, q_2)$ をとるとすれば、多くみついても $v$ でしかない期待値(ゲームの値)を支払えばよいから、

$$\left. \begin{aligned} a_{11}q_1 + a_{12}q_2 &\leq v \\ a_{21}q_1 + a_{22}q_2 &\leq v \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

という関係が成立する。そこで、等号が成立する場合のみを考えると、第(16)式、第(17)式より次の関

係が得られる。

$$a_{11}p_1 + a_{21}p_2 = a_{12}p_1 + a_{22}p_2 \dots\dots\dots (18)$$

$$a_{11}q_1 + a_{12}q_2 = a_{21}q_1 + a_{22}q_2 \dots\dots\dots (19)$$

混合戦略の定義より、

$$p_2 = 1 - p_1 \dots\dots\dots (20)$$

$$q_2 = 1 - q_1 \dots\dots\dots (21)$$

であるため、第(20)式、第(21)式をそれぞれ第(18)式、第(19)式に代入して、 $p_1, p_2, q_1, q_2$ を求めると、次のようになる。

$$p_1 = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} \dots\dots\dots (22)$$

$$p_2 = \frac{a_{11} - a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} \dots\dots\dots (23)$$

$$q_1 = \frac{a_{22} - a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} \dots\dots\dots (24)$$

$$q_2 = \frac{a_{11} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} \dots\dots\dots (25)$$

さらに、(16)式ないし第(17)式のいずれか1つの等号が成立する場合に、第(22)~(25)式の関係代入すれば、ゲームの値は、

$$v = \frac{a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} \dots\dots\dots (26)$$

となる。以上がゼロ和2人ゲームの解法である。

2) 人間・自然環境関係問題へのゲーム理論の適用をめぐって ゲーム理論の地理学への先駆的適用例としては、ガーナ西部・ジャンティラ村の農民の作物選択を扱った Gould (1963)の研究がある。1年が雨季と乾季とにわかれ、しかも降雨量の変動が激しい環境条件下での作物選択問題は、プレーヤーがそれぞれ農民と自然環境とからなるゼロ和2人ゲームとみなしうる。5つの作物作付け戦略(ヤマイモ、トウモロコシ、キャッサバ、キビ、陸稲)をもつジャンティラ村民と、2つの気象条件戦略(湿潤年、乾燥年)をもつ自然環境とのゲームは、 $5 \times 2$ ゲームとして定式化される。この $5 \times 2$ ゲームは、 $3 \times 2$ ゲームに縮小され、グラフ法によって最終的には $2 \times 2$ ゲームで表現される。第7図はこうして得られた $2 \times 2$ ゲームの利得行列であり、これに関し、第(22)~(25)式を用いて混合戦略解を求めると、トウモロコシ 77.4%、陸稲 22.6%の割合で植付けることが、農民にとっての最適戦略となる。その結果、農民は、54単位収穫量(ゲームの値)を確保することになる。

ミニマックス原理（広義）に従って求められた作物作付け戦略は、あくまでもゲームの解であって、実際にその戦略がどのように運用されるかについては何も語っていない。なぜならば、この戦略の実施に際しては、次の2通りの運用が可能だからである。1つは、毎年ただ1つの作物のみをランダムに植付け、ある期間をならしめると、上記の作付け比となるような長期的運用がある。もう1つは、毎年上記の作付け比で作物の植付けを行なう短期的運用がある。前者の運用方法によると、毎年作物を植替えることもありうるため、必然的にそうしなくてはならない場合を除き、実現性に乏しい運用方法とみなされるかもしれないが、危険を覚悟すれば、年によっては、ジャンティラ村の農民は最大71単位収穫量（第7図参照）を得ることができる。しかし、常に飢饉にさらされる可能性が高いジャンティラ村の農民は、毎年54単位収穫量が保証される短期的運用を選ぶであろう。

最大化プレーヤーとしての農民の行動原理であるマックスミニ原理は、相手が最も巧妙な選択を行なっても、自らの被害を最小にすることを仮定するWald基準と同一のものである。この基準は、相手が真に敵意を抱いて最悪の結果をひきおこすことが予想される状況には適しているが、そうでない場合には、あまりに悲観的で、保守的な基準である。実際、利得行列の中に、極端に大きな値をもつ利得があれば、プレーヤーは、破滅を招かない限り、多少の危険をおかしても、その利得に対応する戦略を選ぶ誘惑にかられるのではないであろうか。

超防衛的という特徴に注目すれば、Wald基準は自給自足経済の下での決定基準といえるかもしれない(Found, 1971, pp. 117-118; Tarrant, 1974, pp. 42-43)。しかし、こう結論づけることに問題がないわけではない。前節で述べたように、混合戦略は期待効用の存在を仮定しているが、自給自足経済の下での効用の測定は次のような問題をかかえている。効用は市場価値（価格）と1対1の対応関係があるとされるが、自給自足経済の下では、作物は、市場向けでなく、専ら自家消費用に作られるため、効用の測定は困難である。原理的には、農民の無差別な作物の組合せから効用を測定することは可能であるものの、個人の選好の非推移性

によって、実際には測定がむづかしい(Found, 1971, pp. 126-129)。

この決定基準の問題は、自然環境の認識の仕方に依存しており、結局、人間・自然環境関係問題へのゲーム理論の適用の是非にいきつく。リスク状況下における個人行動を扱う統計的決定理論とは異なり、ゲーム理論は、元来、2人以上の人間の競争を扱い、特に、経済関連領域では、プレーヤーの数を増せば、寡占、純粋競争の状況もとりに扱いうる(Found, 1971, p. 117)。この点において、農民と自然のゲームを想定し、農民同士のゲームを想定していないGould(1963)の研究は、ゲーム理論の誤った適用例であるとする指摘がある<sup>9)</sup>(Thomas and Huggett, 1980, p. 291)。すなわち、自然環境のプレーヤーとしての資格が問われるのである。農民が自らの経験に基づいて多少とも合理的選択をすることはあっても、知性をもたない自然環境が農民と同じような行動をとるとは到底考えられない。農民だけがゲームにおいて勝ったり負けたりするのであって、自然環境は真の敵対プレーヤーとしては行動していない。むしろ、自然環境は中立的プレーヤーである。したがって、人間・自然環境ゲームでは、利得行列を、農民に関してと同様に自然環境に関しては解釈することができない(Tarrant, 1974, p. 43)。その意味では、Gould(1963)が、第7図の利得行列から、乾燥年58.5%、湿潤年41.5%という戦略を自然環境がとるのである、と解釈したことは無意味なことである。

いま、自然環境を、ミニマックス原理（狭義）に従う最小化プレーヤーとしてではなく、全くの中立的プレーヤーとみなせば、作物選択は、農民のとりうる決定基準に完全に依存することになる。具体的には、利得行列を行方向にのみ解いていけばよい。Wald基準以外に、しばしば言及される決定基準としては、Laplace基準（平均基準）、Hurwicz基準、Savage基準（後悔基準）がある。Laplace基準の下では、自然環境の起りうる状態の確率を等確率と仮定し、利得行列の各行（農民の戦略）の平均値を求め、その中から最大の値をもつ行（農民の戦略）を選ぶ。この基準に従うと、農民は、長期的にみて平均的収穫量を得ることが期待されるが、自然がとりうる極端な状態を無視している欠点がある。ただし、自然環境について

全くの未知の地域へ移住した、農業経験のある農民の作物選択基準としては妥当なものかもしれない(Tarrant, 1974, p. 43)。

他方、Wald 基準の悲観的傾向を是正するために考案されたのが、Hurwicz 基準である。この基準では、プレイヤーの楽観的傾向を表わす楽観度係数  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) が導入され、利得行列の各行 (農民の戦略) ごとに、最大利得  $A_i$ 、最小利得  $a_i$  に対して、それぞれ  $\alpha$ 、 $1 - \alpha$  のウェイトをかけ、次のような量を定義する。

$$h_i = \alpha A_i + (1 - \alpha) a_i \quad \dots\dots\dots (27)$$

そして、 $\max_i h_i$  に対応する行 (農民の戦略)  $i$  を選ぶ。この場合、 $\alpha = 0$  のとき、Hurwicz 基準は Wald 基準に等しい。Hurwicz 基準は、部分的に主観確率の推定を行なっている点で、リスク状況下での意志決定問題を意識しているが、次のような欠点をもっている。何よりも楽観度係数の推定が困難であり、Laplace 基準とは逆に極端な場合にはのみ注目しているため、楽観度係数の推定に誤りがあれば、破滅的な結果をもたらすかもしれないのである (Tarrant, 1974, p. 43)。

Savage 基準は、自然環境の状態を知らなかったことによる後悔 (もうけ損ない) を最小にしようとするものである。農民がいわば一種の機会費用を計算し、それを後悔の測度とするものである。具体的には、次のようにして利得行列から後悔行列を求め、それに対し Wald 基準を適用する。まず、利得行列の各列ごとに、利得  $a_{ij}$  から、それが属する列の最大利得  $a_{kj}$  を減じ、新たな利得  $r_{ij}$  を計算する。

$$r_{ij} = a_{ij} - \max_k a_{kj} \quad (r_{ij} \leq 0) \quad \dots\dots\dots (28)$$

そして、 $\max_j \min_i r_{ij}$  を実現する行 (農民の戦略)  $i$  を選択する。Savage 基準は Wald 基準ほど悲観的でなく、より多い収穫量をもたらす選択を許すかもしれない (Tarrant, 1974, p. 43)。

結局、決定基準の問題は、農民の価値体系と深く関わり、ゲーム理論自体は、特定の基準が選ばれる理由については何も語らない。したがって、決定基準の妥当性は、1つの利得行列に対して様々な決定基準を適用し、その結果から地域に即して論じるより方法はないであろう。また、後述の Gould (1965, p. 159) の研究が示唆するように、戦略の長期的運用に当たっては、ときとして、異なる決定基準が異なる時点で採用されることがある

かもしれない。

Gould (1963) が、作物選択問題を、農業立地論とは無関係に、極論すれば、人類学でのゲーム理論の適用 (Davenport, 1960) に触発されて、直截的に小地域における人間・自然環境ゲーム問題としてとり扱ったことは、地理学の主要テーマが、依然として、人間・自然環境関係ないしは地域研究にあった1960年代初頭の時代性 (Taaffe, 1974) を反映するものといえよう。しかし、行動論的接近が、農業地域の地域秩序の解明に寄与しようとするならば (Harvey, 1966, p. 370)、空間的文脈の中でゲーム理論の展開が図られねばならない。そのための方向は2つある。1つは、複数地点において利得行列を作成し、その比較・分析を通して全体の農業的土地利用パターンを考察することである。いま1つは、農民のとり戦略の中に空間的変数を取り入れることである。

前者の方向に沿った研究例としては、Cromley (1982) のものがある。彼は、経済人としての農民が不確定な自然環境に直面したときに下す意志決定の結果生じる農業的土地利用パターンを、Thünen の孤立国タイプの仮想地域での議論を通して明らかにしようとした。Thünen 理論では、土壌、地形、降雨量、日照等の自然条件の均一性が仮定されている (Amedeo and Golledge, 1975, p. 299)。しかし、この仮想地域では、気象条件が毎年変化し、長期的にみると、湿潤年、通常年、乾燥年が特定の割合で出現するものと仮定する。したがって、生産費、生産量、市場価格は所定の年の気象条件の関数である。ただし、各作物の市場への輸送費は毎年の気象条件に左右されないものとする。他方、農民は、長期的な気象予測能力をもっているが、毎年の気象条件についてはいかなる事前の知識ももたないまま、4つの作物の中から作付け選択をするものと仮定する。

これ以外の仮定は Thünen 理論に準ずるものとすれば、特定の気象条件下での各地点の作物別経済地代は次式で計算される。

$$R_{ij}(K) = E_{ij} (P_{ij} - A_{ij} - F_i K) \quad \dots\dots\dots (29)$$

ただし、 $R_{ij}(K)$  は、気象条件  $j$  のとき、市場から距離  $K$  離れた地点で、作物  $i$  からもたらされる経済地代、 $E_{ij}$  は気象条件  $j$  のときの作物  $i$  の単位面積当たり生産量、 $P_{ij}$  は気象条件  $j$  のときの作物  $i$  の1単位当たり市場価格、 $A_{ij}$  は気象条件

$j$  のときの作物  $i$  の 1 単位当たり生産費,  $F_i$  は作物  $i$  の市場までの 1 単位当たり輸送費である。また, 気象条件の出現確率  $S_j$  を考慮すれば, 各地点の作物別期待経済地代は次式で計算される。

$$R_i(K) = \sum_j S_j E_{ij} (P_{ij} - A_{ij} - F_i K) \quad \dots\dots (30)$$

こうした仮定の下で出現しうる土地利用パターンは, 農民と自然環境がとる行動に依存している。ここでは次の 3 つの場合を考える。1) 市場から距離  $K$  離れた地点に位置する農民は, 気象条件の出現確率を熟知しており,  $\max_i R_i(K)$  を実現する作物  $i$  を選択し, 最大の経済地代を獲得しようとする (以下, 長期的最大化行動と呼ぶ)。これは, 各地点でリスク状況下における意志決定問題を解くことに相当する。2) 市場から距離  $K$  離れた地点に位置する農民は, マックスミニ原理に従う最大化プレーヤーとして行動し, ミニマックス原理 (狭義) に従う最小化プレーヤーとしての自然環境から, 最大の経済地代を獲得しようとする (以下, ミニマックス行動と呼ぶ)。これは, 各地点ごとに, 利得行列の要素を  $R_{ij}(K)$  とする 4 (作物作付け戦略)  $\times$  3 (気象条件戦略) ゲームを解けばよい。3) 市場から距離  $K$  離れた地点に位置する農民がマックスミニ原理に従って行動するとき, もし自然環境が中立的プレーヤーとして行動すれば, 上記のゼロ和 2 人ゲームで選択された作物を植付けることにより, 農民はゲームの値を上回る経済地代を獲得する (以下, 短期的最大化行動と呼ぶ)。この場合の経済地代は, ゼロ和 2 人ゲームで選択された作物の作付け率とその作物の期待経済地代  $R_i(K)$  をかけあわせたものの合計である。

Cromley (1982) は, 作物別の  $E_{ij}$ ,  $P_{ij}$ ,  $A_{ij}$ ,  $F_i$  に関する仮想データを用意し, 以上 3 種類の経済地代を, 市場から 850 マイルの範囲について, 50 マイルごとに求め, 4 つの作物の土地利用パターンを検討した。その結果, 次のような結論がえられた。経済地代は, 市場から離れるにつれて減少し, どの地点においても, 長期的最大化行動によってもたらされる経済地代が最高で, 以下, 短期的最大化行動, ミニマックス行動の順である。長期的最大化行動によって生じる土地利用パターンと, ミニマックス行動ないしは短期的最大化行動のそれとを比較すると, マクロには類似しているものの, 前者はすべての地点で単一作であるのに対し, 後者は複合作となる地点が半数以上ある。このこと

は, 不確定な自然環境の下では, 危険分散的な土地利用がなされやすいことを示唆している。特に, 短期的最大化行動がなされると, 市場から離れた地点においても相対的に高い経済地代がもたらされることがあり, 自然環境の作用如何では, 保守的な農民は, 輸送費による位置の有利性をいかしきれない場合がある。こうした自然環境の作用の仕方の違いは, 保守的戦略を採用してスタートした同じ資本力をもつ農民達に, 異なった経済地代をもたらす, 以後の資本蓄積に差異を生じさせる。やがて, 資本蓄積の進んだ農民が, 不作のときにも十分耐えうる段階に達し, 長期的最大化行動をとるようになれば, ミニマックス行動ないしは短期的最大化行動をとる農民よりも一層多くの経済地代を獲得する。そして, こうした農民が増えるほど, 農業的土地利用パターンは単一作が卓越することになる。このように, Thünen 理論の中にゲーム理論をもちこんだ Cromley (1982) の研究は, 農民の意志決定基準の違いによって生じる農業的土地利用パターンの差異を示しただけでなく, 自然環境の不確定さが, 位置の有利性を帳消しにすることや, 農民間較差を生じさせることを示唆した点でも興味深いものといえよう。

さて, 空間的文脈の中でゲーム理論の展開を図るもう 1 つの方向としては, 空間的変数によって農民の戦略を定義することが考えられる。例えば, 1 つの作物の生産が土壌の肥沃度の影響をうけるような場合, 農民の戦略を, 斜面, 谷底, 平野といった土地条件によって設定することができる (Found, 1971, pp. 118-122)。これによって, 小地域の中での空間的な作物作付け問題にゲーム理論は応用しうる。より陽表的に空間的変数を農民の戦略の中に組み入れたのは, タンザニア・キリマンジャロ山周辺の小麦作付け問題を扱った Gould (1965) であった。彼は, 自然環境の戦略を, 降雨量, 害鳥, 赤さび病とするとともに, 地点・品種の組合せを農民の戦略とした。こうした設定方法を敷衍すれば, 地点・作物の組合せからなる, 農民の戦略の精緻化が示唆される。しかし, 実際には, 戦略の精緻化は, それに対応する利得を現実のデータの中にみつけだすことをより困難にするであろう。このように, 戦略の精緻化は諸刃の剣でもあり, これが, ゲーム理論の単純な状況への応用しか許さない原因の 1 つとなっている。

こうしたこともあって、Gould (1965)は、キリマンジャロ山周辺の小麦栽培の現状にふれつつも、学習過程を伴う人間・自然環境関係問題へのゲーム理論の適用の可能性を議論することに終始している。タンザニアは、第2次世界大戦の勃発を契機にして小麦の自給化をめざし始めた。場所ごとに年度ごとに降雨量が異なるキリマンジャロ山では、比較的雨の多い山頂に近い山腹部分で最初小麦作りは始まった。やがて、降雨量に関する情報が集められるにつれて、小麦栽培地域は山麓へと拡大していった。この拡大には、初期の頃にはびこっていた害鳥 *Dioch* が退治されたことも寄与していた。しかし、これらの対策によって自然環境の不確定さが全くとり除かれたわけではなかった。なぜならば、依然として赤さび病による病害発生の危険が残されていたからである。もっとも、それに対し、農民は、農事試験場が推薦する新しい品種を植えることによってある程度対抗することはできた。事実、新品種の採用に伴う小麦作付け率の累積曲線は、学習過程の存在を暗示するS字型を呈している。

Gould (1965)の研究は、小麦栽培地域の拡大を、ゲーム理論と部分強化型の学習過程モデル<sup>10)</sup>によって説明しようとし、新品種の伝播問題にも言及した野心的なものであったが、いくつかの論理矛盾をおかしている。降雨量に関する情報を入手し、不確定さを減らす農民の行動は、降雨確率で利得行列をウェイトづけることを示唆するとしても (Gould, 1965, p. 159; Abler *et al.*, 1971, pp. 488-489)、問題が、不確定な状況下での選択から、リスク状況下での選択へと移り、統計的決定理論の領域に至ることを認識させる。確かに、混合戦略の誘導に際し、陰伏的に確率を用いて期待効用を想定し、その最大化を図った。しかし、効用最大化の仮定は既に満足人の概念が否定したところのものである。もちろん、期待効用の最大化それ自体は、統計的決定理論においても仮定されているが (サイモン, 1970, p. 377)、効用は予測しえない環境に依存し、その環境について人間は過去の経験に基づく、非常に確率的な考え方をもっている (Gould, 1963, p. 291) とみなされる場合、ゲーム理論は統計的決定理論に道を譲らねばならない。

また、赤さび病に対抗するための新品種の採

用に関し、Gould (1965)は学習過程に言及している。彼が用いた部分強化型モデルの是非はともかくとして、この問題を正式にとり扱おうとすれば、情報の獲得に始まる選択肢の認知過程の研究に最終的にいきつくであろう。ところが、ゲーム理論は、データの性格からして、集計人ないしは集団人の行動を対象とせざるをえない。すなわち、人間・自然環境ゲームは、個々の農民ではなく、村(ないしは農民達)が自然のとりうるプレーに対して1つの戦略をとる、という観点から定式化されているのである (カリリー, 1976, p. 160)。とすれば、ゲーム理論に学習過程モデルを接続することから帰結される、実体のない集計人の認知過程の研究に一体どのような意味があるというのであろうか。

結局、ゲーム理論では、プレーヤーは、利得行列に含まれる情報を完全に知っており、それが正しい限りにおいて、合理的な意志決定を下すものと仮定される。特に、ゼロ和2人ゲームの解は、相手のとる戦略を全く知らないまま、最低限獲得可能な利得を最大にし、最大限支払わねばならない利得を最小にしようとする目的の下での、プレーヤーがとりうる戦略を示すにすぎない。その意味で、ゲーム理論が念頭におく人間像は経済人の枠を1歩も出るものではない。あえて注釈がつくとすれば、利得行列がしばしば集計されたデータによっているため、集計人的な経済人といえるかもしれない。

#### 注

- 1) 現象学には、純粋現象学、超越論的現象学、対話的(あるいは弁証法的)現象学とともに実存的現象学がある。実存的現象学は、自らを存在論の方法であるとし、人間存在の本質的記述と解釈を行ない、人間を実際のあるところのもの、あったところのものとみなして対象化する科学的方法には反対する (田中, 1982, pp. 37-80)。
- 2) 現象学と弁証法的唯物論の立場の違いは、前者が、客体の存在が主体の存在を前提とすることのみを認めるのに対し、後者は、それとともに、主体の存在も客体の存在を前提とすることを認める点にある。
- 3) こうした接近法をとるとすれば、わざわざ行動をイメージによって説明する意味がなくなるのではないかと、いう素朴な疑問が残る。
- 4) 第(1)式は、以前の時期の占有者の数が多く、合成得点が高いほど、次の時期に当該行列要素が占有される



- 確率が高いことを意味している。それに対し、第(2)式は、以前の時期の占有者の数が多く、合成得点が低いほど、次の時期に当該行列要素において行為者の消滅率が高いことを意味している。
- 5) 再定義された第(3)式によっても、隣接行列要素を越えての移動はとらえきれない。なお、第(3)式では、
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{B,ij}(t_x)$$
は1.0にならない。
- 6) 事実、アメリカ・サンタクララ周辺での7つの石油会社の110のガソリン・スタンドの立地変動を扱った研究(Claus, 1969)では、149の質問項目から求められた情報水準得点と情報利用能力得点との相関は極めて高い(ただし、Clausは、具体的な得点の求め方を詳述していないように思われる)。なお、Wolpert (1964, p. 549)が、不完全情報と非最適化行動を、それぞれ知識連続体と効用連続体という2つの概念でとらえようとしたことは、Predによるこの2軸の設定に何らかの影響を与えているかもしれない。
- 7) 本稿でのゲーム理論の説明は、文章表現も含め、鈴木(1981)に多くを拠っている。その他、クームス他(1974)、コーフマン(1977)、小山・森田(1980)、松原(1977)も適宜参考にした。
- 8) 戦略は、プレーヤーが選択を行なう可能性のあるすべての局面において、そこでとるべき手段をあらかじめ決めたものであり、2人の戦略を組合せるとプレーが決まり、それぞれの利得が決まる(小山・森田, 1980, p.72)。2人の戦略の組合せ各々について決定された利得を行列表示したものが利得行列である。したがって、ゲームは、利得行列で表現された標準形のほか、ゲームをプレーする過程をそのまま抽象化して可能な場合をまとめて列挙した、樹形図式の展開形でも表わされうる。
- 9) 農業経済学の分野でのゲーム理論の応用研究では、自然環境ではなく、実際の年次が用いられる場合が多い(Agrawal and Heady, 1968; Cowling and Perkins, 1963)。
- 10) Gould (1965) は、報酬が与えられることによって、2つの目標箱のうち一方のみが選択されるようになる、動物の迷路学習とのアナロジーで、推薦品種の採用行動のモデル化を試みようとした。強化を、反応を強める働き、あるいはそのような働きをする対象と解釈すれば、報酬は強化に相当している(印東, 1977, p.94)。Gouldに従えば、新しい品種を採用しても、赤さび病の発生に完全に対抗できなければ、それは部分強化であると理解される。

#### 引用文献

- 印東太郎編(1977):『心理測定・学習理論』森北出版, 300ページ。
- 太田英昭(1973):社会行動とゲームの理論。安田三郎編『社会学講座 17 数理社会学』東京大学出版

- 会, 115-143。
- カリ著, 寺阪昭信訳(1976):偶然と景観。野間三郎訳編:『空間の理論—地理科学のフロンティア—』古今書院, 149-164。Curry, L. (1966a): Chance and Landscape. House, J. W. (ed.): *Northern Geographical Essays*. Oriel Press Ltd, Newcastle-upon-Tyne, 40-55。
- クームス・ドーズ・トヴァスキー著, 小野 茂監訳(1974):『数理心理学序説』新羅社, 452ページ。Coombs, C. H., Dawes, R. M. and Tversky, A. (1970): *Mathematical Psychology: An Elementary Introduction*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 419p。
- コーフマン著, 国沢清典監訳(1977):『ゲームの理論』東洋経済新報社, 184ページ。Kaufmann, A. (1963): *Méthodes et Modèles de la Recherche Opérationnelle (Tome 2)*. Dunod, Paris, 534p。
- 小山昭雄・森田道也(1980):『オペレーションズ・リサーチ』培風館, 288ページ。
- サイモン著, 宮沢光一監訳(1970):『人間行動のモデル』同文館, 520ページ。Simon, H. A. (1957): *Models of Man*. John Wiley & Sons, New York, 287p。
- シュッツ著, 森川真規雄・浜 日出夫訳(1980):『現象学的社会学』紀伊国屋書店, 374ページ。Schutz, A. (1970): *On Phenomenology and Social Relations*. The University Chicago Press, Chicago, 327p。
- シュッツ著, 佐藤嘉一訳(1982):『社会的世界の意味構成—ヴェーバー社会学の現象学的分析—』木鐸社, 387ページ。Schütz, A. (1932, 1960, 1974): *Der sinnhafte Aufbau der sozialen Welt*. Verlag Springer, Wien, Suhrkamp, Frankfurt a. M., 353p。
- 杉浦芳夫(1981):消費者の顕示空間選好(Revealed space preference)をめぐる諸問題。中村和郎:『理論地理学ノート'80』空間の理論研究会, 10-38。
- 鈴木光男(1981):『ゲーム理論入門』共立全書, 270ページ。
- 田中一彦(1982):『方法論からの心理学』勁草書房, 190ページ。
- \* 藤田佳久(1973):旧焼畑山村における育成林の空間的拡大とそのシミュレーションについて。地理評, 46, 643-655。
- \* 藤田佳久(1975):林野所有地の空間構成と育成林化—高知県梼原町文丸部落を中心に—。地理評, 48, 515-530。
- 米田 巖(1978):Homo economicus「経済人」と経済空間—J.ウォルバート「空間的次元における決定過程」を中心に—(上)。地理科学, 30, 43-51。
- 米田 巖(1979a):Homo economicus「経済人」と経済空間—J.ウォルバート「空間的次元における決定過程」を中心に—(中)。地理科学, 31, 41-52。
- Wolpert, J. (1964): The Decision Process in Spatial

- Context. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **54**, 537-558.
- 米田 巖 (1979b): Homo economicus「経済人」と経済空間-J. ウォルバーン「空間的次元における決定過程」を中心に-(下). 地理科学, **32**, 39-43.
- Wolpert, J. (1964): The Decision Process in Spatial Context. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **54**, 537-558.
- 松原 望 (1977): 『意思決定の基礎』朝倉書店, 220 ページ.
- Abler, R., Adams, J. S. and Gould, P. (1971): *Spatial Organization*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 587p.
- Agrawal, R. C. and Heady, E. O. (1968): Applications of Game Theory Models in Agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, **19**, 207-218.
- Amedeo, D. and Golledge, R. G. (1975): *An Introduction to Scientific Reasoning in Geography*. John Wiley & Sons, New York, 431p.
- Brown, L. A. (1981): *Innovation Diffusion: A New Perspective*. Methuen, London, 345p.
- \*Bryant, C. R. (1975): The Conversion of Arable Land to Orchards: a simulation experiment using simple probability surfaces. *Geografiska Annaler*, **57B**, 88-99.
- Bunting, T. E. and Guelke, L. (1979a): Behavioral and Perception Geography: a critical appraisal. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **69**, 448-462.
- Bunting, T. E. and Guelke, L. (1979b): Comment in Reply. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **69**, 471-474.
- \*Burnett, P. (1976): Behavioral Geography and the Philosophy of Mind. Golledge, R. G. and Rushton, G. (eds.): *Spatial Choice and Spatial Behavior*. The Ohio State University Press, Columbus, 23-48.
- \*Carlstein, T. (1982): *Time Resources, Society and Ecology: On the Capacity for Human Interaction in Space and Time: Vol. 1 Preindustrial Societies*. George Allen & Unwin, London, 444p.
- \*Chapman, G. P. (1973): The Green Revolution: a gaming simulation. *Area*, **5**, 129-140.
- \*Chapman, G. P. (1974): Perception and Regulation: a case study of farmers in Bihar. *Trans. Inst. Br. Geogr.*, **62**, 71-93.
- Claus, R. J. (1969): *Spatial Dynamics of Gasoline Service Stations*. British Columbia Geographical Series No. 10, Tantalus Research Ltd, Vancouver, 116p.
- Cowling, K. and Perkins, R. J. (1963): Producer Behaviour in the Choice of Sugar Beet Varieties: comparisons of game theoretic solutions with actual selections. *Bulletin of the Oxford University Institute of Economics and Statistics*, **25**, 109-118.
- Cox, K. R. (1981): Bourgeois Thought and the Behavioral Geography Debate. Cox, K. R. and Golledge, R. G. (eds.): *Behavioral Problems in Geography Revisited*. Methuen, London, 256-279.
- Cromley, R. G. (1982): The Von Thünen Model and Environmental Uncertainty. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **72**, 404-410.
- \*Curry, L. (1966b): Seasonal Programming and Bayesian Assessment of Atmospheric Resources. Sewell, W. R. D. (ed.): *Human Dimensions of Weather Modifications*. Research Paper No. 105, Department of Geography, University of Chicago, 127-138.
- Davenport, W. (1960): Jamaican Fishing: a game theory analysis. *Yale University Publications in Anthropology*, **59**, 3-11.
- Downs, R. M. (1979): Critical Appraisal or Determined Philosophical Skepticism? *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **69**, 468-471.
- Entrikin, J. N. (1976): Contemporary Humanism in Geography. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **66**, 615-632.
- Found, W. C. (1971): *A Theoretical Approach to Rural Land-use Patterns*. Edward Arnold, London, 190p.
- Golledge, R. G. (1981a): Guest Editorial. *Environ. and Plan. A*, **13**, 1-6.
- Golledge, R. G. (1981b): Misconceptions, Misinterpretations and Misrepresentations of Behavioral Approaches in Human Geography. *Environ. and Plan. A*, **13**, 1,325-1,344.
- Golledge, R. G. and Rayner, J. N. (eds.) (1982): *Proximity and Preference: Problems in the Multi-dimensional Analysis of Large Data Sets*. The University of Minnesota Press, Minneapolis, 310p.
- Golledge, R. G., Brown, L. A. and Williamson, F. (1972): Behavioral Approaches in Geography: an overview. *The Australian Geographer*, **12**, 59-79.
- Gould, P. R. (1963): Man against his Environment: a game theoretic framework. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **53**, 290-297.
- Gould, P. R. (1965): Wheat on Kilimanjaro: the perception of choice within game and learning model frameworks. *General Systems*, **10**, 157-166.
- \*Hart, P. W. E. (1980): Problems and Potentialities of the Behavioural Approach to Agricultural Location. *Geografiska Annaler*, **62B**, 99-107.
- Harvey, D. W. (1966): Theoretical Concepts and the

- Analysis of Agricultural Land-use Patterns in Geography. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **56**, 361-374.
- Harvey, D. W. (1969): Conceptual and Measurement Problems in the Cognitive-Behavioral Approach to Location Theory. Cox, K. R. and Golledge, R. G. (eds.): *Behavioral Problems in Geography: A Symposium*. Studies in Geography No. 17, Northwestern University, 35-67.
- \*Hayter, R. (1975): Farmers' Crop Decisions and the Frost Hazard in East-Central Alberta. *Tijdschrift voor Econ. en Soc. Geografie*, **66**, 93-102.
- \*Ilbery, B. W. (1977): Point Score Analysis: a methodological framework for analysing the decision-making process in agriculture. *Tijdschrift voor Econ. en Soc. Geografie*, **68**, 66-71.
- \*Ilbery, B. W. (1979): Decision-making in Agriculture: a case study of North-East Oxfordshire. *Regional Studies*, **13**, 199-210.
- Killen, J. (1979): *Linear Programming: The Simplex Method with Geographical Applications*. Concepts and Techniques in Modern Geography No. 24, Geo Abstracts Ltd, Norwich, 47p.
- King, L. J. (1969): The Analysis of Spatial Form and its Relation to Geographic Theory. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **59**, 573-595.
- Ley, D. (1977): Social Geography and the Taken-for-Granted World. *Trans. Inst. Br. Geogr. New Ser.*, **2**, 498-512.
- Ley, D. (1981): Behavioral Geography and the Philosophies of Meaning. Cox, K. R. and Golledge, R. G. (eds.): *Behavioral Problems in Geography Revisited*. Methuen, London, 209-230.
- Olsson, G. and Gale, S. (1968): Spatial Theory and Human Behavior. *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, **21**, 229-242.
- Pred, A. R. (1967): *Behavior and Location: Foundations for a Geographic and Dynamic Location Theory: Part I*. Lund Studies in Geography, Ser. B 27, C. W. K. Gleerup, Lund, 128p.
- Pred, A. R. (1969): *Behavior and Location: Foundations for a Geographic and Dynamic Location Theory: Part II*. Lund Studies in Geography, Ser. B 28, C. W. K. Gleerup, Lund, 152p.
- Pred, A. R. and Kibel, B. M. (1970): An Application of Gaming Simulation to a General Model of Economic Location Processes. *Econ. Geogr.*, **46**, 136-156.
- Relph, E. (1970): An Inquiry into the Relations between Phenomenology and Geography. *Can. Geogr.*, **14**, 193-201.
- Rushton, G. (1979): On Behavioral and Perception Geography. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **69**, 463-464.
- Saarinén, T. F. (1979): Commentary-Critique of Bunting-Guelke Paper. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **69**, 464-468.
- Taaffe, E. J. (1974): The Spatial View in Context. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, **64**, 1-16.
- Tarrant, J. R. (1974): *Agricultural Geography*. David & Charles Ltd, Newton Abbot, 279p.
- Thomas, R. W. and Huggett, R. J. (1980): *Modelling in Geography: A Mathematical Approach*. Harper & Row, London, 338p.
- Thrift, N. (1981): Behavioural Geography. Wrigley, N. and Bennett, R. J. (eds.): *Quantitative Geography: A British View*. Routledge and Kegan Paul Ltd, London, 352-365.
- Tuan, Yi-Fu (1974): *Topophilia: A Study of Environmental Perception, Attitudes and Values*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 260p.
- Tuan, Yi-Fu (1977): *Space and Place: The Perspective of Experience*. Edward Arnold, London, 235p.

\* 第IV章以降での引用文献