

## 第6章 農村共有資源の共同管理と所得移転に関する理論的考察

### —中国雲南省紅河州元陽県の事例分析—

伊藤順一

#### 1. はじめに

前章の理論モデルと実証は、農村共有資源（local commons）を利用する者間の所得分配が均質であるほど、相互協調が促され、資源が良好な状態に維持されることを示唆している。しかし、前章の冒頭に記したとおり、この関係については研究者の間で論争があり、十分なコンセンサスが得られていない（Varughese and Ostrom, 2001; Dayton-Johnson and Bardhan, 2002; Cardenas, 2003; Aggarwal and Narayan, 2004; Mukhopadhyay, 2004; Adhikari, 2005）。Baland and Platteau (1999), Jones (2004)は、所得分配と協調行動の関係は依然として曖昧であり、解明されるべき余地が多く残されていると述べている<sup>(1)</sup>。そこで本稿では、進化ゲーム理論（evolutionary game theory）を用いて、この難解なテーマに1つの解答を与えることを目的とする。Bardhan (1993), Baland and Platteau (1996)によれば、進化ゲーム理論は集団行動の原理を理解する上で、きわめて有用な概念であるが、Sethi and Somanathan (1996)を例外として、同理論の適用例は皆無に近い。

本稿の結論を先取りしていえば、協調行動から得られる経済的便益が、特定の者に集中し、彼らが資源の管理コストを負担すれば、「共有地の悲劇（tragedy of commons）」は回避される。これは、所得・富の同質性（economic homogeneity）よりも異質性（heterogeneity）が、資源の保全・管理に資するというOlson (1965), Wade (1988)等の見解と矛盾しない。しかし、後の分析が示すように、そうした格差を是正する所得移転が、協調行動を促す別の要因として、重要な役割を演じているのである。このことは、便益に比例的な費用負担と所得移転の必要性を示唆しており、経済格差と協調行動に関して識者の意見が分かれる原因は、所得が移転する前後の格差を混同している点にあると考えられるのである。

モデルを用いた分析では、中国雲南省紅河州元陽県の稲作、灌漑管理と森林保全を題材とする。元陽県は省都昆明市から南へ200km、雲南省南部の辺境に位置しており、人口の大半を占める少数民族は、標高200～2000mの山岳地帯に居住している。単純な重力灌漑を利用した稲作が主要な産業であり、住民の食生活は自給自足に近く、経済水準はきわめて低い。本稿の分析は、元陽県の経済を念頭に置いているが、類似した気象・立地条件下にある農村にも適用できるよう、モデルの一般化に努めた。

本稿の構成は次のとおりである。第2節ではモデルの仮定を述べる。第3節では2つの異なる行動仮説から、農地（森林）面積の決定、灌漑用水の配分を論じながら、協調行動の可能性を模索する。第4節の前半では、自然資源（森林）の不可逆性を考慮しながら、造林費用を誰がどのような方法で負担すべきかを検討する。仮に、森林保全に「ただ乗り（free-riding）」が発生していれば、それを防止する費用負担のルールをデザインしなくて

はならない。第4節の後半では、ナッシュ交渉解 (Nash bargaining solution) の概念を用いて米の再分配を論ずるが、これは費用負担と表裏の関係にある。第5節では、シミュレーション分析を用いて、所得移転前後の経済格差と協調行動との関係を明らかにする。第6節で本稿の結論と政策的な含意を述べる。

## 2. モデルの仮定

急峻な山岳に位置する元陽県は、上流農村 (農村1) と下流農村 (農村2) から成る。農村1は、上流に立地するという地理的な優位性を活かし、必要なだけの灌漑用水を利用できるという意味で、農村2に対して立地的な優位性を有している。Chambers (1988), Tang (1992), Bardhan (1993), White and Runge (1994), Lam (1996)が指摘するように、こうした立地的な非対称性 (locational asymmetry) は、河川灌漑に共通する特徴である。他方、標高差にもとづく気候条件の相違により、農村1では米の単作、農村2では2期作が行われている。したがって、農地利用率が農村間で異なり、他の条件が等しければ、農地面積で測った土地生産性は農村2の方が高い。さらに当地で特筆すべきことは、農村1の森林が水源涵養機能を有し、この地域全体で利用できる灌漑用水量を規定しているという点である。これも山岳地帯の河川灌漑に共通する特徴といえる (Shivakoti and Ostrom, 2002)。

なお本稿の関心は、用水利用に関する農村間の協調行動にあるが、灌漑用水の利用に関する公平性が農家間で確保されていなければ、農家間 (農村内) の協調行動へも適用できる<sup>(2)</sup>。

いま、米の集計的生産関数を以下のように表す。

$$Q_i = b_i G(W_i, A_i) = b_i \phi(W_i) A_i \quad (i=1, 2) \quad (1)$$

ここで、 $Q_i$ ,  $W_i$ ,  $A_i$  はそれぞれ、農村  $i$  の米生産量、灌漑用水量、水田面積を表し、 $b_i$ ,  $\phi(W_i)$  はそれぞれ、年間の作付け回数、用水の利用が米生産量に及ぼす影響を表している。(1)式に関して次の仮定を設ける。

- (a)  $b_1 = 1 < b_2 = b$ 。
- (b)  $\phi(W_i)$  を以下のように定める。

$$\phi(W_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } W_i^d \leq W_i^s \\ e (< 1) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $W_i^d$ ,  $W_i^s$  はそれぞれ、農村  $i$  における灌漑水の需要量、供給量を表す。仮に、灌漑用水に超過需要が発生していれば、 $W_i^d \leq W_i^s$  (超過供給) のときに比べて、 $\phi(W_i)$  は  $100(1-e)\%$  だけ低下する。(2)式は Levine (1980, Figure 3.2.)の観察を単純化したものであり、水稻が乾燥に弱く、湿潤に強いという事実関係を表している (Ostrom and Gardner, 1993)。

(c) 農村1の土地は、水田と森林からなり、それぞれの面積を  $A_1$ ,  $R$  で表し、その合計を  $\bar{R}$

とする。すなわち、次式である。

$$\bar{R} = R + A_1 \quad (3)$$

第4節では、耕地と森林の不可逆性を考慮して、(3)式の一般化を試みる。農村2ではすべての土地が水田であり、その面積を  $s\bar{R}$  ( $s > 0$ ) で表す。すなわち、 $A_2 = s\bar{R}$  である。

(d) 農村1, 2の人口は等しい。

(e) 農村1の住民が森林の管理経営権を持ち、森林の伐採面積を決定する。

(f) 1人当たり米消費量が農村1, 2の経済厚生を表し、米の需給は両村で均衡し、移入出はない。

元陽県における農村経済の概要(2004年)を第1表に示した。稲作が生産活動の中心であり、年間の1人当たり所得は中国平均の10分の1にも満たない。農村2の農村1に対する稲作の土地生産性は  $0.58/0.42=1.38$  と計算される。農村1では灌漑用水を十分に利用できるが、農村2でそれが恒常的に不足しているから、モデルに則して考えると、 $be=1.38$  である。さらに、農村2の2期作を考慮して、 $b=2$  とすれば、 $e=0.69$  を得る<sup>(3)</sup>。ただし、要素投入比率の差異が土地生産性の農村間格差に関係している可能性がある。実際に、単位面積当たりの肥料投入についてみると、下流の投入密度は上流の3.4倍に達し、役畜・労働比率も下流農村の方が高い。そこで、コブ=ダグラス(Cobb-Douglas)型生産関数を推計し、こうした要因をコントロールした上で、生産性格差を計算した。推計結果は補論Iを参照されたい。その結果、 $be=1.34$  であり、土地生産性からの計算値と大差ない。

生産関数分析の結果、労働、役畜の弾力性(推定値)は統計的に有意ではなく、土地、肥料の弾力性は有意であり、それぞれ0.855, 0.081であった。肥料の弾力性はゼロと有意差を持つけれども非常に小さい。以上のことから、(1)式による生産関数の特定化は、現実との矛盾が少ないと考えられる。

第1表 元陽県経済の概要(2004年)

	上流農村(農村1)	下流農村(農村2)
農業労働力割合 (%)	86	84
稲作労働力割合 (%)	82	77
肥料投入 (kg/ム一)	19.4	65.4
役畜・農業労働比率 (頭/人)	0.27	0.39
稲作の土地生産性 (トン/ム一)	0.42	0.58
年間1人当たり所得 (元)	677 (101)	847 (191)

資料：元陽県農業調査。

注. 括弧内の数字は標準誤差。ム一は1/15ha。年間1人当たり所得に都市部の数字は含まれない。

### 3. 灌漑ゲームの進化論的安定戦略

灌漑用水の需要は水田面積の線形関数であると仮定し、

$$W_i^d = W_i^d(A_i) = mA_i \quad (m > 0, i = 1, 2)$$

とする。一方、灌漑用水の供給は農村1の森林面積の線形関数であると仮定し、

$$W^s = W^s(R) = nR \quad (n > 0)$$

とする。以下では、森林面積の決定と農村間における灌漑用水の配分をモデル化し、どのような条件、ルールの下で、灌漑用水が効率的に利用され、森林が適度に保全されるのかを明らかにする。

#### (1) ケース1：農村1の利己的な行動

ケース1では、農村1が自村の米生産量を最大化するように、森林面積および灌漑用水の供給量を決定すると仮定する。農村1のこうした（利己的な）行動は、仮定(e)にもとづいている。最初に、灌漑用水の需給が農村1だけでバランスする場合を想定する。均衡条件としては、 $A_1 = zR$  ( $z = n/m$ ) であり、これを(3)式に代入すれば、次式を得る。

$$R^* = \frac{\bar{R}}{1+z} \quad (4)$$

$$A_1^* = Q_1^* = \frac{z\bar{R}}{1+z} \quad (5)$$

農村2では水が不足するため、同村の米生産量は、

$$Q_2^* = ebs\bar{R}$$

で表され、以下の(6)式を満たせば、 $Q_1^* \leq Q_2^*$ となる。

$$b \geq \frac{z}{es(1+z)} \quad (6)$$

次に、農村1の森林面積が $R^*$ よりも大きく、灌漑用水の供給量が $nR^*$ よりも多い場合を想定する。(2)式から、用水の過剰供給は $\phi(W_i)$ に影響を与えず、米生産量は水田面積にのみ依存するので、 $W_1^d = W^s$ に比べて生産量は減少する。したがって、農村1が用水を過剰に供給することはあり得ない。

最後に、用水が過小に供給される場合を想定する。いま、 $A_1^+$ をそのときの水田面積とすれば、 $A_1^+ > A_1^*$ が成り立つ。 $e$ は定数であるから、水田面積の拡張（農地の外延的拡大）

は米生産量を増加させる。したがって、このときの米生産量  $Q_1^+$  は  $A_1^+ = \bar{R}$  で最大化される。 $\max[Q_1^+] = e\bar{R}$  と  $Q_1^+$  の関係は確定しないが、以下の(7)式を満たせば、 $e\bar{R} \leq Q_1^+$  が成立する。

$$e \leq \frac{z}{1+z} \quad (7)$$

(7)式の下では、用水の過小供給は起こらず、結局、米生産量は  $W_1^d = W^s$  で最大化される。

われわれが行った調査によれば、農村2では常に水が不足している。また後に示すように、ケース1の状態がこの「灌漑ゲーム」のナッシュ均衡 (Nash Equilibrium) である。これらのことから、以下ではケース1の状態をベンチマークとみなす。

## (2) ケース2：農村1の利他的な行動

ケース2では、農村1が自村と農村2の米生産量の合計を最大化するように、自村の森林(水田)面積を決定すると仮定する。ケース1と同様に、最初に、灌漑用水の需給がバランスする場合を想定する。用水需要は  $m(A_1 + \bar{R})$  となるので、均衡条件としては、 $A_1 + s\bar{R} = zR$  である<sup>(4)</sup>。これを(3)式に代入すれば、

$$R^{**} = \frac{(1+s)\bar{R}}{1+z} > R^* \quad (4)$$

$$A_1^{**} = Q_1^{**} = \frac{(z-s)\bar{R}}{1+z} < A_1^* = Q_1^* \quad (5)$$

を得る。農村2にも水が十分に供給されるので、同村の米生産量は、

$$Q_2^{**} = bs\bar{R}$$

となる。ここで、(5)式が意味を持つためには、

$$z \geq s \quad (8)$$

を満たさなくてはならない。

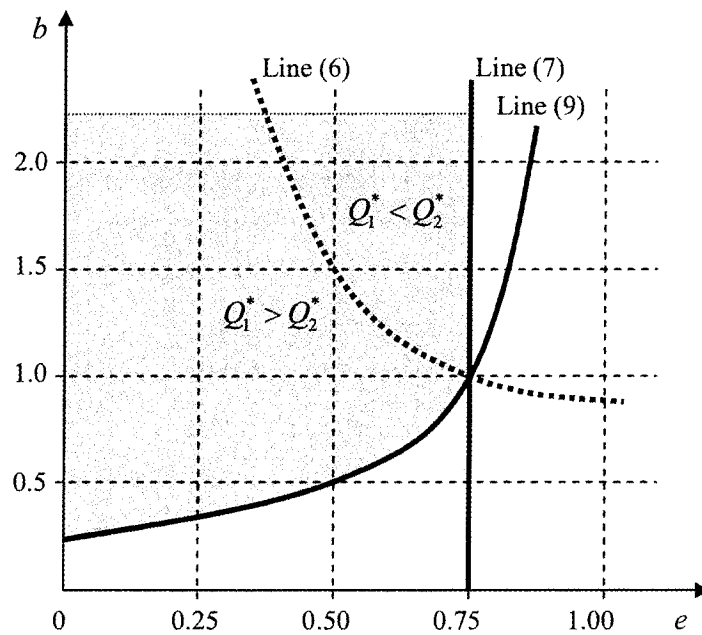
ケース1と同じ理由により、用水の過剰供給は起こり得ない。(7)式が成立する場合、ケース2の米生産量がケース1のそれを上回る条件 ( $Q^* = Q_1^* + Q_2^* \leq Q^{**} = Q_1^{**} + Q_2^{**}$ ) が、

$$b \geq \frac{1}{(1-e)(1+z)} \quad (9)$$

で与えられる。ケース2における農村2の水不足は、ケース1にネストされているから、(9)式は、ケース2で用水が過小に供給されない必要条件にほかならない。

第1図のシャド一部分は、 $z=3$ 、 $s=1$ を前提として、(7)、(9)式を満たす  $(e, b)$  の領域

を表している。領域は2つの部分から成り、一方は(6)式を満たし、他方はそれを満たさない。 $z$ の値が上昇すると、図中の曲線(7), (9)は右方にシフトし、曲線(6)は下方にシフトする。その結果、領域の面積が拡大する。なお、曲線(7), (9)は常に $b=1$ で交差する。第2節の計算結果から $(e, b) = (0.69, 2)$ であるから、この組合せはシャドーの領域内にある。したがって、ケース1からケース2への移行にともない、米生産量の合計は増加する。いかえると、農村1の利己的な行動は、この経済全体に外部不経済 (external diseconomies) をもたらしている。



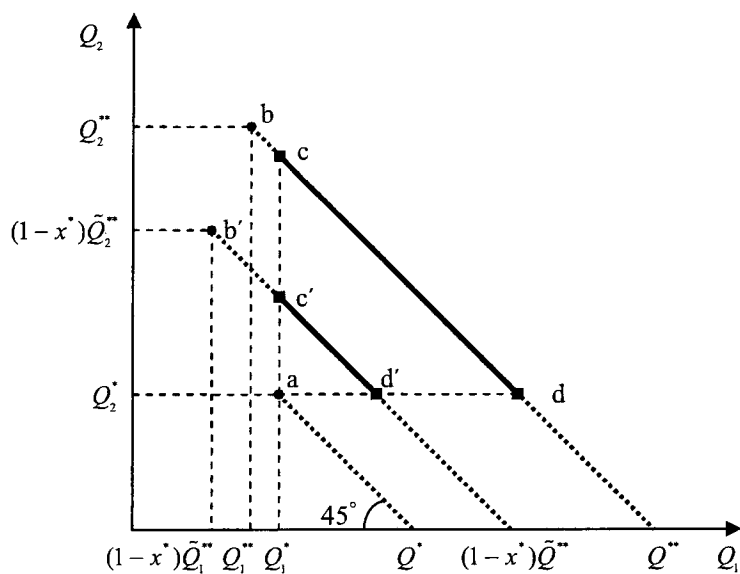
第1図 相互協調が意味を持つ領域

注. 曲線(6), (7), (9)はそれぞれ, (6), (7), (9)式が等号で成立する場合の軌跡を表す。

### (3) 協調行動の可能性

(7), (9)式の成立を前提とすれば、ケース1, 2における農村1, 2の米生産量はそれぞれ、第2図の a, b 点で表される。1人当たり米消費量の農村間格差、すなわち経済格差 (仮定(f)) を論じる場合、仮定(d)より、集計的な生産量をその代替的な指標とみなすことができる。農村1が利他的に行動し、農村2が米の移転に同意すれば、いかえれば、両村が協調的に行動すれば、米生産 (消費) の組合せは a 点から契約曲線 (contract curve) cd 上へ移動し、パレート効率性は改善する。しかし、以下に示すように、政策的な介入がなければ、効率性の改善は期待できない。

第2表のゲーム I はこの灌漑ゲームの標準型 (利得行列) である。 $(C_1, C_2)$  は契約曲線上の任意の消費を表している。このゲームのナッシュ均衡 (Nash Equilibrium) は(D, D),



第2図 農村間協調とパレート改善的な契約

第2表 灌漑ゲームのナッシュ均衡

ゲーム I		農村 2	
		C	D
農村 1	C	$(C_1, C_2)$	$(Q_1^{**}, Q_2^{**})$
	D	$(Q_1^*, Q_2^*)$	$(Q_1^*, Q_2^*)$

ゲーム II		農村 2	
		C	D
農村 1	C	$(C_1, C_2)$	$(Q_1^{**}, Q_2^{**})$
	D	$(Q_1^* - P_1, Q_2^*)$	$(Q_1^* - P_1, Q_2^*)$

ゲーム III		農村 2	
		C( $y_2$ )	D( $1 - y_2$ )
農村 1	C( $y_1$ )	$(C_1, C_2)$	$(Q_1^{**}, Q_2^{**} - P_2)$
	D( $1 - y_1$ )	$(Q_1^*, Q_2^*)$	$(Q_1^*, Q_2^*)$

注(1) 行動の選択として、Cが協調、Dが非協調を表す。(2) 灌漑ゲームでは、(6)、(9)式が成立すると仮定する。

すなわち、ケース1の状態である。双方の協調（C 行動）により  $(C_1, C_2)$  の利得を得ることができるとはかかわらず、両村の米消費はそれよりも少ないから、この経済は「囚人のジレンマ（Prisoner's Dilemma）」に陥っているといえる<sup>(5)</sup>。

ジレンマを回避するためには、農村1の  $R^{**}$  を超える森林伐採に対し、制裁金  $(P_1)$  を科し、C 行動を支配戦略とすればよい。実際に、中国政府は1998年から退耕還林政策を実施し、違反者を厳しく処罰している。第2表のゲームIIはこうした状況を表している。制裁金が有効な水準にあれば、このゲームのナッシュ均衡は(C, D)となり、米の生産（消費）量は第2図のb点となる。しかし、b点は契約曲線上にないから、以下の命題を得る。

**【命題1】** 上流農村の森林伐採を制限する退耕還林政策は、流域全体で利用できる灌漑水の供給量を増加させ、米生産量の増大に寄与する。しかし、同政策の導入により、（ケース1に比べて）上流農村の米生産量は減少するから、パレート効率性は改善しない。

そこで、本稿では農村1への制裁とは異なる制度を提案する。第2表のゲームIIIは、農村2が農村1のC 行動（利他的行動）に対して、D 行動（米移転拒否）を選択した場合、農村2に対して  $P_2$  を科すというものである。ここで、 $P_2$  は次式を満たすと仮定する。

$$P_2 > Q_2^{**} - C_2 \quad (10)$$

このゲームには2つのナッシュ均衡、(C, C), (D, D)が存在する。そこで以下では、進化ゲーム理論を用いて均衡の安定性を吟味する。まず、プレーヤーは、最終的な利得を正確に予測できないと仮定する。つまり、農村住民の合理性は限定的である (bounded rationality)。実際に、共有資源から得られる便益が、農村間の協調行動に依存するのであれば、個々の資源利用者がそれを正確に予測することは困難であろう (Knox et al., 2002)。いまゲームIIIで、農村  $i$  が C (協調) 行動を選択する確率を  $y_i$  ( $i = 1, 2$ ) で表すと、再生産動学 (replicator dynamics) が次式で与えられる。

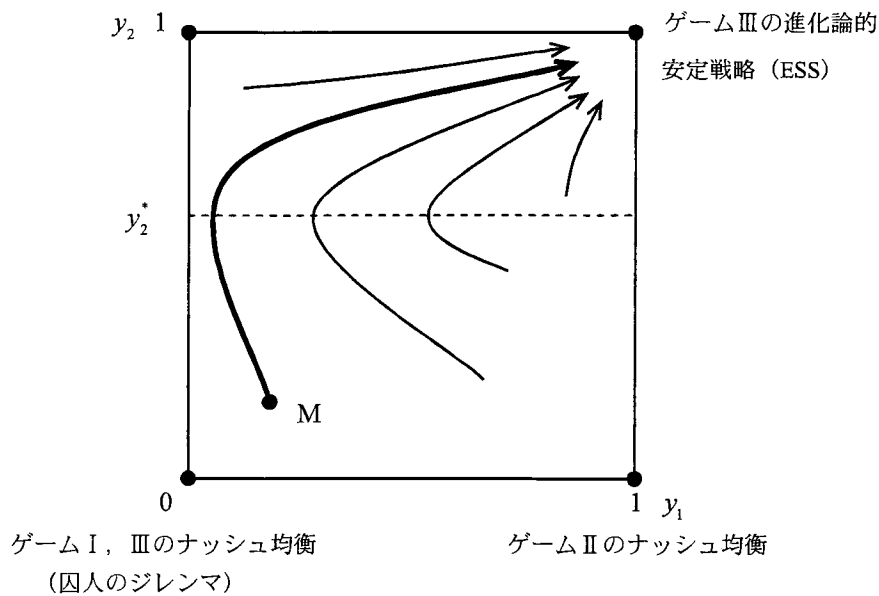
$$\frac{dy_1}{dt} = y_1[u_1(C) - \text{ave } u_1] = y_1(1 - y_1)(y_2 - y_2^*)(C_1 - Q_1^{**}) \quad (11)$$

$$\frac{dy_2}{dt} = y_2[u_2(C) - \text{ave } u_2] = y_2(1 - y_2)y_1[C_2 - Q_2^{**} + P_2] \equiv y_2(1 - y_2)y_1 B \quad (12)$$

$$y_2^* = (Q_1^* - Q_1^{**}) / (C_1 - Q_1^{**}) \quad (13)$$

ここで、 $u_i(C)$ 、 $\text{ave } u_i$  はそれぞれ、農村  $i$  の C 行動の平均利得、全体の平均利得を表す (Maynard-Smith, 1982; Weibull, 1995)。ペナルティーの水準が(10)式を満たすほどに高ければ、(12)式の  $B$  は正となる。





第3図 位相図

第3図は(11)~(13)式をもとに描かれた位相図である。ここで、農村1, 2の住民のごく一部が、なんらかの理由により、D行動から逸脱し、M点(変異点)に到達したと仮定しよう。農村2の住民にとっては、C行動がD行動を弱支配しているため、時間の経過とともに、C行動を選択する確率は上昇する。その結果、いずれ $y_2$ は $y_2^*$ に等しくなる。一方、農村1の住民がC行動を選択する確率は、 $y_2 < y_2^*$ では低下し、 $y_2 > y_2^*$ となつてはじめて上昇に転じる((11)式)。要するに、農村1の住民がC行動を選択する確率が上昇するか否かは、彼ら自身の行動確率のみならず、農村2の住民がどのような行動を選択するかにも依存する。きわめて複雑なフィードバック・プロセスであるが、このような状況は、Runge (1992)が「確信問題 (assurance problem)」と呼んだ状況に酷似している。すなわち、パレート効率的な状態が均衡として実現するためには、個々のプレイヤーが、相手のプレイヤーも協調するという確信を持たなくてはならない。

図に明らかなおとおり、 $(y_1, y_2) = (1, 1)$ がゲームⅢの進化論的安定戦略 (evolutionary stable strategy, ESS) である。つまり、プレイヤーが(D, D)という純粋戦略から任意の混合戦略へと変異 (mutate) すれば、農村1と農村2の交渉は「進化論的に」合意へと向かい、囚人のジレンマは回避される<sup>(6)</sup>。

ところで、冒頭で述べたとおり、共有資源の保全・管理における最大の争点は、協調行動と経済格差の関係であり、一般に格差の原因は、信用・技術へのアクセス、土地の所有構造などの相違にあると考えられる。(11)~(13)式に明らかなおとおり、収束の動学過程を説明する $Q_i^*$ および $Q_i^{**}$ は、自然条件、農地の保有状態といった農村の属性に関係する変数である。一方、収束過程は制裁金や米の消費量(所得移転後の所得)といったルールや政策にも依存する。このことから、以下の命題を得る。

【命題2】下流農村の非協調行動をペナルティーによって有効に阻止することができれば、農村1, 2の相互協調が戦略的安定戦略として実現する。進化論的安定均衡への収束過程は、農村の物理的・社会的属性によって規定される事前的所得と制裁金や所得移転といったルール・政策に規定される事後的所得に依存する。

#### 4. 費用負担と事後的所得

##### (1) 費用負担

農村間の相互協調を促し、状態をケース1からケース2へと移行させるためには、森林面積を拡大させなくてはならない。そこで問題となるのが造林費用の負担である。最初に、水田から森林への不可逆性を考慮して、(3)式を以下のように書き換える。

$$R = \begin{cases} R^* - \beta(A_1 - A_1^*) & (0 \leq \beta \leq 1) \text{ if } R \geq R^* (A_1 \leq A_1^*) \\ \bar{R} - A_1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\beta$ が可逆性の程度を表しており、この値が小さいほど、退耕還林は困難である。農村1, 2の灌漑用水の需給均衡条件としては、 $m(A_1 + s\bar{R}) = n[R^* - \beta(A_1 - A_1^*)]$ であり、これに(4), (5)式を代入すれば、

$$\tilde{A}_1^{**} = \tilde{Q}_1^{**} = \left[ \frac{z}{(1+z)} - \frac{s}{1+\beta z} \right] \bar{R} < Q_1^{**} \quad (14)$$

を得る。農村2の米生産量としては $\tilde{Q}_2^{**} = Q_2^{**}$ である。なお、(14)式が意味を持つ( $\tilde{A}_1^{**} \geq 0$ )ためには、次式を満たす必要がある<sup>(7)</sup>。

$$\beta \geq \frac{s(1+z) - z}{z^2} \quad (15)$$

次に、費用負担の方法であるが、Baland and Platteau (1998, p. 14)によれば、取引費用、公平性、情報の非対称性などの理由により、均一税率の適用が最も望ましい。そこで、税率を $100x\%$ とし、 $(1-x)\tilde{Q}^{**} = (1-x)(\tilde{Q}_1^{**} + \tilde{Q}_2^{**})$ が最大となるように $x$ を定めると仮定する。ここで税率の引き上げにより、可逆性の程度が上昇すると仮定し、 $\beta$ を

$$\beta = ax \quad (a > 0) \quad (16)$$

のように線形で表す。その結果、 $x$ の最適値( $x^*$ )は、次式で与えられる。

$$x^* = \frac{1}{az} \left[ \sqrt{\frac{s(1+z)(1+az)}{z+bs(1+z)}} - 1 \right] \quad (17)$$

極大化の2階条件は広域的に成立している<sup>(8)</sup>。仮定(f)から  $C_1 + C_2 = (1-x^*)\tilde{Q}^{**}$  が成立するので、農村*i*が負担する森林保全費用（米換算）は、

$$v_i = \tilde{Q}_i^{**} - C_i \quad (18)$$

となる。費用負担のルールは、農村1による灌漑用水の独占的な利用、農村2の造林活動への「ただ乗り」を抑止し、外部経済の内部化に寄与する<sup>(9)</sup>。ただし、造林費用の発生によって、消費用の米が減少するため、第2図の契約曲線はcdからc'd'へと縮小する。したがって、協調行動が起こる必要条件は次式となる。

$$(1-x^*)\tilde{Q}^{**} - Q^* \geq 0 \quad (19)$$

## (2) 米消費量の決定

(18)式に明らかたとおり、費用負担の決定は米消費量（事後的所得）の決定と表裏の関係にある。ここでは米消費量がナッシュ交渉（Nash Bargaining）によって決まると仮定する<sup>(10)</sup>。交渉解は次式で与えられる。

$$C_i^* = \frac{(1-x^*)\tilde{Q}^{**} + X_i - X_j}{2} \quad (i \neq j, i, j = 1, 2) \quad (20)$$

ここで、 $X_i$ は農村*i*の経済的な外部機会（outside option）を表す。ケース1をベンチマークと仮定したので、 $X_i \geq Q_i^*$ である。第2図のd'点に対応する米消費の組合せとしては、 $X_1 = X_{1\max} \equiv (1-x^*)\tilde{Q}^{**} - Q_2^*$ 、 $X_2 = Q_2^*$ である。これは農村1が最大の交渉力を持つことを意味する。一方、c'点は $X_1 = Q_1^*$ 、 $X_2 = X_{2\max} \equiv (1-x^*)\tilde{Q}^{**} - Q_1^*$ の場合のナッシュ交渉解である。市場経済の浸透等で、 $X_i > X_{i\max}$ となれば、交渉自体に意味がなく、協調行動は崩壊する<sup>(11)</sup>。反対に、農業（稲作）以外に就業の機会がなく、ケース1の米生産量が外部機会に等しければ（ $X_i = Q_i^*$ ）、 $C_1^* - C_2^* = Q_1^* - Q_2^*$ が成立する。つまり、米消費量の農村間格差は、協調行動の前後で変化しない。いずれにせよ、米消費量は交渉力に依存して決まり、その交渉力を規定するのは外部機会である。

米消費量、森林保全の費用負担が決まれば、所得移転額が確定する。したがって、(11)～(13)式から、ペナルティーの水準を所与として、進化論的安定戦略の収束過程も一意に定まる。

## 5. シミュレーション分析

本節では、関係するパラメータに適当な値を代入し、灌漑ゲームのシミュレーション分析を行う。まず、第2節の議論をふまえ、 $b=2$ 、 $e=0.7$ とする。 $a$ については、(15)、(16)

式から、 $a \geq [s(1+z) - z]/xz^2$  を満たさなくてはならないが、(17)式をこれに代入すれば、 $a \geq [s(1+z)\{z + bs(1+z)\} - z^2]/z^3$  を得る。この式の右辺は  $z$  の減少関数である。そこで、 $s=1$  を前提として、 $b=2$ 、 $z=1$  とすれば、 $a=9$  を得る。以下のシミュレーション分析では  $a$  を 9 に固定する。したがって、(15)式が成立せず、 $\tilde{A}_1^{**} < 0$  となるケースがあり、この場合には相互協調は期待できない。 $z$  については  $1 \leq z \leq 20$  とした。また、 $s$ （農村1の土地面積に対する農村2の水田面積）については  $0.5 \sim 1.5$  を仮定した。

第3表が計算結果の要約である。 $\beta - [s(1+z) - z]/z^2$  および  $(1-x^*)\tilde{Q}^{**} - Q^*$  は  $z$  の増加関数であるから、(15)、(19)式は  $z$  が大きいほど成立しやすい。 $x^*$  の値から、再森林化（造林）に要する費用は、米生産量の10%以下であることが分かる。(16)式から計算される  $\beta^*$  としては  $0.3 \sim 0.9$  である。表に明らかなおと、 $z$  の値が大きいほど、(19)式が成立しやすい。

たとえば、 $z=4$ 、 $s=0.75$  の場合、ケース1における農村1、2の米生産量はそれぞれ、 $0.80\bar{R}$ 、 $1.05\bar{R}$  であるが、ケース2で、それらは  $0.58\bar{R}$ 、 $1.50\bar{R}$  へと変化する。そして、 $X_i = Q_i^*$  の場合のナッシュ交渉解としては  $(C_1^*, C_2^*) = (0.85\bar{R}, 1.10\bar{R})$  であり、(18)式から、費用負担としては  $(v_1^*, v_2^*) = (-0.26\bar{R}, 0.40\bar{R})$  となる。つまり、農村2から農村1へ  $0.40\bar{R}$  のトランスファーがあり、 $0.14\bar{R}$  が造林費用となり、 $0.26\bar{R}$  が農村1への直接支払いとなる。第4図は  $s$  の変化が米消費量と費用負担に及ぼす影響を表している。 $s$  の上昇（農村2の農地面積の拡大）は、とくに農村2の米消費量を増加させるが、農村2の費用負担も同時に増加することが分かる。

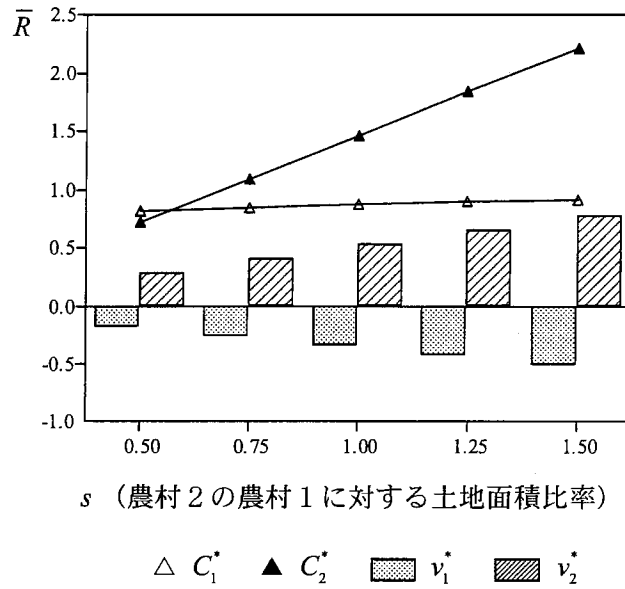
所得移転の現実的な理由であるが、1つは農村1への補償である。状況がケース1からケース2へと変化するれば、米生産量は農村1で減少し、農村2で増加する。その結果、米の生産格差が拡大する。農村2の米生産量の増加は、農村1の利他的な行動（灌漑用水の農村2への供給）によるものであるから、農村1の逸失所得を補償することは、公平性の観点から自然な措置といえる。もう1つは、農村1の森林経営権に関する。農村1がこれを根拠に水利権を主張すれば、農村2は用水利用の対価（水利費）を農村1に対して支払わなくてはならない<sup>(12)</sup>。

第5図は、 $\tilde{Q}_1^{**}/\tilde{Q}_2^{**}$ （ケース2における米生産量の農村間格差）と動学過程が進化論的安定戦略に収束するまでの時間（ $T^*$ ）との関係を表している<sup>(13)</sup>。(11)~(13)式に明らかなおと、収束時間はペナルティーの水準と米再分配のパターンにも依存するが、ここでは  $P_2 = 2.0$  とし、ナッシュ交渉解の外部機会として、 $X_i = Q_i^*$  を仮定した。図は割愛したが、制裁金の引き上げにより収束時間は短縮する。過料で問題となるのは、(10)式を等号で満たす  $P_2$  の水準であるが、収束時間が制裁金の減少関数であれば、そうした情報は必ずしも必要ではなく、制裁金は高額であるほど望ましい。第5図に明らかなおと、それぞれの  $z$  に対して、ケース2における農村間の生産格差（ $\tilde{Q}_1^{**}/\tilde{Q}_2^{**}$ ）が広がれば、収束時間が短くなる。 $X_i = Q_i^*$  以外の外部機会を仮定しても、 $T^*$  が  $\tilde{Q}_1^{**}/\tilde{Q}_2^{**}$  の増加関数であることが確認された。つまり、制裁金が高額で、ケース2における生産格差が大きいほど、進化論的安定

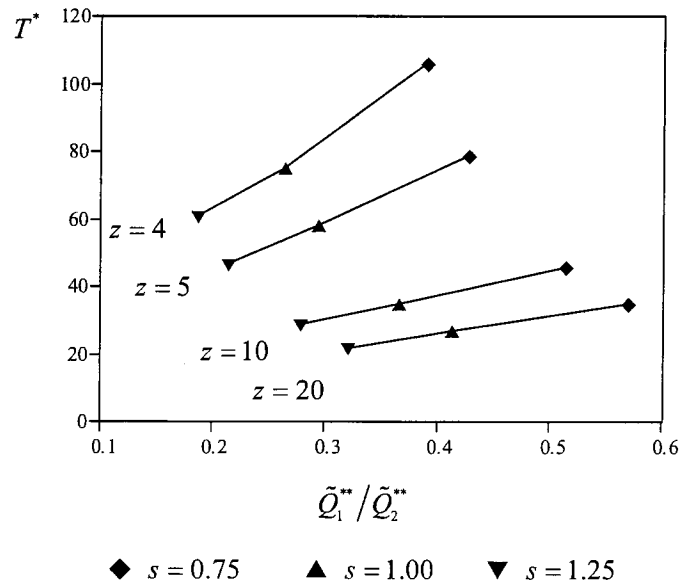
第3表 シミュレーションの結果

$s = 0.75$	$z = 1$	2	3	4	5	10	20
(15)式	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
(19)式	N	N	Y	Y	Y	Y	Y
$(x^*, \beta^*)$	-	-	(0.08, 0.69)	(0.07, 0.62)	(0.06, 0.57)	(0.05, 0.43)	(0.04, 0.32)
$(Q_1^*/\bar{R}, Q_2^*/\bar{R})$	(0.70, 1.05)	(0.70, 1.05)	(0.75, 1.05)	(0.80, 1.05)	(0.83, 1.05)	(0.91, 1.05)	(0.95, 1.05)
$(\tilde{Q}_1^{**}/\bar{R}, \tilde{Q}_2^{**}/\bar{R})$	-	-	(0.50, 1.50)	(0.58, 1.50)	(0.64, 1.50)	(0.77, 1.50)	(0.85, 1.50)
$(C_1^*/\bar{R}, C_2^*/\bar{R})$	-	-	(0.78, 1.08)	(0.85, 1.10)	(0.89, 1.11)	(1.01, 1.15)	(1.08, 1.18)
$(s_1^*/\bar{R}, s_2^*/\bar{R})$	-	-	(-0.27, 0.42)	(-0.26, 0.40)	(-0.25, 0.39)	(-0.24, 0.35)	(-0.23, 0.32)
$s = 1.00$	$z = 1$	2	3	4	5	10	20
(15)式	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
(19)式	N	N	Y	Y	Y	Y	Y
$(x^*, \beta^*)$	-	-	(0.08, 0.73)	(0.07, 0.66)	(0.07, 0.61)	(0.05, 0.46)	(0.04, 0.34)
$(Q_1^*/\bar{R}, Q_2^*/\bar{R})$	(0.70, 1.40)	(0.70, 1.40)	(0.75, 1.40)	(0.80, 1.40)	(0.83, 1.40)	(0.91, 1.40)	(0.95, 1.40)
$(\tilde{Q}_1^{**}/\bar{R}, \tilde{Q}_2^{**}/\bar{R})$	-	-	(0.44, 2.00)	(0.52, 2.00)	(0.59, 2.00)	(0.73, 2.00)	(0.82, 2.00)
$(C_1^*/\bar{R}, C_2^*/\bar{R})$	-	-	(0.79, 1.44)	(0.87, 1.47)	(0.92, 1.49)	(1.05, 1.54)	(1.13, 1.58)
$(s_1^*/\bar{R}, s_2^*/\bar{R})$	-	-	(-0.36, 0.56)	(-0.35, 0.53)	(-0.34, 0.51)	(-0.32, 0.46)	(-0.31, 0.42)
$s = 1.25$	$z = 1$	2	3	4	5	10	20
(15)式	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
(19)式	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
$(x^*, \beta^*)$	-	(0.10, 0.87)	(0.08, 0.76)	(0.08, 0.69)	(0.07, 0.63)	(0.05, 0.48)	(0.04, 0.35)
$(Q_1^*/\bar{R}, Q_2^*/\bar{R})$	(0.70, 1.75)	(0.70, 1.75)	(0.75, 1.75)	(0.80, 1.75)	(0.83, 1.75)	(0.91, 1.75)	(0.95, 1.75)
$(\tilde{Q}_1^{**}/\bar{R}, \tilde{Q}_2^{**}/\bar{R})$	-	(0.21, 2.50)	(0.37, 2.50)	(0.47, 2.50)	(0.53, 2.50)	(0.69, 2.50)	(0.80, 2.50)
$(C_1^*/\bar{R}, C_2^*/\bar{R})$	-	(0.70, 1.75)	(0.81, 1.81)	(0.90, 1.85)	(0.95, 1.87)	(1.09, 1.93)	(1.19, 1.98)
$(s_1^*/\bar{R}, s_2^*/\bar{R})$	-	(-0.49, 0.75)	(-0.44, 0.69)	(-0.43, 0.65)	(-0.42, 0.63)	(-0.40, 0.57)	(-0.39, 0.52)

注. Y: 式の成立, N: 式の不成立。



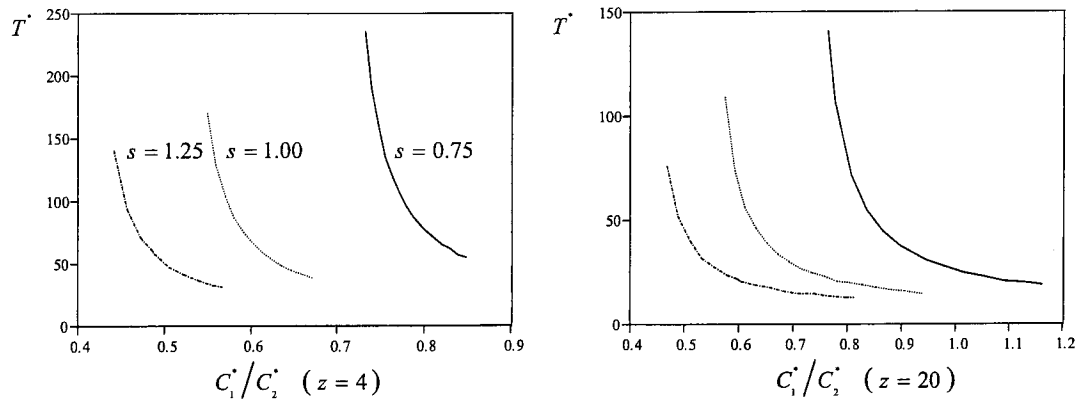
第4図 農村2の土地面積変化の影響 ( $e=0.7$ ,  $z=4$ )



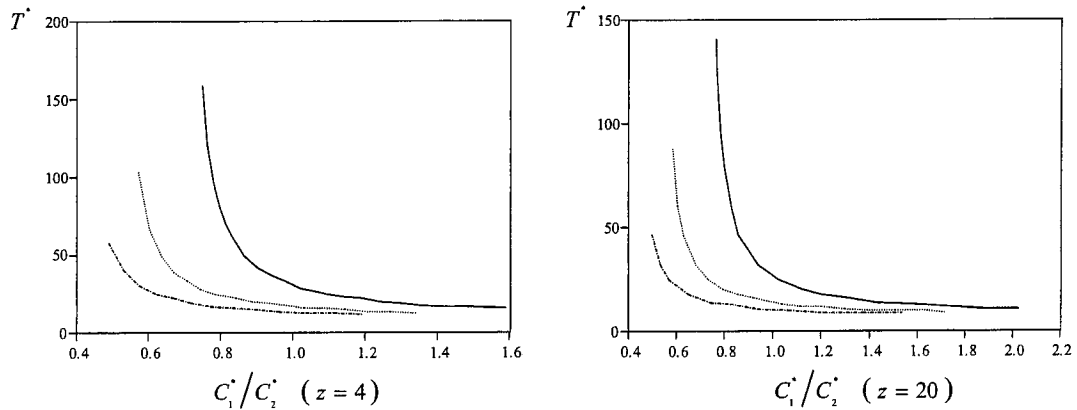
第5図 ケース2の生産格差と収束時間の関係 ( $e=0.7$ )

戦略（相互協調）への収束時間は短縮される。

ところで、収束時間は  $\tilde{Q}_1^{**}/\tilde{Q}_2^{**}$  のみならず、米が農家間でどのように分配されるかにも依存する（【命題2】）。第6図は、 $P_2=2.0$ とした場合の  $C_1^*/C_2^*$  と  $T^*$  の関係を表している。各曲線の右端は、外部機会が  $X_1=X_{1\max}$ ,  $X_2=Q_2^*$  のときのナッシュ交渉解が定める分配



第6図 米消費格差と収束時間の関係 ( $e = 0.7$ )



第7図 米消費量と収束時間の関係 ( $e = 0.5$ )

のパターン (第2図のd点) に対応している。一方、外部機会が  $X_1 = Q_1^*$ ,  $X_2 = X_{2\max}$  のとき、ナッシュ交渉解が定める分配のパターンは、第2図のc点に対応するが、この場合、(11)式で  $y_2 = y_2^*$  となるため、ESSへの収束は起こらず、 $T^* = \infty$  となる。

図に明らかなおとおり、収束過程をできるだけ迅速にESSへと導くためには、農村1が最大の交渉力を持たなくてはならない<sup>(14)</sup>。第7図は、 $e = 0.5$  とした場合の  $C_1^*/C_2^*$  と  $T^*$  の関係を表している。シミュレーションの計算値は補表IIを参照されたい<sup>(15)</sup>。 $e = 0.7$  の場合と同様に、ESSへの収束時間が最短となるのは、農村1が最大の交渉力を持つ場合である<sup>(16)</sup>。とくに第7図では、 $C_1^*/C_2^*$  の上昇にともなって  $T^*$  は低下するが、 $C_1^*/C_2^*$  が1を超過すると、その低下速度が急速に減速する。以上の分析結果は、農村1, 2の間の相互協調を短時間で成立させるためには、できるだけ多くの米(所得)を農村1へ分配しなくてはならないことを示唆している。また、そうした再分配は、結果的に農村間の米消費を均等化させる。

ところで、Olson (1965), Wade (1988)は、経済格差と協調行動の関係について、次のようなことを述べている。土地所有面積の相違等を原因として、特定の者が共有資源から多くの便益を享受している場合、彼らが資源管理コストの大部分を負担すれば、共有資源は良好な状態に維持される。コミュニティ内における富裕層・貧困層間のパトロン＝クライアント (patron-client) 関係が、資源の保全・管理に資するというのである。彼らの議論は、集落内の経済的な同質性よりも異質性が、資源管理に資するという文脈で論じられることが多い<sup>(17)</sup>。実際に、Molinas (1998, p.415)は Olson の議論を受けて、「富裕層が公共財供給に発生する外部経済の内部化に積極的にコミットすれば、そうした財の過小供給問題は発生しない」と述べている。反対に、Ostrom (1990), Lam (1996)は、利用者間の経済格差を是正する制度の設立が、灌漑用水の共同利用、施設の良好な保全・管理には不可欠であると主張している。

本稿の分析は、こうした意見の対立を矛盾なく説明しているように思える。第1に、上記のパトロン＝クライアント関係についてであるが、農村1が流域全体に灌漑用水を十分に供給すれば(農村1の利他的な行動)、農村2の米生産量は農地面積に比例して増加するが、農村2が負担する森林保全費用もそれにともなって増加する。つまり、費用は便益に比例する(第4図)。第2に、状況がケース1からケース2へと移行すれば、米生産量は農村1で減少、農村2で増加するので、トランスファーが起こる以前の所得(事前所得)は、2村の間で拡大する。そして、この格差が大きいほど、相互協調に到達するまでの収束時間は短い(第5図)。第3に、トランスファー以後の所得(事後所得)格差が小さいほど、収束時間は短い(第6図)。以上から次の命題を得る。

**【命題3】** 囚人のジレンマ(共有地の悲劇)から相互協調へと至る収束時間は、事前的(移転前)所得格差の減少関数であり、事後的(移転後)所得格差の増加関数である。事前的所得を所与とすれば、相互協調による資源管理をできるだけ早く実現させるためには、下流農村から上流農村への所得移転が不可欠である。こうした政策の導入により、灌漑用水は最も効率的に利用され、米消費に関するパレート効率が改善される。

## 6. 結論

中国雲南省元陽県の稲作と灌漑用水の利用は、2種類の地理的・立地的非対称性によって特徴づけられる。1つは、この地域全体で利用できる灌漑用水が上流農村の森林面積に強く依存するため、農業用水の農村間配分が、上流農村によってコントロールされているというものである。もう1つは、標高差にもとづく気候条件の相違により、土地の利用率が農村間で異なる(上流農村が単作、下流農村が2期作)というものである。こうした状況下で、上流農村が利己的に行動し、農地の外延的拡大を進めれば、下流農村は用水不足に見舞われる。反対に、上流農村が下流域に多くの灌漑用水を供給しようとするれば、自村



での開墾を制限し、米生産量の減少を甘受しなくてはならない。われわれのモデル分析は、この地域の経済がいわゆる「囚人のジレンマ」に陥りやすいことを示唆している。

本稿の目的は、こうした状態をモデルによって再現した上で、ジレンマを回避し、相互協調を促す方策を見出すことにある。現在、中国で実施されている退耕還林政策は、上流農村の森林伐採を厳しく制限している。しかし、こうした政策はパレート効率性を改善しない。ジレンマの状態を基準とすれば、上流農村の経済厚生が著しく損なわれるからである。そこで本稿では、上流農村の利他的な行動（下流農村への灌漑用水の供給）に対する下流農村の裏切り（トランスファーの拒否）を処罰するような制度の導入を提案した。モデル分析により、このゲームには囚人のジレンマと相互協調という2つのナッシュ均衡が存在するが、後者が唯一の進化論的安定戦略であることが判明した。さらに、安定戦略に至る収束時間が、農村の物理的および社会的属性のみならず、制裁金や所得移転といったルールや政策にも依存することが明らかとなった。

本分析の中心的なテーマは、この下流農村から上流農村への所得移転が動学的過程（収束時間）に及ぼす影響を検討することにある。囚人のジレンマから相互協調への移行過程が迅速であるほど、住民が獲得する経済的便益の割引現在価値は高まる。シミュレーション分析の結果、収束時間は、移転前の事前的所得格差の減少関数であることが分かった。つまり、米生産量の格差が大きいほど、相互協調への収束は迅速に進む。この事前的な格差を所与として、移行過程をできるだけ早めるためには、下流農村から上流農村への所得移転（直接支払いと森林保全費用の負担）が不可欠である。要するに、相互協調によって、より多くの便益を享受する側（下流農村）が応分の負担をし、所得の均等化を図れば、共有資源は良好な状態に維持される。最後に、経済格差と協調行動の関係については、重要なテーマであるにもかかわらず、研究者の間で十分なコンセンサスが得られていない。本稿の分析はその原因が、事前・事後所得の混同にあることを示唆している。

## 補論Ⅰ 生産関数の推計

筆者が独自に収集した元陽県農業調査票をデータ・ソースとして、コブ＝ダグラス（Cobb-Douglas）型生産関数を推計した。補表1が推計結果である。労働力の決定が稲作生産量に依存していれば、内生性の問題が生じる。そこで、農村労働人口を操作変数（IV）として、操作変数法により生産関数を推計し、Hausman検定を行った（第2列）。 $p$ 値が示すとおり、パラメータに関する一致性の検定は棄却されない。したがって、労働を外生変数として扱うことに問題はないと判断される。

灌漑用水の利用に関するデータがなく、それを説明変数として加えることはできなかった。しかし、下流農村ダミー（下流農村＝1，上流農村＝0）の推定値としては、正で統計的に有意である。この推定値と定数項の差が、水利用と土地利用度（単作，2期作）の複合効果を表している。OLS推計結果から、下流農村の上流農村に対する生産性は $\exp(0.296 - 0.692)/\exp(-0.692) = 1.34$ （下流農村の34%高）となる。農地に比べると、

労働，肥料，役畜の弾力性値は小さく，労働，役畜についてはゼロと有意差がない。

補表 1 生産関数の推計結果

	OLS		操作変数法	
定数項	-0.692***	(-2.62)	-0.806**	(-2.48)
ln(労働)	0.061	(1.23)	0.102	(1.22)
ln(農地)	0.855***	(19.04)	0.832***	(13.92)
ln(肥料)	0.081***	(3.13)	0.076***	(2.79)
ln(役畜)	0.023	(0.89)	0.024	(0.91)
下流農村ダミー	0.296***	(6.07)	0.301***	(6.07)
$\chi^2$	—		0.366	
$p$ 値	—		0.999	
Adj. $R^2$	0.884		0.884	
標本数	124		124	

資料：『元陽県農業調査』。

注．括弧内の数字は  $t$  値を表す。\*，\*\*，\*\*\*はそれぞれ，10%，5%，1%水準で有意であることを意味する。

補論II シミュレーションの結果

補表2 シミュレーションの結果 ( $e=0.5$ )

$s=0.75$	$z=1$	2	3	4	5	10	20
(15)式	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
(19)式	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
$(x^*, \beta^*)$	(0.10, 0.94)	(0.09, 0.78)	(0.08, 0.69)	(0.07, 0.62)	(0.06, 0.57)	(0.05, 0.43)	(0.04, 0.32)
$(Q_1^*/\bar{R}, Q_2^*/\bar{R})$	(0.50, 0.75)	(0.67, 0.75)	(0.75, 0.75)	(0.80, 0.75)	(0.83, 0.75)	(0.91, 0.75)	(0.95, 0.75)
$(\bar{Q}_1^{**}/\bar{R}, \bar{Q}_2^{**}/\bar{R})$	(0.11, 1.50)	(0.37, 1.50)	(0.50, 1.50)	(0.58, 1.50)	(0.64, 1.50)	(0.77, 1.50)	(0.85, 1.50)
$(C_1^*/\bar{R}, C_2^*/\bar{R})$	(0.60, 0.85)	(0.81, 0.90)	(0.93, 0.93)	(1.00, 0.95)	(1.04, 0.96)	(1.16, 1.00)	(1.23, 1.03)
$(s_1^*/\bar{R}, s_2^*/\bar{R})$	(-0.48, 0.65)	(-0.44, 0.60)	(-0.42, 0.57)	(-0.41, 0.55)	(-0.40, 0.54)	(-0.39, 0.50)	(-0.38, 0.47)
$s=1.00$	$z=1$	2	3	4	5	10	20
(15)式	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
(19)式	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
$(x^*, \beta^*)$	(0.11, 1.00)	(0.09, 0.83)	(0.08, 0.73)	(0.07, 0.66)	(0.07, 0.61)	(0.05, 0.46)	(0.04, 0.34)
$(Q_1^*/\bar{R}, Q_2^*/\bar{R})$	(0.50, 1.00)	(0.67, 1.00)	(0.75, 1.00)	(0.80, 1.00)	(0.83, 1.00)	(0.91, 1.00)	(0.95, 1.00)
$(\bar{Q}_1^{**}/\bar{R}, \bar{Q}_2^{**}/\bar{R})$	(0.00, 2.00)	(0.29, 2.00)	(0.44, 2.00)	(0.52, 2.00)	(0.59, 2.00)	(0.73, 2.00)	(0.82, 2.00)
$(C_1^*/\bar{R}, C_2^*/\bar{R})$	(0.64, 1.14)	(0.87, 1.21)	(0.99, 1.24)	(1.07, 1.27)	(1.12, 1.29)	(1.25, 1.34)	(1.33, 1.38)
$(s_1^*/\bar{R}, s_2^*/\bar{R})$	(-0.64, 0.86)	(-0.58, 0.79)	(-0.56, 0.76)	(-0.55, 0.73)	(-0.54, 0.71)	(-0.52, 0.66)	(-0.51, 0.62)
$s=1.25$	$z=1$	2	3	4	5	10	20
(15)式	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
(19)式	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
$(x^*, \beta^*)$	—	(0.10, 0.87)	(0.08, 0.76)	(0.08, 0.69)	(0.07, 0.63)	(0.05, 0.48)	(0.04, 0.35)
$(Q_1^*/\bar{R}, Q_2^*/\bar{R})$	(0.50, 1.25)	(0.67, 1.25)	(0.75, 1.25)	(0.80, 1.25)	(0.83, 1.25)	(0.91, 1.25)	(0.95, 1.25)
$(\bar{Q}_1^{**}/\bar{R}, \bar{Q}_2^{**}/\bar{R})$	—	(0.21, 2.50)	(0.37, 2.50)	(0.47, 2.50)	(0.53, 2.50)	(0.69, 2.50)	(0.80, 2.50)
$(C_1^*/\bar{R}, C_2^*/\bar{R})$	—	(0.93, 1.52)	(1.06, 1.56)	(1.15, 1.60)	(1.20, 1.62)	(1.34, 1.68)	(1.44, 1.73)
$(s_1^*/\bar{R}, s_2^*/\bar{R})$	—	(-0.72, 0.98)	(-0.69, 0.94)	(-0.68, 0.90)	(-0.67, 0.88)	(-0.65, 0.82)	(-0.64, 0.77)

注. Y: 式の成立, N: 式の不成立。

〔注〕

- (1) 経済格差と協調行動の関係については Baland and Platteau (1996 and 1999)に包括的な文献レビューがある。
- (2) 集落内の農地が多くのプロットに分割され、農家がそれらを分散して所有・耕作していれば、立地上の非対称性は問題とはならない。
- (3) この地域では多収量品種がすでに導入されている。よく知られているように、多収量品種の栽培には、十分な灌漑用水が不可欠である。
- (4) 米収量は灌漑用水の供給量のみならず、配水のタイミングにも依存する。したがって、番水、排水利用等で、農村2の水不足はある程度、解消されるかもしれない。しかし、農村1では水田の漏水を予防し、雑草の繁茂を抑える目的で、収穫後も排水をせず、年間を通して灌水させている。加えて、河川が農村2にとっての唯一の水源であるため、灌漑用水の需給均衡条件は、 $m(A_1 + \bar{R}) = nR$ となる。
- (5) 元陽県では異民族ごとに居住区が異なり、標高の高い方から、哈尼（ハニ）族、彝（イ）族、傣（ダイ）族の居住区となっている。民族、宗教の相違といった社会的な異質性は、協調行動を阻害する重要なファクターである（Bardhan, 1993 and 2000）。
- (6) ゲームⅢの相互協調(C, C)は、無限繰り返しゲームの「トリガー戦略 (trigger strategy)」を用いても説明できる。Lise (2005)は無限繰り返しゲームを用いて、北インドの農村における森林保全を説明した。進化ゲーム理論や無限繰り返しゲームの考え方を敷衍すれば、歴史の長い農村ほど相互協調が成立する確率は高まる。南インドの灌漑管理を研究した Bardhan (2000)によれば、歴史の長い農村には施設の共同管理が慣習として根付いている。
- (7) 当然、 $\beta = 1$ の場合、(14)、(15)式はそれぞれ、(5')、(8)式となる。
- (8)  $(1-x)\tilde{Q}^*$ のxに関する2回微分は $-2azs(1+az)/(1+azx)^3 < 0$ となる。
- (9) Lam (1996)は、下流農民が頭首工や取水口の保全・管理に協力すれば、下流農民にも水利権の一部が譲渡されると述べている。
- (10) 仮定(f)の下で、ナッシュ交渉解は次式で与えられる。
- $$\max_{c_1, c_2} \varphi = (C_1 - X_1)(C_2 - X_2) \quad \text{s.t.} \quad C_1 + C_2 = (1-x^*)\tilde{Q}^*$$
- (11) 若干の留保はあるものの、市場経済の農村への浸透がある閾値を超えると、共有資源の共同管理体制は崩壊するという点で識者の意見は一致している（Baland and Platteau, 1996）。
- (12) Otsuka and Place (2001)が指摘するように、造林事業に投資した者が、森林に対する所有権を強く主張するであろう。したがって、森林面積が $R^*$ にまで回復すれば、農村1の森林は農村1と農村2の共同管理下に置かれ、農村2は森林保全費用の全額を負担した見返りに、水利権を主張するはずである。その結果、外部経済は内部化され、灌漑用水の供給は社会的な最適値に接近するはずである。
- (13) 本稿では、変異点を $(y_1, y_2) = (0.3, 0.3)$ とし、両村でC行動を選択する者の割合が、95%を超えた場合に収束が完了したと仮定した。これらの仮定は結論に重大な影響を及ぼさない。
- (14) Tang (1992)は水源に近いという理由で、上流農村の方が下流農村よりも、強い交渉力を発揮できると述べている。しかし、交渉力の源泉は外部機会であり、農村1よりも農村2の方が市場経済に近接していれば、 $X_2 > X_1$ が成立する。その結果、灌漑用水の配分に関しては、農村2の方が強い交渉力を有していると考えられる。

- (15) 米消費量を所与とすれば,  $Q_i^*$  と  $\tilde{Q}_i^{**}$  ( $i = 1, 2$ ) は  $e$  の関数ではないので, 再生産動学は  $e$  の影響を受けない。
- (16)  $e = 0.3$  の場合,  $T^*$  が最小値をとるのは, 農村 1 に最大の交渉力が与えられた場合ではない。
- (17) もちろん, これとは異なる見解も表明されている (Bardhan, 1993)。

## 謝辞

本研究は, 科学研究費補助金基盤研究 (B) 「日中英における農村共有資源の開発・利用・保全に関する比較制度分析」(生源寺真一東京大学教授, 平成 15~17 年度) の成果でもある。雲南省紅河州元陽県での調査では, 謝勇氏 (元陽県人民政府副県長) をはじめ, 多くの方々から絶大な協力を賜った。記して感謝の意を表したい。

## 〔引用文献〕

- Adhikari, B (2005) “Poverty, Property Rights and Collective Action: Understanding the Distributive Aspects of Common Property Resource Management.” *Environment and Development Economics* 10: 7-31.
- Aggarwal, R.M. and Narayan, T.A. (2004) “Does Inequality Lead to Great Efficiency in the Use of Local Commons? The Role of Strategic Investments in Capacity.” *Journal of Environmental Economics and Management* 47: 163-182.
- Baland, J.M. and Platteau, J.P. (1996) *Halting Degradation of Natural Resources: Is there a Role for Rural Communities?* New York: Oxford University Press.
- Baland, J.M. and Platteau, J.P. (1998) “Wealth Inequality and Efficiency in the Commons, Part II: the Regulated Case.” *Oxford Economic Paper* 50: 1-22.
- Baland, J.M. and Platteau, J.P. (1999) “The Ambiguous Impact of Inequality on Local Resource Management.” *World Development* 27: 773-788.
- Bardhan, P. (1993) “Analytics of the Institutions of Informal Cooperation in Rural Development.” *World Development* 21: 633-639.
- Bardhan, P. (2000) “Irrigation and Cooperation: An Empirical Analysis of 48 Irrigation Communities in South India.” *Economic Development and Cultural Change* 48: 847-865.
- Cardenas, J.C. (2003) “Real Wealth and Experimental Cooperation: Experiments in the Field Lab.” *Journal of Development Economics* 70: 263-289.
- Chambers, R. (1988) *Managing Canal Irrigation: Practical Analysis from South Asia*. New York: Cambridge University Press.
- Dayton-Johnson, J. and Bardhan P. (2002) “Inequality and Conservation on the Local Commons: A Theoretical Exercise.” *Economic Journal* 112: 577-602.
- Jones, E.C. (2004) “Wealth-Based Trust and the Development of Collective Action.” *World Development* 32: 691-711.

- Knox, A., Meinzen-Dick, R., and Hazell, P. (2002) "Property Rights, Collective Action, and Technologies for Natural Resource Management: A Conceptual Framework." In R. Meinzen-Dick, A. Knox, F. Place and B. Swallow eds. *Innovation in Natural Resource Management: The Role of Property Rights and Collective Action in Developing Countries*. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press, pp. 12-44.
- Lam, W.F. (1996) "Improving the Performance of Small-Scale Irrigation Systems: The Effects of Technological Investments and Governance Structure on Irrigation Performance in Nepal." *World Development* 24: 1301-1315.
- Levine, G. (1980) "The Relationship of Design, Operation, and Management." In E.W. Coward, Jr. ed. *Irrigation and Agricultural Development in Asia*. Ithaca and London: Cornell University Press, pp. 51-62.
- Lise, W. (2005) "A Game Model of People's Participation in Forest Management in Northern India." *Environment and Development Economics* 10: 217-240.
- Maynard-Smith, J. (1982) *Evolution and the Theory of Game*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Molinas, J.R. (1998) "The Impact of Inequality, Gender, External Assistance and Social Capital on Local-Level Cooperation." *World Development* 26: 413-431.
- Mukhopadhyay, L. (2004) "Inequality, Differential Technology for Resource Extraction and Voluntary Collective Action in Commons." *Ecological Economics* 49: 215-230.
- Olson, M. (1965) *The Logic of Collective Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ostrom, E. (1990) *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.
- Ostrom, E., and Gardner, R. (1993) "Coping with Asymmetries in the Commons: Self-Governing Irrigation Systems Can Work." *Journal of Economic Perspectives* 7: 93-112.
- Otsuka, K. and Place, F. (2001) *Land Tenure and Natural Resource Management: A Comparative Study of Agrarian Communities in Asia and Africa*. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press.
- Runge, C.F. (1992) "Common Property and Collective Action in Economic Development." In D.W. Bromley ed. *Making the Commons Work: Theory, Practice, and Policy*. San Francisco, California: ICS Press, pp. 17-39.
- Sethi, R. and Somanathan, E. (1996) "The Evolution of Social Norms in Common Property Resource Use." *American Economic Review* 86: 766-788.
- Shivakoti, G. and Ostrom, E. (2002) *Improving Irrigation Governance and Management in Nepal*. Oakland, California: ICS Press.
- Tang, S.Y. (1992) *Institutions and Collective Action: Self-Governance in Irrigation*. San Francisco, California: ICS Press.

- Varughese, G. and Ostrom E. (2001) "The Contested Role of Heterogeneity in Collective Action: Some Evidence from Community Forest in Nepal." *World Development* 29: 747-765.
- Wade, R. (1988) *Village Republics: Economic Conditions for Collective Action in South India*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weibull, J.W. (1995) *Evolutionary Game Theory*. Cambridge, MA: MIT Press.
- White, T.A. and Runge, C.F. (1994) "Common Property and Collective Action: Lessons from Cooperative Watershed Management in Haiti." *Economic Development and Cultural Change* 43: 1-41.