

## 《研究ノート》

## 気まぐれな投稿行動：懲罰と金銭的報酬の効果

横 尾 昌 紀

## 1 はじめに

本学術雑誌である岡山大学経済学会雑誌（以下、紀要）では、岡山大学経済学部の教員の一部から成る経済学会委員会がその編集を担当する。この紀要には、論説や研究ノートの他、書評、翻訳、あるいは研究資料といったものが掲載される。寄稿する主体は主として岡山大学経済学部の教員であるが、投稿は教員間での強制的な持ち回りではなく、各個人の自発的な意思によるものである。その結果、経済学会委員会は各号ごとに原稿提出の締め切りを設けるものの、潜在的投稿者である教員はそもそもその時点までに原稿を準備できなかつたり、書いても他の学術雑誌へ投稿するという選択肢があるため、発刊に必要な最低限のページ数を満たすだけの投稿数が確保できない危険がある。

この危険を小さくする可能性のある制度的仕組みがすでにいくつか存在する。ひとつは、投稿者への金銭的支払である。現在、資料代という名目で論説や研究ノートの投稿者に対して、経済学会の予算から一定額の“報酬”が支払われている。他の条件を一定とすれば、資料代の引き上げはより多くの投稿を促すものと考えられよう。他の仕組みとしては、本学で実施されている教員の「活動評価」が考えられるであろう。そこでは学術雑誌への論文の掲載は有利な評価となり、最終的に昇進や給与などの処遇に反映される。逆に学術的公刊業績が極端に乏しい場合には不利な評価となる。このような、一時的な金銭的報酬や長期に渡る経済的な処遇の改善を求める動機が、教員の紀要への投稿を促すと想定するのは不自然ではないであろう。

Yokoo (2004) では、潜在的投稿者と投稿への金銭的報酬との関係に着目して、報酬の支払の仕組みの違いや、その金額の違い、また、予測の合理性の違いなどが投稿数にどのような違いをもたらすかをモデル分析を通じて検討した。特にそこでは、現行の「定額支払制度」(constant per-capita payment scheme) と新たに提案された「支払総額一定制度」(constant total payment scheme) の比較に重点を置いた。前者は、投稿数に関わらず、一本の論文（論説、ノートなど）につき予め決められた金額が報酬として支払われる仕組みである。後者は、予め決められた支払総額を投稿者の数で割った額がそれぞれの投稿者に支払われる仕組みである。前者の場合は、他の潜在的投稿者が投稿するかどうかにかかわらず、自分の取り分に影響はない。しかし、後者の場合は、投稿者が多ければ多いほど投稿する自分の取り分は小さくなる。特筆すべき結果として、支払総額一定制度のもとで、投稿者がある種の限定的合理性をもつ場合、投稿数が周期的あるいはカオス的変動をしようことを解析的に示した。また、報酬の支払のための予算が少なく限定されている場合には、支払総額一定制度の方が定額支払制度よりも実際の投稿数を確保するという観点から好ましいことを数値計算等により示唆し

た。

本稿では、Yokoo (2004) において取り込まれなかったいくつかの構成要素をモデルに取り込む。より具体的には、教員の活動評価において複数年に渡る学術的業績が評価の対象になることを踏まえ、潜在的投稿者の今期のみならず自身の過去の投稿状況が今期の意思決定に影響するようにモデルを拡張する。更にもうその際、評価者（部局長や学長など）がとりうる政策手段としての「怠業に対する処罰」を明示的にモデルに取り入れる。そして、このように新たに拡張されたモデルを用いて教員の投稿行動や、そのもとで特に懲罰が投稿行動に与える政策的含意や報酬制度との関連を考察することにしよう。

## 2 モデルの設定

支払総額一定制度のもとでの投稿行動の動学を最初にモデル化する。時間に関して不変なサイズ  $N$  の潜在的投稿者の集団（ここでは、経済学部全教員）を考える。時間は離散的で、0 から無限大に進む。支払総額  $B \geq 0$  は 0 期の期首に公表される。  $y_t \in [0, 1]$  を  $t$  期に実際に投稿した教員の全教員に対する割合とし、 $t$  期における（実際の）投稿率と呼ぶことにする。各期の期首において、どの教員もその期に何人の教員が投稿するか知らない。投稿に対する報酬を計算するため、各期首に潜在的投稿者はその期の投稿率を予想する。単純化のためにこの予想（期待投稿率と呼ぼう）は各教員の間で共通であるとしよう。  $t$  期の期待投稿率を  $x_t \in [0, 1]$  と表記し、それは以下の単純な適応的 (adaptive) な期待に基づいて形成されるとしよう。

$$x_t = \alpha x_{t-1} + (1 - \alpha)y_{t-1}, \quad \alpha \in [0, 1]. \quad (1)$$

この期待形成式で、 $\alpha = 0$  のとき、しばしば期待は静学的 (static) あるいは近視眼的 (myopic) であると言われる。よって、 $t$  期における各投稿者の期待報酬は

$$\frac{B}{Nx_t} \quad (2)$$

で与えられる。

投稿に際しての費用を考えよう。ここでの費用とは、資料を集めるのに掛かった金銭的費用や、論文を書く際の肉体的あるいは精神的な負担や、他の学術的評価の高い学術雑誌に投稿し掲載されていたら得られたであろう名声の一種の機会費用などを総合的に含む。まず、 $i$  番目の潜在的投稿者の  $t$  期における費用で、過去の状況に依存しない部分を以下のように表現しよう。

$$v_{i,t} = v + \sigma \varepsilon_{i,t}. \quad (3)$$

ここで、 $\{\varepsilon_{i,t}\}$  は平均 0 の独立同分布の確率変数、 $v > 0$  は平均費用、 $\sigma \geq 0$  は異質性 (heterogeneity)

を表す定数で、 $\sigma = 0$  のとき、投稿者は同質 (homogeneous) であると考えられる。

過去の状況に関して、今期の意思決定に際し、1期前に投稿したかどうかとその投稿者の利得に関わると想定する。いくつかの想定が可能であるが、本稿では3つの状況を考慮してみる。第1は、前期に投稿している場合、今期に再び投稿するには通常以上の追加的な負担  $\rho \geq 0$  が掛かるという想定である。第2は、前期に投稿しなかった場合、今期も投稿しなければ  $s \geq 0$  の処罰を受けるという想定である。第3は、1期前の投稿による評価の加点  $r \geq 0$  がその期のみならず、今期にも割引かれたうえで続けて加算されるという想定である。

上記の3つの想定を考慮すると、 $t-1$  期に投稿した場合、 $t$  期に投稿するときを得られる期待利得は、

$$\frac{B}{Nx_t} + r - v_{i,t} - \rho \tag{4}$$

となる。投稿しない場合の利得は  $(1-\delta)r$  である。ただし、 $\delta \in [0, 1]$  は投稿の業績としての評価に対する割引率である。一方、 $t-1$  期に投稿していない場合、 $t$  期に投稿するときの期待利得は、

$$\frac{B}{Nx_t} + r - v_{i,t} \tag{5}$$

であるが、投稿しない場合の利得は  $-s$  となる。

陽表的なモデルを得るために、(3) 式における誤差項  $\varepsilon$  が平均 0、分散  $\pi^2/3$  のロジスティック分布に従うと仮定しよう。他の連続分布を用いても本質的な議論の趣旨に影響はない。このとき、期待投稿率  $x_t$  のもとの、 $t-1$  期に投稿した投稿者が  $t$  期に再び投稿する確率は、

$$\left[ 1 + \exp \left[ \frac{1}{\sigma} \left( v + \rho - \delta r - \frac{B}{Nx_t} \right) \right] \right]^{-1} \tag{6}$$

で表される。また、 $t-1$  期に投稿しなかった投稿者が  $t$  期に投稿する確率は、

$$\left[ 1 + \exp \left[ \frac{1}{\sigma} \left( v - s - r - \frac{B}{Nx_t} \right) \right] \right]^{-1} \tag{7}$$

で表される。よって、 $t$  期の実際の投稿率  $y_t$  は、

$$y_t = y_{t-1} \left[ 1 + \exp \left[ \frac{1}{\sigma} \left( v + \rho - \delta r - \frac{B}{Nx_t} \right) \right] \right]^{-1} + (1 - y_{t-1}) \left[ 1 + \exp \left[ \frac{1}{\sigma} \left( v - s - r - \frac{B}{Nx_t} \right) \right] \right]^{-1} \tag{8}$$

となる。(1) 式と (8) 式の組は本稿での基本モデルを構成する。特に、 $\rho = s = \delta r = 0$  のとき、(1) 式と (8) 式は、

$$x_{t+1} = \alpha x_t + (1 - \alpha) \left[ 1 + \exp \left[ \frac{1}{\sigma} \left( v - \frac{B}{Nx_t} \right) \right] \right]^{-1} \quad (9)$$

という1階の差分方程式に還元されるが、これはYokoo (2004) で研究されたモデルである。

### 3 その他のモデリング：比較の対象として

#### 3.1 支払総額一定かつ完全予見

この小節では、ベンチマークとして、合理的期待形成の特殊形としての完全予見のモデルを簡単に確認しておく。完全予見の仮定のもとでは、各期の期待投稿率と実際の投稿率が等しくなるので、(1)式に代わって、 $x_t = y_t$ を仮定する。これを(8)式に代入すると、完全予見のもとでの投稿率の動学は、

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} \left[ 1 + \exp \left[ \frac{1}{\sigma} \left( v + \rho - \delta r - \frac{B}{Ny_t} \right) \right] \right]^{-1} \\ & + (1 - y_{t-1}) \left[ 1 + \exp \left[ \frac{1}{\sigma} \left( v - s - r - \frac{B}{Ny_t} \right) \right] \right]^{-1} \end{aligned} \quad (10)$$

という陰伏的に定義された1階の差分方程式により記述される。簡単な計算から、(10)式の定常状態、すなわち、 $y_t = y_{t-1} = y$ となる $y$ は一意に存在することが判る。(10)式の定常状態と、(1)および(8)式の投稿率に関する定常状態は同一であることに注意する。さらに、(10)式の陰伏的な微分により、

$$\frac{dy_t}{dy_{t-1}} \leq 0$$

であるので、(10)式の解軌道は高々周期2である。

#### 3.2 定額支払モデル

定額支払であれば、投稿率や期待投稿率に個人の意思決定は依存しなくなる。この場合、実際の投稿率の動学は完全予見の場合でも適応的期待形成の場合でも同じものとなる。すなわち、ひとつの投稿に対する報酬を $b \geq 0$ とすると、いずれの期待形成の場合でも $t$ 期の投稿率 $y_t$ は以下のように決まる。

$$\begin{aligned} y_t = & y_{t-1} \left[ 1 + \exp \left[ \frac{v + \rho - \delta r - b}{\sigma} \right] \right]^{-1} \\ & + (1 - y_{t-1}) \left[ 1 + \exp \left[ \frac{v - s - r - b}{\sigma} \right] \right]^{-1}. \end{aligned} \quad (11)$$

1階の線形差分方程式である(11)式は、 $-1 < dy_t/dy_{t-1} < 1$ より、大域的漸近安定な定常状態 $y_{pf}$ をもち、それは

$$y_{pf} = \frac{H_2}{1 - H_1 + H_2}, \quad (12)$$

となる。ただし、

$$H_1 = \left[ 1 + \exp \left[ \frac{v + \rho - \delta r - b}{\sigma} \right] \right]^{-1}, \quad H_2 = \left[ 1 + \exp \left[ \frac{v - s - r - b}{\sigma} \right] \right]^{-1}$$

である。

#### 4 懲罰政策の含意

Yokoo (2004) の結果から、1次元系である(9)式が任意の周期の周期変動やさらにカオスの変動をもたらすことがすでに理解されている。したがって、(9)式を特殊系として含む、2次元系である(1)および(8)式に対しても、(9)式で見られる周期性やカオス性といった動学的な特徴の多くが見出されることは当然予想される。実際、少なくとも、1次元系に近い2次元系、すなわちここでは、(8)式より、

$$\rho + s + (1 - \delta)r \approx 0$$

のとき、かつ、動学的振舞いが比較的よくわかっている区分線形に近いとき、すなわち、潜在的投稿者の同質性が高い、言い換えると、

$$\sigma \approx 0$$

のとき、そのような複雑性が典型的現象として発生することを示すことができるが、厳密な分析は別の機会に譲ることとする。その代わりに、数値計算を通じて政策や制度選択の効果を検証する。特に、パラメータが必ずしも1次元の区分線形系に近くないところで観察される周期的変動やカオスの変動のもとでの懲罰政策が投稿率やそれに関連する指標にどのような影響を及ぼすかという点に着目する。

##### 4.1 懲罰とカオスの変動

連続2期間の投稿がなかった場合に課される懲罰に関する政策パラメータ  $s$  の政策的効果を数値実験を通じて観察する。基本モデルの(1)と(8)式に対し、パラメータを

$$\alpha = 0.65, \quad r = 0, \quad v = \rho = 2, \quad \sigma = 0.15, \quad B = 10, \quad N = 40$$

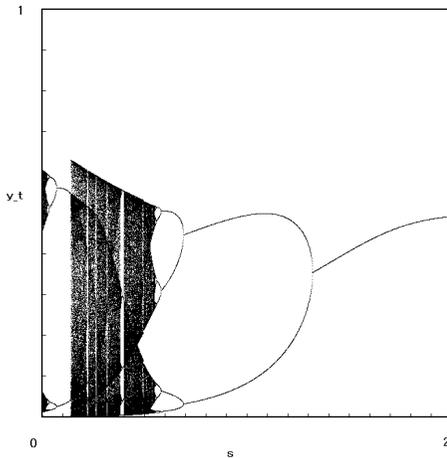


図1：支払総額一定制度のもとでの懲罰水準  $s$  に対する投稿率の分岐図。周期倍分岐を通じてカオスの発生する様子が観察できる。

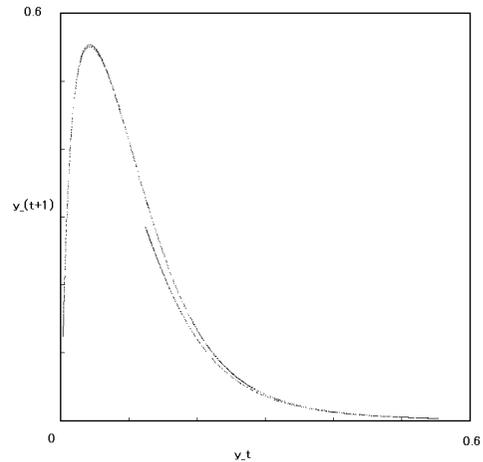


図2：支払総額一定制度のもとでの  $(y_t, y_{t+1})$  平面上のストレンジ・アトラクタ。  $s = 0.4$ 。

に固定する。パラメータ  $s$  を 0 から 2 まで動かしたときの基本モデルの分岐図を図 1 に表す。  $s$  が大きい場合は定常的な振舞いをするが、  $s$  が小さくなるにつれ、典型的な周期倍分岐 (period-doubling bifurcation) のカスケードを通じてカオス的な振舞いが発生する様子が観察できる。  $s = 0.4$  のときの  $(y_t, y_{t+1})$  平面上的のアトラクタを図 2 に表す。いわゆる Hénon-like のストレンジ・アトラクタ (strange attractor) である。 Hénon-like アトラクタに関しては、例えば、Palis and Takens (1995) を参照せよ。

#### 4.2 期待の合理性と投稿率

前小節の結果を完全予見の場合と比較してみよう。(10) 式は当該のパラメータの範囲については定常状態が大域的に漸近安定であることが数値的に確かめられるので、定常状態に議論を限定する。すでに述べたように、この定常状態は同時に適応的期待の場合の定常状態でもある。政策パラメータ  $s$  を 0 から 2 まで動かしたときの (10) 式 (あるいは (1) および (8) 式) の定常状態を Steffensen の反復法を用いて数値的に計算し、図 3 に描写する。図 3 には更に、図 1 に対応して、各  $s \in [0, 2]$  に対する (1) および (8) 式の長期的な解軌道の平均値を描き入れている。定常状態が吸引的となる  $s$  に対しては、当然これら 2 種類のプロットは一致する。ここでのパラメータの組に限って言うなら、興味深いのは長期において適応的期待モデルの解軌道の平均値は完全予見のそれを下回っていないことである。つまり、潜在的投稿者の期待に関する合理性の欠如が、政策決定者に対して、好ましくない投稿率のばらつきを代償として、好ましい高い平均投稿率をもたらすということである。

#### 4.3 定額支払制度のもとでの懲罰政策

懲罰パラメータと定額支払制度のもとでの投稿率の関係を概観しておこう。(12) 式の形状から理解されるように、  $s$  に対して、定常状態の投稿率  $y_{pr}$  は S 字型のグラフを描く。図 4 に、定額の支払

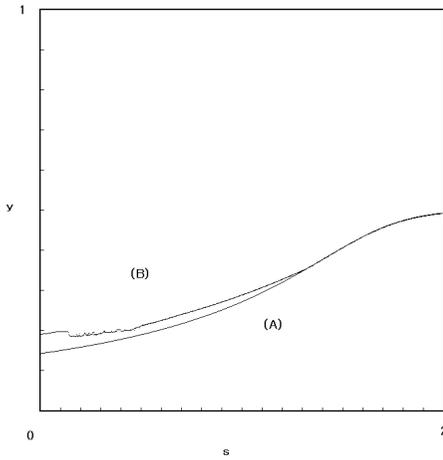


図3：支払総額一定制度のもとでの、懲罰水準  $s$  と、(A) 定常投稿率、および (B) 適応的期待のときの軌道の時間平均の関係。

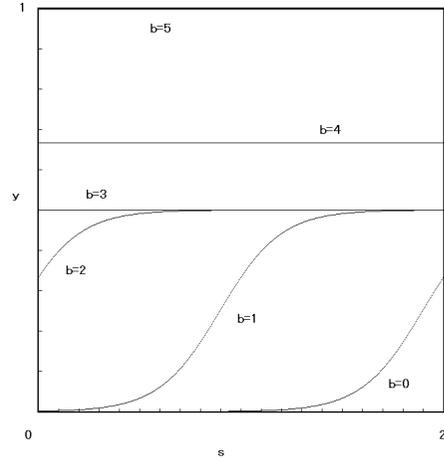


図4：定額支払制度のもとでの均衡投稿率と懲罰水準の関係。  $b = 0, 1, 2, 3, 4, 5$  のとき。

額  $b = 0, 1, 2, 3, 5$  それぞれに対する  $y_{pf}$  のグラフを表示する。支払額が小さくても、例えば、 $b = 0$  のときでも、懲罰  $s$  が十分大きくなれば投稿率は上がる。一方、支払額が大きい場合、例えば、 $b = 4$  や  $b = 5$  のとき、懲罰の水準 ( $s \geq 0$ ) にほぼ無関係に50%を超える高い投稿率が達成される。

#### 4.4 制度の比較：定額支払対支払総額一定

定額支払制度と支払総額一定制度のパフォーマンスを比較する。政策決定者は目標投稿率  $\bar{y}$  を事前にもっていると仮定しよう。報酬の支払に使える予算を  $B$ 、すなわち、支払総額一定制度のもとでの予算とする。定額支払制度のもとで、目標投稿率が達成されたと想定したときに、この予算を使い切るように投稿者への支払額  $\bar{b}$  を決めるとしよう。つまり、

$$\bar{b} = \frac{B}{N\bar{y}} \tag{13}$$

とする。  $B$  を所与とし、各懲罰水準  $s$  に対し、支払総額一定制度と  $b = \bar{b}$  としたときの定額支払制度のそれぞれの制度のもとでの投稿率を比較する。図5、図6、図7に対し、それぞれ目標投稿率  $\bar{y} = 0.1, 0.3, 0.5$  のときの、(A) 支払総額一定制度のもとでの（完全予見および適応的期待形成での）定常投稿率、(B) 支払総額一定制度の適応的投稿率の時間平均、(C) 定額支払制度のもとでの定常投稿率を、各  $s \in [0, 2]$  に対して表示する。

図6で、(A) の曲線と (C) の曲線は  $E$  で交点をもつが、ここでの投稿率は (A) (C) 共通して  $\bar{y}$  となることに注意する。  $E$  における懲罰水準  $s$  を政策決定者が選択することができれば、いずれの制度のもとであれ、事前に意図した投稿水準を、投稿者の合理的な期待形成を前提として達成できる。しかし、投稿者の期待形成がここでの意味で適応的である場合、  $E$  に対する懲罰水準では図6の曲線 (B) が示すように、目標投稿率よりも平均でみて高い投稿率が発生しうる。支払総額一定制度のも

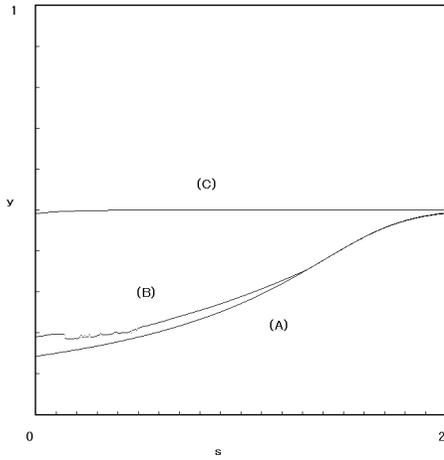


図5：目標投稿率  $\bar{y} = 0.1$ . そのときの定額支払額  $\bar{b} = 2.5$ . 懲罰水準  $s$  に対する, (A) 支払総額一定制度のもとでの定常投稿率, (B) 支払総額一定制度のもとでの投稿率の時間平均, (C) 定額支払制度のもとでの定常投稿率.

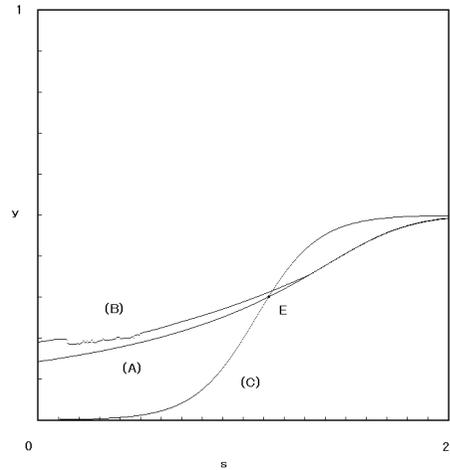


図6：目標投稿率  $\bar{y} = 0.3$ . そのときの定額支払額  $\bar{b} = 0.833$ . 懲罰水準  $s$  に対する, (A) 支払総額一定制度のもとでの定常投稿率, (B) 支払総額一定制度のもとでの投稿率の時間平均, (C) 定額支払制度のもとでの定常投稿率.

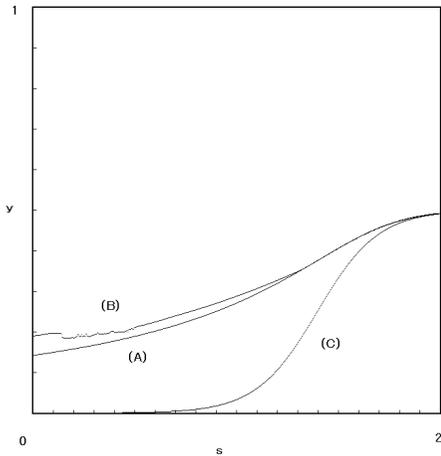


図7：目標投稿率  $\bar{y} = 0.5$ . そのときの定額支払額  $\bar{b} = 0.5$ . 懲罰水準  $s$  に対する, (A) 支払総額一定制度のもとでの定常投稿率, (B) 支払総額一定制度のもとでの投稿率の時間平均, (C) 定額支払制度のもとでの定常投稿率.

とで、投稿者が適応的ならば、より低い懲罰水準でも目標投稿率が達成できる。ただし、その場合、周期変動やカオス変動が起こるので、投稿率のばらつきは大きくなる。図5と図7は、 $E$ が“適度”な懲罰水準（ここでは例えば、 $s \in [0, 2]$ ）に納まらない場合を示している。図5では、予算に対して

目標投稿率が相対的に低すぎるため、目標投稿率を達成するためには負の懲罰を課すことが必要になる。言い換えると、適度な懲罰水準に対して、過剰な投稿が起きている。特に定額支払制度のもとでは支払合計が予算を超過する。逆に、図7では、予算に対して目標投稿率が相対的に高すぎる典型例を示している。この場合、どの適度な懲罰水準に対しても目標投稿率を達成できない。予算内で投稿率を目標値にできるだけ近づけるという観点から、この場合、支払総額一定制度の方がより高い（平均）投稿率をもたらすという意味では好ましいといえるであろう。

## 5 おわりに

本稿は、Yokoo (2004) で提示された投稿行動のモデルを過去の状態を現在の意思決定に反映させることで高次元に拡張し、周期変動やカオス変動などの投稿率の変動パターンが発生することを観察した。また、若干の政策的要素をモデル化に取り込み、特に異なる報酬支払制度および異なる期待形成の仮定のもとでの懲罰政策が投稿率やその動学に与える影響を考察した。

本稿は全般的に概観的な考察にとどまっており、より詳細な動学分析などの課題が残る。支払総額一定という制度に関する本稿のモデリングでは、多数の主体を想定し、個々のミクロ的主体が一種のマクロ的変数である投稿率に反応し、また、個々のミクロ的行動がマクロ変数に影響するというアプローチをとってみた。大学の紀要のように潜在的投稿者が比較的少人数に限定されている場合を考察するのであれば、彼らの戦略的状况を考慮したゲーム論的なモデリングもありえたであろう。その場合、動学的構造をいれた、一種の「共有地の悲劇」の状況に還元されるはずである。そのような想定でモデルを再構築し、分析することも今後の検討課題であろう。また、本稿で扱ったような、投稿先が紀要しかない状況よりも、複数の学術雑誌の中から投稿先を選択できる状況の方が現実的であろう。その場合、複数の投稿先を加味したモデリングが必要になるであろうが、これも今後の課題である。

## 参 考 文 献

- [1] Palis, J. and F. Takens, 1995, *Hyperbolicity and Sensitive Chaotic Dynamics at Homoclinic Bifurcations*, Cambridge University Press.
- [2] Yokoo, M., 2004, Contribution cycles and preferable incentive schemes, *Okayama Economic Review* 36 (2), pp.35-48.

