≪研究ノート≫

経済システムと計画プロセス

――分権的計画プロセスの可能性について――

武　村　昌　介

I

本研究の目的は，次のごとくである。青木昌彦氏（以下，単に氏とかく）の業績を基盤にして，経済システムそのものが，設計され，選択できる変数たりうるという問題意識のもとに，情報を媒介にした分権的計画プロセスの可能性をさぐることにある。その大要はまず計画プロセスの理論的枠組みを構成し，次に設計された諸プロセスについてその性能を比較・検討することである。

さて，経済システムそれ自体を選択可能な変数として取扱いうるという問題意識は別に目新しいものではない。思考実験の範囲をでないが，バローネ，ラーナーに端を発し，テーラー，ランゲにうけつがれた集産主義経済における計画問題の解法はこのような問題意識に沿うものとして，すでに古典的な業績となって残っている。〝経済システムを代替的に設計できる〟ということは，伝統的なアプローチ，――ある経済システムを与件として，その性能を比較，検討するにとどまる比較経済制度論――とは決定的にそのアプローチの仕方を異にすることを意味している。

ところで，完全競争のモデルにおいては，個々の経済主体がそれぞれ合理的な経済行動を行なうという前提のもとに理論構成がなされ，個別主体はそれぞれの価値規準にもとづいて行動しさえすれば，〝見えざる手〟の導きにより，社会全体にとって最善の資源配分の状態に到達できるとされる。そこで次のような疑問を発しよう。社会全体にとって最善の状態は競争的な市場メカニズムによらなければ達成できないのであろうか。わけても，市場機構が有効に作用しないがために生じる〝市場の失敗〟の諸現象に対処しうるようなメカニズムは果して存在するだろうか。われわれはこれに答えなければならない。氏の言葉を借りていうなら，「社会的にみて最ものぞましい状態を達成しうる資源配分の方法を

みいだすという問題は，ある明確に設定された目的を達成しうる情報交換・意思決定の諸プロセスを設計・比較・選択するという，より一般的な枠組みを発展させることによって解決されうるであろう[(1)]」ということになる。まさにこれが問題とされなければならないのである。

II

まず，〝組織〟の概念からはじめることにしよう。組織とは，与えられた経済環境のもとで，ある一定の目的を追求するように構成された人間の集合体である。ここに経済環境（以下，簡単に環境という）とは，組織の目的関数，技術および資源の賦与量に関する一切の知識をさしている。これらの知識に関する情報は，組織の構成員（経済単位）に分散して保有されているのが常である。したがって，計画を作成するために組織の内部でこれらの情報の交換と意思決定のプロセスをいかに設計すればよいかという問題が，ここに生じるわけである。

以下の議論ではとくに活動分析の知識をフルに活用しなければならない。モデルは次のごとく進められる。考察の対象となる組織は，n 個の生産単位と１つの中央経済計画局(略して CPB という）をその構成単位とする国民経済組織であると考えてよい。財は s 個あるものとする。 $j=1\cdots s$。組織の目的関数 U は組織の産出ベクター（広義の最終消費量）

$$y=\sum x_i+w \qquad (i=1\cdots n)$$

に依存する。すなわち，$U(y)$ である。ただし，$U(y)$ は任意の y_1，y_2 にたいし，選好順位 $y_1 \gtreqless y_2$ に応じて，$U(y_1) \gtreqless U(y_2)$ が成立つようなものとする。なお，$y=(y_1, \cdots y_j, \cdots, y_s)$。$x_i$ は第 i 単位の投入・産出ベクター（$x_i=x_{i1}, \cdots, x_{ij}, \cdots x_{is}$)，$w$ は組織の初期資源ベクターである。$w=(w_1, \cdots, w_j, \cdots, w_s)$ 。財空間は s 次元，R^s とかく。x_i は第 i 単位の生産可能領域 T_i に属するものとする。すなわち，

$$x_i \in T_i$$

T_i を次のいくつかのケースに分類しよう。① T_i の凸性（規模に対する収穫非逓増)，② T_i の強い凸性（規模に対する収穫逓減），③ T_i の一次同次性（規模に対する収穫一定）ないしは線型[(2)]および ④ T_i の非凸性（規模に対する収穫逓増）がそれである。最後の非凸性は，不可分割性によって特徴づけられる。たとえば大規模装置などの使用により「規模

の経済性」が作用する場合に起こる。このケースでは，投入量を$\frac{1}{\lambda}$($\lambda \geqq 1$) にすれば，産出量は比例以上に減少するのである。現代の巨大企業の規模を考えてみても，大規模生産の有利性をもたらす不分割性は現代技術の大きな特色である。したがって，T_i が凸性をみたさない環境における計画プロセスの性質に特別の関心がむけられる。一方，目的関数Uについては次のケースが分類できよう。①′U の擬凹性ないしは凹性[3]，②′U の強い凹性および③′U の線型性である。そこで，T_i と Uの性質を適当に組み合わせると〝環境〟を次のごとく分類しうる。凹はマイナスをかければ凸になるから，①+①′ が成り立つとき，組織は凸の環境をもつといい，②+②′ ならば，強く凸の環境，③+③′ ならば，線型の環境をもつといい，特に④が成り立つとき，非凸の環境をもつということにする。なお，目的関数が非凹となることはないものとする。

このように一旦，環境が規定されたならば，環境がゆるす制約のもとに，組織の目的関数 U を最大にするような第 i 単位の活動 x_i の組み合わせを選択すること，すなわち最適計画問題が登場する。形式的には，制約条件，

$$x_i \in T_i$$
$$y = \sum x_i + w$$
$$y \in Y^{(4)}$$

のもとで，

$$\max U(y)$$

とかける。制約条件を満足する解を単に x とかき，達成可能な解とよぶ。達成可能解のなかで目的関数を最大にするものが最適解である。なお，以下では最適解が必らず存在するとして議論を進めるのが便利である。というのは，解が実際に存在するとして，それを見出す組織的なプロセスがもっぱらの関心事であるからである。

s 次元空間 R^s に属する評価ベクター $p=(p_1, p_2, \cdots, p_s)$ と財空間 R^s 内の財ベクター $x=(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ との内積，$(p \cdot x)$ を導入し，〝評価額〟の尺度としよう。評価額を用いて，次のような最適計画問題に関する定理（必要性）をうる[5]。T_i と U についての適当な仮定のもとで[6]，次の定理，すなわち非負の評価ベクターが存在して，次の条件

(1)　すべての $x_i \in T_i$ にたいして，

$$(p^* \cdot x_i{}^*) \geqq (p^* \cdot x_i)$$

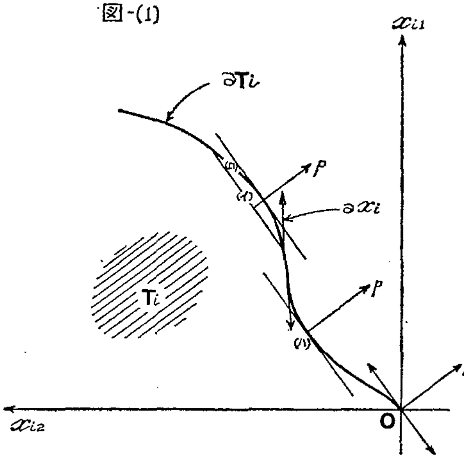
(2) すべての y にたいして,

$$U(y^*)-(p^*\cdot y^*)\geqq U(y)-(p^*\cdot y)$$

ただし, $y^*=\sum_i^n x_i{}^*+w$

をみたす達成可能な解が存在すれば, x^*は最適解である, が成り立つ。以下 * を付した文字は最適解に対応するものとする。(なお, 定理の十分性がいえるためには, スレーターの条件[7]とともに T_i が凸性をみたさなければならないことを付け加えておく。)

図-(1)



さて, 凸性が満たされない非凸の環境(収穫逓増のケース)に特に興味をもっているから, 次の定理はとくに重要なものとして検討しておく必要がある。いま, T_i および U についての注(3)と注(6)の仮定を満たす環境においてまず最適解が存在するとしてそれをベクトル x^* とする。いま, T_i が凸であるかあるいは $x_i{}^*$において微分可能であるかのどちらか一方が成り立つような $x_i{}^*\geqq 0$ を問題としよう。このとき次のような条件,

(1) T_i が凸であるすべての $x_i\in T_i$ に対して

$$(p^*\cdot x_i{}^*)\geqq(p^*\cdot x_i)$$

(2) 微分可能であるすべての $\partial x_i\in\partial T_i(x_i{}^*)$[8] に対して

(i) $x_i{}^*\fallingdotseq 0$ のとき $(p^*\cdot\partial x_i)=0$

(ii) $x_i{}^*=0$ のとき $(p^*\cdot\partial x_i)<0$

をみたす非負の評価ベクター p^* が存在する。まず(1)に関して。図(1)において, 有効面が(ロ)の場合, すなわち, 強い凸性がみたされ, かつ $x_i{}^*\geqq 0$ ならば, 必らず

$$(p^*\cdot x_i{}^*)>0$$

で, 評価額は正である。もし, 有効面が(イ)の場合, すなわち, 一次同次性がみたされるならば

$$(p^* \cdot x_i^*) = 0$$

で，線分(イ)上の点はすべて最適解となりうる。もし，凸性がみたされないならば，必らずしも $(p^* \cdot x_i^*) \geqq 0$ とはならない。とくに(2)の(i)について。$(p^* \cdot \partial x_i)$ は限界評価額と解釈できる。このケースは，最適解 x_i^* がゼロでないなら，(イ)，(ロ)，(ハ)いずれについても成立しうることに注意すべきである。もし，凸性がみたされないときには，微分値 ∂x_i が0となる点は最適解以外にも存在する。このような点を，臨界点（あるいは特異解）という。また，すべての達成可能な解 $x \in (E \cap X)$ に対して，$U(y^*) \geqq U(y)$ となるような $x^* \in X$ が存在すれば，そのような解を局所的最適解 $x^\dagger$ とよぶ。ただし，$x \in X$ また y^* と y はそれぞれ x^* と x に対応する産出ベクターの値であり，E は x^* の近傍である。[9]（大局的）最適解は必らず局所的最適解であり，局所的最適解は必らず臨界点であるが，凸性がみたされない限り，逆は成り立ちえない。これら３つの解の集合を，それぞれ X^*，$X^\dagger$，X^c とすれば，$X \supset X^c \supseteq X^\dagger \supseteq X^*$ が成立する。もし凸性がみたされれば，これらは全く同じ解を意味することは明らかであろう。

Ⅲ

組織の情報は，その構成員に分散して保有されているが，各生産単位（以下，略して単位とよぶ）は，自分の生産可能領域 $T_i\ (i=1 \cdots n)$ を，またCPBは，目的関数 U，初期資源量 w および産出の許容集合 Y をのみ知っているものとする。なお，以下では i 単位の活動は k 単位の活動 $(k \neq i)$ とは独立であると仮定する。さて，各自が所有している情報を組織内部で遂次交換をするわけであるが，情報交換は，さしあたり，CPB と各単位との間で離散的にのみ行なわれるものと考えておこう。本稿でもっぱら取扱おうとする計画プロセスは，主に４つである。すなわち，物材バランス・プロセス（MB プロセス，ランゲ模索プロセス　（L 模索プロセス），アロー＝フルビッツ模索プロセス（A-H 模索プロセス）および A-H 模索プロセスの修正版である。なお，分解原理による計画プロセスと外部性を考慮に入れたプロセスは次の機会に検討される予定である。

さて，問題はこれらの諸計画プロセスを相互に比較・検討するための理論的枠組みを構成することである。そこでまず遂次交換のプロセスの時間的順序を，いくつかのルールをつくることによって説明していくことにする。氏に従って，プロセスのルールを４つに区分して考えてみよう。すなわち，初期ルール，反応ルール，コントロール・ルール，およ

び決定ルールがそれである。設計される諸プロセスの相違は，実はこれらルールの内容いかんによるのである。まず，初期ルール。これは，逐次交換のスタートを規定するルールである。以下，情報の交換が行なわれる時をプロセス・タイム（以下,単にタイムとよぶ）とよび，$t=0,\ 1,\ 2,\ \cdots,\ T$（離散的）であらわすことにしよう。するとこのルールは，CPBがタイム0において各単位あて伝達する通信内容の選択に関係する。いま，情報交換には符号化された通信が使われると考えよう。一般にタイムtにおけるCPBの通信を$m_0(t)\in M$とすれば，初期ルールとは，通信符号の集合Mから$m_0(0)$を選択することを意味する。次に反応ルール。これは各単位が，タイム$t\ (\geqq 0)$においてCPBにあて伝達する通信の決定方法のことである。いま，タイムtにおける第i単位が発する通信を$m_i(t)\in M$とすれば，このルールは集合Mから$m_i(t)$を選択することである。なお，CPBも各単位もともに通信符号集合Mから選択するものとする。e_iを各単位が初期時点に有する環境にかんする知識とし，$M_0(t)$をタイムtまでに第i単位がCPBから受けた通信の複合体，また，$\underset{\sim}{M}_i(t)$を第i単位がタイムtまでにCPBに発した通信複合体とすれば，反応ルールは，一般に写像

$$m_i(t)=f_i(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}_i(t\text{-}1),\ e_i)$$

で定義される。氏は$\underset{\sim}{M}_i(t-1)$をおとしているが，入れた方がより現実的である。この定式化によれば，各単位はCPBから受けたタイムtまでの通信およびタイムt-1までに自らが発した通信をすべて記憶する必要があることになるが，もし，tおよびt-1における通信を知るだけで，それ以前の通信は無関係であるような場合には，

$$m_i(t)=f_i(m_0(t),\ \underset{\sim}{m}_i(t\text{-}1),\ e_i)$$

とかけるだろう。が，ここでは前者を採用する。次はコントロール・ルールである。これはCPBがタイムtに各単位に送った通信符号を改訂し決定する方法に関係する。コントロール・ルールではCPBはタイムtにおいて常に先行するタイムt-1の自己の通信を適当に改訂しなければならぬという積極的な役割をになっている。CPBがタイムtまでに各単位から受けた通信の複合体が$\underset{\sim}{M}(t)$であるならば，改訂にあたっては，この$\underset{\sim}{M}(t)$と$M_0(t)$，および初期にCPBが保有する環境の情報e_0に依存すると考えられる。すなわちこのルールは，変換

$$m_0(t+1)-m_0(t)=\psi(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}_0(t),\ e_0)$$

によって定義される。なお，氏は $(M_0(t), \underset{\sim}{M}(t))$ を t- 通信複合体とよんでいる。最後に決定ルールをみよう。情報交換が $t=T$ で終了されたとし，CPB は T- 通信複合体 $(M_0(T), \underset{\sim}{M}(T)$ と情報 e_0 にもとづいて各単位の活動計画を作成する。その計画を，n 次元ベクター $\underset{\sim}{x}^T=(x_1{}^T, x_2{}^T, \cdots, x_n{}^T)$ で表わし，T- 解とよぼう。したがって決定ルールは変換，

$$\underset{\sim}{x}^T=\phi\ (M_0(T),\ \underset{\sim}{M}(T),\ e_0)$$

によって定義される。いま〝初期解〟を定義しておこう。これは0-解 $\underset{\sim}{x}^0$ $(T=0)$ のことで，情報の交換がタイム0のみで終了し，ただちに決定ルールが適用された特別の T- 解である。[10]

以上から計画のプロセスを厳密に定義することができる。すなわち，

$$\Gamma=(M,\ f_i,\ \psi,\ \phi)$$

をプロセスとよぶ。プロセス Γ を構成するこれらの組の1つ1つをどのように指定するかによって計画プロセスにおける情報交換と意思決定の様式が異なってくる。したがって，上述の枠組によって定義しうるプロセスは無数に存在しうる。われわれが取扱うのは，その中の一握りにすぎない。しかし，プロセスは，単なる情報交換をするプロセスであれば何でもよいというものではない。プロセスはそれ独自の性能をもっておらねばならぬ。ここに，プロセスの性能の評価および比較をする規準が必要となる。(i) 安定性，(ii) 情報の効率性，(iii) 動機性がその最も重要なものである。(i) は情報の逐次交換によって T- 解が最適計画あるいはそれに近似しうる計画に収束する可能性があるかどうかである。(ii) は，情報を交換するに伴う諸計算ないし運営費用の多寡である。(iii)はプロセスのルールが各単位の T- 解に対する合意性ないしは，報酬の可能性における動機性と両立しうるかどうかである。もし与えられた環境のもとで，これらの3つのすべてについて他より，よりいい性能が認められれば，それはすぐれたプロセスであると判断してよい。しかし後にわかるように，考察されるプロセスはそれぞれに一長一短を有し，また環境が異なればそれに応じてまた性能も異なることが見出されるのである。

三つの規準の検討に入るまえに，プロセスにおいて実際面から要求される次の二つの性質に言及しておかねばならない。それは well-definedness と monotonicity で，マランボーがそう呼んだものである。[11] すでにみたように，達成可能解および最適解の集合を X および X^* で表わせば，つねに $X \supset X^*$ が成り立つ。したがって，T- 解 $\underset{\sim}{x}^T$ と最適解

x^*との関係をみるについては，まず，T-解が well-defined である，すなわち，いかなる T ($\geqq 0$) に対しても必らず，T- 解は達成可能解であることが望まれる。この性質は，プランを実行にうつすという実際上の観点からみるときことに重要である。残念ながら，この性質は以下で考察するプロセスについて必らずしも満たされないことがわかるであろう。もう一つの性質は monotone（単調的）であることである。いま達成可能な T- 解によってえられる U の値を，

$$U^T = U(y^T) = U(\sum x_i{}^T + w)$$

で表わそう。もし，プロセスの継続期間 T の値が大きくなると，

$$U^{T+1} > U^T$$

が成り立つとき，タイム T においてプロセスは狭義の単調性をみたすという。これは，氏のいう改良的と同じ意味になる。なお，コントロール・ルール ψ にたいし，タイム T において均衡状態

$$\psi(M_0(T),\ \underset{\sim}{M}(T),\ e_0) = 0$$

が成立し，ただちに決定ルールが適用されたときにえられる解 $\bar{x}$ を均衡解とよび，その集合を $\bar{X}$ でしるそう。均衡状態とは，$m_0(T+1) = m_0(T)$ の成り立つ状態を意味するから，CPB がタイム T においてもはや通信の改訂を行わない状態，すなわち，改良性がそこで終了する場合である。この均衡概念は競争モデルにおける均衡とまさに相対応するものと考えることができ，興味深い。したがって，初期解が達成可能なら，均衡解に到達するまでつねに改良的，つまり逐次改良的である，といえる。(12)

さて，これらの準備のもとに安定性を議論しよう。解は逐次改良的であると同時に最適解に限りなく近づいていくことが望ましい。well-defined なプロセスであれば，T を無限に大きくすれば，$U^T \to U^*(T\to\infty)$ と $\underset{\sim}{X}^T \to X^*(T\to\infty)$とは同じことになる。ただし，$U^* = U(y^*)$ である。さて収束性の定義は次のようである。T-解と最適解集合の距離を

$$d(x^*,\ \underset{\sim}{x}^T) = \inf \| x^* - \underset{\sim}{x}^T \|$$

とする。いま，任意の正の定数 ε をえらぶ。そのとき T がある整数 $T(\varepsilon)$ より大 ($T \geqq T(\varepsilon)$) ならば必らず $d(x^*,\ \underset{\sim}{x}^T)) \leqq \varepsilon$ となるとき，$\underset{\sim}{x}^T$ は x^* に収束するという。氏がいみじくも指摘しているように，コントロール・ルール ψ に反応速度 λ (>0) を導入して $\lambda\psi$ に定義しなおすことによって変換 ψ の速さを調整することができる。(13) そうすれば，CPB の通信の改訂の速さがあまりに大きいことによって T-解が最適解をとびこすような

場合を心配しなくてすむ。収束性については次の３つのケースが重要である。(i) T を限りなく大きくすれば $\underset{\sim}{x}^T$ が X^*に近づく場合，(ii) 達成可能な初期解 x^0 が局所的最適解集合 $x^\dagger$ に近ければ，$\underset{\sim}{x}^T$ が $X^\dagger$ に近づく場合，(iii) T を限りなく大きくすれば $\underset{\sim}{x}^T$ が均衡解集合 $\bar{X}$ に近づく場合，がそれである。(i)，(ii)，(iii) をそれぞれ，（大局的）安定，局所的安定，準安定という。次に情報の効率性に目を転じよう。これはプロセスの運営費用のことである。氏もいうように，これは CPB が各単位に伝達する通信量，したがって，通信符号 m_0 の次元数で測るのが最も適当である。その数値が小さいほど情報に関する効率性がすぐれているわけである。さらに，考えるに，CPB が通信を伝達するに際してのコントロール・ルールの諸計算の多寡も効率性を測る一つの尺度たりうる。しかし，これは次元数の場合とちがい，その程度を莫然としてしか比較しえないという難点がある。次に，プロセスの動機性である。簡単にいえば，これは各単位が T- 解に合意するかどうかにかかわっている。「問題は，（各単位が）自発的に T- 解にたいする合意の形成が行われるような報酬体系の可能性をさぐる」(14) ことができるかどうかである。

プロセスの継続期間が T のときの第 i 単位の報酬指標を ϕ^{iT}（以下これを T-報酬指標とよぶ）で表わそう。氏によれば，第 i 単位についての T-通信複合体 $(M_0(T),\ \underset{\sim}{M}(T))$ によって決められる何らかの評価パラメーターによって，タイム T における第 i 単位の活動 $x_i{}^T$ を評価する。すなわち，

$$\phi^{iT} = (\pi^i(M_0(T),\ \underset{\sim}{M}(T)) \cdot x_i{}^T)$$

$$= \pi_i{}^T \cdot x_i{}^T$$

ただし，$\pi_i{}^T = \pi^i(M_0(T),\ \underset{\sim}{M}(T))$

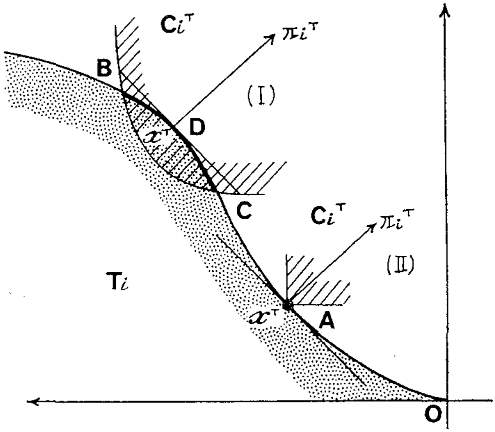
このような $\pi_i{}^T$ を第 i 単位に対する T-評価ベクターとよぶ。こうした評価ベクターの決め方は一つの理論的可能性にすぎない。評価ベクターが T- 通信複合体によって決まるというよりもむしろ，タイム０から T にいたるコントロール・ルール ϕ の全体によって決められると考えた方がよいのではないかと思われる。もっとも氏の方式は T- 通信複合体にのみ依存しているため，その操作が簡単であるという利点を確かにもっているが。またプロセスがタイム T で終了すると，$\pi_i{}^T$ は定数と考えてさしつかえないから報酬指標は線型となる。氏も指摘するように，報酬指標が線型であれば，非凸の環境のもとではたしかに，T- 報酬指標が負となる可能性がある。この場合には，生産単位はむしろ活動を一切しない（$x_i=0$ のこと）方をよしとするであろう。これを回避するための一つの試

みは，第 i 単位の活動に制約を課す，すなわち，活動を少なくとも T- 解に制約することである。このような T- 解制約は環境が非凸の場合に特に適用されるものである。すなわち，このことは，

$$C_i{}^T=\{x_i\in R^s \mid x_i\geqq x_i{}^T\}$$

という集合に制約すること，とかける。図(2)の（II）をみれば明らかなように，生産可能領域の有効面 ∂T_i 上の点 $x_i{}^T$ の東北方にある領域はすべて有効面から外にとびでることになるから，上式は第 i 単位が活動を T-解より大きくすることはありえないことを意味する。したがって，$x_i\geqq x_i{}^T$ というより $x_i=x_i{}^T$ そのものである。$C_i{}^T$ をを第 i 単位の T- 制約集合とよぶことができる。各単位は報酬の動機性という観点からこの T- 制約集合を意図して操作できると考えられる。氏は一般に T- 制約集合を T- 通信複合体の変換によって定義しているが，いまそれが環境の状態 e_i にも依存すると考え，

図-(2)



$$C_i{}^T=\omega^i\,(M_0\,(T),\ \underset{\sim}{M}(T),\ e_i\,)$$

で定義しておく。もし，単位がこの制約を逸脱するような行為があれば，罰金を課すことも考えられよう。

以上から報酬体系とは $C_i{}^T$ を定義する変換 ω と $\pi_i{}^T$ を定義する変換 π の組

$\rho=(\pi,\ \omega)$　　　ただし，$\pi=(\pi^1,\ \cdots,\ \pi^n)$ および $\omega=(\omega^1,\ \cdots,\ \omega^n)$ とする

によって定義されるものとする。図(2)において凸の環境の場合（I）が図示されている。そこでは $C_i{}^T$ が斜影を施した形をしているケースが描かれている。（I）では，有効面上の孤 BC 上の一点が選択される（たとえばD点）。ところで T-制約集合を定義する不等式の数が多くなればなるほど（たかだか s 個である）第 i 単位の活動の制約の程度は大きくなる。これを，不等式の数で測った第 i 単位の活動選択の制約度とよぶ。[15] 以上から，

タイム T が終了したときの第 i 単位の実際の活動は，次のように定式化されうる。すなわち，報酬体系 ρ が与えられたとき，

$$x_i \in T_i \cap C_i{}^T$$

のもとで，T-報酬指標

$$\phi^{iT} = (\pi_i{}^T \cdot x_i)$$

を最大にするような $x_i{}^T$ を選択すること，である。いま，ある制約度の下で，報酬体系が与えられたときの T-解が，与えられていないときの T-解よりも大きいならば，それは T-解の実行が報酬体系 ρ によって支持されていることの証左であり，組織全体にとって望ましいことを意味しよう。

ところですでに指摘したように，第 i 単位は予想される自己の報酬をなるべく大きくしようとする動機をもつと考えられるから，CPB に送る通信そのものを自己の有利なように操作する可能性がある。プロセスの反応ルールがどの程度各単位の動機と両立しうるかである。氏によって展開されたこの研究領域は他に比類をみないきわめてユニークな個所の一つである。いま少しく検討してみよう。いまプロセスタイム t における第 i 単位の実際の通信交換を f' で表わされるものとしよう。もし

$$f'_i(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}_i(t-1),\ e_i),\ \neq f_i(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}_i(t-1),\ e_i)$$

が認められれば第 i 単位は定められた反応ルールに忠実に従わず，報酬に対する思惑に左右され，ウソをついたことになる。なお，ダッシュはウソの通信変換について付すものとする。以下同じ。氏はウソの反応ルールについては，環境の要因 e_i を無視するという形で説明しているが，ここではウソの通信変換の際には $M_0(t)$，$\underset{\sim}{M}_i(t-1)$ のみならず e_i も考慮されると考えておく。いま同じ初期の通信からはじめたとして，まず，ウソの変換のもとで作られる t-通信複合体を $(M'_0(t),\ \underset{\sim}{M}'(t))$ とし，その要素について，

$$m'_i(t) = f'_i(M'_0(t),\ (\underset{\sim}{M}'_i(t-1),\ e_i)$$

$$\Delta m'_0(t) = \psi(M'_0(t),\ \underset{\sim}{M}'(t),\ e_0)$$

ただし，　$T \geqq t \geqq 0$

$$m'_i(t),\ m'_0(t) \in M$$

とかこう。一方，第 i 単位が反応ルールを遵守したとして作られる t-通信複合体を $(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}(t))$ とすれば，その要素について，

$$m'_i(t) = f_i(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}_i(t-1),\ e_i)$$

$$m_k(t)=f_k(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}_i(t-1),\ e_i) \qquad k\neq i$$

$$\Delta m_0(t)=\psi(M_0(t),\ \underset{\sim}{M}(t),\ e_0)$$

ただし，$T\geqq t\geqq 0$

とかける。いま報酬体系 $\rho=(\pi,\ \omega)$ のもとで，第 i 単位がウソの通信変換をする場合と反応ルールを遵守する場合とのタイム T における T-通信複合体がそれぞれ $(M'_0(T),\ \underset{\sim}{M}'(T))$ と $(M_0(T),\ \underset{\sim}{M}(T))$ であり，かつT-制約集合がそれぞれ $C'^{\,T}_i=\omega(M_0{}^{i\prime}(T),\ \underset{\sim}{M}^{i\prime}(T))$[16] と $C_i{}^T=\omega(M_0{}^i(T),\ M^i(T))$ であるとき，もし $x_i{}^{T'}\in C_i{}^{T'}\cap T_i$ となるようなタイム T のうち少なくとも一つの T（$0\leqq T<\infty$）に対して不等式

$$\phi_i{}^{T'}=(\pi_i{}^{T'}\cdot x_i{}^{T'})>\max\ (\pi_i{}^T\cdot x_i{}^T)$$

が成り立つならば，第 i 単位が反応ルールに従わずにウソの報告をする方が得である，ということになる。ここで氏は，ウソの通信変換の可能性として，二つのケースをあげるが，これは，各単位の報酬についての思惑に二つの可能性があるということと同じである。一つは，すべての T について，

$$C_i{}^{T'}\supseteq C_i{}^T$$

が成り立ち，かつ少なくとも一つの T について $C_i{}^{T'}\neq C_i{}^T$ であるような，第 i 単位の通信変換 f'_i が存在すれば，その報告は C-バイアスの可能性があるという。次に，すべての T について，第 i 単位にとり，

$$\pi_i{}^{T'}\geqq\pi_i{}^T$$ [17]

が成りたち，かつ少なくとも一つのTについて，$\pi_i{}^{T'}>\pi_i{}^T$ であるような通信変換が存在すれば，第 i 単位の報告はπ-バイアスの可能性があるという。C-バイアスはウソによって $C_i{}^T$ の領域を拡大し，したがって活動選択の制約度を縮めることができる場合であり，π-バイアスはウソの報告をすることにより T-評価ベクター$\pi_i{}^T$を反応ルールに従う場合よりも第 i 単位にとりより好ましいものにできる場合である。このようなウソの報告をする動機がある限り，これらは規定の反応ルールとは明らかに両立しない。したがって第 i 単位が報酬の思惑に左右され，反応ルールを歪曲していないかどうか CPB が監視の目を光らせる必要がある。あるいは，ウソのあることを予想してコントロール・ルールや決定ルールおよび報酬指標そのものの手直しが要求されるかも知れない。

IV

以上で，計画プロセスの基本となる理論的わく組が一応備ったわけである。これからは，具体的な計画プロセスをいくつかとりあげ，各ルールの内容および性能を判定するための基準がどの程度に満たされているかを吟味することである。まず最初は物材バランスモデル（以下 MB プロセスという）と呼ばれるもので，以下の種々のモデルの手びきの役を果たすものである。この原型はソ連型計画モデルに見出されるが，実際に行なわれているものよりも極度に単純化されている。[18] さきの理論的ルールをあてはめてみるとどうなるか。いま新しい記号 $x_i{}^+$，$x_i{}^-$ で，それぞれ第 i 単位の産出ベクター，投入ベクターを表わそう。もちろん，組織の総産出ベクター x^+ は，各単位の産出ベクターの合計

$$x^+=\sum_i^n x_i{}^+$$

である。さて，プロセスは次のように進められる。初期ルール：CPB が最終需要量 $y(0)$ と $m_0(0)=(x_1{}^+(0),\ \cdots,\ x_i{}^+(0),\ \cdots,\ x_n{}^+(0))\in M$ を選択することによって始められる。そして，総産出ベクター $x^+(0)$ が各単位の産出ベクター $x_i{}^+(0)$ に分割され，各単位に伝達される。

反応ルール：各単位の $m_i(t)$ とは，

$$x_i{}^+(t)+x_i{}^-(t)\in\partial T_i$$

に属するごとき $x_i{}^-(t)$ のことである。各単位はこれを CPB に伝達する。ルールは，

$$x_i{}^-(t)=f_i$$

とかけよう。

コントロール・ルール：CPB はまず $x_i{}^-(t)$ を集計して $x^-(t)=\sum_i^n x_i{}^-(t)$を計算する。そしてルールは

$$\psi=k(y(0)-x^+(t)-\sum_i^n x_i{}^-(t)-w)$$

となると考えられる。ここに，

$$x^+(t+1)-x^+(t)=k(y(0)-x^+(t)-\sum_i^n x_i{}^-(t)-w)$$

を意味する。右辺の括孤内は超過需要を表わし，k は調整速度である。

決定ルール：タイム T においては，CPB は

$$y(T)=x^+(T)+\sum_i^n x_i{}^-(T)+w$$

のように調整する。T-解 $\underset{\sim}{x}^T$ は，

$$\underset{\sim}{x}^{T}=\phi$$
$$=m_0(T)+m_i(T)$$

で表わされよう。なお，MB プロセスの以上のルールは既述の理論的ルールに当てはめてみれば例えばこうなるというのであって，写像 f や変換 ψ, ϕ および e_0, e_i などの意味内容はさほど明確なものではない。さらに所与の目的関数を最大にするという明示的な定式化もない。このような試行錯誤のプロセスがくり返され，タイム T で打ち切られたときそれが最終需要量 $y(0)$ を可能にするごとき達成可能な計画に収束するという内在的メカニズムは一般にはこのプロセスに存在しない。[19] モンティアスはレンティエフ体系のもとで，もし環境が線型ならば，最終需要目標を可能にするような活動計画に収束することが証明できることを示唆している。[20]

さて情報の効率性はどうであろうか。これもきわめて悲観的である。というのは，m_0 の次元数が $s\times n$（財の数×単位の数）となり，きわめて大きなものとなるからである。ともあれ，実際問題としても，MB プロセスは，多大な情報量を必要とするのであり，逐次改訂に伴なう諸計算も想像以上に多い。したがって，情報の効率性はきわめて悪いことがわかる。つぎにプロセスの動機性を考えてみよう。各単位の産出ベクター $x_i{}^{+}(t)$ が CPB によって指定され，各単位はこれを可能にするような有効投入量 $x_i{}^{-}(t)$ を決めるわけであるが，もし一定の T-評価ベクター $\pi_i{}^{T}$ が各単位に帰属する何らかのプレミアムの尺度であるとすれば，たとえ T-制約集合が，

$$C_i{}^{T}=\{x_i\in R^s \mid x_i{}^{-}\geqq x_i{}^{-T}\}\ \text{（制約度}=s\text{）}$$

であったとしても，第 i 単位の産出量 $x_i{}^{+}$ が成功指標としてとられる限り各単位にとっては投入必要量を過大に報告して $C_i{}^{T}$ の領域を拡大した方が得である。したがって MB プロセスは C- バイアスの可能性があることになる。もっともプレミアムがあらかじめ固定していることが前提となっているが，もしプレミアムが固定せず，変更しうるなら，π-バイアスの可能性も生ずる。

ところで成功指標に何をとるかが問題で，報酬体系と通信変換のルールとの両立性の度合ができるだけ高いものがやはり望まれる。なかでも注目すべきはリーベルマンの主張になる〝利潤〟の導入である。[21] この提案は，ソ連型計画経済においても報酬という側面から，市場メカニズムの利点をフルに活用しようとする画期的な着想といえよう。このような意図に沿うものとして，市場メカニズムの擬似解法なるものを考えてみよう。それは一

つの思考実験である。次のような学説史的背景をまずみておかねばなるまい。ミーゼスは集産経済における合理的な経済計算の可能性を資本財市場の欠落という観点から否定したが，ハイエクは資源の合理的配分の理論的可能性を否定せず，その実際的解決の可能性のみを疑った。彼はミーゼスと異なり，理論的に「代替物が提供される条件」という広い意味での価格は現実の市場なくしても与えられると考えた。すでにバローネは静学的な経済的均衡の方程式群が集産経済においても試行錯誤により解決されるはずであることを示唆したが，テイラーはバローネの解決がいかにして具体化されるかについての一つの方法を明らかにした。このテイラーの業績は，ハイエクの議論に対する解答を提供した形となった。このような一連の論争の中から，集産経済において最適解を見出す計算方法を市場経済で機能するワルラスの模索過程に似せたものとして考えつきはじめて明瞭に定式化したのはランゲである。[22]

ランゲの計画プロセスは形式的に次のようなものとして叙述されえよう。

初期ルール：CPB は，最終需要量 $y(0)$ と

$$m_0(0)=(p_1(0),\ \cdots,\ p_j(0),\ \cdots,\ p_s(0))\in M$$

を選択することによって始められる。

反応ルール：各単位の $m_i(t)$ は，$m_0(t)=p(t)$ を評価ベクター（＝価格）として評価額について

$$(p(t)\cdot m_i(t))=\max\ (p(t)\cdot x_i)$$

となるような $m_i(t)=x_i(t)\in T_i$ をもとめる，これが f_i である。

コントロール・ルール：CPB タイム T においてランゲのいう国民分配分 $(p\cdot y)=\Sigma(p\cdot x_i)+(p\cdot w)$ の制約の下で目的関数 $U(y)$ を最大にするような $y(t)$ を計算し，さらに純需要量 $y(t)-w$ をもとめ，それを各単位から送られてくる純供給量 $x_i(t)$と対応させ，需給調整して価格を改訂する。ルールは，

$$\psi=p(t+1)-p(t)=k(y(t)-w-\Sigma x_i(t))$$

である。超過需要があれば価格を引き上げ，超過供給があれば価格を引き下げる。

決定ルール：T-解 $\underset{\sim}{x}^T$は

$$\begin{aligned}\underset{\sim}{x}^T&=\phi\\&=m_i(T)\end{aligned}$$

で表わされる。[23] なお，以上の定式化は氏の行なったものと異なり，代表的消費者（以下，

単に消費者という）がプロセスの過程で行なう役割を CPB が全く肩代わりした形で再述されていることを断っておこう。つまり，消費者の所有する情報を CPB が知っている訳で，消費者は通信交換の主体としては登場しない。

いま以上のルールで定義されるプロセスをランゲ模索プロセス（以下，L 模索プロセスという）とよぼう。もし，環境が強く凸の仮定を満たしてさえいるならば，ルールを実行した結果，超過需要がゼロとなるような均衡価格（＝均衡評価ベクター）に到達できると，そのときの第 i 単位の活動 $x_i(t)$ は最適でありかつそれがまさしく市場メカニズムの均衡解に対応していることが実はいえる。これを明らかにした氏の説明はきわめて巧妙である。そこで少しくそれを検討してみることにしよう。まず，計画プロセスで使った次の等式の意味を市場メカニズムに対応する言葉によって解釈しなおすことである。最適計画問題において，

$$y^*=\sum x_i{}^*+w$$

が成りたつことはすでにわかっている。いま，この式の両辺に p^* をかけて，

$$(p^*\cdot y^*)-(p^*\cdot w)=\sum(p^*\cdot x_i{}^*)$$

としよう。p^* を解釈しなおし，競争市場における均衡価格ベクターとする。$(p^*\cdot y^*)$ を支出（＝分配）所得とみなし，$(p^*\cdot w)$ を要素所得とみなすことができれば，$\sum(p^*\cdot x_i{}^*)$（以下，これを I^* で表わす）は，移転所得と解釈するほかない。つまり，計画プロセスでは $\sum(p\cdot x_i)$ は産出の評価額であるが，市場メカニズムにおいては移転所得に対応するというのである。氏はこのような解釈をしているが，しかし移転所得とは本来経常生産活動から生じたものではない所得の支払であるから，この対応は必らずしも明確ではないと思われる。さて計画プロセスを市場メカニズムに対応づけて読みなおせば次の通りになる。I^* と p^* のもとで消費者の効用を最大にする消費計画は y^* であり，T_i と p^* が与えられると第 i 単位の利潤を最大にする生産計画は $x_i{}^*$ である。そして，純需要 $y-w$ と純供給 $\sum x_i$ とは，p^* のもとで均衡する，ということである。ところで消費者の需要関数は，通常０次同次であるから，上述のよみなおしによって $\lambda I^*=I$, $\lambda p^*=p$ $(\lambda>0)$ となるすべての I, p について上のことが成りたつことがわかる。もし，$I^*>0$ であれば，それは $\sum(p^*\cdot x_i{}^*)>0$ を意味する。この関係は I, p についても成りたつ。ゆえに環境が強く凸であるとき移転所得が正であれば，市場メカニズムの均衡解と計画問題の最適解とはちょうど一致すると考えてよい。もし環境が線型であればどうか。そのと

きは $\Sigma(p^* \cdot x_i^*)=0$ であるから，均衡解と最適解との一致は，$I^*=0$ のときに限る。もし，環境が凸でなければ，第 i 単位にとり $\Sigma(p^* \cdot x_i^*)<0$ の可能性があるから，均衡解と最適解の一致は $I^* \geqq 0$ の条件下では満たされない。したがって，市場メカニズムの均衡解と計画プロセスの最適解とがちょうど一致するのは環境が強く凸の場合に限るといえよう。

さて以上のようなL模索プロセスが最適解に収束する条件とは何であろうか。これについては今までに，粗代替性が仮定される場合の（大局的）安定性の十分条件のみが証明されている。[24] 粗代替性とは，次のような意味である。もしある財の価格が上昇（下落）し，その他の財の価格が不変であれば，価格が上昇（下落）した財の需要は減少（増加）し，価格が不変な財の需要は増加（減少）する，というものである。市場メカニズムの場合とちがい，計画プロセスでは，価格の変化する財が，変化しない財の需要に及ぼすいわゆる交叉効果は作用しにくいと考えられる。これは計画プロセスの一つの弱点でもある。計画プロセスでは，とにかくその超過需要が正か負になった財に対してだけ価格を上げるか下げるかの改訂を行なって当該財の需要を調整するにすぎないからである。すなわち，要はある財 j につき，

$$y_j(t+1)-w_j-\Sigma x_{ij}(t+1) \gtrless y_j(t)-w_j-\Sigma x_{ij}(t)$$

に応じて，

$$p_j(t) \gtrless p_j(t+1)$$

となるにすぎないのである。ただし，x_{ij} は i 単位の生産する j 財の数量を表わす。したがって，組織にとってみれば，この粗代替性の条件が，ある環境においてあらかじめ満たされているかどうかを知ることは不可能であろう。この点を改善するために，アローとフルビッツは，L模索プロセスのコントロール・ルールの一部を次のような定式化でおき代えた。すなわち，CPB は消費者のもつ情報を利用して，目的関数 $U(y)$ を最大にするのではなく，目的関数の値から最終消費の評価額を減じた差，$U(y)-(p(t)\cdot y)$ を最大にするような $y(t)$ を選ぶとするのである。次の式の展開に注意しよう。[25] ラグランヂ関数 ϕ について，

$$\begin{aligned}\phi&=U(y)+\Sigma p_j(t)[\Sigma x_{ij}(t)-y_j+w_j]\\&=U(y)-\Sigma p_j(t)y_j+\Sigma p_j(t)[\Sigma x_{ij}(t)+w_j]\end{aligned}$$

$$=[U(y)-(p(t)\cdot y)]+\sum[\sum p_j(t)x_{ij}(t)]+\sum p_j(t)w_j$$

のように変形しうるということである。なお，式中の $p_j(t)$ をラグランジ乗数と解釈してよい。

この改善されたルールをとり入れたプロセスを A-H 模索プロセスとよぼう。環境が強く凸であるならば，A-H 模索プロセスは限りなく均衡評価ベクターに接近する。このプロセスはさきの最適計画問題に関する定理のなかの条件(2)をみたすので，この評価ベクターのもとでの活動は最適である，といえる。このように環境が強く凸であれば，最適解への収束性が簡単にいえるのであるが，環境についてもっと一般性をもったルールは見出しえないだろうか。そこで次のようなことを考えてみよう。各単位はタイム t において評価ベクター $p(t)$ が与えられると，評価額（＝利潤）$(p(t)\cdot x_i)$ が最大になるような活動 $x_i(t)$ を選択するわけであるが，このルールを限界評価額（＝限界利潤）というタームで表現しなおしてみるのである。ルールは新たに次のごとくなる。各単位は評価ベクター $p(t)$のもとで，限界利潤 $(p\cdot\partial x_i)$ が負または0であるような活動 $x_i(t)$ を選択する。すなわち，すべての $\partial x_i\in\partial T_i$ にたいして，

$$(p\cdot\partial x_i)\leqq 0$$

ただし，$(p\cdot\partial x_i)<0$ は $x_i=0$ のときのみ成立

であるごとき x_i を選ぶ。このルールは既述したクーン・タッカー条件の経済的解釈に則していることがわかるであろう。このルールのもとで CPB は $U(y)-(p(t)\cdot y)$ が最大となるような $y(t)$ の選択を行なうこととなる。

まず環境が線型のときを考えてみよう。この場合は，限界利潤はいかなる活動水準においても一定であり，もし限界利潤がゼロならば，そのよう活動水準は一意には定まらず無数にあることになる。限界利潤は決して正ではありえず，もし負ならば無活動を意味するだけである。したがって，線型においては限界利潤と活動水準とが一意に対応しないことがわかる。環境が非凸であればどうであろうか。非凸では，前にも触れたように評価額（＝利潤）が負になる可能性があり，報酬の動機性という観点からみて好ましくない。さらに，たとえば前出の図(1)で考えてみると，産出規模の増大につれて収穫逓増（非凸）から収穫逓減（強く凸）へと移行するようなとき，限界利潤は活動がゼロのときの負の値から正の値に転じ次第に大きくなる。そして山をこえてからは次第に小さくなりやがてゼロに近づいていくであろう。有効面∂T_iについてのこのような多様な技術環境を含んだケー

ス（ごく通常のケースと考えられる）を考慮してみても，上述の一般的ルールとしての模索プロセスがはたして唯一の最適値をもちうるかどうかはまことに疑わしい。なお，氏は別の機会に，非凸の技術環境（とくにマーシャル的収穫逓増ケース）がおこりうる簡単な体系について均衡の一意性，安定性および最適性を検討し，それが計画経済のプロセスとして模写しうることを示唆した。[26]

以上みたように新たなルールは限界利潤と活動水準との一意の対応という観点からみて好ましくないことがわかる。そこでサムエルソンも早くから気づいていたような次のルールを採用してみよう。[27]各単位はタイム t において，もし限界利潤が正（負）ならば活動水準をそれに比例して拡大し（縮少し）もしゼロであれば，活動水準を変えない。一方 CPB は第 j 財の限界効用 $U_j(y(t))$ と価格 $p_j(t)$ との差が正（負）ならば，それに比例して消費量 $y_j(t)$ を増加し（減少し），もしゼロならば，消費量を変えない，というものである。これをグラディエント解法とよんでよい。このルールを価格改訂のルールと対にしてえられる模索プロセスは環境が強く凸であるかまたは技術が線型でも条件 $y_j \fallingdotseq 0$ を満たし，かつ目的関数が強く凸ならば，プロセスは最適解へ限りなく接近する。しかし，サムエルソンは，目的関数も線型であるならば，各単位が自ら選択する活動 $x_i(t)$ は最適解のまわりを振子のごとくいつまでも振動する可能性のあることを指摘した。というのは，計算価格があまりに低いという状況は高い限界利潤をうむであろうことを意味し，各単位の活動は拡大するが，この拡大はやがて数量の超過供給をまねき，価格の下落をみちびく。さらにこれが産出量をへらして超過供給をなくすであろうからである。

アローとフルビッツは非凸の環境のもとであらわれるこのような模索プロセスの弱点をカバーすべく，新たに，非凸の環境においても最適解に収束するような２つのプロセスを案出している。[28]目下の議論の範囲内で関係があるのは，そのうちの一つであるので氏と同じくそれのみをとりあげる。問題のプロセスの特徴は，各単位が予想価格を設定し，改訂価格ではなくこの方を使うことである。すなわち， CPB によって改訂された価格ベクターをもとにして

$$p^f(t)=p(t)+2k(p(t)-p(t-1))$$

を作るのである。$p^f(t)$ は予想価格ベクター，$2k$ は定数であり十分に大きい反応速度と解釈してよい。この予想価格様式をさきのグラディエント解法に適用すれば，新たに次のルールをうる。タイム t において各単位は活動水準を予想限界利潤が正（負）ならばそれ

に比例して拡大し（縮少し），もし，ゼロならば不変とする。CPB は，限界効用 U_j と予想価格 $p_j(t)$との差が正（負）ならばそれに比例して消費量 $y_j(t)$ を増加（減少）する。もしゼロならば不変とする。これを A-H 模索プロセスの修正版と名づけよう。この修正版のプロセスだとたとえ環境が非凸であっても，初期解 $\underset{\sim}{x}^0$ に対応する価格ベクターが十分に局所的最適解に対応する均衡価格ベクターに近いならば，$T\to\infty$ のもとに，このプロセスは均衡価格ベクターに収束する。これは局所的収束性を意味する。したがって，この修正版はプロセスの諸性能のうち収束性（＝安定性）についてはいい結果がえられるが，他の性能について，いい結果がえられるかどうかはわからない。

まず，L 模索プロセスであるが，これは環境が強く凸であるときにのみ粗代替性のもとで収束性を有する。同じ環境のもとで，通信交換量が s，活動選択の制約度はゼロであるから，情報の効率性や報酬の動機性については好ましい結果がえられる。しかし，収束性について問題があることについては既にふれた。A-H 模索プロセスはどうであろうか。すでに部分的にコメントしたように，A-H 模索プロススは環境が強く凸である限りにおいて初期通信符号 $p(0)$のいかんに拘らず一意の収束性をもつ。しかし，これ以外の環境においては残念ながら，このような収束性をもちえない。このように A-H 模索プロセスは環境が異なるに応じて収束性が満たされる場合とそうでない場合の生じうることがわかる。次に情報の効率性についてはどうか。CPB が発する通信量は，各単位あての s 個の財の価格リストで済む。すなわち通信符号 M_0 の次元数が s，ということである。氏の表現によれば，このケースは情報に関して最も効率的であるということになる。これを MB プロセスに較べれば情報の効率性の良さはその比ではないことがわかろう。次に報酬の動機性についてはどうであろうか。A-H 模索プロセスでは，報酬指標は評価額（利潤）そのものであるから，T- 評価ベクターはタイム T の価格ベクターに一致すると考えられる。すなわち $m_0(T)=p(T)$ である。このことは MB プロセスにみられるような，C-バイアスが起りえないことを意味する。したがって，T-制約集合 $C_i{}^T$ は，財空間 R_s と同一である。ただし，環境が強く凸の場合についてそうであることである。(29) CPB の改訂価格は当該財の供給に比して需要の方が大であればそれだけ高くなるわけだから，各単位は反応ルールにおいて財の産出量（供給量）を過小に報告するといった π- バイアスの可能性をもつと考えられる。このような，各単位のウソの報告に対しては次のごとき対抗策が考えられよう。つまり，産出量を過小に報告した場合にはかえって価格の上昇が抑制され

るような逆メカニズムを考えてやるのである。すなわち，価格改訂はタイム T について

$$p_i^{T+1}=p_i^{T}-k(y^T-\sum x_i-w)$$

となるようにする。x_i は第 i 単位が偽りを，意図して実行した活動をさし，k は調整定数である。こうすることによって，ある単位がウソをつくことにより間接的にでも当該財に対して価格支配力を行使する余地は制約されるであろう。その意味で，A-H 模索プロセスがそのままだと π- バイアスのゆえに管理価格に似た現象を生じさせうるという氏の指摘は実に興味ぶかい。以上から A-H 模索プロセスは π- バイアスの可能性をもつことがわかった。MB プロセスが C-バイアスであったのと対照的である。

では，A-H 模索プロセスの修正版の方はどんな性能をもっているだろうか。安定性についてはすでにコメントしたように局所的に収束的であるにすぎない。また情報の効率性については，これを CPB の通信量で測るかぎり A-H 模索プロセスと全く同じである。しかし，各単位は別に予想価格をたてねばならぬからそれだけ余分の諸計算がふえることになる。つぎに報酬の動機性であるがこれは他のプロセスよりも少々複雑である。この修正版はわけても非凸の環境において最適解に収束しうるという利点をもっているけれども，実はこの場合各単位に予想価格を設定させるというのは，CPB にとっては収束性をみたすがための単なる作戦でしかないということになる。したがって，非凸の環境においてこのルールで均衡価格ベクターがえられてしまえば各単位は利潤が負でも操業せざるをえないはめになるから，各単位はむしろ活動を停止した方が得であると考えるにちがいない。そうさせないために，CPB は結局各単位の活動を T- 解のそれに制約せざるをえない。模索プロセスでは，一般に T-解について $\underset{\sim}{x}^T=M_t(T)$の関係がなりたつから，各単位はウソの報告をすることによって T-制約集合を拡大しようとする動機がはたらく。すなわち，C-バイアスの可能性が生ずる。一方 A-H 模索プロセスの修正版においても，あくまで T-評価ベクターを CPB が各単位に発する $m_0(T)$ であると解釈されねばならぬから，T- 評価ベクターに予想価格が用いられることはないのであって氏のいうように π- バイアスのおこる可能性もある，と考えることはできないと思う。

V

プロセス比較の三つの規準についてすべて好ましい性能をもつプロセスが設計できれば，それが一番いい。しかし事実上一つの規準で好ましいものが設計できても他の規準か

らみて好ましさがそこなわれるという，一種の trade off がおこりうるのがみられる。したがって，組織がどの性能を重視するかというウェイトのおき方によってプロセスの評価も異なってくるかも知れない。

さて，結論的に以下のことがさしあたり指摘できる。T- 解が達成可能であるかどうかについては，厳密にはすべてのプロセスについて NO である。(30) 情報の効率性については一般に模索プロセスは好ましい性能をもっている。報酬の動機性について，これは各単位のモラルの問題であってその良識にまかせる他ないが，いかなるプロセスでも π- バイアスか C- バイアスのどちらかが生じるおそれがあり，組織にとっては避けることはできないだろう。MB プロセスは性能の点で一番おとっているとみられる。

重要なことはプロセスの性能は環境いかんにもよるということである。したがってプロセスの性能を云々するときは，いかなる環境に関してその性能を有するかを明らかにせねばならない。環境が強く凸である限りは，A-H 模索プロセスがなかで一番性能がよい。しかしこれも T- 解が達成可能であるという保証がない。また環境が強く凸であれば，制約度もなくてすむ。環境が非凸の場合はどうか。A-H 模索プロセスの修正版は，環境が非凸でも収束性の点で好ましい性能を有するが，制約度が大きいという難点がある。

そこで，今後の課題を次のようにまとめておくことができる。凸の環境のもとで A-H 模索プロセスと同程度の性能をもち，かつ T- 解が達成可能であるようなプロセスが設計できるか，および非凸の環境のもとで A-H 模索プロセスの修正版と同程度の性能をもち，かつ制約度が少なくてすむようなプロセスが設計できるか，である。この新たな検討は次の機会にまわされる予定である。

註

（1）青木〔10〕p. 13.

（2）これら三者の定義については，青木〔10〕pp. 23—24 をみられたい。

（3）擬凹性は，単調変換によって凹性に変換できる。なお，凹性とは厳密には，下に有界，閉集合 $Y \in y$ 上で定義された連続で単調増加の凹関数のことを意味する。

（4）Y は許容集合といわれる。組織にとって許容しうる産出ベクター y の集合で，R^s に属する。

（5）有名なクーン・タッカーの定理をつかう。

（6）T_i については $T_i \cap R_+{}^s = \{0\}$ の仮定をさす。U については注(3)を参照。

(7) H. Uzawa〔9〕pp. 34—35，青木〔10〕p. 43 をみよ。

(8) ∂T_i は第 i 単位の有効な活動の全体，すなわち有効面のことである。なお，$0 \in \partial T_i$ である。∂x_i は点 x_i における有効な方向のことである。なお，青木〔10〕をみよ。

(9) K, Lancaster.,〔3〕p. 11 を参考した。

(10) 各タイム毎に 0-解，1-解，2-解，…，t-解，…，T-解まであるわけで，その 0-解が初期解であると考えればよい。

(11) E, Malinvaud.,〔5〕pp. 177—178.

(12) なお，氏は均衡解と最適解とが同値であるという特性を定式化しているが，そうすると便利である。青木〔10〕p. 92.

(13) この指摘はもともと H. Uzawa による。青木〔10〕p. 91 を参照せよ。

(14) 青木〔10〕p. 104.

(15) たとえば，前出のT-解制約の場合にみると，制約度はsである。

(16) 右肩の添字 i は，とくにそれが第 i 単位についてのものであることを示すためにつけられている。

(17) この不等式は産出ベクターについていえることで，もし投入ベクターについていうならば，不等式の向きは当然逆になる。

(18) 以下の MB プロセスのルールは CPB と単位との両者でのみ情報交換が行なわれると想定している。この点，氏が考えているような下級計画当局は登場しない。

(19) 氏は MB プロセスの T-解達成可能性を結局 yes と判定しているが，これは事後的処置を講じたときにのみいえることであり，最終需要量を事後的に改訂しないならば，あくまで no である。

(20) J. M. Montias,〔6〕. p. 967.

(21) 〔11〕所収のV. B. リーベルマン「計画，直接契約関係と収益性」pp. 75—93 をみよ。

(22) O. Lange,〔4〕.

(23) このように各単位のタイムス T における通信 $m_i(T)$ が T-解 x^T としてそのまま採用されるとき，プロセスは最終解の決定に関して分権化されているという。そうすると，さきの MB プロセスはこの意味で分権化されていない。青木〔10〕p. 84.

(24) この証明についての解説は，Negishi〔7〕pp. 649—656. がよい。

(25) K. J., Arrow and L. Hurwicz 〔2〕 pp. 74—78.

(26) M. Aoki 〔1〕.

(27) P. A. Samuelson 〔8〕 pp. 469—471. および K. Arrow, L. Hurwicz 〔2〕.

(28) K. Arrow. L. Hurwicz 〔2〕 pp. 102—104.

(29) 環境が強く凸なら，活動選択の制約度はゼロである。非凸なら，制約度は s となろう。

(30) 注 (19) をみよ。

<参考文献>

〔1〕 Aoki, M. (1970). "A note on Marshallian process under increasing returns", *Review of Economic Studies*, Vol. 84.

〔2〕 Arrow, K. J., and L. Hurwicz. (1960). "Decentralization and computation in resource allocation", in Pfouts, R. W. (ed.), *Essays in Economics and Econometrics*, University of North Carolina Press.

〔3〕 Lancaster, K. (1968). *Mathematical Economics*, Macmillan.

〔4〕 Lange, O. (1938). "On the economic theory of socialism", in Lippincott, B. (ed.), *On the Economic Theory of Socialism*, University of Minnesota Press.

〔5〕 Malinvaud, E. (1967). "Decentralized procedures for planning", in Malinvaud, E. and M. O. L. Bacharach. (eds.), *Activity Analysis in the Theory of Growth and Planning*, Macmillan.

〔6〕 Montias, J. M. (1959). "Planning with Material Balances in Soviet-type Economies", *American Economic Review*, Vol. 49.

〔7〕 Negishi, T. (1962). "The stability of a competitive economy : A survey articles", *Econometrica*, Vol. 30.

〔8〕 Samuelson, P. A. (1967). "Market mechanisms and maximization", in Stiglitz, J. (ed.), *The Collected Scientific Papers of P. A. Samuelson*, MIT Press.

〔9〕 Uzawa, H. (1958). "The Kuhn-Tucker theorem in concave-programming", in Arrow, K. J., L. Hurwicz and H. Uzawa. (eds.), *Studies in Linear* *and Non-Linear Programming*, Stanford University Press.

〔10〕 青木昌彦著，『組織と計画の経済理論』，（岩波書店，1971）

〔11〕 V. B. リーベルマン他著 『ソ連経済政策——利潤論争と工業管理』，園部四郎訳，（合同出版，1966）.