

## 意思決定の信頼性

その他のタイトル	Reliability of Decision Making
著者	荒木 孝治
雑誌名	関西大学商學論集
巻	35
号	4
ページ	327-344
発行年	1990-10-25
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10112/00019892">http://hdl.handle.net/10112/00019892</a>

# 意思決定の信頼性

荒木 孝 治

## 1. 序

標準的な決定理論では、エージェントは環境から発せられたメッセージを一旦観測さえすればその持つ情報を完全に解読して、なんらかの効用を最大化する行動を常に選択することができるかと仮定している。ハイナー (R. A. Heiner) はメッセージが不完全であるのみならず、それを利用するエージェントの能力も不完全であるという側面を決定行動の分析視点として導入し、それらがどのような影響を行動に与えるかを論じた (Heiner(1983, 1985 a, b, 1986, 1988 a, b, c, d)。意思決定問題が難しくなるにつれて、エージェントがメッセージを用いる能力は充分でなくなり、最適に応答することが困難になるというのが決定行動の真の姿により近いであろう。このとき、エージェントは問題の困難さに対する自己の能力の限界という現実に向面する。ハイナーは情報を用いる能力 (Competence) と意思決定問題の難しさ (Difficulty) との差異に注目し、それを  $C-D$  ギャップと名付けた。標準的な決定理論では  $C-D$  ギャップが存在しないと仮定しており、それが行動に与える影響を分析できない。これに対しハイナーは  $C-D$  ギャップを意思決定の考察に導入し、そこから得た信頼性条件という分析道具を用いて、 $C-D$  ギャップが存在するからこそ行動の予測可能性や行動のルーチン化、組織の内部構造、制度等が生まれることを論じ、さらに不完全な意思決定の必要性を導いている。

組織は絶えざる意思決定のプロセスにおいて、自己自身および環境のはらむ偶発性に遭遇しながら組織目標の形成およびその実現へと向かう。その行

動空間は多様な次元から構成される多次元空間（時間軸を含む）であり、組織はその空間内で自らの行動をデザインする必要がある。そのデザインは内部システムの構造化と、外部環境との関係の構造化に関して行われるが、この構造化において  $C-D$  ギャップが大きな役割を果たしている。 $C-D$  ギャップという次元を組織行動の分析軸として導入することにより、組織の構造化過程および進化過程を解明することができるであろう。

本稿では、ハイナーの結果を紹介し、その若干の拡張を試みる。

## 2. ルールで統制された行動<sup>(1)</sup>

### (1) 記号および定義

世界の可能な状態の集合を状態空間  $S$ 、エージェントが観測可能なメッセージの集合をメッセージ空間  $X$ 、エージェントが選択可能な行動の集合を行動空間  $A$  とする。 $X$  の元である個々のメッセージ  $x (\in X)$  は特定の状態  $s (\in S)$  と不完全にしか相関を持たなくてもよいとする。これにより、ある状態から発せられたメッセージは必ずしもその状態を忠実に表現する全ての情報を含んでいなくてもよいことから、不完全なメッセージの存在を許容している。

エージェントは状態空間  $S$  から発せられたメッセージ ( $X$  の元または部分集合) を受け、それを解釈し、なんらかの意味で“最適”と思われる行動を行動空間  $A$  から選択し、それを実行する。行動は  $S \rightarrow X \rightarrow A$  という受容・選択のプロセスから生じる。行動の結果は  $A$  と  $S$  の直積 ( $A \times S$ ) の元  $(a, s)$  またはその部分集合に関する効用として評価される。

ハイナーは、状態の発生やメッセージの発生、行動の選択を全て確率現象としてとらえる。行動の結果を表現するために  $A \times S$  上の確率測度  $p$  を考え、その集合を  $P (= \{p\})$  で表そう。 $p$  を行動の結果を表現する結果分布と考える。状態集合  $S$  の部分集合  $S' (\subset S)$ 、行動集合  $A$  の部分集合  $A' (\subset A)$  に対して、 $p(S' \times A')$  は、状態  $S'$  が生じたときにエージェントが行動  $A'$

---

(1) 以下、主に Heiner (1988a, b, d) による。

を選択するという条件付き分布である。

メッセージを得たとき、エージェントはそれを解釈して行動の選択を導く固有の行動原理  $B$  を持つとする ( $B$  はエージェントの決定能力に対応する)。数学的には  $B$  を  $X$  から  $A$  への関数 ( $B: X \rightarrow A$ ) と考える。 $B$  を決定ルールと呼ぶ (ハイナールは  $S \rightarrow A$  の関数も  $B$  で表している)。全ての決定ルールの集合を  $\beta = \{B\}$  とする。以上の関係を図で表すと次のようになる。

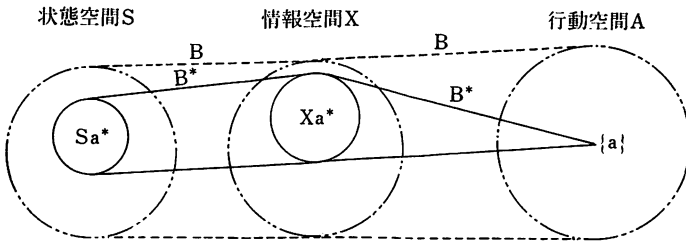


図1 各空間と決定ルール  $B$  との関係

$V(p)$  を結果から得られる適当な効用関数とする。簡単のために、 $V(p)$  ( $K \times L$ ) を  $V(K, L)$  と記す。但し、 $K \times L$  は直積  $A \times S$  または  $A \times X$  の部分集合である。また、 $V(K, X)$  を簡単に  $V(K)$  と以下表す。

定義1. [最適な決定ルール]

最適な決定ルール  $B^* (\in \beta)$  とは、メッセージ  $x$  の下で効用を最大にする行動を常を選択することのできるルール、すなわち、

$$B^*(x) = a$$

$$\Leftrightarrow \text{全ての } a' \in A \text{ に対して } V(\{a\}, \{x\}) \geq V(\{a'\}, \{x\})$$

を満たすルールを言う。ここで、 $\Leftrightarrow$  は同値関係を表し、 $\{d\}$  は  $d$  のみを元して持つ集合である。

行動  $a (\in A)$  を選択するのが最適である状態の集合を

$$S_a^* = \{s \in S: \text{全ての } a' \in A \text{ に対して, } V(\{a\}, \{s\}) \geq V(\{a'\}, \{s\})\}$$

とする。これは、どんな行動  $a' \in A$  に対しても行動  $a$  を選択する方が効用

が大きい状態の集合であり、最適な決定ルールを用いて

$$S_a^* = \{s \in S : B^*(s) = a\}$$

とも表現できる。次に、エージェントが受けるメッセージを  $B^*$  を用いて 2 つに分類しよう。行動  $a$  を選択するのが最適であるというメッセージの集合

$$X_a^* = \{x \in X : B^*(x) = a\}$$

と、それ以外のメッセージの集合  $X - X_a^*$  とである。

## (2) メッセージおよび決定ルールの信頼性

行動  $a$  を選択するのが最適な状態が生じているときに、 $a$  が最適であるという正しいメッセージが発せられる確率を

$$r_a^x = p(X_a^* | S_a^*)$$

とし、行動  $a$  を選択するのが最適でない状態が生じているときに、 $a$  が最適であるという誤ったメッセージが発せられる確率を

$$w_a^x = p(X_a^* | S - S_a^*)$$

とする。これら、正しいメッセージが発せられる確率  $r_a^x$  と誤ったメッセージが発せられる確率  $w_a^x$  との大きさの違いがメッセージの信頼性と考えられる。ハイナーはこれら二つの確率の比でメッセージの信頼性を定義した。

### 定義2. [メッセージの信頼性]

メッセージ  $X_a^*$  の信頼性  $\rho_a^x$  とは

$$\rho_a^x = r_a^x / w_a^x$$

をいう。

### 定義3. [完全なメッセージと不完全なメッセージ]

完全なメッセージとは、全ての  $a$  に対して

$$r_a^x = 1 \text{ かつ } w_a^x = 0$$

を満たすもの、すなわち、“ $\rho_a^x = \infty$ ” なるメッセージをいう。

これに対して不完全なメッセージは、“ $\rho_a^X < \infty$ ”なる  $a$  が存在することを許すものをいう。

次に、エージェントの持つ決定ルール（決定能力）の信頼性を定義する。メッセージの場合と同様に、次の二つの確率

$$r_a^B = p(B(x) = a | X_a^*)$$

$$w_a^B = p(B(x) = a | X - X_a^*)$$

を定義する。 $r_a^B$  は、行動  $a$  が最適であるというメッセージが得られたとき、エージェントが自己の決定ルール  $B$  を用いて  $a$  を正確に選択する確率である。 $w_a^B$  は、行動  $a$  が最適であるとはいえないというメッセージが得られているにもかかわらず、決定ルール  $B$  が誤って  $a$  を選択してしまう確率である。メッセージの信頼性と同様に、 $B$  が正しい判断に導く確率と誤った判断に導く確率との比を用いて決定の信頼性を定義する。

定義4. [決定ルールの信頼性]

決定ルールの信頼性  $\rho_a^B$  とは

$$\rho_a^B = r_a^B / w_a^B$$

をいう。

定義5. [最適な決定ルールと不完全な決定ルール]

最適な決定ルール  $B^*$  とは、全ての  $a$  に対して

$$r_a^{B^*} = 1 \text{ かつ } w_a^{B^*} = 0$$

なる決定ルール、すなわち “ $\rho_a^{B^*} = \infty$ ” を満たす決定ルールである。

これに対し、不完全な決定ルール  $B$  とは “ $\rho_a^B < \infty$ ” なる  $a$  が存在することを許す決定ルールをいう。

## (3) 信頼性条件

信頼性条件を導出するに先だって、決定における利得および損失を定義する。

定義6. [決定の純利得および純損失]

効用  $V_1, V_2, V_3, V_4$  を次のように定義するとき

$$V_1 = V(A - \{a\}, X_a^*), \quad V_2 = V(A - \{a\}, X - X_a^*)$$

$$V_3 = V(\{a\}, X_a^*), \quad V_4 = V(\{a\}, X - X_a^*)$$

決定における純利得を

$$g_a = V_3 - V_1$$

純損失を

$$l_a = V_4 - V_2$$

と定める。

$V_3(V_1)$ は、行動  $a$  を選択するのが最適であるというメッセージを得たときに正しく  $a$  を選択する（誤って  $a$  以外の行動を選択する）ときの効用であり、これらの差が純利得となる。純損失はちょうどその逆である。

行動  $a$  を選択することが最適であるというメッセージが出現する確率を  $\pi_a (= p(X_a^*))$  とする。集合  $A$  から行動を選択することから得られる効用は

$$V(A) = \pi_a \{r_a^B V_3 + (1 - r_a^B) V_1\} \\ + (1 - \pi_a) \{w_a^B V_4 + (1 - w_a^B) V_2\}$$

であり、それより限定された行動集合  $A - \{a\}$  から行動を選択することから得られる効用は

$$V(A - \{a\}) = \pi_a V_1 + (1 - \pi_a) V_2$$

である。これらの差をとり、整理するとハイナーによる次の定理が得られる。

定理1. [信頼性条件]<sup>(2)</sup>

行動集合  $A$  とその元  $a (\in A)$  に対して

$$V(A) > V(A - \{a\}) \Leftrightarrow \rho_a^B > T_a \quad (1)$$

ただし,

$$T_a = l_a(1 - \pi_a) / g_a \pi_a \quad (2)$$

である。

(1) は, “行動集合  $A$  から行動を選択することから得られる効用が, それより制約された集合  $A - \{a\}$  から行動を選択することから得られる効用を超えるための必要十分条件は, 行動の信頼性  $\rho_a^B$  が  $T_a$  を超えること” を意味する。これから, エージェントが全行動空間  $A$  から行動を選択することにより利益を得ることができるのは, “ $\rho_a^B > T_a$ ” のときのみである。ハイナーは, 利益を得ることができる信頼性の下限という意味で  $T_a$  を信頼限界 (tolerance limit) と名づけた。

生じ得る全てのメッセージから行動  $a$  を選択する確率を  $p(a)$ , すなわち

$$p(a) = \pi_a r_a^B + (1 - \pi_a) w_a^B$$

とし, 行動  $a$  が最適であるというメッセージ  $X_a^*$  が観測されると最適な決定ルール  $B^*$  が働いて  $a$  を正確に選択する確率を  $p^*(a)$  とする。 $B^*$  の定義より

$$r_a^{B^*} = 1 \text{ かつ } w_a^{B^*} = 0$$

なので, 全ての  $a$  に対して  $p^*(a) = \pi_a$  である。行動  $a$  が最適であるというメッセージを受けると決定ルール  $B^*$  は必ず行動  $a$  を選択する。定理1で  $\pi_a$  の代わりに  $p^*(a)$  を代入すると次の系を得る。

系1.

$$V(A) > V(A - \{a\}) \Leftrightarrow \rho_a^B > T_a' \quad (1')$$

ただし,

---

(2) Heiner (1988) Theorem 2, p. 29, より。



$$T_a' = l_a \{1 - p^*(a)\} / g_a p^*(a)$$

である。

上記の結果を用いて、最適な決定ルール  $B^*$  を持つエージェントの行動と、信頼性  $\rho_a^B$  が有限であるエージェントの行動とを比較できる。 $l_a/g_a$  が正のとき、信頼限界  $T_a'$  は  $p^*(a)$  が小さくなればなるほど大きくなる ( $T_a' \uparrow \infty$ )。従って、たとえば選択できる行動集合の元の数が充分大きくなると、最適行動をとれないエージェント (信頼性が  $\rho_a^B < \infty$  の者) は、最適なエージェントの行動をまねようとしても利益を得ることはできない。つまり、不完全な行動ルール  $B$  が (1') の信頼性条件を満たすことができなくなると、“ $V(A) \leq V(A - \{a\})$ ” という関係が成り立ち、これから、全行動集合  $A$  からではなく、それより制約された、しかも最適なエージェントが選択するであろう行動を排除した集合  $A - \{a\}$  から行動を選択する方がより大きな効用を得ることになる。このように、不完全能力のエージェントはルールで統制された行動をとる (自己の行動集合を制約する) 傾向を持つのである。

#### (4) メッセージの不完全性とそれを利用する能力の不完全性<sup>(3)</sup>

次に不完全なメッセージとそれの不完全な利用との関係を見よう。次の記号を定義する。

$$r_a^{XB} = p(B(x) = a | S_a^*)$$

$$w_a^{XB} = p(B(x) = a | S - S_a^*)$$

$r_a^{XB}$  は行動  $a$  を選択するのが最適な状態  $S_a^*$  が生じているときに、決定ルール  $B$  が行動  $a$  を最終的に“選択してしまう”確率である。これには、メッセージ  $X_a^*$  が生じたときに正しく  $a$  を選択する場合と、 $X - X_a^*$  が生じているにも関わらず  $a$  を選択する場合とがあるので (後者はメッセージの解釈を誤ったが、そのために結果として“正しい”選択になってしまった場合)

(3) 以下, Heiner (1984, 1988a, b) による。

$$r_a^{XB} = r_a^X r_a^B + (1-r)w_a^B$$

と表せる。 $w_a^{XB}$  は状態  $S-S_a^*$  が生じているときに行動  $a$  を“選択してしまう”確率であるので、上記と同様に

$$w_a^{XB} = w_a^X r_a^B + (1-w_a^X)w_a^B$$

と表せる。これらを用いて、不完全なメッセージおよびメッセージの不完全な解釈とが生じる可能性があるときに、エージェントが正しい行動  $a$  を選択するという総合的な信頼性  $\rho_a^{XB}$  を次の比で定義する。

$$\rho_a^{XB} = r_a^{XB} / w_a^{XB}$$

これはメッセージ  $X$  の信頼性と決定ルール  $B$  の信頼性とを結合した信頼性であり、以下、結合信頼性と呼ぶ。ここでは、状態空間  $S \rightarrow$  情報空間  $X \rightarrow$  行動空間  $A$  という2段階のモデルを用いて、メッセージ  $X$  と、それを解釈し行動を選択するエージェントの能力  $B$  との関係を見ている（2節では、 $X \rightarrow A$  の関係、すなわち  $B$  の信頼性のみを見た）。

結合信頼性  $\rho_a^{XB}$  の分子と分母を  $w_a^B$  で割って整理すると  $\rho_a^{XB}$  は次の構造を持つことがわかる。

定理2 [結合信頼性の構造]

$$\rho_a^{XB} = \frac{r_a^X (\rho_a^B - 1) + 1}{w_a^X (\rho_a^B - 1) + 1} \quad (3)$$

関係(3)は、メッセージの信頼性とエージェントがそれを用いる信頼性(能力)とのトレードオフ関係を表している。(3)式より

$$d(\rho_a^{XB})/d(\rho_a^B) = \frac{r_a^X - w_a^X}{\{w_a^X (\rho_a^B - 1) + 1\}^2}$$

なので  $\rho_a^X \neq 1$  のとき、 $\rho_a^{XB}$  は  $\rho_a^B$  の単調関数であり、特に

$$\rho_a^X > 1 \text{ のとき } \rho_a^{XB} \leq \rho_a^X \text{ (等号は } \rho_a^B = \infty \text{ のとき成立)} \quad (4)$$

$$\rho_a^B \rightarrow 1 \text{ のとき } \rho_a^{XB} \rightarrow 1 \quad (5)$$

$$\rho_a^B \rightarrow \infty \text{ のとき } \rho_a^{XB} \rightarrow \infty \quad (6)$$

等の関係が成立する。信頼性  $\rho_a^{XB}(\rho_a^B)$  が 1 ということは、正しい確率と誤りの確率が等しい、すなわち、

$$r_a^{XB} = w_a^{XB} (r_a^B = w_a^B)$$

を意味する。

これらより、どんなに信頼性の高い情報資源を持とうとも（高い  $\rho_a^X$ ）、それを利用する能力  $\rho_a^B$  が伴わなければ全体として信頼性  $\rho_a^{XB}$  を減じてしまうことがわかる（(4)式より）。また、エージェントの能力が完全（ $\rho_a^B = \infty$ ）などにはじめて結合信頼性はメッセージの持つ信頼性と等しくなる（(5)式より）。ハイナー（1988a, b, d）は、(3)節で述べたことがら以外に、定理 1 および定理 2 をもとに以下のような考察を行った。

#### (a) よいメッセージと情報の複雑性

環境から発せられるメッセージが、環境の変化をよりよく表現する情報を含む（すなわち、 $\rho_a^X \uparrow \infty$ ）にはメッセージ自身が複雑になる必要があるが、そのためエージェントがそれを解読するのが困難になる（ $\rho_a^B \downarrow 1$ ）。また、エージェントのメッセージ解読能力が低下すると結合信頼性が損なわれるため（ $\rho_a^B \downarrow 1$  ならば  $\rho_a^{XB} \downarrow 1$ ）、メッセージの複雑性がある閾値を超えて大きくなると、エージェントがより複雑な信頼性のあるメッセージを利用しようという試みが意図とは逆に効用を減じることになる可能性がある。だからエージェントは、自己の能力を見計らって、自らが用いる情報の量と複雑性を慎重にコントロールする必要がある（(3)節では能力に限界のあるエージェントは、自らの行動空間を制約する必要性が生じることを述べた）。

#### (b) 欲求水準 (aspiration level) の役割

組織は通常なんらかの目標を設立し、これに向かって行動する。欲求水準

を設定する目的は、より低い水準の達成にはより低度の情報でよいであろうということから、行動のコストをコントロールするためであると解釈できる。しかしハイナーは、そのような目標は基本的には、信頼性条件 “ $\rho_a^p > T_a$ ” が成立するように自己の情報・行動空間を間接的に制約するために存在し、行動プロセスにおいてその軌跡をコントロールする役割を果たすと解釈する（ただし、その制約は、環境条件が変化したときに具体的にどの方向に向かうべきか、そのプロセスがどこに向かうべきかということを決めるほどタイトなものではないとする）。エージェントが欲求水準を設定し、決定空間と情報空間を無意識のうちに再帰的にうまく限定することからルーチン化された行動が生れる。

エージェントが自己の能力と比べてより高い欲求水準を設定すると、より複雑な情報空間と決定空間とを扱う必要が生じる。完全な能力の決定者にとってはこのことは問題とならないだろう。しかし、不完全な意思決定者にとっては、信頼性条件からわかるように、一般に利益を得ることはない。複雑性がある閾値を超えるメッセージに関しては、それを利用しようという行為自体が非生産的になる。自己の能力にあった適切なレベルのメッセージで満足すべきなのである。

### (c) 不完全な決定の必要性

(a)および(b)からの帰結として、不完全な能力を持つエージェントは常に自己の能力を超えない程度の複雑さを持つメッセージのみを扱うべきなのだろうか。エージェントの意思決定能力にくらべてメッセージの持つ情報量（ $z$ であらわす）が低いとき、エージェントは完全にそれに応答することができるであろう。完全な決定を行うことのできるこの領域を完全決定 (*PD*: Perfect Decision) ゾーンと名づける。これに対し、 $z$ の大きさがある値を超えて大きくなると決定の誤りが生じ始めるだろう。このような決定の過誤が生じ得る領域を不完全決定 (*ID*: Imperfect Decision) ゾーンと呼ぶ。ハイナーはある正則条件の下で、“不完全な決定の必要性”と呼ぶ次の結果

(4)  
を示した。

全ての行動  $a \in A$  に対して、メッセージと能力との結合信頼性  $\rho_a^{XB}$  は  $z$  に関して単調に増加し、最大点に到達後、単調に減少する。そして結合信頼性の最大を与える  $z$  は  $ID$  ゾーンに存在する。問題の複雑性が增大して  $z$  が  $ID$  ゾーンに入り、決定の誤りが生じ始めても結合信頼性  $\rho_a^{XB}$  はしばらくの間増加し続け、その後減少する (図 2 参照)。つまり、ある程度は自己の能力を超えた、より信頼のおける複雑な情報を求めて背伸びし、積極的に  $ID$  ゾーンに飛び込むことから効用を得ることが期待できるのである。

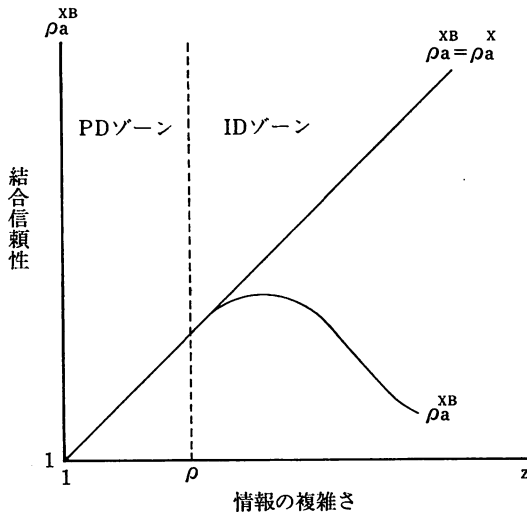


図 2 情報の複雑さと結合信頼性との関係 (5)

#### (d) 情報の局所性

エージェントが特定の情報に繰返し接触すると、経験効果により、それを処理する能力が向上する。しかし、この過去の経験がエージェントの能力や行動に偏りを与えることにもなる。局所的な情報を処理するときの信頼性はそれに反復的に接することによって高まるが (専門性が生じる)、専門から

(4) Heiner (1988b) pp.38-42, 特に Theorem 2 参照。

(5) Heiner (1988b) p.39, 図1を簡略化。

離れた情報を処理するときの信頼性は、熟知している分野から離れれば離れるほど低くなるだろう。そのため、 $\rho_a^{XB}$  が低下することを回避するように無意識のうちにそれを無視し、熟知した局面のみを選択的に認知するという傾向（行動におけるバイアス）が現れる。

複数のエージェントから構成される組織における情報の局所性の現れを見よう。エージェント各人は意思決定の権限と情報の使用との範囲を制約される。そのような制約がエージェントの活動の軌跡を決定し、エージェントの活動におけるいわゆる参照フレームを決定する。このことが今度は、エージェント各人に潜在的に利用可能な情報の局所性を与え、彼らが信頼を持って処理できる熟知した情報の分野が決定される。それが組織メンバーの各人さまざまに注意の選択的なパターンや能力の非対称性を与える。この能力の分布が組織全体の能力を決定する。

#### (e) 進化的な定式化の必要性

(a)～(d)より、組織の能力が有限であると仮定することにより、組織活動を分析するには進化的にモデルを設定する必要が生じることが示唆される。能力が有限であるからこそ行動のルーチン化等が必要なのであり（すなわち、行動に慣性が生じる）、反対にこれにより進化の可能性が現れる。信頼性条件を満たすことは組織の生存の確率を高め、満たさなければその確率を低くするだろう。しかし、信頼性条件をいつ、どのようにして満たせば良いかということはエージェントにはわからない。そのための最適な戦略は進化することである。

ハイナー（Heiner(1988d)）は定理1を少し修正し、エージェントが自己の持つ決定ルール  $B$  から逸脱して他の決定ルールに移行することから利益を得るための診断的な条件を導き、組織行動の分析にはそういう診断的な条件と、明確な進化的モデリングとを結合する必要を論じている。

### 3. 多段階信頼比

ハイナーの定理 2 は、 $S \rightarrow X \rightarrow A$  というプロセスにおける情報の信頼性と決定ルールの信頼性を総合的に評価している。ここでは、状態空間  $S$  の観測から行動空間  $A$  の元の決定の間に  $n$  段階の情報処理装置（人も含む） $B_1, B_2, \dots, B_n$ （それらは固有の情報空間  $X_1, X_2, \dots, X_n$  を持つ）が存在する場合を考えよう。 $X_0 = S, X_{n+1} = A$  とおくと、

$$X_0 (=S) \xrightarrow{B_0} X_1 \xrightarrow{B_1} X_2 \xrightarrow{B_2} \dots \xrightarrow{B_n} X_{n+1} (=A)$$

という情報の伝達・変換プロセスを考えることになる。2.1 節の  $X$  と  $B$  は、 $B_0 (=X)$  と  $B_n (=B)$  である。情報処理装置  $B_k$  は、情報の解釈・縮約を行い、次に伝達する。すなわち、

$$B_k: X_k \rightarrow X_{k+1}$$

である。これらの関係を図で表現すると次のようになる。

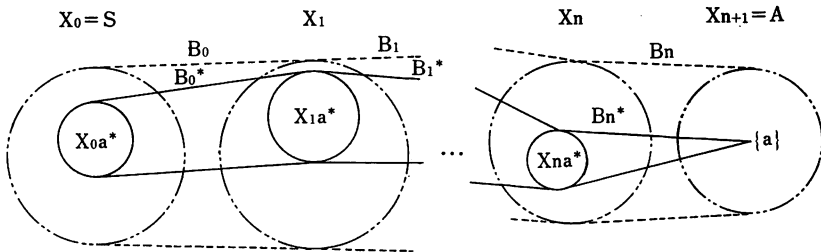


図 3 多段階情報処理モデル

この状況は、階層組織（hierarchy）における総合的な決定プロセスに対応する<sup>(6)</sup>。また、組織における決定の持つ“あいまき”に注目するごみ箱モデルでは、通常考えられている組織の選択の完全サイクル（すなわち、“個人の確信” $\Rightarrow$ “個人の行為” $\Rightarrow$ “組織の選択” $\Rightarrow$ “環境の反応” $\Rightarrow$ “個人の確信”という選択のサイクル）における原因 $\Rightarrow$ 結果関係のあいまいさを主張す

(6) Sah and Stieglitz (1986) 参照。

(7) ごみ箱モデルについては March and Olsen (1976) 参照。

(7) する。このあいまいさの源泉の一つは、サイクルにおける前者が発する情報の質と、それを認知および解釈して自己の決定に結び付ける後者の能力にあると解釈すると、このサイクルの信頼性の解析には上記の多段階のモデルを考える必要が生じるだろう。

第  $k$  段階 ( $k=0, 1, \dots, n$ ) において行動  $a$  を選択するのが最適であるというメッセージの集合を  $X_{ka}^*$  と表そう (この記法を用いると,  $S_a^* = X_{a0}^*$ ,  $X_{n+1a}^* = \{a\}$  である)。第  $k$  段階の情報処理装置の持つ最適な決定ルール  $B_k^*$  を次のように帰納的に定義する。

最適な  $B_k^*$  とは

$$\{B_k(x): x \in X_{ka}^*\} \subset X_{k+1}^*$$

かつ

$$\{B_k(x): x \in X - X_{ka}^*\} \subset X - X_{k+1}^*$$

を満たす  $B_k$  をいう ( $k=0, 1, \dots, n$ )。

第  $k$  段階で行動  $a$  を選択することが最適であるというメッセージが生じているときに、第  $k+1$  段階で  $a$  が最適であるというメッセージを発する確率を

$$r_a^{B_k} = p(X_{k+1a}^* | X_{ka}^*) \quad (7)$$

とし、第  $k$  段階で行動  $a$  を選択するのが最適でないというメッセージが生じているにもかかわらず、第  $k+1$  段階で  $a$  が最適であるというメッセージを発する確率を

$$w_a^{B_k} = p(X_{k+1a}^* | X_k - X_{ka}^*) \quad (8)$$

とする ( $k=0, 1, \dots, n$ )。

$B_k$  の信頼性をこれらの確率の比

$$\rho_a^{B_k} = r_a^{B_k} / w_a^{B_k} \quad (9)$$

で定義する。

関数の結合  $B_m \circ \dots \circ B_{k+1} \circ B_k$  を連続した記号の列  $B_k B_{k+1} \dots B_m$  で表し、さらに簡単に  $I_{k,m}$ ,  $m=0, 1, \dots, n$ ,  $k=0, 1, \dots, m$ , と表す。  $I_{k,k} = B_k$  である。



複合的な決定過程である  $I_{k,m}$  を一つの決定過程と見なして、(7)式および(8)式と同様の確率を定め、 $I_{k,m}$  の信頼性を定義する。特に、

$$\rho_a^{I_{k,n}} = r_a^{I_{k,n}} / w_a^{I_{k,n}} \quad (10)$$

このとき次の系2および系3が成立する。<sup>(8)</sup>

### 系2. [多段階結合信頼性]

$k=1, 2, \dots, n-1$  に対して、

$$\rho_a^{I_{k,n}} = \frac{r_a^{B_k}(\rho_a^{I_{k+1,n}} - 1) + 1}{w_a^{B_k}(\rho_a^{I_{k+1,n}} - 1) + 1} \quad (11)$$

が成立する。

### 系3. [信頼性条件]

$T_a$  を(2)式で定義した信頼限界とすると、次の関係が成り立つ。

$$V(A) > V(A - \{a\}) \Leftrightarrow \rho_a^{I_{1,n}} > T_a \quad (12)$$

系3の結果は(および2節では)効用を  $X \rightarrow A$  の関係で評価している、すなわち、メッセージに対してどういう行動を選択したかを評価している。これに対し、生じる状態(状態空間  $S$  の元)に対してどういう行動を選択したかということ( $S \rightarrow A$  の関係)を効用として評価するとき、(12)式の右辺は

$$\rho_a^{I_{0,n}} > T_a$$

で置き換える必要があることに注意。<sup>(9)</sup>

3節の結果と同様に系2より、情報の信頼性とそれを用いるエージェントの信頼性とのトレードオフ関係が情報の伝達・解釈・縮約の各段階で成立す

(8) 系2の証明は Heiner (1988a) Theorem 2のそれと、系3の証明は Theorem 1のそれと同様。

(9) Heiner (1985b, p. 208) は2段階信頼性条件に対してこの評価を行っている。

る。特に次が成り立つ。

$k=0, 1, \dots, n-1$  に対して

$$\rho_a^{I, k, n} \leq \rho_a^{I, k+1, n} \quad (4')$$

$$\rho_a^{I, k+1, n} \rightarrow 1 \quad \text{のとき} \quad \rho_a^{I, k, n} \rightarrow 1 \quad (5')$$

$$\rho_a^{I, k+1, n} \rightarrow \infty \quad \text{のとき} \quad \rho_a^{I, k, n} \rightarrow \rho_a^{B, k} \quad (6')$$

これらより、第  $k$  段階での情報処理能力の信頼性と、 $k+1$  以降の段階の総合的な決定能力の信頼性とのトレードオフ関係が成立する。すなわち、第  $k$  段階でどんなに潜在的に豊かな情報資源を持とうとも、以後にその情報を利用する総合能力が付随しなければ全体としての信頼性を減ずる。また、3節の(a)～(e)の諸結果が情報処理プロセスの各段階で成立する。特に、決定行動の分析には、複雑なシステムにおける過程的・進化的な視点の必要性が示唆される。

#### 4. むすび

2節で紹介したハイナーの理論は、意思決定の不完全性を情報の不完全性とエージェントの決定能力の不完全性に分解し、前者と後者の乖離の大きさが決定行動に与える影響を考察するものである。その際、決定行動の良さの定性的な診断条件とも言うべき(2段階)信頼性条件が重要な役割を果たす。3節では、その信頼性条件を多段階信頼性条件へと拡張した。

システム理論では、あるシステム  $S$  の複雑さに言及するとき、それ自身のみならず、 $S$  の観察者やそれが出会う他のシステム、環境を含んだ全体システムを考察する必要があるとする。<sup>(10)</sup> ハイナーの理論はこの全体システムの信頼性の評価に相当する。また、ハイナーは、メッセージおよび状態の複雑性をエントロピーを用いて表現し、信頼性理論を情報理論の枠組みで構成しな<sup>(11)</sup> おす作業も行っている。

(10) 例えば、Casti (1989) 参照。

(11) Heiner (1988b), pp. 49-52参照。

## 参 考 文 献

- Casti, J. L. (1989), *Alternate Realities: Mathematical Models of Nature and Man*, John Wiley & Sons
- Heiner, R. A. (1983), The origin of predictable behavior. *American Economic Review* 73, 560-95.
- Heiner, R. A. (1985a), Origin of predictable behavior: Further modeling and applications. *American Economic Review* 75, 391-396.
- Heiner, R. A. (1985b), Rational expectations when agents imperfectly use information, *Journal of Post-Keynesian Economics* 8, 201-207.
- Heiner, R. A. (1986), Uncertainty, signal detection and modeling behavior, in: R. Langlois ed., *Economics as a Process: Essays in the new institutional economics*, Cambridge University Press.
- Heiner, R. A. (1988a), Imperfect decisions in organizations. Toward a theory of internal structure. *Journal of Economic Behavior and Organization* 9, 25-44.
- Heiner, R. A. (1988b), The necessity of Imperfect decisions. *Journal of Economic Behavior and Organization* 10, 29-55.
- Heiner, R. A. (1988c), The necessity of delaying economic adjustment, *Journal of Economic Behavior and Organization* 10, 255-289.
- Heiner, R. A. (1988d), Imperfect decisions and routinized production: implications for evolutionary modeling and inertial change. in: G. Dosi et al. eds., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers.
- March, J. G. and J. P. Olsen (1976), *Ambiguity and choice in organizations*. Universitetsforlaget. (遠田雄志, アリソン・ユング訳「組織におけるあいまいさと決定」有斐閣, 1986.)
- Sah, R. K. and J. E. Stieglitz (1986), The architecture of economic systems: Hierarchies and polyarchies. *The American Economic Reviews* 76, 716-727.