

IV-165

2 期間開発戦略の意思決定に関する理論的研究

(株) 日水コン 正会員 ○大石 哲司

鳥取大学工学部 正会員 多々納裕一

鳥取大学工学部 正会員 小林 潔司

1. はじめに

本研究では、危険中立的な行政主体の現時点 ($t = 1$) および将来 ($t = 2$) の2期間にわたる意思決定問題に着目する。現時点で「保全」を行うという決定は、将来時点における選択の多様性や追加的情報の利用可能性を保証するという便益を発生させる。一般に、将来時点の情報構造や外部環境の確率分布が現時点において既知であれば、Bayesian 意思決定ルールが環境保全の便益を考慮した合理的な意思決定基準となる。しかし、将来時点において明らかになる情報構造が事前の想定と異なれば新しく得られた情報構造に基づいて意思決定をやり直すことがむしろ合理的となろう。このような観点から本研究では、将来時点においてはその時点で明らかとなった情報構造を利用して改めて行為の選択を行うような意思決定ルールについて考察するとともに、Bayesian 意思決定ルールとの代替可能性について理論的な検討を試みることにする。

2. 環境保全の便益と Bayesian 意思決定ルール

行政主体は各期において不確実性下で「開発 ($a_t = 1$)」か「環境保全 ($a_t = 0$)」かという選択に直面していると考える。 t 期の純便益を $nb(a_{t-1}, a_t, s_t)$ とする。行政主体は各期の状態 s_t の確率分布 ($\pi_1(s_1), \pi_2(s_2)$) を予測し、次式で表される各期の期待純便益を算定するものとする。

$$E_S^t[nb(a_{t-1}, a_t, s_t)] = \sum_{s_t=0}^m nb(a_{t-1}, a_t, s_t) \pi_t(s_t) \quad (1)$$

$t+1$ 期に選択可能な行為の集合 (選択可能集合) $G(a_t)$ は以下の特性を有する。ただし、 $a_0 = 0$ である。

$$G(a_t) = \begin{cases} \{0, 1\} & (a_t = 0) \\ \{1\} & (a_t = 1) \end{cases} \quad (2)$$

また、 $nb(a_{t-1}, a_t, s_t)$ は次の仮定を満たすものとする。

仮定 1 $nb(0, 0, s_t) = 0, \forall s_t \in S$

仮定 2 $nb(1, 1, s_t) \geq nb(0, 1, s_t) \geq 0, \forall s_t \in S$

仮定 3 $nb(a_{t-1}, a_t, s'_t) \geq nb(a_{t-1}, a_t, s_t) \geq 0,$

$$\forall s'_t \geq s_t \in S, \forall a_{t-1} \in G(a_{t-2}), \forall a_t \in G(a_{t-1})$$

「保全」という行為を行政主体が選択する場合、将来時点における選択の多様性や追加的情報の利用可能性を保証する。この将来時点における選択の多様性を確保することの便益 (開発留保価値) と追加的情報の利用可能性を留保することの便益 (情報価値) を以下のように定義する。第1期において「保全」を選択したとき、選択

の多様性を考慮することで生じる期待純便益の増加量の現在価値を「開発留保価値」 PVF として次式で表す。

$$PVF = \beta \left\{ \max_{a_2 \in G(0)} E_S^2[nb(0, a_2, s_2)] - E_S^2[nb(0, 0, s_2)] \right\} \quad (3)$$

第1期において「保全」を選択したとき、追加的情報を利用することで生じる期待純便益の増加量の現在価値を「情報価値」 PVI として次式で表す。

$$PVI = \beta \left\{ E_Y \left[\max_{a_2 \in G(0)} E_{S|Y}^2[nb(0, a_2, s_2)] \right] - \max_{a_2 \in G(0)} E_S^2[nb(0, a_2, s_2)] \right\} \quad (4)$$

そして環境保全の便益 PV を開発留保価値 PVF と情報価値 PVI の和として以下のように定義する。

$$PV = PVF + PVI = \beta E_Y \left[\max_{a_2 \in G(0)} E_{S|Y}^2[nb(0, a_2, s_2)] \right] \quad (5)$$

行政主体の意思決定基準として、期待純便益の現在価値の最大化基準を用いる。社会的割引率を β として、開発に伴う期待純便益の現在価値 NPV' は、

$$NPV' = E_S^1[nb(0, 1, s_1)] + \beta E_S^2[nb(1, 1, s_2)] \quad (6)$$

で与えられ、 $NPV' > 0$ ならば「開発」が、 $NPV' < 0$ ならば「保全」が時点 $t = 1$ の決定となる。 NPV' の算定に際しては、 $t = 1$ において「保全」を選択した場合に生じる期待純便益の現在価値を機会費用として差し引く必要があるが、仮定1より上式はすでにこの機会費用を反映している。しかしこの基準は、もし「保全」を採用していれば生じていたはずの上述の「環境保全の便益」を考慮していない。将来時点における選択の多様性や情報利用可能性を考慮すれば、開発による期待純便益の現在価値 NPV は次のように修正される必要がある。

$$NPV = NPV' - PV \quad (7)$$

Bayesian 意思決定ルールに基づけば、行政主体は次式で表現されるような2期間の割引総期待純便益 $\hat{V}(a_1)$ が最大となるように、第1期及び第2期の行為に関する決定 $\hat{a}_1, \hat{a}_2(y)$ を定めることになる。

$$\hat{V}(a_1) = E_S^1[nb(a_0, a_1, s_1)] + \beta E_Y \left[\max_{a_2 \in G(a_1)} E_{S|Y}^2[nb(a_1, a_2, s_2)] \right] \quad (8)$$

3. 動的に整合性を有さない意思決定ルール

Bayesian 意思決定ルールでは、行政主体は自身の将来時点における情報構造を事前に完全に認知して行動している。しかしながら2期間開発戦略を取り扱うような場

合、このような情報構造を事前に認知することは極めて難しい。そこで、現時点では別の方法で開発戦略を決定し、新しい情報構造を認知した将来時点において、このような追加の情報を利用しながら開発戦略を更新するという方法も考えられる。このような意思決定ルールは、現時点での決定を将来時点に変更してしまう点から動的に整合性を有さない意思決定ルールである。さらに、この方法の意志決定ルールは開発戦略に対する考え方の相違から以下の2種類に大別できる。

I. Rolling-完全情報 Bayesian 意思決定ルール 行政主体は第1期に2期間の割引総期待純便益 $V^{PI}(a_1)$ が最大となるように第1期及び、第2期の行為に関する決定 $a_1^{PI}, a_2^{PI}(s_2)$ を定める。この際、選択可能な行為の集合 $G(a_1^{PI})$ も同時に定まる。

$$V^{PI}(a_1) = E_S^1[nb(a_0, a_1, s_1)] + \beta E_S^2\left[\max_{a_2 \in G(a_1)} nb(a_1, a_2, s_2)\right] \quad (9)$$

第2期期首には行政主体は新しい情報構造とメッセージ y を用いて、選択可能集合 $G(a_1^{PI})$ の中で期待純便益 $E_{S|y}^2[nb(a_1^{PI}, a_2, s_2)]$ を最大にするような行為 $a_2^{PI}(y) \in G(a_1^{PI})$ を選択する。この場合、事後的に第2期で決定した行為が第1期で決定した行為 $a_2^{PI}(s_2)$ と一致する保証はない。

II. Rolling-intertemporal 意思決定ルール 行政主体は第1期に2期間の割引総期待純便益 $V^*(a_1)$ を最大にするような第1期及び、第2期の行為 a_1^*, a_2^* を決定する。この際、選択可能な行為の集合 $G(a_1^*)$ も同時に定まる。

$$V^*(a_1) = E_S^1[nb(a_0, a_1, s_1)] + \beta \max_{a_2 \in G(a_1)} E_S^2[nb(a_1, a_2, s_2)] \quad (10)$$

第2期期首には行政主体は情報構造 $I = [Y, g]$ とメッセージ y を用いて、選択可能集合 $G(a_1^*)$ の中で期待純便益 $E_{S|y}^2[nb(a_1^*, a_2, s_2)]$ を最大にするような行為 $a_2^*(y) \in G(a_1^*)$ を選択する。

4. 動的に整合性を有さない意思決定ルールの代替可能性

将来時点の情報構造を完全に認知した Bayesian 意思決定ルールとの代替可能性を以下のように定義する。

定義 $a_1^i = \hat{a}_1, a_2^i \in G(\hat{a}_1)$ であるとき、ルール i は将来時点の情報構造を完全に認知した Bayesian 意思決定ルールと代替可能である (ただし $i = \{I, II\}, a^I = a^{PI}, a^{II} = a^*$ である)。

この時、以下の補題が成り立つ。

補題1 Bayesian 意志決定ルールと Rolling 意志決定ルールによって選ばれた第1期の決定が一致する $a_1^i = \hat{a}_1$ 場合、そのときに限りルール i は Bayesian 意思決定ルールと代替可能である。

このように、第1期に選択される行為 a_1 が同じならば、将来時点の情報構造を完全に認知した Bayesian 意思決定ルールと代替可能である。

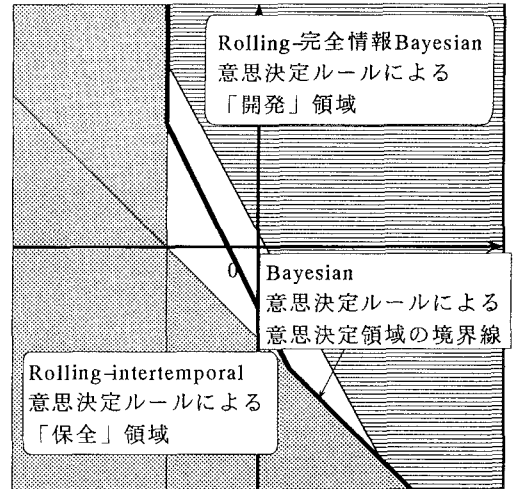


図-1 第1期に選択される行為

上述の Rolling 意思決定ルールと Bayesian 意思決定ルールとの関係については以下の2つの命題が成り立つ。

命題1 Rolling-完全情報 Bayesian 意思決定ルールで第1期に選択される行為 a_1^{PI} と将来時点の情報構造を完全に認知した Bayesian 意思決定ルールで第1期に選択される行為 $\hat{a}_1$ の間には常に以下のような関係が成り立つ。

$$\begin{cases} a_1^{PI} = 1 \Rightarrow \hat{a}_1 = 1 \\ \hat{a}_1 = 0 \Rightarrow a_1^{PI} = 0 \end{cases}$$

命題2 Rolling-intertemporal 意思決定ルールで第1期に選択される行為 a_1^* と将来時点の情報構造を完全に認知した Bayesian 意思決定ルールで第1期に選択される行為 $\hat{a}_1$ の間には常に以下のような関係が成り立つ。

$$\begin{cases} \hat{a}_1 = 1 \Rightarrow a_1^* = 1 \\ a_1^* = 0 \Rightarrow \hat{a}_1 = 0 \end{cases}$$

意思決定ルールの違いによる第1期に選択される行為と $(E_S^1[nb(0, 1, s_1)], E_S^2[nb(0, 1, s_2)])$ との関連を図-1に示す。この図より、Rolling-intertemporal 意思決定ルールによって現時点で「保全」を選択すべきであるという結論が得られた場合には現時点において「保全」を選択し、Rolling-完全情報 Bayesian 意思決定ルールによって現時点で「開発」を選択すべきであるという結論が得られた場合には、現時点において「開発」を選択すべきであることが分かる。

5. おわりに

本研究では、行政主体が自身の将来時点における情報構造を事前に完全に認知する事が困難な場合の意思決定方法について考察した。結果的に、Rolling-intertemporal 意思決定ルールと Rolling-完全情報 Bayesian 意思決定ルールを併用すれば、「環境保全の便益」を考慮して開発戦略を決定できる Bayesian 意思決定ルールと代替できる場合があることがわかった。