

事前評価と事後評価の役割

The Role of Ex-ante and Ex-post Evaluation*

福本潤也**

By Jun-ya FUKUMOTO**

1. はじめに

近年、事後評価が大きな社会的関心を集めている。しかしながら、事後評価の役割については、事前評価のそれと比較して、学界においても十分な理解が得られているわけではない。事後評価の方法論も、事前評価のそれと比較すれば十分に確立されていないのが現状である。そのため、公共事業の再評価の役割をめぐる、少なからぬ混乱も見受けられる。本研究では「何を目的として事後評価を行うのか」という根本的な疑問に回答することを目的に、事後評価の役割について再検討を行う。具体的には、最適契約論の枠組みから事前評価のあり方を導出し、得られた分析結果に意味解釈を加えることで事後評価の役割について考察する。

2. モデル

既存研究¹⁾を参考に、本研究の目的と照らし合わせて、次の3つの要件を満たすモデルを構築する²⁾。すなわち、事業の計画主体の一連の手続き（事業評価の委託、代替案の選択など）の表現、分析者の事業評価の一連の手続き（事業評価の受託、調査の実施、分析の実施など）の表現、事業評価の予測精度の表現、の3つである。

(1) モデルの登場人物

モデルの登場人物として国民、計画主体、分析者の3主体を考える。国民は事業を通じて建設された施設から便益を享受する主体、計画主体は実際の公共事業を策定・実行する主体、分析者は実際の事業評価・予測を行う主体である。

計画主体と分析者の行動規範や取り巻く環境として、以下で説明する状況を考える。

計画主体はパラメータ $I \in \Lambda \subset \mathbb{R}^M$ と公共事業の代替案 $a \in A$ によって定まる社会的純便益 $B(I, a)$ の最大化を目的としている。パラメータ I は確率変数のベクトルの実現値であり、国民の選好パラメータなどを表す。計画主体は、パラメータ I に関して事前密度関数 $p_I(I) \in F$ で表される信念を抱いている。ただし、 F は確率密度関数の集合である。計画主体の代替案選択問題は、

$$\max_{a \in A} E_I [B(I, a)] \quad (1)$$

*キーワード：公共事業評価法、財源・制度論

**正員 工修 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻
〒113-0033 文京区本郷 7-3-1, TEL&FAX 03-5841-8093
e-mail: fukumoto@k.u-tokyo.ac.jp

と表される。計画主体は、社会的により望ましい代替案を選択するために、分析者に対して事業評価を委託する。

分析者は調査水準 $l \in L \equiv [L, \bar{L}] \subset \mathbb{R}_+$ の調査を実施することでデータセット $dd_l \in DD$ を観測し、パラメータ I についての信念を事前密度関数 $p_I(I) \in F$ から事後密度関数 $p_I(I | dd_l) \in F$ へとベイズ・ルールに従って更新する。ただし、データセット dd_l は共有知識である事前密度関数 $p_{dd}(dd_l) \in F$ に従う確率変数のベクトルの実現値である。具体的には交通調査で観測される交通量などを想定しており、 $l \leq l'$ である任意の $l, l' \in L$ について、調査水準 l の調査で観測されるデータは、調査水準 l' の調査でも全て観測されているとする。分析者は、代替案 a が事業実施に移された場合に実現する社会経済システムの状態 $x \in X$ についての信念を、ベイズ・ルールに従って共有知識である事前密度関数 $p_x(x | a) \in F$ から事後密度関数 $p_x(x | a, dd_l) \in F$ に更新する。状態 x は確率変数のベクトルの実現値で観測可能・立証可能な変数である。具体的には、交通施設整備後に実現する交通量などを想定している。状態 x とパラメータ I 、代替案 a の間には関数関係 $f: \Lambda \times A \mapsto X$ (*st.* $x = f(I, a)$) が成立しており、事後密度関数について次の関係が成り立つ。

$$p_I(I | dd_l) = p_x(x | a, dd_l) | df(I, a) / dI \quad (2)$$

分析者にとっての調査および分析の効用タームでの費用は $y(l)$ で表される。ただし、 $y: L \mapsto \mathbb{R}_+$ は調査の費用関数である。代替案 a を実施した結果として状態 x が事後的に観測されたならば、分析者は計画主体との間に事前に締結した契約に基づいて報酬 $w(x, q_x(\cdot | a)) \in \mathbb{R}$ を受取る。ただし、 $q_x(\cdot | a) \in F$ は、事業評価の結果の一つとして分析者から計画主体に報告される、事業の影響を表す確率密度関数である。分析者が報酬 w と調査水準 l の調査と分析の実施から獲得するペイオフは

$$u(w) - y(l) \quad (3)$$

で表される。分析者の調査水準の選択と分析結果の報告に関する最適化問題は、

$$\max_{l \in L, q_x \in F} E_{dd} [E_x [u(w(x, q_x(\cdot | a)))] - y(l)] \quad (4)$$

で表される。

(2) モデルの流れ

計画主体と分析者間で生じるイベントの流れは次の6段階からなる。

【第一ステージ：契約の揭示】

計画主体によるプロジェクトの代替案集合 A と契約 (w, \tilde{l}) の提示．契約には，計画主体が分析者に実施を要求する調査水準 \tilde{l} と報酬体系 $w: X \times F \mapsto \mathbb{R}$ ($st. w(x, q_x(\cdot|a))$) が記されている．

【第二ステージ：契約の選択】

分析者が留保効用 $\underline{U} \in \mathbb{R}$ 以上（未満）の効用を獲得できると判断した場合，契約を締結（拒否）．

【第三ステージ：調査と分析の実施】

分析者が調査水準 l の調査を実施してデータ dd_l を観測．さらに，代替案の経済効果 ($p_l(I|dd_l)$ および $p_x(x|a, dd_l)$) を算出．

【第四ステージ：分析結果の報告】

分析者が分析結果を計画主体に対して報告．報告内容は，実施した調査水準 \tilde{l} ，調査で観測されたデータ $\tilde{dd}_{\tilde{l}}$ ，代替案の経済効果 ($q_l(I)$ および $q_x(x|a)$) の3つ．ただし，報告されるデータセット $\tilde{dd}_{\tilde{l}}$ と代替案の経済効果 ($q_l(I)$ および $q_x(x|a)$) の間に矛盾はない ($q_l(I) = p(I|\tilde{dd}_{\tilde{l}})$, $q_x(x|a) = p_x(x|a, \tilde{dd}_{\tilde{l}})$)．

【第五ステージ：代替案の選択と事業の実施】

計画主体が，分析者からの事業評価の報告結果に基づいて，期待社会的純便益を最大化する代替案を選択・実施．

【第六ステージ：状態の判明と報酬の支払い】

事業の経済効果のうち，立証可能な変数 x が観察され，事前に規定された報酬体系に従い，計画主体から分析者へ報酬 $w(x, q(\cdot|a^*))$ が支払われる．

以上のイベントの流れの中で，事業決定主体は，分析者が実施した調査水準 l ，分析者が調査で獲得したデータセット dd_l ，代替案の経済的効果の真の分析結果 $p_l(I|dd_l)$ および $p_x(x|a, dd_l)$ の3つを観察することができない．したがって，分析者と計画主体の間に情報の非対称性が存在する．しかも，分析者には調査水準を偽って自らの調査費用を節約するインセンティブがある．したがって， $\tilde{l} = l$ ， $\tilde{dd}_{\tilde{l}} = dd_l$ ， $q_l(I) = p_l(I|dd_l)$ ， $q_x(x|a) = p_x(x|a, dd_l)$ が成り立つとは限らない．計画主体は，適切な契約 (w, \tilde{l}) の設計を通じて，分析者に対して，適正な事業評価の実施，評価結果の正直な報告へのインセンティブを与えなければならない．

(3) 追加的な仮定

解析的に分析を行うために，上述の想定に加えて，以下の仮定を追加する．

代替案の集合 A については，ひとまず一次元上の選択問題であると仮定する．社会的純便益は代替案 a について連続・微分可能であるとし， $\partial B/\partial a > 0$ を仮定する．公共事業の場合には，一般に代替案が離散的であるため，ここでの想定はやや限定的なものといえる．ただし，分析の帰結には大きく影響しな

いため，分析の簡単化を優先する． $f: \Lambda \times A \mapsto X$ に関しては，任意の $a \in A$ について， Λ から X への一対一対応の写像であると仮定する．ある x に対応して複数の I が対応する場合，観察可能・立証可能な変数 x に依存した報酬体系のもとで， x については分析者に真の報告を行うインセンティブを与えられるのに対して， I については真の報告を行うインセンティブを与えられない，すなわち，

$$[q_l(I) \neq p_l(I|dd_l)] \& [q_x(x|a) = p_x(x|a, dd_l)] \quad (5)$$

となる可能性がある．その場合には分析が複雑になり解析的に分析結果を導出することが困難になる．上記の一対一対応の仮定は，分析の簡単化のために式(5)のケースを排除するものである．

報酬からの効用について，分析者は危険回避的であり， $\partial u/\partial w > 0$ ， $\partial^2 u/\partial w^2 < 0$ を仮定する．関数 u の逆関数として， $j: \mathbb{R} \mapsto \mathbb{R}$ を定義する．報酬の効用関数についての仮定から， $\partial j/\partial u > 0$ ， $\partial^2 j/\partial u^2 > 0$ が成り立つ．分析者の報酬 $w(x, q_x(\cdot|a))$ は，観察可能・立証可能な変数の実現値 x と報告された分析結果 $q_x(x|a)$ に依存している．ただし，上記の x と I の一対一対応の仮定のもとでは，報酬関数 $w: X \times F \mapsto \mathbb{R}$ を，パラメータ I と報告された分析結果 $q_l(I|a)$ に依存した関数として定義し直すことが可能である．そこで，報酬関数を $w: \Lambda \times F \mapsto \mathbb{R}$ $st. w(I, q_l(\cdot))$ と再定義し，以下の分析ではこちらの報酬関数を用いる．調査・分析の費用関数について， $\partial y/\partial l > 0$ ， $\partial^2 y/\partial l^2 > 0$ ， $y(l) = 0$ ， $\partial y/\partial l|_{l=\underline{l}} = 0$ ， $\partial y/\partial l|_{l=\bar{l}} = \infty$ を仮定する．これらは，最適契約における調査水準が内点解になるための十分条件である．

3. 最適契約の導出

(1) 計画主体の問題

計画者の解くべき非対称情報下における最適契約問題 (II-MH-P) は次のとおり表される．

問題 (II-MH-P)

$$\max_{l \in (c, w(c))} E_{dd_l} \left[\begin{matrix} \max_{a \in A} E_l [B(I, a)] \\ -E_l [w(I, q_l(\cdot)) | dd_l] \end{matrix} \right] \quad (6)$$

$st.$

$$E_{dd_l} [E_l [u(w(I, p_l(\cdot|dd_l))) | dd_l]] - y(\tilde{l}) \geq \underline{U} \quad (7)$$

$$E_{dd_l} [E_l [u(w(I, p_l(\cdot|dd_l))) | dd_l]] - y(\tilde{l}) \geq E_{dd_l} [E_l [u(w(I, p_l(\cdot|dd_l))) | dd_l]] - y(l') \quad \forall l' \in L \quad (8)$$

$$E_l [u(w(I, p_l(\cdot|dd_l))) | dd_l] \geq E_l [u(w(I, q_l(\cdot)) | dd_l)] \quad \forall q_l(\cdot) \in F \quad (9)$$

式(7)は個人合理性条件，式(8)は調査水準に関する誘因整合性条件，式(9)は真の評価結果の自己申告に関する誘因整合性条件である．標準的なモラル・ハザード・モデルではエージェントの行動の成果がブ

リンシバルとエージェントの双方から観察可能・立証可能であるのに対して、本研究ではエージェント（分析者）の行動（調査・分析）の成果である真の評価結果もエージェントの私的情報である。真の評価結果を自己申告させる誘因整合性条件として式(9)が加わっている点に特徴がある。

(2) 2つの報酬体系

契約問題(II-MH-P)の解を導出するために、情報価値に基づく報酬体系と対数スコアに基づく報酬体系の2つを用意する。

定義1(情報価値に基づく報酬体系)

$$w(I, q_I(\bullet)) = j(r\{B(I, a) - \max_{a \in A} E_I[B(I, a)]\} + s) \quad (10)$$

ただし, r, s : パラメータ

定義2(対数スコアに基づいた報酬体系)

$$w(I, q_I(\bullet)) = j(r \log q_I(I) + s) \quad (11)$$

ただし, $r < 0, s$: パラメータ

分析者が報酬から得る効用は式(10)もしくは式(11)の報酬を関数 j の逆関数 u で単調変換したものである。情報価値に基づく報酬体系では、実現した社会的純便益に依存する一方、対数スコアに基づく報酬体系では、実現した状態の事前評価における予測確率に依存することがわかる。ただし、両方とも変動報酬部分と依存しない固定報酬部分からなる線形報酬体系である点で共通している。

(3) 最適契約

情報価値に基づく報酬体系と対数スコアに基づく報酬体系のそれぞれから、計画主体の最適契約問題(II-MH-P)を遂行する契約を、以下の命題の通り導出できる(証明は参考文献²⁾を参照のこと)。

命題1

情報価値に基づく報酬体系を用いる契約のなかで、次の条件を満足する契約だけが、最適契約問題(II-MH-P)を遂行する。

$$s(\tilde{l}^{**}) \equiv \underline{U} + \mathbf{y}(\tilde{l}^{**}) - r(\tilde{l}^{**}) \left[\begin{array}{l} E_{dd_{i^*}}[\max_{a \in A} E_I[B(I, a) | dd_{i^*}]] \\ - \max_{a \in A} E_I[B(I, a)] \end{array} \right] \quad (12)$$

$$r(\tilde{l}^{**}) \equiv \frac{\frac{d}{dl} \mathbf{y}(\tilde{l}^{**})}{\frac{d}{dl} [E_{dd_{i^*}}[\max_{a \in A} E_I[B(I, a) | dd_{i^*}]] - \max_{a \in A} E_I[B(I, a)]]} \quad (13)$$

$$\tilde{l}^{**} \equiv \operatorname{argmax}_l E_{dd_i} \left[\max_{a \in A} E_I[B(I, a) | dd_i] - E_I \left\{ j \left[\begin{array}{l} r(l) \{ B(I, a^{**}) \\ - \max_{a \in A} E_I[B(I, a)] + s(l) \} \right] | dd_i \right\} \right] \quad (14)$$

$$s.t. \frac{d^2}{dl^2} \left[\begin{array}{l} r(l) \{ E_{dd_i}[\max_{a \in A} E_I[B(I, a) | dd_i]] \\ - \max_{a \in A} E_I[B(I, a)] + s(l) - \mathbf{y}(l) \} \right] < 0$$

where $a^{**}(dd_{i^*}) \equiv \operatorname{argmax}_{a \in A} E_I[B(I, a) | dd_{i^*}]$

命題2

対数スコアに基づく報酬体系を用いる契約のなかで、次の条件を満足する契約だけが、最適契約問題(II-MH-P)を遂行する。

$$s(\tilde{l}^{**}) = \underline{U} + \mathbf{y}(\tilde{l}^{**}) - r(\tilde{l}^{**}) E_{dd_{i^*}} [E_I[\log p_I(I | dd_{i^*}) | dd_{i^*}]] \quad (15)$$

$$r(\tilde{l}^{**}) = \frac{\frac{d}{dl} \mathbf{y}(\tilde{l}^{**})}{\frac{d}{dl} E_{dd_{i^*}} [E_I[\log p_I(I | dd_{i^*}) | dd_{i^*}]]} \quad (16)$$

$$\tilde{l}^{**} \equiv \operatorname{argmax}_l E_{dd_i} \left[\max_{a \in A} E_I[B(I, a) | dd_i] - E_I \left\{ j \left[\begin{array}{l} r(l) \log p_I(I | dd_i) + s(l) \} \right] | dd_i \right\} \right] \quad (17)$$

$$s.t. \frac{d^2}{dl^2} [E_{dd_i} [E_I[r(l) \log p_I(I | dd_i) + s(l) | dd_i]] - \mathbf{y}(l)] < 0$$

4. 考察

(1) 最適契約の特徴

3. では、非対称情報下の最適契約問題(II-MH-P)を、情報価値に基づく報酬体系と対数スコアに基づく報酬体系の二つのもとで導出した。

両者の共通点として、変動報酬の係数が調査情報の限界価値と限界費用の比で決まる点があげられる。式(13)の右辺分母は情報の限界価値に等しい。一方、式(16)の右辺分母はシャノン・エントロピーの導関数値に等しいが、シャノン・エントロピーも情報価値の一つとして解釈できる³⁾。情報価値の定義こそ違うものの、情報の限界価値と調査の限界費用の比として解釈できる点では共通している。

相違点として、次の二点があげられる。第一は、真の評価結果を報告する誘因整合性条件の満たし方である。情報価値に基づく契約では、分析者と計画主体の目的関数が比例していることを利用して誘引整合性条件が満たされる。一方、対数スコア・ルールの場合、分析者の目的関数がプロパー・スコアリング・ルール^{3),4)}の一つであることから、誘引整合性条件が満たされる。後者の方が、計画主体の期待社会的厚生最大化の行動仮説を必要としない点で、より頑健なメカニズムといえる。第二は、報酬を決定する指標についてである。分析者の報酬が、情報価値に基づいた契約では事後的に実現した社会的厚生に比例するのに対して、対数スコアに基づいた契約では実現した状態の事前評価における予測確率の対数に比例する。分析の信頼性向上の観点からは、後者の方がより望ましい。ただし、公共事業への社会的信頼性を確立する観点からは前者の有用性も否定できない。

(2) 最適契約としての事前評価と事後評価

3. で導出した最適契約のなかで、事前評価と事後評価の基本的な役割が含まれていると筆者は考えている。

導出された事前評価の最適契約のなかで、事前評

価の作業とは、各代替案の社会的純便益を実施すべき事業代替案の決定前の段階で計測する作業に他ならない。事前評価の実施や情報公開を義務づけることで計画主体の私的利益追求行動が抑止されると同時に、計画主体から国民に対して、各事業代替案の内容や事業代替案の選択基準などに関する情報が伝達される。この二点は事前評価の代表的な役割といえる。

一方、導出された事前評価の最適契約では、分析者の報酬が、事後的に実現した社会的純便益、もしくは、実現した状態の事前評価における予測確率の対数に比例する。これらは事後的に計測される指標であり、これらの作業こそが事後評価の基本的作業であると筆者は考えている。そして、最適契約の視点から考察するならば、事後評価の役割は、分析者への誘引付け（具体的には、分析者の作業労力低減行動の抑止と偽りの分析結果報告の抑止）にあるといえる。以上の関係を整理したのが表1である。

3. で導出された事前評価の最適契約に関する分析結果に対して意味解釈を加えることで、事後評価の役割を確認することができた。無論、想定した状況に強い影響を受けてはいるが、最適契約の枠組みに基づき、「何を目的として事後評価を行うのか」という根本的な疑問に対して、一定の回答を与えることには成功したものと考えられる。事後評価をめぐる現在の学界の議論⁵⁾⁶⁾を敷衍する限り、社会的損失の発生を計測のあり方に議論が終始している感を否めないが、本稿の議論は、事後評価の評価方法には、社会的純便益の実測値の計測と実現した社会状態の事前評価における予測確率の確認という二つの方法が存在することを示している。これらの点で、本稿の分析結果は、事後評価の役割についての理解の促進に寄与するものであるといえる。

(3) 分析の留意点

最後に、本研究の分析の今後の拡張の方向性についても触れておく。本研究では、適切な報酬体系の設計で、一人の分析者と、一回限りの、再交渉を認めない状況での、契約のあり方が模索された。しかしながら、現実には、上記4つの条件が適切でない場合も少なくない。そのため、より拡張した枠組みの必要性は大きい。

この点については、情報公開などを通じた分析精度の公表や次回業務の受注確率の変更といった、繰り返しゲームを前提として機能する非金銭的な報酬に基づいたメカニズムも検討すべきである。本項のモデルでは、観察可能・立証可能な状態 x とパラメータ I が一対一対応していることを前提に最適契約を考えた。一対一対応や立証可能性が保証されない場合でも、評判や指名確率への変更といった非金銭的な報酬を用いるメカニズムは機能する余地が大きい。

この点については、トーナメント方式の検討があげられる。社会資本整備の場合、事業実施後の施設供用状況が景気変動などの影響を受けるのが一般的

表1 最適契約としての事前評価と事後評価

	事前評価	事後評価
評価の目的	・計画主体の私的利益追求の抑止 ・国民への説明責任義務の遂行	・分析者の作業労力軽減の抑止 ・偽りの分析結果報告の抑止
評価時点	事業代替案の決定前	施設供用後
計測対象	社会的純便益の期待値	・次の2つのいずれか。 i) 社会的純便益の実測値 ii) 実現した社会状態の予測確率

である。最適契約メカニズムで導出される分析者への事後的に支払われる報酬も、当然、それらの影響を大きく受ける。この時、景気変動などが個別の社会資本に対して独立の影響を及ぼすよりも、関連した影響を及ぼす可能性が大きい点に注意すべきである。危険回避的な分析者に対しては、最適契約で景気変動などの大きなリスクを被せるよりか、相対評価を行うことで分析者のリスク負担を小さくする方式が有効に機能する可能性が大きい。

この点については、調査・分析結果が観察可能・立証不可能な情報である場合には、事後的な状態が判明する前に、計画主体と分析者の間に再交渉を行う余地がある点に注目したい。調査・分析結果が判明した段階で、計画主体が分析者に対して、次の条件を満足する一定報酬 $\bar{w}(dd_{i(c)})$ をオファーするとしてよう。

$$u(\bar{w}(dd_i)) = E_i[u(w(I, p_i(\cdot|dd_i))|dd_i)] \quad (18)$$

式(18)を式(7)および式(8)に代入すれば、分析者の個人合理性条件や誘引整合性条件が変更しないことがわかる。再交渉が行われる場合でも、分析者によって最適な調査水準が選択される。一方、式(18)を式(6)に代入すれば、計画主体の報酬支払額の期待値が減少することがわかる。したがって、このケースでは、再交渉を許容することが常に望ましい。調査・分析後に徹底的な情報公開を行った場合に限り、リスク・フリーな報酬に切り替えるといったメカニズムを検討すべきであろう。

【参考文献】

- 1) Lawrence, D.B. (1999) The Economic Value of Information, Springer-Verlag.
- 2) 福本潤也・土谷和之 (2002) 社会資本整備の事業評価の制度設計に関する考察, 未公開論文.
- 3) Bernardo, J.M. and Smith, A.F.M. (2000) Bayesian Theory, Wiley.
- 4) Savage, L.J. (1971) Elicitation of personal probabilities and expectations, Journal of the American Statistical Association, Vol. 66, No. 336, pp. 783-801.
- 5) 上田孝行 (2000) 事前・事中・事後評価の共通スキームに向けて, 土木学会年次講演会, 第 部.
- 6) 横松宗太・織田澤利守・小林潔司 (2001) プロジェクトの実施遅延がもたらす経済損失評価, 都市計画論文集, No.36, pp.925-930.