事前・事中・事後評価の共通フレームに向けて

東京工業大学　正会員　上田孝行

1. はじめに

わが国は社会資本整備事業の費用便益分析に関する指針の整備を終え，それを事前評価に適用することは標準化されつつある．しかし，その中で，実務の多くの専門家により，事業進行中における中間評価，および事業完了後の事後評価を行う場合にどのような手法で行うべきか，より具体的には，事前評価の場合と異なる点への疑問が投げかけられている．これについて未だに判然としていないのは，事業の進行スケジュールの設定と事業による経済的便益の関係が適切にモデル化されていないことに起因していると筆者は考えている．

中間評価と事後評価を行おうとする際には，多くの場合，計画段階において決定された事業の規模と内容が進行中の経済状況から適切でなくなってしまったことが指摘される．しかし，計画段階で想定した経済状況が事後的に実現したそれと乖離することは当然である．問題となるのはむしろ，現行の事業遂行システムと評価手法が，そのようなリスクを明示的に考慮し，かつ，事業の進行中に獲得された情報に基づいて計画内容を適切に見直して実行していくを一般には許容していないことにある．

そこで筆者は現在，事業進行の最適スケジューリングを明示した事業評価モデルを検討しているところである．本稿はその研究における主要な論点の概略を紹介することを意図している．

2．基本モデル

本稿での基本モデルは次の前提条件に基づく．

①分析の対象とする時間視野Tを離散的に分割してその一単位を期間と呼び，各期は$t \in \mathbf{D}_t = \{0,\cdots,T\}$で表す．各期において実現される事業内容を決定することをスケジューリングと呼ぶものとする．社会資本の整備事業における建設から供用，そして廃棄に至るまでの事業の進行をのような1次元の変数$y(t) \in Y \subseteq \mathbf{R}$，によって表わすものとする．従って，ある想定された事業の実現段階を各期にどのように割り当てるかということだけを事業内容の決定とみなす．無論，変数$y(t)$をベクトル変数として定義し，関係する関数と変数をを必要に応じて定義しなおすことで広範な事業内容には対応できる．

②各期における外生変数をまとめて，$\theta(t) \in \mathbf{D}_\theta$と表す．外生変数は，事業を取り巻く経済システムの状況，経済主体の選好や技術などを含むものとする．時間選好率も含むとすれば，いわゆる社会的割引率もこれに含める．

③外生変数は確率過程に従うものとして，それを次のような写像または関数で表す．

$$P:\theta(t) \in \mathbf{D}_\theta(t) \mapsto P(\theta(t)|\{I(s)\}_{s\in \mathbf{D}_t(s\le t)}) \in [0,1] \qquad (1)$$

④各期において事業が影響を及ぼす経済社会変数を$x(t) \in X$で表し，それは条件式$f(x(t), y(t), \theta(t)) = 0$に従うとする．この条件式はいわゆる均衡モデルを表現したものであり，外生変数$\theta(t) \in \mathbf{D}_\theta$とスケジューリングによって決まる$y(t) \in Y \subseteq \mathbf{R}$のもとで$x(t) \in \mathbf{D}_x$が内生的に定まる．交通需要予測での均衡配分モデル(波及効果を計測するための応用一般均衡モデルなどかこの典型てあると見なせる．

⑤各期における貨幣タームでの社会的厚生を$W(x(t), y(t), y(t-1), \theta(t))$で表す．ここで，一期前の事業内容が関数に含まれるのは，当該期の厚生にその期における事業費を考慮すると，事業は一期前に実現した事業内容との相対的な関係で決定されるからである．一期間の間に大幅に事業を進行させようとすればその期の事業費が増加することを思い浮かべれば自然な仮定である．

⑥各期においてはそれ以前の期間において実現した外生変数の水準，実行された事業内容，そして経済社会状態は既知である．これらをまとめて履歴と呼び，$\{I(s)\}_{t\in \mathbf{D}_t(s\le t)} = \{\theta(s), y(s), x(s)\}_{t\in \mathbf{D}_t(s\le t)}$と表す．

スケジューリングを行う時点を$t = \tau$の期首として，期間$t = 0$の期首における社会的厚生の現在価値を次のように表す．

$$\begin{aligned} &S(\{I^\#(t)\}_{t\in \mathbf{D}_t(t<\tau)}, \{y(t)\}_{t\in \mathbf{D}_t(t\ge\tau)}) \\ &= \sum_{t\in \mathbf{D}_t(t<\tau)} W(x^\#(t), y^\#(t), y^\#(t-1), \theta^\#(t)) \\ &+ \sum_{t\in \mathbf{D}_t(t\ge\tau)} \{ \int_{\theta(t)\in \mathbf{D}_\theta} P(\theta(t)|\{I(s)\}_{s\in \mathbf{D}_t(s<t)}) W(x(t), y(t), y(t-1), \theta(t)) d\theta(t) \} \end{aligned} \qquad (2)$$

この現在価値は$t = \tau$以前に既に確定した履歴とそれ以降の期について実現される事業内容の関数である．第1項は$t < \tau$で既に確定した履歴のもとで実現した社会的厚生の現在価値を表す．そこに含まれるx, y, θの水準は$t = \tau$期首では確定しているため，それを明示するために#を付している．それらをまとめたものが$t < \tau$に関する履歴$\{I^\#(t)\}_{t\in \mathbf{D}_t(t<\tau)}$である．第2項は$t \ge \tau$における社会的厚生の現在価値であり，将来の不確実下において，各期に実行する事業内容$y(t)$の関数になっている．また，外生変数$\theta(t)$は確率変数であり，各期においてはそれ以前の履歴を既知として確率密度分布を推定できる．従って，$\theta(t)$の確率分布を，履歴を既知としたもとでの条件付確率$P(\theta(t)|\{I(s)\}_{s\in \mathbf{D}_t(s<t)})$として書き改めている．ただし，ここでの履歴$\{I(s)\}_{s\in \mathbf{D}_t(s<t)}$は$t = \tau$期首では確定していないため#を付していない．$t \ge \tau$の各期における社会的厚生はこのように確率分布に従うため，$\theta(t)$の確率密度分布を乗じて積分することで期待値として定義している．

以上のように第1項と第2項ではその特性が大きくことなるため，それぞれを表す関数を次のように定義しておく．

$$S^p(\{I^\#(t)\}_{t\in \mathbf{D}_t(t<\tau)}) = \sum_{t\in \mathbf{D}_t(t<\tau)} W(x^\#(t), y^\#(t), y^\#(t-1), \theta^\#(t)) \qquad (3)$$

キーワード:事業評価，事前・事中 事後
連絡先: *tueda@cv.titechac.jp*

$$S^{f}(\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)}) \tag{4}$$
$$=+\sum_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)}\{\int_{\theta(t)\in\mathbf{D}_\theta}P(\theta(t)\,|\,\{I(s)\}_{s\in\mathbf{D}_t(s<t)})W(x(t),y(t),y(t-1),\theta(t))d\theta(t)\}$$

以上の現在価値は$t=\tau$期首の時点でスケジューリングを行うとして一般化されたものであり，当然，時間視野の最初において事前に事業内容をスケジューリングする場合，すなわち$\tau=0$，および事業完了後である$\tau=T$の場合も含まれる．

スケジューリングは(3)で表された社会的厚生の現在価値を各期において実行すべき事業内容の流列$\{y(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)}$について最大化することを意味する．これを最大化問題として次のように表す．

$$\Omega(\tau,\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)})=\max_{\{y(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)}}S(\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)}) \tag{5.a}$$
$$\text{s.t.}\quad f(x(t),y(t),\theta(t))=0 \tag{5.b}$$
$$y(t)\in Y\ \ \text{for each}\ \ t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau) \tag{5.c}$$
$$\{I(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)}=\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)}\ \ \text{:given.} \tag{5.d}$$

3. 通常の費用便益分析について

通常の事前評価における費用便益分析では，評価対象である事業を実施する場合(代替案a)と実施しない場合(代替案b)について，共通の外生的条件$\theta_o(t)$の流列とそれぞれの代替案毎の各期に実行する事業内容$y(t)$の流列を設定する．なすわち，$\{\theta^o(t),y^a(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}$と$\{\theta^o(t),y^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}$を分析者が設定する．例えば，事業地域の将来人口を既に他で行われた予測の結果を用いて設定するといった作業は$\theta_o(t)$を定めることに対応し，また，開業時期を設定することは$y(t)$を定めることになる．次に，これらの設定に基づいて，代替案毎に事業によって影響を受ける経済社会変数$x(t)$を予測する．各指針が指示している交通需要予測の作業がこれに対応する．以上から，$x(t)$が設定された$y(t)$と$\theta_o(t)$から定まるということも含めて，通常の費用便益分析では事業の事前評価においてまずは将来のシナリオを完全に決定していることになる．これを所与として，代替案の間で貨幣タームの社会的厚生についての差をいわゆる事業の純現在価値として算出してそれが正であれば事業実施を可と判定する．この基準を次のように表す．

$$NPV(\{I^b(t)\},\{I^a(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}) \tag{6}$$
$$=S^p(\{I^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t})-S^p(\{I^a(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t})\geq 0$$

ただし，ここで，$\{I^a(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}=\{\theta^o(t),y^a(t),x^a(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}$，および$\{I^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}=\{\theta^o(t),y^b(t),x^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}$である．

4. スケジューリングが生み出す経済価値

期間$t=\tau$の期首においてスケジューリングを行うとした場合における社会的厚生の現在価値と，通常の費用便益分析において事業実施の案として設定したシナリオに基づく現在価値は，言うまでもなく，一般には一致しない．両者の差が事業進行を最適にスケジューリングすることの価値，すなわち最適スケジューリングの価値(VS)であると見なせ，次のように表す．

$$VS=\Omega(\tau,\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)})-S^p(\{I^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t}) \tag{7}$$

これはさらに以下のように分解して，回顧価値，柔軟性価値，予見価値，および情報価値として解釈することが可能であると思われる．

$$VS(\tau,\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y^*(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)},\{I^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t})$$
$$=S^f(\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y^*(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)})-J^f(\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y^*(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)})$$
$$+J^f(\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y^*(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)})-\Phi^f(\{\theta^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y^*(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)})$$
$$+\Phi^f(\{\theta^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)},\{y^*(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)})-S^p(\{I^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)})$$
$$+S^p(\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)}))-S^p(\{I^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)}) \tag{8}$$

なお，柔軟性価値と情報価値については２期間-２状態のもとで政策の不可逆性に焦点をあてた多々納(1997)が重要な示唆を与えている．ただし，本稿で言う柔軟性価値と情報価値とそこでのそれらの厳密な相互関係の解明は現在取り組んでいるところである．

回顧価値: (8)の最下行であり，これは，$t=\tau$期首において$t<\tau$の各期を振り返った時に，履歴として確定した$\{I^{\#}(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t<\tau)}$に基づいて評価した社会的厚生と，$\tau=0$期首に事前評価として通常の費用便益分析を行った際に設定したシナリオでの社会的厚生の差を表す．これは$t<\tau$の各期を振り返って，確定した過去と事前に想定した外生的条件の相違を経済的価値に変換したものである．例えば，事前に想定したよりも実際には経済環境が悪くなり，事業が提供するサービスに対する需要が小さいという結果になった場合には，この差は負となる場合が多い．当然ながら，逆は逆であり，負の場合は後悔を意味し，正の場合は望外を意味する．

柔軟性価値:(8)の下より２行目であり，これは$t\geq\tau$の将来にわたって最適スケジューリングを行う場合の社会的厚生の現在価値$\Phi^f(\cdot)$と当初固定されたシナリオで事業を進めていく場合のそれ$S^p(\{I^b(t)\}_{t\in\mathbf{D}_t(t\geq\tau)})$について外的経済環境が同じもとでの差をとったものである．$t=\tau$期首で事業の進行を柔軟にスケジューリングできることによる価値を意味している．

予測価値: (8)の上より３行目であり，これは$t\geq\tau$の将来にわたって$t=\tau$時点までの履歴に基づいて将来の外的経済環境を予測しながら最適スケジューリングを行う場合の社会的厚生の現在価値$J^f(\cdot)$と当初固定されたシナリオと同じ外的経済環境を想定したもとで最適スケジューリングを行った場合のそれ$\Phi^f(\cdot)$についての差である．これは将来の外的経済環境についての予測を行っていることによる価値である．

情報価値: (8)の上より４行目であり，これは$t\geq\tau$の将来各期においては外的経済環境の実現値が得られ，各期においてそれより将来の期間における予測をさらに改善できることの価値である．しかし，この価値は外的経済環境の確率過程をどのように見るかに依存しており，条件付き確率のTower Propertyや金融工学等でのマルチンゲールの性質などを考慮すると意味を持たない可能性がある．この点については是非検討しなければならない．

参考文献

多々納祐一(1998)，開発留保の便益と開発戦略，応用地域学研究，No.3, pp.21-32