

G-045

先行投機計算におけるリスク管理手法

Risk management methods in speculative computation

村尾 拓哉¹
Takuya Murao北村 泰彦²
Yasuhiko Kitamura東尾 潔³
Kiyosi Higashio辰巳 昭治¹
Shoji Tatsumi

1. はじめに

先行投機計算を行うことで、時間が経過するにつれて不可能になっていく行動に対して予めその行動をコミットしておくことができる。しかしながら、先行投機計算を行った結果と事後の状況との間に違いが生じてしまった場合には何らかのリスクが発生する。そのため、できるだけリスクを軽減できるような手法が望まれる。

本論文では会合交渉問題を例にとり、予測に基づいて先行投機計算と通常計算を切り替えてリスクを軽減する混合型手法と段階的契約を用いた手法を提案し、比較する。

2. 会合交渉問題

会合交渉問題とは、ホストとメンバーの2つのエージェントによって行われる交渉問題である。ホストはメンバーに会合を通知し、さらに会合を開催するための会議室の予約を行う。メンバーは効用が最大化するようにホストの主催する会合への参加、不参加を決定する。

ただしメンバーの返答には遅延が生じる。また会議室の予約は時間の経過に伴い困難になっていくと仮定する。

会合成立のためにはメンバーが会合に参加し、ホストが会議室の予約に成功しなければならない。

2.1. 会合交渉のモデル

会合交渉のモデルを表すパラメータは次のようになる。

- \bar{a} : 会合が成立したときにホストが得られる報酬
- ρ : ホストが会合に参加したメンバーに支払う報酬
- c : 会議室の予約を行ったあとで、会合の不成立により予約を取り消さなければならなくなった場合にホストが会議室に支払うキャンセル料
- P_m : メンバーがホストの提案した会合に参加する確率
- P_r : ホストが会議室を予約できる確率

会合交渉問題には、ホストが会議室を予約するタイミングの違いによって通常型会合交渉と、先行投機型会合交渉の2つのタイプが存在する。

通常型会合交渉では、ホストはメンバーに会合を通知したあと、メンバーの返答を待ってから会議室の予約を決定する。メンバーの返答には遅延が生じるため、返答が参加であっても会議室の予約できる確率は P_r なので、確実に会合が成立するとは限らない。

先行投機型会合交渉では、ホストはメンバーに会合を通知したあと、メンバーの返答を待たずに会議室を予約する。メンバーの返答が参加のときは会合成立となるが、不参加

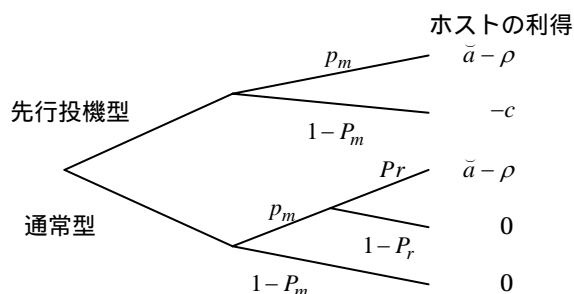


図1: 会合交渉におけるホストの利得

のときはホストが会議室の予約を取り消してキャンセル料 c を支払わなければならない。

2.2. 会合交渉の利得

図1は会合交渉においてホストが得られる利得を表したものである。例えばホストが先行投機型会合交渉を行い、メンバーの応答が参加だった場合にホストは $\bar{a} - \rho$ の利得を得ることを表している。そこで先行投機型会合交渉におけるホストの利得は次のようになる。

$$profit_{SC} = P_m \cdot (\bar{a} - \rho) + (1 - P_m) \cdot (-c)$$

また同様に通常型会合交渉におけるホストの利得は次のようになる。

$$profit_{NORMAL} = P_r \cdot (\bar{a} - \rho)$$

図2は $\bar{a} = 50$ 、 $\rho = 30$ 、 $c = 10$ とし、メンバーの参加確率 P_m を $0 \sim 1$ の一様分布としたときの先行投機型会合交渉と通常型会合交渉におけるホストの利得をグラフにしたものである。横軸は会議室を予約できる確率 P_r を、縦軸は会合交渉を行った際にホストが得られる利得を示している。

図より先行投機型会合交渉と通常型会合交渉におけるホストの利得が、ある P_r において入れ替わっていることが分かる。つまり状況に応じて高い利得を得られる交渉方法を選択することによってホストの利得は高くなる。

2.3. 混合型会合交渉

先行投機計算が通常型と比べて不利になる状況では、通常型会合交渉に切り替える事でリスクが軽減できる。先行投機型会合交渉が通常型会合交渉よりも望ましい条件は

$$P_m \cdot (\bar{a} - \rho) + (1 - P_m) \cdot (-c) \geq P_r \cdot (\bar{a} - \rho)$$

$$\Leftrightarrow P_m \geq \frac{c}{(1 - P_r) \cdot (\bar{a} - \rho) + c}$$

1 大阪市立大学大学院工学研究科

2 関西学院大学理工学部

3 (株) 富士通サポートアンドサービス

となり、交渉方法をメンバーの参加確率 P_m で切り替えれば良いことが分かる。このように交渉方法がある確率 P_m で切り替える交渉を混合型会合交渉と呼ぶことにする。

混合型会合交渉では、ホストはメンバーに会合を通知したあと、メンバーの参加確率の予測に従って先に会議室を予約するかどうかを決定する。メンバーの応答が参加で会議室を予約していない場合、ホストは予約を行うが確実に予約できるとは限らない。またメンバーの応答が不参加で会議室をすでに予約してしまっている場合、ホストは会議室の予約を取り消してキャンセル料 c を支払わなければならない。

混合型会合交渉におけるホストの利得は次のようになる。

$$profit_{MIX} = \int_0^1 \frac{c}{(1-P_r)(\bar{a}-\rho)+c} \{P_m \cdot (\bar{a}-\rho) + (1-P_m) \cdot (-c)\} dP_m + \int_0^1 \frac{c}{(1-P_r)(\bar{a}-\rho)+c} P_m \cdot P_r \cdot (\bar{a}-\rho) dP_m$$

図 2 より混合型会合交渉のホストの利得は先行投機型会合交渉や通常型会合交渉よりも高くなり、先行投機計算におけるリスクを軽減できていることが分かる。

3. 段階的契約を用いた会合交渉

先行投機型会合交渉のリスクを軽減する手法として段階的契約を用いた会合交渉がある。段階的契約を用いる際には、新たにペナルティ b を導入する。

b : 仮契約を破棄する場合にメンバーがホストに支払うペナルティ

段階的契約を用いた会合交渉では先行投機型会合交渉を行う際に、メンバーはホストに対して参加するという仮契約を結んでいると仮定する。仮契約とはメンバーがあとで会合に参加できなくなったときに破棄できる、つまり会合への参加を取り消すことができる契約のことである。ただし仮契約を破棄する場合には、メンバーはホストに対してペナルティ b を支払わなければならない。

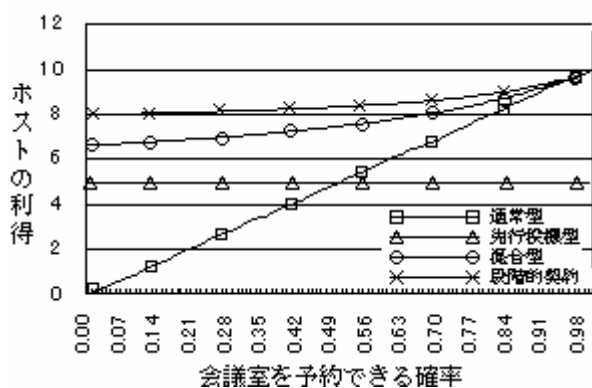


図 2 : 交渉方法におけるホストの利得の比較

段階的契約を用いた先行投機型会合交渉のホストの利得は

$$profit_{SC} = P_m \cdot (\bar{a} - \rho) + (1 - P_m) \cdot (b - c)$$

となり段階的交渉を用いない場合に比べて $(1 - P_m) \cdot b$ だけ利得が高くなる。

$$profit_{MIX} = \int_0^1 \frac{c-b}{(1-P_r)(\bar{a}-\rho)+c-b} \{P_m \cdot (\bar{a}-\rho) + (1-P_m) \cdot (b-c)\} dP_m + \int_0^1 \frac{c-b}{(1-P_r)(\bar{a}-\rho)+c-b} P_m \cdot P_r \cdot (\bar{a}-\rho) dP_m$$

よって段階的契約を用いた混合型会合交渉のホストの利得は次のようになる。

図 2 より段階的契約を用いた混合型会合交渉の方がホストは高い利得を得ることができることが分かる。これはペナルティ b を導入することによって、メンバーは仮契約を破棄することが困難になるからである。こうしてホストは先行して会議室を予約した際に、メンバーが仮契約を破棄して会合が不成立になり会議室にキャンセル料 c を支払ってしまうリスクを軽減できるのである。

しかしながら、 b が大きくなるにつれてホストの利得も高くなるからと言って b を際限なく大きくできるわけではない。契約を成立させるためには、ホストとメンバーの両方の個人合理性が満たされなければならないからである。つまりホストとメンバー共に、何も行わない場合よりも会合交渉を行った方が得られる利得が高くならなければならないということである。適切な b が選ばれないとメンバーは会合に参加せず、会合が成立しないためホストも利得を得られない。段階的契約を用いるときには適切な b を選択することが必要である。

4. まとめ

会合交渉問題を例にとって、先行投機計算におけるリスクを軽減する手法を提案した。そして参加確率を予測して、先行投機型会合交渉と通常型会合交渉を切り替える混合型会合交渉を行うことで、先行投機計算におけるリスクを軽減することができた。また、段階的契約を行うことでさらにリスクを軽減することができた。

今後は段階的契約におけるホストとメンバーの個人合理性がペナルティ b の変化によって満足されるかどうかを検証していく。

5. 参考文献

[1] Tuomas W. Sandholm and Victor R. Lesser, Advantages of a Leveled Commitment Contracting Protocol, COMPSCI Technical Report 95-72 September 7, 1995