

複数ベンダー・サービスのための パートナー交渉における意思決定支援

Mary E. Helander¹, Hua Ni², Paul M. Thompson², Leanne K. Viera²

専門サービスを提供するパートナー企業との契約交渉では、情報の非対称性が微妙に対立する目的と相絡まっており、公的または民間セクターにおける応用オペレーションズ・リサーチ³の他の分野ではあまり見られない状況が生じる。このことがモデリングおよびビジネスの観点から見て極めて興味深い決定問題を生み出す。問題の有効な解決方針としては、最適化に基づく方法論や、潜在的なパートナー企業間において有益な情報を効果的に伝達する手段が含まれる。本モデルの利用により、大手のコンサルティング組織において大幅なコスト削減およびチーム構成の改善を実現した。

キーワード：交渉，経済学，経営，収益管理，人員配分，線形計画，混合整数計画，コスト最適化，専門サービス，複数ベンダー・プロジェクト，プライシング

1. はじめに

公的セクターにおける大規模プロジェクトの提案依頼書 (RFP: Request For Proposal) においては、技術およびサービスに対する広範な要求が一般的であるが、専門サービスを提供する入札企業は、その要求に十分に応えるため、多くの場合において他社とチームを編成して共同入札を行う。この状況においては主たる応札企業 (the prime: 「元請」) には、適切なパートナー企業の選択、およびパートナー企業間でのプロジェクト作業の配分という2つの課題が存在する。

パートナー企業のチーム編成およびパートナー企業間でのプロジェクト作業の配分に関する決定は、2つの対立する目標により左右される。この2つの目標とは、1つは優れた提案の作成、すなわちプロジェクトを受注することであり、もう1つは元請および各パートナー企業が受注から得られる各社の利益を最大化することである。これらの2つの目標は、多くの側面において極めて類似しているが、その焦点と方向性において根本的に異なったものである。事実、目標間の本質的な衝突に関して適切な対処がなされない場合には、入札提案は最適なものではなくなり、結果として受注の可能性が危うくなり、すべてのパートナーにとっての期待リターンが低下することになる。このような状

況は、産業または公的セクターのいずれにおいても、オペレーションズ・リサーチの他の分野では見られないものである。

元請が、潜在的なパートナー企業としての他の専門サービスの組織と交渉を行う際には、情報の非対称性が存在する——元請はすべての潜在的なパートナー企業の直接的な知識を有しているが、潜在的なパートナー企業が他の潜在的なパートナー企業および元請に関して有している情報は極めて限定的なものである。この情報の非対称性は互いに対立する目標と相まって、モデリングおよびビジネスの観点から見て極めて興味深い決定問題を生み出す。

コストおよび専門サービス入札時の提案価格をコントロールする手段としてのパートナー企業間の交渉は、オペレーションズ・リサーチ、経済学、経営学の文献でも扱われていない。専門サービスの収益管理および価格設定については、最近出始めつつあるトピックであり、例えば Bona and Thompson[1]、および Young and Maurer[6]などがある。また、サービス・サイエンス分野の学問領域としての進展に伴い、Dube, Liu and Wynter[4]、Hu, Ray and Singh[5]、および Wardell, Wynter and Helander[7]などで専門サービスの収益管理に対する極めて高度な数理的アプローチが開発されている。専門サービス事業の複雑性と業界内における競争、およびツールや資産を通じた専門性の拡大のため、パートナー企業がチームとして

¹ IBM Research, T. J. Watson Research Center
helandm@us.ibm.com

² IBM Global Business Services

³ 原文の applied operations research を直訳した。

サービスを提供する場合に効果的な入札価格設定の手段が今まさに必要とされている。

本論文では、複数ベンダー・サービスのためのパートナー交渉の問題に対する効果的な解決方針の提示を行う。本方針には、この決定問題の背景となっている数理的構造をベースとした最適化に基づく方法論が含まれる。また、これには元請と潜在的パートナー企業間で使用可能な情報の効果的伝達の手段も含まれる。本モデルの利用により、大手の世界的なコンサルティング組織において、大幅なコスト削減およびチーム構成の改善を実現している。

2. 目標の調整：パートナー企業間におけるプロジェクト作業の配分

最初の目標である受注につながる提案の作成には、発注者に提供する価値の最大化と、それを行うコストの最小化という2つの互いに競合する目的がある。同時に、受注チームの提案に対して発注者が課すすべての制約を満たさなければならない。

パートナー契約を締結する一般的な理由としては以下のものがある。

- 発注者固有の制約条件。例えば、米国政府の多くの契約においては、指定された水準のマイノリティ企業・女性オーナー企業・中小企業などが含まれていることが義務付けられている
- パートナー・ベンダーの中核的能力による、元請のチームの能力の補完
- 他にない独自の技術へのアクセスの獲得
- 高度の能力を有する人材のプールの拡大
- 多様性による高品質なサービス提供の達成
- パートナー・ベンダーにより提供されるコスト格差の利用
- 提案作成のコストの分担
- 受注できないリスク、またはプロジェクトの要件を提供できないリスクの分散

元請および各パートナー企業にとっての第2の目標は、受注から得られる各社の利益を最大化することである。大半の状況においては、各パートナー企業は自社の作業の比率や認知度、収益ストリーム、そして収益性の最大化を望んでいる。当然のことながら、これはパートナー企業間の衝突、あるいはパートナー企業

と元請間の対立をもたらし、非生産的な行動の原因となる可能性がある。

これらの対立する目標の調整が提案の成功の鍵となる。この問題に対処するため、合理的かつ経済的な動機を持つパートナー企業または元請が、プロジェクトに関連する収益ストリームの減少を積極的に受け入れるのは、この収益の減少が、提案に参加することで得られる期待リターン総計の増加に値するだけの受注可能性の増大が見込める場合であり、かつその場合に限定されるということに注目する。言い換えると、

補題1. パートナー企業または元請は、以下の条件が成立する場合かつその場合に限り、 R_j および R_k の相対的な価値には関わりなく、チームの割り振り k よりも割り振り j を選好する。

$$P_j R_j > P_k R_k$$

ここで、

P_j = チームが割り振り j の下での提案により受注成功する確率

R_j = チームの割り振り j の下でプロジェクトに参加することによるパートナー企業の期待収益ストリームの正味現在価値 (NPV: Net Present Value)

$P_j R_j$ = チームの割り振り j の下で提案に参加することによるパートナー企業の期待収益ストリームの NPV。

元請と他のパートナー企業間に存在する力の不均衡のため、元請は自社の期待収益性を最大化するために他のパートナー企業の対立する目的を利用できる独自の立場にある。元請は、補題1を建設的に利用することにより、入札の期待収益性および自社を含む各パートナー企業[1]の期待収益性を最大化することができる。これを達成するため、元請は類似した作業に対する労働単価がパートナー企業間で異なることを利用し、要求されるサービスを提供するコストを低減する。これは、直に収益の増大につながるか、あるいはチームが入札価格を引き下げ、受注可能性を高めることを可能とする。

3. 大規模案件の価格設定

大規模案件の価格設定は一般的に非常に複雑であるが、提案の成功のためには極めて重要である。入札価格は、元請の粗利目標を満たすとともに、同時に発注者にとって最良の価値となる必要がある。異なるベンダーは、さまざまな仕事のカテゴリーに対するコスト

⁴ 原文では minority, women-owned, disadvantaged and small businesses となっている。

構造, 人員の利用可能性, 処理能力の面で異なっている。さらにパートナー契約では, パートナー企業に対して, プロジェクトへの参加あるいはサービスに対する価格構造への合意との引き換えに, 案件の特定の部分あるいは特定のポジションを約束する場合もある。

協力しているパートナー企業に対して相互にメリットのある状況を作り上げることも提案の成功にとっては重要な点である。このため十分な利益を生み出すには, 複数の戦略が可能である。第1に, 価格の引き上げがある。しかし, 提案では受注のための価格設定が必要であるため, これは常に可能であるというわけではない。第2に, 人員削減による総コストの引き下げがある。優れたサービス提供には適切な人員配置が必要となるため, これも常に可能であるというわけではない。第3の方法は, 人員コストの削減による, 総コストの引き下げがある。これは, 元請を含む各パートナーが満足できる粗利を確保できる限り可能である。

元請により通常用いられている価格設定プロセスには以下の要素が含まれる。

1. サービス・パートナーの特定, 合意の取り交わし
2. 作業カテゴリおよび役割の特定
3. サービス・パートナーに対する RFP の送付, 各パートナーからの労働単価の提案
4. ヒューリスティックによる各サービス・パートナーへの役割の割り当て
5. 工数見積りおよび単価に基づく労務コスト計算の実施
6. 労務コストの価格設定ツールへの入力

ヒューリスティックによる割り当ては, 多くの場合スプレッドシートのモデルを使用し, 手作業による試行錯誤により行われる。この割り当て問題に対するより厳密なアプローチには, 大幅なコスト削減がもたらされるという点だけではなく, 労務費の設定に関し相互にメリットのある交渉の支援にもなるという追加的な利点も存在する。

4. 線形計画法を用いた価格設定

この価格設定の問題は, 各パートナー企業から提案された作業カテゴリ別の単価, そして元請の人員の時間当たりコストを所与として, すべてのプロジェクトの要員確保と交渉におけるすべての合意を満たすような, 元請およびパートナー企業の人員の最適構成を決定する問題であるということができる。

この問題は, 標準的な商用ソフトウェア・パッケージ

で容易に解くことが可能な線形計画 (LP) 問題として定式化することができる。この問題への入力は, (i)作業カテゴリ別の所要工数⁵, および(ii)各パートナー企業の単価および各作業カテゴリ別のキャパシティである。目的は, 必要とされるサービスを提供する総コストを最小化することである。意思決定変数は, 各パートナー企業に対する作業カテゴリ別の工数の配分である。ビジネス・ルールおよび制約条件には, 特定されたすべてのポジションに対する人員配置が行われること, 工数ベースでも総コストベースでも各パートナーに対して最小限度の割り当てが行われること, そして事前に指定されているポジションの満足という要件が含まれる。

この LP モデルは以下のように表現可能である: ここで,

N : ベンダー数, 各ベンダーは $i(=1 \cdots N)$ または $h(=1 \cdots N)$ で示す。

M : 同じ単価を持つ作業カテゴリの数, 各作業カテゴリは $j(=1 \cdots M)$ で示す。

r_{ij} : ベンダー i , 作業カテゴリ j の単価

ρ_i : ベンダー i に割り当てられる費用比率 (総費用比)

ϕ_i : ベンダー i に割り当てられる工数の比率

β_j : 作業カテゴリ j で必要とされる最小限の工数。

x_{ij} : ベンダー i から作業カテゴリ j に対して割り当てられる工数。

l_{ij} : x_{ij} の下限値

u_{ij} : x_{ij} の上限値

とすると, 決定問題の一般形は以下のように表される。

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M r_{ij} x_{ij}$$

総コストを最小化する人員配置を特定する (1)

Subject to:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} \geq \beta_j \quad j=1, \dots, M$$

必要とされる工数の確保 (2)

$$\frac{\sum_{j=1}^M r_{ij} x_{ij}}{\sum_{j=1}^M \sum_{h=1}^N r_{hj} x_{hj}} \geq \rho_i \quad i=1, \dots, N$$

各ベンダーがある% (総コストで) を得る (3)

$$\frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}}{\sum_{j=1}^M \sum_{h=1}^N x_{hj}} \geq \phi_i \quad i=1, \dots, N$$

⁵ 以下, 原文の FTE (Full Time Equivalent: 専従換算工数) を「工数」とした。

各ベンダーがある% (工数で) を得る (4)

$$l_{ij} \leq x_{ij} \leq u_{ij} \quad i=1, \dots, N, j=1, \dots, M$$

上限値および下限値 (5)

式(1)から(5)で与えられる数理的な定式化は、その他の実際的なモデルによる定式化にも容易に適用可能である点に注意されたい。例えば、一部またはすべての人員が整数でなければならない場合には、混合整数計画が望ましい場合がある。これは、特に1社ないし複数のパートナー企業が小規模のベンダーであり、1名ないし複数の人員がプロジェクトに対して選任で投入される必要のあるときに、可能性としてあり得る状況といえる。

5. モデルの入力および出力

このモデルで必要とされる入力の例を図1に示す。

このモデルが提供する出力の例を図2に示す。

6. LP モデルを使用したベンダー交渉

LP モデルは、ベンダーの単価および契約条件に関

する交渉の支援、および仮説的な契約構造に対する what-if 分析の実施に対して特に適している。

LP モデルの出力には、最適な総労務コスト、ベンダーの各作業カテゴリへの工数の配分、感度分析および what-if 分析の情報が含まれている。感度分析および迅速な再最適化により、パートナー企業との料金交渉における定量的な基盤が提供される。これらにより、元請 (チームのすべてのパートナー企業の価格および契約条件に関する情報を有する唯一の企業) は、(i)総コストに最も大きい影響を及ぼすベンダーおよび単価の特定、(ii)契約条件の費用便益のトレードオフの定量化、そして(iii)交渉された単価や契約の変更に基づいた作業カテゴリの再配分を行うことが可能となる。

このアプローチにより複数ベンダーのサービス単価の交渉に対して極めて顕著な結果が得られている。元請と9社のパートナー企業からなる、ある大規模な提案では、この方法により入札価格の10-15%の削減が実現できた。また、44の作業カテゴリ、提案期間5年間、元請と14社のパートナー企業からなる極めて

Labor Category	Rates						Lower Bounds						Total Required
	Partner A	Partner B	Partner C	Partner D	Partner E	Partner F	Partner A	Partner B	Partner C	Partner D	Partner E	Partner F	
a	\$220.40	\$151.89	\$178.74	\$108.11	\$157.56		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 4
b	\$121.27	\$192.73	\$205.22	\$145.93	\$119.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 5
c	\$111.13				\$198.48	\$158.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 6
d	\$230.23	\$144.02		\$217.20	\$114.25	\$238.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 7
e	\$170.29	\$132.15	\$201.19	\$115.54	\$214.24	\$108.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 2
f	\$73.36	\$109.16	\$178.83			\$150.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 3
g	\$207.60	\$178.55	\$100.73	\$246.86		\$116.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 4
h	\$202.13	\$170.70	\$209.32	\$110.48	\$175.63	\$136.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 5
i	\$188.92	\$118.08	\$188.93	\$107.80	\$207.22	\$111.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 1
j	\$117.79		\$182.77	\$117.91	\$212.06		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 2
k	\$184.21	\$105.56			\$174.10	\$215.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 3
l	\$111.71		\$115.45		\$158.91	\$145.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 4
m	\$115.30	\$122.86	\$145.84		\$147.35		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	>= 5
Total													51

Target Revenue Allocation						
Partner A	Partner B	Partner C	Partner D	Partner E	Partner F	
50%	10%	10%	10%	10%	10%	

図1 LPモデルの入力例

Labor Category	Assigned FTEs						Total Assigned	Total Required	Delta
	Partner A	Partner B	Partner C	Partner D	Partner E	Partner F			
a	0.00	0.00	1.01	2.99	0.00	0.00	4.00	>= 4	0.00
b	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	>= 5	0.00
c	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	>= 6	0.00
d	0.04	1.85	0.00	0.00	5.11	0.00	7.00	>= 7	0.00
e	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	>= 2	0.00
f	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	>= 3	0.00
g	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	4.00	>= 4	0.00
h	0.77	0.00	0.00	2.36	0.00	1.87	5.00	>= 5	0.00
i	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	>= 1	0.00
j	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	>= 2	0.00
k	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	>= 3	0.00
l	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	>= 4	0.00
m	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	>= 5	0.00
Total							51		

Target Revenue Allocation						
Partner A	Partner B	Partner C	Partner D	Partner E	Partner F	
50%	10%	10%	10%	10%	10%	
Attained %	50%	10%	10%	10%	10%	10%
Delta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

図2 LPモデルの出力

大規模な提案では、本モデルにより価格設定プロセスを通じて異なる構成戦略の迅速な再評価の支援が行われた結果、価格設定プロセスの作業負荷が大幅に軽減され、公開されていないが入札価格の大幅な引き下げが可能となった。

7. 拡張

本研究はいくつかの分野へと拡張することができる。詳細な作業/タスクの細分化および計画への本モデルの拡張は、動的な入札プロセスの支援となり、さらなるコスト改善の可能性がある。例えば元請は、割当比率などに応じて、ベンダーに対して異なる単価を認めることが可能となる。

今後の研究にあたって有望な分野としては、入札プロセスにおけるリスクと報酬のトレードオフに関するものがある。例えば、意思決定基準は、提案プロセスからの期待収益および受注失敗のリスクの明示的な関数であり得る。このタイプの決定問題では、平均リスクの確率的最適化モデル、すなわち期待収益とリスクを同時に最適化するモデルが必要となる。別のアプローチは、合計リスクを制限するために、確率的な制約条件を組み込むことである。このリスク回避のための確率的最適化モデルはいずれも、単純な期待値に基づく確率的プログラムに対する改善となるが、その代償としてデータおよび解法の両方において高い複雑性を伴う。

このような応用の期待は大きいものの、現行の価格設定手法を変えることに対する抵抗も根強い。実務家は、財務モデルとスプレッドシート分析による従来の価格設定手法・プロセスに満足している。これに加えて、価格設定においてよくある考慮事項に対処できるほど汎用的であり、かつ個別の追加的な要件に適用できるほど柔軟性の高い、強力で簡単に使用できるツールは存在しない。

8. 結論

本論文では、標準的かつ容易に利用可能な数理計画法を使用した、複数ベンダー・サービスのためのパー

トナー交渉の問題への解決方針の提示を行った。また、これにより元請と潜在的パートナー企業間で使用可能な情報の効果的な伝達の手段も提供される。本モデルの適用により、世界的な大手コンサルティング組織において大幅なコスト削減およびチーム編成の改善が見られた。これは応用オペレーションズ・リサーチの実践において、既存かつ既知の数理的方法を用いる新しい動向が、新たな適用領域のために新しい結果を提供し得るという事実の一例である。また、オペレーションズ・リサーチの実務家が、絶えず注意を払い、伝統的に受け入れられている役割から踏み出し、他の分野に取り組むことの重要性を示す1つの例でもある。さらに最も重要なことは、すべてのお客様の成功に貢献することである。(訳：廣津信義 順天堂大学)

参考文献

- [1] A. Bona and E. Thompson (October 2005) "Packaging and pricing applications present challenges in a services-oriented environment," Research Report G00130411, Gartner, Stamford, CT.
- [2] G. B. Dantzig, *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton, 1963.
- [3] W. Drake, *Fundamentals of Applied Probability Theory*, McGraw-Hill, New York, 1967.
- [4] P. Dube, T. Liu and L. Wynter (June 22, 2006) "Revenue management for e-services: joint optimization of price and service levels," Report RC23984 (W 0606-107), IBM Research Report.
- [5] J. Hu, B. K. Ray and M. Singh (2007) "Statistical methods for automated generation of service engagement staffing plans," IBM J. of Research & Development, B. M. Schieber, Guest Editor, 51, 3/4.
- [6] L. Scardino, A. Young and W. Maurer (September 2005) "Common pricing models and best-use cases for it services and outsourcing contracts," Research Report G00130926, Gartner.
- [7] C. L. Wardell, L. Wynter and M. Helander (September 18, 2007), "Capacity and Value Based Pricing Model for Professional Services," Report RC24349 (W0709-056), IBM Research Report.