

自動交渉に基づく協調型イールド・マネジメント Collaborative Yield Management based on Automated Negotiation

宇山 政志† 光岡 円† 門間 仁‡ 神田 陽治†
Masashi Uyama, Madoka Mitsuoka, Hitoshi Momma, and Youji Kohda

1. はじめに

イールドマネジメント (YM) は、ホテルの部屋、航空機の座席等、蓄積不能かつ有限数の商品を販売する業態において、収益を最大化する手法である。

YMの基本概念は「適切な時間と場所で適切な顧客に適切な量を割り当てること」である[1]。YM手法では、正規価格商品と割引価格商品の配分やオーバブッキング許容量を需要予測に従い算出したり、予約状況に応じて、単価の低い顧客への販売を停止したりすることで、収益の最大化を図る。

従来のYM手法は、大手ホテルチェーンなど単一企業での利用を前提としていた。しかし、日本の旅行業界のように、ホールセラーへの委託販売の依存率が高い[2]場合、ホテル直販分だけでYMを実施しても効果は薄い。

本稿は、提供者と消費者のみならず中間の仲介者・加工者を含めた複数企業からなるバリューチェーンにおいて、蓄積不能かつ有限数の商品から得る収益を最大化する「協調型YM」手法を提案する。

2. 協調型イールドマネジメント

有限の商品が生み出す利益を、バリューチェーン全体を通して最大化する試みは、既存のYM研究[1]、レベニューマネジメント研究[3]には見出せない。一方、サプライ・チェーン・マネジメントは、CPFR[4]に見られるように、需要予測の共有に基づく生産計画の調整が主眼であり、価格帯の調整を行うYMとは用途が異なる。

協調型YMは新しい問題領域である。本節では、旅行業を例にとり、問題の特徴を整理する。

1) 単一の共有された需要予測は存在しない。YMには正確な需要予測が必要である。しかし、日本の旅行業界の場合、ホールセラー側、宿泊施設側ともに自己の取り扱い実績内で、部分的な需要予測をせざるを得ない。また、需要予測には企画商品の売り上げなど競合他社に公開できない情報が存在するため、バリューチェーン全体で需要予測情報を共有することは困難である。

2) プレイヤ間の利益は競合する。従来のYMでは消費者への販売価格と数量から算出される売り上げ期待値の最大化を図れば良かった。しかし、ホールセラー側の収益はコミッション率に依存し、コミッション率の増加は、ホテル側の収益の減少を伴う。バリューチェーン全体の売り上げを最大化するだけでなく、個々のプレイヤーのWin-Winを図る必要がある。

3) 商品は返品される。従来のYMでは、商品は売れるか売れないかどちらかであった。しかし、旅行業の委託販売では、ホールセラー側から宿泊施設側への返品を考慮す

る必要がある。現状では、全くペナルティなしの返品から、ホールセラー側がリスクを負って買い取る形態までバリエーションが存在する。

以上の特徴を踏まえ、本稿では協調型YMを、提供者側と販売者側とが「販売価格、数量、コミッション率、返品ペナルティ率」からなる販売委託条件を交渉し、それぞれの収益を最大化する条件を探索する多パラメタかつ多対多の交渉問題と捉える。

交渉問題を解くには、販売委託条件がもたらす収益を算出する効用関数を、提供者側と販売者側の双方で特定する必要がある。また、双方の競合する利益を調整し、交渉を妥結に導く戦略を特定する必要がある。

3. 効用関数

ホールセラー側の効用関数 U_W と、ホテル側の効用関数 U_H を特定する。

まず、単一のホテル、単一のホールセラーからなるバリューチェーンを考える。両者が販売価格 Pr 、室数 n で販売委託契約を結んでいるときの売り上げ期待値 S を式 (1) で表す。 R は需要予測から導かれる売れ残り期待値であり、価格 Pr で x 室売れる確率密度関数 $f_{pr}(x)$ を用いて式 (2) で表される。

$$S(p_r, n) = p_r \cdot n - p_r \cdot R(p_r, n) \quad (1)$$

$$R(p_r, n) = \sum_{x < n} (n - x) f_{pr}(x) \quad (2)$$

コミッション率を c 、返品ペナルティ率を Pe とすると、ホールセラー側の売り上げ期待値 S_W は式 (3) で、ホテル側の売り上げ期待値 S_H は式 (4) で表すことができる。

$$S_W(p_r, n, c, p_e) = c \cdot S(p_r, n) - (1 - c) p_r \cdot p_e \cdot R(p_r, n) \quad (3)$$

$$S_H(p_r, n, c, p_e) = (1 - c) \cdot S(p_r, n) + (1 - c) p_r \cdot p_e \cdot R(p_r, n) = (1 - c) \cdot p_r \cdot n - (1 - c) p_r \cdot (1 - p_e) \cdot R(p_r, n) \quad (4)$$

次に、複数のホテル、複数のホールセラーの空室取引における収益最大化を考える。ホールセラー側は式 (3) を効用関数 U_W として用い、取引相手の各ホテル毎に効用関数を最大化する条件を交渉すればよい。しかし、ホテル側は式 (4) を効用関数として用いることはできない。たとえば、 $S_H(Pr, n, c, Pe)$ と $S_H(Pr, n+1, c, Pe)$ のどちらが好ましいかの判断はできない。なぜならば、ホテル側にとっての収益最大化は、 $n+1$ 個目の部屋を該当ホールセラーに割り当てる場合と、他のホールセラーに回す場合との比較が必要だからである。

しかし、需要予測が予め入手できない状況で、他の相手との交渉を効用関数に織り込むのは、多対多の交渉が相互に依存することになり問題が複雑になる。そこで各ホール

† 株式会社富士通研究所

‡ 富士通株式会社

セラーとホテルの直販チャンネルとの比較のみを効用関数に含めることで、効用関数の大小を相対的に比較できるようにする。

式(6)に示すように、式(4)中の売れ残り期待値 R 項に返室許容度 α をかけたものをホテル側の効用関数とする。

α はホテルの直販力と負の相関を持つパラメタである。返室があってもホテルの直販力が強ければ α は小さくなり、返室の損害は少なくなる。この場合には、コミッションを減らすことで効用が大きくなる。ホテルの直販力が弱ければ α は大きくなり、ペナルティ率を増やすことで効用が大きくなる。

$$U_w = S_w \quad (5)$$

$$U_H = (1-c) \cdot p_r \cdot n - \alpha (1-c) p_r \cdot (1-p_e) \cdot R(p_r, n) \quad (6)$$

4. 交渉戦略

式(3) (4)のようにホールセラー側、ホテル側の利害はコミッション、ペナルティに関して相反しており、双方が効用関数の最大化に固執すれば妥結点を見出せない。このため何らかの制約を持つ交渉戦略を導入する必要がある。

ここでは、分割選択に類似の方法を用いる。ホールセラー側は、従来の慣習的な取引(ペナルティ0%コミッション率固定)で得ている利益を目標額とし、目標額と等価な利益を生み出す「販売価格、数量、手数料率、返品ペナルティ率」のバリエーションを式(3)に基づき生成しておく。ホテル側はホールセラー側が用意したバリエーションから、自身の効用関数(6)を最大化する条件をヒルクライミング的な手法で探索する。

すなわち、ホールセラー側は既存の利益を最低限確保し、ホテル側がより良い条件を選択することで、WinWinを図る。

本戦略を用いた交渉における効用関数の時間経過を図1に示す。時間軸を x 、評価値を y 軸に取りプロットしている。ホールセラー側の効用関数が目標額に達した後も、宿泊施設側はその後も評価値を高めることができる。

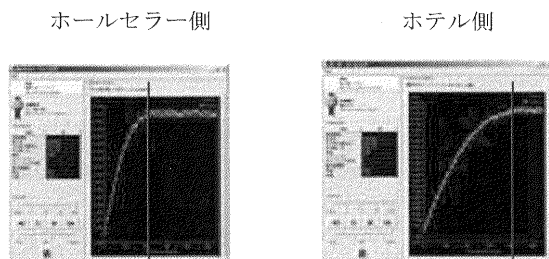


図1 交渉過程での効用関数の増大

5. 自動交渉技術への貢献

協調型YMのように、各プレイヤーがある程度情報を隠蔽した上で最適な妥協点を探索する場合、多数回の交渉を短時間に行うことができる自動交渉技術が有用である。交渉の自動化はエージェント研究分野で長い歴史を持つ。しかし、自動交渉によるYMを扱った例は存在しなかった[5]。

協調型YMは、多パラメタ自動交渉技術の応用に適した条件を持つ。

- 取引は需要予測に基づく：一般に自動交渉ではMAUT (Multi-Attribute Utility Theory) に見られるように、多パラメタの効用関数を作るのは困難である[6]。協調型YMでは、業務で既に利用されている需要予測や品質評価を流用して効用関数を作成できる。
- 取引は繰り返す：自動交渉でしばしば相手を騙す可能性が問題になる。協調型YMでは、間違った需要予測は次契約に影響するので、騙す可能性は少ない。
- 取引には優先度がある：多対多の自動交渉では、他の相手との交渉結果の影響を考慮する必要がある。しかし、旅行業のように長年の取引実績がある分野では取引先の序列が存在する。このため、優先順位の高い相手から1対1で個別に最適化を図れば良い。
- 取引には前年実績が存在する：自動交渉ではしばしば時間制限に伴う妥協戦略の適否が問題になる[7]。協調型YMでは、高度な戦略を考案するよりも、短時間に多数の探索を行うことで、人間による前年度の交渉よりも利益が出ることを示せばよい。

本稿は自動交渉技術の研究コミュニティに対して新しい手法を提案するものではない。むしろ、協調型YMという適度な制約条件を持つ自動交渉の実用化領域を提案したことが貢献と言える。

6. まとめ

本稿は、複数企業からなるバリューチェーンでのYM手法として、協調型YMの概念を提出した。また、日本の旅行業界をターゲットに、自動交渉技術を応用し、協調型YMの実現手法を開発した。

本手法により、宿泊施設側が今まで不可能であったYMを実現できることを実証し、自動交渉技術の応用分野を拡大することが今後の課題である。

参考文献

1. Anthony Ingold, Una McMahon-Beattie and Ian Yeoman, "Yield Management: Strategies for the Service Industries", Second Edition, Continuum, 2000.
2. TravelXML News Release, 2003.2.17, JATA (Japan Association for Travel Agencies).
3. Kalyan T. Talluri, Garrett J. Van Ryzin, "The Theory and Practice of Revenue Management," Kluwer Academic Publishers, 2004.
4. <http://www.cpfir.org/> CPFIR is a registered trademark of the Voluntary Interindustry Commerce Standard (VICS) Association.
5. Michael Stroebel, "Engineering Electronic Negotiations: A Guide to Electronic Negotiation Technologies for the Design Implementation of Next-Generation Electronic Markets - Future Silkroads of Ecommerce," Kluwer Academic Pub., 2003.
6. Howard Raiffa, "The Art and Science of Negotiation," Harvard University Press, 1982
7. Shaheen S.Fatima, Michael Wooldridge, and Nicholas R. Jennings, "Multi-Issue Negotiation Under Time Constraints," ACM AAMAS'02, pp.143-150, 2002.