

OR を用いた実務を体験して得た気づき

茂木 美恵子

本稿では、OR を大学で学び、そしてOR を実務としてコンサルティングに活用してきた経験から見えてきた課題、それを解決すべく取り組んだ研究について紹介する。専門性の高さゆえ現場から敬遠されがちなOR 技術をいかにわかりやすく顧客に向けて表現するかということを課題に挙げ、それに対して取り組んだ数理計画法を可視的に表現するビジュアルモデリング手法について述べる。この研究の目的は、OR や最適化の専門家でない人たちに数理計画法を意識することなく簡単に利用してもらうことである。

キーワード：数理計画法、最適化、モデリング、可視化

1. はじめに

弊社研究開発部では、OR 技術の研究開発を行うと共にそれらを活用したコンサルティング業務を行っている。私は入社してすぐに研究開発部に配属され、約3年の勤務となる。

本稿では、OR を大学で学び、そしてOR を実務としてコンサルティングに活用してきた経験から見えてきた課題、それを解決すべく取り組んだ研究テーマについて紹介する。

大学で学んだOR の理論は、その全てが知識の蓄積として今の業務に役立っている。しかし、理論そのままの形で、顧客に提供されることはない。顧客が抱える問題に対してOR を適用するには、顧客の要件に合わせてモデルを作成し、顧客にとって理解しやすい形で提供する必要がある。そこで、考えなければならない課題の一つは、専門性の高いOR 技術を、いかに顧客に向けてわかりやすく表現するかである。このような顧客を意識した課題に気づいたのは、やはり実務としてOR を用いるようになってからである。その過程として、大学で学んだ理論、大学院で取り組んだ研究テーマ、そして実務で取り組んだ研究テーマであるOR 技術（数理計画法）のビジュアルモデリング手法について説明していく。

また、OR を通して顧客と向き合い始めて気が付くこととなった顧客モデル作成・顧客システム構築における課題について述べる。取り上げたのは以下の3点である。

- ① 企業の多次元的目標における評価基準
- ② 最適解と現実解の使い分け
- ③ OR と人間の役割分担

2. 定式化からビジュアルモデルへ

2.1 大学にて

大学では必修授業としてOR を学んだ。OR に興味を持ったきっかけは線形計画法であり、あの有名な輸送問題である[1]。輸送問題は供給拠点*i*から需要拠点*j*への最適な輸送量を決定する問題で、線形計画法モデルに定式化される。供給 a_i と需要 b_j の関係が変数である輸送量 x_{ij} によって制約式で表される (式(2), (3))。目的関数は総輸送コストの最小化である。

$$\min \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$s. t. \sum_j x_{i,j} = a_i, \forall i \quad (2)$$

$$\sum_i x_{i,j} = b_j, \forall j \quad (3)$$

$$x_{i,j} \geq 0, \forall i, j \quad (4)$$

この問題で、初めて『最適化』を学び、現実世界の事象が制約式という数式の集合で表現されること、さらに目的関数を加えるとアルゴリズムで規則的に最適化できることを知った。しかし、当然のごとく現実はこの問題のように単純ではない。

2.2 大学院にて

次にゼミに所属して初めて取り組んだ研究テーマである在庫輸送問題モデルを紹介する[2]。この問題は、先ほどの輸送問題に時間の要素を追加し、拡張したものである。時間の要素が増えた分、輸送問題に比べてより現実に近いモデルといえる。

輸送問題に在庫の概念と輸送にかかるコストが固定費であるという条件を加えると、混合整数計画問題に

もき みえこ

(株)富士通総研

〒105-0022 港区海岸1-16-1

定式化される。輸送問題における供給制約(式(2))と需要制約(式(3))は在庫と輸送を表す変数によって表現される式(6), (7)のように変形する。供給拠点における t 期の在庫 u_i^t は前期から持ち越す在庫 u_i^{t-1} と今期の供給 a_i^t をあわせた量から今期の輸送量を引いたものとなる。同様に需要拠点における t 期の在庫 v_j^t は前期から持ち越す在庫 v_j^{t-1} に今期の輸送到着をあわせた量から今期の需要 b_j^t を引いたものとなる。式(8)は最大輸送量制約, 式(9)は輸送コストを固定費とするための制約である。目的関数は総輸送コストと総在庫コストの最小化である。

$$\min \sum_t \sum_i \sum_j c_{i,j}^R \delta_{i,j}^t + \sum_t \sum_i c_i^P u_i^t + \sum_t \sum_j c_j^D v_j^t \quad (5)$$

$$s. t. u_i^t = u_i^{t-1} + a_i^t - \sum_j x_{i,j}^t, \forall i, t \quad (6)$$

$$v_j^t = v_j^{t-1} - b_j^t + \sum_i x_{i,j}^t, \forall j, t \quad (7)$$

$$x_{i,j}^t \leq x_{i,j}^{\max}, \forall i, j, t \quad (8)$$

$$\delta_{i,j}^t M \geq x_{i,j}^t, \forall i, j, t \quad (9)$$

$$u_i^t \geq 0, \forall i, t, v_j^t \geq 0, \forall j, t \quad (10)$$

このテーマに関しては、さらに生産におけるモノの流れもあわせて一つの物流生産ネットワークと捉えたSCM(サプライチェーンマネジメント)モデルまで拡張した研究を行った[3]。このように、大学院に進み、それまで理論でしかなかったORが経営現場における意思決定の支援ツールという認識に変わる。しかし、取り組んできた研究のほとんどが、現場をいかにモデリングし、いかに解くかということに重点を置いており、誰がどう使うのかといった顧客視点の発想をまったく持っていなかった。

2.3 実務にて

対顧客の場合、どんなに素晴らしい技術も、顧客自身にとって使えなければ認めてもらえない。顧客にOR技術を利用してもらう方法として、一つには完全にORをブラックボックス化してしまう方法がある。しかし、顧客自身がモデルを変更しシミュレーションすることを望む場合、顧客が簡単にモデルを理解し、管理できる仕組みを考えなければならない。顧客の抱える問題を最適化問題として解くにはその問題を数式モデルで表現する必要がある。しかし、数式モデルのままでは顧客にとって理解しづらい場合が多い。本節では、このようなケースのように、OR技術が現場にて利用されるための工夫について述べる。

私が入社して初めて取り組んだのが数理計画法モデルの可視化というテーマの研究開発であった[4]。研究目的は、ビジュアルモデリング手法を用いて、OR

や最適化の専門家でない人たちに数理計画法を意識することなく簡単に利用してもらうことである。

そのビジュアルモデリング手法とは、プロセスフローとテーブルデータによってモデルを表現する手法である。また、プロセスフローとテーブルデータから自動的に数式モデルに変換する仕組みを開発し、その数式モデルから最適化問題を解くツールを作成した。

ツールはExcelのアドオンとして作成されており、プロセスフローはExcelシート上に属性を持つボックスとボックスを線で結んで描く。ボックスはそれぞれ属性を持っており、フローの開始は『原料購入』の属性ボックスで表現し、終了は『製品販売』の属性ボックスで表現する。また、フローの途中に経由する装置や分岐点も『装置』属性と『分岐』属性のボックスで表現する。

テーブルはボックスに対応して存在し、Excelの別シート上に自動作成される。その形式はボックスの属性に従って決められ、『原料購入』属性なら購入コストと購入上下限量を、『製品販売』なら販売価格と販売上下限量を、『装置』属性なら運転コストや収率データなどを入力する。

ボックスを結ぶ連結線が数式モデルで言う決定変数となり、ボックスへの入力線と出力線の関係がテーブルデータの情報を見ながら数式モデルの制約式として作成される。つまり、数式モデルはプロセスフロー情報とテーブル情報から作成される。目的関数は総利益の最大化とし、(11)式で表現される。販売量、購入量、装置運転量、在庫量、輸送量は変数である。

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum \text{販売価格} * \text{販売量} \\ & - \sum \text{購入コスト} * \text{購入量} \\ & - \sum \text{運転コスト} * \text{装置運転量} \\ & - \sum \text{在庫コスト} * \text{在庫量} \\ & - \sum \text{輸送コスト} * \text{輸送量} \end{aligned} \quad (11)$$

制約式は、プロセスフローの関係式に加えて、購入、販売上下限制約や装置能力制約など自由に設定可能である。

このツールは、モデルが理解しやすいという利点だけでなく、利用者自身が自由にモデルを設計可能であるという利点もある。例えば、先に説明した在庫輸送問題を、供給と需要をつなぐ物流ネットワークとしてツールを用いて表現する(図1)。式(6), (7)で表現した期を跨ぐ在庫の表現も『期首在庫』属性のボックスと『期末在庫』属性のボックスを用いることで簡単に表現できる(図2)。

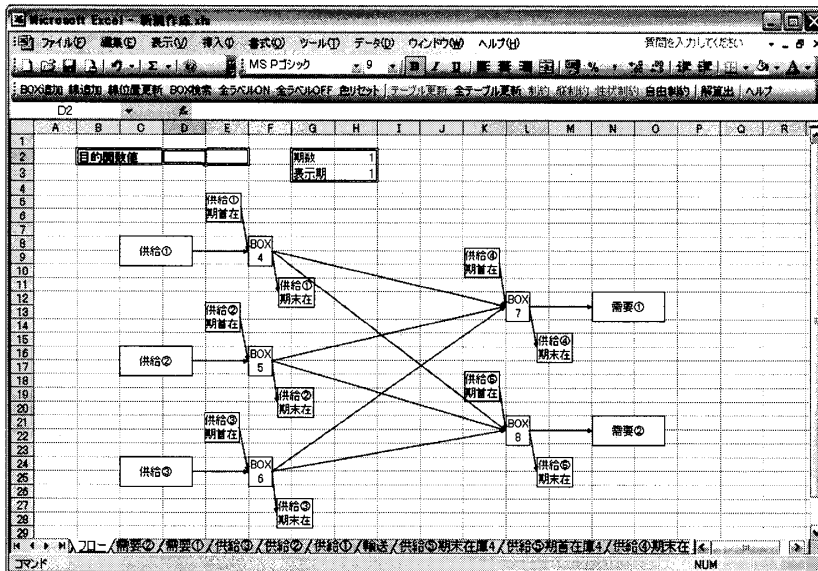


図1 在庫輸送問題のビジュアルモデル

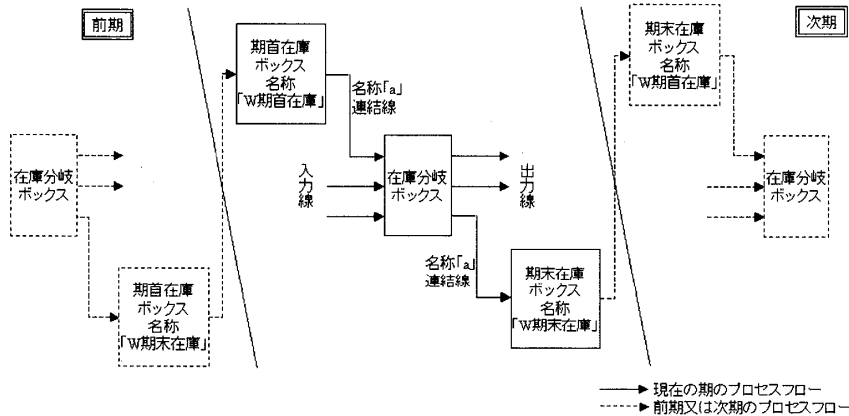


図2 ビジュアルモデルによる在庫表現

数式で表現されたモデルに比べて、物流ネットワークとして可視的に表現されたモデルは、顧客にとってより馴染みの深い理解しやすい表現といえよう。

3. 理論と実務のギャップ

大学で学んだORは理論であり、研究したOR技術はその応用であった。大学院に進み所属した研究室の「経営視点」というテーマの影響もあり、研究に関しては技術の応用だけでなく現場への適用可能性についても意識していたつもりであった。しかし、実際にOR適用のコンサルティング業務として現場と触れ合える機会を得て、現場とは想像よりもはるかに複雑で、組織間の壁を意識しなければならないということに気がついた。OR技術を現場に適用する上で問題となるのは、複雑な条件をモデル化し、いかに解くかだけでなく、いかに組織の中でOR技術を使える環境を整

えるかということもある。これがまさに私が感じた大学で学んだORと職業としてのORとのギャップである。節3では、実際に顧客モデル作成・顧客システム構築を体験し感じたギャップとそれに対する課題を具体的に述べる。

一点目として、企業における戦略的目的がひとつに統一されていない場合を挙げる。企業は複数の組織から構成され、それぞれの組織が個々の目的を抱えている。例えば、生産計画ひとつ立てるにしても購買部門から製造部門、営業部門、様々な人々が関連している。そして、購買なら購買の、製造なら製造の、営業なら営業のそれぞれの目的をもち、それらは実はトレードオフの関係にある。その評価項目が明確でない場合、部分最適が全体最適の邪魔をする結果となる。全体最適モデルは机上で考えれば当たり前のことかもしれないが、実際に組織を動かしてこれを実行しようとする

と難しい。まず、その生産計画に携わる全ての組織の担当者を一堂に集めて、全社としての目的意識を一致させる必要がある。そして、それに基づいてモデルを作成し、全員がそのモデルを理解し共有しなければならない。初めに、モデルの対象範囲と全体としての目的を必ず全員の中で統一しておくことが重要である。そして、やはりここでもモデルが数式の形をしていては会話が進みづらいので、節2で紹介したようなビジュアル的にモデルを表現するような仕組みも必要であるといえよう。

次に、最適解と現実解を使い分けるという点を挙げる。まず、顧客の要求を全て満たしたモデルが求解可能であるとは限らない。細かい要件を盛り込むほど、その求解は厳しくなる。また、モデルに必要なデータがそもそも存在しないといったことも良くある。その場合、解の妥当性に関して顧客と議論し、必要であれば適当な妥協点を見つけより良い解を返す仕組みを考えなければならない。また、そういった仕組みとは別の次元で、求解時間を短縮するためのプログラミング技術の工夫というものがある。これらに関して、研究開発部として蓄積された事例やノウハウが非常に勉強になる。

最後に、ORと人間における作業分担という点を挙げる。ORを用いて求められる解は、そのまま現場にフィードバック可能であるとは限らない。そして、計画と実績は一般的に完全には一致しないものである。現場では常に内外部からの影響を受け、状況は絶えず変化している。その変化に対応すべく、人間による柔軟な判断も必要である。利用者には、OR技術があくまで意思決定支援であるということを理解し、この技術を利用して意思決定を行うことは人間の作業であることを意識してもらいたい。一方、OR技術を提供する側は、人間が利用しやすいもの（解、モデル）を提供するよう意識すべきである。

4. まとめ

本稿では、コンサルティング業務を実際行ううえで

の課題の一つとして、OR技術の壁をいかに低くし顧客と会話するかという問題を取り上げ、いかにOR技術を現場で利用してもらうかという視点でビジュアルモデリングという工夫を紹介した。

また、OR技術を用いた実務を『体験』するようになり感じたギャップを紹介し、それに対する課題を述べた。

5. おわりに

今年の春と秋、INFORMSの国際会議で研究成果を発表する機会を与えてもらった。世界各国さまざまな分野における研究報告を聞き、改めてOR技術の可能性の広さを感じた。そのような場所で自分の研究成果を発表する機会を与えられ大変光栄であると感じる。そもそも私にこのような機会を与えられたのは、ORに理解のある職場あってこそである。業務に関しても、困った時に参考にすべきノウハウの蓄積があり、直接相談できる先輩方がいる組織の存在は心強い。大変恵まれた環境で仕事をしているのだと感じている。今後、少しでも社会へ、そしてORの発展に貢献できるよう成長していきたい。

最後に、実務経験も浅くまだまだ勉強不足である私にこの原稿執筆の機会を与えてくれた、和光大学の高井英造先生に感謝したい。初心に戻り、何を心に留め顧客と向き合うべきかを再度確認する良い機会となった。

参考文献

- [1] 加藤豊, 小沢正典: ORの基礎, 実教出版, 1988.
- [2] 西岡靖之, 茂木美恵子: 在庫を考慮した輸送問題に関する研究, 日本OR学会春季研究発表会予稿 (2001).
- [3] 茂木美恵子, 西岡靖之: 中間拠点の製造計画を加味した在庫輸送問題の定式化, 日本OR学会秋季研究発表会予稿 (2003).
- [4] 茂木美恵子, 宮崎知明, 池ノ上晋: プロセス産業におけるビジュアルモデリングツール, 日本OR学会春季研究発表会予稿 (2006).