

実践らくらく OR—OR 実践回想記—

相澤りえ子

筆者は大学を卒業して以来数十年間、業務として OR の実践に取り組んでいる。OR の実践といっても、学問として習った手法がそのまま適用できた訳ではない。しかし、学術界からみれば新規性がなくあまり価値がないものであっても、なんらかの結果が得られるということに、大変な意義があることも少なくない。世の中の問題解決に対して OR 的アプローチが有効であることは常々実感しているところである。本稿では、さまざまな分野における筆者の OR の活用経験と、米国での OR の活用状況について紹介する。

キーワード：オペレーションズ・リサーチ，シミュレーション，数理計画，モデリング

1. はじめに

先日、あるメディカル・エンジニアリングの教授とお話した際、私の専門は OR だと告げると、そういえば昔は OR が流行りましたね、と言われてしまった。後でその先生のホームページを見ると、コンピュータシミュレーションを駆使して検証実験を行っておられる。OR 手法と呼ばれるモデルを使用している訳ではないが、モデリングし、モデルを用いて分析するというアプローチは OR と同様である。この教授は、接する技術を使っておられるにもかかわらず、OR は既に世の中では使われていないと感じている。何が OR かと問われると難しい問題なので、ここでは言及しないが、少なくとも、私が業務上使っている OR は、実世界の解決すべき問題をモデリングし、そのモデルを用いて問題を理解し、分析し、解決を図り、実世界へ投影することである。使われるモデルは、時には数理モデルであり、シミュレーションモデルであり、確率モデルであり、Excel 上のマトリックスの中のモデルである。企業活動の中では、打つべき手はいくつでもあり、その組み合わせから一番良い案を導き出さなければならぬような場面はいくらでもある。その問題の解決を、現実システムを壊さずに、より早く、効率的に行おうとすると、モデリングを行うことが普通のアプローチであろう。モデリングするからには、OR 手法を用いてモデリングすることも多く、一般には、OR が使われていないのではなく、OR と意識されずに使われているのではないだろうか。本稿では、筆者

の経験の範囲の中ではあるが、実践で使われる OR、活かせる OR を紹介しようと思う。

2. 学問として習う OR と現実

正攻法の OR のモデリング手法やモデリングプロセスは大学で教わることができる。しかし、モデリングの対象となる現実問題は千差万別であり、問題そのものが異なったり、同じような問題であっても解決すべき目的が違っていたり、細部に至って解決しなければいけないのか、方針のレベルで解決すべきなのかなど、環境やその解決すべき場面によって違ってくる。また、地域ごとに方言があるがごとく、同じ問題も分野が変われば形を変えて現れてくる。モデリングとは、まず対象の問題を明確化するところから始まり、どのようなモデルを作成するかを、その時点で選択する必要がある。その結果、モデルはきれいな OR のモデルではなく、ひねりを入れたシミュレーションモデルになったり、人間の経験知に対応したヒューリスティックなものになったりしてしまう。それらのモデルは、汎用性がなく、他には適用できないもので、学問的に価値のないものになってしまうかもしれない。

図 1 はモデリングプロセスを示している[1]。このプロセス自体は大学でも学べるが、大学で体験できるのは、モデル作成と正当性の検証工程だけであると思われる。ちなみに正当性の検証とはモデルが意図したように作られているかを検証する工程であり、プログラミングプロセスでいえばデバッグの工程である。妥当性の検証とは、考えられた概念モデルが本当に解くべき対象問題を表現しているか、制約条件を満たし、目的にあった評価値を与えてくれるかを検証する工程である。妥当性の検証で問題が生じた場合には、概念

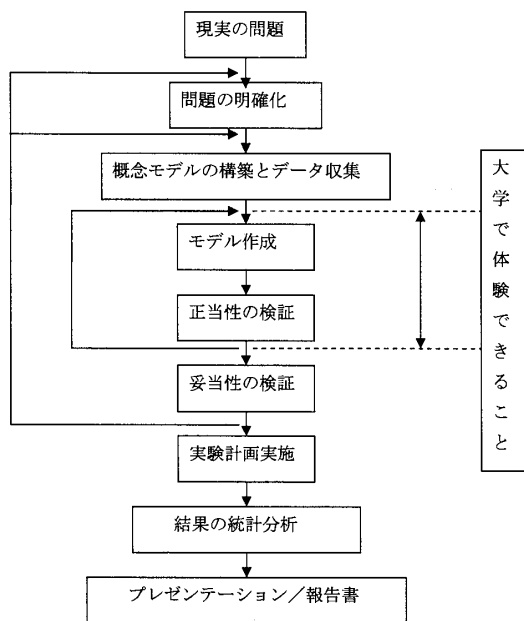


図1 モデリングプロセス

モデルの構築もしくは問題の明確化までフィードバックする必要が出てくる。問題が複雑であったり、特殊であったりするほどこのフィードバックが起きる。

当然、問題の明確化やその目的に合った概念モデルの構築、さらに妥当性の検証には、その対象システムや慣習を熟知し、類似の問題を解決した経験がものをいう。この泥臭い事柄への対応は、大学では学ぶことはできないが、実務上のOR実施には必要不可欠である。教わったORは汎用的な手法であり、基本的なモデル構築方法である。一般的なORの実践家は、手法を多く知って理解しているか、どこで調べれば分かるかを知っていて、それをどのように、実情に合わせて使うかを経験から判断していくことで現実問題に適用しているのだと思われる。

3. 分野別OR適用事情

3.1 ORの適用分野

それでは、どのような分野でORが実践されているのかを、筆者の属するORコンサルティングチームが多く関わっている分野を例にとると、以下の分野が挙げられる。これを見ても、いろいろな分野にORが適用できることが分かる。

- ・製造業分野
- ・ロジスティクス分野
- ・公共・エネルギー分野
- ・情報通信関連分野

3.2 製造業のOR

製造業では、経営判断から現場運用に至るまで適するフェーズはさまざまであるが、歴史の長い鉄鋼業や重工業などの業種では、自社や関連会社にORチームを抱えている企業も少なくない程、意思決定にORを利用している。国内では、製造業が、最もORが使われている分野であることは間違いない。

筆者等のシミュレーション分析プロジェクトに限っていうと、面白いことに、景気が良くなると必ず分析やモデリングの依頼が多くなり、景気が悪くなると全く依頼がなくなる。これは、シミュレーション分析が工場ライン設備投資時の検討に使われることが多いからである。例えば、自動車の組立ラインは、車種、オプションの異なる多品種製品を1品種毎に流すラインとなっており、設備増設の際にはライン間のバッファをどこに何台分設置したら、手待ちやラインストップが最小となるかが課題となる。そこで、シミュレーションモデルを使って、品種毎のタクトタイムで自動車を投入することで、各工程作業の平準化を図るが、作業時間に少しでもばらつきがあると各バッファに数台分の必要な手待ちが溜まる。この最大数を必要バッファ数と決める。そして、いろいろな投入順番を試して必要バッファ数の変化を観察し、限られたスペースの中で最良なバッファ容量を決める。

生産スケジューリングに関しては、最近では従来の古典的アプローチを一新するアプローチとして、資材計画と資源スケジューリングを同期化して生産リードタイム短縮、在庫縮小、および正確な納期解答を実現するというAPS (Advanced Planning and Scheduling) が登場した。筆者等も、加工組立型製造業を中心に、APSの普及を推進している[2]。

3.3 ロジスティクスのOR

ロジスティクス分野も、ORの手法が至るところで使われる分野である[3]。対象が、原料調達から製造拠点、配送拠点、販売拠点まで広域に広がり、また計画フェーズも、長期間の検討、中期間の検討、ごく短期の運用フェーズでの検討まであり、対象領域はマトリックスになる。適用事例をピックアップしてそのマトリックスの上にプロットすると図2のようになる。

ロジスティクスシステムはかなり広域な範囲をカバーするので、サプライチェーン・マネジメントのコンセプトを実践した場合の効果の検証から、日々運用するトラックの配車計画まで、フェーズも適用場所もさまざまであり、効果の大きさも違う。しかし、どの

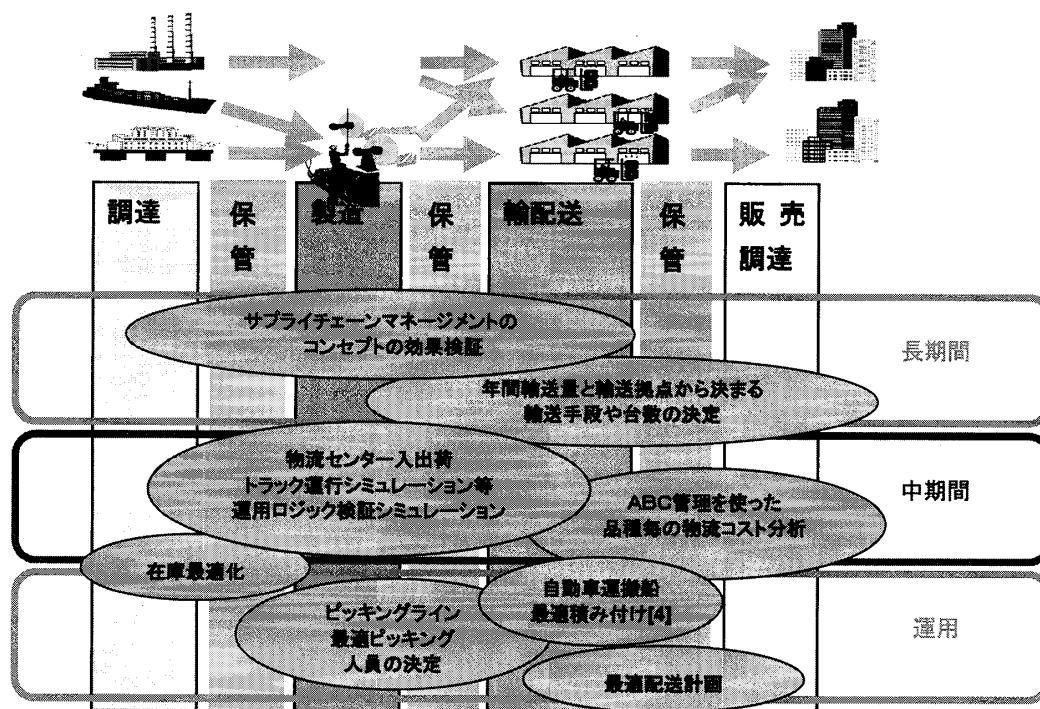


図2 ロジスティックスにおけるOR適用事例

フェーズにおいても事前検証が行えることや、データサンプリングの条件下のシステム評価だけではなく、実データを包含したシステムのあらゆる条件下の検討ができるところがORを使う魅力である。

また、この分野では効率や生産性のみでの評価だけではなく、コスト自体を評価する分析も多い。ここでは、大手食品ケータリングサービス会社において、加工およびピッキング作業工程におけるコスト構造を明らかにして、適切なコストとなるように作業改善を行った事例を紹介する[3]。

まずコスト構造を明らかにするために、ABC (Activity Based Costing: 活動基準原価計算) 管理を用いた。一連の物流作業工程には、加工、ピッキングといった複数種類の工程や、荷受作業、整理、各工程間搬送といった付加価値をつけることのない作業がある。一方、同一工程で複数顧客の商品を扱っている。ABC管理では、顧客ごと、商品ごと、工程ごとにその活動量に応じて、直接経費、間接経費を振り分けることで単位あたりのコストを算出できる。その上で、シミュレーションモデルを作り、付加価値が付かずにコスト高となる作業の活動量を減らす方を適用して評価した。その結果、計画の出荷量を確保しつつ、最小のコストとなる方を求めることが可能となった。

3.4 公共・エネルギーのOR

エネルギー分野は、サプライチェーンになっている

のでロジスティックスの具体例となる。

ロジスティックスにおけるOR適用事例の図と同様のマップを作ると、図3のようになる(スペースの関係で縦軸と横軸が入れ替わっている)。

例えば、荷揚げ貯炭場やLNG(液化天然ガス)受け入れ基地評価などでは、いくつものシミュレーション分析を行ったが、その評価目的はさまざまであり、モデルもその目的に応じて異なる。

(1) 設備評価:

故障、定期点検などを考慮した設備能力と発電量の関係を明らかにして、所要の発電量ガス供給量を確保するための設備を決定する。

(2) 運用方式評価:

複数の貯炭置き場やタンクの扱い、船からのローディング用の機械や積載用機械の運用ルール、LNG受入れ作業などによる効率の違いを明らかにして、所要の発電量やガス供給量を確保するための運用方式を決定する。

(3) 受入れスケジュール評価、複数種類の石炭の混合使用スケジュール評価:

入港スケジュールが与えられた時に、需要を満たす払い出しが可能であるかの検証、または、複数種類の石炭の混合使用スケジュールが与えられた時の設備の稼動状況と貯炭置き場の容量の変化状況の評価を行う。

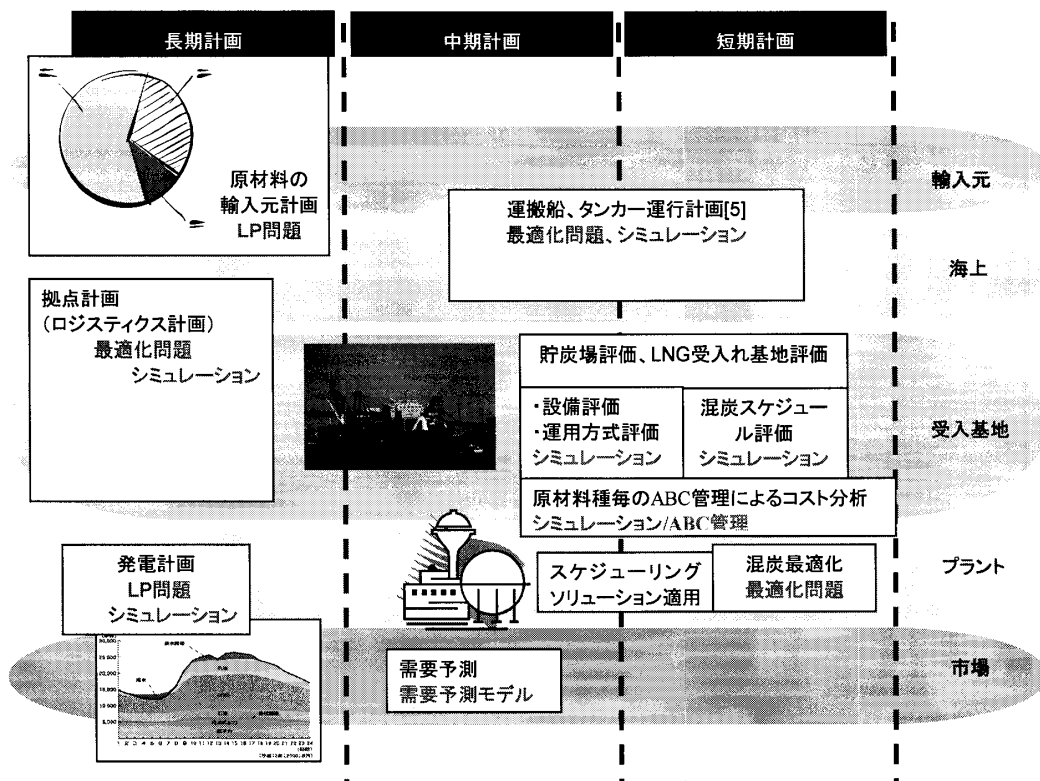


図3 エネルギー分野におけるOR適用事例

設備と運用方式を組み合わせることで評価した例としては、LNGタンカー船の運航にかかるコストが最小で、気象や作業条件、需要の変動を考慮した最適なタンカー種類と隻数を求めるシステムを、数理計画手法とシミュレーション手法を組み合わせることで構築した事例がある[3][5]。

経済的な船団構成を求めるために、年間の港間の輸送量、運航日数とタンカー種類ごとの償却費、さらには運航に掛かるランニングコストが与えられれば、整数計画法でモデルを作ることができるので、最適解は比較的簡単に求まる。しかし、需要が季節や月ごとに変動したり、気象条件が場所や季節により異なったり、さらには作業条件などの制約を考慮した上での運航を保証するとなると、静的な状態での評価よりも船団構成は大きくなるものと予想される。これらの条件を定式化することはきわめて難しい。そこで、2つのステップに分けて計画策定を行った。

- ・ Step 1 期間内償却費と運航費が最小となるタンカー種類と隻数および運航回数の決定
- ・ Step 2 Step 1 で求められた結果を前提条件にして、変動要因を加味したシミュレーションモデルにてスケジュールを策定

Step 2 のシミュレーションにおいて、結果的にタンカーが制約条件内に運航できないとすれば、タンカ

一種類か隻数が不適切であると結論付け、タンカーの種類を変更するか、隻数を変えてシミュレーションをすることで最適なタンカーの組み合わせを求める。

また、Step 2 のシミュレーションでは、実際に各タンカーが運航した結果のログをスケジュールとすることで、実用的なスケジューラとして使用されている。

3.5 情報通信分野のOR

情報通信分野では、古くからトラフィック理論として待ち行列理論が使われており、電話回線の回線制御や、無線回線の通信方式検討評価に待ち行列系モデルのシミュレーション分析[6]が普通に使われている。また、数理計画法も、無線周波数の繰り返し有効利用のための基地局への周波数の割当問題や、ネットワーク内の端末間最適パス設定問題[7]に利用されている。前者の周波数の割当問題などはエリアを色分けする彩色問題で解くことができるが、実際の問題は1周波数の干渉だけではなく隣り合った周波数の干渉も考慮しなければならず、難しい問題となり、ヒューリスティックな解法を採用することになった。

4. 米国のモデリング & シミュレーション事情

ここまでは身近なOR適用事例を見てきたが、少し視点を変えて、OR発祥の地の米国で、OR誕生の発

端でもある軍事分野において、どのくらいORが使われているかを見てみよう。

2005年にハワイで行われたIFORS (The International Federation of Operational Research Societies) では、さすがに米国らしく、軍事関連セッションのトラックが連日設定されていた。普段、国内の学会では聴くことのできないテーマなので私も常に参加していた。惜しげもなく、いろいろな研究成果が発表されていたが、中でも、共通言語での作戦のコミュニケーション手段や、シミュレーションモデルのプラットフォームなどに関する研究発表は興味深いものであった。

米国防総省のモデリング&シミュレーション(以下では、M&Sと略記)への思い入れは、日本では考えられないものがある。M&S関連施策を管理監督するEXCIMS (Executive Council for Modeling and Simulation) および関連施策を実行するDMSO (Defense Modeling & Simulation Office) [8]が組織されており、さらに陸海空軍の各々にM&S研究組織がある。国防総省は、1995年にM&Sマスタープラン[9]を発行して、シミュレーションの体系的な整備に取り組んでいる。冷戦構造の終焉で軍事環境が変化し、シミュレーション関連技術の進展にも影響を及ぼしている。すなわち、国防予算の削減に伴う効率化の要求、テロ対策、各地の局地的紛争、人道支援など、従来とは異なる任務活動が必要になったことに伴い、シミュレーション技術に対して、これらの活動の訓練や意思決定の支援を行うことが求められるようになってきている。現在DMSOで推し進められている技術は、モデルおよびデータの標準化、既存モデルの再利用性やモデルの連携、演習などの実世界との連携アーキテクチャの標準化などの基盤整備である。

2000年にIEEEで標準化されたHLA (High Level Architecture) は、複数のシミュレーションモデルを1つの時間軸上に管理して分散で連携して動かすための標準アーキテクチャであり、DMSOが提案したものである。米国では、ORが国家の重要プロジェクトとして研究され、その成果を民間が享受できる状況にある。筆者等もHLAを用いて、分散環境シミュレーションや、新モデルと汎用シミュレーション言語で作られた既存のモデルと連携してシミュレーションを行っている。例えば、ミリ秒単位で動かす必要のある情報通信網内のトラフィックモデルと、せいぜい秒や分

単位で動かせば良い人の動きや交通網のシミュレーションモデルを連携してシミュレーションすることも可能である。

5. おわりに

生活の中に、人々の活動の中に、事前に検討しなければいけないこと、存在する組み合わせの中で最適な組み合わせを選ぶということはいくらでもあり、大学ではその方法論を学ぶことができる。しかし、実際には、意思決定の場面、分野、状況、目的によって、何を判断するか、どのように判断するかが違う。それを見極めるのは経験と対象分野の知識であるといえる。

学術界の研究者が研究した最適な解を得るためのOR手法を、実務家が、実際問題に形を変えながら適用するという連携プレーがもっとうまくできると、ORが実学として、数多くの問題に適用されている技術であると、広く一般に認識されるであろう。そして連携できる仕組み作りも、研究者と実務家にとって重要な課題であるといえる。

参考文献

- [1] 森戸, 相澤, 貝原: “VisualSLAMによるシステムシミュレーション,” 共立出版 (2001), 23-28.
- [2] 中野: “顧客主導型ビジネスモデル CSR,” ダイアモンド社 (2003), 129-148.
- [3] 相澤: “シミュレーションによるロジスティック最適化ソリューション,” 第1回横幹連合コンファレンス, 191-192, 2005.
- [4] 斉藤: “自動車船積みつけ支援システムの自動席割について,” オペレーションズ・リサーチ, Vol. 48, No. 3, 2003, 126-127.
- [5] Aizawa: “Analysis of LNG Shipping Using Integer Programming and Simulation,” IFORS (The International Federation of Operational Research Societies) program 96, 93, 1996.
- [6] 相澤, 太田, 宮垣: “情報ネットワーク性能評価におけるシミュレーション適用の実施例” 「日本オペレーションズ・リサーチ学会 2000年春季研究発表会アブストラクト集」22-23, 2000.
- [7] 徳久, 能上, 阿部, 斉藤: “光パス網のパス設計について” 「日本オペレーションズ・リサーチ学会 2003年春季研究発表会アブストラクト集」116-117, 2003.
- [8] <https://www.dmsomil/public/>
- [9] <https://www.dmsomil/public/library/policy/guidance/500059p.pdf>