

# 最適化と目的

草刈 君子

キーワード：最適化，数理計画，意思決定

## 1. はじめに

人は皆、生きられるだけの長さの人生を生きるのだと思っている。その長さは神様が決めるから今日までも知れない覚悟がある。子供の時は永遠に続くように感じていた時間が、大人になって有限なものだったと知ったとき、人は自分の人生の中で何をするかを選択することになる。「学際 (interdisciplinary)」という言葉を知った本の中に参考文献として、PERT、統計、予測、などまだまだ沢山の項目が紹介されている ([8])。最適化の応用にはどれも関連があり、こうした内容を十分に最適化に活かすには、人生は短すぎるのかもしれない。それでも、人間は文字や、言葉を通して他人から学ぶことができる。道具を使うことができる。今は、どちらかと言えば、既存の仕組みをORや最適化の視点でどう活用するかの仕事になっている。そうした応用の話になる。

特集が「女性」なので一つだけ、たまに質問されることがあったので「女性ゆえ違うことがあるのか」を最初に挿入させていただいた。

## 2. 女性ゆえ違うことがあるのか

個人的な意見だが、男性と女性は違うと思う。同じなら神様は区別しては作らなかったと思う。ただ、その違いがORや最適化の仕事をする上で何か違いをもたらすかと言えば、あるとしても対応可能な程度の小さな違いだと思っている。

私が子供のころ学校の名簿は男女別であった。名前の文字列に性別の属性がついたデータでということだ。大学は男女混合の名簿で、性別の属性は名簿から見えない。この生活に4年間浸り慣れ親しんだ後、社員

になった。入った会社は、従業員番号は男女別、新入社員教育も男女で期間が異なり女性は工場での実習がない。そうなるに変な感じが強くなる（まあ男性社員の話の聞いてもそれ程魅力的な内容でもないから早く配属されるだけ得なのかもしれない）。日常の仕事をする上でも海外研修に応募するにも特に違いはなかったが、転勤、テクニカルトランスファーのための海外出張、残業時間では制約があった。そうした制約は上司が個別に対応してくれた。会社の規則には、多くの場合個別対応の道がある。だから、やりたいことはやりたいと言っておく。言って駄目なら諦めもするが、黙って諦めれば悔いが残る。

結婚しても何も変わらない。変わらない様に配偶者を選ぶ必要はある。友達曰く「ご主人の理解があるから、と言われるが、選んだのは自分。くじ引きで決まったわけではない」、いたく同感である。

それでも子供が生まれると変化がある。出産期間は休むしかない、育児は時間がかかる。でも、そうした時間の中で、育てる工夫が身につく。繰り返して子供に教えたその時間とその時に身に付いたスキルは、後で顧客やチームメートに繰り返して説明する時の工夫の時間を短縮してくれる。子供の病気は可能性としてあるけれど、年々子供は育って丈夫になる。丈夫に育てるための努力は、自分自身の健康にもフィードバックされる。育児に時間は取られるけれど、保育園もあれば学童保育もある。ちなみに、出産後は環境を求めて転居した。子育て支援の充実している都市の情報は求めれば十分に得られる時代である。人生で何をやりたいのかは、自分で決めることである。私は「最適化に関わる仕事」と「子育て」の両方をしようと思った。だから、今も続けている。どちらか一つを選ぶことも選択肢としてはあったし、今もある。ただ、今は両方という選択肢を選んでいる、ただそれだけ。男性も、両方選んでいる人もいる。片方だけの人もいる。少々

くさかり きみこ

SAS Institute Japan (株)

〒104-0054 中央区勝どき1-13-1

分布の偏りが男性と女性で異なるだけの話、両方選んだ場合は、男性でも女性でも同じ準備は日々必要になる。そう、家族との連携、自分と家族の仕事や学校のスケジュールの把握（早めにわかっていればコンフリクトを避けるための努力ができる）、会社や自宅での情報共有、そして自宅でのインターネットアクセス環境である。そして多分潜在的に大切なのは、身近な人との信頼感の維持のための努力、自分がやりたいことを行った時の影響（リスク）の予測、地域や学校の規則なりルールがなぜそうなっているかの理由を知っておくことだと思う。理由がわかれば適切に回避できるし交渉もできる（転居時の保育園と学童保育への申込みでは実感した）。こういうことって、最適化の仕事をするときにも全部役に立つと思う。

### 3. 数理計画法との関わり

私がORを始めたきっかけは、ずっとずっと昔の小学校の授業に溯ると今も思っている。私の小学校時代は昭和である。映画「ALWAYS 三丁目の夕日」までは古くはないが、日本の中でほとんどの子供も、多分世の中も、自分たちの未来を真に信じていた時代である。そしてまだ日本の中に「もったいない」という言葉が日常語だった時代である。使い切れずに無駄にすることへの抵抗感はその頃に習得した価値観である。私の頃は小学校で、地球の人口分布と食料分配のアンバランス、食料のアンバランスな配分のため飽食と飢餓が同じ時代に両方存在していること、人口増加の過去推移のグラフとその予想推移のグラフを生徒に教えた。それを受けて子供時代の自分は、地球の人口増加を本気で心配していた。今思えば私が心配性だったのか、子供の奇妙な感覚である。そしてそのアンバランスの存在を子供に教えているのに、適切に配分しない、更にはそれを助長するような人間の行動が不思議でならなかった。今思えば、時間、距離、そしてもっと複雑な理由が存在しているためだと思うが、当時の小学生にはそこまではわからない。日本と言う恵まれた国のお話で、そしてこの時の奇妙な違和感が今も自分の中に留まっている。時折、その違和感を感じたのと同じような感覚があらこちらで首をもたげる。

ORのそれも線形計画法に出会ったのは大学時代にコンピューターのクラスで単体法のアルゴリズムを習った時になる。連立一次方程式とは違い、変数の数より式の数少なくとも解が求まるのが一つの感激であって、目的関数が付随することの魅力を感じている。

ちょっと楽しい方法として記憶の片隅に残ったもののコンピューターそのものを専攻する気はなく、代数幾何を専攻した。プログラミング電卓なんて書いて通じるだろうか、当時はそう言う品物があり学生時代に化学の実験結果をまとめるため数表を見ていた私に、先輩がもう使わないからと安く譲ってくれたプログラミング電卓と同じレベルでIBMのメインフレームを意識していた。コンピューターは印刷できるのが良いけど、所詮これは道具である。

最適化をきちんと意識したのは、就職して数理計画法に配属になったときである。当事はメインフレームで動く数理計画法のソフトウェアはそのメインフレームメーカーのソフトウェア開発部門が開発する。ハードウェアからOS、コンパイラ、アプリケーションの全てが自社開発という幸せな時代のアプリケーション開発である。最初に貰った仕事の指示は「上司、先輩は忙しいので、自分で“コンピューターによる線形計画法（[5]）”を読んで、適宜その内容について2ヶ月前に入った先輩と勉強会をすること」である。これには喜びのあまり、ケーキを買って家に帰ってお祝いした。数値誤差の外部研修に参加し報告を書く。社外向けトレーニングがあった時は感度分析の説明を担当する。Invert処理の変更追加のためプログラミングを行う。マニュアルを書く。内点法のサンプルコードを作って評価し報告する。英国から技術導入した混合整数計画法エンジンの製品化と続いた。これらの後、統合版の数理計画法アプリケーションの開発に入った。担当は混合整数計画法のエンジンとその関連機能であった。この流れはありがたかったし、感謝している。それなりのことが頭に入った後の開発であり、線形計画法エンジンは先輩が担当していたので、直接尋ねることも意見交換の議論もできた。今もこの時代が一番懐かしい。

### 4. 数理計画法で閉じられなかったのは

開発が完了した後は、顧客サポートの作業が加わった。当時、線形計画問題であればどんなに無骨にモデリングされていても何の支障もない程度に高速だったが、混合整数計画問題はなかなかそうは行かない事情がある。

例えば、車両の台数が $m$ 、配送ロットが $a$  ( $i=1, \dots, n$ )、各配送ロットごとに $b$  ( $i=1, \dots, n$ ) ケース、車両の稼働時間はどれも $c$ とする。このとき車両の稼働台数を最小にしたいという問題があった。これを

どこまでバイナリ変数で解く必要があるのかは速度に影響する。この問題に「本当は」何が要求されているのかは早めに確認しないと手戻りがある。後の手戻りが嫌なら安全にバイナリ変数を多用すれば良いが、その場合はサイズも気にする方が良い。処理速度が最後に問題になるのは顧客も不幸なことになる。

顧客サポートでできることは、MPS形式なり、数式形式のモデルを預かり、見せてもらいながら、顧客と相談して探索ロジックを変更したり、緩和問題の解を使って混合整数計画問題の探索方向をコントロールする。緩和問題の解を使って探索域を狭めることが妥当かどうかを相談する。他の人が一生懸命考えてくれた数式をベースに更に改善できるかの視点で読ませてもらったこと、現実のデータというものは数値そのものが素直に動くことが実感できたことは幸せな経験だったと思う。

その内、顧客から何がしたいかを聞いて数式を作るようになった。数式を作るのはお手の物だ。こちらがないので顧客にはデータがあるかを聞く。最適化したい内容を聞いて数式を組み前提として使えるはずのデータを要求する。そうすると、今度はデータがトラブルである。初期条件として入れるはずの数値データが既に制約条件の上限値に対して違反になっているので実行不可能になる。顧客からは「現実の数値データ」として渡されているのに、である。理由は簡単、「現実の数値データ」は人間が処理しているからである。人間の柔軟さは偉大である。

大学の演習で数理計画法のモデルを作っているなら、与えられたデータを変更して解いたらまずいだろう。しかし、である。制約条件の上限値と初期状態のデータが矛盾する程度であればすぐわかる。しかし、解精度にこだわる顧客が、提供してきたコストの値がどの程度の精度なのかは、数理計画でモデルを作成する人間には伝わらないことの方が多い。

最適化はデータ活用の後半のステージになる(図1)。ここに至る過程では、データが様々に加工される。最適化から始めた人間はこの流れをさかのぼって、各過程の妥当性を追うことになる。最適化を(それも数理計画のような形で何を入れたら何が出るのかをきちんと)理解していることは、この流れのどこをとっても、理解しやすい強みを持つ。「知る力(The Power to Know)」を強化する武器になる、と思う。

## 5. 最適化とは

さて、最適化するとは何なのか? ある面最適化するのは簡単である。それがきちんと抽象化された教科書に出ているような問題であればの話ではあるが、考慮すべき項目がすでに明文化されていれば格段にものごとは簡単になる。さらに入力データが確定していれば、パズルを解くように数式を作ってデータを入れて、出てきた解を評価して楽しむ。しかしである。考慮すべき項目は明文化できるのか。

### 5.1 おやつの話1

私は年の近い兄弟三人で育った。基本的におやつは配分は三等分である。その場に三人揃っていれば何の難しさもない、三等分して終わりである。では、一人出掛けていけばどうするか。すぐ戻るかどうか、状況が配分を左右する。そして、対象物の希少性、量も考える。基本的には一人いないのだから適度な量を二人に分ける。一人戻って三人揃い、まだ残っていれば三人に分ければ良い。いなかった人間が「さっきの分だよ」と余分に分けられれば、食べ過ぎて食事に差し支えるから、これで良からう。希少性があれば話は少し変わる。割り当ては常に配分対象物の属性(通常か、希少か)、量、配分相手という状況を考慮して進められる。この配分は適切だったのか、モデルを作るための仕様書がかけるだろうか。

### 5.2 おやつの話2

息子は学童保育に通っている。毎日おやつが出る。時間は3時半と決まっているが、時折、その時間に児童館に出掛けていると学童でおやつは食べられず、その日の分と言ってお持ち帰りをさせてもらう。こうなると夕食前の空腹と手にあるおやつは息子にとって中々あなどりがたい。その日のおやつはいつもと同じ量ではある。恐らくいつもより少ないと息子は不満に思うだろう。が、何時もと同じ量がこの時の息子にとって適切なのか? もしかすると配分にはおやつとは別の対象との時間の調整も必要か、モデルを作るため

## データからインテリジェンスへ

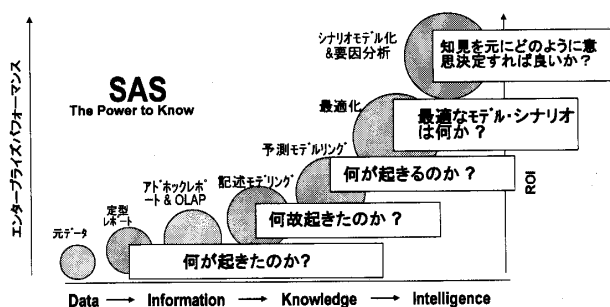


図1 データからインテリジェンスへ

に誰にヒアリングすれば良いのか。

### 5.3 インセンティブの話

外資系企業ではベースの給与とは別にインセンティブという制度がある。インセンティブは基本的には売上に対して支払われるが、売上金額の何れに対して適用されるかは、時により変化する。例えば、ソフトウェア会社で製品売上とコンサル売上がある場合、会社のベクトルがその時何を目指しているかにより、どの売上をどのウエイトで考慮するかは大きく異なる。そう、企業は企業の人的資源を最適活用するため、インセンティブの計算式のウエイトを調整する。

では、企業の活動の目的は何か。売上を最大化することは重視するが、それだけが目的ではない。もし一年莫大な売上を得た後、その後低迷するのであればそれは失敗とも言える。企業は長期的に成長を継続することが必要であり目的である。もちろん、その企業の目的が株価を吊り上げ、会社そのものを販売することになれば極大まで売上を増大させ連動させた株価のトップで売却するストーリーも起こりうるだろう。企業は、当該年度の売り上げ増大という目的のため、かつ次年度以降の売り上げ増大を継続するため、インセンティブと言う形で人的資源の最適活用を行おうとする。しかし、このウエイト付けは難しい。

## 6. 最適化の目的

最適化の問題を解くこと、それだけが目的になることはない。パズルのようにそれは楽しい作業ではあるが、企業においてそれはかなわない。実際には、最適化は何か別の目的を支えるために行う。最適化という言葉が一人歩きすることはできず、極めて当たり前の事だと思うが「最適化する」場合は必ず目的が必要になる。最適化という言葉は、誰が、何のために、を欠いては歩き出せない。企業が仕事として実施する場合はこれに、どうやって、何時から何時迄に、どのくらいの精度で、いくらかけて、が加わる。

企業が、より利益を生むために年次計画なり月次計画を作るために最適化手法を使うのであれば、最適化は図2の意思決定を支援するために利用される([7])。この時、計画がどの程度の頻度でどの程度の精度が必要なのかは最初に考える必要があると思う。精度を追求する場合は通常お金がかかる。予測することは「こうなるだろう」と言う推定にすぎない。「こうなるだろう」と思ってそのままに、なすすべもなくそのままに、計画に移されることはない。その途中で



図2 意思決定の位置

「こうしたい」、「こうしよう」という意思があり、それぞれが持つ基準で判断した決定があり初めて計画になる。ORはこうしたプロセスを支援するだけであり、人間が介入しない計画はありえないと思っている。そして、各プロセスで必要な精度は、計画として要求される精度に見合う程度にあわせて構築していけば良い。

### 6.1 予測

予測の方法は様々にある。企業内部のデータを積み上げて予測データにする場合が多いのではないかと思うが、過去の実績データがある程度あり(年間の季節変動がある場合は2年程度が一つの目安になる)、ある程度揃っているなら時系列予測の方法が利用されることもある。飲料の場合、キャンペーンが少ない定番品の時系列予測は機械にまかせて良いそうである。キャンペーンが多くなれば、当然人間の意志が計画を左右する割合が増加するわけで、機械にまかせただけではすまず、人間との共同作業が必要になる。極めて当然の内容であろう。

時系列予測の道具にはExcelのマクロの世界もある。Excelなのか、高額なソフトウェアを必要とするかどうかは、利用者が「どの位の頻度で、どの位の量のデータを、どの位の速度で、どの位の精度で時系列予測をしたいのか?」に関わって決まる。必要以上の精度は不要だが、必要な精度は満たさなければならない。時系列予測に利用するために、すでに確立された予測モデルは多様にある。多様にあるのは良いが、いざ使おうと思ってもパラメタの設定に手間がかかる。一つ二つの時系列予測なら良いが、取り扱う製品が良く似たタイプで同じ予測モデルが使えるとは限らない。取り扱う製品数が多くなったとき、機械が過去の時系列実績データから適切なモデルとそのモデルのパラメタを自動設定すること、統計的に推奨されている各種評価値を算出しフィルタリングして(MAPE平均絶対誤差率が小さければ一端道具にまかせましようと考えて)、人がチェックすべき製品を抽出するといった機能で、時間をかけなければならない製品数を絞り込む。企業が、ゾーン別で時系列予測をし、エリア別で時系列予測をする。ゾーンの時系列予測がそのゾーン内のエリアの時系列予測の積み上げに一致すること

はありそうであって、必ずしもではない。その時の調整も一度は機械にやらせてみる。人はその改良をすれば良い。後から生きる人間は前に生きた人間の努力の上に生きれば良い。ちなみに時系列予測の世界で日本人であることはとても強みになる。それはAIC(赤池情報量基準)のおかげである。「日本人なら赤池氏を知っているはず」とSASでは言われる。2006年3月の赤池氏のOR学会春季研究会特別講演の話は素敵な話題である([1])。

## 6.2 意思決定

意思決定のためには、判断基準が必要になる。判断するための根拠もある。現実に製品一つあたりのコストデータがあるのかどうか。コストは一つではない。コスト算出の方法も様々にある。数理計画とは違う考えでコストを扱う方法にABC(活動基準原価)がある。世の中で良く知られている順では、 $ABC >$ 数理計画になるのであろう。その仕組みの明快さと算出できる規模の膨大さはABCにとって大きな長所となる。コスト分析を行う場合に、ボトルネックが動かないなら現在稼動しているボリュームは制約には引っかかってこないわけだから、数理計画を持ち込まなくても済む世界がある。そうしたマーケットのパイは大きい。ちなみにパイを食べに行く会社も多いが使う人は、一度しか利用しないのか、今後も継続して利用するのか、意思決定に利用する上での効率、そのデータをどれだけ深く利用するのかもあわせて決めれば良い。

数理計画はコストデータを基準に目的関数が設定される場合が多い。しかし、である。例えば、在庫コストをどう考えるかだけでも議論がある。ものを在庫し続けることに起因するコストには、在庫保管費が代表的なものとしてある。ところが、ライフサイクルが極めて短いタイプで鮮度低下が著しいタイプの製品の場合、在庫保管費より市場価値に絡むコストが大きくなる。結局、把握しやすい在庫維持コスト、把握しにくい、部品の在庫評価損、価格保障、返品、陳腐化に起因するコストも考えようという動きがある([2])。このあたりのコストの話になると、時間軸が絡んだ議論になる([3])。その上で、季節変動と資源制約が絡んでくるので、もしかすると再び数理計画の世界に戻るかも知れない。

最適化のモデルにどのコストを含むかは顧客と議論する必要があるが、こうした把握しにくいコストを求めめるには、どう道具が支援できるかは、理解しておく必要があると思う。

人間が介入するには、どんな仕組みが必要か。意思決定の速度はどこまで高速化できるのか。一つの考え方として共通データ処理空間がある。トランザクション処理データ以降のデータ活用の世界である。意思決定を支援する一つの手法として最適化の周辺がどこまで広がるのか、この周辺が意思決定のための豊富な情報の活用の底辺であることを祈る。

## 7. 終わりに

ずっと昔まだまだ学生の頃、歴史を通して人間はその人が生きる時代の影響を受けて生きると知った。祖父母の時代、父母の時代にはこれほどには存在していなかったコンピューター。ならば、コンピューターが存在する時代に生きることになった廻り合わせは最大限に利用したいと考えている。人生は短い、先人の知恵と使える道具は活用したい、他の人にも活用してもらいたい。

## 参考文献

- [1] 赤池弘次：“モデリングによるゴルフ新打法の展開,” OR学会春季研究発表会アブストラクト集, pp. 8-9, 2006
- [2] シャンパオロ・カリオーニ 他著, スコフィールド素子 訳：“在庫起因コストを明らかにせよ IDC: HPの新・在庫管理手法,” DIAMONDハーバード・ビジネス・レビュー, No. 12, pp. 22-33, 2005
- [3] クレイトン・クリステンセン著, 伊豆原弓 訳：“イノベーションのジレンマ,” 翔泳社, 2001
- [4] 草刈君子：“数理計画法の実用モデリングについて,” オペレーションズ・リサーチ, Vol. 50, No. 4, pp. 238-242, 2005
- [5] ウイリアム・オーチャード・ヘイズ著, 小国力 他訳：“コンピュータによる線形計画法,” 培風館, 1973
- [6] SAS Institute Inc.：“Managing the Future, a SAS White Paper,” 2003
- [7] 喰田秀樹, 池ノ上晋, 草刈君子：“石油化学部門計画系のビジネスプロセスの改革,” OR学会春季研究発表会第18回企業事例交流会, 2006
- [8] 刀根薫：“オペレーションズ・リサーチ読本,” 日本評論社, 2003