

NTTデータ数理システムが提供する 数理最適化と Nuorium Optimizer

数理最適化とは

制約条件を守りつつ目的関数を最小化する変数を求める数学的な技術です。例えば、中学や高校で習う「二次関数の最小値を求める」問題は、制約条件が変数の定義域であり、目的関数が二次関数になる数理最適化問題です。平方完成と呼ばれるテクニックを用いると人力で最小値を求めることができます。他の例としてナンバープレースのようなパズルも数理最適化問題とみなせます。時間をかけて人力で解く楽しさを奪う事になりますが、マス目に入力できる数字の条件を制約条件として見なし、数理最適化と計算機を用いるとパズルの答えが一瞬で得られます。

現実世界には様々な数理最適化問題があります。顧客の訪問時間帯を守りつつ移動距離が最小となる配送計画を立てたり、安全在庫を守りつつ段取り替えコストが最小となる生産計画を立てたり、エネルギー需要を守りつつ運転コストが最小となる発電機や熱源機の運転計画を立てたりと、あらゆる業務において数理最適化問題が潜んでいることでしょう。

数理最適化を必要とする理由

複雑化する社会が業務効率化と品質担保を理由に数理最適化を必要としています。様々な商品やサービスが生み出されて競争が激化する一方、日本においては人員不足が拍車をかけて目の前の業務に追われている方々も多いことでしょう。その結果、業務上の無駄を省き、浮いた時間とお金を適切に使用することがどの会社にも求められるようになりました。アナログな業務フローをデジタルに移行し、さらなる価値創出を目指すとするデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進がこれを裏付けているように感じます。

数理最適化は現状の業務を完全に代替してくれる、とまではいきませんが、現状の業務負荷を削減し、さらには品質向上までおこなえる可能性を秘めています。あなたが専門的業務の計画担当者であれば、毎週 7 時間かけていた計画作成業務が数理最適化により 30 分になり、見通しの良い月次計画の作成業務に注力できます。また、今まで必要と考えていた業務ルールについて再考し、数理最適化を用いて仮想的な計画を立てて業務フローを検討し、全体的な業務改善の第一歩を踏み出せます。

数理最適化ソリューション

数理最適化は意思決定を支援する道具として非常に優秀である一方、業務フローに密着した形で用いるには一品一品の作りこみが必要になります。これは、例えば業界や業種が同じでも考慮したい制約条件（ニーズ）が様々であることと、数理最適化問題が本質的には現実的時間内に解けないため業務フローを意識した工夫が必要になることが原因です。

数理最適化ソリューションを導入するにはまず、現在の業務フロー、解消したい課題、制約条件の三つを正確に把握しましょう。実はこの段階で数理最適化が本当に必要な方は半分に減ります。「業務を最適化」という発想から「数理最適化」が必要と勘違いするケースもありますが、実際は「予測」や「分類」で十分なケースも少なくありません。

本当に数理最適化ソリューションが必要となった場合にはNTTデータ数理システムにご相談ください。当社は 20 年以上に渡り数理最適化を事業の柱としてソリューションをご提供してきた実績があります。20 名以上の数理最適化エンジニアが課題を解決します。

DX 実現までの 3 段階のフェーズ



Nuorium Optimizer

当社は、数理最適化に特化させたインターフェースであるモデリング言語とアルゴリズム含んだパッケージ Nuorium Optimizer（ニューオリウム オプティマイザー）を開発して販売しています。幅広いアルゴリズムにより、これ一つで様々な問題に対応できます。モデリング言語も「数式をそのまま記述する」感覚で使用でき、高速なプログラム開発を実現できます。20 年以上の実績の中で鍛えられ、配送計画や配船計画、生産計画、工場内物流、シフトスケジューリング、エネルギーマネジメント、金融工学、マーケティングと、適用範囲は多岐に渡ります。

2022 年の最新バージョンは V24 であり、2023 年 3 月には新バージョン V25 をリリースします。新バージョンの機能、そして、これからの姿を簡単に紹介します。

解の修復機能を強化

Nuorium Optimizer V24 では解の修復機能を実装しました。V25 ではこの機能を強化しています。まず、解の修復機能がどのようなものを説明します。

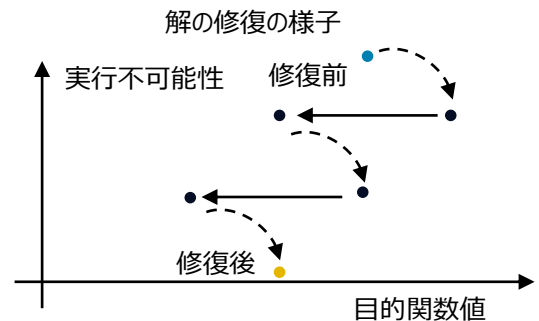
解の修復機能とは、制約条件を満たさない実行不可能な解が与えられたときに、これを修復して制約条件を満たす実行可能な解を得る機能です。例えば 0-1 整数変数 x_1, x_2, x_3 の合計値が 1 となる制約式があったときに、 $x_1 = x_2 = x_3 = 0$ は実行不可能な解です。いずれかの変数の値を 1 に修復すると実行可能な解が得られます。実際は変数の値を変更すると他の制約条件に違反が出るため、解の修復は元の数理最適化問題を解くのと同じぐらいの難しさを持ちます。

解を修復するためには 2 段階の求解を繰り返します（[1]）。1 段階目の求解では実行不可能性（制約条件の違反量）を最小化します。これは元の数理最適化問題と同じぐらい難しいため、**一部の整数変数を固定**することで問題規模を縮小して求解します。2 段階目は実行不可能性に上限を与えて、その範囲内で元の数理最適化問題を求解します。この時も**一部の整数変数を固定**して問題規模を縮小します。このように、変数固定に加えて 2 段階の求解を繰り返すことで実行不可能性を最小化して解を修復します。

V24 における変数固定のスキームは「始点となる整数変数をランダムに選び、そこから連続して整数変数を固定する」という非常に単純なものでした。V25 では新しい変数固定スキームを導入し、解の修復機能を強化しました。社内のベンチマークセットを用いた実験では 600 秒以内に実行可能解を発見した数が V24 に比べて約 10 %向上しました。パラメータチューニングの結果も含めると 30 %向上しています。

これからの姿

アルゴリズムの性能強化はもちろんのこと、様々な環境で、様々なスキルセットを持った方が Nuorium Optimizer を使用できるような機能追加をおこないます。例えば、コンテナ型の仮想化技術が広まり、サーバー上に実行ファイルを配置して環境を構築する従来の方法から、環境ごとコンテナに含めてデプロイする方法が増えています。パブリッククラウドでもコンテナを想定したサービスも増えてきました。また、実際の計画担当者は Nuorium Optimizer を意識せず、Excel や Web ブラウザといった GUI を介して数理最適化の計算をおこないます。こういった状況を考慮してシステム開発やモデル開発、さらには計算実行もより手軽になるようなパッケージを目指します。



参考文献

[1] Munguía, LM., Ahmed, S., Bader, D.A. et al. Alternating criteria search: a parallel large neighborhood search algorithm for mixed integer programs. Comput Optim Appl 69, 1–24 (2018).