

AI を有効活用するための最適化の導入

—All-In-One Solver の誕生—

01606110 MSI 株式会社
01705270 MCS 研究所/横河ソリューションサービス
早稲田大学
MTK 研究所

*宮崎 知明 MIYAZAKI Tomoaki
山本 邦雄 YAMAMOTO Kunio
藤村 茂 FUJIMURA Shigeru
三竹 治子 MITAKE Haruko

1. はじめに

LocalSolver 8.5 は All-In-One Solver として大幅に機能アップされ、次世代 AI で最適化を実現することが容易に可能となった。ここに、All-In-One Solver としての LocalSolver の機能を紹介する。

- 実行可能性と上界値を最初に計算
- 実行可能な初期解を求め、実行可能性をくずさず解の探索で最適解へと改善を進めていく
(MIP 問題でも最初から整数解を改善していく)
- 目的関数、制約関数を非線形でも定義できる自然な定式化を実現
- 組合せ最適化に適した意思決定変数の定義による実用的な最適化問題の定義 (List, Set)

コンピュータの飛躍的な性能向上により、ビッグデータの発達とともに、リアルタイムで意思決定、判断することが可能になり、進化する AI ブームを迎えようとしている。

AI による自動化は以下に大別できる。

- センサと連動した自動運転制御
(自動車の安全装置、プラント自動制御など)
- 大量の実績データを統計処理し、統計確率にもとづいたオペレーションの自動化
(事務処理の代替など)
- 人間の思考パターン的高速シミュレーション
(ゲーム、ディーププランニング等)

現状の AI は、意思決定理論が確定していることが必要である。これに対して、新しい事象に対しても対応できるようにすることが次世代 AI である。

一言で言えば、意思決定モデルを作成し、最適化手法を組み込むことにより、実績にない事象に対しても、さらなる効率化、自動化を可能とすることである。

従来の最適化手法 (数理計画法システム) は、解法に

即した定式化 (MPS 形式、LP 形式) が必要であるだけでなく、データの規模が大きくなると実用的な意味で最適解をだすことができなかった現状である。

産業界では、大規模、広範囲な情報、リアルタイムな情報活用により、各種データ精度の向上と生産効率の向上に研究が進みつつある。現時点では、大規模データを使った統計解析とニューラルネットワーク (ディープラーニング) の AI による自動化が主流であるが、LocalSolver による大規模な最適化計算やシミュレーション計算を実現することにより、より現実的なリアルライフの問題を解くことができるようになると思われる。

LocalSolver はフランスで開発が進められている次世代の最適化ソルバーであり、大規模組合せ最適化問題等を全体探索せずに最適解を目指したシステムである。最新の事前解析 (プリソルブ) をフルに活用したメタヒューリスティックス解法であり、リアルライフの問題を現実的な時間内で解決することを目指したソフトウェアである。

図 1. に LocalSolver の機能概要を示す。

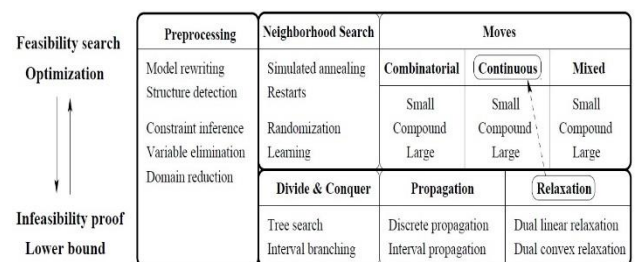


図 1. LocalSolver の機能概要

2. これからの最適化

これからの AI に組み込まれる最適化では、以下の要件が必要になると考えられる：

- 大規模な最適化問題への対応
- 目的関数、制約条件の非線形化
- 時間軸をもった即時性への対応

コンピュータの高性能化（計算スピード、大規模記憶容量、通信速度）により今やAI（人工知能）が盛んに叫ばれ、コンピュータは人間を超えられるかとの議論も盛んになっている。コンピュータによるAIが人間の頭脳を超える時代が2045年に到達すると提唱されている（シンギュラリティ）。

LocalSolverは、仏ブイグ社の最適化部門により、汎用化を試行し始めたのが起点である。

フランスのORチーム（ソルボンヌ大学准教授2人とブイグ社実践家2人）により、2007年から5年間の研究開発プロジェクトでLocalSolverを実現した（国の支援）。

MIP（混合整数計画法）では解けない大規模組合せ最適化問題（800万以上の0-1整数変数）を実用的に解くメタヒューリスティック解法（局所探索解法）をベースにシンプレックス法をも取り込んだ全く新しい汎用解法である。また、LP形式、MIP形式にとらわれることなく、制約関数、目的関数が非線形でもそのまま定式化をすることができ、モデリングを自由におこなうことが可能である。

3. LocalSolver 8.5の最新機能

LocalSolver 8.5は、既存のLP問題、MIP問題だけでなく、NLP問題をもカバーすることができる。

また、今までは、最適解の上界をもとめることが出来なかったが、前処理のモデル分析等で最適解の上界を求めることができるようになり、グローバルな意味で、最適化ソルバー（All-terrain & All-in-one solver）とよぶことが出来るようになった。

LocalSolver8.5の新機能を以下に示す：

1) 大規模組み合わせ最適化の大幅機能アップ

セット&リストベースを使ったモデリングにより、順番を決める変数をセットで定義し、セット内で順番を変更しながら最適化をすすめるため、パフォーマンスを大幅に向上することができた。たとえば、LocalSolver 8.5は、何千ものクライアントがサービスを提供する Vehicle Routing (CVRP) および Pickup & Delivery (PDP) の問題で世界最強の最適化ソリューションを提供する。

2) 従来と同等以上の上界値を実現

LocalSolver 8.5は、従来の凸型解領域の問題に対して、bool、int、またはfloatの意思決定変数で表現され

る非線形、非凸型、非滑らかなるモデルの上界値を計算する。

結果として、LocalSolverは最適性のギャップを計算することができ、中小規模の問題に対しては最適性を証明することができるようになった。このことは、LocalSolverは汎用的な従来のCplex、Xpress、Gurobiソルバと完全に競合できるだけでなく、(MI)QPまたは(MI)NLPに関するQPソルバーとも競合することができるといえる。

LocalSolverは技術の集大成である。

- 最新の問題解析による上界の計算（凸最適化問題）
- 拡張した局所探索法をベース
- 非凸、非平滑な解空間でも最適化計算が可能
- 解を改良していく仕組み（超高速な探索）
- モデルの縮小と再定式化をする事前処理

さらに、内部最適化問題などの数値最適化問題を解決するために、LocalSolverがより優れた下界値を生成する能力を強化するよう、内部ポイント法のような新しい数値アルゴリズムを開発中である。例としてはポートフォリオの最適化に加えて、エネルギーの分野にあるような離散のおよび連続的の両方の種類の変数に関わる問題も含まれている。また、セット・ベースのモデル、特にルーティングとスケジューリングから来るモデルの下限の計算についても、研究開発を進めている。

4. おわりに

自然なモデル定義（定式化）が可能となり、AIソリューションをさらなる進化させるために、大規模データに最適化計算機能を加えることで、リアルライフの大規模最適化問題に対して、実践的な汎用アプローチが実現できる時代になったと考える。「実学に役立つOR」として、人間と機械の調和、学術分野の統合を実現して日本の産業界の再生の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) MSI 株式会社
「<http://msi-jp.com/localsolver/>」ホームページ
- 2) 宮崎知明、山本邦雄、藤村 茂、三竹春子
・「次世代のAIを実現するLocalSolver8.0」、スケジューリング・シンポジウム2018論文集
- 3) 山本邦雄、三竹治子、宮崎知明
・「AIを有効活用するための制約条件精度向上の仕組み」、日本OR学会秋季研究発表会予稿集、1/2(2019)