

新しい最適化システム All-In-Solver の誕生

—LocalSolver9.5—

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

*宮崎 知明 MIYAZAKI Tomoaki
山本 邦雄 YAMAMOTO Kunio
三竹 治子 MITAKE Haruko

1. はじめに

LocalSolver9.5 は従来の最適化システムを包含し、拡張された **All-In-One Solver** である。LP、MIP、NLP を包含し、柔軟な定式化と高速な最適化を備えている。

次世代 AI などでも最適化を実現することも容易に可能となった。ここに、All-In-One Solver としての LocalSolver9.5 の機能を紹介する。

- **自然なモデリングの実現**
 - ・線形不等式に固執する必要なく定式化が可能
 - ・意思決定変数を定義し、定義した意思決定変数で目的関数と制約条件式を定義するだけでよい
- **高速な最適化計算**
 - ・実行可能な初期解を求め、実行可能性をくずさず高速な解探索による解探索を実現
(MIP 問題でも最初から整数解を改善していく)
 - ・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)
- **LP、MIP、NLP を同一システムで最適化実現**
 - ・同一形式のモデリング定義によりモデルを事前分析し実行可能性と上界値を最初に計算しながら最適化を実現
- **その他の新機能**
 - ・Python3.8]oyobi3.9 での利用
 - ・非線形機能の拡張 (ブラックボックス最適化が標準 API で使用可能)
 - ・性能向上 (LP、MIP ベンチマークデータの 50%以上で最適解までの時間短縮)

従来の AI は実績データをもとに統計手法による確率論による意思決定、ニューラルネットワークによるディープラーニングに基づいていることが多い。

コンピュータの飛躍的な性能向上と大規模高速最適化機能により、リアルタイムな判断をすることが可能となり、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。

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化を実現したシステムである。事前解析 (プリソルブ) 機能をフルに活用したメタヒューリスティクスを含む解法であり、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。

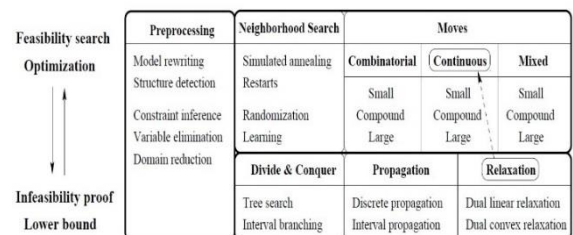


図 1. LocalSolver の機能概要

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(人口知能)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等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 9.5の最新機能

LocalSolver 9.5は、既存のLP問題、MIP問題だけでなく、NLP問題をも同一アプローチで最適化することができる。

最適解の上界をもとめることが出来るようになり、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。

LocalSolver 9.5の機能を以下に示す:

1) 自然なモデリング方法論

線形不等式(従来のLP、MIP形式データ)にとらわれることなく自然な定式化が可能であり、非線形モデルもそのまま定義可能である。

2) 大規模組み合わせ最適化問題の大幅機能アップ

問題に特化した機能(セット&リストベース等)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ことができ、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 9.5は、何千ものクライアントに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。

3) 従来と同等以上の上界値を実現

LocalSolver 9.5は、従来の凸型解領域の問題に対して、bool、int、またはfloat等の意思決定変数で表現さ

れる非線形、非凸型の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)
- 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ことができる大規模データによる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、三竹治子
・「AIスケジューリングする最適化の導入」、スケジューリング・シンポジウム2019論文集
- 3) 宮崎知明、山本邦雄、藤村 茂、三竹治子
・「AIを有効活用するための最適化の導入」、日本OR学会秋季研究発表会予稿集、1/2(2019)