

DXに役立つLocalSolver11.001606110 MSI 株式会社  
MCS 研究所\*宮崎 知明 MIYAZAKI Tomoaki  
山本 邦雄 YAMAMOTO Kunio

## 1. はじめに

DXの活用が広まり、全社的な観点での変革が進みつつある。DXの活用のためには、従来の組織別ではなく、全社規模のデータをどう活用できるかが、重要なキーとなっている。

Localsolver を使って DX を実現している例を示す。

1) 日本のPASCOでのサプライチェーン最適化  
(全社の工場における全体最適な生産配送計画)

## 入力データ

- 1000 カタログ製品
- 900,000 万件/日の注文
- 13 の生産拠点
- 100 の供給サイト
- 26 の配送サイト

## モデル

- 3200 万変数
- 100 万制約
- 800 万のバイナリ意思決定変数
- 30 分未満のランタイム

## 2) ルノーグループのワークスペースとデスク

## 割り当て最適化

## 入力データ

- 5 部門
- 27 のワークスペース
- 1109 名

## モデル

- 異なる仕事の充填率の平滑化
- マッチング制約とパッキング制約
- 最適化で複数の非線形目標を設定
- 1 分未満のランタイム

以上の事例は Localsolver が実現した事例の一部であるが、実現したい目標は、大規模、複雑な非線形条件等を解く必要があるケースが多い。

LocalSolver11.0 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。

LocalSolver11.0 の機能を紹介する。

## - 自由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

## - 大規模な高速最適化計算

- ・実行可能な初期解を自動的に求め、実行可能性を崩さず高速な解探索による最適化を実現 (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

## - その他の機能

- ・Python、C/C++、Java 等で利用可能

現状の AI は実績データをもとにした統計手法であ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が主流である。

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 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

でも、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の最適解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。

Feasibility search Optimization ↑ ↓ Infeasibility proof Lower bound	<b>Preprocessing</b>	<b>Neighborhood Search</b>	<b>Moves</b>		
	Model rewriting Structure detection	Simulated annealing Restarts	<b>Combinatorial</b>	<b>Continuous</b>	<b>Mixed</b>
	Constraint inference Variable elimination Domain reduction	Randomization Learning	Small Compound Large	Small Compound Large	Small Compound Large
		<b>Divide &amp; Conquer</b>	<b>Propagation</b>	<b>Relaxation</b>	
	Tree search Interval branching	Discrete propagation Interval propagation	Dual linear relaxation Dual convex relaxation		

図 1. LocalSolver の機能概要

## 2. DX を実現するこれからの最適化

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、制約条件の非線形対応
- 時間軸をもった即時性への対応

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。

現在、世界中の 10,000 人のユーザが Localsolver を活用して、様々な形で、DX を実現しており、顧客の問題を解決するために、解法の改良も盛んである。

活用の方法も様々で、クラウドによる利用や、Excel での利用も進んでいる。

## 3. LocalSolver 11.0 の最新機能

LocalSolver 11.0 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。

LocalSolve11.0 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）にとられることなく自然な定式化が可能である。特に、非線形機能が強化拡張された（ブロックボックス最適化が標準 API で使用可能）。

### 2) 大規模組み合わせ最適化問題の最適化向上

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、LocalSolver11.0 は、何千ものクライアントにサービスを提供する CVRPTW および PDPTW 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 11.0 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。

## 4. おわりに

自由なモデル定義（定式化）が可能となり、DX を実現す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) LocalSolver 社 (仏)  
「<http://www.localsolver.com/>」ホームページ
- 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)