

# LocalSolver7.0 と AI

## —All-In-Solver によるリアルライフを目指して—

01606110	MSI 株式会社	*宮崎 知明	MIYAZAKI Tomoaki
01705270	MCS 研究所/横河ソリューションサービス	山本 邦雄	YAMAMOTO Kunio
	早稲田大学	藤村 茂	FUJIMURA Shigeru

### 1. はじめに

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）が盛んにさげばれ、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メタヒューリスティックス解法でリアルライフの問題を解決することを目指したソフトウェアである。

最近、AI の言葉のもと、あらゆる自動化と判断力、思考力をコンピュータで実現することが盛んである。

IoT : Internet of Things の言葉のもと、あらゆるものが Internet とつながり、今までにない情報を使える（ビッグデータ）時代になりつつあり、第四次産業革命と言われるほど世の中が急激に変化し始めている。コンピュータがめざましく発展し、情報ネットワークの進化がすすみ、大容量データ管理の実現、情報ネットワークの高速化、CPU の高性能化により、全てのものがインターネットとつながり、データや情報を即時に共有することができつつある。

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。今は、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やシミュレーションを使うことにより、より現実的なリアルライフの問題と解くことができるようになると思う。

IoT とビッグデータにより、様々な情報をリアルタイムで獲得することができることで、「制御の自動化」と「予測精度の向上」が期待できる。

本稿では、AI に象徴される第四次産業革命を迎えて、次世代の最適化ソルバーを目指した LocalSolver の概要と大規模最適化問題の適用アプローチを紹介する。

### 2. これからの最適化

IoT やビッグデータの発展により、誰でも、どこでも、様々なデータ/情報を得る環境が整いつつあり、大規模なデータ/情報の中から、必要な情報を即時に得ることが可能となる。統計解析によるビッグデータからの様々な情報を最適化モデルとして使うことができるようになり、精度の向上した緻密な解を短時間で得ることがリアルライフでの実用化に役立てることができるようになる。（最適化の適用範囲：地理軸、時間軸、適用プロセス等）を広げることが可能となる。

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
- 即時性への対応

LocalSolver は上記の要件を意識した、All-In-One の次世代型ソルバーである。制約条件と目的関数をほとんどフリーな形で表現することができるため、非線形関数、論理関数、集合関数で表現される問題対応型の解法システムといえる。図 1 に LocalSolver が対象とする適用問題と手法を示す。

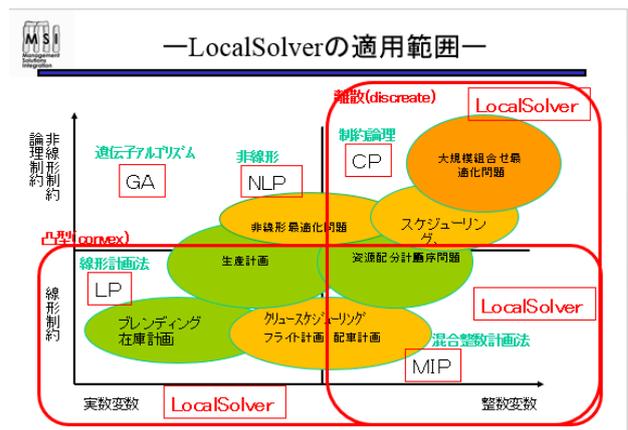


図 1. LocalSolver の適用問題と手法

100 万以上の 0-1 整数変数をもつような大規模な数理最適化問題は、既存の数理計画法システム (MIP) や制約論理システム (CP) では、解探索で組合せ爆発が起こり、実用時間内に解くことは出来なかったが、

LocalSolver では数分で実用的な答えを出すことができる。図 2. に MIPLIB での実行結果を示す。

instances	Status	variables	localsolver 3.1	urooba 5.5	plex 12.4	gctpm
cpm-10-a2	hard	6,250	* -25,719	-19,601	-19,539	-33,826
cpm-11-a8	hard	9,018	* -33,025	-21,661	-19,883	-43,485
cpm-11-a14	hard	10,800	* -46,557	-11,994	-36,469	-54,251
cpm-12-a7	hard	10,800	* -46,034	-12,375	-30,887	-45,514
ps6	hard	442	-42	-42	-42	-43
queens-30	hard	900	-39	-36	-39	-40
dell	open	37,297	11,100,000	21,300,000	1,840,402	unknown
da-bag	open	6,020	5,811	62,820	4,284	unknown
ex1010-pi	open	25,200	249	251	247	unknown
ivus6-bag	open	1,812,044	* 478	9,416	678	unknown
ivus2	open	1,423,438	4,907	16,880	3,285	unknown
mining	open	753,404	* -65,720,600	502,969,000	no solution	unknown
pb-ramp-nomunif	open	23,840	* 90	140	94	unknown
ranco3	open	2,187	* 223	274	287	unknown
rmine14	open	32,205	* -3468	-170	-968	unknown
rmine21	open	162,547	* -3657	-184	no solution	unknown
rmine26	open	326,995	* -3052	-141	no solution	unknown
slen1	open	13,741	256,620,000	315,186,152	54,820,419	unknown
sta105	open	405	342	342	354	unknown
sta70	open	709	448	648	655	unknown

図 2. MIPLIB のベンチマーク結果

現実世界の多くの問題は大規模組み合わせ最適化問題となる。特に、下記のようなスケジューリング問題に関して、LocalSolver は汎用的に解くことができるようになっている。

- ・ 車両の優先順位付け (組立) 問題
- ・ 裁断計画問題 (フィルムなど)
- ・ SCM 問題 (製造-輸送-在庫-販売など)
- ・ 最短経路問題 (カーナビのルート検索など)
- ・ ネットワーク問題 (交通網, 通信網, 電気, ガスなどの設計) だい
- ・ 配送計画問題 (宅配便, 店舗への商品配送, ゴミ収集など)
- ・ 施設配置問題 (工場, 店舗, 公共施設などの配置など)
- ・ 人員スケジューリング問題 (看護師等の勤務表, 時間割の作成など)
- ・ 機械スケジューリング問題 (工場の運転計画, 装置稼働計画など)

### 3. LocalSolver 7.0 の最新機能

LocalSolver 7.0 は昨年提供された LocalSolver 6.5 を強化改良し、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。

特に、従来の SCM では、プランニングとスケジューリングの同期が取れず (データの精度、時間軸を同じにできない) ため、プランニングで方針をきめ、スケジューリングで実行可能生を評価することが多かった。LocalSolver では、ハイブリッド解法 (プランニングした結果をもとにスケジューリングする) も、スケジューリングレベルの時間軸でプランニングとスケジューリングを同時に解くことも可能である。

最新の LocalSolver は、BlackBox optimization と呼ばれる非線形最適化問題にも対応できるようになっている。図 3 にベンチマーク結果を示す。

LocalSolver は、まず意思決定変数を定義し、次に制約条件、目的関数を意思決定変数を使って定義することで最適化問題を定義する。

LocalSolver の意思決定変数には、0-1 意思決定変数 (**bool**)、上下限を持つ実数意思決定変数 (**float**)、上下限を持つ整数意思決定変数 (**int**) 及びセット化した変数群 (**list** 関数) がある。

LocalSolver は、最初に実行可能な意思決定変数の組合せ (実行可能解) を見つけて、それから、解の探索 (イタレーション) を意思決定変数の値の入れ替えを一つずつ行うことで進めていく。一回のイタレーションでは、目的関数、制約条件の値を評価し、目的関数の単調性を保証することで最適化を行っている。このため、1 回のイタレーションにかかる時間は、目的関数、制約条件式の差分計算だけであり、1 秒間に数万から数十万回のイタレーションが可能である。

さらに、イタレーションが増えることによる計算精度の劣化もなく、メモリ領域を増やす必要がないため、イタレーションにかかる時間は、単純に問題の大きさに比例するだけである。

### 4. おわりに

AI のさらなる進化をするために、大規模データとメタヒューリスティクスによる最適化計算を加えることで、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) T. Benoist, B. Estellon, F. Gardi, R. Megel, K. Nouioua (2011).
  - ・ 「LocalSolver 1.x: a black-box local-search solver for 0-1 programming」、*4OR, A Quarterly Journal of Operations Research* 9(3), pp. 299-316. Springer.
- 2) MSI 株式会社
  - ・ 「<http://msi-jp.com/localsolver/>」ホームページ
- 3) T. Benoist, J. Darlay, B. Estellon, F. Gardi, R. Megel .
  - ・ 「LocalSolver 4.0 Hybrid Math Programming」、Presentation slides at INFORMS 2014, <http://www.localsolver.com/home.html>
- 4) 山本邦雄、三竹春子、宮崎知明
  - ・ 「IoT を活用した Industry4.0 型実用スケジューリング」、日本 OR 学会春季研究発表会予稿集、1/2(2016)
- 5) 藤村茂、宮崎知明
  - ・ 「IoT を利用した生産プロセスにおける生産スケジューリング業務のあり方 - Industrie4.0 の生産スケジューリングシステム構築に向けて -」、日本 OR 学会春季研究発表会予稿集、1/2(2016)
- 6) 山本邦雄、三竹治子、宮崎知明
  - ・ 「IoT を活用したスケジューリングの精度向上」、日本 OR 学会春季研究発表会予稿集、1/2(2016)