

LocalSolver を中心とした数理計画法システムの最新動向

01606110 MSI 株式会社

*宮崎 知明 MIYAZAKI Tomoaki

1. はじめに

現実世界の多くの問題は大規模最適化問題となる。

- ・ 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)
- ・ 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)

ビッグデータ時代を迎え、自動化したいスケジューリングや最適化計算問題のモデリング範囲、制約条件が複雑になっており、大規模な問題を汎用的に扱える実用解法の要求が高まっている。図1に大規模最適化分野を示す。

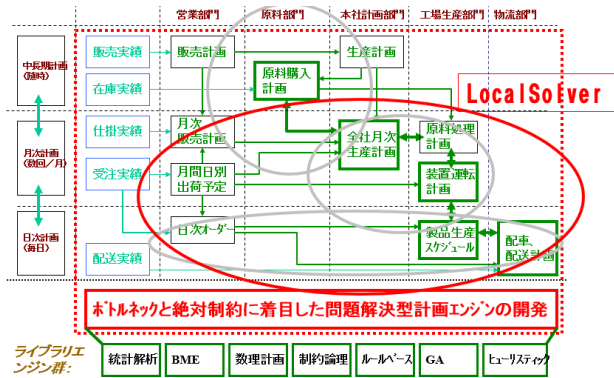


図1. 大規模最適化分野

ビッグデータ時代を迎え、自動化したいスケジューリングや最適化計算問題のモデリング範囲、制約条件が複雑になっており、大規模な問題を汎用的に扱える実用解法の要求が高まっている。

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のが現状である。

次世代数理計画法システム LocalSolver は、解探索で組合せ爆発が起こらないよう、局所探索と既存の解法 (事前分析、途中分析、ヒューリスティック等) を組

み合わせたシステムであり、1000 万以上の0-1 整数変数及び実数変数を扱うことができる。

大規模最適化問題を定式化するには、従来のデータ形式 (MPS 形式データ、式形式データ) では、開発に多大の工数を必要とする。LocalSolver のモデル記述言語 (LSP 言語) は、できるだけコンパイラで言語を解析し自動化することを狙った最新の関数型言語の流れを酌み、モデル定義とデータを完全に分離した形式である。

本稿では、LocalSolver の解法の概要とモデル記述言語である LSP 言語によるモデリングの考え方を紹介する。LocalSolver の適用範囲を図2に示す。

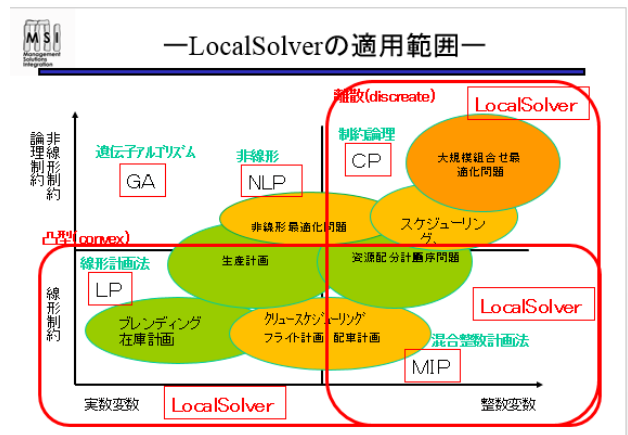


図1. LocalSolver の適用範囲

2. LocalSolver の特徴

LocalSolverは、図2. LocalSolverの適用範囲で示す、以下の手法を統一的に定義し最適化することができる。

- LP (線形計画法)
- IP (整数計画法)
- MIP (混合整数計画法)
- NLP (非線形計画法)
- CP (制約論理計画法)

LocalSolverは、近傍探索だけでなく、前処理、制約伝播等、既存の数理計画法システムが開発してきたノウハウを取り入れている。図3にLocalSolverが取り入れている手法を示す。

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

図3. LocalSolver が取り入れている手法

3. LSP 言語による定式化

LocalSolverは、0-1意志決定変数 (bool) 及び上下限を持つ実数意思決定変数 (float)、上下限を持つ整数変数 (int) で定義された制約条件、目的関数値を計算しながら、超高速に試行することで、最適化を目指すことができる。bool変数の数がたとえ1000万変数を超えても実用的な意味で解を求めることができる。

以下の手順でモデリングを行う。

- 1) 意志決定変数 (bool 変数、float 変数、int 変数) を定義する。
- 2) bool 変数、float 変数、int 変数を使い、制約条件、目的関数を定義する。この時、MIP問題のように、線形制約に拘る必要はなく、制約条件、目的関数ともに、論理表現、非線形表現で記述できる。

※意思決定変数の組み合わせで、制約、目的関数が必要とする数量 (生産量等) が決まるよう、意思決定変数を定義する。

ナップサック問題を例に LSP による定式化を示す。

品物が、8品あり、それぞれの重さと価値以下に定義する。
 重さ : 10、60、30、40、30、20、20、2 kg
 価値 : 1、10、15、40、60、90、100、15 円
 ナップサックには最大 102kg まで品物を入れることができ、価値が最大になるよう、どの品物を選べばよいか、その時の価値はいくらになるかが問題である。

```

/***** toy.lsp *****/
function model0
{
  // 0-1 decisions
  x_0 <- bool 0; x_1 <- bool 0; x_2 <- bool 0; x_3 <- bool 0;
  x_4 <- bool 0; x_5 <- bool 0; x_6 <- bool 0; x_7 <- bool 0;
  // weight constraint

```

```

  knapsackWeight <- 10*x_0 + 60*x_1 + 30*x_2 + 40*x_3 + 30*x_4 + 20*x_5
+ 20*x_6 + 2*x_7;
  constraint knapsackWeight <= 102;
  // maximize value
  knapsackValue <- 1*x_0 + 10*x_1 + 15*x_2 + 40*x_3 + 60*x_4 + 90*x_5
+ 100*x_6 + 15*x_7;
  maximize knapsackValue;
}

```

LSP 言語は、短いステップでモデリングを行うことができ、モデルのチューニングを行うフェーズではリアルタイムで LSP 言語を変更しながら、試行錯誤を行うことができる。

LSP 言語は、最新の関数型プログラミング言語であり、型推論を備えている。Java や C 言語と異なり、コンパイラが自動的にデータの種類 (型等) を推定するため、データの型等を指定する必要がない。その結果、プログラムの記述は Ruby など軽量言語のように簡潔である。

4. おわりに

30年前には殆ど実現出来なかった大規模組合せ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, 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.
- 4) MSI 株式会社
「<http://msi-jp.com/localsolver/>」ホームページ
- 5) T. Benoist, J. Darlay, B. Estellon, F. Gardi, R. Megel (2014). 「LocalSolver 4.0 Hybrid Math Programming」、Presentation slides at INFORMS 2014, <http://www.localsolver.com/home.html>