



OSSプランニングエンジン OptaPlannerのご紹介

2015/10/24

株式会社日立ソリューションズ

Contents

1. 最適化問題とその応用
2. OptaPlannerの概要
3. OptaPlannerの適用例
4. 弊社サービスの紹介

1. 最適化問題とその応用

1-1. 整数最適化問題の例

- ある工場では、3種類の原料 M1、M2、M3 を原料として、3種類の製品 P1、P2、P3 を生産している
- 原料 M1、M2、M3は1日あたり以下の単位手に入る
- 製品を作るにはそれぞれ以下の原料が必要
- 製品の利益はそれぞれ以下

原料	1日の入手量	製品1つ作るのに必要な原料		
		P1	P2	P3
M1	60	2	1	1
M2	60	1	2	1
M3	30	0	0	1
1つの製品で得る利益		15	18	30

■問題

工場の1日の利益を最大にするには3種類の製品をどれだけ生産したらよいか？

某大手販社にて

- 総スタッフ数は50名
- 平日約15名(ピーク時間帯勤務者は約10名)
- 休日約25名(ピーク時間帯勤務者は約15名)
- 時間の単位は30分
- 業務は5種類＋休憩
- 他にもいろいろな制約あり

■問題

来期のスタッフ勤務表を作成せよ。

◆ 整数最適化問題(1番目の例)

- ✓ 生産計画
- ✓ 在庫計画
- ✓ 畜産業への適用(良質の牛肉を安く生産する)
- ✓ 株式投資のポートフォリオ最適化

◆ スケジューリング問題(2番目の例)

- ✓ 鉄道会社における各駅の職員の勤務表作成
- ✓ サッカーの対戦スケジュールの作成
- ✓ コンテナ積みつけスケジュール、配船スケジュール

◆ 制約充足問題

◆ 配送計画問題 etc

最適化問題はいろいろな形で応用されている&応用できる

- ✓対象数が増えるとパターンが劇的に増加する
- ✓コンピュータで全パターンを計算させると**現実的な時間に終わらない**
- ✓最適化問題は世界中で研究されており、より速く、より正確な解を出すための解法が日々研究されている

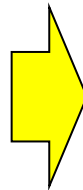
(例) 最短経路で東京の観光スポットを回るのは…？
(巡回セールスマン問題)

スポット数	パターン数	処理時間*1
3	6	1秒以内
4	24	1秒以内
5	120	1秒以内
:	:	:
10	10^6	42日
:	:	:
20	10^{18}	7700万年

*1) 1000パターン/秒の処理ができると仮定した場合

数式でモデル化し、ソルバーというソフトウェアで数式を解く

原料	入手量	必要な原料		
		P1	P2	P3
M1	60	2	1	1
M2	60	1	2	1
M3	30	0	0	1
利益		15	18	30



P1を x_1 、P2を x_2 、P3を x_3 単位作るとする

目的関数 $15x_1 + 18x_2 + 30x_3$ (最大化)

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 60 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 60 \\ x_3 \leq 30 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

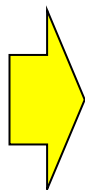
これを解くと、 $x_1=10$ 、 $x_2=10$ 、 $x_3=30$ となり、1日の利益は1230 となる

◆従来の方の特徴

- ✓ 数学の知識が必要
- ✓ モデル化できても解けるか分からない
- ✓ (ソルバーが解けるようにモデル化するコツがいる)
- ✓ 解ける場合は最適解が算出できる
- ✓ 最適解であることを保証できる

計算機の発達によりメタヒューリスティックな手法が主流に

原料	入手量	必要な原料		
		P1	P2	P3
M1	60	2	1	1
M2	60	1	2	1
M3	30	0	0	1
利益		15	18	30



適当な解を設定して利益を計算する
 $x_1 = 10$ 、 $x_2 = 10$ 、 $x_3 = 10$ のとき利益は**630**

より利益が高くなる解を探し続ける

$x_3 = 11$ とすると利益は**660**

$x_3 = 12$ とすると利益は**690**

⋮

最適解**1230**に近づく

◆メタヒューリスティックの特徴

- ✓何らかの解(近似解)を出せる(ただし、それが良い解である保証はない)
- ✓計算に時間を掛けるほど良い解が得られる可能性が高まる
- ✓現実世界では近似解で十分なことが多い

OptaPlannerはメタヒューリスティックな手法で
最適化問題の解を導くソフトウェアの1つ

2. OptaPlannerの概要

OptaPlanner (オプタプランナー)とは**組合せに関するさまざまな問題**の最適解を導くためのJavaライブラリです

- ✓ JBossコミュニティで開発されているソフトウェアの一つ
- ✓ オープンソース(Apache Software License 2.0)
- ✓ 100% Javaで実装
- ✓ 2015年9月25日 v6.3.0 リリース
- ✓ 有償サポート版は Business Resource Planner
(Red Hat JBoss BRMS に含まれています)



◆モデル化

- ✓ 組合せ対象を決める
- ✓ オブジェクトとして実装する

◆最適解の定義

- ✓ どんな状態が最適解なのかをスコア計算という形で実装する

◆設定ファイルの作成

- ✓ 探索アルゴリズムを設定する
- ✓ 終了条件を設定する

シフト作成の場合

◆モデル化

シフトと従業員を組合せたいのでそれぞれのオブジェクトを実装する

8/1 Aシフト

8/1 Nシフト

8/2 Aシフト

:



:

◆最適解の定義

同じ日に複数のシフトを
割当てないこと

8/1 Aシフト

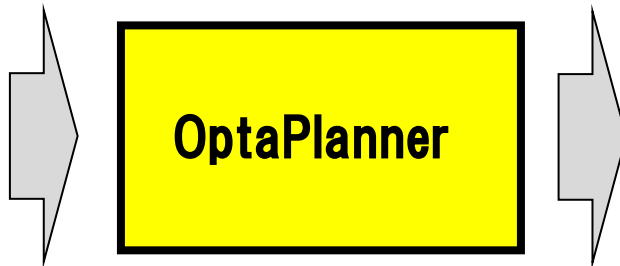
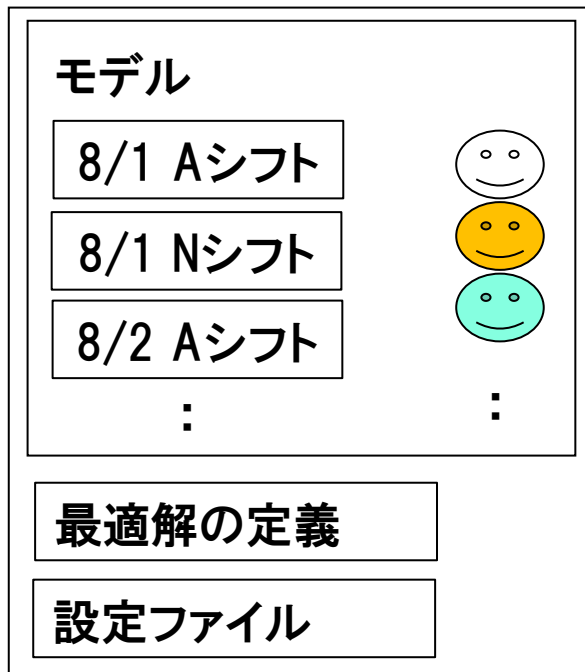
8/1 Nシフト



スコア
= -1

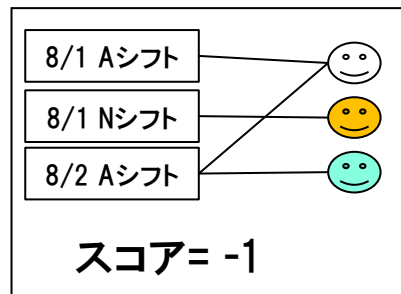
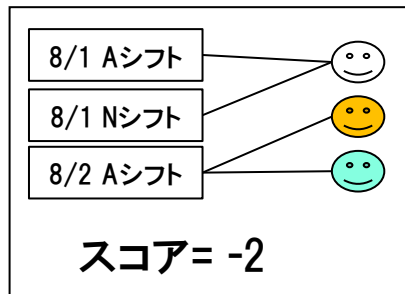
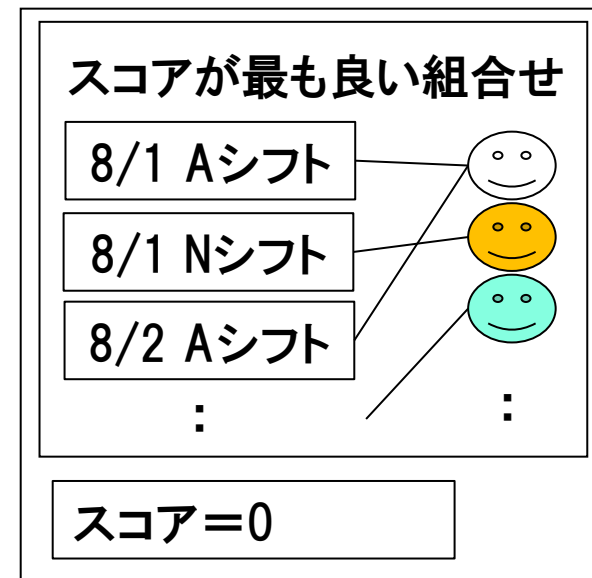
2-3. OptaPlannerがやってくれること

インプット



スコアが良くなる組合せを
効率的に探索します

アウトプット



...

メタヒューリスティックという手法を用いている

- ✓最適化問題を解くための経験的(人間くさい)手法を結合させたもの
- ✓短時間で高精度な近似解を得ることができる
- ✓得られる解に理論的な保証はない

ベースになっているのは局所探索法(local search)

- ✓値を変更したり(change)、入替えたり(swap)して組合せを少しずつ変えて、より良い解を探すアルゴリズム
- ✓値の変更の仕方にバリエーションがあり、いくつかのアルゴリズムがビルトインされている
- ✓探索方法をカスタマイズできる

◆フレームワーク化されているので

- ✓ 組合せ問題を簡単にモデル化できます
- ✓ 実装済みのさまざまな探索アルゴリズムを利用できます
- ✓ 探索アルゴリズムのカスタマイズが容易にできます

◆Javaライブラリなので

- ✓ 既存資産を流用できます
- ✓ どのプラットフォームでも動きます
- ✓ 他のJavaテクノロジーとの連携が容易です

◆オープンソースなので

- ✓ 無償で利用できます(Apache Software License 2.0)
- ✓ 有償サポートもあります(Business Resource Planner)

◆直観的にコーディングできます

- ✓クラスにアノテーションを付けるだけでモデル化できます
- ✓スコア計算を宣言型プログラミング(DRL)で実装できます

DRL(Drools Rule Language)とは
Drools(ルールエンジン)で使用されるルール言語。

3. OptaPlannerの適用例

3-1. OptaPlannerのexampleの紹介

コミュニティサイトでexampleが提供されています
いろいろなモデルがあるので実装の参考にできます



- コミュニティサイトからリリース物(optaplanner-distribution-6.3.0.Final)をダウンロードします。
<http://www.optaplanner.org/>
 - 任意のディレクトリに解凍します。
 - examples/runExamples.bat(Linux/Macの場合runExamples.sh)を実行します。
- ※実行にはJREまたはJDKが必要です。

3-2. OptaPlannerのexampleの紹介

Basic examples	Real examples	Difficult examples
<i>N queens</i> N個のクイーンの配置	<i>Course timetabling</i> 大学講義のタイムテーブル作成	<i>Exam timetabling</i> 試験のタイムテーブル作成
<i>Cloud balancing</i> リソース割当ての最適化	<i>Machine reassignment</i> マシン割当ての最適化	<i>Employee rostering</i> 従業員シフト作成
<i>Traveling salesman (TSP)</i> 巡回セールスマン問題	<i>Vehicle routing</i> トラック配送問題	<i>Traveling tournament problem</i> 試合の日程決め
<i>Dinner party</i> 席決めの最適化	<i>Project job scheduling</i> ジョブスケジューリング	<i>Cheap time scheduling</i> コストを最小化するスケジューリング
<i>Tennis club scheduling</i> 公平な組合せの探索	<i>Hospital bed planning</i> ベッド割当ての最適化	<i>Investment asset class allocation</i> ポートフォリオの最適化

3-3. Cloud balancing

- プロセスは実行に必要なCPU、メモリ、ネットワーク帯域を持っている。
- 各コンピュータのリソースを超えないようにプロセスを割当ててる問題。

① データをロードする

Category	CPU power	Memory	Network bandwidth	Cost
Unsolved dataset	8 GHz / 0 GHz	12 GB / 0 GB	22 GB / 0 GB	0 \$
6 processes				
Computer 0	0 GHz / 24 GHz	0 GB / 96 GB	0 GB / 16 GB	4800 \$
0 processes				
Computer 1	0 GHz / 6 GHz	0 GB / 4 GB	0 GB / 6 GB	660 \$
0 processes				

② プランナーを実行する

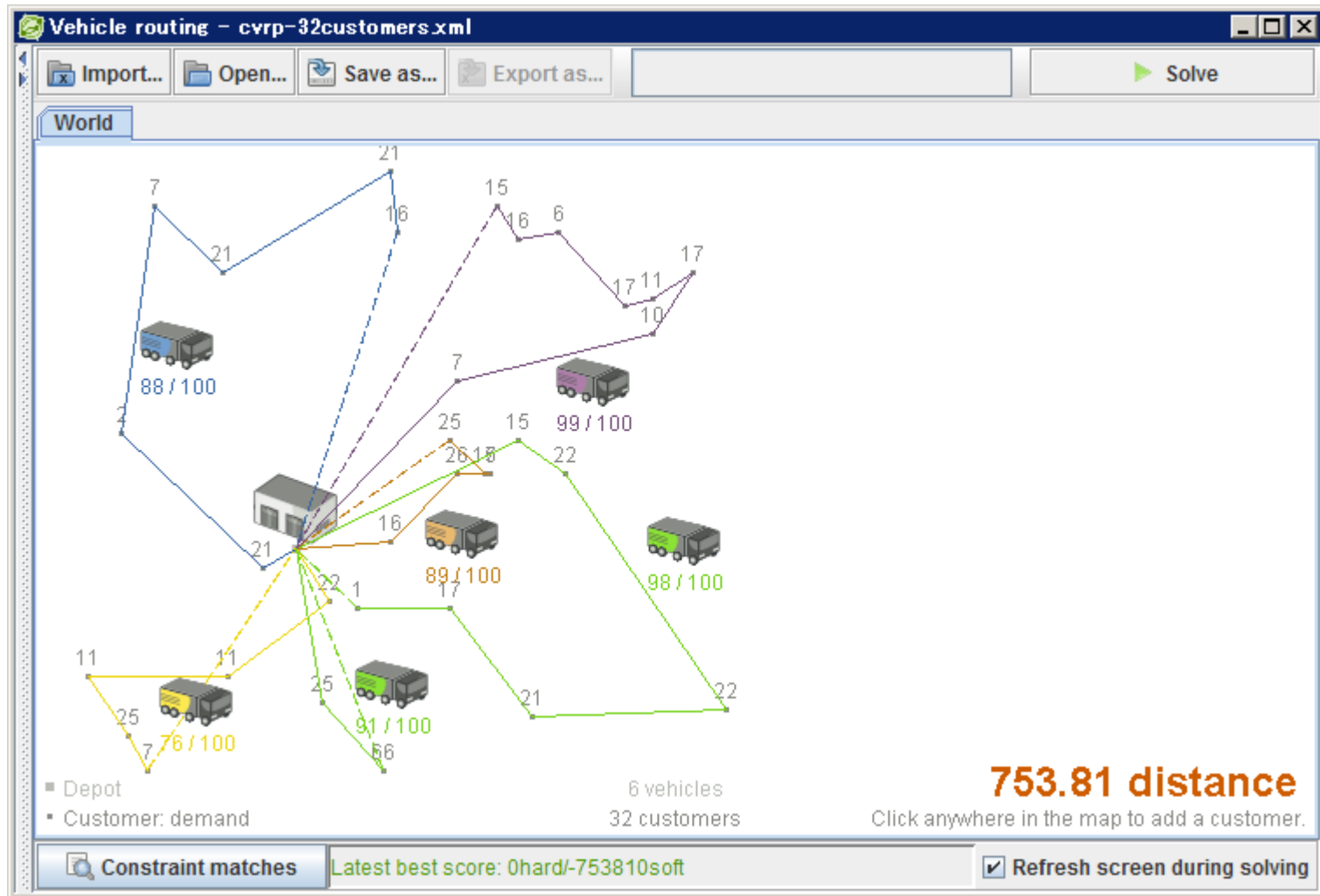
Category	CPU power	Memory	Network bandwidth	Cost
Unsolved dataset	0 GHz / 0 GHz	0 GB / 0 GB	0 GB / 0 GB	0 \$
0 processes				
Computer 0	6 GHz / 24 GHz	10 GB / 96 GB	16 GB / 16 GB	4800 \$
4 processes				
Computer 1	2 GHz / 6 GHz	2 GB / 4 GB	6 GB / 6 GB	660 \$
2 processes				

③ スコアが更新される

Constraint matches Latest best score: 0hard/-5460soft Refresh screen during solving

3-4. Vehicle routing

- トラック配送問題。各顧客の荷物をピックアップし、それを発着所に持って行く。
- 各トラックは複数の顧客にサービスできるが、容量は上限がある。



3-5. Employee rostering

- シフトに従業員を割当ててる問題。
- 各従業員の休み希望日や就業規則に違反しないようにしつつ、できるだけ公平にシフトを割当ててる。

The screenshot shows a software window titled "Employee rostering - sprint01.xml". It features a menu bar with "Import...", "Open...", "Save as...", and "Export as...". Below the menu is a "Solve" button. The main area displays a rostering grid with columns for dates from "Fr 01/01" to "Tu 01/11" and a row for "Unassigned". Each row represents an employee (Employee 0 to Employee 9). The grid cells contain colored boxes representing shifts: 'E' (Early shift, green), 'L' (Late shift, yellow), 'D' (Day off, blue), and 'N' (Night shift, orange). Some cells are greyed out, indicating unassigned or unavailable shifts. A status bar at the bottom shows "Constraint matches" and "Latest best score: 0hard/-70soft", along with a "Refresh screen during solving" checkbox.

	Fr 01/01	Sa 01/02	Su 01/03	Mo 01/04	Tu 01/05	We 01/06	Th 01/07	Fr 01/08	Sa 01/09	Su 01/10	Mo 01/11	Tu 01/12	
Employee 0	X					E	N	D	E	L	L		
Employee 1	X	D	N	N	D	N						E	
Employee 2	X			L	E	L	E				E	L	
Employee 3	X	N	D	D	L		D	E	L			L	E
Employee 4	X	L	E	E	E	L		L	N			D	L
Employee 5	X	L	L	L		N		E	L	L			E
Employee 6	X				E	L		N		E	D	D	
Employee 7	X					D	L		E	L			N
Employee 8	X	E						D					N
Employee 9	X	E				E				N	E		

OptaPlannerをシフト作成に適用して効果を検証中

◆ シフト作成の条件

- ✓ シフト担当者は10名
- ✓ シフトは3種類（朝シフト、昼シフト、夜シフト）で公平に割当てたい
- ✓ シフト担当者の出勤可能日を考慮してシフトを割当てたい
- ✓ 土日祝は基本的に休みだが、臨時シフトが組まれることがある
- ✓ シフト担当者のスキルを考慮した組合せが必要

◆ 期待する効果

- ✓ シフト作成工数の削減
- ✓ 人の勘や思込みに頼るのではなく**真に公平**なシフト割当て
- ✓ **無理・無駄のない**シフト割当て
- ✓ **スキルの偏りや相性**を考慮したシフト割当て
- ✓ 予定変更に対する**迅速なリカバリ**

従業員の満足度UP・リソースの最適化(コスト削減)を実現

- ◆OptaPlannerの出現により、これまでコスト的に割に合わなかったちょっとした最適化においても簡単に評価できるようになりました
- ◆最適化の定義は個々の状況によって異なるので、自分達にとって「最適な状態とは何か」を明確にできることが大事
- ◆今まで人の勘や思込みに頼っていた組合せ問題を論理的に解決して、ビジネスがよりうまく回るようにしませんか

OptaPlannerの具体的な使い方については、以下の資料も参考にしてください。コード例を示しながらOptaPlannerの使い方を説明しています。

OSC2015(京都) 講演資料「OSSプランニングエンジン OptaPlannerを使ってみよう！」
<http://www.obci.jp/2015event/1634/>

4. 弊社サービスの紹介

4. 弊社サービスの紹介

日立ソリューションズはJBoss管理者資格取得者数国内実績 No. 1 !!

Red Hat JBoss Middleware の導入からサポートまでワンストップでサービスを提供します。

本日より紹介した OptaPlanner が含まれている Red Hat JBoss BRMS の技術コラムの掲載や無償ハンズオンセミナーの実施もしておりますので、是非一度WEBサイトまでお越しください。
※ 本日の資料も後日掲載予定です

日立ソリューションズのシステム構築サービス
Red Hat ソリューション

Hitachi Solutions

Red Hat ソリューションへの取り組み | サービスメニュー | 製品情報 | 製品サポート | 導入事例 | コラム | カタログ・資料ダウンロード

Red Hat® との強力なパートナーシップと、
長年培ってきた技術力で、お客様のシステムを構築します。
Hitachi Solutions は「JBoss認定アプリケーション管理者 (RHCJA)」
資格取得者数国内No. 1 の実績があります。

Red Hat ソリューションについて

Red Hat ソリューションでは、Red Hat Enterprise Linux® および Red Hat JBoss Middleware® を活用してオープンソースのメリットを活かした信頼性の高いシステムを構築します。エンタープライズ向けLinux で信頼性の高いRed Hat Enterprise Linux とオープンソースアプリケーションサーバで最も利用されているRed Hat JBoss Middleware を活用したシステムをお客様にオープンソースのメリットと安心を提供します。

日立ソリューションズはRed Hatが認定する「JBoss(ジェーボス)管理者(RHCJA)」が全世界におけるレッドハットのパートナーの中でNo. 1 でした。(2013年11月現在、Red Hat調べ)豊富な知識と実績にてお客様のシステム導入をサポートします。

Red Hat ソリューションへの取り組み

Red Hat ソリューションへの取り組み | サービスメニュー | 製品情報 | 製品サポート | 導入事例 | **コラム** | カタログ・資料ダウンロード

最新コラム

JBoss EAP 8 運用管理で押さえておきたい情報

JBoss BRMS を理解する - ルールフロー

バックナンバー

JBoss BRMS を理解する - ルールフロー

「Jのお悩みをソリューッと解決!」
特別編「ソリューッとくんにいく!」

「ビジネスルール変更のシステム対応が大変!! JBoss BRMSで一挙に解決! JDB」

プロログ&会場人物紹介

ソリューッとくん

吉比権 慎悟

新会社発表

これから新会社より発表があります...

システム部門ファイトです!

まっつっ...毎月のキャンペーン!?

ワタシが就任したからには今後は融合他社と差をつけるため毎月キャンペーン打ちます

アリエン・デ・ギョーム 新社長

吉比権 慎悟 情報システム部長

<http://www.hitachi-solutions.co.jp/redhat/sp/>

■OptaPlanner コミュニティサイト

<http://www.optaplanner.org/>

■OptaPlannerによる組み合わせ最適化

<http://www.ogis-ri.co.jp/otc/hiroba/technical/optaplanner/>

■tokobayashiの日記

<http://d.hatena.ne.jp/tokobayashi/searchdiary?word=%2A%5BOptaPlanner%5D>

■Play Integration

<http://playintegration.blogspot.jp/search?q=OptaPlanner>

■簡単そうで難しい組合せ最適化

<http://www-or.amp.i.kyoto-u.ac.jp/open-campus-04.pdf>

■久保 幹雄, J.P.ペドロソ(2009)『メタヒューリスティクスの数理』共立出版.

■穴井 宏和(2013)『数理最適化の実践ガイド』講談社.

- ・Javaは、Oracle Corporation 及びその子会社、関連会社の米国及びその他の国における登録商標です。
- ・JBoss、Red Hatは、Red Hat, Inc. の米国およびその他の国における登録商標または商標です。
- ・Apacheは、Apache Software Foundationの登録商標または商標です。
- ・Linux は、Linus Torvalds 氏の日本およびその他の国における登録商標または商標です。
- ・Macは、米国Apple Inc.の米国およびその他の国における登録商標または商標です。

END

A horizontal bar spanning the width of the slide, consisting of a grey segment on the left, a red segment in the middle, and a grey segment on the right.

OSSプランニングエンジン
OptaPlannerのご紹介

HITACHI
Inspire the Next