

# 現実問題に適応するAI & OPT

2018年11月30日

田 雅杰

北京優益天亞信息技術有限公司(北京UNITY)

# 大学でのAI(人工知能) & OPT(最適化)に関する研究

1997年～2010年京都大学工学研究科、国際電気通信研究所(ATR)で最適化・人工知能に関する研究を行いました。

## 理論研究テーマ

1. 動物行動モデルから工学システムへの適応に関する研究
2. マルチエージェント自律・集中組合せに関する研究
3. ケーススタディー・クラスター分析・パターン認識など人工知能に関する研究
4. 制約理論(TOC)に基づくTZBM(Three-Zone Buffer management)アプローチの提案に関する研究

## 実用研究テーマ

4. AI&OPTモデルを生産計画・生産スケジューリングに適応する研究
5. セル生産におけるロボットの学習・知識ベースの構築に関する研究
6. 物流・生産現場の熟練者の知識・ノウハウの獲得・継承に関する研究

## その時感じた問題

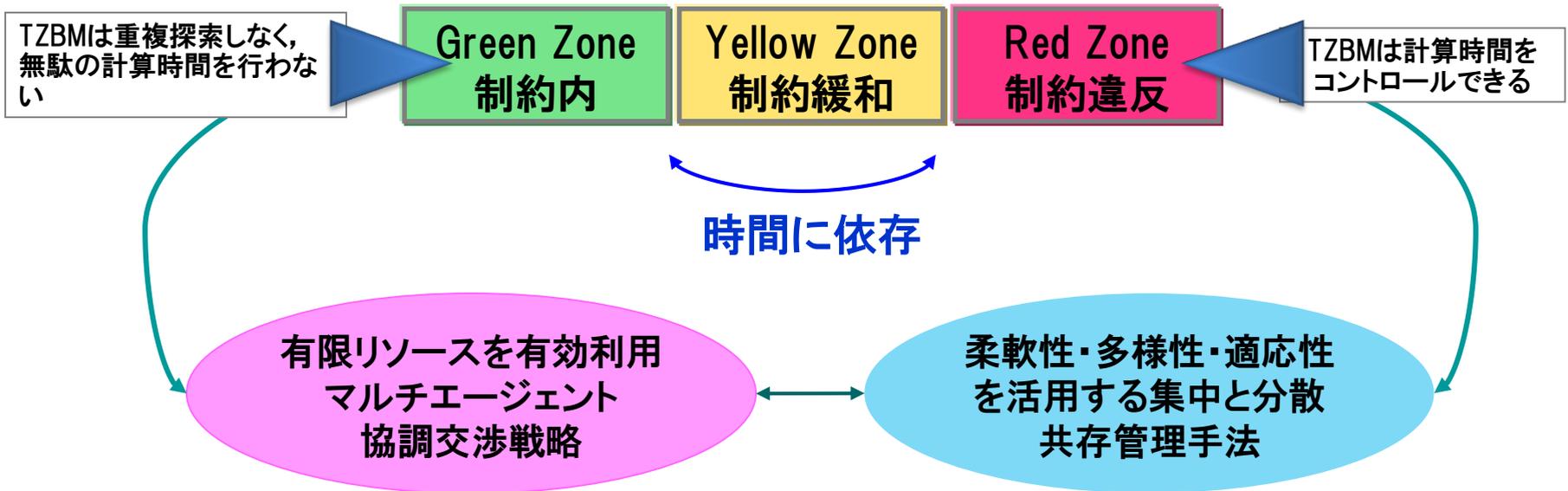
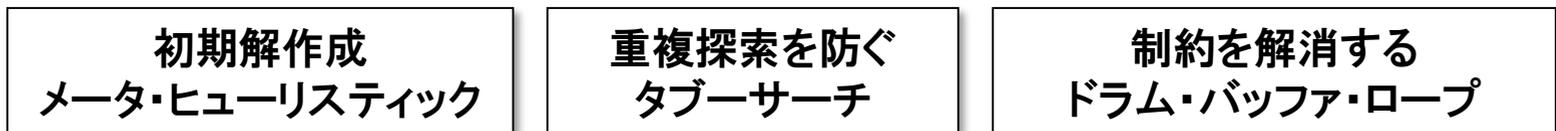
大学で研究したモデルはこのままで実用問題に適応できないのです。最適化だけは足りなく、現場熟練者のノウハウをモデルに取り込まないと行けないのです。

# 最適化モデル：TZBMアプローチ

## 【特許】Three-zone Buffer Management (TZBM)の概要 (2004)

Three-zone Buffer Management (TZBM)は制約理論(TOC)に基づく提案したアプローチです。TZBMは常にシステムの制約を見つけ、条件を緩和し、制約を解決します。この手段を繰り返し、最小の緩和で、最大の満足解を見つけます。

TZBMアプローチの構築は次になります。



# AIモデル:知識獲得・分類・継承・進化

【特許】事例から学習、分類、認識より熟練者のノウハウを獲得、継承、進化させる (2002)

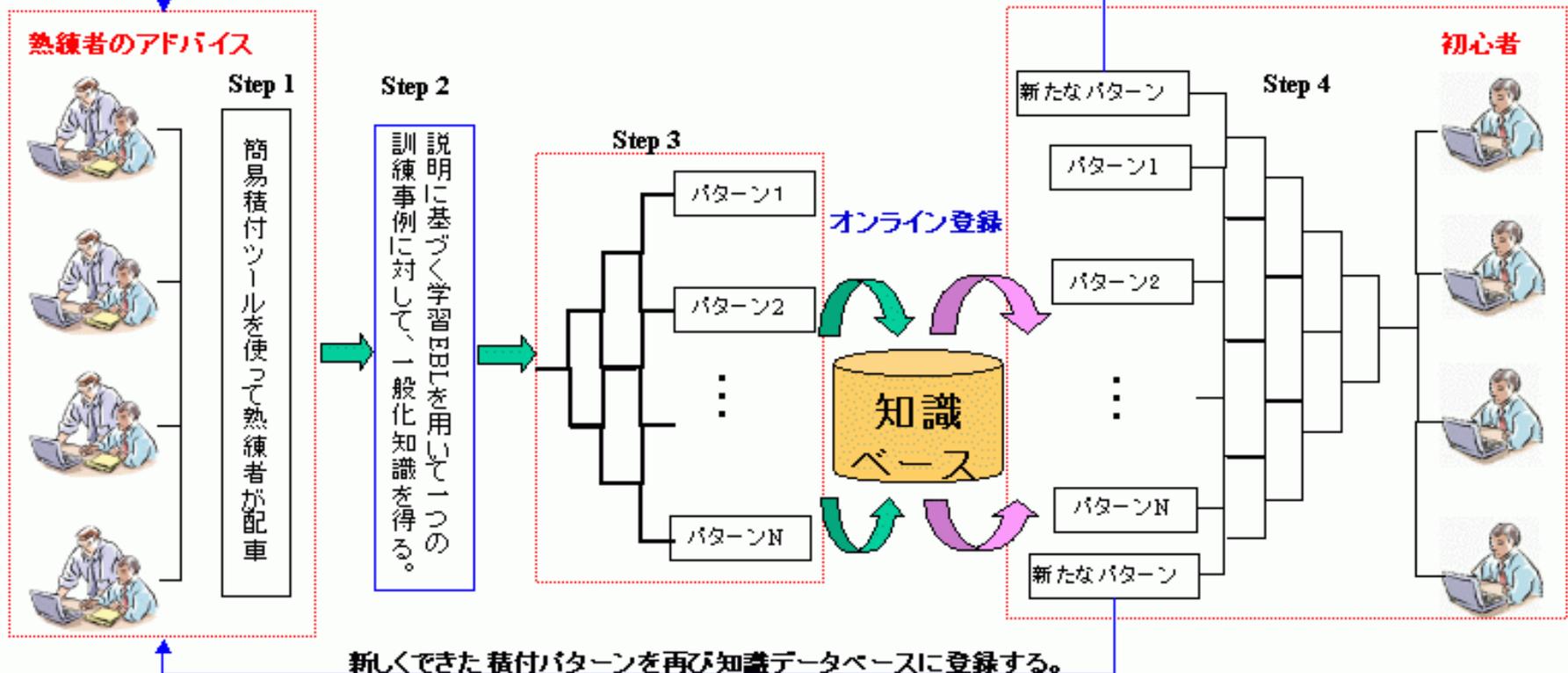
事例から知識を獲得するモデル、教師ない学習(クラスタ分析モデル)、教師ある学習(パターン認識)を組み合わせた学習モデルです。このモデルは熟練者から知識を獲得し、知識ベースを構築し、クラスタ分析し、パターンに分類し、新しいパターンを認識するプロセスです。

**Step1:**  
熟練者の手本

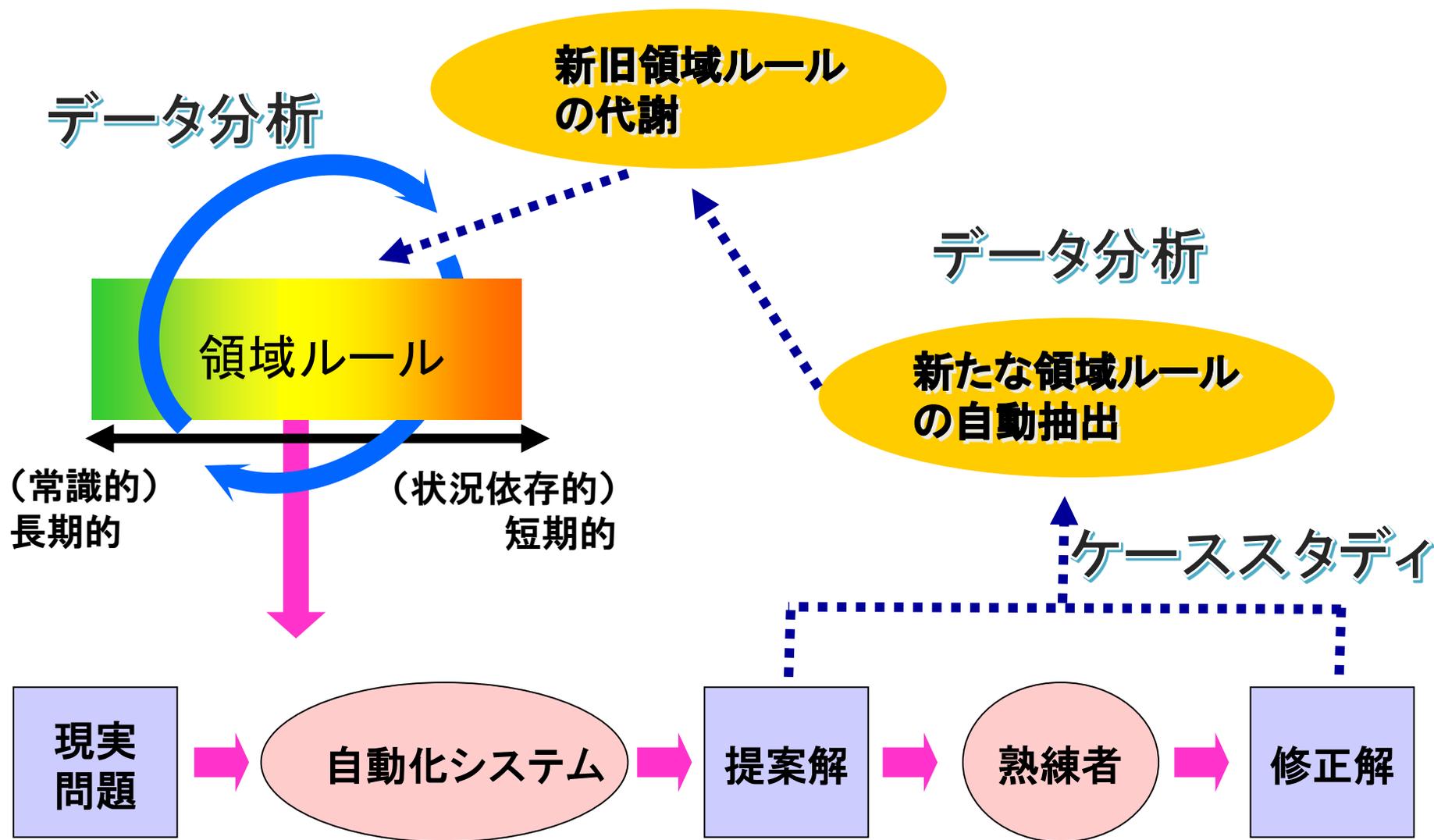
**Step2:**  
知識獲得

**Step3:**  
知識分類

**Step4:**  
知識継承・進化



# 熟練者のノウハウをシステムに適用するプロセス



【特許】領域ルールの抽出、更新、熟練者のノウハウをシステムに取り込む (2005)

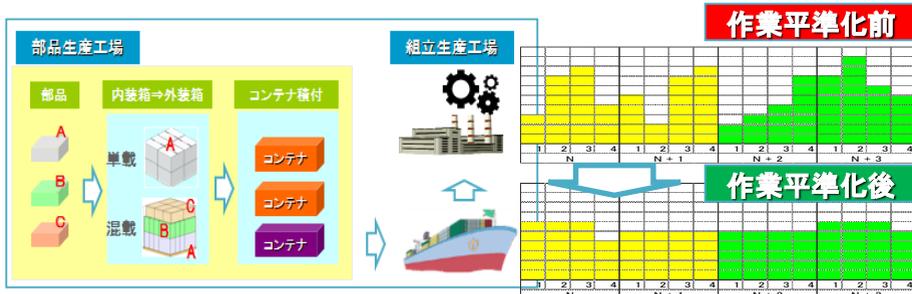
# 現実問題を解決するAI&OPTソリューション

北京UNITYのシステム名	物流コスト削減	リードタイム短縮	システムの説明
 <b>積載計画システム</b> Allocation Planning System(APS)	○		積付最適化アルゴリズム、現場熟練者のノウハウを内蔵し、自動、手動、半自動手法を連携し、積付効率化が実現でき、車両数も削減可能。
 <b>配送配車管理システム</b> Delivering and Packing Management System (DPMS)	○	○	積付最適化、経路最適化アルゴリズムを内蔵し、積付効率を見ながら最安の輸配送コスト、最短の輸配送リードタイムを求めることが可能。
 <b>部品調達計画システム</b> Parts Supply Planning System (PSP)	○	○	加工と組立生産の間に梱包作業の効率化+平準化を行い、さらに最適化梱包スケジュールを作成し、人件費を含む梱包コストを削減し、部品調達リードタイムも短縮可能。
 <b>需要分析・予測システム</b> Demands Analyzing & Forecasting (DAF)	○		季節性、トレンド性分析モデル、様々な需要予測モデル、多層の集約モデル、多様な按分モデルを集めて、高精度の予測結果が得られる。
 <b>在庫シミュレーション・分析</b> Inventory Simulation and Analysis (ISA) System	○		在庫の問題発見、適正在庫の維持には、多層ABC分析・在庫回転率分析、適正在庫策の見直しが不可欠であり、在庫コストの削減に繋がる。
 <b>生販在一元化システム</b> Production Sales Inventory Centralized System (PSIC)	○	○	PSICは製造業における生産、販売、在庫、供給を一元化管理するソリューションとして、世界レベルの高精度の分析と予測モデル、計画と実行システムの開発経験とノウハウを用いて、生産過剰の防止、特売タイミングの把握、適正在庫、需給調整業務の効率化が実現。
 <b>ロジスティクスネットワーク最適化</b> Logistics Network Optimization (LNO)	○	○	LNOは物流全体の効率化を目指して、物流拠点の再配置、廃止、新設を最適に見直し、在庫コストと輸配送コストを含む物流全体コストの削減、リードタイムの短縮が可能。
 <b>倉庫空間動態最適化管理</b> Warehouse Dynamics Optimal Management System (WDOM)	○		毎日動的に変化している入出庫情報を考慮しながら入荷、検品、棚積、保管、ピッキング、出荷などの作業を一元管理して、空間の有効利用、在庫の削減、保管・出荷作業の効率化が実現できる。

# 北京UNITYのOPT&AIソリューションの活用領域

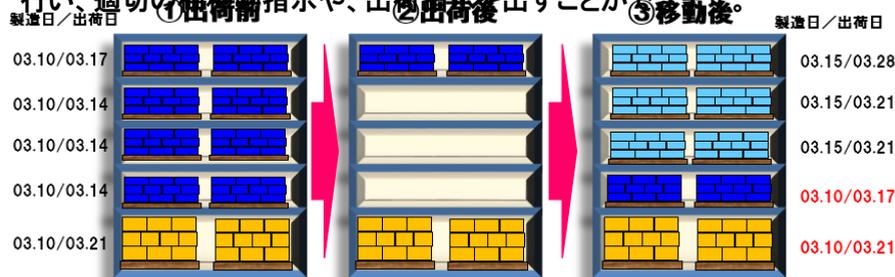
## 自動車、電気、食品・飲料会社での部品梱包、各種の積付への活用

様々な複雑の制約条件を考慮しながら最適化積付計画を行い、熟練者のノウハウや、経験をモデリング化にして、段ボール、ケース/パレット、トラック/コンテナの本数の削減を実現できました。生産計画と連動し、作業平準化、効率化、残業時間削減、人件費および物流費の削減に大きい効果も得られました



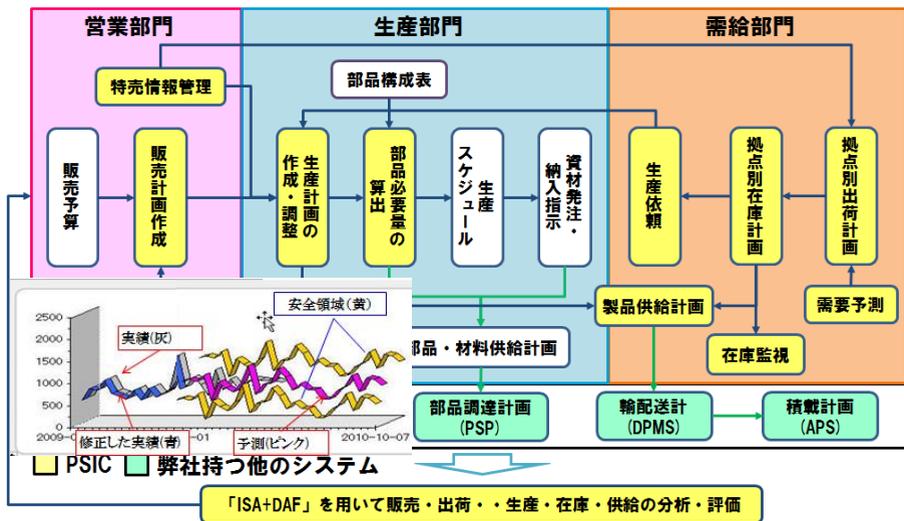
## 倉庫空間動態最適化管理での活用

倉庫毎日入荷・出荷が繰り返し、倉庫のゾーンや、棚がバラバラになります。弊社は情報の流れと物の流れを同時に把握し、翌日の入荷と出荷情報、棚の空間情報、品目の情報などを考慮しながら棚管理や、パレタイズを最適に行い、適切な棚移動指示や、出荷指示を出すことができます。



## 北京UNITYのAIソリューション

PSICは生産・販売・在庫・供給一元管理を実現します。



## IoT・ビッグデータ時代への活用

クラウド時代の到来とともに、ビッグデータ分析、IoTはますます注目を集めています。この時代のコア技術である人工知能と最適化は弊社の得意分野です。これまでのノウハウや経験を活用し、この新しい時代に適応できるサービスを提供します。

### 空港スポット管理システム概念図



# 現場にはどの最適解を求めているのか？

## 1. 現実の問題に最適解が存在しますか？

現実の問題には、複雑な制約条件がありまして、多くの制約条件は依存性が存在し、矛盾になることもあります。理論的に最適解が存在しないでしょう。

私は1997年から現場の問題を取り上げて解決方法を研究してきました。大規模かつ複雑な制約条件から最適解を求めるために大変工夫しました。

## 2. 現場ではどの解を求めていますか？

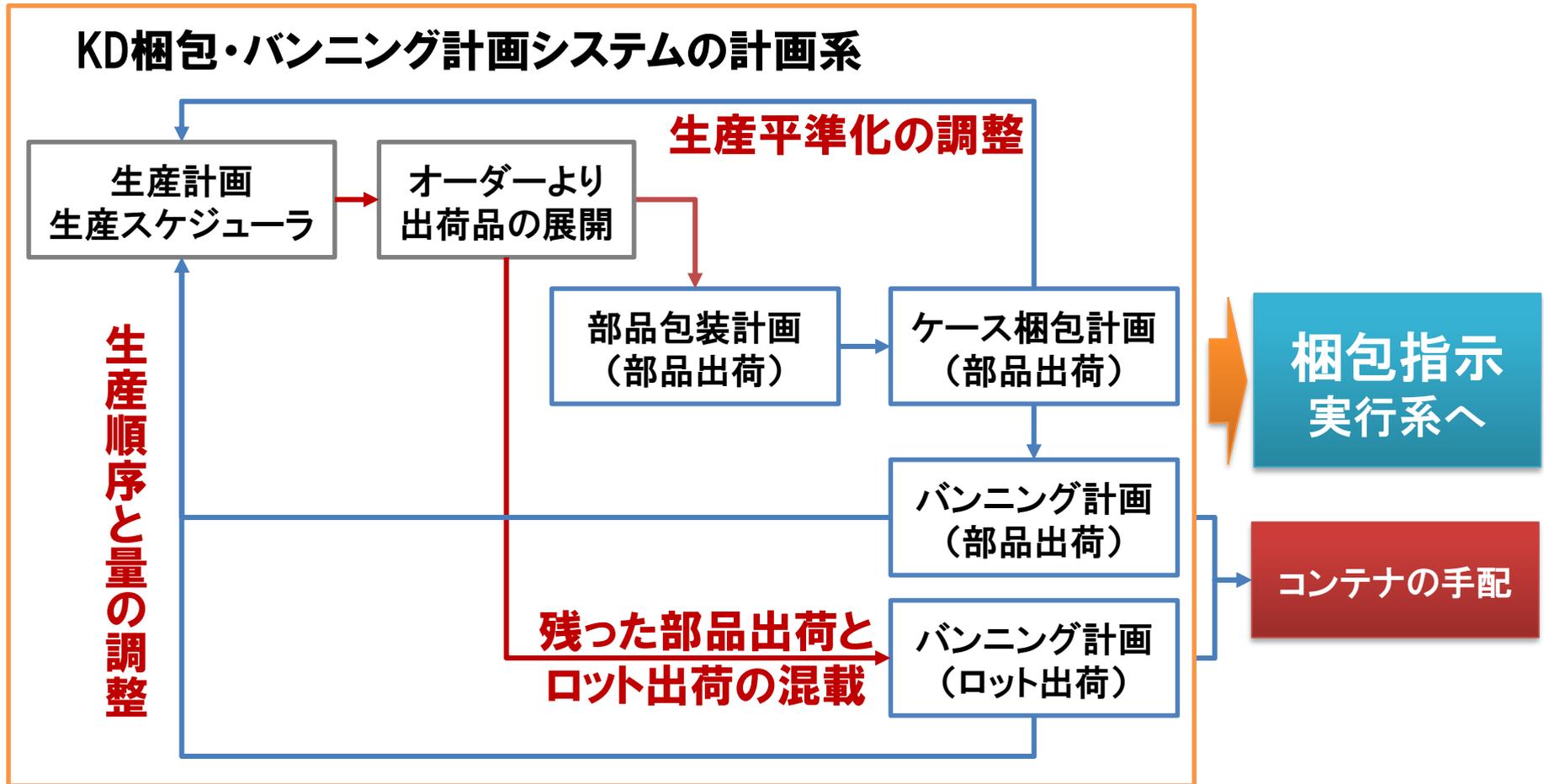
現場では最適解がなくでも問題を解決しなければならないです。お客さんは柔軟性、多様性、適応性の高い解を求めています。それは「満足解」というのです。

「満足解」とは、ユニークなソリューションではなく、条件によって解の精度が変わります。どこまで満足なのかを状況による変わります。このような解を求めるのも簡単ではなかったです。現場の熟練者のノウハウを学習しなければならないのです。

# 自動車メーカーに向けKD梱包・バンニング計画システム概要

自動車メーカーに向け生産計画に基づくKD梱包・バンニング計画システムを構築し、生産全体のリードタイムを短縮し、人件費と物流費を削減できました。

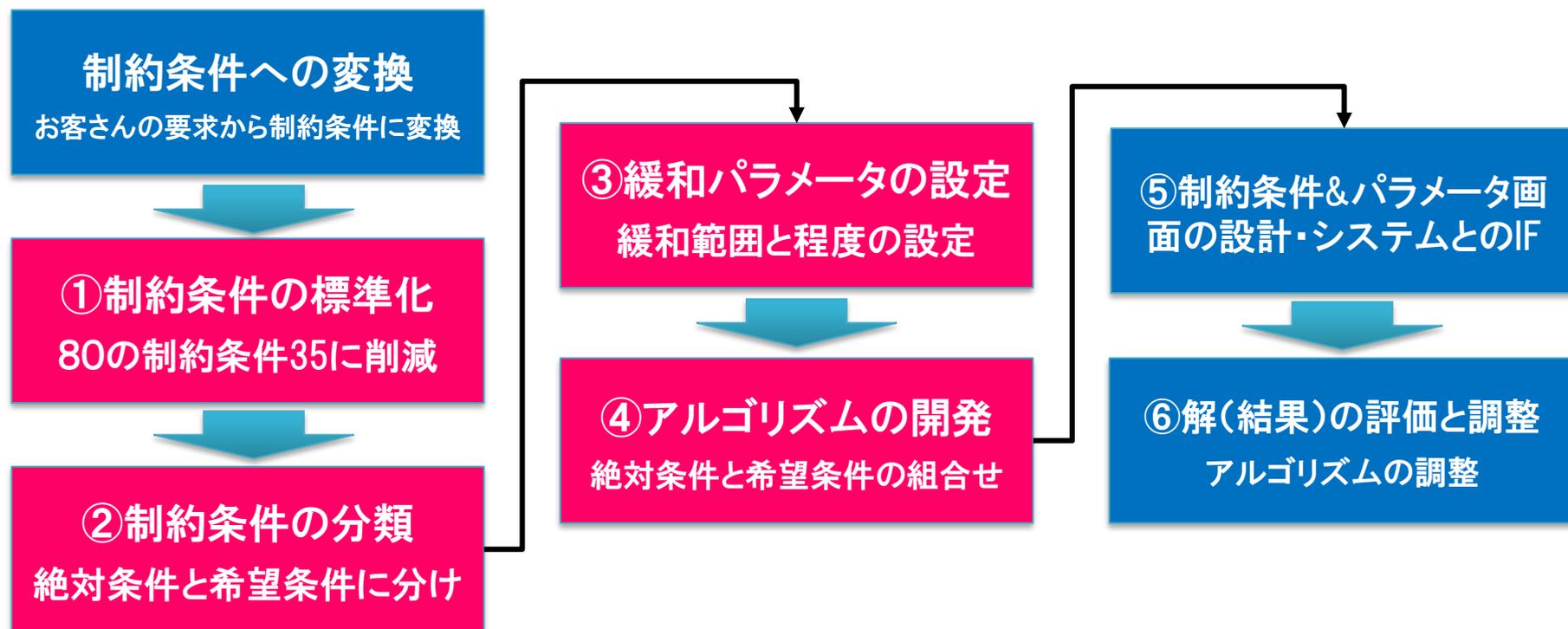
下記はKD梱包・バンニング計画システムのフローチャート



# 制約条件の処理プロセス

この自動車メーカーは世界で20以上の国で生産しています。それぞれの国に異なる制約条件がありまして、約80個の制約条件がありました。このような膨大な制約条件を含むシステムの開発は難しくだけでなく、開発時間も長く、開発費用も高いです。最適解が存在しないのです。

我々は下記のステップで現場の複雑な制約条件を処理しています。



# 熟練者の意思で制約条件の設定事例

制約条件設定

積載モード  
 ボックス  ケース  コンテナ

仕向地 722 船積計画 TX

絶対条件

- 荷姿強度
- 配置場所
- 最大段積み数
- 回転方式
- 積荷グループ(S:車両) 0  
[最適積荷を何ロット先まで探すか検索範囲設定  
0:無制限 1~:指定数まで]
- 積荷グループ(P:部品) 0  
[最適積荷を何ケース先まで探すか検索範囲設定  
0:無制限 1~:指定数まで]
- 梱包完了日の考慮
- セットID
- コンテナ内配置場所指定

緩和条件

緩和条件	緩和値	優先度
充填率優先		1
現地棚エリアの考慮		2
危険品の纏め積付		3
ロット番号		4
積付優先順位の考慮		5
バンニング工場の考慮		6
積載重心		7
コンテナ間の重量平準化		10
重たい荷物下へ	0 ε	8
段積みサイズ 緩和	0 mm	9

コンテナ制約条件設定一覧検索 リセット 保存 戻る

現場の要求を絶対条件と希望条件に分け、希望条件に緩和パラメータと優先度を設定しています。

どの状況で、どのパラメータ、どのくらい希望条件を緩和するのが最適かアルゴリズムにとって一番難しい問題です。

国により、生産状況により、上記の設定が異なります。これは熟練者の暗黙知を含めています。

我々は熟練者のノウハウや、知識を学習しながらパラメータと優先度の初期値を設定します。

その後状況により熟練者の意思で修正することも可能です。

# 実績データから配送状況の分析・計画作成事例

日付	曜日	シミュレーション結果		現状の結果		比較結果	
		車両数	時間(h)	車両数	時間(h)	減少台数	減少割合
2012/4/2	(MON)	9	111.0	12	93.9	-2	16.7%
2012/4/3	(TUE)	10	103.1	11	96.6	-1	9.1%
2012/4/4	(WED)	10	112.2	12	95.9	-1	8.3%
2012/4/5	(THU)	10	125.7	12	99.5	-1	8.3%
2012/4/6	(FRI)	9	114.0	11	97.8	-2	18.2%
2012/4/7	(SAT)	7	82.2	11	70.8	-3	27.3%
2012/4/9	(MON)	9	105.0	12	98.1	-2	16.7%
2012/4/10	(TUE)	8	84.2	11	84.6	-3	27.3%
2012/4/11	(WED)	9	105.9	12	93.1	-2	16.7%
2012/4/12	(THU)	10	112.8	12	100.8	-1	8.3%
2012/4/13	(FRI)	10	110.3	12	94.5	-2	16.7%
2012/4/14	(SAT)	8	93.8	12	88.6	-3	25.0%
2012/4/16	(MON)	9	107.1	12	89.5	-2	16.7%
2012/4/17	(TUE)	9	106.6	11	89.4	-1	9.1%
2012/4/18	(WED)	9	102.0	12	93.1	-2	16.7%
2012/4/19	(THU)	9	107.0	11	89.1	-1	9.1%
2012/4/20	(FRI)	8	96.9	12	89.8	-3	25.0%
2012/4/21	(SAT)	8	99.4	12	92.9	-3	25.0%
2012/4/23	(MON)	8	97.8	12	90.8	-4	33.3%
2012/4/24	(TUE)	9	99.6	12	95.3	-2	16.7%
2012/4/25	(WED)	10	110.0	12	108.4	-2	16.7%
2012/4/26	(THU)	10	112.1	12	101.5	-1	8.3%
2012/4/27	(FRI)	10	125.9	12	100.1	-1	8.3%
2012/4/28	(SAT)	9	92.3	11	84.9	-2	18.2%
2012/4/30	(MON)	7	77.1	9	73.1	-1	11.1%
合計		224	2593.8	290	2312.2	-48	
平均値		9	103.8	12	92.5	3	16.5%

食油生産会社N社から自社の実績データ、配送状況の分析の依頼を受けた。

## N社の問題：

- ① 各拠点毎日適切な車両数が把握できない；
- ③ お客さんのタンクの容量を把握できず、過剰と不足配送が発生している。

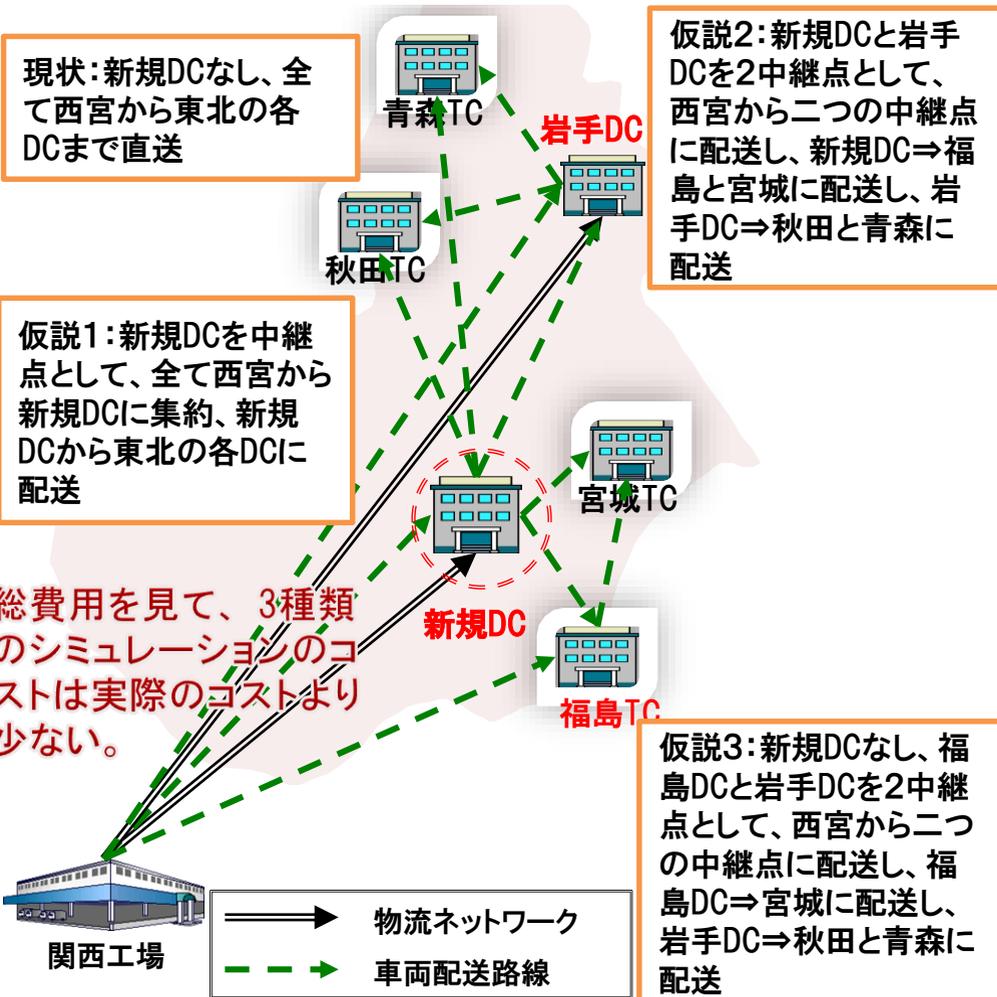
## 分析結果：

- ① 需要分析 & 予測システム(DAF)を使って、過去の出荷データ分析し、それぞれお客さんの購入頻度、量の変化、周期性が分かった。
- ② DPMSにより最適な配送計画を作成し、左表に示すように、年間少なくとも2台のトラックが削減できる。年間2000万円以上の配送コストが削減できる。

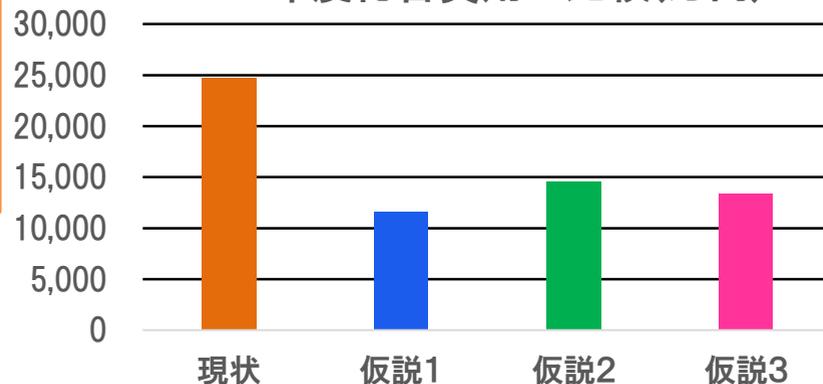


# 実績データから配送中継拠点の最適化決定

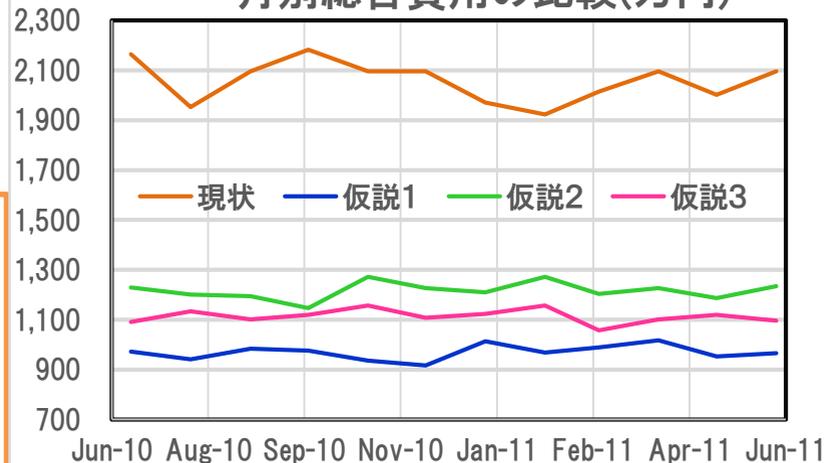
部品製造会社は関西工場より東北の5DCへ部品を配送する。リードタイムは長く、且つ自社の拠点ではないので、配送費用と保存費用は高い。ISA+DAFの分析により東北に中継拠点を設けて、まず関西工場から東北の中継拠点まで運送し、その中継拠点からほかの拠点へ配送する。中継拠点の場所を確定する際、弊社のLNOシステムの三つの仮説をシミュレーションし、以下の結果が得られる。



年度総合費用の比較(万円)



月別総合費用の比較(万円)



# 今後のシステム開発には分析機能は不可欠である

## BS構築

### オーダー管理

### 調達管理

サプライヤ  
の選定

オーダー  
分類・管理

オーダー  
確認・返事

オーダー  
追跡

インテリジェント  
調達

調達状況追  
跡・管理

## 情報収集&管理センター

オーダー、調達、生産、在庫、配送情報をリアルタイムで収集、更新、発信などの管理を行う

購入契約

## CS構築

輸配送資源  
管理

輸配送実績  
の分析

輸配送実績デー  
タの収集

輸配送資源管理

倉庫/DC  
への配分

配分実績  
の分析

倉庫配分実績  
データ収集

在庫・配分管理

生産計画  
工場割当

工場生産  
能力分析

各工場の制約条  
件・ロット管理

生産資源管理

調達計画

サプライヤ  
評価・分類

調達実績デー  
タの収集

サプライヤ管理

製品配送

完成品在庫  
在庫判断

材料の所需料  
材料調達

**Thank you for your  
attention !**