

個別受注生産におけるスケジューリング -DIRECTOR5 の適用事例

PSLX 第2回セミナー
2001年11月27日
CIMTOPS CORPORATION
水野 貴司
t-mizuno@cimtops.co.jp
<http://www.cimtops.co.jp/>

もくじ

- ★ シムトップスの簡単なお紹介
- ★ 個別受注生産を取り巻く環境と問題
- ★ スケジューリング上での問題、課題
とその対応事例
DIRECTOR5の機能の紹介
- ★ 今後の課題、取り組み

システムトップスの簡単なご紹介

●COMPANY DATA

設立:1991年10月

事業内容:製造業向け生産スケジューラ*TOPS-DIRECTOR*の開発・販売
実績進捗管理システム*TOPS-CONTROLLER*の開発・販売

親会社:株式会社ツバメックス、岡谷鋼機株式会社

●注力分野

個別受注生産におけるスケジューリング

- 親会社 株式会社ツバメックス (<http://www.tsubamex.co.jp>)の金型製造におけるノウハウをフィードバック

3DCAD/CAM CATIA、スケジューリングシステムなど先進のデジタルエンジニアリング技術をフル活用し
プレス金型、プラスチック金型（乗用車、バス、家電製品、建設機械など）の製造及び部品加工を行うメーカー。

- 金型、工機、試作、産業装置、専用機など個別受注タイプの生産工場や量産と試作が混合するような生産工場におけるスケジューリングに注力しています。

● 個別受注生産における生産スケジューリングの事例を通して、生産スケジューリングのいくつかの話題を提供します。

★ 事例 – 自動車用各種金型の製造

- 大物の自動車プレス金型から
小物の樹脂金型、鍛造金型、鋳造金型まで
 - リードタイム3から4ヶ月のものから数週間のものまで

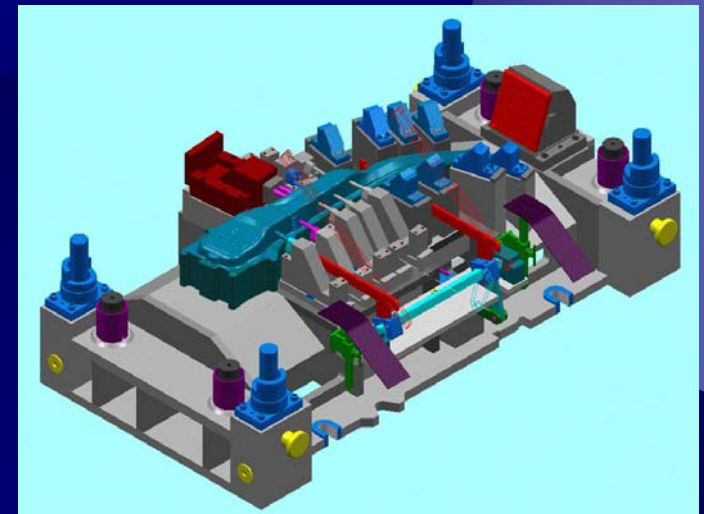
<本日の事例>

トヨタ自動車株式会社元町工場、貞宝工場様

株式会社デンソー西尾製作所様

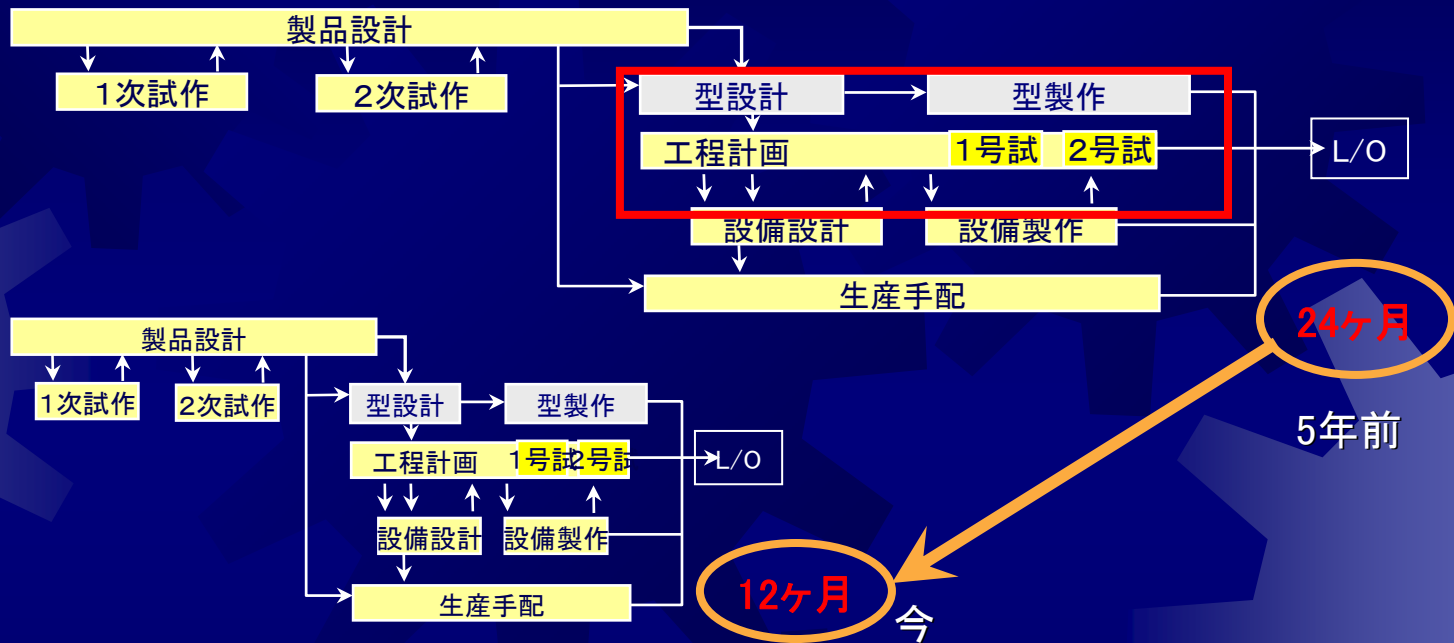
株式会社ツバメックス

における金型及び工機工場でのDIRECTOR5による
スケジューリング事例、話題を中心にお話します。

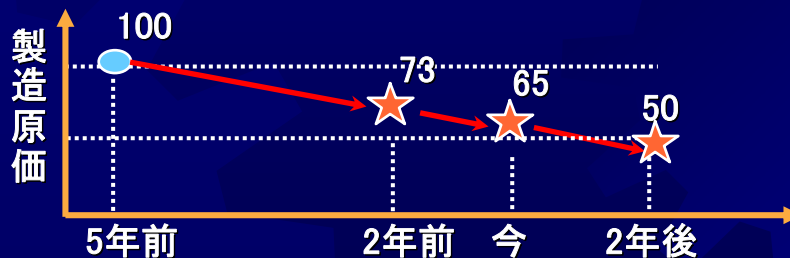


個別受注生産を取り巻く環境

製品開発リードタイム短縮、短納期化

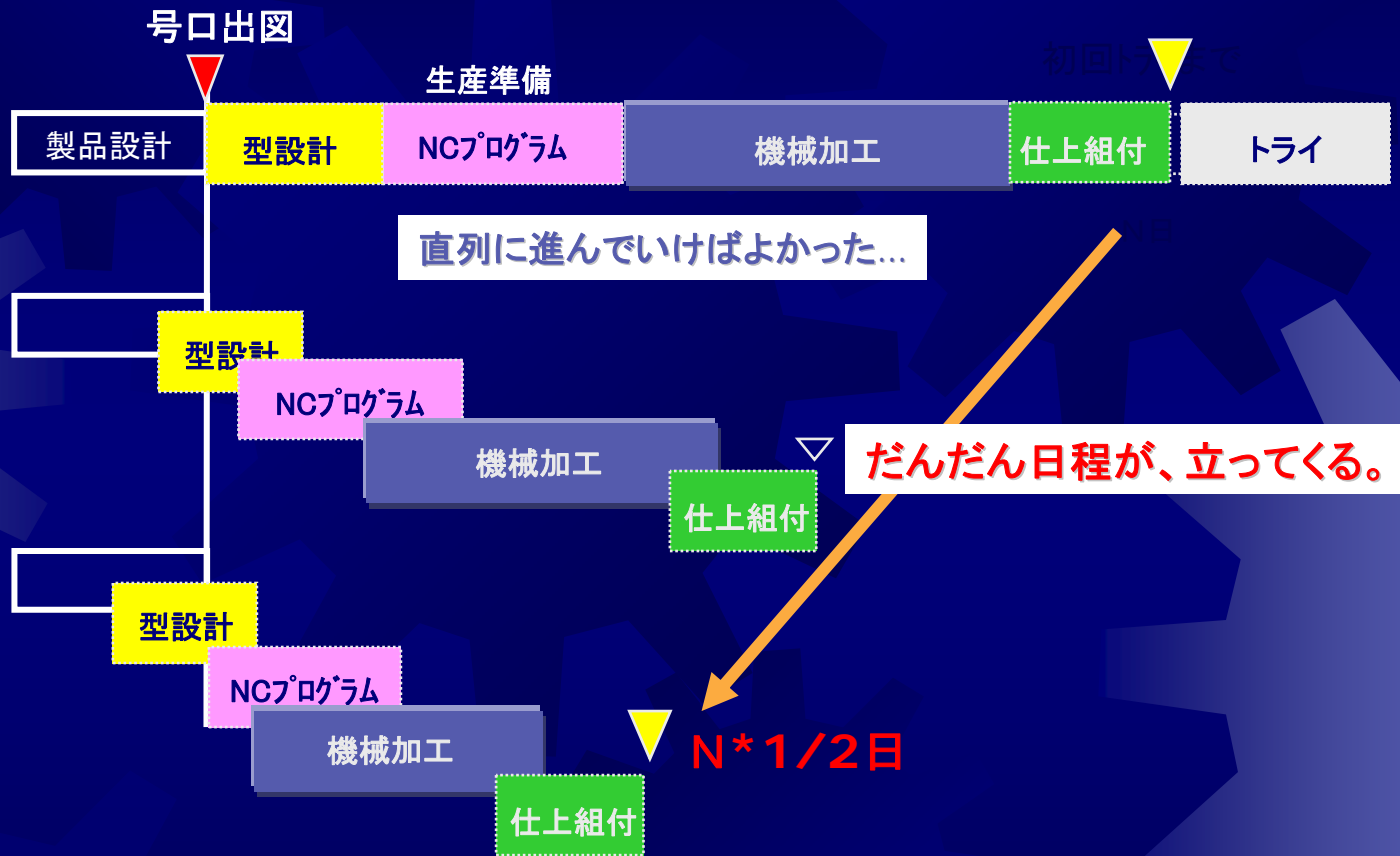


製品コストダウン要求



型生産への要求

型製作リードタイム→1/2



全ての工程が平行に、
コンカレントに物事が進む



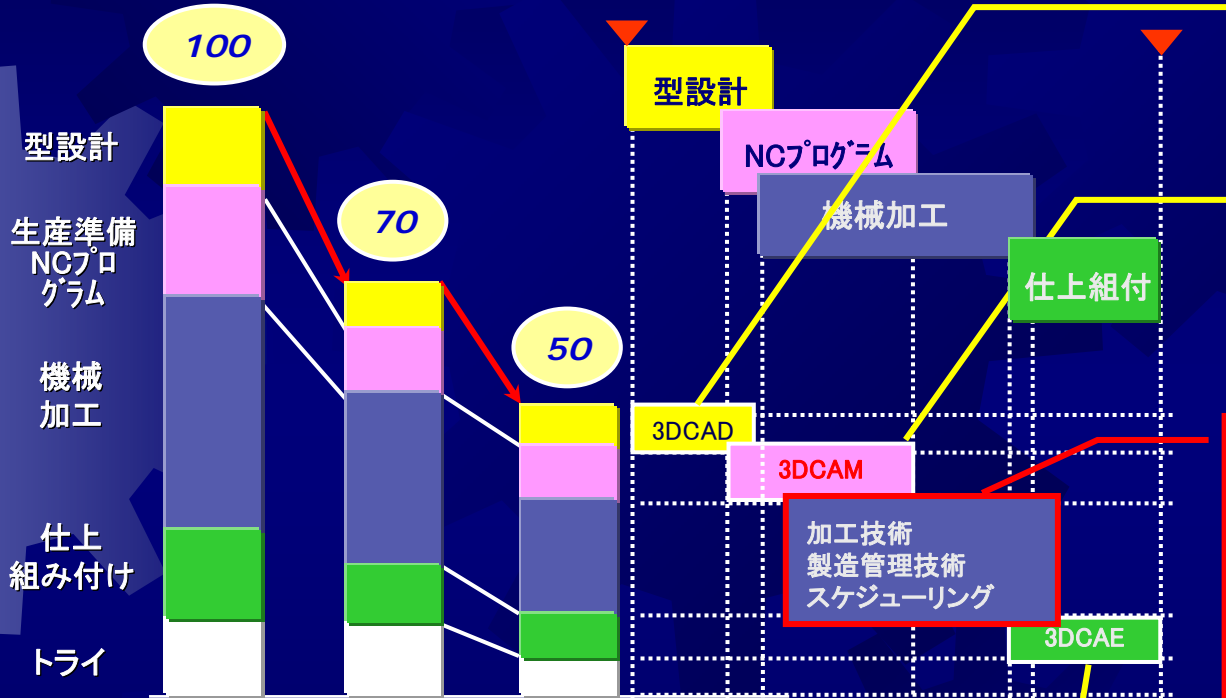
従来の計画方法の限界

型生産への要求

型費 → 1/2

型製作リードタイム → 1/2

新しい技術



●製品3DCADソリッドデータを用いた型設計の自動化 高速化

●型3Dデータを用いたNCプログラムの自動作成

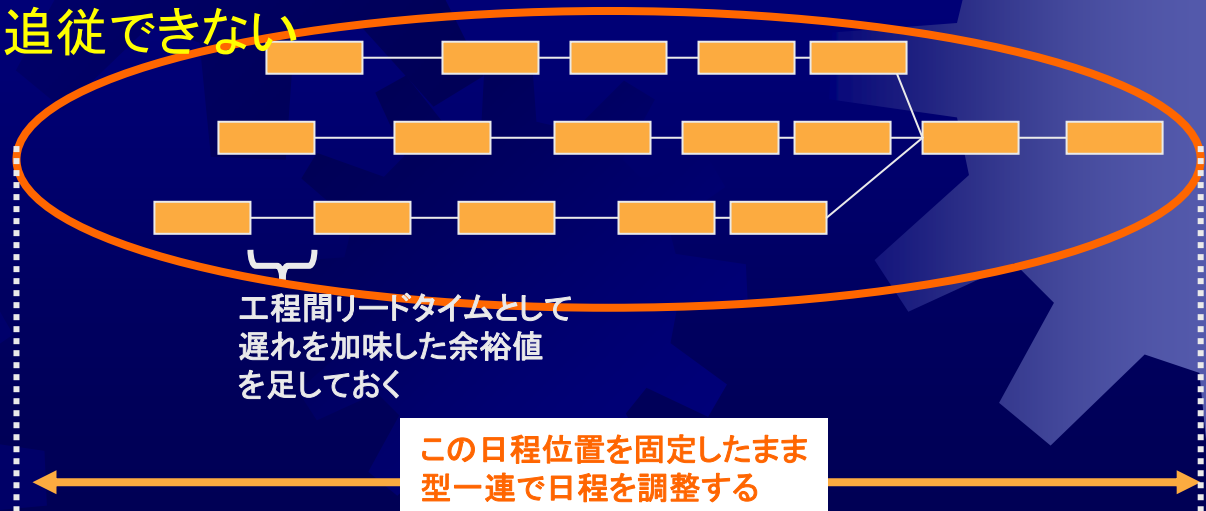
- 高速化大物部品の高速加工 + 24時間連続加工
- 型設計、NCプログラムと加工の同期スケジューリング
- 機械加工稼働率最大スケジューリング
- リアルタイムの進捗管理

●3Dデータを用いた歪予測
●トライレス

従来の計画方法とは

- ✳ 固定リードタイムでの山積み
- ✳ 部品間の作業の関係は、納期からの固定逆算日程ポイントで指示
- ✳ 型一連での日程移動の調整
- ✳ 遅れは、無条件に1日ずらし
- ✳ 既存計画は固定して新規型を上乗せ
- ✳ 工程計画は標準工程表から手作業ベースで行う

リードタイムは固定である程度
余裕を取る。変更に従従できない
→長い、高い

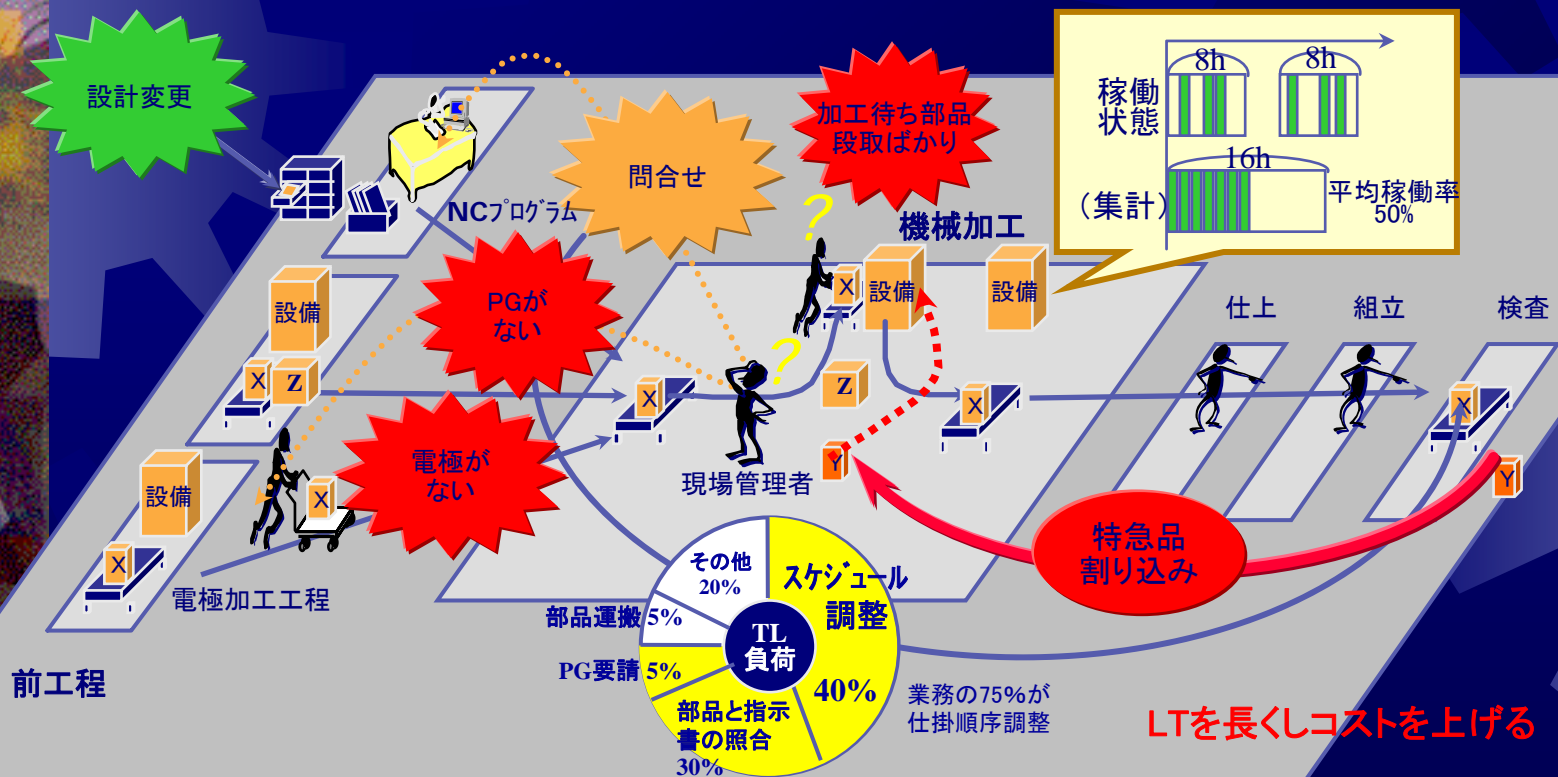


発生する問題 — 長期レンジ

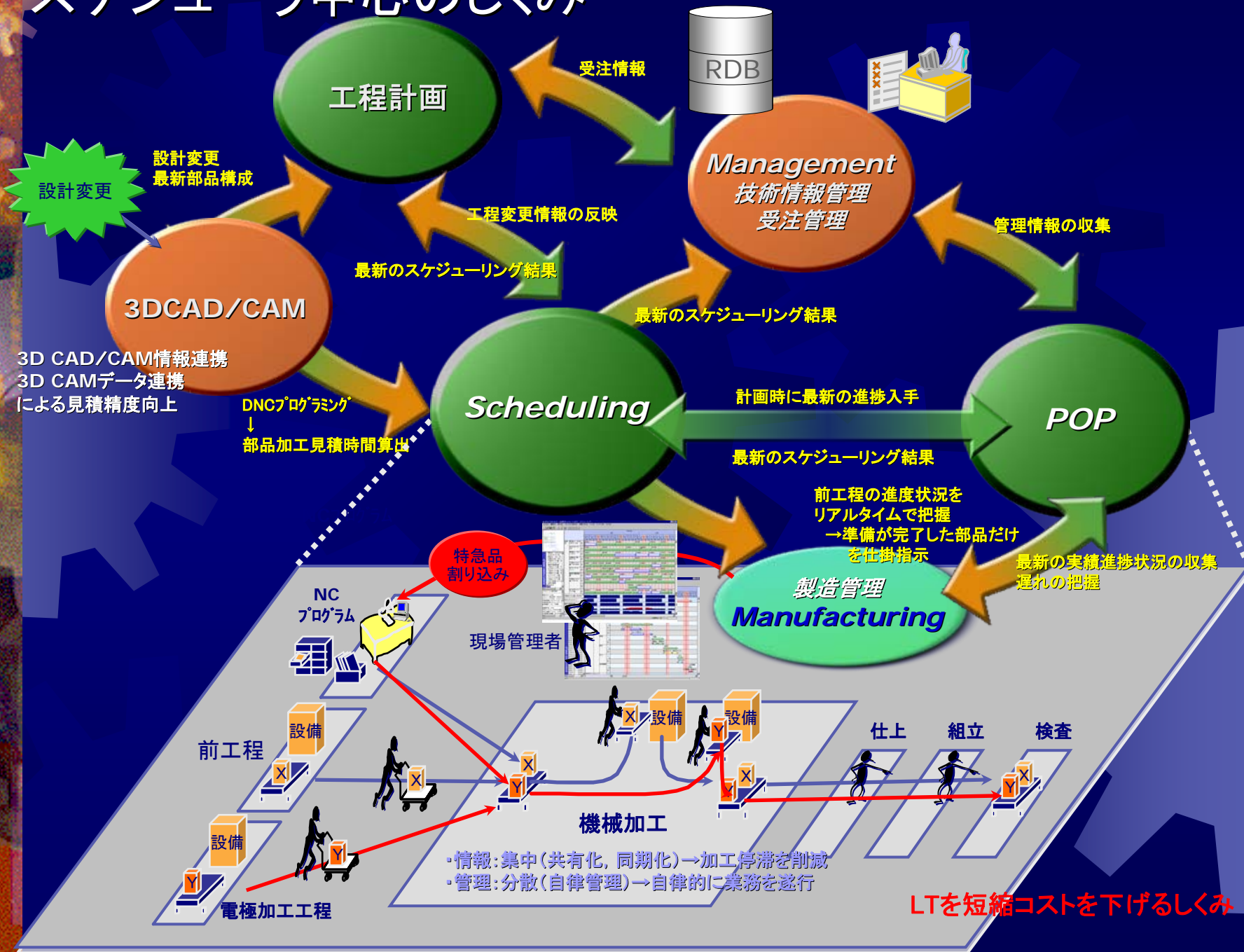
- 長期レンジでの設備負荷を正確に把握できない
 - 標準工程表(出図前、確定前)での工数と製作工程計画表(出図後、確定後)の工数では、差が大きい
 - 組付仕上工程のみで換算値で負荷を計測
 - ボトルネックが機械工程、NCPGと前へ移動し不正確に
- 出図後の工数データの変更に対応した手作業による再計画や設計変更による日程の変更の追従が困難、工数がかかる
- 納期回答の精度が低い
- 定常受注、非定常受注、仮受注でのシミュレーションが出来ない

発生する問題 — 短期レンジ

- 生産の滞留 & 現場管理者の調整業務大
 - 工程間の非同期 前工程が終了していない
 - 加工するのにNCプログラムが間に合っていない、電極製作が完了していない
 - 設計変更、飛び込み特急品が突然やってきて工程を乱す
 - 本当に優先すべきものがわからない、途中で待ちをくらう
- 加工設備の稼働率の低下
- 負荷変動に追従できない→極端なオーバーローの発生



スケジューラ中心のしくみ



スケジューリング上での問題、課題 1

★ 日程のレベルをどう管理するか？

- ★ 足が長い、スケジューリングの期間が長い
- ★ 型設計の前と後では、日程の精度レベルが違う
 - 長期のレンジの話(型設計の前)
 - 例) 新車開発に合わせたボディのプレス金型の順序計画
 - 短期のレンジの話(型設計の後)
 - 実際の製作レベルでの実行スケジューリング
 - どのくらいの期間を対象とするか？

→スケジューラは、ふたつ？

対応事例 1

★ 大日程用、小日程用と二つに分けて運用

- 大日程、小日程と2つのシステムに分けて運用

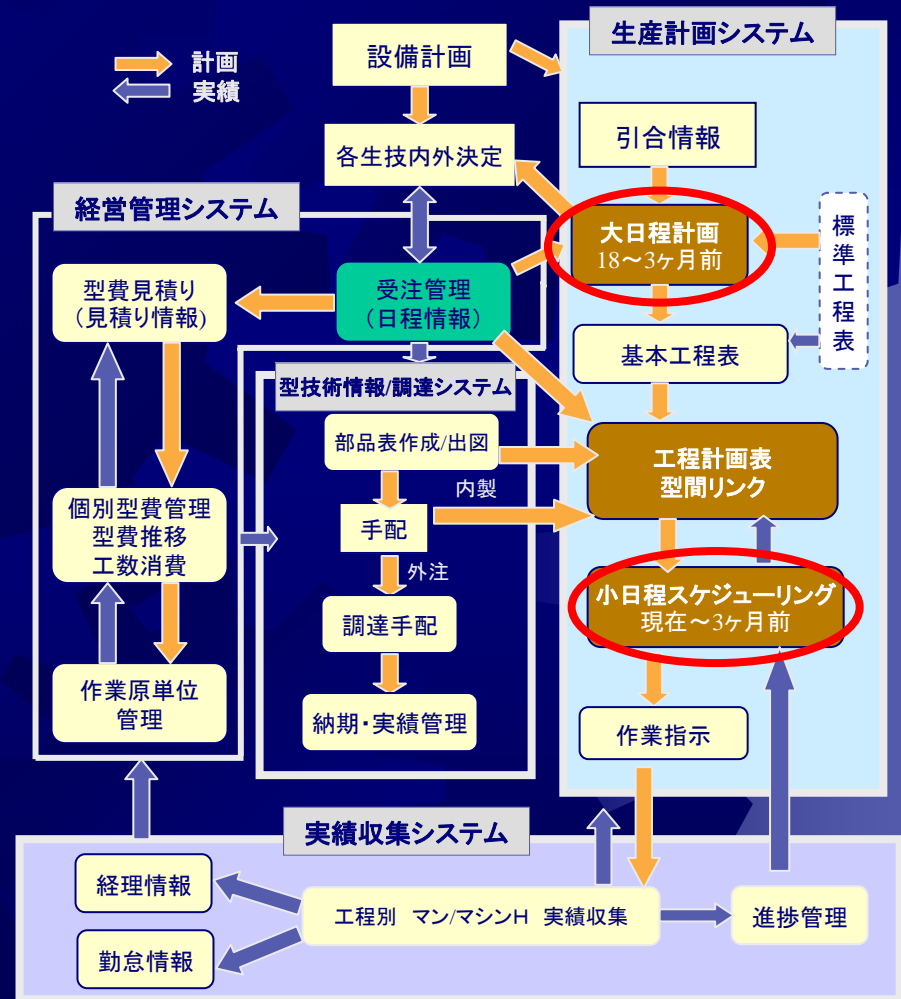
大日程の目的

-長期負荷調整、納期回答
内外振り分け判断

小日程の目的

-現場への日々の正確な作業指示
実績進捗状況の計画への反映

大日程の結果から、データを切り出して、小日程を行なう。
いまのところ一番ベストな方法？



スケジューリング上での問題、課題2

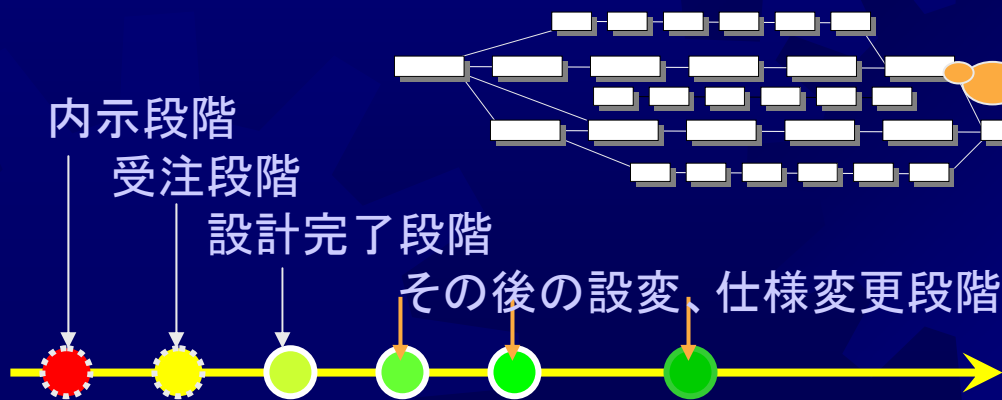
★ スケジューラ基本データの準備 スケジューラの困ることばかり...

⇒スケジューリングに必要な基本データが、簡単に作れない

⇒スケジューリングに必要な基本データが、よく変わる

- 毎回仕様が異なる
- 作業工数を正確に見積れない
- 設計しないと決まらない
- 部品の構成が変わる
- 都度設計変更で仕様が変わる
- 毎回仕様が異なる
- 前工程からだんだん工数が正確になっていく
- 部品の親子階層関係と無関係に工程間の前後制約がある

マスタとして持てるものは
ごくわずかなデータのみ



- 部品の構成
- 作業
- 工数
- 必要資源
- 作業間の前後関係
- 日程制約条件

対応事例 2

★ 上位システムからスケジューラに渡されるデータ

★ パターン1

- 型のオーダ情報
- 型の製作仕様属性データ (パターンを特定する為の識別条件)
- 一部の部品構成データ (主要部品構成のみ)

★ パターン2 (パターン1よりタイミングは、もっと後)

- 型のオーダ情報
- 型の部品構成データ
- 型の部品単位の工程設計データ (ホストで生成)

対応事例 2

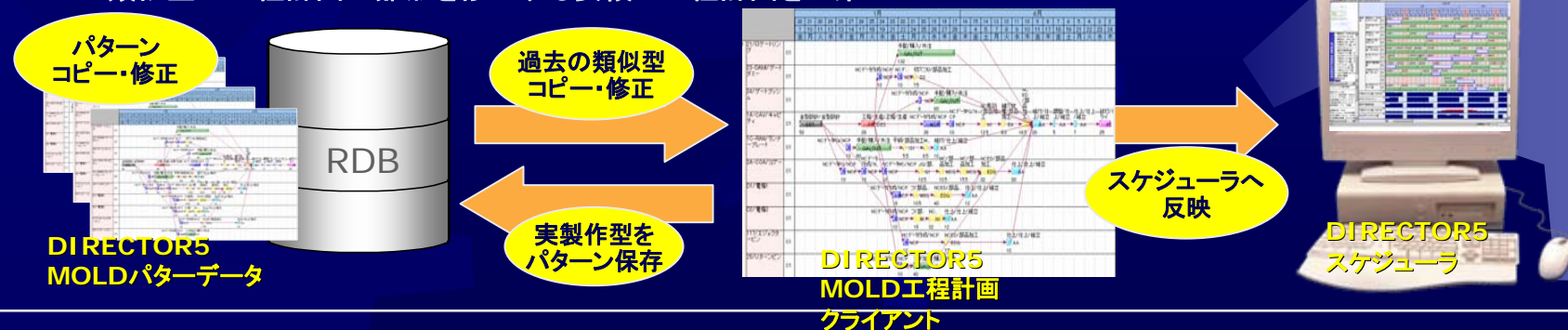
- ★ スケジューリングデータを効率よく管理、メンテできるしくみ
 - 単独のスケジューラ機能だけでは、機能不足

- ★ 必要となる機能

- 工程計画機能

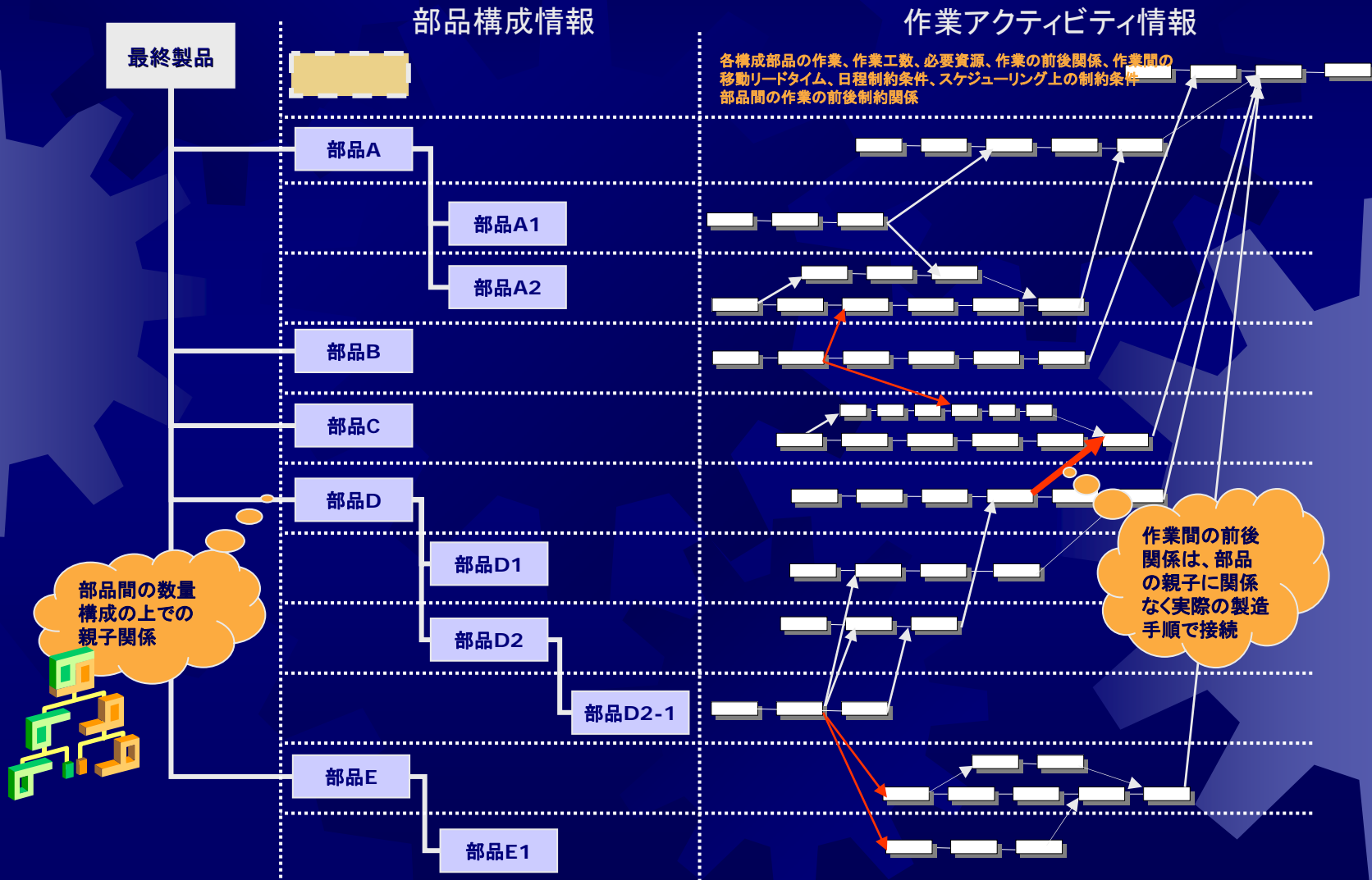
- 最終製品:型レベルでのパターンマスターデータを持つ
 - その最終製品:型を構成する部品構成データ
 - 各構成部品の作業、作業工数、必要資源、作業の前後関係、作業間の移動リードタイム、スケジューリング上の制約条件設定
 - 各構成部品間の作業の前後関係
- 構成部品レベルでもパターンマスターデータを持つ
 - その構成部品の作業、作業工数、必要資源、作業の前後関係

類似型の工程計画の雛形を修正する要領で工程計画を立案



データの構造

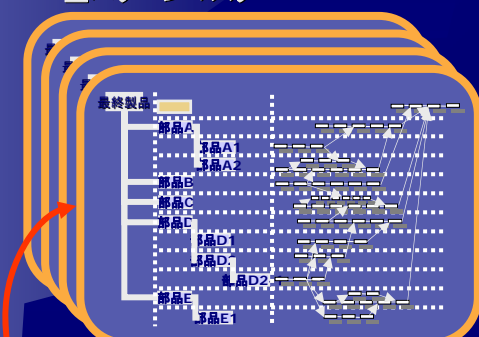
部品の構成情報と
作業及び作業間の前後制約関係(実際の加工方法の実現手段としての
製造作業の関係)情報を統合してスケジューリングデータを持つ



● 型パターンマスタデータをもとにスケジューリング かつ 容易に修正メンテナンスできる

- 曖昧仕様の類似パターンデータでの仮スケジューリング
- 工程計画を容易に修正するための専用GUI編集機能
 - 型を構成する部品の追加、変更、削除
 - 各構成部品の作業、作業工数、必要資源、作業の前後関係、作業間の移動リードタイム、スケジューリング制約条件の編集
 - 各構成部品間の作業の前後関係の編集
 - 外注払い出し
 - 日程制約条件の編集
 - 基本工区単位の計画条件の確定

型パターンマスタ



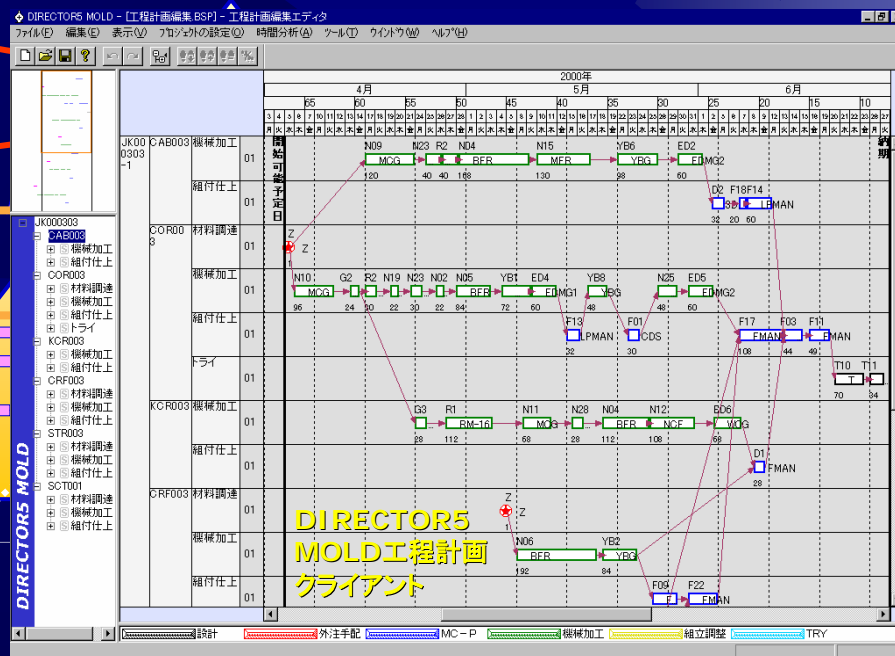
部品パターンマスタ



大日程レベル

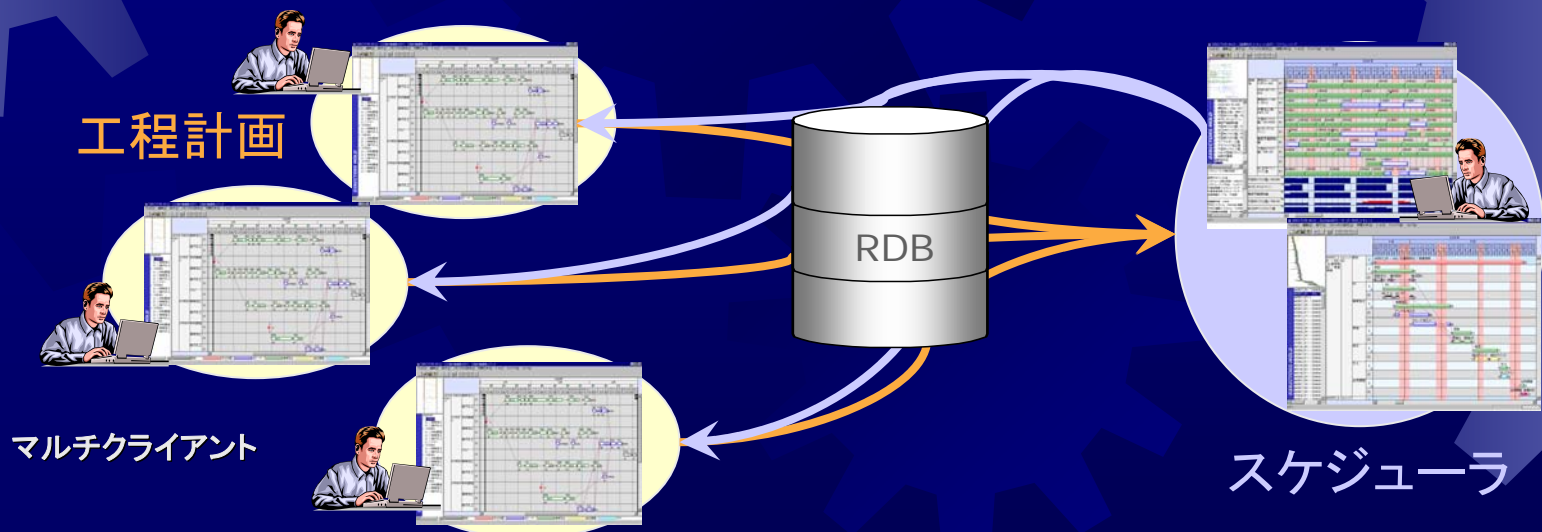
小日程スケジューリングレベル

基本工区マスタ



● 工程計画機能つづき

- スケジューラと同期し、完全連動して動く
 - 設計変更などによる工程計画での変更が即座にスケジューラに反映できる
 - 複数の工程計画者が、それぞれの担当のプロジェクトを管理運用できる
 - 最新のスケジューリング結果情報が、工程計画データにも反映され参照できる
 - 最新の作業実績仕掛情報が、スケジューラ、工程計画データにも反映され進捗を参照できる



外部システムとの連携によるスケジューリングデータの精度向上、工程計画業務のサポート

- 3D-CADの部品構成を工程計画に取り込む機能
- 3D-CAMのDNCデータを活用し加工時間の精度向上させる機能

従来の問題点や現場ニーズ

型=1品生産モノであるがゆえ...

→加工時間の見積りが困難で、見積時間と実際の加工時間が大きく異なる為
時間単位でスケジュールを立てても信用できない

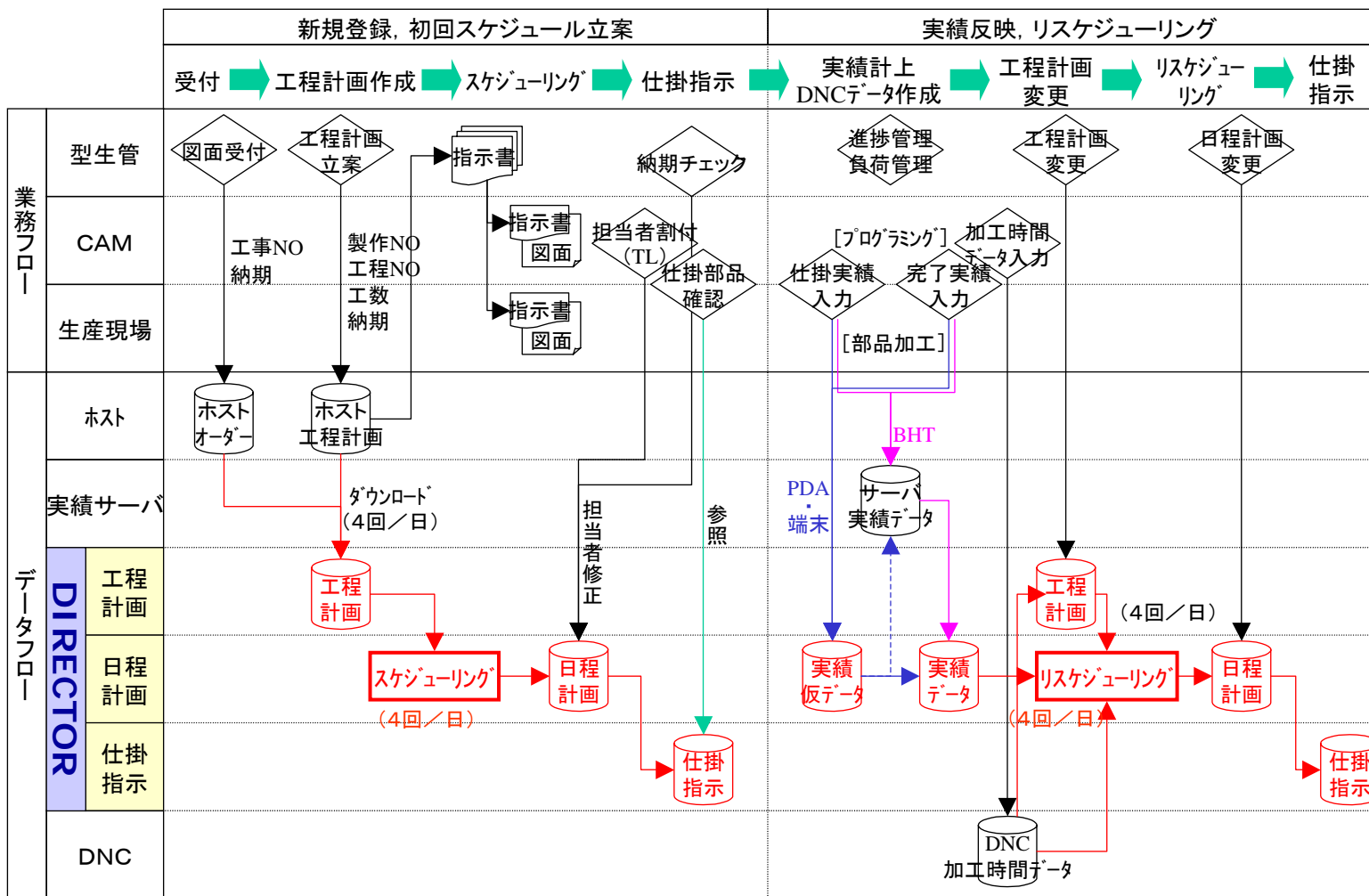
(解決策)CAMのDNCデータを活用する



マシンタイムの精度が高い、現場が信用できるスケジュールを作成可能

従来の見積精度: ±20% → DNCによる見積精度: ±5%以内

参考：型工場スケジューリングの流れ



スケジューリング上での問題、課題3

★ スケジューリングのロジック

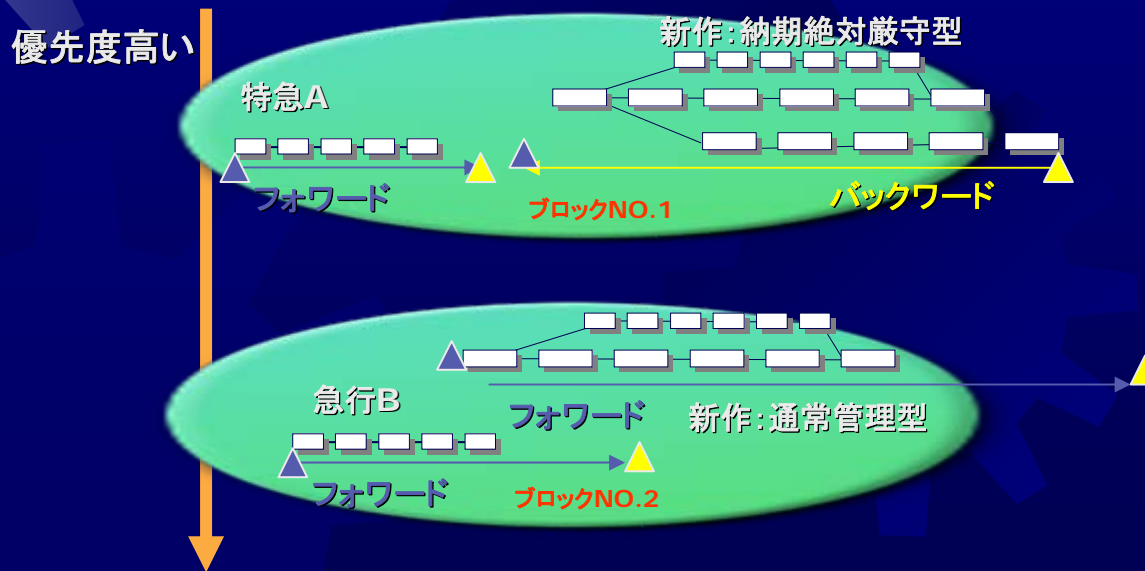
- ブロックスケジューリング
- フォワード、バックワード混合スケジューリング

従来の問題点や現場ニーズ

新作型の進行を、特急の修正部品や設計変更部品が乱しがち。
オーダーの中には、新作の納期絶対厳守のものと回転の通常管理型が混在する。オーダーをセグメント化してそれぞれの優先度でスケジューリングを制御したい。
→加エスケジュールを立てても特急品の割り込みで計画が大きく崩れてしまう

(解決策)ブロックスケジューリング、FW/BW混合スケジューリング

- オーダーを優先度ブロックによりセグメント化することにより段階的なスケジューリングを行う。優先度の高いブロックに属するオーダー群から順番に割付ける。一つのブロック内では、それぞれのディスパッチングルール他が動作する。一つのブロック内の全てのオーダーがスケジューリング終了したら次のブロックへ。



代替資源負荷偏差スケジューリング

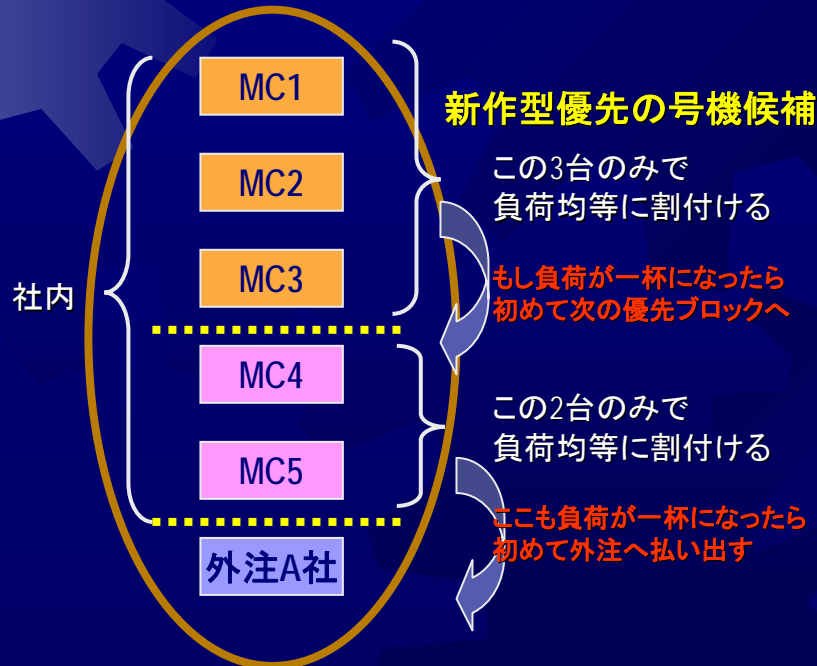
従来の問題点や現場ニーズ

社内の加工設備を、新作型で主に使用する号機群と、特急品、飛び込みで主に使用するものと分けたい。但し、それぞれ負荷が不足する時には、取り合っても良い。それでも、社内の能力が不足する場合は外注へ自動的に払い出したい。外注に払い出す場合は、社内の工数と全く異なるリードタイムが必要。→優先的に加工できる号機を確保しておきたい。

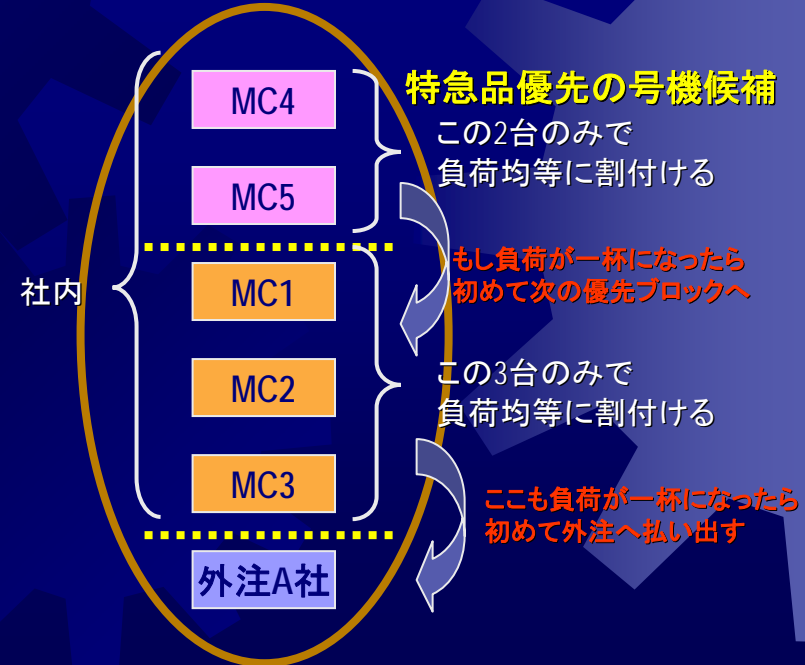
(解決策) 代替資源負荷偏差スケジューリング

● 代替資源グループ内の資源候補に優先ブロックを付けてスケジューリングすると、優先ブロック順にブロック内のみで探索。一つの優先ブロック内の資源全ての割付けが出来ない場合は、次の優先ブロックへと割付ける。新作型の使用する優先号機候補と特急品の使用する優先号機候補を分けておくことによって、なるべく干渉を防ぐ。

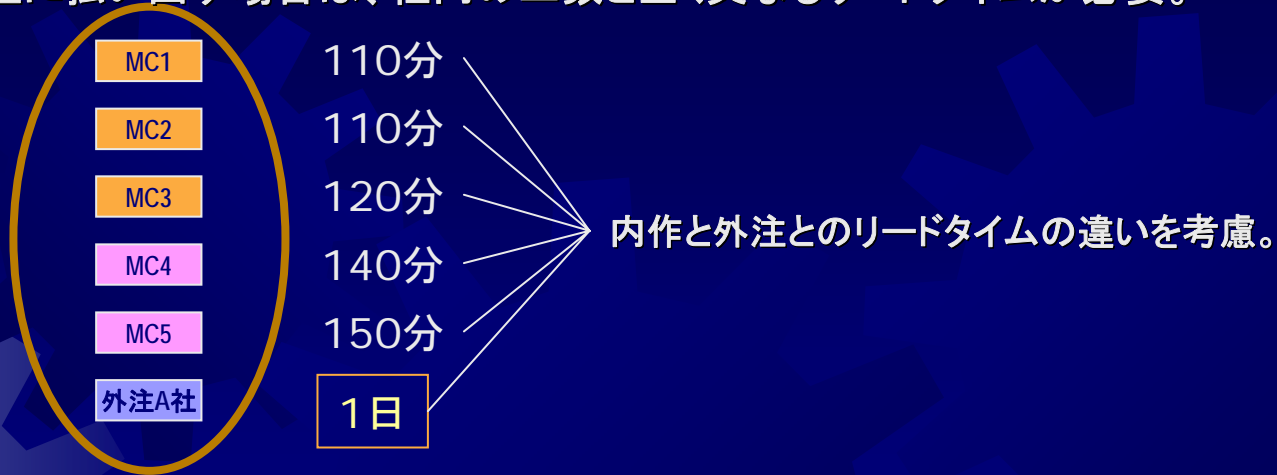
新作型用の代替資源グループ



特急品用の代替資源グループ

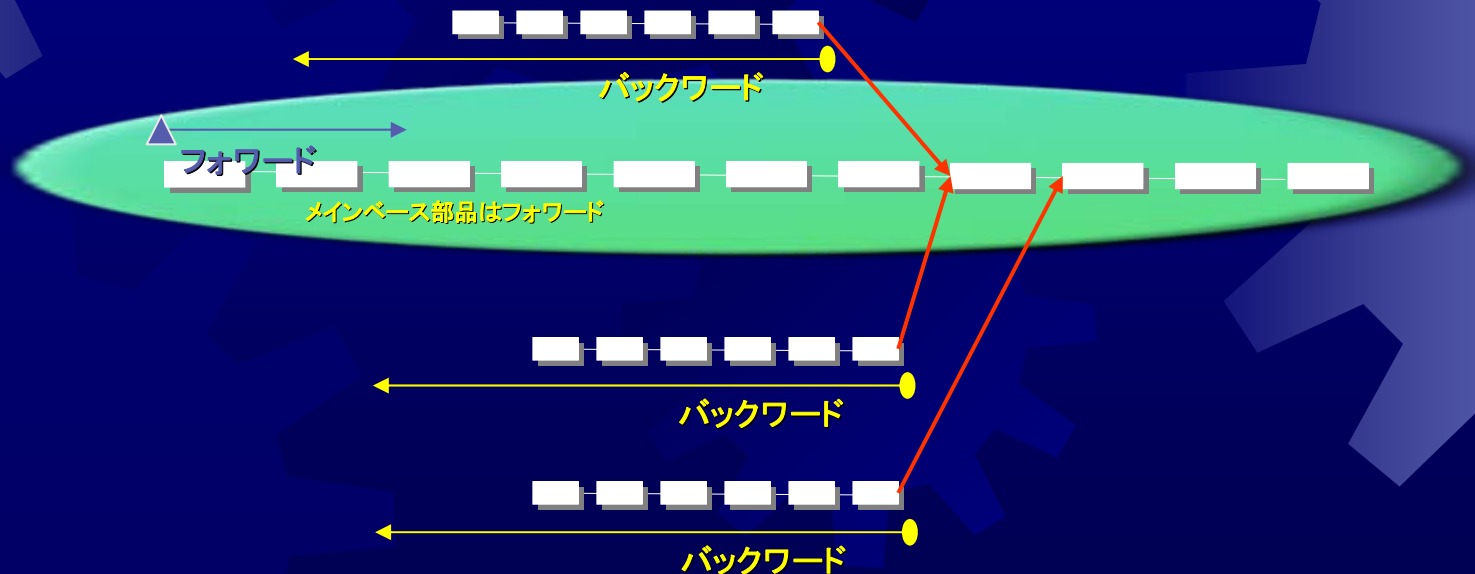


外注に払い出す場合は、社内の工数と全く異なるリードタイムが必要。



従来の問題点や現場ニーズ

メインの主要部品に合流する子部品は、メインの主要部品に合わせてぎりぎりのところで製作したい



★ スケジューリングのロジック

- ★ 段取最小化スケジューリング
- ★ 切替内段取、切替外段取

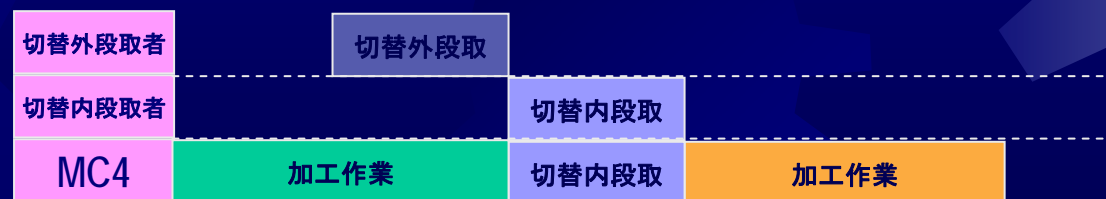
従来の問題点や現場ニーズ

納期を守れる範囲でなるべく切替の段取作業が発生しないように考慮して割付ける。
切替段取発生時には、内切替段取時間、外切替段取時間を考慮する。

(解決策) 段取最小化スケジューリング

- ★ 納期を考慮しながら、段取/切替作業を最小化し、設備稼働率を最大限に高める作業の割付を自動に行う。

- 工程単位のまとめする／しない
- 同一品目のまとめ
- 同一製造仕様のまとめ
- 切替段取発生時は、最小切替時間となる資源を選択



段取最小化

納期余裕があるからといって
まとめすぎると、トータルのリードタイムが長くなり、
工程間の仕掛かりも増える、後工程に納期余裕が
なくなる、後工程ほど自由度が減ってしまう
(あたりまえのことだけど難しい)

重み付け等パラメータの設定は難しい
→計画担当者が、直感的に設定できることが大切

●まとめ過ぎの制御のための値を設定します。

- 資源毎の段取まとめ時間許容値 = N分、N時間
- 段取まとめバケット = N分、N時間、N日
- 段取時間許容値 = N分、N時間

スケジューリング上での問題、課題3

★ スケジューリングの制約

★ 有人段取と夜間NC加工自動運転

(★ 熱処理外注など引き取り曜日時間が決まっている)

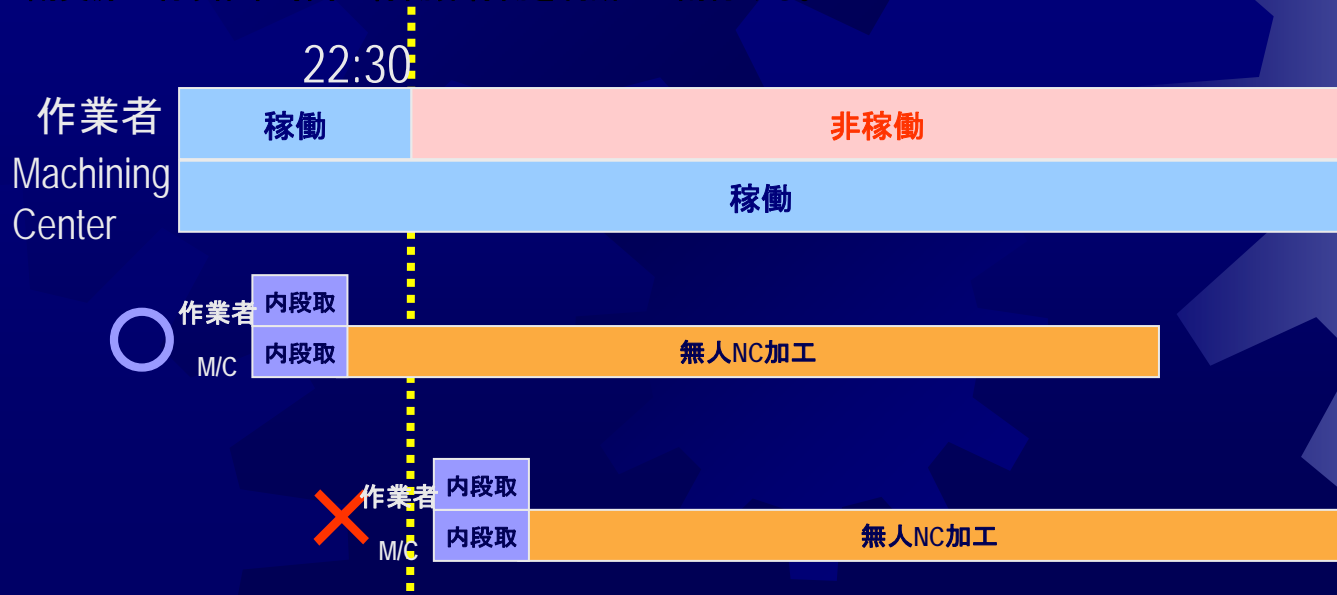
従来の問題点や現場ニーズ

設備稼働率を上げる為に、夜間NC加工機は、無人運転を行う。このとき最初の段取作業のみ、作業者が行わなければならない

→夜間の作業者がいない時間帯に段取が始まるスケジュールでは、実行不可能。

(解決策) 副資源非稼働考慮スケジューリング

★ 副資源が行う作業時間の稼働非稼働を判断して割付ける。



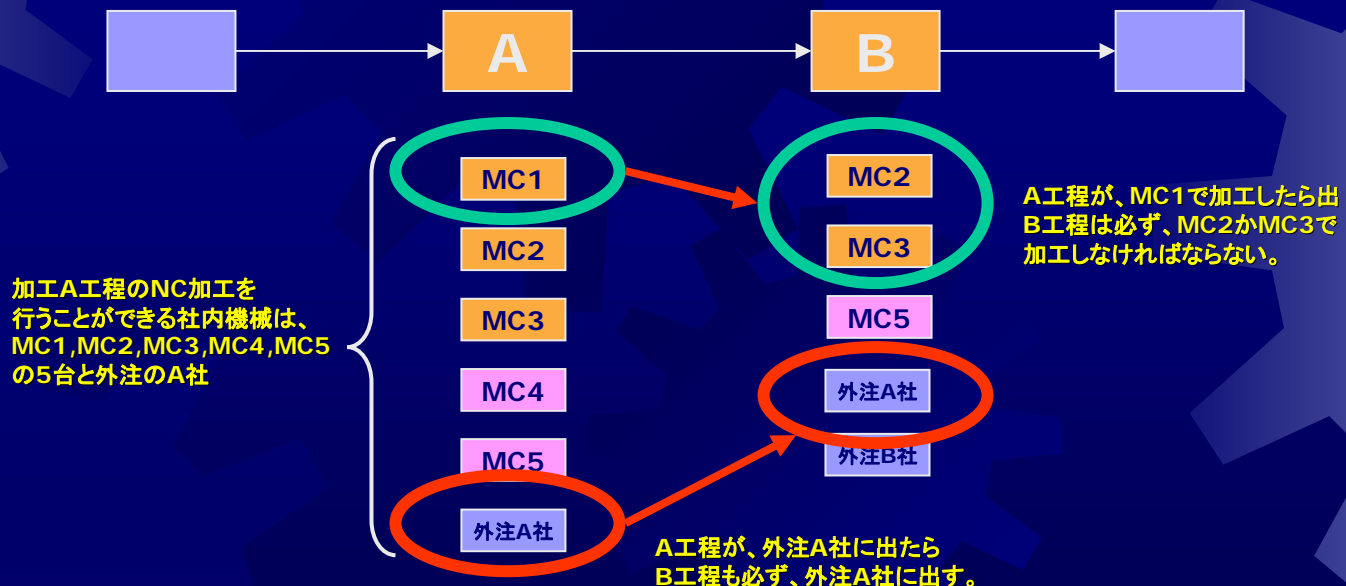
スケジューリング上での問題、課題3

★ スケジューリングの制約

★ 次工程への同じカテゴリ資源の割付け

従来の問題点や現場ニーズ

- ある途中の工程をある機械に割付けたら、それ以降のある工程も連続して同じ種類の機械で加工しなければならない
- ある途中の工程から外注に払い出したら、それ以降のある工程もまとめて同じ外注に払い出さなければならない



フォワードの時
(バックワード時はこの逆)

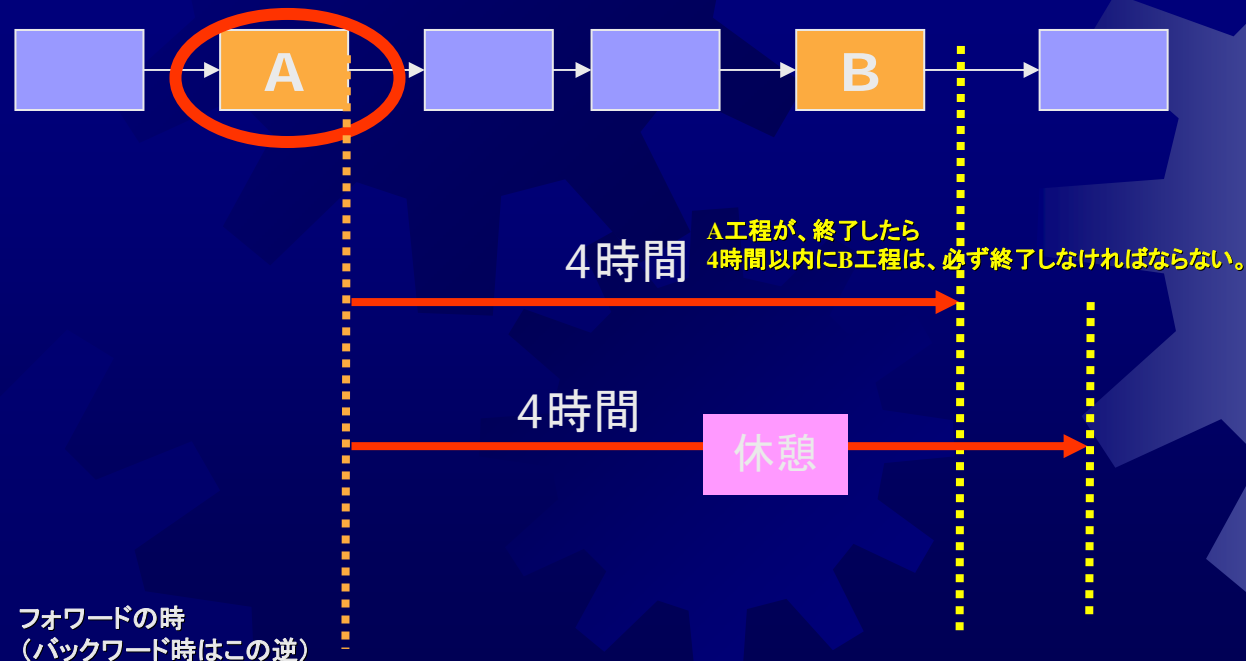
スケジューリング上での問題、課題3

★ スケジューリングの制約

● 後続工程までの仕掛時間限度の制約

従来の問題点や現場ニーズ

- 途中のA工程が終了したら、その後続にあるB工程は、4時間以内に終了しないと加工表面が変質する。→絶対値の4時間
- 途中のA工程が終了したら、その後続にあるB工程は、4時間以内に終了するようにスケジューリングを行い、工程間に滞留をさせない。→休憩時間を考慮した4時間

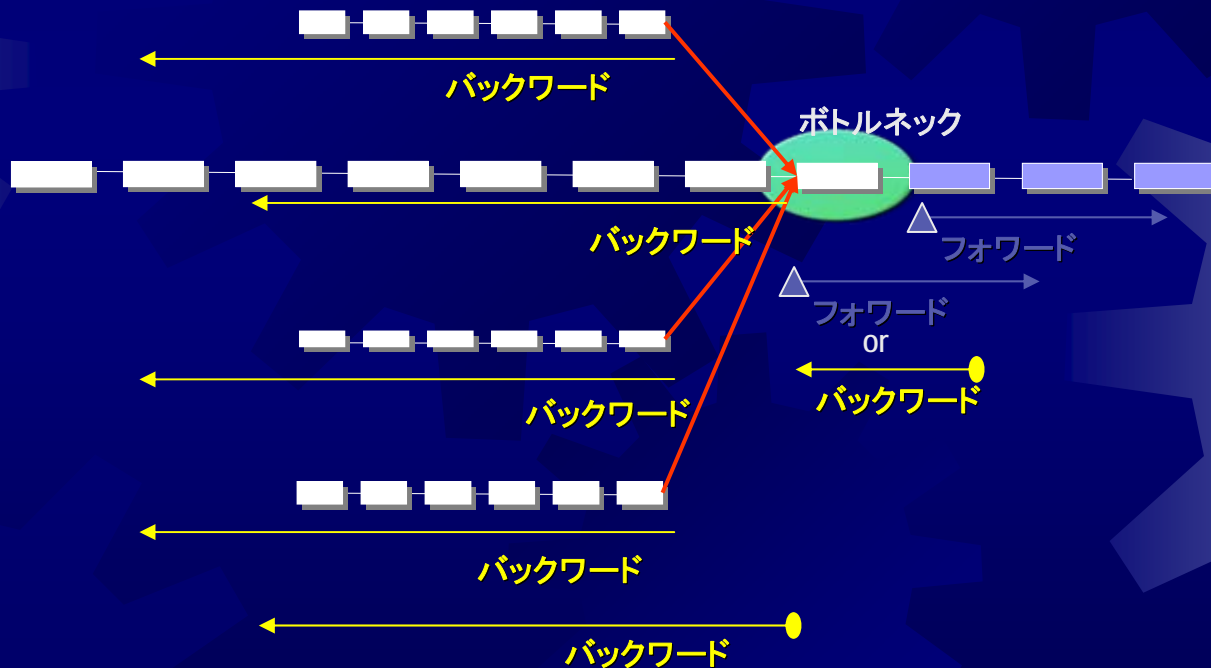


スケジューリング上での問題、課題3

★ スケジューリングの制約

★ ボトルネックスケジューリング

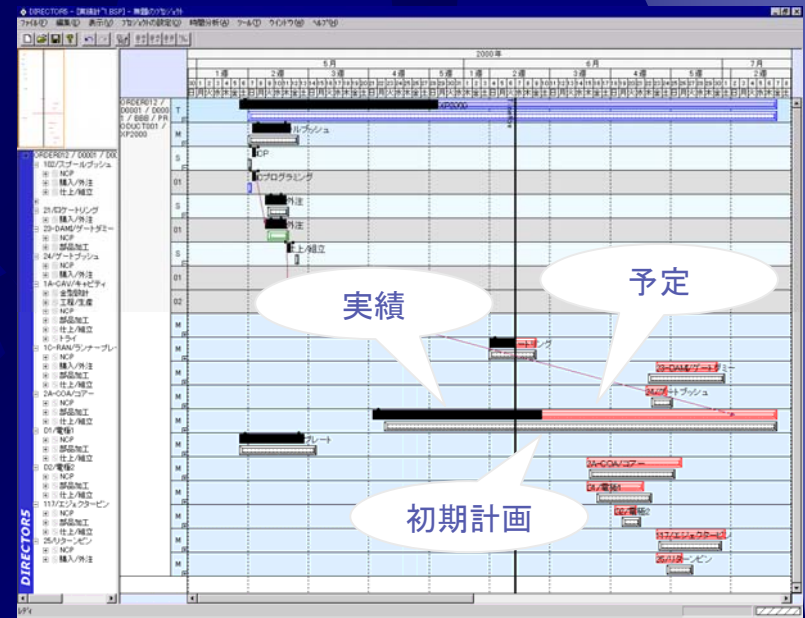
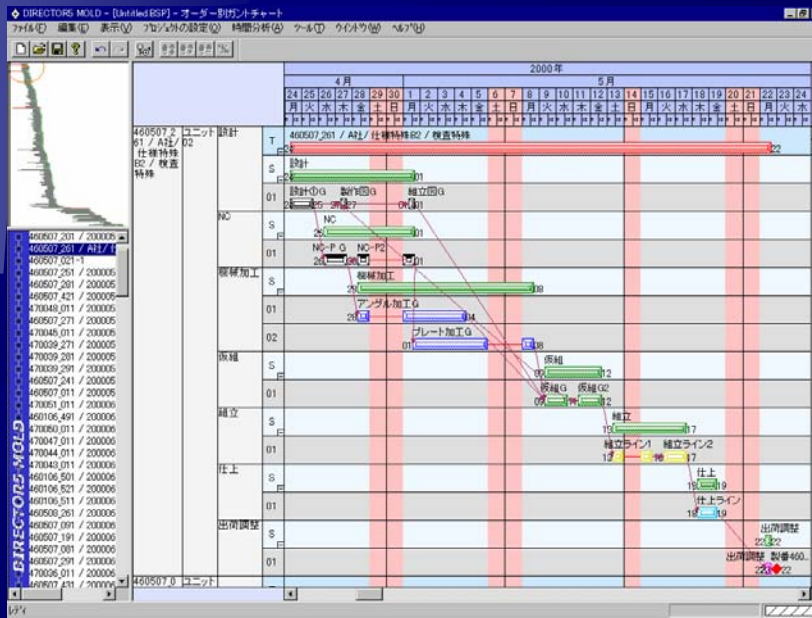
ボトルネックスケジューリングは、ボトルネックとなる作業工程を最初に割付け、その工程のスケジューリング割り付け位置を基準としてボトルネックとなる作業工程の先行作業工程を、バックワードスケジューリングで割付けボトルネックとなる作業工程の後続作業工程を、フォワードスケジューリングで割付け全体の製造リードタイムを極力少なくしようとするスケジューリングです。ボトルネックとなる作業工程の割付け方向は、そのオーダの持つスケジューリング方向で行われます。



スケジュールリングする上での問題、課題3

★ スケジュールリング結果の表示

- 資源別ガントチャート以外にも
型別部品別基本工区別作業別といったような階層表現できるガント
チャート表示が必要(プロジェクト型の表現)
管理者レベルによるサマリー表示
- 進捗と計画の対比表示



スケジューリング上での問題、課題4

★ 実績仕掛データとの連動

- ★ 計画のサイクルに合わせて最新実績が収集できること。

詳細なスケジューリングをするには、
スケジューリングするその最新時点の
そのスケジューリングレベルに合った
実績データを容易にスケジューラへ渡せることが必須

⇒スケジューラを運用するのに実績系が問題になることが、
結構多い。古くて新しい現実問題。

● 問題の要因→運用とも密接に関係

- 工程によって実績を収集する方法が異なる。
 - 機械から直接とれる工程→これはOK。
 - **作業者が入力する工程**
 - 人間は、必ず入力してくれるとは限らない。
<=最大のネック
どうすれば作業者は入力してくれるのか？
- どこまで現場の状態を収集できるようになっているか？
 - 分割、中断、再加工、不良、取消など、スケジュールに与える影響要因
- リードタイムが長い作業工程、外注工程等がスケジューリング対象となっている場合に、着と完しかないと
→途中の実績をとるしくみがないと...

スケジューリングする上での問題、課題5

★ 運用

- ★ どこまで細かくデータに乗せるか？
超短サイクルの詳細スケジュール
→ 詳細なマスタ、条件のデータ
→ リアルタイムかつ詳細な実績情報
- ★ 現場の運用とバランスした制約条件、モデリング
- ★ 作業指示済みと計画変更
- ★ 上位で変更できること、スケジューラで変更できること

今後の方向性

できれば工程計画なんてしたくない!!



すぐスケジューリングしたい!!