

# TOC(制約条件の理論)と トヨタ生産方式

MASPアソシエーション運営委員  
情報処理学会・生涯教育委員  
手島 歩三

# 本日の説明予定

- 1. 1980年代の日本企業に破れた  
米国製造業を復活させたTOC
- 2. 進化し続けるトヨタ生産方式

# 1. 1980年代の日本企業に破れた 米国製造業を復活させたTOC

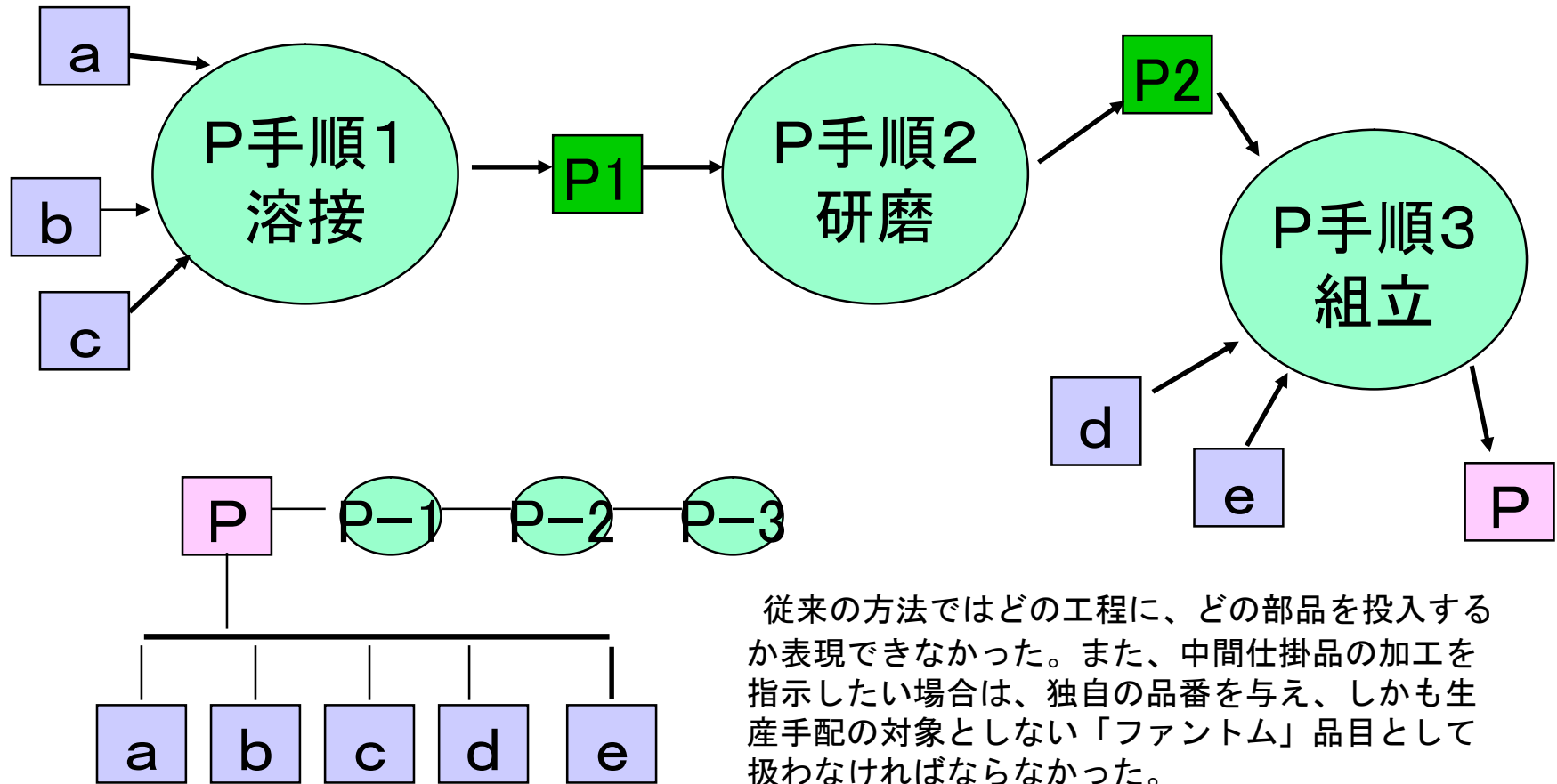
- 製造プロセスの改革に目を向けなかった米国の経営者たち
  - 品質改善・改良だけでは日本企業に追いつけなかった。例: 6シグマ etc
  - 「かんぱん」を導入すると上流工程の現場の人達が苦しむ。
- 情報技術活用によるビジネス改革 (Business Process Reengineering) の一環
  - 日本企業は情報技術を軽視して、体系的に活用していない。
  - 期待通りには売れなかったE.M.Goldrattのスケジューリング技術: OPT
  - OPTの背後にある現場制御の考え方 (DBR: Drum Buffer Rope) を紹介するために小説“The Goal”を執筆
  - “The Goal”を読んでその通りに経営してみたところ経営が良くなったと礼状が来るようになった。
  - その考え方を発展させTOC (Theory of Constraints: 制約条件の理論) として発表
  - “The Goal”は300万部を超えるベストセラーとなる。経済紙フォーチュンの表紙に米国製造業を復活させた男として紹介される。

# (1) OPT

## Optimized Production Technique

- ボトルネックに重点を置いたスケジューラ
  - 所要量計画と日程調整を同時並行に行う。
  - 現在のAPSの原型。
  - スケジューラとしては評判がよかったが、売れ行きは芳しくなかった。
- 情報技術に関する新しい提案
  - 部品表は磁気テープ時代のデータ構造である。製造プロセスをまず表現し、その中で構成(投入品目)も併せて表現すべきである。(これは現在でも、主流となっているRelational Databaseではうまく表現できない)。
  - 主記憶装置が大きくなった(ギガ単位)になったので、ディスク装置にしていたデータを主記憶装置に移せば、高速シミュレーションが可能になる。

# 製造手順と構成(部品表)の統合 (製品群／部品群に共通)

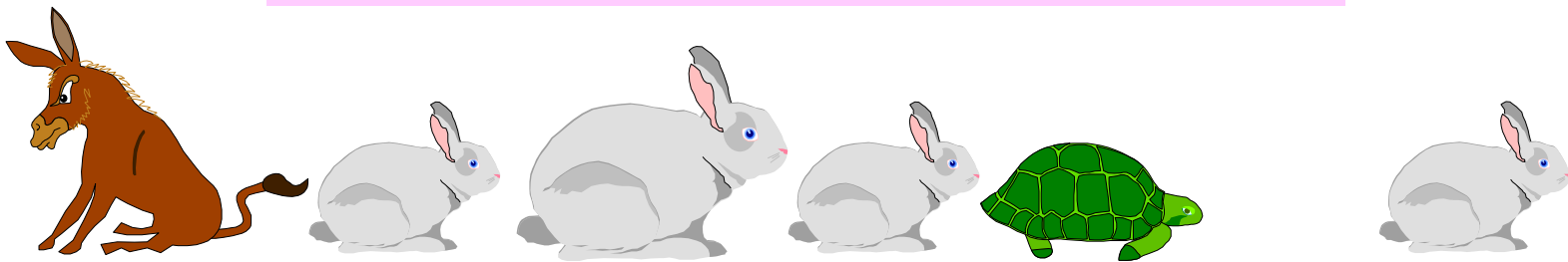


従来の方法ではどの工程に、どの部品を投入するか表現できなかった。また、中間仕掛品の加工を指示したい場合は、独自の品番を与え、しかも生産手配の対象としない「ファントム」品目として扱わなければならなかった。

## (2) DBR Drum Buffer Rope

- スケジュールの背後にある考え方
- 生産現場を如何に制御するか：行列のアナロジー
  - ボトルネックの存在 (Drum)
  - 非ボトルネックはボトルネックより早く進めない。進んでも意味がない (Rope)
  - 現場の活動は標準値通りに進行するとは限らない (Buffer)

行列(加工順序)を崩してはいけない！



# DBRによる現場制御

- ボトルネック工程のフル活用
  - 工場の売上高はボトルネック工程の生産高に一致する。
  - ボトルネックの遊休時間を最小化するなら、売上高を最大化できる。
  - 材料・仕掛りの到着待ち時間をゼロにする「同期生産スケジューリング」が肝要である。
- 「かんばん」なしの同期制御
  - 「かんばん」によるJITは生産現場の精神的負担が大きすぎる。生産活動には統計的変動(進捗と品質)がつきものである。
  - 「仕掛けかんばん」は若干の在庫を持つ方式である。
  - 「引き取りかんばん」は同じ部品・仕掛品を繰り返し使用することが前提になっており、個別受注生産ではうまく機能しない。
  - 同期スケジューリングにおいて、若干の時間的余裕(Time Buffer)を持たせておけば、現場でやり繰りして生産変動を吸収できる。
  - 生産工程の最上流で、ボトルネックのスケジュールに同期して材料投入し、非ボトルネック工程において「隊列」を崩さないよう到着順に加工すれば、「かんばん」の発行は不要である。

# 在庫を持たない生産方式

- 在庫の弊害
  - 在庫費用、管理費用の発生。
  - 材料投入から製品完成までのトータルの製造リードタイムの間延びする。
  - その間、投資回収が遅れる。
  - 技術革新が起きて、仕掛品が死蔵化する。
  - 品質不良の発見が遅れ、原因追及が困難になる。
  - 新製品の発売時期を遅れさせる。または、新製品と旧製品が競合して値崩れを招く。
- DBRの効用
  - 「在庫」の代わりに「時間的余裕 (Time Buffer) を利用する。
  - 生産スケジューリングにより納期を確約する (ATP: Available to Promise)
  - 現場の人達のゆとりと、工夫の余地を計画的に用意する。
  - 少ない在庫投資で利益を最大化できる。



## (3) 制約条件の理論

- 小説“The Goal”
  - DBRを理解してもらうために小説を書いたところ、ベストセラーとなる
  - OPTを使用しないで、小説の通りに経営した人がビジネスに成功
  - The Goal の考え方をさらに発展させて、TOCを発表
- 利益最大化を図る経営手法TOC
  - スループットの最大化
  - スループット＝売上高－直接材料費
  - 在庫投資を徹底削減し、資金回転率を高める。
  - 運用費用(Operating Expense)は仕事がなくとも発生する。
  - 売上高はボトルネック工程をフル稼働させるかどうかで左右される。
  - ボトルネック工程がフル稼働する状況になったとき、非ボトルネック工程だけを利用する仕事を取り込むなら、さらにスループットを向上させることができる(日本製造業の赤字輸出のテクニックの導入)

# ボトルネックを活用するための幾つかの方策

- 同期生産スケジューリング(既述)。
- 財務会計的に見て赤字になる設備でも、ボトルネックの能力を代替できるようにであれば、売上高－直接材料費がマイナスにならない限り、利用する。
- 同様に、ボトルネックをフル活用させるよう注文を取る。(販売がボトルネックになっている場合がある)
- 不良品がボトルネック工程に投入されないよう、前工程で徹底的に品質検査する。
- ボトルネック工程を休止させないあらゆる工夫。残業、連続運転、休み時間の応援体制、外段取、

# 業務改善の5ステップ

- ボトルネックを識別する
  - ボトルネックを活用するように計画する
  - 上記の計画に残りの事柄を従わせる
  - 活用できるようになった後で、ボトルネックを拡張する
  - その結果としてボトルネックが崩れたら、ステップ1に戻る。ただし、惰性を許さないよう注意。
- 
- **業務改革手法の効用**
    - 無駄な設備投資を実際に有効になるまで押さえる
    - 重要な工程の改善改良に重点的投資と戦力集中
    - トヨタ生産方式のTQC/TQMでは無駄な改善改良が発生する。
- 
- **問題**
    - この5ステップの中に論理ミスが隠れています。考えてみて下さい

## (4) TOCの限界

- 全体最適ではない
  - ボトルネックとそれを活用する計画を立てる人にとって最適 = 残りの大半、非ボトルネック工程の担当者にとって不利益  
win win ではない！
  - Inbound Supply Chain において有効
- 最適概念の限界
  - スループット
  - 長期的視野の不足
- 曖昧さの排除
  - 仕様が決まっていなければスケジュールできない

# TOC／DBR／OPTの問題点

- ビジネス改革の5ステップ
  - 生産能力を増やす方向にのみ作用する。
  - 生産能力のアンバランスが前提、均衡した生産現場ではボトルネックのダッチロール現象
  - 業務改革を重点指向で進める点は評価できるが、全員で取り組むTQC／TQMに比べてビジネス改革スピードは遅い。
- DBR
  - 順序引き(FIFO)が前提。飛び越しや逆流があると、狂いやすい。
  - すべての工程が一つの計画に基づいて活動することが前提。もしも、サプライヤーが他の顧客からの仕事を取ると、順序が狂いやすいし、不意にボトルネックになることがある。
  - 中間工程は生産性向上のためにGTなど、独自の生産性向上の工夫を加えることを拒否される。
  - 見込み&受注型の生産形態が意識されていない。
  - 仕様が変わると、計画変更になり、仕掛品/在庫の奪い合いが起きるため、約束納期遅れになりやすい。

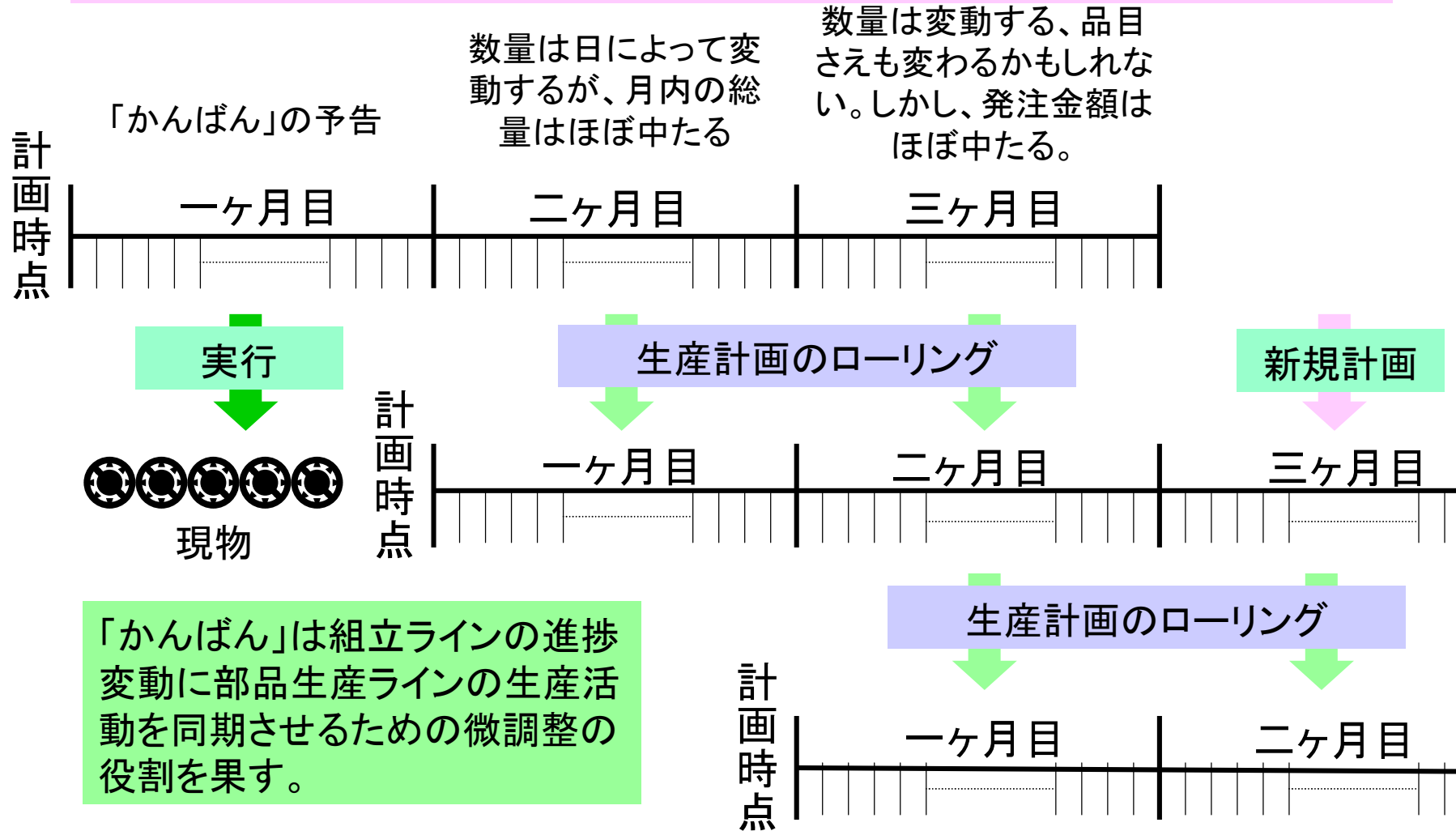
## 2. 進化し続けるトヨタ生産方式

- トヨタ生産方式は変わり続けている。大野耐一氏が引退した後の変貌には目を見張らせるものがある。いまでは情報技術をうまく活用する生産方式であるとトヨタの首脳陣は主張している。
- しかし、トヨタ生産方式の基本部分が変わっていない。
  - カイゼン、ジャスト・イン・タイム、平準化、一個造り、にんべんのついた自動化、外段取、混流一個流し、U字ライン、多工程持ち、ジョブ・オーバーラップ、多能工化、横展開、etc
  - 情報システムの内容は現在も開示されていない。
- 新しいトヨタ生産システム(TPS)は基本部分の上に現場で働く人々の能力向上を図る工夫が織り込まれており、その方策として情報技術を活用している。
  - 自前主義、見える化、承認図方式、デザイン・イン、コンカレント・エンジニアリング、カスタマー・イン、水すまし、etc

# (1)トヨタ生産方式の顔:ジャスト・イン・タイム

- 徹底した在庫削減を目指すJIT生産
  - なぜ在庫削減を目指すか、その理由をGoldrattは的確に指摘している。
  - その方法は必ずしも一定でない。作るものの性質と作り方および需要動向に応じてうまく工夫されている。
- 「引き取りかんばん」
  - 組立ラインで部品を消費したら、その部品についている「かんばん」を前工程に送る。
  - 前工程は「かんばん」が来たら、指定された部品を、指定された時刻に、指定された量だけ、「かんばん」を添えて指定場所に納入する。
- 「仕掛けかんばん」
  - 枚数制御: 部品生産工程は予告された量の部品を用意するために、「かんばん」の必要枚数を計算し、生産現場(初工程)に流す。
  - 生産現場では、「かんばん」を受け取り、指定された部品を、指定された量だけ直ちに生産する。できあがった部品を「かんばん」を添えて保管する。部品が出庫されたら、その部品についていた「かんばん」を初工程に流す。

## (2) TPSの柱となる三ヶ月資材調達計画





## (3) 新しいトヨタ生産システムの特徴

- 企業ネットワークによる製造

- MAP-TOP
- CALS
- E-COM(電子商取引推進協議会)

単に系列内企業を繋ぐのではなく、産業集積地域の一つとして日本国内の企業が円滑に連携できるよう情報技術の整合を図る。またその上に乗るビジネスの発展を促進する。

アーキテクチャ設計と標準インターフェース設定に重大な関心を持つ。新しい情報技術の発展を促進し、先端的な技術開発に協力する。

- 生産計画のローリング

- 三ヶ月資材調達計画の計画サイクル短縮
- 共通資材の見込先行手配
- 製品仕様の段階的詳細化

- 製品開発方式の改革
  - コンカレント・エンジニアリング: 製品開発段階に資材調達部門や生産技術門、製造部門が参画し製品開発期間と開発費用(企画から量産立ち上がりまで)を徹底削減する。
  - 新部品表管理システムの統合
  - 「トヨタ純正」部品で市場を圧倒する共通部品化とモジュール化
  - 外注先の技術能力を活用する承認図方式とデザイン・イン
- 顧客需要に敏感に反応する供給の仕組
  - トータルリードタイムの削減
  - 水すまし輸送
  - カスタマー・イン: 販売会社と工場を直結し、顧客オーダーを生産計画に組み込む、工場側から即刻納期回答するなど
- 自前主義
  - 自分達の責任で情報システムをはじめとする仕組を設計し、自分達の責任で改善・改良を重ねる。
  - パッケージを利用するときも、自分達の責任で上記が満たせることを確認して、選定する。満たせる場合は積極的に世界標準化を目指す。

### 3. TOCとTPSの主たる相違点と共通点

- 製番管理
  - 必要なものを、必要なとき、必要な量だけ作る方策として、製品生産オーダーと部品調達(生産あるいは購入)を紐付けする。
  - 生産ロットサイズを小さくすることにより、材料投入から製品完成までのトータルのリードタイムを短縮する。
- 生産変動に対応する若干のゆとりを仕組の中に組み込む
  - 「仕掛けかんばん」の枚数制御(TPS)
  - Time Buffer(TOC/DBR)
- 同期生産
  - 「かんばん」による一回遅れ同期。同一部品を繰り返し使用することが前提となる(TPS)。
  - スケジューリングによる同期。個別受注生産にも適用できる(TOC/DBR)。
- 無理な納期の注文への対処
  - スケジューリングによる実行可能納期を回答(TOC/DBR)
  - 予約による納期回答(TPS)

- 外注管理またはサプライチェーン・マネジメント
  - 現場管理においてスケジューラが立てた加工順序を崩さないことを前提とするDBR。外注先が複数の工場から受注すると、隊列が崩れる。
  - JIT納入できさえすれば、外注先が他から注文を取ってもかまわない、むしろそうすることを奨励するTPS。
- 業務改革
  - 収入の最大化を図るよう業務改革課題とその実行順序を経営管理者が制御するTOC。
  - 現場で働く人達の創意工夫と能力向上を刺激する方策として、自発的業務改革(TQC, TQM)を促進するTPS。
- 収益最大化を図る
  - ボトルネック工程をフル活用することによる収益最大化(TOC)。
  - 生産量の平準化を図り、設備能力、労働力の余剰を削減する(TPS)。
- 仕様変更への対応
  - 生産計画の仕様は確定していることが前提となるOPT
  - 生産計画のローリングによるしなやかな仕様変更(TPS)。