

生産ラインの生産能力評価ツールによる改善サイクルの高速化

Production Line Capacity Evaluation Tool to Accelerate Improvement Cycles

石川 翔太 ISHIKAWA Shota 高木 雅哉 TAKAKI Masaya

製造業において製品を計画どおりに生産・出荷するためには、生産能力を正しく把握する必要がある。一般に、生産能力はサイクルタイムや稼働時間などから算出するが、製造方式により入力項目や計算式が異なるため、複数の製造方式が混在する生産ライン全体の生産能力を算出することは難しい。

そこで、東芝グループは、異なる製造方式が混在する生産ラインでの生産能力算出方法を統一し、短時間に高い精度で計算できる生産能力評価ツールを開発した。また、このツールを利用することで、生産能力の計画値と実績値の乖離(かいり)要因を分析し、短期間で運用改善が可能な仕組みを構築した。

An accurate understanding of production capacity is necessary to produce and ship products according to plan in the manufacturing industry. Generally, production capacity is calculated from cycle and operating times. However, because input items and formulas differ depending on the manufacturing method, it can be difficult to calculate the overall production line capacity for multiple, mixed manufacturing methods.

With this in mind, the Toshiba Group has developed a production capacity evaluation tool that enables highly accurate calculations in a short period of time thanks to a unified calculation method for production lines with multiple, mixed manufacturing methods. Using the tool, we have established a framework for analyzing factors that cause deviations in actual results from planned production capacity values, enabling operational improvements in a short period of time.

1. まえがき

製造業において生産計画を達成するには、生産前の準備として必要な生産能力を確保するために、生産能力を正しく見積もらなければならない。生産能力は、一般にサイクルタイムや稼働時間などから算出するが、サイクルタイムのばらつきや設備停止ロスなどの生産能力の低下要因を考慮しなければ、実態と乖離した見積もりしか得られない。そのため、都度、計画していた能力(単位時間当たりの生産量)が出せていたのかどうかを振り返り、もし出せていない場合は、なぜ出せなかったのかを分析し、改善することが重要となる。また、より早い改善活動を継続することで、生産性の向上が加速し、事業競争力が高まると考えられる。

東芝グループは、国内外の拠点で様々なモノづくりを行っており、モノづくり力の強化に向けた活動を進めている⁽¹⁾。生産する製品には、量産品や大型のインデント品などがあり、生産ラインは、人手作業や設備加工、枚葉式生産やバッチ式生産など製造方式が多岐にわたっている。製造方式が異なると能力の算出方法が異なることから、能力は工程ごとに個別で管理されていることが多い。工程別に能力を管理する場合、算出方法が作業者のノウハウに依存することや能力の見直し頻度が異なることなどで、正しく生産ライ

ン全体の能力を見積もれないリスクが発生する。

そこで、東芝グループは、異なる製造方式が混在する生産ラインにおいても統一した能力の試算方法を定義し、能力の計画値と実績値の乖離要因の分析から運用改善までを短期間で実行可能とする生産能力評価ツールを構築した。

2. 生産能力評価ツール

2.1 生産能力試算方法の定義

一般に企業活動は、事業計画を起点とした製品やラインの設計から、生産計画立案、製造にいたる、価値具現化の流れとしてのエンジニアリングチェーンと、営業や、調達、製造、保守といった、価値供給の流れとしてのサプライチェーンによって表現される(図1)。

製造(投入、加工・組立、検査)は、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンが交わる箇所であり、人・モノ・金・情報といった様々なリソースがこの業務プロセスに集約される。

特に製造業では、製品の需要変動があるため、設備投資や、人員確保、資金調達、部門間の情報連携といった活動を通して、限られたリソースを最大限に活用しながら、供給量を適切に時間変化させていく必要がある。

設備を主要リソースとした量産工場では、能力の管理が

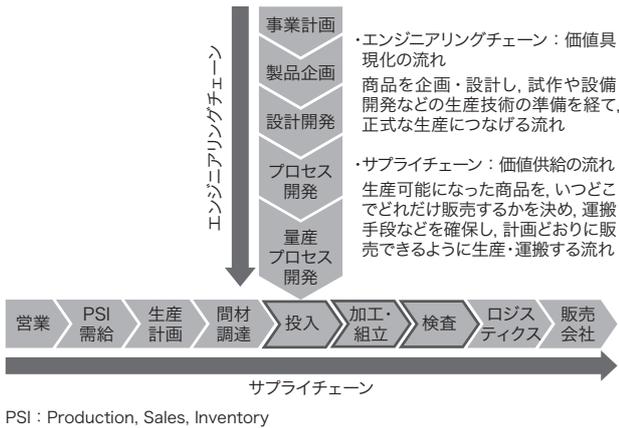


図1. エンジニアリングチェーンとサプライチェーン
 企業活動は、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンによって表現され、製造(投入、加工・組立、検査)において、これら二つのチェーンが合流する。
 Engineering chain and supply chain

重要となる。既存設備の能力向上としては、生産ライン上の能力の低い工程や設備を特定し、稼働率向上や、サイクルタイム短縮、ロット数見直しといった改善活動を行う⁽²⁾。また、将来の増産に備えては、新規設備の投資計画を行うための、適切な能力計算が求められる。

生産ラインを構成する工程は、様々な組立・加工や検査といった作業が存在するが、能力を構成する要素は全て、稼働時間・バッチサイズ・サイクルタイムの三つの設備能力パラメーターに集約される。

稼働時間は、工場の操業時間の中で設備を動かせる時間であり、設備保全活動によるトラブル未然防止や段取り時間の最短化により改善できる。バッチサイズは、1回の処理サイクルで同時に処理できる数量である。サイクルタイムは、1回の処理サイクルに掛かる時間である。

工場の操業時間における生産量は、式(1)で求められる。

$$\text{能力(個/日)} = \frac{\text{稼働時間(時間/日)} \times \text{バッチサイズ(個/回)}}{\text{サイクルタイム(時間/回)}} \quad (1)$$

1か月の生産量は、式(1)に稼働日数を掛けることで算出できる。設備能力パラメーターは、計算対象の設備や処理する品種によって異なる⁽³⁾。品種による違いは、品種の要求数量で按分(あんぶん)計算することで、能力をより精緻に計算できる。

今回、これらの設備能力パラメーターを標準化することで、データの一元管理や複数工程の能力を横並びで比較できるようになった。評価ツールでは、設備能力パラメーターの計画値と実績値を入力して能力の計画値と実績値を算出するこ

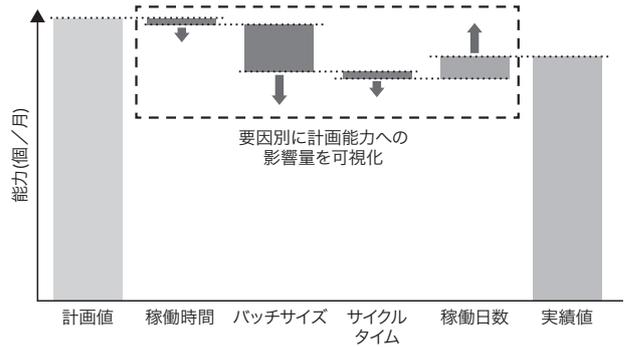


図2. 能力の計画値と実績値の比較画面
 能力算出のパラメーター別に影響量を滝グラフで可視化することで、能力の低下要因が分かる。
 Screen comparison showing planned and actual production capacity values

とで、能力乖離の要因を定量的に分析可能である。

2.2 能力の可視化

改善活動は、発生している問題を定量的に捉え、問題の発生要因を特定し、改善計画を作成・実行する活動である。生産性の向上には、これらの改善活動を継続的に実施し、改善サイクルを構築することが重要である。開発した生産能力評価ツールは、改善サイクルを素早く、また経験の浅い作業でも実施できるように、能力分析の可視化画面を備えている。

図2は、生産ラインのうちの1工程の能力について、計画値と実績値との乖離を滝グラフで示す可視化画面であり、縦軸は能力を表している。グラフの左端が計画値であり、能力算出のパラメーター(稼働時間、バッチサイズ、サイクルタイム、稼働日数)別に計画値への影響量を定量的に示している。能力の低下要因となるパラメーターは下矢印、増加要因となるパラメーターは上矢印で表示される。この例では、稼働時間やサイクルタイムが小さな能力低下、バッチサイズが大きな能力低下の要因となっていることが分かる。また、これを挽回(ばんかい)するために、臨時出社など稼働日数を増やして対応したが、計画値まで能力を増やせなかったと読み取れる。このように、滝グラフによって、能力の計画値と実績値が乖離する要因をパラメーター別に把握できる。

このような可視化画面から、乖離の要因となるパラメーターを特定できるが、複数の設備で製造している場合、どの設備に問題があるかを特定するのは困難である。そこで、設備別に能力の計画値と実績値を比較し、能力の低下要因となる設備を特定するための可視化画面も設計した(図3)。これは、設備別に能力の設計値と実績値を比較した散布

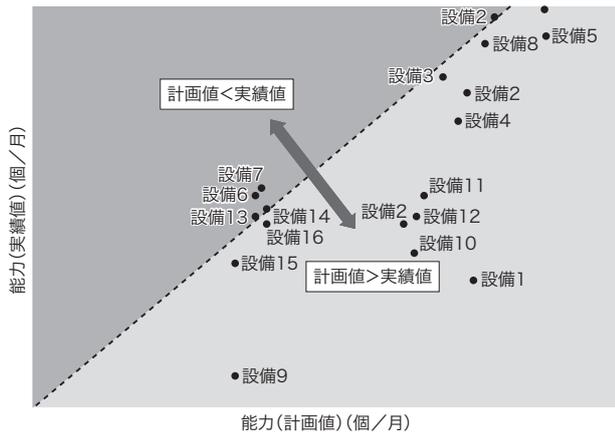


図3. 設備別の能力の比較画面

設備別に能力を比較することで、能力低下の要因となる設備を特定できる。
Screen comparison showing capacities for each piece of equipment

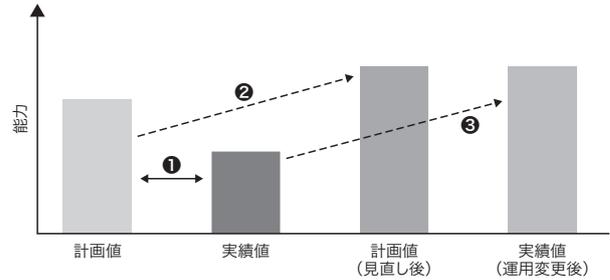
図であり、横軸は能力の計画値、縦軸は実績値を示している。また、破線は計画値と実績値が等しいところを表しており、破線より上側は実績値が計画値を上回っており、下側は実績値が計画値を下回っていることを示している。パラメーターに加え、設備単位での能力比較を行うことにより、能力低下の要因を簡単に捉えることが可能となる。この生産能力評価ツールを活用することで、生産部門が実施するデータ収集から分析までの能力評価業務を、従来の2日から30分まで短縮できた。

3. 生産能力評価ツールの運用

生産ラインの能力向上に向けた、生産能力評価ツールの運用方法は、図4に示すように、大きく三つに分かれる。

一つ目は、能力の計画値と実績値の比較による日々の振り返りである(図4の①)。この運用におけるPDCA (Plan-Do-Check-Act) サイクルの概要を図5に示す。計画値と実績値との比較の結果によるアクションは、計画値の見直し(図5のA)、実績の改善(図5のB)の2パターンに分類され、以下に、アクションの一例を記載する。

- (1) 計画値の見直し 能力の比較の結果、前提とするパラメーターを過剰若しくは過小に見積もっていた場合に実施し、パラメーターを実態に即した数値に見直す。
- (2) 実績の改善 能力の比較の結果、計画値が実績値より大きくなる場合に実施する。改善の流れは、2.2節で述べたとおり、まず能力の差異と低下要因を特定し、能力の低下要因に対して改善施策を検討する。図5に示すように、例えば稼働時間が能力の低下要因となった場合は、設備の待ち時間の短縮や設備保全に

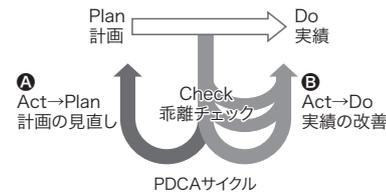


① 計画値と実績値の比較	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 現行の計画値に基づく能力計算(全工程) ✓ 計画値と実績値の比較。滝グラフ作成 ✓ 設備別の能力比較から乖離要因を特定
② 計画値の見直しによる能力計算	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 計画値を見直し ✓ 工程独立の静的な能力計算。割り付けの最適化計算 ✓ 運用変更施策を盛り込んだ計画値策定
③ 運用変更による実績値向上	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 運用変更施策を実行 ✓ 実行後の実績値に基づき能力計算 ✓ 効果測定

図4. 生産能力評価ツールの運用方法

能力向上に向けた運用方法は、①計画値と実績値の比較、②計画値の見直しによる能力計算、③運用変更による実績値向上の3種類に分かれる。

Operational scenarios for production capacity evaluation



要素	A 計画値の見直し(一例)	B 実績の改善(一例)
稼働時間	✓ 計画停止時間を実態に合わせて修正	✓ 設備の待ち時間を短縮 ✓ 設備保全により稼働率を向上
バッチサイズ	✓ バッチ充填率を実態に合わせて修正	✓ 前工程からの流れ込みを制御して充填率を増加
サイクルタイム	✓ サイクルタイムを実態に合わせて修正 ✓ 段取り時間を考慮	✓ 段取り作業を見直し、時間短縮 ✓ サイクルタイムのばらつきを低減
稼働日数	✓ 稼働日数の前提を実態に合わせて修正	✓ 計画値で定めた日数分の稼働を実施

図5. PDCAサイクルの概要

生産能力の計画値と実績値の比較結果からパラメーターごとに策定するアクションは、計画値の見直しと実績の改善の2パターンに分類される。

PDCA cycle overview

による稼働率向上により設備の待ち・停止ロスを削減し、稼働時間を長くする。

二つ目の運用方法は、設備投資や設備の運用見直し時における、計画値の見直しによる能力試算である(図4の②)。生産ラインでは増産に合わせて設備の更新や追加投資が行われる。生産能力評価ツールを用いることで、事前に設備の

更新・追加による能力の増加量をシミュレーションできる。

また、生産数を拡大していくとともに、市場の変化から生産する品種構成が変化していくことがある。各設備は、生産可能な品種が限られていることもあり、新たな品種を生産可能にするには、品質を担保するための技術検証など、実現までに長い時間を要する。このため、将来の生産計画に対し、設備ごとの生産可能品種をあらかじめ検討しておかなければ、品種の変化に対応できず、生産計画が達成できないリスクがある。生産能力評価ツールでは、設備別の生産可能品種を考慮した能力試算をしているため、設備の生産可能品種を変更した場合の能力をシミュレーションできる。このシミュレーション結果を基に、将来の設備ごとの生産可能品種を決めておくことで、技術検証の時間を確保でき、生産計画が未達となるリスクを未然に防げる。

三つ目は、運用変更による実績値向上である(図4の③)。二つ目の運用方法で検討した運用変更案を実行し、実績データから集計したパラメーターに基づき能力の実績値を算出する。このときの実績値と計画値を比較することで、改善施策が想定どおりに実現できたかどうかを確認できる。確認の結果、計画値が実績値より大きい場合、想定どおりに改善が進まなかった要因を抽出し、運用方法の改善や他の施策検討へのフィードバックに活用していく。

4. あとがき

過去の生産実績の振り返りや将来の能力検証などにおいて、分析から運用改善までのサイクルを高速化する生産能力評価ツールを開発し、運用を開始した。

開発した生産能力評価ツールは、工程ごとに異なっていた能力試算方法を全工程で統一し、能力の計画値と実績値との比較や能力向上に向けた改善アクションを短時間で実行できる。このツールを適用した製造拠点では、生産部門が実施する能力評価業務が、従来の2日から30分に短縮した。

今後、開発した生産能力評価ツールを活用し、東芝グループの製造拠点の生産性向上を加速させていく。

文 献

- (1) 岡 一廣, 蚊戸健浩. 生産ライン構築プロセスと生産管理プロセスの変革を加速するエンジニアリングツール. 東芝レビュー. 2021, **76**, 1, p.15-19. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/01/a05.pdf>>, (参照 2023-10-02).
- (2) 高納政敏, 蚊戸健浩. 製造拠点でのICTを活用した現場管理の高度化. 東芝レビュー. 2018, **73**, 1, p.20-24. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2018/01/73_01pdf/a06.pdf>, (参照 2023-10-02).
- (3) 柳町武志, 高木雅哉. 量産ラインの良品率向上に有効な装置組み合わせ適正化手法. 東芝レビュー. 2022, **77**, 1, p.35-38. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2022/01/f01.pdf>>, (参照 2023-10-02).



石川 翔太 ISHIKAWA Shota
生産技術センター 業務プロセス変革推進領域
グローバルモノづくり変革推進部
Global Manufacturing Innovation Dept.



高木 雅哉 TAKAKI Masaya
生産推進部 府中事業所 企画・管理部
日本オペレーションズ・リサーチ学会会員
Corporate Production Planning Div.