

TOC 制約理論による造船業の改善計画に関する研究

正会員 土井 裕 文* 正会員 篠田 岳 思**

Study on Improvement Planning for Ship's Industry by Theory of Constraints

by Hirofumi Doi, Member Takeshi Shinoda, Member

Key Words: TOC, Thinking Process, TPS, Throughput accounting, Constraint, Assumption

1. 緒言

日本の造船業は第2次大戦後壊滅した日本の産業界の復興を目指し、産官学が一体となり生産性開発（溶接技術+ブロック建造）及び財務投資の集中で目覚ましい生産能力を実現し、1957年には世界1の造船国の座を獲得した。その後のコストダウン努力や製品開発を続けてきたにも拘わらず他の追従を許している。今後のさらなる発展には改善計画の立案を必要としている。TOC(Theory of Constraints)はTPS(Toyota Production System, トヨタ生産方式)を基に考え出された全体最適理論である¹⁾²⁾³⁾。この理論はシンプルで改善効果が高い手法と考えられるが、これまで導入による実践的な取組があまりなされていない。本研究では、日本の造船業の発展のための改善計画についてTOCの適用について検討を行う。

2. TOCによる問題解決のための思考プロセス法

2.1 問題解決のための思考プロセス法

TOCでは問題解決のための思考プロセスとして、Fig. 1に示す様なダイアグラムを用いて、常に因果関係に基づき、結果・現象を引き起こす理由となる前提条件を考える⁴⁾。もしも、想定する結果・現象が起こらないと考えられるときには前提条件を精査する。この前提条件を繰り返し精査することにより、目指していた結果を導き出していく改善手法である。

2.2 TOCにおける収益の定義

企業は例外なく収益獲得・向上を目指しているが、その方法は各社により違いがあり、更に成果にはバラつきが生まれている。収益獲得状況が極めて他社を圧倒している会社を競争力が高いと呼んでいる。TOCにおける収益を本研究では、次式に示す極めてシンプルな式として定義する。

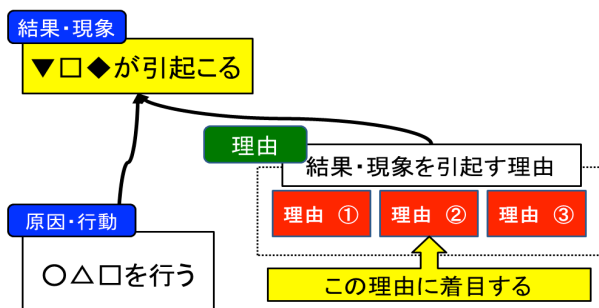


Fig. 1 Diagram of thinking process method in TOC.

* 三井造船 / 九州大学大学院工学府

** 九州大学大学院工学研究院

原稿受付 平成29年3月24日

春季講演会において講演 平成29年5月23, 24日

©日本船舶海洋工学会

$$(\text{収益}) = (\text{期間獲得限界利益}) - (\text{期間必要固定費}) \quad (1)$$

ここに、期間獲得限界利益とは期間中の売上から外部支払として期間中に支払う変動費を差し引いたものであり、TOCでは、これをスループットと呼んでいる。

TOCでは個々の工程の効率向上を目指すのではなく、全体の効率を上げることにより期間の総スループット増大を実現させる。例えば、Fig. 2には、各工程の生産性を数値として模擬的に示しているが、全体の生産能力は57である。しかし、個々の工程を繋げたときには、全体の生産能力は57ではなく、ボトルネックとなっている46になる。TOCでは、このボトルネックに着目して全体の生産性の向上により収益の増大（総スループットの増大）を目指す。

(1)式に示した本研究のTOCの収益の考え方は、ステイクホルダーが配当の源泉となる期間のスループットに注目し、個別の採算には興味がないことに似ている。また、期間とは一般的には年度を指すが、今日では企業環境の変化が早くなってきており、年度決算よりも四半期決算等を重要視することになり、企業活動のスピード感が大きな企業評価となってきている。

2.3 適用例：外部環境下での企業経営ロジック分析

TOCによる問題解決のための思考プロセス法の適用例として、ここでは外部環境下での企業経営ロジック分析を取り上げる。

(1) 外部環境下での企業経営

企業は自身ではコントロールができない外部環境の下で収益を上げ続けなければならない。強い企業とは如何なる環境下でも目覚ましい収益を向上し続ける企業ということになる。特に厳しい外部環境下では、Fig. 3に示す二つの異なる企業が対応する経営ロジックがあり、外部環境に左右される経営ロジックと外部環境に左右されない経営ロジックがある。このようなシンプルなロジックではその違いも明瞭になる。違いは生産拡大か生産縮小かという違いである。

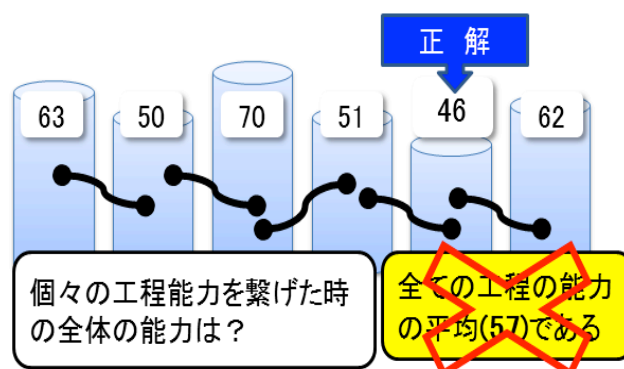


Fig. 2 Total efficiency governed by bottleneck.

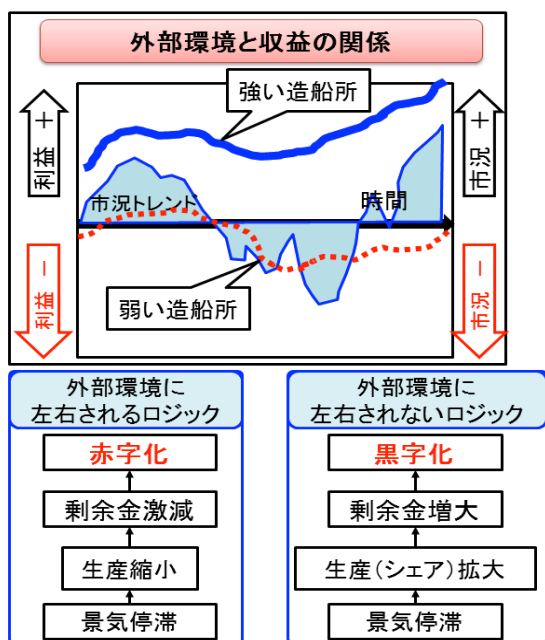


Fig. 3 Two different management logic under severe environmental condition.

(2) 企業経営のロジック分析

二つの異なる企業経営ロジックに2章に述べたTOCによる思考プロセスを適用して、企業経営ロジックを分析すると、経営ロジックの繋がり前提条件を明らかにすることができ、解決すべき課題が見えてくる。これをFig. 4に示す。

この図によると、黒字化を目指すためには赤字化を引き起こすロジックの繋がる前提条件を、黒字化ロジックの繋がる前提条件に、変えて行くことが必要であることが分かる。TOCでは成果が達成できるか如何は、常にその現象が起こる前提条件を考える。この前提条件が適切でない場合には、その前提条件による活動を強化してはならない。これは、あやまった前提条件による活動の強化は状況を更に悪化する危険な行動であることを示唆している。前提条件により得られた課題に対して真摯に対峙することが企業の経営改善には重要になると考える。

3.TOCによる前提条件の解決思考法

3.1 解消すべき前提条件と実現すべき前提条件

新たな未来を創る経営では、現在の状態を「何を、何に、どうやって変えるか」に対する答えを導き出すことが重要である。Fig. 5に企業経営ロジックの分析から「解決すべき前提条件」と「実現すべき前提条件」を対比させて表に示す。この「解消すべき前提条件」を「実現すべき前提条件」に同意させることこそが重要であるが、本研究では同意させたものと仮定して進める。

3.2 TOCによる前提条件の解決思考法

TOCによる解消すべき前提条件の解決法を見出すための解決思考法をFig. 6に示す。この方法では「解消すべき前提条件」を基にして、「解決策」、「どうやって実現するか」、「実現できたときのメリット」のように思考を進めて順序化することで、思考の展開を容易にしてシンプルに解決策を導き出す。

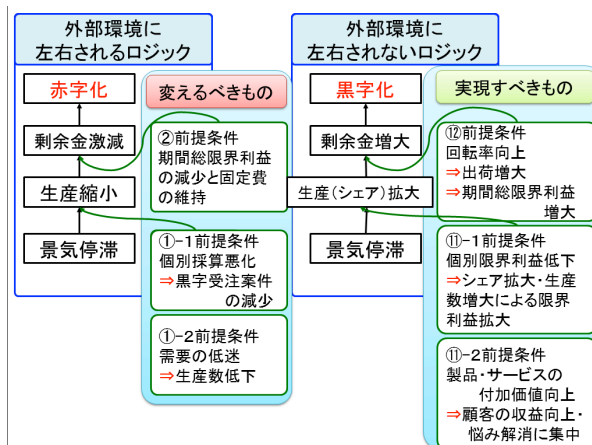


Fig. 4 Analysis of two different management logic under severe environmental condition.

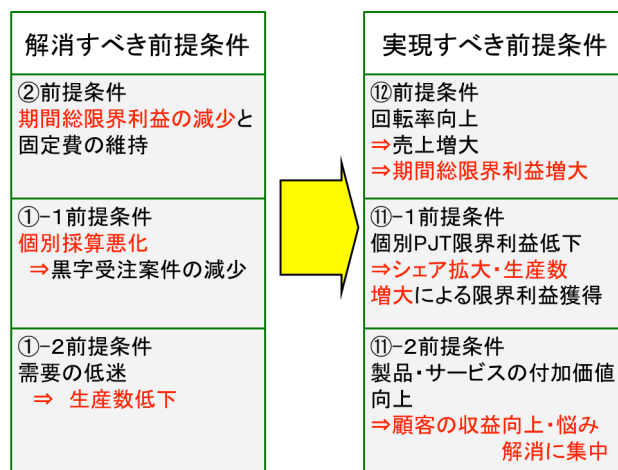


Fig. 5 Prerequisites of resolution and realization.

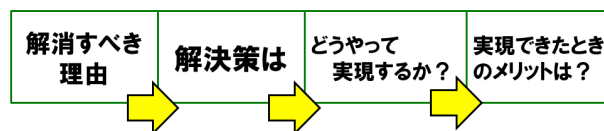


Fig. 6 Solving procedure of thinking process in TOC.

3.3 適用例：企業経営ロジックの解決策

Fig. 6に示した前提条件の解決思考法により、「解消すべき前提条件」を次々と展開して、解決策を導き出して行く。例えば、「期間総限界利益の減少と固定費の維持」に対する解決策はその前提条件が示す真反対の状況となる「売上増大（生産数増大・シェア拡大）による期間総限界利益の増加」である。そして、その具体的な方法を考えると、フロー中心のマネージメントを実行しリソースを増やすことなく回転率向上総限界利益の増加を実現するという考えが導き出される。更に実現できた時のメリットを考えることで実行への動機が醸造や気付かない懸念を知ることが出来る。Table 1に、順次「解消すべき前提条件」に展開して表としてまとめて示す。Fig. 7に、前提条件の解決思考法から得られた「解決策」と「実現すべき前提条件」を比較して示す。この図によると、「解決策」が「実現すべき前提条件」を創り出していること

Table 1 Application of Solving procedure of thinking process.

解消すべき前提条件	解決策は?	どうやって実現するか?	実現できたときのメリットは?
②前提条件 期間総限界利益の減少と固定費の維持	売上(生産数増大・シェア拡大)増加による期間総限界利益の増加	フロー中心のマネージメントを導入することで同リソースで回転率向上を実現し、総限界利益を増加させる	利益及び関係会社の従業員の給与の増大が実現できる
①-1前提条件 個別採算で評価⇒黒字受注案件の減少	受注を加速させる評価方法で受注判断する	キャッシュの動き(限界利益)と生産数を決定する制約に着目し、収益評価指標を考える。制約期間占有時間当たりの限界利益を評価指標に設定	獲得限界利益の総和の増加が進む
①-2前提条件 需要の低迷⇒生産数低下	シェア拡大による生産量増大	顧客の悩みを解消することに注力することで圧倒的な差別化を図り受注を増大する	顧客からの信頼が高くなり、顧客が手放せなくなる関係になる。

が分かる。これは、強い企業を生み出すロジックと弱い企業を生み出すロジックは全く逆のロジックであることが分かる。収益目標達成が望めないときは一気に現状のロジックを捨て、新しいロジックで経営をすすめる必要があることを示している。

4. TOC による生産フロー向上法

4.1 TPS の考え方

TPS (トヨタ生産方式) は経営思想であり、如何に短時間で現金化を実現するために企業組織全体の動きを成長スパイラルに載せるための工夫である。これは、付加価値を生まない7つのムダである「作り過ぎ」、「手待ち」、「運搬」、「加工」、「在庫」、「動作」、「不良品を作る」を見える化して、これらを有効に排除することと、ジャスト・イン・タイムのように「必要な物が、必要な時に、必要な量」を生産することにより、高品質・高生産性・短納期を目指し、生産性のフロー向上を行っている。

TOC は TPS を基盤にして生まれ、スループットの最大化による生産性の改善の思想である⁵⁾。

4.2 TOC によるスループット会計

TOC によるスループット会計について述べる。生産システムの速度・回転率は、最もこれらが弱いボトルネックにより決定される。つまり、ボトルネックの能力(通過期間、リードタイム)が、ある期間の生産数・売上を決められることになる。この生産数から個々の受注工事の限界利益の総和を算出して、総和が必要固定費を上回るようにすることが経営マネージメントの鍵になる。これを造船経営で述べると次のようになる。生産隻数を決定するものは概ね船台・ドック期間 Pd である。全て同じ船型が建造されるとして、ドック期間が同じと仮定した場合には、年間の船台稼働日数を Top とすると、建造隻数 N は次式で表わされる。

$$N = \text{Top} / \text{Pd} \quad (2)$$

個船の限界利益を TPi、システムの必要固定費を OPc と

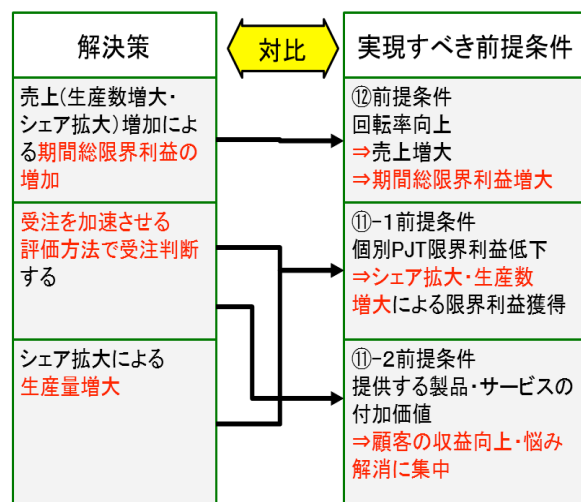


Fig. 7 Comparison of solution vs. assumption to be realized.

すると収益を示す(1)式は次式で表される。

$$(\text{収益}) = \sum_{i=1, N} \text{TPi} - \text{OPc} \quad (3)$$

(2)(3)式によると、収益向上は N を大きくすれば実現でき、N の最大化には Top を大きくすること、Pd を小さくすること、二つの方法を示している。しかし、Top はマーケットにより決定される数値となることから、企業の自助努力で改善できるものは Pd のみになる。

これは、生産フローを向上させるためには、ボトルネックとなるリードタイムを小さくすることに改善を集中することが収益を上げることと同等になることを示している。一般的には、企業はコストが下げることで収益を上げることに傾注するが、コストを下げてでもフローや収益は改善されとは限らないということを意味している。

4.3 DBR (Drum Buffer Rope) 法

TOC における生産フロー向上のための改善策として DBR (Drum Buffer Rope) 法が提唱されている¹⁾。これはボトルネック工程に注力して、ボトルネック工程での生産ピッチに合わせて、入口での投入量の制限を行い、ボトルネック解消に向けて生産システム全体を制御するシンプルな方法である。

生産システムに於けるボトルネック工程は、各工程の生産ピッチや生産能力を十分に比較して、有意差のある工程を見出すことが重要である。これは生産活動には揺らぎがあるため、各工程において、これらの有意差が無いと、日々ボトルネックが変わることとなり、生産システムの制御が難しくなるためである。

また、生産システムの全体の生産能力は、ボトルネック工程の能力で決定されるため、万が一、前工程からボトルネック工程に能力以下の仕掛品しか届かない事態が発生した場合には、貴重な生産機会を逸することになり、生産システム全体の損失を防ぐ必要もある。TPS においては最小仕掛品数量がこれに相当する。

4.4 日本の造船業と TOC の融合

冒頭に述べたように日本の造船業では戦後 12 年という極めて短期間で世界 1 位の建造量を達成した。この経緯

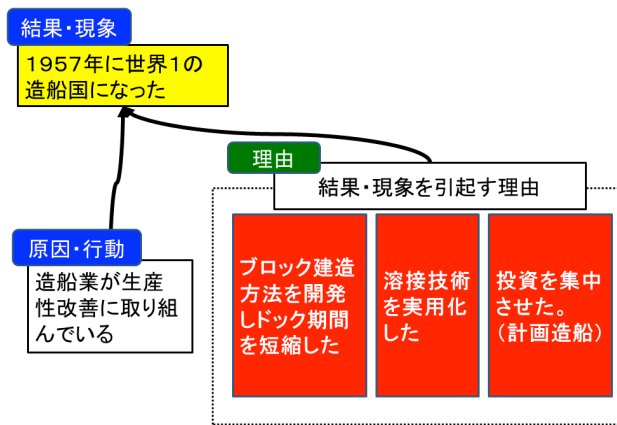


Fig. 8 Application of thinking process method for progressio of Japanese shipbuilding industry after World war second.

を Fig. 8 に示すように TOC の思考プロセスに基づき考察すると、次の様に述べられる。

TOC では生産量はボトルネックが全てを決定し、生産量を上げるためにはボトルネックの改善をすることと等価である。日本が当時生産量の世界 1 位を実現した理由には、当時の先端的な生産技術であるブロック建造方式を採用して、造船における生産量を決定づけるボトルネックであるドック期間の短縮に焦点を合わせて、建造システム全体を改善実施したことにあると考えられる。これにより、建造システム全体の生産性が目覚ましく向上して短期間で生産量を向上させただけでなく、その後も日本造船業は、さらにこの建造法の発展させるために溶接技術や計画造船のような各種の改善に取り組み生産性を向上させてきた。

日本の造船業は今でも世界をリードする改善技術はあり、さらに発展できる能力は高い。課題としては実際の建造システムの生産性を上げ、収益性向上に直接つなげる必要があり、これの改善のためには、TOC の適用の有効性は高いと考えられる。

5. 結言

TOC による問題解決のための思考プロセス法、前提条件の解決思考法、生産フロー向上法について述べ、これらの方法の適用例として外部環境下での企業経営ロジック分析や企業経営ロジックの解決策について述べ、日本の造船業の発展のための改善計画の課題について考察した。

今後の日本の造船業の発展の課題として、建造システムの生産性を向上させて、収益性向上に直接つなげる必要があり、これらの改善のためには TOC の適用の有効性は高いものと考えられる。

参考文献

- 1) エリヤフ・ゴールドラット: ザ・ゴール、ダイヤモンド社、pp.552, 2001
- 2) エリヤフ・ゴールドラット: Standing on the Shoulders of Giants 巨人の肩の上に乗って、2006、ラミ・ゴールドラット: エリヤフ・ゴールドラット 何が、会社の目的を妨げるのか、第7章 ARTICLE、ダイヤモンド社、pp.308、2013
- 3) 大野耐一: トヨタ生産方式、ダイヤモンド社、pp.248、1978
- 4) エリヤフ・ゴールドラット: ザ・ゴール 2、ダイヤモンド社、pp.375、2002
- 5) エリヤフ・ゴールドラット: ゴールドラット博士のコストに縛られるな、ダイヤモンド社、pp.258、2005