

TOC思考プロセスを活用した造船業へのデジタルトランスフォーメーション戦略に関する研究

正会員 土井 裕 文* 正会員 篠田 岳 思**
 Study on Digital Transformation Strategy into shipbuilding Industry
 by TOC Thinking Process
 by Hirofumi Doi, Member Takeshi Shinoda, Member

Key Words: Cruise business, TOC, Digital Transformation, Blue Ocean Strategy

1. 緒言

現在は IT、AI 技術の指数的な発展が多くの産業で付加価値創出プロセスの変革を引き起こし、目覚ましい競争力を具備する企業が生まれている。造船業においては IT の活用は他の産業よりも早く取り組んだが、現在では IT 化の遅れは他の産業と比較すると大きくなっていると考えべきであろう。一方で、インダストリアル 4.0 が国策として推進するドイツでは、マイヤー造船のように IT 化を取り入れ大型客船建造において他を圧倒する建造システムを構築し極めて強力な企業競争力を具備する造船所も存在している。現在、日本では国策として市場の再興戦略が進められており、企業の経営の収益力の強化、透明性が求められている。IT 化は成長戦略の 1 つの大きな柱と考えられている。しかし、IT 化は手法であり目的ではないため明確な目的を設定し造船業に於ける IT 化導入を検討する必要がある。IT 化の役割、特にデジタルトランスフォーメーション (DX と略す) 導入の可能性について TOC 思考プロセスを用いて導入に関する評価検討を行った。

2. 大型客船建造で成功するマイヤー造船

マイヤー造船は 2000 年頃には労働争議が発生するなど経営危機に面していた。この時にインドネシアからの貨客船のロット発注を獲得し、経営危機を乗り越えた。現在は約 1200 億円規模の大型客船建造に於いて Fig. 1 に示す工期を実現し、年間 3 隻建造する世界第 7 位の造船所 (年間売上約 3500 億円) に急成長した。

2.1 大型客船事業環境

大型客船クルーズの世界人口は Fig. 2 に示すよう 2014 年時点で 2200 万人に増加し現在も成長市場となっている。その半数はアメリカ合衆国となっている。当時の市場規模は 14 兆円と言われている。つまり、クルーズ人口一人当たりの支出額は約 66 万円ということになる。大型客船の建造ヤードは限られており世界で年間 10 隻程度しか建造できない。大型客船事業のネックは建造ヤードの数が制約となっている。年間建造数が 10 隻とすると、客船建造への投資は 1.2 兆円/年程度となり、14 兆円市場が産み出す CASH フローの約 10%以下が建造に投資されている。

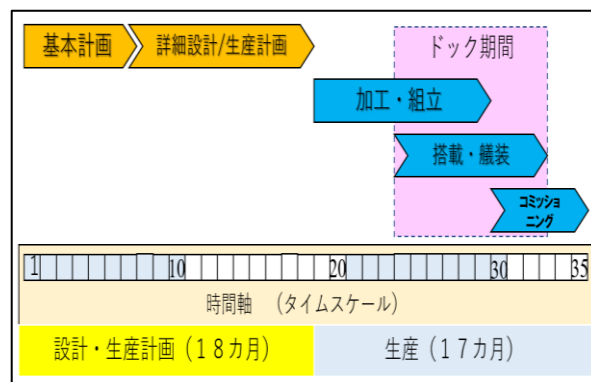


Fig. 1 Lead time on Large passenger ship by Meyer Werft.

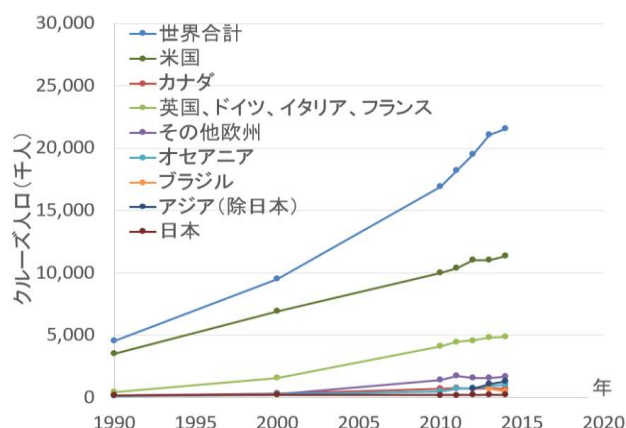


Fig. 2 Large passenger cruise population.

2.2 圧倒的な競争力とブルーオーシャン戦略

TOC では DCE(Decisive Competitive Edge)という圧倒的な競争力という考えがある。圧倒的という意味合いは競争相手が恐れを抱き競争を回避してしまうということになる。ブルーオーシャンとはコスト競争のように血を血で洗う過激な競争ではなく、市場を凌駕する状況を示す。ブルーオーシャン戦略とは TOC では DCE を構築することになる。

2.3 マイヤー造船の戦略分析

マイヤー・ベルフトの成功をブルーオーシャンとレッドオーシャンとに分けて思考の連鎖を客観的に考えてみた。Fig. 3 はその検討結果¹⁾を示す。市場を大型客船に絞り込み、IT 化を活用した高いフロー生産システムが、一般的にレッドオーシャンと言われる造船業界の中にブルーオーシャン化を実現したことが分かる。

* 三井 E&S 造船株式会社 / 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 令和元年 9 月 6 日

公開日 令和元年 11 月 14 日

秋季講演会において講演 令和元年 11 月 21, 22 日

©日本船舶海洋工学会

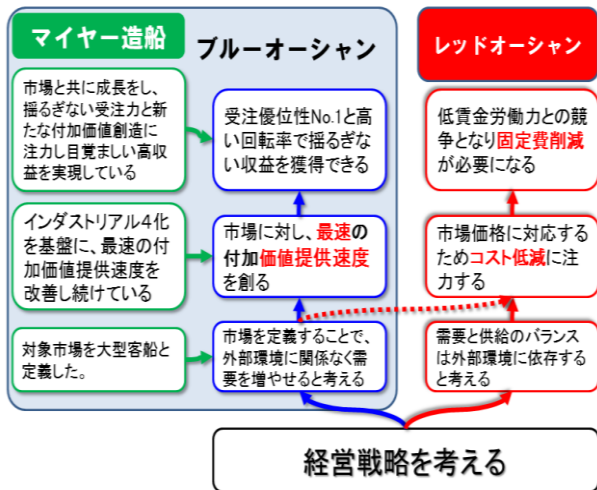


Fig. 3 Analysis on revival management policy of Meyer Werft.

	長所	短所
DXを 導入する	画期的な生産速度（工期短縮）が実現できる	大きな投資と期間が必要になる
	リソース不足を解消できている	リソース教育が必要になる
	改善がロジカルに推進出来る	ITメンテナンスの将来に対応不可となるリスクが生まれる
	新しい市場セグメントを作っている	現在の労働者がITに適應できなく離職するリスクが生まれる
現状の生産 方式を磨く	手慣れた現場生産改善は確実	他社との差別化には効果が少ない
	現場のモチベーションを損失するリスクが少ない	韓国・中国に勝つレベルは望めない
	投資費用が高額にならない	生産と改善を並行して行うので現場の負荷が高くなる
	追加リソースを投入する際に大きな混乱はない	

Fig. 4 Merit Demerit matrix on Innovating production way with DX.

3. DXを活用したブルーオーシャン戦略

3.1 変革や変化に対する抵抗とその対策

企業は常に変化を求められますが、一方で我々は基本的には変化には抵抗することが常である。理由は変化に対する恐怖、また、現状の利益を失いたくない等である。DXは極めて画期的なビジネスプロセス変革を想定するためその成果が大きいとしても投資額が大規模になるなどが予想され抵抗の発生は必至である。この抵抗をどう克服するかはDX導入をする上で事前に考えておくことが重要である。TOCではこの変化への抵抗を「変える」「変えない」の2つの行動に対するメリット・デメリットのマトリックスで説明している。Fig. 4は生産方式を変える、変えないについてまとめた。抵抗ロジックは「変える」ことのデメリットを過大評価し、「変えない」ことのメリットを過大評価することにより「変えない」という選択肢を正当化してしまうと説明している。この偏った理由による考えを是正し変化への適切なチャレンジを実行するための対策を考える。Fig. 5およびFig. 6は抵抗理由への対策を整理したものである。Fig. 7は対策の実行順を整理したものである。投資回収のロジックを先ず共有することが重要であることが分かる。

3.2 投資回収ロジック

企業の利益剰余金は(1)式で表される。

$$P = S - VC - FC \quad (1)$$

ここに P : 利益 (剰余金)

	短所	理由	対策
DXを導入する	大きな投資と期間が必要になる	IT化により全ての工程を変革させる必要があると考えるから	全体の効率向上を実現させるボトルネック集中のIT改善を行う
	リソース教育が必要になる	教育コストの発生がコスト低減を阻害するから	コストが低減するボトルネックの仕事が減らす教育から実施する
	ITメンテナンスの将来に対応不可となるリスクが生まれる	初期投資で長期間（半永久的に）使用するシステムと考えるから	投資回収をシステムの成長投資に割り振る計画を考え常にシステムの更新を行う経営戦略にする
	現在の労働者がITに適應できなく離職するリスクが生まれる	ITと聞くだけで拒否感と不安感を増大させてしまうから	現場には操作を不要とするITシステム化を構築する

Fig. 5 Countermeasure on demerit of innovation by DX.

	長所	理由	対策
IT生産方式に移行しない	手慣れた現場生産改善は早く進む	仕事のやり方を足元からすべて変えることを大きなリスクと考えるから	1つだけの変更（投入管理）にし、他の改善は従来の現場改善に任せる
	現場のモチベーションを損失するリスクが少ない	現場の自主独立的な管理監督がモチベーションに大きく寄与している	投入管理以外は現場の自主独立な管理監督に任せる
	投資費用が高額にならない	お金を使わないことが収益向上に寄与すると考えてしまうから	改善による効果が投資準備金を生み出していることを示す
	追加リソースを投入する際に大きな混乱はない	現場主導の改善によるリソース投入需要であるから	投入を絞ることにより仕事が途絶える状況を創り応援を加速させる

Fig. 6 Countermeasure on merit of maintaining production system.

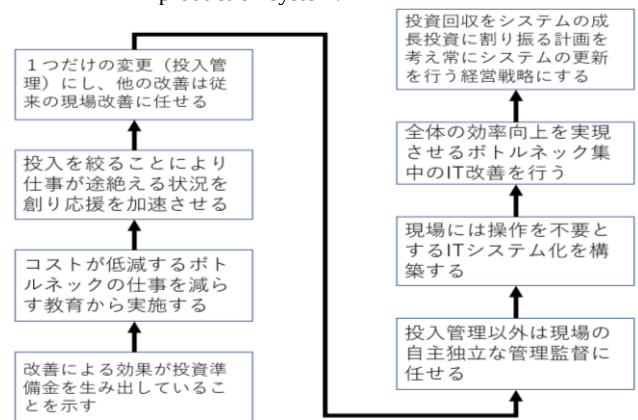


Fig. 7 Action sequence.

S : 売上
VC : 変動費
FC : 固定費

ここでTpをスループット（限界利益）として $Tp = S - VC$ とおき、(1)式を時間で微分を行うと(2)式になる。

$$\frac{d}{dt} P = \frac{d}{dt} Tp - \frac{d}{dt} FC \quad (2)$$

企業継続にはPが正の数字となる適切なCASH FLOWが生まれている。つまり、(2)式が正の数字であることである。固定費の消費速度は経営期初に定義することにより固定数字となるので如何に限界利益獲得速度を上げることが企業経営・成長の鍵となることが分かる。

3.2.1 造船業に於ける限界利益獲得速度の算出方法

限界利益は製品・サービスを提供と共に獲得ができる。この製品・サービスの生産数はそのシステムのボトルネックに依存することをゴールドラットは示した。ゴールドラットによると着目すべきは制約となる場所・占有時間をどう活用するかが限界利益の総量に大きく影響し、限界利益獲得速度は次式のように表わされる。

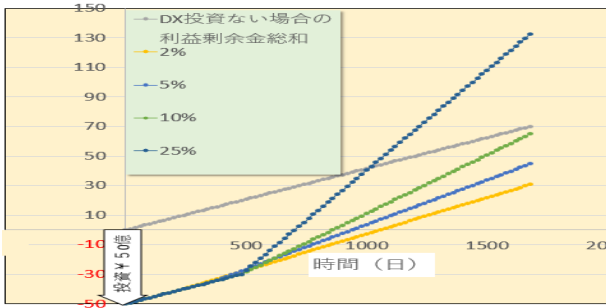


Fig. 8 DX investment return study with various shortening LT results.

$$\frac{d}{dt}Tp = \frac{Tpi}{Tci} \quad (\text{円/日}) \quad (3)$$

ここに、

Tpi : 個別プロジェクト i の限界利益

Tci : 個別プロジェクト i が制約を占有する時間、一方、比較すべき固定費消費速度を同様に式に表すと以下になる。

$$\frac{d}{dt}FC = \frac{FC}{\Sigma Tci} \quad (\text{円/日}) \quad (4)$$

ここに、 ΣTci はその企業の制約稼働総時間
収益向上の評価式は下記となり、個別プロジェクトの収益評価が個別の損益計算に基づく黒字・赤字という評価とは異なる²⁾。

$$\frac{d}{dt}Tp > \frac{d}{dt}FC \quad (\text{円/日}) \quad (5)$$

個別損益の評価する量の単位は円であるが限界利益速度が指標となるので単位が円/日と異なることになる。 Tpi は基本的に市場主導で決まる。 Vf は経営者の意思と社会主導の賃金水準で決定される。すると、経営者が設計すべき経営指標を形成するパラメーターは Tci となること分かる。これを市場においてリソースに過剰な負荷を与えることなく目覚ましく短縮することが経営課題となることが分かる。DXという改善手法を導入する上でもこの経営課題は同じである。導入に際して目的を見失うことが無きようにすることが大変重要である。DX導入には投資が必要である。変化ある市場に対応するには投資無くしては成立しないと考えるべきである。その投資は限界利益獲得速度を向上させるべきものにならなくてはならない。これらを数式で表すと以下になる。

$$\frac{d}{dt}p = \frac{d}{dt}Tp - \frac{d}{dt}FC - \frac{d}{dt}Inv + \frac{d}{dt}Tp(Inv) \quad (6)$$

ここに、 Inv : 投資額

$Tp(Inv)$: 投資により増加するスループット

3.2.2 投資回収試算

投資が収益に効果を生み出し適切に回収される条件は(6)式が正の数になることである。DX導入による工期短縮が実現された場合の限界利益獲得速度の増大と限界利益増大による投資回収について試算を行った。

計算仮定：

- 1) 製品価格 : 30 億円
- 2) 変動費率 : 70 %
- 3) 年間生産量 : 10 基

- 4) 総固定費 : 80 億円
- 5) DX投資額 : 50 億円
- 6) 投資回収期間 : 5 年
- 7) 年間稼働日数 : 240 日

Tpi : 9 億円

$$\frac{d}{dt}Tp_i : 0.375 \text{ 億円/日 } (=9/(240/10))$$

$$\frac{d}{dt}FC : 0.333 \text{ 億円/日 } (=80/240)$$

$$\frac{d}{dt}Inv : 0.041 \text{ 億円/日 } (=50/(240 \times 5))$$

数値を(6)式に代入し $\frac{d}{dt}Tp(Inv)$ を求める。

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}Tp(Inv) &= -(0.375 - 0.333 - 0.041) \\ &= -0.001 \text{ (億円/日)} \end{aligned} \quad (7)$$

この計算は現状の利益剰余金獲得速度も投資回収に考慮されているため、若干の剰余金獲得速度が減少しても資金バランスが成立することを示す。これはシナリオの悲観的予想と考えることができる。投資額を成果によって回収すると(6)式は次の式になる。

$$\frac{d}{dt}p = -\frac{d}{dt}Inv + \frac{d}{dt}Tp(Inv) \quad (8)$$

(8)式で試算を行うと、次式の限界利益獲得速度が得られる。

$$\frac{d}{dt}Tp(Inv) = 0.041 \text{ (億円/日)} \quad (9)$$

この限界利益獲得速度の増分は現状の限界利益の獲得速度を何%増加することかを計算すると現状の付加価値創出回転率(工期)をどれだけ改善しなければいけないかが分かる。この数値はDX導入に於ける工期短縮の目標値となる。Fig. 8 はDX投資回収を工期短縮レベルによる効果を計算したものである。工期短縮の効果が大きいことが分かる。

$$\begin{aligned} \text{工期改善率} &= \frac{\frac{d}{dt}Tp(Inv)}{\frac{d}{dt}Tp} \\ &= 10.9\% \end{aligned} \quad (10)$$

3.3 ブルーオーシャン戦略の目的と達成のための中間目標

DX の活用を明確にするにはブルーオーシャン戦略の目的を明確にする必要がある。TOC 思考プロセスでは大

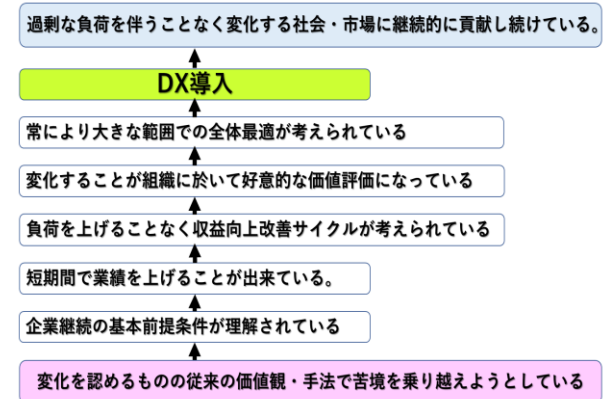


Fig. 9 Intermediate targets including DX injection by Ambitious Target in TOC thinking process.

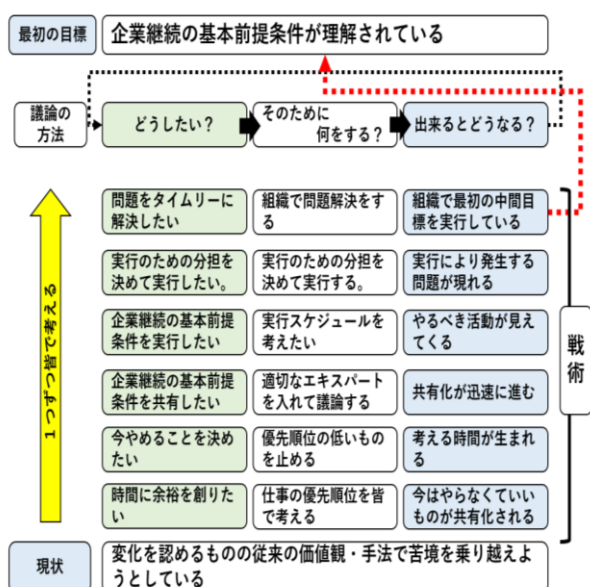


Fig. 10 Tactics to realize the first intermediate target.

大きな目標を掲げ、それを実行するための中間目標を考え、その中間目標の繋がりを整理し、最初に実行すべき中間目標を明確にするアンビシャスターゲットという思考方法がある。Fig. 9 はその思考例を示したものである。

3.3.1 最初の中間目標の達成方法

中間目標の順序を明らかにすることにより、最初のアクションが共有される。一般的には中間目標を考えると各タスクの担当が割振られ定期的に進捗をFUすることにより成果が獲得できると考える。順序を明らかにすることにより、後続の中間目標は直ぐには着手は困難であることに気付くことができる。Fig. 10 は現状から最初の中間目標までの実行すべき行動を導き出したものである。この方法は極めて身近な未来の推定を繰り返すことにより遠い未来を想像することを行っている。思考途上で未来が怪しい状況になると途中から見直すことにより適切な未来構築の工程表が作ることができる。この見直しは現状の先入観などに気付くこともできる。TOC では前提条件に立ち戻り考える重要なステップとなる。

3.4 対象とする市場におけるCASH FLOW成立の前提条件

製品・サービスが売れることから CASH FLOW は生まれる。この CASH FLOW が市場/社会の生活の安定をもたらす。Fig. 11 は VC 企業を想定したダイスシミュレーション³⁾結果を示す。投入を絞りシステム内の仕掛品を低減することにより CASH FLOW が改善されることが分かる。仕掛品は CASH が半製品で停滞している状態である。CASH FLOW が良くなることは半製品状態を解消し現金化までの時間を短縮することである。つまり、CASH FLOW 改善は付加価値生成時間を短縮することと一致することになる。DX 導入では IT 化による情報の早さが目覚ましく改善されるが、企業に於いては生産時間が短縮されないと CASH FLOW 改善が生まれないことに注意する必要がある。

3.5 DX 導入までの準備 (中間目標の解決)

TOCの改善方法は同時進行PJTを少なくすることにより十分なリソース投入を可能にし、急ぐことから順々に仕事が進められる。結果、従来よりも飛躍的な早いフロー

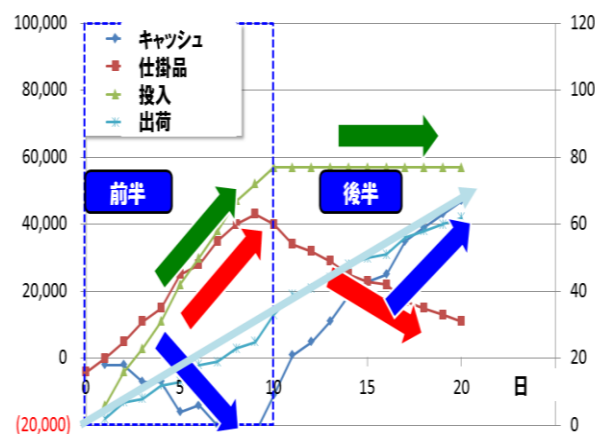


Fig. 11 Results of Dice simulation 30 days operation.

が得られる。最初のステップはPJTの凍結であり、設備投資が不要で、かつ止めることにより効果が生まれるので極めて迅速な財務状態の改善が得られる。DX投入までの中間目標はTOCの改善を実施することにより解決できる。短期的に財務状態を回復させた後にDXの導入を行うのでハイリスクな挑戦にはならなくなる。また、フローを改善し財務状態が良くなった状況が体感できた後なのでDXをどう導入するか等の知見の充実化が期待できる。

4. 結言

本論文では、ITの指数的发展が引き起こす第3、4次産業革命経済など変化が著しい経営環境において企業が生き抜くための1つの競争力構築としてのIT化(DX導入)について検討を行った。DXは手法の1つであり、かつ大きな投資を要するものであるため、企業の目的を明確にして投資回収の考え方を整理するとともに、導入に対する抵抗への事前対策についても検討を行った。以下に成果を示す。

- 1) 市場のセグメント化を行い、付加価値提供速度を目覚ましく改善し、需要過大のブルーオーシャン戦略を展開することが重要である。
- 2) 投資回収には付加価値提供速度向上による CASH IN 速度の増大で回収する計画とする必要がある。
- 3) 投資回収には工期短縮が不可欠であるため DX 導入の目的は工期短縮となる。
- 4) 工期短縮度合いが高いと投資回収期間が短縮され財務状態の向上に寄与する。
- 5) Innovation には組織の抵抗は避けられない、事前に抵抗理由を考え事前に対策を行うことが望まれる。

参考文献

- 1) 土井裕文、篠田岳思：TOC 思考法による戦略的な造船経営計画に関する研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集, vol.26, pp.385-386, 2018.
- 2) 土井裕文、篠田岳思：TOC 制約理論による造船ビジネスの針路策定に関する研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集, vol.25, pp.577-580, 2017.
- 3) Cox, J., Bergland S. and Jacob, D. *Velocity: Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance*, Free Press, USA, December 2009, 310 pages,