

シミュレーションによる製品・機能ベースプロセスの性能評価

Performance Evaluation of Product/Function Based Design Process: A Simulation Based Approach

正 鈴木 陽一郎 (株)日本海洋科学)

Yoichiro Suzuki, Japan Marine Science Inc

正 小山 秀夫 (千葉大学)

金 雁 (南カリフォルニア大学)

姜 嘉禧 (株)日本海洋科学)

Hideo KOYAMA, Chiba University

Yan JIN, University of Southern California

Gahee KANG, Japan Marine Science Inc

In order to achieve the efficient design process, various infrastructures and tools have been developed and provided with the advanced IT technology. On the other hand, the studies examining the *process performance* considering the interaction between *process elements*, influences of the elements, and the *process structure* formed by the relations between the *process elements* have not been achieved yet. In this paper, *process performances* regarding two types of design process, product based process and function based process, are examined. For this study, a *simulation* tool was applied to predict the *process performance* by various *performance measures*.

Key Words: *Process Structure*, *Process Elements*, *Process Performance*, *Simulation*, *Performance Measures*

1. 序論

1-1 研究の目的

これまで日本の製造業では、生産性を向上し、国際競争を勝ち抜くために、生産現場に対して多くの技術・手法が投入され、その生産プロセスは常に改善されてきた⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。しかしこれら手法は、例えば設計業務のように、仕事の処理において情報交換の必要が生じたり、期待した以外の結果が生じるなど例外が発生したり、発生した例外に関わる意思決定及び手戻りが発生したりするなど、確率的な事象(イベント)の連鎖を多く含むプロセスでは、プロセス変更の実行結果を正確に予測することができないだけでなく、試行錯誤の末に時間とコストを浪費するという問題がある。

その一方、設計部門などの生産現場以外においては、例えばCAD、CAMなどを含む様々なIT技術による支援⁽⁵⁾⁽⁶⁾によって開発期間を短縮するなど、弛まぬ努力がなされてきている。これらIT技術及びインフラを駆使したプロセス改革は、省力化、自動化などにおいて一定の成果をもたらすことができたが、プロセス改革の成功に不可欠な「適切なプロセスの設計」のための支援技術は提供されておらず、その結果プロセス改革の50%~70%は失敗した⁽⁷⁾とも言われている。

この問題を解決するためには、業務プロセスを構成する要素(人員、タスク、組織など)とその特徴(スキル、タスク難易度など)及びそれらプロセス構成要素間の関係を特定し、これら業務プロセスの設計がプロセス性能(パフォーマンス)に与える影響を分析することを可能とする技術⁽⁸⁾が不可欠である。

そこで我々は、業務プロセスの性能を、プロセス構造及び要素の特徴を含めたプロセス設計の結果として分析するためのシミュレーション技術であるPMT: Process Management Tool⁽⁹⁾を開発した。

本研究では、本シミュレータを用いて、製品ベースの設計プロセス及び機能ベースの設計プロセスの構造(Process Structure)の違い及び構成要素(Process Elements)が、それらプロセスの性能(Process Performance)に対して与える影響を、プレス金型設計プロセスを例にとって検討した。

2. PMT: Process Management Toolの概要

本研究で設計プロセスのモデル化、及びそのシミュレーションに使用したビジネスプロセスのモデリング・シミュレーションツールであるPMTについて説明する。PMTにおけるモデリングのための「概念モデル」は、図1に示すとおりである。企業のビジネスプロセスは、鍵となるコンセプト及びそれらの関係のセットである「静的関係」と、その動作又はダイナミクスを記述する「動的関係」によって定義される。

ビジネスプロセスの構造を表す静的関係は、大きく分けて4つのモデリングブロック、クライアントモデル(Client Model)、組織モデル(Organization Model)、プロセスモデル(Process Model)、資源(Resource Model)の関係で表される。図中左側のクライアントモデルは企業にとっての外部環境、右側の組織モデル、プロセスモデル、及び資源モデルは企業(エンタープライズ)内部の処理システムを表す。これら4つのモデル全てで、エンタープライズのビジネスプロセスを表す。

動的関係は、クライアント自身の活動(Client Operation)その活動に必要な要求(SRI: Service Request Item)の発生、要求の処理、それに伴う例外及びコミュニケーションの発生、及びそれらの処理によって定義される。クライアントから発生した要求(SRI)は、その要求に対応した処理プロセス(サービス)によって処理される。サービスは、1つ以上のオペレーション(SOP: Service Operation)の集合で、それぞれ実行の順番がある。SRIはこれらSOPでその順序に従って処理される。それぞれのSOPには、組織の要員(ポジション)が配置される。インフォメーション・プロセッシング(情報処理)の視点⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾から、要求、その処理に伴って発生したコミュニケーション及び例外の処理、及びそれらに付随する意思決定などのコーディネーションは全て処理すべき情報と考えられ、これらは情報プロセッサとしての要員によって処理される。

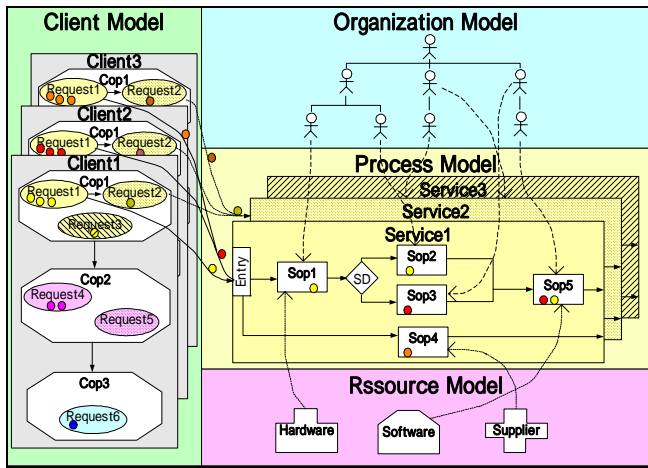


Fig. 1 Conceptual Model of PMT

3. プレス金型設計プロセスの課題

3-1 課題背景の設定

実際のプレス金型設計プロセスを元に、それらの共通の課題について検討できるように、次のような状況を設定した。

現状のプレス金型設計プロセスは、製品ベースプロセス（図2左）で、繁忙状態の継続のため処理能力の限界に達した。そこに更に大量の新入社員が配属されたことから混乱が生じ、処理能力が大きく低下した。業務プロセスに強く求められる要件は、たとえ繁忙状態が継続したとしても、決して処理能力を大きく減じることがあってはならないということである。そこで、解決策として機能ベースプロセス（図2右）への変更を検討する。

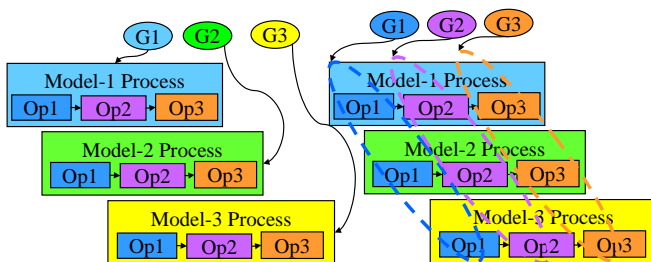


Fig. 2 Product / Function Based Process (L / R)

そこでこれらの背景設定を元に単純化したモデルによって、製品ベースプロセス及び機能ベースプロセスについて、解析・検討を行った。特に、「プロセスの処理能力」及び「プロセスにおける人員配置」の2点に焦点を絞った。

また、製品ベースプロセスから機能ベースプロセスへの変更に先だて、従来はプロセス設計に責任のあるマネージャーなどの経験及び勘に基づいて判断されていた重要な疑問が解明される必要がある。本研究では、これらの疑問点についても、シミュレーション結果の分析を通して解明した。

Table 1 Questions to be predicted

Questions	Predictions	
	Product Based	Function Based
オーバーロードに対する耐力は?	シミュレーションによる 分析・検討	
新入社員の配置はどうすべきか?		

3-2 プレス金型設計プロセスの設定

対象となるプレス金型設計プロセスについて、各工程、配置される人員、設計対象である製品群、及びそれらの特長など、シミュレーションモデルの作成に必要な情報を次のように設定した。

- (1) 6つの製品群に対してプレス金型設計を行う。
- (2) プレス金型設計プロセスは、試作型設計、試作型トライ、量産型設計、量産型トライ、の4工程からなる。
- (3) プレス金型設計プロセスは、最上流工程から最下流工程へ向けて容易な処理となる。最上流の試作型設計が最もスキルを要し、最下流の量産型トライが最もスキルを必要としない。
- (4) マネージャーを含めて50名の設計者が、プレス金型設計プロセスへ従事する。

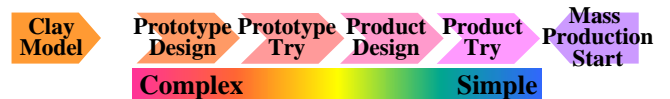


Fig. 3 Press Forming Dies Design Process

本調査で使用したPMTは、プロセスに配置された人員のスキルのパフォーマンスへ与える影響についても考慮する。そこで、対象となるプロセスへ従事する50名の設計者について、その各工程の処理に関するスキルレベルを設定した。設定詳細は、表2に示すとおりである。最も複雑な試作型設計工程に熟達している人員は最も少なく、最も簡単な量産型トライ工程に熟達している人員が最も多い人員構成とした。Person41~50の10名の設計者は全ての工程に対してスキルが低い新入社員とする。

Table 2 Properties of Human Resources

Staff's ID	Skills and levels			
	Prototype Design	Prototype Try	Product Design	Product Try
Person1~ 10	High	High	High	High
Person11~ 15	Medium	High	High	High
Person16~ 20	Medium	Medium	High	High
Person21~ 25	Medium	Medium	Medium	High
Person26~ 30	Low	Medium	Medium	Medium
Person30~ 35	Low	Low	Medium	Medium
Person36~ 40	Low	Low	Low	Medium
Person41~ 50	Low	Low	Low	Low

4. モデリング

PMTのモデルは、階層的な構造となっている。最上部の階層では、仕事の発生源である6つの製品群とそれらに対して設計を行う設計処理プロセスの関係を示す。

本研究のテーマである製品ベースプロセス及び機能ベースプロセスの構造は、設計処理プロセスの詳細として以下の手順でそれぞれモデルされる。

まず、各製品群から発生した仕事を処理するための工程フローを、製品群ごとに定義する。各工程フローは、試作型設計（Prototype Design）、試作型トライ（Prototype Try）、量産型設計（Product Design）、量産型トライ（Product Try）の直接的な設計オペレーションと、各オペレーションを指導する監督（Directing）及びその管理（Control Process）から構成される。直接的な設計と監督オペレーション、監督と管理オペレーションはそれぞれ情報依存関係を持つ。

次に、これら定義されたオペレーションを実行するポジション（要員）を定義する。設計及びトライなど直接的なオペレーションは設計チームが、各チームの監督オペレーション

はチームマネージャーが、管理オペレーションは GM (General Manager) が実行するよう定義する。

最後に、各ポジション間の意思決定関係を定義することによって組織が形成される。

オペレーションとこれを実行するポジションを定義するときに、製品群ごとに定義すると製品ベースプロセス(図4)工程ごとに定義すると機能ベースプロセス(図5)となる。

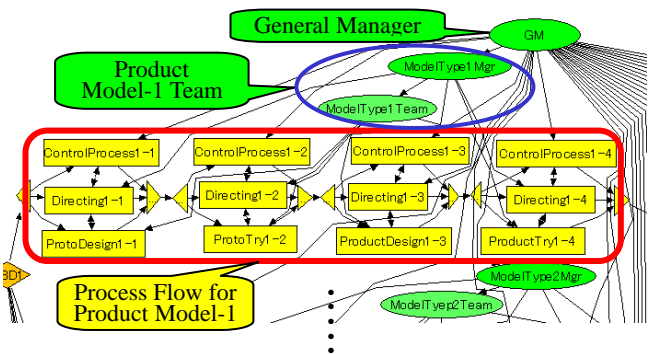


Fig. 4 Modeling Product Based Process

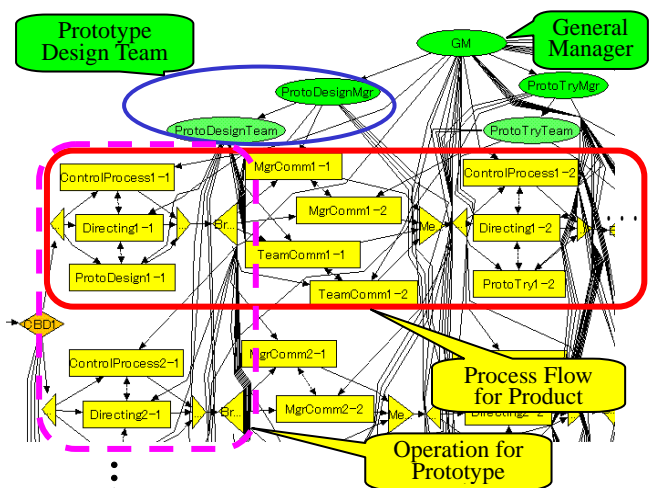


Fig. 5 Modeling Function Based Process

5. シミュレーション及び分析方法

5-1 シミュレーションシナリオ

本研究では、製品ベースと機能ベースプロセスの、処理能力及び人員配置方法について検討することから、各チーム間の平均スキルにおいて差がでるような4つの人員配置シナリオ(表3)を用意した。

シナリオ1とシナリオ2では、製品・機能ベースプロセスともに、全てのチームのスキルレベルが等しくなるように人員配置した。それに対してシナリオ3は、製品ベースプロセスにおいて、全てのチームのスキルレベルが互いに異なるように人員配置した。さらに、シナリオ4では、機能ベースプロセスにおいて、上流側の難しい2工程に配置されるチームの平均スキルが下流側の容易な2工程に配置されるチームに対して高くなるように、要するに配置される工程の難易度に対してスキルレベルが合致するように人員配置した。

Table 3 Simulation Scenarios

Scenario ID	Applied for	Human Resource Allocation
Scenario-1	Product Based	Skill Level of all teams are equal
Scenario-2	Function Based	Skill Level of all teams are equal
Scenario-3	Product Based	Skill Level of all teams are varied
Scenario-4	Function Based	Two teams has higher skill than the others

全てのシナリオは、表3で定義した人的資源の人員をもとにして作成されている。人員配置のイメージを下記(図6)に示す。

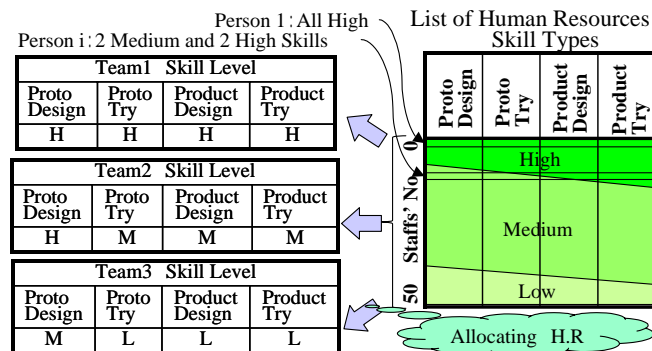


Fig. 6 Human Resource Allocation

5-2 シミュレーションの実行方法

全てのシナリオについて、設計プロセスへの負荷条件を50%から100%へ変化させてシミュレーションを実行し、各条件におけるパフォーマンス結果を記録した。シミュレーション期間は全て3ヶ月間とした。

5-3 分析方法

本研究での焦点は、「プロセスの処理能力」及び「プロセスの人員配置」の2点である。そこで、次の2つのパフォーマンス・メジャーに着目して分析をすることとした。

(1) プロセスの処理能力

プロセスの処理能力は、処理プロセスへの負荷条件と、各条件におけるスループット(月当たり処理数量)の関係から分析することとした。

$$\text{Unit TP} = \text{Total_TP}(\#) / \text{Sim_T} \quad (1)$$

Unit TP (#/Month): 月当たり処理数量

Total_TP(#): シミュレーション期間中の全スループット

Sim_T(Mo): シミュレーション期間(月)

(2) プロセスの人員配置

各プロセスの人員配置については、上述した処理能力以外に、各ポジションのコミュニケーション品質からも分析を行うこととした。コミュニケーション品質は、あるポジションが受け取ったコミュニケーション要求の中で、時間制限以内に処理することができたものの割合で表す。本シミュレーションでは、この制限時間を72時間とした。忙しすぎると制限時間以内に処理できるコミュニケーション要求の割合が減ることは容易に想像ができる。言い換えると、コミュニケーションの品質が劣化するということである。

$$\text{Comm_Quality} = \text{processed_comm}(\#) / \text{required_comm}(\#) \quad (2)$$

Comm_Quality: コミュニケーション品質

processed_comm: 処理されたコミュニケーション要求数

required_comm: 要求されたコミュニケーション数

6. 分析結果

6-1 プロセスの処理能力

Table. 5-1のシナリオ1及びシナリオ3、シナリオ2及びシナリオ4についてのシミュレーション結果を、Fig.6-1及びFig.6-2にそれぞれ示す。これらは、設計処理プロセスへの負

荷を 10%ずつ変化された時のスループット及び仕事の平均処理時間をそれぞれプロットしたものである。

図 7 には、製品ベースプロセスにおいて全チームの平均スキルレベルが等しい人員配置（シナリオ 1）と、互いに異なる人員配置（シナリオ 3）についてシミュレーション結果が示されている。

スループットで比較すると、シナリオ 1 はシナリオ 3 よりもピークが大きくなっている。この結果から、製品ベースプロセスでは、全チームの平均スキルレベルが等しくなるように人員配置をしたほうが、最大スループットが大きくなることが分かる。しかし、負荷レベルが大きい領域においては、人員配置の効果はほとんど得られず、負荷が増加するにつれてスループットが低下する。

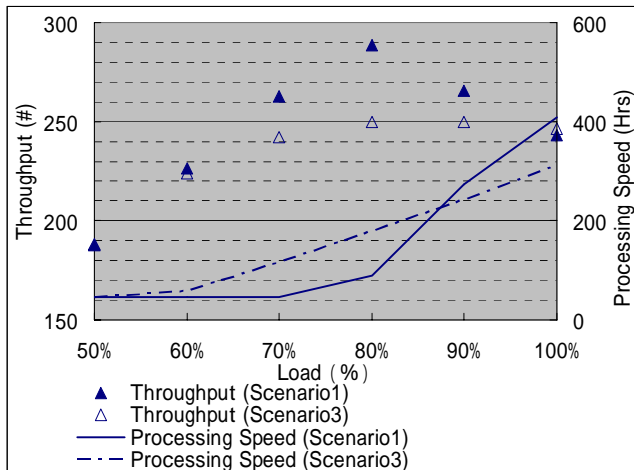


Fig. 7 Work Processing Performance (Product-b)

図 8 には、機能ベースプロセスにおいて全チームの平均スキルレベルが等しい人員配置（シナリオ 2）と、工程の難易度に応じた人員配置（シナリオ 4）についてシミュレーション結果が示されている。

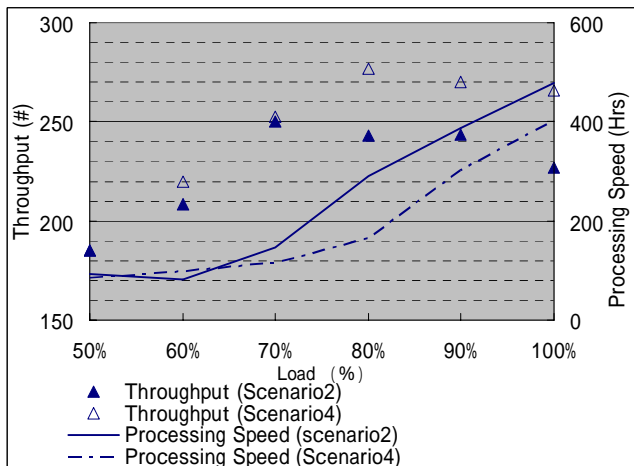


Fig. 8 Work Processing Performance (Function-b)

スループットで比較すると、シナリオ 4 はシナリオ 2 よりもピークが大きくなっている。この結果から、機能ベースプロセスでは、工程の難易度に配置されるチームの平均スキルレベルが対応するように人員配置をしたほうが、最大スループットが大きくなることが分かる。また、負荷レベルが大きい領域においても、製品ベースプロセスの場合のように大きく低下することなく、ほぼ一定を持続する。

これらの結果から、製品ベースプロセス及び機能ベースプロセスの仕事の処理能力に関して、次の結論を得た。

- 機能ベースプロセスは、製品ベースプロセスに比して、過負荷における耐力が大きい
- 製品ベースプロセスでは、人員配置によって最大スループットを改善することはできるが耐力は改善できない
- 機能ベースプロセスでは、人員配置によって最大スループット及び耐力ともに改善できる。

6-2 プロセスの人員配置

図 9 は、製品ベースプロセス及び機能ベースプロセスの、試作型設計工程と量産型トライ工程について、コミュニケーション品質を負荷レベルごとにプロットしたものである。製品ベースプロセスについては図 7 で処理能力が高かった方のシナリオ（シナリオ 1）の結果を、機能ベースプロセスについては図 8 で処理能力が低かった方のシナリオ（シナリオ 2）の結果である。先述したように、それぞれの工程の特徴としては、試作型設計工程が最も複雑で難易度が高く、量産型トライが最も単純で難易度が低い。

製品ベースプロセスでは、1つのチームが全ての工程を実行するため、試作型設計工程と量産型トライ工程の間にコミュニケーション品質の差はほとんどない。両工程ともある負荷レベルを境にコミュニケーション品質は低下する。

これに対して機能ベースプロセスでは、試作型設計工程のコミュニケーション品質はある負荷レベルを境に低下するものの、量産型トライ工程のそれは全ての負荷レベルを通してほぼ一定（100%）である。これは、前工程である試作型設計工程がその処理能力を超えた仕事を後工程へ流さないため、後工程では高負荷による影響を受けにくくなることが原因と考えられる。

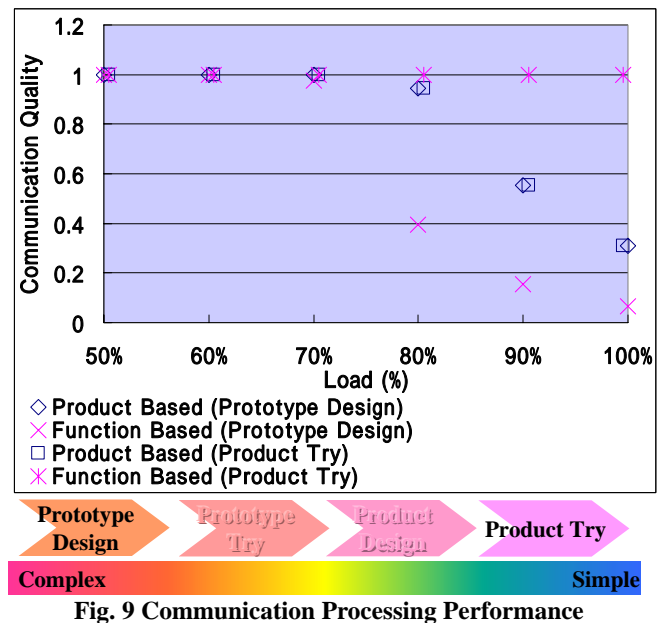


Fig. 9 Communication Processing Performance

これらの結果から、製品ベースプロセス及び機能ベースプロセスの人員配置に関して、次の結論を得た。

- 負荷レベルが高い状態における製品ベースプロセスでは、新入社員などのように多くの情報を必要とする人員は、十分な情報を得にくい
- 機能ベースプロセスでは、新入社員のように多くの情報を必要とする人員は、なるべく下流の工程に配置されるべきである

6-1 及び 6-2 の分析を踏まえて、表 1 で示したプロセス変更に関わる課題について予測をすると次の通りとなる。

Table 4 Questions and Predictions

Questions	Predictions	
	Product Based	Function Based
オーバーロードに対する耐力は?	脆弱	適切な人員配置で耐力強化
新入社員の配置はどうか?	人員配置では解決不可能	後工程へ配置

7. まとめ

プレス金型設計プロセスを例に、製品ベースの設計プロセス及び機能ベースの設計プロセスのモデル化及びそのシミュレーションを PMT によって実行した。その結果、PMT の概念モデルは現実の設計プロセスをモデルするのに十分であることが確認できた。また、そのモデルのシミュレーションは、効果的なソリューションを提示することも確認できた。更に、類似したプロセスをもつ企業へのインタビューを通して、本研究で得られた結果が現実に即したものであることも確認できた。

参考文献

- (1) Feigenbaum, A. V., Total quality control : engineering and management : the technical and managerial field for improving product quality, including its reliability, and for reducing operating costs and losses, (1961), pp627, McGraw-Hill, New York
- (2) Evans, J. R., & Dean J. W. Jr., Total Quality Management, Organization, and Strategy: 3 edition, (2002), pp416, South-Western College Pub
- (3) Hattan, M., Ichikawa, K., Kokubun, M., Task – Oriented QC Application Case Stories: New Challenges for the QC Circle (in Japanese), (1994), p278, JUSE Press, Ltd, Tokyo
- (4) Komiya, K., The Training Course for the business people to elaborate the Solving Capability (in Japanese), (2008), p214, Discover Twenty One
- (5) Hammer, M., Champy, J., Reengineering the Corporation: A manifesto for business Revolution, (1993), pp223, Harper Business, New York.
- (6) Chang, James F., Business Process Management Systems, (2006), p286, Boca Raton: Auerbach
- (7) Hammer, M., Reengineering work: don't automate, obliterate, (1990), Harvard Business Review, July-August, pp.104-12.
- (8) Jin, Y. and R.E. Levitt (1996), "The Virtual Design Team: A Computational Model of Project Organizations," Computational and Mathematical Organizational Theory, 2(3), 171–196.
- (9) Yahyaei, M., Suzuki, Y., Jin, Y., PMT: Modeling Enterprise Operations and Organizations, Proceedings of the Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2009, DETC2009-87117.
- (10) March, J. G., and Simon, H. A., Organizations, (1976), p262, John Wiley & Sons, New York.
- (11) Galbraith, J.R., Organization Design, (1977), p426, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.