

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	経営工学手法の活用とその推進に関する研究
Title(English)	Study of Industrial Engineering Techniques Utilization and Promotion
著者(和文)	熊坂治
Author(English)	Osamu Kumasaka
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10243号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鈴木 定省,飯島 淳一,宮川 雅巳,鍾 淑玲,永田 京子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10243号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

平成 27 年度 博士論文

経営工学手法の活用と その推進に関する研究

2016 年 2 月 15 日

東京工業大学

大学院社会理工学研究科 経営工学専攻

指導教官	鈴木 定省 准教授
氏 名	熊坂 治

概要

本論文は「経営工学手法の活用とその推進に関する研究」と題し、全6章からなる。

産業の発展は固有技術が発達しただけでなく、社会のニーズに応じて経営工学の手法も発達したことで実現されてきた。本論文は産業界で広く用いられている多様な経営工学手法に関して、その活用をさらに普及させる方法を探り、また活用にあたっての利便性を向上するための方策を提案、検証したものである。

第1章では、過去の産業界における経営工学手法の発展経緯を振り返り、時代の要求に応じて生産の効率化に貢献してきたその立場と有効性を確認するとともに、本論文の立ち位置と目標を設定した。

第2章では、当研究領域における主な先行研究を概観し、それらの成果を発展させた本論文の構造を提示した。

第3章では、社会における経営工学手法の利用度を評価するにあたり、Web検索で検出される手法名称を含むページ数が、アンケートから得られた手法毎の利用度との相関を示したことから、簡易的な手法利用度評価法となる可能性を得た。

第4章では、経営工学手法の情報を発信するポータルサイトに関して、アクセス数と各種要因との関係性を調査し、コンテンツ数との正の相関、Facebookでは読者から「いいね」をもらえるような共感を呼ぶ書き込みの効果、そしてメルマガ配信の効果を確認し、これらを通じて効果的な情報発信への知見を得た。

第5章では、各種の経営工学手法について効用から逆引きして整理した「ものづくり工学マトリクス」と、それを利用して組織の課題に有効な手法を抽出する手順を提案し、企業事例で検証した。

第6章では、本論文の全体を整理して結論をまとめ、今後の研究と活動の方向性を展望した。

本研究の貢献は、これまで個々に研究されてきた多くの経営工学手法を統合、整理し、これら手法を現業で利用しようとする、あるいは利用が有効と思われる関係者に対して、その活用への指針を示したことである。

この論文の研究が一助となって、産業界により多くの経営工学手法が普及し、より効果的に活用されていくことを期待する。

ABSTRACT

This paper is titled “**Study of Industrial Engineering Techniques Utilization and Promotion**” and is constructed of six chapters.

Industrial progress has been realized not only by the growth of specified technologies according to social requirement but by that of industrial engineering techniques and their requirement. This paper describes how many kinds of industrial engineering techniques are utilized in industries, how to promote them effectively in industries, and proposes a procedure to improve their utility.

The first chapter describes the history of industrial engineering progress in the past, reviews its position and usefulness to contribute to the productivity increase corresponding to demand of the era, and confirms the stand point and objective of this paper.

The second chapter gives an overview of the main precedent studies in this field and sets a framework for this paper to develop these results.

In the third chapter, techniques detected by Web search and the utilization of a techniques obtained from a questionnaire are investigated. The results of this investigation indicated significant correlation with evaluation utilization of industrial engineering techniques in industry and the possibility of a simple utilization rating system.

In the fourth chapter, the number of accesses and the relationship with various portal sites to send information about industrial engineering techniques are investigated. In addition, the correlation with the number of contents, the effect of a Facebook note which arose sympathy with a "Like" from a reader on Facebook and e-mail magazine deliveries are observed. Knowledge of effective information communication was obtained through this study.

In the fifth chapter, a "manufacturing engineering matrix", which was reversely looked up from various industrial engineering techniques by their effect, was created and a procedure to effectively extract the technique from the matrix for the organization's needs was suggested. This procedure was reviewed with an example.

Finally, in the sixth chapter, this paper is summarized, conclusions are made, and

the direction of future studies and activities are surveyed.

As a result of the work done in this paper, industrial engineering techniques have been consolidated in to one collection. These techniques can now offer guidance for those considering to utilize a technique or identify a technique that would be effective in their situation.

Through the study of this paper industrial engineering techniques should be expected to spread widely and to be utilized much more effectively in industry.

Keywords: Industrial Engineering Techniques, productivity increase, Web search, utilization rating, manufacturing engineering matrix

目次

第1章 序論

1.1 社会，産業の変化とそれに伴う経営工学手法の発達	1
1.1.1 社会，産業の変化	1
1.1.2 経営工学の発展と変遷	2
1.1.3 今後の産業変化と経営工学	4
1.2 産業界における経営工学手法の利用と限界	7
1.2.1 企業内での手法利用動向	7
1.2.2 手法による生産性向上の限界と期待	10
1.3 本論文の動機と目的	11
1.4 参考文献	12

第2章 関連研究領域と先行研究

2.1 はじめに	15
2.2 Web 検索を用いたデータ解析に関する先行研究	15
2.3 手法の利用度と有効性の評価に関する先行研究	16
2.4 経営工学手法を収集した先行研究	17
2.5 経営や問題のステージをインデックスとした手法整理の先行研究	20
2.6 手法利用の組織的，効果的な推進に関する先行研究	26
2.7 本論文の構成および既存研究との関連	28
2.8 参考文献	29

第3章 経営工学手法の認知度/利用度評価

3.1	はじめに	30
3.2	手法認知度/利用度のアンケート調査	31
3.2.1	アンケート調査方法	30
3.2.2	アンケート回答者プロフィール	33
3.2.3	アンケート調査結果	34
3.3	研究方法	37
3.3.1	調査項目	37
3.3.2	検索の設定条件	39
3.3.3	手法名称の設定	39
3.4	研究結果	40
3.4.1	手法毎に検出されたページ数	40
3.4.2	偽検出問題対応の検証	42
3.4.3	検出ページ数の時期変動	43
3.4.4	検出ページ数と手法普及度の関係	44
3.4.5	国別の検出ページ数傾向評価	45
3.4.6	年次ごとの検出ページ数推移	47
3.5	考察と将来に向けて	49
3.6	参考文献	51

第4章 経営工学手法情報の効果的発信方法

4.1	はじめに	52
4.2	先行研究	53
4.2.1	Web サイトへのアクセス活性化に関する先行研究	53

4.2.2	Web サイトの利用度を評価した先行研究	55
4.3	調査方法	55
4.3.1	Web サイトへのアクセス流入経路	55
4.3.2	Web サイト利用度の評価方法と指標	56
4.3.3	本研究のフレームワーク	56
4.3.4	研究対象ポータルサイト	56
4.3.5	調査対象期間と目的変数	58
4.4	調査結果	58
4.4.1	コンテンツ量の効果	58
4.4.2	情報発信の効果	60
4.4.2.1	Facebook ページ投稿の効果	60
4.4.2.2	メールマガジン配信の効果	61
4.5	考察	63
4.6	参考文献	67
 第5章 経営工学手法整理法の提案とその応用		
5.1	はじめに	69
5.2	研究の範囲と言葉の定義	70
5.2.1	研究範囲	70
5.2.2	言葉の定義	71
5.3	提案する経営工学手法整理法の構成	71
5.3.1	整理の作業手順	71
5.3.2	手法の選定	72
5.3.3	効果の抽出と整理	74

5.3.4 課題と手法の対応表「ものづくり工学マトリクス」	75
5.3.5 「ものづくり工学マトリクス」の利用法	75
5.4 手法優先度の設定	76
5.4.1 手法優先度設定方法の提案	76
5.4.2 手法優先度設定の実践例	77
5.5 考察	80
5.6 参考文献	81
 第6章 結論と課題	
6.1 本論文のまとめ	82
6.2 今後の展望	83
6.2.1 本研究のさらなる展開	83
6.2.2 データマイニングを使った経営工学手法の特徴研究	84
6.2.3 経営工学手法導入是非判断の体系化	84
6.2.4 高等教育機関や地方技術指導機関を通じた経営工学手法活用推進	85
6.3 参考文献	85
 謝辞	 86
 付録1 開発三種の神器	 87
付録2 ものづくり工学マトリクス全体図	92

図目次

1・1	世界各国の一人当たり名目 GDP 推移	1
1・2	日本の人口推移	2
1・3	製造業の重要項目と実現手法の推移	3
1・4	国内の製造業事業所数の経緯	4
1・5	産業別従事者数比率の推移	5
1・6	第二次産業の各種指標の推移	6
1・7	パナソニックの QSD（品質安定化開発）活動	7
1・8	日立製作所 HiSPEED21 活動の開発期間短縮効果	8
1・9	アルプス電気の「一発感動」システム	9
1・10	普及のステップ	11
2・1	本論文の構成	28
3・1	本章の位置づけ	30
3・2	回答者の年齢	33
3・3	回答者の職種	33
3・4	回答者の職位	34
3・5	回答者所属企業の従業員数	34
3・6	回答者所属企業の製品分野	34
3・7	回答者所属企業の創業年数	34
3・8	手法認知度結果	34
3・9	組織活性度結果	35
3・10	手法の認知率と利用率の相関	35
3・11	手法の認知者と利用回答者の相関	36
3・12	研究項目の関係およびフロー	38
3・13	検索表示上位と下位の対象率相関	43
3・14	検索アルゴリズム変更による検索結果の影響	43
3・15	概算ページ数と認知率の相関	44

3・16	概算ページと組織的利用率数の相関	45
3・17	日米の検出ページ数相関	46
3・18	日英の検出ページ数相関	47
3・19	手法の相対的ページ数の年次別推移	48
3・20	年次別総ページ数推移	48
4・1	本章の位置づけ	53
4・2	本研究のフレームワーク	56
4・3	コンテンツ数と訪問者数	59
4・4	メールマガジン配信後のクリック数の遷移	62
4・5	メールマガジン配信数と訪問者増加数	63
4・6	ポータルサイトの流入経路別訪問者数	63
4・7	Facebook タイムライン表示アルゴリズムによる訪問者数への影響	64
4・8	メールマガジン配信数と総クリック数	66
5・1	新しいものづくりプロセスへの要求	69
5・2	本章の位置づけ	70
5・3	本研究の対象範囲	71
5・4	本研究の作業手順	72
5・5	ものづくり工学マトリクス	75
6・1	本論文のフレームワーク（再掲）	82
6・2	普及のステップと各章の関係	83
付・1	品質表の例（物置）	87
付・2	TRIZ の考え方	88

表目次

2・1	調査対象となったメソッド一覧	17
2・2	経営工学の事典の項目一覧	18
2・3	品質管理学会誌特集テーマ	19
2・4	TQM ツールボックスの一部抜粋	20
2・5	Togue の Tool Matrix	21
2・6	Turner の Project Matrix	22
2・7	Turner の Day to Day Matrix の抜粋	23
2・8	生産性向上手法の逆引き INDEX の抜粋	25
2・9	VCP-Net 研究会の手法 BOK の抜粋	26
2・10	手法導入の成功要因	27
2・11	富士ゼロックスとトヨタ自動車の活動重要項目対照	28
3・1	アンケート設問 1	32
3・2	アンケート設問 2	33
3・3	利用率/認知率比上位 10 手法	36
3・4	利用率/認知率比下位 10 手法	36
3・5	検出されたページ数	41
3・6	国別比較に使用した検索式と基準化した検出ページ数比率	45
4・1	コンテンツ数の相関行列	59
4・2	コンテンツ数と訪問者数の分散分析	59
4・3	Facebook 関連項目の相関行列	60
4・4	観察期間中の Facebook 項目数	65
5・1	抽出した経営工学手法一覧	73
5・2	整理・統合された課題一覧	74
5・3	手法優先度設定手順	77
5・4	事例企業のプロフィール	77
5・5	事例企業での課題重要度	78

5・6	計算された手法重要度	79
付・1	ものづくり工学マトリクス全体図	92

第1章 序論

1.1 社会、産業の変化とそれに伴う経営工学手法の発達

1.1.1 社会、産業の変化

人々の幸福度は必ずしも一人当たり GDP で決まるものではないが、両者には明らかに相関がある[1]。今日の日本社会が比較的高い生活水準を享受しているのは、**図 1・1**に示すように一人当たり名目 GDP を典型とする戦後日本経済の発展が寄与しているといえる。この指標は 1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて世界で 1 番だった時期もあるが、経済バブルが崩壊した 1995 年以降は一転して停滞し、欧米諸国だけでなく今やアジア第 3 位に甘んじている[2]。

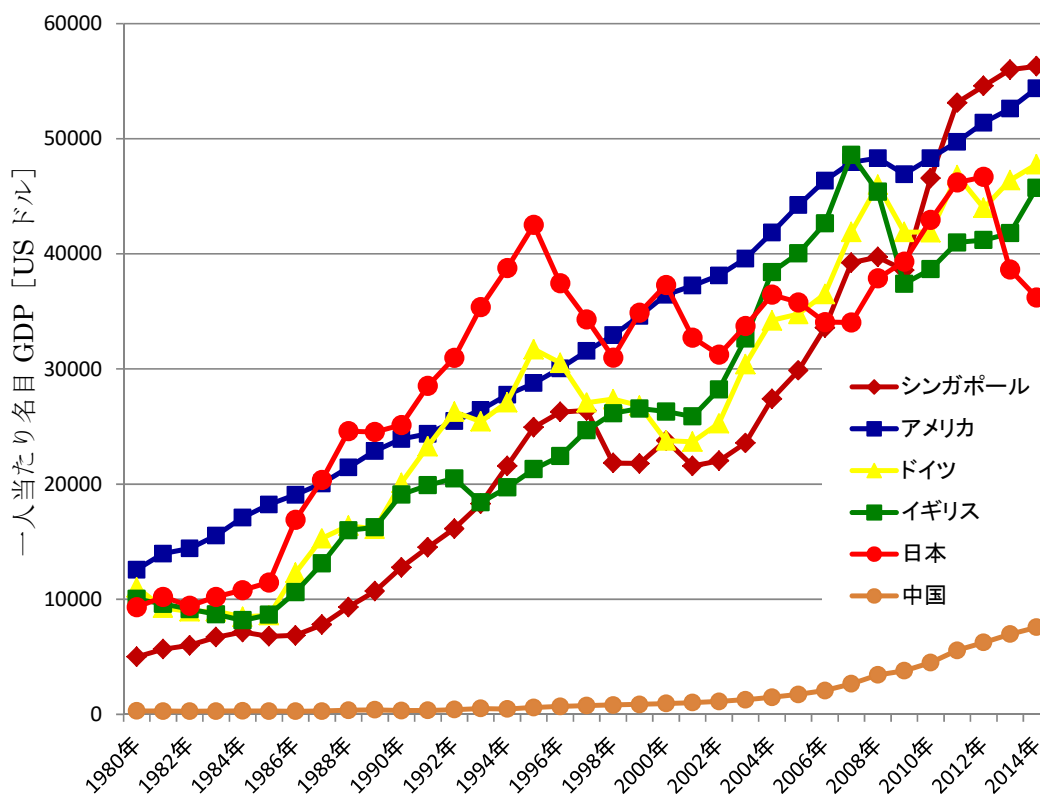


図 1・1 世界各国の一人当たり名目 GDP 推移（IMF データ[2]を加工して作成）

新古典派成長理論[3]によれば、定常状態での経済成長率は人口の成長率と技術進歩率の和である「自然成長率」に等しくなる。ここで日本の人口変化を見ると、**図 1・2**に示すように 1920 年から総人口 128,084 千人の最大値を示す 2008 年まで一貫して増加していたが、**図 1・1**の 1994 年以前の GDP の急激な増加を説明できるものではなく、この間の技術

進歩による生産性向上の要素があったと考えられる。[4]

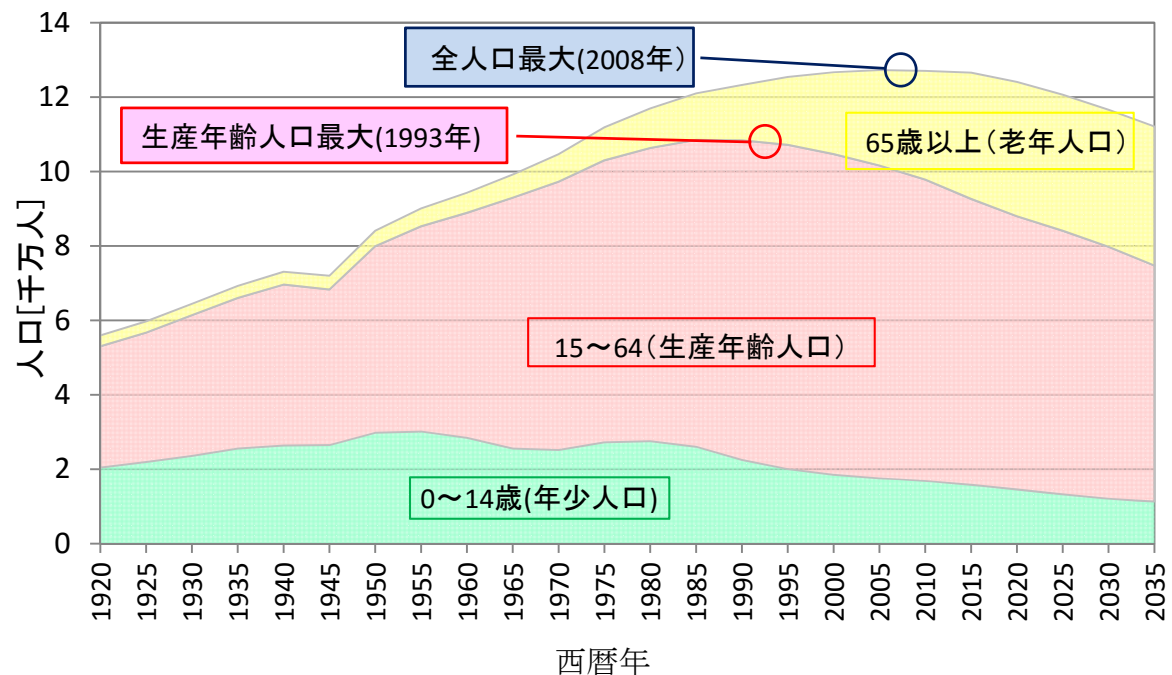


図 1-2 日本の人口推移（総務省統計局統計データ[5]を加工して作成）

さらに総人口だけの問題ではなく、1993年に主たる消費層でもある生産者人口が減少し始めたことや、消費財の普及が一巡したことで次第に買い替え需要中心の消費構造となってきたことが、市場需要を低迷させる原因になっている[6]。

林[7]は1990年代以降の経済停滞の主要因は、金融政策の失敗（信用収縮による投資不振と公共投資の非効率性）とTFP（全要素生産性）伸長率の低下であると分析している。特にサービス産業や事務系作業は、諸外国に対する相対的な生産性の劣位が指摘されており[8]、今後の豊かな未来を構築するためには、産業界全体で主体的かつ愚直な生産性向上活動を進めていく必要があり[9][10]、これまで主に製造業界で利用されてきた経営工学手法が活躍する分野として有望である。

1.1.2 経営工学の発展と変遷

製造業の産業的重要項目と、それを実現する主な経営工学手法の変遷を図 1-3 に整理した。

英国を起点とした産業革命で、動力を使用して大量生産が可能となったのは18世紀後半の話である。これによって匠の技も継承しながら、生産規模の拡大で多くの製品を安価で

社会に送り出す事が可能となり、社会が豊かに変化していった[11][12].

経営工学の起源である科学的生産管理を Taylor が米国で発表したのは、さらにその 1 世紀以上後であり、時間研究、動作研究、統計の応用などで生産の効率化が体系的に発展し、製品をさらに低価格で提供する事が可能となった[12][13].

第 2 次世界大戦後は、それら科学的生産管理が日本に本格的に導入されたのに加えて、Deming らが来日して統計的品質管理 (SQC) と全社的品質管理 (TQC) を指導し、それらが時代の産業要求と国民性に合致して、日本製造業の生産性と品質が急速に向上した[14][15].

しかし 1990 年代になって、日本は前述のように社会構造が変化し、必需品が行きわたり、低価格、高品質だけでは消費需要を喚起し難い市場となった[7]. 製品企画/設計で新たな価値を提案する必要性が高くなってきたため、開発 3 種の神器とも呼ばれる QFD/TRIZ/品質工学[付録 1 参照]の利用が普及してきている[16].

このように時代の要求が変化すると、それに応えるように有効な手法が提案され普及しているように観察される. それは製造業界が環境に適合して発展するとも見えるし、一方で必要以上の個体が生まれ環境に適合できない個体から淘汰されるという「進化論」[17]の類例かもしれない.

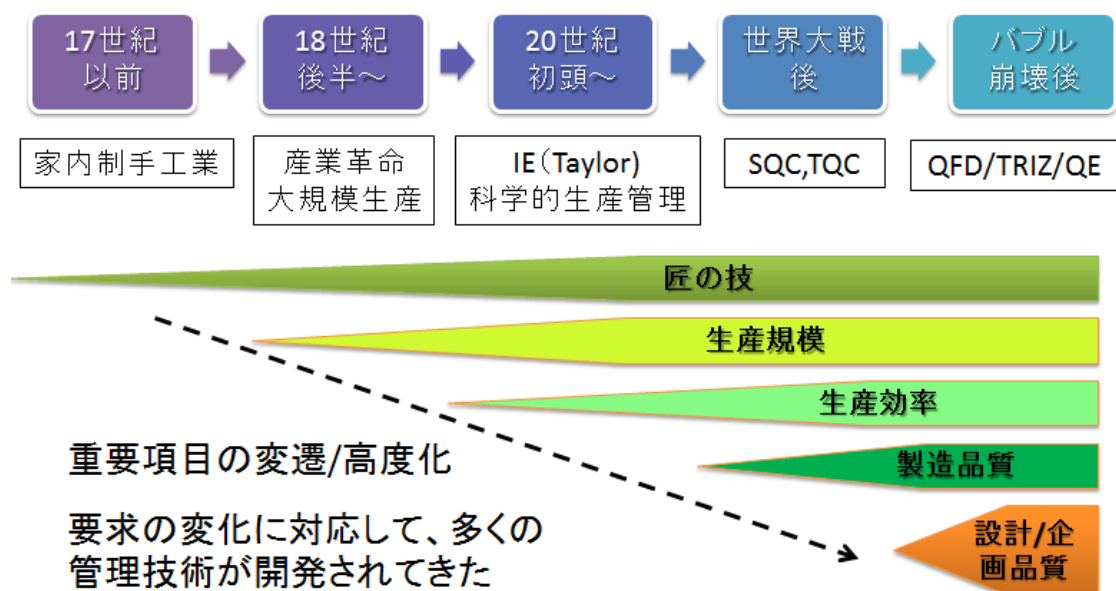


図 1・3 製造業の重要項目と実現手法の推移

図 1・4 に過去 30 年間の日本国内製造事業所数の変化を示す[18]。2000 年からの 10 年間だけでも 10 万事業所が減少している。その具体的な原因は個別に異なるものの、市場や社会の要求に応えられずに倒産もしくは廃業しているものも多いと思われる。

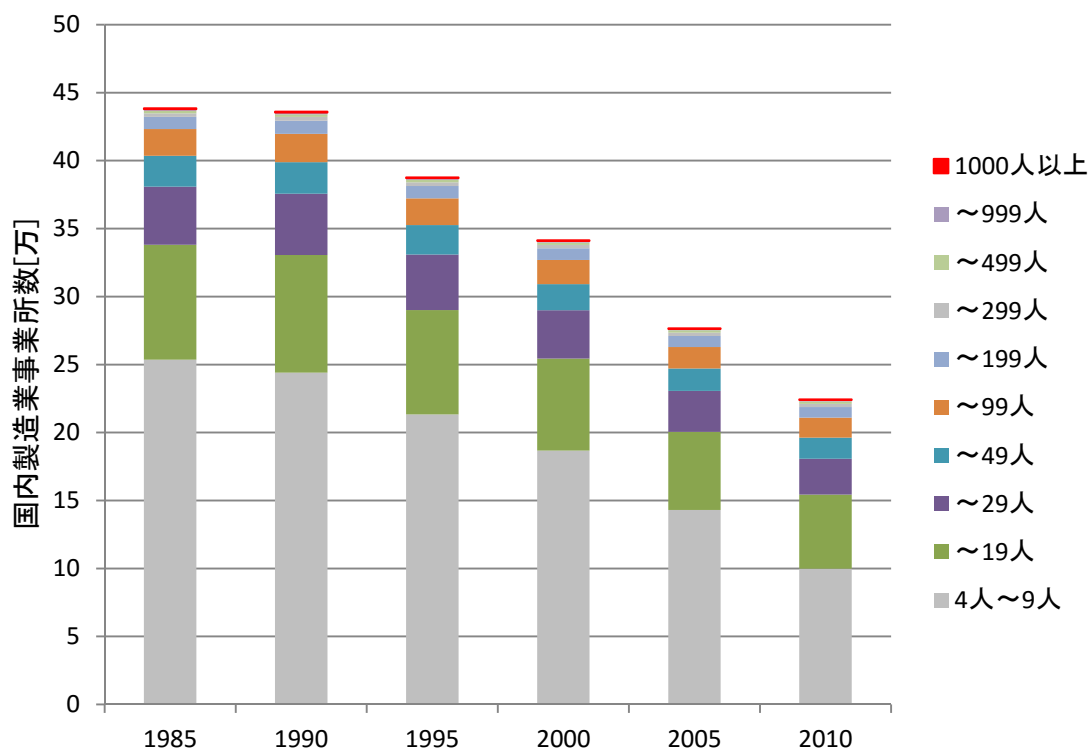


図 1・4 国内の製造業事業所数の経緯
(経済産業省工業統計調査工業統計表のデータ[13]を加工して作成)

時代の市場要求に応じて適切な手法を導入し、戦略、企画、設計、製造の現場で活用して、効果を確認しながら新しい事業、製品、プロセスの改善を続けるならば、その企業は継続できる可能性が高まるだろう。

そして、ある程度先進的な研究や挑戦が落ち着いた分野に関しては、手法を使いやすく整理、体系化してゆく作業も学究的な組織においては価値ある活動と考える。

1.1.3 今後の産業変化と経営工学

産業間の就業者数の変化を見てみると、国家によってタイミングの違いはあれ、第一次産業から第二次産業を経由して第三次産業に移っていくのが一般的であり、ペティ=クラークの法則と呼ばれている[19]。この状況は産業革命をいち早く経験した欧州に始まり、北米、日本の順で追随し、現在中国から ASEAN が進展中である。

図 1・5 を見て分かるように、130 年前に日本では就業者数の 8 割が第 1 次産業すなわち農林水産業に従事してようやく全国民に食料を供給することができていたものが、食料品輸入の増加があるにせよ、その後の農業技術進歩によって労働生産性が向上し、今やわずか数%の就農者によって 1 億 2 千万人を超える国民が生存できるだけの食料を供給している。しかし、この農業革命によって失業者が大量発生したわけではない。より高い付加価値を生産することができる第 2 次、3 次産業が、これら第 1 次産業から転職してきた人たちを受け入れてきたからである。

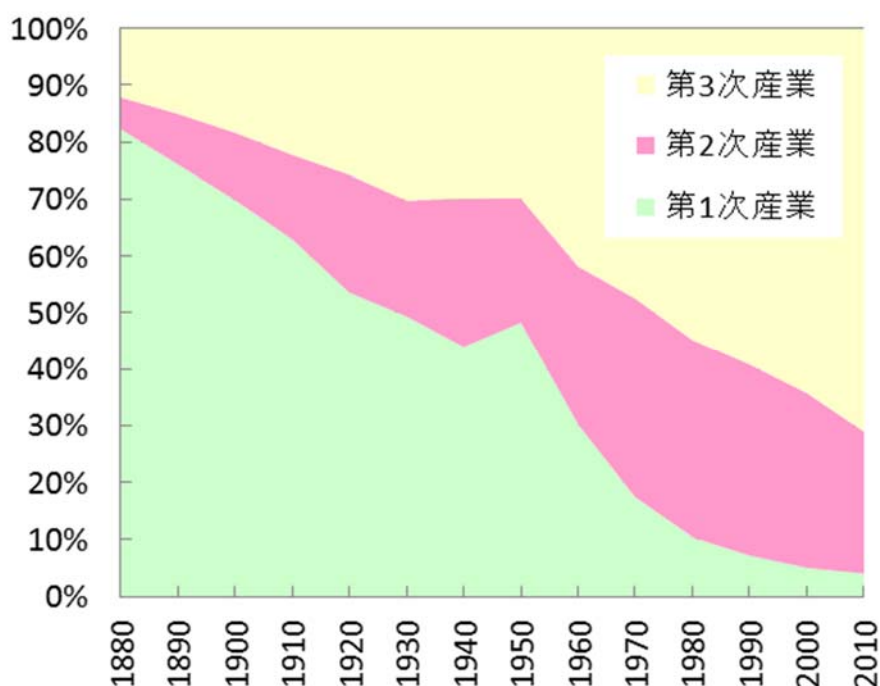


図 1・5 産業別従事者数比率の推移

(大川一司編「日本経済の成長率」[20]および国勢調査のデータを加工して作成)

このようにいずれの産業においても、生産性の向上でより豊かな生活を実現し、そこで余剰になった時間でさらに付加価値の高い産業を創出して労働生産性を向上しながら、社会はここまで発展してきた。そしてこれからも発展し、生活を豊かにしていくと期待したい。

もう一度図 1・5 を見ると、第 2 次産業の人口は 1980 年前後をピークとして減少に転じ、近年は製造業の就業者数が 51 年ぶりに 1000 万人を割り込んだと話題になっている。ただし図 1・6 の第二次産業各種指標の推移が示すように、確かに事業所数と就業者数は減少しているものの、出荷額は必ずしも減っていない。つまり一人あたりの出荷額にすれば 15 年間で約 30% も伸長しており、一人あたりの付加価値額も若干ながら上昇している。この

ように前述の農業と同じく，就業者を減らしながら近年も健全に生産性を向上させてきていることが分かる。

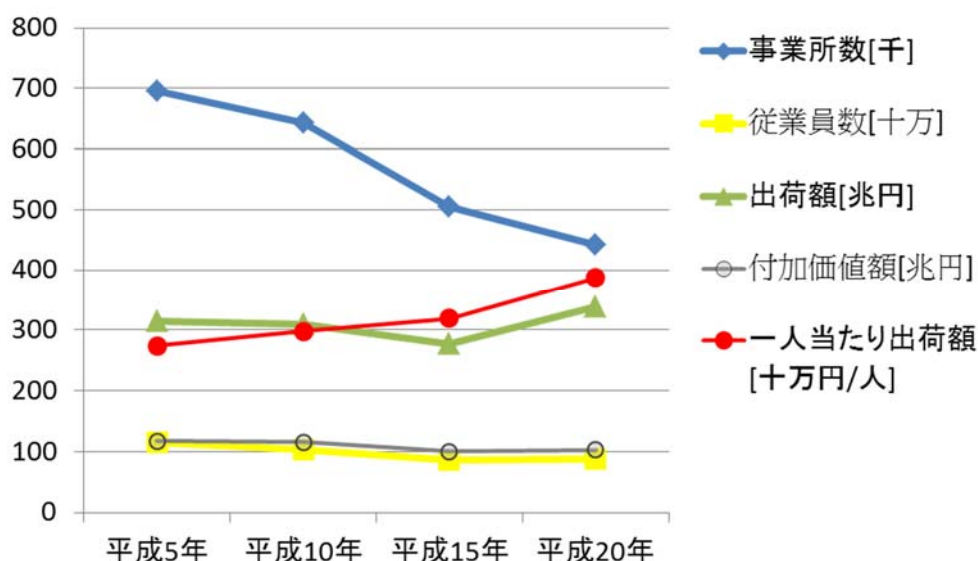


図 1-6 第二次産業の各種指標の推移

(経済産業省工業統計調査工業統計表のデータ[21]を加工して作成)

国内需要増大が望めない現代にあって日本が豊かになるためには，製造業の就業者数減少を食い止める事ではなく，さらに少ない労働で同等以上の生産額や付加価値をアウトプットする事，すなわち労働生産性の向上という手段もあるだろう．製造業におけるその実現手段は，Drucker が提起するところのナレッジワーク（知識労働）[9] であり，製品企画，開発設計はもちろんの事，製造現場における改善，革新もその手段と考えられる。

もし生産性向上による就業機会の縮小を懸念するのであれば，海外の需要を取り込んでグローバルに事業を拡大するか，世界水準に比較してまだ長い一人当たり年間労働時間を短縮するために，その生産性向上効果の大部分を使う事も有効だろう．

そしてそこで余剰となった労働者が付加価値の高い産業に移動する事で，国民の生活はさらに豊かになる．産業間の移動でなくとも，新事業への進出，あるいは事業内での職種転換でも良いはずだ．

海外に比較して低いと言われるサービス産業の生産性を改善するとともに，付加価値の高いナレッジビジネスを振興することで，日本の財政改善と生活水準向上を実現したい．

1.2 産業界における経営工学手法の利用と限界

1.2.1 企業内での手法利用動向

上記のような環境に伴い、多くの民間製造業各社では経営工学手法を組み合わせた業務プロセスを独自に開発して生産性を向上している。その中で公開されている例をいくつか報告する。

(1) パナソニック

パナソニックでは2000年からQSD (Quality Stabilized Development)活動という名のもとに、**図1・7**のようにQFD/TRIZ/品質工学を活用して設計品質を安定化し、ひいては製品問題を未然防止する試みで成果を上げている。ここでは本社直轄の独立採算性組織が、「QSD 実践スクール」という2週間のプログラムで3手法を用いながら実際の技術課題を解決し、技術者の実践力を向上する仕組みが特徴であり、2006年の時点で国内外17拠点において3000テーマの実績を上げている[22]。

近年、デジタル技術のモジュラー化[23]によって、技術力向上を待たなくても新興国での生産が可能な製品が増加しているが、このQSD活動のように開発、設計プロセスまでもがモジュラー化⇔標準化してくることによって、付加価値の高い開発設計分野までもが新興国で実施されてくる可能性があり、留意する必要がある。

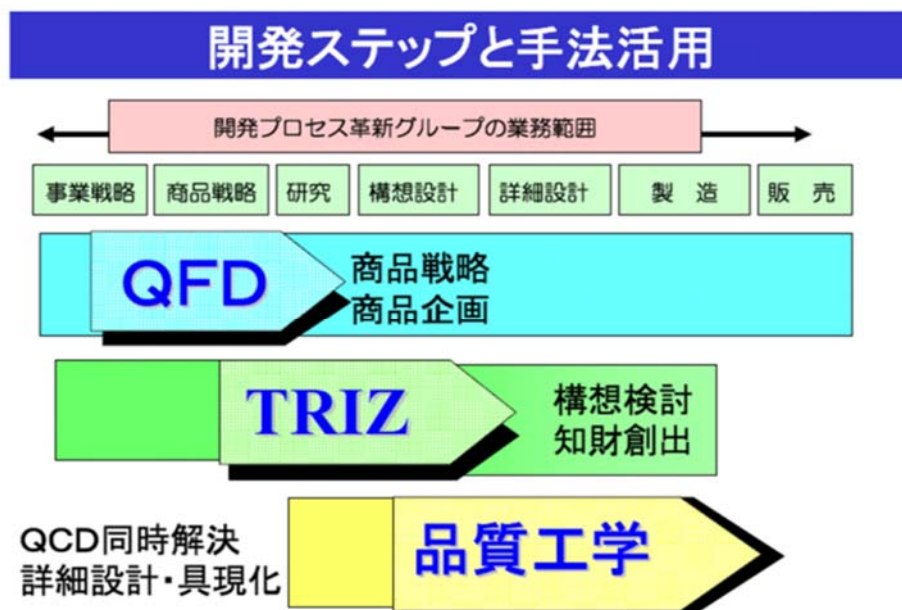


図1・7 パナソニックのQSD（品質安定化開発）活動

(2) 日立製作所

1999 年から全社を挙げて Hi SPEED (Hitachi Innovation Program toward Super Process with Excellent Engineering & Digital Technologies) 21 活動を推進し、QFD, TRIZ, タグチメソッド (品質工学) に 3 次元デジタルエンジニアリングを組み合わせた教育と実務応用を進めている。

その成果として、**図 1・8** のように開発期間短縮について報告のあったテーマの半数以上が期間半減を達成し、開発スピードと技術者の開発パワーが大幅に向上している。さらに性能向上や歩留まり向上が 2~3 倍になったテーマも数多くあり、開発コストや製造コスト削減も非常に大きいと報告されている[16]。

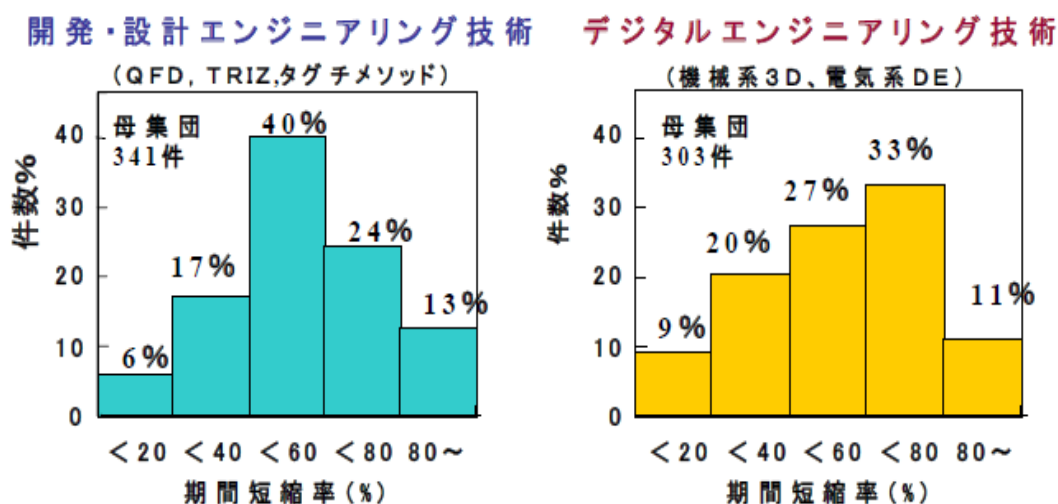


図 1・8 日立製作所 HiSPEED21 活動の開発期間短縮効果[19]

全社を挙げて取り組んでいるとはいえ、教育を受けた全技術者が手法を縦横無尽に使いこなしているわけではない。日立製作所の推進責任者は、組織として設計・開発力の強化を実感するには最低でも 10% 以上の人の適用経験が必要と報告しており[24]、個人的な利用に委ねるのではなく組織的な活用推進が重要である。

(3) アルプス電気

中国での生産性向上に脅威を感じたアルプス電気は、2000 年から 3 次元ツールを駆使したデジタルマニュファクチャリングに品質工学と QFD を加えて**図 1・9**に示す「一発完動」活動を開始し、プロセス革新を進めてきた。これによって型起工から量産開始までのリードタイムを 50% 削減するなどの成果を上げている[25]。

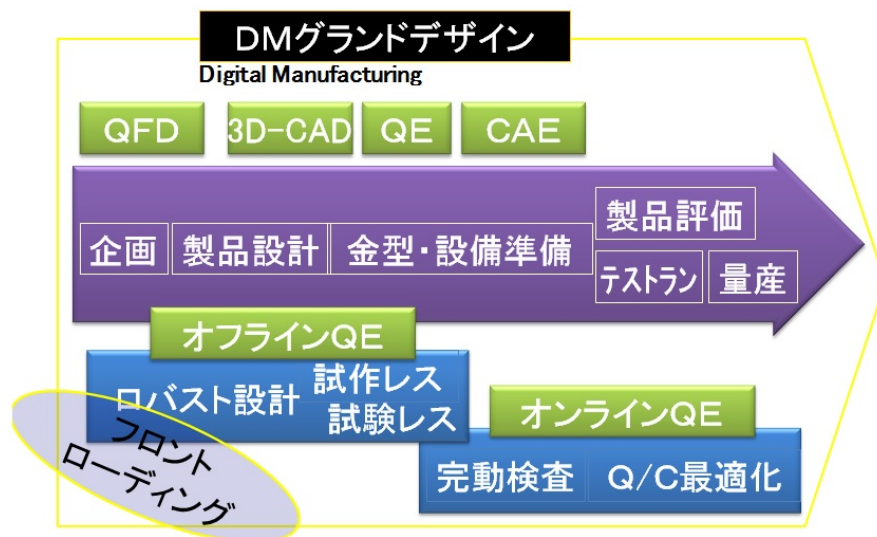


図 1・9 アルプス電気の「一発感動」システム

アルプス電気では、当時技術担当専務だった谷本がトップダウンでこの新しいプロセス導入を進めたために、極めて短期間(5 年程度)で急速に手法の利用導入が進んだが、谷本専務退職後はプロセスの見直しが始まって現在は落ち着いた動きになっており、トップダウンの有効性と問題の典型的な一例と言える。

(4) オムロン

健康医療分野は市場拡大期にあるが、そのためにオムロンでは多くのプロジェクトが錯綜して開発効率を低下させていた。そこで 2010 年に TOC (制約理論) のボトルネック管理の考え方をプロジェクトマネジメントに応用した CCPM(Critical Chain Project Management)を導入すると、開発期間が 22%~32%短縮した。ついで生産工程にも同じく TOC の管理方法である DBR(Drum-buffer-Rope)を利用して、納期を順守しながらも在庫数を半減以下にするなどの成果を上げている[26]。

(5) オリンパス

オリンパスでは、以前から各種手法の教育制度や推進活動を実施していたが、2009 年からさらに実践的活動として QFD, TRIZ, タグチメソッド(品質工学)を組み合わせた開発プロセス改善施策を社内導入し、現場のニーズに合わせて各手法を目的別に効率的に展開している。これによって実行者の学習負担が減少し、短時間で手法を習得しながら、実務上の成果も上がるようになってきている[27] [28]。

1.2.2 手法による生産性向上の限界と期待

ここまで生産性向上の必要性和手法の有効性および企業内適用事例を述べてきたが、手法の導入だけですべてが解決するわけではない。活動を進めるほどに、その可能性と限界の両方が明らかになってくる。

経営のカリスマと呼ばれる京セラ創業者の稲盛は、人生や仕事で期待される結果を以下の方程式で表わしている[29]。

$$\text{人生・仕事の結果} = \text{考え方} \times \text{熱意} \times \text{能力}$$

ここには手法やプロセスの入る項目がないため、「能力」項の中に手法に相当する知識や選択が入ると緩用したとして、結果への影響度は「熱意」や「考え方」よりも小さいと考えられる。

さらに、Lehrer の PE (Performance Excellence : 優れた業績) を表わす方程式は以下のものである[30]。

$$PE = (IG + SMT)^{PP} \times (FF + SS + T)$$

各項の詳細は文献に譲るが、ここでも T (Technology : 改善の技術) は多項式の一部であり、べき乗で大きく影響するのは PP (People Power : 人間力) である。

また、企業 OB のものづくりインストラクターを多数輩出している東京大学ものづくり経営研究センターでも、指導は楽しく進めないと正しい事であろうとも現場は受け取らないと経験的に報告している[31]。

これら二つの方程式と一つの事例は、演繹的に導かれた精緻さに欠けるとしても、優秀な経営者、学者が長年の経験で出会った多くの事象から帰納的に導出しているので、大よそ間違いではないだろう。手法だけに大きな成果を期待する事は、厳に慎まなければならない。

しかしながら、経営者、管理者が熱意を持って考え方を整理し、人間力を持って社会に有益な価値を提供する決断をした後に、実行者が手に取る武器が手法でありプロセス改善である。その段階に至って素手で戦うか、適切な武器を持って戦うかの違いは大きい。組織にとって適切な手法を適切な手続きで活用する事が、産業における生産性向上には欠かせない。

産業と経営工学の歴史を振り返り、今後の社会動向を見通した上で、経営工学手法の活用とその普及の重要性を提起したい。

1.3 本論文の動機と目的

前節までに述べたような社会背景に基づき、経営工学手法を従来以上に普及、活用して産業を発展させたいものだが、その普及は漸進的であり、白幡は自ら社長を務める企業内での活用度を以下の5段階で評価していた[32]。

- レベル1 暗中模索
- レベル2 意味理解
- レベル3 試行確認
- レベル4 実践展開
- レベル5 効果創出

この中でレベル2からレベル4を実質的な普及段階と考え、本論文ではこれらのレベルに相当する普及のステップを図1・10のように定義する。

(1) 認知

手法を利用するためには、まずその手法を知らなければ始まらない。手法の効果、利用手順、成果事例などに関する良質な情報を多数発信して、業務に課題を抱えている、または当人が気づいていないものの利用する事で効果が上がる潜在的な要求がある組織、個人に届く仕組みとその評価手段が望まれる。

(2) 利用

上記(1)のステップを通じて有効な手法があることを認知しただけでは、具体的な産業成果が得られることは決してない。業務の現場で手法を実践する必要がある。初めから大きな直接的成果が得られるとは限らないが、使ってみる事でその手法の意味と効用を真の意味で理解することとなり、利用を継続する事でその効果が洗練されてくる。

広辞苑における「利用」とは「①利益になるように物を用いること。役に立つように用いること。」であるが、本論文においては単に「用いる」という定義で扱う。

(3) 活用

一部の利用者が効果を獲得してもなお、利用が拡大しない組織事例は多い。より多くの組織で効果的に利用される、すなわち「活用」されるためには、単に効果を実証するだけでは不十分であり、より簡易に分かりやすく、成果が出やすい仕組みを構築する必要がある。



図1・10
普及のステップ

広辞苑における「活用」とは「①活かして用いること．効果のあるように利用すること．」であるが、本論文における「活用」は上記のように「簡易に、分かりやすく、成果が出やすい仕組みの中で用いる」という定義で扱う。

現状ではこれら３つのステップが十分に整理されていない事が問題点であり、そのプロセスを改善する事で手法活用が促進され则认为、本論文では次に挙げる３つの命題を探究した経緯と結果を論ずる。

- i. 多くの経営工学手法が提案されている現状にあつて、活用推進を図るためには企業の現場における実践、利用の度合いを評価する事が重要であるが、正確に把握する事が容易ではない。現場での手法認知度ならびに利用度を、Web 検索を利用して簡易的に評価できる方法を検討する。
- ii. 経営工学手法の利用をなお一層推進するためには、その仕組みや手順、効用などの関連情報をより多く適切に関係者へ提供する事が有効と思われる。近年情報伝達で大きなポジションを占める Web システムを通じて、関係者に経営工学手法の情報を伝達するためには、そのシステムをどのように設計するのが良いだろうか？その方法を実証的に検討し、情報発信方法に関する知見を得る。
- iii. 経営工学手法の種類が増えてきたことで、個別組織において導入する方法や優先度を決定する方法が複雑あるいは不明確になっている。手法をより有効に活用するために、組織ごとの課題に適した手法を選択する方法に関して一つの案を提供し、適用例を検証する。

1.4 参考文献

- [1] 新見陽子：“一人当たり GDP vs. 幸福度：人々の生活の質をどう把握するべきか？”，*AGI Working Papers Series*, Vol.2015-2, pp.1-13(2015)
- [2] IMF - World Economic Outlook Databases,
<http://www.imf.org/external/index.htm> , (Oct. 2015)
- [3] Solow R. M. : “A Contribution to the Theory of Economic Growth” , *Quarterly*

- Journal of Economics*, Vol. 70, pp. 65-94 (1956)
- [4] Solow R. M. “Technical Change and the Aggregate Production Function,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, pp. 312-320 (1957)
 - [5] 総務省統計局統計データ, <http://www.stat.go.jp/data/nihon/02.htm>, (2014)
 - [6] Fisher, J. C. and R. H. Pry, : “A Simple Substitution Model of Technological Change” , *Technical Forecasting and Social Change*, Vol. 3, pp. 75-88 (1971)
 - [7] 林文夫：「経済停滞の原因と制度（経済制度の実証分析と設計）」, 勁草書房, pp. 5-18 (2007)
 - [8] 圓川隆夫：「我が国文化と品質」, 日本規格協会, pp. 37-44 (2009)
 - [9] Drucker, P. F. : ” The New Productivity Challenge” , *Harvard Business Review*, Vol. 69, No. 9, pp. 69-79 (1991)
 - [10] 内閣府経済財政諮問会議「選択する未来」委員会成長・発展 WG 第 3 回会議資料：「サービス産業の生産性」, pp. 6 (2013)
 - [11] 斎藤修：「世界歴史 22 産業と革新」, 岩波書店, pp. 3-58 (1998)
 - [12] 秋庭雅夫, 石渡徳彌, 佐久間章行, 山本正明：「経営工学概論」, 朝倉書店, pp. 15-20 (1988)
 - [13] 圓川隆夫：「オペレーションズ・マネジメントの基礎」, 朝倉書店, pp. 14-15 (2009)
 - [14] 大場允晶, 藤川裕晃：「生産マネジメント概論」, 文眞堂, pp. 171 (2010)
 - [15] 真壁肇：” 日本の品質管理の歩みと信頼性保証の課題”, 品質, Vol. 44, No. 1, pp. 5-11 (2014)
 - [16] 林利弘：” 開発・設計技術者の視点から MOT を考える” , 経営システム, Vol. 14, No. 1, pp. 21-26 (2004)
 - [17] チャールズ・ダーウィン著, 渡辺政隆訳 「種の起原（下）」, 光文社, pp. 368-373 (2009)
 - [18] 経済産業省工業統計調査工業統計表：「従業者規模別統計表」 (2012)
 - [19] 三菱総合研究所編：「最新キーワードでわかる！日本経済入門」, 日本経済新聞社, pp. 203 (2008)
 - [20] 大川一司：「日本経済の成長率」, 岩波書店, pp. 26 (1956)

- [21] 経済産業省工業統計調査工業統計表：「産業編」（2012）
- [22] 甲斐野真次：“未来を開く QSD 品質安定化設計手法”，標準化と品質管理, Vol. 59, No. 6, pp. 31-35 (2006)
- [23] 藤本隆宏, 青島 矢一, 武石 彰：「ビジネス・アーキテクチャー」, 有斐閣, pp. 34-45 (2001)
- [24] 林利弘：“開発・設計プロセス工学技術と TRIZ”，第 3 回 TRIZ シンポジウム in Japan 特別講演資料, pp. 32 (2007)
- [25] 谷本勲：“アルプス電気の技術革新活動”，*MMRC Discussion Paper*, No. 147, pp. 9-13 (2007)
- [26] 田中孝英：“全体最適のマネジメント改革”，TOC シンポジウム 2011 発表資料 (2011)
- [27] 柴田恭男, 小磯沙織, 渋谷哲功, 緒方隆司：“品質工学活用の活性化に向けた現状評価と推進体制の検討”，第 17 回品質工学研究発表大会予稿集, pp. 10-13 (2009)
- [28] 藤川一広, 緒方隆司：“TRIZ を含む科学的手法の効率的な教育体系”，TRIZ シンポジウム 2013 予稿集 (2013)
- [29] 稲盛和夫：「生き方」, サンマーク出版, pp. 24-27 (2004)
- [30] 川瀬武志：「ある改善活動の物語」, 経営システム, Vol. 22, No. 4, pp. 187 (2013)
- [31] 藤本隆宏, 柴田孝：「ものづくり成長戦略」, 光文社新書, pp. 167-172 (2013)
- [32] 白幡洋一：“経営課題への品質工学の活用(1)”，品質工学, Vol. 15, No. 2, pp. 132-134 (2007)

第2章 関連研究領域と先行研究

2.1 はじめに

1.1 節で概観したように、Taylor に始まる経営工学の発展経緯は、生産効率を上げる考え方の先鋭化であるとともに、ある意味それを実現するための工学的手法開発の歴史でもある。よって個々の手法の手順と有効性を論ずる研究は膨大な数にのぼるが、本章ではそれらを統合的に扱った先行研究のみを扱い、次のように分類してレビューする。

- (1) Web 検索を用いたデータ解析
- (2) 手法の利用度と有効性評価
- (3) 経営工学手法を収集した先行研究
- (4) 経営や問題のステージをインデックスとした手法整理
- (5) 手法活用を組織的、効果的に推進するための要因研究

2.2 Web 検索を用いたデータ解析に関する先行研究

この分野で近年進展が著しい技術として、大量の非構造化データからインテリジェントな結果を導出するビッグデータ分析が注目されている。しかしこの技術を適用するためには、米国の Google 社が提唱する Hadoop などを使用して、テキストマイニング、技術構造化、判断処理などの手順を取るのが一般的であり、多大な労力が必要とされる[1]。そこで誰もが手軽に使用できる Web 検索の結果を、各種の評価に利用できれば便利である。

例えば肥後ら[2]は、健康増進施策のプロモーションとして公開した「エクササイズガイド」が、どの程度普及し国民の間で認知されているかを評価するために、インターネットを使ったアンケート調査と並行して、インターネット（World Wide Web：以降 Web）の検索エンジンである Google を利用してキーワード検索を実施した結果、媒体での掲載数は普及期間の長さとの関係が見られたが、ブログでのヒット数は普及期間に関係なく露出していると報告した。

河原崎ら[3]は、山菜やきのこの採集習慣と生育環境条件との関係性を調査するために、Web 検索エンジンのヒット件数とその内容から各地の採集頻度を表す指標を算出し、それを市町村の人口、森林面積、気温、積雪日数などで説明する重回帰モデルで解析した結果、

年平均気温が低い、または積雪日数が多い地域で山菜、きのこともに採集頻度が高いことを導出した。ここでは、検出されたページ上位 100 件に目を通し、その中の有効な件数の割合を勘案して評価指標とする工夫を加えている。

これら先行研究で得られた知見を応用し、経営工学手法の利用度に関しても Web 検索結果で評価できる可能性がある。

2.3 手法の利用度と有効性の評価に関する先行研究

経営工学の一部手法に関して、2005 年に日経ビズテック誌がアンケート調査[4]している。それは日経 BP コンサルティング調査第 1 部が、2005 年 4 月 14 日から 21 日にかけて同社の Web サイトにアンケートページを掲示して回答を受け付け、総回収数 802 票に対して以下の条件に合致した 608 票を有効回答として集計したものである。

- ・条件 1. 勤務先業種：製造業または建設業
- ・条件 2. 従業員数規模：300 人以上
- ・条件 3. 所属部署：技術、企画、マーケティング関連

設問は、「あなたの会社はメソッドの導入・採用に積極的か」「ビジネスメソッドの導入経験があるか」「メソッド導入の際の体制は」「あなた自身はメソッドの導入に賛成か」など、全般に関する質問に加えて、**表 2・1**に示す経営管理 10 手法、開発・製造支援 7 手法、発想・会議支援 12 手法について、それぞれの認知度、導入状況、導入の効果、導入の適用範囲、導入が業務プロセスに与えた影響などを、3～4 選択肢から選ぶものである。

その結果、回答者の半数以上が「所属する企業はメソッドの導入に積極的」と答え、何らかの経営管理手法を導入している企業も 8 割近くにのぼるが、メソッド毎の導入効果に関して「非常に効果があった」という回答は 10～15%程度が多く、導入方法にはまだ改善の余地がある。また、導入した企業が少ないながらも高い効果が実感されている手法（アメーバ経営、TOC やシネクティクスなど）が存在した。

このことから、これら手法の情報を広く発信するなどして導入が拡大すれば、製造業の業務が改善される可能性があり、普及推進の強化とその効果的な手順が潜在的に要求されている事が分かる。

表 2-1 本調査で対象となったメソッド一覧

経営管理手法	開発・製造手法	発想・会議支援手法
トヨタ式改善手法	タグチメソッド	ブレインストーミング
ベンチマーキング	QFD	KJ 法
目標管理	TRIZ	KT 法
SCM	TQC	SWOT 法
シックスシグマ	ABC/ABM	NM 法
TQM	シナリオプランニング	マインドマップ
方針管理	STAR	ファシリテーション
バランス・スコア・カード		ワークデザイン法
CRM		アイデアマラソン
アメーバ経営		内観法
		シネクティクス
		マンダラート

2.4 経営工学手法を収集した先行研究

一般に業務上で容易に解決できない問題が発生して身近なメンバーで対応できない場合、関連する書籍、文献や Web 上の情報を参考として解決策を探索することになる。しかしながら、それら情報の多くは、生産管理、品質管理、信頼性工学といった一連の固有分野の単位で提供されることが多く、分野横断にて手法を統合的に扱った報告は多くない。

その中では経営工学会が編集した経営工学の事典[5]には多くの手法が収集され、利用方法、効果、留意点などが詳しく記述されており、課題に合った手法を選択する参考となる。本書での事項分類にあたっては表 2-2 に示すように、「総論」に続いて「人」「もの」「資金」「情報」「環境」「確率・統計」「IE・QC・OR」「意思決定・評価」「情報技術」という大分類のもとで 180 項目の小分類に整理されており、業務ジャンルが分かっていたら利用できる手法がある程度判断できるようになっている。

また品質管理学会は、2000 年から 2 年間にわたって学会誌上で管理技術を体系化した。ここでは「マネジメントにおける質（Quality）の変化・拡大—21 世紀の管理技術の体系化をめざして—」[6]に始まり、表 2-3 に示すように 8 号に渡って近年の TQM の潮流を体系化し、最終回で TQM の手法群をツールボックスという形態で総括した[7]。

表 2・2 経営工学の事典の項目一覧

大分類	小分類	項目名称
総論	総論的研究	経営工学・IE総論, 経営学
	教育	経営工学教育・研修
人	人的資源	組織論, 人事・労務管理
	行動・思考	行動科学, 産業心理学, PDCA, シックスシグマ
	作業	作業測定, 標準時間, 方法研究, 作業管理, 職務設計
	人間工学	人間工学, 感性工学
もの	生産技術	生産技術, 技術管理
	生産情報	CAD/CAM, CAE
	生産管理	生産管理, 生産計画, 日程計画, 能力計画, 工程管理
	実行計画	スケジュール, ラインバランシング, JIT, 流動数管理
	生産システム	生産システム, MRP, ERP, CIM, FA, FMS
	在庫管理	在庫管理, 購買管理, 現品管理
	運搬・搬送	物流管理, ロジスティクス
	供給・調達	サプライチェーンマネジメント, CPFR, 調達管理
	品質	品質管理, 品質保証, TQM
	製品	製品計画, 製品設計, VE, TRIZ, 製造物責任
	施設	工場計画, 工場立地, レイアウト
	設備	設備管理, 設備保全, TPM
	安全性・信頼性	信頼性工学, 安全工学
資金	会計	原価管理, 原価計算, 管理会計
	投資	経済性工学, 経済性分析
	財務	財務管理, 経営分析
	金融	金融工学, オプション, 市場経済, 保険, 証券
情報	経営情報	OA, 経営情報システム, SIS, ナレッジマネジメント
	事務業務	システム監査, 事務管理, BPR, 起業・ベンチャー
	情報通信システム	グループウェア, 電子コミュニケーション, テレワーク
環境	環境経営	環境マネジメント, 循環サプライチェーン
	企業環境	企業戦略, アウトソーシング, 海外進出
	市場環境	マーケティング, 市場調査, 需要予測
	事業創造	ビジネスモデル, EC, ワークデザイン
	リスクマネジメント	リスクマネジメント, 法的環境, 情報セキュリティマネジメント
	知的財産	知的財産権, ビジネス特許
	技術経営	研究開発, 技術経営, 技術戦略・評価・移転
	総合管理	プロジェクトマネジメント, サービスマネジメント
確率・統計	推測統計	確率・統計, 実験計画法, 統計モデル, 主成分分析, 因子分析, 重回帰分析, タグチメソッド
	記述統計	多変量解析, 数量化分析, 時系列解析, データマイニング
IE・QC・OR	価値最大化手法	5S, レイアウト技法, 時間研究, 動作研究, ワークサンプリング
	品質改善手法	QC七つ道具, 新QC七つ道具, 商品開発七つ道具, 戦略立案七つ道具, パレート図, 特性要因図, 散布図, 層別, チェックシート, ヒストグラム, 管理図, 親和図法, 連関図法, 系統図法, アローダイヤグラム法, マトリックス図法, マトリックスデータ解析法, PDPC法
	数理計画法	線形計画法, 非線形計画, 動的計画法, 整数計画法, 確率計画法, ファジィ計画法, 組合せ最適化, 多目的最適化, OR, 最適化手法, 数理計画法
意思決定・評価	メタヒューリスティック	シミュレーテッドアニーリング, 遺伝的アルゴリズム, 分枝限定法
	モデリング	シミュレーション, 待ち行列
	意思決定	AHP, DEA, コンジョイント分析, ゲーム理論
情報技術	複雑系	マルチエージェント, 横幹技術
	知識情報処理	ニューラルネットワーク, ファジィ理論, ラフ集合理論, クラスタリング, エキスパートシステム, 知識工学, 人工知能, 強化学習, 自然言語処理
	プログラミング	アルゴリズム
	ネットワーク	コンピュータネットワーク, WWW, セキュリティ, クラウドコンピューティング
	データベース	データ構造, 情報理論, データベース, グラフ理論
	ヒューマンインターフェース	ヒューマンインタフェース, コンピュータグラフィックス, 仮想現実

表 2・3 品質管理学会誌特集テーマ

特集テーマ	
I	マネジメントにおける質(Quality)の変化・拡大ー21世紀の管理技術の体系化をめざしてー
II	組織の変革・改善のためのマネジメント技術
III	21世紀の経営を支える顧客主義を見据えた CRM
IV	技術開発ーコアコンピタンスとコアテクノロジーの確立ー
V	創造的組織風土の育成
VI	新しい時代の標準化を考えるー21世紀における社内標準はどうあるべきかー
VII	スピード化・グローバル化に対応する品質保証
VIII	TQM ツールボックス

これは品質管理に関する要素技術としての手法と、それを組み合わせるシステム技術の研究・体系化が遅れているという意識の元に、品質管理という限定された分野を超えて統合を進めようとする意欲的な取り組みとして高く評価される。

シックスシグマのような海外での手法統合化の動きにも触発されて、この一連の特集活動最終回で提案[7]されたツールボックスの一部を抜粋して**表 2・4**に示す。初めに階層を「個別」「集合」「総合」、手段が「統計的」か「論理展開的」と分類した後、固有技術との関連性、PDCA サイクルでの利用フェーズ、コンピュータ化の可能性という観点で整理している。

過去の体系化とは異なる観点で手法を整理した点で意義深く、手法や管理の全般を理解した品質管理上級者が理解を深めるには有効だったが、多くの個別分野の専門家が共同で作業したために、観点の共有が十分でなかったことや、学術的な姿勢が出て製造現場の初級者には利用し難い面があった。

その事から、経営工学やその手法について全く知らなくても、問題を抱えて困っている、あるいは潜在的に改善の余地を多く残している製造業関係者が、容易に手法を選択、使用できる手順、方法に大きな需要があると予想される。

表 2・4 TQM ツールボックス[7]の一部抜粋

手法	ツールの 階層	用いる 手段	固有技術との関連			ターゲットPDCAサイクルでの利用フェーズ*					コンピュ ータ化
			直接サポ ート	間接サポ ート	シエル	目標	計画	実施	チェック	対策	
(1)方針管理	総合ツール				○						
(5)QCサークル	総合ツール				○						
(11)QC7つ道具	集合ツール	S&L		○		○	○	○	○	○	○
(12)商品企画7つ道具	集合ツール	S&L			○	○	○				
(14)戦略立案7つ道具	集合ツール	L			○	○	○				
(16)多変量解析法	集合ツール	S	○	○		○	○	○	○	○	○
(17)実験計画法	集合ツール	S	○	○		○	○	○	○	○	○
(24)品質機能展開	総合ツール	S&L	○	○	○	○	○	○	○	○	○
(25)タグチメソッド	総合ツール	(S)	○	○	△	○	○	○	○	○	○
(27)FMEA	個別ツール	L	○	○		○	○	○	○	○	○
(38)工程能力指数	個別ツール	S		○			○	○	○		
(45)発想法	総合ツール	L	○	○		○	○			○	
(50)VE手法	集合ツール	L	○	○		○	○	○			
(60)品質コスト	個別ツール				○	○	○	○	○		

S:統計的

L:論理展開的

2.5 経営や問題のステージをインデックスとした手法整理の先行研究

Nancy R. Togue は品質改善の手法を選択する手段として、用途と改善のステップで手法を整理した 2 元表「Tool Matrix」を提案した [8]。これを表 2・5 に示す。

この 2 元表では、アイデア発想、工程分析、原因分析などに用いる 26 の手法を縦方向に、方針設定 (Mission)、顧客要求(Customer Requirement))、現状 (Current state)、機会 (Opportunities)、根本原因 (Root Causes)、行動 (Do it)、監視 (Monitor)、標準化 (Standardize)、学習 (Learning) という 10 機能を横方向に配置し、両者の関連性を「X」印で提示したことによって、抱えている問題の状態に応じた手法選択が可能となっている。

しかしながらここでは、機能を 10 項目と絞りすぎたことによって抽象度が高くなり、具体的にならざるを得ない現実課題との対応が難しいケースが想定され、もう少し具体的に網羅的な機能項目の追加が期待される。

表 2-5 Togue の Tool Matrix[8]

Tool	Mission	Customer requirement	Current state	Opportunities	Root causes	Changes	Do it	Monitor	Standardize	Learnings
Affinity diagram	X	X	X	X	X	X			X	X
Brainstorming	X	X	X	X	X	X			X	X
Brainwriting	X	X	X	X	X	X			X	X
Nominal group technique	X	X	X	X	X	X			X	X
Relation diagram		X		X	X	X			X	X
Cost-of-quality analysis				X	X					
Cost-to-quality analysis				X	X	X	X	X	X	
Deployment flowchart				X	X	X	X	X	X	
Flowchart				X	X	X	X	X	X	
Matrix diagram				X	X	X			X	X
Requirements matrix				X				X	X	
Requirements-and-masures tree				X				X	X	
Storyboard	X			X		X	X		X	X
Top-down flowchart	X			X	X	X	X	X	X	
Work-flow diagram				X	X	X	X	X	X	
Contingency diagram				X	X	X	X		X	
Fishborn diagram				X	X					
Force field analysis				X	X	X	X		X	
Is-is not matrix				X	X					
Pareto chart			X	X	X	X		X	X	
Scatter diagram			X	X	X			X		
Stratification				X	X			X	X	
Tree diagram				X	X	X	X		X	
Why-why diagram					X					X

Suzanne Turner は著書の中で、表 2-6 に示す 2 元表で整理した「Project Matrix」を提案し、「事業戦略 (Business strategy)」「営業とマーケティング (Sales and marketing)」「製造 (Manufacturing)」「顧客/輸送 (Customer/Supply chain)」「品質 (Quality)」「設計 (Design)」「情報技術 (Information technology)」という 7 つの業務タイプを縦方向に、以下の 6 つのステージを横方向に配置し、掛け合わせた 42 のポジションに 94 種類の手法を配置した [9]。

- (1) 対象定義 (Define objectives)
- (2) 状況分析 (Analyze situation)
- (3) 創案 (Create options)
- (4) 選択 (Select options)
- (5) 実行 (Implementing change)
- (6) 観察とレビュー (Monitor and review)

この表を利用する事で、個別業務において効果が期待される手法を大まかに知ることが可能となる。

表 2・6 Turner の Project Matrix[9]

Project type	Stage					
	Define objectives	Analyse situation	Create options	Select options	Implementing change	Monitor and review
Business strategy	2,3,5,9,15,36,	2,3,10,12,14,15,22,	1,2,4,5,16,32,	5,6,23,26,	2,11,12,13,18,	2,6,12,14,17,
	42,43,50,57,	27,30,31,43,44,57,	47,54,56,66,	33,61,70,	21,34,40,41,	19,20,35,40,
	71,75,79,81,	65,66,67,68,71,74,	68,71,79,81,	71,78,81,	48,53,71,80,	51,52,57,69
	82,85,86,87,91	77,81,83,84,88,89,91	91	82,91	91,94	
Sales and marketing	2,5,7,9,36,42,	2,3,5,7,10,12,14,22,	1,4,5,6,7,16,	5,6,7,23,	7,11,12,13,18,	2,6,12,14,17,
	43,45,46,50,	25,27,28,29,30,31,	25,32,47,50,	26,33,61,	21,34,39,40,	19,20,35,38,
	75,81,85,87,91	38,43,44,57,64,65,	54,56,59,64,	62,70,78,	41,48,53,80,	40,51,52,58,
		66,67,68,74,77,83,	66,79,93	82	94	69,72,73
Manufacturing	2,9,36,42,43,	2,3,7,10,12,22,27,28,	1,4,7,16,24,	6,7,23,55,	7,11,12,13,18,	2,6,12,17,19,
	47,49,55,75,	29,30,31,37,38,43,	32,47,49,54,	62,70,78,	21,34,39,40,	20,35,38,40,
	82,85,86,87,91	44,49,55,57,64,77,	55,56,64,89,	82	41,48,53,55,	51,52,55,58,
		83,84,88,89,92	93		80,94	63,69,72,73
Customer/ Supply chain	2,5,9,36,42,43,	2,3,5,7,10,12,14,22,	1,4,5,7,8,16,	5,6,7,8,23,	7,8,11,12,13,	2,6,12,14,17,
	45,46,47,75,	27,28,29,30,31,37,	32,47,54,56,	26,33,62,	18,21,34,39,	19,20,35,38,
	82,85,86,87,91	38,43,44,49,55,57,	59,64,66,79,	70,78,82	40,41,48,53,	40,51,52,58,
		64,77,83,84,88,89,92	93		80,94	63,69,72,73
Quality	2,9,24,36,42,	2,3,7,10,12,22,24,27,	1,4,7,16,24,	6,7,23,24,	7,11,12,13,18,	2,6,12,17,19,
	43,47,68,75,	28,29,30,31,37,38,	32,47,54,56,	26,33,62,	21,34,39,40,	20,35,38,40,
	82,85,86,87,91	43,44,57,64,68,76,	64,76,79,93	70,76,78,	41,48,53,76,	51,52,58,63,
		77,83,84,88,89,92		82	80,94	69,72,73,76
Design	2,9,36,42,43,	2,3,7,10,12,14,22,27,	1,4,7,16,24,	6,7,23,26,	7,11,12,13,18,	2,6,12,17,19,
	47,75,82,85,	28,29,30,31,37,38,	32,47,54,56,	33,62,70,	21,34,39,40,	20,35,38,40,
	86,87,91	43,44,57,64,77,83,	64,79,93	78,82	41,48,53,80,	51,52,58,63,
		84,85,89,92			94	69,72,73
Information technology	2,9,36,42,43,	2,3,7,10,12,14,22,27,	1,4,7,16,32,	6,7,23,26,	7,11,12,13,18,	2,6,12,17,19,
	47,75,82,85,	28,29,30,31,37,38,	47,54,56,64,	33,62,70,	21,34,39,41,	20,35,38,40,
	86,87,91	43,44,57,64,77,83,	79,93	78,82	48,53,80,94	51,52,58,63,
		84,88,89,92				69,72,73

さらに各手法を縦方向に、下記の 13 機能を横方向に配置し、両者の関連性を「X」印で提示した表 2・7 に示す「Day-to-Day Matrix」を使う事で、詳細の要求に呼応する手法を選択することが可能とした。

- (1) 分析 (Analyze)
- (2) 創造 (Creativity)
- (3) 問題解決 (Problem Solving)
- (4) 伝達 (Communication)
- (5) 時間管理 (Time management)
- (6) プロジェクト計画 (Project Planning)
- (7) 改善効率 (Improving Efficiency)
- (8) 外部改善 (External Improvement)
- (9) 営業とマーケティング (Sales & Marketing)

(10) 論点 (Discussion Point)

(11) 戦略 (Strategy)

手法の種類は 94 個と Tague の表に比べて 3 倍以上を取り扱っているが、利用対象者が製造業に限定しない管理者全般であることもあって、掲載された手法は戦略やマーケティング関連が充実しており、製造業での利用価値が高いにも関わらず扱われていない手法が多い。また、「Project Matrix」の横方向「ステージ」と「Day-to-Day Matrix」の横方向「機能」が相互排他的に分離されていないように見受けられる。

製造業関係者に使いやすい有効な経営工学手法選択ツールが望まれている。

表 2・7 Turner の Day to Day Matrix の抜粋[9]

Tools	Analysis	Creativity	Problem Solving	Communication	Time Management	Project Planning	Improving Efficiency	External Improvement	Sales & Marketing	Discussion Point	Strategy
Analogies-Creative Problem Solving	X	X	X	X							
Balanced Scorecard	X					X	X	X			X
Benchmarking	X						X	X	X	X	
Brainstorming	X	X	X								
Brand Development				X					X	X	X
Breakeven Analysis	X					X					
Business Design & Improvement	X						X	X			
Business Ethics								X		X	
Business Excellence Framework	X			X		X	X	X		X	X
Cause & Effect Analysis	X		X				X				
Change Cycle	X		X	X			X			X	
Climate for Change Indicator	X			X			X	X		X	
Communication				X			X			X	
Competitive Product Placement	X			X					X	X	X
Competitor Analysis										X	X

中小企業診断士を中心とする任意団体の実践研究会が、現場管理のために経営工学手法を実践的に使いやすく整理しようと試みている[10]。ここでは企業間競争の中で生き残るために、生産現場でも生産性改善の道具すなわち経営工学手法の利用が重要であるとし、次の七つの「7つ道具」を提案した。

- (1) 生産性向上のための7つ道具
- (2) 品質管理のための7つ道具
- (3) 原価管理のための7つ道具
- (4) 納期・量管理のための7つ道具
- (5) 安全管理のための7つ道具
- (6) マンパワー活用のための7つ道具
- (7) 情報のための7つ道具

これらはいわゆる生産の7要素 P(Productivity), Q(Quality), C(Cost), D(Delivery), M(Moral), S(Safety), I(Information)に符合するもので、広く認知されている QC7 つ道具, 新 QC7 つ道具などとは独立して、監修した実践経営研究会が発案したものである。

この提案には、逆引き INDEX として用途と活用手法のマトリクスを提示しており、関係者の利便を図っている。その中から (1) 生産性向上の例を表 2・8 に示す。

しかし (2) 品質管理の分野が典型的であるが、縦方向と横方向の両方に手法が設定されている例もあり、逆引きの目的を果たしていない。表 2・8 の (1) 生産性向上に関する逆引き表においても、「自主保全活動を知りたい」から「自主保全」手法が逆引きされているように、目的と手段の分離ができていない部分が多く見受けられる。これは手法の利用が当然となっている専門領域の熟練者にありがちな傾向で、逆引き表作成の難しさを物語っている。定型的な作成プロセスを設定、実行し、より効果の高い逆引き表の提供が待たれる。

また生産現場を念頭に編集しているために、近年の製造業において重要性を増している事業戦略、製品企画、マーケティング、研究開発設計、信頼性、環境、人的資源といった分野が取り扱われておらず、それら付加価値スマイルカーブが高い分野についても同類の情報提供が望まれるところである。

表 2・8 生産性向上手法の逆引き INDEX の抜粋[10]

小道具	活用手法・技法	IE手法							PM			JIT生産方式					逆引きINDEX				
		工程分析	運搬分析	稼働分析	動作分析	動作経済の原則	レイアウト改善原則	ラインバランシング分析	生産活動の七大任務	設備の六大ロス	自主保全	生産保全	品質保全	ポカミス	生産活動の4M	標準作業7項目		標準作業3要素	標準作業5帳票	標準作業体系図	作業の管理側面
I E	作業方法の改善を図りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	稼働率の向上を図りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	能率の向上を図りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	運搬・レイアウトの改善を図りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	標準時間の設定を図りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ラインバランシング効率の向上を図りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	各種の原理原則等を活用して改善を図りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
T P M	設備を効率よく活用したい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	設備に強いオペレーターを育成したい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	TPM活動のステップを知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	設備効率を悪くする要因を知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	自主保全活動とはどんな活動なのかを知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	生産保全活動とはどんな活動なのかを知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	品質保全活動とはどんな活動なのかを知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
標 準 作 業	生産活動の4Mとはどんなものを知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	標準作業に必要な項目内容を知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	標準作業の作業管理活動における位置づけを知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	JIT生産方式での標準作業の三要素を知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	JIT生産方式での標準作業で活用される帳票類を知りたい	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

大藤らは、グローバル市場で新たな価値を創造するプロセス設計を目指す VCP-Net (Wisdom Network of Practical Knowledge for Value Creation Process：価値創生プロセス実践知開発ネットワーク)研究会活動の中で、抽出した 300 あまりの手法から主要な 37 について、「〇〇を××する」という目的語×動詞の形に機能表現を統一し、目的語を縦方向に、動詞を横方向に二元表「手法 BOK(Body of Knowledge)」として整理した[11]。これを表 2・9 に示す。

この動詞については多様な言い換えが可能であるために、ISM (Interpretive Structural Modeling) 分析で動詞を表中の 5 つ (整理, 分析/評価, 創出, 選択, 管理/保証) に絞り込み、目的語は 5 つの動詞との結びつきを因子分析して、その因子得点をクラスター分析し、表のように大分類 5 語 (状態, メカニズム, シナリオ, ターゲット, 業務), 中分類 10 語に集約した。

表 2・9 VCP-Net 研究会の手法 BOK の抜粋[11]

目的語 動詞	状態		メカニズム		シナリオ	
	(構成)要素	現状	関係	影響	メカニズム	シナリオ
整理	系統図法	ホジショニング分析	SWOT分析		系統図法	BSC
	親和図法	チェックシート	マトリクス図法		QFD	
		パレート分析	QFD		VA	
		管理要管理図	業務機能展開		FTA	
			TRIZ		FMEA	
			散布図		工程FMEA	
					TRIZ	
					特性要因図	
分析 評価		解析用管理図	ホジショニング分析	FTA		AHP
		ヒストグラム	マトリクス図法	FMEA		パラメータ設計
			QFD	工程FMEA		許容差設計
			相関分析	パラメータ設計		
			回帰分析	許容差設計		
			主成分分析			
			因子分析			

非常に論理的に体系化しており、もれなくダブリなく（MECE: Mutually Exclusive Collectively Exhaustive）整理する事にも成功しているが、抽象化が高度なために、実際の現場の問題、要望と対応させるまでに習熟が必要と思われる。

より具体的に課題と対応する手法を整理し、現場で容易に利用できる方法が期待される。

2.6 手法活用の組織的、効果的な推進に関する先行研究

1.2.1 で事例を挙げたように、経営工学手法を適切に選択、導入、実践することで業務生産性を向上させる効果が期待できるにもかかわらず、組織的な導入が必ず円滑に進むとは限らない。それには以下のような要因が想定される。

- (1) 従来のやり方に対する慣れ
- (2) 手法習得の努力に対する失敗への恐れ
- (3) 不適切な手順、適正な指導者不在による導入失敗
- (4) 自発的業務遂行に対する上位職からの干渉感覚
- (5) 業務効率向上に対する金銭的報酬が期待できず、むしろ効率化実現によって残業代が減少する恐れ

それらに打ち勝って新規手法導入を成功させるための要因を、齊藤ら[12][13]が報告している。これを表 2・10 として整理する。

表 2-10 手法導入の成功要因

No.	成功要因	適切性/有効性
1	部門トップの方針表明と関与	◎
2	推進担当の明確化と組織化	◎
3	組織のレベルに対応した推進活動	○
4	継続的教育と活用させるための仕組み	◎
5	適用するテーマの明確化とマネジメント	○
6	適用検討会の継続的開催	◎
7	社内外の専門家・コンサルタントの活用	◎
8	活用した成果の明確化(成果指標＋実績)	△

これは齊藤らの所属する富士ゼロックス社の品質工学導入における経験から帰納的に得られた知見であるが、東北リコー社長の白幡もほぼ全面的に同意[14]しており相当程度の普遍性があるものと考えられる。

この報告によれば、表 2-10 の第 8 項によって手法の効果が社内で明確化されたとしてもそれだけでは不十分であり、第 1 項から第 7 項までの施策を強く進めていくことが必要とされる。

また、トヨタ自動車における SQC（統計的品質管理）推進活動においては、次のような要件が推進の活性化に有効であったという報告[15]がある。

- (1) 重要技術課題の解決支援
- (2) 階層別、レベル別社内教育の強化、充実
- (3) 社内研究会活動
- (4) 活用検討会の実施
- (5) 職場アドバイザーの育成
- (6) 職場や担当役員・部長への理解活動

これらは前述した齊藤らの富士ゼロックスと全く別個に活動しているにも関わらず、表 2-11 のように対照する事が出来ることから、これら項目の汎用性が確認できる。

表 2・11 富士ゼロックスとトヨタ自動車の活動重要項目対照

富士ゼロックス[12]	1	2	3	4	5	6	7	8
トヨタ自動車[15]	(6)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	

長期間にわたる工夫，成功，失敗の歴史から帰納的に導き出された共通の重要項目であり，企業組織における導入活動の参考になるものである．

2.7 本論文の構成および既存研究との関連

ここまでに挙げた既存研究と対比しながら，本論文の構成を図 2・1 に示す．

第 3 章では，社会における手法活用を推進するにあたり重要となるその利用度評価に関して，Web 検索で表示されるページ数を用いる簡易的な方法を提案し，その結果と応用例を示す．

第 4 章では，より多くの関係者に手法を利用してもらう具体的事例として，経営工学手法に関する情報を Web 上で発信するポータルサイトを取り上げ，訪問者を獲得するための要因を個別に評価する．

第 5 章では，経営工学手法をより効果的に活用するために，組織課題からの逆引き形式で手法名を提示する「ものづくり工学マトリクス」を提案し，その適用例を示す．

本論文全体としては，産業内での経営工学手法の活用とその推進に関する知見を統合的に研究したものである．

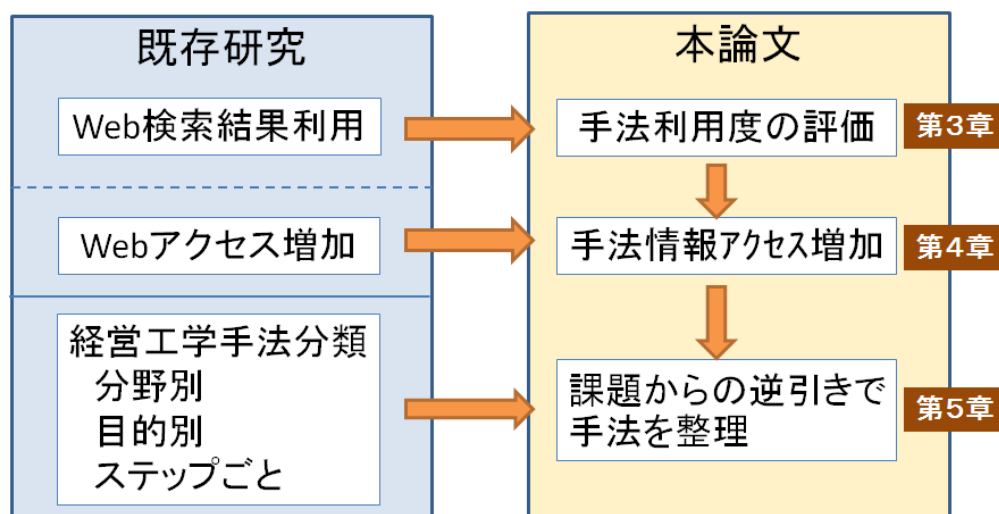


図 2・1 本論文の構成

2.8 参考文献

- [1] 城田 真琴:「ビッグデータの衝撃」, 東洋経済新報社, pp.48-82 (2012)
- [2] 肥後梨恵子・中村好男:”「エクササイズガイド」のプロモーション効果”, スポーツ科学研究, Vol.6, pp.55-59 (2009)
- [3] 河原崎里子・杉村乾:”インターネット検索による山菜と野生食用きのこの採集頻度の推定とその地域性”, 日本森林学会誌, Vol.94, No.2, pp.95-99 (2012)
- [4] 小林暢子:“メソッドランキング人気と効果の微妙な関係”, 日経ビズテック, No.007, pp.84-91 (2005)
- [5] 日本経営工学会編:「ものづくりに役立つ経営工学の事典」, 朝倉書店 (2014)
- [6] 特集”マネジメントにおける質 (Quality) の変化・拡大ー21 世紀の管理技術の体系化をめざしてー”, 品質, Vol.30, No.4, pp.5-7 (2000)
- [7] 特集”TQM ツールボックス”, 品質, Vol.32, No.3, pp.4-69 (2002)
- [8] Tague, N. R.: *The Quality Toolbox*, ASQ Quality Press (2005)
- [9] Turner, S. : *Tools For Success -A Manager's Guide*, McGraw-Hill, pp.viii-xii (2002)
- [10] 実践研究会監修:「現場管理者のための超スタミナ7つ道具集」, 日刊工業新聞社, pp.2-19 (1991)
- [11] 大藤正, 黒河英俊:「知の巡りをよくする手法の連携活用」, 日本規格協会, pp.97-106 (2014)
- [12] 齊藤潔, 吉澤正孝, 立林和夫, 土居正規:“R&D 活動への品質工学導入方法の研究(その1)”, 品質工学, Vol.11, No.3, pp.100-107 (2003)
- [13] 齊藤潔, 吉澤正孝, 立林和夫, 土居正規:“R&D 活動への品質工学導入方法の研究(その2)”, 品質工学, Vol.11, No.4, pp.64-69 (2003)
- [14] 白幡洋一:“経営から見た設計の課題-「R&D 活動への品質工学導入方法の研究」の検証-”, 品質工学, Vol.12, No.1, pp.105-114 (2004)
- [15] 牧喜代司, 小杉敬彦:“トヨタ自動車における SQC 実践活用拡大への取り組み”, 品質, Vol.39, No.1, pp.25-31 (2009)

3.1 はじめに

この状況に対応するために、旧来より経営工学分野で多種多様な手法が提案され、1.2.1で例示したように多くの企業内で盛んに実践され成果を上げている。しかし一般にプロセス改善を PDCA のサイクルを回しながら効果的に進めるためには、その進捗を定量的に把握する事が望ましく、本論文の課題である手法活用の推進においても、企業現場での実践、利用の状況を定量的に把握する方法が重要である。1.3 節で示した普及のステップでいうならば、図 3-1 に示すように各ステップの評価方法に相当する。

評価
×
(1) 認知
↓
(2) 利用
↓
(3) 活用

本章の位置づけ

さらに産業内において、より多く認知され利用されている手法とは、その有効性や導入容易性を考慮して総合的に優れている、価値があると認識されている結果そうになっていると仮定してみる。すると、利用の度合いを定量的に評価することは、手法の有効性評価と

しても利用できるかもしれない。そうであれば、上記の利用度評価はさらに大きな意義を持つこととなる。

本研究では、主要な経営工学手法について、認知度、利用度を Web 上の情報量で簡易的かつ相対的に評価する方法を考案し、その有効性を検証する。

3.2 手法認知度、利用度のアンケート調査

Web 検索による手法利用度評価の妥当性を判断するためには、そのための参照データが必要となる。本研究では筆者が過去に実施した社会人学生へのアンケート結果[2]の一部を参照データとして利用する事とし、ここでやや詳細に説明する。

3.2.1 アンケート調査方法

この調査は、2010 年に東京農工大学技術経営研究科の M1, M2 社会人学生および OB 社会人合計 64 名に対して 66 の手法に関するアンケートをメールで依頼し、29 名から回答を得たもので、アンケートの依頼文を以下に示す。

東京農工大学技術経営研究科社会人学生の皆様、

いつもお世話になっております。

12 月 11 日の F S 発表に向けて準備を進めており、製造業の皆様企業内での実態をお聞きしたいと思います。

お忙しい中大変恐縮ですが、下記のアンケートにご協力下さい。

アンケート依頼要項

1. 目的

数年前より業務と並行して、ものづくりの企画、研究開発、設計、製造、品質保証を効率化する各種技法の分析/体系化を進めており、いくつかの学会でも発表して参りました。

ビジネスプランでは、この活動をコアとしてネット上で情報を提供し、その周辺で情報提供者（私以外の協力者含む）と需要者双方にメリットのあるビジネス創出を検討中です。

今回は検討の第一歩として、上記技法に対する活用と需要の現状を調査するものです。

2. 調査対象

国内の製造業企業従事者を対象とし、事業内容、職種、職位、年代、性別は問いません。

1 企業 1 名様で結構ですが、2 名様のご協力がいただける場合は別部門で異なる職種または職位の方をお願い致します。（設計課長職+生産技術主任級など）

専業学生、また製造業以外に従事している社会人の方は回答不要です。

3. 回答の返却

集計の都合上、エクセルシートのままメールにて返信いただくとありがたいのですが、匿名を御希望の場合は印刷したシートを無記名のまま熊坂までご郵送下さい。

集計の関係上、11 月 18 日（木）を目標に御返信をお願い致します。

また、回答票である MS エクセルの調査シートに記載したコメントは以下の通り。

- (1) 各技法毎に設問 1. 2. 3 の中から最も当てはまる回答を選び、該当する空白の升目にレ点などを記入して下さい。
- (2) 業務上の機密などで回答できない部分は空白のままで構いません。
- (3) 最後にプロフィールシートの該当する升目にレ点を記入して下さい。 "

質問のうち 1. 回答者個人の認識、2. 回答者が所属する組織での利用度合いの選択肢を **表 3・1** および **表 3・2** に示す。実際の調査シートでは、これらの設問の右側に 66 手法が横に並び、選択肢との交点となる升目にマークを書き込んで返信してもらった。

表 3・1 アンケート設問 1

問1. 個人的認識
①指導する事が出来る
②現在も良く使っている
③使った事がある
④用途, 使用法, 原理まで知っている
⑤用途は知っているが, 使用法や原理は知らない
⑥名前は知っているが用途は良く分からない
⑦全く聞いた事がない

表 3-2 アンケート設問 2

問2. 組織的利用
①全社方針として使われている
②全社方針ではないが、一部の部門方針で使われている
③方針ではないが、一部の社員が個人的に使っている
④一時使われていたが、今は使われていない
⑤社内で使われているのを見聞きしたことがない

オリジナルの調査では、問 1 で個人的な認知度と利用状況を併せて質問しているが、本研究ではこの調査結果を基に、表 3-1 の回答選択肢で「名前は知っている」以上①②③④⑤⑥の割合を「認知率」、表 3-2 の回答選択肢で「全社方針ではないが、一部の部門方針で使われている」以上①②の割合を「利用率」と定義し、個々の手法毎に Web 検索エンジンによる評価との比較を試みる。

問 1. の扱いにおいて、手法を利用している個人は必ず手法の名前を知っており、すなわち個人としての利用経験者は、認知者のグループに包含されるため、今回の目的に利用することに支障がない。

3.2.2 アンケート回答者プロフィール

この調査に対する回答者のプロフィールである年齢、職種、職位を図 3-2 から図 3-4 に、そして回答者が所属する企業のプロフィールである従業員数、製品分野、創業年数を図 3-5 から図 3-7 に示す。

MOT 大学院学生および OB を対象としたために、年齢は 30 代、40 代が多く、職種は設計、開発職が多い。所属企業としては少なくとも 101 名以上の会社規模で、創業年数も 51 年以上が 75%以上を占めている。

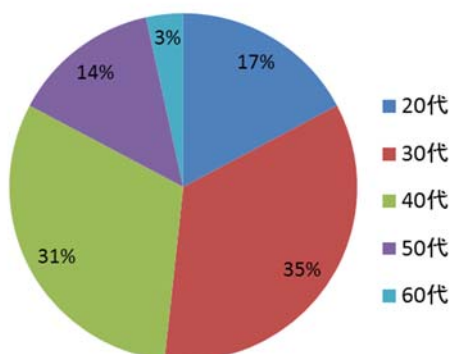


図 3-2 回答者の年齢

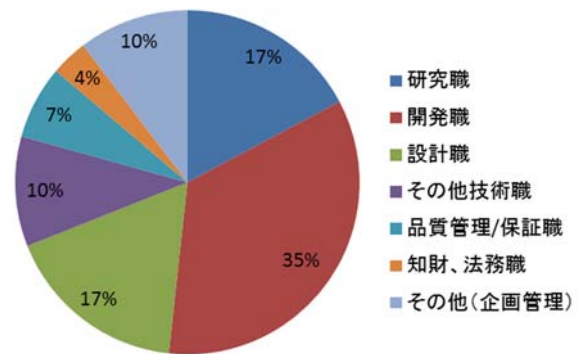


図 3-3 回答者の職種

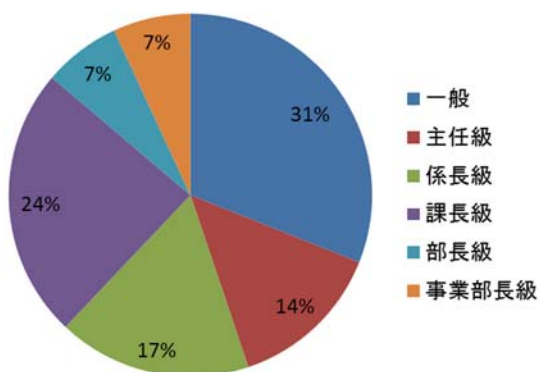


図 3-4 回答者の職位

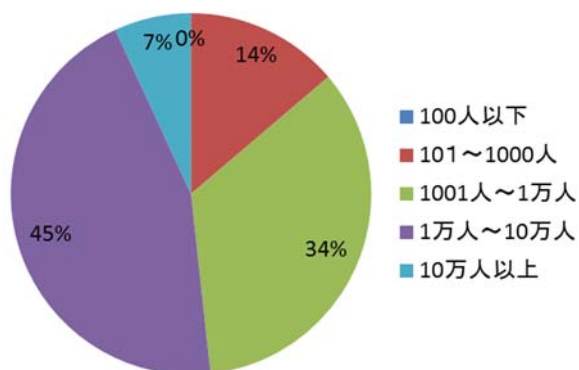


図 3-5 回答者所属企業の従業員数

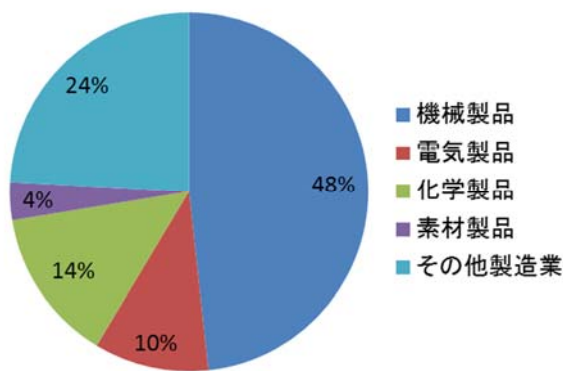


図 3-6 回答者所属企業の製品分野

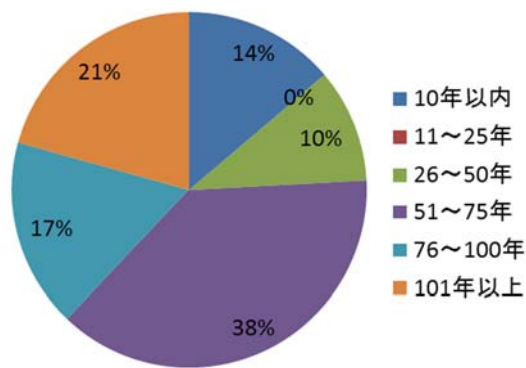


図 3-7 回答者所属企業の創業年数

3.2.3 アンケート調査結果

前記の設問 1, 2 に対する回答者全員の選択項目を全手法に対して集計したものが図 3-8 と図 3-9 である。

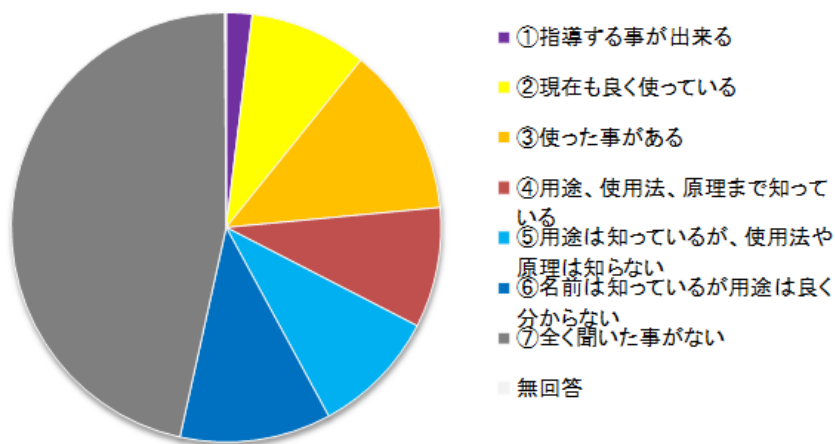


図 3-8 手法認知度結果

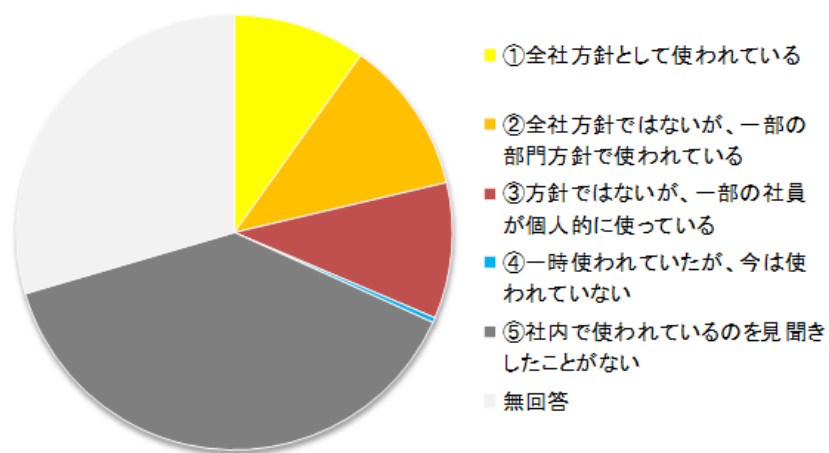


図 3-9 組織利用度結果

ここで認知率と利用率の相関図を作成したものを図 3-10 に示す。予想されるように両者には強い正の相関が見られるが、認知率に対して利用率は平均で 11% 低く、認知はされているものの組織的に使われていない方法が多く存在する事が観察される。

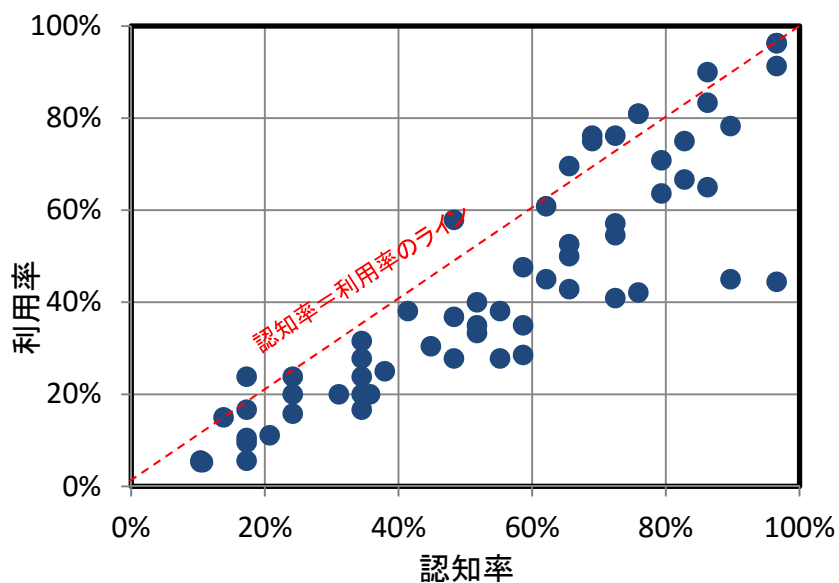


図 3-10 手法の認知率と利用率の相関

ここで利用率 > 認知率の手法が存在するのは、組織的利用率の質問に対する無回答者が多かったためであり、図 3-11 に示すように全 29 名の回答者の中で、知っているとは回答した人よりも組織的に活用していると回答した人の絶対数は全手法に対して少なかった。

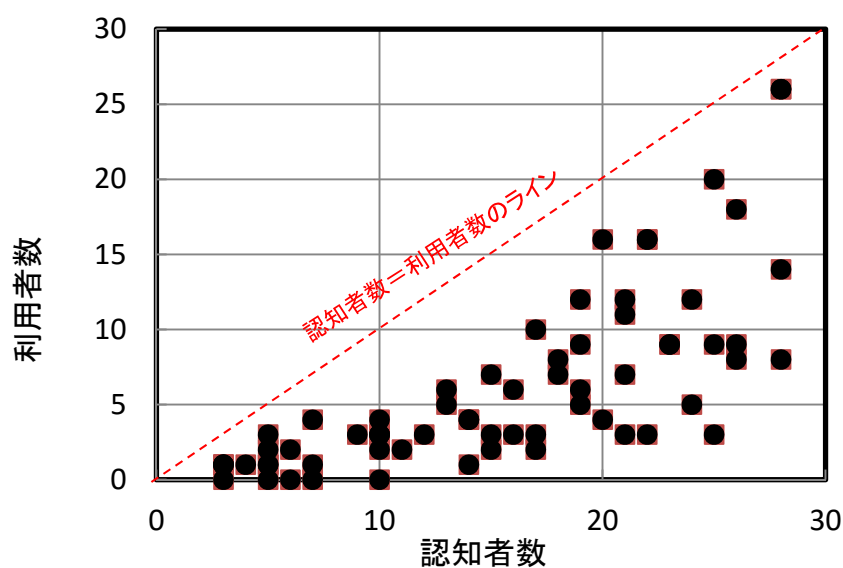


図 3-11 手法の認知者と利用回答者の相関

ここで調査した 63 の手法について、認知率に対する利用率の比率が高かった上位 10 手法と下位 10 手法のリストを表 3-3 および表 3-4 に示す。

表 3-3 利用率/認知率比上位 10 手法

順	手法名	認知率	利用率	利認比
1	EVM	17.2%	23.8%	138%
2	マインドマップ	48.3%	57.9%	120%
3	グループウェア	69.0%	76.2%	110%
4	多変量解析	69.0%	75.0%	109%
5	NM法	13.8%	15.0%	109%
6	KYT	75.9%	81.0%	107%
6	共有サーバ	75.9%	81.0%	107%
8	FMEA	65.5%	69.6%	106%
9	3次元CAD	72.4%	76.2%	105%
10	回帰分析	86.2%	90.0%	104%
	10件の平均	59.3%	64.6%	

表 3-4 利用率/認知率比下位 10 手法

順	手法名	認知率	利用率	利認比
54	CCPM	10.3%	5.6%	54%
54	SLP	10.3%	5.6%	54%
56	オンライン品質工学	10.3%	5.3%	51%
57	パラメータ設計	55.2%	27.8%	50%
58	セル生産	89.7%	45.0%	50%
59	KT法	10.7%	5.3%	49%
60	バランススコアカード	34.5%	16.7%	49%
61	ABC	34.5%	16.7%	48%
62	トヨタ生産方式	96.6%	44.4%	46%
63	コンビナトリアル	17.2%	5.6%	32%
	10件の平均	36.9%	17.8%	

上位 10 手法の平均認知率が 59.3%に対して下位 10 手法のそれは 36.9%と、全般的にこの比率が低い手法は認知率自体が低いものが多い。これは利用者が多い程それを知る機会

が多くなることから容易に理解できる。しかしその中でトヨタ生産方式とセル生産方式は、認知率が 96.6%，89.7%と高いながらも利用率はそれらの半分以下に留まっており，他の個人的に利用できる手法に比べて，組織的に決定し取り組まなければならないことが導入の障壁となっていることが想定される。下位 10 手法の中では他にも ABC，バランススコアカード，KT 法，CCPM など組織的な導入が必要とされるものが多い。

3.3 研究方法

3.3.1 調査項目

本研究では以下の項目につき評価，考察した。

(1) 手法毎の Web 検索検出ページ数

まずは各手法を含む Web ページが絶対数としてどれだけ存在しているかを計測し，その傾向を観察した。

(2) 偽検出問題への対応

アルファベット 3 文字以内の略称に多いが，例えば Product Portfolio Management を PPM と省略したままで検索すると，part per million の短縮形である ppm も同時に検出してしまう。この症状を「偽検出」と名付け，この問題に対処するための対策を検討し，その対策効果を評価した。

(3) 検出ページ数の時期変動確認

Web の世界は常時進化，変化しているため，今回の研究の普遍性を評価する必要がある。たとえば検索のアルゴリズムは，それを提供する企業によって不定期かつ非公開で変更される。ユーザーの利便性をより高める目的のためとはいえ，これによって今回の評価法の結果に大きく影響する危険性がある。

今回使用した検索エンジンを提供する Google 社は，2012 年 7 月にパンダアップデートと呼ばれる大きなアルゴリズム変更を実施し，検索順位の変動があったと伝えられている[3]。そこでこのアルゴリズム変更の影響度を，その前後での検索結果ページ数の変化を見ることで評価した。

(4) 検出ページ数とアンケート結果の相関評価

上記(1)で得られた概算ページ数 Cap と、参照データである 3.2.2 で示したアンケート結果の認知率および組織的利用率との相関を求める事で、Web 検索結果データの有効性を評価した。

(5) 国別の検索検出傾向評価

Web 検索で手法の利用度を簡易的に評価できるならば、海外と日本、海外相互間の利用度比較もできる事になる。

利用度評価応用の一つとして、該当国で使用される表現が容易に想定できる英語圏の国を対象に、いくつかの単語について国別傾向を比較評価した。

(6) 年次毎の検索検出傾向評価

上記同様に時系列の利用度傾向も Web 検索検出数で評価できる可能性がある。利用度評価応用の二つ目として、手法が利用された時期を特定するアイデアを取り込んで年次ごとの傾向を評価した。

上記各項目の相対関係および研究フローを図 3・12 に示す。

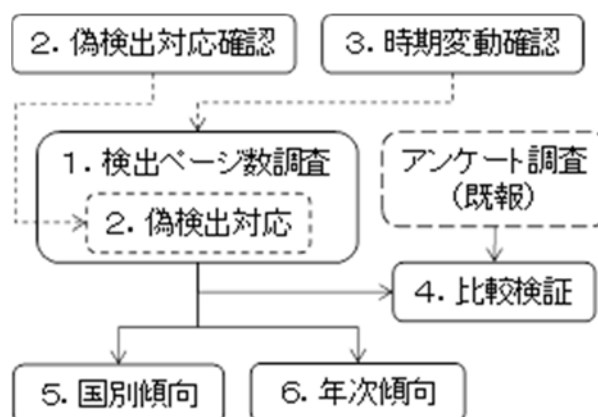


図 3・12 研究項目の関係およびフロー

ここで(1)(3)(4)について、後述する 63 の手法に対して作業を実施して、各手法の情報が Web 上に存在する量を知り、また 3.2.2 で説明したアンケート結果における認知率および利用率との関係性を評価した。(2)(5)(6)については膨大な作業量となるため、一部の手法のみを調査対象とした。

3.3.2 検索の設定条件

(5) を除く調査項目に関しては日本国内情報に限定した調査とするため、検索の詳細オプションを以下のように設定した。

- ・検索エンジン：Google
- ・言語：日本語
- ・地域：日本
- ・検索対象の範囲：ページ全体
- ・その他：デフォルト設定

3.3.3 手法名称の設定

本研究では経営工学手法の中から比較的広く利用されていると思われる 63 技法を選定して調査対象とした。しかし「品質工学」などの複数単語の組合せからなる手法名の場合、「品質」「工学」という一般名称の一部が含まれるページを誤ってカウントすることがあり、一語であることを定義するために“”（ダブルクォーテーション）で挟んで検索した。

また手法名によってはその名称のまま充分ユニークであり、検索検出数がその項目を含むページ数に一致しているとみなされるが、そのままで正確に計測できないものについては下記の方法を採用した。それでも対象キーワードが検索されなかったり、対象以外のものがカウントされるケースも相当数存在すると予想される。

(1) 複数名称問題

1 つの手法が二つ以上の呼称を持っている場合であり、例えば親和図法と KJ 法は全く別の単語ながら、実質的にはほぼ同一の意味を持つとみなされている。この場合は検索窓に「“親和図法” | “KJ 法”」のように 2 語の間に「|」記号を挟んで OR 検索とし、いずれもカウントされるように検索した。

(2) 偽検出問題

3.3.1 (2) で挙げた偽検出が想定される単語については、それを避けるために“PPM” “分析”のように、目的とする手法に付随して用いられる単語との AND 検索とした。現実には、対象の PPM を扱っているが「分析」という単語を使わないページも当然存在することが想定され、この方法を取った単語は信頼度が低くなっている。

それでも別件の単語が混入することが予想されるため、次式で「対象率」Rs と「概算

ページ数」Capを定義し、おおよそのページ数を算出した。

$$Rs=Cs/20$$

$$Cap=Cd*Rs$$

ここで Cd は当該キーワードについて実際の検出ページ数であり，Cs はその中の検索上位 20 件を個別に確認して，目的対象と判断した件数をカウントしたものである。

この方法を使っても「IE」「VTA」「サンプリング手法」の 3 件は，十分な分離ができないと判断し，調査対象から除外せざるを得なかった。

3.4 研究結果

3.4.1 手法毎に検出されたページ数

63 手法に関して検索した結果を概算ページ数 Cap の降順に表示したものを表 3・5 に示す。Cap 順上位を示す手法は一般に普及している手法が多く，利用が製造業に限定されるものよりも，サービス業を含めて使われる事業戦略やマーケティング手法が多く見られる。

順位最上位の「PDM」に関しては対象率 Rs:55%を考慮した Cap ですら相当に大きく，「WBS」も含めた 3 文字略称はまだ誤検出が相当数残っている可能性がある。

表 3-5 (その 1) 検出されたページ数 (1 位から 40 位)

	対象技法	検索式	Cd	Rs	Cap
1	PDM(製品データ管理)	PDM	19,700,000	55%	10,835,000
2	ISO9000	ISO9000 or ISO9001	8,050,000	100%	8,050,000
3	アンケート調査	アンケート調査	6,800,000	100%	6,800,000
4	VE/VA	VE and 価値	4,300,000	100%	4,300,000
5	グリーン調達	グリーン調達 or グリーン購入	4,150,000	100%	4,150,000
6	マインドマップ	マインドマップ	4,080,000	100%	4,080,000
7	グループウェア	グループウェア	3,850,000	100%	3,850,000
8	SWOT分析	SWOT and 分析	3,800,000	100%	3,800,000
9	PPM	PPM and 分析	3,250,000	100%	3,250,000
10	ISO14000	ISO14000 or ISO14001	2,660,000	100%	2,660,000
11	3D-CAD	3D-CAD or 3次元CAD or 3DCAD	2,600,000	100%	2,600,000
12	WBS	WBS	6,300,000	30%	1,890,000
13	ABC/ABM	ABC and 原価 or コスト	1,690,000	100%	1,690,000
14	検定、推定	検定 and 推定	1,400,000	100%	1,400,000
15	TQM	TQM	1,270,000	100%	1,270,000
16	PMBOK/ISO10006	PMBOK	568,000	100%	568,000
17	多変量解析	多変量解析	477,000	100%	477,000
18	回帰分析	回帰分析	445,000	100%	445,000
19	BSC	バランスandスコアandカード	448,000	95%	425,600
20	ポジショニング分析	ポジショニング分析	414,000	95%	393,300
21	シックスシグマ	シックスシグマ	348,000	100%	348,000
22	安全設計手法(FP/FS)	フルプルーフ or フェイルセーフ or フェールセーフ or フェイルセーフ	385,000	85%	327,250
23	MRP	MRP	911,000	35%	318,850
24	EVM	EVM	372,000	80%	297,600
25	トヨタ生産方式	トヨタ生産方式	247,000	100%	247,000
26	セル生産	セル生産	238,000	100%	238,000
27	FTA	FTA and 故障	222,000	100%	222,000
28	TRIZ	TRIZ	257,000	85%	218,450
29	ブレインストーミング	ブレインストーミング	208,000	100%	208,000
30	QC7つ道具	QC7つ道具	161,000	100%	161,000
31	グループインタビュー	グループインタビュー	158,000	100%	158,000
32	PERT/CPM	PERT	237,000	65%	154,050
33	CCPM	CCPM	138,000	95%	131,100
34	モーダルシフト	モーダルシフト	128,000	100%	128,000
35	KYT活動	KYT and 危険	124,000	100%	124,000
36	DR(デザインレビュー)	デザインレビュー	152,000	70%	106,400
37	FMEA	FMEA	102,000	100%	102,000
38	データ共有サーバ	共有サーバ	107,000	95%	101,650
39	5F分析	5F分析 or ファイブフォース	68,600	90%	61,740
40	直交表	直交表	51,300	100%	51,300

表 3-5 (その 2) 検出されたページ数 (41 位から 63 位)

	対象技法	検索式	Cd	Rs	Cap
41	コンビナトリアル	コンビナトリアル	50,400	100%	50,400
42	冗長設計	冗長設計	39,700	100%	39,700
43	パラメータ設計	パラメータ設計	34,600	100%	34,600
44	コンジョイント分析	コンジョイント分析	31,800	100%	31,800
45	ワイブル分布	ワイブル分布	30,500	100%	30,500
46	シナリオプランニング	シナリオプランニング	29,300	100%	29,300
47	SLP	SLP and レイアウト	29,500	95%	28,025
48	新QC7つ道具	新QC7つ道具	26,400	100%	26,400
49	品質表	品質表	73,200	35%	25,620
50	USIT	USIT	19,500	100%	19,500
51	MTシステム	MTシステム	23,700	80%	18,960
52	R-Map	R-Map or リスクマップ	24,100	75%	18,075
53	KT法	KT法 or ケプナー	14,200	100%	14,200
54	TOC(DBR)	DBR and 制約	13,100	100%	13,100
55	応答曲面法	応答曲面法	12,100	100%	12,100
56	RCA(根本原因分析)	根本原因分析	12,300	95%	11,685
57	機能性評価	機能性評価	36,900	30%	11,070
58	損失関数	損失関数	22,200	45%	9,990
59	APQP	APQP	7,910	100%	7,910
60	NM法	NM法	5,130	100%	5,130
61	オズボーンのチェックシート	オズボーンのチェックシート	3,510	100%	3,510
62	オンライン品質工学	オンライン品質工学	2,830	100%	2,830
63	焦点発想法	焦点発想法	1,070	100%	1,070

3.4.2 偽検出問題対応の検証

3.3.2 (2)で説明した偽検出対策に対して、たとえば検索表示の下位と上位の対象率 R_s が異なる場合、この対策の正当性が崩れる。この疑念を検証するために、10 件の手法名称を選定して、検索表示の上位 20 位までと 91 位から 110 位までの 20 件ずつの R_s を比較した。比較に使用した手法は評価の汎用性を担保するために、対象率 R_s が 25%から 95%まで広い範囲に分布するように選定した結果、USIT, TQM, IE, MRP, KT 法, PDM, WBS, PERT, EVM, CCPM となった。

検索検出表示上位の対象率を横軸、下位を縦軸にとった相関関係を図 3-13 に示す。両者の相関係数は $r=0.92$ であり、下位の方がやや R_s が低い、すなわち目的対象以外の項目が下位でやや多く混入する傾向が見られたものの、上位 20 位までの対象率は全体の傾向をおおよそ表わしていると判断した。

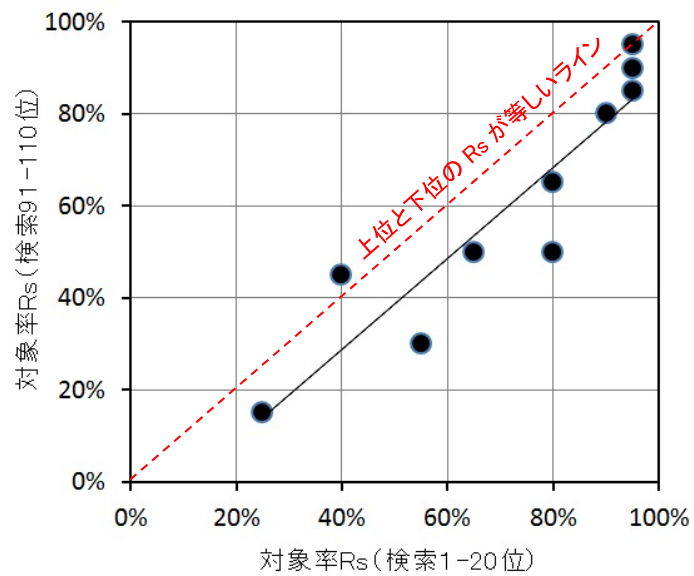


図 3・13 検索表示上位と下位の対象率相関

3.4.3 検出ページ数の時期変動

パンダアップデート前後の 2012 年 4 月下旬と同年 7 月下旬の、概算ページ数の相関を

図 3・14 に示す。相関の存在に関する検定で $p=1.27\exp(-11)$ であった。

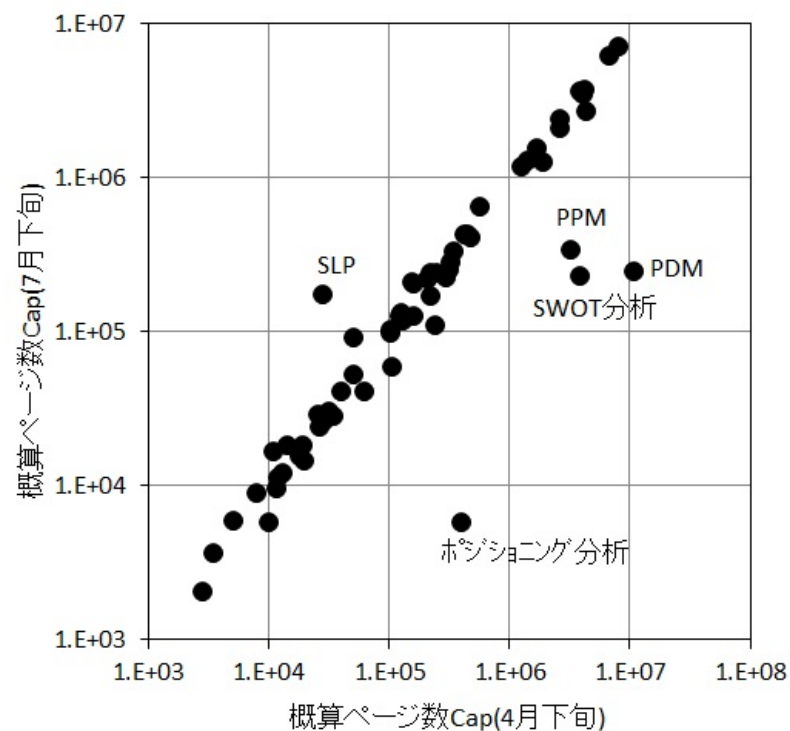


図 3・14 検索アルゴリズム変更による検索結果の影響

ここで図中に個別名称を記した 5 つの手法については、この調査時期の違いによって Cap が一桁あるいはそれ以上に大きく変化しており、それら 5 手法を除いた場合の検定結果は $p=2.16\exp(-55)$ となり、検索アルゴリズム変更の影響は大部分について軽微であるといえる。

3.4.4 検出ページ数と手法普及度の関係

概算ページ数 Cap と 3.2.2 で示したアンケート結果の認知率および組織的利用率との相関を、図 3-15 および図 3-16 に示す。

Cap と認知率の相関係数の有意性を検定すると $p=1.0\exp(-2)$ であり、組織的利用率では $p=5.8\exp(-3)$ となる。さらに Cap を対数で取ると、p 値はそれぞれ $8.2\exp(-7)$ 及び $2.8\exp(-6)$ であり、Cap と両変数とはいずれも正の相関があると判定できる。

また概算ページ数 Cap に対する認知率と組織的利用率との決定係数は、前者が $R^2=0.331$ 、後者が $R^2=0.304$ であり、相対的に認知率との相関度の方が高いことが示された。

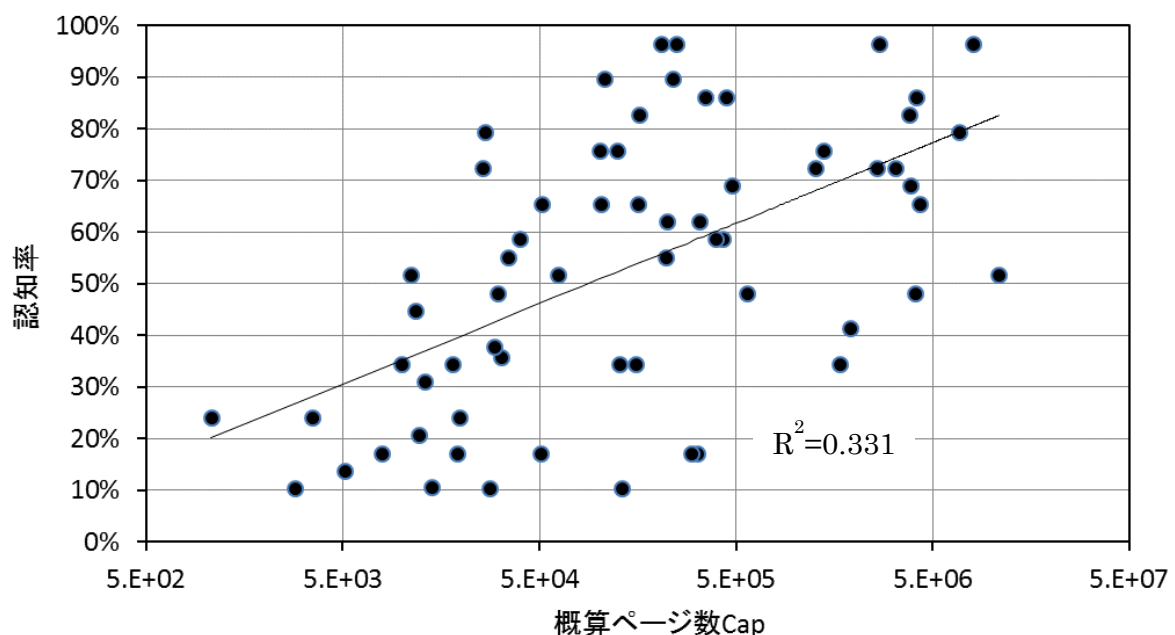


図 3-15 概算ページ数と認知率の相関

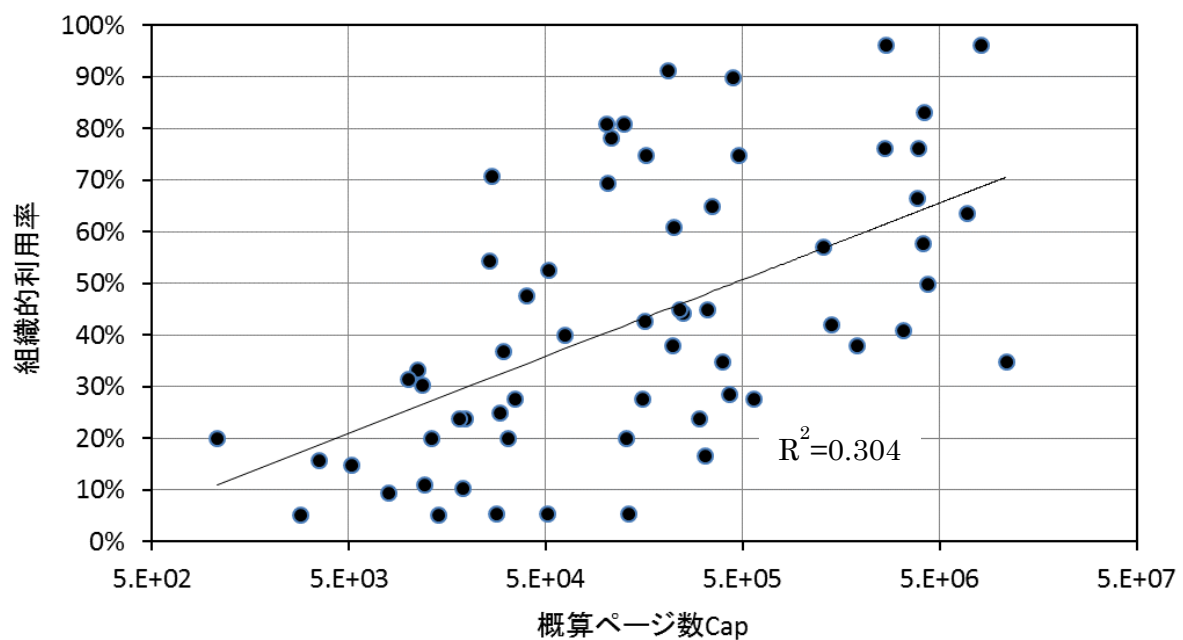


図 3・16 概算ページ数と組織的利用率の相関

3. 4. 5 国別の検出ページ数傾向評価

アルファベットと数値に関しては日本語と英語圏が同等に検索できるため、3. 3. 2 の設定条件のうち、言語を「英語」、地域を「アメリカ合衆国」および「イギリス」として、日本と比較した。用いた手法は SWOT, PPM, QFD, TRIZ, DBR, ISO9000, PMBOK, ISO14000 の 8 件であり、誤検出を回避するために 3. 3. 2 (2) と同様に英単語での and 検索を実施している。使用した具体的な検索式を表 3・6 に示す。

表 3・6 国別比較に使用した検索式と基準化した検出ページ数比率

技法名	日本語検索式	英語検索式	日本(JP)	米国(US)	英国(UK)	US/JP/p	UK/JP/p
SWOT	"SWOT" "分析"	"SWOT" "Analysis"	239,000	4,530,000	409,000	7.93	3.40
PPM	"PPM" "分析"	"PPM" "Analysis"	456,000	24,500,000	270,000	22.48	1.17
QFD	"QFD" "品質"	"QFD" "quality"	18,300	2,870,000	23,100	65.62	2.50
TRIZ	"TRIZ"	"TRIZ"	211,000	692,000	50,800	1.37	0.48
DBR	"DBR" "制約"	"DBR" "constraint"	12,600	23,000	30,400	0.76	4.79
ISO9000	"ISO9000" "ISO9001"	"ISO" ("9000" "9001")	7,070,000	31,800,000	5,950,000	1.88	1.67
PMBOK	"PMBOK"	"PMBOK"	571,000	998,000	48,500	0.73	0.17
ISO14000	"ISO14000" "ISO14001"	"ISO" ("14000" "14001")	2,510,000	6,070,000	1,440,000	1.01	1.14
インターネット利用人口比率p			1	2.39	0.504		

比較に際しては各国のインターネット利用者人口の違いを考慮した。手法毎に日本を1とした場合の検出ページ数比率も併せて表3・6に示す。これは対象国の検出ページ数を日本の検出ページ数で除し、さらに国別インターネット利用者人口比 p で除して算出した。1より数値が大きければ、利用者比で日本より相対的に多くの情報が扱われている事を意味する。

このインターネット利用者人口は、2011年の国別インターネット普及率[4]と人口[5]を掛け合わせて独自に求めた。

図3・17は日米比較であり、日本と米国の利用者人口比率 $Ru=2.39$ を図中に点線で示した。各手法のポジションを示す座標がこの点線より上なら米国、下なら日本での検索検出ページ数がWeb利用者比で多いことを示す。

全般に米国の方が多くの情報量を保有、発信しているが、手法毎の相関関係に特徴を見出すことができる。例えばPPM(22.48)やSWOT(7.93)などの戦略、マーケティング手法が多いのは、それらが米国で優位に立つ分野であることを裏付ける。日本発祥のQFD(品質機能展開)(65.62)も米国の方が流通する情報が多く、今後の検証を要する。

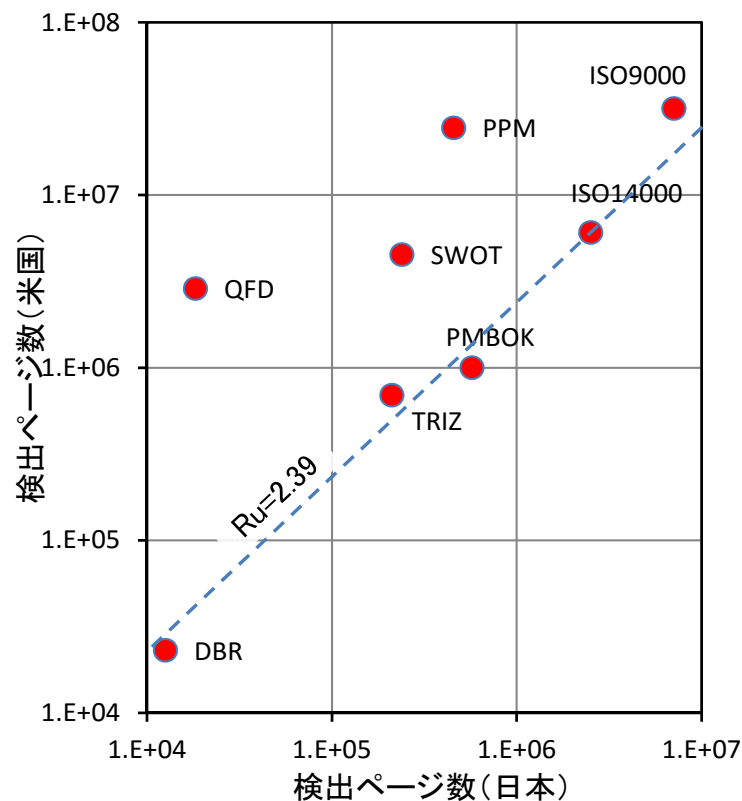


図3・17 日米の検出ページ数相関

一方図 3・18 に示す日英比較においては、全般的な情報量は英国の方がやや少なく、その中でもプロジェクトマネジメントガイドラインである PMBOK(0.17)の少なさが目立つ。これは日本でソフトウェアや建設分野での PMBOK 普及が進んでいることが理由として考えられる。

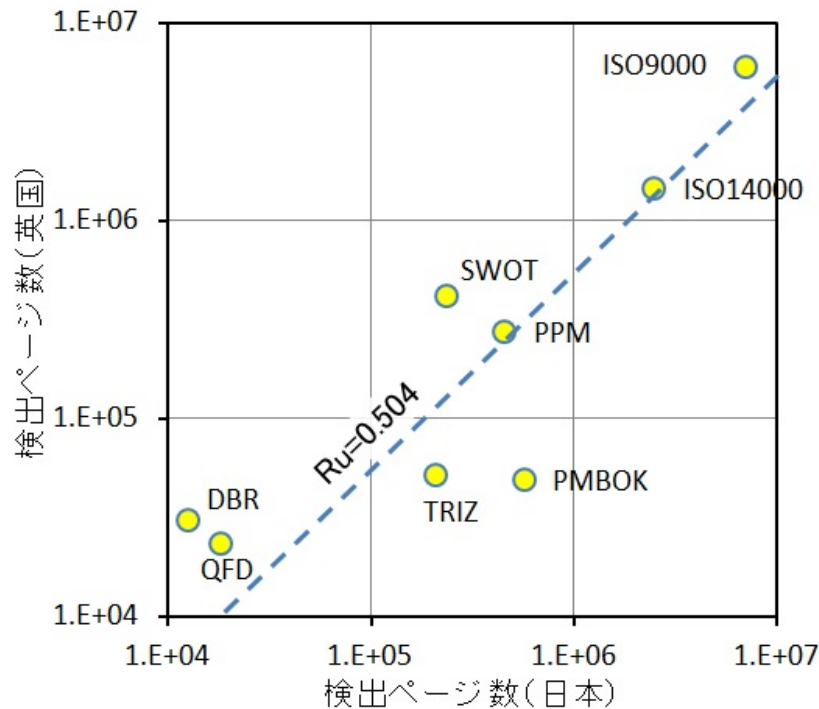


図 3・18 日英の検出ページ数相関

3.4.6 年次ごとの検出ページ数推移

63 手法の中から、近年「開発 3 種の神器」(付録 1 参照)とも呼ばれて利用が進んでいる「品質機能展開」「TRIZ」「品質工学(タグチメソッド)」と、それらに対比して 1960 年代から継続して使われている「TQM」について、それぞれの名称と年次とを AND 検索した結果を図 3・19 に示す。年次は 1960 年から 1990 年までは 5 年刻み、それ以降は 1 年刻みで調査した。

ただしここで、年次が進むにつれて web 上の情報量の全体が増加する傾向にあるため、本図の縦軸は各年次単独で検索した時の総ページ数で除した相対単位で評価している。そこに使った年次別の総 Web ページ数を図 3・20 に示す。

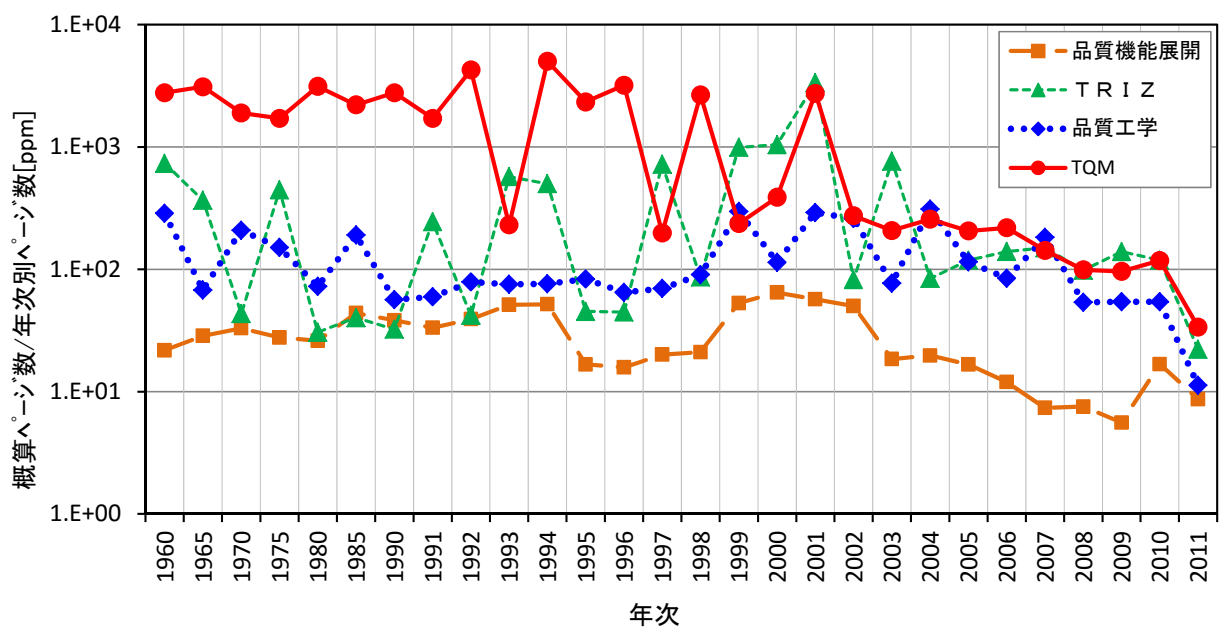


図 3-19 手法の相対的ページ数の年次別推移

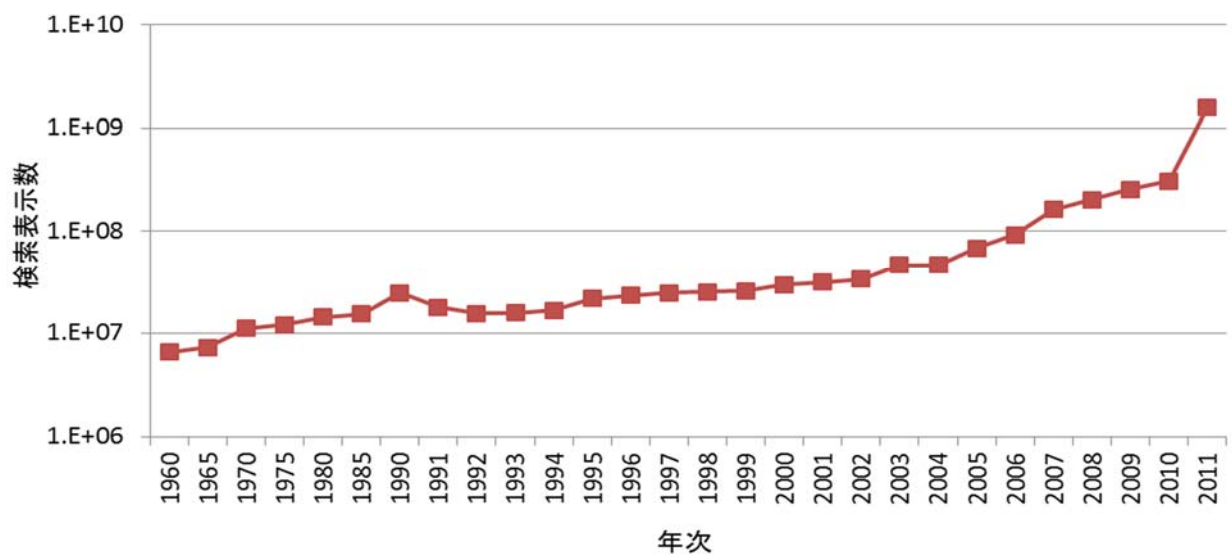


図 3-20 年次別総ページ数推移

これで見ると、開発 3 手法は 1999 年から 2002 年にかけてやや相対情報量が増えた様子が見える。この時期は 1.2.1 で記述したようにパナソニックや日立製作所などを初めとした大手企業がこれら手法を導入した時期であり、社会的な話題性との関連が考えられる。その後 2011 年にかけて相対情報量は減少しているが、図 3-20 で明らかなように、年次単独の検出ページ数が年平均で対前年比 1.9 倍、特に 2011 年は 5.2 倍と急激に増加していた

影響があり、決して情報の絶対値が減少しているわけではない。

一方のTQM情報量の推移をみると、1996年頃まで開発3手法の10倍以上であったが、それ以降は「TRIZ」「品質工学」と同水準になっており、相対的な利用度が低下してきている状況が想定され、近年ものづくりの付加価値が製造から設計プロセスに遷移している状況[6]と符合している。

3.5 考察と将来に向けて

アンケート結果による手法の認知率および利用率と Web 検索の検出ページ数の間に統計的有意な相関が見られたことから、多大な労力を必要とする産業内での手法利用実地調査やアンケート調査に替えて、定性的ながらも社会における認知度、利用度を、Web 検索によって簡易的に評価できる可能性が示された。

検出ページ数を対数軸とした時に認知率、利用率との相関が強くなる意味付けについては、例えば少数の利用者の時にはその利用者と身近な関係者のみがネット上に情報を掲示するものの、多くの利用者が現れる事によってその事象をより多くの関係者が話題にする影響、所謂「バンドワゴン効果」すなわち利用者数が増えるほど1利用者の便益が増加するために、ますます利用者が増えて正のフィードバックが発生する事象に類似の効果が考えられる。今後、さらなる検証が必要である。

Web 検索検出ページ数を評価するにあたっては、AND/OR 検索機能を活用し、偽検出対策を工夫したことで精度を上げることができたと想定されるが、それらの定量的な評価までは実施していない。今後の評価研究に加えて、さらなる精度改良の研究も期待される。

たとえば手法の名称だけで検索するのではなく、「手法名」+「利用」、「手法名」+「活用」といった検索式を使用することによって、その手法がどのように使われているかを評価することも考えられる。しかしながら「利用」と「活用」は、一般社会では厳密に区別して使われておらず、また類義語として「使う」「用いる」などがあり、さらにそれら動詞の活用形まで含めると非常に多くの表現があるために、厳密に評価しようとするすると相当に複雑な検索式になるにもかかわらず、さほど精度が上がらない危険性がある。

また「利用」「活用」が極めて一般的に使われる単語であるために、「手法名」+「利用」、「手法名」+「活用」で検索してみると、手法によっては「手法の利用」という使われ方のページが多く表示される一方で、「～を利用した手法」であったり、全く手法に関連の

ない文脈での「利用」ばかりが表示される場合もあり、比較評価の手段としては不適切と判断した。しかしこれに類するアイデアを含め、簡易で効果的な評価方法には、まだ改良の余地が多く残されていると思われる。

また、3.2 節にて認知度、利用度の参照データとして採用したアンケート調査は、サンプル数が少なく回答者も産業全体を網羅するものではないため、サンプル数を追加して評価精度を向上することも有用と思われる。

本研究で提案する利用度評価方法の応用として、英数字で表現される手法に関して国別の相対利用度比較を実施し、得られた結果について一般的に言われている傾向と符合するものがあつた。英語圏以外でも略称として英単語の頭文字を使う国は多数あるので、今後 G7 先進各国や次世代を担う BRICS、そして急速に発展している ASEAN などの新興国、さらにその後を追うアフリカ、中南米諸国について、経営工学手法の利用状況を調査する事は、経営工学そのものの普及を評価することに類する意義ある研究事項と考える。

またこの評価を年次別に適用し、手法毎の相対的利用度の時系列変化を観察する事ができた。手法によって ISO9001 やグリーン調達のように、社外へ公開する事でその社会貢献度を示す意義を発揮するものと、品質機能展開 (QFD) のように、製品企画、仕様にかかわるため、社外にその利用事実を含めて公開しにくい手法があり、Web 検索で表示されたページ数の絶対値自体を評価することが難しい場合でも、年次の相対的な推移評価は価値を見出しやすく、この方面での適用拡張は有望な研究分野と考える。

製造業現場での経営工学手法利用の実態を多数サンプルで調査することにより、高精度での評価が可能であるものの、その場合の膨大な作業量、費用を勘案すると、簡易手法として本研究で提案する評価法の有用性は高く、応用範囲は広いと考える。

以上のように、経営工学手法の社会的利用度を比較的簡易に評価できる見通しがついたが、ISO 国際規格やグリーン調達などの行政機関による法整備によって広く普及している手法がある一方で、限定された分野で大きな有効性が実証されながらも、認知度の低さや利用方法などの情報不足から利用が広がっていない手法が存在する事実も明らかとなった。これは、本来産業の発展に貢献する大きな潜在能力を持つ経営工学にとって好ましい状況とは言えない。

そのような手法の利用を促進する手段の一つとして、効用や手順の解説や事例といった

関連する情報をより多く、広く産業界に発信することが有効と考えられる。次章では、より多くの関係者に認知、利用を促すために、Web 上で有効に情報発信する方法に関する調査結果を報告する。

3.6 参考文献

- [1] Gens, F. : “IDC predictions 2012: Competing for 2020”, *IDC Report*, (2011)
- [2] 熊坂治 : ” ものづくり効率化手法の活用と有効性調査報告” , 平成 23 年度日本経営工学会春季大会予稿集, pp. 40-41 (2011)
- [3] SEO HACKS, SEO 用語集 : 「パンダアップデートとは」 , http://web.seohacks.net/basic/terms/panda_update/
- [4] ITU web site: Percentage of Individuals using the Internet (2011), <http://web.itu.int/ITU-D/ict/statistics/>
- [5] UNData: Demographic Yearbook, Estimates of mid-year population (2011), <http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dyb2011/Table05.pdf>
- [6] 経産省/厚労省/文科省 : 「2012 年版ものづくり白書」 , pp.53 (2012)

第4章 経営工学手法情報の効果的発信方法

4.1 はじめに

第1章で説明したように、経営工学手法を広く活用する事は、産業の発展にとって十分条件とは言えないまでも、大きな成功要因の一つであり、効果的な普及を推進することが社会的に期待されている。

そして**第3章**では、それら手法の普及利用状況を比較的簡易な方法で評価できることが定性的に示され、この評価法を利用して活用を推進する次の段階に進むことが可能となった。**2.6節**に示した先行研究では、組織内での手法活用推進の重要要因を知る事が出来るが、そもそも組織内でその必要性を感じている人がいない場合には、それら要因の前に、問題を抱えている関係者に問題を解決するための有効な手法に関する質の高い情報をより多く届けることが必要である。

情報発信の現状としては**3.1節**で記述したように、近年の情報技術発展によって知識のデータベース化が急速に進み、大量の情報が Web 上に蓄積されている。この状況は社会の要求に沿う形で、一般市民が容易に情報提供できる技術システムが、次々に提案、導入された結果であり、20年前であれば埋もれていた多くの知識情報がアクセス可能な状態となっている。

その一方で、望むべくは相互に関連付けられた集合知としてより有効な形態で記録されるべき一連の情報が、異なるレベル、異なる形式で、異なるサーバー内に、未整理のまま蓄積されている状況をも生み出している。

この状況を打開し、整理、統合された知識を効果的に提供するために、限られた分野やテーマの情報を Web 上に体系的に収集し、また必要に応じて関連する Web サイトを紹介し、リンクを設定するなどして、対象とするテーマを調べる際の関係者の利便性を高めたいわゆるポータルサイトという仕組みがある[1]。現在では、Yahoo や Google などの巨大なものから、個人の趣味のようにきわめて小さなテーマを扱うものまで、種々様々なポータルサイトが数多く提供されている。

ここで提供される情報が効果的に帰納するためには、単に Web 上に保存されるだけでは不十分であり、幅広いユーザーによる利用と、それらユーザー相互交流の活性化が重要である。それはユーザーの増加によってさらに有用性が増加し、他のユーザーによるさら

なる利用を誘引する一種のネットワーク外部性[2]が機能するためである。

本研究では有用な経営工学手法の活用を促進するという観点から、企業の生産性向上を企図した経営工学手法に関する情報を扱う「ものづくり革新ナビ」というポータルサイトが、より多くのユーザーによって積極的に利用される、すなわちアクセス数を増加させるために、多様なアプローチの有効性検証を試み、経営工学手法の情報を有効に発信するための指針、示唆、知見を得ることを目的とする。

これは 1.3 節で示した普及のステップで表すならば、図 4・1 に示すように認知度を高め、利用者を増やす方法に相当する。



図 4・1
本章の位置づけ

4.2 先行研究

4.2.1 Webサイトへのアクセス活性化に関する先行研究

Webサイトへのアクセス活性化方策についての報告としては、アクセス内容やサイト内の閲覧行動解析に基づいてWebサイトユーザーを増加した方策に関する報告[3]や、独自の解析ソフトを開発し、一般、優良、成約と分類したユーザーごとに検索されたキーワードやページ遷移を解析し、対象とするユーザー訪問を増加する対策の提案[4]などがある。

またEC（電子取引）サイトにおいては、アクセスの多寡が事業の成否に大きく影響する重要事項であるために、例えばデザイン面から[5]や検索エンジン対策面から[6]、アクセス解析から[4]、そしてSNS（Social Network Service）との連携面から[7]というように経験的なノウハウを集めた書籍が多数出版されている。しかし、情報技術や運営環境の変化が早いこともあり、この分野の学究的な報告は少なく、流入経路別の統計的な評価は報告されていない。

上記の参考文献によれば、検索経由のトラフィックアクセスを増加させる方策（SEO：Search Engine Optimization）とは、ユーザーにとって有益なコンテンツデータをサイト内に多数蓄積し、検索で上位表示されやすくすることであり[6]、参照経由のトラフィックアクセスを増やす方策は、SNSなどでユーザーの好感を獲得し、Webサイトの利用を促すこと[7]などである。

ここではこれら方策の中から、客観的に定量評価が可能な項目として検索トラフィック

に影響する基本的な要因の一つと考えられる「コンテンツ数」と、参照トラフィックに影響すると考えられるSNSの代表として「Facebook」、そして「メールマガジン」のアクセスに対する効果に関する先行研究を詳しく報告する。

(1) コンテンツの数

検索エンジンは、Webのユーザーをより役立つページへ導くように設計されている。役立つページの詳細な判断基準は公開されていないが、コンテンツの数と質を充実させることが重要であることは明白である。質の評価は定量化しにくい要因もあるが、ページの数に極めて正確に定量化が可能である。

検索エンジンは、クローラと呼ばれるプログラムを常時Web内に駆け巡らせて情報を自動収集し記録しており、ここで収集した記録はインデックスと呼ばれる[6]。そしてインデックスされたページの中から検索ワードに役立つと思われる順に選択表示するため、コンテンツの数が多い程インデックスされるページが増加し、その質が同等とするならば検索結果として表示される数も増えて、検索トラフィック数が増加すると期待できる。

(2) Facebook

FacebookはSNSの一つであり、市場ニーズを迅速に取り込んで機能を追加、改良したことで世界中に多くのユーザーを獲得した。このネットワークを通じてユーザー同士が日常情報を交換して、相互の信頼度が深まってゆく点が特徴である[8]。

Facebookの記事は現時点で検索エンジンに認識されない（インデックスされない）ために、検索トラフィックへの直接的効果は小さい。しかし記事を見た「友達」（注1）本人による記事中のリンク経由のアクセスと、その友達による「シェア」（注2）を見た「友達の友達」からのアクセスという参照トラフィックが期待できる[7]。

(3) メールマガジン

Web関係のコミュニケーションは、ユーザーからのアクセスを待つ受動的な手段が多い中で、メールマガジンは、発信者が能動的に情報をユーザーへ届けられる数少ない手段である。伝達可能な情報量は比較的大きいものの、長過ぎたり不要不急な文章は読まれずに廃棄されることも多い。この本文中にアクセスを期待するWebサイトへのリンクを挿入することで、参照トラフィックが誘引される[7]。

4.2.2 Web サイトの利用度を評価した先行研究

本件の先行研究としては、Webサイトユーザーに対するアンケート結果を主成分分析することで、彼らの満足度を調査したもの[9]がある。ここでは12の質問項目について、相関分析とハーズバーグのMH理論を経て主成分分析を行った結果、4つの主成分で約6割の説明力があり、各主成分の名称を「機能性」「感性」「コンテンツ」「その他」とし、さらに「感性」と「コンテンツ」を統合して「使用性」としたほか、ユーザーの安全性を含む「利用性」も重要要因とした。これらより、ウェブページ設計者は「機能性」を充実することでユーザーの不満を抑制し、「感性」と「コンテンツ」を統合した「使用性」でユーザーの満足度を充足するだけでなく、著作権や特許権などの知的財産権の侵害防止やリンクを適切に設定した設計を心掛けることが必要と結論付けた。

しかしその調査結果としての利用度変化は追跡されていない。

4.3 調査方法

4.3.1 Web サイトへのアクセス流入経路

ユーザーからポータルサイトへのアクセス増加を図るにあたり、そこに流入する経路によって、アクセスは次の3つに分類され[10]、それぞれ以下のような特徴がある。

- (1) 検索トラフィック：検索エンジン経由のアクセスであり、未知のキーワードについて調査しようとする新規訪問者の比率が高い。
- (2) 参照トラフィック：検索エンジンを除いた、ポータルサイトと関連するWebサイトやSNS、メールなどに設定されたリンクを経由したアクセスであり、ポータルサイトに関連のある訪問者の比率が高い。
- (3) ノーリファラー：検索や他のWebサイトのリンクを経由しない、ブラウザへのURL入力や「お気に入り」からの直接アクセスであり、再訪問者の比率が高い。

アクセス増加を図るには、上記の(1)検索トラフィックや(2)参照トラフィック経由の新規訪問者から高い評価を獲得して、リピーターである(3)ノーリファラー訪問者として定着してもらうのが有効な手順である。その観点ではいずれの流入経路も重要な意義を持っているが、本研究で事例として扱う「ものづくり革新ナビ」においては、検索を通じてより多くの新規アクセスを獲得する事と、その新規訪問者がリピーターとなって再訪問してもらうという観点から、上記手順の前半である(1)検索トラフィックと(2)参照トラフィッ

クを重要項目として調査する。

4.3.2 Webサイト利用度の評価方法と指標

訪問者の数や分類の定量的な解析を可能とするツールが有料/無料合わせて多数提供されており，その中では，米国Google社が無料で提供している“Google Analytics”の利用と報告が多い．このツールでは，解析しようとする Webサイトのコード中にGoogleが指定するトラッキングコードを挿入することで，当該 Webサイトのアクセスデータを分析し，コード挿入時以降の訪問者のエリア分布，ネット環境，ページ毎のアクセス数から，訪問者が検索に使用したキーワードや閲覧の流れまで詳細な情報を入手することが可能である[10]．

ここで入手できる多彩なデータの中で，サイト利用度の指標としては，訪問者の数や訪問者が閲覧したページ数の総計であるページビュー数が一般に使われる[10]．

4.3.3 本研究のフレームワーク

本研究の基本的フレームワークを図4・2に示す．コンテンツとFacebook投稿，メールマガジン配信の拡充がポータルサイトへのアクセス数に与える影響を検証しようとするものである．

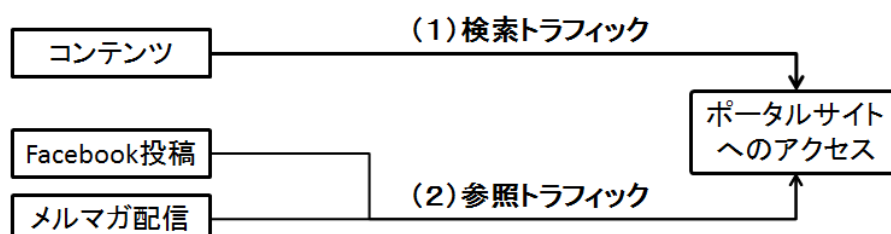


図4・2 本研究のフレームワーク

4.3.4 研究対象ポータルサイト

前述の研究フレームワークの実行に際し，本研究ではポータルサイトの事例として「ものづくり革新ナビ」(<http://Web.monodukuri.com>)（以下「当サイト」）を取り上げる．

当サイトは2012年3月に公開され，「手法情報の提供によってものづくりプロセスの革新を支援する」という趣旨に賛同する60名ほどの専門家の協力により，経営工学手法に関連する情報を製造業関係者に向けて提供し，活用の促進を図っている．

発信しているコンテンツは以下の3項目を主体として構成されており、公開以来その数を着実に積み重ねてきている。

(1) 手法解説記事

当サイト内には業務生産性の向上が期待される約120項目の手法が登録されており、それぞれの背景、有効性や手順を解説した記事が掲載される。

(2) 活用事例記事

当サイトへの訪問者が、自分の業務に対する手法適用のイメージが想起しやすいように、専門家が過去に実践した事例の記事が掲載される。

(3) Q&A

以上の記事（１）（２）によっても疑問が解消できない場合は、ユーザーが個別の質問を投稿すると、専門家が回答する機能がある。

(4) 専門家プロフィール

上記コンテンツを執筆する専門家の特徴、経歴、実績などが示される。

(5) セミナー案内

登録している専門家が講師を担当するセミナーについて、内容、開催日、会場、申込み方法などが掲載される。

以上のように、製造業関係者が抱える代表的なあるいは個別の課題に対して多様な解決策を豊富に提供できる点が当サイトの特徴であり、多数かつ多様なコンテンツが集積していることに大きな意義がある。また多くの製造系ポータルサイトでは情報の提供にとどまっているのに対して、当サイトではQ&Aという双方向コミュニケーションの機能を備える点が特徴となっている[11]。

さらに当サイト本体の構成とは別に、以下3つの外部付加的な方策を使って情報を発信することにより、当サイト本体へのアクセスを促進している。

(1) Facebookページでの情報発信

当サイト運営開始直後から「ものづくり革新ナビ Facebook ページ」(<https://Web.facebook.com/mono.kaku.navi>)として、新たな専門家の登録、新着コンテンツの掲載、セミナー、トピックスの案内などを高頻度で発信している。これによって当サイトを常時監視していなくても、Facebookを使用しているユーザーは、関心のある情報の新着をいち早く知ることが可能である。

(2) Twitterでの情報発信

上記Facebookとの自動連携機能を使って、同一の情報をTwitterで発信している。その強力な情報伝搬能力によって、多くのTwitterユーザーに情報の新着を認知させることができる。

(3) メールマガジンでの情報発信

当サイトでは訪問者の再アクセス機会を増やすために会員制度を設定しており、希望者はサイト上で会員登録することによって、それ以降のメールマガジンを受信したり、会員限定のデータをダウンロードすることが可能となる。

このメールマガジンは、新専門家、新着記事、セミナーの紹介に各種の有用情報を加えて毎月2回配信されている。これによってFacebookを使用していないユーザーを含めて、新しく追加された情報を定期的に知ることが可能となり、またメール内に設置した当サイト内関連ページへのリンクを通じてアクセスが誘引される。

4.3.5 調査対象期間と目的変数

本研究の調査対象期間は当サイトを公式公開した2012年3月27日から2013年7月31日までとし、平日に対して週末/祭日の訪問者数が極端に少ないことから、比較的変動の少ない平日のみ492日分のデータを使って解析した。

当サイトへのアクセスを評価する目的変数としてはGoogle Analyticsで分析した訪問者数とページビューを検討したが、両変数の相関係数を求めたところ0.926と高かったため、一部の訪問者が多くのページにアクセスすると特異な値を示す危険性のあるページビューを使わず、比較的稳定した指標として1日あたりの訪問者数を採用した。

4.4 調査結果

当サイトに関して4.3.3で示したフレームワークに従って、以下の手順で調査を実施した。

4.4.1 コンテンツ数の効果

はじめに、対象とする当サイトへの検索トラフィックに影響すると予想される4.3.4で示したコンテンツの中から3種類についてその数の相関行列を求めたところ、表4・1のよ

うにいずれも強い正の相関関係が見られた．そこで3種類を個別に評価することに大きな意味がないと判断し，サンプルサイズを大きくするために，手法解説記事，活用事例記事とQ&Aの合計数の効果を評価することとした．

表4・1 コンテンツ数の相関行列

	解説記事数	事例記事数	Q&A数
技法解説記事数	1		
活用事例記事数	0.960	1	
Q&A数	0.971	0.977	1

3種類のコンテンツ合計数に対する検索経由の訪問者数を**図4・3**に，またこのデータを一次近似した時の分散分析結果を**表4・2**に示す．

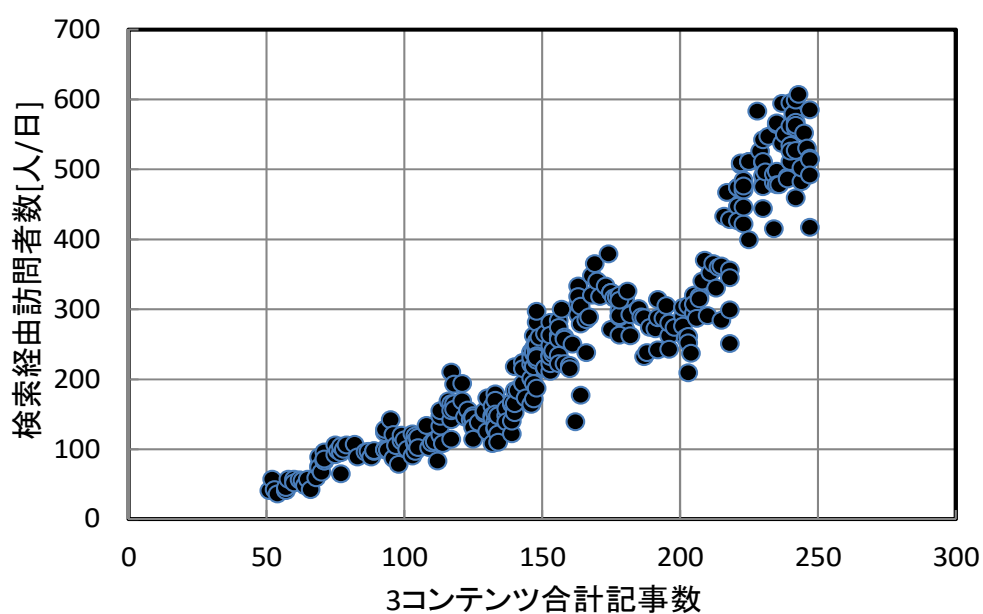


図4・3 コンテンツ数と訪問者数

表 4・2 コンテンツ数と訪問者数の分散分析

	自由度	変動	分散	F値
回帰	1	7169045	7169045	1686.6
残差	324	1377180	4250.6	
合計	325	8546224		

この結果は回帰に意味があることを示すが、一方で図 4・3 の相関の近似曲線を(1)一次、(2)二次、(3)対数のそれぞれで表した場合の寄与率 R^2 を求めたところ、それぞれ以下の数値を得た。

- (1) 一次近似： $R^2=0.8389$
- (2) 二次近似： $R^2=0.8807$
- (3) 指数近似： $R^2=0.8685$

この結果から検索経由の訪問者数は、コンテンツ合計数に対して一次近似よりは二次近似に良く適合していることを示す。図 4・3 の相関分布が下に凸の曲線状であることから、この結果は妥当と言える。

4.4.2 情報発信の効果

4.4.2.1 Facebook ページ投稿の効果

調査対象期間中に Facebook ページで投稿があった 182 日に関して、Facebook に関連する 5 項目の相関行列を表 4・3 に示す。

表 4・3 Facebook 関連項目の相関行列

	リンク数	見た人数	いいね数	シェア数	コメント数
リンク数	1				
見た人数	0.496	1			
いいね数	0.471	0.566	1		
シェア数	0.143	0.416	0.371	1	
コメント数	0.155	0.322	0.404	0.350	1
経由アクセス	0.299	0.228	0.331	0.237	0.139

表中で「経由アクセス」とは、Google Analytics で分析した投稿当日の Facebook ドメインからの訪問者数である。次節のメールマガジンの場合と同じく、Facebook においても投稿当日だけでなく翌日以降の経由訪問者が存在すると予想されるが、平日はほぼ毎日 Facebook への投稿があって翌日の投稿の効果と分離できない日が多いことから、この分析では当日のアクセスだけを評価対象とした。

表 4・3 の他項目の内容は以下の通りである。

- (1) リンク数：Facebook 投稿内に設置された当サイトへのリンクの数
- (2) 見た人数：Facebook の投稿を見た人の数であり，Facebook ページ管理者だけにそのデータが開示される．
- (3) いいね数：Facebook 投稿を見て共感し「いいね」ボタンをクリックした人の数であり，すべての人に公開される．
- (4) シェア数：Facebook 投稿を見て共感し，自分のタイムラインなどにシェアした人の数であり，すべての人に公開される．
- (5) コメント数：Facebook 投稿を見て，それに対して投稿されたコメントの数であり，すべての人に公開される．

表 4・3 における上記(1)から(5)いずれの項目も Facebook「経由アクセス」との相関検定は有意であったが，その中で最も相関係数が大きいのは「いいね数」の 0.331 であり，リンク数との相関係数 0.299 を上回っている．両相関係数には差がないとする帰無仮説に対して p 値が 0.0255 であるので，単にリンクを設置するよりも「いいね」が付いた方がアクセスの誘引力があると言える．

4.4.2.2 メールマガジン配信の効果

続いてメールマガジン配信の効果を検証した．メールマガジン文中に設定されたリンクを経由した当サイトへのアクセスに関しては，メール配信 ASP(Application Service Provider)が提供するクリックカウント機能により，リンクごとのクリック数を測定できるものの，一人で複数のリンクをクリックする場合もあるため，訪問者の数を知る手段がない．そこで Google Analytics のデータを組み合わせて，これを検証した．

まずメールマガジンの受信者がそれを見るタイミングを知るために，前記した ASP のクリックカウント機能を使って，3 件のメールマガジン配信例につき 1 時間ごとの累積クリック数を最終クリック数の比率でプロットしたものが **図 4・4** である．これを見ると配信後 1 日間（24 時間）で 83～92%，2 日間（48 時間）で 92～97%，3 日間（72 時間）で 96～99%のクリックが実行されている．

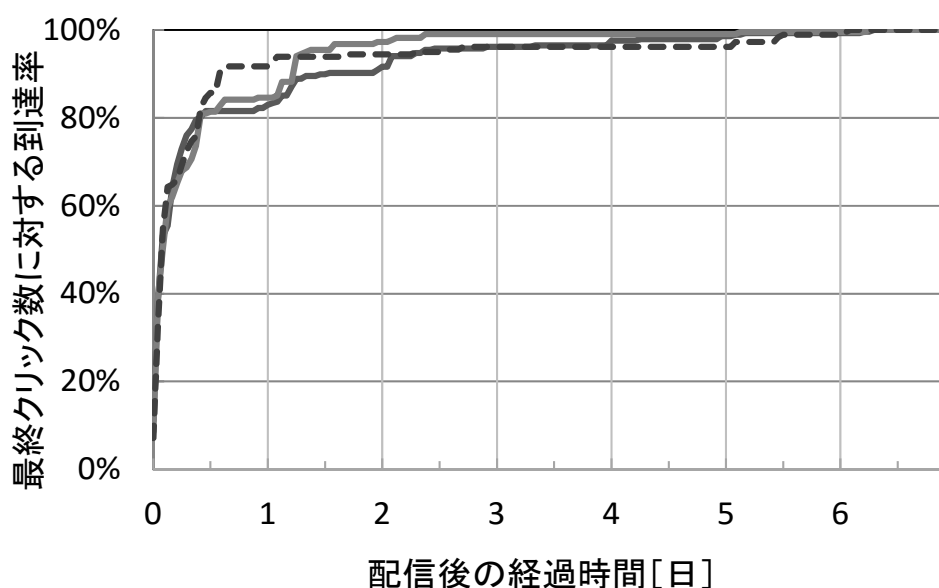


図 4・4 メールマガジン配信後のクリック数の遷移

そこでメールマガジン受信者が配信後 3 日以内にはほぼリンク先にアクセスするものとして、調査対象期間中 24 件のメールマガジン配信ごとに当サイト訪問者数の配信日前後の差 Y_n を、メールマガジンによる訪問効果として以下のように定義した。

$$Y_n = A_n - B_n \quad (n=1 \sim 24)$$

A_n : n 件目配信日とその後 2 日間の総訪問者数

B_n : n 件目配信日の前 3 日間の総訪問者数

(いずれの訪問者も参照トラフィック+ノーリファラー)

ここで訪問者の対象を参照トラフィック+ノーリファラーとした理由は、Google Analytics では一般のメールソフトからのリンクアクセスはノーリファラーとしてカウントされるが、G-mail などの Web メールで開封したメールからのリンクは参照トラフィックとしてカウントされるからである。

この 24 件のデータを分析した結果、 Y_n の平均値 Y_{ave} が 37.8、分散 VY が 1869 であったので、統計量 t_0 値は 4.28、 p 値は 0.00014 であり、メールマガジンの配信は効果があったと言える。

次に、この期間におけるメールマガジンの配信数と配信ごとの訪問者増加数 Y_n を図 4・5 に示す。両者の相関係数を計算すると 0.308 であり、両変数間には相関がないとする帰無仮説に対し p 値は 0.143 であり、相関があるとは言えない結果が示された。

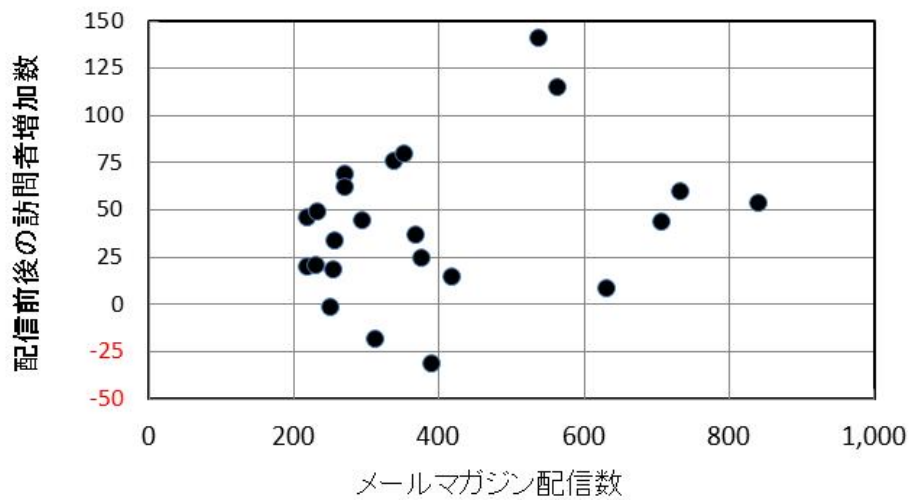


図 4・5 メールマガジン配信数と訪問者増加数

4.5 考察

経営工学手法の情報を発信するポータルサイトを事例として、アクセスを喚起する 3 通りの方策についての効果を評価した。

まず、4.4.1 の評価結果によって、当サイトに掲載した主要なコンテンツの数と訪問者数に正の相関が確認された。

しかしながらコンテンツ数は時系列でほぼ一様に増加しているため、単に時間経過と伴に当サイトの認知度が高まって訪問者数が増加した可能性もある。そこで、流入経路別に時系列の訪問者数を Google Analytics で分析した結果を図 4・6 に示す。

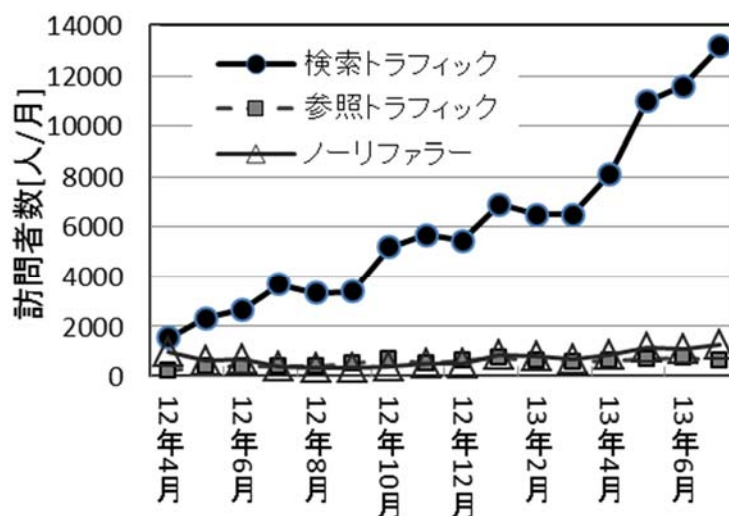


図 4・6 ポータルサイトの流入経路別訪問者数

これを見ると、当サイト全体としてこの期間中に訪問者数を大きく伸長させているが、ノーリファラーの増加率が 129%, 参照トラフィックの増加率が 238% だったのに対して、コンテンツ数が影響する検索トラフィックの増加率は 845% だった。認知度向上などの経過時間効果であれば、ノーリファラーや参照トラフィックも同様に増加するはずであり、このことから訪問者数の増加にはやはりコンテンツ数が大きく影響していると考えるのが妥当である。

しかしながらその影響は当初想定したコンテンツ数との線形関係ではなく、2 次の関係性が観察された。これは図 4・2 のフレームワークで示した以外にも訪問者数に影響する要因が多数存在し、相互に関連し合っている可能性が想定される。例えば、コンテンツ数の充実によって検索経由で来たことのある訪問者が増える事で、このポータルサイトを覚えていた者が新たに検索した時に、表示された結果の中から親近感のあるこのサイトのコンテンツを選択する効果や、コンテンツの数が増加してくることで検索エンジンが設定する各ページのランク(注 3)が上昇し、掲載されているコンテンツの内容自体が変わらなくても検索結果の上位に表示され、その結果として訪問者が増える効果などが考えられる。

今後複数のサイトを使った調査的な実験によって、それらの関係性が判明されることを期待する。ただし、Google をはじめとした検索エンジンは、アルゴリズムの改善、変更が頻繁であり、また非公開であるため、評価調査の最中にコンテンツ評価の基準が変化する場合もあって、再現性を担保する評価が難しいという一面を持っている。

一方 4.4.2.1 の Facebook ページへの投稿の効果調査からは、ここでの投稿によるポータルサイトへの訪問に対して、投稿文に含まれるリンクの数なども影響するものの、読者から「いいね」をもらえるような共感を呼ぶ内容が、ポータルサイトへの訪問を喚起している傾向が見えた。これは Facebook が図

4・7 のように、友達や「いいね」した Facebook ページのコメントをすべてタイムラインに表示するのではなく、そのコメントに対する「いいね」「シェア」「コメント」が多い程、多くのタイムラインに表示する特有のアルゴリズムの影響と考えられる。

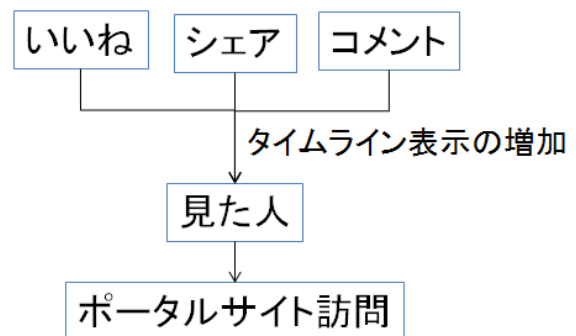


図 4・7 Facebook タイムライン表示
アルゴリズムによる訪問者数への影響

上記タイムライン表示に影響する3つのアクションが期間中に観察された数を表4・4に示す。

表 4・4 観察期間中の Facebook 項目数

いいね	シェア	コメント
1448	68	48

3つの中では最も手軽に反応できる「いいね」の数が圧倒的に多いために、見た人の数に与える影響が大きく、結果的に訪問者への効果も大きかったことが考えられる。

次に4.4.2.1で評価したメールマガジンの配信は、それ自体の効果が確認されたものの、配信の数と効果との相関関係は今回評価の範囲では有意差が確認できなかった。配信 ASP のクリックカウント機能からは、リンクを通じての訪問が直接確認できているにもかかわらず、この結果になった原因として次の3つが考えられる。

- (1) 一日の訪問者数は、多数の要因が相互に関連し合い日々の変動が激しいため、メールマガジン配信数との統計的な相関検定は有意にならなかった。
- (2) 初期の少数の受信者は当サイトとの関係性が強かったが、受信者数が増加するに従って関係性が希薄となり、リンクを参照する比率が下がった。
- (3) 同じタイトルのメールマガジンを受信し続けると、新鮮味が薄れて内容への関心が低下する。

(1)については、今後配信数がさらに増加していけば、データの日間変動に打ち勝って有意な関係が観察できる可能性がある。

また(2)(3)を考察するために、メール配信 ASP の機能で配信ごとにカウントしたクリック数を配信メール数に対してプロットしたものが図4・8である。この両変数の相関係数 r は0.656であり、図4・5の訪問者増加数のそれよりは大きいですが、配信数400を超えた付近からクリック数の増加率が低下しており、配信数あたりのクリック率が減っている事を示す。このことから、原因候補としては(1)より(2)や(3)が符合すると言える。

ここで改めて図4・6を見ると、当サイトの全訪問者に占める Facebook やメールマガジンからの流入を表す参照トラフィックの占める比率は小さい。

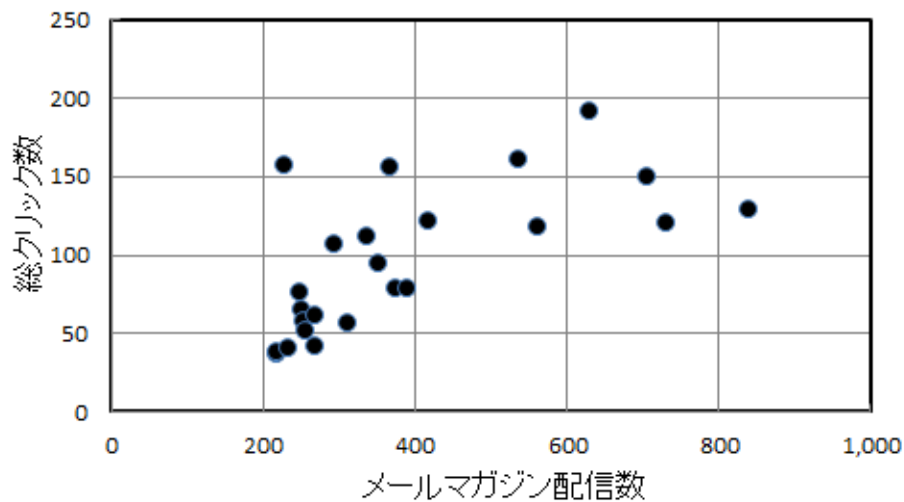


図 4・8 メールマガジン配信数と総クリック数

しかしながら，この間の訪問者に対する会員登録数の比率を流入経路別に Google Analytics で採取してみると，下記のように参照トラフィック経由の訪問者が 4 倍近く高くなっている．

- (a) 検索トラフィック経由訪問者の会員登録率：0.29% (n=2807)
- (b) 参照トラフィック経由訪問者の会員登録率：1.06% (n=94)

これは検索を通じての訪問者よりも，当該ポータルサイトに何らかの関係性を持ってリンクを参照した訪問者の方がサイトへの信頼関係が強く，会員登録行動に対する心理的抵抗感が小さいことが原因と想定できる．訪問者の絶対値としては検索トラフィックが多数を占めるものの，当サイトにとっての重要事項である会員登録の観点では，参照トラフィックもまた重要性が高い．

以上の調査結果を当サイトに応用し，コンテンツを拡充しつつ，Facebook やメールマガジンで適切に広報する事で，経営工学手法に関する情報をより多くの関係者に届け，活用を促進できる可能性が拓けた．

しかしながらより多くの情報を，必要な人に届けたとしても，それら情報が十分体系的に整理されているわけではなく，多数の手法の中からユーザーの課題に最も適切なものを選ぶには多大な労力と知識が必要であり，この点を支援しない事には手法の活用が進まない懸念がある．

次章では，経営工学手法のより効果的な活用のために，組織ごとの課題に適した手法を容易に選択可能となる方法を一つ提案し，その適用例で効果を検証する．

注

- (1) Facebook における「友達」とは，相互に承認しあうことによって成立する関係状態であり，友達が発信するコメントが自分自身のページに届くようになる．
- (2) 「友達」あるいは第三者が発信した情報を「シェア」することで，その実行者の友達のタイムラインにその情報が伝達される
- (3) Google の検索エンジンはインデックスしたページの重要度に応じて 1 から 10 のランクをつけて，高ランクのページほど検索上位に表示されやすいと言われる．ページ記述の Google ガイドライン[12]への適合度や，外部からのリンク状況などがこのランクに影響する [13]

4.6 参考文献

- [1] 田中秀樹：“使われるポータルサイト：ポータルソフトウェア開発を通じて”，情報の科学と技術，Vol. 54, No. 8, pp. 413-420 (2004)
- [2] Katz, M. L., Shapiro, C. : “Network Externalities, Competition, and Compatibility”, *American Economic Review*, Vol. 75, No. 3, pp. 424-440 (1985)
- [3] Fang, W. : “Using Google Analytics for Improving Library Website Content and Design: A Case Study”, *Library Philosophy and Practice, LPP Special Issue on Libraries and Google* (2007)
- [4] 臼田幸平，江原 淳：“アクセスログ解析によるサイトパフォーマンス向上”，専修ネットワーク&インフォメーション，No. 12, pp. 11-20 (2007)
- [5] 新谷剛史，加藤善規，こもりまさあき，境祐司，坂本邦夫，武内満，豊沢泰尚，原田学史，古籟一浩，渡邊大翼：「すべての人に知っておいてほしい WEB デザインの基本原則」，エムディエヌコーポレーション(2011)
- [6] 大内範行：「できる 100 ワザ SEO&SEM」，インプレスジャパン (2009)
- [7] 松尾茂起：「WordPress で加速させる！ソーシャルメディア時代の [新] SEO 戦略マニュアル」，秀和システム (2012)
- [8] Ellison, N. B., Steinfield, C., Lampe, C. : “The Benefits of Facebook “Friends:”

Social Capital and College Students' Use of Online Social Network Sites” ,
Journal of Computer-Mediated Communication, Vol.12, No.4, pp.1143-1168(2007)

- [9] 藤田弘典, 村杉健, 能勢豊一: “ユーザ満足度の主成分分析によるウェブページ要因の研究”, 日本経営システム学会誌, Vol.28, No.2, pp.133-138 (2011)
- [10] 高橋直樹: 「Google Analytics ではじめるテストマーケティング」, マイナビ (2011)
- [11] 熊坂治: “経営工学手法の重要性と普及支援活動の紹介”, 経営システム, Vol.23, No.3, pp.198-203 (2013)
- [12] 「ウェブマスター向けガイドライン (品質に関するガイドライン)」,
<https://support.google.com/webmasters/answer/35769>
- [13] Page, L., Brin, S., Motwani, R., Winograd, T. : “The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web” , *Stanford Digital Libraries Working Paper* (1998)

第5章 経営工学手法整理法の提案とその応用

5.1 はじめに

近年のものづくり産業を取り巻く環境は、図5・1に示すように社会変化に伴う要求が強くなっており、新たなものづくりプロセスの必要性が高まっている。たとえば以下のような要求項目が例として挙げられる。

- (1) 顧客要求の多様化
- (2) 新興国の技術力向上
- (3) IT（情報技術）の発展，製品のネットワーク化
- (4) 機能のソフトウェア化
- (5) 環境/安全要求の高まり
- (6) 製品の高度化，複雑化
- (7) 開発，製品化機関の短縮

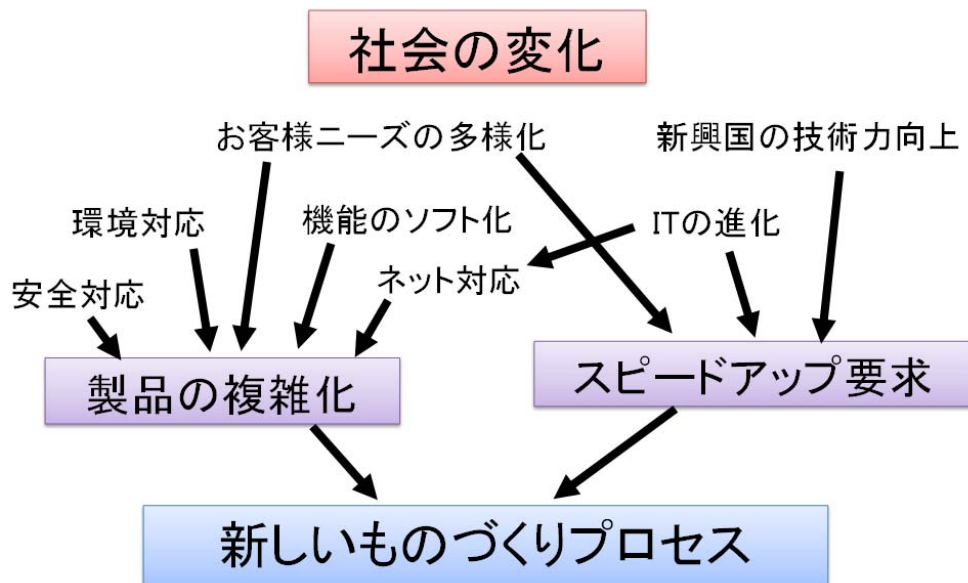


図5・1 新しいものづくりプロセスへの要求

これら産業，市場の要求に従って業務プロセスを革新する事が，製造業における重要事項であり，第1章で記述したように，経営工学手法活用の重要性はますます増大している。それにもかかわらず3.2節のアンケート結果で見られるように，それらの手法で実際組織的に利用されている割合は2割程度であり，個人的に使われているものを含めても3割に

過ぎない状況を鑑みれば、経営工学手法を縦横無尽に活用する事で、日本の製造業がまだまだ発展の余地を残していることが分かる。

そこで**第3章**では手法利用度を簡易的に評価する方法が示され、さらに**第4章**ではそれらの手法に関する多くの情報をWebを使って効率的に現場の人たちに伝達するための方策を知る事が出来た。

しかしながら産業界を見渡せば、研究分野では教育機関や学会が、官業では各地方の産業支援機関が、そして民間団体としては教育会社もしくはコンサルティング会社が、独自に教育、研修を企画、実践し、Web上にも大量の情報が公開されているものの、全体としての経営工学手法を統一的に取り扱う体制がないために、利用する側の製造企業では、自社の弱点を自分たちで判断し、それを補完する手法を自ら模索しつつ導入、活用に取り組んでいる現状がある。ここで取り組むべき手法の選択を間違えると、優先度の劣る改善活動に着手したり、自社の評価段階で挫折して革新活動に着手すらできないことになってしまう危険性もある。

この状況に対して、**第2章4節**で概説したように多くの研究者、実務者が経営工学手法を整理し、製造業の現場における選択、利用への利便を図ってきたが、主に次のような課題が残っていた。

(1) 手法に不慣れな初心者が使いにくい

(2) 掲載している手法数とその分野が不足している

そこで本研究では、問題を抱えた製造業が、自社にとって有効な手法を選択する方法を提案し、適用例を示す。これは**1.3節**で示した普及のステップで表すならば、**図5-2**で示すように利用を効率化して活用に進化させる方法に相当する。



図5-2

本章の位置づけ

5.2 研究の範囲と言葉の定義

5.2.1 研究範囲

経営工学が一般に対応する範囲は、製造の現場回りから事業戦略、人材開発まで柔軟に広く設定される。経営工学会のホームページには、「専門分野キーワード表」[1]が掲示されており、これが経営工学の範囲を示す一つのガイドラインとなるが、本研究に於いては**図5-3**に示す製品設計にまつわる時系列軸であるプロダクトライフサイクルマネジメントと、材料調達から製品販売、アフターサービスまでのサプライチェーンマネジメント軸と

の2軸周辺を扱うこととする。

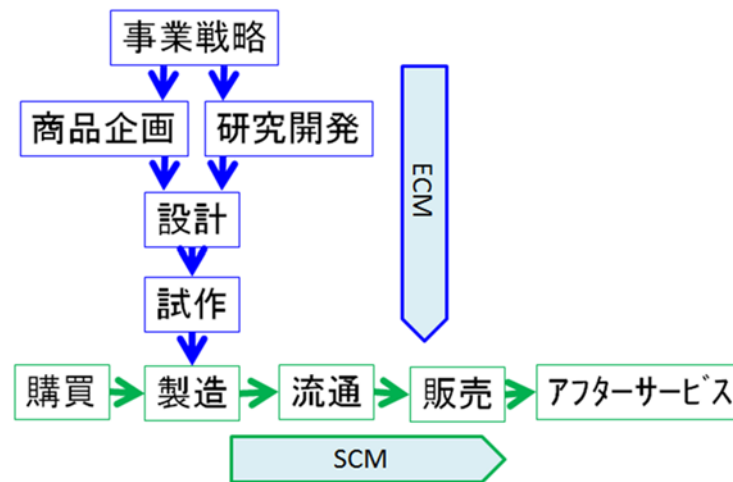


図 5-3 本研究の対象範囲

5.2.2 言葉の定義

(1) ものづくり課題

製造プロセスで発生する課題は極めて多彩であり、個別に取り上げれば無限にあるとも言える。本研究の体系化にあたっては 5.2.1 の範囲に限定して、さらにプロセスを戦略、製品企画、研究開発/設計、製造、市場品質、その他の5分野に大きく分類した。本研究における「ものづくり課題」の定義は、以下の通りとする。

「業務の円滑な遂行のために課せられた、調査、研究、論議、改善して解決すべき事柄」

(2) 解決手法

経営工学においては多くのフレームワーク、手法、技法、ツールなどと呼ばれる項目が提案されており、明確には相互に分離されていない。本研究では統一して「手法」と呼び、その定義は以下の通りとする。

「作業手順が相当程度に明確に設定されていて、その手順の入力に対応する出力に何らかの効果が付与されることが期待されるやり方もしくは工程」

5.3 提案する経営工学手法整理法の構成

5.3.1 整理の作業手順

本研究で提案する手法整理の方法は、いわば手法対効果の逆引き事典を作成するものであり、その作業手順の全体を図 5-4 に示す。すなわち、初めに文献などから製造業課題解

決に有効と想定される経営工学手法を選び出し，それらの効果を抽出する．その後効果を分類，整理した後に手法を効果毎に整理して二元表とし，効果を課題に置き換えて課題と手法の関連度合いを設定して全体を見直す．以降，ステップごとに説明する．

5.3.2 手法の選定

まずは収集する経営工学手法の分野として 5.2.1 で示した対象範囲を，次のような 17 グループに分類した．

- | | |
|---------------|---------------|
| (1) 経営戦略 | |
| (2) 技術経営 | |
| (3) 商品企画 | |
| (4) 新 QC 七つ道具 | |
| (5) アイデア発想 | |
| (6) TRIZ/USIT | |
| (7) 品質工学 | (8) 統計 |
| (9) QC 七つ道具 | (10) 品質 |
| (11) 生産 | (12) サプライチェーン |
| (13) デジタル工学 | (14) 信頼性工学 |
| (15) 安全工学 | (16) 情報技術 |
| (17) プロジェクト | |

これらの分野から手法を抽出するにあたっては，日本技術士会経営工学部門の技術士 6 名による研究グループを構成し，第 3 章のアンケートで使った手法や経営工学会が定義する専門分野のキーワード集[1]を参考として，グループメンバーからの提案と議論，修正を通じて個々の手法 126 個を抽出した．さらに 2011 年春の経営工学会での口頭発表でも有識者からの意見を取り入れて客観性を導入した．抽出された手法の一覧を表 5.1 に示す．

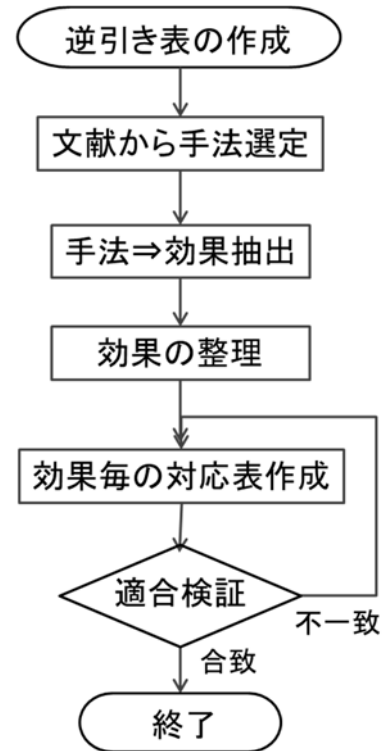


図 5.4 本研究の作業手順

表 5-1 抽出した経営工学手法一覧

経営戦略M	TRIZ/USIT	生産
PPM(製品ポートフォリオ管理)	40の発明原理	5S
SWOT分析	エフェクト	IE
5F(Five Force)分析	進化のトレンド	VE/VA
3C分析	9画面法	SLP
PEST分析	SLP	セル生産
アンゾフの成長ベクトル	物質場/発明標準解	MRP
BMO法	トリミング	ABC/ABM
DEA(包絡分析法)	ARIZ	トヨタ生産方式
ランチェスター戦略	USIT	TPM
STPマーケティング	品質工学	サプライチェーン
4Pマーケティングミックス	パラメータ設計	TOC(DBR)
ITマーケティング	機能性評価	BTO
BSC(Balanced Score Card)	オンライン品質工学	VMI
技術経営	損失関数/許容差設計	デジタル工学
知的財産マネジメント	MTシステム	3D-CAD
ステージゲート法	ソフトウェアテスト	CAE/シミュレーション
商品企画系	統計	3Dプリンター
グループインタビュー	検定、推定	モンテカルロ法
アンケート手法	サンプリング手法	CASEツール
ポジショニング分析	多元配置実験	コンビナトリアル
アイデア発想法	直交表	信頼性工学
アイデア選択法	応答局面法	FTA
コンジョイント分析	回帰分析	FMEA/DRBFM
品質表(QFD)	主成分分析	DR(デザインレビュー)
アトリビュートマトリクス	因子分析	ワイブル分布
デルファイ法	判別分析	安全工学
新QC7つ道具	数量化分析	安全設計手法(FP/FS)
親和図法(KJ法)	クラスター分析	冗長設計
連関図法	データマイニング	VTA/ETA
系統図法(ツリーダイヤグラム)	OR	KYT活動
マトリックス図法	QC7つ道具	RCA(根本原因分析)
PDPC法(過程計画決定図)	管理図	R-Map
アローダイヤグラム法(PERT)	パレート図	情報技術
マトリクス・データ解析法	ヒストグラム	ERP
アイデア発想	層別	PDM(製品データ管理)
オズボーンのチェックリスト	特性要因図	グループウェア/イントラサイト
シナリオプランニング	チェックリスト	データ共有サーバ
ブレインストーミング	散布図	情報セキュリティ
焦点発想法	品質	プロジェクト
NM法	TQM	PMBOK
等価交換法	ISO9000	P2M
アナロジー発想法	シックスシグマ	ISO10006/21500
シーズ発想法	APQP	WBS
ゴードン法	日本経営品質賞	PERT/CPM
SCAMPER	KT法	EVM
ワークデザイン	QC工程表	CCPM
マインドマップ		
AHP		

5.3.3 効果の抽出と集約

前節で選定した各経営工学手法の効果を1~4件書き出し、親和図法で整理、統合した。

この整理した効果から、前述の研究グループメンバーが、抽象的過ぎて個別の手法との対応が付かないものを削除して52課題に集約し、課題形式に表現を改めた。例えば、「事業戦略策定の合理的な情報を知る」と「事業戦略を総合的に策定する」などを「事業戦略を合理的に策定したい」としたなどである。

その結果を表5・2に示す。

表5・2 整理・統合された課題一覧

事業・商品企画	生産
事業戦略を合理的に策定したい	開発した技術特性を安定化したい
事業戦略・方針にあった製品を企画したい	突発品質不良を早く解決したい
社内外環境を的確に分析したい	慢性品質不良を解決したい
顧客要求に応える製品を明確にしたい	品質問題を早期に発見したい
魅力品質の高い製品を企画したい	不良原因を特定し、的確に対策したい
複数の案から最適なものを選択したい	製品規格、工程内検査の規格を合理的に決定したい
企画構想の変更を防止したい	製造データから特性値を予測したい
製品企画を関係部門で確実に共有したい	合否判定を効率的にしたい
社内で開発した技術から製品を企画したい	低価格の部品で代替したい
開発、設計	生産原価を低減したい
研究開発すべき技術テーマを合理的に選定したい	生産スループット、生産量を上げたい
新規な機能を実現するアイデアが欲しい	設備可働率を上げたい
目標レベルの高い技術を実現したい	在庫を削減したい(部材、中間、製品)
設計条件を効率的に最適化したい	生産リードタイムを短縮したい
開発、設計期間を短縮したい	多品種少量生産に効率よく対応したい
技術完成度を早く的確に評価したい	発注管理を最適化したい
信頼性評価の時間、費用を低減したい	環境に配慮した生産を実現したい
開発プロセスの停滞、後戻りを防止したい	安全性の高い生産現場を実現したい
製造での不良発生を未然防止したい	事故の再発を防止したい
現有データから有意な特徴を抽出したい	重要管理項目を設定したい
外部組織への依頼仕様を明確にしたい	生産情報を迅速、正確に入手したい
過去の情報を有効に活用したい	市場品質
多元材料で最適比率を求めたい	顧客満足度を向上させたい
ソフトウェア開発を効率化したい	不良品の市場流出を防止したい
効果的な特許を創出したい	市場クレームを未然防止したい
プロジェクトを予定通り円滑に進めたい	市場クレームへの対応を迅速にしたい
	市場返品の不具合再現、解析を効率化したい
	測定器校正のトレーサビリティを確保したい

5.3.4 課題と手法の対応表「ものづくり工学マトリクス」

表5・1の手法を上部行に、表5・2の課題を左部列にそれぞれグループごとに配置し、それらの交点となるセルに5.3.3で抽出した手法毎の効果を両者の関連性に応じて「○（大きい関連性がある）」「△（やや関連性がある）」を記入して二元表としてまとめた。ここでも作成した二元表を前記の技術士グループでチェック、修正し「ものづくり工学マトリクス」と命名した。その表全体を付録2に添付し、その縮小版および一部拡大したものを図5・5に示す。

ものづくり課題	ものづくり課題										ものづくり課題										ものづくり課題									
	1. 企画	2. 開発・設計	3. 生産	4. 流通	5. 廃棄	6. 環境	7. 安全	8. 品質	9. コスト	10. その他	1. 企画	2. 開発・設計	3. 生産	4. 流通	5. 廃棄	6. 環境	7. 安全	8. 品質	9. コスト	10. その他	1. 企画	2. 開発・設計	3. 生産	4. 流通	5. 廃棄	6. 環境	7. 安全	8. 品質	9. コスト	10. その他
企業戦略・方針に整合した製品を企画したい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
お客様の気持ちをつかむ製品・技術を明確にしたい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
魅力品質の高い製品を企画したい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
複数の案から最適なものを選択したい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
企画構想の変更を防止したい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
製品企画、構想を関係部門で確実に共有したい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
技術シーズから製品を企画したい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
開発すべき技術テーマを的確に選定したい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

図5・5 ものづくり工学マトリクス

5.3.5 「ものづくり工学マトリクス」の利用法

本表を利用するにあたっては、まず左列の課題欄から自社あるいは自らが属する組織の問題点に最も近いものを探し、その行の中で○や△が記されているセルを探す。そのセルの最上部に表示された手法が、自組織の課題に対して有効な候補である。複数のセルが該当する場合は△よりも○を優先し、さらに複数ある場合は文献などで各手法を調査して、最も組織に適切と思われるものを選択する。調査で考慮すべき要因には以下のようなものがある。場合によっては単独ではなく、複数手法の併用が効果的なこともある。

- (1) 有効性
- (2) 学習，教育，習得の費用，期間
- (3) 学習，使用の難度
- (4) 副作用，リスク
- (5) 現在利用中あるいは過去に利用した手法との親和性，相乗効果
- (6) 競合他社，類似企業/組織，社内他組織での利用実績，評価
- (7) 社内経験者，社内外指導者の有無，いる場合の水準

このように「ものづくり工学マトリクス」を利用したからといって，自組織に最も適した手法が一義的に求められるわけではないが，手法の知識がない，あるいは不慣れな技術者，経営者であっても自分たちの課題を解決する手法の候補を容易に知ることができる。

5.4 手法優先度の設定

5.4.1 手法優先度設定方法の提案

前節で作成された「ものづくり工学マトリクス」を使う事で，製造業の組織課題に有効な手法を選択する事が容易となったが，現実的にはある組織が一つしか課題を抱えていないというケースは稀であり，事業遂行に伴って大小さまざまな課題を抱えている方が一般的である。そのような場合に，組織課題に重要度の違いがあるのと同様，取るべき対策や解決に利用する手法にも優先度があってしかるべきである。

そこで「ものづくり工学マトリクス」を利用して，手法の優先度を設定する方法を考案したので，その手順を**表 5・3**で説明する。

- (1) まず左列の課題に対する組織的重要度を設定する。**表 5・3**では10段階評価で課題の右列にその数値を記入した。
- (2) 問題と解決手法の関連度合いに関する記号△を1，○を3と読み替えて，その関連度と(1)で設定した重要度との積を各手法列ごとに加算し，優先度指数として最下段の行に記入する。手法aで言えば，課題Aに関して 4×1 ，課題Dに関して 5×3 を加算するため，優先度指数は19となる。
- (3) 全手法に関する手法重要度の値を比較して，手法優先順位を設定する。

表 5-3 手法優先度設定手順

課題	課題 重要度	解決手法					
		a	b	c	d	e	f
A	4	△	○	○		△	
B	5		△	○			
C	6			○	○	△	△
D	5	○			△		
E	3				△	○	
F	4			△	○	○	△
手法重要度		19	17	49	26	31	10

5.4.2 手法優先度設定の実践例

前節で提案した手法選定方法の有効性を評価するために、東証一部上場中堅製造業の一部門に依頼し適用した。本事例企業のプロフィールを表 5-4 に示す。創業 90 年を超える歴史があり、技術的にも高い評価を受けている企業であるが、国内ではすでに当分野機械の普及率が高いことから市場の拡大が見込めず、汎用的な機種については新興国の企業が安価で製造販売しており、60%を超える海外市場での伸長も容易ではない状況にある。

表 5-4 事例企業のプロフィール

創業	1923年
本社	東京都
工場	茨城県
年商	約920億円
輸出比率	約60%
従業員数	約1800人
製品	産業用機械

この組織の技術管理職者が、ものづくり工学マトリクスに自社の課題重要度を設定した評価が表 5-5 であり、これを 3.4.1 の手順で同マトリクスに適用して得られた手法重要度が表 5-6 である。ただしこの適用例におけるものづくり工学マトリクスは、試作段階のものであったために、図 5-5 よりも課題、手法ともやや少なくなっている。

表 5-5 事例企業での課題重要度

ものづくり課題	課題重要度
1. 企画	
企業戦略・方針に整合した製品を企画したい	6
お客様の気持ちをつかむ製品/技術を明確にしたい	6
魅力品質の高い製品を企画したい	6
複数の案から最適なものを選択したい	4
企画構想の変更を防止したい	4
製品企画、構想を関係部門で確実に共有したい	6
技術シーズから製品を企画したい	4
2. 開発、設計	
開発すべき技術テーマを的確に選定したい	5
新規な機能を実現するアイデアが欲しい	6
目標レベルの高い技術を実現したい	5
設計条件の最適化を効率化したい	5
開発時間を短縮したい	6
技術完成度を早急に評価したい	5
信頼性評価の時間、費用を低減したい	4
開発プロセスの停滞、後戻りをなくしたい	6
採取済みのデータから有意な要因を判別したい	4
多元材料で最適比率を求めたい	4
開発の進捗管理をしっかりしたい	6
外部組織への依頼仕様を明確にしたい	4
過去の情報を有効に活用したい	6
ソフトウェア開発を効率化したい	3
効果的な特許を創出したい	5
3. 生産	
開発した技術特性を安定化したい	5
突発品質不良を早く解決したい	5
慢性品質不良を解決したい	6
不良発生を未然防止したい	5
不良問題を早期に発見したい	5
不良原因を特定し、的確に対策したい	5
製品規格、工程内検査の規格を合理的に決定したい	5
製造パラメータから特性値を予測したい	4
合否判定を効率的にしたい	4
低価格の部品で代替したい	5
製造（検査、保全）コストを低減したい	4
生産スループット（量）を上げたい	4
設備稼働率を上げたい	5
在庫（部材、中間、製品）を減らしたい	6
生産リードタイムを短縮したい	6
多品種少量生産に効率よく対応したい	6
資材の最適な発注量を決定したい	5
環境に配慮した生産を実現したい	5
安全性の高い生産を実現したい	5
事故の再発を防止したい	5
重要管理項目を設定したい	5
販売、生産、品質情報を迅速、正確に入手したい	5
4. 市場品質	
顧客満足度を向上させたい	6
不良品の市場流出を防止したい	6
市場クレームを未然に防止したい	6
市場問題への対応を迅速にしたい	6
市場返品の不具合再現、解析を効率化したい	5
各種トレーサビリティを確保したい	4

この結果を見ると、被験者が新規開発部門の所属であるため、企画、開発関連課題の重要度を高く設定しており、当然ながらそれらのプロセスで使うであろう品質工学分野のMT Systemやパラメータ設計などの統計関連や設計開発手法の優先度指数が高くなっている。

事例企業では、以前より経営工学手法を利用して統計的品質管理教育を推進していた時期もあったが、近年は活動が停滞していた。今回の評価結果を受けて、設計開発を効率化する手法の必要性をあらためて認識するなど総合的に高い評価を受ける事ができた。これを機会として、品質工学を設計開発プロセスに導入するなど社内教育に採用する検討が始まっている。

ただし統計関連手法の重要度が、被験者の個人的感覚よりも高いという意見があった。

企画や設計開発分野におけるビッグデータ活用など、近年の統計手法重要性上昇の傾向に沿った結果とはいえ、この問題を是正するためには、以下のような方策が考えられる。

(a) 同類の課題を統合し、多重評価を避ける

(b) 全課題をまずいくつかのグループに分類してそのグループの重要度を設定し、次にグループ内の課題の重要度を個々に設定し、それらの積を最終的な相対的重要度とすることで、一部のグループに優先度が過剰に偏らないようにする。

表 5-6 計算された手法重要度

手法名	手法重要度	手法名	手法重要度
戦略系技法		信頼性工学	
PPM(Product Portforio管理)	39	FTA	91
SWOT分析	39	FMEA/DRBFM	139
5F(Five Force)分析	33	DR(デザインレビュー)	76
アンゾフの成長ベクトル	47	ワイブル分布	57
STPマーケティング	78	安全工学	
ITマーケティング	88	安全設計手法(FP/FS)	52
BSC(Balanced Score Card)	12	冗長設計	45
MOT		VTA/ETA	62
知的財産マネジメント	63	KYT活動	35
ステージゲート法	159	RCA(根本原因分析)	85
商品企画7つ道具		R-Map	10
グループインタビュー	68	品質マネジメント	
アンケート手法	53	TQM	120
ポジショニング分析	58	ISO9000	73
アイデア発想法	49	シックスシグマ	69
アイデア選抜法	44	APQP	84
コンジョイント分析	33	日本経営品質賞	140
品質表(QFD)	170	KT法	162
新QC7つ道具		生産マネジメント	
親和図法(KJ法)	91	5S	103
連関図法	75	IE	63
系統図法(ツリーダイヤグラム)	69	VE/VA	38
マトリックス図法	71	SLP	25
PDPC法(過程計画決定図)	47	セル生産	28
アロダイヤグラム法(PERT)	51	MRP	63
マトリクス・データ解析法	50	ABC/ABM	38
TRIZ		トヨタ生産方式	122
40の発明原理	137	TPM	59
エフェクト	111	QC7つ道具	
進化のトレンド	132	管理図	124
9画面法	83	パレート図	46
SLP	113	ヒストグラム	62
物質場/発明標準解	114	層別	47
トリミング	50	特性要因図	102
ARIZ	132	チェックリスト	114
USIT	140	散布図	93
アイデア発想法		情報マネジメント	
オズボーンのチェックシート	72	ERP	128
シナリオプランニング	77	PDM(製品データ管理)	165
ブレインストーミング	145	グループウェア/イントラサイト	104
焦点発想法	78	データ共有サーバ	91
NM法	60	情報セキュリティ	46
マインドマップ	75	SCM	
AHP	60	TOC(DBR)	78
品質工学		BTO	87
パラメータ設計	220	VMI	71
機能性評価	194	プロジェクトマネジメント	
オンライン品質工学	74	PMBOK	80
損失関数/許容差設計	104	P2M	80
MTシステム	225	ISO10006	80
ソフトウェアテスト	45	WBS	59
SQC		PERT/CPM	49
検定、推定	49	EVM	5
サンプリング手法	55	CCPM	45
多元配置実験	42	環境マネジメント	
直交表	116	ISO14000	26
応答局面法	25	モーダルシフト	15
回帰分析	108	LCA	57
多変量解析	38	グリーン調達	21
デジタル工学		人的資源	
3D-CAD	56	人材開発	107
CAE/シミュレーション	95	組織開発	24
コンビナトリアル	51		

5.5 考察

本研究で作成した「ものづくり工学マトリクス」によって多数の経営工学手法が課題ごとに整理，体系化され，選択が容易となった．また課題の重要度を手法の重要度に変換する事で，組織が学習，習得すべき手法の優先度を決定する一助となる可能性も示された．

「ものづくり工学マトリクス」は，品質表と同様の二元表の形式をとっているが，後者が要求品質と品質要素の対照であるのに対して，前者は製造業の課題とそれを解決する手法を対照したものであり，また作成手順も手法効用の逆引きという独自のプロセスを採用しており，大きな相違点がある．その新規性を整理すると次のようになる．

- (1) 効果からの逆引きで選択ができる
- (2) 課題から直感的に選択できる
- (3) 事業戦略，製品企画，研究開発などを含めた広い課題に対応している
- (4) 前記課題に対して多くの手法を網羅している

はじめに述べたように，日本の製造業各社各部門が活用していない経営工学手法がまだまだ数多く残されており，これらを有効に活用することが産学の総意である[3]にも関わらず，なかなか進展していない現状がある．本研究の成果を活かして多くの製造業の現場に経営工学手法が浸透していく事を期待したい．

その点で，本研究結果であるものづくり工学マトリクスを，**第4章**の研究事例として使用したものづくり情報提供ポータルサイトに適用し，アクセスしたユーザーに対して，適切な経営工学手法を提示して課題解決を支援する事が可能であり，この機能を多くの関係者に利用してもらいたい．それによって適用事例の報告が増加し，課題と手法の関係性がより明らかになっていくことで，マトリクスの改善が進んでいくことだろう．

一方で，ものづくり工学マトリクスにおける課題の選定や課題と手法の関係性の設定は，まだ汎用性と客観性が十分ではなく，**5.4.2**の事例で示されたように，結果の信頼性が十分に担保されているとは言えない．例えば課題に関する要因（組織，場面，影響，期間など）を整理してクラスター分析することで，無用な重複を避けたり，より類似性の高い課題をグルーピングできたりする可能性がある．また今後の産業情勢の変化に伴って新たに効果的な手法が加わったり，課題と手法の新たな関係性が知られるようになったりすることもあるだろう．

今後は，組織的な活動を通じて各分野に精通する複数の専門家で効用の項目やレベルを

検証して行くことで、現状より信頼性の高いマトリクスを構築して行きたい。

5.6 参考文献

- [1] 経営工学会ホームページ：「専門分野キーワード表」，
<http://www.jimanet.jp/information/field-keyword>, (2002)
- [2] 日本経営工学会編：「ものづくりに役立つ経営工学の事典」,朝倉書店 (2014)
- [3] 日本技術士会経営工学部門，日本経営工学会，日本インダストリアル・エンジニアリング協会共編（分担執筆）：「経営工学ビジョン 2050 持続可能で幸福な社会の実現と経営工学（日本技術士会経営工学部会分冊）」，日本技術士会，pp.2 (2011)

第6章 結論と課題

6.1 本論文のまとめ

本論文は産業界で広く利用されている多種の経営工学手法に関して、その利用の程度を知り、さらに利用を広める方法を探り、また活用にあたっての利便性を向上する手段を提案したものである。本章では、論文内で得られた結果をまとめて、その貢献と今後の課題について論じる。

本研究の貢献は、これまで個々に研究されてきた経営工学手法を統合して取扱い、現業でこれらを活用しようとする、あるいは活用が有効と思われる関係者に対してその指針を示したことである。研究の構成を図6・1に再掲し、あらためて各章の結論を振り返る。

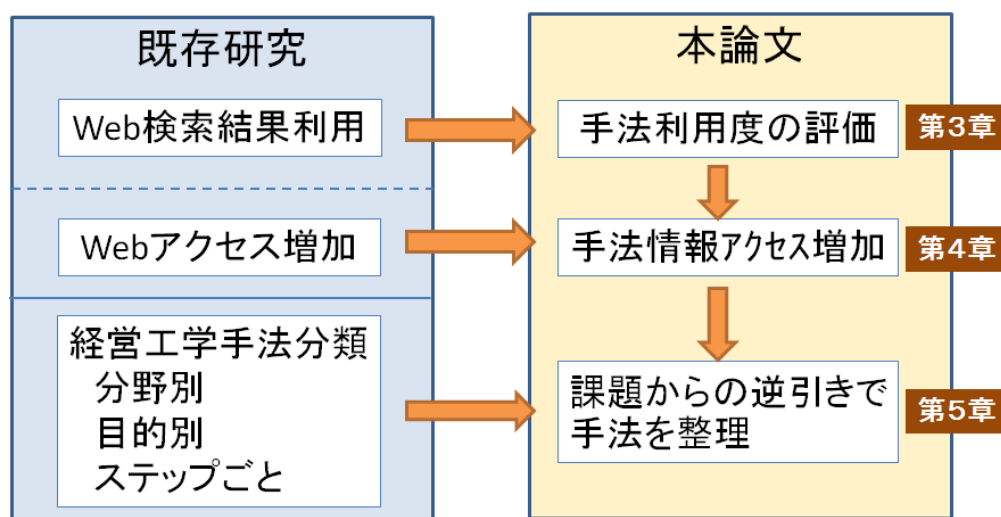


図6・1 本論文のフレームワーク（再掲）

まず第1章では、過去の産業界における経営工学手法の発展経緯を振り返り、時代の要求に応じて生産の効率化に貢献してきたその立場と有効性を確認するとともに、本論文の立ち位置と目標を確認した。

第2章では、当研究領域における主な先行研究を概観し、それらの基盤を発展させた本論文のフレームワークを設定した。

第3章では、社会における経営工学手法の利用度を評価するにあたり、Web 検索で検出される手法名称を含むページ数と、アンケートから得られた手法毎の利用度との相関が得られ、簡易的な利用度評価法となりうる可能性を得た。

第4章では、経営工学手法の情報を発信するポータルサイトに関して、アクセス数と各

種要因との関係性を調査し、コンテンツ数との正の相関、Facebook では読者から「いいね」をもらえるような共感を呼ぶ書き込みの効果、そしてメルマガ配信の効果を観察し、これらを通じて効果的な情報発信への知見を獲得した。

第5章では、各種の経営工学手法について効用から逆引きして整理した「ものづくり工学マトリクス」と、それを利用して組織の課題に有効な手法を抽出する手順を提案し、事例で検証した。

1.3 節で示した普及のステップで表すならば、**3～5章**は各ステップに対して**図 6・2**に示すような関係となり、全体をカバーしている。

以上で、製造業の生産性、合理性を改善する経営工学手法が、従来以上により効果的に産業界で活用されるための総合的な知見を得る事ができた。約 100 年前に Taylor を起源として製造業の現場生産性を革新する手段として発達してきた経営工学が、新たに小さな一歩を踏み出す契機になることを期待したい。



図 6・2 普及のステップと各章の関係

6.2 今後の展望

6.2.1 本研究のさらなる展開

第3章では Web 検索を利用した手法利用度の簡易評価法の可能性を示したが、その応用事例は日米英の国別特徴評価と、時系列傾向評価のみに留まっている。西欧以外の国別特徴評価や、開発 3 手法以外の時系列傾向評価も興味深く、また複数手法の同時使用の件数を調査する事で、手法間の相乗効果についても評価できる可能性がある。

第4章では経営工学手法を扱うポータルサイトについて、コンテンツの量、Facebook ページのいいね件数、メルマガの配信がアクセス増加に有効であることが示されたが、コンテンツの質、たとえばキーワードの数や文字数、サイト内外リンク数など、影響する可能性のあるパラメータは数多い。またアクセス数が増えたとしても、その人たちが例えば閲覧した記事によって、手法を業務に利用するなどの期待する行動を取らなければ、目的

が果たせていないことになる。これら最終目標との関連性も大きなテーマである。

第5章では、経営工学手法の効用を製造事業の現場課題から逆引きする体系化を提案したが、**5.5 節**で考察したように、まだ課題項目の選定、集約結果や、課題と手法の関係性評価は十分な精度を持つに到っていない。クラスター分析を使った分類や、各分野に精通する複数専門家との共同作業を通じて、課題項目の取捨選択や統合を実施して社会における重要度を反映させ、また手法との関係性レベルを検証することで、信頼性の高い体系を構築して、産業界への有効性をより一層高めることが可能となる。

本論文の研究を礎として今後も研究を継続してこれらの課題に取り組みたい。

6.2.2 データマイニングを使った経営工学手法の特徴研究

近年急速に発達してきた研究分野にデータマイニングがある[1]。これは大量のデータを一定のアルゴリズムで処理することで、人間が気づかなかった価値ある法則や事実を獲得し、社会・経済の問題解決や、業務の付加価値向上を行う、あるいは支援しようとする試みである。第3章で扱ったように Web 上には経営工学手法に関する情報が極めて大量に蓄積されており、これらは製造業のプロセス革新、課題解決ノウハウの塊りで、データマイニングによって産業に価値ある法則を引き出せる可能性がある。

Web 上の経営工学手法利活用情報は定性的で混沌としておりノイズも多いために、データマイニングは容易ではないが、分析のためのモデル構築、検証を繰り返しながら精度を上げていくことで可能性が拓けていく。

6.2.3 経営工学手法導入是非判断の方法研究

組織の課題に適合する手法を選択して習得し経営上の利益 P_x を得ることができたとしても、その手法を習得するという作業には費用 P_{y1} が発生し、また習得に要する時間の影響で本来業務が遅れることで、機会損失 P_{y2} が発生すると考えられる。すると真の意味での利益 P は次式のようなになる。

$$P = P_x - P_{y1} - P_{y2}$$

よって本来は P が一定期間のうちにプラスとなる場合にのみ導入し、例えば 10 年とか長期間を考慮してもマイナスと想定される場合は、導入を断念すべきであろう。

手法の効果が VE (価値工学) のように直接原価を下げる場合は P_x の算出が容易であるものの、品質向上でばらつきが減った場合や、経営品質が向上して顧客満足度が上がった場

合などでは、その算出が難しい。

品質管理分野において品質コストマネジメントが注目されている[2]ように、経営工学手法あるいはそれを拡張した種々のプロセス改善活動についてもその導入コストマネジメントを確立して、導入すべき場合と、中止すべき場合の判断基準を確立する研究が産業界の潜在要求としてあるように考えており、次の課題として取り組みたい。

6.2.4 高等教育機関や地方技術指導機関を通じた経営工学手法活用推進

現在の教育体系では、ほぼ大学工学部の経営工学系学科のみで経営工学手法の教育が実施されているが、製造現場で使う QC7 つ道具や初等の管理統計手法であれば工業高校でも有効であり、1.2.1 で例示したように近年企業内で活用が進む開発系的手法[付録1 参照]などは、設計開発業務を担当する可能性の高い大学工学部や工業高等専門学校、機械、電気、化学、金属といった一般学科の学生こそが学習すべきものである。

本論文の**第4章**で研究した情報の効果的な発信や、**第5章**で提案した課題に応じた容易な手法選択という手段も併用しながら、工業高校、工業高等専門学校、大学の工学部などと連携して経営工学手法の活用推進を図り、その効果を検証していきたい。

6.3 参考文献

- [1] 元田浩, 山口高平, 津本周作, 沼尾正行:「データマイニングの基礎」, オーム社 (2006)
- [2] 梶原 武久:「品質コストの管理会計—実証分析で読み解く日本的品質管理」, 中央経済社, pp. 9-12 (2008)

謝辞

本論文の作成にあたり、何よりもまず指導教官として研究を導いて下さった東京工業大学大学院の鈴木定省准教授に深く御礼申し上げます。平成13年に我儘な私を社会人ドクターとして迎え入れていただき、研究のあらゆる場面で大局を見据えた的確な御指導をいただいたお陰で、博士論文の完成を迎えることができました。

同じく退官された圓川隆夫元教授にも在任時に、研究を進めていく上で有益な助言をいただいたことに深く感謝いたします。

オリンパスものづくり革新センターの緒方隆司さん、ならびにアルプス電気技術本部の黒河英俊さんには、企業内での経営工学手法普及、推進活動の様子ならびに御意見を拝聴し、研究を進めるうえで大変参考になりました。他の企業内専門家の方々を含め、その御協力に感謝いたします。

福田真三さん始めとした日本技術士会経営工学部門の有志グループの皆さんには、ものづくり工学マトリクスの作成、修正に多大な協力をいただきました。また、**第5章**掲載の企業事例では、K社のSさんに御協力いただいたお陰で研究成果を評価する事ができました。皆様にここで深く御礼いたします。

東京工業大学経営工学専攻鈴木研究室の学生、院生の皆さんにも、研究に関する指摘を頂き、論文の完成度向上に活用させていただきました。

またこの年齢で多忙な事業を運営しながら、余暇時間の相当部分を研究に費やしたために、3年間の家庭の雑事を一手に引き受けてくれた妻千登里の支えにもお礼を捧げます。

そしてこの場を借りて、これまでお世話になったすべての皆様に御礼申し上げる次第です。

2016年1月吉日

付録1 開発三種の神器とは

1990年代から製造業における付加価値の源泉が、組立、加工の生産工程から上流の設計開発に移行し、高度な設計開発を効率的に進める必要性が進展したことから、品質機能展開、TRIZ、品質工学の3手法を組み合わせて活用する企業が増加した。それらは開発三種の神器と呼ばれることもある。本研究における経営工学手法の中でも、これら三手法は特に重点的に扱っているため、ここで簡単に説明する。

(1) 品質機能展開

品質機能展開は、戦後の日本が単なる製造ではなく、自ら製品を企画し開発する必要性が高まった1960年代後半に端を発した。従来の企画、開発が個人的な感覚、ノウハウで進められてきたのに対して、科学的、論理的な手順を指し示すものである。

顧客（ユーザー）からの要求を原点としてすべての項目が決定されていくところに大きな特徴があり、企画品質、設計品質、製造品質へと展開されていく。その出発点となるのが図付・1に例示する品質表である。

要求品質展開表		品質要素展開表		品質要素											品質企画									
				寸法		扉		材質		鍵		棚板		重要度	競合比較			企画			ウェイト			
				床面積	高さ	開口	位置	屋根	壁	床	種類	枚数	厚さ		自社	B社	C社	企画品質	レベルアップ率	セリルポイント	絶対ウェイト	要素品質ウェイト		
1次ラベル	2次ラベル																							
収納性	たくさん収納できる	◎	○	○	△						○		0.23	4	4	3	4	1.0	1	0.23	0.17	2		
	整理しやすい	○	○	○	△						△	△	0.11	3	3	4	4	1.3	1.5	0.22	0.16	3		
外部からの侵入が しにくい	ねずみが入らない			△			△				○		0.02	3	3	3	5	1.7	1.5	0.05	0.04	8		
	鳥が入らない			△		△							0.01	5	3	4	4	0.8	1	0.01	0.01	13		
	泥棒が入らない			△	△		○	△	◎				0.07	5	3	4	5	1.0	1.5	0.11	0.08	5		
湿度に強い	雨が降っても中の物がさびない						△						0.02	3	3	3	3	1.0	1	0.02	0.01	12		
	じめじめしない						○						0.08	3	3	3	3	1.0	1	0.08	0.06	7		
物の出し入れが しやすい	簡単に出し入れできる	△		○	△			△	△	○			0.22	3	4	4	4	1.3	1	0.29	0.22	1		
	奥のものが出しやすい	△	△	○	○			△		○			0.10	3	2	2	3	1.0	1	0.10	0.07	6		
判別できる	奥のものがわかる				○								0.05	3	3	3	5	1.7	1.5	0.13	0.09	4		
	入れた時期がわかる												0.01	3	3	3	4	1.3	1.5	0.02	0.02	11		
丈夫である	床がさびない		△					◎					0.04	3	3	3	3	1.0	1	0.04	0.03	9		
	雪が積もってもつぶれない			△	△	◎	△			△	△		0.04	3	4	4	3	1.0	1	0.04	0.03	10		
要求品質ウェイト×点数の総合計⇒		品質要素重要度											9.70										1.33	
品質要素重要度÷(A)で算出する⇒		品質要素ウェイト											1.00										1.00	
他社と自社を比較して 目標となる5段階評価を入れる⇒		自社現状											4	3	3	3	5	4	3	4	3	3		
		B社											3	4	3	3	3	2	4	4	4	4		
		C社											3	3	3	3	4	3	3	4	3	3		
		設計品質											4	4	5	3	4	4	3	4	4	3		

図付・1 品質表の例（物置）

図の左部分に製品に対する顧客の要求が、1次→2次（→3次）と整理展開され、一方図の上部分には製品の特性を現す要素がやはり1次→2次（→3次）と展開される。両者

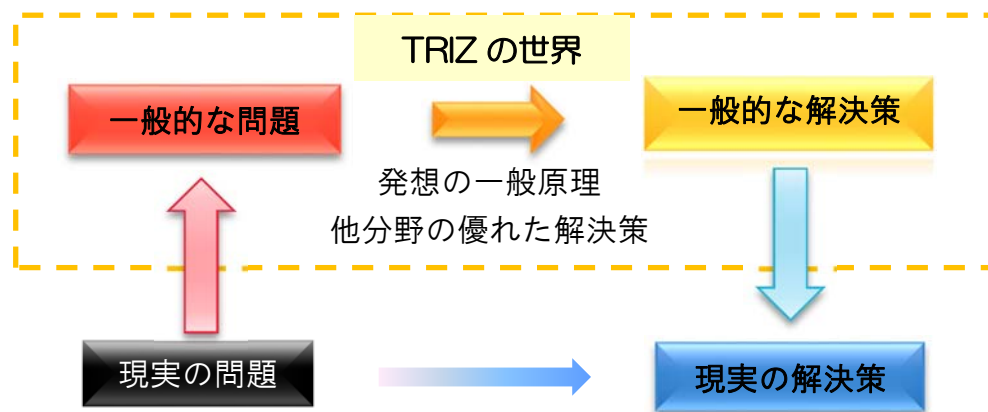
の交点となるセルに関係性を示す記号（◎○△）を入力した後に，右部分では要求品質の総合的な重要度を入力する．ここで関係性の記号◎を 5，○を 3，△を 1 と読み替え，品質要素ごとに要求品質との関係性とその重要度数値を掛けあわせて積算していくことで，要求品質の重要度が品質要素の相対的重要度に転換される．この結果を参考として設計時に考慮すべき品質要素の優先度を定めるものである．

1978 年に上梓されたこの分野最初の単行本である「品質機能展開」[1]の出版後に日本各地に普及する事となり，さらに 1987 年に日本規格協会から出版された「品質展開活用の実例」の英訳版[2]が米国から出版されることで世界に普及した[3]．近年でも 3D-CAD や品質工学と有機的に組み合わせた使用が広がるなど進化が続いている[4]．

（２） TRIZ[5]

TRIZ は自らがロシアの特許審査官だった G. アルトシュラーが，第 2 次世界大戦後に約 40 万件の特許の傾向を調査し，発明の法則性としてまとめ上げた体系である．その後 40 年をかけてロシア国内の技術教育の必須科目とまで発展し，ベルリンの壁崩壊後はアメリカに渡ってコンピュータ技術と融合して発展し，そこから世界中に展開していった．

TRIZ の考え方を端的に表すと，図付・2 に示すように一般問題と一般解決法がペアになって用意され，個別の問題に類似する一般問題を探し出し，そのペアである一般解決法から個別の解決法を類推するものである．



図付・2 TRIZ の考え方

TRIZ 体系は次に示すような複数のサブツールから構成され，それらを問題に応じて使い分けながら解決を目指す．

- (a) 技術的矛盾/40 の発明原理：発明に使用される 40 通りの考え方を，問題に現れる矛盾点の組合せによって絞り込む．

- (b) 科学的効果：多種の原理，法則を効果からの逆引きで整理し，問題解決に利用する．
- (c) 物理的矛盾：「軽い方が良いが重い方が良い」という矛盾が生じた場合に，「時間」「空間」「条件」「部分/全体」と分離して解決する．
- (d) 進化のパターン：技術が進化する時のパターンを類型化し，現状の技術と比較する事で，次の発展方向を推定する．
- (e) 物質-場分析：対象とする技術を二つの「物質」とその間に働く「場」と類型化し，その各要素に対する変化を標準的に示して改良のアイデアを誘起する．
- (f) SLP(Small Little People)：対象とする技術や製品に対して賢い小人達だったらどうする？と創造する事でアイデアを誘起し，それを現実解に転換する．
- (g) 9 画面法： $3 \times 3 = 9$ つのセルを用意し，現状を中心に取り巻く環境を上，要素技術を下，過去を左，将来を右に配置する事で，技術/製品を時空間で整理する．
- (h) トリミング：現在のシステムで通常は必要だと思われる構成要素をまずはないものと考え，その上で何とかシステムを成り立たせる方法を考える．
- (i) ALIZ：上記の解法を組み合わせで，最も効率的な手順を示す．

日本には米国を経由して 1996 年に紹介され，2000 年頃から大企業を中心に普及しており，有効特許の作成，新規技術開発のアイデア創出に使われている．

(3) タグチメソッド[6]

タグチメソッドは品質工学とも呼ばれ，その名の由縁である田口玄一が構築した工業的課題解決の体系である．田口は第 2 次大戦後，数理統計研究所に勤務したことから統計を応用した実験計画法を開発し，電気通信研究所に転職後も多数企業の問題解決で実践しながらその方法論を洗練していった．青山大学教授時代の 1980 年に訪れた米国のベル研究所で，最大の難問だった半導体デバイスの不良率 33%を 1 回の実験で 87%へと大幅に改善し，2 年後に論文[7]で発表されたことで広く世界に知られるようになった．

タグチメソッドの体系は大きく分けると次の 3 つになるが，田口自身は目前の問題を解決するために次々と新しい考えを提案したもので，体系化しにくい項目も多数ある．

- (a) オンライン品質工学[8]：製造ライン上に適用する考え方で，ラインのパラメータを調整することで，コスト視点で最適化する数式を提示する．許容差設計，フィードバック制御，最適診断間隔，計測器の校正，工程診断，予防保全，検査設計などの項目が

ある.

- (b) オフライン品質工学[9]：製造ラインとは離れた現場，すなわち開発，設計段階で応用されるものであり，実験計画法を発展させて製造環境や使用環境の変化に遭遇しても安定した性能を発揮するための実験，解析方法であるパラメータ設計(ロバスト設計)，基本的な特性を，種々の環境下でのばらつき程度を測定することで，効率的に技術レベルを評価する機能性評価，直交表を利用して2機能の掛け合わせを満遍なく検査し，少ない評価数で大きな問題が起こらないようにするソフトウェアテスト法などが提案される.
- (c) MT システム[10]：多変量解析の一種であり，1987 年発表された当初は，多変数によるマハラノビスの距離を用いて披検サンプルと正常な集団との同一性を判断する MT (マハラノビス - タグチ) 法だったが，その欠点である多重共線性を回避するために複数の方法が提案された結果，既知の説明変数と従属変数のペアから作成したデータ群と未知の説明変数によって，従属変数を予想する T 法の概念が生まれている.

高度な技術開発を必要としていた精密機械業界などを中心に 1960 年代から応用されてきたタグチメソッドではあるが，前述のベル研の事例発表や 1992 年の品質工学フォーラム（現在の品質工学会）設立，1997 年の米国自動車殿堂入りなどを契機に利用が広まっている. 2000 年頃からの技術のさらなる高度化，複雑化によってその有効性は高まっており，1.2.1 で挙げたように多くの企業が本格的に取り組む動向となっている.

参考文献

- [1] 水野滋，赤尾洋二：「品質機能展開」，日科技連出版社(1978)
- [2] Akao, Y. : “Quality Function Deployment -Integrating Customer Requirements into Product Design” , *Productivity* (1990)
- [3] 赤尾洋二：“品質機能展開”，品質，Vol.40, No. 1, pp.37-40 (2010)
- [4] 田中孝司：“特集：進化を遂げている QFD “，品質，Vol.44, No.2, pp.166-204 (2014)
- [5] 笠井肇：「開発設計のための TRIZ 入門」，日科技連出版社(2006)
- [6] 森輝雄，「タグチメソッドの応用と数理」，トレンドブック (2005)
- [7] Phadke,M., Kackar,R., Speeney,D., Grieco,M. : “Off-line quality control in integrated circuit fabrication using experimental design” , *Bell System Technical*

Journal, Vol. 62, No. 5, pp. 1273-1309 (1983)

- [8] 田口玄一，横山巽子：「ベーシックオンライン品質工学」，日本規格協会（2009）
- [9] 田口玄一，横山巽子：「ベーシックオフライン品質工学」，日本規格協会（2007）
- [10] 立林和夫，手島昌一，長谷川良子：「入門 MT システム」，日科技連出版社(2008)

付録2 ものづくり工学マトリクス全体図

ものづくり工学マトリクス

[illegible]