

効率対ムダ世界におけるカメレオン基準と メジアン・コントロール法

松井 正之*

A Chameleon's Criteria and Medium Control in Efficiency vs. Muda World

Masayuki MATSUI*

1. はじめに

これは、いわゆる効率対ムダ(無駄)世界へのある科学的アプローチであり、ディスクリート系のサイバネティクス論でもある。そのために、前著⁽¹⁾⁽²⁾のように、工場、企業、経済を単に3M&I系(多様系)ではなく、3M&I-Time系(多様体)として考えている。

それにより、従来の多様性の冗長度(拘束)⁽³⁾やムダ(ロス)に対する新しい視点が見えてくる。以前の3M&I(多様性)系では、多様性の不確かさの程度とその構造(冗長度)が主題と考えられていた。

3M&I-Time系としての多様系プロセスに留意すると、その意味論(価値論)が生じている。このような対象を扱うためには、従来にないムダ論の新しい取り扱い方が必要になる。それが、意味論を直接に考えない冗長度に対して、ムダ論が意味論を考える必然性である。ここでは、このような問題に対してカメレオン基準(Chameleon's criteria)⁽⁴⁾を導入して、解説とともに、展望をしている(注1)。

本総説では、経営工学分野からこの問題提起がされている(注2)。テイラーの科学的管理法には、生産性、経済性の向上への貢献の一方で、他方で様々な批判がある。最近でも、このテイラーリズムの100年に対して、現代的レビュー⁽⁶⁾が試みられている。

まず、このポスト・テイラーリズムに向けて、テイラーの効率対ムダ基準が絶対的であるという指摘から、相対的なカメレオン基準を導入して、考察を行った。そこでは、意外にも、限界利益MP(利益+固定費)がムダの最大値であることが指摘されている。

次に、このカメレオン基準を与える新聞売り子のモデルが、トラフィック会計法(T会計)⁽¹⁾⁽²⁾のモデルと類似していることに着目して、この基準におけるペナルティの算定法などの基礎を与えている。また、この相対的基準の流動数/流動面管理法(メジアン・コントロール法)⁽⁶⁾と、ネットワーク・フロー表現⁽⁷⁾による運用法が示されている。

2. ムダ問題と経済的基準

2. 1 経済的効率対ムダ問題

科学的管理法⁽⁸⁾におけるムダに対する基準は、テイラー基準である。これは、一流の肉体作業者を対象として時間分析してムダを省いた、唯一最良の方法(冗長度ゼロ?)である。他方、テイラーは、一日の公正な仕事量の導入にあたって、この基準にある種のムダを含ませた余裕(allowance)を考慮することを許容している。このギャップは何か。

これこそが、ポスト・テイラー基準に求められるものである。そのためには、経済的意味論(価値論)の導入が必要と考えられる。例えば、在庫の価値は単に大小だけではなく、基準より大か小かにもよる。大となれば過剰感、小となれば不足感という価値観が生じる。

表1. ムダの対象と所在例

| ムダの対象 | | 効率問題の所在 | 従来のアプローチ |
|------------|--------|-------------|-------------|
| ヒト モノ | 個体 | 余裕率(安全) | 個別最適化(平均値的) |
| | システム | バランス(調整) | 社会的最適化 |
| カネ (原価) | 固定費 | 設計(空間システム) | 損益分岐点分析 |
| | 変動費 | 運用(時間プロセス) | |
| カネ (利益) | 設備/投資 | リスク選好(リターン) | リアル・オプション |
| | 在庫/貯蓄 | パッパ選好(ストック) | |
| 情報 | データ/資料 | 不確実性(冗長性) | 情報科学 |
| | 情報系 | モデリング(尤度) | |

*教授 経営工学科

Professor, Dept. of Industrial Engineering and Management

この基準はまた、需給スピードによって可変のはずである。この解決には、価値観(意味論)によって基準を変化させてやることを考える。これが、カメレオン基準である。表1は、ディスクリート系における、種々のムダの対象と効率問題の所在をまとめたものである。

2. 2 カメレオン基準の導入と基準

カメレオン基準は、簡単に言えば、新聞売り子問題(図1)の解として与えられる。在庫問題においては、サイクルあたりの総ペナルティ関数は、 t 期の在庫量を L_t 、基準在庫量を N_t として、次式で与えられる⁹⁾。

$$C(N_t) = \beta_1 N_t + \beta_2 (N_t - L_t)^+ + \beta_3 (L_t - N_t)^+ \quad (1)$$

ただし、 $(a)^+ \equiv \max(a, 0)$ である。

このときの最適な在庫量は、微分又は差分による最小化によって、次式の分布関数 $F(N_t)$ で与えられる。

$$F(N_t) = \frac{\beta_3 - \beta_1}{\beta_2 + \beta_3} = \bar{\beta} \quad (0 < \bar{\beta} < 1) \quad (2)$$

このカメレオン基準は、3M&I-Time系では、需給ギャップの波動により、重み β_2 と β_3 の大きさが反転をくり返すところに特徴がある。

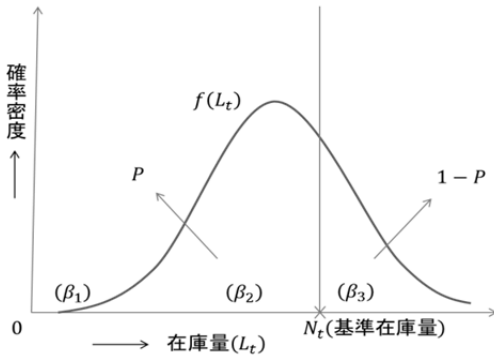


図1. 新聞売り子のモデルと重みペナルティ(β_i)

カメレオン基準は、ムダは相対的なもので、環境や状況によっても変化することを示している。これは、また、対象物が基準を下回るペナルティと上回るペナルティのバランスにより、その均衡点(メジアン)になっていることが特徴である。

3. ミクロ経済と基準

3. 1 損益分岐点分析の場合

管理会計においてよく知られている損益分岐点図は、図2のように与えられる。ここで、限界利益は固定費と利益(損益)の和である。ただし、確率 P は売上高 S_t の分布関数を表している。

この場合、損益分岐点(V)は、会計学では次式で与えられている。

$$BEP(V) = \text{固定費} \div \text{限界利益}(MP) \quad (3)$$

よって、このとき松井の式体系($W=ZL$)⁽¹⁾⁽²⁾となる、以下の関係式が成立する。

$$BEP(\text{量} L) \times MP(\text{金} Z) = \text{固定費}(W) \quad (4)$$

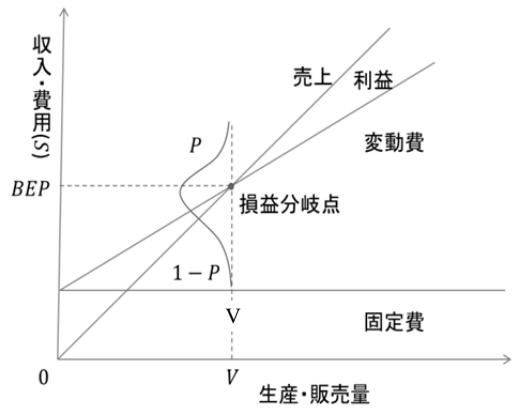


図2. 損益分岐点と限界利益の関係

3. 2 経済的利益対固定費

ここでは、効率として利益、ムダとして固定費を考えて、式(4)より、限界利益(=固定費+利益)を導入する。いま、カメレオン基準(限界利益 MP からのズレを最小化する基準限界利益問題を考える。

このとき、 t 時点での売上高を S_t とすると、新聞売り子モデルにおける総ペナルティ関数は、次式のように書き表せる。

$$C(MP) = \beta_1 (MP) + \beta_2 (MP - S_t)^+ + \beta_3 (S_t - MP)^+ \quad (5)$$

ただし、ここでのペナルティの意味は、以下の通りである。

- β_1 : 限界利益(MP)である < 固定費+利益 (損益) > へのペナルティ
- β_2 : MPを下回ったときにかかる利益(損益) へのペナルティ
- β_3 : MPを上回ったときにかかる変動費へのペナルティ

式(5)から、経済的効率対ムダにおける最適なカメレオン基準(MP)が得られる。これは、式(5)の最小化であり、式(2)と同様に、 $F(MP) = \bar{\beta} (0 < \bar{\beta} < 1)$ で与えられる。

これにより、経済的な効率(利益)対ムダ(固定費)のソリューションを得ることができる。このソリューションは、式(4)より損益分岐点の経済的ソリューションも与える。

この限界利益は、スループット会計⁽¹⁰⁾でのスループットに相当する。最近、スループット向上での全体最適が注目されている⁽¹¹⁾。これは、従来のコスト中心主義、コストダウン志向が縮小化リスクをもつためである。

国の経済では、このスループット向上は、GDP (国内総生産) の成長につながってくる。これは、GDPが一定期間内に国内で生産された付加価値の総額であり、また限界利益の総額に相当するからである。

4. ミクロ経済と基準数理

4. 1 トラフィック会計(T会計)法の導入

このT会計は、効率にコスト、価格を入れて考えていて、効率としては稼働率を取り上げている。従来の会計システムは、暗黙的に稼働率を100%とか90%を想定している。現代のように、経営スピードが問題となるとき、この想定は現実的ではないと考えられる。

実際、一般システムには、それぞれに固有な最適稼働率が存在するので、稼働率に準拠するマネジメントも重要である。稼働率等の推定には、通常の伝統的IE手法(稼働計器、WSなど)によって、容易に可能である。

いま、サイクルあたりのコスト・モデル(図3)として、待ち型企業モデルをもとにすると、単位時間当たりの平均運用費用ECは、次式で与えられる。

$$EC = (\text{待ち費用}) + (\text{稼働費用}) + (\text{遊休費用}) \\ = \alpha_1 L + \alpha_2 \rho P + \alpha_3 (1 - \rho P), \quad \rho < 1 \quad (6)$$

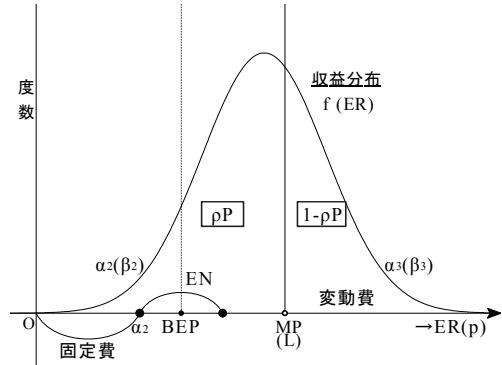


図3. 新聞売り子流トラフィック会計モデル ($\alpha_2 < \alpha_3$)

式(6)で、Pは処理率であり ($0 < P < 1$)、溢れ数がゼロでは $P=1$ となる。もし $\rho > 1$ の場合には、稼働率 ρ を $\rho' (= 1/\rho)$ と置き換えれば、以下の議論は同様である。このとき、平均溢れ数 η は、 $\eta = \rho - 1 (\rho > 1)$ となる。

この式(6)を変形すると、稼働費用係数 α_2 と遊休費用係数 α_3 の大小関係から、ECは以下のように2通りの表現をすることができる。

$$EC = \alpha_1 L + \{\alpha_2 + (\alpha_3 - \alpha_2)(1 - \rho P)\}, \quad \alpha_2 < \alpha_3 \quad (7)$$

$$EC = \alpha_1 L + \{\alpha_3 + (\alpha_2 - \alpha_3)\rho P\}, \quad \alpha_2 > \alpha_3 \quad (8)$$

便宜的に、式(7)の方を製造タイプ、式(8)の方をサービスタイプと呼んでいる。このとき、サイクルあたりの利益を $EN (= ER - EC)$ とすると、収益 $ER(Z)$ は次式で与えられる。

$$ER(Z) = EN + EC \quad (9)$$

4. 2 カメレオン基準の数理と運用

損益分岐点分析の場合、新聞売り子モデルをT会計法に翻訳して考えると(図3)、サイクルあたりの費用関数は以下のように与えられる。

$$C(MP) = \beta_1 MP + \beta_2 (ER - MP)^+ + \beta_3 (MP - ER)^+ \quad (10)$$

$$= \alpha_1 MP + \alpha_2 \rho P + \alpha_3 (1 - \rho P) \quad (11)$$

ただし、 $(a)^+ = \max(a, 0)$ である。上式においては、 $L < \rightarrow MP(\bar{\beta})$ 、および $\alpha_i < \rightarrow \beta_i (i=1,2,3)$ としている。また、 $MP = \alpha_2 + EN (\alpha_2 < \alpha_3)$ 、 $= \alpha_3 + EN (\alpha_2 > \alpha_3)$ である。

よって、カメレオン基準の決定(算定)は、T会計法により $a_i (i=1,2,3)$ を推定すると、次式で与えられる。

$$F(MP^*) = \frac{\alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_3} = \bar{\beta}, \quad 0 < \bar{\beta} < 1 \quad (12)$$

ただし、 $F(\cdot)$ は収益ERに関する分布関数である。

次に、変動するカメレオン基準(MP)の運用管理にあたっては、損益分岐点管理プロセスへの流動数管理法⁶⁾の適用が考えられる。この場合の基本式は、生産/在庫モデル⁷⁾の場合の会計への翻訳から、以下のようになる。

$$\begin{aligned} \text{次期投入量}(O) &= \text{次期流出量}(D) - \text{移動基準} \\ &\text{在庫}(MI) + \text{当期在庫量}(I) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{次期運転資金}(O) &= \text{次期変動費}(D) + \text{移動} \\ &\text{限界利益}(MP) - \text{当期固定費}(I) \end{aligned} \quad (14)$$

このとき、式(13)(14)において、古典的不等式から、次の最適性条件： $O=I=MP=D(=Z/2)$ が得られる。また、式(14)は、図4のようにネットワークフローで表わせる。この考え方は、流動面(資産)管理法⁴⁾ (12)によるリアルタイム経営にも有効である。

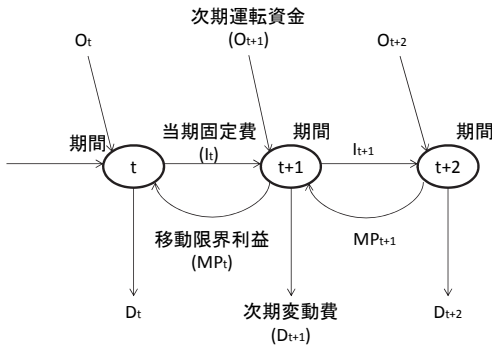


図4. 企業内ネットワークフロー—表現(会計フロー)

5. マクロ経済と基準数理

5.1 ケインズ経済への適用

マクロ経済においては、経済における見えざる手として、需要と供給におけるバランス機能に着目している。ケインズの国民所得の諸概念を産業連関表にそくして整理、加筆すれば、図5の通りである¹²⁾。(カッコ内は加筆)

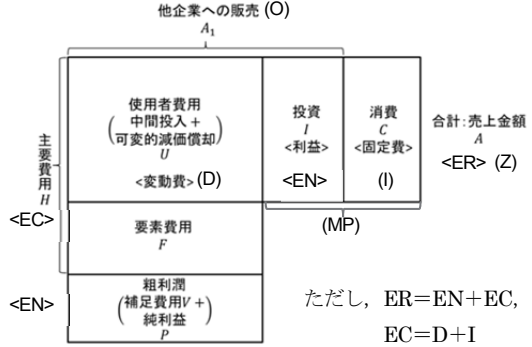


図5. ケインズ経済と所得(限界利益 MP)

最近、マクロ経済においては、投資(効率)対消費(ムダ)の配分問題が課題とされている。この問題も、表1よりカメレオン基準がソリューションに対応してくると考えられ、今後の検討になる。

表2. 経済とカメレオン基準問題

| 売上/所得 | 維持費 (β_1) | 限界利益以下(β_2) | 限界利益以上(β_2) |
|-------|-------------------|---------------------|---------------------|
| ミクロ経済 | 限界利益 | 利益(損益) | 変動費 |
| マクロ経済 | 限界価値 | 投資(貯蓄) | 使用者費用 |

(注) 限界利益(MP) = 売上(価格) - 変動費

5.2 企業間ネットワークと運用

ケインズ経済の場合も、損益分岐点分析と同様に考えると、国民所得の経済関数は式(11)で与えられ、カメレオン基準¹²⁾が得られる。ただし、 α_2 は消費、ENは投資であり、MPは消費と投資の和(限界価値)である。

また、マクロ経済での個(世帯や企業)の運用管理は、式(14)と同様にして、以下のように入えられる。

$$\begin{aligned} \text{他企業への販売}(O) &= \text{使用者費用}(D) + \text{移動限} \\ &\text{界価値}(MP) - \text{消費}(I) \end{aligned} \quad (15)$$

次に、複数の企業等が流動数(面)管理法による運用管理を行っているとする。図6は、産業連関表的に、その企業等のネットワーク(例えば、SC、世帯、産業間の関連)フローを表している。この考え方は、企業等や国民所得(GDP)のネットワーク・オペレーションに有効と考えられる。

また、地域や国においては、対象システムにおける安定のために、バランシング(注4)が重要問題となる。これは、対象内の限界価値(付加価値)のメジアン・コントロールによって可能と考えられる。

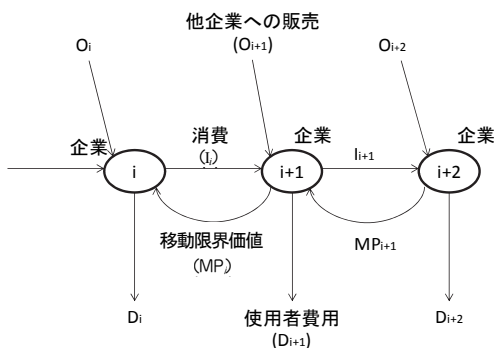


図6. 企業等のネットワークフロー(国民所得)

6. まとめと今後の課題

本総説では、経済的に効率対ムダ世界に有効な、カメレオン基準問題について解説と展望をするとともに、メジアン・コントロール法の概要を示すことができた。特に、カメレオン基準の決め方(算定)と運用法について検討して、その可能性と制御性の基礎について示した。

これにより、カメレオン基準問題が、単に経済的な効率対ムダから、需給のバランス(稼働率)の世界へ広げられることを明らかにしている。この問題は、より一般的にサービス世界においても有効で、この効率評価等とも関係のある点が注目される。

提案のメジアン・コントロール法は、やや荒い骨子の展開であるが、今後さらに詳細な検討とツールの開発(ODICSに続く)が望まれる。他方、カメレオン基準は、経済学におけるA.スミスの主著⁽¹³⁾での見えざる手(需要スピード)に対して、もう一つ著書のタイプの見えざる手⁽¹⁴⁾と見なすことができると考えられる。

ここでは、これによる経済学(GDP等)へのマネジメントの発展性も示した。今後のクラウド時代の経営高度化に向けて、本総説では企業、地域、国等のリアルタイム経営、バランシング経営⁽¹⁵⁾、さらには冗長度(ムダ)を考慮したマネジメント法に有用であることに着目している。

(注1) この原稿は、2012年度日本経営工学会春季大会予稿、秋季研究大会予稿をもとに、まとめと加筆を行ったものである。

(注2) すべての「無駄」が「無駄」ではない?!

経営工学というのは、100年ほど前に米国のテイラーという人が切り拓いた学問です。彼は、これまでは人間を中心に考えられていたが、これからはシステム(系)を中心に考え、経営方法や生産現場を合理的に管理することで、会社及び社会の生産効率をあげるべきである、という「科学的管理法」を提唱し、それが現在の経営工学につながっています。どれだけ無駄(ムダ)を省いて効率をあげられるかどうかということを考える学問だといえるでしょう。

ただ、すべてのムダがムダでしょうか、再考したい。経営工学は「仕事/ムダの仕組みの設計+運用」と考え、必要物を「理系の頭脳(冗長度)と文系の心(冗長度)」とすると⁽¹⁶⁾に準拠し、カメレオン基準は、前者の冗長度(固定費)と後者の冗長度(利益)の和である経済的冗長度(限界利益)に相当する点が、注意される。

(注3)メジアン・コントロール法は、伝統的な統計的管理を例にとると、発注点(安全在庫)と発注量を同時に決定する方式として特徴づけられる。この起源は、日本における古典的流動数管理とともに、最適発注点法である伝統的な(s, S)在庫方式にも遡るかも知れない。その意味では、新方法はこの統計的方式を確率的に動的化したものへと発展させたと考えられる。

(注4)バランシング(balancing)とは、対象システムにおける集中化(bottlenecked)対分散化(balanced)の、過渡的な非均衡化状態(umequilibrating)からの安定化調整である。ある需要スピードと種々の制約のもとでは、冗長度(ムダ)資源のバランシング調整によって、その条件下での対象システムの安定化がもたらされる。

参考文献

- (1)松井正之「生産企業のマネジメントー利益最大化と工場理学」, 共立出版, 2005
- (2)Matsui, M., *Manufacturing and Service Enterprise with Risks : A Stochastic Management Approach*, Springer, 2008
- (3)Attneave, F., 小野他訳「心理学と情報理論ー基本概念, 方法, 結果」, ラティス(丸善), 1968
- (4)Matsui, M., *Development of Progressive Inventory Method toward Real Time Age*, *ACMS42011*, Sanya, China, 2011
- (5)Brogan, J.W., Exonerating Fredrick Taylor, *Industrial Engineer*, 41-44 (2011.11)
- (6)松井正之・内山広樹・藤川裕晃: オンデマンドSCMにおける在庫変動の流動数図法による管理法, 日本経営工学会論文誌,

- Vol.56, No. 2, 139-145 (2005)
- (7)Johnson, L.A., and Montgomery, D.C., *Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control*, John Wiley, 1974
- (8)Taylor, F.W., 有賀訳「科学的管理法」, ダイアモンド社, 2009
- (9)Weeks, J.K., *Optimizing Planned Load Times and Delivery Dates, 21st Annual Conference Proceedings, APICS*, pp.177-188 (1979)
- (10)Goldratt, E. M., 三木本訳「ザ・ゴール」, ダイアモンド社, 2001
- (11)本間峰一「コストダウンが会社をダメにするースルーブット向上で全体最適」, 日刊工業新聞社, 2008
- (12)Keynes, J.M., 塩野谷訳「雇用・利子および貨幣の一般理論」, 東洋経済新報社, 1995年(1936)
- (13)A.スミス:「国豊論」, 岩波文庫, 2001年(1776)
- (14)A.スミス:「道徳感情論」, 岩波文庫, 2003年(1759)
- (15)松井正之:リアルタイム経営と流動面管理法開発, 第30回横幹技術フォーラム, 日本教育会館, 2011年3月
- (16)松浦春樹:経営工学コースの特色, 神大経営工学コースガイドランス資料(PPT), 2011.4