



システムズ エンジニアリング雑感

SCE・Net 小松昭英

E-106

発行日

2019.5.24

この4月に、研究ノート「システムズエンジニアリングの系譜」(筆者(2013)¹)について、日本語名と英語名 (Genealogy of Systems Engineering) で自然検索 (筆者(2019)²) した (閲覧 2019.04.23) ところ、クリック数が、前者 (国内) は21で後者 (海外) は3,632,640であった。もし、コージンスキーが言うように、「我々の経験は我々の言葉によって形成される」(T. O'Reilly (2017)³)のであれば、短絡的かもしれないが、我が国にはシステムズエンジニアリングの経験が形成されていないことになる。

そもそも、O'Reilly はシステムズエンジニアリング(SE)をどのように考えているのだろうか。同著には、SEを明確には定義しているわけではないが、SEの古典的名作として、Gall: Systemantics (1975)⁴をあげている。そして、この著書の用語解説には、システム理論について、彼の「一般システムティックス」は、ベルタランフィの「一般システム理論」(von Bertalanffy (1968)⁵)と平行を保ちながら発展するものと思うと脚注に述べている。

なお、Gall も von Bertalanffy も共に医者であり、前者の著書の監訳者糸川英夫は、大戦中は戦闘機「隼」の設計者であり、このシステムティックスの監訳の頃は組織工学研究所長であった。また、後者の共訳者の一人は医者、もう一人は農学者である。

すなわち、システム理論に関わった人たちは、糸川英夫を除き、ものを設計するエンジニアではなかった。それ故に、O'Reillyをはじめ Gall、von Bertalanffy も「システムズエンジニアリング」をよく理解していなかったのではなかろうか。そして、海外では、O'Reillyのような人が多いとすると、逆に筆者の「研究ノート」に興味をもったとも考えられる。

因みに、筆者の「研究ノート」は、Gallの2年前に発表された、Johnson (1973)⁶のOR (Operation Research)、SE、PM (Project Management)を、大型技術への一連のアプローチとする論文を軸にして議論したものであるが、さらにプロジェクトの経済性評価について、Dybdal (Monsanto) (1950)⁷の論文と Happel (1958)⁸の著書も紹介している。何れにしても、海外で何をもって大勢のひとが興味をもったのかを知りたいところである。

一方、国内では、まず「エンジニアリング」を「工学」と訳して、いわゆる「学術」の一分野であるかのように扱われているのが癌になっているのではなかろうか (筆者(2014)⁹)。

また、「エンジニアリング」というと、わが国では、戦後の復興期以来、化学企業の米国からの技術導入が常態化していたため、化学プラントのエンジニアリング企業の役割が、技術導入企業を経て、ライセンスから供与される基本設計パッケージにもとづいて、専ら詳細設計以降の機器・資材の調達、現場建設工事に限定されていたことも禍しているのではなかろうか。言い換えれば、システムズエンジニアリングが大いに効果を上げるであろう基本設計が、我が国の後進性の故に、行われなかったのではなかろうか。

我が国でシステムズエンジニアリングが初めて登場したのは、日本科学技術連盟から翻訳出版された「システム工学」(1960)¹⁰(Goode & Machol (1957)¹¹) であろう。この翻訳本には、奇妙なことに「大規模組織設計への手引き」という副題が付けられている。原著の副題が”Design of Large-scale Systems”であるのにである。上述の糸川英夫が 1978 年でも「組織工学研究所」を名乗っているのを見ると、我が国では、「システム」という言葉が社会的に認知されるのが難しかったのではなかろうか。

また、プロジェクトエンジニアリング/マネジメントという言葉も、我が国に初めて登場したのは、システム工学とほぼ同時期であった。それは、玉置明善(千代田化工建設(株))が、米国からの技術導入による日本合成ゴム(株)(現 JSR(株))の工場建設の完成を期に出版した「化学工場建設の実際」(1960)¹²であった。この著書で、米国でもプロジェクトエンジニアリングについての最初の図書になった Rase & Barrow (1957)¹³を参照して、プロジェクト全体の構造、すなわち経済・市場分析と理論的・経験的データから始まり、プロセス評価、経営陣または顧客の意思決定を経て、さらにプロジェクトエンジニアリング、建設を経て、運転で終わるまでを示している。

さらに、「システム分析とプロジェクトマネジメント」(1969)(Cleland & King (1968)¹⁴)が発刊され、プロジェクトステージが明らかにされた。すなわち、複数の候補プロジェクトの特定、プロジェクトの選定、実現可能性調査、調査結果の評価と投資決定、詳細プロジェクトデザインとエンジニアリング、契約と購入、設備建設と試運転、商用運転というオーナー(発注者)視点のものである。これは、後日、ほぼ同じ内容で、産業界でも、選別調査、実現性調査、事業化準備、事業定義、実施段階という 5 段階で実際に運用されていることが分かった(Shell (1983)¹⁵)。

なお、実現性調査(Feasibility Study)について、上述の Dybdal (1950)がオーナー視点で、その「調査報告書の章立て」を発表しているし、コントラクタ(受注者)視点では、開発プロセスへの適用例を Parente (1984)¹⁶が発表している。しかし、我が国では、少なくとも化学産業については、技術導入に終始したため、オーナーとしてもコントラクタとしても、経験することはなかった。

すなわち、設備投資額の大きい化学産業であっても、プロジェクトの実現可能性評価という必要不可欠な行為を、オーナーであれ、ましてコントラクタであれば猶更、経験することはなかったのである。このことは、設備投資資金を金融機関から賄うという伝統的な社会制度と相まって、実現可能性評価の経済的評価の基準になるエンジニアリングエコノミクスが社会的に認知されるべき機会を失うことにもなったのであろう(筆者(2014)¹⁷)。

このことは、さらに個々の装置のみならず、複数の装置から構成される工場、すなわちシステムの最適化のための目的関数を適切に設定することを難しくし、ひいては、サブシステムの最適化は、システムに埋め込んで評価しなければならないという鉄則の理解をも難しくしたのであろう。

その典型的な例が、製造業での情報システム投資の経済性評価である。ただし、これは我

が国に限定されたことではなく、1990年頃の米国のIT業界でも同様に、情報システムが企業システムのサブシステムの一つであるにも拘わらず、一つのシステムであると思われ、色々と議論されたが、誰も情報システム投資の有効性を証明することが出来なかった。

この誤った認識を覆したのが、MITのBrynjolfsson & Hitt (2003)¹⁸で、「標準的な成長会計分析の枠組みを適用する。サンプル企業の生産プロセスが、企業の付加価値と、通常の資本ストック、コンピュータ資本ストック、労働の三投入要素との関係で表現された生産関数で表すことができると仮定する」とし、さらに具体的には、コブ・ダグラス生産関数で近似できるようにして、時系列データまたはパネルデータを利用して、コンピュータ資本ストックの有効性を統計的に証明した。

しかし、残念ながら、個々の企業業績についての分析ではなかった。そこで、筆者が同様に成長会計分析の枠組みを適用し、特定の生産関数を仮定せず、同じ三投入要素と経常利益を取り上げ、有価証券報告書のデータを利用して、総合利益率と個々の投入要素の相対的利益率を求めた（筆者(2008)¹⁹, (2009)²⁰）。しかし、残念ながら、世間の注目を集めることはできなかった。

ここで、冒頭の自然検索の話に戻るが、同時に「総合知の構築」／“Building the Trans-Disciplinary Intelligence” (2011)²¹についても検索した。その結果、クリック数は国内が647,740、海外が485,640であり、意外にも国内が海外を上まわっていた。これは、2003年に発足した「横断型基幹科学技術研究団体連合」(2003)²²（国内クリック数57,400 (2019.05.21)）が多分元々求めていたであろうもの、すなわち「限りなく分化した縦型基盤科学技術を横断的にまとめるための『科学技術』を「総合知」の中に求められるかもしれない」と多くの方が思ったのではなかろうか。筆者自身も何回か当該団体主催のイベントに参加したが、率直に言って、そのような科学技術は存在し得ないのではという思いを深めていたからである。

そもそも、「横断型連合の最高知による産業力強化」を推進するには、まずは「ビジネス」分野の科学技術そのものをも取り込んだ横断型知識開発プロジェクトのステージング（例えば、van Boeijn et al. (2013)²³）を手法として確立するなどのシステムエンジニアリング的アプローチをすべきなのではなかろうか。

文献

¹ 小松昭英、システムズエンジニアリングの系譜、総合知学会誌、Vol.2013, pp.235-242, 総合知学会、2014

http://www.sougouchi.org/blog/wp/wp-content/uploads/sj/2013/SJ2013-09_shoei_komatsu.pdf、閲覧 2019.05.17

² 小松昭英、エッセイ「言葉の壁の崩壊」、SCE・Net, E-205, 化学工学会産学官連携センター、2019

<http://sce-net.jp/main/wp-content/uploads/2019/05/e-105.pdf>、閲覧 2019.05.17

³ O'Reilly, T., WTF?: What's the Future and Why It's Up to Us, 2017 (山形浩生訳、WTF 経済 絶望または驚異の未来と我々の選択、オーム社、2019)

⁴ Gall, J., Systemantics-How Systems Work and Especially How They Fail, New York

Times Book Co. 1975

(糸川英夫監訳、発想の法則—物事ははなぜうまくいかないか、ダイヤモンド社、1978)

- ⁵ von Bertalanffy, L., *General System Theory-Foundations, Development, Applications*, George Braziller, 1968
(長野敬・太田邦昌共訳、フォン・ベルタランフィ 一般システム理論、みすず書房、1973)
- ⁶ Johnson, S., *Three Approaches to Big Technology: Operation Research, Systems Engineering, and Project Management, Technology and Culture*, Vol.38, No.4 (Oct.), pp.891-919, John Hopkins Univ. Press, 1997
- ⁷ Dybdal, E.C., *Engineering and Economic Evaluation of Projects*, CEP, Vol. 46, No.2, pp.87-66, 1950
- ⁸ Happel, J., *Chemical Process Economics*, John Wiley & Sons, 1958
(東洋レーヨン(株)工務部工務研究所化学工学研究室訳、化学プロセスの経済性評価、化学同人、1966)
- ⁹ 小松昭英、工学とエンジニアリング、蔵前技術士会 25 周年記念誌、pp.32-34、蔵前技術士会、2013
<http://legacy.krpe.net/25nensi.pdf> 閲覧 2019.05.18
- ¹⁰ 森口繁一、システム工学—大規模組織の設計への手引き、日科技連、1960
- ¹¹ Goode & Machol, *System Engineering- An Introduction to the Design of Large-scale Systems*, McGraw-Hill, 1957
- ¹² 玉置明善、化学工場建設の実際、日刊工業新聞社、1960
- ¹³ Rase, H.F. & Barrow, M.H., *Project Engineering of Process Plants*, John Wiley & Sons, 1957
- ¹⁴ Cleland, D.I. & King, W.R., *Systems Analysis and Project Management*, McGraw-Hill, 1968
(上田惇生訳、システムマネジメント—システム分析とプロジェクト組織、ダイヤモンド社、1969)
- ¹⁵ Shell International Petroleum Maatsphappij B.V., *Seminar on Project Management, Engineering Advancement Association of Japan*, 1983
- ¹⁶ Parente, E.J., *Assessment of Coal Liquefaction*, *Proceedings of the World Petroleum Congress*, Vol.4, pp.230-247, 1984
- ¹⁷ 小松昭英、縦割り社会のミッシングリンカー—エンジニアリングエコノミクス、総合知学会、Vol.2014, pp.235-246, 2014
- ¹⁸ Brynolfsson, E. & Hitt, L.M., *Computing Productivity: Firm-Level Evidence*, *The Review of Economics and Statistics* 85:4 (Nov. 2003). Pp.793-908, the President and Fellows of Harvard College and the Massachusetts Institute of Technology, 2003
(CSK(株)訳、インタangible・アセット)「IT投資と生産性」関連の原理、pp.207-272, ダイヤモンド社、2004
- ¹⁹ 小松昭英、情報投資マネジメントサイクルの構築、国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌、Vol.3, No.1, pp.101-113, 2008
- ²⁰ 小松昭英、ビジネスアセスメント序説—研究開発費利益率の検討、国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌、Vol. 4, No.2, pp.81-92, 2010
- ²¹ 小松昭英、総合知の構築、総合知学会誌、Vol.2011, pp.53-66, 2012
- ²² 横断型基幹科学技術研究団体連合、<https://www.trafst.jp/>
- ²³ van Boeijen, A., Zijlstra, j., Daalhuizen, J., van der Schoor, R., *Delft Design Guide- Design Methods*, BIS Publisher, 2013
(石原薫、デザイン思考の教科書—欧州トップスクールが教えるイノベーションの技術、日経 BP マーケティング、2015)