

システムエンジニアリングマネジメントのすすめ Encouragement of Systems Engineering Management

石井信明[†]

Nobuaki Ishii[†]

[†] 神奈川大学 工学部

[†] Faculty of Engineering, Kanagawa University.

要旨

我が国では、システムエンジニアリングに関連する要素技術への注目度は高いが、システムライフサイクルを通じてシステムの目的を達成するマネジメントの観点の希薄と言える。この点は、情報プラットフォーム、ERPなどの大規模な情報システムの開発で後れをとっている現状とも関係があると言える。本報では、システムエンジニアリングの成り立ちに立ち返り、その本来の役割をシステムエンジニアリングプロセスとそのマネジメントの観点から検討する。さらに、高等教育におけるシステムエンジニアリング教育のあり方について考察を行う。

1. はじめに

現代社会では、情報技術の発展にともない人々のシステムへの期待が増大し、人の言葉を理解して自律的に働き、人を助けるシステムを求めようになっている。そのため人々が求めるシステムは複雑で大規模となり、しかも要求は従来にもまして高速に変化する。すなわち、システムへの要求と目的を理解し、それらを最もよく達成するためにシステムの構成要素、制御機構、インターフェースなどを分析・設計し、ライフサイクル指向でシステムを創造する分野横断的な技術を持つことが必須となっている。

そのための技術とフレームワークが、1950年ごろから、「システムエンジニアリング」、(以下、SE)、として認識されるようになった。SEは、本来意味するところのエンジニアリングそのものであるが、技術の深化によりエンジニアリングが要素技術に細分化されるに伴い、新たな分野として再定義されたと言える。システムが大規模かつ複雑化し、従来の開発プロセス、方法、ツールではシステムの開発、維持・管理が困難になっている現在、SEとSEプロセスのマネジメントについて、再認識する必要がある。

SEは、先に述べたように1950年頃から体系化が進み[1]、1969年には米国国防総省(DoD)がMIL-STD-499として規格を制定した[2]。企業が国防総省の調達に応じるには、この規格に準拠した装備品の設計から廃棄までライフサイクルでの対応を求められる。このことが、SEが民間において広まる一因になったと言われる。ちなみに米国国防総省は、WBS、ソフトウェア工学、構成管理、EVMなどの規格も制定しており、SEの普及をリードする存在[2]になっている。

本報では、我が国におけるSEとそのマネジメントへの認識について、本来のSEプロセスとそのマネジメントの視点から検討を行う。さらに、高等教育におけるSE教育の課題について考察する。

2. システムエンジニアリングへの認識

いくつかの団体が、SEの定義を示している[3]。代表的なものに、International Council on Systems Engineering (INCOSE)のINCOSE Systems Engineering Handbook (INCOSE-TP-2003-002-03.2.2)、National Aeronautics and Space Administration (NASA)のNASA Systems Engineering Handbook (NASA/SP-2007-6105)、米国国防総省(MIL-STD-499C)の定義がある。またJISでは、システムライフサイクルプロセス(X0170:2020)において、「利害関係者のニーズ、期待及び制約の集合を、解決するソリューションへ変換するため、及びソリューションが用いられる全期間を通じて、それを支援するために要求される、技術上及び管理上の作業の全体を統括するような、複数の専門分野を横断した取組方法。」としている。

それぞれの団体の成り立ちによりとらえ方は多少異なるが、次の視点がSEに特徴的な視点と言える。

(1) 学際的である点

SEは、図1のように細分化した固有技術を経系とすると、緯系の役割をもつ技術体系である。要求を満足するシステムを提供するために、要求を分析し機能に落とし込んだ上で、必要な固有技術を適用して要

求を実現する。その際、システム全体を俯瞰しながら適用する固有技術の評価し、システムの能力、リスク、費用、スケジュールなどの最適なバランスを実現する。

(2) システムのライフサイクルを対象とする点

SEは、システムへの要求分析から廃棄にいたるライフサイクルの全てにわたり関わりを持つ。すなわち、図2に示すように、SEでは、「システム」をサブシステム、コンポーネントからなる「システム要素」と「システムの目的達成の支援要素」に分け、そのどちらにも関与する。支援要素には、システムの維持、廃棄、システム開発に必要なプロセス、テスト、トレーニングに必要なツールなどを含む。

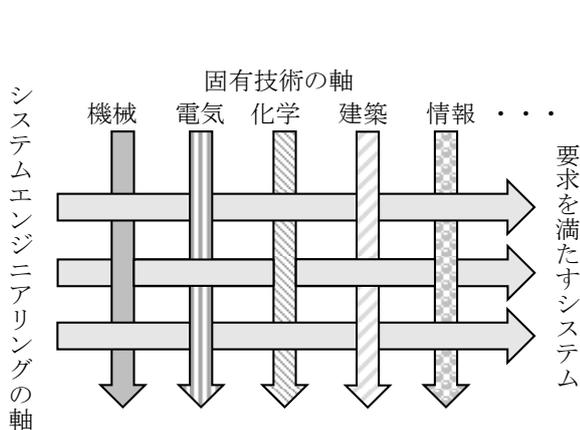


図1 固有技術とシステムエンジニアリング

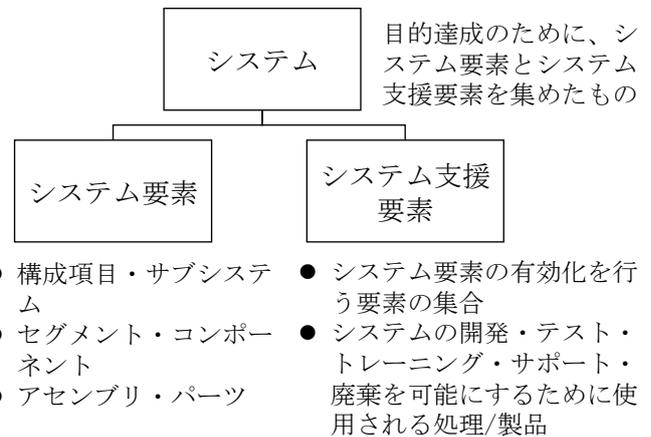


図2 システムエンジニアリングにおけるシステムの種類と捉え方 (参考文献[3]を参考に筆者作成)

現代社会にとり、SEとSEプロセスのマネジメントが重要であることに異論は無いだろう。しかし日本の社会では、SEが十分には浸透していないようである。とくに、SEの根底にある「システム思考」に、日本社会はなじみにくいように考える。ここでシステム思考とは、対象システムの細部である要素ではなく、システム全体を俯瞰し、システムを構成する要素とそれらのつながり、相互作用に注目し、洞察を加えることである。

SEでは、システム思考に基づきシステムを階層的に分解し、システムの目標達成に重要な機能を特定した上で、能力、リスク、費用、スケジュールなどのバランスを考えながら、限られた資源を重要度に依りて配分する。しかし日本の社会では、まずは平等を重んじる。そのため、メリハリを効かす重点主義のシステム思考を理解しにくいようである。たとえば多くの組織では、予算を部門人員の頭割りなど、総花的に分配することを慣例としている。また、システムの開発と運用を分けて捉える傾向があり、システムのライフサイクルに渡るマネジメントへの理解が低いと言える。

たとえば公共物では、維持管理に多くの経費が掛かることが、作った後に問題化することが頻繁に話題になる。また企業では細部へのこだわりが強く、全体を俯瞰し目標達成に向けた意思決定を軽視しがちのようである。リスクの洗い出しも、目標達成への重要度を基にメリハリを付けないと、見積りに時間を掛けた割にはリスクの洗い出しが不十分で精度が悪く、意思決定にも時間が掛かる。さらに日本の企業では、特に現場部門の発信力が強く、全体目標を忘れがち、あるいは全体目標が抽象的で部門の行動にまで落ちてこないことが多い。そのためボトムアップの力は強いがトップダウンが苦手であり、経営者は現場力に会社の運用を依存し、中間管理職も本来の役割を果たしていないケースが見られる。1990年頃まで、日本の強みは優秀な現場からのボトムアップによる意思決定であったが、社会が複雑になり、システムの相互接続性が增大した現代、全体を俯瞰する機能も役割も持たない現場の力が強いことはむしろ弱点になりかねない。

このような現状から、日本の社会に必要なことは、目標達成に向けてシステム思考で全体を俯瞰して進めることであり、SEとSEプロセスのマネジメントへの一層の理解の増進と普及が必要と言える。

3. システムエンジニアリングプロセスとマネジメントの視点

SE プロセスは、図3に示すように、システムライフサイクル全体に関わりを持つプロセスである[3]。なかでも設計および開発フェーズに重点を置いている。この SE プロセスは、システムのタイプ、サイズ、および複雑さに関係なく、あらゆる分野のシステムの開発に適用できるプロセスといえる。

プロセスは、問題の定義と顧客の要求を特定する要求分析から始まる。要求分析では、実行可能性分析、システム運用要件、保全と支援要件の決定、技術的性能基準 (TPMs: Technical Performance Measure) の決定と TPMs に基づく優先順位付けなどを行い、機能分析へと続く。TPMs は、SE プロセスを通じて、設計、評価に影響を与える基準となるもので、自動車を例にすると、サイズ、重量、燃費、保全間隔などである。

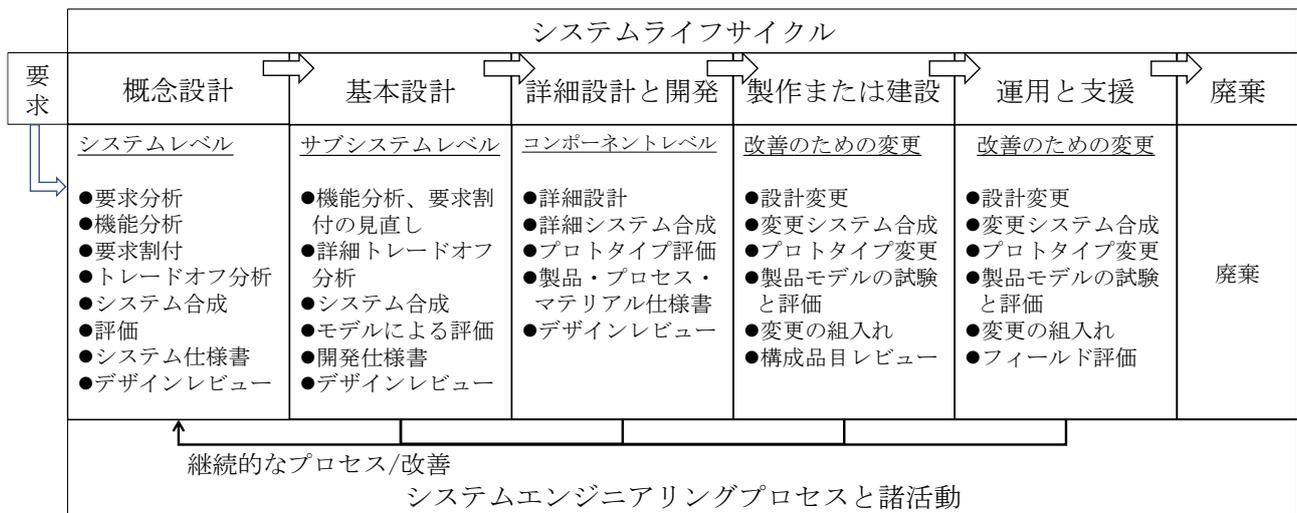


図3 システムライフサイクルとシステムエンジニアリングプロセス (参考文献[3][4]を参考に筆者作成)

機能分析では、機能を階層化して分割する。ここでは、TPMs による評価と重要度に基づくトレードオフ分析、設計レビューを繰り返し行いながら、最適設計に近づける。これら一連のプロセスにより、要求に合致したシステムの設計、製作、運用・保全がライフサイクルを通して実現する。

SE プロセスで重要なことは、システムの設計と開発の初期段階から、生産/建設、運用、およびシステムの保全と支援にかかわる諸活動を認識し、設計と開発に織り込むことである。たとえば、概念設計、基本設計に、通常は後回しになりがちなロジスティクス要件の抽出と支援性設計を含めており、当初からこれらの要件を意識している。ロジスティクスおよび保全支援基盤についての要件を、TPMs に稼働率、保全性などの基準として定めておくのはその例である。支援要素を含むシステムへの要件は、機能分析を通じてシステムの下位レベルに割付けられる。また SE プロセスには、フィードバックループによるシステムの改善が不可欠である。これら一連のプロセスにより、要求を的確にとらえたシステムを、ライフサイクルにわたり経済的に実現することが可能となる。

さらに SE プロセスでは、システムが最終的に意図したとおりに機能することをライフサイクルの早い段階で確認するために、プロセスの当初からシステムの試験と評価を検討し、実施する。なお概念設計、基本設計の段階では、デジタルモデルとシミュレーションの利用が試験の時間と費用の節約に有効であり、近年では普及が進んでいる。

SE プロセスは、建築物、プロセスプラント、発電所など、長期にわたり維持管理を要するシステムにおいては、誰もがあたりまえに必要なプロセスと考えるであろう。しかし現実には、「設計してからやり直す」ことが多数見受けられ、改修の繰り返しによる複雑化、ライフサイクルコストの増大、早期の廃棄などにつながるケースがある。また、設計者と運用者が同じ評価基準で行動しているとは限らず、必ずしも、運用・保全を考慮した設計が行われているとは限らない。SE プロセスを再度見直し、プロセスの組織化を含め、システムライフサイクルを通して適切な SE プロセスを構築することの重要性を再認

識すべきであろう。その際、全てのプロセスの情報を共有し、デジタルモデルとシミュレーションにより多くの代替案を検討することで変化に即応できる、デジタル基盤を用意する必要がある。

システム開発はプロジェクトとして行われるため、SE プロセスはプロジェクトマネジメントの対象となる。SE では、SE プロセスの中にプロセスのマネジメントとして、PMP (Program Management Plan), SEMP (System Engineering Management Plan), TEMP (Test and Evaluation Master Plan)の作成、プロセスのマイルストーンでのレビューを含めている[3]。SEMP では、適用する SE プロセスに加えて、WBS, コスト計画, スケジュール計画, リスクマネジメントなど、プロジェクトマネジメントと重なる部分がある。

基本的には、適用技術、設計とその評価に関わる事項はSE が担い、スケジュール、コスト、調達に関わる事項はプロジェクトマネジメントが担うことになる。そして両者が関わる事項を、プロジェクト計画、リスクマネジメント、データマネジメントとすることが自然と言えよう。この点は、無駄な作業、あるいは抜け漏れが生じないように、実態に合わせて、主体となる組織間での調整が必要な部分である。

4. システムエンジニアリング教育の現状と課題

これまでの日本の教育は、SE に力を入れてきたとは言いがたい。高等学校の情報の科目では、それに関連する項目を学ぶことになっており、テキストも充実している。しかし大学に入学してくる学生からは、それを学んできたか疑わしく、関心も高いとは言いがたい。関心が低いと受験生が集まらないため、大学側も SE 教育に力を入れない。また、SE への社会の関心も低いため、SE を学んでも就職に有利には働かない。SE への理解が進まないと、要素技術は一流でも複雑なシステムをまとめ上げる力が弱く、グローバルな環境下で産業の主導権を取れない状況が頻発すると言えるだろう。

大学において、SE をカリキュラムに入れている学部・学科はあるが、その内容は、最適化、統計、など SE のツール面を取り上げるケースが多く、システム思考、SE プロセスを取り上げるケースは少数である。学生が SE の価値を理解できないため、使えると便利な方法とツールの教育に傾斜しがちと言える。さらに研究においても、現在は要素技術を深めないと研究論文になりにくい。そのため、研究論文を積み上げるために、要素技術に傾斜しがちと言える。

これらの解決には、これと言った有効な方策はなく、解決までに時間が掛かると考える。SE 教育の普及は、世界的にもこれからである[1]。まずはグローバルな潮流に乗り遅れないように、システム思考と SE への理解を広める活動を継続することであろう。

5. まとめと今後の課題

本報では、SE と SE プロセスの概要を説明し、我が国におけるそれらへの認識の現状と課題を検討した。さらに、SE 教育の課題について考察を行った。

我が国の製品、サービス、部品などの要素技術への国際的な評価は高いが、システム製品はガラパゴス化と呼ばれ、高性能でも海外では売れない状況が多く場面で見られている。大規模で複雑なシステム開発・運用での主導権を取れず、要素技術の提供にとどまるケースも増えている。DX の推進においても、我が国では成功例をあまり聞かない。これらは、システム思考に基づく SE と SE マネジメントへの認識の違いと考える。SE の普及は喫緊の課題であり、情報システム学会が取り組むテーマと言えよう。

参考文献

- [1] INCOSE, "システムズエンジニアリングビジョン 2035 Ver 1.0", JCOSE, 2022.
- [2] 斎藤一弥, "米国国防総省: 調達システム改革の変遷", 月刊ロジスティクス・ビジネス, 2013年4月号, 2013, pp. 90-93.
- [3] Blanchard, B. S., Blyler, J. E., *System Engineering Management 5th Edition*, Wiley, 2016.
- [4] 石井信明, 伊藤邦雄, "SOLE 基本教材「LEM」を読む 第3回 ロジスティクスエンジニアリングの手法", 月刊ロジスティクス・ビジネス, 2022年10月号, 2022, pp. 94-97.