

Safety Service Engineering(SSE)の提案

～機械類の安全技術とシステム及びサービス思考

加部 隆史 (NPO 安全工学研究所)

1. 安全と SSE の必要性

20 世紀は科学技術の進歩を妄信し、社会福祉の増大を求めた反面、不可逆性を伴う危険及びリスクがその副産物として産出され、多くの危害がもたらされてきた。とりわけ情報通信技術の急速な発展により、世界はボーダーレス化しており、地球規模でのリスク管理が多くの場合不可欠となってきた。かような状況下で、安全・安心社会に役立つ新たな工学とは何かが問われてくる。

ひとつの潮流として、機械類をシステム思考で捉える考え方と、その全ライフサイクルを視野に入れた概念設計段階での最適化があげられる。同時に世界的に第三次産業としてのサービス部門の比率が高くなってきた現在、サービス工学の配慮も必要となり、安全を環境・品質・サービスと言う概念とともに包括的に捉える必要が出てきている。

2. 安全・安心の為のサービス概念

2.1 Safety Service Engineering(SSE)とは？

SSE は何かを論じる前に、類似関連用語の整理が必要となる。先ず safety、そして system 及び engineering 並びにその複合語の定義が必要となる。

Safety については、安全と言う用語を規格に適用する際の ISO/IEC Guide51 に拠ると、安全(safety)とは、受入れられないリスクからの開放を意味し、リスクはゼロにならない為に残留リスクを認める。その状態は危険源が事前に処理される行為が含まれる。危険源を基にしたリスクが処理されて初めて機械類は安全となり、それを使用する社会に安心が提供される事になる。その処理は勿論技術屋及び工学の役割である。

危害は、危険源と人の組合せにより発生するが、危険源を適切に処理せずに、いきなりリスク論で安全を確保しようとする事は、本来妥当ではない。

Hazard(危険源)を関連法及び規格・基準等の科学及び技術の水準(state of the art)並びにエンジニアリング・プラクティス(well tried good engineering practise)に基づき処理されたかがリスクベースド・アプローチでは問われる。

機械設備類の安全の対象は広義であるが、本論においては図 1 のとりわけ機械類の安全を対象とする。

機械類の安全(safety of machinery)を実践するにしても、本来サービス観点から顧客満足の受給者論理から出発し、機械設計者が何をすべきかを機械の全ライフサイクル並びにシステムズ・エンジニアリングの観点から全ステークホルダを対象として考慮すると、社会に新たな価値を提供する安全設計の姿が見えてくると思われる。

システムズ・エンジニアリングは機械設備の基本設計・詳細設計・機器の調達・設置・保全・廃棄に至る全ライフサイクルのプロセスでのエンジニアリング及びリスクマネジメントの観点からの最適化を意味する。

Safety Engineering: 安全工学

安全に係わる工学の総称で、例えば図 1 に示す範囲を意味する。分野により、そのプロセス及び発生する危害の程度に相違があり、リスク低減の方法論も様々である。

Systems Engineering: システムズ・エンジニアリング

アメリカの国防省(DoD)の軍用規格 MIL-STD 499:1969 に端を発するもので、ISO15288:2000 及び ISO/IEC12207:1995 に概念が纏められている。

ここでは、最初概念設計段階で要求仕様分析が定められ、顧客満足を前提としたサービス提供のインプットとアウトカムが目標とされている。

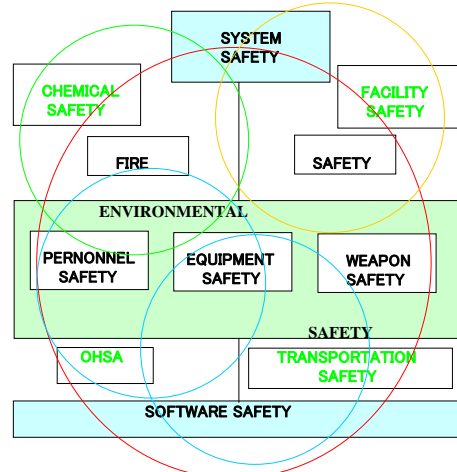
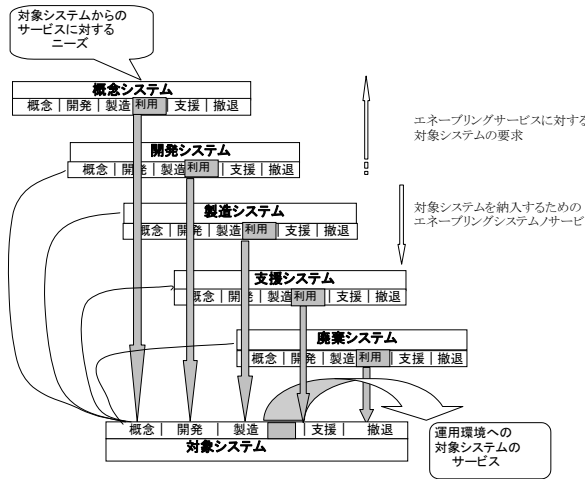


Fig1.2 of Stem Safety: A Science and Technology Primer by The New England Chapter of the System Safety Socie

図 1.安全の範囲



ISO15288/JISX0170システムライフサイクルプロセス 図D.6一般的なエネルギーシステムとのシステム相互関係

図 2. Systems Engineering の設計手順とサービス

学会として International Society for Systems Science が 1955 年にアメリカで設立されている。ここでは、合理的な分析主義・要素還元主義を批判する意味でのホーリスティックな Systems Engineering や Systems Thinking 等が出発点となっている。Systems Engineering の特徴は、技術以外に経済的視点を踏まえたシステム全体の Risk Management(リスク・マネジメント)及びライフサイクルの概念(図 3 参照)が柱となっていると言える。

注：ここで Systems は複数である。

System Safety: システム・セーフティ(アメリカ)

アメリカの国防省による軍事規格として 1969 年に策定された MIL-STD 882 を出発点として、MIL-STD882D:2000 に纏められたシステム・セーフティで、Systems Engineering 及び safety の概念を含むリスクマネジメントシステム。これは航空宇宙産業を出発点として、プロセスプラント、原子力、鉄道分野等で幅広く実践されてきている。

System Engineering: システム工学(日本：未定義)

日本で多用される単数の system に engineering を結合した言葉だが、”systems engineering”の概念とマネジメント体系を必ずしも示すものではなく、定義された用語ではない。

Service Engineering: サービス工学 (第 2.2 項参照)

Safety Service Engineering(SSE):

SSE は、以上述の全ての概念を含むもので、その概念整理とそれによるイノベーションの実践への適用に向けて、2.4 に述べる研究会を発足した。

2.2 サービスとは？

サービスサイエンス或いはサービス工学という新しい概念が近年導入されているが、未だ確定的でないという前提で、その意味を以下に概説する。

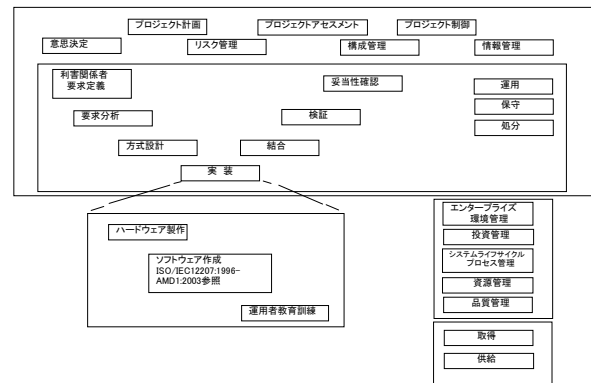
Service Science¹⁾: サービスサイエンス

2002 年に IBM 研究所とカリフォルニア大学の取り組みで Service Science という概念が新たに発表された。そして 2004 年米国競争力評議会の報告書 Innovate America でサービスイノベーションが強調される。

Service Engineering^{2),3)}: サービス工学

2002 年東京大学人工物工学研究センターにサービス工学研究会が発足し、現在は首都大学が継承している。2006 年経済産業省産業構造審議会にサービス政策部会を設置。NEDO の技術戦略マップ 2008 にサービス工学分野に関する技術ロードマップが掲載された。

これらは日本学術会議の俯瞰型研究の継承を基に提案された第 18 期報告書「新しい学術の体系-社会の為の学術と文理の融合」のなかの設計科学の考えを踏まえたものとも言える。



ISO15288/JISX0170システムライフサイクルプロセス 付属書C(図C.1 JISX0170とJISX0160:1996及び補足1:2003との関係)

図 3. Systems Engineering のライフサイクルマネジメント

Service Innovation: サービスイノベーション

経済産業省は、2006 年に産業構造審議会にサービス政策部会を設置し、サービス産業の育成を推進しており、それに伴いサービスイノベーションという用語が使用されてきた。

Product Service System: プロダクトサービスシステム

製品とサービスを一体化して提供する仕組みで、欧州中心に研究が行われ、例えばドイツ電気工業会 ZVEI は、Services in Automation という概念を提唱し、製品のサービスクラスを 7 通りに分類している。又、第三者機関等もサービスの質と度合いに応じサービスのクラス分けを実施している。

ドイツの損害保険会社で第三者認証機関である BG は、2006 年に専門家による 2 年間の研究成果として、機械の安全装置の無効化報告書を発表した。これによると、機械の 3 割以上が定期的に無効化され、往々にして管理責任者がそれを黙認していると言う事実が明らかになった。主原因として、生産性の維持が挙げられ、対応策として無効化しにくい要

素技術の開発或いは、機械運転者を機械調達時に参画させる等が提案された。後者は、機械供給者の観点のみならず、使用者側からのサービスの要求となる。日本は未だ機械安全概念の導入段階にあるが、それを達成してもこの安全装置の無効化問題が同様に発生する事は明らかであり、本来この視点を踏まえたアプローチが必要とされる。

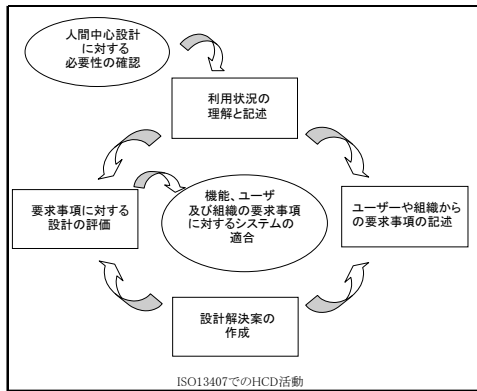


図4. 人間中心設計 HCD 活動

又設計分野では、図4が示す人間中心設計 **HCD (Human Centered Design, ISO13407:1999)**が近年提唱されている。20世紀の合理主義一辺倒の科学技術とその負の遺産からの反省から、人間中心の考えの回帰が考慮され、その中で不確実性・複雑性を如何に科学や工学にするかが問われてくる。それ故新たなサービス工学にニューサイエンス或いは設計科学という概念の配慮は必要である。

2.3 SSE の概念と方法論

かような状況下で、SSE の基本概念を以下の通り認識並びに整理をしたい；

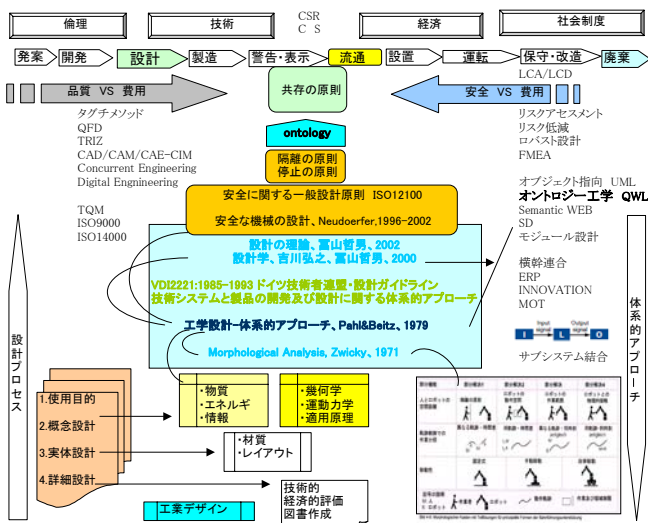


図5.体系的設計論

福祉をもたらし、危害の要因となる危険源は主として設計段階で除去されるべきものである。

- 危険源の処理をするのは技術者である。
- 持続可能な社会ではシステム思考に基づく科学技術と地球及び生物の共生が問われてくる。
- 安全・安心社会とは、科学技術がもたらす危害を事前の予防原則により除去し、残留リスクが適切に管理される事により安全が達成され、それにより社会に安心をもたらすものである。
- 安全な機械の設計は、主に設計工学の体系的アプローチ等を基盤としており(図5参照)、体系的設計論は、例えば VDI2221:1993 に纏められている。
- 機械システムにおいては機械類の全ライフサイクルを視野に入れ、製品の市場投入後の問題を事前に設計段階で配慮する事が望まれる。
- 機械類の安全を達成するには、予防に基づくリスクベースド・アプローチの概念が存在し、方法論は既にリスクアセスメント(ISO14121)とリスク低減(ISO12100)により国際規格で A-B-C の階層構造で定められている。

- ソフトウェアの安全性に関しては、機能安全規格 IEC61508 関連でその包括的なリスクマネジメント (Risk Management)を含んだ取組みが提供されている。
- 設計段階で事前に問題を取組む事は、製品の市場投入後の問題に伴う労力(時間と費用)を大幅に削減するという経済的効果を伴う(図6参照)。
- 機械やシステムの導入後の設計への変更管理は、往々にして事故予要因となる為、適切な変更管理 (configuration management)⁴⁾が必要となる。
- 20世紀のものづくりのは、大量生産・大量廃棄であったが、これからは顧客満足を視野に入れ事前に設計段階にそれを組込む事が求められている。
- サービスへのニーズとアウトカムを、時代の要求に即して System Engineering 及びサービス工学の視点から新たに構築する必要がある。

これらの認識と概念を基にして、あらゆる人工物の利用者に、グローバルの観点から、時代に即した人工物を提供し顧客満足を設計段階で安全を配慮の上達成するという一連のプロセス及びそれに伴うイノベーションの仕組みについて(Safety Service Engineering: SSE)という概念として提案する。

アメリカでは予防保全の概念として、1960年代に RCM(Reliability Centered Maintenance:信頼性中心保全)、1980年代には RBI(Risk Based Inspection)或いは RBM(Risk Based Maintenance)の概念が普及したが、日本の場合、未だ事後保全の考えが強い。

日本では、社会全体にリスクベースの考えが充分に定着していない。その為労働災害数はとりわけ欧

- これから人工物を提供する際、持続可能な社会で

州先進工業国と比較し依然として多い事と、産業界では機械安全は追加費用がかかるとの事から、機械安全概念の定着が遅れている事等の現状がある。その為に SSE はそれから脱却し、その利点をシステム思考により明確にし、産業界がそれにより動機付けられ MOT(Management of Technology)のひとつの模範として産業競争力の源泉となるイノベーションを興す事につながる事を目指す。

2.4 SSE の目標と手順

SSE 概念を構築する為には、前述の認識及び基本概念整理の他に、その概念の有効性を示す事により、その納得性が出て来る。

日本の場合、欧州では 20 年程前に終了した機械安全の概念普及活動からいまだ脱する状況ではない為に、新たな SSE の概念構築に伴い、その有効性にかかわる事例研究とその成果の公表が必要と思われる。

日本機械学会設計工学・システム部門の設計研究会では、これまでプロセス分野、FA 分野、家電分野を含み、設計によるイノベーションに係わる研究を続けている。これまでの本研究会の成果も配慮の対象となる。

上流部の設計における有効な方法論として、日本から世界へ発信された例として、タグチメソッド及び品質機能展開(QFD:JIS Q 9025:2003)等があり、基本的には問題を製品の市場流通後ではなく、事前に設計の上流段階で処理するという考えは共通しており、その事前処理が経済効果を伴う事は既知の事実である。

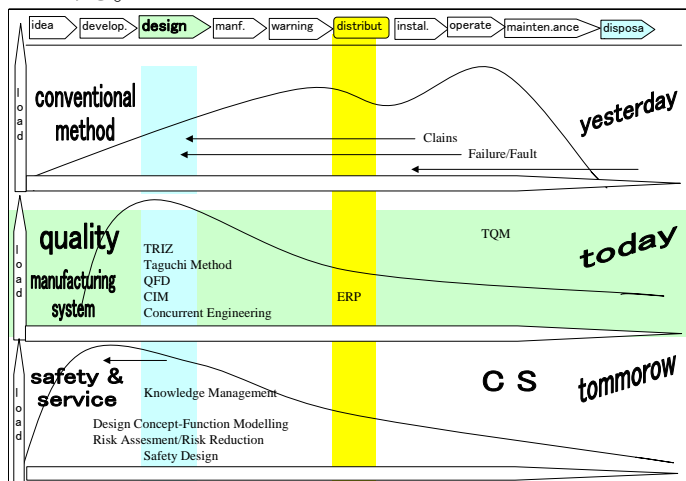


図 6. ライフサイクルにおける設計プロセスとその位置づけ

2.5 SSE 概念の発信へ向けての研究会発足

機械類の安全に関しては、従来の日本の歴史が示すように、欧米先進国からの概念と方法論の導入とその展開という状況にある。この分野で日本発の国際論文は数えるほどしか無い。

社団法人日本機械学会産業・化学機械と安全部門

で 2010 年 4 月に SSE 研究会が発足し、初年度は① SSE の概念整理と共に②事例研究を中心として活動を開始した。当初の会員は、SSE 概念の必要に共感し、今後日本発のサービスイノベーションを世界へ発信したいと願う推薦会員である。

①概念整理は、Safety-Service-Engineering 及びそこに Systems Engineering の概念を含め、SSE のあるべき姿に向けた概念整理を行う。

時代の流れから、人間中心設計(HCD)の重要性が高まってきている。SSE の学際的な対象は、自然科学並びに横断的な安全工学以外に、人文科学・社会科学が関連してくる。

②事例研究は、先ず日本を代表するグローバル企業が、機械類の安全の概念を適用して効果を挙げた例を検証し、安全は負担が大きいから敬遠すると言う一般風潮を払拭する事を当初の目標としている。その際に、企業としてのリスクマネジメントの一環としての安全並びに、各種方法論の適用、具体的な生産技術面における Service Engineering の実践、そして安全専門家の育成等を含み検討対象とする。

それ故、事例研究の中で、国際競争力がある国内企業で実践された予防概念の有効性に関する調査を実施すると共に、これら企業に存在する数多くの暗黙知を形式知化する事により、日本のものづくり力が機械安全の体系化された方法論の既存枠を広げ、そこに SSE 概念を導入する事により、国際的に発信する題材が数多く存在すると思われる。

3. おわりに

SSE は、従来の供給者論理から受給者論理への転換に伴い、サービス工学の概念を配慮し、System Engineering 及び System Safety の概念に基づき、リスクベースド・アプローチにより、機械の全ライフサイクルにおける最適化を設計段階、とりわけ上流の概念設計にあると仮定し、そこでの最適化が人工物の品質・環境・安全確保に貢献し、結果として適切なサービスが使用者に提供される事によりグローバルに通用する安心社会に寄与するエンジニアリングプロセスの提案、並びにそれによるイノベーションの喚起を目標としている。

参考文献：

- 1) 亀岡秋男, サービスサイエンス, 株式会社 N T S, 2007
- 2) 内藤耕(編), サービス工学入門, 東京大学出版会, 2009
- 3) (財)経済産業調査会, サービス産業におけるイノベーションと生産性向上について, 2007
- 4) 松本俊次, リスクベースド・アプローチによる機械安全の現状と今後の課題、労働安全衛生研究 Vol.3, No.1, 2010