

# 経営者のための システムズエンジニアリング導入の薦め

IoTの進展により、製品／サービスが多様化しネットワークにつながるようになったことを背景に、これまでにない組み合わせでモノ・コトをつなげて、高い価値をもたらすことを目指す取り組みが始まっています。

一方、その対象となる分野・範囲の広がり等により、製品／サービスの企画・開発を行うおとする際、特定分野に特化した従来型のアプローチそのままでは目的の達成は難しくなっています。

本書は、この難しい課題に直面している企業・団体の経営者の皆様に、事業を成功に導くためのアプローチと手段の体系として注目されているシステムズエンジニアリングを紹介するものです。

第2.1版  
2017年7月3日

## ビジネスチャンスの裏には経営リスクも！

従来は想定されなかったような  
モノ・コトのつながり  
例: スマートフォンと家電の連携など

隣接する分野の事業への進出  
例: 医療と健康ビジネスの融合など

つながる相手への迷惑、  
相手からの迷惑

単一分野でのビジネス  
ルールが通用しない

### 想定リスク

新サービスが生まれることによる  
ビジネス環境の変化  
例: シェアリングエコノミーの拡大など

考慮すべき条件の拡大  
例: 自動車(乗り心地、安全性、燃費)など

現ビジネス領域の  
衰退

考慮もれによる失敗  
(不備、遅延、事故)

転ばぬ先の杖（新たなアプローチ）  
の導入が必要

## 新たなアプローチ ～ システムズエンジニアリング

航空・宇宙領域で確立した企画・開発のアプローチを汎用的に  
体系化したもの

✓ ソフトウェアシステムやハードウェアシステムだけでなく、新規事業の 開発、社会シ  
ステムの設計など、さまざまな領域に適用可能

- 【効能】
- ・ 本来の目的を明確化し、より高い視点や幅広い知見からアプローチ  
する方法なので、新たなビジネスチャンスの把握やリスクの明確化  
が可能です。
  - ・ 関係者が共通的に理解できるような概念整理を行い、繰り返しブ  
ラッシュアップすることにより、環境変化に耐えうる、より良い  
製品/サービスを生み出せます。

# システムズエンジニアリングの4つのポイント

## 1. 目的指向と全体俯瞰

- 解決策を考える前に本来の目的を明確にし、常に目的を意識しながら考えます。
- 視点と視野を変えながら俯瞰して捉えます。視点としては、時間的視点、空間的視点、意味的視点があります。

時間的俯瞰の例：

初期から利用終了後の廃棄まで、さらに世代交代までのライフサイクル全体



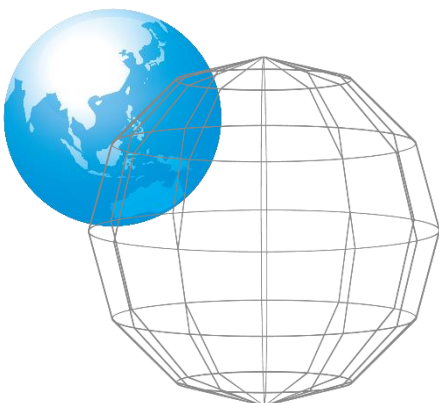
## 2. 多様な専門分野を統合

- 多様な分野（技術、事業、領域、環境、文化、社会など）の知見を統合します。



## 3. 抽象化・モデル化

- 抽象化の視点を柔軟に設定し、多視点から対象を構造化し、システムに関する様々なネットワークを通じて、システムを明らかにします。
- モデルを利用することによって異なる分野の人たちの間での概念共有、情報共有による共通理解の促進を図ります。



## 4. 反復による発見と進化

- 適切に再評価とフィードバックを反復して、新たな解決方法を発見し、段階的に明確化・進化させます。



# システムズエンジニアリング適用事例

## 事例1：鉄道・列車制御システムの更新とサービス継続

目的指向と全体俯瞰

J R東日本 デジタルATC (D-ATC)

山手・京浜東北線のラッシュ時の混雑（上野・御徒町間で約240%）緩和の社会的要請が強まっていたのに対し、運転本数を増加できる新しい列車制御システムを2008年までに導入した事例です。

この際に、旧システムから新システムへのスムーズな移行が重要な要件でした。

### ◆開発における課題

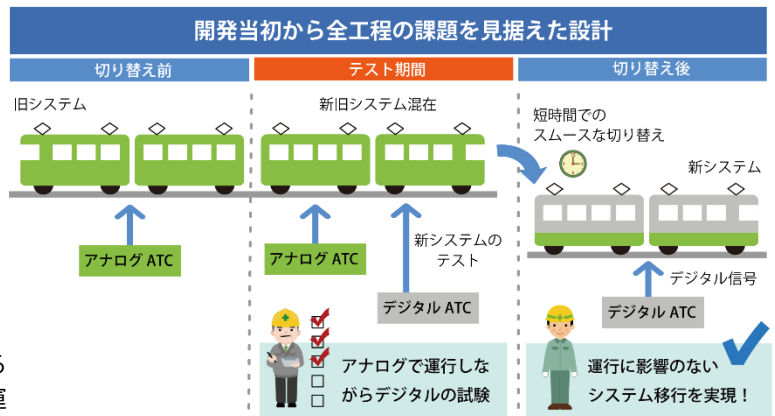
現行システムに影響しない新システムの検証方法や、運行を維持しながらの新システムへの迅速な切り替えを行うことが必要でした。

### ◆対策

開発当初から全工程の課題を見据え（時間軸の俯瞰）、システムの切り替え・移行についても設計時より焦点をあてて方式の設計を行い、旧システムで運転中に新システムの電文の送信、チェックが可能な方式を採用しました。システムのライフサイクルを俯瞰して妥当な対策を施した事例です。

### ◆効果

テスト、および切り替えを短時間でできるシステムを実現しました。これにより、運行サービスに影響することなくシステム移行を実践することができました。



出典：SEC Journal 35号（IPA）アシュアランス技術を用いた鉄道信号の革新

## 事例2：多様な要求に同時に応える自動車の開発

多様な専門分野を統合

抽象化・モデル化

マツダ SKYACTIVテクノロジー

乗り心地、運転の楽しさ、安全、燃費、環境性能等を高度な次元で満足させる自動車の開発の事例です。

### ◆開発における課題

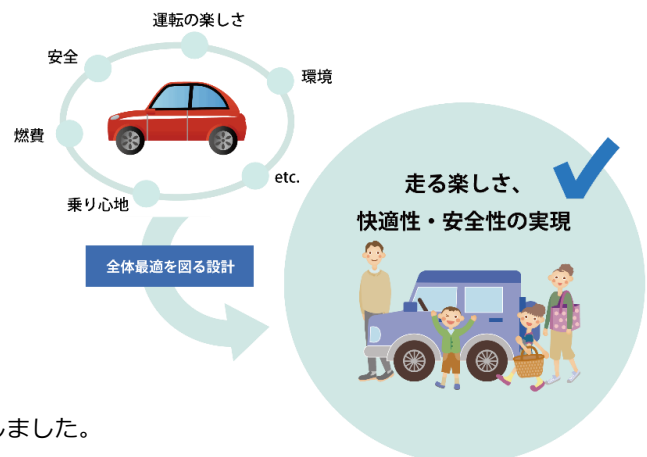
多様な要求を「同時に」実現するための機能開発として、多様な要素についての高度な技術革新が必要でした。

### ◆対策

エンジン、トランスミッション、ボディ、シャーシに至るまで、車に搭載するすべての技術と、それらを総合する技術の革新を行いました。その中核となったのが、それぞれのメカニズムの解明など技術的研究を深めるとともに、それらの結果を可視化し、予測などにも使用できるモデルとして確立したことでした。これにより共通理解を促進し、シミュレーション技術も総合して全体最適を図る設計につながりました。

### ◆効果

低燃費で安定した走りを実現する製品群の開発に成功しました。



出典：SEC Journal 29号（IPA）SKYACTIVテクノロジーの誕生を支えたモデルベース開発

### 事例3：国境にまたがる世界最大の複合構造物の建設

多様な専門分野を統合

デンマーク・スウェーデン国境にまたがる車道と鉄道を備えた斜張橋(7.85km)であり、世界最大の複合構造物であるオーレスン橋を建設した事例です。北欧スウェーデンとヨーロッパ大陸が陸路でつながることになり、経済効果と文化交流の面で大きな期待を担ったプロジェクトとして合併会社を立ち上げて取り組まれました。

◆開発における課題

- ① 多岐に渡る専門領域: 各種構築技術  
(例：橋梁土木、道路交通、鉄道、船舶通行、環境保全など)
- ② 両国の規制、基準の違い、鉄道方式の違い等  
(例：右側・左側通行、電力供給方式の違い)
- ③ 環境問題を含む込み入った要求の発生。  
(例：海流・土砂と生物多様性関係)

◆対策

- ① 関連専門家／利害関係者との検討、合意形成活動の積み重ね（知見の集約と合意形成をとりながら推進するマネジメント活動）
- ② 規制・基準を満たす水準の見極め→最新技法活用を含む詳細なリスク分析。技術検討を重ね、安全な通行帯交換、電力供給方式切替の技術的実現法を発見。
- ③ 緊密な環境対策のための体制作りと対策の推進。

◆効果

多岐に渡る開発・運用にも関わらず、深刻な意見対立や大きなトラブルを発生させずに建設に成功しました。



出典：Systems Engineering Handbook 4th Edition, Copyright © 2015 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved

### 事例4：発展途上国の実情に合わせた保育器の開発

目的指向と全体俯瞰

抽象化・モデル化

乳児死亡数が年間400万人に達している途上国に向け、より多くの生命を救うべく、新生児向けの保育器を普及させることを目的に開発が行われた事例です。

◆開発における課題

先進国で実績のある製品を転用して使用を開始しましたが、自然環境、インフラ環境の関係で故障が多発した上に、部品が入手できないことから修理網も整備されず、普及に失敗していました。

◆対策

- ・保育器の本来の目的に立ち返り、新たな製品企画から取り組みました（目的指向と全体俯瞰）。
- ・抽象度を上げた分析により本質的な要件を関係者で共有し、物理的条件の前提を設けずに実現策を検討（機能と物理の分離）により解決策を見出しました。
- ・具体的な活動は以下の通りです。

- ① 本来の目的の確認と方針の決定：  
新生児を1週間暖める対策で約180万人を救えることが判明。暖める機能と保守性に絞って新規開発。
- ② 解決策の発見と実践：  
「暖める機能」と「保守可能性」とを両立する「自動車の部品を使用する」という解決策を発見。

◆効果

途上国で入手できる部品で、保守もできる「暖める機能をもった保育器」を新たに開発して普及を開始することができました。



出典：SEBoK(Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge)

## 事例5：次世代静脈注入ポンプの開発

注射薬、栄養液、血液 等をプログラムした内容に従って患者の静脈などへ注入する革新的な装置を開発した事例です。それまでの、医療過誤事故を増やす要因であった医療機器の難しい操作性を改善し、操作性と患者安全性の観点の機能を強化した装置として企画・開発されました。

### ◆開発における課題

使用者のニーズを要求確認段階で盛り込むことが必要ですが、過去の機器使用経験、医療スキルが十分でない使用者にとっては、その段階で明確なニーズを申し出ることが困難でした。

### ◆対策

開発プロセス全体を通して、想定する使用者と協働して、仮想実験やプロトタイプングを駆使し、評価、確認を繰り返し実行する方法で推進されました。

- ・（初期）潜在ニーズの抽出のためのインタビューと病院内での行動観察
- ・（開発中）実験室段階でのインタビューも含んだ評価と使用感テスト
- ・（最終）コンピュータシミュレータでの機能の最終操作性についてのユーザー最終確認

### ◆効果

- ・製品展開後、サポート上の大きな問題は起きておらず、満足度の高い結果を得られています。
- ・最低限の教育を受けた本機初体験のナースに関し99.66%が問題なく使用できるという結果が報告されています。



出典：SEBoK(Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge)



## 取り組みの薦め

### 1. IoT時代のリスク認識について

IoT時代の事業において考えなければならないリスクの認識についてのチェックシートをご提示します。各項目のうち、ご自身の会社あるいは組織の状況として対応する項目について設問にYES,NOでご回答ください。こうした振り返りを通して、自組織の取り組みとリスクをご確認いただけます。

#### 1 従来は想定されなかったようなモノ・コトをつなげる取り組みについて

- 従来は想定されなかったようなモノ・コトをつなげる取り組みをしていますか？
- それを実施する際に新たに生じるリスクを認識していますか？
- 新たなリスクへの対策を実施していますか？

#### 2 隣接する分野の事業への進出について

- 隣接する分野の事業への進出をしようとしていますか？
- それを実施する際に新たに生じるリスクを認識していますか？
- 新たなリスクへの対策を実施していますか？

#### 3 新サービスが生まれることによるビジネス環境の変化について

- 新サービスが生まれることによるビジネス環境の変化に直面していますか？
- それを実施する際に新たに生じるリスクを認識していますか？
- 新たなリスクへの対策を実施していますか？

#### 4 考慮すべき条件の拡大について

- 考慮すべき条件の拡大に直面していますか？
- それを実施する際に新たに生じるリスクを認識していますか？
- 新たなリスクへの対策を実施していますか？

リスク対策の実施に「NO」の項目がある場合はシステムズエンジニアリングの導入をお薦めします。今後のさらなる環境変化に向けて、早期に具体的な取り組みを開始して経験を積むことが有効です。

### 2. 組織開発の検討の薦め

経験を積んだその次の段階として、システムズエンジニアリングを組織内に浸透させるための企画開発全般プロセスの検討をお薦めします。

先行プロジェクトの成功要因を把握し、今後に向けて知見を一般化して残し、定常的に繰り返すことのできる組織（横ぐしが通せる部署など）づくりをご検討ください。

#### 参考資料

「開発者のためのシステムズエンジニアリング導入の薦め」 (IPA/SEC)  
公開URL : <https://www.ipa.go.jp/sec/reports/20170329.html>

**経営者のためのシステムズエンジニアリング導入の薦め**

独立行政法人情報処理推進機構

© Information-Technology Promotion Agency, Japan. 2017