

成功事例に学ぶ システムズエンジニアリング ～IoT時代のシステム開発アプローチ～

(独)情報処理推進機構
社会基盤センター イノベーション推進部
エンジニアリンググループ
端山 毅

IoT時代のシステム開発アプローチ

環境変化

IoT化/第4次産業革命
(AI/クラウド/BigData...)
市場の拡大/グローバル化
産業構造変化/社会構造変化
迫られるビジネスモデル変革

大きな可能性

応用分野の拡大
新サービス/新製品
高い付加価値
モノからコトへ

つながる世界



挑戦に伴うリスク



Volatility(変動性)
Uncertainty(不確実性)
Complexity(複雑性)
Ambiguity(曖昧性)

新たなアプローチの必要性

変化を前提とした対応
協創の重要性
システムの視点



システムズエンジニアリング

俯瞰的、多面的に捉え、系統的に考える
複数の専門分野を統合するアプローチ
航空宇宙分野で長年蓄積された知識体系

システムズエンジニアリングとは？

「システムを成功させるための複数の専門分野にまたがるアプローチと手段である」

JCOSE(Japan Council on Systems Engineering)

ここでいう「システム」は、コンピュータシステムにとどまらず、機械、電気機器、人間系(操作者)、環境など広い意味を表す。

システム： 構造を持った要素の集合。

全体として、要素にはない振る舞いや意味を発揮する。

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 ⇒ 欧米を中心に発展

参考文献： INCOSE Systems Engineering Handbook:

A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, 4th Edition

システムズエンジニアリングは どのような場合に役立つのか？

多様な人の関わり

多様な利害関係者や専門家を含んだプロジェクトを実施しようとしている

付加価値の高いサービス

これまで単品の製品を開発し、一定の成功は収めてきたが、
その製品を含めたより付加価値の高い総合サービスを実現したい

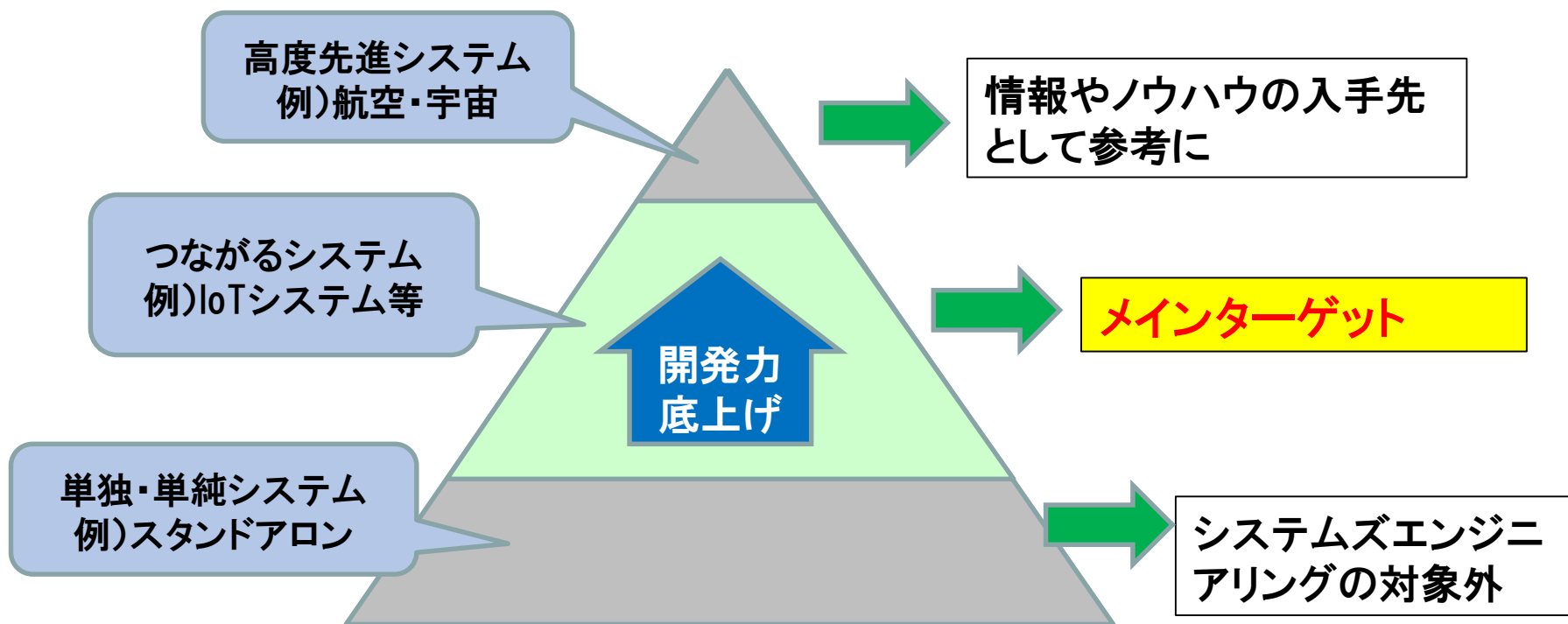
一段高い視点からの分析

要件が決まればきっちり作る自信はあるが、自らの技術・製品を
取り巻く環境を一段高い視点から分析しなければならなくなった



「IoT時代のシステム開発アプローチ」の要件

システムズエンジニアリングの展開ターゲット



システムズエンジニアリングのメリット

- ◆ 協創: 多様の専門家、利害関係者による新たな製品・サービスの創造
- ◆ 考慮範囲: 複雑な「つながり」から生じる広範なリスク・問題への対応

システムズエンジニアリングの特徴と効果

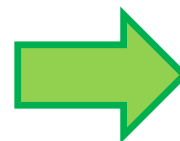
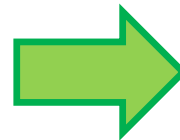
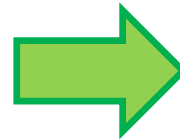
- ✓ ステークホルダーのニーズ、期待、制約から解決策を導出
- ✓ 解決策のライフサイクル全体を扱う
- ✓ 技術面と管理面の活動全体を統制

アプローチ

- ◆ 目的を明確化
- ◆ 高い視点／幅広い知見を取りまとめ

- ◆ 関係者の共通理解を形成する概念整理
- ◆ ブラッシュアップの繰り返し

- ◆ 製品／サービスの構成、意図を明示化した設計



期待される効果

- ◆ ビジネスチャンスの把握
- ◆ リスクの明確化、
- ◆ 既存の製品／サービスの刷新

- ◆ これまでにない製品／サービスの創出

- ◆ 環境変化に対応
- ◆ セキュリティや安全性などの立証が容易

◆ 経済産業省

2018年版ものづくり白書

http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2018/honbun_pdf/index.html

※第1部第1章第3節「価値創出に向けたConnected Industriesの推進」の記述内 P168～

◆ 特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合

平成28年度 製造基盤技術実態等調査

(第4次産業革命における「知」のシステム化対応の実態調査) 報告書

<http://www.trafst.jp/IRsys.html>

◆ ロボット革命イニシアティブ協議会(RRI)

『システム思考』ガイドブック(入門編)

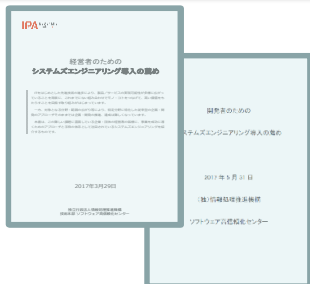
<https://www.jmfrri.gr.jp/document/library/913.html>

システムズエンジニアリングに関する IPAの取組み



IPA

システムズエンジニアリングの有効性を伝えるための「啓発書」



「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」

「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」

<https://www.ipa.go.jp/sec/reports/20170329.html>

システムズエンジニアリングの適用を促進する「入門書」



「成功事例に学ぶシステムズエンジニアリング
～IoT時代のシステム開発アプローチ～」

<https://www.ipa.go.jp/sec/publish/tn18-002.html>

システムズエンジニアリングの実践的知見を共有するパイロット活動



「システムズエンジニアリング導入実施の一事例 報告書」
(三菱重工業グループとのタイアップ活動)

<https://www.ipa.go.jp/sec/reports/20180301.html>

SEC journal 第52号 事例紹介(三菱重工業株式会社 原 健太氏)

「システムズエンジニアリングを活用したITSのセキュリティ機能設計の取り組み」

<https://www.ipa.go.jp/files/000064396.pdf>

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る。
- 視点と視野を変えながら全体を俯瞰して捉える。

② 多様な専門 分野を統合



- 多様な専門分野(技術、事業、領域、環境、文化、社会など)の知見を統合する。

③ 抽象化・ モデル化



- 対象を抽象化・モデル化することにより、多様な専門分野の関係者の共通理解、本質理解の促進を図る。

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・進化させる。

出典:「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」(IPA)

本来の目的の明確化

- 解決策に重点がいき、本来の目的を忘れがち
⇒本来の目的意識の共有機会を持つこと
(例)保育器 赤ん坊の命を救うことが目的であり、
保育器を作ることが目的ではない。
- 部分最適が必ずしも全体最適とは限らない
⇒色々な立場から検証すること
(自己中心的な考え方から脱却し、価値観の多様性を認識)

妥当性確認(Validation)の実施

- システムはうまく作れたが、役に立たない
⇒Verificationだけでなく、Validationも(V&V)

仕様通り
VS
現実に使える

注)ここに記載した事項は、「目的指向」の留意点であり、システムズエンジニアリングの進め方を示しているわけではありません。

システムズエンジニアリングの事例



目的指向と全体俯瞰

- **発展途上国の実情に合わせた保育器の開発**
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の開発・普及を行った事例

- **開発上の課題**

既存製品を使用したが発環境、インフラ環境による故障多発や部品入手困難のための修理網の整備遅れの結果、普及に失敗

- **対策**

- 製品の本来の目的に立ち戻った新たな製品企画
- 抽象度を上げた分析による本質的な要件および実現策の検討



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

- **効果**

途上国で入手できる自動車部品で新たに開発し、普及に成功

【全体俯瞰に向けた俯瞰軸】

時間軸

例えば、対象システム(製品)のライフサイクル全般を考える。

開発時、出荷後の初期設定時、利用時、休止時、更改時、破棄時

空間軸

例えば、対象システム(製品)の空間的利用環境を全て洗い出す。

物(影響のある範囲、つながる相手、..)、
場所(国、寒冷地、交通網、..)、法律の制約 等

意味軸

例えば、誰が何の目的で利用するかを洗い出す。

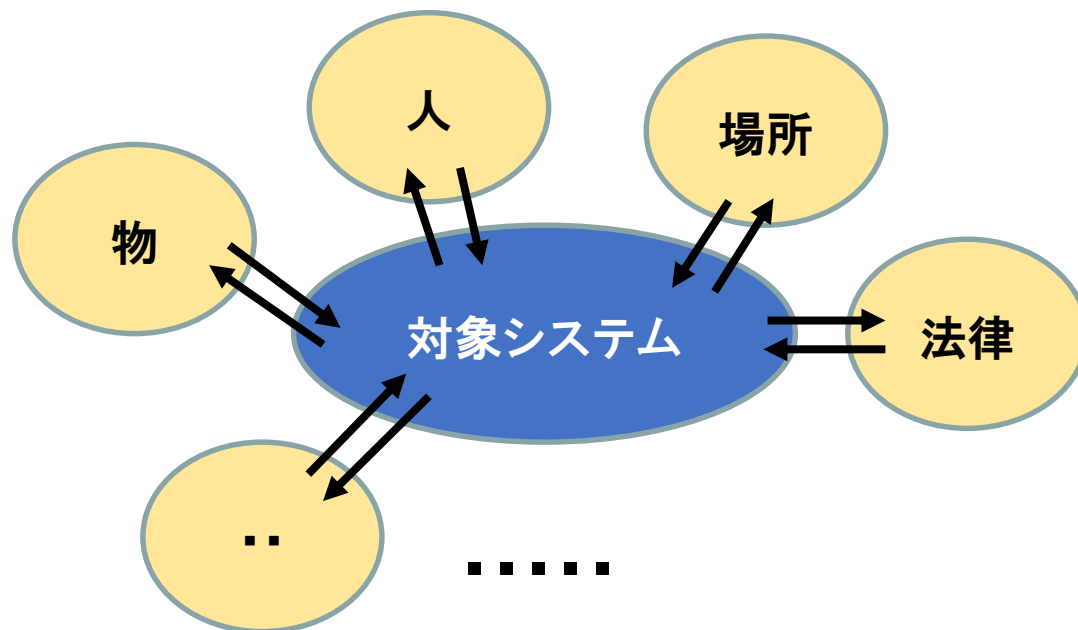
登場人物、各立場からの利用目的、利用条件、...

空間軸や意味軸を考えるには

コンテキスト図を書いてみよう！

対象システムとそれを取り囲む環境・関係性を洗い出す。

⇒考慮すべき事項への気づき



【関係性の例】 ↗ ↘

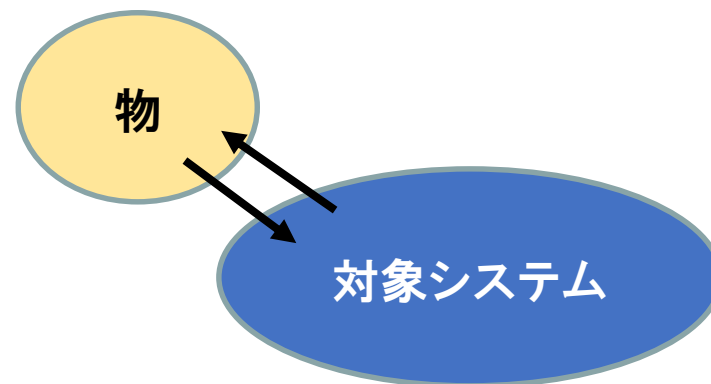
- 人の行う操作
- 人に表示するメッセージ
- センサへのデータ取得指示
- センサからの取得データ送信

対象システムの実装に踏み込む前に、外堀を埋める

例えば、つながる物に変化が生じたら

これまでつながっていた物は

スマホ、センサ、課金システム、
エンドユーザ端末、テレビ



つながる物が追加されたら

+ 自動運転車、+ 冷蔵庫



- ・自動運転車が暴走したらどうしよう。
- ・冷蔵庫が壊れたら何か対象システムに影響が？
- ・セキュリティも考えなきゃ。

多面的に考えを巡らして、気づきや考え漏れ防止に

認知バイアスに注意

言葉・概念・常識の共有

- 分野毎の言葉・概念・常識は、通用しない(誤解は怖い)
 - ⇒ 一般用語で話すことを心掛け、聞く側も少し違和感を感じたら、確認することを徹底
 - (例)「品質」という言葉は、業界によって異なる

調整役・組織・会議体・記述物が必要

- 体制やルールがなければ、統合は具現化されない
 - ⇒ 全体調整にはルールや場所が必要
- 対立が発生してからでは、調整の場を作ることも難しい
 - ⇒ 意識合わせは早い時期に

注)ここに記載した事項は、「多様な専門分野を統合」の留意点であり、システムズエンジニアリングの進め方を示しているわけではありません。

図や表で表す

- 図で表示すれば、概念的な捉え方の補助になるが、
つい技術的詳細を書き込みがち
⇒図の目的は抽象理解の補助なので、ポイントを絞った記述に
- 表は、整理軸の共通理解や網羅性確認に有用であり、
軸に一般性を持たせられるかが鍵
⇒整理軸に一般性があるか、
軸の中に次元の違うものが含まれていないかをチェック

重要要素と無視要素の認識合わせ

- システムを取り巻く要素をモデルの中にすべて表現するのは無理
⇒考慮する要素とそれに絞り込んだ(他を無視した)考え方(理由)
を明記(後で見直しがありうる)

注)ここに記載した事項は、「抽象化・モデル化」の留意点であり、システムズエンジニアリングの進め方を示しているわけではありません。

不確定要素を解明する仮説設定

- できるところからやっても、先送りした問題は解決しない
 - ⇒前進することで、判断材料を増やす
見通しの利くところへ行く

実験室データと実用データの差を認識

- 開発側は万全に作った気でも、実用に出すと色々な問題が噴出
 - (例)指紋認証は、実験室データでは十分な認識率を誇っていても、現場では、薄暗い環境、指紋が薄い人の存在、濡れた手等によって揺らぎが出る。
 - ⇒現場実験の繰り返し実施とフィードバック

注)ここに記載した事項は、「反復による発見と進化」の留意点であり、システムズエンジニアリングの進め方を示しているわけではありません。

システムズエンジニアリングの事例

反復による発見と進化

・ 次世代静脈注入ポンプの開発

栄養液、血液等をプログラムに従って静脈などへ注入する新たな装置を、医療過誤事故の要因であった難しい操作性を改善し、患者安全性の観点の機能を強化した装置として企画・開発した事例

－ 開発上の課題

過去の機器使用経験、医療スキルが十分でない使用者からニーズを申し出ることには困難

－ 対策

想定する使用者との協働による仮想実験、プロトタイピング、およびその評価、確認を繰り返し実施

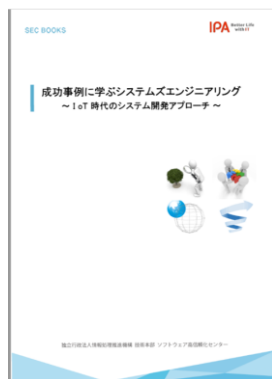
－ 効果

初心者でも問題なく使用できる、満足度の高い機器を実現



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

「成功事例に学ぶシステムズエンジニアリング」の発刊 (2018年3月)



- **特徴：** 複数の事例分析を通じて、システムズエンジニアリングのプロセスや重要ポイントを解説
- **想定読者：** 製品/システム/サービスの企画・開発に取り組もうとするマネジメント層・リーダー・担当者

「成功事例に学ぶシステムズ
エンジニアリング」

【入手方法】 <https://www.ipa.go.jp/sec/publish/tn18-002.html>

- ①書籍 ・IPA直販、Amazon (500円)
- ②PDF ・IPAの公開ホームページよりダウンロード(無料)

「成功事例に学ぶシステムズエンジニアリング」 の特徴

対象読者

- システムやサービスの企画・開発に取り組もうとするマネジメント層、リーダー例)
- ◆ 多様な利害関係者や専門家を含んだプロジェクトを実施しようとしている人
- ◆ 従来、単品の製品を開発し、一定の成功は収めてきたが、その製品を含めた付加価値の高いサービスを実現しようとする人
- ◆ 要件が決まればきっちり作る自信はあるが、自らの技術、製品を取り巻く環境を一段高い視点から分析しなければならなくなった人

特徴

- 事例ベースでシステムズエンジニアリングの問題解決のアプローチを解説
- ◆ 国内企業5社の事例を用いて、システムズエンジニアリングの主要な視点やアプローチを解説
- ◆ 「どのような場面で」、「どのような効能を発揮するのか」を具体的に説明
- ◆ 問題解決にシステムズエンジニアリングを利用しようとした場合の注意ポイントや、適用に向けてのヒントも提供
- ◆ 国際規格 ISO/IEC/IEEE 15288:2015に基づき、重要な用語や概念を説明

テクニカルプロセス概観

参照:「成功事例に学ぶシステムズエンジニアリング～IoT時代のシステム開発アプローチ～」

システムズエンジニアリングのプロセスは、システムライフサイクルプロセスの国際規格 ISO/IEC/IEEE 15288 で定義・解説されている。
(下記は、その項番を記載)

6.4.1 ビジネスまたはミッションの分析
プロセス

6.4.2 利害関係者ニーズと要求事項の定義
プロセス

6.4.3 システム要求事項の定義プロセス

6.4.4 アーキテクチャの定義プロセス

6.4.5 設計定義プロセス

6.4.6 システム解析プロセス

6.4.7 実装プロセス

6.4.8 結合プロセス

6.4.9 検証プロセス

6.4.10 移行プロセス

6.4.11 妥当性確認プロセス

6.4.12 運用プロセス

6.4.13 保守プロセス

6.4.14 廃棄プロセス

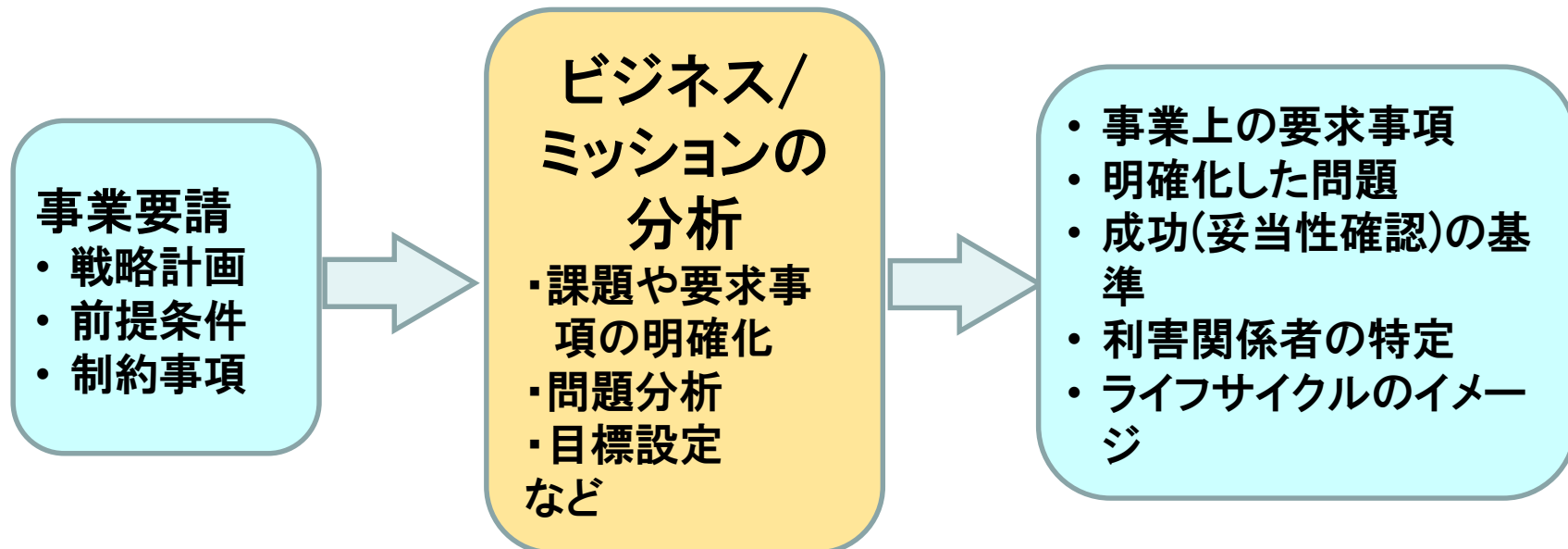
 部分について、以下で詳説

注)ISO/IEC/IEEE 15288の定義は解釈が難しいので、以下では平易な解釈文として記載

6.4.1 ビジネスあるいはミッションの分析

事業や任務(非営利活動の場合)の定義、目的などを明確にして、解決や達成のイメージを描く。

- 解決すべき問題を分析し、その本質を捉えて解決すべき課題を明確化する。
- 解決策としてどこまで考えるか、話を広げてみる



必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈が含まれています。

6.4.1 ビジネスまたはミッションの分析

出発点(本来の目的)の明確化

○出発点を広めにとれば、思考は膨らむが、議論が発散

(例)冷蔵庫開発に至る思考の場合

- ・食べ物を無駄にしない
- ・食べ物を腐らせない
- ・食べ物を冷やす

⇒どのレベルを出発点(目的)にするかという意識合わせが重要

必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈を含む留意点です。

利害関係者のニーズを把握し、コンテキスト等(周辺環境)を分析して、対象システムに対する要求事項を定義する。

ビジネス/ミッション分析結果

- 事業上の要求事項
- 明確化した問題
- 成功(妥当性確認)の基準
- 利害関係者の特定
- ライフサイクルのイメージ

利害関係者ニーズ/要求事項を定義する

- 利害関係者ニーズヒアリング
- コンテキスト図作成
- ニーズを要求事項に変換する
- 優先順位付け
- 移行/運用の方針検討

- ニーズ
- 要求事項
- 要求事項の優先順位
- 運用の考え方

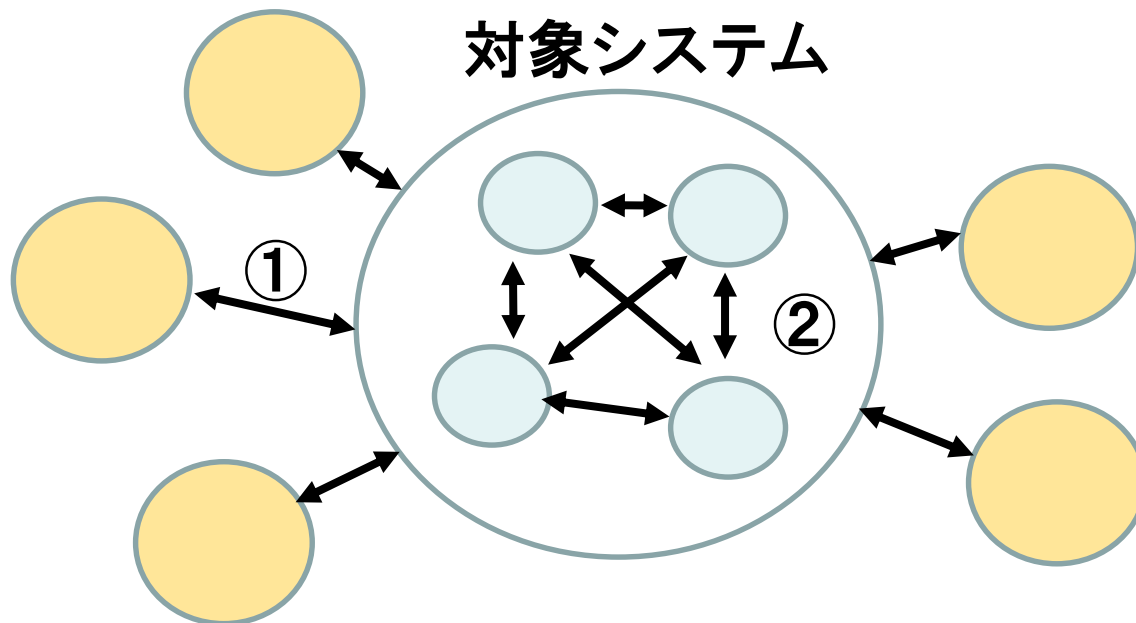
必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈が含まれています。

6.4.2 利害関係者ニーズと要求事項の定義

Black Box Requirement であること

○ついシステムの作りを意識してしまいがち

⇒システムの作りを意識するのは、システム要求事項を定義する段階とし、ここでは外部条件だけを考慮

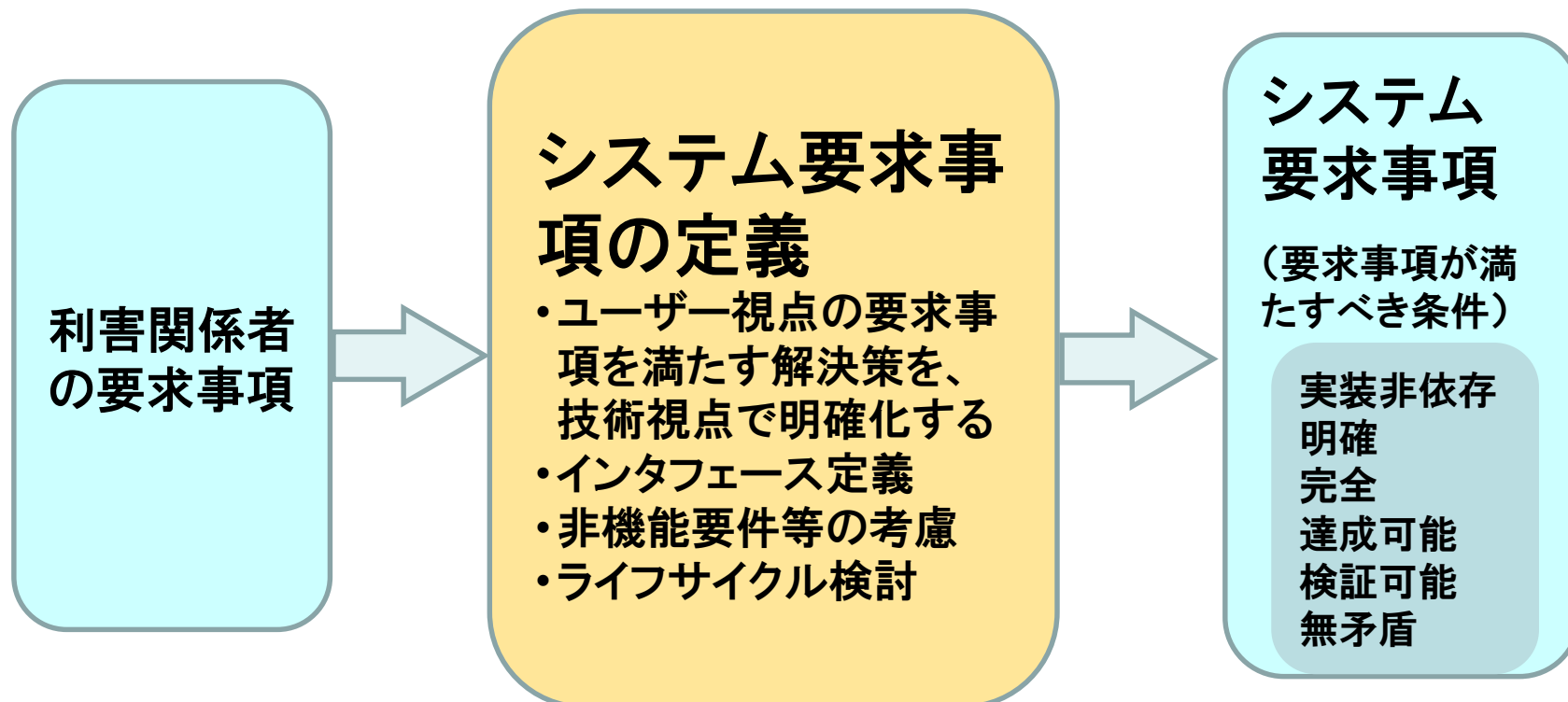


必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈を含む留意点です。

6.4.3 システム要求事項の定義

利害関係者の要求事項を実現するために、技術的に明確な表現で、システムがどう振る舞い、何を提供するのかを定義する。

利害関係者が陽に言わないことも、必要となる要求事項を追加する。
(業界の常識、法的要求事項、非機能要件、実装制約、運用条件など)



必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈が含まれています。

6.4.3 システム要求事項の定義

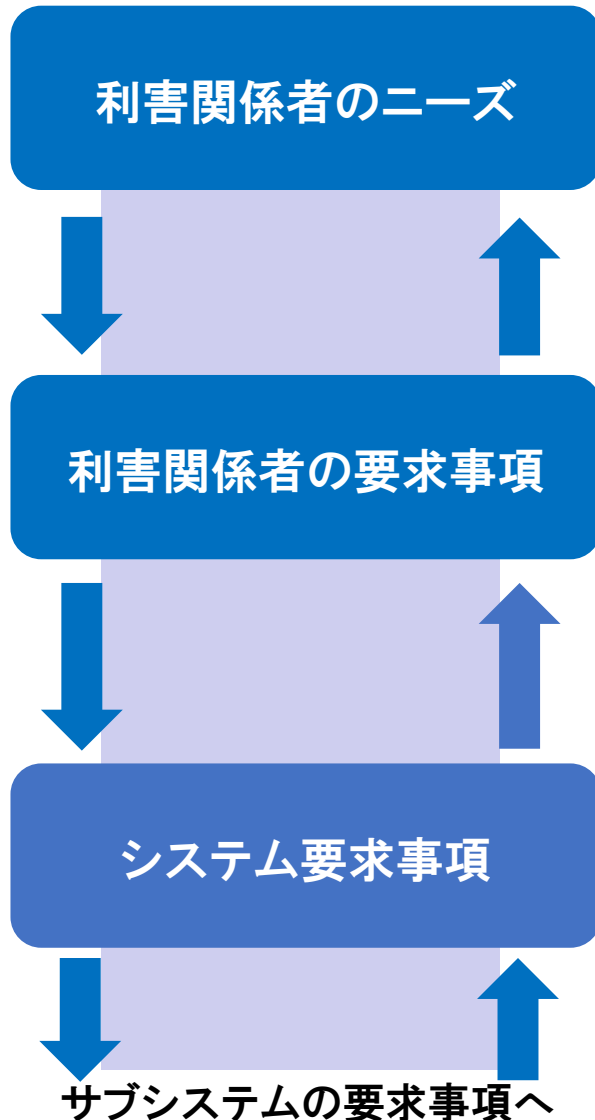
システム提供側のWILL(方針)を明確化

- 利害関係者ニーズ等の外部要件を全て実現することは不可能
 - ⇒ニーズに応える事項の優先度付けを、システム提供側のポリシーとして示し、どこかに一線を引いて、実現する範囲を明確化

暗黙的な要件を明確化

- 利害関係者は、主に陽に特徴的な要件しか言ってくれない
 - ⇒システムの専門家として、暗黙の要求事項や制約事項を導出
システムのライフサイクル全般の視点で考える(eg. 移行、運用、廃棄)
特に非機能要件の考慮が必要

補足：ニーズと要求事項の関係



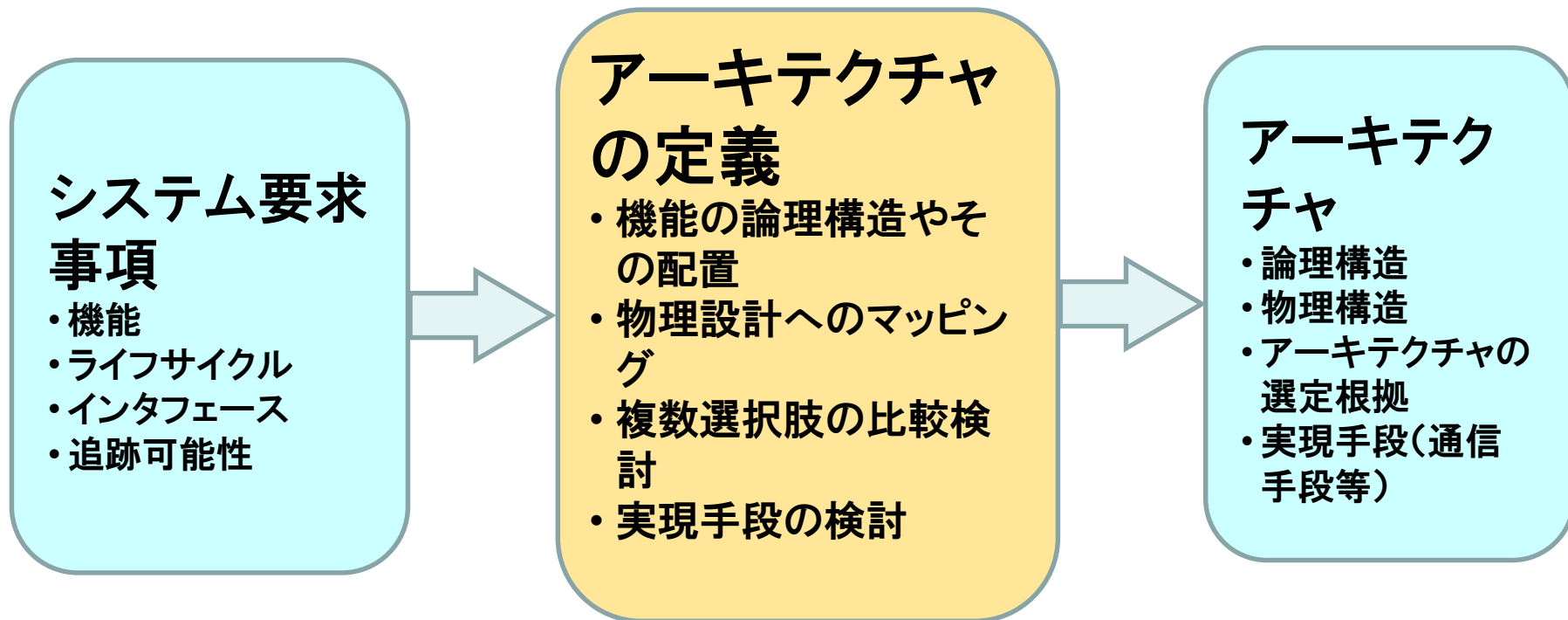
- 利害関係者の言葉で、問題意識や期待が表現される
- 曖昧、不正確、達成判断不能な場合もある

- 利害関係者のニーズを取捨選択して、プロジェクト実行の拠り所となる文書にまとめる
 - システムの機能やサービス
(優先順位や品質レベルを含む)
 - コストやスケジュール、その他の制約事項
- 妥当性確認の基準になる

- 技術的用語でシステムを規定する
- 設計者に伝わらなければならない
- 検証の基準になる

6.4.4 アーキテクチャの定義

システム要求事項を実現するために、システムの基本的な構成要素や振る舞いを考え、具体的な機能や実現手段を構造的に示す。



必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈が含まれています。

6.4.4 アーキテクチャの定義

機能と物理の分離

- 論理的な要求機能と物理的な実装を混乱して設計し、複雑化する。
⇒機能設計と物理設計を分ける

アーキテクチャの方針、考え方を大切に

- アーキテクチャを逸脱すると、共有理解が困難
⇒論理階層やサブシステム階層を揃えた情報のやり取り、検討視点を。
アプリ同士、ミドル同士、OSレベル同士 ネットワーク論理階層

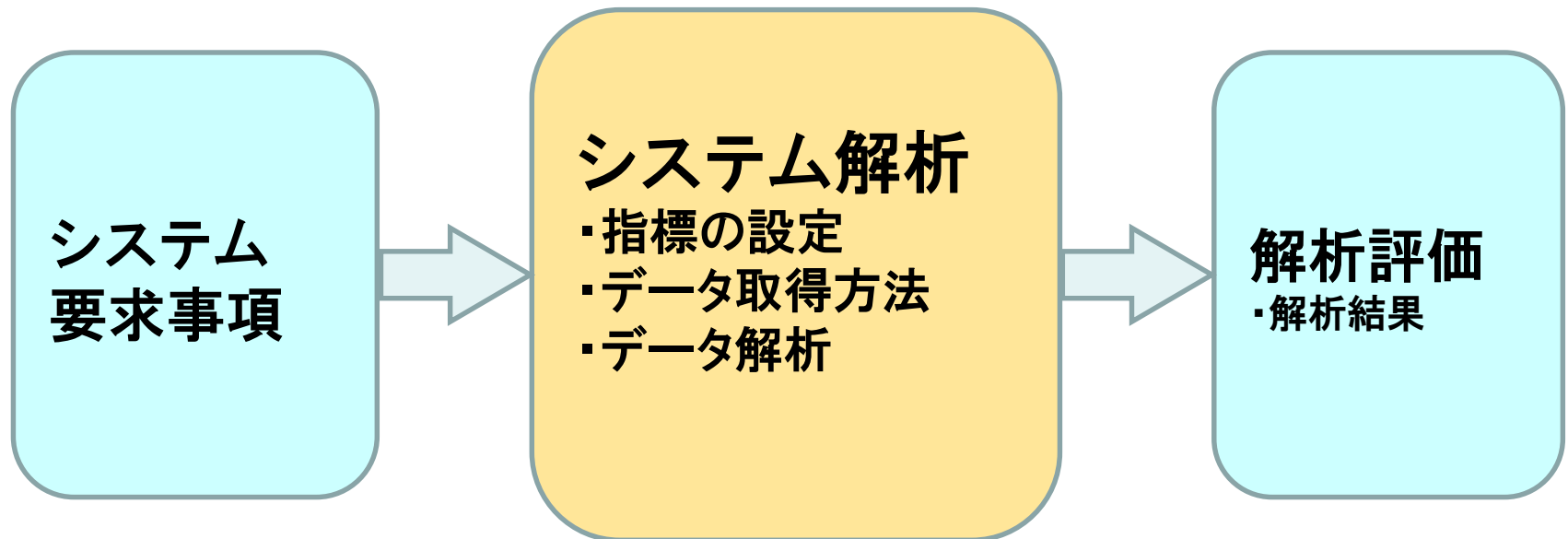
実現手段の比較検討

- 特定の考え方に囚われると目的を達成する有効な手段を見落とす
⇒柔軟な発想で多数の選択肢を抽出し、選定基準を明確にして、
比較検討する(Trade Study)

6.4.6 システム解析

システムの成果を評価するための指標、データ、解析を行う。

注)特定の工程にのみ存在する作業ではなく、開発のライフサイクル全般を通して実施するもの



システム解析の例:コスト見積、リスク分析、性能評価、実現可能性評価
品質要求事項を充足できるか推定

必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈が含まれています。

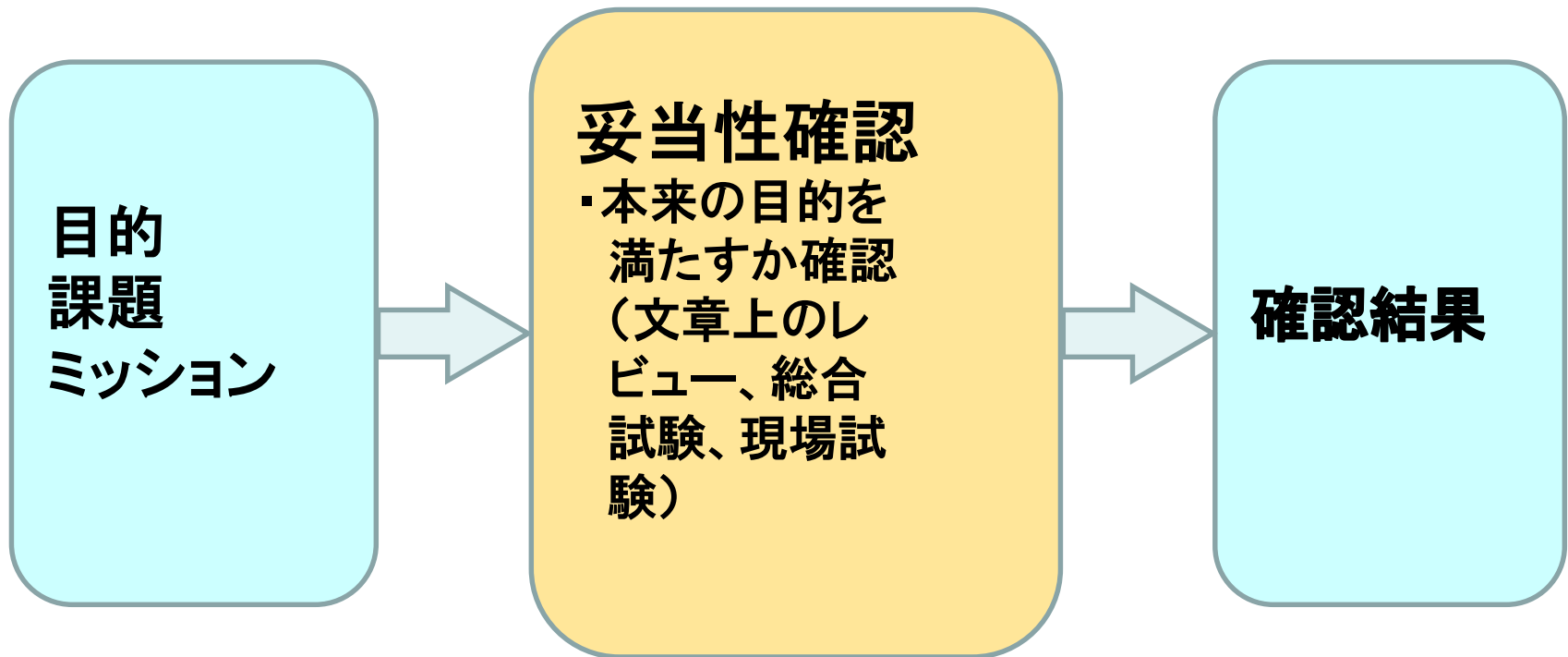
6.4.6 システム解析

システムの技術的特性を指標定義、分析

- 設定した指標の重要性がわからなくなる
⇒なぜ、どこまで、の根拠を追跡可能なように残す
- 一般に、機能、性能、信頼性、運用、拡張性等を主要な指標として設定するが、機能以外の設計条件が曖昧なケースが多い。
⇒色々な角度から指標(○○性)を吟味し、大まかでもよいので、方針を定める。
- システムを特徴づける指標であるにも関わらず、出たとこ勝負のケースが多々ある。
⇒システムを特徴づける指標(例えば、性能第一)は、必ず条件を明確化し、設計時にクリアできる見通しを得る。

6.4.11 妥当性確認

システムがそもそもの目的を果たすことを確かめる。



必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈が含まれています。

6.4.11 妥当性確認

システムが出来上がってから確認するのではなく、**随時確認が必要**

○システムはシステム要求事項を満たしたが、本来の目的を充たさないという事態が生じるのは、システム要求事項を明確化するまでの段階でミスがあったり、時間の流れとともに環境条件が変化することが要因

⇒**妥当性確認(見直し)**は、各開発工程のそれぞれで実施要

必ずしもISO/IEC/IEEE 15288の記載事項ではなく、独自の解釈を含む留意点です。

「成功事例に学ぶシステムズエンジニアリング」 掲載事例



	事例	企業
1	多様な関係者を巻き込み、ステークホルダのニーズと要求を 明確化し、全体を俯瞰し、段階的に集客イベントを支える情報共有基盤を開発、拡張して、 地域活性化 につなげた。	富士通 総研
2	医療とITという複数の分野にまたがる複雑な問題に対して、抽象化・モデル化を活用した系統的なアプローチでセキュアな 電子お薬手帳 を実現した。	ソニー
3	自動車エンジン を全体最適の観点から設計し、個々の部品の物理設計に先行して機能開発することで、効率的に開発を進め、大幅な燃費向上を実現した。	マツダ
4	2世代先まで見通して、首都圏の高密度鉄道輸送を支える デジタルATC を実現した。移行や運用までも視野に入れて、試験時間帯の制約などの課題を克服した。	JR 東日本
5	ビジネスシーンを俯瞰し、ビジネス分析およびステークホルダ要求分析を行って、 スキャナー の新しいクラウド連携サービスを実現した。	キヤノ ン電子

事例概要： 首都圏の高密度輸送を支えるデジタルATC開発



■ 背景

- 首都圏線区(山手線、京浜東北線)の混雑率緩和のために列車間隔短縮化を図ることが必至→単位時間当たりの列車本数増

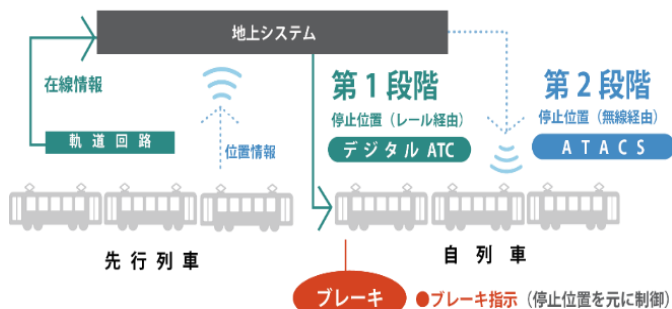
■ 課題

- 現行列車制御方式(アナログATC:信号区間内で速度制御)では、間隔短縮は限界
- 日常の運行(早朝、深夜)に支障をきたさず、試験及び迅速な切り換えに対応したい

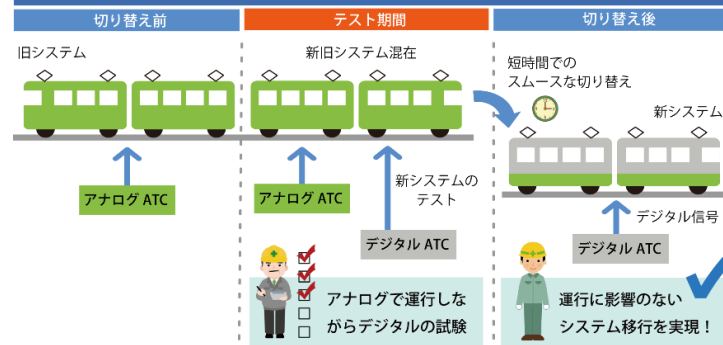
2世代以降先の方式を見据え、アナログATC、デジタルATC、ATACSと段階的に更新

日常の運行に支障をきたさず、新システムへの迅速な切り換えを行えるように対処

2世代以降の方式を見据えた段階的な機能の更新



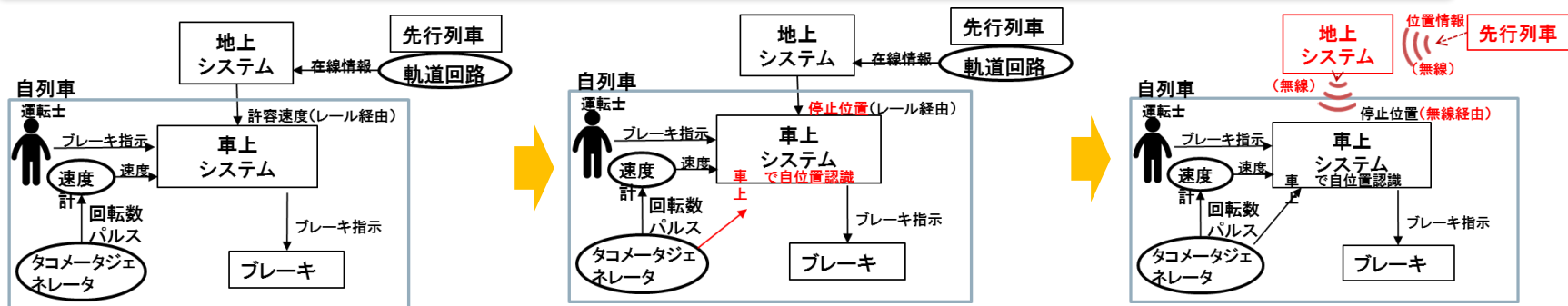
開発当初から全工程の課題を見据えた設計



アプローチ： 首都圏の高密度輸送を支えるデジタルATC開発

■ 対策の全体像

□ 通常の運行に支障をきたさない方式での段階的な機能更新



旧システム:(アナログATCシステム)
レール経由で伝達された許容速度をもとに信号区間内で自列車の速度を制御。

新システム第一段階:(デジタルATCシステム)
レール経由で伝達された**先行列車位置**と**自列車位置**から**停止位置**を計算、自列車の速度を制御

新システム第二段階(ATACS)
無線を経由して伝達された**先行列車位置**と**自列車位置**から**停止位置**を計算、自列車の速度を制御

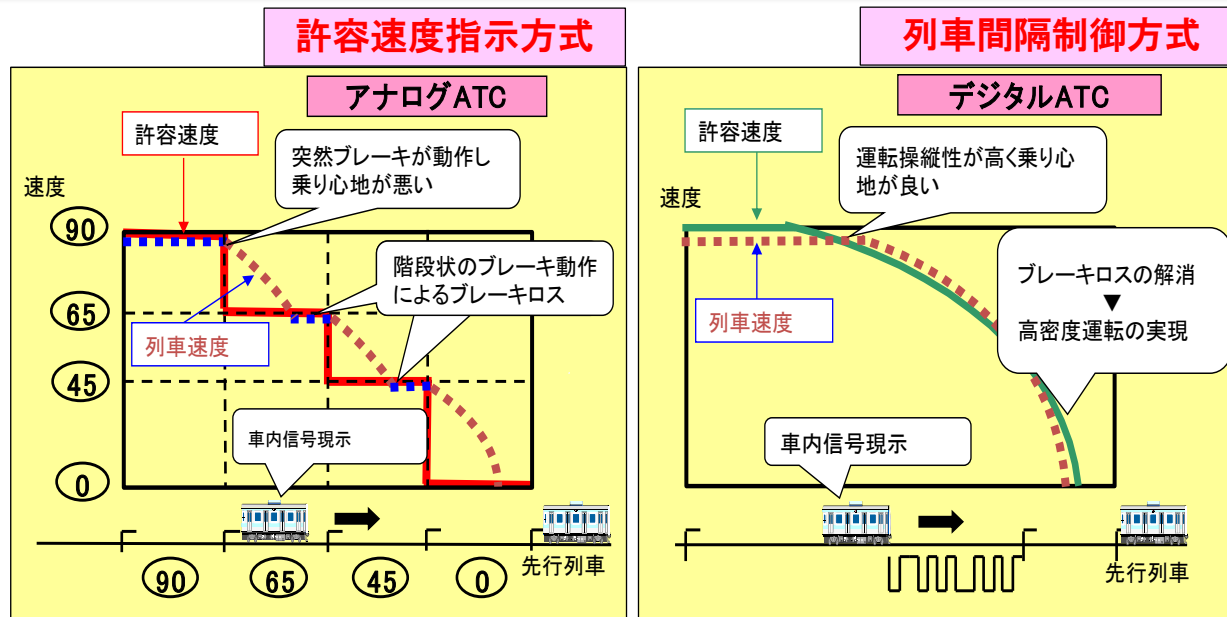
アナログATCとデジタルATCの共存を可能にし、
昼間でも試験を可能とし、切り換えの短時間化を図った。

新旧ATCの境界での運転を継続させる仕組みを作り、
切り換えを段階的に行うことを可能とした

対策詳細1： 首都圏の高密度輸送を支えるデジタルATC開発

1 速度制御方式の変更

「信号区間内の許容速度を指示する方式」から
「先行列車の位置と自列車の位置からその間隔を計算し、速度制御を行う方式」
に変更

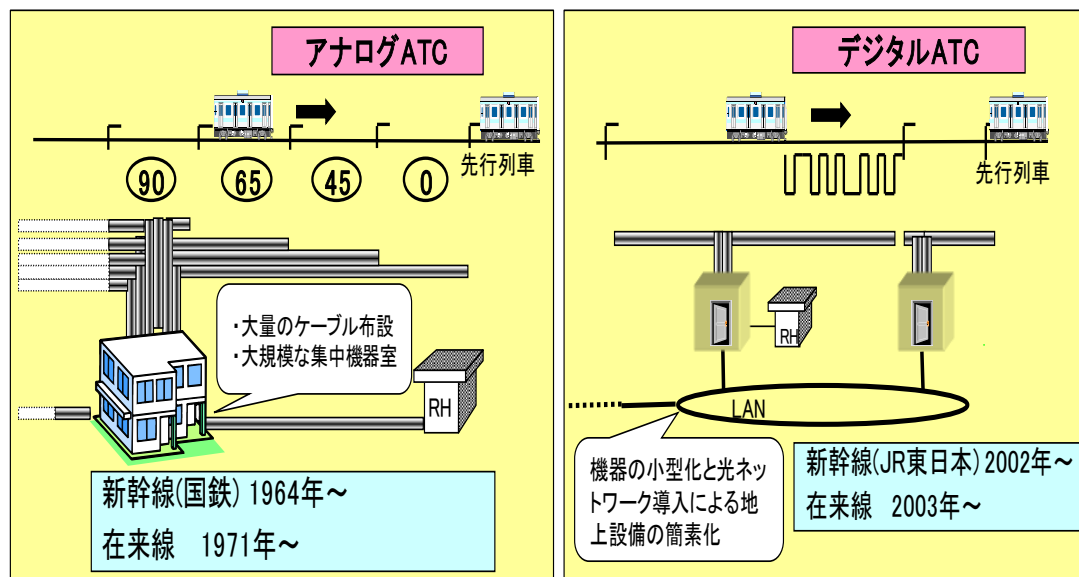


【システムズエンジニアリングのポイント：目的指向と全体俯瞰】

対策詳細2: 首都圏の高密度輸送を支えるデジタルATC開発

2 ATCのデジタル化

停止位置情報をデジタル信号で送り、**速度制御を車上で**自律的に行う方式として、地上装置を分散構成のスリム化し、全体として低コストを実現



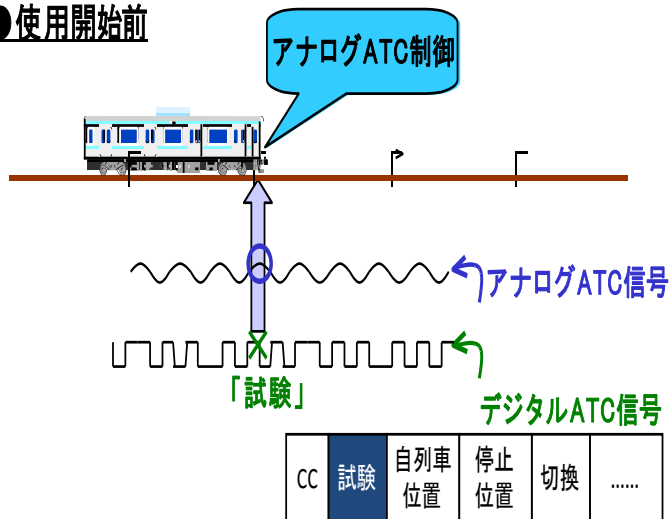
【システムズエンジニアリングのポイント:反復による発見と進化】

対策詳細3: 首都圏の高密度輸送を支えるデジタルATC開発

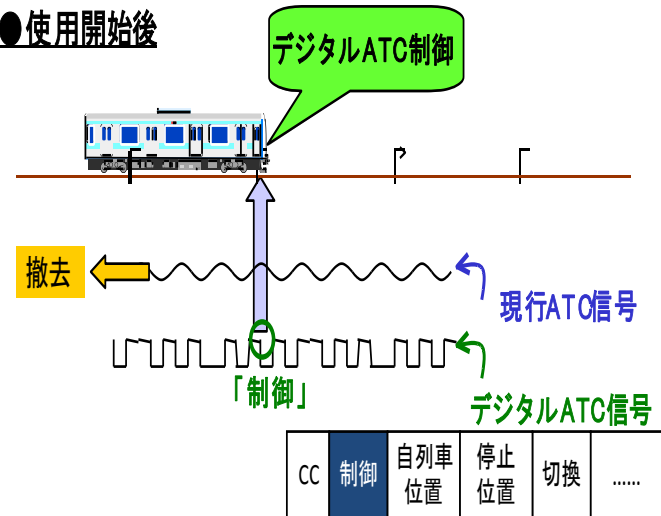
3 アナログATCとデジタルATCの共存

アナログATCとは異なる周波数をデジタルATCで使用し、アナログATC信号のみを通すバイパスフィルターを開発採用し、アナログATCとデジタルATCを共存させ、昼間の試験と、短時間の切り替えを可能にした

●使用開始前



●使用開始後

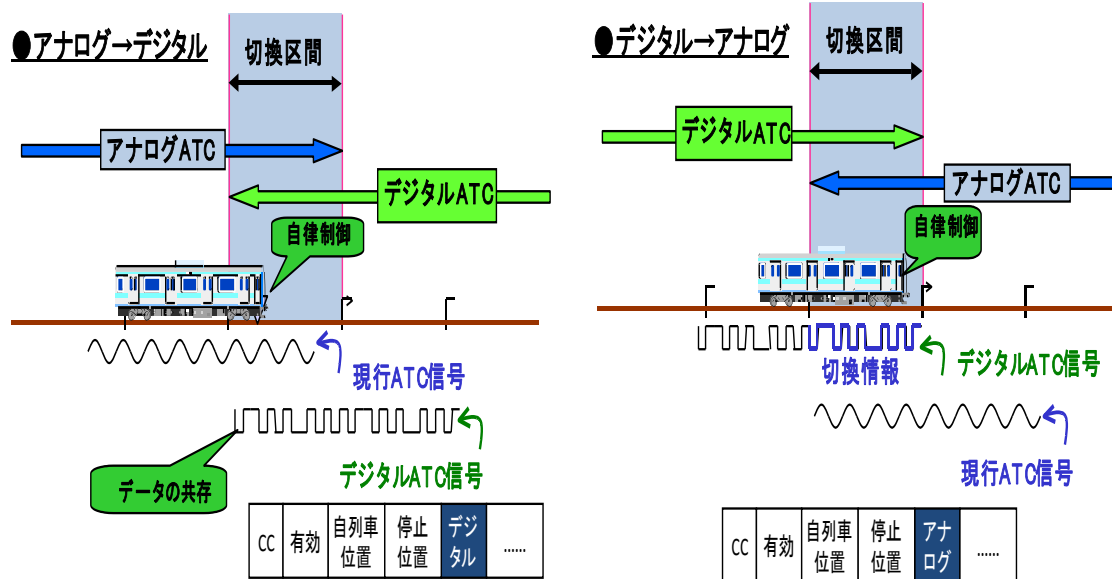


【システムズエンジニアリングのポイント: 目的指向と全体俯瞰】

対策詳細4: 首都圏の高密度輸送を支えるデジタルATC開発

4 境界箇所でのATC方式の切り換え

工事区間を分けて段階更新するため、アナログATC／デジタルATCが切り替わる箇所では、アナログATCにデジタルATCを重畳して送信して自動切り換えを実現



【システムズエンジニアリングのポイント: 目的指向と全体俯瞰】

教訓:

首都圏の高密度輸送を支えるデジタルATC開発



成功要因のまとめ

■ 全体俯瞰、目的指向を明確にした開発の推進

- 無線による伝送という理想的な方式を見据えながら、その時点での技術的実現性から、段階的な更新を企図し、当面はレールを通して停止位置を知らせる方式を踏襲した。
- 一方で、デジタル伝送方式、車輪の回転数から移動距離を算出する技術など、その時点での先進技術を先行して取り入れた。
- 新旧のシステム制御が共存できる方式を採用し、スムーズな切り換えを可能にした。
- 基本システムを構築したのち、切り換え前後を想定して解決すべき課題を検討し、システム設計にひとつひとつ対策を反映していった。
- 試験のフェーズ、切り換えのフェーズ、工事期間のフェーズ、運用段階でのフェーズごとに解決すべき課題を洗い出して、事業者(運転側、開発側、保守側)とメーカーとがプロジェクトを組んで検討し、システム設計に組み込んでいった。

IoT時代のシステム開発の課題へのアプローチ

考慮すべき範囲、条件の拡大

- 多種多様な利害関係者
- 長いライフサイクル
企画、開発、移行、運用、廃棄
- 変化する環境への対応
- 想定外の用途、つながり
- 関連する法令、規格
- 安心、安全への配慮

必要な技術、専門分野の広範さ

- 技術の組合せ
機械、電気、電子、通信、ソフト...
- 業種を越えた連携
製造、販売、建設、医療、金融...
- 異なる文化を持つ専門家の協力

システム自体の複雑さ

- 多種多様大量のセンサー、機器
- 膨大なデータ
- System of Systems
- 複雑な最適化問題
- 厳重な安全対策

システムズエンジニアリングの4つのポイント

目的指向と全体俯瞰

- 本来目的を明確化
- 視点/視野を変える
 - 時間的視点
 - 空間的視点
 - 意味的視点

多様な専門分野を統合

- 複数の専門分野の知見を統合した全体設計
- 寄せ集めを超えた統合

抽象化・モデル化

- 関係者の共通理解醸成
- 目的に合った視点の提供
- 俯瞰して中核となる意味を捉えるための抽象化

反復による発見と進化

- 不確定要素への戦略的対応
- 評価/フィードバックの反復、進化
- 環境変化への柔軟、迅速な対応

システムを成功させるための複数の専門分野にまたがる原理やプラテクィスを展開するために設立されたNPO

会員数	16,000人
支部数	70 (35か国)
ワーキンググループ	45
認定者数	2,964人 (Associate/Certified/Expert Systems Engineering Professional)
設立	1990年

ビジョン: システムズアプローチによるより良い世界

ミッション:
システムズエンジニアリング及びシステムズアプローチを整備し、推進し、発展させることにより、複雑な社会的および技術的な問題に取り組む

- ◆ 1991年以来、今年で28回目
 - ◆ 2018年7月7日～12日 ワシントンDCにて
 - ◆ システムズエンジニアリング関係者の集会
 - 基調講演、発表、ワークショップ、チュートリアル、パネル、展示
 - 実務者／研究者／教育者、産業界／政府機関
 - ◆ 多様なシステムズエンジニアリングの適用先
 - 航空宇宙、エネルギー、防衛、行政、社会基盤、医療、建設、運輸、ソフト
 - ◆ トピックス
 - リスク管理、インタフェース管理、要件定義、ステークホルダー管理、検証と妥当性確認、アーキテクチャ、意思決定、教育方法
 - MBSE、SoS、Agile、コンピテンシー、変更管理、プロダクトライン、Mission Assurance
 - 安全性、セキュリティ、Resilience、追跡可能性、Complex/Complicated
 - 組込み機器、Cyber-Physical
 - システムズエンジニアリングの将来ビジョン、システムとソフトウェア
- “システムズエンジニアリング”を共通言語として、多様な専門家が交流

1. システムズエンジニアリングの定義、位置づけ、役割

- InterdisciplinaryからTransdisciplinaryへ
複数の専門領域に加え、技術者以外の利害関係者とも連携して問題解決にあたる
- 「システム」の定義（存在 vs. 認識）
A system is a structured set of parts or elements, which together exhibit **behavior or meaning** that the individual parts do not.
システムとは、部品または要素の構造を持った集合体であり、部品単独には見られない**振る舞いや意味**を全体として提示するものである。
- システムズエンジニアリングの認知度向上へ
- 社会問題への適用拡大(例:高齢化、環境問題)
- システム ⇔ ソフトウェア

2. 標準類

➤ Competency Framework

<https://www.incose.org/CompetencyFramework>

36のコンピテンシー(knowledge, skills, abilities and behaviors)

➤ Systems of Systems Primer

<https://www.incose.org/SoSPrimer>

➤ Guide for Writing Requirements (2017年改訂)

3. 技術的テーマ

➤ Resilience(回復力、対応力、危機耐性)

➤ Agile/Agility

4. 適用の動機

➤ Mission Assurance/Engineering (目的達成重視)

Mission達成に注力するように連邦政府から指示が出ている
成果物完成/プロジェクト成功、でも本来の問題解決に近づいたのか??

□ システムズエンジニアリングの必要性増大

- 要素数増大(complicated)／高度化(complex)、ソフトウェア依存
- 利害関係者の多様化、連携範囲の拡大
- システムズエンジニアリングの環境変化対応

□ 高い理想と基本重視の現場

- システムズエンジニアリングの適用領域拡大(Socio-Technical)
- 基本動作:インターフェース管理、定量的推定、プロジェクトマネジメントとの統合
- 「システムズエンジニア」と自認して、多くの人が勉強中
 - Vモデル、トレーサビリティ、OpsCon/ConOps、妥当性確認...

□ ガイド類の充実

- SE-Handbook、要件定義書記述ガイド、コンピテンシーフレームワーク、SoS Primer

□ 多様な専門家が集う横断的情報共有の場

ご清聴ありがとうございました。