

システムズエンジニアリング、 Model-Basedシステムズエンジニアリング(MBSE)の 概要

イノベーティブ・デザインLLC

Founder/CEO 石橋金徳

kane.Ishibashi@innovative-design.jp

【SE,MBSEについての解説動画】

イノベティブ・デザインLLC石橋によるシステムズエンジニアリング(SE)、Model-Basedシステムズエンジニアリング(MBSE)の動画及び資料を下記リンクにて公開しております。

- 「5分でわかるシステムズアプローチ」シリーズ(動画5本)
- 「システムズアプローチに関するデジタルコンテンツ」(動画4本)

<https://innovative-design.jp/repository/>



Model-Basedシステムズエンジニアリング(MBSE)とは?



なぜ様々な開発においてシステムズエンジニアが求められるのか?



なぜModel-Basedシステムズエンジニアリングが必要とされるのか?



Model-Basedシステムズエンジニアリング(MBSE)に対する誤解



イノベティブ・デザインLLC CEO 石橋金徳

2021年2月5日 システムズエンジニアリング,MBSEシンポジウム2021 (主催:イノベティブ・デザインLLC)

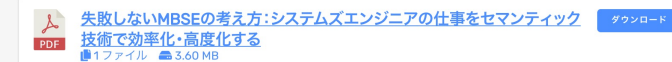
概要:

Model-Basedシステムズエンジニアリング(MBSE)と呼ばれる取り組みは日本国内でも多く見られる様になりました。しかしながら、多くの場合が巨大なダイアグラム、抽象度が高すぎるダイアグラム、詳細過ぎるダイアグラムを作成するまたは作成するだけの活動となり、実際の開発に貢献出来ないというケースが非常に多いのも事実です。

本講演ではMBSEの本質的な捉え方は「システムズエンジニアの仕事をセマンティック技術で効率化・高度化する」ことであるということを紹介し、その為に重要となる「情報を意味を持った構造にする」「意味を辿って、任意の情報を抽出する」「意思決定や判断できる様に変」という3つのキーポイントについてご紹介します。

PDF資料:

動画に関するPDF資料をダウンロードできます。



CONTENTS

- 1 システムズエンジニアとして、Model-Basedも駆使し大規模で複雑なシステムの開発に立ち向かう (動画30分)
- 2 システムズエンジニアリング、MBSEを実際の開発現場で実践するためには (動画45分)
- 3 失敗しないMBSEの考え方: システムズエンジニアの仕事をセマンティック技術で効率化・高度化する (動画30分)
- 4 開発に貢献するシステム記述 (システムモデル)のコツ ~"お絵かき"SysMLからの脱却~ (動画40分)

システムズエンジニアリング、MBSEとは？

- システムズエンジニアリングとは大規模・複雑なシステムを実現するための体系化された考え方であり、もともと米国の航空宇宙や防衛の開発などにおいて体系化された背景を持つ。
- システムの目的、背景を明確化し、ライフサイクル、コンテキストなどの分析的な理解を進め、システムの機能設計(ふるまい)・物理設計(実現手段)すなわちアーキテクチャの設計を行う。また、システムのV&V(検証と妥当性確認)についても戦略性を持って計画、実施を行う。
- 複数の専門分野を統合的に扱うアプローチである。これを実践するシステムズエンジニアは開発全体を牽引するキーパーソンとなる。
- MBSEとは、このようなシステムズエンジニアが様々な種類のモデルを用いることで電算機の力を最大限に活用しながら、非常に大規模で複雑な対象物に対しても効果的、効率的に実施するための手段である。
- とくに、セマンティック技術(=情報の意味を電算機にとって理解できる形で構造化し、電算機に情報収集などの処理を行わせる技術)を応用したシステム開発の効率化、高度化に注目が集まっている。

“システム”の開発

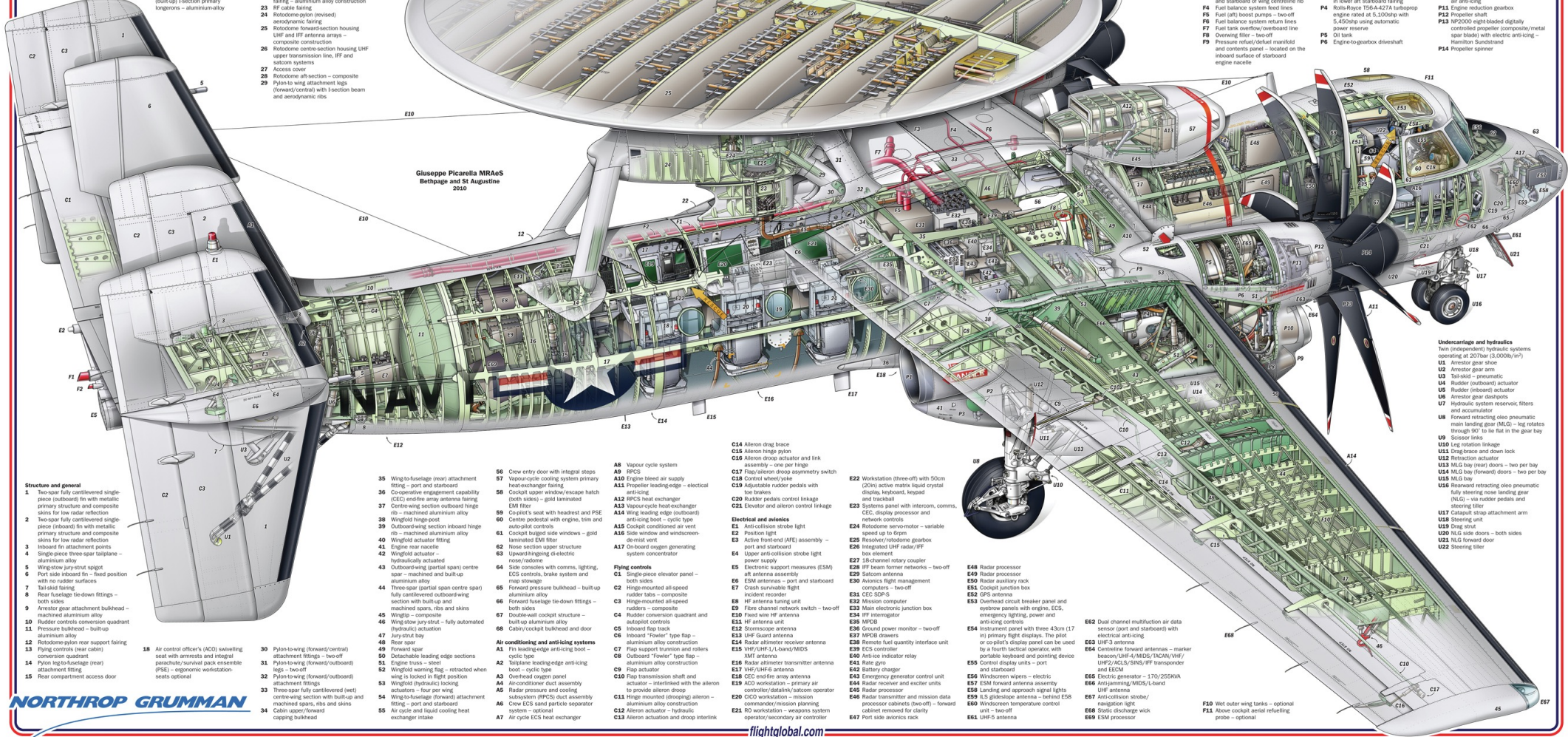
NORTHROP GRUMMAN E-2D ADVANCED HAWKEYE AIRBORNE EARLY WARNING COMMAND AND CONTROL

NAWEC Public Release 574 10/99 Distribution A. (Approved for public release; distribution is unlimited)



This illustration depicts the baseline E-2D Advanced Hawkeye airborne early warning command and control aircraft - customer specific equipment/optional items are indicated accordingly

- 16 Rear compartment housing avionics, flying controls and hydraulic systems - battery or galley optional
- 17 Semi-monocoque fuselage construction, incorporating the (built-up) section primary longirons - aluminium alloy
- 18 Cabin window and blind - three off
- 19 Combat information centre officer's (CICO) seat and PSE
- 20 Radar operator's (RO) seat and PSE
- 21 Wing-to-fuselage aerodynamic fairing - aluminium alloy construction
- 22 RF cable fairing
- 23 Rotodome spin (revised) aerodynamic fairing
- 24 Rotodome forward-section housing UHF and IFF antenna arrays - composite construction
- 25 Rotodome centre-section housing UHF upper transmission line, IFF and sidcom systems
- 26 Access cover
- 27 Rotodome aft-section - composite
- 28 Pylon to wing attachment legs (forward) central with I-section beam and aerodynamic ribs



- ### Structure and general
- 1 Two-spar fully cantilevered single-piece (outboard) fin with metallic primary structure and composite skins for low radar reflection
 - 2 Two-spar fully cantilevered single-piece (inboard) fin with metallic primary structure and composite skins for low radar reflection
 - 3 Inboard fin attachment points
 - 4 Single-piece three-spar tailplane - aluminium alloy
 - 5 Wing-stow jayr strut support
 - 6 Port side inboard fin - fixed position with no rubber surfaces
 - 7 Tailskid fairing
 - 8 Rear fuselage tie-down fittings - both sides
 - 9 Arrestor gear attachment bulkhead - machined aluminium alloy
 - 10 Rudder controls conversion quadrant
 - 11 Pressure bulkhead - built-up aluminium alloy
 - 12 Rotodome pylon rear support fitting
 - 13 Flying controls (rear cabin) conversion quadrant
 - 14 Pylon leg-to-fuselage (rear) attachment fitting
 - 15 Rear compartment access door

- 18 Air control officer's (ACO) swivelling seat with armrests and integral parachute/survival pack ensemble (PSE) - ergonomic workstation seats optional
- 30 Pylon-to-wing (forward/central) attachment fittings - two-off
- 31 Pylon-to-wing (forward/outboard) legs - two-off
- 32 Pylon-to-wing (forward/outboard) attachment fittings
- 33 Three-spar fully cantilevered (wet) centre-wing section with built-up and machined spars, ribs and skins
- 34 Cabin upper/forward capping bulkhead

- 35 Wing-to-fuselage (rear) attachment fitting - port and starboard
- 36 Co-operative engagement capability (CEC) and fire antenna fairing
- 37 Centre-wing section outboard hinge ribs - machined aluminium alloy
- 38 Wingfold hinge-post
- 39 Outboard wing section inboard hinge ribs - machined aluminium alloy
- 40 Wingfold actuator fitting
- 41 Engine rear nacelle
- 42 Wingfold actuator - hydraulically actuated
- 43 Outboard-wing partial span centre spar - machined and built-up aluminium alloy
- 44 Three-spar (partial span centre spar) fully cantilevered outboard wing section with built-up and machined spars, ribs and skins
- 45 Wingtip - composite
- 46 Rudder controls conversion quadrant (hydraulic) actuation
- 47 Juyr strut bay
- 48 Rear spar
- 49 Forward spar
- 50 Detachable leading edge sections
- 51 Engine track - steel
- 52 Wingfold warning flag - retracted when wing is locked in flight position
- 53 Wingfold (hydraulic) locking actuator - four per wing
- 54 Wing-to-fuselage (forward) attachment fitting - port and starboard
- 55 Air cycle and liquid cooling heat exchanger intake

- 56 Crew entry door with integral steps
- 57 Vapour cycle cooling system primary heat-exchanger fairing
- 58 Cockpit upper window/escape hatch (both sides) - gold laminated EM filter
- 59 Cockpit's seat with headrest and PSE
- 60 Centre pedestal with engine, trim and autopilot controls
- 61 Cockpit bagged side window - gold laminated EM filter
- 62 Nose section upper structure
- 63 Upward-hinging electric nose radome
- 64 Side consoles with comms, lighting, ECS controls, brake system and map storage
- 65 Forward pressure bulkhead - built-up aluminium alloy
- 66 Forward fuselage tie-down fittings - both sides
- 67 Double wall cockpit structure - built-up aluminium alloy
- 68 Cabin/cockpit bulkhead and door
- 69 Forward spar
- 70 Detachable leading edge sections
- 71 Wingfold warning flag - retracted when wing is locked in flight position
- 72 Wingfold (hydraulic) locking actuator - four per wing
- 73 Wing-to-fuselage (forward) attachment fitting - port and starboard
- 74 Air cycle and liquid cooling heat exchanger intake

- 75 Vapour cycle system
- 76 RPCC
- 77 Engine bleed air supply heat-exchanger fairing
- 78 Propeller leading edge - electrical anti-icing
- 79 Adjustable rudder pedals with toe brakes
- 80 RPCC heat exchanger
- 81 Vapour-cycle heat-exchanger anti-icing boot - cyclic type
- 82 Outboard conditioned air vent
- 83 Side window and windscreen de-ice mat
- 84 On board oxygen generating system concentrator
- 85 Crew entry door with integral steps
- 86 Vapour cycle cooling system primary heat-exchanger fairing
- 87 Cockpit upper window/escape hatch (both sides) - gold laminated EM filter
- 88 Cockpit's seat with headrest and PSE
- 89 Centre pedestal with engine, trim and autopilot controls
- 90 Cockpit bagged side window - gold laminated EM filter
- 91 Nose section upper structure
- 92 Upward-hinging electric nose radome
- 93 Side consoles with comms, lighting, ECS controls, brake system and map storage
- 94 Forward pressure bulkhead - built-up aluminium alloy
- 95 Forward fuselage tie-down fittings - both sides
- 96 Double wall cockpit structure - built-up aluminium alloy
- 97 Cabin/cockpit bulkhead and door
- 98 Forward spar
- 99 Detachable leading edge sections
- 100 Wingfold warning flag - retracted when wing is locked in flight position
- 101 Wingfold (hydraulic) locking actuator - four per wing
- 102 Wing-to-fuselage (forward) attachment fitting - port and starboard
- 103 Air cycle and liquid cooling heat exchanger intake

- 104 Aileron drag brace
- 105 Aileron hinge pylon
- 106 Flap/aileron droop asymmetry switch assembly - one per flap
- 107 Propeller leading edge - electrical anti-icing
- 108 Adjustable rudder pedals with toe brakes
- 109 RPCC heat exchanger
- 110 Vapour-cycle heat-exchanger anti-icing boot - cyclic type
- 111 Outboard conditioned air vent
- 112 Side window and windscreen de-ice mat
- 113 On board oxygen generating system concentrator
- 114 Crew entry door with integral steps
- 115 Vapour cycle cooling system primary heat-exchanger fairing
- 116 Cockpit upper window/escape hatch (both sides) - gold laminated EM filter
- 117 Cockpit's seat with headrest and PSE
- 118 Centre pedestal with engine, trim and autopilot controls
- 119 Cockpit bagged side window - gold laminated EM filter
- 120 Nose section upper structure
- 121 Upward-hinging electric nose radome
- 122 Side consoles with comms, lighting, ECS controls, brake system and map storage
- 123 Forward pressure bulkhead - built-up aluminium alloy
- 124 Forward fuselage tie-down fittings - both sides
- 125 Double wall cockpit structure - built-up aluminium alloy
- 126 Cabin/cockpit bulkhead and door
- 127 Forward spar
- 128 Detachable leading edge sections
- 129 Wingfold warning flag - retracted when wing is locked in flight position
- 130 Wingfold (hydraulic) locking actuator - four per wing
- 131 Wing-to-fuselage (forward) attachment fitting - port and starboard
- 132 Air cycle and liquid cooling heat exchanger intake

- 133 Aileron drag brace
- 134 Aileron hinge pylon
- 135 Flap/aileron droop asymmetry switch assembly - one per flap
- 136 Propeller leading edge - electrical anti-icing
- 137 Adjustable rudder pedals with toe brakes
- 138 RPCC heat exchanger
- 139 Vapour-cycle heat-exchanger anti-icing boot - cyclic type
- 140 Outboard conditioned air vent
- 141 Side window and windscreen de-ice mat
- 142 On board oxygen generating system concentrator
- 143 Crew entry door with integral steps
- 144 Vapour cycle cooling system primary heat-exchanger fairing
- 145 Cockpit upper window/escape hatch (both sides) - gold laminated EM filter
- 146 Cockpit's seat with headrest and PSE
- 147 Centre pedestal with engine, trim and autopilot controls
- 148 Cockpit bagged side window - gold laminated EM filter
- 149 Nose section upper structure
- 150 Upward-hinging electric nose radome
- 151 Side consoles with comms, lighting, ECS controls, brake system and map storage
- 152 Forward pressure bulkhead - built-up aluminium alloy
- 153 Forward fuselage tie-down fittings - both sides
- 154 Double wall cockpit structure - built-up aluminium alloy
- 155 Cabin/cockpit bulkhead and door
- 156 Forward spar
- 157 Detachable leading edge sections
- 158 Wingfold warning flag - retracted when wing is locked in flight position
- 159 Wingfold (hydraulic) locking actuator - four per wing
- 160 Wing-to-fuselage (forward) attachment fitting - port and starboard
- 161 Air cycle and liquid cooling heat exchanger intake

- ### Fuel system
- F1 Fuel dump pipe
 - F2 Fuel vent pipe
 - F3 Centre wing section fuel tank - port and starboard of wing centreline rib
 - F4 Fuel balance system feed lines
 - F5 Fuel (left) boost pumps - two-off
 - F6 Fuel balance system return lines
 - F7 Fuel tank overflow/overboard lines
 - F8 Overwing filter - two-off
 - F9 Pressure relief/overflow manifold and contents panel - located on the inboard surface of starboard engine nacelle

- ### Powerplant
- P1 Engine core exhaust nozzle
 - P2 Engine fire suppression bottle (one per engine) - Halon
 - P3 Optional lavatory power unit - located in lower aft starboard fairing
 - P4 Rolls-Royce 165A-427A turbo-prop engine rated at 5,500hp with 5,450hp using automatic power reserve
 - P5 Oil tank
 - P6 Engine-to-gearbox driveshaft

- P7 Oil heat exchanger exhaust
- P8 Engine and generator oil heat exchanger (one)
- P9 Oil heat exchanger air intake
- P10 Propeller gearbox
- P11 Propeller shaft
- P12 Propeller gearbox
- P13 NP2000 eight-bladed digitally controlled propeller (composite/metal spar blades) with electric anti-icing - Hamilton Sundstrand
- P14 Propeller spinner



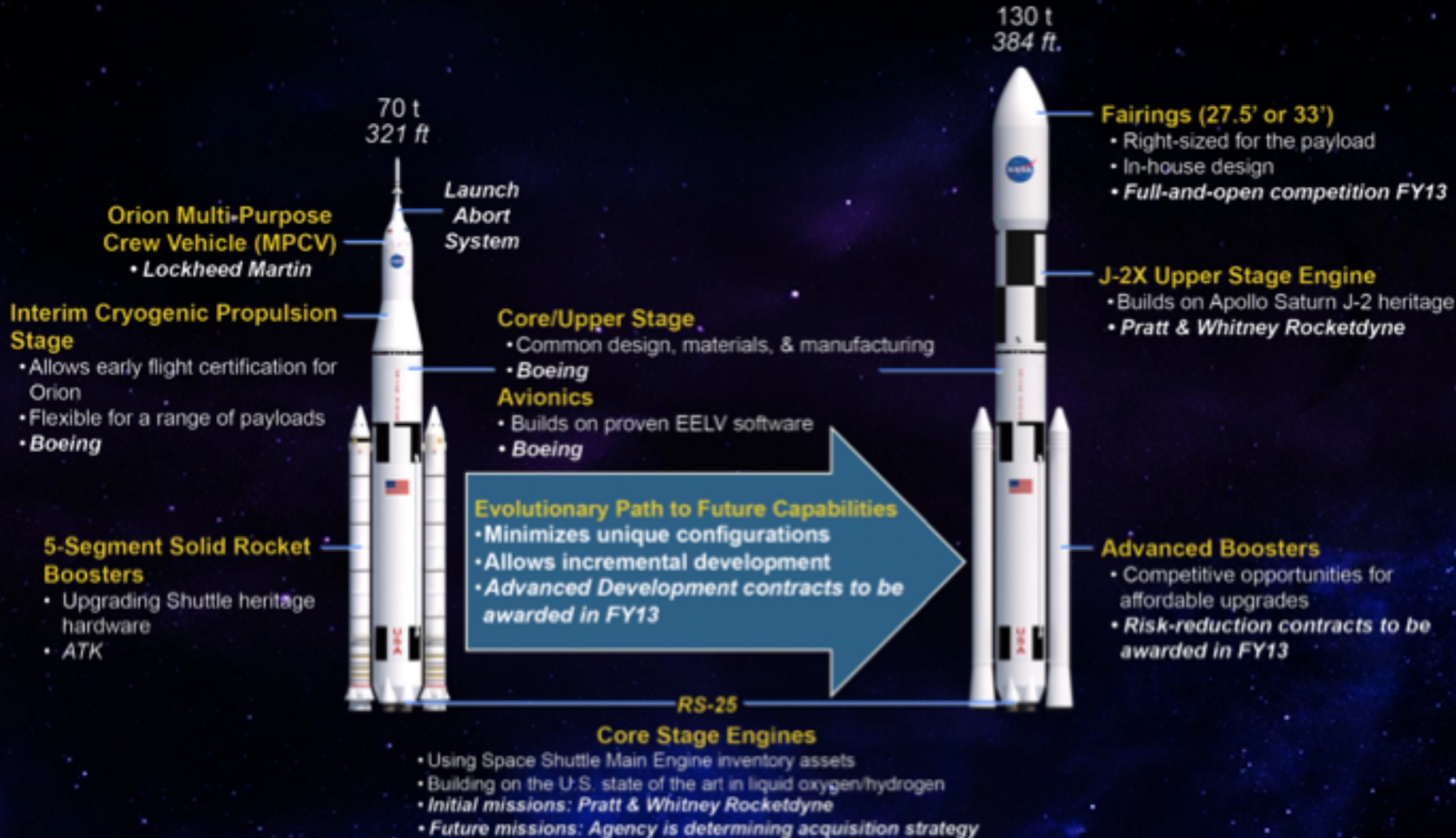
<https://www.flightglobalimages.com/cutaways/cutaway-posters/northrop-grumman-e-2d-advanced-hawkeye-aew-3699628.html>

Building on the U.S. Infrastructure



INITIAL CAPABILITY, 2017-21

EVOLVED CAPABILITY, Post-2021



Working with Industry Partners to Develop America's Heavy-Lift Rocket

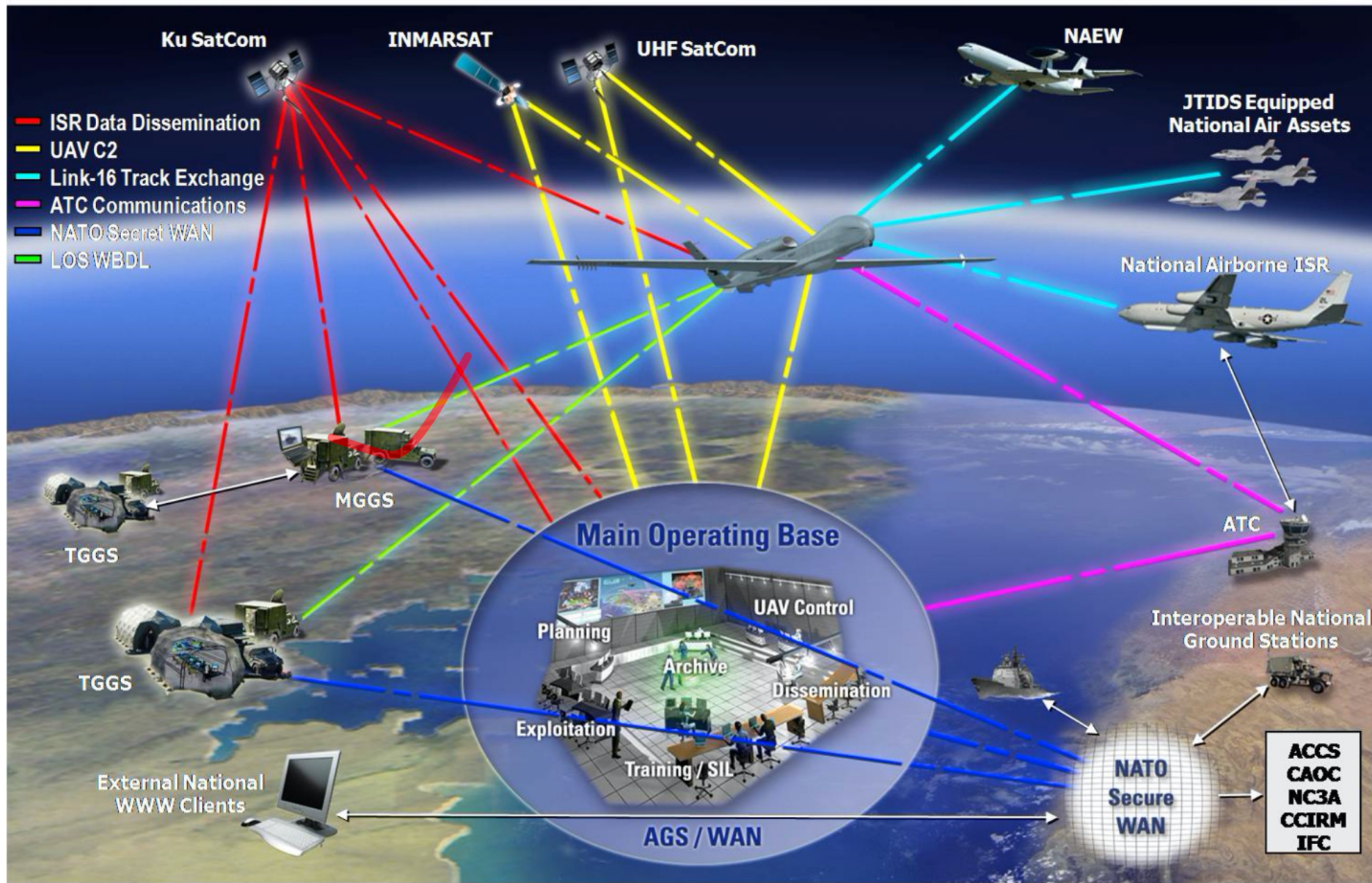
www.nasa.gov/sls

8283 MAF Industry Day 8

NASA's Space Launch System Overview

<https://www.nasa.gov/exploration/systems/sls/overview.html>

©2022 innovative DESIGN LLC



NATO Alliance Ground Surveillance (NATO AGS)

<https://www.nagsma.nato.int/Pages/Home.aspx>

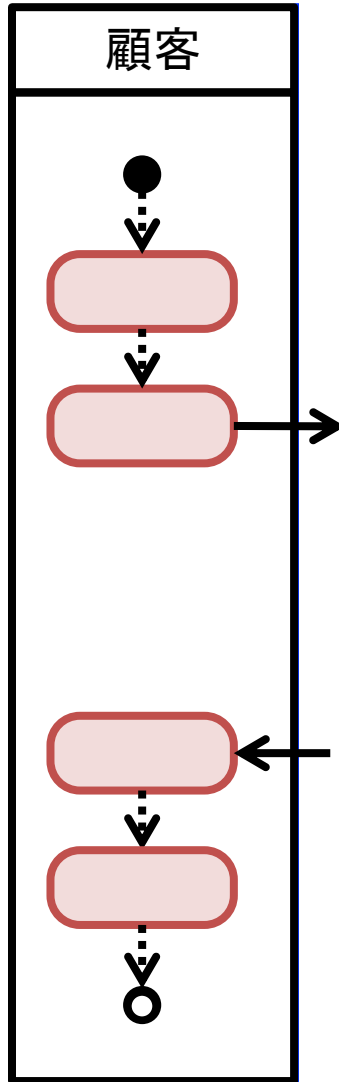
©2022 innovative DESIGN LLC

システムの開発？

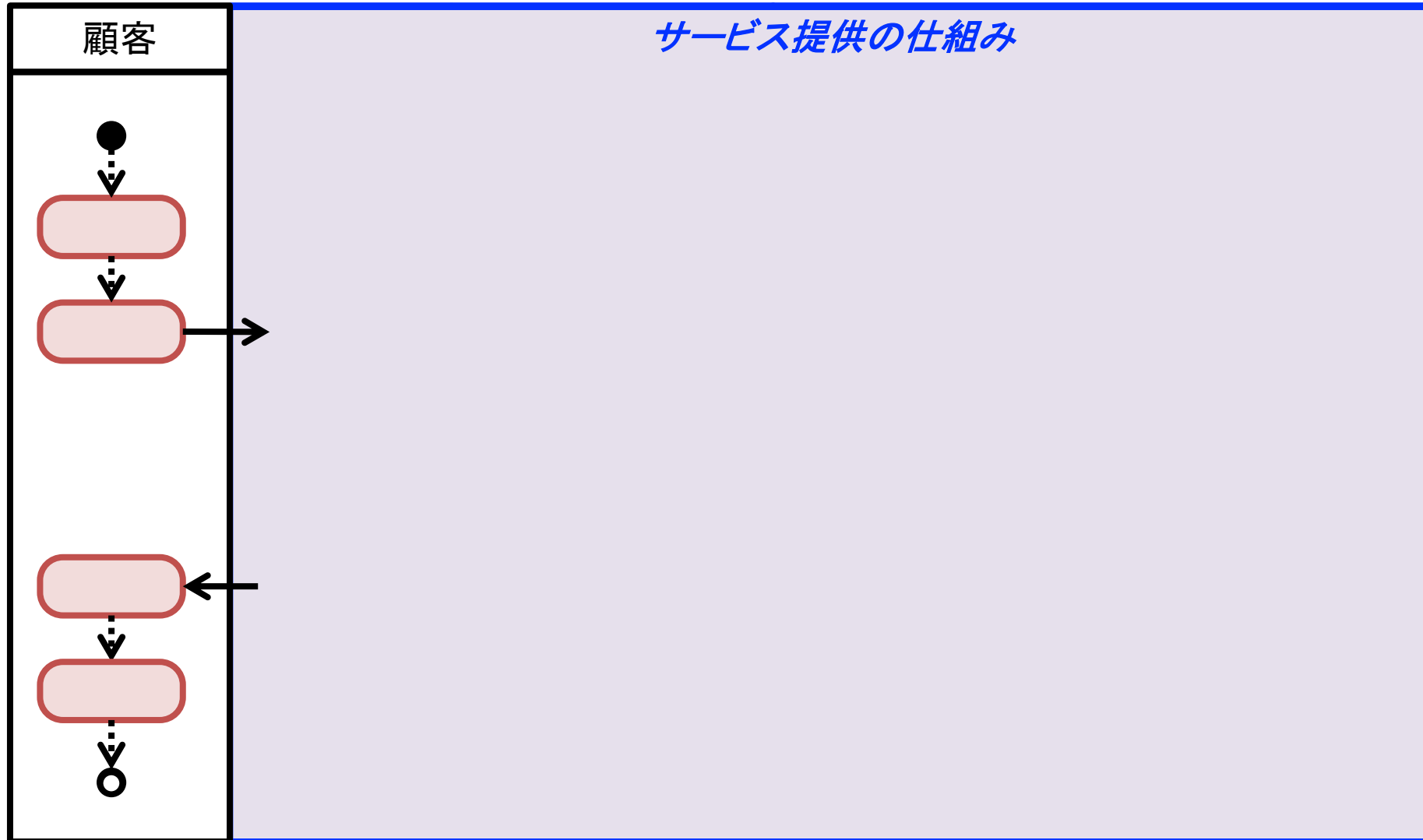
- 機械、電気、制御、通信、人のオペレーション、ユーザーエクスペリエンス、外部要素、の複合体。
- ライフサイクル(=そのシステムの生涯)全体を考慮。
- コンテキスト(=そのシステムの周囲のモノやコト)をしっかりと把握。
- 安全性、ユーザビリティ、相互運用性、メンテナンス性、拡張性、などの“ilities”(システムの性質)の分析と設計反映。
- 最短距離の検証計画、事業を占うPOC、社会を巻き込んだ実証実験、などの綿密な計画と効果的な実施。

- 多くの専門分野、専門家、部署、企業が参加した開発推進。
- 未経験領域、知見の少ない事柄が多数ある開発推進。
- そして、日程は超タイト。

システム開発の検討スコープのイメージ



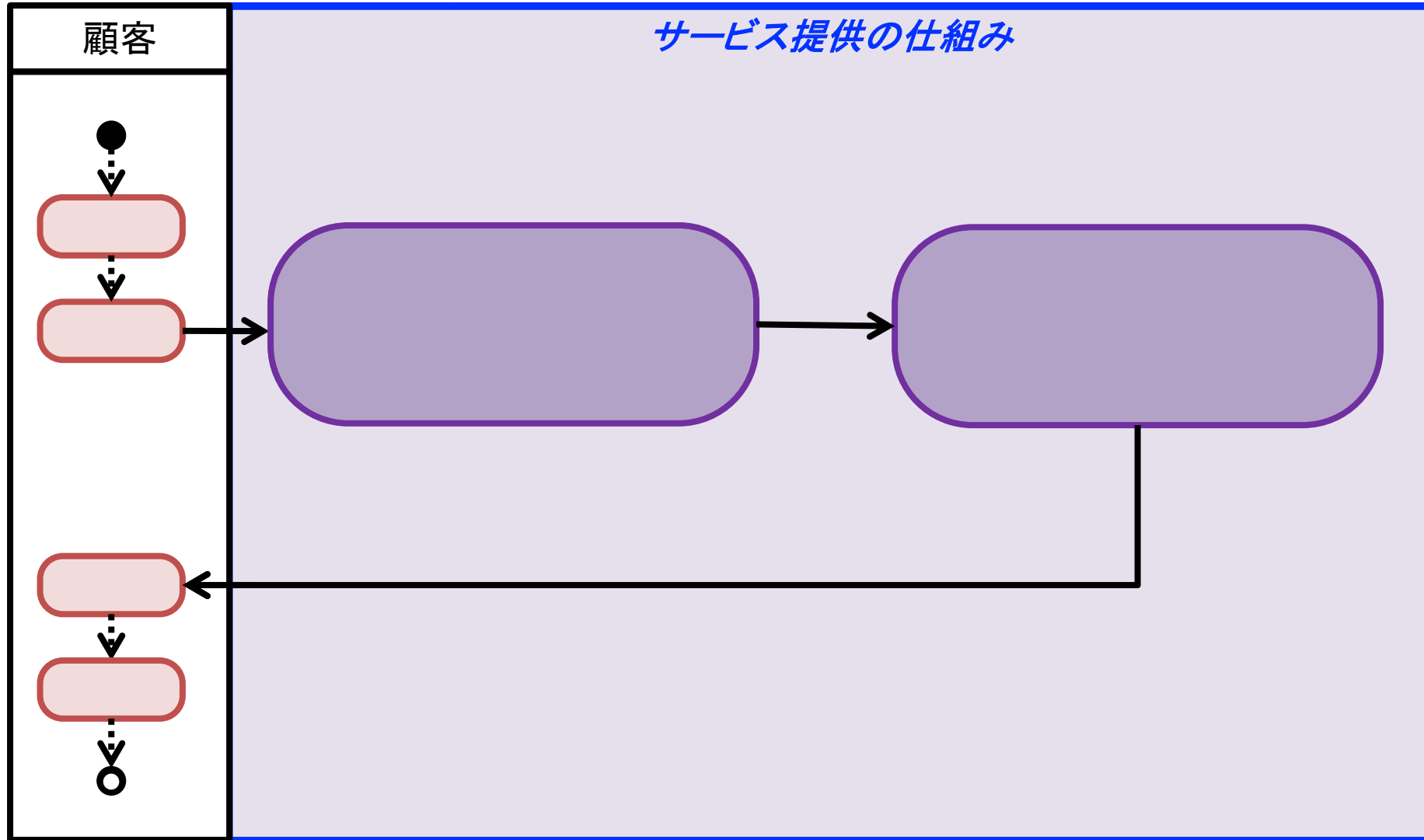
システム開発の検討スコープのイメージ



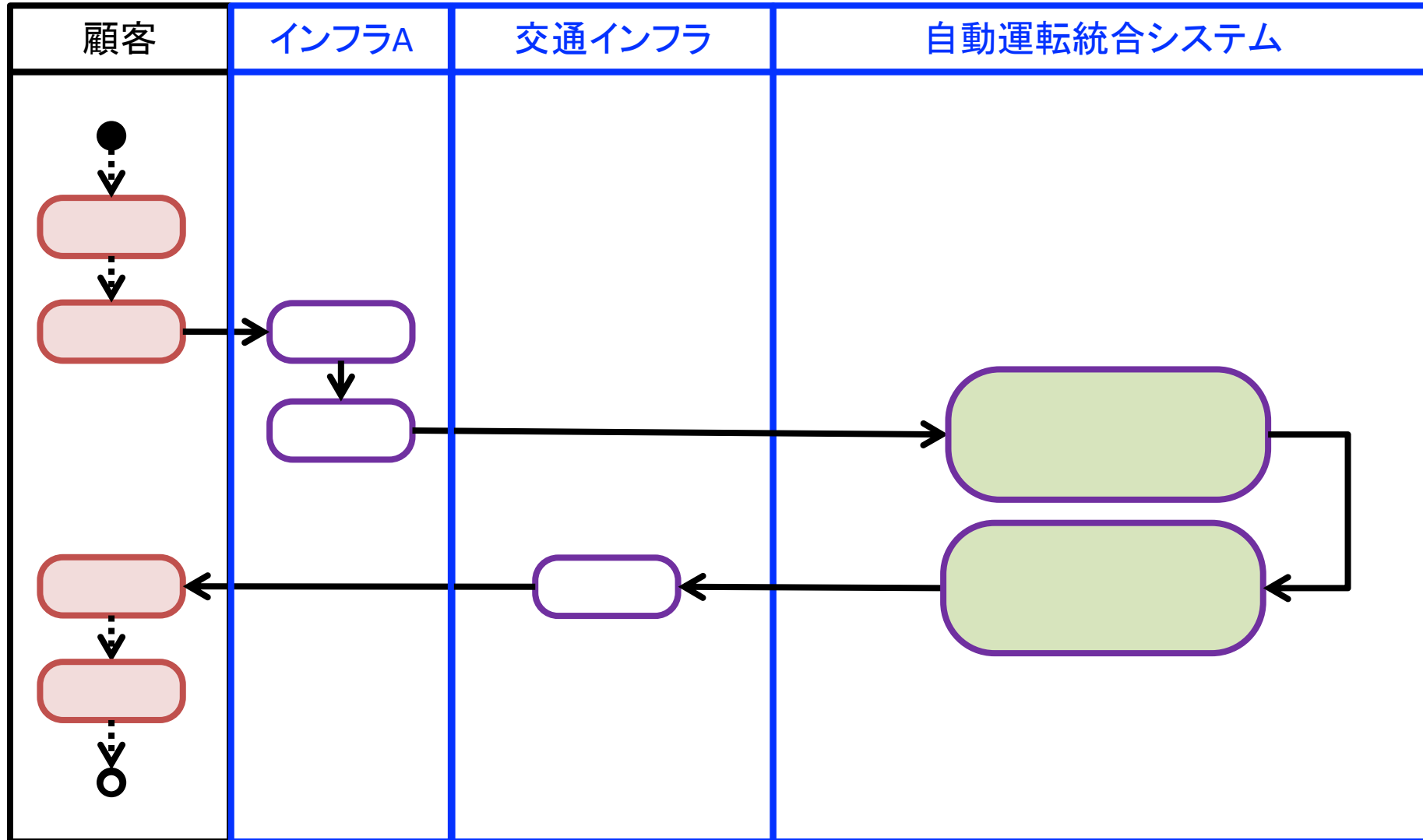
システム開発の検討スコープのイメージ



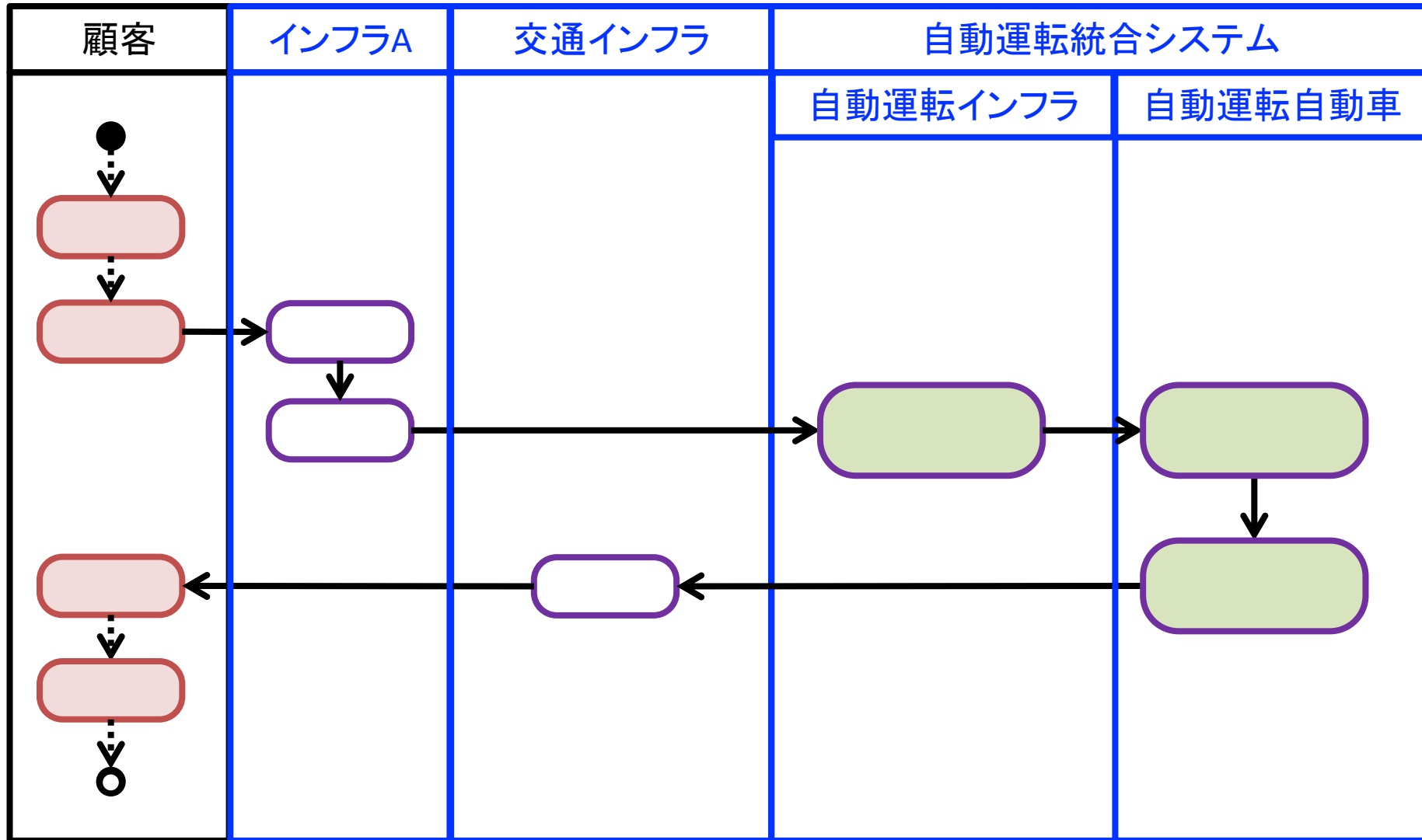
システム開発の検討スコープのイメージ



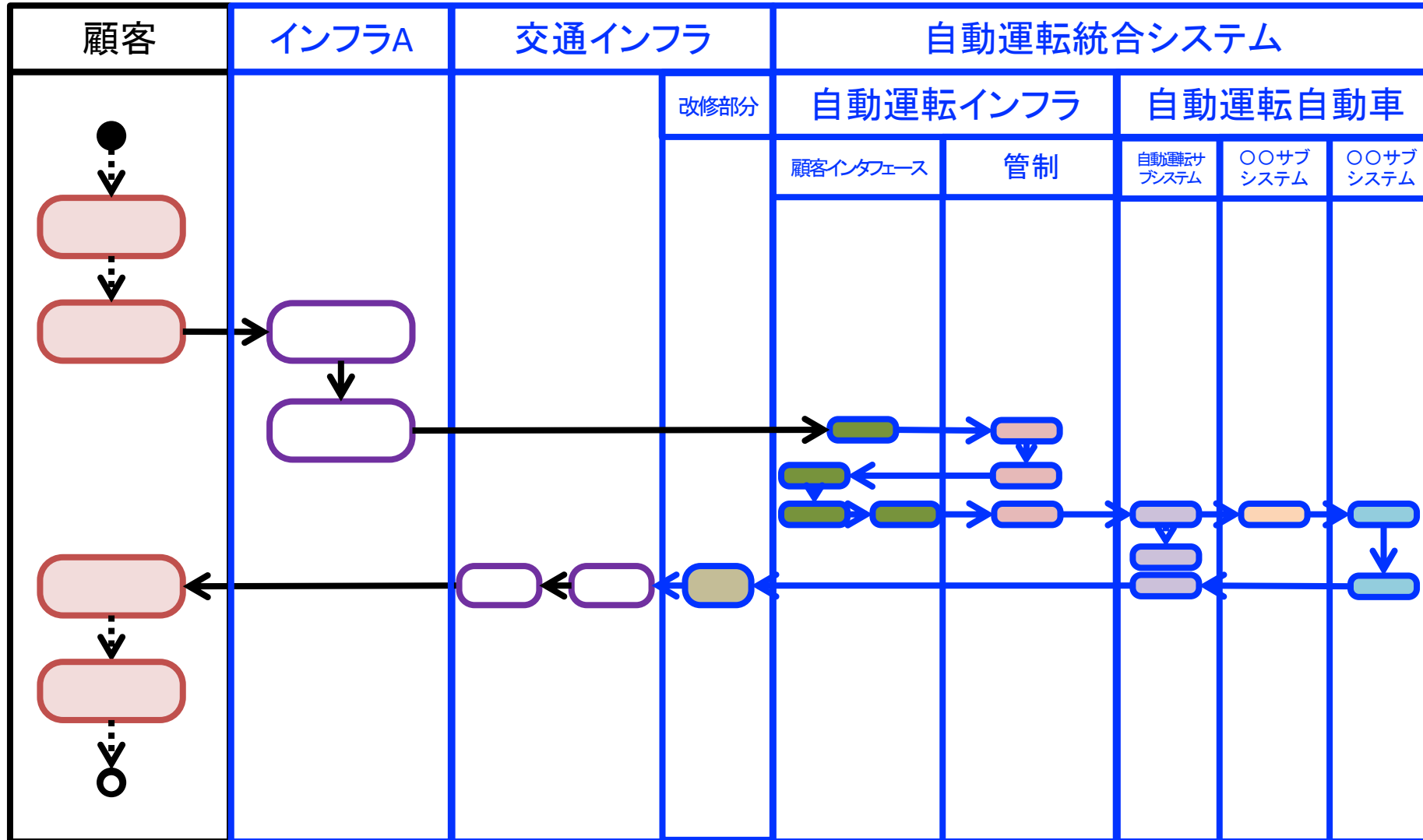
システム開発の検討スコープのイメージ



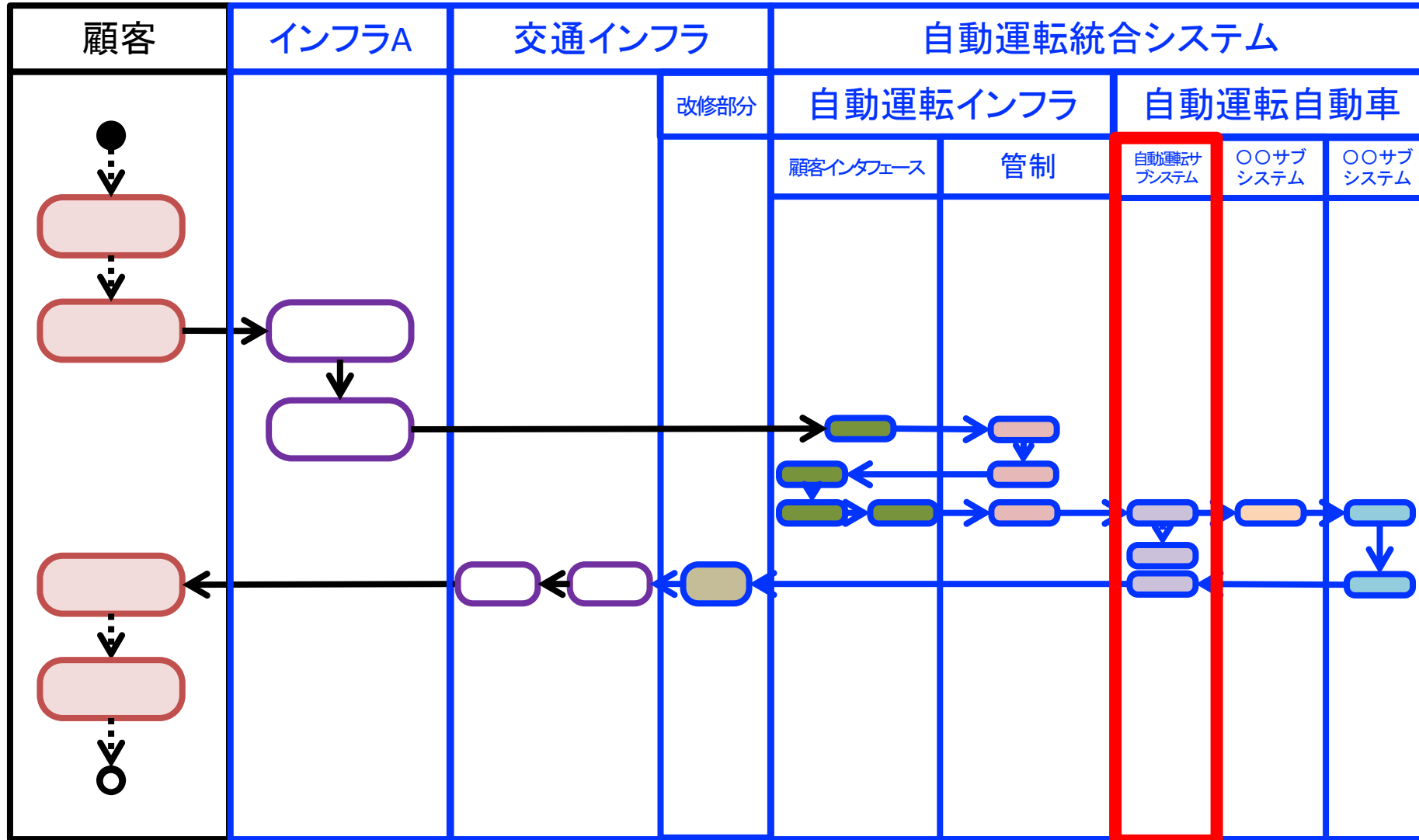
システム開発の検討スコープのイメージ



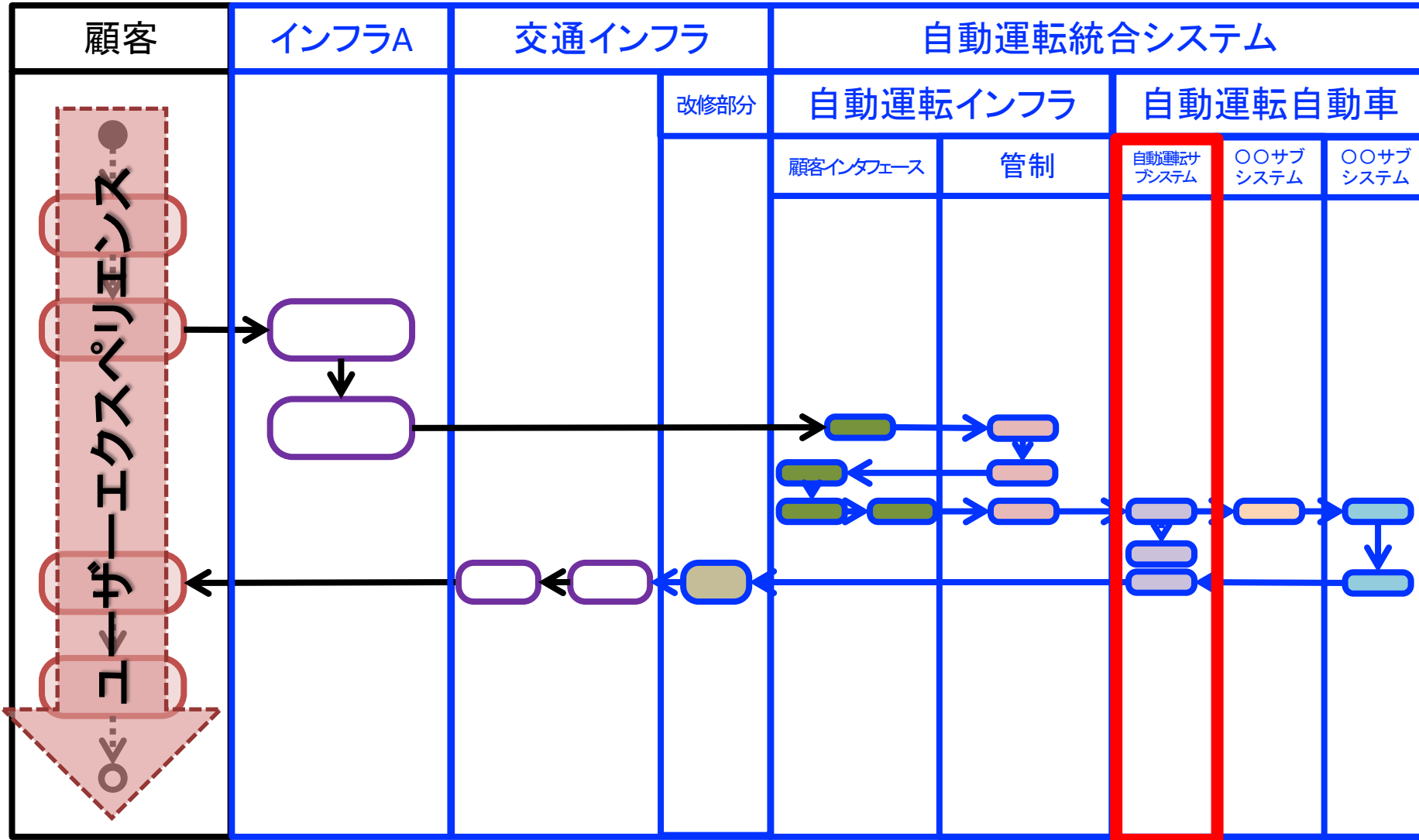
システム開発の検討スコープのイメージ



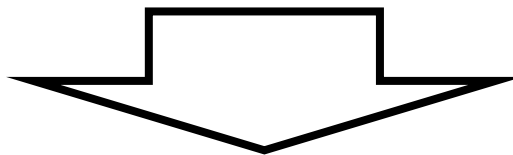
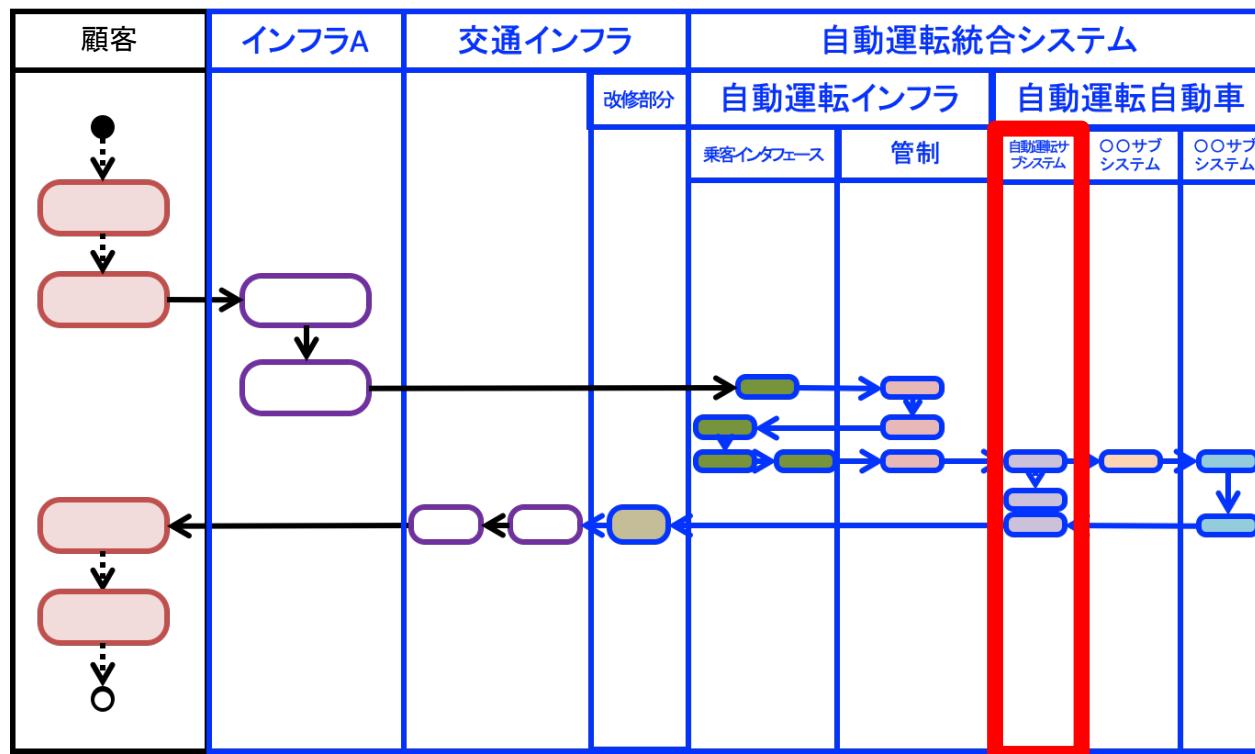
システム開発の検討スコープのイメージ



システム開発の検討スコープのイメージ



システム開発の検討スコープのイメージ



赤枠内のアーキテクチャ(機能配分、性能配分、インターフェース定義、など)を正しく検討、設計していくためには以下の様な赤枠の外側の事柄を押さえることが重要

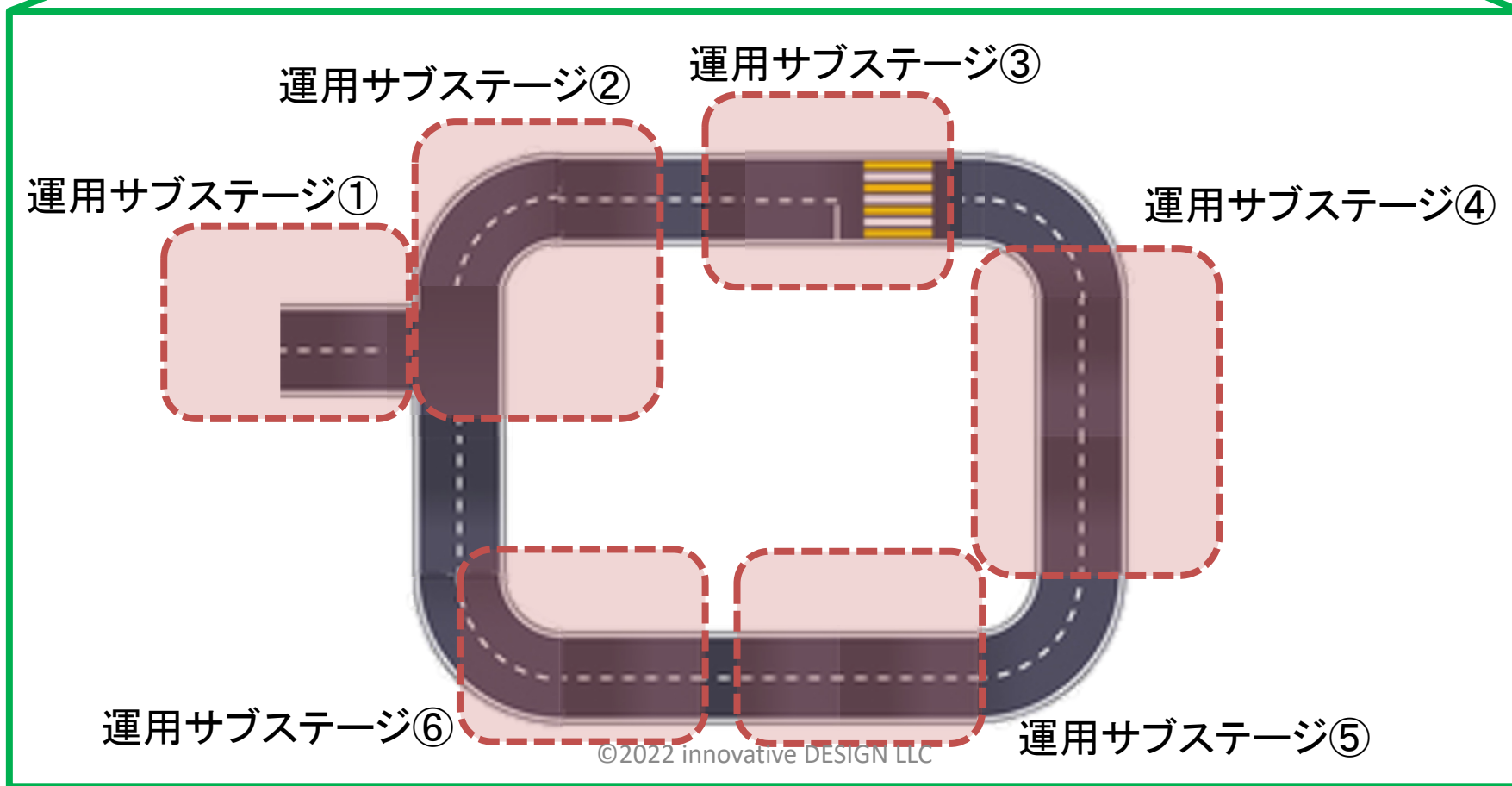
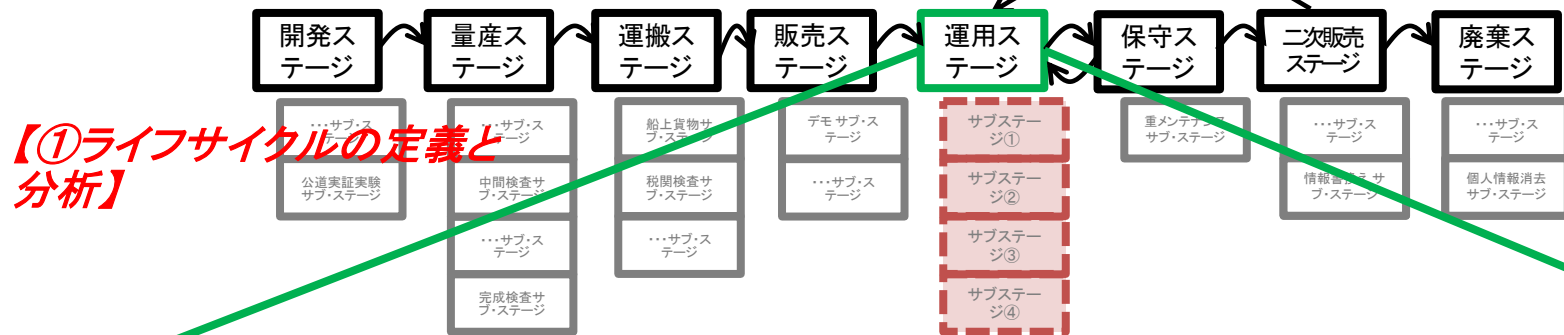
企画部門とR&Dで合意するユーザーエクスペリエンス、オペレーションの全体像

インフラAとの確認書

交通インフラへの要求書

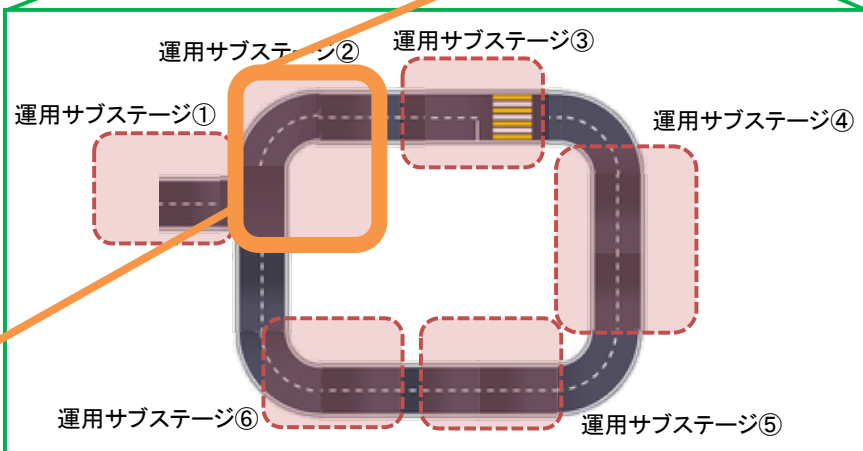
自動運転インフラの機能、インターフェースの確認書

システム開発の検討スコープのイメージ

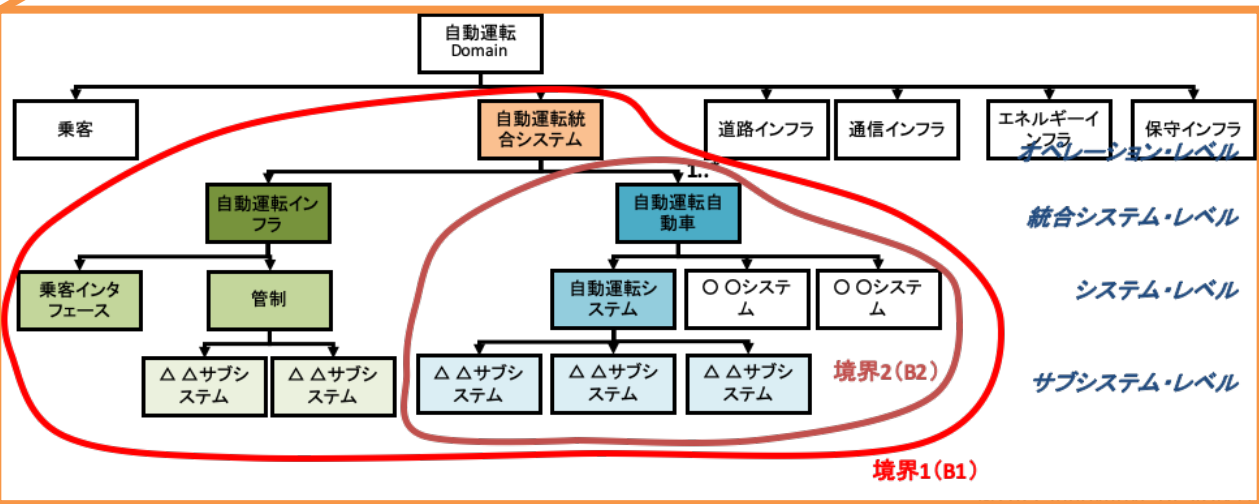


システム開発の検討スコープのイメージ

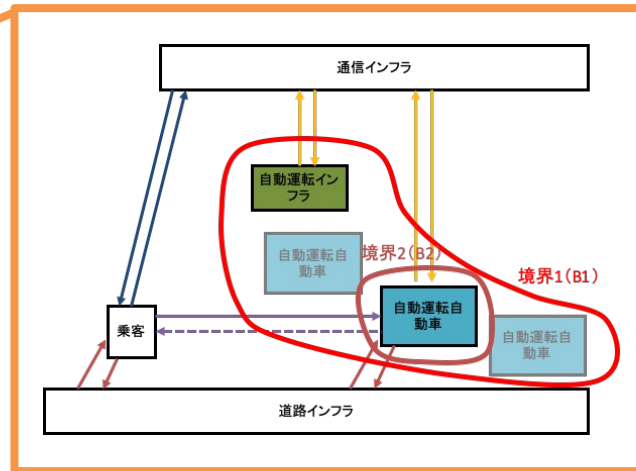
【①ライフサイクルの定義と分析】



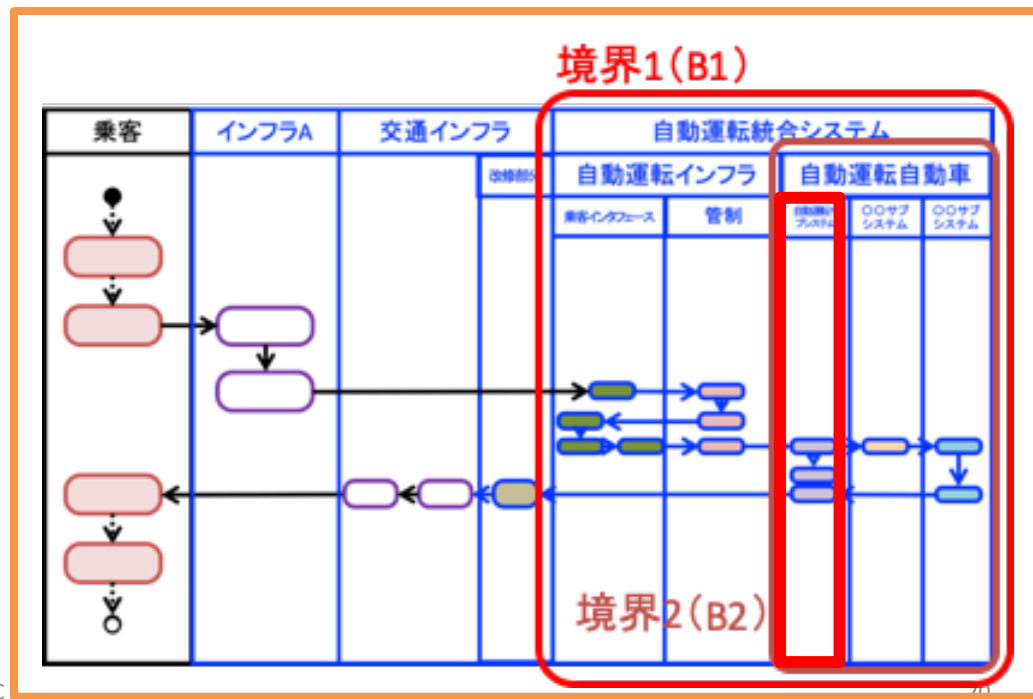
【②システムとコンテキストの定義】



【③システムとコンテキストの鳥瞰図】

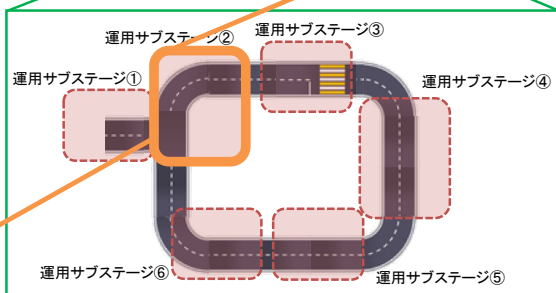


【④システムとコンテキストの相互作用の定義と分析】

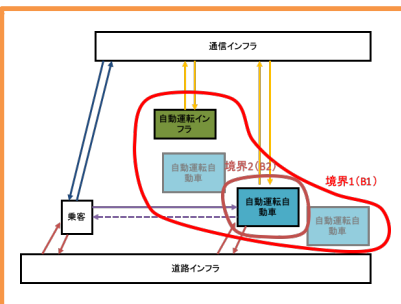


システム開発の検討スコープのイメージ

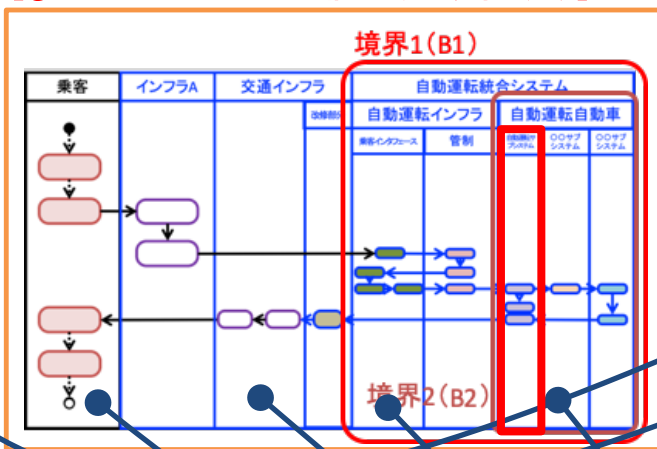
【①ライフサイクルの定義と分析】



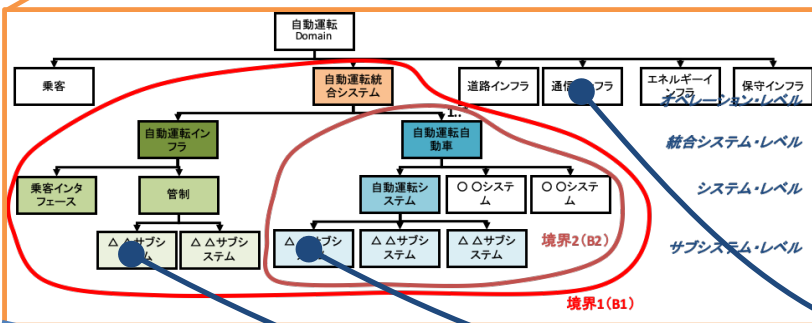
【③システムとコンテキストの鳥瞰図】



【④システムとコンテキストの相互作用の定義と分析】

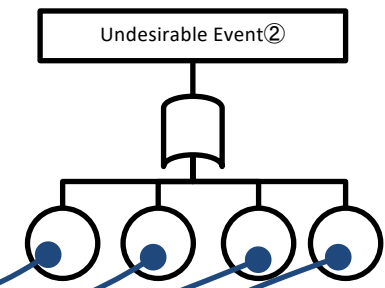
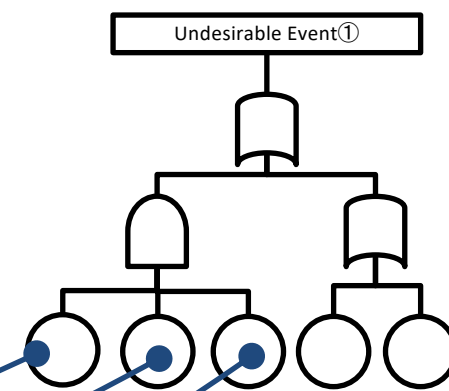


【②システムとコンテキストの定義】



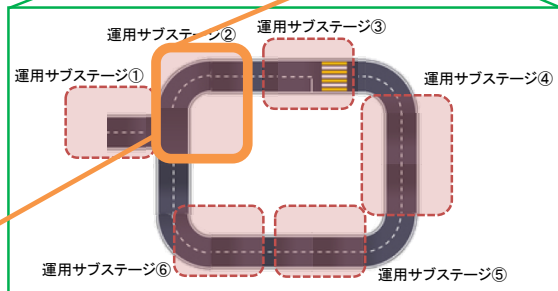
【⑤ Undesirable Event (望ましくない事象) の定義とリスク分析】

- Undesirable Event①
- Undesirable Event②

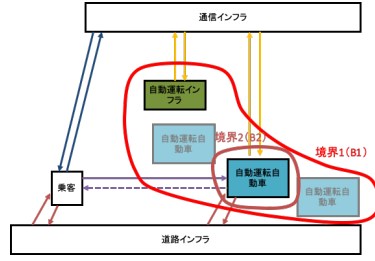


システム開発の検討スコープのイメージ

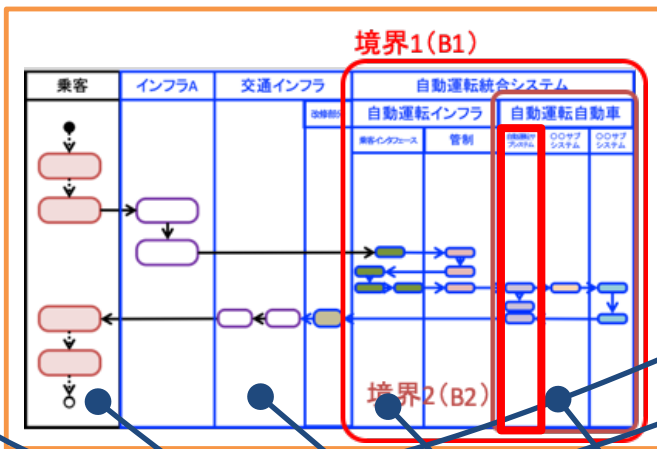
【①ライフサイクルの定義と分析】



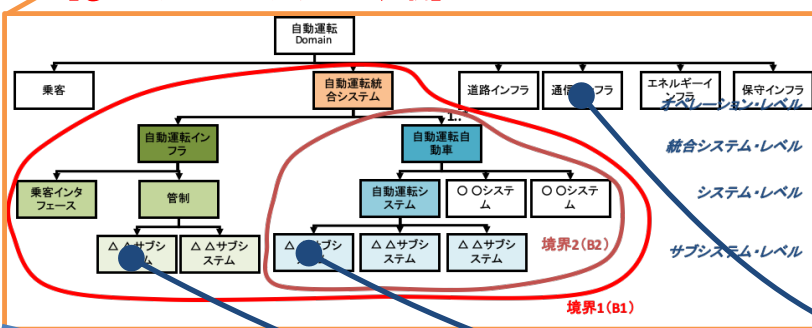
【③システムとコンテキストの鳥瞰図】



【④システムとコンテキストの相互作用の定義と分析】

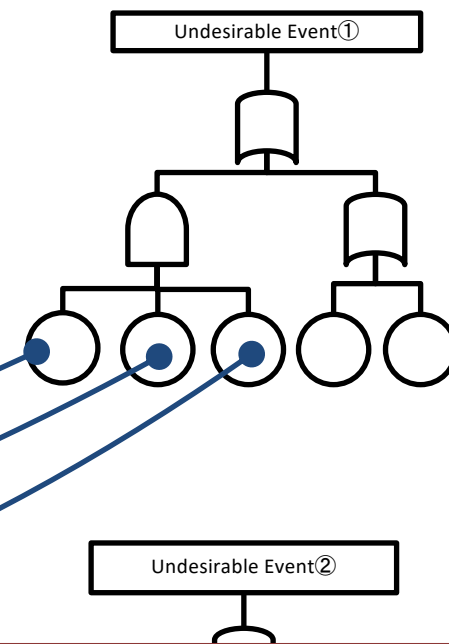


【②システムとコンテキストの定義】



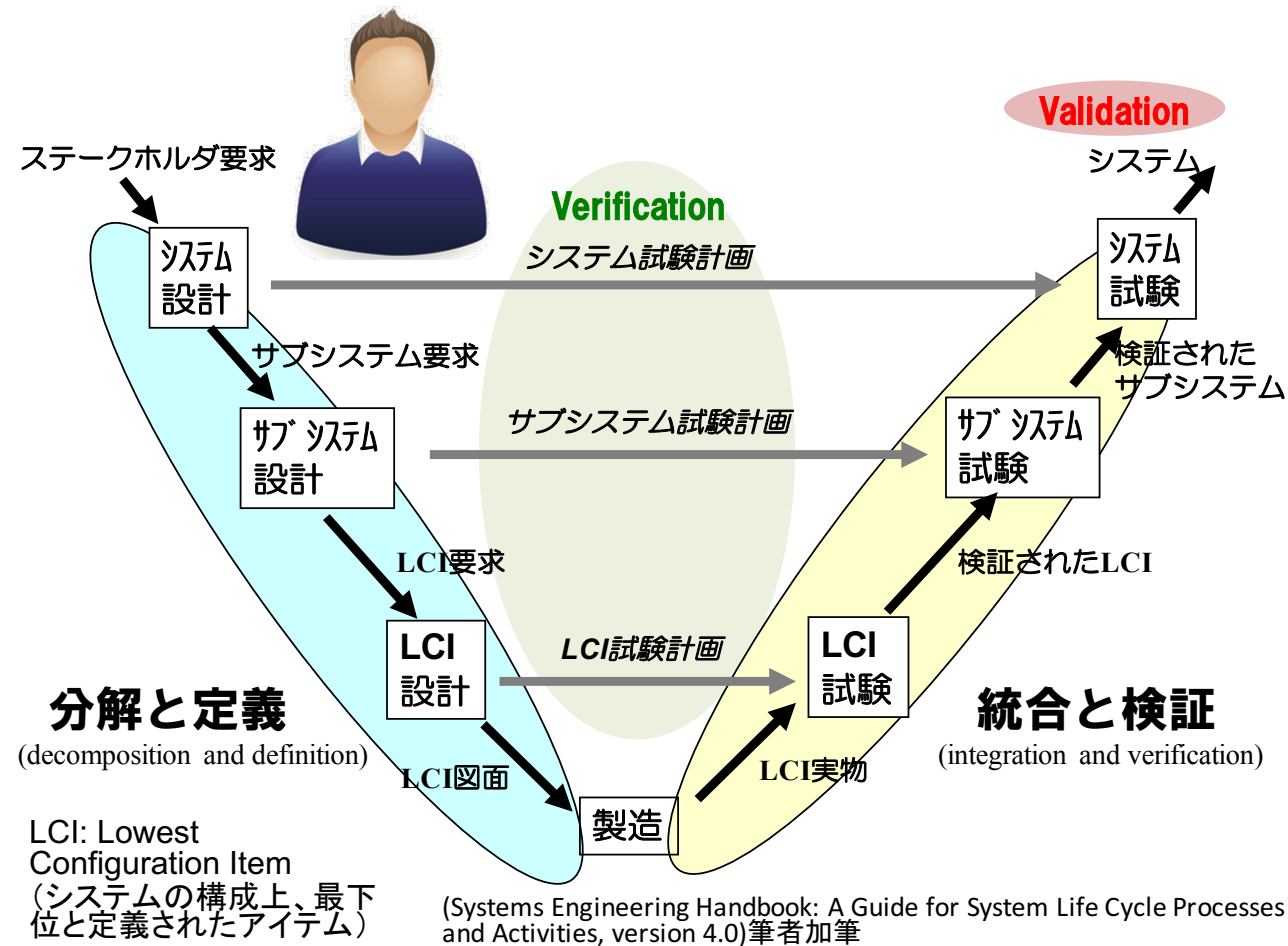
【⑤ Undesirable Event (望ましくない事象) の定義とリスク分析】

- Undesirable Event①
- Undesirable Event②

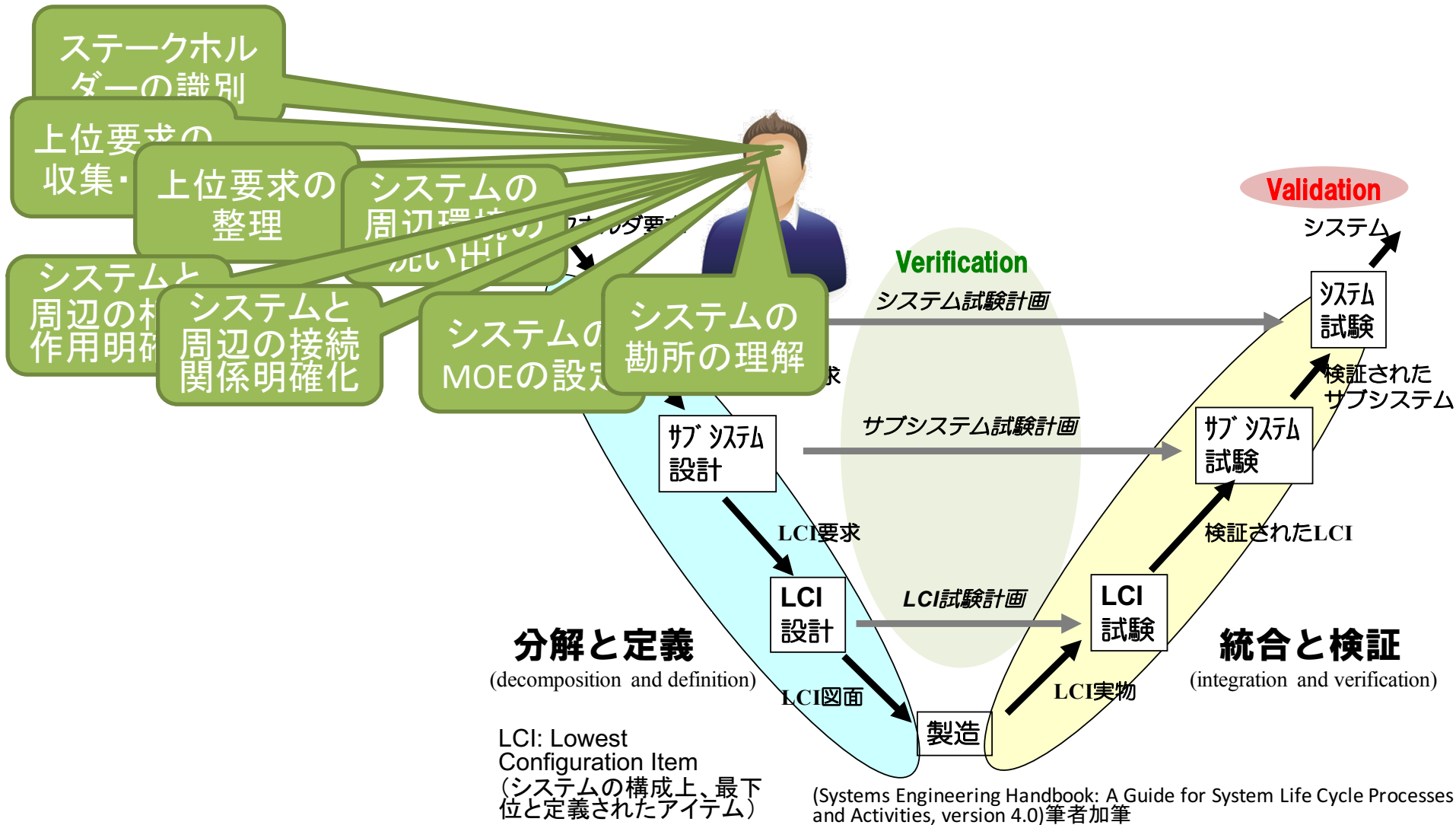


モノだけでなく「コト」や「周囲の関連する事柄」も俯瞰し、全体を検討、デザインする。目的達成のために「成すべきこと」と「起こしてはいけないこと」を同時に検討し、インテグレーションや検証計画・実証実験等に反映することで、大規模な開発プロジェクトにおいてもワークパッケージ全体を掌握し、効果的・効率的に推進をする。

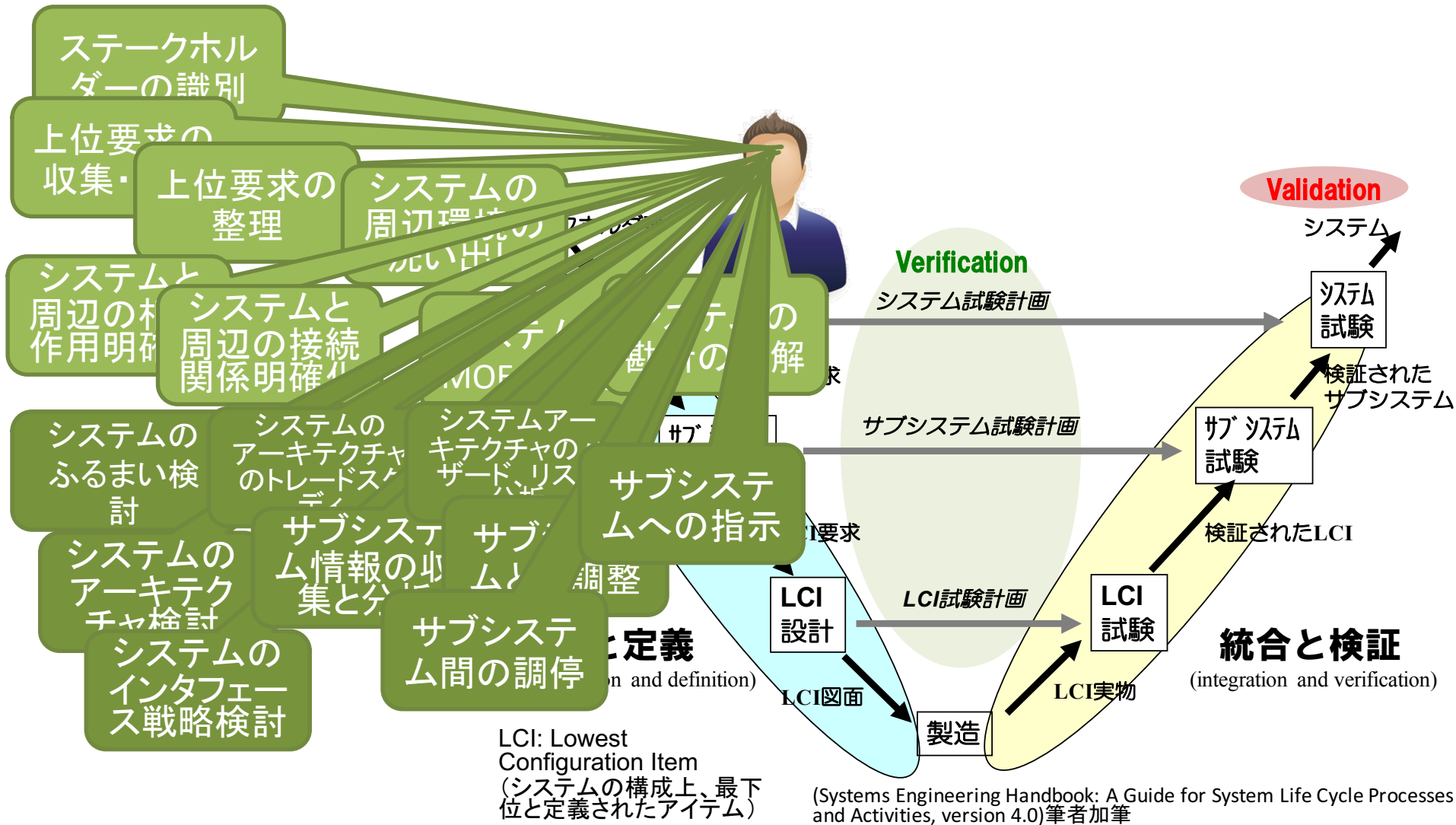
システムズエンジニアの仕事のイメージ



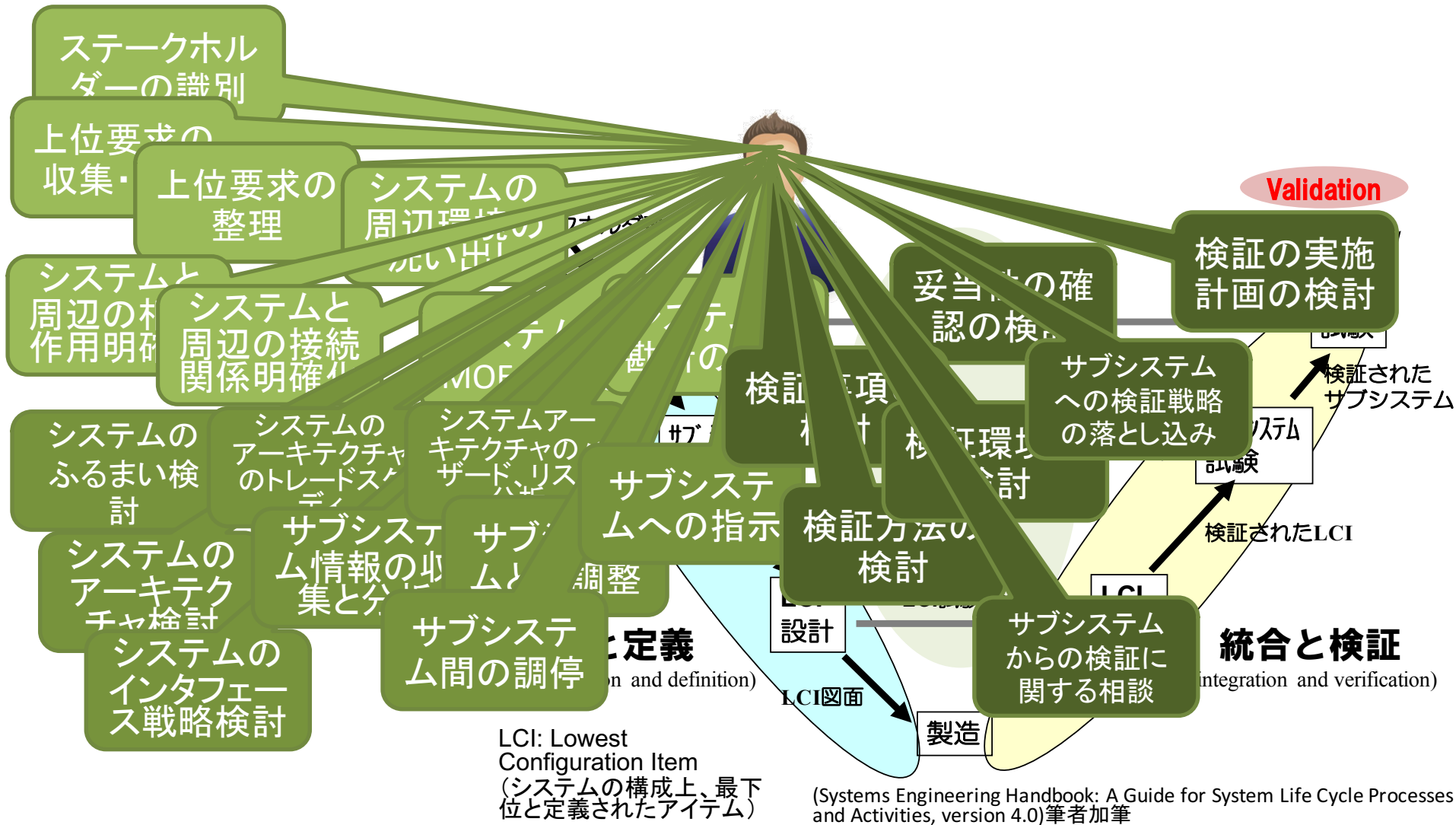
システムズエンジニアの仕事のイメージ



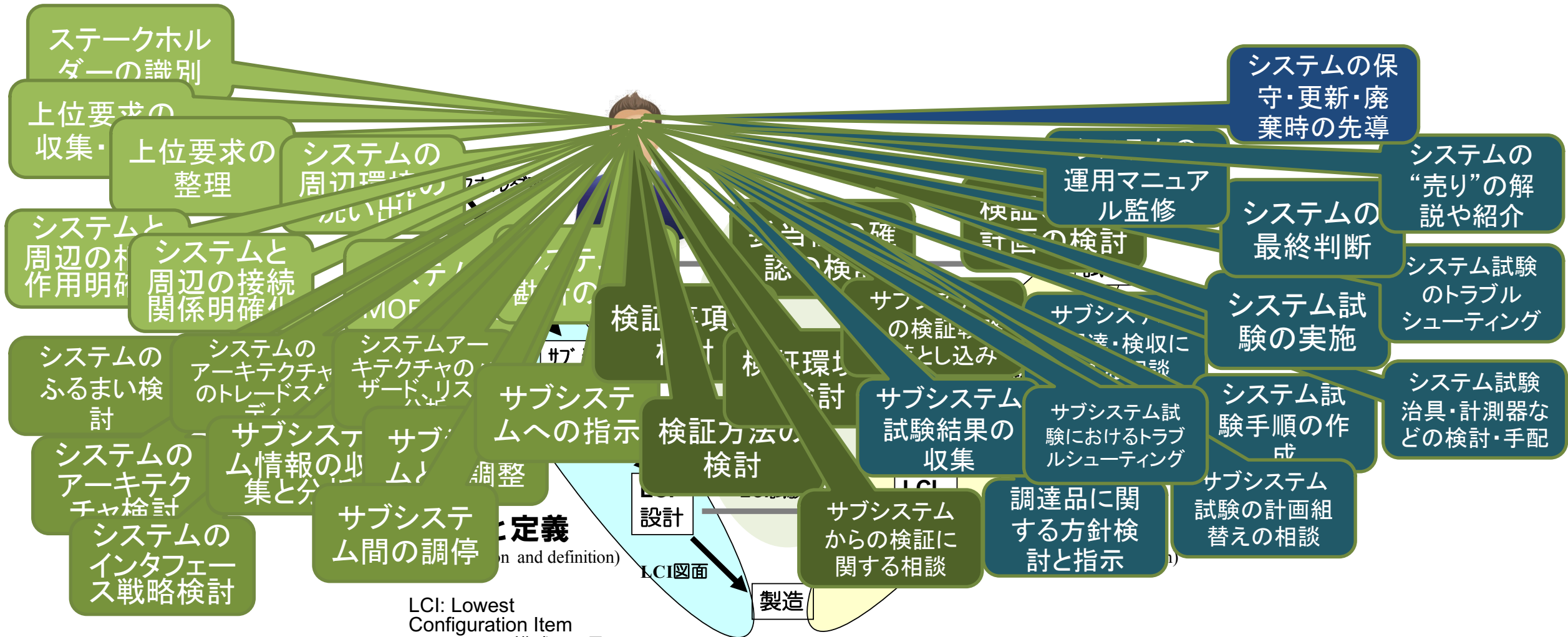
システムズエンジニアの仕事のイメージ



システムズエンジニアの仕事のイメージ



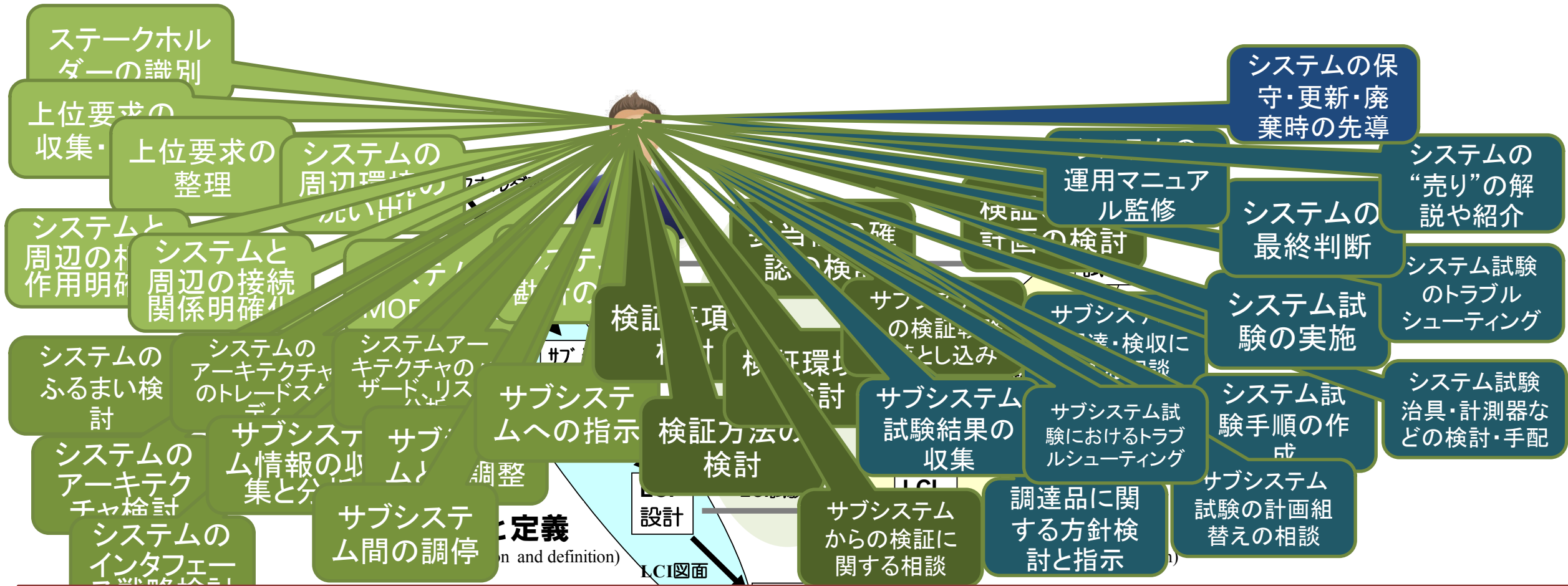
システムズエンジニアの仕事のイメージ



LCI: Lowest Configuration Item
(システムの構成上、最下位と定義されたアイテム)

(Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, version 4.0)筆者加筆

システムズエンジニアの仕事のイメージ



システムズエンジニアは、システムが何の目的で何を果たすのかを明確にし、それがどのような環境や状況下であるのかを丁寧に洗い出し、そのためにシステムに求められる特性・特徴・機能・性能などを明らかにし、その実現手段を広く探索して解を導き、その実現解が確実に実現・実装されるべく考え方とプロセスで手を尽くす、開発のキーパーソンである。

SYSTEMS ENGINEERING

ISO 15288 (2015)によるシステムのライフ
サイクル全体を対象としたシステムズエン
지니어リングの各種プロセス

合意(調達)のためのプロセス群

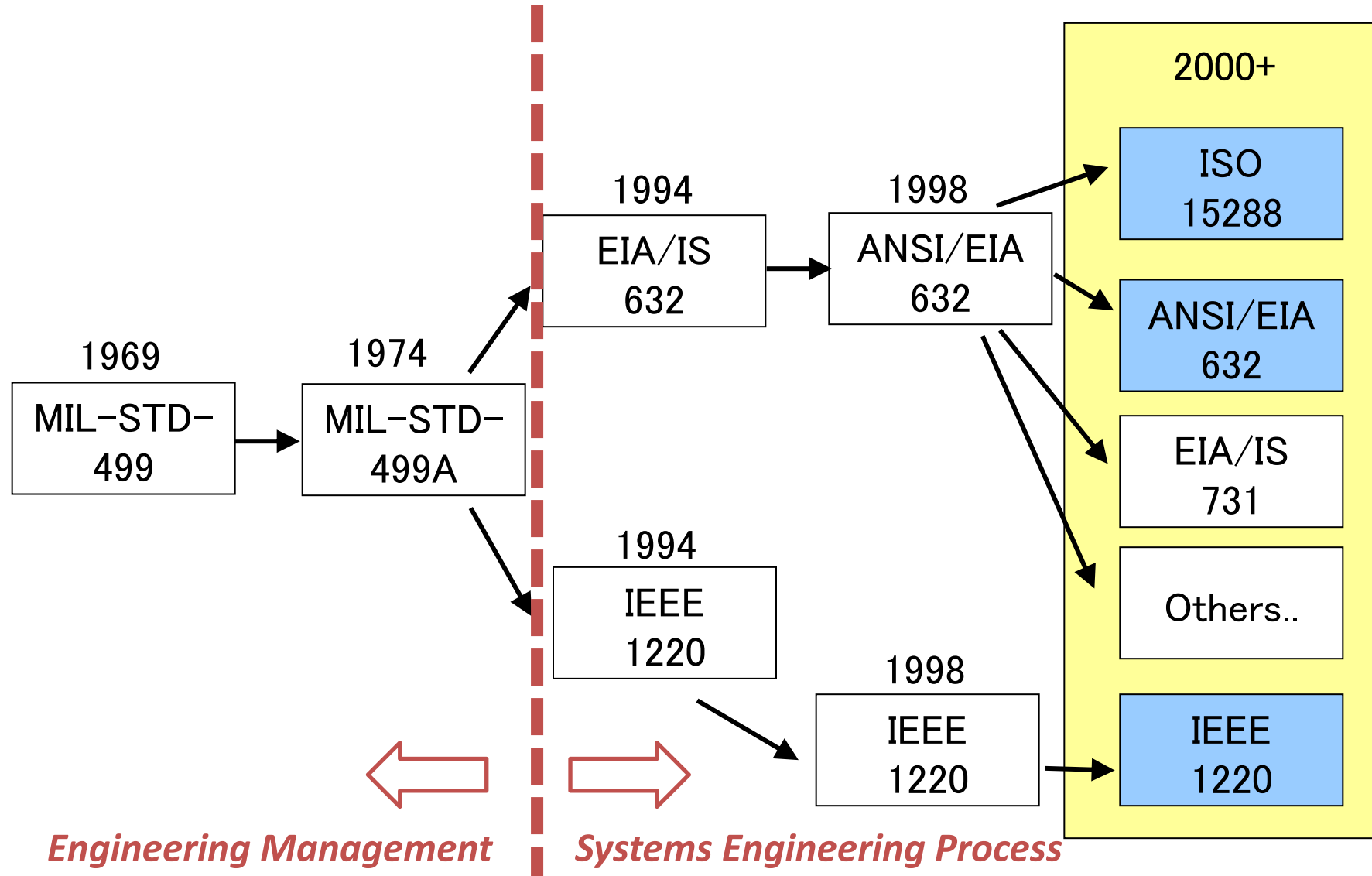
組織としてのプロジェクト
実現のためのプロセス群

ISO/IEC/IEEE International Standard. 2015.
*Systems and Software Engineering --
System Life Cycle Processes*. ISO/IEC/IEEE
15288 First Edition 2015-05-15.

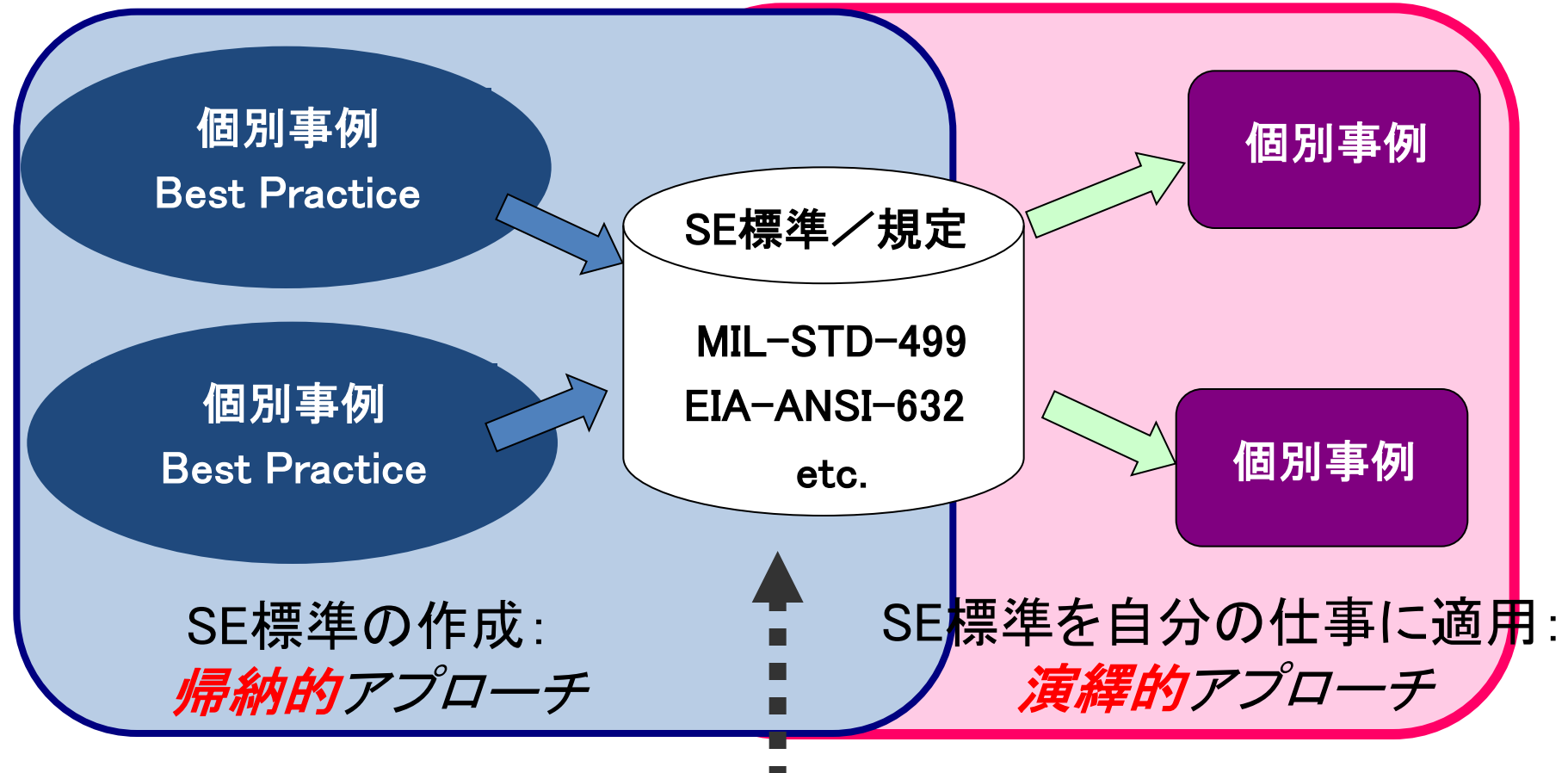
技術面をマネージする
ためのプロセス群

技術のための
プロセス群

システムズエンジニアリング標準の歴史



システムズエンジニアリング標準の成り立ち



個人・組織でのBest Practiceを蓄積・反映しながら発展
技術分野に依存しないノウハウ・ルールとして一般化

システムズエンジニアリングの国際的組織

- INCOSE (インコゼ)
The International Council on Systems Engineering
- INCOSEは、システムエンジニアのための専門的団体であり、その目的は、企業、大学そして政府機関において世界レベルのシステムエンジニアの定義、理解、実践力を養うことである。
- 米国の防衛分野、航空宇宙分野を中心に発足し、現在多分野に展開。とくに自動車、ヘルスケア分野。

INCOSEウェブサイト <<http://www.incose.org>>

システムズエンジニアリング

「システムの実現を成功させることができる**複数の専門分野にまたがるアプローチおよび手段**」

(INCOSE. 2015. “INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities Ver. 4.0.” John Wiley & Sons.)

システムズエンジニア コ

アーキテクチャをデザインし実現する役割 =

目的に合わせて機能をデザインし、
機能を実現する物理構成をデザインし、
構成要素間の関係性を明らかにする役割

+

アーキテクチャに基づき検証計画を立て、
検証とインテグレーションを指揮・実行する役割

システムの定義

「システムとは、**定義された目的を成し遂げるための、相互に作用する要素(element)を組み合わせたものである。**これには**ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、人、情報、技術、設備、サービスおよび他の支援要素を含む**」

(INCOSE[※]. 2015. “INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities Ver. 4.0.” John Wiley & Sons.)

「システムとは、**与えられた目的を達成するための最終成果物(End Product)と補助的成果物(Enabling Product)の集合体である**」

(ANSI/EIA. 2003. Processes for Engineering a System. Philadelphia, PA, USA: American National Standards Institute (ANSI)/Electronic Industries Association (EIA). ANSI/EIA 632-2003.)

システムアーキテクチャの定義

目的を最大化するような**機能と特性の配置**

(Jack Ring "Discovering the Architecture of Product X", INCOSE Symposium, 2001)

システムの**構成要素とそれらの関係性の抽象的記述**

(Crawley, Edward, Olivier de Weck, Steven Eppinger, Christopher Magee, Joel Moses, Warren Seering, Joel Schindall, David Wallace, and Daniel Whitney. 2004. "The Influence of Architecture in Engineering Systems." Engineering Systems Monograph 2006.)

構成要素の設計や進化を左右するような、構成要素の**構造**、構成要素間の**関係**、そして**原理**や**指針**

(ISO/IEC/IEEE 24765 Systems and software engineering - Vocabulary, 2010)

システムと**外界との関係**及びシステムを構成する**要素とその構成要素間** **の関係**

(白坂成功, 慶應義塾大学大学院SDM研究科「システムデザイン・マネジメント序論」講義資料, 2013)

「機能の視点」と「実現手段(物理)の視点」 を分けて考える

- より**目的指向**に検討する
- より**全体俯瞰**しながら検討する
- より**自由度の高い検討**を可能にする

ところで、これはなんでしょう？





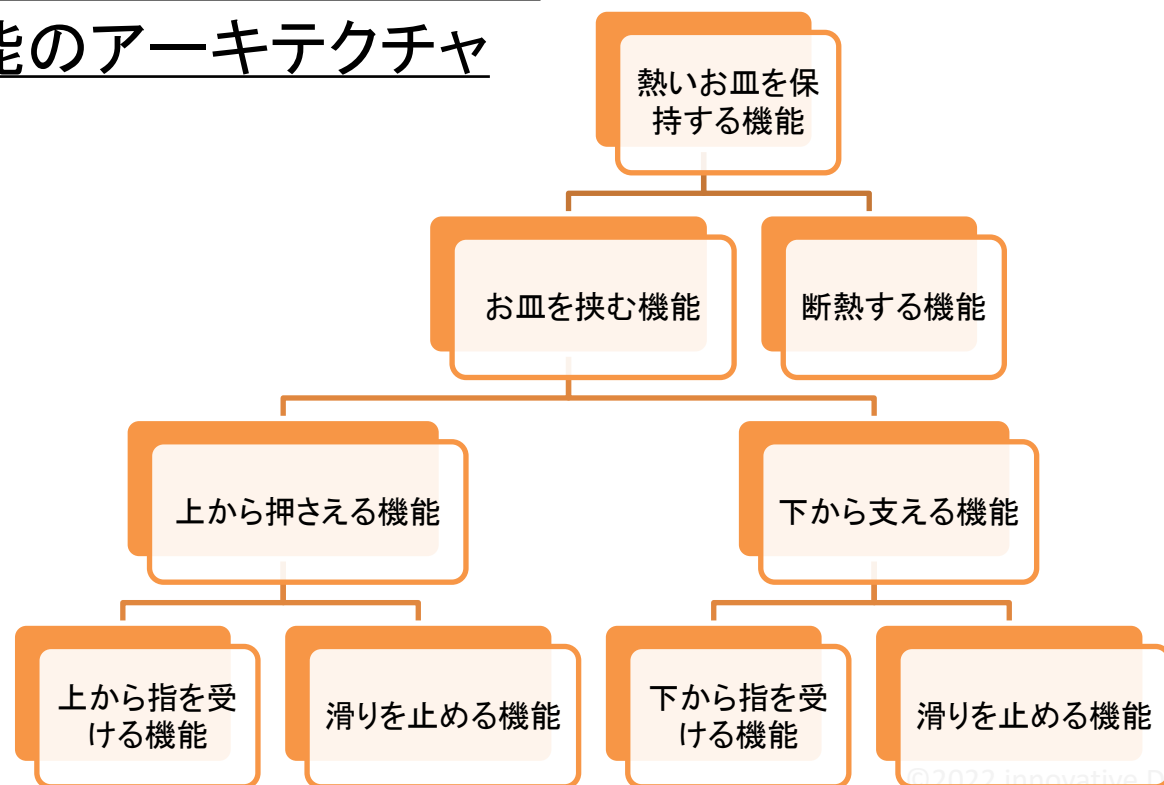
どのような機能から構成されていて

機能の視点 (ふるまいの視点)

どのように実現されているか

物理の視点 (実現手段の視点)

「パクパク皿キャッチ」の
機能のアーキテクチャ



「パクパク皿キャッチ」の
物理のアーキテクチャ

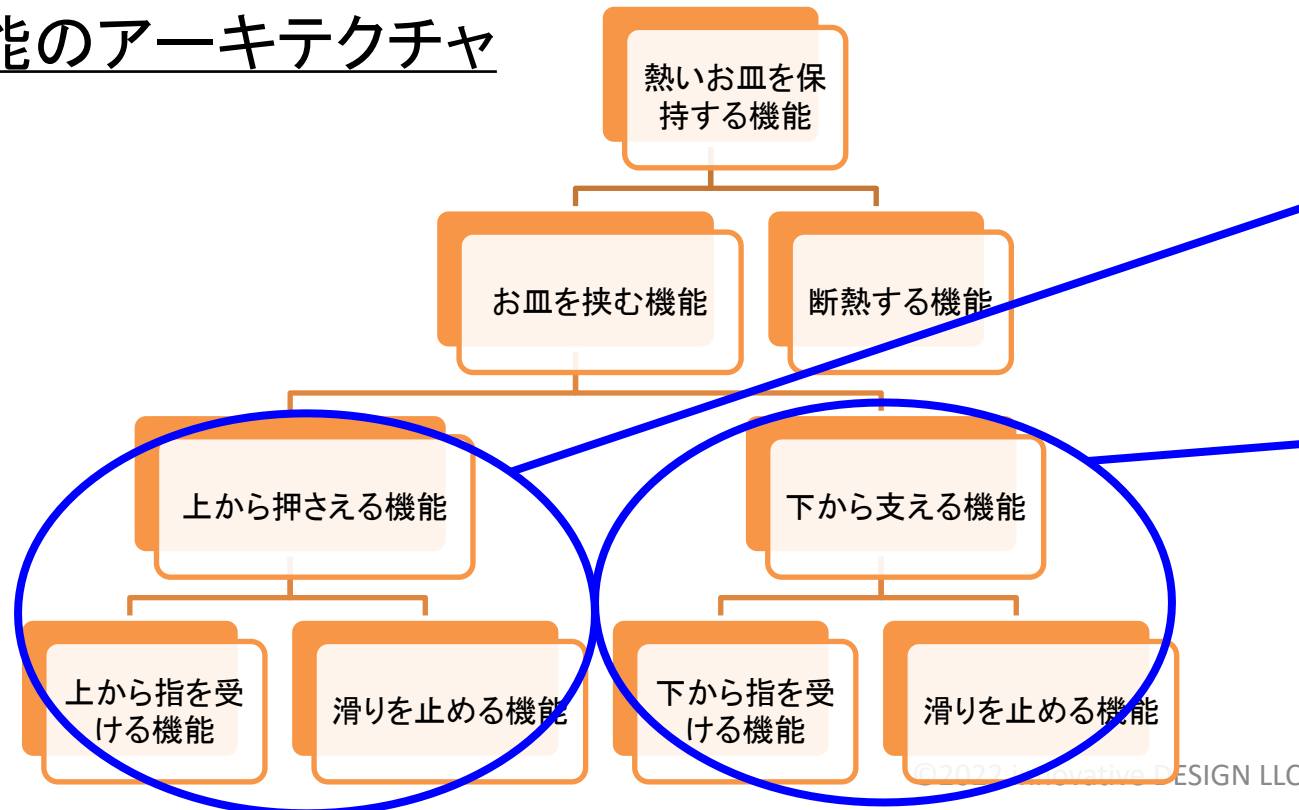
どのような機能から構成されていて

機能の視点 (ふるまいの視点)

どのように実現されているか

物理の視点 (実現手段の視点)

「パクパク皿キャッチ」の
機能のアーキテクチャ



「パクパク皿キャッチ」の
物理のアーキテクチャ

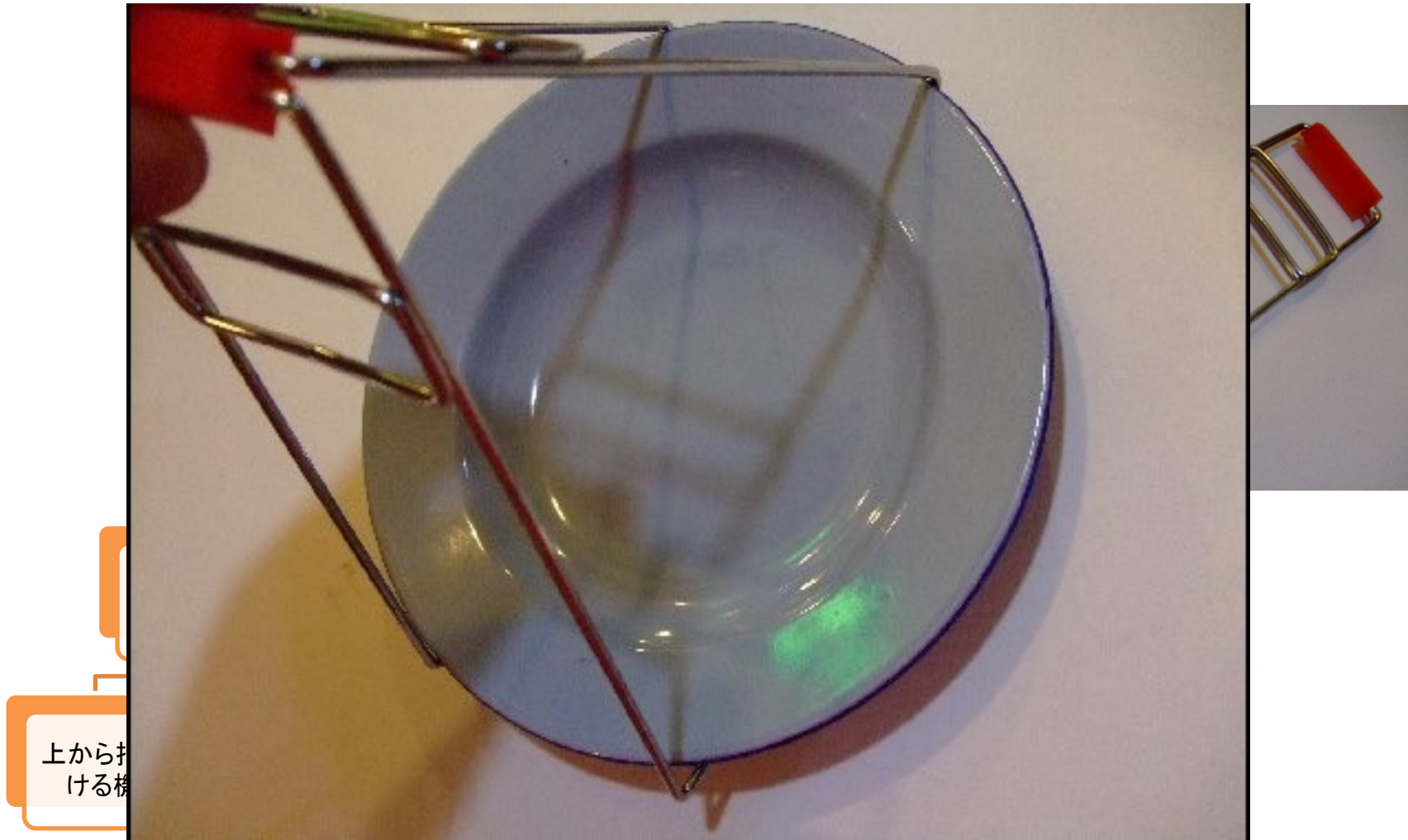
同じ機能を違う物理で実現する



同じ機能を違う物理で実現する



同じ機能を違う物理で実現する



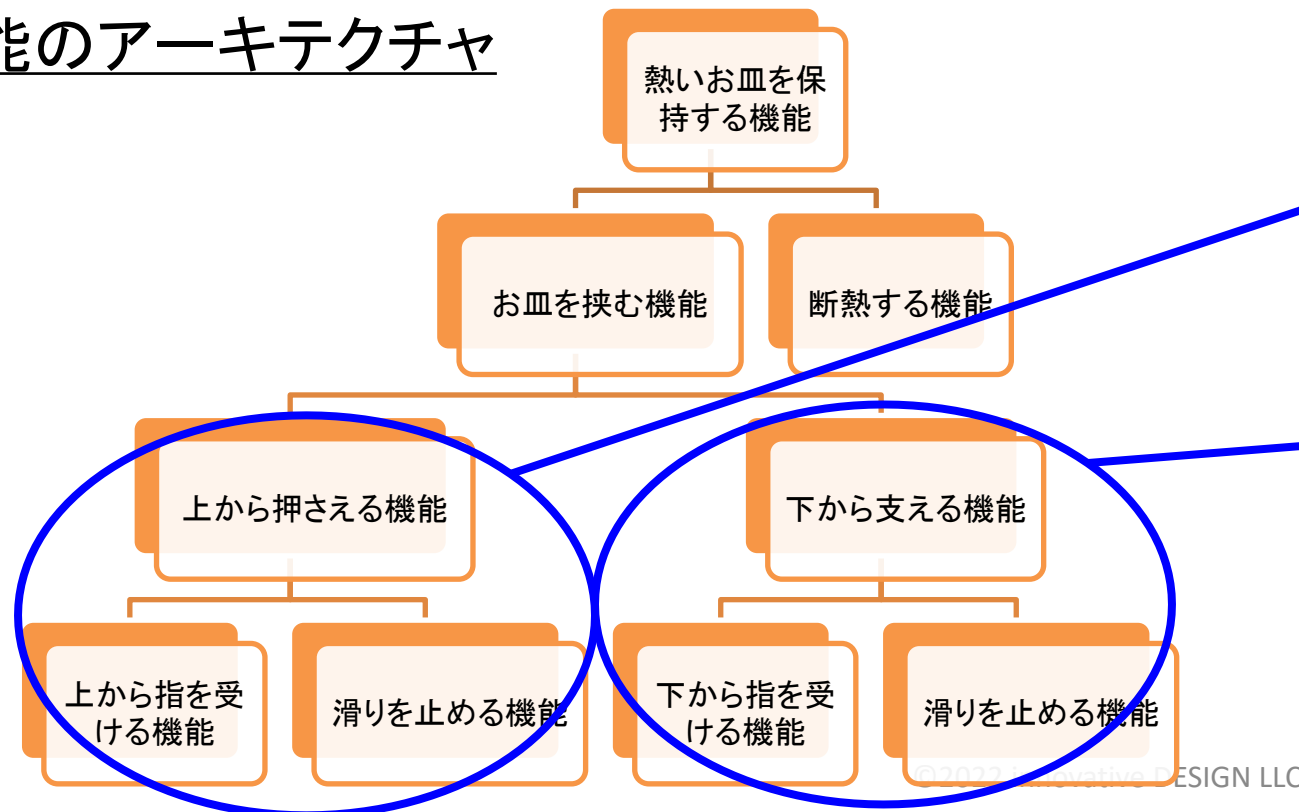
どのような機能から構成されていて

機能の視点 (ふるまいの視点)

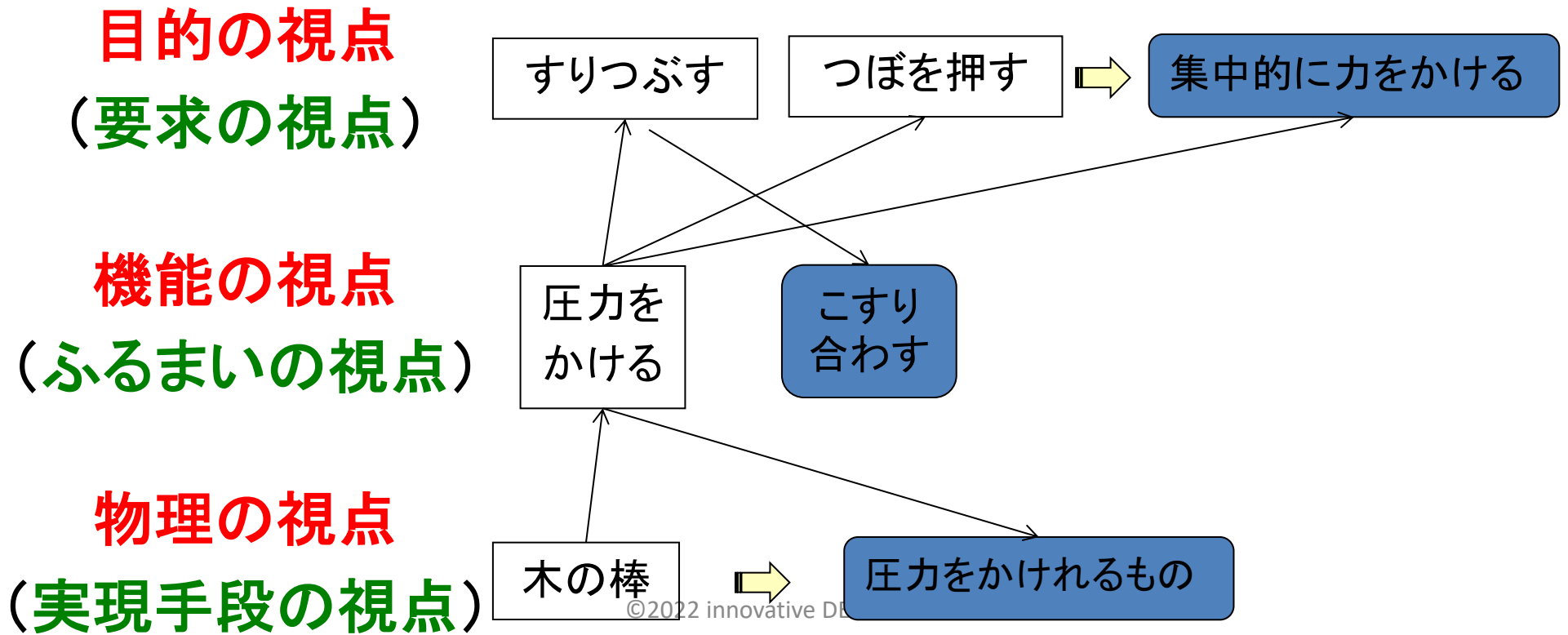
どのように実現されているか

物理の視点 (実現手段の視点)

「パクパク皿キャッチ」の
機能のアーキテクチャ

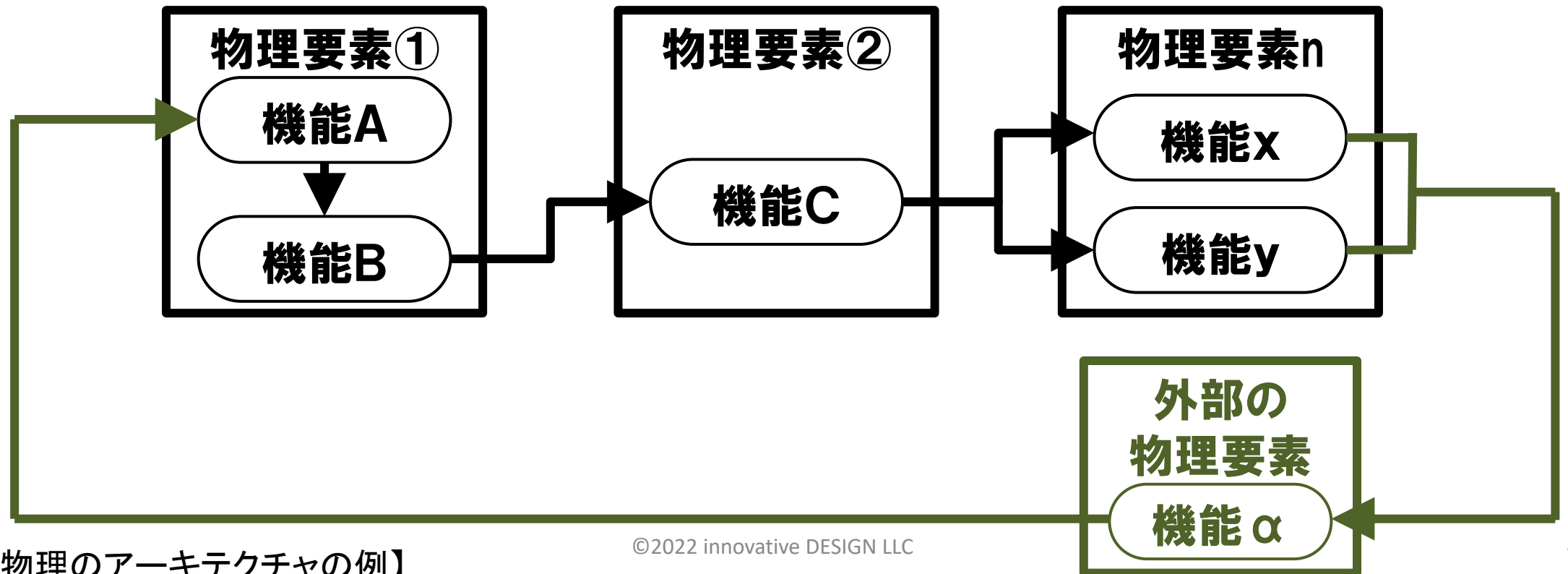


「パクパク皿キャッチ」の
物理のアーキテクチャ



機能と実現手段(物理)を分けて設計する

【目的:○○○○○○】



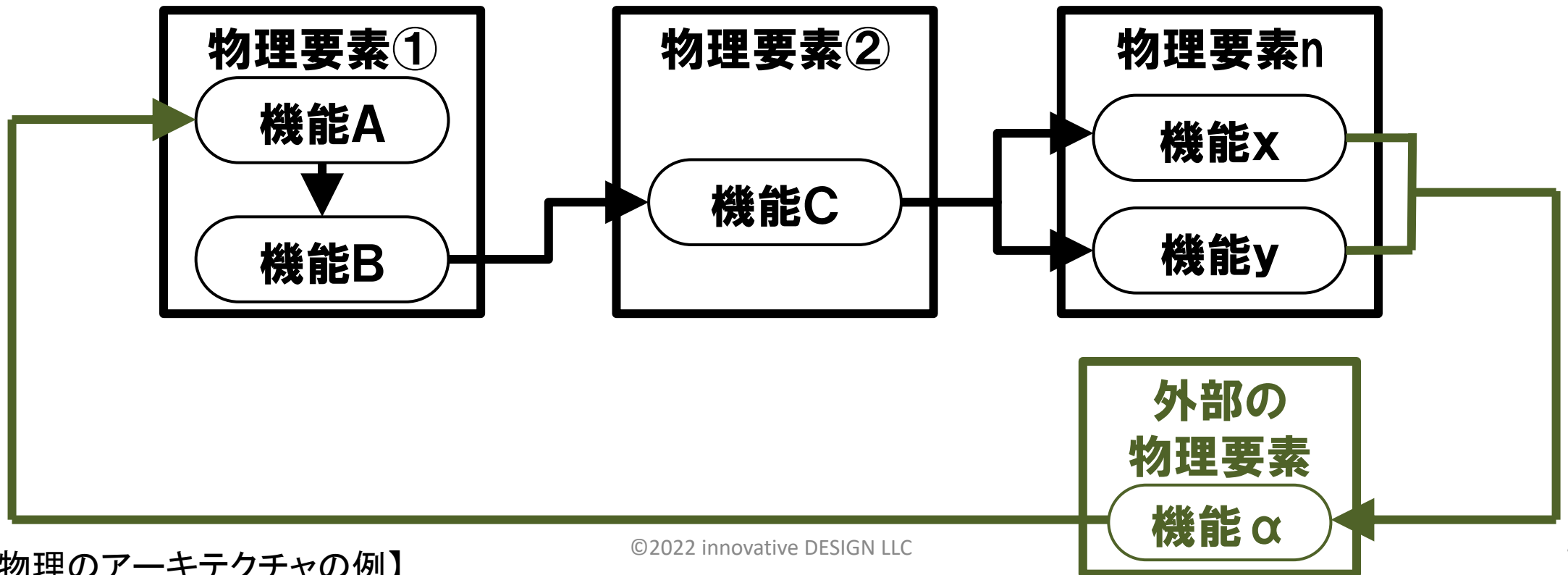
【機能と物理のアーキテクチャの例】

システムアーキテクチャ設計

システム・アーキテクチャ: システムと**外界との関係**及びシステムを構成する**要素**とその**構成要素間の関係**

(慶應義塾大学大学院SDM研究科「システムデザイン・マネジメント序論」講義資料, 2013)

【目的: ○○○○○○】



【機能と物理のアーキテクチャの例】

システムアーキテクチャの例



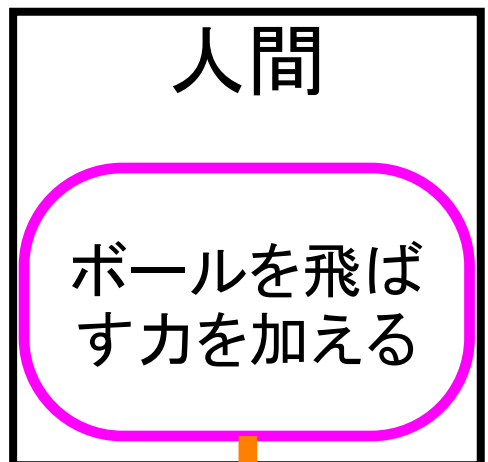
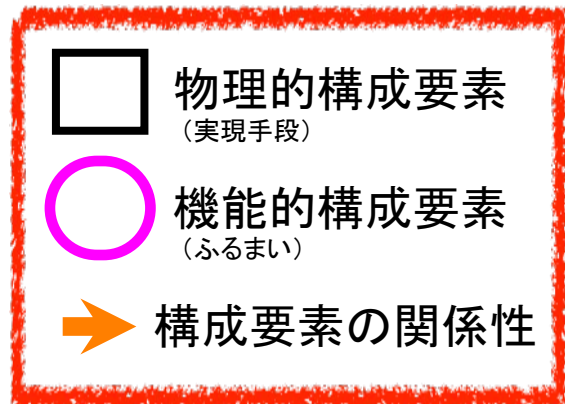
人間とボールという要素が、直接相互作用するアーキテクチャ。



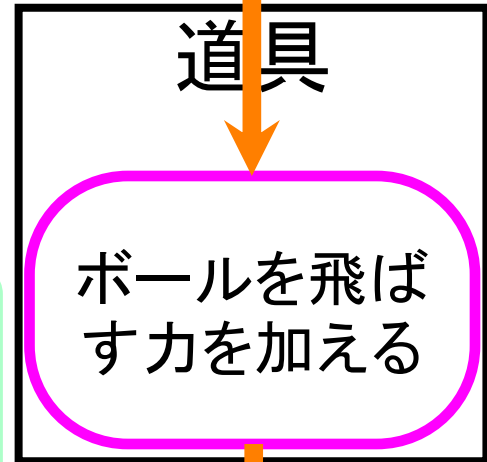
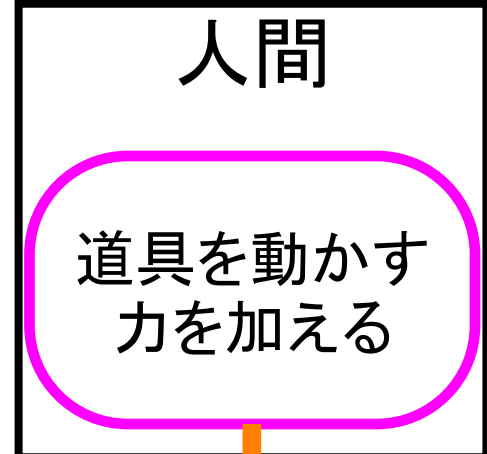
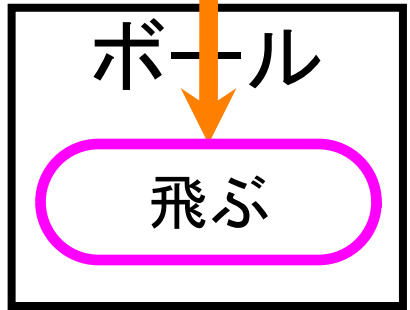
人間とボールという要素が、道具を介して相互作用するアーキテクチャ。



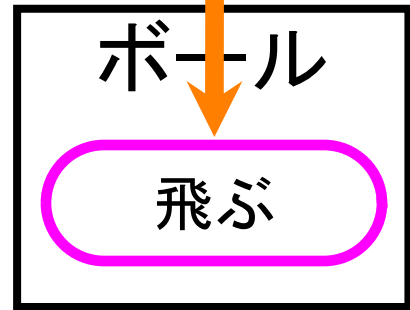
システムアーキテクチャの例



人間がボールを飛ばす力を加える。
ボールが飛ぶ。

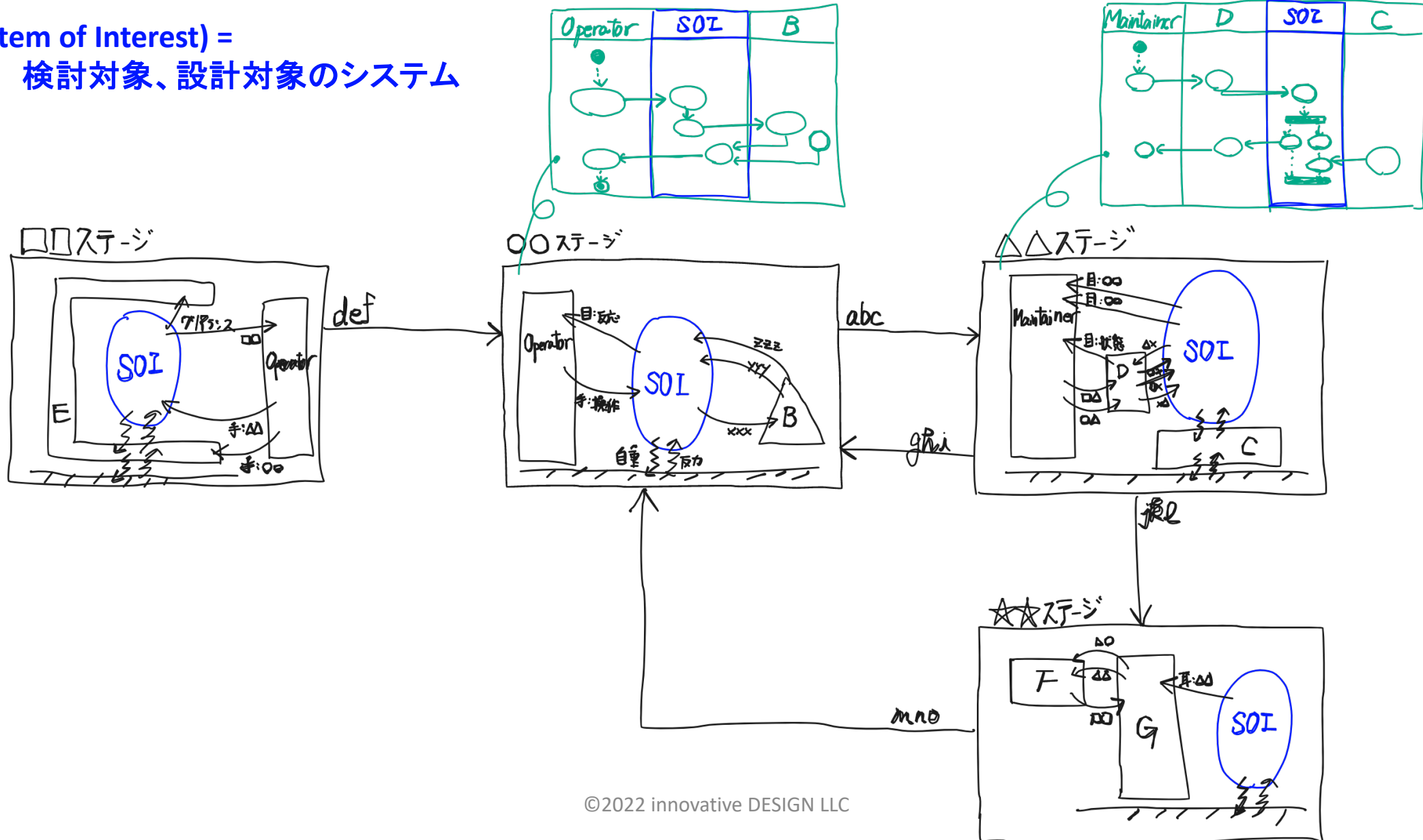


人間が道具を動かす力を加える。
道具がボールを飛ばす力を加える。
ボールが飛ぶ。



システムの外側に注目する

SOI (System of Interest) =
検討対象、設計対象のシステム



システムズエンジニアリング

「システムの実現を成功させることができる**複数の専門分野にまたがるアプローチおよび手段**」

(INCOSE. 2015. “INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities Ver. 4.0.” John Wiley & Sons.)

システムズエンジニア コ

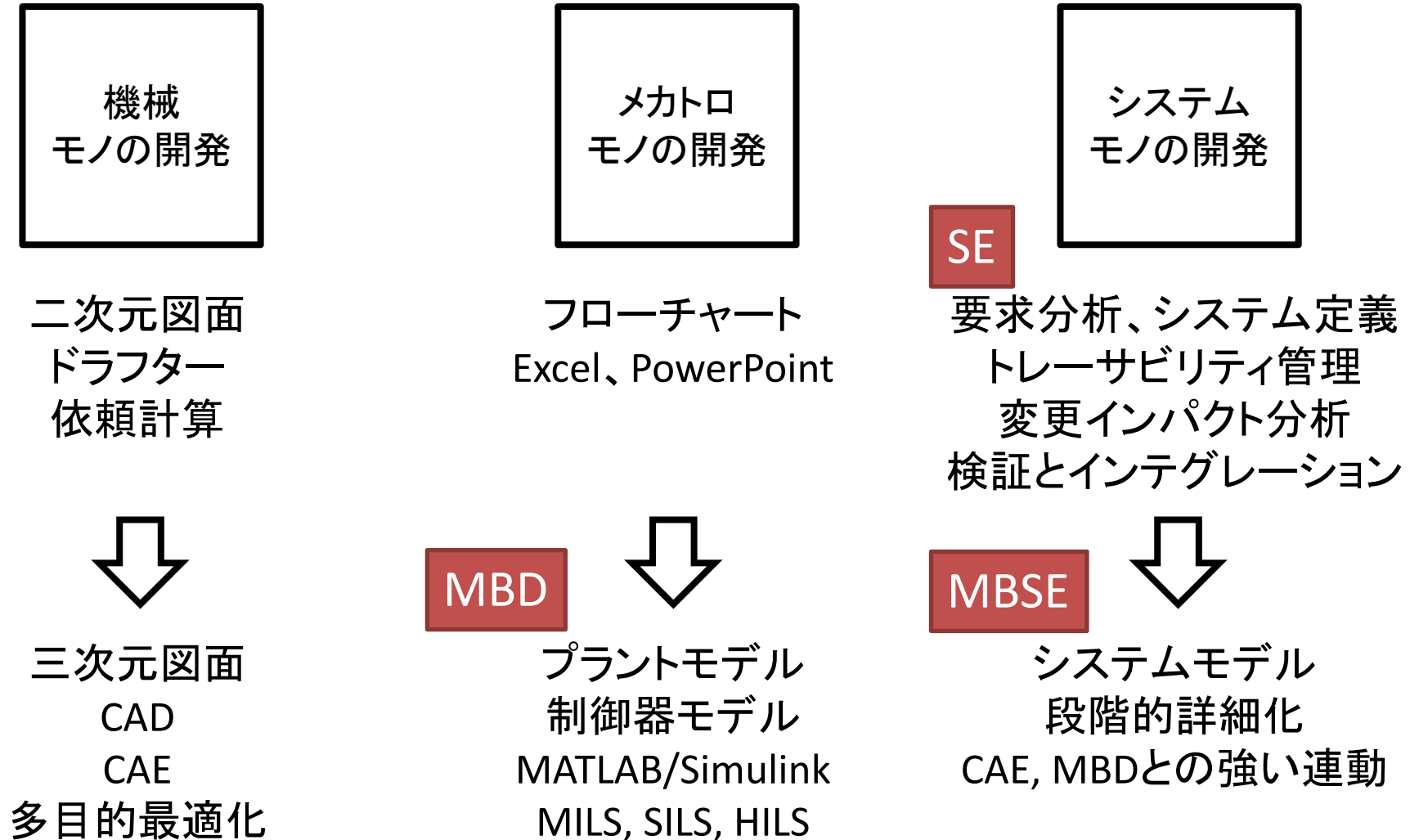
アーキテクチャをデザインし実現する役割 =

目的に合わせて機能をデザインし、
機能を実現する物理構成をデザインし、
構成要素間の関係性を明らかにする役割

+

アーキテクチャに基づき検証計画を立て、
検証とインテグレーションを指揮・実行する役割

Model-Basedシステムズエンジニアリング



システムズエンジニアリング、MBSEの モチベーション構造

Better productのために
Better engineeringを実現したい!

- ・トレーサビリティをしっかり確保
- ・変更インパクトを即座に把握
- ・効果的かつ確実な検証
- ・効率的な開発プロセス
など

そのために

Systems Engineering

システムズエンジニアリングのアプローチを
効果的、効率的にとりたい (More efficient and more effective SE)

そのために

Model-based Systems Engineering

モデルベースで行うシステムズエンジニアリングを
国際的に認められた共通言語で行いたい (With “common” language)

そのために

SysMLによるMBSE

決してSysMLやMBSEがモチベーションの源泉や目的にはならない

よくある誤解

よくある誤解①

- 「MBSEは制御屋を中心とした仕事の話である。」
- 「MBSEは1D-CAE屋、解析屋が興味を持つ話である。」

よくある誤解①

- 「MBSEは制御屋を中心とした仕事の話である。」
- 「MBSEは1D-CAE屋、解析屋が興味を持つ話である。」

技術領域を横断し、開発全体を俯瞰したシステム屋の話である。
技術リーダーやプロジェクトマネージャーと呼ばれる役割の人たちと同じ視座である。場合によっては同一の人物である。

システム屋は開発の狙いや目標に向かって対象システムの全容を明らかにし、複数の技術領域、部署などに指示を出し開発全体を成功に向けて牽引する役割を担っている。

システムズエンジニアリング＝システム屋が複数の技術領域を統率し効果的に大規模・複雑システムの開発を進めるエンジニアリングの考え方
MBSE＝システム屋の仕事の一部(または全部)を電算機に支援させるエンジニアリングのやり方

よくある誤解②

- 「モデル＝実体や物理現象を近似したものである。」
- 「モデル＝数値解析、数値演算を行うものである。」

よくある誤解②

- 「モデル＝実体や物理現象を近似したものである。」
- 「モデル＝数値解析、数値演算を行うものである。」

システムの目的、前提、全体設計、プロジェクト推進に関する情報、などが構造化されたものもモデルである。

いわば“情報モデル”、“情報の構造体”。

情報工学の世界観であり、Googleのイメージ。

システム屋は開発推進において情報モデル、近似モデル、数値解析モデルなどを適切に組み合わせたり使い分けたりする。

“情報の構造体”はシステム屋がシステムの全体像について明らかにする過程で徐々に構築され、複数の技術領域、部署などに指示を出し開発全体を牽引する中で更新、活用される。

この様なモデルがMBSEにおいて「システムモデル」と呼ばれている。

よくある誤解③

- 「システムモデルとはシステムに関する情報を図解したものである。」
- 「システムモデルとはSysMLという記号集を使って描いたものである。」

よくある誤解③(1/2)

- 「システムモデルとはシステムに関する情報を図解したものである。」
- 「システムモデルとはSysMLという記号集を使って描いたものである。」

MBSEにおけるシステムモデルとはセマンティック技術を応用した情報の構造体である。

情報工学のセマンティック技術とは

「情報の意味を電算機にとって理解できる形で構造化し、電算機に情報収集などの処理を行わせる技術」
である。

SysMLとは

セマンティックな情報構造体を構築することが出来るシステム記述言語
である。

よくある誤解③ (2/2)

- 「システムモデルとはシステムに関する情報を図解したものである。」
- 「システムモデルとはSysMLという記号集を使って描いたものである。」

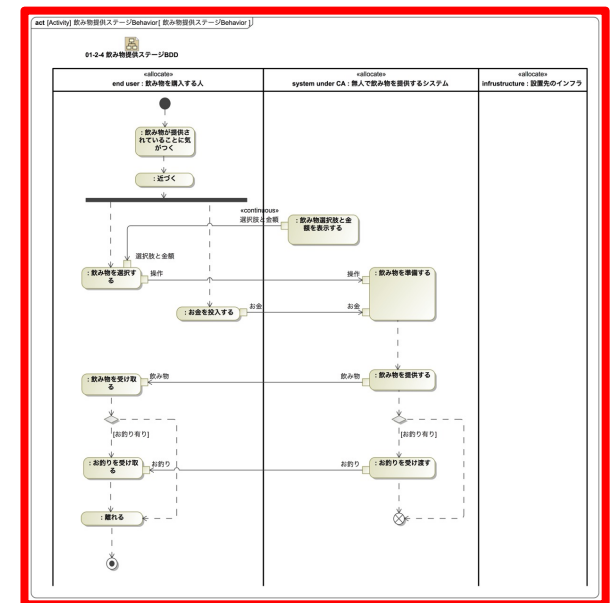
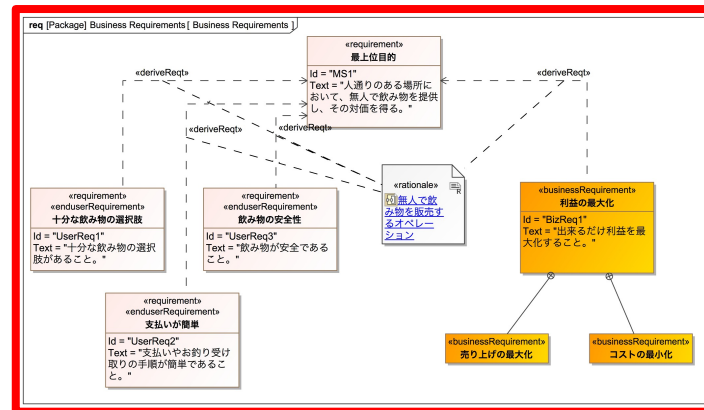
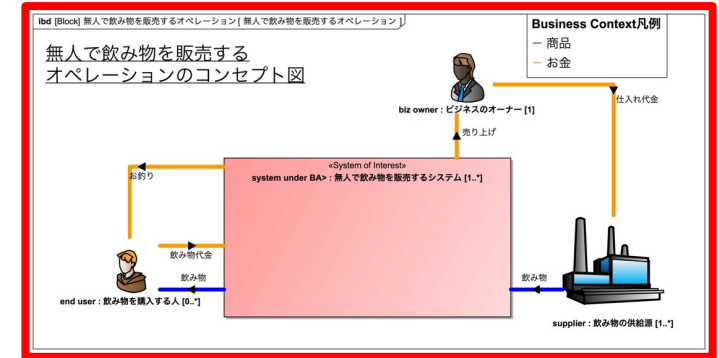
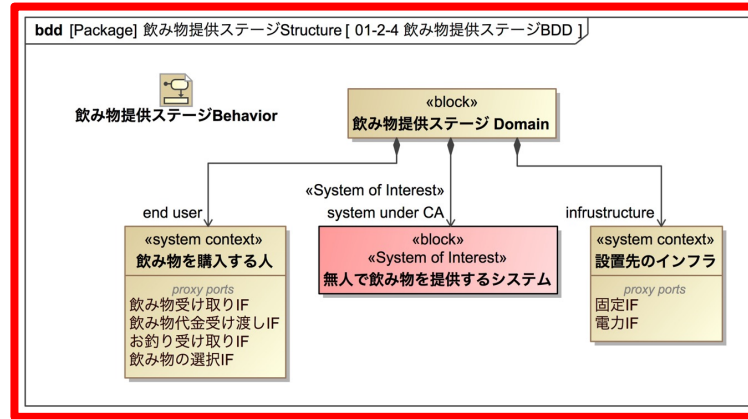
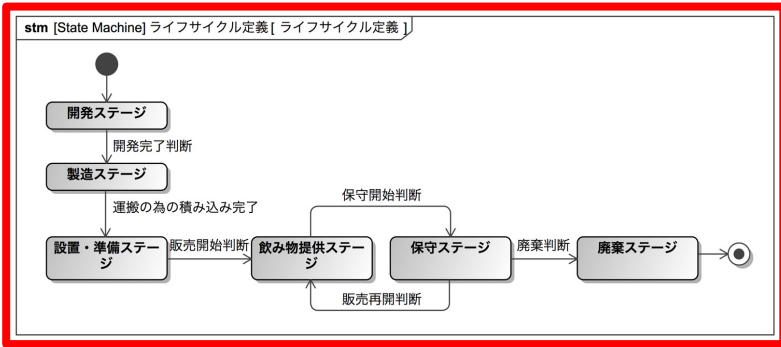
セマンティック技術を用いることで、複雑な情報要素の関係性を記述し、より高度に意味の関係性を追って任意の情報を抽出したり、表す事が出来る。

システムズエンジニアリングにおいてはセマンティック技術の応用により、設計の因果関係、構成の階層的関係、検証の条件、などこれまでシステム屋が苦勞していた情報の管理や提示が効率化、高度化出来るようになった。

セマンティック技術を応用したシステムモデル(“情報の構造体”) = システム屋が複数の技術領域を統率し大規模・複雑システムの開発を進めることを効率化・高度化することを目的とした、システムに関する情報とその意味が構造化されたもの

システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

おそらく多くの皆様が持たれているであろうシステムモデルのイメージ



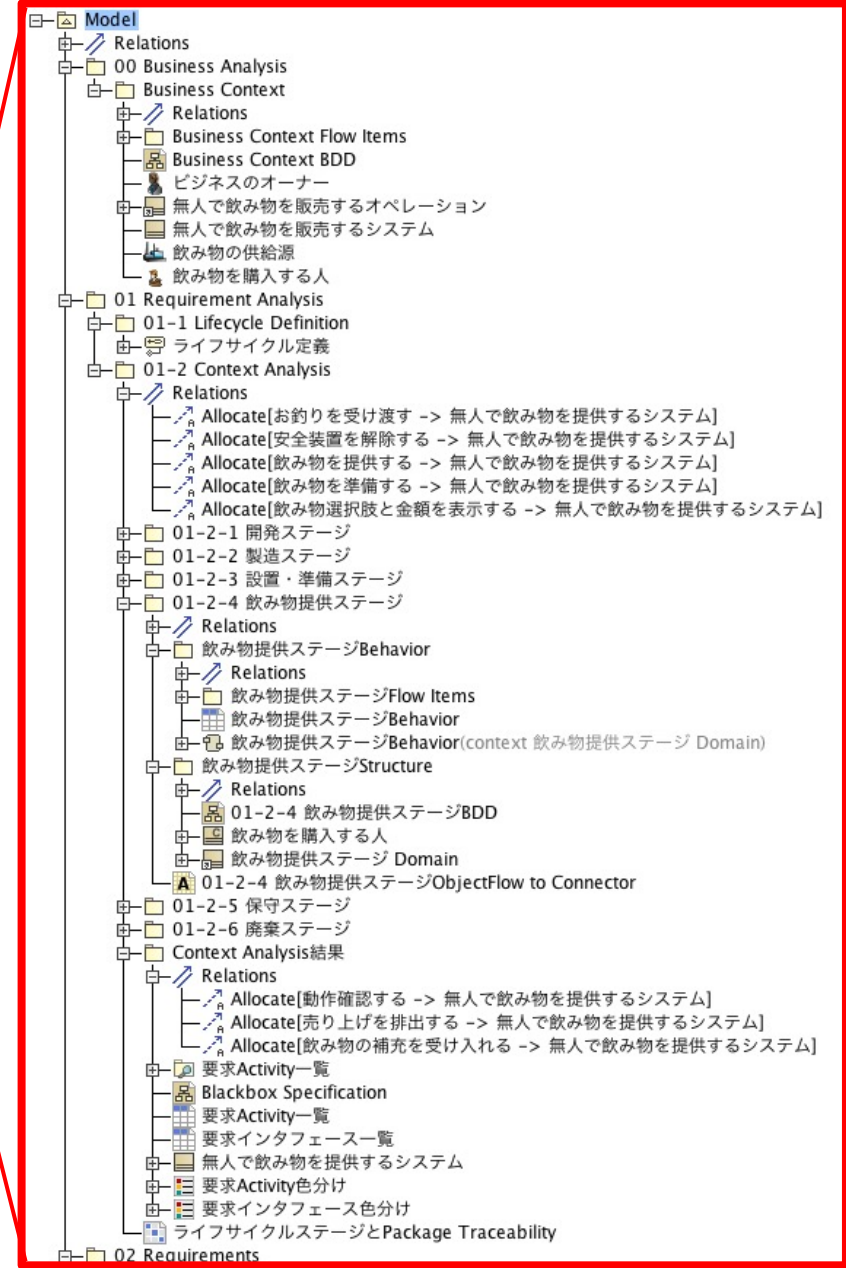
システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

私がお勧めしたいシステムモデルのイメージ



システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

私がお勧めしたいシステムモデルのイメージ
(情報要素のツリー図)



システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

私がお勧めしたいシステムモデルのイメージ

(情報要素のXML※データ)

※eXtensible Markup Language



```
</ownedDiagram>
</modelExtension>
</xmi:Extension>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126221463_621934_20337' name='近づく' />
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126261038_210011_20357' name='離れる' />
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503127092893_806824_20619' name='お釣りを受け取る' />
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503127159674_588185_20692' name='parameter' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503127159707_119463_20703' name='parameter' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503125147397_960689_20104' name='お金を投入する' />
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503125459305_523610_20131' name='result' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503125459314_946234_20132' name='result' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126309717_273510_20392' name='飲み物選択肢と金額を表示する' />
<ownedComment xmi:type='uml:Comment' xmi:id='_19_beta_de60338_1503553581205_702627_13987' body='飲み物を買う人に選択肢を提示する' />
<annotatedElement xmi:idref='_19_beta_de60338_1503126309717_273510_20392' />
</ownedComment>
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126381796_362411_20411' name='result' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126381804_732241_20412' name='result' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126875645_468514_20464' name='お釣りを受け渡す' />
<ownedComment xmi:type='uml:Comment' xmi:id='_19_beta_de60338_1503553327160_190634_13984' body='余剰のお金を飲み物を買う人に渡す' />
<annotatedElement xmi:idref='_19_beta_de60338_1503126875645_468514_20464' />
</ownedComment>
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503127026411_848011_20572' name='result' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503127026419_764186_20573' name='お釣り' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126182545_892279_20317' name='飲み物が提供されていること' />
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503124896343_152287_20016' name='飲み物を準備する' />
<ownedComment xmi:type='uml:Comment' xmi:id='_19_beta_de60338_1503553556918_66253_13986' body='飲み物を提供するために' />
<annotatedElement xmi:idref='_19_beta_de60338_1503124896343_152287_20016' />
</ownedComment>
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503124954237_31014_20057' name='parameter' visibility='visible' />
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503125463543_562797_20141' name='parameter' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503124954290_628821_20068' name='parameter' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503125463582_841101_20152' name='parameter1' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126145542_897356_20282' name='飲み物を受け取る' />
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126145548_796607_20286' name='parameter' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126145598_509458_20297' name='parameter' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126122112_782842_20256' name='飲み物を提供する' />
<ownedComment xmi:type='uml:Comment' xmi:id='_19_beta_de60338_1503553347856_605136_13985' body='飲み物を買う人のために' />
<annotatedElement xmi:idref='_19_beta_de60338_1503126122112_782842_20256' />
</ownedComment>
</ownedBehavior>
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126139266_94317_20274' name='result' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126139278_753988_20275' name='飲み物' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<ownedBehavior xmi:type='uml:Activity' xmi:id='_19_beta_de60338_1503124545497_981898_19997' name='飲み物を選択する' />
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503124927193_774719_20047' name='result' visibility='visible' />
<ownedParameter xmi:type='uml:Parameter' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126388143_495518_20421' name='parameter' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503124927203_294776_20048' name='result' visibility='visible' />
<node xmi:type='uml:ActivityParameterNode' xmi:id='_19_beta_de60338_1503126388182_65541_20432' name='parameter' visibility='visible' />
</ownedBehavior>
<nestedClassifier xmi:type='uml:Class' xmi:id='_19_beta_de60338_1503575791179_621572_35983' name='システムの相互作用' />
<ownedRule xmi:type='uml:Constraint' xmi:id='_19_beta_de60338_1503575798541_437972_35998' name='お金' />
<constrainedElement href='http://www.omg.org/spec/UML/20131001/UML.xmi#Element' />
<xmi:Extension extender='MagicDraw UML 19.0' />
<referenceExtension referentPath='UML Standard Profile::UML2 Metamodel::Element' referentType='Class' />
</xmi:Extension>
</constrainedElement>
<specification xmi:type='uml:OpaqueExpression' xmi:id='_19_beta_de60338_1503575798541_806662_35999' />
```

システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

私がお勧めしたいシステムモデルのイメージ



システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

- セマンティック技術:

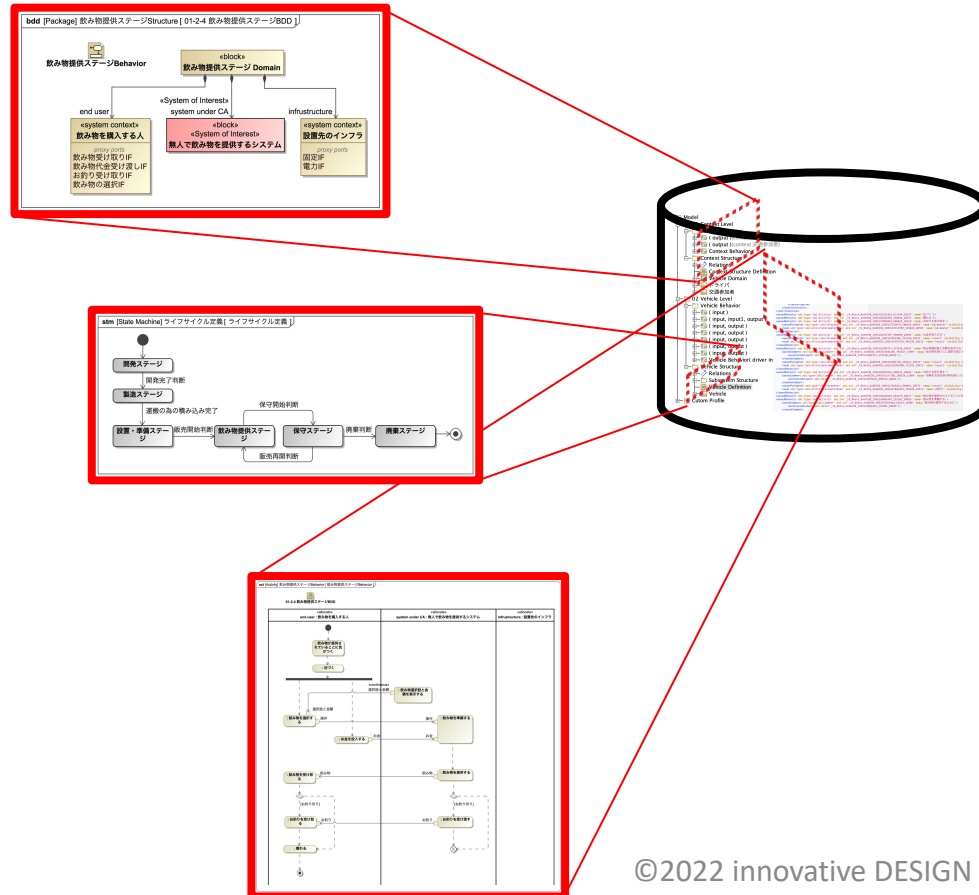
情報の意味を電算機にとって理解できる形で構造化し、電算機に情報収集などの処理を行わせる技術。



システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

- セマンティック技術:

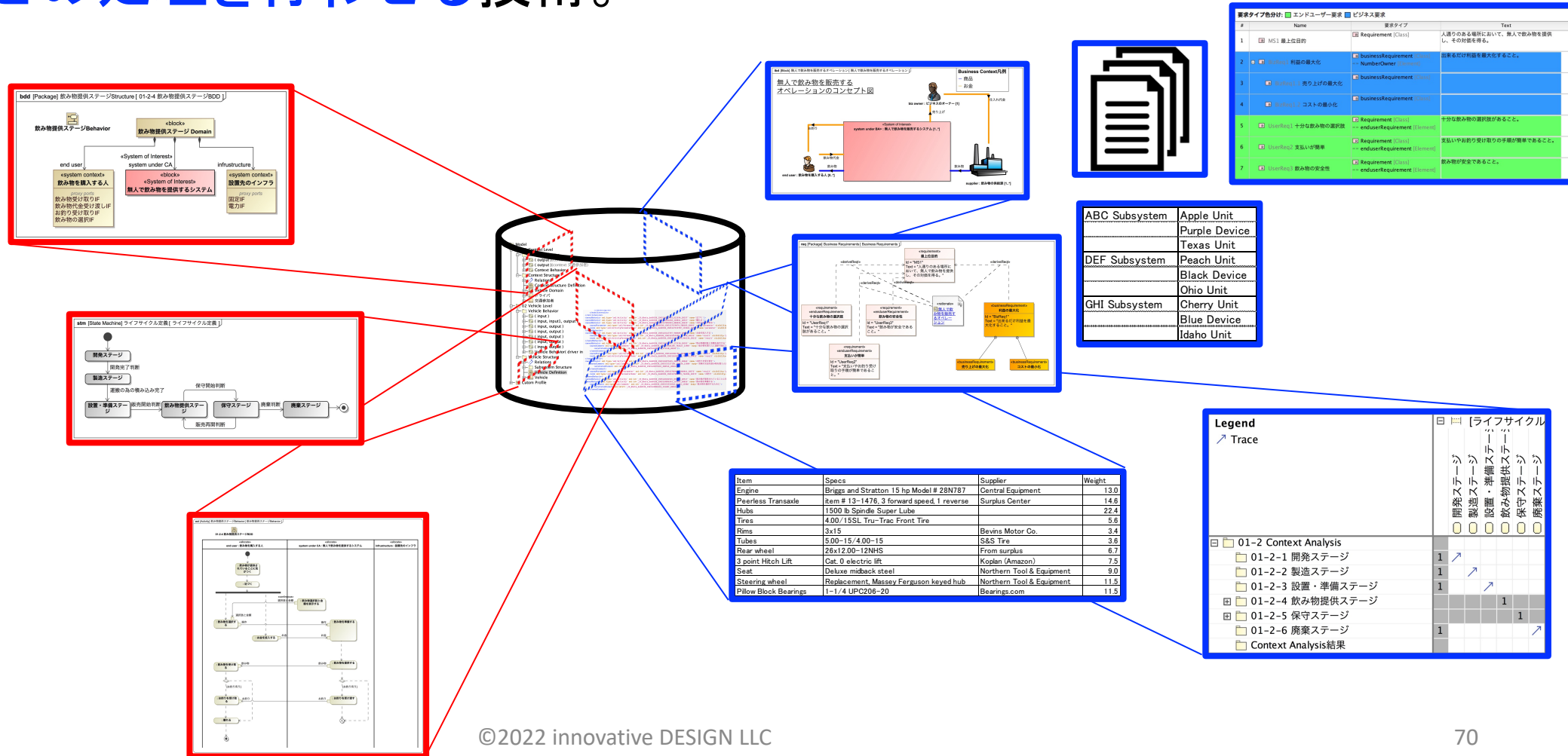
情報の意味を電算機にとって理解できる形で構造化し、電算機に情報収集などの処理を行わせる技術。



システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

- セマンティック技術:

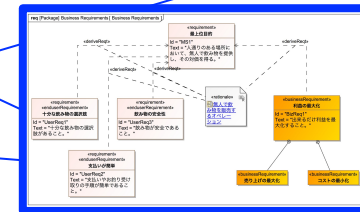
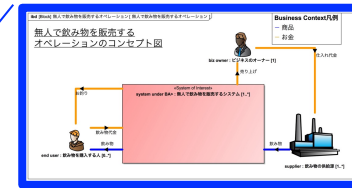
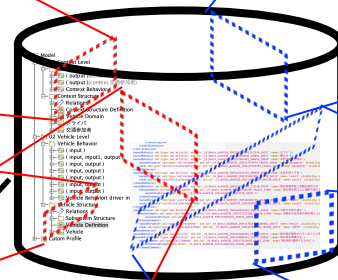
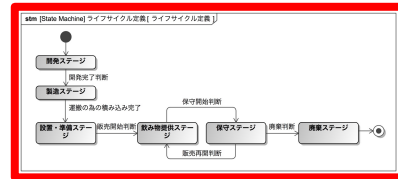
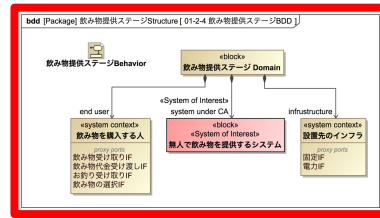
情報の意味を電算機にとって理解できる形で構造化し、電算機に情報収集などの処理を行わせる技術。



システムモデル＝“情報の構造体”のイメージ

- セマンティック技術:

情報の意味を電算機にとって理解できる形で構造化し、電算機に情報収集などの処理を行わせる技術。



#	Name	Requirement (Class)	Text
1	MS] 最上位目的	Requirement (Class)	人通りのある場所において、無人で飲み物を提供し、その対象を得る。
2	MS] 利益の最大化	BusinessRequirement (Class) NumberOwner	出来るだけ利益を最大化すること。
3	MS] 売上の向上/上げの最大化	BusinessRequirement (Class)	
4	MS] 仕入れコストの最小化	BusinessRequirement (Class)	
5	MS] 十分な飲み物の提供	Requirement (Class) endUserRequirement (Class)	十分な数の飲み物提供があること。
6	MS] 支払いの簡便	Requirement (Class) endUserRequirement (Class)	支払いやお釣り受け取りの手続きが簡単であること。
7	MS] 飲み物の安全性	Requirement (Class) endUserRequirement (Class)	飲み物が安全であること。

ABC Subsystem	Apple Unit
	Purple Device
	Texas Unit
DEF Subsystem	Peach Unit
	Black Device
	Ohio Unit
GHI Subsystem	Cherry Unit
	Blue Device
	Idaho Unit

Item	Specs	Supplier	Weight
Engine	Briggs and Stratton 15 hp Model # 28N787	Central Equipment	13.0
Peerless Transaxle	item # 13-1476. 3 forward speed, 1 reverse	Surplus Center	14.6
Hubs	1500 lb Spindle Super Lube		22.4
Tires	400/155L Tru-Trac Front Tire		5.6
Rims	3x15	Bevins Motor Co.	3.4
Tubes	500-15/400-15	S&S Tire	3.6
Rear wheel	26x12.00-12NH5	From surplus	6.7
3 point Hitch Lift	Cat. 0 electric lift	Koplan (Amazon)	7.5
Seat	Deluxe midback steel	Northern Tool & Equipment	9.0
Steering wheel	Replacement Massey Ferguson keyed hub	Northern Tool & Equipment	11.5
Pillow Block Bearings	1-1/4 UPC206-20	Bearings.com	11.5

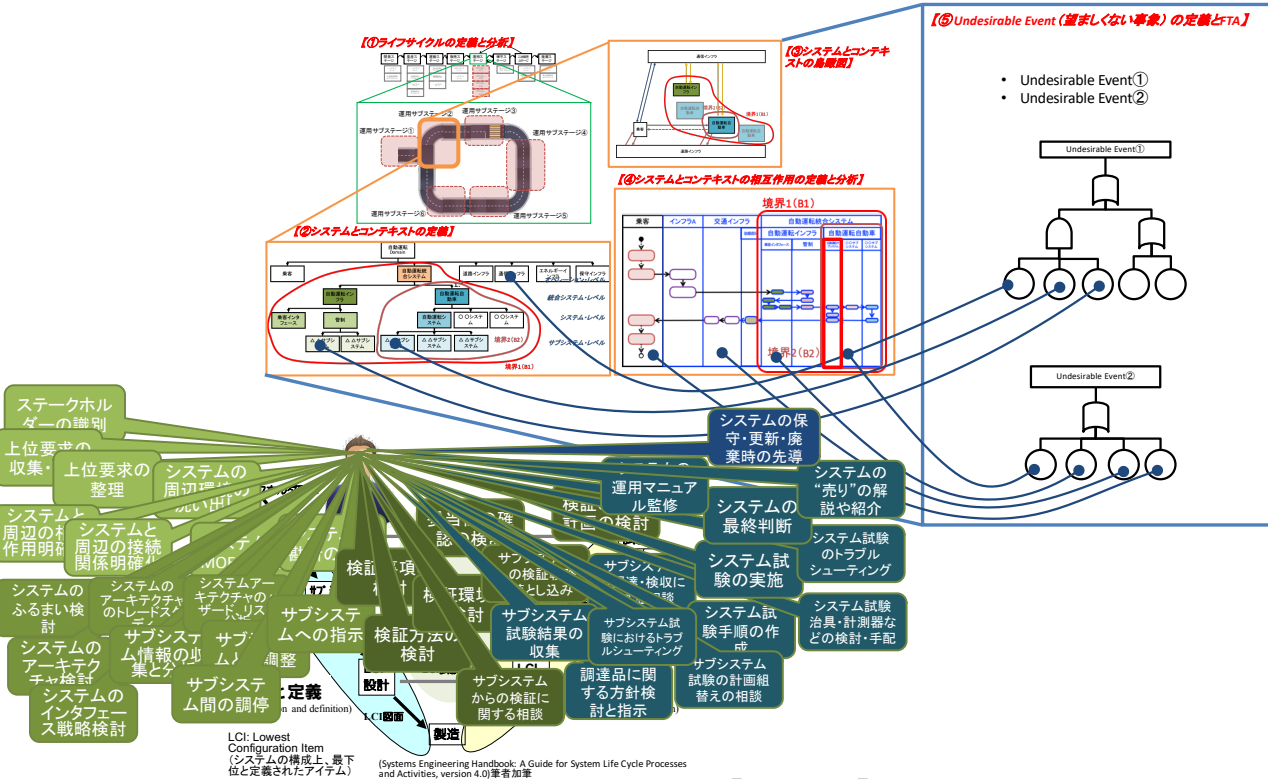
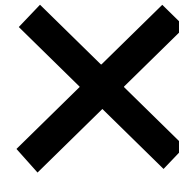
Legend	[ライフサイクル]
Trace	
	開発ステージ
	製造ステージ
	設置・準備ステージ
	飲み物提供ステージ
	保守ステージ
	廃棄ステージ
01-2 Context Analysis	
01-2-1 開発ステージ	1
01-2-2 製造ステージ	1
01-2-3 設置・準備ステージ	1
01-2-4 飲み物提供ステージ	
01-2-5 保守ステージ	
01-2-6 廃棄ステージ	
Context Analysis結果	

SysMLとはセマンティックな情報構造体を構築することが出来るシステム記述言語である。
図の書き方や記号の規定では無い。

システムズエンジニアの仕事

セマンティック技術

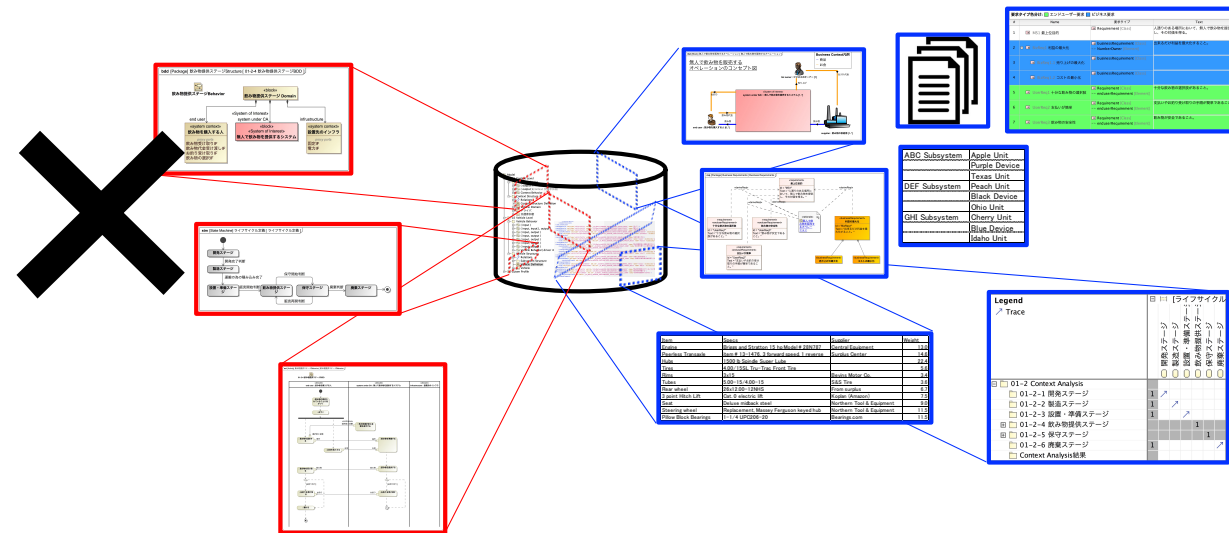
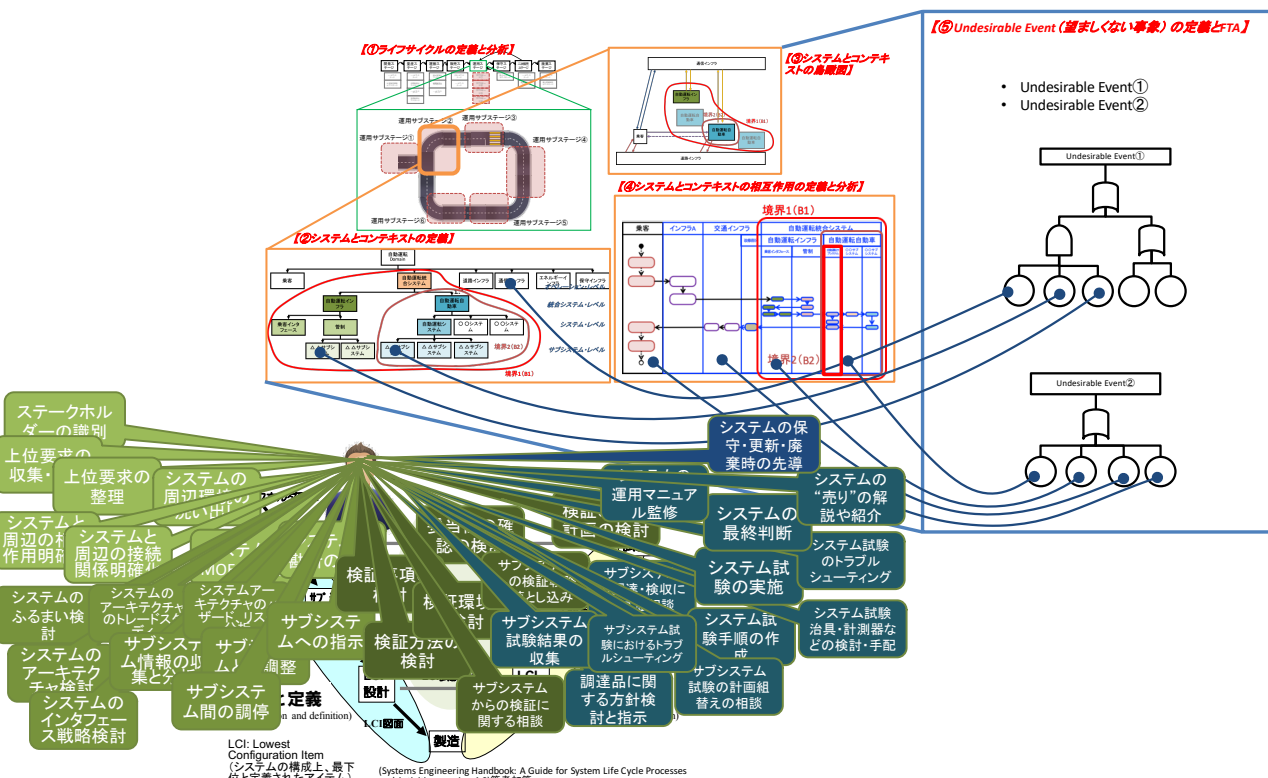
情報の意味を電算機にとって理解できる形で構造化し、電算機に情報収集などの処理を行わせる技術



より効率的なシステムズエンジニアリング
より高度なシステムズエンジニアリング
これが“Model-BasedにSEする”ということである

システムズエンジニアの仕事

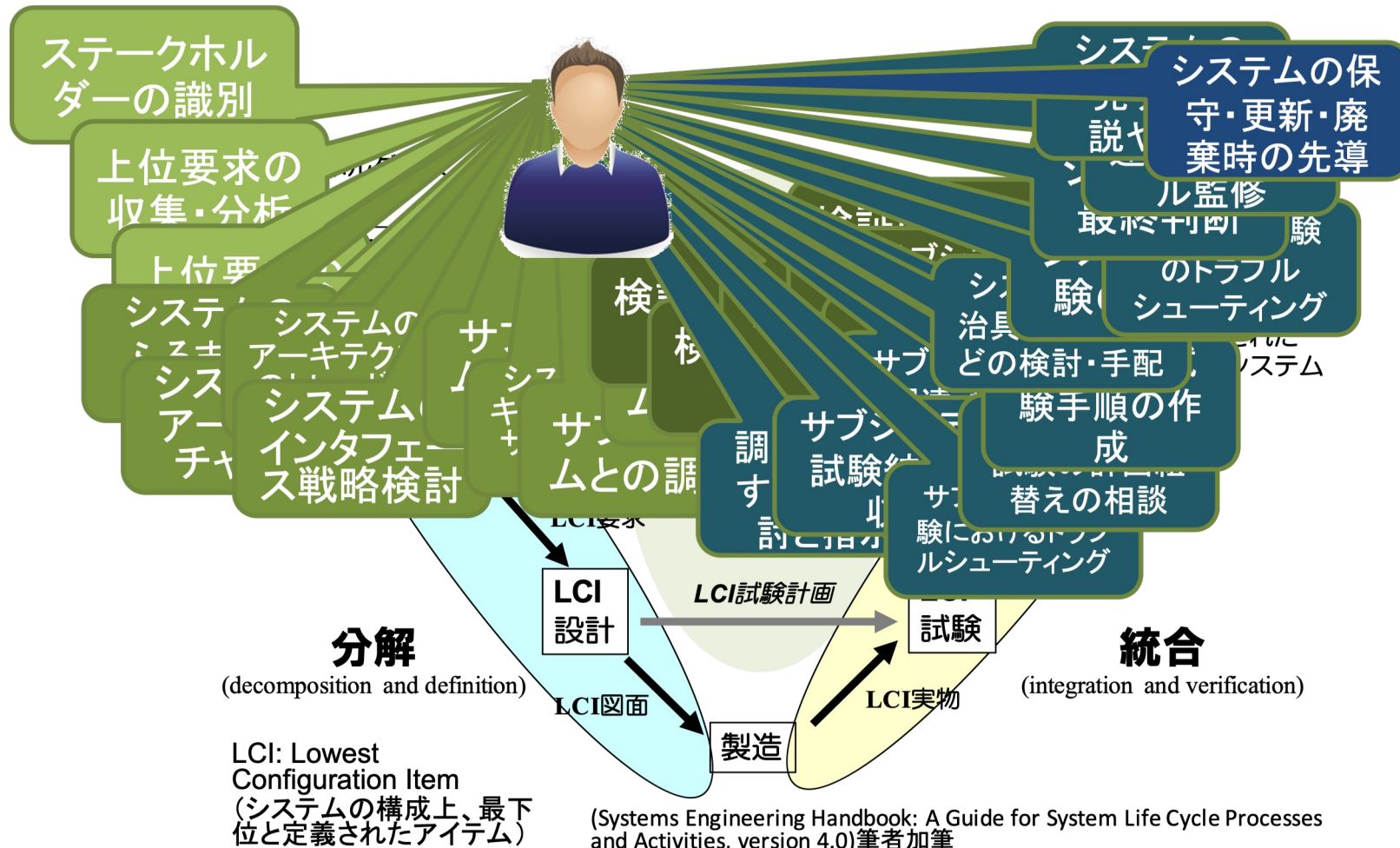
セマンティック技術



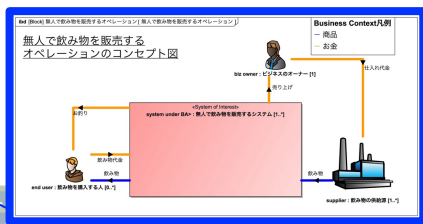
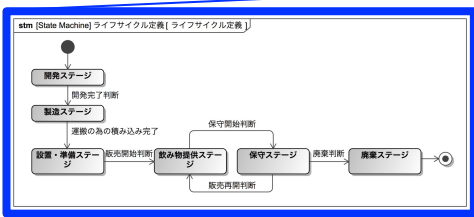
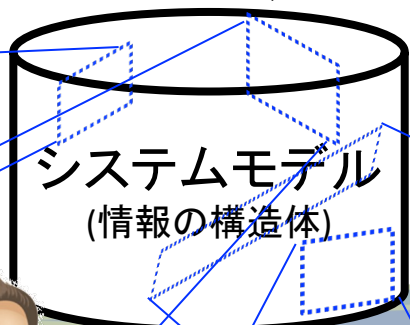
より効率的なシステムズエンジニアリング
より高度なシステムズエンジニアリング

これが“Model-BasedにSEする”ということである

つまり...



つまり...



システムズエンジニア

システムの保守・更新・廃棄の先導

システムとのインタフェース戦略検討

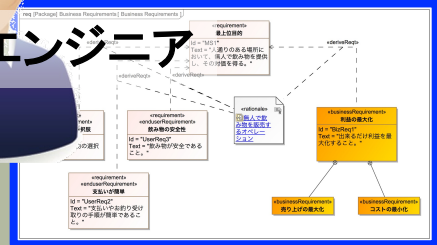
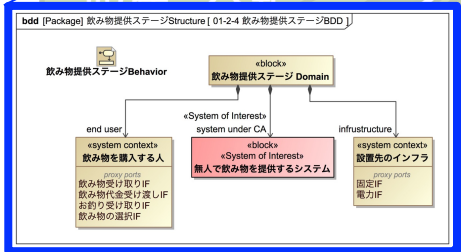
LCI設計 (decomposition and definition)

LCI試験計画

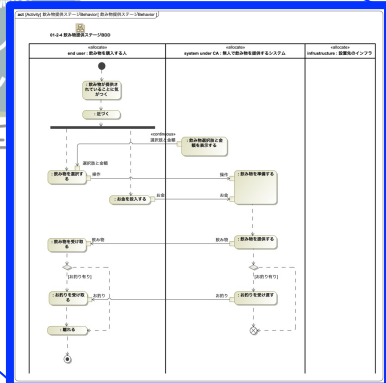
LCI図

(System and...)

ABC Subsystem	Apple Unit
	Purple Device
	Texas Unit
DEF Subsystem	Peach Unit
	Black Device
	Ohio Unit
GHI Subsystem	Cherry Unit
	Blue Device
	Idaho Unit



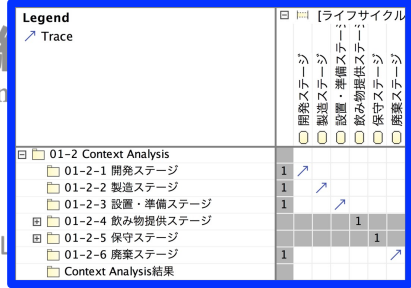
Item	Specs	Supplier	Weight
Engine	Briggs and Stratton 15 hp Model # 28N787	Central Equipment	130.
Peerless Transaxle	Item # 13-1478, 3 forward speed, 1 reverse	Surplus Center	14.8
Hubs	1500 lb Spindle Super Lube		22.4
Tires	4.00/15SL Tru-Trac Front Tire		5.8
Rims	3x15	Bevins Motor Co.	3.4
Tubes	5.00-15/4.00-15	S&S Tire	3.6
Rear wheel	26x12.00-12NHS	From surplus	6.7
3 point Hitch Lift	Cat. 0 electric lift	Koplan (Amazon)	7.5
Seat	Deluxe midback steel	Northern Tool & Equipment	9.0
Steering wheel	Replacement, Massey Ferguson keyed hub	Northern Tool & Equipment	11.3
Pillow Block Bearings	1-1/4 UPC206-20	Bearings.com	11.3



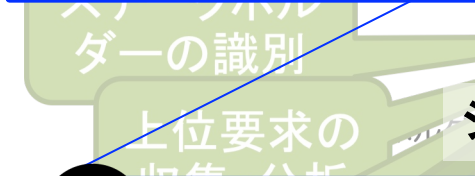
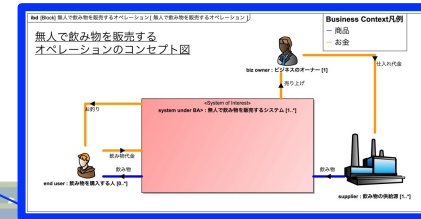
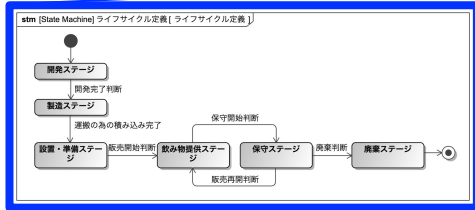
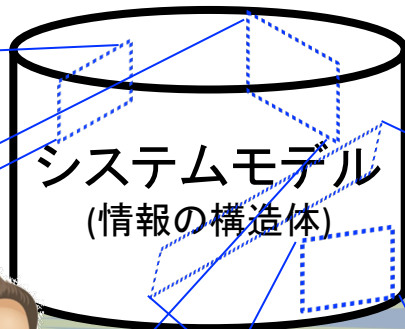
分解
(decomposition and definition)

LCI: Lowest Configuration Item
(システムの構成上、最低位と定義されたアイテム)

#	Name	要求タイプ	Text
1	MS1 最上位目的	Requirement (Class)	人通りのある場所において、無人で飲み物を提供し、その対価を得る。
2	飲めば利益の最大化	businessRequirement (Class) -> NumberOwner (Class)	出来るだけ利益を最大化すること。
3	売上げの最大化	businessRequirement (Class)	
4	コストの最小化	businessRequirement (Class)	
5	十分な飲み物の選択肢	Requirement (Class) -> enduserRequirement (Class)	十分な飲み物の選択肢があること。
6	支払いが簡単	Requirement (Class) -> enduserRequirement (Class)	支払いやお釣りの受け取りの手順が簡単であること。
7	飲み物の安全性	Requirement (Class) -> enduserRequirement (Class)	飲み物が安全であること。

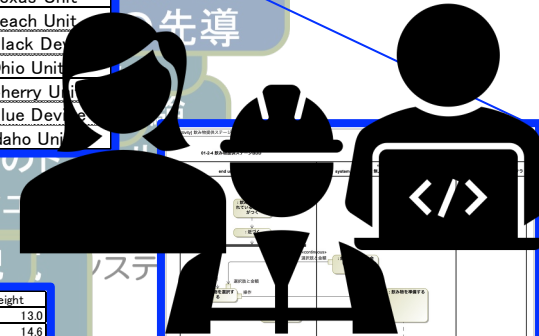
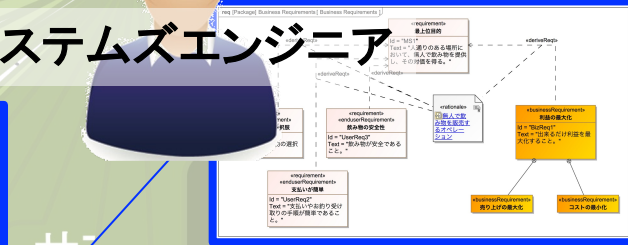
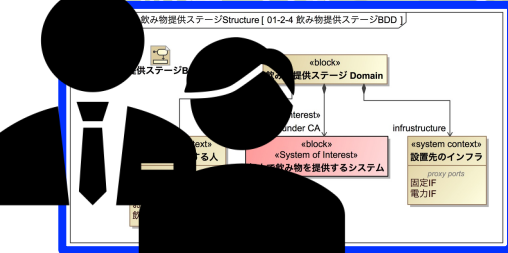


つまり...

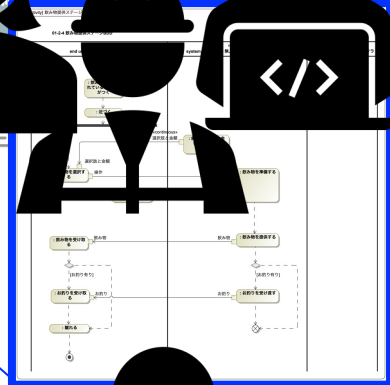


システムズエンジニア

ABC Subsystem	Apple Unit
	Purple Device
	Texas Unit
DEF Subsystem	Peach Unit
	Black Device
	Ohio Unit
GHI Subsystem	Cherry Unit
	Blue Device
	Idaho Unit



Item	Specs	Supplier	Weight
Engines	Briggs and Stratton 15 hp Model # 28N787	Central Equipment	130.
Peerless Transaxle	Item # 13-1478, 3 forward speed, 1 reverse	Surplus Center	14.8
Hubs	1500 lb Spindle Super Lube		22.4
Tires	4.00/15SL Tru-Trac Front Tire		5.8
Rims	3x15	Bevins Motor Co.	3.4
Tubes	5.00-15/4.00-15	S&S Tire	3.6
Rear wheel	26x12.00-12NHS	From surplus	6.7
3 point Hitch Lift	Cat. 0 electric lift	Koplan (Amazon)	7.5
Seat	Deluxe midback steel	Northern Tool & Equipment	9.0
Steering wheel	Replacement, Massey Ferguson keyed hub	Northern Tool & Equipment	11.3
Pillow Block Bearings	1-1/4 UPC206-20	Bearings.com	11.3

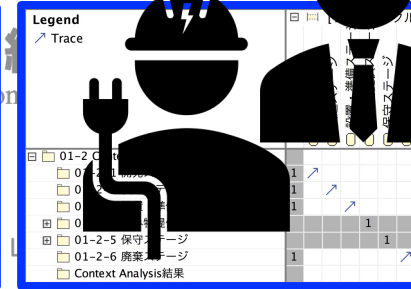


分解 (decomposition and configuration)

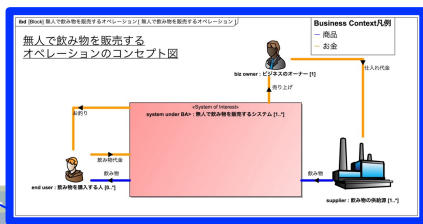
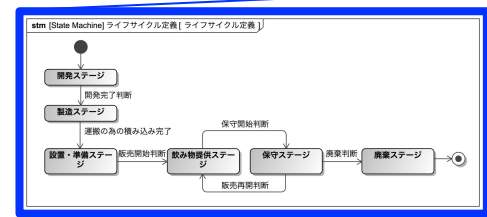
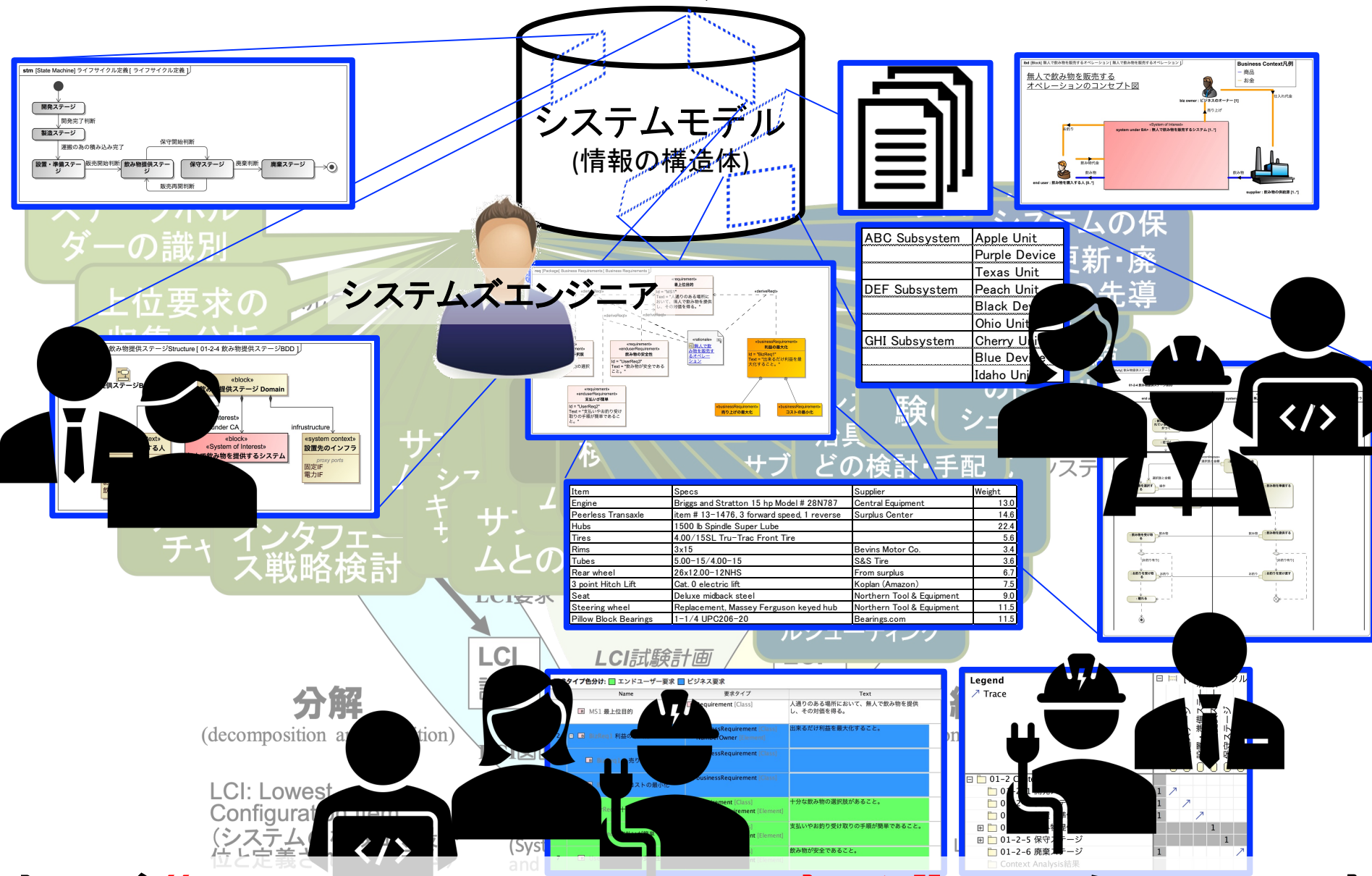
LCI: Lowest Configuration Item (システム構成要素の単位と定義)

LCI試験計画

Name	要求タイプ	Text
MSI 最上位目的	Requirement (Class)	人通りのある場所において、無人で飲み物を提供し、その対価を得る。
BusinessRequirement (Class)	BusinessRequirement (Class)	出来るだけ利益を最大化すること。
BusinessRequirement (Class)	BusinessRequirement (Class)	十分な飲み物の選択があること。
BusinessRequirement (Class)	BusinessRequirement (Class)	美しいやお釣りの受け取りの手順が簡単であること。
BusinessRequirement (Class)	BusinessRequirement (Class)	飲み物が安全であること。



つまり...



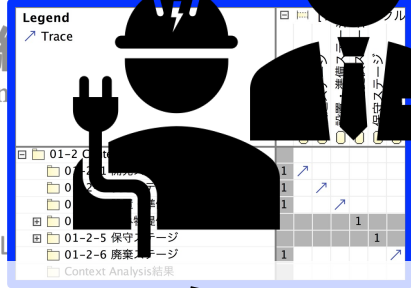
ABC Subsystem	Apple Unit
	Purple Device
	Texas Unit
DEF Subsystem	Peach Unit
	Black Device
	Ohio Unit
GHI Subsystem	Cherry Unit
	Blue Device
	Idaho Unit

Item	Specs	Supplier	Weight
Engine	Briggs and Stratton 15 hp Model # 28N787	Central Equipment	130.0
Peerless Transaxle	Item # 13-1478, 3 forward speed, 1 reverse	Surplus Center	14.8
Hubs	1500 lb Spindle Super Lube		224.0
Tires	4.00/15SL Tru-Trac Front Tire		5.8
Rims	3x15	Bevins Motor Co.	3.4
Tubes	5.00-15/4.00-15	S&S Tire	3.6
Rear wheel	26x12.00-12NHS	From surplus	6.7
3 point Hitch Lift	Cat. 0 electric lift	Koplan (Amazon)	7.5
Seat	Deluxe midback steel	Northern Tool & Equipment	9.0
Steering wheel	Replacement, Massey Ferguson keyed hub	Northern Tool & Equipment	11.3
Pillow Block Bearings	1-1/4 UPC206-20	Bearings.com	11.3

LCI試験計画

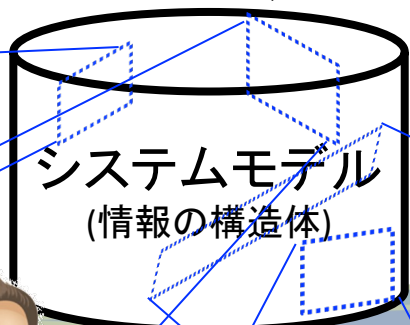
タイプ色分け: ■ エンドユーザー要求 ■ ビジネス要求

Name	要求タイプ	Text
MS1 最上位目的	Requirement (Class)	人通りのある場所において、無人で飲み物を提供し、その対価を得る。
Requirement (Class)	Requirement (Class)	出来るだけ利益を最大化すること。
Requirement (Class)	Requirement (Class)	十分な飲み物の選択肢があること。
Requirement (Class)	Requirement (Class)	支払いや予約の受け取りの手順が簡単であること。
Requirement (Class)	Requirement (Class)	飲み物が安全であること。

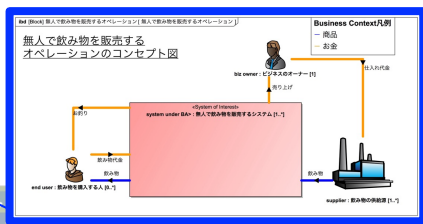
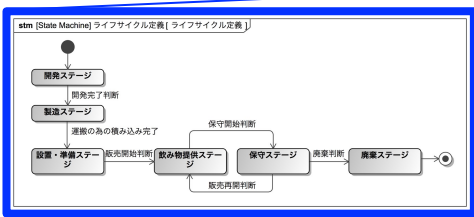


これが“**Model-BasedにSEする**”ということである

つまり...



システムズエンジニア



ABC Subsystem	Apple Unit
	Purple Device
	Texas Unit
DEF Subsystem	Peach Unit
	Black Device
	Ohio Unit
GHI Subsystem	Cherry Unit
	Blue Device
	Idaho Unit

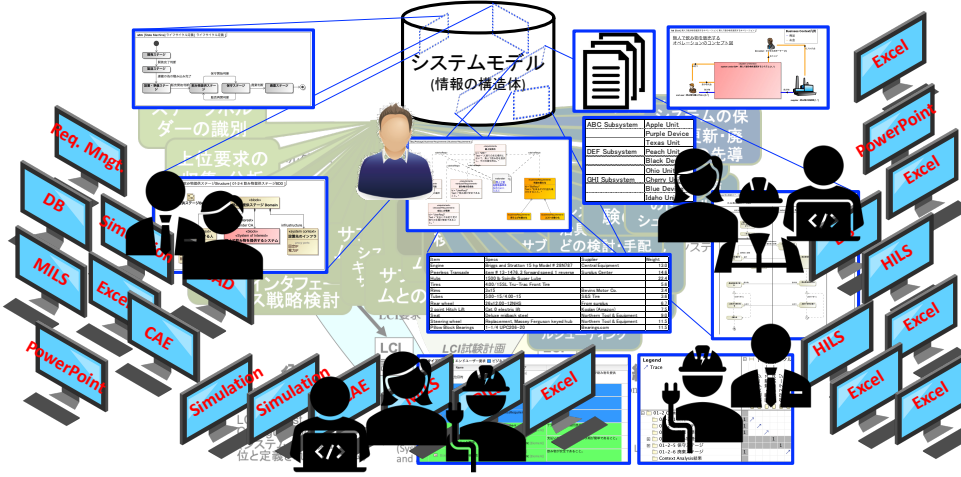
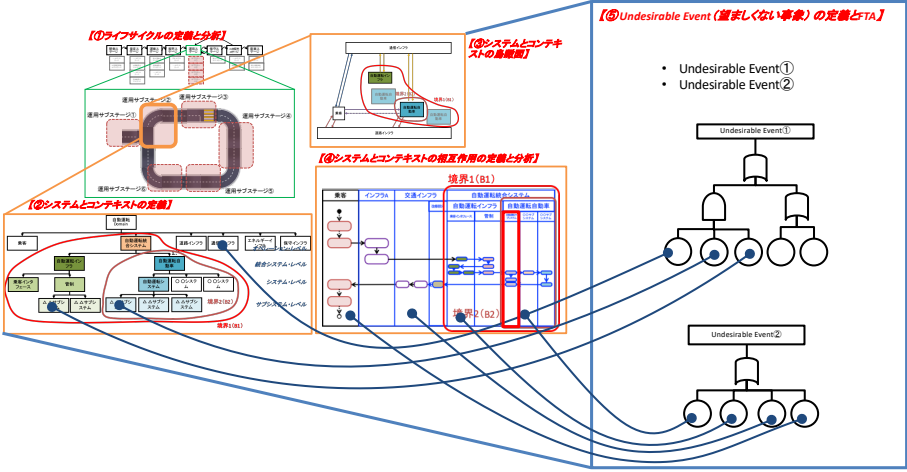
Item	Specs	Supplier	Weight
Engine	Briggs and Stratton 15 hp Model # 28N787	Central Equipment	130.
Peerless Transaxle	Item # 13-1470, 3 forward speed, 1 reverse	Surplus Center	14.8
Hubs	1500 lb Spindle Super Lube		224.
Tires	4.00/15SL Tru-Trac Front Tire		5.8
Rims	3x15	Bevins Motor Co.	3.4
Tubes	5.00-15/4.00-15	S&S Tire	3.8
Rear wheel	26x12.00-12NHS	From surplus	6.7
3 point Hitch Lift	Cat. 0 electric lift	Koplan (Amazon)	7.5
Seat	Deluxe midback steel	Northern Tool & Equipment	9.0
Steering wheel	Replacement, Massey Ferguson keyed hub	Northern Tool & Equipment	11.3
Pillow Block Bearings	1-1/4 UPC206-20	Bearings.com	11.3

Req. Mngt.
DB
Sim
MILS
Excel
CAE
PowerPoint

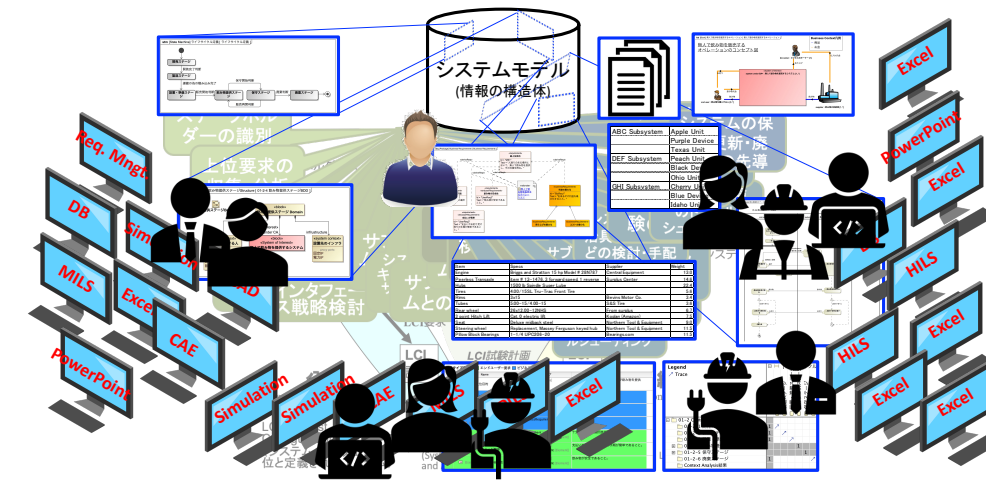
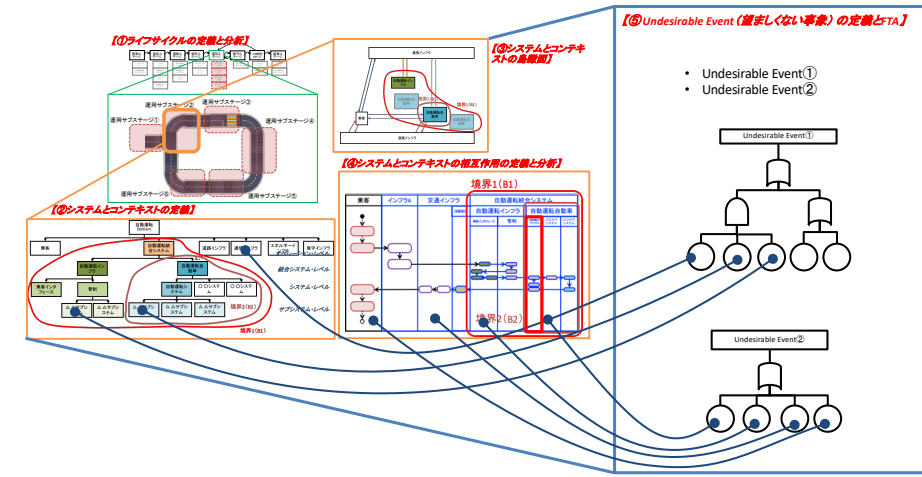
Excel
PowerPoint
Excel
HILS
Excel
HILS
Excel
Excel

これが“Model-BasedにSEする”ということである

MBSEに対する開発現場の期待



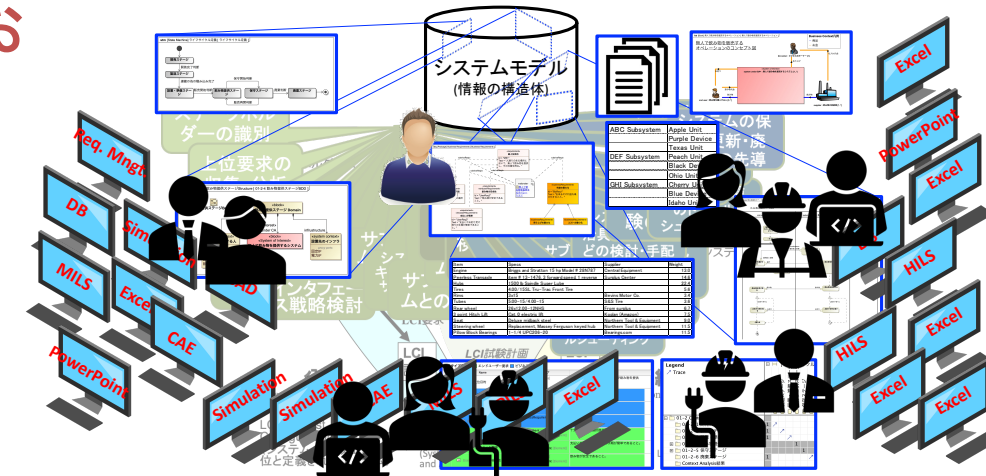
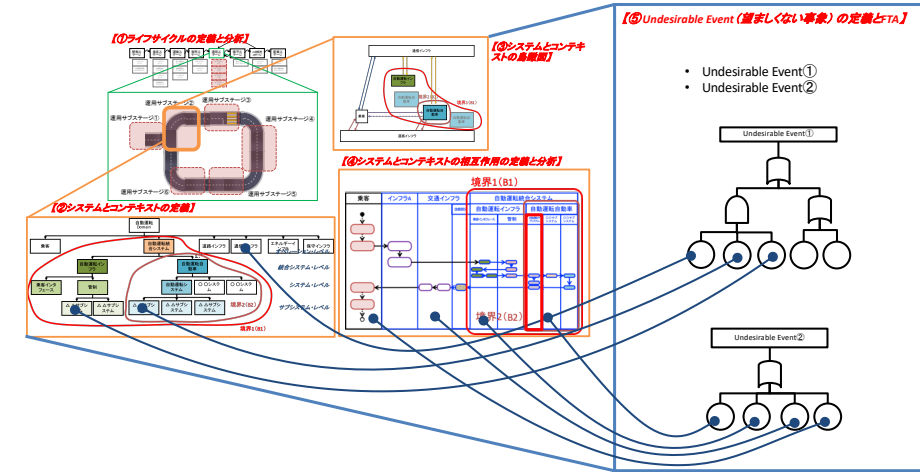
システムズエンジニア(SE)がModel-Basedも駆使して 仕事をすることに對する開発現場の期待



システムズエンジニア(SE)がModel-Basedも駆使して 仕事をすることに對する開発現場の期待

システム屋の期待:

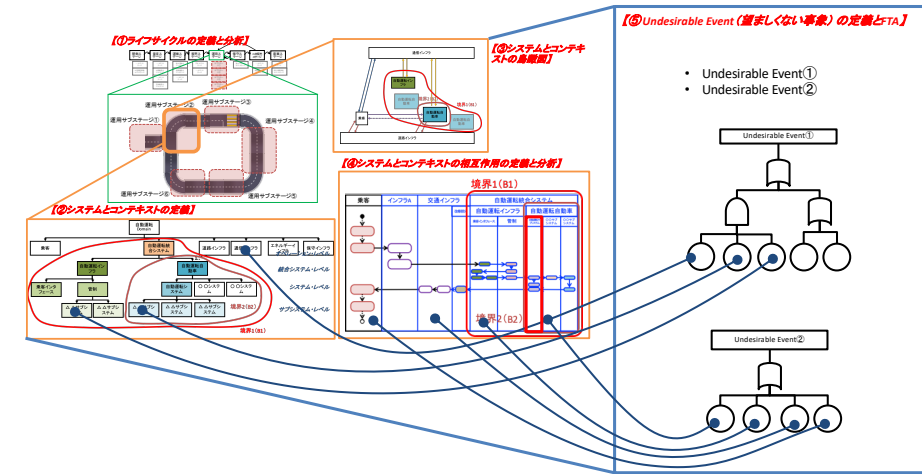
- 全体の情報を整理・管理し、システム全体を的確に把握する事ができるため、**迅速に自信を持って意思決定ができる。**
- 大きな労力をかけることなく必要な情報を必要な形で抽出し、関係各所に展開できるため、**関係各所との情報共有や確認が即時的にできる。**
- 迅速に変更箇所の影響伝搬を確認し、変更のインパクトを理解できるため、**根拠を持ってプロジェクト推進における判断ができる。**



システムズエンジニア(SE)がModel-Basedも駆使して 仕事をすることに對する開発現場の期待

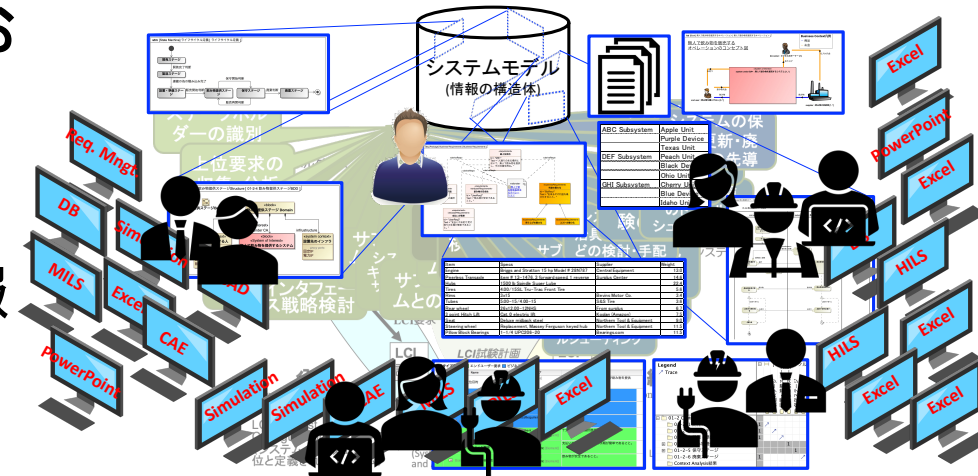
システム屋の期待:

- 全体の情報を整理・管理し、システム全体を的確に把握する事ができるため、迅速に自信を持って意思決定ができる。
- 大きな労力をかけることなく必要な情報を必要な形で抽出し、関係各所に展開できるため、関係各所との情報共有や確認が即時的にできる。
- 迅速に変更箇所の影響伝搬を確認し、変更のインパクトを理解できるため、根拠を持ってプロジェクト推進における判断ができる。



各専門領域エンジニアの期待

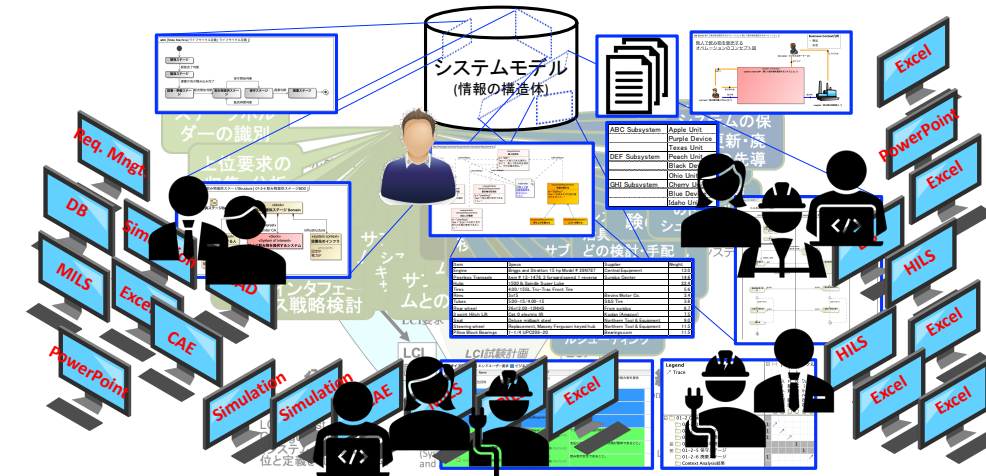
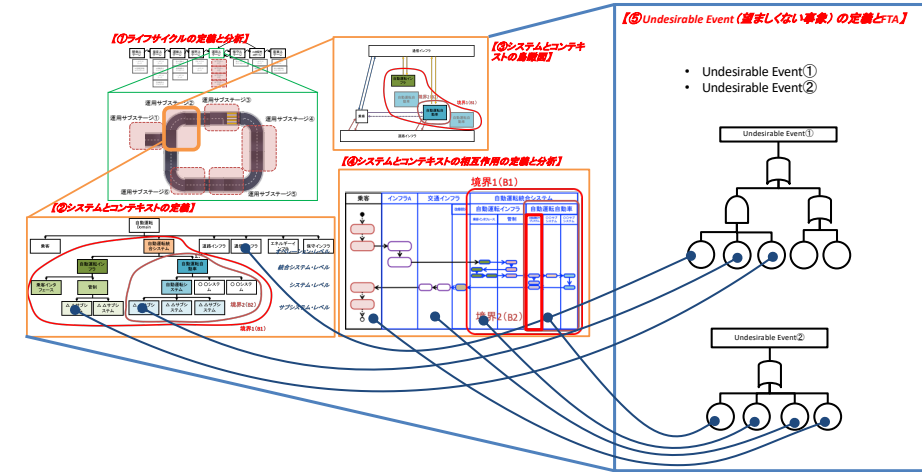
- 大規模なシステム開発における情報共有の遅延、情報理解の齟齬が抑制されるため、仕事が進めやすくなりスピードが上がる。
- 自らの仕事の前提条件、下流工程への伝達事項などが明らかにされるため、仕事に分かりやすくなりミスや間違いが抑制される。



システムズエンジニア(SE)がModel-Basedも駆使して 仕事をすることに對する開発現場の期待

● 会社/組織としての期待:

- 激しく変化する事業環境の中で、大規模システム開発の前提条件や目標の変化、ライフサイクルコストの見積の変化、他社との連携や協力の変化などが必ず起きるが、**開発チームとプロジェクトが高い敏捷性をもって変化に追従・対応する事ができるため、より積極的に事業的なチャレンジを行い、成功に向けて粘り強く推進することができる。**

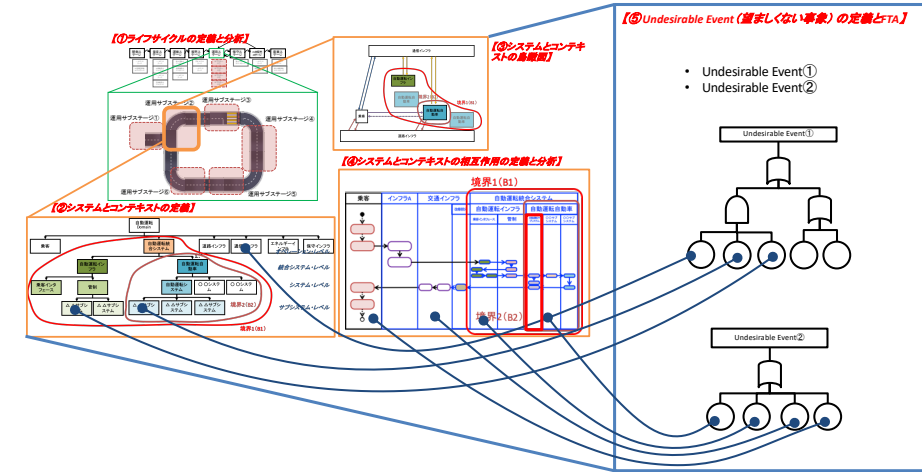


※Volatility、Uncertainty、Complexity、Ambiguity

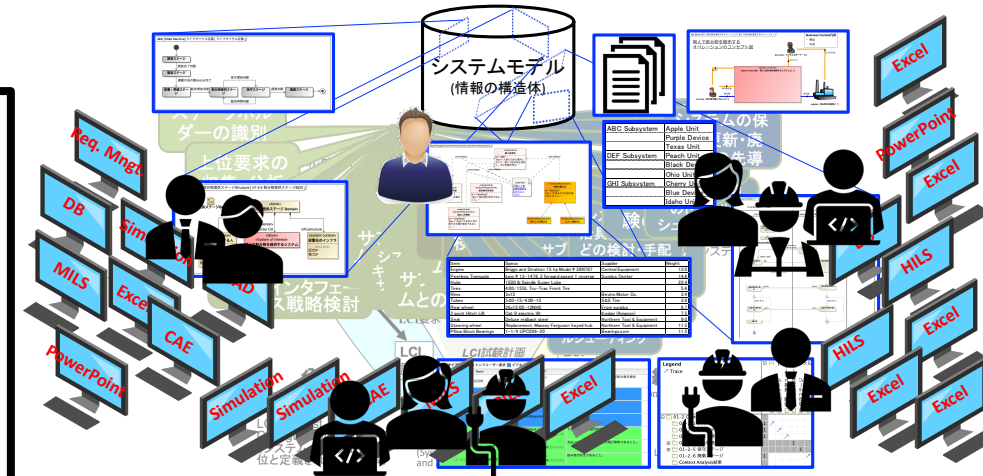
システムズエンジニア(SE)がModel-Basedも駆使して 仕事をすることに對する開発現場の期待

● 会社/組織としての期待:

- 激しく変化する事業環境の中で、大規模システム開発の前提条件や目標の変化、ライフサイクルコストの見積の変化、他社との連携や協力の変化などが必ず起きるが、開発チームとプロジェクトが高い敏捷性をもって変化に追従・対応する事ができるため、より積極的に事業的なチャレンジを行い、成功に向けて粘り強く推進することができる。



システムズエンジニアがModel-Basedも駆使して多くの技術分野・専門分野を効果的にバランス、統率して大規模なプロジェクトを推進することができることは、VUCA※の時代において高い敏捷性をもった経営を実現するための大きな強みの1つになると言える。

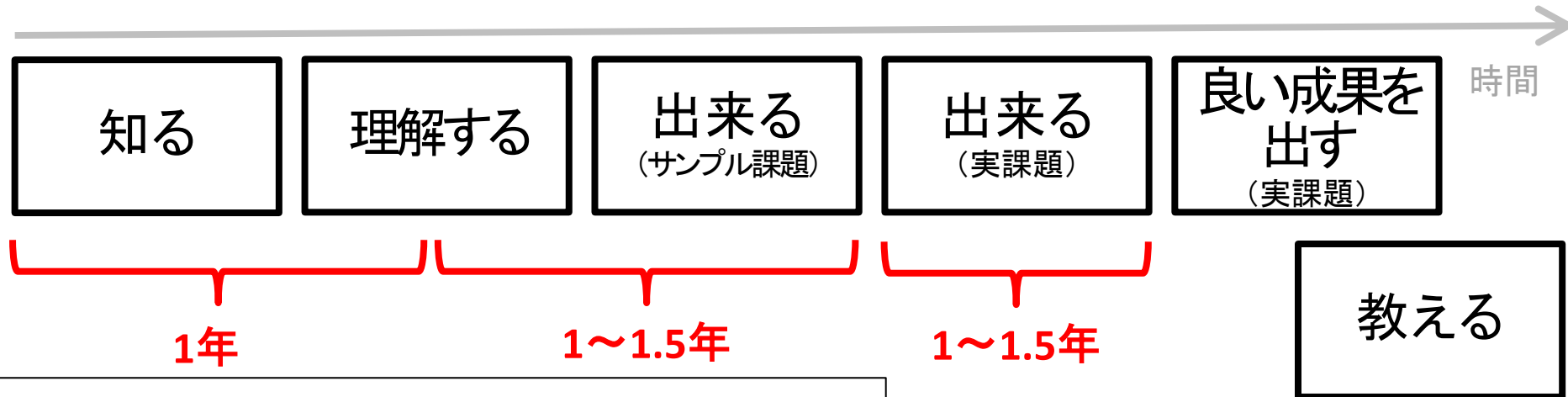


※Volatility、Uncertainty、Complexity、Ambiguity

システムズエンジニアの発見と育成

システム全体を考えるプロフェッショナル ＝システムズエンジニア

- 日本国内においてもここ数年で自動車業界を中心にシステムズエンジニアリング、MBSEに関連した取り組みが盛んに行われる様になった。しかしながら、開発に貢献できる「よくできるシステムズエンジニア」がすぐにたくさん生まれるわけではない。
- 昨今の対象システムの複雑さ、多分野性ゆえに、実践までに1.5～2.5年を有することもある。



【ペルソナ】

- 自動車OEM 入社10年～15年目
- システム開発の実務経験を有している
- 開発対象システムについての知見を十分に有している
- 開発対象システムに関する複数の専門領域について知見を有している
- 開発業務を主務とし、15～20%工数を割いてSEの習熟を図った

システム全体を考えるプロフェッショナル ＝システムズエンジニア

- そもそもドメイン・エンジニアリング(自分の開発対象物の「開発の勘所」、例えば自動車開発の勘所、など)がよく分かっている。
- システムズエンジニアリングの考え方を理解し、自分の開発対象物に合わせて適切に応用できる。
- 自分の開発対象物の実際の開発推進の様々なシーンがイメージ出来、そのシーンにおいて効果的なシステムモデルの活用を想像し、システムモデルを設計・実装・活用できる。

つまり、システム開発の中で関係者を集めた「全体定例会」「レビュー会」「整合会」などを主催し、各専門の担当者に対して具体的な「検討指示」「注意事項」、個別の「お願い」などを適切に行い、複数の専門性をまたぐトピックや課題に対して技術的なハブとなって開発業務を牽引するチカラを発揮するエンジニアである。

システム全体を考えるプロフェッショナル ＝システムズエンジニア

- 現場の実際の仕事につながり、貢献できなければ意味がない。
- システムズエンジニアが「孤高の人」になってしまっては意味がない。

「よくできるシステムズエンジニア」

- 開発の目指す姿、目的を明確にし、関係者に伝える。
- 全体の方向性や特徴に大きく関わる判断、意思決定を行う。
- サブシステム間、組織間の様々な技術的な調整、調停を担う。
- それぞれのサブシステムや技術領域の狙いや困りごとを十分に理解し実現・解決する高い汎用的技術力。
- 各部署、各担当エンジニアなどから信頼され、頼りにされる言動と姿勢。
- そのために開発序盤では要求分析、アーキテクチャ設計、V&V計画に苦心し、中盤では多くのエキスパート間の調整役、終盤はシステムレベルでのトラブルシューティングの主軸を担う。

システムのエンジニアリング全体を牽引するキーパーソン

システム全体を考えるプロフェッショナル ＝システムズエンジニア

参考情報: 米国の防衛、航空宇宙関連の政府機関や企業から多くの社会人学生を受け入れ、高い評価を得ている**Johns Hopkins大学** システムズエンジニアリング修士課程の教科書Principles and Practice (第3版,2020年)からの引用。

Reprinted from Figure 1.9. “T” model for systems engineer career development.
Alexander Kossiakoff, Steven M. Biemer, Samuel J. Seymour, David A. Flanigan. 2020.
Systems Engineering Principles and Practice. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978-1-119-51666-8

Systems Engineering Competency

- **コンピテンシー** (高業績者の行動特性、ハイパーフォーマー共通の行動特性)
 - 「コンピテンシーとは、組織の置かれた環境と職務上の要請を埋め合わせる行動に結びつく個人特性としてのキャパシティ、あるいは、強く要請された結果をもたらすものである」(Boyatzis, 1982)
 - 「コンピテンシーとは、職務や役割における効果的ないしは優れた行動に結果的に結びつく個人特性である」(Evarts, 1987)
- **システムズエンジニアリング・コンピテンシーの例**
 - NASA (米国航空宇宙局)
 - MITRE (米国における政府系大型プロジェクトの推進などを担うシンクタンク、非営利組織)
 - INCOSE UK (INCOSEの英国支部)
- 各方面で議論がされ、整理がされている。しかし、結局それぞれの業界、企業、開発対象で異なる。



Systems Engineering Competencies*	
Competency Area: 1.0 Concepts and Architecture	Competency Area: 6.0 NASA Internal and External Environments
1.1 Mission Needs Statement	6.1 Agency Structure, Mission, and Internal Goals
1.2 System Environments	6.2 NASA PM/SE Procedures and Guidelines
1.3 Trade Studies	6.3 External Relationships
1.4 System Architecture	
Competency Area: 2.0 System Design	Competency Area: 7.0 Human Capital Management
2.1 Stakeholder Expectation Definition & Management	7.1 Technical Staffing and Performance
2.2 Technical Requirements Definition	7.2 Team Dynamics and Management
2.3 Logical Decomposition	
2.4 Design Solution Definition	
Competency Area: 3.0 Production, Product Transition, Operations	Competency Area: 8.0 Security, Safety and Mission Assurance
3.1 Product Implementation	8.1 Security
3.2 Product Integration	8.2 Safety and Mission Assurance
3.3 Product Verification	
3.4 Product Validation	
3.5 Product Transition	
3.6 Operations	
Competency Area: 4.0 Technical Management	Competency Area: 9.0 Professional and Leadership Development
4.1 Technical Planning	9.1 Mentoring and Coaching
4.2 Requirements Management	9.2 Communication
4.3 Interface Management	9.3 Leadership
4.4 Technical Risk Management	
4.5 Configuration Management	
4.6 Technical Data Management	
4.7 Technical Assessment	
4.8 Technical Decision Analysis	
Competency Area: 5.0 Project Management and Control	Competency Area: 10.0 Knowledge Management
5.1 Acquisition Strategies and Procurement	10.1 Knowledge Capture and Transfer
5.2 Resource Management	
5.3 Contract Management	
5.4 Systems Engineering Management	



Description of Proficiency Levels Associated with the APPEL Model for Systems Engineers

To determine how best to proceed after entering the NASA workforce and progress through the technical professional development model, it is helpful to understand the definition of each level. The following table is intended as a guide for use with the technical development model for systems engineers.

	SE Proficiency Level I	SE Proficiency Level II	SE Proficiency Level III	SE Proficiency Level IV
Engineering Leadership	Technical Engineer / Project Team Member	Subsystem Lead	Project Systems Engineer	Program Systems Engineer or Center/Agency
Description of Role/ Responsibility	Performs fundamental and routine SE activities while supporting a Level II-IV systems engineer as a member of a project team	Performs SE activities for a subsystem or simple project (e.g. no more than two simple internal/external interfaces, simpler contracting processes, smaller team/budget, shorter duration)	Performs as a systems engineer for a complex project (e.g. several distinct subsystems or other defined services, capabilities, or products and their associated interfaces)	Oversees SE activities for a program with several systems and/or establishes SE policies at the Agency or Center level.
Level of Expertise (LEO)/ Competency to Attain Proficiency Level	Practitioners have obtained a working knowledge of technical integration, systems engineering (SE) and project management (PM) concepts and tools and performed tasks and activities to support and contribute to a project. They demonstrated an awareness and understanding of NASA's SE and PM tools, techniques, and lexicon. They have sufficient experience and responsibility and are prepared to contribute to fundamental and routine SE activities.	Practitioners participated in or led SE activities (e.g. requirements development, budget and schedule development, risk management). They demonstrated the application of SE/PM tools, techniques, and lexicon at the project subsystem level, including use of SE/PM best practices. They have sufficient experience and responsibility and are prepared to lead SE and technical integration activities for a subsystem or simple project.	Practitioners have taken a significant leadership role in multiple phases of a project life cycle managing both programmatic and technical aspects and/or managing all technical integration and SE functions for a subsystem or small project. They demonstrated the integration of SE/PM tools, techniques, and best practices across subsystems at the project level. They have sufficient experience and responsibility and are prepared for a technical leadership role in support of a major system or project	Practitioners will have contributed to Agency goals and be effective in managing programmatic, technical, and strategic interfaces both internal and external to the Agency. They demonstrated superior competencies in all Systems Engineering formulation and implementation activities. They have sufficient experience and responsibility and are prepared for a technical leadership role at the program, center, or agency level.
Validation of Levels	Practitioner's immediate supervisor	Center Peer Group and EDP panel	Center Peer Group and EDP panel	Center Peer Group, EDP and Agency-wide panels
Learning and Development emphasis	The emphasis at Level I is knowledge and understanding of technical integration, SE and basic project management.	The emphasis at Level II is leadership application and participation in SE.	The emphasis at Level III is the directing, structuring, and integration activities of SE.	The emphasis at Level IV is on the strategy for SE of large complex initiatives and the strategy and management of Agency initiatives.



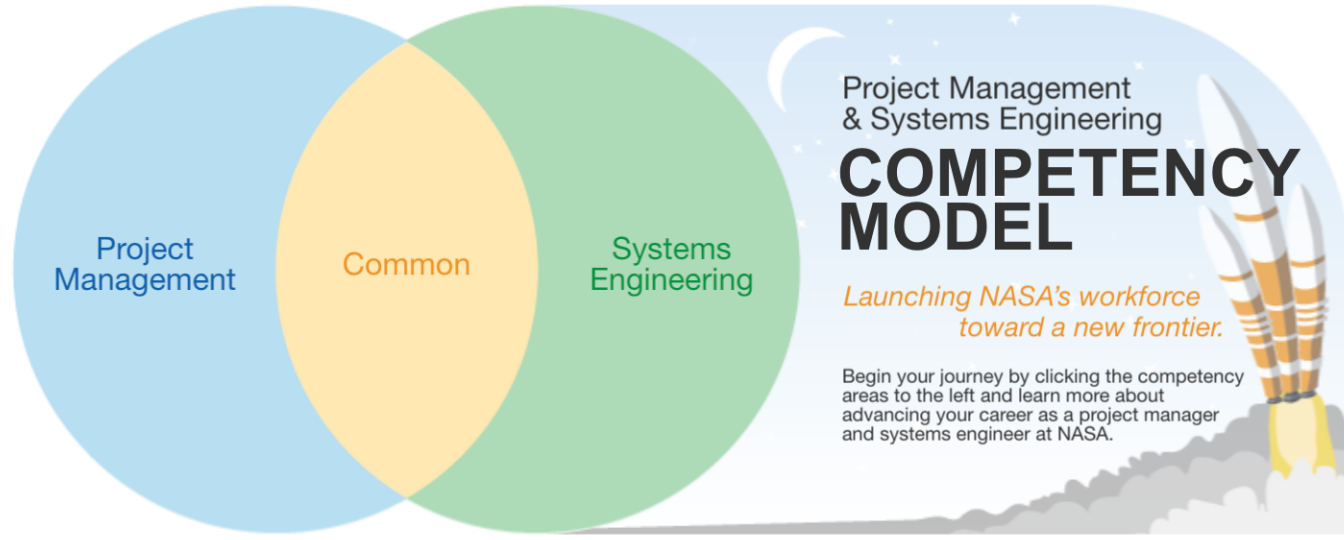
Description of Proficiency Levels Associated with the APPEL Model for Systems Engineers

To determine how best to proceed after entering the NASA workforce and progress through the technical professional development model, it is helpful to understand the definition of each level. The following table is intended as a guide for use with the technical development model for systems engineers.

Engineering	SE Proficiency Level I	SE Proficiency Level II	SE Proficiency Level III	SE Proficiency Level IV
	Technical Engineer / Project	Subsystem Lead	Project Systems Engineer	Program Systems Engineer or Center/Agency
				Oversees SE activities for a program with several systems and/or establishes SE policies at the Agency or Center level.
				Practitioners will have contributed to Agency goals and be effective in managing programmatic, technical, and strategic interfaces both internal and external to the Agency. They demonstrated superior competencies in all Systems Engineering formulation and implementation activities. They have sufficient experience and responsibility and are prepared for a technical leadership role at the program, center, or agency level.
				Center Peer Group, EDP and Agency-wide panels
				The emphasis at Level IV is on the strategy for SE of large complex initiatives and the strategy and management of Agency initiatives.

システムズエンジニアリング 熟練度レベル IV
 Practitioners will have contributed to Agency goals and be effective in managing programmatic, technical, and strategic interfaces both internal and external to the Agency. They demonstrated superior competencies in all Systems Engineering formulation and implementation activities. They have sufficient experience and responsibility and are prepared for a technical leadership role at the program, center, or agency level.

実務者は、NASA全体として掲げる目標に貢献し、NASA全体に関わる、NASA組織内外の実務的、技術的、戦略的な相互作用を効果的にマネージする。彼らは、すべてのシステムエンジニアリングのプロセスの構築と実施活動において優れた能力を発揮した実績を有する。彼らは十分な経験と責任意識を持ち、プログラム、研究センター、またはNASA全体レベルで技術的リーダーシップの役割を果たすための能力を十分に備えている。





SYSTEMS ENGINEERING **SE 1.0 SYSTEM DESIGN**

SE 1.0 SYSTEM DESIGN

SE 1.1 Stakeholder Expectation Definition & Management	SE 1.2 Technical Requirements Definition	SE 1.3 Logical Decomposition	SE 1.4 Design Solution Definition
--	--	--	---

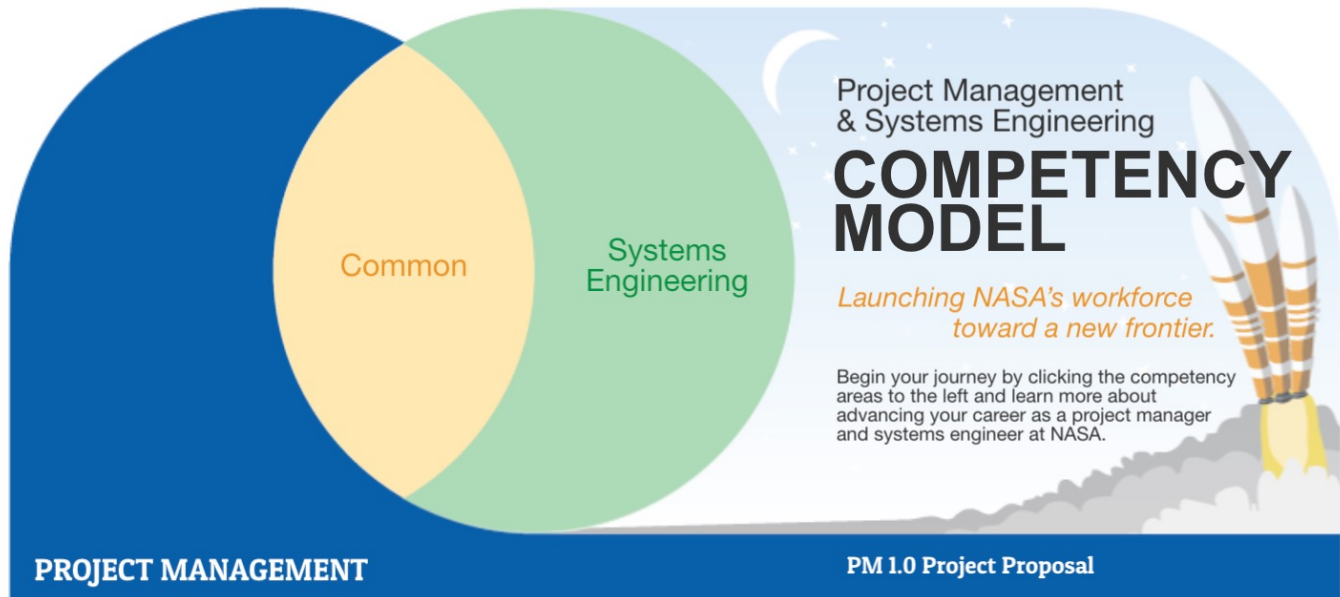
Developing stakeholder expectations, defining technical requirements, performing logical decomposition, and defining design solutions to result in a validated set of requirements and a design solution that will meet requirements and satisfy the set of stakeholder expectations.

SE 2.0 PRODUCT REALIZATION

SE 2.1 Product Implementation	SE 2.2 Product Integration	SE 2.3 Product Verification	SE 2.4 Product Validation	SE 2.5 Product Transition
---	--------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

SE 3.0 TECHNICAL MANAGEMENT

SE 3.1 Technical Planning	SE 3.2 Requirements Management	SE 3.3 Interface Management	SE 3.4 Technical Risk Management	SE 3.5 Configuration Management
SE 3.6 Technical Data Management	SE 3.7 Technical Assessment	SE 3.8 Technical Decision Analysis		



PM 1.0 Project Proposal	PM 2.0 Stakeholder Management	PM 3.0 Requirements Development & Management	PM 4.0 Acquisition Management	PM 5.0 Project Planning
PM 6.0 Cost Estimating	PM 7.0 Risk Management	PM 8.0 Earned Value Management	PM 9.0 Safety & Mission Assurance	PM 10.0 Project Lifecycle
PM 11.0 Budget & Resource Management	PM 12.0 Contract Management	PM 13.0 Systems Engineering	PM 14.0 Tracking/Trending of Project Performance	PM 15.0 Project Control
PM 16.0 Project Review & Evaluation	PM 17.0 Technology & Engineering Development	PM 18.0 Decommissioning/Disposal & Archival of Data		

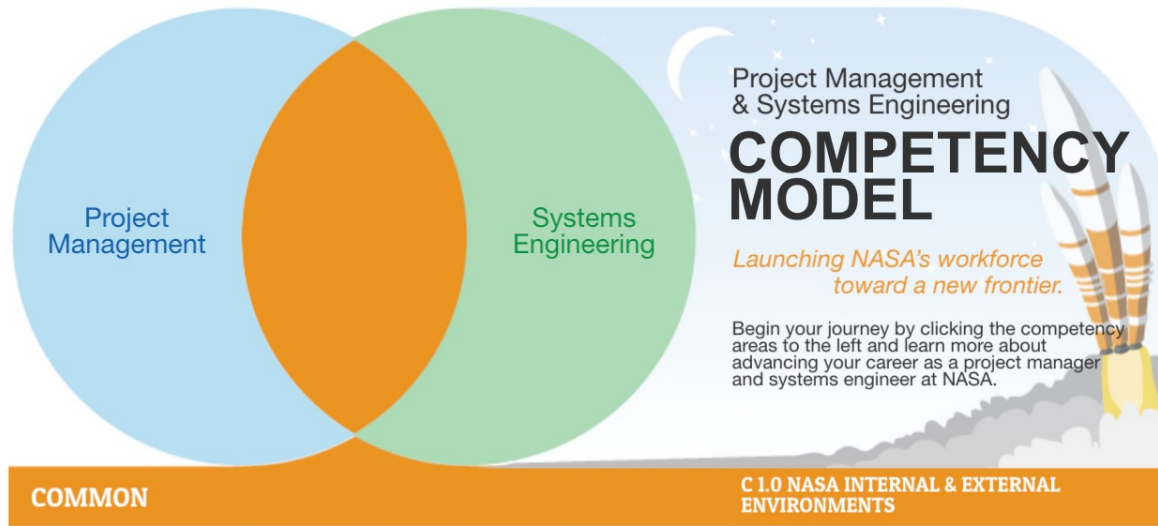
Conceptualizing, analyzing, and defining program/project plans and concepts and using technical expertise to write, manage, and submit winning proposals; involving management of crosscutting technical and programmatic teams to develop functional, physical, and operational architectures, including life cycle costing.

Click below to see related courses for this competency.

Related Courses

Click below to see proficiencies for each role.

- Team Practitioner/Technical Engineer
- Team Lead/Subsystem Lead
- Project Manager/Project Systems Engineer
- Program Manager/Chief Engineer



Project Management & Systems Engineering
COMPETENCY MODEL
Launching NASA's workforce toward a new frontier.
 Begin your journey by clicking the competency areas to the left and learn more about advancing your career as a project manager and systems engineer at NASA.

C 1.0 NASA INTERNAL & EXTERNAL ENVIRONMENTS

- C 1.1**
Agency Structure, Mission, & Internal Goals Management
- C 1.2**
NASA Project Management / Systems Engineering Procedures & Guidelines
- C 1.3**
External Relationships

Understanding the three main components of NASA Internal and External Environments: agency structure, mission, and internal goals; understanding NASA project management/systems engineering procedures and guidelines; and understanding NASA's external relationships.

C 2.0 HUMAN CAPITAL MANAGEMENT

- C 2.1**
Staffing & Performance
- C 2.2**
Team Dynamics & Management

C 3.0 SECURITY, SAFETY, & MISSION ASSURANCE

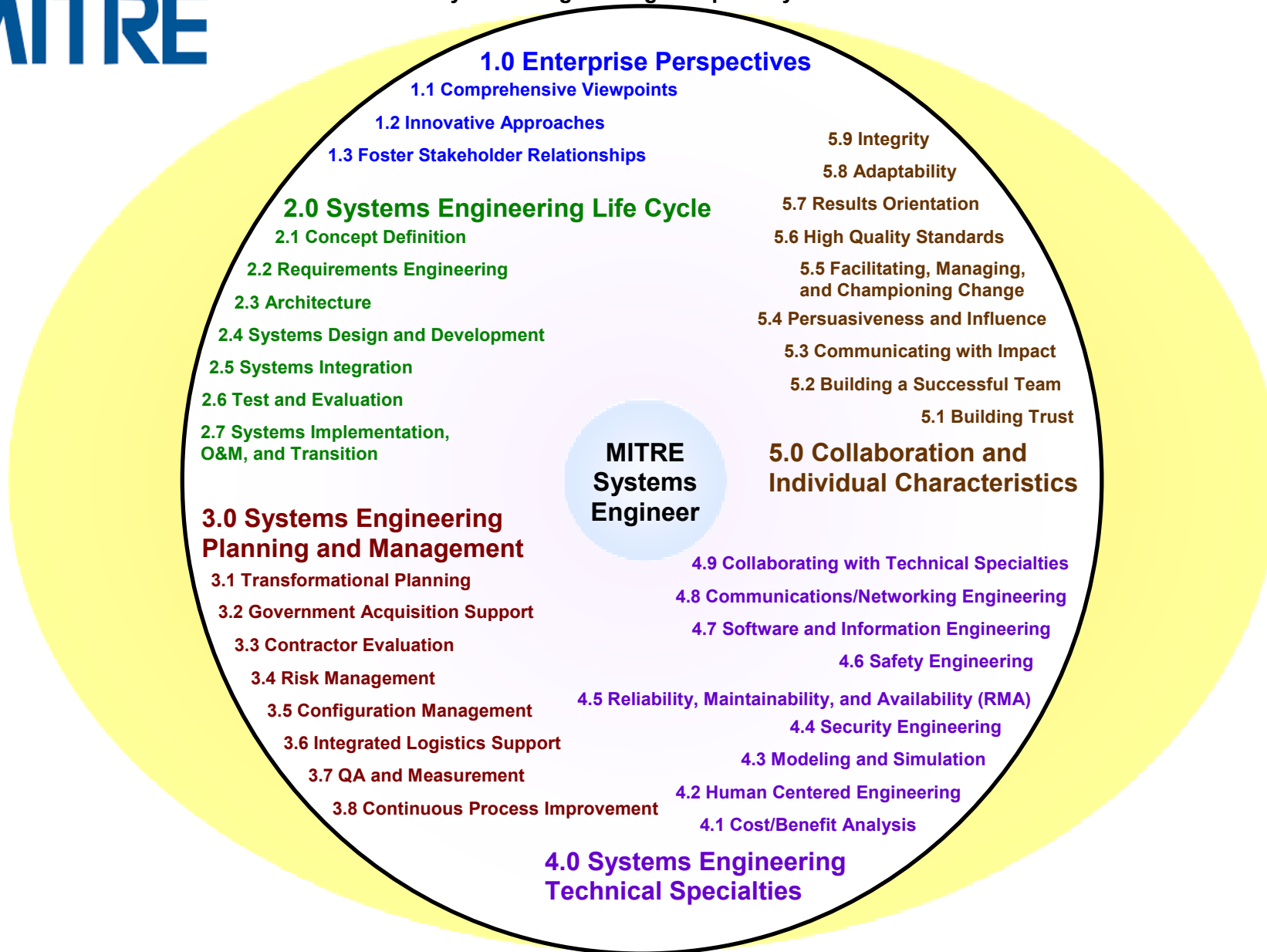
- C 3.1**
Security
- C 3.2**
Workplace Safety
- C 3.3**
Safety & Mission Assurance

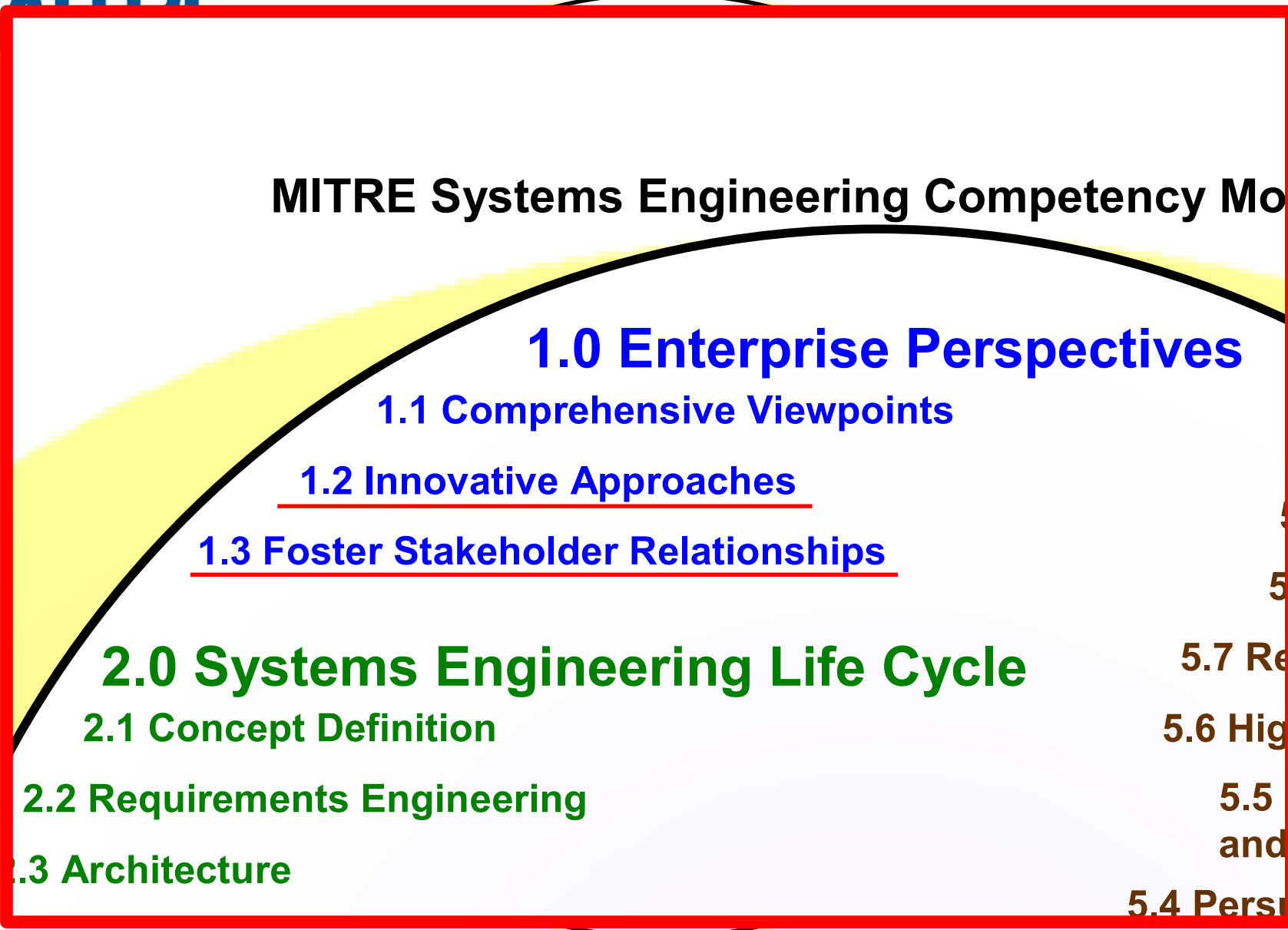
C 4.0 PROFESSIONAL & LEADERSHIP DEVELOPMENT

- C 4.1**
Mentoring & Coaching
- C 4.2**
Communication
- C 4.3**
Leadership
- C 4.4**
Ethics

C 5.0 KNOWLEDGE MANAGEMENT

- C 5.1**
Knowledge Capture & Transfer
- C 5.2**
Knowledge Sharing





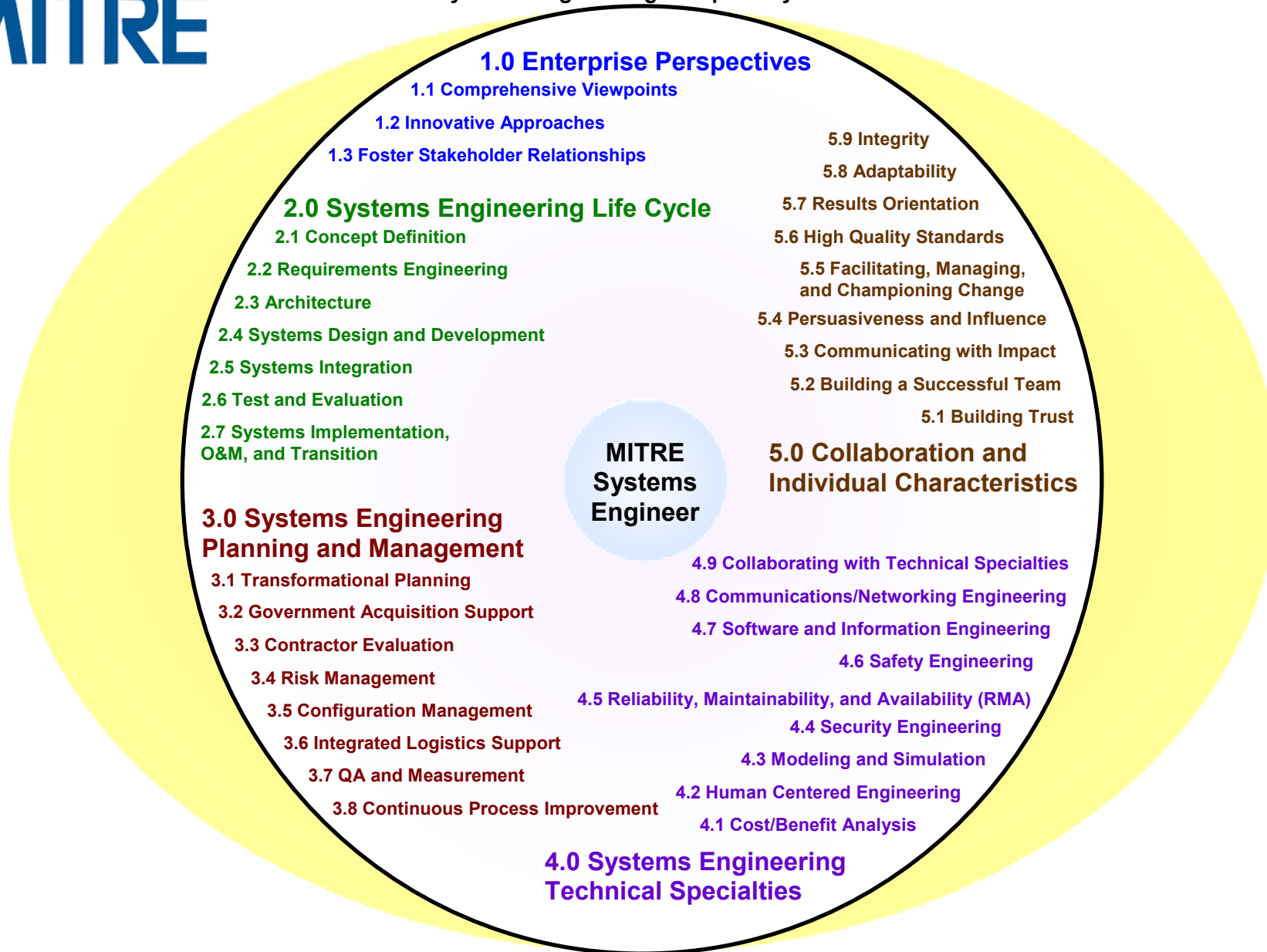
MITRE Systems Engineering Competency Model, September 1, 2007 Version 1.13E

https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/10_0578_presentation.pdf









これまでの「見つける」「育てる」から得られたこと

- (私は)2009年頃よりINCOSE (International Council on Systems Engineering)に参加し、米国などにおけるシステムズエンジニアリング、MBSEの先進的な取り組みや教育体系などに触れてきました。
- その頃から現在まで、自らが責任者である開発や、日本国内の自動車、電機、航空・宇宙などの組織や企業での開発プロジェクトで、システムズエンジニアリング、MBSEに関する実務や技術支援を実施しています。
- また、同時にシステムズエンジニアリング、MBSEに関する講習・授業・ワークショップ・PBLなどを作成し、現役エンジニアを中心に教授してきました。国内メーカーにおける教育方法の検討、人材育成などについても継続的に取り組んでいます。

(2022年現在の私の)結論。

「システムズエンジニアリングは教えられても、システムズエンジニアになる方法は教えることはできません。」

だからと言って諦めるわけではなく、戦略的に「見つけて」、「育てる」ことを考えましょう。(もしくは「戦略的に育つ」ことを狙いましょう)

付録

システムズエンジニアリングとは何かという理解を促すガイド(1/3)

システムズエンジニアリングを理解する最初のステップとして、「全体俯瞰」、「部分と全体」、「相互作用、相互接続」などの考え方の基礎であるシステムズシンキング (Systems Thinking) について知る必要がある。

- ① システムズエンジニアリングの基礎となる考え方であるシステムズシンキングについての記述 ([業界団体] INCOSE, Systems Engineering Body of Knowledge)
 - https://www.sebokwiki.org/wiki/Systems_Thinking
 - 上記のウェブサイト内の「What is システムズシンキング」ページ
 - https://www.sebokwiki.org/wiki/What_is_Systems_Thinking%3F
 - 上記ウェブサイト内の「Concepts of システムズシンキング」ページ
 - https://www.sebokwiki.org/wiki/Concepts_of_Systems_Thinking
 - 上記ウェブサイト内の「Principles of システムズシンキング」ページ
 - https://www.sebokwiki.org/wiki/Principles_of_Systems_Thinking
- ② System Thinkingの第一人者ピーター・M・センゲ ([大学] MIT, Sloan School, Senior Lecturer)
 - ピーター・M・センゲ、「最強組織の法則」(原題: The Fifth Discipline) 徳間書店、1995/6/1
 - ピーター・M・センゲによるシステムズシンキングの解説動画(約5分)
 - <https://youtu.be/HOPfVVMCwYg>
- ③ アニメーションによるシステムズシンキングのイメージの解説動画(約5分)
 - https://youtu.be/GPW0j2Bo_eY

システムズエンジニアリングとは何かという理解を促すガイド(2/3)

システムズシンキングをエンジニアリングに応用したものが「システムズエンジニアリング」である。

- ④ システムズシンキングがどの様にエンジニアリングに応用され得るかについての記述。([企業]MITRE, Systems Engineering Guide)
 - <https://www.mitre.org/publications/systems-engineering-guide/enterprise-engineering/comprehensive-viewpoint/systems-thinking>
- ⑤ NASAのシステムズエンジニアがどの様にシステムズシンキング能力を開発しているかについての記事。([組織]NASA, APPEL, ASK Magazine, Issue 44, November 2, 2011)
 - <https://appel.nasa.gov/2011/11/02/government-and-academia-study-systems-thinking-development/>

大規模・複雑システムの新規開発を成功可能性を上げるアプローチとしてのシステムズエンジニアリングの定義と要点。

- ⑥ システムズエンジニアリングの国際的な業界団体INCOSEにおける定義([業界団体]INCOSE, International Council on Systems Engineering)
 - <https://www.incose.org/about-systems-engineering>
- ⑦ システムズエンジニアリングによって得られるメリットについて①([大学]Carnegie Mellon University, The Value of Systems Engineering)
 - https://insights.sei.cmu.edu/sei_blog/2013/05/the-value-of-systems-engineering.html
- ⑧ システムズエンジニアリングによって得られるメリットについて②([業界団体]INCOSE, Systems Engineering Body of Knowledge, “Economic Value of Systems Engineering”)
 - https://sebokwiki.org/wiki/Economic_Value_of_Systems_Engineering
- ⑨ システムズエンジニアリングによって得られるメリットについて③([業界団体]INCOSE, Transportation Working Group, SE101 “Why do Systems Engineering?”)
 - https://www.incose.org/docs/default-source/default-document-library/twg-se101-v11-2014-01-20.pdf?sfvrsn=e6c882c6_4
- ⑩ 米国防衛系コンサルティング会社Vitechがまとめたシステムズエンジニアリングの9つの要点([企業]Vitech, 9 Laws of Systems Engineering)
 - ホワイトペーパー: http://www.vitechcorp.com/resources/white_papers/9_Laws_of_Systems_Engineering.pdf
 - 動画(約36分): <https://youtu.be/zm0A-DNy0PA>

システムズエンジニアリングとは何かという理解を促すガイド(3/3)

システムシンキングを応用したエンジニアリングであるシステムズエンジニアリングを“エンタープライズ”(=企業、事業全体)に応用するエンタープライズ・システムズエンジニアリング(Enterprise Systems Engineering)という考え方が提唱されている。

⑪ Enterprise Systems Engineeringの定義([業界団体]INCOSE, Systems Engineering Body of Knowledge, “Enterprise Systems Engineering”)

- https://www.sebokwiki.org/wiki/Enterprise_Systems_Engineering

システムシンキングを実践し、システムズエンジニアリング実施して開発や計画を成功に導くのは「システムズエンジニア」である。システムズエンジニアの役割、責任、資質を理解することで実際のプロジェクトにおけるシステムズエンジニアリングのイメージが得やすくなる。

⑫ プロジェクトに対してどの様な考え方をして、何を果たすのかという一例(Lockheed Martin Space Systems Company, “Systems Engineering: Roles and Responsibilities”)

- https://www.nasa.gov/pdf/580677main_02_Steve_Jolly_Systems_Engineering.pdf

⑬ 「NASAの優秀なシステムズエンジニアが大事にする7つのこと」というビデオ。7つそれぞれについて、NASAの現役システムズエンジニアが登場し語る。(NASA, 7 Habits of Highly Effective (NASA) Systems Engineers)

(※長時間のビデオですが、内容は非常に素晴らしいです)

- ウェブサイト: <https://www.nasa.gov/vpmc/7-habits-of-highly-effective-nasa-systems-engineers>
- ビデオへの直リンク: <https://mediaex-server.larc.nasa.gov/Academy/Play/1d9fd5f9c909436a82815df03c6b735e1d>

⑭ NASAの名物システムズエンジニアGentry Lee氏が語るシステムズエンジニアの姿勢や「魂」についてのビデオ。(NASA JPL, Strategic University Research Partnerships)

(※ビデオの冒頭5分程度は司会者による紹介なので、飛ばしていただいて、Leeさん登場から視聴してもらえればと思います)

(※お勧めは“When the Canvas is Blank”です)

- <https://surp.jpl.nasa.gov/videos/index.cfm?fuseaction=ShowVideo&VNum=4&MainVNum=3>
 - When the Canvas is Blank
 - So You Want to be a Systems Engineer

システムズエンジニアリングとは何かという理解を促す 参考図書

[業界団体]INCOSEが発行しているシステムズエンジニアリングのハンドブック。航空宇宙、防衛、自動車、情報、医療、など様々な業界や分野が参照するハンドブックである為、書かれている内容の抽象度は極めて高いことに留意が必要。同書の冒頭部分にはシステムズエンジニアリングの歴史や背景、狙いなどが書かれている。

- INCOSE. 2015. **Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, version 4.0.** Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons, Inc, ISBN: 978-1-118-99940-0

システムズエンジニアリングの教科書的な書籍。著者と当該書籍は[業界団体]INCOSEにおいて2018年Fellows Awardを受賞。航空宇宙、防衛の実際の開発からの事例や知見なども豊富に盛り込まれており非常に示唆深い。また、フルカラーの図解が非常に多い。冒頭部分にはシステムズエンジニアリングの心得や狙いなどが書かれている。

(※非常に重厚な書籍ですが、パラパラとめくり読みするだけでも大変示唆深いので強くお勧めします。)

- Wasson, Charles S. 2015. **System Engineering, Analysis, Design, and Development: Concepts, Principles, and Practices. 2nd ed.** New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978-1-118-44226-5

米国の防衛、航空宇宙関連の政府機関や企業から多くの社会人学生を受け入れ、高い評価を得ているJohns Hopkins大学システムズエンジニアリング修士課程の教科書。開発全般について丁寧に書かれており非常に参考になる。Part I, Ch 1にはシステムズエンジニアの姿勢や考え方も書かれている。

(※あまり図表はありませんが、非常に明快な英語表現で文章が書かれているためとても理解し易いです。)

- Alexander Kossiakoff, Steven M. Biemer, Samuel J. Seymour, David A. Flanigan. 2020. **Systems Engineering Principles and Practice. 3rd ed.** John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 978-1-119-51666-8

EOF