



Systems Engineering Research Association

システムズエンジニアリング の有効性について

2016年9月16日

一般社団法人

システムズエンジニアリング研究会

システムズエンジニアリングとは *SERA*

n システムとは

- u ある目的を達成するために組織化された機能要素の集合であり、組織化により単なる要素和以上の特性を発揮するものと定義される
by 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
- u ミッションを達成するために必要なオブジェクトの集合である

n システムズエンジニアリングとは

- u システムの目的(ミッション要求)を実現するための工学的方法論(および、その一連の活動)である
by 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
- u システムの実現(ミッション)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
by INCOSE(The International Council on Systems Engineering)

具体的にシステムズエンジニアリングとは

n システムを階層化して扱う

- u システムを階層化することで、小さい単位で扱うことができるようになり、どんなに複雑なシステムでも扱うことができるようになる
- u 最終的にはハードウェアとソフトウェアにトレードオフ分析を行って分割することで、偏りのないシステムを実現できる

n コンテキストも考える

- u 対象システムだけでなく、コンテキストを検討することで幅広くシステムを捉えることができる。
 - 自動車では、製品戦略、運転者、道路、天候、歩行者などがコンテキストとなる
 - 金融システムでは、経営戦略、金融庁、預金者、取引先企業、契約者、行員、組織、競合などがコンテキストとなる
 - 流通システムでは、事業戦略、販売先企業、仕入先企業、顧客、サプライチェーンなどがコンテキストとなる

n フロントローディング

- u 不具合の早期発見や手戻りの防止が可能になる

n ベストプラクティス

- u システムズエンジニアリングは複雑なシステムやシリーズ化したシステムを開発するためのベストプラクティスである

n MBSE

- u Model Based Systems Engineeringはモデルを使用したシステムズエンジニアリングである
- u モデルの主流はSysML (System Model Language: OMGの標準) である

n メリット:

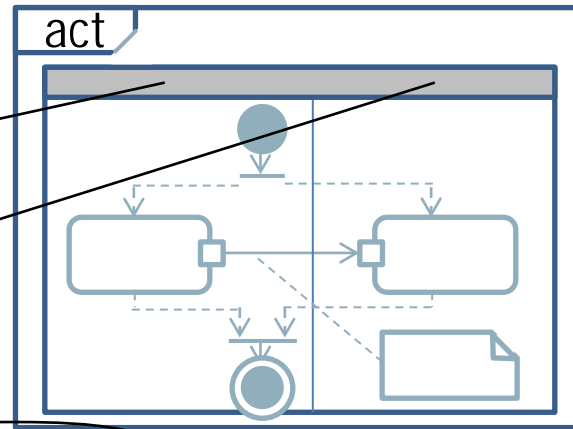
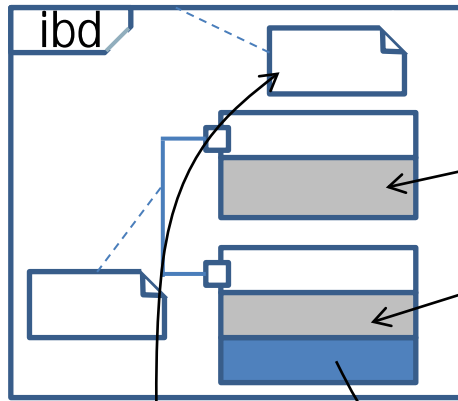
モデルを使うことで、より大きなメリットを享受することができる

- u モデルによるトレーサビリティの確保
 - o 要求の変更に容易に対応できる
 - o 開発根拠の喪失を防ぐ
- u 抽象度の高いモデルで検討することができる
 - o システム全体を見渡すことができる
 - o 利害関係者間の意思疎通や合意形成がスムーズになる
 - o 今まで気付かなかったアイデアが生まれる
 - o 全体最適のための新しい概念を検討できる

System LevelのSysML4本柱

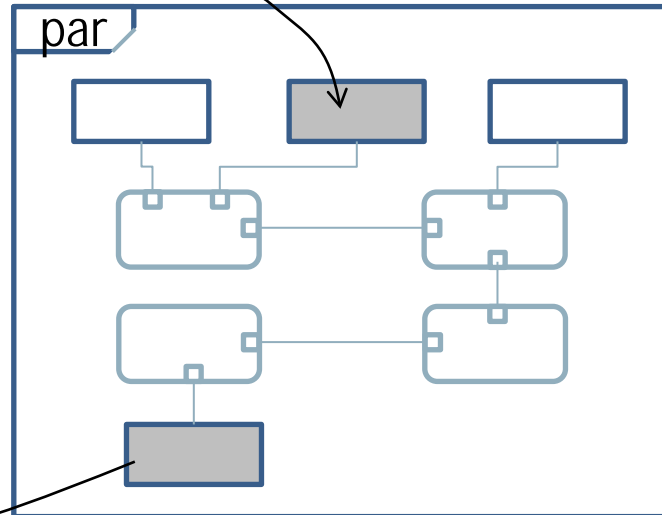
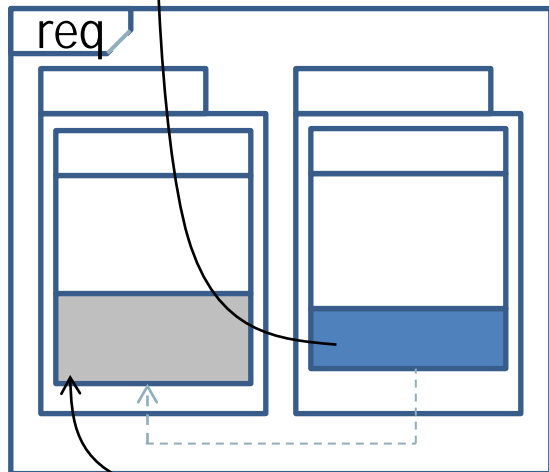
SysMLのダイアグラムは、互いに関連しているので、設計変更があった場合にもその影響を容易に把握できる

構造



振る舞い

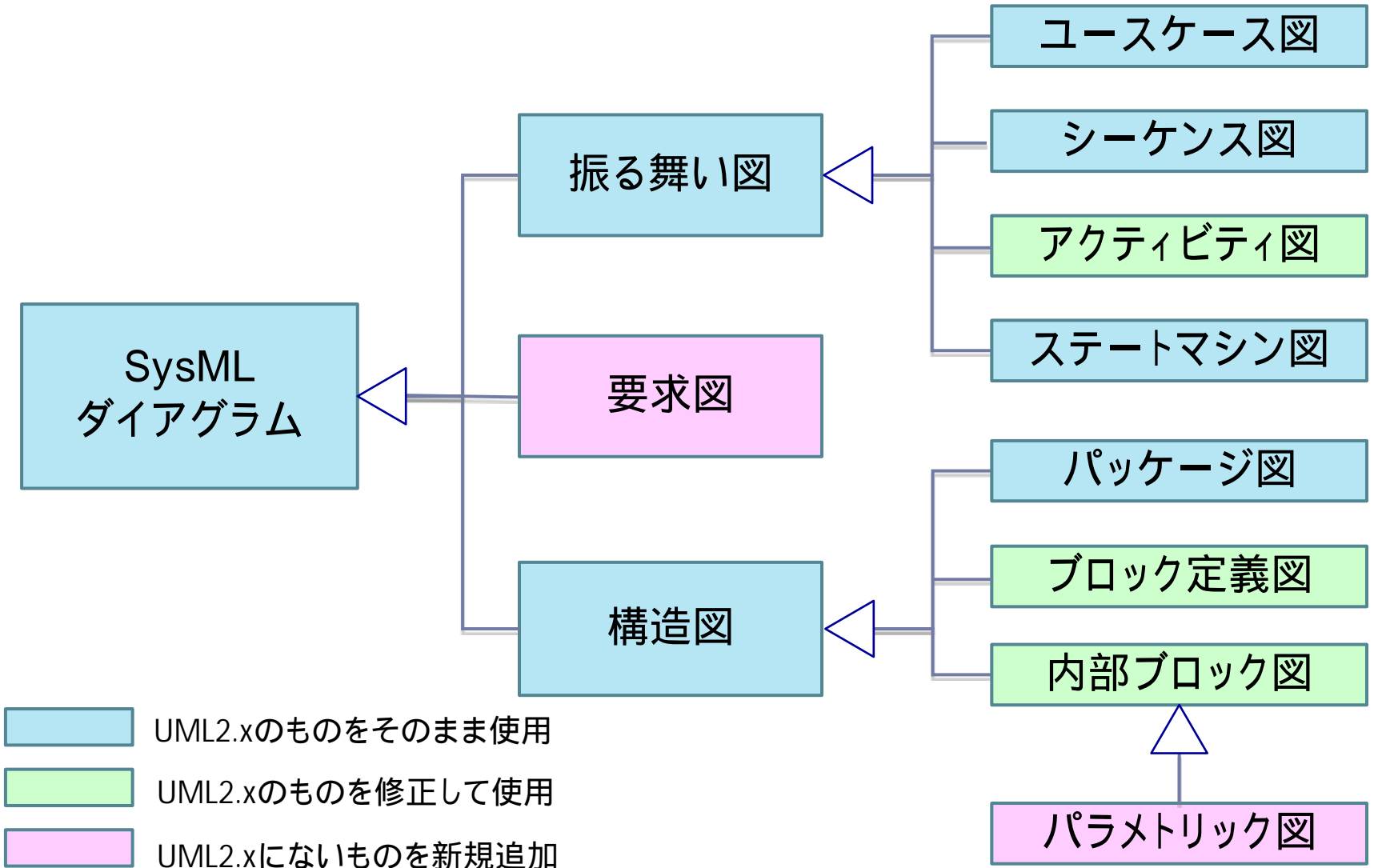
要求



パラメトリック

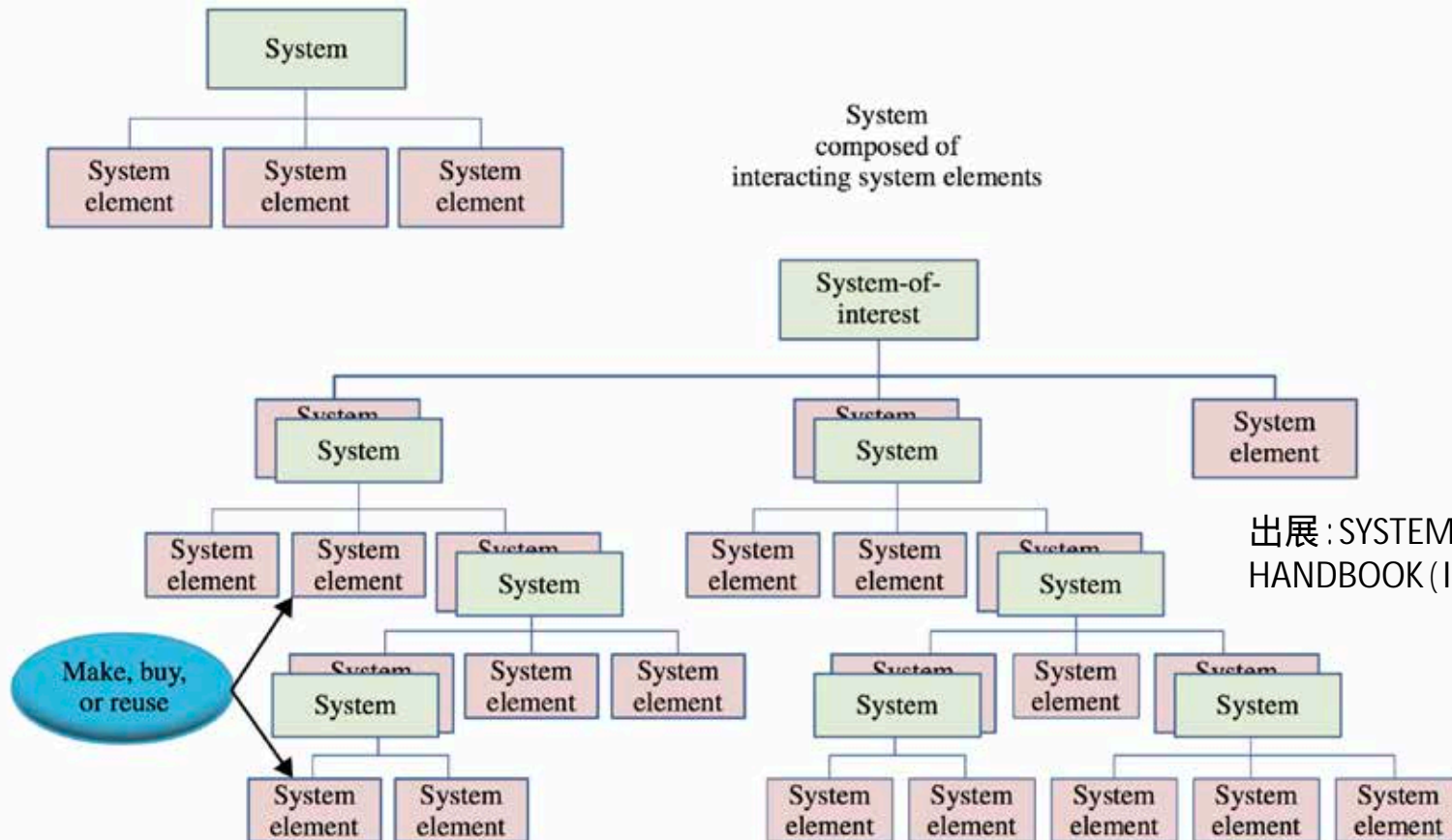
- ・数式表現
- ・運動方程式
- などの制約

SysML図式の分類



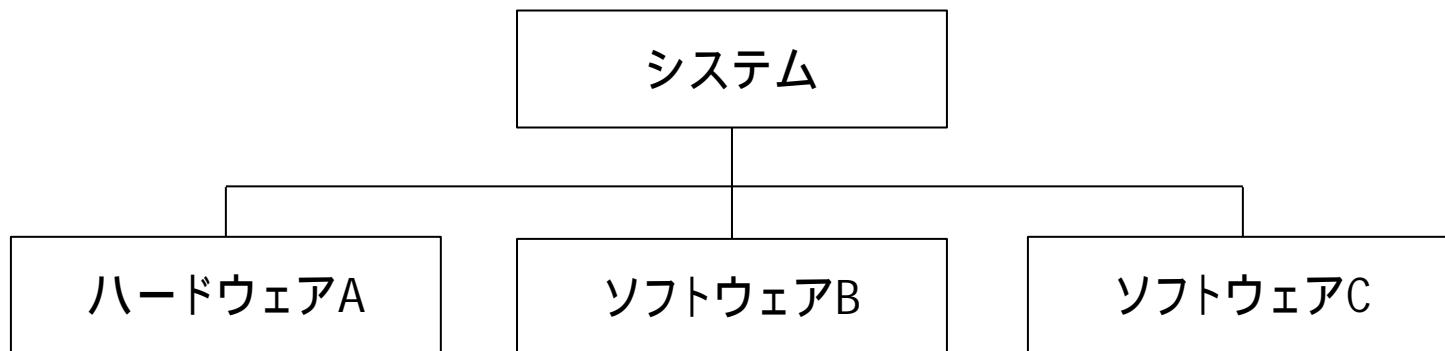
システムの階層化

- n システムを機能単位で階層化することで、各階層は小さい単位として扱うことができる
- n 航空宇宙のシステムでは、7～8階層に分割される



階層の最小単位

- n 階層の最小単位はハードウェア・ソフトウェアである
- n システムズエンジニアリングはこのハードウェアとソフトウェアに分割するところまでが、主な取り組みになる
- n ハードウェアとソフトウェアに分割した後は、それぞれ、ハードウェア開発、ソフトウェア開発にハンドオフする



- システムズエンジニアリングでは、ハードウェアとソフトウェアの開発に関する言及はない
- ソフトウェア開発は、モデルベース開発やアジャイル開発などを適用することができる

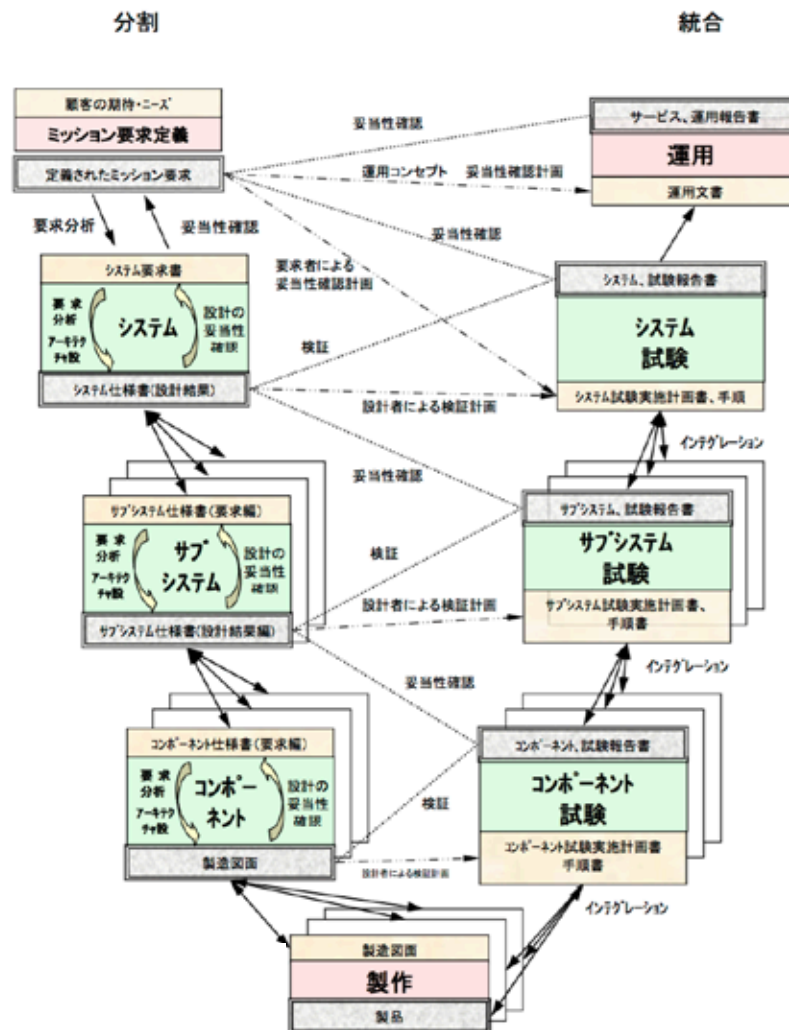
システムの分割と統合

n 分割

- u ミッション分析をもとにシステムを定義する
- u システムをサブシステムに分割する
- u サブシステムをコンポーネントへと分割する
- u コンポーネントをハードウェアとソフトウェアに分割・制作する

n 統合

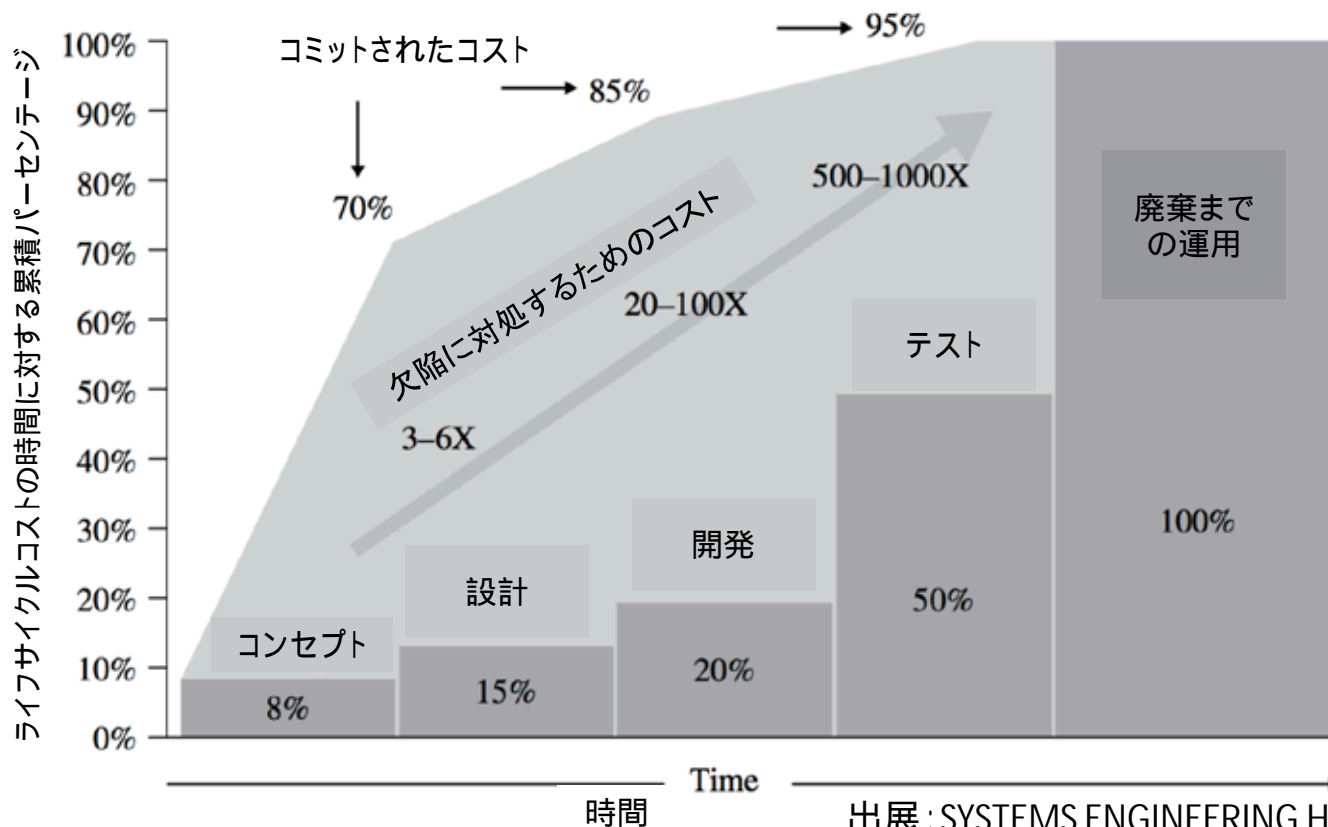
- u ハードウェアとソフトウェアを統合してコンポーネントを検証する
- u コンポーネントを統合してサブシステムを検証する
- u サブシステムを統合してシステムを検証する
- u システムを運用する



出展: システムスエンジニアリングの基本的な考え方 (JAXA)

システムズエンジニアリングの価値(1)

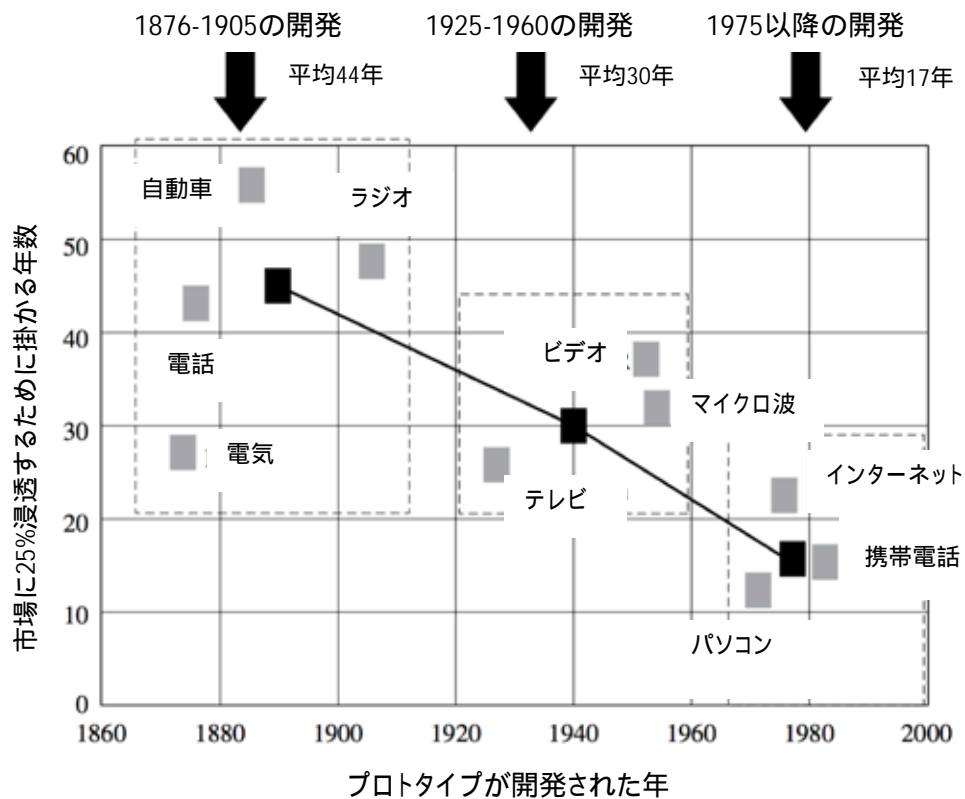
- n システムズエンジニアリングはシステムの複雑さと変更を管理するための効果的な方法である
- n 複雑さと変化が製品やサービスや社会をエスカレーションし続ける
- n 新しいまたは変更された複雑なシステムのリスクを軽減することは、システムズエンジニアリングの第一の目標である



出展: SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK (INCOSE)

システムズエンジニアリングの価値(2)

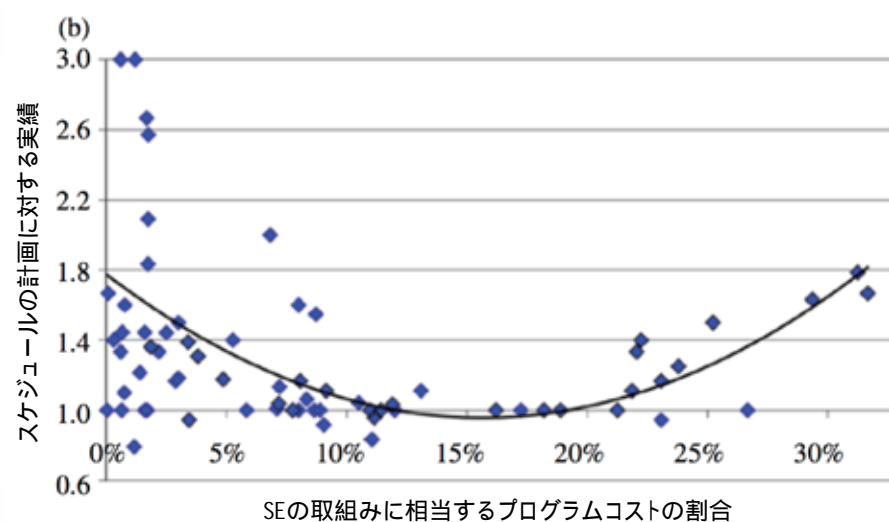
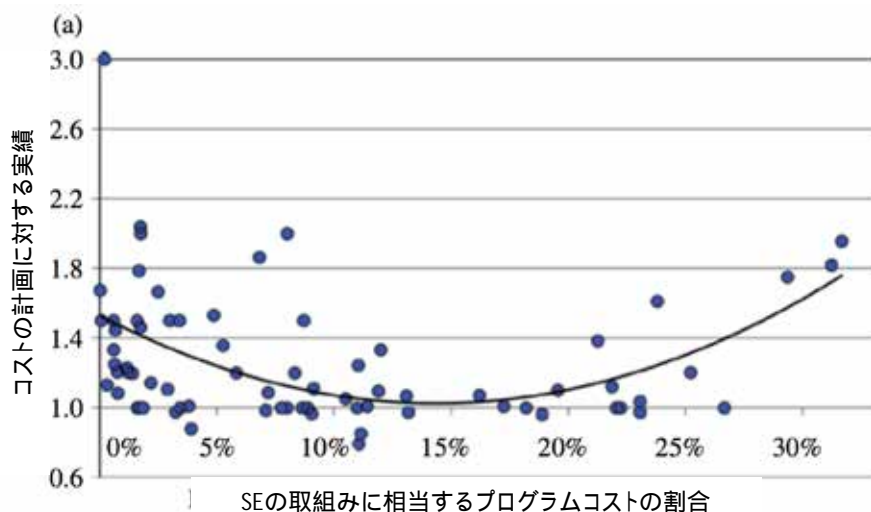
- n 下図に示すように、技術の開発と市場浸透は、過去140年間で4倍以上加速している
- n SEの価値は投資収益率(ROI)の観点から、その有効性が示された



出展: SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK (INCOSE)

システムズエンジニアリングのROI

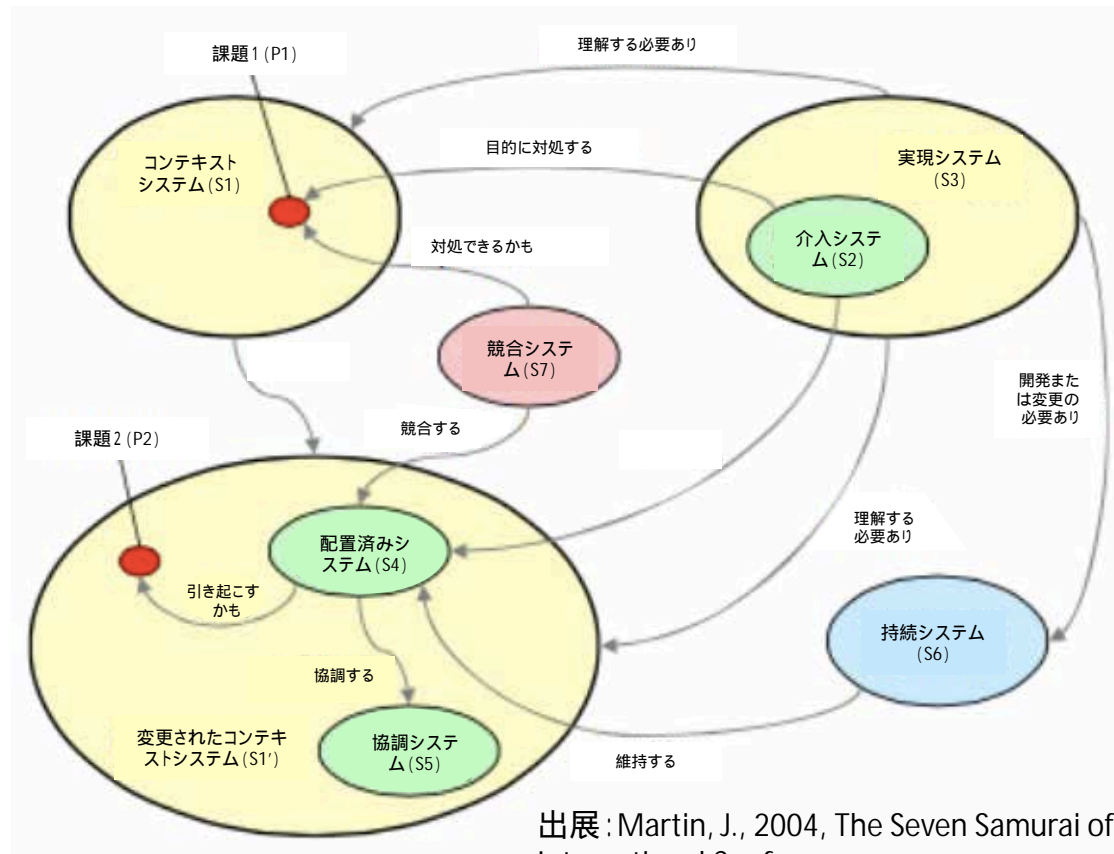
- n 全体のシステムズエンジニアリング(SE)の取組みをコスト(最高値)とスケジュール(最低値)と比較する
- n 両グラフは、SEの取組みが、相互関係において80%の高さで、プログラムの成功に関し、定量化された**効果がある**ことを示している
- n プログラムコストの**8%から19%**のSEの取組みが最適である
- n SEの取組みとは、ビジネスまたはミッション分析や要求定義・アーキテクチャの定義、ハードウェアとソフトウェアの分割などの作業を指す



出展: SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK (INCOSE)

対象のシステムだけを考えるとダメ *SERA*

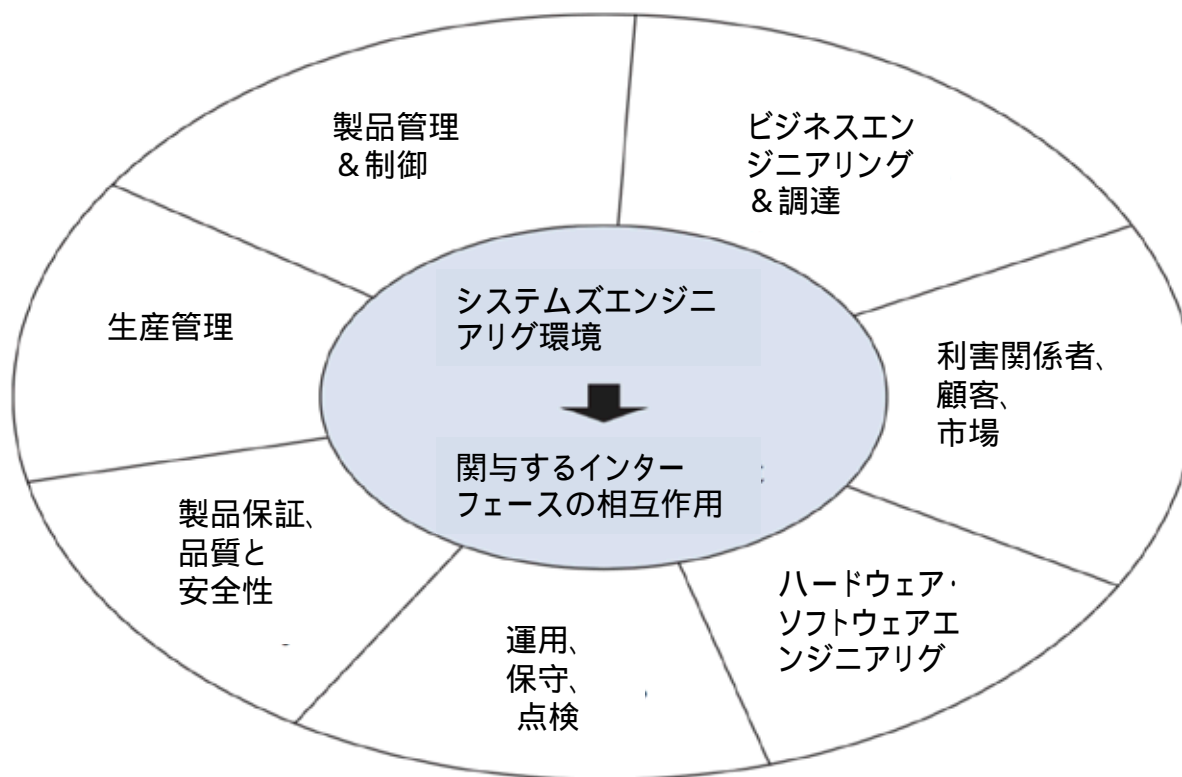
- n コンテキストも含めて、様々なシステムと絡み合っ、対象のシステムが成り立つ
- n 対象のシステムだけを考えると不十分、周囲のシステムや環境も含めて検討する必要がある



出展: Martin, J., 2004, The Seven Samurai of Systems Engineering, INCOSE International Conference

重要な相互作用

- n システムズエンジニアリングにとって、その周辺との相互作用が必要である
- n ビジネス、製品、利害関係者、顧客、品質、ハードウェアとソフトウェア、生産、運用、保守、など、様々な周辺との相互作用により、システムは完結する



出展: SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK (INCOSE)

適用分野

n システムズエンジニアリングの適用分野

- u 情報
- u エネルギー
- u 航空宇宙
- u 防衛
- u 輸送機関(電車など)
- u 公共機関
- u 自動車
- u 医療
- u 家電製品

n 今後日本で期待される適用分野

- u 自動車
- u ロボット
- u IoT
- u エネルギー
- u 医療
- u 金融
- u 証券
- u 流通



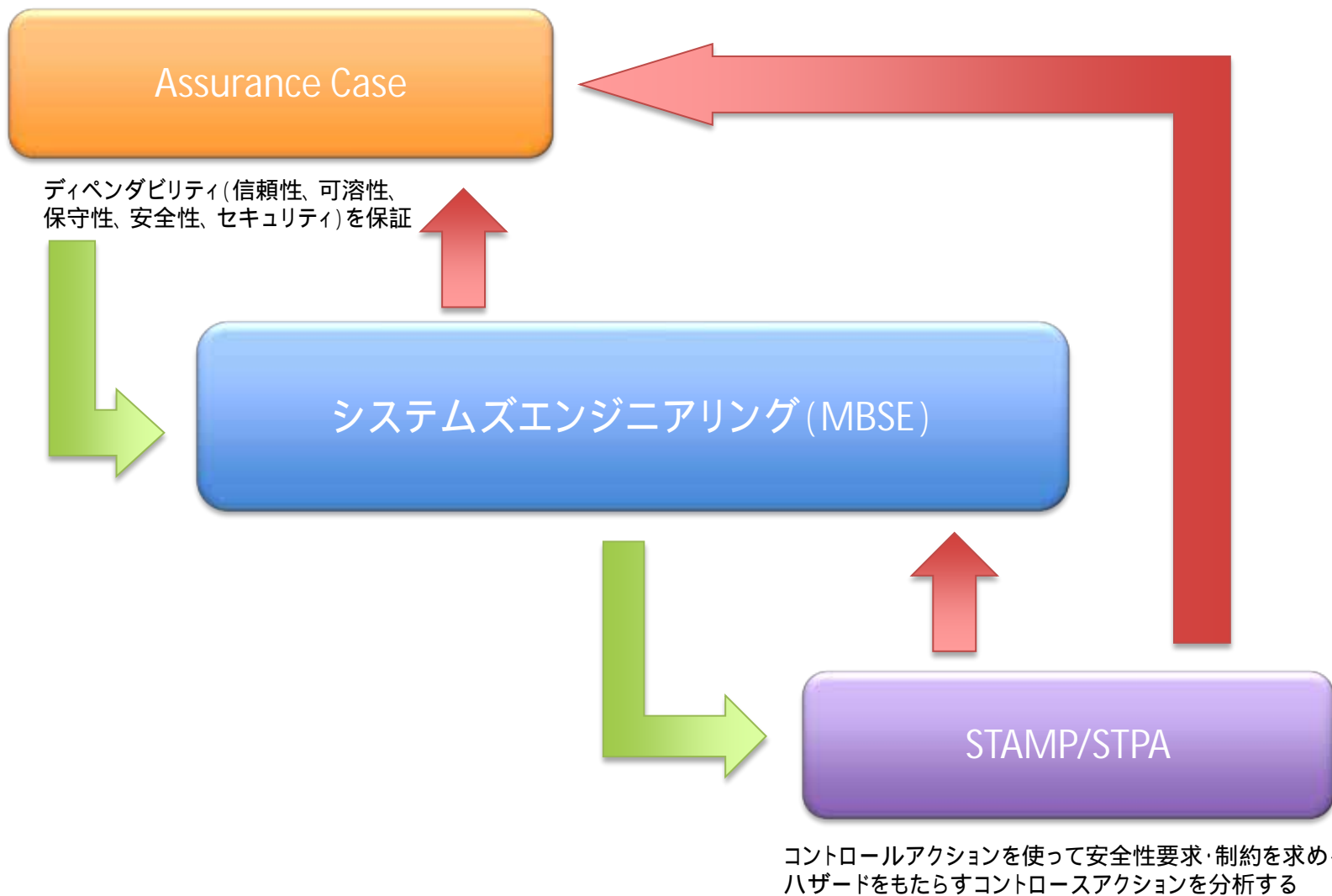
出展: SYSTEMS ENGINEERING Vision 2025 (INCOSE)

よくある話

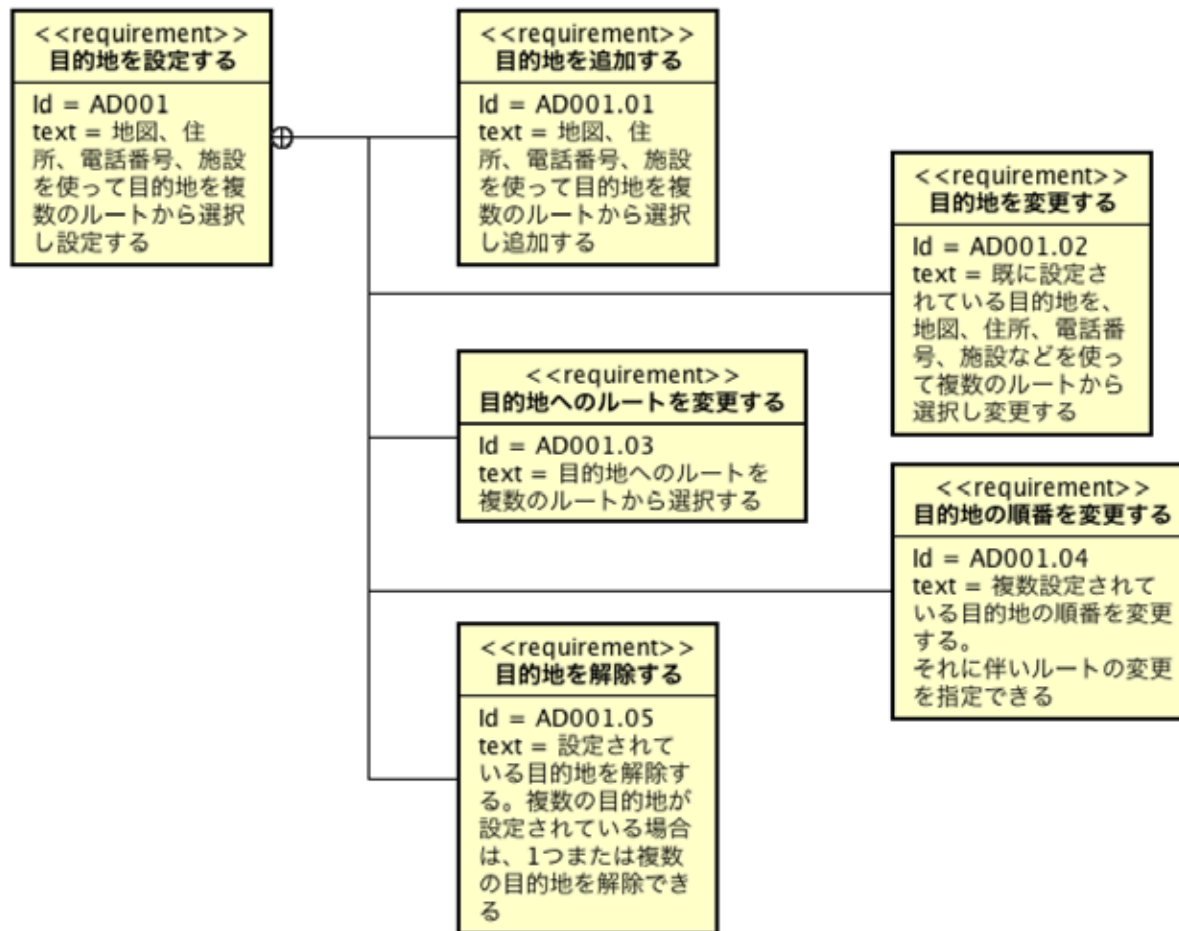
- n プロジェクトが成功するか否かは、心掛けによるのかも知れない
- n システムズエンジニアリングは成功のための**一つの解**である
- n 実装に入ると安心するプロジェクトマネージャがいるが、その内容を把握していなければ、不安は払拭できない筈である



SERAハンドブックの基本的な考え方 *SERA*

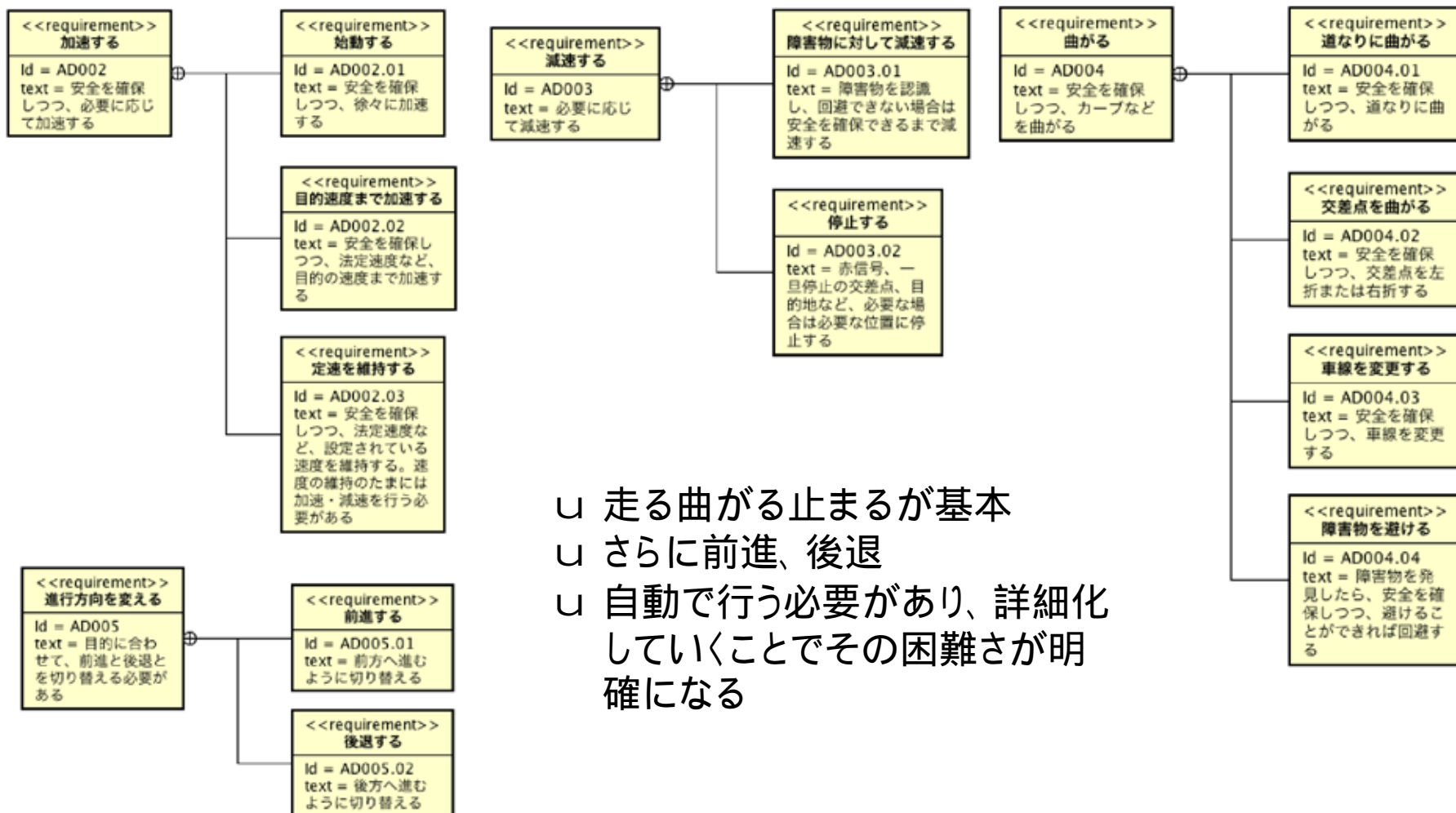


付録A 自動運転の要求(1)



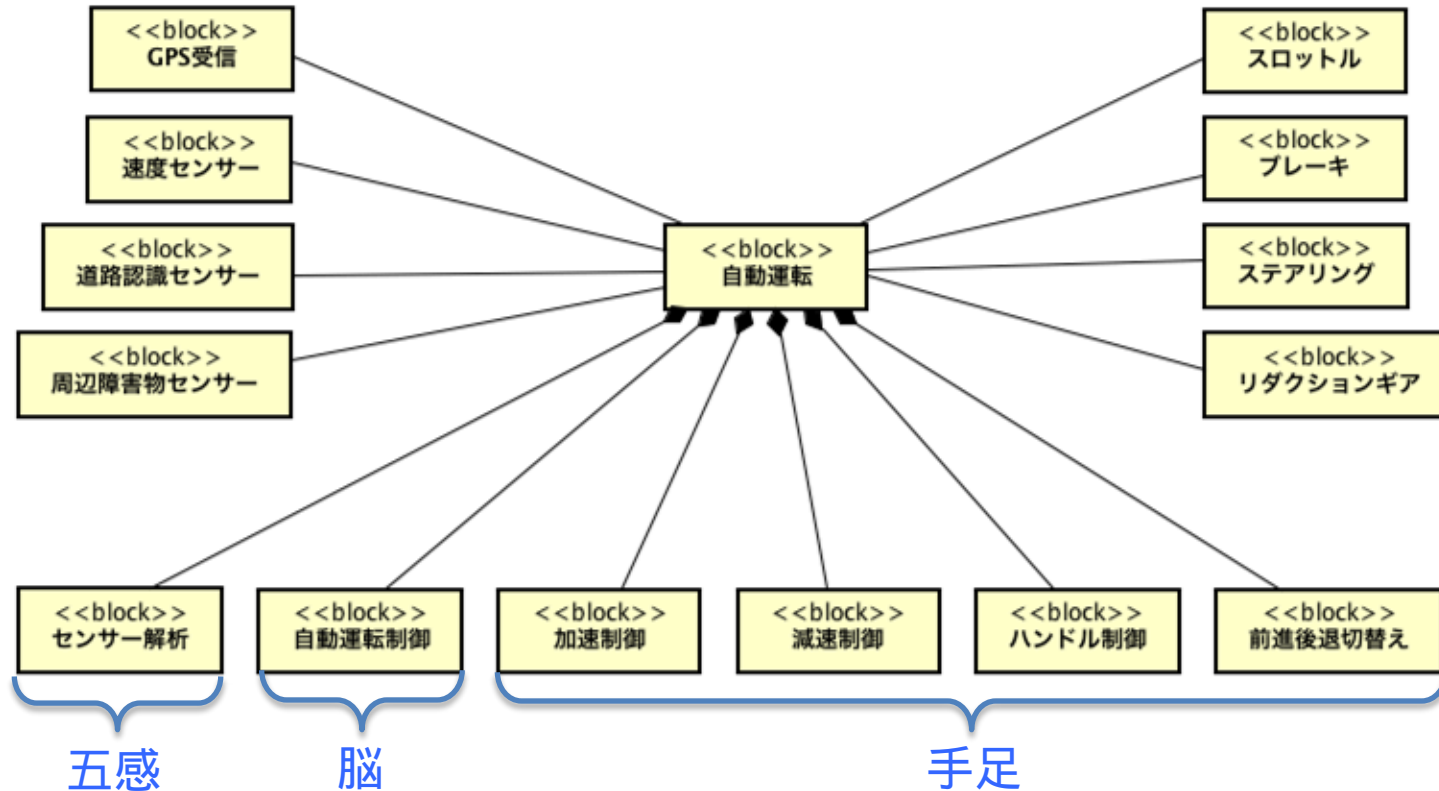
- u 自動運転の場合、目的地が明確でないと、どこへ行けば良いか分からない
- u カーナビの目的地設定が参考になる

付録A 自動運転の要求(2)



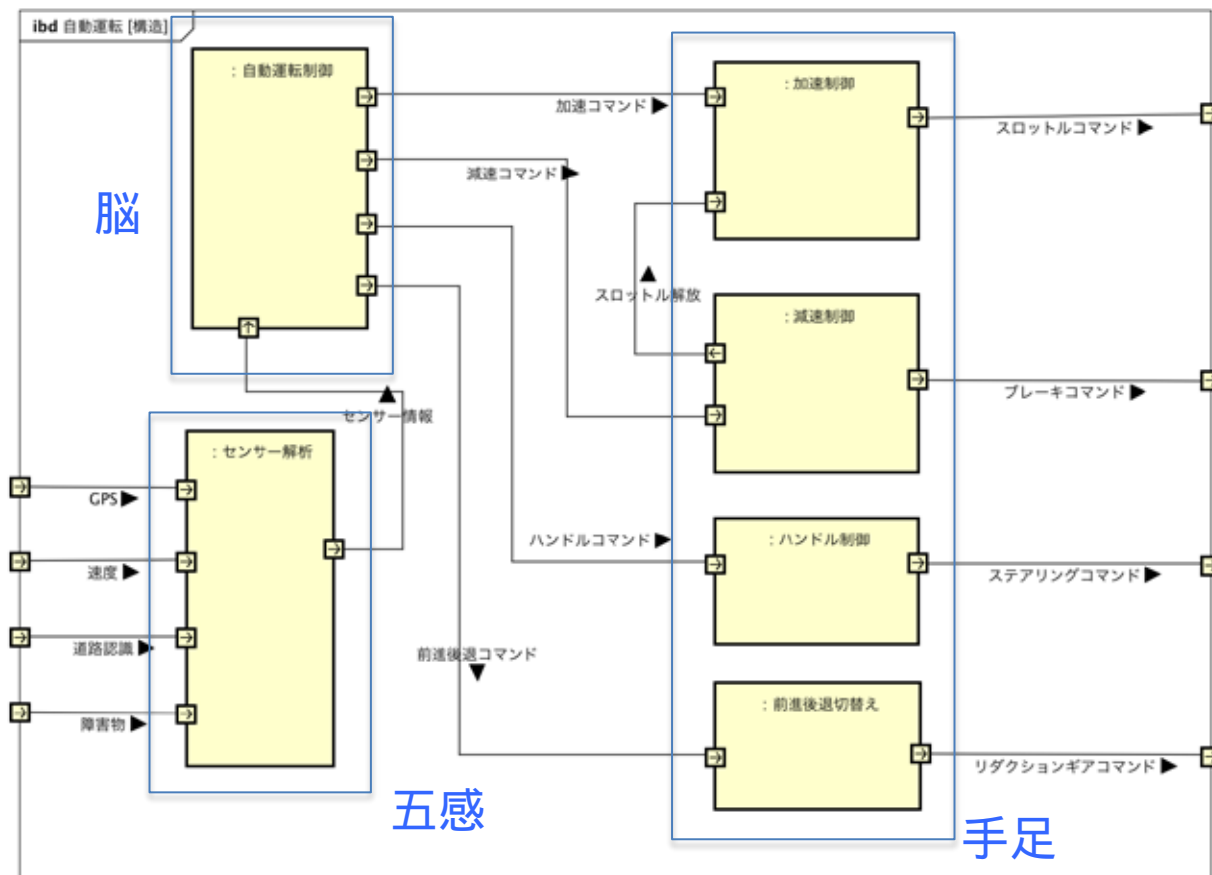
- u 走る曲がる止まるが基本
- u さらに前進、後退
- u 自動で行う必要があり、詳細化していくことでその困難さが明確になる

付録B 自動運転の構成



- u まずは基本的な構成を考える
- u 要求から加速・減速・ステアリングなどを制御しつつ、最適化を行う必要がある
- u 安全性も既存のシステムとの併用などを考慮する必要がある

付録C 自動運転の構造



- u 五感で見て聞いて
- u 脳が判断して、手足に指示する
- u 手足は指示に従って動く

ご清聴ありがとうございました

