



# 図研が提唱するモデルベース システムズ エン ジニアリング

GENESYS and MBSE 2.0 for Connected Engineering

株式会社 図研  
プロセスイノベーション推進部  
2019/9/06

はじめに

## 自動車電動化とコネクテッド技術の進歩



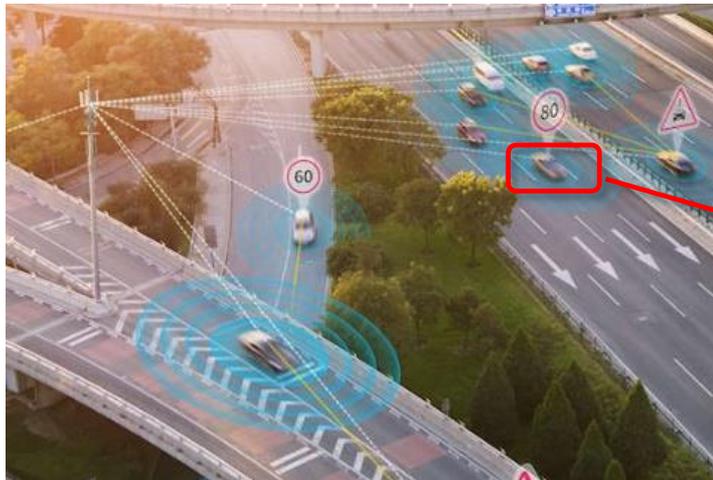
IoTの登場により、自動運転(ADAS)やMaaS(Mobility as a Service)が現実となり、生活は一層豊になる一方、電子化の発展により車両全体が複雑化するだけでなく、車両外部と通信を接続したサービスによってさらに複雑性が増しています。

今まさに“あらゆるシステムとつながる製品開発が必要とされる時代”が到来しています。

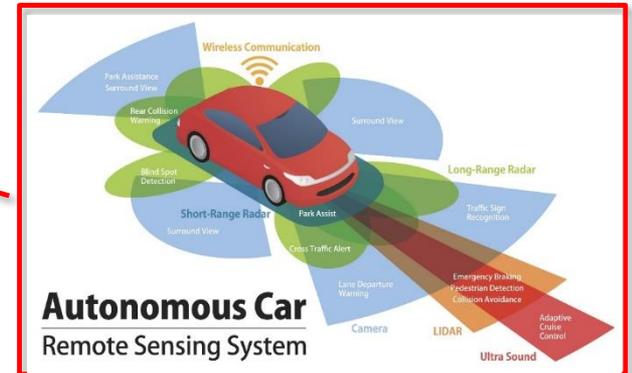
いままでの単一製品開発手法では、まったく歯が立たない状況になっています。



すべての移動を1つのサービスに



高度な自動運転支援 (ADAS)



自動運転技術 (自立走行)

# システムズエンジニアリングの現状と課題

“いろいろなシステムと関連する製品（システム）開発”を実現するためには、**システムズエンジニアリングが成功のカギ**と言われています。

## ■ システムズエンジニアリングとは・・・

- 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。
- **システムズ全体を最重要と認識し、個々のシステムから全体への関連性を見ながら、システムズ全体における最適解を導出する。**

### Why?

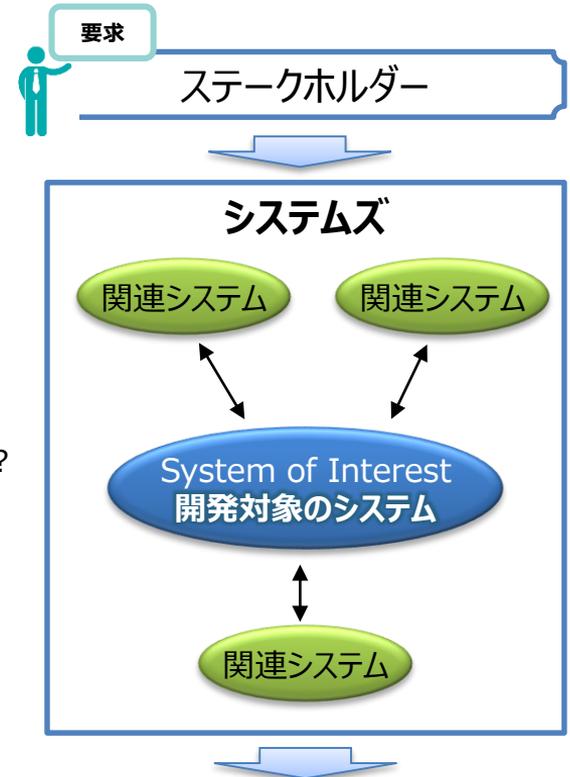
誰が、システムや既存のシステムを用いることで、何を成し遂げようとしているのか？  
起こしてはならない事象は何か？  
何が最も重要な事柄で何が最も避けるべき事柄か？

### What?

システムは、何を実現する必要があるのか？それほどの程度実現するのか？  
何がシステムの勘所で、何をシステムとして必ず考慮しなくてはならないのか？

### How?

どのようにしてシステムは実現されるのか？その実現方式の特性・特徴は？  
システムの各要素の役割分担/責任範囲は？要素のシステムへの貢献程度は？  
要素とシステム全体を確実に実現するには？



**システムズ”ズ”全体で機能し、ステークホルダーは利益を得る。**

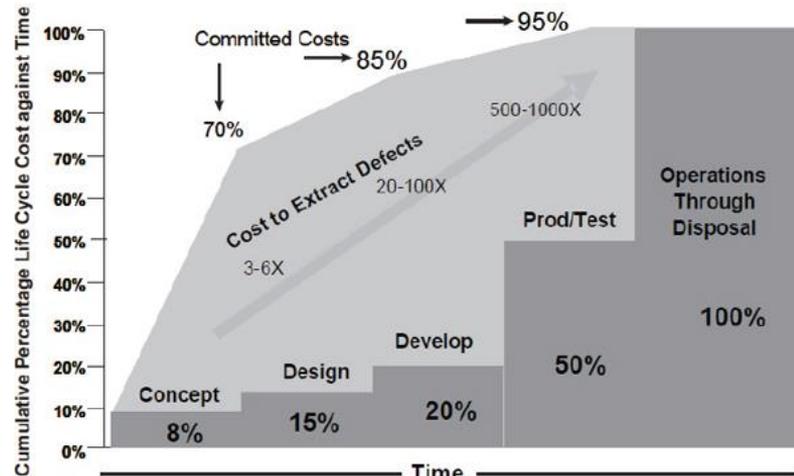


「木を見て森を見る」  
のが  
システムズエンジニアリング

- 通常的设计過程において
  - 一つミスを取りカバーするためのコストは设计が進行するに連れ、急激に増加していく。
  - 早期に失敗流出を抑制しなければ、コスト増大によりプロジェクトは失敗する。
- 设计過程での失败の流出はなぜ発生するのだろうか？

## 考えられる要因

- 複雑さに対応できていない。
- 省略（曖昧）を許容している。
- 変更を管理できていない。
- 最も効率的かつ経済的に長持ちするよう设计されていない。
- より良い设计監理がされていない。



Life-cycle cost commitment. SOURCE: INCOSE Systems Engineering Handbook Version 3, June 2006.

It is not hard to know when System Engineering fails, because when something important goes wrong it usually makes the news fast. - INCOSE

## ■ プロジェクトは製品を開発するために発足し、実行される



Image Courtesy of Pixabay  
<https://pixabay.com/en/plane-crash-crash-crash-landing-62883/>

- 現実問題として1/3のプロジェクトは失敗に終わっている。
- 残りの2/3はプロジェクトは進行するものの遅延/コストオーバーを発生し、当初の目標に対して成功しているとは言い難い。
- プロジェクト成功率を上げるために何が必要なのか!?

## ボーイング737 MAXにおける飛行トラブル

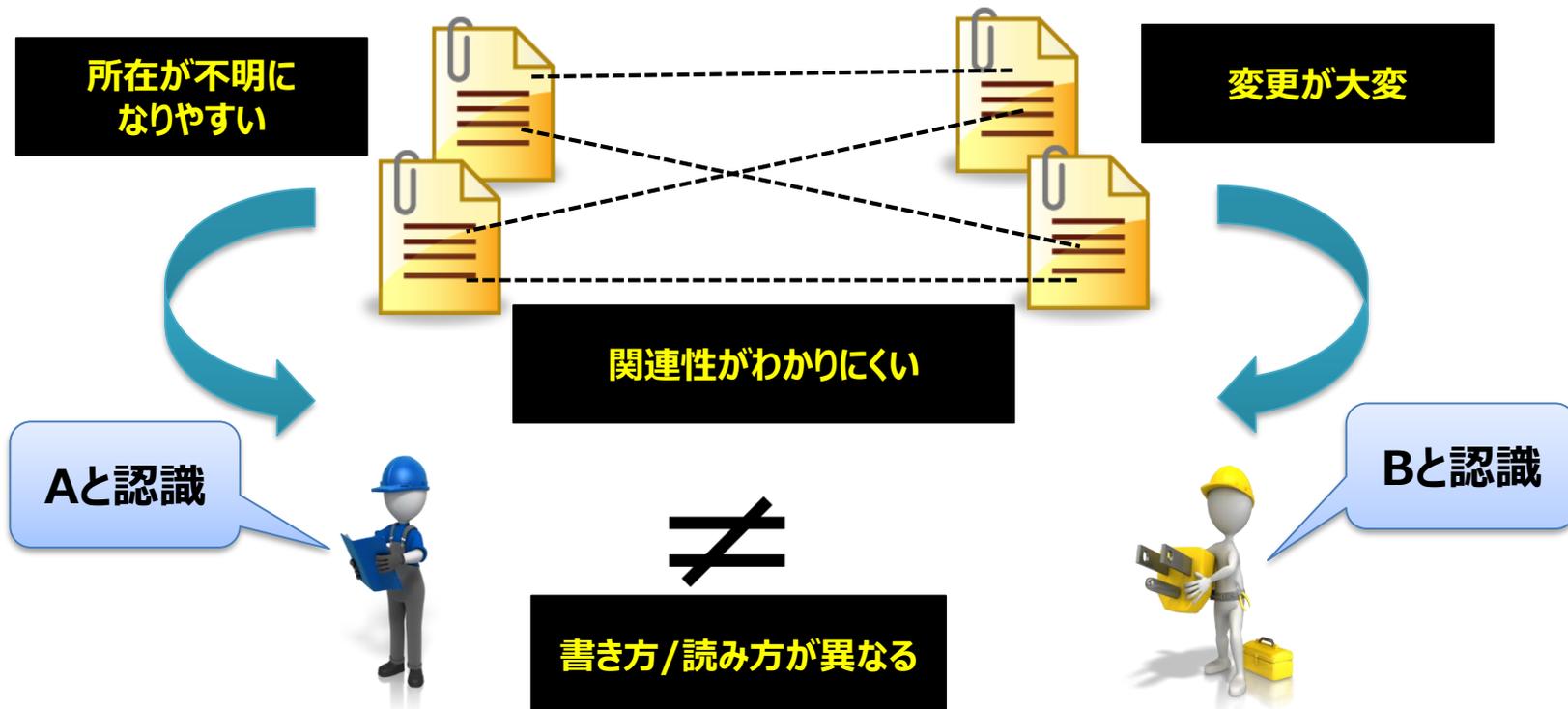


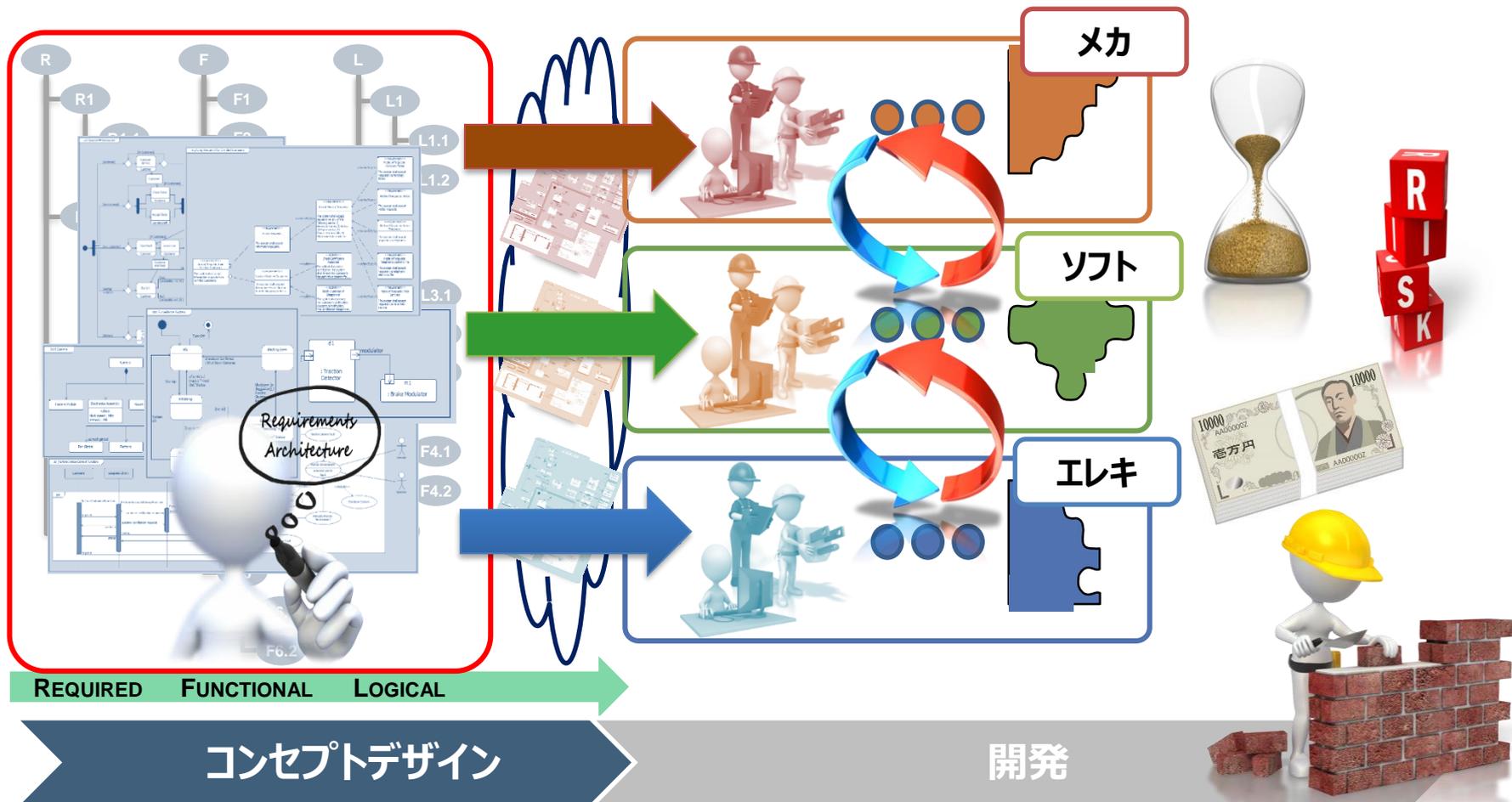
737NGをベースに派生開発した旅客機はシステムズエンジニアリングを怠り、部分最適した結果…

737MAXに装備されたCFMインターナショナル LEAPエンジン

## SE (ドキュメントベース)

- ドキュメントベースでの開発はドキュメントの量が膨大になってきている
- 網羅性の確保がほぼ困難

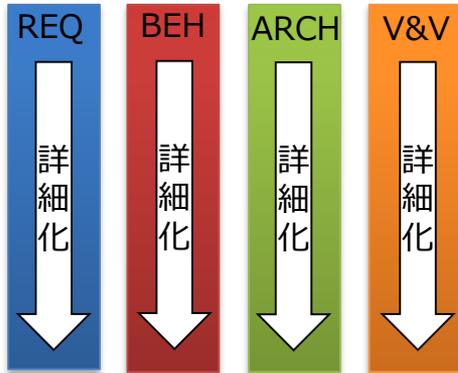




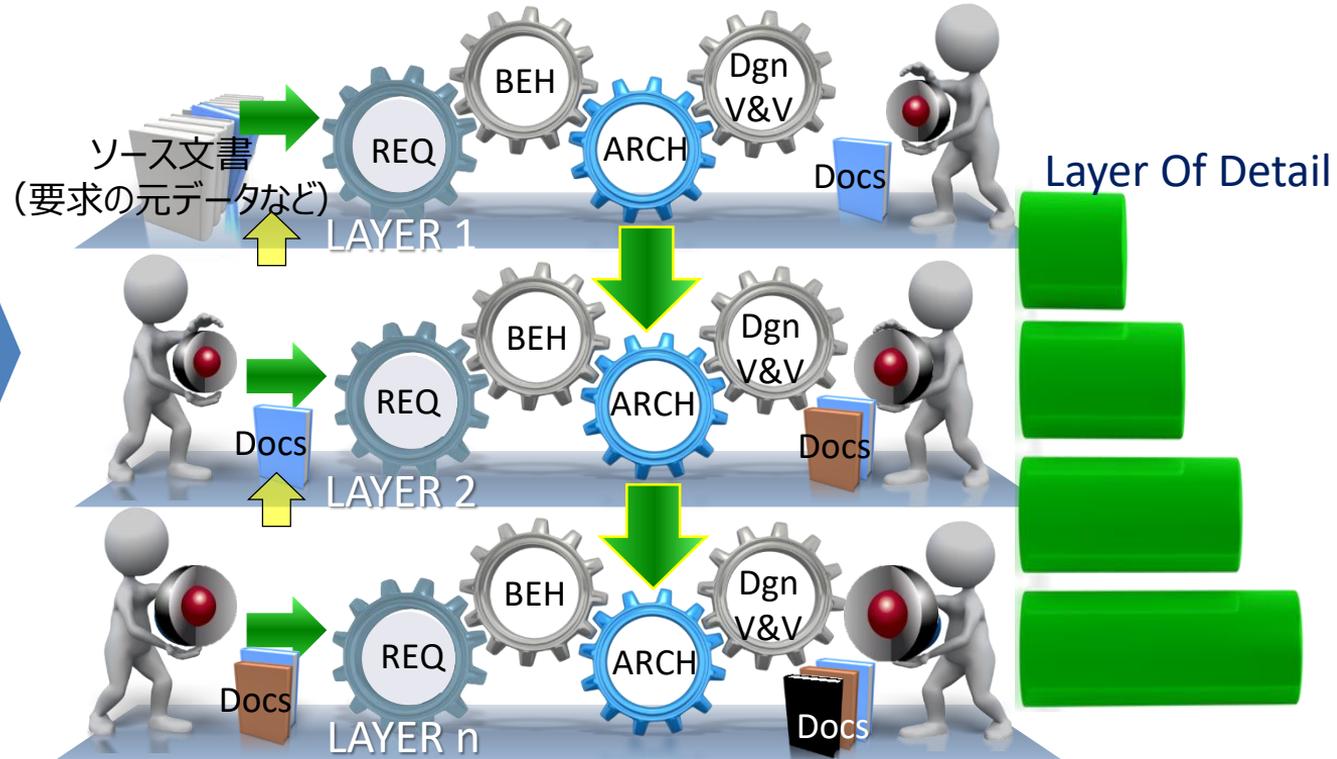
# MBSEの取り組み

- 各レイヤー単位で全項目（REQ/BEH/ARCH/V&V）が完了するまで作業する。
- レイヤー単位の作業完了後、次のレイヤーの作業に移行する。

## これまでのシステム設計アプローチ

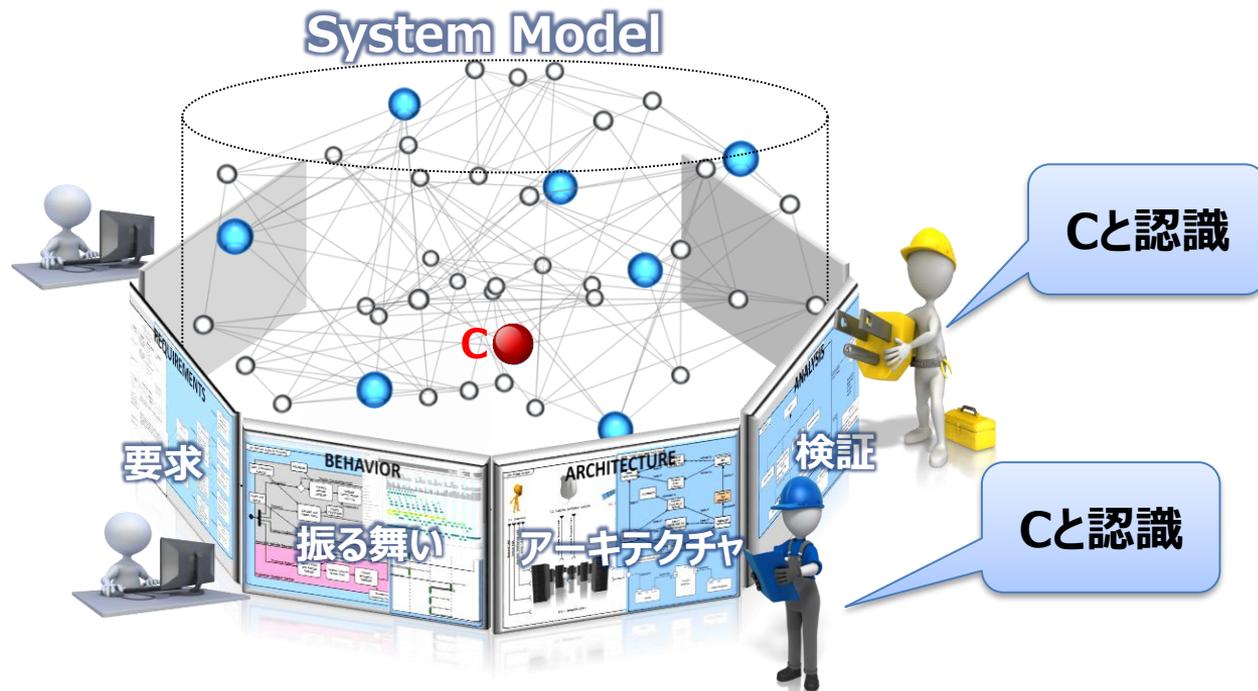


各検討軸ごとの詳細化・反復  
要求との充足が取れない。  
振る舞いやアーキテクチャ間の  
差異が発生し、手戻りとなる。



## ■ MBSEとは

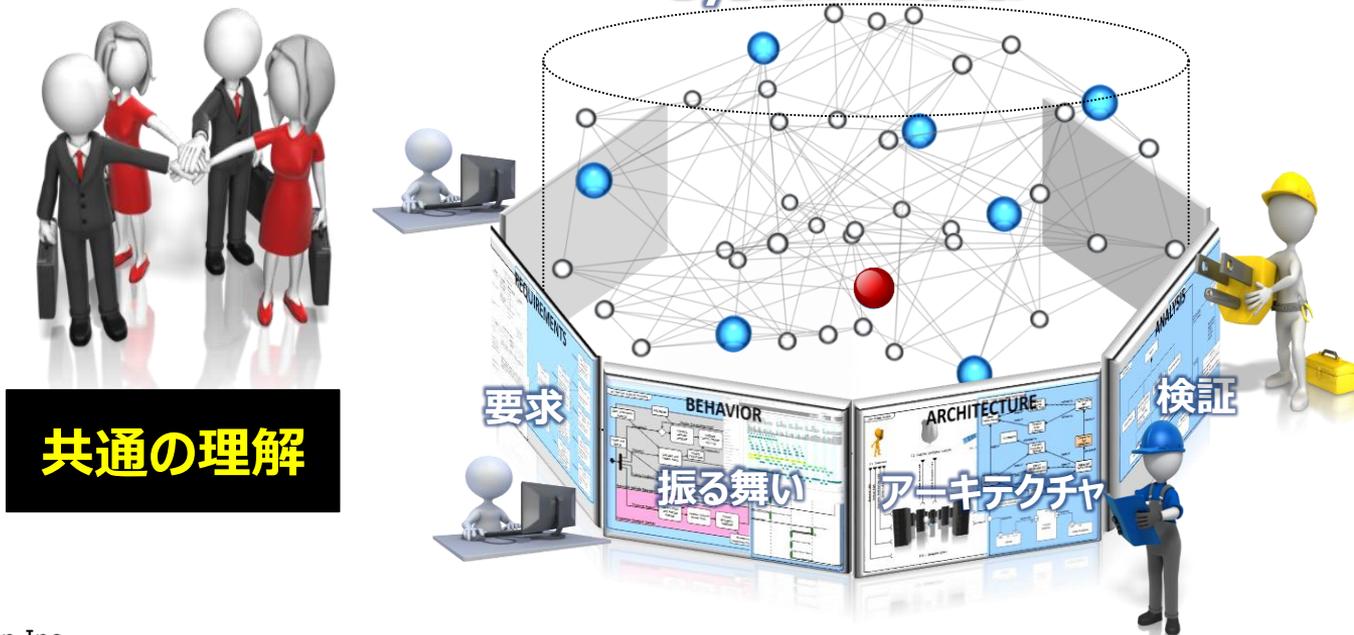
- システムを多視点で俯瞰的に捉えたモデルを用いて、要求分析・設計・検証を行うアプローチ
- システムを要求、機能、構造、制約などの側面から捉えて表現できるように構築した構造体



## ■ MBSEのメリット

- システム全体を多視点で俯瞰的に捉えることができる※
- 標準化されたモデリング言語（OMG SysMLなど）を用いることで記述モデルの統一が可能※
- 仕様変更時に、全ての関係者が共通モデルを修正することで、変更管理が容易となる

### System Model



※  
モデル要素間の関連性や一貫性を保つように注意深くシステムモデルを構成する必要があります

- システムを記述・分析した結果をモデル化することで、システムを明確にし、一貫性があり、矛盾がない状態にすること。
  - 文書で書かれるシステム表現などにおける忠実度の低い表現から、より忠実度の高い表現へ進化
  - 管理、分析、習得のための知識習得の精度向上
  - ダイアグラムベース、図面ベースなど見た目主体のエンジニアリング以上の情報を提供する
  - 複数の分析モデルをつなげ、1つの構成された（まとまった）モデルを作る
- モデルの利用はコミュニケーションと分析のためにある。
- システムの設計と仕様のための、信頼でき、真実である情報の源を開発（組み立て）すること。
- 一貫性のある設計と仕様を保証する。（正しくモデルを組み立てられれば）
- エンジニアリングチームで誤解なく共有できる、明示的なシステムのモデルを提供すること。

**MBSEとは、思考と設計アプローチにおける革新ではなく「進化」である。  
「進化」をさせることにより、エンジニアリングに「革新的な結果」をもたらす！**

# MBSEツール/GENESYSの紹介

MBSE (Model-Based Systems Engineering) ソリューション分野に本格参入

## About Vitech

### ■ MBSEのシステム開発を専門とするソフトウェア会社

- バージニア州ブラックスバーグに位置
- David Longにより1992年設立
- Founded by David Long



### ■ 製品

- CORE: 第1世代 MBSE software
- GENESYS: 次世代 MBSE software



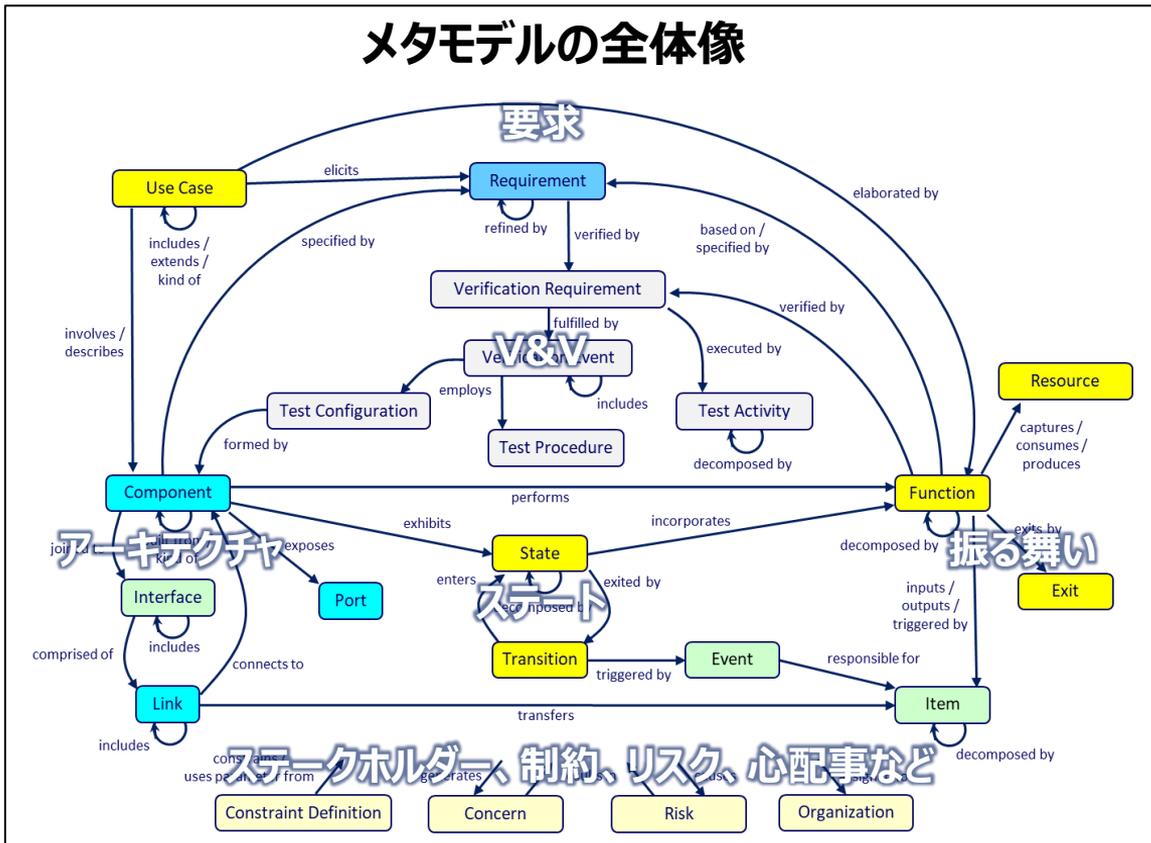
### ■ 社長兼創始者 David Long

- 業界で非常に有名であり、信頼できる専門家
  - INCOSEの元会長: International Counsel on Systems Engineering
  - システム工学博士であり、彼の出版したMBSE書籍は業界で非常に有名
- 世界中のシステムエンジニアリング標準化団体および大学と連携



## GENESYSメタモデル：システムを設計するために必要な情報

### メタモデルの全体像



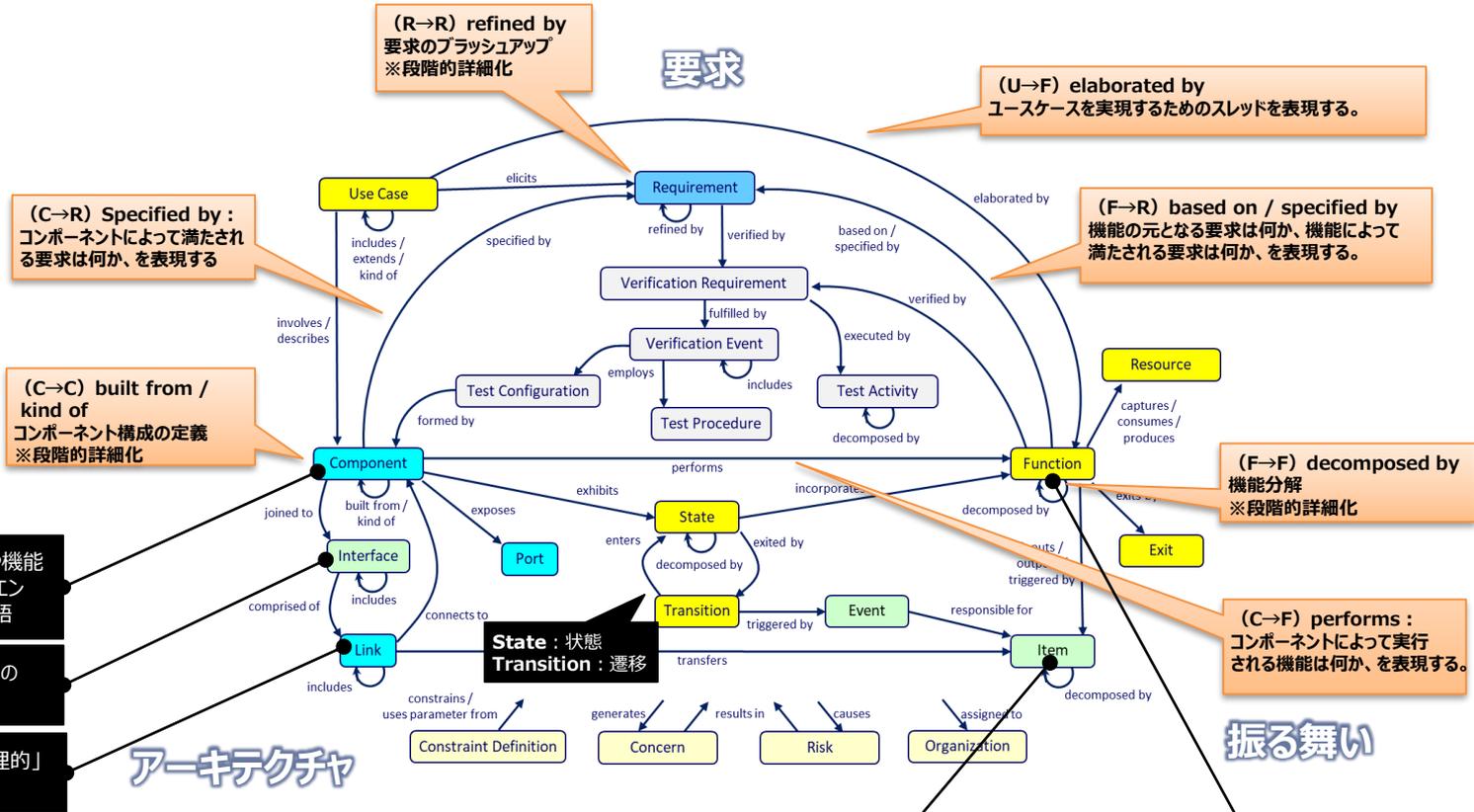
> 図面(ドキュメント)

> 辞書

> 画像

> 仕様書(文章)

> 設計対象システム



**Component :** 特定の機能や機能群を担う物理的または論理的なエンティティ(もの)を表す抽象的な用語

**Interface :** Component間の「論理的」接続

**Link :** Component間の「物理的」接続

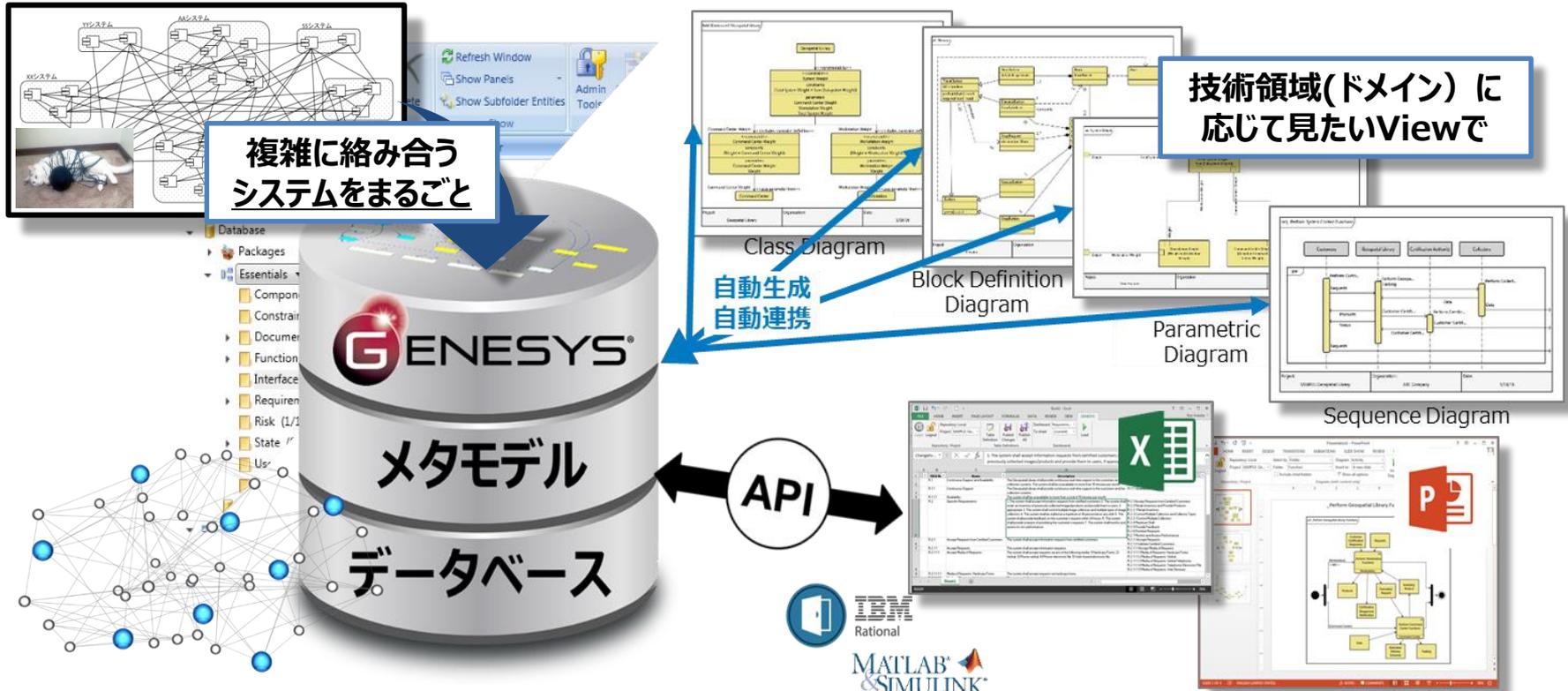
**State :** 状態

**Transition :** 遷移

**Item :** Function間のデータおよびトリガー

**Function :** 特定の結果を出力する機能そのもの

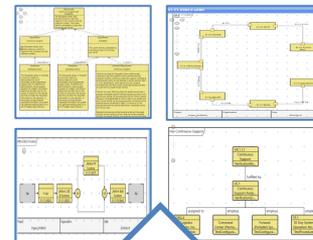
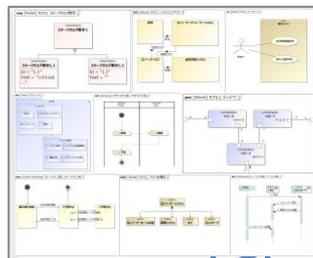
- SysMLに依存せずメタデータを構築、必要なビューを自動生成可能なMBSEツール



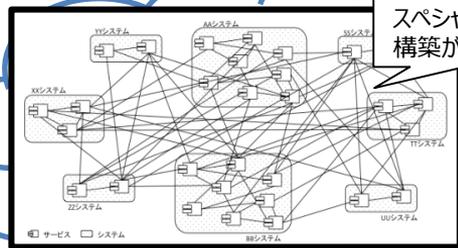
## GENESYSと他モデリングツールとの最も大きな違い

- **モデルの「作り方」が提供される**：モデルの分類や関連性の“作成ルール”が提供される。他モデリングツールは“作成ルール”の検討が必須。

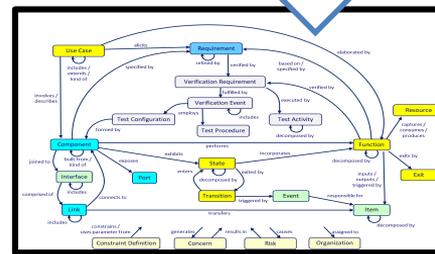
EA  
Cameo  
Rhapsody  
Etc.



モデル要素の分類や関連性のルール  
：「オントロジー」と呼ばれることが多い。



スペシャリストによる  
構築が必須。



### 作り方の例

- ・モデルの種別はどう定義する？
- ・トレーサビリティをとるためにどの種類のモデル間を紐づけるべきか？
- ・論理と物理の区別はどうやるか？

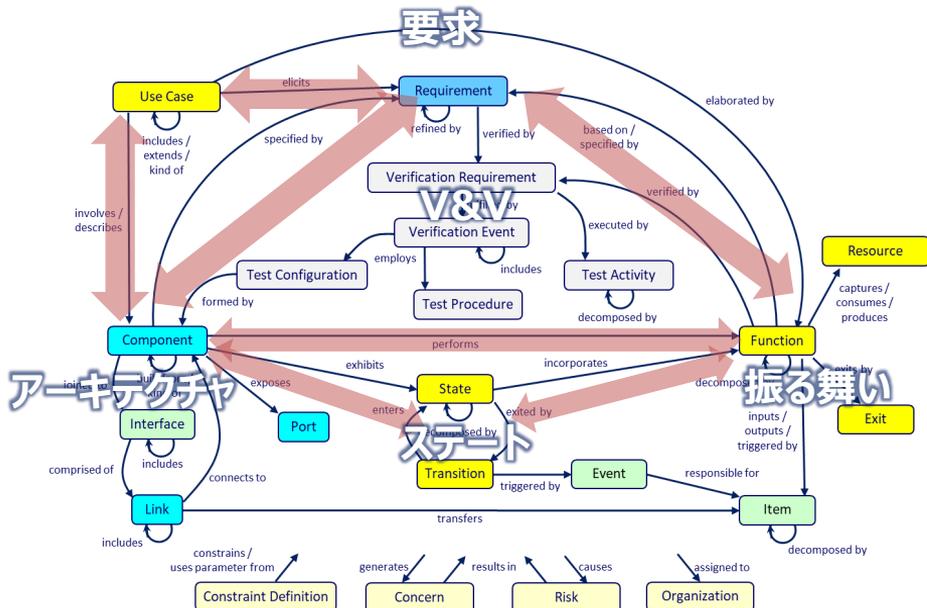
SysMLに準拠した図は描けるが、  
モデルは**分類・関連のルールを決める必要がある**  
→**このルールを固めるための検討が難航しているユーザ多し。**

Vitech社が40年強培ったオントロジーが提供される  
→システム仕様の記述で本質的に必要な要素が既にある。  
**モデリング実施がスムーズに開始できるはず。**

## メタモデルにおける「一貫性保全」支援

### エンティティの自動生成/自動アロケート

- Component作成時の自動Function生成/割り当て
- Function作成時のState自動生成/割り当て
- ユースケースのActorとComponentの連動 など

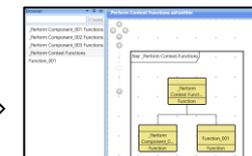
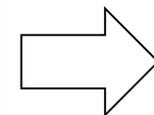
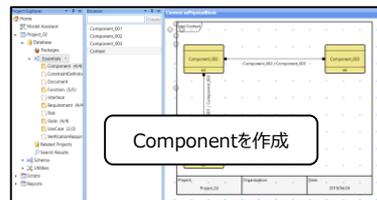


アーキテクチャ

ステート

振る舞い

ステークホルダー、制約、リスク、心配事など



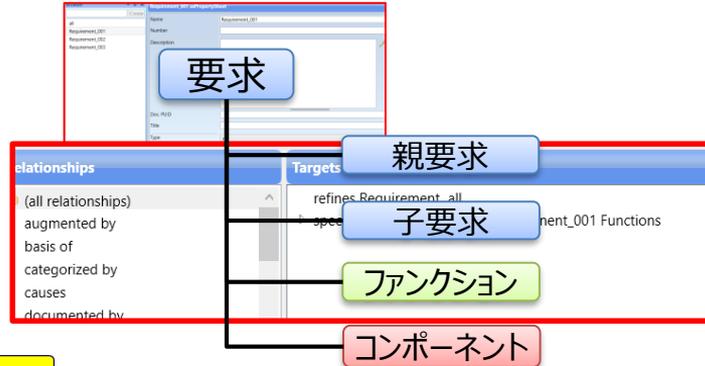
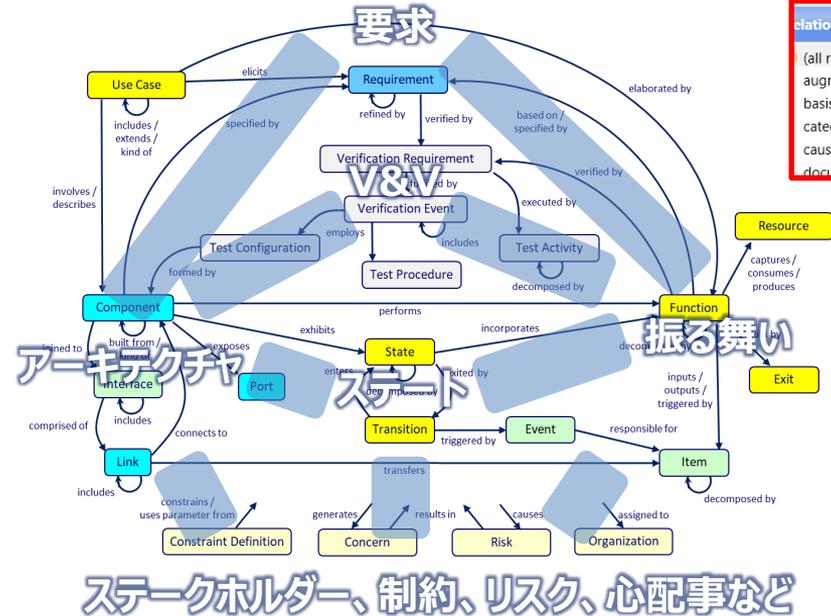
BATT24.5Vを抽出すること asPropertySheet

Completeness Checker	CompletenessCheckerLevel3
Completeness Errors updated: 2019/04/18 14:21	<ul style="list-style-type: none"> <li>Level 1: The 'description' attribute has not been specified.</li> <li>Level 1: This entity has no relationships to any other entity in the project.</li> <li>Level 2: The 'origin' attribute is set to 'nil'.</li> <li>Level 2: The 'type' attribute is set to 'nil'.</li> <li>Level 3: The entity is at the leaf level and is not of type 'performance' or 'functional', but no 'verified by' relationship has been established.</li> <li>Level 3: The entity is at the leaf level, but no 'specifies' or 'basis of relationship' has been established.</li> </ul>
Design Integrity Checker	(none)

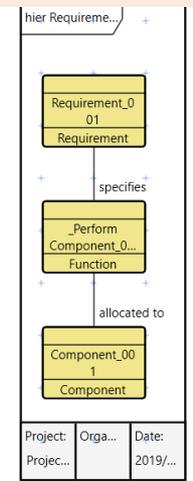
**エンティティの完全性チェック**  
 エンティティがこのプロジェクトの中でどのエンティティとも関係を持っていない。どこから発生した要求なのかが定義されていないなど。

## メタモデル内のトレーサビリティ管理

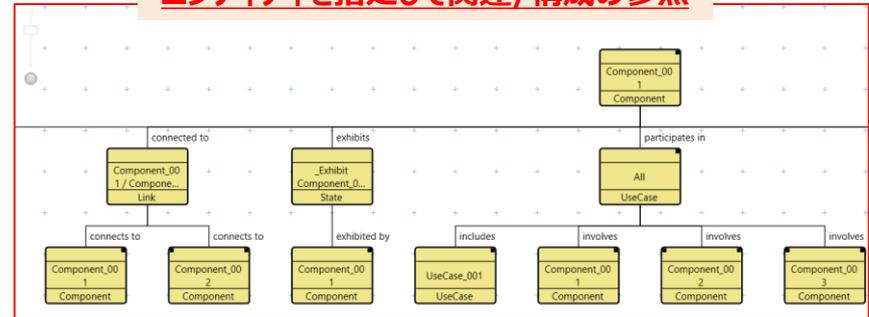
### 要求一ふるまいアーキテクチャ



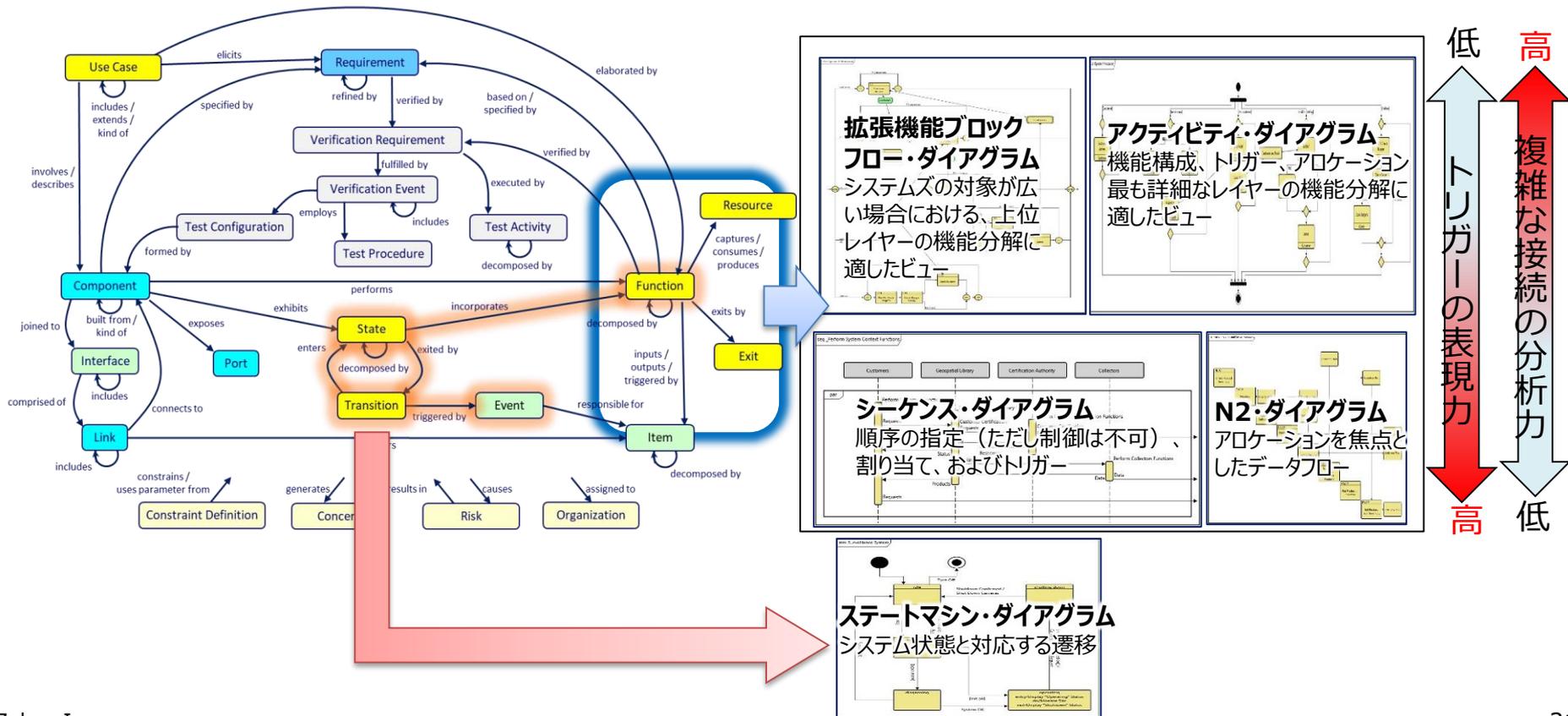
### リレーション表示



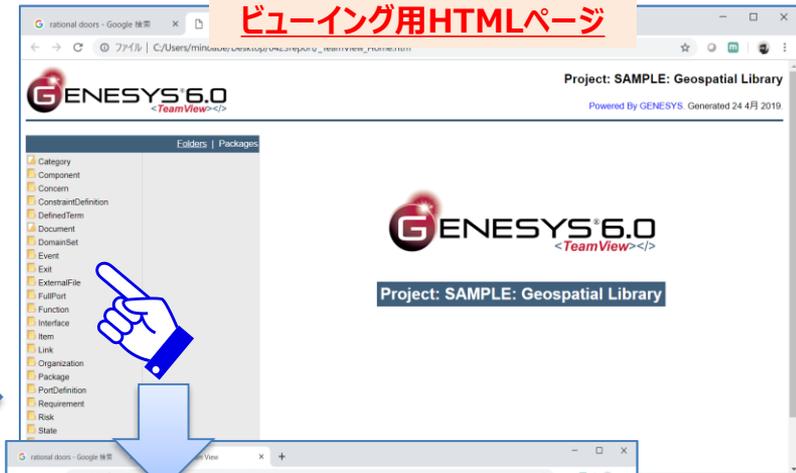
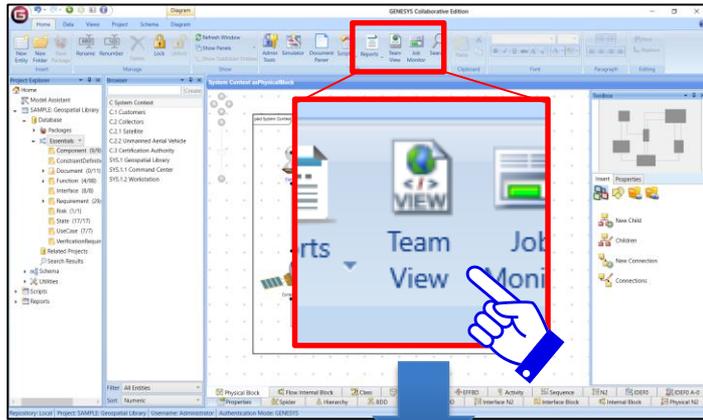
### エンティティを指定して関連/構成の参照



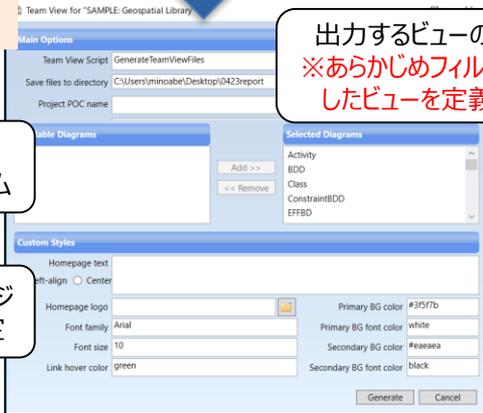
- 振る舞いの根源となるメタモデルを管理し、用途に応じたビューで参照



## レビューや他ドメイン共有用のHTMLページを生成可能



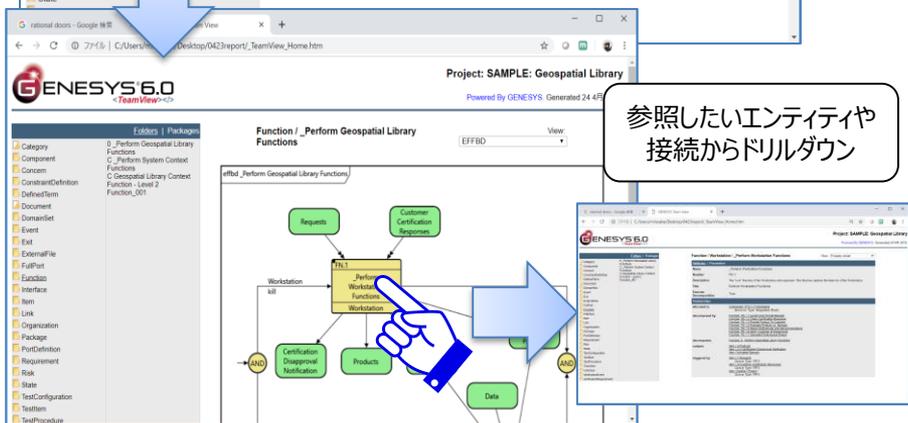
### 出力設定画面



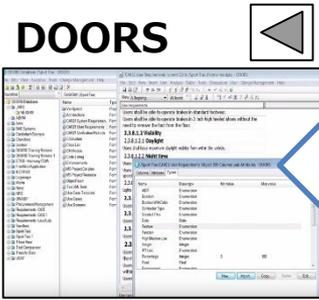
出力するビューの対象  
※あらかじめフィルタリング  
したビューを定義する

出力する  
ダイアグラム

Webページ  
表示設定



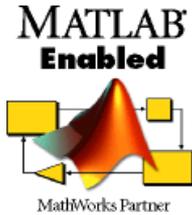
参照したいエンティティや  
接続からドリルダウン



DOORS

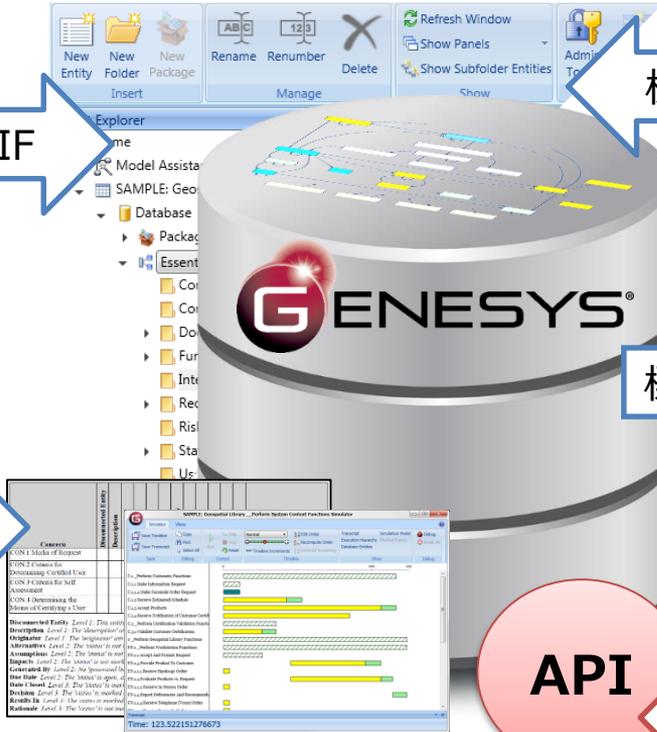
標準IF

Requirement相互連携



標準IF

MATLABブロック図生成  
(MBD連携)  
GENESYSからのMATLABソルバ起動  
→GENESYSでSIM結果参照



標準IF

標準機能

API

APIを利用  
した連携PG

Excel Connector



エンティティおよび接続情報のI/O  
グラフ・図による集計・分析

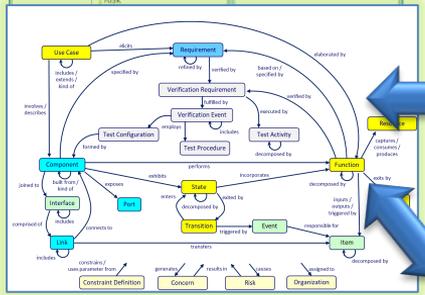
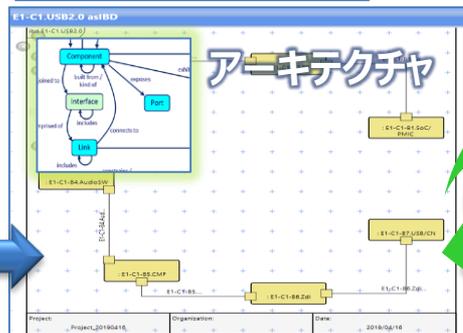
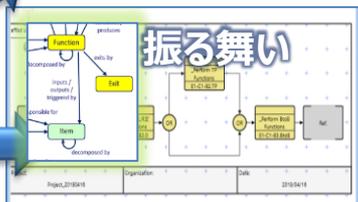
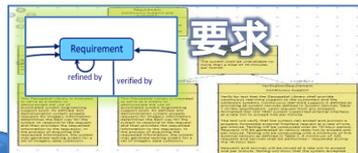
Powerpoint Connector



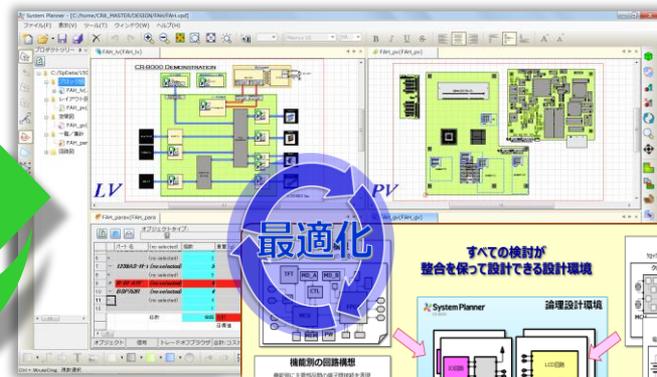
各ダイアグラムの出力

pure::variants  
microTRACER  
PTC Integrity  
PLM System  
etc

# MBSEとEEアーキテクチャ連携



E/Eプラットフォームに必要なモデルと情報を  
抜き出し/設計/フィードバック

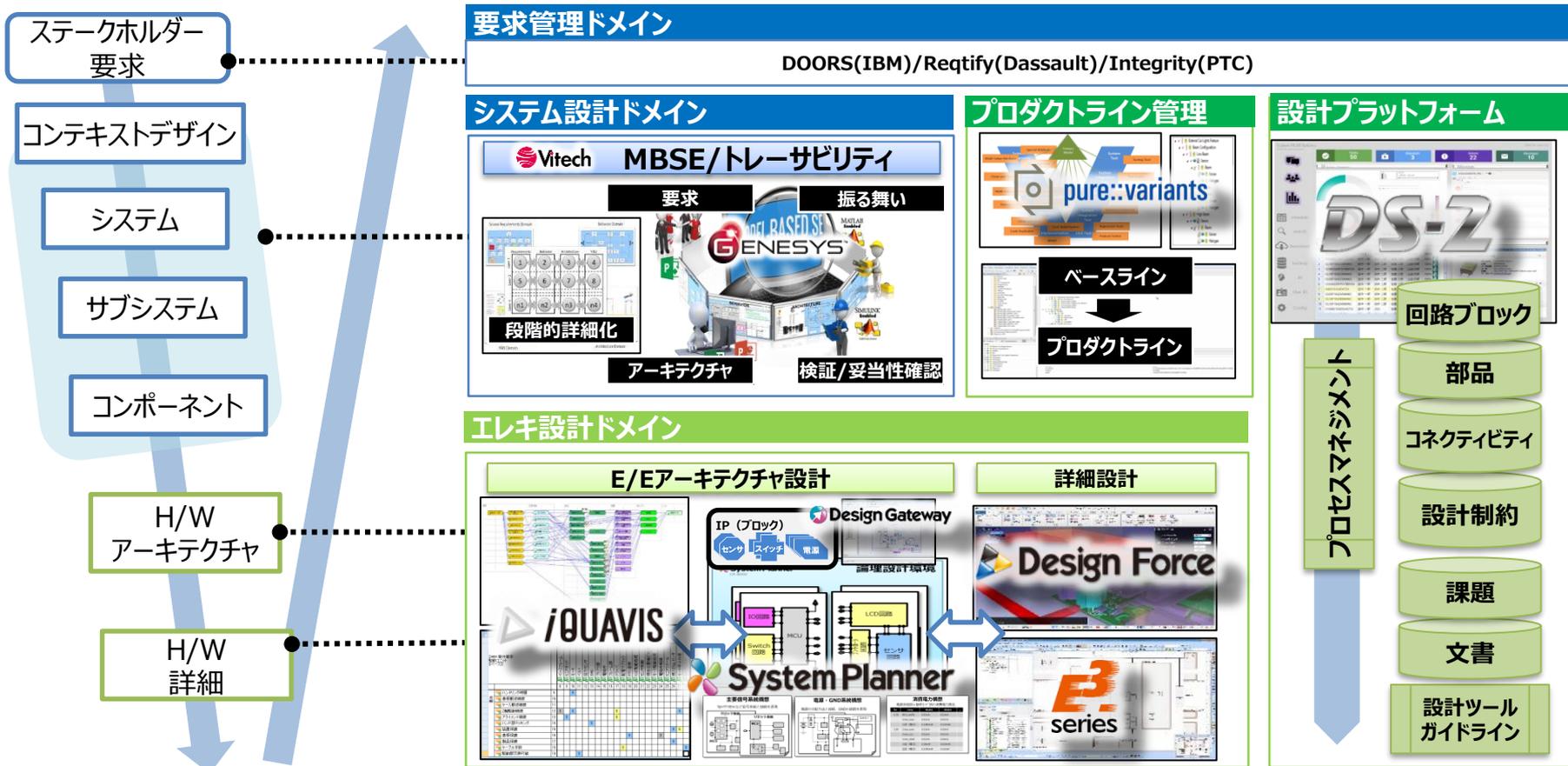


連動(機能ブロック/IF)

電気設計ドメインにおける「要求」「ふるまい」  
「V&V要件」と大まかな「アーキテクチャ」をモデル化

**System Planner**

Pin No.	Function	Active	IO
A1	PS2VDD	PS2_V	I
A2	PS2GND	PS2_G	F
A3	PS2VDD_S1	PS2_V	I
A4	PS2GND_S1	PS2_G	F
A5	PS2VDD	PS2_V	I
A6	PS2GND	PS2_G	F



**ZUKEN Innovation World 2019**  
**10月17日(木)、18日(金)**  
**横浜ベイホテル東急**