



複雑巨大システム開発における SE/MBSEの価値と適用可能性

— 他産業の知見から核融合プロジェクトへの示唆 —

サイバネットシステム株式会社

サイバネットMBSE株式会社

CYBERNET

会社概要

CYBERNET

名称 サイバネットシステム株式会社 Cybernet Systems Co., Ltd.

本社 東京都千代田区神田練堀町3番地

拠点 西日本支社(大阪)、中部支社(名古屋)

設立 1985年4月17日

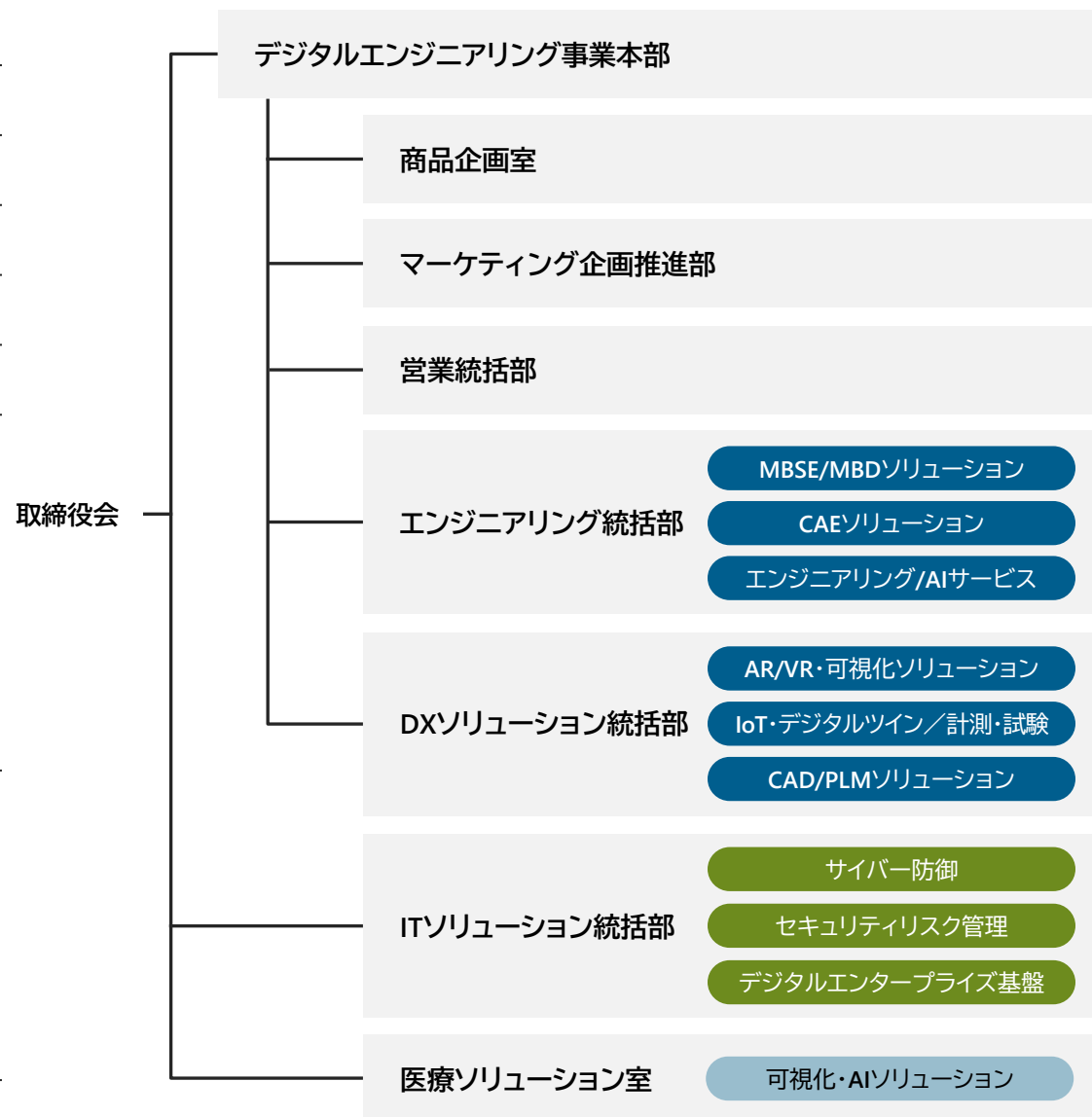
売上高 約250億円 (資本金:995百万円)

代表者 代表取締役 社長執行役員 白石 善治

社員数 631名 (2025年1月1日時点)

連結子会社
国内子会社:サイバネットMBSE株式会社
開発子会社:Sigmetrix,LLC(米国)
Maplesoft(カナダ)
Noesis Solutions NV(ベルギー)
販売子会社:莎益博工程系統開発(上海)有限公司(中国)
思渤科技股份有限公司(台湾)
CYBERNET SYSTEMS MALAYSIA SDN.BHD. (マレーシア)

- 事業内容
- 以下分野の科学技術計算ソフトウェアの販売・開発
CAE、MBSE/MBD、PLM、IoT、XR、インサイトIT、サイバーセキュリティ、医用画像処理
 - 各種エンジニアリングサービスの提供
受託解析、システム開発、コンサルティング、技術サポート、導入支援、セミナー、CAE総合教育



サイバネットMBSE会社概要

- ▶ 会社名称 サイバネットMBSE株式会社（英文表記: CYBERNET MBSE Co., Ltd.）
- ▶ 主な事業 MBSEに関するコンサルティング・受託解析等のエンジニアリングサービス提供、ソフトウェア開発・販売
- ▶ 本社 東京都千代田区
- ▶ 株主構成 サイバネットシステム株式会社 100%

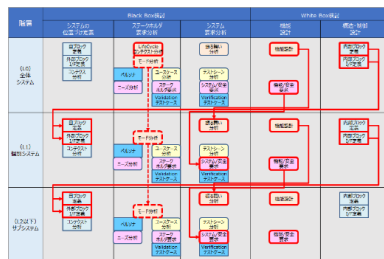
サイバネットMBSEの強み

- ▶ ベンダーニュートラルなコンサルティング・エンジニアリングサービス

■ SysMLモデリングツール

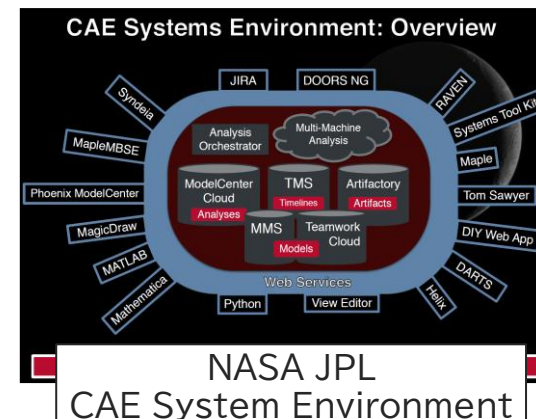


■ ツールに依存しないモデル化フレームワーク



- ▶ 自社開発の独自ツール（実務者向け）

■ Excel GUIによるSysMLモデル参照・編集ツール



用語	一般的な定義
SE	Systems Engineering、システム工学 複雑なシステムを対象に要求定義・設計・検証・妥当性確認をライフサイクル全体で整合させる考え方・活動
MB	Model-Based 文書ではなく記述モデルとして、情報を表現・管理・共有するアプローチ
MBSE	Model-Based Systems Engineering SEを、文書ではなくモデル中心で実施する考え方 要求・機能・構造・振る舞い・制約などの関係を記述モデルとして一貫管理する
SysML	Systems Modeling Language MBSEを実践するためのシステム記述用のモデリング言語

用語	本講演での定義
MBD/CAE	Model-Based Development/Computer-Aided Engineering 物理モデル・解析モデルの総称 (1D-MBD,3D-CAD,制御モデルCAE等) 主に各専門分野で現在使用されているモデル群

なぜMBSEの話をするのか

- 私は自動車メーカーで設計に携わっておりました。そこでは、機械・電気・制御の強い依存する環境で設計判断がうまく回らなくなるという現状に直面しました
- 規模や目的は異なりますが、長期・多分野・強い相互依存という構造は、核融合開発とも共通しています。このような環境では、「速さ」や「効率」だけでなく設計判断を成立させ続けられるかが本質的な課題になります
- 本日は、MBSE推進に関わる中で、試行錯誤から見えてきたことを核融合業界にどう活かそうかそんな話をできればと思っています

- 開発現場で何が起きているか
- MBSEは何を変えるのか
- 核融合開発の特徴から見た設計判断の難しさ
- 核融合開発でMBD×MBSEはどう使われるのか
- 核融合開発でMBSEを“使われる形”にするために

- 開発現場で何が起きているか
- MBSEは何を変えるのか
- 核融合開発の特徴から見た設計判断の難しさ
- 核融合開発でMBD/CAE × MBSEはどう使われるのか
- 核融合開発でMBSE を“使われる形”にするために



後工程に進んでから、「あ、ズレたのはこの辺りだったかも」ということはありませんか？

他の場面でも、こんな声は出ていませんか

設計資料が点在して、
— 整合性チェックで手→杯

手戻り多くない？

この会議で何を確認
すべきか不明瞭だ

どこかに書いて
あるはずだけど、
見つからない

この資料、
本当に最新版？

新規メンバーに
説明するだけで
数日潰れる

大量のレビューに呼ばれる
けど、自分に関係あるのか
分からない

この解析条件、
そもそも何を根拠に
設定したんだっけ？

これって誰が
いつ決めたの？

あの時の「経験知」があれば、
— このミスは防げたのに

文書が大量で
更新漏れが多いな

このシステム、本当に網羅的
— に検討できているのか…？

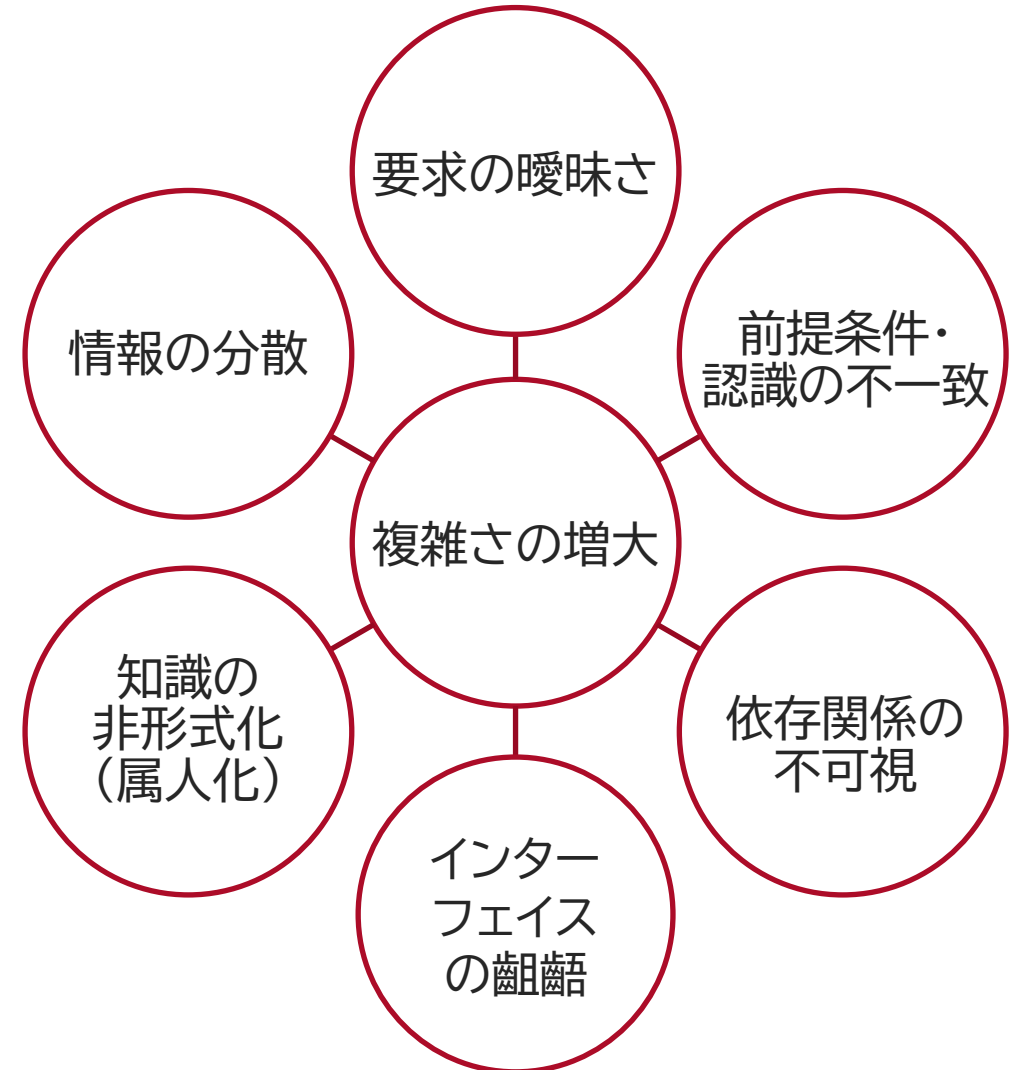


開発を停滞させる「7つの構造的課題」

TABLE 1.6 SE principles and subprinciples

- 1 SE in application is specific to stakeholder needs, solution space, resulting system solution(s), and context throughout the system life cycle.
- 2 SE has a holistic system view that includes the system elements and the interactions amongst themselves, the enabling systems, and the system environment.
- 3 SE influences and is influenced by internal and external resources, and political, economic, social, technological,
⋮
- 14 SE is responsible for managing the discipline interactions within the organization.
- 15 SE is based on a middle range set of theories.
 - Sub-Principle 15 (a): SE has a systems theory basis
 - Sub-Principle 15 (b): SE has a physical logical basis specific to the system
 - Sub-Principle 15 (c): SE has a mathematical basis
 - Sub-Principle 15 (d): SE has a sociological basis specific to the organization

From INCOSE SE Principles (2022). Usage per the INCOSE Notices page. All other rights reserved.



引用
INCOSE(※) システムズエンジニアリングハンドブック 第5版
TABLE1.6 SE principles and subprinciples

※INCOSE:International Council on Systems Engineering

複雑さに対抗するためのSEの考え方

SE(システム工学)とは設計情報の整理整頓+筋道立てて考えるための仕組み

要求の曖昧さ

- ✓ 要求テンプレート化(条件・数値・例外)
- ✓ 曖昧語の排除、要求の階層化

前提条件 認識の不一致

- ✓ 前提/制約条件のリスト化、システム境界定義
- ✓ 共通データ辞書(用語集)の作成

依存関係の不可視

- ✓ 機能・構造の体系化
- ✓ 影響解析プロセス

インターフェイスの 齟齬

- ✓ IF制御表
- ✓ IFレビューと合意形成

情報の分散

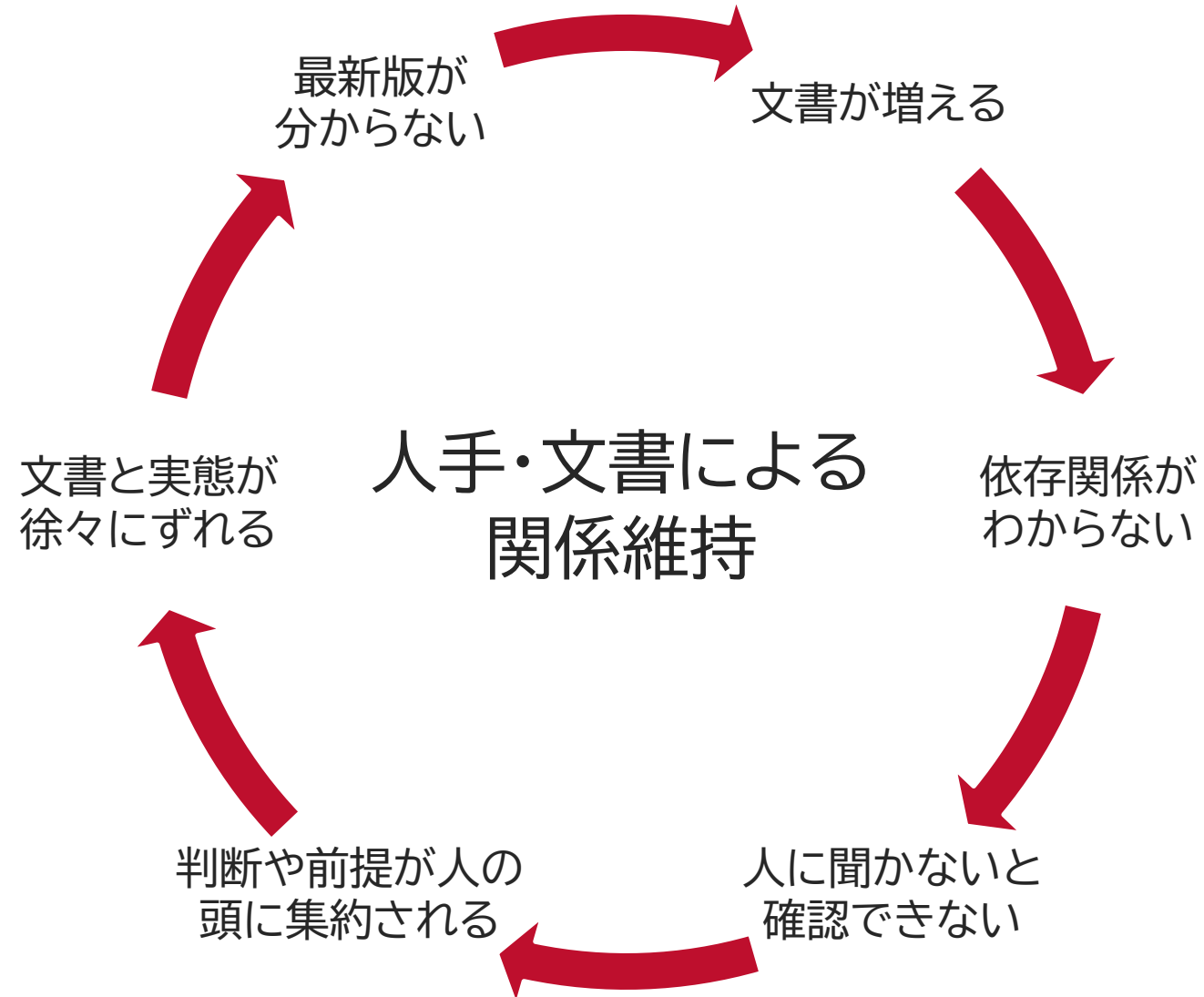
- ✓ 最新版がどれか一目でわかるバージョン管理
- ✓ 「誰が・いつ・何を更新したか」の履歴管理徹底

知識の非形式化 (属人化)

- ✓ 根拠の明文化
- ✓ 設計手順の構造化(誰でも再現できるマニュアル化)

複雑さの増大

- ✓ 全体像を把握するための機能分解・構造分解(ツリー作成)
- ✓ V字モデルに基づいた、上流要求と下流設計の対応付け



- 開発現場で何が起こっているか
- MBSEは何を変えるのか
- 核融合開発の特徴から見た設計判断の難しさ
- 核融合開発でMBD × MBSEはどう使われるのか
- 核融合開発でMBSE を“使われる形”にするために

人の解釈で管理している管理をどう支えるか

- ・従来のOffice環境は「人が解釈して管理する」前提
- ・MBは関係そのものを「構造として保持・管理」する仕組み

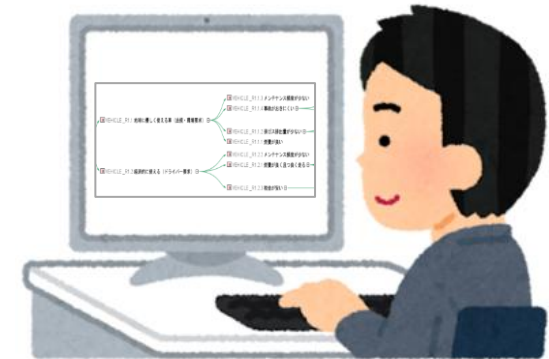
従来のOffice

- ・関係は人が解釈する
- ・文書が分散・重複
- ・影響範囲は人が判断
- ・整合性は人がチェック



MB

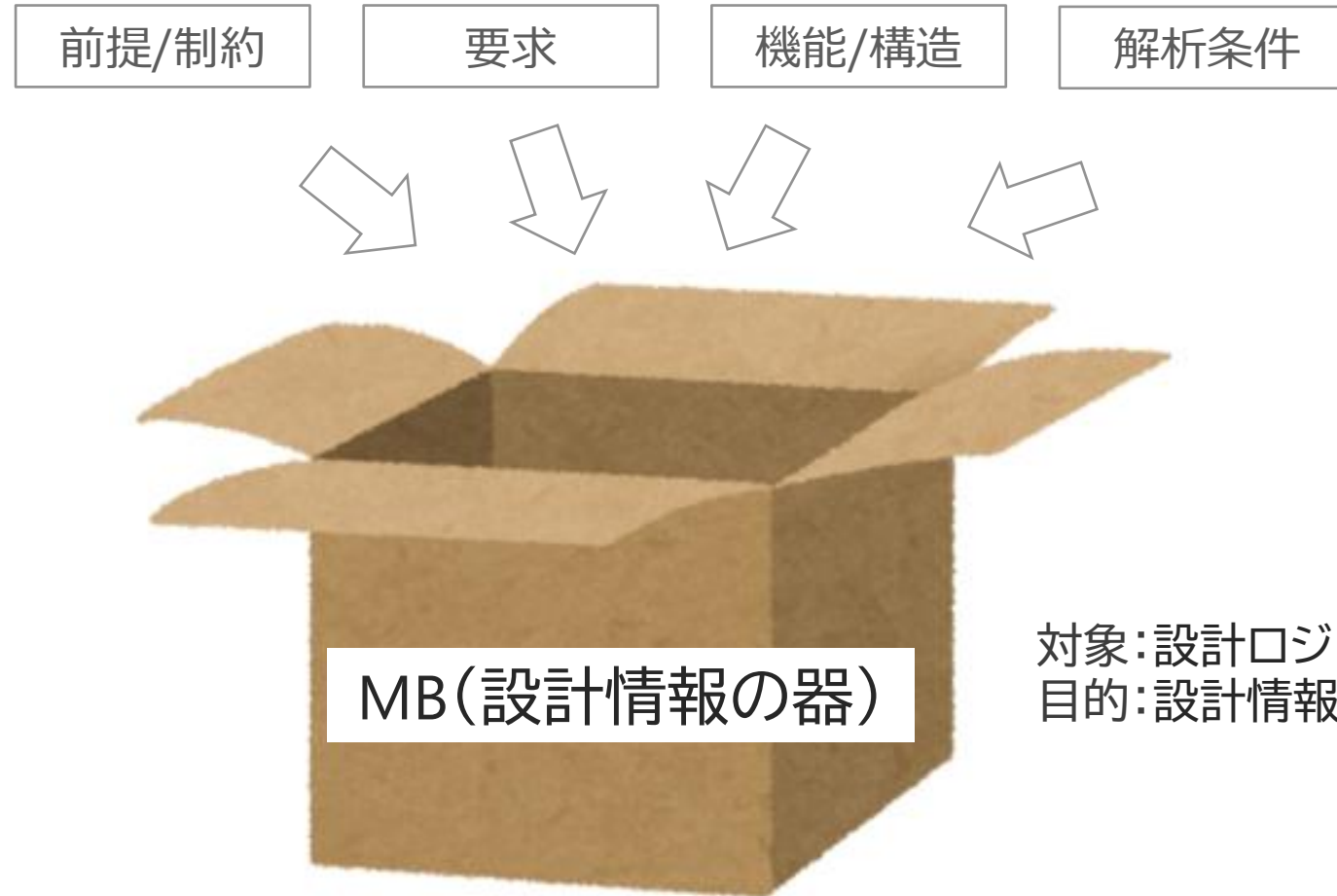
- ・関係を構造と保持
- ・情報の一元化
- ・依存を自動で追跡
- ・整合性を自動チェック



MB(モデルベース)は“SE成果物を構造化し一貫性を管理する技術”

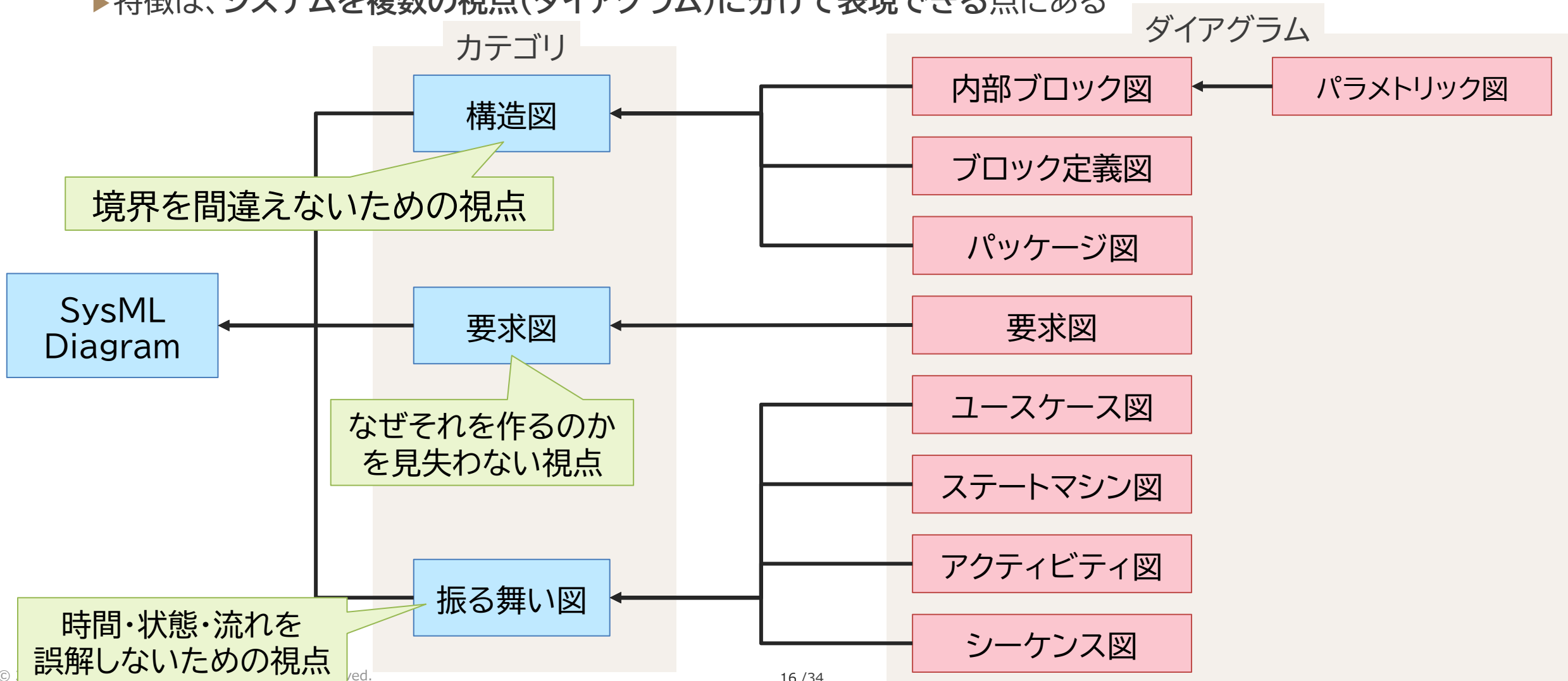
CYBERNET

設計が長期化・複雑化すると、「なぜそう判断したか」「何に依存しているか」は、文書では維持できない



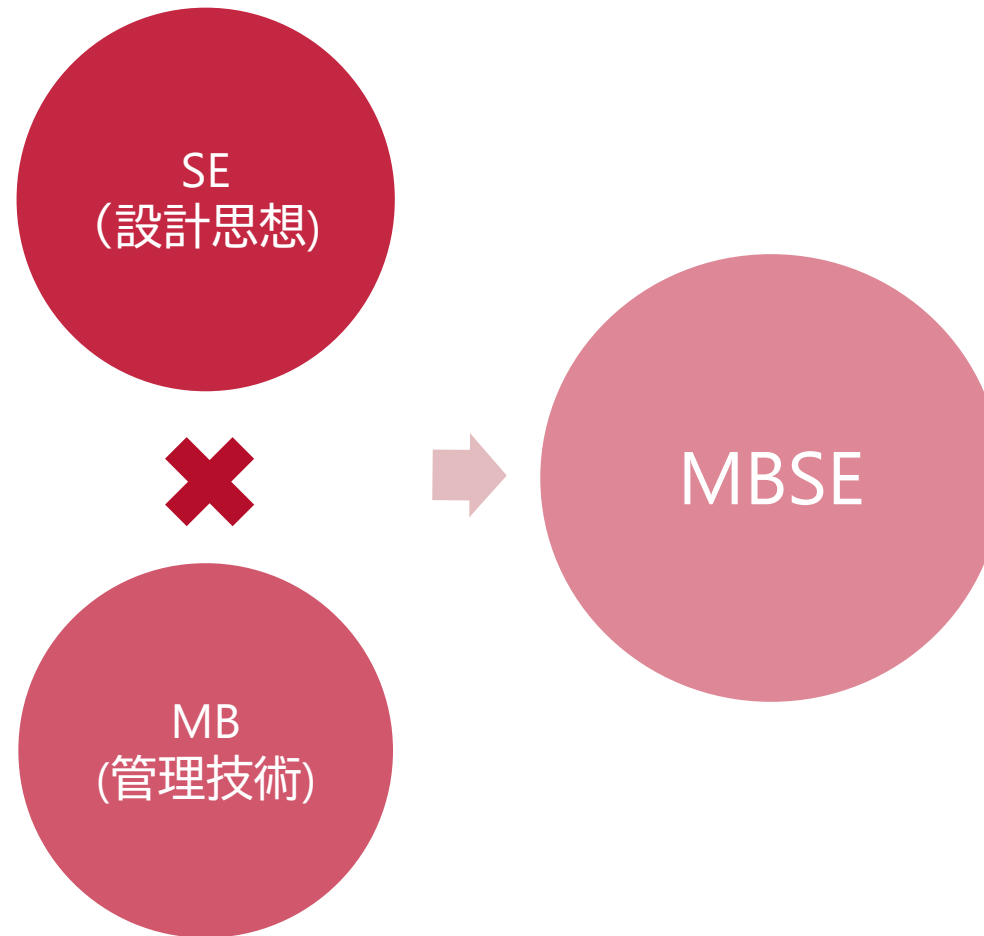
SysMLとはなにか？

- ▶ 特徴は、システムを複数の視点(ダイアグラム)に分けて表現できる点にある



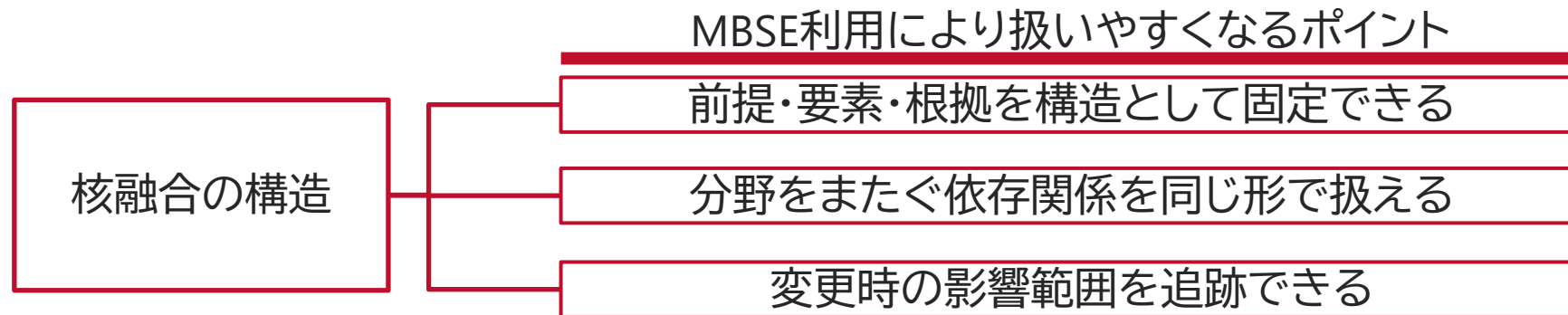
MBSEを成立させる2つの要素: 思想と器

MBSEの本質: 思考プロセスと情報技術の融合



- 開発現場で何が起きているか
- MBSEは何を変えるのか
- 核融合開発の特徴から見た設計判断の難しさ
- 核融合開発でMBD × MBSEはどう使われるのか
- 核融合開発でMBSE を“使われる形”にするために

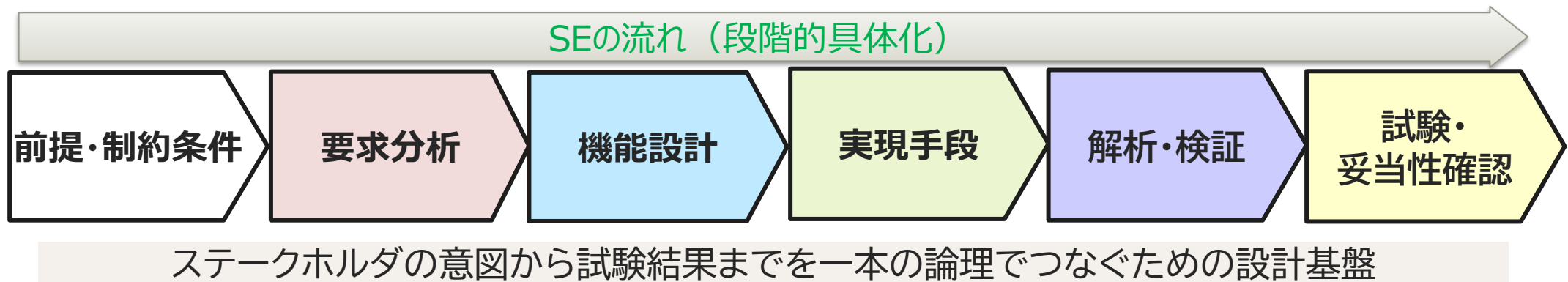
- 文書ベースでは破綻しやすい「核融合特有」の構造
 - ▶ 数十年規模の長期計画であることや国内外の複数組織が関わる多国(異文化)間プロジェクト
 - ▶ プラズマ／構造／材料／電磁場などの多分野
 - ▶ システム間の強い相互依存
 - ▶ 高コスト・安全要件・説明責任



核融合開発においてMBSEは「あると便利な手法」ではなく、この規模・期間・複雑性を 持続的に回すための重要な前提条件

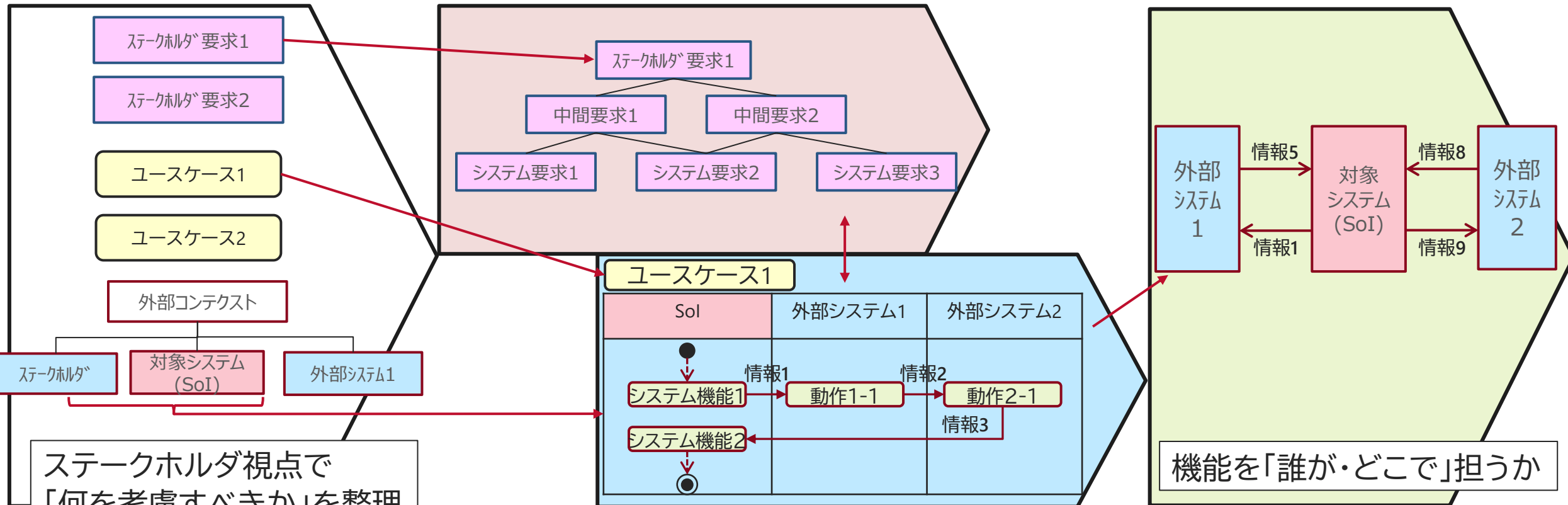
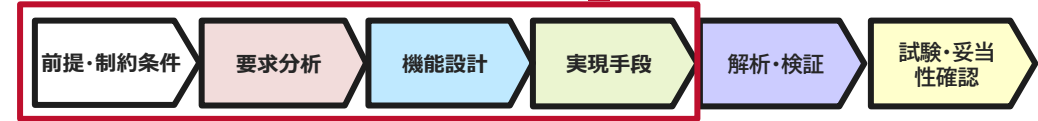
核融合開発で MBSE は「どこを担うのか」

- 核融合開発の設計情報は、要求 → 機能 → 構造 → 解析 → 試験 が強く連鎖する
- MBSE によって、この連鎖を「モデル基盤で一貫化」する



SysMLでは要求はこうやって“つながって作られる”

思考のつながりを保つための設計基盤



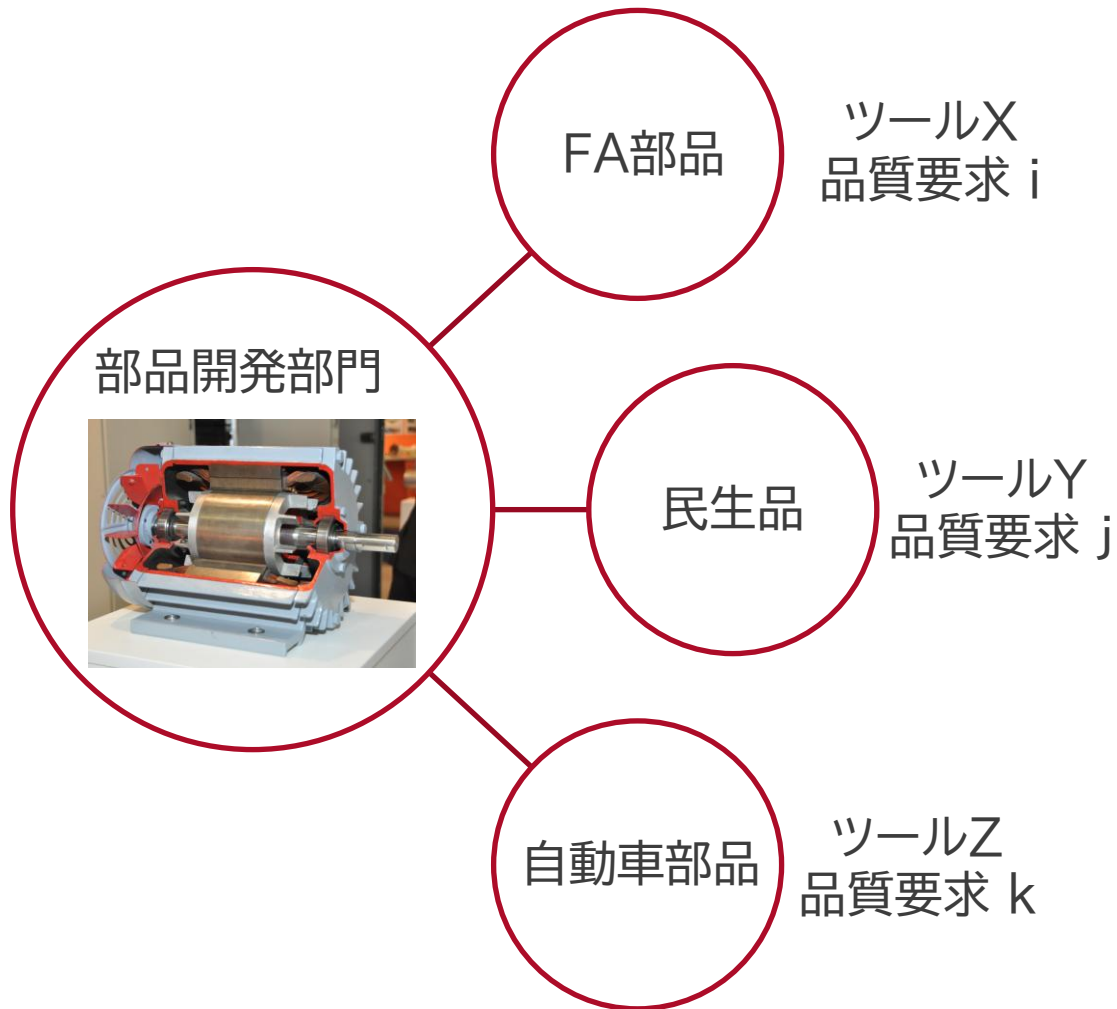
ステークホルダ視点で「何を考慮すべきか」を整理

要求を満たすために、システムは「何をする必要があるか」

機能を「誰が・どこで」担うか

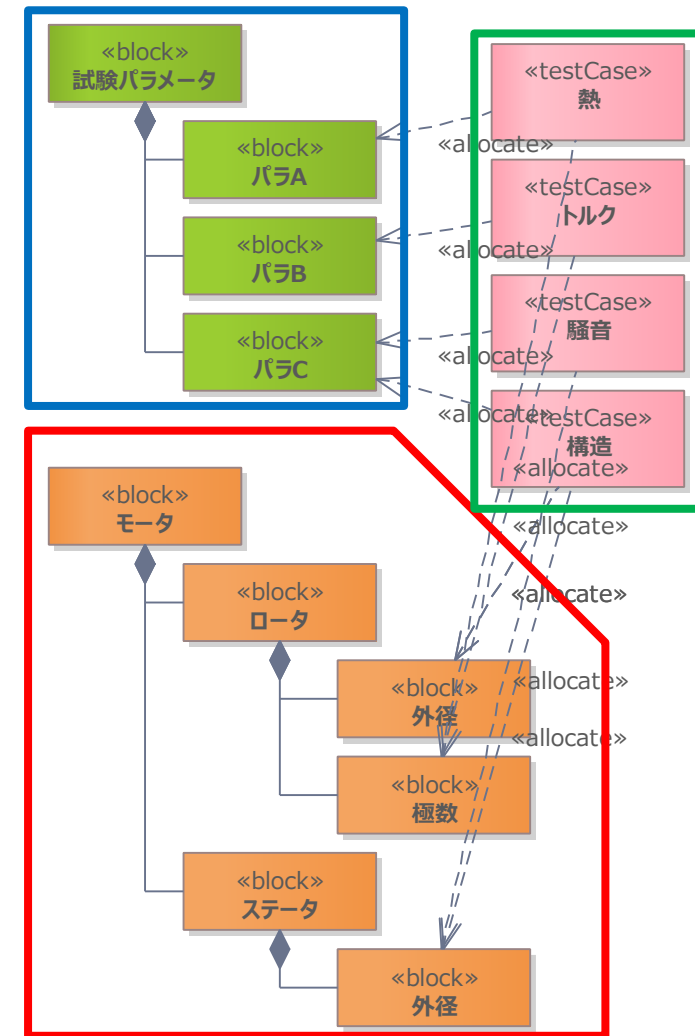
実例紹介:(電機メーカー様)設計構造の見える化

Before



設計影響関係が整理されていなかった

After

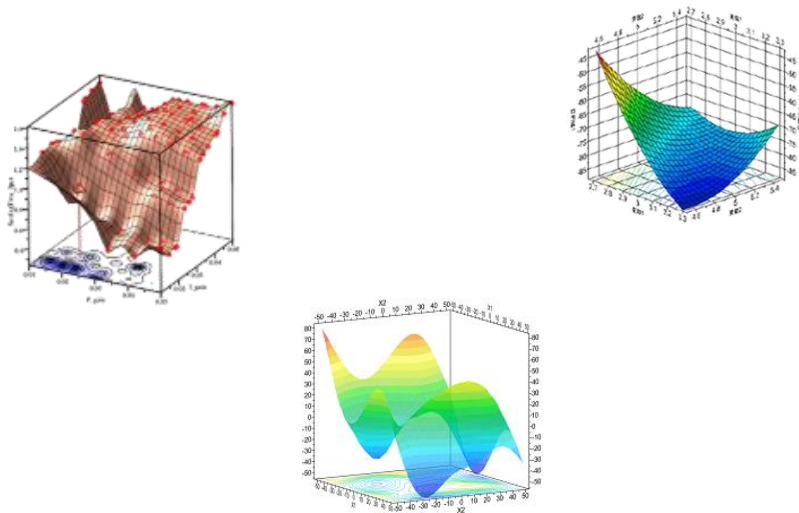


影響関係を構造として保持→ROM化(3D->1D)の実施

- 開発現場で何が起きているか
- MBSEは何を変えるのか
- 核融合開発の特徴から見た設計判断の難しさ
- 核融合開発でMBD/CAE × MBSEはどう使われるのか
- 核融合開発でMBSE を“使われる形”にするために

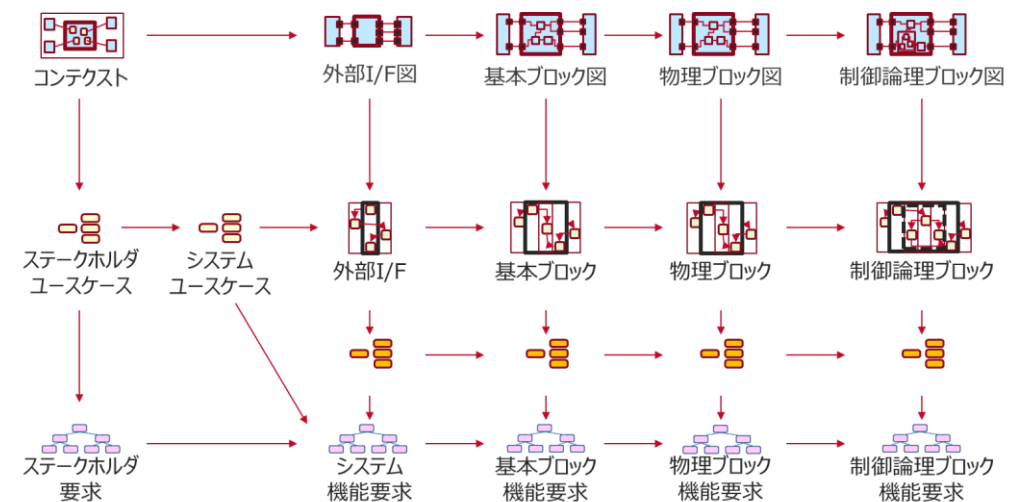
MBSE は MBD / CAE を置き換えず「正しく・一貫して使うための設計の土台」

MBD/CAE



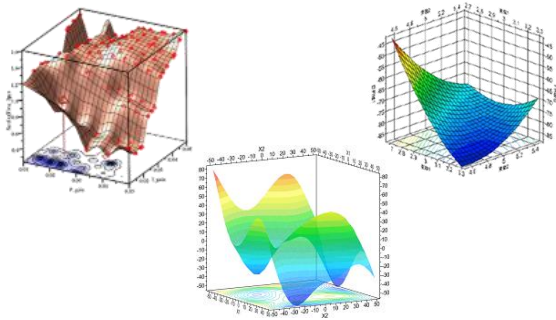
- ・どう成立させるかを解く
- ・形状・物理・制御を数式で表現
- ・解析・シミュレーションを実行
- ・個別専門の深い検討を担う

MBSE



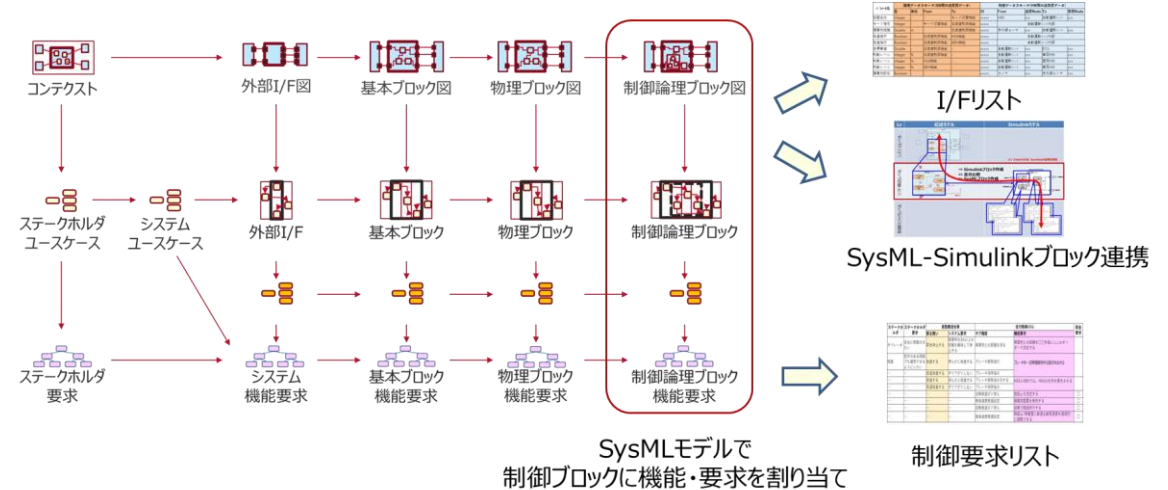
- ・何を・なぜを決める
- ・要求・機能・構造・IFを一貫で管理
- ・設計意図・前提・根拠を保持
- ・分野横断の説明軸を提供

MBD/CAE



- 要求や設計と切り離された解析
- 条件の根拠が人依存
- 担当変更で判断理由が消える

MBD/CAE×MBSE



- 要求 → 機能 → 構造 → 解析 → 試験 が連鎖
- 条件の出自が追跡可能
- 設計変更時、影響範囲が即座に分かる

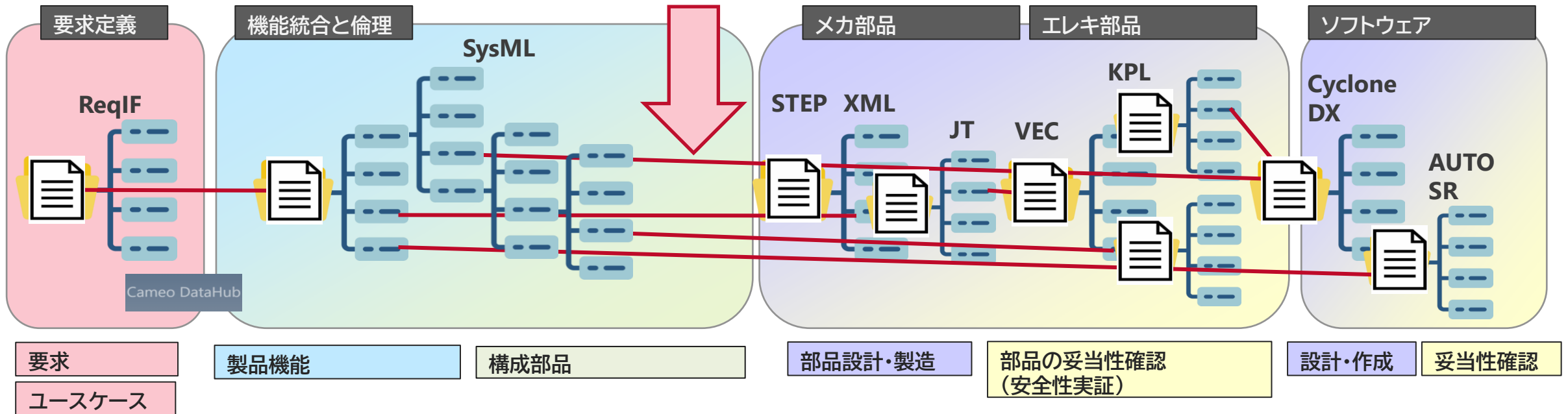
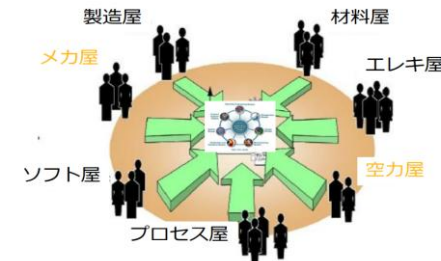
解析や制御は「使い捨て」ではなく次世代へ引き継がれる「**思考の遺産**」になる

ツール連携技術

Ansys ModelCenter
システム要件をエンジニアリング解析
に接続

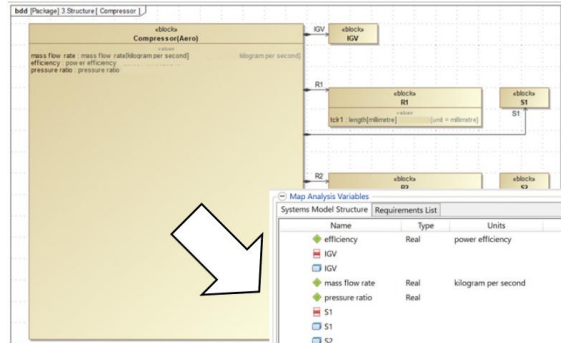
要件をエンジニアリングに結び付けることで、エンジニアはマルチツールワークフローの作成と自動化、製品設計の最適化を行い、モデルベースシステムズエンジニアリング (MBSE: Model-Based Systems Engineering) を実現します。

引用: <https://www.ansys.com/ja-jp/products/connect/ansys-modelcenter#tab1-1>

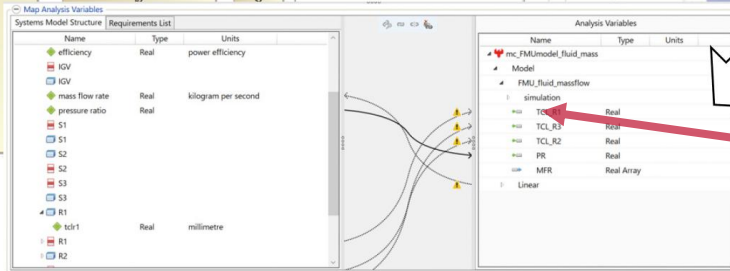
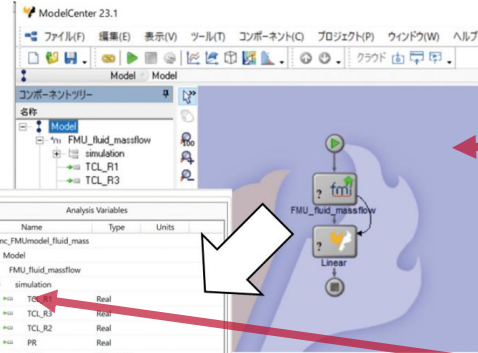


Ansys ModelCenterの具体例(IHI様 技報より)

MBSE



MBD



MBSE と MBD の変数を関連付ける

① ModelCenterでの処理フロー
どのようにシミュレーションを実行するかを指示できる
条件分岐等も実施可能

② ModelCenterでの接続作業
SysMLモデル内のパラメータとMBDのパラメータを接続

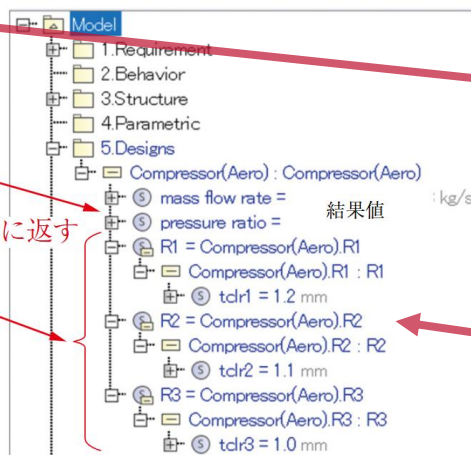
演算結果

Name	Baseline	Value	Units	Change	Delta %
Model					
3.Structure					
Compressor(Aero)					
mass flow rate	変更前	変更後		変化量	
pressure ratio				=	
R1					
tclr1	1.0000	1.2000		↑ 0.20000	20.000
R2					
tclr2	0.81000	1.1000		↑ 0.29000	35.802
R3					
tclr3	0.88000	1.0000		↑ 0.12000	13.636

結果を MBSE に返す

要求を満足していることを確認

MBSE



③ ModelCenterでの結果抽出
ここでは簡単に示されているが、
ModelCenter側でトレードスタディも可能

④ MBSEツールでの確認
MBSEツール側で要求を満たすかを検証する(自動実行も可能)

- 開発現場で何が起きているか
- MBSEは何を変えるのか
- 核融合開発の特徴から見た設計判断の難しさ
- 核融合開発でMBD × MBSEはどう使われるのか
- 核融合開発でMBSE を“使われる形”にするために

現場で表面化した問題

ツールが高価／難しい

SysMLがわからない

モデルが巨大で見づらい

価値が見えない

分野をまたいだ設計判断が共有されていない



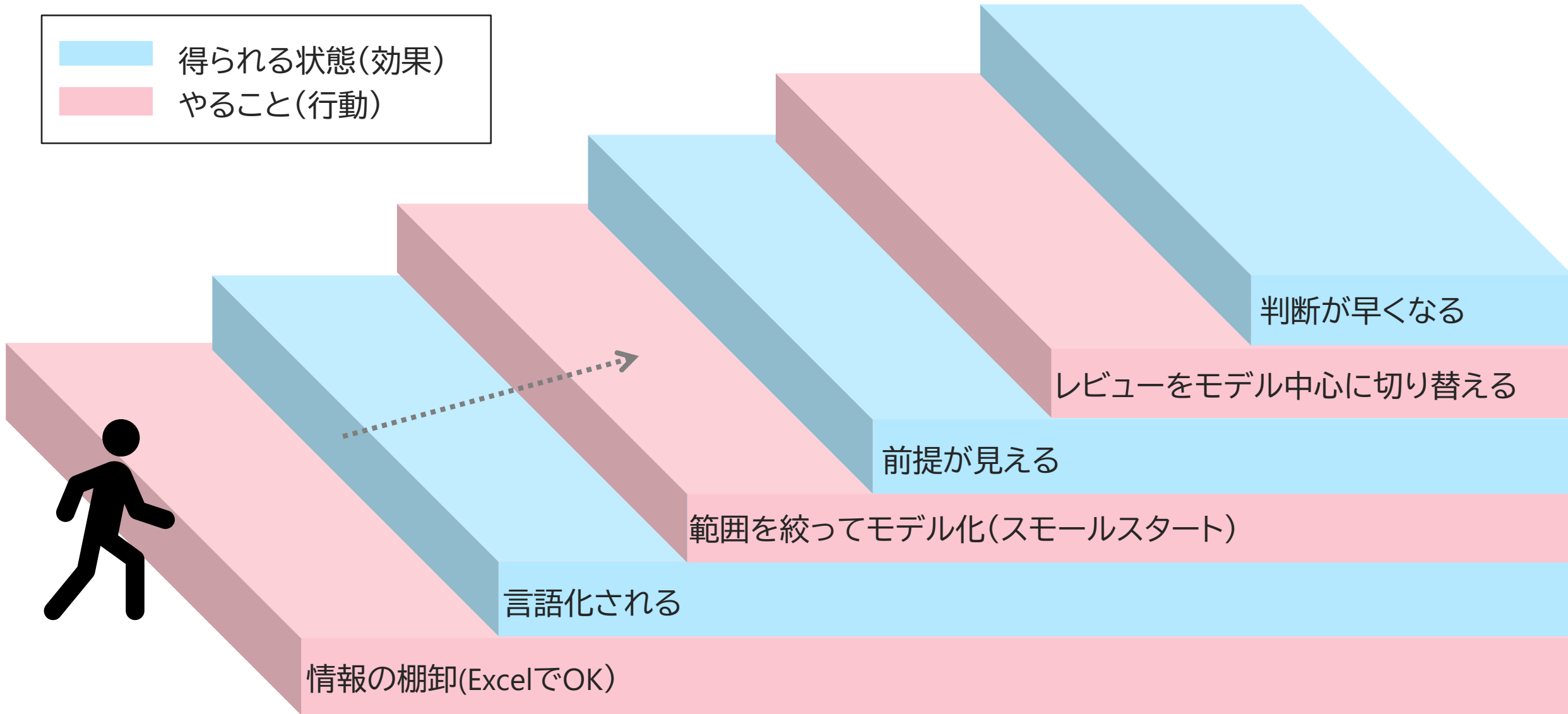
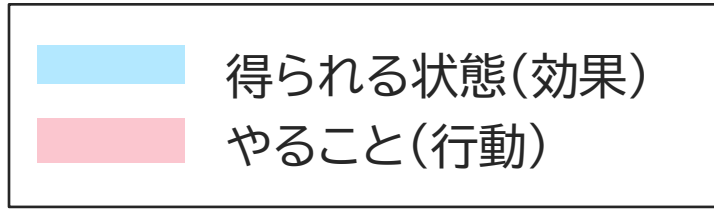
背景にある実情(構造的要因)

**MBSEの
運用が設計されていない**

MBSEは、「何の判断に使うか」を決めずに始めると、規模に関係なく使われない仕組みになる

MBSE は小さく・使うところから始める

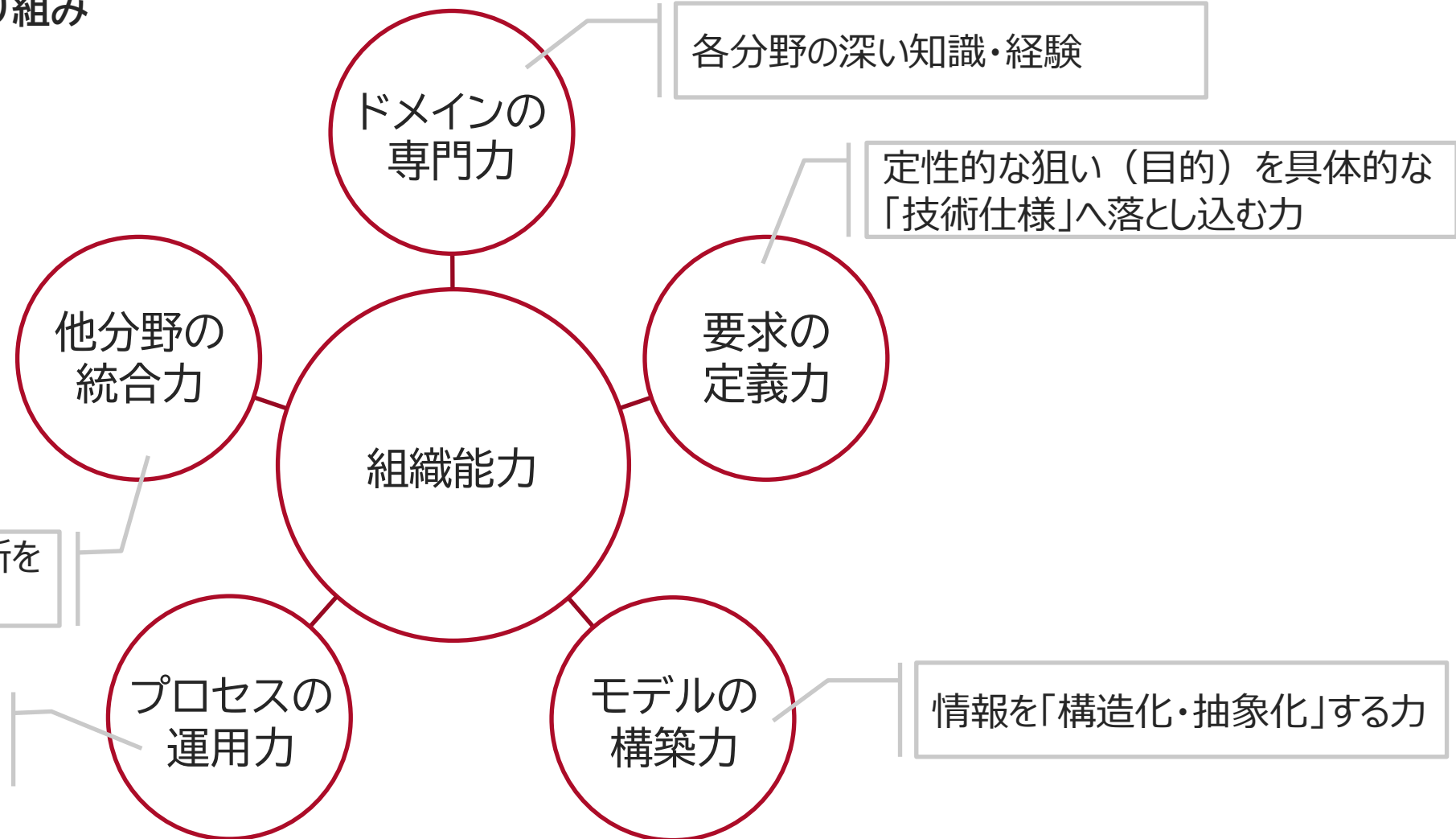
CYBERNET



一番困っている箇所の繋がりを一本通す。そこから波及させていく

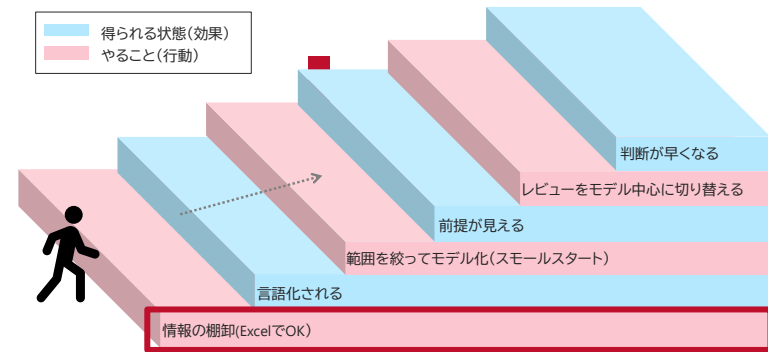
MBSE/SysMLを機能させるために必要な組織能力

MBSEは、特定の技術やツール導入では成立しない。分野間の設計判断・前提調整を担うための「組織能力」を意図的に設計・配置する取り組み

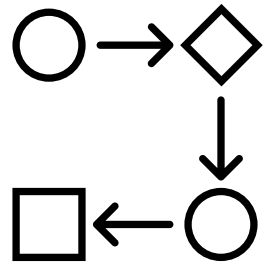


これらを1人がすべて担う必要はなく、重要なのは役割として分担され、チームとして補完されていること

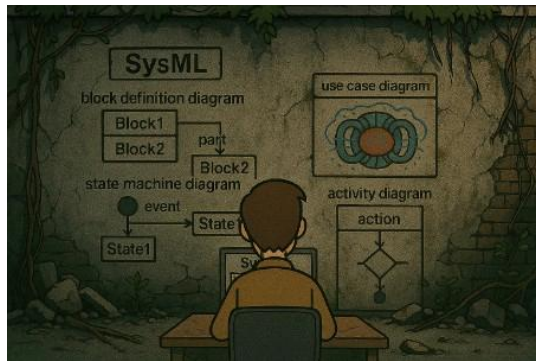
MBSEを始めるための3つの要素



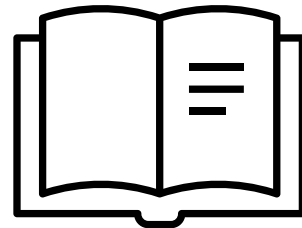
プロセスの運用力



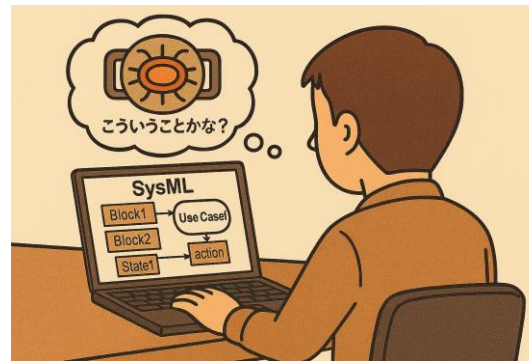
ない場合



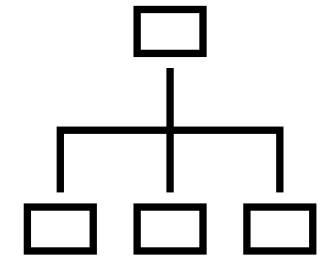
要求の定義力



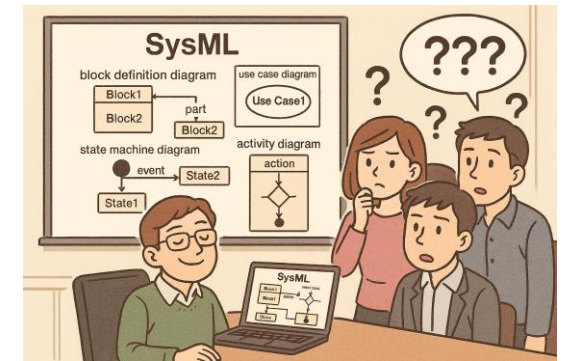
ない場合



モデルの構築力



ない場合



判断の前後関係を意識し、前提を言葉にし、それを構造として整理する

本日のまとめ

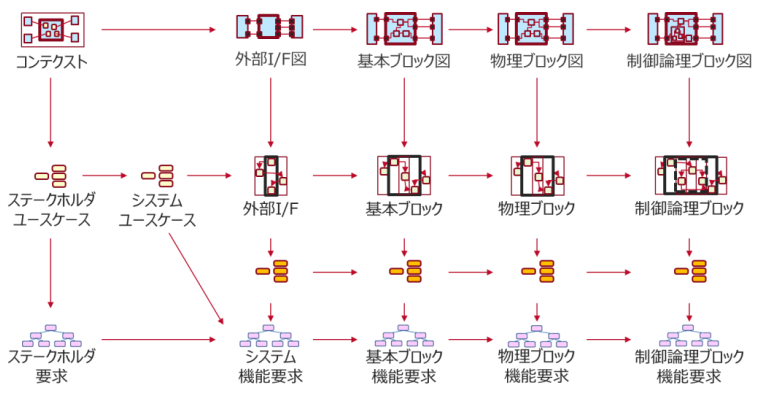
— 核融合開発で MBSE を機能させるために —



WHAT (MBSEとは)

MBSEは設計をつなぐため手段

- ・ツール導入ではない
- ・管理手法でもない
- ・つながらさを減らす考え方



WHY (なぜ不可欠か)

人と文書の管理はすでに限界

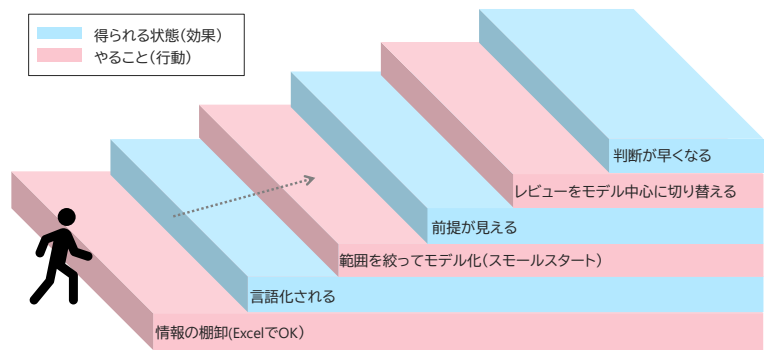
- ・文書管理では依存関係を維持できない
- ・業界特有の開発構造



HOW (失敗しない使い方)

判断から逆算して使う

- ・判断の場面を先に決める
- ・困っているつながりに絞る
- ・判断に使うモデルを作る



CYBERNET

サイバネットシステム株式会社：[会社サイト](#)

サイバネットMBSE株式会社：[会社サイト](#)