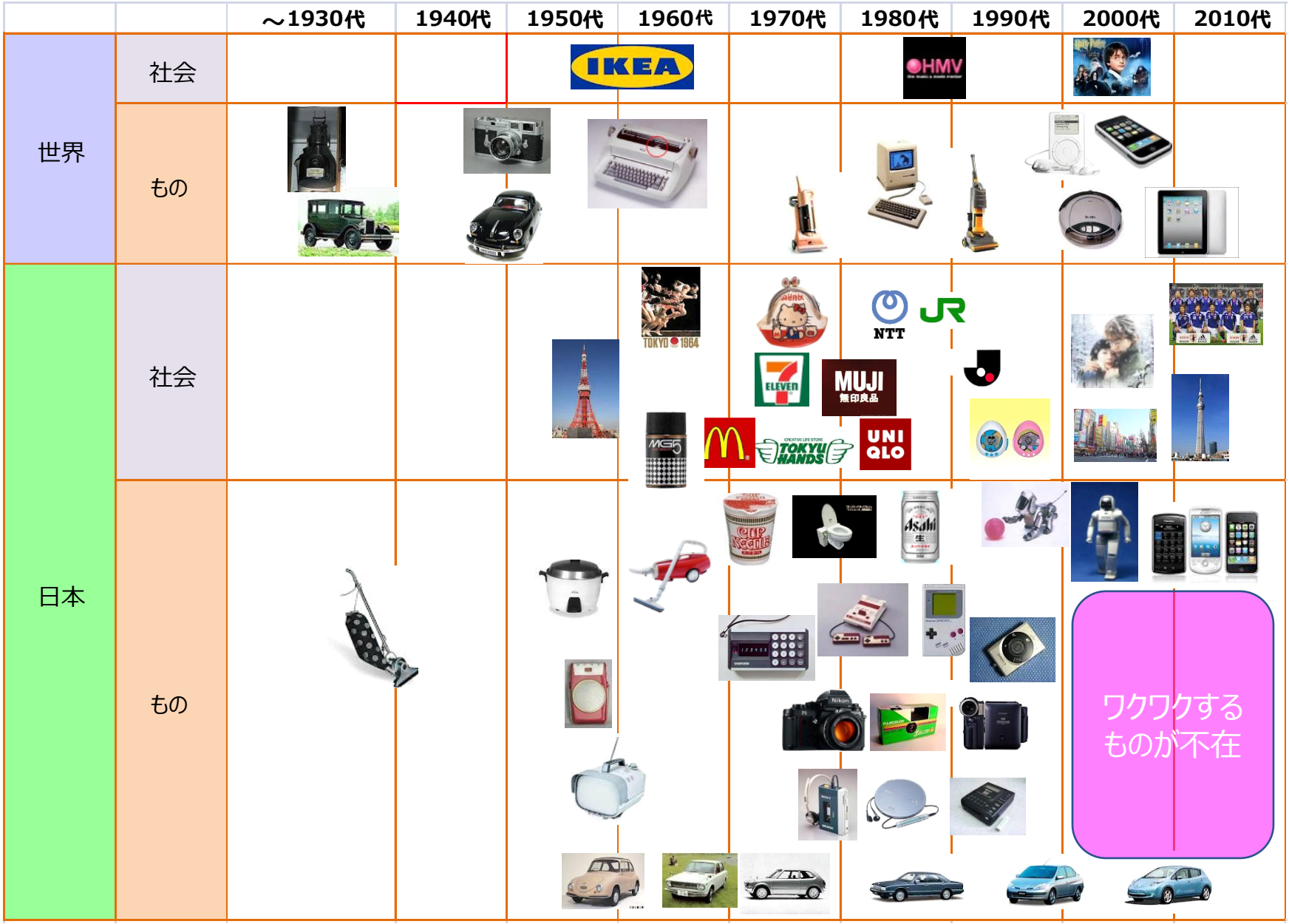
1DCAE・MBDの目指すところ、現状、課題、そして今後

大富浩一(明治大学)
ohtomi3@ybb.ne.jp

ものづくりの変革の必要性

欲しいものが明確
ハード中心、メカ中心、大量生産 →

顧客ニーズの多様性
ハード＋ソフト、メカエレキソフト融合 →



日本機械学会を中心とした取組み

2005　2010　2015　2020

教育・啓蒙

設計研究会 2002

日本・欧州WS（オランダ・ドイツ）

日本・米国WS（米国）

ツール

飯山合宿

1Dツール本格化

ものづくりのための計算工学（計算工学会）

東京合宿

1DCAE提案 2008

1D CAE分科会（計算工学会）

合同合宿

1D CAE海外調査

1DCAE公開シンポジウム

1DCAE講習会（計算工学会）

環境・仕組

講習会①

講習会②

講習会③

講習会④

講習会⑤

講習会⑥

講習会⑦

講習会⑧

講習会⑨

講習会⑩

1DCAEスクール開始（年４回）　設計研究会1DCAE部会

1D CAE海外調査

国への働きかけ

SIP革新的設計生産技術

1DCAE・MBDシンポジウム

「形」ありきで、それを修正するだけの設計
（3D設計）

から

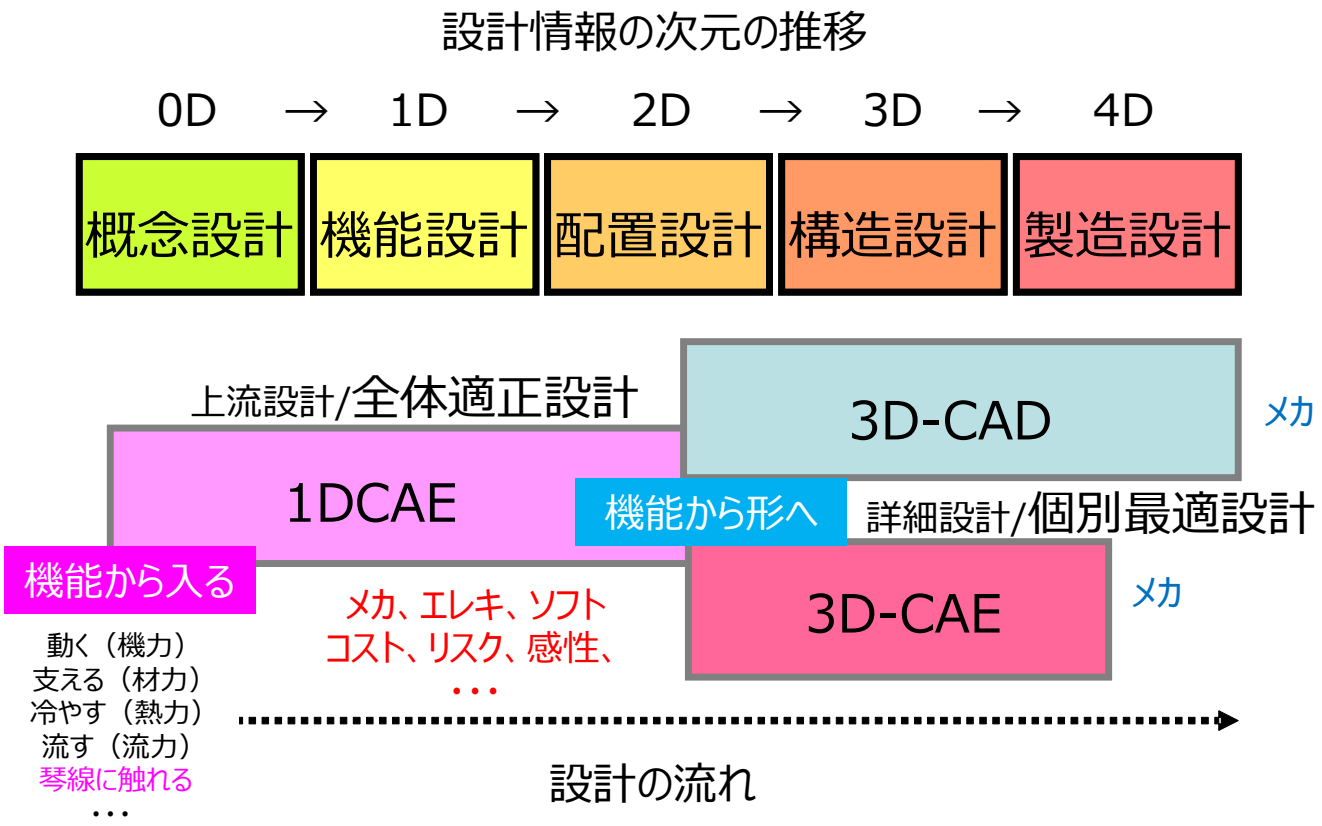
「形」を創造する設計へ
～理想機能を形にする～

2009　トヨタ自動車　沢田龍作氏（サワダ技研）

1DCAEとは

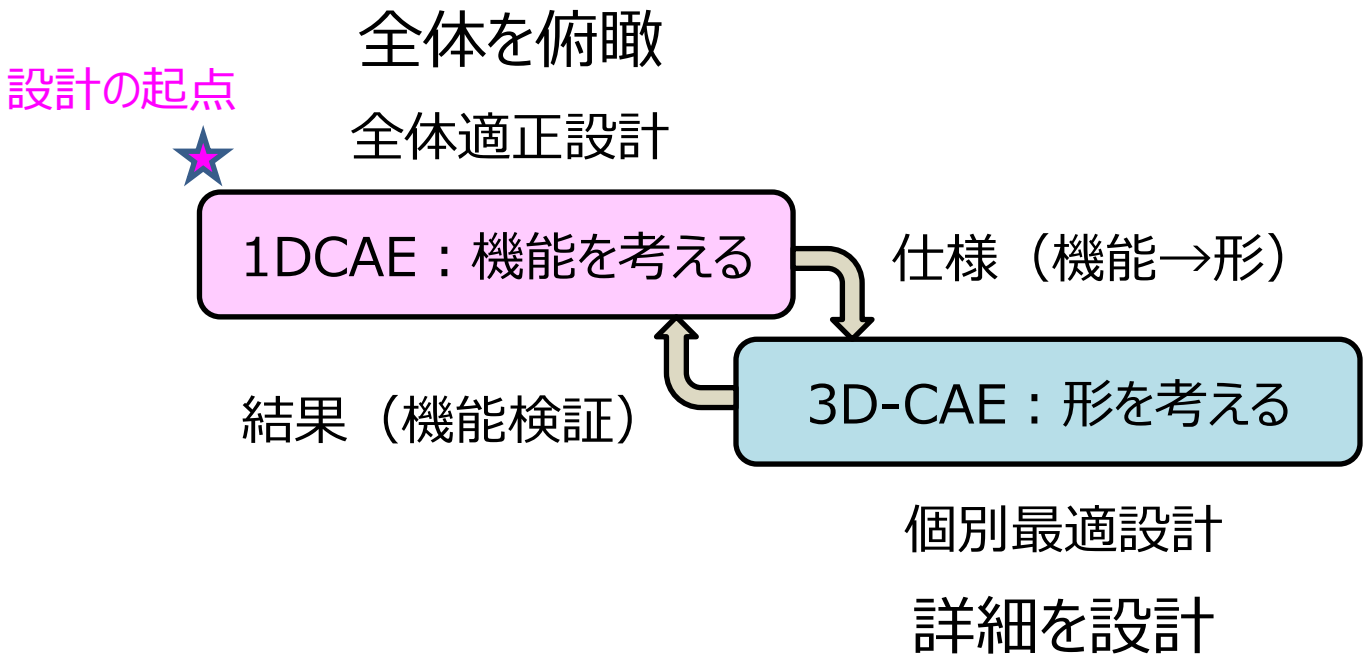
『1DCAEとは上流段階から適用可能な設計支援の考え方、手法、ツールで、1Dは特に一次元であることを意味しているわけではなく、物事の本質を的確に捉え、見通しの良い形式でシンプルに表現することを意味する。1DCAEにより、設計の上流から下流までCAEで評価可能となる。ここで言うCAEはいわゆるシミュレーションだけでなく、本来のComputer-Aided Engineering を意味する。

1DCAEでは、製品設計を行うに当たって（形を作る前に）機能ベースで対象とする製品全体（もの・ひと・場）を漏れなく表現し、評価解析可能とすることにより、製品開発上流段階での全体適正設計を可能とする。』

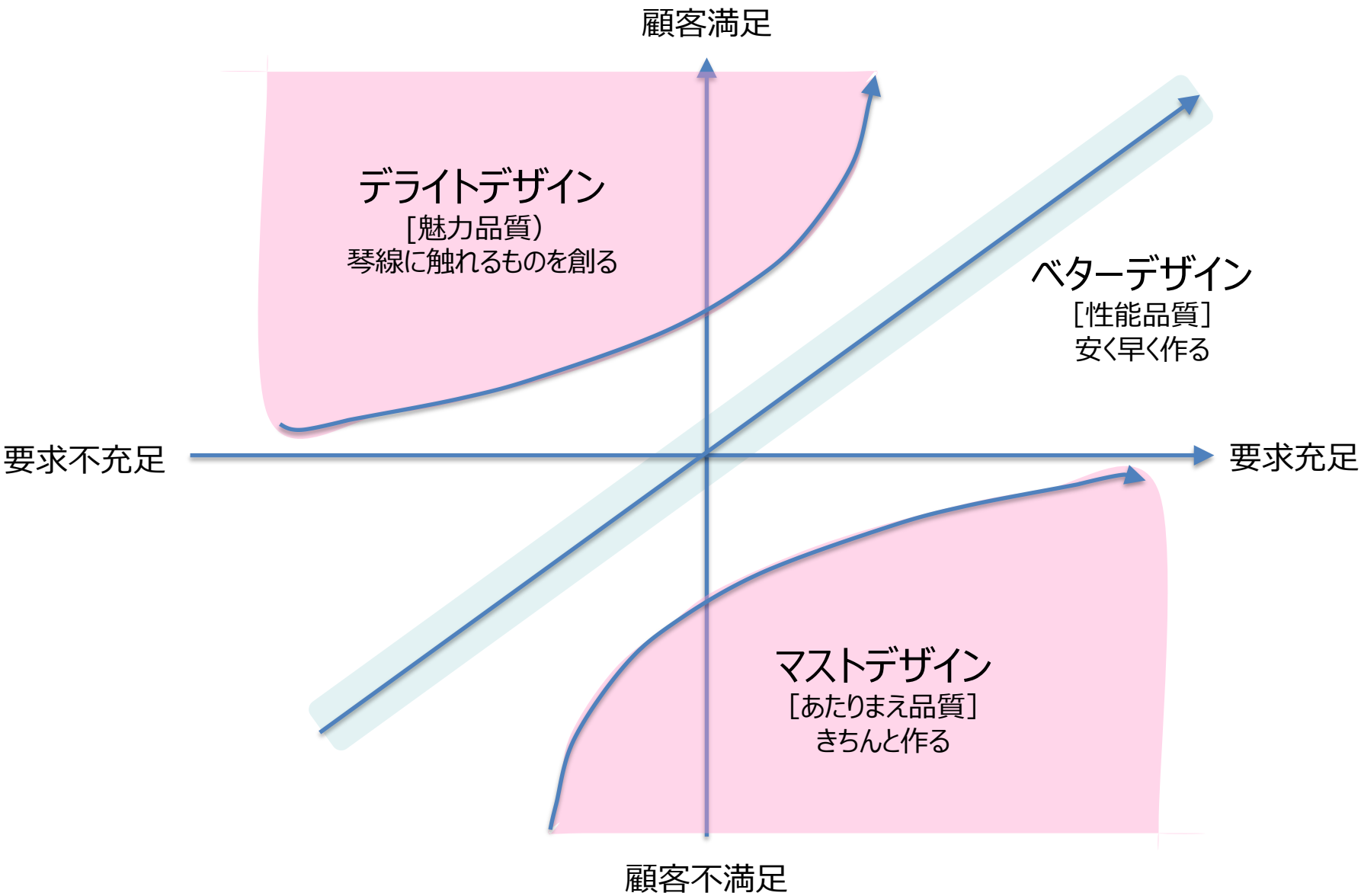

設計情報の次元の推移
0D → 1D → 2D → 3D → 4D
概念設計
機能設計
配置設計
構造設計
製造設計
上流設計/全体適正設計
3D-CAD
メカ
1DCAE
機能から形へ
詳細設計/個別最適設計
機能から入る
3D-CAE
メカ
メカ、エレキ、ソフト
コスト、リスク、感性、
・・・
動く（機力）
支える（材力）
冷やす（熱力）
流す（流力）
琴線に触れる
・・・
設計の流れ

1DCAEの位置づけ

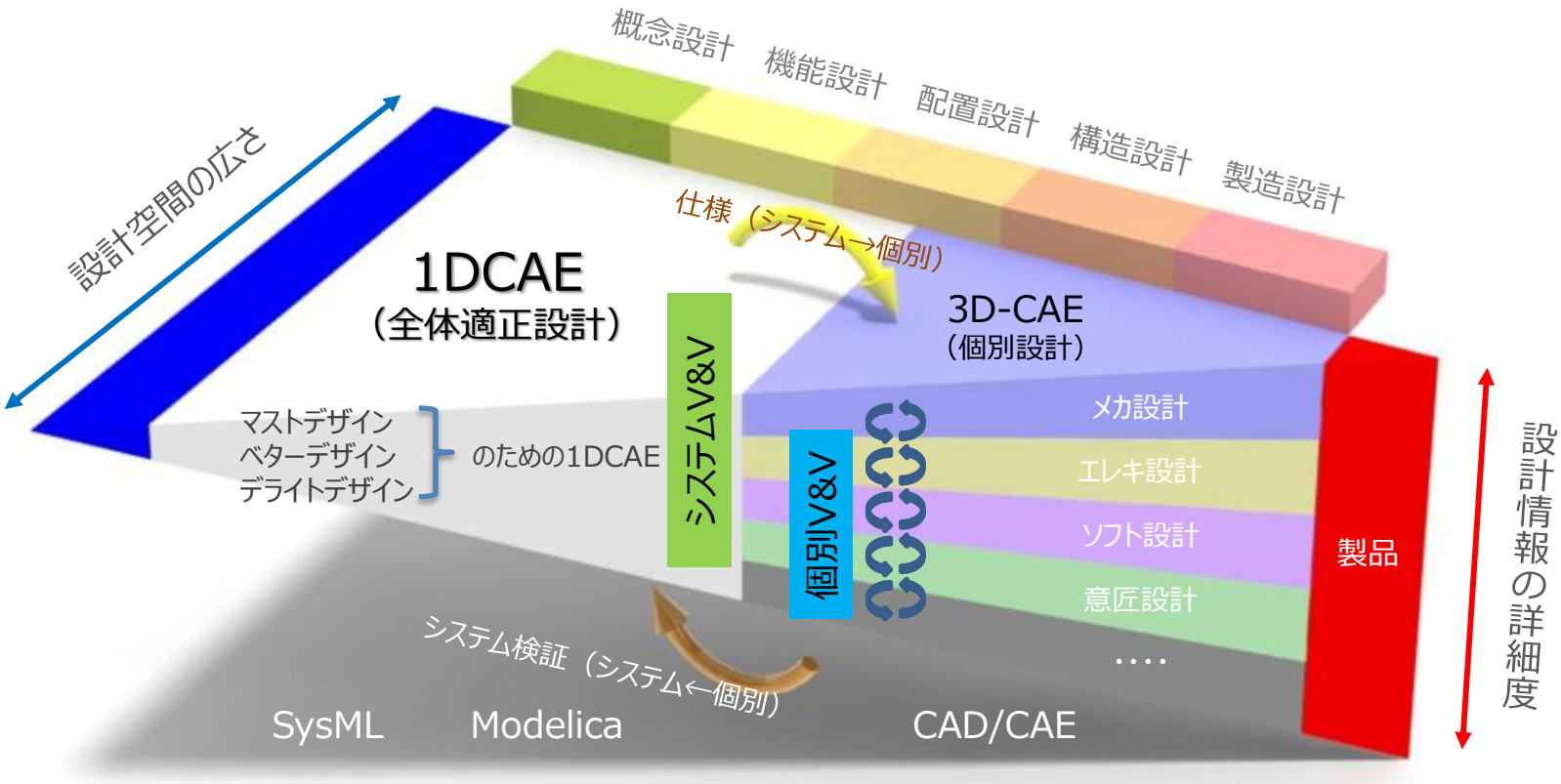
広義の1DCAEとはこの1DCAEを起点とした3D-CAEも含む設計の枠組み



1DCAEと3D-CAEの関係


顧客満足
デライトデザイン
[魅力品質)
琴線に触れるものを創る
ベターデザイン
[性能品質]
安く早く作る
要求不充足
要求充足
マストデザイン
[あたりまえ品質]
きちんと作る
顧客不満足

3つのデザイン



3つのデザインとその目的

マストデザイン：リスク最小化
ベターデザイン：コスト最小化 、開発期間最短化、性能最大化
デライトデザイン：心地よさ最大化

1DCAEにおける３つのデザイン

MBDとは

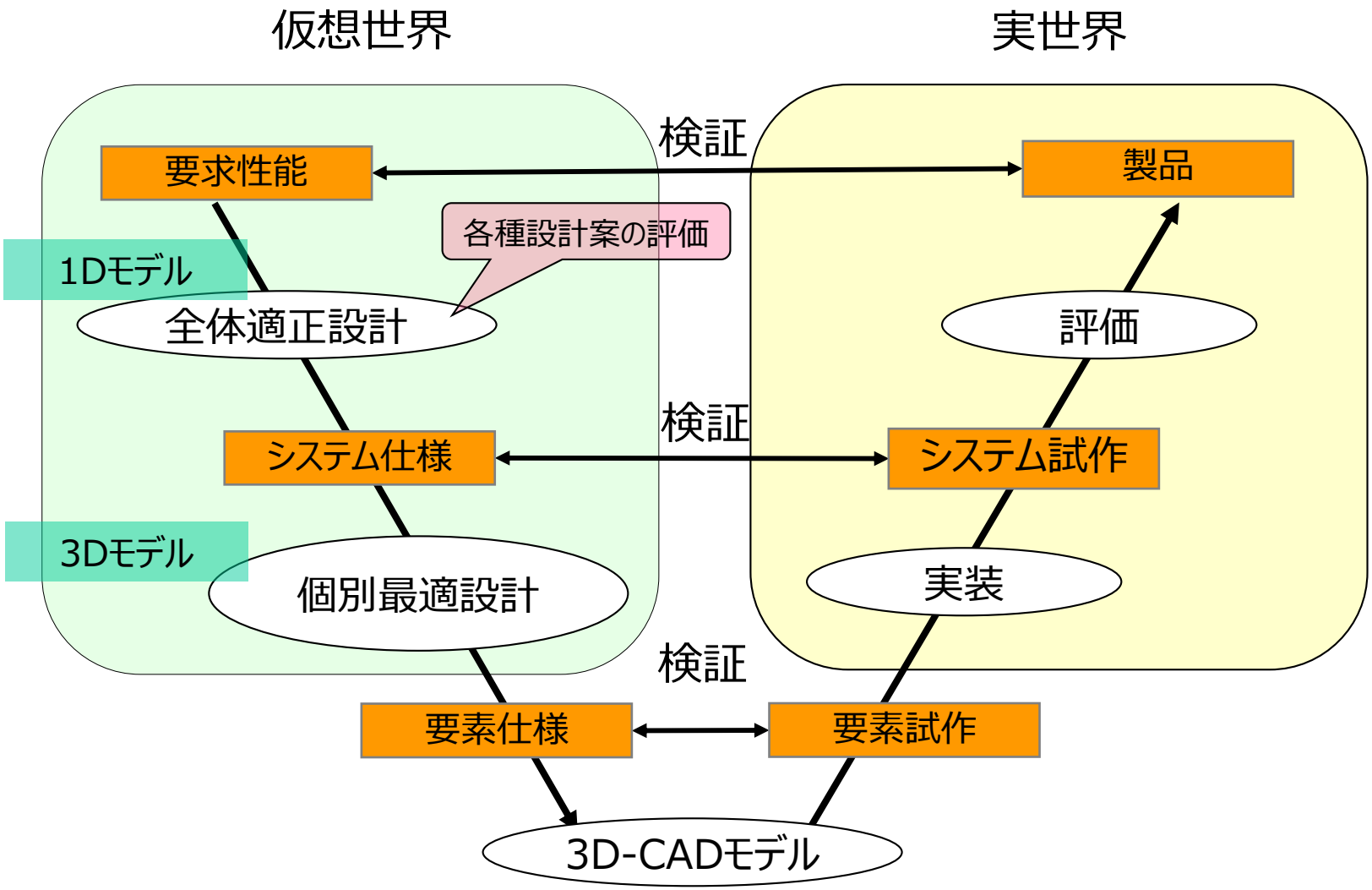
平野豊氏の定義

『システム開発では、要求仕様を定義した後、実際のシステムを設計し、動作や効果を確認する検証プロセスに移る。システム開発において、モノを作った後に不具合が発覚し、開発が手戻りするのを防ぐには、予め、システムの挙動を数理的に記述したモデルを作成しておき、モデルによるシミュレーションでシステムや部品の挙動を予測・確認しておくことが有効である。このような開発手法をモデルベース開発(Model Based Development、以下MBD)と呼ぶ。

MBDで使用されるシステム全体のモデルとしては、集中定数系の微分方程式で動的な挙動を記述するモデルが使用される。これらのモデルを1Dモデル、シミュレーションツールを1D-CAEと呼ぶ。一方、3次元形状に基づく有限要素法モデルは3Dモデル、シミュレーションツールは3D-CAEと呼ばれる。

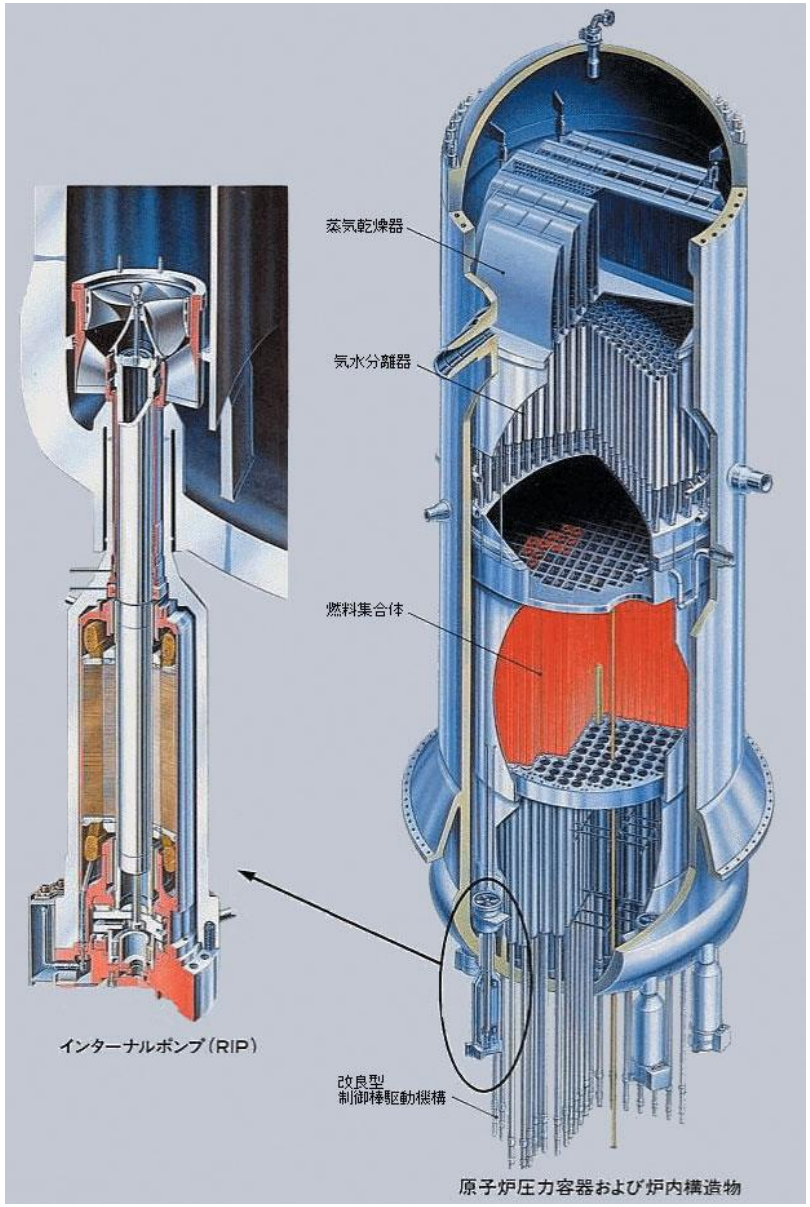
一般に、1D-CAEによるシステム全体の仕様・動作検証を行った後、3D-CAEによる各部品の詳細設計を進めることが推奨される。』

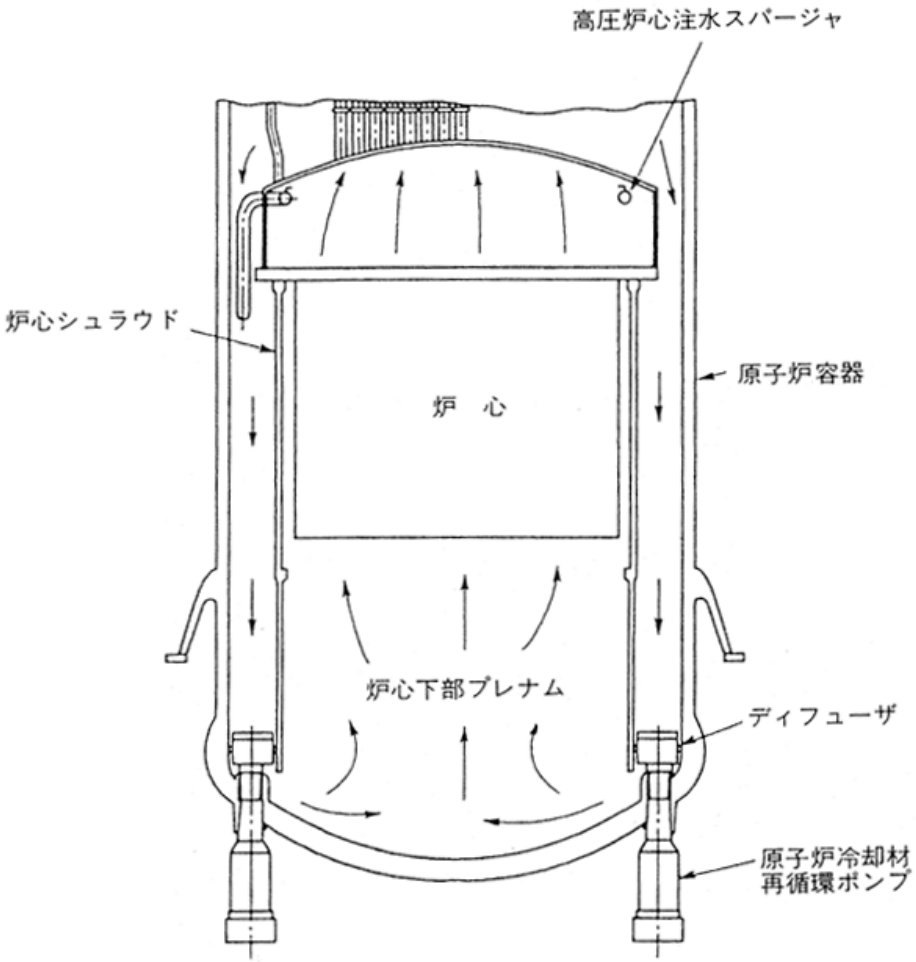
デジタル設計



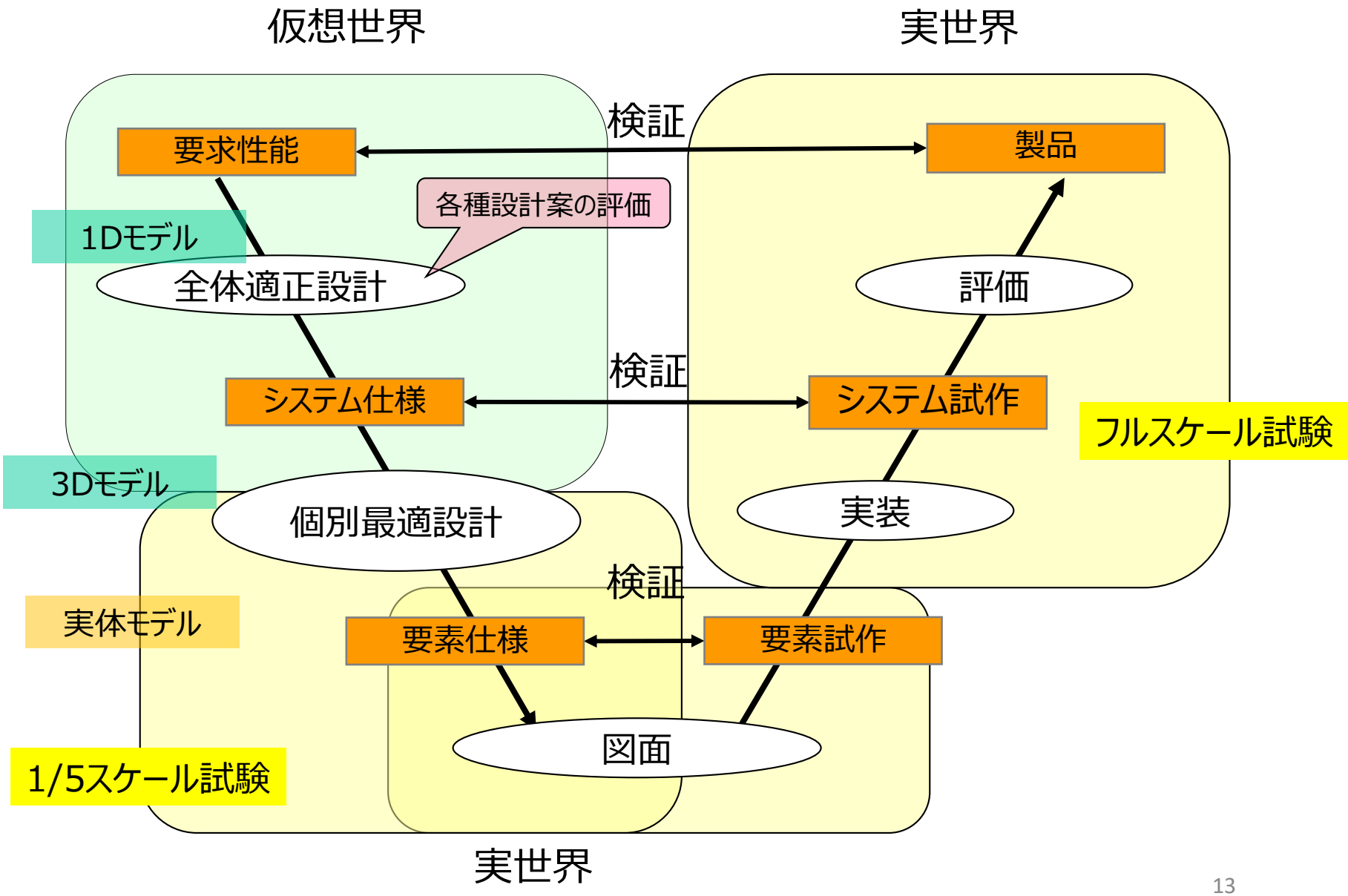
試作が容易ではない宇宙航空機器、原子力機器では昔から行われていた

1985年頃のデジタル設計（1D-CAE）





1DCAEという考え方、1Dモデルは昔から存在



デジタル設計

仮想世界

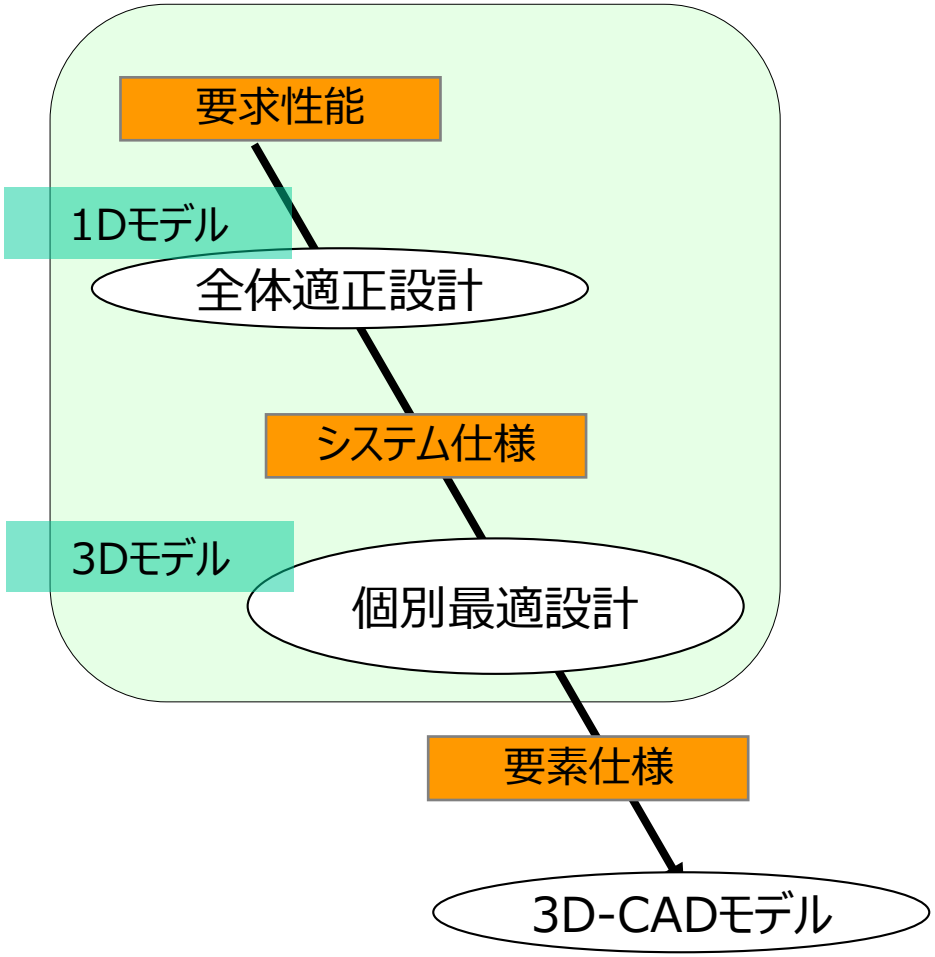
1985年　　2019年

自作
(Fortran)
大型コンピュータ
→
商用/自作
(1D-CAE)
パソコン

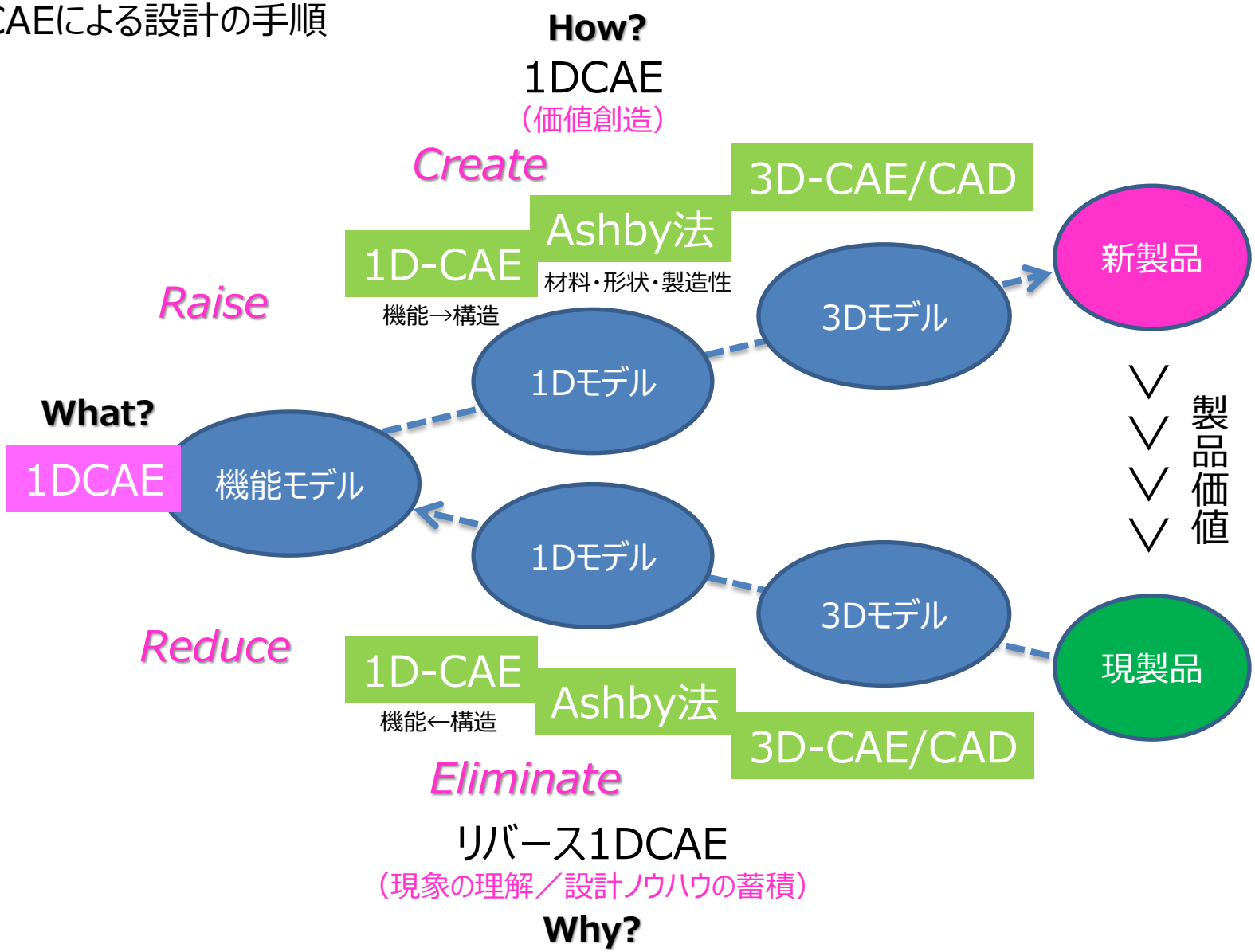
試作・実験 → 3D-CAE

良い点	現象をよく理解できる	開発期間を短くできる
課題	手間と時間がかかる	中身がブラックボックス化

1985年　　2019年

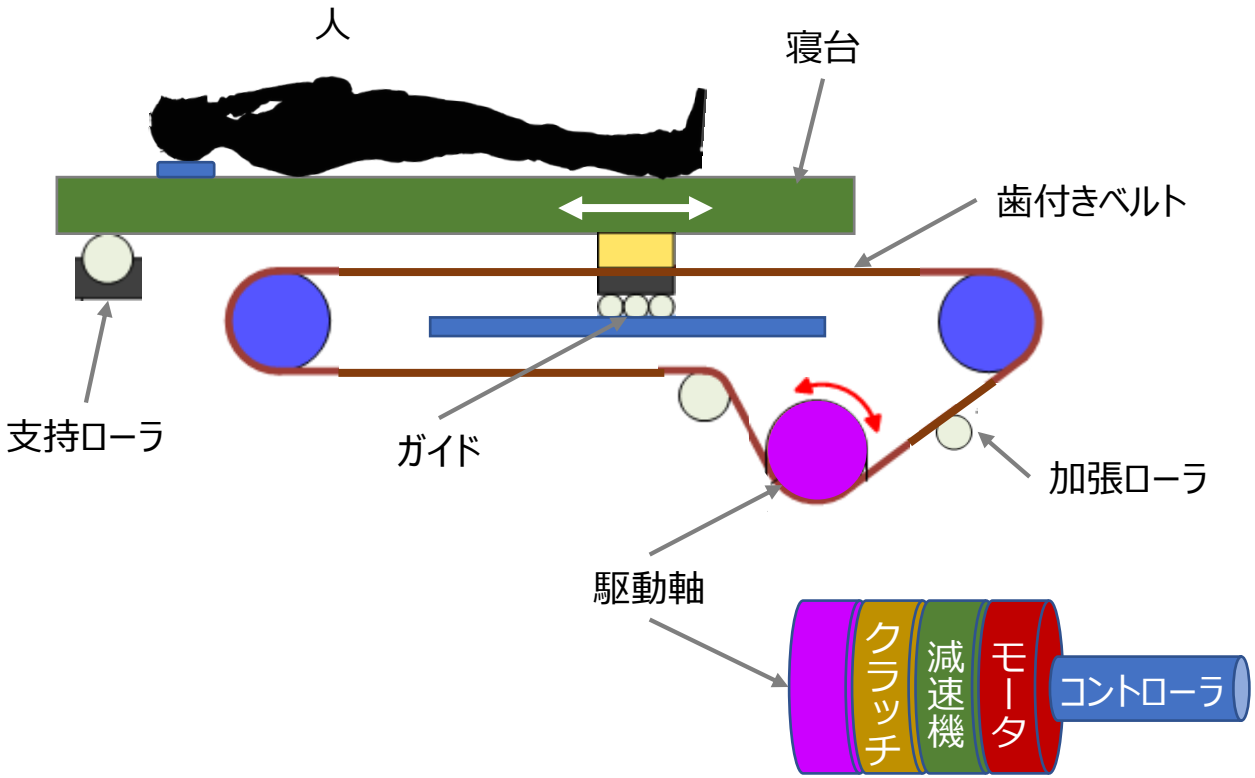


1DCAEによる設計の手順



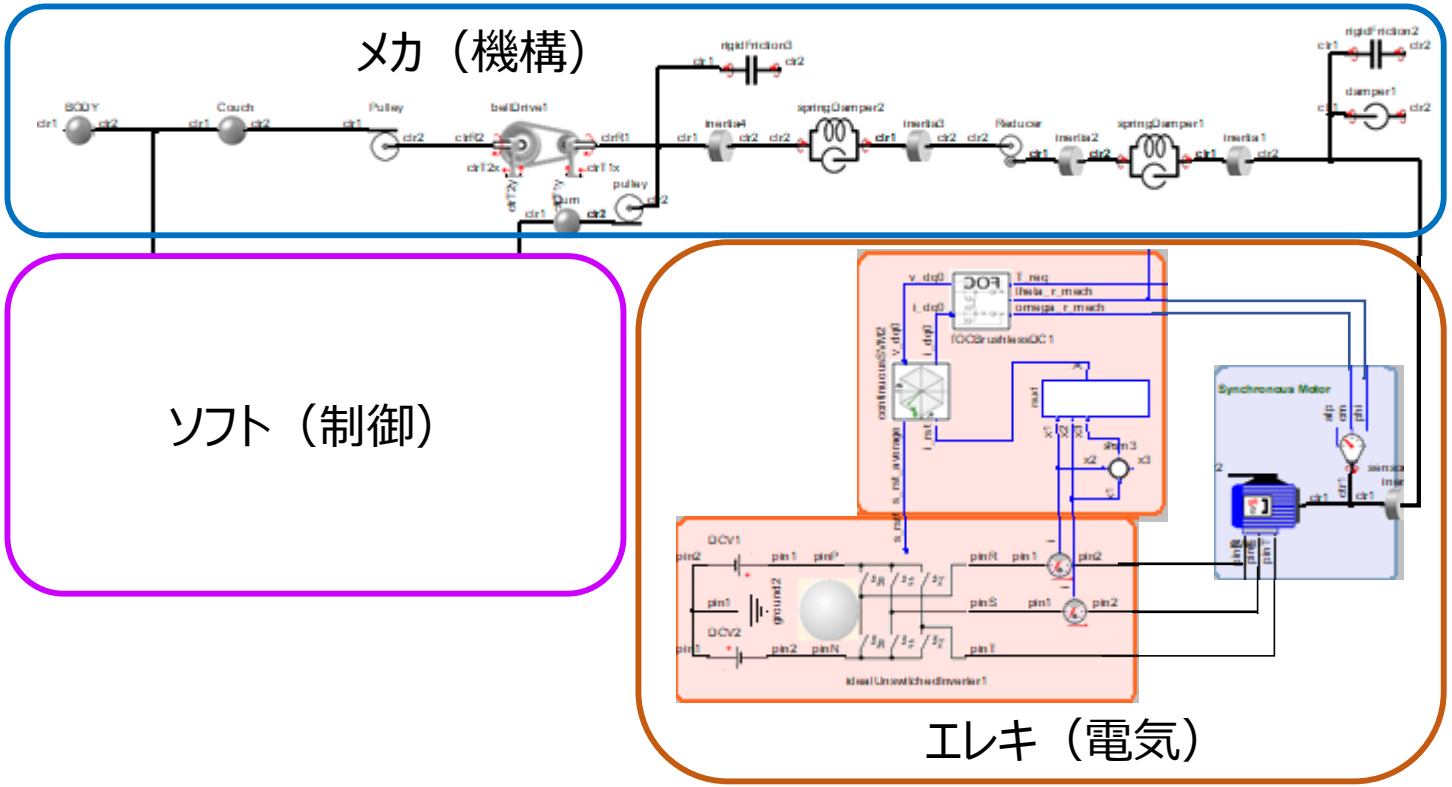
リバース1DCAEと1DCAE

リバース1DCAE



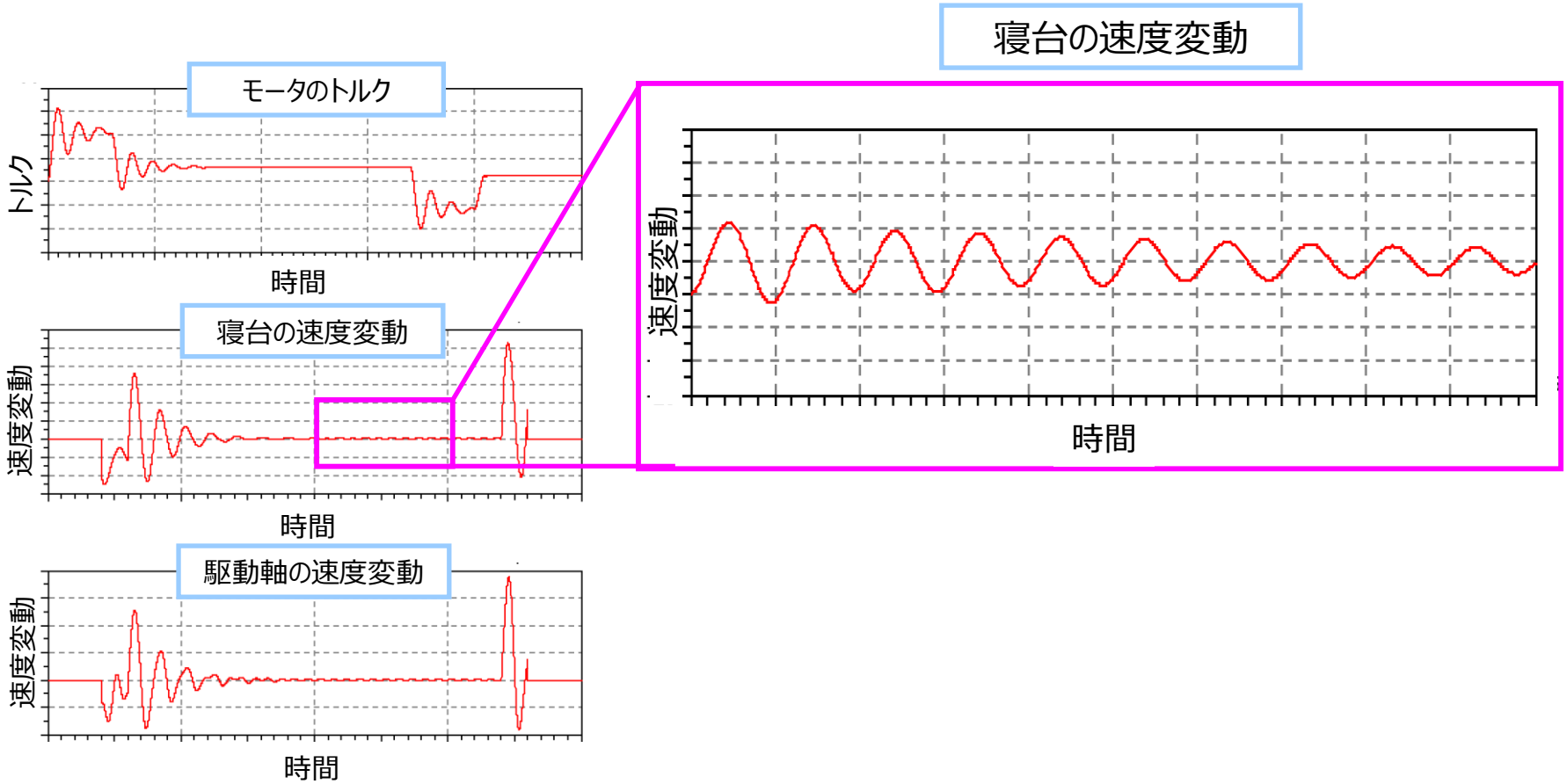
リバース1DCAE（現製品の理解）

リバース1DCAE



リバース1DCAE（1Dモデル）

リバース1DCAE



リバース1DCAE（1Dモデルによる評価例）

アイデア創出（What?）

顧客要求

機能
・上下に動く
・水平に動く

構造

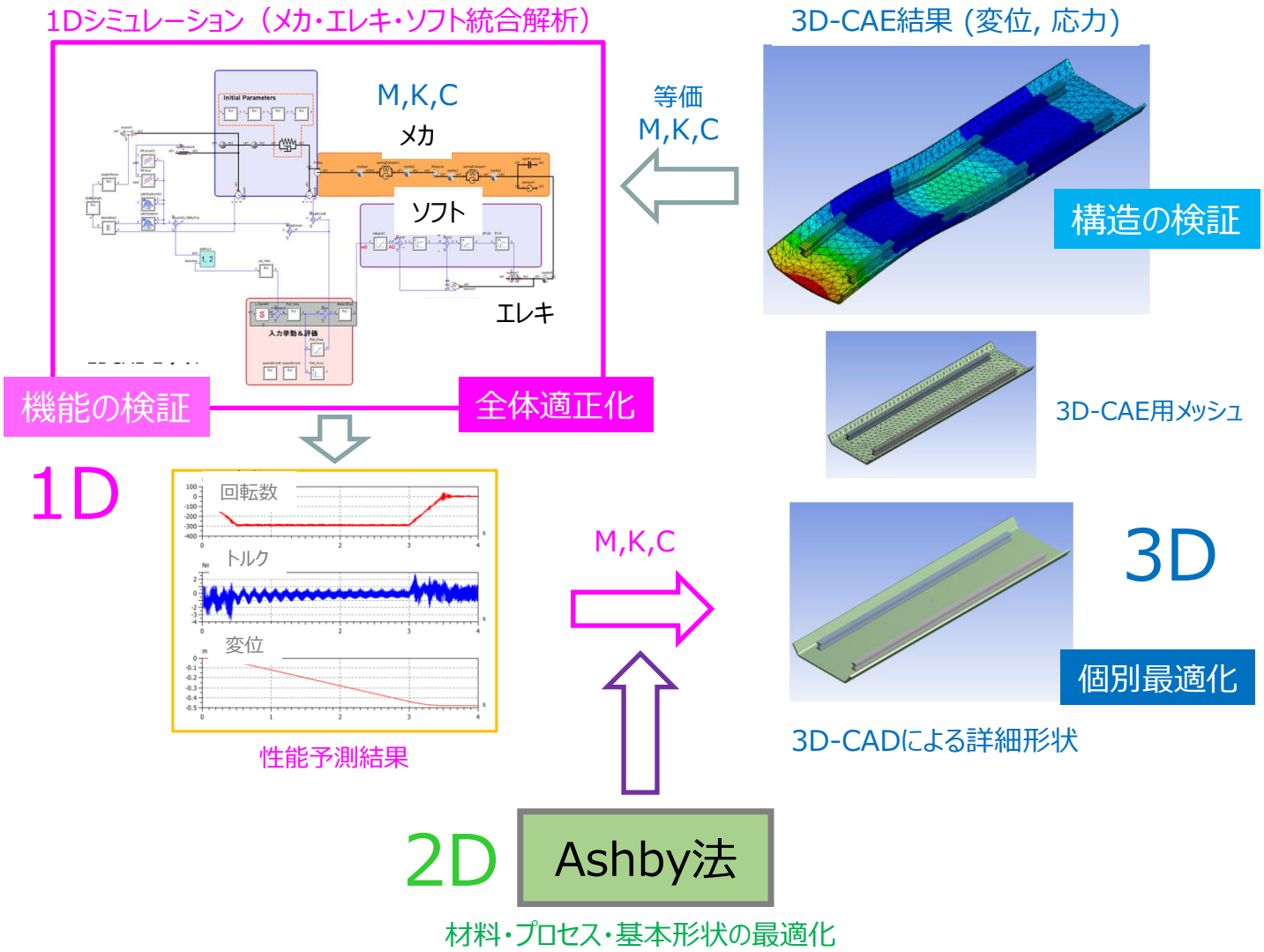
現状の寝台で*Eliminate*を実施

この状態でアイデア創出（What?）

1Dで各アイデアの機能検証（機能の最適化）

3Dで機能を形（構造）に

1DCAE

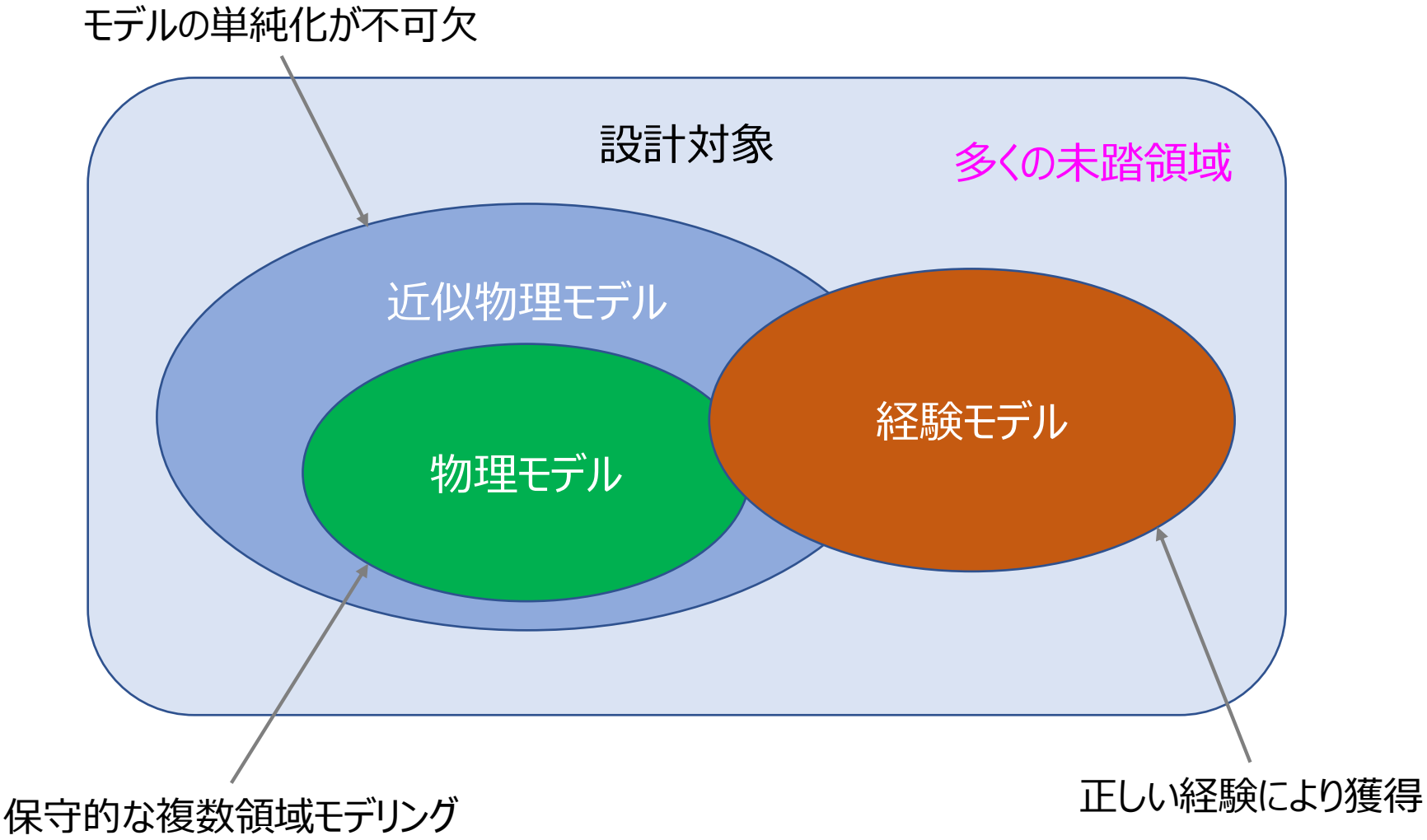


1DCAE：機能（1D）から構造（3D）への展開

1DCAEで用いる各種設計手法

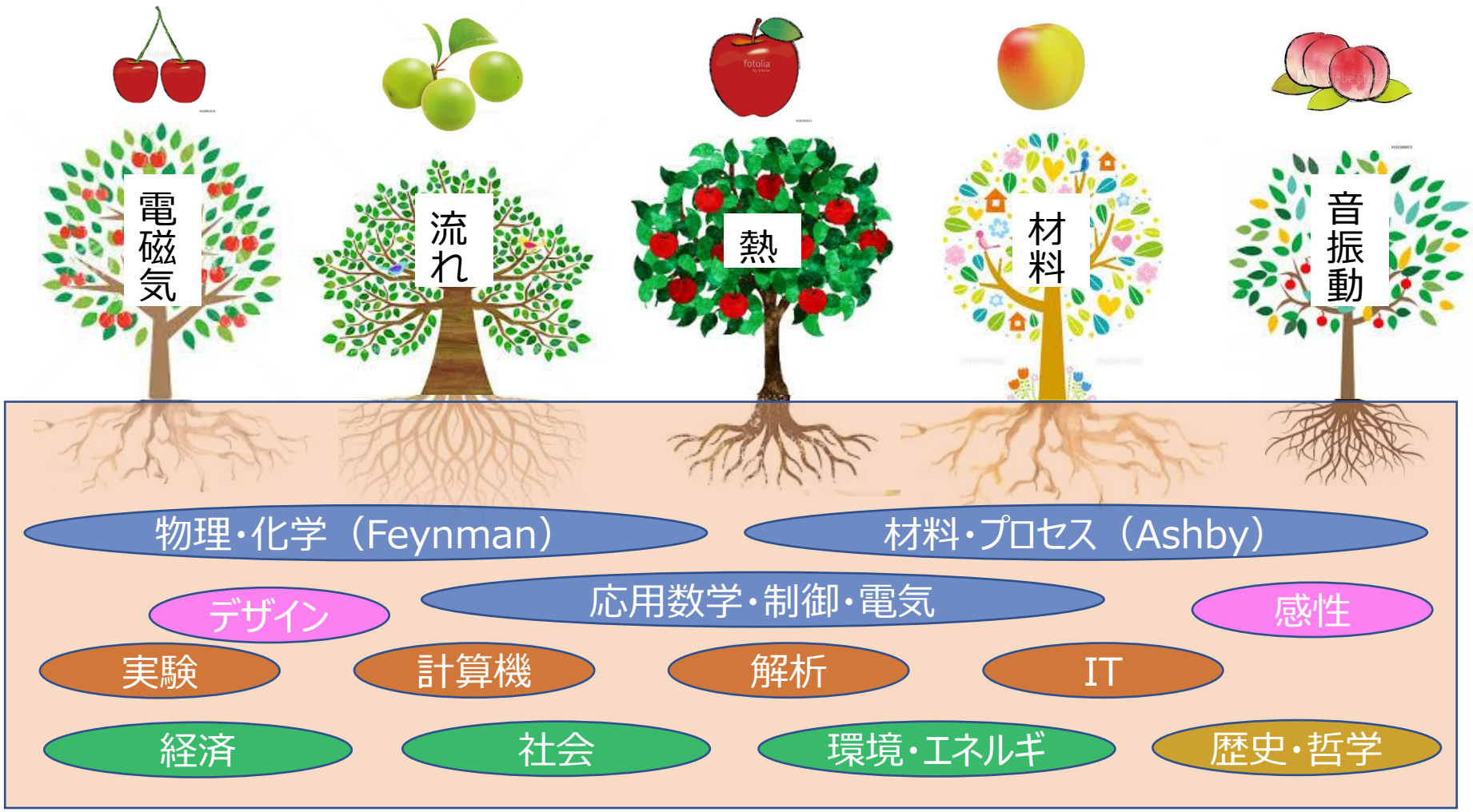
フェーズ / 目的	1D	1D⇔3D	3D
戦略	アクションマトリクス（ブルーオーシャン戦略） 1DCAE 設計論 チェックリスト（Ashby法）	リバース1DCAE	CAE (computer-Aided Engineering) CAD (computer-Aided Design)
戦術	VE（価値工学） DfX Ashby法 評価グリッド法	統計的手法（SD法、一対比較法、..）	物理計測手法 官能評価手法
モデリング	CVCA DSM Value Graph FMEA FS Map QFD 価値機能構造マップ Cost Worth Analysis 機能モデル（1D-CAE）	Ashbyマップ（Ashby法） 製品マップ コスト解析 最適化手法（パラメータ） 1D-CAE	最適化手法（構造、トポロジ） CTリバース 3Dプリンタ 3D-CAE 3D-CAD

1Dモデルの品質はモデルを作成する人のスキルに依存する



1DCAE・MBDの根幹となる1Dモデルの構成

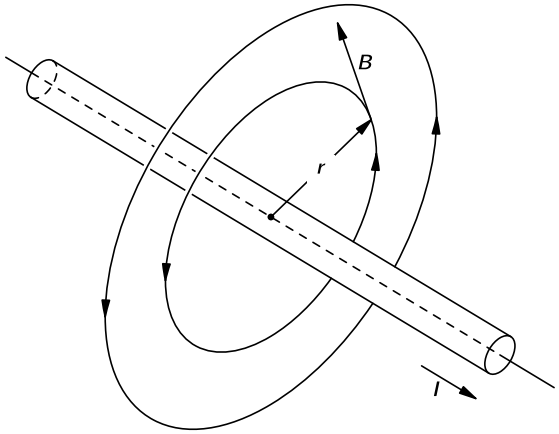
1DCAE・MBD


電磁気
流れ
熱
材料
音振動
物理・化学（Feynman）
材料・プロセス（Ashby）
デザイン
応用数学・制御・電気
感性
実験
計算機
解析
IT
経済
社会
環境・エネルギ
歴史・哲学

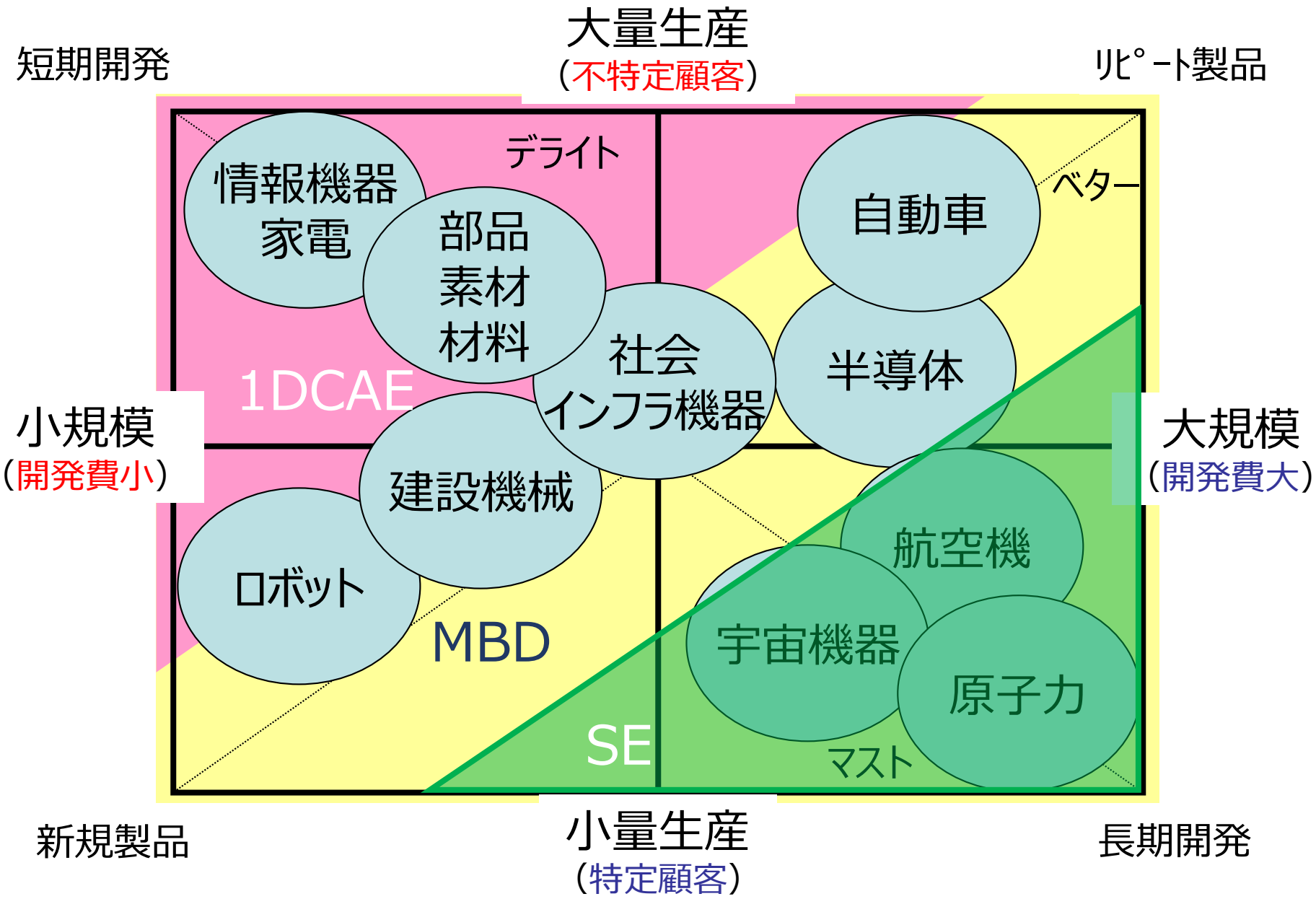
流れ場と磁場の比較

	流れ場	磁場
連続の式	$\nabla \cdot \boldsymbol{v} = 0$	$\nabla \cdot \boldsymbol{B} = 0$
回転の式	$\nabla \times \boldsymbol{v} = \boldsymbol{\Omega}$	$\nabla \times \boldsymbol{B} = \boldsymbol{j}/\varepsilon_0 c^2$

$\boldsymbol{B}$ ：磁場（磁界）
$\boldsymbol{j}$：電流密度
ε_0：定数
c：電磁波の伝播速度



いわゆる、アナロジとは異なる本質的なもの


短期開発
大量生産
(不特定顧客)
ﾘﾋﾟｰﾄ製品
デライト
情報機器
家電
部品
素材
材料
自動車
ベター
社会
インフラ機器
半導体
1DCAE
小規模
(開発費小)
大規模
(開発費大)
建設機械
ロボット
MBD
航空機
宇宙機器
原子力
SE
マスト
新規製品
小量生産
(特定顧客)
長期開発

1DCAE・MBD

自己研鑽　「不知の自覚」

意識の改革　企業トップ、技術者

外堀を埋める　学協会、国

1DCAEスクール（2019年度）

		4/22,23 月火	7/25,26 木金	10/24,25 木金	1/30,31 木金
		1	2	3	4
Day 1	講義1：戦略編	1DCAE概論	ベター＆マストデザイン	デライトデザイン	1DCAEと戦略手法
	シリーズ講義(Ⅰ) 矢野氏	モータ・機械要素（１）	モータ・機械要素（２）	モータ・機械要素（３）	モータ・機械要素（４）
	講義2：戦術編	設計方法論概論	最適設計方法論	感性設計方法論	製品設計方法論
Day 2	講義3：モデリング編	製品価値	伝熱・流体	音振動・材力	製品システム
	シリーズ講義(Ⅱ) 平野氏	Modelica（１）	Modelica（２）	Modelica（３）	Modelica（４）
	演習	製品価値	伝熱・流体	音振動・材力	製品システム

上記のスクールの間に、技術者間の交流を目的とした
1DCAE部会（参加費無し、会員資格不問）を開催

1DCAE・MBDで
ワクワクするものを
創りましょう

最後の纏めの資料

1DCAE・MBD

仕様がある程度明確な場合：MBD

仕様をゼロから考える場合：1DCAE

⇒ いずれも、対象全体を評価可能な価値で表現

運用方法

適用事例

1DCAE・MBDをどう適用するか［戦略］

1DCAE・MBDに使える手法［戦術］

1Dモデル（定式化→）　［モデリング］

価値モデル、機能モデル、構造モデル

SysML, QFD,…

Modelica, VHDL-AMS, Excel, …