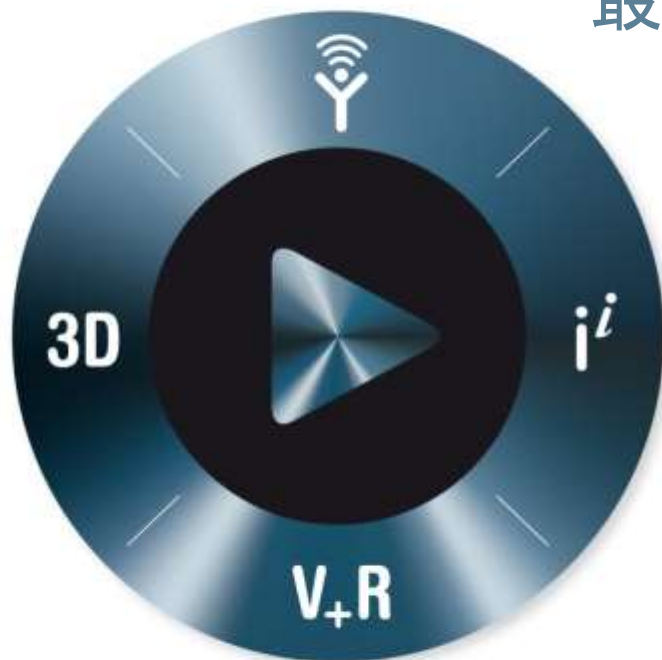


“最短経路設計”の可能性に向けて



3DEXPERIENCE

日本機械学会 設計情報学研究会

2015年11月6日

ダッソー・システムズ株式会社
工藤啓治

アジェンダ

- ▶ 自己紹介
- ▶ 設計知見のタイプ分類
 - ▷ 最適設計＝＞分析的学習
 - ▷ 想定設計＝＞シナリオ学習
- ▶ 最短経路設計とは？
 - ▷ 最適設計と最短経路設計の比較の試み
- ▶ 議論



V+R

設計知見のタイプ分類

設計知見のタイプ分類と適用フェーズ

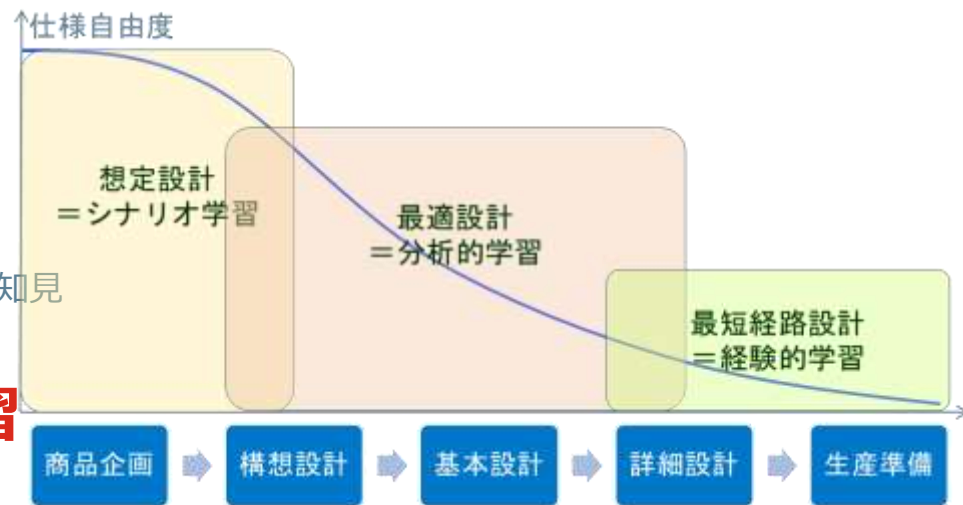
▶ 想定設計 => シナリオ学習 (Zero Design Cycle Timeの思想)

- ▷ 膨大な設計空間 + 解空間からの幅広い満足解の定義と抽出プロセスのノウハウ
- ▷ 後工程で決定されるはずの変動要因を含めておくことで、冗長性の高い、手戻り最小の構想設計が実現
- ▷ シナリオもパラメータ化することで、想定幅を調整でき、限定仕様から汎用仕様の程度を柔軟に決定できる

▶ 最適設計 => 分析的学習

- ▷ 解集合全体を改良することができる設計変数の特定
 - ▶ 設計変数が最大や最少などの一定値に張り付く解集合体
- ▷ 設計意図を調整できる設計変数の特定
 - ▶ 解空間を明確に分類する設計解のパターン
- ▷ 所定の性能を満足する、複数の設計自由度を得られる知見
 - ▶ ほとんど同じ解を持つ、異なる設計解のパターン

▶ 最短経路設計 => 経験的学習



Process Apps 2015X in 3DEXPERIENCE Platform

シミュレーションの作業やデータを実行、蓄積、再利用する統合環境

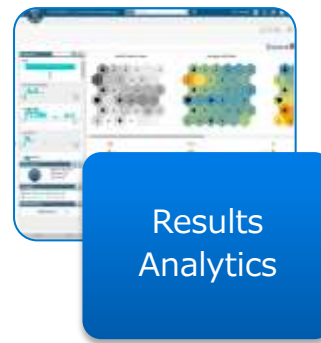
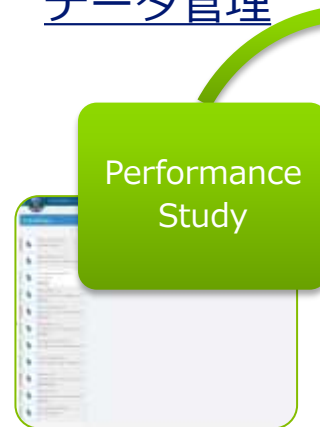
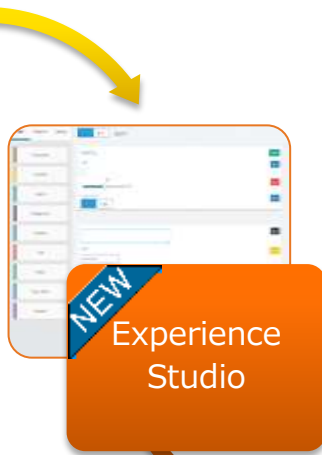
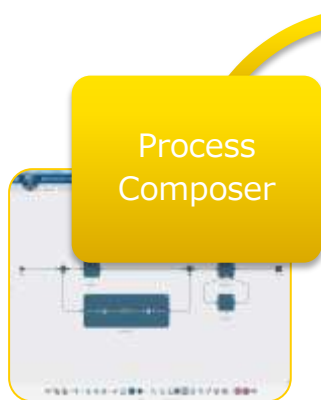
対話型作業

自動化フロー

実行専用GUI

データ管理

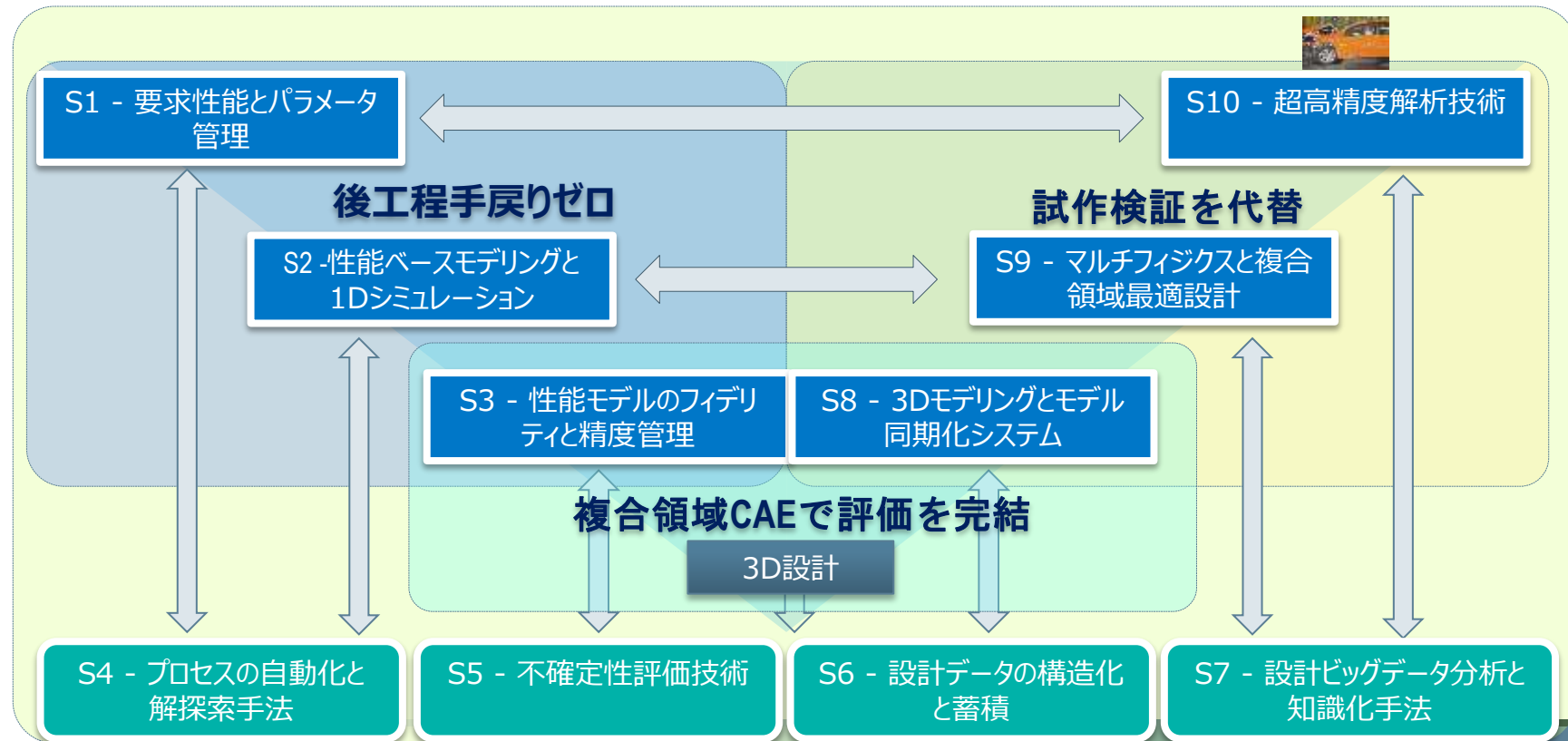
意思決定



Compute Orchestration Services (On-premise, On-the-cloud)

3DEXPERIENCE Platform

シミュレーションを活用した正しい目標に正しくたどりつくプロセス



A blue circular logo with a black center, featuring the text "V+R" in white.

V+R

最適設計=>分析の学習

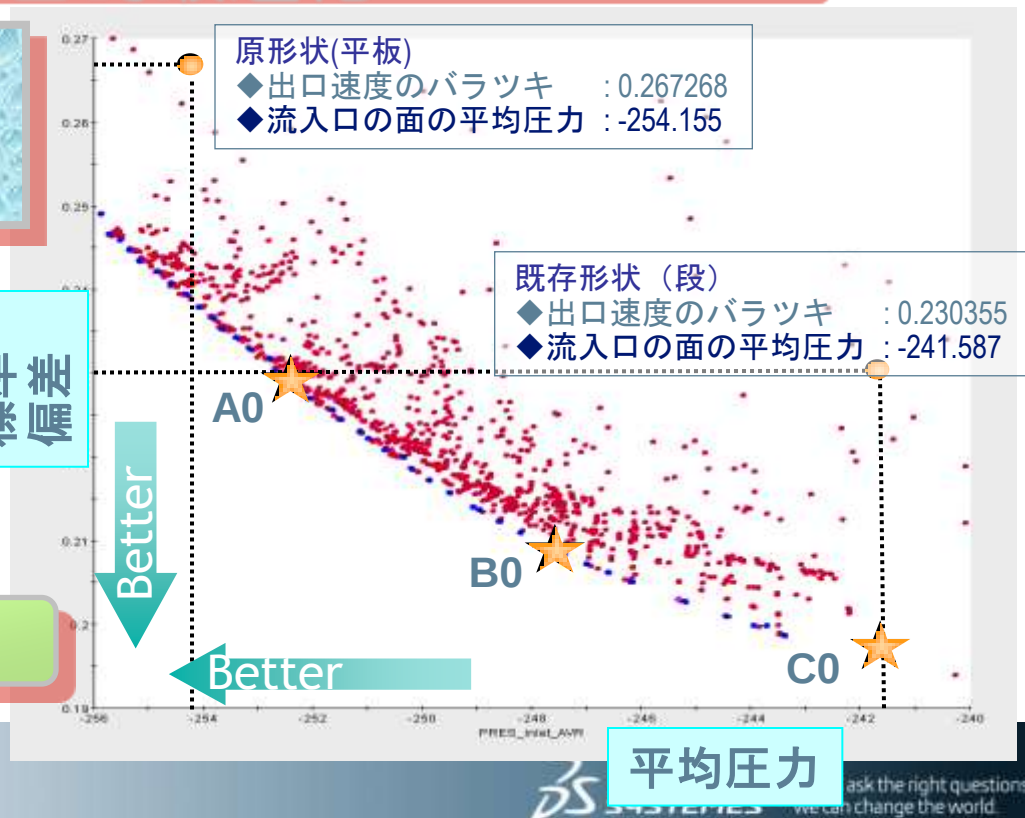
5. 近似モデルによる多目的最適化

初期個体数 : 20
世代数 : 50

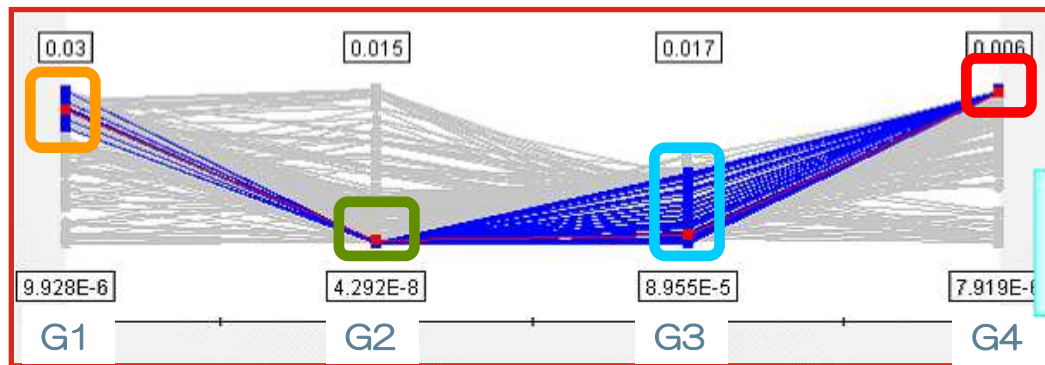
多目的GA

標準偏差

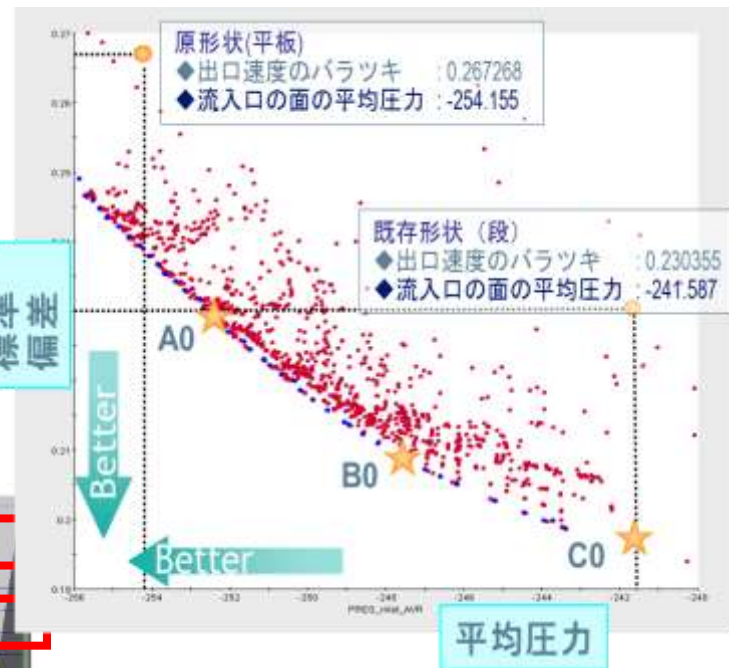
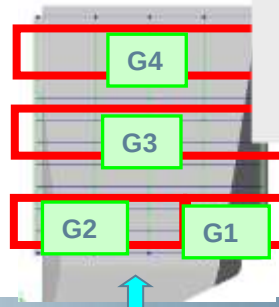
パレート解



青：パレート解



- G2は最小値（変形なし）でほぼ固定
- G4は最大値（変形最大）でパレート解を改善可能
- G1は最大値（変形最大）でパレート解を改善可能
- G3のみで設計者の意図を調整可能



G1とG4が
ほぼ上限に張り付き



G1とG4の
変形量の上限を増加

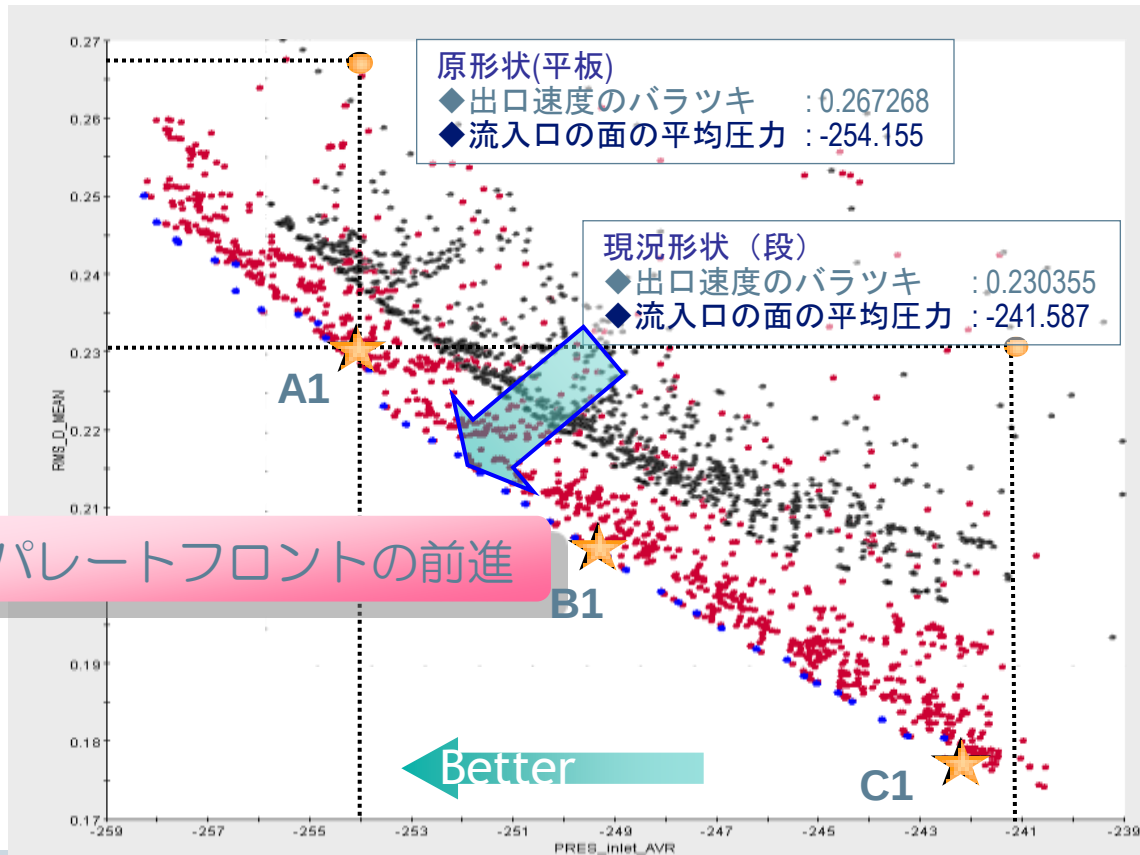


G1 0.030 → 0.040
G4 0.006 → 0.008



近似モデル上で
再最適化

パレートフロントの前進



設計知見のタイプ分類と適用フェーズ

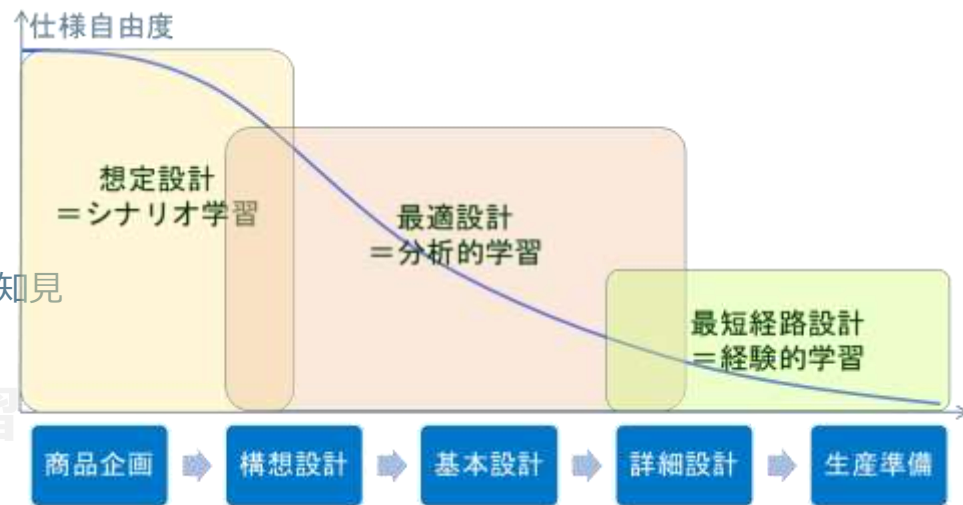
▶ 想定設計 => シナリオ学習 (Zero Design Cycle Timeの思想)

- ▷ 膨大な設計空間 + 解空間からの幅広い満足解の定義と抽出プロセスのノウハウ
- ▷ 後工程で決定されるはずの変動要因を含めておくことで、冗長性の高い、手戻り最小の構想設計が実現
- ▷ シナリオもパラメータ化することで、想定幅を調整でき、限定仕様から汎用仕様の程度を柔軟に決定できる

▶ 最適設計 => 分析的学習

- ▷ 解集合全体を改良することができる設計変数の特定
 - ▶ 設計変数が最大や最少などの一定値に張り付く解集合体
- ▷ 設計意図を調整できる設計変数の特定
 - ▶ 解空間を明確に分類する設計解のパターン
- ▷ 所定の性能を満足する、複数の設計自由度を得られる知見
 - ▶ ほとんど同じ解を持つ、異なる設計解のパターン

▶ 最短経路設計 => 経験的学習





「設計情報学」のすすめ

Design Parameters

Objectives

多変数間の相関

Many calculations

Design sampling

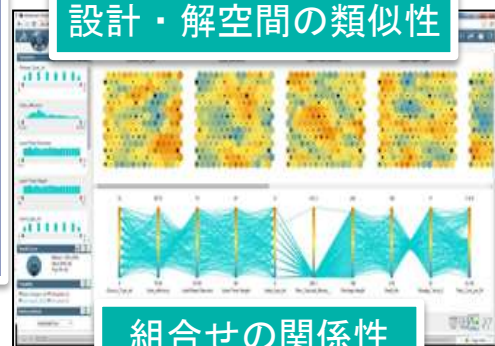
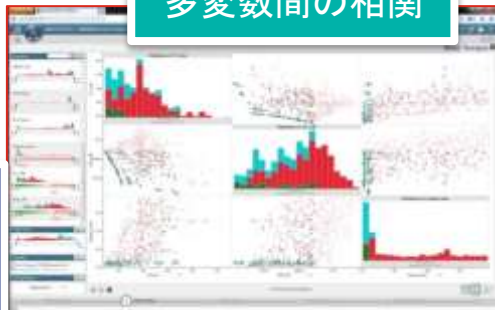
Objective sampling

鷹が森を見る視点

- ▷ どのように表現するか
- ▷ 結果から何を理解するか
- ▷ 求める解を瞬時に探索

設計・解空間の類似性

組合せの関係性





V+R

想定設計=>シナリオ学習

設計におけるシミュレーションの不確かさ

モデル品質

モデル化や計算を行う上での、仮定、近似、数値誤差、収束性などの要因による計算精度の品質

性能品質

材料物性、加工変化、寸法公差、製造条件、実験や運用条件などの誤差に起因する性能バラツキ

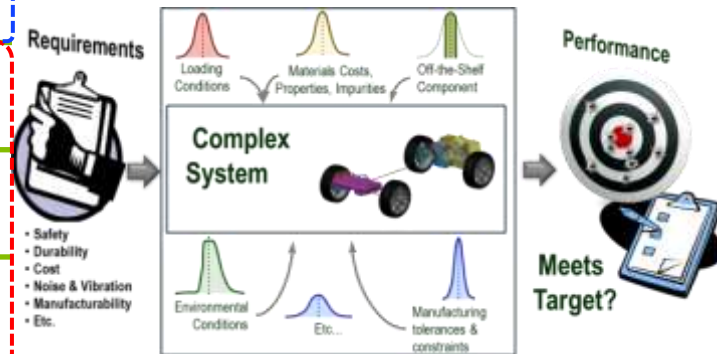
仕様冗長性

設計プロセスやライフサイクルに内在する不確かさによる性能バラツキ

リスク設計

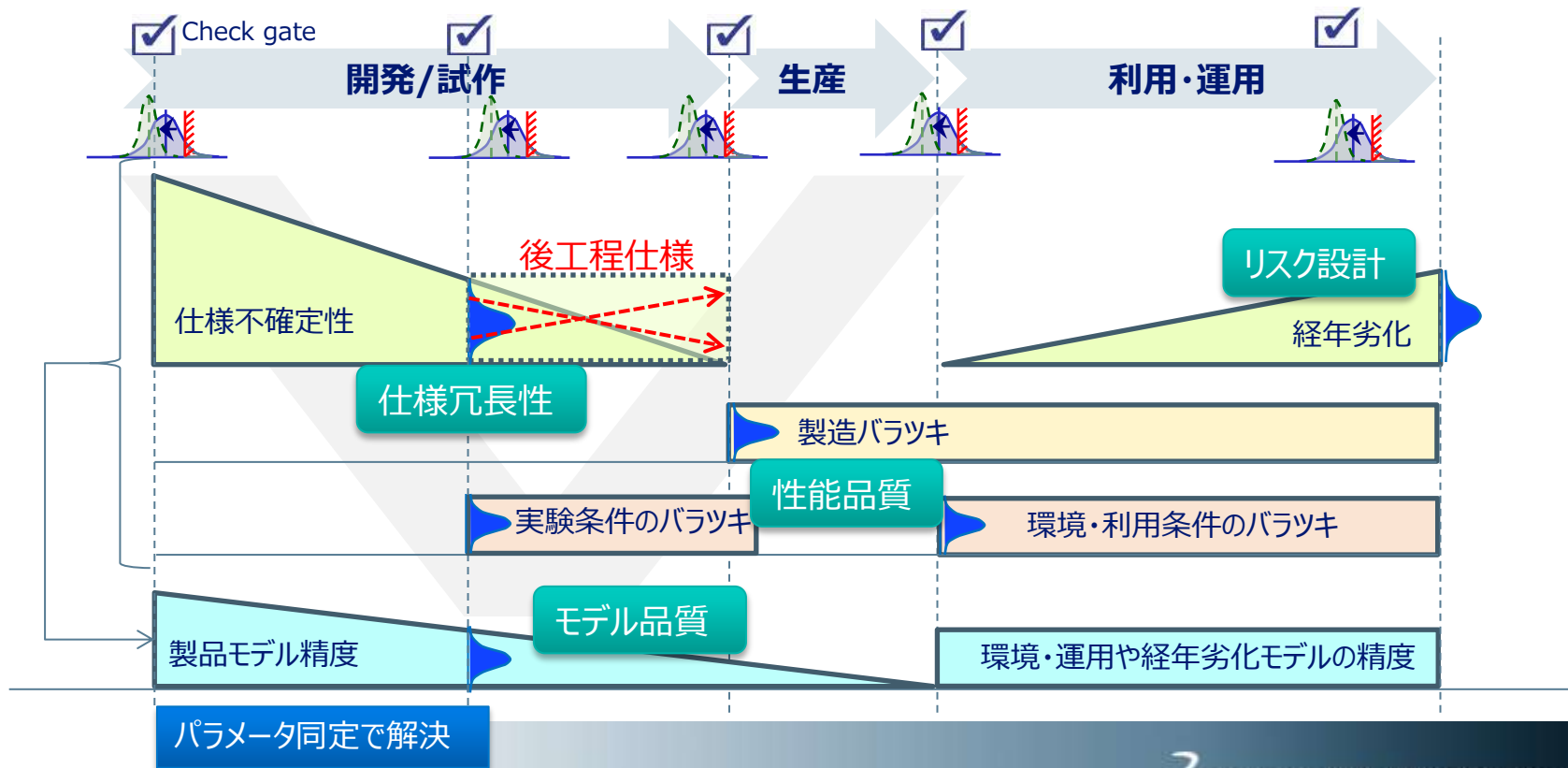
経年劣化などのリスクに起因する性能の悪化

パラメータ同定で解決



- ▶ 機械設計領域でのVプロセスにおいて、設計の早い工程で要求検証を行うには、すべてバーチャルな領域で実施
- ▶ 未確定仕様、外的要因リスク、過酷条件、経年劣化など、設計の早期段階、詳細段階、実験時や利用環境での各ライフサイクルに内在する不確定要因をも想定して、検証精度を常に考慮しながら意思決定する必要

ライフサイクル上の様々なバラツキ要因



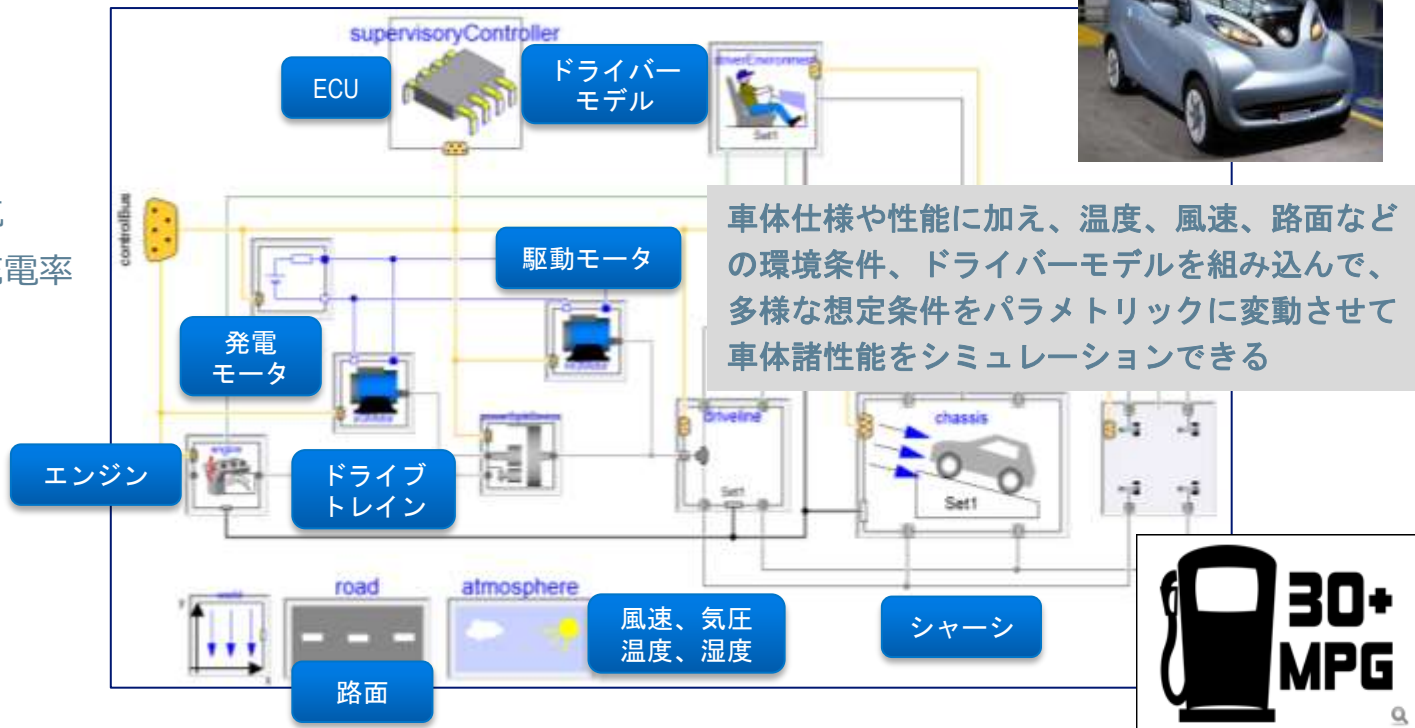
事例 : Hybrid Vehicle Logical Simulation

▶ 変動パラメータ

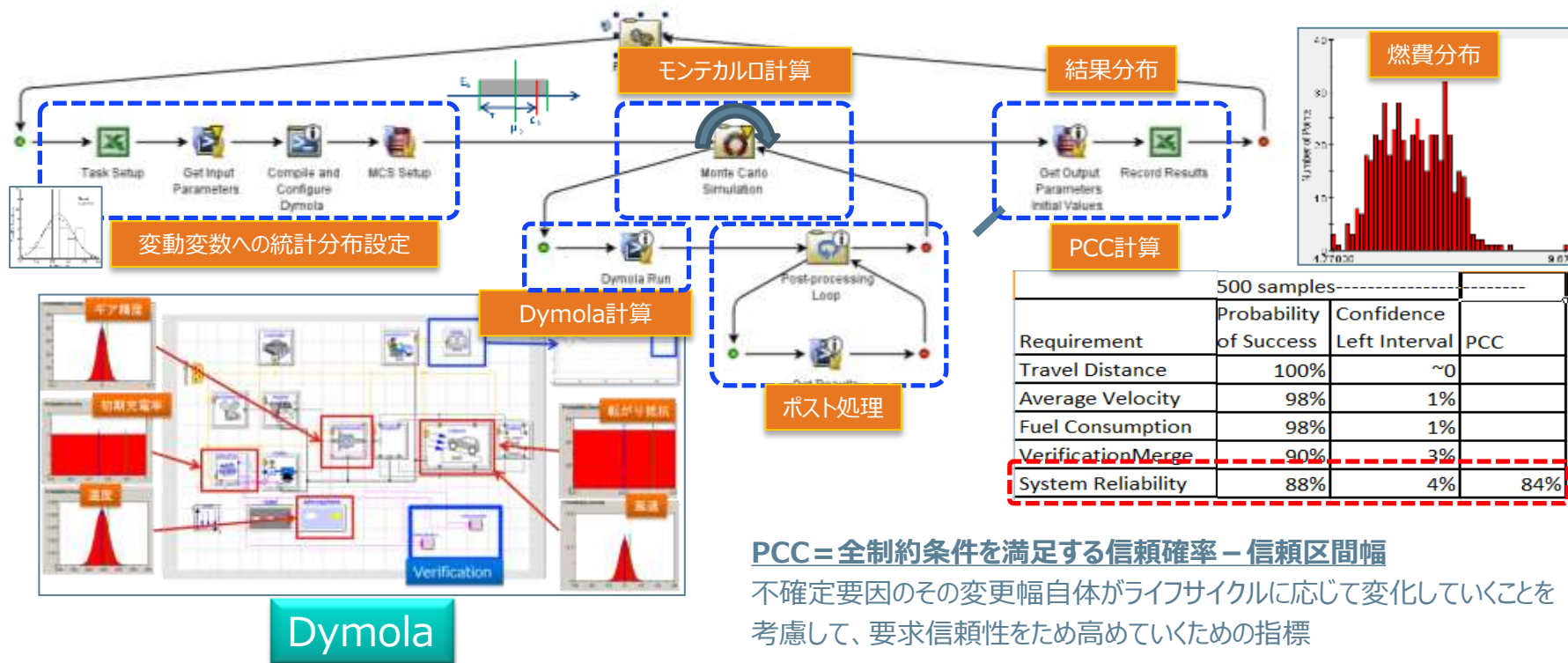
- ▷ 環境温度
- ▷ 風速
- ▷ タイヤの回転抵抗
- ▷ バッテリー初期充電率
- ▷ ギアモデル
- ▷ ギアベアリング

▶ 性能指標

- ▷ 走行距離
- ▷ 平均速度
- ▷ 燃費



PCC (Probabilistic Certification of Correctness)計算ワークフロー

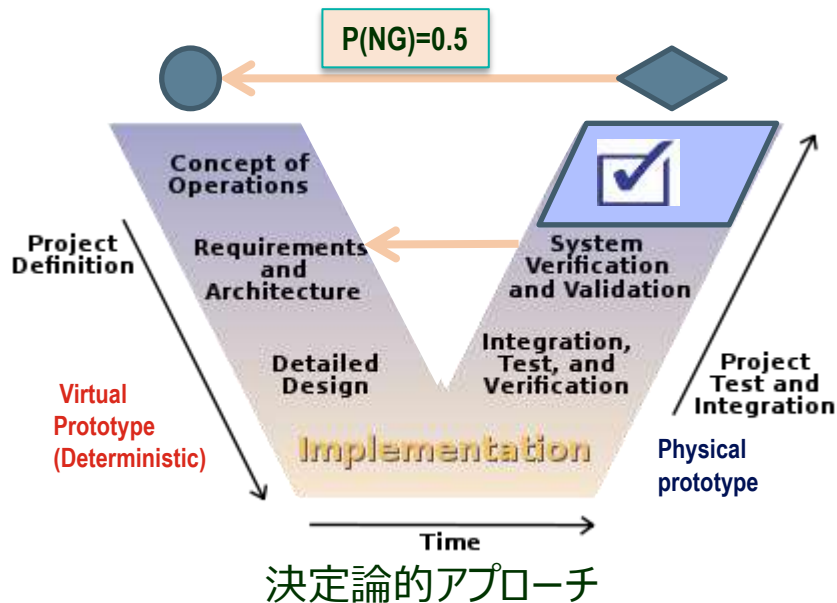


PCC = 全制約条件を満足する信頼確率 - 信頼区間幅

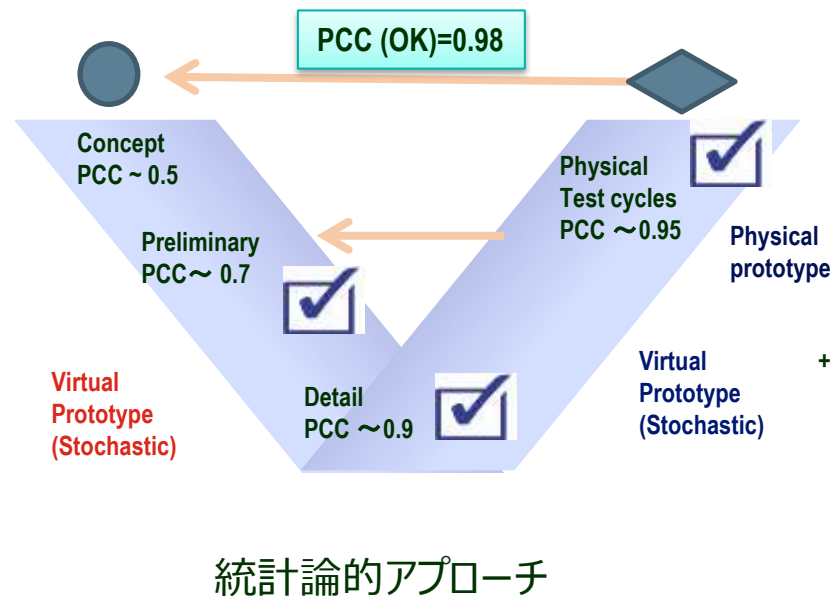
不確定要因のその変更幅自体がライフサイクルに応じて変化していくことを考慮して、要求信頼性をため高めていくための指標

Vプロセスでの要求検証信頼度PCCの活用効果

検証精度低く、NGの要因が特定できず、大きな手戻り発生



検証精度とその要因をマイルストーンごとに定量的に検証でき、最終的にすべての要求が確率的に満足される



設計知見のタイプ分類と適用フェーズ

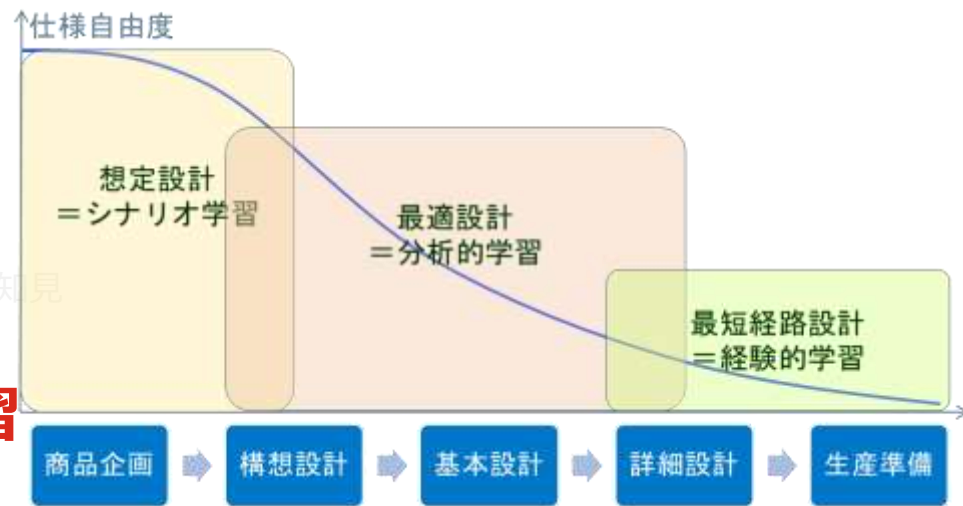
▶ 想定設計 => シナリオ学習 (Zero Design Cycle Timeの思想)

- ▷ 膨大な設計空間 + 解空間からの幅広い満足解の定義と抽出プロセスのノウハウ
- ▷ 後工程で決定されるはずの変動要因を含めておくことで、**冗長性の高い、手戻り最小の構想設計**が実現
- ▷ シナリオもパラメータ化することで、想定幅を調整でき、**限定仕様から汎用仕様の程度を柔軟に決定**できる

▶ 最適設計 => 分析的学習

- ▷ 解集合全体を改良することができる設計変数の特定
 - ▶ 設計変数が最大や最少などの一定値に張り付く解集合体
- ▷ 設計意図を調整できる設計変数の特定
 - ▶ 解空間を明確に分類する設計解のパターン
- ▷ 所定の性能を満足する、複数の設計自由度を得られる知見
 - ▶ ほとんど同じ解を持つ、異なる設計解のパターン

▶ 最短経路設計 => 経験的学習





V+R

最短経路設計とは？

契機

- ▶ 思考を要求するCAE
 - ▷ 自由度の広い段階での構想設計
 - ▷ 自由度が限られ、追い込まれた中で出てくる新規アイデア
 - ▷ 新しいパラメータの組み合わせから生まれる設計案
- ▶ 思考を要求しないCAEの存在
 - ▷ 思考ではなく、OKかNGの判断だけが要求される
 - ▷ 設計パラメータの制約と性能制約の両方とも非常に強く、選択自由度が少ない
 - ▷ CAE実施は、ダメだしに対する再検討の繰り返し

5W1H+Rに基づく解析業務の属性情報

いつ (When)

- ・日付時間的な情報だけではなく、設計プロセスの中の、たとえば企画、基本設計、詳細設計、試験検証といった、各フェーズでの情報を速やかに切り分けて分析。業務の中で「いつ」的な属性は、改善指針を探るのに重要な意味を持ちます。

誰が (Who)

- ・担当者のスキルや過去経験といったプロフィール情報とつなげることでエンジニアの仕事の品質を定量的に比較することができるようになるでしょう。

何を (What)

- ・製品や部品を特定する属性データになります。製品コード、名称、仕向地、派生オプション、部品番号等々、企業が通常業務で取り扱っている情報は、基本。

どこを (Where)

- ・シミュレーションの試行錯誤は、どこどのどんなパラメータの値を変更したのかということに帰着できます。製品情報であればある部位の形、板厚、材料など、試験や加工条件であれば、温度、圧力、位置、速度等々、いわゆる入力側のパラメータ情報。

なぜ (Why)

- ・試行錯誤を行う以上は、これまでの結果の何かに、重量未達、応力限界、温度高、圧力高、速度未達、種々の性能未達などの不具合が存在。これらの理由を属性として明記することで、どんな課題解決のために使われているか、を把握することが可能に。

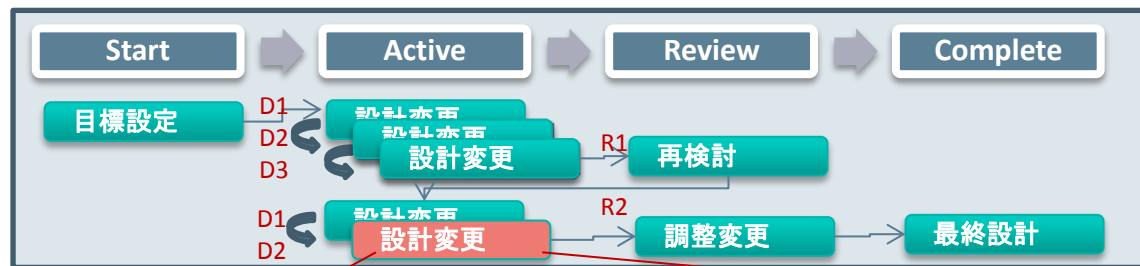
どのように (How)

- ・どんな解析をどのプログラムを用いてどんな条件で計算したのかといった、シミュレーションの内容を特定する属性情報。線形応力、大変形、材料非線形、振動、機構、空力、熱流体、電磁場、板成形、射出成型などといった多様な解析種類とそれを計算するプログラムと、定常/非定常、物理モデル、材料モデル、初期条件、規格情報など、シミュレーション業務を理解するのに重要な属性です。

結果 (Result)

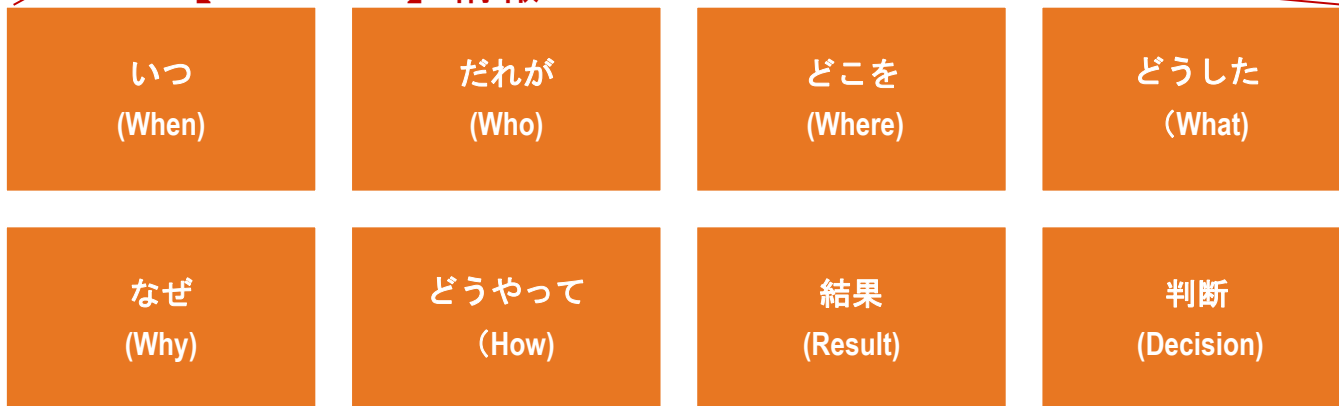
- ・結果はどうだったのか？なぜ (Why)と対で、着目している性能指標の値を取り込み、その結果がOK/NGどちらだったのか、その根拠は、顧客要求か、社内規定か、業界標準ルールか、といった比較元とその数値を明記することで、OK/NGとその理由を正しく分析。

I. データ蓄積



解析業務の
構造化データ

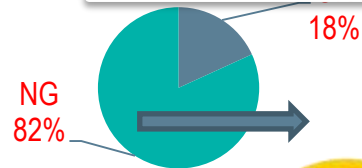
【5W1H+RD】情報



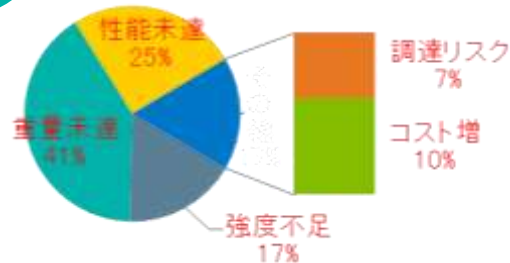
設計の業務知見分析

- ▶ 依頼目的分布
- ▶ OK/NG内容の分析
- ▶ NG対策の分析
- ▶ 重量改善履歴
- ▶ 改善傾向と多様な設計案
- ▶ 改善案と計算回数
- ▶ OK/NG回数と経験年数
- ▶ 仕向け地/派生機種と計算回数

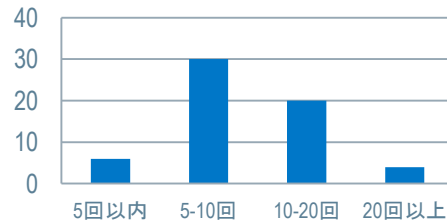
組織としての思考
過程を明らかに



NG分析



設計変更回数

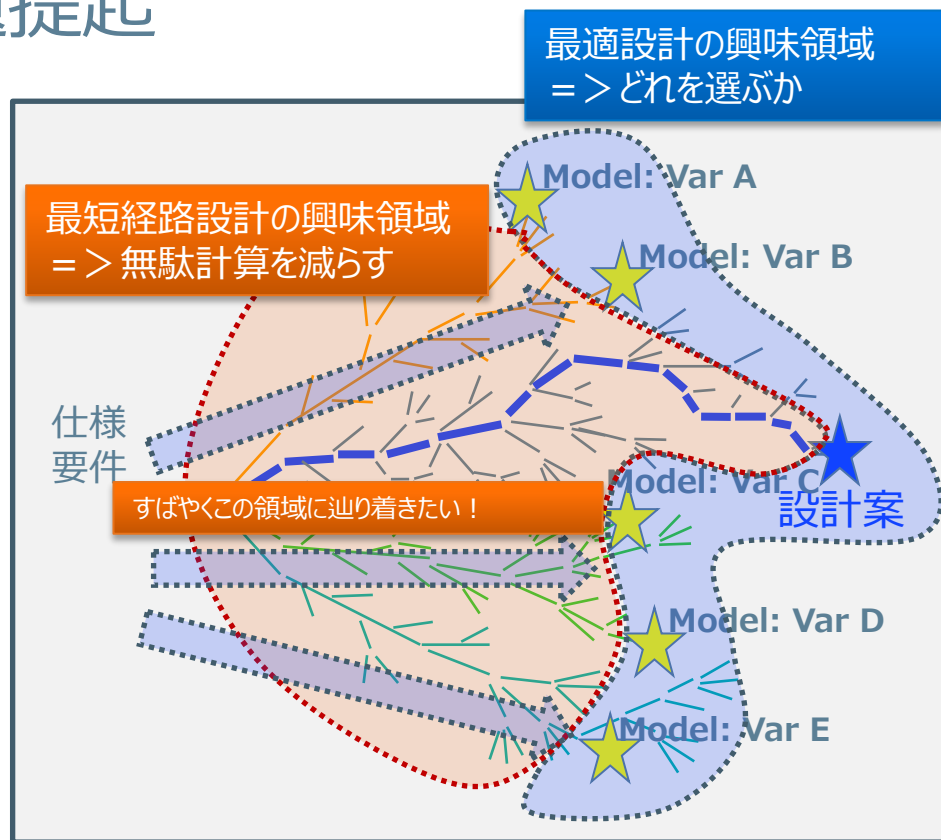


設計変更履歴一覧

設計変更履歴一覧								
誰が		何故		何を		結果		判断
Ver	誰が	何故	何を	重量	応力	性能	判断	目標達成
1	工藤	干渉	リブ移動	250	11	0.9	強度不足	NG
1-1	工藤	強度補強	板厚増	240	8	0.95	重量目標未達	NG
1-2	工藤	コスト削減	材料変更A	235	9	1.1	調達リスク大	OK
2-1	田中	干渉	材料変更B	240	9	1.2	コスト増リスク大	NG
2-2	田中	強度補強	板厚増	245	9	1.6	重量目標未達	OK
3	吉川	干渉	材料変更A	250	11	0.95	強度不足	NG
3-1	吉川	強度補強	材料変更B	240	8	0.68	重量目標未達	NG
3-2	吉川	強度補強	板厚増	235	9	0.98	調達リスク大	NG
3-3	田中	材料調達困難	リブ移動	240	11	1.2	重量目標未達	NG
3-4	田中	コスト削減	板厚増	245	8	0.9	コスト増リスク小	OK
3-5	渡辺	干渉	材料変更A	250	9	0.95	強度不足	NK
4	渡辺	強度補強	材料変更B	240	9	1.1	強度不足	NG
4-1	工藤	強度補強	材料変更A	235	12	1.2	重量目標未達	NG
4-2	田中	強度補強	材料変更B	240	9	1.6	調達リスク大	OK
5	田中	材料調達困難	板厚増	245	9	0.95	コスト増リスク大	NG
5-1	工藤	コスト削減	リブ移動	250	14	0.68	重量目標未達	OK
5-2	工藤	干渉	板厚増	240	8	0.98	重量目標未達	NG
5-3	工藤	強度補強	材料変更A	235	9	1.2	調達リスク大	OK
6	渡辺	材料調達困難	材料変更B	240	9	1.2	コスト増リスク大	OK
6-1	渡辺	コスト削減	板厚増	245	9	1.1	重量目標未達	OK

「最短経路設計」の問題提起

- ▶ 従来広く研究され、設計活用されている最適設計は、基本設計段階での比較的制約条件が緩い空間で、最適解を十分に抽出できるということが前提
- ▶ より詳細レベルの現実的な設計工程では、設計変数の上下限値は狭く、複数性能間でのトレードオフ性も強い、極めて縛りの大きい空間で、満足解を選択していく必要
- ▶ “失敗しない最適設計案にどうすれば最も順調にたどり着けるのか”という「最短経路設計」という方法論の確立が必要ではないか



最適設計と最短経路設計の比較の試み

	最適設計	最短経路設計
目的	より優れた設計解	失敗しない満足解
適用フェーズ	構想/基本設計	詳細設計
メリット	新規設計の創出	既存設計の改良
設計空間	広い	狭い
制約条件	調整可能 (Assumed)	調整困難 (Given)
外的要因影響	少ない	大きい
分析データ	最適解探索解	過去設計解
思考要求	高い	低い
学問的名称	進化計算	失敗学
道具	多目的探索と可視化	？

「最短経路設計」の実現方法など

- A. 過去に同様な失敗をしている場合は、それを繰り返さないための過去知見活用
- B. どのようなパターンが、失敗を引き起こすのかを分析する、いわゆる失敗分析手法の開発（失敗学）。アルゴリズムで対応できるのか？
- C. 制約条件をどこまで厳しくすれば、解が存在しなくなくなるかを事前に検討する
限界設計検討の方法
- D. 限界設計情報を事前に把握することで、警告を出したり、アドバイスを行ったりするPush型通知のしくみ
- E. 何が本質的なメリットなのかー 思考支援ではなく、作業支援ではないのか

最短経路設計のすすめ

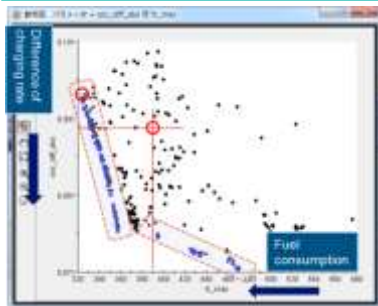
最適設計

- 結果志向
- より良い解の選択可能性が高まることを重視



最短経路設計

- プロセス関係性志向
- 複雑設計においては、意思決定に至る思考プロセスとその効率を重視



シミュレーション蓄積情報を
知的資産化するのための再
活用技法が今後益々重要



知識化へのステップ

蓄積

データを系統立てて管理し、検索ができる管理状態を実現するステップ

- すべての履歴データは、いつ、だれが、どこを、どうした、なぜ、結果、判断といったパラメータや属性情報群で接続され、トレーサビリティ可能なデータの集合体として蓄積

収集

大量の元情報から必要な情報を検索し、抽出するステップ

- 絞り込みながらのデータ収集である。どのような情報を得たいかという意図を明確にする必要がある。最大値や最小値の設定、制約条件や特定の条件での探索、多目的探索も絞り込みの例である。

分析

絞り込んだ設計空間と解空間の関係性を分析するステップ

- サンプリングの全体特性であれば、寄与度（パレート図）を見る、回帰分析をして、解空間の挙動を可視化。多目的解集合など強い意図で絞り込まれた設計-解空間には特別なパターンが見られることが多い。大量の数値情報をフィルター、ソート、分類などの機能を駆使しながら、可視化されたツールが必須。

知識化

設計知見を獲得するステップ

- 製品の性能設計に関する履歴情報が十分に集まり、設計意図通りのデータが絞り込まれ、分析手順が確立されてくれば、それらは結果として組織の設計知見となる。

