

# **自動車産業の制御システム開発 におけるMATLABの活用法**

2016年7月26日  
株式会社テクノバ  
大畠 明

# 内容

1. 自動車制御システムの特徴
2. 自動車産業から見たMALAB
3. JMAAB (Japan MBD  
Automotive Advisory Board)
4. 東工大への期待
5. まとめ

# 消費者機械の例

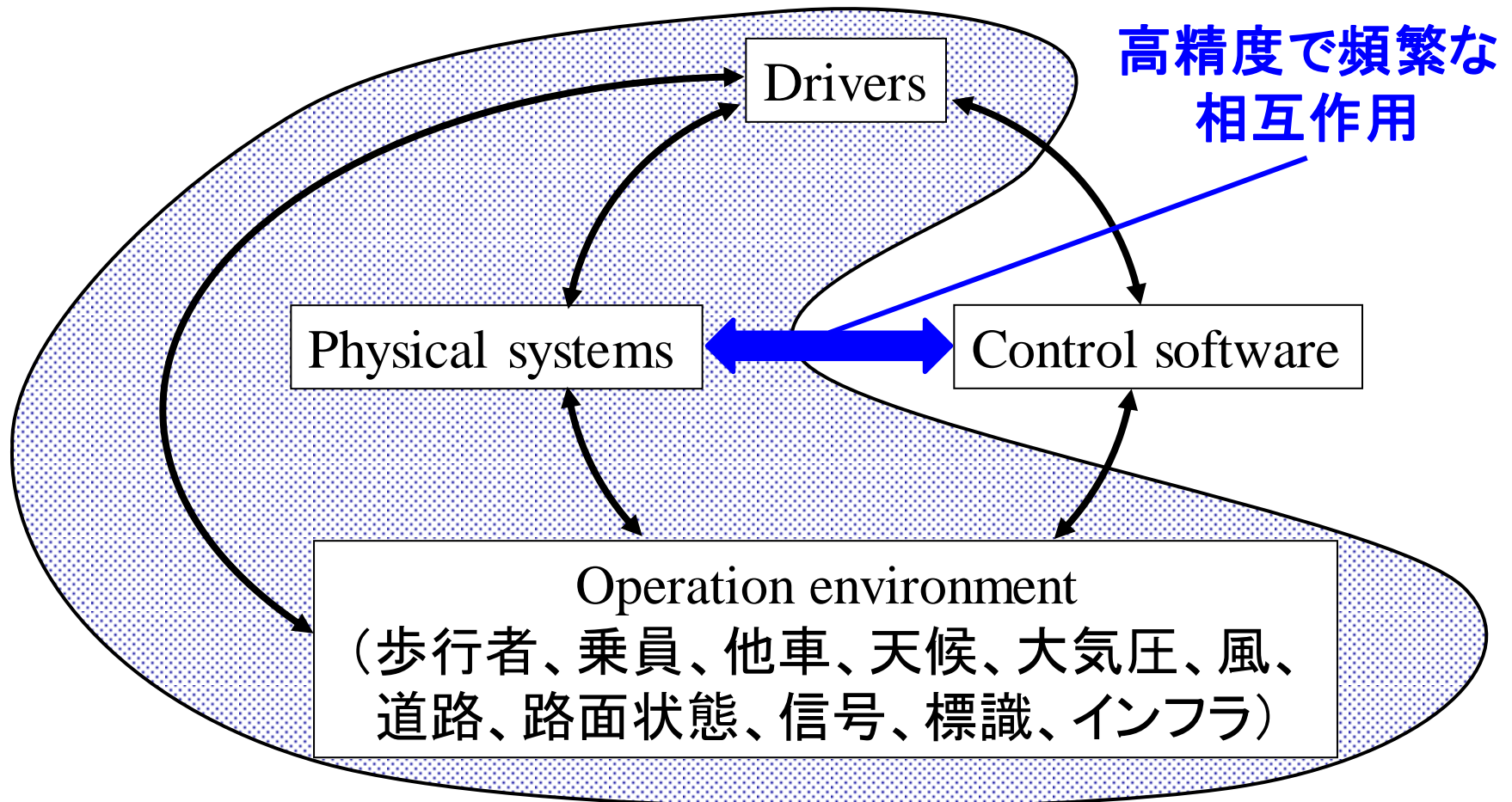


# 産業機械と消費者機械の違い

	産業機械	消費者機械
生産数	a few ↔ many	a huge number
ユーザ	experts	general end users
要求コスト	high	reasonable
メンテナンス	現場 (strongly managed)	ユーザ、サービスステーション (weakly managed)
環境	工場環境 (ほぼ定常) almost stable	生産現場
		ユーザ環境 (open, dynamic and diverse)

生産規模の大きさと利用環境の開放性・動的性・多様性が特徴

# CPSとしての消費者機械



物理を完全に知ることはできない。開発要件を定義すること自体が開発である

# エンジン制御の特徴

## エンジン制御

筒内空気量推定

アイドル速度制御

燃料噴射復帰制御

目標トルク追従制御

空燃比制御

燃料噴射停止制御

最適燃費制御

触媒活性化制御

エンジン始動制御

ノック回避制御

学習制御

エンジン停止制御

排気エミッション異常検出(OBD)

多くのサブ制御システムからなり、既に、system of systems  
の1つである。

# 自動車制御システム開発の難しさ



2010/2月 米国公聴会での証言

# 自動車制御システム開発の困難

不具合は見つかってみれば、簡単な原因で生じたように見え、シミュレーションによる再現も困難でないことが多い。



しかし、不具合が生じる運転条件を見出すことが大変難しい。



自動車会社は、潜在的な不具合を検出するために、可能な限り、市場の運転条件をカバーする実験を行う。



# 消費者機械開発の難しさ

運転環境は極めて多様、ユーザと車の数は膨大！

事前に、開発要件・制約を全て知ることはできない！

可能性のある運転条件をカバーする検証実験は難しい。  
(市場では、潜在的な不具合は短期間で顕在化する。運転状態が分かってみると簡単に見える。)



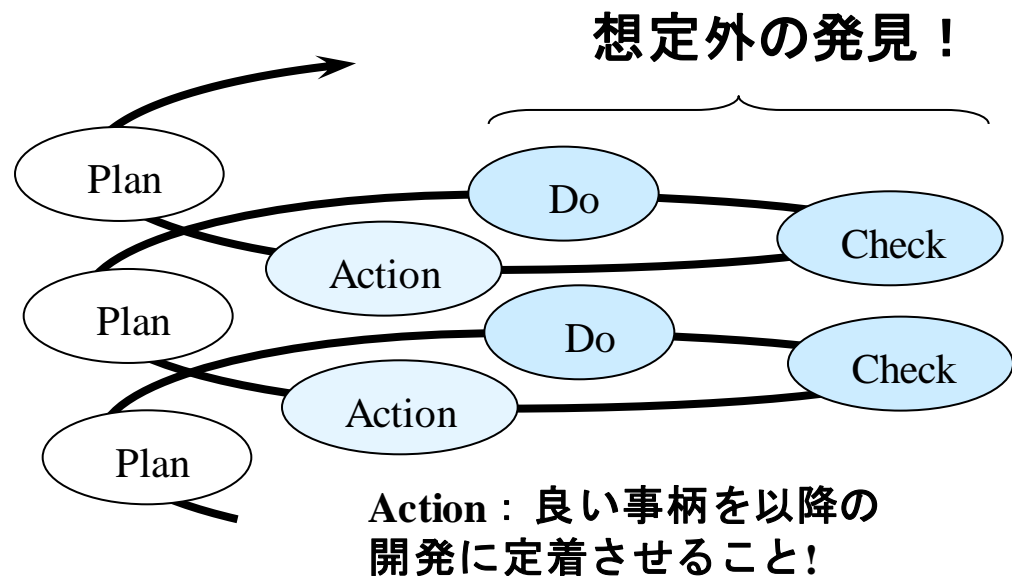
市場実績に基づく、継続的改善以外に方法は無い！  
(最低要件：市場実績を劣化させない。)

継続的な改善を原理原則(物理と数学)で効率化！

# 消費者機械開発の基本

1. 精度の高い想定の設定
2. 想定外のシステムティックな管理

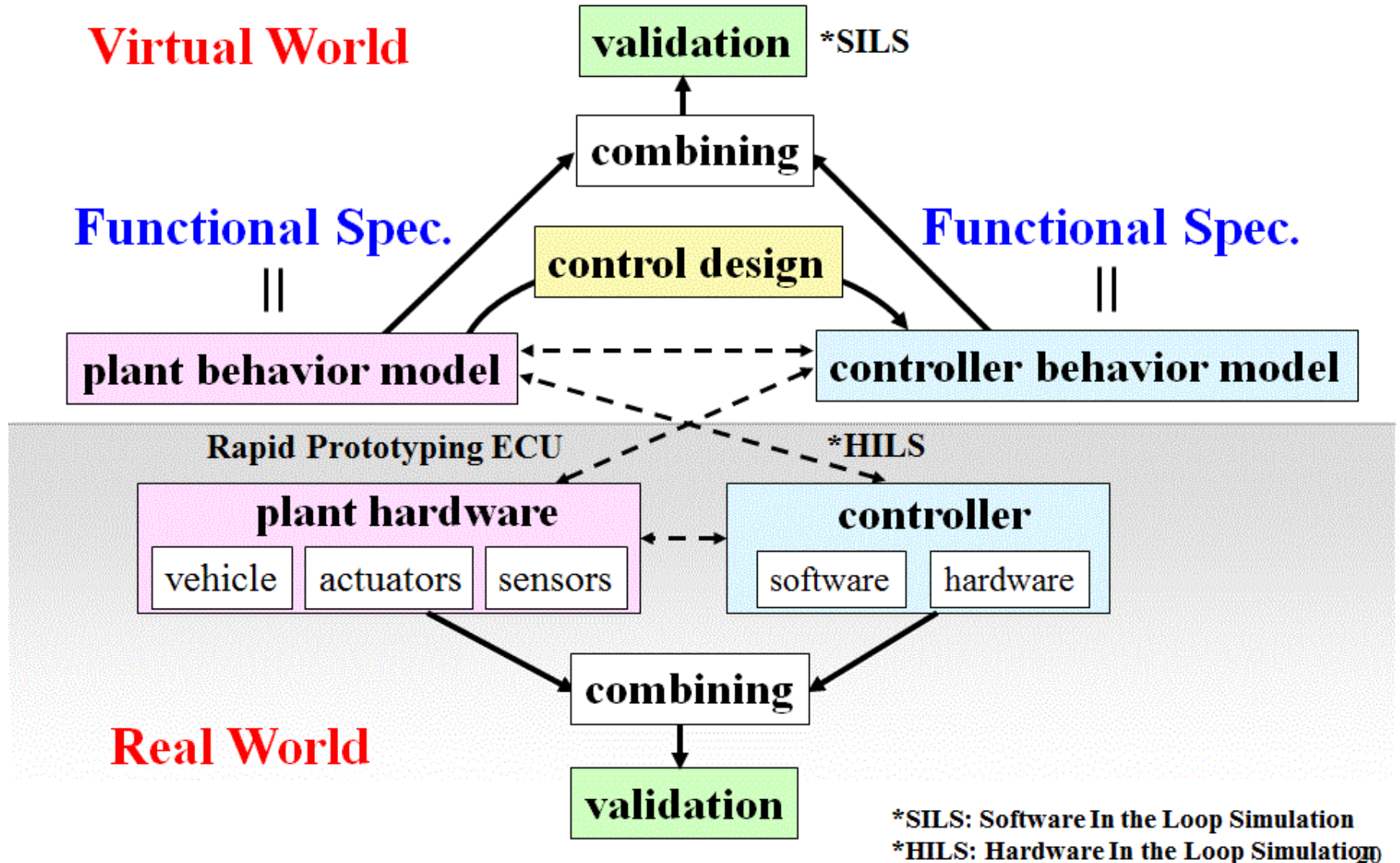
- ① 想定の設定
- ② 試行
- ③ 評価
- ④ 修正・定着



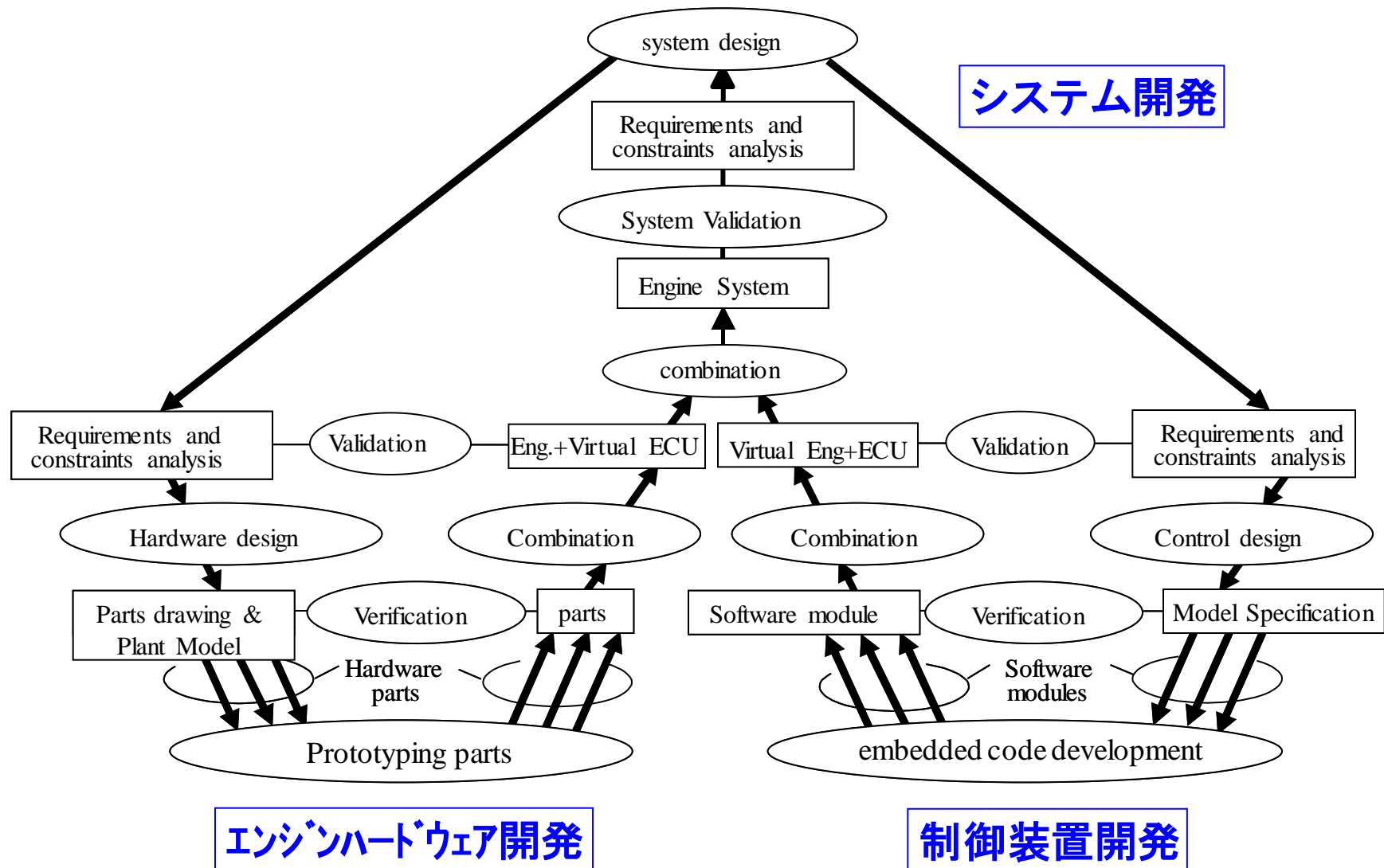
## PDCAの問題:

- 最初のplanの質が低くなり易い
- 複雑な開発では上手くいかない事例も
- 原理原則に基づく開発が必要

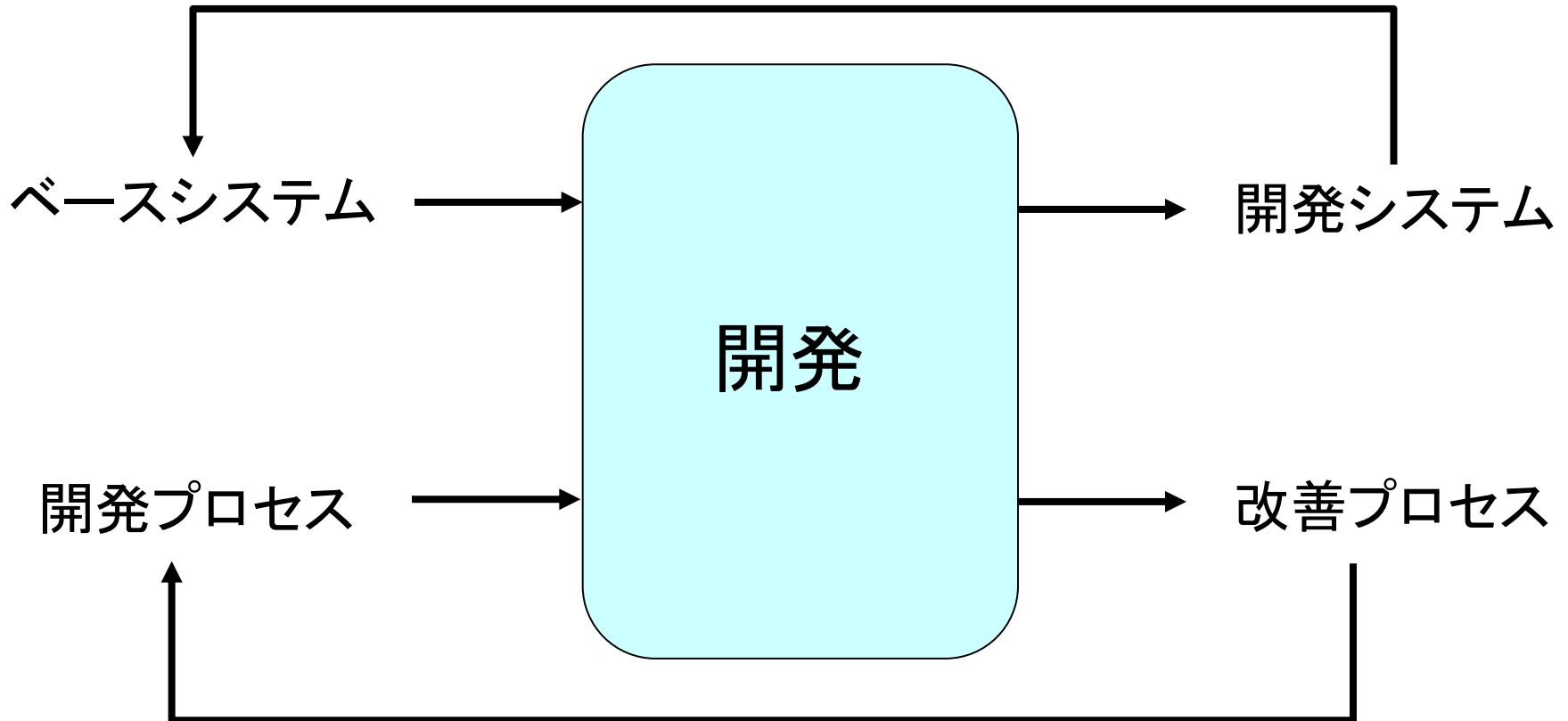
# モデルベースの概念



# モデルベース開発プロセス



# 継続的な製品と開発プロセスの改善



自動車会社は継続的改善によって信頼性の高い車を合理的価格で提供するシステムを構築してきた。

# モデルベース開発とは？

製品と開発プロセスを継続的に改善

1. トップダウンの開発を目指しているという誤解が多い。
2. 制御＝組込みソフト開発という誤解が多い。

(制御アルゴリズム開発  $\neq$  実装プログラム開発)

組込みソフトの開発法ではなく、制御システムを物理と数学に基づいて開発すること。

- **モデリング**: 対象の振る舞いを知る
- **制御設計**:  
[制御対象＋制御装置]の振舞いを最適化
- **機能検証**: 安全・信頼性を実験とシミュレーションで確認

# 内容

1. 自動車制御システムの特徴
2. 自動車産業から見たMATLAB
3. JMAAB (Japan MBD  
Automotive Advisory Board)
4. 東工大への期待
5. まとめ

# 重要視したMATLABのメリット

## MATLAB

- Simlink
- Stateflow
- Control Toolbox
- System ID Toolbox

## その他のツール

- リアルタイムシミュレーション環境
- 自社のデータ・モデル管理
- 自社の要求・制約管理
- 自社のスケジュール管理
- その他

制御対象と制御装置のシミュレーションツールとして使い勝手がよく、MATLABを通じて他のツールとリンクし易い。



MBDのツール連携基盤として良い特徴を備えている。



# 自動車業界のMBD開発環境

## MATLAB

- Simlink
- Stateflow
- **Auto Code Gen.**
- **Verification**
- +
- Control
- System ID
- Signal Processing
- Statistical
- Optimization
- その他

## その他のツール

- **SILS, MILS, HILS, PILS, RPE, etc**
- 要求・制約管理
- データ・モデル管理
- スケジュール管理
- プロジェクト管理
- その他

Auto Code Gen・データ・モデル管理・検証機能が強化

# これまでのMBD環境の強化

## 1. Auto-Code-Generation

- ① Code生成効率向上

## 2. 要求・データ・モデル・スケジュール管理環境

- ① コード開発環境との統合
- ② プロジェクト簡易の強化

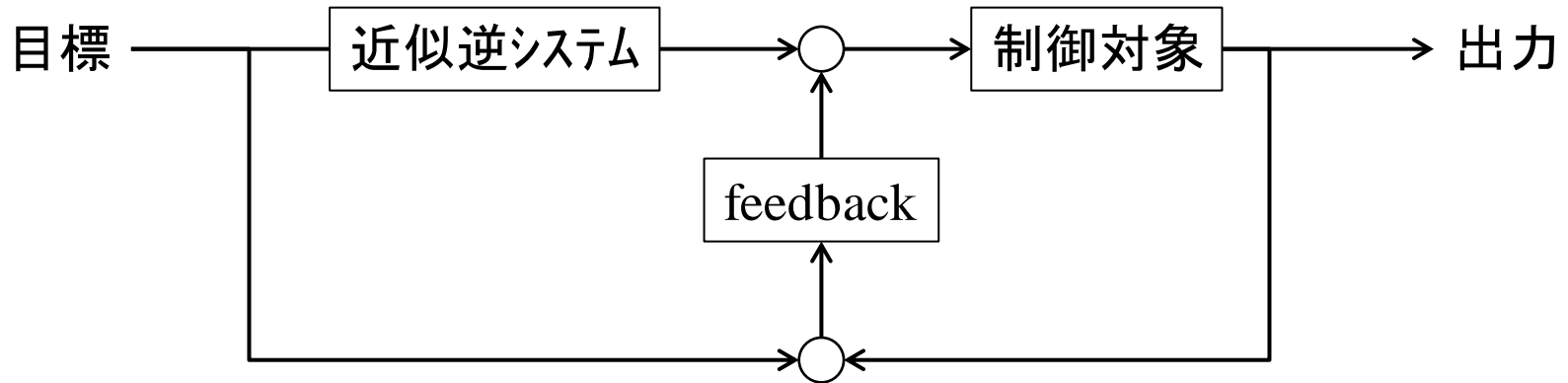
## 3. 検証機能

- ① MCDC(Modified Condition and Decision)カバレッジ
- ② 自動テストシナリオ生成など

## 4. 制御対象モデリング (Model-Based Calibration)

- ① 非線形システム同定
- ② 非線形実験計画 (DoE: Design of experiments)
- ③ ベースマップ生成 (拘束付き燃費最適化)

# Calibration



1. 自動車エンジン制御は2自由度制御をベースにしている。
2. 近似逆システムは逆システムの近似であり、定常関数まで近似された場合はベースマップ<sup>°</sup>(多入力に対する操作量マップ<sup>°</sup>)と呼ばれる。
3. Calibrationは開発された制御システムの最終調整であるが、ベースマップ<sup>°</sup>を決定するために非常に多くの実験が必要である。

# 自動車業界が重要視する特性

1. 自由に開発環境を構築できること
2. ユーザ要求がツールに反映されること
3. 開発が止まらないこと  
(機能不足に対する回避方法がある)
4. 作業効率が低下しないこと  
(作業データの消失などが無い)
5. 余計な仕事が増えないこと  
(バージョン変更時の検証作業など)

議論を重ねてきているので、MathWorksは自動車業界の要求をよく理解している。

# 内容

1. 自動車制御システムの特徴
2. 自動車制御からみたMATLAB
3. JMAAB (Japan MBD  
Automotive Advisory Board)
4. 東工大への期待
5. まとめ

# ***JMAAB***

**JMAAB**: Japan MBD Automotive Advisory Board

（自動車OEMsとECU suppliersが会社間の垣根を超え、効率の高い自動車制御システムを開発するために連携したMATLABのユーザ会）

**スローガン:**

- ① 開発環境は連携し、製品で競争しよう！
- ② 優れた開発環境で質の高い競争をしよう！

Toyota, Ford, Daimlerで創設したInternational MAAB (MATLAB Automotive Advisory Board)に対し、日本の発言力を高めるため、トヨタ、日産、ホンダが連携し、JMAAB（日本のほとんどのOEMとECU supplierが参加）が創設された。

# *JMAAB*の活動内容

## 1. Working Group活動:

ガイドラインやMathWorksへの要求を開発(5社以上で、原則:1年間)

- *Control model Style guidelines*
- *Verification guidelines*
- *Plant model Style guidelines, etc.*

## 2. Workshop活動:

成果を特定しない、研究・調査活動(2社以上)

## 3. MBD啓蒙活動:

- ① Open Conference (2年に1度開催)
- ② MBDに関する講演など

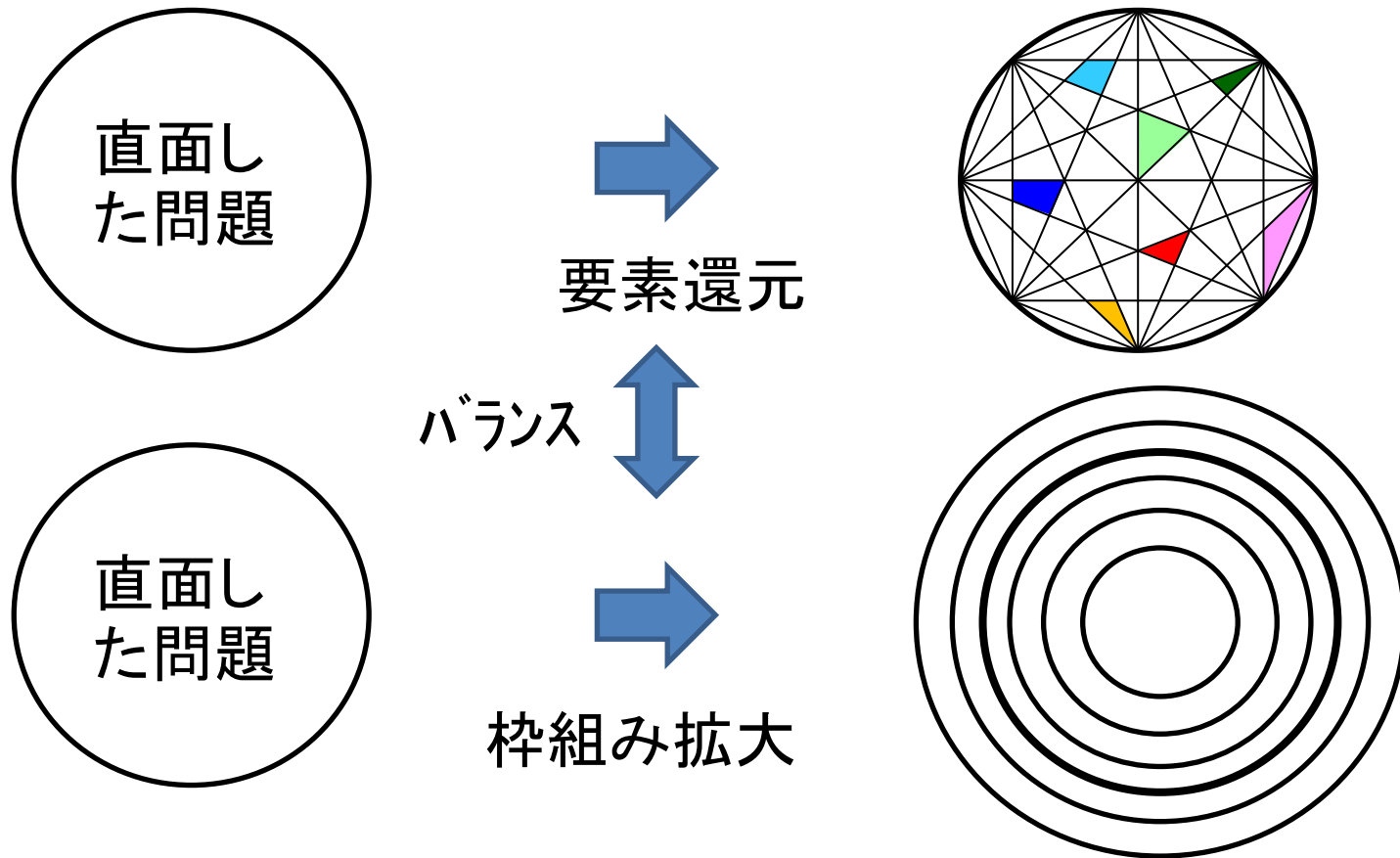
# 内容

1. 自動車制御システムの特徴
2. 自動車制御からみたMATLAB
3. JMAAB (Japan MBD  
Automotive Advisory Board)
4. 東工大への期待
5. まとめ



# 現在の教育の問題点

要素還元的アプローチが余りにも強過ぎる。



ハイレベルな階層的解析と拡張が必要。

# 東工大への期待

## 1. 過剰な要素還元主義の打破

## 2. ビジネス指向の強化

- ① 取り組んでいる課題の外部構造解析
- ② 問題の発見・創造
- ③ 人間要素の配慮
- ④ 人道的・社会的・経済的価値の視点
- ⑤ 技術史的視点

## 3. 人脈形成

- ① Identityの確立(希少価値が重要)
- ② コミュニケーション力の強化(英語力ではない。)
- ③ 人脈形成の努力

MathWorksは各業界に協力的なコネクションがある。

# 内容

1. 自動車制御システムの特徴
2. 自動車制御からみたMATLAB
3. JMAAB (Japan MBD  
Automotive Advisory Board)
4. 東工大への期待
5. まとめ

# まとめ

1. 自動車制御システムは安全性と信頼性が極めて重要であり、小さな不具合が重要な問題になる可能性がある。
2. 不具合が顕在化する運転条件を同定するには、膨大な実験が必要である。
3. 制御システム開発の複雑化に対応するため、自動車会社はMBD (Model-Based Development)を構築しようとしている。
4. MBDは継続的改善を効率的に行うための環境である。
5. MATLABはMBD環境の基盤となっている。