

# 大学で学んだことは企業で役に立つか？

By 大島 明

Date: 2022年2月22日

## 講演の動機

大学で学んだことは企業でも役に立つが、多少の壁がある。

1. 与えられた問題を解くことよりも、解決すべき問題の本質を見極めることが大事である！ その結果、問題自体が変わることもある！
2. 解は1つとは限らず、評価基準も曖昧である！
3. 必ずしも自分だけで解く必要はない！ よい協力関係が必要である！
4. 本質的に解決が難しく、NP困難などが背景にある場合もある！
5. 大学では順問題を多く学ぶが、会社で遭遇するのは逆問題であることが多い！
6. 問題を解く手順が大学で学んだ手順と異なる場合がある！

これらの壁を越えなければ、企業人としてやって行けない！  
3~6を例を用いて説明したい！

# 講演要旨

1. 連携による問題解決
  - 数学モデルによるコミュニケーション
2. 本質的に解決が難しい例
  - 検証問題とマネジメント
3. 逆問題へのアプローチの例
  - エンジン吸気系の設計問題
4. 問題を解く手順が異なる例
  - 物理モデリング
  - 制御系設計
5. まとめ

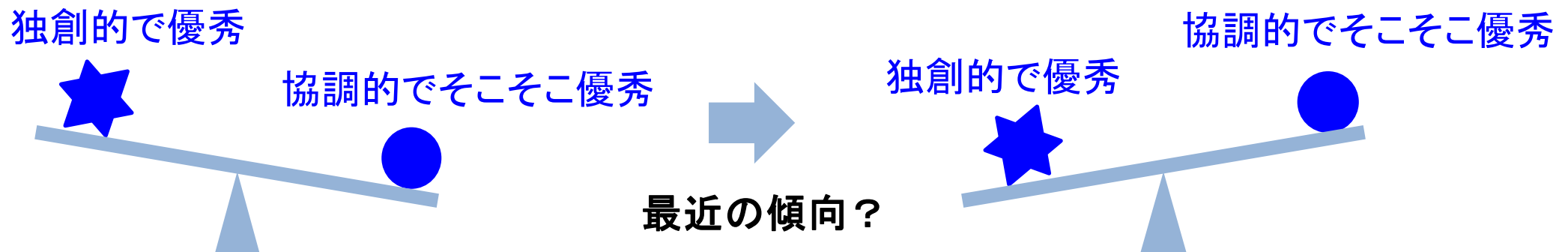
# 講演要旨

1. 連携による問題解決
  - 数学モデルによるコミュニケーション
2. 本質的に解決が難しい例
  - 検証問題とマネジメント
3. 逆問題へのアプローチの例
  - エンジン吸気系の設計問題
4. 問題を解く手順が異なる例
  - 物理モデリング
  - 制御系設計
5. まとめ

## 連携の必要性

大学では1人で問題解決することを学ぶが、企業では連携して問題解決することが多い。

1. 企業にとって、1人で解くことは意味が無い。
2. スピードと確実性を重視。
3. 多くの人が見ることで、問題の本質が見えることもある。  
(目の前の問題を解くことが本質ではないことがある。)



これまで企業では、独創的で優秀な人材よりも協調的な人材を求めてきた。

# 異分野コミュニケーション

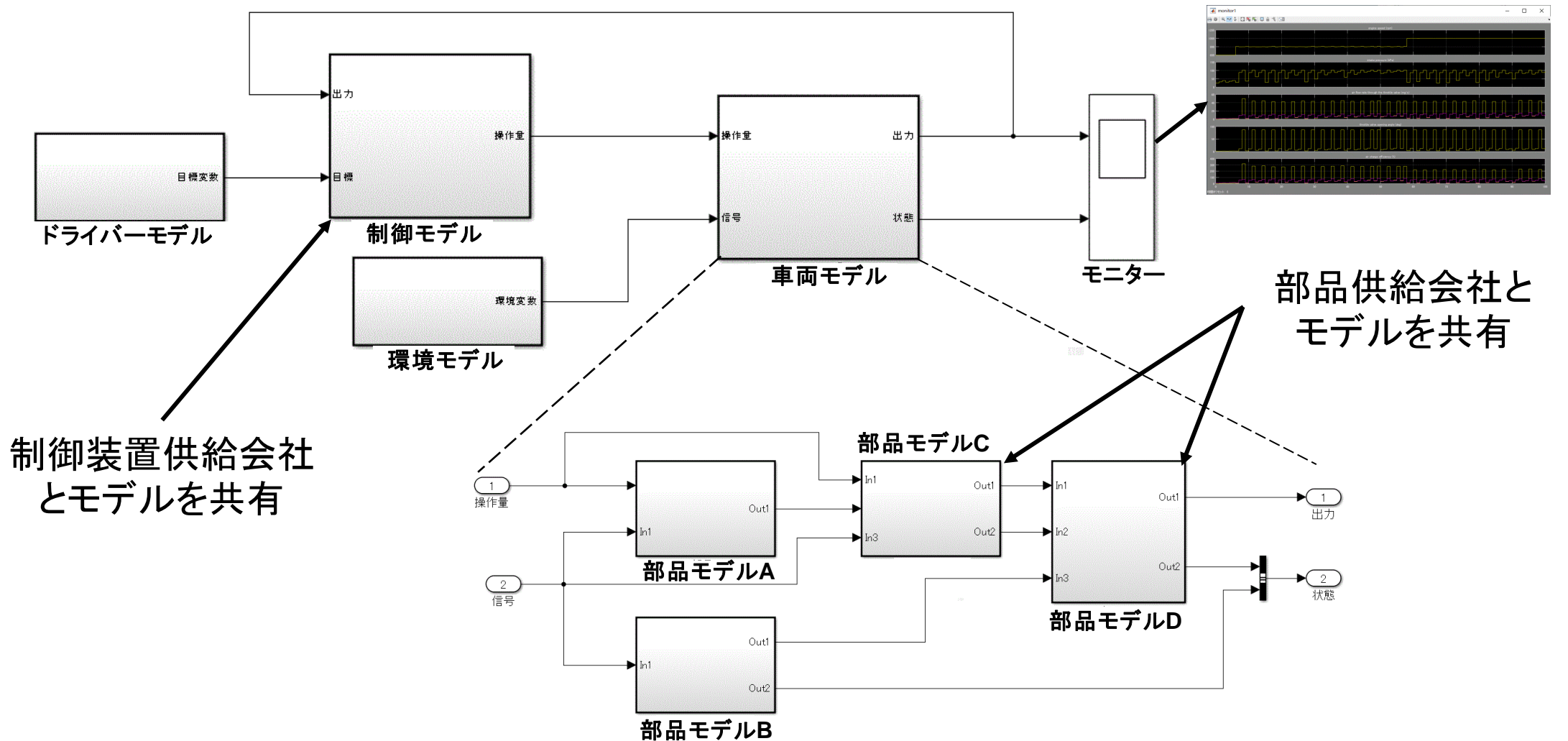
開発するシステムが複雑になり、異分野との連携が不可欠になったが、異分野間のコミュニケーションは難しい！

1. **用語の違い:** 同じ用語でも意味が異なる。
2. **文化の違い:**
  - 古くからの工学(機械系、電気系、など)は「もの」が対象だが、新しい工学(制御系、情報系、など)は「こと」が対象。
  - 分野によって、個々の問題を解くことと、一般化までを目指す傾向が異なるように思える。
3. **認識の違い:**
  - 一般にノミナル中心の傾向が強いが、制御系は外乱やばらつきへの関心が強い。



対象物の振舞いのシミュレーション(モデル: MATLAB/Simulinkのモデルなど)を共有することで、コミュニケーションを効率化する。←**モデルベース開発**

# コミュニケーション手段としてのMATLAB/Simulinkモデル



部品がシステムの振舞いに与える影響が理解でき、コミュニケーションがとり易い！

# 講演要旨

1. 連携による問題解決
  - 数学モデルによるコミュニケーション
2. **本質的に解決が難しい例**
  - 検証問題とマネジメント
3. 逆問題へのアプローチの例
  - エンジン吸気系の設計問題
4. 問題を解く手順が異なる例
  - 物理モデリング
  - 制御系設計
5. まとめ



## 検証問題

1. 自働車は長期間技術者の手を離れ、多くのユーザーと多様な環境で使われる。
2. 些細な不具合が重大な事故に繋がる可能性があり、高い信頼性が要求される。
3. 可能性のある全ての運転条件をカバーするように信頼性を検証することが基本。

電子制御の進展で、自動車の振舞いが決まるようになった。



制御コードが膨大・複雑になり検証に多大な時間を要すようになった！



車両と制御モデルを用いた検証の効率化(MBD:モデルベース開発)が進展！

「検証はNP困難！」であり、複雑化の進展で基本方針を貫くことは難しくなってきた。

## 検証に関するマネジメントの問題

### 企業内でよくある事例 1！

担当者は期限内に検証を完了するために、焦点を絞って実験を行う。



「ここは大丈夫だろう！」と思ったところが見落としとなり、不具合を出す。



分かってみれば、簡単なことだから、「なんで見落としたのか？」と上司に怒られる。

**(NP問題)**



再発防止を約束させられるが、モグラたたき状態は変わらない！

このような繰り返しでは、事態は全く改善されない！  
(問題の数学的構造が理解できていない！)

## 検証に関するマネジメントの問題

### 企業内でよくある事例 2！

担当者は不具合を発見したが、根本的な解決策を施す時間が無い。



分岐ロジックで、不具合を生じないようにパッチを充てる。



潜在的に不具合は残っていて、誰かが時限爆弾か地雷を踏む！



たまたま、爆発に遭った担当者が怒られる！

製品の品質がどんどん低下して、いずれ開発が困難になる！

(加害者と被害者を取り違えてはいけない！)

(初代プリウスのHEV制御開発例:ロジック分岐を作らない！)

## 検証に関するマネジメントの問題

### 企業内でよくある事例 3 !

コーディング屋の言い訳で、チューリングマシンの停止性問題から「バグの無いソフトウェアは作れない。」や「検証はNP困難だから、欠陥の無いソフトウェアは作ることはできない。」というものがある。

これは、一般論を悪用した言い訳であり、世の中では通用しない！



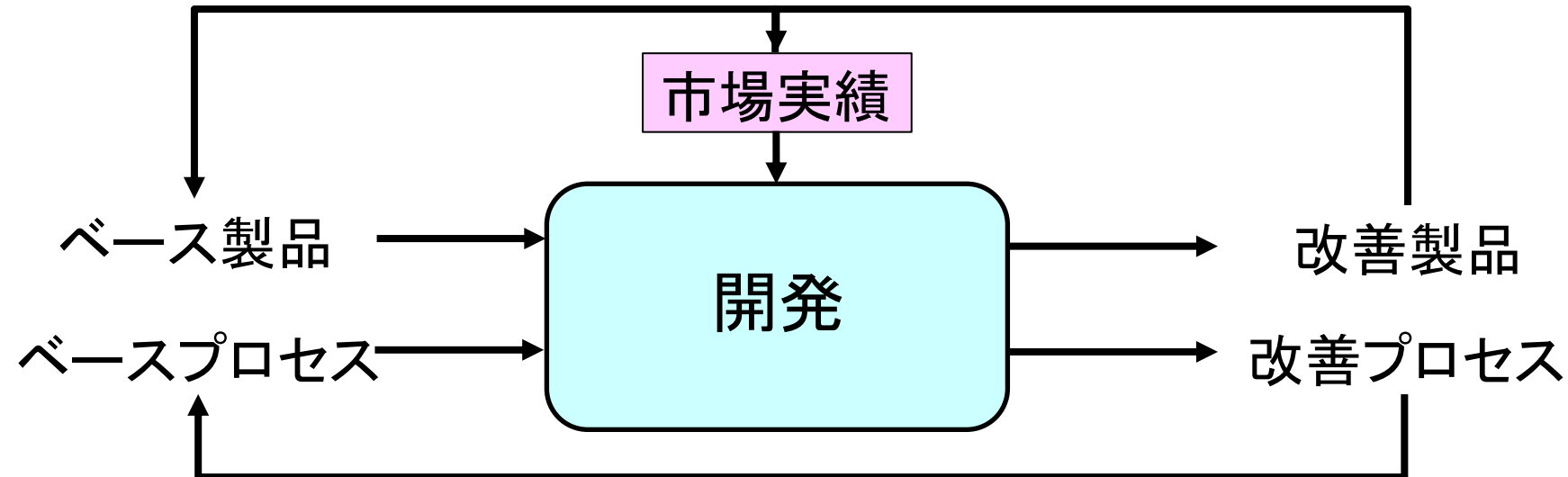
コーディング方法やスタイルを制限することで、NP困難を克服する手段はあるはずである。



- ① 検証をしなければならない分岐を減らす！
- ② NP困難でもBetter解は求まり、それをBetterにすることで、最適解に近づける努力を継続！ ← 継続的改善

## 製品の信頼性を向上させる方法

市場では、開発中に見過ごされた欠陥は短時間で顕在化する。



1. 性能向上より、市場品質を劣化させないことを最優先する。
2. 仕様変更がベース品質に影響が出るところに資源を集中する。

自動車会社は製品とプロセスの継続的改善で、合理的な価格で高品質な車を提供するシステムを構築してきた。

# 講演要旨

1. 連携による問題解決
  - 数学モデルによるコミュニケーション
2. 本質的に解決が難しい例
  - 検証問題とマネジメント
3. 逆問題へのアプローチの例
  - エンジン吸気系の設計問題
4. 問題を解く手順が異なる例
  - 物理モデリング
  - 制御系設計
5. まとめ

# 設計と逆問題

**設計:** 望ましい振舞いから仕様を求める。

**順問題:** ←仕様から振舞いを求める。

**逆問題:** ←望ましい振舞いから仕様を求める。

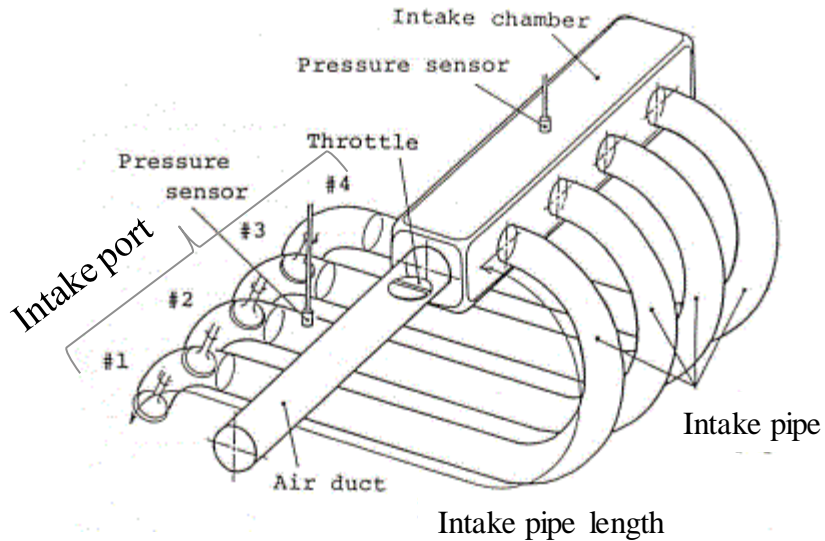
(日本の教育は解析中心で、逆問題はあまり教えてないかも?)

**設計の方法論:** { ① 順問題を繰り返し、最適仕様を求める。  
② 最適性の必要条件から仕様を決定する。

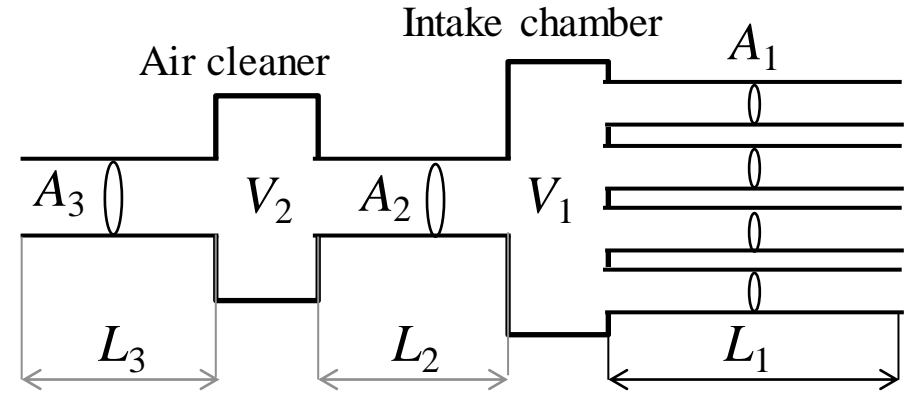
**モデルベース開発**(Model-Based Development)では、順問題にシミュレーション(モデル)を使って、設計 $\leftrightarrow$ 検証の繰り返しを効率化する。

順問題にシミュレーションを使うだけでは、効率の良い設計はできない!  
(複雑な設計問題では設計方針が必要!)

# 吸気系の設計の例



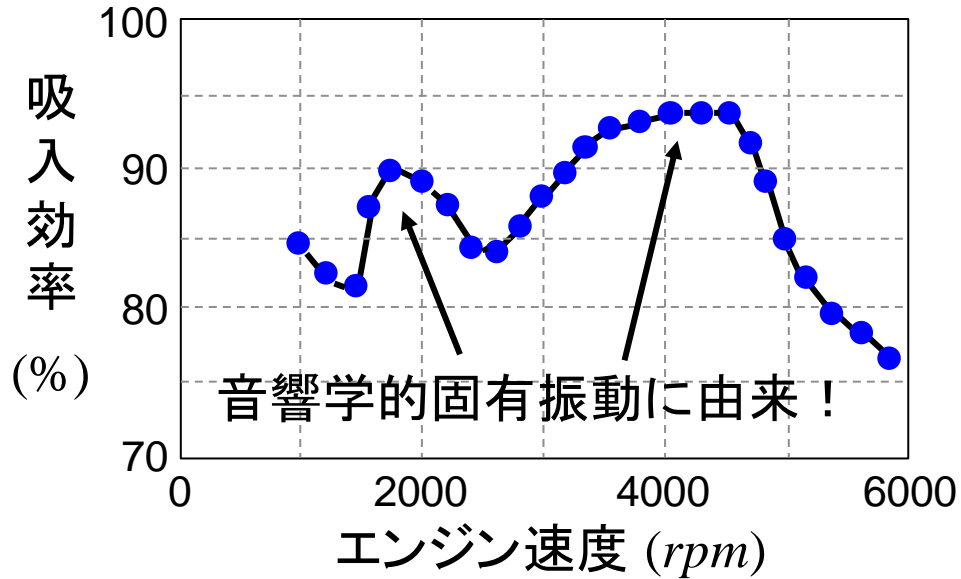
モデル化



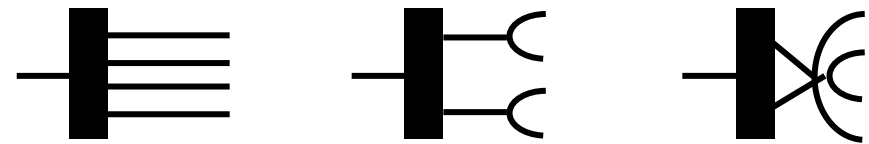
決定パラメータ:  $[L_1, A_1, L_2, A_2, L_3, A_3, V_1, V_2]$

## 設計問題

可能な限り吸入効率を高くするパラメータを決定する！



順問題は、あるパラメータを選んだときの吸入効率を教えてくれるが、設計方針(下図参照)は教えてくれない！



吸気系形状の例



## エンジン吸気系設計の例

1970年代後半に圧縮性粘性流体の1D～3Dのナビエ・ストークスの式を数値的に解き、エンジン性能を求めることが行われていた(順問題)。

$$\rho \left\{ \frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \text{grad})v \right\} = -\text{grad}(p) + \left( \zeta + \frac{1}{3}\eta \right) \text{grad div}(v)$$

この方法は計算負荷が大きく、エンジン速度毎に解く必要があるため、エンジン性能を計算するには多大な時間を要した。これでは逆問題は解けない！

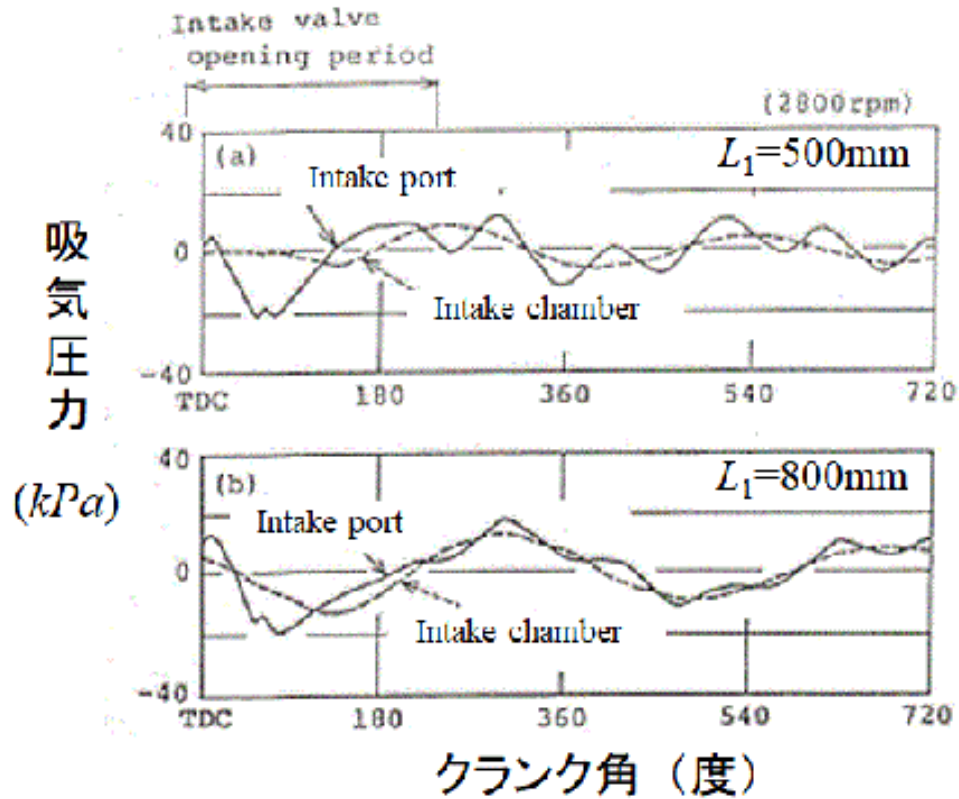


実験と理論で明らかにした！

{	吸気脈動	⇔	エンジン性能
	吸気諸元	⇔	吸気脈動

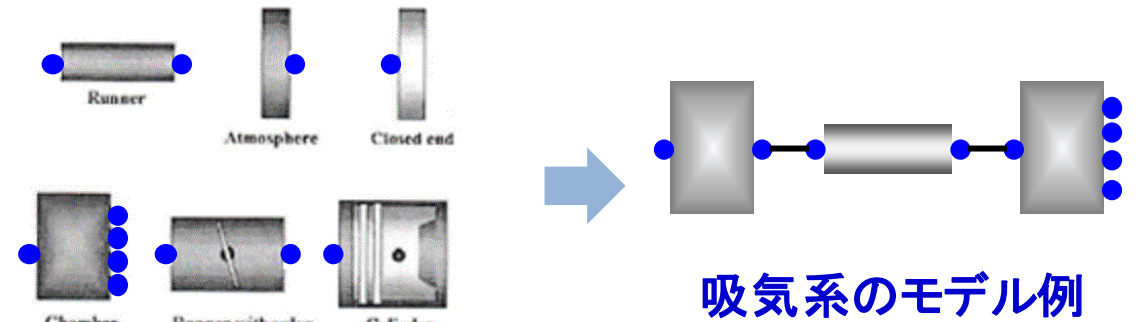
ナビエ・ストークス方程式の線形化が有効であることを実験で示し、音響理論による吸排気系の設計方法を確立し、可変吸気系の量産化に成功した。

# 吸気脈動と設計パラメータの関係

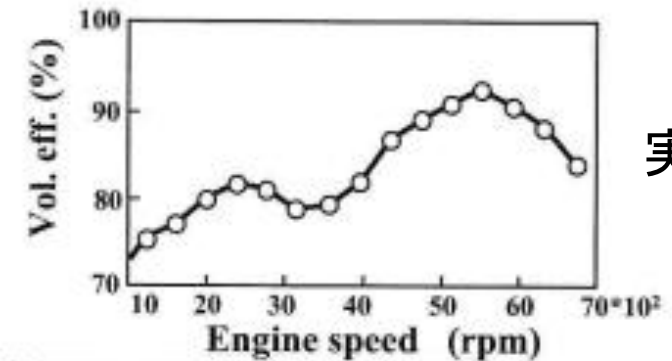


吸気脈動 ⇔ エンジン性能  
 吸気諸元 ⇔ 吸気脈動

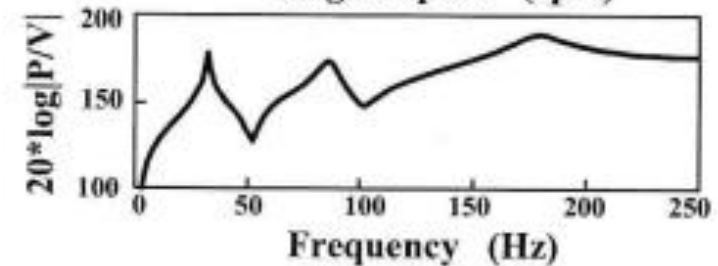
設計方針も得て、右図を瞬時に計算！



Simscape音響要素



実測

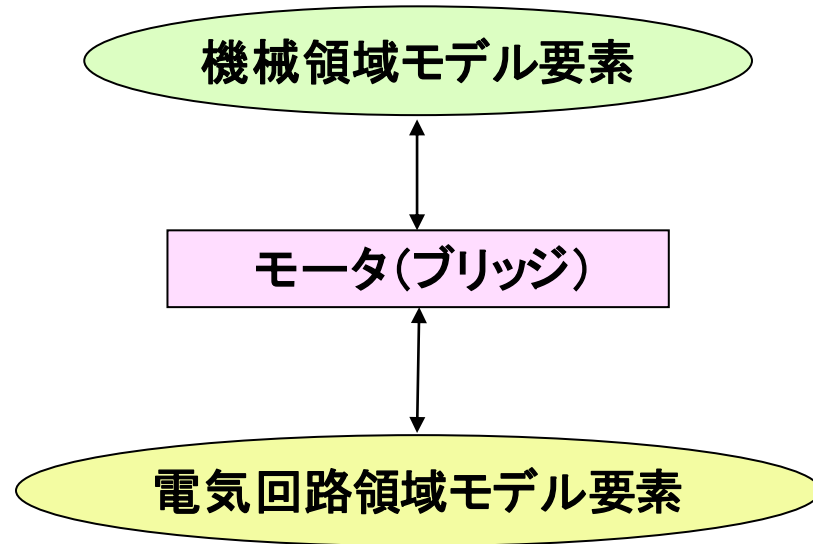


# 講演要旨

1. 連携による問題解決
  - 数学モデルによるコミュニケーション
2. 本質的に解決が難しい例
  - 検証問題とマネジメント
3. 逆問題へのアプローチの例
  - エンジン吸気系の設計問題
4. 問題を解く手順が異なる例
  - 物理モデリング
  - 制御系設計
5. まとめ

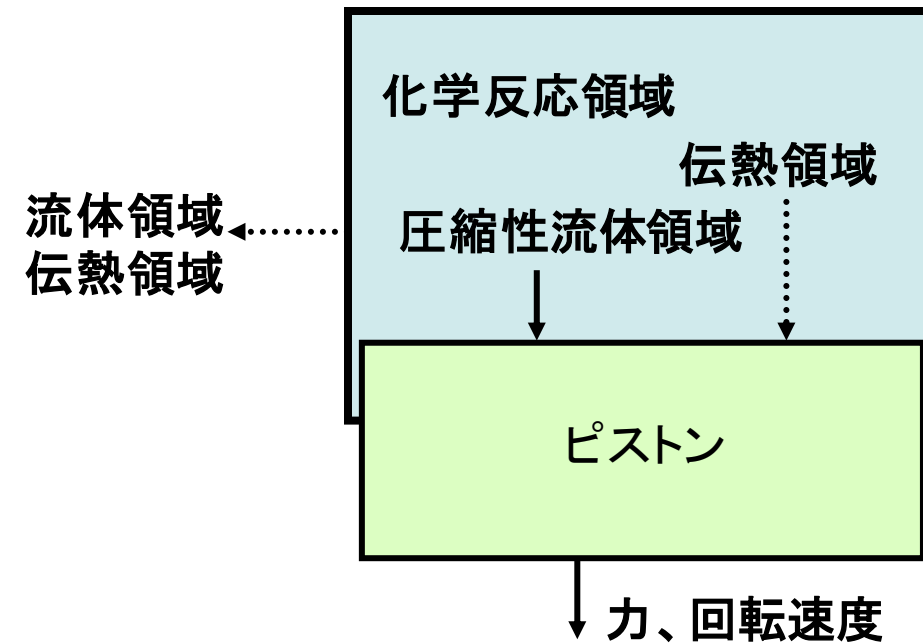
# 大学教育のモデリングと企業のモデリングの比較

## 大学の教育



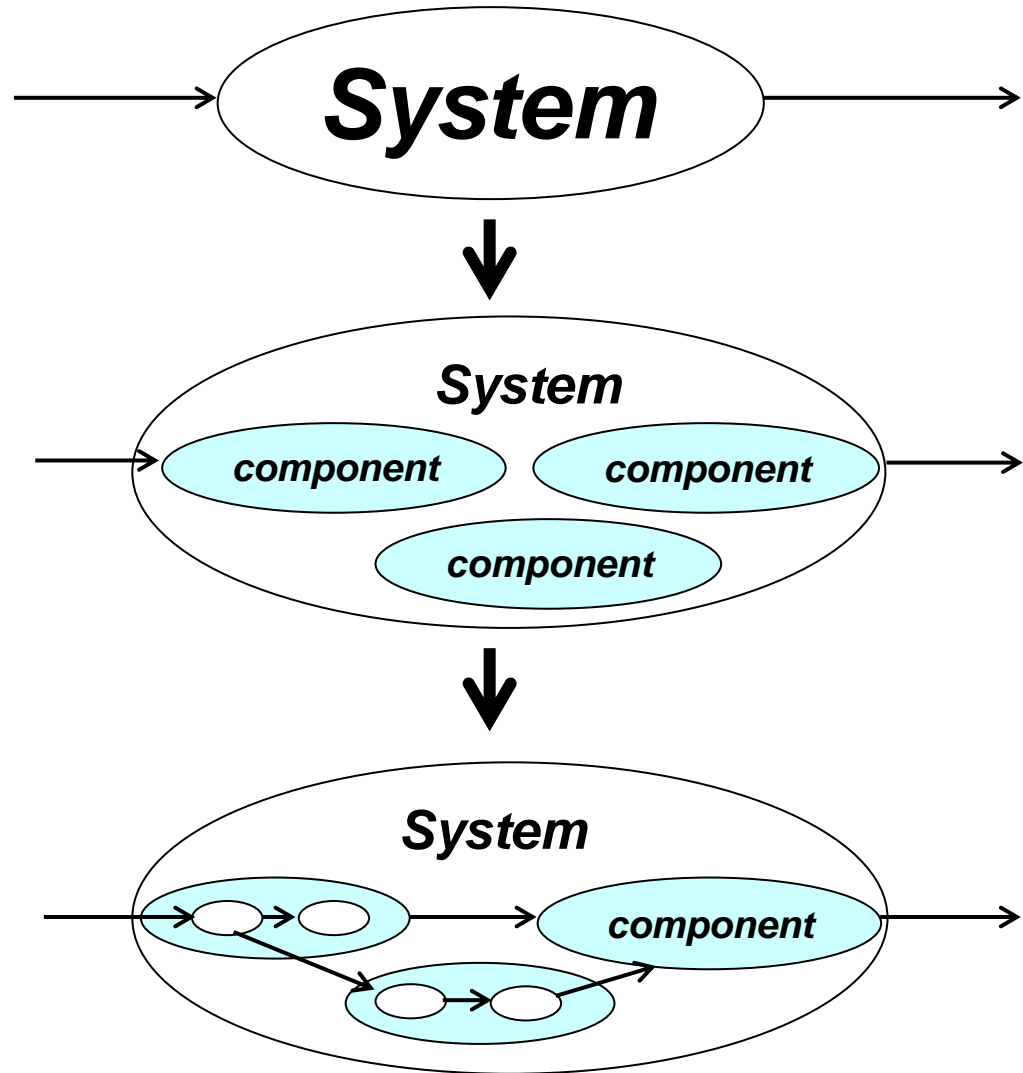
1. 領域毎の要素モデルを組合わせる。  
(機械系要素: バネ、マス、ダンパ、など、  
電気回路要素: 抵抗、コンデンサー、など)
2. 異なる物理領域はブリッジで連結する。

## 企業でのモデリングの例



1. 既存の要素モデルが既存ライブラリーに無い。
2. 物理領域が複雑に絡み合っていて、ブリッジで連結する方法は無理がある。

# 物理モデリング手順



① システム分割



② 制約記述

(位置制約、容積制約など)



③ 相互作用記述



④ 式の集約・簡素化



⑤ モデルの実行

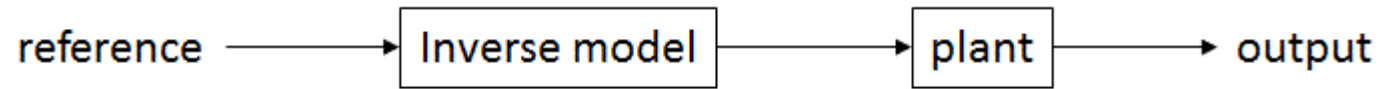
大学では実際に必要なモデリング手順全体を教えていないかもしれない！

# エンジン制御の歴史

燃料供給装置(気化器)

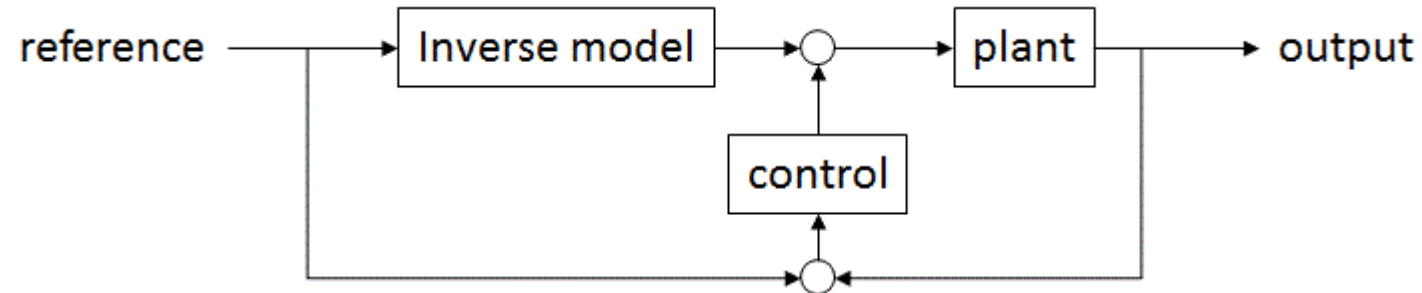


点火装置(ガバナ+負圧ダイヤフラム)



## 機械式制御の基本構造

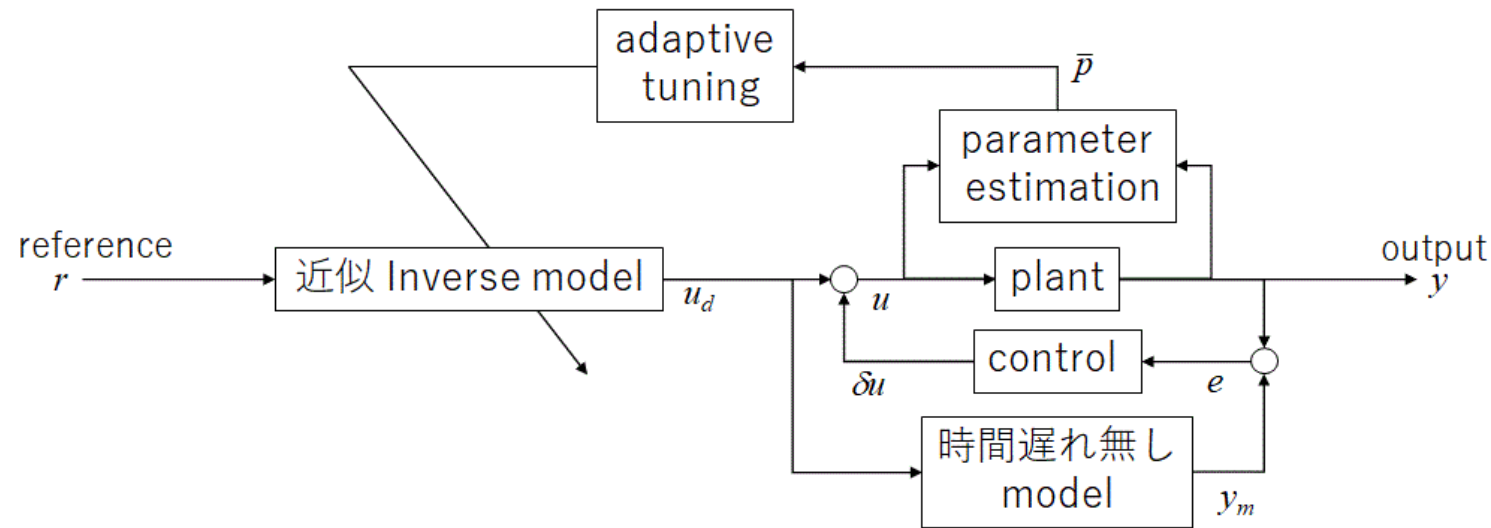
現在のエンジン制御は、機械式制御時代の制御構造 (FF: Feedforward ) を引き継いでいて、FFが先に設計され、FB: Feedbackは後で追加する。



## プリミティブなエンジン制御の基本構造

## 企業から見た先進制御理論の問題

教科書では、FBが先にあり、FFは後で追加する。さらに、先進制御理論はFBの安定性に特化していて、設計の一部をカバーするため、大量生産の制御に敵わない。



各種のモデルと制御要素が組み合わせられている！

### 一般化されたエンジン制御

完全ではないが、**非線形、時間遅れ、入力制約、製品バラツキ、経時変化に対応**する。逆に、これらに対応できなければ量産化できない。

大学では企業活動で必要な全体像は教えられない！

# 講演要旨

1. 連携による問題解決
  - 数学モデルによるコミュニケーション
2. 本質的に解決が難しい例
  - 検証問題とマネジメント
3. 逆問題へのアプローチの例
  - エンジン吸気系の設計問題
4. 問題を解く手順が異なる例
  - 物理モデリング
  - 制御系設計
5. **まとめ**



## まとめ

1. 大学で学んだことは必ず役に立つ！しかし、クリアしなければならない壁がある(逆問題、開発プロセス、シンセシス、better解、共同作業、など)。
2. 問題が複雑化する現在、異分野との連携が不可欠であるが、コミュニケーションの困難さが顕在化している。数学モデルやシミュレーションを用いたコミュニケーションの効率向上が1つの解決策である。
3. 企業が抱える問題は一見簡単に見えても、本質的に解決が難しい場合(NP困難など)がある。NP困難は一般論だが、悪用して責任逃れや努力を怠るものも現れる。問題の数学的構造(図やシミュレーションで共有することが有効かもしれない。)を見極めたマネジメントが重要である。
4. 現在の日本の教育は、要素還元主義の影響が非常に強く、アナリシスは強いがシンセシスは弱い。企業では逆問題が多く、シンセシスの重要度が高い。
5. 大学教育は全体プロセスの一部しかカバーできていないかもしれない。企業で学んだことをいかすためには、不足しているところを自ら補う必要がある。

# 大学へ望むこと

- 1. 数学思考のTheoretical Minimumを明確にし、効率的な数学教育を開発**
  - 問題を解く力より、問題の本質を見極める力の方が重要
  - 異分野コミュニケーションの道具としての数学の重要性
- 2. NP問題への対処法**
  - 企業の抱える問題の多くに、NP困難が関係
  - NP困難は一般論で、個別には回避方法が存在する可能性
- 3. 設計問題などをターゲットとした逆問題教育の充実**
  - 企業の抱える問題の多くは逆問題
  - 最適化問題の重要性(例:最適化の観点からのマネジメントや開発)
- 4. アナリシスとシンセシスのバランスの見直し**
  - 日本の教育は要素還元主義の影響が強過ぎる
  - 現在は異分野が急速に統合される時代
- 5. 企業との適度なギャップ**