

# 機械学習により得られた多次元設計空間の可視化による 3 気筒エンジンのアイドル振動のロバスト化とメカニズムの解明\*

Robust Design and Mechanism Elucidation for Three-Cylinder Engine Idling Vibration Using Machine Learning in Multi-Dimensional Design Space Analysis

山本 和志<sup>1)</sup> Victor Picheny<sup>2)</sup> Qi Qi<sup>2)</sup>  
Kazuyuki Yamamoto Victor Picheny Qi Qi

Using a Gaussian process regression model that achieves high-precision prediction with a small dataset, this study conducted robust specification identification and phenomenon analysis of idle vibration in a three-cylinder engine. By utilizing a hypercube, robust specifications that account for manufacturing variations were successfully identified. In addition, this study clarified the mechanism by which the proximity of engine rigid body eigenvalues amplifies floor vibration.

KEY WORDS

Vibration, Noise, and Ride Comfort, Powertrain/Body/Engine Mount System  
Gaussian Process, Artificial Intelligence, Robust Design B3

## 1 まえがき

自動車業界は、環境対応や規制強化に伴う高性能化と、グローバル競争を勝ち抜くための開発効率化という相反要求に直面している。このジレンマを解消する鍵の一つが、開発初期に課題を解決し、後工程からの手戻りを防ぐフロントローディングである。一方で、量産では製造ばらつきが不可避である。多数の設計変数が絡み合う高次元空間において、初期段階で多くの要求性能とロバスト性を両立する解をシミュレーションで探索することは、指数関数的に増大する計算コストを伴い、従来手法では実質的に困難であった。

本報は、予測の不確かさを定量化できるガウス過程回帰 (GP) モデルを用いることで、この限界を突破する。具体的には、複雑な「3 気筒エンジンのアイドル振動」を対象に、製造ばらつきを考慮したロバスト設計仕様を特定したプロセスを報告する。

AI技術は単なる自動化ツールではなく、エンジニアの思考能力や想像力を高め、意思決定力を強化するツールである。本技術が、設計の効率化だけでなく、自社に開発ノウハウの蓄積をもたらし、製品開発力と競争力を飛躍的に高める一助となることを確信する。未来の自動車設計の姿を、本稿で体感いただきたい。

## 2 ガウス過程を用いたモデル化技術

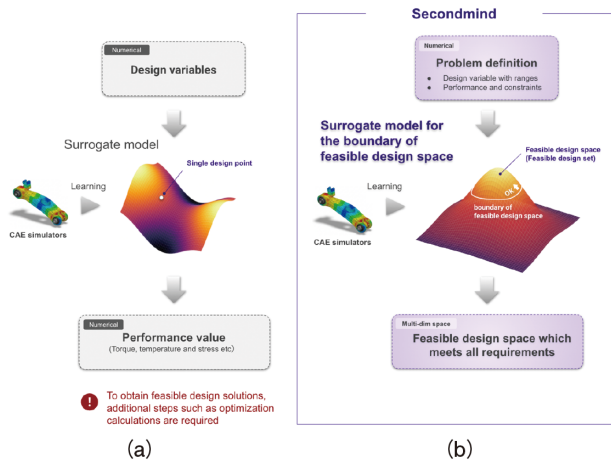


図 1 SecondmindのAIコンセプト

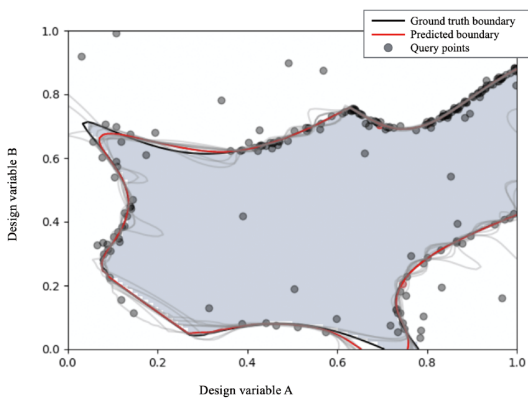


図 2 設計成立境界の探索過程

## 3 対象課題と設計変数・要求性能の設定

表 1 3 気筒エンジンのアイドル振動設計における設計・出力変数

| Variables                     | Parameters               |                                     | Lower                              | Upper    |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------|
|                               |                          |                                     | ± 10% variation in mass production |          |
| Design variables (Input)      | RH mount stiffness       | X dir                               | 100 N/mm                           | 200 N/mm |
|                               |                          | Z dir                               | 100 N/mm                           | 200 N/mm |
|                               | LH mount stiffness       | X dir                               | 100 N/mm                           | 200 N/mm |
|                               |                          | Z dir                               | 100 N/mm                           | 200 N/mm |
|                               | Torque rod stiffness     |                                     | 50 N/mm                            | 150 N/mm |
|                               | Position of RH mount     | X dir                               | -20 mm                             | 20 mm    |
|                               |                          | Z dir                               | 150 mm                             | 190 mm   |
| Required performance (Output) | Position of torque rod   |                                     | -85 mm                             | -10 mm   |
|                               | Crankshaft balance ratio |                                     | 0 %                                | 100 %    |
|                               | Engine 1st order         | Floor vibration at 600 rpm (AC off) | < -66 dB                           |          |
|                               |                          | Floor vibration at 875 rpm (AC on)  | < -54dB                            |          |
|                               | Engine 1.5th order       | Floor vibration at 600 rpm (AC off) | < -25 dB                           |          |
|                               |                          | Floor vibration at 875 rpm (AC on)  | < -26dB                            |          |