

## FAST

# 機械的摩擦の予測 エンジン性能への影響

[www.realis-simulation.com/products/fast](http://www.realis-simulation.com/products/fast)

[contact@realis-simulation.com](mailto:contact@realis-simulation.com)

## FASTとは？

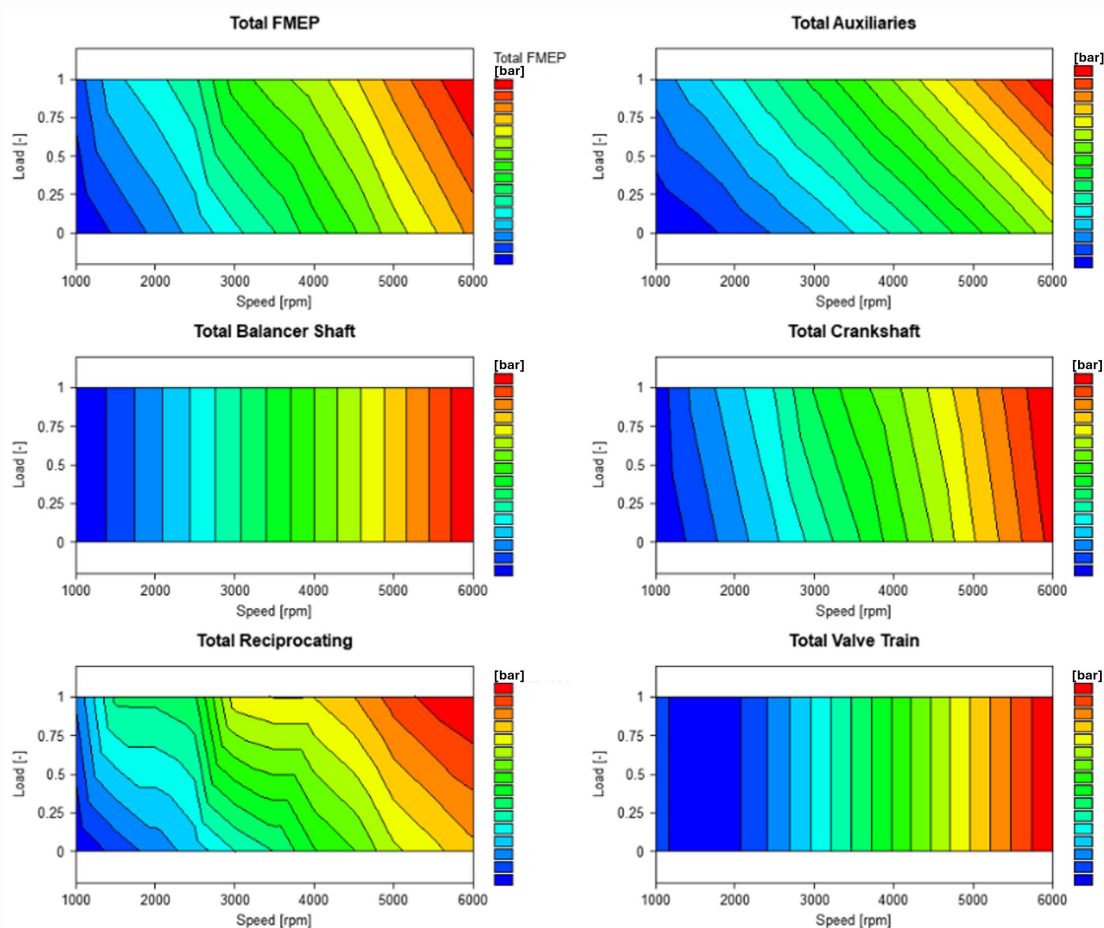


FASTは、内燃機関における機械的摩擦を迅速に推定するための予測摩擦解析ツールです。モーター駆動分解試験データで検証された経験的および半経験的計算を用い、限られた入力データから迅速かつ実用的な摩擦予測を提供します。

FASTを使用することで、エンジニアは、研究ごとに高精度なモデルを構築することなく、開発の初期段階で摩擦損失を把握することができます。本ツールは、ソルバーがエンジンの総摩擦の詳細な内訳を報告するスタンドアロンとして、あるいはWAVEと連携してエンジン性能シミュレーションにおけるFMEPを予測するために使用できます。

### 主な特徴

- エンジン開発中に摩擦平均有効圧力（FMEP）を予測し、要求される性能および燃費目標を達成します
- 補助装置、ウィンドーシング、潤滑接触点での摩擦など、内燃機関における主要な損失要因を考慮
- 限られた入力データセットを用いて、エンジン全体の摩擦の詳細な内訳を提供
- エンジン性能シミュレーションモデル向けの入力データ生成をサポート
- 実現可能性およびコンセプト段階で、代替となるエンジンアーキテクチャの比較が可能
- エンジン開発中の摩擦目標の定義を支援
- モーター駆動による摩擦分解試験の結果の解釈を支援
- 摩擦低減策の評価や、ダウンサイジング／ライトサイジングのコンセプトの評価が可能
- 予測された摩擦マップを生成し、車両システムモデリングや仮想キャリブレーションのためのリアルタイムエンジンプラントモデルに組み込むことが可能



### FASTの使用時期

FASTを使用することで、機械的摩擦をより早期に予測し、エンジンの損失要因をより迅速に把握し、ハードウェアや詳細なCAEに着手する前に、より情報に基づいた意思決定を行うことができます。

FASTを使用することで、エンジニアは摩擦挙動を迅速に予測できるため、影響が最も大きいシステムに開発リソースを集中させることができ、また、エンジン性能シミュレーションの品質を向上させるための正確な摩擦入力データも得られます。

## エンジン全体の摩擦評価のための迅速なFMEP予測

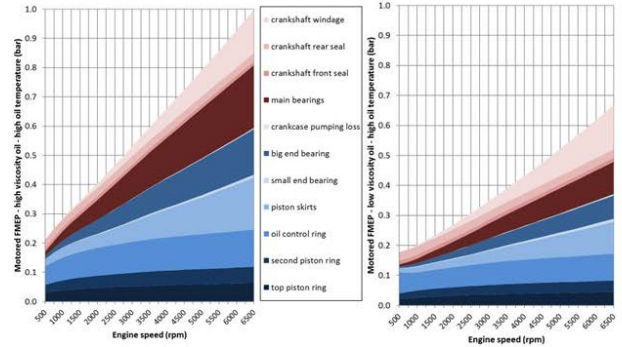
FASTは、エンジン全体にわたる機械的摩擦を予測する実用的な手段を提供します。エンジン摩擦を克服するために必要な理論上の平均有効圧力である摩擦平均有効圧力（FMEP）を算出し、エンジン全体の摩擦を構成する主要システムの寄与度を報告します。

このツールは、利用可能な設計情報が限られている開発初期段階でも、エンジニアが予想される摩擦損失について信頼性の高い見通しを得る必要がある場合に使用できるよう設計されています。FASTは経験式と半経験式を組み合わせ使用し、エンジンの各サブシステムごとに個別に計算を行うため、単純な相関関係に基づくアプローチよりも予測精度が高く、詳細なCAEよりもはるかに高速です。

### FASTが予測する内容

FASTには、エンジン摩擦の主な要因に対する経験的モデルが含まれており、以下が含まれます：

- ピストンリングおよびピストンスカート
- メインベアリングおよびビッグエンドベアリング
- バルブトレイン
- タイミングドライブ
- クランクシャフトシール
- クランクシャフトのウィンドージング
- オイルポンプ、ウォーターポンプおよびその他の駆動式補助装置
- FEADベルトの損失
- 該当するウェットサンブ式エンジンのクランクケースポンプ損失



画像提供：リカルド

### ピストンリングおよびスカートの摩擦

FASTは、接触力、滑り速度、および摩擦係数の関係を用いて、クランク角にわたるピストンリングおよびスカートの摩擦を計算します。ピストンリングについては、リングの張力、および作動状態におけるトップリングとセカンドリングへのシリンダー圧力の影響を考慮しています。ピストンスカート摩擦については、非作動状態における慣性効果、および作動状態におけるガス力効果を考慮しています。摩擦係数は、ストリベック型の関係式を用いて、滑走速度、力、およびオイル粘度から算出されます。

### バルブトレイン、タイミングドライブ、およびベアリング

FASTは、バルブトレインおよびタイミングドライブの摩擦に対して半経験式を使用します。バルブトレインの計算では、バルブトレインのタイプ、カムフォロアの接触タイプ、カムシャフトの配置、およびクリアランス調整方式が反映され、タイミングドライブの計算では、駆動方式とレイアウトが考慮されます。ベアリング損失は簡略化された式を用いて計算できますが、必要に応じてより詳細なベアリング解析を導入することも可能です。

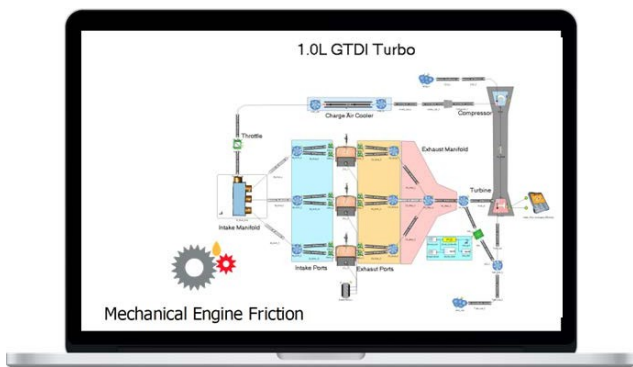
### シール、ウィンドージ、ポンプ、およびFEAD

FASTは、コンポーネントレベルの解析では見落とされがちな摩擦損失や寄生損失を考慮します。これには、クランクシャフトシール損失、クランクシャフトウィンドージング、オイルポンプおよびウォーターポンプの駆動動力、無負荷時のオルタネーターおよびエアコン（A/C）の損失、およびFEADベルトの摩擦が含まれ、エンジン全体の機械的摩擦をより完全に予測します。

### 代表的な用途

FASTは、次のようなエンジニアリング業務を支援します：

- 実現可能性およびコンセプト段階における代替エンジンアーキテクチャの比較
- 新規エンジン開発における摩擦目標の設定
- モーター駆動による摩擦分解試験結果の解析
- 摩擦低減策に関する主張の評価
- ダウンサイジングおよびライトサイジングのコンセプトが摩擦に与える影響の把握
- 量産エンジンにおける摩擦の主な要因の特定

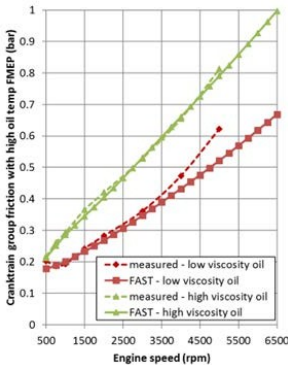


## エンジン性能に対する機械的摩擦の影響の予測

機械的摩擦は、速度、負荷、温度、オイル粘度、シリンダー圧力、およびエンジンアーキテクチャによって変化し、その変化は予測される燃費、性能、およびキャリブレーションの決定に重大な影響を及ぼす可能性があります。

FASTは、予測的な機械的摩擦をエンジン性能モデリングのワークフローに直接組み込みます。これにより、エンジニアは、スタンドアロンの摩擦解析として、あるいはWAVEと連携してエンジン性能シミュレーションを支援する形で、運転条件に特化したFMEPデータを迅速に生成できます。これにより、すべての解析において高精度なコンポーネントモデルを必要とすることなく、摩擦の影響をより早期かつ現実的に表現することが可能になります。

FASTは、迅速な摩擦マップとサブシステムレベルの摩擦挙動を提供することで、性能開発チームが広範な仮定や固定された摩擦係数に依存する段階を脱却することを支援します。これにより、より優れたアーキテクチャ比較、より現実的な仮想キャリブレーション、そして設計選択がエンジンの総合効率に与える影響に関するより確信を持った評価が可能になります。



### シミュレーションおよびキャリブレーション用の摩擦マップ

FASTは、エンジンおよび車両システムモデリングで使用するための予測摩擦マップを生成できます。これらのマップは、車両システムシミュレーションや仮想キャリブレーションのためのリアルタイムエンジンプラントモデルに組み込むことが可能です。

これにより、摩擦を単に固定値として扱うことができない場面において、FASTは極めて有用となります。エンジンの摩擦は、速度、負荷、温度、オイル粘度、および運転条件によって変化し、それらの変化は性能や燃費の予測に重大な影響を及ぼす可能性があります。

画像提供：リカルド

## 実燃焼エンジンにおけるFMEP予測

エンジン性能シミュレーションモデルへの入力として、過給不足状態におけるFMEP（摩擦・熱・弾性・弾性力学）のデータがしばしば必要とされます。過給不足運転では、ガス力がピストンリング、ピストンスカート、コネクティングロッドベアリング、クランクピニオンベアリング、およびメインベアリングに作用するため、クランクトレインの摩擦がモーター運転時の摩擦を上回ります。FASTは、摩擦計算にシリンダー圧力データを活用することで、この種の予測をサポートします。

## 性能主導の設計判断

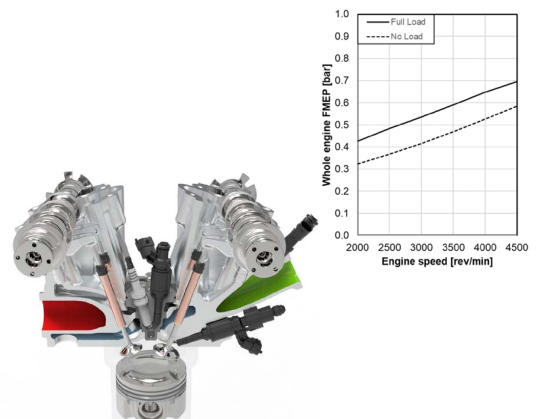
FASTは、運転条件や設計選択に応じて摩擦がどのように変化するかを評価する支援を行うことで、エンジン性能開発を可能にします。具体的には以下の用途に使用できます：

- エンジン性能シミュレーションモデルへの摩擦パラメータの入力
- 実現可能性およびコンセプト開発段階におけるエンジンアーキテクチャの比較
- ダウンサイジングおよびライトサイジングのコンセプトが摩擦に与える影響の評価
- 性能および燃費の目標設定を支援する
- オイル粘度がクランクトレインの摩擦に及ぼす影響の調査
- あらゆる運転条件におけるサブシステムレベルの摩擦応答を提供する

## ハイブリッドエンジンの性能

FASTは、従来のダウンサイジングから、ブレーキ熱効率を高めるためのライトサイジングへと重点が移行しているハイブリッドエンジンの開発に使用されています。ハイブリッド用途では、摩擦予測は、小径・長ストローク構造、クランクオフセット、ロッド長、ベアリング径などの選択が及ぼす影響を評価するのに役立ちます。ロングストローク設計では、ストローク中盤のピストン速度が上昇し、ピストンリングとピストンスカートの摩擦が増加する一方、クランクベアリングが大きくなるとベアリングの摩擦が増加する可能性があります。

FASTは、ベルト駆動の電動機を備えたマイルドハイブリッドレイアウト、ベルト駆動のないプラグインハイブリッドコンセプト、さまざまな温度条件下でのエンジン摩擦、バッテリーおよびエンジンの動作条件下でのハイブリッド制御戦略など、ハイブリッド特有の構成の解析をサポートしています。



リカルド・マग्マ xEVエンジン © SAE 2022-01-0422