

エンジントライボロジーの21世紀への期待

最近、トライボロジー分野で理論解析が盛んである。専門外の領域だが、マイクロトライボロジーでは、測定不可能な表面破壊の現象について、分子レベル挙動にまで入り込んだ理論解析を行っていると言う。エンジンのトライボロジーは、未だその状況にはないが、近年少なくとも研究フェイズにおいて理論解析の重要性が高まっていることは確かである。



30年前の話で恐縮だが、東大の染谷常雄先生に流体潤滑理論を学んでいた頃、発展期にあった有限要素法に刺激され、ハウジングの弾性変形と連立させて軸受の油膜計算ができなにか……という純粋な興味から、当時は未踏の領域であった軸受EHL解析に足を踏み入れた。

大型コンピュータの初期の頃で、記憶容量が絶対的に不足していた。そこで軸受をシェルモデルで構成し、円周方向の変位はフーリエ級数展開して項別計算を行うなど、今日では考えられない苦心の末に何とか計算に持ち込んだが、動荷重、高面圧下の油膜計算は無理であったから、時期尚早の試みではあった。実際、軸受EHL解析の実用化まで、その後四半世紀の間、コンピュータ技術の進化を待つことになった。



最近のエンジン研究の状況を見ると、今後トライボロジーの理論解析は実験代用ではなく、むしろ主役になる可能性があると感じられる。その背景にはトライボロジー特有の測定の難しさが挙げられると思う。同じエンジン分野であるが実務に浸透している燃焼測定と比べると、その状況が理解しやすい。

燃焼は3次元空間における燃料と空気の化学反応で、現象は複雑であるが、燃焼室という専用容器内で完結するため、一本の圧力センサによる指圧解析と、HC、NO_xなど排気分析データで基本素質の把握は可能であり、多くの論議ができる。火炎伝播の撮影も度々行われ、十分な説得力がある。

これに対し、トライボロジーの場合、ミクロン単位の間隙で相対移動する摺動面内現象を扱うため、センサを装着しても視野が狭く、対象とすべき時間、空間の一部しか捉えられ

Front

フロント・コラム

Column

ない。またセンサの装着自体が、基本的に現象を変えてしまうという指摘もある。さらに焼付きなどは、再現の難しい瞬時現象であり、原形を止めない摺動面の痕跡からカストロフィの原因を探ることになる……このように、トライボロジーの世界では特に核心となる現象の観察は極めて難しい。



それではトライボロジーの理論解析はどうであろうか。

熱などの複雑な問題を別にすれば、トライボロジーで扱う摺動面は基本的に2次元座標に展開可能であり、次元の数では3次元の燃焼解析より単純である。平滑な摺動面でも、実際は変形、粗さ、摩耗、材料など、一筋縄ではいかない要素もあるが、近年の計算能力の向上により、理論適用の下地も整ってきた……このように考えることができると思う。

最近の軸受EHL解析では、弾性変形下の油膜計算と摩耗進行を連成させ、摩耗分布予測を試みた例がある。算出された摩耗分布の予測値を実測値と比較し、理論解析の妥当性を検証する狙いもある。摩耗分布の比較ならエンジン耐久実験(摺動面温度測定を含む)で行えるため、アプローチとしては現実的であろう。現状では摩耗予測の課題は多いが、この例のように理論解析の検証法を工夫すれば、油膜厚さ分布など、実用上困難な測定ができなくても、理論解析の信頼性を裏付けることは可能と考える。その段階になれば油膜厚さの分布などは、解析計算から得られる情報で十分であろう。



最近、2000年特集として、自動車エンジン100年の歴史をまとめる機会を得た(自動車技術誌: 熱機関と自動車2000/1)。エンジンは19世紀末の原理発明から今日の姿まで進化し広く普及している。近年、環境対応技術の切り札として、燃料電池などの代替技術が話題となっているが、一方でエンジンの進化も加速されている状況を見ると、21世紀を迎えても主役の座は容易には揺るぎそうにない。トライボロジーは熱効率など、エンジンの素質向上に寄与する基盤技術として、その役割がさらに重要になるものと考えられる。

ここで述べたような、理論解析の開発実務における活用が、トライボロジーの一層の発展につながることを期待したい。

(日産自動車 青山俊一)

