

価値を創造する源 – トライボロジーの世界 –

足立 幸志

Koshi ADACHI

東北大学大学院工学研究科
ナノメカニクス専攻



2011年に東北大学大学院工学研究科教授。現在、同大学機械系トライボベストデザイン研究センター長を兼務。学外においては、トライボロジー学会理事、精密工学会理事を歴任。内閣府、最先端・次世代研究開発支援プログラムの後、現在、戦略的創造研究推進事業CRESTにおいて研究代表者として研究を推進中。

1. 物体の内部・表面・接触面

約2～3万個の部品(物体)の組み合わせから成り立っている自動車は、それら多数の物体の質、形、組み合わせの設計によりその機能が決定される。個々の物体に目をむけると、そこには「内部」と「表面」が存在する。物体内部に対する科学は新素材の開発を加速し、物体表面に対する科学は技術の精密化・多様化を加速することにより自動車の高機能化を推進する。一方、自動車が多数の物体の組み合わせから成り立っている点に目をむけると、そこには物体の内部と表面に次ぐ第3の場としての「接触面」が存在する。接触面では、ピストンやブレーキのように2つの表面が相対的に運動することを求められる場合は勿論のこと、見かけ上固定された接触部であっても原子・分子オーダーにおいて相対的な動きが発生している。このように常に状態が変化する場であるが故に、接触面は体積すら定義できない小さな場であるにもかかわらず自動車の特性を大きく変化させる。即ち、接触面の科学技術は、自動車の性能保証や高機能化のための鍵を握り、新たな価値を創造する源となる。

2. 自動車とトライボロジー

相対運動しつつ互いに作用を及ぼしあう表面及びこれに付随する問題と事象に関する科学と技術、いわゆる接触面の科学技術を「トライボロジー」と称する。ここで接触面における事象の代表が「摩擦」と「摩耗」である。近年の報告では、自動車の種々接触面における摩擦損失の総和は、全エネルギー損失の30～40%に相当すると試算されている。様々な条件に対応した摩擦低減技術の積み重ねが必要ではあるが、30～40%は、摩擦低減技術が、燃費向上、温室効果ガス排出削減、低炭素化社会構築に対する重要な技術であると認識するには十分な数字である。さらに機械機器の故障や寿命の原因が接触面に存在する割合は約75%に上るとも報告されている。タイヤやブレーキなど長寿命化の要求が厳しい自動車部品は、概ね接触面の相対運動にその機能を求めるものであり、75%は、摩擦と摩耗の制

御が、自動車の長寿命化に対し鍵を握る技術であると認識するには十分な数字である。加えて、化学技術戦略機構の委託調査報告「ST/GSC 技術開発プログラム構想 - ST 戦略の具体化に向けて -」によると、このような摩擦や摩耗の改善により実現され得る経済効果は、GNP の 2% 程度に相当すると試算されており、接触面の科学技術は、省資源・省エネルギーを実現する地球に優しい自動車開発のための重要な鍵を握ると認識される。

3. 革新技術とトライボロジー

接触面の科学技術は、機械機器の長寿命化、信頼性の保証、省資源・省エネルギーを実現するのみならず、設計時に要求された機械機器の特性・機能を確実に発揮させるとともに、革新的技術を実現する鍵をも握っている。世界で初めて導入された自動車用無段変速機トロイダル CVT は、それまでの常識を大幅に覆す燃費向上と運転性向上を高い次元で両立させた夢の動力伝達機構であり、材料、トラクション油ならびに機構設計を加えた接触面の科学と技術の成果により実現された革新的機械である。接触面におけるナノメートルオーダーでの形状、潤滑剤設計が、ハードディスクの記録密度を大幅に向上させ、小型で大容量のハードディスクを世に送り出している事実は、革新的技術を生み出す鍵が、接触面にあることを示す身近な良き例である。古くから縁起の良い玩具といわれる達磨落としにおいて、もし一つ一つの接触面の摩擦を制御することができれば、その遊びの質、機能、価値を大きく変化させることが可能となる。即ち、外から見ることのできない接触面には、それにより構成される機械機器の新しい価値を創り出す鍵があるといえる。

4. 異分野融合とトライボロジー

しかし接触面の科学技術を追求すると、その複雑さと必要な知識の膨大さに愕然とする。摩擦・摩耗は多因子敏感現象であり、摩擦・摩耗に影響を及ぼす因子は膨大であることを理解すれば、その複雑さは当然といわざるを得ない。その一方で、慣らし運転に代表される接触面に関する工業上の体系的知識や経験的智恵は驚くほど多く、それらにより現在の優れたものづくりが実現されている。これまでに蓄積された体系的知識や経験的知恵とともに接触面を科学的に理解し、その理解に基づいて技術開発を進めることができれば、新しい価値の実現、さらなる高機能化が可能になる。そのためにも、細分化された個々の学問での対応ではなく、物理、化学、材料、電気、勿論機械を含む多様なかつ異分野の科学の高度な融合が不可欠である。接触面に起こる現象の本質解明は、多様な科学技術の融合の結果であり、役に立つ科学技術、ひいては革新的技術を生み出すための源になる。

安全・快適な生活の鍵であるにもかかわらず日々の生活において意識することがない摩擦と摩耗。それは、我々の生命にとって欠かすことのできない水や空気と類似している。近年の健康志向の高まりは、水や空気に対する意識に大きな変革をもたらした。省資源、省エネルギー、リサイクル、再生可能なエネルギーなど地球規模の環境保全技術と人類存続技術が大きく取り上げられる現在、接触面に対する意識は大きく変わろうとしている。外から見えない接触面には、まだ見ぬ新しい価値を創造する鍵があり、それが人類の未来に貢献する技術になると信じている。