

自動車の電動化時代に求められる駆動系技術

Drivetrain technology required in the era of vehicle electrification

～SDV の時代でも HARD がなければクルマは走らない～

-Even in the SDVs era, cars won't run without Mech.-

日産自動車株式会社 パワートレイン・EV 技術開発本部 上級技術参与(パワートレインシステム)

Engineering Director for Powertrain System, NISSAN Motor Co., Ltd.

自動車用動力伝達技術組合(TRAMI) 理事長

Chief Director, Transmission Research Association for Mobility Innovation (TRAMI)

平工 良三

要旨

自動車産業は「電動化」を契機に百年に一度とも称される構造転換期を迎えている。電動化は内燃機関をモーターへ置き換える事象に留まらず、ソフトウェアによる価値の更新が常態化する SDV (Software Defined Vehicle) への地殻変動を伴う。本稿では、産学連携の中核として駆動・電動領域の基盤研究を推進する TRAMI (自動車用動力伝達技術研究組合) の活動と、パワートレインの競争力の源泉が「単体効率」から「車両価値 (パッケージング・空力・制御)」へと広がる中で、モーター超高回転化 (目標 50,000 rpm 超) とそれを支える減速機・軸受・潤滑・NVH・熱および回転体設計の研究課題を俯瞰する。50,000 rpm 級の達成は、小型・軽量・高効率な電動パワートレインにより車室空間と外形設計自由度を拡張し、次世代に最適なプラットフォームを提供しうると考える。

1. What is “TRAMI”

自動車用動力伝達技術組合(以降 TRAMI)は、国内に開発拠点を置く自動車メーカーおよび国内で製造・開発を行うトランスミッションメーカーが組合員として構成される産業技術研究法人ならびに試験研究を主たる目的とする一般財団法人である。自動車の CO2 排出抑制や価値の多様化に向け、駆動・電動技術の産学連携による基礎研究を通して 学のサイエンスの進展と産学人材育成を推進し、日本の産業力の底上げと持続的な科学技術の発展に貢献することを理念とする。理念実現に向けた活動は、(1) 研究テーマ設定、(2) 研究活動の充実、(3) 研究成果の蓄積、(4) ステークホルダーの拡充、(5) 産学人材育成の 5 本柱を相互に連携させ、学の研究を産の技術開発・将来の技術革新へ接続するアーキテクチャである (図.1)。



図 1 TRAMI の理念実現のための 5 本柱

TRAMI が対象とする技術領域は、動力源（power source）から供給された動力を車輪（wheel）へ伝達する駆動系（ドライブライン）全般である（図.2）。具体的には、変速機構や動力を伝達するシャフト等を含む。電動パワートレインにおいては、電動モーターを動力伝達機構の一構成要素として位置づけ、TRAMI の対象領域としている。研究の重点は FY2020 以降、電動化へと転換し、現在は、電動モーターの超高速化（50,000rpm 超）を主要目標の一つに掲げ、小型・軽量・高効率な電動パワートレインの実現に資する要素技術の基礎研究および実証研究を推進している。

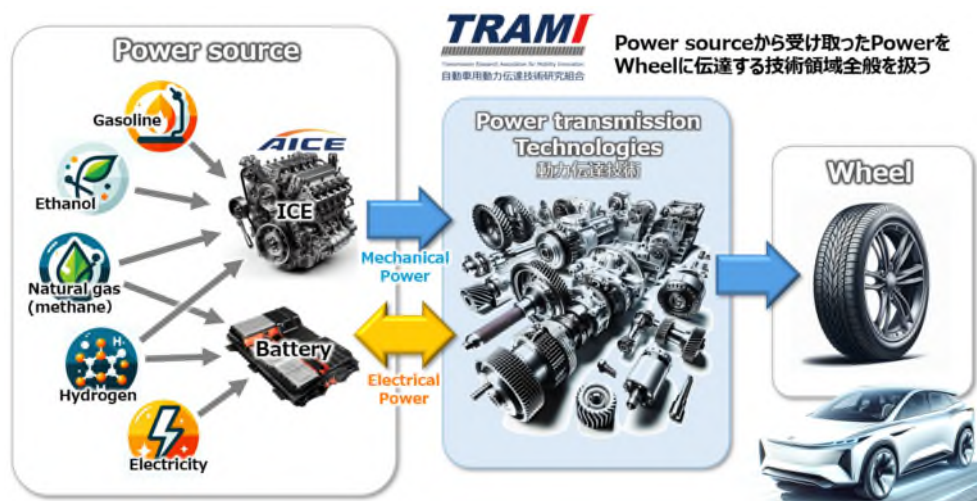


図 2 TRAMI が扱う技術領域

2. 「自動車業界 100 年に一度の変革」

電動化に伴う「自動車業界百年に一度の変革」が意味するのは、単純に内燃機関を電動モーターへ置き換えるだけのことを示している訳ではない。計算機の歴史に喩えるなら、そろばんを電子化した段階に留まるのではなく、その先にある PC（パーソナルコンピュータ）やスマートフォンの登場に相当する破壊的変化を意味する（図.3）。すなわち、ソフトウェアのアップデートによって商品価値が継続的に進化する世界であり、これは自動車における SDV（Software Defined Vehicle）への進化に重なる。なお筆者は PC を SDC（Software Defined Calculator）と捉え、ハードを抽象化し、ソフトで価値を定義する構図の本質は自動車にも適用可能と理解している。



図 3 電動化は単なるパワートレインの置き換えではない

3. パワートレインとして今やらねばならないこと

ソフトウェアが商品の価値を大きく左右する時代、ハードウェアとしてのパワートレインは、どのように変化するだろうか。

これまで内燃機関車では、各 OEM が独自技術を磨き上げ、パワートレイン技術を差別化させることは、動力性能向上、燃費向上など商品力向上に大きく貢献してきた。一方、電動モーターはサプライヤーからのコンポーネント供給が一般化し、ハード単体での独自性訴求は相対的に難しくなっている。さらに、走行時エネルギー損失の観点からも、ICE 車では約 60%の損失が内燃機関由来であるのに対し、EV では約 60%の損失が空気抵抗に起因する(図.4)。この事実は、パワートレイン技術的優位性で商品である自動車の競争力を確保する時代ではないことを示唆する。

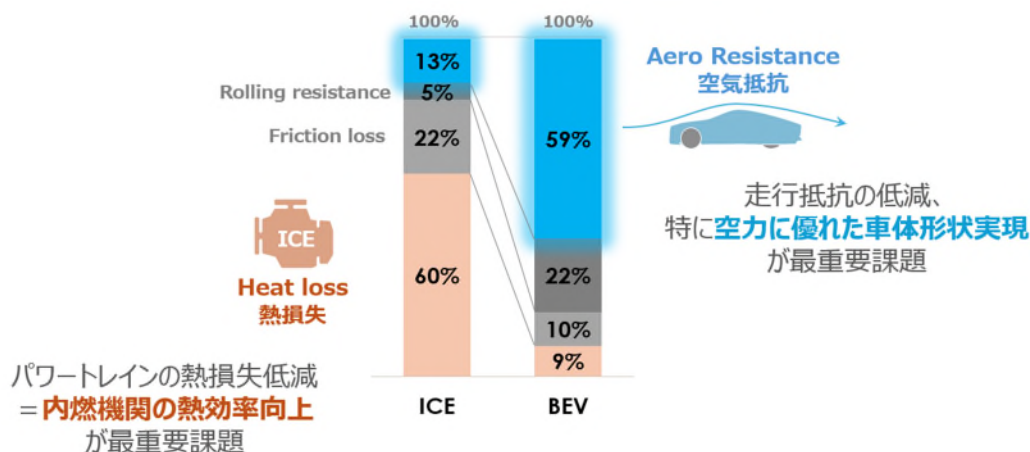


図 4 走行中エネルギー損失の比較 (内燃機関車 vs BEV)

それではこれからのパワートレインの技術進化は重要ではないかといえ、答えは否である。車両の総合効率には、パワートレイン単体効率に加え、パッケージングの自由度(車室空間の確保、床下の薄型化)、車体の軽量化、そして空力性の向上など多くの項目が関連する。これらはパワートレインの小型・軽量化と不可分であり、その鍵の一つがモーターの高回転化である。一般に、同一トルク密度設計においては最高回転数を上げるほど出力密度を稼ぎやすく、同出力ならモーター外径を小さくできる。(図.5 参照)

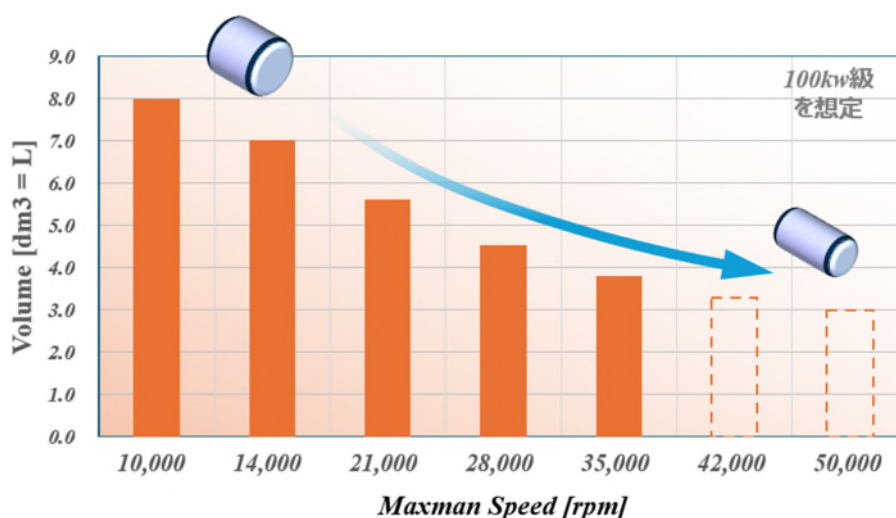


図 5 電動モーターの高回転化と小型化の関係

近年では 20,000 rpm 超のモーターも実用化されているが、高回転化に伴い高減速比化が不可欠となり、現状の量産技術のままで 30,000～35,000 rpm 付近に壁があるとの見方もある。TRAMI は技術目標を 50,000 rpm 超に設定し、減速機の構造・歯面負荷分配・潤滑油の飛散挙動、ヘアリングの電食、回転体の動バランス、NVH、熱マネジメント、ならびにモーターの高回転域での損失低減、電磁騒音など、多面的な研究課題に取り組んでいる（図.6、7）。

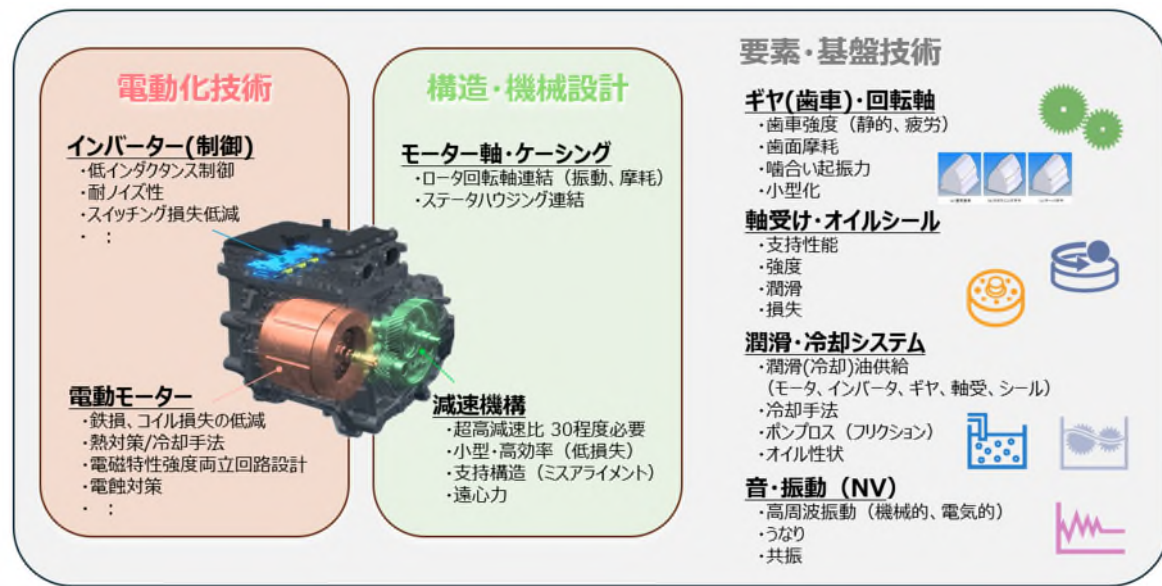


図 6 超高回転化研究による電動パワートレインの技術革新



図.7 2025 年度の TRAMI 研究テーマ

4. 自動車技術の未来を考える

50,000 rpm 級の電動モーターが実現した先には、これまでの常識を超える車両アーキテクチャが視野に入る。モーター径は大幅に細くでき、シャフトが通る空間さえ確保できれば配置の制約は緩和される。結果として、(i) 車室内空間の拡大（フロア薄型化、ユーティリティ向上）、(ii) 外装設計自由度の向上（空力最適形状の追求）、(iii) パワートレインのモジュール化・分散配置が進む。こうしたハード側の自由度拡大は、OTA(Over-the-Air)により機能を継続的にアップデートするSDVの価値提案と親和性が高く、プラットフォームとしての最適解に近づく（図.8）。



図.8 パワートレイン/車両プラットフォームの進化

5. まとめ

電動化の本質は、パワーソースの電動モーター化に加えて、ソフトウェアで価値が定義される時代への転換と考えられる。

TRAMIは電駆動領域の共通基盤を産学連携で強化し、超高回転化（50,000 rpm 超）を実現するための要素研究および実証研究を推進することで、小型・軽量・高効率の電動パワートレインの実現に貢献する。これはSDV化による多様かつ新たな価値創造に適したパワートレイン/車両プラットフォームの提供を可能にし、わが国の自動車産業の持続的競争力の確立に寄与するものであると考える。

