

TRAMI (Transmission Research Association for Mobility Innovation) の カーボンニュートラルシナリオ

TRAMI's Research Scenarios for Carbon Neutrality

自動車用動力伝達技術研究組合(トヨタ自動車株式会社) (非) 藤戸 宏

Hiroshi FUJITO*

*TRAMI (TOYOTA MOTOR CORPORATION)

1. 自動車用動力伝達技術研究組合とは

自動車用動力伝達技術研究組合（略称：TRAMI）は、複数の企業、大学、独法等が協同して試験研究を行うことにより、単独では解決出来ない課題を克服し、技術の実用化を図るために主務大臣の認可により設立される法人の一つで、2018年4月に設立された。2023/2時点での主要自動車会社およびサプライヤー11社が組合員（Fig.1）である。組合員以外に、TRAMIの活動に賛同し、TRAMI活動を支える賛助会員（現在、26社）がある。賛助会員は共同研究企業としてTRAMIの研究にも参画している。

TRAMIの理念は、産学連携を通じ我が国の駆動系技術の発展と、それを担う人財が育つ環境を提供することにあり、この理念の基、以下の事業を行っている。

- (1) 自動車用動力伝達システムの伝達効率、音・振動低減、軽量化技術、電動化に関する基盤研究
- (2) 自動車用動力伝達システムに関する合同調査
- (3) MBD推進の為の自動車用動力伝達システムのモデル化

駆動系技術は車の動力源からタイヤに至る動力/エネルギーの伝達に関わる一切の要素および総合/統合システムを対象とし、その発展によりエネルギー損失を減らすことによりカーボンニュートラル達成に貢献するとともに、車両から発する音、振動の車内外の生活環境への負荷低減を図る。また、MBD活用による迅速・最適設計により省資源にも貢献する。

設立当初の3ヶ年は主として、内燃機関およびハイブリッド動力原を対象として、駆動系技術の研究を進めてきた。しかし、カーボンニュートラル実現のため、今後は車の動力源としては電気モーターが主流となるとの見込みから、TRAMIでは一昨年度からモーターを含んだパワートレーンに関する課題を主たる研究テーマ（Fig.2）として取り上げ、活動を活発化させている。その結果、研究テーマは2022年度の22テーマから2023年度は33テーマ（+電動車の調査およびMBD構築）に拡大させていく。

本稿では、自動車におけるカーボンニュートラル課題解決のためのTRAMIの取り組みについて紹介する。

2. TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ

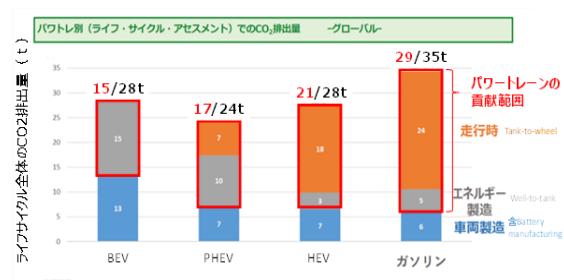
ライフサイクルアセスメント（LCA）観点では、カーボンニュートラルへの貢献は2つの視点で考える必要がある。

- (1) 車が走行中に排出するCO₂低減
- (2) 材料、部品や車の生産、資源循環も含む製造過程でのCO₂低減

今後CO₂を排出しない発電所や再生可能エネルギーにより供給される電力のシェアは地域差はあるが増加傾向であり、Fig.3¹⁾のグレー部（エネルギー製造）は減少し、BEV/PHEVのCO₂排出量は大いに削減されると考えられ、電動化に伴うパワートレーンの基礎・基盤研究の充実は我が国にとって喫緊の課題である。

これらを基にTRAMIが取り組むべき研究課題の切り口を考えた。Figure 4²⁾はLCAを考慮した車両の製造流れ図である。車両ユーザーを含むリサイクルやリユースと部品製造や車両製造工程に関しては、既に各社での取組が進んでいる。材料開発も既に各社での取組みが進んでおり、TRAMIの研究対象としては一旦除外した。しかし、小型化による省資源とリデュースも含む材料置換への取組みが遅れることは資源が乏しい日本にとって大きな痛手となる。

以上を背景に、車両駆動用モーターを含むパワートレーンを取り扱うTRAMIでは、製造過程でのCO₂低減を図るために、モーターの超高回転化の研究を進めるべきとした。走行中のCO₂排出低減については、超高回転化（により損失が増える可能性がある）の背反対応として一層深化させたいと考えている。



モーターの超高回転化が前述した(1), (2)のための唯一の実現手段ではないことは自明であるが、個社でなく TRAMI として進めるべき理由は、① 5 万 rpm を超える超高回転化は技術難易度が極めて高く、既存技術のブレーキスルーハブが必要であること、② モーター単体ではなく、電動駆動システムとしての広範囲で革新的な研究が必要であり、日本連合としての TRAMI が取り組む価値がある、と考えたからである。

Figure 5 は超高回転化による『嬉しさ』や『研究の方向性』を示す(イメージ)。横軸はモーター回転数、縦軸は電動駆動システムとしての質量、体格(=体積)、コスト、損失などの指標で、いずれも下にいくほど各特性が優れる。

横軸のモーター回転数に関して、2.5 万 rpm 程度までは既存技術の延長で対応可能と思われる。回転数が増すとモーター単体としての嬉しさは向上する。しかし、ある回転数(現時点では不明)を超えると主にモーター以後の減速機部分で駆動システムとしての背反事項が増加し、場合によっては嬉しさが減少すると想像できる。TRAMI としては、図中 a) 超高回転領域での性能ポテンシャルの明確化、と b) 超高回転領域に対応する基礎研究を推進する。a), b) どちらか一方だけではシステムとして成立せず、これらを車の両輪と捉えて研究活動を推進する必要がある。

3. 機械要素技術への期待

5 万 rpm 超の駆動用モーターが実現した際に、モーターとタイヤまでを繋ぐトランスミッション(機械要素)には新たな課題が発生する。例えば 5 万 rpm を超えるモーター回転数からタイヤ軸回転数の約 2000 rpm まで減速しつつトルク增幅する必要がある。つまり必要減速比は現状が 10 度であるのに対して、25~30 度に拡大(Fig. 6-1)する。車両搭載可能なサイズでこの要件を満たすトランスミッションが必要となり、機械要素に分解すれば様々な新しい要件を満たす必要がある(Fig. 6-2)。例としては、ギヤトレーンの種類、軸受の耐久性、摺動各部の潤滑方法、回転アンバランスに伴う音や振動への対応、常用域での高周波ノイズ増加等がある。いずれもラボレベルでの成立性ではなく、カーボンニュートラルを実現するために普及する環境車に適応させる必要がある。

現在成立している機械要素の基盤技術や、動作環境も大きく変化する可能性もあり、技術難易度が高く既存技術のブレーキスルーハブが必要となるが、ポジティブに考えればまだ手の内化できていない現象や技術がまだ多く眠っている可能性があると言え、機械要素(トライボロジー等)の観点でも多くの研究テーマが創出されて様々な研究成果に繋がることを期待したい。

4. 終わりに

冒頭で述べたように、TRAMI の理念は、「産学連携を通じ、我が国の駆動系技術の発展と、それを担う人材が育つ環境を提供すること」にあり、産学連携が TRAMI 活動の基本である。学の方々には、この分野の重要性を改めて認識して頂くとともに、その基礎学問の発展と、産と協同して人財育成をお願いしたい。

文献

- IEA (国際エネルギー機関) Global EV Outlook 2020
- 経済産業省「次世代蓄電池・次世代モータの開発」

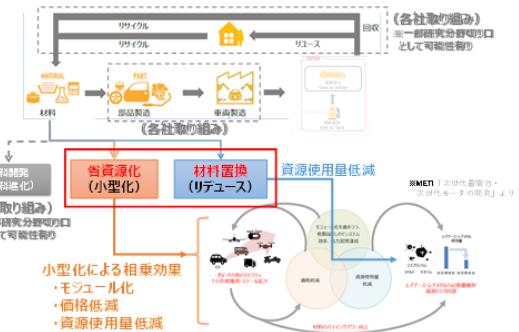


Fig.4 Positioning of Research Themes

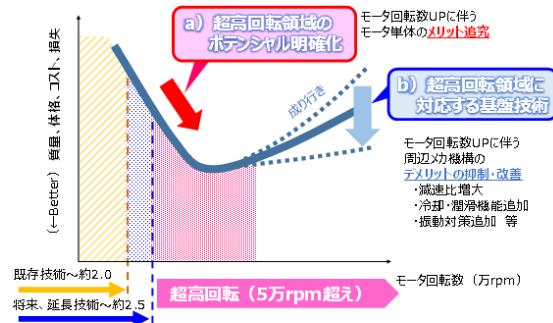


Fig.5 Advantages due to higher RPM



Fig.6-1 Effects on Transmission elements due to higher RPM



Fig.6-2 Effects on Transmission elements due to higher RPM