

*Transmission
Research
Association for
Mobility
Innovation*

自動車用動力伝達技術研究組合

第 8 回公開フォーラム
次年度研究内容説明会
2025.11.18



Transmission Research Association for Mobility Innovation

事前配布資料

第1部

	ページ
1. 特別講演「若手研究者が考える日本の機械要素技術の今後について」	4
2. 省エネに貢献し車づくりを革新するTRAMIの超小型電動パワートレイン技術研究	6
3. TRAMI研究方針	30
4. 会員のうれしさ	39

第2部

5. 研究グループA 機械摩擦・熱研究会	45
6. 研究グループC 流体摩擦・熱研究会	51
7. 研究グループE 電動化研究会	58
8. 研究グループF 音振動研究会	71
9. 研究グループG 計測技術研究会	75
10. 研究グループH 合同調査研究会	80

第1部

講演

特別講演

「若手研究者が考える 日本の機械要素技術の今後について」

相原 建人 教授
法政大学

公開フォーラム当日に発表させていただきます。

省エネに貢献し車づくりを革新する TRAMIの超小型 電動パワートレイン技術研究

齊藤 康
運営委員長
(日産自動車株式会社)

1. TRAMIとは？
2. TRAMIの超小型電動パワートレイン技術研究

1. TRAMIとは？

2. TRAMIの超小型電動パワートレイン技術研究

TRAMI とは、
Transmission Research Association for Mobility Innovation

自動車用 動力 伝達 技術研究組合

です。



2018年4月2日に設立

組合員資格

- ✓ 国内に開発拠点を置く自動車メーカー、国内で製造・開発を行うトランスミッションメーカー
- ✓ 産業技術研究法人及び試験研究を主たる目的とする一般財団法人

2023年度から12法人にて活動

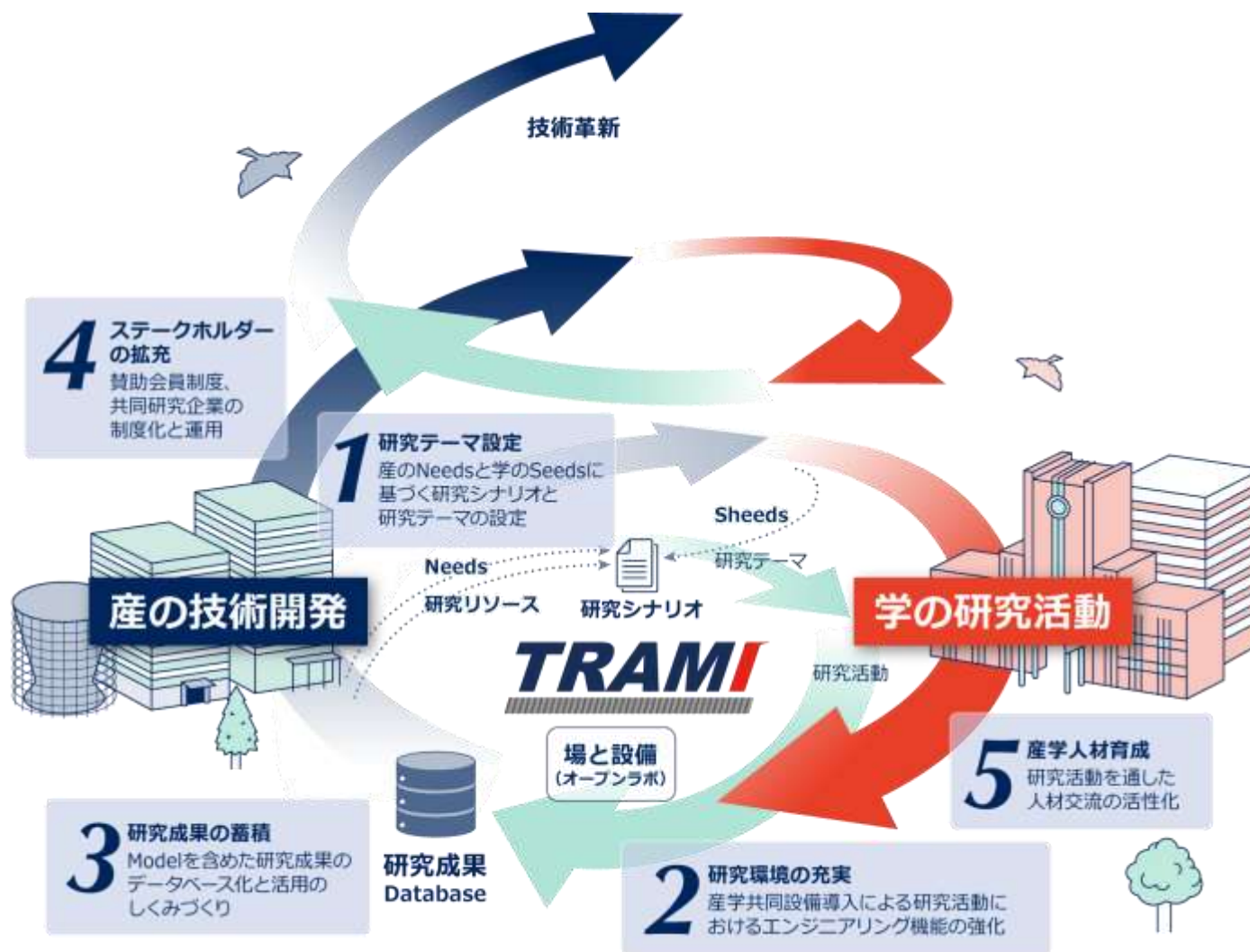
(五十音順)



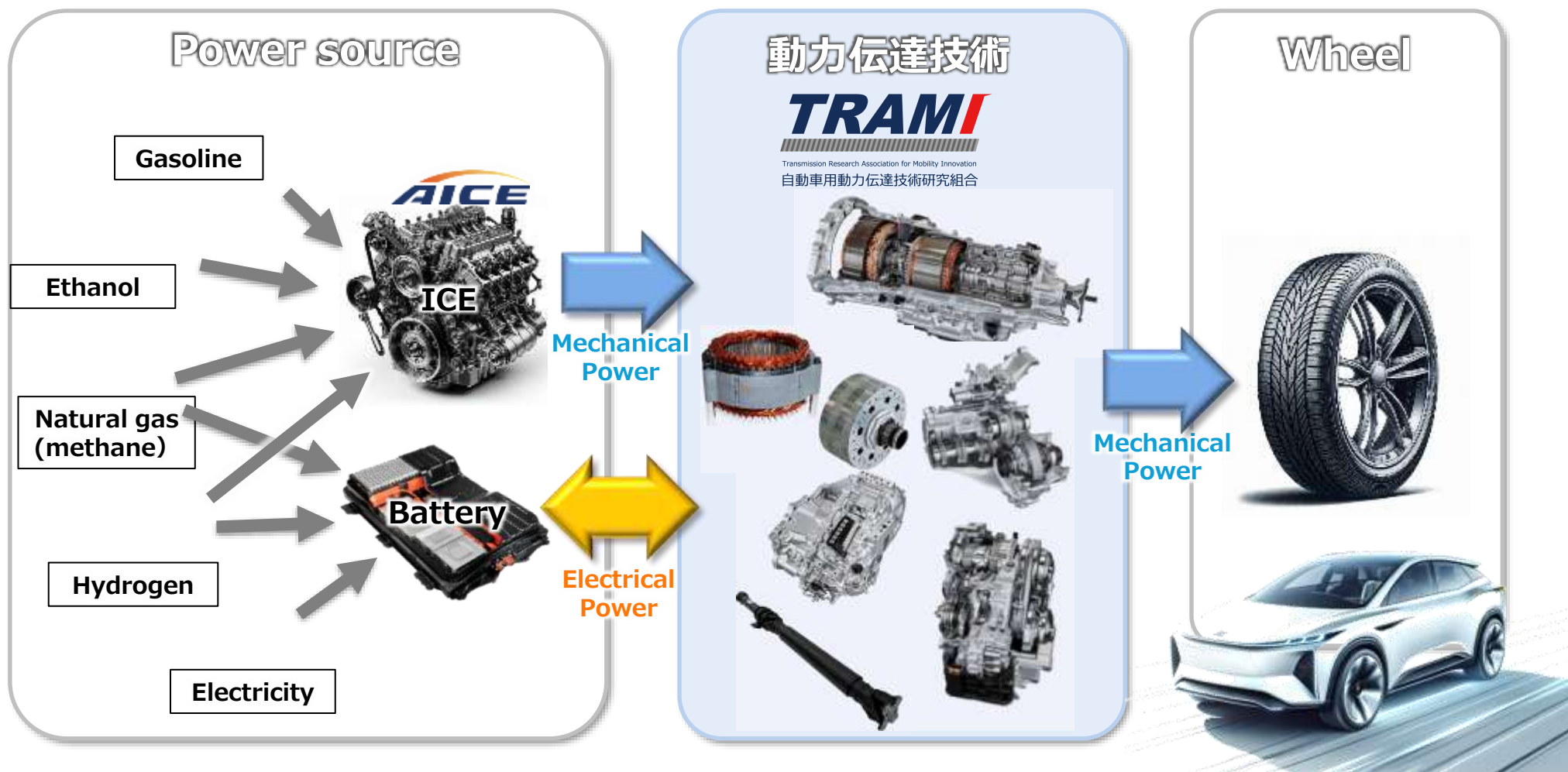
駆動・電動技術の産学連携の基礎研究による
学のサイエンス進展・産学人財育成を通じて
日本の産業力の底上げと持続的な科学技術の
発展に貢献する



TRAMIは理念実現のため、これら5つの活動を連携させて、
学の研究活動を産の技術開発・将来の技術革新へとつなげていく



Power sourceから受け取ったPowerをWheelに伝達する 技術領域全般を扱う

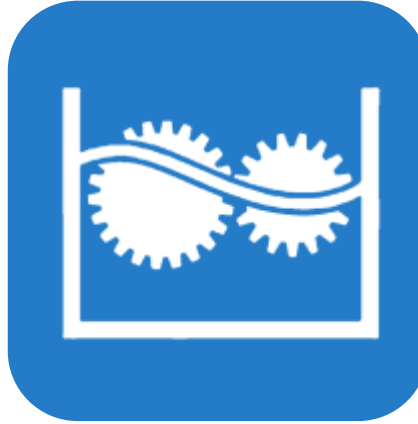


6つの研究会を設定し、国内アカデミアとの産学連携にて推進

機械摩擦・熱



流体摩擦・熱



電動化



音振動



計測技術



合同調査



数多くのステークホルダーの皆様のご協力にて活動中

共同研究企業 24 社

(研究テーマを組合理員と共同で実施)

株式会社IJTT
アフトンケミカルジャパン株式会社
イーグル工業株式会社
株式会社エクセディ
NOK株式会社
NTN株式会社
株式会社オティックス
株式会社小野測器
カヤバ株式会社

株式会社小松製作所
株式会社ジェイテクト
大同特殊鋼株式会社
東洋電機製造株式会社
日本パーカライジング株式会社
日本ルブリゾール株式会社
ニュートンワークス株式会社
日野自動車株式会社
株式会社不二越

株式会社宮原製作所
武蔵精密工業株式会社
株式会社明電舎
株式会社モビテック
ユニプレス株式会社

賛助会員企業 35 社

(TRAMI活動に賛同・サポート)

株式会社IJTT
アフトンケミカルジャパン株式会社
イーグル工業株式会社
エイヴィエルジャパン株式会社
株式会社エクセディ
NOK株式会社
NTN株式会社
ENEOS株式会社
株式会社エフ・シー・シー
オートマックス株式会社
株式会社オティックス
株式会社小野測器

カヤバ株式会社
株式会社神崎高級工機製作所
株式会社小松製作所
株式会社ジェイテクト
大同メタル工業株式会社
大同特殊鋼株式会社
東洋電機製造株式会社
日本パーカライジング株式会社
日本ルブリゾール株式会社
ニュートンワークス株式会社
日野自動車株式会社
株式会社ファソテック

ファンクションベイ株式会社
株式会社不二越
三井ハイテック株式会社
株式会社宮原製作所
武蔵精密工業株式会社
株式会社明電舎
株式会社モビテック
株式会社山田製作所
ユニプレス株式会社
株式会社リケン
ほか

2018年度：10大学



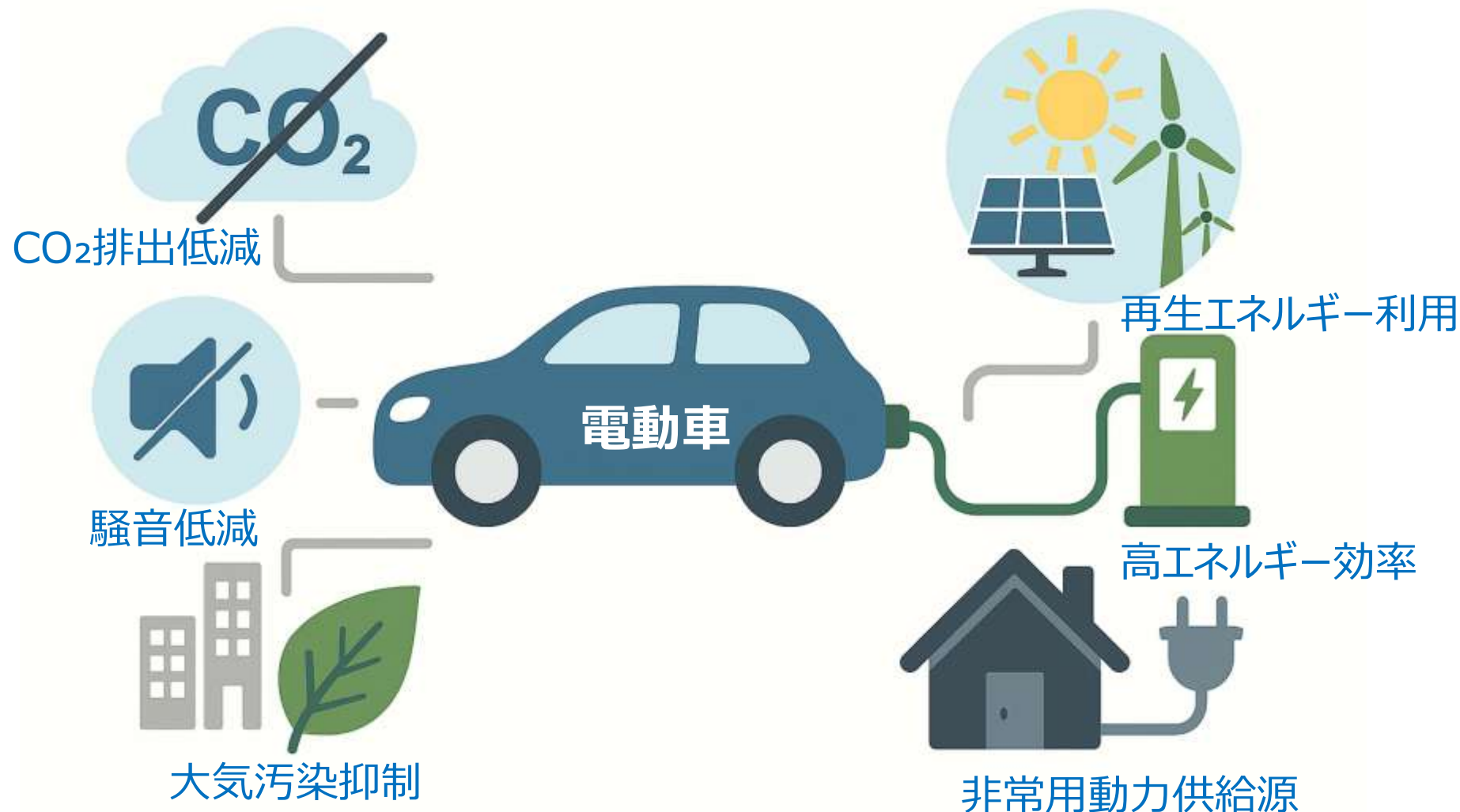
2025年度：38大学



1. TRAMIとは？

2. TRAMIの超小型電動パワートレイン技術研究

持続可能な社会の実現に電動車は不可欠であり、その普及のためには自動車業界が総力を挙げてその商品力を向上させねばならない



車の商品力向上のためにPTに期待されるのは、高性能で目立つ事から
小型で洗練された目立たない事へShiftする

内燃機関車の時代



ICEを高性能化する機構

- ✓ ターボチャージャー（過給機）
- ✓ インタークーラー
- ✓ 可変バルブタイミングシステム。
- ✓ 直噴燃料噴射システム（GDI）
- ✓ 排気再循環装置（EGR）
- ✓ 可変圧縮比機構
- ✓ 廃熱回収システム
- ✓ 気筒休止機構...

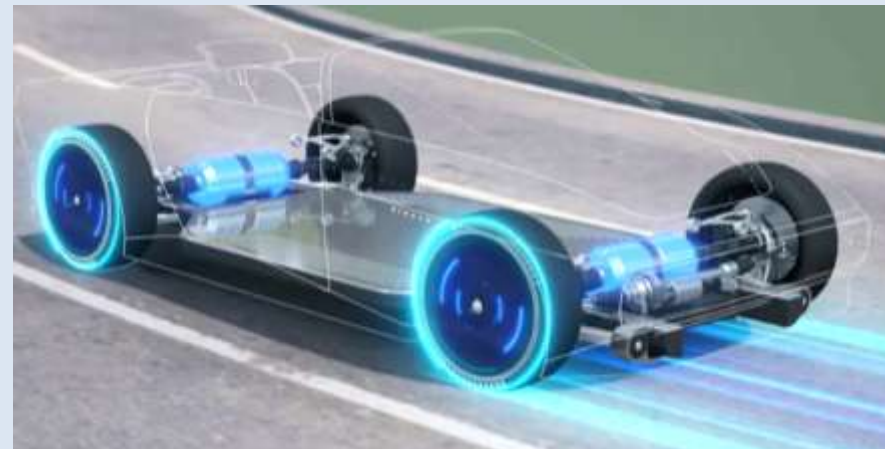
高性能で目立つPTにより高い商品力
を提供してきた

Sustainabilityへの貢献

新しい価値との融合

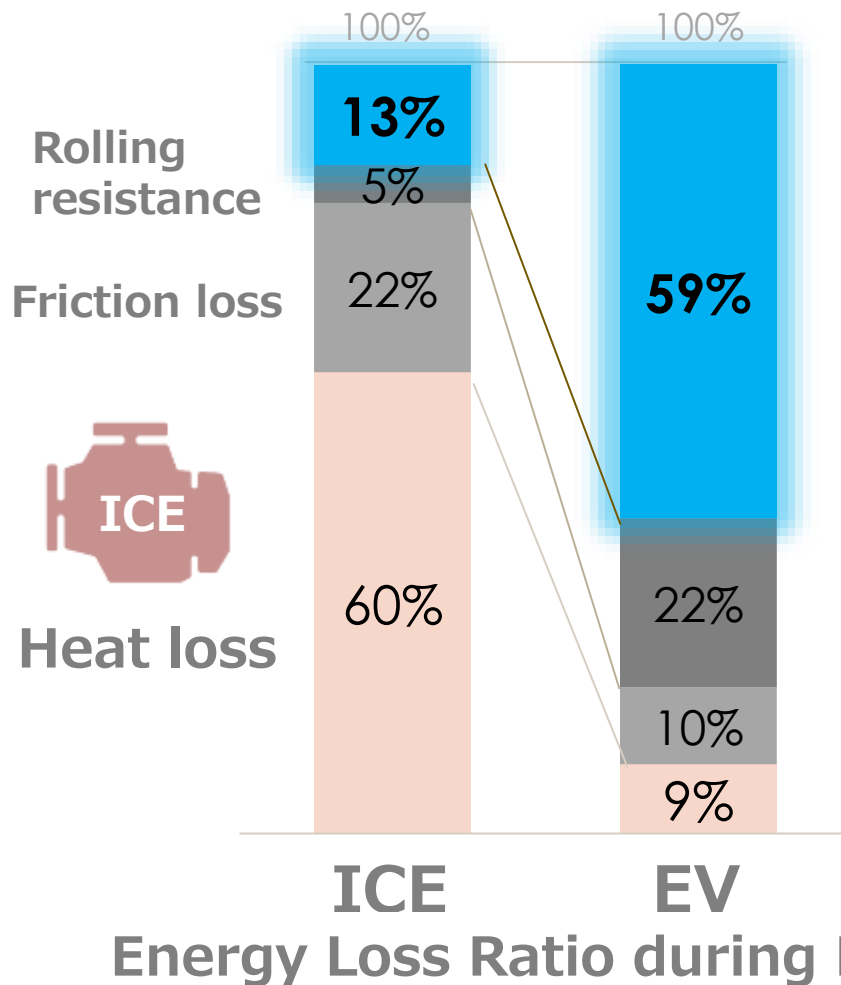
（SDV, 新居住空間, 新デザイン, 新モビリティ）

電動車の時代

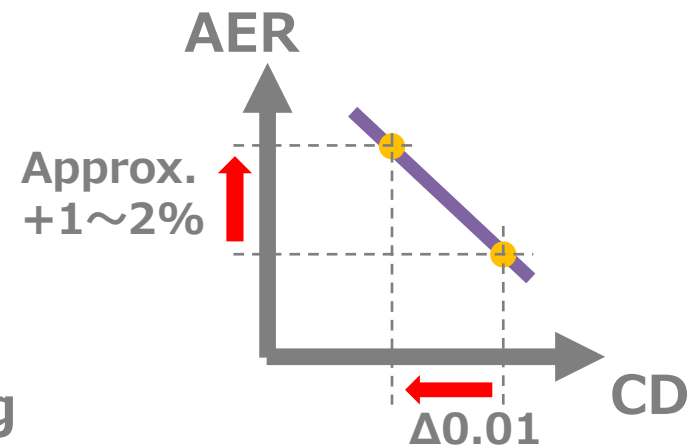
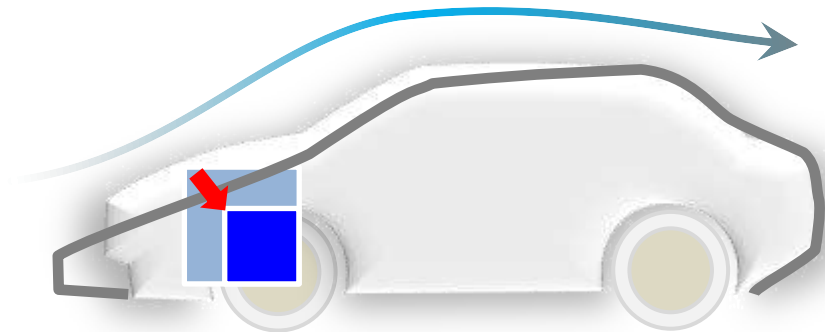


小型で洗練された目立たないPTにより車全体の
商品力を高めるようになる

電動車になり走行中の最大エネルギー損失は熱損失から空気抵抗に変わる
電動PTの小型化による車体形状最適化により空気抵抗を低減できる



Aero Resistance



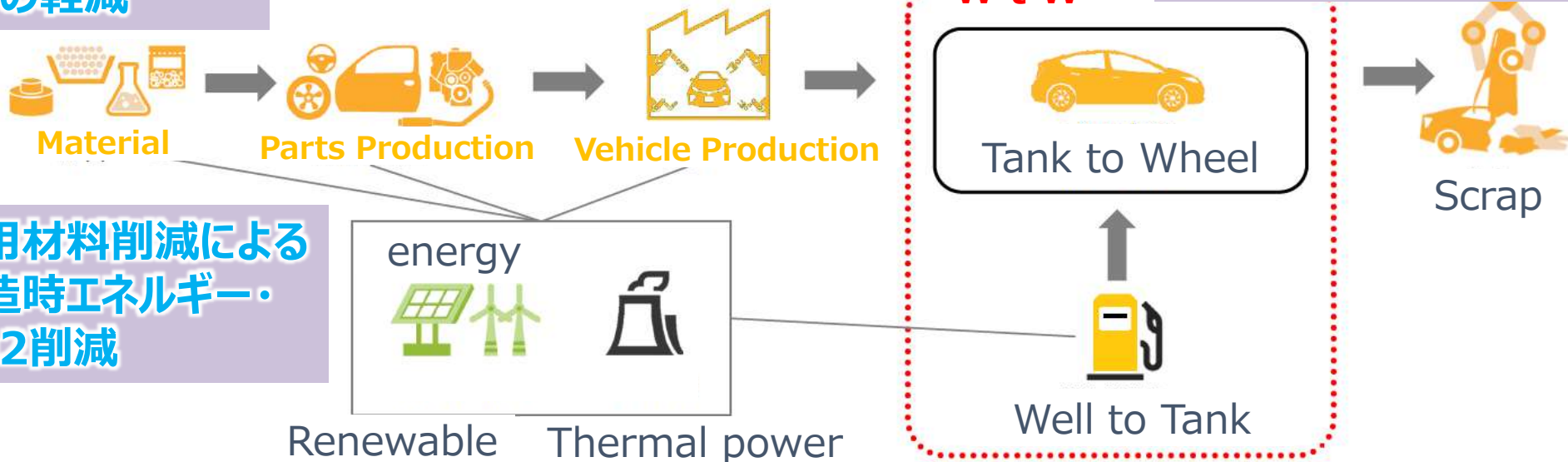
電動PTの小型化による使用材料削減・軽量化は、製造時及び走行時のエネルギー・CO2を削減する

また、希少材料（希土類磁石・電磁鋼板）の削減により地政学的リスクの軽減に貢献する

LCA(Life Cycle Assessment)

希少材料の削減
による地政学的リ
スクの軽減

軽量化による走行時
エネルギー・CO2削減



電動PTの小型化は車の設計自由度を大幅に拡大し，デバイス追加によるSDV対応や新しい居住空間のためのスペースの確保に貢献する



TRAMI's vision for a CN
Scenario @EVTeC2025



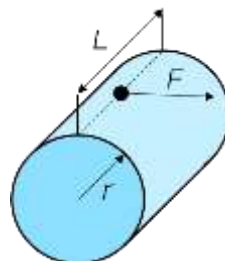
モーターの小型化にはトルクを落とし出力を維持するために回転数を上げる

Motor Torque

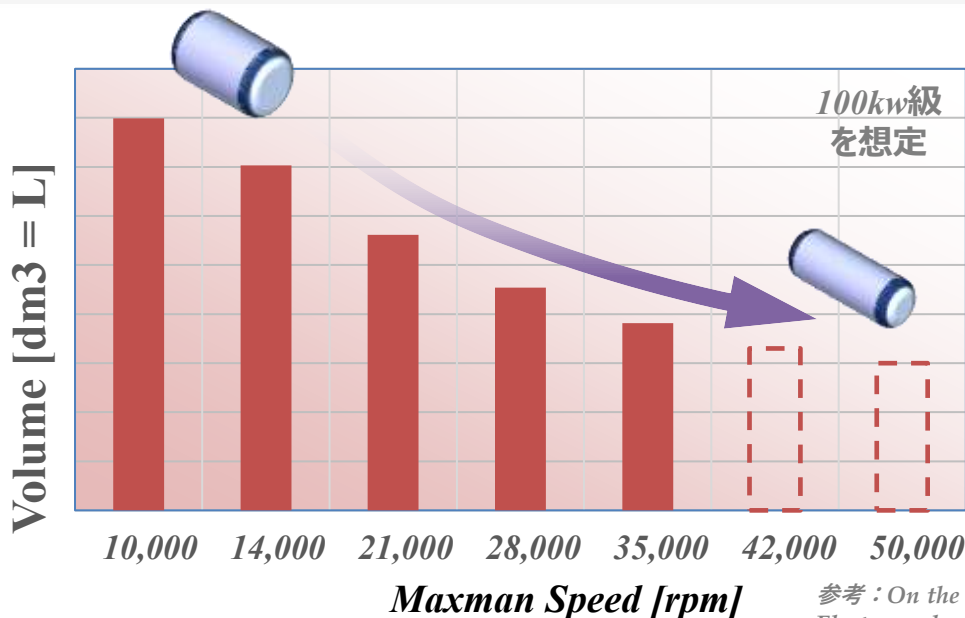
= coefficient(**k**) x magnetic flux density(**B**) x Rotor Surface Area (**2πr x L**) x current(**i**) x radius(**r**)

$$= k_0 \times \underbrace{\pi \times r^2 \times L}_{\text{Motor volume}} \times i$$

Motor volume

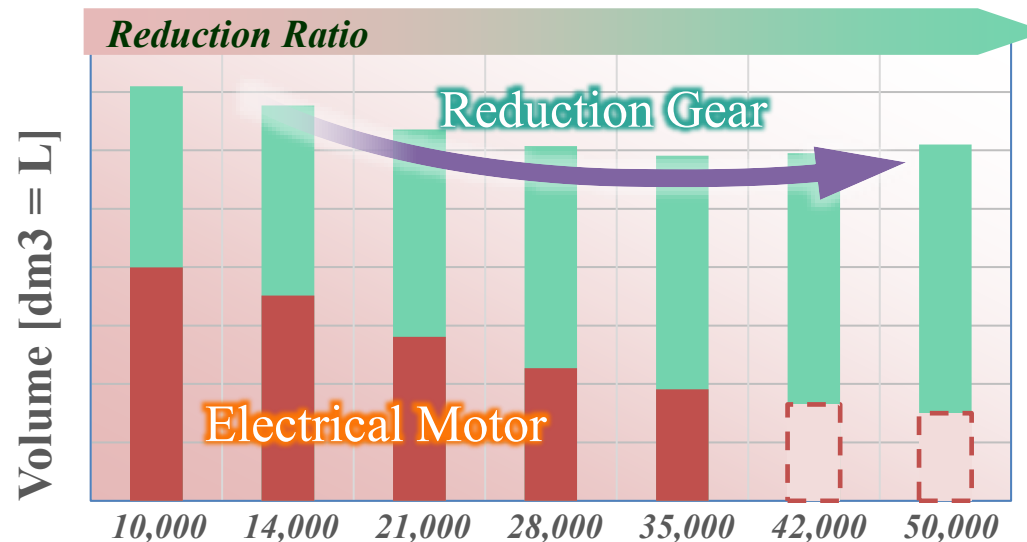
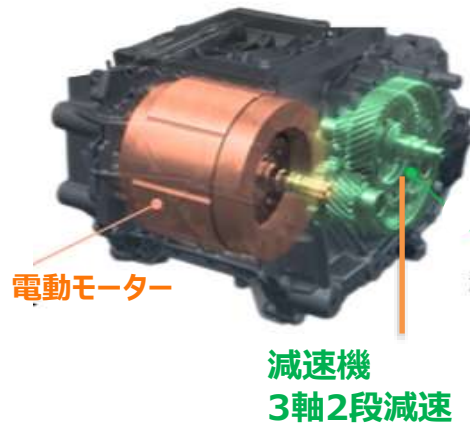
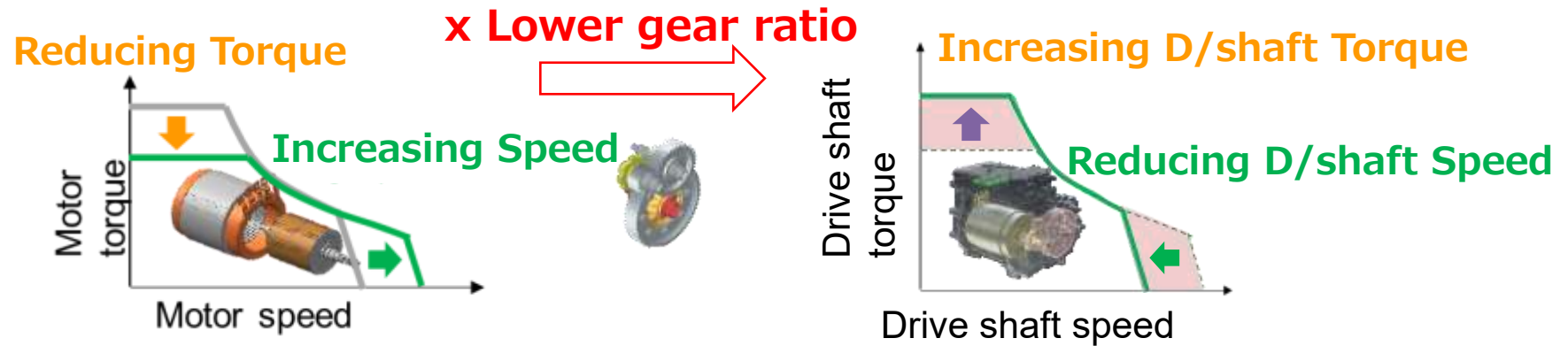


電動モーターの高回転化
= 体積を小さくする
= トルクを落とし回転数で
パワーを出す



参考：On the Impact of Maximum Speed on the Power Density of Electromechanical Powertrains, Vehicles 2020, 2, 365–397
E-MOTIVE - 10th Expert Forum Electric Vehicle Drives
12–13 September, 2018 in Stuttgart, Germany

高回転モーターには高減速比が必要.高減速比を成立させるには減速機の軸間距離拡大など小型化と背反する対策が必要となる場合がある

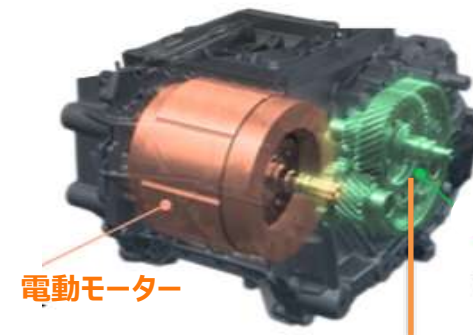


3軸2段減速機で対応する場合、ある一定以上の高減速比のためには、軸間の拡大などの対応が必要

参考：On the Impact of Maximum Speed on the Power Density of Electromechanical Powertrains, Vehicles 2020, 2, 365–397
E-MOTIVE - 10th Expert Forum Electric Vehicle Drives
12–13 September, 2018 in Stuttgart, Germany

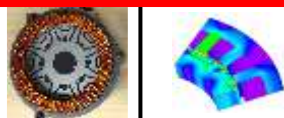
電動PTユニット全体として超高回転超小型化を実現する技術研究が必要

電動パワートレインユニット (主要3要素：減速機、モータ、インバータ)



(←良)
サイズ・質量

モーター回転数UP
に伴うモーター本体
のメリット追究



機械要素の背反抑制追求

- ・高減速比機構複雑化
- ・冷却・潤滑機能追加
- ・振動対策追加 等

超高回転 (5万rpm超)

モーター回転数 (rpm)

超高回転化(5万rpm超)による超小型電動PTユニット全体の技術課題は 多岐にわたり,それぞれの難易度も高い

モーター・インバーター

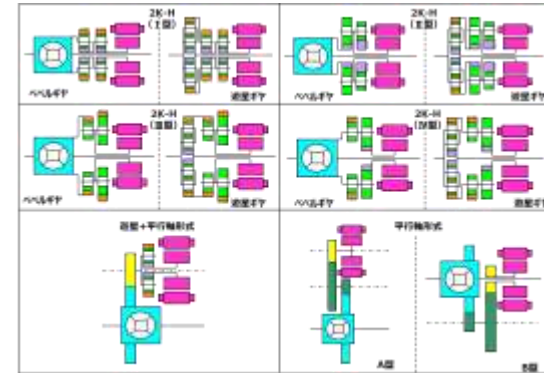
- ・鉄損、コイル損失
- ・熱
- ・共振電磁力
- ・電流制御
- ・電蝕

モーター軸・ハウジング

- ・ロータ回転軸連結（振動、摩耗）
- ・ステータハウジング連結

ギヤシステム

- ・超高減速比 30程度必要
- ・小型・高効率（低損失）
- ・支持構造（ミスアライメント）
- ・遠心力



減速比30の小型ギヤトレインの構成案一例

＜滴下試験 東京大学＞



従来 超高回転領域

ギヤ(歯車)・回転軸

- ・歯車強度（静的、疲労）
- ・歯面摩耗
- ・噛合い起振力
- ・小型化



減速比: 30程度

潤滑・冷却システム

- ・潤滑(冷却)油供給
- ・冷却手法
- ・ポンプロス（フリクション）
- ・オイル性状



軸受け・オイルシール

- ・支持性能
- ・強度
- ・潤滑
- ・損失



音・振動 (NV)

- ・高周波振動（機械的、電氣的）
- ・うなり
- ・共振



出力回転(タイヤ軸) : 約1600rpm

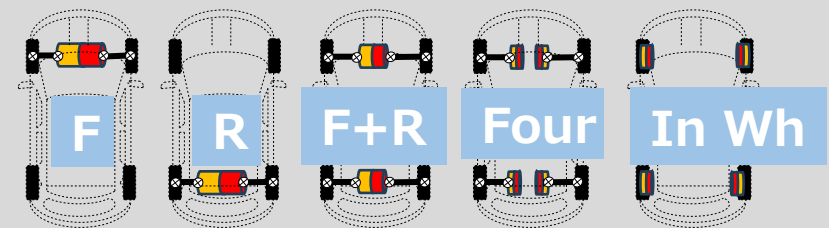
※ 5万rpm超高回転のユニット実験装置の前例なく大きな課題

TRAMIの超高回転化超小型電動PT研究によって得られる技術は
多種多様なモビリティ・駆動方式・電動PTの製品開発に用いられ
日本の自動車産業全体の競争力を向上させる

For Wide variety of Mobility



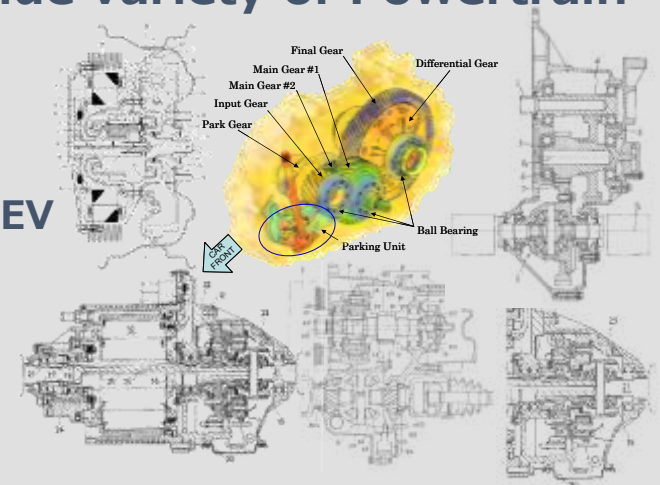
For Wide variety of Drive system



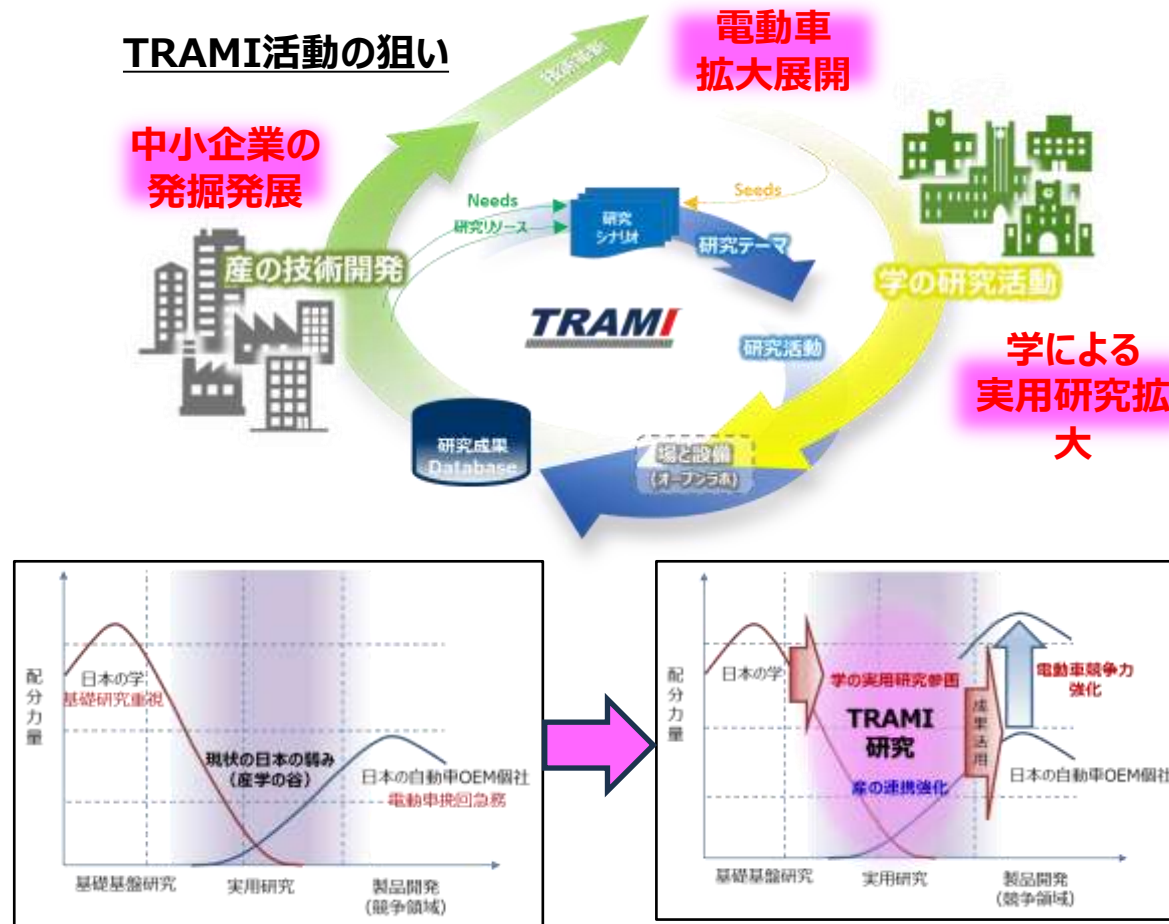
TRAMIの超高回転超小型PT研究

For Wide variety of Powertrain

- BEV
- PHEV
- HEV
- Mild-HEV
- FCV



TRAMIの超高回転超小型PT研究を通じ、産産の連携強化と産学連携により産学間の谷を埋め、日本の自動車産業の更なる活性化に貢献して行く



Two TRAMI model cars, which are small-scale radio-controlled vehicles with a distinctive blue and white livery, are shown on a grey track. The cars are positioned diagonally, one in the foreground and one in the background, both facing towards the right. They have a sleek, aerodynamic design with visible suspension and wheels.

今後も未来の可能性を広げる技術研究に
貢献していきたいと思います
ご清聴ありがとうございました

TRAMI研究方針

森 淳弘
運営委員
(日産自動車株式会社)

■ TRAMIは電動PT技術研究においてTRL領域を深化しTRL3～5を重点化

狙い：TRAMI研究成果の実用化促進

TRL (Technology Readiness Level) : 技術成熟度

*定義
ユニットレベル：電動パワートレイン用ユニット、制御含む
サブユニットレベル：減速機、モータ、インバーター、制御
部品レベル：ギヤ、軸、軸受け、ローター、ステーター
基礎レベル：試験片、模擬品

TRL	定義（一般）	TRAMI	
1	基本原理・現象の解明 Initial idea	基礎レベルの実証	
2	原理・現象の定式化 Application formulated	部品レベルの実証	
3	技術コンセプトの実験的な証明 Concept needs validation	サブユニットレベル 台上実証・サブユニットシミュレーション実証	
4	試験環境下での初期プロトタイプ実証 Early prototype	サブユニットレベル(ユニット搭載想定) 台上実証・ユニットシミュレーション実証	
5	想定使用環境下での機能別大型 プロトタイプ実証 Large prototype	試作ユニットレベル(車載想定) 台上実証・車載シミュレーション実証	
6	想定使用環境下での統合プロト タイプ実証 Full prototype at scale	製品開発研究	製品向けユニット 試作品の車載検証
7	商用前実証によるソリューション検証 Pre-commercial demonstration		生産ライン試作品の 車載検証
8	実機での初期的商用稼働 First-of-a-kind commercial	製品供給	初期量産
9	実環境下での商用稼働 Commercial operation in relevant environment		本格量産

基礎/部品レベル実証



試作サブユニット・ユニットレベル実証 重点化



製品開発研究 TRAMI成果を各社で活用



各企業の製品開発に役立つ「小型・軽量・高効率」実現技術

高回転化基礎基盤研究

革新を支える要素技術を創出



モータ小型化技術

ギヤ小型化技術

損失低減技術

潤滑技術

熱冷却技術

NV抑制技術

電動PT製品開発研究

各企業の競争力ある製品開発に活用

超軽量ユニット

超高回転
超小型ユニット

超高効率ユニット

ユニット

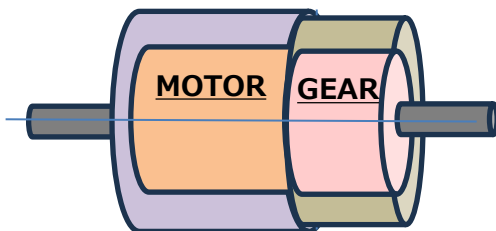
インホイール
ユニット

新発明
電動ユニット

TRAMI研究

5万rpm超高回転試作システム実証研究

実機検証を行い実現技術を構築



小型・軽量・高効率
ユニットシステム
・5万rpmモータ
・減速比30
・INV制御

PoC(Proof of Concept) ユニットイメージ

超高回転電動PTシステム 「小型・軽量・高効率」実現技術群

電動PTユニットシステム技術（実証）
（性能予測モデル化技術、実機評価技術・・・）

超高回転
モータ技術

超高回転
減速機技術

超高回転
INV技術

鉄損、銅損
冷却技術・・・

超高回転ギヤ
潤滑技術・・・

超高回転ギヤ
効率予測・・・

高周波
制御技術・・・

■ TRAMIの目指す超高回転(5万rpm超)電動パワートレインの研究は モーター技術だけでなくシステム全体での技術的ブレークスルーが必要

電動システム課題例

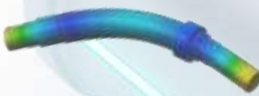
□モーター・インバーター超高回転化対応

- ・高遠心力対応ロータ強度設計技術
- ・曲げ共振強度
- ・鉄損、コイル損失
- ・高周波電流制御
- ・電食抑制制御

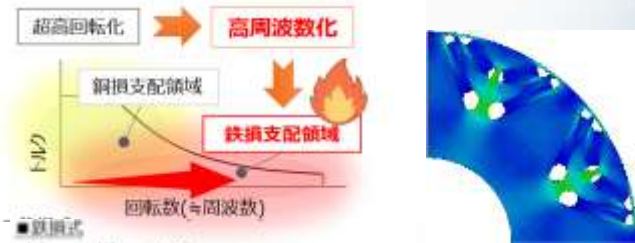
$$F = mr\omega^2$$

F:遠心力, m:重さ
r:半径, ω :回転数

回転数の三乗でUP
する遠心力を克服



曲げ共振強度解析例



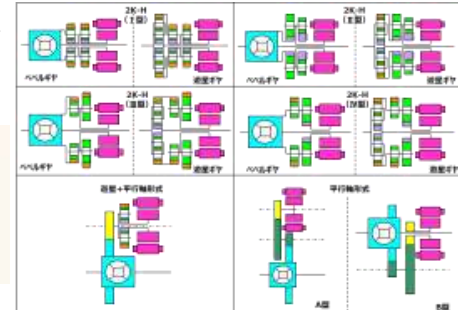
超高回転化と損失傾向

ロータ遠心強度解析例

減速システム課題例

□高減速比(30)必要、超高回転遠心力対処

- ・小型・高効率(低損失)ギヤシステム
- ・超高回転時の遊星ギヤ挙動解明
- ・遠心力対応構造

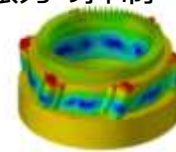


減速比30の小型ギヤトレインの構成案一例

音・振動の課題例

□高周波数の音・振動の低減/対処

- ・機械的、電気的な高周波加振力の抑制
- ・振動伝達低減・共振対処
- ・高周波音抑制
- ・快音化

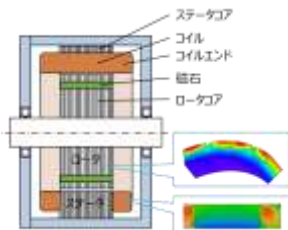


□小型ギヤ・軸強度成立性

- ・歯車強度(静的、疲労)
- ・歯面摩耗
- ・噛合い起振力
- ・材料、熱処理、表面処理

潤滑・冷却の課題例

□小型化による熱容量・放熱面積減少



- ・モータ内部の温度センシング
- ・効果的な冷却手法
- ロータ冷却構造
- ステータハウジング構造

□超高回転状態の潤滑成立性

- ・高回転部・高速摺動部の潤滑手法(ジェット、遠心油圧、気液、ミスト)
- ・攪拌損失を伴わない潤滑システム
- ・潤滑冷却性に優れるオイル特性



5万rpm超ギヤでは潤滑油供給困難

■ 5万rpm超高回転PTシステムの重要課題と解決のための技術ニーズを設定し研究テーマを企画

新規性の高い課題					技術ニーズ メカニズム解明(可視化)、モデル化	技術ニーズ 性能向上技術
					28	35
電動システム	超高回転	ロータ高回転	ロータ芯ずれ振れ回り大	回転アンバランス振動大	ロータ支持構造による芯ずれ予測技術	芯ずれ抑制ハード技術
					調芯メカニズム解明	調芯制御技術
			ロータ共振大		ロータ共振メカニズム解明	ローター共振制御
						高回転シャフト強度向上技術
			ロータ部遠心力大	コア材強度	積層鋼板強度解析	積層鋼板強度/磁気回路両立技術
					磁石強度	磁石強度/磁石特性両立技術
			ロータ攪拌大	攪拌損失大	オイル飛散、攪拌予測技術	冷却オイル流れ制御
					オイル泡立ち	攪拌抵抗低減油（オイル技術）
			ロータ回転気流大	風損大	ロータ周り気流予測技術	泡立ち低減技術（オイル技術）
						ロータ風損低減技術
			ギャップ差回転大	ギャップ剪断抵抗大	ギャップ（オイル混相）状態予測/可視化技術	ギャップ引きずり低減技術
			ロータシャフトBRG回転速度大	BRG損失大/温度高	BRG潤滑状態予測技術	各部BRG潤滑技術
					BRG保持器強度	BRG耐高回転化技術（高dmN化）
			電流、電圧大	銅損大	伝熱予測推定/可視化	高熱伝導材開発（絶縁、熱伝導両立材料）
					EMC影響大	電磁対策/電磁ノイズキャンセル
		制御周波数大	磁気回路損失大	鉄損大	鉄損発生メカニズム解明	低鉄損積層鋼板（アモ→生産課題）
					発熱予測推定/可視化	高熱伝導/冷却手法開発
			銅損（表皮効果影響）大		表皮効果推定	アルミ線活用開発 リッツ線活用開発
					発熱予測推定/可視化	高熱伝導/冷却手法開発
		高速スイッチング	制御系損失大	低インダクタンス化	低インダクタンスモータ制御系モデル化	低インダクタンスモータ制御手法研究
			制御速度高速化	制御ノイズ大	制御波形、ノイズ把握	ノイズ対応制御手法構築
					制御応答化	マルチサンプリング制御手法
	小型化	モータ部全長短縮	ステータ積厚低減	電圧、電流、巻数大⇒銅損大	損失、発熱予測推定/可視化	冷却手法開発
					伝熱、熱抵抗モデル	オイル（⇒水）への高効率熱交換手法
			ロータ積厚低減	磁力強化	逆起トルク解析	逆起低減、可変界磁技術
						コイルエンド小型工法（プレス、絶縁技術）
			コイルエンド体格低減	コイル成型性		コイルエンド小型工法（接合、絶縁技術）
					コイル端子接合性	
		モータ部小径化	ステータ小径化	磁気回路小型化	小型磁気回路モデル化	磁気回路高効率化
					電圧、電流、巻数大⇒銅損大	損失、発熱予測推定/可視化
					伝熱、熱抵抗モデル	冷却手法開発
						オイル（⇒水）への高効率熱交換手法
			ロータ小径化	磁気回路小型化	小型磁気回路モデル化	磁気回路高効率化
					磁力強化	逆起トルク解析
		絶縁(空間、沿面)距離短縮		絶縁膜信頼性	絶縁、短絡モデル化	絶縁性向上（絶縁膜）
		レゾルバ配置	レゾルバ被磁気干渉	回転数誤検出	磁気干渉予測、モデル化	磁気シールド活用、信号読取り技術
						高回転数計測技術

■ 5万rpm超高回転PTシステムの重要課題と解決のための技術ニーズを設定し研究テーマを企画

新規性高の課題				技術ニーズ メカニズム解明(可視化)、モデル化 16		技術ニーズ 性能向上技術 29			
減速システム	高回転	アンバラ影響大	遊星SCR芯ずれ振れ回り大		回転アンバランス振動大	遊星SCR支持構造による芯ずれ予測技術	芯ずれ抑制技術		
					遊星ギヤ噛合い反力アンバランス大	調芯メカニズム解明	調芯作用向上技術		
					ギヤミスアライメント大による噛合い性能悪化				
		遠心力大	遠心力変形大	ギヤミスアライメント大による噛合い性能悪化		遊星ギヤシステムの遠心力と噛合い反力を考慮した変形予測技術	変形量抑制構造技術		
						遊星ミスアラバターの噛合い性能影響予測	ミスアライメントに寛容な歯面形状設計技術		
				歯面油膜切れ	歯面損傷	遊星歯面潤滑状態予測技術	遊星歯面潤滑技術		
						歯面強度向上技術（材料、熱処理、コーティング等）			
						歯面油膜保持性向上テクスチャ技術			
						歯面油膜保持性向上オイル（オイル技術）			
						高回転に適した添加剤配合（拡散・吸着） （回転領域ごとに最適値あり適合要素）			
		相対速度大	歯面滑り速度大	歯面温度高	遊星歯面温度予測技術	歯面μ低減技術			
							遊星歯面摩耗形状予測と面圧分布予測技術	面圧分布平準化する歯面形状設計技術 （ミスアライメント、摩耗考慮）	
							遊星歯面冷却性能予測技術	歯面冷却・潤滑技術	
					軸支持部相対速度大	BRG温度高	潤滑状態予測技術	各部BRG潤滑技術	
							保持器状態予測（BRG技術）	BRG耐高回転化技術（BRG技術）	
				メタルブッシュ温度高		潤滑状態予測技術	メタルブッシュ潤滑技術		
								メタルブッシュ耐高回転化技術（相手側面性状含）（メタルブッシュ技術）	
								潤滑油攪拌大	潤滑油回収システム設計技術（キャッチタンク回収・ドライザンシステム）
								潤滑油飛散大	潤滑油流動予測技術
						潤滑油回収不足	潤滑油流動予測技術	潤滑油回収システム設計技術（キャッチタンク回収・ドライザンシステム）	
								気液分離技術（遠心分離機など）	
						泡立ち低減技術（オイル消泡剤凝集対策）（高回転領域対応消泡剤での効果検証）			
						潤滑油配給不足	潤滑油配給予測技術		
					潤滑油配給予測技術	潤滑油量油分配最適化技術（油路圧損・必要油量・油圧）（潤滑方法適正化）			
							高周波数化	高周波振動伝達予測技術	
							高周波振動伝達抑制技術		
							高周波放射音抑制技術		
小型	熱容量・放熱量小			油温高	ユニット油温予測技術	油温コントロール技術			
	内容量小	ブリーザ機能不足	潤滑油漏れ			ミスト・泡発生抑制技術（オイル技術）			
	強度不足	軸強度不足				軸強度向上技術（材料、熱処理）			
		歯元強度不足				歯元強度向上技術（材料、熱処理）			
		歯面強度不足				歯元強度向上技術（材料、熱処理、表面処理）			

	 現在取り組みテーマ	 充足必要なテーマ
モーター 	✓ 可変磁力モータ ✓ 鉄損・銅損・風損解析 ✓ 共振抑制構造・制御 13 テーマ	✓ 出力密度向上と損失低減 ✓ 強度向上 ：
減速機 	✓ マイクロピッチング防止 ✓ トラクション伝達 ✓ 磁気ギヤ 7 テーマ	✓ 小型な高減速機構 ✓ 高強度、低損失 ：
潤滑・冷却 	✓ 高回転環境の潤滑供給 ✓ オイルジェット潤滑 ✓ マイクロバブル 5 テーマ	✓ 超高回転下でのオイル散布 ✓ 適切な各部の冷却 ：
音・振動 	✓ ラトルノイズ予測 ✓ 高周波振動伝達予測 ✓ インバータ音の評価指針 4 テーマ	✓ 高周波音、振動の抑制 ✓ 共振の回避 ：
他 	✓ 磁石温度の計測技術 ✓ 電食解析の計測技術 ✓ 高回転技術調査 4 テーマ	✓ 超高速領域の解析、計測 ✓ 異業種技術の取り込み ：
	全 32 テーマ	

■ 各グループ毎の2026年度 研究テーマ リスト全32 (1/2)

研究会	2026年度 研究テーマ	委託先予定	研究Gr
機械摩擦・熱研究委員会 (5テーマ)	高速回転歯車の信頼性確保可能な摩擦設計手法の確立★	東京理科大学	A
	遊星歯面潤滑冷却メカニズム解明★	東海大学	
	高速で駆動される歯車のマイクロピッチング防止設計方法の研究	鳥取大学	
	超高回転遊星機構の挙動と性能の解明★	東海大学	
	磁気ギャと小型モータを一体化にしたモータシステムの研究	芝浦工業大学/横浜国立大学	
流体摩擦・熱研究委員会 (6テーマ)	高回転ギャへのオイルジェット潤滑の有効性	弘前大学	C
	潤滑液飛沫の研究	東京大学	
	潤滑状況に応じたCFD実用化技術★	数値流体力学コンサルティング	
	マイクロバブル析出技術と騒音低減技術の研究	横浜国大学	
	高回転下における軸心給油潤滑に対する影響パラメータの研究	神戸大学	
	ミストを伴う高速オイル流れの研究★	大阪大学	
電動化研究委員会 (12テーマ)	超高回転小型モータにおける低損失化・冷却手法の研究★	横浜国立大学	E
	コア材の材料依存による高周波鉄損の実測と特性把握★	千葉大学	
	超高回転モータにおける巻線設計の最適化研究★	東京電機大学	
	超高回転モータの電磁特性と機械強度を両立するための設計手法確立★	岡山大学	
	DVAを応用したモータの円環および、周方向振動モードの共振抑制技術の研究★	名古屋工業大学	

★ : 2026年度から始まる新規テーマ

■ 各グループ毎の2026年度 研究テーマ リスト全32 (1/2)

研究会	2026年度 研究テーマ	委託先予定	研究Gr
電動化研究委員会 (12テーマ)	超高回転におけるモーター構造と損失との関係性解明	岡山大学	E
	モータ電磁加振力の高精度予測とNV原因の解明	横浜国立大学	
	超高回転モータにおけるゲート駆動の在り方	横浜国立大学/東京大学	
	超高回転における冷却手法の設計指針 と 評価手法可視化の研究★	横浜国立大学/弘前大学/神戸大学	
	超高回転モータドライブシステム向けモータコントローラと制御技術★	東京理科大学	
	超高回転モーター成立のためのベアリング電食抑制手法の確立★	北海道科学大学	
	多相多重モータによるシステム小型化検討★	横浜国立大学	
音振動研究委員会 (3テーマ)	ラトルノイズ：遊星ギヤ衝突加振力予測★	東京科学大学/愛知工業大学/島根大学	F
	高周波ドライブトレイン振動伝達予測	中央大学	
	インバータ音 評価指針の構築	中央大学	
計測技術研究委員会 (4テーマ)	モータ部品内部温度分布計測技術の研究	長岡技術科学大学	G
	電食現象を分析・解析する為の計測技術研究	横浜国立大学	
	ギヤ嚙合部の油膜形成と破断を評価する計測手法の研究	横浜国立大学	
	高速摺動部の低ノイズ電気信号伝達技術の研究★	名古屋大学	
合同調査研究委員会 (2テーマ)	トッランナー高回転ユニット調査 モータ熱冷却調査★	(TRAMI)	H
	超高回転技術調査★	(TRAMI)	

★：2026年度から始まる新規テーマ

会員のうれしさ

宮崎 剛枝
運営委員
(株式会社アイシン)



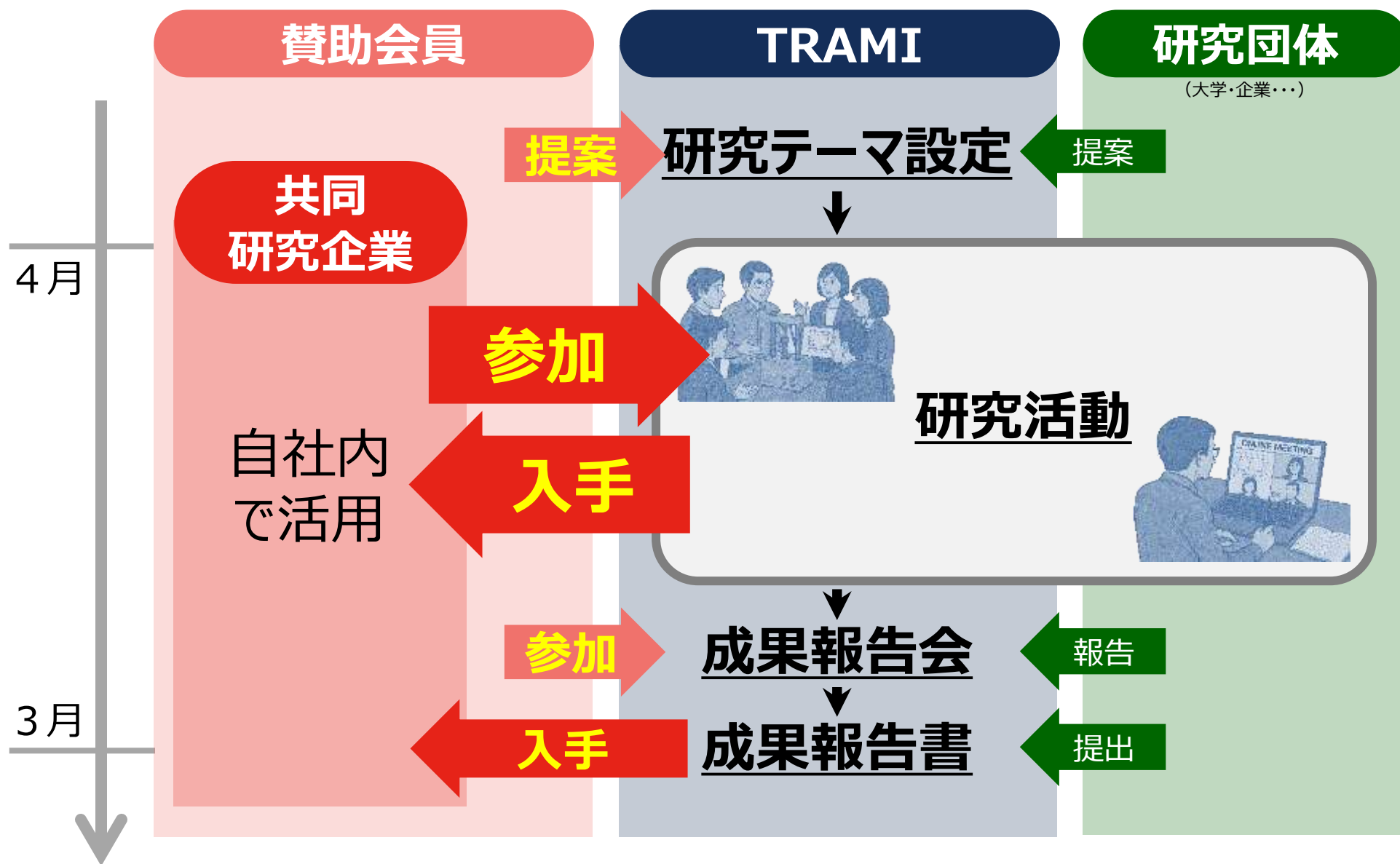
**産業力の底上げ
科学技術の発展**



より多くの方にTRAMIを知っていただきたい！



500人超



TRAMI活動への参画

✓ 動向を知ることができる。

OEMの課題認識・ニーズ...

✓ 学びが得られる。

高度な専門知識、
突っ込んだ研究、イベント参加...

✓ 人脈が広がる。

議論に参加、
OEM・大学との交流...

企業のメリット

✓ 技術 人財 の成長

✓ 事業先の拡大

※企業はTRAMIとは無関係に事業活動を行う

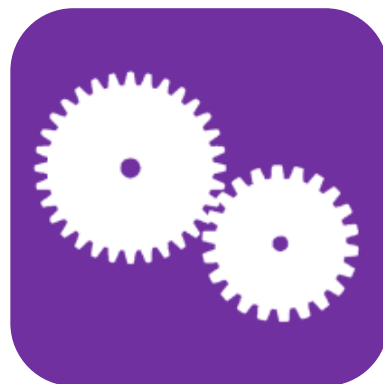
II

TRAMIの理念

産業力の底上げ
科学技術の発展

第2部

ポスターセッション



研究グループ A
機械摩擦・熱研究委員会

明田 隆仁
研究委員会リーダー
(ダイハツ工業株式会社)

【テーマ名】 高速回転歯車の信頼性確保可能な摩擦設計手法の確立			【研究委託先】 東京理科大学
【研究目的】 高速回転歯車の信頼性確保可能な設計する為に、高速回転歯車使用条件における摺動面の摩擦/摩耗に影響する因子から耐摩耗性の予測モデル構築する			
【研究内容】 高速回転歯車の使用条件を想定して潤滑油粘度/摺動面の添加剤量/すべり速度/面圧等を変化させたときの、摩擦/摩耗に関連するパラメータである添加剤被膜の生成、摩擦係数や摩耗量等を調査し、耐摩耗性の予測モデルを構築する。 技術に裏付けされた上記モデルを活用することで、 超高回転でも信頼性確保可能な潤滑油や潤滑量、ギヤ表面粗さなどの初期設計段階で諸元を決定可能となる			
【研究成果】			【参考論文・文献】
2026年度	2027年度	2028年度	
高速回転時の摩擦状態を疑似的に再現した試験で被膜形成の時系列結果を取得し、高回転条件での被膜形成メカニズムを解明する。 オープンラボを使用し、スカuffing発生に対する被膜形成メカニズムの実機検証を行う	高回転条件での被膜形成メカニズムから耐摩耗性予測モデルを構築する。 オープンラボを使用し、スカuffing発生に対する耐摩耗性予測の実機検証を行う	耐摩耗性予測モデルから、潤滑油、潤滑量、ギヤ面粗度などを決定し、ユニット諸元へ設計反映をする オープンラボを使用し、高回転歯車の信頼性確保に対する設計値を耐久試験で実機検証する	[1] The Influence of Slide-Roll Ratio on the Extent of Micropitting Damage in Rolling-Sliding Contacts Pertinent to Gear Applications, Pawel Rycerz, Amir Kadiric (Imperial Collage London), Tribology letters, Vol. 67, No. 63(2019). [2] AFM摩擦面その場観察によるZDDPと有機系FM複合添加潤滑油中の反応膜の生成過程と潤滑メカニズムの調査, 佐藤 魁星, 大内 春花, 大久保 光, 渡部 誠也, 佐々木信也(東京理科大学), トライボロジスト, Vol.67, No.5(2022). [3] スペックルコントラスト法による表面粗さ検出における簡便な検量線構築と表面粗さの検出, 和田卓也, 児山祥平, 石澤広明(信州大学), 照明学会誌, Vol.103, No.6(2019).

【テーマ名】 遊星歯面潤滑冷却メカニズム解明

【研究委託先】 東海大学

【研究目的】 歯面を効果的に潤滑/冷却できる技術を獲得し、歯面強度に影響無く、機械抵抗を最小限とする潤滑状態を実現する。

【研究内容】

・歯面潤滑可視化（流量、膜厚などの計測）技術

トラクションローラー可視化技術を発展させ、ギア歯面可視化に適した実験設備や方法、条件などを構築する。
遠心力を加味した回転体接触部の潤滑状態の可視化を行い、定量化する。

・歯面テクスチャ等による潤滑技術

潤滑改善のためのディンプル等テクスチャーを複数試作。
上記可視化技術による歯面触部の油膜形成状況（油膜厚さ分布）や
歯面の冷却効率との相関を求め効率の良い潤滑方式を提案する。

・歯面潤滑状態の予測技術

公転や遠心力を考慮したギア歯面の油膜厚さ分布やギア周囲の潤滑油の流れなどを、
潤滑条件（油供給方向や油量）から予測する。

歯面の内側から可視化する

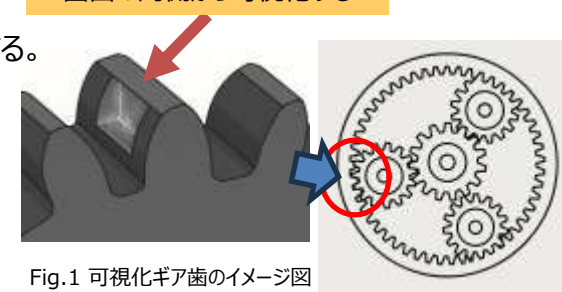


Fig.1 可視化ギア歯のイメージ図

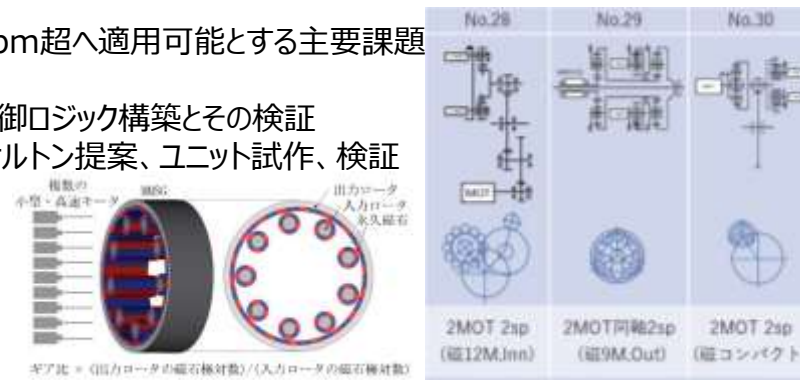
【研究成果】

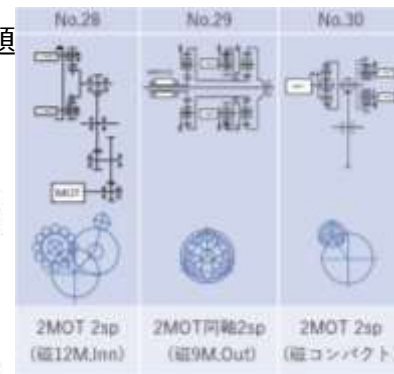
2026年度	2027年度	2028年度
・従来試験装置での2歯ローラーによる可視化試験（歯面可視化技術の検証） ・油膜形成状況から見たテクスチャー形状の検証結果 ・遊星ギア歯面可視化装置の設計および導入	・2歯ローラーや遊星ギア可視化装置による可視化試験（歯面可視化技術の確立） ・歯面の最適な油膜状態を作る潤滑油供給方法の提案（テクスチャー形状、オイル供給方向など）	・入力5万rpm相当条件での遊星ギア可視化装置によるギア歯面油膜厚計測 ・油膜形成状態からの遊星ギア歯面の潤滑・冷却設計手法の提案 ・ギア歯面接触部の潤滑状態予測（歯面の冷却）に関する数値解析

【参考論文・文献】

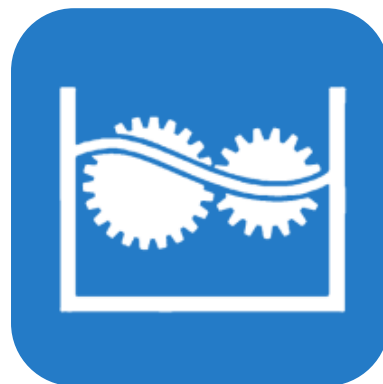
- 1) E. V. EMDEN, C. H. VENNER & G. E. MORALES-ESPEJEL : Aspects of Flow and Cavitation around an EHL Contact, Tribology International, 95 (2016) 435.
- 2) 大津：弾性流体潤滑におけるキャビテーションに関する研究，九州大学学位論文(2012)。
- 3) J. PEMBERTON & A. CAMERON : A Mechanism of Fluid Replenishment in Elastohydrodynamic Contacts, Wear, 37 (1976) 185.
- 4) 平・落合：高荷重下のトラクションドライブにおける周速の増加によるキャビテーションの変化および油膜破断の観察，トライボロジスト，64，9（2019）562。
- 5) 寺内、野西：光干渉法による歯車歯面における弾性流体潤滑油膜の測定
機論C編62巻598号1996 6

【テーマ名】 超高回転遊星機構の挙動と性能の解明		【研究委託先】 東海大学
【研究目的】 超高回転・小型軽量・高効率電動PTとしてTRAMIにて検討中のユニットには遊星歯車機構が採用されている。超高回転時の課題抽出の為、ユニット相当の遊星機構を製作し、超高回転での性能計測と挙動把握を行う。同時に遊星型トラクション機構の計測も行う事で、さらなる性能伸長(小型軽量・高効率化)の可能性を探る。		
【研究内容】 ・ユニットに実装可能なサイズの遊星トラクションと遊星歯車の、超高回転(5万rpm超)条件下での性能計測および挙動把握を行う。 ・上記の結果より超高回転時の課題を抽出。検証結果を改良仕様および高負荷ユニット研究へFBする。 ・関連研究(潤滑、歯車、NVH、計測技術)を行っているチーム/研究会と連携を行い、超高回転遊星機構の計測、実装に向けた課題を解決する。 1)FY26 ユニットに実装可能な遊星機構(トラクション&歯車)および、超高回転での評価が可能な試験設備を設計、製作する（低出力・固定押付け）。 2)FY27～28 低負荷・高回転時の遊星機構の挙動および性能(効率・振騒)計測を行い、超高回転時の課題出しと性能予測を行う。得られた課題から実装にむけた改良仕様の提案および設計を行う。 3)FY29～30 改良仕様の製作と性能計測。高負荷での運転が可能な試験機を用いた性能把握評価を行い、ユニット適用可能な技術構築を行う。 低負荷・高回転設備想定 ・モータ出力：15kW ・駆動回転数：50,000r/min		
【研究成果】		【参考論文・文献】
2026年度 ・ユニットに実装可能な遊星機構(トラクション&歯車)および、超高回転での評価が可能な試験設備を設計、製作する ・既存の研究成果を用いて、遊星型のトラクションと歯車を用いた際の性能を机上検討する。	2028年度 ・低負荷・高回転時の遊星機構の挙動および性能(効率・振騒)を実測する。 ・超高回転時における遊星機構の課題出しと、改良仕様の設計を行う。 ※28年度末時点で課題を整理し、以降の計画を別途検討する。	2030年度 ・検証として改良仕様の製作と性能計測を実施する。(低負荷) ・改良仕様の高負荷性能計測を実施し、ユニット適用時の性能予測、課題出しと解決手法の提案を行う。
[1] T. Someya, H. Okano and H. Okamura, A Development of a Traction Roller System—A Study on ITS Torque Capacity, Proceedings of the 19th International Fisita Congress, Melbourne (1982), pp. 8-12. [2] A. Nasvytis, Multiroller Planetary Friction Drives, SAE Transactions Vol. 75, SECTION 3: Papers 660463-660786 (1967), pp. 760-771. [3] Takeshi Yamamoto, Yoshitaka Miura, Yuuki Matsushita, Shin Hashimoto, High-Speed 50,000 rpm Planetary Roller Reducer for Electric Vehicles: Design and Transmission Efficiency Analysis ,ASME, J. Tribology, Vol.147, No.5 (2024), 051102. [4] Daniel Schweigert, Results of the joint project Speed4E, efficiency and vibration behavior of the high-speed gearbox, E-MOTIVE Expert Forum Electric Vehicle Drives, 2022		

【テーマ名】 磁気ギヤと小型モータを一体化にしたモータシステムの研究		【研究委託先】 芝浦工業大学/横浜国立大学					
【研究目的】 高効率化と小型軽量化に大きなポテンシャルが想定される「磁気ギヤと小型モータを一体化にしたモータシステム」を研究する。 本研究では、車両要件を織り込み、他の電動駆動スケルトンに対する実現性と優位性を見極める。							
【研究内容】 先行研究の「磁気ギヤを用いたEV用モータシステムの開発」[1][2]に対し、TRAMIの5万rpm超へ適用可能とする主要課題として、以下の3課題を研究する。 (1)磁気ギヤ同期安定性 急加速急減速時の磁気ギヤ同期不良を回避するための制御ロジック構築とその検証 (2)小型軽量化 他の電動駆動システムに対して優位性を見極めるため、スケルトン提案、ユニット試作、検証 (3)連続性能、冷却性 システムの信頼性問題の抽出と対策提案、およびその検証 TRAMI 5万rpm超前提 ・モータ回転数：50,000 r/min ・モータトルク：103Nm ・モータ出力 ：150 kW							
【研究成果】							
<table><tr><th>2024年度</th><th>2025年度</th><th>2026年度</th></tr><tr><td>(1-1)検討前提スケルトンの決定 (2-1)同期安定性向上のための制御ロジック構築と、同ロジックの実験検証 (主要諸元のロータサイズ等を仮定の上、イナーシャトルクに対する磁気トルクを比較し、不足分を制御で補足) ★FY24末にFY25,FY26の見通しを決心する。</td><td>(2-1) スケルトンの追加検討 ・高速化による高出力密度化かつ高効率化、 ・モータ型式(PMSM, IM, 混合)の選定 ・モータの冷却性能を満たすシステム (2-2)モータ台数切替動作時の同期安定性の検証 (3-1)モータ試作, モータ性能の実験検証 ・モータの出力密度, 効率 ・モータ1台分の冷却性能</td><td>(3-2)磁気ギヤの試作, 磁気ギヤシステムの実験検証 ・磁気ギヤの伝達トルク, 伝達効率 ・システム（磁気ギヤ+全モータ）の出力密度, トルク密度 ・システムの冷却性能</td></tr></table>			2024年度	2025年度	2026年度	(1-1)検討前提スケルトンの決定 (2-1)同期安定性向上のための制御ロジック構築と、同ロジックの実験検証 (主要諸元のロータサイズ等を仮定の上、イナーシャトルクに対する磁気トルクを比較し、不足分を制御で補足) ★FY24末にFY25,FY26の見通しを決心する。	(2-1) スケルトンの追加検討 ・高速化による高出力密度化かつ高効率化、 ・モータ型式(PMSM, IM, 混合)の選定 ・モータの冷却性能を満たすシステム (2-2)モータ台数切替動作時の同期安定性の検証 (3-1)モータ試作, モータ性能の実験検証 ・モータの出力密度, 効率 ・モータ1台分の冷却性能
2024年度	2025年度	2026年度					
(1-1)検討前提スケルトンの決定 (2-1)同期安定性向上のための制御ロジック構築と、同ロジックの実験検証 (主要諸元のロータサイズ等を仮定の上、イナーシャトルクに対する磁気トルクを比較し、不足分を制御で補足) ★FY24末にFY25,FY26の見通しを決心する。	(2-1) スケルトンの追加検討 ・高速化による高出力密度化かつ高効率化、 ・モータ型式(PMSM, IM, 混合)の選定 ・モータの冷却性能を満たすシステム (2-2)モータ台数切替動作時の同期安定性の検証 (3-1)モータ試作, モータ性能の実験検証 ・モータの出力密度, 効率 ・モータ1台分の冷却性能	(3-2)磁気ギヤの試作, 磁気ギヤシステムの実験検証 ・磁気ギヤの伝達トルク, 伝達効率 ・システム（磁気ギヤ+全モータ）の出力密度, トルク密度 ・システムの冷却性能					
【参考論文・文献】 [1]相曽 浩平, 赤津 観, 青山 康明, 高速モータシステムに適用可能な磁気ギヤの特性 電気学会研究会資料. VT / [電気学会自動車研究会] [編] 2018 (6-13), 37-42, 2018-07-26 [2]相曽 浩平, 赤津 観, 青山 康明, 磁気ギヤを用いたEV用モータシステムの開発 芝浦工業大学連携推進部 特別教育・研究報告集 53-56, 2021							



【テーマ名】 高速で駆動される歯車のマイクロピッチング防止設計方法の研究			【研究委託先】 鳥取大学
【研究目的】 原動機の高速回転化により想定される高いすべり速度を伴う歯車において、歯面損傷/摩耗につながるマイクロピッチングの影響因子を調査、発生メカニズムを考察し、防止設計へと繋げる。			
【研究内容】 歯車の歯面にくもりとして確認されるマイクロピッチングは、歯面の微小なクラックによる損傷や歯面摩耗による損傷助長や、歯車ノイズ悪化を生じさせる。 マイクロピッチングの設計方法には様々な方法が提案されている。しかしながら、高いすべり条件となる高速回転歯車においてもそれらの設計手法が適用できるかは明らかではない。 そこで、本研究では実際に高いすべり速度を伴う歯車を用い、マイクロピッチングの影響因子を調査およびその発生メカニズムを考察することで、高速回転する歯車におけるマイクロピッチング防止設計手法を明らかにする。			
【研究成果】			【参考論文・文献】
2025年度	2026年度	2027年度	1) ISO/TR 15144-1 Calculation of micropitting load capacity of cylindrical spur and helical gears, ISO (2010). 2) 齋藤良平, 鈴木義友, 松尾 浩司, 表面処理歯車のマイクロピッチングがノイズ特性に及ぼす影響, ジヤトコ・テクニカル・レビュー, No.19(2020), pp. 67-75. 3) 吉田信義, 滝辰彦, マイクロピッチングの発生機構に関する考察, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 74, No. 739 (2008), pp. 702-709. 4) 吉田信義, 馬場建之, 渡邊吉弘, 滝辰彦ローラ試験によるマイクロピッチングの実験的研究, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 73, No. 728 (2007), pp. 1215-1221. 5) 安江 悠好, 弘嶋 誠司, 林田 泰, 松本 将, 歯面の摩擦力を考慮した動力伝達用歯車のマイクロピッチング発生機構の検証, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No828 (2015)
・ 既存試験機にて、マイクロピッチング発生に必要な試験条件を明確化 ・ マイクロピッチングの影響の確認及び発生メカニズムについて仮説を立て、次年度の試験方法および試験水準を策定 ・ 2024年度実施のスカフティング発生予測の継続検証	・ マイクロピッチングの影響因子と発生メカニズムに対する仮説を検証 ・ 上記検証結果に基づき防止設計の方向性を策定	・ 2026年度検証結果に基づき水準試験を実施し、マイクロピッチングの防止設計手法を提案	



研究グループ C
流体摩擦・熱研究委員会

山田 直
研究委員会リーダー
(トヨタ自動車株式会社)

【テーマ名】 マイクロバブル析出技術と騒音低減技術の研究

【研究委託先】
横浜国立大学

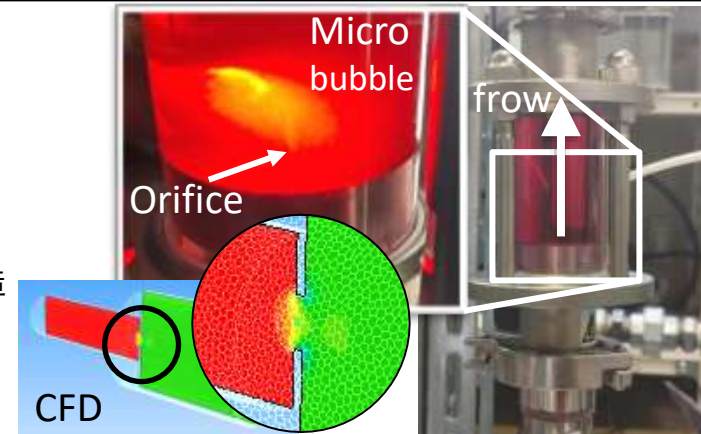
【研究目的】 超高回転を目指すモーターの冷却効率を向上するために、マイクロバブル混入油を活用する技術が検討されている。これを実現するために、油圧回路中にマイクロバブルを析出させる技術进行研究する。また同時に気泡の混入は油圧回路において振動や騒音の発生原因となる為、静粛化技術に繋がる基本特性进行研究する。

【研究内容】

冷却回路にマイクロバブル混入油を供給する為の、車載実用可能なマイクロバブル生成機構を確立する。当研究では、ポンプにより加圧された気泡混入油が減圧部で示す挙動に着目し、混入気泡からマイクロバブルを生成する実用最適な機構とその生成条件进行研究する。

また気泡混入油を加圧/減圧する過程で発生する騒音に対し、効果的な対策を講じる為の基礎研究に取り組む。

FY26では、FY25で特性把握した固定オリフィスの条件を用いて、マイクロバブル生成機構をバルブボディ構造で再現する。そのうえでシステムの騒音計測と吐出オイルの冷却性能を計測。実機の実力を計測する。CFDではFY25で得たモデルと解析諸条件のノウハウを活用し、設計パラメータとマイクロバブル混入油の性状と騒音のレベルを予測。実機の再現と共に、実機では検証できなかった最適パラメータを追及する。



【研究成果】

2024年度	2025年度	2026年度
■ 減圧によってマイクロバブルを生成する車載実用的な機構(バルブ・オリフィス)を提案する。運転条件、機構や仕様の違いによる生成マイクロバブルの特性の違いを提示する。(径、気泡率などを計測する) ■ 加圧～減圧の一連のシステムにおける騒音の計測	■ マイクロバブル生成性能と静音性が高度にバランスする条件を提示する ■ CFDを活用した現象の再現 ・気泡径と気泡率に着目し、FY24の実験結果をCFDで再現 ・コリレーション結果から、CFDにおいて有意にパラメータ化できる条件の見極め	・ マイクロバブル生成システムの冷却性能の確認、実用回路中のシステム静粛性の確認 ・ CFDを活用したパラメータケースタビによる影響度調査(気泡径や騒音原因への影響度)

【参考論文・文献】

- [1] Generation of micro gas bubbles of uniform diameter in an ultrasonic field.
MAKUTA, T., TAKEMURA, F., HIHARA, E., MATSUMOTO, Y., & SHOJI, M.
113-131. Journal of Fluid Mechanics, 548(2006).
- [2] キャビテーションを利用した油の脱気法に関する研究
高橋 智, 鷲尾 誠一, 関 理文, 丁 爾奇,
日本油圧学会論文集, 30 巻 (1999) 5 号
- [3] 油圧剛性と油への気泡の溶解析出に関する研究
法政大学 田中豊教授
2021年度 TRAMI流体制御研究 (21A3-5-03)

【テーマ名】 高回転ギヤへのオイルジェット潤滑の有効性

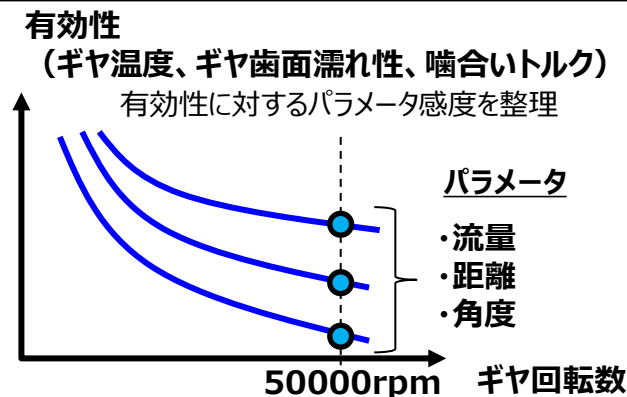
【研究委託先】 弘前大学

【研究目的】 5万rpm超の高速回転するギヤ歯面に対して、オイルジェット潤滑の有効性を探る

【研究内容】

電動P/Tではモーターを小型化するためには、低トルクのモーターとなり減速機はLowギヤ化が進む。結果として、モーターの高回転化が想定され、モーター出力の1軸上ではギヤも高回転している。ギヤ歯面への潤滑供給手法の1つとしてオイルジェットが考えられるが、**高回転**するギヤ周りで噴射された**オイル**がどのような**挙動**を示し、有効な潤滑手法として使用できるかは不明確である。

当研究では、オイルを高回転ギヤ近傍からジェット噴射させ、噴射後のオイルの挙動を**可視化**、**計測**する。さらに、対象物との距離や角度、噴射するオイルの流速等によるギヤ歯面潤滑の**有効性**を**探る**。目標は50000rpm超で回転するギヤだが、代替パラメータによる評価方法も本研究の中で模索していく。
(=より効率的な評価手法の検討)



【研究成果】

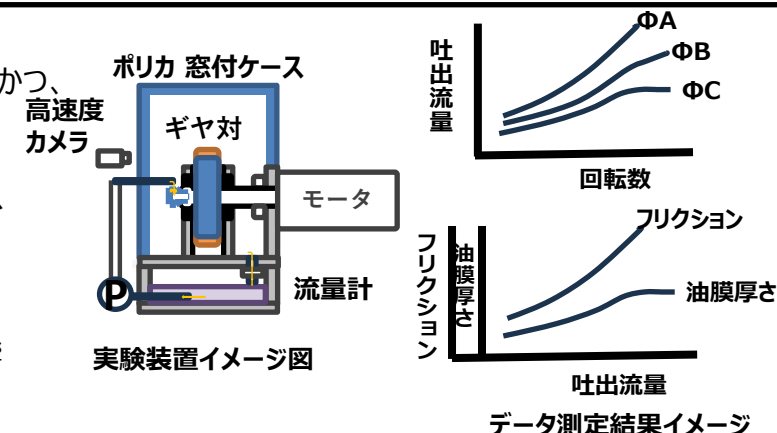
2024年度	2025年度	2026年度
・オイルジェット噴射後のオイル挙動とギヤ歯面を可視化できる装置を設計 ・オイルジェット噴射後のオイル挙動を可視化 オイル環境：液単相 目的パラメータ：可視化 想定ギヤ回転数：停止～5000rpm *オイル挙動を可視化する事で次年度への足掛かりとする	・高速回転するギヤ歯面でのオイル挙動を可視化 ・オイルジェット潤滑の有効性を測る指標(ex.熱計測)の検証 ・50000rpmに向けた装置の設計 オイル環境：液単相 目的パラメータ：可視化、有効性指標(ex.熱計測) 想定回転数：20000rpm～	・オイルジェット潤滑の有効性指標に対するパラメータ感度整理(指標：ギヤ温度、ギヤ歯面濡れ性、噛合いトルク) ・高回転時のオイルジェットのギヤ歯面到達予測手法の確立 ・遊星ギヤ潤滑に対する適用可能性の検討 オイル環境：液単相 目的パラメータ：可視化、有効性指標(ギヤ温度、ギヤ歯面濡れ性、噛合いトルク) 想定回転数：50000rpm超

【参考論文・文献】

[1] Numerical Simulation of Oil Jet Lubrication for High Speed Gears, Antonio Andreini,¹Riccardo Da Soghe,²Bruno Facchini,¹and Lorenzo Cipolla³
International Journal of Aerospace Engineering

[2] High Speed Visualizations of oil Jet Lubrication for Aero-engine Gearboxes Daniele Massini, Tommaso Fondelli, Bruno Facchini, Lorenzo Tarchi, Federico Leonardi Daniele Massini a, Tommaso Fondelli a, Bruno Facchini a, Lorenzo Tarchi b, Federico Leonardi c

【テーマ名】 高回転下における軸心給油潤滑に対する影響パラメータの研究		【研究委託先】 神戸大学						
【研究目的】 高回転下のギヤ歯面潤滑に関し、オイルポンプなどの損失が無い高効率な潤滑システム実現のため、軸心（歯車歯底）からの遠心給油潤滑の研究を行う								
【研究内容】 - 高回転（モータ 5万rpm超）下において、ギヤ歯面への軸心給油が、潤滑として有効に機能し、かつ、フリクション増加を抑制した高効率な手段と成り得ることのデータでの裏付け（可視化、グラフ化） - 潤滑とフリクションの最適バランス探索の為、潤滑有効性（噛合い発熱抑制、抜熱、油膜厚さ）と、跳ね返り（フリクション増加）に対する、給油吐出量影響パラメータ（穴径・穴長さ・OIL粘度・etc）の感度把握 の関係データ把握（可視化、グラフ化） - ギヤボックス設計段階で影響パラメータの諸元を決定可能とする為、潤滑有効性/跳ね返りと、影響パラメータの関係予測可能な、CFDシミュレーションモデル構築		ポリカ 窓付ケース ギヤ対 モータ 流量計 高速度カメラ P 実験装置イメージ図 吐出流量 回転数 ΦA ΦB ΦC フリクション 油膜厚さ 吐出流量 データ測定結果イメージ						
【研究成果】 <table><tr><th>2025年度</th><th>2026年度</th><th>2027年度</th></tr><tr><td> - 吐出流量の想定、及び、吐出後の潤滑油挙動の可視化装置の設計/作成 - 低回転（5000rpm以下）での実験/可視化トライアル - 潤滑有効性確認の測定データ決定、次年度の実験装置改修計画/設計 </td><td> - 実験装置の改修、2万rpmまでの潤滑油挙動可視化 - 歯車潤滑有効性/フリクション/影響パラメータの感度データ測定 - 可視化/データ測定結果の考察（理論）及び、CFDシミュレーションの構想検討 </td><td> 5万rpmに向けた実験装置改修 5万rpmまでの可視化、データ測定 - CFDシミュレーションと測定データの検証実施/モデル構築 </td></tr></table>		2025年度	2026年度	2027年度	- 吐出流量の想定、及び、吐出後の潤滑油挙動の可視化装置の設計/作成 - 低回転（5000rpm以下）での実験/可視化トライアル - 潤滑有効性確認の測定データ決定、次年度の実験装置改修計画/設計	- 実験装置の改修、2万rpmまでの潤滑油挙動可視化 - 歯車潤滑有効性/フリクション/影響パラメータの感度データ測定 - 可視化/データ測定結果の考察（理論）及び、CFDシミュレーションの構想検討	5万rpmに向けた実験装置改修 5万rpmまでの可視化、データ測定 - CFDシミュレーションと測定データの検証実施/モデル構築	【参考論文・文献】
2025年度	2026年度	2027年度						
- 吐出流量の想定、及び、吐出後の潤滑油挙動の可視化装置の設計/作成 - 低回転（5000rpm以下）での実験/可視化トライアル - 潤滑有効性確認の測定データ決定、次年度の実験装置改修計画/設計	- 実験装置の改修、2万rpmまでの潤滑油挙動可視化 - 歯車潤滑有効性/フリクション/影響パラメータの感度データ測定 - 可視化/データ測定結果の考察（理論）及び、CFDシミュレーションの構想検討	5万rpmに向けた実験装置改修 5万rpmまでの可視化、データ測定 - CFDシミュレーションと測定データの検証実施/モデル構築						



【テーマ名】 潤滑液飛沫の研究

【研究委託先】 東京大学大学院工学系研究科機械工学

【研究目的】 5万rpm超の高回転下でオイルはギヤの気流により阻害され歯面に液滴が付着し難い状況にある。
高回転下の想定状態での実験データの取得、観察を行い、仕様を設計するための予測計算の向上に繋げる。

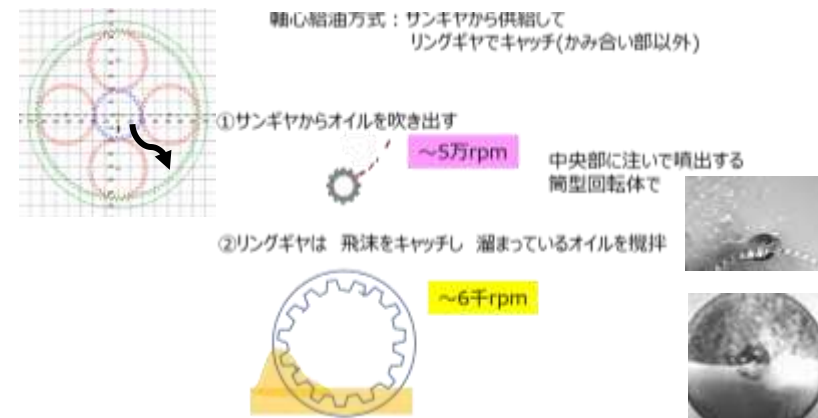
【研究内容】

5万rpmの電動モータユニットでは、高回転のサンギヤから噛み合いギヤ歯面に供給するほか、飛沫として供給されたオイルをリングギヤでキャッチする。
また、リングギヤはユニット下部に溜まったオイルを攪拌 & 飛翔させる。

- ① 周速による飛沫状態を測定し、予測計算に活用する
- ② リング回転による攪拌状態を測定し、CFD精度向上につなげる

研究項目

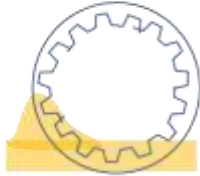
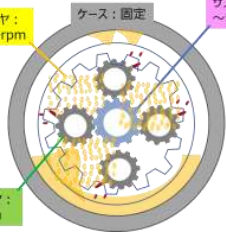
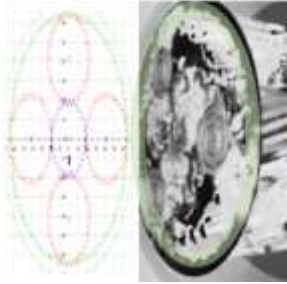
- ・カメラによる液滴測定 → 回転速度－液滴形態（供給する液量を条件とする）
- ・攪拌された液体の状態測定 → 回転速度－かき上げ量（泡立ち具合の影響を考慮）



【研究成果】

2025年度	2026年度	
・実験装置設計 高回転用ギヤ設備設営 光学設備 画像処理ソフト 高回転での計測条件設定 ・飛沫の状況把握 回転数毎の飛翔状況 飛沫分布把握方法の検討 ギアでの攪拌	・高速実験観察 高速で飛び出す飛沫状態の確認 (液滴状態、飛翔状態) ・飛沫検討結果 回転数/速度と飛沫状態の関係考察 ・環状体の攪拌状態観察 CFDとの相関取り	

【参考論文・文献】

【テーマ名】ミストを伴う高速オイル流れの研究		【研究委託先】大阪大学 杉山教授						
【研究目的】5万rpm超で回るモータ軸を遊星歯車で減速する場合、遊星歯車内で回転数（周速）・向きが異なり、遊星歯車内での流体は複合的な現象となる。複合的な流体現象下での損失と潤滑冷却を設計するための予測手法を研究する。								
【研究内容】 5 万 rpm超 のモータユニットでは、高回転のサンギヤから噛み合いギヤ歯面に供給するほか、飛沫として供給されたオイルをリングギヤでキャッチする。また、リングギヤはユニット下部に溜まったオイルを攪拌 & 飛翔させる。 ① リングギヤ攪拌による損失・潤滑予測手法を検討する ② 軸心からのオイル飛散、飛沫の予測手法を検討する 研究項目 ・リングギヤ攪拌による流体現象把握と予測精度向上検討 ・サンギヤ高回転下でのオイル飛散現象把握と予測精度向上検討 ・ピニオン・キャリア含めた遊星歯車アッシーでのオイル挙動把握と予測精度検証 ①リングギヤ攪拌  ~6千rpm ②サンギヤからのオイル噴出  ~5万rpm  リングギヤ停止でも実際とは異なる計算結果 								
【研究成果】 <table><tr><th>2026年度</th><th>2027年度</th><th>2028年度</th></tr><tr><td> ・複合現象の把握と課題抽出 遊星歯車のモデル準備 リングギヤ単体試験（東大）と合わせて攪拌現象把握 ・飛沫の状況把握（東大）結果からCFD適用試行による課題抽出 </td><td> ・26年度抽出した課題に対し精度向上検討 ・サンギヤ高回転下でのオイル飛散 ・遊星歯車アッシーでのオイル挙動 CFD適用試行による課題抽出 抽出した課題への対応 </td><td> ・遊星歯車アッシーでのオイル挙動予測手法検討 ○挙動 ○油量 ○トルク の比較検証 </td></tr></table>		2026年度	2027年度	2028年度	・複合現象の把握と課題抽出 遊星歯車のモデル準備 リングギヤ単体試験（東大）と合わせて攪拌現象把握 ・飛沫の状況把握（東大）結果からCFD適用試行による課題抽出	・26年度抽出した課題に対し精度向上検討 ・サンギヤ高回転下でのオイル飛散 ・遊星歯車アッシーでのオイル挙動 CFD適用試行による課題抽出 抽出した課題への対応	・遊星歯車アッシーでのオイル挙動予測手法検討 ○挙動 ○油量 ○トルク の比較検証	【参考論文・文献】
2026年度	2027年度	2028年度						
・複合現象の把握と課題抽出 遊星歯車のモデル準備 リングギヤ単体試験（東大）と合わせて攪拌現象把握 ・飛沫の状況把握（東大）結果からCFD適用試行による課題抽出	・26年度抽出した課題に対し精度向上検討 ・サンギヤ高回転下でのオイル飛散 ・遊星歯車アッシーでのオイル挙動 CFD適用試行による課題抽出 抽出した課題への対応	・遊星歯車アッシーでのオイル挙動予測手法検討 ○挙動 ○油量 ○トルク の比較検証						

【テーマ名】 潤滑状況に応じたCFD実用化技術

【研究委託先】 数値流体力学コンサルティング

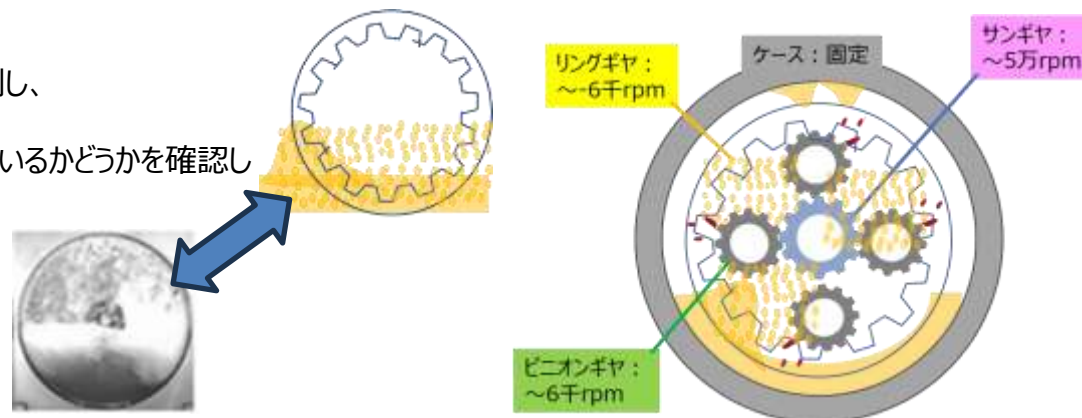
【研究目的】 5万rpm超で回るモータ軸を遊星歯車で減速する場合、遊星歯車内で回転数（周速）・向きが異なり、遊星歯車内での流体は複合的な現象となる。複合的な流体現象下での損失と潤滑冷却を設計するための実用的手法を提案する。

【研究内容】

5万rpm超のモータユニットでは、攪拌や飛沫などの流体現象を予測し、攪拌損失の低減と効率的な潤滑冷却の両立が必要。
現状の商用CFDで上記の検討に耐え得る機能・速度・精度が備わっているかどうかを確認し、設計に活用するための方策を検討する。

研究項目

- ① 泡混入状態オイルでの商用CFD検証（リングギヤ単体モデル）
- ② 軸心潤滑を考慮したオイル吹き出し、油路への供給予測検証
- ③ ユニット研究ギヤボックス前提のCFD適用検討



【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・リングギヤ単体試験（東大）と合わせて泡混入状態を考慮した商用CFD実力把握 ・飛沫の状況把握（東大）結果から商用CFD実力把握 ・遊星歯車（自転公転・かみ合い）モデル計算機能ベンチマーク	・26年度抽出した課題に対し実設計適用のための指針検討 ・試作テストボックス前提CFD適用（CFDベンダ2次委託あり）	・実適用による設計活用潤滑性能向上検討

【参考論文・文献】

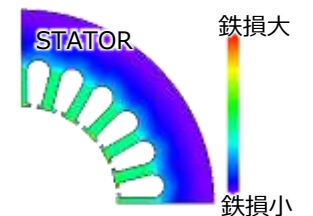
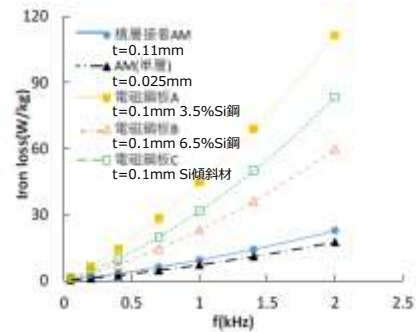
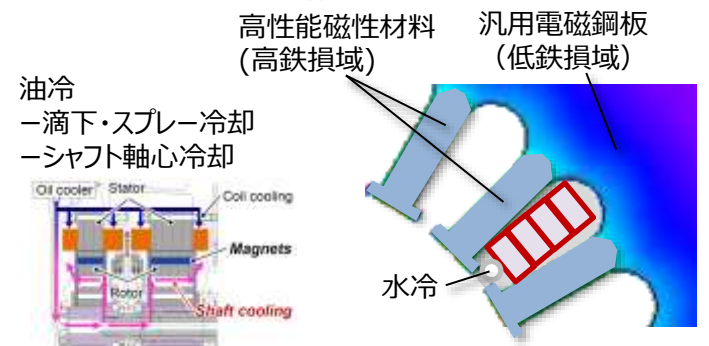


研究グループE 電動化研究委員会

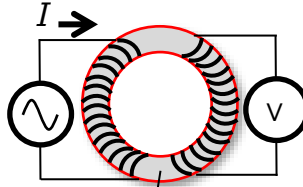
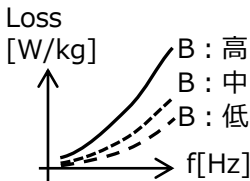
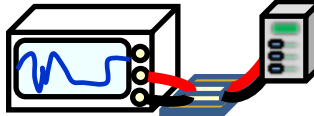
寺島 幸士
研究委員会リーダー
(いすゞ自動車株式会社)

【テーマ名】 超高回転小型モータにおける低損失化・冷却手法の研究	【研究委託先】 横浜国立大学
--	--------------------------

【研究目的】 背景 省資源化を目指した超高回転型モータの実現に向けては高周波鉄損に対する低減化技術や冷却手法が求められている。 TRAMI先導研(FY23～25)にて、超高回転モータの高周波鉄損の損失推定精度を向上し、汎用電磁鋼板での低損失化技術を検討した。 目的 超高回転型モータの実現に向けて、高周波鉄損に対して高性能磁性材料を活用した更なる損失低減技術、及び効率的な冷却構造を提案する。	
---	--

【研究内容】 先導研テーマ (FY23-25) 「50000rpm超を見据えた損失推定精度向上」 ・高周波鉄損の推定精度を向上し、損失要因部位を特定。 ・損失低減手法として電磁鋼板の薄板化を検討。  鉄損大 鉄損小 ▶50000rpmモータの実現に向けては高周波鉄損の更なる低減技術・冷却手法が求められる	＜高周波鉄損の低減＞ ▶アモルファス(AM)などの高性能磁性材料の活用  出処：鈴木秀祐・丸川泰弘・佐野博久・相牟田京平・高島 洋「モータ用アモルファス合金積層接着リボンの磁気特性」、電気学会産業応用部門大会2024	＜高性能磁性材料の活用する上での課題＞ ▶・高性能磁性材料の特性を活かしたモータ構造の具現化 ・発熱部位に対する効果的な冷却手法との両立  油冷 ー滴下・スプレー冷却 ーシャフト軸心冷却 高性能磁性材料 (高鉄損域) 汎用電磁鋼板 (低鉄損域) 水冷 出処：SAE 2019 Development of Motor with Heavy Rare Earth-Free Magnet for Two-Motor Hybrid System Honda R&D Co.,Ltd ※適用内容はイメージ図
---	--	---

【研究成果】				【参考論文・文献】
～25年度成果見込み	2026年度	2028年度	2030年度 (最終成果目標)	・ 鈴木秀祐・丸川泰弘・佐野博久・相牟田京平・高島 洋「モータ用アモルファス合金積層接着リボンの磁気特性」、電気学会産業応用部門大会2024 ・ 長谷川祐・竹内啓裕・浅海勇介・戸張和明・池田賢二・床井博洋・榎本裕治、「アモルファス金属分離鉄心を適用した高速駆動モータの低損失化」、電気学会産業応用部門大会2024 ・ Shinya Yamamoto・Hirofumi Kuroda・Takahiro Harada・Wataru Kosaka・Atsunori Nikawa「Potential for Improving Motor Performance Using Thermasetting molding Materials」, EVTec2025
・高周波鉄損の推定精度向上 ・損失要因部位の特定 ・損失低減手法として電磁鋼板の薄板化を検討	・先導研解析モデルを活用した低損失・冷却構造の提案	・ユニット化モータへの技術提案 ー低損失技術 ー冷却手法	・ユニットモータでの低損失/冷却の効果検証. 解析モデルとの比較 ・超高回転ユニットでの低損失技術/冷却手法の効果と課題の整理.	

【テーマ名】		コア材の材料依存による高周波鉄損の実測と特性把握		【研究委託先】		千葉大学					
【研究目的】											
モーター最高回転速度5万rpm相当までの高周波磁束域における電磁鋼板の鉄損を把握し、損失特性を明らかにする。 5mm幅(他グループに依存)の電磁鋼板の磁気特性を評価し、加工歪みが損失特性に及ぼす影響を明らかにする。											
【研究内容】											
1) リング状鉄心材の高周波域までの磁気特性評価をできるシステムの構築 2) 5mm幅の細い試料(ティース部を想定)の磁気特性を測定するシステム構築 ※関連する他のテーマ(前提) ・モーターの熱課題に取り組むテーマからのリング状鉄心材の供給		FY26~FY28		 無方向性電磁鋼板(リング状試料) + 単板磁気試験器による加工歪み含む磁気測定によるヒステリシス損係数, 異常渦電流損係数		定式化 データ群化 シミュレーションモデル化  Loss [W/kg] B: 高 B: 中 B: 低 f [Hz] 周波数-鉄損グラフ					
		FY26						FY27		FY28	
		正弦波						16.7kHz		加工歪み含む鋼板の磁気測定(商用周波近傍)	
		矩形波						3.3kHz			
		3パルスPWM波						—		1.0kHz	
 高周波鉄損測定システム											
【研究成果】											
～2025年度成果見込み		2026年度		2027年度		2028年度					
・リング状鉄心材を用いて、6万rpm(4.0kHz)までの正弦波、矩形波の電圧を印加して鉄損を測定、推定値との誤差10%程度以内であった ・鉄損をヒステリシス損、古典渦電流損、異常渦電流損に分離、0.2mm厚、5万rpm相当、1.0Tの矩形波電圧印加時の割合は2:5:3であった		・リング状鉄心材を用いて、最高回転数5万rpm相当の矩形波電圧印加に対する磁気特性(5次高調波16.7kHzまで対応)を評価できるシステムの構築 ・3.3kHz矩形波(0.8Tまで)、16.7kHz正弦波の電圧印加時における鉄損の損失特性		・単板磁気試験器を用いて、低周波で加工歪みがあると考えられる試料の磁気測定を測定 ・商用周波数近傍で、加工歪みがヒステリシス損、異常渦電流損に及ぼす影響を検討する		・1.0kHz(肩点速度)、1.4Tでの3パルス(等価3kHz) PWM波形、高調波20kHzまで対応の電圧印加時における鉄損の損失特性 ・加工歪みを含む鉄心の鉄損推定法の検討を行う。低周波領域で得られたヒステリシス損、渦電流損の係数の高周波領域での適用性を検討					
【参考論文・文献】											
・宮城大輔, 鈴木巨暉, 齊藤雄太, 小林宏泰: 「無方向性電磁鋼板の高周波鉄損推定法に関する基礎的検討」, 電気学会産業応用部門大会 3-68, 2025年08月 ・G. Bertotti: "General Properties of Power Losses in Soft Ferromagnetic Materials", IEEE Trans. Magn., 24, 1, pp.621~630 (1988) ・中田高義, 石原好之, 中野正典: 「ひずみ波磁束によるけい素鋼板の鉄損」, 電気学会雑誌, Vo.90, No.1, pp.115-124, 1970年1月											

【テーマ名】 超高回転モータにおける巻線設計の最適化研究

【研究委託先】 東京電機大学

【研究目的】 5万回転領域のモータの巻線損失では、素材、構造など様々な要因がAC損失に影響を及ぼしている。本研究では、それらの影響を最小にする設計理論を確立することを目的に、超高回転モータの巻線構造を設計する際の、素材選択、巻き方選択 などの最適化手法を示す。

【研究内容】

- ・5万回転モータ用巻線の特性・効率比較
アルミニウムor銅，角線or丸線，分布巻or集中巻 など、解析による比較を実施し、最適な構成を示す。
- ・解析により求めた最適な構成の巻線を採用したモータ実機を試作し、実機の巻線損失を測定、評価する。
- ・最適構造を有する5万回転モータの最適化手法を示し、超高回転モータの設計理論を確立する。

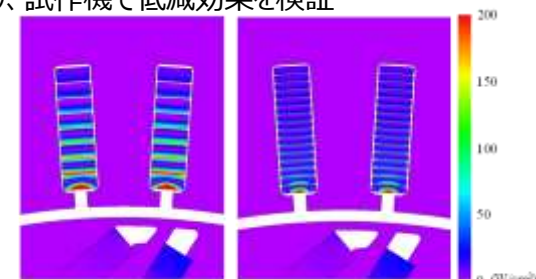
研究対象モータ前提

・モータ出力：150 kW ・駆動回転数：50,000 r/min

- ・超高回転モータ巻線構造の2025年度までの成果見込み
磁界解析により、従来構造比で5万回転領域の交流損を約半減するコイル材料、コイル断面形状、鉄芯形状を提案し、試作機で低減効果を検証



分布巻アルミニウム巻線の試作機



IPMモータ用AL巻線の損失密度の解析結果

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・解析による5万回転モータの特性・効率比較 ・5万回転モータ試作機の設計	・試作機による5万回転モータの特性・効率比較	・最適構造を有する5万回転モータの設計理論確立

【参考論文・文献】

- [1] R. Wrobel, N. Simpson, P. H. Mellor, J. Goss and D. A. Staton, "Design of a Brushless PM Starter Generator for Low-Cost Manufacture and a High-Aspect-Ratio Mechanical Space Envelope," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 53, no. 2, pp. 1038-1048, March-April 2017.
- [2] F. Wu, A. M. EL-Refaie and A. Al-Qarni, "Additively Manufactured Hollow Conductors for High Specific Power Electrical Machines: Aluminum vs Copper," in *Proc., IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE2021)*, 2021, pp. 4397-4404, 2021.
- [3] N. Simpson, J. Jung, A. Helm, and P. H. Mellor, "Additive Manufacturing of a Conformal Hybrid-Strand Concentrated Winding for Minimal AC Loss in Electrical Machines," in *Proc., IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE2021)*, pp. 3844-3851, 2021.

【テーマ名】 超高回転モータの電磁特性と機械強度を両立するための設計手法確立

【研究委託先】 岡山大学

【研究目的】 ユニット搭載に向け超高回転モータの更なる小型化/高効率化を実現する磁気構造を考案しつつ、ロータコア/シャフト強度を両立するモータの設計手法を確立する。

【研究内容】

- ・超高回転モータの小型/高効率（低損失密度化）に寄与するモータ機能および構造の検討
- ・ロータコアの遠心力強度向上と回転子全体の曲げ共振回避に向けたモータ設計検討
- ・上記検討で得られた低損失密度と強度を両立する設計指針の検証
- ・低損失密度化と強度を両立したモータの設計/製作およびユニット化
- ・ユニット検証による将来課題の抽出

研究対象モータ前提

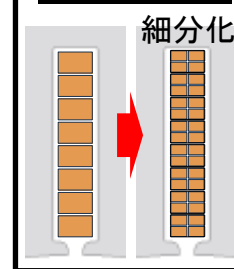
- ・最大出力 : 150 kW
- ・駆動回転数 : 50,000 r/min

1次曲げモード

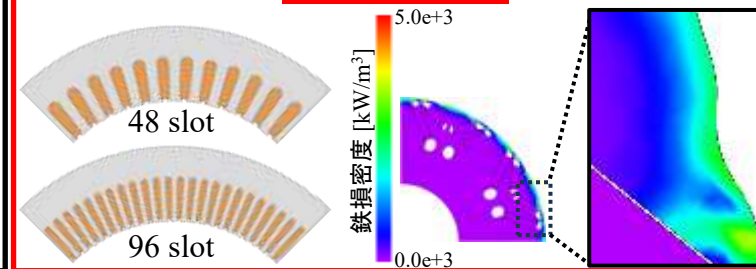


巻線低損失化

細分化



回転子低損失化



【研究成果】

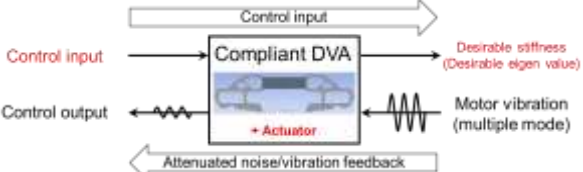
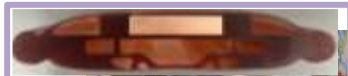
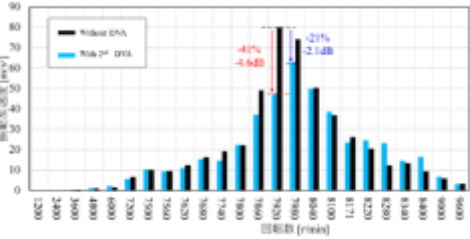
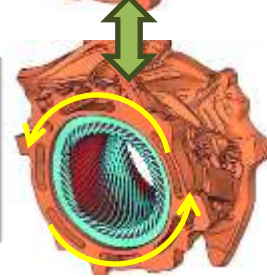
2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・5万回転モータの低損失密度化のための設計指針の確立 ・5万回転モータの遠心力強度と曲げ共振を考慮した設計指針の確立	・低損失化のための設計指針の検証 ・曲げ共振を考慮した設計指針の実測による検証	・低損失密度化と強度設計を両立する5万回転モータの設計完了	・ユニット搭載用モータ実機の製作 ・ユニット実機検証結果 ・提案モータ単体の損失特性を評価完了	・検証結果を用いた超高回転ユニットの社会実装課題の抽出

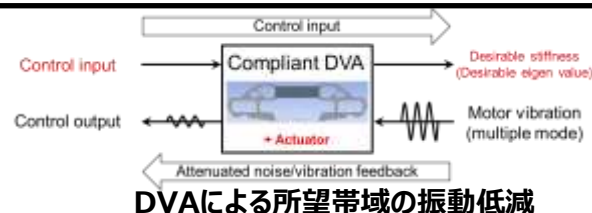
【参考論文・文献】

[1] 高強度鋼板のIPMモータのロータコアへの適用と評価, 野中 剛、平山 昌行(安川電機), 日本AEM学会誌 vol.25, No.2(2017)

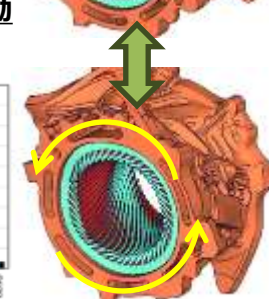
[2] 木村将希, 網田錬, 竹本真紹, 今井純: 「高出力密度化を目的とした160 kW, 50000 rpmの超高速自動車駆動用モータの初期検討 -回転子コアが出力密度に及ぼす影響について-」, 令和6年電気学会産業応用部門大会講演, No. 3-55, pp. 333-338, 2024年

[3] H. Lin, X. Wei, L. Song, H. Geng and L. Li, "Thermal Dissipation of High-Speed Permanent Magnet Synchronous Motor Considering Multi-Field Coupling: Simulation Application and Experiment Realization," in IEEE Access, vol. 12, pp. 148625-148635, 2024.

【テーマ名】		DVAを応用したモータの円環および、周方向振動モードの共振抑制技術の研究		【研究委託先】	名古屋工業大学
【研究目的】					
ユニット実証に向けて課題となりうるモータ電磁加振力による共振問題に対して、DVA※構造を用いた共振低減、回避効果を明らかにする。					
DVA※ :Dynamic Vibration Absorber					
【研究内容】					
【FY23～25での取り組みと残課題】					
・モータ円環モードに対するDVAの振動低減効果検証					
・可変剛性DVA機構による機能の有効性検証					
＜残課題＞					
・ユニット小型化を睨んだ実機搭載時のレイアウト・構造の目途立て					
・周方向振動モードへの対応					
【FY26～30の取り組み】					
’26年：周方向振動モードの把握と、それに対応したDVA構造検討、TPによる原理確認					
’27年：振動低減構造(円環、周)を組み込んだ筐体設計・試作と振動低減効果の確認					
’28年：5万回転台上実験モータへの組付けと振動低減効果の検証					
～’30年：実証用ユニット筐体への組付けと振動低減効果の検証					
					
		DVAによる所望帯域の振動低減		モータ円環振動	
					
		実機へのDVA取り付け		2次モードDVA装着時	
					
				モータ周方向振動	
【研究成果】					
【参考論文・文献】					
～2025年度成果見込み		2026年度		2027年度	
・DVAによる5万回転モータ実機の円環振動モード低減効果を明らかにした		・課題とする周方向振動モードの特定		・振動低減構造(円環、周方向)を組み込んだモータ筐体TPの設計、試作	
・可変剛性DVA機構を設計、試作し、機能の有効性を検証した		・周方向DVA構造立案		・ハンマリングによる振動低減効果検証	
		・TPによる周方向振動低減効果検証		【予算】 筐体TP試作費 4,000千円	
		【予算】 DVA試作費 3,000千円		2028年度	
				・台上モータ用筐体への振動低減構造組込み	
				・実機での振動低減効果の検証	
				【予算】 組込用DVA試作費 3,000千円	
				(※筐体試作費はモータ試作担当テーマで計上する)	
[1] Y. Yoshitake, K. Kayahara, H. Kataharada, N. Tagawa, S. Nozaki, K. Moriyama and G. Yamasaki, "Vibration Control of Motor Stator Using Imperfect Mass, Spring Supports and Houde Dampers," in Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol. 25, Issue 1, Pages 42-48, 2017.					
[2] B. Xu, C. Xiang, Y. Qin, P. Ding and M. Dong, "Semi-Active Vibration Control for in-Wheel Switched Reluctance Motor Driven Electric Vehicle With Dynamic Vibration Absorbing Structures: Concept and Validation," in IEEE Access, vol. 6, pp. 60274-60285, 2018.					



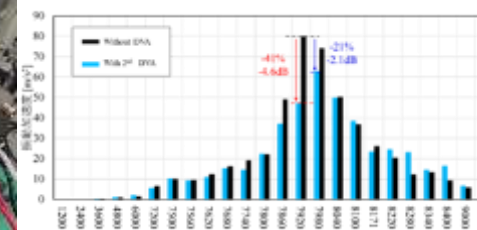
モータ円環振動



モータ周方向振動



実機へのDVA取り付け



【テーマ名】 超高回転におけるモーター構造と損失との関係性解明

【研究委託先】 岡山大学

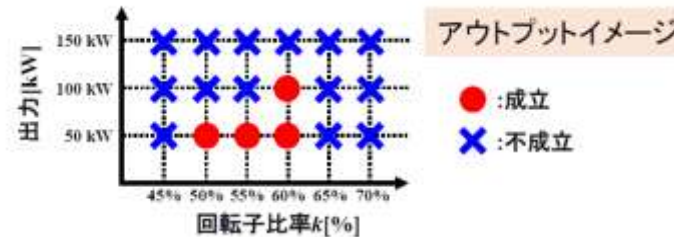
【研究目的】 小型化による省資源化及び材料置換を踏まえ、超高回転モータの低回転域における銅損低減と高回転域における鉄損低減の両立が課題である。コンベンショナルなIPMでの5万回転超モータ前提のコア材質、巻線材質、磁石磁束量とモータ損失特性の関係を明らかにする。

【研究内容】

- ・IPM前提としたときの5万回転モータにおける損失特性とモータ設計構造との関係性を解明し、課題を抽出。※コア材は従来積層鋼板
- ・所望の出力における5万回転モータ設計への方向性を示す(設計指針)。
- ・上記仕様のモータの実機検証を行う。

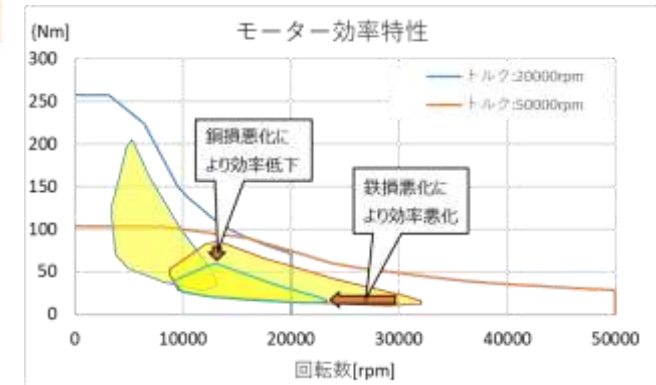
研究対象モータ前提

- ・モータ出力 : 150 kW, 100kW, 50kW
- ・出力密度 : 10kW/kg(150kWモーター時)
- ・駆動回転数 : 50,000 r/min



上記検討の際に考慮すべき制約条件

- ・回転子の応力に対する機械強度
- ・シャフトの1次曲げモードに対する機械強度
- ・全速度域(基底速度以上)で対象出力を維持

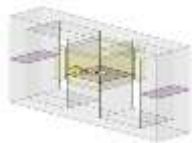
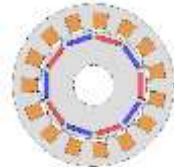
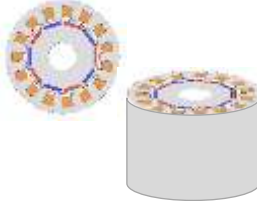
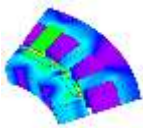
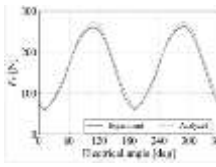


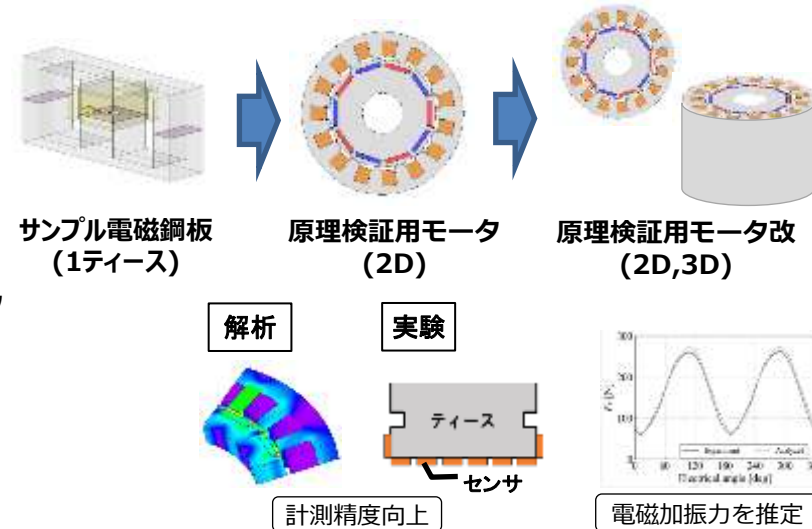
【研究成果】

2024年度	2025年度成果見込み	2026年度
・損失特性とモータ諸元の関係性解明計画を立案。 ・正弦波におけるコア材・巻線材に対するモータ損失特性と諸元との関係解明及び課題の抽出。	・出力を変化させた際のモーター形状およびコア材・巻線材と損失特性との関係の解明。 ・電圧・電流のひずみを考慮したモータ形状及びコア材・巻線材が損失特性に及ぼす影響を解明及び課題の抽出。	・本テーマで示した設計指針の実機検証と課題抽出(乖離原因の推定)。 ➡従来電磁鋼板で成立する最大出力モータを評価。

【参考論文・文献】

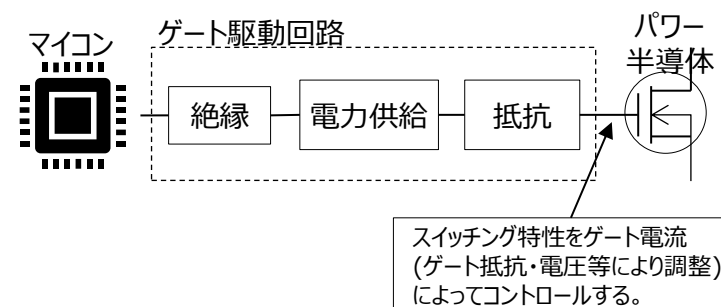
1. 電気学会技術報告1528号, 「移動体用電動力応用システムの要素技術の開発動向と展望」
2. A. Krings and C. Monissen, "Review and Trends in Electric Traction Motors for Battery Electric and Hybrid Vehicles," 2020 International Conference on Electrical Machines (ICEM), Gothenburg, Sweden, 2020, pp. 1807-1813, doi: 10.1109/ICEM49940.2020.9270946.
3. C. S. Goli, M. Manjrekar, S. Essakiappan, P. Sahu and N. Shah, "Landscaping and Review of Traction Motors for Electric Vehicle Applications," 2021 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC), Chicago, IL, USA, 2021, pp. 162-168, doi: 10.1109/ITEC51675.2021.9490129.

【テーマ名】 モータ電磁加振力の高精度予測とNV原因の解明		【研究委託先】 横浜国立大学							
【研究目的】 電磁加振力予測により円環での振動モードやアキシャル方向の振動モードが発生するかを確かめ、NVの原因となる電磁加振力による振動発生メカニズムを解明する。									
【研究内容】 TRAMIが目指す50,000rpmのような超高回転域での駆動はステータの共振周波数に当たる危険性が高まる。そこで、共振現象を回避するためにモータの電磁加振力を推定する手法が必要である。 『サンプル電磁鋼板(1ティース)』『原理検証用モータ※1』『原理検証用モータ改造品※2』とステップアップしながら、それぞれ下記を行う。 ※1：ティースサイズ大、エアギャップ大など、測定機器をつけ易く作ったモータ ※2：※1をベースにロータ偏心、傾き、ロータステータ軸ずれなどを意図的に組めるようにカスタマイズしたモータ ①磁束密度・歪み・加速度の実機測定、解析の精度を上げ同定する。 ②電磁加振力の解析結果から、実機での電磁加振力を推定する。 ③電磁加振力を活用し振動モードを推定する※3。 ※3：音振動研究会にて構築した振動伝達影響を明確化した構造解析手法活用予定 ④電磁加振力とNVの原因となる振動モードの関係を明らかにする。		 サンプル電磁鋼板 (1ティース)  原理検証用モータ (2D)  原理検証用モータ改 (2D,3D)  解析  実験  電磁加振力を推定 計測精度向上							
【研究成果】 <table><tr><th>2024年度</th><th>2025年度成果見込み</th><th>2026年度</th></tr><tr><td> ・サンプル電磁鋼板(1ティース相当)での歪みと加速度と磁束密度 ・1ティースでの電磁加振力と振動の関係性 </td><td> ・原理検証用モータの円環での電磁加振力の同定 ・音振同研究会で構築した構造解析手法による電磁加振力からの振動モードの推定 ・原理検証用モータ改の円環での電磁加振力の推定 ・原理検証用モータ改設計 </td><td> ・原理検証用モータ改試作品 ・アキシャル方向を含めた電磁加振力の推定と、それによる振動モード ・NVの原因となる電磁加振力による振動発生メカニズムの解明 ・電磁加振力測定および予測手法確立 </td></tr></table>		2024年度	2025年度成果見込み	2026年度	・サンプル電磁鋼板(1ティース相当)での歪みと加速度と磁束密度 ・1ティースでの電磁加振力と振動の関係性	・原理検証用モータの円環での電磁加振力の同定 ・音振同研究会で構築した構造解析手法による電磁加振力からの振動モードの推定 ・原理検証用モータ改の円環での電磁加振力の推定 ・原理検証用モータ改設計	・原理検証用モータ改試作品 ・アキシャル方向を含めた電磁加振力の推定と、それによる振動モード ・NVの原因となる電磁加振力による振動発生メカニズムの解明 ・電磁加振力測定および予測手法確立	【参考論文・文献】 「モータ起振力同定、及び計測精度向上の研究(横浜国立大学 赤津研究室)」研究資料	
2024年度	2025年度成果見込み	2026年度							
・サンプル電磁鋼板(1ティース相当)での歪みと加速度と磁束密度 ・1ティースでの電磁加振力と振動の関係性	・原理検証用モータの円環での電磁加振力の同定 ・音振同研究会で構築した構造解析手法による電磁加振力からの振動モードの推定 ・原理検証用モータ改の円環での電磁加振力の推定 ・原理検証用モータ改設計	・原理検証用モータ改試作品 ・アキシャル方向を含めた電磁加振力の推定と、それによる振動モード ・NVの原因となる電磁加振力による振動発生メカニズムの解明 ・電磁加振力測定および予測手法確立							



【テーマ名】 超高回転モータにおけるゲート駆動の在り方**【研究委託先】** 横浜国立大学
東京大学**【研究目的】** モータ超高回転化により電気周波数が増加し、インバータ損失（特にスイッチング損失）の上昇が懸念される。インバータ損失の低減技術としてアクティブゲートがあるが、現状の速度では超高回転に対応できなくなることが予想される。これらに対応する、ゲート駆動回路技術を研究する。**【研究内容】**

- ・高周波スイッチング、短パルス出力時において、インバータ損失(スイッチング速度向上)とサージ抑制を両立するための、アクティブゲートに求められる仕様を研究する。
- ・要求仕様をもとにアクティブゲートドライバICの机上設計を行い、ICの限界性能（駆動電圧を考慮した最小制御周期）を明らかにする。
- ・極短パルス出力に対応するアクティブゲート制御手法の検討を行う。

**研究対象モータ前提**

・モータ出力 : 150 kW / 駆動回転数 : 50,000 r/min

【研究成果】

2024年度	2025年度成果見込み	2026年度
・課題明確化のための、机上検討環境の構築を行う。 ・前提となるモータ/インバータ仕様を元に、アクティブゲートに求められる仕様を机上検討環境を用いて明確化する。	・超高回転モータ向けの仕様に対応したアクティブゲートドライバICの机上設計を行う。 ・机上検討した仕様にて、ミニモデル（低インダクタを負荷とする）で実機動作確認を行い、効果とフィードバックにおける課題を確認する。※1回SWでの挙動確認	・ゲートドライバICの机上検討モデルを用いて、超高回転モータに適したゲート制御手法の検討を行う ・ミニモデルを交流1周期で動作させ、試作ユニット適用を想定した際の課題抽出を行う

【参考論文・文献】

- [1] T. Sai, K. Miyazaki, H. Obara, T. Mannen, K. Wada, I. Omura, M. Takamiya, and T. Sakurai, "Robust Gate Driving Vectors to Load Current and Temperature Variations for Digital Gate Drivers", IEEE IFEEC 2019, 2019-12.
- [2] H. Obara, K. Wada, K. Miyazaki, M. Takamiya, and T. Sakurai: "Active Gate Control in Half-Bridge Inverters Using Programmable Gate Driver ICs to Improve both Surge Voltage and Converter Efficiency", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol.54, No.5, pp.4603-4611, 2018-9.

【テーマ名】 超高回転における冷却手法の設計指針 と 評価手法可視化の研究		【研究委託先】 横浜国大, 弘前大, 神戸大									
【研究目的】 小型の高回転モーターでは、冷却面積の制約や発熱密度の増大により温度上昇が速く、従来手法ではピーク温度を抑えられない課題がある。本研究では、発熱分布と温度応答を熱等価回路モデルで予測し、滴下・噴霧・軸心などの冷却方式を簡易モデルと実験で評価する。さらに、複合冷却の設計指針を確立し、最適な冷却手法を提案および評価手法の確立を行う。											
【研究内容】 電磁気 & 熱・流体の専門家が連携することにより超高回転小型モーターの冷却手法の確立を目指す		↓このサイズから抜熱が必要									
・代表運転点ごとの損失から各部位の発熱量を算定し、発熱分布を基に熱等価回路モデルにて温度予測 ・滴下・噴霧・軸心冷却などの冷却方式を簡易モデルで解析し、冷却能力を把握 ・実機試作を行い、高速サーモグラフィや温度センサで温度分布を細かく計測し、熱伝達経路の把握及びモデルと照合 ・モデルと実験の相関を基に、電磁設計や製造制約を考慮した最適冷却流路を提案 ・複数の冷却方式の組合せによる冷却性能の把握と効率的な冷却設計指針の確立 ・評価手法や解析手順を標準化し、将来の高回転モーター設計に応用可能な指針を示す 研究対象モータ前提 ・モータ出力 : 150 kW ・出力密度 : 10kW/kg ・冷却方式 : 滴下、噴霧、軸心											
【研究成果】		分野：電磁気, 熱流体, 連携									
<table><tr><th>1年目(FY26)</th><th>2年目(FY27)</th><th>3年目(FY28)</th></tr><tr><td>損失・冷却基盤モデル構築</td><td>冷却手法ごとのモデル詳細化</td><td>冷却手法の設計指針化</td></tr><tr><td> ・各部の発熱源・発熱量の明確化および熱等価回路モデル化 ・各冷却手法の簡易解析モデル化 </td><td> ・電磁気観点から最適な流路研究 ・各冷却手法の実機検証(熱伝達経路、流れ場の検証) ・各冷却手法の詳細モデル化、課題洗い出し </td><td> ・複合試作機の設計及び冷却性能の検証・評価 ・実機とモデルのコリレーション ・冷却手法の設計指針および評価手法の可視化 </td></tr></table>		1年目(FY26)	2年目(FY27)	3年目(FY28)	損失・冷却基盤モデル構築	冷却手法ごとのモデル詳細化	冷却手法の設計指針化	・各部の発熱源・発熱量の明確化および熱等価回路モデル化 ・各冷却手法の簡易解析モデル化	・電磁気観点から最適な流路研究 ・各冷却手法の実機検証(熱伝達経路、流れ場の検証) ・各冷却手法の詳細モデル化、課題洗い出し	・複合試作機の設計及び冷却性能の検証・評価 ・実機とモデルのコリレーション ・冷却手法の設計指針および評価手法の可視化	【参考論文・文献】
1年目(FY26)	2年目(FY27)	3年目(FY28)									
損失・冷却基盤モデル構築	冷却手法ごとのモデル詳細化	冷却手法の設計指針化									
・各部の発熱源・発熱量の明確化および熱等価回路モデル化 ・各冷却手法の簡易解析モデル化	・電磁気観点から最適な流路研究 ・各冷却手法の実機検証(熱伝達経路、流れ場の検証) ・各冷却手法の詳細モデル化、課題洗い出し	・複合試作機の設計及び冷却性能の検証・評価 ・実機とモデルのコリレーション ・冷却手法の設計指針および評価手法の可視化									

【テーマ名】 超高回転モータドライブシステム向けモータコントローラと制御技術

【研究委託先】 東京理科大学

【研究目的】

社会実装を視野に入れたユニット研究を踏まえ、ハード課題に対するケアなど一歩踏み込んだ制御技術の研究をする。コントローラ・制御性能に加え、搭載、熱、NV、EMCなどのユニット課題に対する制御対策の探求を通じて、超高回転モータドライブシステムの基本制御の確立と制御基盤技術の研究を行う。

【研究内容】

1. 超高回転モードドライブ社会実装課題明確化
FY25までの知見と評価環境を活用した評価を実施し、社会実装を視野に、従来制御技術延長で発生しうる主要課題の明確化 (図 1)。
2. 基盤技術開発
コントローラ・制御性能、搭載、熱、NV、EMC課題に対する制御対策の開発と研究をし、効果および背反を明らかにしていく。
3. 社会実装に向けた基本制御構築
50000rpm eAxe社会実装に向けて、2レベルINV・1 サンプル遅れを出発点にし、全運転領域で制御破綻なく、効率、NV、EMC、部品要件を満足できるコントローラと制御系の提案と実証 (図 2)。

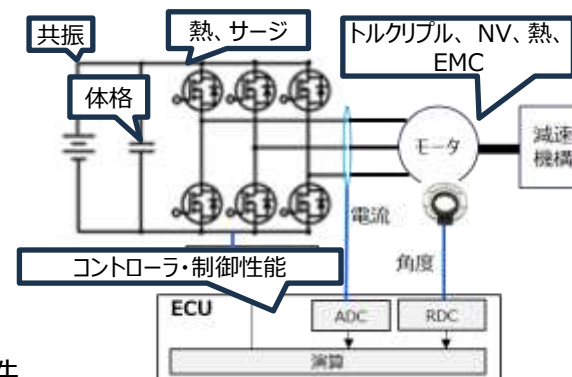


図 1 主要課題

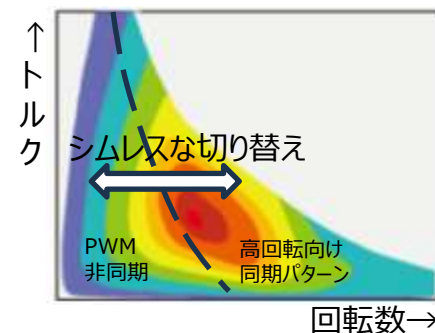


図 2 運転領域

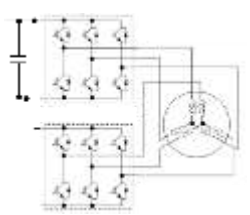
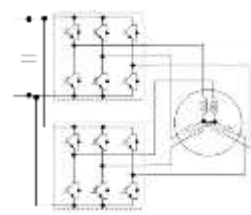
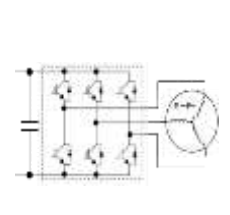
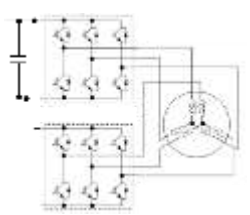
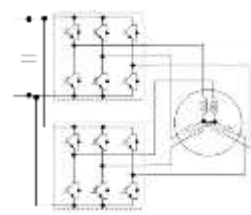
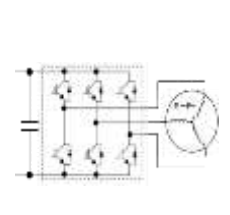
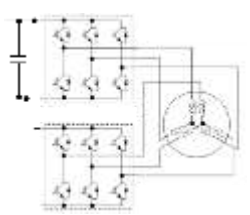
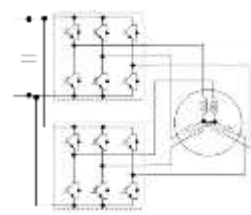
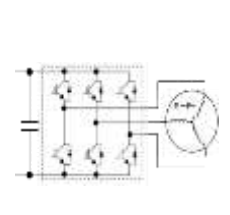
【研究成果】

～FY25分かったこと	2026年度	2028年度	2030年度
・2レベルと3レベルINVにおける各種変調方式の得失。 ・従来キャリア同期サンプリングで生じるIdqオフセットの要因と、対策としてマルチサンプリング制御の有効性。	・FY25までの知見と評価環境活用で、従来技術延長で発生しうる社会実装主要課題（コントローラ・制御性能、搭載、熱、NV、EMCを含む）の洗い出しと次年度以降目標設定完。	・FY26で明らかになった主要課題に対する対応方法の具現化。ハード前提を踏まえた対策案の抽出と机上比較検討完。 ・TRAMI 50000rpm eAxeモータドライブ向け制御構成の立案完。	・主要課題に対する制御対策の評価を終え、効果と背反の定量化完。 ・TRAMI 50000rpm eAxeモータドライブ向け基本制御の実装と実機検証完。

【参考論文・文献】

- ・河原崎、星、「電気角周波数の異なる2種類のSRM駆動用ベクトル制御におけるトルクリップル抑制制御」、電学論D, Vol.145 No.6 pp.486-494
- ・加藤、「高速IPMSM駆動システムにおける電流制御系の等価抵抗ゲインによるロバスト安定性」、電学論 D, Vol.137, No.2, pp.148-158

【テーマ名】 超高回転モーター成立のためのベアリング電食抑制手法の確立					【研究委託先】 北海道科学大学												
【研究目的】 ユニット搭載に向け、 超高回転モーターの軸電圧・ベアリング電流を推定可能なコモンモード等価回路を考案しつつ、 超高回転モーターの高信頼性化・長寿命化を実現するベアリング電食抑制手法を確立する。																	
【研究内容】 インバータ制御によるCM電圧の低減 軸電圧・ベアリング電流の推定技術 部品の高放熱化(水冷) 制御技術との相乗効果 研究期間の短縮 実環境を想定 超高回転モーターの高信頼性化・長寿命化																	
【研究成果】 <table><tr><td>～2025年度</td><td>2026年度</td><td>2027年度</td><td>2028年度</td><td>2029年度</td></tr><tr><td rowspan="3">・DCPCCによるCM電圧及び軸電圧抑制効果の定量化 ・MnZnを用いたDCPCCの設計手法確立 ・DCPCCの制御影響と対策</td><td rowspan="3">・2025年度に確立したPCCの小型化設計にCM電圧を抑制する制御法を併用した場合の更なる小型化の検証 ・従来EMIフィルタとの性能比較（モータ軸電圧，体積，重量など）</td><td rowspan="3">・モータ内部の静電容量を考慮したCMモード等価回路（インバータ，ケーブル，モータから構成）を用いたモータ軸電圧およびベアリング電流の理論的な解明</td><td rowspan="3">・水冷を前提とするPCCおよび従来EMIフィルタの構造の検討と小型化の実現</td><td>・ユニット搭載用実機の製作 ・ユニット実機検証結果</td></tr><tr><td>2030年度</td></tr><tr><td>・検証結果を用いた超高回転ユニットの社会実装課題の抽出</td></tr></table>						～2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	・DCPCCによるCM電圧及び軸電圧抑制効果の定量化 ・MnZnを用いたDCPCCの設計手法確立 ・DCPCCの制御影響と対策	・2025年度に確立したPCCの小型化設計にCM電圧を抑制する制御法を併用した場合の更なる小型化の検証 ・従来EMIフィルタとの性能比較（モータ軸電圧，体積，重量など）	・モータ内部の静電容量を考慮したCMモード等価回路（インバータ，ケーブル，モータから構成）を用いたモータ軸電圧およびベアリング電流の理論的な解明	・水冷を前提とするPCCおよび従来EMIフィルタの構造の検討と小型化の実現	・ユニット搭載用実機の製作 ・ユニット実機検証結果	2030年度	・検証結果を用いた超高回転ユニットの社会実装課題の抽出
～2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度													
・DCPCCによるCM電圧及び軸電圧抑制効果の定量化 ・MnZnを用いたDCPCCの設計手法確立 ・DCPCCの制御影響と対策	・2025年度に確立したPCCの小型化設計にCM電圧を抑制する制御法を併用した場合の更なる小型化の検証 ・従来EMIフィルタとの性能比較（モータ軸電圧，体積，重量など）	・モータ内部の静電容量を考慮したCMモード等価回路（インバータ，ケーブル，モータから構成）を用いたモータ軸電圧およびベアリング電流の理論的な解明	・水冷を前提とするPCCおよび従来EMIフィルタの構造の検討と小型化の実現	・ユニット搭載用実機の製作 ・ユニット実機検証結果													
				2030年度													
				・検証結果を用いた超高回転ユニットの社会実装課題の抽出													
					【参考論文・文献】 [1] W. Zhu, D. De Gaetano, X. Chen, G. W. Jewell and Y. Hu, "A Review of Modeling and Mitigation Techniques for Bearing Currents in Electrical Machines With Variable-Frequency Drives," in IEEE Access, vol. 10, pp. 125279-125297, 2022												

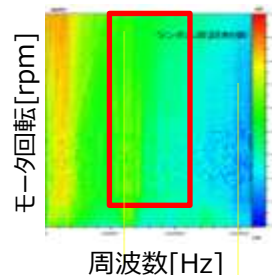
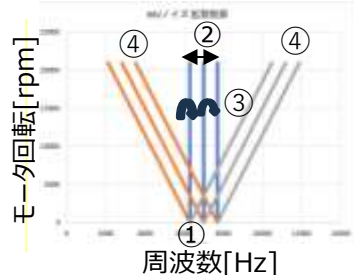
【テーマ名】		【研究委託先】										
多相多重モータによるシステム小型化検討		横浜国立大学										
【研究目的】												
超高回転モータ向けに多相多重モータシステムを採用する事による得失整理と、高出力密度化に向けた要素技術の明確化、及び、その効果検証を行う。												
【研究内容】												
・多相多重モータは、高出力・高効率化に適したシステムである一方、制御インバータが大型化するという跳ね返りがあり、超高回転モータに適用する場合に課題となる。		モータ・インバータシステム										
・多相多重モータシステムを適用した際に、通常の3相モータ・インバータに対するサイズ・性能の得失、特にインバータモジュール構成やキャパシタ容量、ゲートドライブ大きさなどについて整理すると共に、高出力密度化に必要な要素技術を明らかにする。												
・要素技術を組み合わせる事で、通常のシステムに対して、高出力密度化する事を目指す。												
		<table><tr><th colspan="2">多重/多相モータ(研究対象候補)</th><th>通常</th></tr><tr><th>2重3相</th><th>6相</th><th>3相</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>		多重/多相モータ(研究対象候補)		通常	2重3相	6相	3相			
多重/多相モータ(研究対象候補)		通常										
2重3相	6相	3相										
												
【研究成果】		【参考論文・文献】										
2026年度	2027年度	2028年度	- Hijikata, H.; Sakai, Y.; Akatsu, K.; Miyama, Y.; Arita, H.; Daikoku, A. Wide speed range operation by low-voltage inverter-fed MATRIX motor for automobile traction motor. IEEE Trans. Power Electron. 2018, 33, 6887–6896. - Matsumori, H.; Maeda, Y.; Kosaka, T.; Matsui, N.; Saha, S. Dual Inverter-Fed OpenWinding IPMSM Drive System for High-Power Premium Class EV. IEEE Trans. Ind. Appl. 2023, 59, 2069–2080.									
- 多重多相モータの性能・サイズの得失比較 - 高出力密度化に必要な要素技術の提案	高出力密度化向け要素技術の詳細検討	- 高出力密度化向け要素技術の評価検証 - 多重多相モータの高出力密度化方策の提案										



研究グループF
音振動研究委員会

金子 弘隆
研究委員会リーダー
(日産自動車株式会社)

【テーマ名】 高周波ドライブトレイン振動伝達予測			【研究委託先】 中央大学
【研究目的】 高周波帯域のドライブトレイン振動伝達特性（高周波振動モード、減衰特性、軸受動ばね特性、それらの非線形性）を明確にし、予測技術を確立する			
【研究内容】 モータの高回転化に伴い、起振力が高周波化することで高周波の振動現象が顕在化することが懸念される。 駆動伝達ユニットのドライブトレイン振動伝達は、軸受の動ばね特性・減衰特性、ギヤ噛合い部の結合剛性・減衰特性等が複雑に絡み合った現象で、特に高周波帯域では、計測技術についても確立されておらず、振動伝達特性が明らかになっていない。 そこで、高周波の振動計測技術を確立し、振動伝達特性を決定づける物理特性を明確にすることで、予測技術を確立する。			Step1 計測技術の確立 24年度 単軸・2軸の振動伝達特性把握 25年度 実験に基づく予測技術構築 Step2 高周波の振動伝達理論構築 26年度 理論に基づく予測技術確立 次テーマ ユニット構想 27年度～ モデル構築及び対策提案
【研究成果】			【参考論文・文献】
2024年度	2025年度	2026年度	[1]高回転におけるトラクションドライブと歯車の伝達性能測定（50000rpmでの性能比較）,山本 建(東海大学),日本機械学会論文集Vol.87,No.903,2021 [2]自動車用永久磁石リラクタン্সモータの開発,新 政憲,堺和人(東芝),電気学会,Vol.128,No.4,2008 [3]小型EV用インホイール磁気ギヤードSRモータの提案,伊藤 亘輝,中村 健二(東北大学),日本磁気学会論文特集号,7巻(2023),1号
☐ 計測用装置設計と製作 ☐ 高周波 計測技術確立 ・装置加振方法 ・非接触振動計測手法 ・加振点/応答点の選定	☐ 2軸ギヤボックス装置での実機検証と実験データを活用した予測技術構築 ・噛合い部の振動減衰特性 ・動ばね特性 ・オイル有無	☐ 高周波帯域における非線形特性を考慮した予測技術構築 ・ベアリング剛性の周波数依存性 ・高周波域に対応した部分構造法	

【テーマ名】 インバータ音 評価指針の構築	【研究委託先】 中央大学 理工学部精密機械工学科 戸井先生				
【研究目的】 インバータ音に対するマスキング理論、聴感特性を加味した評価指針を構築する。					
【研究内容】 FY24までの快音化指針の構築の中でモータノイズ、ギヤノイズに着目した単一純音に対する評価指針を構築してきた。 一方で、インバータから発生する音は、キャリア周波数とその側帯波の複数音源が同時に発生し、かつ、キャリア周波数も短時間で切り替わっていく仕様もあり、複雑な複数の音源から構成されている。 以上より、インバータ音とマスキング理論及び聴感特性との関係を明らかにし定量値化手法の確立、評価指針の構築を行う。					
 モータ回転[rpm] 周波数[Hz]  モータ回転[rpm] 周波数[Hz] 変調制御					
【研究成果】 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">2025年度</th><th style="width: 50%;">2026年度</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td> - インバータ キャリア周波数固定状態での複数音源に対する評価指針の確立 - インバータキャリア周波数の変調制御を再現可能とする音源の作成 - インバータ音の変調制御の特徴を捉えた分析方法と定量値手法の検討 </td><td> - インバータ音の変調制御の特徴を捉えた分析方法と定量値手法の構築 - インバータ キャリア周波数の変調制御に対する評価指針の確立 パラメータ：①キャリア周波数、②変調幅、③変調周期、④側帯波 - 電費や加速感演出も考慮に入れたインバータ 音のサウンドデザインの創出 </td></tr> </tbody> </table>	2025年度	2026年度	- インバータ キャリア周波数固定状態での複数音源に対する評価指針の確立 - インバータキャリア周波数の変調制御を再現可能とする音源の作成 - インバータ音の変調制御の特徴を捉えた分析方法と定量値手法の検討	- インバータ音の変調制御の特徴を捉えた分析方法と定量値手法の構築 - インバータ キャリア周波数の変調制御に対する評価指針の確立 パラメータ：①キャリア周波数、②変調幅、③変調周期、④側帯波 - 電費や加速感演出も考慮に入れたインバータ 音のサウンドデザインの創出	【参考論文・文献】 [1]トヨタTHSにランダムPWM制御を採用（車両快適性の追求－TNGA車両の振動騒音性能開発，自動車技術Vol.74，2020/7） [2]電圧インバータのPWM方式による分布巻き永久磁石同期モータの振動に関する検討—電気論文誌D(産業応用部門誌) Vol.137 Mo.9 pp.704-712
2025年度	2026年度				
- インバータ キャリア周波数固定状態での複数音源に対する評価指針の確立 - インバータキャリア周波数の変調制御を再現可能とする音源の作成 - インバータ音の変調制御の特徴を捉えた分析方法と定量値手法の検討	- インバータ音の変調制御の特徴を捉えた分析方法と定量値手法の構築 - インバータ キャリア周波数の変調制御に対する評価指針の確立 パラメータ：①キャリア周波数、②変調幅、③変調周期、④側帯波 - 電費や加速感演出も考慮に入れたインバータ 音のサウンドデザインの創出				

【テーマ名】 ラトルノイズ：遊星ギヤ衝突加振力予測

【研究委託先】 愛知工業大学 工学、**(仮)**
島根大学 総合理工学、東京科学大学 工学院機械系

【研究目的】 ラトルノイズの加振力となる、遊星ギヤの衝突の物理特性（歯減衰、歯剛性、オイル減衰特性、衝突タイミング）を定義する

【研究内容】

FY22～25実施の平行軸外歯ギヤの研究結果を基に、ユニット構想の遊星ギヤ（多重衝突）での衝突加振力予測技術を確立する。

・FY26 遊星ギヤ基礎研究

衝突の順番が既知状態での1ピニオン遊星ギヤで衝突力を計測し、剛性、減衰特性、回転挙動を解明し遊星ギヤ衝突基礎モデルを構築する。

・FY27 遊星ギヤへの適用

1ピニオン遊星ギヤ衝突に関する技術を基に、複数ピニオンギヤを有したギヤボックスで衝突力とそのタイミングを計測することで、剛性、減衰特性、衝突タイミングを解明し遊星ギヤ衝突モデルを構築する。

Step1 遊星ギヤ基礎モデル構築
1ピニオンにて実験
モデル構築



Step2 遊星ギヤモデル構築
複数ピニオンにて実験
モデル構築



【研究成果】

2026年度	2027年度
1ピニオン遊星ギヤの衝突による物理特性（歯減衰、歯剛性、オイル減衰特性、回転挙動）を定義する。	複数ピニオン遊星ギヤの衝突による物理特性（歯減衰、歯剛性、オイル減衰特性、衝突タイミング）を定義する。

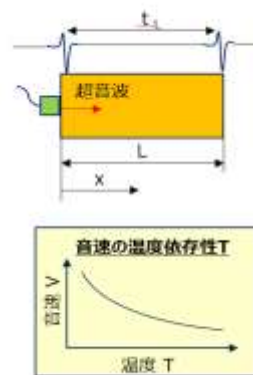
【参考論文・文献】

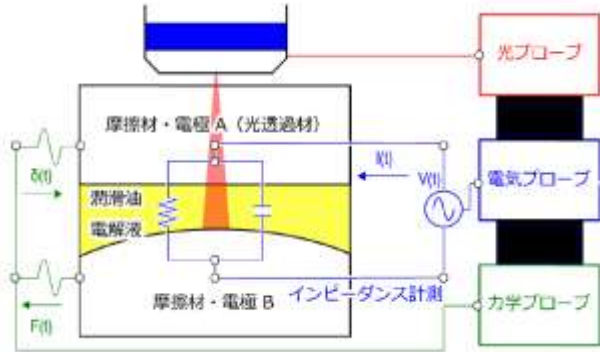
- [1]油膜を介した衝突振動のモデル化と歯車列を有するエンジン振動・騒音への適用、太田秀和、池田幸一郎、二江貴也、日本機械学会 Dynamics & Design Conference 2010 CD-ROM 論文集(2010)、講演番号719
- [2]Gear rattle dynamics: Lubricant force formulation analysis on stationary conditions, Fernandez-del-Rincon, A., Diez-Ibarbia, A., Iglesias, M. and Viadero, F., Mechanism and Machine Theory, Vol.142 (2019), DOI:10.1016/j.mechmachtheory.2019.103581
- [3]Numerical and experimental study of gear rattle based on a refined dynamic model, Guo, D., Zhou, Y., Wang, Y., Chen, F. and Shi, X., Applied Acoustics, Vol.185 (2022), DOI:10.1016/j.apacoust.2021.108407

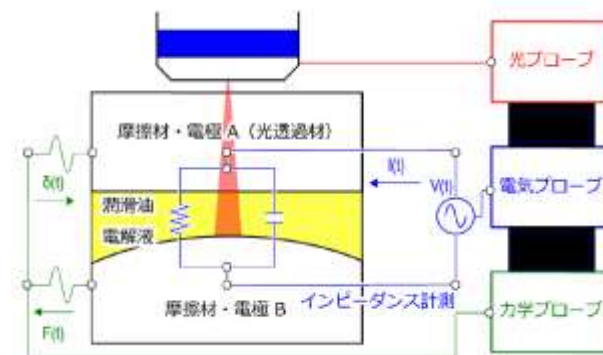


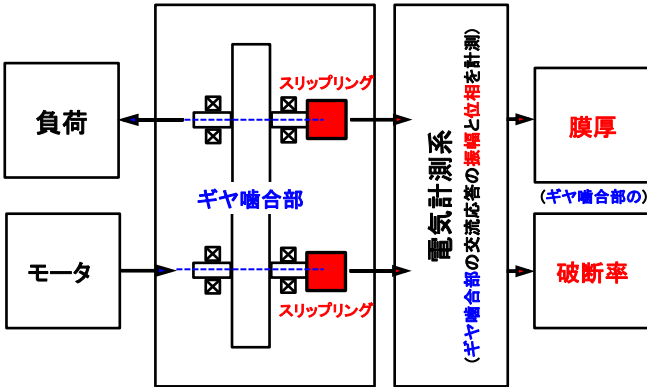
研究グループG
計測技術研究委員会

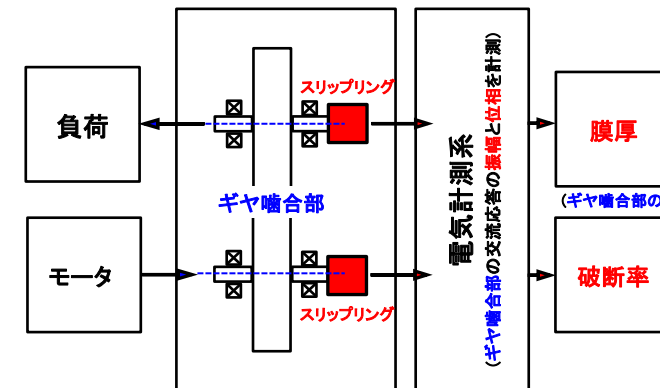
西 啓伸
研究委員会リーダー
(マツダ株式会社)

【テーマ名】モータ部品内部温度分布計測技術の研究		【研究委託先】長岡技術科学大学
【研究目的】超音波サーモメトリによるモータ磁石温度分布計測の実現		
【研究内容】 超音波の伝播速度を計測し、相関関係のある温度変化をとらえる原理からモータ内部温度を推定し、モータ性能に影響する動作中の磁石温度分布を計測できる技術を研究する。(温度分布は差分法解析にて取得可能) FY23～24年度にて以下が確認できたため、より実環境下での計測を目指すべく、回転体や高温状態、磁場環境下に対応できるセンサの検討や計測精度の確認を実施する。 ・計測制約(透過波利用、油介在要)把握 ・モータ内磁石のような中心温度が高くなる温度分布計測可  ■ 物体温度均一のとき $t_L = \frac{L}{V(T)}$ ■ 物体温度不均一のとき (温度勾配を持つ) $t_L = \int_0^L \frac{1}{V(T(x))} dx$ 逆問題解析 (超音波パルスエコー計測 + 差分法解析)にてT(x)はt_Lから定量的に評価できる。		
【研究成果】		
2025年度	2026年度	2027年度
【回転体計測システム構築】 超音波励起を非接触、超音波受信は接触とする計測システムを構築するため、以下を確認する。 ・非接触励起レイアウトの検討 ・使用トランスデューサ (高分子、セラミック等)選定	【精度向上、実機模擬】 前年度構築システムの課題抽出、解決のため、以下を確認する。 ・超音波計測の最適計測方法の模索 ・実機構成治具(モータ内磁石を非回転)で計測実施 ・界面熱抵抗影響確認	【回転体への適用】 FY26年度までのシステムにて、回転状態の計測するため以下を確認する。 ・回転状態での計測 (外部から回転→モータ運転状態)
【参考論文・文献】 [1]レーザ超音波法による加熱材料の非接触温度プロファイリング, 井原郁夫 (長岡技術科学大学),高橋学 (仙台高等専門学校, 日本音響学会誌77巻6号 (2021)) [2] Ikuo Ihara, Ryoichi Sawada, Youji Ogawa, and Yasuaki Kawano, Application of Ultrasonic Thermometry to Condition Monitoring of Heated Materials Advances in Condition Monitoring and Structural Health Monitoring, Lecture Notes in Mechanical Engineering, L. Gelman et al. (eds.), Springer Nature Singapore Pte Ltd., (2021) pp.781-789. [3] I. Ihara, A. Kosugi, Y. Ono and I. Matsuya, Noncontact Temperature Profiling of Rotating Cylinder by Laser-Ultrasound, Sensing Technology: Current Status and Future Trends III, Smart Sensors, Measurement and Instrumentation Volume 11, Alex Mason, Subhas Chandra Mukhopadhyay, Krishanthi Padmarani Jayasundera (Eds.), pp.327-339, Springer International Publishing, 2015		

【テーマ名】電食現象を分析・解析する為の計測技術研究		【研究委託先】横浜国立大学
【研究目的】モーターの高出力化に伴いトルク伝達経路へ流れ込む電流が増加することで周辺部品へ電食を発生させてしまう複数パラメータ(力学計測+分光計測)の同時計測により現象分析を可能とする為の計測技術研究に取り組む		
【研究内容】 ・電食発生部にて複数パラメータの同時計測の為、小型卓上試験機（評価試験機）を試作する ・2022年から取り組んできた（ギア噛み合い部への電気インピーダンス法の適用研究）際の電気計測系による電気情報に加え、分光計測系による界面厚み等、力学計測系による変位・振幅・力等 の複数データを取得可能な計測原理を構築する。 ・本評価を通して、未だ解明しきれていない電食現象の分析・解明の基礎データとして利用することで、電食現象の解明に応用できる計測原理を獲得する		
		
【研究成果】		【参考論文・文献】
2025年度 ・複数パラメータ(力学計測+分光計測)の時系列計測原理構築 as feasibility study ・卓上試験における放電現象(電食)再現 ・電食影響パラメータの抽出	2026年度 ・抽出したパラメータによる電食現象の分析・解明 ・未然防止設計に向けた設計パラメータの特定 ・電食現象の分析・解明結果が有効な他研究分野の探索、選定例：INVキャリア周波数制御へのFBや新たな対策要素技術提案	2027年度 ・5万rpm超モータの前提条件にて電食現象の再現・分析 ・他研究分野や製品開発への応用 [1] Layered Structure and Wear Mechanism of Concentrated Polymer Brushes, Hikaru Okubo, Daiki Kagiwata, Ken Nakano, Yoshinobu Tsujii (Yokohama National University), Langmuir (2023) [2] 転がり軸受の潤滑状態モニタリングに関する研究 ―電気インピーダンス法の開発―、丸山泰右(日本精工株式会社)、中野健(横浜国立大学)、博士論文(2019) [3] 弾性流体潤滑下の絶縁破壊に及ぼす潤滑油の粘度圧力計数の影響 砂原健司(株式会社 安川電機)、トライボロジスト第56号(2011)



【テーマ名】ギヤ噛合部の油膜形成と破断を評価する計測手法の研究		【研究委託先】横浜国立大学			
【研究目的】自動車の駆動系としては未知の高回転領域である～50000rpm条件下でのギヤの潤滑状態を定量化可能な計測手法を開発する。転がり軸受で実績のある電気インピーダンス法をギヤ噛合い部に適用し、その有効性を検証する。					
【研究内容】 ギヤ噛合部をモデル化した小型卓上試験機（評価試験機）を試作する。評価試験機に電気インピーダンス法の電気計測系を実装する評価試験機にて、ギヤ噛合部の交流応答を測定し、二種類の信号（振幅と位相）を得る。得られた二種類の信号から、ギヤ噛合部の油膜生成状態を把握可能な計測原理を構築する。 2026年度は、実際にユニットへ実装してギヤ潤滑状態の計測をする際に課題となりうる、S/N比の悪化、1 歯あたりのサンプリング数減少に対応した分析手法や、対応指針を構築する。					
					
【研究成果】					
2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
・電気インピーダンス法による計測原理の構築（低回転条件）	・高回転化対応に向けた高サンプリングでの計測手法構築 ・油膜形成状態の把握が有効な他研究分野の探索、選定	・10000rpmでの膜厚・破断率の実測、精度検証 ・他研究分野への貢献、応用（メカニズム究明、他応用研究への適用）	・ギヤの噛合い位相と潤滑状態の関係把握 ・試験装置に依らない計測ノウハウの取得 ・50000rpm評価の協業先探索、選定	・スリップリング使用によるS/N比悪化に対する分析手法構築 ・高回転化による1歯あたりのサンプリング減少に対する限界値把握	・50,000rpm試験装置（オープンボ又はサブシステムユニット等）への実装
【参考論文・文献】					
[1] 転がり軸受の潤滑状態モニタリングに関する研究－電気インピーダンス法の開発－、丸山泰右(日本精工株式会社)、前田成行(日本精工株式会社)、中野健(横浜国立大学)、Tribology Online、14巻 5号(2019)			[2] Complex Impedance Measurement Applied to Short-Time Contact Between Colliding Steel Surfaces,T.Nihira・K.Manabe・K.Nakano (Yokohama National University),C.Tadokoro (Tokyo University of Science) , S.Ozaki(Yokohama National University), Tribol Lett (2015) 57:29		



【テーマ名】 高速摺動部の低ノイズ電気信号伝達技術の研究	【研究委託先】 名古屋大学				
【研究目的】 5万回転実働状態での計測を実現するためには、低ノイズで信号を伝達する手段が必要となる。スリップリング等の電気接合部で発生するノイズの原因を特定し、低ノイズでの信号伝達技術を確立する。					
【研究内容】 計測技術研究委員会で行っている「油膜計測」では、10kHzの交流電圧を印加し、出力信号をRC回路モデルでフィッティングする事で、油膜厚さと破断率を求める技術研究を進めている（図1）。 この技術を5万回転実働状態に適用するためには、回転中のギヤ噛合部に、入出力信号を伝達する技術の確立が必要となる。回転体への信号伝達には、スリップリングが用いられるが、電気接合部でノイズが発生するため、一般的にはバンドパスフィルタを用いて、ノイズ除去を行っている。しかし、今回のような高周波数の信号を対象とする場合、バンドパスフィルタが使えず、SNが悪化してしまう課題がある。 そこで今回、高周波数の信号伝達に対応するため、電気接合部でのノイズ発生原因の特定と対策を実施し、低ノイズでの信号伝達技術を確立する。					
【研究成果】 <table border="1" data-bbox="66 911 1462 1245"> <thead> <tr> <th>2026年度</th><th>2027年度</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td> ・低ノイズ信号伝達技術提案 -評価装置の製作 -影響因子の抽出 -低ノイズ信号伝達を実現するための方策提示 </td><td> ・低ノイズ信号伝達機構の試作 ・50,000rpm試験装置(オープンラボ又はサブシステムユニット等)への実装 </td></tr> </tbody> </table>	2026年度	2027年度	・低ノイズ信号伝達技術提案 -評価装置の製作 -影響因子の抽出 -低ノイズ信号伝達を実現するための方策提示	・低ノイズ信号伝達機構の試作 ・50,000rpm試験装置(オープンラボ又はサブシステムユニット等)への実装	【参考論文・文献】
2026年度	2027年度				
・低ノイズ信号伝達技術提案 -評価装置の製作 -影響因子の抽出 -低ノイズ信号伝達を実現するための方策提示	・低ノイズ信号伝達機構の試作 ・50,000rpm試験装置(オープンラボ又はサブシステムユニット等)への実装				

計測用信号の伝達部(本研究対象)

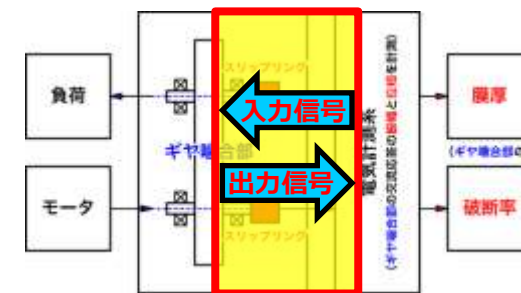


図1、インピーダンス法での油膜計測と本研究での取り組み

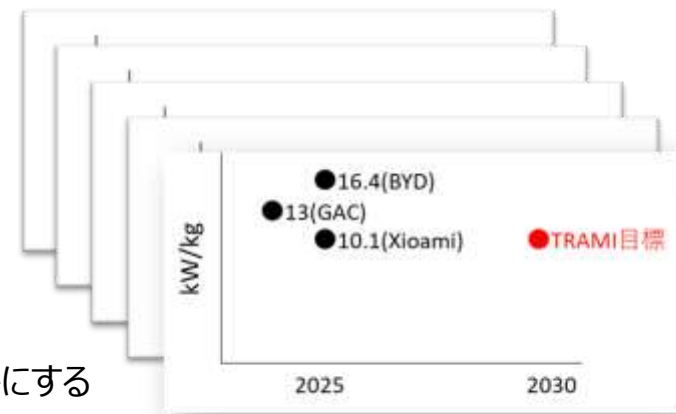


研究グループH 合同調査研究委員会

森 直之
研究委員会リーダー
(いすゞ自動車株式会社)

【テーマ名】		トップランナー高回転ユニット調査 モータ熱冷却調査	【研究委託先】	(未定)
【研究目的】				
高回転化に伴う発熱量増加に対応する熱回収システムの設計要件明確化				
【研究内容】				
	項目	目的	実施項目	
	①車両全体の効率計測	・トップランナ高回転ユニット発熱、車両全体効率、熱マネ挙動定量化 ・TRAMI目標位置づけ明確化	INV/MG/GB効率、エネマネ挙動計測 モデル化に必要なデータの取得	
	②ePTユニットレベル実機測定	・トップランナ高回転ユニット冷却の要件明確化、効果定量化 ・TRAMIユニットへの要件反映、性能試算用モデルへの要件反映	モータの発熱冷却定量データ取得 モデル化に必要なデータの取得	
	③ePTユニット分解調査	・トップランナ高回転ユニット冷却の設計要件明確化、モデル反映	ユニット冷却システム構造調査 モデル化に必要なデータの取得	
	④評価結果のモデル反映	・TRAMIユニットの目標性能達成シナリオ構築を目的とした、性能試算 用モデルへの要件反映	①～③活動によって得た要件のモデル反映	
【研究成果】			【参考論文・文献】	
	2026年度	2027年度	2028年度	
①車両全体の 効率計測	INV、MG、GB効率マップ取得 モデル化に必要なデータ		●実施結果分析 ・トップランナ高回転ユニット損失明確化 ・冷却システム設計要件明確化 ・TRAMIユニット性能試算モデルへの要件反映 ●計画アップデート	
②ePTユニットレベル 実機測定	ユニット評価計画	ユニット効率マップ取得 モータ冷却の詳細なデータ取得		
③ePTユニット 分解調査	ユニット冷却システム構造要件 モデル化に必要なデータ			
④評価結果のモデル 反映		TRAMIユニット性能試算モデルへの 要件反映		

【テーマ名】 超高回転技術調査	【研究委託先】 (未定)				
【研究目的】 海外OEM電動車技術の最新動向の把握および海外サプライヤや学術研究におけるePT技術の進展を整理し、TRAMI技術研究における先進性を分析する。					
【研究内容】 海外の技術進展の動向を把握し、TRAMIユニットの位置を可視化する ・TRAMIユニットの先進性を分析するため、海外の技術動向と比較できるKPI項目の設定と数値化を検討する ・全業界技術調査による文献の活用、展示会や技術フォーラムを通じて、海外の最新技術情報を収集する ・2030年までのKPIトレンドの把握と先進性を分析し、TRAMIユニットの位置を明らかにする					
【研究成果】 <table border="1" data-bbox="45 882 996 1300"> <thead> <tr> <th>2026年度</th><th>2027年度</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td> ・海外OEM電動車技術および海外サプライヤや学術研究の動向を整理し、KPI項目を設定 ・全業界技術文献の活用、展示会や技術フォーラムを通じて、海外の最新情報を収集し、KPI項目へ反映 </td><td> ・2030年までのKPIトレンドを把握し、TRAMIユニットの先進性を分析 ・TRAMIユニット位置を可視化し、TRAMI技術研究へ提案 </td></tr> </tbody> </table>		2026年度	2027年度	・海外OEM電動車技術および海外サプライヤや学術研究の動向を整理し、KPI項目を設定 ・全業界技術文献の活用、展示会や技術フォーラムを通じて、海外の最新情報を収集し、KPI項目へ反映	・2030年までのKPIトレンドを把握し、TRAMIユニットの先進性を分析 ・TRAMIユニット位置を可視化し、TRAMI技術研究へ提案
2026年度	2027年度				
・海外OEM電動車技術および海外サプライヤや学術研究の動向を整理し、KPI項目を設定 ・全業界技術文献の活用、展示会や技術フォーラムを通じて、海外の最新情報を収集し、KPI項目へ反映	・2030年までのKPIトレンドを把握し、TRAMIユニットの先進性を分析 ・TRAMIユニット位置を可視化し、TRAMI技術研究へ提案				
【参考論文・文献】 電動パワートレインの超高回転化技術開発に向けた技術課題に対する先進技術動向調 株式会社リンカーズOII研究所					



TRAMI



Transmission Research Association for Mobility Innovation

自動車用動力伝達技術研究組合

ALL JAPANで未来を駆動。TRAMI