

TRAMI

Transmission Research Association for Mobility Innovation

自動車用動力伝達技術研究組合

第９回公開フォーラム

次年度研究内容説明会

2026.11.16

事前配布資料

目次

		ページ
第１部	１．特別講演「EV駆動系歯車の特性と問題点、その解決法」	4
	２．人と車の未来を変えるTRAMIの超高回転・超小型電動パワートレイン技術	6
	３．TRAMI研究概要	25
	４．会員のうれしさ	32
第２部	５．研究グループＡ　機械摩擦・熱研究会	38
	６．研究グループＣ　流体摩擦・熱研究会	46
	７．研究グループＥ　電動化研究会	55
	８．研究グループＦ　音振動研究会	72
	９．研究グループＧ　計測技術研究会	79

第１部

講演

特別講演

「EV駆動系歯車の特性と問題点、その解決法」

久保 愛三　先生
応用科学研究所 理事長　　京都大学 名誉教授

公開フォーラム当日に発表させて頂きます。

人と車の未来を変えるTRAMIの超高回転・超小型電動パワートレイン技術

斉藤　康
運営委員長
（日産自動車株式会社）

1．TRAMIとは？

2．超高回転・超小型電動パワートレイン技術

1．TRAMIとは？

2．超高回転・超小型電動パワートレイン技術

TRAMI とは、
Transmission ***R***esearch ***A***ssociation for ***M***obility ***I***nnovation



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

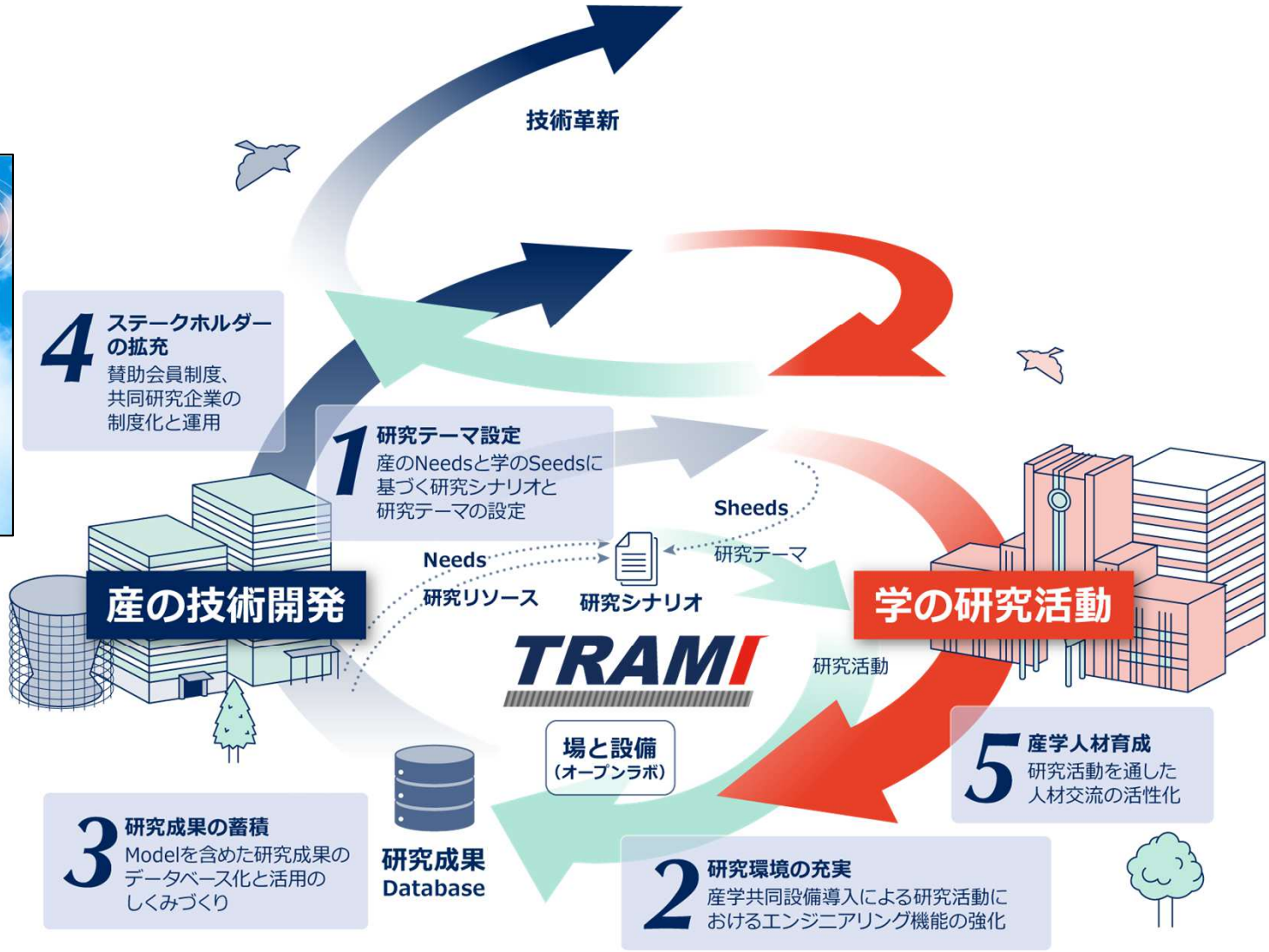
（五十音順）



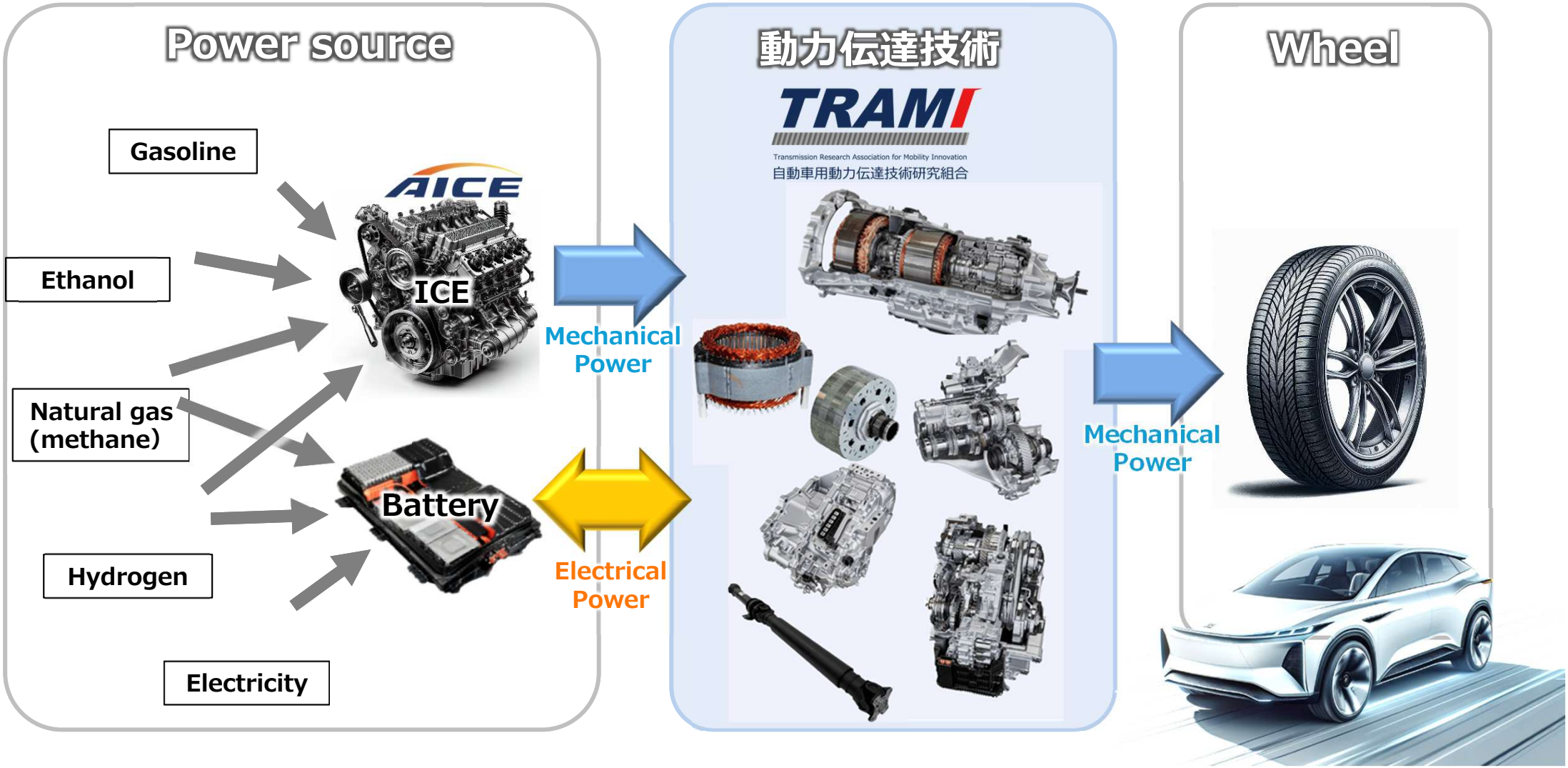
TRAMIは理念実現のため,これら５つの活動を連携させて,学の研究活動を産の技術開発・将来の技術革新へとつなげていく

TRAMIの理念；
産学連携の基礎研究による科学技術の発展と産学の人材育成により日本の産業力向上に貢献する





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



TRAMIの研究活動体制

✓ 6つの研究会で研究を推進



✓ 日本全国の数多くの大学と連携

2018年度：10大学

2026年度：38大学



✓ 共同研究企業23社以上

株式会社IJTT
Astemo株式会社
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
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
コマツ（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
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
株式会社三井ハイテック
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
ヤマハ発動機株式会社
ユニプレス株式会社
ほか

公開許諾企業　2026年6月現在　＊五十音順

✓ 賛助会員企業34社以上

✓ JARI(つくば市）にオープンラボ所持



外観

入出力ダイナモ	110kw×2基
回転数	0～8000rpm
トルク	500N・m （精±0.05%FS）
油圧発生装置	0.1～7.0MPa 2系統 潤滑20l/min 3系統
環境温度	-40～150℃
バッテリー シミュレータ	250kw 50～750V ±500A
MBDモデル	操作盤：小野測器製 FAMS-R5 車両モデル演算用 DSP:SCALEXIO

1．TRAMIとは？

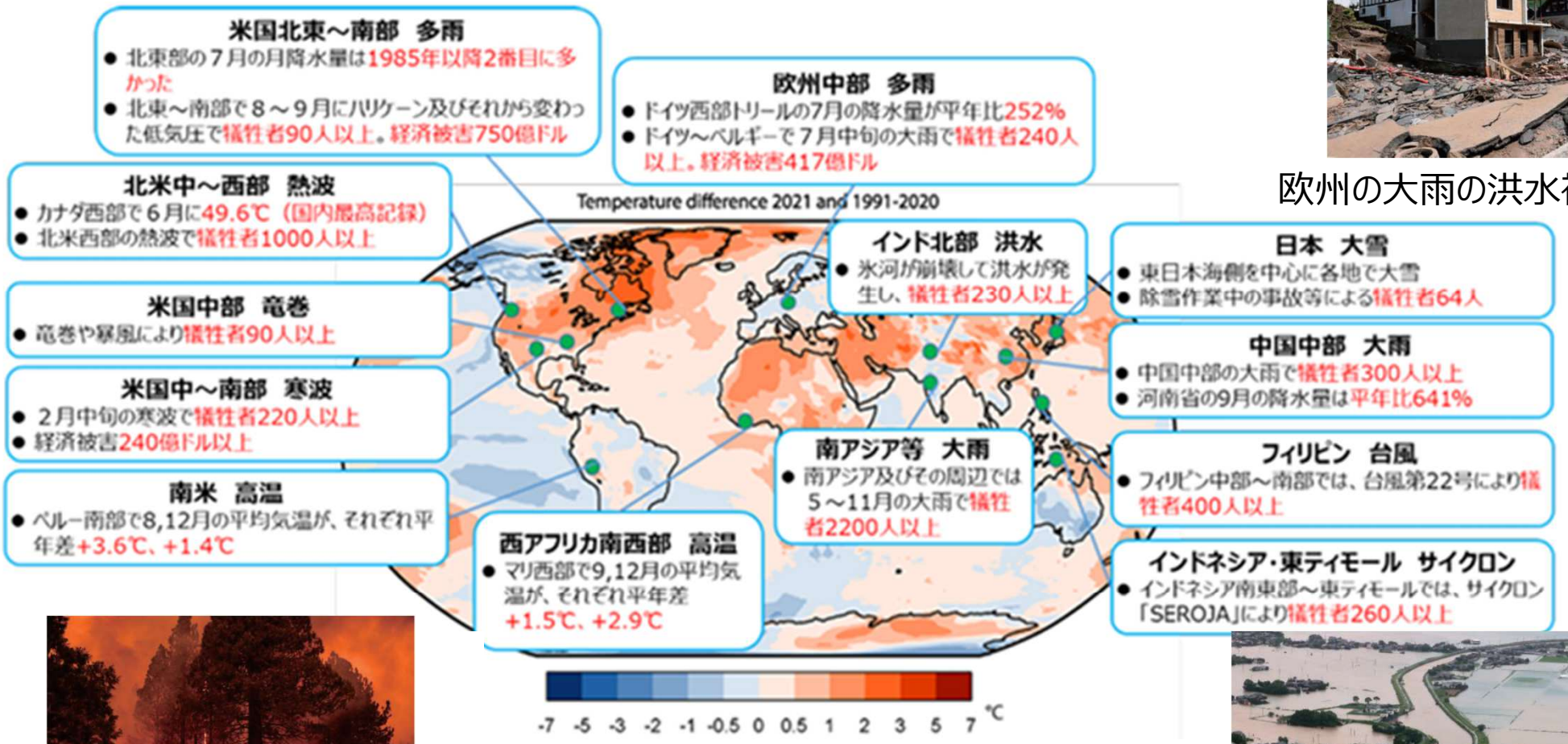
2．超高回転・超小型電動パワートレイン技術

忘れてはならない世界の異常気象の原因

近年,異常気象は肌身に感じて増加の一途である.これら全ての原因とは断定できないが,地球温暖化の影響が大きいのは明白である.



欧州の大雨の洪水被害の様子



世界の異常気象
（背景図は1991年-2020年の平均と比較した2021年の平均気温差）

米国カリフォルニア州の山火事



日本の大雨の被害の様子

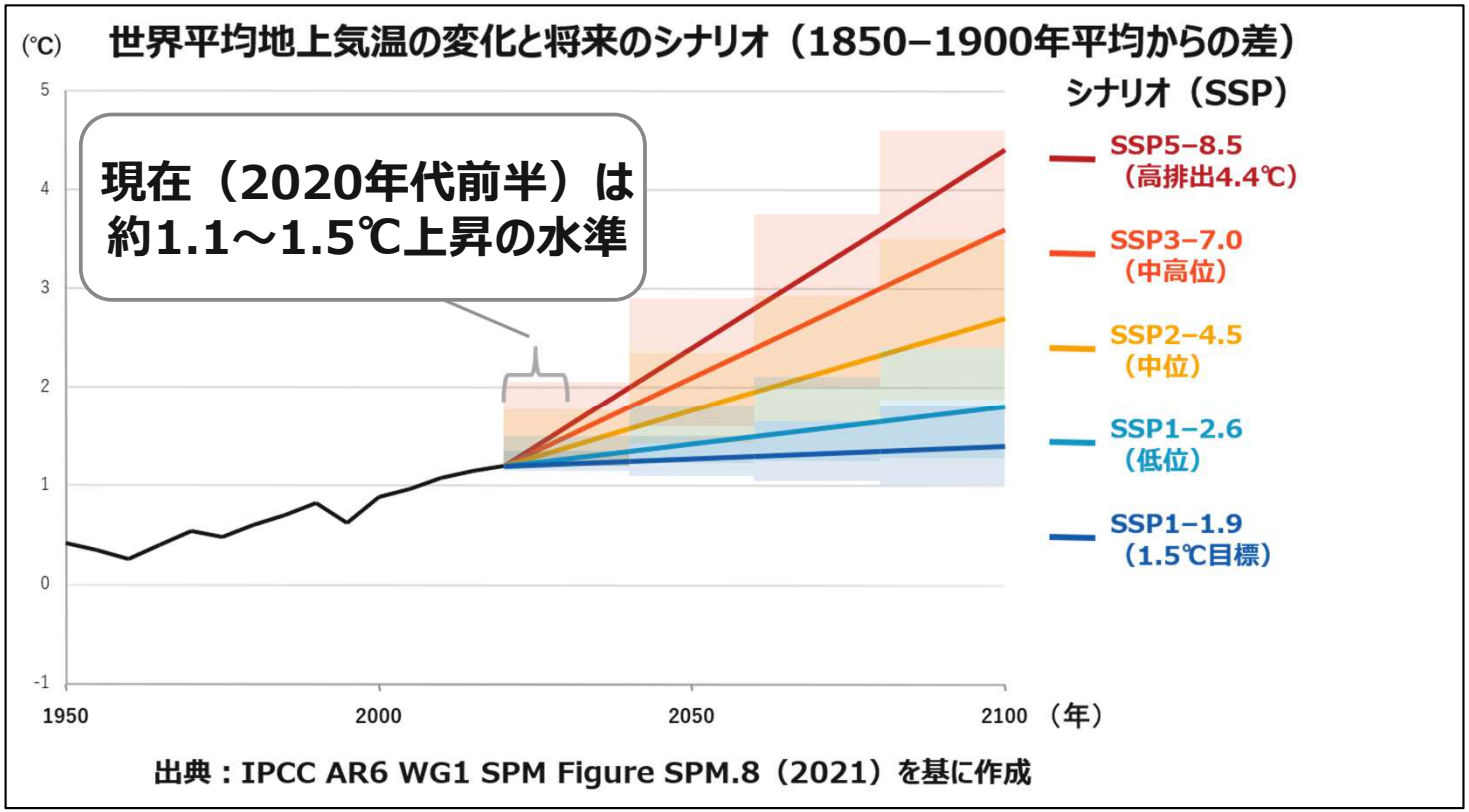
出典：「WMO Provisional State of Global Climate in 2021」、気象庁ホームページより環境省作成

地球温暖化と1.5℃目標

- ✓ 2015年パリ協定にて,世界の平均気温上昇を災害発生のティッピングポイント（転換点）といわれる＋1.5℃に抑える目標を策定
- ✓ 1.5℃目標を達成するには世界全体で45%ものCO2の排出量低減が必要

＜1.5℃目標＞

「世界の平均気温の上昇を,産業革命以前に比べて2度より十分低く保ち,1.5度に抑える努力をする」ことを目指す目標.



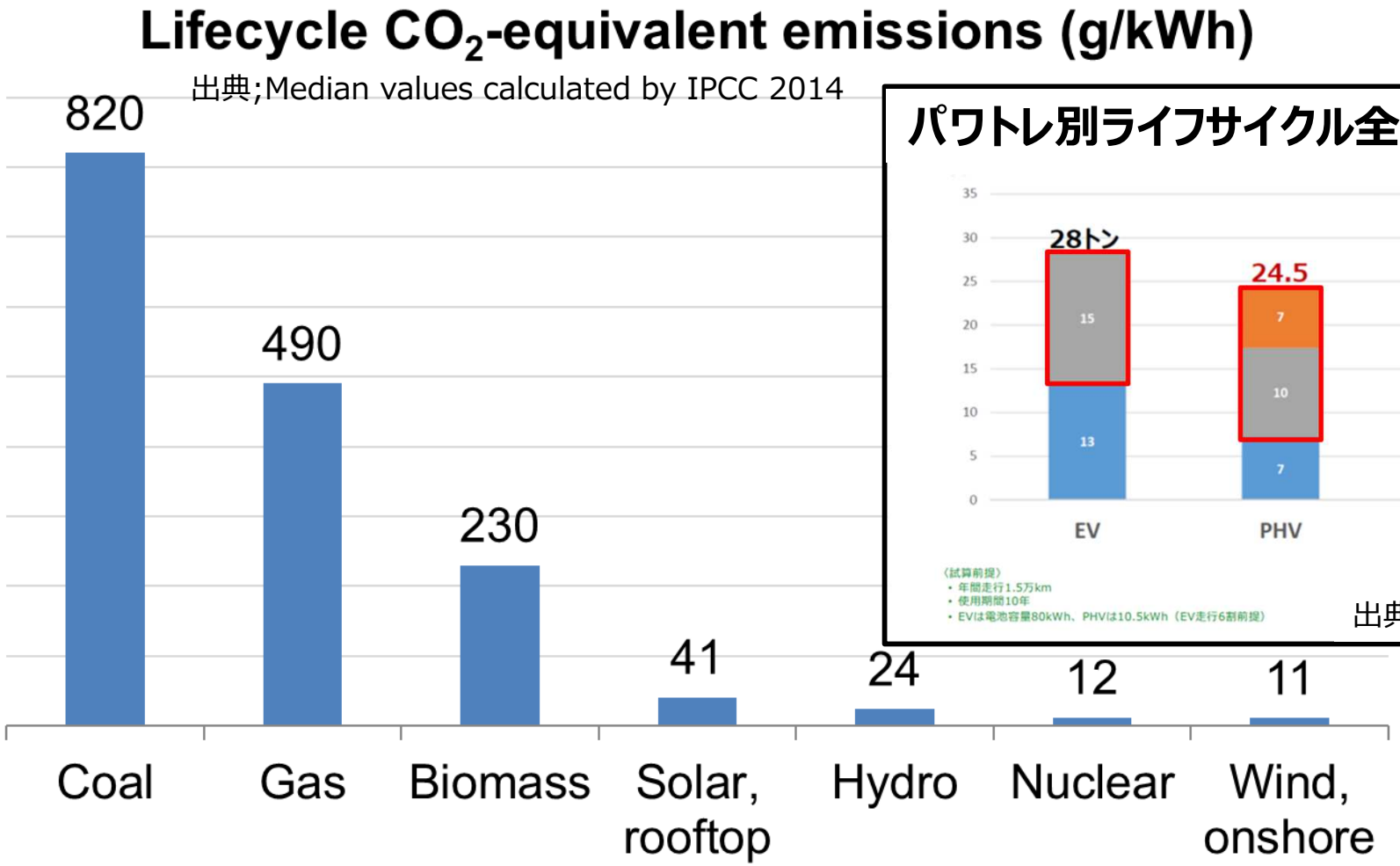
出典：IPCC AR6 WG1 SPM Figure SPM.8（2021）を基に作成

現状のまま

CO2排出量
45%低減

電動車の可能性

エネルギー製造が占める割合の大きいBEVやPHEVは,電気の作り方によっては
大幅なCO2削減の可能性がある



出典;Median values calculated by IPCC 2014

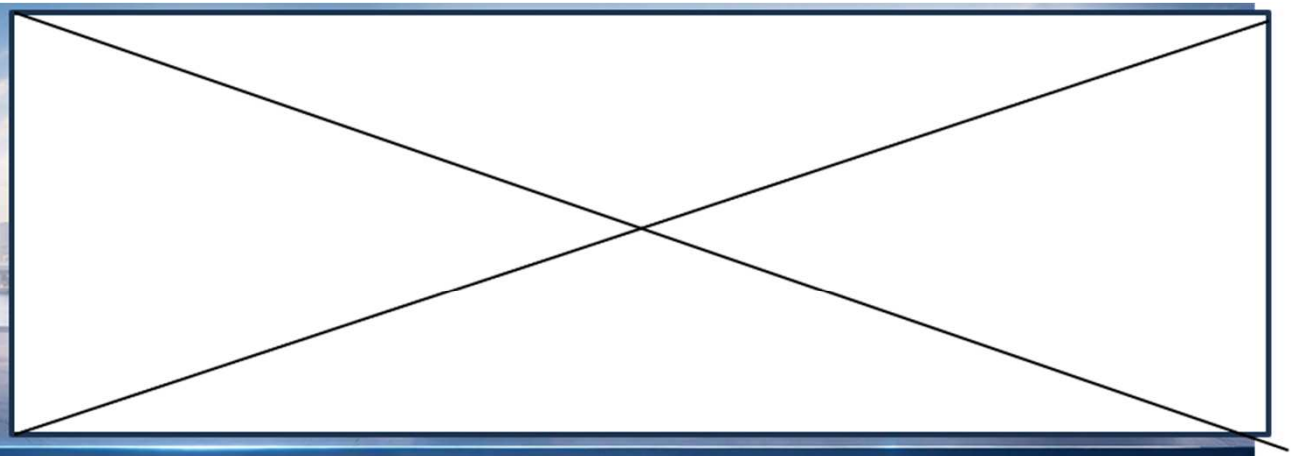
出典;IEA Global EV Outlook 2020

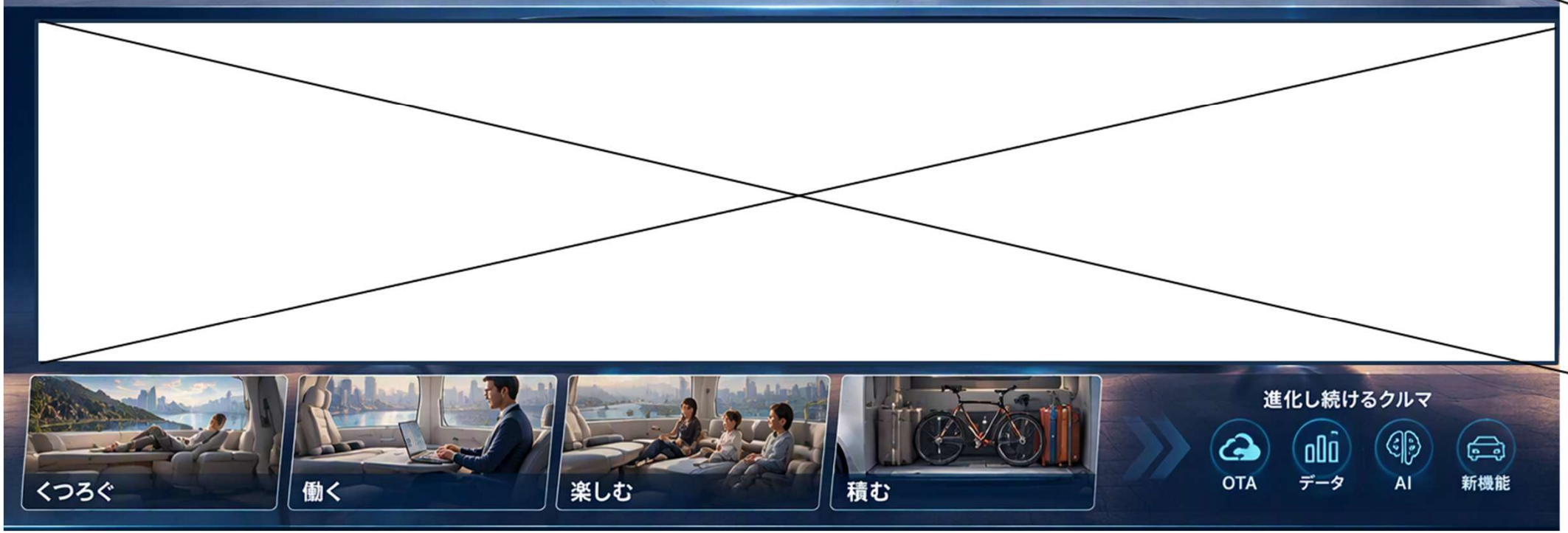
BEVやPHEVに代表される電動車の競争力を高め,大衆化することは
自動車業界として共通の使命である

電動パワートレイン小型化による新しい車造り

電動パワートレインの超小型化は車の設計自由度を飛躍的に拡大し,
SDV時代の人と車の新たな価値を創造する







小型化へのアプローチとユニットとしての課題

小型化にはモータ高回転化が有効であるが,同時に高減速比も必要となる.
電動パワートレインユニットの小型化には背反を抑制する技術研究も必要.

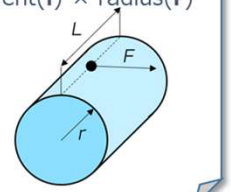
モータの小型化には高回転化が有効

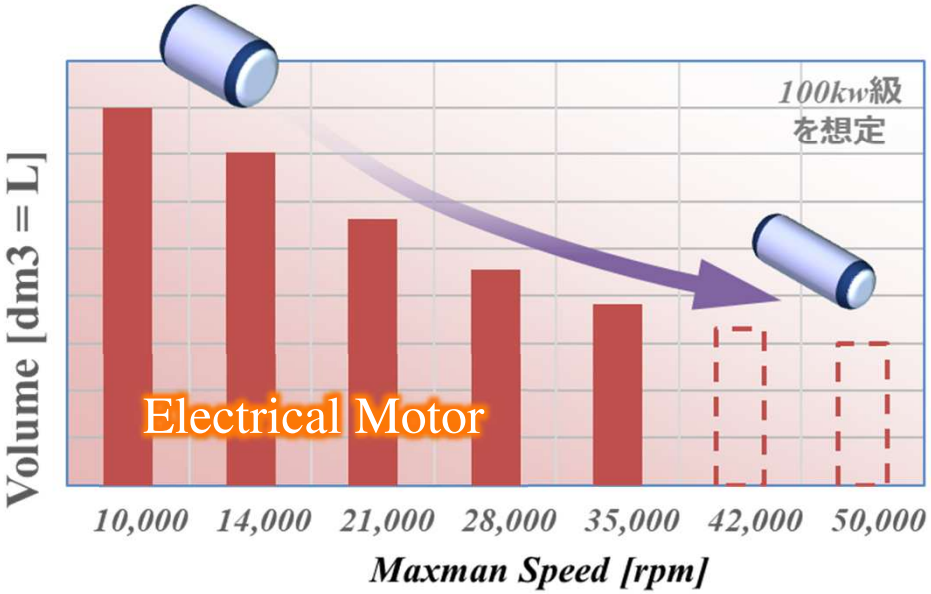
Motor Torque

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

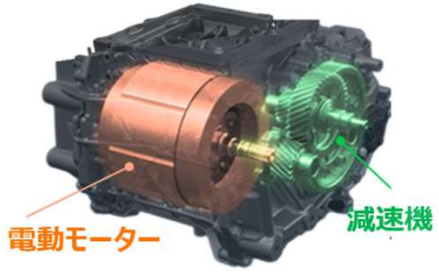
$= k_0 \times \pi \times r^2 \times L \times i$

Motor volume

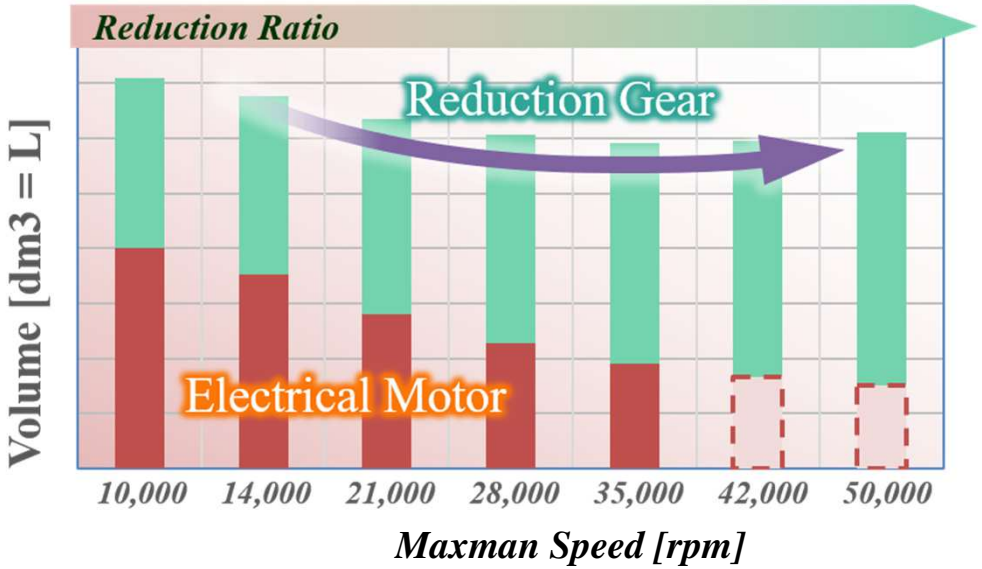




高減速比化は小型化と背反



平行3軸減速機で高減速比をとるには軸間の拡大などが必要になる場合がある



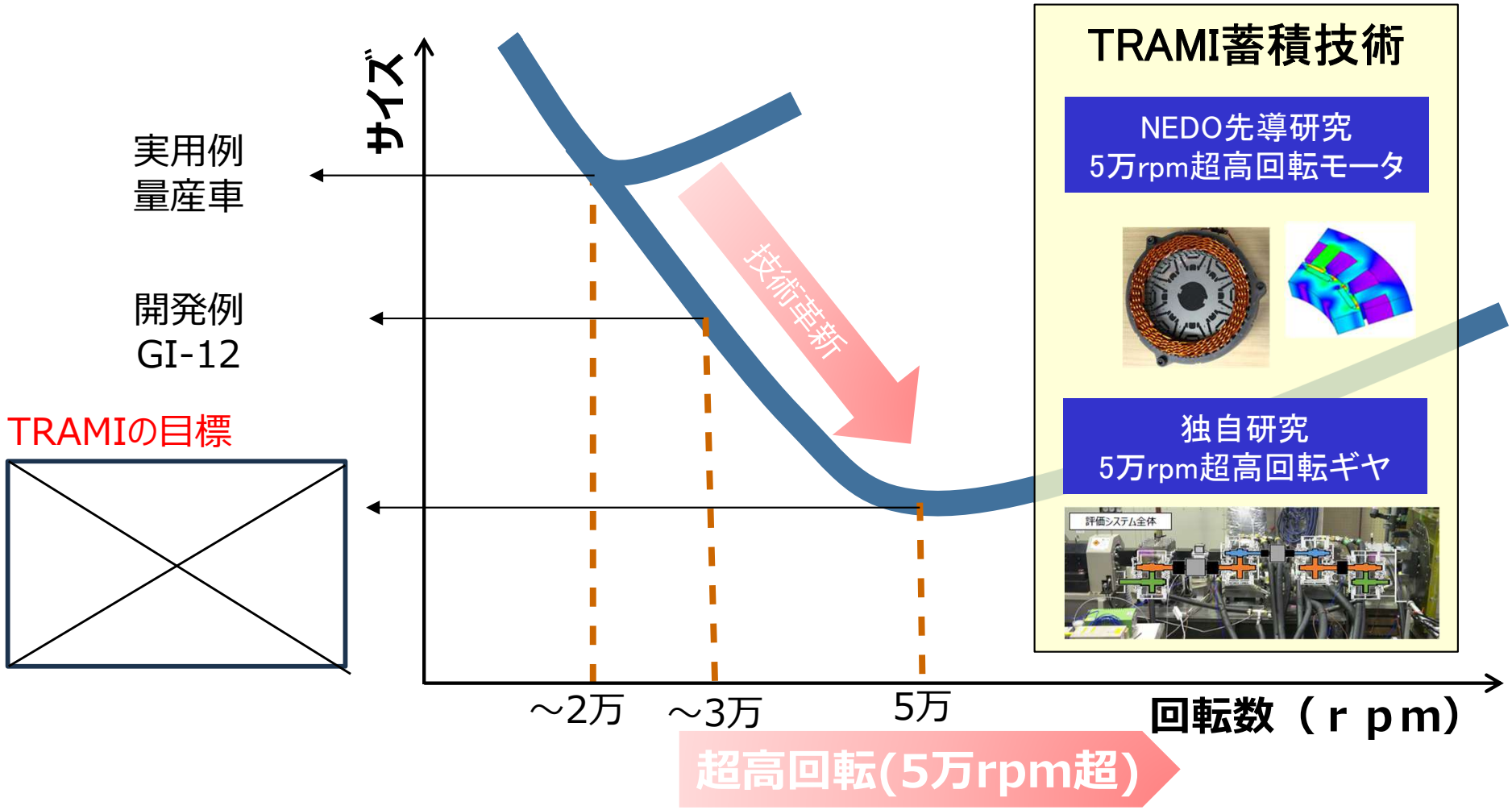
参考：On the Impact of Maximum Speed on the Power Density of Electromechanical Powertrains, Vehicles 2020, 2, 365–397

E-MOTIVE · 10th Expert Forum Electric Vehicle Drives
12–13 September, 2018 in Stuttgart, Germany

TRAMIの超小型化電動パワートレイン研究とは

TRAMIが蓄積した要素技術を基に,電動パワートレインユニットシステム全体を成立させるための技術研究を行う（TRLを深化；TRL3～5を重点化）

TRL（Technology Readiness Level）；技術成熟度
TRL3(サブユニット実証)～TRL5(車載想定ユニット実証)



TRAMIの超小型化電動パワートレイン研究の本質

各企業の製品開発に利用する前提での,小型化及び背反抑制実現技術

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

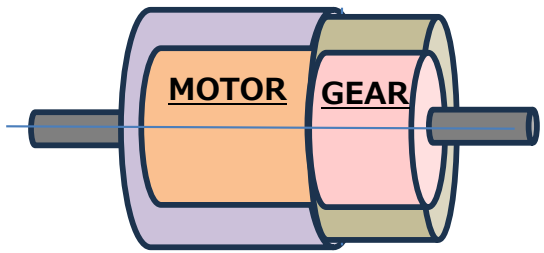
各企業の競争力ある製品開発に活用

- ＊＊＊ユニット
- インホイールユニット
- 超軽量ユニット
- 超高回転超小型ユニット
- 新発明電動ユニット
- 超高効率ユニット

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超モータ
- 減速比30
- INV制御

PoC(Proof of Concept）ユニットイメージ

超小型電動パワートレイン技術研究（小型化及び背反抑制実現技術）

- 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・・・

新たなNEDO助成事業の採択

TRAMIの超小型電動パワートレイン技術の開発は,NEDOの助成事業である“脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム”の重点課題スキームに採択・交付決定(2026.7)された.
（2026から最大5カ年）

プログラムの枠組み

「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」
（略称：脱炭素省エネ）

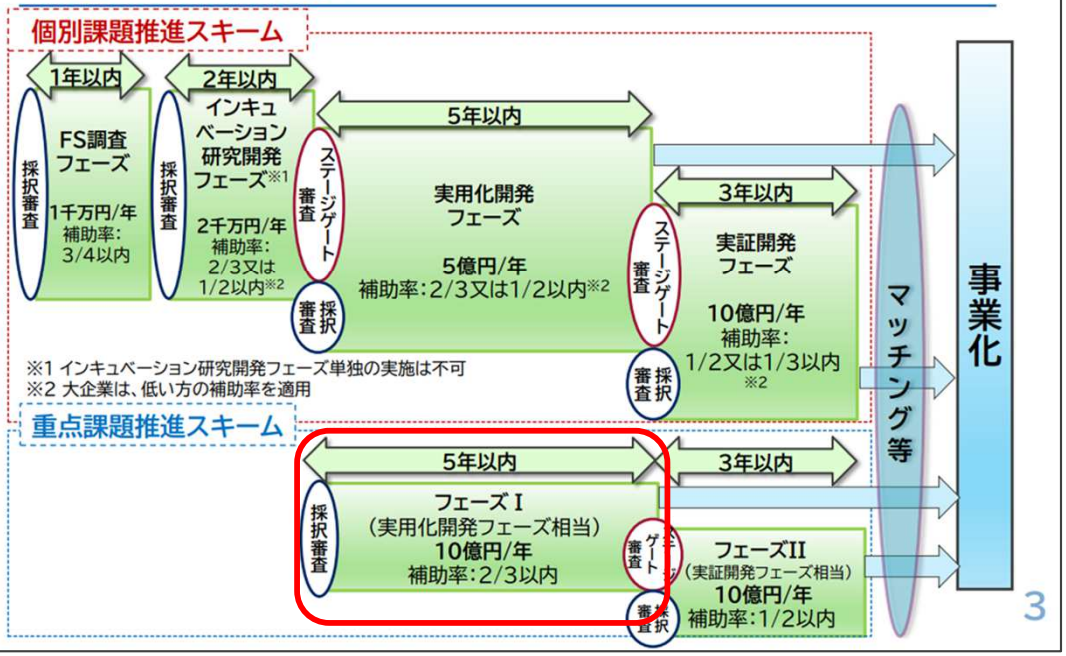
「省エネルギー・非化石エネルギー転換技術戦略」（資源エネルギー庁、NEDO）において取り組むべき分野として特定した「重要技術」を中心に、**2040年度に高い省エネルギー効果が見込まれる技術開発**を支援し、省エネルギー型経済社会の構築及び産業競争力の強化をめざすプログラムです。

制度概要

制度実施期間	2021年度～2035年度
事業種別	補助事業（**技術開発費 ＝ NEDO補助費（税抜）＋ 実施者負担**）
対象技術	「重要技術」を中心とする、「**省エネ法**」に定められたエネルギー※（燃料、熱、電気）の**国内消費量**を削減する技術開発及び非化石エネルギーへの転換等に対する技術 ※省エネ法改正（23年4月施行）を受けて、本事業で省エネの対象となるエネルギーの一部見直しが行われています。
対象事業者	**本邦の企業、大学等の法人**で**国内に研究開発拠点**を有している者 ※大学等の単独提案は不可
省エネルギー効果量	2040年度時点において、**日本国内で10万kL/年以上（原油換算）**

1

公募スキーム 概要



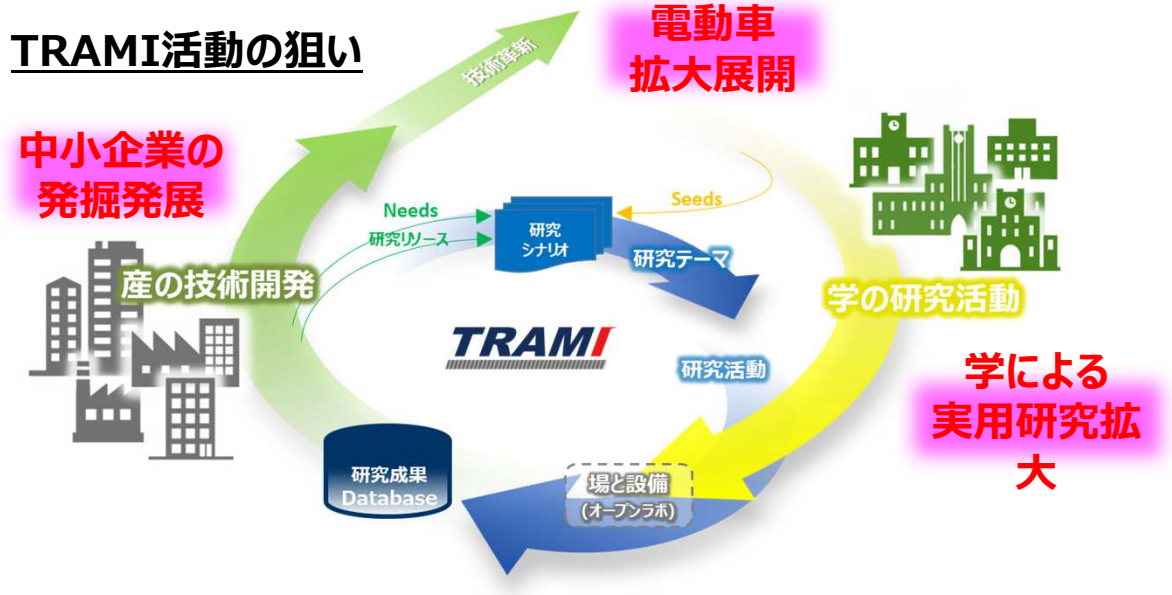
3

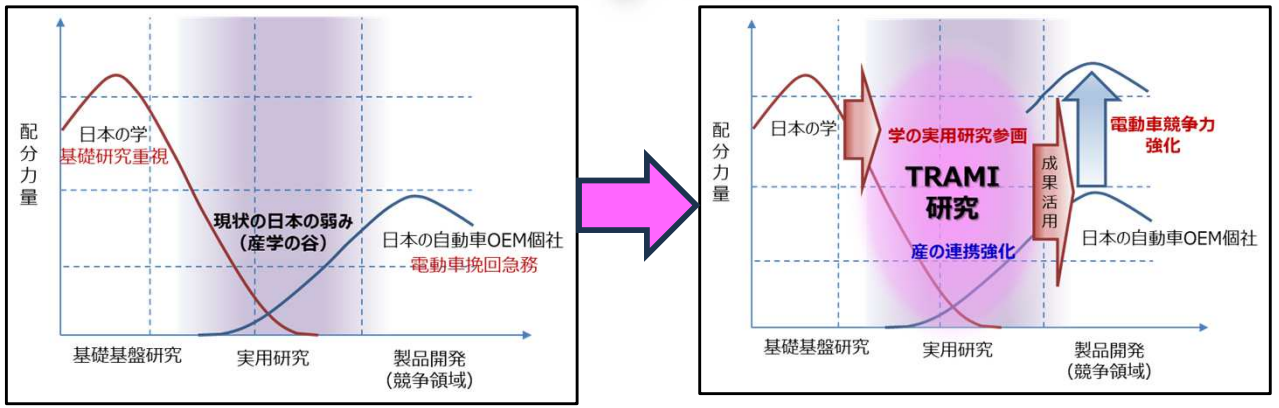
出典：NEDOホームページの説明会資料1.制度概要より

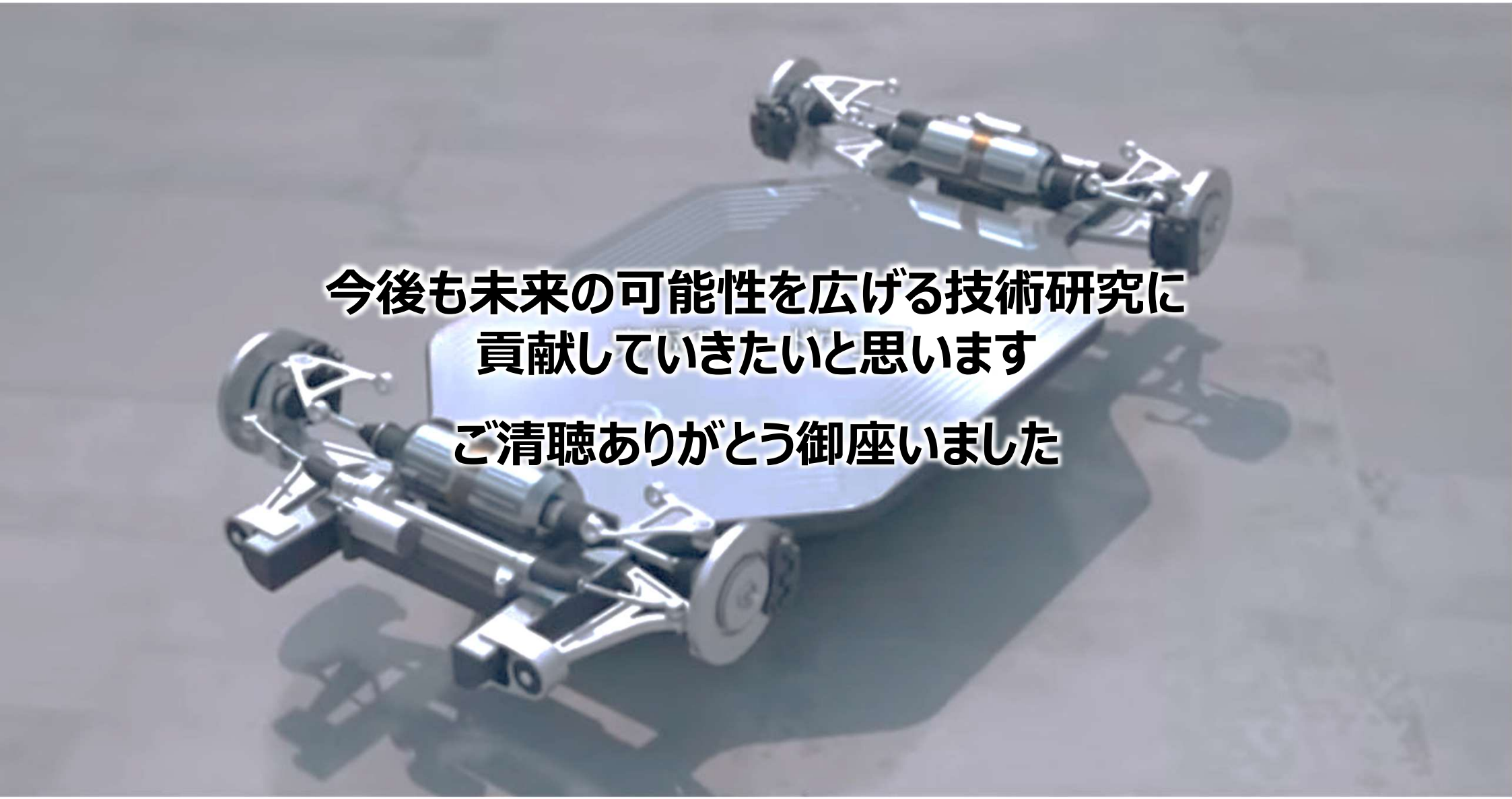
“重点課題スキーム”
業界の共通課題及び異業種に跨る課題の解決に繋げる革新的な技術開発等,複数の事業者が連携・協力して取り組むべきテーマを設定し,技術開発を行う. （５年間,10億円/年）

日本の自動車産業への貢献～産学官連携による活性化～

TRAMIの超小型パワートレイン研究を通じ、産学官連携により実用研究を拡大し,日本の自動車産業の更なる活性化に貢献して行く







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

ご清聴ありがとう御座いました

TRAMI研究概要

森　淳弘
運営委員
（日産自動車株式会社）

課題と技術ニーズ（電動システム）

■ 50,000rpm超高回転PTシステムの重要課題・技術ニーズから研究テーマを企画

		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	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	磁石強度解析	磁石強度/磁石特性両立技術
			ロータ撹拌大	撹拌損失大	オイル飛散、撹拌予測技術	冷却オイル流れ制御
						撹拌抵抗低減油（オイル技術）
				オイル泡立ち		泡立ち低減技術（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	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	保持器状態予測（BRG技術）	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	EMCメカニズム解明	電蝕対策/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
			コイルエンド体格低減	コイル成型性		コイルエンド小型工法（プレス、絶縁技術）
				コイル端子接合性		コイルエンド小型工法（接合、絶縁技術）
		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	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	逆起低減、可変界磁技術
		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

課題と技術ニーズ（減速システム）

■ 50,000rpm超高回転PTシステムの重要課題・技術ニーズから研究テーマを企画

		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
					遊星ミスアラパターン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）
		潤滑油撹拌大	撹拌抵抗大		撹拌状態、撹拌抵抗、発熱予測技術	撹拌低減技術（潤滑構想）
						撹拌抵抗低減油（オイル技術）
			潤滑油飛散大	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･ﾄﾞﾗｲｻﾝﾌﾟｼｽﾃﾑ）
						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）

主要な要素技術課題

■ 5つの要素技術課題に分類し、5つの研究グループにて研究開発を推進

・ユニットシステム性能予測技術　**超高回転・小型ユニットの具現化**　・ユニット小型化技術（構想/設計/材料）

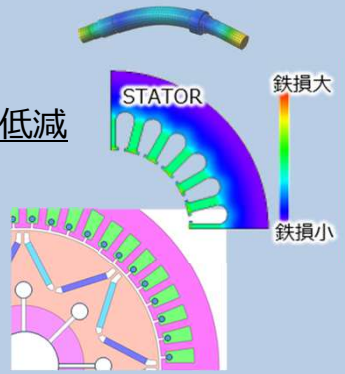
E.Gr　1．電動モータ

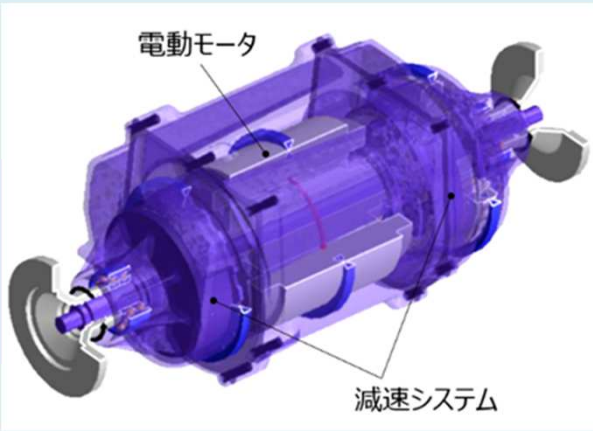
・小型化技術
超高回転対応

・高効率化/損失低減

・冷却構造
ロータ/ステータ

・制御技術
高周波対応





・システム性能評価技術

A.Gr　2．減速システム

・小型・高効率な高減速機構設計技術
複列遊星歯車機構挙動
遊星トラクションドライブ
磁気ギヤシステム



・高回転歯車の強度信頼性設計技術
マイクロピッチング防止設計
歯面油膜形成

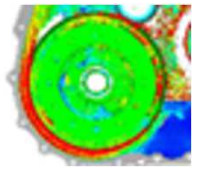


C.Gr　3．潤滑・冷却

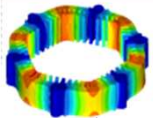
・高回転モータ・ギヤの油冷技術
オイルジェット
軸芯給油
飛沫/ミスト

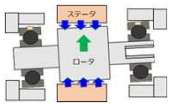


・ユニット内オイル挙動の予測設計技術
潤滑設計モデル化
予測精度と計算時間の両立



F.Gr　4．音・振動抑制

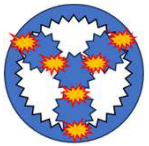

モータ
振動伝達

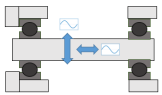


アンバランス
加振力

・モータの振動伝達低減
共振対処
高周波振動抑制

・ドライブトレインの振動伝達低減
多点同時加振影響解明
調心作用・振れ回り解明

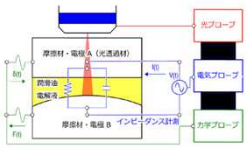

遊星ギヤ加振力


ドライブトレイン
振動伝達

G.Gr　5．計測技術

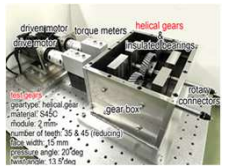
・モータ部品内部温度分布計測

・電食現象可視化



・高速回転部の計測信号低ノイズ化手法

・ギヤ噛合部の油膜計測



■ 各研究グループの2027年度　研究テーマリスト　全32テーマ（1/2）

研究Gr	TRAMI研究委員会	2027年度 研究テーマ	委託先予定
A	機械摩擦・熱研究委員会（5テーマ）	高速で駆動される歯車のマイクロピッチング防止設計技術の構築★	鳥取大学
		潤滑油処方と摩耗機構に基づく歯面損傷予測技術の開発★	東京工業高専
		歯面油膜厚可視化・油膜形成モデル構築★	東海大学
		5万rpm遊星トラクションドライブの研究	東海大学
		高回転複列遊星機構挙動研究	東海大学
		磁気ギヤと小型モータを一体にしたモータシステムの研究	芝浦工業大学
C	流体摩擦・熱研究委員会（5テーマ）	オイルジェットによる油冷モデル構築★	弘前大学
		軸芯給油による油冷モデル構築★	神戸大学
		潤滑状態に応じたCFD実用化技術★	数値流体力学コンサルティング
		高速オイル流れの予測モデル構築★	大阪大学
		飛沫オイルの制御と設計活用★	東京大学
F	音振動研究委員会（3テーマ）	モータの振動伝達予測★	明治大学
		高周波ドライブトレイン振動伝達予測★	中央大学
		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
G	計測技術研究委員会（3テーマ）	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
		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
		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

■ 各研究グループの2027年度　研究テーマリスト　全32テーマ（1/2）

研究Gr	TRAMI研究委員会	2027年度 研究テーマ	委託先予定
E	電動化研究委員会（12テーマ）	超高回転小型モータ構造の研究開発★	岡山大学
		超高回転小型モータ損失低減技術の研究開発★	横浜国立大学
		超高回転小型モータの冷却構造の研究開発★	横浜国立大学
		超高回転小型モータの制御技術の研究開発★	東京理科大学
		超高回転におけるモータ構造と損失との関係性解明	岡山大学
		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
		超高回転小型モータコア用積層鋼板特性把握	千葉大学
		超高回転小型モータ損失(鉄損/銅損)低減構造	東京電機大学
		モータ振動対策(ハード)	名古屋工業大学
		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
		超高回転モータにおけるゲート駆動回路	横浜国立大学/東京大学

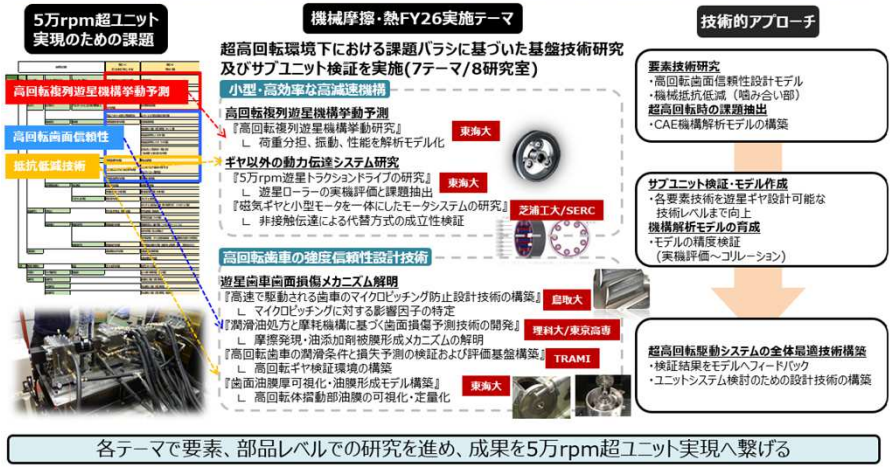
TRAMIの全会員対象の成果報告会（毎年3月実施）にて報告予定			
―	（TRAMI全体）	ユニットシステム性能予測技術★	（TRAMI内実施）
		試作ユニット・サブユニットの具現化★	
		試作ユニット・サブユニットの実機実証★	
		超高回転電動パワートレイン技術調査★	

2027年度 研究シナリオ・ロードマップ・各研究テーマ

第2部@会場にて各研究Grの研究シナリオ・ロードマップ・各研究テーマをポスター・展示品・動画で解説

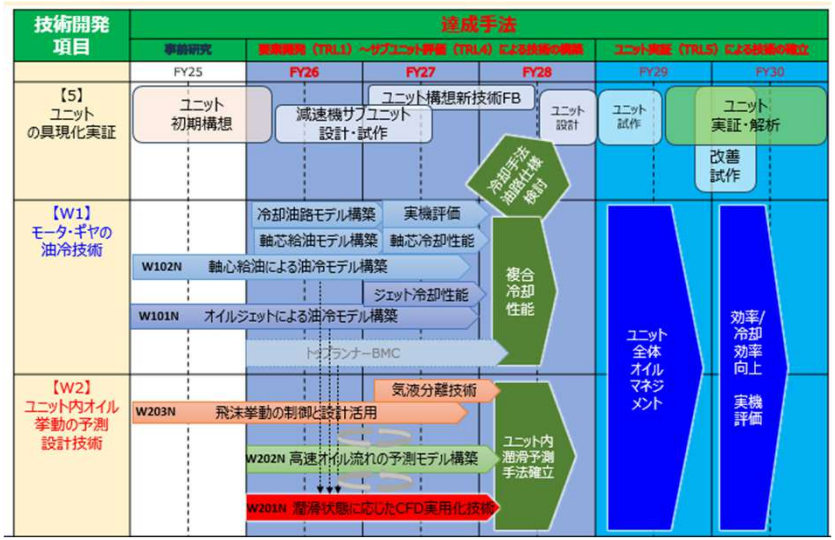
研究シナリオ例（Gr.A）

■2030年の成果物に繋がる研究を5万rpm超研究として重点化
✓超高回転環境下における課題バラシに基づいた基盤技術研究～ユニット設計技術の獲得



各テーマで要素、部品レベルでの研究を進め、成果を5万rpm超ユニット実現へ繋げる

ロードマップ例（Gr.C）





展示品例（Gr.A）
Fz試験後の歯車



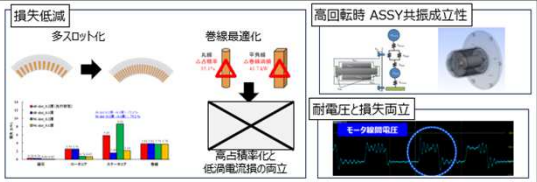
研究テーマ個別解説例（Gr.E）

【研究委員会/分科会】 電動化 研究委員会
【研究委託先】 岡山大学

【研究目的】
損失密度低減と機械強度向上の設計指針を得た上で、これらを両立しユニット搭載寸法目標（Φ200mm×軸長175mm）を達成可能なモータ構造の実現

【研究内容】
- ✓ モータ体積当たりの損失（損失密度）を低減するモータ機能と構造検討
- ✓ 損失密度を低減可能なモータ機能及び電磁気構造の設計指針を確立し実機で検証
- ✓ 先導研テーマにおける抽出課題(モータHSG含む)に対する設計指針を確立し実機で検証

【試作ユニット実証へつなぐ技術】
電磁回路と遠心強度の両立設計技術



【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・先導研抽出課題(モータASSY危険回転数低下課題)の対策反映した5万回対応可能なモータサブユニット設計完了	・モータサブユニット試作 ・モータサブユニットの危険回転数設計検討の検証	・モータサブユニット5万rpm検証 ・モータサブユニットの検証結果を設計FBし、ユニット搭載用モータの設計指針確立と設計完了 ・ユニット搭載用モータ試作	・ユニット搭載用モータの検証	・ユニット検証 ・ユニット搭載用超高回転小型モータ設計の総括

【参考論文・文献】
[1]高強度銅板のIPMモータロータへの適用と評価, 野中 毅, 平山 昂行(安川電機),日本AEM学会誌 vol.25,No.2(2017)
[2]木村将希, 銅田理, 竹本真紹, 今村純：「高出力密度化を目的とした160 kW, 50000 rpmの超高速誘導電動機用駆動用モータの初期検討 -回転子コアの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.

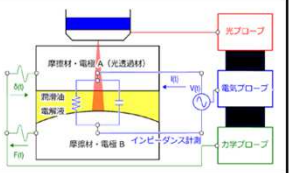
研究テーマNo.

研究テーマ個別解説例（Gr.D）

【研究委員会/分科会】 計測技術 研究委員会
【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】

2025年度	2026年度	2027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	・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	・5万rpmモータの前提条件にて電食現象の再現・分析 ・他研究分野や研究開発への応用

【参考論文・文献】
[1] Layered Structure and Wear Mechanism of Concentrated Polymer Brushes, Hikaru Okubo, Daiki Kagiwata, Ken Nakano, Yoshinobu Tsuji (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被膜に及ぼす潤滑油の粘度圧力計数の影響 杉原健司（株式会社 安川電機）, トライボロジスト第56号(2011)

研究テーマNo. X909T

動画例（Gr.A）
50,000rpm歯車試験



会員のうれしさ

共同研究企業制度のご紹介

種田　良司
TRAMI 運営委員
（三菱自動車工業）

TRAMIの理念





この理念から、関連分野の企業様がTRAMIに関わっていただける制度があります

★TRAMIのメンバーと共に研究活動を行うことに興味がある

共同研究企業制度

できること

・登録する研究会に参加できる

・成果報告書を入手できる

入会のうれしさ

OEM・ユニットメーカーと
生の議論が出来る

関心分野において産・学の
ネットワークを拡大出来る

人財育成が出来る

研究を通じた 技術力向上

★入会企業様の実際の声をきくと

企業活動にも貢献

入会時の期待

・技術動向が知りたい

・技術課題を知りたい

・自社の知見として活かしたい

参加してみてると

・最新技術・業界動向を得ている
・研究情報を得られる

・他社・大学・研究者との交流で
　多角的視点を得れる

＝

TRAMIの理念

産業力の底上げ/科学技術の発展

TRAMI

Transmission Research Association for Mobility Innovation

自動車用動力伝達技術研究組合

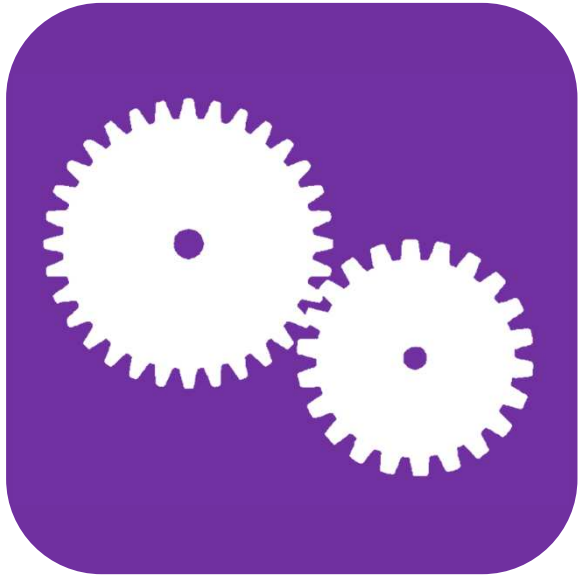


入会へをお待ちしています。



第２部

ポスターセッション



研究グループ　A

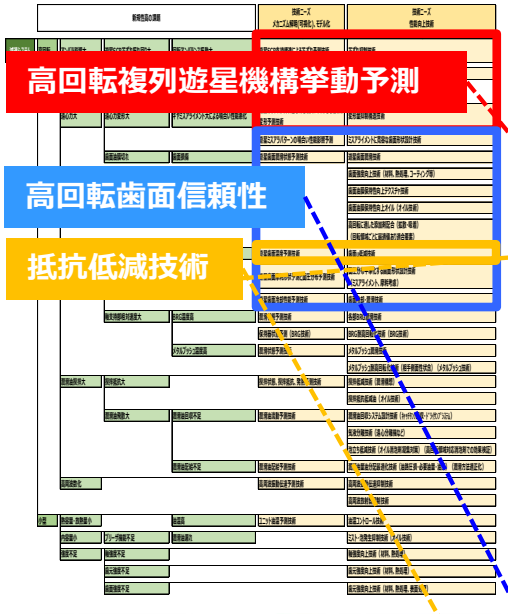
機械摩擦・熱　研究委員会

明田 隆仁
（ダイハツ工業株式会社）

研究シナリオ

■2030年の成果物に繋がる研究を5万rpm超研究として重点化
✓ 超高回転環境下における課題バラシに基づいた基盤技術研究～ユニット設計技術の獲得

5万rpm超ユニット実現のための課題





機械摩擦・熱FY26実施テーマ

超高回転環境下における課題バラシに基づいた基盤技術研究及びサブユニット検証を実施(7テーマ/8研究室)

小型・高効率な高減速機構

高回転複列遊星機構挙動予測
『高回転複列遊星機構挙動研究』 東海大
└ 荷重分担、振動、性能を解析モデル化

ギヤ以外の動力伝達システム研究
『5万rpm遊星トラクションドライブの研究』 東海大
└ 遊星ローラーの実機評価と課題抽出
『磁気ギヤと小型モータを一体にしたモータシステムの研究』 芝浦工大/SERC
└ 非接触伝達による代替方式の成立性検証



高回転歯車の強度信頼性設計技術

遊星歯車歯面損傷メカニズム解明
『高速で駆動される歯車のマイクロピッチング防止設計技術の構築』 鳥取大
└ マイクロピッチングに対する影響因子の特定
『潤滑油処方と摩耗機構に基づく歯面損傷予測技術の開発』 理科大/東京高専
└ 摩擦発現・油添加剤被膜形成メカニズムの解明
『高回転歯車の潤滑条件と損失予測の検証および評価基盤構築』 TRAMI
└ 高回転ギヤ検証環境の構築
『歯面油膜厚可視化・油膜形成モデル構築』 東海大
└ 高回転体摺動部油膜の可視化・定量化







技術的アプローチ

要素技術研究
・高回転歯面信頼性設計モデル
・機械抵抗低減（噛み合い部）
超高回転時の課題抽出
・CAE機構解析モデルの構築

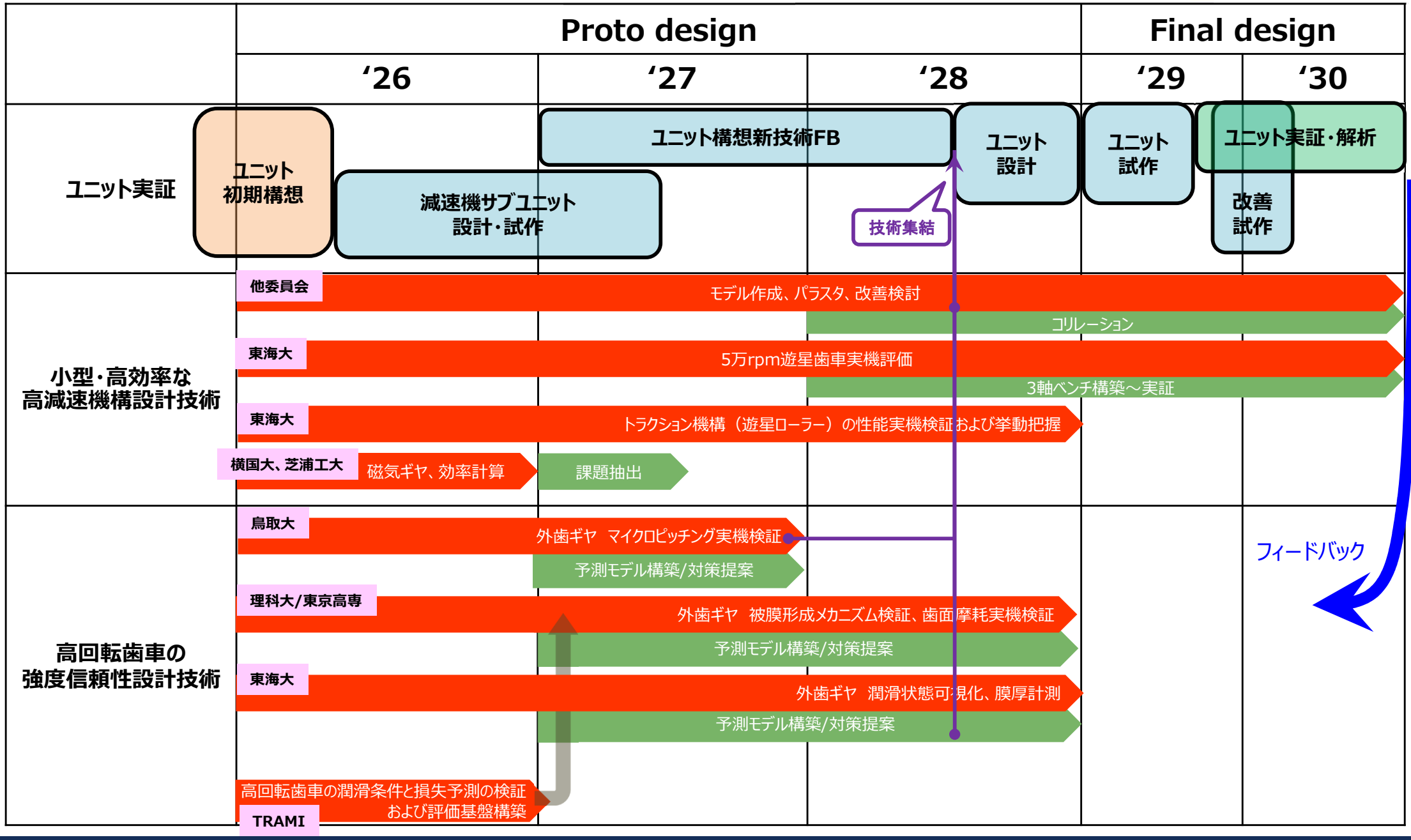
サブユニット検証・モデル作成
・各要素技術を遊星ギヤ設計可能な技術レベルまで向上
機構解析モデルの育成
・モデルの精度検証
(実機評価～コリレーション)

超高回転駆動システムの全体最適技術構築
・検証結果をモデルへフィードバック
・ユニットシステム検討のための設計技術の構築

各テーマで要素、部品レベルでの研究を進め、成果を5万rpm超ユニット実現へ繋げる

研究ロードマップ

FY26取組テーマ　次ステップ取組　次々ステップ取組　最終ステップ



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

TRAMI

【研究委員会/分科会】 機械摩擦・熱 研究委員会

【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。



Fig.1 歯車の歯面に発生したマイクロピッチング

【試作ユニット実証へつなぐ技術】マイクロピッチングを起因とした損傷・異音を机上設計で防止可能

【研究成果】

2025年度	2026年度	2027年度
• 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 • 高回転下におけるギヤノイズの相関解析を介した歯車損耗推定手法の検証	• 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

【参考論文・文献】

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，滝晨彦，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，滝晨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 將，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)
6)Feng, K., Smith, W. A., Borghesani, P., Randall, R. B. and Peng, Z., Use of cyclostationary properties of vibration signals to identify gear wear mechanisms and track wear evolution, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol.150 (2021), 107258.

研究テーマNo.

潤滑油処方と摩耗機構に基づく歯面損傷予測技術の開発

TRAMI

【研究委員会/分科会】	機械摩擦・熱 研究委員会	【研究委託先】	東京工業高等専門学校

【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，高速回転歯車の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に寄与する潤滑油処方とその予測モデルを構築する.

【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.

【試作ユニット実証へつなぐ技術】

・150kW×5万rpm超で破損しない摩擦摩耗設計手法(ギヤ表面粗さ、潤滑量、潤滑油の設計仕様)
・試作ユニット潤滑油の提供

【研究成果】

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。 【成果】 オープンラボを使用し、スカッフィング発生に対する被膜形成メカニズムの実機証明	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。 【成果】 オープンラボを使用し、スカッフィング発生に対する耐摩耗性予測の実機検証	耐摩耗性予測モデルから、ユニット要求される潤滑油、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。 【成果】 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

【参考論文・文献】

[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).

研究テーマNo.

歯面油膜厚可視化・油膜形成モデル構築

TRAMI

【研究委員会/分科会】 機械摩擦・熱 研究委員会

【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】

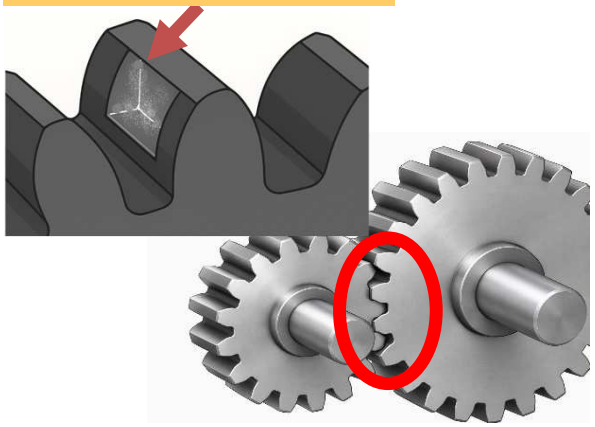
・**歯面潤滑可視化（流量、膜厚などの計測）技術**
　トラクションローラー可視化技術を発展させ、ギア歯面可視化に適した実験設備や方法、条件などを構築する。
　遠心力を加味した回転体接触部の潤滑状態の可視化を行い、定量化する。

・**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。

【試作ユニット実証へつなぐ技術】歯面に油膜を形成する最適な潤滑方法・条件の提示

歯面の内側から可視化する



【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・平歯のギア２組の製作と導入 ・従来平行軸型の試験装置での平歯ギア２組による可視化手法の構築（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	・従来試験装置での平歯ギア２組による可視化試験（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（テクスチャ形状、オイル供給方向など）	・ギア２組によるユニット相当条件仕様での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モデル ・遊星ギア相当のギア組の設計

【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

研究テーマNo.

5万rpm遊星トラクションドライブの研究

TRAMI

【研究委員会/分科会】	機械摩擦・熱 研究委員会	【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。ユニットの遊星部分を、高回転での効率や振騒性能に優れるトラクション機構(ローラー)とした場合の性能比較と課題を探るため、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。

【研究内容】

・ユニットに実装可能なサイズの遊星ローラーの、超高回転(5万rpm以上)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性能と課題を抽出。歯車機構との比較を行うとともに、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ローラーと、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　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比較を行う。
3)FY28　計測は継続して実施。得られた課題から実装にむけた改良仕様の提案を行う。

低負荷・高回転設備想定　・モータ出力：150kW　・駆動回転数：50,000r/min　以上

【試作ユニット実証へつなぐ技術】ユニット実装時の遊星歯車との性能(優位性)比較と課題出し、必要に応じた改良構造検討

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・動力循環式高出力ローラー試験機を用いた基礎特性把握の追加と、高出力遊星ローラー構造の性能把握を行い、得られた成果を用いて、差動遊星型のトラクションを用いた際の性能を机上検討する。 ・ユニットに実装可能な遊星ローラーおよび、超高回転での評価が可能な試験設備を設計する。	・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。 ・「Y902T_高回転複列遊星機構挙動研究」にて実施中の遊星歯車機構での性能計測結果との比較を行い、性能伸長の可能性有無を探る。	・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(継続）。 ・超高回転時における遊星機構の課題出しと、改良仕様の提案を行う。

【参考論文・文献】

[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

研究テーマNo.

高回転複列遊星機構挙動研究

TRAMI

【研究委員会/分科会】	機械摩擦・熱 研究委員会	【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。

【研究内容】

・ユニットに実装可能なサイズで、超高回転での評価が可能な遊星歯車試験設備を設計、製作する。
・超高回転(5万rpm)条件下での性能計測および挙動把握を行い、法政大 相原研究室にて実施予定の解析結果との相関取り(精度向上)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サイズで、超高回転での評価が可能な遊星歯車試験設備を設計、製作する（低出力）。
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。(低負荷・高回転設備想定　・モータ出力：150kW　・駆動回転数：50,000r/min以上)
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。

【試作ユニット実証へつなぐ技術】ユニット実装時の減速機構(複列遊星機構)の課題出しと、必要に応じた改良構造検討

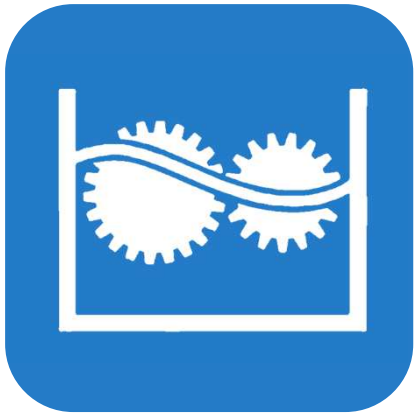
【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・ユニットに実装可能な遊星機構の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、評価仕様の遊星歯車の性能を机上検討する。	・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。 ・実測結果を解析チームと共有し、解析精度の向上を行う。	・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(継続）。 ・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。	・改良仕様かつ複列遊星機構の試験機を製作し、性能実測する。(低負荷、高負荷) ・実測結果を解析チームと共有し、解析精度の向上を行う。	改良仕様の低負荷、高負荷性能計測結果から、、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。

【参考論文・文献】

[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

研究テーマNo.



研究グループC

流体摩擦・熱研究委員会

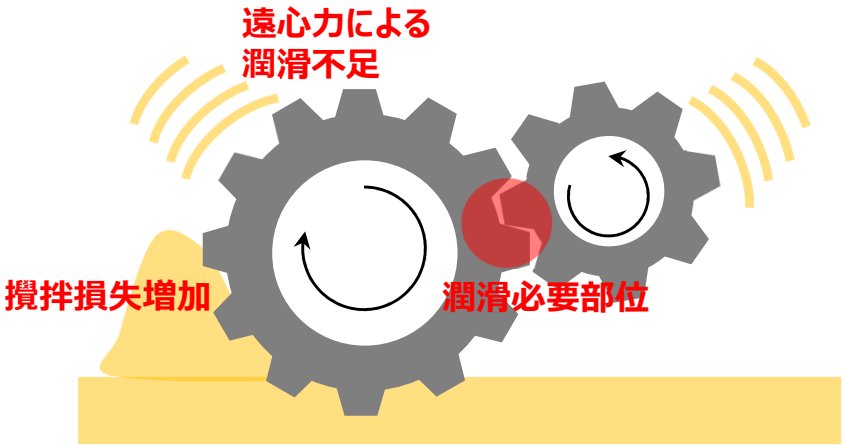
山田 直
研究委員会リーダー
（トヨタ自動車株式会社）

研究シナリオ　1/2

- ✓ 5万rpm超ユニットの高効率化と信頼性向上を目的に潤滑・冷却方式を構築する
- ✓ 5万rpm超ユニットの小型化を達成するためのユニット全体オイルマネジメント方策検討

5万rpm超小型高効率ユニット実現のための課題

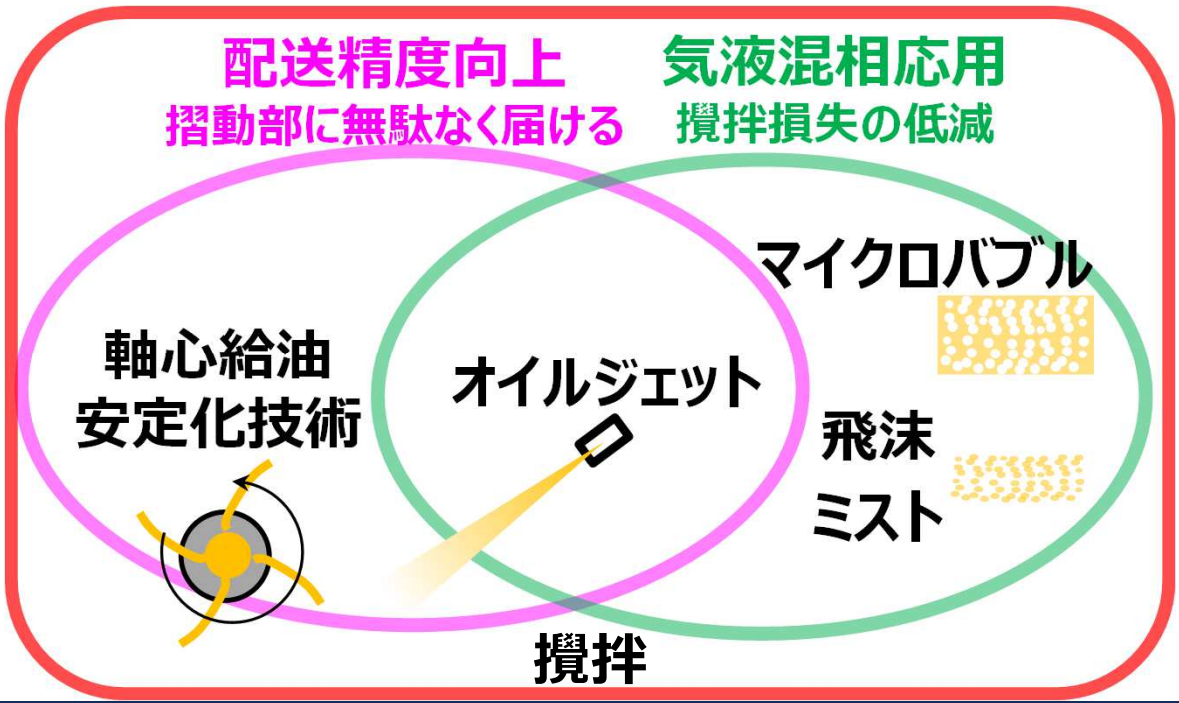
①高回転化に伴う攪拌損失増加
②高回転化にともなう必要部位への潤滑・冷却不足
③低回転部位と高回転部位の両立
④高速・微粒化オイルミストの制御
⑤従来の経験／技術では解決できない事象への対応



ユニット研究成果の姿

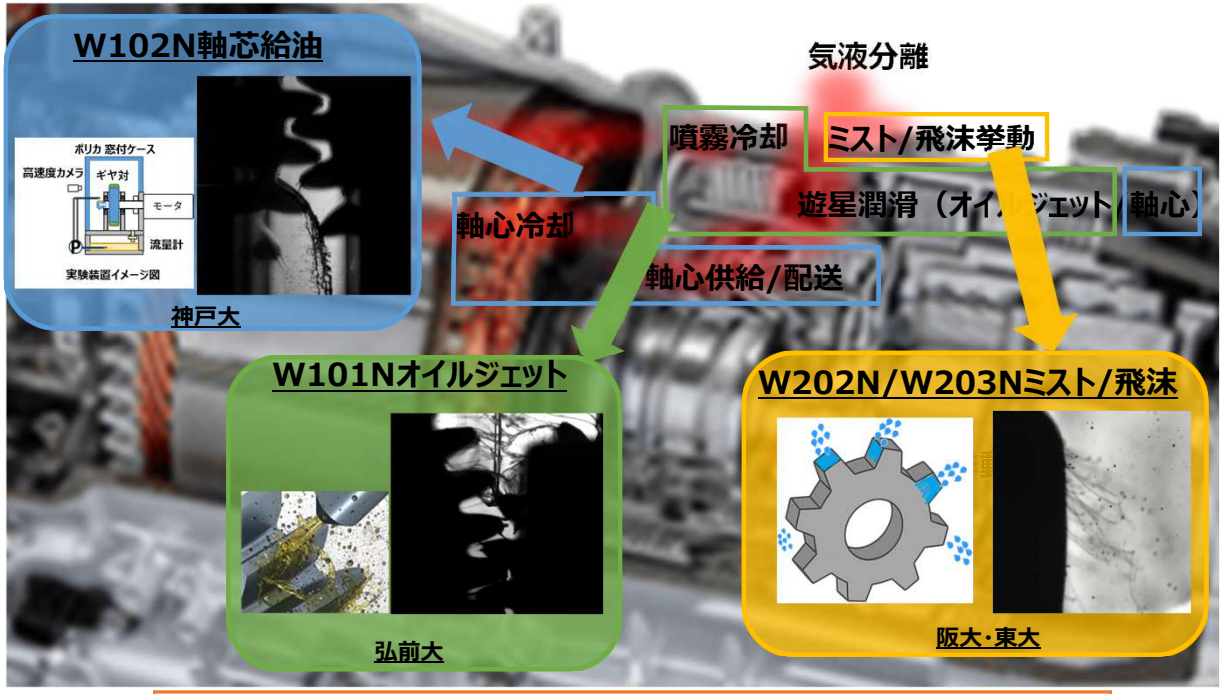
５万rpm超でも、攪拌損失を増やすことなくユニット全体の摺動部の信頼性を担保できる潤滑・冷却技術を獲得する

ユニット全体オイルマネジメント
ユニット内で気相、ミストから液相までの制御



潤滑・冷却技術の構築

5万rpm超の高回転に対応しかつ損失を最小化するため、モータ・ギヤの油冷技術とユニット内オイル挙動の予測設計技術を構築



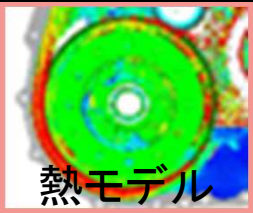
高速オイル流れの可視化と計測による現象解明

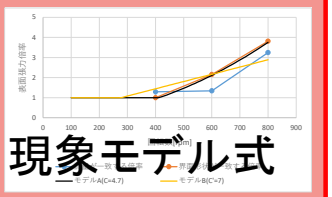
計測データ+現象モデル化検討

状態	格子法 熱流体解析手法	粒子法
空気	オイラー	単相
ミスト	オイラー＋オイラー	×
液滴/飛沫/液膜		2相
揺動/撹拌	オイラー＋VOF	単相？
エアレーション	オイラー＋オイラー	2相 ×
マイクロバブル		
オイル	オイラー	単相

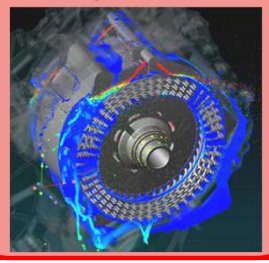
＋

W201N CFD実用化





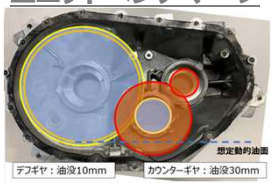
流体モデル



熱流体解析（3D）と現象モデル式（1D）を組み合わせて予測精度と計算時間の両立を図る

複合性能検討 → ユニット設計 → 実証評価

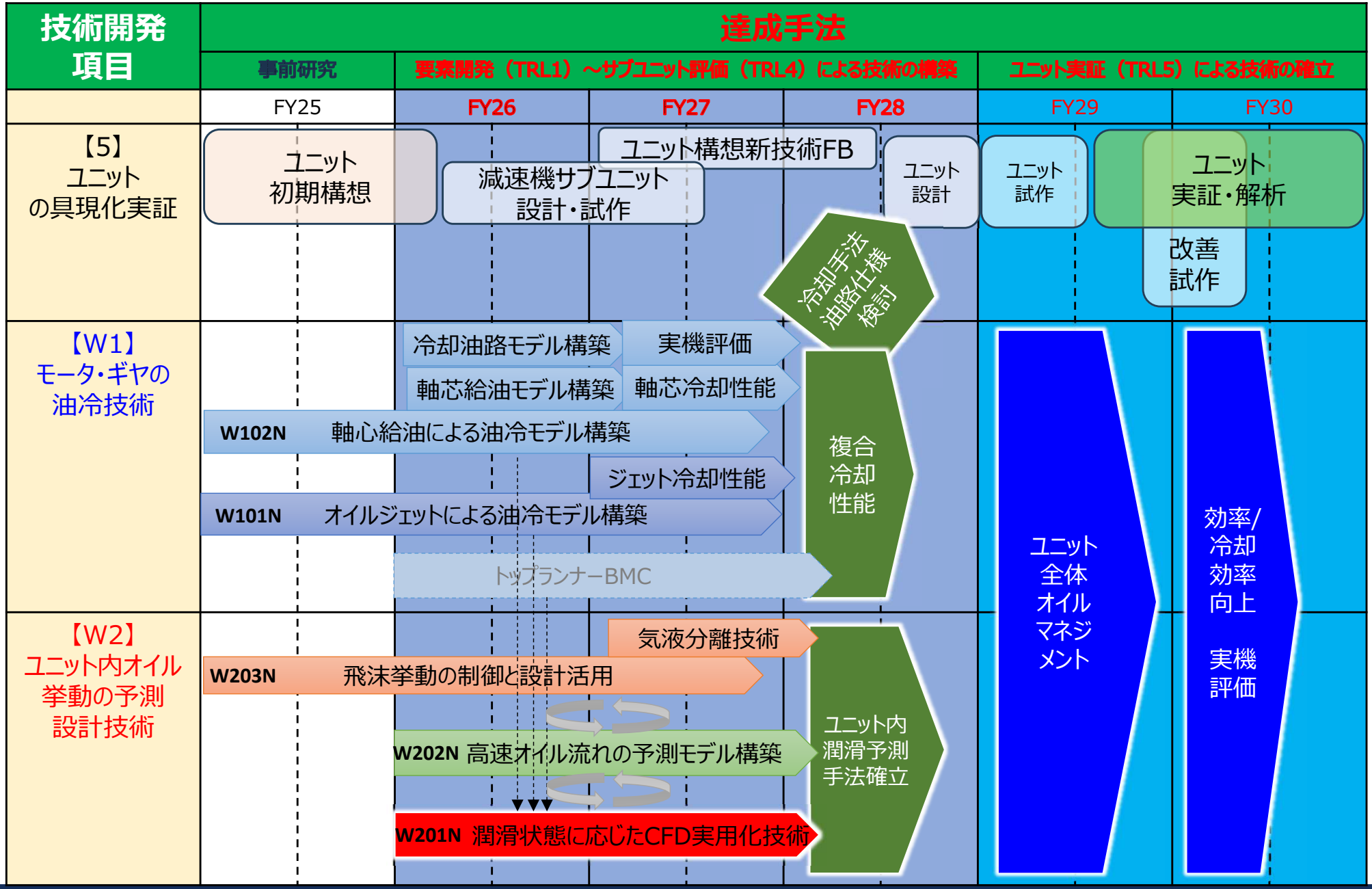
W103Nトップランナーユニットベンチマーク



目標：潤滑・冷却による損失目標4%以下(WLTCモード ユニット効率85%以上)
モータ最大出力時6kW以上の油冷

研究ロードマップ

各潤滑・冷却方式の研究を並行で進め、実用化技術としてまとめる



各研究テーマ企画書（オイルジェットによる油冷モデル構築）

【研究委員会/分科会】 流体摩擦・熱 研究委員会

【研究委託先】 弘前大学

【研究目的】

50000rpm超の超高速回転するギヤ歯面・モータに対して、オイルジェット油冷の有効性を探る

【研究内容】

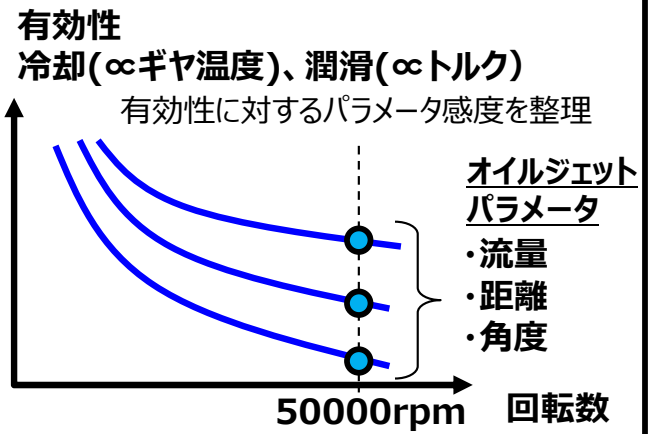
電動ユニットではモータを小型化するために、低トルクのモータとなり、モータの高回転化が想定され、モータ出力の１軸上にあるギヤも高回転化する。

ギヤ歯面への潤滑とモータ冷却供給手法の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、有効な潤滑冷却手法として使用できるかは不明確である。

本研究では、**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・冷却と、モータ冷却の**有効性を探る**。

目標は5万rpm超の回転体だが、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】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
• オイルジェットの到達予測手法の確立 • オイルジェットの有効性指標の確立	• ヘリカルギヤ試験機の設計・製作 • ヘリカルギヤの潤滑・冷却の評価とモデル化 • 遊星ギヤ試験機設計・製作	• 遊星ギヤの潤滑・冷却の評価とモデル化 • モータ冷却試験機の設計・製作 • モータ冷却の評価とモデル化	• 試作ユニットへの油冷モデル適用	• 設計パラメータの最適設計

【参考論文・文献】

[1] Numerical Simulation of Oil Jet Lubrication for High Speed Gears, Antonio Andreini,[1]Riccardo Da Soghe,[2]Bruno Facchini,[1]and Lorenzo Cipolla[3] 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

研究テーマNo.

各研究テーマ企画書（軸芯給油による油冷モデル構築）

TRAMI

【研究委員会/分科会】 流体摩擦・熱 研究委員会

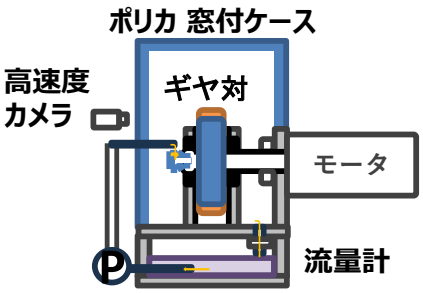
【研究委託先】 神戸大学

【研究目的】

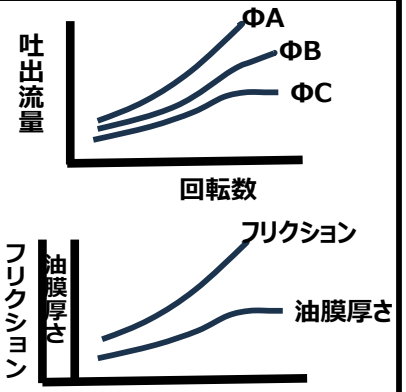
高回転下のギヤ歯面潤滑とモータ冷却に関し、高効率なシステムの実現を目的とし、軸心からの遠心給油による油冷の研究を行う

【研究内容】

・超高回転下において、ギヤ歯面への軸芯給油潤滑の有効性と損失増加を抑制する高効率な手段を探索、データの裏付け（可視化、グラフ化）
・潤滑と損失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、背反（損失）に対する、パラメータ（穴径・穴長さ・OIL粘度・etc）の感度把握
・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/背反と、パラメータの関係が予測可能なモデル構築
・遊星ギヤ内の軸芯吐出オイル（飛沫）流れ可視化とモデル構築
・モータの軸芯冷却特性を簡易モデルで解析し、主要パラメータ（流量・液膜厚・混相度）を把握、冷却モデルを構築



実験装置イメージ図



データ測定結果イメージ

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
＜平行軸ギヤ＞ ・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/影響パラメータ感度データ測定 ・測定結果の考察（理論）及び、モデルの構想 ＜モータ＞ ・遠心力下における液流れ挙動の原理検証	＜平行軸ギヤ＞ ・５万rpmまでの可視化、データ測定 ・モデル予測値と実験結果の検証 ・遊星ギヤ内潤滑油挙動可視化装置設計 ＜モータ＞ ・発熱分布を考慮した熱試験機製作(熱流れ挙動・熱伝達特性の検証)	＜遊星ギヤ＞ ・遊星ギヤ実験装置作成 ・2万rpmまでの可視化/潤滑有効性/フリクション/影響パラメータ感度データ測定 ・結果の考察（理論）及び、モデルの構想 ＜モータ＞ ・モデル予測値と実験結果の検証 ・設計指針への整理	＜遊星ギヤ＞ ・５万rpmまでの可視化/データ測定 ・構築したモデルによる予測値と測定データの検証 ＜遊星ギヤ＆モータ＞ ・TRAMI試作ユニットに対する軸心給油潤滑・冷却での最適仕様提案	＜遊星ギヤ＆モータ＞ ・FY29提案軸心給油仕様の遊星ギヤ単体、及び、モータ単体を試作 ・提案仕様の単体試作品にて、潤滑と冷却手法の有効性を実証

【参考論文・文献】

研究テーマNo.

各研究テーマ企画書（潤滑状態に応じたCFD実用化技術）TRAMI

【研究委員会/分科会】 流体摩擦・熱 研究委員会

【研究委託先】 数値流体力学コンサルティング

【研究目的】

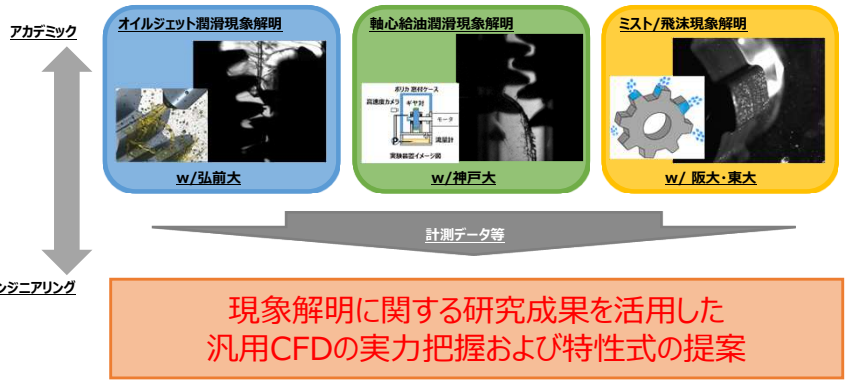
5万rpm超の電動ユニット内における最適な潤滑・冷却設計に活用可能なCFD技術を開発するため，超高速回転場で生じるオイルの複雑な界面変動および分裂現象を伴う挙動をマクロに予測可能な実用的手法を提案する

【研究内容】

計算法による計算結果の違いなどの特徴および課題を整理したうえで，現実的なリソースで予測可能なモデル手法を提案する

・「オイルジェット潤滑@弘前大」「軸芯給油潤滑@神戸大」「ミスト飛沫挙動@東大」で得られた研究成果(計測データ/メカニズム)を活用し，市販またはオープンソースCFDを前提に多種類の計算法のベンチマークを実施する

・「ミスト飛沫挙動@阪大」によって得られた研究成果の汎用ツールへの適用検討を行う
分裂によるミスト飛散特性(飛散流量/粒径分布/粒子密度/油膜厚さ) の予測式を提案



現象解明に関する研究成果を活用した
汎用CFDの実力把握および特性式の提案

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
■ギヤ周り空気流動解析検証結果【弘前大成果活用】 ■オイル挙動解析結果【弘前大/神戸大成果活用：オープンソースCFD】	■オイル挙動解析結果【弘前大/神戸大成果活用：市販BM】 ■ミスト飛沫挙動解析結果【東大成果活用：オープンソースCFD】 ■モデル実用化に向けた課題抽出	■オイル挙動解析結果【弘前大/神戸大成果活用：市販BM】 ■ミスト飛沫挙動解析結果【東大成果活用：市販BM】 ■実用化モデル案【ヘリカル/平行軸】	■オイル挙動解析結果【遊星ギヤ：オープンソースCFD】 ■オイル挙動解析結果【遊星ギヤ：市販BM】	■オイル挙動解析結果【遊星ギヤ：市販BM】 ■モデル実用化に向けた課題抽出【遊星ギヤ】 ■実用化モデル案【遊星ギヤ】

【参考論文・文献】

[1] Research on Splash Lubrication Characteristics of a Spiral Bevel Gearbox Based on the MPS Method, Shen et al, Lubricants(2023)

[2] CFD study of oil-jet gear interaction flow phenomena in spur gears, Keller et al, The Aeronautical journal, Vol.123, Issue1279, 2020
学会誌vol.25,No.2(2017)

研究テーマNo.

各研究テーマ企画書（高速オイル流れの予測モデル構築）

TRAMI

【研究委員会/分科会】 流体摩擦・熱 研究委員会

【研究委託先】 大阪大学

【研究目的】

ユニット全体のオイルマネジメントやブリーザの設計検討に活用するため，高回転ギヤによるオイルの微粒化メカニズムを解明し，生成される飛沫やミストの特性（液滴径・飛散量等）を予測する技術を構築する

【研究内容】

●ユニット内のオイル循環

圧送・分配 ← 気液分離
↓ ↑ 空気のみブリーザへ
潤滑・冷却 回収
↓ ↑
飛沫/ミスト化 → 飛散・移流

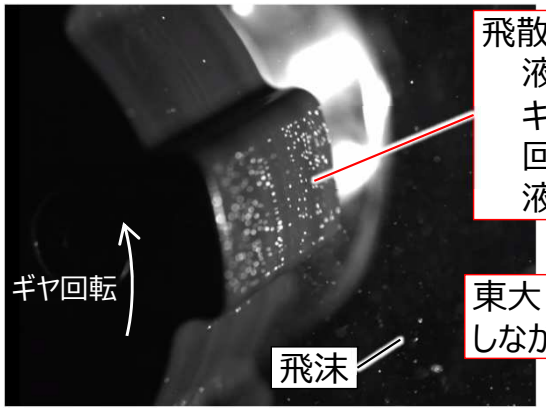
本研究

＜オイル挙動予測における課題＞

CFDで飛沫/ミストのユニット内挙動を再現するには液滴径・飛散量などの特性情報が必要
→ 現状では実験による可視化・計測に頼るしかない
→ ユニット状態になった時には全く対応できない

＜本研究の目標＞

○CFDを用いて飛沫/ミストの生成メカニズムを解明
○液滴径・飛散量等を予測できるようにする
→ CFDコンサルによるオイル挙動予測に活用



可視化画像（東大・渡村先生）

飛散前の液滴成長？
液滴径・飛散量を決めるキーパラメータは？
回転数？油の物性？
液膜厚さ？表面粗さ？…

東大・渡村先生の実験とコラボしながらCFDにより解明していく

※ 成果を挙動計算の計算条件にする

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・解析手法の確立 －最適な計算アルゴリズムの選定 ・円筒面から飛散する飛沫/ミストの生成メカニズム解明	＜円筒形状＞ ・飛沫/ミストの液滴径や飛散量を決める重要パラメータの同定 ・液滴径と重要パラメータとの関係式構築	＜単ギヤ形状＞ ・ギヤの形状パラメータに対する飛沫/ミストの特性と重要パラメータの確認 ・液滴径と重要パラメータとの関係式構築and/or補正	＜遊星ギヤ形状＞ ・遊星ギヤシステムへの解析手法適用と精度の向上	＜遊星ギヤ形状＞ ・遊星ギヤ特有の重要パラメータ同定 ・液滴径と重要パラメータとの関係式構築and/or補正

【参考論文・文献】

[1]Morphological classification of low viscosity drop bag breakup in a continuous air jet stream,Zhao et al,Physics of Fluids 22, 114103 (2010)

[2]Fragmentation of Stretched liquid Ligaments, Philippe Marmottant and Emmanuel Villermaux, Physics of Fluids, Vol.16, Number 8 (2004)

[3] 高速回転歯車の潤滑に関する考察(第1報) –歯面における潤滑油の挙動と気流の関係-, 鈴木 健祐, 堺 和樹, 酒井 香織, 原 智之((株)ユニバンス),トライボロジー会議 2023春

研究テーマNo.

各研究テーマ企画書（飛沫オイルの制御と設計活用）

TRAMI

【研究委員会/分科会】 流体摩擦・熱 研究委員会

【研究委託先】 東京大学

【研究目的】

超高回転下の回転体からの飛び散る液滴を解明し　オイルマネジメント設計につなげる

【研究内容】

●ユニット内のオイル循環

圧送・分配 ← 気液分離

↓　　↑（空気のみブリーザへ）

潤滑・冷却　　回収

↓　　↑

飛沫/ミスト化 → 飛散・移流

本研究

＜研究の背景＞

オイルミストは、オイルが空気の流れで微細化されることで生成されると考えられているが、これまでの研究で高速度カメラとレーザーを併用した可視化によって、回転する歯車の表面からも直接生成されることが確認された

＜研究内容＞

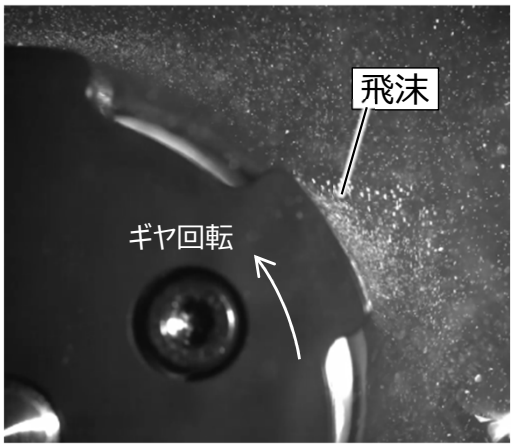
歯面からオイルミストが直接生成される現象の理解と解明

【変更条件】 回転数、面性状、歯形など

【計測項目】 飛沫粒径分布、密度(流量)、歯面油膜状態(油膜の有無)

飛沫の粒径分布や流量を計測するための計測技術構築

液滴/ミストを制御するパラメータの探索



【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
■円筒 ・回転体表面から飛び出す飛沫の生成過程の観察 ・回転数、面性状による生成過程の違い ・飛沫の粒径分布や流量の測定 ■単体ギヤ ・試験装置の構想	■単体ギヤ ・回転数、面性状、ネジレ角、モジュールの生成過程への影響の観察 ・飛沫の粒径分布や流量の測定 ■ギヤ対試験装置 ・遊星ギヤを見据えた試験装置構想・製作	■ギヤ対試験装置 ・単体ギヤのパラメータに加え、ギヤの噛合いによるオイルミスト生成過程の観察 ・飛沫の粒径分布や流量の測定 ■遊星ギヤ試験装置 ・ユニットWGのトレインを踏まえた装置構想	■遊星ギヤ試験装置 ・遊星ギヤ試験装置の製作 ・遊星ギヤ内でのオイルミスト生成過程の観察 ・飛沫の粒径分布や流量の測定	■遊星ギヤ試験装置 ・遊星ギヤ試験装置の製作 ・遊星ギヤ内でのオイルミスト生成過程の観察 ・飛沫の粒径分布や流量の測定

【参考論文・文献】

[1]Ashgriz, N. (Ed.). (2011). Handbook of atomization and sprays: theory and applications. Springer Science & Business Media.
[2]Watamura, T., Iwata, R., & Sugiyama, K. (2024). Free surface oscillation driven by rotating stirrer. The European Physical Journal E, 47(4), 26.
[3]Kawamura, M., Sugiyama, K., & Watamura, T. (2025). MECHANISMS OF TORQUE MAXIMIZATION IN GAS– LIQUID TWO-PHASE FLOWS DRIVEN BY A PRESSURE-LOSS-DOMINANT ROTOR IN A STATIONARY CYLINDRICAL CONTAINER. Multiphase Science and Technology, 37(4).
[4]Watamura, T., Iwata, R., & Sugiyama, K. (2024). Free surface oscillation driven by rotating stirrer. The European Physical Journal E, 47(4), 26.

研究テーマNo.



研究グループ　E

電動化　研究委員会

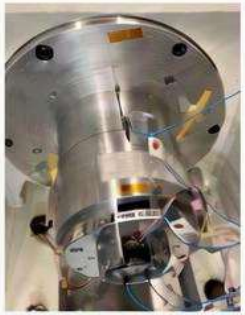
高橋　慶考
（株式会社SUBARU）

電動化 研究シナリオ

先導研究成果を発展させ、小型化・高効率化・冷却・制御を統合し、FY30に超高回転モータの電動PT適用技術確立

NEDO先導研究成果

50,000rpm超
モータ
技術確認

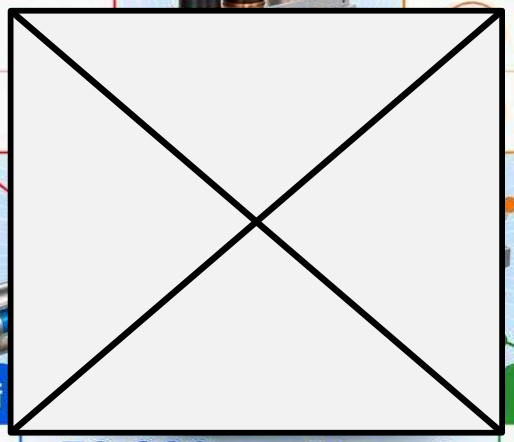


X101N 小型化技術

- 超高回転モータ構造
- 遠心強度設計
- 高出力密度化

X201N 高効率化技術

- 鉄損低減
- 銅損低減
- 高周波損失低減



X301N 冷却技術

- ロータ冷却
- ステータ冷却
- 油冷技術

X401N 制御技術

- 高周波制御
- 高回転安定制御
- 高効率駆動

50,000rpm超モータ
→超小型電動車PTへ展開

開発サイクル（達成・フィードバック）

現象解明 → モデル化 → 設計 → 試作 → 評価

研究開発ロードマップ

- **FY26** 基盤研究
- **FY27** 技術統合・実証
- **FY28** モータサブユニット成立
- **FY29** eAxle 試作・試験
- **FY30** eAxle 評価・成立

開発目標（ターゲット）

50,000rpm超	150kW	200×200×175mm以下	10kW/kg	96%
最高回転数	最高出力	サイズ（目標体格）	出力密度	効率

電動化 研究シナリオ

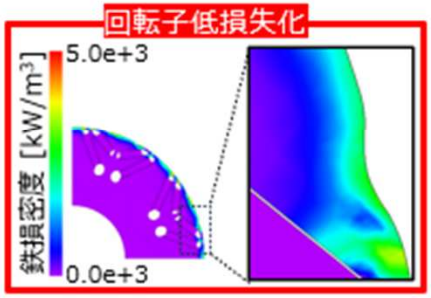
【研究目的】 5万rpmの超高回転電動モータの車両搭載時の損失・振動・冷却・制御の課題を横断的に解決し、小型・高出力密度かつ高信頼化技術を確立する。設計指針構築から実証まで一貫して行い、車両ユニット実装に資する技術基盤を創出する。

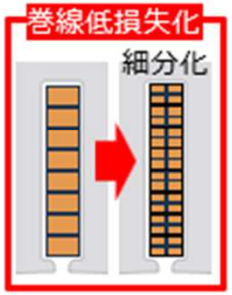
【研究内容】

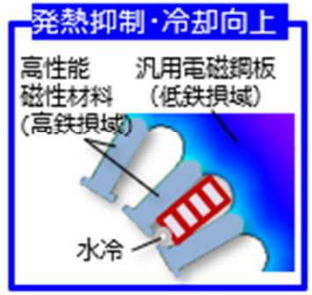
(1)**小型化技術** 超高回転モータにおける**損失・振動・冷却課題の体系的整理と定量化**を通じた、小型・高出力密度化の成立条件整理
(2) **高効率化技術** 高周波鉄損・巻線損等を考慮した**低損失設計指針の構築**
(3) **冷却技術** 発熱分布を考慮した**超高回転モータ冷却構造の最適化**
(4) **制御技術** 制御・駆動技術を含めた**超高回転モータの車両ユニット実装評価**

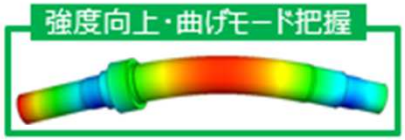
【FY26の位置付】
現象理解・定量化による基盤構築（成立限界を含む設計指針の土台形成）

【試作ユニット実証へつなぐ技術】高回転小型化技術の統合でユニット実装実現





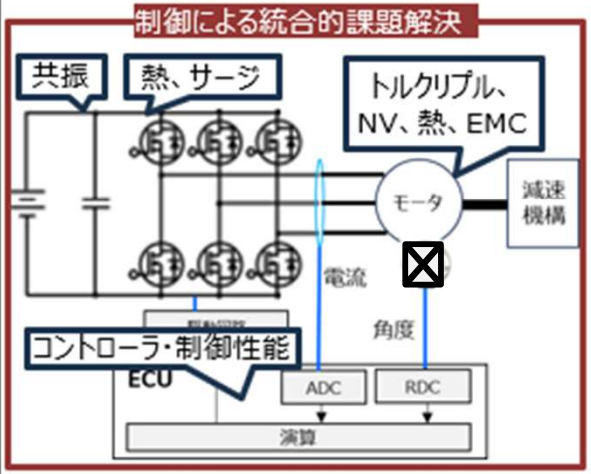






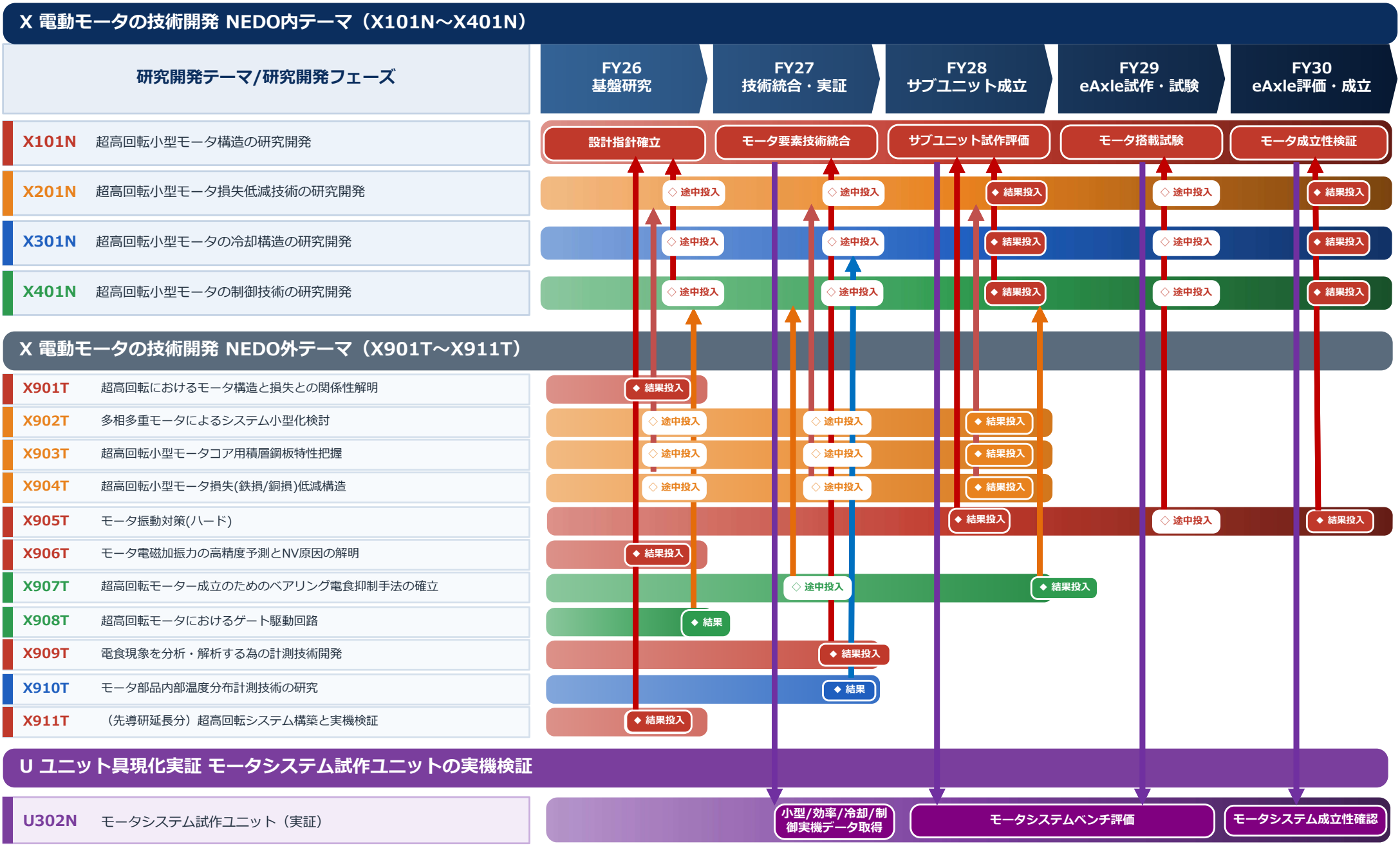
【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
超高回転電動モータ成立に向け、損失・振動・冷却・制御の技術課題を整理。設計に資する基盤データを取得し先行モータサブAssy骨格設計完	基盤データを基に要素技術を設計指針へ昇華。低損失・低振動・高信頼な超高回転モータの技術体系を構築　先行モータサブAssy評価実施	設計指針を反映した試作モータを製作し、性能・温度・振動の観点から統合的な実機検証を行い妥当性を確認。ユニット搭載用モータ設計試作完。	ユニット搭載を想定した際の設計最適化を検討、実機評価を実施。実機評価により、信頼性および実用化の技術課題を明確化。	実証ユニットによる総合性能検証を通じて、超高回転電動モータ技術の有効性と社会実装可能性を具体的に提示。



研究ロードマップ

X901T～X911Tの成果をX101N～X401Nに反映　最終的にU302Nにてモータシステムベンチで成立性確認



各研究テーマ企画書（超高回転小型モータ構造の研究開発）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	電動化 研究委員会	【研究委託先】	岡山大学

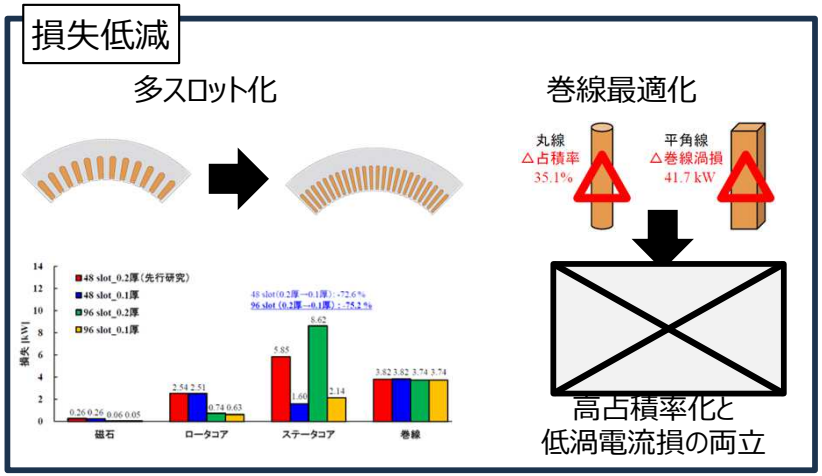
【研究目的】

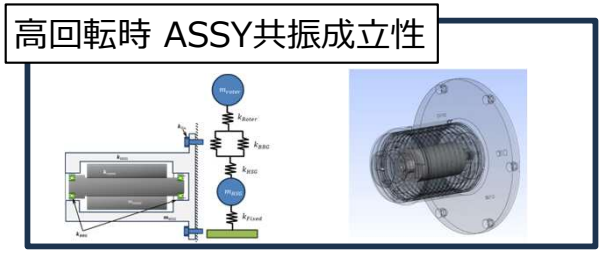
損失密度低減と機械強度向上の設計指針を得た上で、これらを両立しユニット搭載寸法目標（Φ200mm×軸長175mm）を達成可能なモータ構造の実現

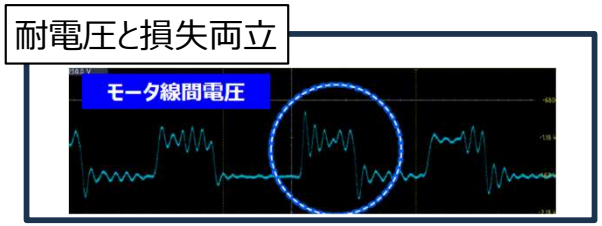
【研究内容】

- ✓ モータ体積当たりの損失（損失密度）を低減するモーター機能と構造検討
- ✓ 損失密度を低減可能なモータ機能及び電磁気構造の設計指針を確立し実機で検証
- ✓ 先導研テーマにおける抽出課題(モータHSG含む)に対する設計指針を確立し実機で検証

【試作ユニット実証へつなぐ技術】
電磁回路と遠心強度の両立設計技術







【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・先導研抽出課題(モータASSY危険回転数低下課題)の対策反映した5万回対応可能なモータサブユニット設計完了	・モータサブユニット試作 ・モータサブユニットの危険回転数設計検討の検証	・モータサブユニット5万rpm検証 ・モータサブユニットの検証結果を設計FBし、ユニット搭載用モータの設計指針確立と設計完了 ・ユニット搭載用モータ試作	・ユニット搭載用モータの検証	・ユニット検証 ・ユニット搭載用超高回転小型モータ設計の総括

【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, 綱田錬, 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.

研究テーマNo. X101N

各研究テーマ企画書（超高回転小型モータ損失低減技術の研究開発）

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
電動化 研究委員会	横浜国立大学

【研究目的】

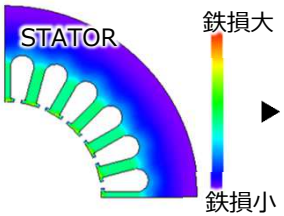
背景 省資源化を目指した超高回転型モータの実現に向けては高周波鉄損に対する低減化技術や冷却手法が求められている．
TRAMI先導研(FY23～25)にて，超高回転モータの高周波鉄損の損失推定精度を向上し，汎用電磁鋼板での低損失化技術を検討した．

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」

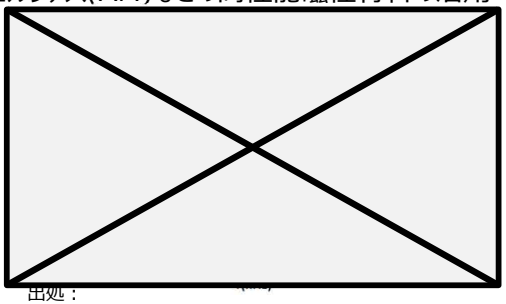
・高周波鉄損の推定精度を向上し，
損失要因部位を特定．
・損失低減手法として電磁鋼板の薄板化を検討．



▶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>

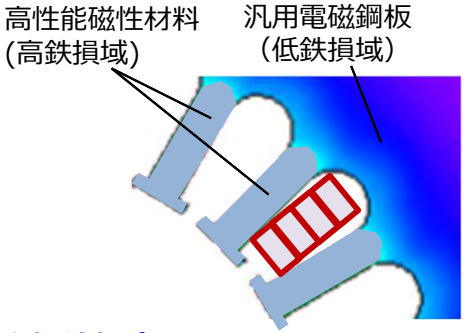
▶アモルファス(AM)などの高性能磁性材料の活用



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



※適用内容はイメージ図

【試作ユニット実証へつなぐ技術】150kW×5万rpmで低損失・連続出力可能なステータ構造提案

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・先導研解析モデルを活用した低損失・冷却構造の仕様提案	・5万rpm相当モータ低損失/冷却構造の製作 ・5万rpm相当モータによる低損失/冷却構造の計測	・ユニット搭載用モータ技術提案 ー解析モデル構築 ーユニット搭載モータ作図	・ユニット搭載用モータの実測～解析比較解析モデルアップデート	・ユニット搭載用モータでの効果検証． ・ユニット搭載モータの効果と課題の整理．

【参考論文・文献】

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 Nishikawa
「Potential for Improving Motor Performance Using Thermosetting molding Materials」，
EVTec2025

研究テーマNo.　X201N

<FY26成功基準>

燃費領域の代表運転点のMOT-ASSY効率が96[%]となる
モータ仕様・構成が解析結果として示せること

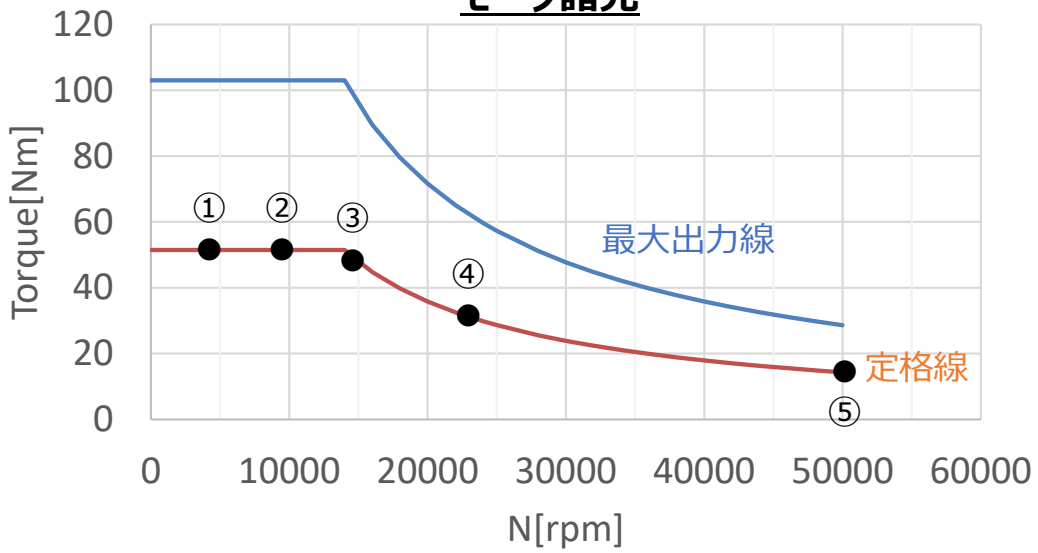
一例）※
①LOW　　：4725[rpm]-51.5[Nm]
②Medium　：9900[rpm]-51.5[Nm]
③High　　：14200[rpm]-50.4[Nm]
④ExtraHigh：23075[rpm]-31.0[Nm]

※各動作点の運転比率については車両諸元含めて適正化する

⑤最高回転運転（50000rpm-17.2Nm）で5 min
運転可能なことが冷却シミュレーション上で確認できること
（磁石温度 140度以下、コイル温度180度以下）

※磁石・コイル温度は耐熱温度で設定

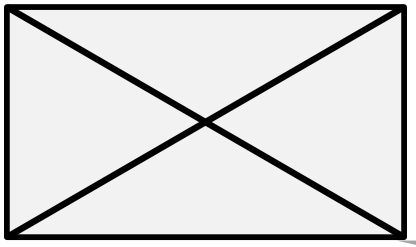
モータ諸元



<FY26の検討内容>

FY25 損失推定精度の向上

5万改定相当モータ



●鉄損データ
●鉄損モデル

$$p_i = p_h + p_e$$

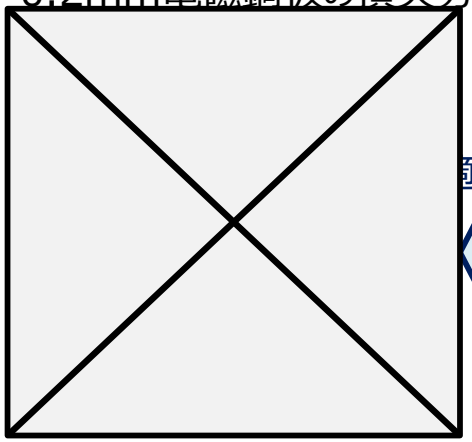
$$\frac{p_i}{f} = K_h(B) + K_e(B,f)f$$

損失推定精度に影響与える因子

- 加工表面の導通
- コア温度
- コア反磁界
- 高周波鉄損データ

ユニットモータの損失解析

0.2mm電磁鋼板の損失分布



適用

損失低減技術

- コアの高周波鉄損低減技術
- 巻線銅損・渦電流損失低減

成功基準を満たすモータ仕様を提案する

各研究テーマ企画書（超高回転小型モータの冷却構造の研究開発）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
電動化 研究委員会	横浜国立大学

【研究目的】 超高回転小型モータでは、遠心力の影響で回転体の冷却が難しく、さらに小型化により冷却面積と熱マスが小さいため、鉄損によるロータ・ステータ内部の温度上昇が問題となる。本研究では、ロータおよびステータ内部を流す軸心冷却と外部噴霧冷却を対象に、発熱解析によって熱流れ挙動を明らかにし、超高回転小型モータに適した冷却構造の設計指針を確立することを目的とする。

【研究内容】

- 電磁気解析より、運転点ごとのモータ発熱部位・発熱分布を算定し、熱等価回路モデルで温度を予測
- 流路配置が磁路へ与える影響評価と熱・流体による軸心流路パラメータ（流量・液膜厚・混相度）における熱伝達特性をもとに軸心・噴霧冷却の発熱モデルを構築。各冷却構造における冷却性能を推測
- 熱試験機を用いて軸心の流路、流路径・流路数における温度分布や抜熱性能を測定し、モデルとの相関を取得
- 得られた知見より、単独および複合冷却の最適流路設計と評価手法を整理し、設計指針を構築

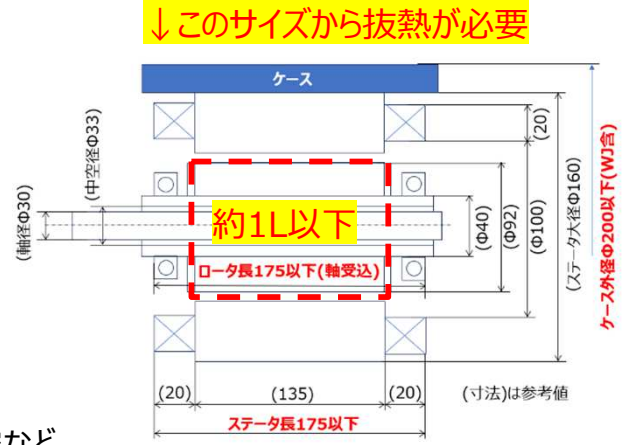
<流体摩擦・熱研究会との連携と役割>

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の冷却手法の確立を目指す。本研究では、発熱量・発熱箇所の算定・磁路影響について、熱・流体では、冷却流路最適化、原理検証試作機で冷却能力可視化について行う。

【試作ユニット実証へつなぐ技術】150kW×5万rpm超での冷却手法・設計指針

<研究対象モータ前提>

- ・モータ出力　：150 kW
- ・出力密度　：10kW/kg
- ・冷却対象　：RT/ST
- ・冷却方式　：軸心、噴霧など



【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
現象・成立性確認	詳細設計と実験	複合冷却と指針構築	実証評価	技術適用指針確立
・発熱分布の算定 ・熱等価回路の初期モデル構築 ・冷却通路の設置可能範囲を熱流体検討へ提示。 ・主要課題の抽出	・流路配置が磁路へ与える影響評価 ・流路パラメータ（流量・液膜厚・混相度）における熱伝達特性をもとに発熱モデルの構築 ・発熱分布を考慮した熱試験機製作	・各冷却構造に対応した発熱モデルの精度向上と整理 ・発熱モデルと実機試験結果のコリレーション検証 ・設計指針への整理 ・複合冷却に向けた課題整理	・ユニット搭載用モータの発熱予測と実測の整合確認 ・最適な冷却構造・供給条件の整理 ・実証フェーズを想定した設計・評価プロセス整理	・ユニットの高回転冷却性能の評価検証 ・効率冷却手法として最終的な有効性を実証 ・技術適用指針の確立

【参考論文・文献】

[1] B. Li and K. Akatsu, "Research on Heat Transfer Coefficient of Rotor Oil Jet Impingement Cooling of Permanent Magnet Synchronous Motor in Electric Vehicles," 2025 IEEE Energy Conversion Congress & Exposition Asia (ECCE-Asia), Bengaluru, India, 2025

[2] Minho Jang, Kan Akatsu, “Magnet Operating Point Estimation Using Flux Linkage Observer and Magnetic and Thermal Equivalent Circuit in PMSM” IEEJ Journal of Industry Applications ,2022

[3] Kohei Aiso, Kan Akatsu, “Performance Comparison of High-Speed Motors for Electric Vehicle” World Electric Vehicle Journal, 2022

研究テーマNo.　X301N

各研究テーマ企画書（超高回転小型モータの制御技術の研究開発）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
電動化 研究委員会	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開発を行う。

【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評価をし、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超 eAxle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）。

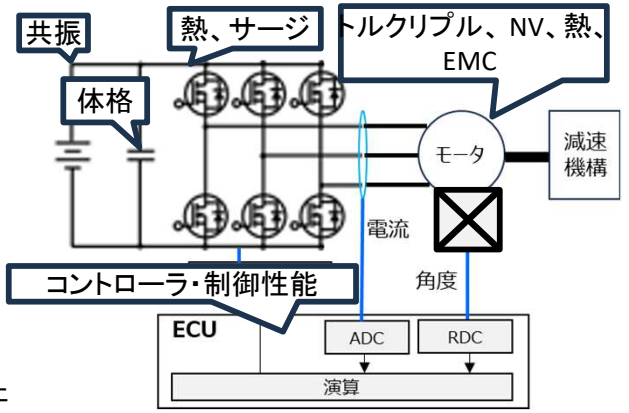


図１　主要課題

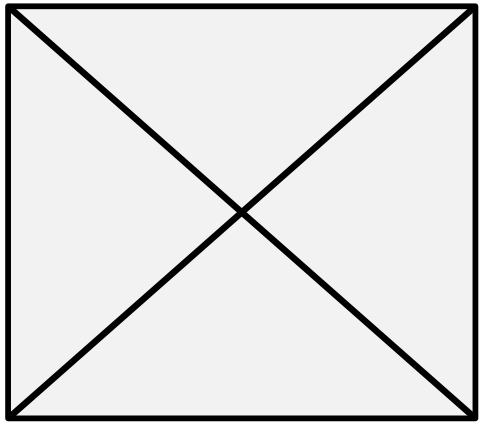


図２　運転領域

【研究成果】　【試作ユニット実証へつなぐ技術】150kW×5万rpm超の制御構築

~2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・2レベルと3レベルINVにおける各変調方式の得失。 ・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。	・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での比較検討完。	・モータサブユニットを用いた実機評価により50000rpm eAxle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。	・50000rpm eAxleモータドライブ向け基本制御の実装とユニット搭載用モータによる実機検証完。

【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

研究テーマNo.　X401N

各研究テーマ企画書（超高回転におけるモーター構造と損失との関係性解明）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	電動化 研究委員会	【研究委託先】	岡山大学

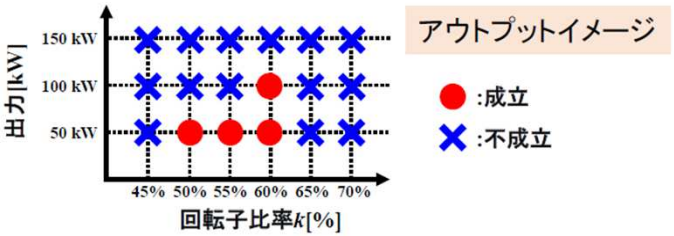
【研究目的】小型化による省資源化及び材料置換を踏まえ、超高回転モータの低回転域における銅損低減と高回転域における鉄損低減の両立が課題である。コンベンショナルなIPMでの5万回転超モータ前提のコア材質、巻線材質、磁石磁束量とモータ損失特性の関係を明らかにする。

【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する。
※コア材は従来積層鋼板にて検証
・所望の出力における5万回転モータ設計の方向性を示す。
・シャフト1次曲げモードに対する機械強度実機検証実施。

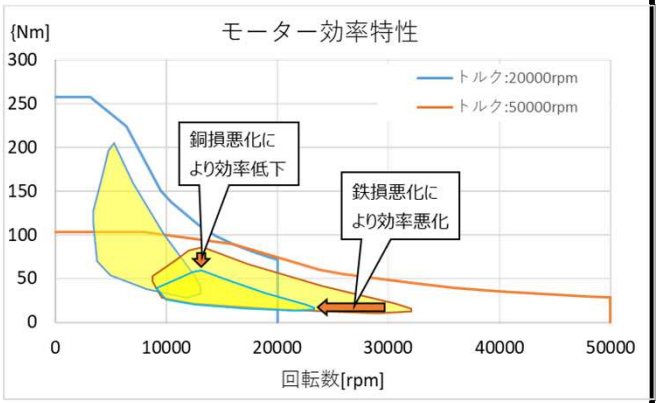
研究対象モータの前提条件

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



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



【試作ユニット実証へつなぐ技術】高回転(5万回転超)モータの設計指針構築、及び、その検証を行うことで、より確実なユニット搭載モータ設計に繋げる。

【研究成果】

2024年度	2025年度	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(シャフト一次曲げモードに対する機械強度の実機検証)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仕様にて評価実施。

【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.

研究テーマNo.　X901T

各研究テーマ企画書（多相多重モータによるシステムの小型化検討（制御））

TRAMI

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
電動化 研究委員会	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】

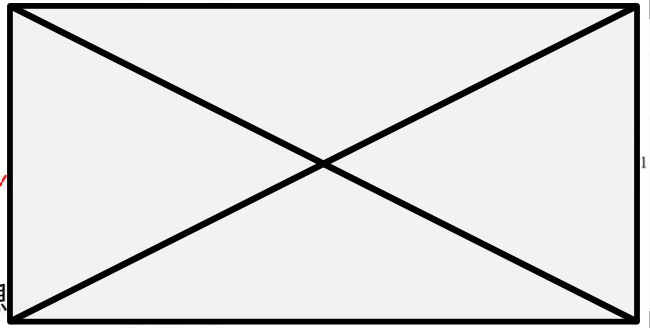
■多相多重モータは高出力・高効率化に適したシステムである一方、制御インバータが大型化するという跳ね返りがあり、超高回転モータに適用する場合に課題となる。

■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。

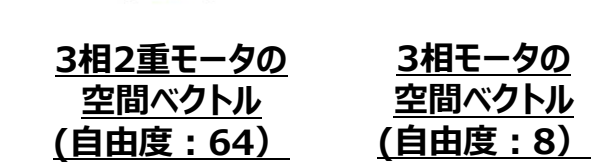
■要素技術を組み合わせる事で、FY26からのユニット研究で想定されている通常システム(3相)に対して、高出力密度化する事を目指す。

【試作ユニット実証へつなぐ技術】

・多相多重システム適用時の高出力密度化技術



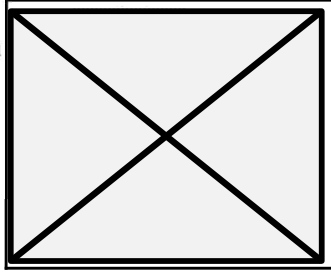
3相2重モータの空間ベクトル（自由度：64）

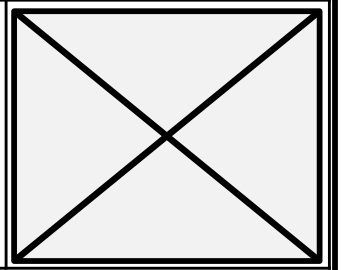


3相モータの空間ベクトル（自由度：8）

モータ・インバータシステム

多相多重モータ	通常
3相2重	3相





【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・多相多重モータの性能・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（ゲート駆動回路試作を想定） ・多相多重モータの高出力密度化方策の提案

【参考論文・文献】

[1] 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.

[2] 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.

研究テーマNo. X902T

各研究テーマ企画書（超高回転小型モータコア用積層鋼板特性把握）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
電動化 研究委員会	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。

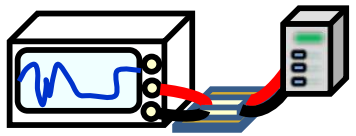
【研究内容】

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

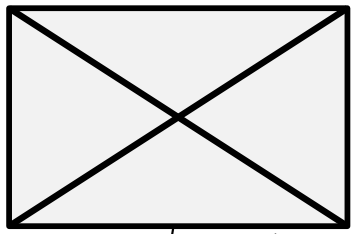
※関連する他のテーマ(前提)
・モーターの熱課題に取り組むテーマからのリング状鉄心材の供給

FY26～FY28

	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

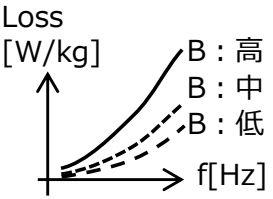


無方向性電磁鋼 (リング状試料)

＋

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



周波数-鉄損グラフ

【試作ユニット実証へつなぐ技術】5万rpm超における鉄損の予測技術

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・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(0.5T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

・福岡万優, 齊藤雄太, 小林宏泰, 宮城大輔:「高周波励磁下における無方向性電磁鋼板の鉄損推定精度に関する検討」, 電気学会マグネティックス/リニアドライブ合同研究会 MAG-25-125, 2025年12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

研究テーマNo. X903T

各研究テーマ企画書（超高回転小型モータ損失(鉄損銅損)低減構造）

【研究委員会/分科会】	電動化 研究委員会	【研究委託先】	東京電機大学

【研究目的】 5万回転超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を設計する際の、素材選択、構造選択　などの最適化手法を示す。

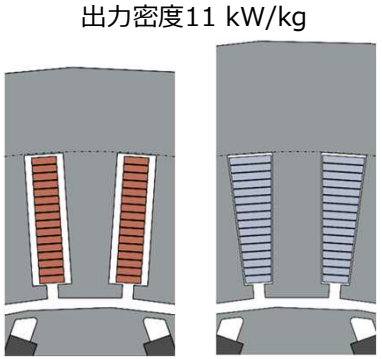
【研究内容】

・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、解析による素材、構造の比較を実施し、最適な構成を示す。
・解析により求めた最適な素材、構造の巻線を採用したモータ実機を試作し、巻線損失を測定、評価する。
・最適構造を有する5万回転超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。

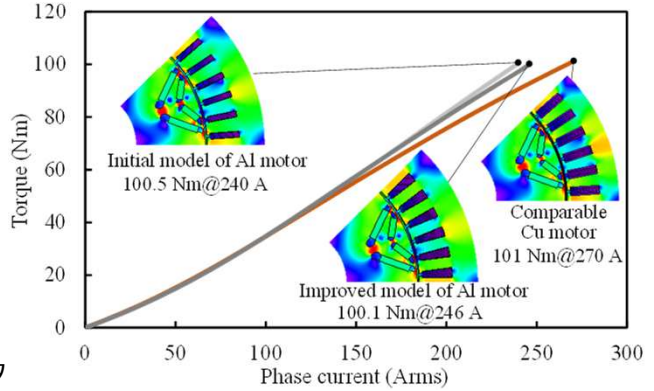
研究対象モータ前提

・モータ出力：150 kW　・駆動回転数：50,000 r/min以上

・超高回転モータ巻線構造の2025年度までの成果
　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革新的コイル断面形状を提案



Cu巻線IPMモータ　Al巻線IPMモータ




革新的コイル形状を持つAl巻線の試作機

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・解析による5万回転超モータの特性・効率比較	・提案巻線構造の製造工法評価ユニット試作、評価	・5万回転超モータ改良試作機の設計、製作
・提案巻線構造の製造工法評価ユニット設計	・5万回転モータ試作機の設計、製作	・改良試作機による5万回転モータの特性・効率比較
	・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] H. Sugimoto, S. Oaku, Y. Yamada, I. Fukasawa and J. Ebinuma, "Measurement of Stator AC Losses in a High-Speed Machine with Aluminum Distributed Winding," *in Proc., 2026 International Power Electronics Conference (IPEC-Nagasaki 2026 - ECCE Asia)*, Nagasaki, Japan, 2026, pp. 1-5, doi: 10.23919/IPEC-Nagasaki2026-EC64663.2026.11597294.

[2] Y. Yamada, J. Ebinuma and H. Sugimoto, "High Slot Fill Aluminum Distributed Winding for High-Speed and High Power Density Electric Machines," *in Proc., 2024 27th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, Fukuoka, Japan, 2024, pp. 1890-1896, doi: 10.23919/ICEMS60997.2024.10921069.

研究テーマNo.　X904T

各研究テーマ企画書（モータ振動対策（ハード））

【研究委員会/分科会】 電動化 研究委員会

【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るモータ電磁加振力による共振問題に対して、DVA※を応用した円環および周方向振動モードの共振抑制技術を構築し、その効果を明らかにする。 DVA※ :Dynamic Vibration Absorber

【研究内容】

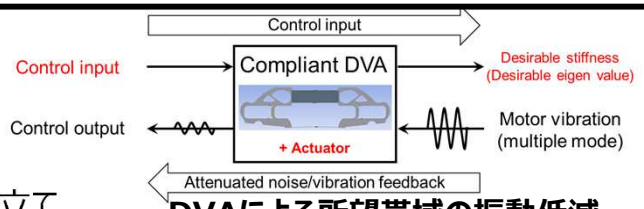
【FY23～25での取り組みと残課題】

・モータ円環モードに対するDVAの振動低減効果検証実施
・可変剛性DVA機構による機能の有効性検証実施
＜残課題＞ 周方向振動モードへの対応とユニット搭載レイアウトの目途立て

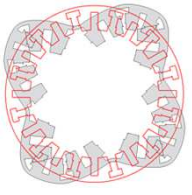
【FY26～30の取り組み】

・周方向振動モードの把握および、それに対応するDVA構造の検討と効果確認
・DVA低減構造(円環、周)を組込んだ筐体設計と試作、評価
・5万回転超台上実験モータへの組込みと効果の検証
・'30年度実証用ユニット筐体への組込みと効果検証

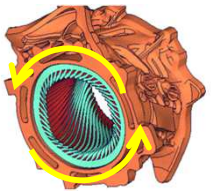
【試作ユニット実証へつなぐ技術】
・円環、周方向モードに対応するDVA構造
・実証用ユニット筐体の許容サイズに収まるDVA構造



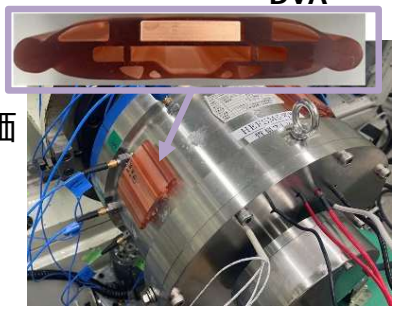
DVAによる所望帯域の振動低減



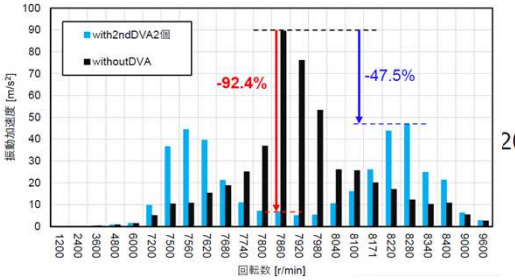
モータ円環振動



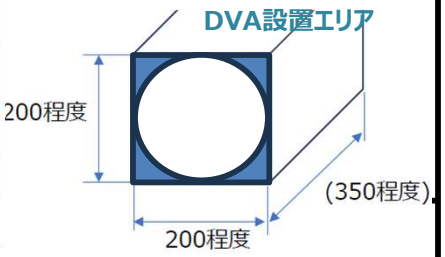
モータ周方向振動



実機へのDVA取り付け



2次モードDVAの評価結果



ユニットサイズ目標案(MOT、GB)

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・対象とするモータモデルの決定と、振動モード(周、径方向)の特定 ・周方向振動にも作用するDVA構造立案 ・TPによる周方向振動低減効果検証	・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 ・ハンマリングによる振動低減効果検証	・台上モータ用筐体への振動低減構造の組込み ・実機での振動低減効果の検証	・試作ユニットに組込む構造の立案 ・TPによる効果の検証	・実証用ユニットへのDVA組み込み ・試作ユニットでの振動低減効果検証

【参考論文・文献】

[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.

研究テーマNo. X905T

各研究テーマ企画書（モータ電磁加振力の高精度予測とNV原因の解明）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
電動化 研究委員会	横浜国立大学

【研究目的】

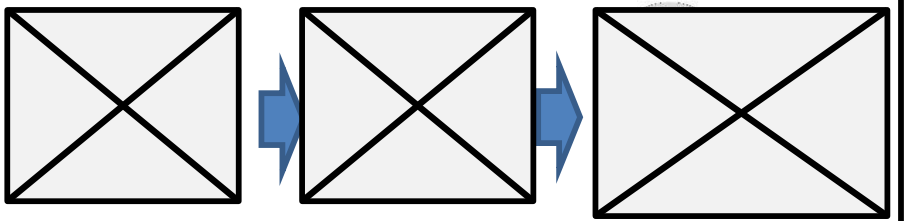
電磁加振力予測により円環での振動モードやアキシャル方向の振動モードが発生するかを確かめ、
NVの原因となる電磁加振力による振動発生メカニズムを解明する。

【研究内容】

TRAMIが目指す超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。

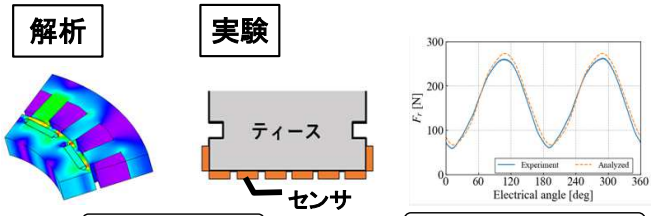
『サンプル電磁鋼板(1ティース)』『原理検証用モータ※1』『原理検証用モータ改造品※2』とステップアップしながら、それぞれ下記を行う。

※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



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）

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。
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。



計測精度向上　　電磁加振力を推定

【試作ユニット実証へつなぐ技術】NVの原因となる電磁加振力の解析手法の確立と振動発生メカニズムの解明

【研究成果】

2024年度	2025年度	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

研究テーマNo.　X906T

各研究テーマ企画書（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）

TRAMI

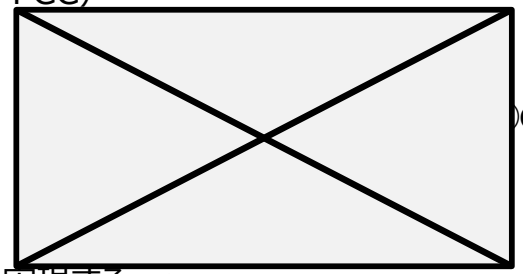
【研究委員会/分科会】	電動化 研究委員会	【研究委託先】	北海道科学大学

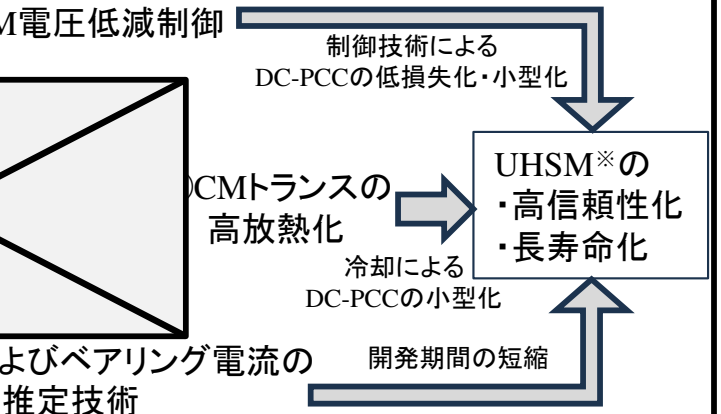
【研究目的】

ユニット搭載に向け，超高回転モーター(**U**ltra-**H**igh-**S**peed **M**otor: UHSM)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】

- パッシブコモンノイズキャンセラ（Passive Common-Noise Canceller：以下，PCC）を用いたコモンモード（Common Mode：以下，CM）電圧の抑制による軸電圧およびベアリング電流の抑制を実現する。
  - ✓ CM電圧を抑制する制御法を併用することにより，PCCの低損失化・小型化を実現する。（従来EMIフィルタとの比較も含む。）
  - ✓ 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，実機検証によりその妥当性を検証する。
  - ✓ 冷却によるCMトランスの高磁束密度駆動を可能とし，PCCの更なる小型化を実現する。





※UHSM: **U**ltra-**H**igh-**S**peed **M**otor（超高回転モーター）

【試作ユニット実証へつなぐ技術】低損失・小型なベアリング電食抑制部品の設計手順

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度
・2025年度に確立したPCC小型化設計にCM電圧抑制制御を併用した際の、CMトランスの体積・重量低減効果を机上計算で明確化する。 ・従来EMIフィルタと体積・重量を比較し，PCCの優位性を確認する。	・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）を用いて，モータ軸電圧およびベアリング電流の理論的な推定を実現し，PCCによるモータ軸電圧およびベアリング電流の抑制効果をフロントローディングデザインできる環境を構築する。	・冷却を前提としたPCCおよび従来EMIフィルタの構造を検討し，高磁束密度駆動におけるCMトランスの設計技術を提案する。

【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

[2] 羽根田崚，野武幸輝，桂健志郎，山口浩二：「様々なコア形状を使用したパッシブコモンノイズキャンセラの性能評価」，電気学会産業応用部門大会，1-75 (2023)

[3] R. Haneda, “Common mode filter circuit,” WO 2025/134507 A1, Jun. 26, 2025.

研究テーマNo. X907T

各研究テーマ企画書（高回転モータにおけるゲート駆動の在り方）

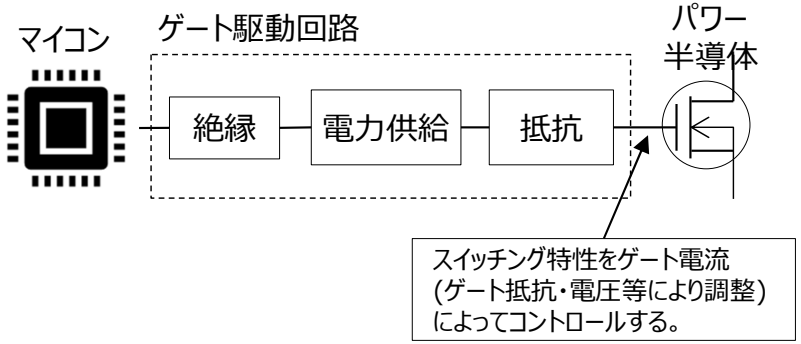
TRAMI

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
電動化 研究委員会	横浜国立大学

【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以上

【試作ユニット実証へつなぐ技術】超5万rpmで動作可能で、かつスイッチング損失低減が可能なゲート駆動技術

【研究成果】

2024年度	2025年度	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. Appli., Vol.54, No.5, pp.4603-4611, 2018-9.

研究テーマNo.　X908T



研究グループ　F

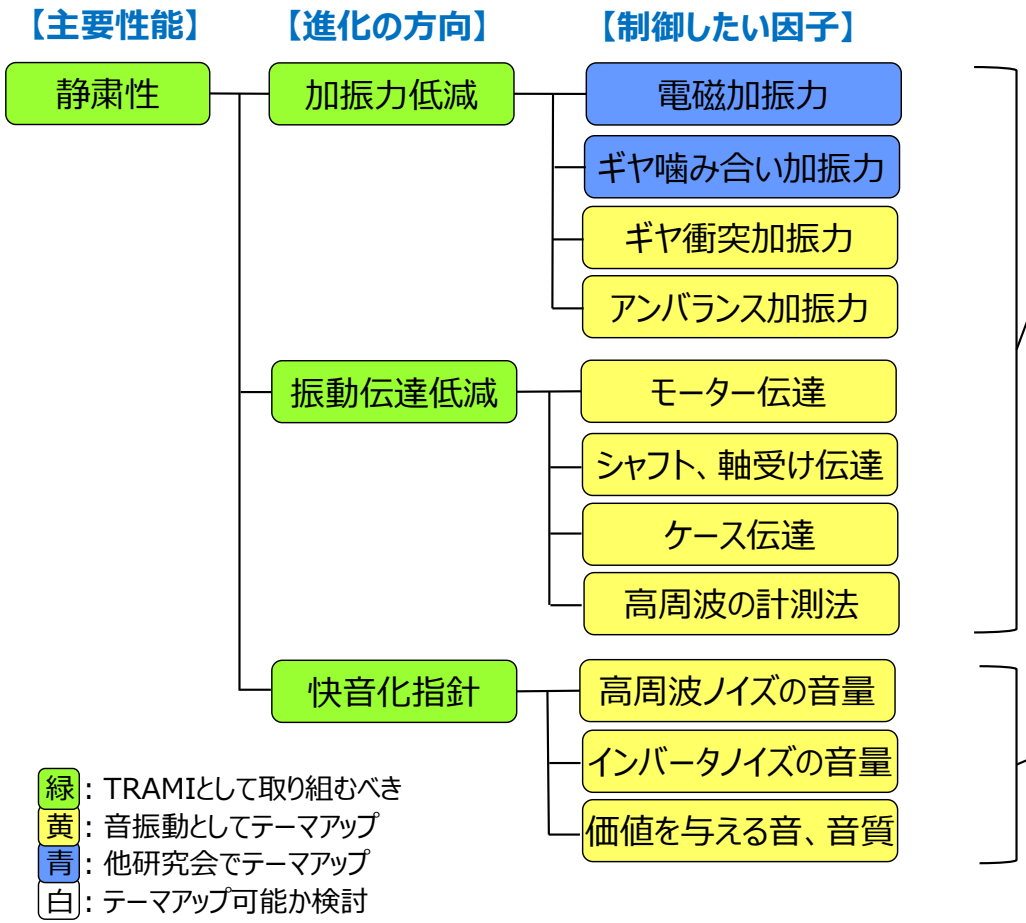
音振動　研究委員会

金子 弘隆
（日産自動車株式会社）

研究シナリオ　1/2

- ✓ モータとドライブトレインの加振力,振動伝達の予測技術及び快音化の指針を構築する
- ✓ 上記の予測技術を、５万回転超のユニット構想への実証技術へ繋げていく

5万回転超小型高効率ユニット実現のための課題



ユニット研究成果の姿

加振力,振動伝達の予測技術を確立し、５回転超のユニット構想への貢献を目指す

- 加振力予測
  - ギヤ（振動伝達予測技術は産で有）
  - アンバランス（ユニットレベル）
- 振動伝達予測
  - モーター＋変速機（ユニットレベル）
    - ・モーター
    - ・シャフト＆軸受け
    - ・ケース

高周波計測技術

電動車 快音化指針の構築

- 高周波 (モータ,ギヤノイズ)、インバータノイズの評価指針
- 価値ある空間を与えるサウンド

研究シナリオ 2/2

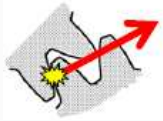
- ✓ 加振力,振動伝達の未解明領域の予測技術確立と快音化評価指針の研究を行う
- ✓ 超高回転に伴うユニットレベルの課題を追加し、ユニット構想へのモデルの構築及び対策の提案を実行していく

技術的アプローチ

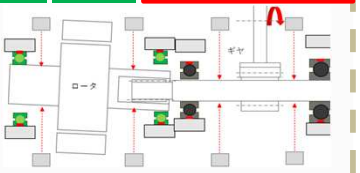
加振力,振動伝達の予測技術の確立

加振力

- ギヤ(外歯、遊星)衝突加振力予測　非線形　接触　衝突
  - 歯減衰、歯剛性、オイル減衰特性の定義

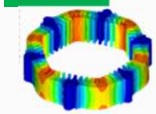


- 回転アンバランス加振力予測　非線形　接触　アンバランス増大
  - モータアンバランス、軸受けガタ スプライン、電磁力の影響度解明

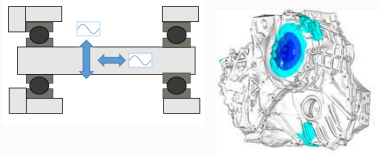


振動伝達

- モータの振動伝達予測　非線形　接触　異方性
  - 積層鋼板：カシメ、溶接、接着
  - コイル挿入：コイル、ワニス
  - ステータ固定：ボルト締結、焼嵌め の影響度解明



- ドライブトレイン振動伝達予測　非線形　モータ,ギヤノイズ高周波化
  - 軸受け：高周波動ばね剛性 減衰特性の定義
  - ケース：高周波局所的な 振動モード予測



電動車 快音化指針の構築

- 高周波音の音量の評価指針　モータ,ギヤノイズ高周波化
  - モータ、ギヤノイズ新指針の設定 (8kHz以上の高周波域へ拡大)
  - インバータノイズ 新指針の設定　インバータノイズ高周波化
- 電動車としての快音化指針
  - 生体情報に基づく定量化
  - 聴覚と他感覚、 高周波音と他周波現象の影響把握
  - 価値を生み出す音、音質の定義

超高回転運転/高周波数計測を実現する設備の検討と導入(産)

- 高周波領域の計測技術の確立　モータ,ギヤノイズ高周波化
  - ドライブトレイン振動モードの把握

超高回転域への拡張

研究ロードマップ


～FY25終了
FY25取組テーマ
次ステップ取組
次々ステップ取組
最終ステップ
TRAMI内事前（委託・用材なし）
全体研究フェーズ
Pre-design
Proto design
Final design
‘24
‘25
‘26
‘27
‘28
‘29
‘30
NEDO
モータの
振動伝達予測
岐阜大,豊橋技術科学大,明治大
ステータ振動
伝達予測
TRAMI内事前
（委託・用材なし）
未解明要素
定義
サブユニット
モデル構築
対策提案
新テーマ
ユニット実証　モデル構築
及び 対策提案
NEDO
ドライブトレイン
振動伝達予測
中央大
高周波の ・計測技術
・振動伝達予測技術(ベアリング)
遊星ギヤ伝達予測
サブユニット
モデル構築
対策提案
新テーマ
ユニット実証　モデル構築
及び 対策提案
回転アンバランス
加振力予測
近畿大
回転アンバランス加振力予測
・高周波予測の為の基礎技術
TRAMI内事前
（委託・用材なし）
未解明要素
定義
サブユニット
モデル構築
対策提案
新テーマ
ユニット実証　モデル構築
及び 対策提案
ギヤ
衝突加振力予測
愛知工業大,東京工業大,島根大
ギヤ・スプライン
衝突加振力予測
遊星ギヤ(1pin)
衝突加振力予測
遊星ギヤ
加振力予測
サブユニット
モデル構築
対策提案
新テーマ
ユニット実証　モデル構築
及び 対策提案
電動車
快音化指針の構築
中央大
・高周波音の
評価指針の構築
・電動車快音化指針
インバータ音
評価指針の構築
産各社にて
目標設定に適用

各研究テーマ企画書（モータの振動伝達予測）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	音振動 研究委員会	【研究委託先】	明治大学

【研究目的】

超高回転システム による高周波起振力の発生に伴い、モータの振動伝達予測技術と抑制技術を構築する。

【研究内容】

5万rpm超高回転電動パワートレインでは電動モータから高周波の加振力が発生するが、高周波数帯域での振動伝達において未解明の領域が存在する。これらの要素を定義し電動モータ振動現象の予測技術を確立する。そのうえで有効な抑制手段を検討し試作ユニットに適用、性能を実証する。

■中間目標（FY28）

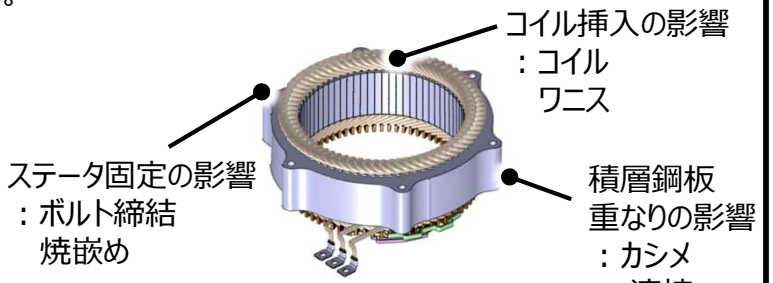
・電動モータのサブユニットで振動伝達の未解明領域(高周波化・非線形・接触・異方性)の影響を明確にしモデル予測技術を構築する。本技術を適用したサブユニットモデルを構築し、試作ユニット目標を達成するための方策が積み上がり、試作ユニットの設計図に反映されていること

■最終目標（FY30）

・試作ユニットの実証試験によって目標性能の達成を確認するとともに、超高回転ユニットにおけるシミュレーション技術の有効性を実証し、目標性能達成のための設計指針を体系的に整理・確立していること

【試作ユニット実証へつなぐ技術】　高周波化にモータの振動伝達の予測と抑制技術

高周波化　非線形　接触　異方性



モータ振動伝達の未解明領域

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・FY27研究企画策定	・未解明要素の定義 ステータ固定の影響 コイル挿入の影響 積層鋼板重なり の影響 の解明	・サブユニットモデル構築 ・サブユニットを用いた技術検証 ・試作ユニット対応策提案	・試作ユニットモデル構築 ・試作ユニットを用いた技術検証 ・試作ユニット対応策提案#2(改善試作)	・試作ユニット（改善試作）を用いた目標達成の確認 ・目標達成達成の為の設計指針の確立

【参考論文・文献】

[1]ボルト締結体の振動特性評価と接触面剛性を考慮した有限要素解析，福岡 俊道，野村 昌孝，菅野 伸国(神戸大学)，他，日本機械学会論文集(C編)，73巻734号(2007)

[2]焼きばめ型二重管のはめ合い応力のFEM解析とはめ合い応力の及ぼす作用外力の影響度解析,千野 博孝(ムーディ・インターナショナル)，三牧 雅子(都立科学技術大学)，高田 信宏(ニッテツコラム)，圧力技術 第38巻 第1号(2000)

[3]Determination of equivalent transversely isotropic material parameters for sheet-layered lamination stacks, M.V. Baloglu, M. Ziegler, J. Franke, K. Willner, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 145, 106915 (2020)

研究テーマNo.　V101N

各研究テーマ企画書（高周波ドライブトレイン振動伝達予測）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	音振動 研究委員会	【研究委託先】	中央大学

【研究目的】

超高回転システム による高周波起振力の発生に伴い、ドライブトレインの振動伝達予測技術と抑制技術を構築する。

【研究内容】

5万rpm超高回転電動パワートレインでは減速システムから高周波の加振力が発生するが、高周波数帯域での振動伝達において未解明の領域が存在する。これらの要素を定義しドライブトレイン振動現象の予測技術を確立する。そのうえで有効な抑制手段を検討し試作ユニットに適用、性能を実証する。

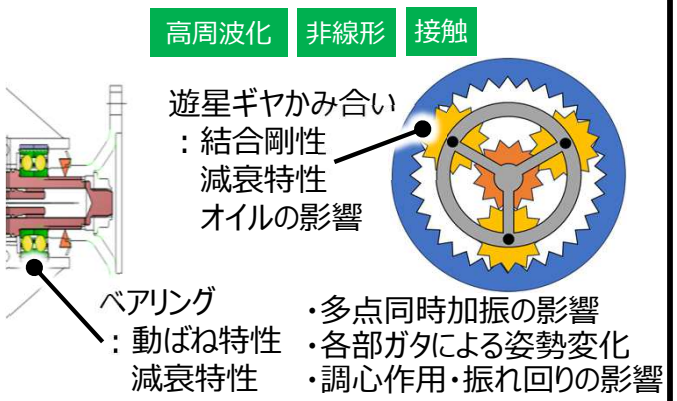
■中間目標（FY28）

・減速システムのサブユニットで加振力及び振動伝達の未解明領域(高周波化・非線形・接触)の影響を明確にしモデル予測技術を構築する。本技術を適用したサブユニットモデルを構築し、試作ユニット目標を達成するための方策が積み上がり、試作ユニットの設計図に反映されていること

■最終目標（FY30）

・試作ユニットの実証試験によって音・振動に関する目標性能の達成を確認するとともに、超高回転ユニットにおけるシミュレーション技術の有効性を実証し、目標性能達成のための設計指針を体系的に整理・確立していること

【試作ユニット実証へつなぐ技術】　高周波化に伴うドライブトレインの振動伝達の予測と抑制技術



ドライブトレイン振動伝達の未解明領域

【研究成果】

2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
・ベアリング特性定義	・遊星ギヤ多点同次加振特性定義	・遊星ギヤ高周波域特性定義 ・サブユニットモデル構築 ・サブユニットを用いた技術検証 ・試作ユニット対応策提案	・試作ユニットモデル構築 ・試作ユニットを用いた技術検証 ・試作ユニット対応策提案#2(改善試作)	・試作ユニット（改善試作）を用いた目標達成の確認 ・目標達成達成の為の設計指針の確立

【参考論文・文献】

[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スモータの開発,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

研究テーマNo.　V201N

各研究テーマ企画書（ラトルノイズ：遊星ギヤ衝突加振力予測）

TRAMI

【研究委員会/分科会】	【研究委託先】
音振動 研究委員会	愛知工業大学、島根大学、東京科学大学

【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外歯ギヤ研究の結果を基に、ユニット構想遊星ギヤ(多重衝突)の衝突加振力予測技術を確立する.

・FY26　遊星ギヤ基礎研究

1ピニオン遊星ギヤ衝突現象計測ジグの作成．遊星ギヤ衝突力計測方法の確立

遊星各ギヤ対単体で衝突力を計測し，剛性，減衰特性の把握

・FY27　遊星ギヤ基礎研究

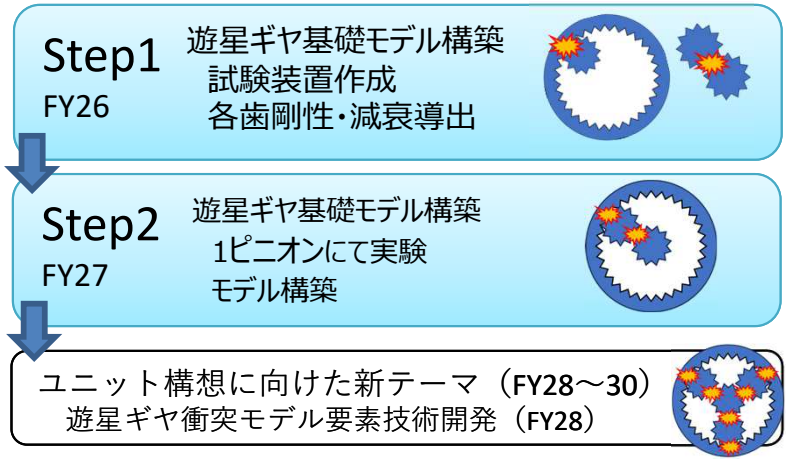
遊星1ピニオンでの多重回転挙動にかかわるBrg，スプライン要素の計測およびモデル構築

遊星1ピニオンでの多重衝突挙動および衝突力を計測し，剛性，減衰特性の把握

尚、最終的な複数ピニオンでの遊星ギヤ衝突モデルの構築は

ユニット構想に向けた次テーマ（FY28～30）の中で実施していく

【試作ユニット実証へつなぐ技術】トルクステップ入力時の遊星ギヤ衝突力予測技術



【研究成果】

FY26	FY27
遊星衝突力計測装置の完成 遊星ギヤ衝突力計測方法の確立 衝突順番既知状態での衝突による物理特性(歯減衰、歯剛性，オイル減衰特性)を定義する.	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.

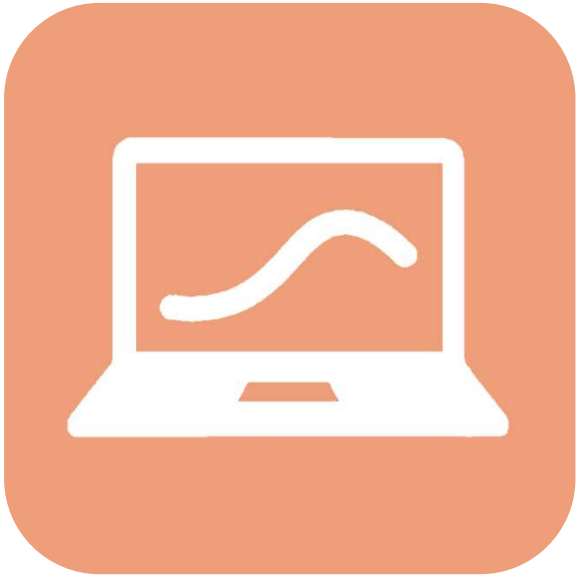
【参考論文・文献】

[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

研究テーマNo．V901T-1,2,3



研究グループ　G

計測技術　研究委員会

西 啓伸
（マツダ株式会社）

研究シナリオ　1/2

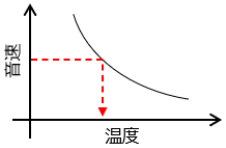
- ✓ 計測出来ないことを計測出来るようにする。(計測原理の研究)
- ✓ TRAMI計測ニーズと計測原理の一致点を見つけ、超高回転ユニット開発に貢献する。

5万回転超小型高効率ユニット実現のための課題

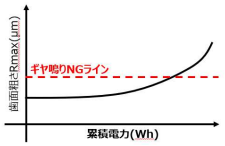
重点方針	懸念機能	懸念現象	重要課題
5万rpm超ユニット開発	信頼性低下	減磁	ロータ出力密度増加に伴う温度分布を計測すること
		ギヤ電食	スイッチング高速化に伴い悪化する電食現象を見える化して計測すること
		摺動電気ノイズ	回転体電気信号、電力について摺動速度増大に伴う計測ノイズ

ユニット研究成果の姿

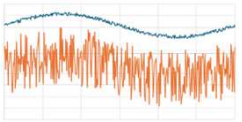
【モータ部品内部温度分布計測技術】
　磁石温度分布を観測することで、発熱や冷却効果検証して減磁から磁石信頼性育成に貢献する。



【電食現象解明のための計測技術】
　電食現象の可視化と電食による劣化量を観測して電食をコントロールして信頼性開発に貢献する。



【摺動時の電気信号ノイズ低減技術】
　摺動部分の等価回路モデルを構築して有効なノイズ低減策を検討する。電気を使った計測原理の回転体実装に適用する。

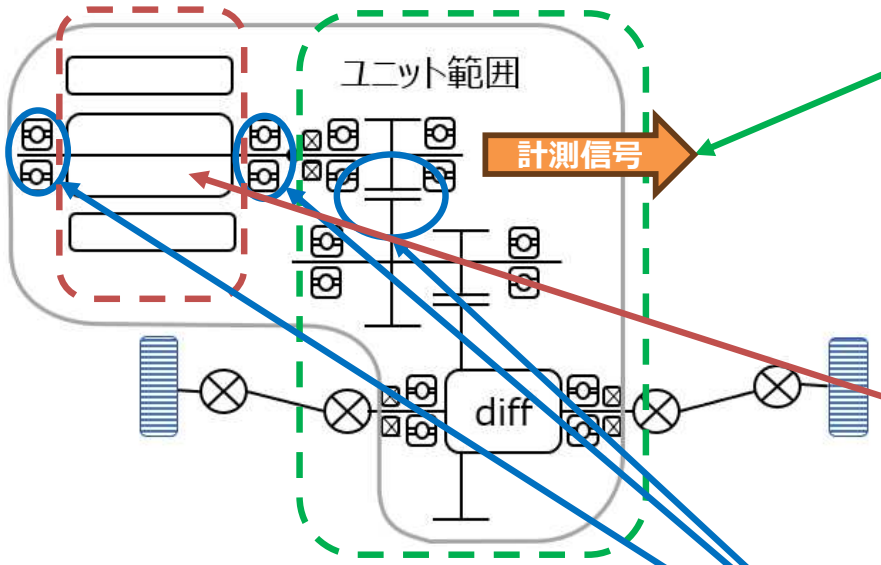


研究シナリオ　2/2

✓ **超高回転ユニット開発に必須の技術開発を検証する計測手段を獲得する**

技術的アプローチ

超高回転ユニット模式図



【高速摺動部の低ノイズ電気信号伝達技術の研究】

スリップリングの摺動時の電気ノイズ発生メカニズムに着目して低ノイズ化する。

【モータ部品内部温度分布計測技術】

超音波サーモメトリ法によるモータ磁石の温度分布計測する。

非分解で温度分布を計測

モータ課題

【電食現象を分析・解析の計測技術開発】

電気インピーダンス法による潤滑計測原理を発展させ、C1の絶縁破壊と他の物理量を観測することでメカニズム含めた電食計測する。
・R＝金属接触(真実接触)
・C1＝EHL理論の油膜要素←前後情報と絶縁破壊観測で電食現象の情報
・C2＝その他キャパシタ因子(非駆動歯面等)

研究ロードマップ

～FY25終了　FY26取組テーマ　次ステップ取組　最終ステップ

詳細は親課題の計画に準ずる

全体研究フェーズ	現研究（～TRL3）	要素技術研究・試作サブユニット実証（～TRL4）			試作PTユニット実証（TRL5）	
研究年度	‘25	‘26	‘27	‘28	‘29	‘30
ギヤ油膜	～FY25終了		最終ステップ(基本、産側対応予定) ユニット実装用計測システムの課題改善			
電食研究	～FY25終了 メカニズム解明1	FY26取組テーマ メカニズム解明2	次ステップ取組 メカニズム解明と対策効果検証への適用(コラボ研究)		最終ステップ 実装用計測システムの課題	
温度分布計測	～FY25終了 回転体適用制約	FY25取組テーマ 回転体適用実証	次ステップ取組 ユニット実装具体化	最終ステップ ユニット実装用計測システムの課題改善		
電気信号伝達ノイズ低減	～FY25終了 課題整理＆委託先検討	FY25取組テーマ 駆動ノイズモデル検証	次ステップ取組 適用計測原理の検証	最終ステップ ユニット実装用計測システムの課題改善		

電食現象を分析・解析する為の計測技術開発

TRAMI

【研究委員会/分科会】	計測技術 研究委員会	【研究委託先】	横浜国立大学

【研究目的】

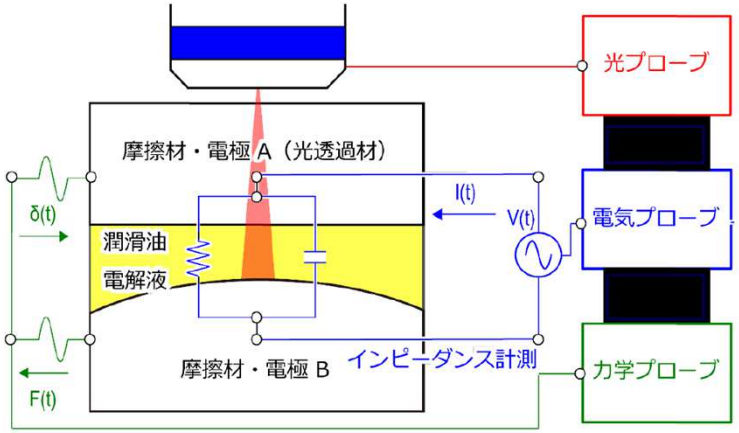
モーターの高出力化に伴いトルク伝達経路へ流れ込む電流が増加することで周辺部品へ電食を発生させてしまう
複数パラメータ(力学計測+分光計測)の同時計測により現象分析を可能とする為の計測技術研究に取組む

【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】

2025年度	2026年度	2027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	・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	・5万rpmモータの前提条件にて電食現象の再現・分析 ・他研究分野や研究開発への応用

【参考論文・文献】

[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)

研究テーマNo.　X909T

モータ部品内部温度分布計測技術の研究

TRAMI

【研究委員会/分科会】 計測技術 研究委員会

【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

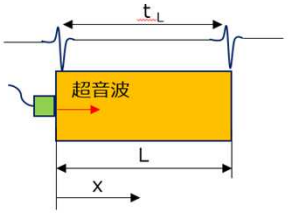
【研究内容】

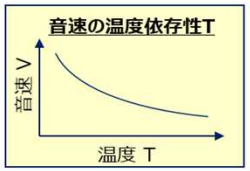
モーター磁石の温度分布を計測するため、超音波の伝播速度を計測し、相関関係のある温度変化をとらえる原理からモータ内部温度を推定し、モータ性能に影響する動作中の磁石温度分布を計測できる技術を開発する。(温度分布は差分法解析にて取得可能)

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

【試作ユニット実証へつなぐ技術】モーター磁石の内部温度分布を計測できる技術





■物体温度均一のとき

$$\text{時間}\ t_L = \frac{\text{物体長さ}\ L}{\text{音速}\ V(T)}$$

■物体温度不均一のとき（温度勾配を持つ）

$$\text{時間}\ t_L = \int_0^L \frac{1}{\text{音速 温度分布}\ V(T(x))}\,dx$$

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

研究テーマNo.　X910T

高速摺動部の低ノイズ電気信号伝達技術の研究

TRAMI

【研究委員会/分科会】	計測技術 研究委員会	【研究委託先】	名古屋大学

【研究目的】

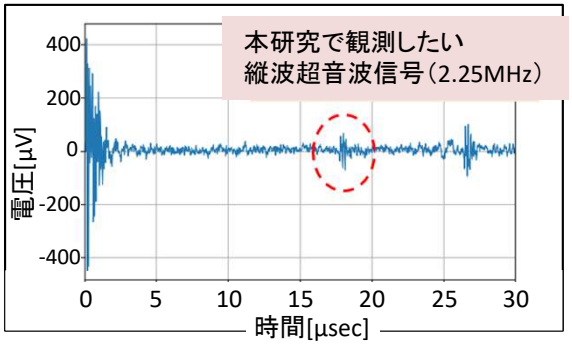
超５万rpm実働状態での計測を実現するためには、低ノイズで信号を伝達する手段が必要となる。
スリップリング等の電気接合部で発生するノイズの原因を特定し、低ノイズでの信号伝達技術を確立する。

【研究内容】

計測技術研究委員会で取り組んでいる「超音波による内部温度計測」では、2.25MHz・100μV程度の高周波・微小信号を計測し、音速の違いから内部温度を求める技術開発を進めている（図１）。

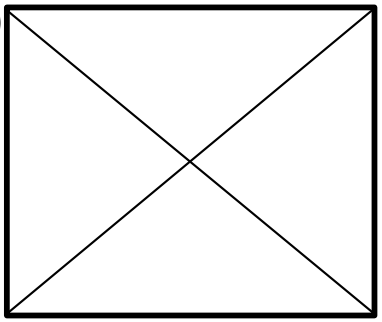
この技術を超５万rpm実働状態に適用するためには、回転体に取り付けたセンサからの信号伝達技術が必要となる。信号伝達には、スリップリング等の摺動接点が用いられるが、接点部ではノイズが発生し、通常の計測系であれば、バンドパスフィルタを用いて、ノイズを抑制する手法が取られる。しかし、今回のような高周波・微弱信号で、且つ、音速を測定する目的では、バンドパスフィルタが使えず、接点部でのノイズ発生自体を抑える取り組みが必要となる。

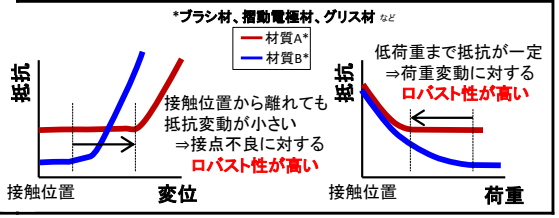
そこで本取り組みでは、接点部でのノイズ発生の原因と対策を明確にし、低ノイズでの信号伝達技術を確立する。



【研究成果】

2026年度	2027年度計画
・静的基礎評価装置の製作（実施中） ・製作した装置での実験データ取得（未） -荷重・変位・被膜等の影響評価 -ノイズ支配因子の抽出 -安定伝送要件の整理 ・動的検証装置の構想（未）	・動的検証装置の試作 ・安全な回転速度域での検証 （超5万rpm対応課題の整理）





【参考論文・文献】

[1]電気応用物性散歩道 スライディングコンタクト,
渡辺克忠(工学院大学),
(株)共立プランニング, 2014年

研究テーマNo.　Y904T

TRAMI

Transmission Research Association for Mobility Innovation

自動車用動力伝達技術研究組合