



Transmission Research Association for Mobility Innovation
自動車用動力伝達技術研究組合

自動車用動力伝達技術研究組合（TRAMI）

第6回公開フォーラム

【 次年度活動内容説明会 】

A promotional banner for the TRAMI forum. The background is a blurred image of a road stretching into the distance under a blue sky. On the left, there is a dark blue diagonal panel containing white text. The TRAMI logo is centered on the right side of the banner. At the bottom right, there is a white box with the METI logo and the text "後援:" (Sponsored by).

*Transmission
Research
Association for
Mobility
Innovation*

TRAMI
Transmission Research Association for Mobility Innovation

自動車用動力伝達技術研究組合

第6回公開フォーラム
次年度活動内容説明会

2023年11月30日 12:45～
浜松町館4階北展示室

後援: METI
Ministry of Economy, Trade and Industry

日時：2023年11月30日（木）12：45～

会場：東京都立産業貿易センター浜松町館 4階北展示室

自動車用動力伝達技術研究組合 第6回公開フォーラム

ページ

TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ	運営委員長 トヨタ自動車株式会社 藤戸 宏	1 ~ 12
TRAMI研究方針	運営委員 本田技研工業株式会社 黒田 耕治	13 ~ 18
研究Gr. A 機械摩擦・熱 研究委員会	機械摩擦・熱研究委員会 ジヤトコ株式会社 早川 和宏	19 ~ 24
研究Gr. C 流体摩擦・熱 研究委員会	流体摩擦・熱研究委員会 マツダ株式会社 篠塚 浩	25 ~ 30
研究Gr. E 電動化 研究委員会	電動化研究委員会 ダイハツ工業株式会社 平井 明	31 ~ 40
研究Gr. F 音振動 研究委員会	音振動研究委員会 日産自動車株式会社 金子 弘隆	41 ~ 46
研究Gr. G 計測技術 研究委員会	計測技術研究委員会 マツダ自動車株式会社 西 啓伸	47 ~ 50
研究Gr. H 合同調査 研究委員会	合同調査研究委員会 ジヤトコ株式会社 下河 洋平	51 ~ 54
TRAMI活動参加制度案内	運営委員 三菱自動車工業株式会社 松原 譲二	55 ~ 59

TRAMIの カーボンニュートラルシナリオ

藤戸 宏
運営委員長
(トヨタ自動車株式会社)

1. TRAMIとは？

2. TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ
 - ・ 取り巻く環境
 - ・ 動力伝達機構の役割
 - ・ カーボンニュートラルシナリオ

1. TRAMIとは？

2. TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ

- ・ 取り巻く環境
- ・ 動力伝達機構の役割
- ・ カーボンニュートラルシナリオ

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

自動車のCO₂排出抑制や価値の多様化に向けて
 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



■ 産学連携ネットワークを通じ技術革新と人財育成を図る

組合員資格

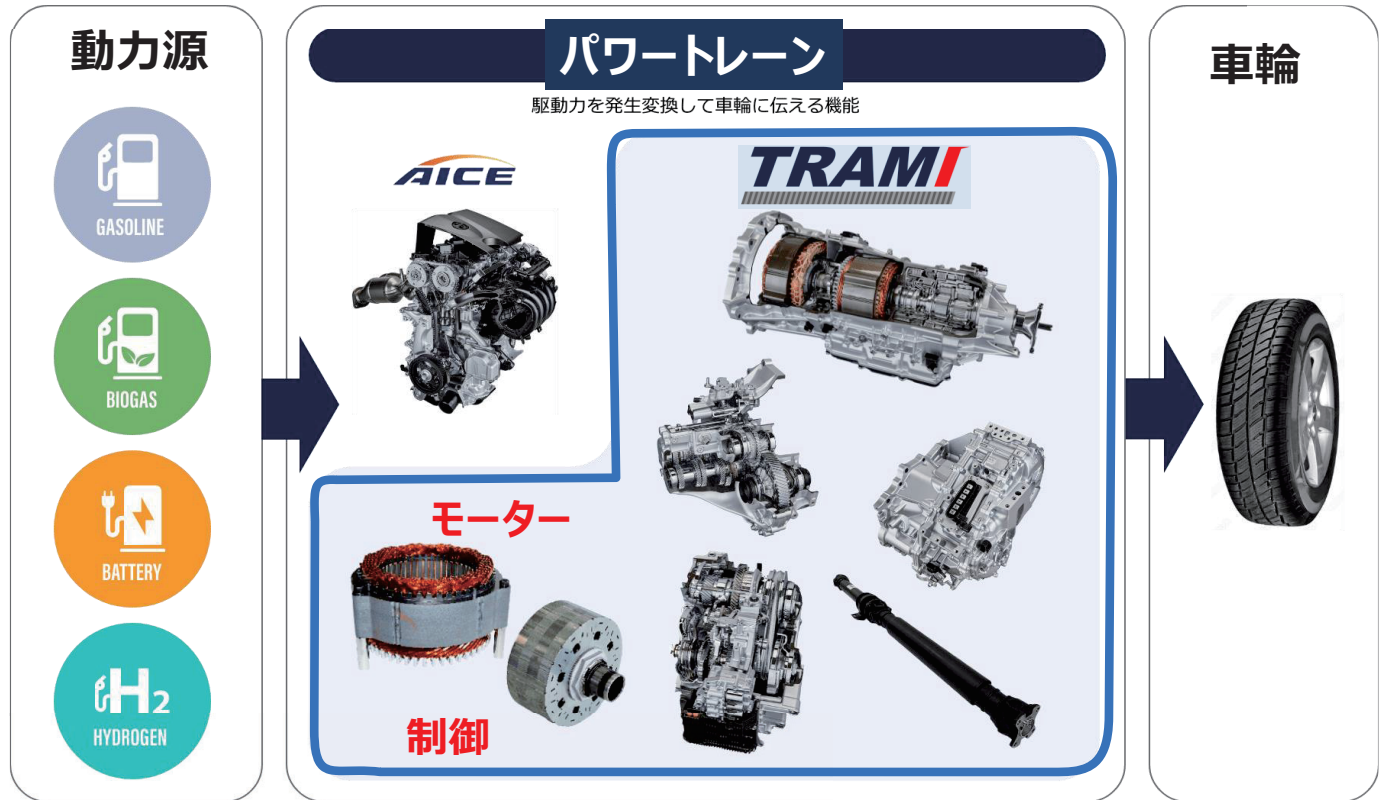
- ✓ 国内に開発拠点を置く自動車メーカー、国内で製造・開発を行うトランスミッションメーカー
- ✓ 産業技術研究法人及び試験研究を主たる目的とする一般財団法人

2023年度から12法人にて活動

(五十音順)



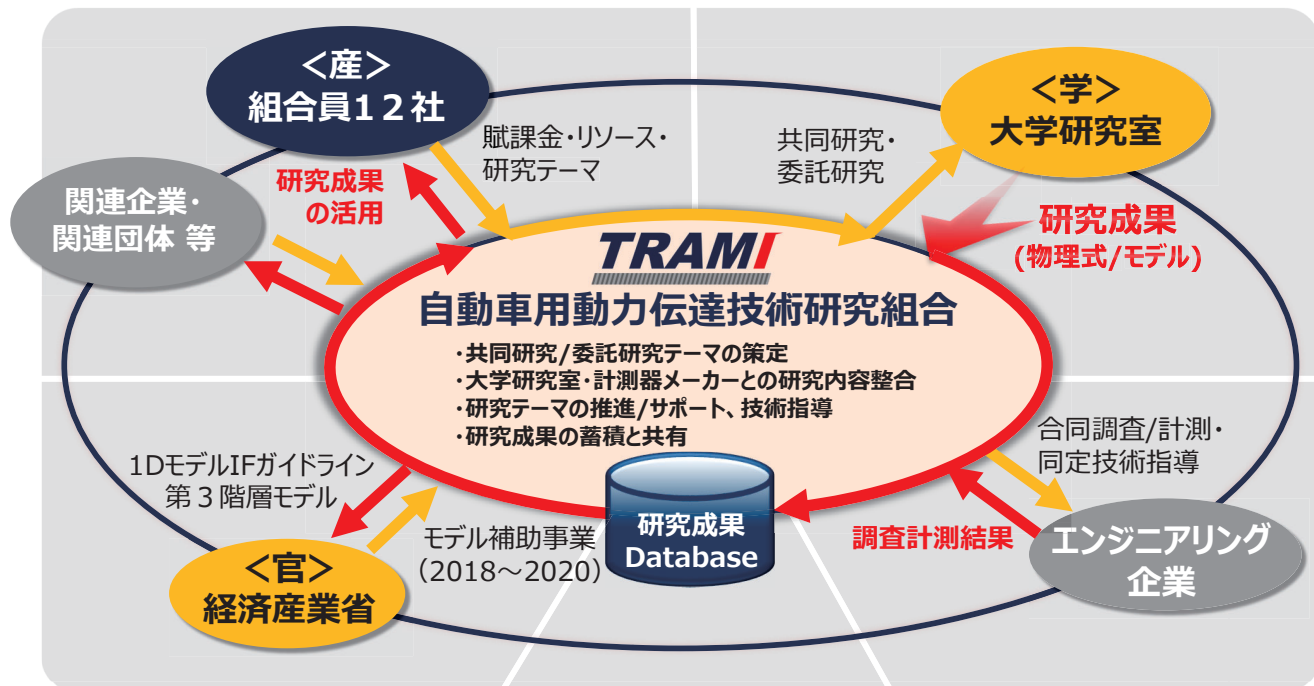
✓ エンジンの直後 or モーターから車輪の手前までがTRAMIの扱う領域



■ カーボンニュートラル実現に向けてTRAMI領域の重要性は一段と高まっている

実現したい姿とTRAMIの果たす役割

- ✓ 動力伝達技術において、**産学連携による基礎・基盤研究**をリーディング/サポート
- ✓ 研究成果Databaseの充実により、**駆動領域の知の蓄積と活用**
- ✓ 研究の更なる拡充をめざし、**産学官協働“エンジニアリング機能”**も視野に入れて活動



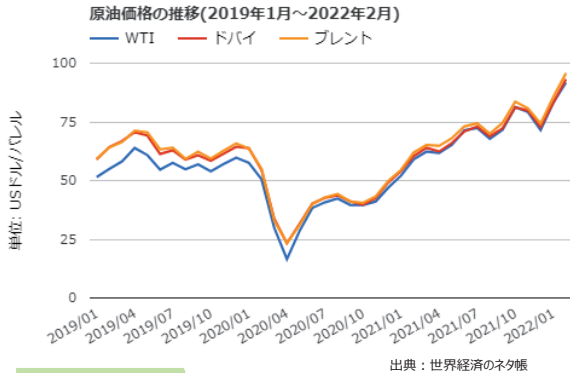
■ TRAMIが中心となり、産・学・官連携による技術革新／人財育成を推進

1. TRAMIとは？
2. TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ
 - ・ 取り巻く環境
 - ・ 動力伝達機構の役割
 - ・ カーボンニュートラルシナリオ

1. TRAMIとは？
2. TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ
 - ・ 取り巻く環境
 - ・ 動力伝達機構の役割
 - ・ カーボンニュートラルシナリオ

【日本のエネルギー政策の基本】 (S+3E)

- ・安全確保を最優先に (**S**afety)
- ・エネルギーを安定的に (**E**nergy Security)
- ・できるだけ安い価格で (**E**conomy)
- ・環境に配慮して提供する (**E**nvironmental Conservation)



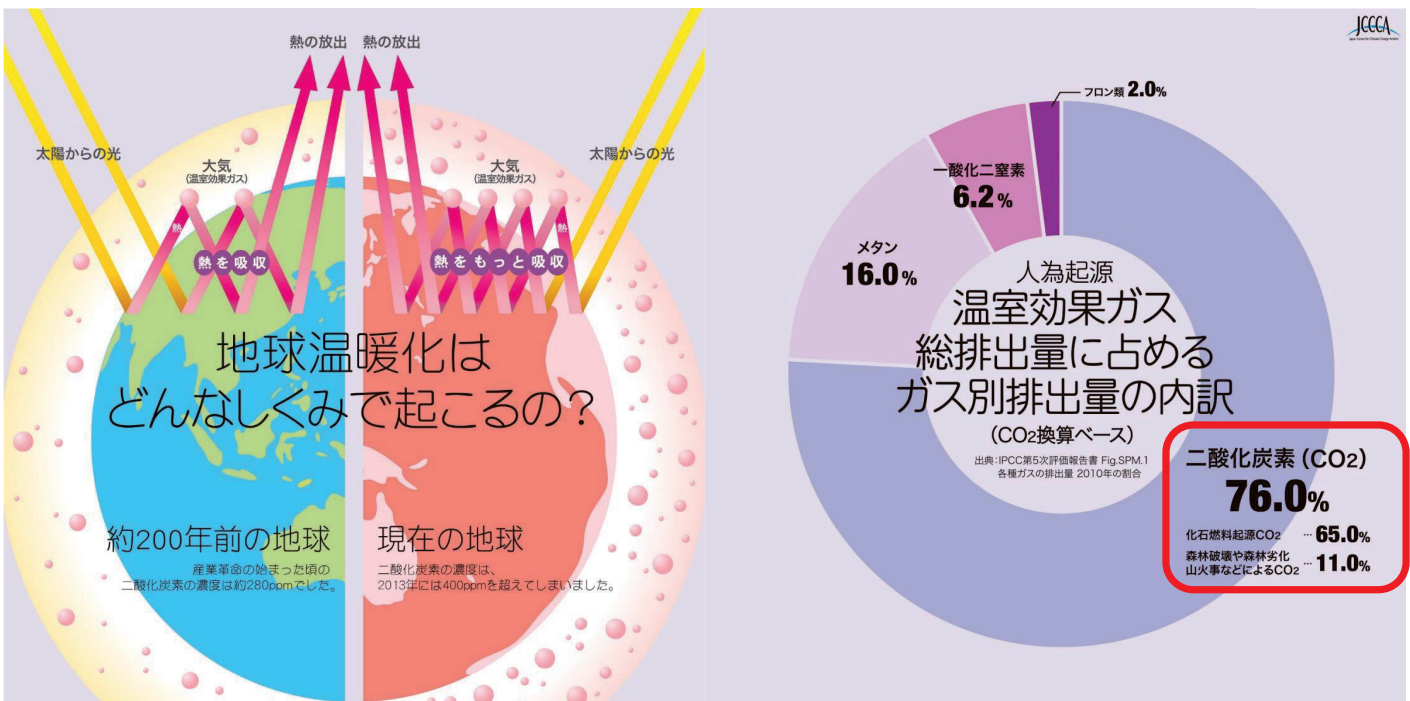
出典: METI資源エネルギー庁

【技術者の使命のひとつ】

- ・省エネとカーボンニュートラルを高いレベルで両立させる
- ・エネルギー製造手段の変化にフレキシブルに対応

地球温暖化を加速させる温室効果ガス

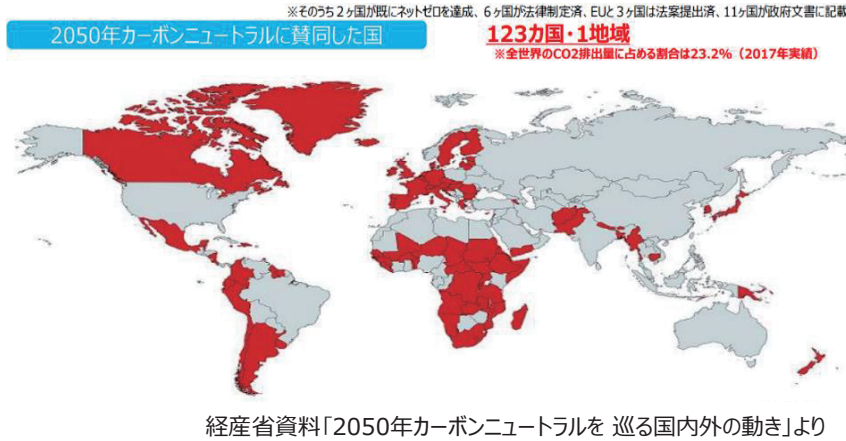
- 地球温暖化を加速させる温室効果ガスのうち、約3/4がCO₂
- 代表的な温室効果ガスであるCO₂の削減は、人類の喫緊の課題



出典: JCCCA全国地球温暖化防止活動推進センター

出典: JCCCA全国地球温暖化防止活動推進センター
 地球温暖化には各排出ガスにおける地球温暖化係数の考慮が必要

- 2050年までにCNを宣言している国は、123か国&1地域。 (2020年12月時点)
- 世界のCO₂排出量の66%の国が2050~60年には排出量を実質ゼロを目標



各国の削減目標

国名	削減目標	今世紀中頃に向けた目標
中国	2030年までにGDP当たりのCO ₂ 排出量を60-65%削減 (2005年比) ※CO ₂ 排出量のピークを2030年より前にすることを目指す	2060年までにCO ₂ 排出を実質ゼロにする
EU	2030年までに温室効果ガスの排出量を55%以上削減 (1990年比)	2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロにする
インド	2030年までにGDP当たりのCO ₂ 排出量を45%削減 電力に占める再生可能エネルギーの割合を50%にする ※2030年までの削減に予想される排出量の増加分を10億トン削減	2070年までに排出量を実質ゼロにする
日本	2030年度において46%削減 (2013年比) ※さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく	2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロにする
ロシア	2050年までに森林などによる吸収量を差し引いた温室効果ガスの実質排出量を約60%削減(2019年比)	2060年までに実質ゼロにする
アメリカ	2030年までに温室効果ガスの排出量を50-52%削減 (2005年比)	2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロにする

各国のCN宣言・書約等、最新のものに基づいています (2021年11月現在)

出典：JCCCA全国地球温暖化防止活動推進センター

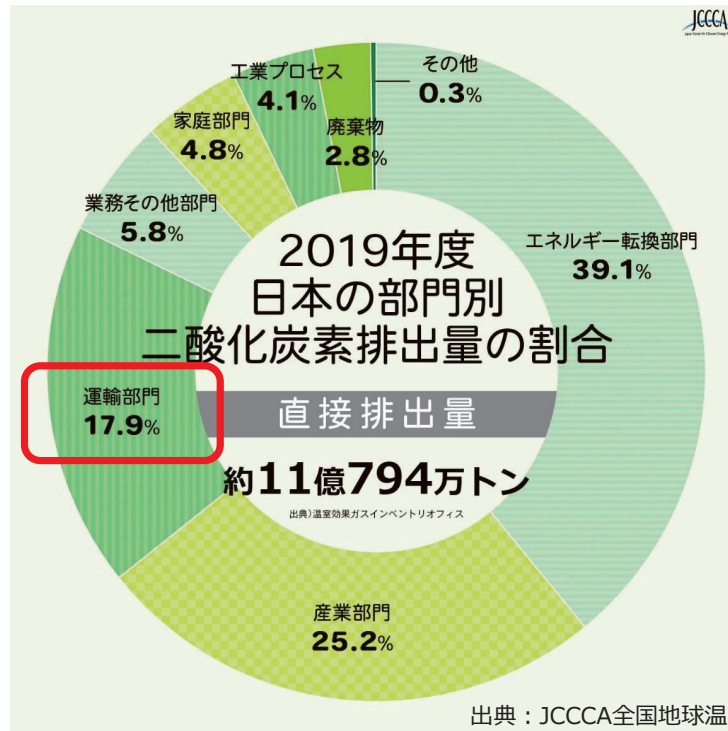
出典：AICE2050年カーボンニュートラル実現に向けた技術シナリオ

1. TRAMIとは？

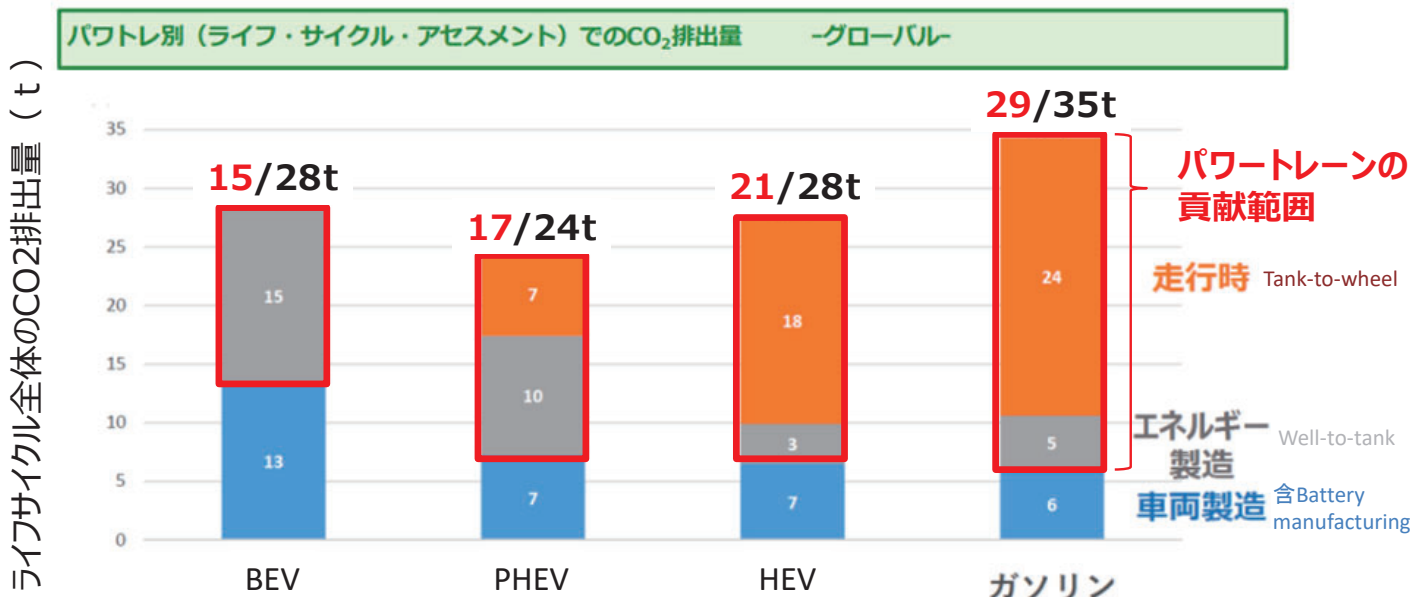
2. TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ

- ・ 取り巻く環境
- ・ 動力伝達機構の役割
- ・ カーボンニュートラルシナリオ

- 日本のCO₂排出量の大半は、エネルギー転換部門、産業部門、運輸部門
- 運輸部門は約18%。エネルギー消費手段の変化により各部門に対する影響度合いが変化



- 各国のエネルギー製造手段を鑑み、パワートレインシステムの選択が必要
- システムによらず、パワートレインの貢献範囲は広い



〈試算前提〉

- ・年間走行1.5万km
- ・使用期間10年
- ・EVは電池容量80kWh、PHEVは10.5kWh (EV走行6割前提)

出典：IEA (国際エネルギー機関) Global EV Outlook 2020

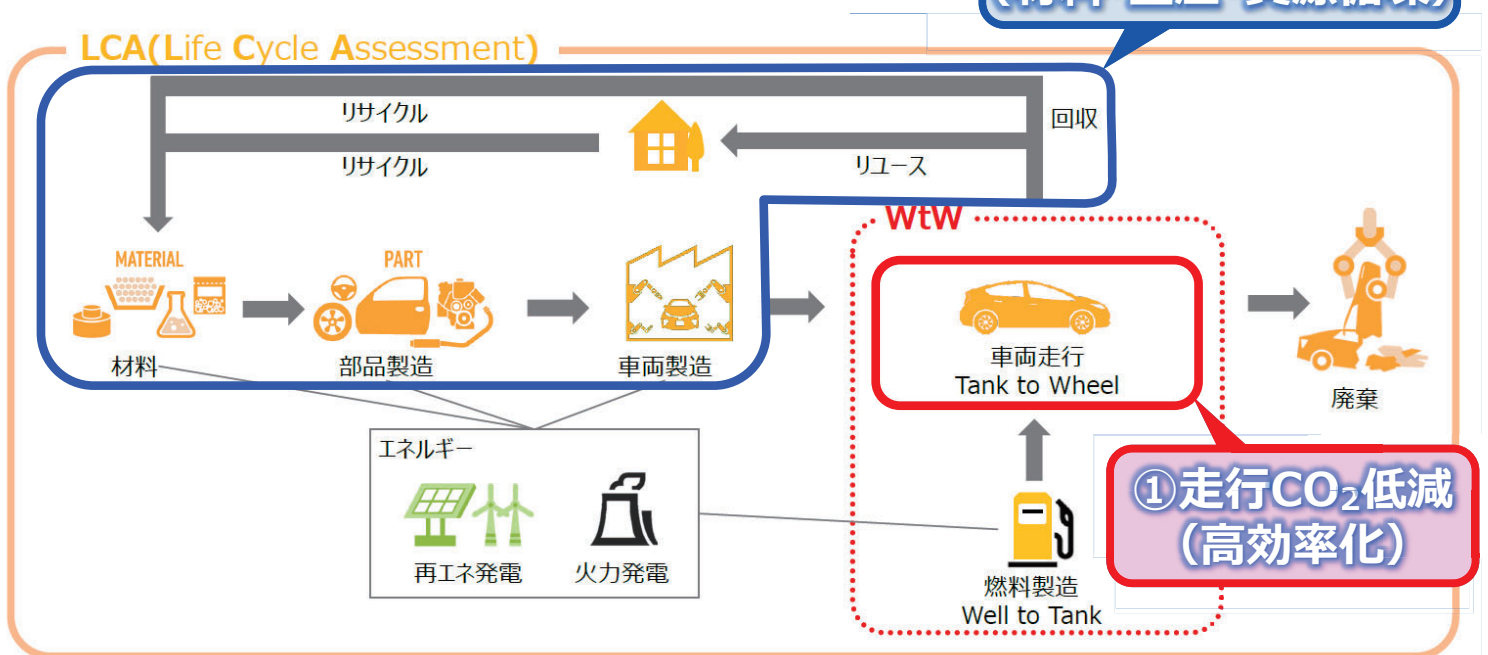
1. TRAMIとは？

2. TRAMIのカーボンニュートラルシナリオ

- ・ 取り巻く環境
- ・ 動力伝達機構の役割
- ・ カーボンニュートラルシナリオ

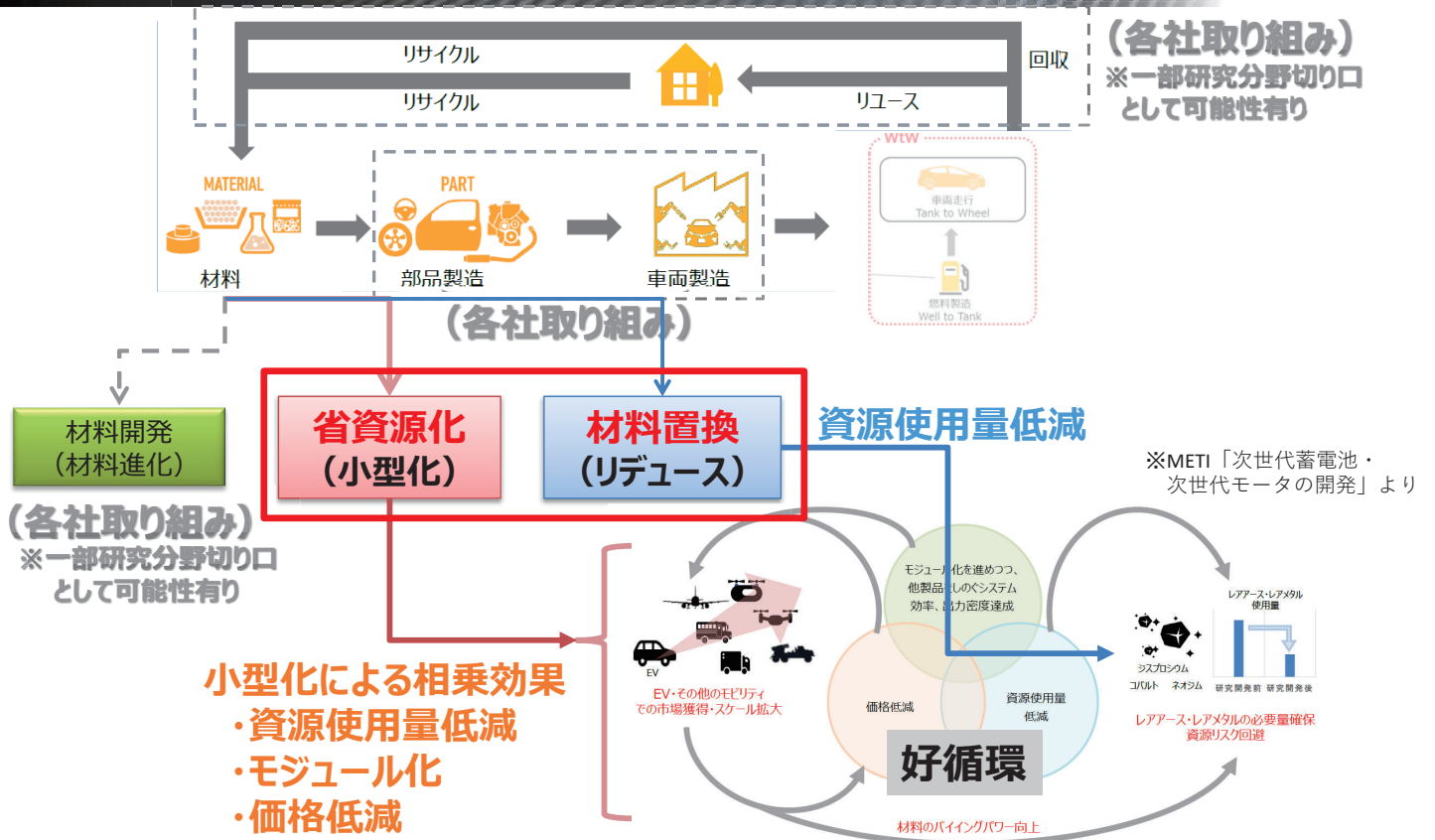
カーボンニュートラルにおける2つの視点

- 2つの視点でカーボンニュートラルを考える必要あり



① 動力伝達機構の高効率化→走行に必要なエネルギー減→走行CO₂低減

② 部品の小型化→製造に必要な原材料減&工程簡素化→製造CO₂低減



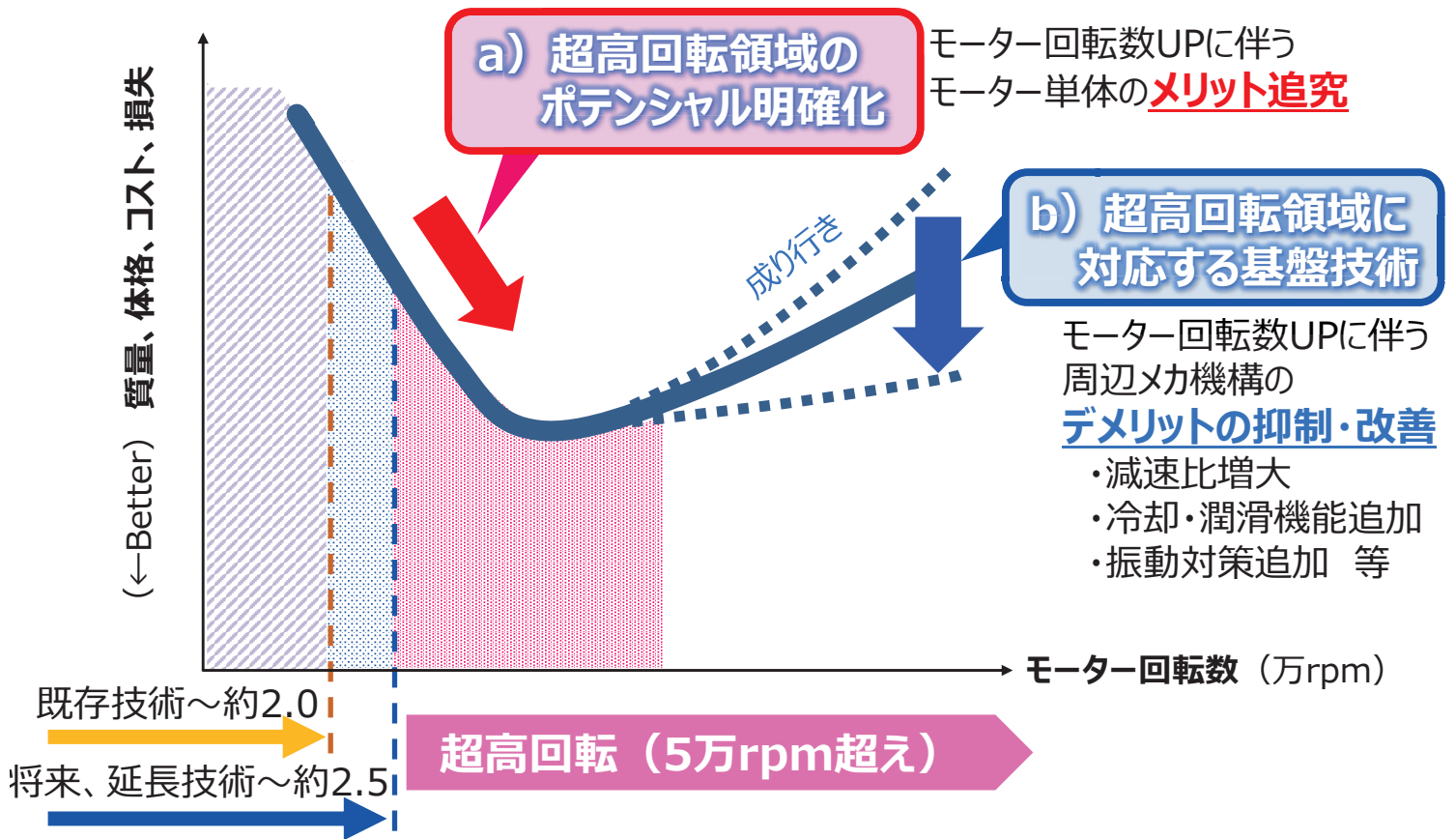
■ 省資源化/材料置換が研究テーマの重要な切り口

【カーボンニュートラル実現の切り口】

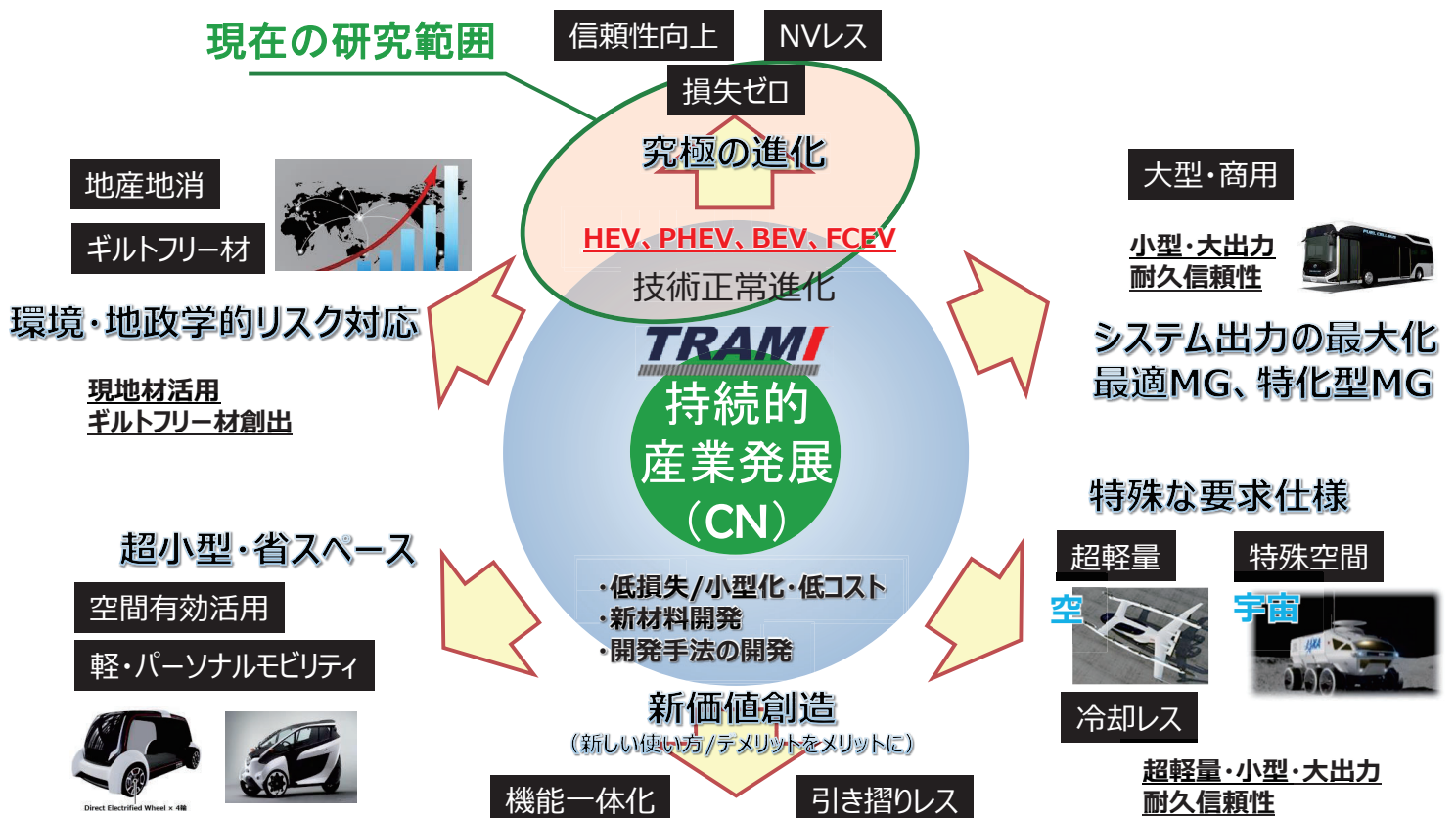
- ① 走行CO₂低減： **高効率化** ⇒ 電費性能向上
 - ② 製造CO₂低減： **省資源化 (小型化)**、**材料置換 (リデュース)**
 - ⇒ 搭載自由度拡大 ⇒ 市場スケール拡大
 - ⇒ 希少材料低減 ⇒ **安定供給**
- } ⇒ **低価格** ⇒ **普及**

産学で議論し、チャレンジングな研究テーマを設定
『**超高回転(5万rpm超)電動駆動システムの研究**』

- ② 製造CO₂低減： **“超高回転化”** の研究を**“新規”**に設定
+
- ① 走行CO₂低減： **“超高回転化の背反对応”** として**“継続深化”**

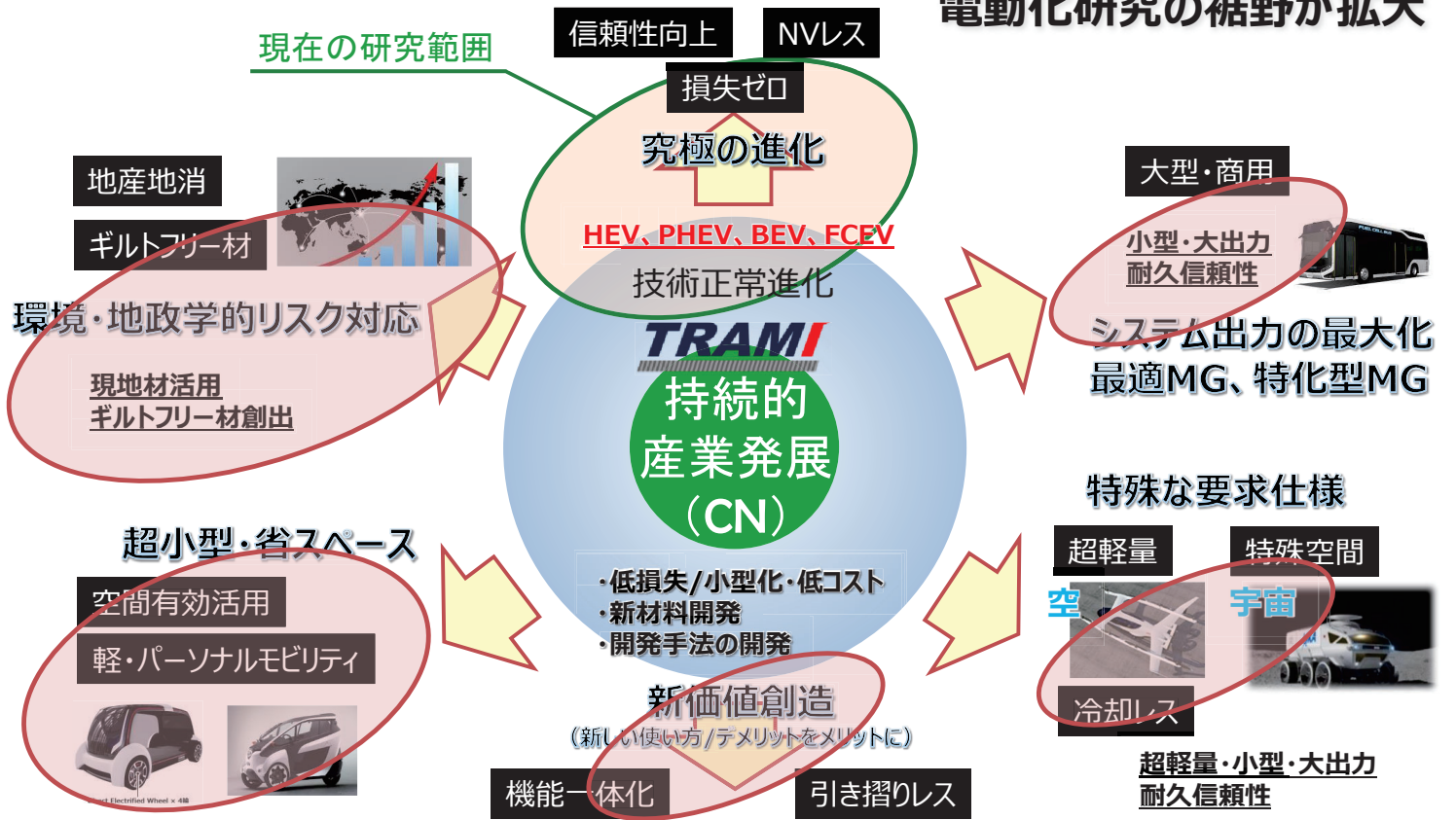


■ モーター単体だけでなく 電動駆動システムの基盤研究を産学連携で推進



『超高回転(5万rpm超)電動駆動システムの研究』により、

電動化研究の裾野が拡大



TRAMI 研究方針

黒田 耕治
運営委員
(本田技研工業株式会社)

1. TRAMI研究の狙い
2. 研究方針
3. 研究テーマ企画

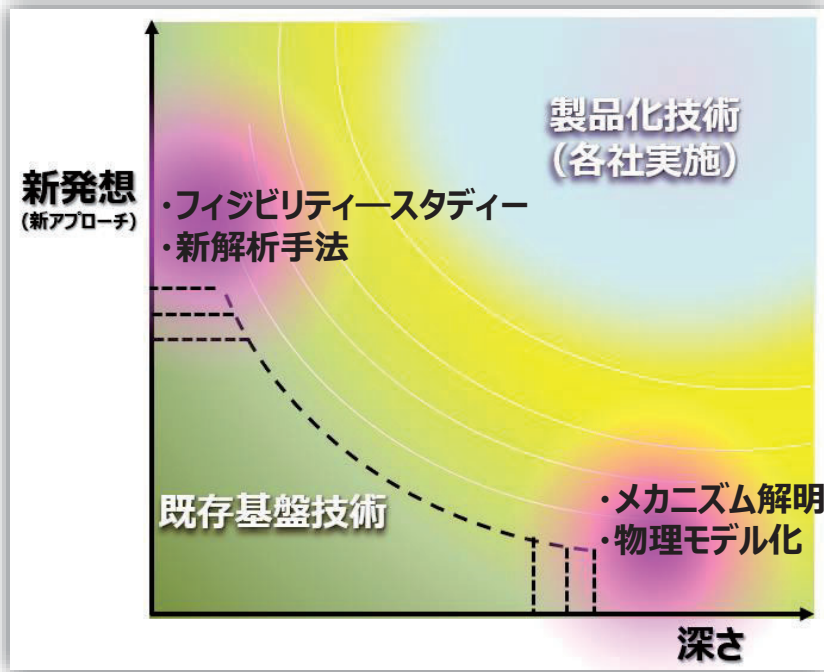
1. TRAMI研究の狙い



✓ 新たな時代に対応するため、産学連携による基盤技術力の拡大強化

(深さ) メカニズム解明と物理モデル化
(新発想) 技術革新へのフィジビリティスタディー、新解析手法等

狙いの研究領域



- ✓ 日本の技術・産業の革新
- ✓ 次世代の人財育成
- ✓ 持続的な科学技術の発展

2. 研究方針：FY22公開フォーラムのリマインド



■ TRAMIは電動化時代に向けた3つの重点領域を設定し研究を実施中

2. 研究方針：TRAMIは超高回転化の研究を深化

■ TRAMIの3つの重点技術領域は継続
■ CN実現に向けて TRAMIは超高回転化(5万rpm超)の研究を深化

- 高効率・小型を可能とするモータ技術**
 - ✓ 効率スイートスポットが結構狭い
 - ✓ 損失により熱が発生、冷却が必要
 - ✓ 結構重くて大きい
- モーター駆動に対応するドライブトレイン技術**
 - ✓ エンジンと比較して数倍の高回転化
- 音振動要求レベル高度化への対応技術**
 - ✓ 内燃機関の発音がなく走行音が低いため音感が高くなる
 - ✓ 自動運転化で振動騒音の感度が高くなる

2. 研究方針：超高回転化(5万rpm超)深化の想い

✓ 超高回転化は技術的難易度が極めて高く、広範囲で革新的な研究が必要
★ 個社単位では困難な茨道に、産々々連携で挑戦
★ 挑戦的な取り組みを通じて、高度な基盤技術力を獲得!!

カーボンニュートラル山脈. 環境車(xEV)の普及. 走行CO2削減 (高効率電動システム). 製造CO2削減 (水回/省資源化). 未知. 熱・油封. 音振動. 回転フィクション. モータ構造/制御. 減速/空速機構. 資源リソース限界. 既存技術の延長上の登山道. 超高回転化の登山道. 電動駆動技術を扱うTRAMIの強みを活かしたアプローチ.

2. 研究方針：研究スキーム強化

■ 超高回転(5万rpm超)化に向けて、広範囲で挑戦的な研究が必要
⇒ TRAMIの研究スキームを強化

- 研究対象領域の拡大**
 - ✓ 新たにインバータ、システム制御を含めて電動パワートレイン全体を扱う
- 産学連携体制の強化**
 - ✓ 学学連携の推進 (テーマ毎に促進中)
 - ✓ 共同研究企業種の拡大 (2G新設)
- 研究テーマの増強**
 - ✓ 全体の研究テーマ数をFY23は33テーマに増加予定
 - ✓ 特に電動化研究を大幅増強

共同研究テーマ	TRAMI研究委員会						
	機械	流体	電気	制御	材料	計測	合同
FY22	6	3	4	4	3	-	-
FY23	7	5	3	11	4	2	1

2. 研究方針：電動化研究の拡大強化

■ 超高回転化実現に向けて必要な基盤技術[幹]を5つ設定
■ FY23新規の研究テーマ[葉]を8つ企画中

基盤技術 [幹]	No.	研究テーマ [葉] (FY23新規)
A. 電磁場 (磁性材料・磁気回路・絶縁)	1	高出力密度コアレスモータの在り方
	2	アルミ/銅を含むコア有モータの巻線構造の在り方
	3	コア材の高磁束密度高周波鉄損特性のデータ計測に基づく鉄損解析
B. 機械応力場 (歪み力・摩擦)	4	可変磁気モータのロータ機械損 (ヘアリング損&風損) と機械強度両立設計
C. 熱・流体場 (損失・冷却)	5	ロータ冷却解析モデリング
D. 振動 (電磁力と関係)	6	制御による共振電磁力の抑制とDVAによる構造による共振抑制
E. パワエレ (電力変換)	7	低インダクタンス用電力変換回路とセンシング&制御
	8	高電圧化対応ヘアリング電圧抑制

2. 研究方針：TRAMIは超高回転化の研究を深化

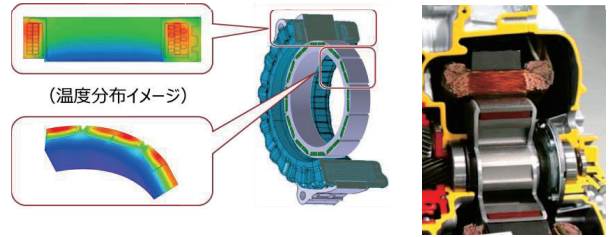


■ TRAMIの3つの重点技術領域は継続

■ CN実現に向けて TRAMIは超高回転化(5万rpm超)の研究を深化

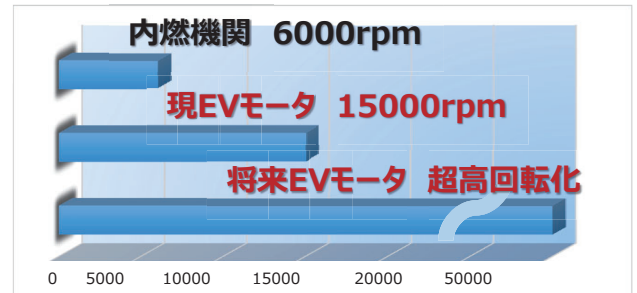
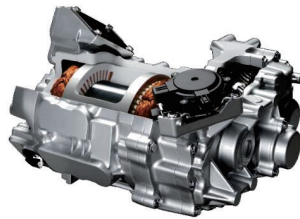
(1) 高効率・小型を可能とするモータ技術

- ✓ 効率スイートスポットが結構狭い
- ✓ 損失により熱が発生、冷却が必須
- ✓ 結構重くて大きい



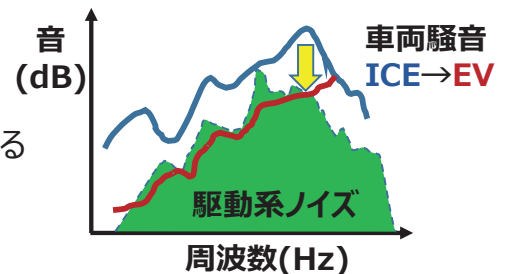
(2) モーター駆動に対応するドライブトレイン技術

- ✓ エンジンと比較して数倍の高回転化



(3) 音振動要求レベル高度化への対応技術

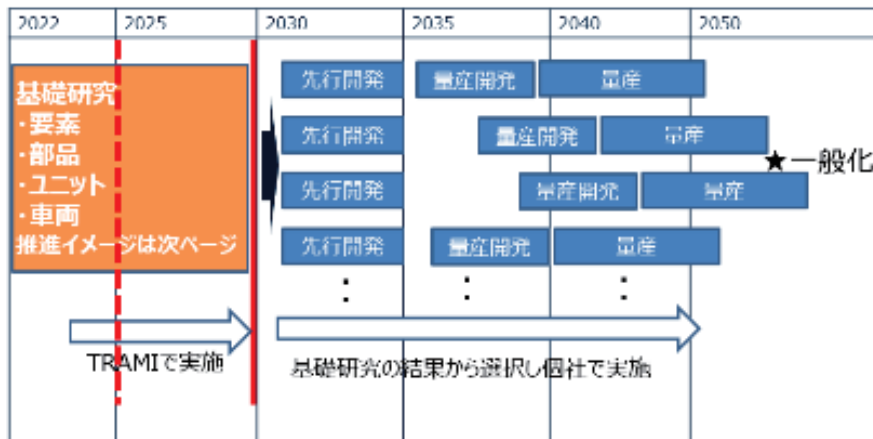
- ✓ 内燃機関の発音がなく走行音が低いため音感度が高くなる
- ✓ 自動運転化で振動騒音の感度が高くなる



2. 研究方針：TRAMIは超高回転化の研究を深化



5万rpm超ユニット長期日程ロードマップ



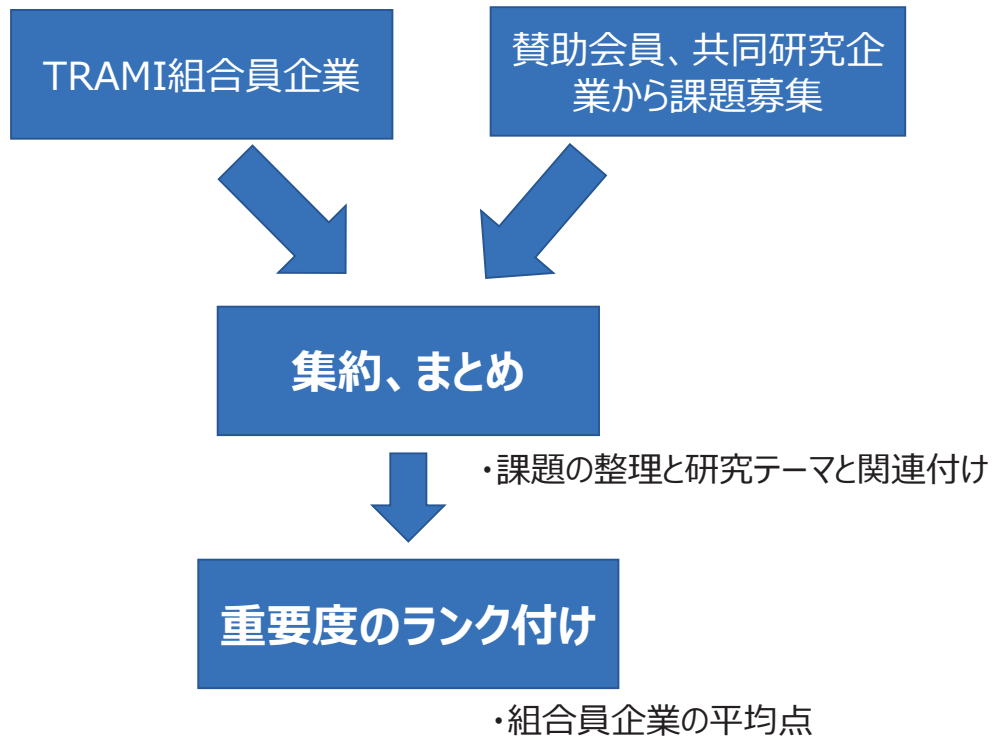
- ・2022年～2030年 基礎研究による実現の技術構築
- ・2030年～2035年 ユニットでの研究の結果を反映し先行開発
- ・2035年～2040年 量産開発
- ・2040年 量産スタート
- ・～2050年 コストダウンをはかり一般化

9

2040年社会実装を前提に
 2030年までTRAMIで基礎研究、
 その後各社で量産前提の開発を想定。

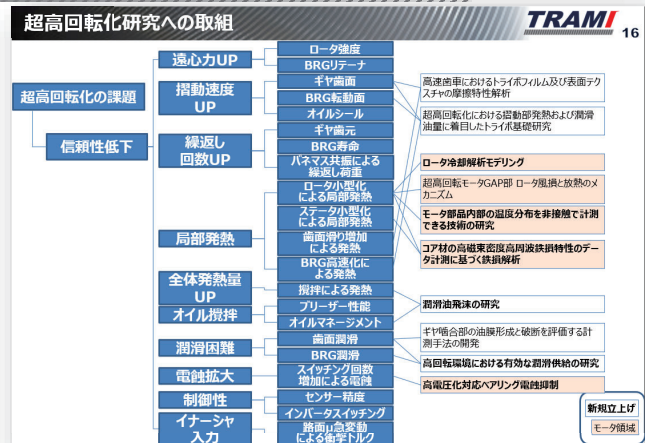
2. 研究方針：超高回転課題バラシ

超高回転における課題バラシを実施



- 組合員企業、賛助会員、共同研究企業の課題を集約

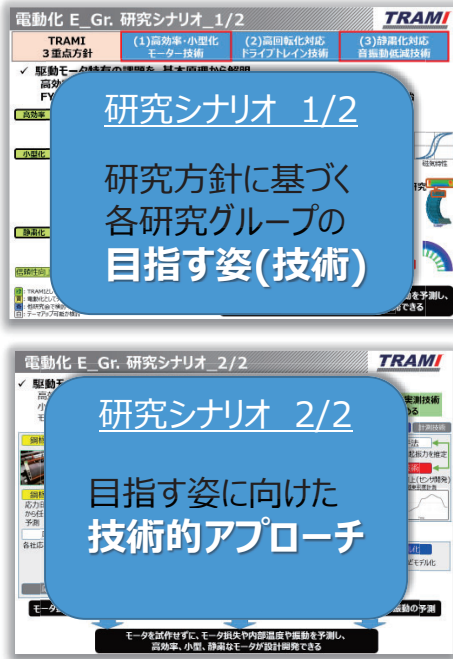
2. 研究方針：超高回転課題バラシ



目標を達成する為の抽出した課題に対し研究を実施していく

3. 研究テーマ企画

■ 超高回転化(5万rpm超)に向けて、各研究グループ毎に研究シナリオ & ロードマップを策定し、2024年度研究テーマを企画



研究シナリオ



研究ロードマップ



研究企画書
(研究テーマ毎)

3. 研究テーマ企画 2024年度研究テーマ案

■ 2024年度 研究グループ (1/2)

研究会	2023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	高速回転歯車の信頼性確保へ向けた摩擦/摩耗影響因子の解明	東京理科大	A
	超高回転化における摺動部発熱および潤滑油量に着目したトライボ基礎研究	九州工業大	
	高回転環境における有効な潤滑供給に関する研究	東海大	
機械伝達分科会	高速回転・高PVギヤのかみ合い摩擦・スカフティング摩耗に関する研究	鳥取大	
	超高回転ギヤにおける既存設計技術の適用可否検証および課題検討	(研究会内)	
摩擦伝達分科会	トラクション伝達による高減速比機構に関する研究	東海大	
	電動化に適した動力伝達機構の検討	SERC/IDAJ	
流体摩擦・熱研究委員会 (流体制御研究委員会)	磁気ギヤと小型モータを一体化したモータシステムの研究★	横浜国立大/芝浦工大	
	高回転ギヤへのオイルジェット潤滑の研究★	(未定)	
	飛沫拳動の研究★	東京大	
	マイクロバブル混入による冷却性能とせん断抵抗の最適化の研究	神戸大	
	マイクロバブル析出技術と騒音低減技術の開発★	横浜国立大	
	飛沫を伴う攪拌流れの二相流研究	大阪大	
	高回転環境で適用可能な気液二相流モデル化手法の研究	数値流体力学コンサルティング	
高回転化における軸芯給油潤滑に対する影響パラメータの研究★	(未定)		
電動化研究委員会	超高回転モータGAP部のロータ風損および放熱メカニズムの解明	大阪公立大	E
	高出力密度コアレスモータの在り方※	名古屋工大	
	超高回転における可変界磁モータのロータ電磁構造設計※	岡山大	
	アルミ・銅を含むコア有モータの巻線構造の在り方の研究※	東京電機大	
	コア材の高磁束密度/高周波鉄損特性のデータ計測に基づく鉄損解析※	千葉大	

★：2024年度から始まる新規テーマ

※：「2023年度NEDO先導研究プログラム」対象の研究テーマ

3. 研究テーマ企画 2024年度研究テーマ案



■ 2024年度 研究グループ° (2/2)

研究会	2023年度 研究テーマ	委託先予定	研究Gr
電動化研究委員会	50000rpm超を見据えた損失推定精度向上※	横浜国立大	E
	モータ制御及び構造 (DVA) による共振回避 ~構造アプローチ~※	名古屋工大	
	モータ制御及び構造 (DVA) による共振回避 ~制御アプローチ~※	横浜国立大	
	低インダクタンス用電力変換回路とセンシング&制御※	東京理科大/東京電機大	
	高電圧化対応ベアリング電蝕抑制※	北海道大	
	超高回転システム構築と実機検証※	(TRAMI)	
	モータ構造による円環振動抑制★	横浜国立大	
	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/東京大	
	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	
モータ内の冷媒冷却に関するフィジビリティスタディ★	(未定)		
音振動研究委員会	電動モータ振動伝達特性予測：ステータ	岐阜大/豊橋技科大/明治大	F
	電動車 快音化指針の構築	中央大	
	ラトルノイズ：ギヤ・スプライン衝突加振力予測	愛知工大/島根大/東工大	
	回転アンバランス加振力予測	近畿大	
	高周波ドライブトレイン振動伝達予測★	(未定)	
計測技術研究委員会	ギヤ噛合部の油膜形成と破断を評価する計測手法の開発	横浜国立大	G
	モータ部品内部温度分布計測技術の研究	長岡技科大	
合同調査研究委員会	電費向上技術の調査〔VW ID3〕～ePT調査～	(未定)	H
	トプランナー要素技術調査〔超高回転化に向けた基礎研究〕★	(未定)	

★：2024年度から始まる新規テーマ

※：「2023年度NEDO先導研究プログラム」対象の研究テーマ

■ FY24は40テーマの研究を予定 (FY24新規11件)

研究Gr._A

機械摩擦・熱 研究委員会

機械伝達 分科会

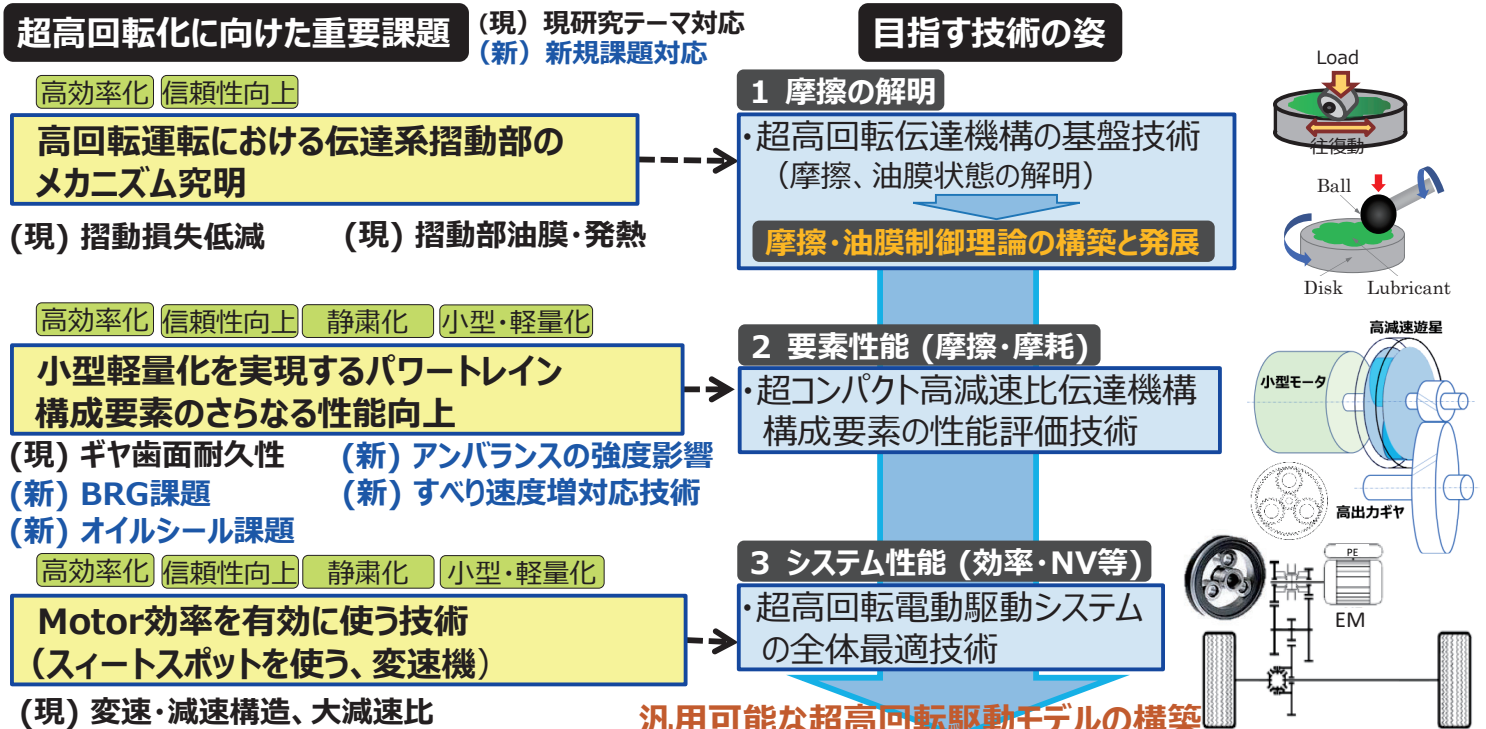
摩擦伝達 分科会

早川 和宏
分科会リーダー
(ジヤトコ株式会社)

Gr.A 機械摩擦・熱 研究シナリオ_1/2

TRAMI 3重点方針	(1)高効率・小型化 モーター技術	(2)高回転化対応 ドライブトレイン技術	(3)静粛化対応 音振動低減技術
----------------	----------------------	-------------------------	---------------------

- ✓ カーボンニュートラルを実現する動力伝達機構の基盤技術となる摩擦、油膜状態を解明する
- ✓ 50000rpm超の動力源を受け止め、メリットを出す動力伝達機構の在り方を検討する



Gr.A 機械摩擦・熱 研究シナリオ_2/2



- ✓ 超高回転においても接触面の油膜状態を解明し、損失・損傷・騒音を防ぐ技術を研究する
- ✓ 電動化による超高回転領域研究環境を構築、最適な電動駆動システムを検討する

目指す技術の姿

1 摩擦の解明

- ・超高回転伝達機構の基盤技術 (摩擦、油膜状態の解明)

摩擦・油膜制御理論の構築と発展

2 要素性能 (摩擦・摩耗)

- ・超コンパクト高減速比伝達機構 構成要素の性能評価技術

3 システム性能 (効率・NV等)

- ・超高回転電動駆動システムの全体最適技術

5万rpm相当 九工大

高回転時油膜挙動・発熱検証, 既存実験式の原理に基づく μ 予測改良

オイルシールに應用

5万rpm 東海大

高回転体摺動部油膜の可視化・定量化, 冷却・伝達効率の良い潤滑

摺動部油膜・発熱・冷却

3万rpm相当 理科大

固体接触理論に基づく摩擦発現・油添加剤被膜形成メカニズム

BRGに應用

3万rpm相当 鳥取大

歯面摩擦・摩耗特性, テクチャ・油膜・歯形提案

歯車

5万rpm 東海大

超高回転トラクション, 遊星減速比の限界把握, 伝達特性把握

トラクション

5万rpm 横国大・芝浦工大

磁気ギヤと小型モータを一体化したモータシステム

磁気ギヤ

5万rpm シミュレーション SERC

超高回転電動駆動変速機構を取り入れたシステムの全体最適

システム性能

5万rpm 探索中

5万rpm級ギヤ試験機, 超高回転ギヤの課題抽出

アンバランスの強度影響

汎用可能な超高回転駆動モデルの構築

伝達損失モデル改良

高回転ギヤ/トラクション 減速機構・大減速比(磁気ギヤ)

Gr.A 機械摩擦・熱 研究ロードマップ



- ✓ 各重要課題に対して目指す技術の獲得に向けて下記の研究を計画

重点方針	主要性能	重要課題	具体的課題	研究テーマ					
				'23	'24	'25	'26	'30	
高回転化対応ドライブトレイン技術	電費・伝達効率	変速・減速構造	大減速比	高減速比限界 (高回転油膜、トラクション伝達)		大減速比伝達機構 課題検証		得失Map カタログの整備	
			変速オペレーション	電動化に適したPT検討 (⇒継続) (感度分析)		電動駆動 変速システム最適			
	高効率	摺動損失低減	境界~混合潤滑領域 μ	摩擦特性解析 (テクチャ・油添加剤による被膜形成)		高回転化における摩擦コントロール		最適摩擦係数制御の解明 トライボコントロール理論構築	
			EHL領域 μ / 発熱	噴合・スクラッピング 摩耗 (⇒継続) (高回転、PV限界、歯形)		歯元、歯先 すべり速度増対応		油膜厚さ、せん断抵抗 設計検討理論構築	
音振動低減技術	静粛	起振力低減	アンバランス/歯面影響	潤滑給油位置、油膜保持、冷却 (EHL領域最適)		高回転化における油膜コントロール		要素部品への応用技術 (軸受け、シール etc.)	
			環境構築テーマ探索	超高回転ギヤ研究環境構築 & 挙動把握 (既存設計技術の適用検証)		実験環境を活用する 研究テーマ探索		アンバランス影響	
従来基盤	高効率	超高回転実験環境	環境構築テーマ探索	アンバランス影響		最速歯面形状 低振動設計理論構築			

【テーマ名】 高速回転歯車の信頼性確保へ向けた摩擦/摩耗影響因子の解明

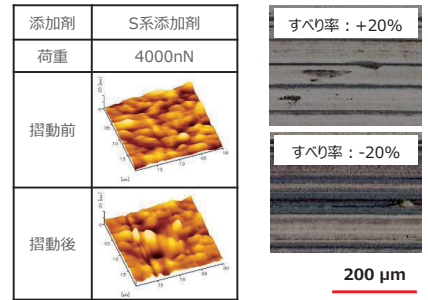
【研究委託先】 東京理科大学

【研究目的】 高速回転歯車の信頼性確保へ向けて、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を明らかにし、摺動面の摩擦予測技術ならびに高速回転歯車における潤滑油の設計指針を提案する。

【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、各因子の影響度を調査し、摩擦/摩耗メカニズムを明らかにする。
最終的には、高速回転歯車の信頼性を確保するための歯車設計指針や添加剤処方を提案する。
具体的な実施内容は下記の通り。

- ・ 摺動面の添加剤量/摺動速度等を変えた場合のトライボフィルム形成過程をAFMを用いて観察(右図)
- ・ 潤滑油粘度/すべり速度等を変えた場合のピッチングの程度を観察(右図)
- ・ スペックルパターンより摩擦係数を推測するためのデータベース構築とAIシステム確立



【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
高速回転時の摩擦状態を疑似的に再現するための現有装置の改造(滑り速度20m/s) 歯車の高速回転を想定した貧潤滑下における摩擦状態のデータ、表面テクスチャの効果計測 接触解析・流体解析を併用した摩擦面設計の指針提案	添加剤量の少ない条件下/高すべり速度条件下において、潤滑油粘度ならびに潤滑油添加剤の添加量が摩擦/摩耗に影響メカニズムに関して推定/検証する。 シビアな摺動条件におけるスペックルパターンを用いた摩擦予測を可能とする。	左記メカニズムのオープンラボにおいて実機による検証を行う。 高速回転歯車の信頼性を確保できる歯車設計指針や添加剤処方等を提案する。

【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 College 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).

【研究予定期間】 2023年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】 2025/4/Top～2025/12/End

【テーマ名】 超高回転化における摺動部発熱および潤滑油量に着目したトライボ基礎研究

【研究委託先】 九州工業大学

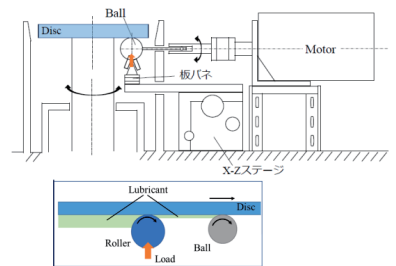
【研究目的】 超高回転環境下における摺動部摩擦係数への影響が想定されるトライボ現象を検証し、摩擦係数の数値予測を行う。

【研究内容】

本WGではFY19～21の3年間、松本の式をベースとして混合潤滑領域の摩擦係数予測精度を向上する研究に取り組んできた。ギヤの高回転化に伴い、摺動部発熱・冷却量や潤滑到達量そのもののバランスが崩れることで、油膜厚さがD-Hの計算式と合わなくなる懸念がある。

そこでFY22～23では高回転化を想定した環境(すべり速度～20m/s, 3万rpm, 周速50m/s相当)で、摺動部せん断発熱の増加と表面熱物性の違い、潤滑油量不足(貧潤滑)条件および粗さ方向による膜厚の変化と、それによる摩擦係数への影響を評価・確認し膜厚予測式を構築した。

FY24では構築した膜厚予測式の適用を超高回転域に拡張すべく、すべり速度30m/s(5万rpm 周速75m/s相当)まで拡大したときのせん断発熱、貧潤滑条件、接触形状および粗さ方向による膜厚の変化と摩擦係数への影響を評価・確認する。



【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
・すべり速度を20m/sまで引き上げたときのせん断発熱、油量不足の影響の確認と、膜厚予測式の構築。 ・接触域の形状(楕円接触)と粗さの方向性の摩擦係数への影響を調査	・すべり速度を30m/sまで引き上げたときのせん断発熱、油量不足、粗さ方向性の影響を調査し、構築した膜厚予測式の条件領域を拡大。 ・東海大にて立上げ予定の高速回転試験機による油膜結果との整合性を確認	

【参考論文・文献】

[1] P. K. Gupta, H. S. Cheng, D. Zhu, N. H. Forster & J. B. Schrand, Viscoelastic Effects in MIL-L-7808-Type Lubricant, Part I: Analytical Formulation, Tribol. Trans., 35(2), 1992, p. 269-274.
[2] J Hili, AV Olver, S Edwards, L Jacobs, Experimental investigation of elastohydrodynamic (EHD) film thickness behavior at high speeds, Tribol. Trans., 53(5) 2010, p.658-666.
[3] Motohiro Kaneta, Kenji Matsuda, Hiroshi Nishikawa, Effects of Thermal Properties of Contact Materials and Slide-Roll Ratio in Elastohydrodynamic Lubrication, J. Tribol. June 2022, 144(6): 061603.
[4] Dong Zhu, Q. Jane Wang, Effect of Roughness Orientation on the Elastohydrodynamic, J. Tribol. Jul 2013, 135(3): 031501.

【研究予定期間】 2023年度～2024年度

【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 高回転環境における有効な潤滑供給に関する研究

【研究委託先】 東海大学

【研究目的】 超高回転では攪拌損失防止の観点から従来以上に潤滑供給油量の最小限化が求められるため、接触部に届きにくくなる。確実に接触部に届かせる技術、最小限の油量で効率良く潤滑の効果(油膜確保、冷却)を得る技術が必要となる。

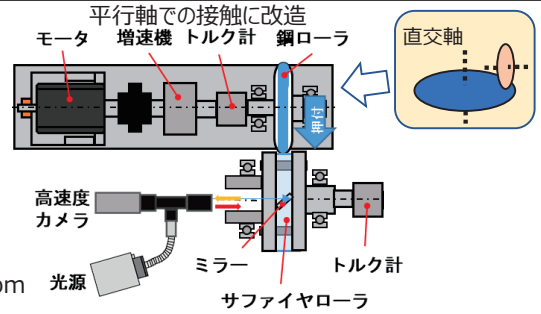
【研究内容】

遠心力を加味した回転体の接触部の潤滑状態の可視化、定量化を行う。潤滑油の供給方法、油量をパラメータに、接触部の油膜形成状況、冷却効率との相関を求め、最小限の油量にて効率の良い潤滑方式を提案

★FY22までの研究に対し

- 対象をBrg、歯車、ジャーナル軸受等に拡大
- 今考えられる低粘度油として使用油をATFに変更
- 実機の接触状態に近い平行軸の設備に改造
- 超高回転の角速度を想定し、遠心力の影響付与

- ←トラクションに特化
- ←トラクション油
- ←直交軸での接触での解析
- ←摺動速度のみ再現、Max3000rpm



【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
<ul style="list-style-type: none"> ・直交(FY22)での冷却メカニズム仮説、簡易モデル化 ・平行軸での可視化 簡易トライアル(樹脂等での簡易治具 見込み判断) ・高回転化設備改造検討(可視化含む、躯体は5000rpm想定安全面考慮し当面は回転制限で稼働) 	<ul style="list-style-type: none"> ・平行軸設備立ち上げ(10000rpm以上を仮ターゲット) ・50000rpmでの稼働の課題抽出(追加安全対策、振動対策等) ・平行軸設備での可視化と冷却効率の実測(测温) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高回転領域での効率の良い潤滑方式の提案 ・歯車を想定した運転条件の設定 ・ディンプル等テクスチャの効果の可視化(他大学とのコラボ、μモデルへのF/B)

【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.

【研究予定期間】 2023年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】

【テーマ名】 高速回転・高PVギヤのかみ合い摩擦・スカuffing摩擦に関する研究

【研究委託先】 鳥取大学

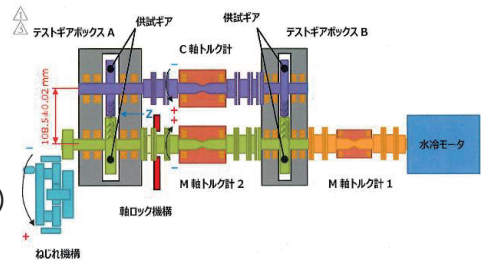
【研究目的】 30,000rpm相当周速の高速回転ギヤに関して、かみ合い摩擦・スカuffing摩擦に及ぼす歯面テクスチャ・潤滑油・PV条件の影響を明らかにし、高回転モータ駆動ギヤの伝達効率向上・歯面損傷低減につながる知見を見出す。

【研究内容】

2020年度までは、新設の動力循環式歯車試験機を用いて、歯面テクスチャ仕様を振ったギヤのMTF使用時の伝達効率を計測し、かみあい摩擦係数 μ の算出式を新たに導出した。

2021年度からは、現行HV・EV車の約2倍の高速回転・高PV領域でのかみ合い摩擦・スカuffing摩擦を、下記の実機使用環境で研究する。

- ①高速回転ギヤの歯面テクスチャ種類を拡張し、かみ合い摩擦に及ぼす影響を調査(FY21)
- ②高速回転ギヤの低粘度油(ATF)領域の油膜厚さ・かみ合い摩擦の検証(FY22)
- ③現行HV・EV車の約2倍の高PVギヤのスカuffing摩擦の基礎研究(FY23)
- ④摩擦係数 μ 予測式とスカuffing摩擦の発生する温度の関係性を検証(FY24)



新設の動力循環式歯車試験機

【研究成果】

2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
<ul style="list-style-type: none"> ・新摩擦係数モデル式の提案がASME学術誌に掲載され国際的に認められた ・3万rpm相当の周速まで様々なテクスチャ組み合わせにて噛合い摩擦特性を把握。 	<ul style="list-style-type: none"> ・低粘度油領域での噛合い摩擦係数μ式の検証 ・高回転において潤滑油粘度が油膜厚さに及ぼす影響調査 ・九工大と連携した、実機運転下におけるトライボ現象の推定と、噛合い摩擦係数μ式の高精度化検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・低粘度油下での約2倍の高PVギヤの発熱・摩耗挙動の実験調査 ・かみ合い摩擦係数μ式のスカuffing摩擦予測の適用検証 ・約2倍の高PVギヤのスカuffing摩擦を回避する歯面形状、および歯諸元、テクスチャの検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・摩擦係数μ予測式とスカuffing摩擦の発生する温度の関係性を明らかにする。 ・30,000rpm相当周速でのかみ合い摩擦係数μ式のスカuffing摩擦予測の継続検証

【参考論文・文献】

- JIS B 1760-1:2016 歯車-FZG試験方法 -第1部:潤滑油の耐スカuffing性能 FZG試験方法A/8.3/90
- AGMA 211.02 (1969) : Surface Durability (Pitting) of Helical and Herringbone Gear Teeth
- Estimation of Gear Friction Coefficient Using Directional Parameter of Tooth Surface Junichi Hongu, Ryohei Horita, Takao Koide (鳥取大) Journal of Tribology, Vol144, Issue1 (2022)
- 平歯車の歯形がスコーリング限界荷重と摩擦損失に及ぼす影響 成瀬長太郎、根本良三、灰塚正次、高橋秀雄 日本機械学会論文集(C編)49巻443号(1983)

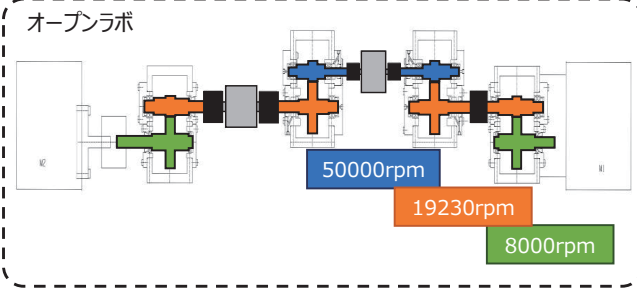
【研究予定期間】 2021年度～2024年度

【オープンラボ使用計画】

【テーマ名】 超高回転ギヤにおける既存設計技術の適用可否検証および課題検討 【研究委託先】 募集中

【研究目的】 電動化に伴うモーターの高回転化動向から、使用回転の高回転化が想定されるギヤにおいて、既存設計技術での対応可否の検証および、高減速ギヤ等、従来技術から踏み込んだ超高回転対応ギヤを検討する。

【研究内容】
 '23年度までに、オープンラボ(JARI)に50,000rpm, 有負荷試験環境を構築し、試験開始のための準備を進めてきた。歯車効率の既存技術の適用可否について検証を進める。
 '24年度は、引き続き既存技術適用範囲の明確化を進めるとともに、研究テーマ化を進め研究委託先を探る。
 鳥取大の研究成果との整合性確認を実施していく。(当初計画の完了年度)



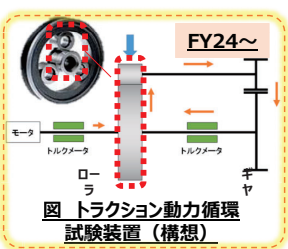
【研究成果】			【参考論文・文献】
2022年度	2023年度	2024年度	
・運転環境構築(中間形態) ⇒ 予備実験の実施 (Brg潤滑、メカロス計測等)	・運転環境構築(最終形態) ⇒ ギヤ効率測定、既存予測との比較 (変化あり) 研究テーマ化 (変化なし) 既存技術で予測可	・効率予測式のアップデート ・既存技術適用範囲の明確化	1. Results of the joint project Speed4E, efficiency and vibration behavior of the high-speed gearbox Conference: E-MOTIVE Expert Forum Electric (September 2022) Daniel Schweigert (Technische Universität München) et al. 2. ギヤ歯面テクスチャがかみあい摩擦に及ぼす影響に関する研究 (令和2年度次世代自動車等の開発加速に係るシミュレーション基盤構築事業費補助金に基づく委託研究報告書) 本宮潤一 鳥取大学
他現象(スカuffing、NV) 検証に向け継続検討(環境構築・計測技術)			
・高減速比化など他モデルケースでの検討 ⇒ 上記外の懸念点なし	検討継続 → 検証、個別テーマ化		

【研究予定期間】 2022年度～2024年度 【オープンラボ使用計画】 ～2025/3/31

【テーマ名】 トラクション伝達による高減速比機構に関する研究 【研究委託先】 東海大学

【研究目的】 電動機の小型&高回転(5万rpm超)を想定し、トラクション伝達による遊星ロー減速機の限界を明確にしたい。そのために、トラクション動力伝達能力、伝達効率から遊星ローの最大減速比を明確にする。

【研究内容】
 電動機入力5万rpm超の高減速機として遊星ローを選択する場合、遊星ローの外接円接触となるサン/ピニオンローが最も厳しい運転状態になると想定される。外接円の1対ローによるトラクション動力伝達能力および、伝達効率などのトラクション特性を求め、遊星ローで取りうる最大減速比を明らかにする。
 1) FY23: 遊星ロー減速比を決めるパラメータ(油膜厚さ、表面温度、面圧、軸間距離など)を解析を使い、洗い出す。これらを踏まえ、既存設備の軽負荷範囲でロー減速比違いのトラクション特性から遊星ローの最大減速比を求める。
 2) FY24: FY23軽負荷設備許容範囲内の結果から高負荷時のトラクション特性を予測する。
 3) FY24~25: 新構想設備(※, 図)により、高負荷条件を含めたトラクション特性から遊星ローの最大減速比を明確にする。
 (※)FY23~24: 電動機出力150kWを想定し、世界初となる新構想の動力循環式のトラクション伝達装置を提案、実証する。
 <新構想設備メリット> 小規模レイアウト、超高回転、高負荷印加可能、効率試験の高精度化、低価格



【研究成果】			【参考論文・文献】
2023年度	2024年度	2025年度	
●最大減速比の明確化 ・減速比を決めるパラメータの洗い出し ・軽負荷条件トラクション特性を得る。 ・軽負荷条件遊星ローの最大減速比を求める。 ●高負荷評価可能な設備の提案・実証 ・動力循環式トラクション伝達機構提案	●最大減速比の明確化 ・FY23軽負荷結果で判明した最大減速比について高負荷時の特性を予測する。 ●高負荷評価可能な設備の提案・実証 ・動力循環式トラクション伝達試験装置導入 ・動力循環式トラクション伝達機構実証	・高負荷条件を含めた、トラクション特性を得る。 ・高負荷条件の遊星トラクションローラの最大減速比を求める。 ・遊星ローラ時の潤滑方法、冷却方法の検証 ・トラクションローラの音振の特性確認	[1]山本建, 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(5000rpmでの性能比較), 日本機械学会論文集, Vol.87, No.903 (2021), 21-00209. [2]T. YAMAMOTO, Modeling of traction drive in elastohydrodynamic lubrication contact and traction coefficient enhancement using surface texture under high-speed conditions of up to 50,000 rpm) speed conditions of up to 50,000 rpm), ASME, J. Tribology, Vol.145, No.2 (2022), TRIB-22-1210. [3]板垣 浩文, 喜多 昌大, 橋口 大輝, 高出力二円筒試験機の開発とトラクションカーブ測定, NSK technical journal Vol.689 (2017), 27-35. [4]Kenya Nakamura, Akira Sato, Hiroshi Okano, Tatsuro Sasaki, A Development of the Traction Roller System for a Gas Turbine Driven APU, SAE Technical Paper 790106(1979).

【研究予定期間】 2023年～2025年 【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 電動化に適した動力伝達機構の検討

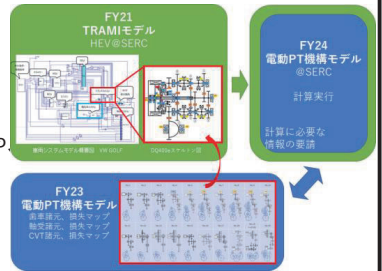
【研究委託先】 SERC、IDAJ

【研究目的】 超高速電動化に伴いモータの高効率のスイートエリアをより積極的に使う変速機のシステムを検討する。
また超高速電動化用として変速機を含めた従来にない新機構の可能性を検討し、新たな研究テーマを創出する

【研究内容】

- 超高速小型モータのメリットを生かす変速機では、高減速比が必要となりスケルトンや伝達機構の選定が課題となる。
- またMOT効率のスイートエリア、加速力、最高速度を稼ぐために、変速機側とモータ特性の連成問題が発生する。
- 以上の課題を踏まえ、以下を研究していく。また、2年計画→4年計画と延長し、前計画の2年で感度解析を、さらに2年延長することで、変速最適・構造パレート最適の提示へと結び付けていく。

- 従来の伝達・変速要素をよる5万rpm超の機構モデル解析をFY22、FY23から継続し、未検討の有望モデルや前年までの上位改良モデルについて、燃費・登坂性能予測を行い、各要素の寄与度、感度解析を行う。
- 良電費高頻度を狙った最適変速マップを検討し、車両違いでの最適変速の提示する。
- 上記作成分析済みの20モデルからパレート最適（多目的最大有用包絡線）を行う。
- 上記感度解析を踏まえ、感度が高い要素部品の更なる効率向上、新機構の検討、新規研究に落とし込む。
- 研究が先行している海外の学会・論文を調査し本研究と比較することで、本活動の有効性を客観的に検証する。



【研究成果】

2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
L3-HEVモデル+電動PT機構10モデル(1万~2万rpm)で感度解析による定量比較。	L3-HEVモデル+電動PT機構10モデル(5万超rpm)で感度解析を実施による定量比較。 -良電費高頻度の変速マップ -無段変速の準備(3D解析)	L3-HEVモデル+電動PT機構10モデル(5万超rpm)感度解析=未検討の有望モデル他 -変速最適マップ 車種違い -パレート最適(20モデル)	感度解析は終了。 -良電費高頻度 変速最適化 -パレート最適(10モデル)
スケルトン研究でアイデア出し実施。トラクション遊星のテーマ発掘。 -先行論文調査、比較による本研究の優位性検証。	スケルトン研究実施。 -トラクション遊星と連携 -ベルト変速(D&K等)連携 -磁気ギヤのテーマ発掘 -先行論文調査、比較実施。	スケルトン研究実施。 -トラクション遊星と連携 -ベルト変速(D&K等)連携 -磁気ギヤと連携 -先行論文調査、比較実施。	スケルトン研究実施。 -トラクション遊星と連携 -ベルト変速(D&K等)連携 -磁気ギヤと連携 -先行論文調査、比較実施。

【参考論文・文献】

- FVA Speed4E**
Speed4E Simulative and Experimental Result on the Vibration Behavior of a High-Speed Planetary GearBox, VDI 2023
- AVL Motor**
Driving The High Speed E-AXLE In The Vehicle With DC Booster, CTI US 2021
- Skelton**
Flexible Integrated Drive Modules for Future Evs, Vienna 2022
- ID-3**
Volkswagen's new modular e-drive kit, Vienna 2019

【研究予定期間】 2022年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】 無し

【テーマ名】 磁気ギヤと小型モータを一体化したモータシステムの研究

【研究委託先】 横浜国立大学、芝浦工業大学

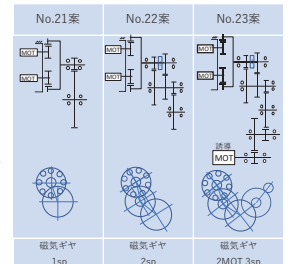
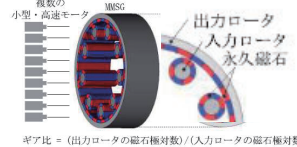
【研究目的】 高効率化と小型軽量化に大きなポテンシャルが想定される「磁気ギヤと小型モータを一体化したモータシステム」を研究する。
本研究では、車両要件を織り込み、他の電動駆動スケルトンに対する実現性と優位性を見極める。

【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。

- 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
- 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
- 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】

2024年度	2025年度	2026年度
(1-1)検討前提スケルトンの決定 (1-2)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)	(2)小型軽量化で、他スケルトンに優位性を持つ為の課題抽出と、磁気ギヤ新規試作、検証実験 (トルク容量とサイズのトレードオフ課題に対する両立解の提案と実証)	(3)連続性能、冷却性の課題を解決する仕様の提案と検証実験 (最高速や登坂モードなどの連続性能を成立させる仕様の提案と実証)

【参考論文・文献】

- ※先行研究
 [1]相曾 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]相曾 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

【研究予定期間】 2024年度～2026年度

【オープンラボ使用計画】 無し

研究Gr._C 流体摩擦・熱 研究委員会 (流体制御 研究委員会)

篠塚 浩
研究委員会リーダー
(マツダ株式会社)

Gr.C 流体摩擦・熱 研究シナリオ_1/2

TRAMI
3重点方針

(1)高効率・小型化
モーター技術

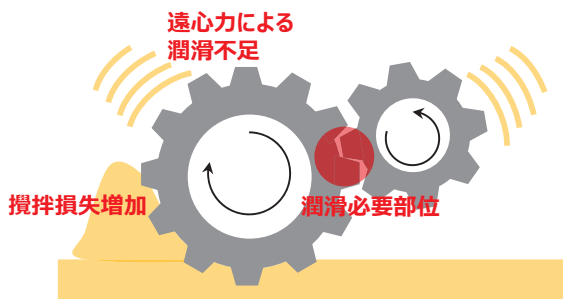
(2)高回転化対応
ドライブトレイン技術

(3)静粛化対応
音振動低減技術

✓ 超高回転ユニットの高効率化と信頼性向上を目的に新たな潤滑方式を構築する

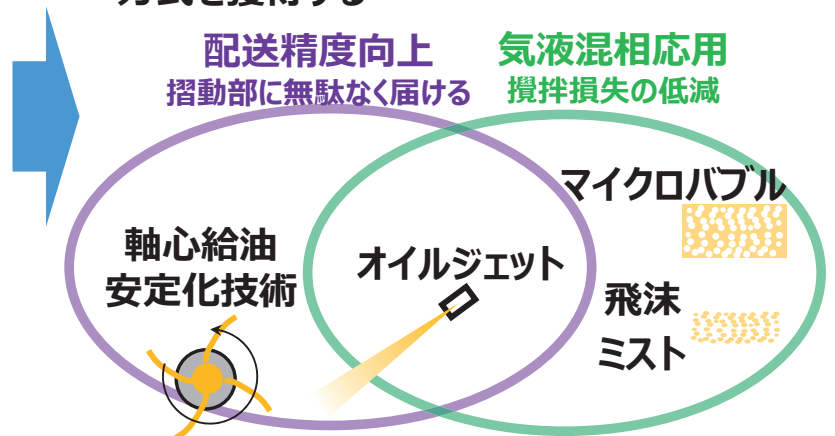
超高回転化にむけた重要課題

- 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不足
- ③従来の経験／技術では解決できない事象への対応

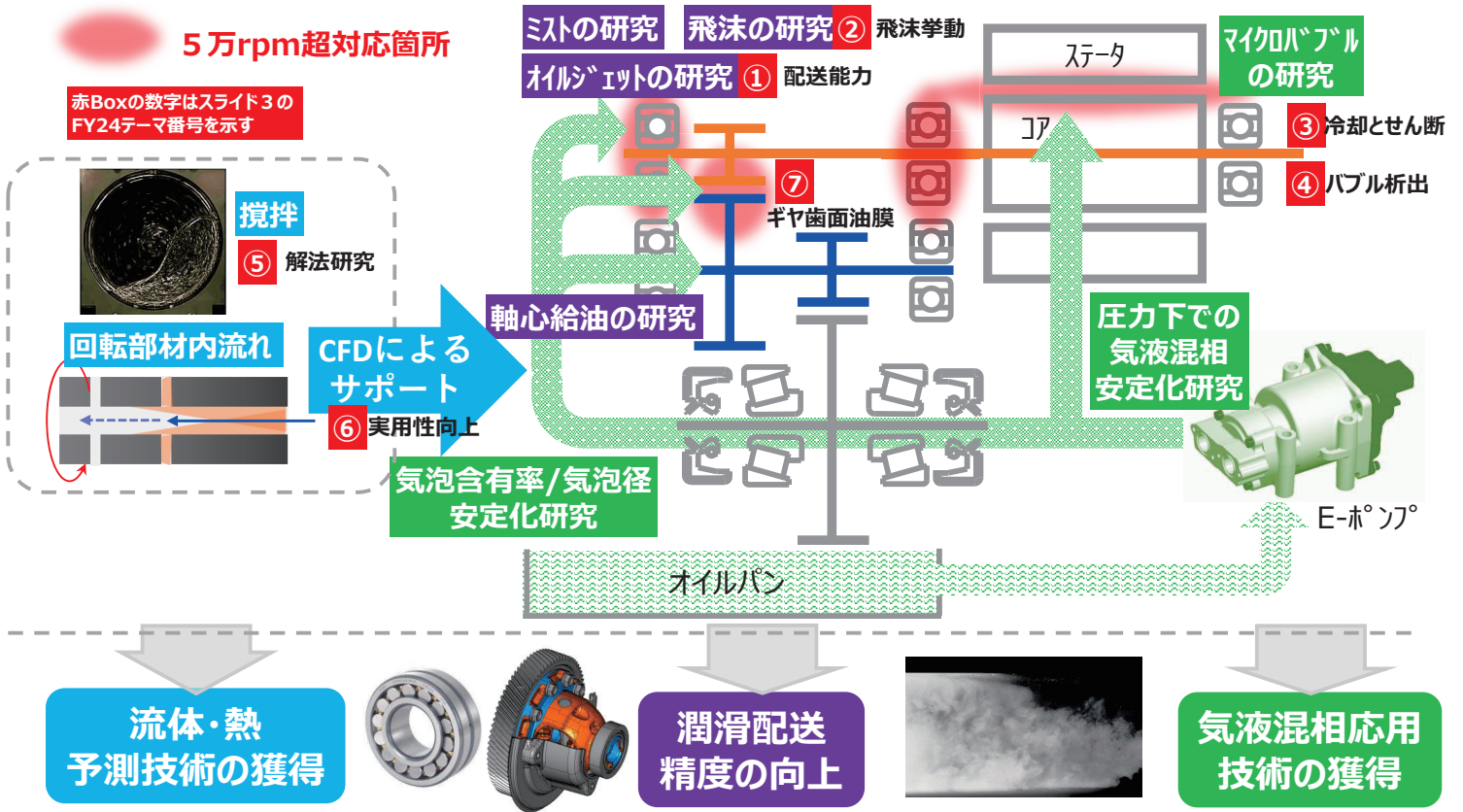


目指す技術の姿

5万rpm超でも、攪拌損失を増やすことなく摺動部の信頼性を担保できる新潤滑方式を獲得する



- ✓ 超高回転モータを用いた電動ユニットの最適潤滑システムについて研究する
- ✓ 新潤滑方式の基礎研究とCFD技術による攪拌損失予測技術を確立し潤滑システムを支援



- ✓ 各重要課題に対して目指す技術の獲得に向けて下記の研究を計画

				研究テーマ					
				~FY23終了	FY24取組テーマ	次ステップ取組	目指す姿(技術)		
重点方針	主要性能	重要課題	具体的課題	'23	'24	'25	'26	'30	
高回転化対応ドライブトレイン技術 高効率・小型化モーター技術	高効率	潤滑配送精度の向上	軸心給油	高速回転環境での潤滑油流れの解明					
			オイルジェット		①高回転ギヤへのオイルジェット潤滑の研究				
			飛沫	潤滑油飛沫の研究	②飛沫挙動の研究				
		気液混相応用技術の獲得	マイクロバブル	③マイクロバブル混入による冷却性能とせん断抵抗の最適化 気泡影響調査	気泡溶解油管路影響発生気泡の維持技術	気泡油⇒ポンプ圧による溶解⇒潤滑時の析出モデル(マイクロバブルのモデル化)			効率/冷却効率向上
	ミスト潤滑			④マイクロバブル析出技術と騒音低減技術	⑤飛沫(油滴・ミスト)を伴う攪拌流れの研究 ⑥高回転環境での気液二相流モデル化	⑦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	気泡含有時の騒音制御		
信頼性向上	流体・熱予測技術の獲得			実用的CFD技術の構築	冷却オイル油温低減				
		超高回転環境の現象解明							

【テーマ名】 高回転ギヤへのオイルジェット潤滑の研究	【研究委託先】 未定
----------------------------	------------

【研究目的】 5万rpm超の超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
--

<p>【研究内容】</p> <p>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 = 20000rpm以上の環境が想定され、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。</p> <p>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、気泡の混入率等によるギヤ歯面潤滑の有効性を探る。目標は50000rpm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)</p>	<p>有効性 Ex.)冷却効率</p> <p>有効性に対するパラメータ感度を整理</p> <p>パラメータ ・流量 ・距離 ・角度</p> <p>50000rpm ギヤ回転数</p>
---	---

<p>【研究成果】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>2024年度</th> <th>2025年度</th> <th>2026年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>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</p> <p>*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</p> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>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～</p> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・オイルジェット潤滑の有効性指標に対するパラメータを振り、有効性に対する感度整理 ・高回転ギヤを想定した評価手法の提案(周速合わせor他無次元数で合わせこむ手法の検討) <p>オイル環境：液単相(/混相) 目的パラメータ：有効性感度 想定回転数：20000rpm～</p> </td> </tr> </tbody> </table>	2024年度	2025年度	2026年度	<ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>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</p> <p>*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</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>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～</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・オイルジェット潤滑の有効性指標に対するパラメータを振り、有効性に対する感度整理 ・高回転ギヤを想定した評価手法の提案(周速合わせor他無次元数で合わせこむ手法の検討) <p>オイル環境：液単相(/混相) 目的パラメータ：有効性感度 想定回転数：20000rpm～</p>	<p>【参考論文・文献】</p>
2024年度	2025年度	2026年度					
<ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>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</p> <p>*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</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>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～</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・オイルジェット潤滑の有効性指標に対するパラメータを振り、有効性に対する感度整理 ・高回転ギヤを想定した評価手法の提案(周速合わせor他無次元数で合わせこむ手法の検討) <p>オイル環境：液単相(/混相) 目的パラメータ：有効性感度 想定回転数：20000rpm～</p>					

【研究予定期間】 2024年度～2026年度	【オープンラボ使用計画】 検討中
------------------------	------------------

【テーマ名】 飛沫挙動の研究	【研究委託先】 東京大学
----------------	--------------

【研究目的】 オイル潤滑手段として、潤滑飛沫の利用がトランスミッションでは重要である。潤滑飛沫の予測技術向上のため、ギヤのかき上げによる飛沫の発生、変形や飛翔等必要な実験データの取得、観察を行う。
--

<p>【研究内容】</p> <p>飛沫を伴う攪拌流れの研究の後の過程であるギヤの回転により発生した潤滑飛沫の挙動(変形、微粒化、飛翔等)のメカニズムをCFDで解明するための課題を抽出する。</p> <p>飛沫の下記課題のうち影響が大きいと考えられるものに注力して研究を行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①ギヤかき上げ時の飛沫発生状況 ②かき上げられた飛沫の分裂、微粒化等の油滴変化状況 ③飛沫の飛翔方向、サイズ、飛沫量 <p>研究前提</p> <ul style="list-style-type: none"> ・駆動回転数：100～2000 r/min (シングルギヤ) ・高速度カメラによる観測 ・光学計測による速度、飛沫量計測 	<p>③飛翔方向、サイズ、飛沫量 (P5参照)</p> <p>ギヤ</p> <p>②変形</p> <p>①飛沫発生</p> <p>オイル</p>
--	--

<p>【研究成果】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>2024年度</th> <th>2025年度</th> <th>2026年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・文献調査により潤滑液飛沫に関する課題抽出 ・飛沫確認用試験器具仕様作成 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・飛沫の挙動予測に有効な計測可能項目の選定 ・飛沫観察用の試験器具仕様 ・飛沫観察用計測技術の検討と試験器具の設計図面 ・試験器具作成 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・飛沫発生、挙動の観察 ・飛沫挙動等の確認及び挙動に関するメカニズムの考察 ・CFDで飛沫の挙動を予測するために必要な技術、理論の提案 </td> </tr> </tbody> </table>	2024年度	2025年度	2026年度	<ul style="list-style-type: none"> ・文献調査により潤滑液飛沫に関する課題抽出 ・飛沫確認用試験器具仕様作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛沫の挙動予測に有効な計測可能項目の選定 ・飛沫観察用の試験器具仕様 ・飛沫観察用計測技術の検討と試験器具の設計図面 ・試験器具作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛沫発生、挙動の観察 ・飛沫挙動等の確認及び挙動に関するメカニズムの考察 ・CFDで飛沫の挙動を予測するために必要な技術、理論の提案 	<p>【参考論文・文献】</p> <p>[1]メディアレス超薄膜高速回転式分散機における微粒化過程の数値シミュレーション, 榎村真一(エム・テクニク), 張曉峰(エム・テクニク)*1, 鳥原道久(神戸大学), 武林敬(日本ポロン, 東京理科大学), 阿部正彦(東京理科大学)</p>
2024年度	2025年度	2026年度					
<ul style="list-style-type: none"> ・文献調査により潤滑液飛沫に関する課題抽出 ・飛沫確認用試験器具仕様作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛沫の挙動予測に有効な計測可能項目の選定 ・飛沫観察用の試験器具仕様 ・飛沫観察用計測技術の検討と試験器具の設計図面 ・試験器具作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・飛沫発生、挙動の観察 ・飛沫挙動等の確認及び挙動に関するメカニズムの考察 ・CFDで飛沫の挙動を予測するために必要な技術、理論の提案 					

【研究予定期間】 2024年度～2026年度	【オープンラボ使用計画】 —
------------------------	----------------

【テーマ名】 マイクロバブル混入による冷却性能とせん断抵抗の最適化の研究

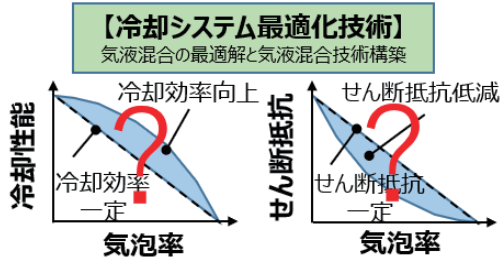
【研究委託先】 神戸大学

【研究目的】 マイクロバブル混入オイルのせん断流下での冷却性能・剪断抵抗の定量化と最適化の指針を探る

※せん断流:速度勾配によるせん断力が作用する流れ。モーター内隙間流れでは片側壁面が一定速で移動するので速度勾配が一定のクエット流となる。

【研究内容】

パワトレ部品内では、攪拌、空気の巻き込み、キャビテーション等により油中に気泡が含まれる。気泡混入によってせん断抵抗の低減が期待できる一方、冷却性能の低下も想定される。気泡径、気泡混入率がモータ内部のロータ・ステータ間の流れとせん断抵抗による発熱、および冷却性能に及ぼす影響は不明確である。当研究では、直径数十μmの気泡を混入させ、微小隙間のせん断流のせん断抵抗と熱伝達率の計測結果から気泡混入率の影響を定量評価する。さらに、モータを模擬した回転体回転数が気泡を含む気液界面構造に及ぼす影響を明確にし、冷却システムとしての最適化手法を構築する。



【研究成果】

2022年度	2023年度	2024年度
①管内強制流動場での冷却性能とせん断抵抗を計測し、気泡混入割合の影響を定量評価する。 ②モータを模擬した円筒内回転体上の微小隙間せん断流の冷却性能、せん断抵抗評価装置を設計する。	①微小隙間せん断流での実験を行い、気泡クラスター形成など気液界面構造を評価し、せん断抵抗と冷却性能の変化を明らかにする。 条件例： 油温・・・室温～80℃ 気泡混入率・・・0～10% 隙間の大きさ、回転数	①装置改修し、高速回転に対応させる(目標2万rpm超) ②①までの成果を元に定式化し最適化設計の指針を立案する。 想定パラメータ 気泡量・気泡粒径分布・隙間 目的パラメータ 熱伝達係数・せん断抵抗

【参考論文・文献】

- [1]可変磁カメリーモータにおける二層構造と拡張フラックスバリアによる着磁性能と鉄損抑制の両立に関する検討, 綱田 錬(岡山大学), 竹本 真紹(岡山大学), 電気学会[D]産業応用部門 回転機
- [2]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)
- [3]集中巻固定子を持つ100,000rpm超高速PMモータの高出力密度化に関する検討～積層化した磁石保護リングの磁性・非磁性材料の比較～, 高井 一光, 竹本 真紹, 小笠原 悟司, 折川 幸司(岡山大学), 電気学会[D]産業応用部門 モータドライブ

【研究予定期間】 2022年度～2024年度

【オープンラボ使用計画】 —

【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

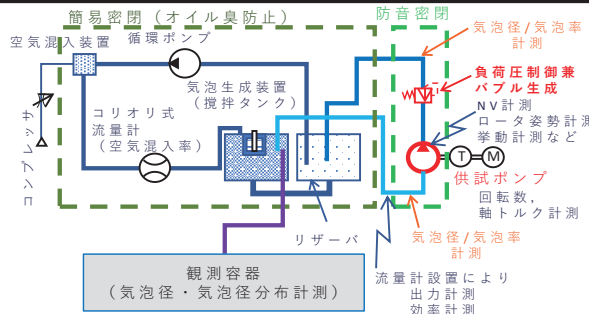
【研究委託先】 横浜国立大学

【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を研究する。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を研究する。

【研究内容】

潤滑や冷却にマイクロバブル混入油を供給する為には、実用的な回路内でそのマイクロバブルを生成する機構を確立する必要がある。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を研究する。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。

① 潤滑実用域 (0～1MPa) の範囲における、気泡混入油性状・運転条件・減圧部仕様(種類/条件)と発生する気泡性状の関係解明
② ①の諸条件における、加減部/減圧部の圧力脈動及び騒音の基本特性の把握
③ 騒音低減とマイクロバブル生成の両立化



【研究成果】




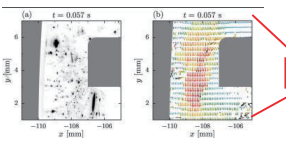

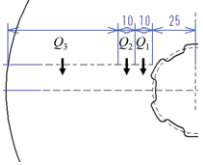
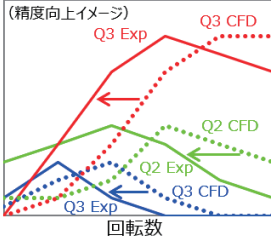
2024年度	2025年度	2026年度
■減圧によってマイクロバブルを生成する車載実用的な機構(バルブ・オリフス)を提案する。運転条件、機構や仕様の違いによる生成マイクロバブルの特性の違いを提示する。(径、気泡率を計測する) ■加圧～減圧の一連のシステムにおける騒音の計測	・マイクロバブル生成性能と静音性の両立をするための条件を提示する ・CFDを活用した現象の再現(外部の研究機関にサポートを求める)	・マイクロバブル生成システムの冷却性能の確認、実用回路中のシステム静粛性の確認 ・CFDを活用したパラメータスタディによる影響度調査(気泡径や騒音原因への影響度)

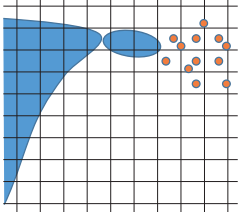
【参考論文・文献】

- [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)

【研究予定期間】 2024年度～2026年度

【オープンラボ使用計画】 —

<p>【テーマ名】 飛沫を伴う攪拌流れの二相流研究</p>	<p>【研究委託先】 大阪大学</p>						
<p>【研究目的】 飛沫を伴う気液二相流CFDのモデル化につながる基礎的なメカニズムを解明し、気液二相流CFD解析の精度・効率を向上させる理論を構築する</p>							
<p>【研究内容】</p> <p>高回転体での高周速における、飛沫を伴う気液二相流の動的な挙動メカニズムを解明する。</p> <p>粘度が低いほど飛沫の挙動を解析することが難しく、高回転環境ではより正確に計算するには分解能だけでは限界がある。そこで、更に課題解決となるメカニズムを探り出して CFD精度アップにつながる理論を構築する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   <div style="text-align: center;"> <p>実験検証</p>  <p>理論 計算</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ギア：基準円直径 0.07m 周速 6m/s～</p>  </div> </div>							
<p>【研究成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 液滴を伴う流れのメカニズム解明 = 流れ特性のグラフ化 CFDのかきあげ流量 予測精度向上 = 手法提案 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>2022年度</th> <th>2023年度</th> <th>2024年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>回転体での現象実験と計算にて課題と方向性策定</td> <td>精度アップにつながる現象解明(理論式の構築)</td> <td>高周速域に適用できる解析精度向上のための手法提案</td> </tr> </tbody> </table>	2022年度	2023年度	2024年度	回転体での現象実験と計算にて課題と方向性策定	精度アップにつながる現象解明(理論式の構築)	高周速域に適用できる解析精度向上のための手法提案	<p>【参考論文・文献】</p> <p>[1] Detailed Investigations on the Oil Flow in Dip-Lubricated Gearboxes by the Finite Volume CFD Method, Hua Liu, Thomas Jurkschat, Thomas Lohner, & Karsten Stahl, the Sixth World Tribology Congress (WTC 2017)</p> <p>[2] CFD Analysis of Lubricant Fluid Flow in Automotive Transmission, Daiki Saegusa, & Shinji Kawai, SAE Technical Paper 2014-01-1772</p>
2022年度	2023年度	2024年度					
回転体での現象実験と計算にて課題と方向性策定	精度アップにつながる現象解明(理論式の構築)	高周速域に適用できる解析精度向上のための手法提案					
<p>【研究予定期間】 2022年度～2024年度</p>	<p>【オープンラボ使用計画】 —</p>						

<p>【テーマ名】 高回転環境で適用可能な気液二相流モデル化手法の研究</p>	<p>【研究委託先】 数値流体力学コンサルティング</p>						
<p>【研究目的】 高回転環境でのCFD技術の現状の課題を踏まえ、駆動系における気液二相流解析の実用性を高める手法を構築する。</p>							
<p>【研究内容】</p> <p>飛沫、液滴や気泡を含む気液二相流の攪拌特性について、実用的なモデリング方法を研究する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 現象解明（大阪大学研究/千葉工大研究）に対して、既存のCFD解析手法/ソフトの課題を抽出する。 飛沫や液滴を含む気泡入り気液二相流について、2大学研究成果（新たな知見や理論）を考慮し、理論に基づいたものであると同時にCFDを利用するユーザーにとって低計算負荷かつ高精度（開発現場における気液二相流解析レベル）な実用モデルを提案する。 気体に混ざった液体飛沫を従来の計算パラメータとは異なる使い方等でモデル化する。 <div style="text-align: right;">  </div>							
<p>【研究成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 空間解像度(計算格子)以下の曲率を表現可能な実用モデル より高回転下での液滴飛散やミスト飛沫の現象等に関するモデル化の方向性もしくは手法 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>2022年度</th> <th>2023年度</th> <th>2024年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>既存のCFD解析手法回転体の界面変動から飛沫液滴状態のCFD課題と方向性明示</td> <td>界面変動から飛沫への挙動について解法パラメータを工夫した計算ガイド</td> <td>高回転によるオイル飛沫の挙動再現モデリング手法(CFD解法ガイド/流体モデル)一般的なユーザーガイド</td> </tr> </tbody> </table>	2022年度	2023年度	2024年度	既存のCFD解析手法回転体の界面変動から飛沫液滴状態のCFD課題と方向性明示	界面変動から飛沫への挙動について解法パラメータを工夫した計算ガイド	高回転によるオイル飛沫の挙動再現モデリング手法(CFD解法ガイド/流体モデル)一般的なユーザーガイド	<p>【参考論文・文献】</p> <p>[1] 平歯車により飛沫された流体の挙動, 高橋 秀雄(木更津高専), 日本機械学会第6回機素潤滑設計部門講演会(2006)</p> <p>[2] X線CTを用いたトランスミッションオイル挙動の可視化技術の開発, 棚瀬 雅貴(トヨタ自動車)ら, 日本機械学会年次大会(2022)</p> <p>[3] 往復動ポンプにおけるクランクケース内のオイル飛散挙動の予測(MPS法を用いた自由表面流れの解析), 油橋 信宏(丸山製作所), 越塚 誠一(東京大学), 日本機械学会論文集, Vol. 86, No. 881, 2020</p>
2022年度	2023年度	2024年度					
既存のCFD解析手法回転体の界面変動から飛沫液滴状態のCFD課題と方向性明示	界面変動から飛沫への挙動について解法パラメータを工夫した計算ガイド	高回転によるオイル飛沫の挙動再現モデリング手法(CFD解法ガイド/流体モデル)一般的なユーザーガイド					
<p>【研究予定期間】 2022年度～2024年度</p>	<p>【オープンラボ使用計画】 —</p>						

【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】 未定

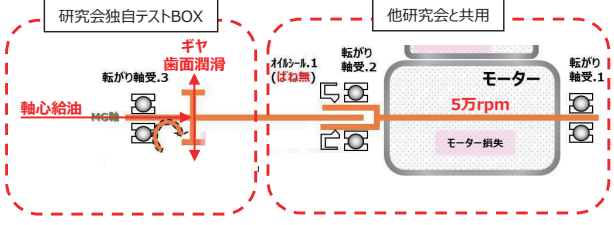
【研究目的】 超高回転領域（5万rpm超）における軸心給油でのギヤの噛み合い潤滑状況を検証するための実験装置・計測方法の確立と同定技術の検討

【研究内容】

- ・5万回転軸心給油した時のギヤ歯面潤滑の観察を行い、課題を抽出する。
既存テーマの研究領域の延長で予測可能なかの基礎データ取り。

研究step

- ・1軸ギヤにおける軸心給油での歯面潤滑状況観察、予測
- ・ギヤ対噛み合い状態における軸心給油での歯面潤滑状況観察、予測



【研究成果】			【参考論文・文献】
2024年度	2025年度	2026年度	
<ul style="list-style-type: none"> ・実験構想 ・委託先選定 	<ul style="list-style-type: none"> ・テストBOX(1軸軸心給油)の作成 計測方法の確立 ・潤滑状況の観察 	<ul style="list-style-type: none"> ・ギヤ対噛み合い実験装置の作成、 計測方法の確立 ・潤滑状況の観察 ・CFD予測するために必要な技術・ 理論の検討 	

【研究予定期間】 2024年度～2026年度 【オープンラボ使用計画】 —

研究Gr._E 電動化 研究委員会

平井 明
研究委員会リーダー
(ダイハツ工業株式会社)

Gr.E 電動化 研究シナリオ_1/2

TRAMI
3重点方針

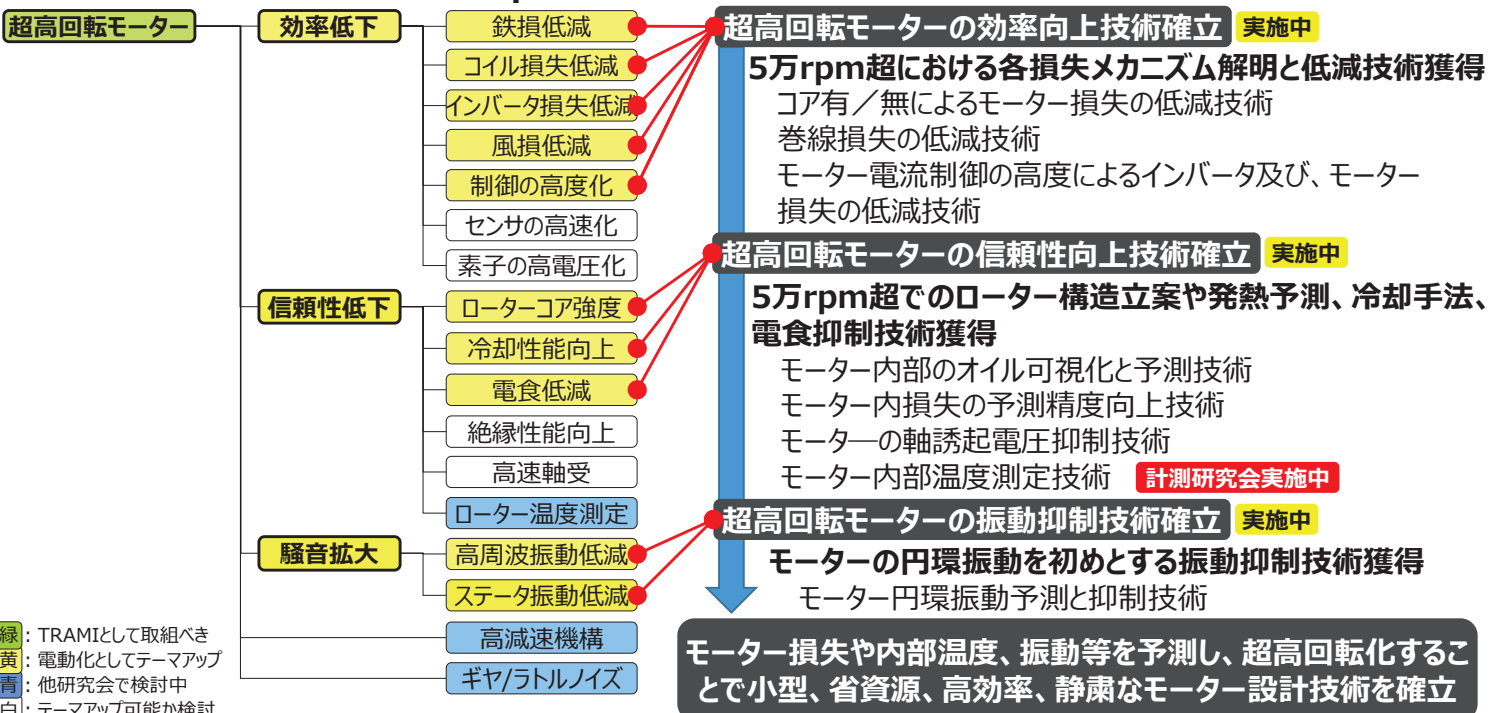
(1)高効率・小型化
モーター技術

(2)高回転化対応
ドライブトレイン技術

(3)静粛化対応
音振動低減技術

✓ 超高回転モーター特有の課題を、基本原理から解明

熱をうまく逃がすことによる小型化（高密度化）に向けた研究とステータ振動測定研究を実施中
超高回転モーター研究は、5万rpm超での成立を目指し重要3課題解消に向けた研究を選出し実施

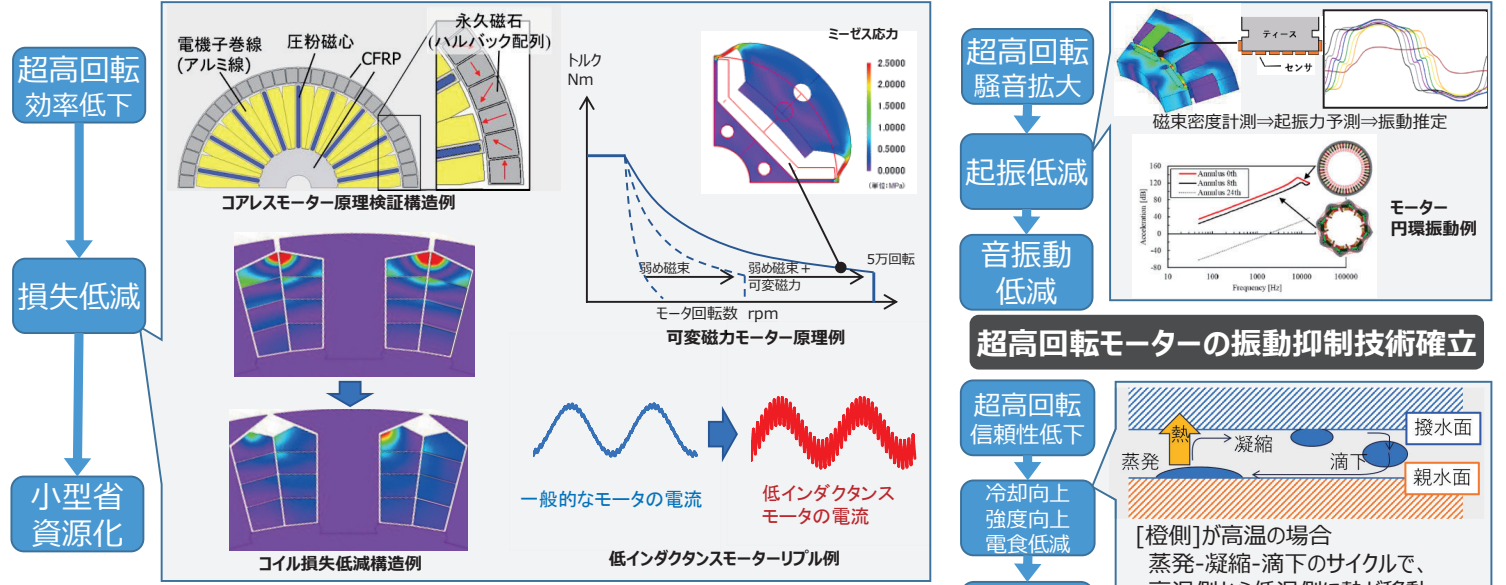


緑：TRAMIとして取組べき
黄：電動化としてテーマアップ
青：他研究会で検討中
白：テーマアップ可能か検討

✓ 駆動モーター特有の課題を、基本原理から解明に必要な技術の開発

高効率化に対して、寄与が大きく難易度の高い鉄損予測に過去取組んできました
 小型化に向けた冷却性向上の基盤技術となるモーター内部温度解析手法構築に取り組む中
 モーターの起振源であるステータス振動の推定手法を確立し精度向上に取り組む中
 超高回転モーター基盤技術を研究し将来に向けた省資源化(小型化、材料置換)を進めて行きます

予測技術と実測技術を両輪で進める



超高回転モーターの効率向上技術の確立

超高回転モーターの信頼性向上技術確立

モーター損失や内部温度、振動等を予測し、超高回転化することで小型、省資源、高効率、静粛なモーター設計技術を確立

Gr.E 電動化 研究ロードマップ

✓ 各重要課題に対して目指す技術の獲得に向けて下記の研究を計画

				研究テーマ						
				~FY23終了	FY24取組テーマ	次ステップ取組	目指す姿(技術)			
重点方針	主要性能	重要課題	アプローチ	'23	'24	'25	'26		'30	
超高回転モーター技術	効率低下 (損失増)	鉄損 銅損 誘起電圧	コアレス/可変界磁巻線形状/材質 低インダクタンスモーター	高出力密度コアレスモーターの在り方	可変界磁モーターのローター電磁気構造在り方	アルミ・銅を含むコア有モーターの巻線構造の在り方	低インダクタンス用電力変換回路とセンシング&モーター電流制御手法構築		超高回転モーター効率向上技術確立	
				同期制御 アクティブゲート GAP部流れ	超高回転におけるモーター構造と損失との関係性解明	超高回転モーターにおけるゲート駆動の在り方	超高回転システム構築と実機検証			
	信頼性低下	ローター強度 電食	高強度材質 駆動波形制御	超高回転GAP部挙動解析技術の確立	高電圧化対応ベアリング電食の回路による抑制	コア材の高磁束密度/高周波鉄損特性のデータ計測に基づく鉄損解析	5万回転超を見据えた損失推定精度向上	ローター周辺/コイル部流れの可視化と挙動解析技術確立	モーター内の冷媒冷却に関するフィジビリティスタディ	超高回転モーター信頼性向上技術確立
	高出力密度化での冷却困難	冷媒沸騰冷却 オイル挙動解析 伝熱解析		(G)温度測定技術の確立(計測技術研究会にて実施)						
	騒音拡大	ステータ振動 高周波共振	ティース部振動解析 円環振動モード制御	ティース部起振力計測技術向上	モーター構造による円環振動抑制	DVAによる構造での共振抑制	制御による共振抑制			超高回転モーター振動抑制技術確立

【テーマ名】 超高回転モータGAP部のロータ風損および放熱メカニズムの解明

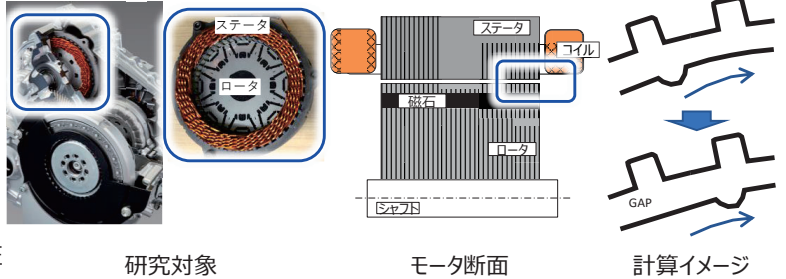
【研究委託先】 大阪公立大学

【研究目的】 超高回転モータのGAP部におけるロータ風損およびロータ放熱量の予測精度向上

ステータの-slot溝、ロータの溝、およびコイルエンド形状が、ロータ/ステータGAP部の流れ場・熱場に与える影響を把握する
Re数(形状、回転数、流体物性)に対するGAP部の流れ場・熱場を予測し、ロータ/ステータ間の空気摩擦損失および放熱のメカニズムを解明する

【研究内容】

5万回転想定したロータ/ステータGAP部の流れ場・熱場の研究を実施
計算対象：プリウス駆動用モータGAP部の2重円筒モデル
コイルエンド含む流れ場モデル(GAP部流れ場への影響検証)
作動流体：空気
計算手法：格子法(格子ボルツマン法)
計算：東工大 Tsubame (スパコン) を利用し大規模計算
研究方針：'21,'22年度の委託研究成果を活用し、研究対象を拡大
5万回転想定の高Re数GAP部2重円筒を計算
→軸方向端部・径・軸長など形状因子の流れ場影響を検証



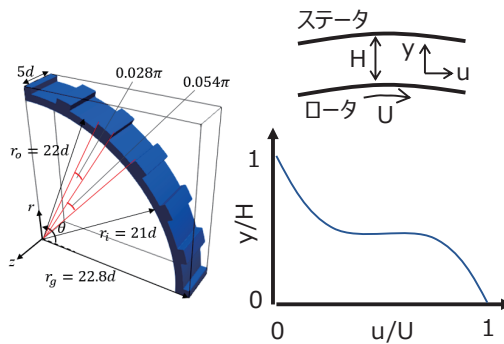
研究対象

モータ断面

計算イメージ

【研究成果】

2023年度	2024年度
<ul style="list-style-type: none"> 5万回転モータのGAP部2重円筒モデル計算 ステータのslot溝、ロータ溝の影響 	<ul style="list-style-type: none"> モータ軸方向端部形状(コイルエンド、ロータシャフト端部etc.)による流れ場・熱場への影響 5万回転モータのGAP部2重円筒モデル計算(風損失)



【参考論文・文献】

- [1] R. Ostilla-Monico, S.G. Huisman, T.J.G. Jannink, D.P.M. Van Gils, R. Verzicco, S. Grossmann, C. Sunand D. Lohse. J. Fluid Mech., 747:1-29, 2014.
- [2] X. Zhu, R.A. Verschoof, D. Bakhuis, S.G. Huisman, R. Verzicco, C. Sunand D. Lohse. Nature Phys., 14:417-423, 2018.
- [3] M. Bilson, and K. Bremhorst. J. Fluid. Mech., 579:227-270, 2007.

【研究予定期間】 2023年度～2024年度

【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 高出力密度コアレスモータの在り方

【研究委託先】 名古屋工業大学

【研究目的】 高速回転化による鉄損増加の要因となるコア(電磁鋼板)自体の量を低減しつつ、トルク/重量比を向上
多極化(コイルを多くして損失密度当たりの放熱表面積を増加)した場合の最適点が存在すると考えられる。
一方で高回転化するには極数を減少させる必要が有るため、これらバランスを取る「大きな方向性・在り方」を示す

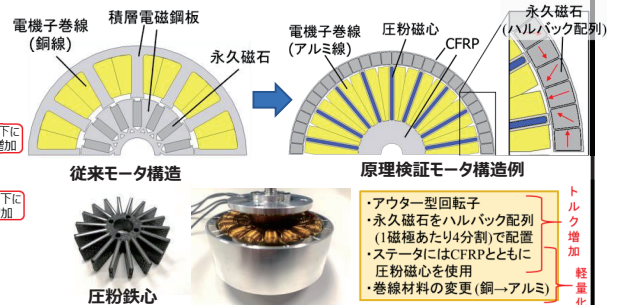
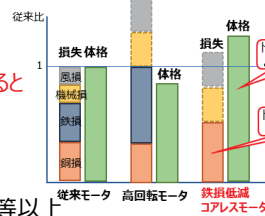
【研究内容】 5万回転想定した鉄損低減を目的とした準コアレスモータの成り立ち研究

研究対象：アウター/デュアルロータモータの準コアレスモータ

- ステータ：CFRP+微量SMCコア+多極集中巻アルミ巻線
- ロータ：CFRPフレーム+ハルバック配列磁石

課題：磁石の増加
少磁極化には向かない巻線のACロスの増加
高回転化の磁石固定巻線の冷却

どの様にバランスをとると目標を達成するのか



目標性能：出力密度10kW/kg、体積同等以下、効率同等以上

【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
<ul style="list-style-type: none"> 5万rpmモータの性能指標パラメータ(出力密度、効率、機械構造成立性など)がモータの構造や構成にどのように影響しているか、課題の大きさをシミュレーションやテストピースによる実験で確認 	<ul style="list-style-type: none"> 5万rpmモータの性能指標パラメータが測定できる原理検証モータを設計 原理検証モータを実際に作成評価し、シミュレーションと比較 	<ul style="list-style-type: none"> どの様にバランスをとると目標を達成するのかを数値化する

【参考論文・文献】

- [1] Neethu S., S.P. Nikam, A. K. Wankhede, Saumitra Pal and B.G. Fernandes, "High Speed Coreless Axial Flux Permanent Magnet Motor with Printed Circuit Board Winding", IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 55, no.22, pp. 1954-1962, Mar-April 2019.
- [2] Z. Song, C. Liu and H. Zhao, "Comparative Analysis of Slotless and Coreless Permanent Magnet Synchronous Machines for Electric Aircraft Propulsion", Proc. of 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), pp.1-6, 2019.

【研究予定期間】 2023年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 超高回転における可変界磁モータのロータ電磁気構造設計

【研究委託先】 岡山大学

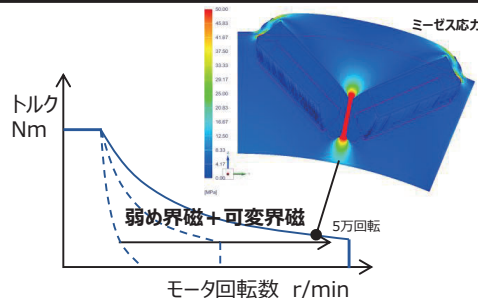
【研究目的】 超高回転化による高出力密度と高効率の両立のために、可変界磁技術が有効な手段となる。可変界磁モータで複雑になるロータ電磁気構造と機械強度・損失を研究し、超高回転対応の設計指針を示す。

【研究内容】

- ・5万回転モータを前提としたときの可変界磁技術の課題を抽出する。
可変界磁技術：弱め磁束制御, 可変磁力磁石, 界磁巻線ロータ, etc.
- ・自明課題であるロータ機械強度と鉄損・磁石損・風損について、課題の大きさを定量化する。
- ・上記の抽出課題を解決できる可変界磁モータ仕様を考案する。
- ・スケールダウンした技術コンセプト検証モータを試作し、課題解決策を実機検証する。
- ・150kW x 5万回転モータにおける各種可変界磁技術の有効性および成立性を明らかにする

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



【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
<ul style="list-style-type: none"> ・可変界磁機能を有するモータのロータ機械強度と鉄損・磁石損・風損の机上予測（～5万回転まで） ・5万回転モータを前提としたときの可変界磁技術の課題定量化 	<ul style="list-style-type: none"> ・各種可変界磁技術の抽出課題を解決するモータ設計仕様 ・技術コンセプト検証用の試作モータ設計図面 ・可変磁力機能を有するモータ実機での損失計測（～1万回転） 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術コンセプト検証モータによる可変界磁の実機検証データ ・150kW x 5万回転モータにおける可変界磁技術の提案

【参考論文・文献】

- [1] 可変磁力メモリーモータにおける二層構造と拡張フラックスバリアによる着磁性能と鉄損抑制の両立に関する検討, 綱田 錬 (岡山大学), 竹本 真紹 (岡山大学), 電気学会 [D] 産業応用部門 回転機
- [2] 高強度銅板の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)
- [3] 集中巻固定子を持つ100,000rpm超高速PMモータの高出力密度化に関する検討～積層化した磁石保護リングの磁性・非磁性材料の比較～, 高井 一光, 竹本 真紹, 小笠原 悟司, 折川 幸司 (岡山大学), 電気学会 [D] 産業応用部門 モータドライブ

【研究予定期間】 2023年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】 2025/12/Top～2026/2/End

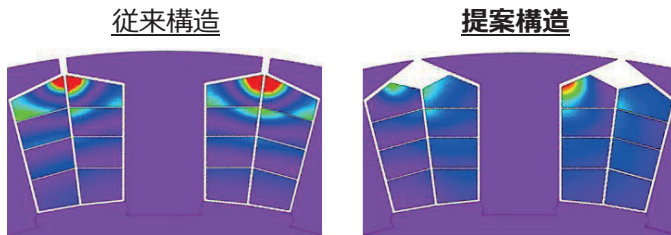
【テーマ名】 アルミ・銅を含むコア有モータの巻線構造の在り方の研究

【研究委託先】 東京電機大学

【研究目的】 5万rpm超領域に適したコイル材料, コイル断面形状, 鉄心形状の設計および実機試験を行い, 高速モータの巻線構造の方向性を明らかにする。

【研究内容】

- 2023年度：低速から高速まで幅広い運転領域で巻線損失を低減するコイル断面形状, コイル材料, 鉄心形状を提案する。
- 2024年度：モータレット試作機を用いて提案構造の有効性を実証する。
- 2025年度：フルモデルのモータ試作機を用いて, 5万回転の駆動周波数までの巻線損失を測定し, モード走行時の巻線の消費電力量低減効果を明らかにする。



2D-FEM磁界解析による従来構造と提案構造の損失密度の比較

【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
<ul style="list-style-type: none"> ・3D-FEM磁界解析により巻線損失の計算を行い, 従来構造と比較して巻線の交流損を50%低減するコイル材料, コイル断面形状, 鉄心形状を明らかにする。 ・実機検証用モータレット試作機を製作する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・モータレット試作機を用いた巻線損失の測定, 提案構造の巻線損失低減効果の検証 ・提案構造の巻線を用いた永久磁石モータ(5kW以下)の設計, 試作 	<ul style="list-style-type: none"> ・試作モータを用いた5万回転の駆動周波数までの巻線損失の測定, 評価 ・モード走行時の巻線の消費電力量低減効果の検証 ・モータ性能評価試験

【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-Rafea and A. Al-Qami, "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.

【研究予定期間】 2023年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 コア材の高磁束密度/高周波鉄損特性のデータ計測に基づく鉄損解析 【研究委託先】 千葉大学

【研究目的】 超高回転モーターにおいては、高周波領域におけるモーター鉄心材の鉄損を測定し、その損失特性を明らかにすることが鉄損予測精度向上のために必要となる。このため信頼性課題となる熱問題の解決につなげるため鉄心材の鉄損予測精度向上に取り組む。

【研究内容】

- リング状鉄心材の高周波領域の磁気特性評価を行い、鉄損課題を抽出
- 高次高調波の影響を含んだ励磁条件下での磁気特性評価を行い、超高回転領域の鉄損解析に及ぼす影響を検討
- モーター実機での鉄損推定精度向上を目指す。
※関連する他のテーマ
明らかにした鉄損特性を活用し、研究項目Eでモーターの熱課題に取り組む

	FY23	FY24	FY25
正弦波	1.6kHz	3.3kHz	—
正弦波PWM矩形波	—	—	3.3kHz

無方向性電磁鋼板(リング状試料)

モータ評価結果

試料からの推測値

モータ鉄損推定値と実機評価値の差異を比較し分析

シミュレーションモデル作成

2023年度	2024年度	2025年度	【参考論文・文献】
<ul style="list-style-type: none"> 高い周波数の正弦波励磁下でのリング状鉄心材の磁気特性評価システムを構築できていること。 高周波領域(最大1.6kHz(2.5万rpm相当)、正弦波)のリング状鉄心材の損失特性を明らかにできていること。 	<ul style="list-style-type: none"> 超高周波領域(最大3.3kHz(5万rpm)、正弦波)のリング状鉄心材の磁気特性評価システムを構築し、損失特性を明らかにできていること。 正弦波駆動した場合のモーター実機での鉄損を精度高く予測するために必要な鉄心材の磁束密度と鉄損の関係を示すデータベースを構築できていること。 	<ul style="list-style-type: none"> 超高周波領域(最大3.3kHz(5万rpm)、PWM、矩形波)のリング状鉄心材の特性評価と評価手法を構築できていること。 鉄心材特性評価結果から一般的に電動車で用いられているPWM、矩形波駆動をした場合の鉄損を精度高く予測する技術の検証ができていること。 	<p>[1]宮城 大輔:「試作レス設計のための異常渦電流損を考慮したインバータ励磁下の鉄損推定手法の開発」,(2022)</p>

【研究予定期間】 2023年度～2025年度 【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 50000rpm超を見据えた損失推定精度向上 【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は損失（特に鉄損）が課題であり、効率的な冷却方法が求められている。
目的 超高回転型モータの鉄損を精度よく予測する技術を構築し効率的な冷却手法につなげる

【研究内容】 高速回転時の鉄損について、シミュレーションによる解析、実機測定・同定、効果的な冷却手法の導出

＜超高回転化と損失傾向＞

超高回転化 → 高周波数化

銅損支配領域 → 鉄損支配領域

回転数(≒周波数)

高精度損失CAE

損失実測・同定

高周波材料データ

鉄損大

鉄損小

損失の見える化

推定精度向上

効率的冷却手法の提案

鉄損式

$$W_{iron} = W_{eddy} + W_{hys} = (K_{eddy} \cdot B_{max}^2 \cdot f^2 + K_{hys} \cdot B_{max}^{1.6} \cdot f) \cdot V$$

＜課題＞ 鉄損低減・効率的な冷却が重要課題となる

実測コリレーション

推定精度向上

効率的冷却手法の提案

2023年度	2024年度	2025年度	【参考論文・文献】
<ul style="list-style-type: none"> 50krpm相当モータ設計 JMAGによる鉄損解析 	<ul style="list-style-type: none"> 50krpm相当モータでの損失測定 JMAG解析結果との比較 50krpm相当モータの損失(鉄損)状況まとめ 	<ul style="list-style-type: none"> 50krpm相当モータ実機を用いた損失分離解析 JMAG-実機コリレーション 効率的な冷却手法の提案 	<p>[1]宮城 大輔:「試作レス設計のための異常渦電流損を考慮したインバータ励磁下の鉄損推定手法の開発」,(2022)</p>

【研究予定期間】 2023年度～2025年度 【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 モータ制御及び構造（DVA）による共振回避 ～構造アプローチ～

【研究委託先】 名古屋工業大学

【研究目的】 省資源化を目指した高回転型モータにおいて課題となりうる共振問題に対し、モータ制御、構造（DVA）それぞれのアプローチから共振低減、回避効果を明らかにする。 **DVA :Dynamic Vibration Absorber**

【研究内容】

【構造による共振回避】

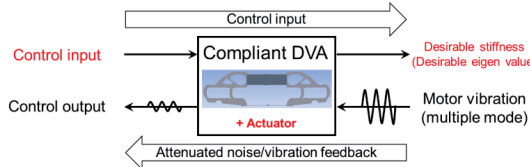
- ・高回転に対応したDVAによる固有値コントロール
- ・動的な固有値変更の為の連続的な可変機構
- ・耐久性能向上のための最適構造

‘23年：連続的な可変機構を有するDVA
DVAのテストピースでの効果検証

‘24年：最適機構設計DVAの試作
共振点移動効果のモータ実機検証
駆動中の共振点移動効果の実機検証

‘25年：超高回転で想定される周波数への効果検証

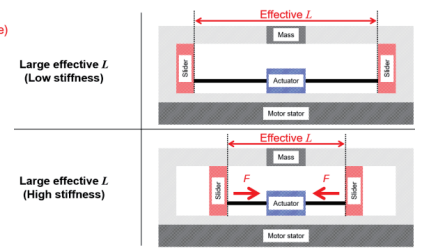
DVAによる所望帯域の振動低減



DVA構造の一例



所望帯域の振動低減を実現するためにDVAの連続的な可変機構が必要



【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
<ul style="list-style-type: none"> ・連続的な可変機構によるDVAテストピース ・DVAを連続的に可変させる動力機構 ・DVAテストピースでの振動抑制効果 	<ul style="list-style-type: none"> ・最適機構設計DVAでの実モータ振動抑制効果 	<ul style="list-style-type: none"> ・超高回転で想定される周波数への拡張

【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.

【研究予定期間】 2023年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 モータ制御及び構造（DVA）による共振回避 ～制御アプローチ～

【研究委託先】 横浜国立大学

【研究目的】 省資源化を目指した高回転型モータにおいて課題となりうる共振問題に対し、モータ制御、構造（DVA）それぞれのアプローチから共振低減、回避効果を明らかにする。 **DVA :Dynamic Vibration Absorber**

【研究内容】

【制御による共振低減】

- ・高次電流重畳による加振力モードコントロール
- ・加振力モードコントロールによる振動抑制
- ・複合モードコントロールによる振動抑制
- ・他モードへの影響

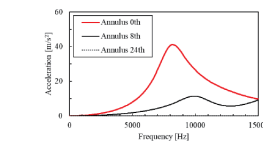
‘23年：モードコントロール実現性の確認
共振点を作りこんだモータ設計
シミュレーションによる効果見積り

‘24年：原理検証用モータ試作
モードコントロールの共振点での効果実機検証

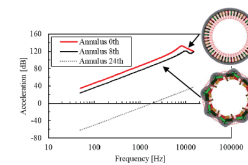
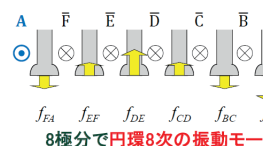
‘25年：複合モードコントロールによる振動抑制検証
他モードへの影響調査

時間高調波制御による振動低減

➢ 円環モードにおける周波数応答特性



➢ ある瞬間の電磁分分布(1極分)



ラジアル力空間モード次数を24次にすると振動を低減可能

円環24次モードにするには隣り合うティースのラジアル力の位相を反転させる

【研究成果】

2023年度	2024年度	2025年度
<ul style="list-style-type: none"> ・モードコントロールのアルゴリズム検証結果 ・原理検証モータモデルでのシミュレーションでの共振低減効果見積り値 	<ul style="list-style-type: none"> ・モードコントロールによる共振点での振動低減効果 	<ul style="list-style-type: none"> ・複合モードコントロールの振動低減効果 ・モードコントロールによる他モードへの影響

【参考論文・文献】

[1] Kan Yang and Kan Akatsu, "Vibration Suppression of a Specific Harmonic Component by Teeth Flux Density Control Using Multi-Phase MATRIX Motor", IEEJ-JIA, Vol. 12, No. 2, 2023, <https://doi.org/10.1541/ieejia.22008707>
[2] Hiroki Hijikata, Yuki Sakai, Kan Akatsu, Yoshihiro Miyama, Hideaki Arita, and Akihiko Daikoku, "Wide Speed Range Operation by Low-Voltage Inverter-Fed MATRIX Motor for Automobile Traction Motor", IEEE Trans. on PE, AUGUST 2018, Volume: 33 Issue: 8, page(s): 6887-6896

【研究予定期間】 2023年度～2025年度

【オープンラボ使用計画】 —

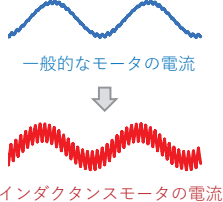
【テーマ名】 **低インダクタンス用電力変換回路とセンシング&制御** 【研究委託先】 制御：東京電機大学
回路：東京理科大学

【研究目的】 超高回転モータでは、モータ巻線が低インダクタンスになるため、それに伴うモータ電流制御の課題が生じる。本研究では、低インダクタンスモータ用の電力変換回路と電流・角度センサなどのセンサ、電流制御に関する課題を明らかにするとともに、それら課題を解決する回路、センシング・コントローラ、制御技術を確認する。

【研究内容】

- 低インダクタンスモータの電流フィードバック制御の課題探求と方策検討
高速化を指向した電動機（IPMSM, SRM, …）制御技術の確立（効率・トルクリップル・音振の各視点
高リップル電流に対するモータ電流制御の課題明確化とその対策としての高速制御

モータ高回転化
⇒ センサ・コントローラの遅れに伴う電流制御の課題
電流センサ、角度センサ、制御演算の遅れによる電流制御の課題の定量化・明確化と解決する制御構成の提案
⇒ 低巻数、コアレス化⇒低インダクタンス
スイッチングによる電流リップルが極めて大となる。この課題に対する電流センシング、電流制御の手法構築



【研究成果】			【参考論文・文献】
2023年度	2024年度	2025年度	
課題明確化> 高速化指向電動機の電流制御への影響評価結果	センシング・コントローラの高速度化高サンプリングによる超回転モータ制御	高周波モータ・高サンプリング制御での検討制御の有効性検証	<ul style="list-style-type: none"> ・横山, "50MHzサンプリングを可能としたUSPMコントローラによる、アナログ制御を凌駕した瞬時デジタル制御の実現と今後の可能性", 電気学会産業応用部門大会, 1-S1-3 (2023) ・D. Hiroe, Z. Xiaohan, K. Nakamura, K. Sato, R. Suzuki, K. Yoshimoto, and T. Yokoyama: "A Study of 10MHz Multi-Sampling Deadbeat Control for PMSM Drive System using USPM Controller", IEEE Journal of Industry Applications, Vol. 12, No. 3, pp. 508-516 (2023)
センサ・コントローラの遅れに対する影響・課題の明確化	高周波・低Lモータの試作※とその評価 ※電気角として高周波化し、高回転を電氣的に模擬する		
モータ制御時の変調方式の違いでの電流リップルによる電流制御への影響評価			

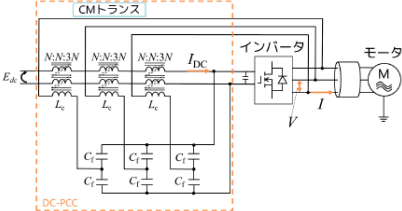
【研究予定期間】 2023年度～2025年度 【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 **高電圧化対応ベアリング電食抑制** 【研究委託先】 北海道大学

【研究目的】 超高回転領域ではベアリングの強度に加え、スイッチング周波数が増える為電食の対策が必要となる。このベアリング電食改善策を駆動回路側から解決策を模索する。

【研究内容】

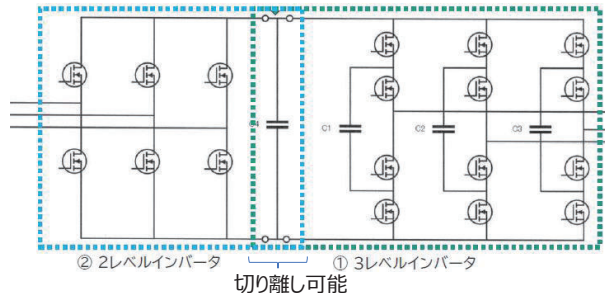
- パッシブコモンノイズキャンセラ（Passive Common-Noise Canceller：以下、PCC）を用いたコモンモード（Common Mode：以下、CM）電圧の抑制による軸電圧の低減
- ✓ 特長：同じCMノイズキャンセラであるアクティブコモンノイズキャンセラに対して、エミッタフォロワ回路が不要となり、能動回路の電圧・電流の制限がないため、高電圧・大電流の大容量インバータに適用可能
- ✓ 成果：ベアリング電食の抑制（二次的な効果：シールドケーブルの重量を低減）



提案するDC-PCCの回路構成

【研究成果】			【参考論文・文献】
2023年度	2024年度	2025年度	
<ul style="list-style-type: none"> ・CM電圧および軸電圧の評価環境構築 ・軸電圧が抑制できることを汎用モータで実証（研究室） 	<ul style="list-style-type: none"> ・異なる磁性材料を使ったPCCとの性能（サイズ、発熱）の明確化 ・PCCのサイズや磁性材料の鉄損特性を考慮したCMトランスの設計法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・インバータの制御方式変更時のCMトランスの磁束の過渡変化が軸電圧の抑制効果に与える影響の明確化 ・多種類のモータで検証 	<ul style="list-style-type: none"> [1]小原 峻介, 川田 悠人, 小笠原 悟司, 折川 幸司: 「インバータが発生するコモンモード電圧を相殺可能なパッシブコモンノイズキャンセラ」, 電気学会論文誌D, vol. 142, no. 11, p. 825-834 (2022) [2]田邊 祐右衛門, 小笠原悟司, 折川幸司: 「インバータDC側に配置するパッシブコモンノイズキャンセラ」, 電磁環境/半導体電力変換合同研究会, EMC-22-038, SPC-22-209 (2022) [3]羽根田 峻, 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)

【研究予定期間】 2023年度～2025年度 【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 超高回転システム構築と実機検証	【研究委託先】 TRAMI						
【研究目的】 材料リスク対応として、超高回転化による小型化、材料使用量低減を目指した研究をTRAMIとして大学と連携して8テーマ推進中。各テーマで推進される研究で得られた成果を活かして、TRAMIとしてモータ/インバータを試作し、超高回転システムをh評価可能なように構築すると共に、実機検証を進める。							
【研究内容】 <ul style="list-style-type: none"> ・超高回転対応マルチレベルインバータ試作、評価 低インダクタンスモータに対応するためにマルチレベルで駆動可能なインバータを試作し、実機評価可能な検証を行う。 ・対向駆動と独立駆動の併用 5万回転での駆動を可能とするため、対向駆動を可能とすると共に、一方で、切り離しての独立駆動も可能な構成として汎用性を持たせる。 ・超高回転モータの試作、評価 5万回転をみすえたモータを試作すると共に、実機で評価、検証を行う。 							
【研究成果】 <table border="1"> <thead> <tr> <th>2023年度</th> <th>2024年度</th> <th>2025年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>マルチレベルインバータ試作（既存モータ検証評価）</td> <td>新開発モータ試作と基本制御構築/実機検証</td> <td>マルチレベルインバータを用いた新開発モータの性能評価 高周波モータ・高サンプリング制御での検討制御の有効性実機検証</td> </tr> </tbody> </table>	2023年度	2024年度	2025年度	マルチレベルインバータ試作（既存モータ検証評価）	新開発モータ試作と基本制御構築/実機検証	マルチレベルインバータを用いた新開発モータの性能評価 高周波モータ・高サンプリング制御での検討制御の有効性実機検証	【参考論文・文献】
2023年度	2024年度	2025年度					
マルチレベルインバータ試作（既存モータ検証評価）	新開発モータ試作と基本制御構築/実機検証	マルチレベルインバータを用いた新開発モータの性能評価 高周波モータ・高サンプリング制御での検討制御の有効性実機検証					
【研究予定期間】 2023年度～2025年度	【オープンラボ使用計画】 2024/1/Top～2026/2/End						

【テーマ名】 モータ構造による円環振動抑制	【研究委託先】 横浜国立大学						
【研究目的】 モータの円環振動解析（固有値解析）手法を構築する。 振動抑制を目的としたステータコアモデルとケース構造の最適化手法を確立する。							
【研究内容】 <p>円環振動解析（固有値解析）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・解析用モデリング作成、振動解析、固有値解析 ・解析値と実測値の検証および考察 <p>電磁加振力とモータケースの共振周波数の最適化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ステータの最適化手法（ティースの形状、個数、重さ等のパラメータによる固有値の変化）の検討 ・モータケースの最適化手法（共振周波数をずらした設計）の検討 ・最適化手法の検証用ケースの設計、試作 ・最適化手法と実測値の検証および乖離要因の考察と対策立案  							
【研究成果】 <table border="1"> <thead> <tr> <th>2024年度</th> <th>2025年度</th> <th>2026年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・円環振動解析結果（固有値） ・解析値の実証用モータ設計、試作</td> <td>・解析値の実証用モータによる実機検証 ・振動抑制モータのモデル作成 ・最適化されたモータケースモデル作成</td> <td>・振動抑制検証用モータの設計、試作 ・振動抑制の実機検証</td> </tr> </tbody> </table>	2024年度	2025年度	2026年度	・円環振動解析結果（固有値） ・解析値の実証用モータ設計、試作	・解析値の実証用モータによる実機検証 ・振動抑制モータのモデル作成 ・最適化されたモータケースモデル作成	・振動抑制検証用モータの設計、試作 ・振動抑制の実機検証	【参考論文・文献】
2024年度	2025年度	2026年度					
・円環振動解析結果（固有値） ・解析値の実証用モータ設計、試作	・解析値の実証用モータによる実機検証 ・振動抑制モータのモデル作成 ・最適化されたモータケースモデル作成	・振動抑制検証用モータの設計、試作 ・振動抑制の実機検証					
【研究予定期間】 2024年度～2026年度	【オープンラボ使用計画】 —						

【テーマ名】 超高回転モータにおけるゲート駆動の在り方

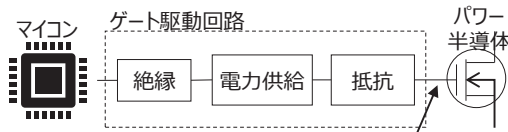
【研究委託先】 横浜国立大学、東京大学

【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。また、現状のアクティブゲートの速度では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。



スイッチング特性をゲート電流（ゲート抵抗・電圧等により調整）によってコントロールする。

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

【研究成果】

2024年度	2025年度	2026年度
<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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/背反を確認する。 ※1回のSWでの挙動 	<ul style="list-style-type: none"> ・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/背反を確認する。 ※交流1周期での挙動 ・アクティブゲートドライバの限界性能を明らかにし、極短パルスに適用可能なゲート制御手法を検討する。

【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.

【研究予定期間】

2024年度～2026年度

【オープンラボ使用計画】

—

【テーマ名】 超高回転におけるモータ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】

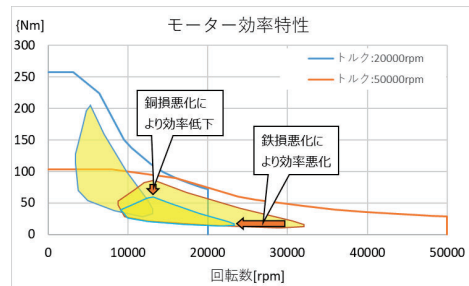
小型化による省資源化及び材料置換を踏まえ、超高回転モータの低回転域における銅損低減と高回転域における鉄損低減の両立が課題である。5万rpm超モータ前提のコア材質、巻線材質、磁石磁束量とモータ損失特性の関係性を明らかにする。

【研究内容】

- ・テーマB(アルミ・銅を含むコア有モータ巻線構造の在り方の研究/電機大)とテーマC(コア材の高周波鉄損特性のデータ計測に基づく鉄損解析/千葉大)の結果を踏まえ、5万回転モータを前提にしたときの損失特性とモータ設計構造との関係性解明及び課題抽出
 - ①鉄損低減材 ②巻線材料に対する、出力と損失特性の紐解き
- ・5万回転モータにおける方向性が示せる損失とモータ構造との関係性を考察
- ・上記仕様のモータの実機検証する。

研究対象モータ前提

- ・モータ出力 : 150 kW ,10kW/kg
- ・駆動回転数 : 50,000 r/min



【研究成果】

2024年度	2025年度	2026年度
テーマB(巻線特性)およびテーマC(コア材特性)の結果から損失と諸元の関係解明計画立案	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	25年度結果の実機検証と課題抽出(乖離原因の推定)

【参考論文・文献】

【研究予定期間】

2024年度～2026年度

【オープンラボ使用計画】

—

【テーマ名】 モータ内の冷媒冷却に関するフィジビリティスタディ

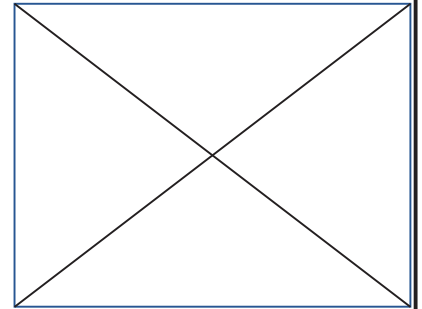
【研究委託先】 未決定

【研究目的】 超高回転化による出力密度増加に対応するため、油冷に替わる新たな冷却方法の必要性が検討されている。本研究では、潤滑油による冷却に替わり冷媒を用いた冷却構造の可能性と効果に関し検証を行う。

【研究内容】

従来の潤滑油による油冷構造は銅の高熱伝導率に期待しコイルエンドにオイルを吹きかけ冷却している。しかしこの方法では高発熱密度で目づ直径低減/軸長増加が見込まれる5万回転モータの発熱には対応できない可能性があり、油冷に替わる冷却方法の検討と検証が必要である。本研究では超高回転モータの冷却のため、冷媒の蒸発潜熱によりロータ/ステータを直接冷却する冷媒冷却の可能性の成り立ちとその効果を検証する。

- ・モータ冷却に適した冷媒冷却構造の提案と、それに適した冷媒を選定する。
- ・冷媒冷却構造のテストモータにて冷媒冷却試験を実施し冷却性能を評価する。また課題を抽出する。
- ・抽出された課題に対する対策を実施しその効果を検証する。
- ・超高回転モータ(現時点で仕様未定)での冷却性能をシミュレーションにより推定する。



【研究成果】

2024年度	2025年度	2026年度
<ul style="list-style-type: none"> ・モータの冷媒冷却構造の提案 (1D-シミュレーションベース) ・使用可能な冷媒の選定 ・テスト用モータの選定と改造設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・テストモータを用いた冷却試験 (~10000rpm、実績のある回転数にて) ・課題の抽出の対策案の提案 	<ul style="list-style-type: none"> ・対策の効果確認 ・超高回転モータでの冷却性能推定 (実測結果を基にしたシミュレーション)

【参考論文・文献】

【研究予定期間】 2024年度～2026年度

【オープンラボ使用計画】 —

研究Gr._F 音振動 研究委員会

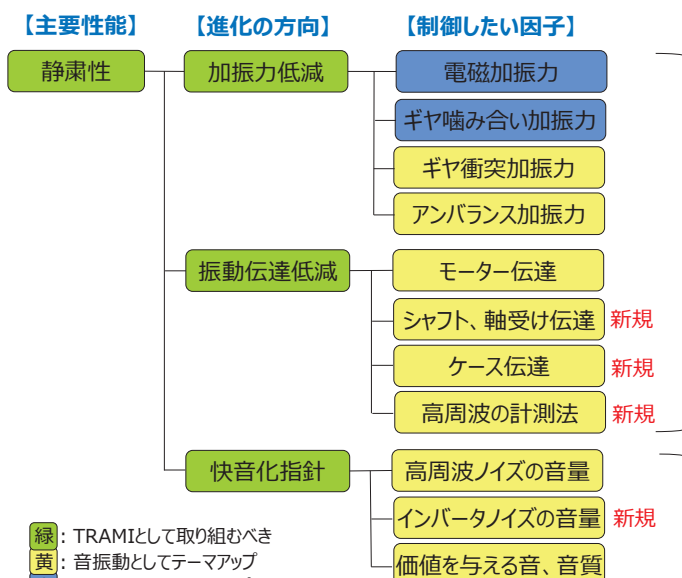
金子 弘隆
研究委員会リーダー
(日産自動車株式会社)

Gr.F 音振動 研究シナリオ_1/2

TRAMI 3重点方針	(1)高効率・小型化 モーター技術	(2)高回転化対応 ドライブトレイン技術	(3)静粛化対応 音振動低減技術
----------------	----------------------	-------------------------	---------------------

- ✓ 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
- ✓ 上記に対し、今後想定される超高回転化も考慮して検討範囲を拡大する

超高回転化にむけた重要課題



緑: TRAMIとして取り組むべき
黄: 音振動としてテーマアップ
青: 他研究会でテーマアップ
白: テーマアップ可能か検討

目指す技術の姿

加振力,振動伝達の予測技術の確立



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

- ✓ 加振力,振動伝達の未説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、モータ,ギヤ,インバータノイズ高周波化とアンバランス増大に対する課題を追加する

加振力,振動伝達の予測技術の確立

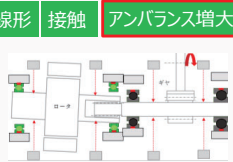
加振力

非線形 接触 衝突

- ギヤ、スプライン衝突加振力予測
 - 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
 - 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

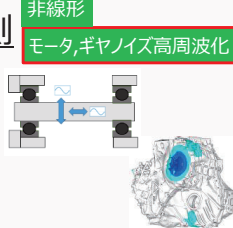


振動伝達

- モータの振動伝達予測
 - 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
 - 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
- 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
 - 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

- ✓ 各重要課題に対して目指す技術の獲得に向けて下記の研究を計画

～FY23終了> FY24取組テーマ > 次ステップ取組 > 目指す姿(技術)

重点方針	主要性能	重要課題	具体的課題	研究テーマ						
				'23	'24	'25	'26	'30		
静粛化	加振力伝達系予測技術の確立	加振力予測技術の確立	ギヤ、スプライン衝突加振力予測	愛知工業大,東京工業大,鳥根大			ギヤ・スプライン衝突加振力予測			
			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		高周波予測へ拡張	超高回転に対応した加振力,振動伝達予測技術の確立		
		伝達系予測技術の確立	ドライブトレイン振動伝達予測	高周波必要計測設備	高周波の計測技術の確立・振動伝達予測					
			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		電磁加振力を加えたモータノイズ全般の予測技術確立			
	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	新たな環境下での快音化定義	電動車へ価値あるサウンドの提供	

【テーマ名】 電動モータ振動伝達特性予測：ステータ

【研究委託先】 岐阜大学
豊橋技術科学大学、明治大学

【研究目的】 電動化で課題となる主要NV事象であるモータノイズに寄与が大きいモータステータの振動伝達特性の因子を明確にし、予測技術を確認することで、試作レスでのモータ設計検討を可能とする。

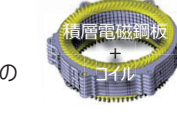
【研究内容】

- ・FY21 薄板積層構造のステータ振動伝達因子解析
 - 電動モータステータの一般的な構造である薄板電磁鋼板の積層構造とその一般的な製造工程に着目し、モータノイズに影響の大きいステータ振動モード(円環、面内ねじり)に対する影響因子を明確にしCAEのモデル化を行う。
- ・FY22-23 ステータへのコイル挿入影響を考慮したCAE予測技術構築とモデル精度向上
 - 電動モータのステータを構成する電磁鋼板以外の要素として、現在一般的なSC巻き線に着目し、上記ステータモデルにSC巻き線をワニスで固定したステータAssembly Free - Free境界条件で巻き線の接着範囲、接触がステータ振動モードへ与える影響を明確にし、CAEのモデル化と精度向上を行う。
- ・FY24 ステータ固定影響を考慮したCAE予測技術構築
 - ステータが固定された状態を考慮した振動伝達影響を明確にし、ドライブユニット適用時の電動モータステータの振動挙動を考慮したCAEモデル化と予測技術の構築を行う。

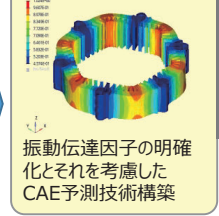
FY21ターゲット



FY22-23ターゲット



FY24最終アウトプット



【研究成果】

2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
電磁鋼板の積層材からなるステータとそこに付与されるカシメ、溶接、接着、ボルト締め付け軸力がモード特性へ与える影響を実験で明らかにする。またカシメ、溶接、接着、鋼板間接触、ボルト締め付けのモデル化を行い、予測精度と課題を明らかにする。	ワニスによるコイルの固定範囲やコイルとステータの接触によるモード特性への寄与を実験的に明らかにする。モード特性への寄与解析を行うことで振動伝達影響を明確にする。	ワニスによるコイルの固定範囲やコイルとステータの接触及び積層間の接触剛性を考慮し、円環及び面内ねじりモードをターゲットにモータステータ周波数応答のモデル精度の向上を図る。	一般的なケースへのステータ固定方法であるボルト締結及び焼き嵌めによる振動モードへの影響解析を行い、そのドライブユニット適用時の振動伝達影響を考慮したCAE予測可能なモデル化手法と予測技術の構築を行う。

【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(ムンディ・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)

【研究予定期間】 2021年度～2024年度

【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 電動車 快音化指針の構築

【研究委託先】 中央大学

【研究目的】 電動化により暗騒音が低下していく中で、モータノイズ ギヤノイズの音量の評価指針を定義する 電動車としての車室内に価値を与えるための音、音質を研究する

【研究内容】

- ・FY21 高周波音の音量の評価指針の研究(定常～8kHz)
 - 電動化で暗騒音が大幅に低下する中、高周波音に対しての暗騒音影響 両耳効果についての研究を行う。
- ・FY22 高周波音の音量の評価指針(過渡～8kHz)、音と物理指標の研究
 - FY21実施内容に対し過渡のシーンの追加、音に対しての人間の物理指標を明確にする。
- ・FY23 高周波音の音量の評価指針(定常 過渡 8～20kHz)、音と人間特性の研究
 - 超高回転化に伴う評価指針の高周波領域の追加、音と人間特性との関連性を明確にする。
- ・FY24 価値を生み出す音、音質の定義
 - 覚醒コントロール、リラックス、感覚形成(加速感)、運転支援など空間価値を創生する音 音質について研究する。

【研究成果】

2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度～
①高周波音の音量の評価指針の定義(定常) -暗騒音、両耳効果の影響把握 -新指針、新評価軸の設定 ②快音化の詳細ロードマップ構築	①高周波音の音量の評価指針の定義(過渡) ②「心地良い音」と官能で感じることを、具体的な人間の物理指標で定義	①高周波音の音量の評価指針の定義(高周波) ②聴覚と他感覚及びマスキングや要求意志との関連性を把握	空間価値を創生する音、音質の指針を構築する。 -覚醒コントロール、リラックス -感覚形成(加速感、高級感) -運転支援	①インバータスイッチング音の新評価指針の定義 ②自動運転によって与えられる新たな環境下(会議 睡眠etc)での快音を定義する。

【参考論文・文献】

- [1]Song He, John Miller, Vinod Peddi, Bill Omell, and Michael Gandham, Active Masking of Tonal Noise using Motor-Based Acoustic Generator to improve EV Sound Quality, SAE INTERNATIONAL, No.2021-01-1021, p.1-7 (2021)
- [2]佐野 真一, 福原 千絵, 新型BEVの加速サウンド開発, 自動車技術会学術講演会講演論文集, No.20216100, p.1-6 (2021)
- [3] Narumon Jadram, Tipporn Laohakangvalit and Midori Sugaya, Evaluation of the Relationship between Comfortable Arousal and Driving Performance using Physiological Data, Asia Pacific Conference on Robot IoT System Development and Platform, p.52-53 (2022)

【研究予定期間】 2021年度～2024年度

【オープンラボ使用計画】 —

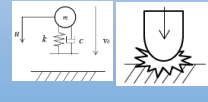
【テーマ名】 **ラトルノイズ：ギヤ・スプライン衝突加振力予測** 【研究委託先】 愛知工業大学
島根大学、東京工業大学

【研究目的】 ラトルノイズの加振力となる、ギヤ・スプラインの衝突の物理特性（歯減衰、歯剛性、オイル減衰特性）を定義する

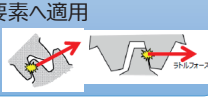
【研究内容】

- ・FY22～FY23上期 衝突モデルの研究 -テストピースでの物体間の衝突力の計測技術の確立と剛性、減衰特性を解明するとともに詳細な衝突原理モデル(3D)を構築する。この技術を基に特性を簡易化したバネマスモデルを構築する。また次年度に向けてギヤ衝突力推定方法をモデルと実験を活用し検討する。
- ・FY23下期～FY24 ギヤへの適用 - FY22～FY23上期の衝突に関する技術を基に、一对ギヤのギヤボックスもしくはギヤ歯面を模擬したテストピースで衝突力を計測することで、剛性、減衰特性を解明しギヤ衝突モデルを構築する。
- ・FY25 スプラインへの適用 - FY23のギヤに続き、スプラインの衝突による衝突力を計測するとともに剛性、減衰特性を解明しモデルを構築する。


Step1 衝突力モデルの構築
22年度 計測方法の確立
～23年上期 パラメータの一般化



Step2 ギヤ・スプライン要素へ適用
23年下期 実験検証
～25年度 パラメータ同定



別テーマ：23年度～
ドライブレイン振動伝達予測



【研究成果】				【参考論文・文献】
2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	
簡素な物体間の衝突による物理特性（歯減衰、歯剛性）を定義する。	簡素な物体間のオイル減衰特性を定義する。 ギヤの衝突力推定方法の確立	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）を定義する。 スプライン衝突力推定技術の確立	スプライン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	<p>[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</p> <p>[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</p> <p>[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</p>

【研究予定期間】 2022年度～2025年度 【オープンラボ使用計画】 —

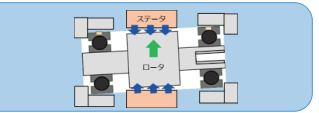
【テーマ名】 **回転アンバランス加振力予測** 【研究委託先】 近畿大学

【研究目的】 回転体の挙動に対して寸法精度や外力の影響を明確にし、回転体が動的に偏芯することで生じるアンバランス起因の強制力予測技術を確立する

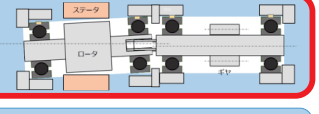
【研究内容】

モータの高回転化に伴い、回転体のアンバランス起因の振動現象が顕在化することが懸念される。電動車のトランスアクスル内部のギヤトレイン挙動は、回転体自体の質量アンバランスだけでなく、支持系の寸法精度や結合要素の精度、さらにモータ電磁気力やギヤのかみあい反力等の外力の影響も受ける複雑な挙動である。よって、各影響因子と回転体の挙動の関係を把握してモデル化し、強制力予測技術を確立する。

STEP1 モータ部の実機検証
2023年度



STEP2 トランスアクスルAssyを模擬した実機検証
2024年度



STEP3 モデル化、予測技術の確立
2025年度

【研究成果】			【参考論文・文献】
2023年度	2024年度	2025年度	
モータ部の実機検証 ・Brgガタ ・芯ずれ ・アンバランスによる遠心力 ・MG電磁力の影響の明確化	トランスアクスルAssyを模擬した試験装置での実機検証 ・スプライン部の精度 ・ギヤ部分とロータ部分の軸芯ずれ ・ギヤのかみあい反力 ・ギヤ部のアンバランスによる影響の影響の明確化 ※FY23の結果を踏まえ取り組み内容を精査	モデル化、予測技術の確立 ・メカニズム解明 ・BRGのモデル化手法 ・スプライン拘束状態のモデル化手法 ※FY23,24の結果を踏まえ取り組み内容を精査	<p>[1]玉軸受単体の回転非同期振れに及ぼす傾斜誤差の影響 野口 昭治, 佐藤 優太, 野木 高, 金田 徹, 日本機械学会論文集C編, 2012年 78巻 785号 p. 272-281</p> <p>[2] 2つの玉軸受で支持された軸の回転精度における軸受取付誤差と外輪取付位相の影響 野口 昭治, 金田 徹, 設計工学, 2017年 52巻 10号 p. 629-638</p> <p>[3]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, 日本機械学会論文集, 2021年 87巻 903号 21-00209</p>

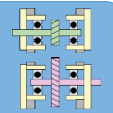
【研究予定期間】 2023年度～2025年度 【オープンラボ使用計画】 —

【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】	未定
--------	-------------------	---------	----

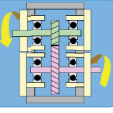
【研究目的】 高周波帯域のドライブトレイン振動伝達特性（高周波振動モード、減衰特性、軸受動ばね特性、それらの非線形性）を明確にし、予測技術を確立する

【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、ギヤ噛み合い部の結合剛性・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。

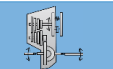
Step1 計測技術の確立
24年度 単軸・2軸の振動伝達特性把握
25年度 実験に基づく予測技術構築



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
27年度～ 回転アンバランス予測等



【研究成果】			【参考論文・文献】
2024年度	2025年度	2026年度	
<input type="checkbox"/> 計測用装置設計と製作 <input type="checkbox"/> 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	<input type="checkbox"/> 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 ・噛み合い部の振動減衰特性 ・動ばね特性 ・オイル有無	<input type="checkbox"/> 高周波帯域の振動伝達理論構築と予測技術確立 ・理論的背景に基づく高周波の振動伝達予測手法	[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（5000rpm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マータの開発,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SREータの提案,伊藤 巨輝,中村 健二(東北大学),日本磁気学会論文特集号,7巻(2023),1号

【研究予定期間】	2024年度～2026年度	【オープンラボ使用計画】	2026/1/Top～2026/2/End
----------	---------------	--------------	-----------------------

研究Gr._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)

Gr.G 計測技術 研究シナリオ_1/2

TRAMI
3重点方針

(1)高効率・小型化
モーター技術

(2)高回転化対応
ドライブトレイン技術

(3)静粛化対応
音振動低減技術

- ✓ 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)
- ✓ TARMIR研究会の計測ニーズと、計測原理の一致点を見つけ研究に貢献する。

超高回転化にむけた重要課題

目指す技術の姿

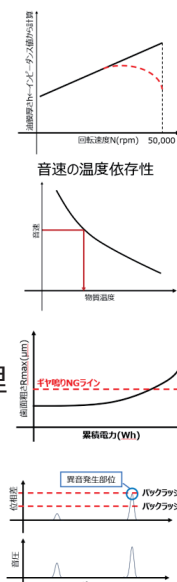
重点方針	懸念機能	懸念現象	重要課題
超高回転モータ技術 (5万rpm超)	信頼性低下	ギヤ油膜	超高速度ギヤ油膜厚さを物理計測して定量化すること
		減磁	ロータ出力密度増加に伴う温度分布を定量化すること
		ギヤ電食	スイッチング高速化に伴う電食現象を見える化して計測すること
		異音発生	高減速比化に伴う異音部位を特定すること

【ギヤ油膜計測技術】
ギヤ対を電気回路にすることで、インピーダンスを計測することで、膜厚を同定する技術

【モータ部品内部温度分布計測技術】
超音波伝達速度の温度依存性と熱伝達モデルを組み合わせて温度分布を同定する技術

【電食現象解明のための計測技術】
電食現象のビジュアル化と電食現象の物理量を観測して電食を定量化する技術

【減速機異音発生部位検出技術】
異音と連動して変化する物理量変化を検出することで発生源を特定する技術



✓ 超高回転化実現に、必須の技術開発を検証する計測手段を獲得する

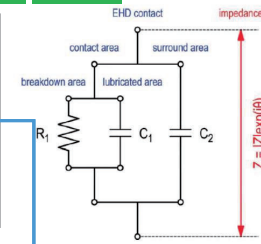
課題バラシによる重要計測技術の獲得

ギヤ油膜計測技術

高応答 非連続 接触現象

電気インピーダンス法による潤滑計測原理を適用歯面と油膜を電気回路に見立て、油膜厚や接触有無を計測する

- ・R = 金属接触(真実接触)
- ・C1 = EHL理論の油膜要素
- ・C2 = その他キャパシタ因子(非駆動歯面等)



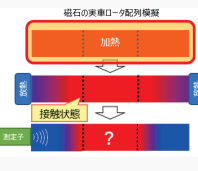
- 1)ギヤ非連続接触面への原理適用
- 2)高回転(高サンプリング)計測対応
- 3)他の影響物理量の計測、補正など実用研究

モータ部品内部温度分布計測技術

高応答

超音波サーモトリーによるモータ部品内部の温度分布計測

- 1)マグネット(焼結材)とマグネット同士の界面減衰検証
- 2)薄板積層体による乱反射影響検証
- 3)モーター組付け状態での計測原理検証(電動化研究会の熱伝達モデル検証)



課題バラシによる重要次テーマ

ギヤ電食現象計測技術

非連続

A1)電食現象の負荷の強さと劣化度合いを定義する物理量の探索

A2)電食させて実際の劣化現象で計測原理を検証

B1)ギヤ歯面の電食現象のビジュアル化手法の探索

B2)A発生条件を再現させて電食現象をビジュアル化して現象を解明

減速機異音部位検出技術

接触現象

1)異音発生時の現象を仮説を立てて計測原理探索

2)異音発生を模擬したギヤBOXで、候補の原理検証(軸位相、加速度...)

3)異音部位推定に必要な解析手法の探索と検証

信頼性要件の理論限界まで使い切って性能向上する

Gr.G 計測技術 研究ロードマップ

✓ 各重要課題に対して目指す技術の獲得に向けて下記の研究を計画

～FY23終了 FY24取組テーマ 次ステップ取組 目指す姿(技術)

				研究テーマ				
重点方針	主要性能	重要課題	アプローチ	'23	'24	'25	'26～	'30
高回転化対応ドライブトレイン開発	信頼性低下	歯面油膜計測技術	高回転時のギヤ噛合い部油膜厚さ計測手法	高回転計測技術検証	超高回転環境下の油膜計測技術使用による信頼性検証技術獲得			
		モータ部品内部温度分布計測技術	超音波サーモトリーによるモータ部品内部温度分布計測	フィジビリティテスト	ラトルの油膜減衰効果検証に応用	モータ部品内部温度分布計測技術検証	超高回転環境で温度分布技術獲得(オープンラボ活用検討)	【原理の機展開イメージ】ラトルの減衰モデル同定 歯面温度 攪拌のギヤ油膜
		ギヤ電食現象計測技術(モータユニーク劣化現象)	現象把握の物理量と計測原理を探索中	計測原理探索	計測原理検証研究	電食評価検証技術獲得	【原理の機展開イメージ】ギヤ歯面温度 ベアリングの転送面温度	
		減速機異音部位検出技術(電駆高減速比振動伝達系ユニーク現象)	現象把握の物理量探索中	計測原理探索	計測原理検証研究	減速機異音部位特定技術獲得		

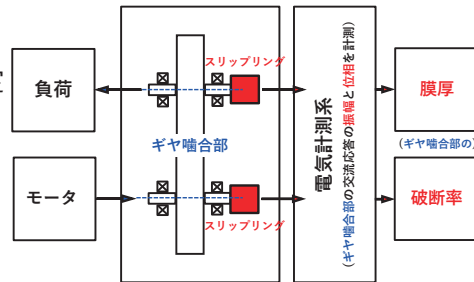
【テーマ名】 ギヤ噛合部の油膜形成と破断を評価する計測手法の開発

【研究委託先】 横浜国立大学

【研究目的】 ギヤ噛合部の潤滑状態を把握するために、油膜の膜厚と破断率を同時に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、ギヤ噛合部の油膜に関する二種類の情報（膜厚と破断率）を同時に定量化可能な計測原理を構築する。2024年度は5万rpmで回転しているギヤから油膜厚さ・破断率の試算に必要な信号を実測できる計測システム、及び得られたデータから油膜厚さ・破断率が試算できるモデルを構築し、2万rpmで実測できることを確認する。また、他研究分野・テーマで発生した課題の原因究明やその他応用研究への本計測手法を適用することで各研究が加速することを狙う。



【研究成果】

2022年度	2023年度	2024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	・50000rpm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）

【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

【研究予定期間】 2022年度～2024年度

【オープンラボ使用計画】 —

【テーマ名】 モータ部品内部温度分布計測技術の研究

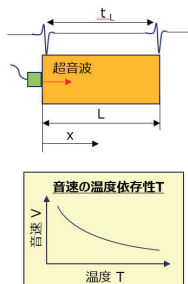
【研究委託先】 長岡技術科学大学

【研究目的】 モータに使用される磁石の内部温度計測、界面が存在する連なる磁石温度を計測できる技術を開発する。組立状態（積層鋼板内組み込み）における熱伝達モデルを構築、実機での内部温度分布計測を可能とする

【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開発する。

温度分布は差分法解析にて取得可能となり、モータ内磁石のような中心温度が高くなるような温度分布を正確に測定可能であることを確認し、モータ構造で横展開可能な手法を開発する。



- 物体温度均一の場合

$$t_L = \frac{L}{V(T)}$$
- 物体温度不均一の場合（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】

2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
【フィジビリティテスト(F/T)】 ・テストピースで磁石の材質、界面の存在や強磁界による超音波計測への影響を検証する → F/Tで焼結磁石の着磁状態での計測が可能であることを確認済み	【計測技術検証 1年目】 ・ローター模擬構造にて、計測原理の適用可能性を検証する ・他の熱伝達モデル検証への適用検討（ギヤ歯面やベアリング転送面の温度等）	【計測技術検証 2年目】 ・ローター、ステーター組付け状態にて、温度分布計測方法検証 → センサ取り付けや接触、非接触等の計測方法を確立する	【計測技術検証 3年目】 ・モータ組付け状態での、温度分布計測方法検証 → 回転時の計測可否等の制約を検証する。

【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] 超音波による材料内部温度プロファイリングの高精度化に関する検討, 友松拓也 (長岡技術科学大学), 井原郁夫 (長岡技術科学大学), 日本機械学会 2011 年度年次大会 [2011, 9, 11 - 14]

【研究予定期間】 23年度～26年度（F/T+3か年）

【オープンラボ使用計画】 2026年4月～

研究Gr._H 合同調査 研究委員会

下河 洋平
研究委員会リーダー
(ジヤトコ株式会社)

Gr.H 合同調査 研究シナリオ_1/2

TRAMI
3重点方針

(1)高効率・小型化
モーター技術

(2)高回転化対応
ドライブトレイン技術

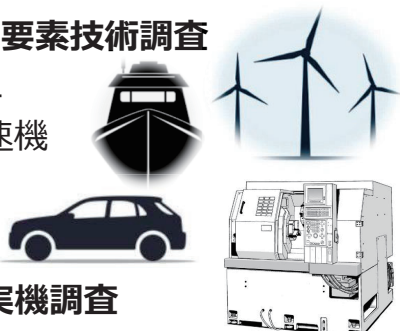
(3)静粛化対応
音振動低減技術

✓ 全業界を対象にトッランナーの要素技術を研究し、超回転化の基礎技術開発に繋げる。

超高回転化(5万rpm超)に対する取組み

① トッランナー要素技術調査

- L 高回転モーター
- L 高減速比 減速機



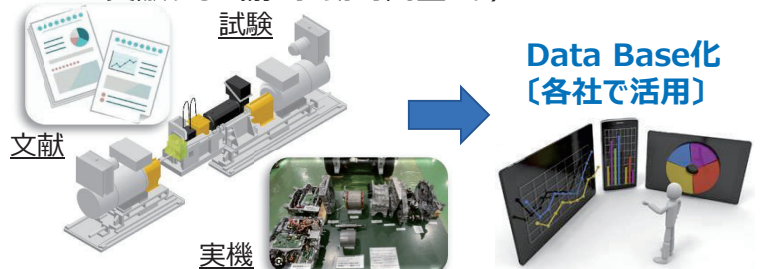
② 重要課題の実機調査

- L MOT&INV
- ★熱性能 (ロータ/ステータ発熱、放熱性能)
- ★効率 (鉄損、銅損)
- ★静粛性 (アンバランス加振力)
- L 減速機
- ★熱性能 (BRG、ギヤ歯面発熱、潤滑)
- ★効率 (BRG摺動、ギヤ噛み合い損失)
- ★静粛性 (ギヤ噛み合い&アンバランス加振力)

合同調査の目指す姿

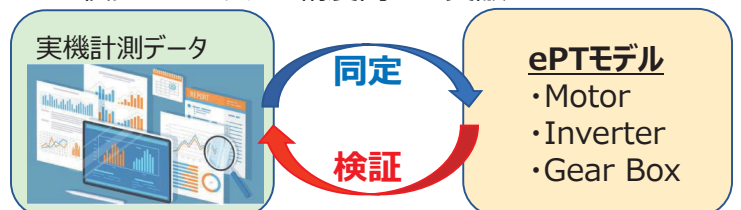
✓ トッランナー要素技術のストック

→技術の発掘と深掘りを行い各社の基礎技術開発に貢献する (静的・動的調査より)



✓ 重要課題の分析/検討モデル構築のサポート

→検討Simモデルの精度向上に貢献



- ✓ 超高回転化に向けてトッランナーの要素技術を調査し、
実機データ計測から技術分析と重要課題の検討モデル構築のため同定・検証を行う。

トッランナーの要素技術調査

アプローチ①：ASSY調査

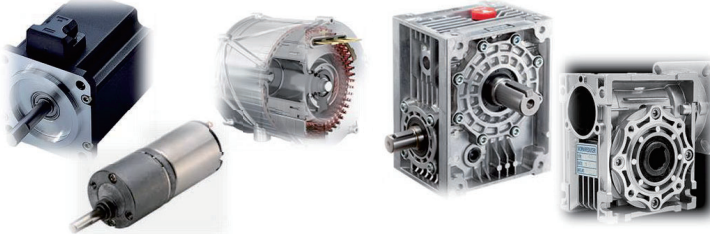
→ 超高回転MOT+ 超高減速比Gear Box



★文献より静的調査を実施

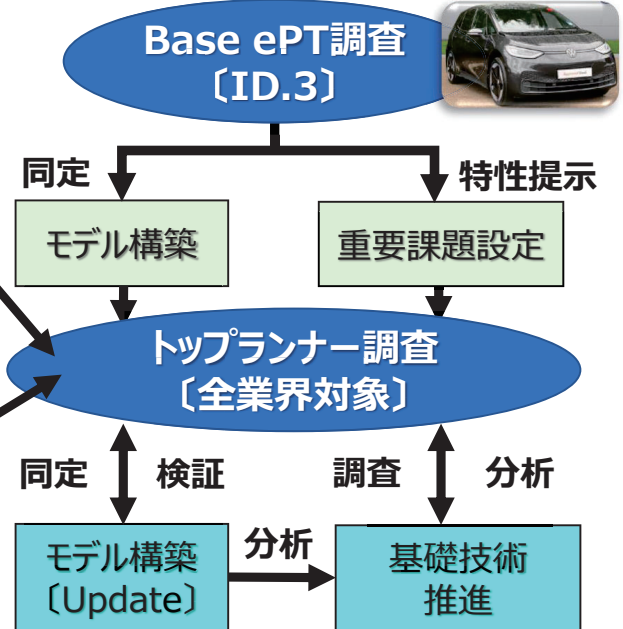
アプローチ②：単体調査

→ 超高回転MOT+ INV / 超高減速比Gear Box



★実機調査（静的/動的）を実施

重要技術課題の分析/モデル化 〔損失、発熱、潤滑〕



- ✓ 各重要課題に対して目指す技術の獲得に向けて下記の研究を計画

～FY23終了> FY24取組テーマ > 次ステップ取組 > 目指す姿(技術)

重点方針	主要性能	重要課題	アプローチ	研究テーマ				
				'23	'24	'25	'26	～'30
高効率・小型化 モーター技術	電費性能	良電費技術	熱マネジメント調査	ID.3 車両調査 モデル構築 〔モデル戦略〕		PT実機調査 (トッランナー 要素技術) ※全業界	モデル構築 〔モデル戦略〕	超高回転化 ・要素技術ストック ・重要課題検討 モデル構築
			損失調査	①ID.3 PT調査 ※超高回転技術 Baseデータ取得 ②トッランナー 要素技術調査 ※全業界 モデル構築 〔モデル戦略〕				
高回転化対応 ドライブトレイン技術	熱性能	発熱特性	測温調査			モデル構築 〔モデル戦略〕		
		放熱特性	潤滑調査					
静粛化対応 音振動低減技術	音振性能	アンバラ影響	振動感度調査		③課題バラシ /設定			

TRAMI 2024年度研究企画書

Transmission Research Association for Mobility Innovation
自動車用動力伝達技術研究組合

【研究委員会/分科会】 合同調査研究委員会

【テーマ名】 電費向上技術の調査(VW ID3) ~ePT調査~

【研究委託先】

【研究目的】 ePT調査(効率計測)を行い、F22から継続している良電費の分析精度を上げる。更に超高回転化の基礎技術研究に向けて、基点ePTモデルの同定を行う。

【研究内容】

熱マネジメントに着目し、車両走行時の冷媒-冷却-電気特性を取得し、エネルギー損失調査/分析を行う。

FY22 前半：文献調査、車両調査で測定項目の検討
後半：機材手配、車両計装、トライアル走行&データ計測

FY23：車両計測を実施
→電費の良い理由明確化(+車両モデル[冷却システム]作成 by モデル戦略)

**FY24：ePT(MOT&INV、減速機)効率調査
& 超高回転化に向けて基点ePTモデル構築のための同定データを取得。**



【研究成果】

2022年度	2023年度	2024年度
<ul style="list-style-type: none"> 車両情報の収集 車両情報の分析 車両調査項目の計測準備(計装仕様書) 計装項目データ取得/確認 FY23評価モード 	<ul style="list-style-type: none"> 良電費の明確化(車両階層) 熱マネジメント解析 車両モデル[冷却システム] by モデル戦略 ePT(MOT,減速機)効率評価企画 ※モデル同定用 超高回転化に向けての研究テーマ検討 	<ul style="list-style-type: none"> ePT効率評価により、電費が良いメカニズムの深堀り分析。 超高回転化に向けたePT基点モデル構築。

【参考論文・文献】

【研究予定期間】 2022年度~2024年度

【オープンラボ使用計画】

-

TRAMI 2024年度研究企画書

Transmission Research Association for Mobility Innovation
自動車用動力伝達技術研究組合

【研究委員会/分科会】 合同調査研究委員会

【テーマ名】 トップランナー要素技術調査(超高回転化に向けた基礎研究)

【研究委託先】

【研究目的】 超高回転(5万rpm超)の基礎技術推進のため、全業界を対象として、トップランナー技術の調査/分析を行う。FY24は超高回転MOT・高減速ギヤボックスの静的ベンチマークを実施し、次年度以降の実機調査(動的)に繋げる。

【研究内容】

・超高回転モータ+高減速比(20~30)減速機を想定した課題抽出のための基礎データ取得。

- L 実機分解によるSpec調査
- L MOT/INV：効率、発熱、振動
- L Gear Box：効率、発熱(潤滑含む)、振動

・超高回転検討のためのPTモデル構築のための実機データを用いた同定。

・超高回転化に向けて抽出した課題の重み検証と新たな課題抽出。



【研究成果】

2024年度	2025年度	2026年度
<ul style="list-style-type: none"> 全業界トップランナー要素技術調査(静的ベンチマーク) L スケルトン・構造 L 分解調査(部品スペック) ※PTモデルへのFB 	<p>FY24~継続</p> <ul style="list-style-type: none"> 全業界トップランナー要素技術調査(静的ベンチマーク) <p>FY25新規</p> <ul style="list-style-type: none"> 実機調査(熱性能・効率・静粛性) L 特性データ L PTモデル同定 	<p>FY24~継続</p> <ul style="list-style-type: none"> 全業界トップランナー要素技術調査(静的ベンチマーク) <p>FY25~継続</p> <ul style="list-style-type: none"> 実機調査(熱性能・効率・静粛性) L 特性データ L PTモデル同定

【参考論文・文献】

【研究予定期間】 2024年度~2026年度

【オープンラボ使用計画】

TBD(※検討中)

TRAMI活動 参加制度のご案内

松原 譲二
運営委員
(三菱自動車工業株式会社)

賛助会員 TRAMI活動に賛同・サポート

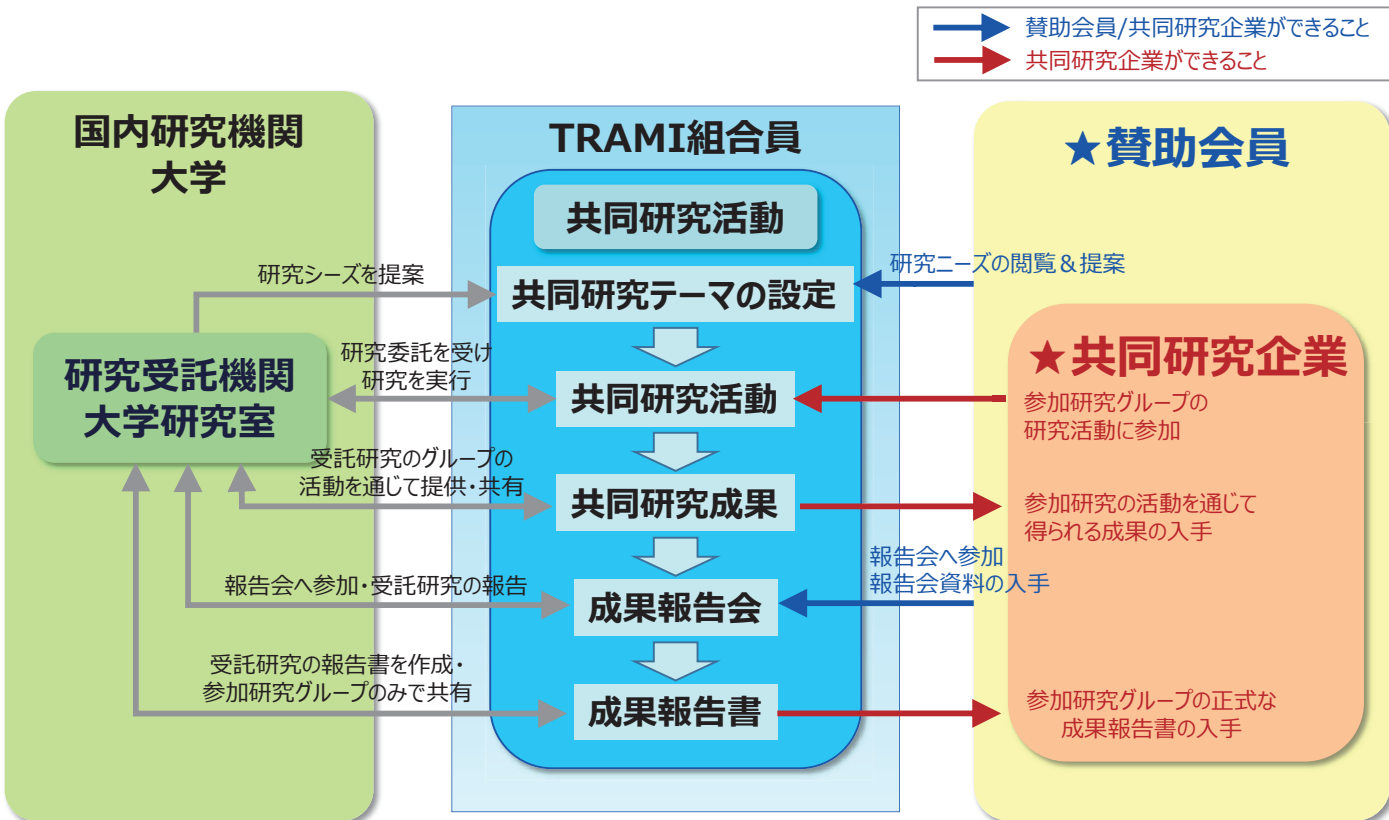
★TRAMIの活動にご賛同いただける方

共同研究企業 研究テーマを組合員と共同で実施

★TRAMIのメンバーと共に研究活動に参加していただける方

目的：基礎・基盤研究を通じた技術力の向上と人財育成

- ・関心分野において産/学のネットワークを拡大
- ・研究活動を通してOEM/ユニットメーカーと生の議論



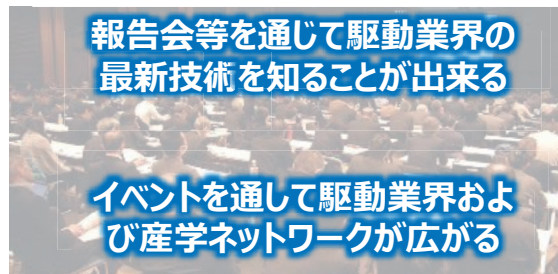
■ 研究ニーズ :

- ・TRAMIにて行う研究活動について、研究ニーズの提案
- ・TRAMI組合員および賛助会員の研究ニーズ集約結果の入手

技術的な関心事や優先度が把握出来る		ニーズリスト
-------------------	--	--------

■ 研究成果報告会 :

- ・年度末に開催される「研究成果報告会」に参加
- ・成果報告概要（成果報告会での事前配布資料等）の入手



■ TRAMIが主催するイベントへの参加

- ・ユニット分解展示会
- ・産学連携講座(注.公開イベントになります) 等への参加



ドライブユニット分解展示会(2022/8)



第3回産学連携講座 @九州大学(2023/7)



共同研究企業制度概要

参画単位：設定する研究グループごとの参画

研究の主体：大学(大学に研究委託をして実施する)

権利と役割：参加研究に関しては規約・規程に基づいて基本的に**組合員同等の権利と役割を有する**
(研究会の運営に関する議論は組合員のみ参加としています)

産学の業界代表者との
ネットワークが広がる

実際の研究活動に参画

年度に複数回実施される研究会等に参加し、研究の進捗・課題・方針等について議論する
研究テーマの議論に加えて話題提供等による情報共有を実施

自社開発における
リーダー人材の育成ができる

共同研究の詳細な成果の入手

研究に実際に参画することでのみ得られる詳細な情報

具体的な研究成果を
自社の開発に直接役立てられる

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
研究会	◎		◎		◎		★ ◎		◎		◎	★ ◎

注).実施回数・時期・場所は研究ごとに異なります

共同研究企業制度の位置づけ

2024年度 研究グループ (1/2)

研究会	2023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	高速回転歯車の信頼性確保へ向けた摩擦/摩耗影響因子の解明	東京理科大	A
	超高回転化における摺動部発熱および潤滑油量に着目したトライボ基礎研究	九州工業大	
	高回転環境における有効な潤滑供給に関する研究	東海大	
機械伝達分科会	高速回転・高PVギヤのかみ合い摩擦・スカuffing摩耗に関する研究	鳥取大	
	超高回転ギヤにおける既存設計技術の適用可否検証および課題検討	(研究会内)	
摩擦伝達分科会	トラクション伝達による高減速比機構に関する研究	東海大	
	電動化に適した動力伝達機構の検討	SERC/IDAJ	
	磁気ギヤと小型モータを一体化したモータシステムの研究★	横浜国立大/芝浦工大	
流体摩擦・熱研究委員会 (流体制御研究委員会)	高回転ギヤへのオイルジェット潤滑の研究★	(未定)	C
	飛沫挙動の研究★	東京大	
	マイクロバブル混入による冷却性能とせん断抵抗の最適化の研究	神戸大	
	マイクロバブル析出技術と騒音低減技術の開発★	横浜国立大	
	飛沫を伴う攪拌流れの二相流研究	大阪大	
	高回転環境で適用可能な気液二相流モデル化手法の研究	数値流体力学コンサルティング	
電動化研究委員会	高回転化における軸芯給油潤滑に対する影響パラメータの研究★	(未定)	E
	超高回転モータGAP部のロータ風損および放熱メカニズムの解明	大阪公立大	
	高出力密度コアレスモータの在り方※	名古屋工大	
	超高回転における可変界磁モータのロータ電磁気構造設計※	岡山大	
	アルミ・銅を含むコア有モータの巻線構造の在り方の研究※	東京電機大	
	コア材の高磁束密度/高周波鉄損特性のデータ計測に基づく鉄損解析※	千葉大	

★：2024年度から始まる新規テーマ

※：「2023年度NEDO先導研究プログラム」対象の研究テーマ

■ 2024年度 研究グループ (2/2)

研究会	2023年度 研究テーマ	委託先予定	研究Gr
電動化研究委員会	50000rpm超を見据えた損失推定精度向上※	横浜国立大	E
	モータ制御及び構造 (DVA) による共振回避 ~構造アプローチ~※	名古屋工大	
	モータ制御及び構造 (DVA) による共振回避 ~制御アプローチ~※	横浜国立大	
	低インダクタンス用電力変換回路とセンシング&制御※	東京理科大/東京電機大	
	高電圧化対応ベアリング電蝕抑制※	北海道大	
	超高回転システム構築と実機検証※	(TRAMI)	
	モータ構造による円環振動抑制★	横浜国立大	
	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/東京大	
	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	
	モータ内の冷媒冷却に関するフィジビリティスタディ★	(未定)	
音振動研究委員会	電動モータ振動伝達特性予測：ステータ	岐阜大/豊橋技科大/明治大	F
	電動車 快音化指針の構築	中央大	
	ラトルノイズ：ギヤ・スプライン衝突加振力予測	愛知工大/島根大/東工大	
	回転アンバランス加振力予測	近畿大	
	高周波ドライブトレイン振動伝達予測★	(未定)	
計測技術研究委員会	ギヤ噛合部の油膜形成と破断を評価する計測手法の開発	横浜国立大	G
	モータ部品内部温度分布計測技術の研究	長岡技科大	
合同調査研究委員会	電費向上技術の調査(VW ID3) ~ePT調査~	(未定)	H
	トッランナー要素技術調査〔超高回転化に向けた基礎研究〕★	(未定)	

★：2024年度から始まる新規テーマ

※：「2023年度NEDO先導研究プログラム」対象の研究テーマ

ステークホルダーの皆様

■ 数多くのステークホルダーの皆様のご協力にて活動中

賛助会員企業

共同研究企業を含む公開許諾企業 2023年11月現在 *五十音順

イーグル工業株式会社	コマツ (株式会社小松製作所)	日野自動車株式会社
株式会社エクセディ	GKNドライブラインジャパン株式会社	株式会社ファソテック
NOK株式会社	株式会社ジェイテクト	ファンクションベイ株式会社
ENEOS株式会社	シェフラージャパン株式会社	株式会社不二越
株式会社エフ・シー・シー	大同特殊鋼株式会社	マレリ株式会社
株式会社オティックス	大同メタル工業株式会社	株式会社明電舎
株式会社オートテックニッポン	株式会社東陽テックニカ	株式会社山田製作所
オートマックス株式会社	東洋電機製造株式会社	ユニプレス株式会社
株式会社小野測器	日本精工株式会社	株式会社リケン
カヤバ株式会社	日本ルーブリソール株式会社	
株式会社神崎高級工機製作所	ニュートンワークス株式会社	

共同研究企業

公開許諾企業 2023年11月現在 *五十音順

イーグル工業株式会社	GKNドライブラインジャパン株式会社	ニュートンワークス株式会社
株式会社エクセディ	株式会社ジェイテクト	日野自動車株式会社
NOK株式会社	シェフラージャパン株式会社	株式会社不二越
株式会社オティックス	大同特殊鋼株式会社	マレリ株式会社
株式会社小野測器	東洋電機製造株式会社	株式会社明電舎
カヤバ株式会社	日本精工株式会社	株式会社山田製作所
コマツ (株式会社小松製作所)	日本ルーブリソール株式会社	ユニプレス株式会社

<入会資格>

日本国内に製造又は研究開発拠点を有し、自動車又は自動車に関連する部品、材料、サービスなどの提供を行う法人

<申し込み方法はこちらから>

賛助会員 https://trami.or.jp/supporting_member/



共同研究企業 https://trami.or.jp/joint_research_partner/



<賛助会員制度>

年会費：中小企業(資本金3億円未満) **50万円** (不課税)

大企業(資本金3億円以上) **150万円** (不課税)

<共同研究企業制度>

年会費：中小企業(資本金3億円未満) 1研究グループ目 **70万円** 2研究グループ目以降 30万円/件 (税抜き)

大企業(資本金3億円以上) 1研究グループ目 **200万円** 2研究グループ目以降 100万円/件 (税抜き)

【ご案内】 第4回産学連携講座が開催されます



- 日時：12/15 (金)
13：00～17:00 (会場＋オンライン)
- 場所：東京理科大学 葛飾キャンパス
- 参加費無料 (オープンイベント)
- イベント内容
 - ・産と学の講演会
 - ・ユニット分解展示会、電動車展示会

詳しくはこちらから

https://trami.or.jp/event_info/1715/



参加登録はこちらから

https://us06web.zoom.us/webinar/register/WN_qwTbM2vPQmmCsvHtgcw0IQ



自動車用動力伝達技術研究組合

Transmission Research Association for Mobility Innovation

TRAMI (トラミ)

〒105-0022

東京都港区海岸 1 丁目 9-11 マリンクスタワー8F

TEL03-5843-8639