

*Transmission  
Research  
Association for  
Mobility  
Innovation*



自動車用動力伝達技術研究組合

**第3回公開フォーラム  
次年度活動内容説明会**

# 第3回公開フォーラム

【 次年度活動内容説明会資料 】

自動車用動力伝達技術研究組合（TRAMI）

日時：2021年1月19日（火）

会場：オンライン

## 目次（1）

### 【第1部】

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. TRAMI活動概要          | 5  |
| 2. オープンラボの紹介          | 18 |
| 3. モデル活用事例の紹介         | 30 |
| 4. 賛助会員・共同研究企業・共同調査制度 | 58 |

### 【第2部】

|           |                                    |    |
|-----------|------------------------------------|----|
| 1. 研究委員会  | TRAMI研究方針                          | 71 |
| 2. 研究Gr_A |                                    | 83 |
| ①         | トライボフィルム及び表面テクスチャーの摩擦特性解析          | 88 |
| ②         | 接触部の境界～混合潤滑領域の検証                   | 89 |
| ③         | 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 | 91 |
| ④         | 超高回転時のギヤ挙動(歯面潤滑状態・かみ合い起振力)の研究      | 92 |
| ⑤         | 摩擦伝達要素のトライボコントロール理論検証              | 94 |
| ⑥         | 摩擦伝達要素の摩擦ベクトルを加味した面圧、滑り状態解析        | 95 |
| ⑦         | トラクションローラの高回転時における動力伝達特性に関する研究     | 96 |
| ⑧         | トラクションローラの高回転時における油膜形成、油流れに関する研究   | 97 |

## 目次（2）

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 3.研究Gr_C                         | 98  |
| ⑨ 高速回転環境での潤滑油流れの解明               | 102 |
| ⑩ 気泡を含む攪拌流れの二相流研究                | 103 |
| ⑪ 気泡を含む気液二相流の改良モデル実用化            | 104 |
| 4.研究Gr_D                         | 105 |
| ⑫ 気泡生成技術の研究                      | 109 |
| ⑬ 電磁弁における動的挙動の研究                 | 110 |
| ⑭ 油圧剛性と油への気泡の溶解析出に関する研究          | 111 |
| ⑮ 油圧インピーダンスの研究                   | 112 |
| ⑯ オイルポンプの研究                      | 113 |
| 5.研究Gr_E                         | 114 |
| ⑰ 磁性材料の磁気特性の研究                   | 118 |
| ⑱ 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究（GAP部）      | 119 |
| ⑲ 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究（COIL END部） | 120 |
| ⑳ 油冷モータのロータ/ステータGAP部の流れ場・伝熱現象の解明 | 121 |
| ㉑ 油冷モータのコイル内部のオイルの流れ場・伝熱現象の解明    | 122 |
| ㉒ モータ起振力同定、及び計測精度向上の研究           | 123 |
| 6.音振動研究会                         | 124 |
| ㉓ 音振動 研究シナリオ                     | 125 |



# TRAMI活動概要

黒田 耕治  
運営委員長  
(本田技研工業株式会社)

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  
を通し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

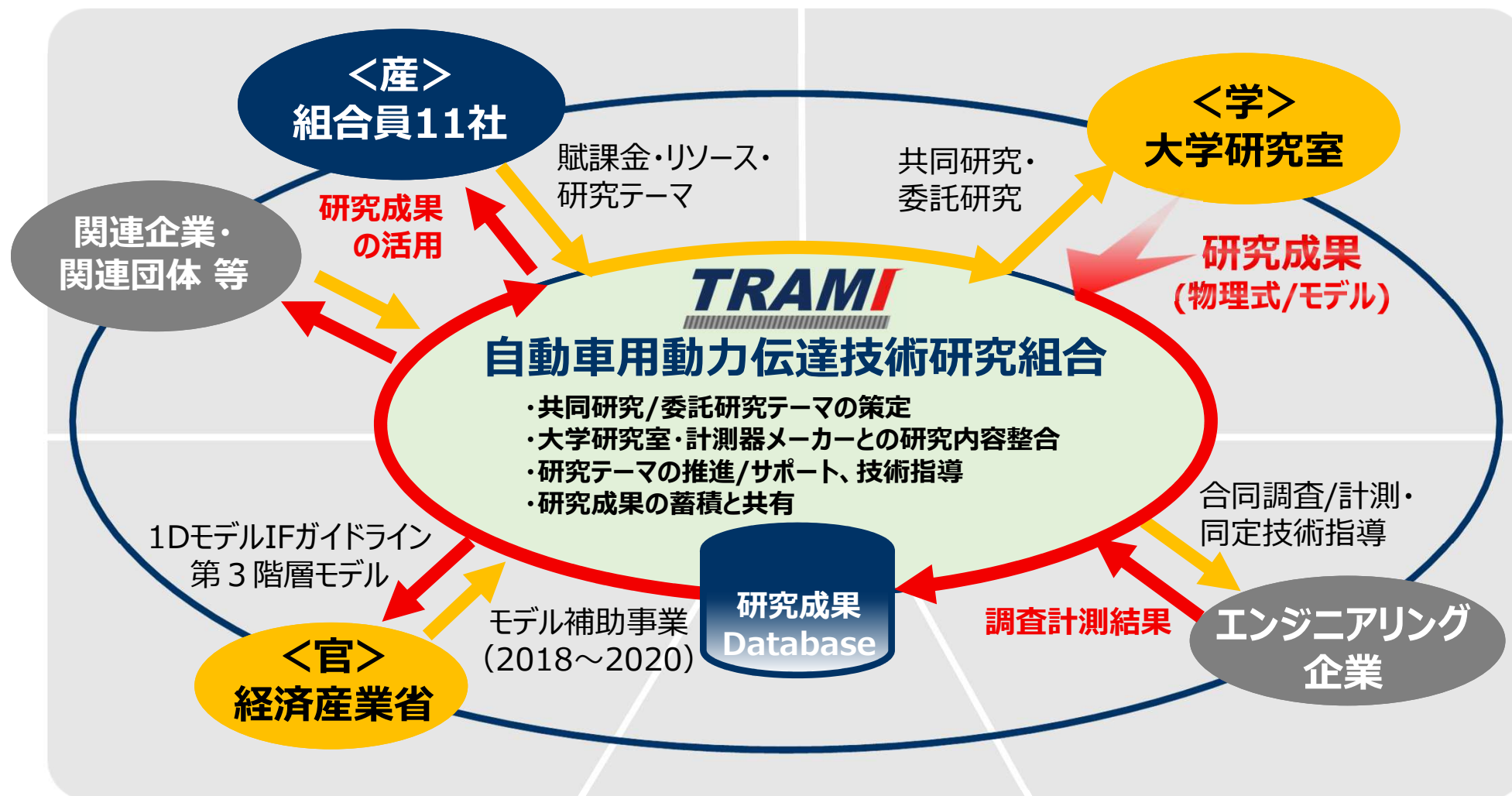
- ✓ 国内に開発拠点を置く自動車メーカー、国内で製造・開発を行うトランスミッションメーカー
- ✓ 産業技術研究法人及び試験研究を主たる目的とする一般財団法人

## 11社にて活動

(五十音順)



- ✓ 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

TRAMIの扱う研究領域は、

**自動車用のパワートレイン（モータ本体含む、ENG以外）全体**

✓ 電動化/自動運転化に向けてTRAMI領域の重要性は一段と高まっている

## パワートレイン

駆動力を生み出し、適切に変換して車輪に伝える機能

エネルギー源

Gasoline  
Diesel  
Natural gas  
Batteries  
Fuel cells  
...

AICE

Engine

TRAMI

Transmission  
DCT・AMT  
CVT/AT  
MT

HEV

Motor

Reducer

Joint & Shaft

Transfer

Final Drive

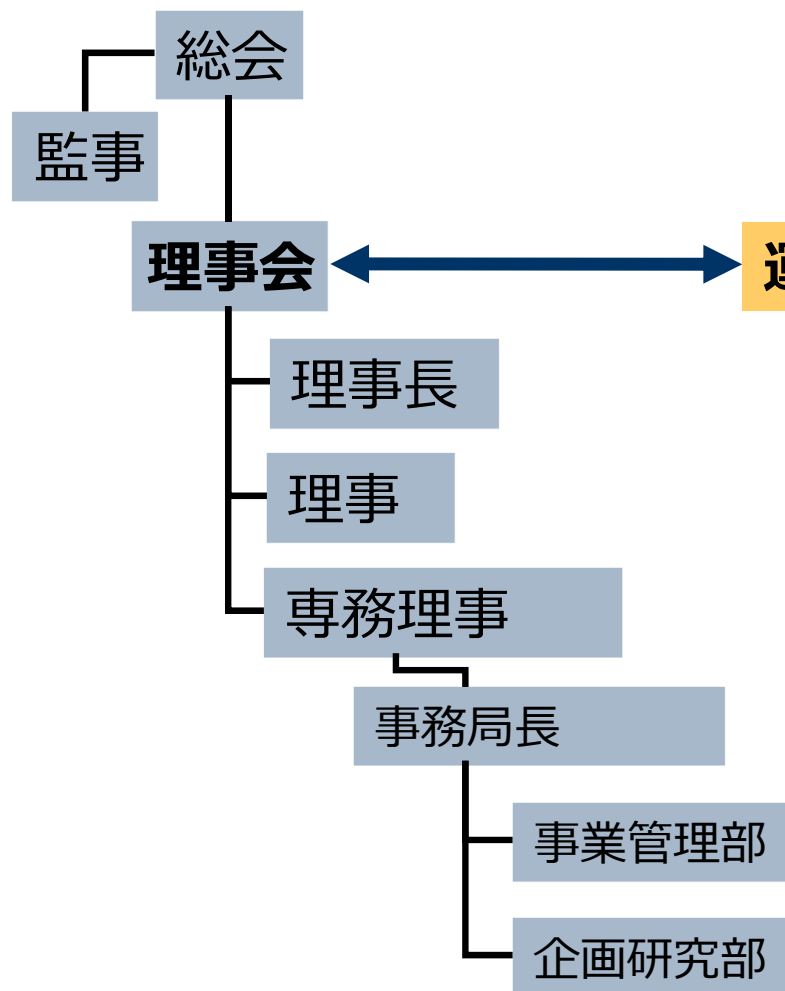
★モータ本体技術を含む

AWD Coupling

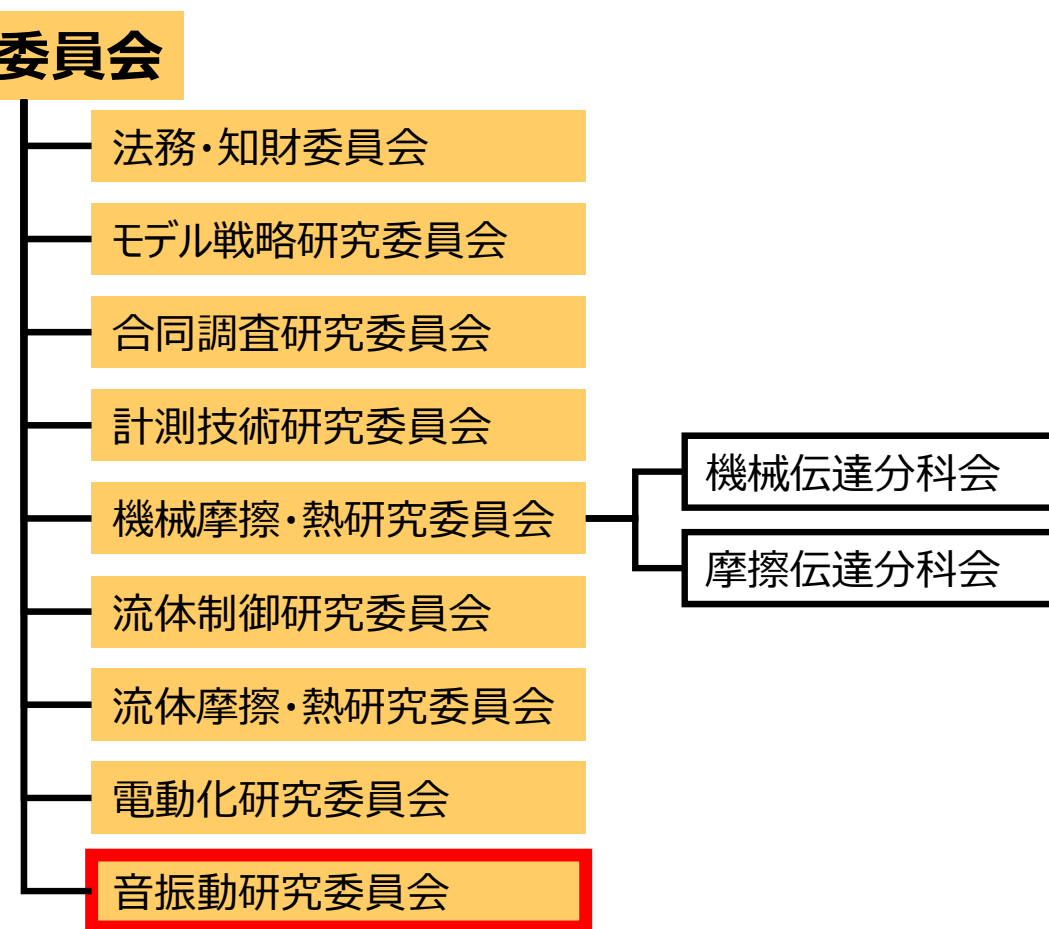
車輪

Tire

## 技術研究組合法に基づいた運営体制

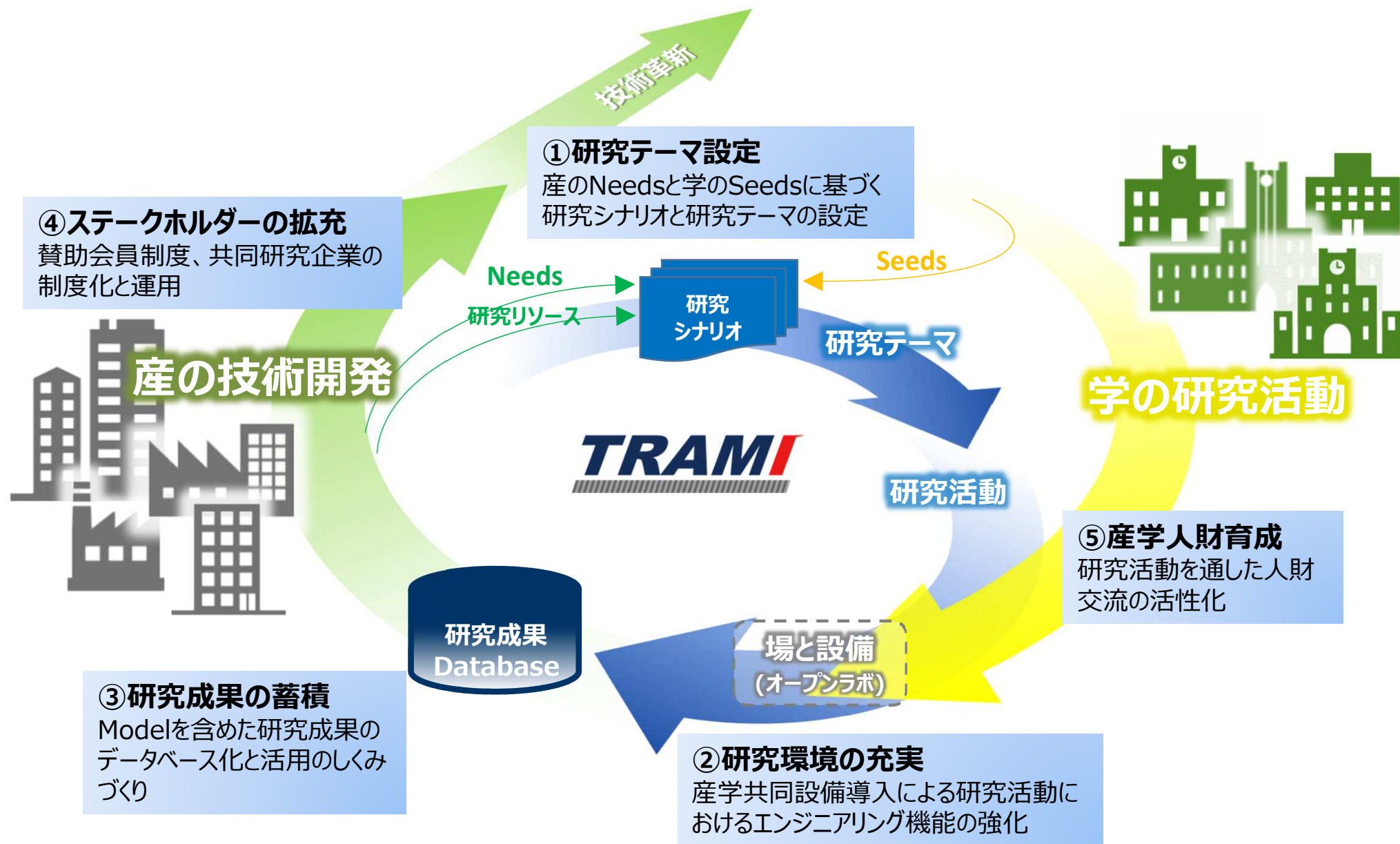


## TRAMI独自の研究体制



※ 音振動研究委員会を追加し活動を拡大





上記5つの施策により、学の研究活動を産の技術開発・将来の技術革新へと繋げる

モデル戦略研究委員会

トランスミッションのシミュレーションモデルの深化  
AT、CVT、DCT、HEVの第2階層、第3階層のモデル構築  
と同定

合同調査研究委員会

計測技術研究委員会

測れないものを測れるようにする。  
潤滑油内の気体濃度測定、ギヤ噛合い歯面の油膜厚測定の  
先行検討を実施

機械摩擦・熱研究委員会

金属間接触部、摺動部の摩擦コントロール

流体制御研究委員会

油圧制御の高精度/高効率化技術

流体摩擦・熱研究委員会

差回転要素の流体摩擦および熱現象の解明

電動化研究委員会

電気駆動について小型・高効率化に向けた基礎研究

音振動研究委員会

電動化による音振動要求高度化に対応

## ●2020年度 委託研究

| 担当研究会  | No. | 研究テーマ                              | 委託先            |
|--------|-----|------------------------------------|----------------|
| 機械摩擦・熱 | 01  | トライボフィルム及び表面テクスチャーの摩擦特性解析          | 東京理科大学         |
|        | 02  | 接触部の境界～混合潤滑領域の検証                   | 九州工業大学         |
| 機械伝達   | 03  | ギヤ歯面テクスチャのかみあい摩擦影響解明の研究            | 鳥取大学           |
| 摩擦伝達   | 04  | 摩擦伝達要素の摩擦損失解析                      | 室蘭工業大学         |
|        | 05  | 摩擦伝達要素の摩擦ベクトルを加味したPV特性解析           | 同志社大学          |
|        | 06  | トラクションローラの高回転時における動力伝達特性に関する研究     | 東海大学           |
|        | 07  | トラクションローラの高回転時における油膜形成、油流れに関する研究   | 東海大学           |
| 流体摩擦・熱 | 08  | 狭平板間のドラッグピークに関連する気相発生・成長のメカニズム解明   | 千葉工業大学         |
|        | 09  | シンプルな回転要素の二相流研究                    | 大阪大学           |
|        | 10  | 動的油面挙動CFD実用化研究                     | 数値流体力学コンサルティング |
| 流体制御   | 11  | 気泡生成技術の研究                          | 横浜国立大学         |
|        | 12  | バルブ動的挙動の研究                         | 横浜国立大学         |
|        | 13  | 油圧剛性と油への気泡溶解、析出に関する研究              | 法政大学           |
|        | 14  | 油圧インピーダンスの研究                       | 横浜国立大学         |
|        | 15  | オイルポンプの研究                          | 豊橋技術科学大学       |
| 電動化    | 16  | 磁性材料の磁気特性研究                        | 同志社大学          |
|        | 17  | 油冷モータのロータ/ステータの隙間(GAP)の流れ場・伝熱現象の解明 | 筑波大学           |
|        | 18  | 油冷モータのコイルエンド空間のオイルの流れ場・伝熱現象の解明     | 筑波大学           |
|        | 19  | 油冷モータのコイル内部のオイルの流れ場・伝熱現象の解明        | 大阪府立大学         |

## 学シーズの取り込みの為、研究公募をスタート

### <活動の考え方>

学研究活動の拡大に向けて、**萌芽的（学シーズ）研究を取り込み**TRAMI活動に参画してもらう。  
産学の連携強化・学の活性化により持続的なテーマ運営の道筋をつける。

### <推進体制>

運営委員会 —— 産学連携推進委員会  
├ 機械要素小委員会  
├ トライボロジ小委員会  
└ 音振動小委員会

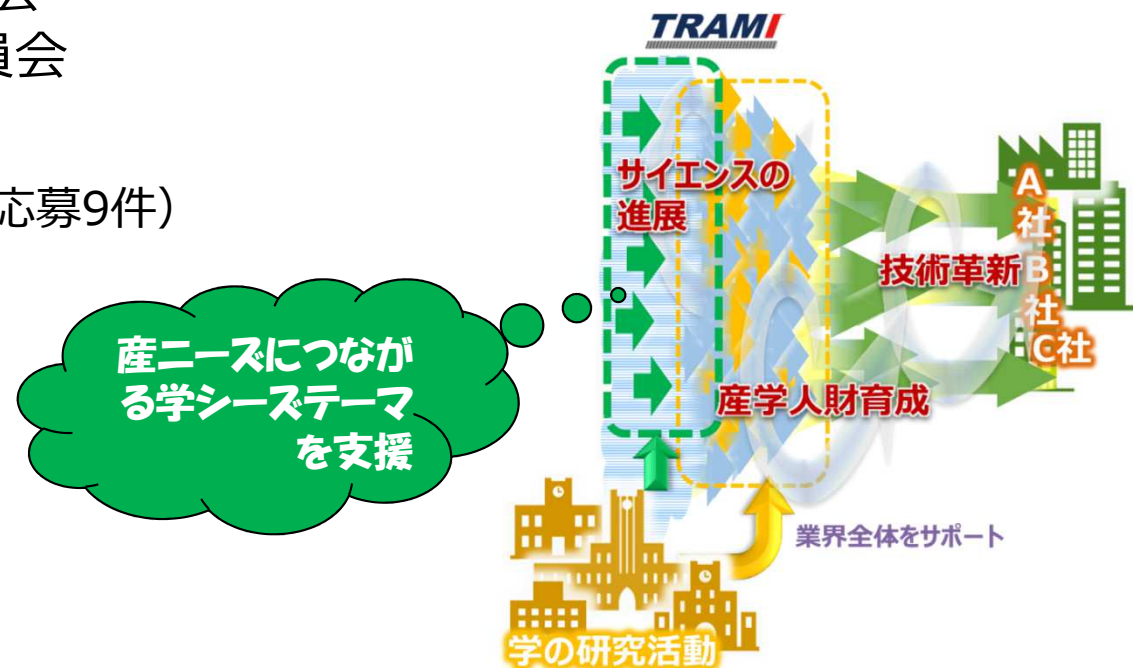
### <実施事項>

2020年度はトライアルとして**公募で4件を採択**（応募9件）

- 機械要素  
京都工芸繊維大学  
岡山大学
- トライボロジ  
大分大学  
東京海洋大学

### <今後の進め方>

**公募枠**を更に拡大し、持続的な運営につなげる。



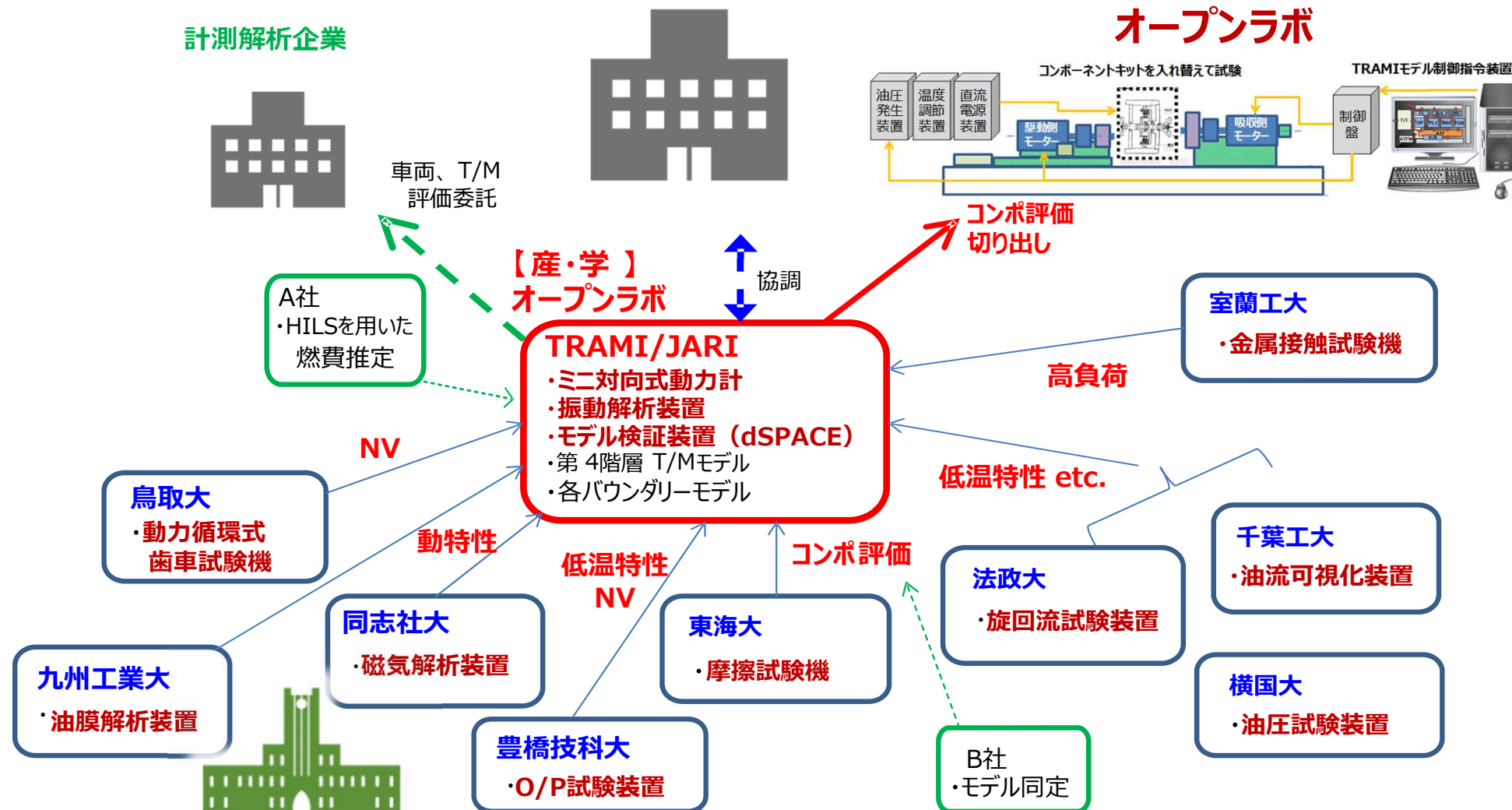
## 【目的】

- TRAMIが研究拠点を有し、学の**基礎研究の下支えと深化**に貢献する
- 実験/検証活動を通じて、産・学の**人財育成**に貢献する
- 研究成果を織り込んだモデルと設備をサプライヤーにも供与し、**MBDの発展**に貢献する

AICE系 Lab.

**TRAMI共用設備  
オープンラボ**

計測解析企業





## 3 制度によりステークホルダーの拡充をおこなう

### 賛助会員制度

2019年から実施  
23社にご賛同頂いた

### 共同研究企業制度

研究テーマを組合員と共同で実施

11社にご協力いただいている

### 共同調査制度

世界TOPクラス 駆動系の調査

2020年度トライアル実施  
2021年度から本格導入予定

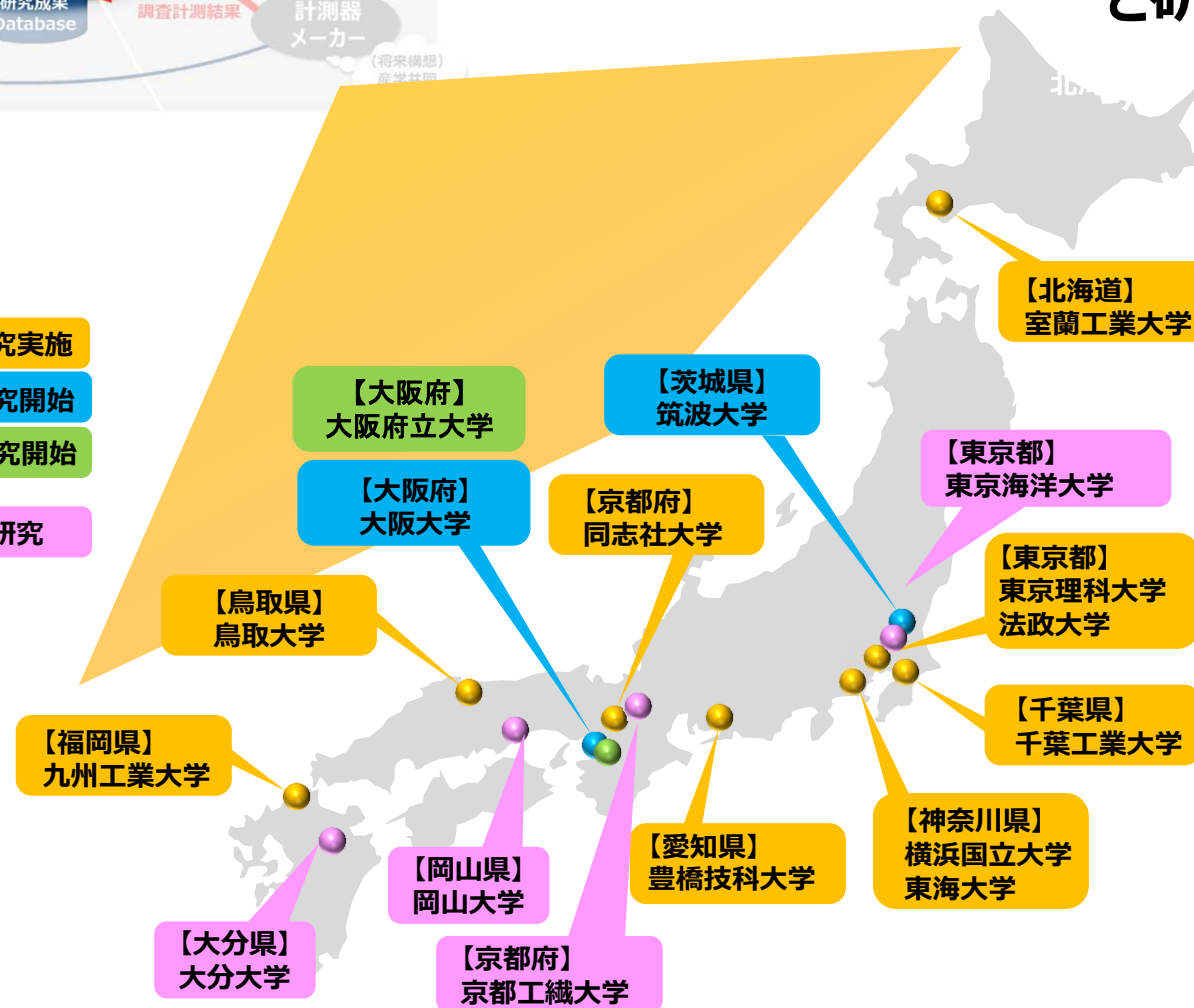
|    | 企業・団体名             | 共同研究企業 |
|----|--------------------|--------|
| 1  | 株式会社 エクセディ         | ○      |
| 2  | NOK株式会社            | ○      |
| 3  | ENEOS株式会社          |        |
| 4  | 株式会社 エフ・シー・シー      |        |
| 5  | オイレス工業株式会社         | ○      |
| 6  | 株式会社オートテックジャパン     |        |
| 7  | オートマックス株式会社        | ○      |
| 8  | 株式会社 小野測器          | ○      |
| 9  | GKNドライブレインジャパン株式会社 |        |
| 10 | シェフラー・ジャパン株式会社     | ○      |
| 11 | 株式会社 ジェイテクト        |        |
| 12 | 株式会社 東陽テクニカ        |        |
| 13 | 東洋電機製造株式会社         |        |
| 14 | 日本イーエスアイ株式会社       |        |
| 15 | 日本精工株式会社           | ○      |
| 16 | 日立オートモティブシステムズ株式会社 |        |
| 17 | 現代自動車日本技術研究所       | ○      |
| 18 | 株式会社 不二越           | ○      |
| 19 | 株式会社 ファソテック        |        |
| 20 | 株式会社 明電舎           | ○      |
| 21 | 株式会社 山田製作所         |        |
| 22 | ユニプレス株式会社          | ○      |
| 23 | 株式会社 リケン           |        |





**2018年度 10大学12研究室**  
**2019年度 12大学15研究室**  
**2020年度 17大学20研究室**  
**と研究活動実施**

- 2018年度より研究実施
- 2019年度より研究開始
- 2020年度より研究開始
- 2020年度公募研究

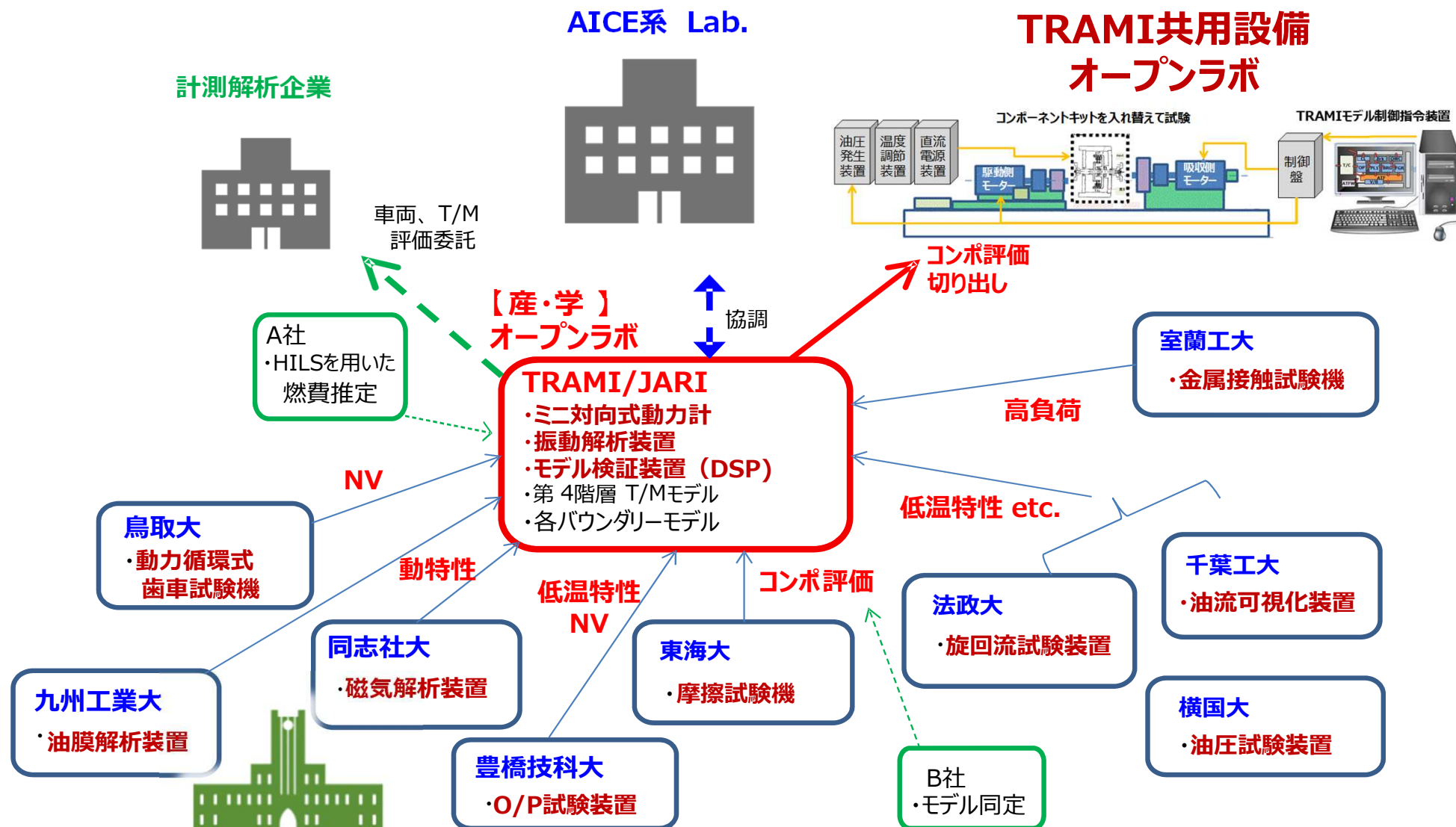


# オープンラボの紹介

荒川 一哉  
運営委員  
(トヨタ自動車株式会社)

## 【目的】

- ・TRAMIが研究拠点を有し、学の**基礎研究の下支えと深化**に貢献する
- ・実験/検証活動を通じて、産・学の**人財育成**に貢献する
- ・研究成果を織り込んだモデルと設備をサプライヤーにも供与し、**MBDの発展**に貢献する



産

ユニット、実車を使った実機開発

オープンラボ  
コンポーネント試験により学と産の橋渡しを行う

学

テストピース、要素部品を使用した基礎研究 / 試験装置

鳥取大  
・動力循環式  
歯車試験機

豊橋工科大  
・O/P試験装置

法政大  
・旋回流 試験装置

千葉工大  
・油流 可視化

九州工業大  
・油膜解析装置

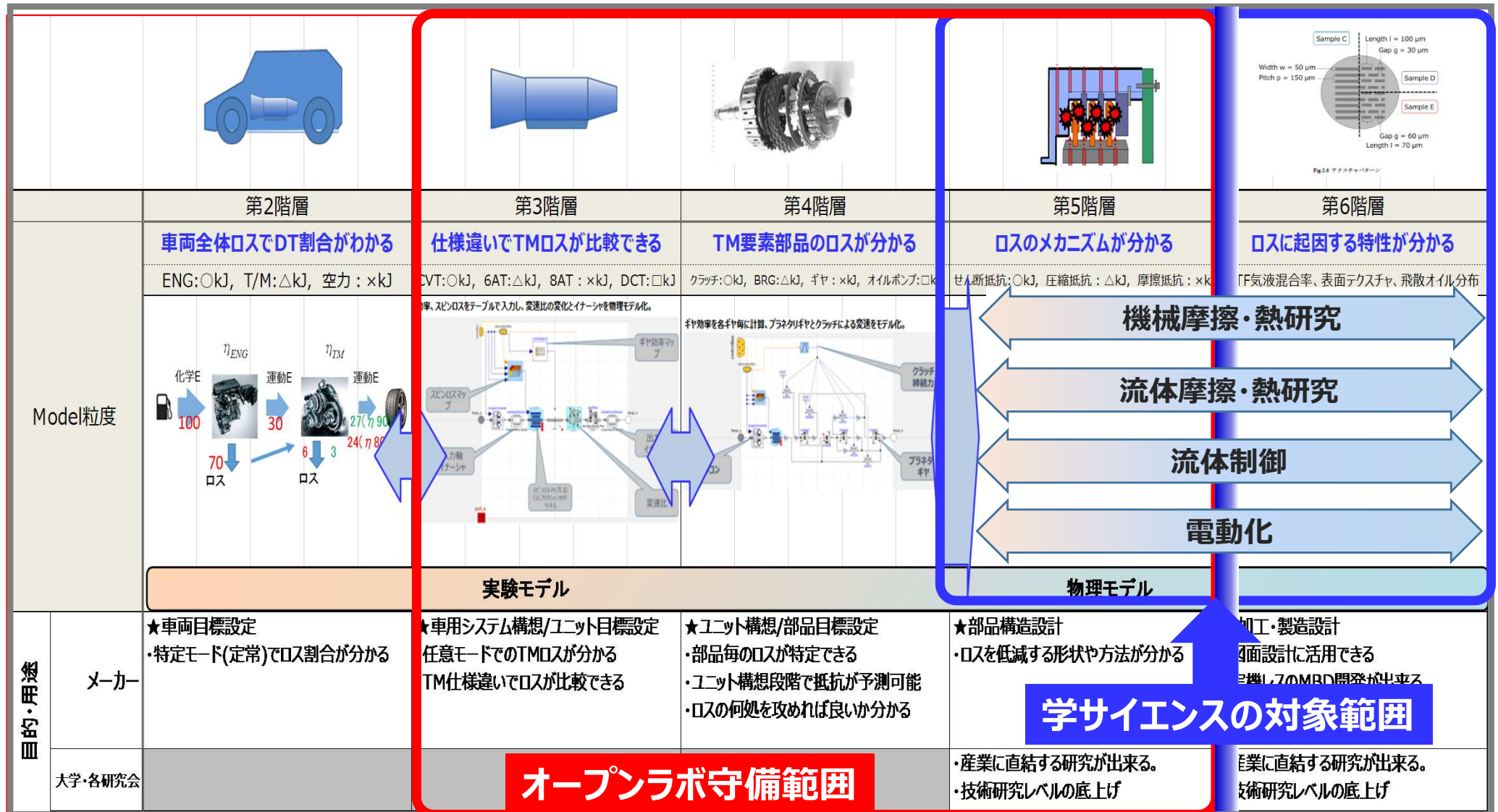
同志社大  
・磁気解析装置

東海大  
・摩擦試験機

横国大  
・油圧試験装置

室蘭工大  
・金属接触試験機

- ・ユニット（無負荷）からコンポーネント，要素まで
- ・HILS環境を備えモデル作成・検証が可能



モデルを共通言語としてサプライヤーが繋がる オープンラボ

・自社製品の性能

カスタマイズ  
モデル

車両性能へのインパクト予測

ジェネリックモデル

ユニットメーカー, OEMへ売込み

例)

単体フリクションXX%低減



温度の影響は？  
周辺部品との関係？  
背反？

単体モデルをジェネリックモデルへ組み込んで検証、  
**WLTCモードで燃費**が〇〇%向上



低温領域で効果 ○  
NV等の背反 ○  
すぐに単体モデルを送って下さい。  
カスタマイズモデルで検証します。



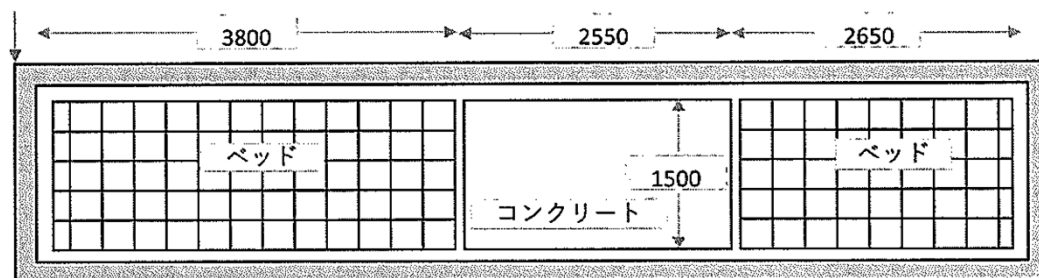
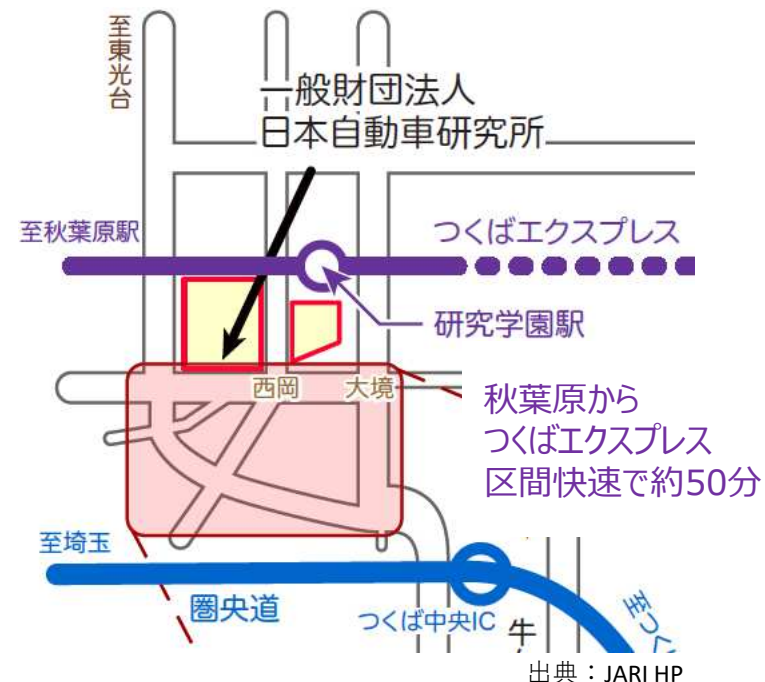


一般財団法人 日本自動車研究所 (JARI) つくば研究所  
茨城県つくば市荻間2530

<http://www.jari.or.jp/tabid/96/Default.aspx>

## <JARIに設置するメリット>

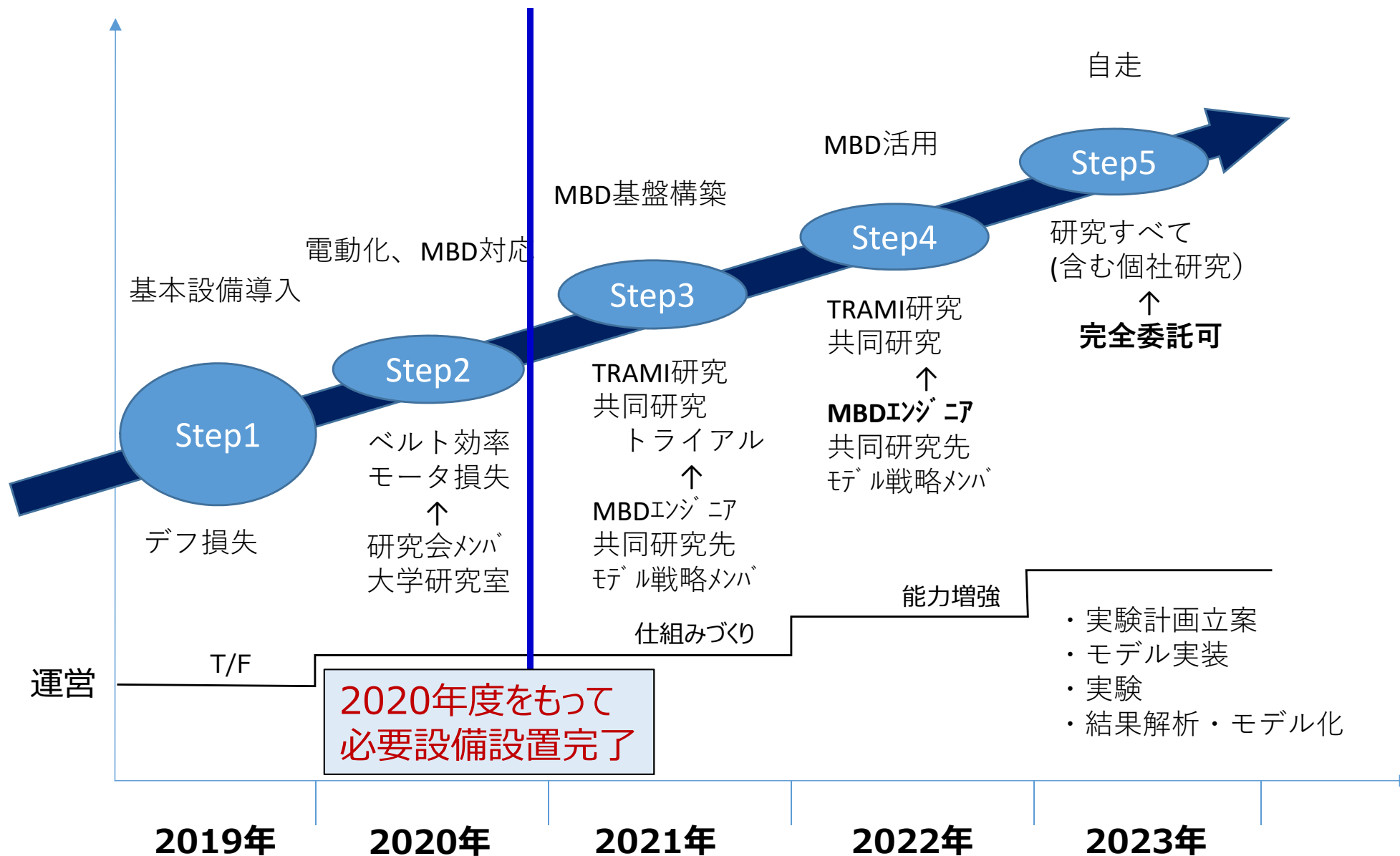
- ・一般財団法人という公共性（産学誰でも使える）
- ・学生の指導、安全性含めたサポートを享受できる



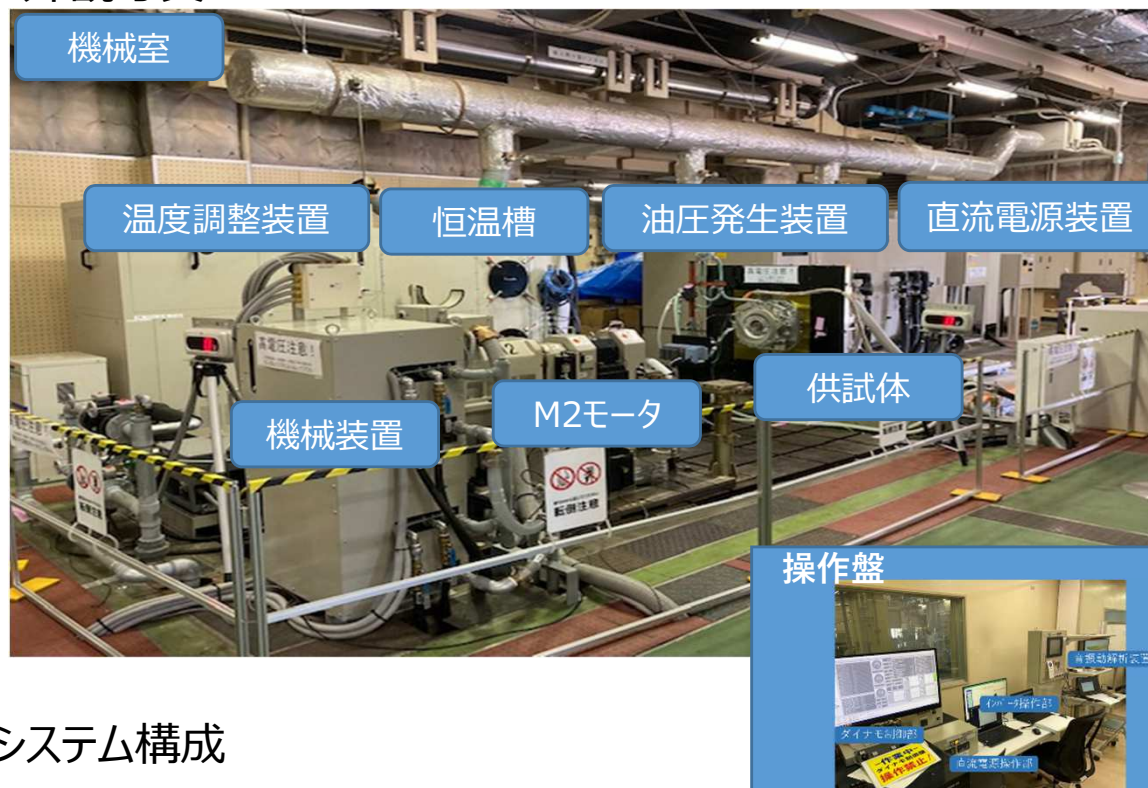
## ダイナモ設置寸法

- ・コンクリートベース上に駆動側（固定）を設置
- ・定盤（W:3800）上に吸収側（可動）を設置
- ・ダイナモ制御盤は2階機械室内に設置
- ・冷凍機本体、油圧源は定盤外に設置
- ・定盤（W:2650）を将来スペースとする

オープンラボ充実度

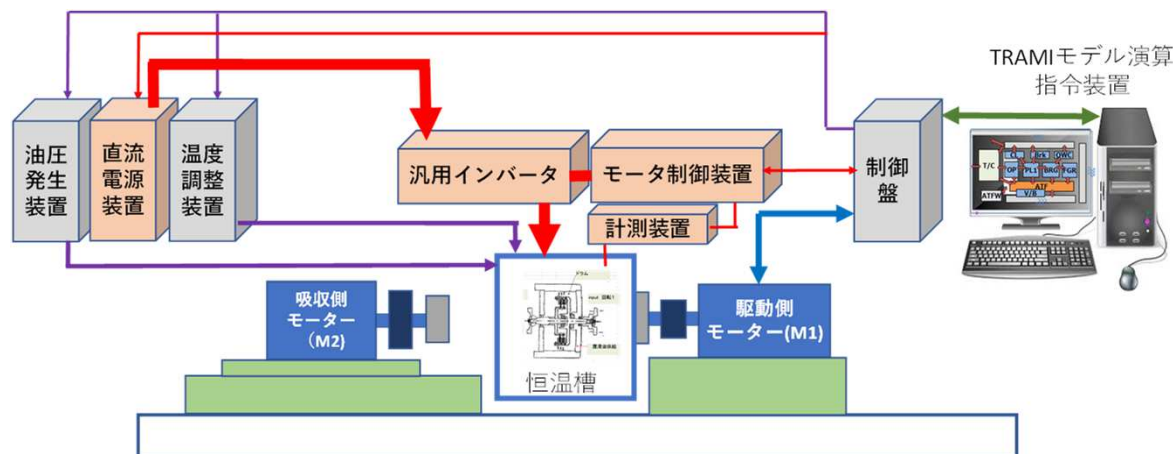


## 外観写真



|                 |                                 |
|-----------------|---------------------------------|
| 入出力ダイナモ         | 110kw × 2                       |
| 回転数             | 0～8000rpm                       |
| トルク             | 500Nm(200Nm)<br>(精±0.05%FS)     |
| 油圧発生装置          | 0.1～7.0MPa 2系統<br>潤滑20l/min 3系統 |
| 環境温度            | -40～100℃                        |
| バッテリー<br>シミュレータ | 250kw<br>50～750V<br>±500A       |

## システム構成



## オープンラボ導入履歴

| 導入年度 | 狙い                   | 導入内容                             |
|------|----------------------|----------------------------------|
| 2018 | モデル動作確認              | ・モデル制御指令部一式<br>・振動各席装置           |
| 2019 | コンポーネント<br>効率, NV測定  | ・ダイナモメーター式<br>・恒温槽 ・油圧コントローラ     |
| 2020 | 電動化試験対応<br>第4階層モデル活用 | ・直流電源装置 ・汎用インバータ<br>・モデル演算装置能力増強 |



## 1. トランスミッション調査

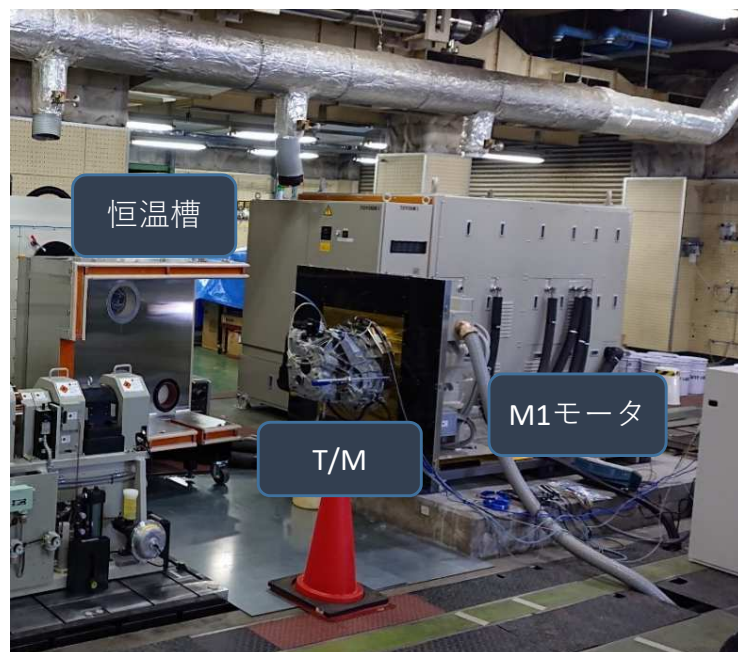


図1. トランスミッション搭載

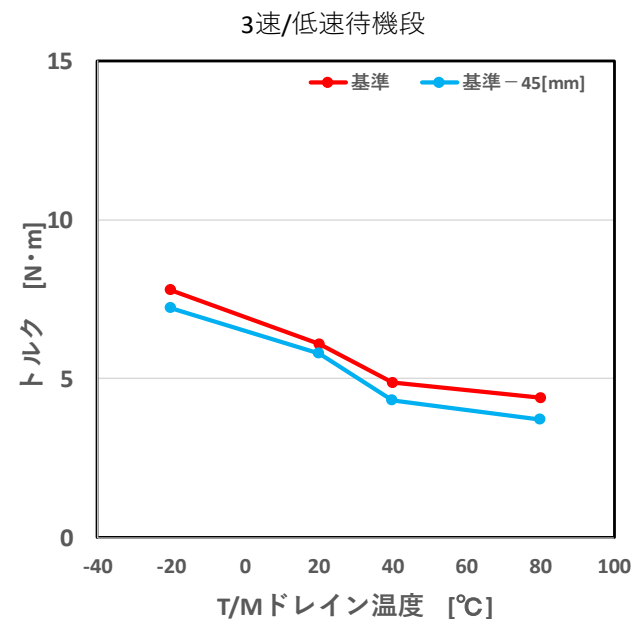
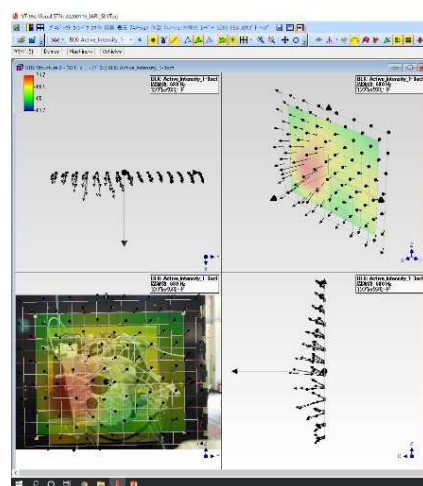


図2. トランスミッションスピンロス

【SI法】



【BF法】

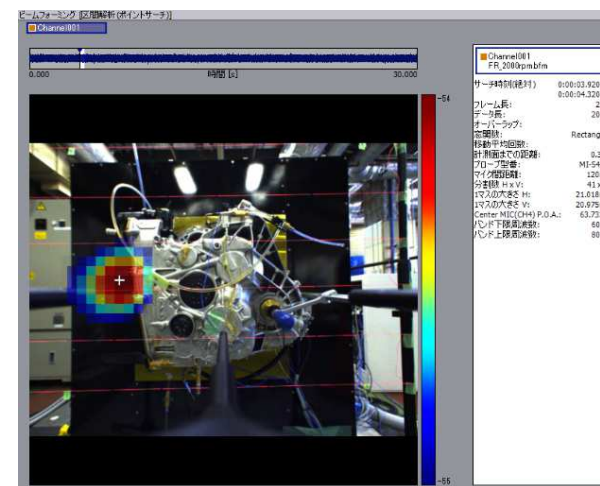


図3. トランスミッションノイズ音源探査

## 2. 要素部品効率測定

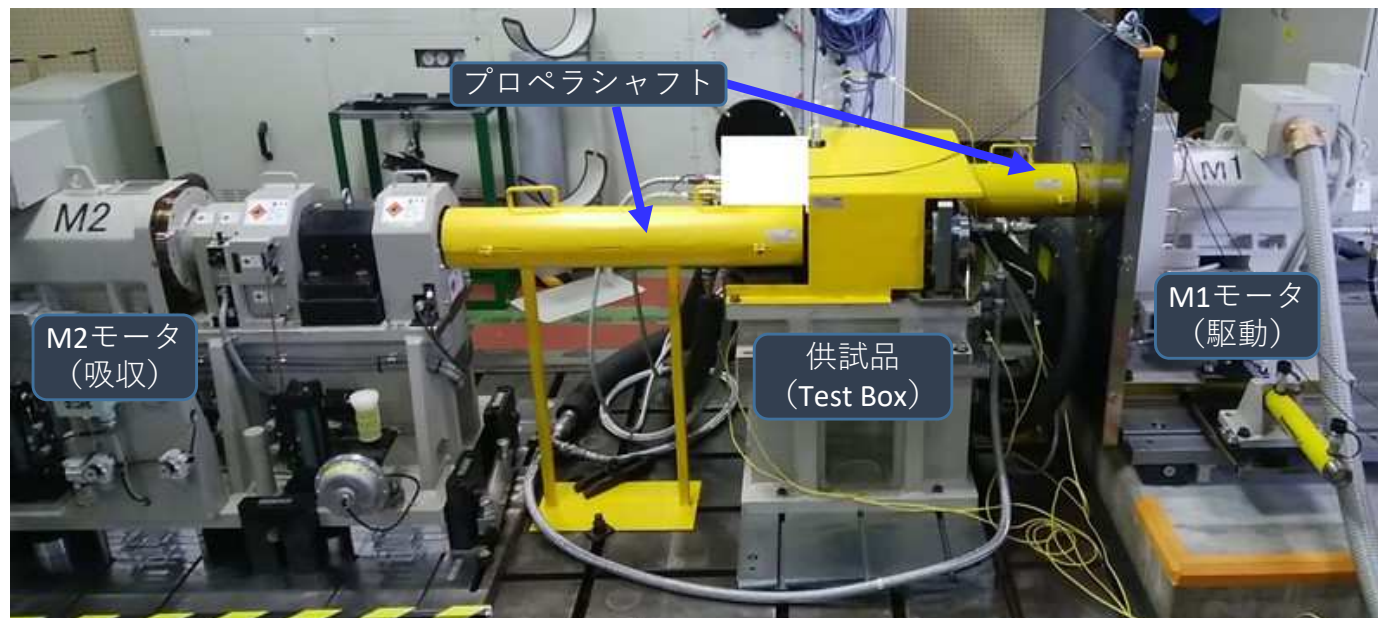


図1. 供試品 (Test Box) 搭載

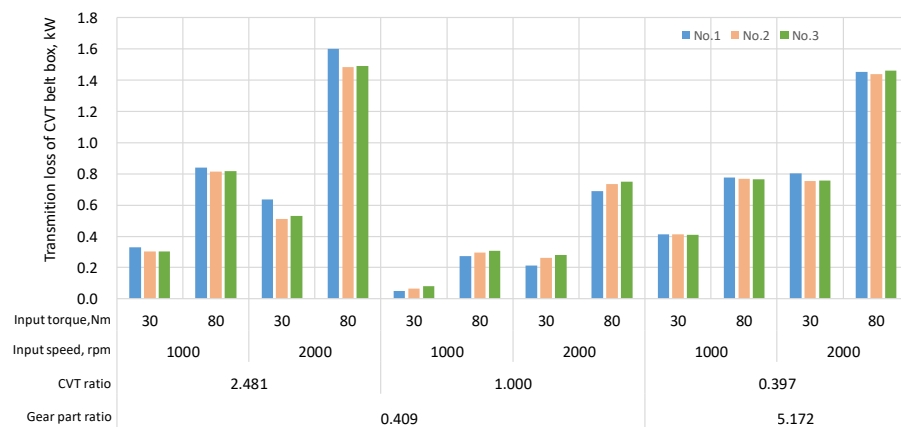


図2. 供試品損失測定結果

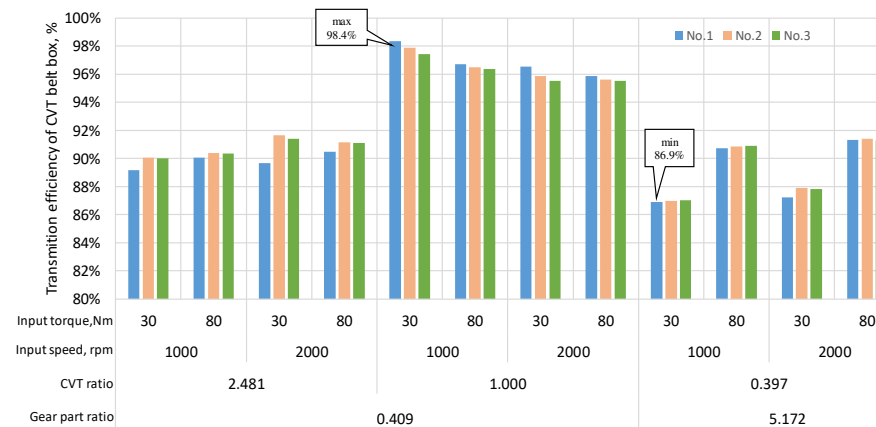
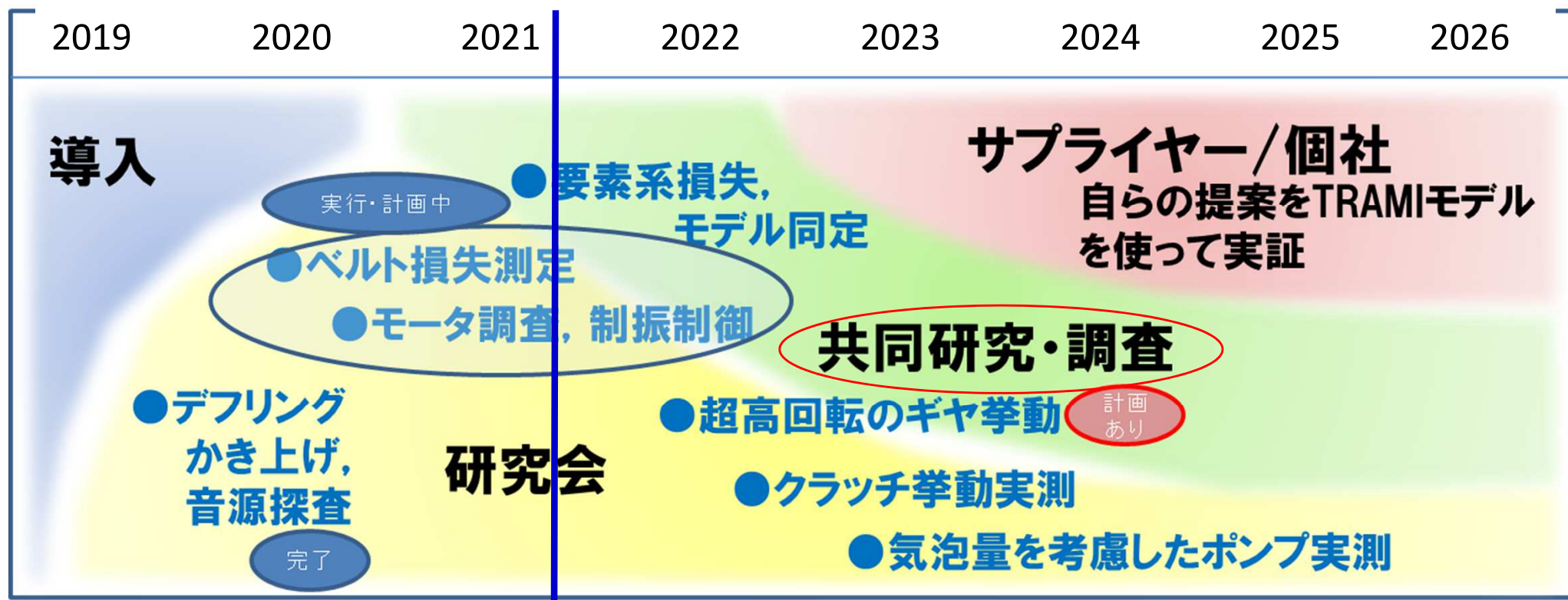
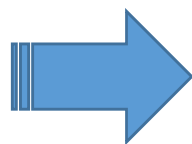


図3. 供試品効率測定結果



導入  
phase



活用  
phase



## 現地見学会

- ・ 2021年3月～4月で企画  
電動モータ性能試験デモ， HILS運転デモ  
※ コロナウィルス拡大状況等を考慮して決定

## 問い合わせ

- ・ 詳細仕様 等々
- ・ 共同調査， 共同研究ニーズ 等々

## 問い合わせ先

自動車用動力伝達技術研究組合（TRAMI）

TEL/FAX： 03-5843-8639

mail: [info@trami.or.jp](mailto:info@trami.or.jp)

担当：荒川， 大山

# モデルの活用事例紹介

齋藤 俊博  
モデル戦略研究委員会リーダー  
(本田技研工業株式会社)

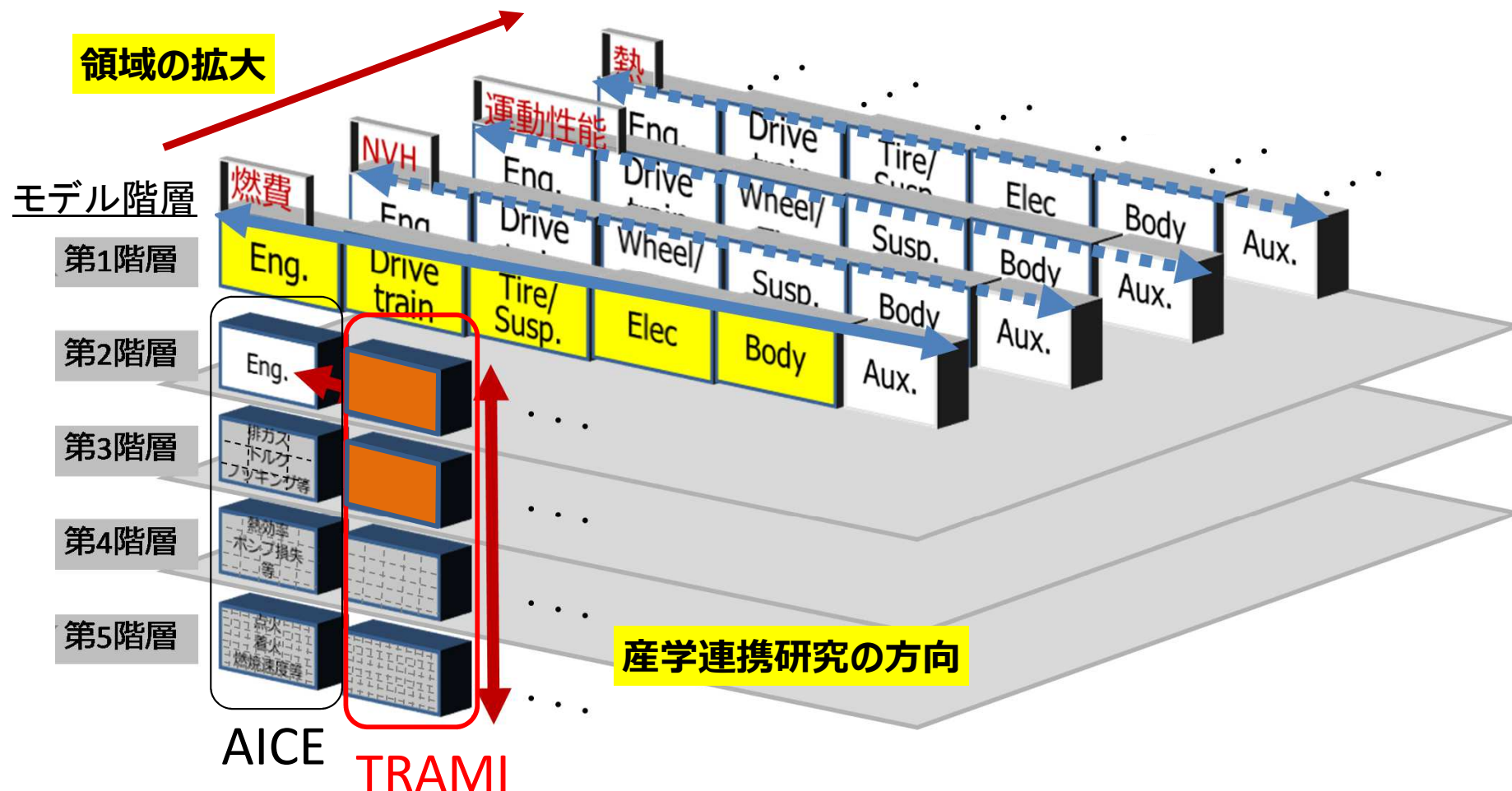
実機を使用せずに車両全体を性能評価できるシミュレーションモデルを構築する。  
また、学の知見を活用し モデルを通じた産学連携により人財育成を図る。



経産省とも連携を図り、トランスミッションモデル基盤構築を加速する

## ◆ 今後の方針「SURIWASE2.0の深化」の概要

- 現在のガイドラインと車両モデルの粒度を前提とした性能領域（燃費・NVH等）への広がり、産学連携によるモデル構築（深さ）の2つのアプローチで協調領域の拡大を実施。
- また、シミュレーション可能なパワートレインを従来のガソリン車から電気自動車などへ拡大。



経産省とも連携を図り、トランスミッションモデルの階層を深化させる

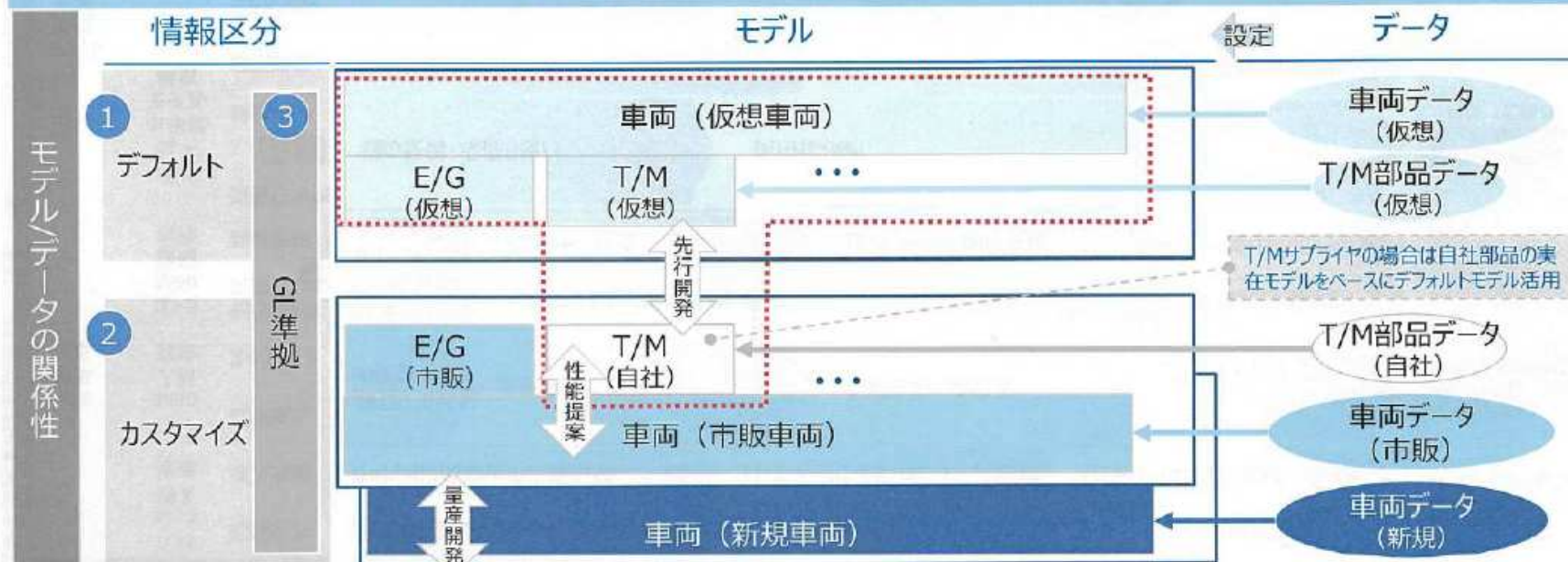


## (参考) 【5 来年度間接補助事業の公募について】研究会資料①

2019/12/24 第3回研究会資料

### 活用事例におけるモデルの定義

- 本構想書で使用するモデル/データの用語は、デフォルト/カスタマイズおよびGL準拠×仮想/実車（市販/新規）によって以下の通り定義する



### モデル/データの定義

| 用語の定義 | 1 | デフォルトモデル/データ  | ・世間相場程度のデータ（あらかじめ設定されている標準の状態・動作条件）から構成されるモデル/データ                                                              |
|-------|---|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | 2 | カスタマイズモデル/データ | ・ベンチマークモデル/データ：デフォルトモデル/データを他社の車両を表すようにカスタマイズしたモデル/データ<br>・自社実在モデル/データ：デフォルトモデル/データを自社の車両を表すようにカスタマイズしたモデル/データ |
|       | 3 | GL準拠モデル/データ   | ・デフォルトモデル/データ（上記）の中で、GLに準拠したモデル/データ<br>・カスタマイズモデル/データ（下記）の中で、GLに準拠したモデル/データ                                    |
|       |   |               | GL準拠<br>市販<br>新規                                                                                               |

22

デフォルト(標準)モデルに対し、個社部品 実在モデルでのカスタマイズ活用を想定



- 1. ユーザがモデルを活用するには**
2. モデルの活用事例紹介
3. うれしさを実現するための取り組み
4. FY21の取り組み紹介

## ➤ EPCのホームページ抜粋

一般社団法人 環境パートナーシップ会議  
environmental partnership council

検索...

トップ | 団体概要 | パートナースイップ・プロデュース部 | 基金管理事業部 | お問い合わせ

団体概要  
パートナースイップ・プロデュース部  
基金管理事業部  
お問い合わせ

ホーム > 基金管理事業部 > 次世代自動車等の開発加速化に係るシミュレーション基盤構築事業 > 平成31年度「次世代自動車等の開発加速化に係るシミュレーション基盤構築事業費補助金」に係る「ガイドライン」と「車両性能シミュレーションモデル」の公開について

**平成31年度「次世代自動車等の開発加速化に係るシミュレーション基盤構築事業費補助金」に係る「ガイドライン」と「車両性能シミュレーションモデル」の公開について**

関連ページ

一般社団法人環境パートナーシップ会議（EPC）は、経済産業省より、平成30年度から次世代自動車等の開発加速化に係るシミュレーション基盤構築事業費補助金に係る補助事業（業務管理事業）を受託しております。

平成31年度「次世代自動車等の開発加速化に係るシミュレーション基盤構築事業費補助金」に係る「ガイドライン」と「車両性能シミュレーションモデル」に関し、以下のとおり公開しますので、お知らせいたします。

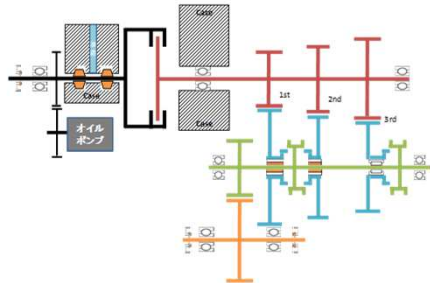
[https://epc.or.jp/fund\\_dept/sim\\_foundation/2019model](https://epc.or.jp/fund_dept/sim_foundation/2019model)

### 4. 補助事業者による成果物

| 補助事業者名                                     | 作成領域         | モデル及びサブシステム定義書等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自動車用内燃機関技術研究組合<br>(法人番号：<br>2010405012637) | エンジン<br>システム | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">エンジンシステムにおけるプラントモデルI/Fガイドライン</a> (PDF形式)</li> <li>・ <a href="#">ガイドライン準拠モデル Modelica</a> (ZIP形式)</li> <li>・ <a href="#">エンジンシステムにおけるプラントモデルI/Fガイドライン準拠モデル解説書</a> (PDF形式)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 自動車用動力伝達技術研究組合<br>(法人番号：<br>7010405016617) | 動力伝達<br>システム | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">動力伝達システムにおけるプラントモデルI/Fガイドライン</a> (PDF形式)</li> <li>・ <a href="#">ガイドライン準拠モデル（第2階層 ステップAT） Modelica</a> (ZIP形式)</li> <li>・ <a href="#">ガイドライン準拠モデル（第2階層 ステップAT） Simulink</a> (ZIP形式)</li> <li>・ <a href="#">ガイドライン準拠モデル（第3階層 DCT） Modelica</a> (ZIP形式)</li> <li>・ <a href="#">ガイドライン準拠モデル（第3階層 DCT） Simulink</a> (ZIP形式)</li> <li>・ <a href="#">動力伝達システムにおけるプラントモデルI/Fガイドライン準拠ステップAT第2階層プラントモデル解説書</a> (PDF形式)</li> <li>・ <a href="#">動力伝達システムにおけるプラントモデルI/Fガイドライン準拠デュアルクラッチ式トランスミッション第3階層プラントモデル解説書</a> (PDF形式)</li> <li>・ <a href="#">C言語ソース解説書 有段変速機の汎用制御</a> (PDF形式)</li> <li>・ <a href="#">Simulinkモデル解説書 有段変速機の汎用制御</a> (PDF形式)</li> </ul> |

## ➤ TRAMI第3階層モデル作成の流れ

### ①スケルトン図作成

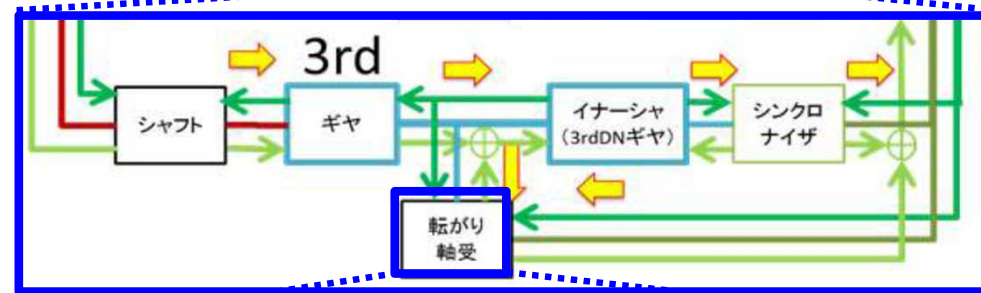
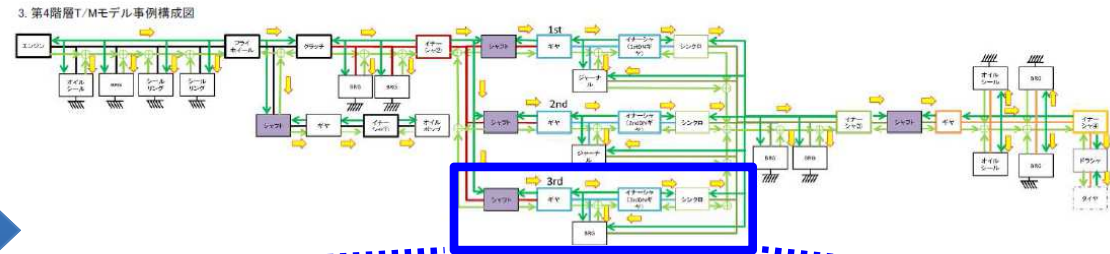


ドラグ  
&  
ドロップ

### ②TRAMIライブラリから要素選択



### ③ドラグ&ドロップで要素を配置・接続

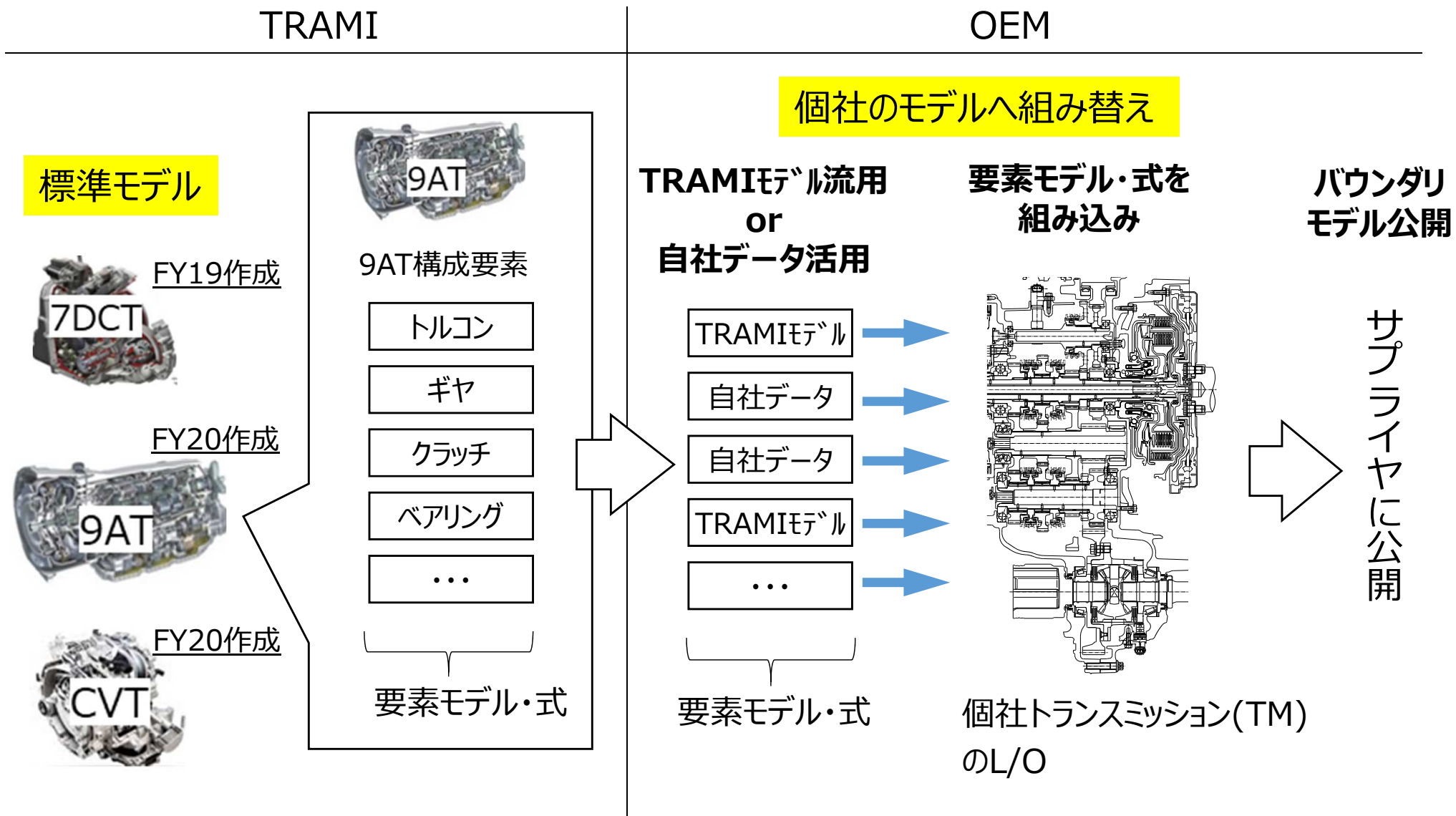


### ④損失の形式を選択

| 粒度 | 簡易モデル                                                                                                         | 数値モデル                                                                                                                                                                                 | 3D CAEモデル                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 略図 | <p>入力: ・オイル粘度(温度)<br/>・入/出力回転<br/>・摩擦係数</p> <p>出力: ・空転時ドラグ<br/>・ロック時伝達トルク<br/>・セルフロック応答時間<br/>・セルフロック相対角度</p> | <p><math>r_o, r_i</math> より、簡単に</p> $\cos \alpha = \frac{(R_o - r_o)^2 + (R_i + r_i)^2 - \varepsilon^2}{2(R_o - r_o)(R_i + r_i)}$ <p>セルフロック条件 <math>\tan \alpha &lt; \mu_s</math></p> | <p>3 units<br/>360 elements<br/>229 nodes</p> <p><math>E_s = 208 \text{ GPa}</math><br/><math>\nu = 0.3</math></p> <p><math>F = 5.7 \text{ N}</math></p> <p><math>R_o = 61.987 \text{ mm}</math><br/><math>R_i = 45.325</math></p> <p><math>\times 10 \text{ MPa}</math></p> |

モデル化の知識が少なくても視覚的にモデルを作成することができる

## ➤ OEMでの活用～第3階層モデル～



**OEMが標準モデルの要素モデル式を、個社のTMモデルに組み替えて活用する作成したモデルはサプライヤに公開することで、バウンダリモデルとして活用できる**

## TRAMI標準モデル

## 個社のトランスミッション

FR 9ATモデル

単純な組み替え（ドラグ＆ドロップ）

FF 10ATモデル

A：賛助会員（有償モデル購入）

B：一般外部

A  
損失マップ  
（詳細データ）

①  
データ変換

一般的な損失計算式  
（自技会ハンドブック  
掲載内容など）

変換損失マップ<sup>°</sup>  
or  
損失実験式

精度

中 △

A  
研究会  
損失実験式 ②

③  
単体計測MAP  
高精度

高 ○

B  
損失マップ  
（簡易データ）

損失マップ<sup>°</sup>  
（簡易データ）

低 ×

個社での活用パターンとして ①一般式から損失データを変換して用いる、  
②損失実験式のパラメータ変更、③個社で単体計測を行う、の3案を想定する



## コアモデルとバウンダリモデル

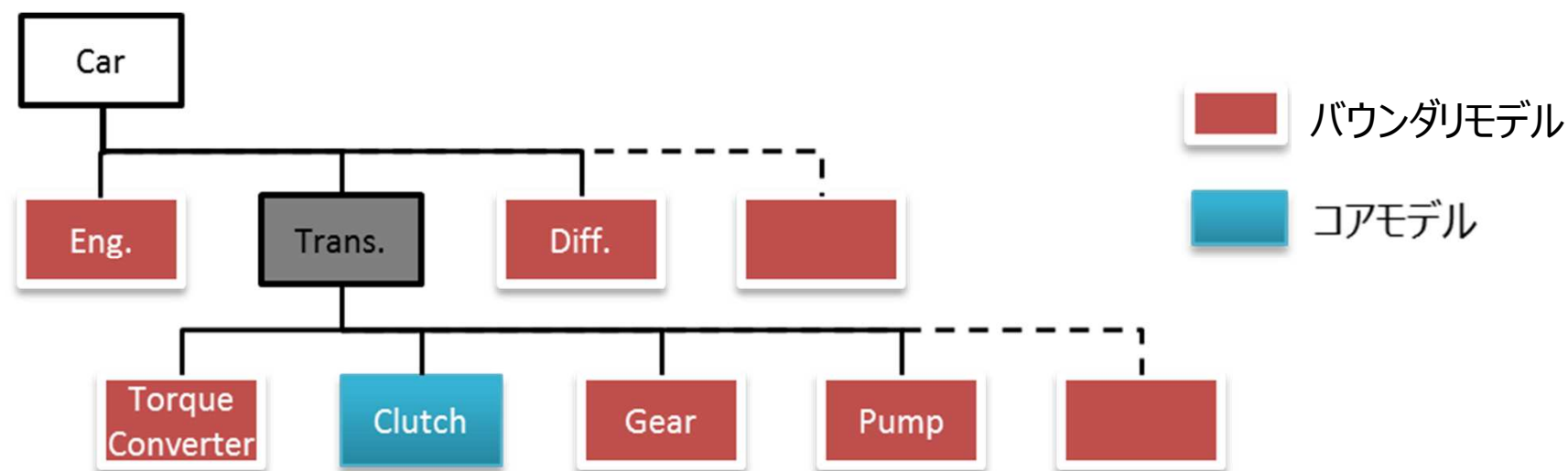
コアモデルとはサプライヤ部品のモデル。

バウンダリモデルとは、コアモデル以外の部品のモデル。

運用においてはバウンダリモデルをブラックボックス化して変更できないようにする。

### ✓ 事例：クラッチメーカ

20180722\_AICE\_TRAMI\_AZAPA摺合せ.pptx 資料内容を一部改良



サプライヤにおいては自社部品のモデルを更新することで、トランスミッションもしくは車両レベルでの効率への影響を検討できる

1. ユーザがモデルを活用するには
- 2. モデルの活用事例紹介**
3. うれしさを実現するための取り組み
4. FY21の取り組み紹介

## トロン伝達ロス、クラッチ引き摺りロス、攪拌ロス影響検討

対象：OEM、サプライヤ、大学

対象システム：DCT、AT、CVT

目的：オイル粘性によるエネルギーロスを低減し、燃費向上

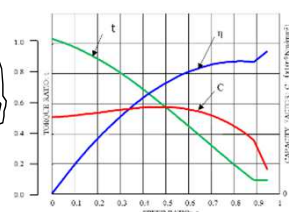
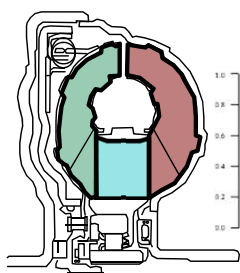
- 効果：①トロン伝達効率が燃費に及ぼす影響確認  
②クラッチ引き摺りロスが燃費に及ぼす影響確認  
③オイル粘度が燃費に及ぼす影響確認

活用例：燃費性能検討（トロン伝達ロス、クラッチ引き摺りロス、攪拌ロス影響検討）

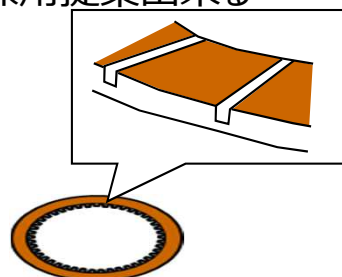
| 活用主体  | ステークホルダー（メリット享受者） |       |        |    |    |
|-------|-------------------|-------|--------|----|----|
|       | OEM               | サプライヤ | 官/研究機関 | 大学 | ほか |
| サプライヤ | ◎                 | ○     |        | ○  |    |

### サプライヤ

新開発品をT/Mに搭載した場合の燃費効果を  
サプライヤ自身で確認して採用提案出来る



トロン効率UP



クラッチ引き摺り低減

### 大学

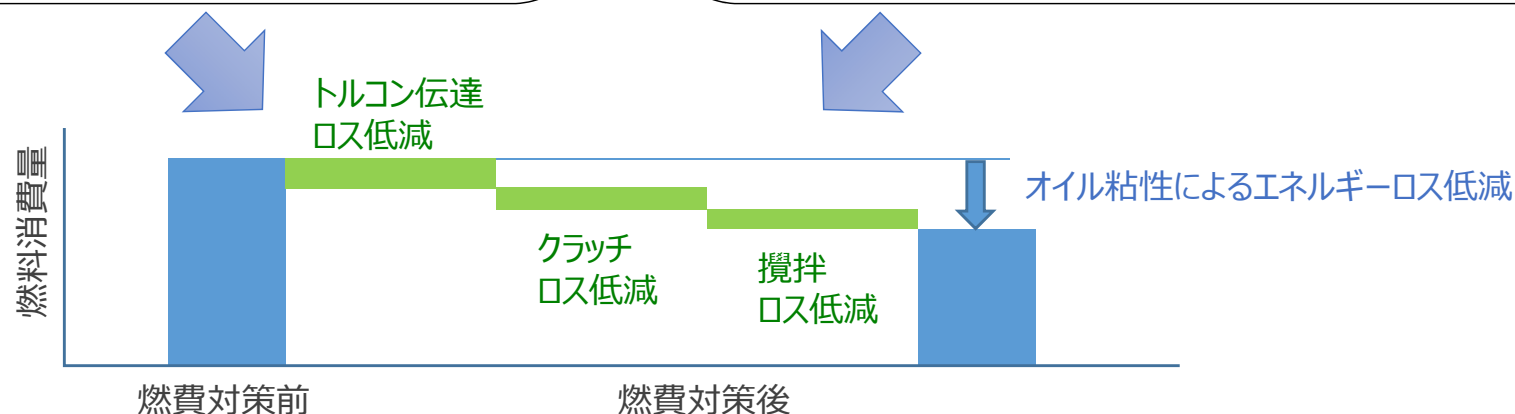
燃費貢献度をふまえて、研究テーマの設定ができる



狭平板間の  
気液二相流れ解明



回転を伴う  
気液二相流れ解明



## ➤ ベアリング、シール、ギヤ、CVTなどの要素部品の損失定量化

対象：OEM、サプライヤ、官/研究機関、大学

対象システム：AT、CVT

目的：ベアリング、シール、ギヤ、CVTなどの要素部品の損失要因、発熱量推定

効果：①表面性状変更によるユニット効率効果机上検討

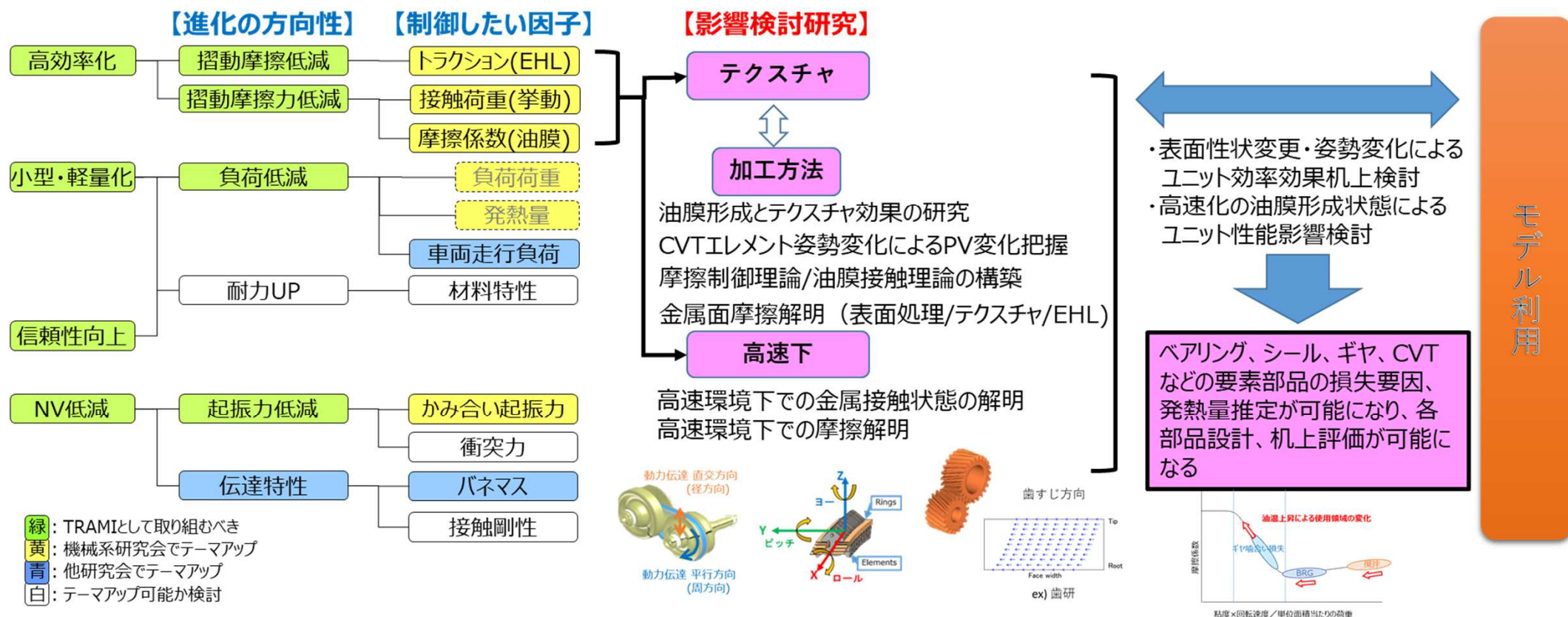
②CVTエレメント姿勢変化によるPV変化把握

③高速化の油膜形成状態によるユニット性能影響検討

④ベアリング、シール、ギヤ、CVTなどの要素部品の損失要因、発熱量推定が可能になり、各部品設計、机上評価

活用例：摺動摩擦低減に対する表面テクスチャ（加工法案）の影響検討

| 活用主体  | ステークホルダー（メリット享受者） |       |        |    |    |
|-------|-------------------|-------|--------|----|----|
|       | OEM               | サプライヤ | 官/研究機関 | 大学 | ほか |
| サプライヤ | ◎                 | ◎     | △      | ○  |    |



## ➤ HEV車両のシステム、制御最適化

対象： OEM、サプライヤ

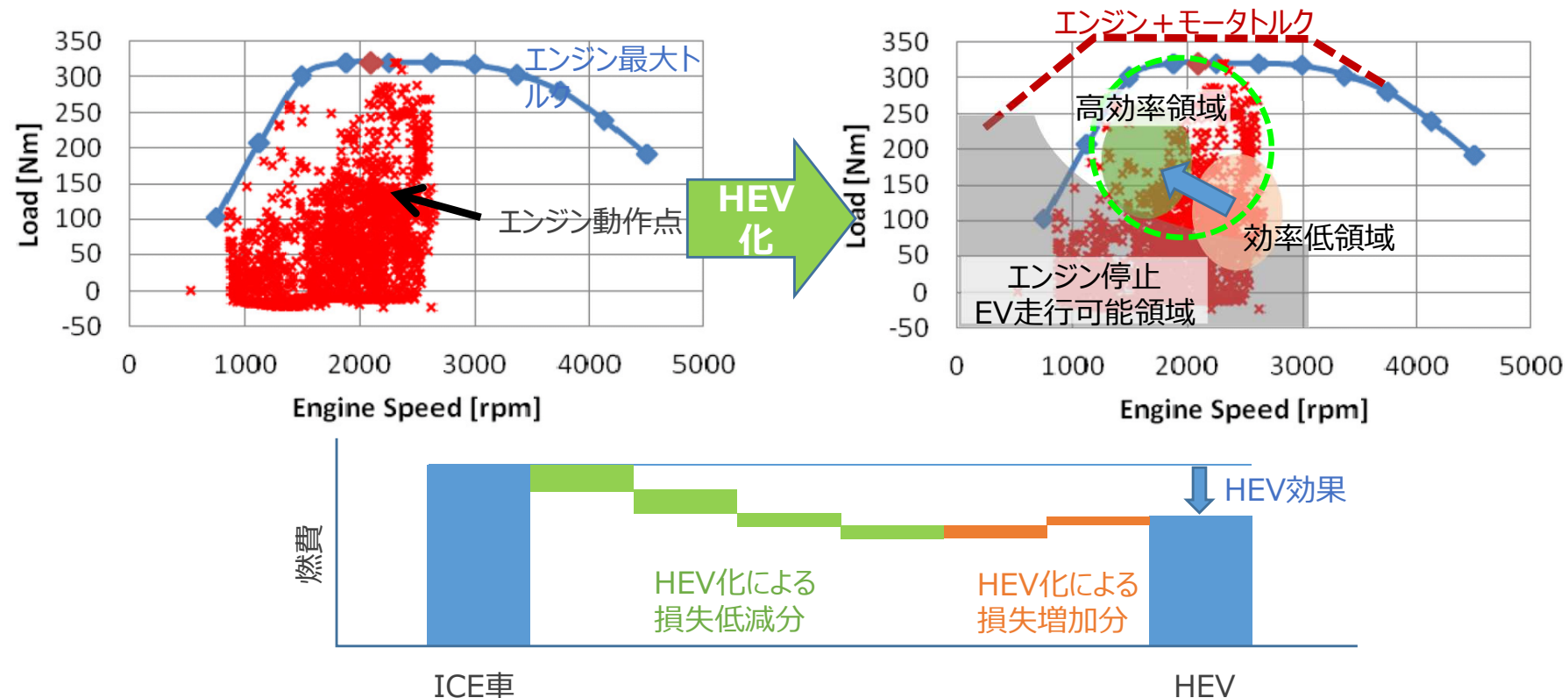
対象システム： HEV

目的： システム最適化、HEV制御による燃費向上

効果：

- ① サプライヤが車両全体の損失内訳、各部品の動かし方が把握でき、損失低減に向けた設計方針を明確にできる
- ② サプライヤが次世代部品へ変更した際の車両としてのメリット/デメリットを定量化できる。
- ③ EV/パラレル切り替え制御、シフトスケジュール変更、変速段/変速比の変更による燃費/電費影響を定量化できる
- ④ HEV化による燃費改善効果を把握できる

活用例(1)：





## ➤ モータサブシステム、制御最適化

対象： OEM、サプライヤ

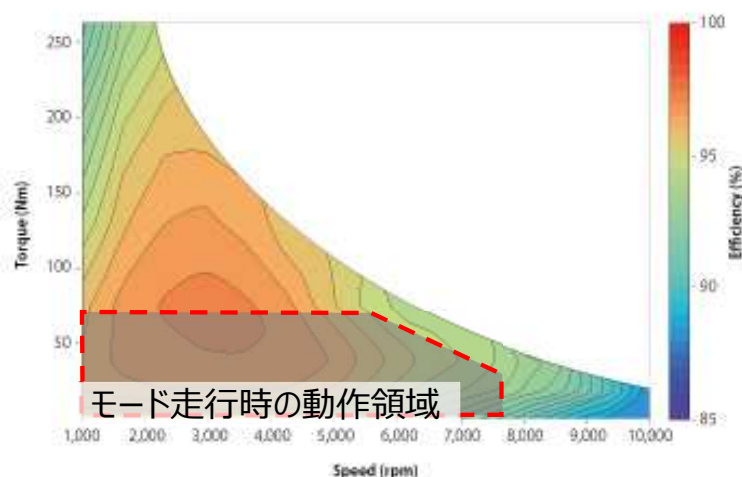
対象システム： HEV

目的： システム最適化、HEV制御による燃費向上

効果：

- ① サプライヤが車両全体の損失内訳、各部品の動かし方が把握でき、損失低減に向けた設計方針を明確にできる
- ② サプライヤが次世代部品へ変更した際の車両としてのメリット/デメリットを定量化できる。
- ③ EV/パラレル切り替え制御、シフトスケジュール変更、変速段/変速比の変更による燃費/電費影響を定量化できる
- ④ HEV化による燃費改善効果を把握できる

活用例(2)：



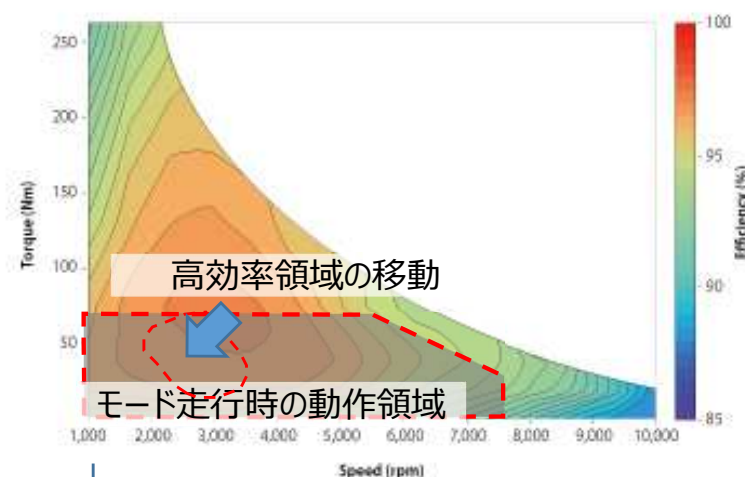
その他(機械損、風損など)

鉄損

銅損

モード走行時の損失内訳の見える化

新開発  
モータ



損失量

ベース  
モータ

新開発  
モータ

モータ効率  
改善効果

## ➤ 磁気回路とロータ強度の最適化

対象：サプライヤ（Tier2 ⇒ Tier1 or OEM）

対象システム：モータ

目的：モータにおけるロータ用高強度部材(コア材料、エンドプレート、シャフト等)の  
開発効率化

効果：

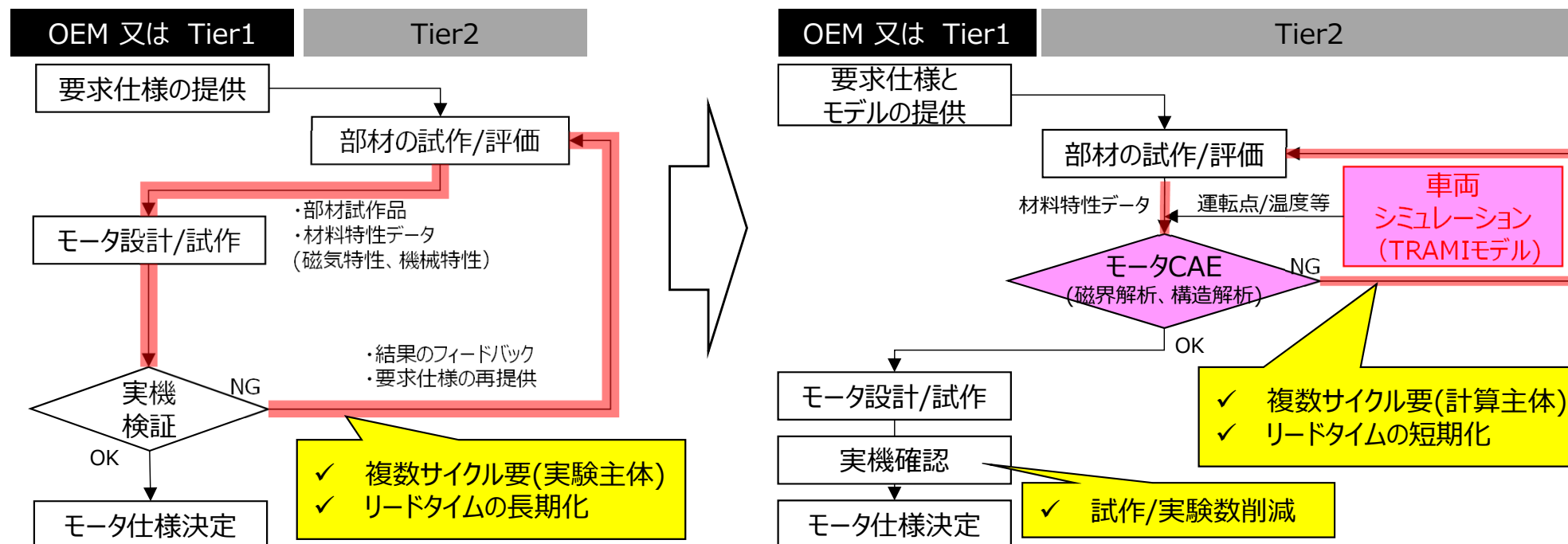
### ①目標設定の効率化

TRAMIモデルを活用することで、自社内で、車載下におけるモータの運転条件や温度等の使用環境を踏まえて、耐遠心力強度等の部材への要求仕様を迅速に導出できるため、ターゲットを絞った開発が可能。

### ②開発期間の短縮と開発コストの削減

開発した部材をモータ或いは車に搭載した際の効果をモデルベースで短期間で効率的に検証可能になることから、不要なユニットの試作及び実験を削減できるため、開発期間の短縮ならびに工数・経費の削減が可能である。

活用例：



| 活用主体  | ステークホルダー（メリット享受者） |       |        |    |    |
|-------|-------------------|-------|--------|----|----|
|       | OEM               | サプライヤ | 官/研究機関 | 大学 | ほか |
| サプライヤ | ○                 | ◎     | ○      | -  |    |

1. ユーザがモデルを活用するには
2. モデルの活用事例紹介
- 3. うれしさを実現するための取り組み**
4. FY21の取り組み紹介

## ➤ 階層ごとのTRAMIモデル

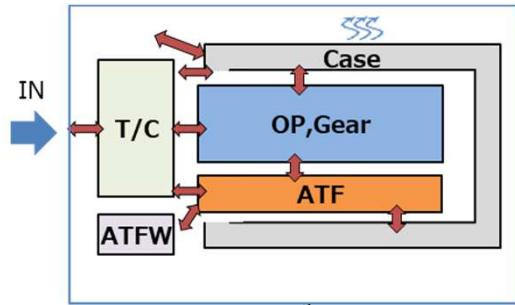
### アドバンス領域

| モデル<br>階層     | プラント                                            | 熱 | 制御 | 入力データ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | うれしさ                                                                        |
|---------------|-------------------------------------------------|---|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| TRAMI<br>第2階層 | <p>トランсмисシヨン</p> <p>例題 7DCT 9AT CVT</p>        |   |    | <p>損失マップ°</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>仕様違いのTM損失が比較できる</p> <p>発進デバイス、ギヤボックス等のデータを組み替えて様々なTMに対応できるうれしさ</p>       |
| TRAMI<br>第3階層 | <p>トランсмисシヨンコンポーネント</p> <p>例題 7DCT 9AT CVT</p> |   |    | <p>物理式、実験式</p> $M_j = \frac{\pi n \eta \omega}{\delta} (r_o^4 - r_i^4)$ <p> <small>             オイル粘度: <math>\eta [Pa \cdot s]</math><br/> <math>\eta = \rho (e^{7A \cdot \rho B} - 0.8) \times 10^{-6}</math><br/>             オイル動粘度: <math>\nu [m^2/s]</math><br/> <math>\nu = \frac{\eta}{\rho}</math><br/>             係数: <math>A [-]</math><br/>             係数: <math>B [-]</math><br/> <math>\ln(\ln(\nu + 0.8)) = A \ln T + B</math> </small> </p> | <p>TM要素部品の損失が分かる</p> <p>TM部品 (クラッチ、ギヤ、シャフト、BRG、...) を組み替えて好きなように使えるうれしさ</p> |

TRAMIモデルと合同調査および各研究会のデータを用いて うれしさを実現する

## ➤ TRAMI第2階層

### プラントモデル作成事例



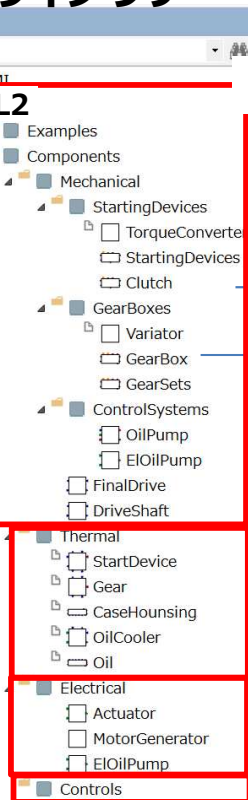
### TRAMIライブラリ

#### プラントライブラリ

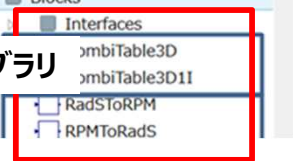
#### 熱ライブラリ

#### 電気ライブラリ

#### 制御ライブラリ

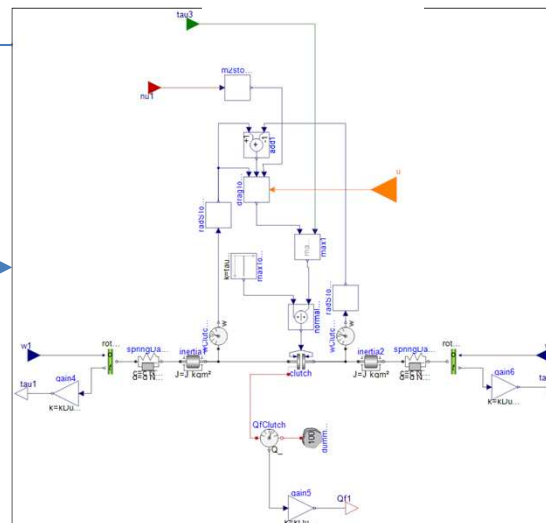


### 入データライブラリ



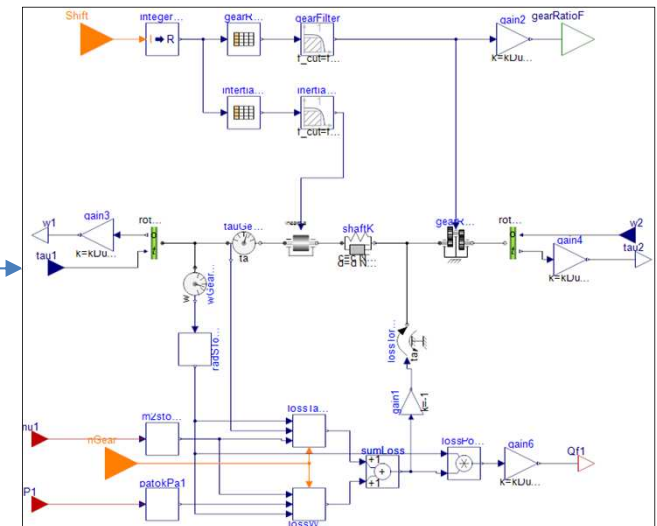
### 1D model

### 発進デバイス

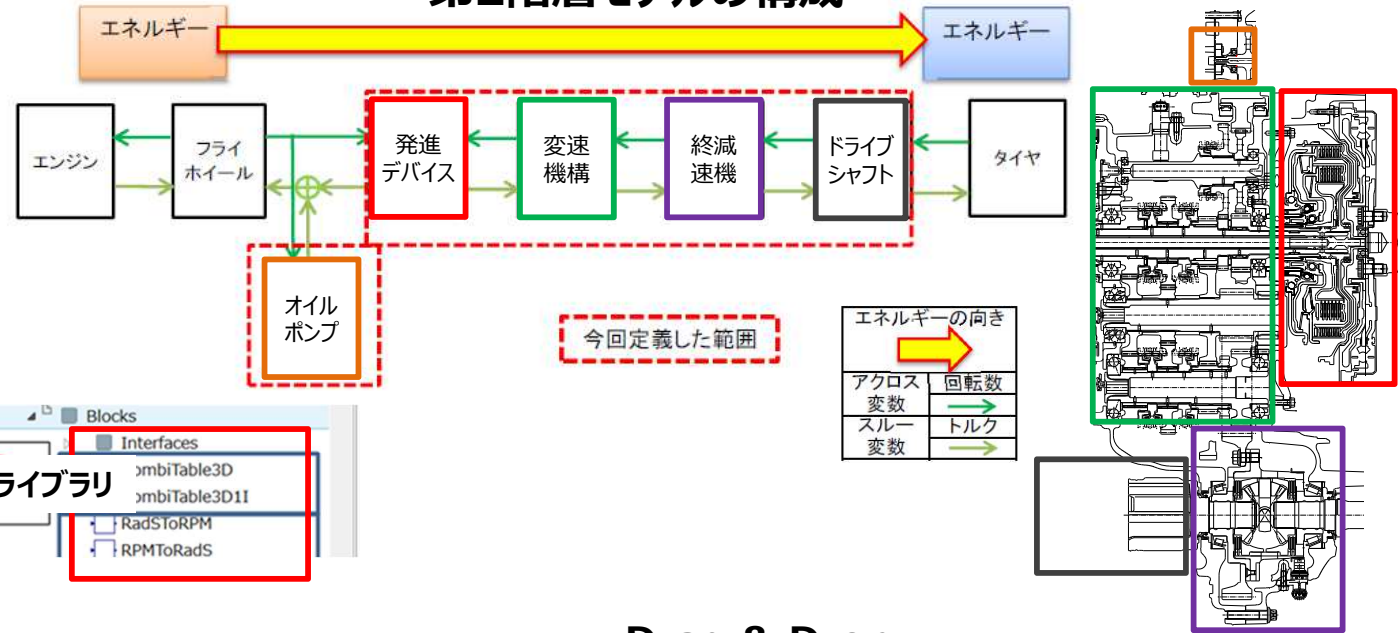


### Drag & Drop

### 変速機構



### 第2階層モデルの構成



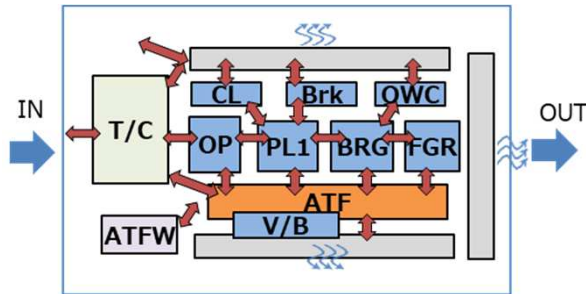
| エネルギーの向き |     |
|----------|-----|
| アクロス変数   | 回転数 |
| スルー変数    | トルク |

発進機構、変速機構等のデータを組み替えて仕様違いのTM損失が比較できる

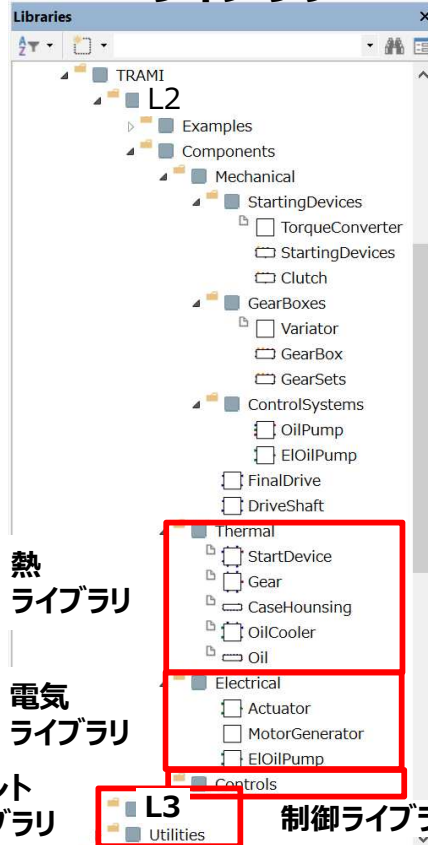


## ➤ TRAMI第3階層

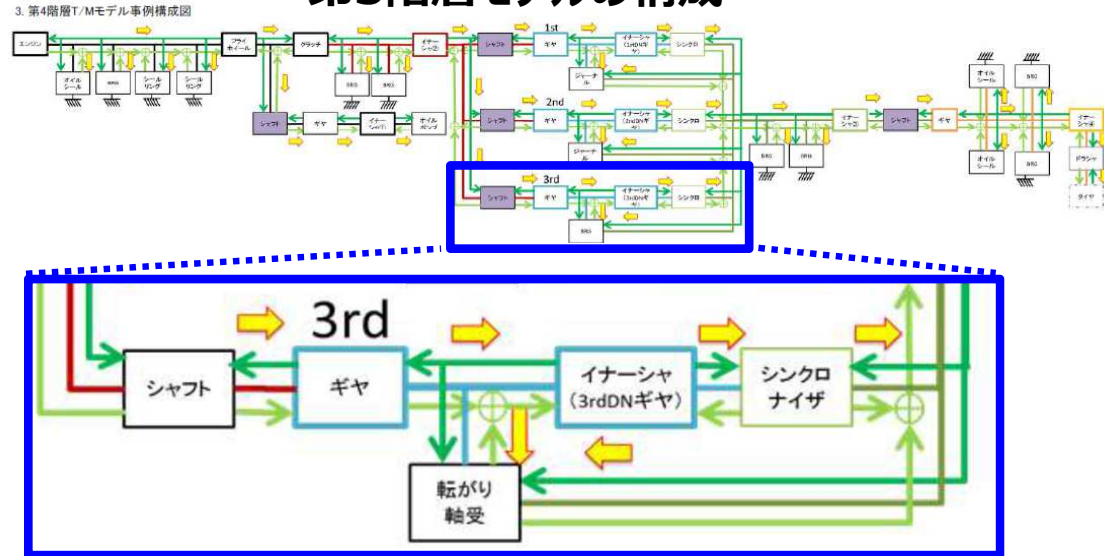
### プラントモデル作成イメージ



### TRAMIライブラリ



### 第3階層モデルの構成

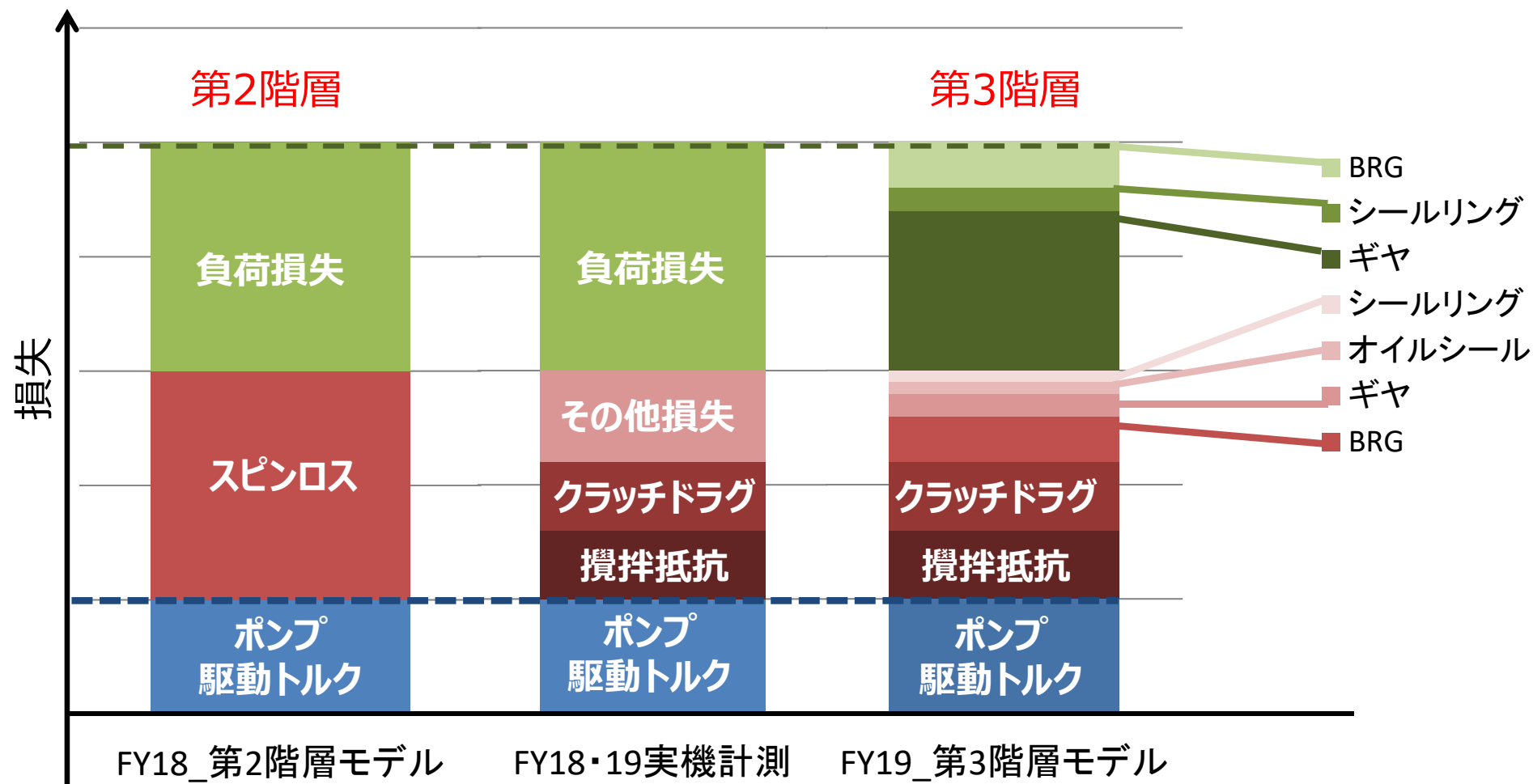


### さまざまなモデル粒度で接続できる（フレキシビリティ）

| 粒度 | 簡易モデル                                                                                                                            | 数値モデル                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3D CAEモデル                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 略図 | <p>摩擦係数<br/>時間</p> <p>入力: ・オイル粘度(温度)<br/>・入/出力回転<br/>・摩擦係数</p> <p>出力: ・空転時ドラグ<br/>・ロック時伝達トルク<br/>・セルフロック応答時間<br/>・セルフロック相対角度</p> | <p>Outer race<br/>Inner race<br/>Sprag</p> <p><math>r_o, r_i</math>: Radii of curvature of sprag<br/><math>R_o, R_i</math>: Radii of outer and inner races</p> <p><math>r_o, r_i</math> より、簡単に</p> $\cos \alpha = \frac{(R_o - r_o)^2 + (R_i + r_i)^2 - \varepsilon^2}{2(R_o - r_o)(R_i + r_i)}$ <p>セルフロック条件 <math>\tan \alpha &lt; \mu_s</math></p> | <p>Outer race<br/>Inner race<br/>Sprag</p> <p>3 units<br/>362 elements<br/>229 nodes</p> <p><math>E = 208 \text{ GPa}</math><br/><math>\nu = 0.3</math></p> <p><math>F = 5.7 \text{ N}</math></p> <p><math>R_o = 61.987 \text{ mm}</math><br/><math>R_i = 45.325</math></p> <p><math>\times 10 \text{ MPa}</math></p> |

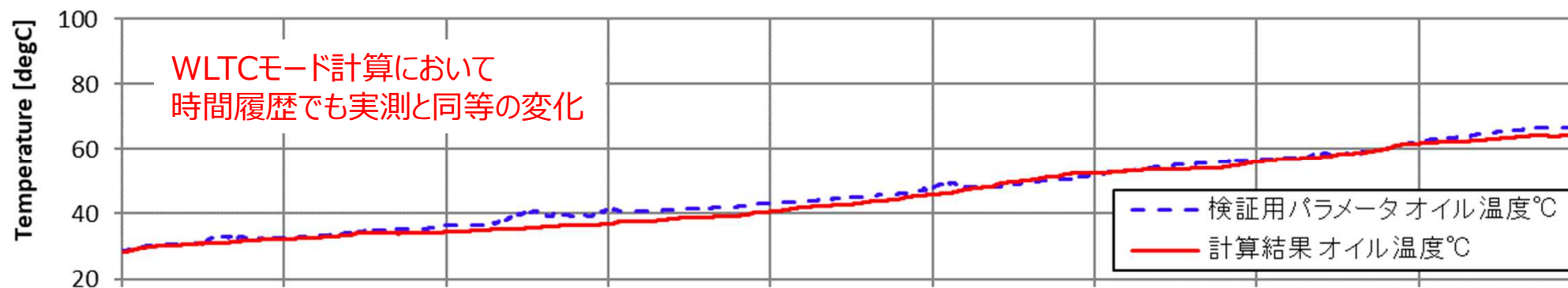
クラッチ、ギヤ、OWC等の部品を組み替えて TM要素部品の損失がわかる

TRAMI第3階層7DCT T/M ASSYモデルに求める精度

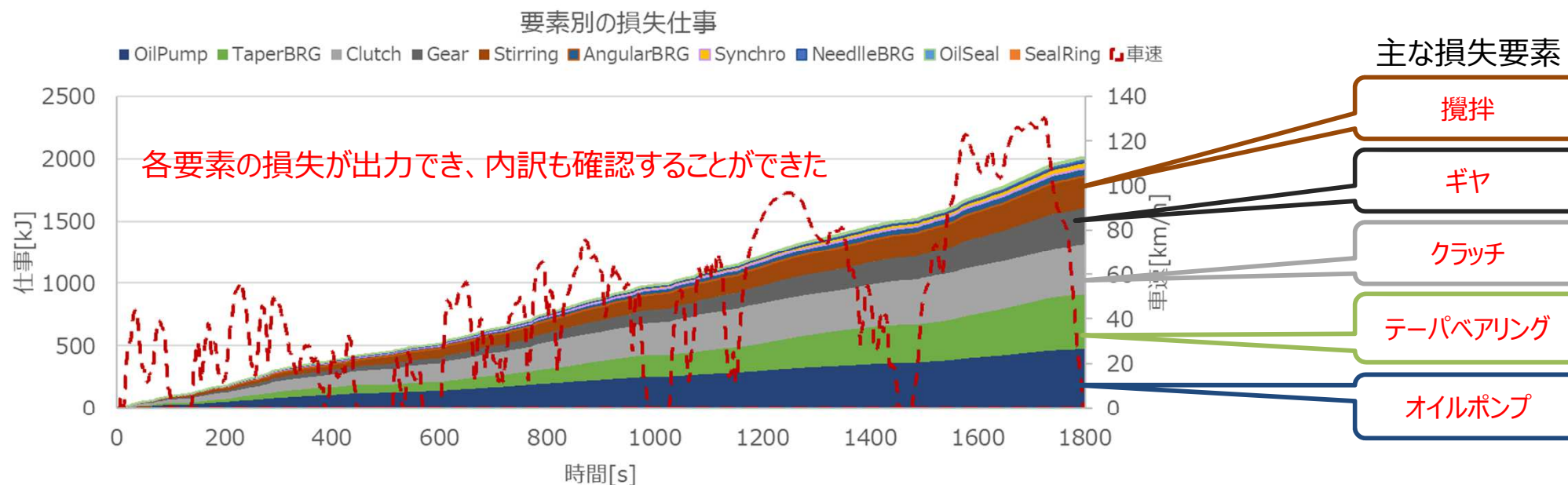


**第3階層モデルでは各機械要素部品の損失内訳を明らかにする。  
モデル精度は第2階層と第3階層間の合計損失対比で誤差5%以内を目指した。**

## ➤ オイルパン油温の実測比較



## ➤ 各機械要素の損失仕事



**WLTCモード走行時のオイルパン油温の変化を検証できた。**  
**また、DCTを構成する各機械要素部品の損失仕事を定量的に明らかにできた。**



## TRAMI\_IFguideline\_ver.1.1



Transmission Research Association for Mobility Innovation

自動車用動力伝達技術研究組合  
動力伝達システムにおける

プラントモデルI/Fガイドライン Ver1.1

### 目次

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 1. 本ガイドラインの位置付け                             | 2  |
| 1.1. 本ガイドラインの位置付け                           | 2  |
| 1.2. モデルの階層について                             | 2  |
| 1.3. 動力伝達システムにおけるサブシステムI/F(インターフェース)定義書について | 3  |
| 2. 動力伝達システムの第2階層モデルについて                     | 6  |
| 2.1. ガイドライン適用事例                             | 6  |
| 2.2. (第2階層)サブシステムI/F定義書                     | 8  |
| 2.2.a. (運動系モデル)                             | 8  |
| 2.2.a1. 発進デバイスモデル                           | 8  |
| 2.2.a2. 変速機構モデル                             | 9  |
| 2.2.a3. 第2階層終減速機モデル                         | 10 |
| 2.2.a4. オイルポンプモデル                           | 11 |
| 2.2.a5. 第2階層ドライブシャフトモデル                     | 12 |
| 2.2.a6. モータ・ジェネレータシステムモデル                   | 13 |
| 2.2.b. (熱系モデル)                              | 14 |
| 2.2.b1. 発進デバイス熱モデル                          | 14 |
| 2.2.b2. 変速機構熱モデル                            | 15 |
| 2.2.b3. ケース・ハウジング熱モデル                       | 16 |
| 2.2.b4. オイル熱モデル                             | 17 |
| 2.2.b5. オイルクーラ熱モデル                          | 18 |
| 2.2.b6. モータ・ジェネレータ熱モデル                      | 19 |
| 2.2.b7. インバータ熱モデル                           | 20 |
| 3. 動力伝達システムの第3階層モデルについて                     | 21 |
| 3.1. ガイドライン適用事例                             | 21 |
| 3.2. (第3階層)サブシステムI/F定義書                     | 24 |
| 3.2.a. (運動系モデル)                             | 24 |
| 3.2.a1. トルクコンバータモデル                         | 24 |
| 3.2.a2. 発進クラッチモデル                           | 25 |
| 3.2.a3. ギヤ(外歯)モデル                           | 26 |
| 3.2.a4. プラネタリギヤ                             | 27 |
| 3.2.a4.1. PlanetPlanet1モデル                  | 28 |
| 3.2.a4.2. PlanetRing1モデル                    | 29 |
| 3.2.a4.3. PlanetPlanet2モデル                  | 29 |

発行日 2019年 2月 7日

### 2.2.a6. モータ・ジェネレータシステムモデル トランスミッションモデル

Page 13

|              |                          |
|--------------|--------------------------|
| サブシステムI/F定義書 | サブシステム名 = モータ・ジェネレータシステム |
|--------------|--------------------------|



| 名称             | 単位    | 極性向き | 説明                   |
|----------------|-------|------|----------------------|
| 回転数 $\omega_1$ | rad/s | —    | ソース(変速機構)側の回転数       |
| 温度T1           | K     | —    | モータ・ジェネレータ(熱モデル)側の温度 |
| 温度T2           | K     | —    | インバータ(熱モデル)側の温度      |
| 電圧V1           | V     | —    | シンク側の電圧              |

| 名称                | 単位    | 範囲 | 説明        |
|-------------------|-------|----|-----------|
| 駆動トルクT2           | Nm    | —  | MGへの指示トルク |
| モータ回転数 $\omega_2$ | rad/s | —  | MGへの指示回転数 |

| 名称 | 単位 | 範囲 | 説明 |
|----|----|----|----|
|    |    |    |    |

| 名称           | 単位 | 極性向き  | 説明                     |
|--------------|----|-------|------------------------|
| トルクT1        | Nm | 出力側が正 | ソース(変速機構)側へのトルク        |
| 熱流量 $\Phi_1$ | W  | 出力側が正 | モータ・ジェネレータ(熱モデル)側への熱流量 |
| 熱流量 $\Phi_2$ | W  | 出力側が正 | インバータ(熱モデル)側への熱流量      |
| 電流I1         | A  | 出力側が正 | シンク側への電流(発電側が正)        |

| 名称 | 単位 | 範囲 | 説明 |
|----|----|----|----|
|    |    |    |    |

| 名称 | 単位 | 範囲 | 説明 |
|----|----|----|----|
|    |    |    |    |

| 名称   | エネルギーの向き | 説明                                |
|------|----------|-----------------------------------|
| 回転E1 | モデルへ入力   | ソース(変速機構モデルなど)から本モデルへの回転エネルギー     |
| 熱E1  | モデルから出力  | 本モデルからモータ・ジェネレータ(熱モデル)への熱エネルギー    |
| 熱E2  | モデルから出力  | 本モデルからインバータ(熱モデル)への熱エネルギー         |
| 電気E1 | モデルから出力  | 本モデルからシンク(高圧充電システムモデルなど)への電気エネルギー |

電動化に対応できるよう I/Fガイドラインにモータ・ジェネレータシステムを追加した

1. モデルの活用事例紹介
2. うれしさを実現するための取り組み
3. ユーザがモデルを活用するには
4. **FY21の取り組み紹介**



【研究委員会/分科会】 モデル戦略研究委員会

【テーマ名】 モデル流通のための使ってもらえるモデルの構築

【研究委託先】

【研究目的】

拡充してきたDCT/AT/CVT/HEVモデルをユーザが使いやすいモデルに変換することで、モデル流通につなげる

【研究内容】

動くモデルから使ってもらえるモデルへの変換

- ・モデル構築方法の統一
- ・モデルパラメータ記述方法の統一
- ・I/Fガイドライン準拠モデル解説書の改訂
- ・計算時間の短縮

動くモデル

使ってもらえるモデル

各要素のI/Fが明確である

◎ 進捗

各要素の機能、モデル粒度が明確である

○

モデルのシステム構成が把握できる

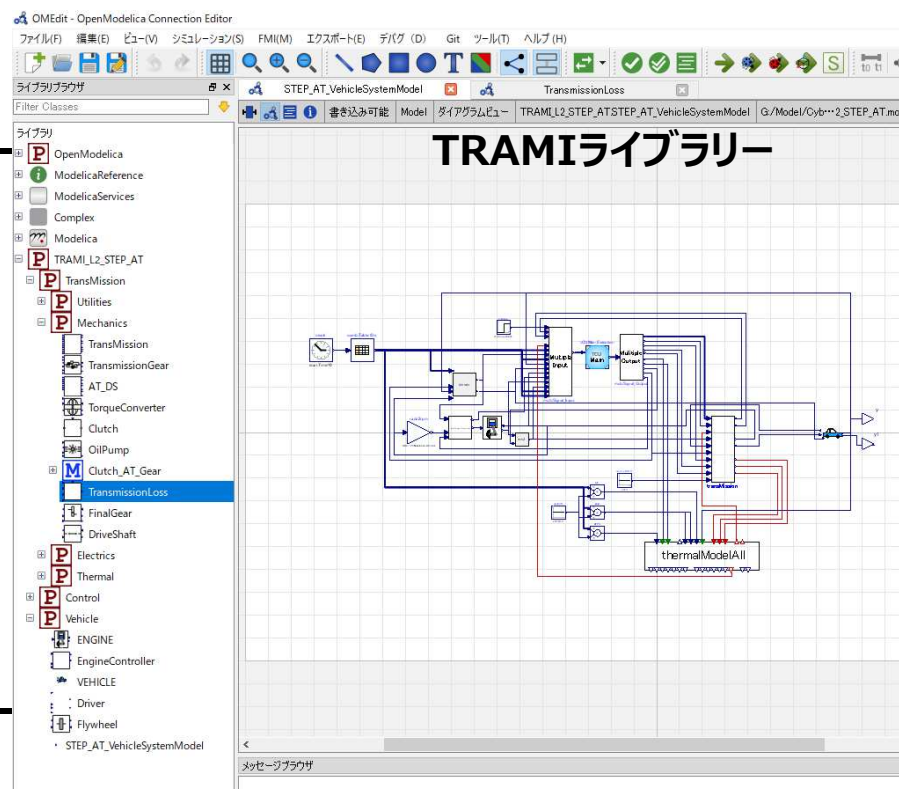
△

シミュレーションを行うためのノウハウや留意点が整備されており、問題発生時にユーザが対処できる

? 注力

【研究成果】

| 2021年度                                                                                                                                  | 2022年度                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・プラントモデルの造り方の統一</li> <li>・ひとつの制御モデルで全TM対応</li> <li>・モデルパラメータ記述方法の統一</li> <li>・計算時間の短縮</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・TRAMIライブラリの整備</li> <li>・I/Fガイドライン準拠モデル解説書の改訂</li> </ul> |



【応用領域】

モデル流通

- サプライヤでの活用
- 大学での活用

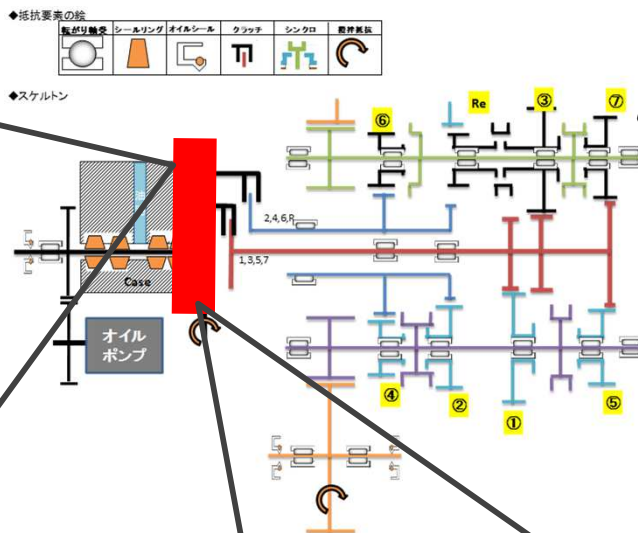
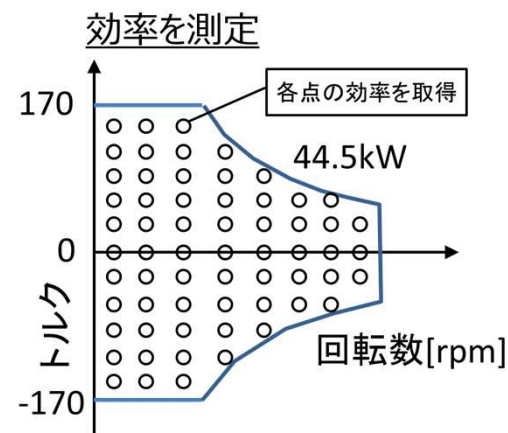
【研究予定期間】

2021-2022年度

## 全研究会 横断的取り組み

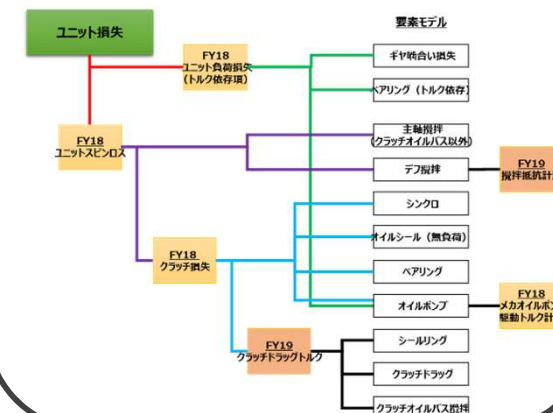
### 電動化研究会

- モータ特性の基礎データ



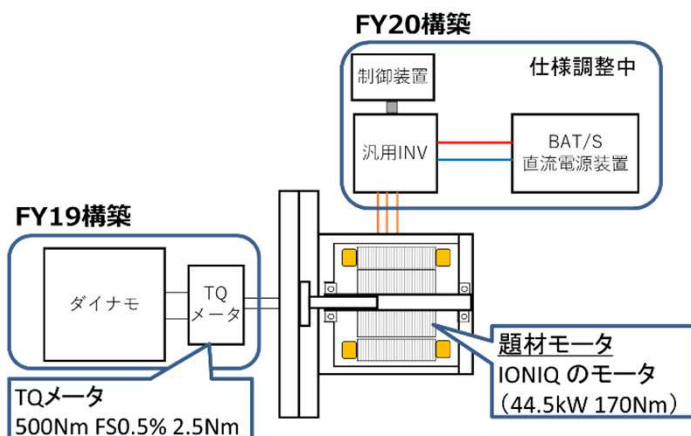
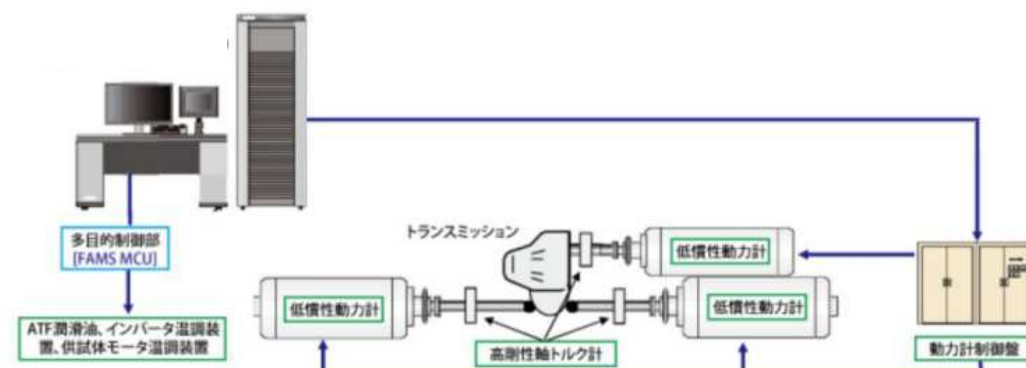
### モデル構築WG + 合同調査

- メカ損失マップ作成
- 電費・燃費モデルの構築



### オープンラボ

- モータ試験装置の開発
- 題材モータの制御シミュレーション



全研究会・合同調査・オープンラボと連携し、P2 HEVモデルを構築する

【研究委員会/分科会】 モデル戦略研究委員会

【テーマ名】 第1階層電動モデル構築手法のHEVへの適用・検証

【研究委託先】

【研究目的】

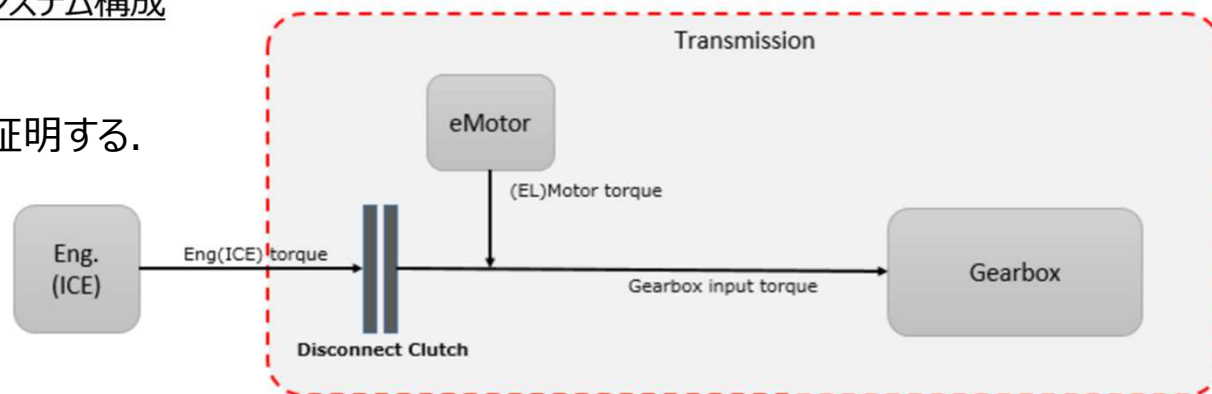
FY20で構築した電動モデルの構築手法を他のHEV骨格に適用し、燃費・電費を予測可能な電動モデルの流通に寄与する

【研究内容】

プラント・システム構成

VW Golf GTEからMB A250eへ骨格を変更しても  
FY20の電動モデル構築手法が活用(流通)できることを証明する。

- ・7速DCTから8速化(ギヤ諸元変更)
- ・エンジン／モータ損失特性の変更
- ・HEV制御パラメータの同定(状態遷移)
- ・WLTCモード以外での検証



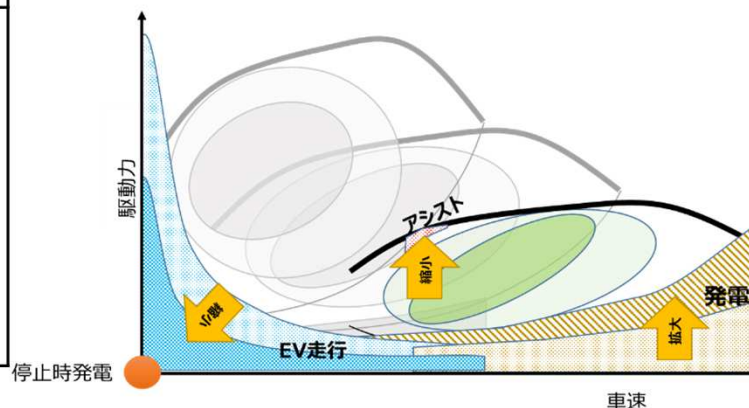
【研究成果】

| 2021年度                                                                                                                 | 2022年度                                                                                                                                 | 2023年度                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・車両状態遷移の同定</li> <li>・状態遷移制御モデルの構築</li> <li>・第1階層電動プラントモデルへの状態遷移モデル接続</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・第3階層電動プラントモデル構築</li> <li>・計装車両による熱抵抗の同定</li> <li>・WLTCモードでの熱モデル精度の検証 (Verification)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・第3階層電動プラントモデルによる燃費寄与度</li> <li>・エンジン／モータ損失特性の同定</li> <li>・WLTCモード以外での検証 (Validation)</li> </ul> |

Cs(HEV)走行

SOCが減ると

- ①EV領域 → 縮小
- ②発電領域 → 拡大 (停止時発電含む)
- ③アシスト領域 → 縮小



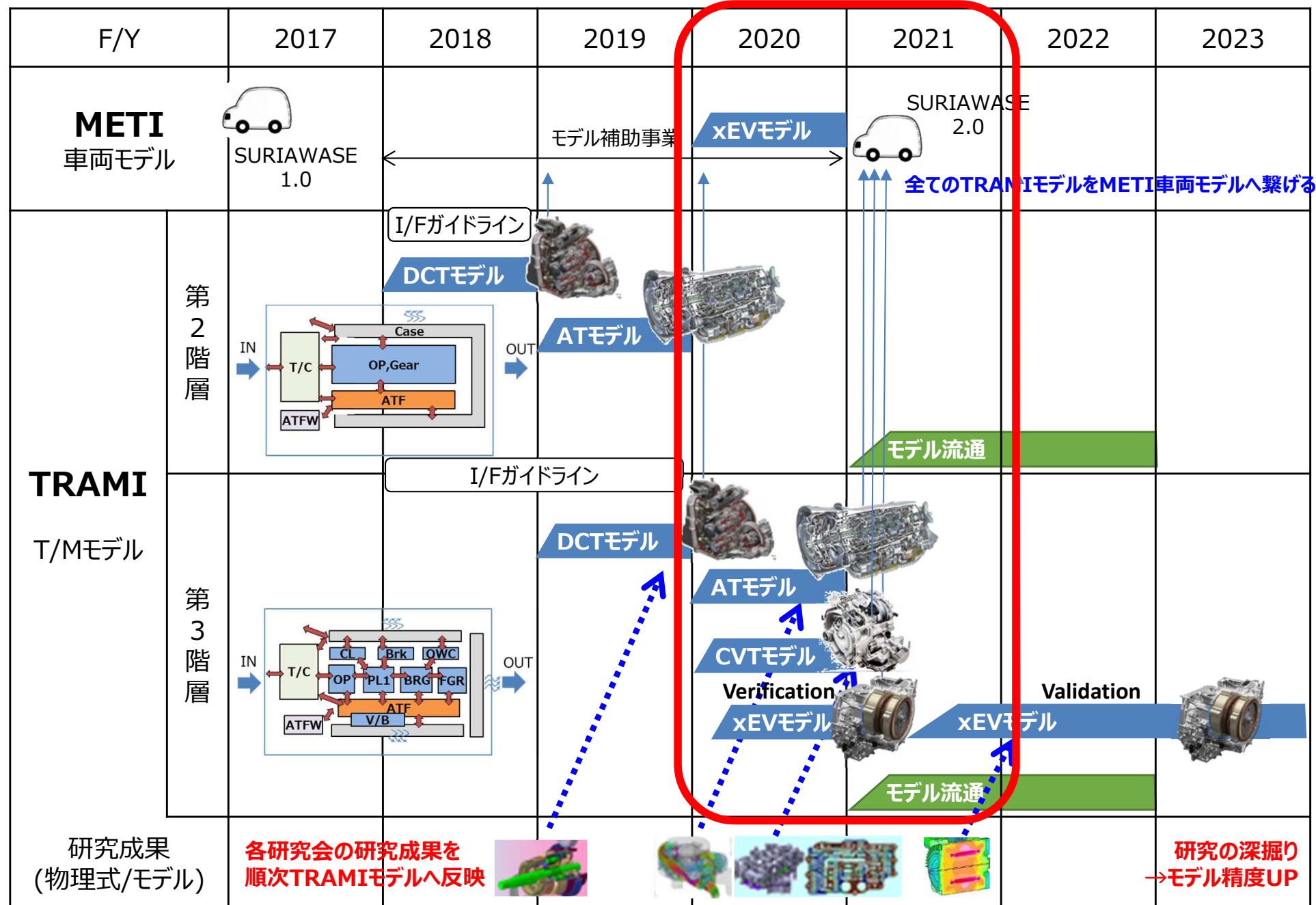
【応用領域】

要素組み換えによる  
他の電動駆動領域

- BEV電費予測
- P2以外のHEV燃費モデル
- 状態遷移の制御研究

【研究予定期間】

2021-2023年度



電動化を1年前倒し、アトリビュートはモータドライブシステムと減速機の電費・熱

# 賛助会員・共同研究企業・共同調査制度

池田 正  
運営委員  
(いすゞ自動車株式会社)



## ■ 2021年度から、3つの制度でスタートします

### 賛助会員制度（FY19実施中～）

★TRAMIの活動にご賛同いただけましたら...

**23社**のみなさまにご参加いただいています（2020年8月現在）

### 共同研究企業制度（FY20実施中～）

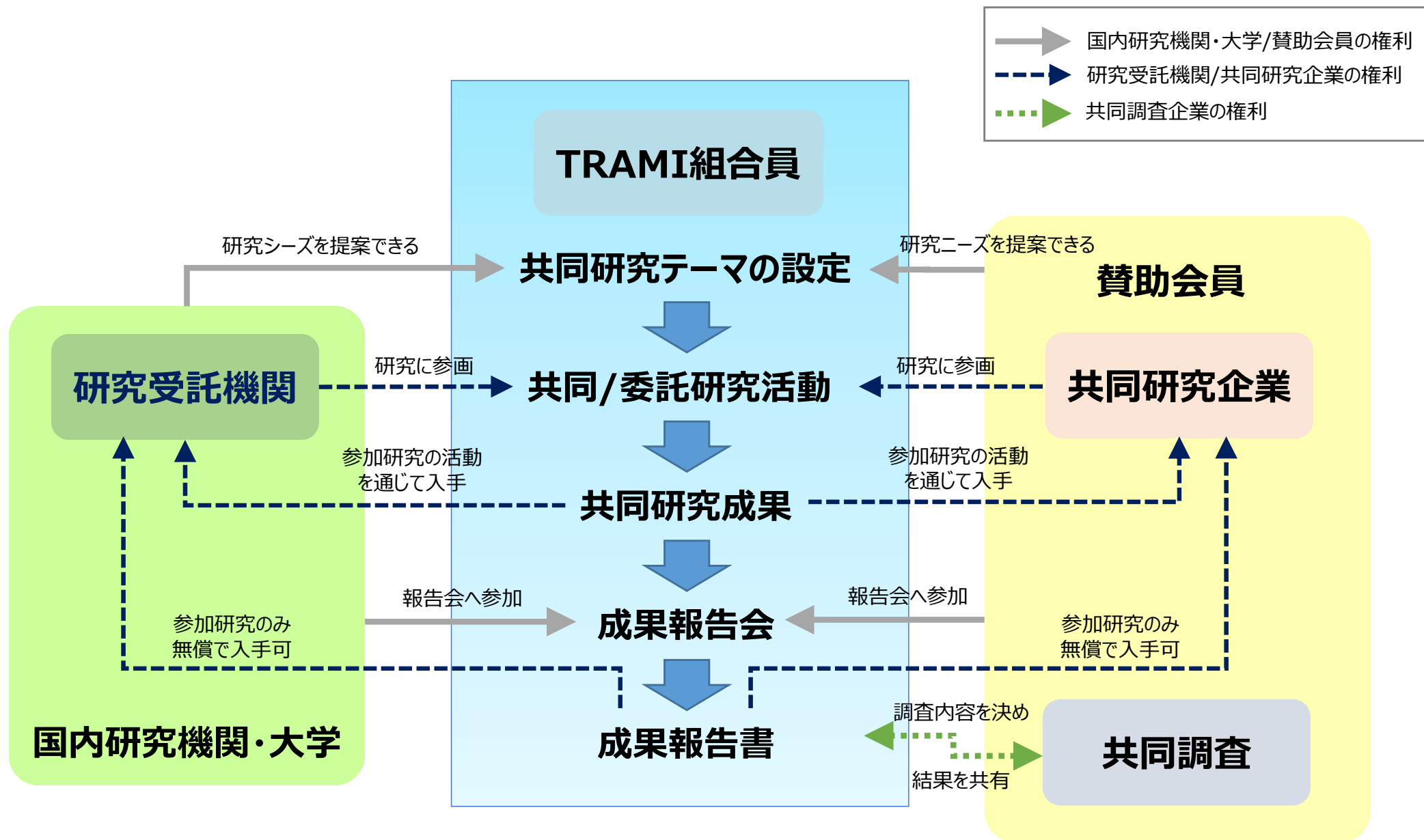
★TRAMIのメンバーと共に研究活動を行うことに興味がある

**11社**のみなさまにご参加いただいています（2020年8月現在）

### 共同調査制度（FY20トライアル、FY21より本格開始）

★TRAMIと共に駆動系の調査を行うことに興味がある

**7社**のみなさまにご参加いただいています（トライアル現在）



## 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)

## 研究グループ主催 研究会等への参画

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

## ネットワークの拡大

学や産との共同研究を通じたネットワーク拡大が出来る

|     | 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 | ◎  |    | ◎  |    | ◎  |    | ★ ◎ 研究進捗報告会 |     | ◎   |    | ★ ◎ 研究進捗報告会 |    |

注).実施回数・時期・場所は研究ごとに異なります

業界動向に関する情報入手・ネットワーク拡大・技術力向上ができ  
世界Topレベルの技術に対する自社のポジショニングが把握できる

## 賛助会員

OEMの関心事や優先度  
が把握出来る

報告会等を通じて他社  
技術レベルを知ることが出来る

共通モデルを使った開発に  
より開発効率を向上出来る

研究テーマ選定

共同研究

成果の蓄積

成果の活用

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

オープンラボを使ったモデル検証により  
自社部品の車両性能への影響がわかる

## 共同研究企業

共同研究を通じて  
人財育成が出来る

研究を通じた  
技術力向上

## 共同調査

トップランナー駆動系の  
調査が出来る

OEM・ユニットメーカーと  
調査結果の議論が出来る

| 資格       | 組合の運営 | 研究テーマの決定 | ニーズの閲覧 | 研究ニーズ／シーズ提案 | 研究WGへの参加   | 共同研究成果へのアクセス※ | 成果報告会への参加 | 年度毎の成果報告書  | モデル                      |                      |                      | 年会費                                                                   |
|----------|-------|----------|--------|-------------|------------|---------------|-----------|------------|--------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|          |       |          |        |             |            |               |           |            | ① 第2・3階層<br>簡易データモデル（公開） | ② 第2・3階層<br>詳細データモデル | ③ モデルにつながる要素技術（第4階層） |                                                                       |
| 組合企業     | ○     | ○        | ○      | ○           | ○          | ○             | ○         | ○          | ○                        | ○                    | ○                    | —                                                                     |
| 共同研究企業   | ×     | ×        | ○      | ○           | ○<br>参加研究分 | ○<br>参加研究分    | ○         | ○<br>参加研究分 | ○                        | △                    | ○<br>参加研究分           | ①1研究グループ ②2研究グループ目以降<br>中小企業：①70万円, ②30万円/研究<br>大企業：①200万円, ②100万円/研究 |
| 共同調査*    | ×     | ×        | ○      | ○           | ×          | ○<br>共同調査分    | ○         | △          | ○                        | △                    | △                    | 調査費の実費をTRAMIを含めて案分                                                    |
| 賛助会員     | ×     | ×        | ○      | ○           | ×          | ×             | ○         | △          | ○                        | △                    | △                    | 中小企業：50万円<br>大企業：150万円<br>(共同研究企業参画年度は不要)                             |
| その他企業    | ×     | ×        | ×      | ×           | ×          | ×             | ×         | △          | ○                        | △                    | △                    |                                                                       |
| 研究受託機関   | ×     | ×        | ×      | ○           | ×          | ○<br>参加研究分    | ○         | ○<br>参加研究分 | ○                        | △                    | ○<br>参加研究分           |                                                                       |
| 国内大学研究機関 | ×     | ×        | ×      | ○           | ×          | ×             | ○         | △          | ○                        | △                    | △                    |                                                                       |

○：権利有り △：検討中 ×：権利なし

※研究過程で得られた全てのデータ(実験生データ、研究過程で作成した報告書等)

\* 研究受託機関も参加可能、ただし、権利は研究受託機関の権利＋共同調査分の成果へのアクセス



- 64



## ■ 以下4つの研究グループで共同研究企業を募集いたします

| 研究会         | 2021年度 研究テーマ                      | 委託先予定          | 研究<br>Gr |
|-------------|-----------------------------------|----------------|----------|
| 機械摩擦・熱研究委員会 | トライボフィルム及び表面テクスチャーの摩擦特性解析         | 東京理科大          | A        |
|             | 接触部の境界～混合潤滑領域の検証                  | 九州工業大          |          |
| 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            |          |
|             | 超高回転時のギヤ挙動(歯面潤滑状態・かみ合い起振力)の研究     | 探索中            |          |
| 摩擦伝達分科会     | 摩擦伝達要素のトライボコントロール理論検証             | 室蘭工業大          |          |
|             | 摩擦伝達要素の摩擦ベクトルを加味した面圧、滑り状態解析       | 同志社大           |          |
|             | トラクションローラの高回転時における動力伝達特性に関する研究    | 東海大            |          |
|             | トラクションローラの高回転時における油膜形成、油流れに関する研究  | 東海大            |          |
| 流体摩擦・熱研究委員会 | 高速回転環境での潤滑油流れの解明                  | 千葉工業大          | C        |
|             | 気泡を含む攪拌流れの二相流研究                   | 大阪大            |          |
|             | 気泡を含む気液二相流の改良モデル実用化               | 数値流体力学コンサルティング |          |
| 流体制御研究委員会   | 気泡生成技術の研究                         | 横浜国立大          | D        |
|             | 電磁弁における動的挙動の研究                    | 横浜国立大          |          |
|             | 油圧剛性と油への気泡溶解、析出に関する研究             | 法政大            |          |
|             | 油圧インピーダンスの研究                      | 横浜国立大          |          |
|             | オイルポンプの研究                         | 豊橋技科大          |          |
| 電動化研究会      | 磁性材料の磁気特性研究                       | 京都大            | E        |
|             | 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究 (GAP部)        | 筑波大            |          |
|             | 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究 (COIL END部)   | 筑波大            |          |
|             | 油冷モータのロータ/ステータGAP部の流れ場・伝熱現象の解明    | 大阪府立大          |          |
|             | 油冷モータのコイル内部のオイルの流れ場・伝熱現象の解明       | 大阪府立大          |          |
|             | 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         |          |
| 音振動研究会      | (検討中)                             | (検討中)          |          |

## <賛助会員制度>

**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

**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)

**申込方法** : TRAMI HPよりお申込み下さい <https://trami.or.jp/>

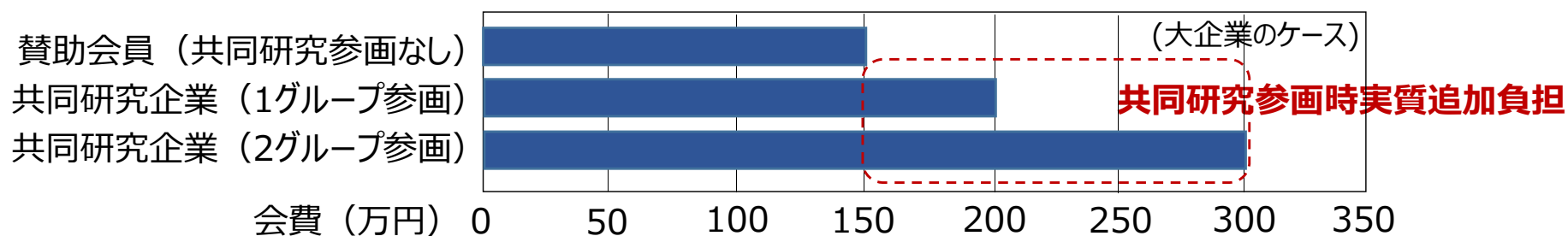
## <共同研究企業制度>

**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

**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 (不課税)  
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 (不課税)

**申込方法** : TRAMI HPよりお申込み下さい <https://trami.or.jp/>

\*) . 2021年度より、研究の継続如何にかかわらず、会費は参加年度のみの単年度とします。



## ■ 共同調査制度の概要

- ・実施事項 : 「世界TOPランナー」の車両/ユニット/部品調査 (全部、または一部)
- ・調査対象/方針 : TRAMIより提案
- ・調査項目/方法 : TRAMI/参加希望者の提案をTRAMI/参加希望者で協議、決定
- ・調査結果 : TRAMI/参加者が共同で考察して報告書にまとめ、共有
- ・調査者 : 参加者/第3者に委託 (調査能力と調査費用から調査項目ごとに選択)
- ・調査費負担 : 調査実費をTRAMI/参加者が均等負担 (TRAMIは11社とカウント)
- ・参加者 : 共同研究企業、賛助会員、TRAMI研究の受託機関<sup>(※)</sup>の希望者
- ・その他 : 詳細は規約にて規定

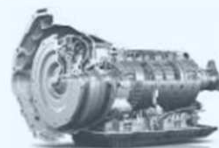
※ : TRAMI研究の登録研究員

### 車両調査



モード遷移(電動車)  
エネルギーの流れ  
熱収支(温度)  
シフトスケジュール  
ライン圧  
NV

### ユニット調査



スケルトン図  
油圧回路図  
ユニットスピンロス  
ユニット負荷ロス  
イナーシャ  
NV

### 部品調査



オイルポンプ駆動負荷  
トルコン特性  
寸法・サイズ・諸元  
形状(3Dスキャン)  
材料  
質量

調査例



## 次年度共同調査のアナウンス：調査車両/ユニットとオープニングセッションのアナウンス オープニングセッション（第1回企画ミーティング）

オープニングセッションを開催して、参加希望者とTRAMIで企画ミーティングをスタート  
TRAMIより調査車両/ユニットと調査方針/方法/項目などを提案  
参加希望者より調査項目/方法などの提案を募る（提案は後日でも可）

## 企画ミーティング（第2回以降）：

TRAMI/参加希望者の提案を基に協議して、調査項目/方法などを決定  
調査者（委託先を含む）を選定して調査費用を見積もり、次年度調査内容を固定

**募集：**参加申し込み

**準備：**調査車両/ユニット/部品などの購入、契約締結

**調査：**参加者/第3者に委託して調査

## 考察・報告書作成：

参加者とTRAMIが調査データを共有して、共同でデータを分析し、考察  
参加者とTRAMIが分担して、データと考察をまとめて報告書を作成

参加資格があれば  
無料で参加可

参加費が必要

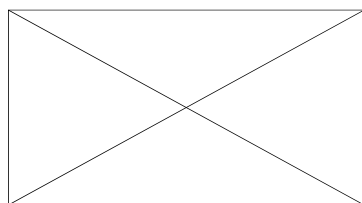


## ■ 共同調査制度に参加するメリットとして以下のようなことが考えられます

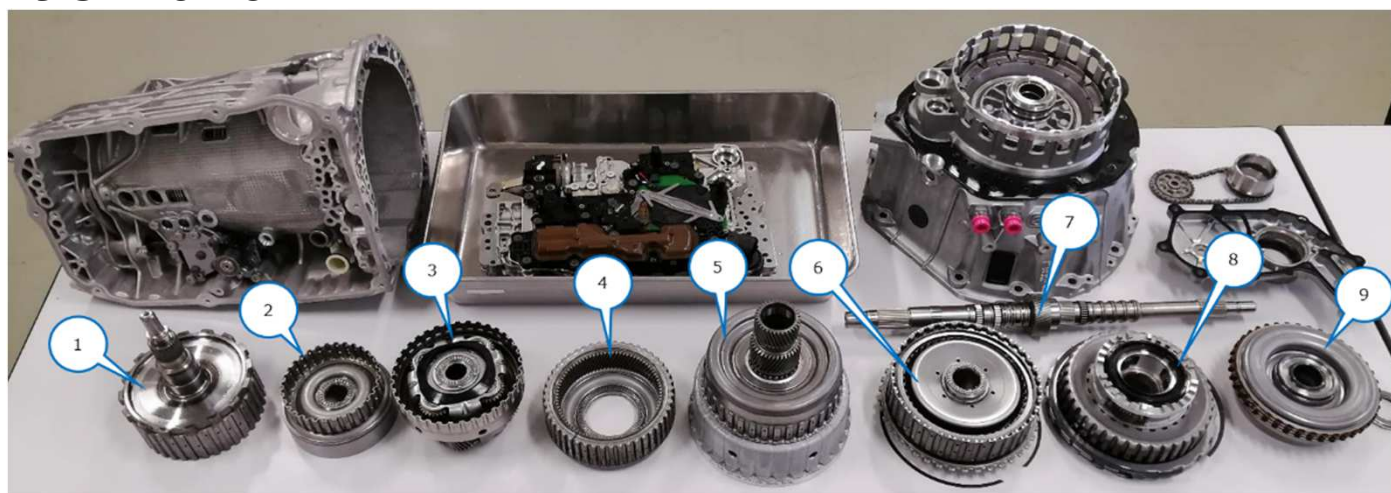
- ・業界の動向（世界TOPランナー候補）情報が得られる
- ・世界TOPランナーの車両/ユニット/部品を現認、技術レベルが確認できる
- ・注目すべき調査方針、調査項目が議論できる
- ・調査方法（計測方法）について、より良い方法を議論できる
- ・共同でのデータの分析、考察に参加して、調査対象物の特徴や得失が確認できる
- ・自社の調査だけでは得られない幅広い調査結果が得られる
- ・車両/ユニットレベルに自社部品が及ぼす影響が分かる

## ■ 2020年度トライアル、現在実施中

調査対象：Mercedes Benz 9G-Tronic



【出典】 <https://media.daimler.com/>



## <共同調査制度>

**参加資格** : 共同研究企業、賛助会員、または、TRAMIの研究受託機関

**参加費用** : 当該年度の共同調査に要する調査費用をTRAMI(\*1)を含めて案分  
 調査費用は、企画Mtg.を経て決定した調査項目/方法などに基づいた実費  
 (\*1) : TRAMIは11社とカウント。 TRAMI + 9社の場合、費用の1/20を負担

**制度開始** : 2021年度より開始 (2020年度、トライアル実施中)

**申込方法** : TRAMIより企画Mtg.参加者宛てに申し込み案内を個別に送付

**オープニングセッション** : TRAMIより参加資格者宛てに開催案内を個別に送付

注). 運営内容につきましては、2020年度のトライアルを経て、変更させていただく場合があることをご承知ください



# TRAMI研究方針

森 淳弘  
運営委員  
(日産自動車株式会社)

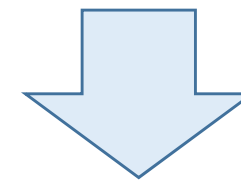
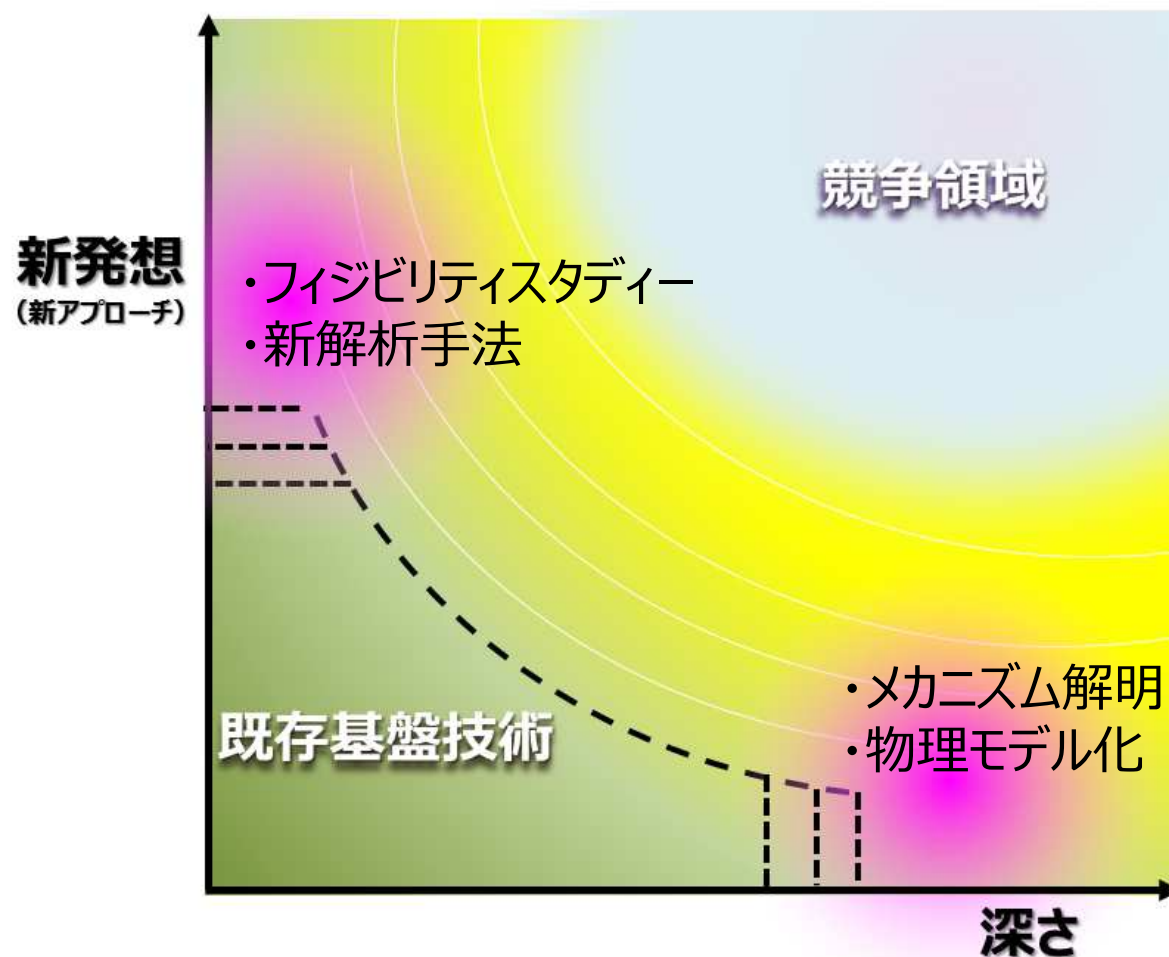
- 1. TRAMI研究の狙いと領域**
- 2. TRAMIの重点方針**
- 3. 研究テーマ設定**

## ✓ 産学連携による非競争領域の基盤技術力の拡大強化

狙いの研究領域

(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

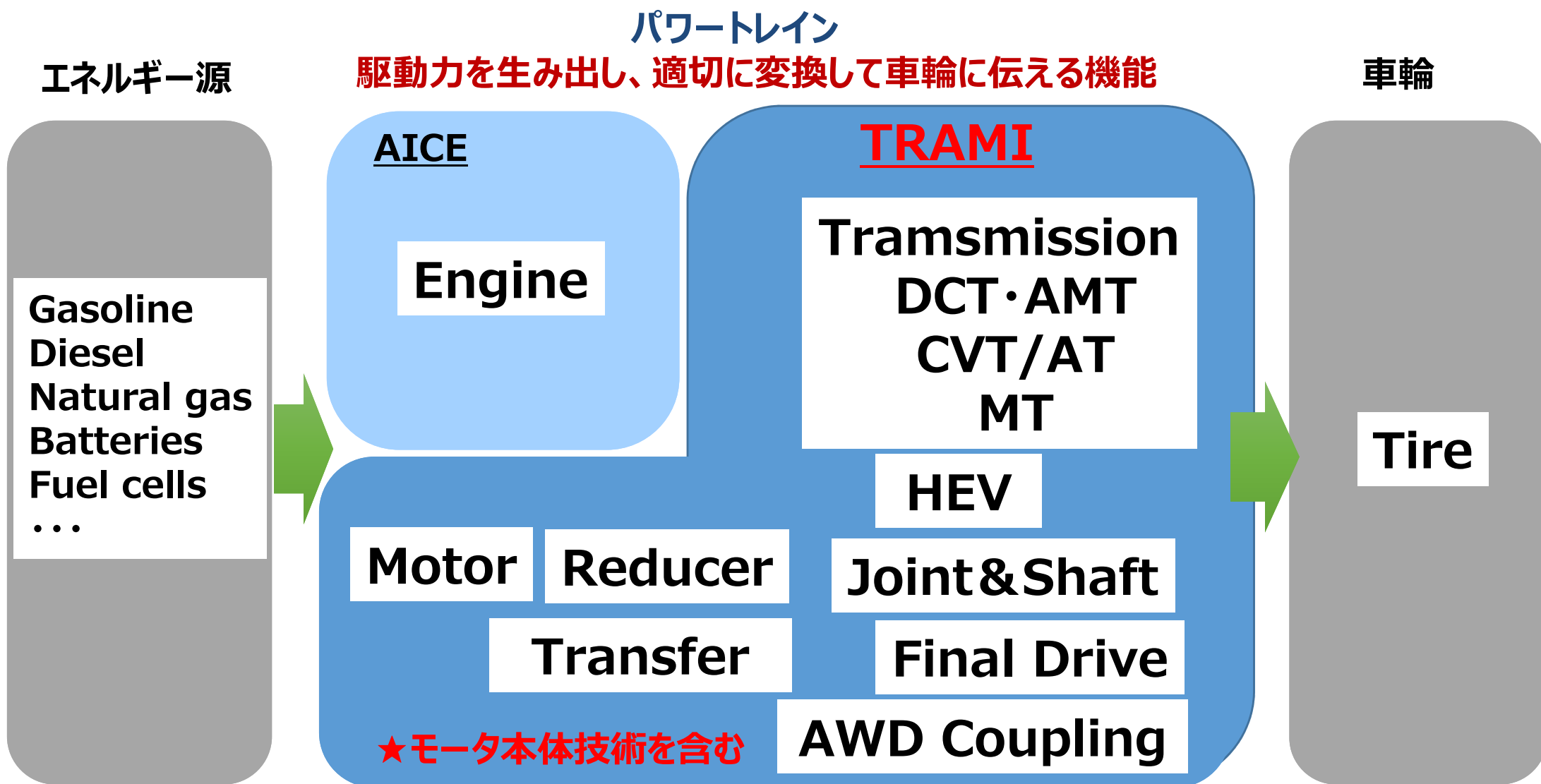


- ✓ 個社の技術開発力の革新
- ✓ 次世代の産学人財育成
- ✓ 学のサイエンス進展





TRAMIの扱う研究領域は、  
自動車用のパワートレイン（モータ本体含む、ENG以外）全体



- 中長期的なCO2削減目標に対して、電動化が必須
- 自動車に求められる価値が多様化し、自動運転化が加速

## Beyond Mobility

CASE

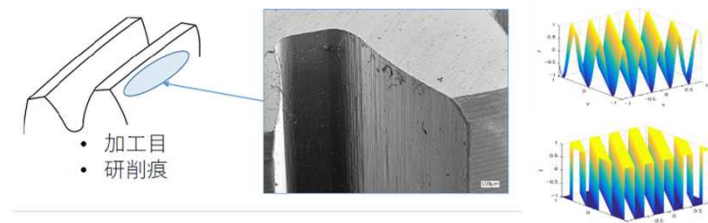
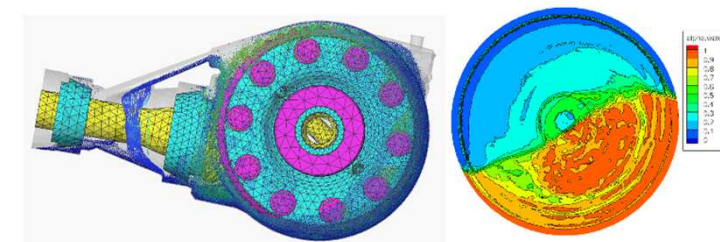
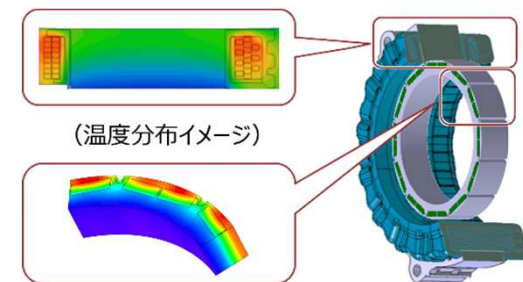
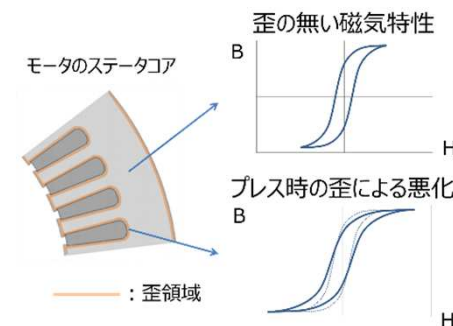
MaaS

Smart City

“2050年までに温室効果ガス排出ゼロ”

“快適空間”

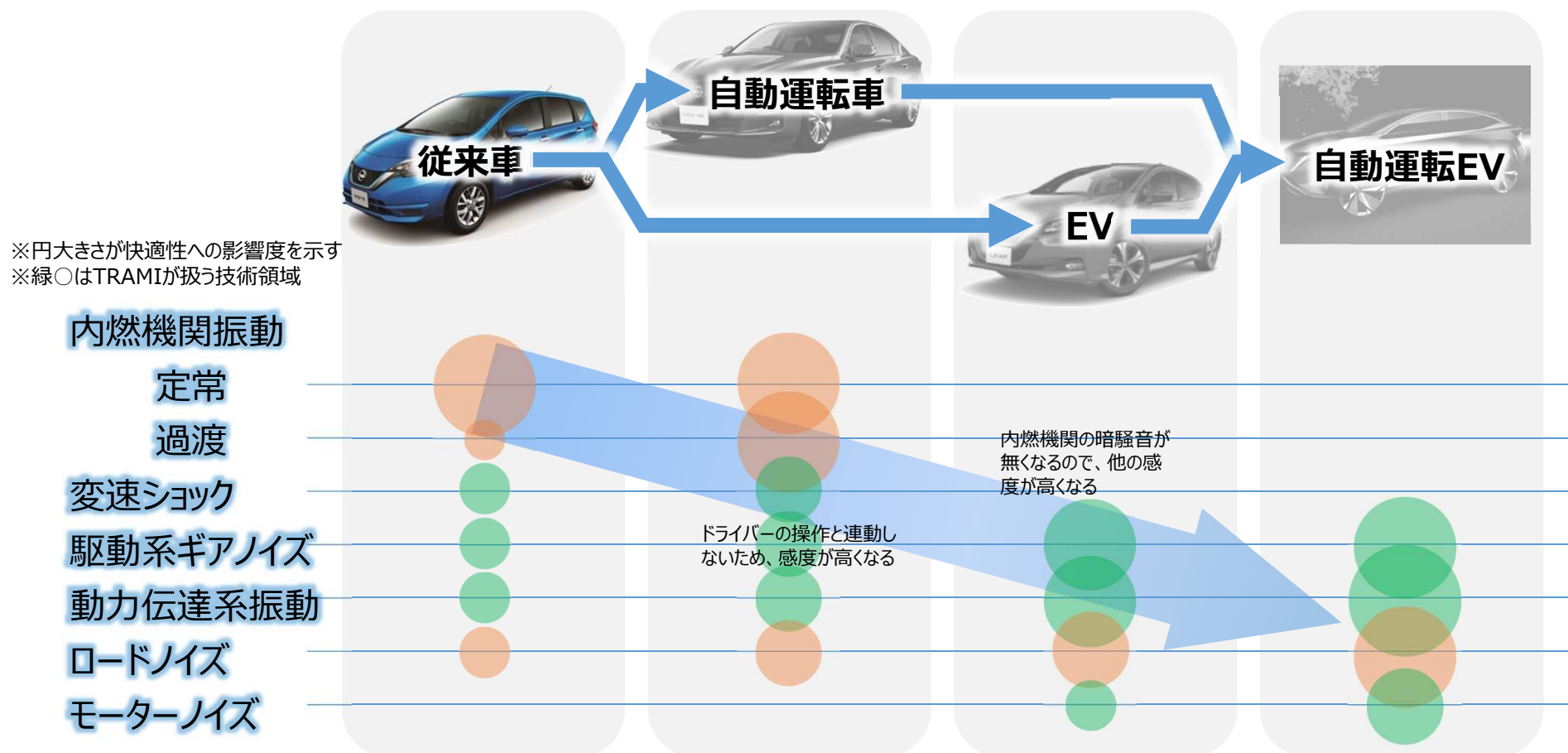
## モータ本体



## ■ 駆動系音振動（NV）課題が増加

- ✓ 電動化により内燃機関の騒音がなく、感度が高くなる
- ✓ 自動化によりドライバーの操作が連動しないため、感度が高くなる

自動化/電動化によって、クルマの快適性に与える影響度の因子が変化する。



## ■企業の研究ニーズ（産のニーズ）を集約

- ・組合員企業11社、賛助会員24社から合計196件の提案
- ・賛助会員24社から合計12件の提案
- ・賛助会員・組合員企業の研究ニーズ合計196件について、同一案件を統合し、合計146件に整理

### 賛助会員・共同研究企業に詳細配布予定

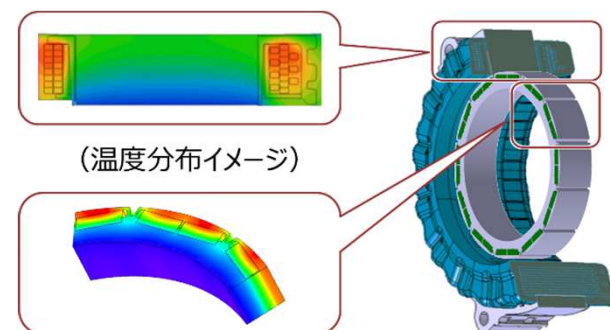
| 分類      | ニーズ名/研究タイトル             | 具体的な困りごと、または、背景                                                                                                                                                   | 明らかにしたいこと、または研究目的                             | 組合員<br>賛同の割合 |
|---------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|
| 燃費      | ギヤ高回転化対応技術<br>（損失・発熱低減） | 電動駆動化で、駆動系の使われ方に变化がある(具体的には高回転、高減速比化)が、従来の技術では将来的に問題となる可能性がある。                                                                                                    | 損失・発熱低減の観点から、高回転・高減速比に適した歯形、表面性状を明確化する。       | 100          |
| 燃費      | 潤滑表面状態による摩擦係数 $\mu$ の予測 | 表面形状(テクスチャ)の違いや潤滑環境により摩擦係数 $\mu$ が異なることはわかっているが、どの形状パラメータが摩擦係数 $\mu$ への寄与度が高いのか？またその前提となる潤滑環境によってその寄与度がどれくらい変化するのか？など工業的な観点(学術的な観点は言うに及ばず)でも十分に摩擦係数が理解できているとは言えない | 潤滑環境/運転環境/表面形状(テクスチャ)などの情報から摩擦係数 $\mu$ を予測する。 | 91           |
| 燃費      | モーター内伝熱のモデル化研究          | モーターの損失低減、トルクUPの観点より冷却性能向上技術を確認して行く。そのためのCAEによる予測・設計技術をレベルアップするため動的な隙間流れ、混層流CFD技術の確立が必要                                                                           | モーター内の伝熱を明らかにし、数値モデル化する研究                     | 91           |
| 信頼性・安全性 | 歯面間油膜状態の計測手法            | 歯車の性能を維持するうえで、歯面間の油膜の役割は重要である。潤滑油の物性や、運転条件から歯面間の油膜厚さを算出することは可能であるが、実際のかみ合いにおける油膜の状態は明らかでなく、歯車の性能が設計通りにならないことがある。                                                  | 歯車対の歯面間の実際の油膜状態を高回転まで含めて計測把握する手法              | 91           |
| 信頼性・安全性 | 歯面間油膜状態の予測手法            | 歯車の性能を維持するうえで、歯面間の油膜の役割は重要である。潤滑油の物性や、運転条件から歯面間の油膜厚さを算出することは可能であるが、実際のかみ合いにおける油膜の状態は明らかでなく、歯車の性能が設計通りにならないことがある。                                                  | 歯車対の歯面間の実際の油膜状態を高回転まで含めて精度よく予測する手法            | 91           |
| 信頼性・安全性 | 潤滑油を保持できる表面テクスチャー       | TM効率向上のためには潤滑油量の低減が有効で、今後ますます滑り部の潤滑環境が厳しくなってくる                                                                                                                    | 無潤滑に近い状態でも焼き付かない、潤滑油を保持できる表面テクスチャーを明らかにする     | 91           |



## ■ TRAMIの重点技術領域として下記3つを設定

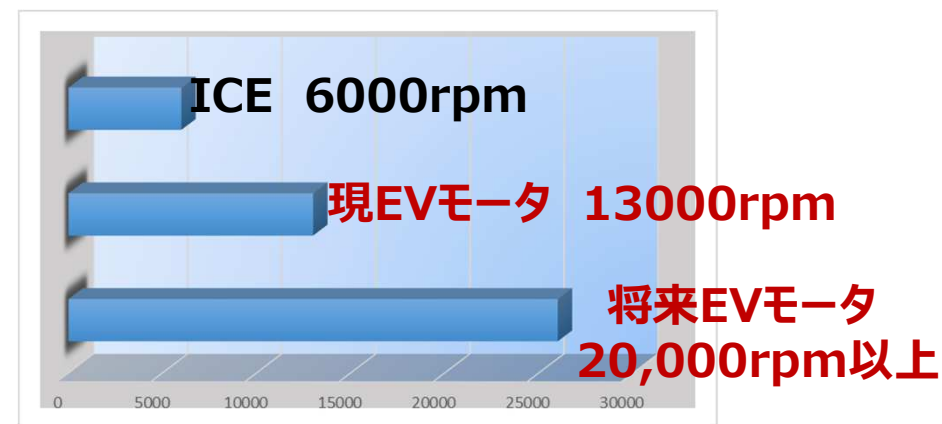
### (1) 高効率・小型を可能とする**モータ技術**

- ✓ 効率スイートスポットが結構狭い
- ✓ 損失により熱が発生、熱対策重要
- ✓ 結構重くてでかい



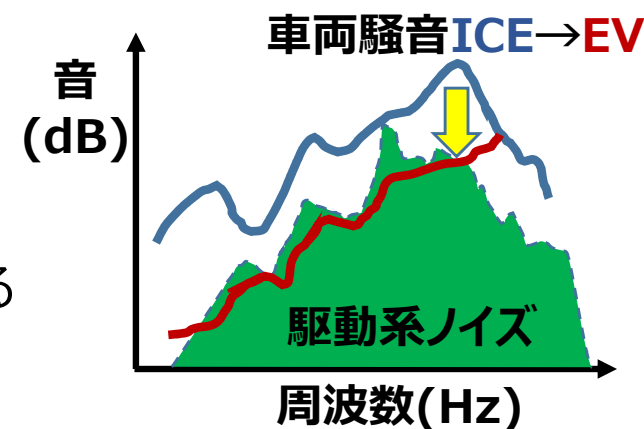
### (2) モーター駆動に対応する**ドライブトレイン技術**

- ✓ エンジンと比較して数倍の高回転化



### (3) **音振動**要求レベル高度化の対応

- ✓ 内燃機関の暗騒音がなくなるため音感度が高くなる
- ✓ ドライバーの操作が連動しないため振動感度が高くなる



★組合員企業と学が議論を重ね、今後必要な重要技術の研究テーマ・内容を熟慮！

# 研究シナリオ

# 研究ロードマップ<sup>o</sup>

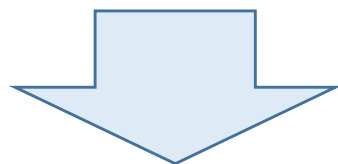
## 研究企画書 (研究テーマ毎)

## ■ 2021年度は4グループ合計で22テーマの研究を計画（音振動は検討中）

| 研究会         | 2021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 | トライボフィルム及び表面テクスチャーの摩擦特性解析         | 東京理科大          | A     |
|             | 接触部の境界～混合潤滑領域の検証                  | 九州工業大          |       |
| 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            |       |
|             | 超高回転時のギヤ挙動(歯面潤滑状態・かみ合い起振力)の研究     | 探索中            |       |
| 摩擦伝達分科会     | 摩擦伝達要素のトライボコントロール理論検証             | 室蘭工業大          |       |
|             | 摩擦伝達要素の摩擦ベクトルを加味した面圧、滑り状態解析       | 同志社大           |       |
|             | トラクションローラの高回転時における動力伝達特性に関する研究    | 東海大            |       |
|             | トラクションローラの高回転時における油膜形成、油流れに関する研究  | 東海大            |       |
| 流体摩擦・熱研究委員会 | 高速回転環境での潤滑油流れの解明                  | 千葉工業大          | C     |
|             | 気泡を含む攪拌流れの二相流研究                   | 大阪大            |       |
|             | 気泡を含む気液二相流の改良モデル実用化               | 数値流体力学コンサルティング |       |
| 流体制御研究委員会   | 気泡生成技術の研究                         | 横浜国立大          | D     |
|             | 電磁弁における動的挙動の研究                    | 横浜国立大          |       |
|             | 油圧剛性と油への気泡溶解、析出に関する研究             | 法政大            |       |
|             | 油圧インピーダンスの研究                      | 横浜国立大          |       |
|             | オイルポンプの研究                         | 豊橋技科大          |       |
| 電動化研究会      | 磁性材料の磁気特性研究                       | 京都大            | E     |
|             | 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究（GAP部）         | 筑波大            |       |
|             | 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究（COIL END部）    | 筑波大            |       |
|             | 油冷モータのロータ/ステータGAP部の流れ場・伝熱現象の解明    | 大阪府立大          |       |
|             | 油冷モータのコイル内部のオイルの流れ場・伝熱現象の解明       | 大阪府立大          |       |
|             | 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         |       |
| 音振動研究会      | （検討中）                             | （検討中）          |       |



- ✓ 自動車の電動化・自動運転化の対応において、重要度が高まっている技術領域に関する技術・知見が得られる。
- ✓ 自動車会社及び大学と共同で取り組むことで、個社単独では困難な研究活動に関わることができる。



- ✓ 個社の技術開発力の革新
- ✓ 次世代の産学人財育成
- ✓ 学のサイエンス進展



# 研究Gr.\_A

## 機械摩擦・熱 研究委員会

服部 勇二  
分科会リーダー  
(トヨタ自動車株式会社)



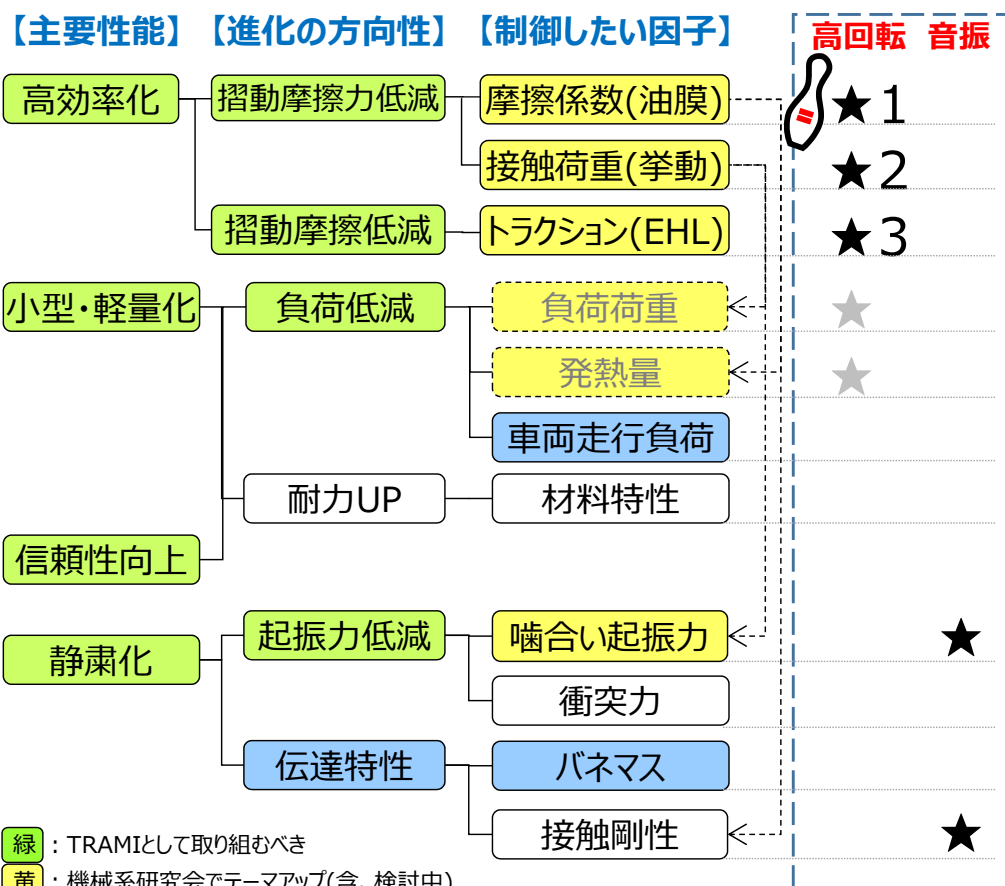
## TRAMI 3重点方針

(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

- ✓ 機械摩擦現象/性能の、一番ピンとなる摩擦解明を行い、機械摩擦の制御を可能とする
- ✓ 高回転時のギヤ噛合いやガタ打ちの起振力を解明し、動的状態の起振力解析を可能とする



■ 緑 : TRAMIとして取り組むべき  
■ 黄 : 機械系研究会でテーマアップ(含、検討中)  
■ 青 : 他研究会で検討中  
■ 白 : テーマアップ可能か検討

TRAMI重点課題対応  
(電動化/高回転化/音振)

### ★ 1 摩擦の解明

- 取組中 従来環境下での摩擦解明(油膜、テクスチャ)
- 新規取組み 高速環境を考慮した油膜/摩擦解明

### ★ 2 接触荷重(拳動)の解明

- 取組中 従来環境下での接触拳動の解明
- 新規取組み 接触拳動と金属摩擦の相関解明

### ★ 3 トラクション伝達(EHL)

- 取組中 高回転の可視化とトラクション限界の把握
- 新規取組み 油膜形成とテクスチャ効果の研究

## 摩擦・油膜制御理論の構築と発展

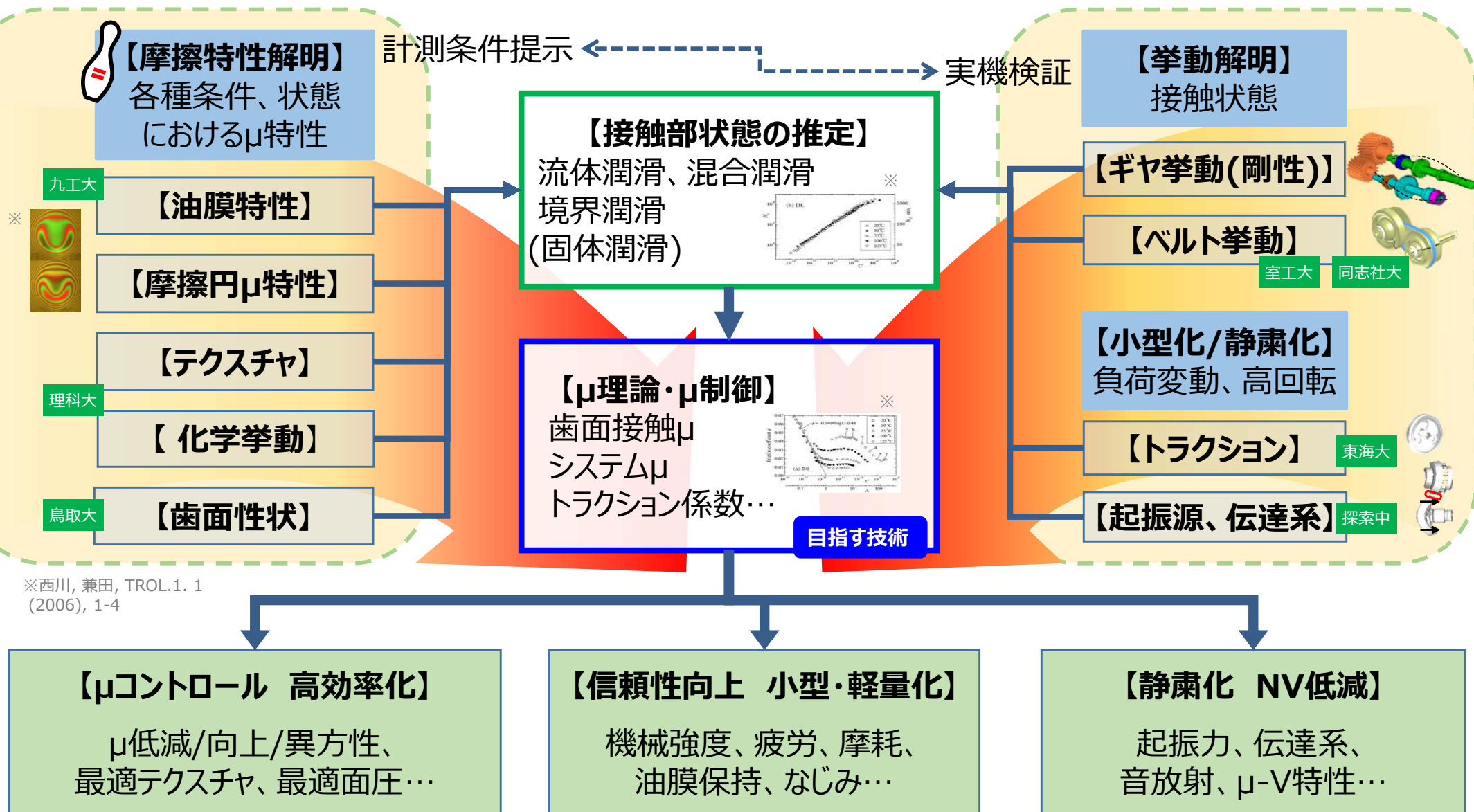
- 次期取組み 金属面摩擦解明(表面処理/テクスチャ/EHL)  
高回転での油膜形成状態/起振力の解明

目指す技術 摩擦制御理論/油膜接触理論の構築

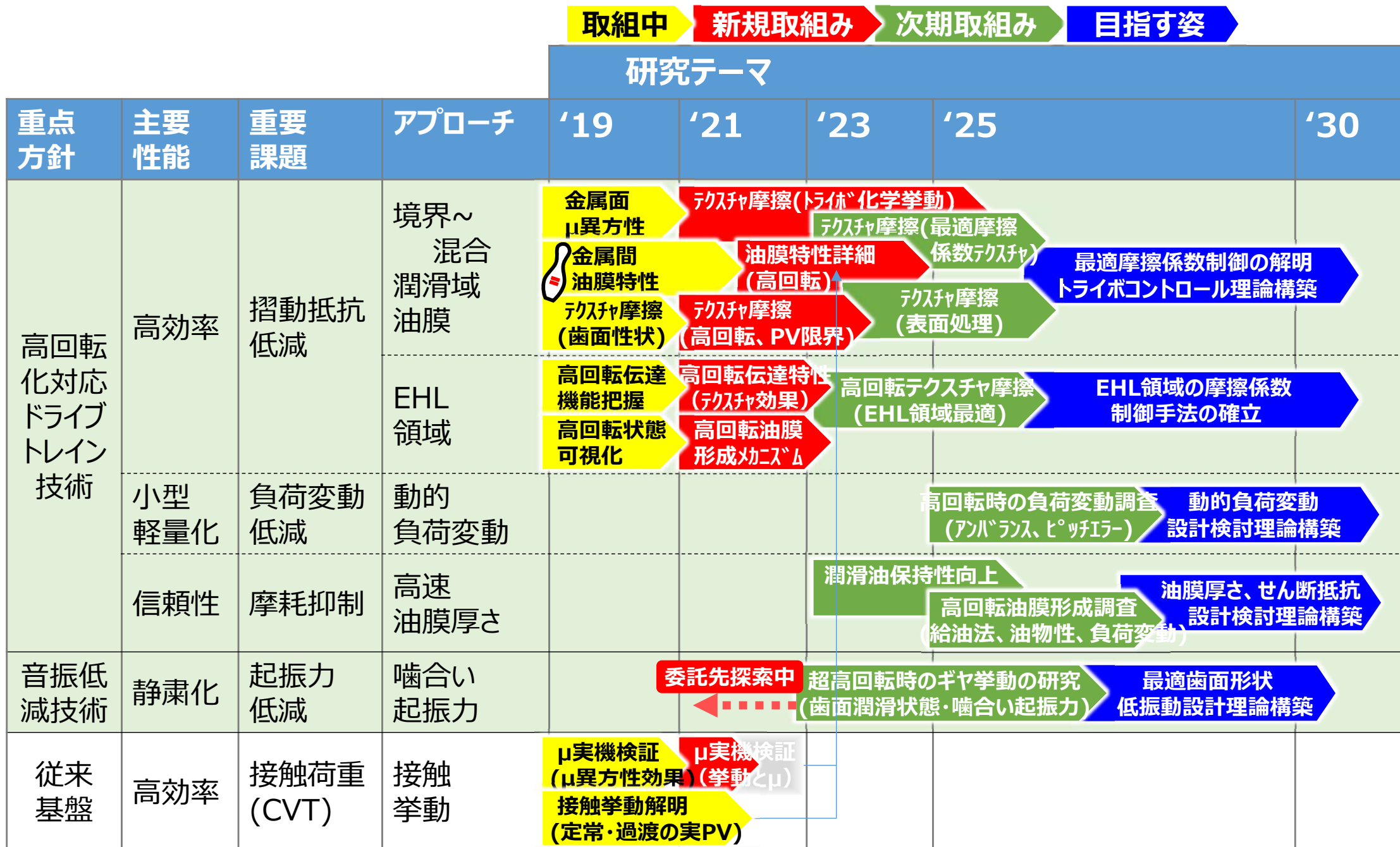
✓「トライボロジー領域」と「機械力学領域」の両面からアプローチし、  
高回転まで対応する摺動部摩擦、摩耗、起振力のコントロール技術を研究

## <トライボロジー領域>

## <機械力学領域>



✓ 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Gr.\_A

## 機械摩擦・熱 研究委員会

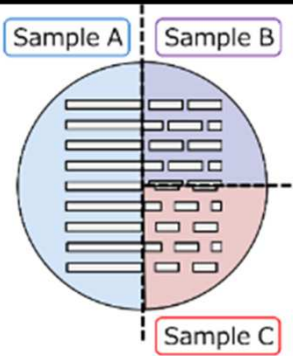
鎌田 慎志  
研究委員会リーダー  
(いすゞ自動車株式会社)

**【テーマ名】** トライボフィルム及び表面テクスチャーの摩擦特性解析 **【研究委託先】** 東京理科大学

**【研究目的】** 高速回転する歯車ならびにトラクションドライブの、損失低減（効率向上）を目的とし、表面性状（粗さとテクスチャ）やトライボフィルムの性状を把握し、 $\mu$ コントロール及び、摩擦・摩耗制御技術の解明する。

**【研究内容】**

- ①境界潤滑域におけるテクスチャーの摩擦異方性についてまとめを行い、摩擦のコントロール技術につながる摩擦計算基礎式を提案する。
- ②高速回転化の前段として、表面反応膜と界面油膜を考慮した摩擦校正式の測定に必要なパラメータの洗い出しを行う。
- ③トライボフィルムの反応膜形成の摩擦特性を把握する。  
→摩擦面状態（性状と油膜厚さ）の観察するシステムの開発する。





PAO 4      NS-3  
300 CS      DBDS

テクスチャー形状と摩擦異方性のまとめ      摩擦試験後のトライボフィルムの状態を計測

| <b>【研究成果】</b>                                                             |                                             |                                                                                   |                                                                              |                                                          | <b>【応用領域】</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021年度                                                                    | 2022年度                                      | 2023年度                                                                            | 2024年度                                                                       | 2025年度                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ・摩擦異方性まとめ<br>・混合、EHLのテクスチャー効果の確認（高速回転化前段）<br>・摩擦面状態（性状と油膜厚さ）のその場観察システムの開発 | ・高速回転時の潤滑状態とトライボフィルムの形成状態を把握するための計測・観察技術の確立 | ・流体潤滑領域における表面テクスチャによる摩擦損失低減効果メカニズムの解明<br>・高速回転時における各種添加剤によるトライボフィルム形成と摩擦損失低減効果の解明 | ・各潤滑領域における表面テクスチャによる摩擦損失低減効果のまとめ<br>・高速回転時における表面テクスチャによるトライボフィルム形成状態への影響のまとめ | ・高速回転時における摩擦係数に及ぼす表面テクスチャならびに添加剤の影響のまとめと、摩擦力推定のための基礎式の確立 | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <b>摺動部</b><br/>                     （ブッシュ、スリーブ、トラクションローラー）<br/>                     → <math>\mu</math>低減 : 低摩擦損失<br/>                     → <math>\mu</math>向上 : 高摩擦伝達                 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>固定部</b><br/>                     （ボルト座面<math>\mu</math>、etc.）<br/>                     → <math>\mu</math>安定化 : 小型化、軽量化                 </div> |

**【研究予定期間】** 2021年度～2025年度



【テーマ名】 接触部の境界～混合潤滑領域の検証

【研究委託先】 九州工業大学

【研究目的】 機械要素接触部の油膜・摩擦挙動を把握し、高精度摩擦係数推定式を確立する。  
実用上、特に重要となる混合潤滑下における摩擦特性の解明、拡張を行う。

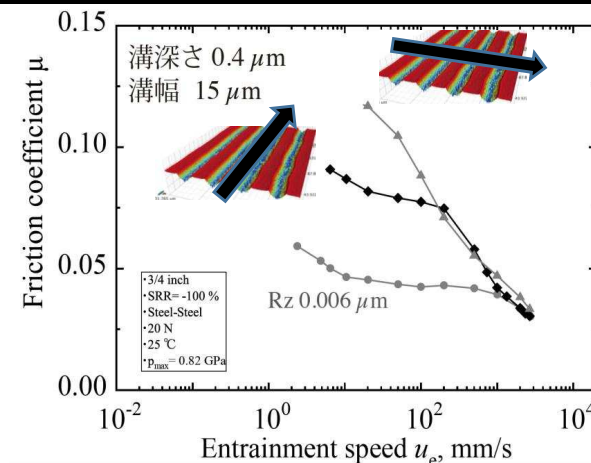
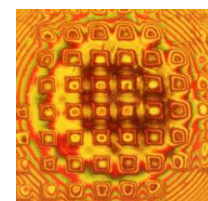
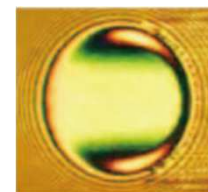
## 【研究内容】

### ・～FY20 摩擦推定式の改良

表面微細形状の分析と油膜観察・摩擦試験を実施し、粗さの大小により摩擦係数推定式に用いる粗さパラメータをかえる必要があることなどを示し、加工法やなじみ（摩耗）の進行について摩擦推定式が適用できるよう改良。

### ・FY21 摩擦推定式の適用範囲と精度の向上

得られてきた結果を更に発展させ、モーター駆動による高速回転なども含めた多様な運転条件・表面に対応できる摩擦推定式の確立を最終目標とし、表面性状を広範囲にコントロールすることで表面粗さパラメータ、分布パターンなどの影響を明確にし、摩擦発生メカニズムを実験的・理論的に明らかにすることで摩擦推定式の適用範囲と精度を向上させる



## 【研究成果】

| 2018年度                                                        | 2019年度                                                             | 2020年度                                                       | 2021年度                                                 | 2022年度～                                                                              |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 油膜挙動の観察によって接触面の油膜状態を解析し、摩擦特性について、 <b>松本の摩擦係数推定式の検証</b> を実施した。 | 表面微細形状の分析と油膜観察・摩擦試験を行い、メカニズムを解明し、松本式を拡張、または <b>新たな摩擦係数推定式</b> を得た。 | 表面粗さパラメータや溝方向・溝間隔が <b>油膜形成に与える影響</b> を評価し、さらに修正した摩擦係数推定式を得る。 | 実機状態における駆動系要素接触部に幅広く適用可能な <b>汎用性を持った摩擦係数推定式</b> を確立する。 | 高速回転なども含めた多様な条件に対応できる摩擦推定式の確立。<br>※高速回転化懸念点である油膜が十分に確保されない事が想定されるが、他大学の研究状況と連携し見極める。 |
| 境界～混合～流体の領域の検証                                                |                                                                    | 境界～混合潤滑に特化した詳細検証                                             |                                                        | 高速回転化への領域拡大                                                                          |

## 【応用領域】

- ・混合潤滑状態にある接触面の摩擦係数推定
- ・境界あるいは流体潤滑状態に保ちたい接触面の表面設計

## 【研究予定期間】

2018年度～2021年度（2022年度以降、高速回転化への発展研究予定）

**研究Gr.\_A**  
**機械摩擦・熱 研究委員会**  
**機械伝達分科会**

**齋木 康平**  
**分科会リーダー**  
**(株式会社SUBARU)**

【テーマ名】 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

【研究委託先】 鳥取大学

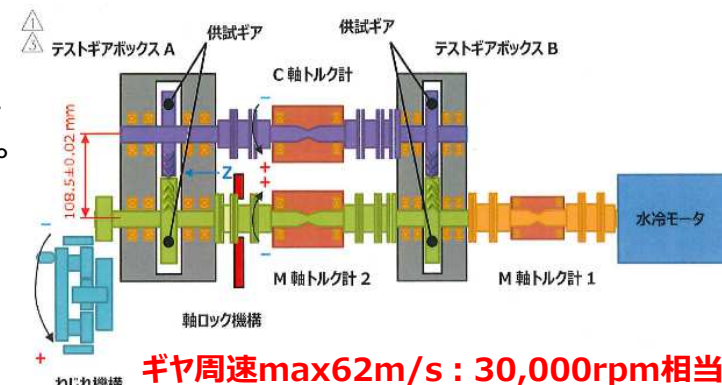
【研究目的】 30,000rpm相当周速の高速回転ギヤに関して、かみ合い摩擦・スカuffing摩耗に及ぼす歯面テクスチャ・潤滑油・PV条件の影響を明らかにし、高回転モータ駆動ギヤの伝達効率向上・歯面損傷低減につながる知見を見出す。

## 【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 $\mu$ 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摩耗を、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
- ②高速回転ギヤの低粘度油(ATF)領域の油膜形成・かみ合い摩擦の検証
- ③現行HV・EV車の約2倍の高PVギヤのスカuffing摩耗の基礎研究

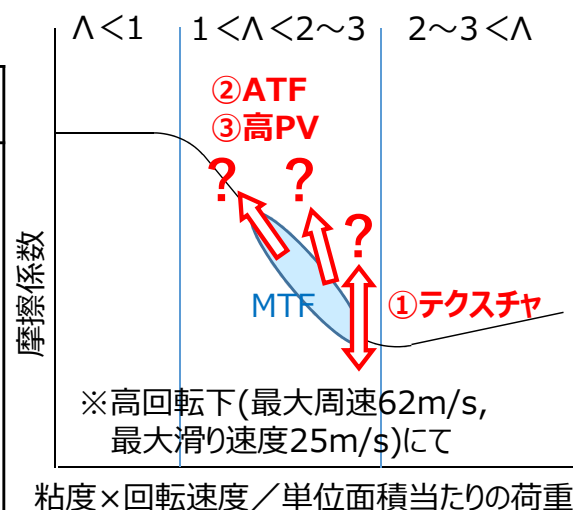


ギヤ周速max62m/s : 30,000rpm相当

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                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・各種量産ギヤの歯面テクスチャのかみ合い摩擦係数把握</li> <li>・高速回転ギヤの伝達効率向上の知見創出</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・低粘度油領域でのかみあい摩擦係数<math>\mu</math>式の検証</li> <li>・高速回転遠心力と潤滑油粘度の油膜形成に及ぼす影響調査</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・約2倍の高PVギヤの発熱・摩耗挙動の実験調査</li> <li>・約2倍の高PVギヤのスカuffing摩耗を回避する歯形の検討</li> </ul> |



## 【応用領域】

電動モータで駆動される  
高回転ギヤ

現行HV・EV車の約2倍  
の高PVギヤ

【研究予定期間】 2021年度～2023年度

【テーマ名】 超高回転時のギヤ挙動(歯面潤滑状態・かみ合い起振力)の研究

【研究委託先】 探索中

【研究目的】 電動化に伴い使用範囲が拡大しているギヤにおいて、超高回転下における歯面間の潤滑状態、起振力特性を明らかにし、超高回転モータ駆動ギヤの伝達効率向上・歯面起振力低減につながる知見を見出す。

## 【研究内容】

＜研究領域＞ 既存の電動車両のモータ回転数は15000rpmが主流(右図)  
本テーマでは、さらなる高回転領域(右図参照)を研究対象とする。

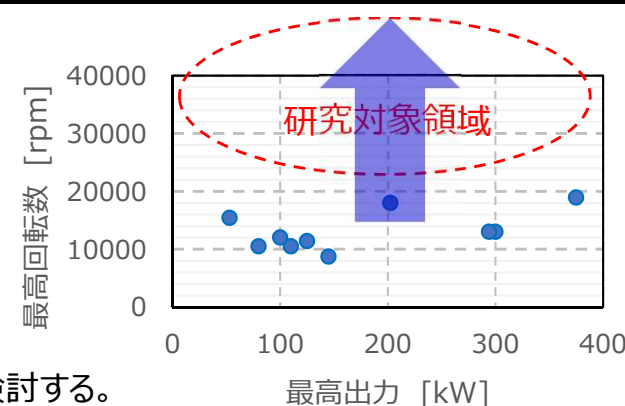
TRAMI オープンホールの活用を検討。21年度は、以下の内容に取り組む。

・超高回転運転環境の構築、効率計測の実施

→ 機械伝達分科会にて実施中の「かみ合い摩擦に及ぼすギヤ歯面テクスチャの影響に関する研究」成果との整合性確認。

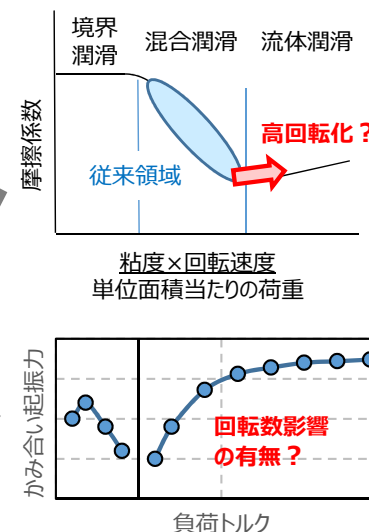
※ 計測環境が構築が困難な場合は、ギヤ諸元調整での疑似環境にて実施し、計測環境構築は、継続検討する。

かみ合い起振力特性に関しては、テーマ化を継続検討し、22年度以降のテーマとする。



## 【研究成果】

| 2021年度                   | 2022年度                                                  | 2023年度           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|
| ・運転、計測環境構築               | 21年度に構築困難な場合は、継続検討                                      |                  |
| ・FY20実施テーマのかみ合い摩擦係数μ式の検証 | (変化ありの場合)<br>・かみ合い摩擦係数μ式の修正をテーマ化<br>(変化なしの場合)<br>テーマ化せず | ・かみ合い摩擦係数μ式の修正完  |
| ・かみ合い起振力特性計測技術の検討        | ・かみ合い起振力特性の計測技術構築と計測<br>→ テーマ化検討                        | ・かみ合い起振力に関する知見創出 |



## 【応用領域】

電動モータで駆動される  
高回転ギヤ  
(今後の超高回転化  
に備えた将来技術)

【研究予定期間】 2021～23年度

**研究Gr.\_A**  
**機械摩擦・熱 研究委員会**  
**摩擦伝達分科会**

**服部 勇二**  
**分科会リーダー**  
**(トヨタ自動車株式会社)**



【テーマ名】 摩擦伝達要素のトライボコントロール理論検証

【研究委託先】 室蘭工業大学

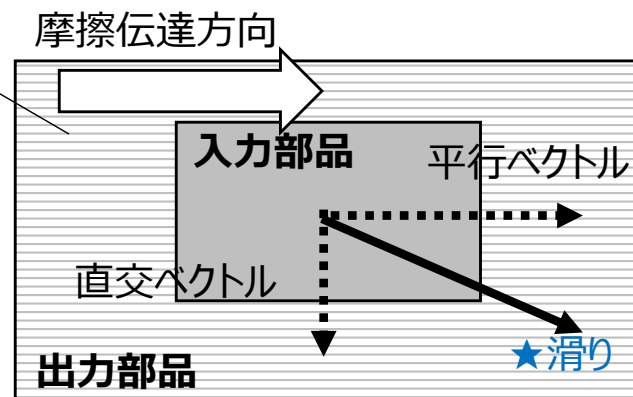
【研究目的】 実機の摩擦伝達要素においては、動力伝達方向だけでなく直交方向にもすべり損失が発生し、動力伝達特性や熱の発生などのトランスミッション性能に影響する。本研究では、このすべり損失の低減に向けて、実機要素での摩擦異方性(表面テクスチャ)を利用したトライボコントロールの検証を行う。

【研究内容】

摩擦異方性を付与した実機要素の接触荷重、周方向の滑り挙動と摩擦力の測定を行い、2020年度測定予定の摩擦異方性による効率変化のメカニズムを検討する。

※実機研究治具としてベルト式CVTを用いる

★面性状等  
(摩擦異方性)



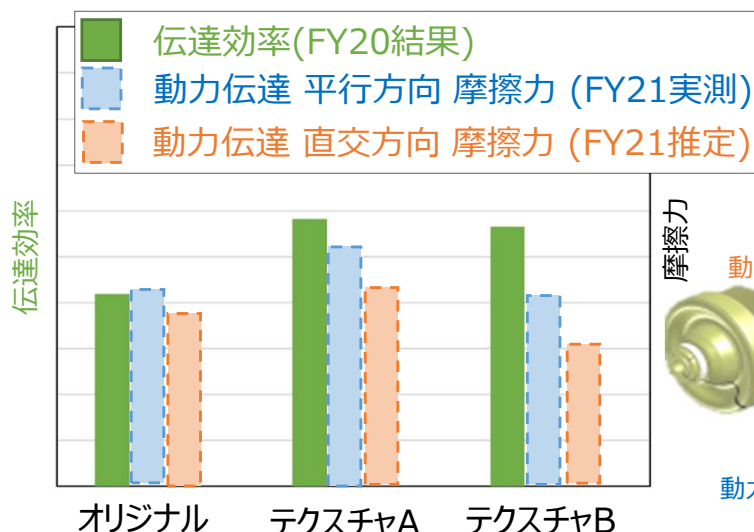
【研究成果】

2020年度

摩擦伝達要素の  
摩擦異方性による  
効率変化の確認

2021年度

動力伝達方向の  
すべり/摩擦力に及  
ぼす摩擦異方性の  
影響を確認  
2020年度測定結  
果の効率変化に対  
するメカニズム解明



【応用領域】

ブッシュ等の損失低減

金属×金属間摺動部に、  
必要とする摩擦力をコント  
ロールできる

【研究予定期間】

2021年

【テーマ名】 摩擦伝達要素の摩擦ベクトルを加味した面圧、滑り状態解析

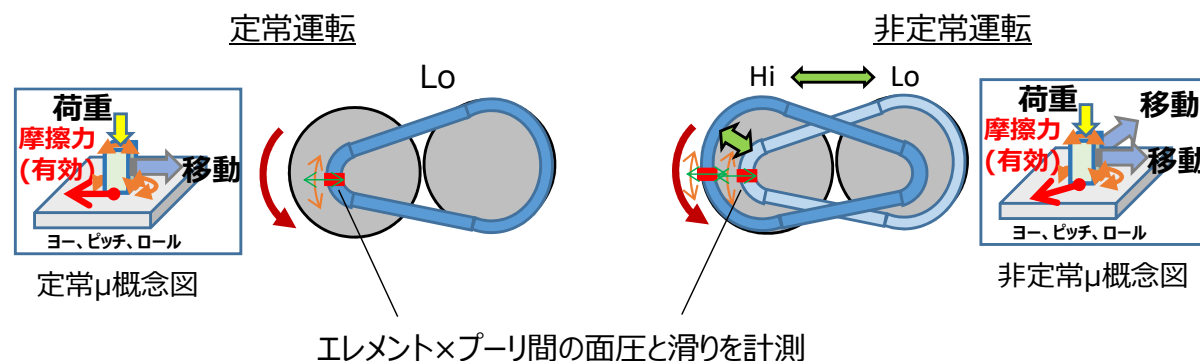
【研究委託先】 同志社大学

【研究目的】 トランスミッション内部の摩擦伝達要素は、その機能に応じて摩擦係数をコントロールする技術が求められる。摩擦要素の実機使用状態での摩擦ベクトルを加味した面圧、滑り状態を調査し、東京理科大学と九州工業大学で実施している摩擦基礎解析の摩擦領域を明示する。また、要素の摩擦特性を変更した場合の伝達システムとしての性能影響を確認する。

## 【研究内容】

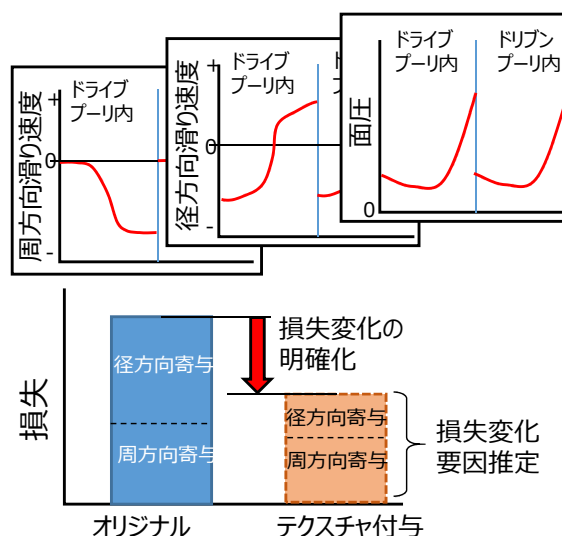
摩擦により動力が伝達される実機部品(CVTベルト)を用いて、

①滑り速度 ②荷重分布 ③摩擦ベクトルの観察を行い、摩擦係数の基礎解析条件を明らかにする。また、表面テクスチャによる摩擦異方性の特性を変更した場合の性能(伝達損失)への影響を確認する。



## 【研究成果】

| 2018～2020年度                                                                                                                                                                   | 2021年度                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>金属間摩擦を持つ摩擦要素(プーリ、エレメント)の接触面間面圧と滑りを、定常条件で把握し、連携する摩擦の基礎研究に用いる摩擦ベクトルを明示。(他大学連携)</li> <li>非定常条件での計測を行うため、試験機を整備し、精度は粗いが計測可能とした。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>金属間摩擦を持つ摩擦要素(プーリ、エレメント)の接触面間面圧と滑りを、非定常条件で把握し、連携する摩擦の基礎研究に用いる摩擦ベクトルを明示。(他大学連携)</li> <li>エレメントの姿勢を計測し、面圧、滑りへの影響を分析する。</li> <li>表面テクスチャの性能影響を明示し、その要因(メカニズム)を推定する。</li> </ul> |



## 【応用領域】

ブッシュ等の損失低減

金属×金属間摺動部に、必要/不必要な摩擦力のコントロール手法に応用できる。

## 【研究予定期間】

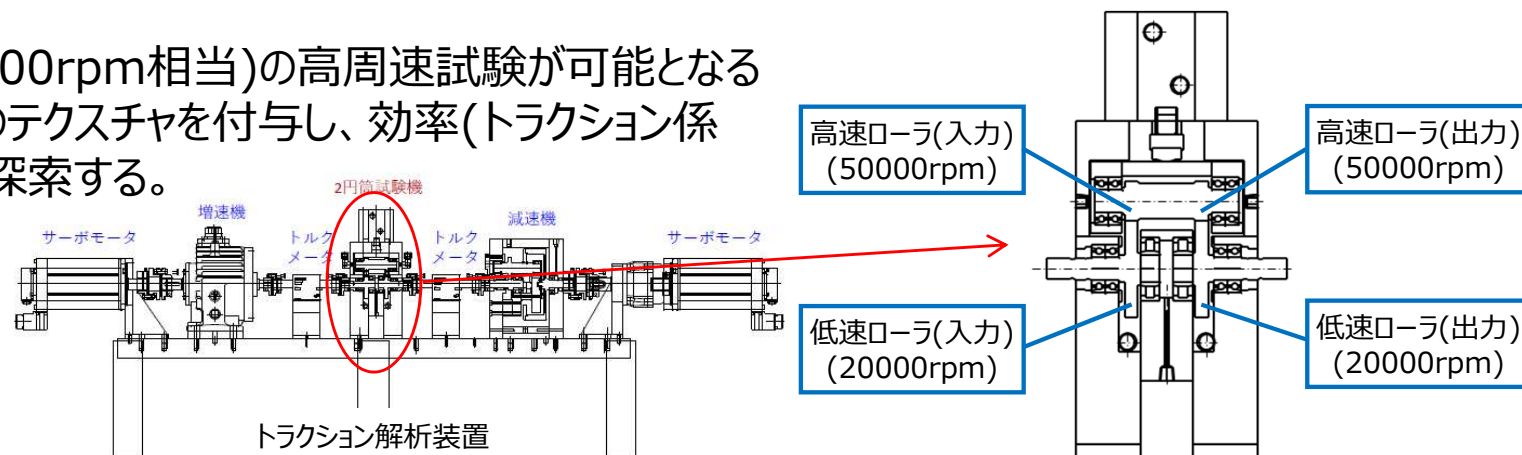
2018年度～2021年度

【テーマ名】 トラクションローラの高回転時における動力伝達特性に関する研究

【研究委託先】 東海大学

【研究目的】 電動機の高回転化を想定した高減速比トラクション減速の動力伝達能力、伝達効率、音振などの基礎特性を明らかにする。また、予想される高周速における伝達効率の低下を改善する手法を探索する。

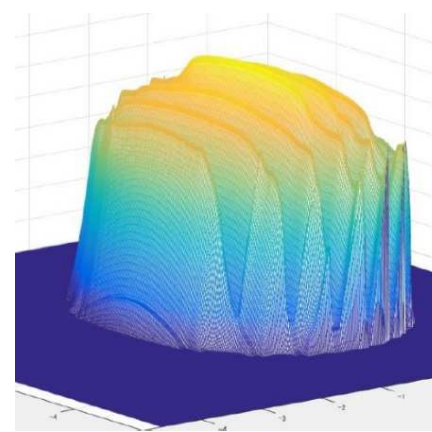
【研究内容】 周速75m/s(電動機入力50,000rpm相当)の高周速試験が可能となる試験機を用い、ローラに複数種のテクスチャを付与し、効率(トラクション係数)向上に効果的なテクスチャを探索する。



【研究成果】

| 2018,2019年度                                                                                                     | 2020年度                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>超高回転におけるトラクション伝達の基礎データを測定。</li> <li>動力伝達部を歯車に置き換えて基礎特性の比較を実施。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>第3階層相当の実験式を作成。</li> <li>ローラにテクスチャを付与して現象の変化を観察、テクスチャの影響を分析する。</li> </ul> |

| 2021,2022年度                                                       |
|-------------------------------------------------------------------|
| <p>別研究の可視化の結果もフィードバックし、テクスチャ付与で発生する現象を推定、効率向上に効果的なテクスチャを探索する。</p> |



テクスチャの計算結果例

【応用領域】

超高回転モータ用減速機  
タービン用減速機

【研究予定期間】 2021年度～2022年度

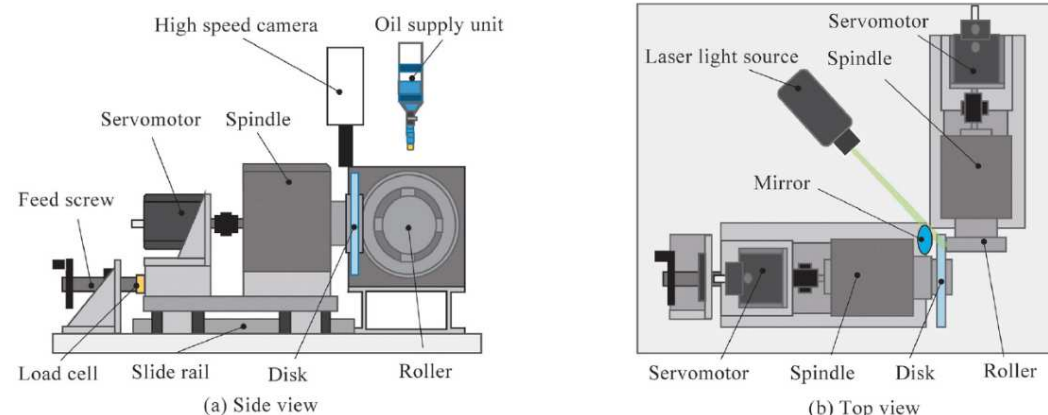
【テーマ名】 トラクションローラの高回転時における油膜形成、油流れに関する研究

【研究委託先】 東海大学

【研究目的】 電動機の高回転化を想定した高減速比トラクション減速の動力伝達能力、伝達効率、音振などの基礎特性を明らかにするため、油膜形成、油流れの可視化を行う。

### 【研究内容】

テクスチャを付与した超高回転トラクション伝達における油膜形成、油流れを観察し、テクスチャ付与による効率向上のメカニズムを解明する。



トラクション伝達可視化実験設備(トライボロジスト2019より)

### 【研究成果】

2020年度

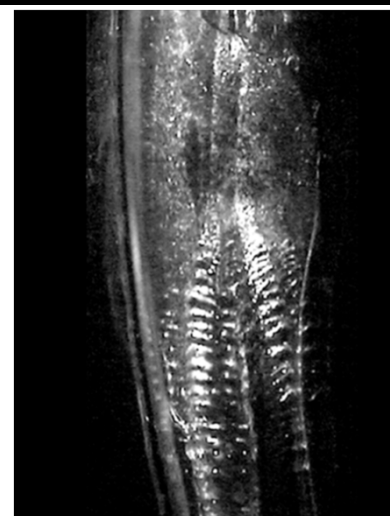
- ・**超高回転**におけるトラクション伝達で油膜形成、**油流れを可視化**し、発生する現象を解明する。

2021,2022年度

- ・別研究の挙動測定結果もフィードバックし、**テクスチャを付与した超高回転トラクション伝達における油膜形成、油流れ**を観察し、効率向上のメカニズムを解明する。



周速5m/s 20000fps



周速10m/s 20000fps

### 【応用領域】

超高回転モータ用減速機  
タービン用減速機

【研究予定期間】 2021年度～2022年度

# 研究Gr.\_C 流体摩擦・熱 研究委員会

篠塚 浩  
研究委員会リーダー  
(マツダ株式会社)



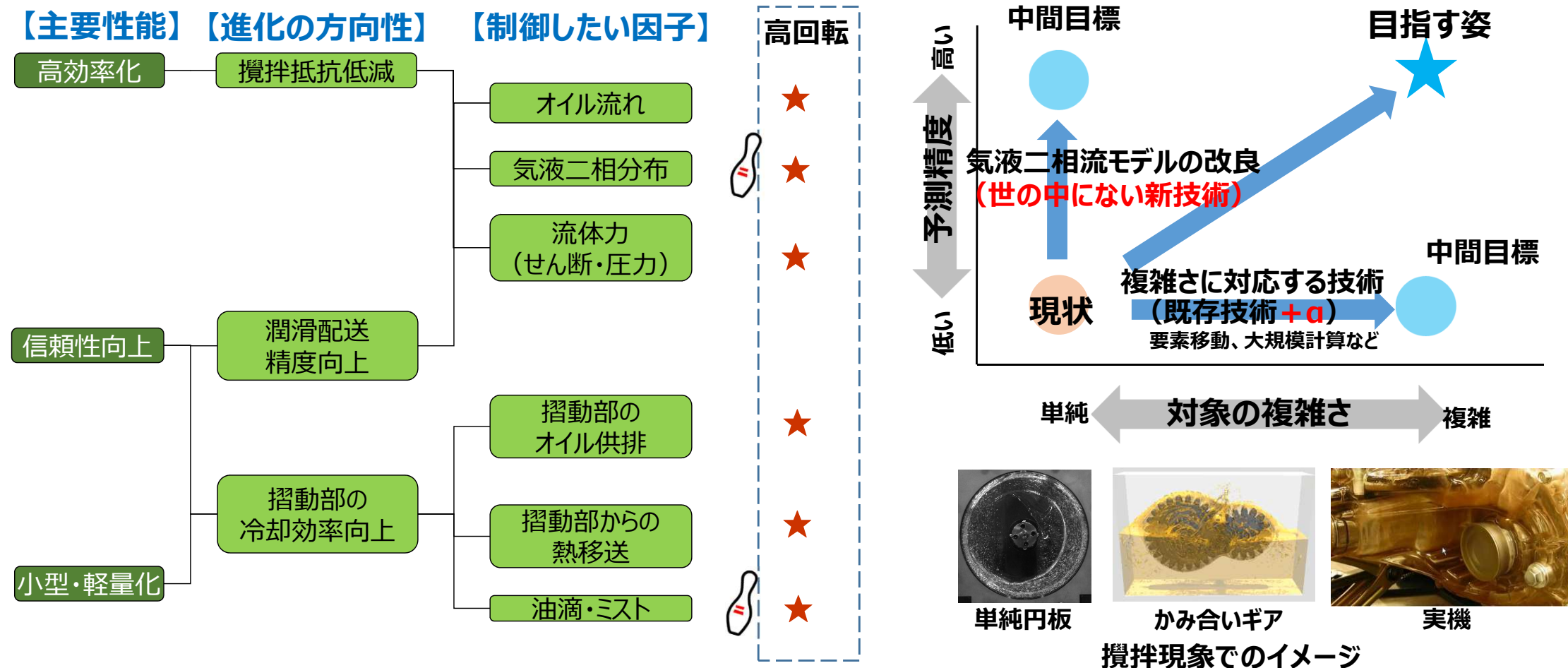
## TRAMI 3重点方針

(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

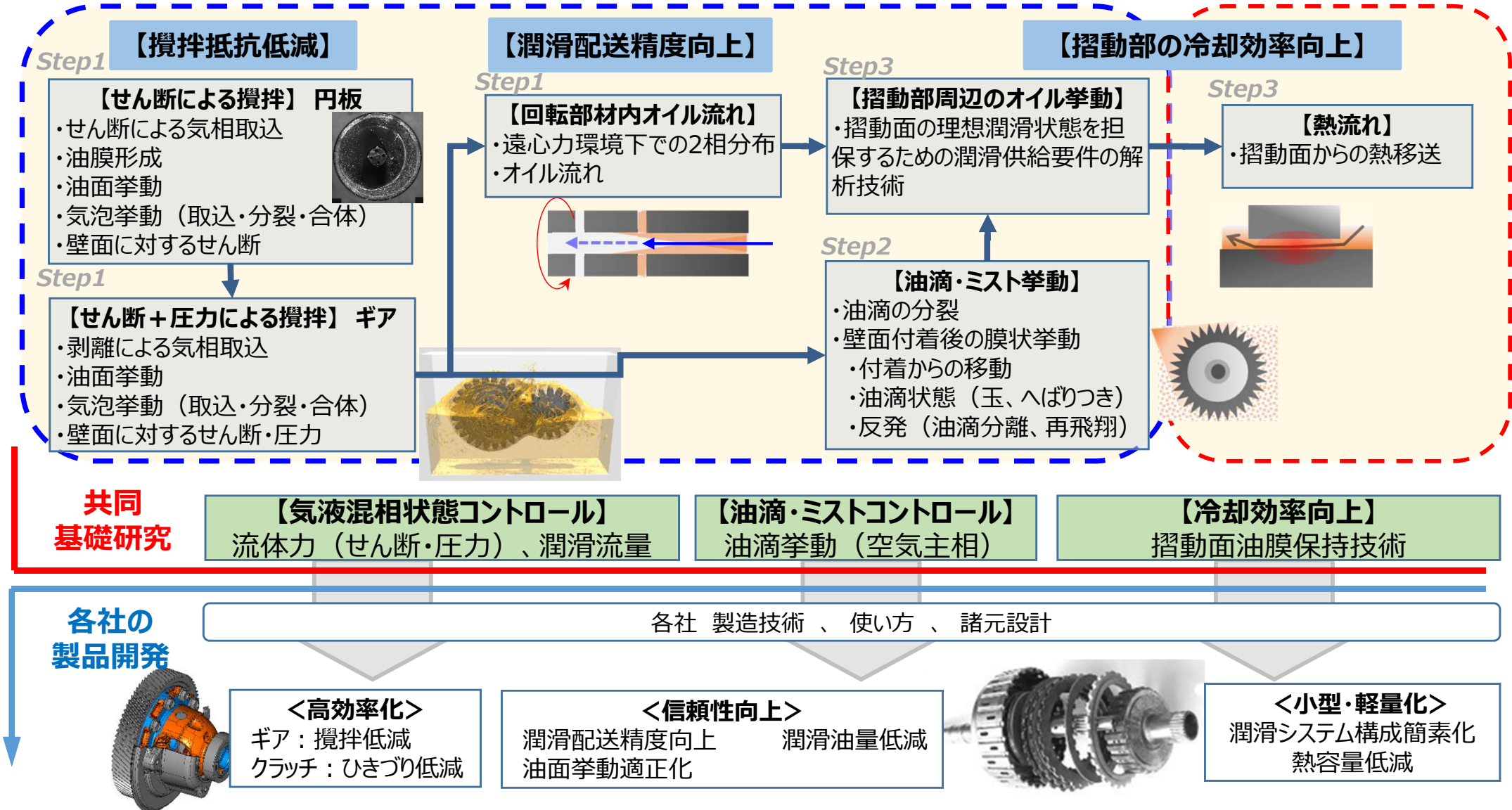
- ✓ トランスミッション内部の現象解明を通して、流体摩擦と熱流れの制御を可能にする
- ✓ 駆動系の気液混相環境に実用的に使えるCFD技術を構築する



✓「実機現象の解明」と「CFD技術構築」の両面からアプローチし、トラスミッション内部の複雑かつ高回転の気液環境の流体・熱現象をコントロールできる技術を手に入れる

## <流体領域>

## <熱領域>



✓ 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

取組中 FY21新規取組み 次期取組み 目指す姿

研究テーマ

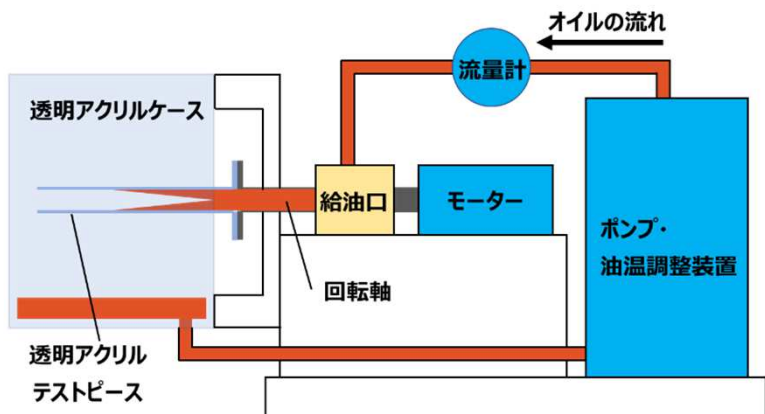
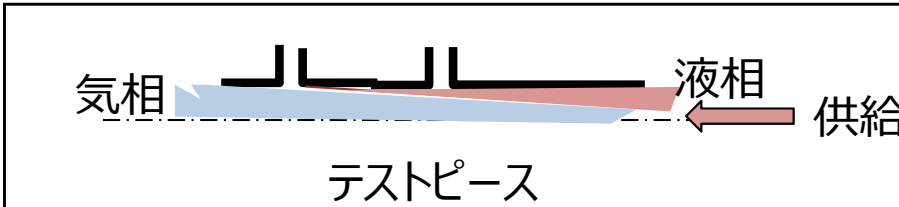
| 重点方針                | 主要性能                 | 重要課題                 | アプローチ         | '19                          | '21 | '23 | '25 | '30 |
|---------------------|----------------------|----------------------|---------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 高回転化<br>対応ドライブレイン技術 | 共通基盤                 | 気液2相流<br>解析技術<br>の向上 | 予測精度<br>向上    | 二相流モデル実用化                    |     |     |     |     |
|                     |                      |                      | 駆動系へ<br>の適用技術 | サブグリッド気泡<br>ギア歯面モデル          |     |     |     |     |
|                     |                      |                      |               | 気中油滴の挙動予測                    |     |     |     |     |
|                     |                      |                      |               | 駆動系の液中気泡挙動<br>のCFD実用化        |     |     |     |     |
|                     |                      |                      |               | 駆動系の気中油滴挙動<br>のCFD実用化        |     |     |     |     |
|                     | 高効率                  | 攪拌抵抗<br>低減           | 現象解明          | 狭平板ドラッグピーク<br>攪拌二相流          |     |     |     |     |
|                     | 信頼性向<br>上（高回<br>転対応） | 潤滑配送<br>精度向上         | 現象解明          | 高回転部材内の<br>潤滑油流れ             |     |     |     |     |
|                     |                      | 油滴・ミス<br>ト挙動         |               | 油滴・ミス<br>ト挙動<br>分裂・合体・壁面固着など |     |     |     |     |
|                     |                      | 摺動部周<br>辺のオイル<br>挙動  |               | 摺動部周辺の流れ<br>(トライボとの境界)       |     |     |     |     |
|                     | 小型・軽量<br>化           | 熱流れ                  |               | 摺動部からの<br>熱移送                |     |     |     |     |

【テーマ名】 **高速回転環境での潤滑油流れの解明** 【研究委託先】 千葉工業大学

【研究目的】 遠心力と攪拌によって狙い通りの潤滑配送が困難になる。潤滑経路中の回転要素での気液二相流の挙動を解明することで、当問題の解決技術を手にいれるとともに、CFD実用性向上につなげる。

【研究内容】

**回転部材内のオイル流れ**を可視化して、気液混相状態とオイル流れを計測する。油路形状、回転数、動粘度、ぬれ性などの因子との関係を明確にする。

【研究成果】 実験式、理論式、予測モデル  
油路形状、回転数、動粘度、ぬれ性 ⇒ 気液分布 ⇒ 流量

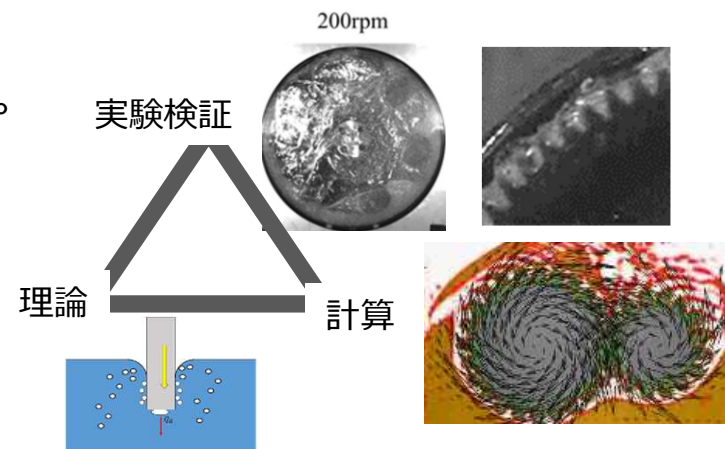
|     | 2021年度 | 2022年度       | 2023年度            |                    |    |
|-----|--------|--------------|-------------------|--------------------|----|
| 形状  | シンプル   | 単シャフト<br>複数穴 | シャフト間<br>円環       | 複雑                 |    |
| 回転数 | 低速     | 3000rpm      | 6000~<br>15000rpm | 20000~<br>30000rpm | 高速 |

↓ ↓ ↓

CFD実用性向上課題

【応用領域】  
高速回転シャフトから複数の供給先に無駄なく安定して潤滑配分する技術

【研究予定期間】 2021年度～2023年度

|                                                                                                                                                                                                         |                                     |                                                                                            |        |        |        |                              |                                     |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 【テーマ名】 気泡を含む攪拌流れの二相流研究                                                                                                                                                                                  |                                     | 【研究委託先】 大阪大学                                                                               |        |        |        |                              |                                     |                                 |
| 【研究目的】 高速回転のギヤ攪拌について気泡を含む気液二相流CFDのモデル化につながる基礎的なメカニズムを解明して 気液二相流CFD解析の精度・効率を向上させる手法を確立する                                                                                                                 |                                     |                                                                                            |        |        |        |                              |                                     |                                 |
| 【研究内容】<br><br>高回転ギヤの気泡を含む気液二相流の動的な挙動メカニズムを解明する。<br><br>回転するギヤなどの攪拌においての 気泡入りオイル物性（等価粘性）の扱い方等について、計算と実験で比較しながらCFD精度アップにつなげる理論を構築する。                                                                      |                                     |                                                                                            |        |        |        |                              |                                     |                                 |
|                                                                                                                                                                                                         |                                     |         |        |        |        |                              |                                     |                                 |
| 【研究成果】<br><br>泡を含んだ流れの基礎検証<br>（泡径/分布/量計測、粘性計測etc）<br><br>攪拌に対するCFD予測精度アップにつながる等価粘性モデル                                                                                                                   |                                     | 【応用領域】<br><br>高速回転ギヤのかみ合いにおける複雑な攪拌抵抗の低減<br>→ 動力省力化<br><br>冷却や潤滑のための供給オイル量の最適化<br>→ システム省力化 |        |        |        |                              |                                     |                                 |
| <table><tr><td>2019年度</td><td>2020年度</td><td>2021年度</td></tr><tr><td>シンプル形状回転体トルクのCFD精度と要因メカニズム解明</td><td>シアニングや空気巻き込み現象の精度アップにつながる複雑形状ギヤ現象解明</td><td>高速回転ギヤ解明(モデル化)のための等価粘性や気泡流体流れ検証</td></tr></table> |                                     |                                                                                            | 2019年度 | 2020年度 | 2021年度 | シンプル形状回転体トルクのCFD精度と要因メカニズム解明 | シアニングや空気巻き込み現象の精度アップにつながる複雑形状ギヤ現象解明 | 高速回転ギヤ解明(モデル化)のための等価粘性や気泡流体流れ検証 |
| 2019年度                                                                                                                                                                                                  | 2020年度                              | 2021年度                                                                                     |        |        |        |                              |                                     |                                 |
| シンプル形状回転体トルクのCFD精度と要因メカニズム解明                                                                                                                                                                            | シアニングや空気巻き込み現象の精度アップにつながる複雑形状ギヤ現象解明 | 高速回転ギヤ解明(モデル化)のための等価粘性や気泡流体流れ検証                                                            |        |        |        |                              |                                     |                                 |
| 【研究予定期間】 2019年度～2021年度                                                                                                                                                                                  |                                     |                                                                                            |        |        |        |                              |                                     |                                 |



| 【テーマ名】             | 気泡を含む気液二相流の改良モデル実用化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 【研究委託先】 数値流体力学コンサルティング      |        |        |                    |                                     |                             |                                                                                                                                                                     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 【研究目的】             | 高速回転ギヤなど気泡を含む気液二相流の解析精度の向上と計算負荷の大幅な削減につながるモデルを開発し、開発現場における気液二相流CFD解析の実用性を高める。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                             |        |        |                    |                                     |                             |                                                                                                                                                                     |
| 【研究内容】             | <p>高速回転ギヤの流体解析のため 格子解像度以下のサイズの気泡の影響を表すサブグリッドスケール気泡のモデリング方法を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>有限体積法だけでなく異なる解析手法に基づく複数の汎用ソフトの気泡を含む気液二相流のCFD解析精度を検証する。</li> <li>ギヤの歯の個々の形状を直接扱わないギヤモデルを検討する。</li> <li>解析精度の向上と計算負荷の大幅な削減により、開発現場における気液二相流解析の実用性を高めるモデルを提案する。</li> </ul> <div data-bbox="1332 470 2206 901"> </div>                                                                                                                                                                                    |                             |        |        |                    |                                     |                             |                                                                                                                                                                     |
| 【研究成果】             | <p>流体摩擦熱研究の各大学で得られた理論メカニズムに沿った気液二相流CFD計算実用化モデル (ギヤモデル)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>サブグリッドスケール気泡を含む液相のモデル</li> <li>サブグリッドスケール気泡の生成モデル</li> <li>サブグリッドスケール気泡の消滅モデル</li> </ul> <div data-bbox="952 1069 1220 1460"> </div> <table border="1" data-bbox="33 1228 940 1452"> <thead> <tr> <th>2019年度</th><th>2020年度</th><th>2021年度</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>回転体トルクCFD課題と解法方向明示</td><td>気液二相流回転体解法ガイド<br/>複雑形状ギヤCFD課題と解法方向明示</td><td>複雑形状ギヤCFD解法ガイド<br/>気泡含む流体モデル</td></tr> </tbody> </table> | 2019年度                      | 2020年度 | 2021年度 | 回転体トルクCFD課題と解法方向明示 | 気液二相流回転体解法ガイド<br>複雑形状ギヤCFD課題と解法方向明示 | 複雑形状ギヤCFD解法ガイド<br>気泡含む流体モデル | <p>【応用領域】</p> <p>計算負荷を増やさず解析精度を向上させる手法<br/>→ 従来計算が困難であった、多数のギヤをもつ現実的なトランスミッションのシミュレーションが可能になる。</p> <p>他分野（食品加工、建材練り物など）の泡や空気の混ざった液体シミュレーション計算<br/>→ 精度アップ計算時間短縮</p> |
| 2019年度             | 2020年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2021年度                      |        |        |                    |                                     |                             |                                                                                                                                                                     |
| 回転体トルクCFD課題と解法方向明示 | 気液二相流回転体解法ガイド<br>複雑形状ギヤCFD課題と解法方向明示                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 複雑形状ギヤCFD解法ガイド<br>気泡含む流体モデル |        |        |                    |                                     |                             |                                                                                                                                                                     |
| 【研究予定期間】           | 2019年度～2021年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                             |        |        |                    |                                     |                             |                                                                                                                                                                     |

# 研究Gr.\_D 流体制御 研究委員会

嶋本 雅夫  
研究委員会リーダー  
(ダイハツ工業株式会社)

## TRAMI 3重点方針

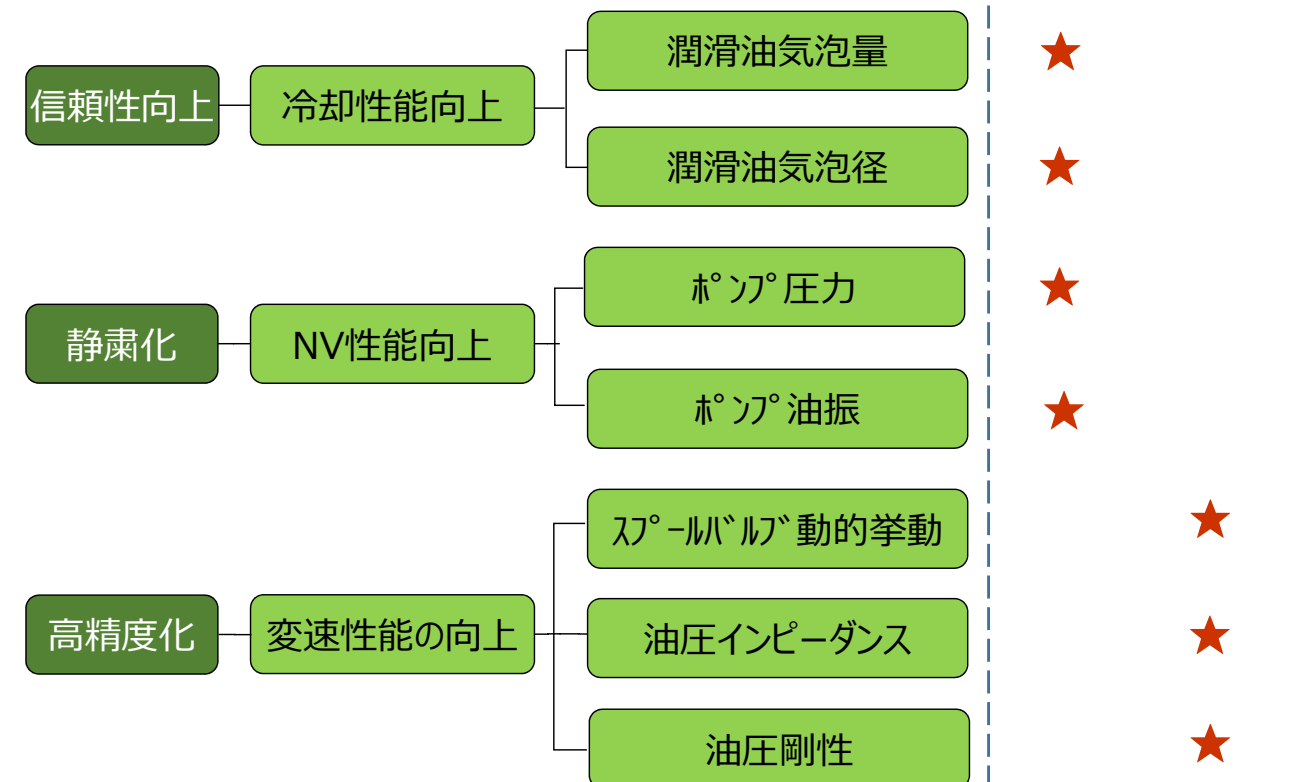
## (1)高効率・小型化 モーター技術

## (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

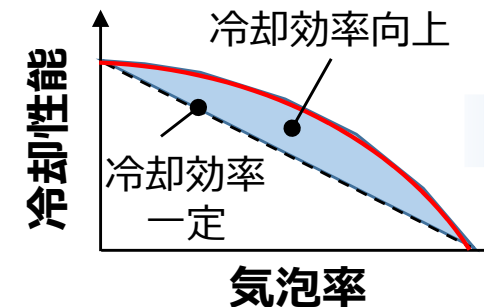
- ✓ 支援技術である気泡生成技術を活用し、高回転化に対応する「冷却技術向上」を図る
- ✓ 油冷の根幹であるオイルポンプの騒音研究により、発生源の「静粛性向上」を図る
- ✓ 従来基盤の中でニーズの高い、油圧制御モデル構築により「高精度/高応答」化を図る

### 【主要性能】【進化の方向性】【制御したい因子】



### 【冷却システム最適化技術】

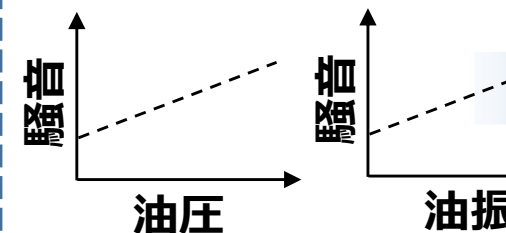
気液混合の最適解と気液混合技術構築



冷却効率  
の向上

### 【ポンプ静粛化/省力化技術】

油振と騒音相関把握→モデル化、駆動トルク式



ポンプ騒音  
低減  
(仮目標=半減)

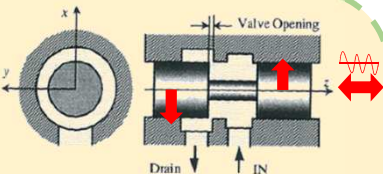
- ✓ TRAMI重点テーマとして「冷却向上技術」とオイルポンプの「静粛化技術」に取り組む
- ✓ 並行して従来基盤としてニーズの高い「高精度油圧モデルの構築」「省力化技術」も取り組む

## ＜油圧高精度化技術＞

## ＜支援技術＞

## ＜冷却向上/静粛化技術＞ ＜省力化＞

【バルブ動的挙動】  
＜理想油＞＜気泡混入油＞での  
挙動測定→モデル化

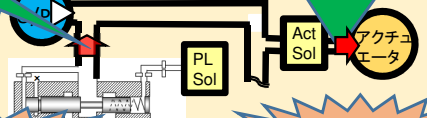


【電磁弁挙動】  
バルブ動的挙動の研究結果を生かし、  
電磁弁挙動を同定

【油圧インポートダンス】  
実回路における微小流量/微小圧力  
変動の実測とモデル化

調圧弁負荷明確化  $dp/dq$

アクチュエータプラント特性  $dp/dq$

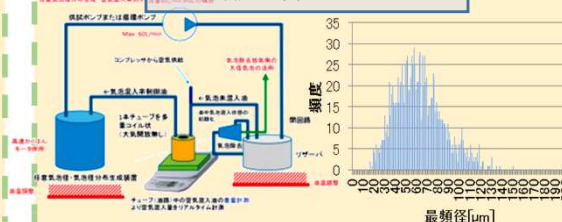


管路の流量計測が難しく  
検証できない

動特性がモデルと合わず  
チューニング対応

## 【気泡生成技術】

＜任意気泡径＞＜任意気泡率＞の  
オイルを設定温度で適正生成する

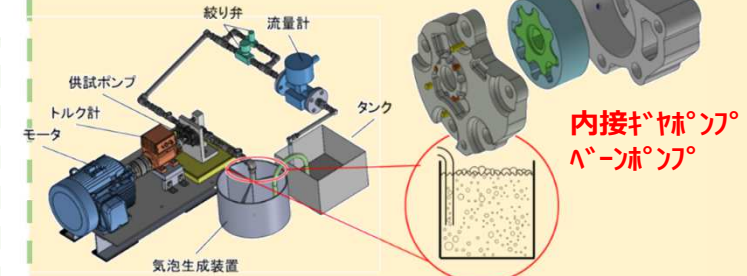


## 【油圧剛性技術】

＜任意気泡径＞＜任意気泡率＞の  
オイルの油圧剛性モデルを構築する

## 【オイルポンプ研究】

＜理想油＞＜気泡混入油＞の挙動  
予測→モデル化



内接ギヤポンプ  
バターンポンプ

FY21調査後テーマアップ予定

## 【冷却向上技術】

気泡含有油による冷却性能への影  
響と具現技術の研究

## 【静粛化技術】

ポンプ油脈の騒音との影響確認。  
騒音モデルの確立

共同  
基礎研究

## 【高精度油圧モデル構築】

支援技術→部位別モデル化→統合モデル化

## 【冷却システム最適化技術】

気液混合の最適解と気液混合技術構築

## 【ポンプ静粛化/省力化技術】

油振と騒音相関把握→モデル化、駆動トルク式

各社の  
製品開発

各社 製造技術、使い方、諸元設計

## ＜油圧制御諸元の最適化＞

高応答/高精度な油圧システムへの適用

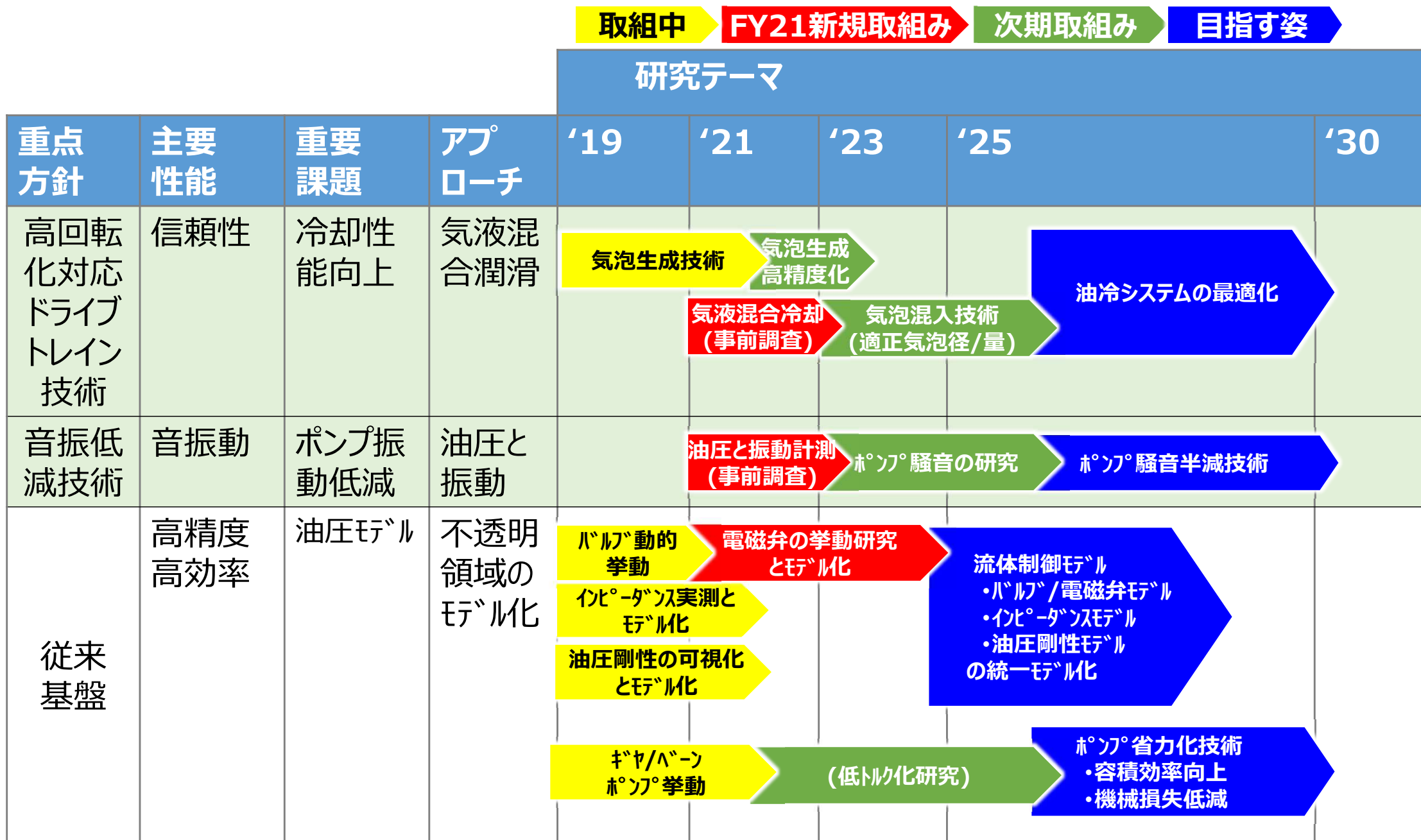
## ＜冷却向上による高回転化＞

ギヤトレーン/モータの信頼性向上、システム小型化

## ＜オイルポンプの静粛化/省力化＞

エンジン駆動用ポンプ/電動ポンプ/産業用ポンプ

✓ 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





【テーマ名】 気泡生成技術の研究

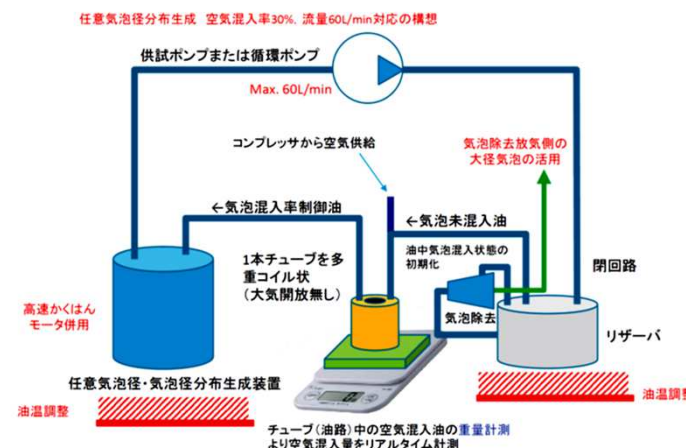
【研究委託先】 横浜国立大学

【研究目的】

オイルポンプ等の単体性能評価精度向上を目的に、ユニット運転状態の気泡(気泡径、気泡率)を再現する。

【研究内容】

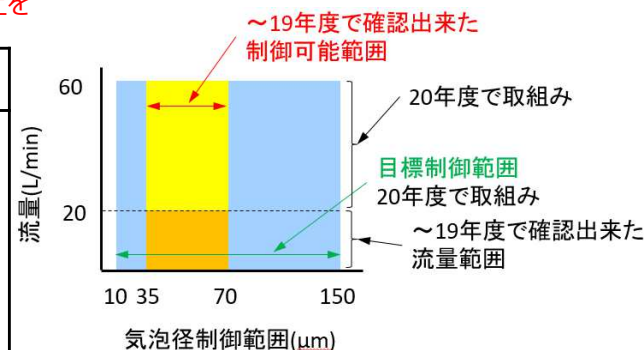
トランスミッション内での攪拌、空気の巻き込み、キャビテーション等の流体现象により油中に気泡が存在している。しかし、その気泡径、気泡径分布、空気混入率がポンプ性能、バルブ性能に及ぼす定量的影響が不明である。当研究では、**外乱である気泡を任意に生成するために実機の気泡発生メカニズムを踏まえて気泡生成のための因子と気泡径及び分布を制御する因子を明らかにし気泡の状態を制御する技術を構築**する。



【研究成果】

将来研究のため、精度向上を 目的に1年継続

| ～2020年度                                                                                          | 2021年度                                                     | 2022年度                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 気泡径最頻値範囲と 流量及び油温条件の 拡大を完了見込み。 最頻値：10～ 150 $\mu$ m(※1) 流量：60L/min 油温：20～60℃ ※1 T/M実測結果に より見直しの場合有 | 油温及び油種(※2)の 適用範囲の拡大 -30～TBD℃の範囲 での制御技術の確立 ※2 油種は粘度により 代用する | 気泡径分布範囲の 制御性向上 分布範囲を縮小 し任意に生成する気 泡径の制御自由度 を向上する技術の 確立 |



上記目標範囲を油種、油温によらず 実施可能となる制御技術を確認する。

【応用領域】

- ・作動油の消泡性の 実機に則した指標での 評価
- ・オイルポンプをはじめと する気泡の影響を受け るコンポーネントの評価 条件の設定の容易化 及び安定性の確保

【研究予定期間】

2018年度～2022年度

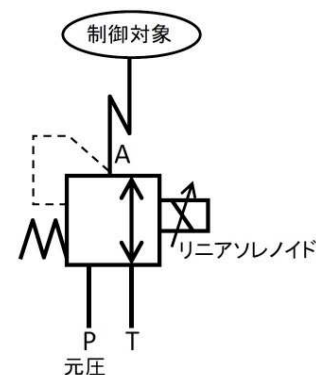
【テーマ名】 電磁弁における動的挙動の研究

【研究委託先】 横浜国立大学

【研究目的】 電磁弁の動的挙動を決定する因子に対し挙動モデルを獲得する。

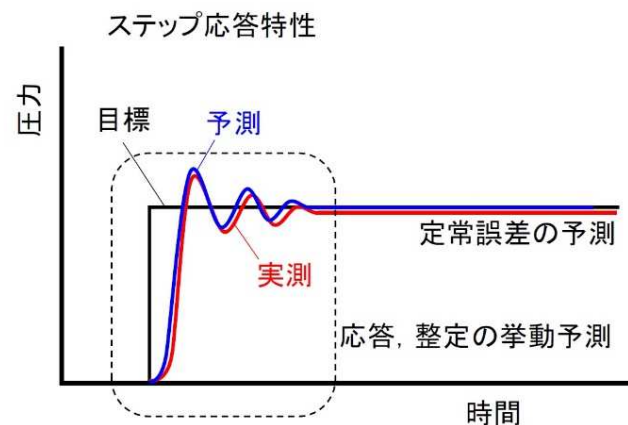
【研究内容】 トランスミッション作動中の油圧制御弁において、電磁弁における流体力、弁体周りの圧力分布、油中空気混入、ばね-マス-ダンパ系構造、リニアソレノイドの制御などの**バルブ動的挙動を決定する要因を明らかにする。**

直動リニアソレノイド減圧弁



【研究成果】

| 2021年度                           | 2022年度                                                                       | 2023年度                             |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 動的な制御圧の予測モデルの獲得<br>予実差：<br>±5%以内 | 1.FY21に負荷変動等のノイズを加えた条件下での予測モデルの獲得<br>2.油圧系全体のモデル化を他研究室から提供されるモジュールを組み込むことで実施 | 気泡サイズ等の物理式の記述が困難なノイズ下での挙動モデルの同定の完了 |



FY21は制御圧回路は固定負荷で制御圧の予測モデルの獲得を進める。

【応用領域】

要素を置き換えることであらゆるタイプのバルブに応用出来る。  
例)  
電磁部をパイロット圧に置き換え、直動減圧弁の予測モデルを作成する。

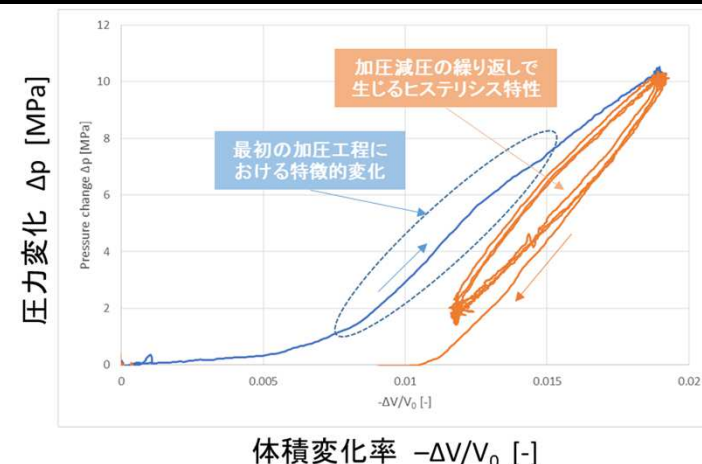
【研究予定期間】 2021年度～2023年度

【テーマ名】 油圧剛性と油への気泡の溶解析出に関する研究

【研究委託先】 法政大学

【研究目的】  
自動車等の動力伝達システムの作動油において、気泡を含む油の剛性モデル化に向けての知見を得ること、さらにそれらの知見を踏まえた油の剛性モデルを構築する。

【研究内容】  
自動車のミッションオイルなどの作動油中の気泡は、油圧要素の効率や油圧安定性、騒音や振動など、動力伝達システムに悪影響を与える。  
最適なシステムの設計には、気泡径や気泡量、気泡の溶解や析出の条件を再現した油の加圧減圧実験を行い、**気泡含有油の油圧剛性解明が必要である**。  
本研究では油に含まれる気泡径や気泡量、気泡の溶解や析出が油圧剛性におよぼす影響を明らかにし、**油圧剛性のモデル化を実現することを目的とする**。



【研究成果】

| ～2019年度                                                                                                              | 2020年度                                                                                                              | 2021年度                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・気泡径や気泡径分布、気泡量が異なる気泡を含んだ油を生成</li> <li>・オイルに含まれる気泡の状態が油の剛性におよぼす影響確認</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・油の初期条件や圧力変化に伴う油中気泡の溶解析出が油の剛性に及ぼす影響把握</li> <li>・気泡を含む油の剛性の基本モデル作成</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・油中気泡が油の剛性におよぼす影響の実験結果とモデルの計算結果の比較検討</li> <li>・気泡を含む油の剛性モデルの確立</li> </ul> |

＜体積弾性係数測定装置＞



【応用領域】

油圧制御系の動特性解析

→油圧脈動、応答性の解析精度向上

【研究予定期間】 2018年度～2021年度

【研究委員会/分科会】 流体制御 研究委員会

【テーマ名】 油圧インピーダンスの研究

【研究委託先】 横浜国立大学

【研究目的】

実回路における油圧インピーダンスの実測とモデル化研究

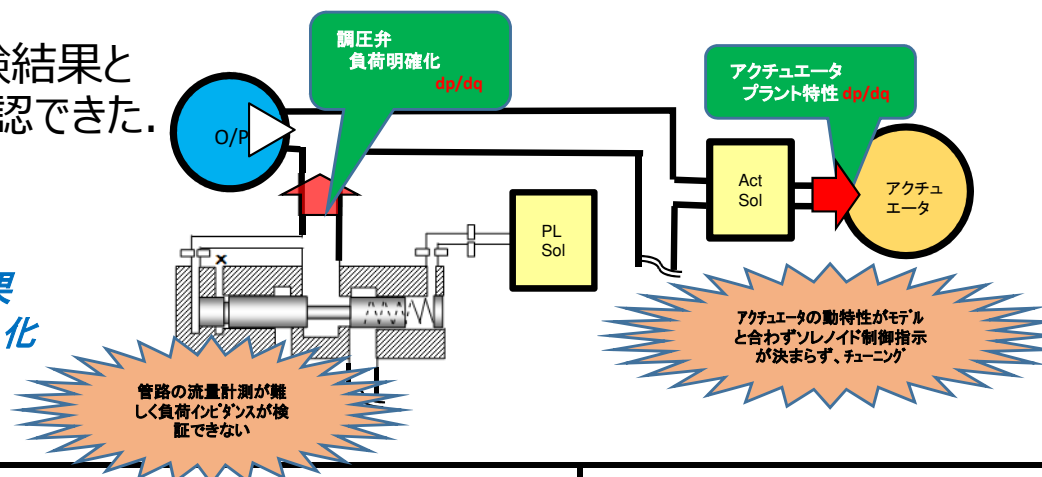
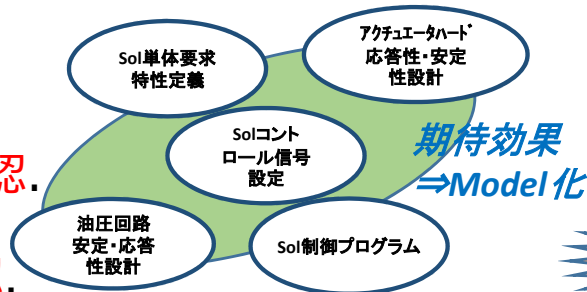
(回路抵抗 (実動流量) に影響なく流量を計測することが難しく、回路のインピーダンスを実測できないため、安定性・応答性の把握・解析がうまくいかない)

【研究内容】

・原理モデルによる流量加振技術と流量計測技術の加振実験結果と流量特性の比較からインピーダンスが正しく計測できることが確認できた。

さらにインピーダンスに影響するパラメータ感度を確認できた。

・本年度は容積変化における油圧インピーダンスの予実差確認。  
また、実回路に設置できる小型流量計測装置の予実差を確認。



【研究成果】

| 2018年度                                    | 2019年度                                                                         | 2020年度                                   | 2021年度                                                          |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 原理モデルによる加振実験結果と流量特性の比較から、インピーダンスが正しく計測できた | (1)20Hz以下のインピーダンスピーク予実差±10%以下 (理想油)<br>(2)層流流量計との流量計測精度 ±5%(3.5L/min以下、20Hz以下) | ・体積弾性係数を考慮した計測技術の確立<br>研究目標：理想油精度と同等の予実差 | ・油圧インピーダンスの部品容積変化、剛性等のパラメータ感度の予実差<br>・実スケール小型流量計の計測精度 ±5%以下 (仮) |

【応用領域】

- ◎ 今まで測定出来なかった部位の流量測定が可能になる事で
  - ①潤滑流量のピンポイント計測
  - ②C/Vの局部流量計測  
⇒局部インピーダンス測定 (例：SOL回路等)
  - ③油圧振動解析の精度向上及び効率化
- ◎ 流量加振測定により油圧回路の共振点探索が出来る可能性有り
  - ①アクチュエータの共振確認
  - ②リニアSOLの調圧特性の実機挙動解明

【研究予定期間】 2018年度～2021年度



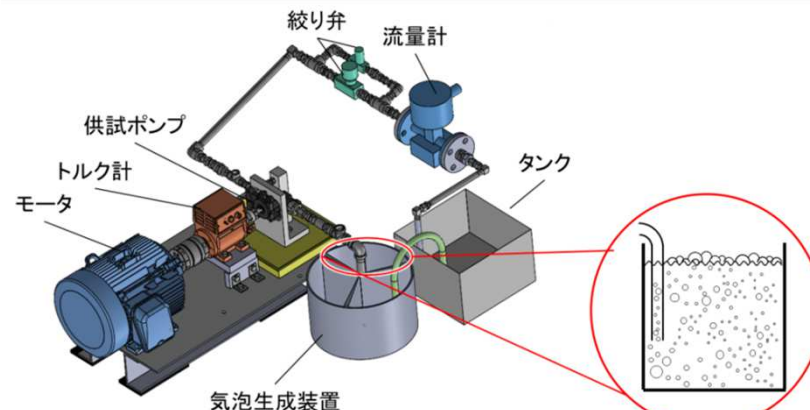
**【テーマ名】 オイルポンプの研究**

**【研究委託先】 豊橋技術科学大学**

**【研究目的】** 自動変速機全体の損失トルクに占める比率が高いオイルポンプについて、運転条件と内蔵物（ギヤ、ベーン、ロータなど）の挙動との関係を調査するとともに、内蔵物の挙動と駆動トルクに及ぼすエア混入の影響を把握し、駆動トルクの低減が検討できるよう、駆動トルクモデル構築とその同定を図る。高い静粛性が求められる電動車両に搭載されるポンプを見据え、オイルへの気泡混入がポンプ騒音に及ぼす影響を解明する。

**【研究内容】**

- ・20年度までの研究にて、内接ギヤポンプにおけるアウトギヤの挙動と外周部圧力分布の関係を掴み、解析モデルを構築する。  
また、ベーンポンプロータの挙動・駆動トルク・効率を計測し、**計算精度の高い駆動トルク計算式を検討する。**
- ・21年度は**気泡含有オイルが駆動トルクに及ぼす影響を駆動トルクモデルに加味し**、さらなる精度向上を目指す。
- ・さらに、気泡が圧力脈動や音に及ぼす影響を調査する。
  - 圧力脈動の周波数分析
  - 騒音の測定



実験装置概念図

**【研究成果】**

**新テーマ予定**

**【応用領域】**

| 2018年度                                                                           | 2019年度                                                                     | 2020年度                                                                     | 2021年度                                                                       | (2022年度)                                   | ※2021年度で、駆動トルクと内蔵物の挙動に関する研究を終了し、2022年度から、ポンプのNVに関する研究に集中する。 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| (1)内接ギヤポンプを用いて、ポンプ流量特性およびトルク特性の測定<br>(2)ギャップセンサを用いてインナ/アウトギヤの隙間変化を計測できることが確認できた。 | (1)オイルポンプ内圧力分布と動的挙動の計測完了<br>(2)圧力分布のモデル化完了<br>(3)駆動トルクモデルにギヤ挙動の影響を反映し精度向上。 | (1)ギヤポンプ外周部の圧力分布の計測と側面油流れを再現したCFDモデル確立。<br>(2)ロータ挙動を考慮したベーンポンプの駆動トルクモデル提示。 | <ギヤポンプ / ベーンポンプ><br>・気泡混入の影響。<br>・気泡の影響を加味した駆動トルクモデル確立。<br>・気泡混入とポンプ騒音の関係観測。 | <ギヤポンプ / ベーンポンプ><br>・オイルへの気泡混入とポンプ騒音の関係解明。 |                                                             |

- ・変速用高油圧ポンプ
- ・潤滑/冷却用低油圧ポンプ

**【研究予定期間】 2018年度～2021年度**



# 研究Gr.\_E 電動化 研究委員会

堀田 豊  
研究委員会リーダー  
(アイシン・エイ・ダブリュ株式会社)

## 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

## ✓ 駆動モータ特有の課題を、基本原理から解明

高効率化と、熱をうまく逃がすことによる小型化（高密度化）に向けた研究を実施中

FY21からモータの特有の静粛化に関する、ステータティース部の振動測定の研究を開始

### 高効率

銅損低減

鉄損低減

機械損低減

### 小型化

#### 高トルク化

高磁束密度化

高電流密度化

冷却性能向上

#### 高回転化

高減速機構

高速軸受

高電圧化

### 静粛化

#### モータノイズ

ステータ振動低減

#### ギヤノイズ

トルク振動低減

#### ラトルノイズ

EMC低減

### 信頼性向上

絶縁材料

軸受

ギヤ

### モータ損失による発熱量の予測

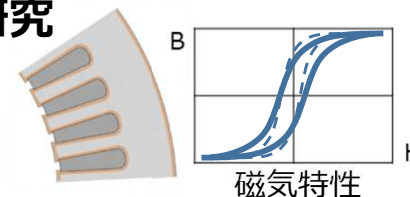
予測や実測の難しい鉄損特性の研究

電磁鋼板の特性解析

実施中

実応力の測定

検討中



### モータ内部温度の予測

複雑なモータ内部のオイルの流れ場・熱場の研究

モータ内部のオイルの可視化と予測

実施中

モータ内部のオイルへの伝熱

検討中

モータ内部温度の測定

検討中

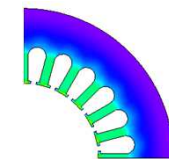


### モータステータ部の振動の予測

実測の難しいモータティース部の振動の研究

モータティース部の磁束密度測定

実施計画



モータを試作せずに、モータ損失や内部温度や振動を予測し、  
高効率、小型、静粛なモータが設計開発できる

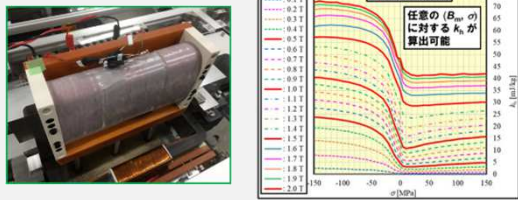
緑：TRAMIとして取り組むべき  
黄：電動化としてテーマアップ  
青：他研究会で検討中  
白：テーマアップ可能か検討

## ✓ 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取り組む  
小型化に向けた冷却性向上の基盤技術となるモータ内部温度解析手法を構築する  
モータ振動の起振源であるステータース振動の測定手法を確立する

➡ 予測技術と実測技術を両輪で進める

### 鋼板の特性測定技術

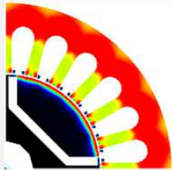


### 鋼板の特性解析手法

応力印加なしの実測の磁気特性から任意の応力での磁気特性を予測

### 応力解析手法

各社応力解析ソフトで応力を推定



### 応力測定技術

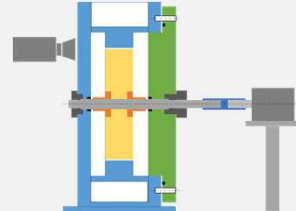
損失低減

冷却向上

高効率小型化

### オイルの可視化技術

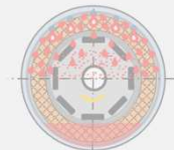
レーザーとハイスピードカメラで可視化



中性子線でのコイル内部のオイルの可視化

### オイルの流れ解析手法

格子法 (格子ボルツマン法)



### 熱場の解析手法

### 温度測定技術

起振低減

伝達低減

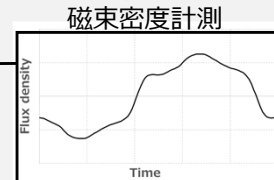
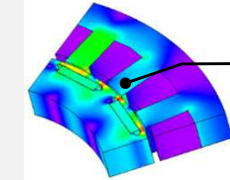
音振動低減

### 起振力の解析手法

各社磁場解析ソフトで起振力を推定

### 起振力の測定技術

磁束密度計測精度向上 (センサ開発)



### 振動対策のモデル化

ケース、シャフト、ボディなどモデル化

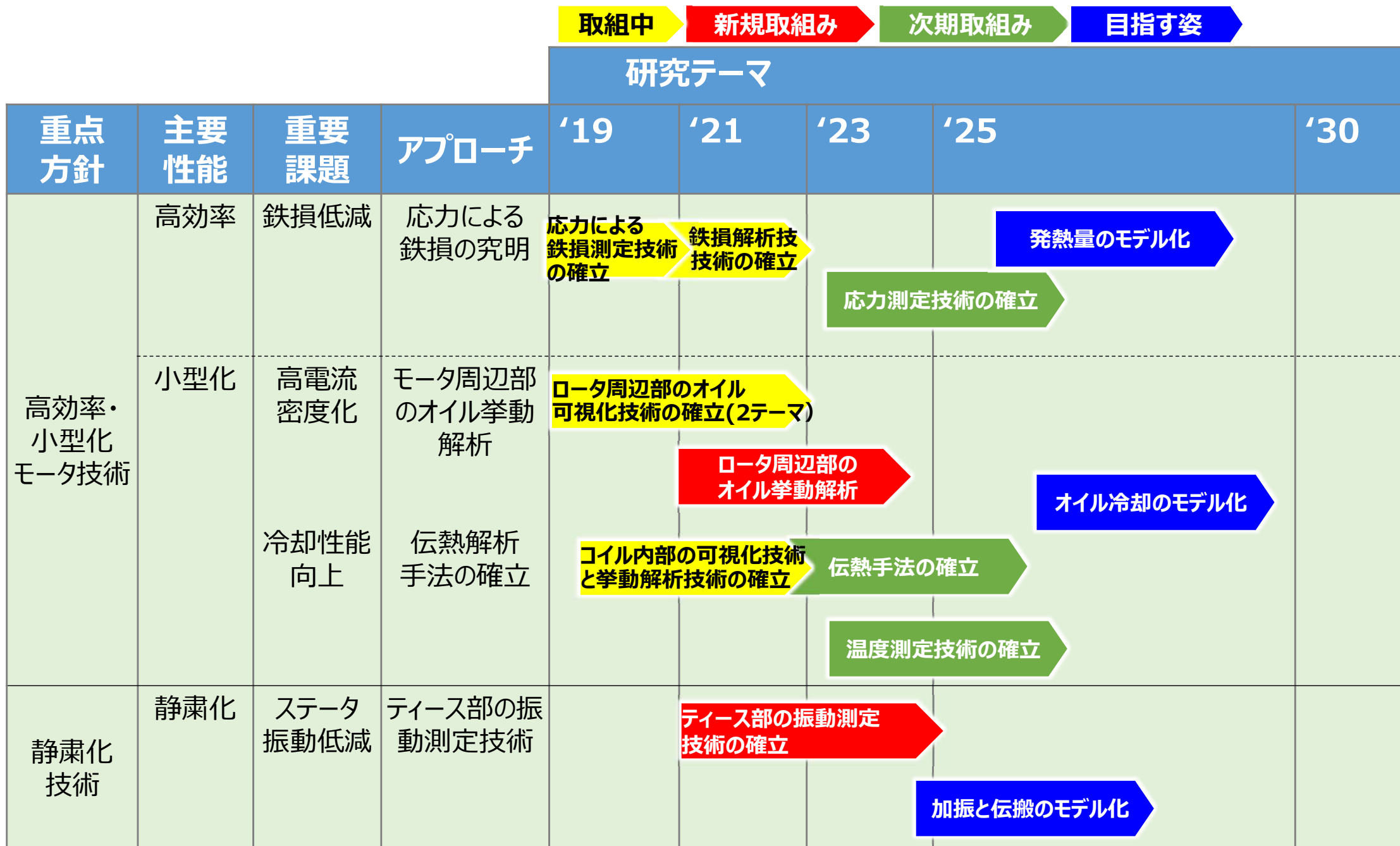
モータ損失による発熱量の予測

モータ内部温度の予測

モータステータ部の振動の予測

モータを試作せずに、モータ損失や内部温度や振動を予測し、  
高効率、小型、静粛なモータが設計開発できる

✓ 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



【テーマ名】 磁性材料の磁気特性の研究

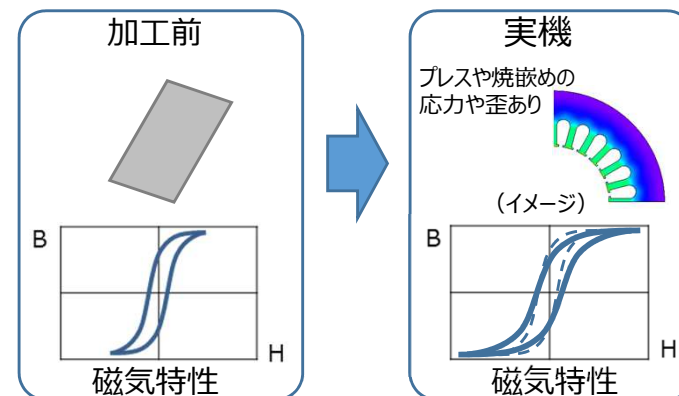
【研究委託先】 京都大学

【研究目的】 高回転モータの磁気特性/鉄損を精密に測定してデータベースを作成する。  
モータ製作時にかかる焼嵌め等による**応力印加時の鉄損を予測できるモデル・解析手法**を構築する。  
高回転モータの**鉄損解析予測精度を向上**させ、開発工数を削減する。

【研究内容】

磁気特性及び鉄損の測定/モデル化

- ・測定 : 電磁鋼板単板に応力を印加して特性測定
- ・モデル化 : 電磁鋼板の磁区モデルによる応力印加時の特性予測
- ・実験装置 : 応力負荷型単板磁気試験器
- ’18年 : 応力印加及び歪による磁気特性への影響の評価
- ’19年 : 応力印加範囲を拡張した磁気特性測定, 実機との比較
- ’20年 : モデル化に必要な諸特性測定, 実機との比較
- ’21年 : 測定済データを用いた磁気材料の特性シミュレータ構築  
⇒ 応力印加なしの基本特性から応力有りの特性を予測



【研究成果】

|    | 2018年度<br>(特性測定)                                                                                     | 2019年度<br>(特性測定)                                                                                     | 2020年度<br>(特性測定)                                                                                                  | 2021年度<br>(モデル化)                                                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 成果 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大30MPaの応力印加時の磁気特性データ</li> <li>・歪を加えた場合の磁気特性測定データ</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大150MPaの応力印加時の磁気特性データ</li> <li>・測定データと実機との損失比較結果</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定データと実機との損失比較結果</li> <li>・電磁鋼板の飽和磁化測定</li> <li>・材料違いの磁気特性測定比較</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定済データを用いた、応力を考慮した磁区モデルの作成</li> <li>・実際に応力印加した磁気特性データとモデル出力の比較</li> </ul> |

【応用領域】

モータ  
(電磁鋼板)

- モータ性能予測精度向上
- 応力印加時の特性変化予測
- モータ発熱量予測精度向上

【研究予定期間】

2018年度～2021年度



【研究委員会/分科会】 電動化 研究委員会

【テーマ名】 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究（GAP部）

【研究委託先】 筑波大学

【研究目的】 設計段階におけるモータ各部の温度予測精度向上技術を目標とし、  
ロータ/ステータの隙間(GAP)における混相流体(オイル,空気)の流れ場解析手法の確立を目的とする。

【研究内容】 ロータ/ステータの隙間(GAP)における混相流体の流れ場可視化実験/解析

- ・実験：ハイスピードカメラによるロータ/ステータの隙間の流れ可視化
- ・解析：蛍光粒子等を用いた画像からPIVで解析
- ・実験装置：モータを模擬した二重円筒実験装置

’19年：二重円筒実験装置による

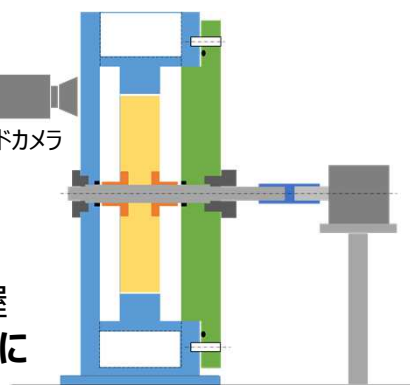
GAP流れ場可視化可能性確認/単相流の流動構造把握

’20年：混相流可視化手法確立/流動現象解明

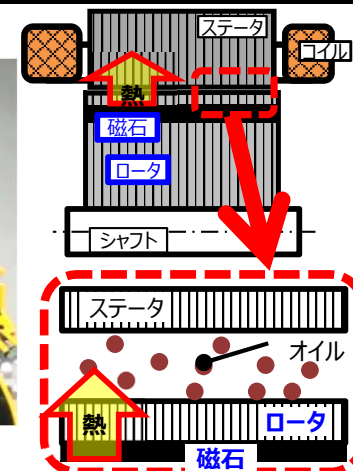
実機相当(STATOR溝/ROTOR外径凹凸)の流動現象把握

’21年：実機相当(STATOR溝/ROTOR外径凹凸)の実験装置による流動現象詳細計測/PIV解析

ハイスピードカメラ



二重円筒実験装置



【研究成果】 ※GAP = ロータ/ステータの隙間

|    | 2019年度                                                                                                             | 2020年度                                                                                                                                       | 2021年度                                       |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 手法 | 二重円筒実験装置によるGAPの単相流可視化実験/装置課題抽出                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・FY19(単相流)課題への対応</li> <li>・混相流の可視化実験</li> <li>・実機相当装置による実験</li> </ul>                                 | 実機相当(STATOR溝/ROTOR外径凹凸 有)装置による流動現象詳細計測/PIV解析 |
| 成果 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・GAPの流れ場可視化可能性確認</li> <li>・混相流に対応した装置製作</li> <li>・単相流の流動構造の相関を把握</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・GAPの単相流可視化手法の確立</li> <li>・GAPの混相流可視化手法の確立/流動現象解明</li> <li>・実機相当(STATOR溝/ROTOR外径凹凸)の流動現象把握</li> </ul> | 実機における、STATOR溝/ROTOR外径凹凸がGAPの流れ場へ与える影響を解明    |

※21年度以降、実験結果を数値解析を担当する大学と共有し、汎用計算手法の構築へと展開予定

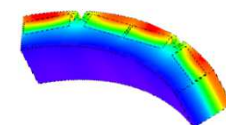
【応用領域】

モータ  
(磁石、ロータ、etc.)

→ 温度予測精度向上

冷却SYS  
(冷却パイプ、ポンプ、etc.)

→ 仕様最適化:小型化、軽量化



【研究予定期間】

2019年度～2021年度

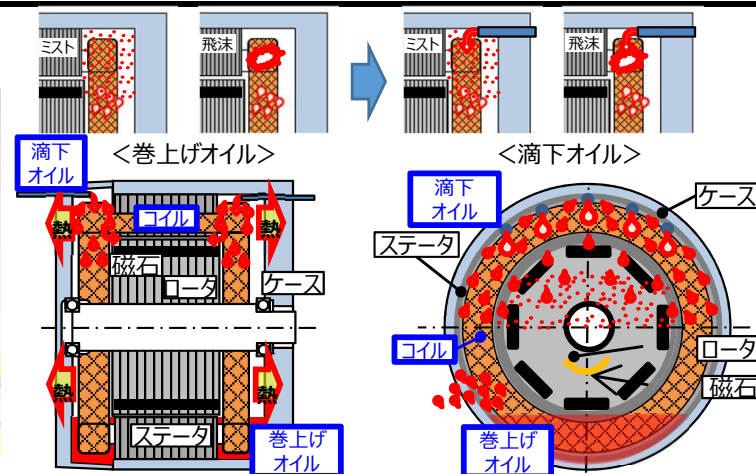
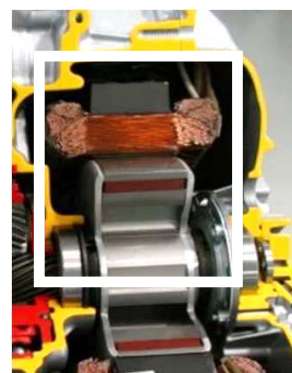
【テーマ名】 油冷モータ内部の混相流体の流れ場の研究（COIL END部）

【研究委託先】 筑波大学

【研究目的】 設計段階におけるモータ各部の温度予測精度向上技術を目標とし、  
ロータ回転によるコイルエンド空間における混相流体(オイル,空気)の流れを精度よく計測する技術を構築する。

【研究内容】 コイルエンド空間のオイルの流れの可視化実験/解析(滴下、巻上げオイルの影響)

- ・実験：ハイスピードカメラによるコイルエンド空間オイルの流れ可視化
- ・解析：蛍光粒子等を用いた画像からPIVで解析
- ・実験装置：2重円筒実験装置（=GAP可視化装置）及び  
実機モータを模擬したコイルエンド部可視化実験装置
- ’20年：コイルエンド空間の流れ場の計測/PIV解析手法検討  
コイルエンド空間の流動構造、巻上げオイル挙動の把握
- ’21年：巻上げオイルの流れ場への影響の計測/PIV解析
- ’22年：上部からの滴下オイルの流れ場への影響の計測/PIV解析  
+ 巻上げオイルの影響の計測/PIV解析



【研究成果】 ※GAP = ロータ/ステータの隙間

|    | 2020年度                                                                                                                    | 2021年度                                                                                                        | 2022年度                                                                                                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 手法 | 2重円筒実験装置及び、コイルエンド部実験装置による可視化手法検討/コイルエンド流れ場の計測<br>・単相流の可視化による流動構造把握<br>・コイルエンド空間の混相流可視化<br>・ロータに巻上げられたオイルの挙動<br>・GAPへの流入 等 | コイルエンド空間における、ロータ回転により巻上げられたオイルの流れ場への影響を計測/PIV解析を実施<br>・コイルエンド部流れ場<br>・GAPへの流入状況<br>⇒ ・油面高さとの相関<br>・回転数との相関 など | コイルエンド空間における、上部から滴下されコイルを通過したオイルの流れ場への影響を計測/PIV解析を実施<br>・コイルエンド部流れ場<br>・GAPへの流入状況<br>⇒ ・滴下量との相関<br>・回転数との相関 など |
| 成果 | コイルエンド空間の流れ場の流動構造把握/可視化のKnow-How構築                                                                                        | ロータ回転により巻上げられたオイルの流れ場への影響を解明                                                                                  | 上部から滴下されコイルを通過したオイルの流れ場への影響を解明                                                                                 |

※21年度以降、実験結果を数値解析を担当する大学と共有し、汎用計算手法の構築へと展開予定

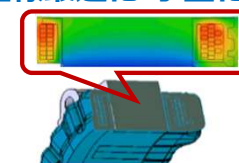
【応用領域】

モータ  
(コイル、ステータ、etc.)

→ 温度予測精度向上

冷却SYS  
(冷却パワ、ホ、ン、etc.)

→ 仕様最適化:小型化、軽量化



【研究予定期間】

2020年度～2022年度

【テーマ名】油冷モータのロータ/ステータGAP部の流れ場・伝熱現象の解明

【研究委託先】 大阪府立大学

【研究目的】設計段階で駆動用モータの温度予測精度の向上。

ステータのスロットの溝、ロータの溝が、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（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/ステータ間の伝熱現象を解明する。

【研究内容】

ロータ/ステータGAP部の流れ場の研究を実施。

計算対象：筑波大学で実験中の装置と同形状の2重円筒実験装置

- ・プリウスの駆動用モータをベースにRe相似則を考え設計

- ・ステータ溝、ロータ溝の影響を検討可能なように設計

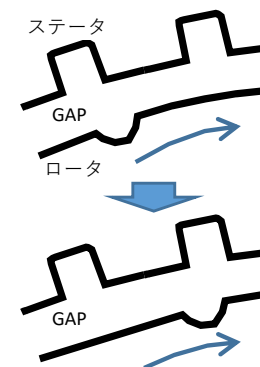
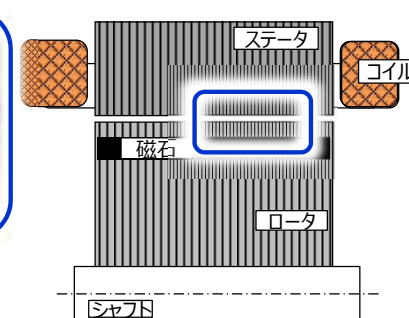
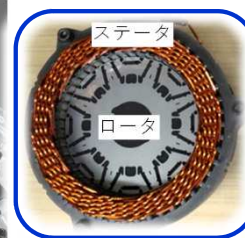
計算：東工大 TSUBAME（スパコン）を利用し大規模計算

計算手法：格子法（格子ボルツマン法）

作動流体：水、空気

研究方針：筑波大学で可視化実験を実施。

同じ流れ場で、府大で計算を実施し、両研究の深度を深める。



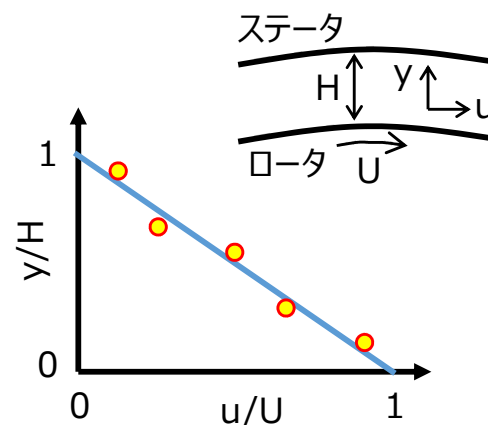
研究対象

モータ断面

計算イメージ

【研究成果】

| 2021年度                                                                                                              | 2022年度                                                                                                    | 2023年度                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・単相（水、空気）において、狭い隙間での流れ場およびその計算手法の構築</li> <li>・ステータに溝を付けた場合の流れ場の変化</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロータ溝を付けた場合の流れ場の変化</li> <li>・ステータ、ロータの両方へ溝を付けた場合の流れ場の変化</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・流れ場の計算を熱場計算へ拡張</li> </ul> |



筑波大学の可視化実験と  
コラボし、成果を最大化

【応用領域】

ロータ、ステータ設計  
(ステータ、ロータ形状)

→ 温度予測精度向上

2重円筒の非定常流体の  
計算手法の構築

→ 他分野への貢献

【研究予定期間】

2021年度～2023年度



【テーマ名】 油冷モータのコイル内部のオイルの流れ場・伝熱現象の解明

【研究委託先】 大阪府立大学

【研究目的】 設計段階で駆動用モータの温度予測精度の向上。  
油冷モータにおいてコイルエンド内部のオイルの流れ場、熱場を解明し、コイルの濡れ面積（熱交換面積）と各部の熱伝達率を明らかにする。  
コイルエンド形状のような複雑な形状の2相流の流れ場・熱場を解明する。

## 【研究内容】

コイル内部のオイルの流れ場・熱場を実験/計算の両面で研究。

題材：プリウスの駆動用モータ

実験装置：①コイルを羅列した簡易実験装置

②実コイルを用いた装置

実験方法：中性子線でのコイル内部のオイルの可視化

計算：東工大 TSUBAME（スパコン）を利用し大規模計算

計算手法：格子法（格子ボルツマン法）

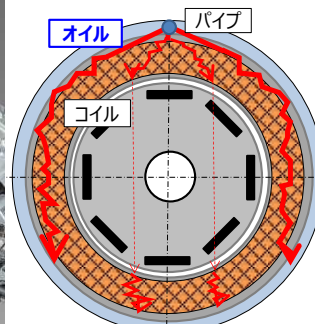
作動流体：オイル（計算コストの観点で場合によっては水を使用）

研究方針：流れ場を計算し、熱場へ拡張

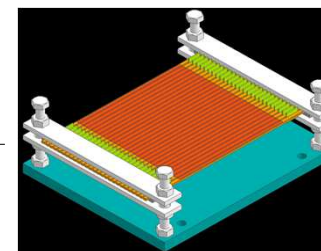
簡易評価⇒実コイル形状へ拡張



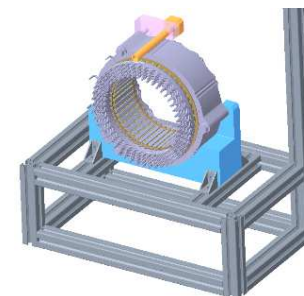
研究対象



コイル部のオイル流れ



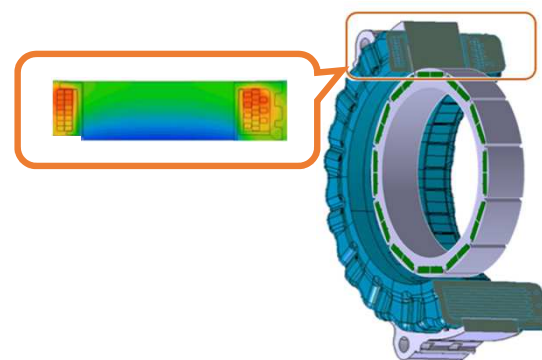
①コイル羅列  
簡易評価



②実コイルの  
実験装置

## 【研究成果】

| 2020年度                                                                                                                           | 2021年度                                                                                                      | 2022年度                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>コイル内部のオイルの流れを可視化可能な実験装置を作成、および中性子線で流れ場取得</li> <li>簡易モデルでのコイル内部のオイルの流れ場の計算手法の構築</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>大規模なコイル内部のオイル流れ場の計算手法の構築</li> <li>簡易モデルでのコイル内部の熱場の計算手法の構築</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>大規模なコイル内部のオイルの熱場の計算手法の構築</li> <li>複雑流動場の流れ場・熱場の計算手法構築</li> </ul> |



コイル部の温度分布を把握

## 【応用領域】

モータ設計  
(コイル形状、電流密度etc.)

→ 温度予測精度向上

冷却部品の仕様検討  
(オイルクーラー、オイルポンプ、冷却パイプ etc.)

→ 仕様最適化：小型化、軽量化

複雑流動場の2相流計算

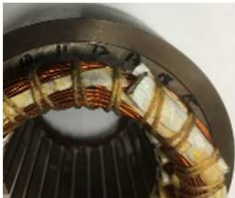
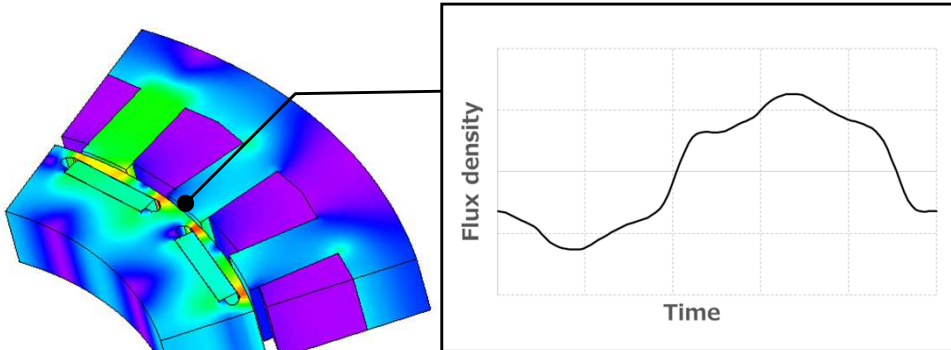
→ 他分野への貢献

## 【研究予定期間】

2020年度～2022年度

|        |                      |         |        |
|--------|----------------------|---------|--------|
| 【テーマ名】 | モータ起振力同定、及び計測精度向上の研究 | 【研究委託先】 | 横浜国立大学 |
|--------|----------------------|---------|--------|

|        |                                                                             |  |  |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 【研究目的】 | モータ内の磁束密度を精密に測定することで起振源である電磁加振力の同定を行う。<br>測定値とシミュレーション値を突き合わせ磁束密度計測精度向上を図る。 |  |  |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|--|--|

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                        |  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 【研究内容】 | <p>モータ起振力同定/磁束密度計測精度向上</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・径方向、周方向磁束密度測定用のセンサ仕様検討</li> <li>・テストピースによるセンサ計測精度検証</li> <li>・磁束密度計測に適したモータの設計、試作</li> <li>・実機⇔シミュレーション乖離要因の考察と対策立案</li> </ul> <p>’21年：測定モータ試作、センサ試作<br/> ’22年：磁束密度計測、シミュレーション実施<br/> ’23年：変位、歪計測、シミュレーション値検証</p> |                                                                                                        |  |
|        | <br>試作モータのイメージ                                                                                                                                                                                     | <br>計測データイメージ（磁束密度） |  |

| 【研究成果】 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>2021年度</th><th>2022年度</th><th>2023年度</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>成果</td><td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定用センサー設計、試作</li> <li>・測定用モータの設計、試作（集中巻、10kW程度）</li> <li>・センサー計測精度検証</li> </ul> </td><td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定用センサー設計、試作</li> <li>・磁束密度径方向成分計測</li> <li>・磁束密度周方向成分計測</li> <li>・シミュレーション値検証</li> </ul> </td><td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・変位、歪の計測</li> <li>・シミュレーション値検証</li> </ul> </td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">起振力のモデル化</p> |                                                                                                                                   |                                                                                  |  | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 成果 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定用センサー設計、試作</li> <li>・測定用モータの設計、試作（集中巻、10kW程度）</li> <li>・センサー計測精度検証</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定用センサー設計、試作</li> <li>・磁束密度径方向成分計測</li> <li>・磁束密度周方向成分計測</li> <li>・シミュレーション値検証</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・変位、歪の計測</li> <li>・シミュレーション値検証</li> </ul> |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--|--------|--------|--------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|        | 2021年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2022年度                                                                                                                            | 2023年度                                                                           |  |        |        |        |    |                                                                                                                         |                                                                                                                                   |                                                                                  |
| 成果     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定用センサー設計、試作</li> <li>・測定用モータの設計、試作（集中巻、10kW程度）</li> <li>・センサー計測精度検証</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・測定用センサー設計、試作</li> <li>・磁束密度径方向成分計測</li> <li>・磁束密度周方向成分計測</li> <li>・シミュレーション値検証</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・変位、歪の計測</li> <li>・シミュレーション値検証</li> </ul> |  |        |        |        |    |                                                                                                                         |                                                                                                                                   |                                                                                  |
| 【応用領域】 | <p>モータ</p> <p>⇒ノイズ発生対策</p> <p>⇒解析技術向上</p> <p>ケース、システム</p> <p>⇒共振、伝搬対策</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                   |                                                                                  |  |        |        |        |    |                                                                                                                         |                                                                                                                                   |                                                                                  |

|          |               |  |  |
|----------|---------------|--|--|
| 【研究予定期間】 | 2021年度～2023年度 |  |  |
|----------|---------------|--|--|



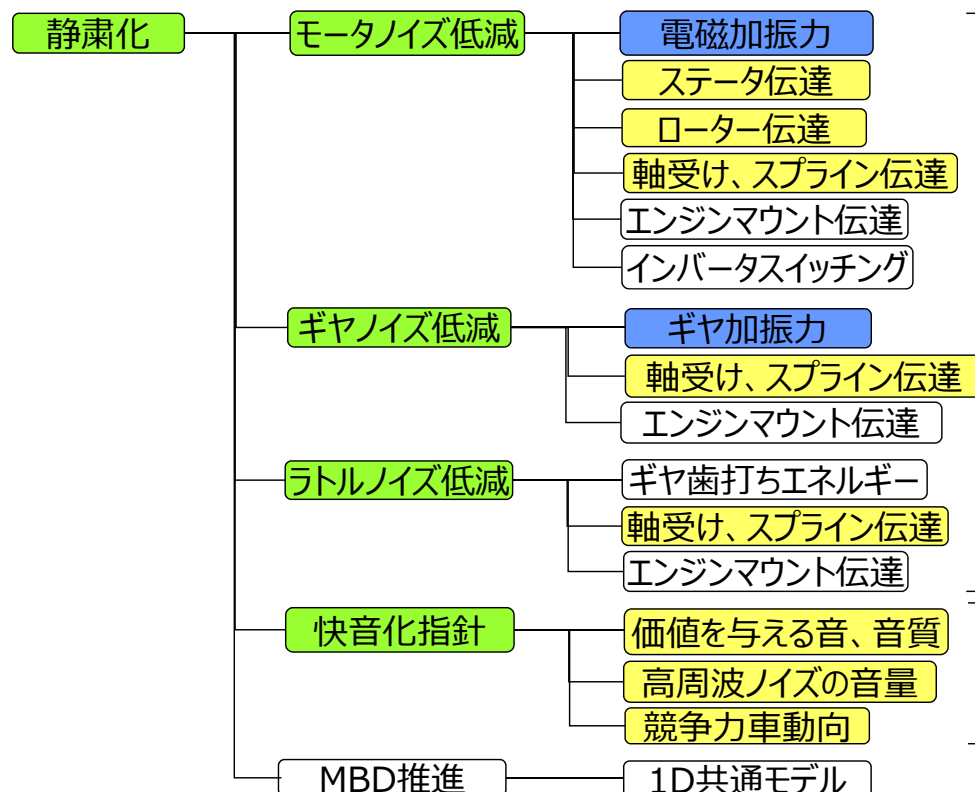
# 研究Gr. ー 音振動研究委員会

金子 弘隆  
研究委員会リーダー  
(日産自動車株式会社)

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

- ✓ 電動化主要現象におけるモータとドライブトレインの振動伝達の予測技術確立する
- ✓ 電動車としての快音化の指針を構築する

## 【主要性能】 【進化の方向】 【制御したい因子】

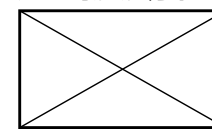


## 目指す技術

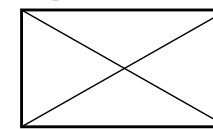
## 振動伝達の予測技術の確立

モータノイズ、ギヤノイズ、ラトルノイズにおいての

- ・モータの振動伝達予測



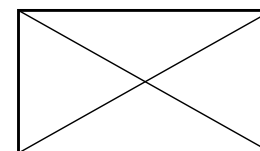
ステータ



ロータ

- ・ドライブトレインの振動伝達予測

## 電動車 快音化指針の構築



価値ある空間を与えるサウンド

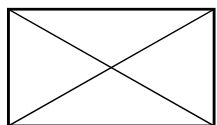
- 緑: TRAMIとして取り組むべき
- 黄: 音振動としてテーマアップ
- 青: 他研究会でテーマアップ
- 白: テーマアップ可能か検討

- ✓ 振動伝達の未解明領域(接触,動的,非線形,摺動)の予測技術確立と  
電動車としての快音化、あるべき高周波音の音量の研究を行う
- ✓ シナリオの探究と研究委託先選定を継続で実施中(2021年度研究テーマ化検討中)

### 振動伝達の予測技術の確立

#### モータの振動伝達予測

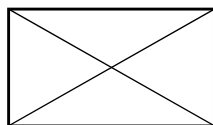
積層鋼板のカシメや接着、ワニス浸透違いによる  
接触の剛性及び減衰特性解明



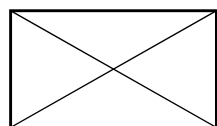
ステータ 積層鋼板



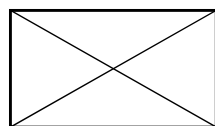
カシメ処理



ワニス処理



応力-剛性線図

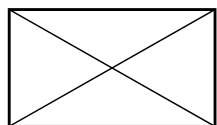


応力-減衰線図

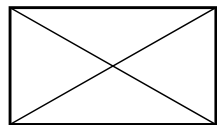
コイルやステータ締結方法違いの寄与も解明し  
ステータからロータへと展開

#### ドライブトレインの振動伝達予測

高周波領域～2KHzの予測精度向上の為、ベアリングの  
動的 & 非線形特性及びスプライン摺動の勘合剛性の解明



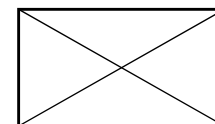
ベアリング動的、非線形特性



スプライン摺動特性

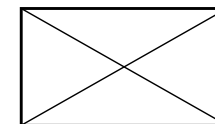
### 電動車 快音化指針の構築

#### 電動車としての車室内に価値を与える音、音質の研究



価値ある空間を与えるサウンド

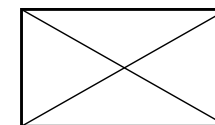
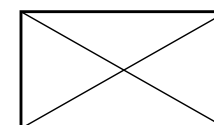
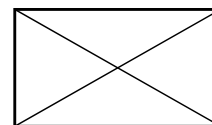
#### 視界,走行パターン,周りの環境などの 他要件とのバランスの研究



視界の影響

#### 電動化により暗騒音が低下していく中で、 モータノイズ,ギヤノイズの適切な音量の研究

#### モータノイズ,ギヤノイズの共通の評価手法を確立し 競争力有る車両の調査を行い快音化指針に繋げていく



## 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