

平成 2 2 年度戦略的基礎技術高度化支援事業

「HEV・EV・FCV向けモータ・ジェネレータ・
トランスミッション開発用試験機統合制御システムの開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 3 年 9 月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社スペースクリエーション

目次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標
- 1-2 研究体制
- 1-3 成果概要
- 1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 電子負荷装置（バッテリーシミュレータ）の開発

- 2-1 E V・H E V用モータ・インバータ・B T S ニーズ動向
- 2-2 Road Map 客先ニーズの確認と設定
- 2-3 既存インバータメーカーの仕様理解と差別化
- 2-4 モータ駆動方法、アルゴリズムとシミュレーション結果
- 2-5 モータ・インバータの仕様
- 2-6 回生コンバータの仕様
- 2-7 モータ・インバータの設計
- 2-8 回生コンバータの設計
- 2-9 モータ・インバータ製作・組立
- 2-10 回生コンバータ製作・組立
- 2-11 モータ・インバータの評価
- 2-12 回生コンバータの評価

第3章 試験機統合制御装置の開発

- 3-1 制御装置設計背景
- 3-2 装置制御仕様
- 3-3 統合 s y s t e m プログラム
- 3-4 テストベンチ
- 3-5 インバータ制御シミュレーション
- 3-6 データ集録制御結果
- 3-7 パターン運転制御結果
- 3-8 統合 s y s t e m 評価

第4章 全体総括

- 4-1 本研究開発まとめ
- 4-2 本統合 s y s t e m の市場性
- 4-3 今後の事業展開

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的および目標

(1) 研究開発の背景

近年、乗用車を中心とした自動車・輸送機器の開発・製造においては、CO₂削減や、石油をはじめとする化石燃料から、より環境負荷の低い代替燃料への置換えを目的として、HEV化・EV化・FCV化が活発化してきている。

しかし、これら次世代自動車の開発・製造環境は、まだ技術的に十分な成熟段階に達しておらず、昨年米国においてマスコミに大きく取り上げられたトヨタ社製ハイブリッド自動車問題に代表されるように、運転操作時の過渡応答特性の改善や、誤操作や緊急操作時の自動安全回路作動(フェイルセーフ思想)の完全な織込みが強く求められているような状況である。

HEV(ハイブリッド自動車)・EV(電気自動車)・FCV(燃料電池車)における、重要機能部品であるモータ・ジェネレータ・トランスミッションの開発・製造に焦点を絞れば、これらの重要機能部品を瞬時に円滑に運転状況に合せた運転制御を可能とする電子基板や組込みソフト、さらに、それらを組み合わせた統合システムの開発は時代の要求事項である。

(2) 研究目的

自動車の開発分野では環境問題解決のため急激にHEV・EV化などが進んでいるが、未だ評価技術は発展途上段階であり、安全性確保・信頼性向上のためには、実際の運転状況を簡単に再現できるテスト・検証システムが求められている。

このような状況に鑑み、本研究開発事業は駆動系重要機能部品を実験室内台上試験で、運転状況を忠実に再現し、細部にわたるデータを取得解析して製品開発にフィードバックできる開発試験機の統合制御システムの開発を目的としている。

(3) 目標

① 研究開発の高度化目標

HEV・EV向けモータ・ジェネレータ・トランスミッションの開発の際に、実験室内の台上試験においても、実車の実走行状態と同様の環境を再現でき、かつ重要機能部品について詳細な運転状態を計測・解析できるテスト・検証環境を提供することを目指している。

目標とする想定条件は下記の通り。

- ・ 信頼性の高いシステムの提供 (機能安全確保を含む)
- ・ 供試体 (試験対象) は小型乗用車搭載対象の重要機能部品とする
(モータ・ジェネレータ・トランスミッション)
- ・ 制御内容はモータ・ジェネレータの力行／回生と、クラッチ ON／OFF
- ・ 制御容量は中小型乗用車レベルの 55kW までが対象
- ・ 制御回転数は今後の高回転化を見越し余裕を見込んで 0～25,000rpm とする。
- ・ 応答速度は 0～10,000rpm を 1sec レベルで加減速実現させるため、ミリ秒オーダーとする。
- ・ 試験装置の想定価格
 - : モータリング装置; 20,000～30,000 千円
 - : 電子負荷装置; 10,000～20,000 千円
 - : 環境槽; 5,000～10,000 千円
 - : 統合制御計測装置; 10,000～15,000 千円
 - [統合システム合計]; 45,000～75,000 千円

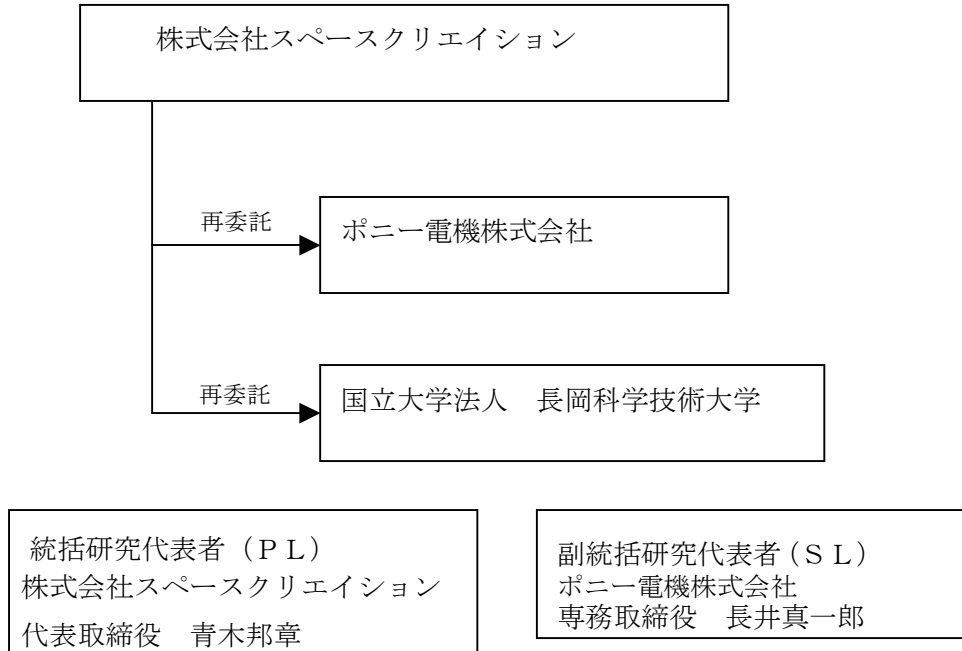
仕様差にもよるが、この価格構成を目指す。

② 研究開発の技術的目標

- 1) モータジェネレータ用の電子負荷装置として、モータ・インバータおよび回生コンバータを開発し、3 Φ AC200V の A/D 化により DC650V のインバータ入力を実現し、PWM により 50kW 相当を出力する。
- 2) モータ駆動方法としては、電流制御をトルクと磁束に分離したベクトル制御を新しいアルゴリズムとそのシミュレーションにより、より高い制御方法 (アルゴリズム・プログラム) の完成を目指す。
- 3) 統合制御計測システムでは、負荷モータコントロール・供試モータコントロール・回生コントロール・各温調機器コントロールおよび試験データの解析機能とパラメータ設定機能、N・T 特性、効率マップ、進角マップなどが可能。
- 4) モータ試験に必要な試験ベンチ・温調 (環境・ATF・LLC) ・電子負荷装置およびそれらを統括管理できる制御システムを構築することで、監視性・操作性を高めたシステムを目指す。

1-2 研究体制

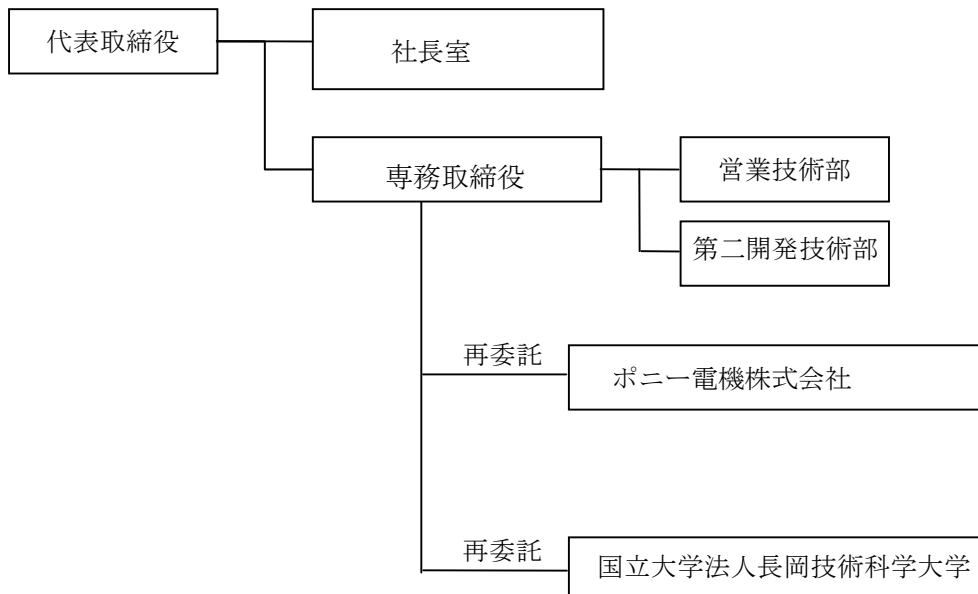
(1) 研究組織



(2) 管理体制

①事業管理機関

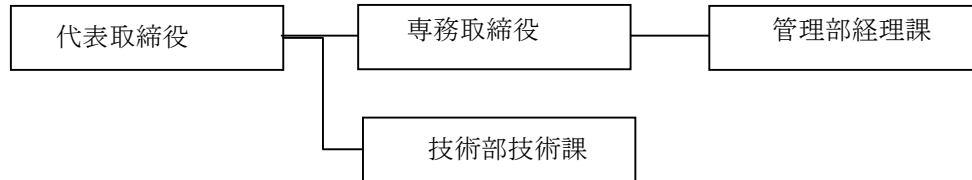
[株式会社スペースクリエイション]



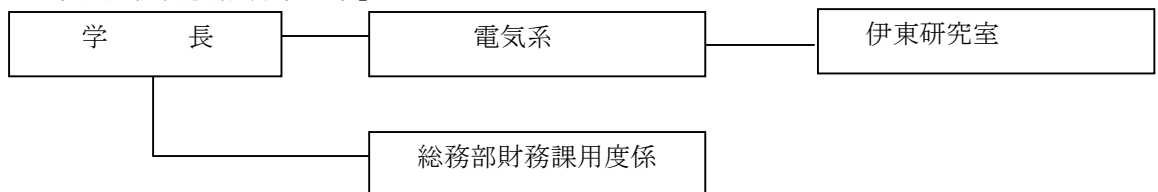
② 再委託先

[ポニー電機株式会社]

(業務管理者：経営企画室長)



[国立大学法人長岡技術科学大学]



(3) 研究者氏名

【事業管理機関】株式会社スペースクリエーション

① 管理員

氏名	所属・役職
青木 邦章	代表取締役
鳥居 久仁彦	専務取締役
細田 真理子	経理

② 研究員

氏名	所属・役職
青木 邦章 (再)	代表取締役
鳥居 久仁彦 (再)	専務取締役
相曾 慎一	第二技術開発部 部長
首藤 淳	第一技術開発部 部長
黒田 清継	第二技術開発部 顧問
杉山 和紀	第二技術開発部 課長
伊藤 喜章	第二技術開発部 主任
加藤 晴久	第二技術開発部
向井 進	第二技術開発部
寺田 悠佑	第二技術開発部

【再委託先】

(研究員)

ポニー電機株式会社

氏名	所属・役職
長井 正博	代表取締役
長井 真一郎	専務取締役
高橋 計	技術部技術課
阿藤 祐介	技術部技術課
三島 弘之	技術部技術課

国立大学法人長岡技術科学大学

氏名	所属・役職
伊東 淳一	電気電子情報工学課程 准教授

(4) 他からの指導・協力者

研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役員
浜田哲郎	本田技術研究所 執行役員
早坂謙一	ヤマハ発動機 主査
忍足俊一	日産自動車 主管
橋本武典	富士重工業 主査
樋口昌芳	三菱自動車工業
前川武雄	(株)デンソー 主任部員
林 典之	(株)デンソー
山崎修平	アイシン精機

1-3 成果概要

① 研究開発の高度化目標

- ・ 供試モータおよびインバータの力行/回生コントロールを、実走行状態の忠実再現のためあらゆる角度から検証し、モータインバータコントロールのアルゴリズムとシミュレーションを実施できたことは、今後のモータ・ジェネレータ開発に役立つと考える。
- ・ ただガソリンエンジンとモータとの操作面における差異をうまくコントロールできるのかは、更に深く追及していかなければならない分野である。特にスリップ&グリップの官能的扱いは、次期戦略的基礎技術高度化支援事業として是非取り組んでいきたい研究テーマであることは言うまでもない。

② 研究開発の技術的目標

1) 電子負荷装置（バッテリーシミュレータ）

- ・ 目標である出力 50kW モータインバータと回生コンバータを開発することができた。開発したインバータ技術には再委託先である長岡崎大の先進的モータインバータ技術と回生時のコントロール性を重視した技術内容上手く活かされたことが大きい。
- ・ インバータには進角制御機能も備え、実際にHEV/EVモータに適用される非効率だが、高速域まで駆動領域を延ばしたモータ制御の評価も可能となった。従来、弊社で利用するインバータドライバには無い機能であり、ベンチとしての付加価値が加わった。
- ・ モータインバータ、回生コンバータともに、汎用のデバイスには無いPCとのインターフェースを付与することで、統合性と制御性が高まり、モータベンチとしてコンパクトな装置として提供できるようになった。

2) 統合制御計測システム

- ・ 本研究により開発した統合PC操作systemにより、各モータとのインバータインターフェースを豊富にすることで、単一の画面にて一括操作、パラメータ設定や運転パターン設定についても視認性を向上、効率的なテスト環境を提供することができるようになった。データ処理についても、負荷系+駆動系のデータが同一PC内に保存されデータ共有できるので、解析時間の短縮にもつながっている。V字プロセス開発におけるテストと設計のフィードバックを効率化、試作の評価における最大のロスであるデータ処理を短時間でこなすことが容易となった。
- ・ インバータパラメータを厳選してプログラムインターフェースとして実装。その結果、負荷系と駆動系の連動を容易にし、実車のロードシミュレータとしてのモータベンチとして実用化できた。報告書には掲載していないが、インバータの機能として進角制御を可能としたことで、HEVモータ評価に必須の高速域でのモータ挙動特性測定も自在にできることを確認、広範囲な速度制御性を実現したモータベンチソフトシステムとして成り立っている。
- ・ 本統合systemは、dSPACE社提供のハードおよびControlDeskからなるソフトを中心として構成を採っている。これにより、Simulinkの装置制御モデルにモータ制御系Simulinkモデル、モータSimulinkモデルが容易に組み込み可能となった。ECUの開発はほとんどの場合Simulinkで開発、モデルによりV字プロセスを行き来して開発されており、本研究装置の利用により直接ECUの開発や性能の評価に利用することが可能となった。装置標準的にdSPACEハードを採用しているモータベンチはほとんどなく、今後HEV/EVの研究部門への売り込みにより採用実績が上がっていくものと考えている。また、モータ単体の開発で参入して来ている新興企業についても、総合的なモータ開発用のテストベンチとして提案も考えている。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

管理法人

株式会社スペースクリエーション 本社（最寄駅：JR 東海高塚駅）

〒432-8062 静岡県浜松市南区増楽町 1341 番地の 1

E-mail : general@spacecreation.co.jp

TEL : 053-447-2755

FAX : 053-447-2833

第2章 電子負荷装置（バッテリーシミュレータ）の開発

2-1 EV・HEV 用＜モータ・インバータ・バッテリーシミュレータ＞のニーズ動向

最近のEV・HEV市場動向予測（矢野経済研究所市場展望2011）によると、2015年には、EV・HEV市場規模は世界新車販売台数の4～5%になると予測されている。それに伴いモータ・ジェネレータ試験システムの需要は、高いレベルで推移すると考えられる。特にバッテリーからの直流電力を交流電力に交換する為のインバータ規模は、EV/HEVの市場投入規模に比例し顕著に推移するとされている。開発実験室内における台上試験にて、より緻密にあらゆる運転操作状況を再現し、細部にわたり実車部品のデータを取得解析し、製品開発にフィードバック出きる試験装置の提供が求められている。

2-2 Road Map 客先試験ニーズの確認と設定

試験装置もハイブリッド&エコ。試験要素を司る複数複合機器の操作性追求型統合制御システムの構築。複数ラインナップ（供試体）への冗長型試験方法実現による試験時間の短縮、ジェネレータの生み出す再生エネルギーの系統回生などへの有効活用、モータ・ジェネレータの自動パラメータ測定による開発時間の短縮、試験設備としてのハード系およびソフト系の有機的結合と試験環境の省スペース、シミュレータでは成し得ない実機試験とシミュレータ試験の中間位置の存在などが挙げられる。

モータ性能・耐久試験に必要な条件設定が、モータパラメータの自動的取得による広範囲迅速化が重要なポイント。モータ・ジェネレータ回生時の負荷装置の役割は、現実的な即効性を有する第一世代電子負荷装置、第二世代高効率電子負荷装置、そして第三世代先端的電子負荷装置へと変化すると考えられる。出力電圧と入力電流の同時制御や、出力電圧のVVVF動作と同時に入力電流の正弦波化、入力力率制御および、電源回生が可能なマトリックスコンバータによるAC/AC変換の実現なども一例であろう。

逆起電力は回転速度に比例することから、ジェネレータ試験時弱め界磁制御により低速域から高速域移行時の電圧を抑制しなければならない、またスリップグリップ動作でのモータやインバータの挙動解析などが重要な要素と考えられる。取り組むべき課題は尽きない。

高速ダイナモは高速回転、機械精度および速度精度が要求される、ATF 温調や環境温度は - 40℃以下～150℃以上が要求される。特に ATF の粘性を考慮した場合の - 30℃

以下の流量コントロールについての難易度は、他の冷却媒体の比ではなく、充分なる知識と経験が成否を決することになると考えられるが、当社の得意分野の一つに加えることができたと考えている。

- ・モータ回生時の負荷装置としては、電源回生も考慮した簡易型負荷装置を検討中である。

- ・よって、モータ試験に必要な試験ベンチ・温調（環境・ATF）・電子負荷装置および防音室などトータル試験システム構築することで、操作性および監視性を高めた統合システムを今後も追及し、お客様に満足いただける総合試験システムメーカーを目指す。

2-3 既存インバータメーカーの仕様理解と差別化

高速ダイナモは高速回転、機械精度および速度精度が要求される、ATF 温調や環境温度は - 40℃以下～150℃以上が要求される。特に ATF の粘性を考慮した場合の - 30℃以下の流量コントロールについての難易度は、他の冷却媒体の比ではなく、充分なる知識と経験が成否を決することになると考えられるが、当社の得意分野の一つに加えることができたと考えている。

- ・モータ回生時の負荷装置としては、電源回生も考慮した簡易型負荷装置も検討中である。

- ・よって、モータ試験に必要な試験ベンチ・温調（環境・LLC・ATF）・電子負荷装置および防音室などトータル試験システム構築することで、操作性および監視性を高めた統合システムを追求していく。構成ブロックの各要素ごとの機能・性能を十分に発揮できるようなシステム化、つまり開発試験機のハイブリッド化が求められる。

モータおよびインバータ開発の為、本開発目的でもあるデータ取得により、燃費（燃料消費率）や電費（電力消費率）向上の為の指針の明確化に役立てる。そのため実走行パターンの効率マップ化など開発方向性を決定付けすることが、他社との差別化に繋がり強いのは設備メーカーの技術高揚に繋がる。

2-4 モータ駆動方法、アルゴリズムとシミュレーション結果

現在、EV 駆動モータには効率を重視するため、永久磁石同期モータ (PMSM) が使用される。EV ではトルクを制御することが一般的であるが、その制御方式にはベクトル制御が用いられている。

さらに、EV モータ駆動インバータは、モータの回転速度により駆動法を切り替える。低速回転時は PWM 駆動、高速回転時は 1 パルス駆動を行う。PWM 駆動ではバッテリー電圧より低い電圧を出力できるため、低速回転でも高い効率が得られる。また、出力電圧波形は正弦波となるため、高調波成分が小さい。対して、1 パルス駆動は PWM 駆動よりスイッチング損失が小さく、電圧利用率が大きくなるため、高速回転に適している。しかし、電圧振幅が一定となる 1 パルス駆動ではベクトル制御が使用できない。PWM 駆動時はベクトル制御による電流制御を行うとして、1 パルス駆動時は異なる制御法に切り替える必要がある。加えて、ベクトル制御や 1 パルス駆動では制御ゲインの設定はモータパラメータに依存している。しかし、試験器としての動作を鑑みると、モータ毎にゲイン調整を行うことは煩雑であり、また、動作温度により変化するうえ、パラメータの数が多いので、適切なゲイン調整を行うことが非常に難しい。ここでは、シミュレーションにより、その動作を検証した。

- (1) ベクトル制御法
- (2) d 軸電流の制御法
- (3) 電圧位相制御を用いた 1 パルス駆動
- (4) オンラインチューニング(自動パラメータ同定法)
- (5) 切り替えを必要としない制御の開発 (V/f 制御ベースの 1 パルス駆動)

2-5 モータ・インバータの仕様

本開発品は、モータ・ジェネレータ用の電子負荷装置に使われる装置であり、モータ・インバータと回生コンバータより構成される。「一般仕様」「回路仕様」「制御及び保護仕様」に本システムの仕様を記載する。駆動はデジタル制御を行うマイコンと、PWM を行う FPGA を使用する。通信に関しては、RS485 の UART の通信方式にて PC を通信し PC から操作できるようにする。

2-6 回生コンバータの仕様

回生コンバータは 3 相 200V の系統を整流し、直流 650V, 77A, 50kW を出力する。主回路は 3 相フルブリッジ構成とし、力率改善機能を持たせる。力率は一般的に 0.95 以上を達成可能であり、ほぼ力率 1 とすることができる。装置のパワーフローは力行と回生、両方を可能とし、モータ・インバータの力行・回生に対応する。また、DC リンク電圧を変化させることも可能であり、電圧を低下させることでスイッチング損を減少させる試験も可能である。

2-7 モータ・インバータの設計

(1) 制御ブロック図

図 2-7-1 にモータ・インバータの制御ブロック図を示す。モータ・インバータは上位コントローラより速度指令を受け取り，モータ PMSM の速度を指令値に制御する。制御はセンサ付きベクトル制御とし，直交 2 相の回転座標上で制御を行う。モータのエンコーダから磁極位置情報を受け取り，磁極に直交する電流を流すことで，電流に比例したトルクを制御する。よって速度制御器の出力を電流指令値とし制御を行う。(非公開)

2-8 回生コンバータの設計

(1) 制御ブロック図

図 2-8-1 に回生コンバータの制御ブロック図を示す。回生コンバータは電源電圧の位相に応じた電圧を出力し，直流リンクの電圧を昇圧する。電源電圧の位相は図下部の PLL ループにて検出し，コンバータ内部の基準正弦波を作る。制御は直流リンクコンデンサの電圧制御が昇圧リアクトルの電流指令値を決定し，昇圧リアクトルの電流制御器はコンバータの出力電圧を制御とする。(非公開)

2-9 モータ・インバータ／回生コンバータ製作・組立

2-10 回生コンバータ製作・組立



写真1 インバータシステム



写真2 回生コンバータシステム

2-11 モータ・インバータの評価

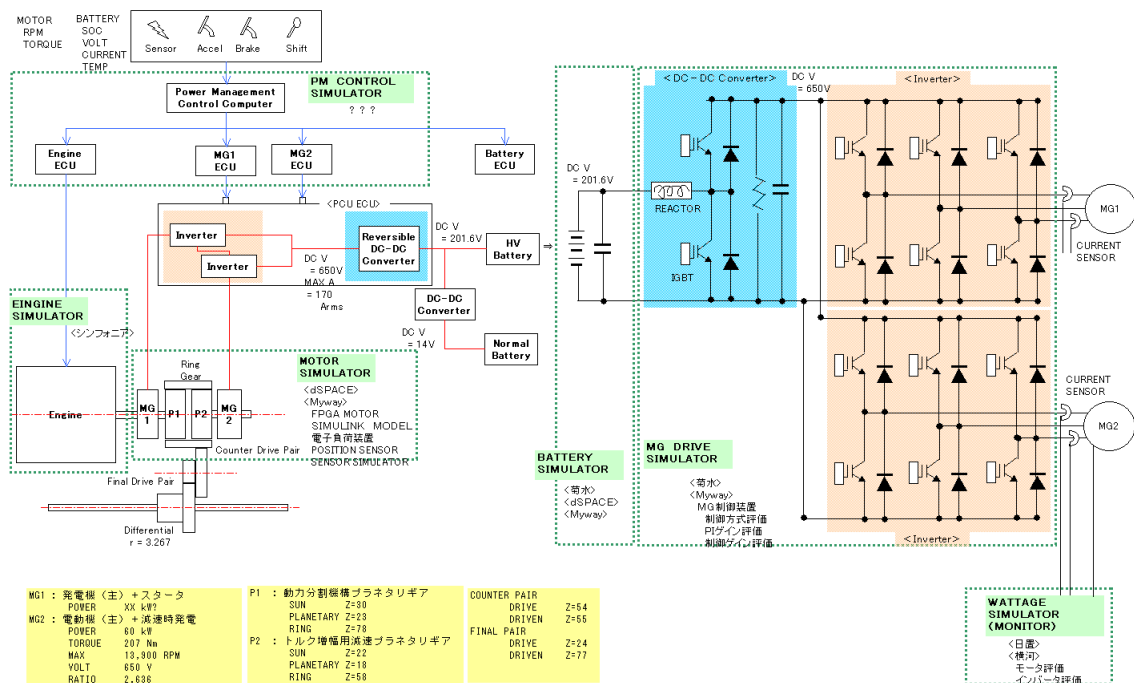
(非公開)

2-12 回生コンバータの評価

(非公開)

(1) ハイブリッドシステム

PCについては一般的なワークステーションを前提として開発、RealTime性を確保するために、制御部については専用のCPUを採用、装置の安全性を持たせている。



(2) H I L S (Hardware In the Loop Simulation)

現在、自動車のありとあらゆるところで電子化が進んでいる。自動車の中に組み込まれたECUは、多岐に渡って自動車のデバイスをコントロールするようになり、制御ソフトウェアも複雑化、大規模化の一途をたどっている。

本研究ではHILSの機能も取り込むことで、自動車開発のメインテーマとなるであろうモータとバッテリーのシミュレーションを行うことも可能として、総括的なモータベンチを開発することにも目的をおいている。

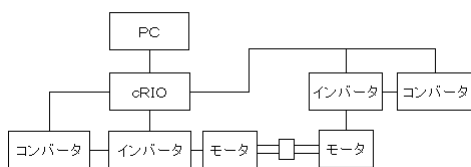
そのため、MATLABによる制御モデルを開発、ベンチインバータ装置制御を行うこととし、HILSで標準となっている、dSPACE社のControlDeskにより画面を構成して、自動車の研究開発者にも扱いやすいソフト構成を目指した。

3-2 装置制御仕様

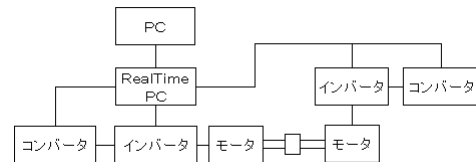
(1) 制御システム

今回の統合systemは、従来型のシステム構成からPCを統合的に使い、装置のリアルタイム性を確保すべく、その下にcRIOなどの制御装置を備える構成として開発を行うことにしたので、次の4パターンについて検証を行っている。

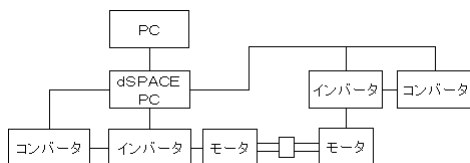
提起①



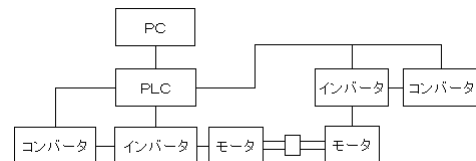
提起②



提起③



提起④



3-3 統合systemプログラム

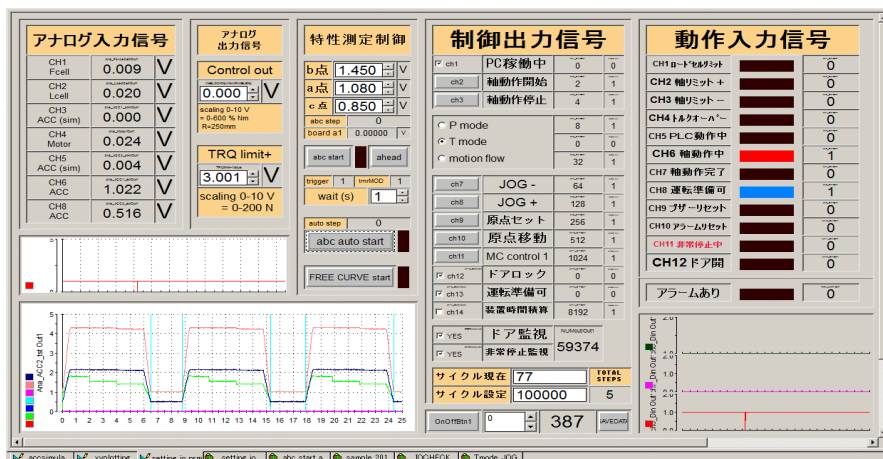
(1) 制御部プログラム

LabVIEWでのGUI画面を示す。(非公開)

(2) データ集録処理部プログラム

LabVIEWでの運転パターン登録GUI画面を示す。(非公開)

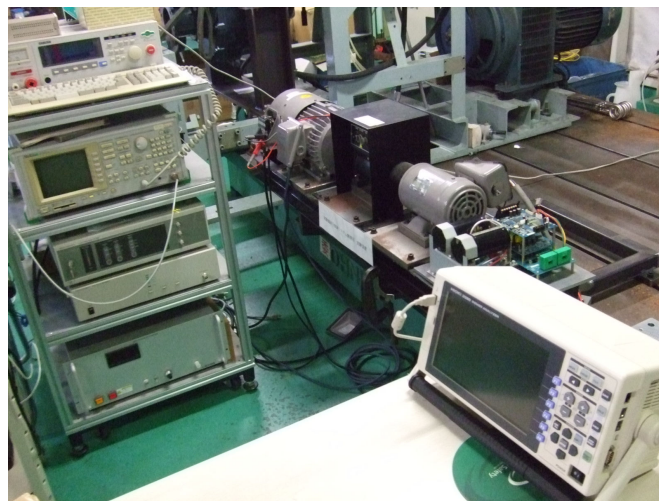
(3) HILシミュレーション部



3-4 テストベンチ

(1) テスト風景

基本的な動作検証時のモータベンチを示す。



3-5 インバータモータ制御シミュレーション

(1) インバータモータ制御モデル

今回の評価Simulinkモデルの一例を示す。(非公開)

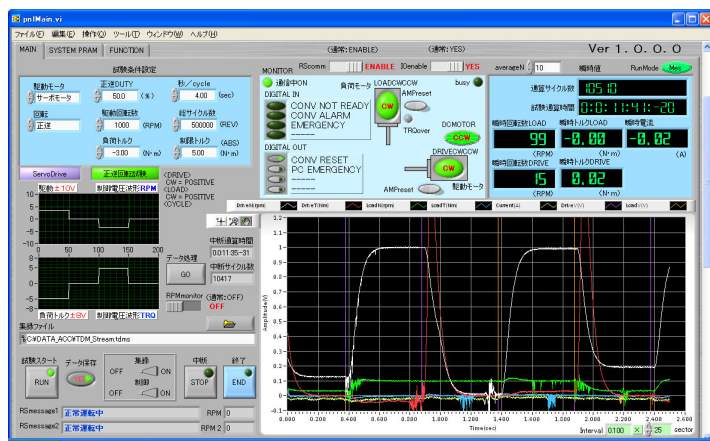
(2) ベクトル制御モデル

今回の評価Simulinkモデルの一例を示す。(非公開)

3-6 データ集録制御結果

本研究で開発したプログラムを動作させた結果を示す。

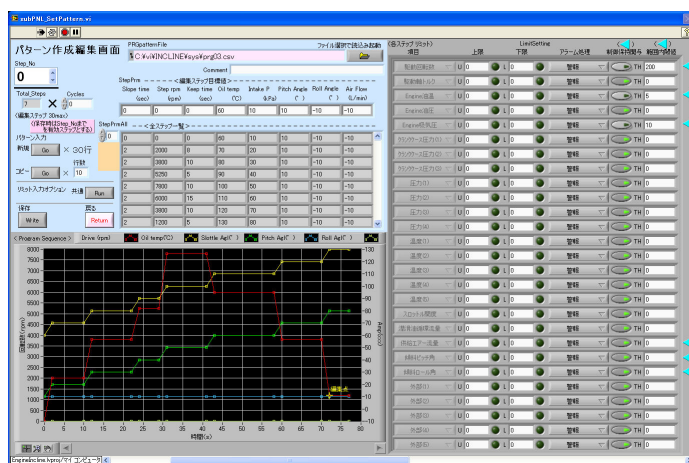
LabVIEWメイン画面での制御実行画面。



3-7 パターン運転制御結果

本研究で開発したパターン運転制御部を動作させた結果を示す。(非公開)

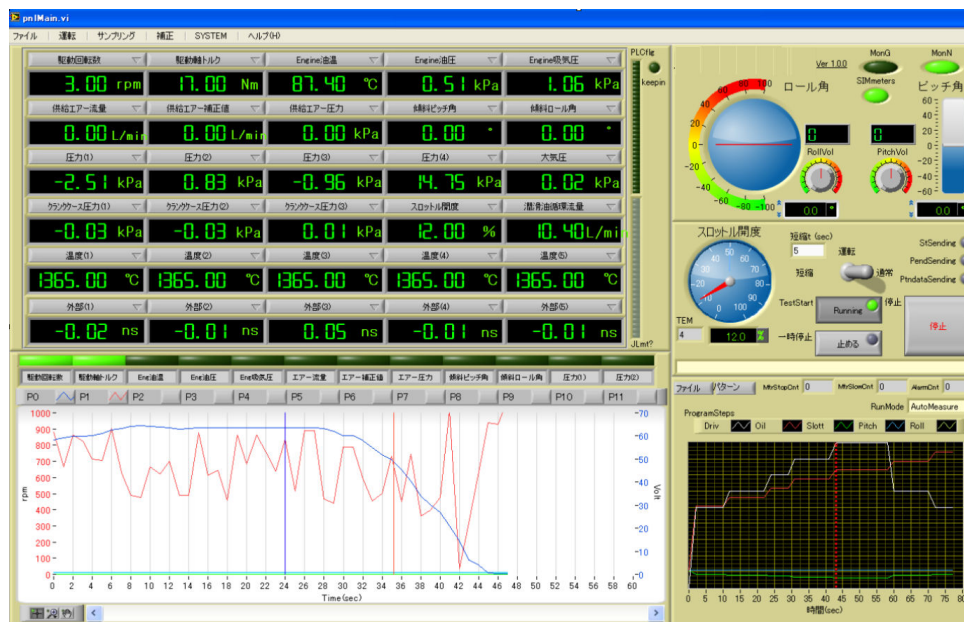
パターン運転入力例。



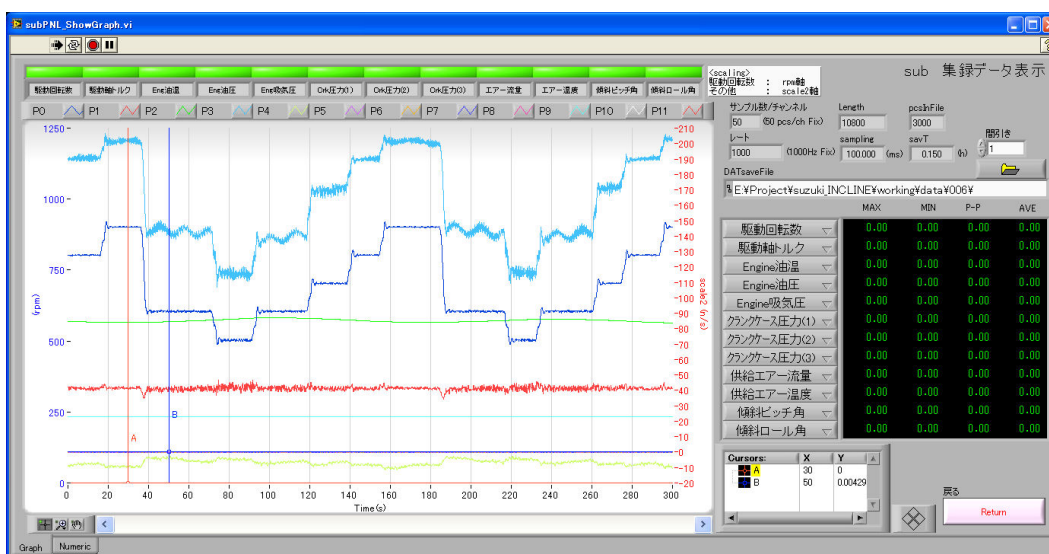
この種のベンチ系のソフトで操作性が問われるのがパターン運転入力画面である。

本研究においては、パターン運転の入力と同時にパターングラフに反映させることにして利便性を高めた。編集ステップ目標値を編集点として明示、数値を入力すると瞬時にグラフに反映されるので、入力ミスも防ぎ、他の目標パラメータと時系列にシーケンスを確認できるので、パターン動作の視認性も向上した。

メイン画面、パターン運転実行時。



パターン運転動作後、取得データ処理画面例。



3-8 統合system評価

(1) プログラム操作性

従来のHEV/EVによく見られる負荷系モータ制御装置と駆動系モータ制御装置は、連動インターフェースを最小限に抑えながら個別に開発、納品されていた結果、PCが個別に配置され操作性の悪い装置となっていた。

本研究により開発した統合PC操作systemにより、各モータとのインバータインターフェースを豊富にすることで、単一の画面にて一括操作、パラメータ設定や運転パターン設定についても視認性を向上、効率的なテスト環境を提供することができるよ

うになった。データ処理についても、負荷系+駆動系のデータが同一PC内に保存されデータ共有できるので、解析時間の短縮にもつながっている。V字プロセス開発におけるテストと設計のフィードバックを効率化、試作の評価における最大のロスであるデータ処理を短時間でこなすことが容易となった。

（２）インバータ連携性

インバータパラメータを厳選してプログラムインターフェースとして実装。その結果、負荷系と駆動系の連動を容易にし、実車のロードシミュレータとしてのモータベンチとして実用化できた。報告書には掲載していないが、インバータの機能として進角制御を可能としたことで、HEVモータ評価に必須の高速域でのモータ挙動特性測定も自在にできることを確認、広範囲な速度制御性を実現したモータベンチソフトシステムとして成り立っている。

（３）HILシミュレーション連携性

本統合systemは、dSPACE社提供のハードおよびControlDeskからなるソフトを中心として構成を採っている。これにより、Simulinkの装置制御モデルにモータ制御系Simulinkモデル、モータSimulinkモデルが容易に組み込み可能となった。

ECUの開発はほとんどの場合Simulinkで開発、モデルによりV字プロセスを行き来して開発されており、本研究装置の利用により直接ECUの開発や性能の評価に利用することが可能となった。装置標準的にdSPACEハードを採用しているモータベンチはほとんどなく、今後HEV/EVの研究部門への売り込みにより採用実績が上がっていくものと考えている。また、モータ単体の開発で参入して来ている新興企業についても、総合的なモータ開発用のテストベンチとして提案も考えている。

3-9 今後のsystem開発

（１）統合制御systemの今後

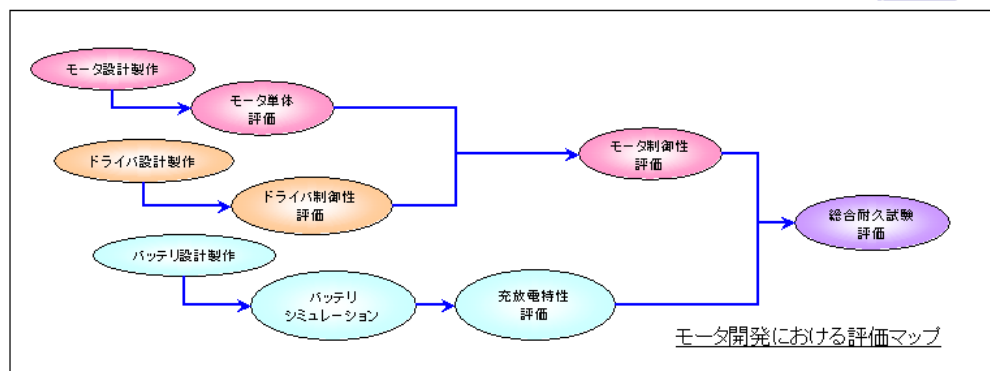
本研究の実績をもとに、今後HEV/EVのシステムのあるべき姿と開発目標再設定をして進めていく。次に、本研究から得られた開発情報に基づいて考えた統合制御システムの仕様を示す。（非公開）

(2) 統合制御systemの測定項目明確化

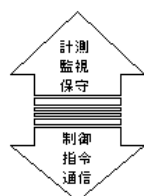
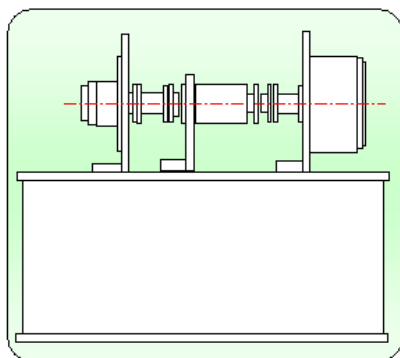
本研究で実現できている項目も含めてHEV/EVの測定項目を明確にした。

HEV/EV用テストベンチ

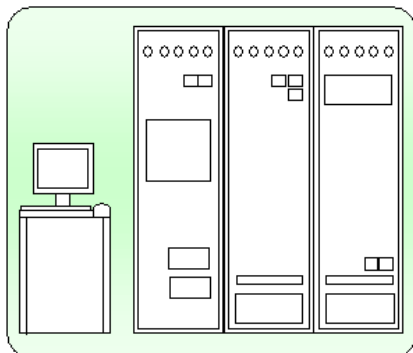
Space
creation



駆動負荷系装置



制御電気系装置



機能モジュール	評価内容	装置標準
モータ単体特性値	負荷トルク特性(T-N, T-I, N-I特性)	○
	出力特性曲線、効率特性曲線	○
	トルクリプル測定	○
	コギングトルク測定	○
	誘起電圧測定	○
	誘起電圧基準電角角表現	○
	電氣定数測定(抵抗、インダクタンス、絶縁抵抗)	○
	磁束測定	
	温度特性	
	振動	
	騒音	
	測定特性値のFFT解析	○
	回転角センサ特性(ホール素子、レゾルバ)	
	進角制御特性(進角マップ)	
モータ制御性特性	弱め界磁測定(進角特性)	
	制御性自動適合(制御マップ)	
	効率特性測定(鉄損・銅損・機械損)	
	力行/回生制御	○
	トルク制御 ±3%FS	○
	トルク検出精度 ±0.1%FS (センサ精度 ±0.02%)	○
	速度制御 ±3%	○
	回転数検出精度 ±0.1%FS (エンコーダ分解能による)	○
	高効率駆動	○
	広範囲駆動	
	インバータノイズ解析	
	インバータ出力効率特性	○
	インバータ波形周波数解析(高調波解析)	○
	インバータ電圧電流位相解析(電角角解析)	○
ドライバ制御性	インバータベクトル解析	○
	矩形波駆動	○
	正弦波駆動	○
	電力変動特性	○
	温度測定	
	過電圧異常、過回転、入力過電流、モータ過電流 の監視	○
	CAN 2.0B	○
	送受信プロトコル解析	○
	力行/回生制御	○
	定電圧制御(typ.:1~750V、15mV分解能)	○
	定電流制御(typ.:0~450A、15mA分解能)	○
	定抵抗制御	○
	垂下特性制御	
	電圧制限、電流制限、電力制限	○
バッテリーシミュレータ	電子負荷装置	○
	電子負荷モデル	
	車両・運転・走行モデル	○
	充放電曲線	○
	過充電・過放電保護	○
	制御パターン生成(位置、速度、トルク、温度など)	○
	ステップ・ラング等基本的波形自動生成機能	○
	監視項目設定	○
	Max 2000ステップ	○
	Max時間 999分59秒/1ステップ	○
	Max繰り回数 9999回	○
	温度制御精度 ±5℃	
	温度制御精度 ±5℃	
充放電特性	電子負荷装置	○
	電子負荷モデル	
	車両・運転・走行モデル	○
	充放電曲線	○
	過充電・過放電保護	○
	制御パターン生成(位置、速度、トルク、温度など)	○
	ステップ・ラング等基本的波形自動生成機能	○
	監視項目設定	○
	Max 2000ステップ	○
	Max時間 999分59秒/1ステップ	○
	Max繰り回数 9999回	○
	温度制御精度 ±5℃	
	温度制御精度 ±5℃	
耐久試験評価	電子負荷装置	○
	電子負荷モデル	
	車両・運転・走行モデル	○
	充放電曲線	○
	過充電・過放電保護	○
	制御パターン生成(位置、速度、トルク、温度など)	○
	ステップ・ラング等基本的波形自動生成機能	○
	監視項目設定	○
	Max 2000ステップ	○
	Max時間 999分59秒/1ステップ	○
	Max繰り回数 9999回	○
	温度制御精度 ±5℃	
	温度制御精度 ±5℃	
低温環境槽	電子負荷装置	○
	電子負荷モデル	
	車両・運転・走行モデル	○
	充放電曲線	○
	過充電・過放電保護	○
	制御パターン生成(位置、速度、トルク、温度など)	○
	ステップ・ラング等基本的波形自動生成機能	○
	監視項目設定	○
	Max 2000ステップ	○
	Max時間 999分59秒/1ステップ	○
	Max繰り回数 9999回	○
	温度制御精度 ±5℃	
	温度制御精度 ±5℃	

第4章 試験機統合制御装置の開発

4-1 本研究開発まとめ

本研究開発によって、HEV/EVベンチにおいて従来別個に提供されていた負荷系ベンチと評価供試体の駆動系ベンチを統合、単一のPCにより統括的に装置を制御できるようになり、操作性が格段に向上した。



4-2 本統合systemの市場性

現在の自動車メーカ投資も、ほとんどがHEV/EVの分野に限られているといっても良い状況に有る。投資の目指す目的は、更なる電費効率化、回生効率化などの省エネルギーが重要なポイントであることは間違いないことである。そんな環境の中、今回の戦略的基礎技術高度化支援事業により一定の成果を出せたことは、事業化に向け大きく前進することができたと言ってよい。

既存のモータベンチメーカは多く、国内外ともに歴史を有し、知名度もある既存メーカが存在するので、どの程度のシェアを獲得できるかは不明であるが、数年経過した段階では5～10億円程度の年商となる可能性は十分あると判断できる。

従って、本事業終了後も引き続き、開発商品の性能・完成度を向上させ、早期に市場投入し、販売促進にまい進する計画である。

4－3 今後の事業展開

前述のとおり、本委託事業完了後も引き続き販売に向けて、順次事業展開を進める予定である。

(3) 製品化展開

- ・ 生産試作初号機完成 : 本年 12 月 15 日完成目標
- ・ バリエーション展開 : 客先反応次第、応用機種開発

(4) 事業化展開

- ・ 展示会出展 : 自動車技術展（2012年5月）MSHデビュー
「人とくるまのテクノロジー展」パシフィコ横浜
- ・ 営業展開 : 12月～ 商社連携にて、販売PR開始

(5) 売上げ見込み

- ・ 初年度売上げ目標 : 2台／半年を目標
- ・ 5年後の売上げ目標 : 5台／年（350,000万円）を目標

〔むすびに〕

本受託事業の研究開発推進により、当社をはじめとして、サポートインダストリ参加メンバーそれぞれが多くの研究成果を獲得でき、また開発型中小企業として、それぞれ大きく成長できたと言える。

これもひとえに研究開発の機会を提供いただいた経済産業省、懇切丁寧に技術支援いただいた大学・公的研究機関をはじめとする多くの支援機関のおかげと深く感謝して、本報告の結びとしたい。