

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「タウンユースEVに最適なパワートレーン制御システムの開発」

研究開発成果報告書概要版

平成26年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人名古屋産業科学研究所

## 目 次

	頁
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	3
1-2 研究体制	7
1-3 成果概要	12
1-4 当該研究開発の連絡窓口	14
第2章 研究成果詳細	
2-1 タウンユースの走行実態に合わせたパワートレーンの 最適諸元設定の為の調査研究	15
2-2 電力マネジメント制御プラットフォームの開発	21
2-3 残存走行距離表示システムの対応	38
2-4 パワートレーン／電子マネジメントの統合制御による システム最適化方式の研究開発	42
第3章 全体総括	
3-1 本事業研究開発後の課題	43
3-2 事業化の検討	43

## 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

自動車産業にとって、安全性の確保は基本的な課題である。特に機能安全においてはソフトウェアとハードウェアの連携が必要であり、特に全体を制御するソフトウェアの安全確保が重要となってきた。また、世間は周知の如く石油資源の枯渇、温暖化等が世界的な問題となり、省エネルギーを実現する電気自動車（EV）が脚光を浴びているが、航続距離不足などの課題からその普及速度はゆるやかで、安全性の確保におけるソフトウェアおよびハードウェアの開発も加速的に進んでいるとは言えない。

#### ①研究開発の背景

##### <EVに関するニーズ>

上記のように環境問題を抱えた昨今では、これらの課題を解決するEVに関する技術的な研究開発が加速的に求められている。経済的で静かで快適にも関わらずEVの普及速度がゆるやかな理由としては、初期費用が高価であること、航続距離が短いこと、充電インフラが整っていないこと等があげられる。もっぱら近距離を走るタウンユースEVにおいては、充電インフラが整っていないことは比較的問題にならないが、航続距離については、運転者が残走行距離を懸念しながら運転することが精神衛生上の問題ともなっており、より正確なバッテリー残量を示す技術が求められている。

##### <社会的なニーズ、EVカテゴリーに関するニーズ>

一方、2010年3月の日本自動車工業会「軽自動車の使用実態調査報告書」によると、軽自動車の利用者は都市部を中心に1日平均走行距離が15km未満であり、高速道路を全く使用しない利用者は50%、後部座席を全く使用しない利用者は60%を占める。また、都市内営業用途の走行実態調査でも、1日平均走行距離40km近辺に集中しているというデータがある。これらからは、軽自動車より小さいカテゴリーの自動車の普及が求められていることがうかがえるが、このカテゴリーのEVは開発が進んでいないのが現状である。

EVの世界では、モータ出力0.6kW（原付ミニカー相当）以下の領域と10kW（軽自動車相当）以上の領域では、既に大手メーカーが実績を持っている。しかしながら、その中間の領域においてはタウンユースを目的とするEVニーズが高いながらも、技術が十分に確

立されているとは言えない。

#### ＜中小企業におけるEVの研究開発の動向＞

一般的に、自動車開発は膨大な構成部品の摺り合わせがハードウェア及びソフトウェアにおいて必要であり、この方面の技術の確立を行うための研究開発は、多数の構成部品の各個別技術を集積しトータル的にマネジメントして刷り合わせる必要がある。サポーティングインダストリーを構成する中小企業にとっては、このような取り組みが困難であることが技術確立の速度を鈍らせている理由の一つと言える。

#### ②研究の目的

タウンユースに最適なEVを、一回の充電で出来る限り走行距離を長く、安全に、安心して走行できるようにするためのパワートレーンの各要素（バッテリー、インバータ、モータ、タイヤ・減速機等の駆動系）とその制御システムの最適化（小型化、軽量化、電力収支の正確な予測、高効率化）を目指すものである。

特定ものづくり基盤技術の高度化に関する指針における「ものづくり基盤技術」は、「(一) 組込みソフトウェアに係る技術に関する事項」であり、「達成すべき高度化目標」は「(4) 自動車に関する事項」、「川下製造業者等の抱える課題及びニーズ」は「ウ. 安全性の確保」として、技術の高度化を図る。

#### ③研究の目標

都市部及びその近郊での短距離移動を主眼とした、「安価で高信頼性・安心・快適」なタウンユースEVをターゲットとするパワートレーン制御システムを開発する。

本開発は、(1) パワートレーン用の電力マネジメント制御プラットフォームの開発、及び(2) バッテリー容量の正確な把握による走行可能距離推定制御 の2つの研究開発項目により構成される。

##### (1) パワートレーン用電力マネジメント制御プラットフォームの開発

最新技術を折り込んだモータ、インバータ、バッテリーなどを柔軟に採用でき、オープンな電気自動車用パワートレーン全体の総合制御システムを開発する。

<パワートレーン技術の現状と課題>

現状	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の大手自動車メーカーの下、閉ざされた世界の中で各自動車メーカー独自の制御プラットフォームで開発／運用がなされている。</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模／広範囲な視点、多大な工数でないと開発が進まず、高度な車両以外にはこうした最新高度技術が汎用的に使うには困難が多い。</li> <li>多品種少量生産の開発に向かない。</li> </ul>
新しい方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>最適化を図るとともに、スマートフォンなどと同様に、タウンユースEVパワートレーン用に最適化した、オープンなAPI (Application Program Interface)を用いた制御プラットフォームを開発する。</li> </ul>
得られる効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>多様化するニーズへの対応に向く。</li> <li>各要素、制御システムに柔軟に最新技術を取り込みやすい。</li> <li>バージョンアップが可能となる。</li> </ul>

(技術的目標値)

○走行実態に合わせたパワートレーンの最適諸元の調査研究

600W以上の領域と10kW以下の領域における最新EVにおいて、実用化のための信頼性・安全性、加えて快適性の確認評価が完了した状態にする。

○電カマネジメント制御プラットフォーム

最新EVにおいて、今回開発された最新のパワートレーン構成要素が電カマネジメント制御プラットフォーム上で稼働し、性能・信頼性の確認評価が完了した状態にする。

(2) バッテリー容量の正確な把握による走行可能距離推定制御

パワートレーン制御システムの最適化によって、運転者にとって重要な残走行可能距離の表示の方法を新しい方式で開発することが可能になる。

利用者から走行可能距離表示に対する不信感の声が寄せられている実態の中で、本研究開発において、(1)で開発された最適制御によって得られる諸情報をベースに、更により正確なバッテリーの消費、容量、残存容量を算出し、精度の高い走行可能距離表示を実現する。

<バッテリー表示の現状と課題>

現状	<ul style="list-style-type: none"> <li>• バッテリーの充放電情報（電圧、電流、温度、時間）からバッテリー残容量を計算する方法であって、主にバッテリーの充放電情報よりその車両に合わせた2次元または3次元の「マップ」を作成したのち、実際にシャント抵抗にて測定された充放電電気容量に、「マップ」より得られた補正係数を掛け、残容量（残走行距離）を表示している。</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 「マップ」の作成に、膨大な時間と多大な費用が発生する（大手メーカーにしか出来ない）。</li> <li>• 車両自体が変わる場合、「マップ」の補正が必要になる場合が多い。</li> <li>• こうした技術を駆使しても、残存走行距離の算出／表示が正しいとは限らず、使用者に不安感・不信感を与えている（バッテリー容量を正確に補正するのは困難）。</li> </ul>
新しい方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 充放電マップを作成することはせず、電力マネジメント制御システムより得られる移動位置情報（速度ベクトル、標高ベクトル、車両、気温等）と、バッテリー使用情報との関係性を明らかにし、バッテリー残容量から（車両情報から）残走行可能距離表示を行う。</li> </ul>
得られる効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 残走行可能距離表示が正確になる</li> <li>• 簡略化し、低コストとなる</li> </ul>

（技術的目標値）

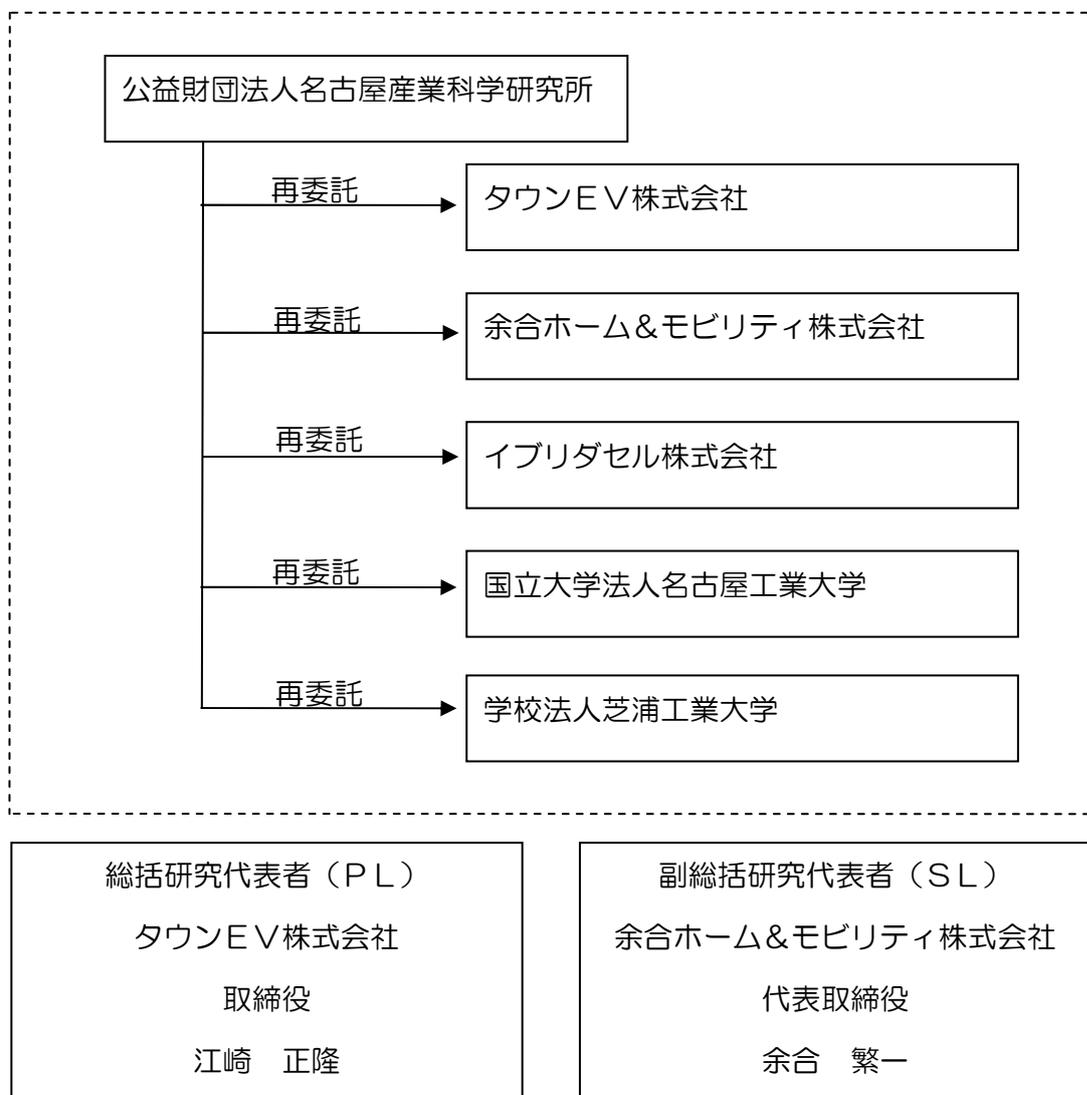
○残走行距離表示システムの対応

バッテリー容量における走行距離表示（残走行距離表示）精度をマイナス0 km、プラス5 km以内にする。コストは、本回路の材料費を3万円以下にする。

## 1-2 研究体制

### (1) 研究組織及び管理体制

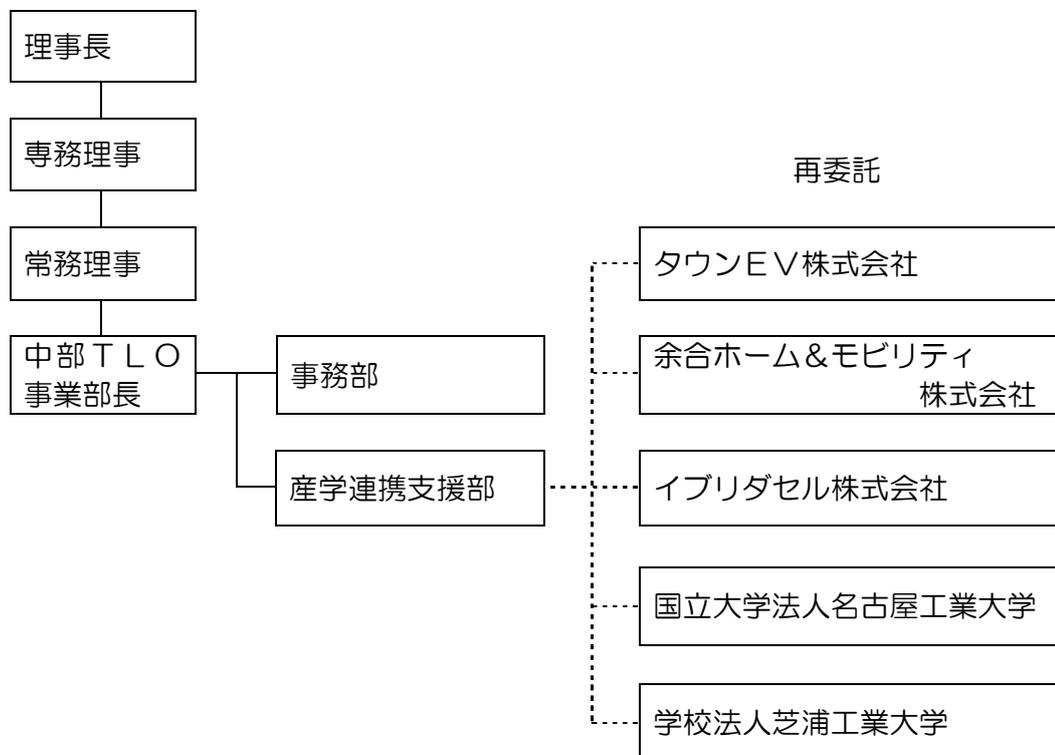
#### 1) 研究組織（全体）



## 2) 管理体制

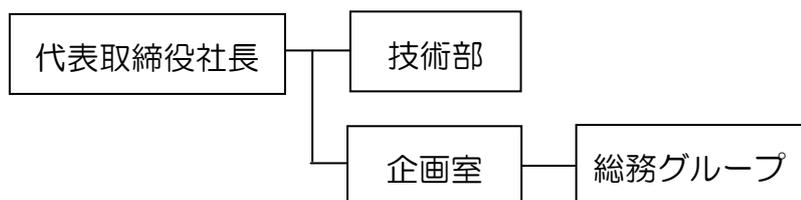
### ①事業管理機関

公益財団法人名古屋産業科学研究所

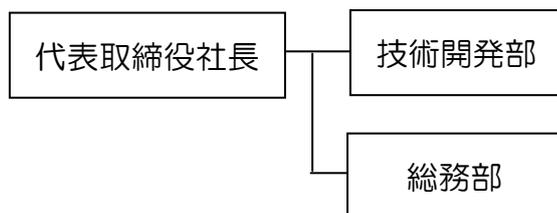


### ②再委託先

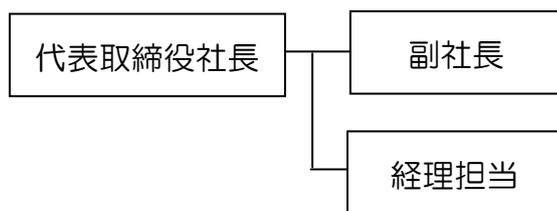
タウンEV株式会社



余合ホーム&モビリティ株式会社



イブリダセル株式会社



国立大学法人名古屋工業大学



学校法人芝浦工業大学



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人名古屋産業科学研究所

管理員

氏 名	所属・役職
山田 義憲	中部TLO 産学連携支援部 担当部長
丑山 好夫	中部TLO 事務局 事務職員

【再委託先（研究員）】

タウンEV株式会社

氏 名	所属・役職
江崎 正隆	技術担当取締役
吉田 昭一	技術部主査

余合ホーム&モビリティ株式会社

氏名	所属・役職
余合 繁一 後呂 直和 宮田 裕也 桑野 公博	代表取締役社長 技術開発部 部長 技術開発部 技術開発部

イブリダセル株式会社

氏名	所属・役職
青木 護 杉山 茂行	代表取締役社長 副社長

国立大学法人名古屋工業大学

氏名	所属・役職
岩崎 誠 小坂 卓	工学部 電気電子工学科 教授 工学部 電気電子工学科 准教授

学校法人芝浦工業大学

氏名	所属・役職
齋藤 真	工学部 電気工学科 講師

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

公益財団法人名古屋産業科学研究所

(経理担当者) 中部TLO 事務部 事務職員 丑山 好夫

(業務管理者) 中部TLO 産学連携支援部 担当部長 山田 義憲

(再委託先)

タウンEV株式会社

(経理担当者) 企画室 総務グループ 泉野 久子

(業務管理者) 技術部 部長 江崎 正隆

余合ホーム&モビリティ株式会社

(経理担当者) 総務部 近藤 良康

(業務管理者) 代表取締役社長 余合 繁一

イブリダセル株式会社

(経理担当者) 経理担当 佐藤 静香

(業務管理者) 代表取締役社長 青木 護

国立大学法人名古屋工業大学

(経理担当者) 事務局 研究支援チーム 係長 浅井 仁恵

(業務管理者) 工学部 電気電子工学科 教授 岩崎 誠

学校法人芝浦工業大学

(経理担当者) 豊洲学事務 産学官連携・研究支援課 小倉 佑介

(業務管理者) 工学部 電気工学科 講師 齋藤 真

### 1-3 成果概要

#### 1-3-1 タウンユースの走行実態に合わせたパワートレーンの最適諸元決定のための調査研究

##### ① システムベンチによるパワートレーン構成要素の組合せについての検証

平成24年度に想定したエラーモードを、ISO26262に基づきシビアリティ（不具合の深刻度）、エクスポージャ（起こりうる確率）、コントローラビリティ（ドライバーによる被害回避性）に分類すると共に評価を行い、基準を明確化した。その上で、プラットフォーム制御ECUのソフトウェア開発において、これらの重要度を考慮しシステム構築を行った。また今回の開発システムは、電気自動車の制御に必要な機能として、自動車として必要な「走る、曲がる、停まる」の三機能と、電気自動車固有の「充電、起動」の二機能から構成する。全ての機能を各種の電池やモータの組合せに基づき実車により検証するには多大な開発費用を必要とするため、システムベンチによる検証を行った。

##### ② タウンユース模擬車両による検証と評価ツール整備

タウンユース模擬車両として、軽自動車ベースの電気自動車に、本研究において開発した組込みソフトウェアを折り込んだ制御プラットフォームECUを完成しEV車両の実走行評価を実施した。この模擬車両はPMモータとLiイオン電池の組合せである。

同時に電気自動車としての基本的な操作シーケンスおよび車両の動的評価を行うためのチェックシートを評価ツールとして整備し、それらに基づいてテストコースおよびその他の路面において、走行試験を実施した。

#### 1-3-2 電力マネジメント制御プラットフォームの開発

##### ① 統合プラットフォームECUのシステムベンチ検証

平成24年度の成果物であるパワートレーン系走行制御ECU（ヘッドコントロールECU）と電源系プラットフォーム制御ECU（充電CAN通信ECU）を基に、別々であった組込ソフトウェアを1つの組込ソフトウェアにドッキングさせた統合プラットフォームECUを試作し、システムベンチにおいて平成24年度導入パワートレーン構成主要素の代表的な組合せとしてPMモータ（安川電機製：35kWドライブシステム）/Liイオン電池（東芝製：SCiB電池モジュール）/普通充電方式の組合せにより協調動作ロジックの造り込みを実施し検証した。

##### ② タウンユースEV模擬車両と統合制御プラットフォーム用ECUの開発

タウンユースEV模擬車両の諸元を決定し試作すると共に、制御プラットフォームECUの開発を行った。

### ③ タウンユースEV模擬車両による統合プラットフォームのシステム検証

導入EV車両に開発制御プラットフォームECUを搭載し、システムの検証を実施、動作の確認を行った。

### ④ タウンユースEV開発ディベロップメントキットの開発

開発した制御プラットフォームを基本として、汎用性ECU（以下EV-ECU）開発手順を作成し、EV-ECUのディベロップメントキットを開発した。本ディベロップメントキットに基づき、開発効率化／検討漏れ防止を始めとして、異なる開発者であっても同様の製品を作成できる環境を提供できる様にした。

## 1-3-3 バッテリ容量の正確な把握による走行可能距離推定制御

### ① 残走行距離表示システムの開発

残走行距離表示システム実現に向けて開発課題を抽出した。

- ・安価なハードウェアを実現すべく、表示システム回路の材料費で3万円以下を達成した。
- ・リアルタイムにバッテリー充電率を推定するために、クーロンカウント方式と電圧参照方式を最適に組み合わせ併用するアルゴリズムを採用した。

### ② 残走行距離表示システムの検証

残走行距離表示システム単体での評価を行い、デバッグを完了した。

タウンユースEV模擬車両にて実車結合による検証を実施し残相克距離表示目標精度の目処を得た。

## 1-3-4 パワートレイン／電子マネジメントの統合制御による

### システム最適化方式の研究開発

### ① 典型タウンユースEV用駆動モータの開発

平成24年度の詳細検討・設計で成立性を確定した設計仕様に基づき、モータの詳細設計を行い、開発試作を行った。開発試作した典型タウンユースEV用モータは本項②で開発されたインバータと合わせモータシステムとして性能評価を実施、所期の性能特性を確認した。

## ② 典型タウンユースEV用高効率インバータの開発

平成24年度における詳細検討・設計において成立性確定した仕様設計に基づいて、インバータの詳細設計と開発試作を行った。開発試作した典型タウンユースEV用高効率インバータは、本項①で開発されたインバータと合わせモータシステムとして性能評価を実施、所期の性能特性を確認した。

### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属： 公益財団法人名古屋産業科学研究所 中部TLO 産学連携支援部

連絡担当者名・役職：山田 義憲・担当部長

TEL：052-783-1255

FAX：052-788-6012

E-mail：yyamada@nisri.jp

## 第2章 研究結果詳細

### 2-1 タウンユース走行実態に合わせたパワートレーンの最適諸元決定のための調査研究

平成24年度において明らかにしたエラーモードをISO 26262に基づき、安全性をシビアリティ（不具合の深刻度）、エクスポージャ（起こりうる確率）、コントローラビリティ（ドライバーによる被害回避性）に基づき評価・検証した。

以下にISO 26262における定義を示す

#### 1) シビアリティのクラス

S0	S1	S2	S3
傷害なし	軽度および中程度の傷害	重度及び生命を脅かす傷害(生存の可能性がある)	生命を脅かす傷害(生存がはっきりしない)、致命的な傷害

表2-1 シビアリティのクラス

#### 2) エクスポージャのクラス

E0	E1	E2	E3	E4
極めて起こりにくい	非常に低い確率	低い確率	中位の確率	高い確率

表2-2 エクスポージャクラス

#### 3) コントローラビリティのクラス

C0	C1	C2	C3
通常のコントロール可能	簡単にコントロール可能	普通にコントロール可能	コントロールが困難またはコントロール不能

表2-3 コントローラビリティクラス

#### 4) ASILの決定

ASIL (Automotive Safety Integrity Level) とは、自動車の安全を上記の3つのクラスの組合せにより、レベルを厳しさの最も高いDから最も低いAの4段階に分ける考え方である。Aよりも更にレベルが低いものはQM (Quality Management) とし、通常の品質管理の範囲でフォローすべきものとする。

以下にその組合せを示す。

シビリアリティのクラス	エクスポージャのクラス	コントローラビリティのクラス		
		C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

表 2-4 ASIL (Automotive Safety Integrity Level)

この評価に基づきAとなった項目については、「電力マネジメント制御プラットフォーム」の開発時において、特に留意すべき事項として折り込んだ。

#### 2-1-1 システムベンチによるパワートレーン構成要素組合せについての車としての検証

##### ① パワートレーン構成要素各組み合わせについての検証

今回の開発システムは、電気自動車の制御に必要な機能として、自動車として必要な「走る、曲がる、停まる」の3機能と、電気自動車固有の「充電、起動」の2機能から構成する。全ての機能を各種の電池やモータの組合せにより実車を用いて行なうには、多大な開発費用を必要とするため、2-2電力マネジメントプラットフォームの開発と並行し、システムベンチにおいて評価を実施した。

ただしシステムベンチでは、上記5機能全ての評価は実施できないため、下記機能において試験評価を実施しシステムの動作を確認した。

- 充電機能
- 起動機能、
- 走る（駆動・回生）

「曲がる、停まる」は実車においてのみ実施可能であるため、2-1-2に示す実車試験で評価を行い、正常に動作することを確認した。

システムベンチによる評価検証において、対象としたパワートレーン構成要素の組み合わせ

せは以下の如くである。

- 1) PMモータ, Liイオン電池
- 2) DCモータ, Pb電池
- 3) IMモータ, Liイオン電池

## ② 2-4項にて開発されたモータシステムの検証

平成24年度の研究成果に基づき、タウンユースEVとして必要な要件を明確にしたモータシステム（典型タウンEVモータシステム）諸元に基づき、2-4「パワートレーン/電子マネジメントの統合制御によるシステム最適化方式の研究開発」において設計・開発された典型タウンEVモータシステム（モータおよびインバータ）実機性能データ（一部シミュレーションを含む）が提供されたことに基づき、平成24年度開発したプログラムを用い典型タウンユースEVモータシステムとして性能が満たされているかの検証を実施した。

その結果タウンユースEVに必要な動力性能が確保され、最高速度、登坂能力等に問題のないことを確認した。

## 2-1-2 タウンユース模擬車両による実車での検証と評価ツールの整備

### ① 実車での検証

2-2項「電カマネジメント制御プラットフォーム」で開発されたEV制御プラットフォームECUを導入EV車両に搭載し、実車走行試験を行った（場所：エフティテクノ社テストコース）。



図2-1 走行試験実施状況図



図2-2 段差乗越試験実施状況



図2-3 EV車両搭載ECU（EV制御プラットフォームに切り換え走行テスト）  
また車体ナンバーを取得し、一般公道での走行試験も実施している。

検証の結果、これらの実装部品は総合的に正常に作動し、電池充電からシステム起動／定常および加速／登坂／後退走行／制動および回生による減速／適切なアシストを行う操舵を所期通りに行えることが確認できた。またエアコン・ヒータ・外部給電の動作も確認した。

走行時の官能評価により、アクセル開度に応じた加速感、走行速度に応じた最適な操舵アシスト力などのパラメータ適合を実施し、比較として使用した同一型のガソリン車と同等以上の加減速フィーリング／操舵フィーリングを得ることができることを確認した。

更に加えて、急加速／急速停止ブレーキ／駐車時据え切り／急坂（20％）登坂／急坂（20％）降坂／車庫入れの一連の動作検証も実施した。

## ② 評価ツールとしての評価チェックシートの整備

### 1) 基本操作チェックシート

基本走行、充電及び他の2モードにおいて以下の条件でシステムが作動することを確認する（表2-5）。

基本走行モード	<p>起動</p> <p>以下の4つの条件を全て満たした時で、IG-KEY を IG-on から Start まで回した時にシステム READY となる。(ユーザ操作と直接関係無いが、PS,ブレーキポンプは READY 後に作動)</p> <p>(1)シフトポジション:P  (2)ブレーキペダル:on  (3)アクセルペダル off  (4)充電中でないこと</p> <p>いずれかの条件を満たさない場合は、キー操作は無効とし、READY とならない。</p>
	<p>停止操作</p> <p>以下のいずれかの条件時にシステム READY-off</p> <p>(1)走行状態にかかわらず IG-OFF された時  (2)キルスイッチが押された時  (3)充電信号を検知した時  (フューエルリッド SW-on または EV-ECU が充電モードを検知した時)</p>
充電モード	<p>(1)シフトポジション:P  (2)アクセルペダル off  (3)IG-off またはキー未挿入</p> <p>上記条件を満たすときに、充電コネクタが挿入されると充電モード起動</p>
ACC モード	<p>IG スイッチが ACC 位置の時  ベース車両と同一機能のみ可動 (オーディオのみ)</p>
IG-ON モード	<p>IG キー位置が ON の時  ベース車両と同一機能のみ可動 (パワーウィンドウ、ミラーコントロール、ワイパー等)  エアコン・ヒーター・シートヒーターは READY 時のみ。</p>

表2-5 基本操作チェックシート

## 2) 走行状況チェックシート

No.	操作内容	評価項目	評価内容
1	起動	起動時間等	正常に起動すること 異音無きこと 起動時間が標準範囲にあること
2	発進	ドラビリ	アクセル操作に対して、自然な発進をすること 息つき・ためらいなどが無いこと
3	定常加速	ドラビリ	アクセル操作に対して、自然な加速をすること 息つき・ためらいなどが無いこと
4	定常速度維持走行	ドラビリ	一定開度のアクセル操作により一定速度が維持されること もたつき無きこと
5	減速(アクセルオフ)	ドラビリ	アクセルオフにより一定の減速をすること
6	減速(ブレーキ)	ブレーキング	ブレーキオン、踏み込み量に応じた自然な減速をすること
7	減速(急ブレーキ)	0.3G以上のブレーキ	十分な減速加速度が得られること
8	レーンチェンジ	操舵フィーリング	一定操舵入力に対して、適切な反力とともに軽快に操舵できること
9	駐車時の据え切り	操舵力	速度ゼロにおいて、適切なアシスト力があること
10	登坂(前進)	加速フィーリング	急坂路において、発進時にずり下がりなどが無いこと
11	登坂(後退)	加速フィーリング	急坂路において、発進時にずり下がりなどが無いこと
12	車庫入れ	全体の操舵感	後退・操舵において自然な操作ができること
13	ヒーター	作動状況	適切な温感フィーリングがあること
14	エアコン	作動状況	適切な冷風がでること
15	外部給電	作動状況	外部給電が正常に作動すること
16	接近通報装置	作動状況	0-20kmで、走行モードにて作動し、歩行者に対する警告効果を有すること
17	各表示系	作動状況	指定の表示がなされること
18	緊急停止ボタン操作	作動状況	システム全停止すること

表2-6 走行状況チェックシート

官能評価においては、評価の基準としてEV車両のベース車両となっているガソリン車を用いた。また一般的な走行において、異音・匂い・異常な振動が無いことを確認した。

以上に加え、エマージェンシーストップスイッチの操作や I G-O F F による緊急停止、意図的な操作ミスに対しての次の操作を促す正しいエラーメッセージの表示がなされるかなど要件通りに作動することを確認した。

## 2-2 電カマネジメント制御プラットフォームの開発

### ー 電カマネジメント制御プラットフォーム開発のロードマップ ー

	車両	システム
H23年度	要求品質 車両仕様(走行パターン) 機能安全(フェールセーフ)	
H23年度	構造仕様 PM・IM・DCモータ Li-on・鉛バッテリー 急速・普通充電	
H24年度	パワートレーン系 (走行制御)	電源系 (プラットフォーム制御)
H24年度	モータ*インバータ @システムベンチ	バッテリー*充電器 @システムベンチ
H25年度	統合テスト システム全体(パワートレーン系+電源系) @システムベンチ	
H25年度	総合テスト 車両全体(空調+ブレーキ+ステア)+システム全体 @実車	

図2-4 電カマネジメント制御プラットフォーム開発のロードマップ

タウンユース EV 用の電カマネジメント制御プラットフォームを開発するためのロードマップを図2-4に示す。

平成25年度においては、平成24年度の成果物であるパワートレーン系走行制御 ECU (ヘッドコントロール ECU) と電源系プラットフォーム制御 ECU (充電 CAN 通信 ECU) を基に別々であった組込ソフトウェアを 1 つの組込ソフトウェアにドッキングさせた統合プラットフォーム ECU を試作し、システムベンチにて統合テストを実施した。その後導入 EV 車両へ実装し総合テストを進め、電カマネジメント制御プラットフォームを完成させた。

また、その制御プラットフォームの開発ディベロップメントキットを完成させた。

### 2-2-1 統合プラットフォーム ECU のシステムベンチ検証

#### ① 協調動作ロジックの造り込み

平成24年度の成果物であるパワートレーン系走行制御 ECU (ヘッドコントロール ECU

U)と電源系プラットフォーム制御ECU(充電CAN通信ECU)を基に、別々であった組込ソフトウェアを1つの組込ソフトウェアにドッキングさせた統合プラットフォームECUを試作し(「1次試作」と称する)、システムベンチにおいて平成24年度導入パワートレーン構成主要素の代表的な組合せとしてPMモータ(安川電機製:35kWドライブシステム)/Liイオン電池(東芝製:SCiB電池モジュール)/普通充電方式の組合せにより協調動作ロジックの造り込みを実施した。

協調動作ロジックの造り込みでは具体的に統合プラットフォームECU起動時に走行制御・充電制御の起動モードを正しく認識できるか、走行制御と充電制御の間に干渉が生じていないかなど、下記のデバック項目を中心に確認した。

#### 【デバック項目】

- ①走行制御・充電制御の起動モードを判定する為のトリガー入力確認
- ②走行制御・充電制御の起動トリガーにおけるECU起動確認
- ③走行制御中に充電制御トリガーが入力された場合の処理シーケンス
- ④充電制御中に走行制御トリガーが入力された場合の処理シーケンス
- ⑤走行制御と充電制御をまたがるフェールロジックの確認

#### ②システムベンチ適合プロセスの標準化

パワートレーン構成要素諸元や計算では求められない制御プラットフォームECUのプログラム定数を、システムベンチ上で測定し決定する。システムベンチでの定数適合項目は下記の通りである。

#### 【定数適合項目】

- ①バッテリー保護の為のモータトルク制限
- ②モータ・インバータ効率
- ③充電制御の為のバッテリー入力電流
- ④充電異常検出の為の満充電までの許容充電時間
- ⑤突入電流防止の為のプリチャージ抵抗値、プリチャージ時間
- ⑥各機器における温度異常が発生しないよう出力制限温度閾値
- ⑦分圧BOX、電流センサ、サーミスタの補正 <Pb電池使用時>
- ⑧モータトルクとアナログ制御指令(電圧値) <DC/IMモータ使用時>

上記の各項目についての詳細を次項より示していく。

<システムベンチでの定数適合項目についての詳細内容>

(1) バッテリー保護の為にモータトルク制限値の決定

バッテリーには最大電流の制約がある。常時電流センサにより監視すると共にモータトルクに制限をかけ、バッテリーの過電流を防止する。具体的にはSOCの低下に伴い、バッテリー電圧は低下する。この状態では同じモータトルクを出すのに電流量が増加するため、バッテリーシミュレータで電圧を振り、バッテリー最大電流に固定した場合のモータトルクを測定し、このモータトルクを制限値として決定する。

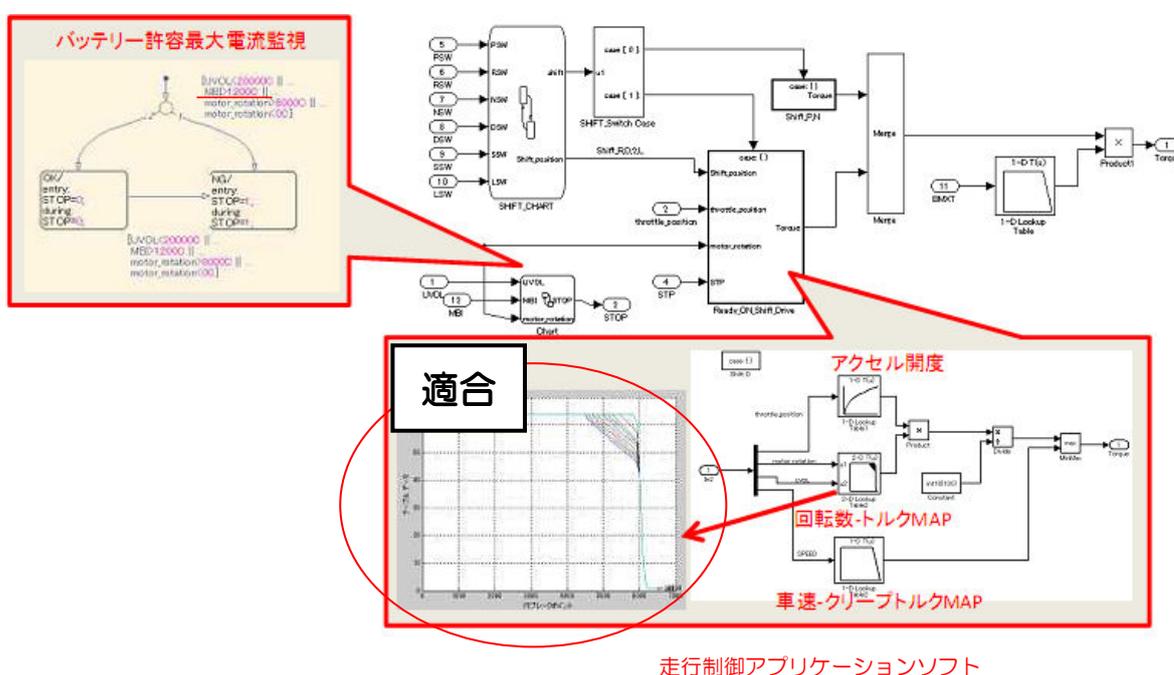


図2-5 バッテリー電圧別モータ最大トルク線図

(2) モータ・インバータ効率

下記モータトルク線図における×点でのバッテリー電圧別のモータ・インバータ効率を測定することで、エネルギー損失を軽減させるような運転点制御や電費計算に利用する。

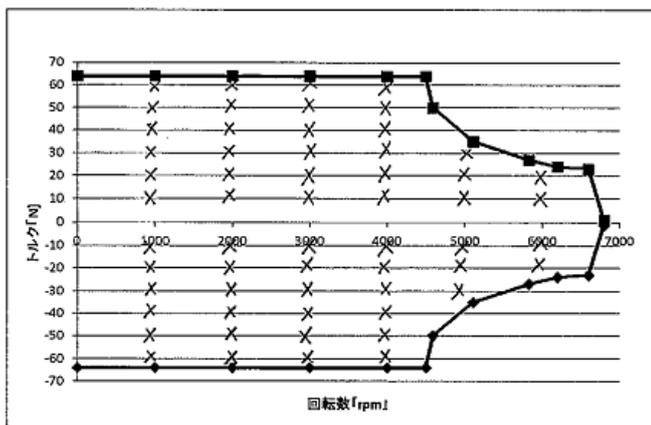
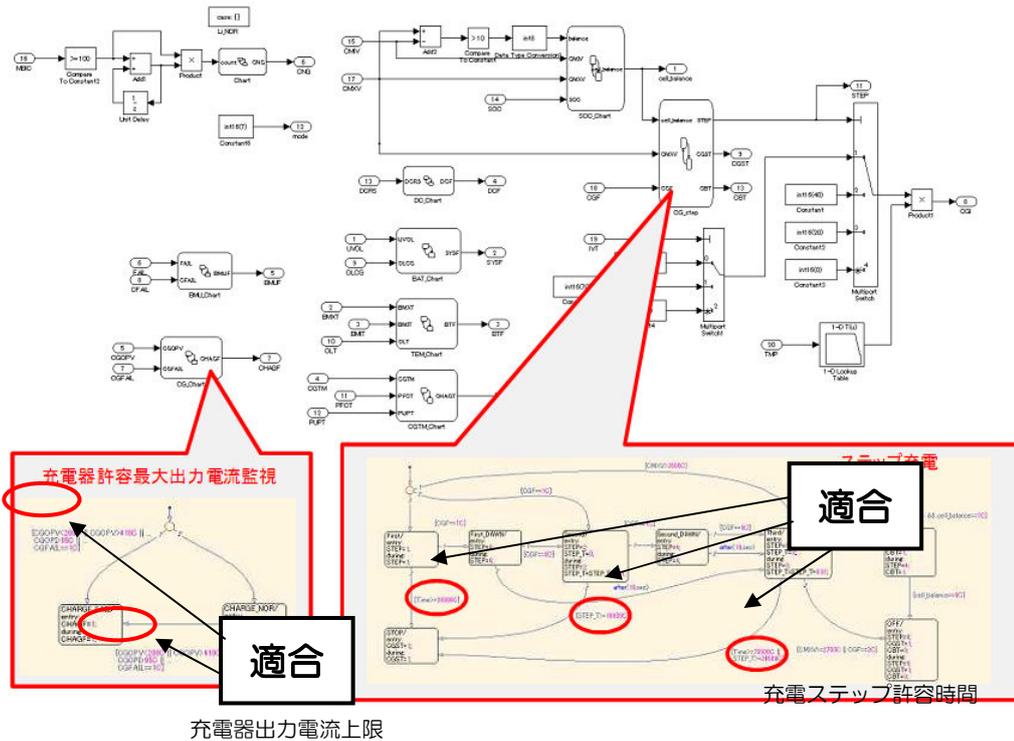


図2-6 モータトルクMAP例

### (3) 充電制御のためのバッテリー入力電流

充電器の出力電流値は回路上の抵抗などの影響により、実際のバッテリー入力電流値は充電器の出力電流値と異なっている。正確な充電制御を行う為に充電器の出力電流値とバッテリーの入力電流値を測定し、その差異に応じて充電ステップ許容時間の補正や充電器出力電流異常検出を行う。

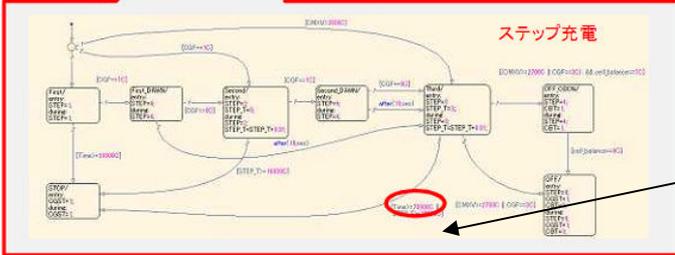
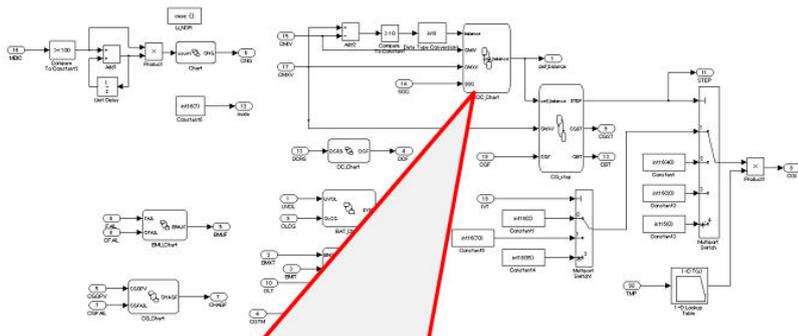


充電器出力電流上限

図2-7 充電制御アプリケーションソフト

### (4) 充電異常検出の為に満充電までの許容充電時間

充電時に何らかの異常が発生し時間が経過しても充電が停止しない状態を回避するため、バッテリー容量0%~100%満充電完了までの時間を測定することで（条件：周囲温度25℃付近、ステップ充電方式）、充電開始時のSOCによって充電開始~充電完了までにかかる時間が推定でき、バッテリーが過充電にならないよう充電を停止させる最大充電時間を決定する。



**適合**  
許容充電時間

図2-8 充電制御アプリケーションソフト

(5) 突入電流防止の為のプリチャージ抵抗値、プリチャージ時間

バッテリー起動時に大電流が流れ、リレー溶着やバッテリー破損しないよう、回路上のコンデンサにプリチャージする必要がある。プリチャージの為にプリチャージ抵抗値やプリチャージ時間を決定する。

プリチャージ抵抗値はインバータや充電器などの回路上の機器内のコンデンサ総容量により決定する。プリチャージ時間はプリチャージ抵抗により生じる時定数から決定する。

```

*****
*          テキスト          *
*****
// 時間
#define U2S_TC_TIMEOUT      3000          // 30秒 (LSB=10ms)
#define U2S_TC_BMU_UP      65           // 650ms (LSB=10ms)
#define U2S_TC_PRECHARGE_WAIT  20       // 200ms (LSB=10ms)
#define U2S_TC_PRECHARGE     250        // 2.5s (LSB=10ms)
// #define U2S_TC_PRECHARGE     300        // 3s (LSB=10ms)
#define U2S_TC_BMU_N_CONT    55         // 550ms (LSB=10ms)
// #define U2S_TC_BMU_N_CONT    550      // 550ms (LSB=10ms)
#define U2S_TC_BMU_RESTART  20         // 200ms (LSB=10ms)
#define U2S_TC_MAIN_RELAY    10         // 100ms (LSB=10ms)

```

**適合**  
プリチャージ時間

図2-9 プリチャージ時間の決定

(6) 各機器における温度異常が発生しないよう出力制限温度閾値の決定

各機器からの温度情報をセンサやCAN通信ツール（CANアナライザ）でセンシングし、充放電時のバッテリー温度上昇特性やモータ・インバータ温度上昇特性、充電器内部温度上昇特性を測定することで、動作保証温度手前で動作を制限する温度閾値を決定する。

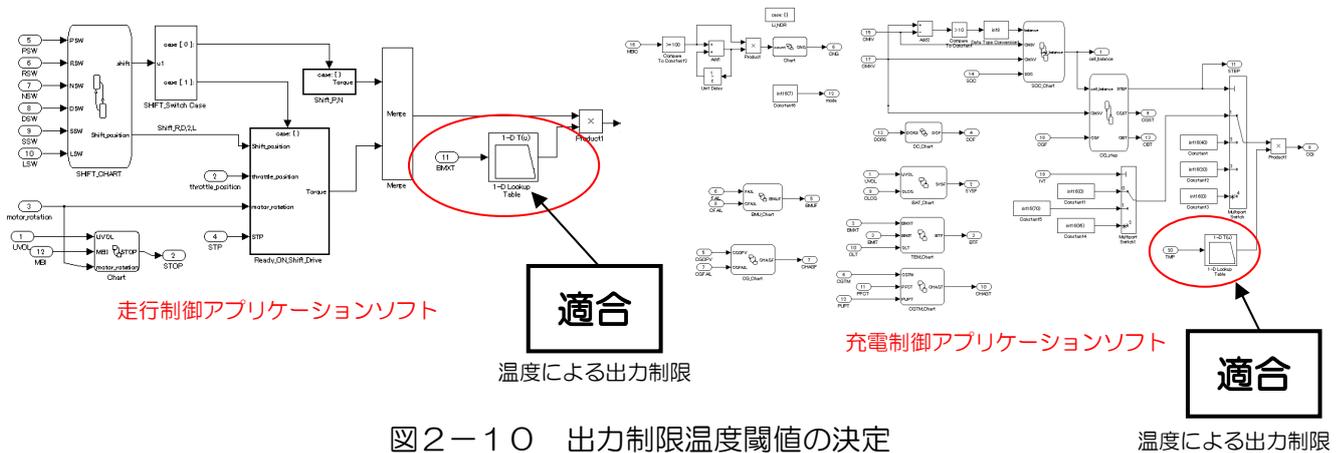


図2-10 出力制限温度閾値の決定

(7) 分圧BOX、電流センサ、サーミスタの補正 < Pb電池使用時 >

Pb電池はLiイオン電池と異なり、状態を監視して保護するようなBMSコントローラを持っていないため、Pb電池使用時には電圧情報取得用の分圧BOX、電流情報取得用の電流センサ、温度情報取得用のサーミスタが回路路上に追加されておりシステムベンチでの補正を行う。

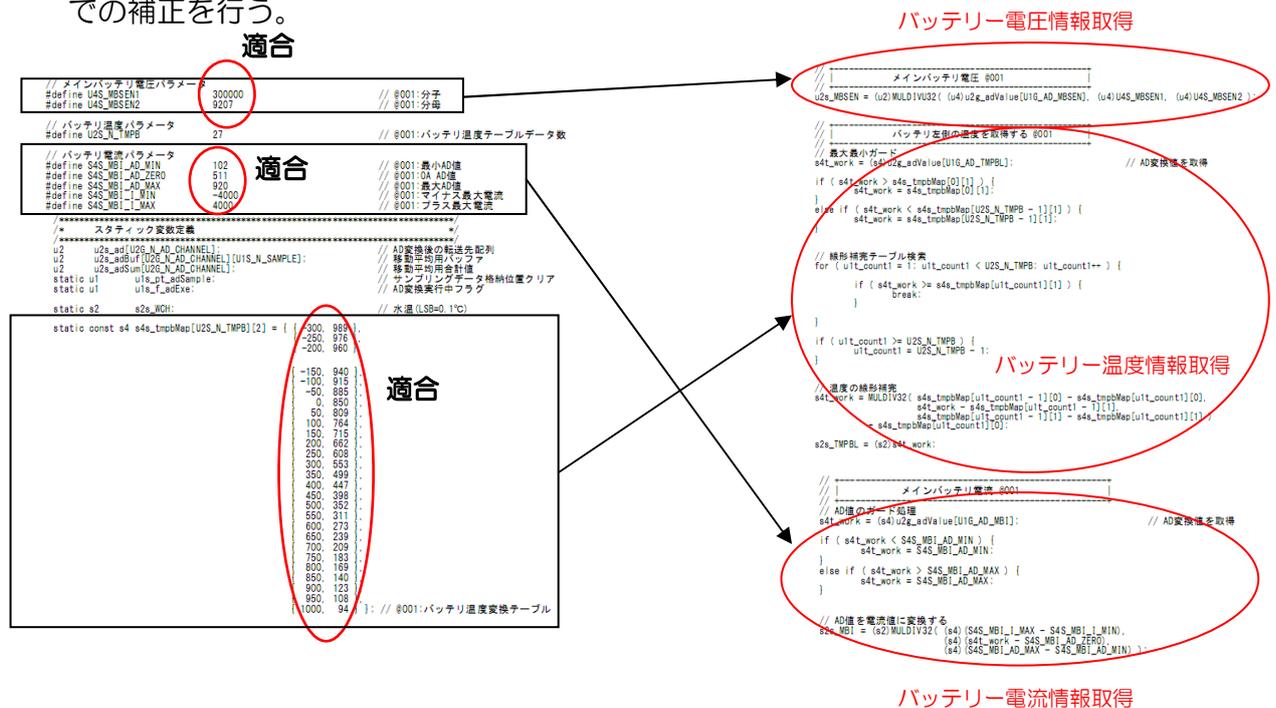


図2-11 Pb電池使用時における分圧BOX、電流センサ、サーミスタの補正

(8) モータトルクとアナログ制御指令（電圧値） <DC/IMモータ使用時>

DCあるいはIMモータでは、PMモータのようなCAN通信やシリアル通信などのデータ制御指令ではなく、ポテンシャル（可変抵抗器）などによるアナログ制御指令（電圧値）が一般的である。

制御プラットフォームからのトルク指示とアナログ制御指令（電圧値）の関係を測定する。

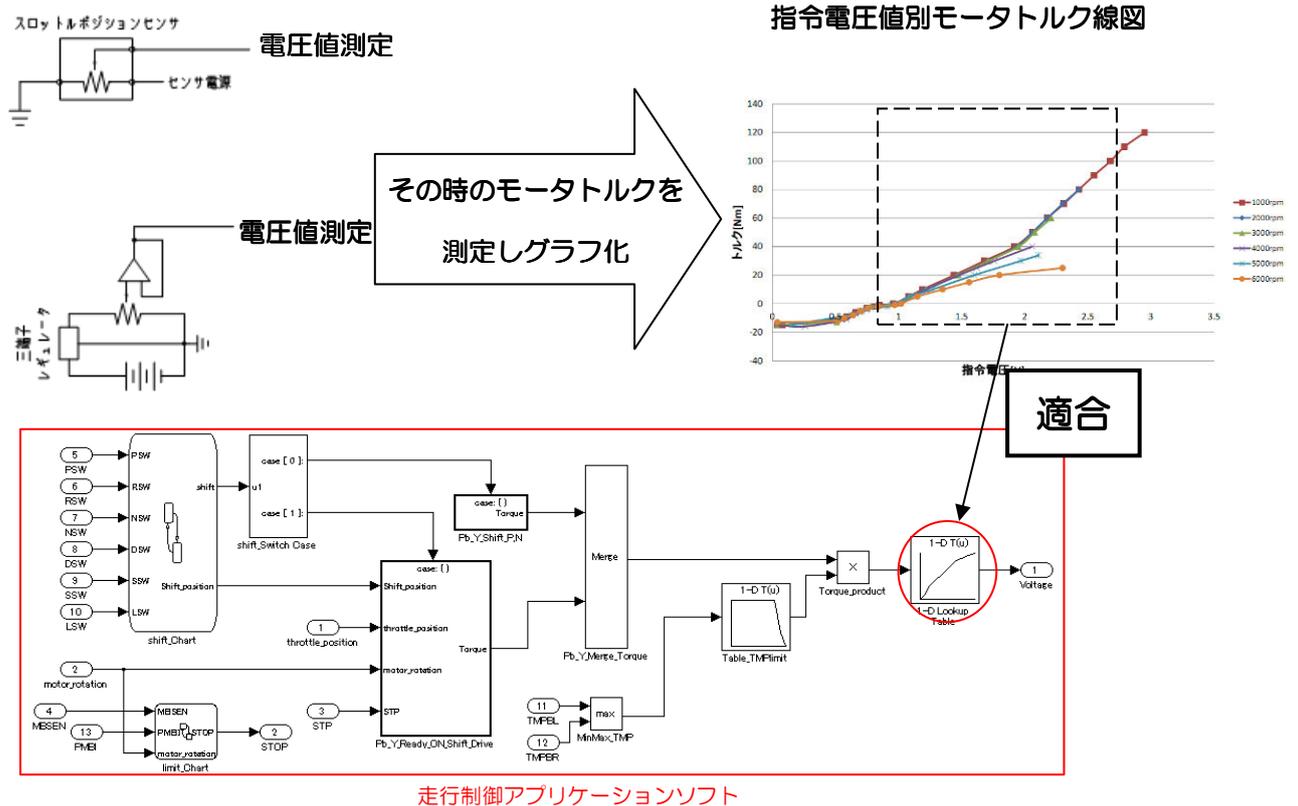


図2-14 トルク指示とアナログ制御指令の関係を測定

③制御プラットフォームECUの汎用性検証

統合テストを完了させた制御プラットフォームECU（1次試作）で 2-2-2 項における導入EV車両に搭載されたモータ・インバータ（明電舎製：PM モータ）に対しても定数適合を実施した。モータ・インバータを変化しても制御プラットフォームECUが正常に動作することが確認できた。これにより制御プラットフォームECUの汎用性を確認した。

## 2-2-2 タウンユースEV 模擬車両と統合制御プラットフォーム用ECUの開発

### ①タウンユースEV 模擬車両の開発

下記仕様のタウンユースEV 模擬車両にて実車総合テストを実施する為、制御プラットフォームECUが対象としているシステム構成の範囲でタウンユースEV 模擬車両に適應できることを確認し、タウンユースEV 模擬車両を開発した。

#### <タウンユースEV 模擬車両の主な諸元>

全長/全高/全幅	:	3390mm/1470mm/1880mm
車重(空車時)	:	1130kg(FR550kg、RR580kg)
駆動方式	:	FR
トランスミッション	:	機械式4速AT
モータ	:	明電舎製 25kW PMモータ 通信方式…CAN
バッテリー	:	東芝製 Liイオン電池 27.6V×10直列 11kW/hr
充電器	:	ニチコン製 9.5A出力
DCDC	:	上記充電器と一体型 1.15kW 出力電圧14.4V
急速充電器	:	高砂製作所製 60A出力 CHAdeMO方式
外部給電器	:	豊田自動織機製 1.5kW

<補機>	バキュームポンプ	: アイシン精機製
	パワーステアリング用電動ポンプ	: ジェイテクト製
	ウォータポンプ	: アイシン製
	ACコンプレッサ	: デンソー製
	ラジエータファン	: ベース車両流用
	PTCヒータ	: シートヒータ等

## 【タウンユースEV 模擬車両回路】

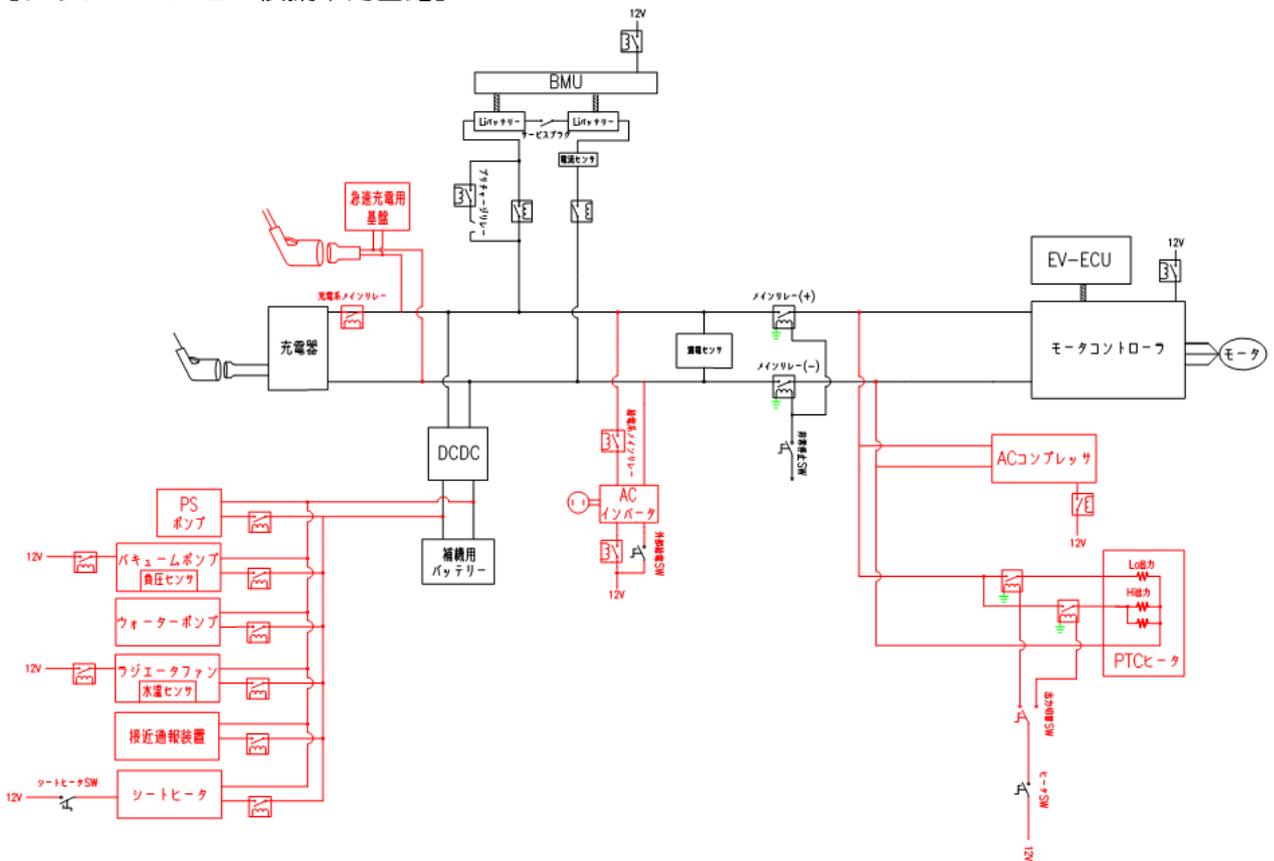


図2-15 EV車両接続系統図

### ②EV車両用の制御プラットフォームECUの開発

タウンユースEV模擬車両を制御プラットフォーム（統合プラットフォーム）ECUで動作させられるよう、タウンユースEV模擬車両のベース車両に搭載されていたECUの入出力信号を確認し、制御プラットフォームECU（「2次試作」と称す）の入出力信号に反映させた。

また、上記のベース車両用の入出力信号に対応したピンアサインを1次試作の統合プラットフォームECUに追加することで、試作車両用の2次試作統合プラットフォームECUのピンアサインを完成させた。

試作車両用の制御プラットフォームECUに組み込むプログラムは、タウンユースEV模擬車両を構成するパワートレインであるPMモータとLiイオン電池、普通及び急速充電方式に対応させ、下記3つのアプリケーションソフトを実装し、試作車両用の制御プラットフォームECUを完成させた。

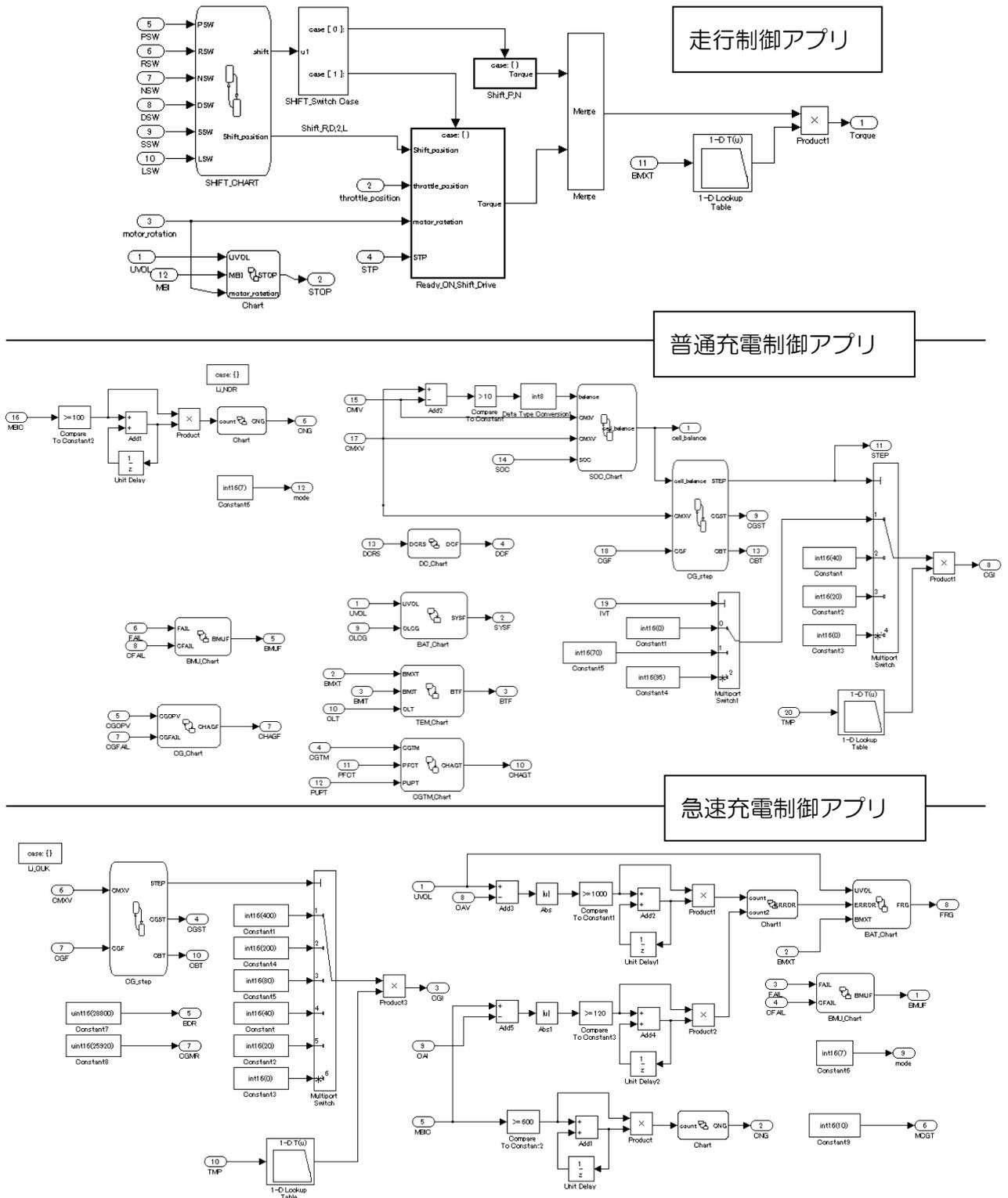


図2-16 試作車両用制御プラットフォームECU実装組込ソフト（アプリケーション）

2-2-3 タウンユースEV 模擬車両による統合プラットフォームのシステム検証

①実車総合テストによる統合プラットフォームの完成

2 次試作制御プラットフォームECUをタウンユースEV 模擬車両に搭載し、車両停車状

態でのデバック作業を実施した。

## 【デバック項目】

### (1) 非常停止システムの確認

車両暴走時に安全に停止できるように、非常停止SWを設置している。非常停止SWを押すことで高圧系のメインリレーが開放され、また充電時にはECU制御を停止させ、充電を強制終了させるロジックを組み込んでいる。

- ①非常停止SWのECU入力仕様の確認
- ②走行制御時のメインリレー開放確認
- ③充電制御時のECU電源停止確認

を確認した。

### (2) 車両側の操作インターフェースにかかわる信号状態の確認

I Gキーやアクセル、シフトポジション、ブレーキ、ステアリングなどの車両側の操作インターフェースにかかわる重要な信号について、下記を実施し問題ないことを確認した。

- ①ベース車両ECUから反映させた入出力信号の読み取り状態の確認。
- ②インターフェースを操作した場合の、信号の変化状態の確認。

### (3) 制御プラットフォームのプログラムシーケンス確認

車両側システムとECUの間のインターフェースが正常に組み込まれているか、ノイズ等の影響によりプログラムシーケンスが誤動作しないかを図2-21のチェックリストを使用し確認した。確認時にはオシロスコープなどにより、タイムチャートも測定することが必要である。

### (4) 車両適合プロセスの標準化

車両諸元や計算では求められない統合プラットフォームECUのプログラム定数を、下記の実車総合テストの中で適合し決定する。以下の手順で車両適合を実施した。

- ①車輪を浮上させた状態での走行テスト
- ②極低速での発進/停止、坂路発進/突起物乗り越え等特殊条件下の走行テスト
- ③テストコースにおける高車速域を含む一連の実車走行テスト

上記①～③については車両適合評価の技術／経験／感覚を有する者が操作を実施し

- 走る／曲がる／止まるの基本動作確認
- いじわる操作におけるフェールセーフ確認
- ドライバビリティなどの操作感適合

を確認し、タウンユースEV模擬車両および制御プラットフォームを完成させた。

#### 2-2-4 タウンユースEV開発ディベロップメントキットの開発

完成した制御プラットフォームを基に汎用性ECU（以下EV-ECU）開発手順を作成した。開発時の検討漏れ防止や異なる開発者であっても同様の製品を作成でき、量産化する上で非常に有効な手段であるEV-ECU開発手順をディベロップメントキットとする。

##### タウンユースEV開発ディベロップメントキット

- EV-ECU開発手順
- 車両コンセプト確認シート
- 車両諸元確認シート
- パワトレ諸元確認シート
- EV-ECUが対象としているシステム構成、
- EV-ECUが用意しているピンアサイン
- EV-ECUに組み込む標準プログラムとOPプログラム
- いくつかの走行アプリケーションソフトと充電アプリケーションソフト
- 諸元表
- 諸元入力方法
- 定数適合方法

表2-7 タウンユースEV開発ディベロップメントキット

<番号>	<手順>	<内容>	<対象>
①	車両コンセプトの把握	どんな車を作りたいかの情報収集	車両
②	車両諸元の確認	車両側の制限範囲や車両仕様の具体的なデータ収集	車両システム
③	パワトレ諸元の確認	パワトレの各部品仕様の具体的なデータ収集	車両システム
④	システム構成の決定	対象としているシステム構成から車両システム構成選択	車両システム
⑤	EV-ECU使用コネクタの決定	EV-ECUが対応しているコネクタの提示と使用ピン選択	システム
⑥	コンサルティング会議	使用ピンの具体的な仕様聴取と予備ピンの使用検討	システム
⑦	EV-ECUプログラムの決定	EV-ECUに対応するプログラムの選択	システム
⑧	アプリケーションへの諸元データ入力	事前に用意しているアプリケーションの選択と初期諸元データのプログラム反映	システム
⑨	システムベンチでの定数適合	システムベンチ適合プロセスの標準化に基づいて定数適合	システム
⑩	実車での定数適合	実車適合プロセスの標準化に基づいて定数適合	システム

図2-17 EV-ECU開発手順

### ①車両コンセプトの把握

車両としてどのような用途／目的で使用されるかを確認するため、車両企画者へ図2-24の資料に必要事項を記入してもらう。

## 車両コンセプト確認シート

余合ホーム&モビリティ株式会社  
弊社担当者:

番号	項目	内容	回答
①	用途	・ターゲットユーザー ・使用目的 ・使用環境	
②	車両タイプ	・トラック ・乗用車 ・ワンボックス	
③	車両サイズ	・大きさ ・積載重量 ・乗車定員	
④	車両製作	・新設か改造か 新設の場合、類似車両はあるか 改造の場合、指定車両は何か	
⑤	航続距離	・1充電で何km以上走らせたいか ・移動想定範囲	
⑥	最高速度	・最高速度は何km/h以上必要か	
⑦	加速性能	・加速度は何G以上必要か	
⑧	登坂力	・使用上必要とされる登坂力は何N以上か	
⑨	目標電費	・どのくらいの電費を目指すか 1km当たり、約何円	
⑩	使用外気温	・想定される使用環境温度範囲は何℃か	
⑪	充電方法	・急速充電方式が必要か ・1充電当たりの所要時間目安は何hか	
⑫	トランスミッション仕様	・MT車かAT車かCVT車か	
⑬	ステアリング仕様	・パワーステアリング対応にするか	
⑭	ブレーキ仕様	・バキュームポンプが必要か	
⑮	空調仕様	・エアコンコンプレッサが必要か ・ヒータが必要か ・シートヒータが必要か	
⑯	定数適合仕様	・外部から定数適合するニーズがあるか	

図2-18 車両コンセプト確認シート

②車両諸元の確認

車両諸元のデータ収集を実施する。

車両企画者および電気システム企画者に必要事項を記入してもらう。

**車両諸元確認シート** 余舎ホーム&モビリティ株式会社

御社名: \_\_\_\_\_ 御社担当者: \_\_\_\_\_ 記入日: \_\_\_\_\_ 弊社担当者: \_\_\_\_\_

番号	項目	回答
①	入力回転数上限	MAX [rpm]
②	入力箇所	
③	入力トルク上限	MAX [N]
④	シフトポジション	R [ ] N [ ] D [ ] その他1 [ ] その他2 [ ] その他3 [ ] <small>当てはまるものを [ ] 内に○を記入下さい。          上記以外の場合はその他の種に必要なシフトポジションを記載ください。</small> シフトR判定電圧 [V] シフトN判定電圧 [V] シフトD判定電圧 [V] シフト その他1 判定電圧 [V] シフト その他2 判定電圧 [V] シフト その他3 判定電圧 [V]
⑤	アクセルセンサ	センサ電源範囲 [V]~ [V] 全開時電圧範囲 [V]~ [V] 全閉時電圧範囲 [V]~ [V]
⑥	車速センサ仕様	アナログ [ ] . PWM [ ] <small>上記の速度仕様のうち、当てはまるものを [ ] 内に○を記入下さい。</small> (アナログの場合) 車速1km/hに対して、 [V]増加 (PWMの場合) Hi判定電圧 [V] Lo判定電圧 [V] 車速1km/hに対して、 [Hz]増加
⑦	車両寸法	全長 [mm] × 全高 [mm] × 全幅 [mm]
⑧	タイヤ寸法	タイヤ直径 [mm] ホイールベース [mm]
⑨	重量	空車時 [kg] 最大積載時 [kg] 最大乗車定員 [名]

図2-19 車両諸元確認シート

③パワトレ諸元の確認

パワトレ諸元のデータ収集を実施する。

車両企画者および電気システム企画者に必要事項を記入してもらう。

**パワトレ諸元確認シート** 余舎ホーム&モビリティ株式会社

御社名: \_\_\_\_\_ 御社担当者: \_\_\_\_\_ 記入日: \_\_\_\_\_ 弊社担当者: \_\_\_\_\_

部局	番号	項目	回答
モーターインバータ	①	使用モータ	DCモータ [ ] ・ IMモータ [ ] ・ PMモータ [ ] <small>当てはまるものを [ ] 内に○を記入下さい。</small>
	②	モーターインバータ間通信仕様	アナログ [ ] ・ CAN [ ] <small>当てはまるものを [ ] 内に○を記入下さい。</small>
	③	最高回転数	MAX [rpm]
	④	出力トルク	MAX [N] 定格 [N]
	⑤	モータ出力	MAX [kW] 定格 [kW]
	⑥	モータ動作保証電圧範囲	[V]~ [V]
	⑦	インバータ動作保証電圧範囲	[V]~ [V]
	⑧	モータ許容温度範囲	[°C]~ [°C]
	⑨	インバータ許容温度範囲	[°C]~ [°C]
バッテリー	①	使用電池	鉛電池 [ ] ・ リチウム電池 [ ] <small>当てはまるものを [ ] 内に○を記入下さい。</small>
	②	電池電圧	1モジュール当たり [V]~ [V]
	③	使用個数	[個]
	④	使用電圧範囲	[V]~ [V]
	⑤	電池電流	MAX [A]~ [A] 定格 [A]~ [A]
	⑥	最大充電電流	MAX [A]
	⑦	許容温度範囲	[°C]~ [°C]
	⑧	充電方式	
充電機	①	入力電圧範囲	[V]~ [V]
	②	入力電流範囲	[A]~ [A]
	③	出力電圧範囲	[V]~ [V]
	④	出力電流範囲	[A]~ [A]
	⑤	許容温度範囲	[°C]~ [°C]
DCDC	①	入力電圧範囲	[V]~ [V]
	②	入力電流範囲	[A]~ [A]
	③	出力電圧	[V]
	④	出力電流範囲	[A]~ [A]
	⑤	許容温度範囲	[°C]~ [°C]

図2-20 パワトレ諸元確認シート

#### ④システム構成の決定

EV-ECUが対象としているシステム構成から製作する車両に必要なシステム構成を車両企画者および電気システム企画者を選択してもらう。

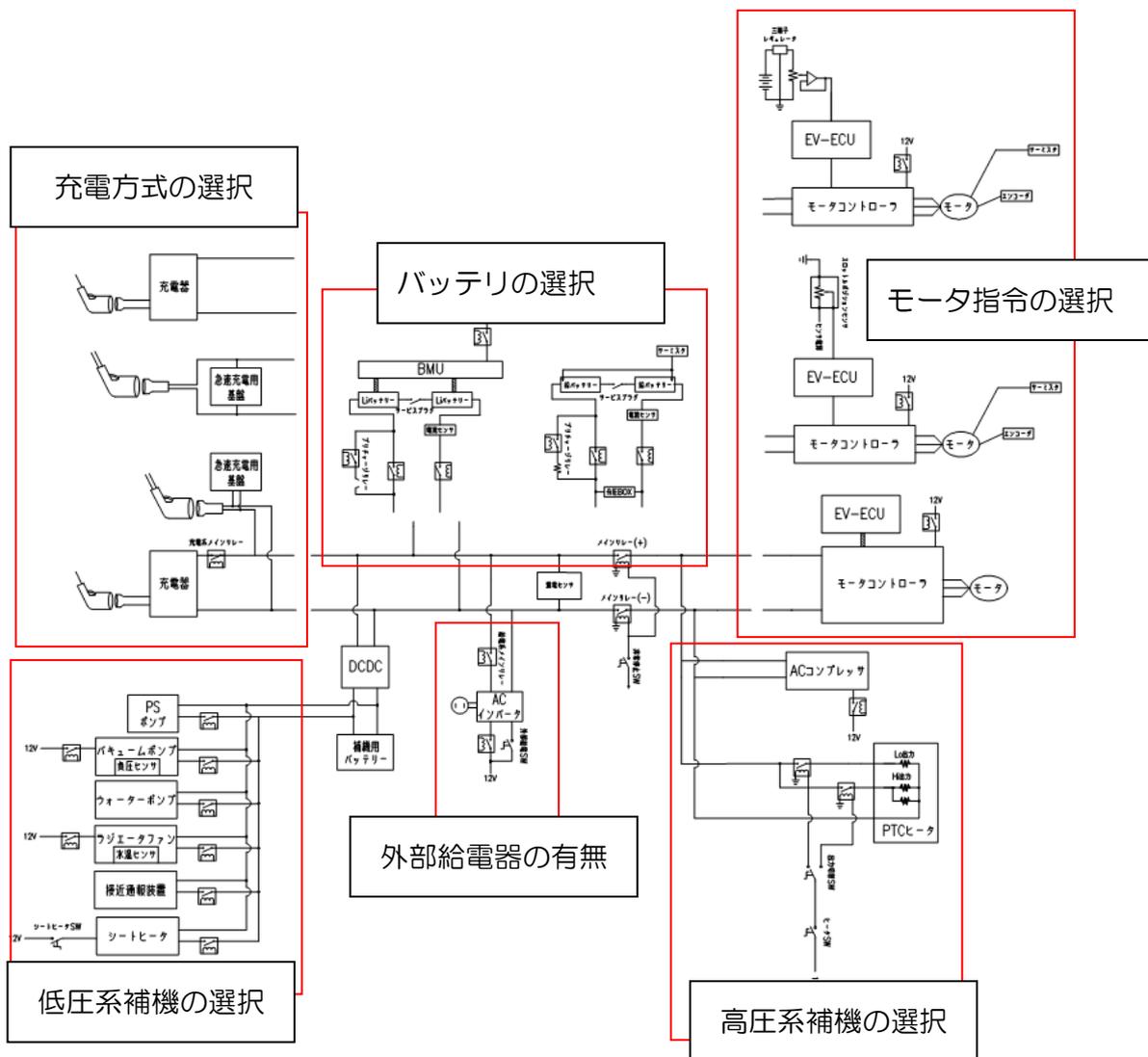


図2-21 EV-ECUシステム構成

#### (1) バッテリーの選択

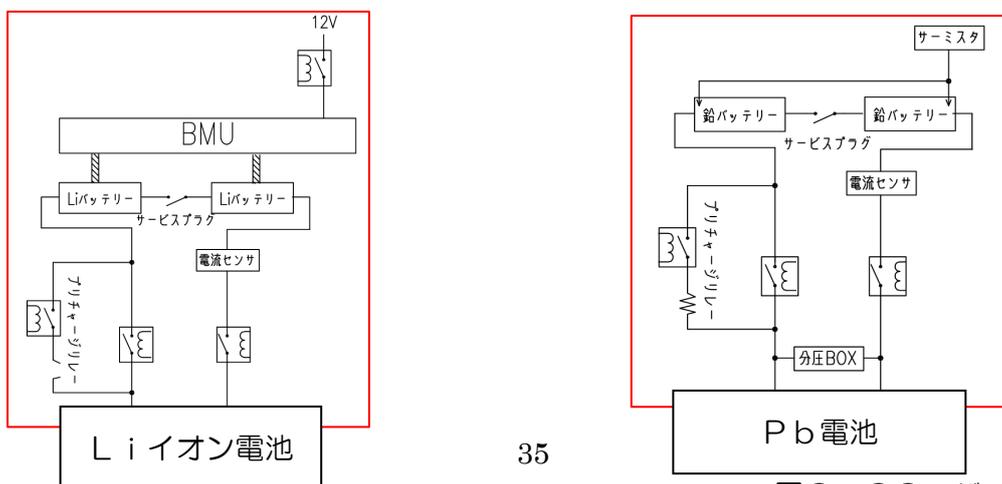


図2-22 バッテリーの選択

(2) 充電方式の選択

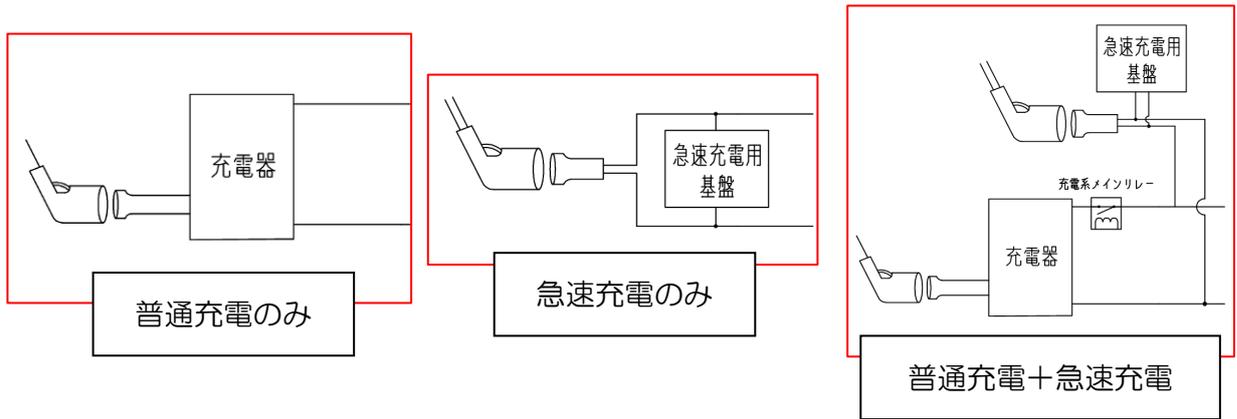


図2-23 充電方式の選択

(3) モータ指令の選択

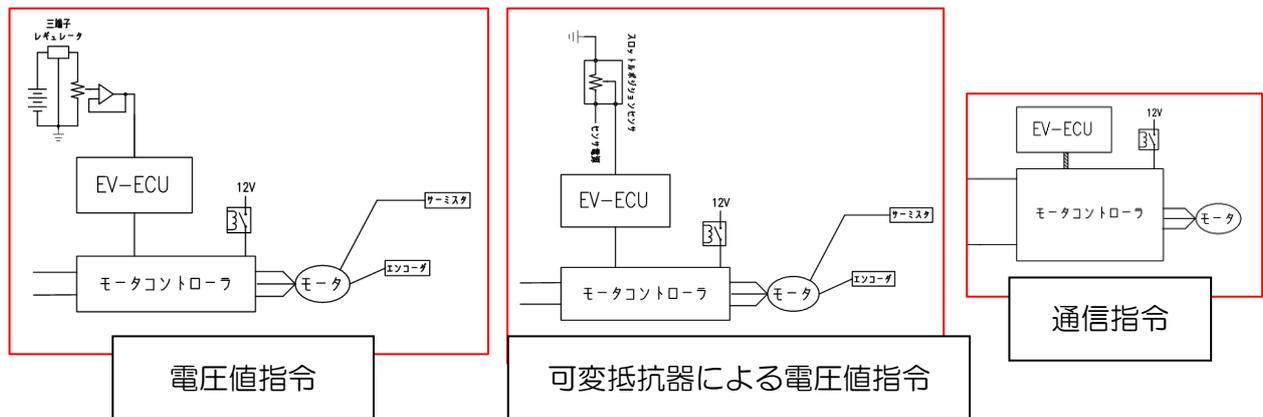


図2-24 モータ指令の選択

(4) 外部給電の有無及び高圧系補機を選択

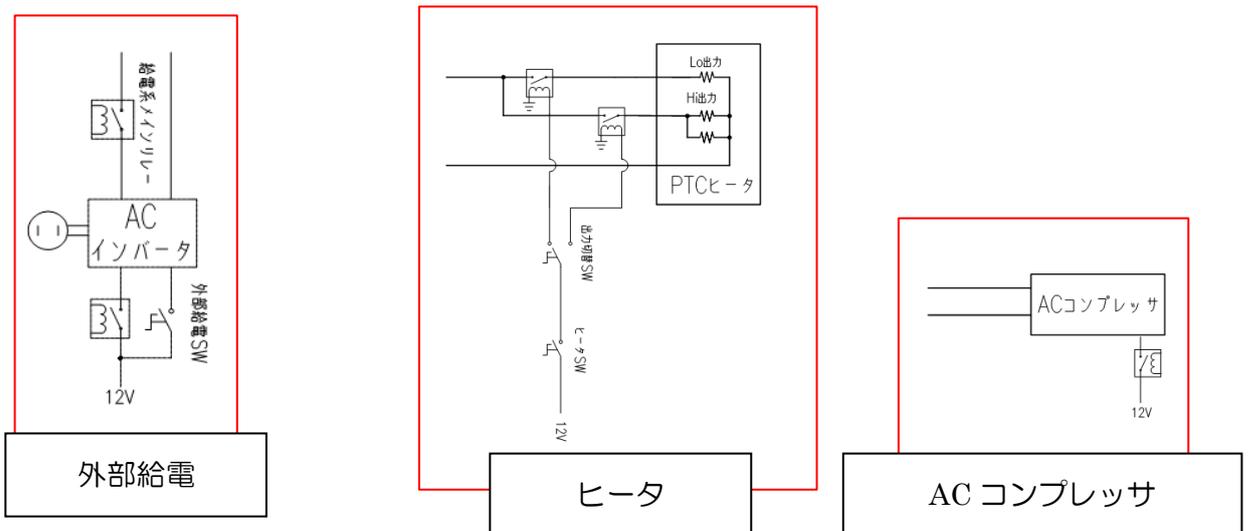


図2-25 外部給電の有無及び高圧系補機を選択

## (5) 低圧系補機の選択

### ラジエータファン・接近通報装置・シートヒータ

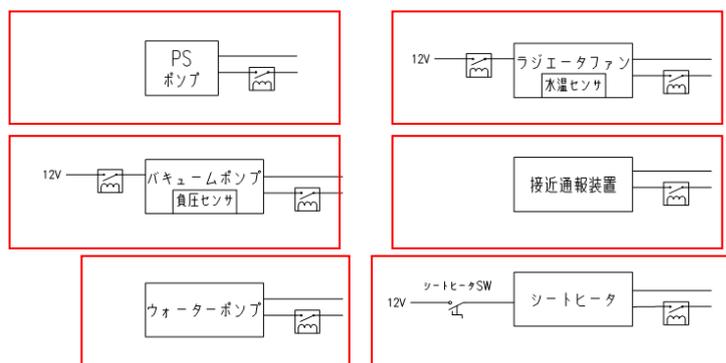


図2-26 低圧系補機を選択

## (6) EV-ECU使用コネクタの決定

システム構成決定に伴い、EV-ECUが用意しているピンアサインのうち、使用するピンを決定する。

## (7) コンサルティング会議

最終仕様決定に当たり、車両企画者、電気システム企画者含めた会議体を設け、電気回路やI/O、ピンアサインなどの最終調整を実施する。

## (8) EV-ECUプログラムの決定

システム構成決定に伴い、EV-ECUプログラム群の中から適用プログラムを選択する。

## (9) アプリケーションへの諸元データ入力

システム構成決定に伴い、用意しているEV-ECUに組み込むアプリケーションソフト(走行/充電)の中から各一つずつ選択する。また選択したアプリケーションソフトの初期諸元に関してはEXCELデータからの自動入力としている。

## (10) システムベンチでの定数適合

プログラムを組み込んだEV-ECUが完成したら、前述のシステムベンチ適合プロセスの標準化に基づいて定数適合を実施する。これにより得たデータに基づき、アプリケーションへの諸元データを入力する。

## (11) 実車での定数適合

システムベンチにおける適合が終了したら、前述の実車適合プロセスの標準化に基づいて車両に搭載し実車での定数適合を実施する。ここで量産用にユーザが自ら定数適合

を要望する場合に備えてCコードやアプリケーションソフトを開示することなく定数適合ができるようにEV-ECU内にアプリケーションデータメモリ領域を構成させる。  
ただし定数適合はこちらが責任を持って行うことが望ましい。

### 2-3 残存走行距離表示システムの対応

現状の残走行距離は、バッテリー単体の充放電情報よりその車両に合わせた「マップ」を作成したのち、実際に測定した放電電流に「マップ」より得られた補正係数を掛け表示している。例えば、図2-42の「バッテリー容量マップ」は電解液比重と温度で容量を確認しながら作成したもので、膨大な時間と多大な費用が発生している。また車両自体/電池自体が変わると、この「バッテリー容量マップ」の補正、作成の

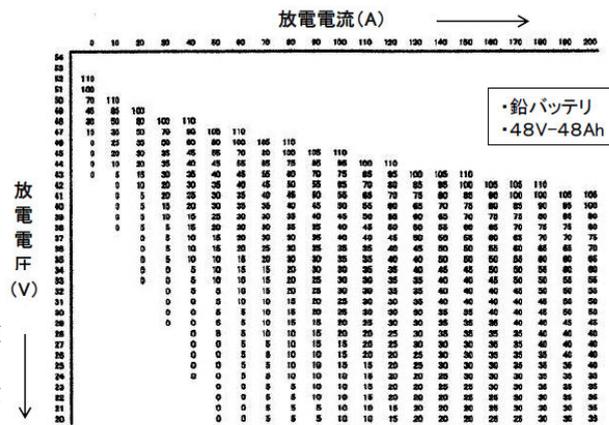


図2-27 バッテリー容量マップ(鉛バッテリー)

やり直しが必要となる。更には残走行距離の算出・表示が正しいとは限らず、使用者に不安感・不信感を与えている。そこで、新しい方法にて簡単で高精度な残走行距離表示システムを実現すべく、具体的な技術目標値として①表示システム回路の材料費：3万円以下、②精度：マイナス0 km、プラス5 km以内を掲げた。

#### 2-3-1 残走行距離表示システムの開発

##### ①開発の課題抽出

残走行距離表示システム実現に向けて開発課題を抽出した。

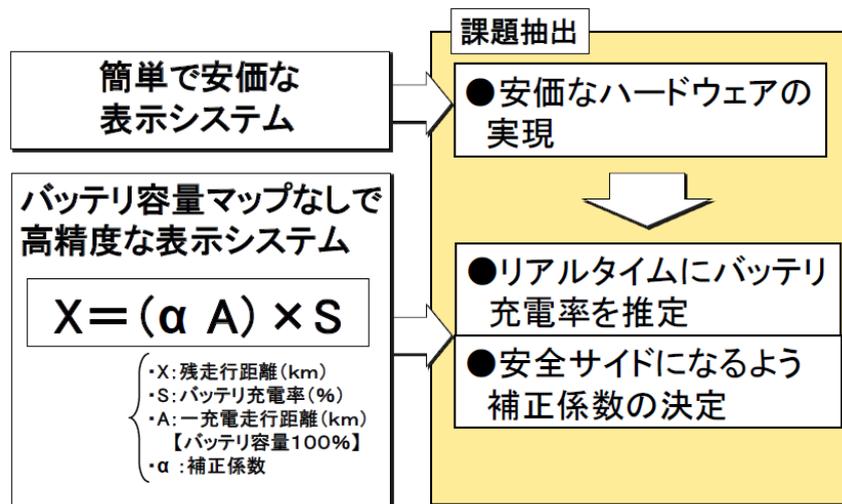


図2-28 開発の課題抽出

## ②安価なハードウェアの実現

車両から得る情報（車速／気温／バッテリー電圧・電流）及び表示手段としているアンドロイド端末により得られる時間などの情報を基に、残走行距離などの表示を行う。

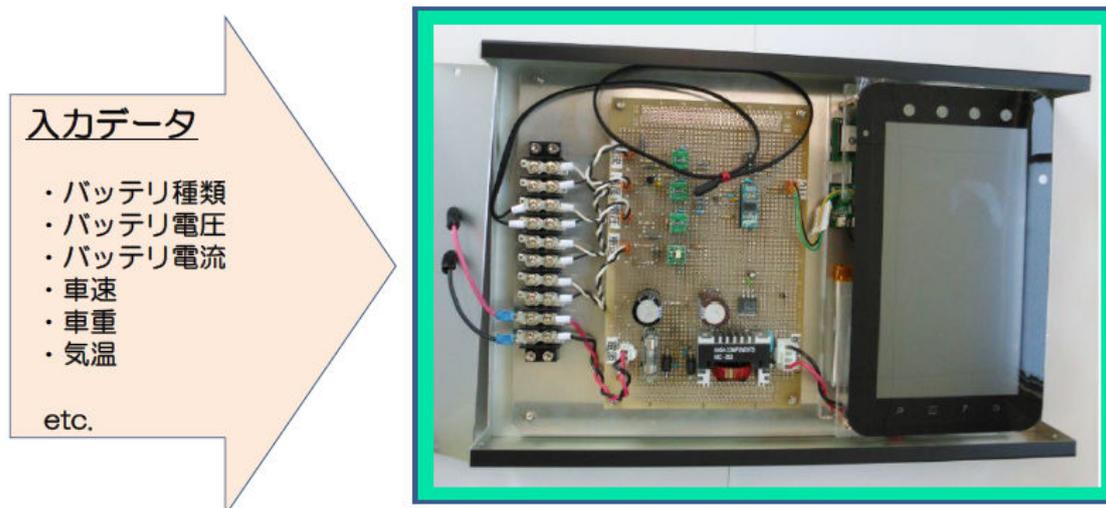


図2-29 残走行距離表示システム

以上より、表示システム回路の材料費 3万円以下を達成した。

## ③リアルタイムにバッテリー充電率を推定

バッテリー充電率の推定に係わる手法について検討した。タウンユースEVで使われる場合を想定すると、バッテリー電流/電圧測定による基本的手法を選択した。

方式	バッテリー電流/電圧測定による基本的手法	バッテリーのモデリング手法
内容	バッテリー電流/電圧を測定し、基本的な演算等で充電率を計算・推定	モニタ可能なバッテリー電流/電圧からシステム同定を行い数式化し、そのパラメータから充電率を推定
演算処理	測定回路+α	専用ECUが必要
精度	中精度	高精度
開発工数	中	大
コスト	安価	高価

↓

**バッテリー電流/電圧測定による基本的手法を選択**

図2-30 リアルタイムバッテリー充電率推定

バッテリー電流/電圧測定手法の考え方について以下に示す。

**クーロンカウント方式(電流積分方式)**

$$S_n = S_{n-1} - \frac{\int i dt}{\text{バッテリー容量}} \times 100$$

- 演算が容易、バッテリー充電率の時間変化は連続的
- ▲演算開始時の初期値は別途求める
- ▲電流測定誤差が積分演算によって蓄積

**電圧参照方式**

$$S = a_3 E^3 + a_2 E^2 + a_1 E + a_0 (\doteq f(E))$$

- 積分演算がないので、電流測定誤差が蓄積しない
- 劣化等によるバッテリー容量の変動に影響されない
- ▲電流変化時は開放電圧の推定誤差によって変動

- 1) クーロンカウント方式とは、電流の時間積分で電荷を求め、積算することでバッテリー充電率を計算していく方法である。
- 2) 電圧参照方式とは、電圧実測値  $E$  を、電池固有のテーブルまたは3次式関数を用いてバッテリー充電率に変換する方法である。

今回は、状況に応じて1) クーロンカウント方式と2) 電圧参照方式を最適に組み合わせ併用するアルゴリズムを採用した。

以下に具体的なフローチャートを表わす。

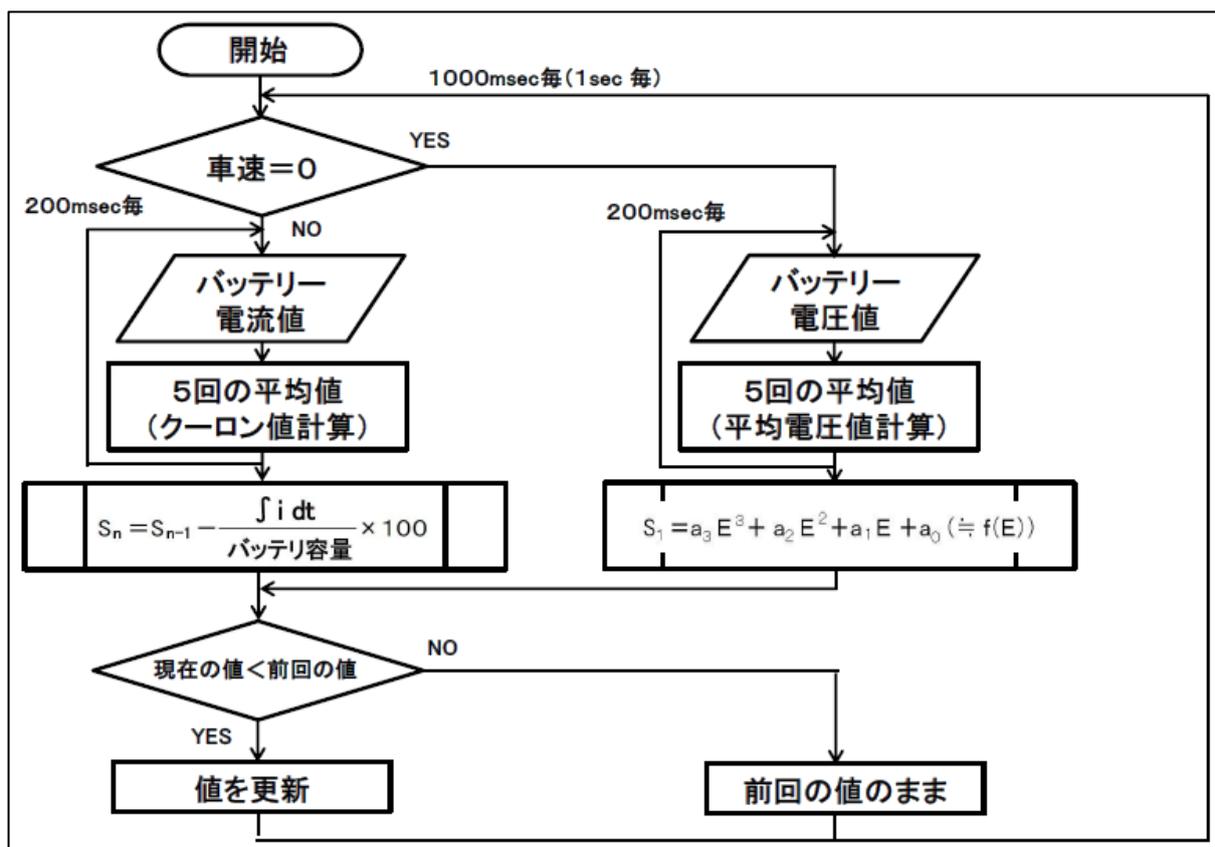


図2-31 バッテリー充電率推定アルゴリズム

## 2-3-2 残走行距離表示システムの検証

### ①表示システム単体での評価

実際の残走行距離表示システム単体での評価を行い、その状況を以下に示す。

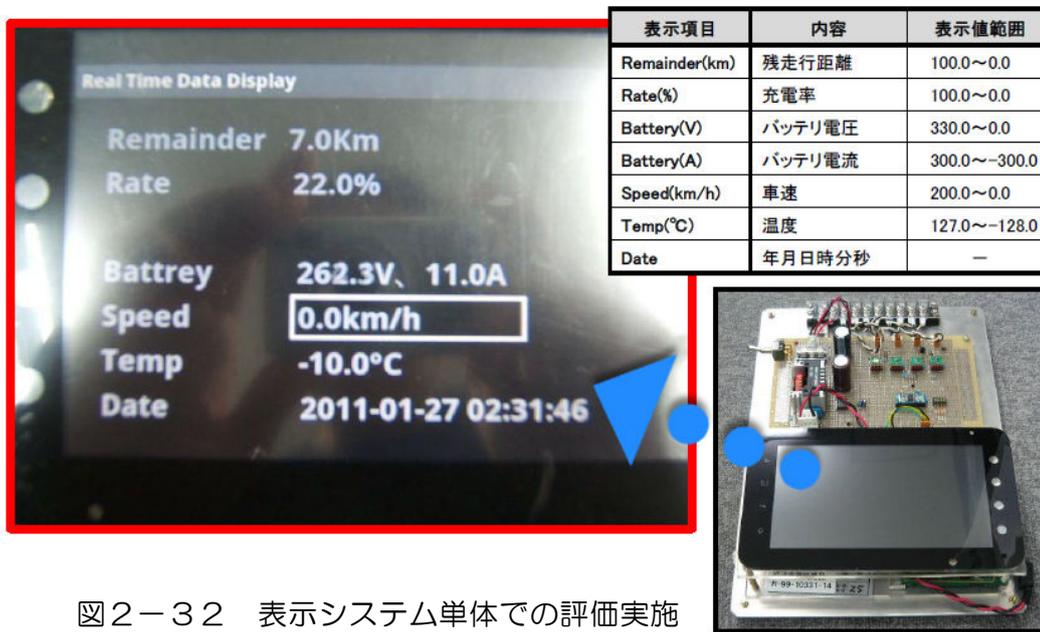


図2-3-2 表示システム単体での評価実施

以上より、単体デバッグを完了した。

### ②実車結合による検証

タウンユースEV模擬車両にて実車結合による検証を実施した。

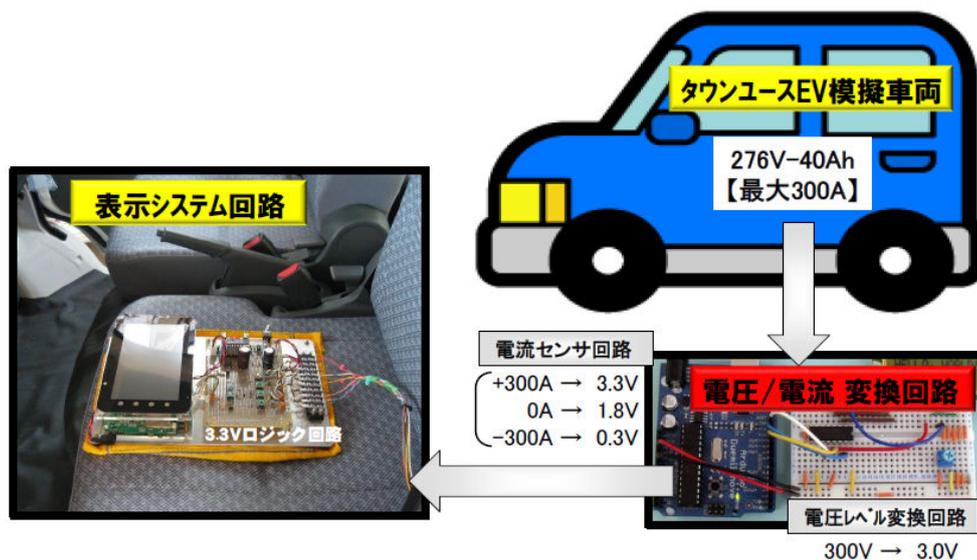


図2-3-3 実車結合による検証実施

残走行距離表示目標精度（マイナス0 km、プラス5 km以内）に対し、目標達成の目処を得た。

## 2-4 パワートレーン／電子マネジメントの統合制御によるシステム最適化方式の研究開発

### 2-4-1 タウンユースEV用動力駆動／伝達／制御方式の研究開発

#### 2-4-1-1 典型タウンユースEV用駆動モータの開発

平成24年度の詳細検討・設計で成立性を確定した以下の設計仕様に基づき、モータの詳細設計を行い、開発試作を行った。

- 1) パワートレーンの減速比 → デフォルト減速比：10
- 2) インバータ直流電圧 → デフォルト電圧：DC100～120V
- 3) モータ重量 → デフォルト重量：モータ+インバータで20kg
- 4) モータ軸最大トルク → 50Nm（タイヤ軸最大トルク：500Nm相当）
- 5) モータ軸最大回転数 → 7200rpm（タイヤ回転数：720rpm相当）
- 6) 最大出力（定格出力） → 8kW（4kW）
- 7) 冷却仕様 → モータおよびインバータ共に車速風による自然冷却

図2-34に、開発試作した典型タウンユースEV用駆動モータのステータ・ロータ設計仕様と試作機の概観を示す。

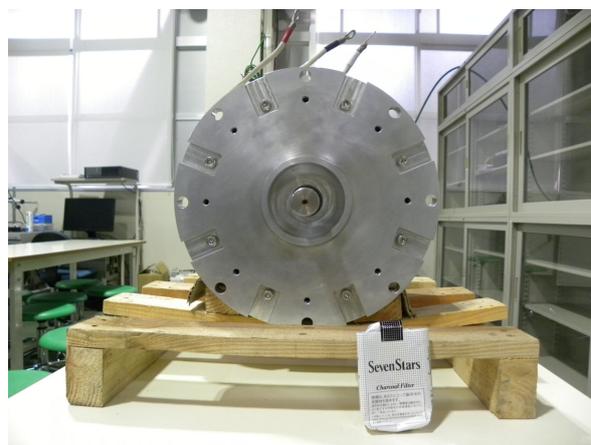
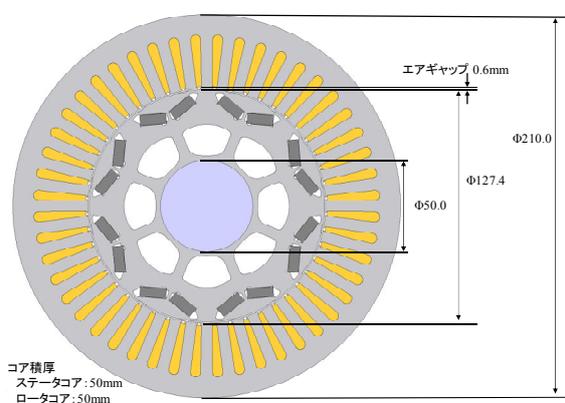


図2-34 試作機ステータ・ロータ仕様（左）と概観（右）

#### 2-4-1-2 典型タウンユースEV用モータシステムのシステム検証

2-4-2項にて開発試作される三相インバータ（ベクトル制御による電流制御系を含む）と組み合わせて、典型タウンユースEV用モータシステムとして国立大学法人名古屋工業大学所有モータテストベンチを用い回転数／トルク特性の測定を行い、設計値に対する検証を実施した。

## 2-4-2 タウンユースEV用高効率電力発電／蓄電／給電方式の研究開発

### 2-4-2-1 典型タウンユースEV用高効率インバータの開発

平成24年度における詳細検討・設計において成立性確定した仕様設計に基づいて、インバータの詳細設計と開発試作を行った。

### 2-4-2-2 典型タウンユースEV用モータシステムのシステム検証

2-4-1項にて開発試作されたモータと本三相インバータを組み合わせ、典型タウンユースEVモータシステムとして国立大学法人名古屋工業大学所有モーターテストベンチを用い回転数／トルク特性の測定を行い、インバータの設計値に対する検証を実施した。

インバータはパワースイッチングデバイスとしてMOSFET（250V，93A）を用い、直流入力電圧100V、スイッチング周波数10kHzとした。電流制御系は、三相二相変換によるベクトル制御をインバータ制御用マイコンによって実施し、トルク電流指令値（ $i_q^*$ ）は外部からアナログ信号として受け取る仕様としている。

本インバータと2-4-1項開発試作モータの組み合わせによって、所望のモータシステム制御特性が実現できた。

## 第3章 全体総括

### 3-1 本事業研究開発後の課題

本事業期間の成果を踏まえ、事業化に向けて以下の点を補完研究として継続する予定である。

- ①制御プラットフォームの車としての更なる厳密な評価／検証
- ②新たに試作したモータ・インバータによるシステムベンチ上での統合評価の実施
- ③開発ディベロップメントキットを他のEV企業に提供し、その有効性の実証／確認

### 3-2 事業化の検討

#### 3-2-1 「超小型モビリティ」の市場性検討

現在、国が新しい車のカテゴリーとして認可基準の検討を進めている「超小型モビリティ」について、主管の国土交通省にたびたび直接出向き、その法制化の動向について意見交換を実施した。

また、電気自動車市場に関心のある企業や有識者、自治体等で構成される「電気自動車普及協議会」の会員としても、関係省庁や自治体、電気自動車を手掛けている既存カーメーカーや新

規に手掛けている企業等との意見交換も実施した。

さらには、各地で超小型自動車や軽自動車の電動化を展開している公的機関や経済団体に招かれ、技術的課題や市場性・事業性について意見交換を行った。

加えて、超小型の電気自動車を新事業として展開すべく試作開発を進めている大手企業と連携し、想定される市場規模の把握と事業性の検討を実施した。また、この企業が試作した「超小型モビリティ」の認定取得を支援し、2013年8月6日に組立車として全国で初めて運輸局長の車両認定を獲得した。同車両2台は現在も福岡県において実証実験の実施中であり、実際に市場性を探っている。

一方、政府による「超小型モビリティ」の規格検討作業が遅れていると思われるため、同分野に進出を検討している多くの企業からは、「新しい車両規格」が明確にならないと車両開発を進められないという声が多く、この分野への進出を断念したり、当分見合わせたりする企業が相次いでおり、市場性を損ねかねない状況になっている。

また、2013年7月15日に発行された国連による「UN規則NO. 100-02」が電気自動車参入の大きな障害になる可能性が大きく、改造EVも含めて電気自動車事業への進出をあきらめざるを得ないとする声が多く聞かれる。同規則の実施次第では、タウンEV株式会社も事業の継続、企業の存続が危ぶまれる。

※「UN規則NO. 100-02」とは電気自動車用の再充電可能エネルギー貯蔵システム。

つまり電池（含むキャパシター）の安全要求事項を国際連合が定義したもので、振動試験・耐火試験などの様々な試験を要求している。国土交通省は自動車基準の国際調和、認証の相互承認を推進するため、新車・改造車を問わず、同一の基準を平成28年6月23日以降に製作される車両に適用する。

### 3-2-2 「超小型モビリティ」EV改造標準キット販売の検討

タウンユースEVに該当すると思われるミニカー（原付4輪車）から軽自動車、およびその中間的ないわゆる「超小型モビリティ」、さらには登録車の小型サイズ程度まで、広く搭載可能なパワートレーン制御システム（EV-ECU）を開発した。今後、その販売体制を整備し、

EV改造企業や超小型EVメーカーに提供していく。

既に大手モーターメーカーや電池メーカーからは、当社のEV-ECUと組み合わせて（システムアップして）EVベンチャー等にセットで卸売りして欲しいという申し出がある。いわゆるSmall100と言われるEVベンチャーや、新たに電気自動車製造を手掛けようとしている既存中堅中小企業にあっては、自動車のパワー制御技術が不十分な企業も多く、モータや電池の大手メーカーは自社製品の販売に二の足を踏んでいるのが実情である。

ここ1～2年においても、タウンEV株式会社が間に入って電池やモータを提供したケースがあり、当社が「EV-ECU」／「車載用電池」／「モータ」をシステムアップしてEV改造標準キットとして市場に提供していくビジネスはニーズが高いと思われる。

もちろん、当社としても自ら超小型モビリティを開発／製造／販売していくつもりであり、またガソリン車をEVに改造するビジネスでも上記3点のEV改造標準キットを活用していく計画である。

以上