

平成30年度  
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業  
戦略的基盤技術高度化支援事業

「複数ECUの統合シミュレーションシステムの研究開発」

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 関東経済産業局  
補助事業者 公益財団法人千葉県産業振興センター

## 目次

第1章 研究開発の概要.....	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標.....	1
① 研究開発の概要及び背景 .....	1
② 研究開発の目的及び目標 .....	3
③ 研究開発の高度化目標と実施結果.....	4
1-2 研究体制 .....	5
1-3 成果概要 .....	6
1-4 当該研究開発の連絡窓口 .....	6
第2章 本論.....	7
【1】複数ECUを統合シミュレーションするための「ワンチップ化」技術の確立.....	7
【1-1】ハードウェア実行エンジンと機能部品シミュレーションエンジン及びマイコンを「ワンチップ化」する技術の確立.....	7
【2】機能部品のシミュレーション対象の拡大と「精度」と「速度」を向上する技術の確立.....	15
【2-1】モータと駆動回路の様々な「組合せ」をモデル化する技術の確立.....	15
【2-2】モータと駆動回路のシミュレーション高精度化/高速化技術の確立.....	17
【3】複数ECUの相互通信と再構成可能とするための外部通信プロトコルの実装技術の確立.....	19
【3-1】外部データの入出力領域の実装.....	19
【3-2】通信プロトコルの実装.....	19
【4】複数ECUが統合シミュレーションできることの実証.....	20
【4-1】実証実験用データの開発.....	20
【4-2】ECU実機製作前統合シミュレーションシステムの実証実験.....	20
【5】自動車以外の適用が可能であることやハードウェア/機能部品情報の再構成容易化の実証.....	21
【5-1】ハードウェア/機能部品情報の変更・書き込みの容易化の実証.....	21
最終章 全体総括.....	23
3-1 複数年の研究開発成果.....	23
3-2 アドバイザーからのコメント.....	23
3-3 研究開発後の課題.....	24
3-4 補助事業の成果に係る事業化展開について.....	25

## 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 研究開発の概要及び背景

本研究開発は、特定ものづくり基板技術高度化指針のうち、以下の項目に対応する。

#### (二) 情報処理に係る技術に関する事項

##### 1 情報処理に係る技術において達成すべき高度化目標

##### (4) 川下分野特有の事項

##### 3) その他の分野に関する事項

##### b.自動車分野に関する事項

#### ① 川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

##### イ. 自動車製造に関連する各種プロセスの生産性向上

### 【特定研究開発等計画策定の背景】

近年のカーエレクトロニクスの進展により、高級車では車載電子制御装置(ECU)が100個程度搭載され、ECU間は車載ネットワークで接続され統合動作している。今後ECUの機能の高度化や機能追加がさらに進み、各機能の相互関係は複雑化し、ECU間の連携を必要とする統合制御では、設計・シミュレーションが複雑になり、ECUの設計工数が爆発的に増大すると予想されている。そのため、従来の部品レベルの個別最適化より上位の概念を取り扱う新たな設計環境が求められており、その手法の一つとして高位設計技術(ESL設計)が、将来に向けたカーエレクトロニクス設計支援ツールとして注目されている。一方、最近、自動車の市場でのトラブル発生により自動車メーカ各社にリコールが多発している。(2016年1~4月で、日産12車種72万台、トヨタ34万台、スズキ192万台、ホンダ16万台)リコールによる損失を低減するためクルマの安全性・信頼性の向上が求められている。

### 【従来技術の問題点】

現在、ECU内のマイコンやその周辺の論理回路(ハードウェア)と機能部品の制御ソフトウェア(以下、ソフトウェアと呼ぶ)は、それぞれ別々に設計・開発されている。

ソフトウェアのシミュレーションは、ハードウェアの完成を待ってから行われるためシミュレーション結果に不具合があると設計の手戻りが発生する。ECU実機の再製作は困難な場合が多くソフトウェアの作り直し作業で対応せざるを得ないため、ソフトウェア製作工数が増大し、設計者が大量に必要となっている。高位設計手法では、ECUの**実機製作前にハードウェアとソフトウェアの試作/検討/シミュレーションが行え、事前に問題点を発見できる**ため、ソフトウェアの作り直しが発生しないという利点がある。**(株)デンソー及びマツダ(株)からは、一般的にECU間にまたがる設計の不具合は、全体の30%程度を占めるため、高位設計が実現できれば、これらの不具合を早期の設計段階で発見ができ、ECU開発プロセスの生産性が30%以上向上できる可能性があるとの意見があった。**

ECUの高位設計では、マイコンや周辺論理回路等のハードウェア(デジタル)と機能部品(アナログ)との実機製作前シミュレーション技術の確立が課題となっている。

また、ECU間は車載ネットワークで接続されており、各ECU間の統合シミュレーション技術の確立も重要な課題である。

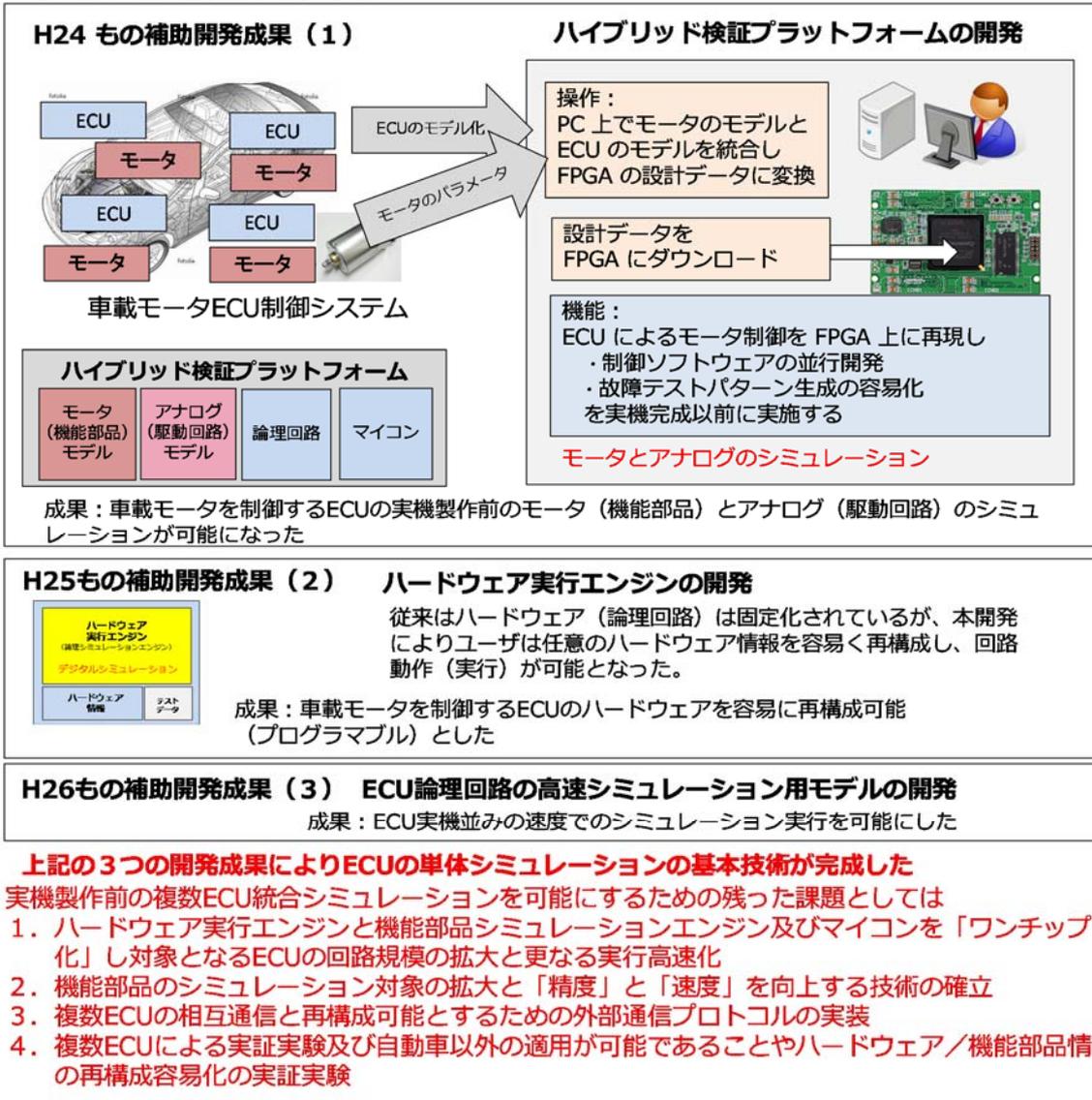
### 【研究開発動向】

自動車業界では、新たな設計手法として、「モデルベース設計」手法の研究が国内外の研究機関で進められている。海外では、欧州のAutoSar、国内では、仮想マイコン応用推進協議会、ISITカーエレクトロニクス研究会、一般社団法人JASPAR等である。モデルベース設計は、制御ソフトウェア開発を対象としており、制御ソフトウェアの仕様から制御ソフトウェアを生成するツールの開発が進んでいる。そのツールを利用することで、一部の自動車メーカでモデルベース設計の効果はみられるものの、ハードウェアとの統合検証環境の課題を残している。

### 【当社の取組】(図1)

当社の前身であるESL研究会において、数年前より高位設計技術を用いたECU開発手法について(株)デンソー、マツダ(株)と共に議論を重ねてきた。これまで当社ではECUの実機製作前シミュレーション技術の開発を、もの補助等で(株)デンソー及びマツダ(株)の協力を頂きながら進めてきた。H24、25、26で車載モータ制御ソフトウェアの実機完成前シミュレーション技術やハードウェアシミュレーションの高速化、ハードウェア情報の再構成容易化を実現できた。これらはユーザから一定の評価を頂き、複数ECUの統合シミュレーションが完成すればテスト導入をしたいとの要望を頂いている。

(図1) 当社の取り組み概要図



【技術開発の方向性】(図2)

特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の項目に対応。

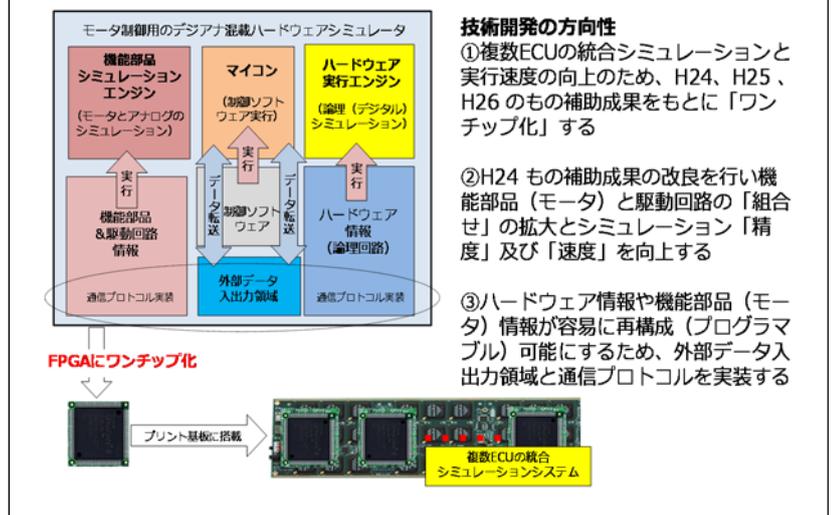
(二) 情報処理に係る技術に関する事項  
 2 情報処理に係る技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

(1) 技術要素の高度化に対応した技術開発の方向性

⑧ シミュレーション

本研究開発では当社における開発成果をベースに、自動車において複雑化と多様化が進んでいるモータ制御用の電装系のシミュレーションを対象とし、ECU 1 個の機能に対応するよう FPGA にワンチップ化した「モータ制御用のデジアナ混載ハードウェアシミュレータ」を開発する。また、モータ制御用のデジアナ混載ハードウェアシミュレータをプリント基板に複数搭載し、相互に通信することで自動車電装系を模擬

(図2) 技術開発の方向性概要図



する「複数 ECU の統合シミュレーションシステム」の開発を行う。

将来的には、自動車の走行系（内燃機関とトランスミッション）をモデル化して高速シミュレーションを可能とすることにより、自動車の車体全体に適用することを目指している。

又、自動車産業以外の成長分野（健康、エネルギー、航空宇宙）への適用も併せて行う。

「複数 ECU の統合シミュレーションシステム」の開発を行うことで複数 ECU の実機製作前統合シミュレーションが可能になり、ECU 設計プロセスの設計生産性の向上を実現する。また、自動車の安全確保・信頼性向上の観点から、安全に関わる電動パワーステアリングシステムをモデルとした実証実験を行う。又、自動車分野以外の適用が可能であることやハードウェア情報と機能部品情報の再構成容易化の実証実験を行うことで汎用性が高いことを確認する。

## ② 研究開発の目的及び目標

### 【従来技術の課題】

複数車載電子制御装置(ECU)の開発において実機製作前統合シミュレーションができず生産性も悪く、不具合の手直しに多くの工数を必要としている。そのため十分なテストも行えず、多くのトラブルの原因になっている。

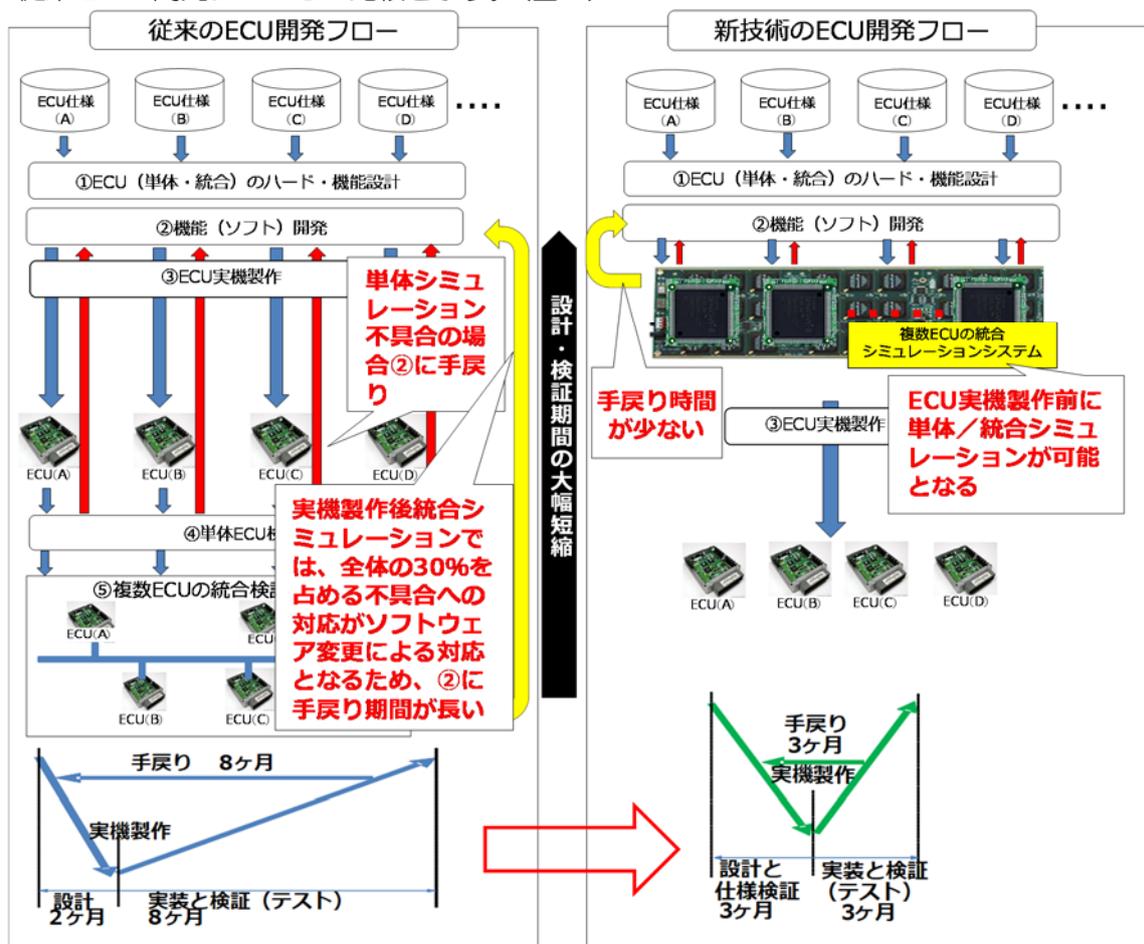
### 【目的】

複数 ECU を実機製作以前に統合シミュレーションを行えるシミュレーションシステムを開発することでクルマの設計から製造までの生産性を向上させ、次世代自動車を含むハイブリッドカーや電気自動車のグローバル競争力の強化に貢献する。

### 【目標】

複数 ECU の実機製作前統合シミュレーションシステムの開発により、ECU の開発手順を改革し、手戻りの削減やシミュレーションの高速化をはかることでテストの効率化を実現し、ECU 設計開発検証の生産性を 30%以上向上することを目指す。

下記に従来 ECU 開発フローとの比較を示す。(図3)



(図3) 従来と新技术の比較

### 【従来技術の課題と新しい仕組みの特徴】

	従来技術の課題	新しい仕組みの特徴
実機製作前統合シミュレーション	できない	可能とする
統合シミュレーション時の不具合	多い（不具合全体の30%）	実機製作前シミュレーションにより減少
手戻り工数（中規模 ECU）	多い（400 人月）	少ない（120 人月）
設計検証期間（中規模 ECU）	長い（10 か月）	短い（6 か月）
安全保障に係るテスト回数	制限される	4～5 倍の故障模擬テストができる
シミュレーション速度	遅い	現状の 5 倍の速度

### 【新技術を実現するために解決すべき技術的課題】

「複数 ECU の実機製作前統合シミュレーションシステム」開発における技術的課題は以下の通りである。

- 【1】複数 ECU を統合シミュレーションするための「ワンチップ化」技術の確立  
ハードウェア実行エンジン、機能部品（モータ）シミュレーションエンジン及び制御ソフトウェア実行用マイコンを FPGA にワンチップ化（デジアナ混載ハードウェアシミュレータ）する技術を確立し、対象となる ECU 回路規模の拡大とシミュレーション実行速度を向上する。
- 【2】機能部品のシミュレーション対象の拡大と「精度」と「速度」を向上する技術の確立  
モータと駆動回路の様々な「組合せ」を「高精度」且つ「高速」でシミュレーションする技術を確立する。
- 【3】複数 ECU の相互通信と再構成可能とするための外部通信プロトコルの実装技術の確立  
ハードウェア／機能部品情報の再構成及び、複数 ECU の統合シミュレーションを実現するために複数 ECU の相互通信を可能とする通信プロトコルをデバイス上に実装する技術を確立する。
- 【4】複数 ECU が統合シミュレーションできることの実証  
ECU データを用いて複数 ECU が統合シミュレーション可能であることを実証する。
- 【5】自動車以外の適用が可能であることやハードウェア／機能部品情報の再構成容易化の実証  
自動車分野以外での適用やハードウェア／機能部品情報の変更・書き込みが容易に行えることで汎用性が高いことを実証する。

### ③ 研究開発の高度化目標と実施結果

#### 【高度化目標】

#### （二）情報処理に係る技術に関する事項

#### 1 情報処理に係る技術において達成すべき高度化目標

#### （4）川下分野特有の事項

#### 3) その他の分野に関する事項

#### b.自動車分野に関する事項

#### ②高度化目標

#### ウ.自動車の研究・開発・製造等の各種プロセスの生産性向上を実現するための当該技術の高度化

本研究開発では、ECU の実機製作前に複数の ECU を統合したシミュレーションを可能にするため、デジタルシミュレータ機能と機能部品シミュレータを混載し FPGA にワンチップ化する技術を開発する。また、プリント基板に複数搭載可能とすることで、シミュレーション「速度」や「精度」が実機並み以上に向上することを実現する。 今回の成果により、ECU の開発手順を改革し、手戻りの削減やシミュレーションの高速化をはかることでテスト工程の生産性を大幅に効率化することで、ECU 設計開発検証の生産性を 30%以上向上させることを目標とする。

**【実施結果】**

不具合による手戻りの大幅低減（70%削減）や開発期間の短縮（10 か月⇒6 か月）とシミュレーションの高速化（5 倍程度）や精度の向上を実現し、故障模擬テストの回数を4 倍以上に増やすために下記の技術目標を達成した。また、ハードウェア情報や機能部品情報の入れ替えを容易にすることで自動車以外の分野での汎用的な適用も可能とした。

**【1】複数 ECU を統合シミュレーションするための「ワンチップ化」技術の確立**

ハードウェア実行エンジン、機能部品シミュレーションエンジン及び制御ソフトウェア実行用マイコンを FPGA にワンチップ化することで、高速（従来の 2.5 倍～10 倍）、且つ、実回路規模（40 万ゲート）で実機製作前シミュレーションが行えることを可能とした。

**【2】機能部品のシミュレーション対象の拡大と「精度」と「速度」を向上する技術の確立**

モータと駆動回路の様々な組合せをモデル化する技術を確立した。また、動作合成技術を高度化することで、モータと駆動回路の実機製作前シミュレーションをモータ実機と同等の精度と速度で行えることを可能とした。

**【3】複数 ECU の相互通信と再構成可能とするための外部通信プロトコルの実装技術の確立**

複数 ECU の相互通信と、ハードウェアデータや機能部品データの書き換えを高速に行うために CAN プロトコルを実装し、通信速度は CAN 通信（クラス B, C）を満たす 125kbps を達成した。

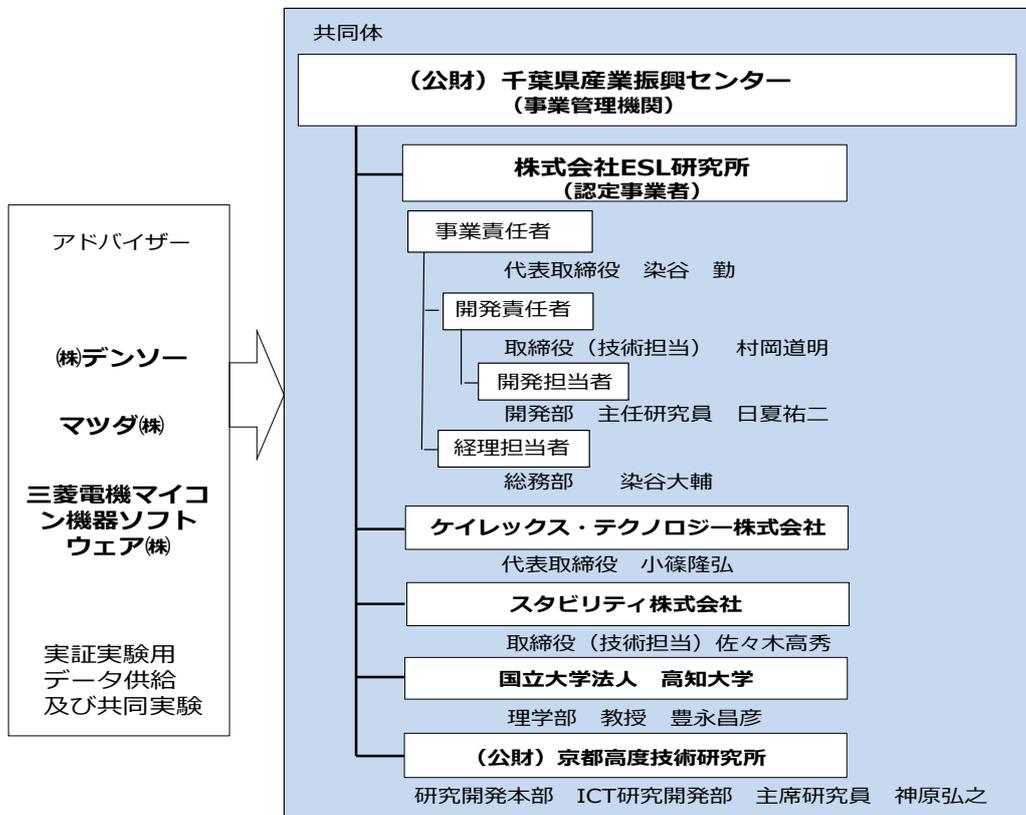
**【4】複数 ECU が統合シミュレーションできることの実証**

複数 ECU の統合シミュレーションシステムが実機製作前に統合シミュレーション可能であることを実証した。

**【5】自動車以外の適用が可能であることやハードウェア／機能部品情報の再構成容易化の実証**

- ・自動車分野以外で適用ができることで汎用性を実証した。
- ・従来の電子制御部品はハードウェアと機能部品が固定化されており、設計変更に伴うデータの再構成はできないが、本技術により再構成が可能であること（保守性向上）を実証した。
- ・JAXA 開発環境にて「デジアナ混載ハードウェアシミュレータ」を搭載することで JAXA 開発の人工衛星に搭載されている「スタートラッカ」が機能することを実証した。

1-2 研究体制



(図4) 研究体制

### 1-3 成果概要

#### 【1】複数 ECU を統合シミュレーションするための「ワンチップ化」技術の確立

ハードウェア実行エンジン、機能部品シミュレーションエンジン及び制御ソフトウェア実行用マイコンを FPGA にワンチップ化することで、高速（従来の 2.5 倍～10 倍）、且つ、実回路規模（40 万ゲート）で実機製作前シミュレーションが行えることを可能とした。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
【1-1】	チップ内速度	10～20MHz	～50MHz
	ECU 回路規模	10 万ゲート	40 万ゲート

#### 【2】機能部品のシミュレーション対象の拡大と「精度」と「速度」を向上する技術の確立

モータと駆動回路の様々な組合せをモデル化する技術を確立した。また、動作合成技術を高度化することで、モータと駆動回路の実機製作前シミュレーションをモータ実機と同等の精度と速度で行えることを可能とした。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
【2-1】	組合せ	1通り	<u>4通り以上</u>
【2-2】	精度	精度保証できない	単精度小数点の 26bit の有効桁を保証
	速度 / 1 組合せ	4m 秒	0.5m 秒以内

#### 【3】複数 ECU の相互通信と再構成可能とするための外部通信プロトコルの実装技術の確立

複数 ECU の相互通信と、ハードウェアデータや機能部品データの書き換えを高速に行うために CAN プロトコルを実装し、通信速度は CAN 通信（クラス B, C）を満たす 125kbps を達成した。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
【3-1】	通信速度	/	CAN 通信（クラス B, C）を満たす <u>125kbps</u>
【3-2】			

#### 【4】複数 ECU が統合シミュレーションできることの実証

複数 ECU の統合シミュレーションシステムが実機製作前に統合シミュレーション可能であることを実証した。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
【4-1】	統合シミュレーション	できない	可能とする
【4-2】			

#### 【5】自動車以外の適用が可能であることやハードウェア／機能部品情報の再構成容易化の実証

- ・自動車分野以外で適用ができることで汎用性を実証した。
- ・従来の電子制御部品はハードウェアと機能部品が固定化されており、設計変更に伴うデータの再構成はできないが、本技術により再構成が可能であること（保守性向上）を実証した。
- ・JAXA 開発環境にて「デジアナ混載ハードウェアシミュレータ」を搭載することで JAXA 開発の人工衛星に搭載されている「スタートラッカ」が機能することを実証した。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
【5-1】	自動車分野以外適用	できない	自動車以外でも適用可能（汎用性）
	再構成	できない	何回でも再構成可能とする（保守性）
	スタートラッカ機能		「スタートラッカ」が機能することを確認

### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属：株式会社 ESL 研究所

氏名：代表取締役 染谷 勤

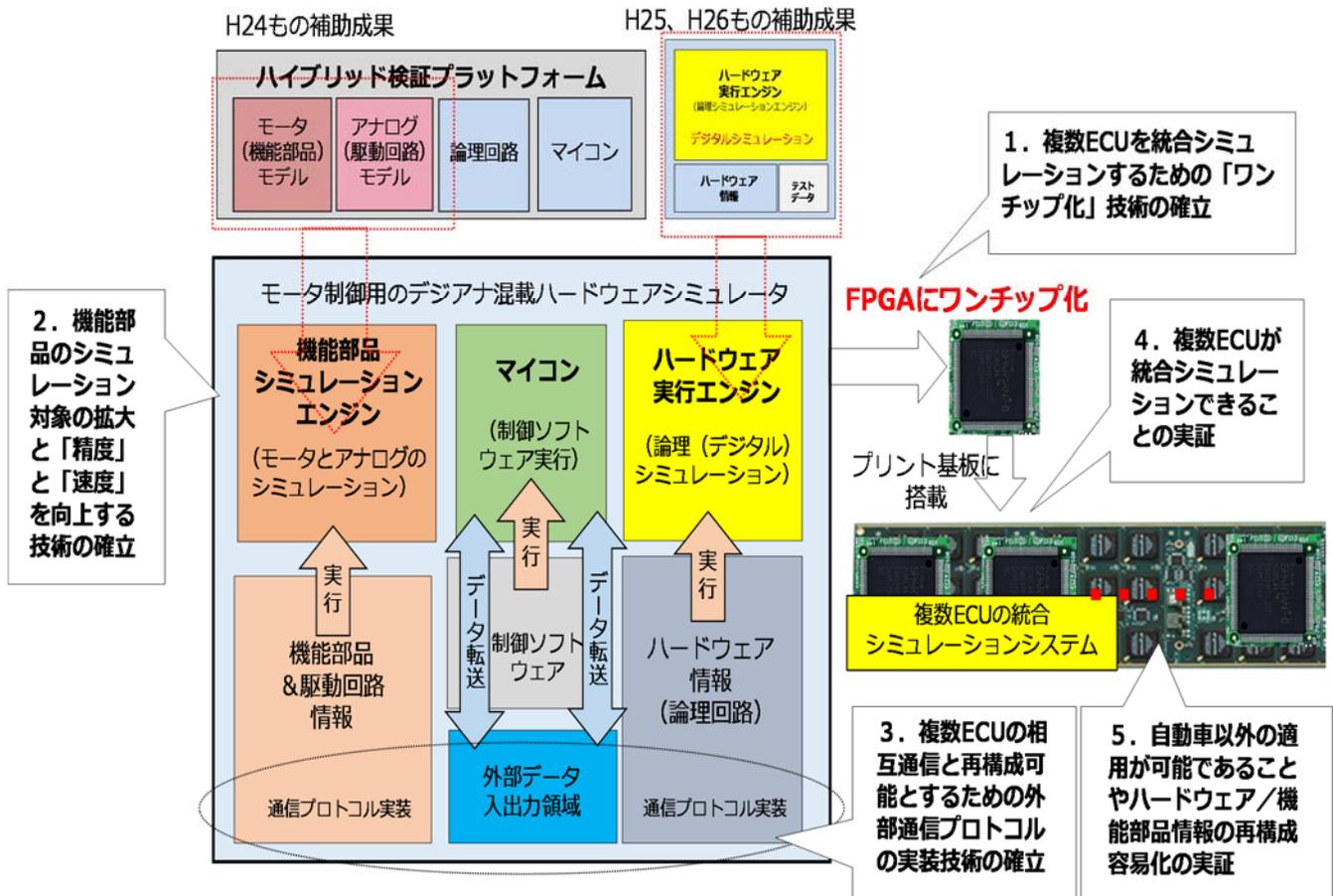
TEL：090-5305-5497

E-mail：someya@esl-laboratory.com

## 第2章 本論

前章で述べた研究課題に対し、以下の通り 3 年に渡り研究を推進した結果、一定の成果を得ることができ、当初の目標を概ね達成した。

本研究開発概要と技術課題との対応を下記に示す。



(図5) 本研究開発概要と技術課題との対応

### 【1】複数 ECU を統合シミュレーションするための「ワンチップ化」技術の確立

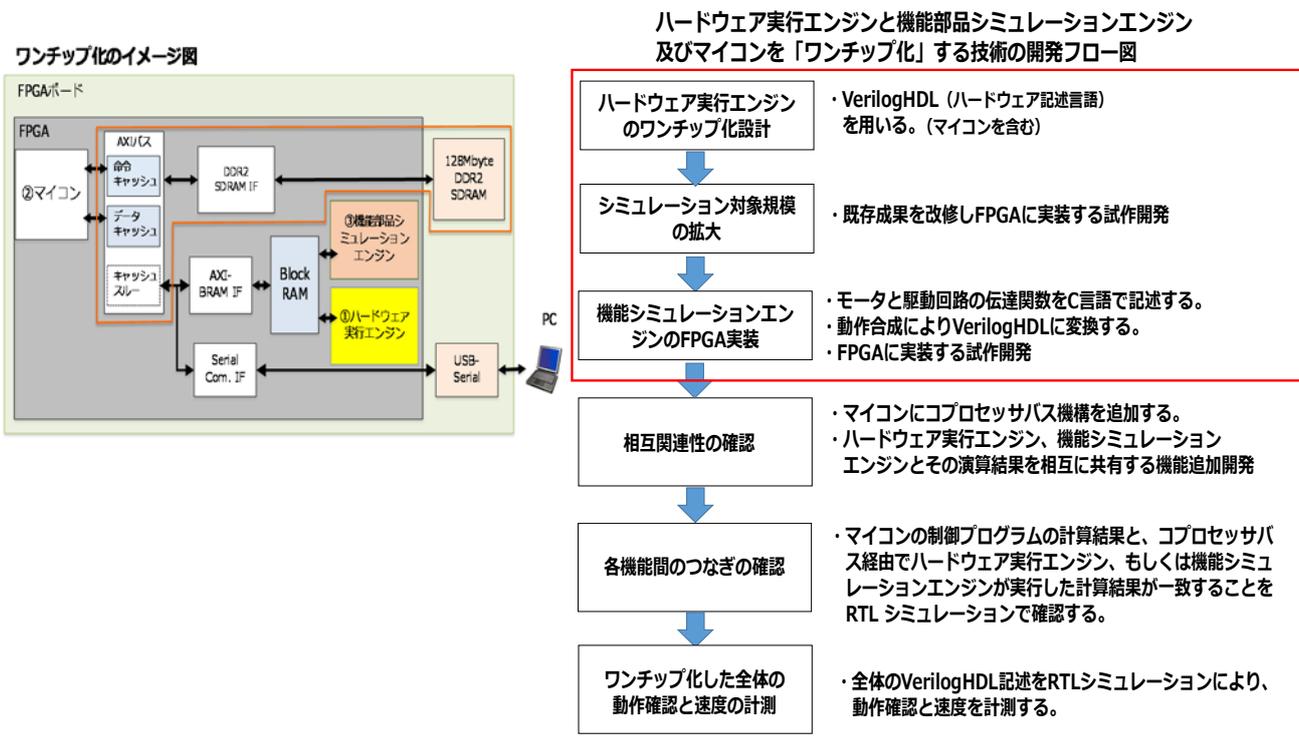
ハードウェア実行エンジン、機能部品（モータ）シミュレーションエンジン及び制御ソフトウェア実行用マイコンを FPGA にワンチップ化する技術を確立し、対象となる ECU 回路規模の拡大とシミュレーション実行速度を向上した。

【1-1】ハードウェア実行エンジンと機能部品シミュレーションエンジン及びマイコンを「ワンチップ化」する技術の確立（平成 28・29・30 年度実施：国立大学法人高知大学、(株)E S L 研究所、ケイレックス・テクノロジー(株)、スタビリティ(株)）

ハードウェア実行エンジン、機能部品シミュレーションエンジンは、既存の開発成果をベースに、マイコンは、国立大学法人高知大学の研究成果を活用し FPGA にワンチップ化する実装方法や相互関連性を確認・検討し、試作開発を行った。それにより、対象となる ECU 回路規模の拡大や複数 ECU の統合シミュレーションの高速実行を可能とする技術を確立した。

平成 28 年度は FPGA の動作実験（ハードウェア実行エンジン、マイコン、機能部品シミュレーションエンジン）を行い、実装方法を決定した。具体的には国立大学法人高知大学の指導に基づき、次頁以下を行った。

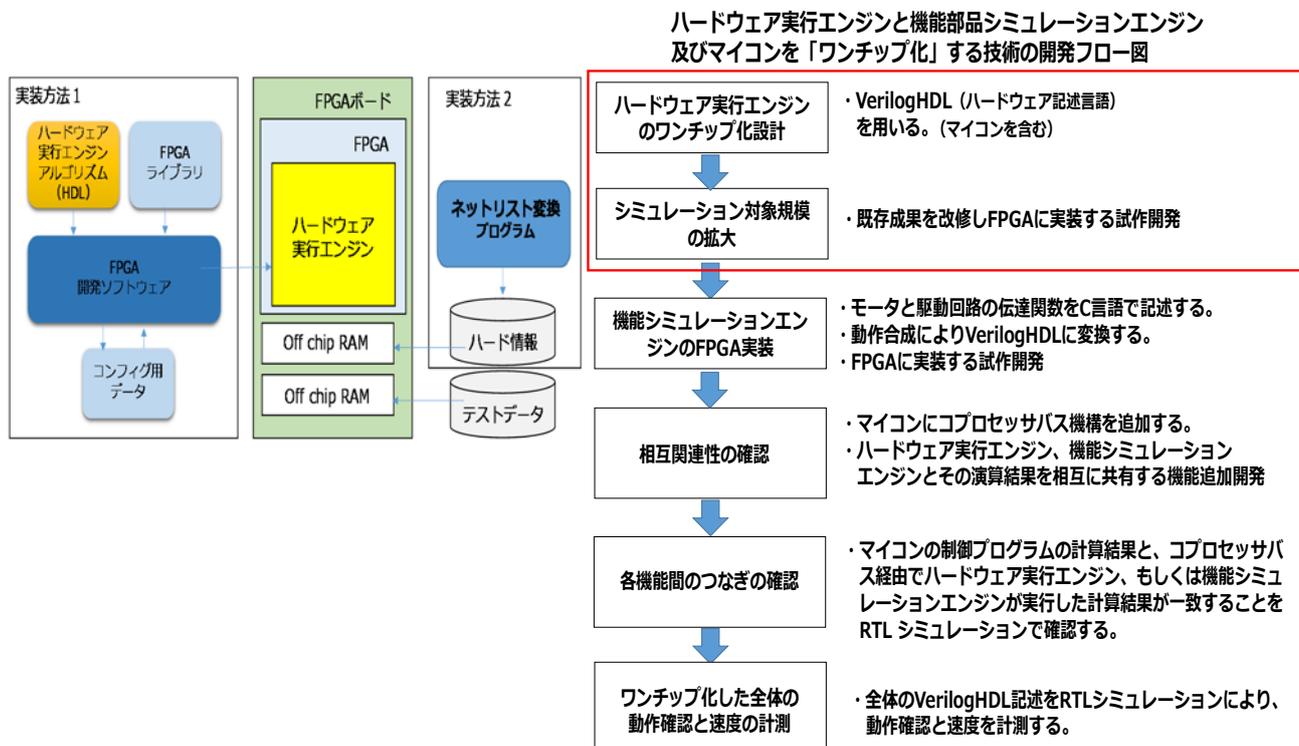
FPGA にワンチップするための設計と動作実験 (①ハードウェア実行エンジン、②マイコン、③機能部品シミュレーションエンジン) を行い、FPGA にワンチップ化する実装方法 (図6) を決定した。



(図6) ワンチップ化のイメージ図

(1) ハードウェア実行エンジンの実装方法

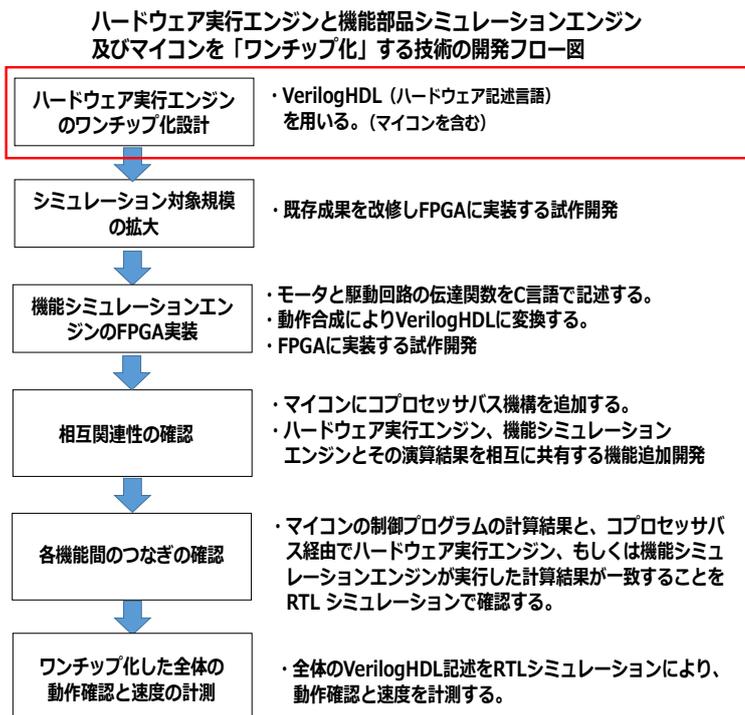
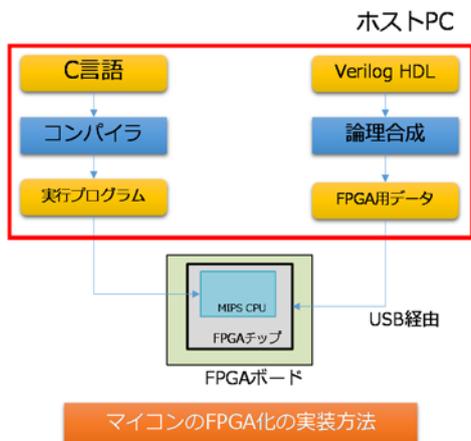
ハードウェア実行エンジンの実装方法を設計・開発・テストを行い、ハードウェア実行エンジンの実装方法 (図7) を決定した。



(図7) ハードウェア実行エンジンの実装方法

## (2) マイコンの実装方法

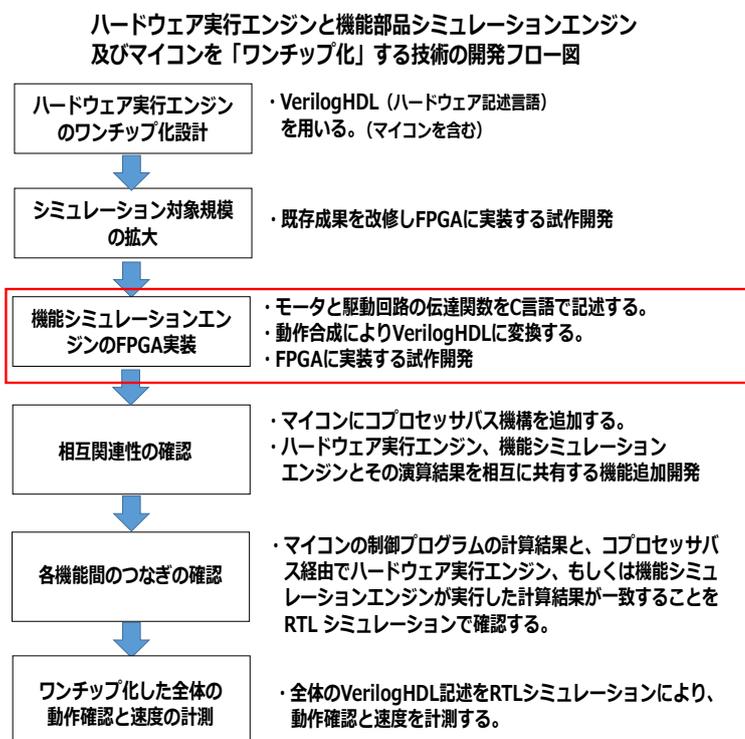
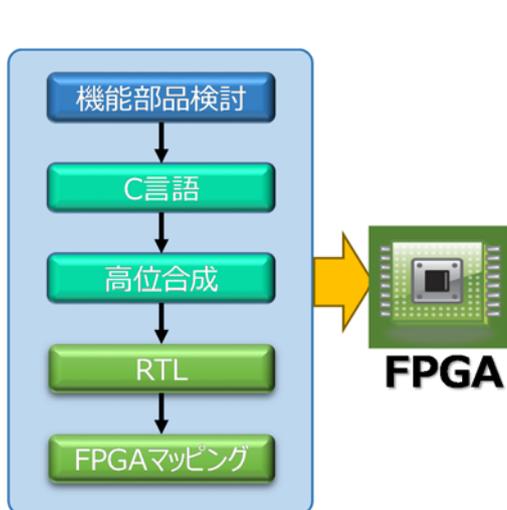
マイコンの FPGA 化の実装方法の設計・開発・テストを行い、マイコンの実装方法（図8）を決定した。



(図8) マイコンの実装方法

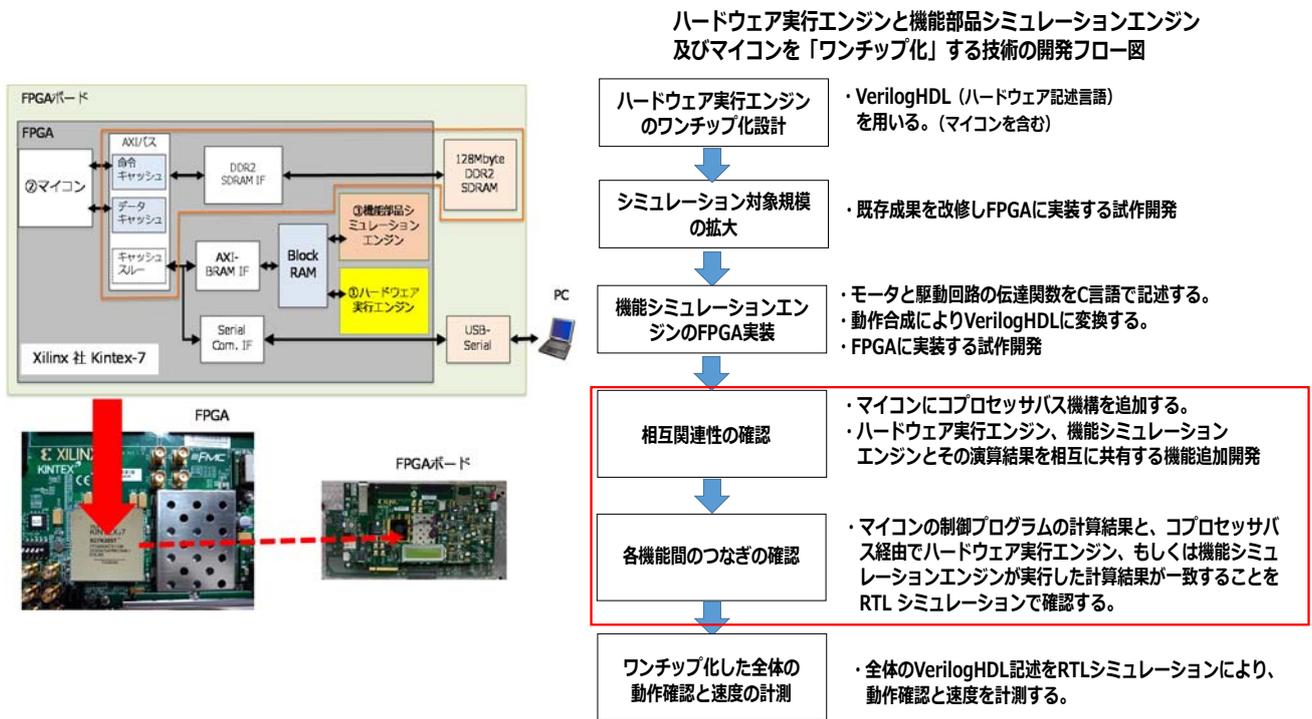
## (3) 機能部品シミュレーションエンジンのワンチップ化の実装方法

機能部品シミュレーションエンジンの FPGA 化の実装方法を設計・開発・テストを行い、実装方法（図9）を決定した。



(図9) 機能部品シミュレーションエンジンのワンチップ化の実装方法

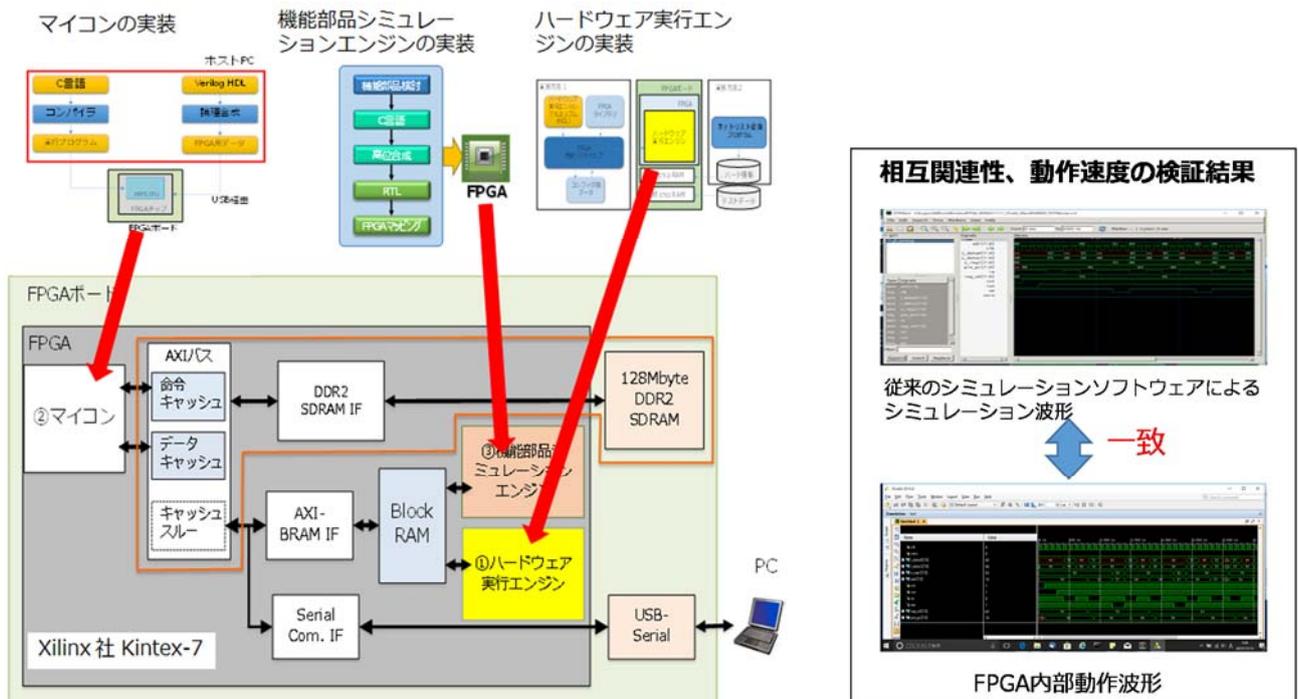
平成29年度は、前年度の成果であるFPGA への実装方法に基づき、ハードウェア実行エンジン、マイコン、機能部品シミュレーションエンジンのそれぞれについてFPGA 実装（図10）を行い、これらの相互関連性の確認および動作速度の確認を行った。具体的には国立大学法人高知大学の指導に基づき、下記を行った。



(図10) FPGA 実装イメージ図

(4) ハードウェア実行エンジン、マイコン、機能部品シミュレーションエンジン FPGA 実装及びそれらの相互関連性、動作速度確認。

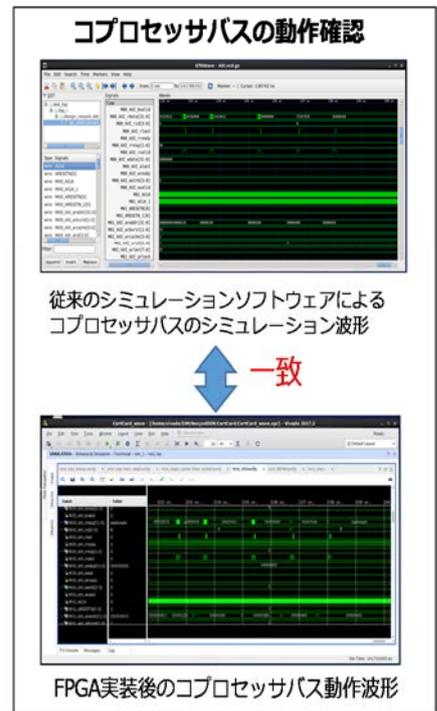
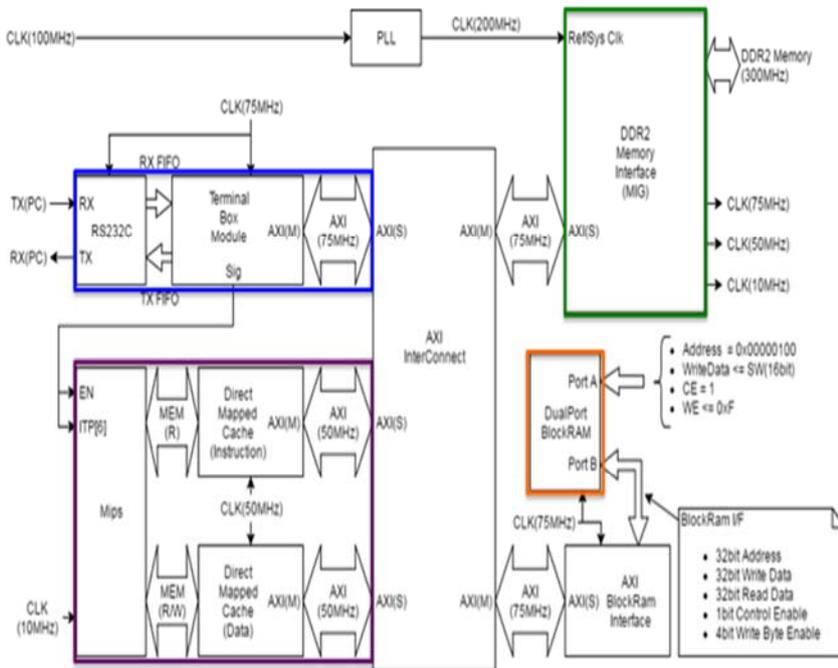
新たな研究手法であるベアメタル手法（OS を搭載しない）を本開発に反映し、ワンチップ化後の相互関連性と動作速度の確認を行った。



(図11) ワンチップ化構成図

(5) マイコンのコプロセッサバスの実装

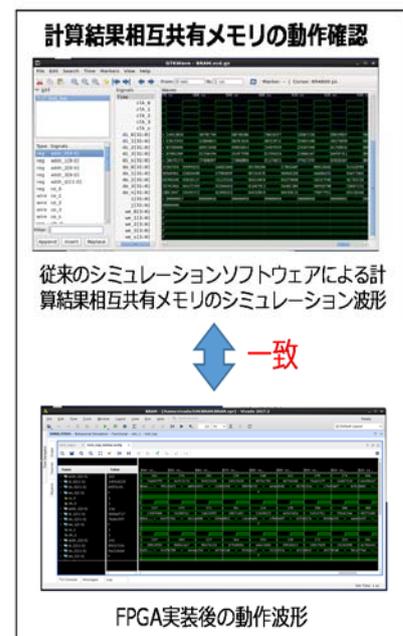
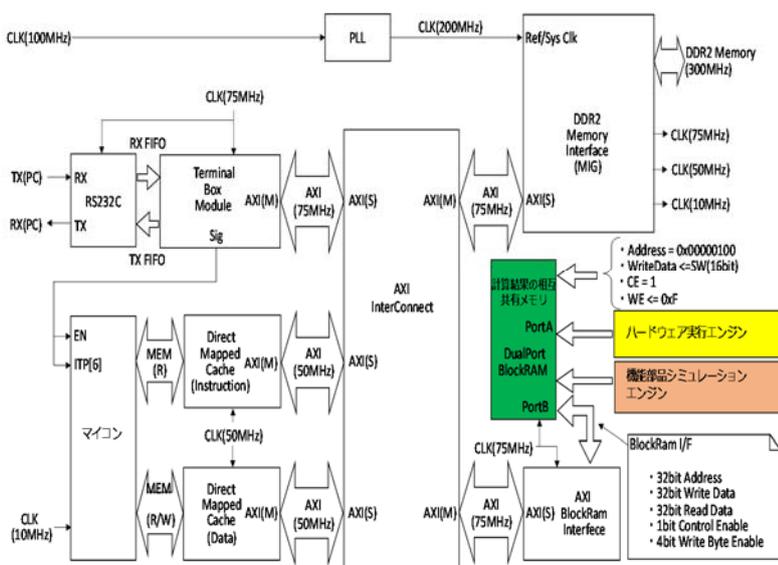
コプロセッサバスの「バス仕様」を決定し、その上で「バスの Master/Slave」ならびに「Slave 側のアドレス割当て」を設計し、FPGA に実装した。



(図12) コプロセッサバス構成図

(6) ハードウェア実行エンジン、マイコン、機能部品シミュレーションエンジンの計算結果の相互共有機能の開発

ハードウェア実行エンジン、マイコン、機能部品シミュレーションエンジンの計算結果を相互共有する機能 ((図13) 緑色部分) を設計し、FPGA に実装した。



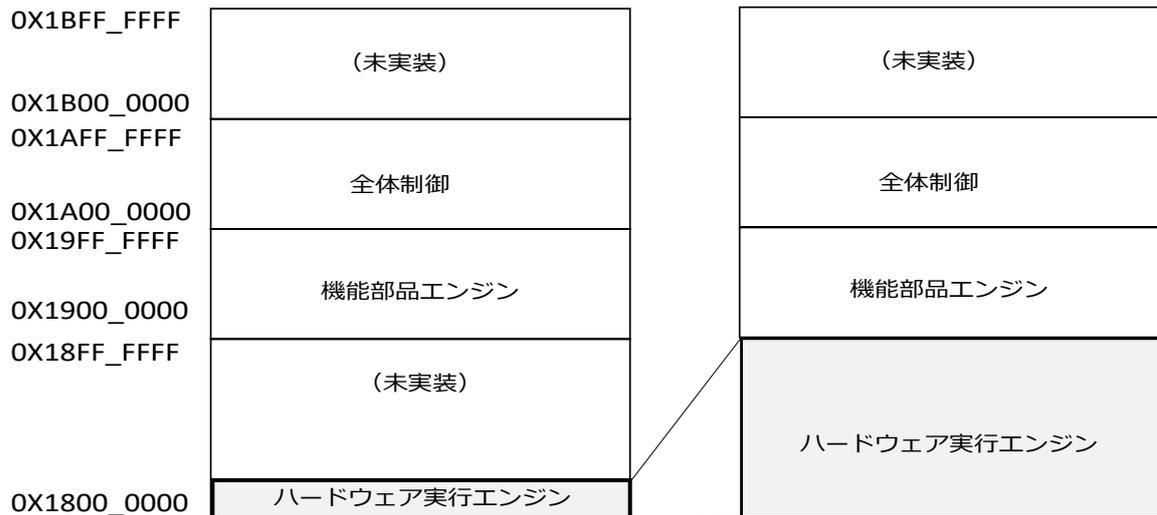
(図13) 計算結果の相互共有機能設計ブロック図

平成30年度は、前年度にワンチップ化した FPGA の全体動作の改良（回路規模の拡大化対応、ワンチップ内速度向上）及び、マイコンや機能部品シミュレーションエンジンの関連する箇所の改良作業を行い、技術目標を達成した。具体的には国立大学法人高知大学の指導に基づき、下記を行った。

(7) 回路規模の拡大化対応

限られた資源のメモリの最適配置を行い使用効率をたかめることで、10万ゲートから40万ゲートに回路規模拡大を行った。

回路規模拡大対応BRAM領域の構成変更



ハードウェア実行エンジン領域拡大前

ハードウェア実行エンジン領域拡大後

(図14) 回路規模拡大実装図

(8) ワンチップ内速度向上

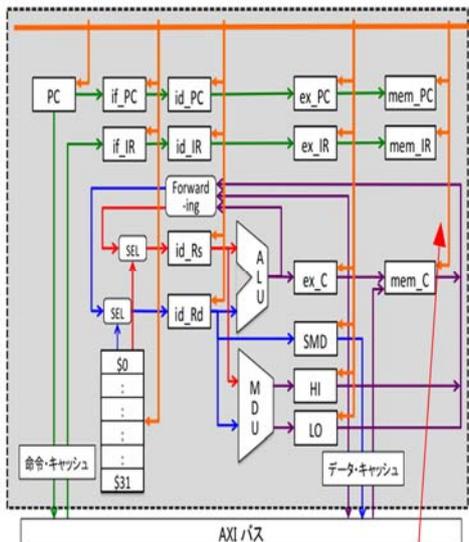
ハードウェア実行エンジンの論理演算部を並列化（64 並列）し、高速化を実現した。並列化前の動作速度は10MHzであったが、改良後は技術目標である50MHzを達成した。



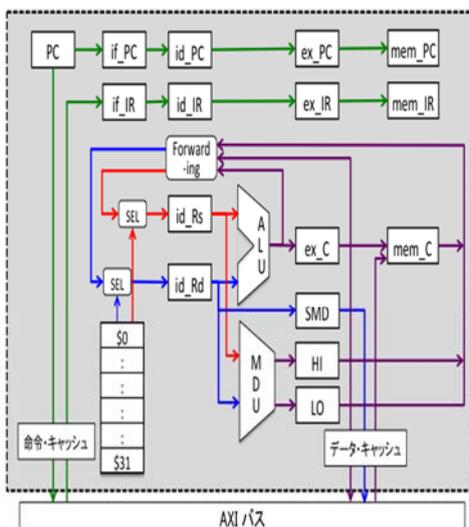
(図15) ワンチップ内速度向上テスト結果

(9) マイコンの改良作業

「マイコン」回路の配線領域を縮小することで専有面積を小型化する改良を行った。その結果、更なる規模拡大のためにマイコンのワンチップ内の配線領域を約30%縮小させた。



(改良前) マイコンの回路図 「デバッグ用バス」の削除



(改良後) マイコンの回路図

1. Slice Logic

Site Type	Used	Fixed	Available	Util%
Slice LUTs*	16590	0	63400	26.17
LUT as Logic	15360	0	63400	24.23
LUT as Memory	1230	0	19000	6.47
LUT as Distributed RAM	732	0		
LUT as Shift Register	498	0		
Slice Registers	13153	3	126800	10.37
Register as Flip Flop	13141	3	126800	10.36
Register as Latch	0	0	126800	0.00
Register as AND/OR	12	0	126800	<0.01
F7 Muxes	762	0	31700	2.40
F8 Muxes	66	0	15850	0.42

\* Warning! The Final LUT count, after physical optimizations and full imp

性能向上前のマイコンの回路規模

1. Slice Logic

Site Type	Used	Fixed	Available	Util%
Slice LUTs*	16932	0	63400	25.13
LUT as Logic	14702	0	63400	23.19
LUT as Memory	1230	0	19000	6.47
LUT as Distributed RAM	732	0		
LUT as Shift Register	498	0		
Slice Registers	13103	3	126800	10.33
Register as Flip Flop	13091	3	126800	10.32
Register as Latch	0	0	126800	0.00
Register as AND/OR	12	0	126800	<0.01
F7 Muxes	560	0	31700	1.77
F8 Muxes	66	0	15850	0.42

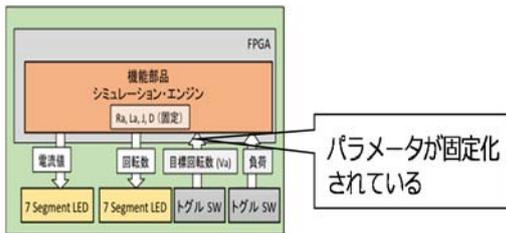
\* Warning! The Final LUT count, after physical optimizations and full imple

性能向上後のマイコンの回路規模

(図16) マイコンの改良前後の回路図及びテスト結果

(10) 機能部品シミュレーションエンジンの改良作業

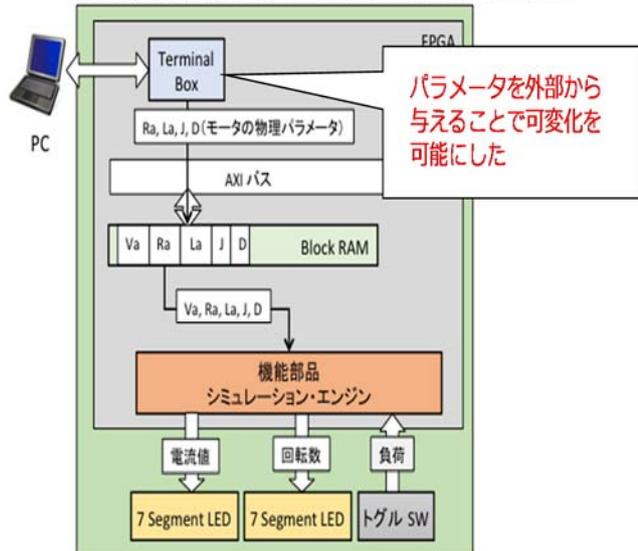
機能部品シミュレーション・エンジンの回路記述を修正すること無く、様々に異なるモータに対応出来るよう、パラメータ (Ra,La,J,D) を外部から与えることを可能にし「多様化」対応を行った。



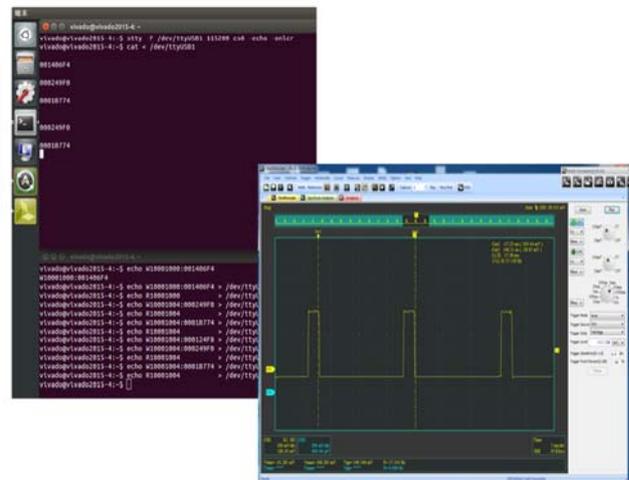
(改良前) 機能部品シミュレーション・エンジンブロック図

モータの物理パラメータ

- Ra: 電機子抵抗 ( $\Omega$ )
- La: 電機子インダクタンス
- J: (負荷を含む) 慣性モーメント
- D: 粘性制動係数



(改良後) 機能部品シミュレーション・エンジンブロック図



(図 1 7) 改良前後の機能部品シミュレーションエンジンブロック図及びテスト結果

《結果》上記の研究開発行い、当初の技術目標を達成した。

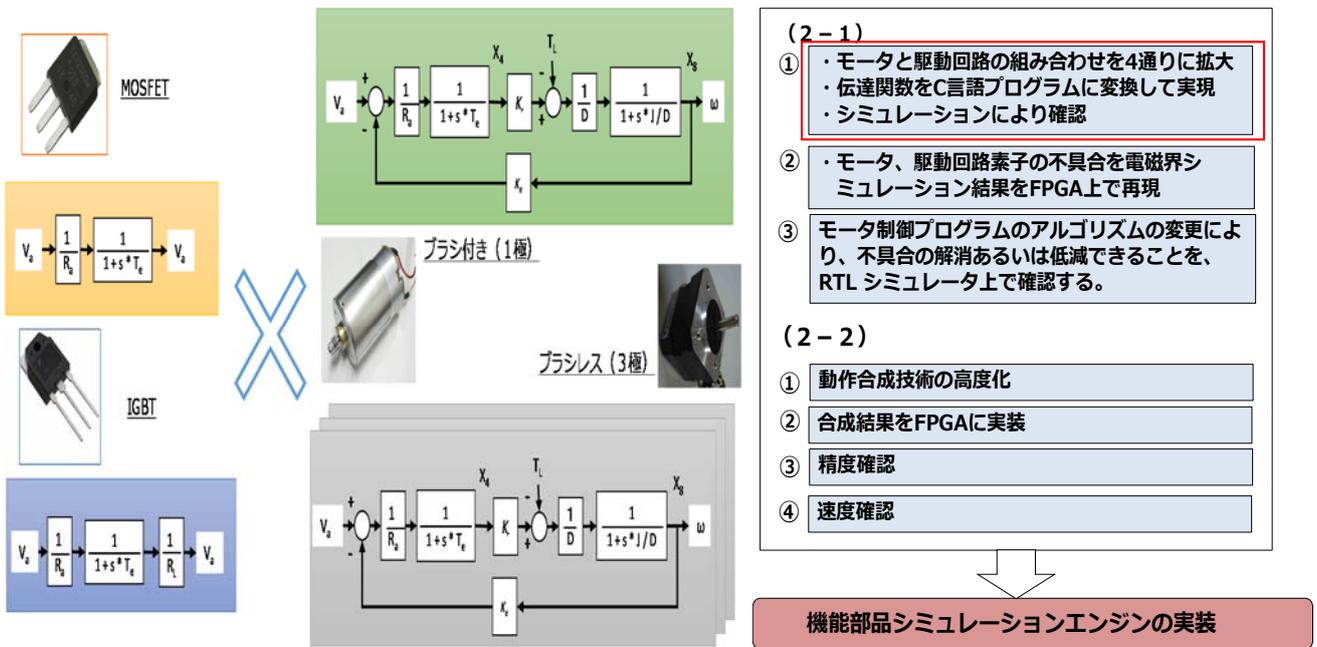
サブテーマ番号	項目	従来	新技術
1 - 1	マイコン動作速度	10~20MHz	50MHz (29年度達成)
	チップ内速度	10~20MHz	~50MHz (30年度達成)
	ECU回路規模	10万ゲート	40万ゲート (30年度達成)

【2】機能部品のシミュレーション対象の拡大と「精度」と「速度」を向上する技術の確立

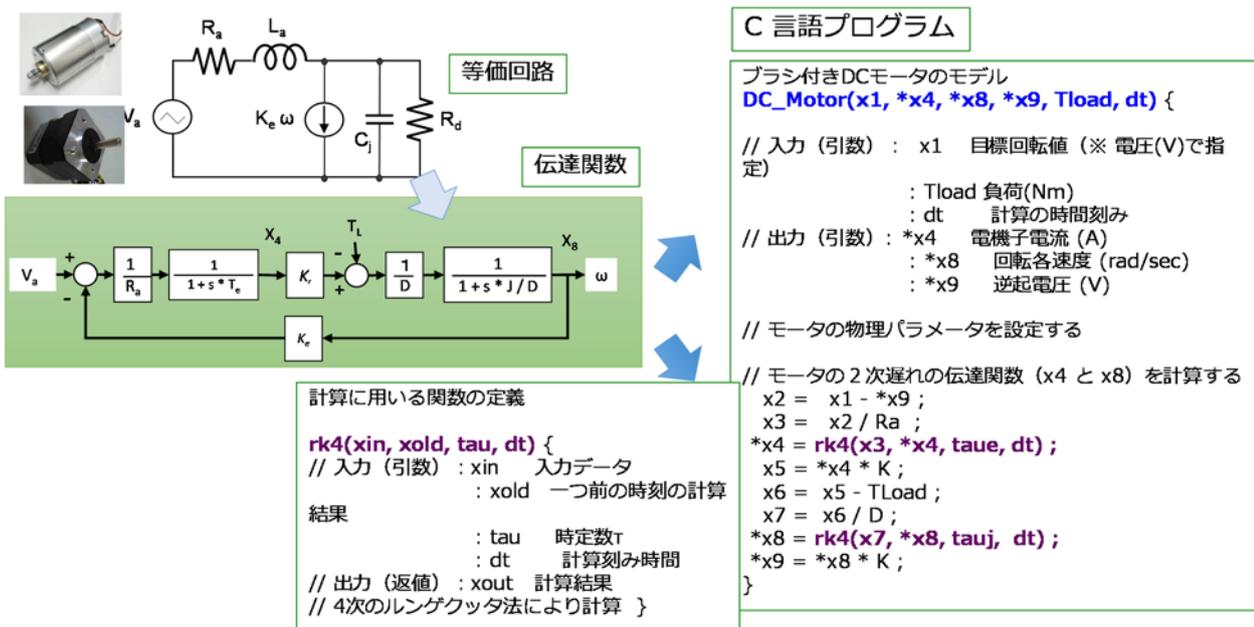
【2-1】モータと駆動回路の様々な「組合せ」をモデル化する技術の確立（平成 28 年度実施：（公財）京都高度技術研究所、(株)ESL 研究所）

平成28年度は機能部品のシミュレーション対象の拡大と「精度」と「速度」を向上する技術の確立を行った。具体的には（公財）京都高度技術研究所の指導に基づき、下記を行った。

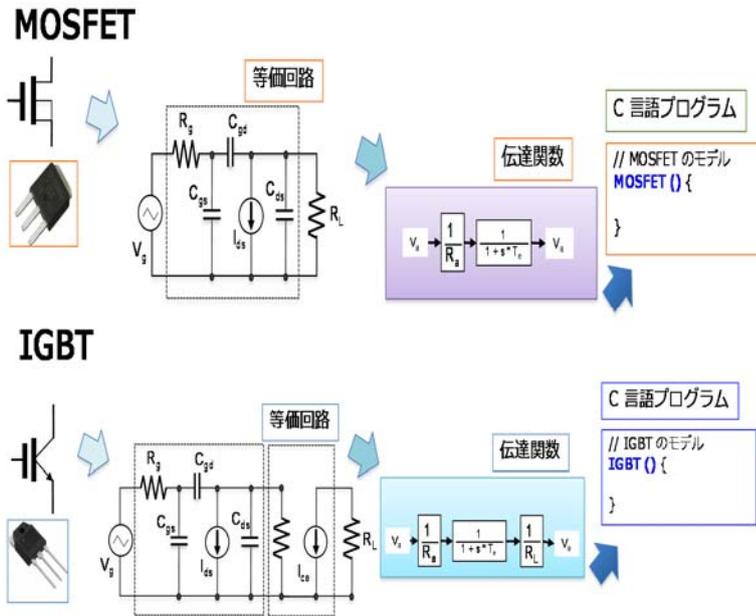
(1) モータはDC モータ or ブラシレスモータ、駆動回路はMOSFET or IGBT 素子の組合せを4通り（2×2）に拡大（図18）し、組合せを変更した際のシミュレーションを、モータ及び駆動回路の伝達関数をC言語プログラム（図19、図20）で実現した。



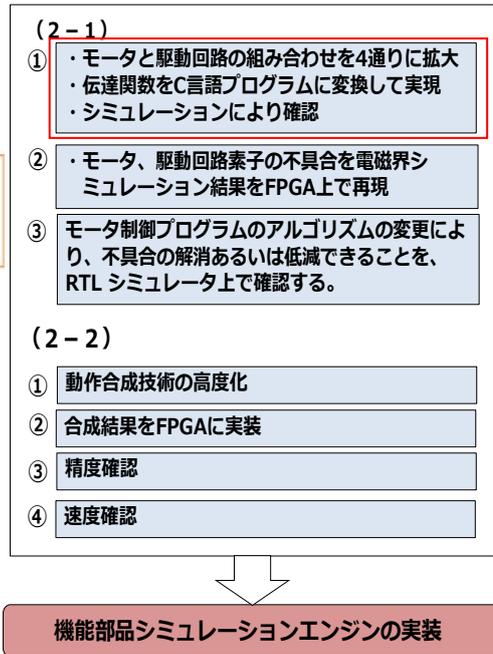
(図18) モータはDC モータ or ブラシレスモータ、駆動回路はMOSFET or IGBT 素子の組合せを4通り（2×2）に拡大



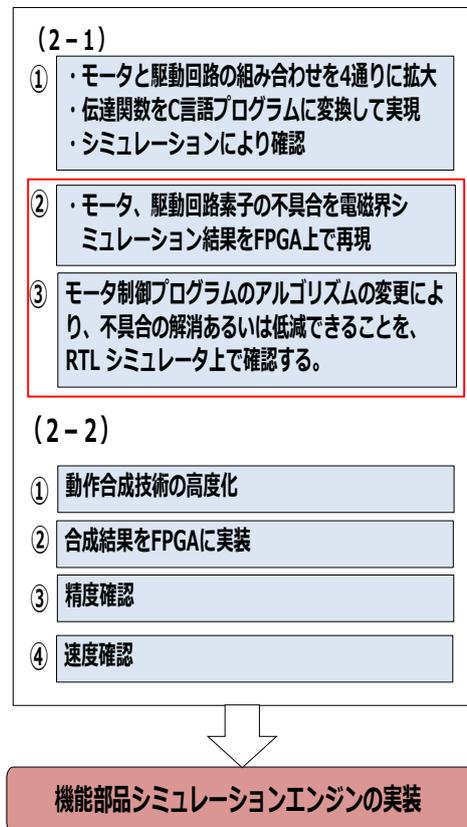
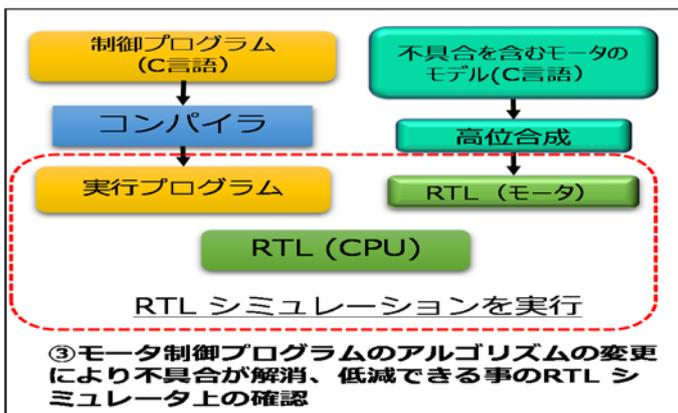
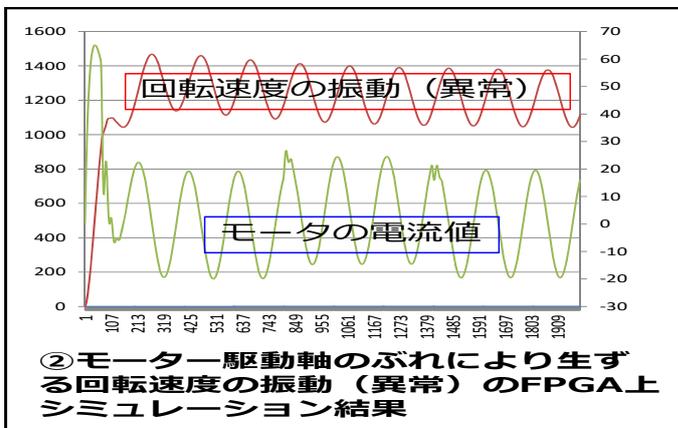
(図19) モータの伝達関数をC言語プログラムに変換



(図20) 駆動回路の伝達関数を C 言語プログラムに変換



(2) モータあるいは駆動回路素子の物理/電気的特性の設計値からの乖離により生じる「モータ回転が不安定に振動する」「消費電流が増大する」等の不具合を電磁界解析シミュレータのシミュレーション結果をFPGA上で再現した。(図21①) これらの不具合に対し、モータ制御プログラムのアルゴリズムを変更することで、回転振動や消費電流の増大を解消あるいは低減できることを、RTLシミュレータ上で確認を行った。(図21②)

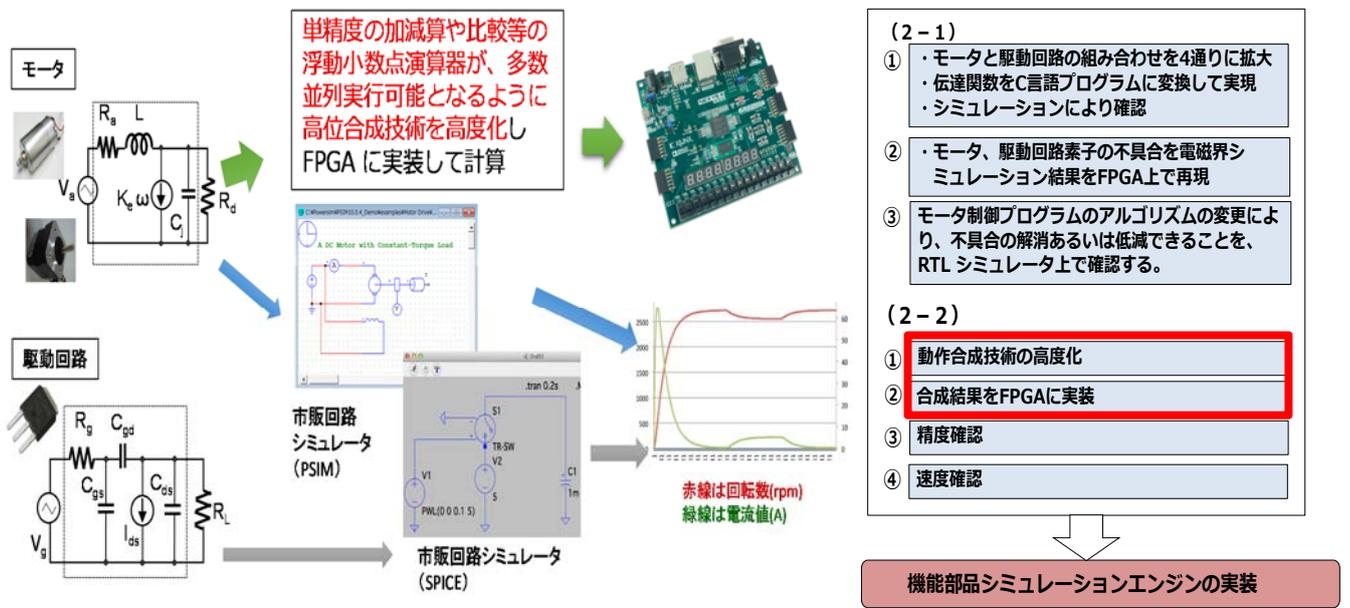


(図21) モータ回転異常時振動のシミュレーション波形及び不具合解消概要図

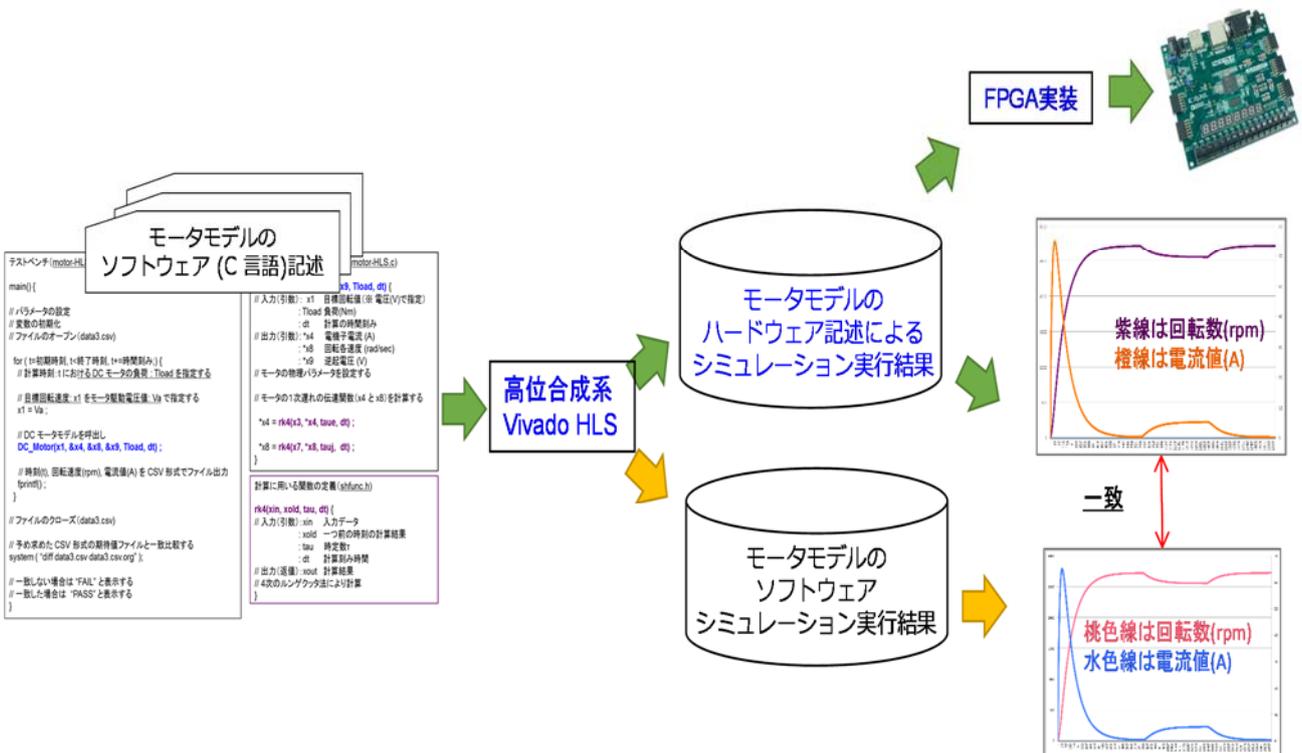
【2-2】モータと駆動回路のシミュレーション高精度化/高速化技術の確立（平成29・30年度実施：（公財）京都高度技術研究所、（株）ESL 研究所）

京都高度技術研究所が「JST CREST ディペンダブル VLSI 領域の研究開発」において得られた「動作合成技術を用いた浮動小数点演算ファブリックの利用方法」の知見をベースに下記の研究開発を行った。

平成29年度は、単精度の加減算や比較等の浮動小数点演算器が多数並列実行可能となるように動作合成技術の高度化（図22）を行った。また、高度化された動作合成を用いて得られたモータと駆動回路の合成結果をFPGA上に実装することでモータと駆動回路のシミュレーションの高精度化/高速化が実現可能であることを確認した。（図23）

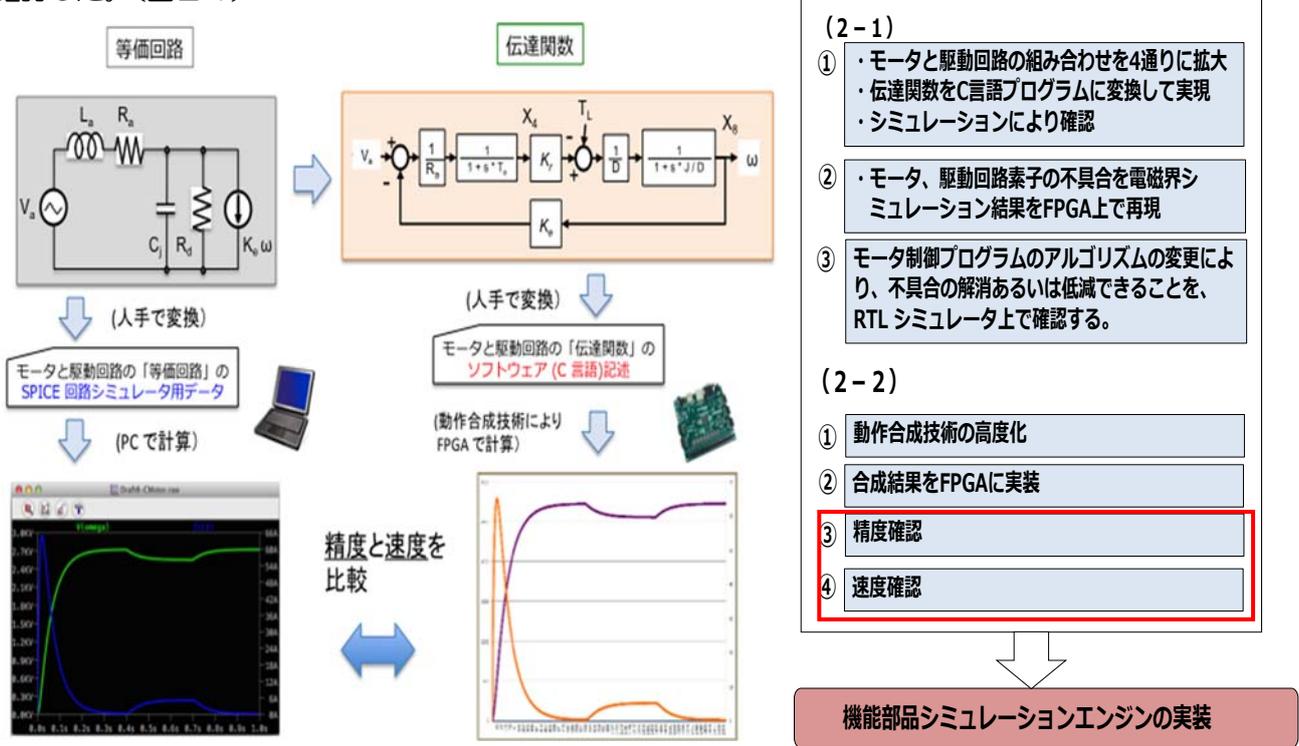


(図22) 動作合成技術の高度化フロー図



(図23) 高位合成高度化シミュレーション結果表示図

平成30年度は、精度については、モータやアナログ回路の単精度浮動小数点モデルを用いたシミュレーション（モータの回転速度や電流値）結果を SPICE 等のアナログ回路シミュレータやモータの電磁界解析シミュレータ（JMAG）を用いて確認した。速度については RTL シミュレーションを用いて確認した。（図24）



	従来手法	本研究開発
テスト方法	同一シミュレーション波形で比較（20万ポイントの、モータの回転数と速度を計算）	
計算手段	Intel 社 CPU (2.8GHz)	Xilinx 社 FPGA (100MHz)
計算方式	回路シミュレータ (LTSpice : ソフトウェア)	伝達関数 (独自)
速度	約30μ秒/1ポイント	(従来比) <b>10倍の高速化</b> : 2.85μ秒/1ポイント
精度	単精度小数点の26bitの有効桁を保証できていない	単精度小数点の26bitの有効桁を保証

(図24) モータと駆動回路のシミュレーションの計算精度と実行速度のテスト結果

《結果》

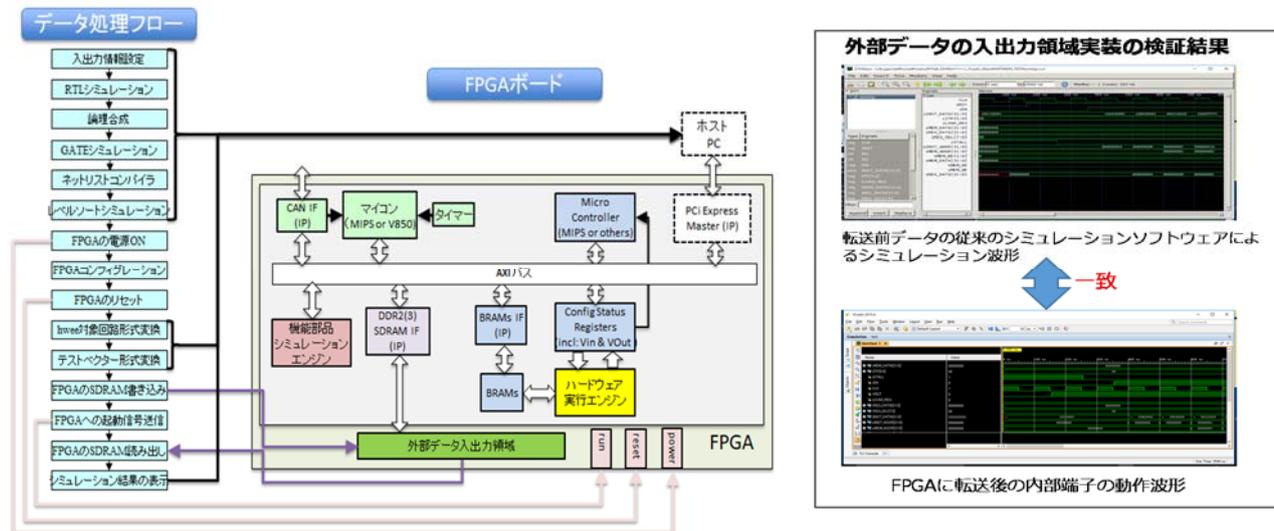
上記の研究開発行い、当初の技術目標を達成した。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
2-1	組合せ	1通り	4通り以上 (H28年度達成)
2-2	精度	精度保証できない	単精度小数点の26bitの有効桁を保証 (30年度達成)
	速度 / 1組合せ	4m秒	0.5m秒以内 (30年度達成)

### 【3】 複数 ECU の相互通信と再構成可能とするための外部通信プロトコルの実装技術の確立

【3-1】 外部データの入出力領域の実装（平成 29 年度実施：国立大学法人高知大学、(株)ESL 研究所、スタビリティ(株)）

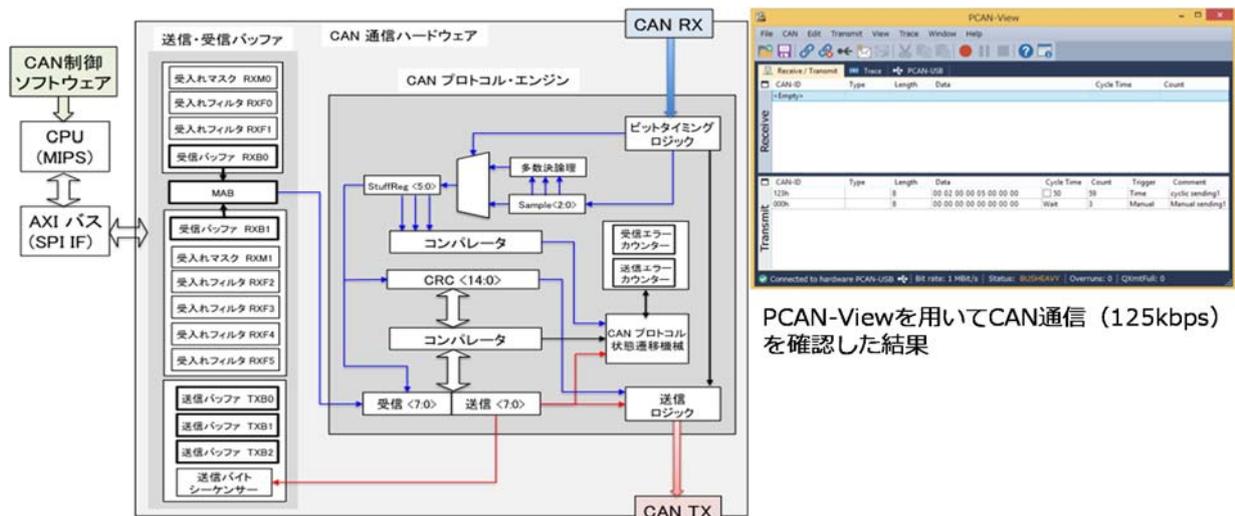
国立大学法人高知大学の知見である「トランザクションデータ通信技術」を活用し、ハードウェアデータや機能部品データの転送手順（通信プロトコル仕様）を決定し、メモリからハードウェア実行エンジンへのハードウェアデータ及び、メモリから機能部品シミュレーションエンジンへのデータ構造と転送仕様の検討・設計（図 25 日左）を行い、FPGA による試作開発・検証（図 25 右）を行った。



（図 25） 外部データの転送手順及び入出力領域の実装図

【3-2】 通信プロトコルの実装（平成 30 年度実施：国立大学法人高知大学、(株)ESL 研究所）

ハードウェアデータ及び機能部品データの入出力の通信方式を検討し、車載ネットワークインタフェースであるCANを前提とした通信プロトコルをハードウェア化し機能部品&駆動回路データ領域及びハードウェアデータ領域への実装仕様の検討・設計（図 26 日左）を行い、FPGA による試作開発を行った。PCAN-View を用いて CAN 通信（125kbps）を確認した。（図 26 右）



（図 26） 通信プロトコル実装ブロック図及びテスト結果

《結果》

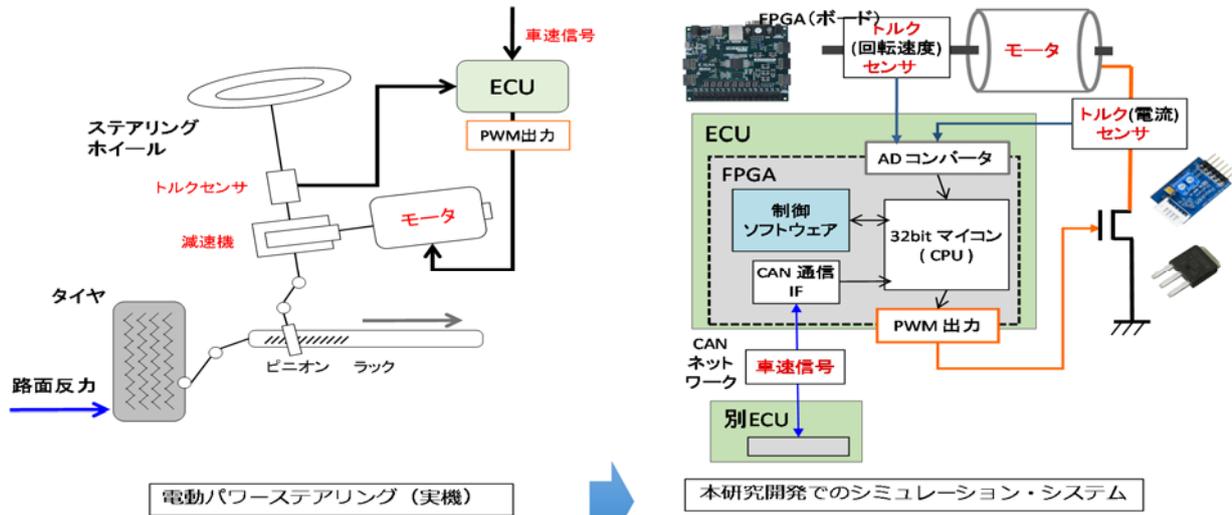
上記の研究開発を行い、当初の技術目標を達成した

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
3-1	通信速度		CAN通信（クラスB, C）を満たす125kbps（30年度達成）
3-2			

#### 【4】複数 ECU が統合シミュレーションできることの実証

【4-1】実証実験用データの開発（平成 29 年度実施：国立大学法人高知大学、(株)ESL 研究所、スタビリティ(株)）

実証実験に必要なマイコンや機能部品（モータ等）の実証実験用データは、第一ターゲットユーザであるマツダ(株)及び、(株)デンソーと議論し、その結果を反映した仕様検討（図 27 左）を行い、実証実験環境を開発・構築（図 27 右）した。

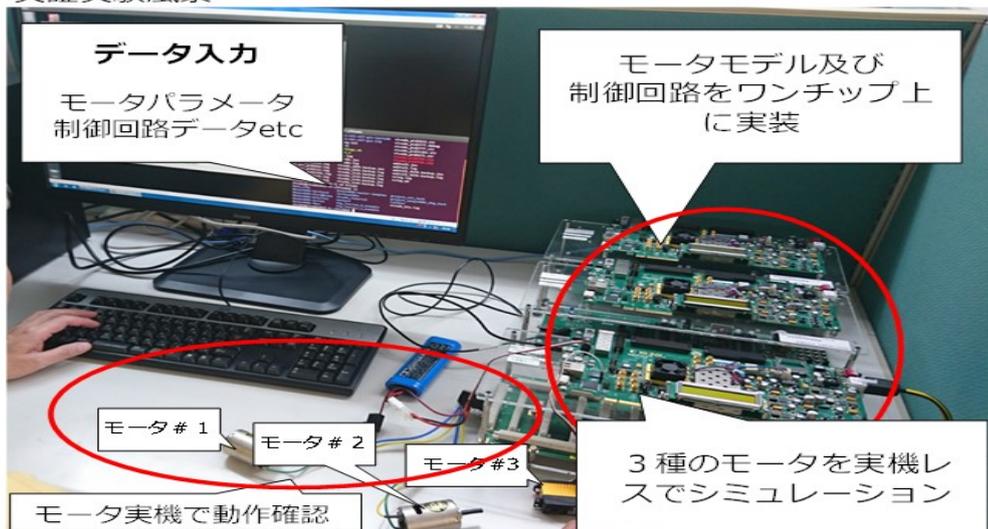


(図 27) 実証実験概要図

【4-2】ECU 実機製作前統合シミュレーションシステムの実証実験（平成 30 年度実施：国立大学法人高知大学、(公財) 京都高度技術研究所、(株)ESL 研究所、スタビリティ(株)）

「複数 ECU の統合シミュレーションシステム」上に、電動パワーステアリングのモータ制御用 ECU と車載ネットワークインタフェース (CAN) で構成されるネットワークシミュレーション環境を構築し、実証実験用に用意された制御ソフトウェアを用いて各 ECU のシミュレーションを行い、各 ECU の統合シミュレーションが可能であることを実証した。（図 28）

#### 実証実験風景



(図 28) 実証実験風景

#### 《結果》

上記の実証実験を通じて、ECU の統合シミュレーションが可能であることを実証した。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
4-1	統合シミュレーション	できない	可能とする（30年度達成）
4-2			

**【5】自動車以外の適用が可能であることやハードウェア／機能部品情報の再構成容易化の実証**

(公財) 京都高度技術研究所が 2013 年に JAXA (宇宙航空研究開発機構) から受託して実施した「SpaceWire プロトコルの拡張とルーター機能の実装」に用いたテスト環境にて「デジアナ混載ハードウェアシミュレータ」を搭載することで JAXA 開発の人工衛星に搭載されている「スタートラッカ」が機能することの実証を行った。

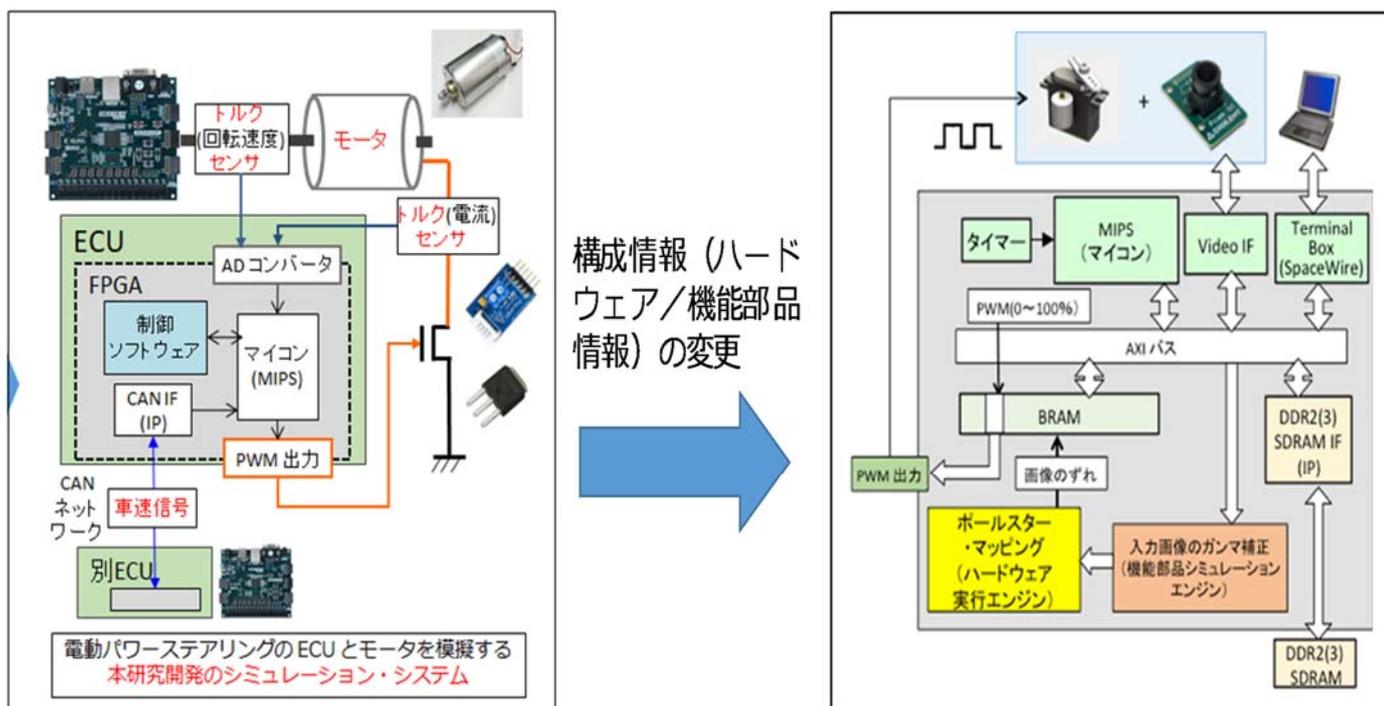
**【5-1】ハードウェア／機能部品情報の変更・書き込みの容易化の実証 (平成30年度実施：国立大学法人高知大学、(公財) 京都高度技術研究所、(株)ESL 研究所、ケイレックス・テクノロジー(株))**

FPGA にワンチップ化された「デジアナ混載ハードウェアシミュレータ」上で自動車 (モータデータ等) から人工衛星 (センサーデータ等) への書き換えが可能で汎用性の確認を行った。また、機能の変更、書き換えがリアルタイムに何回も繰り返し行えることで保守性が高いことを確認した。

センサーからの観測データの処理を行い、対象画像を追跡し続けることを確認し、2013年に JAXA が行ったものと同様にスタートラッカが機能することを実証した。

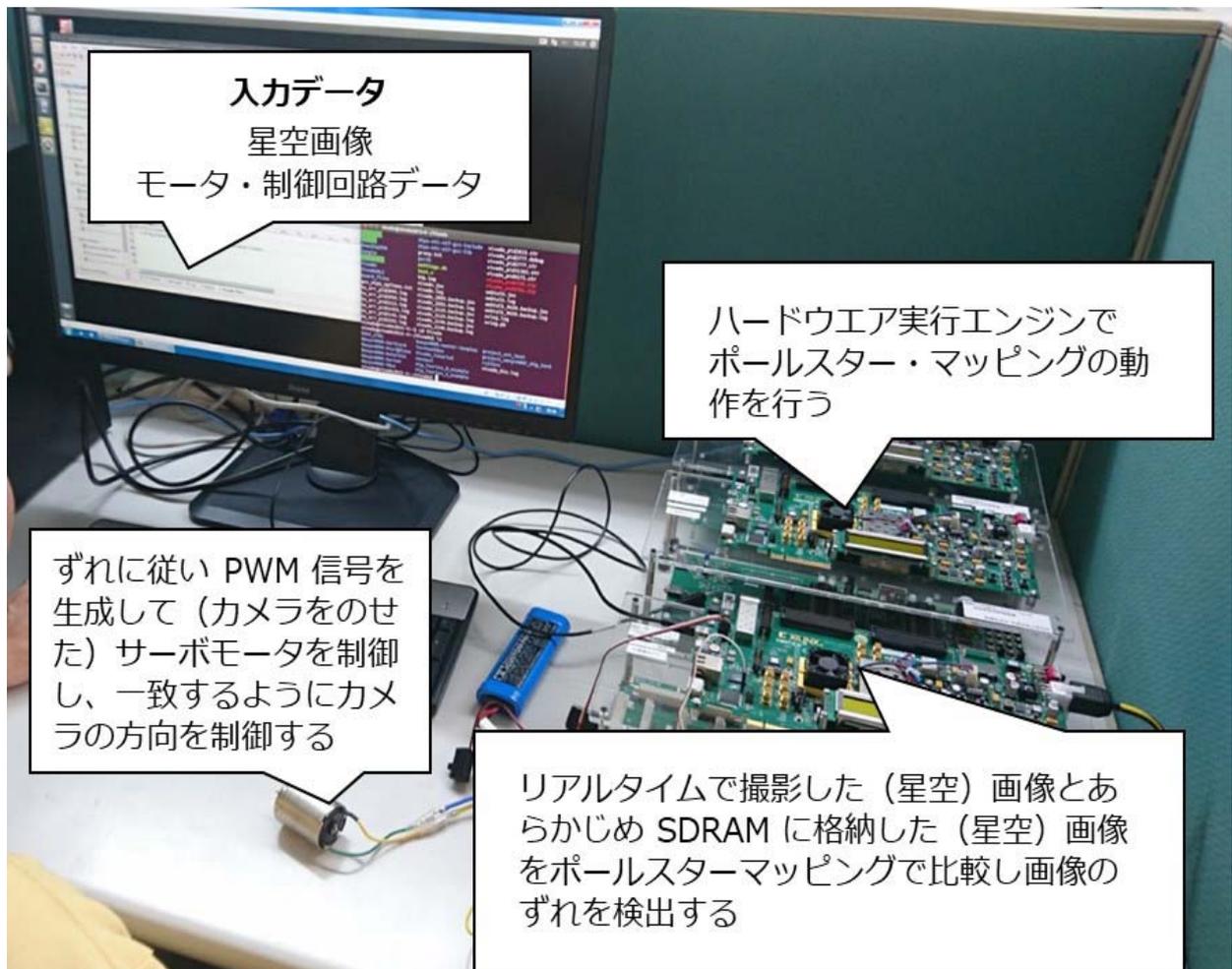
**(1) 汎用性、保守性の確認**

自動車 ECU 用ではハードウェア実行エンジンにモータ制御回路を実装したが、それに変わり「ポールスター・マッピング」機能を実装 (図29) し、自動車以外の適用が可能であることを実証した。(図30)



	ECU機能	スタートラッカ機能
ハードウェア実行エンジン	モータ制御回路	ポールスター・マッピング
機能部品実行エンジン	モータと駆動回路のシミュレーション	入力画像のガンマ変換
マイコンソフトウェア	モータの回転数のフィードバック制御	画像センサの方向の調整

(図29) ECU への適用例 (左図)、スタートラッカへの適用



(図 30) スタートラッカ実証実験

《結果》

上記の実証実験を通じて、自動車以外の適用が可能であることやハードウェア／機能部品情報の再構成容易化が実証され、当初の技術目標を達成した。

サブテーマ番号	項目	従来	新技術
5 - 1	自動車分野以外適用	できない	自動車以外でも適用可能（汎用性） (30年度達成)
	再構成	できない	何回でも再構成可能とする（保守性） (30年度達成)
	スタートラッカ機能		「スタートラッカ」が機能することを確認 (30年度達成)

## 最終章 全体総括

本プロジェクトの推進にあたっては、以下のプロジェクトメンバーの協力体制により、無事、研究開発を完了し、目標通りの成果を達成することができた。

平成 28 年度より 3 年間にわたり、国立大学法人高知大学と（公財）京都高度技術研究所との産学連携により学術的な技術支援を頂いた。また、ケイレックス・テクノロジー（株）やスタビリティ（株）との共同研究開発により FPGA にワンチップ化した「モータ制御用のデジアナ混載ハードウェアシミュレータ」技術を実現することができた。それを基に、車載ネットワークで接続されている各 ECU 間の統合シミュレーション技術の確立を行った。また、最後に複数 ECU 間の統合シミュレーションや自動車以外での実証実験を通して本技術の有効性を立証した。

### 3-1 複数年の研究開発成果

#### 【1】複数 ECU を統合シミュレーションするための「ワンチップ化」技術の確立

ハードウェア実行エンジン、機能部品（モータ）シミュレーションエンジン及び制御ソフトウェア実行用マイコンを FPGA にワンチップ化する技術を確立し、対象となる ECU 回路規模の拡大とシミュレーション実行速度を向上した。（チップ内速度：50MHz、回路規模：40万ゲート）

#### 【2】機能部品のシミュレーション対象の拡大と「精度」と「速度」を向上する技術の確立

モータと駆動回路の様々な「組合せ」を「高精度」且つ「高速」でシミュレーションする技術を確立した。（組合せは4通り、シミュレーション精度は、26bit、シミュレーション実行速度は0.5 ミリ秒）

#### 【3】複数 ECU の相互通信と再構成可能とするための外部通信プロトコルの実装技術の確立

ハードウェア／機能部品情報の再構成及び、複数 ECU の統合シミュレーションを実現するために複数 ECU の相互通信を可能とする通信プロトコルをデバイス上に実装する技術を確立した。（CAN 通信を満たす 125kbps）

#### 【4】複数 ECU が統合シミュレーションできることの実証

ECU データを用いて複数 ECU が統合シミュレーション可能であることを実証した。

#### 【5】自動車以外の適用が可能であることやハードウェア／機能部品情報の再構成容易化の実証

自動車分野以外での適用やハードウェア／機能部品情報の変更・書き込みが容易に行えることで汎用性が高いことを実証した。

以上の結果により、本研究にて開発した「モータ制御用のデジアナ混載ハードウェアシミュレータ」技術の有効性が立証され、それを基に、複数 ECU の統合シミュレーションが可能であることが実証できた。

### 3-2 アドバイザーからのコメント

アドバイザー3社から以下の貴重なアドバイスを頂いた。本内容については、追加研究の課題とする。

#### 株式会社デンソー

- EV 時代を迎え、あらゆるモータをシミュレーション可能とするこの仕組みは大いに期待ができるので予定通り完成して頂き、是非、導入をしたい。
- 自動運転においては ECU が高機能化され、ECU が扱うデータ量が増大するので大規模化対応（LSI 化、セキュリティ技術の確立）が必須となる。
- 事業期間終了後にテスト導入・評価を行い、導入検討を行いたい。

#### マツダ株式会社

- 納車後も機能進化やクレーム対応が必要だが、数万台に及びオンサイトの部品交換は多大なコストがかかる。On The Air でソフトウェアやハードウェアデータを書き換え可能とする本システムの利用が期待できる。

- 車載システムの将来の課題（要望等）を定期的に意見交換する中で、次期以降のLSI化プロジェクトに活かしてほしい。
- 欧州ツールの例に習い 展開戦略として 本システムを活用した人材教育から入ることも有益である。

### 三菱電機マイコン機器ソフトウェア株式会社

- ルームエアコンの室外機設計は現在、実機完成後に室内機との現物合せを行っているが、本技術を応用することにより、現物を作らずにモータ制御用ソフトウェア設計を容易化し、室内機情報（温度、湿度、人感センサー）とのマッチングが可能となり生産性向上の期待がある。
- IoT分野への応用では、産業機器同士をつなぐIoTが必要であり、そのためには三菱の通信仕様（CC-Link）をサポートする必要がある。
- 空調を含めた、総合的なビル管理システムへの適用やIoT教育用システムへの応用が期待できる。

### 3-3 研究開発後の課題

今後は、本事業の成果に基づき、次の課題の解決を行う追加研究を実施し、確実に事業化につなげる。

#### ○事業化に向けての課題

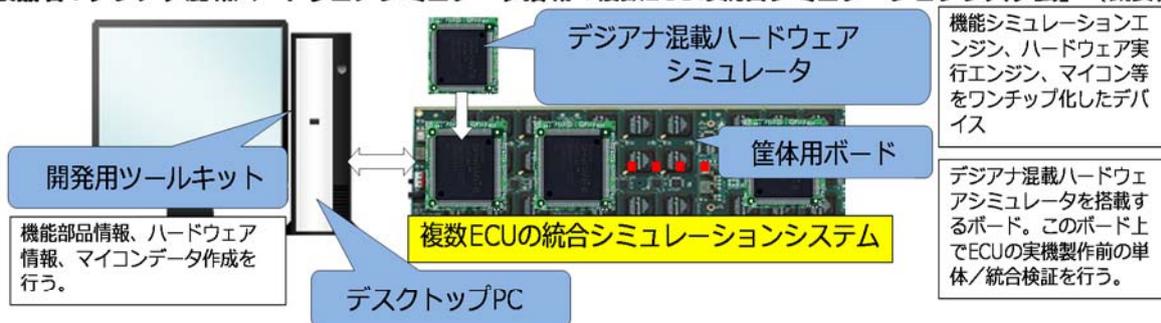
- （1）自動運転車においてはECUが高機能化され、ECUが扱うデータ量が増大するので大規模化対応が必須となる。⇒LSI化の検討
- （2）インターネット経由でソフトウェアやハードウェアデータを書き換え可能とする仕組み
- （3）IoT分野への応用では、多種のネットワークインタフェースのサポートが必要
- （4）大規模データの取扱やセキュリティ技術の確立

### 3-4 補助事業の成果に係る事業化展開について

補助事業の成果に係る事業化展開について、国立大学法人高知大学と（公財）京都高度技術研究所は、補助事業終了後においても引き続き技術支援を行う。事業化展開については、以下の様に計画している。

#### 【研究開発成果に係る製品等】

#### 製品名：デジアナ混載ハードウェアシミュレータ搭載「複数ECUの統合シミュレーションシステム」（概要図）



#### （用途）

自動車メーカーや車載電装品メーカーにおける車載電子装置（ECU）の設計・開発においてECUの実機製作前の単体/統合シミュレーションに用いられる。また、自動車以外の成長分野への適用も可能である。

#### （製品の特長）

- ・現在、別々に行っているハードウェアや機能の開発が統合的に行える
- ・ECUの単体/統合シミュレーションが設計の早期段階で行え、不具合による手戻りが減少するため設計の生産性が向上する。
- ・シミュレーション速度が速い
- ・ハードウェアや機能の再構成が容易に行え、様々な組み合わせの検証ができる

#### （製品の構成及び想定価格）

- ①デジアナ混載ハードウェアシミュレータ (100,000円/個)
- ②開発用ツールキット (1,000,000円/式)  
（マイコンデータ、論理回路データコンパイラ、ソフトウェアコンパイラ、機能部品コンパイラ）
- ③筐体用ボード（デスクトップPCを含む） (1,500,000円/式)

#### （標準セット構成と想定価格）

- ①デジアナ混載ハードウェアシミュレータ 10個 (1,000,000円)
- ②開発用ツールキット 1式 (1,000,000円)
- ③筐体用ボード 1式 (1,500,000円)
- 計 3,500,000円/セット

#### （採算性）

代理店コミッションを30%と設定し、販売価格に対する、原価率を30%以内に抑えることで粗利として27%程度確保する。

#### （価格の妥当性）

- ①従来品はECUのマイコンと制御ソフトウェアの検証のため100～200万円と安価であるが、機能部品との統合検証にはHILS（700万円）が必要となる。
- ②デジアナ混載ハードウェアシミュレータの価格は、同程度の回路規模のFPGAと比較して妥当である。
- ③開発用ツールキットは、通常FPGA開発用として付属されるものは60万円程度であるが、マイコンデータや機能部品コンパイラが追加されていることから妥当である。

#### 【既存製品との比較】

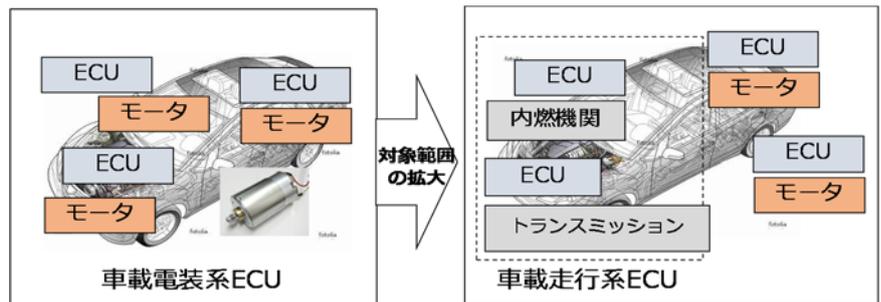
	既存製品	本開発製品
ECU機能のモデリング	ECUのマイコンと制御ソフトウェアのモデリング	ECUのマイコンと制御ソフトウェアのみならず、機能部品のモデリングが可能
検証方式	コンピュータ上で仮想的に実行	ハードウェア上で実行
実機製作前検証	HILS：Hardware-In-the-Loop-Simulation（実機を仮想的に再現した環境）との組合せが必要	HILSとの組合せ無しで可能
実機製作前統合検証	できない	全体の30%程度を占める統合検証時の不具合を、早期に発見、対応することで生産性を30%以上向上できる
テスト（安全保障）	検証期間が取れずテストが不十分	検証期間が短縮されるため、十分なテストができる。
価格	ソフト+HILS合計で800～900万円	350万円～

【その他波及効果】

1	自社への効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来の蓄積技術を高度化し、統合することによる自社技術の向上</li> <li>事業化後4年で、売上が現在の10倍に拡大</li> <li>本技術を開発することで、マツダ(株)、(株)デンソー及び三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株)との信頼関係強化が実現できる。</li> </ul>
2	自動車メーカー、車載電装品メーカーへの効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>高位設計の実現により、複数ECUの実機製作前統合シミュレーション技術のノウハウの蓄積と普及に貢献する</li> </ul>
3	自動車以外への展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動車分野以外の成長分野（健康、エネルギー、航空・宇宙）において汎用的な利用が期待できる</li> <li>IoT機器への応用が期待できる</li> </ul>

【新たな事業展開の可能性】

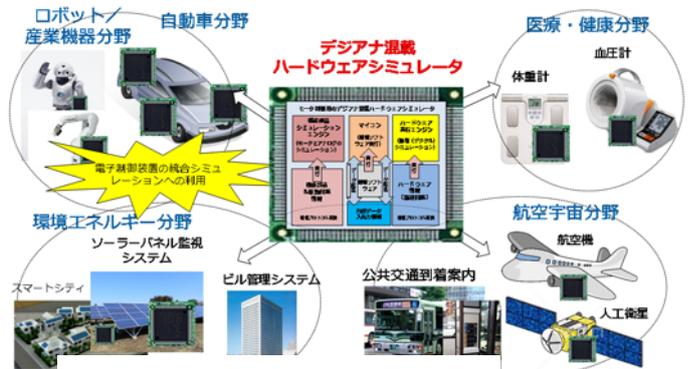
当面は、自動車モータ制御用の電装系のシミュレーションを対象とするが、将来的には自動車の走行系（内燃機関とトランスミッション等）をモデル化して高速シミュレーションを可能とすることにより、**自動車の車体全体に適用できる可能性が高い。**（図31）



（図31）車載電装系（モータ制御）から走行系を含む車体全体への適用

（自動車や産業用ロボット等への専用的用途）

自動車分野においては「デジアナ混載ハードウェアシミュレータ」として車載ECUのシミュレーション用として専用的に利用されるが、**生産工場用自動組み立てロボットやソーラーパネル管理システム等に使用されている様々な電子制御装置にも適用が可能になる。**（図32）



（図32）本研究成果の応用例

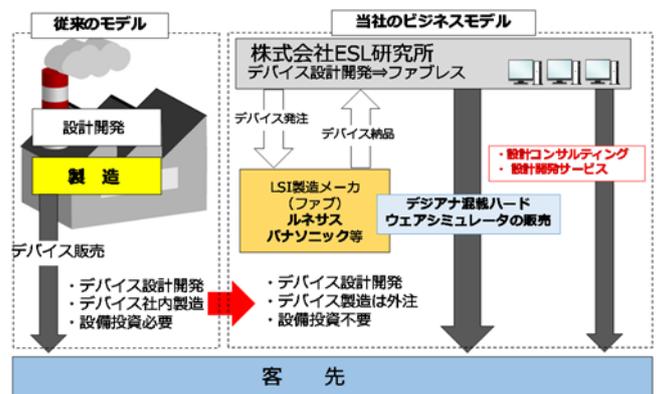
（自動車以外の汎用的用途）

ハードウェアや機能部品がフレキシブルに再構成可能とする特長を利用して、**自動車産業以外の成長分野（健康、エネルギー、航空宇宙）において汎用的に利用が期待できる。**

また、本研究成果の特長である**遠隔操作による機能変更を可能とすることでビル管理システムや公共交通システムへの利用も期待できる。**（図32）

（新しいビジネスモデル）

デバイスの販売と並行して、当社の新たなビジネスモデルとしてファブレス（設計は自社、製造は外注）をベースとした、設計及び設計サポート事業等の新たな事業展開も見込める。（図33）



（図33）新しいビジネスモデル

## 【想定する国内、海外市場（現状、今後の動向）】

### （事業化を想定する市場）

事業化の当面の市場は自動車市場である。カーエレクトロニクスの進展により、ECUが100個程度も搭載され、ECU間はネットワークで接続され機能の高度化／追加がさらに進み、ECU間の連携を必要とする統合制御では、設計・検証が複雑になり、ECUの設計工数が爆発的に増大すると予想されている。そのため、従来の部品レベルの個別最適化より上位の概念を取り扱う、新たな設計環境が求められており、その手法の一つとして高位設計技術が、将来に向けたカーエレクトロニクス設計支援ツールとして注目されている。本開発製品は高位設計を実現する製品として、自動車市場に事業展開を行いたい。また、成長分野における電装品早期段階でハードウェアと機能の検証を行える特長を生かし、成長分野市場での事業化も想定する。

### （市場の規模と今後の見通し）

自動車市場は、リーマンショック後の2009年に落ち込んだが、その後は順調に拡大し、2014年で8,500万台であった。今後の見通しとして、2018年に1億台を突破した後、2020年には1億500万台近くまで伸びる予測である。（出典：IHS Automotive）（図34）



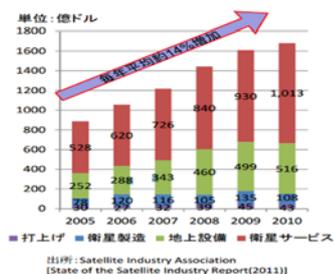
（図34）自動車の販売台数予測

■車載ECU世界市場

	2013年	2025年予測	2013年比
パワーtrain系ECU	1億3,136万個	2億4,410万個	185.8%
足回り系ECU	1億942万個	2億3,543万個	2.2倍
ボディ系ECU	10億1,156万個	14億6,107万個	144.4%
走行安全系ECU	9,675万個	1億9,202万個	198.5%
情報系ECU	8,005万個	1億6,227万個	2.0倍
HV/EV系ECU	954万個	7,925万個	83倍
スマートセンサー/アクチュエーター	1億2,421万個	4億3,224万個	3.5倍
数量合計	15億6,189万個	28億6,388万個	179.7%
金額	6兆6,722億円	11兆6,422億円	191.9%

（図35）車載ECUの世界市場

ECU市場もエレクトロニクス化が進む中で自動車一台当たりのECU搭載数が増え、市場は拡大し、2013年に15億個（6兆円）であった。今後の見通しとして、2025年には、13年比約80%増の28億個（11兆円）に伸長すると予測されている。（出展『2014 車載ECU関連市場の現状と将来展望』（2015/1/29 株式会社富士キメラ総研）（図35）一方、成長分野の一つである航空宇宙産業は今後も市場規模が増加していく見込みであり、最大の商業市場は、通信・放送衛星である。近年、地球観測衛星の需要が拡大しており、特に自国では衛星開発を行えない新興国市場では、今後10年で過去10年の4倍の需要が見込まれている。（図36）



（図36）成長分野（航空・宇宙産業）の市場

## 【川下企業（顧客）ニーズ】

### （ターゲットとする川下企業（顧客）からのニーズ）

本製品の第1ターゲットユーザは、ESL研究会においてECU開発技術の議論を、共に行ってきた(株)デンソー、マツダ(株)である。両社において、実機製作後のECU間統合シミュレーションで発見される不具合は、全体の30%を占めており、ハードウェアの再製作は困難であることから、不具合はソフトウェア修正で対応しており、手戻りに長時間を要している。そのため十分な故障模擬テストが行えず、市場でのリコール等のトラブルにつながりかねない懸念もある。三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株)も同様である。

具体的なニーズとしては、

- ① 実機製作前にECUのハードウェアとソフトウェアの試作／検討／検証を行いたい。
- ② 実機製作後のECU間統合シミュレーションで発見される、不具合対応の設計手戻り時間を短縮し、十分な故障模擬テストを行いたい。
- ③ 設計者一人が1台を使用できる安価な価格設定としてほしい。
- ④ ハードウェア情報や機能部品情報の再構成を可能にしてほしい。

### （対応方針）

上記のニーズに対応し、ECU実機製作前に単体／統合シミュレーション可能で、不具合対応の設計手戻り時間を短縮する製品を開発し事業化する。又、設計者一人1台が使用できる安価な（350万円）設定とする。(株)デンソー、マツダ(株)には製品開発中に導入評価を頂き、製品の機能向上を行い、事業開始後2年以内に各社一社の導入につなげたい。

**【販売先、川下製造業者等の事業化の体制】**

**(事業化担当者(所属・役職))**

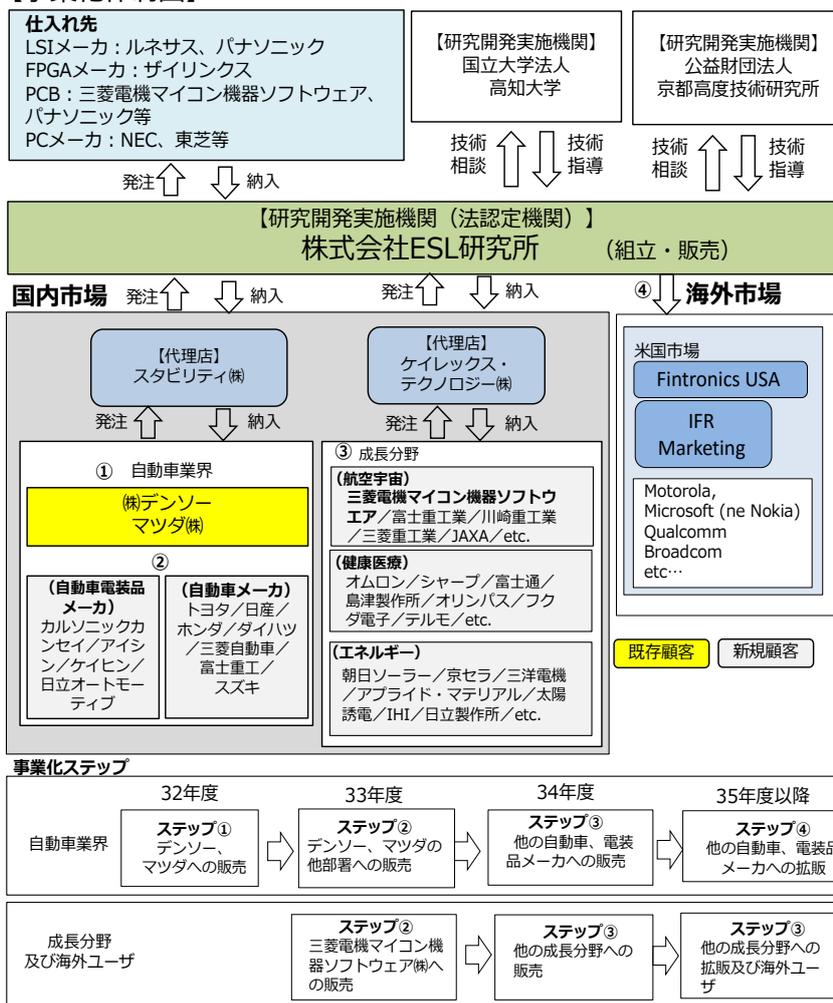
株式会社ESL研究所  
代表取締役 染谷 勤  
**(生産体制)**

販売数量が少量の期間は自社内で組立・調整を行うが、販売数量が増加した際は、組立・調整は外注化を予定している。外注先としては、三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株)を予定している。

**(販売促進戦略)**

国内は、スタビリティ(株)(自動車分野担当)ケイレックス・テクノロジー(株)(成長分野担当)を代理店とし、米国は FintronicsUSA、IFR Marketing を起用する。また、公益財団法人千葉県産業振興センターより販路拡大及び他企業とのマッチング等の協力や支援を頂く。

**【事業化体制図】**



(図37) 事業化体制図

**(年度ごとの取り組み)**

実施時期	具体的取り組み予定
平成32年度 (ステップ①)	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1ターゲットユーザである(株)デンソー、マツダ(株)に評価頂き、製品の改善・改良を行い導入につなげる。</li> <li>国内外の展示会出展 (ESEC、DAC)</li> </ul>
平成33年度 (ステップ②)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(株)デンソー及びマツダ(株)の他部署・他工場への横展開を行い、導入件数の増大を実現する。</li> <li>三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株)へ販売を行う。</li> <li>国内外の展示会出展 (ESEC、DAC)</li> </ul>
平成34年度 (ステップ③)	<ul style="list-style-type: none"> <li>他のECUメーカー及び自動車メーカーへ販売を行う。</li> <li>他の成長分野への販売を行う。</li> <li>国内外の展示会出展 (ESEC、DAC)</li> </ul>
平成35年度 (ステップ④)	<ul style="list-style-type: none"> <li>他のECUメーカー及び自動車メーカーへ販売を行う。</li> <li>他の成長分野への拡販を行う。</li> <li>海外での販売を開始(米国内で販路開拓を担う代理店としてIFR Marketing社を起用し、主に西海岸を中心に拡販を行う。)</li> </ul>

### 【事業化への実現性】

当社のもの補助等の開発成果に関して第1ターゲットユーザである(株)デンソー、マツダ(株)に評価をいただいた結果、今回の取組が達成できればテスト導入の可能性が高いため、自動車業界に販路を持つスタビリティ(株)を通じての販売が確実である。三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株)においても同様で、当社に販売実績を持つケイレックス・テクノロジーを通じての販売が確実である。

### 【知財戦略】

平成30年度に、他社特許等への抵触を避けることや技術情報の把握のため特許先行調査を行った。本研究開発期間中の成果の一部を事業期間終了後1年以内に特許出願する事を検討する。

### 【様々な産業への経済効果】

1	自動車分野への波及効果	開発生産性向上により期間の短縮や人件費が削減されることで、開発コストの大幅な低減に貢献する。また、開発の早期段階で故障模擬テストが十分に行えることで、現在問題となっている市場でのトラブル（リコール）を低減する
2	成長分野への波及効果	自動車以外の成長分野においても、開発プロセスの生産性を向上するといった本製品の効果が期待できる。また、より多くの不具合を早期設計段階で発見し、メーカーは製品出荷前に対処でき、企業イメージの向上が期待できる。
3	地域経済と雇用の支援	千葉県における、車載電装品／組込みシステム用の設計環境開発の一拠点となり、県内経済を活性化する 事業開始後には数十人の開発者が必要となるため、地元の雇用の促進や、人材育成に取り組む
4	代理店への効果	本製品の販売による事業拡大
5	その他	この分野の設計ツールは海外製品に依存しているが、国内で製品化することで、売上拡大、利益拡大に貢献できる。

### 【産業政策との整合性】

#### （日本の電子産業の復興と国際競争力の復活）

生産のみならず製品開発力も海外に比較して低下している現状を打開するために日本独自のシミュレーション技術を確立する。

本技術は日本でのみ実現可能なオンリー・ワン製品を生み出す基盤となり、日本が従来得意としてきた製品企画（システム技術）を早期に行い、大幅な生産性の向上とコストダウンを実現することで、日本の電子産業復興と国際競争力の復活に繋がる。

#### （成長分野への貢献）

健康分野においては、安心・安全で健やかな生活の維持・向上のために介護や見守り用などの医療機器へIoTの活用が進んでいる。

また、エネルギー分野ではクリーンでスマートなライフスタイルの実現や便利で快適な生活の維持・向上を実現する要求が高まっている。

しかしながら従来のIoT機器開発の生産性が悪く、開発期間が長いことが課題となっている。

本成果を成長分野に適用することでIoT機器開発の短納期、低コストかつ高品質を可能とし、安心・安全で健やかな生活と便利で快適な生活の維持・向上ができる社会の構築に貢献できる。

#### （グローバル展開）

本技術を活用することで日本製品の品質向上とコスト削減が実現され、日本産業全体のグローバル競争力強化に貢献が期待できる。

従来に無い高位設計による革新的なシミュレーション技術を開発することで、あらゆる分野に利用される電装品開発の生産性と品質が大幅に改善されることが期待できる。

#### （産学連携推進）

国立大学法人高知大学や公益財団法人京都高度技術研究所の技術の活用と共同研究により、産学連携による新しい商品開発や事業立上げを実現する。

【事業化に至るまでのスケジュール】

製品等の名称		複数 ECU の統合シミュレーションシステム								
開発事業者		株式会社 E S L 研究所								
想定するサンプル出荷先		マツダ(株)、(株)デンソー、三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株)								
スケジュール	事業年度	平成 31 年度	平成 32 年度	平成 33 年度	平成 34 年度	平成 35 年度				
	サンプルの出荷	→								
	追加研究	→								
	設備投資									
	製品等の生産	→								
	製品等の販売	→								
売上見込	売上高 (千円)		4,900	19,600	122,500	330,750				
	販売数量 (式)		2	8	50	135				
売上高の根拠		【売上計画】								
		売上計画 (定価350万円、販売単価245万円)								
		金額単位：千円								
		販売先	32年度		33年度		34年度		35年度	
			数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額
		デンソー	1	2,450	5	12,250	20	49,000	30	73,500
		マツダ	1	2,450	3	7,350	10	24,500	10	24,500
		他のECUメーカ					5	12,250	30	73,500
		他の自動車メーカ					5	12,250	40	98,000
		成長分野					10	24,500	20	49,000
海外ユーザ							5	12,250		
販売金額合計	2	4,900	8	19,600	50	122,500	135	330,750		
製造原価 (販売金額の30%)		1,470		5,880		36,750		99,225		
代理店マージン (30%)		2,100		8,400		52,500		141,750		
利益 (粗利)		1,330		5,320		33,250		89,775		
		(標準セット構成と想定価格) ※詳細については 23 ページ参照								
		① デジアナ混載ハードウェアシミュレータ 10個 (1,000,000 円)								
		② 開発用ツールキット 1式 (1,000,000 円)								
		③ 筐体用ボード 1式 (1,500,000 円)								
		計 3,500,000 円/セット								
		【計画達成根拠と理由】								
		<b>ステップ①</b>								
		平成 32 年度は、第 1 ターゲットユーザである(株)デンソー、マツダ(株)に、製品開発中に導入評価を頂き、その評価結果により改善を行い製品の機能向上を果たし、各社 1 セットの導入につなげていきたい。								
		<b>ステップ②</b>								
		平成 33 年度は(株)デンソーの他部署/他工場 (5 式) 及びマツダ(株)の他部署/他工場 (3 式) への横展開を行い、他の ECU メーカ、自動車メーカへの展開も行う。								
		<b>ステップ③</b>								
		平成 34 年度：ECU メーカ (カルソニックカンセイ、アイシン、ケイヒン、日立オートモティブ等) (5 式)、自動車メーカ (トヨタ、日産、ホンダ、ダイハツ、三菱重工業) (5 式)、(株)デンソー：20 式、マツダ(株)：10 式、三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株)等、成長分野ユーザへの販売 (10 式) 計 50 式								
		<b>ステップ④</b>								
		海外市場への販売を開始する。米国はモトローラ、クアルコムといった ECU メーカをターゲットとする。マイクロソフトやブロードコムといった組込み機器メーカへの展開を行う。								
		平成 35 年度：成長分野 (20 式) ECU メーカ (30 式)、自動車メーカ (40 式) の販売を行う。(株)デンソー (30 式)、マツダ(株) (10 式) 海外ユーザ (5 式) 計 135 式								