

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「1 線式デバッグインターフェースに対応した  
組込みソフトウェア支援ツールの開発」

## 研究開発成果等報告書

平成23年9月

委託者 中部経済産業局  
委託先 株式会社サニー技研

## 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
1-2	研究体制	3
1-3	成果概要	6
1-4	当研究開発の連絡窓口	9
第2章	本論	10
2-1	C言語開発に対応した開発支援ソフトウェア 及びデバッグソフトウェアの開発 (サブテーマ④)	11
2-2	適合ツールソフトウェアの開発 (サブテーマ⑤)	12
2-3	Eclipseプラグインソフトウェアの調査と実装評価 (サブテーマ⑦)	13
2-4	組み込みソフトウェアツール開発者向けパッケージ開発 (サブテーマ⑧)	14
2-5	EV(電気自動車)もしくはHV(ハイブリッド車)開発に 向けた組み込み開発環境の拡張 (サブテーマ⑨)	15
2-6	プロジェクトの管理・運営 (サブテーマ⑩)	16
第3章	全体総括	17
3-1	研究開発後の課題	17
3-2	事業化展開	20

## 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

近年、自動車の電子制御化が進み、自動車の制御を行う ECU (Electronic Control Unit) と呼ばれるコンピュータユニット (マイコン (マイクロコントローラの略)) の搭載数が飛躍的に増加し、それに伴いマイコンに搭載する組込みソフトウェアの規模も増大している。その規模拡大に品質の維持・向上が追従できずに、電子装置に起因する不具合等が大きな社会問題になっている。電子装置の品質維持・向上が国際競争力向上には必須である。

これら電子装置における組込みソフトウェア開発コストが製品開発コストの 80% を越える製品も見られるようになってきており、組込みソフトウェアのコスト削減は国際競争力に大きな影響を与えることにもなっている。

自動車の品質確保のためには検査ツールを用いて組込みソフトウェアに対する試験を強化する必要がある。従来、自動車に搭載される ECU の開発工程における試験支援は、利用される ECU 毎に個別対応の専用のツールを用いて試験を行う必要があったり、かつ、その多くが海外製であったりと、ツール導入コストの負担増や自動車開発費用の海外流出という問題が生じてきている。

また、これらのツールはマイコンやツールの製造メーカー、自社開発など独自の仕様によるため、相互連携に弱く、価格も高価であるため、導入コスト、検査作業の効率化についても対策が必要な状況となっている。

さらに、世界的には開発ツールにおいても機能安全規格への対応が要求されており、我が国でも機能安全規格への準拠が必須となりつつある。

上記のような課題に取り組むにあたり、国内の自動車の ECU のソフトウェア基盤や車内 LAN インターフェース規格の標準化を推進する団体である JasPar より、デバッグインターフェースを最小の端子数で実現させる「1 線式デバッグインターフェース」の規格が提唱されている。

本研究開発は、この 1 線式デバッグインターフェースに準拠するマイコンに対応したソフトウェア支援ツールを開発することにより、組込みソフトウェアで利用される各種ツールの統合・連携、国内ツールの利用促進、日本発技術の国際標準化をねらい、効果的なコスト削減や品質向上を支援することを目的とするものである。

自動車ソフトウェア開発において、本研究開発が解決・改善させる課題のうち、技術的目標設定を必要とするのは、【1 線式デバッグインターフェースによる統合】、【機能安全対応】、【Eclipse 連携による生産性向上】、【国産ツールの普及】である。

#### (1) 1 線式デバッグインターフェースによる統合

当該課題への効果的な対策方法として、ソフトウェアテストを効果的に支援するツールの利用が重要となる。そのため、本研究開発では、1 線式開発支援ツールによる自動車ソフトウェアテストに必要なツールの対応率 80% を目指す。

現状、1 線式支援ツールで実現できているツールはデバッガのみであり、自動車開発で要望されるツールの 10% 程度の対応率である。一気に 80% 以上のツールに対応し、1 線式支援ツール群としても体系を築く。

#### (2) 機能安全対応

自動車向け機能安全規格 ISO/DIS 26262 では、利用するツールの処理と生成データの違いから機能安全対策レベルが分けられている。この対策レベルによると RAM モニタ、適合、フラッシュライターなどのツールは機能安全対応が必要となる。本研究開発では IEC61508、及び ISO/DIS 26262 のツール対応要件を調査し、開発ツールを機能安全対応する。

(ISO26262 は、本研究期間中に Part10 以外は FDIS 版であるが、本書では計画時の呼称である ISO/DIS 26262 で統一する)

### (3) Eclipse 連携による生産性向上

現在自動車開発にて利用されている各種支援ツールは、開発メーカーが異なるなどの理由から、ツール間連携は進んでいない。さらに、従来はマイコンメーカー独自仕様のインターフェースを介した状態であったために、ツール統合は困難であった。本研究開発で利用する 1 線式デバッグインターフェースを活用すればマイコン依存が無く、状態参照・変更など実現できる。従って、ツールの機能統合が容易に実現可能である。

一方、自動車ソフトウェア開発環境は、従来の独自環境から Eclipse を利用した環境に移行しつつある。これは、有用なプラグインツールが公開・利用できるため、世界中で利用が進んだためである。また、このプラグイン機能を応用すれば、各機能間の連携が容易に実現できる。

そこで、本研究開発では、ベース環境として Eclipse を用い、各支援ツール機能をプラグインとして提供するとともに、各機能間でのデータ授受方式とリモート実行方式の規定・完成させる。

### (4) 国産ツールの普及

海外製の高価なツールを国産化することは、海外への資金流出を抑制し、国産支援ツール市場の活性化を促進させる。JasPar の 1 線式デバッグインターフェースは国内で規定されたもので、この規格を導入することにより、国産かつ導入しやすい価格での環境構築が可能となるなどのコスト面の効果を得ることができる。

上記の目標を達成させるために、本研究開発では次のサブテーマを掲げる。

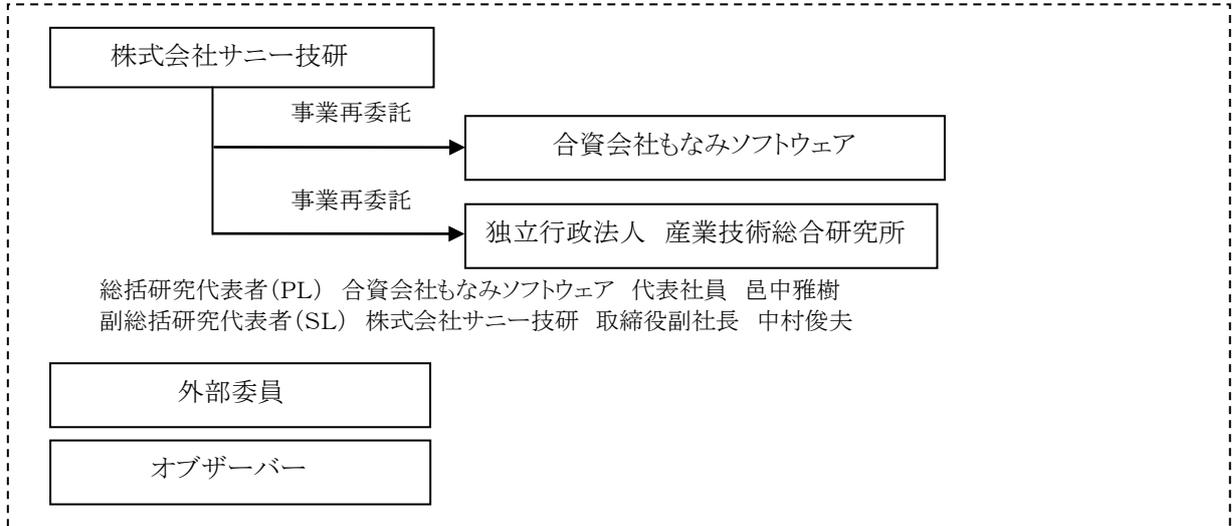
- |        |  |        |
|--------|--|--------|
| サブテーマ① | 1 線式デバッグインターフェース調査とデバッガ、適合ツール機能検討              | (実施済み) |
| サブテーマ② | Eclipse の調査と組み込み開発環境への適用検討                     | (実施済み) |
| サブテーマ③ | 組み込みソフトウェア開発用共通 API の策定                        | (実施済み) |
| サブテーマ④ | C 言語開発に対応した開発支援ソフトウェア及びデバッグソフトウェアの開発           | (未実施)  |
| サブテーマ⑤ | 適合ツールソフトウェアの開発                                 | (未実施)  |
| サブテーマ⑥ | 適合ツール評価用インターフェースアダプタ開発                         | (実施済み) |
| サブテーマ⑦ | Eclipse プラグインソフトウェアの調査と実装評価                    | (未実施)  |
| サブテーマ⑧ | 組み込みソフトウェアツール開発者向けパッケージ開発                      | (未実施)  |
| サブテーマ⑨ | EV (電気自動車) もしくは HV (ハイブリッド車) 開発に向けた組み込み開発環境の拡張 | (未実施)  |

上記のサブテーマに対し、これまで本研究開発の基本技術となる 1 線式デバッグインターフェースの規格策定・基本開発を実施し、一部の支援ツール研究開発を成功させた (サブテーマ①②③⑥)。しかし、これまでの成果では、デバッグ、RAM モニタ、CAN アナライザ等の各ソフトウェア間での連携が不十分であった。今後の目標として、残り 5 サブテーマの実現を計画し、各ツール間での相互連携を可能とするとともに、統合支援ツールとして確立させる。

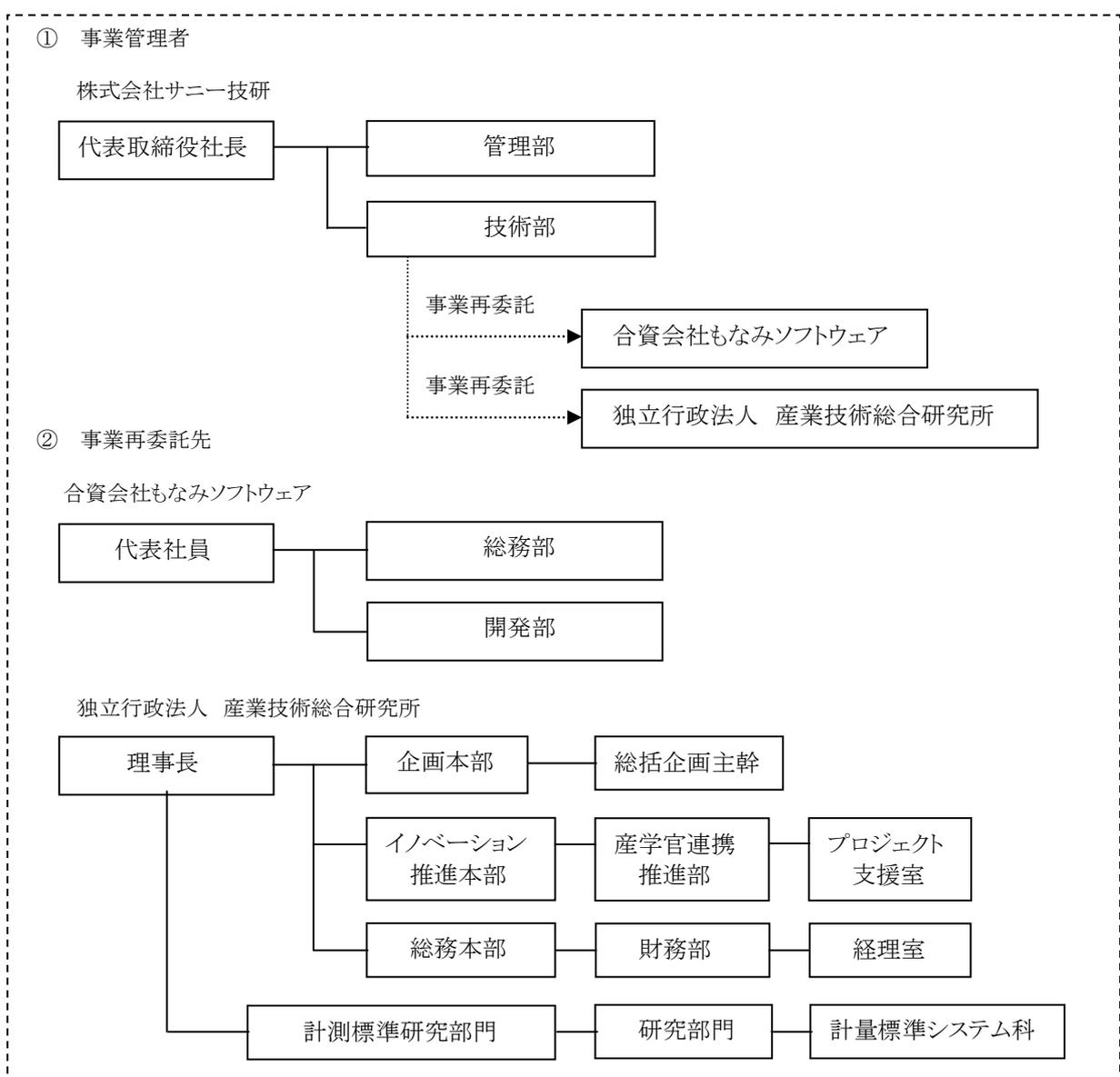
## 1-2 研究体制

本事業委託先の研究組織、及び管理体制を以下に図示する。

### 研究組織



### 管理体制



事業管理者、及び研究者、協力者氏名

本事業関係者氏名を以下の表に示す。

(1/2)

分類	所属組織	氏名	所属・役職
事業管理者	株式会社サニー技研	渡辺 義明	管理部・統括マネージャ
		澤下 勝彦	管理部・総務課マネージャ
研究実施者	株式会社サニー技研	中村 俊夫	取締役副社長 技術部・部長 副統括研究代表者(SL)
		今村 聡彦	技術部 MCU 応用技術課・マネージャ
		大塚 登	技術部 MCU 応用技術課・課長
		富氣 久幸	技術部 MCU 応用技術課・専任
		智原 隆史	技術部 MCU 応用技術課・専任
		尾仲 洋和	技術部 MCU 応用技術課・専任
		大澤 哲也	技術部 MCU 応用技術課・担当
		田代 有宏	技術部車載課・課長
		渡辺 雅之	技術部車載課・主任
		津田 成彦	技術部車載課・主任
		田中 俊行	技術部車載課・専任
		高島 光	技術部車載課・マネージャ
		宮寄 健一	技術部特機課・主任
		田中 良憲	技術部車載課・担当
		清水 晶宏	技術部特機課・課長
		米田 真之	技術部 MCU 応用技術課・主任
		中本 加那	技術部 MCU 応用技術課・担当
		濱邊 真也	技術部車載課・担当
		松田 浩二	技術部 MCU 応用技術課・担当
		村井 彰	技術部 MCU 応用技術課・担当
	作道 直樹	技術部車載課・主任	
	合資会社もなみソフトウェア	邑中 雅樹	代表社員
		高田 光隆	開発部・上級エンジニア
独立行政法人産業技術総合研究所	水口 大知	計測標準研究部門 計量システム科・研究員	

分類	所属組織	氏名	所属・役職
外部委員	国立大学法人名古屋大学	高田 広章	大学院情報科学研究科 教授
		本田 晋也	大学院情報科学研究科 准教授
	名古屋市工業研究所	小川 清	電子情報部情報・デバイス研究室 主任研究員
	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術研究本部 工業試験場	堀 武司	情報システム部 計測・情報技術G 研究主任
	トヨタ自動車株式会社	細谷 伊知郎	制御ソフトウェア開発部 主査
	アイシン精機株式会社	鈴木 延保	ソフトウェアセンター 主査
	株式会社 東海理化	伊藤 茂二	エレクトロニクス機器事業部 エレクトロニクス技術部 制御システム開発室 室長
		稲垣 修	エレクトロニクス機器事業部 エレクトロニクス技術部 制御システム開発室 主査
	ルネサスエレクトロニクス株式会社	浅野 真弘	自動車システム統括部 主管技師長
	株式会社ルネサスソリューションズ	岩崎 聡文	第一応用技術本部 汎用 MCU 応用技術第一部 第三課 技師
	富士通セミコンダクター株式会社	野津 昭一	マイコンソリューション事業本部 自動車事業部 ソリューション技術部 部長
	オブザーバー	ルネサスエレクトロニクス株式会社	亀井 達也
矢島 宏			MCU 事業本部 ソフトウェア統括部 MCU ツール技術部 課長
富士通セミコンダクター株式会社		五十嵐 純	基盤商品事業本部 自動車事業部 ソフトウェア開発部・技師 ソフトウェア・アーキテクト
		劉 憲	マイコンソリューション事業本部 ソフトウェア技術統括部 基盤ソフトウェア開発部 プロジェクト課長
株式会社ヴィッツ		森川 聡久	組込制御開発部 機能安全開発室 兼 品質保証室 室長
		松山 貴之	組込制御開発部 機能安全開発室
経済産業省 中部経済産業局		松永 亮	製造産業課 ものづくり基盤技術専門官
株式会社サニー技研		中村 和彦	代表取締役社長
		乾 正樹	営業部 営業1課
		白川 宏行	営業部 営業1課

### 1-3 成果概要

本研究の目的を達するため、研究員にて、1-1で掲げ未実施であった5つの研究サブテーマについての研究、及び事業管理員にて、プロジェクトの管理・運営をサブテーマとして設け、それぞれ実施した。

#### サブテーマ④

##### C 言語開発に対応した開発支援ソフトウェア及びデバッグソフトウェアの開発

担当：株式会社サニー技研、合資会社もなみソフトウェア、独立行政法人産業技術総合研究所

#### <研究計画>

本サブテーマでは、C言語開発に対応した開発支援ソフトウェア、並びにデバッグソフトウェアの開発を行う。実施済サブテーマ③で策定済みのAPIを他の品種のマイコンにも拡張して適用させると同時に、組込みソフトウェア開発のコスト削減に繋がる総合的な開発支援ソフトウェアを次のように構成する。

- イ) デバッグ、RAM モニタ、CAN アナライザのツールを開発統合環境ソフトウェアである Eclipse 上で動作できるソフトウェアとして開発する。
- ロ) 1 線式デバッグインターフェースを各ツールとターゲットマイコンとの接続に用いる。
  - ・ デバッグツール
  - ・ RAM モニタツール
  - ・ CAN アナライザツール
- ハ) 上記各ツールについて、自動車向け機能安全規格 ISO/DIS 26262 が要求する対策を必要に応じて実施する。
- ニ) ツールとして ISO/DIS 26262 認証を取るための要件をまとめあげる。要件整理には、IEC 61508、ISO/DIS 26262 に関する認定取得、専門知識を有する企業に外注する。
- ホ) アドバイザーに対してヒアリングを実施し、各ツール間の連携すべき項目をまとめ上げる。

#### <研究成果>

- A) 計画イ)、ロ)に関して、各ツールを以下のように構築できた。
  - ・ デバッグツール
    - デバッグツールを Eclipse 標準のデバッグである、GDB より構成した。
    - ECU 上にモニタ機能を搭載させ、多線式デバッグインターフェースにてコマンドの授受を可能とした。本機構と、実施済サブテーマ⑥で製作済の変換アダプタにより、1 線式デバッグインターフェースによる I/O 処理へ変換させることができた。
    - デバッグ機能としてはユーザーヒアリングによって得られた RUN/STOP、メモリ I/O、レジスタ I/O といったミニマム構成のデバッグ機能を実現できた。
  - ・ RAM モニタツール
    - RAM モニタツールを Eclipse より呼び出し可能なソフトウェアとして動作可能なように修正した。
    - マイコン独自の接続機構を 1 線式デバッグインターフェースへの接続機構に変換して RAM モニタ機能を実現できた。
  - ・ CAN アナライザツール
    - CAN アナライザツールを Eclipse より呼び出し可能なソフトウェアとして動作可能なように修正した。
- B) 自動車向け機能安全規格 ISO/DIS 26262 については、専門知識を有する企業へ調査に対する依頼を行い、特に RAM モニタに関して調査した。また、本内容に関しては、計 3 回の技術検討会にて依頼先の調査メンバーにも参画を願い、意見交換も行った。
- C) 各ツール間の連携に関しては、アイデアとして提示された中でも各ツール間の時間情報の同期に関する項目を取り上げ、サブテーマ⑦での連携機構の実装として採用した。

## サブテーマ⑤

### 適合ツールソフトウェアの開発

担当：株式会社サニー技研、合資会社もなみソフトウェア、独立行政法人産業技術総合研究所

#### <研究計画>

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業（補正予算事業）において策定したAPIの有用性を検証する目的で、適合ツールソフトウェアの一部であるRAMモニタツールに、さらなる可視化機能を導入し、次のように適合ツールソフトウェアを構成する。

- イ) 適合作業で利用できる適合ツールに1線式デバッグインターフェースを用いて、Eclipseプラグインとして開発する。
- ロ) APIの有用性を検証するため、既存と異なる品種のマイコンにも対応させる。
- ハ) 可視化用アドオンツールは既成製品を利用し、開発工数を削減する。
- ニ) 開発した適合ツールには必要に応じて自動車向け機能安全規格ISO/DIS 26262が要求する対策を適用する。

#### <研究成果>

- A) 研究・策定した適合ツール用APIを用い、1線式デバッグインターフェース対応マイコンに対応したRAMモニタをEclipseより呼び出し可能な形式にて構成した。
- B) 実施済サブテーマ⑥の適合ツール評価用アダプタにて多線式デバッグインターフェースを1線式デバッグインターフェースに変換させた適合ツールRAMモニタとして研究開発を行った。今回は、ターゲットマイコンとして1線式デバッグインターフェースを持つマイコンを採用した。このRAMモニタの対応成功により、適合ツール用APIとしては接続方式を追加し、有用なAPIであることが検証できた。
- C) 可視化用アドオンツールとしては再委託先より市販される既製製品を用いることで、開発工数を削減し、可視性に優れたツールとして構築することができた。
- D) 自動車向け機能安全規格ISO/DIS 26262の適用については、サブテーマ④での調査結果より、適用の要否判断を行った。

## サブテーマ⑦

### Eclipseプラグインソフトウェアの調査と実装評価

担当：株式会社サニー技研、合資会社もなみソフトウェア、独立行政法人産業技術総合研究所

#### <研究計画>

- イ) サブテーマ④及び⑤で開発したソフトウェアのプラグイン対応化に併せてプラグイン機構の詳細調査を実施する。
- ロ) 上記調査結果を利用し、ツール間連携を実現するために有用なプラグインツール間のデータ授受方法、構成を検討する。
- ハ) 検討結果から、データ授受方式を策定して実際に適用させ、ツール間の相互連携を実現する。

#### <研究成果>

- A) Eclipseのプラグイン機構に関する詳細調査を実施し、本開発支援ツールが目標とする統合開発支援環境への導入指針としてまとめた。
- B) ツール間のデータ授受方式としては、従来から多用される5つの方式について検討を行い、プラグインとしての特徴を踏まえたデータ授受方式を選定した。
- C) ツール間の相互連携に関する実装としては、サブテーマ④にて実装提示された、各ツール間の時間情報の同期に関して具体的に1線式デバッグインターフェースアダプタのファームウェア改良を含めて実施した。その結果、精度の分解能には制約が生じるものの、ユーザーが実際に使用する実行レベルにおいては、ヒアリングにより十分性について確保できた。

## サブテーマ⑧

### 組込みソフトウェアツール開発者向けパッケージ開発

担当：株式会社サニー技研、合資会社もなみソフトウェア

#### <研究計画>

サブテーマ④及び⑤にて開発した各種ツール群を Eclipse にて稼働させる場合に、本ツール群が要求する各種ライブラリ等のバージョン不整合等による動作不良の防止と利便性を考慮し、インストールパッケージの開発を行う。

- イ) インストールパッケージのベースとなる Eclipse バージョンを特定させるため、パッケージ開発用 Eclipse ベースソフトウェアは既成製品を利用する。
- ロ) マニュアル並びにインストールパッケージの仕様説明資料類の整備を実施する。
- ハ) 策定済みの API を利用できるパッケージとしてサンプルソフトウェアを構成する。

#### <研究成果>

- A) パッケージ開発用 Eclipse ベースソフトウェアとしては、再委託先より市販される既製製品を用いた。本製品により Eclipse のバージョンを固定化できた。
- B) インストールパッケージソフトウェアの構築に関して、特に WindowsPC へのインストールで問題となるケースを抽出し、対策を施した。

## サブテーマ⑨

### EV（電気自動車）もしくはHV（ハイブリッド車）開発に向けた組込み開発環境の拡張

担当：株式会社サニー技研、合資会社もなみソフトウェア

#### <研究計画>

次世代自動車の制御開発において、ソフトウェアの移植性、高信頼性を確保する目的等により、より高次元なモデルベースによるソフトウェア開発やマイコンシミュレータの利用などが重要視されている。また、川下自動車制御開発メーカー等からは、既存のデバッグソフトや適合ツールとの連携を要望する声が高くなっている。そのため、本サブテーマにて、本研究開発で開発した各種ツールの機能拡張を行うことで、一般ツールとの連携強化も図るようにする。

- イ) モデルベース用外部ツールとの連携用インターフェース API を策定する。
- ロ) マイコンシミュレータとの連携は、API レベルで 1 線式デバッグインターフェースツールハードウェアからの切り替え機能を検討する。
- ハ) 接続対象となるモデルベース用外部ツールやシミュレータは、アドバイザー企業等の利用状況や今後の動向などを調査し決定する。

#### <研究成果>

- A) モデルベース用外部ツールについては、5 製品のツールソフトウェアを評価し、対応を検討した。内、1 製品に関して API の構成と具体的なインターフェースを検討し、実装と連携の有効性を確認した。
- B) マイコンシミュレータとの連携としては、シミュレータとして有益な 1 製品に関して評価を実施した。本 API の策定と、その実装（ゲートウェイ機能）により、API の可用性が確認できた。それと同時に、レガシーシステムに対する利用の掘り起こしも行えた。
- C) 特にモデルベースソフトウェアに関しては、従来のデバッガが持ち合わせる周辺すべての停止⇄実行に対するデバッグと、半実行/半停止に相当する実装により、有効なデバッグをなし得ることが確認できた。これは事業化においても開発支援ツールが果たすべき大きな機能であると考えられる。

## サブテーマ⑩ プロジェクトの管理・運営

担当：株式会社サニー技研

### <研究計画>

プロジェクトの管理運営は「研究開発委員会」を3回実施し、進捗状況及び開発成果の妥当性等を管理する、本事業の運営を円滑かつ有効性の高い研究事業とする。

### <研究成果>

- A) 「研究開発委員会」は計画通り3回開催した。初回より、アドバイザーの方々にもご協力を仰ぐ中で、半導体メーカー様を中心に、オブザーバーの形式でツール開発に関わられる方々の参画を頂くことが出来た。これにより、本研究は平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業（補正予算事業）と比べ、より幅の広い意見交換の場を提供できるとともに、アドバイザーの方々よりも貴重なご意見を頂き、研究に資することができた。
- B) 別途、「技術検討会」を4回開催した。本検討会は、研究者相互間での具体的な研究内容についての検討及び討論、中間成果の発表等を行うと同時に、今回の研究テーマでもある、ツールが果たすべき機能安全要件に対する調査結果に対して、意見交換ができた。技術検討会においても、半導体メーカー各位、公設試機関各位、川下ユーザー殿のご出席をいただき、ご教示やご意見をいただき、研究に資することができた。
- C) プロジェクトの運営を円滑かつ効率的に遂行するために、以下のツールを使用し運用を行った。
  - ・ 研究者及び外部協力者への伝達手段として、メーリングリストの活用
  - ・ 研究サブテーマにおいて、Trac/Subversion を使用。
- D) 平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業（補正予算事業）にて購入、借用したツール、評価ボードを有効に利用し、開発作業を円滑に進めることができた。

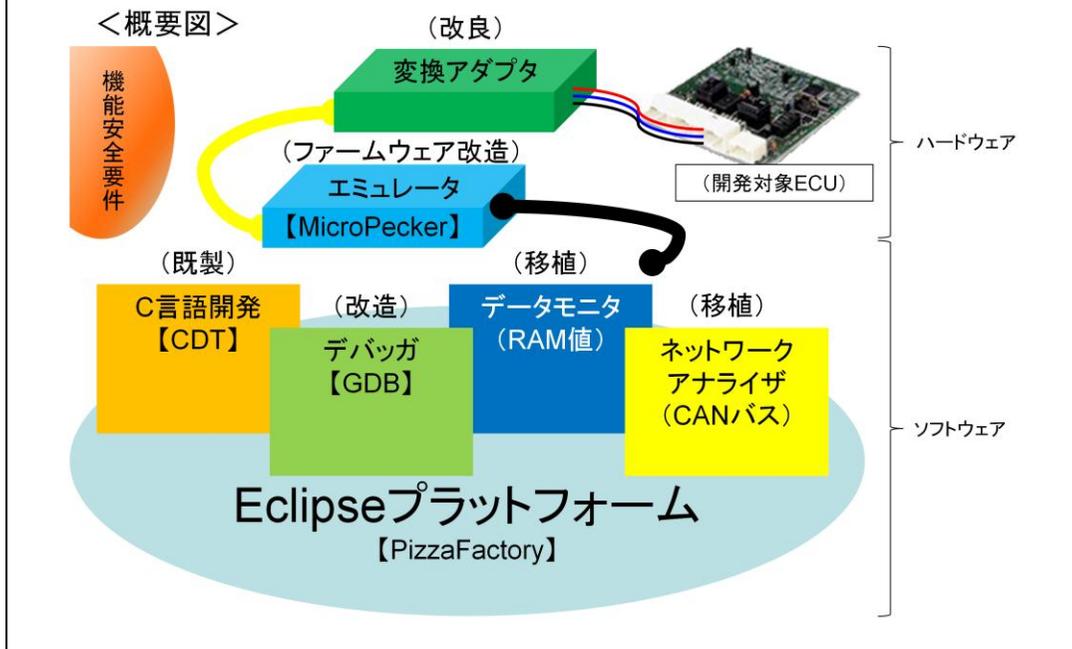
### 1-4 当研究開発の連絡窓口

株式会社サニー技研 取締役副社長 中村俊夫  
電話番号 052-221-7600 サニー技研名古屋事業所  
FAX 052-221-0071 同上  
E-mail nakamura.toshio@sunnygiken.co.jp

## 第2章 本論

次ページより、本研究のサブテーマ毎の研究内容及び成果を記載する。

## 2-1 C言語開発に対応した開発支援ソフトウェア 及びデバッグソフトウェアの開発（サブテーマ④）



本研究サブテーマは、オープンソースベースの開発統合環境であるEclipseをプラットフォームとし、その上にC言語開発に適した統合的な開発支援ソフトウェアツール類を構築することにある。平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業での研究（以下、先研究）において、1線式デバッグインターフェースを搭載した1品種のマイコンに対応するよう、GDBとのインターフェースに機能改造を施し、アダプタ制御を可能とするためのAPIの策定と、実装を行った。本研究では、先研究成果に付け加える形で、以下の開発研究を実施した。

### A) 対応品種の拡張

- ・別品種マイコンを対象とし、先研究での成果の多線式⇔1線式デバッグインターフェース変換アダプタの事業化改良版のユニットを用いる。
- ・品種対応のため、GDBとの界面となるAPIの機種依存ラップ部を追加、改造する。
- ・対応マイコン上にECU簡易モニタを実装し、デバッグ制御を実行させる。

### B) 適用ツールの追加

- ・ECUリソースのRAM値をデータモニタするツールとしてRAMモニタを、CANバスデータのネットワークプロトコルアナライザとしてCANバスアナライザを、それぞれEclipseプラットフォームであるPizzaFactory上から呼び出し出来る形式へ移植する。
- ・エミュレータアダプタであるMicroPeckerを上記のツール類に対応させるよう、ファームウェアを改造する。

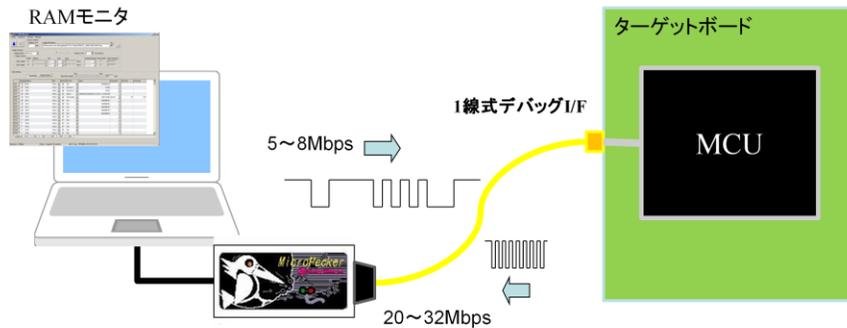
### C) ツールへの機能安全要件の調査

- ・本研究での川下ユーザである自動車業界において、欧州の動向からも機能安全にかかる要求は大きい。ツールにおいて求められる要件を整備し、必要に応じた実装を実現することは不可避であり、この要件に対する調査を実施した。

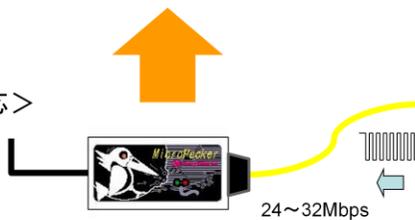
## 2-2 適合ツールソフトウェアの開発

(サブテーマ⑤)

<本研究対応>



<先研究対応>

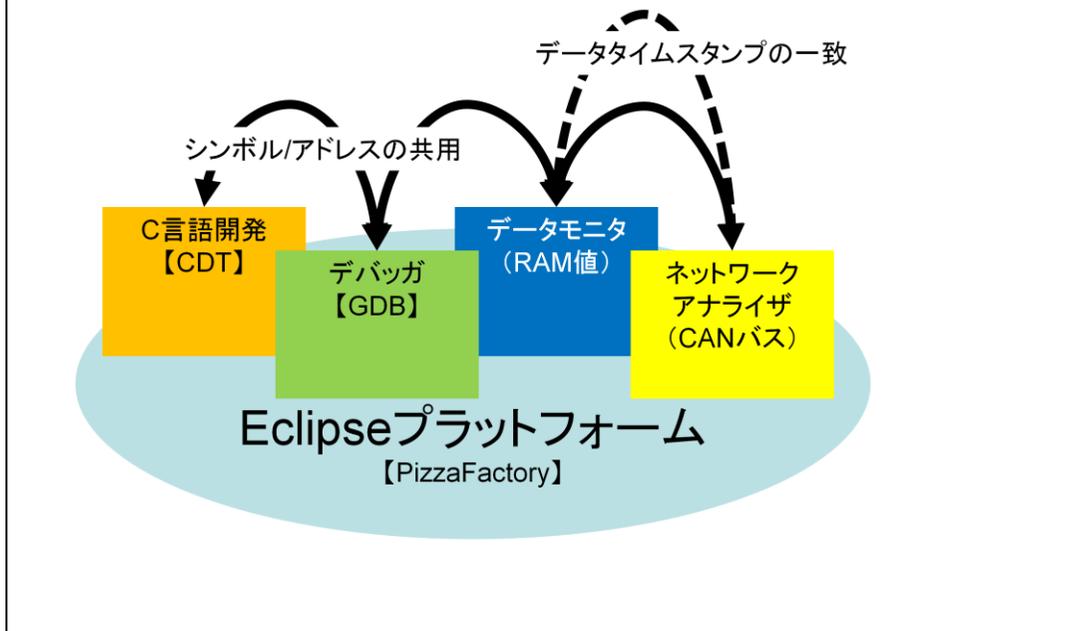


本研究における1線式デバッグインターフェースの特徴は、先研究ではイベント方式であった方式がサンプリングスキャン方式に変更されることである。

上記に示したように、アクセスの手法に変更に従い、以下の改造開発作業を実施した。

- A) 機種依存APIラップの追加改訂
  - ・機種依存処理について、先研究における1線式デバッグインターフェース通信機能対応品種では想定していなかった連続転送機能への対応。
- B) GUIアプリケーションソフトウェアの改造
  - ・以前よりユーザー要求の高い機能の実装。
- C) MicroPeckerファームウェアの改良
  - ・サンプリング方式への対応。
- D) AutomotiveTunersの組み込み
  - ・可視化用アドオンツールの実装によるデータ共用。

## 2-3 Eclipseプラグインソフトウェアの調査と 実装評価 (サブテーマ⑦)



各ツール間の連携に関して、ユーザーへのヒアリングを行った。

結果としては、シンボル情報、アドレス情報といったデータのアクセス先に関する情報等が多かった。また、RAMモニタとしてデファクト扱いとなっている標準のシンボル管理ファイル形式や、同じくCANアナライザを擁するメーカーのファイル形式への対応なども要求は高い。

これらに関しては、規格として完全に公にされていない点、並びにCDT~GDBといったEclipse標準とされる機能側でのサポートの可否がポイントとなる。ただし、上記の一部ファイルをインポートできるアドオンツール等もあり、これらのツールの利用を積極的に採用する方向が望ましいと考える。

本研究では、上記に加えて、実際のデータ授受の方式に対する検討、並びに、同様に要求の高かった、データタイムスタンプの一元管理（時刻同期）についての研究を実施した。

## 2-4 組み込みソフトウェアツール開発者向け パッケージ開発 (サブテーマ⑧)

### (1) インストーラの設定



### <プログラムのインストール領域(例)>

```
%ProgramFiles%
¥pizzafactory3
¥jre
¥plugins
:
%APPDATA%
¥pizzafactory3
¥configuration ; ユーザー設定
:
```

### (2) ワークスペースの設定



### <ワークスペースの保存領域(例)>

```
%APPDATA%
¥pizzafactory3
¥workspace
```

本研究では、策定したAPI群をパーソナルコンピュータ上で正しく動作させることができるフォルダ位置に適切に保存する必要がある。上図にインストールに対する構成を示す。

これはSDKの導入においても重要な因子である。Windowsの場合、APIをDLL形式にて配布する場合、その保存される位置により、実行の可否に左右される場合が多い。

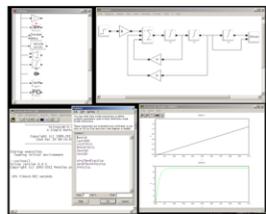
一般には、実行プログラムと同位置、もしくはシステム領域(%SystemRoot%)に配置されるが、%PATH%にて指定されていない領域では不可の場合もあり得る。原則としては、システム領域についてはWindows内にて自動的にPATHに加えられる動作をするため、その領域に保存していれば動作は可能である。しかしながら、同名の既存ファイルがあった場合、その領域へのインストールは不可となる。これらについての考慮も必要であることから、SDKで提供するDLL類は呼び出し元実行プログラムと同一のフォルダにあることを前提に提供する仕様を本研究成果においても推奨することとした。

加えて、本研究ではUSBを使用した通信機器であるエミュレータアダプタを利用することから、USB制御のドライバを同梱する必要があるが、これについても、Windows Vista、7以降では、専用のドライバインストーラを実行させる必要がある。

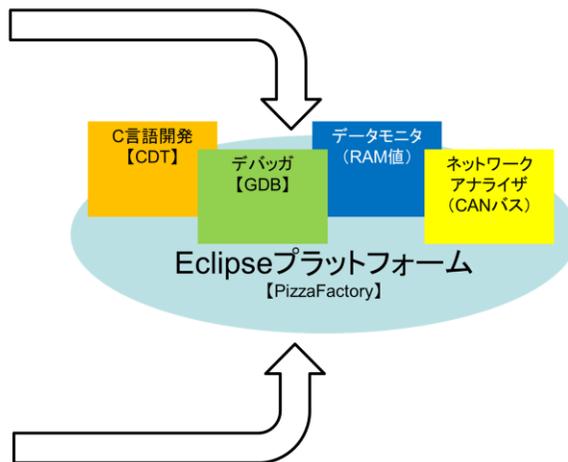
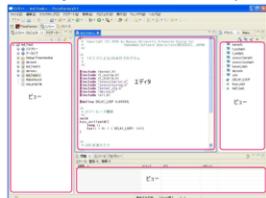
以上を考慮すると、Windowsにおいて、SDKを提供した場合、ある固定イメージのフォルダに保存されることを前提とし、ユーザーにてそのルートフォルダを指定して、相対参照を実現させる方式が必要である。

## 2-5 EV(電気自動車)もしくはHV(ハイブリッド車) 開発に向けた組み込み開発環境の拡張(サブテーマ⑨)

### <モデルベースツール>



### <マイコンシミュレータ>



EV、HVといった、電子制御がより複雑になった開発では、実装を抽象化した開発を可能とするモデルベースツールや、ハードウェアの問題を検証するためのシミュレーション環境、特にマイコンシミュレータを用いての開発がより高度に進んでいくものと考えられる。

本研究での開発支援ツールを広く利用してもらうためには、これらのツールとの相互連携性を検証し、本研究にて策定したAPIの有用性・実効性を広く評価しておくことが必要である。

本サブテーマにおいて、以下の2項目に照準を合わせ、調査～連携評価を実施した。

#### A) モデルベースツールとの連携

- ・モデルベースツールとしては、計5製品に対する試用調査を実施した。
- ・1製品について、1線式デバッグインターフェースAPIとの連携調査を行った。
- ・モデルの状態遷移のエミュレーションと同レベルでの確認が行えることが確認できた。

#### B) マイコンシミュレータとの連携

- ・本研究にて採用しているマイコンに対応したマイコンシミュレータとの連携動作の調査研究を行った。
- ・レガシー環境との部分的なI/O環境を1線式デバッグインターフェースを用いた環境で構築し、動作確認できた。

## 2-6 プロジェクトの管理・運営 (サブテーマ⑩)

### <研究開発委員会と技術検討会の開催実績>

No	日付	議題	参加人数	
			当事者	外部者
委員会第1回	2/21	事業内容説明 メンバー紹介 委員会の進め方と事業分担 今後の委員会の日程決め	11	12
検討会第1回		先研究での研究成果、および現状 本研究での達成目標説明と討議	11	12
検討会第2回	4/8	ツールの機能安全 契約前概要説明と討議	7	10
委員会第2回	5/24	進捗報告 中間成果デモ 質疑、及びアドバイザー様からのご意見・要望聴取 事業管理者からの連絡	10	10
検討会第3回	6/28	ツールの機能安全中間報告 Automotive Tuners試用デモと本研究活用 RAMモニタ実装 モデルベースツールとの連携実施	8	8
検討会第4回	8/23	ツールの機能安全最終報告 モデルベースツールとの連携調査報告	10	10
委員会第3回		進捗報告 開発成果説明デモ	9	10

「研究開発委員会」は計画通り3回開催した。

初回より、アドバイザーの方々にもご協力を仰ぐ中で、半導体メーカー様を中心に、ツール開発に関わられている方々の参画を頂くことが出来た。

これにより、本研究は平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業（補正予算事業）と比べ、より幅の広い意見交換の場を提供できるとともに、アドバイザーの方々よりも貴重なご意見を頂き、研究に資することができたと考えている。

「技術検討会」は4回開催した。

本検討会は、研究者相互間での具体的な研究内容についての検討及び討論、中間成果の発表等を行うと同時に、今回の研究テーマでもある、ツールが果たすべき機能安全要件に対する調査結果に対して、意見交換ができた。

技術検討会においても、半導体メーカー各位、公設試機関各位、川下ユーザー殿のご出席をいただき、ご教示やご意見をいただき、研究に資することができた。

また、以下に示すツールを使用し研究活動の円滑かつ効率的な運用に努めた。

- A) メーリングリストを設定し、研究者および外部協力者へのメール伝達を確実かつ効率的に行えるようにした。
- B) サブグループにおいて、Trac/Subversionを使用し、プロジェクト内の情報共有とバージョン管理を行った。

## 第3章 全体総括

### 3-1 研究開発後の課題

本事業における研究により、平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業（補正予算事業）にて実施したAPI策定のブラッシュアップと、川下ユーザーのニーズにこたえるための要望、及び要件に関しての整備を進められた。結果として、市場投入へ向けた製品化間近な状況まで進められたと考えている。実際には、Eclipseプラットフォームとした製品化については知財権保護等のライセンスの管理も踏まえて検討課題もあり、製品化できていなかった部分もあるが、独自ツールとして試作製品化は進めてきており、一部顧客向け含め、サンプル貸し出し、カスタム出荷等も本事業と並行し、進めてきている。

今後の事業展開としては、上記試作品レベルの状況から製品化に向けて、機能改善、性能改善、利便性向上、品質確保、販促活動などを本格的に推進し、本研究で得られた1線式デバッグインターフェース機能の市場への導入を進める活動を実施していく必要がある。

各テーマにおける研究活動としては凡そ完了できたが、製品化に向けての補完活動は研究活動にも増して重要である。

下記に、研究サブテーマ毎の今後の課題について記述する。

#### サブテーマ④

##### C 言語開発に対応した開発支援ソフトウェア及びデバッグソフトウェアの開発

本研究において、簡易 ECU モニタを構成したが、実装しているアドレス情報等はターゲットマイコン固有となっている。製品化展開を検討した場合、他品種への展開は必須であり、以下の2点について、研究、開発を進める必要があると考える。

- A) 簡易 ECU モニタを配置するアドレス情報を他品種展開を踏まえ、カスタマイズ可能なように、対話式ユーザーインターフェースを構築し、導入ライブラリ等を編集可能とする。
- B) 広くマイコンの対応品種を増やせるように、J-TAG ベースの通信インターフェースを1線式デバッグインターフェースへ変換させるアダプタユニットの追加設計等を行う。

また、本研究にて実施したツールに対する機能安全要件として、分析に必要な課題が挙げられた。これらは、本事業化において、必要に応じて適用、もしくはユーザーへのヒアリングの実施を推進していく必要がある。

## サブテーマ⑤

### 適合ツールソフトウェアの開発

本研究にて先研究と別品種対応の RAM モニタを構成したが、1 線式デバッグインターフェースにおける連続転送機能の活用に対して、動作可否を判断するレベルでの検証であった。

製品化に向けては、より複雑なデータ収集パターンや高速変化に対する確認など、評価を進めるとともに、連続転送機能をフル活用し、ユーザーへより多くの情報が提供できるように機能アップを進めていくことが課題である。

なお、本サブテーマで対応させたマイコンと同様に、1 線式デバッグインターフェースを搭載した別マイコンについても品種展開の可能性がある。本研究でのヒアリング結果により、初期接続の方式について、従来品種とは相違点があるとのことで、これらをデバイス定義によって別管理し、品種展開を進めることも必要である。

## サブテーマ⑦

### Eclipse プラグインソフトウェアの調査と実装評価

まとめたプラグイン化に関する知見については、開発環境構築の共通プラットフォームとして活用を進めていくことが今後の課題である。

またアドバイザーから提示された、Eclipse ベースの外部プラグインツールの具体的な対象についても、今後の市場の動向も踏まえて、実装評価と連携評価を進めることが課題として挙げられる。

## サブテーマ⑧

### 組込みソフトウェアツール開発者向けパッケージ開発

本研究サブテーマとしての課題は、実際の市場投入時に販売されるライセンス管理である。

Eclipse はオープンソースとして構成され、また古くから GNU によるコンパイラ等が提供されてきた経緯から、外部ツール連携を行う際のライセンス管理を行っていく必要がある。あるプラグインを導入する前提として、別ライセンスのアドオンプログラムが要求されているような場合、市場への販売は困難となる。これらを精査する手法の確立が今後不可避となると考えられる。

本研究にて、川下ユーザーへ提供するディストリビューションを凡そ確定させ、パッケージとしては定めることができたが、このバージョン確定に対するアップデートも、逆に大きなポイントとなる。ユーザーが導入済の Eclipse 環境が既存であり、かつ本開発パッケージバージョンとの互換に問題があるものであった場合、本研究で検証した連携が機能できない可能性があり得る。ツールメーカーとして、有益な開発支援ツールを提供するという面からは安定稼働する環境の提供が不可避であるが、他の Eclipse バージョンとの親和性に関してはこまめに監視し、適宜対応可否を判断することも必要となってくる可能性があることも課題として挙げておく。

## サブテーマ⑨

### EV（電気自動車）もしくはHV（ハイブリッド車）開発に向けた組込み開発環境の拡張

本研究において、主にモデルベース開発ツールとマイコンシミュレータという対象に照準を当てて外部ツールとの連携評価を実施した。それぞれ、外部ツールとの連携という課題としては、以下が挙げられる。

- A) モデルベースツールとの連携については、状態遷移のリアルタイム表示などモデルベースツールの持つ機能の多くで連携が可能であることが実証できた。しかしながら、モデルベースツールとの連携において、同時に話題とした **STOP** 時の停止レベルに関して、ユーザー領域に状態管理フラグを設定することで実現可能としたが、製品化に際しては、モデルベースツールの機能でのスケルトン出力での本フラグの組込みや簡易 ECU モニタの組込みとも連動させ、ユーザビリティを向上させる必要がある。
- B) モデルベースツールとして、アドバイザーの方々より有益な外部ツールを多々ご紹介頂いた。本研究では **Eclipse** プラットフォームでないものや、オープンソース対応でないもの、連携に対する情報等がないものについては、対象から除外させて頂いたが、これらのツールとの連携も今後検討の対象である。

## サブテーマ⑩

### プロジェクトの管理・運営

複数研究主体（委託先、再委託先）による研究となる場合、共同作業を円滑に進めるため、より一層効果的な手法、手段を実施することが挙げられる。

また、付帯的な事務作業についてより効率化し費用削減を図るべきであると考える。

サブテーマとしては、今後の製品化にあたり市場動向、標準化の動向、川下ユーザー殿の要望等を調査し、それを踏まえて基本的なシステムを実作し検証することがほぼ網羅でき、当初の計画は達成できた。しかしながら、川下ユーザーの要望や潜在的なニーズについての情報収集は十分とはいえない状態であるため、冒頭にも述べたように、市場投入のための活動を進めていくことが重要である。

### 3-2 事業化展開

本研究の成果を基礎とした事業化展開について、以下の事項について検討し計画および実施を推進していく。

#### (1) 本研究成果の事業展開

本研究開発による成果を事業化するにあたって、前年度の研究活動も踏まえて下記のように事業展開を掲げる。

- A) 1 線式デバッグインターフェース対応開発ツールの販売事業
- B) 1 線式デバッグインターフェース対応オプション製品の開発・販売事業
- C) 1 線式デバッグインターフェースに対応したカスタムツールの開発事業
- D) 1 線式デバッグインターフェースを利用した組込み教育事業
- E) 開発・販売ツールに対する機能安全要件の適用

自動車用組込み制御用ソフトウェア開発ツールとして市場開拓を進める。その後、1 線式デバッグインターフェース対応マイコンの民生分野、産業分野への展開、普及により、自動車業界以外の川下製造業者にも波及させていく。事業化の具体的な活動について下記に記載する。

#### A) 1 線式デバッグインターフェース対応開発ツールの販売事業

前年度から継続し、1 線式デバッグインターフェースを応用した開発ツールとして、この研究事業で得た成果を利用した製品をより充実させる。現在、独自ツールとしては徐々に試作製品、サンプル貸し出し等を進められているが、Eclipse プラットフォームをベースとした国際的に標準化された開発プラットフォームへの対応が、より求められる背景があり、販売戦略としての重要なポイントと考えている。公開 API については、SDK 製品の形態にてツール類の内製を検討されている自動車製造川下ユーザーへの展開を進めると同時に、サードパーティツールメーカーへも連携機構に対して積極的に働きかけを行い、本製品の販売拡充、並びに浸透を進めていく。また、本研究成果の Eclipse プラットフォームでの連携に関しても、より具体的な製品企画として拡販・拡充戦略を立て、国内発の国際対応ツールとして訴えかけるとともに、マイコンメーカーとも共同した形で 1 線式デバッグインターフェースの国際標準化へつなげていく。

#### B) 1 線式デバッグインターフェース対応オプション製品の開発・販売事業

A)の状況を踏まえ、製品を市場へ投入後、浸透状況やユーザーニーズなどを調査、分析した上で 1 線式デバッグインターフェースを応用したオプション製品の開発を進め、機能の充実を図る。特に前年度に実施した販売活動を進める中で製品化への実現を進められた変換アダプタをよい実例とする。オプション製品に対しても本戦略上の重要なキーとして、まずは自動車分野をターゲットとしながら民生分野、産業分野へマーケティングへ進め、新たな顧客開拓にも繋げていく。

#### C) 1 線式デバッグインターフェースに対応したカスタムツールの開発事業

ユーザーニーズに対して標準ツールの機能拡張を行う場合のカスタム開発や、ユーザー側で標準ツールに機能拡張する場合の技術指導を事業化する。合資会社もなみソフトウェア、株式会社サニー技研は本研究開発を通して、一線式デバッグインターフェースならびに Eclipse、デバッガ、RAM モニタ、標準 API に関する先行した知見と応用開発技術を有することから、ユーザーサイドで標準 API を使用して開発するよりも、短納期で且つ高品質な製品を提供できることをアドバンテージとする。

#### D) 1 線式デバッグインターフェースを利用した組込み教育事業

1 線式デバッグインターフェース対応統合開発ツールを浸透させるため、本開発ツールをこれから活用しようとする技術者への教育支援もかかせない内容である。教育事業については指導者の育成、教材作りなどのインフラ整備が必要だが、マイコンメーカー、大学などの教育機関、サードパーティーとの連携により、教材販売、セミナーを事業化する。この時、Eclipse ベースのプラットフォームで開発ツールが提示できることは、既に Eclipse の浸透度が高い大学などの教育機関に向けては大きなメリットと考えるものである。

#### E) 開発・販売ツールに対する機能安全要件の適用

本研究によって得られたツールへの機能安全の適用要件については、3-1節に掲げたように適用課題として設定した状況にある。開発ツールがユーザーの開発プロセスに与える影響に関して注意深く注視しながら、川下ユーザーの要求に応じた機能安全要件に適用を求められることが考えられる。なお、この際にはユーザーよりの評価エビデンスを求めるられる事項が想定されるケースもあり得るため、事業化にあたってはこの点を踏まえた開発作業を進める必要があることを記載しておく。

#### (2) 本研究成果による組込み開発ツール業界の活性化

本研究より適用事業としては上記4つの事業と1つの適用課題が考えられる。本研究成果、および成果を踏まえた事業化企画の中で、本研究策定のAPIを公開することにより、1線式デバッグインターフェース対応統合開発ツールに対応したシステム開発に参画する開発者、サードパーティーが増えることを期待する。

また、B)で掲げたオプション製品企画については、例えば適合ツール評価用変換アダプタの製品化事業としては、本事業での販売製品の拡販目的のみにとどまらない。変換アダプタ製品は、1線式デバッグインターフェースと従来の多線式デバッグインターフェースの仲介器の位置づけではあるが、一般的なプロトコル変換器の役割のみでなく、1線式デバッグインターフェースの優位性である、クリアランス確保に対するデモンストレーション的な役割も担っている。このような応用付属製品の浸透によっても、1線式デバッグインターフェースを実装するマイコンへのユーザーサイドからのより強い要求として挙がることを期待できるものである。

こうした取り組みによっても、1線式デバッグインターフェースを備えたマイコンの対応品種、採用、対応開発製品が増加することによる相乗効果が期待できる。

### (3) 事業化における体制

本研究開発の研究実施者であるサニー技研、もなみソフトウェアは本開発の成果を製品として自社の販売チャンネルを通じてユーザーに提供していく。アドバイザーとして研究に参加するマイコンメーカーのルネサスエレクトロニクス、富士通セミコンダクターからマイコンに関する技術支援、ならびに、拡販の協力を依頼する。自動車メーカーのトヨタ自動車、自動車部品メーカーのアイシン精機、東海理化には製品のモニタ使用を依頼し、要望事項、改善点などのフィードバックを得ることにより、製品の機能、品質を向上させていくための協力を依頼する。組込み開発教育に向けたツール導入については名古屋大学組込みシステム研究センターと連携を行い、製品の機能安全要件も含めた品質向上、標準化におけるアドバイザーとして産業技術総合研究所、名古屋市工業研究所、北海道立総合研究機構と協力体制を確立する。

下記に事業化（実用化）実施体制の概略図を記す。



### (4) 事業化における販路の開拓

株式会社サニー技研は、これまでに適合ツールやフラッシュプログラマ、インサーキットエミュレータといった開発支援ツールの開発・販売実績を持っている。適合ツールはこれまでに自動車メーカ、自動車部品メーカへ数千台規模の販売実績があり、このチャンネルを活用した拡販が可能である。また、フラッシュプログラマ、及びインサーキットエミュレータなどのデバッグツールは、自動車メーカー以外にも国内外の家電製品メーカ、一般産業機器製造メーカへ多くの販売実績がある。これらのユーザーより、一線式デバッグインターフェースに対応したツールに関する具体的な問い合わせが増えており、事業化については手ごたえを感じている。

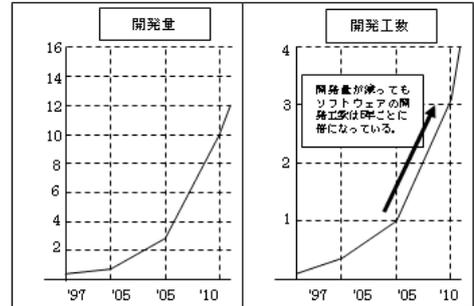
合資会社もなみソフトウェアは独自のデバッガ製品、及び Eclipse ベースの製品におけるチャンネルを有しており、株式会社サニー技研と製品化を進めながら、両社から製品を双方のチャンネルに乗せることにより、製品の拡販、新たな市場を開拓していくことが可能である。また、本研究において実現した、外部ツールとの連携企画についても、両社のチャンネル情報からの研究実現成果の一つである。

(5) 事業化の展望

国内においては東日本大震災に端を発する原子力エネルギー政策の見直しも含め、昨今の省エネルギー政策が格段に進む傾向が加速されている。国外でも省エネルギー、環境保護に対する要求の高まりは強い。そのため、快適性もさることながら、より省エネルギー、環境保全対策を進めることが可能な電子制御装置を実装した自動車が多く生産される状況下にあると考える。この状況を背景に一台の自動車に搭載されるマイコンの数量はより拡大することは確実である。

今日、高級車において約 60 個～100 個のマイコンが搭載されているが、この数量が減少することはない、プログラム開発量は数年で 2 倍に達するものと予測されている。すなわち自動車用組込みソフトウェア開発における工数が拡大することは、本ツールと同等の機能のものを 2 倍用意する必要がある。ただし現状の提供方法ではツールが高価となるため、これまでの 2 倍の数量のツールを揃えるというのは開発側にとっては、更に困難になることが予測される。これまで以上に開発コストを低減させるためには、1 線式デバッグインターフェースに対応したマイコンの採用と、安価なツール採用は有効な解決手段である。マイコンの供給については、国内マイコンメーカーから 1 線式デバッグインターフェースを搭載したマイコンの製品化を表明している。この 1 線式デバッグインターフェース規格については JasPar で標準化を公表しており、国内マイコンメーカーも追従する方向にある。また、ターゲットとツール間の長いクリアランス確保できる有効なデバッグインターフェースとしては、現状では 1 線式デバッグインターフェースが先んじている現状は変わっていない。

今後、製品化を進めている企画製品より、本研究で得られた成果製品を市場に投入できる活動期間としては、ユーザビリティの向上、並びにマニュアル関連の整備、サポート体制の確立等も踏まえると半年～1 年必要なる。実際に 1 線式デバッグインターフェース規格対応のマイコンは、徐々に拡充されてきているが、爆発的な展開までにはまだ至っていない。そのため本研究成果の製品化ツールの提供は、期間的には同期しており、製品が市場に投入されるころには、十分な市場が確保されていると考えている。合資会社もなみソフトウェア、株式会社サニー技研は、製品企画をより迅速に進めて先行的な推進活動を実行するとともに、1 線式デバッグインターフェース対応のマイコンとの仲介をなすオプション製品、カスタム製品も企画し、機の熟成を増進させるように努めていく。



自動車用組込みソフトウェア開発量の増加推移

**リサイクル適性 (A)**

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。