

自動車の電子化に関する欧州調査^{*1}

European Investigation of Car Computerization

森田 康裕 *2

Yasuhiro MORITA

1. はじめに

1970年代以降、自動車の電子化は飛躍的に自動車の性能を向上させ、また低燃費・低公害等の技術革新は、我が国の自動車産業の「強み」に大いに貢献してきた。その一方で、システムの複雑化、電装品コストの原価圧迫、ソフトウェアのバグに起因する品質問題等が、電子化がもたらす負の影響として顕在化しつつあり、自動車産業の競争優位に与える影響が懸念されている。

一方欧州では、加速する自動車の電子化の国際標準化を主導しようと産学官一体活動を積極的に展開している（AUTOSAR, Flex-Ray, ISO26262等）。

日本の自動車産業が国際標準をリードするためには、自動車の電子化について、世界レベルでの現状把握と将来動向の調査を行い、10年先・20年先を見越した戦略的な技術基盤の強化を図るべきである。

こうした背景を受け、日本の自動車電子化の今後の取組みを提案するために、下記の欧州調査・分析を行った。

- ①自動車電子プロジェクト：EASIS, ATESSST 他
- ②自動車電子基盤強化プロジェクト：ARTEMIS
- ③自動車電子技術の国際標準化動向調査

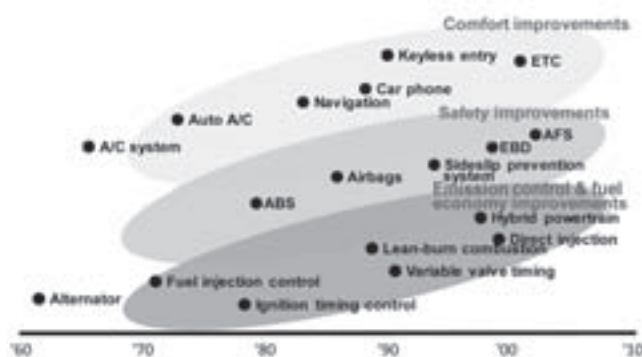
: 研究機関や産学官連携の仕組み

なお、本調査は2007年度に経済産業省より公募があり受託した事業として実施したものである。

2. 日本の自動車の電子化について

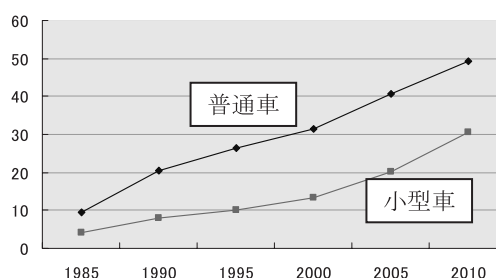
経済産業省自動車課が実施した「自動車の電子化に関する研究会（2007年7月）」の内容をベースに、まずは日本の状況と戦略を紹介する。

1960年代は数える程しかなかった自動車の電子制御システムは、1970年代以降、排出ガス浄化や燃費に関する「環境」、自動車の基本条項である「安全」、ユーザーが求める「快適」等のために飛躍的に増加した（図1）。現在では自動車に搭載されるECUは、普通車で50個、高級車（レクサスLS460）では100個前後のECUが搭載されている（図2）。



(出典) 自動車の電子化に関する研究会

図1 自動車における電子制御の拡大



(出典) 自動車の電子化に関する研究会

図2 乗用車に搭載される ECU数の変遷

その結果、自動車1台当たりのコストの3~4割を電子部品が占め(図3)、かつ電子部品のリコールも10年間で5倍近く増加している(図4)。

*1 原稿受理 2008年9月8日

*2 (財)日本自動車研究所 ITSセンター長

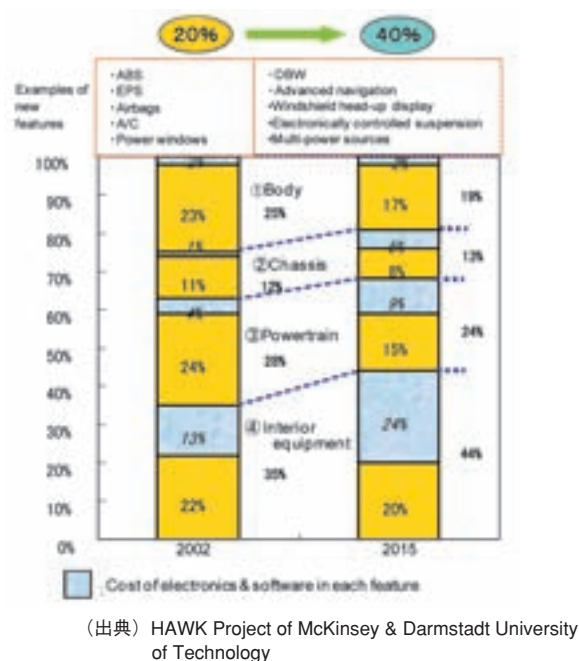


図3 自動車製造コストに占める電子部品の割合

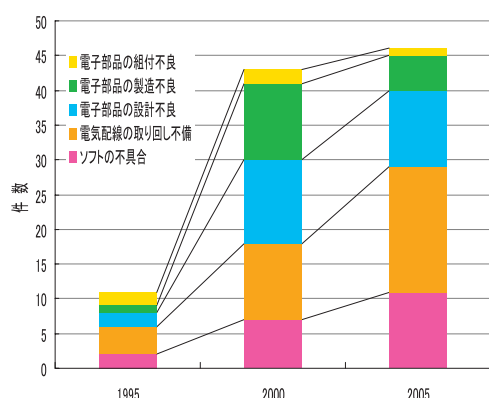


図4 自動車電子部品のリコール原因分析

このような状況に対して、研究会から下記の3つの自動車電子化戦略と4つの対策が提案されている。

戦略1：新技術に柔軟で効率的で信頼性の高い電子システムを協調して標準化

戦略2：垂直分業と水平分業のバランスを見直し、開発体制・プラクティスを再構築

戦略3：産官学連携で、自動車電子の技術基盤抜本的に強化

提案1：戦略的取組みのための認識共有

提案2：協調を通じたシステム開発効率化・強化

提案3：開発の世界最適化と人材の高度化

提案4：ITS実用化の促進

3. 欧州における自動車の電子化に関する調査結果

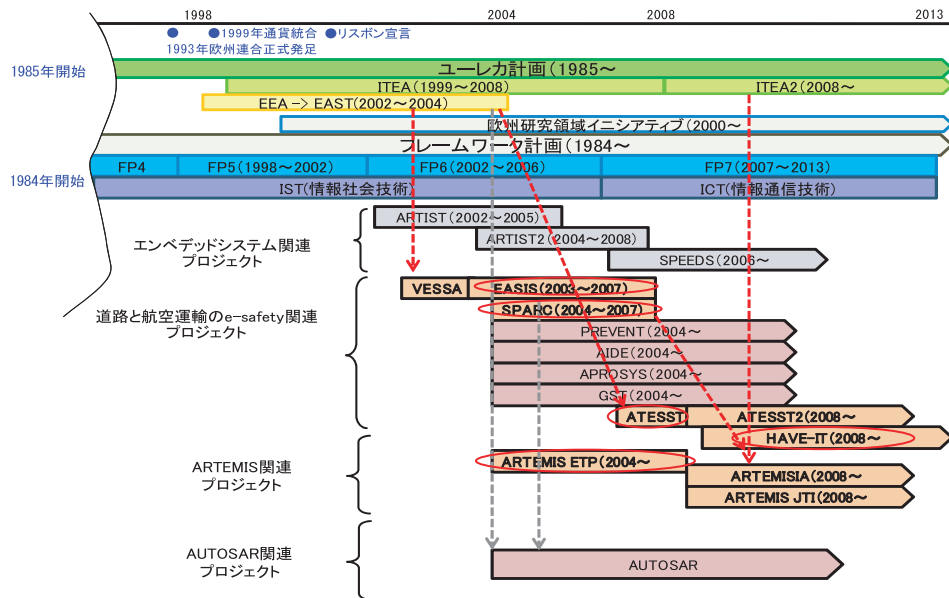
3.1 全体概要

欧州の技術開発政策・助成プロジェクトには、ボトムアップ型のユーレカ計画と、欧州委員会（EC）からのトップダウンであるフレームワーク計画の2種類のプロジェクトがある。特に2000年3月のリスボン首脳会議で「2010年までに世界で最も活発な知識立脚型経済社会を目指す」ことが宣言され、さらに欧州連合（EU）各国のGDPの3%を研究開発に投資する目標が設定された（2005年実力は2.6%）。図5に示すように、一社だけではハイリスクな開発を、EU助成（開発費）+コンソーシアム活動（非競争領域の協調）+国際標準化の方式で活発な活動が行われ確実な成果を出している。最大の成果はBMW・Daimler・Boschを中心に結成した自動車用共通プラットフォーム開発と標準化を行うAUTOSAR（AUTomotive Open System ARchitecture）の設立といえよう。

AUTOSARでは、電子化がもたらす負の影響に対して、自動車電子システムの国際標準化活動を行うことで、開発コストの低減や品質問題の解決を図り、競争優位に立とうとしている。また、ECが研究開発支援や国際標準化活動促進のための様々な助成プロジェクトを実施運営し、AUTOSARと同様に国際的優位な立場に立とうとしている。

一方、我が国の自動車産業も、電子技術の国際標準化を主導し産業競争力を維持していくため国内企業コンソーシアムJasPar（Japan Automotive Software Platform and Architecture）を結成している。

本事業では、経済産業省が実施した「平成18年度産業技術研究開発委託費に関わる個別調査研究（ソフトウェアエンジニアリングの実践強化に関する調査研究）」において調査した欧州助成プロジェクトの全体像や流れを基本に最新情報を更新すると共に、自動車関連で注目されるEASIS、SPARC、ATESST、ARTEMIS、HAVE-IT等の欧州助成プロジェクトについて個別調査を行った。また、今後の自動車関連の標準化を推進すると思われるシュツットガルト自動車・原動機研究所（FKFS；Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart）の役割も考察し、欧州の自動車電子化への取り組みの現状把握と将来動向の調査・解析を行った。



(出典) 経済産業省ソフトウェアエンジニアリングの実践強化に関する調査研究

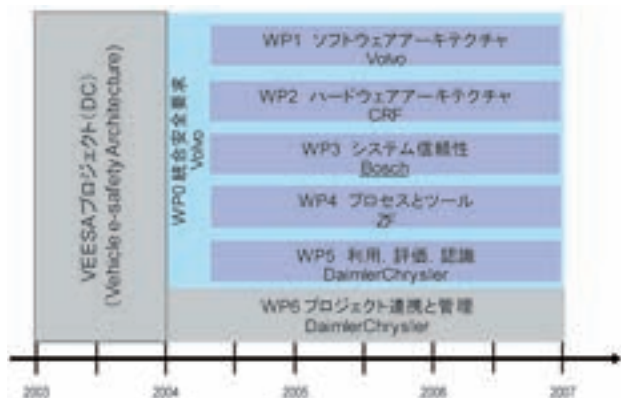
図5 欧州のコンソーシアム活動

3.2 自動車電子プロジェクトの調査

3.2.1 EASIS (Electronic Architecture and System Engineering for Integrated Safety System) : 統合安全システムのための電子アーキテクチャとシステム工学 (2003~2007年)

EASISは、EU助成プロジェクト第6次フレームワーク計画 (FP6) として研究された。個別の安全システムの統合化実現のため、車載電子装置アーキテクチャと開発支援ツール、非競争領域の標準化により、開発期間短縮、低コスト化、システム品質向上の実現を目指している。

図6に示すようにVEESAプロジェクトと6つのWP (Work Package) に分類し実行されている。



(出典) EASIS Web-site

図6 EASISプロジェクトのロードマップと構成

特にWP3のシステム信頼性は、システム開発における信頼性活動に指針を提供している。この研究成果としては、Flex Rayを用いた安全機能の耐故障制御ユニットの開発と検証が挙げられる。これは、各種安全システムからの情報を運転操作に反映するステアバイワイヤを1台の自動車内で統合運用するテストベンチの動作検証の研究開発であり、2006年のITS世界大会 (ロンドン) で発表されている (図7)。



(出典) EASIS Web-site

図7 安全機能向けの耐故障制御ユニットベンチ

3.2.2 SPARC (Secure Propulsion using Advanced Redundant Control) (2004~2007年) : 先進冗長制御による走行安全性能推進

2002年11月のe-Safety報告で、欧州では毎年6万件的死亡事故が発生し、その約95~97%は人的ミスが原因であり、2010年までに事故件数を2002年

の半分まで減らすことが目標に掲げられた。大事故の主原因がドライバにある事から、下記3点の対応が提案され、①と②はPReVENTとAIDEを統合したFP6のe-Safetyで、③はSPARCで実施された。

- ① HMIの改善とドライバ状態評価（居眠り）
- ② ドライバが危険な状況に陥る前に積極的に介入する安全援助システムによるドライバ支援
- ③ ドライバ支援として、パワートレインによる望ましい安全走行

SPARCプロジェクトは、走る・曲がる・止まるを従来の機械的制御から電子制御に置き換えるバイワイヤ技術の実現を目標としている。アクセル・ステアリング・ブレーキ等の操作を電子制御化することで、運転者の操作ミスを補正したり、レーダやカメラなどで捉えた障害物を自動操縦で回避する制御技術としてのバイワイヤ技術を開発し、事故件数を大幅に削減しようとしている。また、将来的な自動運転の実現と、安全性能を保証するフェールセーフの両面の先行開発を行い、普及のための将来基準の下地作りを進めている。

図8にその全体概要を示すが、EASISで構築したシステム信頼性のテストベンチを生かし、実装で確認した研究開発と言える。



(出典) SPARC資料

図8 SPARCの扱う冗長系システムの概要

また、大型車から小型車まで実現可能にするためのアーキテクチャとプロトコルの共通化や、図9に示す様に、2本のスティックハンドルなどの新しいハードを提案しつつ研究開発を具体化している。

その結果、SPARCは次世代の道路安全、自動運

転、バイワイヤ技術開発にとって大きく貢献するとして、欧州委員会から高い評価を得た。



(出典) SPARC資料

図9 2本ジョイスティックのステアバイヤ

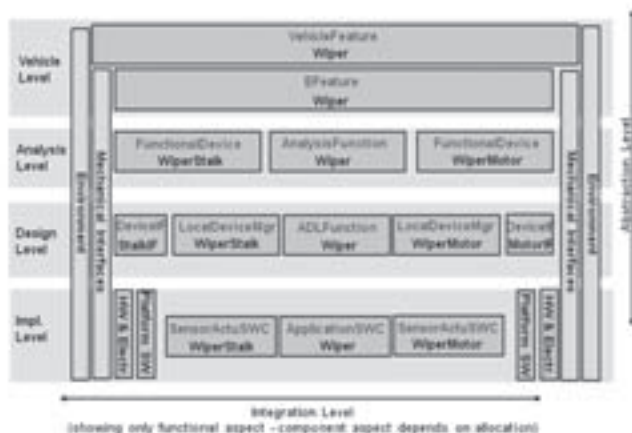
3.2.3 ATESSST (Advancing Traffic Efficiency and Safety through Software Technology) : ソフトウェアによる効率的で安全な先進交通

ATESSSTは、欧州ユーレカ計画のEAST-EEA (2002～2004年)を引き継ぎ、FP6 (2006～2008年)として実施されたプロジェクトであり、EAST-EEAの成果であるEAST-ADL (アーキテクチャ記述言語)をEAST-ADL2として改定を行っている。その背景は、車載電子システムの協調や統合がシステムの複雑さを増加させて、安全性や信頼性を確保する事が大きな課題となったことにある。車載電子システムを共通言語でモデル化し、複雑なシステムの安全性・信頼性・コスト・開発効率を改善する方法を提供することがATESSSTの目標である。図10に示すV字モデルは、仕様・システム設計・モジュール設計・細部設計の右下がりの工程と、コンポ評価・システム評価・車両評価の右上がりの工程を示すが、EAST-ADL2を活用することで、各工程で小さなV字サイクルを廻して検証確認が出来ると共に、各工程間の検証も可能としている。具体的な事例として図11にワイパーを事例にした各抽象化レベルの具体的なイメージを記載する。



(出典) ATESSST Web

図10 EAST-ADL2でのV字モデル



(出典) ATESS Web

図11 EAST-ADL2のモデル構成例

EAST-ADL2 を用いてモデル化するメリットを示す。

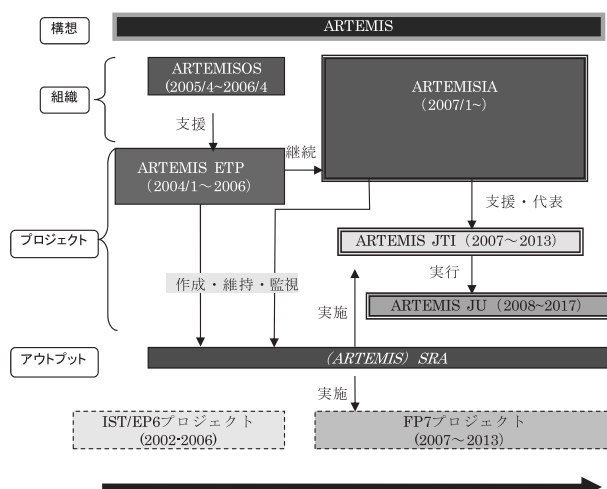
- ① 複雑な車載電子システムの明示が可能
- ② 設計段階から検証でき効率的な商品開発が可能
- ③ メーカーやサプライヤ間などでモデルデータによる技術情報共有や効率的交換が可能

また、同時期に進行中のISO26262（機能安全）のモデルベースの開発における入力情報の提供にも貢献している。EAST-ADL2を車載電子システムの記述言語として普及させるためには、ツール等の課題が残されており、2008年7月から2年間のATESST-2プロジェクトが実施されている。

3.2.4 ARTEMIS (Advanced Research and Technology for Embedded Intelligence Systems)：組込み高次システム研究開発(2004～2008年)

組込みシステムの広い分野において、EUが確固たる位置付けの強化を目指すための構想である。

そのため、航空宇宙・自動車・工業・通信・家電等のグローバルな組込みシステム分野において、国際競争・断片化・非協調な研究をするのではなく、統一的な研究を目指している。図12に示すとおり、ARTEMIS ETP（European Technology Platform：欧州技術基盤）で先行検討した結果をベースに、SRA（Strategy Research Agenda：戦略的研究検討課題）を作成し、今後JTI（Joint Technology Initiative：共同技術主導）の方式で実施されていく。領域が広いこともあり自動車関係プロジェクトがどのように展開されるかはまだ未定であるが、今後の着目プロジェクトである。

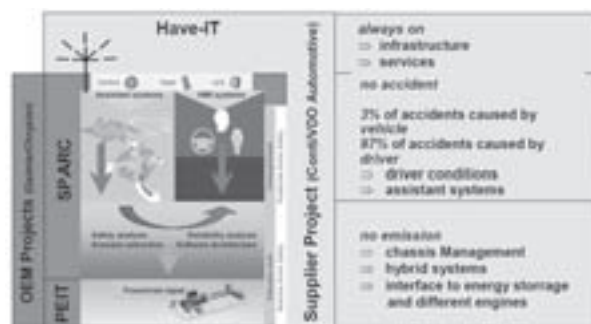


(出典) JARI調査

図12 ARTEMIS関連の組織とプロジェクト

3.2.5 HAVE-IT (Highly automated vehicles for Intelligent Transport) (2008年～)：高度道路交通のための高度自動化車両

FP7において2008年2月1日より新たな自動車関連プロジェクトHAVE-ITが開始された。これは、SPARCの後継として、OEM ProjectsからSupplier Projectsに変更してスタートしている（リーダー；Continental）。



(出典) #8 Internationales Stuttgarter Symposium

図13 HAVE-ITの構造

HAVE-ITプロジェクトは、高度自動化運転の長期的な展望を示すために42ヵ月の研究期間が設けられ、約3,000万ユーロの予算が計上されている。研究結果は次世代の先進運転支援システム（ADAS；Advanced Driver Assistance Systems）の基礎を築くことと、乗用車やトラックの乗客のためにより優れた交通の安全性と効率性へ貢献できることが考えられている。下記に安全性と効率性に関する3つの研究テーマを記載する。

- ① 運転者とADASの接続システムの最適分配
- ② 耐故障性の更なる開発と実装
- ③ 高レベルの自動化への次世代ADAS開発・検証
HAVE-ITでは、6つの最先端の高度自動化車両アプリケーション（人間工学、情報制御、レーンキープ、一時的な自動制御、エコドライブ）について集約的に研究されている。

3.3 研究機関FKFS調査

個々の欧州助成プロジェクトを調査するとEUにおける中長期の戦略を継続的・持続的に産学官が一体となって先行技術開発に取り組んでいることが理解できる（ex.EASIS→SPARC→HAVE-IT）。かつフレームワーク計画に参加しているEU27カ国や多数の民間企業・大学等で同時に検討されるため国際標準化になりやすい。これら産学官の連携を支えている機関としてFKFSが挙げられる。以下にFKFSの概要について述べる。

3.3.1 歴史

1930年に非営利団体として初の専門的な自動車研究所として設立されたFKFSは、自動車の空力やエンジン開発が主力分野であったが、2004年に自動車メカトロニクス部門を新設し、IVK（Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen Universität Stuttgart）と協力しプロジェクトの研究・開発を行い、3専門分野と1管理部門から構成されている。4名の運営委員はシュツットガルト大学教授が2年置きに任命されている。教育プログラムも提携し共通目的に向かって研究施設、講師、そして卒論テーマまでも共有し、特に優秀な学生には、博士課程のプログラムを提供し自動車産業の発展につなげている。

3.3.2 最近の特徴的な出来事

2007年12月にFKFSは、Audi・BMW・Daimler・Bosch・Elmos・Continental・Infineonと共同で2008年初めから自動車エレクトロニクス技術の研究・開発の事業を推進することを発表した。これは自動車の革新技術のほぼ9割がエレクトロニクス技術によるためであり、EUもこの共同事業を支援し参加企業も含めて、5億ユーロ以上を投資する方針である。

3.3.3 研究内容

1) Internal Combustion Engines：内燃機関

【研究項目】熱力、排気ガス分析・開発ツール、エンジン音響、試験技術

最新の計測・コンピュータ・シミュレーション・評価技術を駆使し、メーカ要望に応える開発や基礎研究を実施。伝統的な取組みテーマは、有害物質削減、省エネ、エンジン騒音研究開発。



（出典）FKFS資料

図14 内燃機関シミュレーション

2) Automotive Engineering：自動車

【研究項目】風洞実験、空力、自動車、振動騒音

世界でも最新の空気音響施設にてモデル風洞とサーモ風洞施設、高品質・信頼性の試験場を保有。冷却調査、機能調査、公害調査等を実施。



（出典）FKFS資料

図15 風洞試験施設

3) Automotive Mechatronics：メカトロニクス

【研究項目】ソフトウェア、シミュレーション、エネルギーマネジメント

増大するカーエレクトロニクス分野での研究。メカトロニクスシステムとアーキテクチャを融合させ、ドライブ時の安全性、信頼性、環境性、快適性などの観点から自動車の理想的な機能を導き出すことを研究。



(出典) FKFS資料

図16 ステアリングシュミレータ

4) Management管理部門

【項目】運営管理, セミナー・教育関連

4. まとめと提案

1) EUによる戦略的継続的な研究開発

2010年までに世界で最も活発な知識立脚型経済社会を目指し参加国の助成（GDPの3%）をベースに，EU戦略が造られ，それが具体的な活動として実施されており，かつ継続的・持続的な活動となっている。

EASIS（機能安全設計体系化）

→SPAR（ステアバイワイヤ実装）

→HAVE-IT（自動運転インフラコンポ開発）

日本も同様な活動が始まったが，まだ共通領域

の活動意識が薄い．今後はEUの戦略やロードマップ調査，個別プロジェクトの日本との比較（e-Safety*とASV）等，更なる調査と日本の自動車社会への提案が必要．

2) 産学官・研究所の連携が良い

FKFSのような開発全体をまとめる仕組みがあり，詳細調査が必要だが，日本にも同様な研究組織の仕組みが必要．

3) 開発と標準化の活動がセット

例えば，ISO26262（電子機能安全）は，EASIS，ATESST，PreVENTの開発の成果が，標準化に生かされている．さらに，EU27カ国で，もまれるため，そのまま国際標準になりやすい．日本も，開発と同期した標準化活動が必要．

5. 最後に

本研究調査は，ITSセンターと企画管理部，および下記メンバー（敬称略）と協力して進めた．短かい研究期間にも係らず，所期の成果を達成できたことを，諸兄に深く感謝する．

アイシン精機 鈴木氏

IMRA EUROPE 葛谷氏

富士通マイクロエレクトロニクス 佐藤氏

（当時，JARI-ITSセンター所属）