

JSPMI-ERI 24-3

SDV 時代の製品開発革新とモビリティ産業の課題
報告書

令和7年3月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

序章 本調査研究の問題意識

1. 本調査研究の背景と目的

本プロジェクトの目的は、自動車産業で世界的に進行するイノベーションである SDV (Software Defined Vehicle) の実態を明らかにし、今日までの技術・社会的到達点と課題を提示することにある。具体的には、SDV の浸透に伴う産業構造の新たな変容、ならびにソフトウェア主導がもたらす開發生産システムの転換の実態を明らかにし、この潮流が次世代の自動車産業におけるプラットフォームの誕生を導出するものなのかを突き止めることである。

分析対象は、既存自動車産業の主要プレイヤーである完成車企業、部品企業ばかりでなく、新規参入を企図する広義のエレクトロニクス関連企業、ならびに大手 SIer などが挙げられる。初年度にあたる 2024 年度は、今日までの国内企業のソフトウェア開発への取り組みの実態を調査研究対象とした。自動車産業の既存プレイヤーにとってソフトウェアは新しい技術体系であるため、従業員のリカレント教育やリスクリング、そしてその手段としての産学官連携のスキームなども調査の対象に含めるものとする。

注：SIer (System Integrator) とは、システム開発のすべての工程を請け負う受託開発企業を指す。クライアントへのコンサルティング業務のほか、システムの企画立案や設計、開発などを手掛ける。

2. 調査研究の視点

上の問題意識に従う前に、そもそも「SDV」は何を指すかという議論が必要である。SDV という文字を最初に用いたのは誰か、どの企業かは判然としないが、GPU で知られる米国の半導体企業 NVIDIA や新興 EV 企業の Tesla (米) がその概念を広めたという流れが一般的だろう。事実、NVIDIA は様々な技術コンファレンスで「SDV」という言葉を頻繁に採用し、それが一般的になっているようにも映る。加えて同社は、2010 年代半ばから自動運転技術において世界中の完成車企業やメガサプライヤー、マッピング企業、センサー企業などと提携し、多様なエコシステムを生み出している。その結果、NVIDIA のような半導体企業や IT 企業が台頭し、自動車産業における主要プレイヤーに変化がみられると指摘する記事も目にするようになった。

しかし、実際にそうなのだろうか。自動車はあくまでも総部品点数が何万点をも超える部品で構成されるシステム製品であり、電子化やソフトウェアによる制御など技術革新は進むものの「走る」「曲る」「止まる」といった基本機能に変化はない。そのなかで、半導体や情報通信関連企業、ソフトウェア企業が「台頭」するのだろうか。

ただし、この疑問には本調査研究は応えるものではない。本調査研究は企業インタビューや統計データの活用等による社会科学的な面から調査を進めるものであり、技術の軽重で主

要企業を測るものではないからである。他方で、SDV時代といわれる今、ソフトウェア搭載量の増加がどのように自動車の開発が行われ、そこに生ずる課題を顕在化させることは、日本の自動車産業振興に資する視点だと考える。そこで本調査研究は、以下に示す流れで実施した。

3. 調査研究の実施内容

本調査研究では、自動車産業にかかる研究者による調査研究委員会（PL：佐伯靖雄 関西大学教授、太田志乃 名城大学准教授）を設置し、5回にわたる調査研究委員会を開催した。委員会では、本調査研究に関する基本フレームワークを検討することをメインとし、外部講師も招聘し講演も頂いた。これらの活動を通じて、SDV時代における企業の動きや今後の方向性などの分析を進めた。また、自動車関連企業のみならずソフトウェア関連企業及び団体等へのインタビュー調査を行い、調査研究を進めた。

なお、本報告書の作成にあたり、各省の原著責任は執筆者にあるが、編集責任は経済研究所プロジェクトチームが負うもので、委員会の責任見解ではないことに留意頂きたい。また、本報告書は中間報告の位置付けで展開するものであり、執筆者間での意見の統一やすり合わせも調整できていない箇所もある。よって、文章の表現等に差異があり、同一の問題を別章では重複して指摘していることがあることもあらかじめお断りさせて頂く。

**「SDV時代の製品開発革新とモビリティ産業の課題」
委員名簿**

第1グループ（車載SW）

太田 志乃	名城大学 経済学部 准教授（PL）
佐伯 靖雄	関西大学 商学部 教授（オブザーバー）
野村 俊郎	鹿児島県立短期大学 教授
北原 敬之	京都産業大学 経営学部 教授
森谷 和仁	SCSK株式会社 モビリティ事業グループ SDM事業開発センター プロダクトエンジニアリング部 部長
佐藤 俊	株式会社 LEALIAN 代表取締役 兼 株式会社 FOMM 社長室顧問

第2グループ（SDV）

佐伯 靖雄	関西大学 商学部 教授（PL）
太田 志乃	名城大学 経済学部 准教授（オブザーバー）
畠山 俊宏	摂南大学 経営学部 准教授
垣谷 幸介	大阪経済法科大学 経営学部 教授
磯村 昌彦	名古屋外国語大学 現代国際学部 教授

（所属および役職名は委員会開催当時のもの）

※ 本調査研究は当初、2つのグループに分けて展開予定だったが、インタビュー先企業の重複や報告書まとめの視点重複などを鑑み、2025年度調査ではひとつのプロジェクトとして展開予定である。

第1章 補完的車載ソフトウェア開発から SDV の開発への移行と到達点

はじめに

本稿の目的は、2020年代に入ってから自動車産業の価値創出活動において注目を浴びるようになってきたSDVの開発を念頭に、その前身・前提たる従来の車載ソフトウェア（以下、本文中ではSWと表記）開発からの移行の経緯及び必然性、そして課題について明らかにすることである。2024年5月に経済産業省と国土交通省が策定した「モビリティDX戦略」によると、SDVとは「クラウドとの通信により、自動車の機能を継続的にアップデートすることで、運転機能の高度化など従来車にない新たな価値が実現可能な次世代の自動車のこと¹」と定義されているが、これはSDVの機能的性質を部分的に表現したに過ぎず、その本質的な意義や広がりからすると概念を矮小化しかねないものである。本稿では、SDVが世の中に知られるようになった価値創出上の経緯や必然性を描写することで、この用語の概念を正確に理解する一助となるべく議論する。

第1節 車載ソフトウェア開発の導入と浸透

自動車産業にSW開発の要素が入るようになった契機は、エンジン制御のために車載用半導体が採用されたことにある。具体的には、機械的には難しい燃料噴射の細かい制御を電子機器が代替するようになった1970年代にまで歴史は遡る。こうしたアプリケーション単位での制御系のことを電子制御システムと呼ぶ。注意すべきは、この流れは単にエンジン制御の技術的發展というよりも、当時の先進国中心に深刻視された環境汚染への対応という切実な要望からきたものであったことである。つまり、車載SWの採用は社会のニーズが要求したものなのである。車載電子制御システムが現在に至るまで継続して発展してきた要因は、大別すれば社会的要因と技術的要因とに集約される（佐伯，2012，p.23）。以下、佐伯（2012）の記述を要約し説明しておこう。

燃料噴射制御の技術は1950年代に実用化されていたが、1967年にトランジスタ式燃料噴射制御が採用されたことで、信頼性や性能が向上した。その後の車載電子制御システムは、度重なる環境規制の強化や乗員保護への強い要望等を背景に技術的發展を遂げるが、これらが第1の社会的要因にあたる。第2は、民生用エレクトロニクスでの技術革新を後追いで採用することで、その製品付加価値を高めてきたという技術的要因である。最大の技術革新は1971年に発明されたMCU（Micro Controller Unit：通称マイコン）を車載用部品に応用したことである。これにより、1980年代以降の制御能力は格段に向上する。MCUは、エンジン制御に始まるパワートレイン制御、走行中の車体の挙動を管理する車体制御、快適性を向上させる各種のボディ制御へと用途を拡大する。MCU以外にも、半導体及び受動部品等電子デバイス全般が高機能化する一方で価格が低廉になったことで、コスト要件の大変厳しい自

¹ 経済産業省・国土交通省「モビリティDX戦略」参照。ただし同戦略の解説にはより詳細かつ網羅的な説明はされている。問題は、定義としての1文が狭い範囲しか表現できていないことにある。

動車部品にも採用が進んだのである。以上のように、MCUの本格採用が自動車産業にSW開発という新たな要素を呼び込んだのである²。同時期、カーステレオやカーナビ等のエンターテインメント領域を中心に自動車の情報化が進んだことで制御対象は更に広がった。1990年代後半にはトヨタから世界初のハイブリッド車である初代プリウスが上市されたが、エンジンと二次電池という異系統の出力を協調しながら高度に制御するニーズも生まれた。この間、電子デバイスの価格低下も並行して進んでいたことで、社会的要因と技術的要因は両輪となって車載SWの自動車産業への浸透を著しくしたのである。

ところでMCUに格納されたSWは、入出力の制御回路とともにハードウェア（以下、本文中ではHWと表記）のECU(Electronic Control Unit)に組み込まれて自動車に実装されている。1970年代から採用の始まった電子制御システムは、大まかにいえば独立したアプリケーション単位でのセンサ（入力機器）、ECU（制御機器）、アクチュエータ（出力・作動機器）で構成され、相互のデバイスをワイヤー・ハーネスが連結し電力や信号の経路を形成するものである。とりわけパワートレイン制御、車体制御、ボディ制御への電子制御システムは、アプリケーション単位で採用が進んだこと、そしてその多くは完成車企業ではなく大手部品企業によって供給されたことが特徴である。SW開発という完成車企業にとって（当時）周辺領域であり専門知識にも乏しかった分野は多くが外注されてきた。しかしながらアプリケーション単位での外注は、電子制御システムの制御対象の広がりや制御技術の深化により個々に独自の進化・発展を見せるようになり、徐々に完成車企業が全体像を把握することは困難になった。電子制御システムは、構成デバイスや制御対象領域ごとに専門分化が進み、前述のハイブリッド車開発のような複数の制御系を連携させなければならない車載SW開発においては調整の難しさが表面化していくことになる。また2000年代には車載SW開発ができる大手部品企業のプレーヤー数が限られるなか、需要先行で仕事量ばかりが肥大化し、開発現場を圧迫するようになったのである。

疲弊する開発現場と非効率さの目立つ仕様乱立の現状を是正すべく、2000年代中には欧州の完成車企業やメガ・サプライヤーと呼ばれるグローバル規模の大手部品企業とが中心になり、車載SW仕様の標準化や通信規格の標準化を目指すコンソーシアムが組成され、それぞれ車載SWではAUTOSARが、通信規格ではFlexRayが登場した。また、開発手法そのものも実機を極力使わずモデル上で機能の設計や検証を行うMBD（モデルベース開発）が登場した。ただしこの時期には、自動運転(AD: Auto Driving)の源流にあたるようなADAS(Advanced Driver-Assistance Systems)の商用化が始まっており、もはや車載SWによる制御は周辺領域などではなく、各社にとって決定的な差別化の源泉として認識されていた。非競争領域と競争領域とを分けるという大義名分こそ業界内で共有されたものの、AUTOSAR等では数々の派生形態が発生し当初目論んだようなSWの高度な標準化や

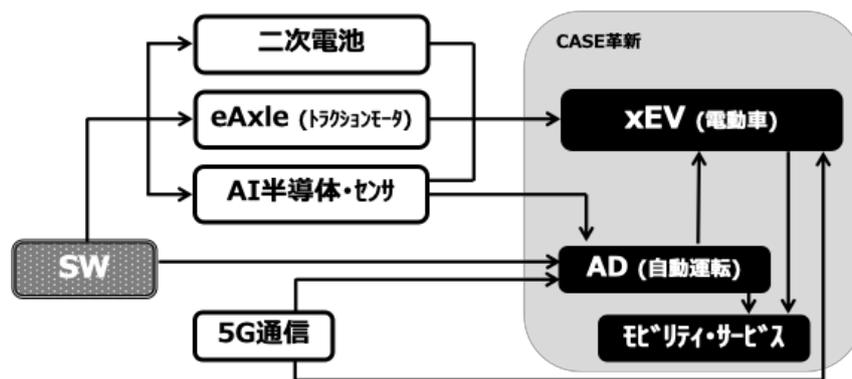
² ほかにも、電子デバイスの小型チップ化は1980年代にSMT(Surface Mount Technology: 表面実装技術)を可能とし、PCB(Print Circuit Board: プリント基板)上にそれまでよりも遙かに多くの部品を実装することができるようになった。これにより自動化率も向上した。以上の経緯については、例えば佐伯(2012)参照。

再利用化にまでは到達できなかった。そして 2010 年代に入ると自動車産業は一気に「電動化競争」へと突き進み、動力源の電動化、すなわち二次電池やモータの制御と AD/ADAS の開発、そしてエンタメ領域のいっそうの進化に各社は同時に取り組まなければならなくなったのである。こうした混沌とした車載 SW 開発の実態は、もはやこれまでのように、アプリケーション単位のいくつもの電子制御システムを、屋上屋を架すようにして要求性能を満たすといった力技でどうにかできるものではなかった。こうして SDV の必要性が議論の俎上に上がってきたのである。

第 2 節 組み込みソフトウェア開発から SDV の開発への移行

1970 年代に始まった車載 SW 開発のあり方は、電動化競争という新たな局面において抜本的な思考の転換を要求されている。従来の電子制御システムは、前述のとおり経路依存的理由から大手部品企業が ECU 等の制御にも大きく関与してきたが、彼らはあくまで HW としての部品屋であるため、自社製品の HW が競争力を持つように SW を活用してきた。つまり発想の起点は HW であり、誤解を恐れずにいうならば、SW は HW に組み込まれて補完的にふるまうような機能を期待されていたに過ぎない。しかしながら今日の電動化競争では、複数の電子制御システムが担ってきた個々の機能を協調し統合するかたちで制御することが求められる。AD/ADAS 等はその典型であろう。図 1.2.1 に示すように、CASE 革命とも呼ばれる今日の電動化競争には、直接・間接に SW が必ずといっていいほど関与している。もはや HW 的な思考だけでこれらの技術的課題は解決できないし、社会のニーズに応えることも難しくなっている。

図 1.2.1. 電動化競争の起点となるソフトウェア(SW)



出所) 筆者作成。

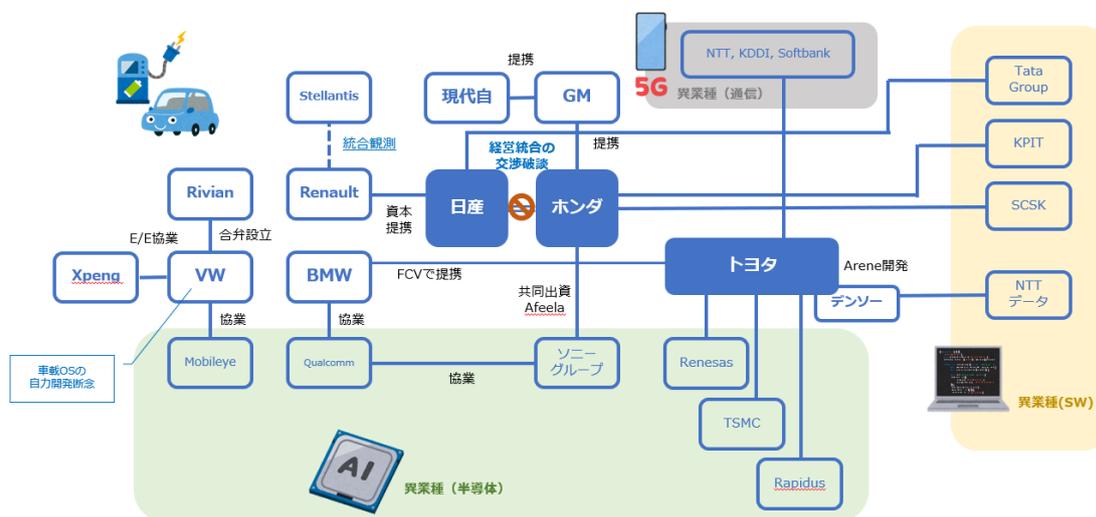
世界的にみても試行錯誤の続く SDV の基本的な考えとは、顧客が求める（≒完成車企業が訴求したい）価値とは何なのかを突き詰めて定義し、それを実現する制御体系を描き出した上でその地図上にプロットすべき HW（種々の部品群）を選択し規定していくものである。すなわち、機械金属・樹脂・電気電子回路等の HW の機能を制御し補完するのが SW の役割（HW 主/SW 従）だったものが、今や SW により定義された付加価値を HW が

具現化していく役割（SW 主/HW 従）へと逆転しつつあるということである。こうした思考の転換は、部分最適を追求してきた大手部品企業だけでは難しく、やはり自動車製品全体の構造や機能を網羅的に知悉している完成車企業でなければ荷が重い取り組みである。ゆえに今日、米国テスラや中国 BYD といった SDV を実現しているとされる先駆的企业には完成車企業が多い。既存 ICV（化石燃料車）の雄たるトヨタや VW もそれに追随しようとしている。

とはいえ車載 SW 開発は重要性こそ認識されるようになったものの、完成車企業にこの技術を専門とするエンジニアはまだ少なく、経営陣のなかにそれらの開発を経験してきた者もまだそう多くはない。完成車企業の技術開発上の意思決定のあり方は、今なお HW 主導のものづくりから脱皮しきれていないのである。ゆえに完成車企業は、自動車製品全体の知識を活かした企画力に重きを置きつつ、実務的な SW の開発には外部のパートナーを選択しようとしている。その相手は ICT の専門企業や大手 SIer のような異業種の企業が珍しくない。産業間の境界は流動的である。

2024 年末に突如公表されたホンダと日産の経営統合の検討開始（その後 2 ヶ月で交渉破談）については、電動化や SW 開発の競争激化が引き金となった側面もある。図 1.2.2 は 2024 年末時点での主要プレイヤーとそのパートナーとの関係性を描いたものである。ホンダはソニーとも提携し、Afeela ブランドを掲げて新しいモビリティ・カンパニーを設立し 2025 年から受注を開始している。

図 1.2.2. 電動化競争における関連産業を含む主要プレイヤーとその関係性



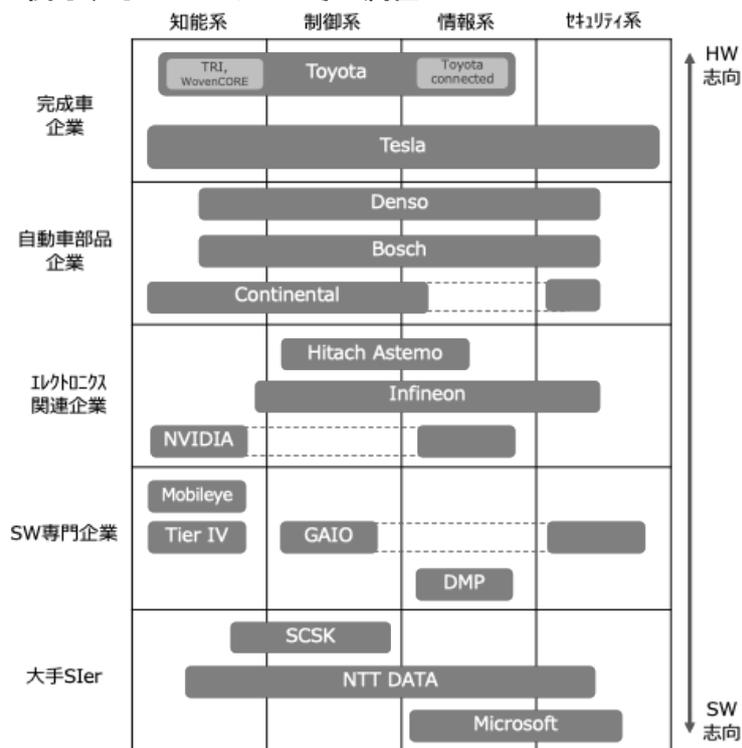
出所) 『日本経済新聞』2024 年 12 月 12 日, p. 19, 及び同紙 2024 年 12 月 27 日, p. 3 をもとに筆者作成。

ところで、従来の組み込み SW 開発を担ってきた大手部品企業も指をくわえて SDV を眺めているばかりではない。とりわけメガ・サプライヤーと呼ばれるグローバル規模の大手部品企業は、その HW と SW のラインアップの拡がりを活かして完成車企業の統合業務に

まで入り込もうとしている。図 1.2.3 は（不完全な整理ではあるが）SDV に拘わる各プレイヤーとその主たる関与領域をまとめたものである。

SDV は未だ確たる定義のある概念とはいいがたく、実務先行で車載 SW 開発をめぐる業界の見取り図は刻々と変化している。今のところ既存の自動車製品の開発にレガシーを持たない xEV（電動車）専業のテスラや BYD（及び新興中国企業）がこの分野においても先行しているとされるが、xEV 市場そのものも販売台数の順位変動が著しいため予断を許さない。SDV のあり方が今後変わっていく可能性は大いにある。

図 1.2.3. SDV に関するプレイヤーとその属性



出所) 筆者作成。

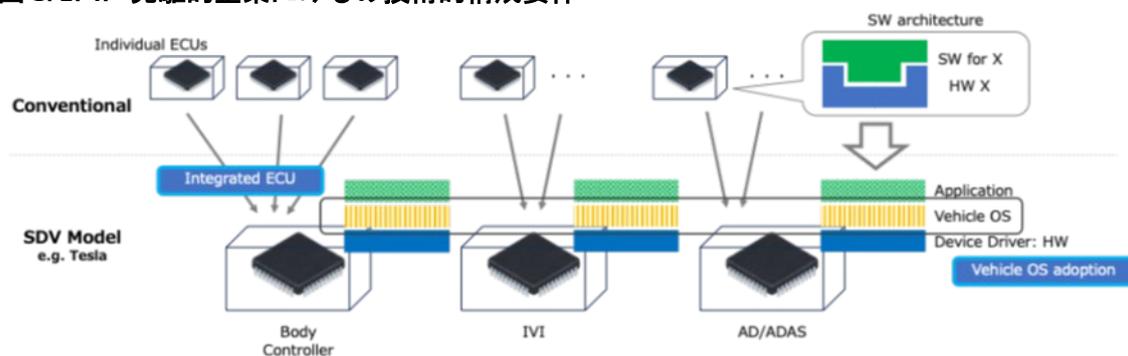
次に、図 1.2.4 において SDV を実現する上で最低限必要となる技術的構成要素を見ておこう。大別すると「車載 OS」と「統合 ECU」の存在が SDV において決定的に重要である。組み込み SW が主流だった時代には、デバイスごとの ECU がアプリケーション単位で分散していても、「電子制御システムのさらに上位にドライバーという指示の最上位層があった³⁾」が、AD/ADAS、とりわけ人ではなくシステムが運転を主導する AD のレベル 3 以降の水準では、「ドライバーの判断は非常に複雑で、従来システムに自動運転用の ECU を 1 つ追加することではドライバーのような高度な判断を実現できない⁴⁾」のである。そこでシステム全体を調整し、これまで複数の ECU に分散していた機能を協調的に制御する必要性

³⁾ 清原・脇田・徳永・安井 (2023), p.17 参照。

⁴⁾ 同上

が出てきた。これを容易にするのが統合 ECU である。統合 ECU は物理的な単位での ECU の個数を劇的に少なくする。また、分散制御では ECU が多すぎて煩雑になり、かつ安定性の担保が困難であった OTA (Over The Air) のハードルも下がることになる。さらに統合 ECU の SW を階層化し車載 OS を実装することで、HW 側を抽象化するとともに SW のアプリケーション層だけを更新することができる。これもまた煩雑さの回避とシステム安定化に寄与することになる。車載 OS の採用は HW と SW の分離開発を可能とし、SW の「部品化」によって再利用性が高まるという利点もある。SW 開発コード数の絶対的な増加は、2000 年代の AUTOSAR 等の登場にみるように常に開発現場を圧迫しているため、SW の部品化は開発効率性の向上のためにも必要不可欠である。

図 1.2.4. 先駆的企業にみるの技術的構成要件



出所) 筆者作成。

以上のような利点を伴う SDV の仕組みであるが、前述の如くその採用はテスラ（及び BYD も？）が業界内で他社に先んじている。同社では創業以来車載 SW のエンジニアを大量に採用し続けて取り組みを本格化させてきた。トヨタや VW といった世界最大手級の完成車企業も SDV の考え方にに基づき統合制御を目指しているが、分散制御時代の開発のあり方や方法論から抜け出すのは容易ではなく、統合制御のひとつ前の段階にあたるゾーン制御への移行を急ぐので手一杯のようである。車載 SW のエンジニア獲得競争にも劣後しており、当面はテスラの優位性は揺るがないとみられる。レガシー・コストの少ないテスラのような xEV 専業企業のほうが、開発のあり方を大きく変えるような取り組みにおいて先行者優位を有している。

ところで車載 OS の開発については、VW が事実上自社開発を断念したり、トヨタが独自 OS・Arene の開発を公表しつつも未だ実用化をみていなかったりと各社が苦戦している。これは自動車産業にかぎったことではなく、SW 開発を本業とする ICT 業界でも同様である。「かつては米国の Apple が独自 OS の開発に失敗し UNIX ベースを採用し、Windows で大躍進した Microsoft もスマートフォンの OS 開発には失敗した。今日のコンピュータ用 OS でも何十年も前に基本設計された UNIX ベースのものが存続していることを考えると、そ

れくらい OS というのは設計開発が難しいものだと考えられる⁵⁾のである。思うような成果に至らない欧米や日本の企業とは異なり、例えば中国の華為技術(HUAWEI)は、米中対立の影響からスマートフォンの OS に Android を実装するのを諦めざるを得なかったため、自社 OS の Harmony の開発に着手し成功した。そして近年はこれを車載用コックピットの OS へと転用することで適用対象を拡大している。

第3節 発想の価値創出活動

ここまで組み込み SW 開発から SDV に至る略史を確認した。本節では、SDV の本質について議論を進めよう。すなわち、昨今話題に上るようになった SDV とはいったい何を指すのか？という問いに対する解題を試みることである。

SDV は、もっぱらトヨタ系企業が標榜している「ソフトウェア・ファースト」を具体化する考え方である。とはいえ、「ソフトウェア定義車両」という多少滑稽な日本語訳が当てられるように、その本質は明瞭に言語化されているとは言いがたい。自動車関連各社も個別に定義をしているものの、それゆえ外部からはほかとどう違うのかが見えづらい。本稿冒頭に示した経済産業省と国土交通省の「モビリティ DX」の定義を再掲すると、「クラウドとの通信により、自動車の機能を継続的にアップデートすることで、運転機能の高度化など従来車にない新たな価値が実現可能な次世代の自動車のこと」とあるが、これだと CASE のうち C(Connected)の要素だけを取り出して OTA という特定機能の説明をしているに過ぎない。これだけでは、SDV とは単に通信機能を介した SW のアップデートができる車というミスリードを犯してしまう。SDV の一側面しか捉えられていないのである。本稿で強調したいのは、SDV とは Vehicle としての「車」を説明しているのではなく、SDV という名称が与えられた車両がどのような顧客価値を提供しているのかを問う概念だという点である。つまり SDV とは、「ソフトウェア・ファースト」のもと顧客に対する価値創出活動の転換を指す概念なのである。

SDV では価値創出活動が HW からではなく SW から企画構想される。ゆえに従来の HW 基準での製品開発のプロセスや組織、さらにはサプライヤー・システムにまで影響が及ぶことも考えられる。ここでの「従来の」というのが既存自動車関連企業にとってはレガシーにあたるため、テスラや BYD のような新興企業のほうが身軽であり、業界内でのさまざまなしがらみを顧みる必要がないという意味においても有利である。また、完成車企業には SW 開発のノウハウ・知識・経験の蓄積が乏しいため、業界内のリーダーシップの所在にまで拘わる論点とも言えるだろう。組織、プロセス、産業構造のいずれにも作用し、そのあり方を根本的に変えようとするのが SDV なのである。

SDV の本質を捉えるにあたり、価値というキーワードに基づいていくつかのアプローチから検討することが有効である。図 1.3.1 はそれを簡便に示したものである。縦軸には顧

⁵⁾ 2024 年 10 月 21 日に実施した神奈川工科大学創造工学部自動車システム開発工学科の脇田敏裕教授へのインタビュー時のコメント。

客への提供価値を、横軸にはその価値を創出する主体をとる。「モビリティ DX」は、このマトリクスのうち左下のセグメントのことを説明しているに過ぎない。OTA の機能的側面をクローズアップすることはメーカー視点であり、かつ技術的には xEV でなくとも採用できる（ただし実態として xEV の訴求ポイントであることが多いが）という意味でレガシー価値である⁶。つまり、最も保守的で狭い定義でしかないのである。メーカー視点では、左上のセグメント、つまりより新規性の高い拡張価値を論じる必要がある。それらは例えば、目下開発が進んでいる AD のレベル 3 以降のことを挙げられようが、目標は明確であるもののメーカーの技術開発は途上であり広範な製品化には至っていない⁷。

図 1.3.1. 提供価値と価値創出の主体からみるの様々なアプローチ
価値創出の主体

		メーカー視点	ユーザー視点
提供価値	拡張価値	・ AD Lv.3-	・ ロボタクシー+α
	レガシー価値	・ モビリティDX	・ ADAS -Lv.2 ・ 車内エンタメ

出所) 筆者作成。

そしてより重要なのがユーザー視点での議論である。OTA も AD のレベル 3 もユーザーにとっての利便性が高まるのは言うまでもないことだが、それがユーザーにとって本質的な価値かという意見は別れるだろう。どちらもあるに越したことはないが、なくてもこれまで自動車社会は成り立ってきたからである。ユーザーにとって本質的な価値とは、それが長期的にみても有意に社会課題を解決しうるものかどうかで決まる。右下のセグメントにあるように、今のところ ADAS のレベル 2 は ICV 全盛期から採用済みのブレーキアシストと前車追従型クルーズコントロールとを協調制御することで実現されており、これだけでもユーザーの運転に対する負荷を大幅に軽減し追突型の交通事故の回避に役立っている。いっぽう最近年では、中国市場の主に若年層のユーザーは、スマートフォンに似せた分かりやすいタッチパネルでの室内操作や AI との会話、大型ディスプレイでの動画鑑賞やゲームといった機能を好むとされる。彼らにとって自動車製品の「走る・曲がる・止ま

⁶ 通信機能を介した付加価値の提供は、ICV 全盛期にもテレマティクスと呼ばれ存在していた。ここでのレガシー価値とは、HW 主体で生み出されてきた時代の遺産、そして若干の前時代性を示唆する用語として使用している。

⁷ SDV の範疇ではないが、電動化競争における HW の拡張価値としては、xEV、とりわけ BEV の致命的弱点である航続距離を補う全固体電池の実用化やその補完としての手軽な高速充電の実現もこのセグメントに該当する。

る」といった基本機能の出来映えや乗り心地のような感性的な指標はさして重要ではないとも言われている。SDV 固有の提供価値ではないが、車室内カラオケ機能が当たり前とされていること⁸にもそれは現れている。いずれもユーザーが顕在化したニーズとして重視している価値である。ただしこれらはレガシー価値に過ぎず、近未来をたぐり寄せるような類いの機能ではない。

SDV がその本質とするのは、右上のセグメントにある、ユーザー自身がまだはっきりと認知していないようなニーズに輪郭を与えることである。そしてそれは、ユーザーの利便性向上のための個別最適を超えて社会課題の解決という全体最適に結びつくものでなければならない。分かりやすい実例を挙げるのはまだ難しいが、ロボタクシーのような AD のレベル 4 やレベル 5 を想定したものがヒントになり得る。既に米国や中国ではロボタクシーの商用化が始まっているが、まだ技術的な課題も多く残されており完成形に至るまでには時間を要する。大切なのは、ロボタクシーの要素技術である完全自動運転機能がどのような社会課題の解決に資するかを考えることである。ロボタクシーの提供する拡張価値とは、単にドライバーレス車両による移動サービスではない。日本を筆頭に先進国の多くは少子高齢化と人口減少に直面しつつあり、既にわが国ではタクシー、トラック、バスといった旅客運送、物流セクターでの労働力確保が困難になっている。ロボタクシーの技術は、こうした先進国の人口減少に伴う供給制約を乗り越える有効な手段のひとつである。また、より精緻な AD システムが実用化すれば不幸な交通事故被害者は激減するだろう。そして AD を所与とする交通社会への転換が進めば、IEA（世界エネルギー機関）や EU が喧伝する地球規模での CO2 排出量の大幅削減も達成できるかもしれない。SDV のゴールは、こうした社会課題の解決でなければならない。既存の要件を積み上げていく価値創出ではなく、目指すべきゴールを明確にイメージし、そこから逆算して技術開発と製品開発を進める必要がある。その過程ではユーザーもまた厳しくその必要性を評価する役割が与えられる。このような社会課題への挑戦にあたり、メーカーとユーザーはともに価値創出活動の転換を図らねばならない。SDV の目指す姿はそのようなものとして理解する必要があるだろう。言い換えると、SDV の本質とは、車載 SW の相対的価値が向上するといった技術面での優先順位の問題などではなく、これまでの自動車を中心とした交通社会が実現しえなかった社会課題の解決に挑むための企画構想の転換を経た価値創出なのである。その発想の起点が SW であり、企画構想の実現・実装に必要な HW がそれに添って選択（あるいは新規開発）されるという開発フローに変わる必要がある。したがって企業組織もまた変革を余儀なくされるのである。

⁸ 『日本経済新聞』2024年6月3日記事「中国EV、カラオケもはや必需機能 車内エンタメ競う」参照。

おわりに

本稿の目的は、2020年代に入ってから自動車産業の価値創出活動において注目を浴びるようになってきたSDVの開発を念頭に、その前身・前提である従来の車載SW開発からの移行の経緯及び必然性、そして課題について明らかにすることであった。まず車載SW開発の発展経路を辿る略史を解説し、1970年代の環境規制対応を契機とする電子制御システムの導入、その後のアプリケーション単位での同システムの拡充について整理した。電子制御システムは、電動化競争の本格化により二次電池のエネルギー・マネジメントやAD/ADASの実用化により高度化し、システム間の協調がますます重視されるようになっていく。その方法論としてSDV、すなわちSW主/HW従の考え方が注目されるようになったことを説明した。

ただし本稿が強調したいのは、SDVの本質とは、そうした自動車の技術開発・製品開発における技術面での優先順位の問題などではなく、社会課題の解決に向けた企画構想の転換なのだという点であった。SW主HW従は、あくまでその方法論に過ぎない。目新しく映るOTAやデジタル表示に依拠した車内エンタメは、従来のICV全盛期からのレガシー価値を化粧直ししただけであり、SDVの本質にはほど遠いものなのである。

主要参考文献一覧

- 清原良三・脇田敏裕・徳永雄一・安井大介（2023）『自動車用開発入門』科学情報出版株式会社
- 佐伯靖雄（2012）『自動車の電動化・電子化とサプライヤー・システム：製品開発視点からの企業間関係分析』晃洋書房
- 佐伯靖雄（2018）『自動車電動化時代の企業経営』晃洋書房

第2章 SDV 時代における自動車開発

第1節 SDV 時代におけるトヨタの量産開発

はじめに

自動車の開発には、新型車の発売に向けて、または現行モデルのモデルチェンジに向けて行われる「量産開発」と、ウーブン・バイ・トヨタがウーブンシティで実証実験を計画している①ハイレベルの自動運転、②車両ソフトウェア開発プラットフォーム Arene OS、③都市における人や物の動きと行動を AI で解析する Vision AI、などを将来に向けて開発する「先行開発」がある。

本報告書の分析対象である SDV は上記①・②・③の要素を含んでいるため「先行開発」の側面が報道されることが多い。しかし、テスラや中華系自動車メーカーが先行して開発し量産しているため、トヨタでも量産に向けた開発手法に落とし込んだ開発が進められている。本章では、トヨタ自動車（以下、トヨタと略す）を事例として、先行開発の面にも言及しながら、テスラや中華系との競争の中で進められる自動運転やインフォティメントなどの SDV 的要素の量産開発について述べる。

トヨタにおける量産開発は、エンジン、トランスミッション、サスペンション、ステアリングなどの車両プラットフォーム開発と、車両プラットフォームを制御する電子プラットフォーム開発に分けて行われる。

車両プラットフォームの各領域（エンジン、トランスミッション、サスペンション、ステアリング、ブレーキなど）には各領域を制御するために開発された ECU が搭載されており、各 ECU は担当する領域を個別的分散的に制御している。

他方で、自動運転や運転支援、衝突防止のためのプレクラッシュ制御などでは各領域 ECU 間の連携が不可欠である。この領域 ECU 間の連携は、テスラでは各領域の ECU を中央集権的に制御する統合 ECU を開発済みで量産車に搭載済みだが、トヨタでは 2025 年時点でも統合 ECU は開発できておらず、統合 ECU を欠いたまま電子プラットフォーム上で各領域の ECU を電子的に連携させている。トヨタでは統合 ECU ではなく電子プラットフォームで SDV 的要素を制御しているのである。

このため、SDV 的要素の量産開発のために 2023 年にトヨタに設立されたデジタルソフト開発センター（略称 DSC、以下 DSC と呼ぶことがある）でも、主要な組織として「電子プラットフォーム開発関連部署」が「自動運転開発関連部署」、「コネクティッド開発関連部署」と並んで設置された。

電子プラットフォーム（以下、ePF と略す）は個別のモデルごとに開発されるのではなく、また特定の地域ごとに開発されるのでもなく、トヨタの全車種に共通の ePF が開発される。その ePF が最初に車両に搭載された年を頭につけて、それが 2012 年なら 12ePF、2015 年なら 15ePF、2019 年なら 19ePF と社内的に呼ばれている。どの ePF をどのモデルに

いつ搭載するかはそのモデルの開発を統括する CE⁹と Zが決める。CE はトヨタの全車種に共通の ePF を自らが開発する車両に適合するよう搭載開発と呼ばれる開発を行う。

DSC が行うトヨタの全車種に共通の ePF 開発と CE と Z が行う搭載開発の全体がトヨタにおける SDV 的要素の量産開発の根幹である。

最近では、SDV 的要素との関連が薄いと思われていた新興国向け車両で、国連や EU の規制に対応するため最新の ePF である 19ePF の搭載開発が行われた。2023 年のハイラックスの改良で行われた 19ePF の搭載開発である。搭載開発の目的は規制対応であったが、今後に向けては SDV 的要素が搭載可能になった。とはいえ、先進国向け車両のように運転支援もインフォティメントも盛り沢山に搭載している訳ではなくシンプルで分析しやすい。そこで、本章では搭載開発についてはハイラックスの 19ePF 搭載開発を対象に分析を進めていく。

(1) トヨタにおける電子プラットフォーム開発

トヨタにおける電子プラットフォームの量産開発は、デジタルソフト開発センター (DSC) に置かれた電子プラットフォーム開発部隊がトヨタの全モデルに搭載することを想定して行われている。DSC はトヨタ「技術部」に設置された 11 のカンパニー¹⁰の一つである。

電子プラットフォーム開発部隊は「クルマ開発センター」が開発した各領域の ECU が連携して動作するよう一つの ePF にまとめる。統合 ECU を欠いた 12ePF, 15ePF, 19ePF に続いて統合 ECU の搭載可能性も模索中だが、現行の最新 ePF は 19ePF である¹¹。次に CE-Z が行う ePF の搭載開発についてハイラックスの 19ePF 搭載開発を例に見ていく。

個々のモデルに自動運転がどのレベルで実現できるか、どのようなインフォティメントを搭載できるかは、車両プラットフォームと電子プラットフォームがどの世代のプラットフォームなのかによって決まる。車両プラットフォームが同じ世代でも ePF が新しい世代ならできることがある。2023 年の改良以前のハイラックスと改良後のハイラックスは車両プラットフォームが「F3」で同じだが、搭載されている ePF が「12ePF」から「19ePF」に

⁹ CE は Chief Engineer の略称。設計図の最終承認で各設計領域を統括する。CE の下に CE を補佐する Z と呼ばれる組織が置かれる。Z にはモデルごとに 2 文字目のアルファベット付く。例えばカローラの Z は ZE である。詳しくは後述を参照。

¹⁰ 2025 年 4 月以降の 11 のカンパニーは以下のとおり。() 内はカンパニーの主な業務内容。DSC(2025)に依る。⑤～⑧が製品軸のカンパニーである。各カンパニーにはカンパニーの業務について最終決裁権を持つカンパニープレジデントが置かれている。

①先進技術開発カンパニー (先行開発・管理) ②CN 開発カンパニー (カーボンニュートラルに向けた開発) ③デジタルソフト開発センター ④クルマ開発センター (横連携、量産手前の要素技術)
⑤Toyota Compact Car Company (コンパクトカーの量産開発)
⑥Mid-size Vehicle Company (ミッドサイズカーの量産開発) ⑦CV Company (商用車の量産開発)
⑧Lexus International (レクサスの量産開発) ⑨パワートレインカンパニー (エンジン、モーターの開発)
⑩ものづくり開発センター (工場での生産技術) ⑪GAZOO カンパニー (GR モデルの開発)

¹¹ DSC(2025)による。

更新された。12ePF ができることは限られていたが 19ePF ならできることがある。次節ではそれについて説明するが、その前に 19ePF の搭載開発の組織的特徴について見ておこう。

ハイラックスはタイ、南アフリカ、アルゼンチンなどの主な新興国で生産され、新興国を中心に全世界で販売されるグローバルモデルのため、開発も日本のトヨタに置かれた開発組織とタイに置かれた開発組織の協業で行われてきた。

ゼロからの新規開発とフルモデルチェンジ（トヨタ社内用語でマルモ）は日本の開発組織が担当し、マイナーチェンジ（マルマ）と小改良（マルカ）¹²はタイの開発組織が担当している。このことをプラットフォームに即して述べると、車両プラットフォームと電子プラットフォームの両方が一新されるフルモデルチェンジは日本の組織、プラットフォームに手をつけず小改良はタイの組織が行うという分担であった。

しかし、2023 年の小改良で搭載された 19ePF の新規開発では、ePF のアーキテクチャーを日本側で開発し、各車両への搭載開発をタイ側の電子技術組織で行う分担となり、タイ側がプラットフォーム開発の一部を担うことになった。

ePF の搭載開発を行ったのはタイトヨタ TDEM(2024 年に TMA に社名変更)¹³の電子技術組織である。その規模は数十名でメンバーは全員タイ人である。これは、生産のグローバル化に続く開発のグローバル化の進展であるが、日本におけるソフトウェア・エンジニアの不足に対応するという意味も持っている。トヨタの海外現地法人に在籍するソフトウェア・エンジニアを活用して開発工数をオフショアに出す形でのソフトウェア・エンジニアのオフショア調達である。

（2） 19ePF 搭載開発の目的

（2）では、19ePF の搭載開発の目的を紹介することを通じて、トヨタの SDV 開発がハイラックスのケースでは規制対応をトリガーとして進んでいる面を示す。これは、テスラの SDV 開発が内発的に進んでおり、規制はテスラの後追いで進んでいるのと対照的である¹⁴。

① サイバーセキュリティ対策

19ePF の開発目的はサイバーセキュリティ対策であった。走る・曲がる・止まるが電子的に制御される今日、ePF をハッキングから守ることは、安全上最優先の課題である。このことは主な市場が新興国のハイラックスでも変わらない。

¹² 「マイナーチェンジ（マルマ）」と「小改良（マルカ）」のトヨタ社内での定義は以下のとおり。「マイナーチェンジ（マルマ）」では、外見の変更（バンパー、グリル等のフェースチェンジすなわち意匠変更）が行われる。「小改良（マルカ）」では法規対応（欧州サイバーセキュリティ対応等）のみが行われ、外見（意匠）の変更はない。

¹³ TDEM: Toyota Daihatsu Engineering & Manufacturing
TMA: Toyota Motor Asia

¹⁴ たとえば、欧州・日本で新型モデルに対して 2022 年から、現行モデルに対して 2024 年から実施されたサイバーセキュリティ規制（UN-R155）ソフトウェアアップデート規制（UN-R156）は、テスラが 2010 年代に OTA で運転支援機能を更新できる車を次々に発売したことを後追いしたものである。

それに加えて、ハイラックスは欧州・日本にも輸出されるため、国連のサイバーセキュリティ規制（UN-R155）とソフトウェアアップデート規制（UN-R156）が欧州・日本に適用される 2024 年 7 月より前に対策が必要となった。車両全体のサイバーセキュリティを確保するには、それに対応可能な 19ePF の搭載開発が必要だったのである。

② 安全規制対応

19ePF の搭載開発は EU の安全規制に対応することも目的とした。その一つが車線逸脱防止方式に対する規制への対応である。以下のとおり先代の 12ePF では対応できないため 19ePF が搭載開発された。

19ePF はハイラックスの次世代モデルに搭載することを想定して搭載開発され、2023 年に現行モデルに搭載された。現行モデルの発売は 2015 年でそれに向けて開発された ePF が 12ePF である。通常、ePF はフルモデルチェンジの数年前に開発されるため、現行ハイラックス・フォーチュナーの ePF は 2012 年に開発された。

12ePF は、エンジン、ミッション、サスペンション、ステアリングなどのユニットごとに分散した ECU で制御するうえに ECU 間の連携に限界があった。このため、連携した制御が必要な電動パワーステアリング EPS（Electric Power Steering）を搭載することができず、EU 規制が求める車線逸脱防止方式に対応できなくなった。

このことを 12ePF と 19ePF を比較して詳しく述べると、センサーが車線逸脱を検知すると、12ePF では自動的に片輪にブレーキをかけて車線に戻る。これに対して電動パワーステアリングが装備される 19ePF では自動的にステアリングをコントロールして車線に戻る。

どちらも ADAS として機能しているが、EU 規制（Euro NCAP）では「車線逸脱防止はステアリングで行うこと」と定められたため、12ePF では EU での販売に必要な認証が取れず 12ePF のハイラックス・フォーチュナーを EU 域内に輸出できなくなってしまう。この問題を解決して引き続き EU 域内にハイラックスを輸出するためにも、19ePF の搭載開発が行われたのである。

以上のように 19ePF の搭載開発は規制対応を目的として行われたが、19ePF は OTA によるソフトウェアアップデートを機能追加できる ePF である。したがって運転支援のレベルアップやインフォティメントの改良への道が開かれている。ハイラックスは 19ePF の搭載により OTA による SDV 化の道が開かれたと言えよう。

（3）開発の重点は車両からソフトに

～WhyT, デジタルソフト開発センターの新設, くるま開発センターでの ECU 開発～

中嶋裕樹氏（トヨタ自動車技術担当副社長）によれば、車両プラットフォーム関連の開発と電子プラットフォーム関連の開発の比重は 2010 年代を境に逆転している。2010 年代よりは車両プラットフォーム関連の開発の工数が圧倒的に多く、機械を専門とする CE が開

発組織を統括していた。2010年代より後では電子プラットフォーム関連の開発工数が急増し、車両プラットフォーム関連の開発工数を上回るようになっていく¹⁵。

これは、インフォテインメントやナビゲーションだけでなく、運転システムやその他のコンポーネントまでOTAアップデートできるモデルをテスラが2010年代に次々に投入して以降、トヨタを初めとする既存メーカーもこれに追随したためである。

こうした2010年代を境にした電子プラットフォーム関連の開発工数の急増に対応して2018年3月に「トヨタ・リサーチ・インスティテュート・アドバンスド・デベロップメント株式会社（略称 TRI-AD）」が設立され、2021年に「ウーブン・プラネット・ホールディングス株式会社」に社名変更、2024年にウーブン・バイ・トヨタ株式会社（略称 WhyT）に社名変更）に社名変更されたりした。また、トヨタの社内には2023年に「デジタルソフト開発センター」が設立された。

ウーブン・バイ・トヨタは、実証実験都市ウーブンシティの建設と運用を担うトヨタ自動車の100%出資子会社である。ウーブンシティで実証が行われる分野は、①自動運転やハイレベルの運転支援など日本では公道での実証が難しい技術、②車両ソフトウェア開発プラットフォーム「Arene アリーン OS」、③都市のデジタルツインにおける人や物の動きと行動を人工知能（AI）で解析する「Vision AI」、解析結果から必要とされる新しい交通インフラなどである¹⁶。

テスラがBEVのインフラである急速充電器のネットワークに絞り込んで独自規格のスーパーチャージャーを短期間に世界最大規模（5万基以上）にまで広げたのと対照的に、トヨタのウーブンシティは自動運転をはじめとする最新技術の実証実験都市として構想され、幅広く都市側の交通インフラを構想し実験する。スーパーチャージャー・ネットワークがBEVのインフラとはいえテスラの一部門として収益性を問われる¹⁷のに対して、ウーブンシティは民間企業の事業でありながら未来の交通インフラに関する実証実験を行うにとどまり短期的には収益性を求めている。豊田章夫会長は「儲からない」と明言している¹⁸。

ウーブン・バイ・トヨタがSDVの要素技術を先行開発するのに対して、その量産開発はデジタルソフト開発センターと「くるま開発センター」内の各領域（ボデー・シャシ・パワートレイン・駆動系・電子技術・海外モデルのマイナーチェンジや小改良）のECU開発部隊が行っている。これらの全体により先行開発と量産開発の両面でソフトウェア開発工数の増大に対応できる組織になったのである。

¹⁵ 中嶋（2022）

¹⁶ 豊田（2015）

¹⁷ テスラ CEO のイーロンマスク氏は2024年5月1日にXで以下のようなコメントをポストしている。「テスラはスーパーチャージャー・ネットワーク新設のペースを落として、稼働率100%や既存ステーションの拡大に重点を置く。」4月にはスーパーチャージャー部門の従業員数百人を解雇した模様である。

¹⁸ 豊田（2015）

(4) 現場主導の製品開発体制のまま電技領域の開発が増加

～先進装備担当の主幹を追加～

以上のように、トヨタは WbyT のプロジェクトやデジタルソフト開発センターの新設をトップダウンで進めてきた。テスラ主導で開拓されてきた自動運転・運転支援のニーズや、中華系主導で開拓されてきたインフォティメント系のニーズに対応するためである。それに伴い、トヨタでも電子プラットフォーム関連の開発の比重が確実に増加していった。

とはいえ、トヨタにおける個々のモデルの量産開発は、個々のモデルごと、またはプラットフォームごとに任命される CE(Chief Engineer)をリーダーとする開発組織 Z(ゼット)が設計部門の各設計領域を統括して進められてきた。自動運転系やインフォティメント系のニーズが増大する前から CE-Z は電子技術(略称「電技」)領域を統括しており、電技領域の開発工数は増加したものの開発体制の基本的な仕組みは従来通りで変わっていない。以下、このことを見ておく。

設計領域には、ボデー・シャシ・パワートレイン・駆動系・電子技術・海外モデルのマイナーチェンジや小改良を担当する現地拠点¹⁹があり、ボデー・シャシ・パワートレイン・駆動系の各領域が車両プラットフォームの設計、電子技術領域が電子プラットフォーム関連の設計を行っている。

各領域には部長が置かれ各領域の設計者を「人事権」で縦に統括している。他方で部長によって縦に統括された各領域を、モデルごとに横断して横に統括しているのが CE である。CE は各領域の設計者を図面の「最終承認権」で統括している。個々の図面の最終承認権は部長ではなく CE が持っており、CE のリーダーシップの下で車両プラットフォームと電子プラットフォームが統一的に設計され、一つのモデルに仕上げられていく。

部長の縦の統括に対して CE のモデルごとの統括をトヨタでは「横串」と呼んでいる。これがトヨタの開発の基本的な仕組みであり、開発現場の姿である。電子と車両の工数が逆転しても、また、トップダウンで WbyT のプロジェクトやデジタルソフト開発センターが新設されても、CE がモデルごとに開発現場を統括することには変わりはない。

CE-Z が開発現場を統括する仕組みは、トヨタが設計を「内製」する、すなわち社内の設計部門で行う場合でも、設計を「外注」する、すなわちデンソー、アイシンなどの部品メーカーに委託して行う場合でも変わらない。部品メーカーに外注した図面も含めて、CE は全ての設計図に目をとおり自らの構想通りに設計されているかどうかをチェックし、OK なら署名して承認する。Z のメンバー(主査・主幹・スタッフ)はこうした CE の活動を補佐する。

¹⁹ 北米ではテキサス、欧州ではベルギー、新興国に関してはタイに現地開発拠点が置かれている。

ただ、内製と外注とで、また外注でもシステム委託と単品の部品の設計委託とでトヨタにとってのブラックボックスができるかどうかの違いがあるので、そのことについても見ておこう。

まず、設計部門の各領域（ボデー・シャシ・パワートレイン・駆動系・電子技術など）で、トヨタ社内で設計を「内製」するか、アイシン、デンソーなどのシステムサプライヤーに設計を「システム委託」するか、部品サプライヤーに設計を「外注」するかが検討され決定される。

「内製」の場合はトヨタの設計部門が要求性能を立案して自ら性能を開発し、評価部門及び生産技術部門が確認して設計部門にフィードバック・設計部門が修正するというサイクルを廻す。電子プラットフォーム関連の開発については電子技術部門が性能開発して同様のサイクルを廻す。この場合は ECU、車載ソフトウェアともにトヨタの手の内で開発されるため、トヨタにとってブラックボックスはない。

これに対して「システム委託」の場合は、CE が設計部門を経由して外注先のサプライヤーにシステムとしての要求性能を提示した後は、開発はサプライヤーに一任される。CE が要求するのはシステムとしての性能であり、システムを構成する個々の ECU、車載ソフトウェアの性能ではない。このため、その部分がトヨタにとってブラックボックス化する。

「外注」は部品の開発をトヨタ社外のサプライヤーへ委託することである。CE がサプライヤーに対して「外注部品設計申出書」（略称「外設申」）で委託する。「外設申」には部品の要求性能、要求仕様、単価、納期等が記載されている。外注の場合でも、システム委託の場合と同様にトヨタにとってブラックボックスが生じる。

なお、Z も DX 化の進展による効率化により、「個々のモデルの開発」から「カンパニーやブランドで括られた複数のモデルの開発」を担うようになっている。こうした変化も含めて SDV 時代のトヨタの製品開発体制の概要を述べておく。

① 開発 DX 化の進展によりカンパニーで括られた複数モデルの開発が可能に

2016 年にトヨタはカンパニー制を導入し、Compact Car Company, Mid-size Vehicle Company, CV Company, Lexus International Co., パワートレインカンパニー、コネクティッドカンパニーが設立された。各カンパニーには President が置かれてカンパニー内の業務について最終決定権が付与された。これに伴い製品企画と製品開発を統括する CE と Z も製品企画本部の所属から各カンパニーの所属に変わった。CE が製品企画と製品開発について最終決定権を持つことには変わりはなかったが、カンパニー・プレジデントの決裁だけで社内手続きが完了するようになった。

それに加えて、開発 DX 化の進展で CE と Z の負担は大幅に軽減された。これにより CE が多数のモデルを同時並行的に開発する条件が生まれ、実際に所属するカンパニーの多くの車種を一人の CE が担当することになった。

② CE, 主査, 主幹～SDV 化の面で CE を補佐する「先進装備」担当の主幹～

カンパニー制以前でも、ハイラックス・フォーチュナー・イノーバのようにプラットフォームが共通の複数のモデルを同じ Z 内で開発することはあった。その場合、CE は主としてプラットフォーム開発を担当し、モデルごとに「主査」が置かれ、各モデルのアップボディー開発を担当した。ハイラックス・フォーチュナーを担当する ZN には 2024 年以降、テーマごとに「主幹」も置かれている。ADAS, ブラインドスポットモニターなどの「先進装備」を担当する主幹, 「性能」を担当する主幹, 「安全」を担当する主幹, 「生産」を担当する主幹, アジア, アフリカなどの大陸ごとに「地域」を担当する主幹などである。ZN の場合, 2024 年現在, 主査は 2 名, 主幹は十数人配置されている²⁰。このうち, 「先進装備」を担当する主幹が SDV 化の面で CE を補佐している。

おわりに

以上のように, ハイラックスのような主に新興国向けのモデルでも, SDV 的要素を盛り込める 19ePF が搭載された。

現状では, ハイラックスの場合, 車線逸脱からの復帰をブレーキによる機械制御から電動パワーステアリングによる電子制御に代えたくらいで, より高度な ADAS や OTA によるソフトウェアアップデートで機能向上, 機能追加するなどは実装されていない。しかし, 19ePF が搭載されているため, OTA で車両をアップデートする道は開かれている。現状でも, 量産開発に占める電子プラットフォームの開発工数が車両プラットフォームの開発工数を上回っているが, 今後はますますその傾向が強まっていくであろう。

トヨタの場合, モデルラインナップが電気自動車 BEV だけのテスラと異なり, 内燃機関 ICE(ガソリンエンジン, ディーゼルエンジン)車やハイブリッド車 (HEV), 燃料電池車 (FCV) もラインナップする中で SDV 化が急速に進められている。BEV に比べて, ICE や HEV は燃焼制御, FCEV は化学反応制御が必要なため電子プラットフォーム関連の開発工数が多く, BEV 中心のラインナップにしなければ SDV 化は難しいのではと疑問視する向きもあった。しかし, トヨタは, 開発の重点を車両プラットフォーム関連の開発から電子プラットフォーム関連の開発にシフトすること, すなわち製品開発のあり方を大きく変化させることで乗り越えようとしている。

ICE や HEV, FCV も含めてフルラインナップで SDV 化を進めようとしているトヨタの今後の動向に注目したい。

²⁰ 大矢 (2025) Jurachart (2025)

図 2.1 中嶋裕樹 CE が開発した第 2 世代 IMV(2015 年発売の現行モデル)
 IMV1 ハイラックス (シングルキャブ) IMV2 ハイラックス (セミダブルキャブ)



IMV3 ハイラックス (ダブルキャブ) ・IMV4 フォーチュナー ・IMV5 イノーバ



注 1) IMV はトヨタ社内での開発サブネーム。モデル名はハイラックス，フォーチュナー，イノーバである。Innovative International Multi-purpose Vehicle の略称。

注 2) ミニバンのイノーバは 2023 年にフルモデルチェンジされ別プラットフォームになり，開発組織も旧型の ZN から分かれて ZH になった。しかし，ハイラックス・フォーチュナーと共通プラットフォームの旧型イノーバ (IMV5) も併売されており旧型の改良は ZN が行っている。

出所) 中嶋裕樹 CE より入手。

参考にしたインタビュー 肩書はインタビュー当時

中嶋裕樹 (2022) 「次期 IMV に関するインタビュー」2022 年 10 月 5 日, トヨタ車体研究所にて, 中嶋裕樹氏(トヨタ自動車 CV カンパニー・プレジデント), 小西良樹氏 (同前 ZN チーフエンジニア兼 TDEM 社長), 水潤英紀氏 (同前 ZH チーフエンジニア兼トヨタ車体常務役員) に対して行った。中嶋氏は元トヨタ自動車 ZB チーフエンジニア, 現トヨタ自動車副社長 (技術担当)。ZN はハイラックス・フォーチュナー担当の, ZH はイノーバ担当の, ZB は IMV 担当の Z。

Jurachart Jongusuk (2025) 「チャンプ・ハイラックス・フォーチュナーの開発に関するインタビュー」2025 年 2 月 5 日, リモートで Jurachart Jongusuk 氏 (ZN リージョナルチーフエンジニア) に対して行った。

大矢賢樹 (2025) 「ハイラックス・フォーチュナーの開発組織 ZN に関するインタビュー」2025 年 3 月 28 日, トヨタ自動車にて大矢賢樹氏 (ZN チーフエンジニア) に対して行った。

DSC(2025) 「DSC に関するインタビュー」

参考文献

豊田章男 (2015) 「Woven City に関するプレゼンテーション」CES 2025(2025 年 1 月 7 日)

<https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/41969727.html>

藤本隆宏・キム B. クラーク (2009) 『[増補版]製品開発力』ダイヤモンド社

野村俊郎 (2015) 『トヨタの新興国車 IMV』文真堂

野村俊郎・山本肇 (2018) 『トヨタの新興国適応』文真堂

第2節 SDV 開発に向けた欧州コンサルティングファームの動き：Capgemini

はじめに

- キャップジェミニとは

キャップジェミニ (Capgemini) は、1967年にフランスで創業された世界的な IT サービスおよびコンサルティング企業であり、デジタルトランスフォーメーションのリーダーとして、多くの企業のビジネス変革を支援している。特に、自動車産業においては、ソフトウェア定義車両 (SDV) をはじめ、ADAS (先進運転支援システム)、自動運転技術、コネクテッドカー、クラウドソリューション、データ分析など、多岐にわたる分野でサービスを提供している。

キャップジェミニは、世界 50 か国以上に拠点を構え、30 万人以上の従業員を擁しており、その中でも**「Capgemini Engineering」**は、特に自動車業界向けのエンジニアリングサービスに特化した部門として、欧州、北米、アジアにおける主要 OEM や Tier1 サプライヤーと深い関係を築いている。

- 自動車業界におけるキャップジェミニの役割

キャップジェミニは、以下の 3 つの主要な領域で自動車業界に貢献している²¹。

1. エンジニアリング & R&D サービス (Capgemini Engineering)

- ・ 車載ソフトウェア開発: AUTOSAR (Adaptive & Classic), 車載 OS (QNX, Linux, Android Automotive OS), ミドルウェアの開発
- ・ ADAS/自動運転技術の開発: センサー・フュージョン, AI アルゴリズム開発, リアルタイム制御システム
- ・ バーチャル開発環境の提供: デジタルツイン, HIL (Hardware-in-the-Loop), SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーション

2. デジタル & クラウドソリューション

- ・ クラウドベースの SDV アーキテクチャ: Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud との連携
- ・ DevOps & CI/CD の導入: 継続的インテグレーション・デリバリーの実装と開発プロセスの最適化
- ・ OTA (Over-the-Air) アップデート技術: 車載ソフトウェアのリモート更新とセキュリティ管理

3. コンサルティング & 戦略支援

- ・ SDV 戦略の策定: OEM・Tier1 企業がハードウェア中心のビジネスモデルからソフトウェア中心のモデルへ移行するための支援
- ・ 新たなビジネスモデルの提案: MaaS (Mobility as a Service), SaaS (Software as a Service),

²¹ Capgemini Engineering Automotive Solutions (2024), Gartner 「Future of Automotive Software 2024」

(1) SDV の台頭と業界の変化

自動車業界は、100年以上続いたハードウェア中心の開発から、ソフトウェアを主体とする「ソフトウェア・DEFINED・ビークル (SDV)」への転換点を迎えている。この変革の背景には、以下の3つの要因がある。

1. ソフトウェアの役割の拡大

かつての自動車は機械工学の結晶であり、エンジンやトランスミッションなどのハードウェアが主役であった。しかし、現在では電子制御ユニット (ECU) が増加し、ソフトウェアによる制御が不可欠となっている。これにより、車両の性能や機能が大幅に向上し、より高度な運転支援システムや自動運転技術が実現可能となっている。例えば、車両のブレーキシステムやステアリングシステムもソフトウェアによって制御されるようになり、より精密で安全な運転が可能となっている。

2. データ駆動型のビジネスモデル

5G、クラウドコンピューティング、人工知能 (AI) を活用したデータ分析が、自動車メーカーにとって新たな収益源となりつつある。車両から収集される膨大なデータを解析することで、予防保守や個別化されたサービスの提供が可能となり、顧客満足度の向上や新たなビジネスチャンスの創出が期待されている。例えば、車両の運行データをリアルタイムで解析し、故障の予兆を検知して事前にメンテナンスを行うことで、ダウンタイムを最小限に抑えることができる。

3. 消費者ニーズの変化

ユーザーは単なる「移手段」としてではなく、デジタルエクスペリエンスの一部として車を捉え始めている。これにより、車内エンターテインメントシステムやコネクテッドカー技術の需要が高まり、車両のソフトウェアアップデートを通じて新機能を追加することが求められている。例えば、車内での音楽ストリーミングサービスやナビゲーションシステムのアップデートが、ユーザーの利便性を向上させる要素となっている。

欧州の OEM (BMW, メルセデス・ベンツ, フォルクスワーゲン) は、この変革を先導している。彼らはソフトウェアをクラウド上で管理し、OTA (Over-the-Air) アップデートによって車両の機能を継続的に向上させるモデルを構築している。これにより、車両のライフサイクル全体にわたって最新の技術や機能を提供することが可能となり、顧客に対して常に最適なドライビングエクスペリエンスを提供することができる。例えば、新しい運転支援機能やエンターテインメント機能を追加することで、車両の価値を高め、顧客満足度を向上させることができる。

さらに、SDV の普及に伴い、自動車メーカーはソフトウェア開発の専門知識を持つ人材の

確保や、サイバーセキュリティ対策の強化が求められている。これにより、車両の安全性と信頼性を確保しつつ、迅速な技術革新を実現することが可能となる。例えば、サイバー攻撃に対する防御策を講じることで、車両のデータやシステムを保護し、ユーザーの安全を確保することが重要である²²。

(2) SDV 時代の主要な変革要素

- ECU から中央集中型アーキテクチャへの移行

従来の自動車には、1台あたり100以上の電子制御ユニット（ECU）が搭載されていた。これらのECUは、エンジン制御、トランスミッション制御、ブレーキ制御、エアバッグ制御など、各種機能を個別に管理していた。しかし、ソフトウェア・デファインド・ビークル（SDV）の時代においては、ゾーンアーキテクチャや中央集中型のコンピューティングプラットフォームが採用されるようになっている。

この新しいアーキテクチャでは、車両全体を複数のゾーンに分割し、各ゾーンに強力なコンピューティングユニットを配置する。これにより、従来のECUの数を大幅に削減し、システム全体の複雑さを軽減することができる。さらに、中央集中型のコンピューティングプラットフォームを導入することで、車両全体のソフトウェアを一元的に管理・更新することが可能となる。

この移行には以下のような利点がある。

1. コスト削減

ECUの数を減らすことで、製造コストやメンテナンスコストを削減することができる。さらに、部品の統一化により、在庫管理や供給チェーンの効率化も図ることが可能となる。

2. 性能向上

中央集中型のコンピューティングプラットフォームは、従来のECUに比べてはるかに高い処理能力を持っているため、より高度な運転支援システムや自動運転技術の実現が可能となる。また、リアルタイムでのデータ処理や分析が可能となり、車両の性能や安全性を向上させることができる。

3. ソフトウェアの統合

中央集中型のアーキテクチャにより、車両全体のソフトウェアを一元的に管理することができる。これにより、ソフトウェアの開発・テスト・デプロイメントのプロセスが簡素化され、OTA（Over-the-Air）アップデートによる迅速な機能追加やバグ修正が可能となる。

4. 柔軟性の向上

中央集中型のプラットフォームは、将来的な技術革新や新機能の追加に対して柔軟に対応することができる。これにより、車両のライフサイクル全体にわたって最新の技術を提供し続けることが可能となる。

²² McKinsey & Company 「The software-defined vehicle」(2023)参照。

5. セキュリティの強化

中央集中型のアーキテクチャにより、車両全体のセキュリティ対策を一元的に実施することができる。これにより、サイバー攻撃に対する防御力が向上し、車両の安全性を確保することができる。

欧州の OEM (BMW, メルセデス・ベンツ, フォルクスワーゲン) は、この変革を先導している。彼らはソフトウェアをクラウド上で管理し、OTA アップデートによって車両の機能を継続的に向上させるモデルを構築している。これにより、車両のライフサイクル全体にわたって最新の技術や機能を提供することが可能となり、顧客に対して常に最適なドライビングエクスペリエンスを提供することができる。さらに、SDV の普及に伴い、自動車メーカーはソフトウェア開発の専門知識を持つ人材の確保や、サイバーセキュリティ対策の強化が求められている。これにより、車両の安全性と信頼性を確保しつつ、迅速な技術革新を実現することが可能となる。

(3) キャップジェミニの SDV 戦略

- SDV プラットフォーム開発支援

キャップジェミニは、BMW やメルセデス・ベンツといった主要な自動車メーカーとの協業を通じて、次世代の電子制御ユニット (ECU) アーキテクチャの開発を推進している。特に、AUTOSAR Adaptive プラットフォームを活用することで、クラウドベースのソフトウェア管理を実現している。これにより、車両のソフトウェアを OTA (Over-the-Air) アップデートで迅速かつ効率的に更新することが可能となり、常に最新の機能やセキュリティパッチを提供することができる。

AUTOSAR Adaptive は、柔軟性と拡張性に優れたプラットフォームであり、次世代の自動運転技術や高度な運転支援システム (ADAS) の実現に向けた基盤を提供する。キャップジェミニは、このプラットフォームを活用して、車両のソフトウェア開発プロセスを効率化し、開発期間の短縮とコスト削減を図っている。また、クラウドベースのソフトウェア管理により、車両のライフサイクル全体にわたって一貫したソフトウェア品質を維持することができる。さらに、キャップジェミニは、AUTOSAR Adaptive を活用することで、車両の機能を柔軟に拡張することが可能となる。例えば、新しい運転支援機能やエンターテインメントシステムの追加が容易になり、ユーザーのニーズに応じたカスタマイズが可能となる。これにより、車両の価値を高め、顧客満足度の向上を図ることができる。また、キャップジェミニは、クラウドベースのソフトウェア管理を通じて、車両のセキュリティを強化している。クラウド上でのソフトウェア管理により、サイバー攻撃に対する迅速な対応が可能となり、車両の安全性を確保することができる。これにより、ユーザーは安心して車両を利用することができる。信頼性の高いドライビングエクスペリエンスを提供することができる。

－ バーチャル開発環境の推進

キャップジェミニは、Unity の買収を通じてシミュレーション技術を強化し、バーチャル開発環境の構築を推進している。これにより、ADAS（先進運転支援システム）開発や HIL（Hardware-in-the-Loop）/SIL（Software-in-the-Loop）テスト環境の構築を支援している。バーチャル開発環境は、物理的なプロトタイプを使用せずに、車両の設計や機能をシミュレーションすることができるため、開発コストの削減と開発期間の短縮に寄与する。

バーチャル開発環境を活用することで、開発チームはリアルタイムでのフィードバックを受け取り、迅速に設計の修正や最適化を行うことができる。これにより、製品の品質向上と市場投入までの時間短縮が実現する。キャップジェミニは、これらの技術を駆使して、自動車メーカーが競争力を維持し、革新的な製品を提供できるよう支援している。さらに、バーチャル開発環境は、複雑なシステムの統合テストやシミュレーションを可能にし、開発プロセス全体の効率化を図る。例えば、ADAS の開発においては、センサーやカメラの動作をシミュレーションし、実際の道路環境を再現することで、リアルなテスト環境を提供する。これにより、開発チームは実際の道路テストを行う前に、システムの動作を詳細に検証することができる。また、バーチャル開発環境は、異なる地域やタイムゾーンに分散した開発チームが協力して作業するためのプラットフォームを提供する。これにより、グローバルな開発体制を構築し、各地域の専門知識を活用して効率的な開発を実現することができる。例えば、欧州の開発チームが設計したシステムを、インドの開発チームがシミュレーションし、北米のチームが最終的なテストを行うといった協力体制が可能となる。

キャップジェミニは、これらのバーチャル開発環境を通じて、自動車メーカーが迅速かつ効率的に新技術を導入し、競争力を維持するための支援を行っている。これにより、製品の品質向上と市場投入までの時間短縮が実現し、顧客満足度の向上にも寄与している。

－ インドオフショアとグローバルショアの最適活用

キャップジェミニは、インドのオフショア開発拠点を活用して、ADAS（先進運転支援システム）、ECU（電子制御ユニット）、車載 OS（オペレーティングシステム）の開発を大規模に提供している。インドの開発拠点は、高度な技術力とコスト効率の良さを兼ね備えており、欧州や北米の拠点と連携して開発の品質を維持している。これにより、グローバルな開発体制を構築し、各地域のニーズに応じたソリューションを提供することが可能となる。

インドのオフショア開発拠点では、優れた技術者が多数在籍しており、最新の技術トレンドに対応した開発が行われている。キャップジェミニは、これらの技術者を活用して、ADAS や自動運転技術の開発を推進し、車両の安全性と快適性を向上させることを目指している。また、インドの拠点と欧州・北米の拠点が密接に連携することで、グローバルな視点での開発が可能となり、各市場の特性に応じた最適なソリューションを提供することができる。さらに、キャップジェミニは、インドのオフショア開発拠点を活用することで、コスト効率の良い開発体制を実現している。これにより、自動車メーカーは開発コストを抑えつつ、高品

質な製品を提供することが可能となる。キャップジェミニは、これらの取り組みを通じて、SDV 時代における自動車メーカーの競争力強化を支援している。

インドのオフショア開発拠点は、特にソフトウェア開発において高い技術力を持つエンジニアが多数在籍しており、最新の技術トレンドに対応した開発が行われている。これにより、キャップジェミニは、ADAS や自動運転技術の開発を推進し、車両の安全性と快適性を向上させることを目指している。また、インドの拠点と欧州・北米の拠点が密接に連携することで、グローバルな視点での開発が可能となり、各市場の特性に応じた最適なソリューションを提供することができる。さらに、キャップジェミニは、インドのオフショア開発拠点を活用することで、コスト効率の良い開発体制を実現している。これにより、自動車メーカーは開発コストを抑えつつ、高品質な製品を提供することが可能となる。キャップジェミニは、これらの取り組みを通じて、SDV 時代における自動車メーカーの競争力強化を支援している²³。

(4) まとめ

キャップジェミニは、欧州の OEM や Tier1 サプライヤーとの豊富な協業実績を活かし、日本市場向けにソフトウェア・デファインド・ビークル (SDV) 開発支援を強化している。特に、インドのオフショア開発拠点を最大限に活用しながら、グローバルショア (欧州, 北米, 東欧) とのバランスを最適化することで、日本の OEM や Tier1 サプライヤーが SDV 時代において競争力を高めるための支援を行っている。

- 欧州 OEM や Tier1 との協業実績

キャップジェミニは、BMW, メルセデス・ベンツ, フォルクスワーゲンなどの欧州の主要な OEM や、Bosch, Continental などの Tier1 サプライヤーとの協業を通じて、SDV 開発における豊富な経験と専門知識を蓄積している。これらの協業を通じて得られた知見や技術を、日本市場向けに適用することで、日本の自動車メーカーやサプライヤーが SDV 時代においても競争力を維持・向上させることができる。

- インドオフショアの活用

キャップジェミニは、インドのオフショア開発拠点を活用して、コスト効率の高い開発体制を構築している。インドの開発拠点では、高度な技術力を持つエンジニアが多数在籍しており、ADAS (先進運転支援システム), ECU (電子制御ユニット), 車載 OS (オペレーティングシステム) などの開発を大規模に行っている。これにより、日本の OEM や Tier1 サプライヤーは、コストを抑えつつ高品質な製品を提供することが可能となる。

- グローバルショアとの連携

²³ Capgemini India 「Automotive Engineering Services」参照。

キャップジェミニは、欧州、北米、東欧の開発拠点とインドのオフショア開発拠点を連携させることで、グローバルな開発体制を構築している。これにより、各地域の特性やニーズに応じた最適なソリューションを提供することが可能となる。例えば、欧州の開発拠点では、高度な技術力と豊富な経験を持つエンジニアが在籍しており、最新の技術トレンドに対応した開発が行われている。北米の開発拠点では、イノベーションと迅速な市場投入が重視されており、東欧の開発拠点では、コスト効率の高い開発が行われている。

- 日本市場向けの SDV 開発支援

キャップジェミニは、これらのグローバルな開発体制を活用して、日本市場向けの SDV 開発支援を強化している。日本の自動車メーカーやサプライヤーは、高度な技術力と品質を求める市場で競争力を維持するために、キャップジェミニの支援を受けることで、最新の技術やソリューションを迅速に導入することができる。これにより、日本市場においても SDV 時代に対応した競争力のある製品を提供することが可能となる。

- 今後の展望

キャップジェミニは、今後も引き続き、SDV 開発支援を強化し、自動車業界の技術革新をリードしていくことを目指している。特に、インドのオフショア開発拠点とグローバルショアとの連携をさらに強化し、より効率的で高品質な開発体制を構築していく予定である。また、AI やクラウドコンピューティングなどの最新技術を活用したソリューションを提供することで、自動車メーカーやサプライヤーの競争力をさらに向上させることを目指している²⁴。

²⁴ Capgemini Global Engineering Whitepaper (2024)参照。

第3章 SDV に向けた自動車部品企業の動き

第1節 SDV に向けた欧州サプライヤーの動き

はじめに

2025年3月、コンサルティングファームのデロイトトーマツが興味深い報告書を発表した。「SW・デファインド・ビークル (SDV) : 自動車メーカーの SDV への取り組み状況に関するグローバル調査」報告書では、欧州完成車企業は新興企業に対する競争圧力から、SDV 領域に積極的に取り組んでいるとも指摘する。結果、欧州完成車企業の SDV 化に関する年間投資額は 30 億米ドルに達し、研究開発予算全体の約 3 分の 1 を占めるといふ。また、彼らは独自の OS やアプリケーションの開発に注力し、車両機能の主導権を維持し、SW 開発やそのテストと検証、クラウドサービスの活用、車載 SW の統一化などで「最大 20% の業務効率向上を見込む」とも指摘する。

その一方で、自動車産業においては SDV 化に向けた取り組みのみならず、電動化に向けた研究、技術開発も必要となる。これら技術が多様化することにより、企業の研究開発費は増加、また投資領域も広範にわたる (表 3.1.1)。

表 3.1.1. 主要完成車企業の研究開発費

企業	研究開発費	主な投資領域
トヨタ	1兆3,000億円	EV、水素技術、AI、ソフトウェア開発
ホンダ	1兆1,900億円	電動化、ソフトウェア開発
日産	6,000億円以上 (増額予定)	電動化、自動運転技術
VW(独)	2兆2,600億円	電動化、ソフトウェア開発 (2024年の具体的計画は未公表)
BMW (独)	90億7,800万ユーロ (約1兆2,000億円)	次世代EVプラットフォーム「ノイエ・クラッセ」開発

注) トヨタ、ホンダ、日産の研究開発費は 2024 年度、BMW は 2024 年、VW は 2023 年のデータ。
出所) 各社 IR 資料等より作成。

上のデロイトトーマツは、完成車企業の技術部門およびビジネス部門の管理職層計 160 人に対してアンケート調査を実施しており、このうち 6 割の回答者が「2030 年までに年間研究開発費が小～中程度増加し、最大で年間 6 億米ドルの追加コストが発生」と予測している。電動化や自動運転、そしてコネクティビティ技術の開発には多額の資金が必要となる。これら技術開発競争の激化により、迅速なイノベーションが求められることはもとより、対応が遅い、出来ない企業は淘汰される可能性も高い。

そのなかで近年、EV や ADAS、コネクティビティ技術の分野で完成車企業との取引関係を密にする欧州サプライヤーは、SDV に向けて SW の重要性が増すなかで完成車企業との協力関係をさらに密接なものとすると考えられる (表 3.1.2)。しかし、その進め方は既存事業をどのように生かすか、もしくは新規事業をどのように展開するかなど、企業によってその姿勢は異なる。そこで本節では、SDV をめぐる欧州サプライヤーの取り組みを概観する。

表 3.1.2. 主要な欧州サプライヤー

企業	主要製品・技術	主要な取引先
Bosch (独)	パワートレイン、ADAS、自動運転技術、EV用コンポーネント	VW, BMW, Mercedes-Benz Group, トヨタ, ホンダ
Continental (独)	タイヤ、ADAS、ブレーキシステム、ECU、EV技術	VW, BMW, Audi, Daimler, 日産, トヨタ
ZF (独)	トランスミッション、シャシー、ADAS、電動パワートレイン	BMW, Mercedes-Benz Group, Ford, GM, トヨタ
Valeo (仏)	照明システム、電動化部品、サーマルマネジメント、ADAS	Renault, Stellantis, VW, ホンダ

注) トヨタ, ホンダ, 日産の研究開発費は 2024 年度, BMW は 2024 年, VW は 2023 年のデータ。出所) 各社 IR 資料等より作成。

(1) 欧州サプライヤーの公開資料等から概観する SDV 取り組み

SDV 化に向けて完成車企業, サプライヤーが取り組みを加速化させているなか, 欧州サプライヤーの取り組みは大きく 5 点にくくられる。

- ① SW 主導の製品開発・サービス開発
- ② HW と SW の統合化
- ③ クラウド, データプラットフォーム戦略
- ④ 自動運転に向けた技術力強化
- ⑤ サプライチェーンの最適化と協業体制の構築

まず, SDV 時代に向けてサプライヤーは HW の供給だけでなく, SW を軸にした戦略が求められているなかで, 製品開発やサービスの開発も SW を中心とした考え方が求められてくる(①SW 主導の製品開発・サービス開発)。例えば Bosch や ZF, Continental といった主要サプライヤーは, 中央集権型の ECU 開発を進めている。ここに Continental の例を挙げよう²⁵。

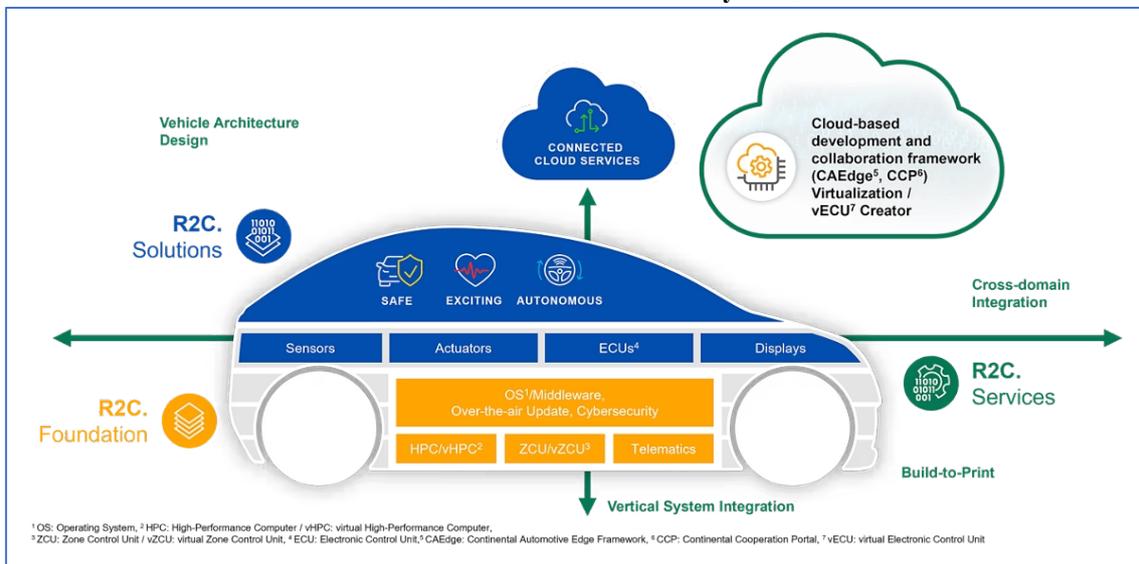
同社は SDV を「機能が SW によって有効化される車両」と位置付ける。従来, 自己完結型システムだった自動車は, より複雑な SW 中心のエコシステム, IoT の一部になり, 製品や他システムとの連携, 開発, システム統合等に関する新しい要件が発生するという考え方にたつ。それを前提に, 同社は HW から SW を切り離し, 車両の寿命全体を通じて新機能や SW のアップデートを迅速かつ継続的に開発, 実装可とするクラウドベースのプラットフォーム「Road to Cloud Ecosystem」を設けている。同プラットフォームは車両とその周辺のインフラとの接続を強化することを目的とするもので, 車両データや運転支援, メンテナンス, リモートサービスなどをクラウド上で統合し, 効率化と安全性の向上を図るものとしている(図 3.1.1.)。

また, SDV では新機能とサービスが EOP (End of Production) を超えて, EOL (End of Life) まで続く。よく言われることだが, 従来のアーキテクチャでは HW と機能が一体型していたため, SOP (Start of Production) 段階では機能開発が停止された。従来は HW を開発後, SW

²⁵ Continental の取り組みについては、「人とくるまのテクノロジー展」(2024 年 5 月 23 日、於：パシフィコ横浜) 展示、講演等より作成。

開発（Serial 開発）に着手していたところが、今後はハードとソフトが切り離されるため、HW 開発を待たずに SW 開発が進む。Continental は、そこで最大 12 カ月の開発期間の短縮化を見込むという。

図 3.1.1. Continental がイメージする「Road to Cloud Ecosystem」



出所) Continental Website (<https://www.continental-automotive.com/en/focus-topics/software-defined-vehicle.html>) より転載 (2025 年 2 月 20 日閲覧)。

ほかにも「①SW 主導の製品開発・サービス開発」というテーマでは、OTA (Over-the-Air) アップデート対応のプラットフォームを開発する例もあり、Bosch や Valeo, ZF がすでに完成車企業に提供をはじめている。

次ぐ「②HW と SW の統合化」とは、SDV 時代における HW と SW の一体開発を意味する。Bosch や Continental, ZF は ADAS や EV 制御用の統合 ECU を開発済み、また Valeo は LiDAR センサーを自社で開発し、自動運転 SW との統合を進めるといったように、SW と連携したセンサー技術を高度化するサプライヤーもでている。

そして「③クラウド、データプラットフォーム戦略」とは、SDV における車両データの収集や分析、活用を指す。これらは SDV では必須となるため、Bosch や Continental がクラウド技術を活用した、車両データの分析プラットフォームを構築に急いでいる (Bosch 「Bosch Mobility Cloud」など)。また、ZF が「Predictive Maintenance」技術を開発し、AI を活用した車両故障を予測するサービスを展開するなど、データを活用することによる予防保守も進められている。

また、SDV の進化は (それにとどまらず CASE が叫ばれた当初から)、自動運転技術の進化も意味する。欧州サプライヤーはこの分野にも積極的に研究開発を推し進めており、Bosch や Continental はレベル 3・レベル 4 の自動運転技術開発を強化している。なかには ZF と

Motional (米)²⁶、Continental と NVIDIA (米) のように他社と提携し、AI を活用した自動運転システムを開発に着手しているサプライヤーもでている。

最後に「⑤ サプライチェーンの最適化と協業体制の構築」は、欧州サプライヤーと他社との協業関係の構築を指す。Bosch は VW と協業し、EV 向けの SW 開発を推進し、Continental と BMW

は新型 EV の電子制御システムの開発で協業する。ほかにも新興企業や IT 企業との連携を深めるサプライヤーもあり、Bosch が Microsoft と連携し「Bosch Cloud Services」を強化する一方で、ZF は Google や AWS と連携してクラウド技術を活用した車両管理システムの開発に急いでいる。

また協業関係の構築は完成車企業相手に留まらず、上述の ZF と Motional のように新興企業を相手にするパターンも出現している。両社の取り組みは、上述のように自動運転技術の共同開発に焦点をおいたものだが、この連携では ZF が自動運転車両向けの HW (センサー、アクチュエータ、制御システムなど) を提供し、Motional はその HW を活用して自動運転 SW や AI アルゴリズムを開発する体制を採っている。ほかにも ZF の開発した自動運転プラットフォーム「ZF ProAI」は Motional に提供され、同社はこのプラットフォームを用いて自動運転車両の運転ロジックや AI システムを実装するとしている。これらの取組みは自動運転車両の商業化にまでつながっており、例えば Motional は、ZF が提供する HW と技術を活用して、商業用自動運転車両の試験運行や配車サービスを提供する計画を進めているとされている。

以上5点に括った欧州サプライヤーの取組み例からも、SDV 時代では、従来の部品供給モデルから脱却、そして SW 主導の製品開発へのあり方を概観できる。加えて他社との協業関係の構築、共同開発体制の構築のように、拡大する技術への対応として他社との連携といった従来以上の関係性構築の模索もみられる。ここにみた取組みは、必ずしも「欧州」サプライヤーの取組み・特徴として括られるものではないが、グローバルにみても競争力を有する欧州サプライヤー²⁷の SDV に向けた取組みはおそらくアジア系、米系サプライヤーのそれを上回るスピード、投資額で展開されているものと考えられる。

²⁶ Motional は自動運転技術を開発する企業で、2020年に現代自動車(韓)と Aptiv(米)の合併企業として設立された。特にレベル4・レベル5車両の開発に注力し、センサー技術、AIアルゴリズム、車両制御システムなど、自動運転車両に必要な基盤技術を開発している。

²⁷ 欧州サプライヤーの強さについては、機械振興協会経済研究所『日本の機械産業』第2部「世界の機械主要産業」、業種別動向「2.自動車部品」、各年版を参照されたい。

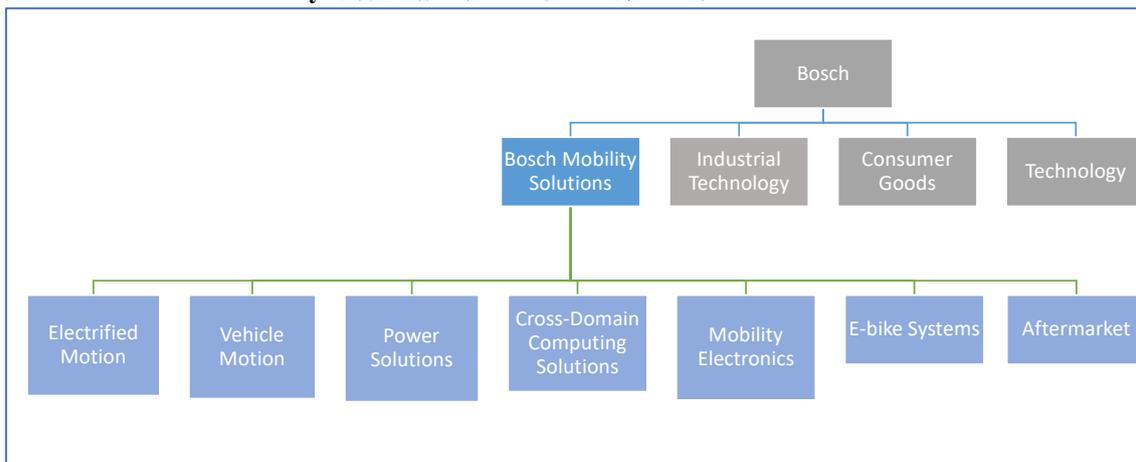
(2) Bosch の SDV 取り組み

ここでは、具体的な企業から SDV に向けた取り組みをみていく。メガサプライヤーである Bosch は、主にパワートレイン技術（エンジン、トランスミッション技術など）ブレーキシステム、運転支援システム（ADAS）、電動化コンポーネント技術、コネクテッドカー技術、センサーなど多岐にわたる技術を自動車産業に提供してきた。

昨今では組織変革も行い(2024年1月)、新組織の Bosch Mobility を発表している(図 3.1.2.)。同組織は将来的に Bosch の中で独自の事業と経営陣を持つ事業部門として運営されるという。またこの組織は世界 66 カ国、300 以上の拠点に約 23 万人の従業員を擁し、Bosch の 4 事業部門の中で最大の事業部門に、そして 2029 年までに世界で売上高 800 億ユーロ以上を目指すとされる。

後述するように Bosch は SDV のトレンドに対応するため車載 SW に注力しており、現在でも Bosch Mobility の R&D スタッフの 50%以上が SW 技術者だという。同社は、自動車 SW 市場が 2030 年までに 2,000 億ユーロ規模に達すると見込み、さらには、2030 年には自動車業界全体の開発コストのうち、SW 開発コストが 30%を占めるとしている。そのため、これらに SW に向けた技術開発、体制づくりを着実に進めている²⁸。

図 3.1.2. Bosch の Mobility 事業再編 (2024 年 1 月期時点)



出所：Bosch Annual press conference 2023 (<https://www.bosch-press.de/pressportal/de/en/annual-press-conference-2023-253184.html>) (2023 年 5 月 4 日付) より作成。

具体的には、SDV 化に向けた SW 主導型とともとれる戦略へのシフトである。中央集中型のアーキテクチャで HW との一体化を図り、効率的な車両制御を実現すること、そして OTA やクラウド技術を駆使し、リアルタイムでの SW 更新やデータ管理を強化する取り組みなどである。また、自動運転技術の高度化により、レベル 3・4 の自動運転実現を目指している。これら技術展開ももちろんだが、本節で注目したいのは同社の①パートナーシップ戦略とも

²⁸ Bosch Annual press conference 2023 (<https://www.bosch-press.de/pressportal/de/en/annual-press-conference-2023-253184.html>) (2023 年 5 月 4 日付) より作成。

とれる他社との協業関係の構築,そして②SW人材強化とエコシステム構築のあり方である。

① パートナースHIP戦略

表 3.1.3. Bosch のパートナー戦略

	パートナー企業	共同プロジェクト/技術	概要
技術連携・共同開発	Mercedes-Benz Gr.	自動運転技術 (レベル4/5)	Boschのセンサー技術と制御SWを活用し、自動運転システムを共同開発
	Nikola Motor	電動化技術 (燃料電池トラックの駆動ユニット)	Boschの電動アクスル (eAxle) を採用し、商用電動トラック向けパワートレインを共同開発
共同出資	TSMC (台), Infineon Technologies (独), NXP Semiconductors (蘭)	European Semiconductor Manufacturing Company GmbH (ESMC, 独)に共同出資	欧州における半導体チップ工場の新設
	Nordic Semiconductor (ノルウェー), Infineon, NXP, Qualcomm	RISC-Vの普及を拡大	オープンソースのRISC-Vアーキテクチャをベースとした製品の商用化加速
デジタル化の推進・SW開発	Microsoft	コネクテッドカー技術 (クラウドプラットフォーム)	Microsoft Azureと連携し、車両管理プラットフォームを構築。データ収集・分析・更新を容易にする狙い
	SAP	インダストリー4.0とIoT技術	IoTプラットフォームを共同開発し、製造ラインのモニタリングや品質管理を自動化
Start-upsの設立	Daimler (米)	自動駐車技術 (Automated Valet Parking)	自動で駐車・出庫が可能なシステムを商用化
	Mahindra & Mahindra (印)	電動モビリティ事業 (電動三輪車のパワートレイン)	インド市場向けに低コスト電動化技術を共同開発
業界連携・コンソーシアム参加	VW, ZF	オープンプラットフォーム推進 (Automotive Grade Linux)	自動運転技術や車載ソフトウェアの標準化を目指したオープンソースプロジェクトに参加
	CATL (中), Samsung-SDI (韓)	次世代バッテリー技術 (固体電池・高性能リチウムイオン電池)	固体電池技術や高性能EVバッテリーの共同開発

出所) Bosch 公開資料等より筆者作成。

表 3.1.4. Bosch による SDV 関連技術を有した企業買収, 株式取得例

買収等概要	発表年時
・自動車向けクラウドベースソフトウェアシステムの専門企業であるLAWA Solutions (西) を買収	2019年2月
・子会社Bosch Sensortecによるデジタルセンサー信号処理用低消費電力技術を有する新興企業Minima Processor (フィンランド) の買収	2022年2月
・自動運転車開発におけるアジャイルプロジェクト体制の強化に向け、自動運転の新興企業Five (英) の買収	2022年4月
・インドの現地法人Bosch Limitedが、コネクテッドモビリティソリューション分野の新興企業Zeliot Connected Servicesの株式取得	2022年4月
・ADAS用 SoC の開発強化に向けて高周波処理部品の開発企業Semiconductor Ideas to the Market (蘭) を買収	2022年9月
・独自のセンサーボックスと関連ソフトウェアを備えたソリューション開発企業Atlatec (独) の買収	2022年12月
・子会社Bosch SensortecによるMEMSマイクロスピーカー企業Arioso System (独) の買収	2022年12月
・MEMSマイクロスピーカー企業Arioso Systems (独) の買収	2022年12月
・電動車両向けの半導体供給強化のため、半導体受託製造企業TSIセミコンダクターズ (米) を買収	2023年4月

出所) Bosch 公開資料等より筆者作成。

欧州サプライヤーが他社と連携し、共同開発を展開したりチームを組んで標準化を進めたりといった取り組みをすることは知られているが、代表企業ともいえる Bosch も例外ではない。表 3.1.3.は同社と他社とのパートナー構築例である。同図にみられるように Bosch は、技術分野に応じて異なる企業との連携を推し進めていることがわかる。ほかにも表 3.1.4.にまとめるように、SDV 関連技術を有した企業の買収, 株式取得を 2010 年代後半から積極的

に展開している。例えば、2022年に Bosch が買収した英国のスタートアップ Five は、Level 4 向けの SW と AI ベースのソリューション開発にかかる企業で、同社を買収したことにより Bosch は自動運転に必要となる構成要素を提供することが可能となる。

②SW 人材強化とエコシステム構築

加えて、Bosch は自社の SW 技術者を 2025 年までに 4 万人に増員し、SW 開発を中核に据えた体制を確立するとしていた²⁹。また、2026 年までに約 2,800 億円を投資し、世界中の従業員を対象にリスキリングプログラムも展開している³⁰。そのため近年、IT 系スタートアップ企業を積極的に買収し、SW エンジニア力の強化も進めている。また、Microsoft や Amazon Web Services (AWS)、Google といった IT 企業と提携し、クラウド基盤を共に構築する体制づくりにも着手している。

また、車載 SW 開発を一元化するため子会社の ETAS にアプリケーション非依存の SW 部門を統合し、車載 SW プラットフォームなどの開発の効率化を進めている。

以上に Bosch を例に挙げたが、同社のようないわゆるメガサプライヤーも SDV 時代には人材不足が否めないとしていることにも注目したい³¹。SW 人材に関する同社調査が未だできていないため、上の人材関連の動きについては同社公表資料等などからしか読み取れていないが、Bosch のように扱う製品群が多岐にわたる企業の SW 人材は、SW の設計、実装、運用だけではなく、実機搭載時の検証・テストなども広く扱うことになる。

また、日本と他国・他地域のサプライヤー構造は異なるといわれてきたなか、欧州のサプライヤーがどのように完成車企業と SDV 関連で関係性を密にしているのか（もしくはそのパワーバランスがどのように動いているのか）も今次の調査では未だみえてこない。以上の点を次年度に向けた課題としたい。

²⁹ 機械振興協会経済研究所（2023）参照。

³⁰ Bosch Japan では、ボッシュ・トレーニング・センターを通じて、プログラミング言語やシステムエンジニアリングなどの多様な研修を提供（同社 Website（<https://saiyo.boschjapan-brandtopics.jp/mid-career/pickup/coverage-content06.html>）参照、2025 年 1 月 8 日閲覧）。

³¹ 筆者による SW 関連団体へのインタビューでも、大手日系完成車企業の SW 開発も「人材不足ゆえ、思うようにはかどっていないのが現状」との指摘もあった。また、中堅どころの完成車企業は SW 開発企業（SIer やベンダー）の囲い込みもできていないため、社内人材のリスキリングを進めている企業もあるという。

参考文献一覧

太田信義（2016）『自動車産業の技術アウトソーシング戦略』水曜社

機械振興協会経済研究所（2023）「車載 SW が変えるモビリティ産業の課題」

程塚正史（2023）『自動車 DX と車載コンテンツ市場』金融財政事情研究会

リブ・コンサルティング モビリティインダストリーグループ（2022）『モビリティ×エネルギー領域の融合 EVX～EV シフトにより生まれる新たな事業へのアプローチ～』プレジデント社

第2節 国内メガサプライヤーの動き

メガサプライヤーの統一された定義はないものの、筆者は下表（表 3.2.1）のように考えている。これらの定義には SDV 推進に必要なファクターも多く含まれており、メガサプライヤーの動向をレビューすることは SDV について考察する上で参考になると考えられる。

表 3.2.1 メガサプライヤーの定義（筆者私見）

技術力	ハードウェア+ソフトウェア+システム統合
資金力	開発コストの高額化に対応できる豊富な資金
顧客	①長期安定的な関係を持つ有力自動車メーカー ②高い技術力を持つ自動車メーカー
コンポーネント	①キーコンポーネントを自社開発・自社生産 ②有力なコンポーネントサプライヤーとのアライアンス ③コンポーネントサプライヤーのネットワーク化
半導体	①重要な車載半導体を自社開発・自社生産 ②有力な半導体サプライヤーとのアライアンス ③半導体サプライヤーのネットワーク化
ビジネスモデル	顧客毎・製品毎に多様なビジネスモデルが可能
ソフトウェア開発力	①ソフトウェア開発に適した社内組織・人材育成 ②グループ内にソフトウェア開発子会社を持つ ③外部の有力なソフトウェア開発企業との協業 ④「ソフトウェアファースト」への転換
統合ECU	①統合ECUのハードウェアを開発・生産 ②統合ECUのソフトウェア開発 ③多様なシステムを統合できる技術基盤と経験
技術の蓄積	①多様な顧客、多様な車種に対応してきた経験 ②走行データ、実験データ、シミュレーションデータ ③ハードウェア設計経験を有するソフトウェア人材 ④「技術の伝承」を重視する企業文化・人材育成
他企業との連携	①ICT企業、自動車メーカー、部品メーカー、スタートアップ、大学等との幅広く柔軟な関係構築 ②資本提携、技術提携、事業提携等多様な形態

出所) 北原敬之「システムサプライヤーの競争力」(2023年8月発表資料)。

第2節では、日本を代表するメガサプライヤーであり、SDVの有力なプレーヤーの1つでもある株式会社デンソー（以下、デンソー）の動向をレビューすることにより、SDVに関する学びを得ることにしたい。

SDVの重要要素の1つはソフトウェアである。デンソーは、ソフトウェアの強化を最優先の経営課題の一つとしており、2019年度の経営方針で「ソフトウェア改革」を掲げ、その後、様々な施策（組織・人事・外部提携等）を展開している。以下、その概要をみていく。

① デンソーのソフトウェア強化施策

1. ソフトウェアの最高責任者である「CSwO（Chief Software Officer）」のポストを新設し役員を指名、デンソーグループ全体のソフトウェア分野の改革を統括する「ソフトウェア改革推進室」を新設（2021年1月）
2. デンソーテン、ソフトウェア領域の開発力強化を目指し、連結子会社のTNTEC（デンソーテンテクノロジー）を吸収合併（2021年4月1日）
3. グローバル生産調達センター内に、ソフトウェア領域の調達戦略の立案や、取引先とのパートナーシップ強化等を担う「ソフトウェア調達室」を新設（2021年7月）
4. ソフトウェアの重要性が高まる中、デンソーグループ全体のソフトウェア開発力を更に強化し、ソフトウェアを基軸とした新たな価値創出を図るため、ソフトウェア改革推進室を全社付に変更し、「ソフトウェア改革統括室」に名称変更（2023年9月）
5. デンソーとNTTデータは、両社の戦略・人財・技術の協力関係を更に深化させ、日本の自動車産業の発展や、社会課題解決への貢献をともに目指すことを目的に、ソフトウェア領域での包括提携に関する覚書を締結。（2024年6月）

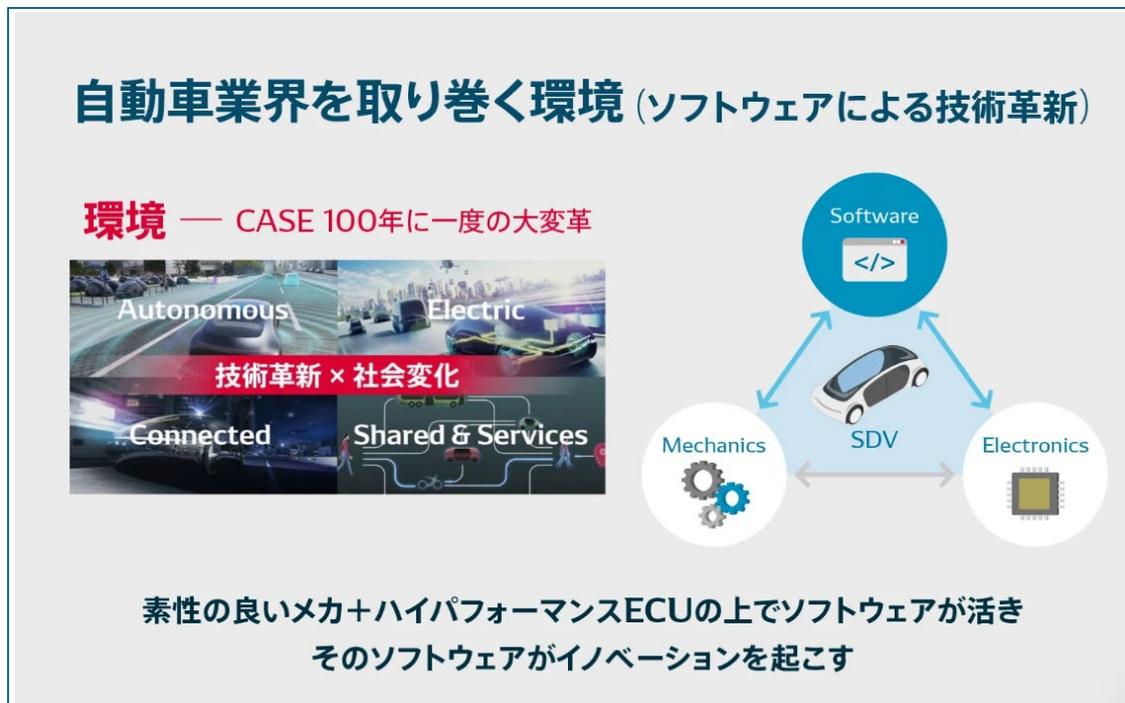
5は、車載ソフトウェアなどの車両技術に強みを持つデンソーと、クラウド等の技術に強みをもつNTTデータが提携することで、大規模・高度化する車載ソフトウェアを高速かつ効率的に開発・提供することを目指すものである。また、高度ソフトウェア人材の拡充・育成強化や、グローバルに展開可能なモビリティサービス基盤をソフトウェア起点で創造し、SDVに時代に向けて、クルマの魅力の進化と未来のモビリティ社会の実現に貢献していくとしている。加えて、両社の取り組み第一弾として、2030年までに育成も含め両社で3,000人規模のソフトウェア開発体制の整備を目指すとしている。

②デンソーのソフトウェア戦略・施策

次いで、以下では、「デンソーソフトウェア戦略説明会」（2024年7月）やその他の公開されている資料の一部を引用し、デンソーのソフトウェア戦略・施策をみていく³²。

³² 引用元 URL は以下のとおりである。図表画像の出所番号は以下に添う。

1. SDVは「ソフトウェア+メカ（ハードウェア）+電子機器（ハード・ソフト）の3点セット」で構成され、3点のトータルで性能・品質が決まる。



出所) デンソーWebsite ①より転載。

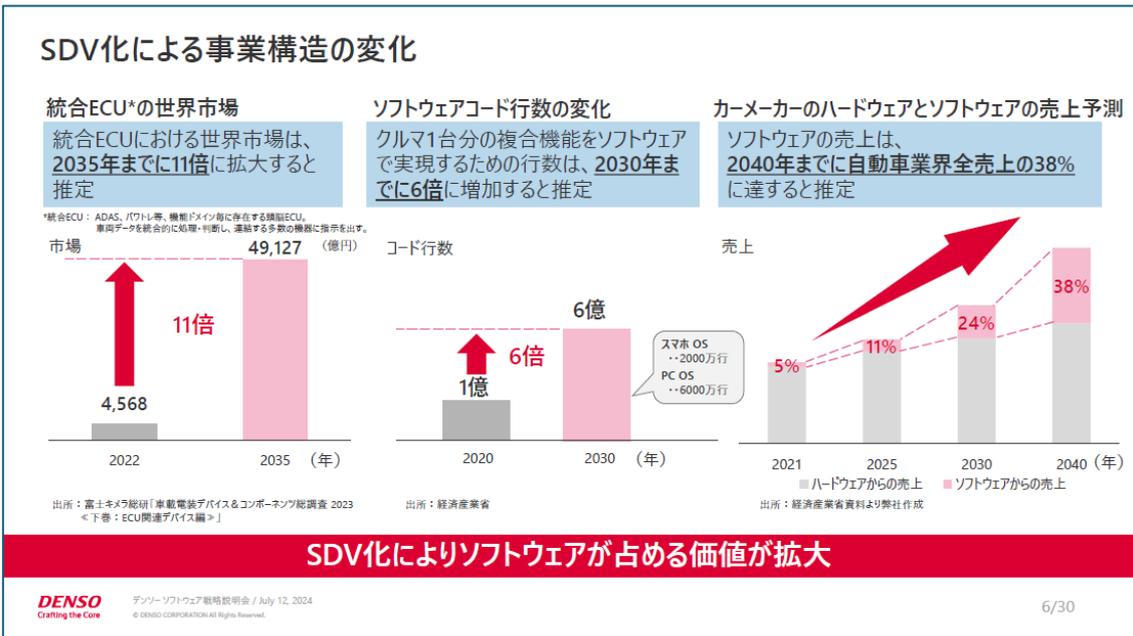
2. SDV 進展に伴う統合 ECU 化の拡大とソフトウェアコード行数の大幅増加により、自動車産業に占めるソフトウェア比率は大幅に高まる。

① デンソーWebsite「SDV 実現のカギはソフトウェアエンジニアが握っている」(2025年1月23日付)
https://www.denso.com/jp/ja/driven-base/project/techplay_fujimori_2501/

② デンソー「ソフトウェア戦略説明会」(2024年7月12日)
https://www.denso.com/jp/ja/-/media/global/about-us/investors/business-briefing/2024-software/2024-software_strategy_briefing_jp.pdf?hash=EC49CC183F7F53FAF486DD8FA87E2696&rev=0312e23302a143c9a35e11e60b8a3c93

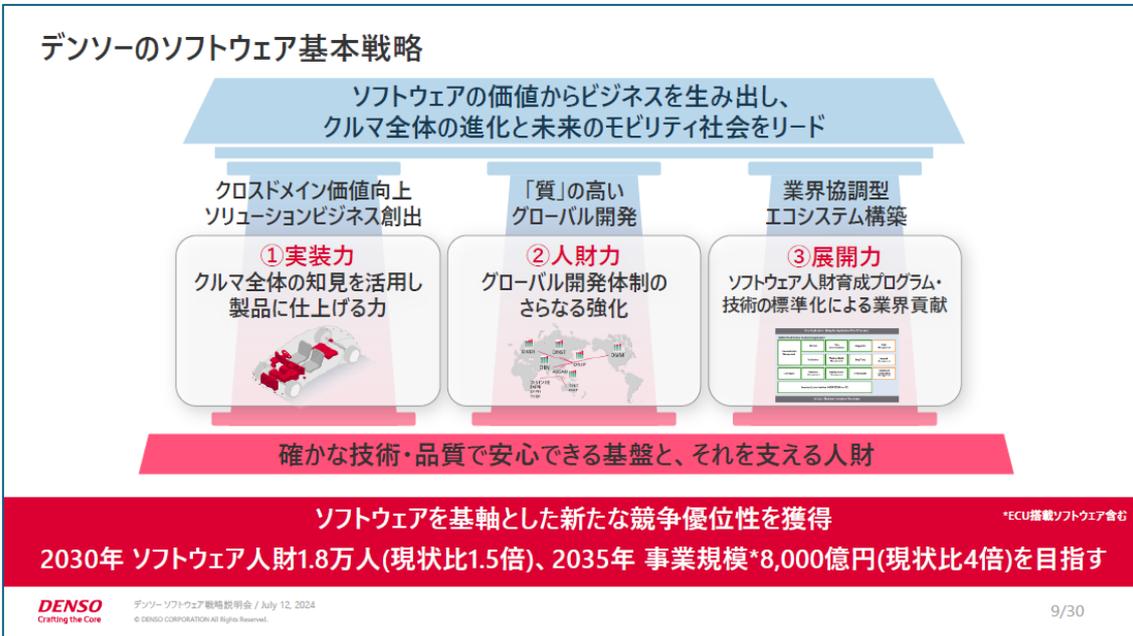
③ デンソー「～SOMRIEの核心とデンソーでの活用事例～」(2024年8月30日)
[https://events.denso.com/hubfs/21525946/somrie/SOMRIE%E3%82%A4%E3%83%99%E3%83%B3%E3%83%88\(%E7%AC%AC1%E5%9B%9E\)_20240830\(%E9%85%8D%E5%B8%83%E7%94%A8\).pdf?hsLang=ja](https://events.denso.com/hubfs/21525946/somrie/SOMRIE%E3%82%A4%E3%83%99%E3%83%B3%E3%83%88(%E7%AC%AC1%E5%9B%9E)_20240830(%E9%85%8D%E5%B8%83%E7%94%A8).pdf?hsLang=ja)
https://www.denso.com/jp/ja/-/media/global/about-us/investors/business-briefing/2021-dialogday/2021-software_jp.pdf?hash=C5AB25C8EF67344B2424DD3C7F28D5FA&la=ja-jp&rev=412e870ed1a44ec98918fd5a60df611a

④ デンソー「ソフトウェア戦略」(2021年5月26日)
https://www.denso.com/jp/ja/-/media/global/about-us/investors/business-briefing/2021-dialogday/2021-software_jp.pdf?hash=C5AB25C8EF67344B2424DD3C7F28D5FA&la=ja-jp&rev=412e870ed1a44ec98918fd5a60df611a



出所) デンソーWebsite ②より転載。

3. システムサプライヤーとしての経験とデンソーの強み（実装力・人財力・展開力）を活かしたソフトウェア戦略を展開する。



出所) デンソーWebsite ②より転載。

4. SDV 化には統合 ECU が不可欠となる。長年の ECU 及びソフトウェア開発経験と技術力をベースに統合 ECU 化をリードする。

統合ECUにおけるデンソーの競争優位性

これまで
In-Car 単一ドメイン
クルマ1台に占めるソフトウェアのコスト比率 ~10%

これから
In/Out-Car クロスドメイン (モビリティ社会)
50%以上

カーメーカーの期待	単一ECUに対する要求仕様の実装	ユーザ価値を実現する車両システム視点の発想
ソフトウェアの要諦	単機能ECUとしての最適設計	複数ECUをまったく大規模ソフトウェアの最適設計 品質・コスト・性能を両立させるインテグレーション設計 ⇒ 全体システム設計を行うアーキテクト人財*の育成、 大規模開発をまとめるプロマネ力の強化が鍵
領域の広がり	車載システム実装	社会システム側も踏まえたソフトウェア実装

アーキテクト人財*: 要求仕様を満たす最適なシステム及びECUソフトウェア全体の構造を設計する技術者

カーメーカーを跨ぐニーズの理解、最適なソフトウェア設計、リアルな形に仕上げる力が強み

DENSO 12/30

出所) デンソーWebsite ②より転載。

5. デンソーの圧倒的な強みである車載ソフトウェアの領域でイニシアティブを握り、ネットワーク等の非車載領域では ICT 企業等のパートナーとの協業を図る。

統合ECU搭載ソフトウェアの鍵となるコアコンピタンス

進化
関連業界とのパートナーシップ
新領域の機会創出

深化
半導体技術 (次項に事例)
多彩な車載ソフトウェアIP
カーメーカーとの信頼関係
厳しい車載要件の実装経験

界面
クルマ×クラウド連携システム(IN-OUT統合)
IT・モバイル技術の車載適用

Out-Car

- IT領域のソフトウェア
- クラウドネイティブな技術
- パートナーとの共創で幅を広げる

In-Car

- デンソーのホームグラウンド
- 「メカ/エレ/ソフト」の三位一体
- 車載品質の組込みソフトウェア
- 大規模統合系ソフトウェア

車載 (In-Car)
パワートレイン/ボデー/シャシー/サマール/コックピット/セーフティ
エネルギーマネジメント/HMI/自動運転/コネクティッド

電子PF
In-Out統合電子PF/M-IoT CORE/アーキテクチャー/BSW/大規模統合ECU

ソフトウェア関連要素技術
生産技術・開発プロセス、ツール、自動化技術、試作開発環境
製品技術 - 機能安全、高速NW、セキュリティ、IT系技術、AI、ブロックチェーン

半導体
SoC/センサー/特定用途IP

機電一体技術
メカ連携最適制御、補正アルゴリズム

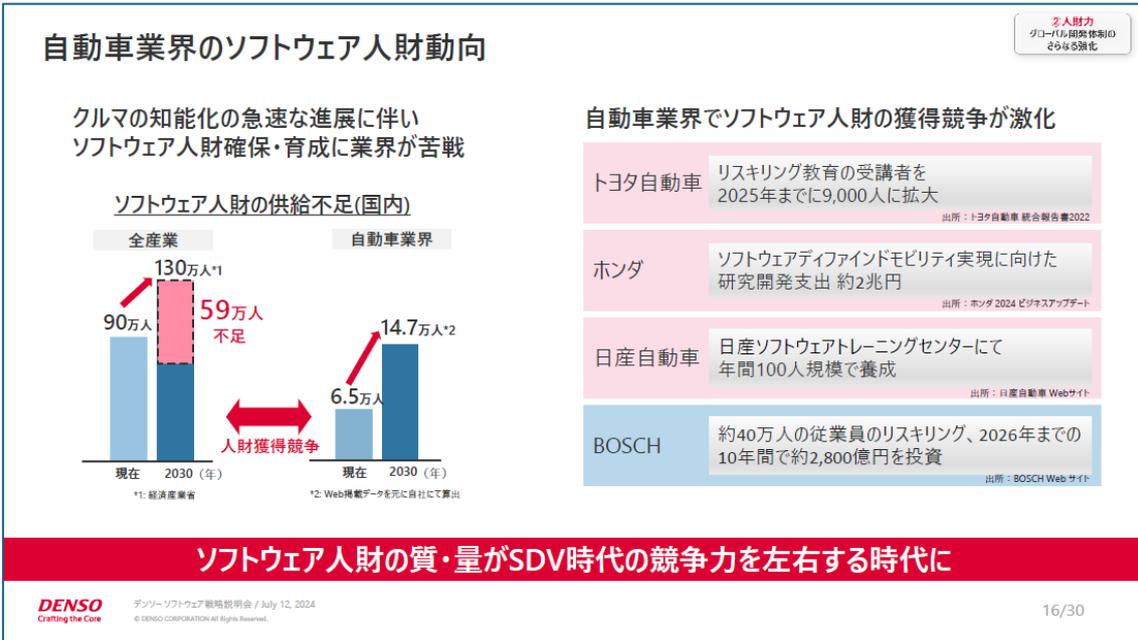
ナレッジマネジメントシステム (技術・人財)
人材教育/認定システム/ノウハウ技術伝承

車載を知り尽くした実績と多彩なソフトウェアIPでお客様の真のニーズを実現

DENSO 13/30

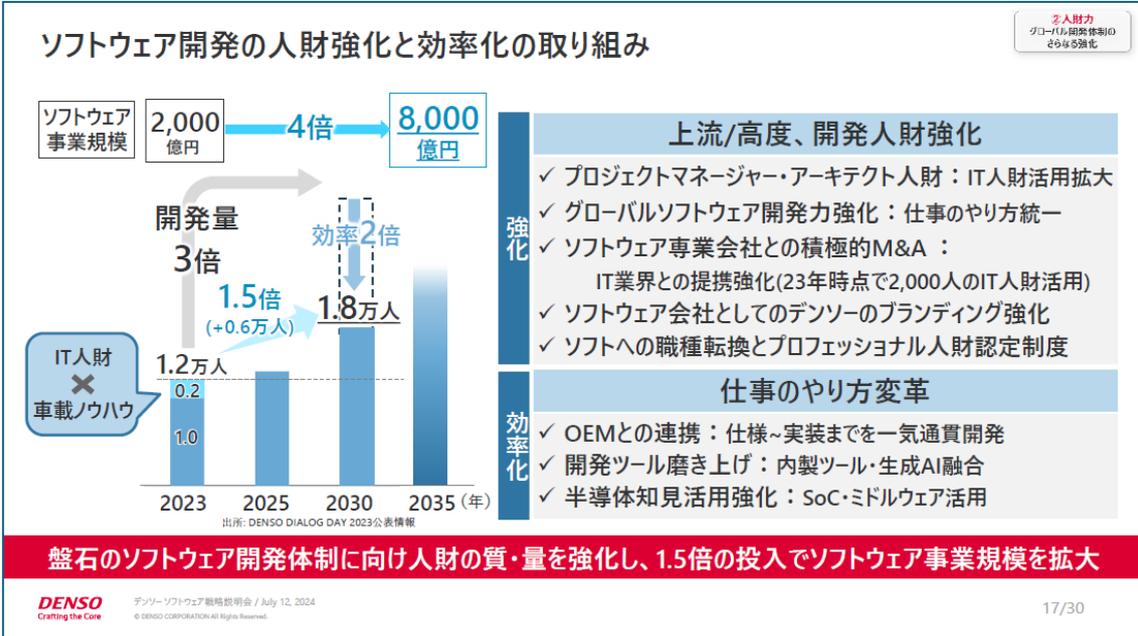
出所) デンソーWebsite ②より転載。

6. ソフトウェア人財の需要が急速に拡大し、世界的なソフトウェア人財不足が常態化。新規採用増は困難なため、多様なソフトウェア人財確保策が必要となる。



出所) デンソーWebsite ②より転載。

7. ソフトウェア開発力の強化のため、ソフトウェア人財の育成・増員だけでなく、開発の効率化（人工知能の活用、開発ツールのレベルアップ）を進める。



出所) デンソーWebsite ②より転載。

8. ソフトウェア人財の強化には、人財の守備範囲（技術や製品の領域）にも職位（マネジメントレベル～実務レベル）にも多様性が必要となる。NTT データ等との包括提携によ

り、多様な人材の育成・獲得を図る。

IT業界連携によるプロジェクトマネージャー・アーキテクト人財強化

②人財力
グローバル開発体制の
さらなる強化

<量：ソフトウェア人財規模> <質：プロマネ人財>*

100万人 > 5万人 16万人 > 0.3万人

IT：自動車 IT：自動車

IT業界は量・質共に圧倒的

出所：*軽産省、人材供給WG

包括提携

NTT DATA
DENSO

- 1) グローバルソフトウェアリソースの拡充
 - モビリティソフト領域のソフトウェア人財拡充
 - UX～ソフトウェア構築、顧客提案力強化
- 2) 高度ソフトウェア人財の育成
 - アーキテクト人財育成ノウハウ強化
 - ソフトウェア事業マネジメントノウハウ強化
- 3) ソフトウェア開発支援基盤の拡充
 - 開発効率化ツール短期開発・共同拡販
 - ツール利用で開発効率UP
- 4) 社会課題解決への共同取り組み
 - 社会価値創造領域の仕組構築
 - モビリティ社会実装でプラットフォームの主導権確保

幅広い領域に手を打つために必要となるパートナー条件

IT技術・クルマへの応用力

経営基盤

ソフトウェア人財の質・量

実績・信頼

NTTデータとの包括提携によりグローバルでソフトウェア人財を強化

デンソーソフトウェア戦略説明会 / July 12, 2024
 © DENSO CORPORATION. All Rights Reserved.

18/30

出所) デンソーWebsite ②より転載。

9. SDV 化等に伴うソフトウェア開発力の強化は世界的なトレンド。デンソーの強みであるグローバル開発拠点が持つ人財・リソースも活用し、トータルパワーで開発を推進。

グローバルソフトウェア開発力の強化

②人財力
グローバル開発体制の
さらなる強化

欧州

欧州発 車載標準
・AUTOSAR
標準ツール

中国

中国発IT技術
・電子決済
・画像解析
・スピード重視

グローバル戦略統括

デンソー コア技術

グローバル最適

コスト最適 上手く成長 (標準化)

デンソーテクノ デンソークリエイ デンソーテン

北米

北米 IT標準
・5G/AI
・セキュリティ
・Agile/分散開発

インド

欧米発の技術経験
・ソフトウェア・IT人財
・豊富な人財

東南アジア

効率的につくる

高度ソフトウェア人財の育成・配置

グローバル連携プロジェクトの推進

日本主導の開発から、地域特性を生かしたグローバル開発へ

デンソーソフトウェア戦略説明会 / July 12, 2024
 © DENSO CORPORATION. All Rights Reserved.

19/30

出所) デンソーWebsite ②より転載。

10. 人口が多く ICT 企業や大学も多数存在する東京・神戸・名古屋・福岡等の大都市にソフトウェア開発拠点を構える（人財確保の役割も期待できる）。

2人財力
グローバル開発体制の
さらなる強化

国内のソフトウェア開発拠点

新橋
デンソー、デンソーアイティラボラトリ

東京 日本橋室町
J-QuAD DYNAMICS
先進安全ソフトウェア開発会社

羽田
Global R&D Tokyo, Haneda

福岡
デンソーテクノ

神戸
デンソー、デンソーテン

愛知 名古屋ほか
デンソー、デンソーテクノ、デンソークリエイト

愛知・神戸・福岡他、東京・新橋、羽田でも車載ソフトウェアの研究開発を推進

DENSO デンソーソフトウェア戦略説明会 / July 12, 2024
© DENSO CORPORATION All Rights Reserved. 20/30

出所) デンソーWebsite ②より転載。

11. 分野毎に、デンソー本体、国内グループ会社、海外グループ会社、異業種提携企業の最適な組み合わせによる連携を図り、ソフトウェア開発力強化を推進する。

2人財力
グローバル開発体制の
さらなる強化

パートナー戦略

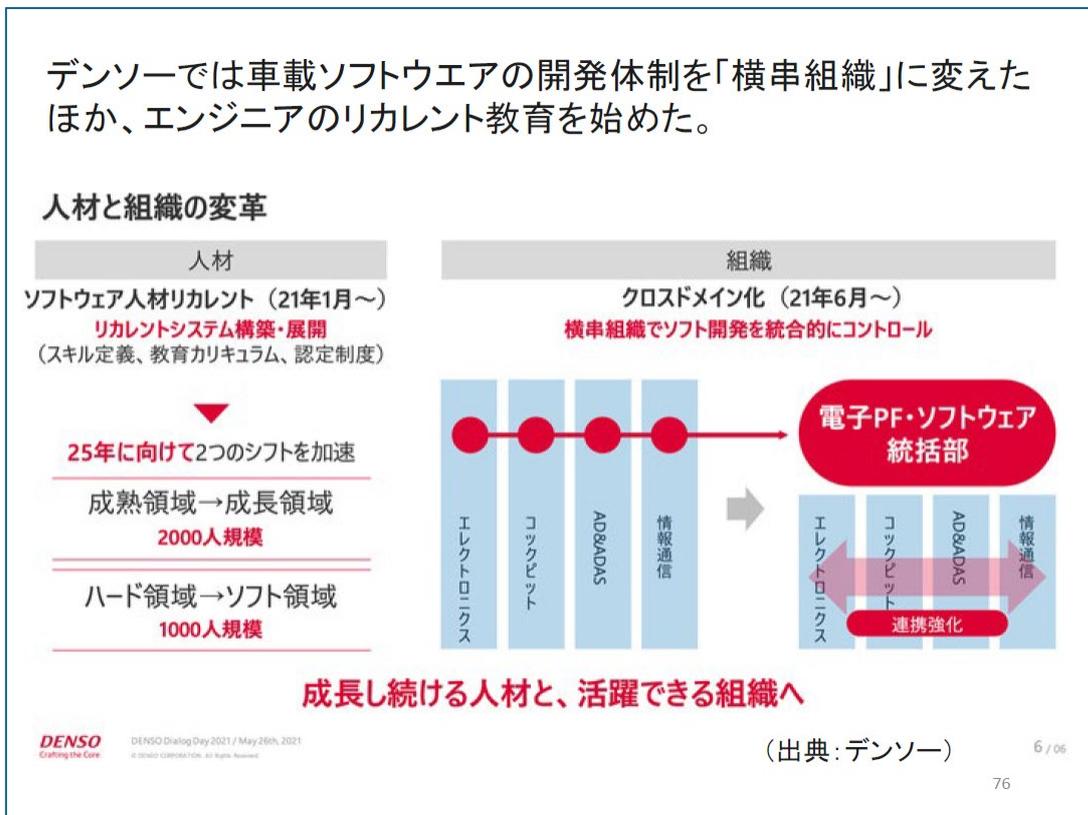
デンソーグループ 他業種・アソシエイトグループ 他業種・出資提携	パワーレイン ボデー制御	走行安全	情報通信	共通基盤
	デンソー テクノ [日本]	J-QuAD DYNAMICS [日本]	NTTデータ MSE [日本]	デンソー クリエイト [日本]
	デンソー エレクトロニクス [日本]	DENSO SHANGHAI SMART MOBILITY TECHNOLOGY [中国]	デンソー テン [日本]	PiNTeam Holding [ドイツ]
	TOYOTA TSUSHO DENSO ELECTRONICS [タイ]	東芝情報 システム [日本]	DENSO KOTEI AUTOMOTIVE ELECTRONICS [中国]	NTTデータ [日本] ※包括提携
	要素技術 開発技術	デンソー アイティラボラトリ [日本]	ミライズ テクノロジーズ [日本]	NDIAS [日本]

デンソーグループの総力と他業種とのパートナーシップで、幅広いソリューションを提供

DENSO デンソーソフトウェア戦略説明会 / July 12, 2024
© DENSO CORPORATION All Rights Reserved. 21/30

出所) デンソーWebsite ②より転載。

12. 「ソフト・ハード一体組織」の原則を守りつつ、ソフトウェアの比重が高い部門については、ソフトを横串で見る「ソフトウェア統括部」を設置済み。



出所) デンソーWebsite ④より転載。

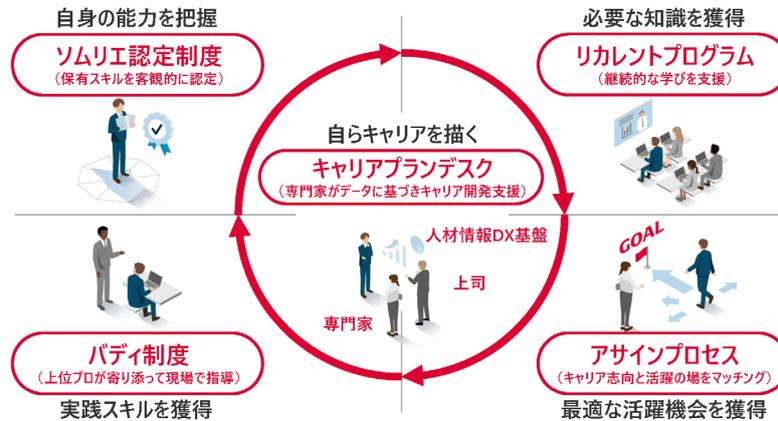
13. デンソーのソフトウェア人財育成

デンソーでは、SDV化の進展に伴い、ソフトウェア人財を現在の12,000人から2030年度に18,000人に増やす計画を立てており、そのためのソフトウェア人財育成も必要としている。

デンソーのソフトウェア人財育成は、他職種からの職種転換も含め、ソフトウェア技術者のスキルを高めて多様化させることを目指している。更に、スキルを高めた技術者が、最適な場で活躍できなければならない。デンソーは、そのための仕組みや諸制度の拡充から着手している。

デンソーにおける技術者のキャリア開発支援の取り組みが「Career Innovation Program」(以下、CIP)である。CIPは自身の能力を把握する「ソムリエ認定制度」、必要な知識を獲得する「リカレントプログラム」、最適な活躍機会を獲得する「アサインプロセス」、実践スキルを獲得する「バディ制度」の4つで構成されている。

ソフトウェア分野における「人材育成」の取組み – キャリアイノベーションプログラム –



自らキャリアを描き、学び続けることで、キャリア開発と活躍のサイクルを回していく

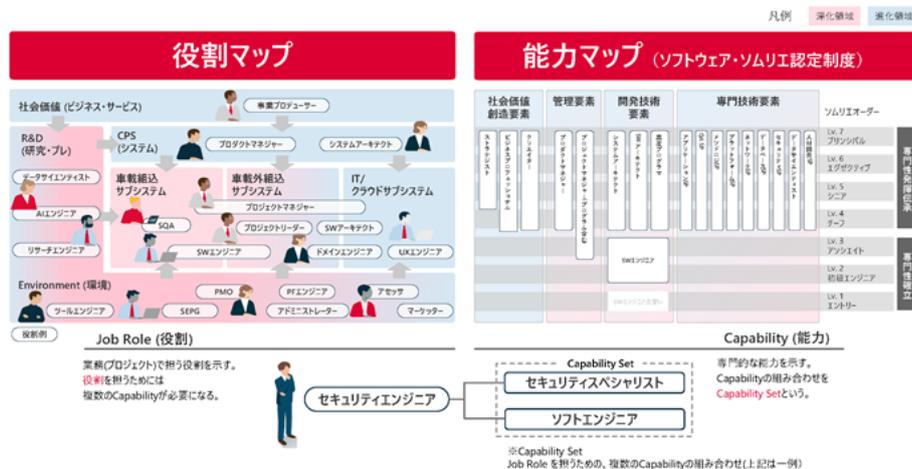
DENSO
Crafting the Core
© DENSO CORPORATION. All Rights Reserved.

出所) デンソーWebsite ③より転載。

まず、「ソムリエ認定制度」でソフトウェア技術のスキルを見える化し、将来目指すキャリアに必要なスキルを明らかにする。その際、伸ばすべきスキルは体系化したリカレントプログラムで獲得する。ただし、得られたスキルが実践で使えなければ意味をなさない。そのための最適な成長と活躍の場を、「アサインプロセス」によって提供する。

ソフトウェア・ソムリエ認定制度

自身の能力を把握するために、保有スキルを客観的に認定



DENSO
Crafting the Core
© DENSO CORPORATION. All Rights Reserved.

出所) デンソーWebsite ③より転載。

そして、現場ではバディ制度を活用し、認定プロの下で実践的な指導を受けて実用的なスキルに昇華させる。その結果は「ソムリエ認定制度」によって再びレベル認定される。

この「ソムリエ認定制度」の目的は、自身の能力を把握するために保有スキルを客観的に認定することにある。「ソフトウェア・ソムリエ（SOMRIE：Sophisticated, Outline, Master, Revolutionary, Impressive, Enthusiasm）認定制度」は2021年度に運用を開始、18のケイパビリティごとに7つのレベルが設定され、2024年10月時点で100名以上のソフトウェア人材が認定を受けている。

「ソムリエ認定制度」では、システム人材も含むソフトウェア技術者が必要なスキルを、アーキテクトやマネジメントといった17のケイパビリティで定義する。そして、CPS（Cyber-Physical-System）をスコープに、ビジネス、サービスの創出からシステム定義、要件化、実装、先行研究、開発支援環境の整備を担う技術者の成長をターゲットとし、ジョブロールとして必要な役割を定義している。また、社内にどのようなキャリア、スキルの人財がいるか、その情報を人材情報DX基盤に一元化し、蓄積している。

他には、多面的なキャリア支援のためにキャリアプランデスクも設け、経験豊富な人からのアドバイスが受けられるようにもしている。

また、同社は「キャリアイノベーションプログラム」という制度も設けている。エンジニア一人ひとりがキャリアを自分発で描き、組織を超えて成長・活躍しながら個の才能を磨き続けるための制度となっている。

③ サプライヤーの視点で考える SDV（私見）

以上のデンソーの取り組みも踏まえ、本調査研究委員会の活動から筆者が感じたことをサプライヤー視点から述べていこう。

1. SDVの本質を踏まえた経営判断

近年、SDVがメディアで頻繁に取り上げられ、一種のブームのようにもなっている。SDVが自動車産業の発展に寄与することは間違いないが、SDVは「品質・利便性・安全性・快適性を向上するための手段」であって、目的ではない。ブームに踊らされることなく、SDVの本質を踏まえた冷静な経営判断が必要である。

2. 「早く」よりも「正しく」

SDVはテスラや中国企業が先行しており、「日本企業はSDVに出遅れている」というメディアの報道が散見されるが、「早い」ことが本当に正解なのだろうか。

近年のEV化の動向を振り返ってみると、BEVの欠点（航続距離・充電インフラ不足・バッテリー劣化・寒冷時のバッテリー故障・バッテリー出火による火災・再販価格の安さ等）を解消できない「生煮え」のまま強引なBEV化を「早く」進めた欧米企業が経営不振に陥っている。それに対して、日本企業は、BEV化に慎重で、全方位戦略をベースとしつ

つ、現時点で最も信頼性の高いEVであるハイブリッド車に注力する現実的な戦略を「正しく」進めている。その結果、過去最高の利益を計上する等、日本企業（日産を除く）の経営は安定している。

SDV が進展するのは間違いないが、その方向性やスピードはまだ不確定な状況で、サイバーリスク対策等の課題もある。ここは慎重に構えて、「早く」よりも「正しく」進むべきだろう。何が「正しい」のかを決めるのは、政府でもメディアでも企業でもなく、お客様（SDV のユーザー）である。お客様の信頼を失えば、BEV の二の舞になりかねない。

3. 統合 ECU 化と SDV 化のタイミング

日本の自動車は長年個別 ECU が中心であったため、統合 ECU 化は進んでいない。SDV は統合 ECU が前提であり、統合 ECU 化された車種から順次 SDV 化されていくことになる。ただ、統合 ECU 化には高性能半導体と膨大なソフトウェアが必要で、開発には時間がかかる。サプライヤーが SDV 化を考える際には、統合 ECU 化のタイミングがいつになるのかを考慮した SDV の事業スケジュールを決めることが重要となる。

4. ソフトウェアファーストの意味

SDV が注目されるのに伴って「ソフトウェアファースト」という言葉がメディアに登場するようになった。この言葉は「ソフトウェアを先行して開発する」という意味であって、決して「ハードウェアを疎かにする」ということではない。日本のサプライヤーの強みである「ハードウェアの技術・品質の高さ」と「ソフトウェアとハードウェアの擦り合わせ技術」はこれまで以上に期待される。

5. ハードウェアの進化も不可欠

ハードウェアよりソフトウェアの方が進化が早いと言われているが、それはハードウェアの進化が遅いので「全てがソフトウェアによって決まる」という意味ではない。ソフトウェアを更新し、クルマとしての性能を進化させていくことを前提に、効率的なアップデートや将来の伸びしろ、車両の安全性を実現するハードウェアの進化も不可欠である。

6. SDV 化への対応の方向性は下記のサプライヤーの 3 タイプで異なる

SDV 化への対応は、サプライヤーの 3 タイプ（システムサプライヤー、コンポーネントサプライヤー、ソフトウェアサプライヤー）で異なる。そこには規模・技術力・資金力・人的資源・ビジネスモデル・顧客の希望に基づく柔軟かつ多様な対応が求められてくる。

6-1. システムサプライヤー

SDV 分野では、ハードウェアとソフトウェアの両方に対応できるシステムサプライヤーが有利であることは間違いない。自動車メーカーの技術力等の違いによって、自動車メー

カー自身がシステムサプライヤーの機能を果たすケース（このケースでは、システムサプライヤーはコンポーネントサプライヤーの機能を担うことが多い）、と、システムサプライヤーに依存するケースがある。システムサプライヤーは、どちらのケースにも対応できるビジネスモデルと柔軟で多様な対応力を備える必要がある。

6-2. コンポーネントサプライヤー

ハードウェア専門のコンポーネントサプライヤーの場合、SDV化に対応するには、従来の「1世代のソフトに適合するハード」というパターンから「複数世代のソフトに適合できるハード」という大きな発想の転換が必要とされる。つまり、ソフトウェアの進化に対応するハードを提供できなければ、ビジネスを失うということだ。

ビジネスモデルとしては、ハードもソフトも自社で手掛ける「ハード+ソフト」型と、多様なソフトに対応でき、ハードの開発提案で勝負する「ソフトがわかるハード専業」型があるが、どちらの場合でもソフトウェアの知識が必要で、ソフトウェア人財の育成が不可欠となる。

6-3. ソフトウェアサプライヤー

ソフトウェアサプライヤーについては、自動車メーカーやシステムサプライヤーのソフトウェア開発をサポートするというビジネスモデルに変わりはない。SDV化に伴ってソフト開発の負荷が大幅に増加するため、需要拡大に伴うソフトウェア人財の確保が大きな課題となる。もう1つは、「ソフトとハードの一体開発」が必須になるため、顧客（自動車メーカー、システムサプライヤー）の開発部門にソフトウェアサプライヤーの社員が常駐する形のビジネスが増えると予想される。

7. 内製化しなくても「手の内化」は可能

自動車産業では「手の内化」というフレーズをよく耳にする。「手の内化」とは、「重要な技術要素を外部に委ねてブラックボックス化するのではなく、自社の制御下に置く」考え方である。「手の内化」によって自動車メーカーとサプライヤー間の情報共有が進み、双方の技術力がレベルアップするメリットがあり、日本企業の競争力の源泉と言われる。

究極の「手の内化」はすべてを内製化することだが、経営資源が限られている中ですべてを内製化することは困難である。特に、ソフトウェア人財が大幅に不足している中で、ソフトウェア開発を全て内製化するのは事実上不可能であるため、多様な「手の内化」を図ることが必要となる。

その多様な「手の内化」の1つはグループ会社の活用である。ソフトウェア開発のグループ会社を新たに設立する、もしくは既存のグループ会社をソフトウェア開発専門に衣替える、そのいずれかだが、本体と切り離すことによって、就業規則や給与水準等をICT業界に合わせたり、拠点を大都市に開設したりして、ソフトウェア人財を採用しやすくす

るメリットもある。中小のサプライヤーは単独でソフト開発のグループ会社を設立するのが難しい場合もあるため、複数のサプライヤーが共同で設立することも考えられる。海外経験のあるサプライヤーの場合は、ソフトウェア人財を採用しやすい海外（フィリピン、ベトナム等）にソフトウェア開発の子会社を設立することも選択肢の1つである。

「手の内化」の2つめは、ソフトウェアサプライヤーとの提携である。単なる「ベンダーとクライアントの関係」ではなく、信頼できるソフトウェアサプライヤーとの長期的かつ包括的な提携関係を構築することによって、ソフトウェア人財の定着化と成長が可能となり、実質的な「手の内化」を実現できる。

「手の内化」に熱心なトヨタとホンダの経営が順調で、「手の内化」の文化がない日産が経営不振（2025年2月現在）であるのを見ると、「手の内化」の重要性を示唆しているようにも感じられる。

8. 「リスキリング+職種転換」によるソフトウェア人財確保について（私見）

8-1. リスキリングの意味は「スキルを広げる」こと

「日本企業のリスキリングがあまり上手くいっていない」という報道を耳にすることがある。原因は多々あるが、筆者は「リスキリングという言葉のイメージ」も原因の1つと考えている。リスキリングという言葉は欧米発祥で、「使えなくなった古いスキルを新しいスキルに入れ替える」というニュアンスを含み、自分のスキルに誇りを持つ日本人のメンタリティからすると、それまで積み上げてきたスキルを否定されたように感じてしまうと思われる。リスキリングは、「現在のスキルの否定」ではなく、「現在のスキルを活かし更に広げる」という意味である。ネガティブなイメージを払拭し、企業や社員にポジティブなイメージを与える「リスキリングの再定義」が必要なのではないか。

8-2. 職種転換は「スキル」+「キャリア」+「見える化」+「サポート」

日本企業の中には、リスキリングという名の社員研修を行うことで職種転換ができると考えている例もあるが、それでは不十分で、総合的かつ実践的な施策が必要となる。

既述のようにデンソーでは、「キャリアイノベーションプログラム」、「ソムリエ制度」を導入し、ソフトウェアエンジニアへの職種転換を進めているが、そのキーポイントは下記である。

- ・一人ひとりが自発的に学びやキャリアデザインを行い、会社全体でレベルアップする
- ・目指すレベルのソフトウェアエンジニアに求められる専門性とスキルを明確化する
- ・必要な専門性とスキルを習得する機会（研修・OJT等）を公平に提供する
- ・テストにより専門性とスキルのレベルを確認し、会社として各人のレベルを認定する
- ・本人希望、認定レベルと会社ニーズのマッチングにより、最適のポジションを与える
- ・上位プロフェッショナルやキャリアデザイン専門家が一人ひとりをサポートする

9. 社員の意識転換を促すトップのメッセージが必要

前述した「ソフトウェアファースト」という言葉は、長年ハードウェア中心の文化の中で仕事をしてきた日本の自動車産業の社員に対し、ソフトウェアの重要性を説く意識転換のメッセージだと思われる。また、デンソーがソフトウェアの最高責任者である「CSwO (Chief Software Officer)」のポストを新設したり、「ソフトウェア改革推進室」という新組織を作ったりしたのも同様である。一見小さなことのように感じるが、組織改革や組織名変更は社員の意識転換を促す強いメッセージである。SDV 成功の第一歩は「会社の方向性を示す経営トップの明確なメッセージ」ではないだろうか。

第4章 【事例】株式会社 FOMM および株式会社 LEALIAN における取り組み

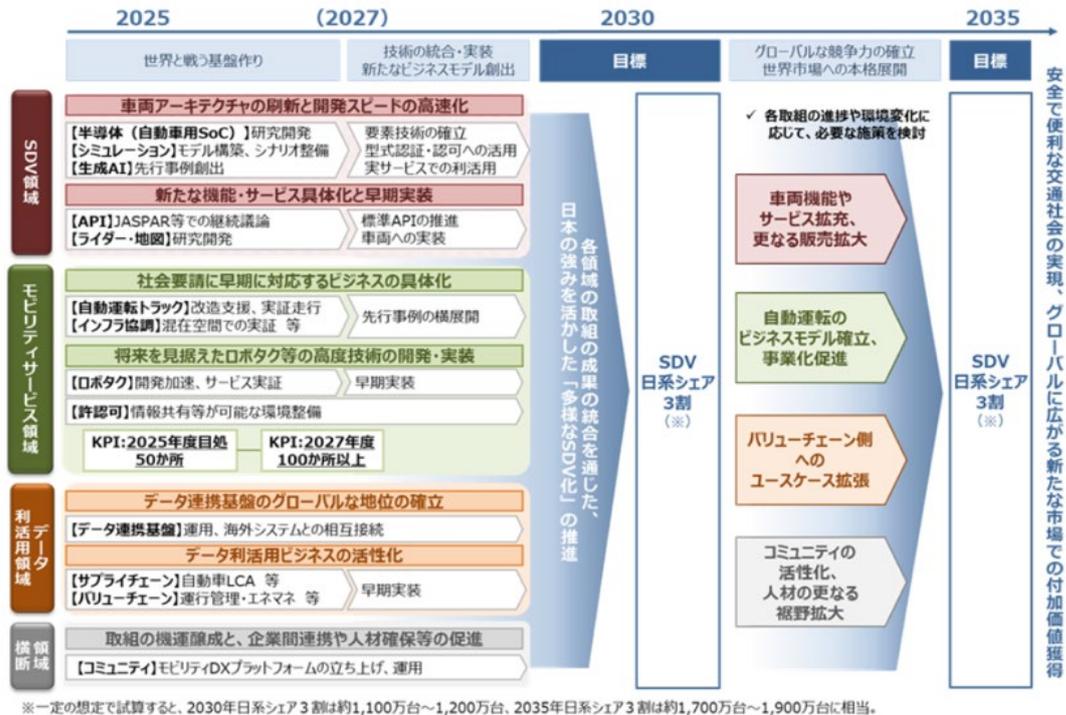
第1節 はじめに

2024年5月24日に経済産業省により公布された「モビリティ DX 戦略」において、「ソフトウェア・ディファインド・ビークル (SDV)」については「クラウドとの通信により、自動車の機能を継続的にアップデートすることで、運転機能の高度化など従来車にない新たな価値が実現可能な次世代の自動車のこと」と定義づけるとともに、「今後、SDV の実装も進展していく」としている。

これを受け、自動車産業に関連する様々な事業者が各々の領域における技術開発と「ソフトウェア人材」の採用を進めるが、「ソフトウェア」という広域な概念から適切に開発範囲を設定し、また、そのための人材を確保するには、各々が「従来車にはない新たな価値」と「その価値におけるソフトウェア」をどのように定義するかが必要不可欠である(第1章 図 1.3.1 参照)。

特に、前述の「モビリティ DX 戦略」においては、下図 4.1.1 のとおりロードマップが掲げられるが、2030年以降の段階的な目標に対し、「基盤作り」の前提とされるべき「目標(ビジネスモデル)」の議論が抜け落ちているように感じている。

図 4.1.1 「モビリティ DX 戦略」のロードマップ



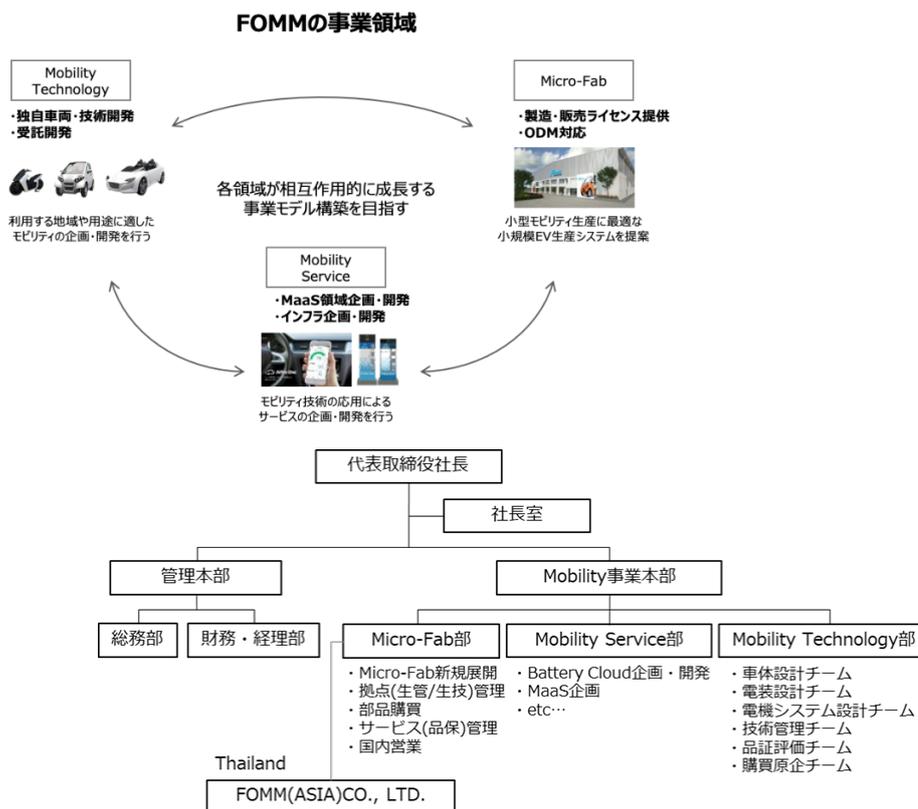
出所) 経済産業省 HP より抜粋。

本稿では、筆者が日本国内においてモビリティの開発を行う株式会社 FOMM（横浜市、以下「FOMM」）での経験を経て、可搬型小型蓄電池による分散型の電力貯蔵システムの展開を進める株式会社 LEALIAN（横浜市、以下「LEALIAN」）を創立するに至った背景を基に、SDV の関連事例として記述する。

第2節 国内 EV メーカーでのシステム開発

FOMM は、2013 年に創業した国内モビリティ・メーカーである。L7e カテゴリをベースとした車両設計技術が強みに、「近距離移動に最適なモビリティ」をコンセプトにモビリティの開発に取り組むとともに、「緊急時には水に浮いて移動する」等の独創的な機構設計を行っている。事業領域を「Mobility Technology (モビリティ・テクノロジー)」、「Mobility Service (モビリティ・サービス)」、「Micro-Fab (マイクロファブ)」の3つに定め、それぞれの領域において展開する製品・サービスが相互に作用し合うことで各事業の成長を促すモデルの構築を目指し、社内組織についても当該事業領域に合わせて構成した。

図 4.2.1. (株)FOMM の事業領域と組織図



出所) 筆者作成。

筆者は、2016年から2023年の7年間をFOMMに在籍し、Mobility事業本部の統括責任者として、各事業領域における開発プロジェクトを運営した。

FOMM が設計するモビリティは、前述の「水に浮く機構」のほか、「着脱可能な小型バッテリー」を採用し、普通充電に加えて「バッテリー交換による給電」を通常機能に備える。

当該機能を用いて、FOMM のユーザーが専用の「バッテリー交換ステーション」に立ち寄り、充電済みのバッテリーと交換することで、短時間で給電を完了する「バッテリー交換サービス」の開発を進めており、筆者は、FOMM での初期のキャリアを本開発の主担として取り組んだ。

図 4.2.2. (株)FOMM 開発によるバッテリー交換式 EV 「FOMM ONE」



出所) 筆者作成。

「一充電あたりの航続距離や経路充電における待機時間といった EV 特有の短所を解消し、ユーザーに不自由なくモビリティを使ってもらいたい」という FOMM 代表者の理念により当該サービスの開発が開始され、当初は筆者のほか、車両開発に携わる一部の電装設計エンジニアとの少人数による開発チームを編成した。

初期のサービスモデルにおけるシステム開発の主な要素は、①専用 TCU³³を介して、EV と交換ステーションに搭載されたバッテリーのステータスをクラウドシステム上に集積し、②専用 UI を用いてユーザーがスマホ等の端末からその情報を閲覧し、③ユーザーが登録した EV のステータス確認および交換ステーションの位置確認、予約、認証を行えるようにするものである。

社内開発チームのほか、外部ベンダーの協力を得て開発を行い、2018 年下旬には基本システムの開発を完了した。

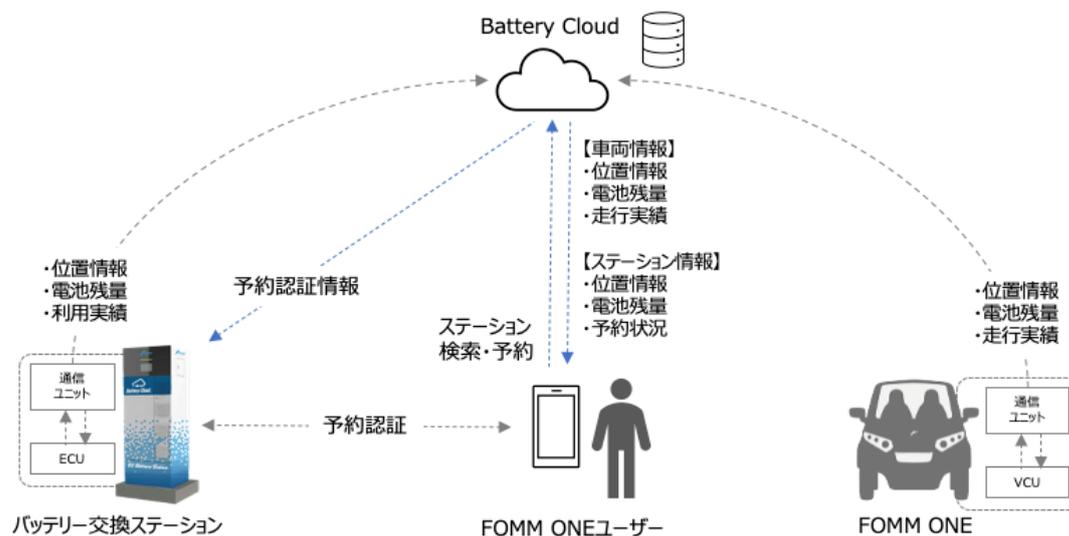
³³ TCU (テレマティクス・コントロール・ユニット) : 車載 ECU と外部ネットワーク間で双方向に通信を行うための通信ユニット。

表 4.2.1. バッテリー交換ステーション仕様 (2018 年開発仕様)

バッテリー交換ステーション 諸元			
寸法 (H×W×D)	親機	1,620 × 700 × 700 (mm)	
	子機	1,470 × 700 × 700 (mm)	
交換用バッテリー *1機あたり	11.84kWh/1セット (2.96kWh×4個)		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・親機/子機の併設が可能 ・親機1機に対して子機3機の接続に対応 ・1機あたり車両1台分のバッテリーを格納 		

出所) 筆者が開発時に作成した FOMM 資料より引用。

図 4.2.3. バッテリー交換サービスの初期構想モデルと開発項目および要員



主な開発体制			
開発項目	バッテリー交換ステーション	Battery Cloud	FOMM ONE
開発要員	<ul style="list-style-type: none"> ・機械設計 ・電気制御設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・ネットワーク設計 ・システム設計 ・クラウド設計 ・アプリケーション設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・車体設計 ・内装設計 ・機械設計 ・電気回路設計 ・車両制御設計

出所) 筆者作成。

ー 「バッテリー交換ステーション」のサービス実装における障壁

FOMM は、初期のマーケットをタイに定め、量産工場を同国内に設置し、2019年3月より現地において自社初の量産車となる小型EV「FOMM ONE」の量産を開始した。その一方で、「バッテリー交換ステーション」の市場展開は困難を極めていた。タイの一般家庭においては定格電圧220Vが主流であり、自宅の駐車場に充電環境を容易に整備することができたことに加え、EVと給電インフラサービスの「ニワトリ卵問題」に直面したことが主な要因であった。

バッテリー交換ステーションに 200V/3kW の出力機能を設け、「自社製品専用機器」とならないよう EV 用普通充電とバッテリー交換の双方に対応が可能な機能追加を行う等の対策を継続したが、そのもう一方では「パートナー事業者の模索」が難航した状況にあった。

EV 開発にリソースを特化したベンチャー企業が、海外市場において自らで新規にインフラサービス事業を展開することは現実的に難しく、「バッテリー交換サービス」の提供については現地パートナー事業者との提携が不可欠であった。

顧客の中には、自らで EV 充電環境を整備できないユーザーも存在し、バッテリー交換ステーションの展開に期待する声があったものの、当時のタイは EV 黎明期にあったこともあり、パートナー候補との提携交渉は難航し、サービスの実現は叶わなかった。

ー日本市場での転機

タイでの活動に並行して、2019 年には「第 46 回 東京モーターショー」にブースを出展し、日本国内においても自社ブランドの PR 活動を開始した。

これらの PR 活動を行う中で、特に「バッテリー交換技術」に強い関心を示したのが物流事業者である。

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、物流分野においては「交通・物流（運輸部門）は、2030 年度において二酸化炭素排出量対 2013 年度比 35%削減」を目標に掲げられており、特に充電待機時間のないバッテリー交換式 EV への関心が高まっていた。FOMM が日本国内での主のターゲットに定める軽自動車級の車格においては、当時バッテリー交換による給電に対応した市販車両は存在せず、筆者は FOMM ONE の技術転用によるバンタイプ軽貨物車両開発の検討を開始した。

はじめに、新規に車両開発および量産までを行うには以下の課題があった。

- (1)技術転用開発を行うための資金の確保
- (2)開発完了以降に量産へ移行するための資金の確保
- (3)バッテリー交換ステーションの展開における「ニワトリ卵問題」の解消

特に、ベンチャー企業においては(1)、(2)の障壁が大きく、以下のとおり整理することで課題の解消を図ることとした。

- (1)EV コンバージョン³⁴を軸に専用部品のみを開発・量産することで全体コストを低減する
- (2)基本コンポーネントを FOMM ONE と共通化することで開発コストを低減する
- (3)EV の給電目的以外でも活用可能なバッテリー交換ステーションを開発する

自動車メーカーの単体プロジェクトにおける開発から量産までの期間は 4~5 年程が一般的であるが、(1)、(2)のとおり既存リソースを活用することで、ローンチまでの期間を短縮することが可能になる。2021 年初頭から、「バッテリー交換式コンバージョン EV プロジェクト」を立ち上げ、具体的な仕様検討と開発資金の調達に動き出した。

³⁴ EV コンバージョン（コンバージョン EV）：ガソリン車の内燃機関類を取り外し、モーターやバッテリー等の部品を新たに組み替えることで EV にコンバートする技術。

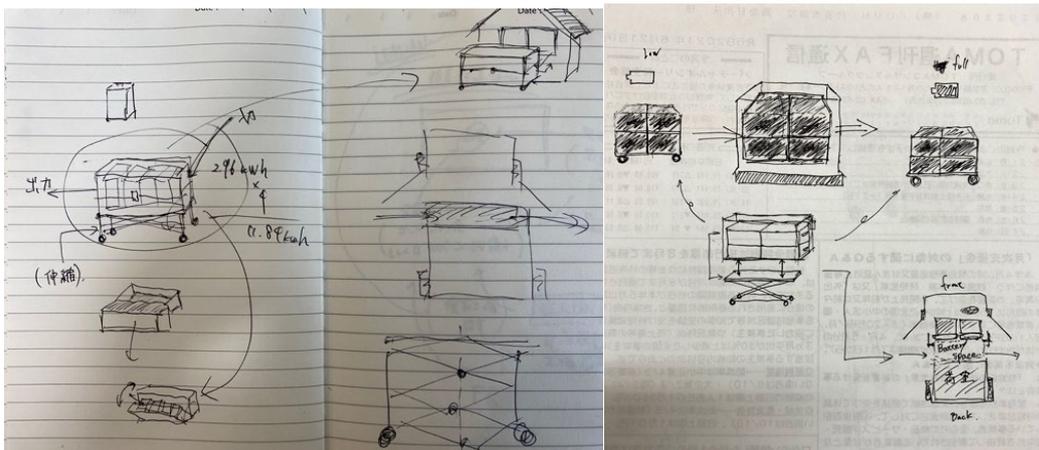
ーバッテリー交換ステーションの仕様転換

バッテリー交換式コンバージョンEVの開発にあたり、軽貨物配送事業者にヒアリングを行った結果、以下の要望があった。

- (1)荷物の積み込み時間内にバッテリー交換が完了できる交換性能
- (2)60～80km/日を走破できる走行性能
- (3)最大積載量 350kg の維持

FOMM ONE は4つのバッテリーパックを1セットで構成し、1度の交換作業において各収納箇所から人力でバッテリーを抜き出して交換を行う仕様であるため、10～15分程の作業時間が生じる。軽貨物配送事業における荷物の積み込み時間は5分程度であり、その時間内に交換作業を完了するためには従来の仕様では達成が難しい。また、車両側の仕様検討と同時に、場所を制限されずに容易に配備が可能なバッテリー交換ステーションを設計する必要があった。

図 4.2.4. 「車載バッテリーとして搭載するステーション」の開発初期ラフスケッチ



出所) 筆者作成 (開発当時)。

これらのことから、4つのバッテリーパックが収納された「設置型のバッテリー交換ステーション」という考えを廃止し、「ステーション自体を車載バッテリーとして搭載することができる」方針へと考えを転換した。

また、前述のほか、当時の外部環境として、各分野において以下のような動きが強まっていた。

- (1)自動車分野：～300kWの超急速充電器の開発
- (2)エネルギー分野：再生可能エネルギーの拡大に伴う蓄電池（システム）の調達
- (3)防災・レジリエンス：停電時において屋内利用が可能なポータブル蓄電池等の調達

上記(1)の動きが強まると、複数台のEVが超急速充電器を用いて充電を開始した場合に、系統電力への負荷が一気に高まるため、需給バランスを保つための蓄電システム等による調整力が必要になる。

また、(2)の蓄電システムについては、一般社団法人日本電機工業会の参加企業 17 社による出荷実績³⁵によると 2013 年から 2021 年にかけて導入容量が増加傾向にあり、特に 10kWh 以上～20kWh 未満の容量帯は 2021 年以降も増加が続いている。

上記(3)については、災害時以外での日常用途における製品価値が乏しく、災害対策用の蓄電池が普及しない課題を抱えていた。

これらの前提を基に、非車載時の EV バッテリーが(1)～(3)に貢献し得る仕様を基本とし、「EV への給電が可能な高出力のポータブルバッテリー」と「バッテリー交換ステーション」の機能を兼ね備えた「コンテナ式バッテリー」を設計のコンセプトとした。当該コンテナ式バッテリーは、ポータブルバッテリーのように必要な場所へ運搬して電力の供給を行うとともに、運搬先において当該バッテリーに適合したバッテリー交換式 EV が存在する場合、それらの「バッテリー交換ステーション」としても機能することができる。

前述の「タイ市場におけるバッテリー交換ステーションの設置場所探し」の経験を踏まえ、設置場所を特定せずに「コンテナ式バッテリーが使用されている場所自体をステーション化する」または「必要とされる場所にステーションごと運ぶ」ことを「ニワトリ卵問題」の解消策とした。

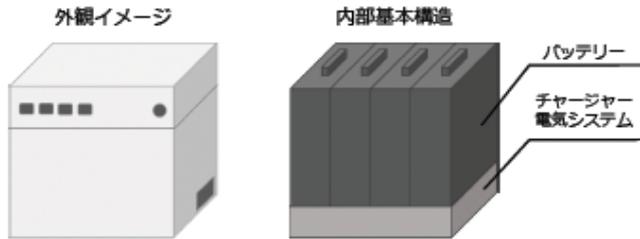
これらの用途拡張による新規機能の追加に伴い、2018 年に開発を行ったクラウドシステムについても仕様を一新する必要がある、車両専用部品の設計開発およびコンテナ式バッテリーの設計開発とともに、クラウドシステムの開発も並行して行うこととなった。

³⁵ 『JEMA 蓄電システム自主統計 2024 年度上期出荷実績』一般社団法人日本電機工業会 (JEMA) ,2024 年 12 月 23 日。

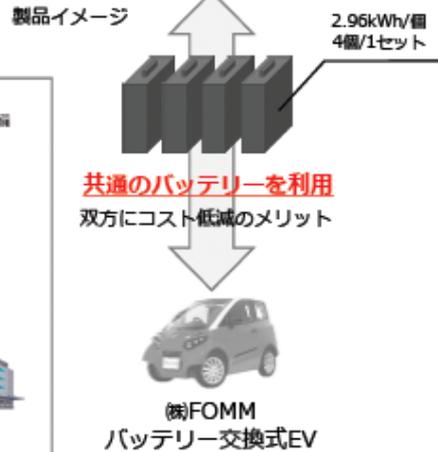
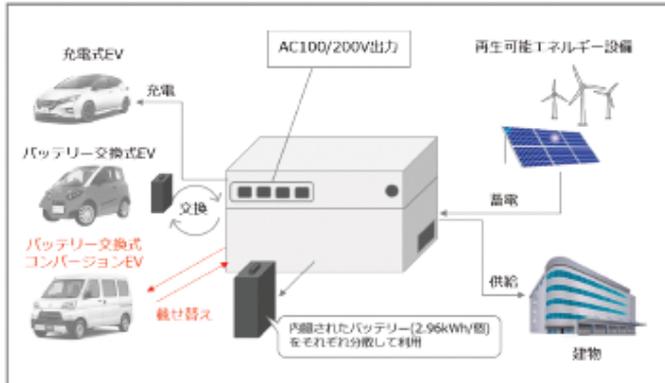
図 4.2.5. コンテナ式バッテリーとバッテリー交換式コンバージョン EV の初期コンセプト

■プロジェクト①: Battery Container

製品名称	Battery Container
製品概要	可搬式 大容量蓄電池
入力電力	AC200V/100V
出力電力	AC200V/100V、DC12V その他
総電力容量	11.84kWh(2.96kWh×4個)
定格出力	4,000W

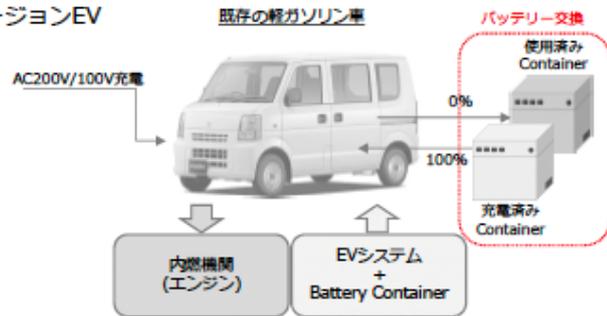


<用途イメージ>

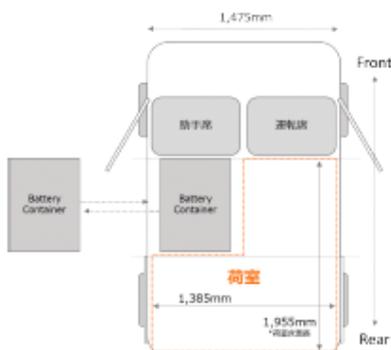


■プロジェクト②: バッテリー交換式コンバージョンEV

基本諸元	*ベース車両の諸元に基づく
駆動用バッテリー	Battery Containerを1機搭載
バッテリー容量	11.84kWh(2.96kWh×4個)
航続距離	150km
最高速度	80km/h
最大積載量	350kg
対応車種	・軽バン(エブリイ)
将来的な車種展開	・軽トラック(キャリア) ・その他 特殊車両



Battery Container搭載イメージ



製品提供プラン例

バッテリー交換式コンバージョンEV

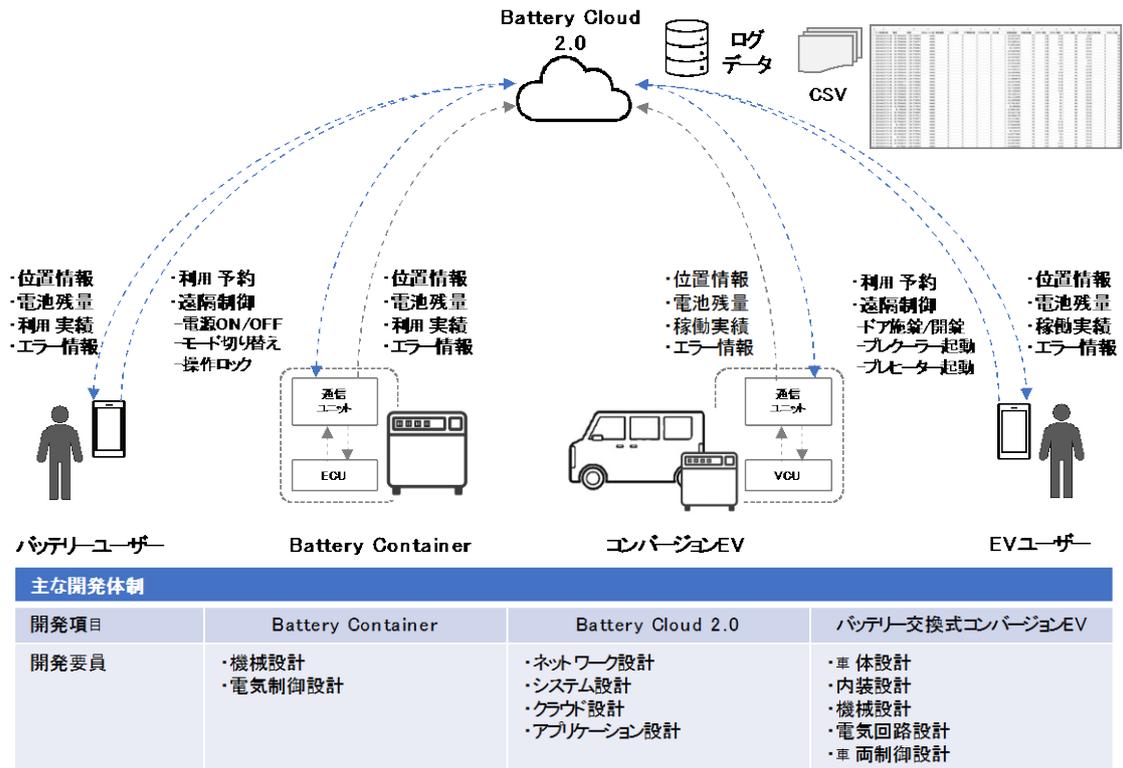
改造費: 約70万円 (車両購入の場合は車体料金が追加)

製品価格: 約100万円

フルセット販売	バッテリー購入 + 車両リース	車両改造 + バッテリーリース	フルリース
約170万円	約100万+月額	約70万+月額	月額

出所) 筆者作成 (開発当時)。

図 4.2.6. クラウドシステムの追加開発項目と要員



出所) 筆者作成。

本プロジェクトの遂行には、図 4.2.6 の開発体制を再度構築し直す必要があった。前述の初期の開発においては外部ベンダーの協力を得て開発を行なったものの、開発コストの負担が大きく、必要な人材を採用して開発を内製化する方針で検討が進められた。

一方、EV 開発を主の事業とし、車両設計の人材が中心となった組織で、蓄電池製品の設計やクラウドシステム開発に関わる人材を新規に雇用するには、分野横断的に不公平感を生じない給与構成や評価基準を設ける等の事前準備が必要であった。さらに、当時は FOMM ONE の量産においても活動資金の確保が必要であったことから、本プロジェクトの遂行はスタートから困難な状況にあった。

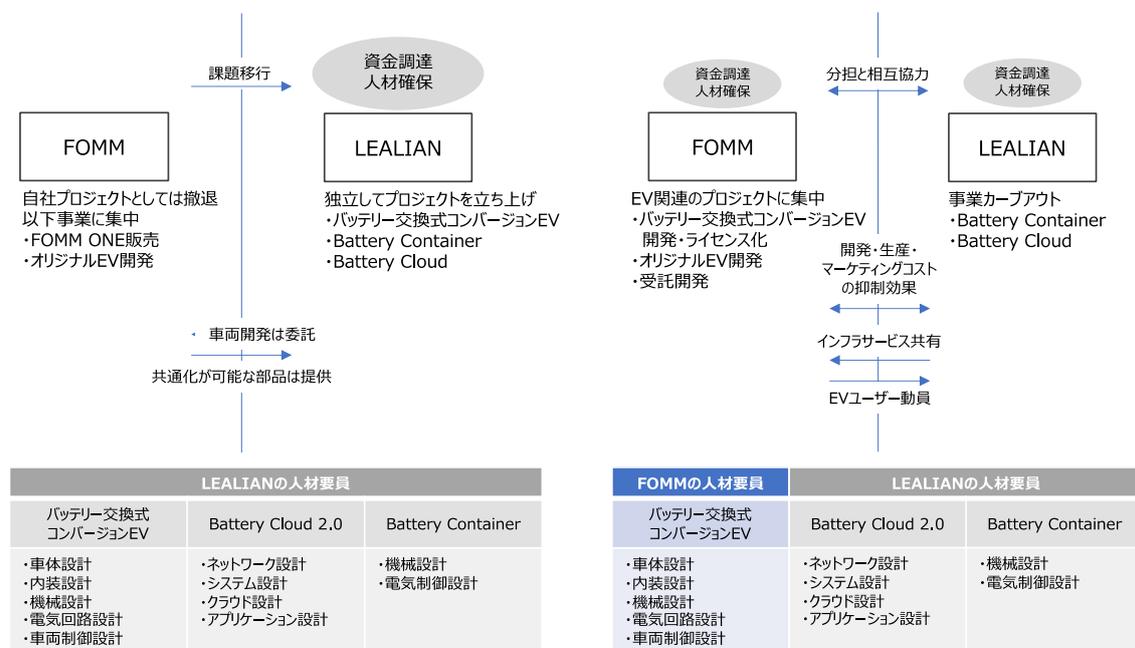
第 3 節 LEALIAN の創業と環境省実証事業の採択

このような状況を踏まえ、現実的な解決策を経営層で協議した結果、筆者自らが新会社「LEALIAN」を立ち上げ、本プロジェクトの実行を担うこととし、相互リソース活用により開発の効率化を図ることで着地した。2021 年 9 月に LEALIAN を設立した直後、筆者が本プロジェクトの資金を確保するために 2021 年月上旬に（FOMM プロジェクトとして）申請を行った環境省実証事業³⁶の採択通知が届き、突然にプロジェクト予算の獲得目処が立った。

³⁶ 「令和 3 年度 バッテリー交換式 EV 開発及び再エネ活用の組み合わせによるセクターカップリング実証事業」

これを受け、再度経営層で協議を行い、「環境省実証事業での開発完了以降に LEALIAN へ事業をカーブアウトする」方針へ変更するとともに、両社での事業領域の分担も一部見直しを行った。

図表 4.3.1. 両社での事業分担
2021年時点での分担イメージ



出所) 筆者作成。

結果として、令和 2022 年度において当該環境省実証事業を完了し、2023 年に図表 4.3.1 のとおり LEALIAN へ事業をカーブアウトした。

現在においては、各製品の量産試作までを完了し、量産開始に向けた準備を進めるとともに、両社がそれぞれの主とする領域で活動を強化し、外部事業者を含む協調の幅を拡大している。

図 4.3.2. 各プロジェクトの最新仕様と両社の特徴を活かした外部との連携状況

Battery Container - 多機能型蓄電池 -

- EV駆動用バッテリーとしての国際認証取得済みLi-ion電池内蔵
- 4人家族1日分の電力が貯蔵可能な大容量
- EV用普通充電器としても利用できる200V/3kW出力に対応

製品名称	Battery Container
内蔵バッテリー	リチウムイオン蓄電池
蓄電容量	11.84kWh
バッテリー動作温度	0 - 60℃
寸法 (全長 × 全幅 × 全高)	475 × 680 × 650 (mm)
出力機能	AC100V / 最大3,000W × 4口 (※A1,500W × 2口 × 2時間) AC200V / 最大3,000W × 1口
入力機能 / 充電時間	単相AC100V / 1時間 単相AC200V / 7時間 三相AC200V / 2時間

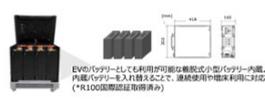


CEV - バッテリー交換式コンバージョンEV -

- ▼バッテリー収納スペース
助手席後部、Battery Containerも配置、出先での電源確保を容易に。
- ▼最高充電口
200V/3kW普通充電車に対応。
- ▼クラウド管理機能に対応
スマートフォン、専用機器を駆使。
- ▼荷物スペース
車内の多様な電源活用を実現するとともに、広い荷物スペースを確保。
- ▼バッテリー交換性
専用の充電機を使用し3分でバッテリー交換作業も完了。



○内蔵バッテリーの入れ替えにより、連続稼働や長距離運用を実現



○多彩な用途に活躍する“多機能型”蓄電池製品

クラウド制御による遠隔制御等の多機能性

- 系統連系型蓄電池のメリット
- 高23運用性 -

家庭用蓄電池システムとの連携

EV用車載バッテリーとして共通利用できる応用性

出光興産(株)との共同実証



大豊産業(株)との共同実証



NTT西日本(株)との共同実証



(株)丸和運輸機関との共同実証



静岡市との共同実証



横浜市の実証事業連携



FOMM

モビリティ分野

LEALIAN

エネルギー分野

出所) 筆者作成。

第4節 「SDV 領域」の解釈とビジョンの設定

以上のとおり、FOMM および LEALIAN の事例においては、双方が主とする事業を整理した上で、必要な体制およびリソースを確保するための組織編成を行ってきた。

両社で定義する「SDV」は、バッテリー交換サービスの開発における技術・知見を基に、各製品の制御および管理システムを共通化することで、開発効率およびユーザビリティの向上を図るとともに、双方での機能および性能のアップデートが相互に作用し合い、両社のユーザーに対しても好影響をもたらすものである。

さらには、パートナー事業者との共創領域においても、これらが段階的かつ継続的な価値向上を推進するものであり、提携する事業者全体の事業成長に貢献することができる。これらは「バッテリー交換式コンバージョンEV プロジェクト」の立ち上げ当初から描いてきたビジョンであり、プロジェクトの開発段階においても、当該ビジョンに基づくものであれば必要な機能の拡張や見直しを行なっている。

本稿において詳細なビジネスモデルの記述は控えるが、「パートナー事業者との事業成長を分野横断的に社会に貢献すること」については、プロジェクト立ち上げ時点から以下のとおり前提を設定の上で開発を行い、現在においては着実にパートナー事業者との連携拡大を進めている。

(1) バッテリー交換式コンバージョンEVの生産

EV コンバージョンに必要な「改造用キットパーツ」を開発・監修し、完成車および部品パッケージの状態の双方で販売を行う。

製品顧客の使用場所に近い整備工場でのコンバージョン作業を実施できる体制を構築し、追加導入やアフターサービスの対応を地場で完結するとともに、当該整備工場が自らの事業としてコンバージョンEVの提案・販売を行うことができる仕組みをつくる。

また、車両の修理等の必要が生じた際に、クラウドシステムを介して予め状態を共有することで、作業効率化を図る。

図 4.4.1. 2025 年 3 月時点におけるコンバージョンサービス提携整備工場



出所) 筆者作成。

(2) バッテリーシェアリングのネットワーク構築

EV ユーザー専用のサービスとせず、あらゆる電力需要家が利用可能な可搬型蓄電池によるオフグリッド型エネルギーシェアリングモデルを構築する。

当該サービスで運用される可搬型蓄電池の稼働情報を、クラウドシステムを介してリアルタイムに管理し、災害時において「必要とされる場所に必要な容量のバッテリーを運搬する」仕組みをつくり出すことで、導入地域における防災・レジリエンスの強靱化に貢献する。

図表 4.4.2. 2025年1月より静岡市において実施した実証実験における連携イメージ



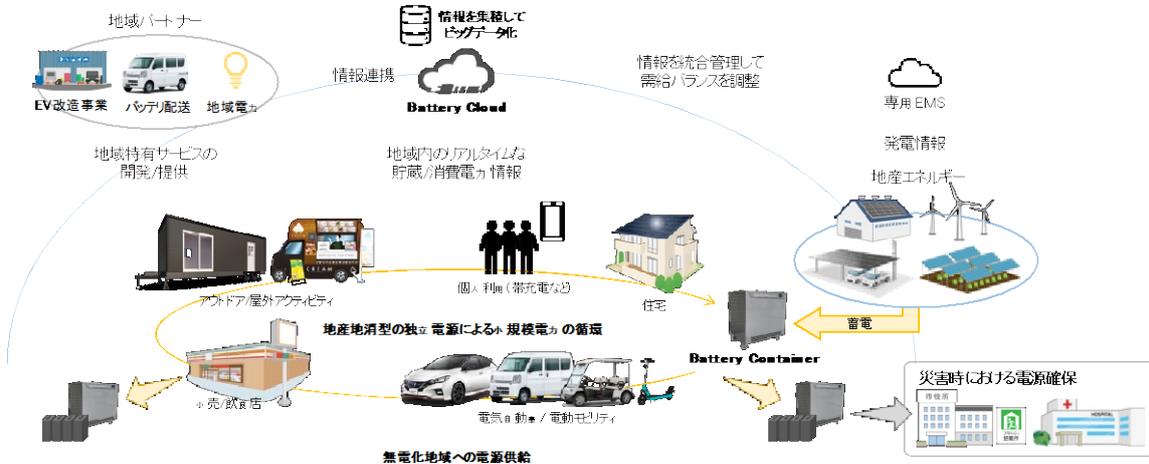
出所) 静岡市, 静岡ガス(株), nicomobi(株), LEALIAN 共同公開の HP
(<https://shizuokacityhakobe.wixsite.com/hakoberudenki>) より抜粋。

(3)地域パートナーとの連携によるフレキシブルな仕組みづくり

上記(1), (2)の仕組みづくりにおいて、地場のパートナーと連携し、導入する地域に特化した「サービス設計の多様性」をもつ。

初期の導入において大掛かりな資金の投入を必要とせず、個別かつ段階的に導入される製品の情報を統合することでフレキシブルにサービス・ネットワークを拡張・移設するとともに、地域特有の情報と連携することで経済活動の活性化に貢献することができる（筆者はこれを「Smart Area 構想」と名付け、LEALIAN の企業ビジョンに掲げている）。

図 4.4.3. LEALIAN の ”Smart Area” 構想



出所) LEALIAN。

これらの前提に基づき、自らで実施すべき領域とパートナー事業者との連携により実現する領域を整理することで、予めこれらを考慮した上での製品設計を行い、最終的にはエンドユーザーに対して「自らが提供する製品価値」と「パートナー事業者が提供する製品価値」が組み合わさった「新たな製品価値」を提供することができる。

このようなシナジーに共感いただける事業者との連携を広げることで、さらに新しいアイデアや価値の発想が生み出される。

LEALIANは、このような事業活動により、継続的に価値のアップデートを循環していくことを基礎としている。

おわりに：「SDV」にもつべき将来ビジョン

冒頭にも記述したとおり、現在の「SDV」領域においては、明確な目的がないままに機能のみを充実させようとしているように感じられる。

このままの状態です「実装」が進むと、製品ライフサイクルの中で「使い切ることができない機能」に対して、ユーザーのコスト負担のみが増加してしまい、ユーザー視点には総合的な価値が低下する恐れがある。

特にモビリティ分野においては社会的にもたらすインパクトが大きいため、2030年以降のロードマップにおいて、「誰が」、「誰に対し」、「どのように」、「何の価値を提供する」のか（また、それがなぜ必要なのか）を、今こそ関連事業者全体で議論すべきだと考える。

「ソフトウェア」という広域な概念に捉われることなく、ハードウェアとソフトウェアの両側面から、「モノコトづくり」的な発想で目的の設定を行うとともに、段階的な目標に向けてステージごとの開発を推し進めることが「SDV」戦略において不可欠な要素であると筆者は感じている。

第5章 車載SW人材調達：ニアショア調達，オフショア調達

第1節 SDVに向けたベンダー企業の動き：SCSKのニアショア・オフショア戦略

はじめに：ソフトウェアファーストへの環境変化

- ソフトウェア開発量の増加と開発手法の進化

CASE (Connected, Autonomous, Shared, Electric) 技術によるクルマの進化に伴い、自動車に搭載されるソフトウェアの量は劇的に増加している。この増加量は他産業で使われるソフトウェアと比べても顕著で、2000年には約100万行だった車両のプログラムソースコードは、2020年には2億行程度となっている³⁷。開発手法は、従来のハードウェア実機を使った検証から、ソフトウェアによってECU（電子制御ユニット）やメカ動作をシミュレートするバーチャル開発へ進化し、効率化が進んでいる。また、自動運転、電子制御、車内外通信、サイバーセキュリティなど、車両全体を統括する協調制御の進展により、OEMはソフトウェア開発の内製化を進める傾向が強まっている。これにより、従来のサプライヤが提供してきたハードウェアとソフトウェアを一体化してOEMへ部品提供する方式から、ソフトウェアの独立した進化との分離開発が進んでいる。

- ソフト技術者の不足

前述のような開発現場では、車載組み込みと言われるハードウェアを制御するソフトウェアに加え、自動運転ではAIアルゴリズム、車内外通信ではオープン系ソフトウェア、サイバーセキュリティでは暗号化や認証技術、さらにはそれらを統合するソフトウェアアーキテクチャ、開発プロセスでは機能安全認証（ISO26262）やサイバーセキュリティ認証（ISO/SAE 21434）など、ソフトウェアの技術領域、開発プロセスと、多岐に渡る領域で開発スキルが求められる。経済産業省によれば、2025年に向けて、国内自動車業界全体でソフトウェア人材が21,000人程度不足する見通し³⁸で、OEMやサプライヤは、他業界からの人材獲得や、企業間での統合や協業を積極的に進めている。

①SCSKが選ばれる理由

- 長年の開発実績と顧客ニーズへの柔軟な対応

SCSK株式会社（以下、SCSK）は、2024年度売上4,459億円規模の企業で、日本のシステムインテグレーター（SIer）の売上規模ランキング10位に付けている。IT企業として車載組込開発に45年の歴史があり、IT業界でソフトウェア開発を行ってきた実績から、自動車産業への技術転用を進めている。早期からモデルベース開発や、ソフトウェア開発プロセ

37 経済産業省「第四次産業革命スキル習得口座認定制度」に関する検討会,p.10 参照。

38 経済産業省「自動車業界のソフトウェア人材確保調査」2019年度。

スへの対応に取り組んでおり、2021年でパートナー含め850名以上の技術者³⁹を有している。特質すべきは、OEMやサプライヤとの資本関係が無く、特定の系列に依存しないため、OEMやサプライヤの異なる戦略やニーズに柔軟に対応してきた。OEMがソフトウェア開発の内製化を進める中で、2023年7月には、本田技研工業株式会社とソフトウェア開発領域における戦略的パートナーシップのMOUを締結し、この取り組みでは、2030年に国内で1,000名を超える規模のモビリティエンジニア体制の構築を目指している⁴⁰。

- プロダクトの展開と市場からの期待

同社は、車両に搭載されるAUTOSAR準拠のソフトウェアプラットフォーム「QINeS-BSW」や、ソフトウェア開発に必要なツール類など、モビリティに関わるプロダクトを展開している。特に「QINeS-BSW」は、複数のOEMで量産車両にも搭載される実績⁴¹を有し、国内OEMやサプライヤからの期待も高まっている。

また、同社はIT業界で技術者派遣に近いビジネスから、システムインテグレータとして、ソフトウェア開発を一括で担うビジネスを展開してきた。モビリティ業界でも、ソフトウェアの一括開発を目指し、国内外の関係するエンジニアリング会社やセミコンダクター、ニアショア/オフショアとの協業関係を構築し、ソフトウェア/ハードウェアの分離開発が進む中で、ソフトウェアサプライヤとしての立ち位置を目指している。

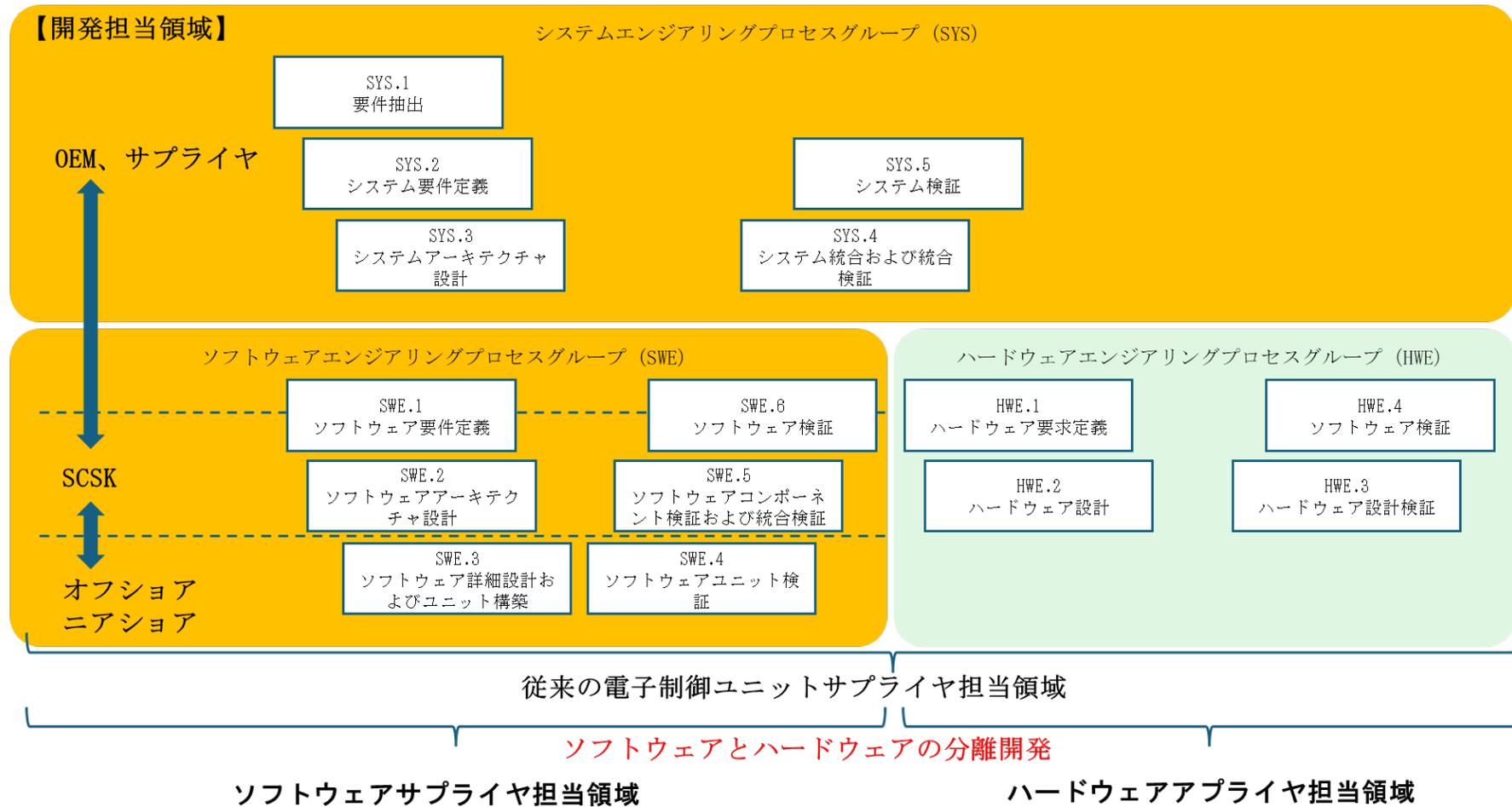
39 SCSK モビリティ事業グループ 渡辺 孝治「モビリティ事業戦略について」2022年10月7日,pp.12~13 参照 (https://www.scsk.jp/ir/library/analyst_meeting/pdf/scsk/20221007_am_1.pdf)。

40 SCSK NEWS RELEASE「本田技研工業とソフトウェア開発領域における 戦略的パートナーシップに基本合意」2023年7月7日付参照 (<https://www.scsk.jp/news/2023/pdf/20230707.pdf>)。

41 マツダ株式会社が「MAZDA MX-30 ROTARY-EV」にSCSKの「QINeS-BSW」を採用 (<https://www.scsk.jp/news/2023/pdf/20231226.pdf>)

SCSKの「QINeS-BSW」が「日産設計標準」適合確認 (<https://www.scsk.jp/news/2024/pdf/20240527.pdf>)

図 5.1.1. 自動車向けソフトウェアの開発プロセス A-SPICE 4.0 のプロセス参照モデル



出所) Automotive SPICE®(A-SPICE) 自動車向けソフトウェア開発のプロセス標準モデルより筆者作成。

②SCSK のニアショア/オフショア戦略

- ニアショア/オフショアの特徴

SCSK は、国内地方都市の技術者を活用する「ニアショア」と、新興国を活用する「オフショア」という二つのアプローチを実施している。ソフトウェア開発の上流工程と言われる要件定義やアーキテクチャ設計は顧客に近い拠点で行い、詳細設計～ユニット検証をオフショア/ニアショアのリモート拠点で担う専門型分業体制で進めている。開発の進行は、最初にショアリング先のエンジニアが SCSK の開発拠点に常駐し、開発業務の流れを習得した後、現地チームのリーダーとしてリモート拠点で開発を進める。リモート先にも同社エンジニアやプロジェクト管理者がサポートに入り、SCSK とリモート拠点のチームメンバーを交互に入れて、コミュニケーション問題を抑制している。

ニアショア活用は、20 年に渡る活用実績があり、都心部よりも技術者獲得が容易な地域に展開している。SCSK ニアショアシステムズは、2024 年 4 月時点、650 名近い社員数で、秋田、岩手、石川、福井、横浜、大分、長崎、宮崎、熊本、鹿児島、沖縄と各地方都市に展開し、IT 産業のソフトウェア開発を担っている⁴²。特に後述する九州地方では、モビリティ向けのニアショア開発体制を増強している。

更に、都市部でもモビリティ分野に特化した専門性の高い人材確保のため、2022 年 11 月に設立した SCSK オートモーティブ H&S 株式会社は、事業特化型の教育プログラムを展開し、ZERO スタートサポート、リスキリングサポートによって、モビリティ業界やソフトウェア業界未経験者まで門戸を広げ、高品質なソフトウェア開発をサポートしている⁴³。

オフショア活用では、国内に比べて技術者数が多く、新興国における高度な IT 技術者の確保が可能で、大規模開発にも対応できる。SCSK は、FPT コーポレーションの中核子会社で、ベトナムに本社を置く FPT Software Company Limited（以下、FPT Software）と業務提携しており、2018 年 10 月からグローバルにおける IT サービス事業での包括的協働パートナーシップに関する覚書を締結⁴⁴し、日系企業の海外進出支援、金融・車載分野の開発連携、SCSK 戦略製品の共同開発、グローバル人材の共同育成に加え、アジア太平洋地域において、SCSK 主要株主である住友商事株式会社（以下 住友商事）の当該域内事業における IT サービスの共同提供、さらには SCSK、住友商事、FPT の 3 社での共同事業開発について協働推進することを決めている。

FPT Software は、グローバルなテクノロジーおよび IT サービスプロバイダーであり、2024 年、30 ヶ国にわたって 12.2 億米ドルの売上、従業員 45,000 名以上の従業員を擁している。直近では、年平均成長率 30%近い成長率を示している⁴⁵。

FPT Software は、モビリティ業界向けに 4,800 名の技術者が在籍⁴⁶し、オフショア活用としての協業関係も深めている。QINeS-BSW プロダクトの開発や保守、モデルベースによる ECU アプ

42 SCSK ニアショアシステムズ株式会社 [HTTPS://WWW.SCSK-NEARSHORE.CO.JP/](https://www.scsk-nearshore.co.jp/)

43 SCSK オートモーティブ H&S 株式会社 [HTTPS://WWW.SCSK-AHS.CO.JP/](https://www.scsk-ahs.co.jp/)

44 SCSK、ベトナム IT 最大手の FPT コーポレーションとアジア太平洋地域 IT サービス事業での包括的協働に関する覚書締結（2018 年 11 月 13 日） [HTTPS://WWW.SCSK.JP/NEWS/2018/PRESS/MANAGEMENT/20181113.HTML](https://www.scsk.jp/news/2018/press/management/20181113.html)

45 FPT ソフトウェア 会社概要

（[HTTPS://FPTSOFTWARE.JP/ABOUT-US/ABOUT-FPT-SOFTWARE](https://fptsoftware.jp/about-us/about-fpt-software)）

46 自動車 | FPT ジャパンホールディングス [HTTPS://FPTSOFTWARE.JP/INDUSTRIES/AUTOMOTIVE](https://fptsoftware.jp/industries/automotive)

リケーション開発や ECU ソフトウェアの量産開発などの実績がある。

ニアショア活用とは違い、大規模開発の運営や、高度な IT 技術者の確保が容易である一方で、遠隔地とのコミュニケーションや文化的な違いによる課題があり、経済発展の所得向上に伴う転職者増、モビリティ業界特有のすり合わせ開発時の意思齟齬など、遠隔地とのコミュニケーションや文化的な違いによる課題もあり、プロジェクトマネジメントにおいては、お互いの理解と、作業を標準化するプロセスが欠かせない。

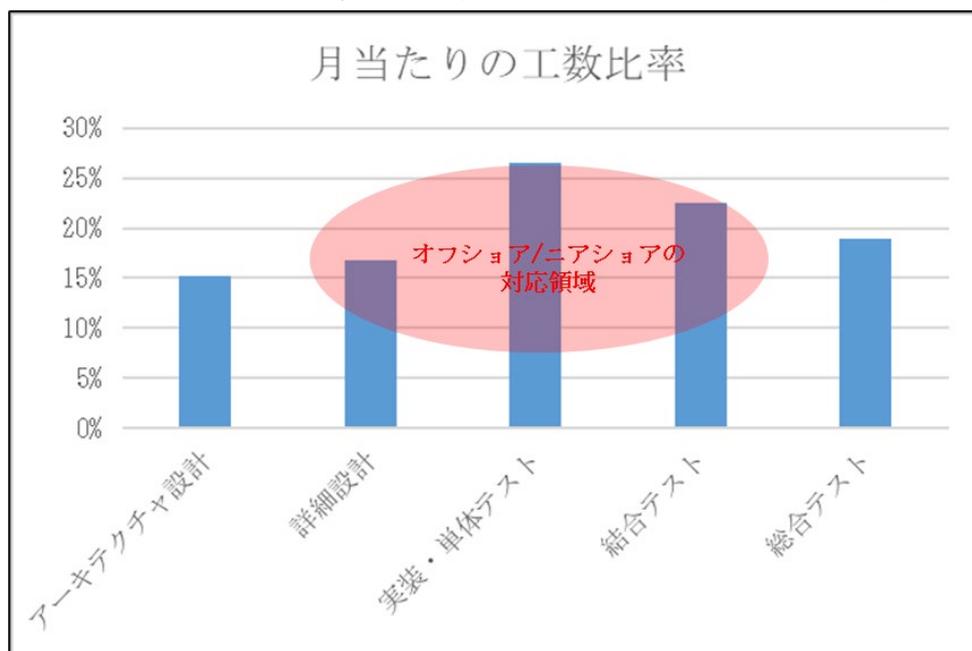
開発リソースの補完に加え、SCSK と FPT Software は、モビリティプロダクトの海外販売でも業務提携しており、FPT Software の製品群 MaaZ の一部にリブランド化し、同社が持つ様々な海外拠点を通じた展開を図っている⁴⁷。

47 FPT SOFTWARE COMPANY と QINES-BSW 海外販売に関する業務提携契約を締結

[HTTPS://WWW.QINES.JP/NEWS-RELEASE/FPT-SOFTWARE-COMPANY-%E3%81%A8-QINES-BSW%E6%B5%B7%E5%A4%96%E8%B2%A9%E5%A3%B2%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%A5%AD%E5%8B%99%E6%8F%90%E6%90%BA%E5%A5%91%E7%B4%84%E3%82%92%E7%B7%A0%E7%B5%90/](https://www.qines.jp/news-release/fpt-software-company-%E3%81%A8-qines-bsw%E6%B5%B7%E5%A4%96%E8%B2%A9%E5%A3%B2%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%A5%AD%E5%8B%99%E6%8F%90%E6%90%BA%E5%A5%91%E7%B4%84%E3%82%92%E7%B7%A0%E7%B5%90/)

表 5.1.1. ソフトウェア開発工程別工数比率

*オフショア/ニアショアは、主に工数の掛かる実装・単体テストと前後の工程に対応



ソフトウェアの開発工程	工数比率[平均値]	実績月数の期間比率[平均値]	月当たり工数比率
アーキテクチャ設計	17%	22%	15%
詳細設計	16%	19%	17%
実装・単体テスト	26%	20%	27%
結合テスト	22%	20%	22%
総合テスト	18%	19%	19%

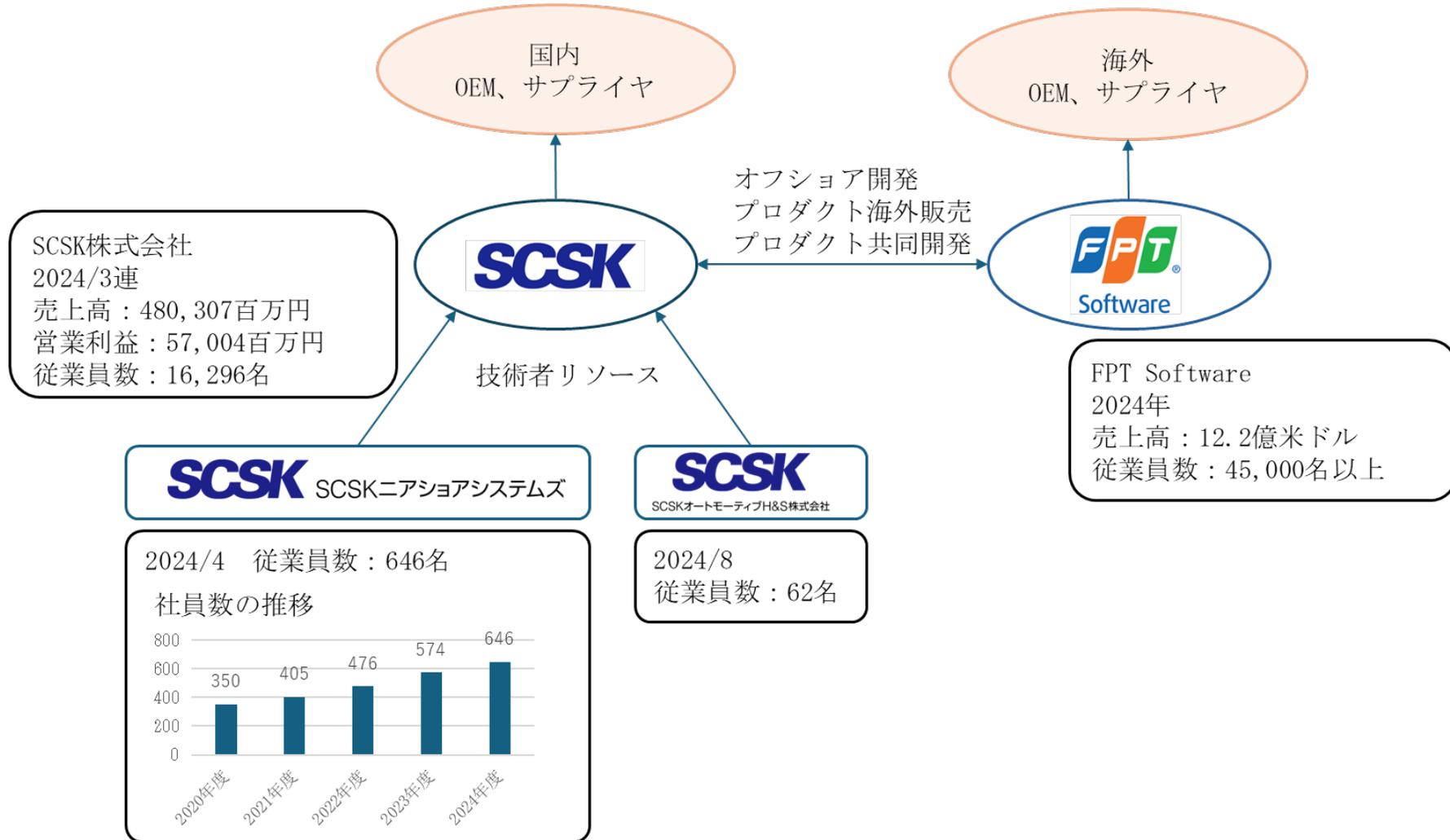
出所) 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) 社会基盤センター『組込みソフトウェア開発データ白書 2019』より筆者作成。

図 5.1.2. SCSK リモート開発支援サービスの例



出所) SCSK 株式会社 車載ソフトウェア品質改善ソリューション リモート開発支援サービス
https://www.scsk.jp/product/common/em_remote/index.html

図 5.1.3. SCSK モビリティ事業グループビジネス共創による体制づくり



出所) 各社 IR 情報より筆者作成。

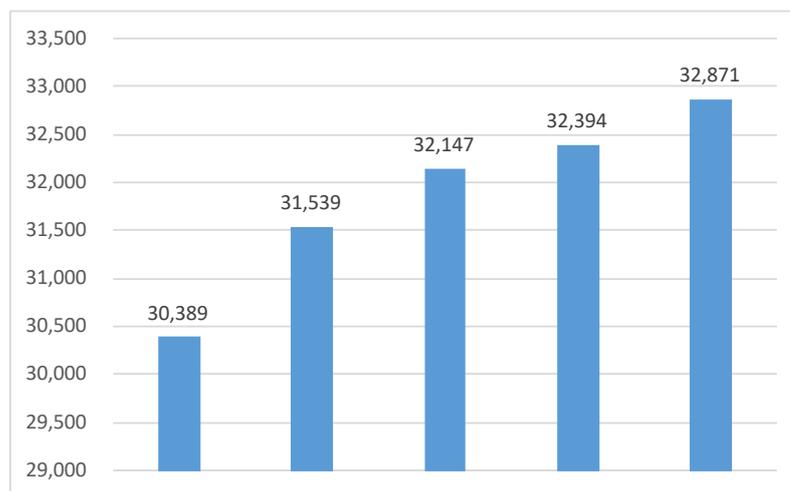
③今後の考察

- オフショア/ニアショア戦略

両戦略に共通する課題として、市場競争が激化し、要求されるスキルを持つ技術者不足が続いている。ショアリング化が進む中では、海外OEMやIT業界からの開発依頼も増加し、年々、人件費は高騰している。日本国内のモビリティ産業向けに、ショアリングのコスト削減モデルがどこまで通用するかは不透明な状況である。さらに、時間のかかる人材育成と開発チームの構築には、車両開発の進行状況に応じた開発人員の増減が課題で、開発委託ごとに発注するスタイルから、年間を通じて技術者数を確保しておくラボ型契約の活用も望まれる。

SCSKは、過去中国などでオフショア展開してきた経緯から、地政学リスクを考慮した新興国の選定にも長い期間での活用を前提に慎重さが求められる。更には、持続可能な関係維持のために、関係各社が専門的な役割を持って相互補完できる関係性が求められる。

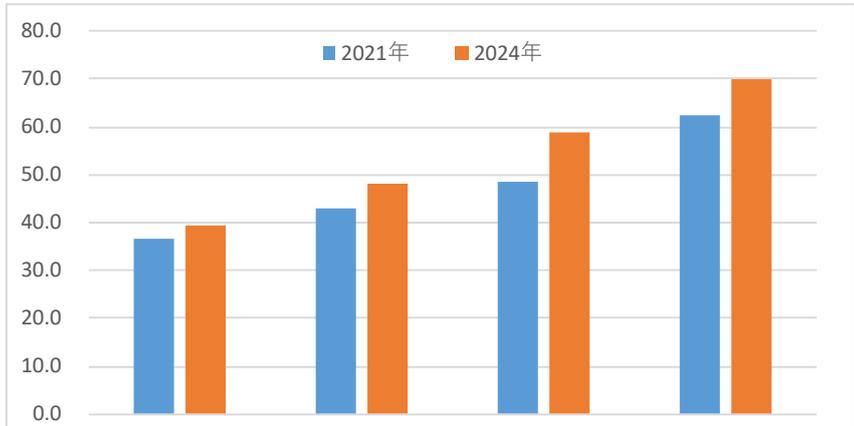
表 5.1.2. 日本国内の情報処理・通信技術者 派遣労働者の賃金



派遣労働者 1人1日8時間の賃金(円)	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
	30,389	31,539	32,147	32,394	32,871
	2018-2022年の上昇率				108%

出所) 労働者派遣事業の事業報告の集計結果について | 厚生労働省
(<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000079194.html>) より引用。

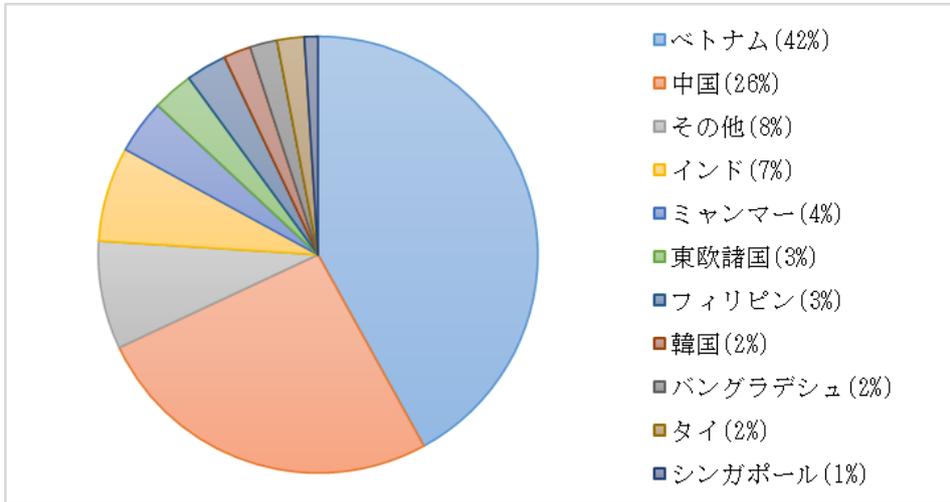
表 5.1.3. ベトナムオフショアの人月コスト推移 (万円)



	プログラマー	シニアエンジニア	ブリッジSE	PM
2021年	36.6	42.9	48.6	62.6
2024年	39.4	48.3	59.0	70.0
上昇率	108%	113%	121%	112%

注) プログラマー：コーディングや簡単なシステム開発を担当
シニアエンジニア：システム設計や開発を担当
ブリッジSE：ビジネスサイドとエンジニアサイドを繋ぐ役割を担うエンジニア
PM（プロジェクトマネージャー）：プロジェクトにおける計画と実行の責任者
出所) 株式会社テクノデジタル「オフショア開発白書」より筆者作成。

表 5.1.4. オフショア開発発注先 国別割合



出所) 表 5.1.3 と同じ。

表 5.1.5. 2024 年オフショア開発発注先 国別割合 平均人月コスト (万円)

国・地域	プログラマー	シニアエンジニア	ブリッジSE	PM
ベトナム	39.4	48.3	59	70
中国	44.4	58.3	65	75.3
インド	53.3	61.7	69.2	77.5
ミャンマー	26.9	41.9	55.6	66.9
フィリピン	43	55.5	73.6	78.2
バングラデシュ	35	42.5	80	75

(オフショア開発を委託した企業 1,000 社と、現地オフショア開発企業 200 社の調査)
出所) 表 5.1.3 と同じ。

「オフショア開発白書」によれば、ベトナムが人気の理由は、親日であること、勤勉な国民性、地理的の近さ、そして安価な水準の単価が挙げられる。国家として IT 人材の育成や、一部の学校で第二外国語として日本語を扱う試験的な取り組みがなされているなど、日本語人材も豊富となっている。

- サプライチェーンのポジション

図 5.1.4 サプライチェーンの変化



出所) 日経ビジネス電子版「図説：変わるケイレツ，部品選別厳しく」より転用。

(<https://business.nikkei.com/atcl/NBD/19/special/01591/?SS=imgview&FD=1041774028>)

自動車産業におけるソフトウェアの役割が拡大する中で、SCSKはそのサプライチェーンにおいて重要なポジションを占めてきている。しかし、ソフトウェア開発は、依然として人月単価で契約されることが多く、部品としての責任を持つソフトウェアサプライビジネスへの発展には時間が掛かっている。今後、ソフトウェア開発のサプライチェーンにおけるポジションをどう確立していくかが、同

社の成長にとって重要な課題となる。

このように、SCSKはIT業界で進めてきたニアショア・オフショア戦略を、モビリティ業界向けにも活用してきた。急速に変化するモビリティ業界においても、競争力を発揮する重要な要素となっている。

第2節 SDVに向けたベンダー企業：ニアショア拠点の取り組み（SCSK ニアショアシステムズ）

① 企業概要

SCSK ニアショアシステムズは、SCSK100%出資の子会社で、設立は2001年である⁴⁸。2024年4月時点の資本金は1億円、従業員数は646名である。本社は東京にあるが、地方に多くの開発拠点を設立している。2024年4月時点で、岩手、秋田、福井、石川、神奈川、宮崎、大分、長崎、熊本、鹿児島、沖縄の各県に開発拠点がある。進出した各地に県名または都市名を冠した開発部を設置している（図5.2.1参照）。

九州に設立されている拠点数が多くなっているが、これは最初に宮崎県に開発拠点を設置したことが理由の1つである。近隣に拠点を構える方が開発拠点間で業務を連携して行うことが容易であるため、九州に設立されている拠点数が増えている。進出先を選定する基準としては、自治体の支援が得られそうか、ITエンジニアや理系学生の数などを総合的に検討して決定している。

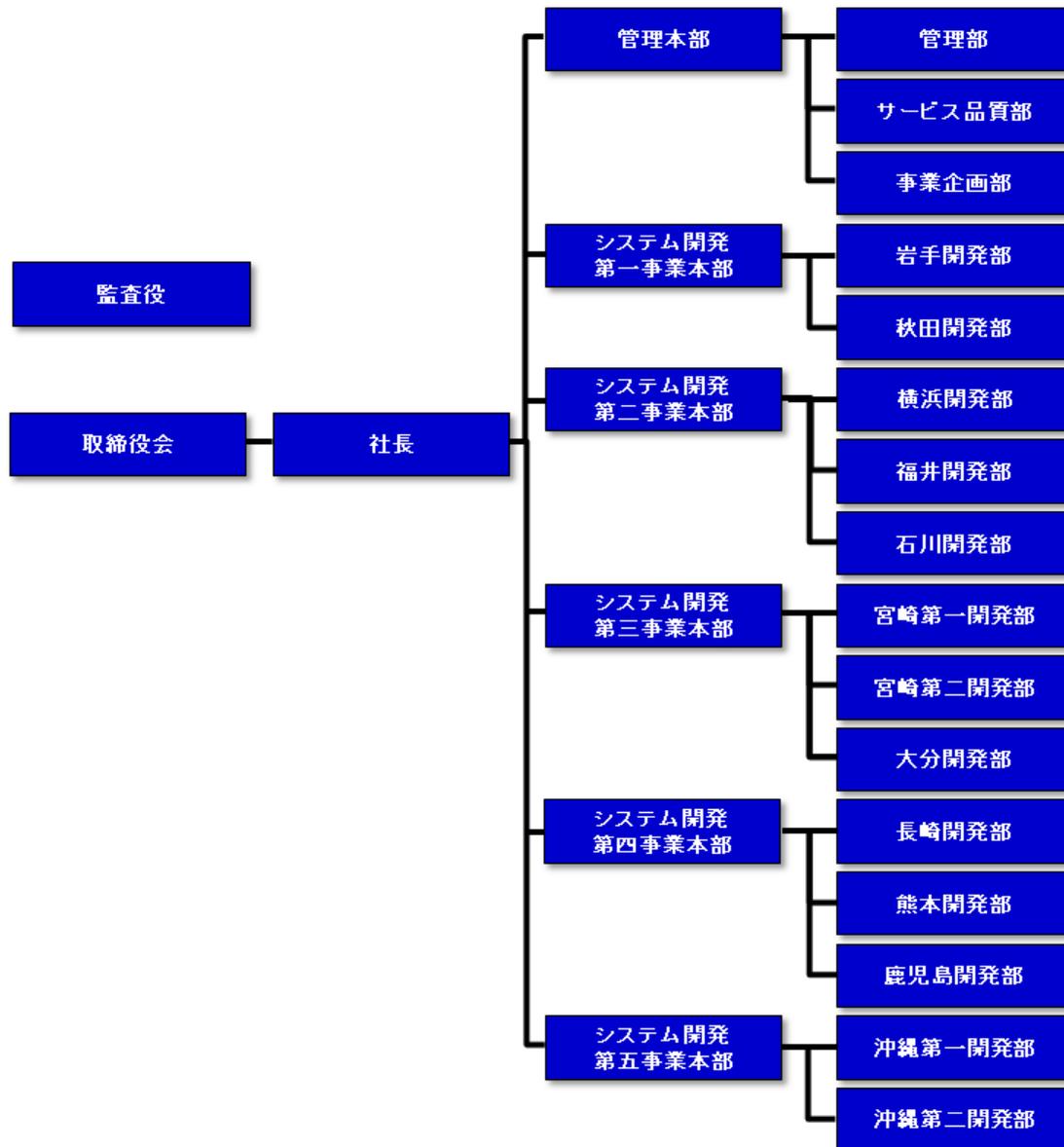
親会社であるSCSKとの関係は、SCSKが大都市圏の顧客との窓口を担当し、SCSK ニアショアシステムズがSCSKの一機能として各地方拠点でシステム開発を担当するという関係になっている⁴⁹。SCSK ニアショアシステムズは、親会社との上記のような関係の中で「地方にしながら大都市圏の仕事をする」ことが大きな特徴となっている。ただし、新規の仕事を立ち上げる際にはリモートだけでは難しく、客先か近隣のSCSKの拠点に行くこともある。立ち上げ時の業務の習熟、顧客との関係強化のためには顧客の近隣にすることが望ましい。今後は、新規の仕事の立ち上げを効率良くリモートで行えるようにしていくことが課題となっている。

車載ソフトウェア関係の取り組みも進めており、2018年にモビリティ事業を鹿児島で開始した。以降、熊本、長崎の各拠点に仕事を広げ、3拠点で約100名の人員が車載ソフトウェア業務に従事している。次節からは鹿児島開発部の取り組み状況について確認する。

⁴⁸ 本節の内容は、2024年5月20日にSCSK ニアショアシステムズで実施したヒアリングと配布資料に基づいている。

⁴⁹ SCSK ニアショアシステムズウェブサイト (<https://www.scsk-nearshore.co.jp/works/service/>) 2025年2月14日参照

図 5.2.1 SCSK ニアショアシステムズの組織図 (2024 年 4 月 1 日現在)



出所) SCSK ニアショアシステムズ Website より引用
 (https://www.scsk-nearshore.co.jp/company/outline/) 2025 年 2 月 14 日参照。

② 鹿児島開発部の業務

鹿児島開発部は 2016 年に設立された。地元で採用された人員が多く、立ち上げ時の 4、5 人を除いて地元人材となっている。2017 年から新卒採用を行っており、新卒の 90%は大卒・高専卒となっている。

開発組織として、第一開発課から第三開発課まであり、第二開発課がモビリティ事業を担当している。鹿児島開発部では、完成車メーカー関連の仕事を担当している。開発したソフトウェアの実機検証は親会社である SCSK が担当し、SCSK ニアショアシステムズはソフトウェア開発に特化している。また、マイナーチェンジにも対応している。マイナーチェンジの場合は、一から作るわけではなく、既

存のプログラムをベースに行っている。ただし、同社では経験が足りず対応可能な範囲に限られる状況になっている。

全ての業務を自社で担当するのではなく、「パートナー」と呼ばれる外部企業も活用している。外部企業には安定的に仕事を発注しており、外部企業の人材育成にも活用されている。

人材の採用と育成については課題も抱えている。採用については、TSMC の熊本進出の影響は鹿児島にも及んでいる。SCSK ニアショアシステムズの特徴として、転勤はなく地元に残って仕事ができることをアピールしている。人材の育成については、地方においては車載ソフトウェアに対応できる人材が少ないということが挙げられる。そのため、キャリア採用後は1か月程度の教育期間を設けてC言語をベースとした車載ソフトウェア開発技術の教育を行っている。また、SCSK からも教育期間が必要であることを前提に業務を進めることで承認を得ている。

終章 SDV 時代に顕在化する問題点

本調査研究にてあきらかになったこと

序章に記したように、本調査研究は「SDV の実態を明らかにし、今日までの技術・社会的到達点と課題を提示する」ことを軸に展開した。この間われわれは、「SDV とはなにか」という根本的な問いから離れられなかった。Tesla のように過去の遺産（レガシー）をもたずひとつのパワートレインの開発のみに注力し、SW 中心のアーキテクチャを駆使したクルマが SDV の先駆者といわれるのであれば、伝統的な完成車企業にとって SDV 投入は当然のようにハードルが高くなる。

しかし、グローバルトップのトヨタ、VW といった完成車企業も SDV を視野に入れた戦略を展開しているとすれば、製品としてのクルマの技術が大きく変化するのは当然のこととなる。加えてその製品開発のあり方が変化するのであれば、その組織体の変化、そこに求められる人材（人財）変化等に注目しなければならない。この点に気付いたのはプロジェクトも後半に差し掛かっている頃だった。この間、文献、レポート調査やサプライヤーへのインタビュー調査を重ねてきたものの、表面的にみえてきたのは“HW/SW 一体型の従来 ECU から統合（集中） ECU 化”（E/E アーキテクチャの変化）や完成車企業によるビークル OS の開発などといったテーマである。もちろん、これらの技術変容が自動車関連企業に大きな影響を及ぼすのは疑いの余地がないが、このような技術変化、開発競争のなかで「日本企業にとって何が競争の軸となるのか」という点に対する明確な方向性がみえてこなかった。

加えて、Tesla のような新興企業とは異なり、伝統的な自動車企業にとってはその「レガシー」がネックとなり、ブレークスルーが難しいこともある。例えば新聞報道によるものだが、「日刊自動車新聞」（2024 年 12 月 12 日付）は「国内自動車メーカーが、開発中の電気・電子プラットフォーム（E/E アーキテクチャ）のシステム構成を見直し」と報道した。同紙によれば、Honda は SDV を想定した次世代 EV 向け E/E アーキテクチャでセントラルコンピューターに集約する方式を取り止め、機能ごとに ECU を統合する方向性に絞ったとのことである。またトヨタも、統合する ECU を一部にとどめるセントラル ECU 方式は開発リードタイムが長くなり、リスクを抱えるため当面先送りになるとされている。このように完成車企業がセントラル ECU 方式の E/E アーキテクチャの開発を断念していることから、付加価値の高い車載向け高性能コンピューターの導入を狙ってきたメガサプライヤーや半導体メーカーも統合 ECU を分散する方式のシステムの開発に切り替えているとの主旨である。

この内容について確認がとれているものではないが、このように報じられること自体が、製品開発のあり方を見直すことの難しさを表している。それは国内企業だけではなく、海外の老舗企業も同様であり、Renault（仏）は EV・SW 事業を担うアンペアの新規株式公開（IPO）を中止し⁵⁰、VW のソフトウェア部門 CARIAD は、2025 年末までに 1,600 人の人員削減を計画していると報じられた⁵¹。また、このような伝統的な企業の動きを概観し、米調査会社の Gartner 社は世界の完成車企業の SW 開発

⁵⁰ 「日本経済新聞」2024 年 1 月 30 日付参照。

⁵¹ NNA EUROPE 2025 年 3 月 25 日付 (<https://europe.nna.jp/news/show/2770911>) 参照。

力などを評価指数に表し、Tesla（米）やNIO（中）といった米中の新興勢が上位を占めること、そして日本勢は計22社中、下位にあることを示している。同社の指数は「SW重視の経営判断の有無」「SW技術の車両への搭載」に注目したもので、車両そのものの性能だけではなく人材なども評価指標に含まれている。この指標には偏りがあるかもしれないが、新興企業の追い上げとそのスピードの速さは疑う余地がない。

表1 クルマのデジタル化 企業ランキング (2024年)

順位	完成車企業	スコア (%)	6	Geely (中)	47.2	12	Renault (仏)	36.2	18	SAIC (中)	29.7
1	Tesla (米)	76.9	7	BYD (中)	42.2	13	VW (独)	35.2	19	Nissan (日)	26.9
2	Nio (中)	71.2	8	Ford (米)	40	14	Changan (中)	35.1	20	Toyota (日)	26.8
3	Xpeng (中)	66.8	9	GM (米)	39.9	15	Hyundai, Kia (韓)	34.3	21	Mazda (日)	26.5
4	Rivian (米)	55	10	BMW (独)	39.5	16	Honda (日)	32.7	22	JLR (Tata) (印)	24.8
5	Lucid (米)	51.3	11	Mercedes (独)	38.8	17	Stellantis (多国籍)	32.2			

注) 色付きが新興企業。

出所) Gartner Digital Automaker Index 2024, 「日本経済新聞」2025年1月23日付より作成。

2025年度に向けた課題

このように目まぐるしい変化のなかで本調査研究へ気付きを与えてくれたのが、インタビュー調査や意見交換、委員会の場で大変にお世話になったSW企業からの示唆である。自動車産業の動きがSW主（第1章参照）になるにつれ、SW関連企業の参入、関わりも深くなる。そして「SW」企業と一言でまとめても、その開発なのかサポートなのか、もしくは検証・テストに関わるのか階層によっても企業の業態が異なる。本章第2章に挙げたCapgeminiのようなコンサルティング、エンジニアリングに関わる企業もあれば、憲章に特化する企業もあるというようにだ。そしてその企業ごとに、「人」が必要となる。

ところで、第5章第1節にも示されているように、2019年度に経済産業省が行った試算によると、2025年時点で自動運転に係るSW人材は約21,000人不足するという⁵²。「ソフトウェアファースト」のもと、その開発の重要性が高まるにつれ、SW人材不足が強調されるようになった感も否めない。そのなかでどのように、日本がこの分野における競争力を持ち得るのか。どのような政策が必要となってくるのか。政府においては2019年度に「自動走行IT人材戦略」を策定し、必要な人材をトップ人材とボリュームゾーン人材とに整理したうえで、求められるスキル水準に応じた各種取り組みを推進してきたものの、2024年現在でそれがどのように功を奏したのかみえてこない⁵³。

⁵² 経済産業省 自動車課「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」に関する検討会（「自動運転関連の知識・技術」の分野追加について）参照。

⁵³ SW関連分野の人材不足について、ある有識者は「日本の「雇用条件」そのものが問題」と指摘する。日本の雇用契約では、容易に人を解雇することが出来ないが、SW分野で人手を要するのは開発工程などスタート時である。その期間が過ぎたからといって簡単に解雇できるものでもなく、したがって外部に委託し、開発部門もアウトソーシングしてきた流れがある。結果として完成車企業やサプライヤーにSW人材が留まるのではなく、派遣業などで流動的に人材が動く業態につながってしまったという。

表2 完成車企業・サプライヤーによるオフショア開発例

企業名	オフショア拠点	目的	業務内容
Volkswagen	インド・プネ (Pune)	自動運転SWと コネクテッドカー技術	<ul style="list-style-type: none"> ・IVIシステム開発 ・自動運転アルゴリズムの開発、テスト ・車両データ解析プラットフォーム
Daimler	インド (バンガロール) 中国 (北京)	EVおよび自動運転技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・電気駆動制御ソフト開発 ・自動運転システムのシミュレーション ・中国市場向けHMI開発
Tesla	ウクライナ・キエフ	自動運転SWの アルゴリズム強化	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータビジョンアルゴリズム開発 ・画像処理技術の研究・プロトタイプ作成
デンソー	ベトナム	次世代SDV向けSWの開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ADAS開発 ・人材開発とトレーニングを目的とする オフショア開発センターを設立予定

出所) 各種報道資料より作成。

そのなかで、第5章に示されたようにベンダー企業がニアショア、オフショア戦略として展開しているのは興味深い。「国内外の関係するエンジニアリング会社やセミコンダクター、ニアショア/オフショアとの協業関係を構築」することにより、人材不足をカバーするあり方は、日本だけではなく海外大手企業の取り組みも確認される。先の政府による「政策」としての取り組みも重要だが、企業の取り組みもしくは地域、中小企業を支える地域としての取り組みの確認。整理も必要だろう。

そこでわれわれは、本調査研究の最終年度にあたる2025年度は「SDV時代に求められる人的資源の調達とその方法論」として①内部労働市場でおきている動き（例：HW部門→SW部門への配置転換）と②外部労働市場の動き（例：ニアショア/オフショア活用の実態）、そして③新卒人材の教育と実務界への接続の3つの視点から調査を進めていく方向性を固めたところである。

以上が、本年度の調査研究結果（あくまでも中間的なとりまとめに留まるが）の報告である。末尾になるが、序章に言い訳がましくも残したように、本調査はSDVの概念が未だ不明瞭ともいえるなか、いろいろなアプローチで情報収集、インタビュー等を展開してきた。したがって、総花的な「中間報告」となっていることは否めない。他方で次年度以降は上述のようにソフトウェアにかかる「人」に焦点をおいて調査研究を深堀していく所存である。企業、行政サイドへのインタビュー調査を踏まえながら、少しでも日本企業、そして自動車産業に資する調査研究を展開したい構えである。関係各所のご協力を乞いたく、引き続きのご指導をお願いしたい次第である。

(禁無断転載)

24-3

SDV 時代の製品開発革新とモビリティ産業の課題

報告書

令和7年3月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号

TEL: 03-3434-8251

<http://www.jspmi.or.jp>

© JSPMI-ERI 2025