

「近年の破壊的イノベーションに適応した研究開発マネジメント」 システム型イノベーションに同期した適切な R&D 戦略

藤本雄一郎

大阪大学大学院 工学研究科、Lead Innovation センター株式会社 代表取締役

R&D management adapted to ongoing “Disruptive Innovation” trends Appropriate R&D strategy synchronized with “System-Oriented Innovation”

Yuichiro Fujimoto

Graduate School of Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka 565-0871, Japan
Lead Innovation Center K.K. 2-3-13 Azuchi-cho, Chuo-ku, Osaka 541-0052, Japan

Abstract: Evolution on semiconductors, software and data analyses technology such as machine learning have been encouraging most manufacturers into renovating their business and development models. Some advanced Japanese manufacturers and mega infrastructure ones in USA and Germany have already addressed the challenges, and initiated to apply automatic control systems and maintenance services in advance to their customers’ factories and products through remoted communication technology, which is called “Internet of Things” (IoT).

While, almost all of the Japanese enterprises have much difficulty in establishing the appropriate business models, especially in consumer product sectors. Automotive sector has also been moving forward the IoT business, and “Automated vehicle” will become commercial available soon, not “Driverless car”. This paper will raise the Driverless car case, and propose the proper research and development (R&D) management fitted into the new business trend. (About 150 words)

Keywords: R&D management, System-oriented development, Driverless cars (3 key words)

1. はじめに

2000 年代半ばから、カーナビ、ゲーム機、パソコン、携帯電話、薄型 TV、デジタルビデオカメラ、そして太陽電池に至るまで、それまでの先発メーカーによる市場先導から、新規参入組による市場革新の破壊的イノベーションが相次いでいる。どの製品も、外部技術の進化をうまく活用して、それまでの製品を刷新したのが特徴である。

その後、半導体やソフトウェア、そしてデータの機械学習などの技術向上が更に進んだ事によって、大方の製造業はこれまでの量産型ビジネスモデルからの脱却も迫られており、第二の破壊的イノベーション前夜と言える状態にある。

特に、モノのインターネット化（インターネットオブシングス）に代表されるように、ハード製品を無線通信で結び、その補完財になるアプリやサービスを組み合わせたシステム型の技術開発やビジネス展開が喫緊の課題になっている。

これらのシステム型ビジネスに対して、国内製造業では、一部の建設機械や工場用 FA、自動車・トラックメーカーが、稼働データの常時収集、そのデータ解析に基づく故障前診断や交換保守サービスを提供し、無線・ソフトウェアによる機器の自動制御まで乗り出している。

一方で、他産業機械やインフラ機器では、米国およびドイツの大手重電メーカーが先行しており、米国の先行企業は、既に 1 日あたりのデータ生成レベルが約 10 テラバイト、関連ソフトウェアの売上高は約 50 億ドル（2015 年の見込値）に達し [1]、関連アプリやサービスの開発環境・配信のプラットフォームまで提供している。また、消費者向け商品でも、シ

ステム型ビジネスで、収益確保している国内メーカーは殆どなく、SNS や動画配信等の Web サービス、スマホアプリとの連携機能の提供にとどまっているケースが多い。

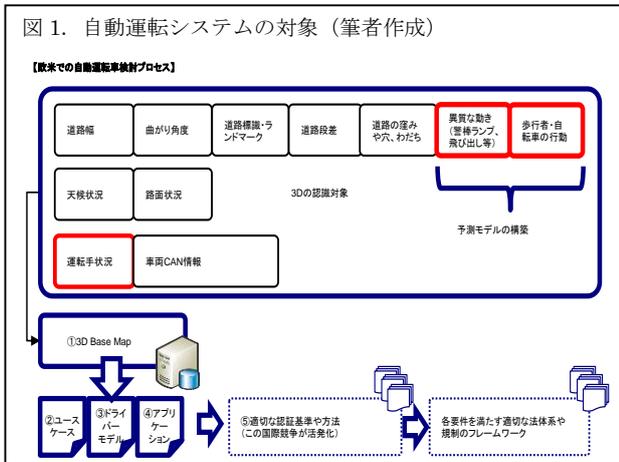
このシステム型ビジネスの開発や展開を阻んでいる要因について、B to C の代表格であり、国内基幹産業である自動車の自動運転化などを例に示しつつ、研究開発 (R&D) プロセスやマネジメント面での最適な対処アプローチを提言する。

2. 検証事例

自動車市場においては、従来のような、自動車メーカー主導のテレマティクスサービス（カーナビでのアプリ等配信や保守安全サポート等）の開発が一巡し、常時通信による Web サービスや他車両・インフラ等との連携が模索されている。その究極の目標である自動運転に向けて、道路の凸凹やわだち等も含めた高精細な地図開発に限らず、各種車両の動きに合わせた信号制御、トラム・バス等公共交通機関の動態や歩行者・自転車の行動予測、そして運転手のリアルタイムの心理情報などを統合したシステム構築が進んでいる [図 1]。

ただし、この統合システム構築の動きは、日本より欧米の方が進んでいる。特に、各都市・道路構造（高速道路・ハイウェイ、都市間基幹道、郊外道路、住宅密集地道路、都心部交差点、信号なしクロスロード、郊外交差点などに区分）ごとに、自動運転のユースケースを抽出し、それぞれのユースケースに適した認識・車両制御モードの設定、運転手のヒューマン・マシン・インターフェイス (HMI) モデルの確立、交

通状況に応じた信号等制御方法の検討を行い、そのケースごとにリスクマネジメントや認証方法を確立する枠組みを構築している。



自動車単体の自動制御化だけでなく、都市や道路構造・信号等インフラも含めた全体システム観点でアプローチしている背景には、欧米、特に欧州が「自動運転を交通全体で捉えている」事が関係している。まず社会的な観点から、「交通渋滞や事故の削減、道路空間共有の最適化、新たな交通サービス形成による移動の円滑化(欧州では移動権として権利化されている)」の要件や目標値を定め、次にサービス・機能要件として、安全性の高さやアクセス性、乗り換えのスムーズ性、公共交通系車両の専用通行レーンの更なる効率運用、低料金化などを規定している(出来るだけ数値目標を設定)。その要件を達成する構成技術の一つとして、自動車や公共交通機関の自動運転化が位置付けられている。

こうした網羅的な要件プロセスがない国内メーカーは、開発面では自動運転のキーテクノロジーであるセンシング類や制御ユニット、機械学習等のソフトウェア技術の蓄積を進めているが、実運用面の対応が遅れている状況にある。

社会要件(あらゆる国民の移動の円滑化)から、機能要件(リアルタイムの情報連携・伝達、インフラと車両の相互情報通信、大量輸送モードの自動運転化など)を詰めて、構成技術(Vehicle to Vehicle, Vehicle to Infrastructure, Vehicle to Pedestrianの無線通信、ミリ波レーダやレーザーレーダ、CMOS・赤外線センサ、機械学習ソフトウェア・サーバ群など)を検討していくアプローチと、最初に機能要件(自動車の自動運転化)があって、技術構成を詰めていくアプローチでは、社会への浸透・定着面で大きな差が出てくるためである。

また、全体システム観点でのアプローチは、技術面から見ると、全ての動的・静的物体の認識や、道路構造や交通状況ごとの最適な車両制御アルゴリズムの開発が必要になるため、最終的な自動運転の領域は、レベルIII(欧米圏では Automated cars と表現)ではなく、レベルIV(同 Driverless car, または Autonomous vehicles と表現)になってくる[表1]。

表1. 自動運転システムの区分(欧米の定義を筆者が加工)

Level degree	Level Definition	Process		
		Handle the vehicle	Monitor the surrounding areas	Override in emergency
I	Partially Automated Vehicle	System	System and Human	Human
II	Highly Automated Vehicle	System	System	Human
III	Much Highly Automated Vehicle	System	System	System and Human
IV	Autonomous Vehicle	System	System	System

一般的には、レベルIVの開発の方が困難に見られているが、これは方法次第な面がある。実際、欧州では、前述した社会・サービス要件の観点から、専用通行レーン(例えばバス・ラピッド・トランジットレーンとの共存)での Driverless car 導入が検討されており、Uber等が手掛けているライドシェア型のビジネスモデルとも絡めて、実証検討が進んでいる。専用レーンのため、他車両の割り込みが殆どなく、バスやトラムの運行状況と同期化すれば良い。また、割り込みや歩行者の飛び出しも、車側が最終制御するため、「止めれば良い」という判断が中心になってくる。

一方、国内メーカーは、自国がこうした社会・サービス要件で自動運転車の検討が進んでいないため、レベルIIIの技術確立を優先しているが、実際は、その最適な制御方法を確立するのは極めて難しい。例えば、レベルIIIの制御において、「緊急事態発生前に、車から運転手に操作権を戻す」ユースケースでは、「どのような環境条件・ケースを危険と判断するか」の認識アルゴリズムの構築や、「運転手がどのような心理的・物理的状态にあり、操作を戻して良いのか」のリアルタイムの動態検知や最適 HMI も不可欠になる。この環境条件や運転手動態に応じた制御パターンが、極めて膨大な数に及び、レベルIVよりも複雑な制御方法が必要になってくる[表2]。

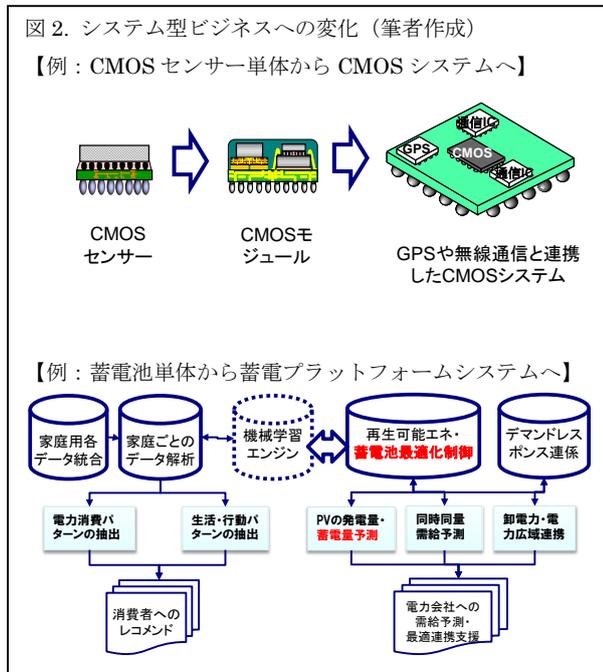
表2. ユースケース例(欧州での検討ケースを筆者が加工)

	危険発生前判断	運転手HMI
横断歩道がない道路での飛び出し	<ul style="list-style-type: none"> 何km/hで走行中に、何m先の飛び出しで、どの角度で衝突可能性があるなら、運転手に操作権を戻すのか 「(運転手ではなく)車が危険を回避できる」と判断すれば、ブレーキでストップか、またはハンドルで避けるのか ハンドルで避ける範囲の周辺の車両状況や障害物は(および人・物体が入ってこないかの予測) ブレーキが効くまでの間、またはハンドルを回した場合の道路状況は(凍結や水滴等) 	<ul style="list-style-type: none"> 運転手に操作権を戻す場合、どのように知らせるか 運転手がどのような心理状態であって、どのような危険状態前であれば、操作権を戻すのか(心拍数が落ちている時に、突然の危険認識→回避行動が取れるのか)

3. 考察・提言

3.1. システム型ビジネスのボトルネック要因と対処法

システム型ビジネスは、2で述べた自動車・交通市場に限らず、家電やモバイル、エネルギー機器（再生可能エネルギー、蓄電池等）、電子デバイス分野などでも競争力要因になりつつある[図2]。



例えば、IoT化によって、用途が拡大している CMOS センサーにおいても、かつては CMOS センサー単体提供だったのが、現在では GPS や無線通信チップとのモジュール化に、位置情報サービスまで組み込んだシステム提供に変わりつつある。ユーザ企業にとっては、一括調達のメリット（各部品やサービスの信頼性・品質保証プロセスの削減、サービス構築コストの圧縮など）があるが、一方で、「コア技術群を CMOS メーカーに握られる」、「異なる通信・制御アーキテクチャが主流になった時に、開発ノウハウが不足する事態を招く」リスクもあるため、警戒心を解く最適なソリューションが求められている。

また、蓄電池においても、バッテリー単体から、パワーコンディショナー（パワコン）との一体化や機械学習も含めたシステム提供に変わっている。そして、近年の系統網向け蓄電池では、再生可能エネルギー機器やパワコン、他の蓄エネルギーや蓄熱機器も網羅して、「全体の送配電網をどのように安定化・効率運用するか」、「現在の緊急時発電である石炭火力や水力、価格低下が見込まれる天然ガス火力の運営コストに対して、数十 MW 以上の再生可能エネルギーと蓄電池で代替した場合に、どの程度のアンシラリー（周波数補正や予備電力供給）やキャパシティ（容量）対応を実施すれば採算が合うか（シミュレーション検証）」、「系統網がサイバー攻撃を受けた時にどうセキュリティ担保・対処するか」の包括的なソリューションが採用要件になりつつある。

国内メーカーが、このようなシステム型ビジネスを推進していくのにボトルネックになっている要因としては、以下が挙げられる。

- 1) 開発体制やプロセスの不備
- 2) システム標準化を先導する人材やノウハウの不足
- 3) 開発ポートフォリオの範囲不足
- 4) 築き上げたビジネスモデル・販路との不整合

このうち、1)と2)について触れていく。

1) 開発体制やプロセス

国内自動車メーカーにおいては、2000年代から、自動車内部のシステム（制御ユニットの ECU）やソフトウェアを統合開発する部門を設置している。しかし、殆どの当該部門は、車内部の各システム間をつなぐプラットフォーム開発等にとどまっており、交通システム全体から必要なサービス・機能要件を定め、車のシステム制御ロジックに落としとしていく役割までは担っていない。

また、家電業界、特に携帯端末においては、「基本ソフト（OS）の更新頻度を Web やネットの進化に合わせる」スピードになったため、Web 技術の変化を見据えた家電・携帯端末の開発ロードマップが必要になっている。しかし国内メーカーは、パソコンやスマートフォンに代表されるように、OS 進化に合わせてハードウェアの開発を行うプロセスを長年続けているため、開発期間が長いハードの独自機能搭載が、既に世代進化した OS や Web サービスとのインターフェース齟齬や機能遅れを招いている[2]。

一方、国内家電メーカーの中でも、デジカメメーカーが写真共有サービス、テレビメーカーが動画配信サービス、ゲームメーカーがクラウドゲーム配信サービスなどを提供しており（または過去に実績がある）、当該 Web サービスを他社製品でも利用できるオープン仕様に設定している。しかしそれでも、「自社のハード製品に合わせた Web サービスの提供」に陥ってしまい、サービスの使い勝手が低下している。

開発プロセスとして、「Web サービス開発を先に行い、ハード製品の機能を、そのサービス機能に合わせるプロセス構築」が重要であるが、現在も、大半の国内メーカーは、ハード開発を先に進め、その後にサービス機能を合わせるプロセスを続けている。

2) システム標準化の先導

各製品やソフトウェア、Web 等サービスを統合していく上で、標準化は不可欠な要素であり、全体システムで品質保証する（システムアシュアランス化）の策定も活発化している。

例えば、電気自動車（EV）では、欧州がバッテリーシステム全体の安全性を左右する「セル間電圧差の安定化」、「セル過充電に対する異常電圧の検知や細かい充放電の制御」、「温度管理の監視」、「電池残量などによる寿命予測」などをシステム全体でアシュアランス化する形を提案してきた。

この形で標準化するには、各自動車メーカーやバッテリー

メーカーが各自の制御情報を開示する必要があるが、EVの市場ライフサイクルがまだ「最適な充放電制御を見出す」機能競争状態にあるため、この開示は現実的ではなく、欧州案で標準化決着していない。しかし、このシステム規格検討によって、バッテリー開発メーカーの検証工数が軽減され、また欧州は、電力系統側からのバッテリー充放電安定制御のアーキテクチャーも提案した事で、電力系統網が安定化していない新興国が受け入れやすい規格になっている。

標準化にあたっては、このような外部企業（標準化技術の活用先）や主要国のボトルネック解消が、最終的な普及の後押しになるケースが多く、単なる国際機関への標準化登録や対象技術のオープン戦略が奏功する訳ではない。

なお、日本では、携帯キャリアやエネルギー、公共交通などのインフラ事業者が自ら仕様策定や技術開発、そして、一部の製品設計を担っているケースが多く、しかもそれが個別事業者、更に個別業務ごとに最適なシステムを構築している。その事が、メーカーにおいて、社会要件から標準化を先導できる人材が少ない要因にもなっている。

例えば、鉄道市場では、海外鉄道メーカービック3による統合システムアシュアランスのRAMS規格策定が標準化されているが[3]、国内のほぼ全ての鉄道運営会社では、車両運行、車両手配、運行人員配置、車両保守、信号、電力、工事などの部門ごとにシステムが分かれている。そのため、国内の鉄道メーカーが、全体運営だけでなく、統合システム観点からの技術開発や標準化策定を担った経験が殆どない。

今後、国全体でのグローバル競争力を考えると、分野ごとのシステム統合のあるべき姿を基に、インフラ事業者とメーカー間の適切な役割分担・運営ノウハウの蓄積共有化も検討していく必要がある。

3.2. 開発マネジメントでの対処法

これまで述べてきたとおり、システム型ビジネスとは、他製品やサービスと単純に機能連携することではない。社会やサービス運営要件の変化、および関連のデバイスや材料、ソフトウェアの技術進化の違いを考慮した製品アーキテクチャーを構築し、外部のソフトウェアやサービスに最適適合させる開発プロセスの構築（上位機能の優先度の変更）を同時並行で進めていくビジネスの事をいう。

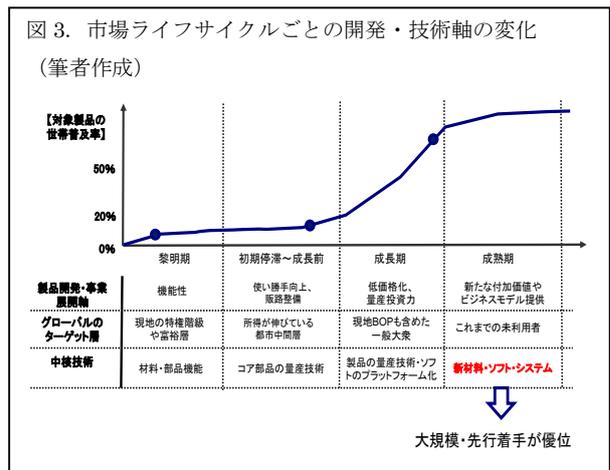
自動車、家電、モバイル、エネルギー等分野とも、その社会・市場要件が変化し、それをハード製品単体でアプローチする限界を迎えている。その要件変化に対して、どのような全体システムのアーキテクチャーが最適なのか（標準化範囲の設定も含む）を検討し、あらゆるユースケース（想定できないエラー・不具合ケース含む）ごとの制御パターンやFail Safe 対処法も構築していく。その上で、ロジック半導体やソフトウェア、（無線対応なら）クラウドサーバ間の機能分担・仕様を規定し、最適な半導体材料や他デバイスの選択・仕様を詰めていくプロセス構築が不可欠になっている。また、それぞれの開発技術に必要な時間を見極め、開発リソースを順次投入していくポートフォリオ戦略も欠かせない。

加えて、上位プロセスの検討・企画・開発を行う統合システ

ム部門を設置し、その先導を実施できる人材の育成も重要要素になるため、その人材輩出源となる大学の役割発揮も求められている。

開発ポートフォリオの観点からは、近年、開発テーマの評価・推進にあたって、「自社適合度」の観点（開発にあたって、技術蓄積があるか、既存販路の活用や事業部門と連携できるか等）が強まっているため、既存のハード製品に関連する材料や部品、計測、量産技術の開発にとどまるケースが増えている。IT・ソフトウェア関連は、国内複合機メーカーのように、当該開発企業をM&Aで買収して技術獲得する機会が増えているが、この場合でも、「外部サービスの機能を基準に、自社製品を構想設計していくプロセス構築」を行っている例は少ない。

市場全体やライフサイクルを俯瞰した時に、どの技術が競争軸になってくるかを踏まえ、今は自社適合度が低い技術領域にも事前にリソース配分する戦略が欠かせなくなっている[図3]。1世代先ではなく、2世代先を睨んだ開発ポートフォリオを張り、「その技術では何が優位性になるか（例：システム技術は、ネットワーク効果が及ぶため、大量データの先行解析が有利になる）」を踏まえた機能群の開発が必須である。



4. おわりに

IoT というキーワードは数年で廃れる可能性が高いが、あらゆる製品と Web・クラウドとの融合は不可避の流れにある。この融合のように、破壊的イノベーションレベルの構造変化に対しては、単なる技術開発対応では追従できない。そのため、製品の常時通信による付加サービスの提供にとどまるのではなく、ビジネスの戦い方、製品の作り方や開発プロセス、開発テーマの評価・推進フレームワークなども含めて、適合変化させていく必要がある。

特に、社会要件の検討・企画ノウハウについては、欧米メーカーはその人材育成や専門組織への資金等リソースの大量投入を行っており、ソフトウェアや機械学習等技術だけに重点資金配分している訳ではない。これらの海外の動きも踏まえて、国内メーカーのビジネス・開発モデル刷新だけでなく、公的機関も政策の枠組みを考えていく必要がある。

参考文献

- [1] 日経ビジネスオンライン; ソフト売上高 150 億ドルを目指す米 GE, 商品は「自社の IoT 経験」, 10. 20, 2015, at web-site
<http://business.nikkeibp.co.jp/atcl/report/15/061700004/101500045/?P=2>
- [2] 藤本雄一郎 著; 「破壊的イノベーション」, 中央経済社, 2013
- [3] 溝口正仁 監修; 「鉄道工業ビジネス」, 成山堂書店, pp. 124-129, 2008