

## 研究ノート

調整メカニズムとしての標準インターフェイスの策定プロセス  
— 日欧コンソーシアムにおける車載 LAN 適合性試験仕様の比較研究 —

徳田 昭雄\*

## 要 旨

本稿では、市場取引を促進する標準化されたインターフェイスの策定プロセスを取り扱う。分析にあたっては、調整メカニズムとしての標準インターフェイス、とりわけ標準インターフェイスに規定された仕様を採用した製品が仕様どおり作られていることを確認するための適合性試験仕様（conformance test specification：以下 CTSpec）に着目する。標準インターフェイスは CTSpec をともなって、標準適合品の質を担保し、「円滑な市場取引」を促進する。ただし「円滑な市場取引」のためには、それを可能とする調整メカニズムが予めインターフェイスに埋め込まれている必要がある。

いかなる調整メカニズムが、どのような策定プロセスを経てインターフェイスに埋め込まれていくのか。その策定プロセスは、標準インターフェイス設定機関の組織能力やガバナンスメカニズムによってどのような影響を受けているのか。本稿では事例として、車載通信プロトコルの標準 FlexRay を取り上げる。そして、日欧のコンソーシアムにおける CTSpec 策定プロセスの比較分析を通じて

- ① 事後（ex post）の調整メカニズムとしての標準インターフェイスが、いかなる事前（ex ante）の「調整メカニズム」や「ガバナンスメカニズム」によって策定されているのか、
- ② 策定された標準インターフェイスが、いかなる特徴をもったものであり、それがいかにして「円滑な市場取引」促進するのか（あるいはしないのか）

## キーワード

標準化、適合性試験、標準インターフェイス、調整メカニズム、FlexRay、JasPar

## はじめに

本稿の目的は、複雑な製品システム（CoPS：Complex Product Systems）の標準インターフェイス策定プロセスにおける企業間の事前（ex ante）の調整メカニズムを分析することである。分析にあたっては、調整メカニズムとしての標準インターフェイスと、標準インター

---

\* 執筆者：徳田昭雄

所属/役職：立命館大学経営学部/教授

機関住所：〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1

E-mail：att20023@ba.ritsumei.ac.jp

フェイスに規定された仕様を採用した製品が仕様どおり作られていることを確認するための適合性試験仕様 (**conformance test specification** : 以下 **CTSspec**) に着目する。

調整メカニズムとしての標準インターフェイスには適合性試験仕様をともなって、標準適合品の質を担保し、「円滑な市場取引」を促進することが期待されている。ただし「円滑な市場取引」の実現には、それを可能にする調整メカニズムが予め標準インターフェイスに埋め込まれている必要がある。いかなる特徴をもった調整メカニズムが、どのような策定プロセスを経てインターフェイスに埋め込まれていくのか、その策定プロセスは、標準インターフェイスの策定を担う機関のガバナンスメカニズムによってどのような影響を受けているのか。

これらの疑問にこたえるために、本稿では標準インターフェイスとして日欧のコンソーシアムにおいて策定された車載通信プロトコル **FlexRay** を分析対象として取り上げる。そして、日欧のコンソーシアムにおける **FlexRay** の策定プロセスの比較分析を通じて、

- ① 事後 (**ex post**) の調整メカニズムとしての標準インターフェイスが、日欧のコンソーシアムにおいていかなる事前 (**ex ante**) の「調整メカニズム」を経て策定されているのか、
- ② 策定された標準インターフェイスが、いかなる特徴をもったものであり、それがいかにして「円滑な市場取引」促進するのか (あるいはしないのか)

を明らかにする。

本稿の構成は、次の通りである。1章では比較研究に先立ち、調整メカニズムとしての標準インターフェイスを鍵概念に指定している先行研究 (進化ケイパビリティ論および製品アーキテクチャ論) のサーベイを行う。その目的は、本稿において標準インターフェイス策定プロセスにおける「事前 (**ex ante**) の調整メカニズム」に着目することの学術的意義を明らかにするためである。2章以降では、事例に基づいて標準インターフェイス策定プロセスの比較分析を行う。2章では車載通信プロトコルが自動車に導入されてきた背景と、通信プロトコルが独立仕様から標準仕様へ移行していった変遷を辿る。3章では、次世代通信プロトコルのデファクト標準 **FlexRay** について、コンソーシアムにおける標準化の取組みを概観する。4章では、日欧のコンソーシアムを比較しながら標準インターフェイス策定プロセスの分析を行う。5章では、日本のコンソーシアムの調整メカニズムに焦点を当てて、標準インターフェイスに調整メカニズムが埋め込まれていくプロセスを明らかにする。最後に、比較研究から得られた結果を考察し、標準インターフェイス策定プロセスとコンソーシアムのガバナンスメカニズムの関係性について、いくつかの仮説を提示する。

## 1 本研究の学術的な意義

### 1-1 進化ケイパビリティ論における標準インターフェイス

システム・インテグレータと並んで、CoPSのイノベーション・プロセスの調整役として注目されているのが、外部調整メカニズムとしての標準インターフェイスである。新制度派経済学の進化ケイパビリティ論では、ラングロア (Langlois, R. N.) 等が19世紀末の垂直統合型企業の勃興から20世紀末に始まる脱垂直統合への歴史的文脈の中で、イノベーションと標準インターフェイス (standardized interface) の関わりを理論的に提示している。

CoPSに特徴的なシステム・イノベーションは、自律的イノベーション (autonomous innovation) を対概念とする。自律的イノベーションとは、他の段階との調整を必要とせずにある生産段階における変化が進展していくものである (Langlois=Robertson, 1995 : 151)。これらの概念は、「市場と組織」の境界のあり様の理論化を試みる、新制度派経済学の進化ケイパビリティ論にて明示的に取り扱われてきた。ラングロアは、20世紀末に始まる企業の脱垂直統合の動向を、企業から市場への資源調整メカニズムの回帰と捉えた。そして市場への回帰を「消え行く手 (vanishing hand)」と称して、「消え行く手仮説」を提示した<sup>1</sup>。「消え行く手仮説」とは、市場の発達が進むにつれ、資源の調整メカニズムはスミスの見えざる手 (invisible hand) からチャンドラーの見える手 (visible hand) へ、そして消え行く手へと変化するというものである。この消え行く手にかわって、市場の自律的イノベーションを促す調整メカニズムとして現れてきたのが標準インターフェイスである。

ラングロア等は、企業が垂直統合を行うようになるのは、市場には動的取引コスト (dynamic transaction cost) が発生するからであると主張する。動的取引コストとは、経済変化やイノベーションに直面した際に外部のサプライヤにたいして、説得、交渉、調整、そして教示するコスト (Langlois=Robertson, 1995 : 37)<sup>2</sup>、あるいは組織化されずしばしば暗黙的な知識をサプライヤに伝え、企業家のビジョンを共有も理解もしていない独立した資産の保有者を説得するコストのことである (Langlois, 2004 a : 361)。動的取引コストが高くなる場合として、彼らは企業がシステム・イノベーションに直面した時を指摘する。システム・イノベーションとは、多数の生産段階にまたがって遂行されるもので、各々の段階で修正を要し、またそれらの段階での調整を要するものである。関連した生産段階の間に高位の相互依存性がある場合、そしてある生産段階における変化が単一ないし複数の他段階における変化を同時に必要とする場合、段階間の調整を実現するコストは極めて高くなる (Langlois=Robertson, 1995 : 37)。

市場を支援する既存の制度 (existing market-supporting institutions) が新技術と新しい収益の機会のニーズにとって不十分であるときに、システム・イノベーションの動的取引コストは高くなる (Langlois, 2003 : 353)。そもそも、イノベーションの実現にあたってニー

ズを伝達する市場自体が存在しない。生産段階間の調整をサポートする既存の制度も存在しない。ゆえに、生産活動の調整にあたっては市場よりも内部組織が優位性を持ち、企業は垂直統合を行うようになるというのが進化ケイパビリティ論者のロジックである。

しかし、20世紀後半までの歴史的な時間経過は、市場の密度 (**thickness of markets**)<sup>3</sup>を高め、バッファリングの緊急性 (**urgency of buffering**)<sup>4</sup>を低下させたと言語ロアは指摘する (Langlois, 2003 : 353)。市場の範囲の拡大と交換をサポートする制度の進化が、動的取引コストを低減させたというのである。その結果、階層組織による管理的調整の市場に対する相対的優位性が低減し、資源の調整メカニズムは市場に委ねられるようになっていった。ここで言語ロアは、企業を脱垂直統合化に向かわせる (動的取引コスト低減の) 要因、つまり市場の範囲の拡大と交換をサポートする制度のひとつとして、生産段階間の公式的インターフェイス (**formal interface**) を通じて規定される生産のモジュラー化をあげている (Langlois, 2003 : 355)。公式的インターフェイスによって分解されたシステムでは、モジュール間の相互作用は最小限に抑えられる。仮に環境の不確実性に直面してひとつのモジュールが変化しても、システム全体の破壊につながらないように公式的インターフェイスがバッファリングの役割を果たすという<sup>5</sup>。このような、システムック・イノベーションにともなう調整コストを削減し、市場の範囲の拡大と交換をサポートする制度としての公式的インターフェイスが標準インターフェイスである。

システムック・イノベーションとは対照的に、自律的イノベーションが市場で活発に行われているとき、垂直統合型の企業は、より専門化した垂直非統合型 (**more specialized, vertically disintegrated**) の企業に取って替わられる。生産段階の非集中化 (**decentralization**) は、市場の範囲に依存する。非集中化は、高い調整コストがかからないように生産段階を「別個の手」にすっきり切り分ける能力、すなわち、ある程度生産段階間の標準化を意味する (Langlois, 2003 : 374)。そして、生産段階の分化が進むもともと端的なケースが、標準インターフェイス化が製品をモジュラー・システムに転換する場合である。

モジュラー・システムについては、標準インターフェイスと相まって製品アーキテクチャ論の鍵概念でもある。標準インターフェイスは、コンポーネント間の連結と作用の仕方を定める規定にはかならない (Parnas, 1971; Baldwin=Clark, 2000)。製品アーキテクチャ論では、構成要素間のインターフェイスの特性に着目して製品システムのアーキテクチャを区別し、製品アーキテクチャと組織アーキテクチャや産業構造の適合関係を明らかにしてきた (Ulrich, 1995 ; Ulrich=Eppinger, 1995 ; Göpfert, 1998, Baldwin=Clark, 2000 ; 藤本・武石・青島, 2001)。

製品アーキテクチャは、物理的な構成要素間のインターフェイスの特性によってモジュラー・アーキテクチャとインテグラル (統合) ・アーキテクチャに区別される<sup>6</sup>。モジュラー・アーキテクチャの製品は、コンポーネント間のインターフェイスが非連結化 (**de-coupled**) さ

れ、インテグラル・アーキテクチャの製品は連結化 (coupled) されている (Ulrich, 1995 ; Brusoni=Prencipe, 2001 a). 青島・武石 (2001) によれば、システムを構成する要素間の相互関係のうち、相対的に無視できる部分をルール化されたインターフェイスで連結しようとする戦略がモジュラー化である。その結果、システムは相対的に独立な構成要素群の集合体として認識されるという。それに対してインテグラル化 (統合化) とは、要素間の複雑な相互関係を積極的に許容して、相互関係を自由に開放して継続的な相互調整にゆだねる戦略である。その結果、システムは構成要素が複雑に関連したものとして認識されるようになるという。

進化ケイパビリティ論のロジックに製品アーキテクチャ論を位置づけるならば、自律的イノベーション環境下に適合的なモジュラー型アーキテクチャ製品・システムの構成モジュールを組み合わせたとき、その主要な調整メカニズムが標準インターフェイスということになる<sup>7</sup>。

## 1-2 標準インターフェイスの策定に着目する意義

自律的イノベーションが外部調整メカニズムとしての標準インターフェイスによって促進されるにしても、それが所与のものとして、予め社会に埋め込まれているわけではない。経済的には見えにくいだが、標準インターフェイスの策定は、製品システムをモジュラー化しようとする意図的・意識的かつ歴史的・知的なプロセスである。それは、コンピュータのモジュラー化プロセスを詳細に分析したボールドウィン＝クラーク (Baldwin= Clark, 2000 : 149) の叙述に端的にあらわされている。

「複雑適応系の多くは、自然のものであれ人工のものであれ、モジュール型構造の性質を持つ。しかし、コンピュータの設計領域では、モジュラー化は偶然生まれたのではなく、意識的な設計努力によって意図的に生み出された……モジュラー化の可能性は一夜にして湧き起るのではなく、多くの設計サイクルを経た着実な知識の積み重ねを必要とする。それゆえ、コンピュータ設計のモジュラー化—莫大な経済効果を伴うプロセス—は歴史的・知的なプロセスでもあった。それは段階的に起こってきたが、各段階はそれ以前の段階で蓄積された知識の上に成り立ってきた。そのうえ、それは長い間、経済的には見えないプロセスであり、マイルストーンとなる出来事もほんやりとした技術的なものだった。」<sup>8</sup>

くわえて、意図的・意識的かつ歴史的・知的なプロセスを経て策定された調整メカニズムとしての標準インターフェイスが、市場で上手く機能するかどうかは自明ではない。事後の調整メカニズムの「質」は、事前の策定プロセスや、そのプロセスで適用される関係アクター間の調整メカニズムのありように依存する。また、標準インターフェイスが市場で上手く機能することを確かめる事前の検証プロセスは、モジュール型設計のアキレス腱である (延岡・上野, 2005)。システムが複雑なほど、あるいは相互接続の确实性の観点から標準インターフェイスに高い質が要求されるほど、それ相応のシステム検証プロセスを経なければならない。ラングロア等は、標準インターフェイスを所与のものとして捉え、その事前の策定プロセスに関心が

払われていない<sup>9</sup>。

いみじくもラングロア等が動的取引コストという概念を提示したように、インターフェイス自体にも、それをオープンに利用していくのであれば補完的なケイパビリティを持つ他社や他部門に対して説得、交渉、調整、教示する動的取引コストが生じる。しかし彼らのフレームワークでは、動的取引コストがかかるインターフェイス策定プロセスが所与のもの、あるいは歴史的な時間経過の中で外因的(exogenous)に発現してきたものとして扱われている。さらには、ラングロア自身が標準インターフェイスの策定によるモジュラー化の実現にあたって、高い調整コストがかからないように生産段階を「別個の手」にすっきり切り分ける能力が必要であることを指摘しておきながら、能力の中身についてはブラックボックスのままである。したがって、インターフェイスを効果的・効率的に設定するプロセス、そのプロセスにおける企業、あるいはコンソーシアム(ないし企業間ネットワーク)の主体的・協調的な取り組みや、インターフェイス策定に適切な組織(間)アーキテクチャ(組織構造・組織間関係)は等閑にされてしまっている<sup>10</sup>。事後にモジュールを上手く組み合わせるシステムを構築したいのであれば、事前にシステムを別個のモジュールへすっきりと切り分けておく必要がある。特に、高信頼・高安全性が市場で要求されるシステムについては、切り分ける能力の質がより大きく問われることになる。

同様の物足りなさは、製品アーキテクチャ論にもあてはまる。既存の製品アーキテクチャに関する議論では、製品アーキテクチャを組織が適応すべき与件として捉えている。ゆえに、企業が製品アーキテクチャを変えていくプロセスに相応しい組織アーキテクチャについては全く明らかにされていない。モジュラー型の製品アーキテクチャに対しては標準インターフェイスとモジュラー型の組織アーキテクチャ、インテグラル型の製品アーキテクチャに対してはアドホックなインターフェイスとインテグラル型の組織アーキテクチャといった具合に、両者の間には製品アーキテクチャを所与とした上での状況適応的(コンティンジェント)な適合関係が提示されているに過ぎない。

鶴(2002)も述べているように、「モジュラー化」された「アーキテクチャ」を設計するという「事前のコーディネーション」自体、「インテグラル化」の「事後的コーディネーション」のように必ずしも明らかにされていない。ボールドウィン＝クラーク(Baldwin= Clark, 2000)においても、IBMシステム/360のモジュラー化のプロセスにおける試行錯誤が描写されているが、必ずしもそのプロセスの概念的・理論的な理解に踏み込んでいないわけではない。

インターフェイスの標準化をとまなう製品アーキテクチャのモジュラー化によって様々なメリット—規模の経済性や範囲の経済性の実現、マス・カスタマイゼーション等—がもたらされるのは、そのようなメリットをもたらす調整能力が付与されたインターフェイスが生成された場合に限定されるし、得られるメリットもインターフェイスによって相対的であるだろう。標準インターフェイスは、既存研究が想定するような「同質的のっぺらぼうな」代物で

は決してない。それは、それを生成する主体のガバナンスメカニズムや、同メカニズムを通じて策定されるプロセスに影響を受けるはずである。

次章以降では、標準インターフェイスとして車載通信プロトコルの **FlexRay** を事例として取り上げる。そして、日欧の異なるふたつのコンソーシアムによる **FlexRay** の標準策定プロセスを観察する。観察により、技術的に同じ標準化の対象であったとしても、それを策定する主体のガバナンスメカニズムの違いによって、生成されるインターフェイスはそれぞれ「異質な表情をもった」ものであることが示唆される。それでは、比較分析に入っていくことにしよう。

## 2 車載ネットワークの標準化

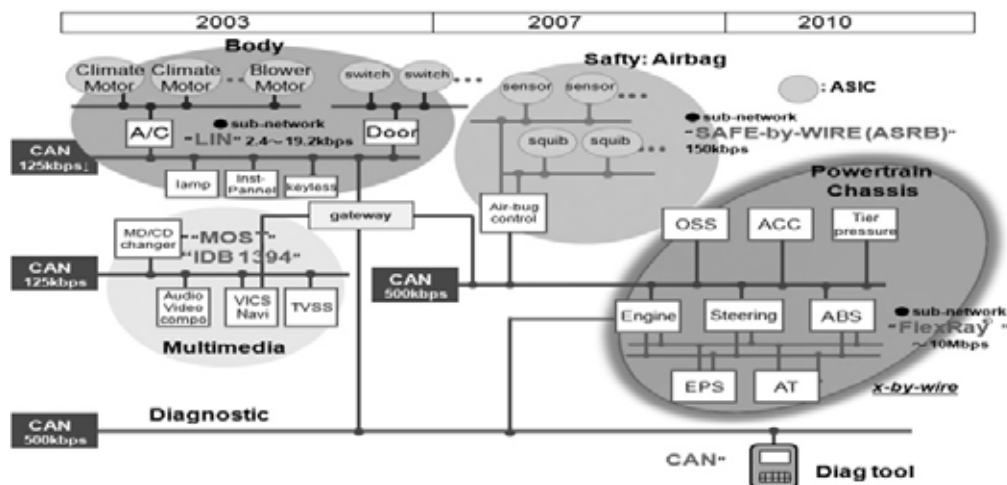
### 2-1 自動車のネットワーク化

かつて自動車の通信システムは、集中配置されたスイッチ群と、信号を受け取ってスイッチ群の集中制御を行う **ECU (Electronic Control Unit : 電子制御ユニット)** 間のローカルな “point to point” システムであった。しかし近年になって、次第にローカルな “point to point” システムは複数の **ECU** によって分散協調制御される通信システムへと発展してきている。より先進的な機能を発揮する新しいアプリケーションの開発にとっては、個別の機能を担う各々の **ECU** を標準化された通信プロトコルによってネットワーク化し、それらの協調制御が自動車に求められるようになってきている。たとえばブレーキシステムであれば、従来の「止まる」機能の性能向上に加えて、「走る」「曲がる」機能と連動しながら、より安全で快適な高機能ブレーキシステムへと進化している。

図1はドメイン別にみた車載ネットワーク・システムである。2003年から2010年にかけて、ドメインごとに通信プロトコルが標準化されてきた。今日デファクト標準になっているのが、ボディ系では **LIN (Local Interconnect Network)**、情報通信系では **MOST (Media Oriented Systems Transport)**、安全系では **SAFE - by - WIRE**、シャーシ・パワートレイン系は本稿の考察対象である **FlexRay** である。それぞれ標準化されたプロトコルは、基幹通信プロトコルのデファクト標準である **CAN (Contoroller Area Network)** によって統合され、自動車全体の分散協調制御が図られている。

分散協調制御の実現には通信プロトコルの標準化が欠かせないが、1980年代後半に本格的に通信ネットワークが自動車に導入された当初は、自動車メーカ各社とも独自のプロトコルを開発していた。しかし1990年代に入り、欧米を中心にプロトコルの標準化が進展していった。米国では **GM**、**フォード**、**クライスラー** が米自動車技術会 (**SAE : Society of Automotive Engineers**) の認定した **J1850** を採用するようになった。欧州では **ダイムラー** が **CAN** を採用

図1 車載 LAN の構成



出所) ルネサスエレクトロニクス(株) 提供資料。

して以降、BMW やアウディ、ボルボでも CAN を採用することになった<sup>11</sup>。2000年以降には、J1850よりも通信速度が速いという利点や SAE が標準プロトコルとして認定したことから、米国自動車メーカーも広く CAN を採用し始め、CAN が通信プロトコルとしては業界で初めてデファクト標準を獲得した<sup>12</sup>。

## 2-2 FlexRay の登場

今日、ネットワークを流れるデータ量の増大に対応すべく、CAN よりも高速通信が可能な基幹ないしパワートレイン系の標準インターフェイスとして FlexRay が注目を集めている。FlexRay の開発と標準化にあたっては、FlexRay コンソーシアム（以下 FRC）が主導的な役割を果たしてきた。FRC は BMW とダイムラー・クライスラー（現ダイムラー）、半導体ベンダのモトローラ（現 freescale）、フィリップス（現 NXP）の4社によって2000年に結成された。その後、ボッシュや GM、VW が加わり、日本企業も2002年から2003年にかけてトヨタ、日産、ホンダ、デンソーが加入していった。

FRC の目的は、次世代車載通信システムの共同開発とシステムのデファクト標準化である。FRC は、SAE に FlexRay を提案しながら米国メーカーへのマーケティング活動を展開した。日本に対しては、後に見るコンソーシアム JasPar（Japan Automotive Software Platform and Architecture）と協調関係を構築し、FlexRay（基盤ソフトウェアについては AUTOSAR）の国際的な標準化を推進してきた。

FRC の標準化活動は、競合するコンソーシアムへの対応にも向けられた。特に、FlexRay と激しい標準化競争を展開していた TTP/C への対応が重要な課題であった。TTP/C の標準化は、2001年に設立されたコンソーシアム TTA-Group によって推進されていた。TTA-Group



設立当初は、アウディ、プジョー、ルノー、VW、ハネウエル、デルファイなどが参加していた。しかし、2003年に大口のユーザーとして期待されたVWがFRCに取り込まれた。2004年には、ルノーとプジョーが相次いでFRCに加入することになった。競合するTTA-Groupの自動車メーカをFRCに引き込むかたちで、最終的にFlexRayがデファクト標準の地位を獲得した。

2010年にはFRCにおける実質的な開発は終了し、活動の重点は仕様のISO化に向けた手続きに移行している。また、FlexRayは、BMW、Audiによって量産車両に適用され、VWでも採用を前提とした活動が行われている。

### 2-3 FRCとJasParの関係

FRCと協調関係にあるJasParは、日本の自動車業界初の自主合意標準の形成を目指して2004年に設立されたコンソーシアムである。JasParには設立当初から、自動車メーカのみならず補完業者（部品メーカ、半導体ベンダ、開発ツールベンダ、ソフトウェアハウス、大学・研究機関）が100社以上参画している。JasParではテーマごとにワーキンググループ（WG）が組織され、車載組込みシステムの開発と標準化にあたってきた。

JasParの目的は、車載組込みシステムのモジュラー化を図ることによって、垂直統合的かつクローズドな製品アーキテクチャを、垂直非統合的かつオープンなアーキテクチャへと転換することにある。そのために必要な要素技術の開発と標準化ターゲットが適時設定され、産官学連携を通じたオープン・イノベーションが推進されてきた（徳田・立本・小川，2011）。

活動開始当初のJasParはモジュラー化の推進にあたり、次の3つのインターフェイスを標準化の対象にしていた。

- ① アプリケーションとプラットフォーム・ソフトウェア（OSやミドルウェア、デバイス・ドライバ）のインターフェイスであるAPI（application programming interface）
- ② ハードウェア（マイコン）とソフトウェアのインターフェイス
- ③ ECUをつなぐ通信プロトコル

JasParでは、車載ソフトウェアに関わる標準化（上述の①）については欧州のコンソーシアムAUTOSAR（Automotive Open System Architecture）の活動を、通信プロトコルに関わる標準化（上述の③）については、FRCの活動を多分に参考にしてきた。AUTOSARやFRCは欧州発祥のコンソーシアムであるが、日本企業も加入している。しかし、一部主要欧米企業がインナーサークルを形成している状況や地理的なハンディによって、日本企業はなかなか思うようにコンソーシアム活動に関与することができなかった。そこで、それら不利な状況を克服するひとつの方策として設立されたのがJasParである。

とはいうものの、JasParでは日本発のデファクト標準を擁立するというわけではない。AUTOSARやFRCとの協調関係を深めつつ、欧州のコンソーシアムで策定された仕様をもと

に「実際に使える」システムを仕上げるのが **JasPar** の方針である。AUTOSAR や FRC は、仕様書の作成が主要な目的である。これに対して **JasPar** は、紙ベースの仕様書をもとに実際に実験・検証を行ったうえで具体的なパラメータのデフォルト値を決定し、補足すべき点を欧州のコンソーシアムにフィードバックしていくことが目的である。

それではあ次節以降で、日欧の両コンソーシアムにおける標準インターフェイス策定プロセスの比較分析に入っていくことにしよう。

### 3 適合性試験仕様の標準化

**JasPar** は **FlexRay** の適合性試験仕様 (CTSpec) の標準化を目的とした **FlexRay** コンフォーマンス WG を設置した。FRC において CTSpec が開発・標準化されているにもかかわらず、なぜ **JasPar** でも同様の活動を行う必要があったのだろうか。本セクションでは、**JasPar** のコンフォーマンス WG の活動に焦点を当てて、欧州の FRC と比較しながら **JasPar** 版 CTSpec の策定プロセスを見ていく。

#### 3-1 標準化の背景：CAN の経験

コンフォーマンス・テストとは、標準仕様を採用した製品がその仕様どおり作られていることを確認するための試験である。そして **FlexRay** の CTSpec は、半導体ベンダにとって **FlexRay** 仕様適合 (準拠) マイコンを開発・検証する際のガイドラインになる公開文書である。ISO 化する前であっても、FRC のメンバー企業であれば誰でもそれを参照することができる。

コンフォーマンス活動のフローを示したものが図2である。FRC において策定された CTSpec に基づき、FRC によって認定された適合性評価機関 (CAB: Conformity Assessment Body) のアセスメントを受けて、半導体ベンダが認証を取得する。そして、Tier1 サプライヤが認証を取得したドライバを半導体ベンダから調達し、最終的に自動車メーカーにはテストに合格したデバイスが組み込まれた ECU が納入される。

図2 コンフォーマンスの流れ



出所) 筆者作成

CTSpec 自体は、コントローラ (ハードウェア) やデバイスドライバ (ソフトウェア) が単体として仕様通りにできているかを検証するものに過ぎない。しかしユーザーである日本の自

自動車メーカーにとっては、別個のマイコンを接続した際の相互運用性（interoperability）の確保が重要になる。かつて自動車メーカー各社が独自仕様から CAN にプロトコルを切り替えた際、標準化されているにもかかわらず相互運用性に問題が生じた。すなわち、システムを組むときに他社製のマイコンが組み込まれた ECU 同士では、バストラフィックに対する影響が出るなどの問題が生じてしまったのである（図2 点線丸印参照）。その結果、自動車メーカーは相互運用性の確保のために膨大なインテグレーション費用を負担することになった。

他社製品とつながらない原因として、第一に、そもそも CAN の仕様書の記述自体が「抽象的」であったことを指摘することができる。仕様が抽象的というのは半導体ベンダの立場からすると仕様設計にある程度自由度があるということである<sup>13</sup>。パラメータ値やその範囲が明確な数値として仕様に規定されていない部分が多かったために、半導体ベンダ毎に仕様記述の解釈にばらつきが生じてしまった。その結果、仕様通り作っていても特定の条件下での振る舞いの違いが相互運用性の問題を引き起こしてしまった。

第二に、CAN の CTSpec に「漏れ」があることを指摘することができる。抽象的な仕様記述を補間（interpolation）する意味で、半導体ベンダは CTSpec を利用した。しかし後に見る FlexRay もそうであるように、欧州発のプロトコルの CTSpec は仕様全部をカバーする試験仕様になっていない。境界値および代表値を検証して認定の可否を判断している。たとえば、異常時の規定は、外部ノイズがシステムに1回混入される場合に限定され、その挙動に対する CTSpec が策定されていた。試験パターンも特異点を抽出したものが多かったので、半導体ベンダは妥当性検証のための CTSpec としては不十分であると感じていた<sup>14</sup>。そのような事情から、半導体ベンダは外部ノイズの混入が連続する場合や複合異常が発生した場合の挙動も検証として重要であると判断して、各社独自に追加仕様を作成して自主検証を行っていかざるを得なかった<sup>15</sup>。そして次節にみる FlexRay についても、CAN と同様の相互運用性の問題が日本の自動車メーカーの間で懸念されていた。

### 3-2 FlexRay の CTSpec の特徴と策定プロセス

FlexRay version 2.1 および 3.0 の仕様と、それぞれに対応する CTSpec を示したものが表 1 である。CTSpec として、プロトコル CTSpec と物理層 CTSpec が策定されている。

CAN の特徴のひとつが、仕様記述が「抽象的」ということにあったが、FlexRay は CAN 以上に「抽象的」である。その背景には、先述の競合するコンソーシアム TTA-Group とのプロトコルコンペを優位に進めるために、複数の自動車メーカーのニーズに合わせて様々な機能を仕様に追加していったことがある。プロトコル仕様が「抽象的」であるがゆえに、網羅的なテストの生成はコストが高くてついでしまう。したがって CAN と同じく、FRC の CTSpec には「漏れ」があり、コンポーネントレベルで標準適合品であっても、それらを組み合わせた際のシステムレベルの相互運用性の観点からは不確実性を残したコンポーネントになってしまう。

表1 FlexRayの適合性試験仕様

バージョン	仕様	適合性試験仕様
FlexRay 2.1	FlexRay communications system -protocol specification -Electrical physical layer specification	Protocol CTSpecV2.1 Physical Layer CTSpec V2.1 Revision A/B
FlexRay 3.0	FlexRay communications system -Protocol specification -Electrical physical layer specification	Protocol CTSpec V3.0 Physical Layer CTSpec V3.0

出所) 筆者作成

さて、CTSspecに対する適合性評価機関としてFRCに選定されたパートナーは、プロトコル適合試験についてはドイツの認証機関TÜV Nord、物理層適合試験についてはドイツのコンサルティング会社C&SとTZM(TZ Mikroelektronik)である(表2)。

表2 FlexRayの適合性評価機関と担当試験

機関名	担当試験
TÜV NORD (認証機関)	プロトコル適合試験
C&S Group (コンサルティング)	物理層適合試験
TZM (コンサルティング)	物理層適合試験

出所) 筆者作成

FRCのCTSspec策定プロセスは、次節に見るコンソーシアム参画企業の協働を重視するJasParとは対照的である。FRCにはコンフォーマンスWGが設置されていた。しかし、CTSの開発自体はWGではなく、WGのメンバー企業であるC&Sにアウトソーシングされた。C&Sが選定された理由は、CANやLINの適合性評価に関わってきた実績が評価されたこともさることながら、当時コンフォーマンスWGの幹事企業であったVWの影響力が大きかった。他の候補としてTTAutomotiveやTÜV Nordなど複数社が名乗りを上げ、WG内の投票によってC&Sではなく他社で決まりかけていた。しかし、VWによる強硬な反対によって投票結果は覆され、C&Sが選定されることになった<sup>16</sup>。WGでは、C&Sの開発方針に従って仕上がってきたCTSspecのレビューを行い、それを参照して適合性評価機関に任命されたTÜV Nord、C&S、TZMによって適合性評価が行われる。

FRCは、基本仕様書の策定が目的である。仕様書通りにできているか、適合品の質を担保するためにいかなる特徴を持ったCTSspecにするのか、試験自体の設計カバレッジのあり方

を含め、必ずしも適正な手続きを踏まずに選定された特定企業に任せてしまっている。C&Sによって策定されたCTSpecは、複数の自動車メーカーのニーズを包括的に仕様に反映させたがゆえに、多くのユースケース<sup>17)</sup>に対応することができるという特徴をもつ。その反面、C&Sによって経済効率的なテストケースの生成に開発思想の重点がおかれた。したがって、CANと同じくユーザーとしての相互運用性を確かめるという観点からは不確実性を残すCTSpecになった。以上のような背景から、JasParでは「仕様通り製品が仕上がっていることの確率(probability)を高めるCTSpecの策定」に向けて、独自の標準化活動を推進し、相互運用性を担保し得る標準インターフェイスをFRCへ提示していくことになった。

### 3-3 JasParのCTSpecの特徴と策定プロセス

JasParのコンFORMANCE WGでは、2006年から2008年の3年間にわたって半導体ベンダだけではなく部品サプライヤや自動車メーカーのエンジニアが協働してきた。コンFORMANCE WGの目的は、相互運用性の面でユーザーが安心して使用することのできる標準インターフェイスを策定することである。ただし、CAN以上に抽象度が高く通信のスピードやパケットの大きさ、データの分割の方法など様々な適用の仕方が可能なFlexRayの場合、全てのユースケースについて、それらをカバーする試験項目の生成コストは禁止的である。そこでWGでは、自動車メーカー間の水平的調整を通じたユースケースの絞り込みによってパラメータ数を限定した。具体的には、FlexRayの通信スケジュールをいくつかのパターンにパッケージ化し、すべてのパラメータが決定された。絞り込まれたユースケース(推奨アプリケーション)ごとに要件を精査、各メーカーの要求値の調整を同時に行い、ユーザーが定義すべき標準パラメータが提示された。ユースケースが絞られることによって通信パラメータも限定され、ユーザーはより簡単かつ安価なパラメータ設定が可能になる。

他方、異なるベンダ製のデバイス間の相互運用性を高めるために、実使用環境下の物理的・電氣的・論理的な影響を考慮して、限定されたパラメータに対して適切なデフォルト値を決めていった。具体的にコンFORMANCE WGでは、FRCの仕様書に対してユースケースを制限しつつ試験項目が網羅的に抽出された。たとえばコンFORMANCE WG傘下のデータリンク層タスクフォース(TF)では、マイコンの振る舞いが記述されたFlexRay仕様のSDL(Service Description Language)図に着目してパスチェックが行われ、パスカバレッジ100%の試験仕様が策定された。並行して、その妥当性検証を行うための検証環境の構築も進められた。

物理層TFでは、FRCの物理層仕様書を検証した上で全ての試験項目を洗い出してFRCではカバーされていない試験項目の差分をJasPar仕様として追加し、それらの妥当性検証を行ってきた。具体的には、FlexRayのバスドライバに関わる物理層仕様書を検証した結果、試験項目が140件分しかカバーしていないということが判明し、カバレッジが100%になるよう

に **JasPar** として66件の試験項目が追加されている (表3 参照)。

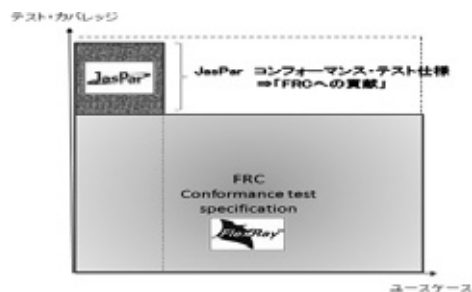
表3 **JasPar** による試験仕様の追加

	総試験項目	FRC の対物理層仕様 試験項目数	<b>JasPar</b> の追加 試験項目
試験項目数	206	140	66

出所) 筆者作成

コンFORMANCE WG で策定されてきた **CTSpec** の特徴を **FlexRay** のそれと比較したものが図3である。自動車メーカー間の水平的調整によるユースケースの絞り込みによって、**JasPar** ではテストカバレッジを高めるための活動に資源を振り向けることにした。その結果、**FRC** に対して「狭くて深い」特徴をもつ **JasPar** 版 **CTSpec** が策定された。標準インターフェイスの確実性と汎用性のトレードオフにおいて、相互運用性の面で確実性を重視する開発思想をもって **CTSpec** が策定されたと言することができる。

図3 **FRC** と **JasPar** の **CTSpec** の関係

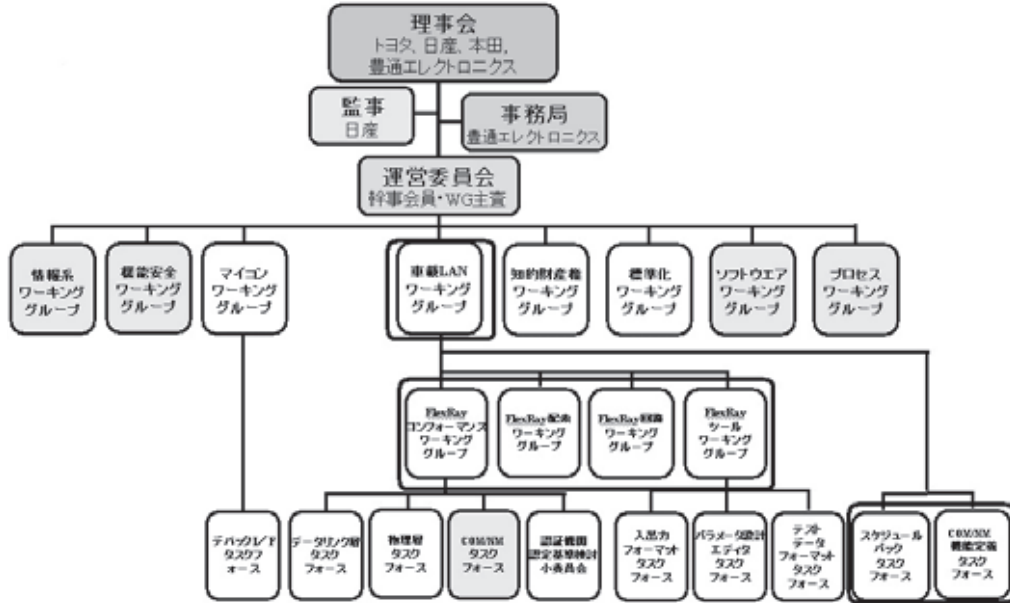


出所) 筆者作成

#### 4 **JasPar** の調整メカニズム

2006年に活動を開始した車載 LAN WG と傘下の4つのWG (**FlexRay** 回路WG, **FlexRay** 配索WG, **FlexRay** ツールWG, **FlexRay** コンFORMANCE WG) および2つのTF (スケジューリングTF と COM/NM 機能定義TF) は、相互運用性の面で確実性を重視する開発思想をもって **CTSpec** の策定にあたった (図4 参照)。開発にあたっては、各WGの成果の相互フィードバックが図られていたが、本セクションでは「狭くて深い」特徴をもつ **JasPar** 版 **CTSpec** に向けて、コンソーシアム内でどのような調整メカニズムが働いていたのかに焦点を当てて **JasPar** の活動を掘り下げていく。

図4 2008年当時のJasPar 組織図



出所) JasPar HP

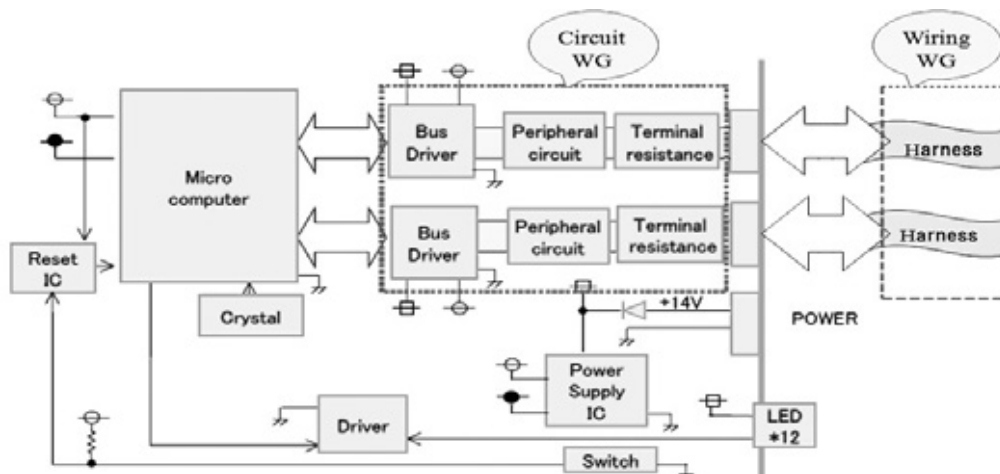
#### 4-1 垂直的調整メカニズム

車載 LAN WG 傘下の回路 WG は推奨回路の策定にあたって、補完コンポーネント間の垂直的コンパティビリティの確保を重視して、半導体ベンダやワイヤハーネス・メカによる垂直的調整を図った。垂直的コンパティビリティを高めるためには、耐電磁気性、ノイズ放射特性など、コンポーネントへの様々な物理的・電気的相互作用を考慮する必要がある。それは、使用環境がシステムに与える不確実性を減らしておくためである。その上で試験すべきパラメータのデフォルト値を設定するのだから、システムを構成するコンポーネントのサプライヤ間の実験結果の共有は欠かせない。

パラメータの設定にあたっては、関連 WG 間の調整が図られた。具体的に、FlexRay 回路 WG において策定された推奨設計パラメータには、車載 LAN WG によって提示されたスケジュールバックを守るためのタイミング要件や FlexRay 配線 WG から提出されたデータ<sup>18</sup>が反映された。FlexRay のような高速通信は、繋ぎ方を決めるだけで相互運用性を担保することはできない。回路側の条件を理解したうえで配線を組んでいく必要がある。回路 WG は FlexRay の評価基準を策定し、これをベースに JasPar としての推奨回路を決めていた。

配線 WG は配線シミュレーションデータから配線自由度を確保する為のバスドライバ要求特性を抽出した。抽出された要求特性は回路 WG にフィードバックされ、推奨回路が決められた。さらに配線 WG は推奨回路に基づいて配線シミュレーションが実施された後、配線仕様書が策定された。インターフェイスにバスの解（調整メカニズム）を探索的に埋め込んで

図5 推奨回路評価とWG間の調整



出所) 筆者作成

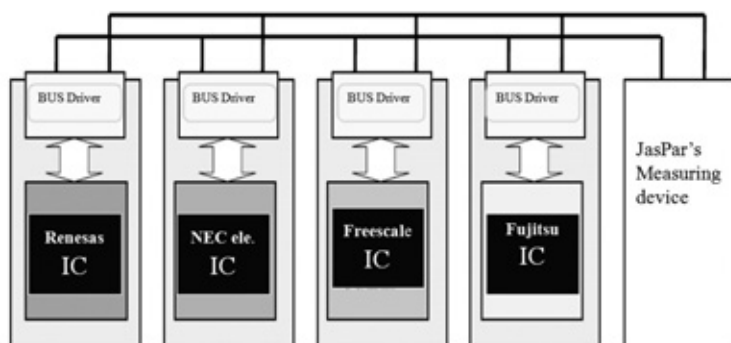
いくために、WG間の垂直的調整が図られていたといえる(図5)。

#### 4-2 水平的調整メカニズム

他方、自動車メーカーとしては、どこの半導体ベンダのマイコンが組み込まれたECUであっても水平的コンパティビリティが確保され、相互運用性の問題に苛まれることが無いように、半導体ベンダ間の水平的調整が進められた(図6)。具体的には、実際に各半導体ベンダのマイコンをつないでシステムレベルの相互運用性評価が行われた。それにより、各ベンダ固有の問題点やプロトコル仕様自体の問題点が顕在化され、その検証結果は垂直的コンパティビリティを確保するための活動へフィードバックされていった。

標準に準拠していることが、必ずしもユーザーにとって満足いく相互運用性を保証するも

図6 相互接続性評価



出所) 筆者作成



のではない。とするならば、垂直的コンパティビリティと水平的コンパティビリティを確保するための二段階の接続性の妥当性確認作業が必要になる。ユーザーが複数社調達しても相互運用性に問題ない「円滑な市場取引」を望むのであれば、本セクションで見てきたように、補完財間の垂直的コンパティビリティ確保のための企業間の垂直的調整が必要条件であり、代替財間の水平的コンパティビリティ確保のための企業間の水平的調整が十分条件になる。

以上のような各WG間の垂直的・水平的調整の成果が、コンフォーマンスWGの活動へフィードバックされていった。そして、コンフォーマンスWGにて抽出された試験項目とFRCの試験項目の差分に対して妥当性検証が行われ、FRCに比して「狭くて深い」CTSpecが策定されたのである。

## 5 事例分析の考察とまとめ

日欧コンソーシアムの調整メカニズムを比較した場合、FRCにおける自動車メーカー間の水平的調整は、必要要件が追加的に仕様に盛り込まれる方向へ作用した。その結果、パラメータ数が膨れ上がり「抽象的」と評される標準インターフェイスの特徴が形成された。普及という観点からは、仕様の汎用性が高いがゆえに標準化競争を展開するライバル仕様(TTP/C)に対して競争優位を発揮することができた。その反面、相互接続性の確保という観点からは、テストカバレッジ100%のCTSpecの策定コストが禁止的であるがゆえに、試験をパスしてもなお不確実性要素を残す「浅くて広い」CTSpecになった。インテグレーションに対する付加価値という視点からみると、不確実性要素を残す「浅い」CTSpecによって、相互運用性に関わる「品質」プレミアムがユーザーである自動車メーカーに残されているということもできる。

そのような特徴をもったCTSpecの策定作業は、C&Sにアウトソースされていた。ところでC&Sはなにゆえ「浅くて広い」CTSpecを策定しなければならなかったのか。テストカバレッジを限定し得たように、ユースケースを限定して「確実性の高い」CTSpecを策定する選択肢もあったのではないか。勿論、直接的な理由はC&Sにそのような仕様を開発するためのケイパビリティに制約があったということであろう。しかし、不足するケイパビリティはコンソーシアムの他社のリソースを利用することによって十分補完可能であったはずである。

C&Sが作成した「浅くて広い」CTSpecに影響を及ぼした要因のひとつに、コンソーシアムのガバナンス構造、すなわち既述の通りコンソーシアムの設立にあたった4社のうち2社(フィリップス：現NXP、モトローラ：現フリースケール)が半導体ベンダであり、FRCのコア・メンバーでもあったことが影響していた可能性がある。半導体ベンダは、数多くのユーザーのユースケースに対応したマイコンを、なるべく少ない適合性評価費用で済むように供給していきたいインセンティブをもつ。そこで、検証されるべき次の仮説が導かれる。

- ・ 仮説1：FRCが「浅くて広い」CTSpecを策定したのは、多くのユーザーに安価な適

合性評価費用でマイコンを供給したい半導体ベンダのインセンティブが、コンソーシアムの意思決定に強く働いたからである。

ただし、FRCの自動車メーカーであってもJasParの自動車メーカーと同じように、インテグレーション・コスト節約的な「確実性の高い」CTSpecのニーズがあってもおかしくはない。それにも関わらず、「浅くて広い」CTSpecが策定されたのはなぜなのか。逆にそのような仕様で自動車メーカーが困らない理由は何なのか。

C&Sが作成した「浅くて広い」CTSpecに影響を及ぼしたほかの要因として、欧州自動車メーカーのインテグレーション能力の高さが影響していた可能性も指摘できよう。それは、日本自動車メーカーが得意と言われる、事前(ex ante)のすり合わせによって、最適ではあるが再利用性の乏しいアドホックなインターフェイスを策定して製品システムを統合していくことの出来るインテグレーション能力とは異なる。それは、標準化されてはいるが不確実性が内在する仕様を事後(ex post)の検証によって補正し、製品システムを統合していくことの出来るインテグレーション能力である。そのようなインテグレーション能力を自動車メーカーが有しているとき、「品質」プレミアム獲得のインセンティブが働くであろう。

- ・ 仮説2：FRCが「浅くて広い」CTSpecを策定したのは、相互運用性に関わる「品質」プレミアムを獲得したい自動車メーカーのインセンティブが、コンソーシアムの意思決定に働いたからである。

他方、JasParでは相互運用性が担保された標準インターフェイスの策定のために、自動車メーカー間でユースケースを限定して必要要件を絞る方向で調整がはかられた。垂直的コンパティビリティについては、関連するサプライヤ間の実験と検証を通じて限定されたユースケースの範囲でパラメータのデフォルト値が設定された。その上で、カバレッジ100%のテスト項目が網羅的に抽出された。また、代替的コンポーネント間の水平的コンパティビリティを確保するために、ベンダ間でも相互に調整が進められていた。別の角度から見ると、JasParでは不確実性要素を排除した「深い」CTSpecによって、相互運用性に関わる「品質」プレミアムが仕様(市場の中に事前に埋め込まれているということもできる。それではなぜJasParは、相互運用性に関わる「品質」プレミアムをインターフェイスの中に埋め込むことにしたのだろうか。

そこには、日本自動車メーカーによるサプライヤの評価能力が影響していた可能性がある。日本の自動車メーカーは、機械部品については内製や技術蓄積を背景にしてサプライヤに対する高い交渉力を発揮してきた。しかし、マイコンをはじめとする組込みシステムの構成コンポーネントについては、サプライヤの技術のブラックボックス化が懸念されているとともに、機械部品ほどにサプライヤの評価能力が十分に育っていない(徳田, 2008; 佐伯, 2012)。評価能力が備わっていない自動車メーカーのインテグレーション・コストは高くならざるを得ない。相互運用性に関わる「品質」プレミアムも、サプライヤに握られてしまう可能性もある。したがっ

て、日本の自動車メーカーには、評価能力を補う方策のひとつとして CTSpec を活用するインセンティブが働くことになる。

- ・ 仮説3：JasPar が「深くて狭い」CTSpec を策定したのは、サプライヤの評価能力の不足を補いたい自動車メーカーのインセンティブが、コンソーシアムの意思決定に働いたからである。

以上、FRC との比較のもと、JasPar 車載 LAN WG における調整メカニズムに着目して標準インターフェイス策定プロセスを分析した。そして、日欧のコンソーシアムが、それぞれ異なるプロセスを選択したガバナンス上の要因として3つの仮説を提示した。

ところで、JasPar では企業間の垂直的・水平的な調整を通じて「深くて狭い」CTSpec が策定されてきたが、このような調整がそもそも何のために必要であったのだろうか。それは、垂直統合的かつクロズドな製品アーキテクチャを垂直非統合的かつオープンなアーキテクチャへと転換するために、コンポーネント間のインターフェイスを標準化するためである。標準インターフェイスによって分割されたシステムが、分割後に余分なインテグレーション作業を行わなくて済むように、サプライヤ間の調整の成果がインターフェイスに埋め込まれたのである。ラングロアの言う、モジュールを「別個の手」に配置してすっきり切り分ける能力は、サプライヤ間の垂直的・水平的調整（垂直的・水平的相互調節：mutual adjustment）の成果を通じて計られる。

「組み合わせのためのすり合わせの場」と評される JasPar であるが、より厳密には「確実な組み合わせのためのすり合わせの場」、 「事後 (ex post) の円滑な市場取引の実現のために、事前 (ex ante) に調整メカニズムをインターフェイスに埋め込むためのプラットフォーム」と言える。そして日本発の標準インターフェイスは、それにより促される市場取引の信頼性を制度的に支える調整メカニズムであり、それ自体が制度として効率的な市場メカニズムの発展に貢献し得る<sup>19</sup>。

以上、日欧の異なるふたつのコンソーシアムによる FlexRay の標準策定プロセスの観察を通じて、技術的に同じ標準化の対象であったとしても、それを策定する主体によって生成されるインターフェイスはそれぞれ「異質な表情をもった」ものであることが明らかにされた。そして、別途の検証を必要とするが、日欧それぞれのコンソーシアムのガバナンスメカニズムの違いが「異質な表情」に影響を及ぼしていることが示唆された。このことは「いかなる標準インターフェイス」を策定するために、どのようなガバナンスメカニズム（ないし組織・組織間アーキテクチャ）を選択すべきなのかについて、アーキテクトの主体的な取り組みをモデル化し得る可能性を同時に示唆しているものと思われる。

## 註

1 この仮説に対しては様々な批判的検討がなされているが (e.g. Lamoreaux, et al, 2003 :

- Sabel= Zeitlin, 2004), それら相互の検討内容については, 谷口(2006), 渡部(2007)を参照されたい.
- 2 同書の別の箇所では「必要とするときに, 必要なケイパビリティをもたないことに起因する費用」として, 特に「動的ガバナンス費用」と称するべきかもしれないという. 適時必要なケイパビリティを持たないということは, 内部組織の費用にもなり得るからである. (Langlois=Robertson, 1995: 35).
  - 3 市場の密度の高さは, 市場取引をサポートする制度の進化の程度を示す. それを構成する要素は, 技術, 人口, 所得などから成り立つ外的な環境変数の総体である. たとえば技術の変化が効率的生産の最小規模を引き下げた結果, 動的取引コストは低減し (Langlois, 2003: 379), 生産工程の通量を確保する“チャンドラー型企業”の必要性が低くなった.
  - 4 バファリングの緊急性は環境の変化や不確実性を緩める必要性の緊急性を示す. 19世紀末に技術の進歩が起り規模と範囲の経済性が実現可能になった. しかし, 市場にはそれを可能にするだけのケイパビリティが無かった. これらの経済性を実現するに足る通量 (thorough put) を安定的に確保するために, 企業は買い手と売り手を統合して, 経営者の見える手による不確実性のバファリングが行われるようになった.
  - 5 ラングロアは, トンプソン (Thompson, 1967: 20) の命題「合理性の規範に従い組織は, コア・テクノロジーをインプットとアウトプットの構成要素で取り囲むことにより, 環境からの影響をバッファーしようとする」に基づき, バファリングの形態として在庫や予防的保守のほか, サイモン (Simon, 1962) のシステム分解 (system decomposition) の概念がバファリングと結びついているとする. 分解された部分間, あるいはモジュール間の相互作用は最小限になり, 公式的なインターフェイスを通じて規定される (Langlois, 2003, : 354-355).
  - 6 論者によってモジュラー化の定義は異なる. Ulrich は, 機能に基づきモジュラー化を定義している. ここで製品アーキテクチャとは, 製品の機能要件が物理的要素群に割り当てられた体系 (scheme) であり, それは (1) 機能的要素の配置 (arrangement), (2) 機能的な要素の物理的なコンポーネントへの照応 (mapping), (3) 作用しあう物理的コンポーネント間のインターフェイス仕様によって定義される (Ulrich, 1995 : pp. 419-422). 他方, Baldwin=Clark や青木は, 構造に基づきモジュラー化を定義している. 青木 (2002) は, ひとつのシステムやプロセスを, 一定の連結ルールに基づいて独立に設計されうる半自律的なサブシステムに分解することをモジュラー化としている.
  - 7 ところで, 製品アーキテクチャ論では, インターフェイスの広がり軸にして, 製品システムをオープン・アーキテクチャとクローズド・アーキテクチャに分類している. ラングロアが指摘しているように, 生産段階の分化が進むもっとも端的なケースは, 標準化されたインターフェイスが製品をモジュラー・システムに転換する場合である (Langlois, 2003 : 374). ラングロアは暗に企業の枠を越えて社会化されたインターフェイスを標準とみなしているが, 製品

アーキテクチャ論では、そのようなインターフェイスを持つ製品をオープン・アーキテクチャとして企業内でインターフェイスが完結するクローズド・アーキテクチャの製品と区別している。

- 8 ボールドウィン<sup>8</sup>は別書において、相互依存的システムをモジュール化するコストとして、デザイン・ルールを制定し普及させるコスト、モジュール・システムの潜在的な価値を実現するために必要な実験を行うコスト、それらが企業の枠を越えて行われる場合の取引コスト、モジュール・システムとその制度的環境に内在するエージェンシー・コストを指摘している (青木・安藤, 2002, pp. 91-93)。
- 9 しかしラングロアの一連の論稿のなかには、半導体製造装置産業のクラスターツールの製造にあたって垂直統合を行うものと、分割された企業が技術的な標準を使っているものの競争を考察する中で、標準の策定のために企業ないし標準化グループが多くの努力を費やしたことを指摘しているものもある (Langlois, 2004 b)。
- 10 彼らのフレームワークは、同じ新制度学派にあっても市場と企業 (階層) の二分法のもと、より効率的なガバナンス構造の分析に焦点が当てられた取引コスト論者のフレームワーク (c.f. Coase, 1937; Williamson, 1975) との違いが強調される。取引コスト論者は、取引に際する市場の不完全性を回避する効率的な「代替メカニズム」として、市場に対する企業の存在を取り扱った。これに対しラングロア等は、ケイパビリティ論に依拠しつつ、市場と企業を代替的というよりはむしろ補完的な関係として捉えている。すなわち、技術の選択を左右する生産費用と、市場と企業のあいだのアクティビティの分業の仕方を左右する取引費用の双方を、時間の経過の中で考察しなければ、企業境界の変化を説明できないと考えている (谷口, 2006 : 217)。ここでラングロア等は、企業の境界を決する両者の費用の違いは、企業と市場 (他社) の相対的な学習能力によって左右されるとする。と同時に、市場の学習能力は技術的要素や制度的要素によっても左右される (Langlois=Robertson, 1995 : 33)。筆者は両者の相対的な学習能力を左右する、標準に代表される制度的な要素の形成プロセス、そしてそのプロセスに関わるコンソーシアムをはじめとする組織間ネットワークに次なる研究ターゲットを設定する。そういう意味において、筆者の研究フレームワークは次の二点において三分法といえる。それは、市場と組織に並んで経済発展の原動力としての制度 (標準) に着目している点及び、制度 (標準) の形成 (調整メカニズムが埋め込まれる) プロセスに出現する市場でも階層組織でもない第三のガバナンス構造 (Lamoreaux, et al, 2003, 407 が長期的関係 : long-term relationship と称するもの) を分析対象にしているという点である。
- 11 自動車用に開発された CAN は、その後、農業機械や船舶、医療器具、織物機械、エレベータ制御、FA 機器 (規格名 : DeviceNet) にも採用されている。
- 12 標準化されたのは、SAE J2411 (低速)、SAE J11898 (高速) である。
- 13 パラメータの選択の自由ではなく、あるレンジの中でパラメータを自由に創造可能という意味。

- 14 つながらない要因については半導体ベンダ(ルネサスエレクトロニクス)に対する筆者ヒアリング(2012年2月13日)に基づく。
- 15 ロバスト性テストの点からも不十分であった。ロバスト性テストとは、外乱や設計誤差などの不確定な変動に対して、システム特性が現状を維持できるか否かを検証する試験のこと。実際の設計開発現場では、設計誤差、物性値の変化、入力信号に含まれるノイズなどの同定が困難な変動に対して、対象となるシステムが安定した特性を得られるように配慮することが求められる(CDAJ, 2012)。
- 16 C & S 社(2008年11月26日)およびデンソー(2008年1月7日, 2012年2月22日)への筆者ヒアリングに基づく。
- 17 使われ方のこと。標準インターフェイスを使って実現可能な機能やアプリケーションの多様性に比例して使われ方が増える。
- 18 たとえば、バスドライバの時間的な特性や電圧特性に関するデータ。
- 19 但し、サプライヤから見れば「JasPar 版」CTSpecの開発コストを補って余りあるだけの収益確保が見込まれない限り、そのような仕様の策定に精を出すということにはならない。彼らのインセンティブを高めるためには、限定されたアプリケーションの中で数が多く出る施策を講じなければならない。

#### 参考文献

- ・ Baldwin, C. Y., K. B. Clark. (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, Cambridge, MA, MIT Press. (安藤晴彦訳『デザイン・ルール：モジュール化パワー』東洋経済新報社, 2004年)
- ・ Brusoni, S., Prencipe, A. (2001 a) "Unpacking the Black Box of Modularity: Technologies, Products and Organizations", *Industrial and Corporate Change*, 10 (1) : 179-205.
- ・ Brusoni, S., Prencipe, A. (2001 b) "Managing Knowledge in Loosely Coupled Networks: Exploring the link between Product and Knowledge Dynamics", *Journal of Management Studies*, 38 (7) : 1019-1035.
- ・ Coase, R. H. (1937) "The Nature of the Firm", *Economica*, New Series, 4 (16) Nov.: 386-405.
- ・ Göpfert, J. (1998) *Modularisierung in der Produktentwicklung: Ein Ansatz zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organization*, Gabler Verlag, Wiesbaden
- ・ ISO. (2011) *Road vehicles Functional safety Part 1: Vocabulary*, Edition: 1.
- ・ Lamoreaux, N. R., Daniel M. G. Raff., Temin, P. (2003) "Beyond Markets and Hierarchies: Toward a New Synthesis of American Business History", *American Historical Review*, 108 (April) : 404-433.
- ・ Langlois, R. N. (2003) "The Vanishing Hand: the changing dynamics of industrial capitalism", *Industrial and Corporate Change*, 12 (2) : 351-385.

- ・ Langlois, R. N. (2004 a) “Chandler in a Large Frame: Markets, Transaction Costs, and Organization Form in History”. *Enterprise and Society*, 5 (3) : 355-375.
- ・ Langlois, R. N. (2004 b) “Competition through Institutional Form: the Case of Cluster Tool Standards”, Department of Economics Working paper Series, University of Connecticut, Working Paper 2004-10.
- ・ Langlois, R. N., Robertson, P. L. (1995) *Firms, Markets and Economic Change: A Dynamic Technology of Business Institutions*, Routledge
- ・ Parnas, D. L. (1971) “Information Distribution Aspects of Design Methodology”, Proceedings of the IFIP Conference, Vol. 1, pp. 339-344.
- ・ Sabel, C. F., Zeitlin, J. (2004) “Neither Modularity nor Relational Contracting: Inter-Firm Collaboration in the New Economy” *Enterprise and Society*, 5 (3) : 388-403.
- ・ Simon, H. A. (1962) “The Architecture of Complexity”, Proceedings of the American Philosophical Society, 106, pp. 467-482; reprinted in *The Science of the Artificial*, 2nd edn. MIT Press: Cambridge, MA (1981)
- ・ Thompson, J. D. (1967) *Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory*, New York: McGraw-Hill (監訳：高宮晋／訳：鎌田伸一・新田善則・二宮豊志 (1987年) 『オーガニゼーション・イン・アクション』 同文館 『オーガニゼーション・イン・アクション』 同文館, 1987年)
- ・ Tokuda, A. (2009) International Framework for Collaboration between European and Japanese Standard Consortia, in Kai. Jacobs, eds. *Information and Communication Technology Standardization for E-Business Sectors*, IDEA Group Publishing. pp. 157-170.
- ・ Ulrich, K. (1995) “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm”, *Research Policy*, 24 (3) : 419-440.
- ・ Ulrich, K., Eppinger, S. D. (1995) *Product Design and Development*, New York: McGrawHill
- ・ Williamson, O. E. (1975) *Markets and Hierarchies*, New York: The Free Press. (邦訳：浅沼萬里・岩崎晃訳 『市場と企業組織』 日本評論社, 1980年)
- ・ 青木昌彦・安藤晴彦編 (2002) 『モジュール化：新しい産業アーキテクチャの本質』 東洋経済新報社
- ・ 青木昌彦「産業アーキテクチャのモジュール化：理論的イントロダクション」青木昌彦・安藤晴彦編 (2002) 『モジュール化：新しい産業アーキテクチャの本質』 東洋経済新報社, pp. 3-33.
- ・ 青島矢一・武石彰 (2001) 「アーキテクチャという考え方」 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編 『ビジネス・アーキテクチャ製品・組織・プロセスの戦略的設計』 有斐閣, pp. 27-70.
- ・ 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

- ・ 谷口和弘 (2006) 『企業の境界と組織アーキテクチャ：企業制度論序説』 NTT 出版
- ・ 鶴光太郎 (2002) 「「モジュール化」の経済学」『RIETI Discussion Paper Series』 02-J-009: 1-34.
- ・ 徳田昭雄 編 (2008) 『自動車のエレクトロニクス化と標準化：転換期に立つ電子制御システム市場』 晃洋書房
- ・ 徳田昭雄・立本博文・小川紘一 (2011) 『オープン・イノベーション・システム：欧州における自動車組込みシステムの開発と標準化』 晃洋書房
- ・ 延岡健太郎・上野正樹 (2005) 「中国企業の情報家電における競争力：モジュラー型製品開発における組み合わせ能力の限界」『国民経済雑誌』 191 (4) : 35-51.
- ・ 渡部直樹 (2007) 「ラングロアの「消え行く手 (vanishing hand)」仮説の批判：ポスト・チャンドラー・エコノミーと歴史法則主義」『三田商学研究』 50 (3) : 57-81.

#### URL

- ・ <https://www.JasPar.jp/> JasPar Web page



## Setting Process of the Standardized Interface as a Coordination Mechanism : Comparative Analysis of Automotive LAN Conformance Test Specifications in Japanese and European Consortia

TOKUDA Akio \*

### Abstract

This paper deals with the embedded process of the coordination mechanism into the standardized interface. For this purpose I focus on both the standardized interface as the coordination mechanism and its conformance test specifications. The standardized interfaces are expected to enhance the “smooth market transactions” only if their conformance test specifications guarantee that are operating in conformity with the standard. How should the coordination mechanisms be embedded? How should the trustworthy test specifications be created? To answer these questions, we make a comparative analysis of the embedding process between European and Japanese consortia in the automotive bus-system. By dealing with the cases, I clarify firstly what kind of “coordination mechanism” and “governance mechanism” are affected by the standardized interface as ex post coordination mechanism : secondly how the standardized interface accelerates the “smooth market transactions” or not.

### Keywords

Standardization, Conformance Test, Standardized Interface, Coordination Mechanism, FlexRay, JasPar

---

\* Correspondence to : TOKUDA Akio  
Professor, Faculty of BusinessAdministration, Ritsumeikan University  
1-1-1 Noji-higashi, Kusatsu, Shiga, 525-8577 Japan  
E-mail : att20023@ba.ritsumei.ac.jp

