

# 車載通信プロトコルの標準化に関する研究： 車載 LAN プロトコル標準化をめぐる日欧コンソーシアムの協調

徳田 昭雄 立命館大学経営学部准教授

## 1 はじめに

本論では、「国際標準」という学際的テーマの実態に迫るべく、次世代車載 LAN プロトコルのデファクト・スタンダード最有力と目される“FlexRay”の標準設定プロセスや、日欧双方のコンソーシアムにおいて擁立されている FlexRay コンフォーマンス・テスト仕様（以下コンフォーマンス・テスト仕様）のコンバージョンのあり様を分析する。分析にあたっては、標準化の主体である日欧の標準コンソーシアム（standard consortium）の戦略に着目する。ここで言う日欧の標準コンソーシアムとは、すなわち欧州発祥の FlexRay コンソーシアム（以下 FRC）と日本発祥の JasPar（Japan Automotive Software Platform and Architecture）のことである。

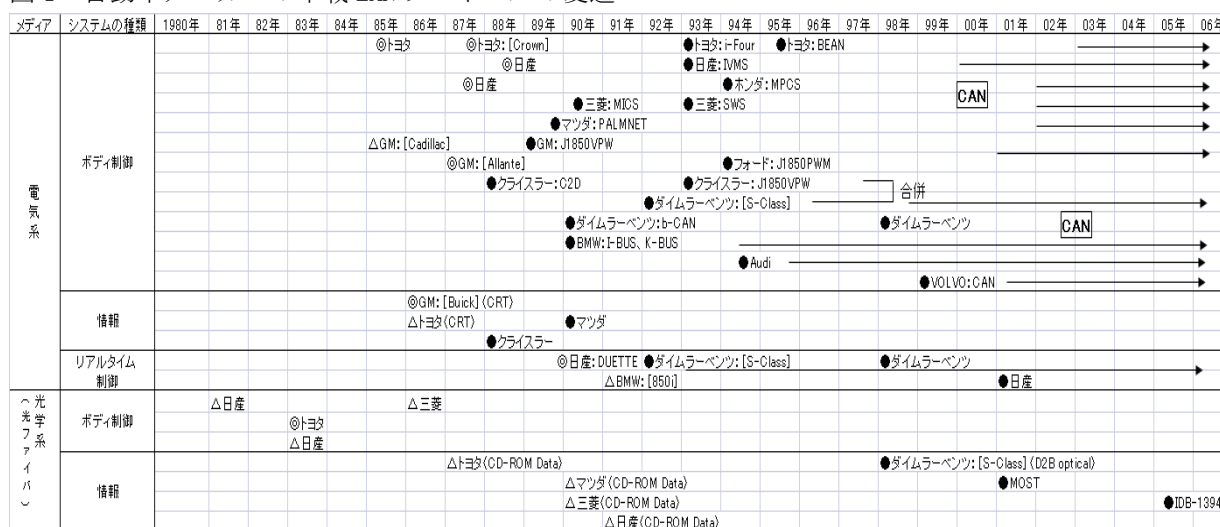
FlexRay をめぐる日欧コンソーシアムの標準化活動の事例は、まさに標準コンソーシアム内、あるいは標準コンソーシアム間の標準の設定に至る戦略のプロセス（政治決定プロセス）を分析するにあたって格好の素材である。そして、結果として設定されるコンフォーマンス・テスト仕様は、様々な主体の利害が調整された末に標準コンソーシアムの「規範的」判断に基づいて裁定された「妥協の産物」に他ならない。少なくとも日本の自動車産業、あるいは JasPar にとって不利な「妥協の産物」とならないよう、欧州の「規範的」判断に対する妥協点や交渉材料を戦略として持ち合わせて然るべきであろう。以下では、これら FRC に対する JasPar の諸活動を意味づける、あるいはその戦略性を問うための理論的基盤の提示を試みたい。

## 2 車載 LAN プロトコル標準化の歩み

### 2-1 独自仕様から標準仕様へ

1980 年初頭に車載 LAN プロトコル技術が自動車に導入されて以来、多くの自動車メーカーがそれぞれ独自にバス・システムを開発してきた。その変遷を図 1 で確認しておこう。

図 1 自動車メーカーの車載 LAN プロトコルの変遷



注) △: ポイント・ツー・ポイントシステム、◎: 集中制御システム、●: 分散制御システム。  
 [ ] 内は車種を示している。→はCANの採用時期を指すが、各社車種により異なるため、採用時期は厳密でない。  
 出所) 後藤・秋山「自動車用ネットワーク技術の動向」『デンソー テクニカルレビュー』82ページ、図1に、各種資料の情報を基に修正・加筆して作成。

車載 LAN の自動車への導入は、ボディ系制御システムから始まった。しかし、それらは光ファイバを用い

た制御システムであったため、コストやメンテナンスの面に課題があり普及には至らなかった。本格的に LAN が導入され始めたのは、1980 年代後半以降である。例えば、クライスラーは「C2D」、GM は「J1850VPW」、1990 年代に入ると、ダイムラーは「CAN」、BMW は「I-BUS」「K-BUS」、クライスラーは「J1850VPW」、フォードは「J1850PWW」、トヨタは「BEAN」、ホンダは「MPCS」、日産は「IVMS」など、各社独自のボディ制御系車載 LAN プロトコルを採用していた。しかし、欧米を中心にプロトコルの標準化が進展していく。1990 年代に米国では GM、フォード、クライスラーが米自動車技術会 (SAE) 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ベンツが CAN (Controller Area Network) を採用して以降、BMW や Audi、Volvo が CAN を採用することになった。2000 年以降には、CAN が SAE J1850 よりも通信速度が速いという利点や SAE が CAN を標準として認定したことから、SAE でも CAN の標準化が進められた。そして、2000 年に SAE J2411 (低速)、2002 年に SAE J11898 (高速) として CAN が米国でも標準化されたこれにより、米国メーカーも CAN の採用を開始している。

そもそも CAN は、1980 年代にボッシュによって開発されたプロトコルである。1983 年にダイムラーベンツからの依頼に応じて開発に着手し、1986 年 2 月に SAE 年次総会にて CAN を発表、1992 年にメルセデス・ベンツの S クラスで実用化された。1992 年には、CAN の標準化を推進する CAN in Automation (CiA) がドイツにて設立され、1993 年に ISO 11898 (高速)、1994 年に ISO 11519-2 (低速) として国際デジュール標準となった。これにより、欧州メーカーがボディ系と一部パワートレイン系のプロトコルとして CAN が広く採用されるようになった。

日本よりもひと足早く欧米にてプロトコルの標準化が進められた背景には、欧米 (特にドイツ) の主要自動車メーカーとサプライヤが標準化の方向性をいち早く固め、それを実現する為に必要なデバイス、ツール、ワイヤハーネス、ソフトウェア、故障診断システム等の供給を担う補完業者と協調しながらインフラ整備がなされた事があげられる。これに対し、日本ではプロトコルの開発が自動車メーカー各社にとって競争領域として捉えられていた。そのため、自動車業界として標準化を模索する状況になかったのである。しかし、

- ① 電子制御システムの拡大による開発工数急増によって、自動車メーカーがプロトコル技術を非競争領域として他社と共同開発する機運が高まってきたこと、
- ② 自動車メーカーによるシステムのイノベーションの実現や、異なるサプライヤの ECU を相互接続しなければならぬ状況下、CAN が標準仕様として宣言され、欧米でデファクト標準を形成しつつあったこと、
- ③ デファクト標準の形成と同時に、CAN が ISO 標準のプロトコルとしてデジュール化されたこと、
- ④ CAN 対応のプロトコルチップ内蔵のマイコンが開発されたこと、
- ⑤ ECU サプライヤのボッシュが ESC (横滑り防止システム) を販売する際、「CAN に対応するのであれば、接続先の ECU はボッシュ製品でなくても構わない」というマーケティング手法により、当初はコンバータをつけて CAN と独自プロトコルを組み合わせてきた自動車メーカーが、次第に CAN を使用するようになっていったこと、
- ⑥ 自動車メーカーにとって、規模の経済性によるデバイスや開発ツール、メンテナンスシステムのコストダウンや標準化によるグローバル調達の特長が、独自プロトコルを持つメリットを上回るようになってきたこと、
- ⑦ 半導体プロセスの変化に関わるソフトウェアのメンテナンスコストが、自動車メーカーの負担になってきたこと、
- ⑧ 米国の故障診断規制である車載診断装置ステージ II (OBD-II : On-Board Diagnostic System Stage II) が、CAN 経由で行われることが規定されたこと、

などの諸要因が相互に関わり合いながら、最終的に日本でも CAN がデファクト標準の地位を確立したのである。

## 2-2 FlexRay の登場

CAN に続くプロトコルとして、FlexRay が注目を集めている。近年、ネットワークを流れるデータ量が増大してきており、CAN よりも高速通信が可能な通信プロトコルが必要となってきた。FlexRay は通信速度が最大 10Mbps (CAN の 10 倍)、タイムトリガ方式により、どの ECU がいつ送信を実行するか厳密なスケジューリング設定が可能である。また、通信経路を 2 重化できるので信頼性も高い。このことは、高信頼性が必要とする X-by-Wire アプリケーションにも対応でき、例えば Steer-by-Wire システムへの商品化に向けた開発が開かれたことになる。

FlexRay の開発と標準化にあたっては、標準コンソーシアム (standard consortium) が主導的な役割を果

たしている。2000年にBMWとダイムラー・クライスラー（現ダイムラー）、半導体ベンダーのモトローラ（現 freescale）、フィリップス（現 NXP）の4社によってFRCが結成された。その後、ボッシュやGM、フォルクスワーゲンがFRCへ加わり、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FRCに加入している。FRCの目的は、車載LANプロトコルの共同開発とそのシステムの普及による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する一方、日本においてはJasParと協調関係を構築し、FlexRayの国際的な標準化を推進している。

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の対策が重要な課題であった。TTP/Cは、ウィーン工科大学から始まり、BRITe-EURAM研究プロジェクトなどのEUプロジェクトが支え、TTTech Computertechnikが主体となって開発したプロトコルである。TTP/Cの標準化は、2001年に設立されたコンソーシアムTTA-Group（元はTTAフォーラム）が推進しており、設立当初はアウディ、プジョー、ルノー、フォルクスワーゲン、ハネウェル、デルファイなどが参加していた。しかし、2003年にTTP/Cの推進者であったフォルクスワーゲンがFRCに取り込まれ、2004年にはルノーとプジョーが相次いでFlexRayに加入することになった。競合するTTP/C陣営の自動車メーカーをFRCに引き込むかたちで、最終的にFlexRayが次世代車載LANプロトコルのデファクト標準を握ったのである。

新しいプロトコル対応の部品開発にあたって投資負担の大きなサプライヤーにとって、双方のコンソーシアムを両天秤にかけながら標準化の行く末を占うような状況は望ましくない。一方、自動車の最終価格をなかなか引き上げることでできない状況にある自動車メーカーにとっても、他社との差別化要因になりにくいプロトコル技術が標準化されないが故に、部品やツールを安価でタイムリーに調達できない状況は望ましくない。FRCが主要な自動車メーカーをコンソーシアムに引き込むことに成功したこと、そしてFlexRayを次世代プロトコルとして使用するよう自動車メーカーに働き掛けながら、半導体ベンダーやツールベンダー、ソフトウェアハウスなど補完業者の参入を促したことが、デファクト標準を獲得した要因になっていると思われる。特に、プレ・コンペティション期における標準化競争では、最終ユーザー（自動車メーカー）を多数コンソーシアムに引き込んだうえで、当該技術がデファクト標準となるという補完業者の「予測」を形成することが重要と思われる。

### 2-3 FRCとJasParの関係

2004年、日本の自動車業界初の自主合意標準の形成を目指し、JasParが産声をあげた。JasParの目的は、車載電子制御システムのモジュラー化とインターフェイス標準によって、垂直統合的かつクロスロードな製品アーキテクチャを、水平分業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。JasParには、自動車メーカーのみならず、車載電子制御システムの開発に関わる補完業者を含め100社以上が参画している。

JasParにおける標準化は、主にECUのソフトウェアと車載LANプロトコルに関わるものであり、次の3つのインターフェイスを対象にしていた。すなわち、

- ① 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 複数のECUをつなぐ車載LANプロトコル、
- の3つのインターフェイスの標準化である。

JasParでは、車載ソフトウェアに関わる標準化については欧州のコンソーシアムAUTOSAR (Automotive Open System Architecture) の活動を、車載LANプロトコルに関わる標準化については、FRCの活動を多分に参考にしている。AUTOSARやFRCは欧州発祥のコンソーシアムであるが、日本企業でも参画可能であり、先述のように、FRCには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。したがって、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といっただろう。とはいうものの、当面JasParでは、日本発のデファクト標準を業界上げて擁立するというわけではない。AUTOSARやFRCとの協調関係（パートナーシップ）を深めつつ、欧州中心の標準化活動に対して日本からの貢献が認められるように「実際に使える」システムを仕上げていくことがJasParの方針である。

## 3 FRCとJasParの関係

### 3-1 高速版FlexRayとの棲み分け

FRCとJasParの協調関係は、分業に基づく協業関係として、次の2点の特徴を有する。ひとつは、FRCの標準化のターゲットが最大通信速度10MbpsのFlexRayである一方、JasParはFlexRayの仕様をベース

としながらも10Mbpsよりも低速の2.5Mbps及び5MbpsのFlexRayを別途擁立しようとしている点である。双方で違いが生じているのは、FRCが10Mbpsの速度で「X-by-Wireの実現」を目指しているのに対し、JasParは「CANの代替」としてFlexRayの利用をも視野に入れていることによる。

車載LANの伝送速度と、配索自由度及びコストはトレードオフの関係にあり、速度が上がるにしたがって配索自由度が落ち、コスト高になっていく。高速化によるコスト高を押さえながら、CAN並みの配索自由度を確保するというのがJasParの製品開発方針である。「大は小を兼ねる」というスタンスで10Mbpsに焦点を当てて開発を進めてきたFRCと棲み分けて、低速版FlexRayの標準化をいかにFRCと協調しながら進めていくことができるのかが、当面のJasParの課題である。

### 3-2 相互接続性の確保

分業に基づく協業関係のもう一つの特徴は、FRCがプロトコル技術やバス・システムなどFlexRayに関わる各種仕様を策定する一方、JasParがこれら仕様を検証しながら「実際に使える」システムを仕上げてFRCに貢献していく点である。すなわち、FRCでは仕様書の作成が主要な目的となっているのに対して、JasParでは紙ベースで出来上がった仕様書を実際実験して具体的なパラメータ設定などを行い、FRCに補足すべき点を提案していくという関係である。たとえば、FlexRay仕様には数多くのパラメータがあるが、それらのデフォルト値を決めるなど、実際に使う場合に必要な要件を実験し決定するのがJasParの役割である。

このような分業関係が生じた背景には、CANの二の舞を演じることのないよう、ECU間の均質かつ確実な相互接続性を担保し得る「コンフォーマンス・テスト（適合性試験）仕様を策定する」というJasParの意図があった。すなわち「テストカバレッジが広くて実装寄りのコンフォーマンス・テスト仕様（以下、カバレッジの広いコンフォーマンス・テスト仕様）。の作成がそれである。かつてCANを導入した際、仕様記述が抽象的であったり詳細が規定されていなかったりしたため、各ライセンシー（半導体ベンダー）がIPを独自に味付けして個別仕様差が生じた結果、バストラフィックに対する影響が出るなどECU間の相互接続性に問題が生じた。その結果、CANが標準化されていたとは言えるものの、自動車メーカーが複数のサプライヤからECUを調達して接続した際、なかなか上手くつながらず、何度もインテグレーションに関わる作業を重ねなければならなかった<sup>1</sup>。

コンソーシアム・テスト仕様のカバレッジが完全でない場合はいざ知らず、カバレッジを満たしていたとしても、実装時に自動車メーカーが求めるレベルでの相互接続性が保証されるとは限らないのが現実である<sup>2</sup>。CANがそうであったように、FlexRayでも実装依存箇所まで十分配慮した仕様を策定されているとは必ずしも言えない。JasParでは、そのような標準仕様（standardized specification）の脆弱性を排除するためのひとつの方策として、テスト項目を増やすなど、FRC以上の「カバレッジの広いコンフォーマンス・テスト仕様」が策定されているのである。

そして、JasParの次なる課題は、独自に擁立するJasPar発のコンフォーマンス・テスト仕様を日本発の貢献活動としていかにFRCに認知させ標準化を図っていくかにあり、この点においてもFRCとの協調のあり方が問われている。

### 3-3 知的財産権の取り扱いの相違

従来、知的財産権（IPR）の無償ライセンスが標準化の原則であったとすれば、近年の標準化においては、IPRの有償ライセンスが原則となりつつある（Kim, 2004）。つまり、今日では標準化組織の合意形成プロセスを経て標準が設定されたからといって、その標準が自由（無償で）に使用できるとは限らない。その標準の使用あるいは実行にIPRに関わる場合は、当該権利権者からライセンスを受けることが必要条件となる。

IPRの取り扱い政策についてJasParでは、設立当初から「知的財産権ワーキンググループ」において議論されてきた。そして、無償（royalty free）もしくは、標準関連のIPRについて標準を成立させる

<sup>1</sup> このほか、CANのコンパフォーマンス・テスト仕様に大きな修正がされるたびに、自動車メーカーや半導体ベンダーは既存のソフトウェア資産を書き換えるために相当の追加投資を余儀なくされたものと予想される。

<sup>2</sup> ECUのトランシーバから出力された信号が、ハーネスを伝わり通信相手のデバイスドライバで正確にサンプリングされるには、反射、発信特性・ループ遅延といった阻害要因を排除しながら、様々な電氣的・物理的現象を検証していく作業が必要である。

のに「技術的必須」で「自動車利用に限定<sup>3</sup>」したものについてRAND（合理的かつ非差別的）条件でIPRのライセンス可能な仕組みが構築されてきた（石田，2006）。何もかも無償ということになると、競争力のあるサプライヤのモチベーションや、様々なサプライヤの持つ能力を引き出すことは難しい。標準に含まれたIPの特許宣言（patent statement）をサプライヤにしてもらい、良いものをRAND条件で使ってもらうというのがJasParのIPR政策になっている。

ただし、一般にRANDという概念は、利害関係者の間でかなりの程度の解釈の柔軟性が見られる。そのため、サプライヤのモチベーションや能力を引き出すといっても、その「落とし所」はJasParの「規範的」判断に大きく依存する。そして、その判断はJasParのガバナンス構造によってある程度規定されてくるであろう。JasParの幹事企業の中にFRCのコアメンバーに見られるような大手半導体メーカーが入っていないことは、JasParの判断に少なからぬ影響をもたらす可能性がある。加えて、JasParのIPR政策をサプライヤのモチベーションや能力を引き出す契機とするためには、FRCとの協調関係の構築が欠かせない。FRCでは、基本的にコンソーシアムメンバーであれば、標準に含まれたIPは無償になっているという点で、JasParのIPR政策とは一線を画しているようにみえる。しかしながら、FRCではFlexRayシステムの実装に関わる推奨手段などについて別途アプリケーション・ノートが用意されており、これについてはIP保有者とのライセンス交渉を個別に要することから、双方のコンソーシアムとも仕様の「使い方」に関わる部分については、各社競争領域になっていると見てよいであろう。この点に関してIP保有者が留意しておかなければならないことは、JasParにおいてRAND条項が適用されたとしても、それがFRCにおいてもRAND、あるいはアプリケーション・ノートと同等の取扱いを受けるかどうかは未知数なことである。JasParでは、JasPar仕様の全部または一部がFRCにおいて採用される場合、FRCのメンバーであるJasPar会員企業はFRCの規定に従うことになっている

（Gerybadze=König, 2008）。したがって、JasParがIPR政策（RAND）から狙い通りの効用を獲得するためには、FRCにおいて潜在的なIP保有者が単独で当該IPの「アプリケーション・ノート化」を図るルートのみならず、日本発の「実装知財」をJasParとしてワンボイス化し、当該IPについてJasParと同等以上の条件をFRCに適用してもらう仕掛けや前例が必要になるかもしれない。

## 4 JasPar の協調戦略

### 4-1 精度と汎用性のトレードオフ

本節では、ECU間の相互接続性を重要視して、「カバレッジの広いコンフォーマンス・テスト仕様」の擁立を目指したJasParの戦略的意図やFRCへの対応策（協調戦略）を分析しておこう。

コンフォーマンス・テストとは、共通技術仕様を採用した製品がその仕様に準拠して動作することを検証するためにコンフォーマンス・テスト仕様に規定された試験であり、半導体ベンダーをはじめとするデバイスメーカーに対するガイドラインとなる情報である。そして、FRCやJasParは、それら情報を作成・標準化するために利害関係者によって構成された標準設定機関としてのコンソーシアムに他ならない。コンフォーマンス・テスト仕様自体は、コントローラ（ハード）やデバイスドライバ（ソフト）が仕様通りにできているかを検証するものに過ぎないが、結果を含めた検証の「質」は、相互運用試験（Interoperability Test: テスト対象製品を相互に接続したテスト）に依存する。たとえば、相互運用試験で問題が見つければ、それを新たなコンフォーマンス試験のテストケースに応用して問題を発見できるように改良できる。ここで、標準設定機関が、情報としてのコンフォーマンス・テスト仕様から得ることのできる効用に着目し、効用と予算制約が与えられたときの意思決定モデルを援用しながら、コンフォーマンス・テスト仕様設定の分析を行うことにしよう。

飛行機の力学的構造の専門家として第一次世界大戦後の太平洋横断飛行計画に携わった木村秀政は、飛行機設計上の根本原則として遠距離飛行に耐えうる飛行機の「強度規格」策定にあたって強度規格が「安全性と経済性との妥協」の上に成り立っていると述べている。そして、最大負荷や最低限必要な強度の評価には、①飛行機自身の個性、②操縦の個性、③天候の個性からなる偶発的な要素を理論的・実験的に研究し、出来る限り単純化を避けて個性を活かすべきであると説いた（1932, 1933）。個別条件に合わせて複雑な規格をつくり、飛行機の性能向上を最大限追究するか、あるいは量産の可能性と必要性を見込んで比較的単純な規格の下で設計を行うかの選択は、政治的経済的状況を勘案して、両者を秤にかける高度の判断が必要となってくる（橋本，2002）。飛行機の「強度規格」がそうであるように、乗り物の規格の策定は、常に「安全性と経済性」の

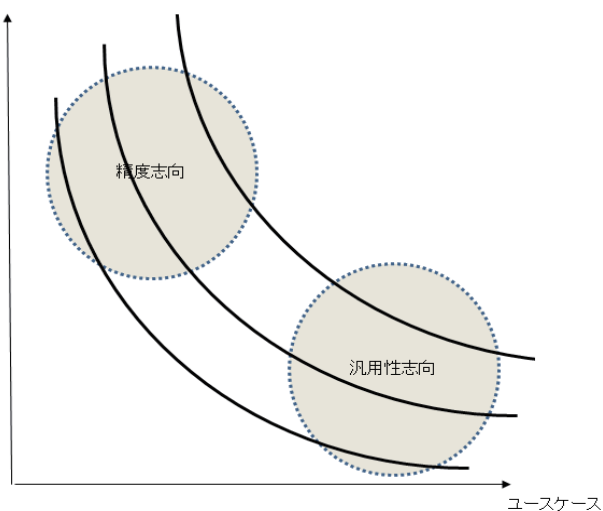
<sup>3</sup> 最近の標準の対象になっている技術は、多数の分野をカバーしているものが多いことから「自動車使用」に限ることによって、RAND条件が適用されるケースは限定的なものになると思われる。

トレードオフに晒されているのである。

FRC と JasPar 双方、自動車の安全性を重視して相互接続性が確実な LAN システムを開発するには、個別のユースケースに応じた「カバレッジの広いパフォーマンス・テスト仕様」を必要とするであろう。一方、スケールメリットを見越して様々なユースケースに対応可能な LAN システムの開発には、「汎用性の高いパフォーマンス・テスト仕様」の策定が望まれるであろう。「安全性と経済性」、あるいは「相互接続性とユースケース」の両者はトレードオフの関係にある。そして、そこで決まってくるパフォーマンス・テスト仕様の性質は「相互接続性とユースケース」の妥協の産物に他ならない。

さて、パフォーマンス・テスト仕様から得られる標準コンソーシアムの効用の多寡に影響を及ぼすものは、もちろん相互接続性とユースケースに限らない。その他にも効用に影響を与える財が想定されて然るべきであるが、ここではそれ以外の財については固定した上で、双方のトレードオフに着目する。所与の効用のもとで、その他の条件が等しい場合、パフォーマンス・テスト仕様の性質は、相互接続性は高いがユースケースの限定的なもの（精度志向の仕様）から、ユースケースにバリエーションはあるが相互接続性に不安を残すもの（汎用性志向の仕様）まで、同じ無差別曲線上に無数に存在する（図2参照）。

図2 無差別曲線とパフォーマンス・テスト仕様の性格  
相互接続性



出所) 筆者作成。

これら仕様の性質について、不確実性が存在しない状態であれば、汎用性志向の単純明快なパフォーマンス・テスト仕様が選択されることになるであろう。しかし、FlexRayの実装にあたっては、偶発的な要素や想定外の状況がECUの相互接続性に影響を及ぼす。したがって、コンソーシアムにとって様々な局面を想定し不確実性を折り込みながら、「ある程度」精度志向の仕様策定が現実的な解になってくる。このような観点からすれば、初期の位置や効用の多寡はともかく、JasParはトレンドとして無差別曲線の左上（精度志向の仕様）へ向かって解を模索していると解釈することができる。

#### 4-2 仕様策定上の制約

プロトコル技術に関わる各種仕様が標準化されていたとしても、仕様の性質によっては、各デバイスメーカーが独自に味付けを施す余地を残してしまう。かつてのCANは、仕様記述が抽象的であったり詳細が規定されていなかったりした。その結果、ECU間の相互接続性の問題が生じてしまい、自動車メーカーが実装した際、膨大なインテグレーション作業を要したのである。このような非効率的なシステム開発は、デバイスメーカーによる自主検証を軽減しパフォーマンス・テスト仕様の精度を高めていく方策によって改善される必要がある<sup>4</sup>。逆に、このことは「ある程度皆が味付けすることのできる抽象度の高い仕様だから普及し易い」ことの例証にもなるわけであるが、いずれにしるCAN

<sup>4</sup> もちろん、プロトコル技術や電気的物理層に関わる各種仕様自体の中身を厳密に規定しておくという方策もあるが、これについても、パフォーマンス・テスト仕様策定プロセスで得られた妥当性検証情報のフィードバックなしには合理的な仕様にはならないであろう。実際に JasPar では、プロトコル仕様自体の中身についてもフィードバックが行われている。

やFlexRayがインテグレーション作業を入念に実施するというコストをかけてはじめて成立する標準であることを強調しておかなければならない。

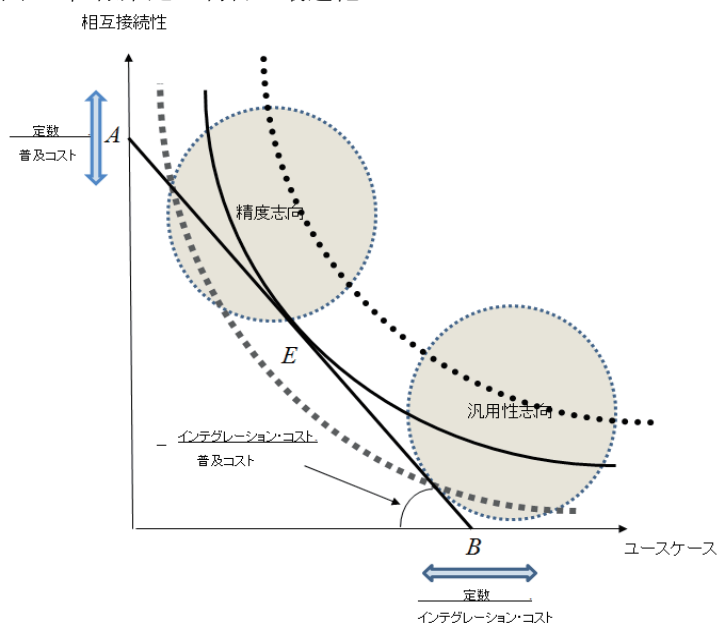
このように考えると、FRCやJasParがコンフォーマンス・テスト仕様を設定する際の制約として、以下のような式を想定することができる。

$$\text{普及コスト} \times \text{相互接続性} + \text{インテグレーション・コスト} \times \text{ユースケース} = \text{定数}$$

この式では、相互接続性（精度）の価格として普及コストを、ユースケース（汎用性）の価格としてインテグレーション・コストを指している。右辺の定数については、ここではコンソーシアムが直面している制約を数値化したものといった程度に考えておく。

この式を視覚化したものが、図3である。ここで線分ABはコンソーシアムの直面する制約線である。経営環境（価格）の変化に応じて、線分の傾きは変化する（切片が矢印のごとく、上下左右に移動する）。コンソーシアムの効用は、その制約線と無差別曲線の接点Eにおけるコンフォーマンス・テスト仕様の性質（相互接続性とユースケースの組み合わせ）を選択することによって最大となる。したがって、線分の傾きが大きくなれば、より精度志向のコンフォーマンス・テスト仕様を選択され、傾きが小さくなれば、より汎用性志向の仕様を選択されることになる。先述のように、今日ECU間のネットワーク化がますます進展しており、システムあたり単価としてのインテグレーション・コストは増加傾向にある。一方、プロトコルの国際的な標準化やコンバージェンスを進めようとする機運の高まりによって、普及コストは減少傾向にある。このことから、線分の傾きが大きくなる（切片Aは上、切片Bは左へ移動する）傾向にあり、そのような傾向・予測に後押しされて、より精度志向の仕様の策定がJasParで進められていると捉えることができる。

図3 仕様策定の制約と最適化



出所) 筆者作成。

さて、ここで式の解説をしておくと、制約条件が同じであれば、左辺の第一項は、

- ① コンソーシアムが相互接続性を高めようと精度志向の仕様を設計しようとするれば、ユースケースをある程度限定せざるを得ないがゆえに単価として仕様自体の市場普及コストが増大してしまう。その結果、仕様そのものを普及させたい企業やFlexRay関連デバイスやツールを大量に捌きたいサプライヤの反発を招くことを示している<sup>5</sup>。

これに対して、左辺の第二項は、

- ② FlexRayのスケールメリットを活かすべく、汎用性を高めて関連部品の供給や調達を安く抑えようすれば、相互接続性の観点からインテグレーション・コストがかさみ、特にこの点で同じ轍を踏みたく

<sup>5</sup> ユースケースに限定されない精度志向のコンフォーマンス・テスト仕様を策定するに越したことはないが、コストの観点からそれは困難である。また、仮にそれが可能であったとしても個別のケースに対しては冗長になってしまう。

ない日本の自動車メーカーをはじめとする企業は懸念を表明せざるを得ないことを示している。

#### 4-3 コンソーシアム内外の競争と協調

以上のことは、コンソーシアムに多くの利害関係者をメンバーとして加えたときの、コンソーシアム「内」における「競争・協調 (coopetition)」関係の様態を端的に表している。すなわち、FRCやJasParにおけるサプライヤと自動車メーカーとの関係である。コンソーシアム内におけるこのような関係を考慮すると、精度志向の仕様の標準化に向けてJasParの自動車メーカーが協調を密にすべき相手が、FRCの自動車メーカーであることがわかる。そして、特にその中でも、自動車生産台数が多いがゆえに異なるサプライヤからのECU調達が喫緊の課題となるであろうフォルクスワーゲンやGMのような自動車メーカーが、JasParの自動車メーカー（とりわけ生産台数が多いがゆえに複数サプライヤからの調達が必至なトヨタ自動車や、系列サプライヤ体制からの脱却を図り、複数サプライヤから調達している日産自動車）の良き理解者となり得る可能性が高い。

他方、FRCとJasParの違いにかかわらず、上記のコンテキストにおいて利害の相反するデバイスメーカーに対しては、自動車メーカーが普及コストを補って余りあるだけの「説得材料」を用意しておくことが欠かせない。それは、FlexRayを使った精度志向のコンフォーマンス・テスト仕様を要するユースケースを確定したうえで、数が出るシステムになるというデバイスメーカーの「予測」や「期待感」を醸成することである。標準化戦略においては、補完業者の期待感を醸成するために積極的にマーケティングに取り組み、早い段階から新製品の告知をして仲間を集め、自分自身の技術に対する誰の目にも明らかなコミットメントを示すべきことが定石とされている (Shapiro=Varian, 1998)。

その一方策として、単価としての普及コストを押し下げるべく<sup>6</sup>、JasParとFRCとの協調関係をさらに深めることが重要である。すなわち、FRCのメンバーであってもJasParの策定する精度志向の仕様を迅速に参照でき、且つ関係するJasParの詳細仕様が「リーズナブル」に使用可能な枠組みを構築することである。そうすることによって「ユースケースが限定されてもユーザーに広がりがある（数が出る）」形で「期待感」を形成することができる。結果的に、JasParに所属する自動車メーカーは、コンフォーマンス・テスト仕様の相互接続性を担保しつつ安価にデバイスを調達できる一方、デバイスメーカーやツールベンダーは、JasParとFRCで策定される仕様がダブルスタンダードになるのではないかという危惧から解放され、双方win-winの関係を構築することができるのである。

このような意味において、JasParが高速版FlexRayでFRC以上に精度志向の仕様を策定するのではなく、「ボリュームが出る」と思われる2.5Mbps及び5Mbpsを別途擁立して、CANの代替用途を含めたコンフォーマンス・テスト仕様の策定に臨んだ判断は絶妙である。もちろん、その場合には限定したユースケースの範囲内でボリュームが確実に出るアプリケーションを、タイミングよく市場に投入することが同時に求められてくる。

さて、JasParの目指す精度志向の仕様の策定となると、各サプライヤが単独で成し得ることに限界がある。ワイヤハーネスひとつを取ってみても、各ハーネスの回路の信頼性、必要な電圧・電流値の確実な供給、隣接回路への電磁気的なリーク防止、短絡の排除といった電氣的機能が要求されるとともに、車両組み付け時の取り回しの効率性のような物理面での制約も大きい。ゆえに、相互接続性の確保にあたっては、関係する自動車メーカーやサプライヤとの垂直的で密接な調整活動が必要になってくる。仮説の域を超えないが、FRCと比較した場合JasParには精度志向の仕様策定に必要な基盤として、これら企業間の密接な調整活動を可能とする「組織能力 (organizational capability)」もしくは「企業間ネットワーク (分業と協業関係)」が備わっているのかもしれない。あるいは、日欧双方の標準コンソーシアムが、それぞれの組織能力を活かして、車載LANシステムのコンパティビリティを進めるための仕様開発 (FRC) と、相互接続性の確保を進めるための仕様の開発 (JasPar) とで補完的な分業体制を築いているといえるかもしれない。

## 5 おわりに

本論では、「国際標準」という学際的なテーマの実態に迫るべく、車載LANプロトコル“FlexRay”の標準化の動向を事例として取り上げて、

- ① 個別仕様が主であった車載LANプロトコルが標準化されていく経過を辿り、

<sup>6</sup> 予算制約線の傾きを大きくすることによって、相互接続性を高めることが効用の増大につながるように誘導することが肝要である。



② 意思決定モデルを援用して、JasPar、FRC の両コンソーシアムにおける標準化のプロセス、利害調整メカニズムの分析に基づいて JasPar の諸活動の戦略的な意味付けや欧州の「規範的」判断に対する JasPar の備えるべき活動オプションに言及した。

具体的に JasPar の組織能力が FRC と比較した場合、いかなる特徴を有するものなのかについては今後さらなる調査・分析を行っていく必要がある。しかし、少なくとも「CAN の二の舞を踏むことの無いよう、相互接続性の高い使える FlexRay にする」という明確なターゲットのもと、水平的関係にある企業間での協調はもとより、関連する WG 間あるいは垂直的関係にある企業間で相互に調整を図りながら協調的に標準化活動が進められていたことが JasPar の標準化活動の考察を通じて把握することができた。

それでは、このような企業間の垂直的協調関係はそもそも何のために必要であったのか。それは、車載電子制御システムを水平分業的かつオープンなアーキテクチャへと変化させるために、企業間、あるいはレイヤー間でタスクを分割するためである。そして、タスク分割後に CAN 導入当初に自動車メーカーが苦労したようなインテグレーション作業を再現しなくて済むように、予め関係サプライヤ間で調整を図りインターフェイス標準の中に調整機能を埋め込んでいるのである。JasPar とは「組み合わせのためのすり合わせの場」と評されることがあるが、JasPar 車載 LAN 関連 WG に限って言えば、それは「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) に企業間の垂直的協調関係に基づく調整メカニズムをインターフェイス標準に埋め込むためのプラットフォーム」であると言えるであろう。

信頼性の高いインターフェイス標準は、「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。そのような事前のインターフェイス標準の策定コストが事後のインテグレーション・コストを下回る状況になれば、JasPar 発の標準が社会的厚生を高めることになるであろうし、そのような標準がリーズナブルな形で利用できるのであれば FRC も大歓迎であろう。今後、JasPar の標準化活動の主戦場は車載ソフトウェアの領域に移っていくことになる。日本発であることの強みあるいは比較優位を意識しながら、戦略的なプラットフォームとして JasPar に更なる付加価値をつけ、日本発の良いアイデアやノウハウ、技術がグローバル標準として市場で適切に評価されることが期待される。

## 【参考文献】

- Adler, K (2002) *The measure of all things: The seven year odyssey and hidden error that transformed the world*, Free Press
- Christensen, C. M., Raynor, M. E (2003) *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*, Harvard Business School Press
- 藤本隆宏・武石彰・青島矢一 (2001)『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣
- 後藤正博・秋山進 (2001)「自動車用ネットワーク技術の動向」『デンソー テクニカルレビュー』6-1
- Hirschman, A. O (1970) *Exit Voice and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations, and States*, Harvard University Press
- 石田己津人 (2006)「いよいよ見えてきた車載システムの標準仕様—JasPar—」  
<<http://monoist.atmarkit.co.jp/fembedded/trend/jaspar/jaspar01.html>>
- Kim, J (2004) Technical Standard-Setting, Patent Pooling, and Competition Policy, *Reported of the 2003FY Industrial Property, Research Promotion Project*, Institute of Intellectual Property
- 木村秀政 (1932)「負荷条件の合理化」『東京帝國大學航空研究所彙報』Vol.99
- 木村秀政 (1933)「負荷条件の簡約」『東京帝國大學航空研究所彙報』Vol.103
- Kurihara, S (2006) “The General Framework and Scope of Standards Studies” *Hitotsubashi Journal of Commerce and Management*, 40-1 (<http://hdl.handle.net/10086/13784>)
- 松本孝 (2005)「自動車メーカーから見た車載 LAN」『車載 LAN とその応用』トリケップス企画部
- Reed Electronics Research (2006) *Automotive Electronics: A Profile of International Markets and Suppliers to 2010*, Reed Electronics Research
- 社団法人 日本自動車部品工業会 (2007)『自動車部品出荷動向調査結果』日本自動車部品工業会
- Shapiro, C., Varian, H. R (1998) *Information Rules*, Harvard Business School Press.

- 総合技研(2005)『2005年版 自動車部品のロードマップ』総合技研  
総合技研(2006)『2006年版 自動車エレクトロニクスの現状と将来分析』総合技研  
Tokuda, A (2007) Standardization activity within JasPar: Initiatives of Renesas Technology,  
*Ritsumeikan International Affairs*. Vol. 5  
徳田昭雄(2000)『グローバル企業の戦略的提携』ミネルヴァ書房  
徳田昭雄 編著(2008)『自動車のエレクトロニクス化と標準化』晃洋書房  
徳田昭雄・佐伯靖雄(2007a)「自動車のエレクトロニクス化 (2):車載電子制御システム市場の分析」  
『立命館経営学』第46巻3号  
徳田昭雄・佐伯靖雄(2007b)「自動車のエレクトロニクス化 (3):車載電子制御システム市場の分析」  
『立命館経営学』第46巻4号  
通商産業省工業技術院(1998)『我が国の工業標準化』通商産業省  
矢野経済研究所(2005)『車載用MCUと半導体ベンダーの自動車戦略 2005』矢野経済研究所

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Gerybadze, A, König, R, Managing Global Innovation Networks: The Case of Automotive Electronics	MERCATOR Expert Workshop on Managing Global Innovation Networks	8 <sup>th</sup> Feb 2008