

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23730389

研究課題名(和文) 車載組込みシステムの標準化プロセスにおける日欧産業技術政策の比較分析

研究課題名(英文) The Comparative Analysis of the European and Japanese Industrial Technology Policy of the Standardization Process in Automotive Embedded System.

研究代表者

徳田 昭雄 (TOKUDA, Akio)

立命館大学・経営学部・教授

研究者番号：60330015

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、欧州における組込みシステムの開発と標準化のダイナミズムをヘンリー・チェズブロウの「オープン・イノベーション」という概念を批判的に援用して分析した。欧州におけるオープンイノベーション・システムは、企業間レベル、バリュー・ネットワーク・レベル、国家レベル、超国家的レベルにおける「重層的」なオープンイノベーションとして特徴付けることが出来、欧州委員会によってそれぞれのレイヤーのR&I活動が同期するように工夫されていることが明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：In my research I had investigated the dynamism of the development and standardization process of the automotive embedded system in European Union by means of invoking and amending the concept of "open innovation" developed by Henry Chesbrough. The research clarified that the open innovation in EU is characterized as the "multi-layered open innovation system" in which a inter-corporate level, value-network level, national level and super-national level open innovations are embedded, and each of their activities are intended to synthesize each other by the European Commission.

研究分野：社会科学

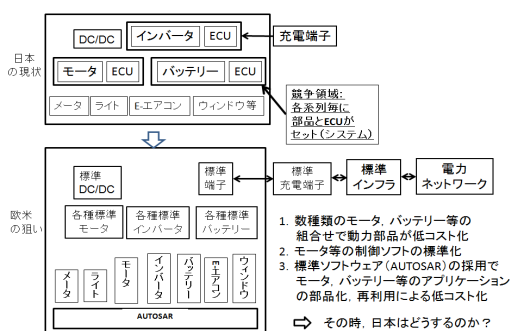
科研費の分科・細目：経営学・経営学

キーワード：標準化 コンソーシアム 組込みシステム AUTOSAR ARTEMIS フレームワークプログラム オープンイノベーション 自動車

1. 研究開始当初の背景

日本の自動車産業は長らく、高い国際競争力を有してきた。しかし、自動車の急速なエレクトロニクス化とソフトウェア化が進展するにともない、その中核的技術分野の組込みシステムにおいての多くの要素技術の標準が欧州勢に握られつつあり、それが日本自動車産業の競争優位を揺るがすようになっている(徳田昭雄編『自動車のエレクトロニクス化と標準化』2008年)。

ソフトウェア・アーキテクチャの標準化が欧州主導で進んでしまうと、次世代自動車の開発において日本の自動車産業の重い足枷になってしまう。なぜなら、例えばメータ、ライト、エアコン、ウィンドウなど比較的簡易なシステムから、従来のガソリン車やディーゼル車の動力系(エンジン)では難しかったバッテリーやインバータのアプリケーションまでもが標準化されたソフトウェア(AUTOSAR)に載ってくるようになると、アプリケーションとハードウェアの分離によって製品アーキテクチャのモジュラー化が促進され、日本自動車産業の競争優位を支えてきた垂直統合・協調的な開発プロセスが大きな変容を余儀なくされるからである(図参照)。



このような事態を憂慮し、研究代表者は欧州の産業コンソーシアムにおいて標準が策定されるまでのプロセスの調査・分析を行ってきた(科研費 若手研究(B) 2008 - 2010年 研究課題番号: 20730270)。そして、欧州の標準策定プロセスにはコンソーシアム活動の背後に、コンソーシアムと連携しながら

組込みシステムの開発・標準化を推進する重層的なオープン・イノベーションのメカニズムが浮き彫りになってきた。

例えばEUでは、コンソーシアムの活動がEUレベルの産業技術政策(EUREKAプログラムやフレームワーク・プログラム)が示す技術ロードマップ、技術ロードマップに基づいて策定された標準化政策、産官学連携政策、研究開発政策とシステムティックに連動している。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、コンソーシアムにおける標準化活動を分析の中核に据えつつも、「コンソーシアム活動の背後にあるもの(EU及び各国産業技術政策)」にまで分析対象を広げて、欧州における標準化プロセスの実態をより重層的かつ包括的に明らかにすることを目標に立てた。具体的に本研究では、車載組込みシステム(マイコンを応用したハードウェア上で、その機器や製品の機能/性能を専用ソフトウェアで実現、制御するシステム)の標準化を目指して、EUにおいて形成されているコンソーシアムを分析対象にする。そして、標準策定メカニズムを、コンソーシアムとその背後にある国家や地域の産業技術政策と関連づけながら、標準策定メカニズムの分析を行い、日本の自動車産業への影響を考察することである。

3. 研究の方法

本研究は、コンソーシアムベースで展開されるEUの組込みシステムのイノベーションと標準化の動向を把握することである。

日欧におけるコンソーシアム活動の実態について、国・産業・企業レベルでの重層的な調査分析の実施である。すなわち、車載組込みシステムの開発・標準化に関わる日米欧の諸コンソーシアムについて、国レベル・産業レベル・企業レベルにける連携関係を精査

し、調査対象を明確化・構造化することである（例：EUにおける産業レベルの連携・要素技術毎の構造化）。

4. 研究成果

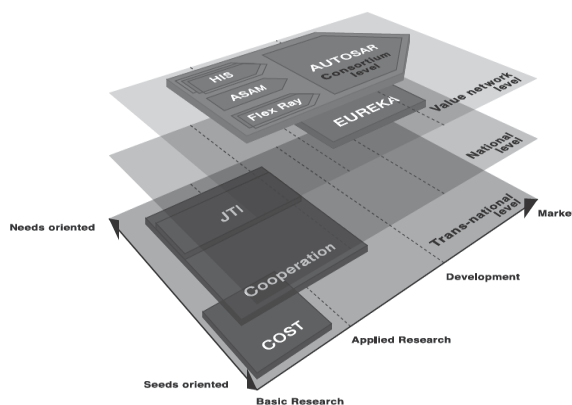
(1) 重層的オープン・イノベーション

欧州における組込みシステムの開発と標準化の全体像を把握するために、本研究では「オープン・イノベーション」という概念を採用した。チェズブロウ等（Chesbrough, et al）によれば、オープン・イノベーション・パラダイムは、企業内の R&D が製品の社内開発を主導し、その製品を同じ会社が流通させるという従来の垂直統合モデルに対するアンチテーゼである。それは、自社の技術を発展させたいのなら他社の知識も活用できるし、場合によっては積極的に活用すべきであり、また市場への進出にも他社のリソースを活用すべきだということを前提にしたパラダイムにほかならない。

欧州の動向の全体像を「オープン・イノベーション」よっての把握することが有効な理由は、欧州発の国際標準の多くが企業間の競争メカニズムを通じたデファクト標準という形態ではなく、企業間の協調メカニズムを通じて策定されるコンセンサス標準という形態をとっているからである。すなわち、AUTOSAR に代表されるように、欧州ではコンセンサス標準の策定に向けてプロジェクト・ベースの様々なタイプのコンソーシアムが形成されている。そしてこのような企業間の協調メカニズムは、ASAM や FlexRay Consortium など他のコンソーシアムとの連携を同時に図りながら、バリュー・ネットワーク・レベルでのオープン・イノベーションを実現している。

さらに、これらコンソーシアムやバリュー・ネットワーク・レベルのオープン・イノベーションは、超国家的レベルでの共同研究

開発の枠組みである FP（Framework Program）や EUREKA イニシアティブ、JTI（Joint Technology Initiative）をはじめとする超国家的レベルのオープン・イノベーションの活動と同期するように工夫されている（図参照）。



組込みシステムの開発と標準化にあたって、欧州では「重層的」オープン・イノベーションが推進されていると描写することができる。そして、このシステムから生み出されるイノベーションの成果が国際標準となり、その制約条件の中で個別企業の競争が展開されることになる。自ずと「組込みシステム産業」に属する日本企業にとっては、欧州の重層的オープン・イノベーション・システムを通じて形成された土俵の上で競争を強いられる局面が増えてくる。欧州のオープン・イノベーション・システムを通じて形成された土俵 標準仕様 での競争を所与として、今後の自動車産業の競争環境の展望するとき、日本企業は「標準で協調」するプロセスに投企的（proactive）に関わり、欧州企業の使用条件を第一に考えて欧州ですでに導入しているシステムをもとに標準化が進められる状況を打破していくことが肝要であろう。そのようなプロセスにどのように関わっていけばよいのか？次なる研究テーマのひとつとして改めて検討することにしたい。

(2) コンソーシアム・レベルのオープン・

イノベーション

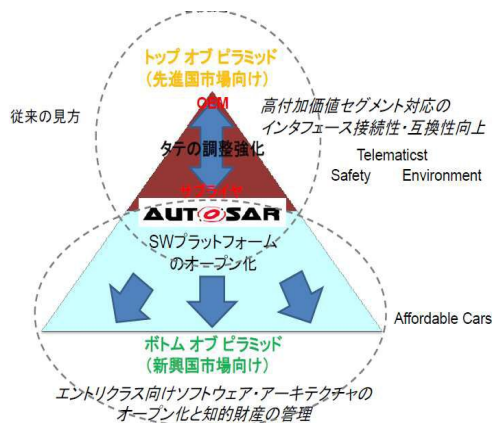
ここでは、研究対象のひとつであるコンソシアム・レベルのオープン・イノベーション・システムである AUTOSAR に着目し、AUTOSAR 仕様導入の経済的メリットと、それが自動車産業の競争環境に与える影響の考察結果を記しておく。

一般的に言われるモジュラー化のメリットと同様に、AUTOSARは組込みソフトウェアのハードウェアとソフトウェアの間にインターフェイスを設けて、その汎用性を高めることによって、使用されるハードウェアに依存しないアプリケーションの開発を促す。標準化によるローカル性（各自動車メーカ、各車両、各世代、各ドメイン、各ハードウェアにカスタマイズされたソフトウェア開発）の解放によって、複数のECU上でアプリケーションの再利用が期待できるし、BSWやハードウェアが最小限のバリエーションで済む。逆に、ひとつのECU上に様々なアプリケーションをインストールすることが出来れば、理屈の上ではひとつのECUで複数の異なる機能の実現も可能である。その結果、組込みシステム全体としての開発効率の向上（再開発コストや検証コストの削減や、省スペースの実現が期待できる。また、標準化によってアプリケーション層とBSWを担う企業の分業化を促進する。これにより、分業に基づく専門化のメリットを活かしてアプリケーション層におけるイノベーションの促進やBSWの品質の向上が期待できる。

さらに、概要設計から検証に至るソフトウェア開発プロセスやメソッドの標準化は、たとえば多くのソフトウェアベンダや各種のツールを動員する開発プロセスにおいて、自動車メーカからの仕様が正確に伝わらないリスクや、開発プロセスの各段階で受け渡される仕様の互換性が担保されず、仕様に込められた上流工程の意図が下流工程へ正確に伝達されないリスクを軽減する。その結果、仕様

レベルの不具合による手戻りコストやシステム・インテグレーションの際に生じるコストを削減することが期待できる。それでは、AUTOSAR仕様の導入によって、自動車産業にはどのような競争環境の変化が生じるのだろうか。

新興諸国の自動車メーカは既存のソフトウェア資産との整合性や互換性を考慮する必要が少ない。そのため、AUTOSAR 仕様の利用にためらいはない。製品市場戦略に関わって、この場合の市場セグメントは、いわゆる「ボトム・オブ・ピラミッド (Bottom of Pyramid)」と呼ばれるコスト・リーダーシップ戦略がものを言う低価格セグメントになる。したがって、BoP 市場における AUTOSAR 仕様の市場化のシナリオは、高級車よりも中・低級車セグメント、さほどイノベティブでないアプリケーションで事足りる途上国向け大衆車で導入ということになる。あるいは、車両全体としての精密なインテグリティはさて置き、コンフォーマンステスト仕様を満たしたソフトウェアモジュールを取りあえずは組み合わせてみた程度の仕上がりの自動車導入が広がっていくであろう（図参照）。



同市場セグメントにおいて新興自動車メーカとの競争にもさらされる先進国自動車メーカは、メモリ容量が小さくて安価な部品で済む SW プラットフォームを用意し、そこにアプリケーションを選択的に載せていくことになる。拡大する BoP も視野に入れて、

自動車をグローバルに販売していくことを考えるのならば、AUTOSAR 仕様を活用しない手はない。勿論、同市場セグメントに限ったことではないが、この場合社内でのどの程度、車種ごとに異なる SW プラットフォームの汎用性を高めてアプリケーションの再利用の可能性を高めていこうとしているのか。その意思決定の内容とタイミングが、AUTOSAR 導入の効果の大きさを左右するポイントになるだろう。

他方、トップ・オブ・ピラミッドをターゲットとする高付加価値セグメントにおいては、AUTOSAR 仕様を使った様々な先進的アプリケーションの商品性を巡って競争が開されることになる。特に先進的アプリケーションが複数の ECU や既存ソフトウェア・コンポーネントとの連携をとまなう場合、統合した際の安全性や信頼性確保の観点から、それらインターフェイスの相互接続性を確実なものに作りこむべく、自動車メーカはサプライヤとの関係を強めていくことになる。それは、ソフトウェア開発プロセスを「見える化」するための標準を活用するプロセスで見られるであろう。あるいは、検証を含めた下流プロセスへの関与を深めたり上流プロセスへの形式的な手法を導入したりするプロセスで進んでいくであろう。他方、自動車メーカにとって非競争領域化してしまいたい RTE 以下のレイヤは、システムサプライヤや半導体メーカにとっては競争領域にほかならない。もちろん競争領域に分け入り、キラーアプリケーションをもって付加価値を高める戦略もあるが、非競争領域において如何に競争優位を獲得していくことができるのか？そこでサプライヤが競争優位を獲得するには、次の二つのオプションがあり得るだろう。ひとつは、実装局面において「差別化要因を 非競争領域に確保する」戦略、もうひとつは AUTSOAR で標準化された「非競争領域の各種仕様を効率的に使いこなす」

戦略である。

前者は、コンプレックス・ドライバに入れてしまわざるをえないようなモジュール化できない複雑なアーキテクチャを BSW に残しておいたり、自動車メーカの細かいニーズに対応したりするような、従来型の差別化戦略である。この場合、ローカルな差別化要因のコストを抑える取り組み、すなわちアーキテクチャの位置取りとして「中モジュラー・外インテグラル」がサプライヤにとって必要になってくる。インテグラルなアーキテクチャであっても、企業内ではできるだけコンポーネント間の相互依存を解放して中モジュラー化していく取り組みが必要になってくるであろう。

後者は、たとえば AUTSOAR で標準化されたメソッドロジを利用して非競争領域を効率的に構築する戦略である。この場合、相互調整不要な効率的なシームレスなツールチェーンを構築するために上流の自動車メーカと連携してタスクの分割とその確実な統合を図ったり、利用するツールと川上・川下で接続されるツール間のインターオペラビリティを確かなものにしたたり、設計の上流プロセスにおける欠陥を減らすべく形式的な手法の導入に向けて大学の科学的知識を利用するなど、社内外のビジネスパートナーと連携していくことが必要になってくる。また、標準化された仕様をうまく使って開発プロセスを明確に定義し、作成する文書、作業の管理を厳密に行う方法、プロセス管理を効率的に行っていくことが必要である。標準を利用して、高信頼かつ均質で汎用性の高い BSW や開発プロセスをいかに効率よく構築することができるかが、競争優位のカギになる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計8件)

- TOKUDA, A (2013) Establishment of the Product Level Conformity Assessment, *Ritsumeikan Business Review*, 51(5) : 91 - 103. 査読：無
- 徳田昭雄 (2012) 「国内外のオープン標準化を取りこんだ事業化戦略」『産業競争力の強化に向けた周辺状況調査』三菱総合研究所, 217-233. 査読：無
- 徳田昭雄 (2012) 「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」『社会システム研究』25:147-171. 査読：有
- 徳田昭雄・五十嵐純・藤澤行雄・山内信之 (2012) 「車載 LAN の標準化における日本半導体ベンダの取組み：日本型オープン・イノベーションの萌芽」『産業学会研究年報』27: 69-82. 査読：有
- 後藤正博・徳田昭雄・立本博文 (2011) 「車載通信ネットワークの標準化の動向：FlexRay と MOST を中心に」『社会システム研究』23: 159-174. 査読：有
- 徳田昭雄 (2011) 「アーキテクチャル・イノベーションがもたらす競争環境の変化」『自動車研究』(社)日本自動車研究所 33 (10): 5-10. 査読：有
- 徳田昭雄 (2011) 「EU におけるオープン・イノベーション政策の新しい展開：産学共同技術イニシアチブ ARTEMIS の事例」『多国籍企業研究』多国籍企業学会, 4: 99-118. 査読：有
- 徳田昭雄 (2011) 「調整メカニズムとしてのインターフェイスの類型化：イノベーションとインターフェイス標準の関連性の分析」『立命館ビジネスジャーナル』立命館大学 5: 1-23. 査読：無

〔学会発表〕(計 5 件)

- 徳田昭雄 (2013) 「自動車の組込みシステム AUTOSAR と ARTEMIS」『サイバーフィジカルシステム(CPS)と EMC：スマート化を実現する CPS』第 19 回 EMC 環境フォーラム(東京都)池袋サンシャインシティ 文化会館、招待講演 6 月 20 日
- 徳田昭雄 (2013) 「自動車産業界における第三者試験評価の戦略的活用」JNLA 15 周年シンポジウム(東京都)イイノホール、主催：製品評価技術基盤機構、後援：経済産業省、招待後援 3 月 11 日
- 徳田昭雄 (2013) 「AUTOSAR の過去・現在・未来：産業競争力向上への含意」『東工大・JSA 標準化討論会』(東京都)東京工業大学、招待講演 1 月 16 日
- 徳田昭雄 (2012) 「調整メカニズムとしての標準策定プロセス」第 27 回研究・技術計画学会 年次学術大会(東京都)一橋大学、10 月 28 日
- 徳田昭雄 (2011) 「自動車産業におけるオープン・イノベーション」第 18 回 国際ビジネス研究学会(富山県)富山大学、

10 月 23 日

〔図書〕(計 1 件)

- 徳田昭雄・立本博文・小川統一 編(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、総頁数：300 頁

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳田 昭雄 (TOKUDA Akio)

立命館大学・経営学部・教授

研究者番号:60330015