

# 鉄道システムのモジュール化に向けた戦略

岩松 勝\* (鉄道総合技術研究所)

Strategy aiming at Modularity of Railway System  
Masaru Iwamatsu\* (Railway Technical Research Institute)

Modularity is the technique to set architecture to the relation between modules which are mechanical composition units and to separate an interface and a structure. I investigated the meaning and the value to introduce such the technique into the railway. I report the trend of railways and related fields and state the view of the future.

キーワード：モジュール化, モジュール型, インテグラル型, MODTRAIN  
(Modularity, module, integration, MODTRAIN)

## 1. はじめに

近年、日本の製造業の国際競争力が低下していることが大きな問題として取り上げられている。日本は1970年代には垂直統合型の産業構造で勝ち残り、特に自動車産業やエレクトロニクス産業は世界を席巻した。その後の1990年代に欧米はオープン化、モジュール化といった水平分業型の産業構造へいち早く転換し、アジアを含めた新興国が製品製造拠点として台頭する一方で、日本は、バブル経済崩壊後の産業空洞化を経ても、摺り合わせから脱却できなかった結果、国際競争力を一気に失っていったと考えられる。

鉄道産業は他の製造業と比較して内需に特化する傾向が強く、閉鎖的な成熟産業あるいは衰退産業と認識されてきた。日本の場合も、強力な鉄道事業者の下で固有の技術基準を有する独立した産業構造となっていたことから、市場規模が大きくない状況の中で多くのメーカーが存在しており、貿易も盛んではなかった。

しかしながら、アメリカのグリーンニューディール政策にみられるように二酸化炭素排出量の削減といった潮流の中で環境対策として、あるいは金融危機後の公共投資としての側面から先進国での鉄道復権が起きている。また中国に代表されるように新興国の経済成長に伴う鉄道建設需要の高まりもあり、鉄道産業は成長産業であると認識が改まりつつあり、日本の成長戦略の一つになる事が期待されている。

現在、鉄道産業において大きな国際シェアを持つ欧州は、各国にまたがる鉄道網をどのように統一化していくかという観点とメーカーサイドの思惑から信号システムや車両について欧州統一規格の制定と、欧州規格の国際規格化戦略を

進めている。さらに、中国は国策で高速鉄道建設を一気に進めるとともに、自らの技術力も高めて国際入札に参加するなど製造においても世界に進出しようとしている。

本報告では、多くの製造業がオープン・モジュール化を進めている中で、鉄道分野にもこのような手法を導入する意義ならびに価値があるのかを調査した。背景として鉄道産業界の市場規模を説明し、モジュール化とは何かについて論じる。そして、鉄道及び関連分野のモジュール化の動向について調査した結果を報告し、今後への展望について述べたい。

## 2. 鉄道産業界の市場規模

UNIFE World Rail Market Study<sup>①</sup>の中で、鉄道における世界の市場動向が分析されている。この市場分析は、経済産業省産業構造審議会産業競争力部会<sup>②</sup>(平成22年2月)の中でも触れられている。図1に鉄道種類別の市場規模予測を、図2に2020年における部門別市場規模予測を載せる。鉄道の市場規模は、15.9兆円/年(2005→2007年平均)であり、2020年までに22.0兆円まで拡大する。このうち、高速鉄道の市場規模は1.6兆円、都市鉄道等が20.4兆円程度であり、分野別では、保守等が9.3兆円、次いで車両等が6.6兆円である。市場規模は西欧、北米、アジアともに大きく、このうちアジア市場が成長率ではトップとなっている。この市場分析に基づけば、今後の主要市場は新興国の都市鉄道と見込まれる。

次に我が国の鉄道産業界の強みと課題について示す。日本企業は信頼性の高いハードウェアに強みがある一方で、車両製造に限ると合計でも全世界の1割程度のシェアに留まっている。これは、コンサル、運転・管理支援等のソフ

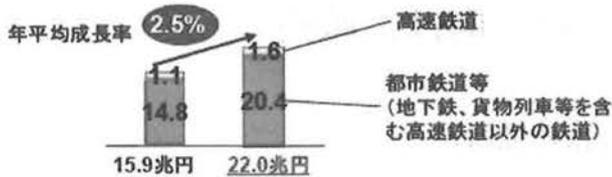


図1 鉄道種類別市場規模の予測<sup>(2)</sup> (2007年→2020年)

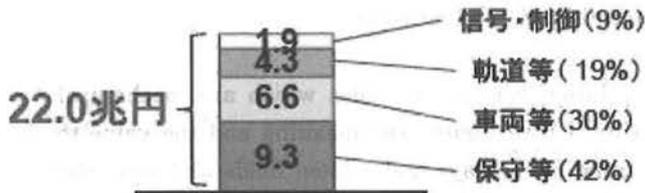


図2 2020年における部門別市場規模予測<sup>(2)</sup>

ト面の国際展開が遅れており、案件組成段階での客先への影響力や運転・管理等を含めたパッケージでの提案力が弱い事と、海外勢と比較して高コストであるためと考えられる。

海外勢を比較すると、韓国・中国勢は、低コストに強みがあり、世界ビック3 (ボンバルディア、アルストム、シーメンス) はヨーロッパ市場を根拠地にコンサル機能等も活用して強い競争力を有している。

都市鉄道では技術力の優劣が生じにくいことから、コストがより重要な競争指標になると予想される。特に日本の強みである高信頼性は他の製造業と同様に過剰品質と見なされかねないため、高信頼への付加価値の創出や、運用などソフト面の需要への対応が今後の課題としてあげられる。

### 3. モジュール化とは

モジュール化とは、「機械の構成単位となるモジュールの相互関係に規則 (アーキテクチャ) を設定し、インターフェース部分と内部構造を分離する手法」とされている。モジュール化の有益性としては、システムを構成する複数の要素間の調整を簡略化することができ、また調整のためのコストが削減できること、モジュール・レベルで独立しているため、システムの改良や改修を個々のモジュールに限定して行えることなどが挙げられる<sup>(3)</sup>。このような製品設計の基本思想 (製品アーキテクチャ) で製造された製品をモジュール型と呼び、その対極にあるのが、インテグラル (摺り合わせ) 型として知られている。インテグラル型とは、自動車に代表されるように部品設計を相互調整して、製品ごとに最適設計しないと製品全体の性能が出ない製品を指している。製品設計を議論する際には、この分類のほかに業界全体でインターフェースが標準化しているオープン型とその対極にあるクローズ型 (囲い込み) を組み合わせて議論される。図3,4に製品アーキテクチャの特徴と製品事例を示す。鉄道システムは现阶段では自動車と同様にインテグラル型であると考えられ、パソコンのような機能と部品

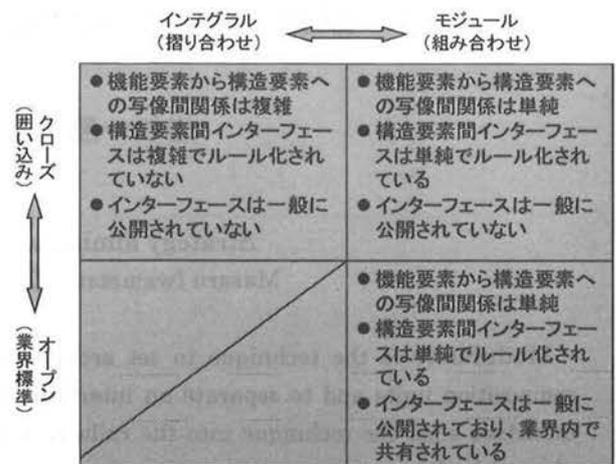


図3 製品アーキテクチャの特徴<sup>(3)</sup>

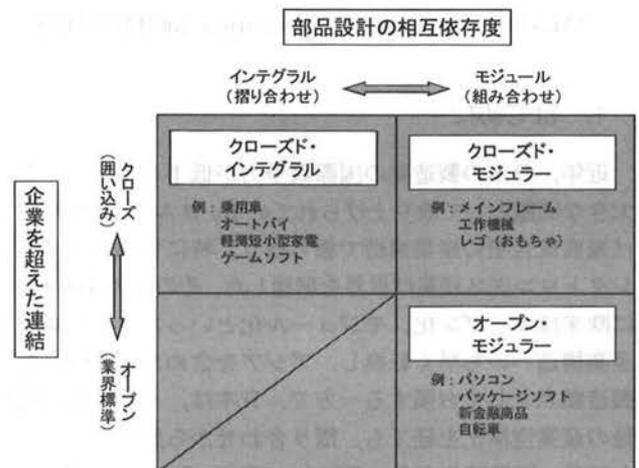


図4 製品アーキテクチャの製品事例<sup>(3)</sup>

が1対1の関係となるモジュール型に移行できるのか否かというのが、本調査の命題である。

### 4. 鉄道及び関連分野のモジュール化の動向調査

鉄道分野では車両、構造物、電気・信号関係の現状について調査をおこなった。鉄道車両の事例について日本と欧州の違いを紹介する。

車両の標準化について、(社)鉄道車両工業会において2003年に「鉄道車両-通勤・近郊車両の標準仕様ガイドライン」をまとめている<sup>(4)(5)</sup>。このようなガイドラインをまとめた理由としては、通勤・近郊電車に関して、鉄道事業者が希望する経済的な車両とそれらを生産する車両・機器製造者の要望とを調和させながら実現するため、従来の多種・多様な車両を代表する標準的な車両の仕様を定める必要があり、大都市圏における通勤・近郊電車は、所要の輸送能力を確保したうえで、相互直通運転の拡大や将来のワンマン運転等の導入を視野に入れると、車両の主要な構造及び車両性能の仕様が類似していることが望ましく、また、メーカーでは、従来の多種少量生産方式を脱却して、まとまった数量を生産する方式へ変革したいとの要望が高くなったこ

とが述べられている。さらに、大都市圏のみならずそれ以外の事業者も、所期の性能を有する標準的な車両を継続して発注できる仕組み作りが必要となった。このガイドラインでモジュール標準規格としているのは「20メータ 4扉」だけである。後述するが、この点については欧州では機能やインターフェースの共通化を重視し、外見の違いについては趣旨としていない等、考え方に大きな差がある。日本の鉄道事業者向けの場合、構成部品や機器の機能・インターフェースの観点で仕様が明示される訳ではなく、且つ個別の車両メーカーが各鉄道会社向けに個別の車両を設計・製造・供給する場合、仕様の標準化の観点では、車体長や扉数のような概括的外観形状しか規格化できないということになる。

一方、自社内モジュールの範疇ではあるものの、日立がA-trainというコンセプトで車両製造を行っている<sup>(6)(7)</sup>。例えば内装自身が自立できるモジュールとして独立に作られ、完成後構体の端部から差し込むようにして取り付けられるようにし、さらに運転台部分や中・長距離列車に必要なトイレなども、別工程で組み立てたモジュールを取り付けるようになってきている。また、これは図2の分類上は、クローズ・モジュールになると判断される。

ヨーロッパでは、鉄道車両をモジュール化してコスト低減を狙う目的で始められたMODTRAINプロジェクト<sup>(8)</sup>が欧州プロジェクト(第6期フレームワーク)のひとつとして鉄道事業者、メーカー、公的機関、研究機関など合わせて36機関が参画し、2004年2月から2008年4月にかけて検討された。

プロジェクトは高速鉄道、機関車を対象としており、その目的は以下のとおりである。

- システム設計のモジュラリティ向上
- 基盤モジュールのインターオペラビリティ向上
- 構成部品の交換可能性
- トータルのライフサイクルコスト低減

プロジェクトは図5に示すように対象ごとに分かれている。それぞれの子プロジェクトは、ハードウェアの仕様だけではなく、むしろソフト面を重視している。特にそれは、MODLINKのようにインターフェースを求めるところに現われている。また、プロジェクトではすべてをモジュール化することが規定されているわけではなく、一部の部品は競争原理に基づく開発も許容していることが分かる。

今回のプロジェクトの成果は欧州規格であるEN15380(Railway applications-Designation system for railway vehicles-)に組み込まれており、例えば鉄道システムの構成要素のブレイクダウンとしては以下のような原則が記されている。

- (1) インターフェースの構造
- (2) 鉄道事業者・製造者双方の仕様全て
- (3) 入札の評価
- (4) 車両納入に関する契約合意事項

EN15380のPart.2とPart.4で記載されている製品システ

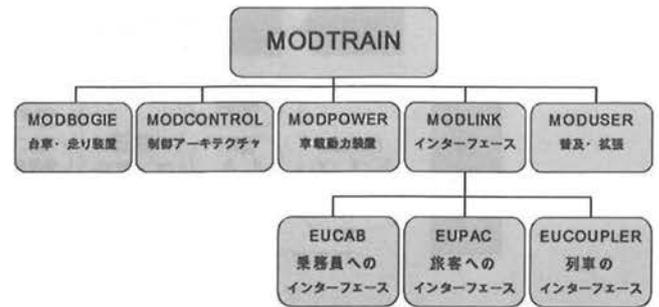


図5 MODTRAINプロジェクト

ムと機能については1対1の対応となっておりモジュール化されていることが分かる。この規格に基づき、アルストム社Coradiaシリーズ等が製作されていると推察される。

## 5. モジュール化の可能性

PC等に代表されるモジュール化は、先進国では製品価値の飽和(コモディティ化)を招き、同時に製造拠点となり所得の増加した新興国での新たな需要を生み出した。結果的に市場規模が拡大したにも関わらず、日本勢は価格面に対抗できなかったことから、その新市場へのアクセスを放棄し、内向きの試行錯誤を続けた結果「ガラパゴス化」と呼ばれる状況に至った。つまり、新興国の伸びと先進国での低価格志向の中で、日本の孤立を招いたといえる。

4章で述べた鉄道車両の事例についても、日本は多品種少量生産からの脱却のために標準化を目指したが、実質的には要求の最大公約数である外観形状のみに留まったことから、その効果は外観部の仕様合わせの短縮に凡そ限定された。対して、欧州では多品種少量生産での利益確保というアプローチから機能単位で標準を定めることでBTO(受注加工生産)あるいはCTO(受注仕様生産)への最適化を見据えていると言える。日本ではメーカー毎に標準を定めてBTO・CTOに対応する動きはあるが、国際標準のネットワーク外部性・スケールメリットに対抗するのは不可能であり、遠からず自主規格を国際標準に転換せざるを得ないと予想される。

鉄道分野の産業構造については、経済産業省産業構造審議会産業競争力部会でも議論されており、そこで報告された図に加筆することにより、欧州の戦略を表現したのが図6である。この構造を見るとMODTRAINのような標準化をメーカーと鉄道事業者が進め、設計や評価法などのノウハウを鉄道コンサルに任せることにより利益を誘導する構図が出来上がっていることが分かる。このような仕組みを作ることにより、中国やインドなどの新興国へ進出した場合にもスムーズにかつ利益を生む構造となっている。それに引きかえ、日本の鉄道産業の構造が非常に複雑であることがよくわかる。

二章で示したとおり、今後の主要市場である新興国の都市鉄道市場においては、コスト競争力の観点から鉄道車両生産も今後、水平分業化していくことが容易に予想される。その際には、ファブレスメーカーがアッセンブリーメーカーへ

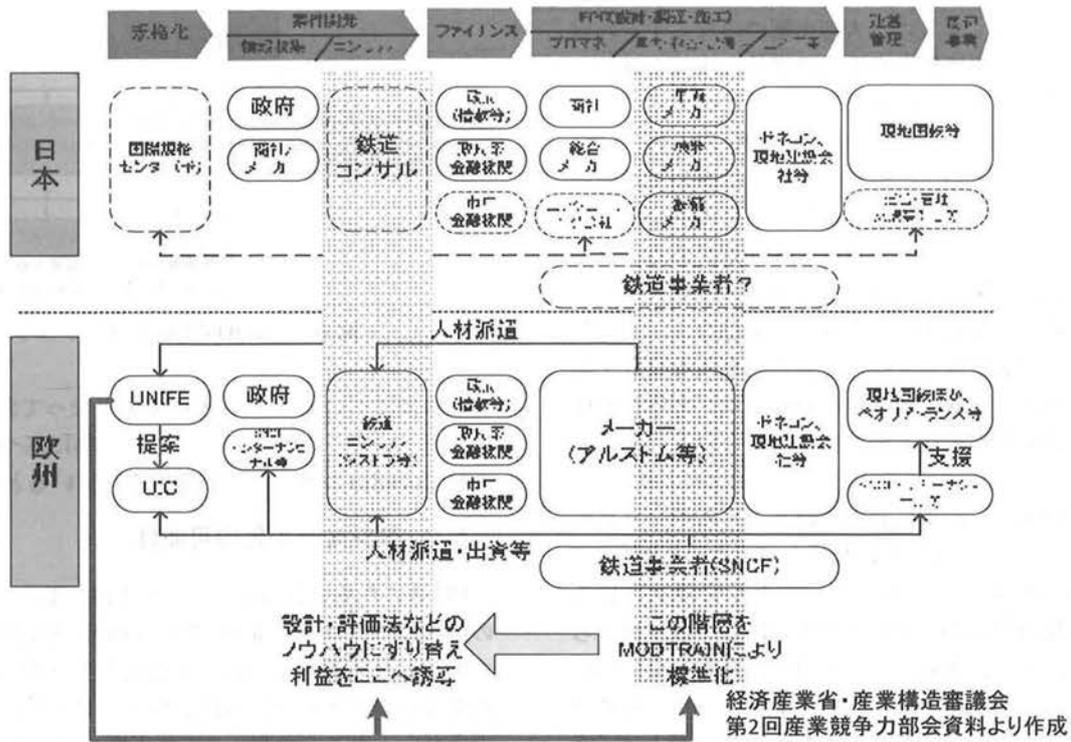


図 6 鉄道分野の産業構造(2)

仕様を提示し、安価な部品を調達して鉄道事業者へ納品するといった構図となるだろう。その結果、部品の製造ならびにアッセンブルはコストの安い新興国に集中し、欧州が国際規格に関する認証やコンサルティングを独占し、日本国内の鉄道産業は空洞化する恐れさえある。

さらに、PC のオーダメードのような感覚で鉄道車両を発注する仕組みは、MODTRAIN をうけた BTO 方式の車両について、ボンバルディアが既にデモをおこなってマーケティングしている段階であると聞く。繰り返しになるが、他の産業同様に日本の鉄道産業だけが競争力を失う危険性ははらんでいる。

6. おわりに

「はじめに」でも述べたように、中国・インドといった新興国の鉄道需要の高まり、世界三大鉄道車両製造メーカーの台頭、日本の製造企業の競争力低下、日本における国際規格への取り組みに対する遅れ(ガラパゴス化)といった問題意識を持ったことをきっかけに調査を始めたものである。製造業は、世界中の部品メーカー、組み立て工場、労働者が苛烈な競争を展開し、ますます生産工程を分割し、地球規模の分業体制で最終製品を組み上げるシステムとなり、仕入れについてもグローバルネットワークを構築する「グローバル・サプライチェーン・マネジメント」方式に移行している。鉄道産業もこのような時代の流れに乗り遅れないようしなければいけない。今後とも議論を重ねて、鉄道産業の進むべき方向性を考えていきたい。

文 献

- (1) UNIFE World Rail Market Study  
[http://www.unife.org/uploads/100730\\_WRMS\\_Exec\\_Summ.pdf](http://www.unife.org/uploads/100730_WRMS_Exec_Summ.pdf)
- (2) 経済産業省産業構造審議会産業競争力部会 HP.  
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004660/index.html>
- (3) 藤本 隆宏, ものづくり経営学, 光文社新書 (2007)
- (4) (社) 鉄道車両工業会編, 通勤・近郊電車の標準仕様ガイドライン, (2003)
- (5) (社) 日本鉄道車両工業会, 鉄車工規格「通勤・近郊電車の標準仕様ガイドライン」の公表について, 鉄道車両工業, Vol.429 (2004)
- (6) 和嶋 武典:「次世代鉄道システム構築のための新たなソリューション」, 日立評論 2005.9 (2005)
- (7) 「日立・英国 1 兆円の野望」, 週刊東洋経済 2010.4 (2010)
- (8) MODTRAIN Final conference 資料 (2008)  
<http://www.modtrain.com/>