

자동차 아키텍처의 모듈화: 승용차 사례를 중심으로

곽기호*

<목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 배경
- III. 연구 방법
- IV. 연구 결과
- V. 결론

국문초록 : 승용차의 아키텍처는 어떻게 진화해왔는가? 그간 승용차 아키텍처에 대한 논의는 통합형, 모듈형, 그리고 두 유형의 공존 등이 혼재되어 왔다. 이에 따라 본 연구에서는 글로벌 무역 자료를 활용하여 제품의 중층 구조를 반영한 모듈화의 진전 측정 지수를 개발하고, 이를 아키텍처 유형 프레임워크에 적용하여 승용차 아키텍처의 모듈화 진행을 종단적으로 분석하였다. 분석결과 승용차 아키텍처는 지난 2000년 이후 모듈화가 지속적으로 진행되었음을 확인하였으며, 동시에 모듈화 진행은 구성 모듈 별로 상이한 것으로 나타났다. 모듈 중에는 프론트-엔드, 운전석 및 시트 모듈의 모듈화 진행이 뚜렷함을 확인된 반면, 차체·도어·천장 모듈은 소비자 니즈 충족을 위한 외부 디자인 차별화 및 완성차와 모듈업체 간 상호 조율 강화로 인해 모듈화가 더디게 진행됨을 관찰하였다. 또한 샤시, 엔진, 그리고 트랜스미션 모듈로 구성된 플랫폼은 모델 다양화, 생산 원가 절감, 신제품 개발 기간 단축을 위한 완성차 업계의 지속적인 노력에 따라 모듈화가 지속 진전됨을 확인하였다. 플랫폼 구성 모듈 중에서는

* 부경대학교 기술경영전문대학원 조교수 (cloudnine@pknu.ac.kr)

** 본 논문은 기술경영경제학회 2019 동계학술대회에서 우수논문으로 선정된 연구를 보완하여 제출되었음.

*** 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년)에 의하여 연구되었음

트랜스미션의 모듈화 진전이 가장 두드러진 반면 샤시와 엔진 모듈은 완성차 업체의 자체 혁신 노력으로 인해 비교적 통합형 아키텍처 경향이 강한 것으로 나타났다. 본 연구는 제품 아키텍처의 모듈화를 계량적으로 측정, 그 진행을 종단적으로 측정할 수 있는 접근법을 제시하는데 기여하였다. 또한 모듈 별 상이한 모듈화 진전에 대한 고찰을 통해 관련 연구의 분석 수준의 세분화 필요성을 제안하였다. 아울러 본 연구는 승용차 산업 전반에서 일어나고 있는 아키텍처 모듈화 진전 현상을 규명함으로써 완성차 업체 뿐 아니라 모듈 업체의 아키텍처 선택과 그에 따른 전략 수립의 가이드라인을 제시하였다. 본 연구가 다양한 제조업과 그 제품의 모듈화 진전을 규명하는데 활용되기를 기대한다.

주제어 : 자동차, 아키텍처 모듈화, 플랫폼, 인터페이스 상호의존성 지수, 수출 집중도 지수, 글로벌 가치사슬

Modularization of Automotive Product Architecture: Evidence from Passenger Car

Kiho Kwak

Abstract : How has the passenger car's architecture evolved? In the meantime, the discussions on the car architecture have been mixed, i.e., integral, modular, and the coexistence of two types. Therefore, in this study, we aim to develop two indices can measure the degree of modularization of passenger car and its all modules using global trade data. By applying the indices to the framework of architecture positioning that reflects the hierarchical structure of a product, we examined that the degree of modularization of the passenger car architecture has been enhanced. Meanwhile, the degree of modularization differs across the modules that make up the car. Specifically, we observed the higher degree of modularization in front-end, cockpit and seat modules. Whereas, we found that body module had a relatively low degree of modularization. In particular, we observed that the platform of passenger car has notably modularized due to carmakers' efforts to achieve model diversification and reduction of cost and period in new product development at the same time. Interestingly, we showed that three modules, i.e., engine, chassis (relatively less modularized), and transmission (relatively highly modularized), had a different level of modularization, even if they commonly make up the platform. We contribute to the suggestion for analytical approaches that examine the degree of modularization and its progress longitudinally. In addition, we propose the necessity of decomposition of a system into elements in a study of product architecture, considering the possibly distinctive progress of modularization across the elements.

Key Words : Passenger car, Modularization, Platform, Interface interdependence index, Export concentration index, Global value chain

I. 서론

그간 자동차¹⁾는 주행성능, 연비, 안전성, 승차감, 심미성 등 다양한 기능의 동시 구현이 필요하며, 이를 위해 기능과 부품 간 대응관계가 복잡하고, 부품 간 인터페이스(Interface)가 복잡한 통합형(미세조정형, 폐쇄형, 인테그랄) 아키텍처(Integral Architecture)의 대표사례로 알려져 왔다(이승규 외, 2008; Fujimoto, 2007; Fujimoto and Takeishi, 2001; Takeishi, 2002). 그러나 1980년대 말부터 대두된 세계 자동차 산업의 과잉공급 문제에 따라 완성차 업체는 비용절감과 유연성 제고의 동시 달성의 도전에 직면한다(정명기, 2004; Sauer, 1993). 이에 따라 우리는 1990년대 GM과 폭스바겐을 시작으로 모듈화(Modularization) 및 플랫폼(Platform) 개발을 통한 부품 제조비용 절감과 품질 개선, 신제품 개발 기간 단축, 대량 고객화(Mass Customization), 설비투자 및 노동비용 감소의 증거를 다수 관찰할 수 있다(강혜선 & 이재혁, 2008; 류기천, 1999; 박정규 & 김민수, 2012; 선원웅, 2003; 임성규, 1999; 정명기, 2004, 2007). 극단적으로 Wang(2008)은 2000년대 중반 이후 중국 자동차 산업에서 부품 산업 경쟁력 열위를 극복하고, 저임금에 기반한 완성차 산업 육성을 위해 선발주자 부품의 모방과 강제 조합에 기반한 유사 오픈 아키텍처(Quasi Open Architecture)가 관찰됨을 주장하였다.

그러나 자동차 시장의 주류는 여전히 통합형 아키텍처 제품이라는 논의도 꾸준히 진행되었다(김동휴 외, 2015; 후지모토, 2006; MacDuffie, 2013; Takeishi, 2002). 이와 같은 주장은 일반적으로 모듈형 아키텍처 제품은 통합형 아키텍처 제품에 비해 제품의 전체 성능(Global Performance)에서 열위에 있다는 점에 기반하고 있다(Fujimoto, 2002; Kwak et al., 2018; Ulrich, 1995). 실제로 일본 자동차 산업의 경우, 모듈화나 플랫폼 개발보다는 완성차·부품업체 간 계열 관계를 통한 효율적인 부품 공급(예: Just In Time), 완성차 업체 주변에 집적된 부품업체를 활용한 신속한 부품 개발, 그리고 종신고용에 기반한 협업형 작업방식과 다기능공의 숙련화를 통한 높은 생산성 달성에 주력해왔다(후지모토, 2006; Fujimoto, 2007; Fujimoto & Takeishi, 2001). 이에 따라 일본 자동차 산업의 공급 사슬은 장기 전속 관계에 기반한 완성차 업체의 기초 설계 제시와 부품 업체 주도의 상세 설계와 같은 승인도 방식이 주류를 이루거나(김규판 외, 2011; 후지모토,

1) 자동차 중 사람을 수송하는 승용자동차(10인 이하)는 2016년 기준 세계 자동차 생산, 판매, 수출에 있어 각각 75.8%, 72.0%, 82.4%를 기록하는 등 절대적 비중을 차지한다(한국자동차산업협회, 2018). 따라서 본 고에서 언급하는 자동차는 승용자동차(이하 승용차)에 한정함.

2006), 부품의 일체화(Unibody, Monocoque)와 같은 인테그랄 특성의 강화를 통해 생산비용을 줄이는 전략을 구사해 왔다(류기천, 1999; 박정규 & 김민수, 2012).

일각에서는 모듈화와 플랫폼 개발에도 불구하고, 자동차는 통합형과 모듈형 아키텍처의 성격이 공존한다는 주장도 제기되고 있다. 이러한 주장은 먼저 국가별 분석에서 나타나는데 먼저 조형제 & 김철식(2013), 김진백 & 이남석(2017)은 국내 완성차 업계는 완성차 중심의 모듈화 전략에 따라 주요 모듈의 설계와 생산을 계열사들이 담당하는 폐쇄적 모듈형 아키텍처를 나타냄을 주장하고, 이는 높은 기술역량을 보유한 부품업체들이 모듈화를 주도하면서 다양한 완성차 업체와의 개방적 거래 관계를 보이는 독일 및 통합형 아키텍처를 보이는 일본 완성차 업계와는 차별화된 패턴임을 강조하였다. 이러한 주장은 기업별 분석에서도 나타나는데 한미경(2006)은 일본 닛산과 도요타 사례를 통해 동일 부품(에어컨, 라디에이터)에서 상이한 아키텍처와 기업 간 조정 매커니즘이 존재함을 제시한 바 있다. 더불어 백서인 외(2015)은 중국 완성차 업체에 대한 연구를 통해 부품의 내재화 정도, 기술 역량의 차이(예: OEM, OBM)에 따라 동일 업체 내에서도 모델 별로 서로 다른 아키텍처 유형의 자동차가 존재함을 확인하였다. 상기 연구들은 아키텍처의 모듈화가 완성차 업체의 전략에 따라 상이하게 진행될 수 있음을 의미한다.

이와 같이 자동차 아키텍처의 모듈화 다양한 시각이 존재하는 이유는 무엇인가? 이는 크게 두 가지의 관점에서 이해할 수 있는데, 첫째, 기존의 논의가 특정 시점이나 사례(기업, 모델, 모듈)에 기반하여 일화적·횡단적으로 이루어졌다는 점이다. 둘째, 모듈화 진전에 대한 측정이 간접적인 형태로 이루어져 왔기 때문으로 판단된다. 일례로 이승규 외(2008)에서는 부품의 호환성, 전문부품 업체의 등장, 고객의 요구사항 증가, 기업 간 인수·합병 등의 증거를 통해 아키텍처의 모듈화 진전을 제시하였으나, 시간의 범위를 구체화하지 않았으며, 모듈화에 대한 추세적 분석은 진행하지 못하였다. 한편 이홍일(2008)과 조형제 & 김철식(2013)은 현대기아자동차를 사례로 모듈 개발에 따른 부품 수 감소와 인터페이스 단순화에 따른 모듈업체 엔지니어의 완성차 연구소 상주 기간 단축을 통해 모듈화 현상을 설명하였으나, 특정 시점에서의 횡단면적 증거라는 한계가 있다. 비록 다양한 산업에서 모듈화 관련 정형화된 사실에 근거한 간접 측정 연구가 다수 존재하나(예: 광기호 & 김원준, 2016; 광기호 & 백서인, 2017; 백서인 외, 2015), 이는 연구 수행과 관련한 프로토콜 구축, 재현성 측면에서 한계에 노정되어 있다.

이에 따라 본 연구에서는 기존 제품 아키텍처 이론에 근거하여 산업 단위에서 제품의 모듈화 진전에 대한 종단적 분석이 가능한 접근방법을 제시하고, 이를 자동차 뿐 아니라, 주요 구성 모듈 수준에 적용하여 자동차 아키텍처의 모듈화 진전을 고찰하였다. 이를 위해

자동차 산업과 관련한 다양한 연구보고서, 학술논문을 참고하여 자동차를 구성하는 모듈 및 모듈 내 부품 정보를 구축하였다. 그리고 아키텍처 모듈화에 따른 가치사슬의 글로벌화(글로벌가치사슬, Global Value Chain) 현상에 착안(이재철, 2010; 홍장표, 2016; Cattaneo et al., 2010; Gereffi et al., 2005; Kawakami, 2008; Sturgeon, 2007), 글로벌 무역 자료를 활용하여 모듈화 진전을 측정할 수 있는 지수(인터페이스 상호의존성 지수, 수출집중도 지수)를 개발하였다. 그리고 지수 적용을 통한 자동차 및 모듈 별 모듈화 진전을 분석하기 위해 ‘관세법령정보포털(CLIP, Customs Law Information Portal)’의 자동차 HS(Harmonized System) 가이드를 참고하여 모듈 별 구성부품의 HS Code 정보를 구축하고, 2000~2017년 사이 무역 자료를 적용하였다. 마지막으로 연구결과를 Fujimoto(2002, 2007)의 아키텍처 포지셔닝 전략에서 제시한 4가지의 완제품·모듈(부품) 간 중층구조유형(typology)에 적용함으로써 자동차 아키텍처 모듈화의 진전의 의미를 제안하였다.

본 연구는 자동차 사례를 대상으로 아키텍처 모듈화 진전을 측정할 수 있는 지수를 개발, 적용하였다는 점에서 모듈화에 대한 기존의 횡단적(Cross-sectional)·사례 제시(Anecdotal Evidence)를 넘어 종단적(Longitudinal)·궤적(Trajectory) 측정 방법을 제시하는데 기여하였다. 또한 완제품과 모듈이라는 중층구조의 관점에서 승용차의 모듈화 진전을 고찰함으로써 모듈화가 제품의 하위 요소별로 차별화된 양상으로 전개됨을 발견하였다. 이는 제품 모듈화 연구 시, 분석 수준(level of analysis)을 하향화하기 위한 노력이 필요함을 시사한다. 이에 따라 본 연구는 자동차 아키텍처 모듈화 여부에 대한 논쟁을 종식시키고, 전략과 생산, 혁신 경영의 관점에서 자동차 아키텍처 모듈화에 대한 논의를 심층적으로 전개할 수 있는 새로운 연구 의제를 제시하였다.

II. 이론적 배경

1. 제품 아키텍처 모듈화

Ulrich(1995)에서 제품 아키텍처에 대한 정의가 제시된 이후, 다양한 연구에서 아키텍처의 유형과 그 개념이 논의되었다²⁾. 먼저 Salvador et al.(2002)는 공통 제품 기반 하에

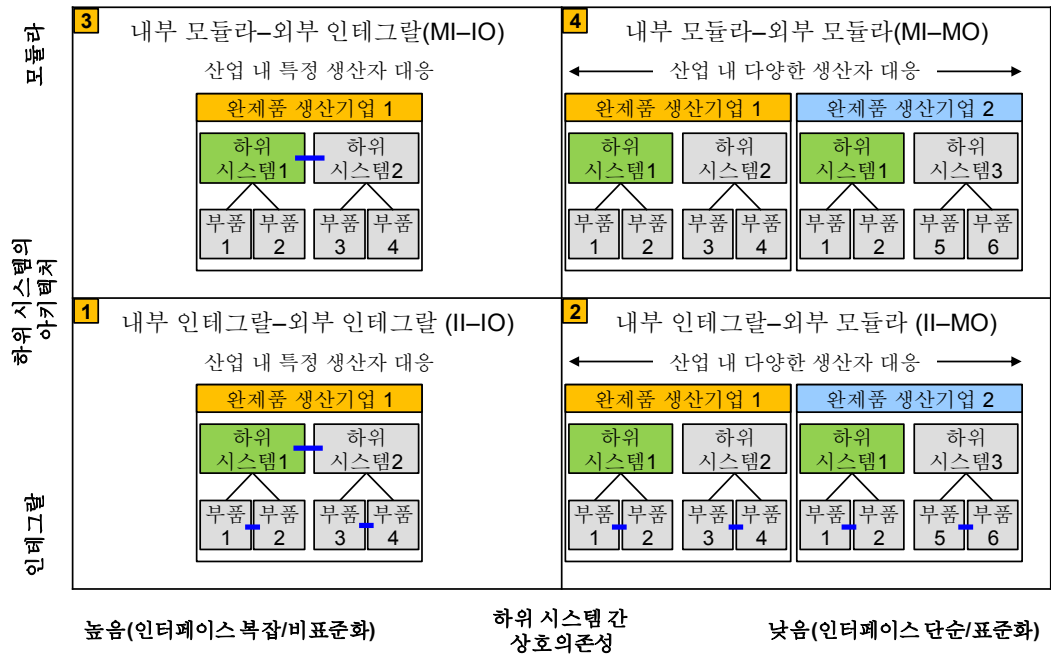
2) 모듈과 부품은 완제품을 구성하는 하위 요소로 이해할 수 있음. 이 점에서 모듈은 구성 부품들이 강력하게 상호 연결되어 있으나, 다른 개체의 구성 부품과는 상대적으로 약하게 연결된 하

제품의 특정 부분에 통합형 디자인의 부품을 채용하는 경우를 교체형 모듈화(Component Swapping Modularity), 공통 제품 기반 없이 모듈 간 인터페이스가 모두 달라서 다품종 소량 생산에 능한 경우를 결합형 모듈화(Combinatorial Modularity)로 구분한 바 있으며, Shibata et al.(2005)는 부품 간 인터페이스 사양의 표준화 범위(기업 내, 산업 내)에 따라 모듈라 아키텍처를 폐쇄형(Closed Modular)과 개방형(Open Modular)으로 구분하였다. 반면 Fixson(2005)은 통합형 아키텍처의 세분화를 시도하였는데, 부품·기능 간 매핑(mapping)의 복잡성에 따라 통합형 아키텍처를 통합-복잡형(부품·기능 간 多對多 매핑), 통합-분절형(부품·기능 간 多對一 매핑), 통합-연결형(부품·기능 간 一對多 매핑)으로 구분하였다. 이와 같은 아키텍처 유형화에 대한 연구는 대량 고객화 달성 정도에 따른 고객의 대기 및 지불가치 부여와 아키텍처 및 생산·물류 네트워크의 상관성(Salvador and Forza, 2004), 아키텍처 변화에 따른 산업 구조 변화 효과(Fixson and Park, 2008), 아키텍처 선택과 혁신 전략 간 연계가 후발기업의 추격성장에 미치는 영향(Kwak et al., 2018)과 같은 후속 연구를 통해 그 의의가 입증된 바 있다.

그러나 제품 아키텍처 유형은 분석의 수준(완제품 또는 구성 부품)에 따라 동일 제품이라 하더라도 모듈화 수준(Degree of Modularization)이 달리 측정·분류될 수 있는 한계가 있다(Campagnolo and Camuffo, 2010; Salvador et al., 2002). 이에 따라 Fujimoto(2002, 2007)은 완제품의 중층구조에 주목하여 하위 시스템의 아키텍처 유형 및 하위 시스템 간 상호의존성 유형(인터페이스의 복잡성, 비표준성)에 따라 4가지의 아키텍처 유형을 제시하였다. 이는 (그림 1)과 같이 나타낼 수 있는데, 먼저 하위 시스템이 통합형 아키텍처인 경우, 하위 시스템 간 상호의존성에 따라 내부 인테그랄-외부 인테그랄(Integral Inside-Integral Outside, II-IO)과 내부 인테그랄-외부 모듈라(Integral Inside-Modular Outside, II-MO)로 나눌 수 있다. 먼저 내부 인테그랄-외부 인테그랄(II-IO)은 하위 시스템 간 상호의존성이 복잡한 형태로 해당 하위 시스템은 특정 완제품에서만 사용하기 위해 특별히 설계된 부품인 경우가 많다. 이러한 아키텍처에서 하위 시스템 공급자의 경쟁우위는 제품 생산자에 대한 철저한 맞춤 대응 전략으로 이해할 수 있다. 두 번째, 내부 인테그랄-외부 모듈라(II-MO)는 하위 시스템 간 상호의존성은 단순한 형태로 통합형 하위 시스템이 다양한 완제품에 채용되는 경우이다. 본 유형에서 하위 시스템 공급자는 다양한 제품 생산자 공략에 성공했을 경우, 양산 효과, 가격 설정에 대한 권한 등에 힘입어 높은 수익률 달성할 수 있다.

나의 독립된 유닛으로 이해함(Baldwin and Clark, 1997; Muffatto and Roveda, 2002).

하위 시스템이 모듈형 아키텍처인 경우에도 하위 시스템 간 상호의존성에 따라 내부 모듈라-외부 인테그랄(Modular Inside-Integral Outside, MI-IO), 내부 모듈라-외부 모듈라(Modular Inside-Modular Outside, MI-MO)로 분류할 수 있다. 먼저 내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)은 개별 하위 시스템은 모듈라형으로 설계되었으나, 하위 시스템 간 상호의존성이 높은 형태를 의미한다. 이 경우, 하위 시스템 공급사의 경쟁우위는 특정 완제품 생산자 전용의 모듈형 부품 또는 업계 표준 부품의 고객화를 신속하고 저렴하게 생산·공급하는 것에서 비롯된다. 다만 고객화 정도는 내부 인테그랄-외부 인테그랄(II-IO)에 비해 약한 편이다. 반면, 내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)는 하위 시스템이 범용·산업 표준의 모듈라 아키텍처를 띄면서 다른 하위 시스템 간 상호의존성이 낮은 경우이다. 따라서 해당 하위 시스템 공급사는 다양한 완제품을 대상으로 가격 경쟁력을 확보하는 것이 중요하다.



자료: Fujimoto (2002, 2007) 참고하여 연구자 재구성

주1: 청색 선은 부품 간 상호의존성(인터페이스의 복잡성, 비표준성)이 높음을 의미

주2: 내부 인테그랄-외부 모듈라, 내부 모듈라-외부 모듈라의 경우, 하위 시스템 공급사가 다양한 완제품 제조사를 수요처로 들 수 있음

〈그림 1〉 제품의 중층구조를 반영한 4가지 아키텍처 유형

이와 같은 Fujimoto(2002, 2007)의 아키텍처 유형화는 제품의 계층적 구성 및 구성품 간 상호의존성에 기반하여 아키텍처의 변화를 추적하는데 유용하게 활용되었다. 일례로

伊藤宗彦(2004)은 상기 개념을 활용하여 1995년-2002년 사이 발생한 일본 기업의 디지털 카메라 아키텍처의 모듈화 진전 패턴을 크게 4가지('II-IO → II-MO → MI-MO', 'II-MO → MI-MO', 'II-IO → MI-IO → MI-MO', 'MI-IO ↔ MI-MO')로 구분하였으며, 백서인 외(2015)는 중국 주요 완성차 업체의 자동차 모델별 아키텍처 유형을 규명하고, 그에 따른 제품 경쟁력과 기업의 수익성을 분석한 바 있다. 그러나 이와 같은 노력에도 불구하고 상기연구들은 아키텍처 유형을 정성적으로 측정하는데 그친 한계가 있다.

한편 모듈화 진전에 대한 논의의 한 축으로 제품 플랫폼(Product Platform)에 대한 논의 또한 1990년대 말부터 함께 시작되었다(Halman et al., 2003). 여기서 플랫폼이란 다양한 제품 파생(모델)이 공유하는 구성된 공통 기반 또는 구조로써, 다수의 공통 부품과 공정, 지식과 사람, 표준화된 인터페이스가 포함된 집합으로 정의할 수 있다(Halman et al., 2003; Muffatto, 1999, Robertson and Ulrich, 1998). 정의에서 알 수 있듯이 플랫폼은 그 아키텍처가 모듈화된 형태이며, 비용 효과적으로 고객 맞춤형 제품을 추구하는 형태임을 알 수 있다. 그러나 제품 공통기반의 특성이 더욱 강화되었다는 점에서 플랫폼은 일반적인 모듈라 아키텍처 제품과는 경제적 효과에서 차이를 보인다. 먼저 플랫폼은 신제품 개발에 있어 공통 기반·구조의 재사용(Reuse)을 통해 품질 관리 비용 감소는 물론 규모 및 범위의 경제 효과가 크다(Robertson and Ulrich, 1998; Sköld and Karlsson, 2007). 이에 대해 Magnusson and Pasche(2014)는 플랫폼의 경제적 효과를 재사용 경제(Reuse Economics)로 명명하였다. 반면 모듈화는 지정된 모듈의 믹스 앤 매칭(Mix and Matching)을 통해 고객 맞춤형 제품 개발의 유연성과 개선성(Upgradability)을 높일 수 있다는 점에서 교체의 경제효과가 두드러지는 양상을 보인다(Baldwin and Clark, 1997; Garud and Kumaraswamy, 1995; Seyoum and Lian, 2018).

그러나 이러한 차이에도 불구하고, 모듈화는 플랫폼을 개발하기 위한 보완재이자 전제 조건으로 이해해야한다(Baldwin and Clark, 2000; Magnusson and Pasche, 2014; Muffatto, 1999). 왜냐하면 기본적으로 특정 모듈은 다양한 제품에 공유되어 재사용이 가능하며, 이를 통해 맞춤형 제품 개발과 비용 간의 상충 관계(Trade-off)를 해소하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 제품 아키텍처의 모듈화에 따른 교체의 경제효과 달성 이후에 규모 및 범위의 경제 효과를 강화·제고하기 위해 플랫폼 개발이 진행되는 것으로 이해한다. 이는 플랫폼은 구성품의 특정 부분은 안정적인 상태로 존재하면서 외부의 보완재를 채택하거나 유연하게 교체가 가능한 인터페이스를 보유함을 의미한다(Baldwin and Clark, 2000; Baldwin and Woodard, 2008; Muffatto and Roveda, 2002).

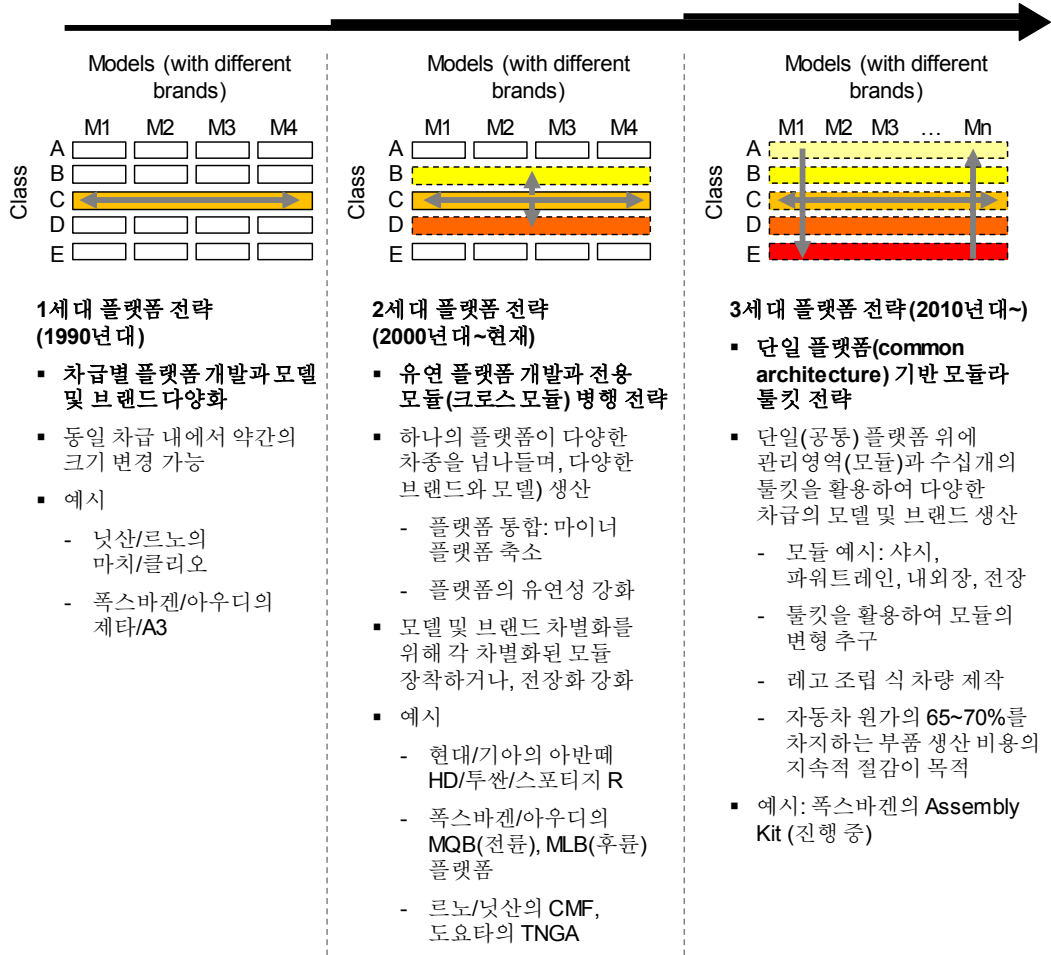
2. 자동차 아키텍처 모듈화에 대한 논의

널리 알려진 바와 같이 자동차는 2~3만 개의 부품으로 구성된 시스템형 제품으로 약 30여년에 걸쳐 모듈화에 대한 논의가 지속되어 왔다. 먼저 김기찬(2003)과 강혜선 & 이재혁(2008), 그리고 Sturgeon et al.(2009)의 논의를 종합하면, 자동차 모듈화 진행은 크게 (1) 완성차 중심의 모듈 분리, (2) 모듈 공급사로의 모듈 조립 이양 및 설계 참여, (3) 모듈 공급사의 독자 모듈·부품 설계, 생산 및 부품 업체 관리, (4) 모듈 공급사의 전장화를 통한 성능 고도화 등으로 구분할 수 있다. 이와 같은 모듈화 진행에 따라 완성차와 모듈 공급사 간의 관계는 수직에서 수평으로, 전속거래에서 개방거래로 변화하며, 기술역량을 보유한 모듈 공급사의 협상력이 강화되는 쪽으로 변화한다(송태복 & 남수현, 2011; 조철 외, 2005; 조형제 & 김철식, 2013). 이러한 관점에서 그간 다양한 완성차 업체의 사례를 중심으로 자동차 아키텍처의 모듈화 진전을 논의한 연구가 다수 진행되었다(예: 유찬용, 1999; 이재철, 2010; 이홍일, 2008; 임성규, 1999; 조형제 & 김철식, 2013; Cabigiosu et al., 2013; Macduffie, 2013).

이러한 자동차 아키텍처 모듈화의 장점은 비용 효과적 맞춤형 제품 생산(variants), 제품 다양성 제고, 부품 표준화를 통한 비용 절감, 생산성 제고로 이해할 수 있다(Piran et al., 2016; Seyoum and Lian, 2018; Ulrich, 1995). 그러나 모듈화에 따라 자동차 조립 시 단위 구성품의 덩어리(Chunk)가 커져서 운송비용 증가 및 공급 차질에 따른 생산 지연의 리스크가 더욱 커질 수 있다(이홍일, 2008; 정명기, 2007). 이러한 경우 해당 모듈은 완성차 업체 근처에서 생산하는 경우가 많다(Contreras et al., 2012) 또한 모듈화는 부품 혁신을 촉진하고, 암묵적 지식 관리 비용의 절감을 견인하나(Seyoum and Lian, 2018), 외부 지식 기반에 대한 과도한 의존으로 인해 장기적인 경쟁력 약화 및 협상력의 상실로 이어질 수 있다(조형제 & 김철식, 2013; 한미경, 2006). 이에 따라 완성차 업체는 모듈화의 단점을 극복하고, 제품 개발의 비용 절감과 기간 단축, 그리고 연구개발, 제조, 마케팅 등 가치사슬의 효율성 제고를 위해 플랫폼 개발을 추진해 왔다(Magnusson and Pasche, 2014; Muffatto and Roveda, 2002; Robertson and Ulrich, 1998). 자동차 플랫폼은 완성차 제조사에 따라 차이가 존재하나, 대개 샤시와 엔진, 트랜스미션을 포괄하고 있다(김세호, 2013; 김영국, 2013; 조성재, 2002; Muffatto, 1999).

이러한 자동차 플랫폼은 공유의 범위 확대 및 이를 위한 구성의 유연화 관점에서 지속 진화해왔다. 이는 (그림 2)와 같이 도식화할 수 있다. 먼저 1990년대의 플랫폼은 동일

모듈화 진전: 모델 다양화, 원가 절감, 신제품개발 기간 단축 효과 강화



자료: 고병구(2007), 경향신문(2014), 권성욱(2002), 김영국(2013), 류기천(1997), 박정규, 김민수(2012), 유찬용(1999), 이재철(2010), 정준희(1996), Neußer(2013), Stewart and Saren (2014) 등 참고하여 저자 재구성

〈그림 2〉 자동차 플랫폼 혁신의 기본 개념과 추세

차급(Class)의 자동차에 한해 브랜드를 넘나드는 수준(예: 아우디 A3와 폭스바겐 제타)에서 국한되었다. 일부 완성차 업체에서는 동일 차급 내 자동차 모델의 다양성을 위해 휠 베이스 변경의 관점에서 플랫폼을 퍼즐식으로 쪼개어 활용하기도 하였다. 이는 ‘차급별 플랫폼 개발과 모델 다양화’ 전략으로 이해할 수 있다(김영국, 2013; 박정규, 김민수, 2012; 유찬용, 1999; Neußer, 2013). 그러나 2000년대 이후 완성차 업체는 차급 별 플랫폼 개발에 따른 비용 증가와 개발 기간 확대의 어려움과 함께, 모델·브랜드 별 전용 부품의 사용에도 불구하고 플랫폼 공유에 따른 브랜드 아이덴티티의 상실(몰 개성화) 문제에

직면하였다(고병구, 2007; 선원용, 2003). 이에 따라 폭스바겐과 르노·닛산 등은 기술적 사양이 동일한 모듈을 일부 활용하되, 나머지 부분은 가변 형태로 구현할 수 있는 ‘유연 플랫폼’을 개발함과 동시에 모델·브랜드 별 모듈을 구분하는 ‘전용 모듈’ 전략을 동시에 구사하게 된다(고병구, 2007; 박정규, 김민수, 2012)³⁾. 이는 완성차 업체별로 플랫폼 통합, 즉 플랫폼 개수의 감소로 이어졌다(김철식, 2010).

최근에는 폭스바겐을 중심으로 한 ‘단일 플랫폼 기반 모듈라 툴킷(Toolkit) 전략’이 등장하였다. 이는 공통 플랫폼 위에 모듈과 수십여 개의 툴킷을 활용하여 레고를 조립하듯이 차량을 제작하는 방식으로 이론적으로는 모든 차급과 모델을 하나의 플랫폼으로 생산할 수 있는 방식을 의미한다(고병구, 2007; 경향신문, 2014; 박정규, 김민수, 2012). 이는 기존의 ‘모델 개발 → 모듈 개발’ 방식에서 ‘모듈 개발 → 모델 개발’로의 전환을 견인할 수 있으며, 모델의 다양화, 신제품개발 기간 단축, 규모의 경제 기반 제조원가 절감 효과가 더욱 커질 것으로 기대된다(경향신문, 2014; 조선일보, 2012). 특히 ‘단일 플랫폼 기반 모듈라 툴킷 전략’은 모듈 및 구성 부품의 성능 사양 조절을 통해 동일 모델이라 하더라도 선진국과 신흥국용 모델 개발을 동시에 진행할 수 있는 장점도 보유하고 있다(박정규, 김민수, 2012). 이는 플랫폼을 통한 규모 및 범위의 경제 효과를 달성한 완성차 업체들이 모듈화 강화를 통한 교체의 경제효과까지 달성하기 위한 전략으로 이해할 수 있다.

3. 글로벌가치사슬 구축과 자동차 산업

가치사슬이란 제품 또는 서비스의 설계에서부터 생산·제공을 위해 필요한 다양한 기업에 의한 부가가치(수익) 창출 활동을 연결한 망으로 이해할 수 있다(Dedrick et al., 2009; Gereffi and Fernandez-Stark, 2016). 이러한 관점에서 글로벌가치사슬은 부가가치 창출 활동이 다양한 국가, 지역 등 지리적 경계를 넘나들면서 분절적으로 이루어지는 것을 의미한다(Gereffi et al., 2005; Ponte and Gibbon, 2005; Ponte and Sturgeon, 2014; Timmer et al., 2015). 글로벌가치사슬 구축은 자유무역체제 도입 및 정보통신기술진화에 따른 중간재 및 완제품의 무역비용 감소, 신흥국의 경제 성장에 따른 현지 시장의 확대, 제품 차별화에 따른 산업 내 무역 확대에 따라 1990년대부터 본격 진행되었다(최낙균 외, 2013; Gereffi and Korzeniewicz, 1994).

3) 폭스바겐의 MQB(Modularer QuerBaukasten, Modular Transverse Matrix, 전륜차량용), MLB(Modularer Längsbaukasten, Modular Longitudnal Matrix, 후륜차량용), 르노닛산의 CMF(Common Module Family), 도요타의 TNGA(Toyota New Global Architecture) 대표적임.

자동차 산업은 다양한 제조업 중 가치사슬의 글로벌화가 가장 빠르고 광범위하게 진행된 산업이다(서동혁 외, 2014; 엄부영, 2017; 이재철, 2010; Sturgeon et al., 2008; Timmer et al., 2015). 그 이유는 앞서 살펴본 자동차 아키텍처 모듈화와 플랫폼 개발에 따라 자동차 생산에 필요한 자산의 특수성(asset specificity)과 지리적 근접성(Geographical Proximity)의 요구 조건이 약화되었으며, 표준화·범용화된 부품의 경우, 원가 경쟁력 확보를 최우선에 둔 글로벌 소싱이 가능해졌기 때문이다(Contreras et al., 2012; Sturgeon, 2002). 이에 따라 완성차 업체의 전략은 모듈 및 플랫폼 전략과 같은 설계·생산 전략을 기초로, 최적의 글로벌가치사슬 구축을 통한 경쟁력 확보에 주력하고 있다(이준호, 2014).

〈표 1〉 자동차 산업 가치사슬 지배구조의 변화: 계층형·전속형에서 모듈형·관계형으로

거버넌스 유형	주요 특징	거래의 복잡성	거래정보·거래에 대한 지식의 형식화 정도		거래에 대한 공급자 대응 능력		자동차 산업 거버넌스	
			과거	현재	과거	현재		
시장형	다수의 공급자가 생산한 산업 내 표준화된 부품 시장에서 구매 수요자와 공급자 간 낮은 전환비용	Low	High	High				
모듈형	제품 아키텍처의 모듈화 및 그에 따른 공급자의 다양한 수요자 대응 역량 확보 거래정보·지식의 형식화 정도가 높아 수요자, 공급자 간 전환비용은 비교적 낮은 편	High	High	High				
관계형	공급자, 수요자 간 암묵지 교환과 높은 상호의존에 기반한 제품 생산 수요자와 공급자 간 높은 전환비용	High	Low	High				
전속형	관계에 비해 공급자의 대응 역량이 부족한 경우 수요자가 공급자에게 강하게 개입 공급자의 역할은 조립에 국한되며, 높은 전환비용 발생	High	High	Low				
수직 통합형 (위계형)	공급자의 대응 역량이 매우 부족하거나, 제품 설계·생산이 매우 복잡한 경우 수요자 중심으로 가치사슬 내부화(in-house)	High	Low	Low				

자료: 김철식(2010), 서동혁 외(2014), 조형제, 김철식(2013), Gereffi et al.(2005) 등 참고하여 연구자 재구성

이와 같은 자동차 산업의 글로벌가치사슬 구축에 따라 자동차 산업의 가치사슬의 지배구조(Governance)도 변화해왔다. 여기서 가치사슬의 지배구조란 가치사슬 내 중간재·완제품 기업 간 거래의 통제 위치(locus of control)와 지배 형태를 의미한다(Gereffi et al., 2005)⁴⁾. 자동차 산업의 경우, 가치사슬 지배구조가 (1) 완성차가 제품 개발과 생산을 주도해서 수직통합을 통해 가치사슬을 지배하는 위계형(Hierarchy) 또는 (2) 소수의 공급사를 발굴하여 높은 수준의 모니터링을 진행하는 전속형(Captive)으로부터, (3) 기술의 특수성이 낮아져서 공급사가 제품의 품질과 생산을 주도하는 모듈형(Modular)과 (4) 제품 사양이 어렵고, 거래가 복잡해서 공급사의 높은 역량을 요구하지만 한번 관계가 형성되면 장기간 거래가 지속되는 관계형(Relational)의 중간 형태로 변화해 왔음이 논의된 바 있다(김철식, 2010; 서동혁 외, 2014; 조형제, 김철식, 2013). 이와 같은 가치사슬 지배구조의 모듈화 진전은 위 <표 1>과 같이 나타낼 수 있다.

자동차 산업의 가치사슬 글로벌화 및 지배구조의 모듈화 진전에 따라 자동차 모듈 무역량 증가 및 무역 참여 국가의 확대와 관련한 연구도 지속적으로 등장하였다. Contreras et al.(2012)와 Frigant(2016)는 자동차 산업의 가치사슬 글로벌화와 아키텍처 모듈화가 글로벌 공급사의 등장을 가속화시켰다고 주장하였으며, Wad(2008)은 지배구조의 모듈화에 따라 글로벌 공급사가 시스템 통합자, 표준 모듈·부품 공급사 등으로 세분화되는 가운데, 이들의 대형화, 전문화 현상이 강화됨을 제시하였다. 관련하여 이재철(2010)은 르노에 대한 사례연구를 통해 모듈화 효과의 극대화를 위한 글로벌 생산네트워크 구축, 글로벌 소싱 확대 등을 고찰한 바 있으며, 정준호 & 조형제(2016)에서는 OECD의 부가 가치 기준 무역자료(TiVA, Trade in Value Added) 자료를 활용한 분석에서 모듈·부품 무역이 역내를 넘어 전세계적인 차원으로 심화되었으며, 이에 따라 국가 간 무역 네트워크가 복잡해지는 등 모듈화에 따른 가치사슬 글로벌화 심화 현상을 확인한 바 있다.

상기 논의에서 알 수 있듯이 우리는 자동차 아키텍처 및 글로벌가치사슬 구축과 관련한 다양한 이론적 연구와 증거들을 통해 자동차 아키텍처 모듈화 진전을 유추할 수 있다. 그럼에도 불구하고 모듈화 진전에 대한 포괄적이고 체계적인 증거와 분석은 부족하다. 특히 자동차 특유의 중층구조를 고려했을 때(정명기, 2007), 분석 수준의 심층화를 통한 완제품 뿐 아니라 모듈 별 모듈화 진행에 대한 분석이 전개될 필요가 있다. 이에 따라 본 연구에서는 모듈화와 그에 따른 가치사슬의 글로벌화 관련 이론에 천착하여 자동차를

4) 거래에서의 정보와 지식의 복잡성, 형식화 정도, 거래에 대한 공급자 대응 능력에 따라 크게 시장지배형(Market), 모듈형, 관계형(relational), 전속형(captive), 완제품 기업의 수직 통합(hierarchy)으로 구분할 수 있음(Gereffi et al., 2005)

구성하는 모듈과 하위 부품의 무역 자료를 기반으로 모듈화 진전을 측정할 수 있는 지수를 개발한다. 이를 통해 자동차 및 구성 모듈 수준에서의 모듈화 진전을 고찰한다.

Ⅲ. 연구 방법

글로벌 무역 자료의 활용 및 지수 개발을 통한 ‘관세법령정보포털’의 ‘자동차 HS 가이드’를 참고하여 자동차 구성부품의 HS Code 정보를 구축하였다. 그리고 자동차 산업에 대한 학술 연구와 동향 보고서 등을 참고하여 수행 기능에 따라 자동차의 모듈을 크게 (1) 프론트 엔드, (2) 운전석, (3) 차체·도어·천장, (4) 시트, (5) 샤시(프론트 및 리어 샤시), (6) 엔진, (7) 동력전달(Transmission)의 7개 모듈로 분류하고(강혜선 & 이재혁, 2008; 김위찬, 2003; 김진백 & 이남석, 2017; 이트레이드증권, 2011; 이홍일, 2008; 정명기, 2004; 조형제 & 김철식, 2013; 홍동희, 2009; Fixson, 2003; MacDuffie, 2013), 각 모듈별 구성 부품을 식별한 후 상기 HS Code 정보에 의거하여 모듈별 HS Code 정보를 구축하였다. 이는 아래의 <표 2>와 같다(일부 HS Code 중복 포함). 모듈 중에서는 엔진의 구성 부품이 가장 많았으며(30개), 시트와 차체·도어·천장 모듈이 가장 적다(4개).

<표 2> 자동차 구성 7대 모듈의 구성 부품 및 부품별 HS Code 정보

Module	Sub-Module	Components	HS Code
1. Front-end Module	Cooling Module	Radiator / Intercooler	870891
		Condenser for air condition	841590
		Cooling Fan	851190
		Front Bumper	870810
		Head Lamp	851220
		Front frame (end) Carrier	840999
		Cluster	870829
		Air Bag Control	870895
		Multi-Function Switch	853710
		Navigation	852691
2. Cockpit Module		Car Audio	854442
		Instrument Panel	870829
	Climate System	Compressor	841490
		HVAC System	903210
		A/C Hose	401693
		Controller	903289
3. Body Module	Body	Body Parts	870829
	Door	Door/Hood/Trunk Hinge, Checker, Latch	392630
		Striker	830230
	Roof	Rack, Sun Roof	870829

플 래 트 폼	4. Seat Module		Seat Heater	851680	
			Track	870899	
			Motor	850110	
			Interior	940190	
	5. Chassis Module	Front and Rear Suspension		Air Suspension	870899
				Strut Module	870880
				Master Cylinder/Booster	870830
		Brake		ABS/TCS/ESP	903289
				Axle Module	870899
				Maxter Cylinder/Booster	870830
		Steering		Steering Gear	392690
				Ball&Nut Gearbox	870894
				MDPS/EPS	903289
				Intermediate Shaft	870840
				Steering Columns	870894
				cross-member	870829
				Arms	870829
		6. Engine		Brake/Steering Hose	400932
			Common Rail	840991	
			Piston	840991	
			Engine Pulley	848350	
			Engine Hose	870899	
			Intake Manifold	840991	
			Cylinder Head	840991	
			Cylinder Head Cover	840991	
			Regulator	851190	
			Air Compressor	841480	
			Cylinder Liner	840991	
			Cam/Crank Shafts	848310	
			Piston Ring	840991	
			Valve	848180	
			Fuel Rail	840991	
			Fly Wheel	848350	
			Connecting Rods	840999	
	Turbo Charger / Intercooler		841480		
	Starter Motor	851190			
7. Transmission		Park Brake Lever	870830		
		Manual/Auto Shifter	870899		
		Accelerator/Brake/Clutch Pedal	870893		
		Release Bearing	870893		
		Clutch Disc	870893		
		Clutch Cover	870893		
		Torque Converter	870840		
		Front Axle Assembly	870899		
		Half Shaft	870850		
		Propeller Shaft	870899		
		Rear Axle Assembly	870899		

자료: '관세법령정보포털'의 정보공개(HS 가이드정보, 자동차 부품 HS가이드 자료) 참고하여 연구자 구성

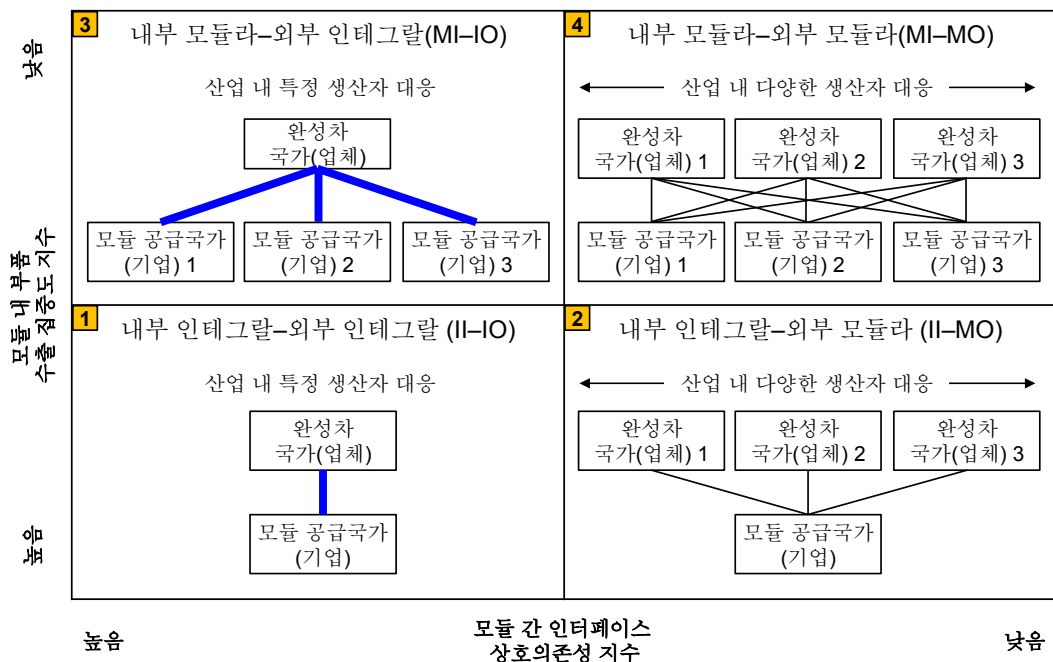
더불어 모듈화 진전을 측정하기 위해 두 가지 지수를 제안하였다. 먼저 연도별 모듈 수출액/자동차 수출액의 비율을 활용하여 ‘모듈 간 인터페이스 상호의존성 지수(이하 상호의존성 지수)’를 제안하였다. 분석 시작년도(t=1)의 각 모듈 별 수출액과 자동차 수출액 비율 값을 ‘1’로 상정하고, 이에 비례하여 차년도 비율 값을 산출한 다음 두 값의 비율 값을 역수를 산출함으로써 모듈화 진전을 측정한다. 이는 아래 식 (1)과 같다. 이는 모듈 및 부품의 글로벌 아웃소싱 확대와 같은 무역 증가와 모듈화 간에 관련성이 높다는 주장에 근거한 것으로(Gereffi et al., 2005; Mikkola, 2006), 만약 모듈 수출액 증가 속도가 자동차 수출액 증가 속도보다 빠르다면 해당 모듈의 모듈화 진전이 빠른 것으로 이해할 수 있다. 이는 모듈 간 인터페이스는 표준·단순화가 진행됨을 말하며, 다른 의미로는 완성차 업체(국가)와 모듈 업체(국가) 간 상호의존성이 점차 낮아짐을 뜻한다. 이 경우, ‘상호의존성 지수’ 값은 점차 작아진다. 단 완성차(승용차)의 HS Code는 기존 논의를 참고하여 8703(Motor vehicles for transport of persons (except buses))로 상정하였다(심재희, 2012; 장민수, 2017).

$$\text{Degree of interdependence}_{t+1} = \frac{1}{\frac{\text{export of module}_{i,t+1} / \text{export of automotive}_{t+1}}{\text{export of module}_{i,t} / \text{export of automotive}_t}} \quad \text{식 (1)}$$

또한 모듈을 구성하는 부품 간 인터페이스의 표준·단순화 정도를 측정하기 위해 각 ‘모듈 내 부품 수출집중도 지수(이하 수출집중도 지수)’를 별도의 지수로 상정하였다. 본 연구에서 모듈 내 부품 수출 집중도 지수는 기존 연구(예: 김봉한, 오근엽, 2008; 김치열 & 박광서, 2018)를 활용하여 허핀달-허쉬만 집중도 지수(Hirshman-Herfindahl Index)를 사용하였다. 이는 모듈·부품 간 중층구조를 반영한 것으로, 모듈 내 부품의 글로벌 무역이 다양한 수출국으로 분산된다면 해당 모듈을 구성하는 부품 간 인터페이스가 표준·단순해짐을 의미한다(조형제, 김철식, 2013). 이는 ‘상호의존성 지수’ 값이 하락한다 하더라도 만약 해당 모듈을 구성하는 부품 수출이 특정 국가에 집중된다면 부품 간 인터페이스 상호조정 필요성은 여전히 높다고 판단할 수 있음을 의미한다.

이에 따라 우리는 ‘상호의존성 지수’와 ‘수출집중도 지수’를 활용하여 Fujimoto(2002, 2007)에서 제시한 4가지 아키텍처 유형을 계량화하고자 하였다(그림 3). 먼저 (1) ‘내부 인테그랄-외부 인테그랄(II-IO)’는 모듈 간 인터페이스가 비표준화되어 있어, ‘상호의존성

지수' 값이 높은 경우를 의미한다. 또한 특정 모듈이 특정 완성차 업체(국가) 전용으로 제작되는 경우가 많기 때문에 소수의 모듈 업체(국가)에 의해 부품 및 모듈이 완성차 생산 지역 주변에서 생산·공급되는 경우가 많아서 '수출집중도 지수'도 비교적 적을 것이다. 두 번째, (2) '내부 인테그랄-외부 모듈라(II-MO)'는 각 모듈은 인테그랄 아키텍처 이나 타 모듈과의 인터페이스는 표준화가 가능한 경우로, 독자적인 기술 역량을 확보한 특정 모듈 업체(국가)가 다양한 완성차 업체(국가)에 모듈을 공급하는 형태이다. 독자 기술경쟁력을 확보한 산업 내 범용품이라는 측면에서 '상호의존성 지수'가 낮은 반면, 모듈 내부의 인테그랄 아키텍처 특성으로 인해 '수출집중도 지수'는 높은 경우라 하겠다.



주: 청색 선은 모듈 공급 국가(업체) 및 완성차 국가(업체) 간 상호의존성(인터페이스의 복잡성, 비표준성)이 높음을 의미

<그림 3> 완성차·모듈 간 인터페이스 상호의존성 지수와 모듈 내 부품 수출집중도 지수 관점에서 바라본 4가지 아키텍처 유형

다음으로 (3) '내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)'는 모듈 내 부품 간 인터페이스가 비교적 단순하지만 타 모듈과의 인터페이스는 표준화되어 있지 않은 경우이다. 기술적으로 단순하고, 범용 성격이 강해서 원가경쟁력을 확보한 다양한 지역에서 부품을 글로벌 소싱하는 경우가 많지만, 특정 완성차 전용으로 생산되는 모듈이다. 이로 인해 '수출집중도

지수'는 낮은 반면, 타 모듈과의 인터페이스 상호의존성('상호의존성 지수')은 높다. 마지막으로 (4) '내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)'는 모듈 간 인터페이스 및 모듈 내 부품 간 인터페이스가 모두 표준·단순화된 개방형 아키텍처의 형태로 다양한 완성차 업체(국가)에 쓰이는 동시에 기술적으로도 단순하며, 원가경쟁력 확보가 매우 중요한 저가형 범용 모듈로 이해할 수 있다. 이에 따라 모듈 내 부품도 다수의 업체(국가)로부터의 수급을 통해 원가를 절감하는 것이 중요하다. 따라서 '상호의존성 지수'와 '수출집중도 지수' 모두 작은 값을 가진다. 상기 설명은 위 (그림 3)과 같이 표현할 수 있다.

이어 IV장에서는 상기 개발한 2가지 지수(모듈 간 인터페이스 상호의존성 지수, 모듈 내 부품 수출집중도 지수)와 그에 따른 아키텍처 유형 프레임워크(그림 3)를 활용하여 자동차 및 모듈별 모듈화 진전의 궤적을 추적한다⁵⁾. 이러한 분석은 모듈 별로 진행하되, 플랫폼에 대한 분석은 구성 모듈인 샤시, 엔진, 트랜스미션의 구성 부품 수출액의 합계 금액을 활용하며, 분석 수준이 승용차 전체인 경우, 구성 모듈 및 부품 수출액의 총 합계 금액을 활용한다. 이를 위해 <표 2>에 등장하는 품목에 한해 UN Comtrade에서 제공하는 HS Code 6단위 기준 무역 자료를 활용하였으며, 분석의 시간적 범위는 2000년~2017년으로 상정하였다.

한편, 완성차 및 모든 개별 모듈 수준에서의 연도별 '수출집중도 지수'와 '상호의존성 지수' 값은 앞서 지수 개발에서 언급한 바를 적용한다. 따라서 완성차 및 모든 개별 모듈 수준에서의 '수출집중도 지수'는 연도별 허핀달-허쉬만 집중도 지수 값을 사용하며, '상호의존성 지수' 값은 2000년의 값을 1로 상정한 후 이에 대비한 후속연도의 값을 비율 형태로 측정해서 2017년까지 추적한다. 더불어 '상호의존성 지수' 값과 '수출집중도 지수' 값에 대응한 아키텍처 유형은 타 모듈의 '상호의존성 지수' 값의 변화 추이를 고려하여, 상호 비교를 통해 판단한다. 이러한 측정의 근거는 아키텍처 유형의 판단은 시간의 흐름 및 타 모듈과의 상대적 비교를 통해 인식할 수 있다는 이론적 논의에 기반한다 (Campagnolo and Camuffo, 2010; Fixson and Park, 2008; Shibata et al., 2005). 분석결과, 2000년~2017년 사이 자동차 산업의 '상호의존성 지수', '수출집중도 지수'는 각각 0.6~1.2, 0.04~0.16 사이에서 변화함을 관찰하였다. 따라서 본 연구에서는 각 지수 변화의 중간 값인 0.9와 0.10을 기준으로 <그림 3>의 4가지 아키텍처 유형을 구분하고, 변화를 추적하였다.

5) 수출액 뿐 아니라 수입액을 기준으로 모듈 간 상호의존성 지수 및 모듈 내 부품 수출집중도 지수를 정의·측정할 수 있으나, 모듈화가 야기하는 결과, 성과의 측면에서 수출액이 보다 직관적인 것으로 판단됨.

한편 '상호의존성 지수'와 '수출집중도 지수'는 아키텍처 모듈화 및 그에 따른 가치사슬 글로벌화 뿐 아니라, 무역 규제 변화, 환율 변동성에 대한 완성차 업체의 글로벌 전략, 완성차 업체 간 인수합병 및 공급선 다변화 전략 등 다양한 요인에 영향을 받을 수 있다. 그러나 2010년 이후 강화된 보호무역 기조로 인해 가치사슬의 글로벌화가 둔화되는 경향이 확인되는 만큼(한국은행, 2018), 이에 따른 지수의 과대 측정 또는 모듈화의 영향력 과소 측정 문제는 제한적일 것으로 판단된다. 또한 완제품 업체들이 환율 리스크 관리보다는 모듈화에 따른 생산 및 신제품 개발 비용 절감, 제품 현지화의 목적으로 글로벌 전략을 추진함에 따라(김중기 외, 2014), 환율 변동이 가치사슬의 글로벌화에 미치는 영향력이 점차 약화되고 있음을 밝힌 Ahmed et al.(2015)의 연구를 고려한다면, 환율 변동성이 지수에 미치는 영향도 제한적일 것으로 사료된다. 마지막으로 완성차 업체 간 인수합병 및 공급선 다변화 전략은 모듈화 진전의 증거이자(이승규 외, 2008), 가치사슬의 글로벌화를 의미한다는 점에서 본 지표 활용의 적합성을 제고하는 요인으로 이해할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 두 지수는 개념 타당성이 확보되었다고 하겠다.

IV. 연구 결과

1. 세계 자동차 및 모듈 수출 추이

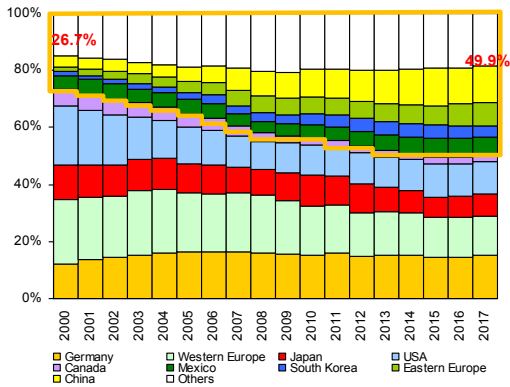
〈표 4〉와 같이 자동차 및 모듈의 수출 추이를 살펴보았다. 2000년 이후 자동차는 연평균 5.3% 증가하며 2017년 7,250억 달러의 수출을 기록하였다. 반면 모듈 수출액은 동기간 연평균 7.1% 증가하며 2017년 8,147억 달러를 달성하였다. 특히 2009년 이후에는 모듈 총 수출액이 자동차 수출액을 지속 상회하면서 '모듈/승용차 수출액' 비율이 1 이상을 기록하고 있다. 이는 자동차 아키텍처 모듈화 진전에 따라 글로벌 가치사슬 구축이 진행되고 있다는 주장을 지지하는 증거라 하겠다. 모듈별 수출액 분석결과(일부 HS Code 중복 포함), 샤시와 엔진, 트랜스미션 등 플랫폼을 구성 모듈과 운전석 모듈의 수출 규모가 가장 큰 것으로 나타났다. 반면 프론트 엔드, 차체·도어·천장 및 시트 모듈의 수출 규모는 비교적 작음을 알 수 있다. 한편 수출 증가율 측면에서는 프론트 엔드와 운전석 모듈의 증가세가 가장 가파른 것으로 확인되었으며, 트랜스미션이 그 뒤를 잇고 있다. 이는 3개 모듈의 모듈화 진전 및 글로벌 가치사슬 구축이 비교적 빠른 속도로 전개되고 있음을 시사한다.

〈표 3〉 자동차 구성 7대 모듈의 연도별 수출액 추이(십억 달러)

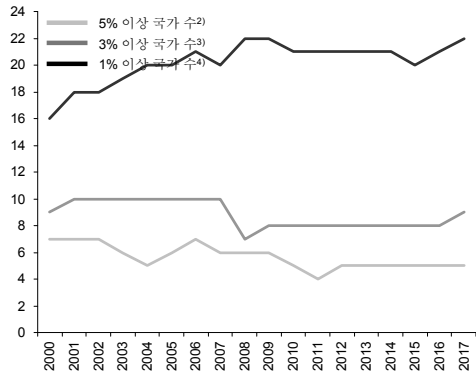
구분	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	연평균 증가율
승용차	304	309	344	394	456	487	537	622	635	438	558	639	650	678	709	678	699	725	5.3%
모듈 계	254	248	273	318	379	419	467	584	624	483	617	726	745	787	824	769	784	815	7.1%
프론트 엔드	26	26	28	33	41	46	51	62	68	52	66	81	80	84	88	81	82	86	7.4%
운전석	57	56	63	73	87	96	108	143	153	119	154	180	188	203	217	204	212	221	8.3%
샤시	131	126	140	162	191	210	229	272	282	215	282	330	338	356	367	342	352	366	6.2%
차체	32	31	35	39	44	47	50	55	55	40	53	62	64	69	73	70	72	75	5.2%
시트	70	68	75	88	105	117	127	126	128	94	120	138	138	141	142	133	129	129	3.7%
엔진	158	153	169	197	235	261	289	321	339	255	324	382	387	402	413	379	378	390	5.5%
트랜스 미션	75	71	78	92	110	123	136	172	180	133	177	208	210	217	220	204	207	216	6.5%
모듈/ 승용차	0.84	0.80	0.79	0.81	0.83	0.86	0.87	0.94	0.98	1.10	1.11	1.14	1.15	1.16	1.16	1.13	1.12	1.12	

자료: UN Comtrade DB 및 〈표 3〉의 모듈별 구성 HS Code 정보 활용

1. 세계 승용차 모듈 수출 점유율 추이¹⁾



2. 세계 승용차 모듈 수출 점유율 구간별 국가 수 추이



자료: UN Comtrade DB, HS Code 848210 (Ball Bearing) 외 37개 품목

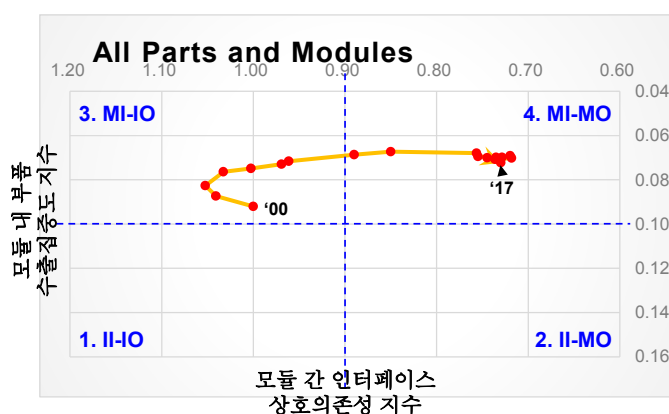
- 1) 서유럽 국가에는 영국, 스웨덴, 벨기에, 프랑스, 이태리, 스웨덴이, 동유럽 국가에는 체코, 슬로바키아, 헝가리, 폴란드, 루마니아가 포함됨
- 2) 2017년 기준 독일, 중국, 미국, 일본, 멕시코
- 3) 2017년 기준 5% 이상 국가 + 한국, 이태리, 프랑스, 체코
- 4) 2017년 기준 3% 이상 국가 + 폴란드, 캐나다, 영국, 스웨덴, 헝가리, 태국, 벨기에, 루마니아, 네덜란드, 오스트리아, 슬로바키아, 인도, 스웨덴

〈그림 4〉 세계 승용차 모듈 수출 점유율 및 구간 별 국가 수 추이

자동차 아키텍처 모듈화 진전과 글로벌 가치사슬 구축의 기술적 증거는 (그림 4)와 같이 국가·지역별 모듈 및 부품 수출 점유율 추이와 점유율 상위 국가 수 변화에서도 확인할 수 있다. 먼저 2000년 이후 최근까지 우리나라와 멕시코, 중국, 동유럽 등 신흥국의 모듈 및 부품 수출 점유율이 크게 증가해왔음을 알 수 있다(2017년 49.9%). 특히 이들 국가는 독일을 비롯한 서유럽 국가의 역외 지역에 있다는 점을 고려한다면 자동차 산업의 글로벌 가치사슬 구축이 역내 경제블록에 국한된 것이 아니라 세계적인 차원으로 심화되었음을 시사한다(정준호 & 조형제, 2016). 이에 따라 (그림 4)의 오른쪽 그래프와 같이 주요 모듈 및 부품 수출 국가의 수가 지속 확대되는 현상도 확인할 수 있다.

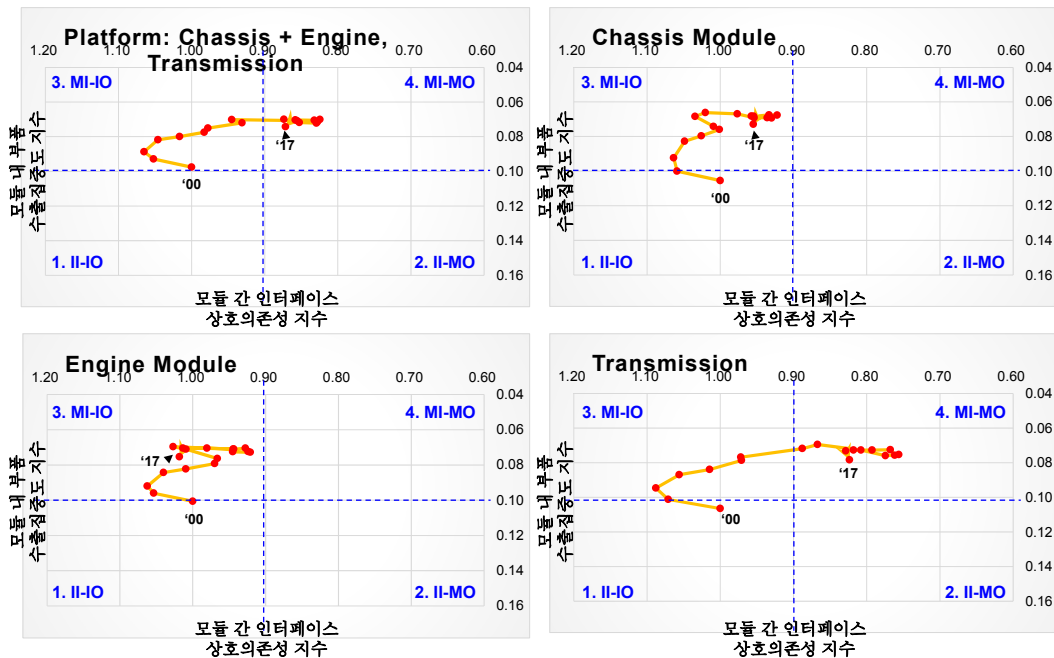
2. 주요 모듈별 모듈화 진행과 글로벌가치사슬 구축

먼저 완성차 수준의 ‘상호의존성’ 지수와 ‘수출집중도 지수’를 분석한 결과, (그림 5)과 같이 2000년 이후 자동차 아키텍처는 전체적으로 ‘내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)’의 형태로 진화 중인 것으로 판단된다. 이러한 결과는 2000년 이후 자동차 아키텍처의 모듈화가 지속 진행되었다는 주장을 지지하는 결과이다. 그러나 2010년 이후 모듈화 진행 속도는 상대적으로 더디게 진행되고 있는 것으로 판단된다. 이는 최근 들어 핵심 모듈의 경우 기술역량을 보유한 특정 국가(업체들)를 중심으로 다양한 완성차 업체에 공급이 되는 반면, 비교적 기술적 난이도가 낮으면서 원가 절감이 중요한 모듈은 광범위한 글로벌 소싱의 경향이 점차 강화되는 형태와 같은 모듈 거래의 이원화 현상을 반영한 결과로 사료된다. 2017년 현재 ‘상호의존성’ 지수 값은 1.144, ‘수출집중도 지수’는 0.072이다.



〈그림 5〉 자동차 아키텍처 진화 궤적: 완성차 수준

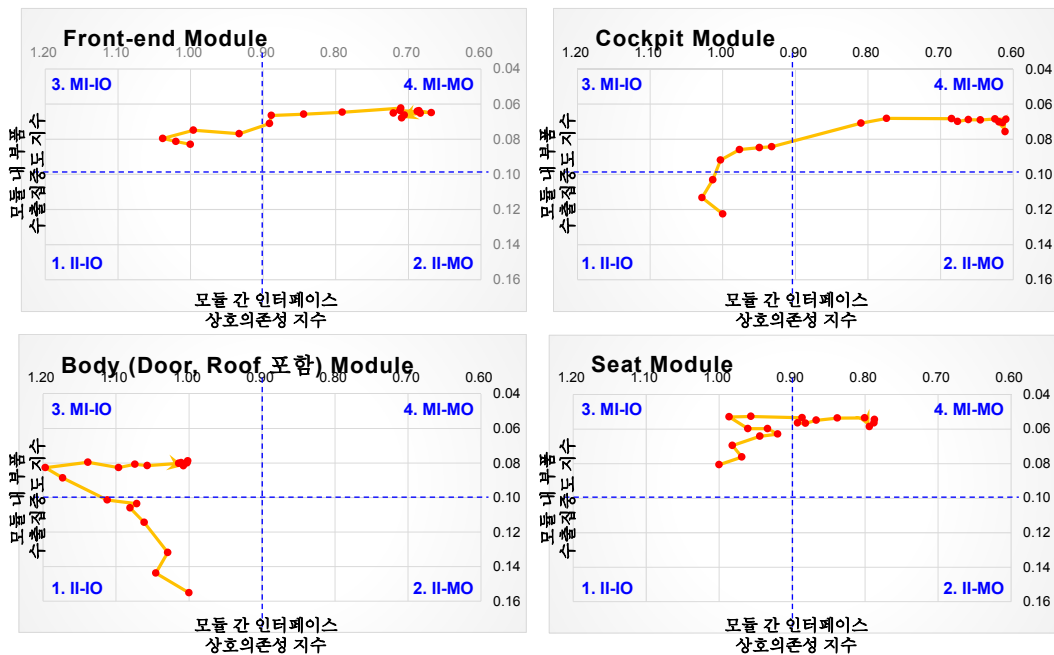
두 번째로 (그림 6)은 플랫폼을 구성하는 샤시, 엔진, 트랜스미션의 아키텍처 진화 궤적을 고찰한 결과이다. 우선 플랫폼은 분석기간 동안 ‘내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)’ 유형에서, ‘내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)’ 유형으로 점차 모듈화 정도가 높아지는 추세를 확인할 수 있다. 이는 (그림 2)에서 제시한 바와 같이 완성차 업체의 자동차 플랫폼 개발 전략이 ‘차급별 플랫폼 개발과 모델 다양화 전략’과 ‘유연 플랫폼 개발과 전용 모듈(크로스 모듈) 병행 전략’에서 ‘단일 플랫폼 기반 모듈라 툴킷 전략’으로 진화하는 패턴을 지지하는 결과라 하겠다. 플랫폼의 2017년 ‘상호의존성 지수’ 값은 0.871, ‘수출집중도 지수’는 0.074이다.



〈그림 6〉 자동차 플랫폼 및 구성 모듈의 아키텍처 진화 궤적: 샤시, 엔진, 트랜스미션

한편 플랫폼을 구성하는 모듈 간 아키텍처 유형에 차이를 확인하였다. 먼저 샤시와 엔진은 ‘내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)’의 경향이 강함을 알 수 있다. 이는 완성차 업체들이 자기 완결 형태의 샤시 모듈 아웃소싱을 꺼려하는 현상이 지속된다는 홍동희 (2009)의 주장과 부합하는 결과로 이해할 수 있다. 특히 엔진은 자동차 성능 차별화에 결정적인 역할을 하는 모듈이라는 점에서 향후에도 모듈화가 더디게 진행될 것으로 예상된다(Kodama, 2014). 샤시 모듈의 2017년 ‘상호의존성 지수’와 ‘수출집중도 지수’ 값은

각각 0.954, 0.073이며, 엔진 모듈의 그것은 1.018, 0.075이다. 이러한 결과는 플랫폼 수준에서 상당한 모듈화 진전에도 불구하고, 샤시와 엔진은 여전히 완성차 중심의 통합적 아키텍처 특성을 띠을 의미한다. 마지막으로 트랜스미션은 ‘내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)’ 유형에 위치해 있어, 샤시와 엔진에 비해 비교적 모듈화 진전 속도가 빠른 것으로 나타났다. 이는 엔진과 샤시가 특정 완성차 업체 내부적으로 공유되는 특성이 강한데 비해, 트랜스미션은 비교적 다양한 공급사가 존재하는 현상을 반영하는 결과라 하겠다(원동호, 2014; 이승규 외, 2008). 다만 2015년 이후 강화된 배기가스 배출 규제에 따라 완성차 중심의 트랜스 미션 개발이 강화되면서 모듈화 추세도 정체 상황을 보이는 것으로 판단된다(김동규, 2017). 트랜스미션 모듈의 2017년 ‘상호의존성 지수’ 값은 0.823이며, ‘수출집중도 지수’는 0.078이다.



〈그림 7〉 기타 자동차 구성 모듈의 아키텍처 진화 궤적: 프론트-엔드, 운전석, 차체·도어·천장, 시트

마지막으로 (그림 7)은 프론트-엔드, 운전석, 차체·도어·천장 및 시트 모듈의 모듈화 진전 분석 결과이다. 먼저 프론트-엔드와 운전석 모듈은 분석기간 동안 상당한 모듈화가 진행되어 ‘내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)’ 유형으로 판단할 수 있다. 해당 모듈들은

타 모듈에 비해 기술적으로 비교적 단순하기 때문에 오랜 기간 동안 다수의 모듈 업체(국가)가 다수의 완성차 업체(국가)와 약한 상호의존성을 가지고 느슨한 거래관계를 보이는 모듈로 이해할 수 있다. 본 분석 결과는 해당 모듈을 대표적인 모듈라 아키텍처로 제안한 기존 연구와 그 궤를 같이 하고 있을 뿐 아니라(예: Cabigiosu et al., 2013; McDuffie, 2013; Robertson and Ulrich, 1998), 이후에도 추가적으로 모듈화가 비교적 빠르게 진행됨을 설명하고 있다. 프론트-엔드 모듈의 2017년 '상호의존성 지수' 값, '수출 집중도 지수' 값은 각각 0.709, 0.068이며, 운전석 모듈의 그것은 0.611, 0.076이다.

반면 차체·도어·천장 모듈은 그간 모듈화가 매우 더디게 진행된 것으로 나타났다(내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)유형). 이는 해당 모듈의 경우 도장기술의 고도화와 구조적 적합성에 대한 요구 사항이 강화되고 있고, 소비자 니즈 충족을 위한 외부 디자인 차별화에 대한 강조에 따라 모듈화가 매우 더디게 진행되는 모듈임을 이해할 수 있다(홍동희, 2009). 이로 인해 원가가 높고, 수익성은 낮은 형태를 보인다(조형제 & 김철식, 2013). 위 모듈의 2017년 '상호의존성 지수' 값은 1.000, '수출집중도 지수' 값은 0.082이다. 한편 시트 모듈의 경우 상당부분 모듈화가 진행되었으나(내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)유형), 최근 시트 기능의 고도화 및 이에 따른 샤시 등 타 모듈과의 인터페이스 복잡화에 따라 프론트-엔드 및 운전석 모듈보다는 더딘 모듈화 추세를 확인할 수 있다(류기천, 1999). 이는 시트와 같이 복잡한 형태와 큰 부피의 제품은 운송비 절감을 위해 완성차 업체 인근에서 생산되는 경향도 공존함을 반영하고 있다(홍장표, 2016; Hill, 1989). 2017년 시트 모듈의 '상호의존성 지수' 값, '수출집중도 지수' 값은 각각 0.794, 0.059이다.

V. 결론

본 연구는 자동차 아키텍처 진화에 대한 논쟁과 제품 아키텍처의 중층적 구조에 천착, 제품 모듈화 진전을 종단적으로 분석할 수 있는 두 가지 지수, '모듈 간 인터페이스 상호의존성 지수'와 '모듈 내 부품 수출 집중도 지수'를 제시하고, 이를 Fujimoto(2002, 2007)의 4가지 아키텍처 유형(II-IO, II-MO, MI-IO, MI-MO)에 적용하여 계량화함으로써 자동차 아키텍처의 모듈화 진전을 추적하였다. 연구결과 자동차 아키텍처는 2000년 이후 산업 수준에서 모듈화가 지속적으로 진행 중임을 확인하였다. 이는 전통적으로 통합형 아키텍처를 따른다고 알려진 자동차 아키텍처의 모듈화를 종단적으로 규명한 새로운 연구

결과이며, 그간 진행된 내연기관 자동차 기술혁신의 증거를 지지하는 결과로 이해할 수 있다.

특히 본 연구는 완제품 수준 뿐 아니라 구성 모듈에 대한 분석을 통해 이러한 모듈화 진전이 자동차를 구성하는 모듈 별로 상이하게 나타남을 확인하였다. 먼저 플랫폼은 '내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)' 유형에서, '내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)' 유형으로 점차 모듈화 정도가 높아지는 추세를 확인할 수 있다. 이러한 결과는 플랫폼을 구성하는 개별 모듈(샤시, 엔진, 트랜스 미션)의 부분 최적화를 추구함과 동시에, 플랫폼 자체의 전체 최적화를 꾀하는 완성차 업체들의 전략의 변화를 반영하는 것으로 판단된다. 특히 최근 '내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)' 유형으로의 진전은 대형 완성차를 중심으로 추진되는 '단일 플랫폼 기반 모듈라 톨킷 전략'으로 진화하는 패턴을 지지하는 결과라 하겠다.

한편 플랫폼 구성 모듈별로는 샤시와 엔진의 경우 비교적 통합형 아키텍처 경향이 강한 반면('내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)'), 트랜스미션은 두 모듈에 비해 모듈화 진전 속도가 빠른 것으로 나타났다('내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)'). 이러한 결과는 플랫폼 수준에서는 상당한 모듈화가 진전된 것으로 이해할 수 있으나, 구성 모듈 중 샤시와 엔진은 여전히 완성차 중심의 폐쇄적 아키텍처 설계가 이루어짐을 의미한다. 이는 요소부품·부분품·모듈·플랫폼으로 이어지는 자동차의 복잡·다단적 계층 구조를 고려한 아키텍처 특성 이해가 필요함을 시사한다. 그 밖에 프론트-엔드, 운전석 및 시트는 상대적으로 개방형 모듈라 아키텍처로 진화가 진행되었음을 알 수 있으며(내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)), 차체·도어·천장 모듈은 외부 디자인 차별화 추진에 따른 완성차와 모듈업체 간 인터페이스 최적화 문제로 인해 모듈화가 더디게 진행됨을 관찰하였다(내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)).

본 연구는 산업 내 제품 아키텍처의 모듈화를 계량적으로 측정, 아키텍처 진화를 종단적으로 측정할 수 있는 접근법을 제시하였다. 이를 통해 특정 시점과 기업 및 제품 사례를 중심으로 이어진 모듈화 관련 연구(Cross-sectional, Anecdotal Evidence)를 산업 수준에서 시계열적으로 확장(Trajectory, Longitudinal)하는데 공헌하였다. 동시에 이러한 접근은 일반적인 제품의 중층구조를 반영함으로써 제품 모듈화 연구에서 분석 수준의 세분화 필요성을 강조하고, 이를 구현하는 데 기여하였다. 실제로 우리는 자동차의 사례를 통해 동일 완제품 내에서도 분석 수준에 따라 다양한 정도의 모듈화 진행이 나타난다는 기존의 이론적 논의(Campagnolo and Camuffo, 2010)를 실증하였다. 이러한 관점에서 본 연구는 그간의 간접 측정에 따른 자동차 아키텍처 모듈화에 대한 논란을 해소하는데

기여할 것이다. 심지어 폭스바겐은 레고를 조립하듯이 자동차를 만들겠다고 하지 않았는가?(고병구, 2007; 경향신문, 2014; 박정규, 김민수, 2012; 조선일보, 2012).

본 연구에서 규명한 자동차 산업 전반의 모듈화 진전은 완성차 업체와 모듈 업체 각각의 혁신전략에 유의한 시사점을 제공한다. 먼저 완성차 업체는 경쟁사의 아키텍처 전략을 파악하고, 자사의 아키텍처 전략이 시장 지배력을 강화하는데 효과적인지 판단할 필요가 있다. 만약 자사가 통합형 아키텍처를 통해 전체 최적화를 꾀한다면, 보다 강력한 계열 형태의 공급사슬을 구축할 필요가 있다. 여기서 강력한 계열이란 조직 능력, 팀웍, 통합력 등에 기반하여 모듈 업체와 긴밀한 이익공유를 추진하는 것을 의미한다. 이러한 폐쇄적 전략은 장기거래를 통해 '긴밀한 연계조정'이 가능한 장점은 있으나, 효율적인 고객화가 어렵고, 낮은 수익성에 고착화될 가능성이 있다. 따라서 완성차 업체는 자사 전용이나, 자동차 성능에 중요한 영향을 미치는 모듈('내부 인테그랄-외부 인테그랄(II-IO)')과 그렇지 않은 모듈('내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)')을 구분하여 활용하는 노력이 필요하다.

반면, 모듈라 아키텍처 선택을 통해 효율적인 고객화와 원가 절감을 기대한다면 규모, 범위, 그리고 교체의 경제효과를 극대화할 수 있는 노력이 필요하다. 이는 곧 본 연구의 (그림 2)에서 제시한 2세대, 3세대 플랫폼 전략의 가속화 및 인수·합병을 의미한다. 그러나 모듈라 아키텍처 선택 시 주의해야할 점은 어떤 모듈 업체와 어떠한 상호의존관계를 갖는가이다. 극단적으로 중국의 완성차 업체는 '내부 모듈라-외부 모듈라(MI-MO)'와 같은 개방형 모듈라 전략을 통해 원가 경쟁력에 기반한 빠른 추격을 달성하였다(이승규 외, 2008; 후지모토, 2006; Wang, 2008). 그러나 이러한 전략은 우리나라를 비롯한 선진 완성차 국가와 같이 원가 절감과 제품 보급보다는 제품 차별화에 주력하는 경우에는 적합하지 않은 전략일 것이다. 따라서 적합한 전략은 전속 형태의 모듈업체를 두는 '내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)' 또는 다양한 완성차 업체와 공급관계를 가지는 선진 모듈 업체와의 전략적 제휴를 의미하는 '내부 인테그랄-외부 모듈라(II-MO)'임을 이해할 필요가 있다.

더욱이 완성차 업체는 '내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)'와 '내부 인테그랄-외부 모듈라(II-MO)' 전략의 장단점을 이해하고, 자사의 조직 역량과 연계하여 적합한 전략을 선택해야 한다. 먼저 '내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)' 전략은 완성차 입장에서 모듈화에 따른 효익의 내부화, 기술유출 방지, 공급사슬 내 협상력 제고의 관점에서 장점이 있으나, 부품업체의 독자적 혁신 노력의 부재와 이에 따른 완성차 경쟁력 약화의 우려도 상존함을 유의해야할 것이다(정명기, 2007; 조형제 & 김철식, 2013; Wang, 2008). 한편

‘내부 인테그랄-외부 모듈라(II-MO)’ 전략은 선진 모듈업체의 경쟁력을 활용하되, 완성차 수준의 최적화를 위해 많은 노력이 필요한 전략이다. 완성차 경쟁력 제고가 가능한 일종의 개방형 혁신 전략으로 이해할 필요가 있으며, 종속적 가치사슬이 아닌 수평적인 가치사슬을 구축함을 의미한다. 이러한 점을 고려할 때, 모듈의 특성에 따라 전략을 달리하는 혼합형 전략이 바람직할 것이다.

더불어 모듈업체는 자동차 산업 전반의 아키텍처 모듈화 진전을 이해하고 전략적인 대응을 취해야할 것이다. 우선 자사가 생산하는 모듈의 범용성이 높다면, 보다 다양한 완성차 업체의 글로벌 가치사슬에 편입하기 위한 노력이 필요할 것이다. 이를 통해 모듈업체 수준에서 규모와 범위의 경제 효과를 누리며, 동시에 자사의 기술경쟁력이 상실되지 않도록 부품 간 인터페이스 사양을 감추기 위한 블랙박스화(Black Box) 노력도 병행해야할 것이다(Kwak et al., 2018). 이는 모듈 수준에서 ‘내부 인테그랄-외부 모듈라(II-MO)’ 전략일 것이다. 그러나 특정 완성차 업체와의 긴밀한 상호작용을 요구하는 모듈이라면 고객화 역량을 강화하는 동시에 부품 간 인터페이스 단순화 또는 생산공정의 유연화를 통한 원가 절감 노력(‘내부 모듈라-외부 인테그랄(MI-IO)’ 전략)을 강화해야 할 것이다(Ulrich, 1995).

상기 제시한 이론적 공헌과 혁신전략적 시사점에도 불구하고, 본 연구는 내연기관 승용차 사례에 국한한 한계를 안고 있다. 최근 전기차, 수소연료차 등 친환경 자동차 보급이 시작된 만큼⁶⁾, 보급이 일정 수준 이상을 넘어서거나 기술 성숙도가 높아진 시점에서 아키텍처 진화와 그에 따른 제품 혁신 패턴을 고찰하는 것은 매우 흥미로운 연구 주제가 될 것이다. 전기차는 내연기관 승용차에 비해 부품 수가 40~50%에 불과하며, 이로 인해 아키텍처가 단순한 것으로 판단된다(김시연, 2017; Luccarelli et al., 2015), 반면 수소차는 기존 내연기관 승용차의 공급사슬을 그대로 유지할 수 있어 전기차와는 다른 아키텍처 특성을 보일 것으로 예상된다(매일경제, 2019). 또한 본 연구의 심화 관점에서 향후에는 국가 또는 기업과 같이 분석의 단위를 세분화하거나, 연구의 범위를 다양한 제품군으로 확대하는 것도 의미있는 시도가 될 것이다. 마지막으로 모듈화를 시간의 흐름 및 타 모듈과의 상대적 비교를 통해 측정할 점, 총 교역량 기준 무역 자료만 활용한 점 등은 향후 측정의 고도화 및 부가가치 기준 무역 자료 활용 등을 통해 보완할 필요가 있을 것이다.

6) 한국자동차산업협회(2019)의 조사 결과, 2018년 우리나라 전기차, 수소연료차의 등록은 총 31,883대로 전체 승용차 등록의 2.1% 차지함.

참고문헌

(1) 국내문헌

- 강혜선·이재혁(2008), “현대모비스의 새로운 선택 - 모듈화 선택-”, 『Korea Business Review』, 제11권 제2호, pp. 29-50.
- 경향신문, “‘자동차도 레고처럼 조립’... 제조방식 대변혁 예고”, 2014.06.15.
- 고병구(2007), 『유럽업체, 모듈화 및 플랫폼 통합 확대』, 현대자동차 자동차경제 제390호.
- 관세법령정보포털(2018), 정보공개 - HS 가이드정보 - 자동차 부품, <https://unipass.customs.go.kr/clip/index.do> (2018년 12월 17일 접속).
- 곽기호·김원준 (2016), “제품 아키텍처가 추격 성과에 미치는 영향에 대한 탐색연구: 우리나라의 공작기계 수치제어장치 개발 사례를 중심으로”, 『기술혁신연구』, 제24권 제2호, pp.21-56.
- 곽기호·백서인 (2017), “후발주자의 추격과 추락: 중국 굴삭기 시장에서의 기회의 창과 중국과 한국의 전략적 대응에 관한 연구”, 『전략경영연구』, 제20권 제2호, pp.79-112.
- 권성욱(2002), 『플랫폼 통합을 적극 추진하고 있는 르노와 닛산』, 현대자동차 자동차경제 제279호.
- 김규관·이형근·김은지(2011), “일본 제조업의 경쟁력 실태분석과 시사점”, 『연구보고서 11-18』, 대외경제정책연구원.
- 김기찬(2003), “자동차산업에 있어서 모듈형 부품개발과 그 효과에 대한 실증적 연구”, 『상품학 연구』, 제30호, pp.113-140.
- 김동규(2017), 『디젤 엔진의 미래, 어떻게 진행될 것인가?』, KOTRA뉴스, 2017.3.23.
- 김동휴·강병구·김철식(2015), “표준화 정책 측면에서 모듈성 연구: 전자 산업과 자동차 산업 비교 분석”, 『기술혁신연구』, 제23권 제3호, pp.169-199.
- 김봉한·오근엽(2008), “수출 집중도 분석: IT산업을 중심으로”, 『정보통신정책연구』, 제15권 제3호, pp.25-49.
- 김세호(2013), “제품 아키텍처와 플랫폼 혁신 - 자동차 산업을 중심으로”, 고려대학교 석사학위논문.
- 김시언(2017), “전기차시대 도래와 국내 자동차부품업계의 대응방안”, 『산은조사월보』, 제735호, KDB산업은행 산은미래전략연구소.
- 김영국(2013), “현대자동차 플랫폼 전략 분석 - 제품기반 및 생태계기반 플랫폼을 중심으로”, 고려대학교 석사학위논문.
- 김종기·서동혁·주대영·최동원·김재덕(2014), “ICT산업의 글로벌 가치사슬 구조 변화와 발전과제”, 『연구보고서 2014-734』, 산업연구원.
- 김진백·이남석(2017), “현대자동차와 유럽식/일본식 모듈 생산방식의 비교 및 전자무역 환경에 미치는 영향에 대한 연구”, 『전자무역연구』, 제15권 제1호, pp.51-71.
- 김철식(2010), “모듈화와 가치사슬구조 변화: 한국 자동차산업 사례”, 『산업노동연구』, 제16권

제1호, pp.235-273.

- 김치열·박광서(2018), “한국 수출품목 집중도 분석에 관한 연구: 허핀달지수, 상위기업집중도, 사프비율 및 벨류 앳 리스크 적용”, 『국제상학』, 제33권 제3호, pp.273-289.
- 류기천(1999), 『모듈형으로 새로 지을 뒤편스하임공장』, 현대자동차 자동차경제 제221호.
- 박정규·김민수(2012), 『VW의 아키텍처 기반 플랫폼 전략』, 현대자동차 자동차경제 제450호.
- 백서인·김희태·권상집(2015), “중국 3대 경제권 자동차 산업에 대한 연구: 기술학습, 아키텍처, 클러스터를 중심으로”, 『지식경영연구』, 제15권 제4호, pp.147-169.
- 서동혁·이항구·박훈·주대영·문혜선·이준·조용원(2014), “가치사슬 재편과 융합화를 통한 제조업의 신성장전략”, 『연구보고서 2014-703』, 산업연구원.
- 선원웅(2003), 『폭스바겐그룹의 공용모듈 플랫폼 전략』, 현대자동차 자동차경제 제339호.
- 송태복·남수현(2011), “자동차산업 기술혁신의 동학적 분석”, 『한국기술혁신학회지』, 제14권 제1호, pp.85-108.
- 심재희(2012), “주요국 자동차산업의 인도시장 수출성과 분석을 통한 한국 자동차산업의 발전방안 모색”, 『산업경제연구』, 제25권 제1호, pp.777-800.
- 염부영(2017), “중소·중견기업 수출확대를 위한 GVC 편입전략 연구”, 『기본연구 17-15』, 중소기업연구원.
- 원동호(2014), 『자동차 변속기 시장, 앞으로의 대세는 CVT』, KOTRA뉴스, 2014.4.24.
- 유찬용(1999), 『세계 주요메이커의 플랫폼 통합계획』, 현대자동차 자동차경제 제230호.
- 이승규·박태훈·김경태(2008), “제품 아키텍처의 진화와 경쟁전략: 한·중 상용차 산업을 중심으로” 한국경영과학회 2008 추계학술대회.
- 이재철(2010), “세계화와 초국적 기업의 생산 네트워크: 르노(Renault) 자동차 분석”, 『사회과학연구』, 제17권 제2호, pp.25-46.
- 이준호(2014), “B2B 강소기업 육성을 위한 정책과제 연구”, 『기본연구 14-14』, 중소기업연구원.
- 이트레이드증권 (2011), 『자동차 부품』, 이트레이드증권.
- 이흥일(2008), “생산방식 변화에 따른 노동조합의 성격변화 - 모듈 생산 도입을 중심으로”, 서울대학교 석사학위논문.
- 임성규(1999), 『모듈부품조달을 확대하는 유럽메이커』, 현대자동차 자동차경제 제238호.
- 장민수(2017), “한국 자동차 산업의 무역 경쟁력 분석”, 『경상논총』, 제35권 제4호, pp.169-193.
- 정명기(2004), “모듈생산에 따른 생산방식 변화에 관한 연구 : 현대자동차 아산공장을 중심으로”, 『산업노동연구』, 제10권 제1호, pp.223-247.
- 정명기(2007), “모듈생산에 따른 부품조달체계 변화에 관한 연구 : 현대자동차 아산공장을 중심으로”, 『경상논총』, 제25권 제3호, pp.35-54.
- 정준호·조형제(2016), “OECD 부가가치 기준 교역자료를 이용한 자동차산업 글로벌 생산 네트워크의 특성 분석”, 『한국경제지리학회지』 제19권 제3호, pp.491-511.

조선일보, “플랫폼서 ‘레고블록형 설계’로… 세계 車업계 원가혁명“, 2012.07.06.

조성재(2002), 「플랫폼 통합의 공통추세와 메이커별 차이점」, 현대자동차 자동차경제 제298호.

조철·이항구·김경유(2005), “산업환경 변화와 자동차부품산업의 발전전략”, 「연구보고서 05-12」, 산업연구원.

조형제·김철식(2013), “모듈화를 통한 부품업체 관계의 전환 : 현대자동차의 사례”, 「한국사회학」, 제47권 제1호, pp. 149-184.

최낙균·김영귀·김정곤·김민성(2013), “글로벌 가치사슬 구조분석과 다자경제협력에 대한 시사점”, 외교부 연구용역 최종보고서, 대외경제정책연구원.

한국은행(2018), 「글로벌 가치사슬의 현황 및 시사점」, 한국은행 국제경제리뷰 제2018-11호.

한국자동차산업협회(2018), 「2017년 기준 한국의 자동차 산업 - 국내·세계 자동차 통계」, 한국자동차산업협회.

한국자동차산업협회(2019), 「2018년도 자동차 신규등록 현황분석」, 한국자동차산업협회.

한미경(2006), “자동차산업의 제품아키텍처와 제품개발 패턴”, 「전략경영연구」, 제9권 제1호, pp. 77-99.

홍동희(2009), “자동차 산업의 모듈화 동향”, 「오토저널」 제31권 제4호, pp.14-20.

홍장표(2016), “한국 전자산업과 자동차산업 대기업의 글로벌 생산네트워크 비교연구”, 「동향과 전망」, 제96호, pp.9-47.

후지모토(2006), 「모노즈쿠리」, 서울: 월간조선.

(2) 국외문헌

Baldwin, C.Y., & Clark, K.B. (1997). Managing in an age of modularity. *Harvard Business Review*, 75(5), 84 - 93.

Baldwin, C.Y., and K. B. Clark. (2000). Design rules, volume 1: The power of modularity. Cambridge, MA: The MIT Press.

Baldwin, C. Y., & Woodard, C. J. (2008). The architecture of platforms: A unified view. Working Paper

Cabigiosu, A., Zirpoli, F., & Camuffo, A. (2013). Modularity, interfaces definition and the integration of external sources of innovation in the automotive industry. *Research Policy*, 42(3), 662 - 675.

Campagnolo, D., & Camuffo, A. (2010). The concept of modularity in management studies: A literature review. *International Journal of Management Reviews*, 12(3), 259 - 283.

Cattaneo, O., Gerreffi, G. & Staritz, C. (2010), Global Value Chains in a Postcrisis World: A Development Perspective. World Bank.

Contreras, O.F., Carrillo, J., & Alonso, J. (2012) Local Entrepreneurship within Global Value

- Chains: A Case Study in the Mexican Automotive Industry. *World Development*, 40(5), 1013 - 1023.
- Dedrick, J., Kraemer, K. L., & Linden, G. (2009). Who profits from innovation in global value chains?: A study of the iPod and notebook PCs. *Industrial and Corporate Change*, 19(1), 81 - 116.
- Fixson, S.K., 2003. The multiple faces of modularity—a literature analysis of a product concept for assembled hardware products. Technical Report 03-05. Industrial & Operations Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Fixson, S.K. (2005). Product architecture assessment: A tool to link product, process, and supply chain design decisions. *Journal of Operations Management*, 23(3 - 4), 345 - 369.
- Fujimoto, T. (2002), “Architecture, capability, and competitiveness of firms and industries”, Paper presented at the fifth conference at the Saint-Gobain Centre for Economic Research, Paris, France, November 7-8.
- Fujimoto, T. (2007), *Monozukuri keieigaku (Management of Manufacturing)*, Kobunsha, Tokyo.
- Garud, R., and A. Kumaraswamy. (1995). Technological and organizational designs for realizing economies of substitution. *Strategic Management Journal* 16, 93 - 109.
- Gereffi, G. and Korzeniewicz, M. (eds) (1994) *Commodity Chains and Global Capitalism*, Westport: Praeger.
- Gereffi, G. & Fernandez-Stark, K. (2016), *Global Value Chain Analysis: A Primer*, Duke Center on Globalization, Governance & Competitiveness, Social Science Research Institute.
- Gereffi, G., Humphrey, J., & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 12(1), 78 - 104.
- Halman, J. I. M., Hofer, A. P., & Vuren, W. Van. (2003). Platform-Driven Development of Product families: Linking Theory with Practice. *Journal of Product Innovation Management*, 20, 149 - 162.
- Hill, R. C. (1989), Comparing transnational production systems: the automobile industry in the USA and Japan, *International Journal of Urban and Regional Research*, 13(3), 464-480.
- Kawakami, M. (2008), Exploiting Modularity of Value Chains: Inter-Firms Dynamics of the Taiwanese Notebook PC Industry, IDE Discussion Paper, No. 146.
- Kodama, F. (2014). MOT in transition: From technology fusion to technology-service convergence. *Technovation*, 34(9), 505 - 512.
- Kwak, K., Kim, W., & Kim, K. (2018). Latecomer firms’ combination of strategies in a specialized suppliers sector: A comparative case study of the Korean plastic injection molding machine industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 133, 190 - 205.

- Luccarelli, M., Matt, D.T., & Spena, P.R.(2015). Modular architectures for future alternative vehicles. *International Journal of Vehicle Design*, 67(4), 368-387.
- MacDuffie, J. P. (2013). Modularity-as-Property, Modularization-as-Process, and “Modularity”-as-Frame: Lessons from Product Architecture Initiatives in the Global Automotive Industry. *Global Strategy Journal*, 3(1), 8 - 40.
- Magnusson, M., & Pasche, M. (2014). A Contingency-Based Approach to the Use of Product Platforms and Modules in New Product Development. *Journal of Product Innovation Management*, 31(3), 434 - 450.
- Mikkola, J. H. (2006). Capturing the Degree of Modularity Embedded in Product Architectures. *Journal of Product Innovation Management*, 23(2), 128 - 146.
- Muffatto, M. (1999). Platform strategies in international new product development. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(5 - 6), 449 - 460.
- Muffatto, M., & Roveda, M. (2002). Product architecture and platforms: a conceptual framework. *International Journal of Technology Management*, 24(1), 1 - 16.
- Neußer, H.-J. 2013. Presentation on Volkswagen Investor Day, Frankfurt, 9 September 2013.
- Piran, F.A.S., Lacerda, D.P., Camargo, L.F.R., Viero, C.F., Dresch, A., & Cauchick-Miguel, P.A. (2016) Product modularization and effects on efficiency: An analysis of a bus manufacturer using data envelopment analysis (DEA), *International Journal of Production Economics*. 182, 1 - 13.
- Ponte, S., & Gibbon, P. (2005). Quality standards, conventions and the governance of global value chains. *Economy and society*, 34(1), 1-31.
- Ponte, S., & Sturgeon, T. (2014). Explaining governance in global value chains: A modular theory-building effort. *Review of International Political Economy*, 21(1), 195-223.
- Robertson, D., & Ulrich, K. (1998). Planning for Product Platforms. *Sloan Management Review*, 39(4), 19 - 31.
- Takeishi, A., & Fujimoto, T. 2001. Modularization in the auto industry: Interlinked multiple hierarchies of product, production, and supplier systems. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 1, 379-396.
- Takeishi, A. (2002). Knowledge Partitioning in the Interfirm Division of Labor: The Case of Automotive Product Development. *Organizational Science*, 13(3), 321 - 338.
- Salvador, F., Forza, C., & Rungtusanatham, M. (2002). Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of Operations Management*, 20(5), 549 - 575.
- Salvador, F., & Forza, C. (2004). Configuring products to address the

- customization-responsiveness squeeze: A survey of management issues and opportunities. *International Journal of Production Economics*, 91(3), 273-291.
- Sauer, D. (1993). "Systemic Rationalisation, Subcontracting Strategies and their Impact on Labour in the Federal Republic of Germany." Tokunada S., Altmann N and Demes H.(eds).
- Seyoum, B., & Lian, Y. (2018). Market performance implications of modularization: Evidence from global auto firms operating in China. *International Business Review*, 27(4), 852 - 866.
- Shibata, T., Yano, M., & Kodama, F. (2005). Empirical analysis of evolution of product architecture. *Research Policy*, 34(1), 13 - 31.
- Sköld, M., & Karlsson, C. (2007). Multibranded Platform Development: A Corporate Strategy with Multimanual Challenges. *Journal of Product Innovation Management*, 24(6), 554 - 566.
- Stewart, D.W., and Saren, N.M.,2014, *The Marketing Pathfinder: Key Concepts and Cases for Marketing Strategy and Decision Making* 1st Edition, Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley.
- Sturgeon (2007). "How Globalization Drives Institutional Diversity: The Japanese Electronics Industry's Response to Value Chain Modularity", *Journal of East Asian Studies*, 7, 1-34.
- Sturgeon, T., van Biesebroeck, J. and Gereffi, G., (2008), "Value Chains, Networks and Clusters: Reframing the Global Automotive Industry," *Journal of Economic Geography* 8, pp.297-321.
- Sturgeon, T., Olga, M., Johannes, B., and Gereffi, G. (2009). "Globalisation of the Automotive Industry: Main Features and Trends" *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development* 2: 7-24.
- Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R. and de Vries, G. J. (2015), "An illustrated user guide to the World Input-Output Database: The case of global automotive production", *Review of International Economics* 23(3), pp.575-605.
- Ulrich, K. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24(3), 419 - 440.
- Wad, P. (2008). The development of automotive parts suppliers in Korea and Malaysia: A global value chain perspective. *Asia Pacific Business Review*, 14(1), 47 - 64.
- Wang, H. (2008). Innovation in product architecture - A study of the Chinese automobile industry. *Asia Pacific Journal of Management*, 25(3), 509 - 535.
- 伊藤宗彦(2004), "デジタルカメラの製品システム構造の変遷", 神戸大学経済経営研究所ディスカッションペーパー No.J55

□ 투고일: 2019.03.06 / 수정일: 2019.05.02. / 게재확정일: 2019.05.16.