

증기 동력 차량 이후 주요 동력 모빌리티의 차체 디자인 폼팩터 고찰

구상*

홍익대학교 산업디자인학과

An Observation on the Body Design Form Factors of Major Motorized Mobility Since Steam Locomotives

Sang Koo*

Department of Industrial Design, Hongik University, Seoul 04066, Korea
(Received 3 August 2023 / Revised 12 September 2023 / Accepted 12 September 2023)

Abstract : The purpose of this study is to find the implications of body design form factors in future mobility systems by comparing functional changes in major types of mobility, from steam locomotives, internal combustion engine vehicles, and electric powered vehicles. This study began by defining mobility form factors, which are divided into external factors and internal factors. The body design is derived mostly from the internal factors in vehicles, such as power unit, drive unit, and human space. Observation and analysis were conducted on the physical changes in the internal factors of the major types of vehicles. Through such analysis, human space would be more of a deciding factor in future mobility, as well as external factors like human and social factors, such as cultural aspects and usability. These factors would be more important in future mobility body design developments with lesser use of mechanical elements, represented by electric propulsion systems.

Key words : Body design(차체 디자인), Form factor(폼팩터), Motorized mobility(동력 모빌리티), Human space(인적 공간), Power unit(동력장치), Drive unit(구동장치)

1. 서론

디자인 개발이라는 관점에서는 다양한 모빌리티의 차체 디자인은 미학적 형상과 물리적 기능의 가치를 어떻게 조화롭게 충족시킬 것인가가 목표인 동시에 방법이라고 할 수 있다. 실제로 다양한 종류의 제품과 운송기기의 차체 내·외장 디자인을 개발하는 실무 영역으로서의 산업디자인(Industrial design)에서도 디자인 대상의 미학과 기능이라는 두 종류의 가치에서 대립과 통합이 화두가 돼 왔음¹⁾을 볼 수 있다.

또한, 최근의 도시 모빌리티 차체 디자인에서 대다수 국가의 도심지 속도 제한으로 이와 관련된 요인의 비중 감소²⁾도 예상된다. 연비 효율성을 위한 차체의 공기역학이 대체로 시속 60 km 이상에서부터 문제³⁾가 되므로, 시속 50 km의 속도 제한의 교통 환경에서 사용되는 대부분의 도심지 모빌리티는 공기역학적 차체 디자인에

관한 요구가 높지 않다는 관점⁴⁾에 의한 차체 디자인 변화 요인도 볼 수 있다.

모빌리티의 차체 디자인은 다양한 외부 요인으로부터 영향을 받지만, 그와 동시에 거시적 기술 발전의 흐름 속에 있다는 점에 의해 개별적 예외성에서 공통적 특성으로 나타나는 일반화된 성격을 집단의 개념으로 파악하는 「환원주의적 유형화 방법」을 제시한 이언 모리스(Ian Morris)의 관점을 분석 방법의 하나로 볼 수 있다.

환원주의(Reductionism)는 복잡해 보이는 대상이 그보다 단순한 실체로 이루어져 있다고 전제하고, 전자에 대한 설명을 후자의 설명으로 대체하는 입장⁵⁾을 의미한다. 모빌리티의 차체 조형은 다양한 특징을 보여주고 있지만, 그 근본 구조는 기능을 결정하는 요인이 공통으로 작용한다는 점에서 환원주의가 적용될 수 있다.

따라서 본 연구는 역사 속에서 다양한 동력을 사용하

*Corresponding author, E-mail: koosang@hongik.ac.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

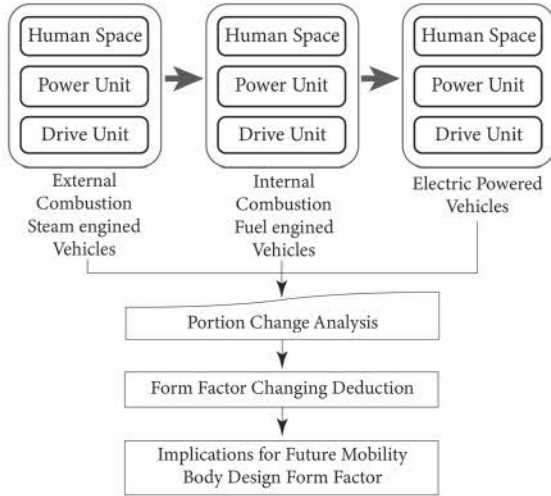


Fig. 1 Research structure model

는 구조로 발전되어 온 모빌리티의 차체 디자인에서 주요 동력 유형에 의한 기구적 비중 변화의 비교를 통해 모빌리티 차체 디자인의 조형 요인(Form factor)을 살펴보고 분석하게 된다. 이를 위해 증기기관과 내연기관, 전기 동력 등 주요 동력 모빌리티의 유형별 특징을 문헌적 관점의 고찰과 아울러, 차체의 형태를 100 mm 간격의 2차원 그리드를 활용한 분석으로 각 구성 요소의 비중에 의한 차체 디자인 폼팩터 변화의 시사점을 도출하고자 한다. Fig. 1은 이러한 본 논문의 연구 구조를 보여주고 있다.

먼저 대표적 동력 모빌리티 유형으로 증기기관 차량과 내연기관 차량, 그리고 전기 동력 차량의 기술 및 구조적 특징을 문헌을 통해 고찰하고, 차체의 각 요소의 비중 변화를 이미지로써 살펴보게 된다. 그것을 바탕으로 차체 디자인 폼팩터의 변화요인을 종합해, 미래 모빌리티의 차체 폼팩터의 시사점을 도출하게 된다. 이에 본 논문의 연구 내용은 크게 세 가지로 구분할 수 있다.

- 폼팩터와 조형의 개관
- 동력원과 차량 구조의 관계
- 모빌리티 차체 폼팩터의 시사점

2. 차체 디자인 폼팩터의 고찰

2.1 폼팩터의 개념

본 연구에서 다루는 조형 요인(Form factor)은 「폼팩터(Form factor)」라는 외래어 그대로 사용되기도 하며, 주로 부품이나 제품의 크기나 모양 등의 외관을 의미하는 맥락으로 이해되고 있다. 최근에 조형 분야에서도 같은 맥락으로 사용되기 시작하고 있으나, 그것을 학술적으

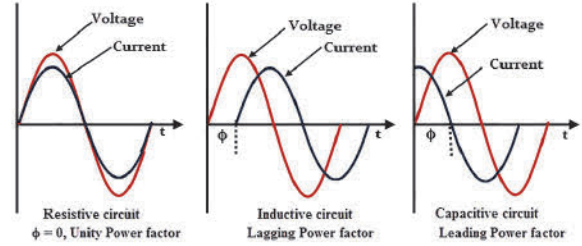


Fig. 2 Examples of form factors in electronics

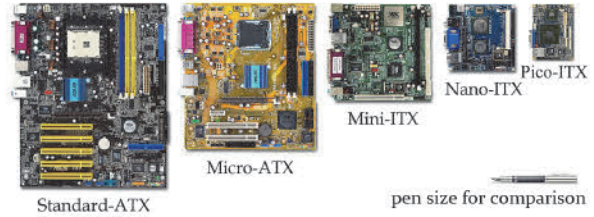


Fig. 3 Form factor of mother board of computers

로 정의한 문헌이나 사전적 해설은 찾아볼 수 없다.

본래 「폼팩터(Form factor)」는 전자 공학에서 비롯된 것으로, 그에 관한 정의를 설명한 내용을 보면, 전류 또는 전압이 교류하는 양의 평균값에 대한 제곱 평균과 제곱근 값의 비율을 폼팩터라고 지칭한다⁶⁾는 해설을 볼 수 있다. Fig. 2는 그 사례로, 하나의 완전한 주기로서 전류와 전압의 모든 순간 값, 즉 피크값, 평균값 및 교대량의 세 가지 양 사이의 관계를 표현하기 위한 두 가지 요소, 즉 피크 요소와 폼 요소가 사용되며, 이들의 평균값을 의미한다⁴⁾고 설명하고 있다.

또 다른 해설로 「폼팩터(Form factor)」는 컴퓨터나 전자 기기 하드웨어의 전체 디자인 및 구성을 의미하며, 일반적으로 QWERTY 키보드, 터치스크린 또는 장치의 개폐 방법과 같은 대표적 특징, 또는 내부 구성 요소에 중점을 두고 장치 하드웨어의 크기, 구성 또는 물리적 배열 및 사양을 지정하는 데 사용된다⁷⁾는 설명도 볼 수 있다. Fig. 3은 폼팩터 개념을 보여주는 컴퓨터의 기판(基板; Mother board) 이미지이다.

컴퓨터의 하드웨어는 다른 제조업체에서 제공하더라도 유사한 폼팩터의 장치 간에 하드웨어의 배치(配置; Layout)와 호환성(互換性; Inter-change-ability) 수준을 유지하는 데 사용할 수 있는 표준이나 범주의 의미⁵⁾로 사용된다. 이러한 맥락에서 폼팩터는 형태의 감성적 측면보다는 기능과 구조라는 의미를 볼 수 있다. 이 내용을 조형적 요인과 대비해서 정리한 것이 Table 1이다.

차체 스타일 조형(Body style design)에서는 감성 요인(Aesthetic factor)이 크고, 속성(屬性; Attributes)은 ‘기하

Table 1 Form factor and design shape

Fields	Body style design	Product technology	Computer industry
Factors	Aesthetic factor	Form factor	
Attributes	Geometric/organic shape	Hard material rectangle shape	Hardware structure
	Shape proportion shape frequency	Maximum area display panel	Physical layout

학적/유기체적 형태'와 그 감성의 효과를 변화시키는 요인으로 '형태 비례(形態比例, Shape proportion)'와 '형태 주파수(形態周波數, Shape frequency)'⁸⁾ 등이 있다.

이에 비해 제품이나 컴퓨터 하드웨어에서 다루는 폼팩터는 디스플레이 패널 면적의 최대 확보, 혹은 부품의 호환성 등의 요소를 볼 수 있다. 현재 사용되는 TV나 스마트폰의 디스플레이 형태는 사각형이 전부라고 할 수 있는데, 이는 한정된 치수 내에서 최대의 면적 확보라는 조건에 의한 것이다.

물론 스마트 워치 등 원형(圓形)의 디지털 기기도 있으나, 그러한 예외적 사례를 제외하면 디스플레이의 형태는 유리 기판을 사용한 평면 사각형이 대부분이다. 이것은 원판(元版)의 재단(裁斷)에 의한 수율(收率) 등 제조의 기술적 한계도 주요한 요인이라고 할 수 있을 것이다.

그러한 관성(慣性)에서 벗어나려는 디스플레이 패널의 「폼팩터」 변화 방향은 기존의 '경직된 사각형'에서 벗어나 '자유롭게 변형이 가능한 플렉서블(Flexible) 형태'로의 전환⁹⁾이라는 것을 보면, 폼팩터는 대상물의 구조와 재료, 그리고 기능 등을 바탕으로 하는 형태의 규칙을 의미한다고 할 수 있을 것이다. 이를 모빌리티의 관점에서 살펴보면 다양한 요인으로 차체의 구조와 형태가 구성된다는 점에서 역시 폼팩터의 관점으로 분석할 수 있다고 할 수 있다.

2.2 모빌리티와 폼팩터

모빌리티의 차체 조형을 기능이나 구조 등의 요인으로 살펴보면 Table 2에서와 같이 모빌리티 하드웨어를 기준으로 외부적 요인과 내부적 요인 등으로 나뉘며, 그 중 내부적 요인은 승객이 활용 가능한 공간(Human space), 동력장치(Power unit), 그리고 구동장치(Drive unit) 등으로 구분할 수 있다. 이들 내부적 요인은 모빌리티의 동력원, 목적, 기능 등에 따라 그들 간의 비중과 역할이 다양하게 변화된다.¹⁰⁾

여기에서 인적 요인(Human factor)과 사회적 요인(Social factor)으로 대표되는 모빌리티 외부적 요인

Table 2 Body design form factor

Mobility design factor				
External factor	Internal factor			
Human / social factor	Aesthetic factor (Emotional element)	Body design form factor (Functional elements)		
	Design shapes	Human space	Power unit	Drive unit

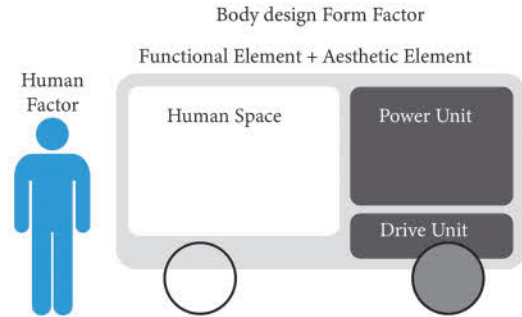


Fig. 4 Body design form factor elements

(External factor)을 제외한 모빌리티 차체를 구성하기 위한 내부적 요인(Internal factor)에서 차체 형태의 감성적 요인을 제외한 기능적 요소로서 공간, 동력장치, 그리고 주행 장치 등을 모빌리티를 실용성을 가진 도구로 성립시키기 위한 기구적 요소를 바탕으로 하는 폼팩터 라고 할 수 있다. Table 2의 분류를 가시화하면 Fig. 4와 같이 나타낼 수 있을 것이다.

Fig. 4의 내부적 요인에 의한 차체 디자인 폼팩터의 요소에서는 하드웨어를 위한 주요 세 가지 기능적 요소를 볼 수 있으며, 여기에 차체 조형의 심미적 요소가 더해지면 차체 디자인이 구성된다고 할 수 있다. 이러한 폼팩터 개념을 바탕으로 증기기관과 내연기관, 그리고 전기 동력 등 주요 동력 유형별 모빌리티의 특징을 분석하면, 각 구성 요소 비중의 비교로써 환원주의적 관점에서 모빌리티 디자인에서 폼팩터의 변화에 관한 시사점을 도출할 수 있을 것으로 보인다.

2.3 고찰 방법 및 사례 선정

모빌리티의 주요 동력원에 관한 논의는 거시적 관점에서 인류의 에너지 이용의 맥락에서부터 살펴볼 수 있다. 이는 이언 모리스(Ian Morris)의 분석에서도 어느 정도의 유사한 흐름을 볼 수 있는데, 그것은 에너지 획득량이라는 관점에서의 분석이다.

빙하기가 끝난 이후 인간의 환경에 일어난 최대 변화는 에너지 획득량의 폭발적 증가였으며, 이 사건을 농업혁명(Agricultural revolution)과 산업혁명(Industrial revolution)

Table 3 Selection of examples of mobility types

Power units	Models	Years
First and last steam engine vehicles	Trevithick's London Steam Carriage	1803
	C62 Steam locomotive	1948
Gasoline engine vehicles	System Panhard,	1898
	Ford Model T	1908
	VW Golf Mk I	1974
Electric powered vehicle	GM EV1	1996
	Mercedes Benz F015	2015

등으로 구분⁵⁾한다. 산업혁명으로 석탄의 연료화 이후 동력을 이용하는 운송기기가 등장하며, 또 다른 탄화수소 공급원으로 석유와 천연가스 발견과 새로운 추출 방법 개발로 심해 채굴과 수압 파쇄 등이 등장했으며, 연료를 동력이나 전기와 같이 다른 형태의 에너지로 바꾸어 사용하거나 전송하는 방법이 발명된 것으로 구분⁵⁾하고 있다.

동력 운송기기의 역사는 17세기에 증기기관의 발명 이후 그것을 추진동력으로 사용하기 위해 제작된 차량과 기관차부터 시작됐다는 것이 뫼저(Möser)의 관점¹¹⁾이다. 본 연구에서는 증기기관의 발명과 내연기관의 발명, 그리고 전기 동력의 사용 등이 운송기기에서의 대표적 동력 유형의 변화이며, 이러한 동력원의 변화에 의한 운송기기와 그 주변의 변화를 연대기(年代記, Chronology)로 살펴본 뫼저의 관점에 따라 살펴보았다. 이러한 연대기적 관점에서 주요 차종의 비교 고찰에 이어 각 차량을 같은 조건의 시각화(視覺化) 방법으로 이미지를 구성하여 그들의 폼팩터 비례를 2차원상에서 비교하여 살펴보았다.

고찰 대상을 정리한 Table 3에서 초기의 증기기관 차량은 최초의 런던 증기 객차와 20세기에 개발된 마지막 증기기관차 C62¹²⁾를 선정하였고, 휘발유 내연기관 차량 사례는 135명의 세계 각국의 자동차 전문 저널리스트들로 구성된 「20세기의 자동차선정위원회(Automotive Events BV, 1999)」가 선정한 차량¹³⁾과 뫼저의 관점¹²⁾을 비교해 차종을 도출하였다. 그리고 전기 동력 차량은 1996년부터 공식적으로 판매됐던 GM의 「EV1」과, 2015년에 공식적인 최초의 자율주행 전기 동력 차량으로 발표된 메르세데스 벤츠의 「F015」 등을 선정했다.

3. 동력 기술 변화의 연대기적 고찰

3.1 19세기 동력과 차량의 고찰

초기의 증기기관은 석탄을 너무 많이 소모해 탄광이 바로 옆에 있지 않으면 실용성이 없었다고 하며, 1776년

제임스 와트(James Watt)와 매튜 볼튼(Matthew Boulton)이 가열기와 응축기가 분리된 기관을 만들어 석탄 소모량을 줄이는 데 성공하면서 실용적인 증기기관이 등장¹⁴⁾했다. 이후 19세기 말과 20세기 초에 증기 동력은 완속단계로 접어들며 사회에서도 믿을만한 동력 기술로 받아들여지게 된다.¹²⁾

증기기관을 자동차에 이용하는 과정에서 여러 가지 제작상의 한계가 나타났지만, 결정적인 단점은 증기보일러, 증기기관, 연료와 물의 무게였다고 한다. 그중에서도 물의 소비량이 크다는 점, 특히 충분한 증기압이 형성되고 기체가 예열될 때까지 가열시간이 긴 것이 문제였다고 한다. 이에 따라 주로 열차 견인용 기관차로 제작되었으며, 1875년에는 증기 동력 버스 개발에 이어 1878년에 제작된 증기 동력 최초의 승용차였던 6인승의 「라 망셀(La Mancelle)」이었다. 이후 증기기관이 소형화되면서 1888년에 3륜 구조의 1인용 증기 동력 자동차가 나왔다¹⁰⁾고 한다.

한편, 휘발유 엔진 동력의 3륜이나 4륜 자동차 등장 이전에 그 엔진을 동력으로 하는 2륜 자전거가 있었는데, 여기에 사용된 엔진은 니콜라우스 오토(Nikolaus Otto)의 4행정 엔진이 이미 1876년부터 사용되었지만, 특허권이 보호받고 있었다고 한다. 그런데 1886년에 다임러와 벤츠가 그들의 휘발유 차량을 공식적으로 내놓는데, 그것은 바로 그 해에 니콜라우스 오토의 휘발유 엔진의 기반이 된 「특허 532번」을 취소시키는 데 성공했기 때문¹⁰⁾이라고 한다.

이 시기에 벤츠의 자동차는 100 km 주행마다 50리터 정도의 물이 엔진 냉각과 함께 증발함으로써 물의 소모량이 휘발유 사용량보다 많았고, 이는 증기기관 동력 자동차만큼 물을 많이 사용하는 것이었다고 한다. 이러한 물 사용의 문제는 이 시기에 증기기관과 휘발유 기관의 공통의 문제였으며, 결국 냉각기와 응축기를 이용한 순환 장치의 고안으로 해결했다. 1900년에 빌헬름 마이바흐(Wilhelm Maybach)가 특허를 낸 「벌집형 코어 냉각기(Honeycomb core radiator)」는 증기자동차의 증기 응축기를 본떠서 제작한 것¹⁵⁾이었다고 한다.

수냉식 라디에이터 채택 이후 물의 증발량이 거의 없어짐에 따라 휘발유 기관의 물 소비량은 급격히 감소하였으며, 수냉식 라디에이터는 모든 휘발유 기관 차량 전면부의 폼팩터가 된다.

전기 동력 자동차는 증기기관의 예열 시간이나 휘발유 기관 동력 자동차가 가진 시동의 어려움, 배기가스, 배기음, 복잡한 점화장치, 변속기 조작 등의 문제 없이 조용하고 손쉽게 운행할 수 있다는 점에서 높은 경쟁력을 가지고 있었다. 또한, 전기 동력 자동차는 이미 1899

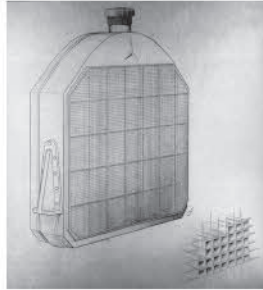


Fig. 5 Honeycomb core radiator invented in 1900 by Maybach

년에 시속 100 km의 한계를 넘는 등 성능에서도 경쟁력이 있는 것으로 보였으나, 축전지 기술의 한계로 장거리 운행에 한계¹³⁾가 있었다.

외저에 의하면 1900년경에는 경쟁 중이던 세 종류의 차량이 서로 유사했으며, 다른 점이라면 증기 동력 자동차가 연료와 물의 적재로 인해 조금 더 무겁다는 사실 뿐이었다¹⁶⁾고 한다. 구체적으로는 생고무를 씌운 커다란 자전거 바퀴, 마차 구조의 가벼운 프레임, 벨트식 동력전달장치 등이 공통점이었으며, 오히려 초기의 증기 동력 자동차는 휘발유 기관 자동차의 발전 방향을 제시하는 역할도 했다고 한다. 이처럼 세 가지 동력 차량 모두 전반적으로 비슷한 설계를 바탕으로 하고 있었다는 것이 외저의 주장이기도 한다.

3.2 20세기의 동력과 차량의 고찰

외저는 미국의 헨리 포드(Hery Ford)에 의해 1908년에 등장한 「T형 모델」의 대량생산으로 시작된 실용화·대중화·단순화를 세계 자동차산업에서 제1차 혁명으로 구분하고 있다. 그리고 20세기 초에 일어난 1차 세계 대전과 20세기 중반의 2차 세계대전을 또 다른 변화의 기점으로 보고 있다. 그것은 유럽 전체, 또는 전 세계의 가치관과 기술, 그리고 문화 전반의 모습과 방향성을 전쟁이 바꾸었기 때문¹⁰⁾이다.

이것을 연대순으로 정리한 것이 Table 4이다. 그리고 1945년의 제2차 세계대전의 종전과 함께 시작된 고급화·대형화·다양화를 세계 자동차산업에서 제2차 혁명으로, 그리고 1973년의 제1차 석유파동으로 야기된 소형화·경량화·부품 공용화 현상을 세계 자동차산업에서 제3차 혁명으로 나누고 있다.

2차대전 이후부터 석유파동 이전까지 대량생산 방식으로 만들어진 차량을 하나의 유형으로, 석유파동 이후 공기역학이 적용된 차량을 또 다른 유형으로, 그리고 1990년 이후 2000년대 초반까지 디자인의 다양성을 보여준 차량을 컨템포러리(Contemporary) 라는 별도의 그룹으로 구분하고 있다.

Table 4 Classified eras of 20th Century by Kurt Möser

Eras	Classifications
1908 ~ 1915	Antique cars - 1st innovations
1916 ~ 1924	Vintage cars
1925 ~ 1939	European classics
1925 ~ 1942	American classics
1945 ~ 1972	Modern cars - 2nd innovations
1973 ~ 1989	Aero Modern cars - 3rd innovations
1990 ~ 2008	Contemporary Era

20세기의 주요 전환점으로는 2차 세계 대전 이전에는 미국의 포드를 중심으로 이루어진 대량생산 방식에 의한 생산기술의 발전이 주요한 흐름이다. 수공예적 차량 제작과정에서 고질적 문제였던 각 부품이나 차량이 현장 맞춤 제작으로 인해 치수가 달라지는 현상(Dimensional creep)을 극복하고 규격화된 부품의 조립(組立, Assemble)으로 제조되는 것으로의 전환¹⁷⁾이 폼팩터 변화의 주요 기술적 요인이었다고 할 수 있다.

3.3 20세기 후반의 동력과 차량의 고찰

1973년의 제1차 석유파동으로 야기된 소형화·경량화·부품 공용화를 특징으로 하는 현상을 세계 자동차산업에서의 제3차 혁명⁴⁾으로 나눌 수 있다. 대형 엔진과 장식적 스타일이 특징이던 미국의 차량과 달리, 실용적 성능과 안락성을 가진 유럽, 특히 독일은 장식을 배제한 디자인이 등장하게 되었다. 1980년대 이후에는 석유파동에 의한 유가 상승으로 미국 차량에서도 공기역학적인 디자인에 의한 변화가 나타나게 된다.

1990년대에 와서는 전 지구적 환경오염과 대체 에너지의 관심 증가로, 「미국의 빅(American big) 3」와 세계의 자동차 기업은 다시 전기 동력 차량을 개발한다. 시판된 전기 동력 차량은 1996년에 GM이 발표한 「EV1」이 있었으나, 여전히 충전 시간과 주행거리에서 한계를 가지고 있었다. 이러한 전기 동력 차량의 한계를 보완하는 하이브리드(Hybrid) 방식의 차량이 미국과 일본 등에서 개발됐으며, 이들 중 토요타의 「프리우스(Prius)」가 1998년도부터 시판된다.

20세기는 미국 중심의 대량생산 방식에 의한 생산기술 발전과 유럽 중심의 고급화·고성능화로 구분할 수 있으며, 1970년대의 두 차례의 석유파동으로 인한 효율화와 공기역학적 차체 디자인¹⁰⁾이 차량 폼팩터의 주요 요인이 된 것으로 볼 수 있다. 또한, 차량 증가에 따른 대기오염 심화로 저공해 차량(Low emission vehicle)의 관심 증가로 전기 동력 차량에 관한 관심이 다시 나타난 것이 특징이다.

3.4 21세기 초의 동력과 차량의 고찰

토머스 피케티(Thomas Piketty)는 달력상의 날짜가 새로운 세기(世紀)로 바뀔 뉼 대체로 10~20년이 흐른 이 후부터 비로소 새로운 시대의 특징이 드러나기 시작한다는 주장⁸⁾을 통해 경제 분야에서의 시차(時差)에 주목하고 있다. 그는 「21세기 자본(Capital in the 21st Century)」에서 지난 20세기 초에 나타난 다양한 경제 지표의 변화가 대부분 그러한 시차를 가지고 있었음을 근거로 제시하고 있다.

시차를 둔 변화는 경제뿐 아니라 20세기 초의 자동차 산업에서도 관찰된다. 그것은 대량생산에 의한 제조방식의 변화로, 헨리 포드(Henry Ford)가 1915년에서 1920년 사이에 대량생산에 의한 차량 제조 기술을 완성¹⁹⁾했다는 것에서, 자동차산업의 기술 변화 역시 시차를 두고 나타났음을 볼 수 있다.

21세기의 변화의 시초는 웹서비스 업체 「구글(Google)」이 2009년에 내비게이션에 구글 지도를 이용한 자율주행차량 운행실험에 성공하면서 하드웨어보다는 사용성이 중심이 되는 모빌리티(Mobility) 개념을 제시했으며, 기존의 자동차 기업의 자율주행차량과 모빌리티에 관한 연구가 시작되면서, 자동차는 지금까지의 그것과는 크게 변모될 개연성이 나타나게 된다.

한편, 전기 동력 자동차는 1897년에 코네티컷주(Connecticut 州)의 하트포드(Hartford)에서 앨버트 어거스터스 포프(Albert Augustus Pope; 1843~1909)가 설립한 「컬럼비아 자동차회사(Columbia Automobile)」에 의해 생산되었다²⁰⁾는 기록을 볼 수 있지만, 이후 전기 동력 차량의 개발은 1970년대의 석유판동 이후 잠시 주목받고, 1990년대까지는 잠복기를 가지게 된다. 최초의 양산 전기차량은 1996년에 GM의 「EV1」을 거쳐 전기 동력 기술을 배터리 플랫폼에 차체를 얹는 구조로 발전된다.

4. 차량의 유형별 고찰

4.1 증기 동력 차량의 고찰

4.1.1 1803년 런던 증기 객차

역사상 최초의 증기기관 동력 차량은 1769년에 니콜라스 조셉 퀴노(Nicolas Joseph Cugnot)가 포병대에서 대포를 견인하기 위해 제작한 저속의 트랙터였다. 이 차량은 시가지 도로를 주행하는 일은 적었을 것으로 보이나, 이후 1784년에 스코틀랜드의 발명가였던 윌리엄 머독(William Murdoch)이 소형 증기기관 동력의 도로 주행 차량의 시제품을 실험²¹⁾했다는 기록을 볼 수 있다.

증기기관 동력으로 운행한 최초의 여객 수송 차량이었던 「런던 증기 객차(London Steam Carriage)」는 1803년

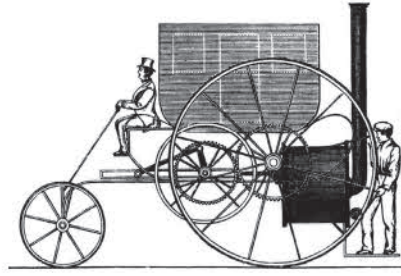


Fig. 6 Trevithick's 1803 London steam passenger carrier

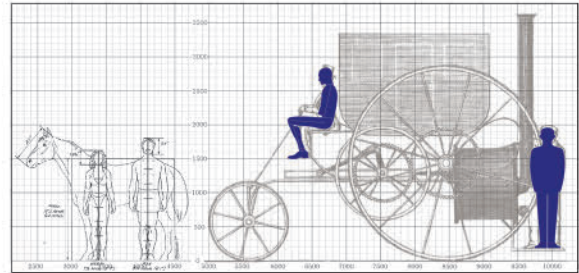


Fig. 7 Comparisons of London steam passenger carrier to Horse and Humans

리처드 트레비딕(Richard Trevithick)이 제작한 것이었다.²²⁾

런던 증기 객차의 정확한 치수 자료는 찾아볼 수 없으나, Fig. 6의 「런던 증기 객차(London Steam Carriage)」 그림 자료²³⁾의 운전석에 앉은 운전자와 차량 후방의 증기기관 뒤쪽에 탑승한 기관사 신체 크기를 기준으로 살펴보면 비록 모든 부분의 비례가 정확하다고 볼 수 없더라도 차체 크기를 추론해 볼 수 있다.

Fig. 7에서와 같이 인체 크기를 SAE 95%ile의 인체 기준으로 그리드에 놓고 본다면 「런던 증기 객차」의 전체 길이는 약 5,200 mm에 이르고 높이는 약 3,650 mm에 이르는 것으로 보인다. 또한, 차체 폭을 추론할 수 있는 자료는 없지만, 측면도에서 증기 보일러 연소 관의 높이가 2,150 mm가량 되는 치수를 지름으로 가정하고 전폭을 추론한다면 양측의 차륜을 포함한 차체의 전폭은 2,700 mm 이상이었을 것이다.

4.1.2 1948년 C62 증기기관차

1787년경에는 증기기관 동력을 이용해 차륜을 구동시켜 레일(Rail)을 달리는 증기기관차가 윌리엄 레이놀즈(William Raynolds)에 의해 최초로 제작됐다²³⁾는 기록을 볼 수 있다. 18세기에서 20세기에 이르기까지 영국, 미국, 독일 등 여러 국가에서 증기기관차가 제작되어 사용되기 시작했다.

그러나 기관차 디자인에는 정립된 표준 설계나 유형이 없었기 때문에 당대의 기관차들은 다양한 형태를 지니고 있었다. 본 논문에서는 증기기관차 중에서 가장 최근인 1973년까지 운행되었던 「C62」형 증기기관차를 고찰하였다.



Fig. 8 Steam locomotive C62-49, 1948 ~ 1973

이 차량은 미국의 허드슨(Hudson)사의 기술을 도입해 일본 히타치(日立)에서 1948년부터 제작되었다. 「C62」 증기기관차는 모두 49대가 제작되었으며, 당대에 운행되던 증기기관차 중에서 가장 큰 차체를 가지고 있었다²⁴⁾고 한다.

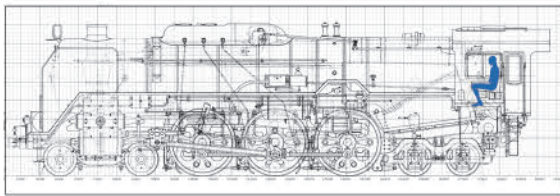


Fig. 9 Steam locomotive C62, side view in 100 mm grids

개략적인 치수는 길이 21.475 m에 기관차의 중량은 88.83 t이며, 최고 속도는 130 km/h이었다고 한다. 이러한 내용의 차체 길이를 그리드에 투사시키면 높이는 약 4 m로 보인다.

4.2 내연기관 차량의 고찰

4.2.1 1898년 시스템 파나르

1887년에 설립된 프랑스의 자동차 제조사 「파나르와 르바소(Panhard et. Levassor)」에서 1898년에 내놓았던 차량 「시스템 파나르(System Panhard)」는 소형화 된 휘발유 기관을 차체 앞에 탑재하고 뒷바퀴를 구동시키는 구조를 처음으로 제시한 차량²⁵⁾이었다.



Fig. 10 System Panhard, 1898

물론 최초의 내연기관 차량은 독일의 카를 벤츠(Karl Benz)와 고틀립 다임러(Gotlieb Daimler)의 3륜차와 4륜차였으나, 실질적으로 이들의 차량은 기존의 마차의 차체에 엔진을 장착한 개념이었고, 「시스템 파나르」가 비로소 엔진을 차체 앞부분에 탑재하고 뒷바퀴를 구동시키는 근대적 차량 구조의 전형을 제시하였다.

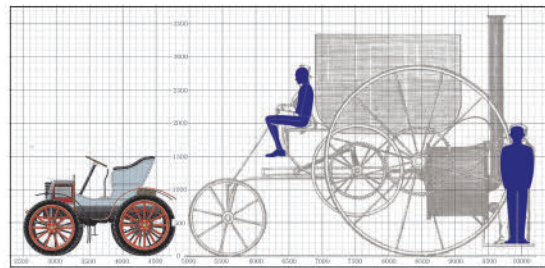


Fig. 11 Comparisons of System Panhard to London steam passenger carrier

여러 자료를 토대로 「시스템 파나르」의 차체 치수를 Fig. 11과 같은 방법으로 추론해 보면, 차체 길이와 높이 등이 각각 2,300 mm와 1,500 mm의 범위로서 이는 런던 증기 객차보다는 훨씬 작은 크기이다.

3장 1절에서 1900년대 초에 증기 동력 차량과 휘발유 내연기관 차량, 그리고 전기 동력 차량의 크기가 비슷했다는 피저의 주장과는 달리 초기의 휘발유 엔진 동력 차량은 증기기관 동력 차량보다는 현저하게 작았던 것으로 보인다.

4.2.2 1908년 포드 모델 T

1908년에 개발된 「T형 모델」의 등장 이후에 자동차의 대량생산 방식이 창안되어 차량의 제조가 공예에서 공업으로 전환된다. 그리고 대량생산 방식이 확산하면서 엔진 동력 차량의 공통적 특성이 나타나기 시작했다. 즉 「시스템 파나르」에서 정착된 차체 앞쪽에 엔진을 설치하고, 동력을 뒷바퀴로 전달해 차량을 구동시키는 구조

가 자동차의 유형으로 정착된다.



Fig. 12 Ford Model T, 1908

「T형 모델」의 초기형은 개폐식 지붕을 가진 마차의 구조였으나, 대량생산에 적합하도록 점차 구조를 단순화시키면서 고정된 철제 지붕을 가지는 유형으로 변화되었고, 완전한 대량생산 방식으로 제작된 1915년형 모델부터는 차체 색도 검은색 한 가지만으로 제조되는 등 단일 차종이면서 옵션이 없는 단일 모델로 대량생산 되었다.

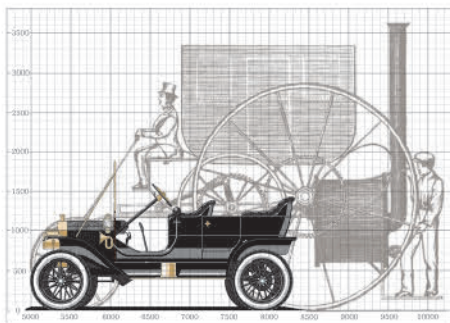


Fig. 13 Comparisons of Ford Model T to London steam passenger carrier

Fig. 13과 같은 방법으로 「T형 모델」의 크기를 추론해 보면, 길이는 3,600 mm이며, 윈드실드 글라스(Windshield glass)를 포함한 높이는 1,850 mm이다. 그러나 윈드실드 글라스를 제외한 차체만으로는 높이가 1,450 mm에 축거(軸距, Wheelbase)는 2,550 mm 수준으로 추론할 수 있다. 이것은 런던 증기 객차가 길이 약 5,200 mm, 높이 약 3,650 mm에 비교하면 축면도에서 약 25%의 크기 비례로 보인다.

4.2.3 1974년 VW Golf Mk I

2차 세계대전 직전인 1939년도에 처음 개발된 폭스바겐의 「비틀(Type 1)」의 뒤를 이을 후속 차량을 1950년대부터 개발한 폭스바겐은 초기에는 비틀의 차체를 늘려

데크(Deck)가 존재하는 형태로 계획되었다. 그러나 1967년에 패스트백(Fast back) 형태의 차체로 바꾸고 테일 게이트(Tail gate)를 가진 해치백(Hatch back) 구조의 앞바퀴 굴림 방식의 「EA235」라는 모델을 개발하지만, 브라질 등 개발도상국용 차량으로 판매되었다.



Fig. 14 1974 VW Golf Mk I

그리고 1969년부터 조르제토 주지아로(Giorgetto Giugiaro)의 디자인으로 개발된 1세대 「골프」 승용차의 차체 크기는 길이 3,705 mm, 높이 1,395 mm에 축거는 2,400 mm이다.

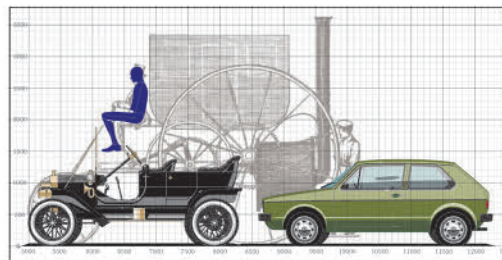


Fig. 15 Comparisons of VW Golf Mk I to London steam passenger carrier

「골프」 승용차의 크기는 「T형 모델」과 비교하면 길이는 100 mm가량 짧고, 높이는 윈드실드 글라스(Windshield glass)를 포함한 높이 기준으로 450 mm 낮으며, 축거도 150 mm 짧아서 소형화된 크기이다.

4.3 전기 동력 차량의 고찰

4.3.1 1996년 GM EV1

GM이 1996년부터 1999년까지 대여(Lease) 판매 형태로 내놓은 「EV1」은 19세기 말과 20세기 초기에 등장했던 전기 동력 차량보다 높은 완성도로써 소비자에게 판매된 차량이었다. 그러나 충전 시간과 주행거리에서는 한계를 가지고 있었다. 게다가 미국 시장 전체에 판매되지 않고 캘리포니아(California)와 애리조나(Arizona)주의 일부 도시에서만 제한적으로 판매됐다.²⁶⁾



Fig. 16 GM EV1, 1996

「EV1」은 2인승에 2개의 문을 가진 쿠페(Coupé) 형태의 차체에 길이 4,310 mm에 높이 1,280 mm이며, 축간거리는 2,510 mm로 B세그먼트에 속하는 차체 크기를 가지고 있었다. 공기저항계수를 낮추기 위해 전고를 낮추어서 실내의 거주성은 높지 않았으며, 구동장치는 앞바퀴 굴림의 횡치(橫值, Transverse mounting) 구조로 모터와 배터리를 탑재하였다.

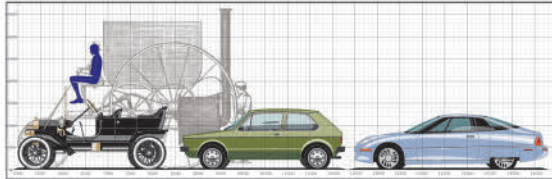


Fig. 17 Comparison of GM EV-1 to Golf, Model T

4.3.2 2015년 MB F015

2015년에 미국의 라스베이거스 컨벤션센터에서 열린 「2015 소비자 가전 전시회(CES, Consumer Electronics Show)」에서 메르세데스 벤츠(Mercedes Benz)가 최초로 공개했던 자율주행 콘셉트 카 「F015 럭셔리 인 모션(Luxury in Motion)」은 수소 연료전지를 이용하는 전기 동력 차량이면서 운전자가 직접 운전하지 않는 자율주행 기능의 차량이었다.



Fig. 18 Autonomous concept car F015, 2015

동력은 뒷바퀴를 구동시키는 두 개의 전기 모터를 통해서 구동되며, 차체는 알루미늄과 고강도 철재, 탄소섬유 등으로 제작되어 있으며, 측면 유리 창문의 투명도를 낮추어 차체 색으로 만들어 차체와의 경계를 없앤 모습이다.

「F015」는 4인승에 4개의 문을 가진 쿠페(Coupé) 형태의 차체에 크기는 길이 5,220 mm에 높이 1,524 mm이며, 축간거리는 3,610 mm로 대형 리무진 세그먼트에 속하는 차체 크기를 가지고 있다. 공기저항계수를 낮추기 위해 물방울 형태의 단일 곡선(One bow curve)으로 이루어진 차체 형태이며, 구동장치는 뒷바퀴 굴림 방식의 모터와 차체 바닥에 배터리를 탑재한 구조이다.

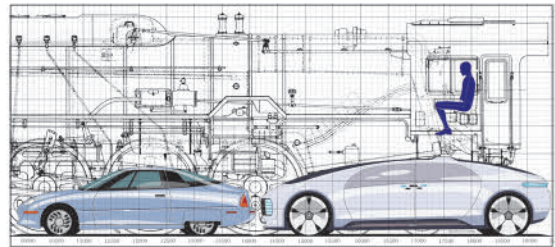


Fig. 19 Comparison of F015 to EV1, C62

5. 차체 폼팩터의 고찰

5.1 주요 요소의 크기 비교

본 논문에서 증기기관과 내연기관, 전기 동력 등 주요 동력 모빌리티의 기관과 차체 크기의 고찰은 100 mm 단위의 2차원 그리드를 활용하였다.

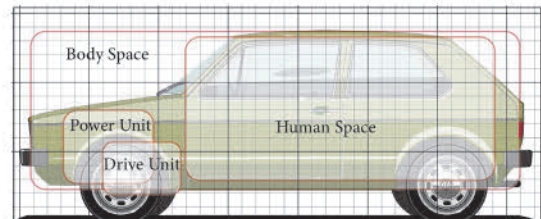


Fig. 20 Body form factor measuring with 100 mm grids

차체의 공간 배분 분석에서 실무 분야에서는 디지털 3차원 데이터를 활용한 패키지 레이아웃(Package layout) 검토가 보편적이지만, 본 연구에서는 220년 전의 차량부터 근래의 콘셉트 카 등의 다양한 성격의 차량을 다루고 있으며, 이들 차량의 3차원 정보의 확보가 어려운 점 등의 불가피성으로 인해 2차원 그리드를 활용한 거시적 개념의 폼팩터 검토 방법을 사용하였다.

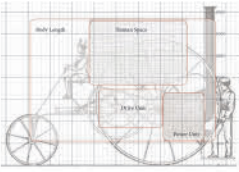

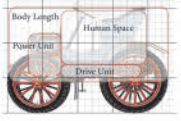
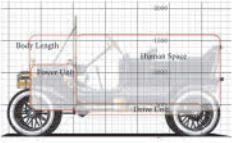
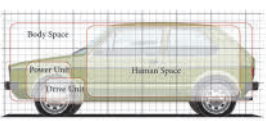
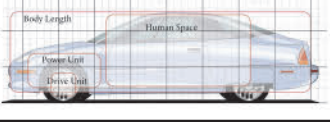
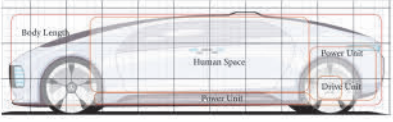
폼팩터 확인은 2차원 그리드의 면적 비율을 산출하는 방법을 사용하였다. 여기에서 유리창의 경사각도 등은 고려하지 않고 사각형 그리드 기준으로 공간의 크기를 비교하였다.

5.2 동력원 대비 차체 크기

전체 차체 크기에서 동력원의 비중 분석에서 대형 차체를 가진 「C62」 증기기관차와 전기 동력 플랫폼으로

개발돼 차체 전후에 배터리를 탑재한 「F015」를 제외한 나머지 다섯 종류의 차량에서는 동력원 대비 차체 크기가 8.85 ~ 11.9 %에 이르는 비교적 산포가 높지 않은 분포를 볼 수 있다.

Table 5 Body form factor measurings

Names	Form factor measurings
London Carriage	
C62	
System Panhard	
Model T	
Golf Mk I	
EV1	
F-015	

이에 의하면 1974년형 골프가 8.7%로 가장 적은 공간을 엔진 공간으로 배분하였고, 1898년의 시스템 파나르가 작은 차체로 인해 11.9% 비중이 동력원을 위한 공간이 배분됨을 볼 수 있다. 한편으로 「C62」 증기기관차는 기관의 비중이 54%이며 배터리를 바닥과 차체 후방에 분산 탑재한 F015는 동력원의 비중이 22.4%로 상대적으로 높음을 볼 수 있다. 이들 일곱 개 차종의 동시 비교를 Fig. 21에서 제시하였다.

차체에서 승객의 거주성을 위한 실내 공간의 비중 역시 대형 차체를 가진 「C62」 증기기관차는 9.2%로 매우

Table 6 Ratios of power unit / body

Names	Years	Ratio of power unit / body	
London Carriage	1803	1/11.3	8.85 %
C62	1948	1/1.85	54 %
System Panhard,	1898	1/8.37	11.9 %
Model T	1908	1/8.9	11.2 %
Golf Mk I	1974	1/11.5	8.7 %
EV1	1996	1/9.8	10.2 %
F-015	2015	1/4.45	22.4 %

Table 7 Ratios of human space / body

Names	Years	Ratio of room space / body	
London Carriage	1803	1/12.5	8 %
C62	1948	1/10.8	9.2 %
System Panhard,	1898	1/2.6	38.5 %
Ford Model T	1908	1/1.5	66 %
VW Golf Mk I	1974	1/1.73	57.8 %
GM EV1	1996	1/2.3	43.4 %
F-015	2015	1/1.97	50.76 %

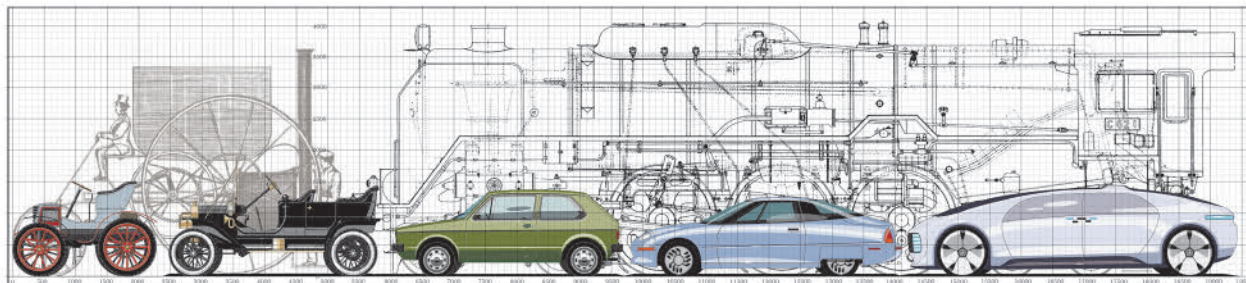


Fig. 21 Comparison of engine types of 7 vehicles

적은 비중을 보인다. 그러나 이것은 기관사만을 위한 공간이며, 대체로 9 ~ 10량 편성의 여객 열차를 견인하게 되므로 공간 활용성은 더 높아지게 된다. 독립된 차량으로서의 공간 활용성은 승용 목적의 차량이 40 ~ 58 %의 분포를 보여주고 있다.

5.3 차체에서 구동장치의 크기

구동장치의 크기 분포를 보여주는 Table 8은 역시 대형 차체를 가진 「C62」 증기기관차와 전기 동력 플랫폼으로 개발된 「F015」 차량을 제외하면 5 ~ 8 %의 분포를 볼 수 있다.

Table 8 Ratios of drive unit / body

Models	Years	Ratio of drive unit / body	
London Carriage	1803	1/56.6	1.77 %
C62	1948	1/4.84	20.6 %
System Panhard,	1898	1/11.73	8.5 %
Ford Model T	1908	1/9.8	10.2 %
Golf Mk I	1974	1/18.63	5.4 %
EV1	1996	1/43	2.3 %
F-015	2015	1/63	1.6 %

특히 런던 증기기관 동력 차량은 증기기관을 탑재했음에도 변속장치가 필요 없는 증기기관의 특성에 의해 구동계의 비중에서 내연기관 차량과의 차이가 크지 않음을 볼 수 있다. 한편으로 전기 동력 차량 역시 변속장치가 크게 요구되지 않는다는 특징에 의해 1.58 ~ 2.3 %의 적은 비중을 볼 수 있다.

5.4 차체 폼팩터의 종합

지금까지 살펴본 일곱 종류의 차체 폼팩터 변화를 정리한 것이 Table 9이다.

초기의 증기기관을 동력으로 사용하는 차량으로 런던 증기 객차는 승차 정원이 6인 내외였음에도 차체는 전체 높이가 2,300 mm 정도였던 점이나, 「C62」 증기기관차의 차체의 높이가 4 m에 이르렀던 점에서 증기 동력 차량의 차체가 상대적으로 컸다는 것이 확인될 수 있었다. 또한 휘발유 엔진 동력 차량에서도 차체가 작았던 시스템 파나르를 포함해서 차량 대부분이 승객의 거주성을 확보하기 위해 엔진이나 구동장치의 공간을 최소화하기 위한 구조를 볼 수 있다.

이것은 캐빈 구조의 출현과도 관련이 있을 것으로 보이기도 한다. 그러한 내용을 정리한 것이 Table 10이다. 종합적으로 본다면 대부분의 실용적 승용 목적의 차량이 기구적 요소를 고밀도화 시키면서 차체 높이를 낮추

Table 9 Total analysis of Mobility Body Form factors

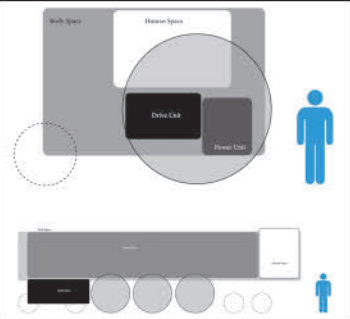

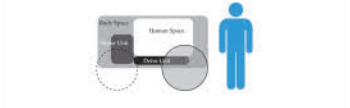


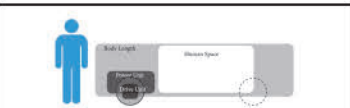
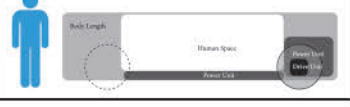
Power units	Models	Form factor/human factor analysis
Steam engines	London Carriage	
	C62	
Gasoline/diesel engines	System Panhard	
	Model T	
	Golf Mk I	
Electric power	EV1	
	F-015	

Table 10 Directions of form factors

	Directions of form factor change
Power train	Higher density layout preferred
Human space	Space lengths are preferred than space heights
Form factor	Minimizing portions of mechanical elements

면서도 길이 방향의 치수를 늘려 거주성을 높이기 위한 물리적 공간 확보에 주력해 온 것을 볼 수 있다.

이것은 3장에서 살펴보았던 피저의 주장대로 동력원의 종류에 상관없이 전반적으로 유사한 방향으로 변화해 왔으며, 동력원의 변화에도 불구하고 전반적인 차체 폼팩터가 큰 폭의 변화를 보여주지는 않음을 확인할 수 있었다. 결국은 합리성이라는 관점에서 기구적 요소가 반영된 폼팩터가 변화해왔다고 할 수 있지만, 정말로 합리적인 결정은 인간의 감성적 요소를 고려하지 않고는 내려질 수 없다는 경제학자 리처드 탈러(Richard Thaler)

의 주장²⁷⁾을 되새기게 된다.

6. 결론

지금까지의 고찰을 통해 본다면, 동력 운송기기의 차체 폼팩터는 주행의 효율성과 공간의 확보라는 관점에서 변화돼왔음을 볼 수 있었다.

또한, 공간의 크기에서도 길이 방향의 공간 확보가 주요한 특징이었음을 볼 수 있었다.

즉 전반적인 폼팩터의 변화 방향이 초기의 차량이 동력장치와 구동장치 등이 산발적으로 배치된 구조에 의해 승객을 위한 공간의 위치나 공간의 물리적 크기 등이 높거나 분산된 형식을 가지던 것에서, 동력원의 밀도가 높아지고, 구동장치 등의 통합 설계 등에 의해 공간의 실용성이 높아지거나 절대공간의 크기가 증가하는 등의 변화가 나타나고 있다는 점을 볼 수 있다.

그러나 본 연구에서의 폼팩터 분석이 2차원적 자료에 의한 거시적 관점에서 환원주의적 관점에서의 공간 배분의 분석이었다는 점에서 치수적 정밀도가 동반되지 않았으므로, 본 연구의 한계라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 결론으로 얻은 유형 별로 서로 다른, 그러나 같은 시대의 차량 그룹 내에서는 같았던 폼팩터의 거시적 변화 방향을 토대로 실제 차량이나 모빌리티의 개발에서 실증적 연구가 요구된다고 하겠다.

그것은 미래의 모빌리티가 단순히 이동 수단에서 그치는 것이 아니라, 이동하는 거주 공간으로 변화된다는 점에서, 주행성에 영향을 주는 공간의 설계는 차량의 성능에도 영향을 주지만, 근본적으로 승객 친화적인 모빌리티를 디자인해야 하는 총체적 목표를 이루어야 하기 때문일 것이다.

후 기

본 연구는 2023년 홍익대학교 학술연구비 지원으로 연구되었음.

References

- 1) Bernd Lobach, Industrial Design: Grundlagen der Inderstrieproduktgestaltung, p.127, 1976.
- 2) S. Koo, "A Study on Design Characteristics Changes of Mobility in Technology Transition Era: By Observing Changes of Urban Structures & Traffic Environments," Transactions of KSAE, Vol.31, No.5, pp.351-360, 2023.
- 3) S. Koo, "Body Design Factors of Purpose Built Vehicle(PBV) under Speed Limit Urban Traffic Environments," Transactions of KSAE, Vol.31, No.2, pp.117-126, 2023.
- 4) S. Koo, "A Study on Implications for Kickstand Design in Two-wheelers as a Micro-mobility," Transactions of KSAE, Vol.29, No.9, pp.863-670, 2021.
- 5) I. Morris, Foragers, Farmers, and Fossil Fuels, Bani, p.32, 2016.
- 6) Definition of Form factor, Retrieved from <https://gam.mabeta.tistory.com/616>, 2023-07-13, 2023.
- 7) What is Form-factor, Retrieved from https://ko.theastrology.com/form-factor#google_vignette, 2023-07-12, 2023.
- 8) S. Koo, KSAE 2014/11 Design Research Committee Workshop, pp.22-37 KSAE14-W0097, 2014.
- 9) Meaning of Form-factor, Retrieved from <https://www.msci0099.kr/599>, 2023-07-12.
- 10) S. Koo, Mobility Design Textbook, Ahn Graphics, p.59, 2021.
- 11) K. Möser, History of Automobile [Geschichte des Autos], Puriwaipari, Seoul, 2002.
- 12) Hitachi-Hudson C62, Retrieved from <https://www.de.viantart.com/rkitterman/art/JNR-Hitachi-Hudson-C62-1-in-Umekoji-Roundhouse-731065673>, 2023-07-25.
- 13) As Selected by the Official World-wide Jury of 135 Professional Auto-journalists, The 100 Candidates of Twenty's Century. Holland: Automotive Events BV., 1999.
- 14) Hunter & Bryant 1991 Duty Comparison Was Based on a Carefully Conducted trial in 1778.
- 15) L. Butterfield, Enduring Passion, Mercedes Benz Korea, p.96, 2006.
- 16) C. Benz, Lebensfahrt eins deutschen Erfinders, Leipzig 22-26. Tsd. 1936 (Erstauf, 1925).
- 17) J. P. Womac, D. Jones and D. Roos, The Machine That Changed The World, New York, HarperPerennial, p.22, 1991.
- 18) T. Piketty, CAPITAL in the Twenty-First Century, Gulhangari, Kyungki-do, 2014.
- 19) H. Ford and B. H. Kong, My Life and Work, 21Segibooks, Seoul, 1923.
- 20) B. John, "Electric Vehicle: A Monopoly that Missed," Business History Review, Vol.29, pp.299-30, 1955.
- 21) W. J. Gordon, Our Home Railways, Volume one, Frederick Warne & Co., London, pp.7-9, 1910.
- 22) Report from the Select Committee on Steam Carriages, Parliament of the United Kingdom, pp. 123-144, 1834.
- 23) The Railway Magazine, Volume 150, IPC Business Press, pp.11-150, 2004.

- 24) Naotaka Hirota Steam Locomotives of Japan, Kodansha International Ltd. pp.8, 1972.
- 25) G. N. Georgano, Cars: Early and Vintage, 1886-1930, London: Grange-Universal, p.16, ISBN 9780517480731, 1990.
- 26) S. Daniel and G. Deborah, Beyond the Gas-guzzler Monoculture, Two Billion Cars. Oxford University Press, p.24, 2009.
- 27) R. Thaler, Nudge, Leaders Book, 2017.