

Analysis of Customer Satisfaction on the Stiffness of Automobiles outside Panels

Il sun Rhiu¹, Taebeum Ryu², Byungki Jin¹ and Myung Hwan Yun¹

¹ Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-744, Korea

² Department of Industrial and Management Engineering in Hanbat National University, Daejeon, 305-719, Korea

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to analyze customers' satisfaction for the stiffness of outside panels of passenger cars. **Background:** The affective quality of passenger vehicles such as the look and feel as well as functional performance is becoming important factor in customers' purchase decision. Many affective engineering studies on automobiles have focused on the visual design characteristics of interior and exterior parts. But few studies exist focusing on the tactile feeling of the stiffness of outside panels. **Method:** Including 'satisfaction', four affective variables were selected for rating affection of outside panel stiffness. About fifty customers evaluated the hood and trunk lid of nine midsize passenger cars with a developed questionnaire in the study. The stiffness of the hood and trunk lid for the nine vehicles was measured using stress-strain curves. **Results:** It was found that customers were more satisfied as the slope of the stress-strain curves increased, and the decrease at a point in the curve had negative effects. **Conclusion:** In this study, the levels of satisfaction of outside panel stiffness were grouped by stress-strain curves, and it is likely that the affective quality of outside panel stiffness can be controlled by them. **Application:** With the results of this study, the designers of outside panels are able to know how to make the stress-strain curves of panels for the desired level of satisfaction. And it is expected that customers' satisfaction for stiffness of outside panel can be conceptualized more clearly.

Keywords: Stiffness of outside panel, Stress-strain curve, Passenger cars, Affective design, Affective quality control

1. Introduction

사용자는 제품 구매 결정 시 제품의 기능적 성능뿐만 아니라 제품에 대한 인상 및 감성도 중요한 요인으로 고려한다. 이러한 감성은 제품의 디자인 특성에 대한 사용자의 심리적 반응으로 정의된다(Demirbilek & Sener, 2003). 감성디자인의 주목적은 사용자의 감성적인 요구를 정확하게 파악하고, 이러한 요구를 만족시키도록 제품을 설계하는 것이다. 사용자의 감성을 고려하지 않는 제품 디자인은 본질적으로 약점을 가질 수 밖에 없다(Helander & Tham, 2003).

자동차 외관의 강성은 자동차의 감성 품질을 결정하는 중요한 요소이다. 자동차 사용자는 세차, 외관 유지보수 등 여러 상황에서 자동차 외관과 빈번히 접촉한다. 자동차 외관과의 접촉에서 발생하는 외관의 갑작스러운 변형은 사용자를 당혹스럽게 하고, 사용자의 차량 만족도를 감소시킨

다. 그러나 자동차 외관의 강성을 높이는 것은 원가 상승의 원인이 되므로 사용자가 만족하는 수준의 외관 강성을 파악하는 것이 제조사와 사용자를 위해 중요하다.

자동차에 대한 기존 감성공학 연구는 내외장의 시각적 설계 특성을 주로 다루었다. Bahn et al.(2006)은 자동차 Crash Pad의 고급감 모형 개발을 위해 설계변수로 시각적 특성을 활용했으며, Tanoue et al.(1997)은 인테리어 이미지에 대한 감성을 연구하였다. 또한 승용차의 내장재에 대한 만족도를 평가하는데 있어서 내장재에 대한 촉각적 감각의 중요도가 시각적 감각의 중요도와 비슷하다는 연구 결과도 있었다(Yun et al., 2001; Yun et al., 2003; You et al., 2006).

자동차의 외관 강성과 관련된 연구로는 사용자의 만족이라는 감성적인 측면보다는 강성 설계와 관련된 기계공학적 측면의 연구가 주로 이루어져왔다. Kim(2004)는 외관의 부위에 따라 달라지는 강성을 보강재를 통해 최적화된 설계를 제안하였으며, Qian et al.(1996)은 자동차 외관 부착과 관련된 외관 강성의 최적화된 설계를 제안하였다. 그리고

외판을 눌렀을 때의 일어나는 굴절을 측정하는 방법에 관한 연구도 있었다(Liu et al., 2000).

본 연구는 감성적인 측면에서 외판 강성의 설계특성에 따른 사용자의 만족도를 분석하고자 하였다. 특히, 자동차 외판에 대한 사용자가 주관적으로 느끼는 감성과 자동차 외판의 설계요소 간의 관계를 확인해보았다. 이를 위해 본 연구에서는 다음의 과업을 수행하였다. 첫째, 자동차 외판 강성에 대한 사용자 감성을 평가하기 위한 설문지를 개발했다. 둘째, 외판의 강성과 관련된 설계변수들을 선정했다. 셋째, 외판에 대한 사용자 감성을 평가하기 위한 실험을 다양한 승용차에 대하여 수행하였다. 마지막으로 외판강성에 대한 만족도를 조사하기 위해 실험데이터의 통계적 분석을 수행했다.

2. Method

2.1 Design variables of outside panel stiffness

본 연구에서 자동차 외판의 강성은 외판에 부과된 하중에 따른 외판변형의 변위를 나타내는 외판 선도 그래프(stress-strain curve)로 측정된다(Figure 1). 외판 선도 그래프는 외판에서 강성이 가장 약한 지점에서 일반적으로 측정된다. 외판 강성에 대한 변수로 선도 그래프로 시작점부터 끝점까지의 전체 기울기인 선도기울기와 그래프의 기울기가 0 이하로 떨어지는 캐닝이 일반적으로 사용된다. 외판 강성의 선도 기울기, 캐닝이 일어나는 구간의 변위 범위, 그리고 캐닝 선도의 형태는 매우 다양하다. 본 연구는 선도 기울기, 캐닝 형태 그리고 캐닝 구간의 범위의 다양한 조합에 각각 해당하는 외판의 수집이 어려워 선도그래프 자체를 설계 변수로 선정하였다.

2.2 Affective variables

자동차 외판에 대한 사용자의 감성은 문헌 조사 및 웹 설문 조사를 통하여 자동차 외판 강성과 관련된 형용사 어휘를 수집하고, 연구진 회의를 거쳐 ‘견고성’, ‘부드러움’, ‘탄력성’, ‘안전성’, ‘불안감’, ‘고급감’, ‘만족도’의 총 7가지로 선정되었다. 본 연구는 이들감성 변수로 실 차량에 대한 감성평가 pilot-test를 수행해 최종적으로 4가지 감성 변수를 선정하였다. 선정된 감성 변수는 ‘만족도(satisfaction)’, ‘단단함(hardness)’, ‘일정함(consistency)’, ‘두께감(thickness)’이다.

다음 Table 1은 선정된 감성 변수에 대한 정의를 나타낸 것이다.

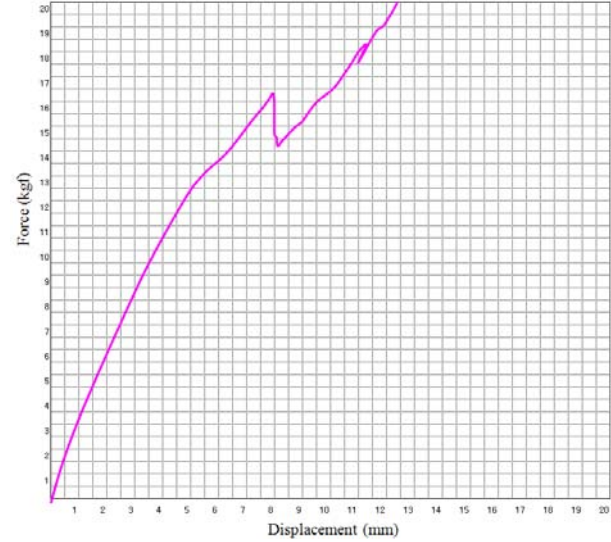


Figure 1. Stress-strain curve example of an outside panel of passenger cars

Table 1. Selected affective variables for the stiffness of an automobile's outside panel

Affective variables	Definition
Satisfaction	Degree of satisfaction in terms of the automobile outside panel's stiffness when pressing it
Hardness	Degree of how much impact the outside panel can take when pressing it
Consistency	Degree of consistency in deformation of the automobile outside panel when pressing it
Thickness	Degree of how thick the automobile outside panel feels when pressing it

2.3 Evaluation questionnaire

외판 강성에 대한 사용자 감성 평가를 위한 평가지는 (1) 실험에 참여한 사용자의 특성 관련 문항, (2) 평가 방법과 평가 부위에 대한 설명, (3) 외판 강성에 대한 사용자 감성 평가 실험 관련 문항, 그리고 (4) 평가 실험 후 설문으로 구성되어 있다. 사용자 특성 관련 설문에서는 기본 인적 사항, 운전 경력, 그리고 외판 접촉 및 관리 주기 관련 문항 등이 포함되어 있다. 실험 전반에 관련된 설명 부분에서는 평가 시나리오와 태스크가 주어졌으며, 감성 변수에 대한 설명도 포함되어 있다. 감성 평가 실험 문항은 7점 척도로 구성

된 SD(Semantic Differential) 기법을 이용하여 작성되었다. 실험 후 설문에서는 피실험자가 외관 강성에 대해 평가 결과의 원인에 대한 설문으로 구성되어 있다.

2.4 Outside panel parts and vehicles

본 연구는 사용자가 주로 가장 많이 만지는 자동차의 hood와 trunk lid 부위에 대하여 평가 실험을 수행하였다(Figure 2). 평가 차량들은 종류가 많은 중형차를 대상으로 국내차 2 대, 수입차 7 대 총 9 대가 포함되었다.

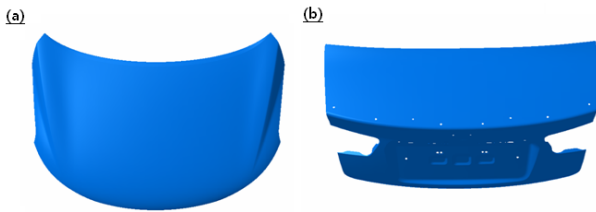


Figure 2. Selected outside panels: (a) Hood, (b) Trunk lid

2.5 Participants and procedure

본 감성 평가실험에 총 54명의 피실험자(20대 25명, 30대 17명, 40대 8명, 50대 4명)가 참여하였으며, 평가 시간은 약 40분 정도 소요되었다. 전체 평가 실험 과정은 크게 3 단계로 (1) 전반적인 소개, (2) 감성 평가, 그리고 (3) 정리 및 실험 후 설문으로 구성되어 있다. 전반적인 소개에서는 평가 실험의 목적 및 방법에 대해 피실험자에게 설명하고, 사용자 특성 관련 설문 문항에 대해 조사를 수행하였다. 감성 평가에서는 피실험자가 9개의 차량에 대하여 2가지 부위 모두 무작위 순서로 각 외관에서 미리 표시된 취약 부위를 손으로 누르면서 평가하도록 하였다. 평가 완료 후에는 실험 후 설문을 진행하였다.

3. Results

3.1 Analysis of relationship between affective variables and design variables

Hood와 trunk lid 부위에 대해 외관 선도그래프와 피실험자의 연령에 따른 외관 강성 관련 감성의 변화가 유의

한지 분산분석을 통해 알아보았다. 외관 선도그래프는 집단 내 비교로 수행하였고, 피실험자 연령은 집단 간 비교로 분산분석을 수행하였다. Table 2의 분산분석 결과, hood와 trunk lid 부위에서 사용자 감성에 대한 선도그래프의 영향은 유의하였으나, 연령은 유의하지 않았다($\alpha=0.05$).

Table 2. Summary of ANOVA results ($\alpha=0.05$)

Part	Independent variable	Affective variable	df	F	p
Hood	Stress-strain curve	Satisfaction	8	10.46	0.0001
		Hardness	8	19.61	0.0001
		Consistency	8	19.00	0.0001
		Thickness	8	19.68	0.0001
	Age	Satisfaction	3	0.80	0.5012
		Hardness	3	0.43	0.7322
		Consistency	3	0.42	0.7388
		Thickness	3	0.07	0.9769
Trunk lid	Stress-strain curve	Satisfaction	8	16.27	0.0001
		Hardness	8	16.29	0.0001
		Consistency	8	16.31	0.0001
		Thickness	8	15.22	0.0001
	Age	Satisfaction	3	2.28	0.0910
		Hardness	3	1.67	0.1846
		Consistency	3	1.90	0.1411
		Thickness	3	1.30	0.2832

SNK(Student-Newman-Keuls) 사후분석을 통해 부위별로 9개의 외관 선도그래프에 대한 사용자 만족도를 비교하였다. Hood 부위에서 9개의 외관 선도그래프는 사용자 만족도에 최대 4 그룹으로 분류되었다(Figure 3). Trunk lid 부위에서 외관 선도그래프는 최대 5그룹으로 분류되었다(Figure 4).

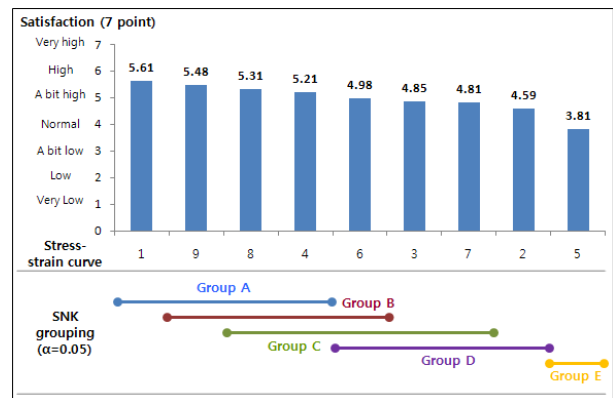


Figure 3. SNK grouping of satisfaction on hood stiffness

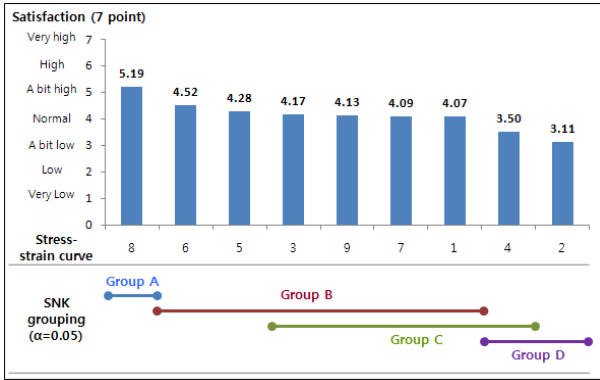


Figure 4. SNK grouping of satisfaction on trunk lid stiffness

3.2 Analysis of relationship between affective ‘Satisfaction’ and related affective variables

본 연구는 hood와 trunk lid 부위를 대상으로 외관 강성 만족도에 대한 단단함, 일정함, 두께감의 영향을 컨조인트 분석 방법으로 조사하였다. 분석 결과 hood 부위에서 두께감이 만족도에 가장 큰 영향을 주었고, 단단함이 가장 적은 영향을 주었다(Table 3). Trunk lid 부위에서 단단함이 만족도에 가장 큰 영향을 주었고, 일정함이 가장 적은 영향을 주었다(Table 4).

Table 3. Result of hood’s conjoint analysis
($F=46.9141$, $p=0.0001$, $R^2=0.6311$)

Preference	Attribute	Relative Importance	Attribute Value	Utility
Satisfaction	Hardness	25.7994	1	-0.7939
			2	-0.3739
			3	-0.2409
			4	0.1497
			5	0.3874
			6	0.3504
			7	0.5213
	Consistency	31.7518	1	-0.8249
			2	-0.6812
			3	-0.3282
			4	0.1419
			5	0.1200
			6	0.7938
			7	0.7786
	Thickness	42.4488	1	-1.0321
			2	-0.6492
			3	-0.2627
			4	-0.1173
			5	0.2465
			6	0.6828
			7	1.1320

Table 4. Result of trunk lid’s conjoint analysis
($F=74.8220$, $p=0.0001$, $R^2=0.7330$)

Preference	Attribute	Relative Importance	Attribute Value	Utility
Satisfaction	Hardness	47.0227	1	-1.7144
			2	-0.9550
			3	-0.1181
			4	0.3309
			5	0.5969
			6	0.8303
			7	1.0294
	Consistency	18.2051	1	-0.1456
			2	-0.4226
			3	-0.3576
			4	-0.2584
			5	0.0351
			6	0.5139
			7	0.6397
	Thickness	34.7722	1	-1.1021
			2	-0.4381
			3	-0.3454
			4	0.1385
			5	0.2308
			6	0.5894
			7	0.9269

4. Conclusion

본 연구는 자동차의 외관 강성 만족도에 대한 사용자의 관련 감성 요소와 만족도에 주는 영향에 대해 분석하였다. 외관의 강성은 사용자 만족도에 유의한 영향을 주는 것으로 파악되었고, 피실험자의 연령에 따라 유의한 차이는 없었다. Hood 부위와 trunk lid 부위에서 9개의 선도 그래프에 대하여 SNK grouping 결과를 토대로 Figure 5와 같이 3개의 등급으로 나눌 수 있었다. 그룹 A는 사용자들이 가장 만족하는 외관의 선도그래프이고, 그룹 C는 사용자들이 가장 불만족하는 외관의 선도그래프이다. 선도그래프의 기울기가 클수록 사용자의 만족도는 높아졌다. 또한 케닝이 발생하는 선도그래프의 경우 사용자의 만족도가 크게 낮아졌다.

또한 본 연구는 자동차 외관 강성에 대한 만족도와 관련된 감성 요소들 간의 관계를 분석하였다. Hood 부위에서는 두께감, trunk lid 부위에서는 단단함이 만족도에 가장 영향력이 큰 감성 요소로 파악되었다.

본 연구 결과 자동차 외관 강성의 품질은 사용자의 감성에 기반해 충분히 관리될 수 있음을 확인하였다. 특히, hood나 trunk Lid 부위의 외관 강성 만족도는 선도그래프를 토대로 평가가 가능함을 확인할 수 있었다.

또한 외관 강성의 품질 등급 기준을 제시함으로써 외관 설계 시 본 연구가 가이드라인으로 이용될 수 있을 것이다. 본 연구의 방법을 이용하여 추후에 자동차 외관의 다른 부위들도 감성 품질 평가가 가능할 것이다.

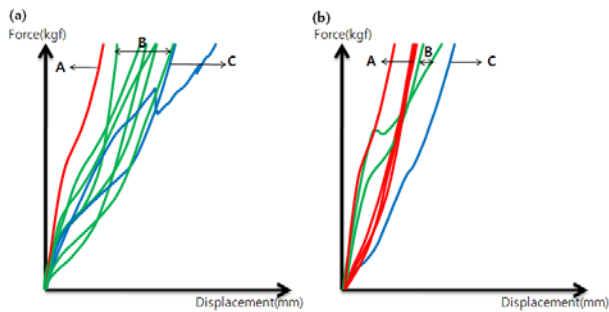


Figure 5. Stress-strain curve of outside panel
((a): Hood, (b): Trunk lid)

Acknowledgements

This work was funded by grants from Hyundai - NGV.

References

- Bahn, S., *et al.*, Development of Luxuriousness Models for Automobile Crash Pad based on Subjective and Objective Material Characteristics, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 24(2), 1-229, 2006.
- Demirbilek, O. and Sener, B., Product Design, Semantics and Emotional Response, *Ergonomics*, 46(13/14), 1346-1360, 2003.
- Helander, M. G. and Tham, M. P., Hedonomics Affective Human Factors Design, *Ergonomics*, 46(13/14), 1269-1272, 2003.
- Kim, J., "Optimization Design of Outer Panel", *Proceeding of the Korean Society of Automotive Engineers*, (pp.754-758), 2004.
- Liu, L., Sawada, T. and Sakamoto, M., Evaluation of the Surface Defections in Pressed Automobile Panels by an Optical Reflection Method, *Journal of Materials Processing Technology*, 103(2), 280-287, 2000.
- Qian, W., Hsieh, L. and Seliger, G., "On the Optimization of Automobile Panel Fitting", *Proceeding of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, (pp.1268-1274), Minneapolis, MN, 1996.
- Tanoue, C., Ishizaka, K. and Nagamachi, M., Kansei engineering: A study on perception of vehicle interior image, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(2), 115-128, 1997.

- You, H., *et al.*, Development of Customer Satisfaction Models for Automotive Interior Materials, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(4), 323-330, 2006.
- Yun, M. H., *et al.*, "Determination of Critical Design Variables Based on the Characteristics of Product Image/Impression: Case Study of Office Chair Design", *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting*, (pp.712-716), Minneapolis, MN, 2001.
- Yun, M. H., *et al.*, Incorporating User Satisfaction into the Look-and-feel of Mobile Phone Design, *Ergonomics*, 46, 1423-1440, 2003.

Author listings

Ilsun Rhiu: lsunr@naver.com

Highest degree: MS, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Position title: PhD Candidate, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: Human Computer Interaction, Ergonomic Design, Affective Engineering

Taebeum Ryu: tbryu@hanbat.ac.kr

Highest degree: PhD, Division of Mechanical and Industrial Engineering, Pohang University of Science and Technology

Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hanbat National University

Areas of interest: Affective Engineering, User Interface

Byungki Jin: bkjin01@snu.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Position title: MS Candidate, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: User Interface Design, AR, Product Design

Myung Hwan Yun: mh@snuc.ac.kr

Highest degree: PhD, Industrial and Manufacturing Engineering, Penn State University

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Areas of interest: Biomechanics, Product Design and Development, HCI, Affective Engineering