JESK J Ergon Soc Korea 2017; 36(6): 785-793
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2017.36.6.785
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Turning Effect Design for the Operating Feel of Jog Dial

Kwang Tae Jung[1], Han Kyung Yun[2], Byung Kwan Cho[3]

[1]School of Industrial Design and Architectural Engineering, Koreatech, Chungnam, 31253
[2]School of Computer Science and Engineering, Koreatech, Chungnam, 31253
[3]School of Mechanical Engineering, Koreatech, Chungnam, 31253

조그다이얼의 조작감을 고려한 필요 회전력 설계

정광태[1], 윤한경[2], 조병관[3]

[1]한국기술교육대학교 디자인·건축공학부
[2]한국기술교육대학교 컴퓨터공학부
[3]한국기술교육대학교 기계공학부

Corresponding Author
Kwang Tae Jung
School of Industrial Design and Architectural Engineering, Koreatech, Chungnam, 31253
Mobile : +82-10-8838-9306
Email : ktjung@koreatech.ac.kr

Received : November 18, 2017
Revised : November 19, 2017
Accepted : November 24, 2017

Copyright@2017 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

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.

Objective: This study was carried out to identify the effect of turning effect on the operating feel of jog dial and propose the design guide of turning effect.

Background: Sensibility is considered important in car design. Jog dial is one of the most important human-machine interfaces in car. Therefore, various studies are needed on the sensibility of jog dial.

Method: Three experiments were carried out for this study. The first experiment was to identify the preferable knob height of jog dial. The second experiment was to identify the effect of turning effect for the operating feel of jog dial. The third experiment was to identify the just noticeable difference of the turning effect of jog dial. Some experimental models such as jog dial were made for the experiments and finger pressures were measured when operating jog dial. The operating feel of jog dial was subjectively evaluated after the experiment.

Results: Turning effect did significantly affect the operating feel of jog dial at the 0.05 level. The operating feel was highest in turning effect of 3Ncm and just noticeable difference for the turning effect was 0.6Ncm. The relationship between turning effect and operating feel showed negative correlation. The pressure of thumb and index finger is higher than middle finger when operating jog dial.

Conclusion: From the result, the turning effect of 3Ncm (±0.6Ncm) is suitable to provide high operating feel when operating a jog dial.

Application: The results of this study can be applied to the design of jog dial in car.

Keywords: Jog dial, Operating feel, Finger pressure, Turning effect, Knob height

1. Introduction

현대사회로 접어들면서 선도적 기술을 조기에 개발하고 상업화하는 것이 한층 중요해지

고, 핵심 기술의 습득과 발전은 기업의 성공을 위한 기본적 요건이 되고 있다. 하지만 더 나아가 기술격차가 좁아짐에 따라 기술력과 감성파워를 결합시켜야만 시장에서 확고한 위치를 차지할 수 있는 시대로 이제 변화되고 있다. 감성 소비 시대에 접어들면서 기업들은 세계 시장에서 경쟁 우위를 차지하기 위해 기술적 우위성은 기본이고 감성적 차별성을 제공해야 한다. 이처럼 감성의 중요성을 기업들이 인식하기 시작하면서, 감성 경험을 구축하기 위해 다양한 노력들을 행하고 있다(Bahn, 2006; Kim et al., 2013).

이러한 현상은 자동차 제조업체들에 있어서도 다르지 않아, 최근 자동차 제조업체들은 심화된 경쟁에서의 우위를 차지하기 위해 차량의 고유 성능이나 외형뿐만 아니라, 실내 인테리어나 내장재, 그리고 각종 인터페이스 도구들의 디자인에 있어서도 소비자 감성을 충족시켜줄 수 있는 방법에 대해 많은 관심을 기울이고 있다(Wellings et al., 2008; Burnett and Irune, 2009).

이처럼 자동차에 대한 감성의 중요성이 점점 높아지고 있는 시점에 비추어, 실내 HMI (Human-Machine Interface) 디자인에 있어서도 운전자의 감성적 만족감을 높이기 위한 연구가 다양한 연구가 진행되어 왔다. Kohl (1983)은 노브의 형태와 크기에 따라 여성이 발휘할 수 있는 최대 회전력을 측정하여, 스위치 디자인에 활용할 수 있는 데이터를 제공하였다. Park et al. (2010)은 햅틱 피드백을 기반으로 한 컨트롤러 조작 시 발생하는 주요 감성 요인을 파악하였고, 이를 통하여 조작 감성 향상을 위한 설계 변수의 방향을 파악하는 연구를 수행하였다. Choi et al. (1998)은 가상 환경에서 가상 도구의 조작감에 관한 연구를 통하여, 이를 구현할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. Yoo and Ha (2012)는 차량용 통합 제어장치인 조그 리모콘에 대해 사용자의 인체치수와 감성적 측면을 고려한 디자인 모델을 제시하였다.

최근 차량의 성능 및 편의 기능과 관련된 여러 가지 신기술이 도입되면서 차량 내의 스위치의 개수가 증가하고, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 통합 조작 스위치를 사용하여 여러 가지 기능을 조작할 수 있도록 하는 기술을 개발하여 적용하는 추세이다. 특히 조그다이얼은 에어컨, 오디오, 내비게이션 등을 하나의 조종장치로 조작하기 위한 목적으로 주로 사용되는 통합 컨트롤러로, 자동차의 대시보드에 어지럽게 배열돼 있는 버튼의 조작을 위하여 시선을 움직여야 했던 기존의 불편함을 해소하여 전방을 주시하면서 필요한 조작을 가능하게 만들어 준다(Yoo and Ha, 2012). 이러한 통합스위치는 하나의 입력장치로 여러 장치들을 제어하게 되므로 운전자에게 사용성과 감성적 측면에서의 만족감을 제공할 수 있도록 여러 가지 측면에서의 연구가 이루어져야 한다(Cho, 2016).

스위치를 조작할 때의 회전력(turning effect)은 인터랙션 과정에서 사용자의 조작감에 중요한 영향을 줌에도 불구하고, 이에 대한 감성적 측면에서의 연구는 없었기 때문에, 본 연구에서는 차량 내에서 대표적인 통합 컨트롤러로 사용되고 있는 조그다이얼의 회전력이 사용자의 조작감에 어떠한 영향을 주는지를 분석함으로써 조그다이얼 설계의 기본 가이드를 제공하고자 하였다.

2. Sensibility Evaluation with Turning Effect of Jog Dial

회전력은 물체를 동작시키려 할 때에 필요로 하는 힘을 표현한 것으로, 토크(torque)라고도 한다. 회전력의 크기는 N-cm, N-m, in-lbh 등의 일반적인 토크 단위로 표현할 수 있다. 조그다이얼을 조작하기 위해 요구되는 회전력은 사용자의 조작감에 영향을 준다.

본 연구에서는 조그다이얼의 조작을 위해 요구되는 회전력에 따른 손가락 압력과 조작감을 측정하여 조그다이얼의 회전력과 조작 시의 손가락 압력, 그리고 조작감과의 상관성을 규명하고자 하였다. 이를 통하여 조그다이얼을 조작할 때의 조작감을 향상시키기 위한 조그다이얼의 회전력 설계에 대한 가이드를 제공하고자 하였다.

본 연구에서는 두 단계로 실험을 진행하였다. 첫번째 실험은 조그다이얼의 크기별로 피실험자들이 만족하는 다이얼의 높이를 구하기 위한 목적으로 진행되었다. 그리고 그 결과는 조그다이얼의 조작감을 알아보기 위한 실험에 활용되었다. 두번째 실험은 조그다이얼을 조작하기 위해 요구되는 회전력에 따라 피실험자들이 느끼는 조작감이 어떻게 달라지는지를 규명하기 위한 목적으로 진행되었다.

2.1 Subjective satisfaction with dial size

2.1.1 Experiment method

본 실험은 조그다이얼을 조작할 때 노브의 크기에 따라 감성적으로 만족하는 높이를 알아보기 위한 목적으로 진행되었다. 우선적으로 감성적으로 만족하는 높이를 구하기 위하여 실험 도구를 제작하였는데, 도구는 2mm에서 40mm까지 2mm 간격으로 높이를 조정할 수 있도록 제작하였다. 또한 자동차에서의 조작하는 것과 유사한 실험 환경을 제공하기 위하여 Figure 1과 같은 테스트 베드를 제작하였다.

Figure 1. Experimental apparatus and scene with knob height variation

실험에 참여한 피실험자는 30명(20대의 남자: 15명, 여자: 15명)의 대학생이었다. 피실험자는 시야를 가린 상태에서 노브의 크기별로 무작위로 제시되는 높이가 다른 노브를 조작해 보면서 감성적으로 만족하는지를 평가하였다.

실험을 위한 노브의 기준 크기는 20mm, 30mm, 40mm, 50mm, 60mm였는데, 이 수치는 조그다이얼로 사용되는 노브의 일반적 크기를 포함하도록 설정하였다. 노브의 높이는 각각의 기준 크기에 대해 2~40mm까지 2mm 간격으로 변화시키면서 제시되었다. 제시되는 자극에 대한 감성적 만족도는 만족/불만족의 방식으로 평가되었다.

2.1.2 Results

노브의 각 크기에 대해 감성적으로 만족하는 높이를 찾기 위하여 빈도 분석을 수행하였다. 즉 노브의 높이에 대해 감성적으로 만족한다고 답변한 비율을 구하였는데, Table 1과 Figure 2는 그 결과를 나타낸다.

Table 1. Frequency analysis table on emotional satisfaction with knob height

Size \ Height	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
20mm	10	23	30	43	73	63	73	43	50	43	30	23	0	0	0	0	0	0	0	0
30mm	10	30	73	73	73	73	73	43	23	23	23	23	23	10	0	0	0	0	0	0
40mm	0	23	30	63	80	80	73	30	30	23	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0
50mm	10	30	43	63	73	80	43	43	23	23	23	10	10	10	10	10	0	0	0	0
60mm	23	43	63	63	63	73	63	30	23	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0

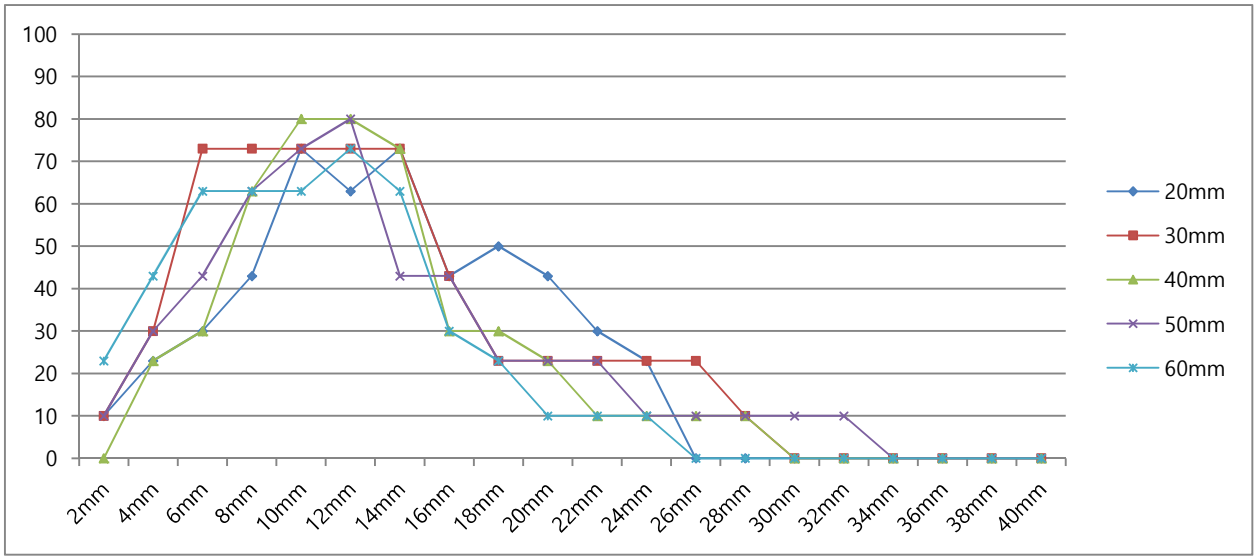

Figure 2. Frequency analysis graph on emotional satisfaction with knob height

그 결과를 보면, 20mm 크기의 노브에 대해서는 10~14mm의 높이에 대하여 50% 이상의 피실험자들이 감성적으로 만족하는 것으로 나타났다. 그리고 30mm 크기의 노브에 대해서는 6~14mm, 40mm 크기의 노브에 대해서는 8~14mm, 50mm 크기의 노브에 대해서는 8~12mm, 60mm 크기의 노브에 대해서는 6~14mm의 높이에 대해 50% 이상의 피실험자들이 감성적으로 만족하는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 보면, 모든 크기의 노브에 대해 4mm 이하의 높이와 16mm 이상의 높이에 대해서는 만족하는 비율이 절반 이하로 나타난 것을 알 수 있고, 대체적으로 8~14mm의 노브 높이에 대해 감성적으로 만족하는 것으로 나타났다.

2.2 Operating feel with turning effect

2.2.1 Experiment method

조그다이얼을 조작하기 위하여 요구되는 회전력에 따른 조작감을 평가하기 위하여 실험 요인인 회전력의 설정값은 2, 3, 4, 5, 6Ncm였고, 이는 일반적인 로터리 스위치의 회전력이 포함되도록 설정된 값의 범위이다. 각각의 요인 수준에 대한 측정값은 손가락 압력(Finger Pressure)과 주관적 조작감이었다.

실험을 위한 노브의 지름은 46mm로 고정하였고, 높이는 10mm 값을 갖도록 제작하였다.

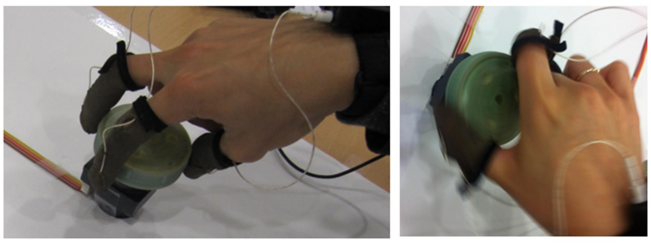

Figure 3. Experiment to evaluate the operating feel with turning effects

실험 도구로 제작된 다이얼 노브의 지름을 46mm로 한 것은 국내 모회사에서 생산되는 승용차의 조그다이얼의 지름을 적용한 것이고, 높이를 10mm로 정한 것은 높이에 따른 감성적 만족도의 실험 결과를 반영한 것이다.

실험에 참여한 피실험자는 30명(20대 중반, 남: 15명, 여: 15명)으로, 30명의 피실험자들은 Finger TPS를 장착한 상태로, 무작위로 제시되는 회전력을 갖는 조그다이얼을 조작한 후, 스위치의 조작감을 5점 리커트 척도로 평가하였다. Figure 3은 그 실험 장면이다.

2.2.2 Results

Table 2는 조그다이얼의 회전력이 조작감에 유의한 영향을 주는지 분석한 결과인데, 그 결과를 보면 유의수준 0.05에서 다이얼의 회전력은 조작감에 유의한 영향을 주는 것을 알 수 있다(p=0.000<0.05). 그리고 회전력에 따른 조작감의 평균을 나타낸 Figure 4을 보면 다이얼의 회전력이 3Ncm일 때 조작감이 가장 크게 나타났고, 그 이상으로 회전력이 증가하면 상대적으로 조작감은 낮아지는 것을 알 수 있다.

Table 2. ANOVA on operating feel with turning effect

	Sum of squares	df	Mean square	*F*	Sig.
Between groups	115.293	4	28.823	36.040	.000
Within groups	115.967	145	.800		
Total	231.260	149			

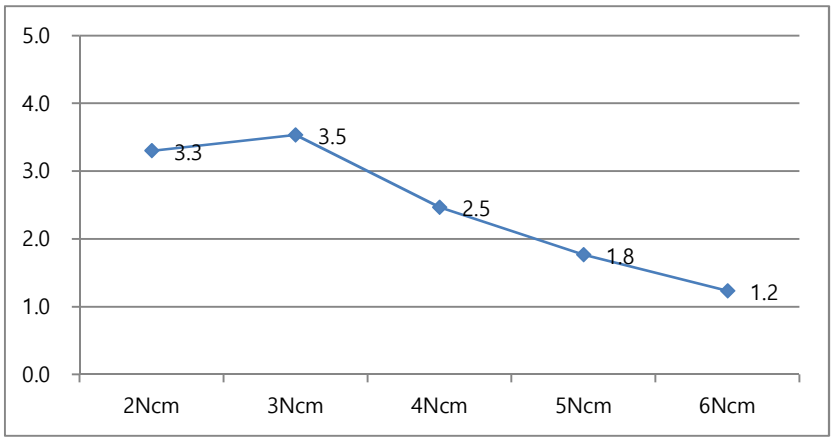

Figure 4. Mean operating feel with turning effect

또한 Table 3에서 볼 수 있는 것처럼 조그다이얼을 조작할 때, 회전력과 조작감은 음의 상관관계(p=-0.672)를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 사실로부터 조그다이얼을 조작하는데 필요한 회전력이 커질수록 피실험자들이 느끼는 조작감은 나빠지는 것을 알 수 있다.

그리고 회전력이 증가함에 따라 검지, 중지, 엄지의 세 손가락에 걸리는 압력은 증가하는 것으로 나타났지만, 그 상관성이 높게 나타나지는 않음을 알 수 있다. 이는 조그다이얼의 회전력이 세 손가락으로 분산되었기 때문에 하나의 손가락에 직접적으로 큰 영향을 주지는 않기 때문에 나타난 현상으로 판단된다. 하지만 회전력과 인지/엄지(p=0.387/0.438)의 상관성이 중지(p=0.300)보다 높게 나타난 것으로 보아, 조그다이얼을 조작할 때 중지의 사용 정도가 엄지와 인지보다는 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 손가락 사이의 압

력에 관한 상관 분석에서도 확인할 수 있다. 즉 검지의 손가락 압력과 엄지의 손가락 압력은 높은 상관성(p=0.507)을 보였지만, 엄지와 중지(p=0.309), 검지와 중지(p=0.281)의 상관성은 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 사실은 조그다이얼 조작할 때 엄지와 검지의 협응 과정을 통하여 많이 조작되고, 중지의 사용은 상대적으로 낮음을 의미한다.

Table 3. Correlation analysis between finger pressure and operating feel

		Turning effect	Index	Middle	Thumb	Operating feel
Turning effect	Pearson correlation	1	.387**	.300**	.438**	-.672**
	Sig. (2-taled)		.000	.000	.000	.000
	N	150	150	150	150	150
Index	Pearson correlation	.387**	1	.281**	.507**	-.394**
	Sig. (2-taled)	.000		.000	.000	.000
	N	150	150	150	150	150
Middle	Pearson correlation	.300**	.281**	1	.309**	-.234**
	Sig. (2-taled)	.000	.000		.000	.004
	N	150	150	150	150	150
Thumb	Pearson correlation	.438**	.507**	.309**	1	-.269**
	Sig. (2-taled)	.000	.000	.000		.001
	N	150	150	150	150	150
Operating feel	Pearson correlation	-.672**	-.394**	-.234**	-.269**	1
	Sig. (2-taled)	.000	.000	.004	.001	
	N	150	150	150	150	150

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-taled).

이상의 연구 결과를 종합하면, 조그다이얼의 회전력이 커질수록 손가락의 엄지와 검지에 걸리는 압력은 커지고, 피실험자가 느끼는 조작감은 나빠지는 것을 알 수 있다. 또한 조그다이얼의 조작을 위한 회전력이 3Ncm 정도의 값을 가질 때 피실험자가 느끼는 조작감은 가장 높게 나타났다.

3. Just Noticeable Difference with Turning Effect

변화감지역(Just Noticeable Differnece, JND)은 자극 사이의 변화를 감지할 수 있는 두 자극 사이의 가장 작은 차이값을 의미하며, 사람이 50% 이상을 검출할 수 있는 자극 차원의 최소변화로 구한다(Sanders and McCormick, 1992). 본 연구에서는 조그다이얼의 회전력에 따른 변화감지역을 측정하여 디자인 가이드로 활용하고자 하였다.

3.1 Experiment method

조그다이얼의 회전력에 관한 변화감지역을 측정하기 위하여 Figure 5의 실험 도구를 제작하였다. 실험 도구는 컴퓨터로 회전력을 제어할 수 있도록 제작되었다.

실험을 위하여 조그다이얼의 크기는 46mm로 고정하였고, 실험을 위한 기준 회전력을 20mN, 30mN, 40mN로 설정하여, 회전력에 대

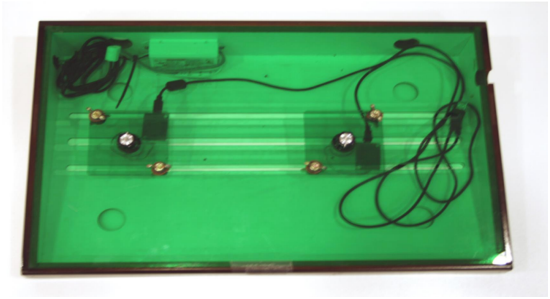

Figure 5. Experimental apparatus for JND with turning effect

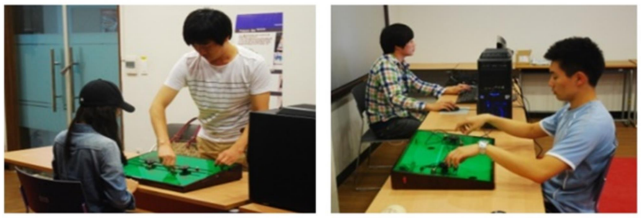

Figure 6. Experiment with turning effect

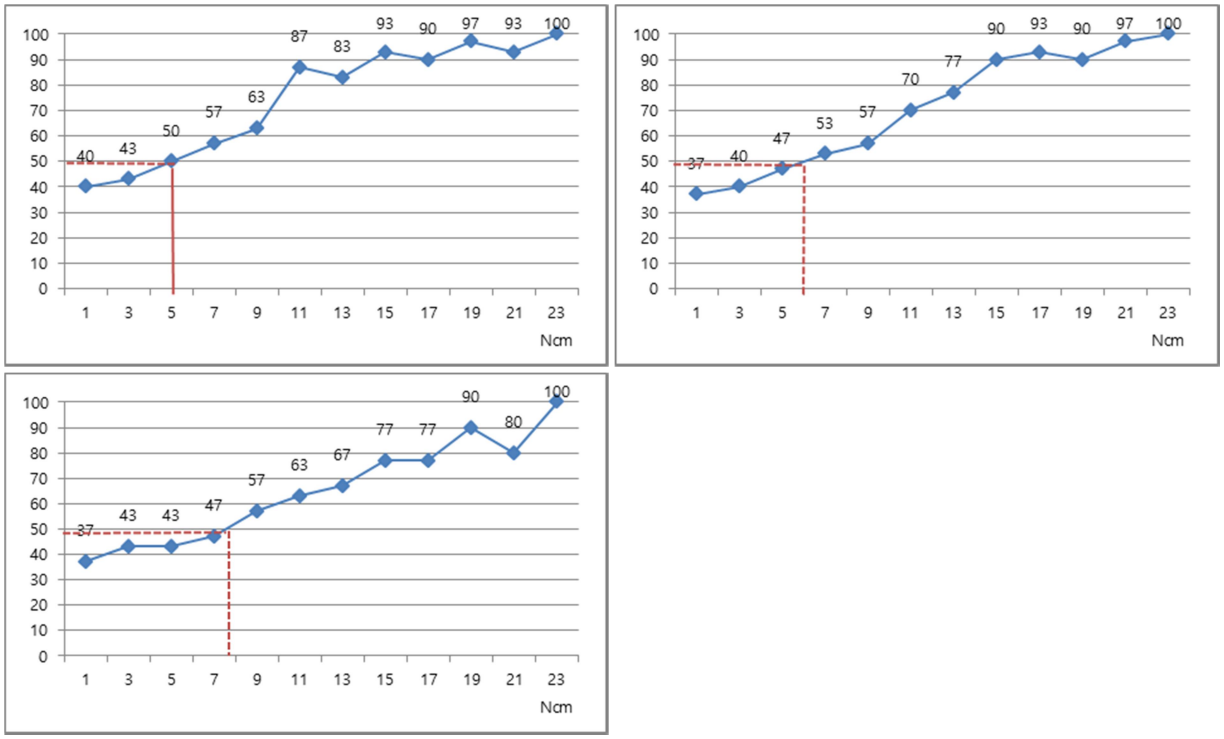

Figure 7. JND with turning effect (left: 20Ncm, right: 30Ncm, bottom: 40Ncm)

한 변화감지역을 측정하였다. 비교 회전력은 2mN 간격으로 변화를 시켰으며, 실험순서는 무작위로 진행되였다. 실험을 위하여 30명(20대 중반, 남: 15명, 여: 15명)의 피실험자가 참여하였다. Figure 6는 그 실험 장면이다.

3.2 Results

조그다이얼의 회전력에 대한 변화감지역의 측정 결과를 나타내는 Figure 7을 보면, 기준 회전력 20Ncm일 때의 변화감지역은 5Ncm, 30Ncm일 때의 변화감지역은 6Ncm, 40Ncm일 때의 변화감지역은 0.75Ncm임을 알 수 있다.

본 연구에서는 46mm의 직경과 10mm의 높이를 갖는 조그다이얼에 대해 가장 만족스러운 조작감을 제공하는 회전력이 3Ncm 내외임을 실험을 통하여 규명하였다. 이러한 결과에 변화감지역에 관한 실험 결과를 반영한다면, 이상적인 조그다이얼의 회전력은 3Ncm (±0.6Ncm)으로 설계하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

4. Conclusion

경쟁의 심화로 인하여 소비자의 욕구가 다양화되면서 제품 경쟁력의 핵심 요소로 감성의 중요성이 어느때보다 중요해지고 있다. 자동차 분야에서도 예외가 아닌 상황이기 때문에, 소비자의 감성을 충족시키기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 최근 자동차 기술의 발전과 다양한 운전자 편의 기능이 추가되면서 여러 가지 기능을 통합적으로 조종하는 조그다이얼의 활용이 증가하고 있기 때문에 이에 대한 다양한 측면에서의 감성적 연구를 통하여 운전자의 감성적 만족감을 향상하는 것이 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 조그다이얼을 조작할 때의 회전력이 운전자의 조작감에 어떠한 영향을 주는지를 규명하고, 이를 통하여 조그다이얼 설계의 기초 가이드를 제공하고자 하였다.

여러 가지의 실험을 통하여 조그다이얼의 회전력이 증가할수록 손가락에 걸리는 압력이 증가하고, 이것은 조그다이얼의 조작감에 부정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었고, 또한 회전력에 대한 변화감지역 측정을 통하여 조그다이얼의 회전력 설계를 위한 기본적인 가이드를 제시할 수 있었다. 본 연구에서 도출된 설계 가이드를 기준으로 볼 때, 국내의 대표적인 자동차 제조회사에서 생산되는 차량의 조그다이얼 회전력은 3Ncm 내외로 본 연구의 가이드를 충족하는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 향후 차량용 조그다이얼 스위치의 디자인에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Reference

Bahn, S., Lee, C., Lee, J. and Yun, M., Development of Luxuriousness Models for Automobile Crash Pad based on Subjective and Objective Material Characteristics, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 25(2), 187-195, 2006.

Burnett, G. and Irune, A., Drivers quality ratings for switches in cars: Assessing the role of the vision, hearing and touch senses, Proceedings of the First International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, 2009.

Cho, K., Vehicle HMI (Human-Machine Interaction) Technology Trends, *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*, 38(12), 33-37, 2016.

Choi, H., Lee, S. and Ryew, S., Display of Operating Feel of Virtual Tool in Frictional Contact with Elastically Deforming Environment, 22(4), *Transactions of the KSME (A)*, A790-800, 1998.

Kim, S., Yang, H. and Jang, E., Sensibility technology in life, Korea Institute for Advancement of Technology, 2013.

Kohl, G., Effects of Shape and Size of Knobs on Maximal Hand-turning Forces applied by Females, *The bell System Technical Journal*, 62(6), 1705-1712, 1983.

Park, K., Song, J., Park, R., Kong, J. and Yun, M., An affective evaluation of haptic control device mounted on the steering wheel of an automobile, 2010 Spring Conference of Korean Institute of Industrial Engineering, 2010.

Sanders, M. and McCormick, E., Human Factors in Engineering and Design, 7th Ed., McGraw-Hill, 1992.

Wellings, T., Williams, M. and Pitts, M., Customer perception of switch-feel in luxury sports utility vehicles, *Food Quality and Preference*, 19(8), 737-746, 2008.

Yoo, B. and Ha, J., Navigation Design for Improving User Interface -Design Development Through the Unification of the Jog Dial Remote Controller and the User Interface Design-, *Journal of Korean Society of Design Science*, 25(5), 23-29, 2012.

Author listings

Kwang Tae Jung: ktjung@koreatech.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, School of Industrial Design and Architectural Engineering, Koreatech
Areas of interest: Applied Ergonomics and Design, Emotional Design, HCI

Han Kyung Yun: hkyun@koreatech.ac.kr
Highest degree: PhD, Southern Illinois University
Position title: Professor, School of Computer Science and Engineering, Koreatech
Areas of interest: Haptic interface, AI

Byung Kwan Cho: chobk@koreatech.ac.kr
Highest degree: PhD, Seoul National University
Position title: Professor, School of Mechanical Engineering, Koreatech
Areas of interest: Vehicle Dynamics, Multibody Dynamics, CAE Analysis