

운전석 위치에 따른 운전자의 지각 불편도 평가

이상규*, 박우진*, 정의승*, 기도형**, 최재호***, 박성준****

*포항공과대학교 산업공학과

**계명대학교 산업공학과

***대진대학교 산업공학과

****삼성자동차 중앙연구소

ABSTRACT

오늘날의 자동차는 자동차 자체에 대한 기능적 측면뿐만 아니라 운전자 및 탑승자에게 적절한 거주 공간을 제공하여야 한다는 인간공학적 측면을 동시에 만족시켜야 한다. 특히 부적절한 거주 공간에서 비롯된 좋지 않은 운전 자세는 운전시 신체 각 부위에 과도한 피로를 유발시키고 운전 성능에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 안전 측면에서도 매우 중요하다. 거주 공간의 설계시 출발점이 되는 것은 SgRP(Seating Reference Point)이며 이의 설정은 운전 자세에 직접적인 영향을 미치므로 운전자의 불편도(Discomfort)를 최소화 하며 운전성능을 높일 수 있도록 설정되어야 한다. 본 연구에서는 Driving Simulator를 이용하여 운전자가 취할 수 있는 Seat의 전후, 상하 위치에 따른 여러 운전 자세에서 운전자가 느끼는 불편도 및 각종 Control의 조작성등의 주관적인 Measure와 운전시의 운전성능을 나타내는 객관적 Measure를 측정, 평가하였다. Seat의 위치는 Whole Body Discomfort, Steering Wheel, Gear, Pedal의 조작성 등의 주관적 종속 변수에는 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 객관적 종속변수에는 유의한 영향이 나타나지 않았다. 실험 결과를 바탕으로 Regression식을 도출하였으며 이를 바탕으로 Isocomfort Surface를 제시하였다. 본 연구의 결과는 한국인에 적합한 SgRP 및 Seat Track 설정의 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

새로운 자동차의 개발시 설계 초기 단계에서 수행되어야 하는 작업 중 하나는 거주공간을 결정하는 것이며, 이 과정에서는 내부 공간의 크기, Steering Wheel, Display 등 각종 Control의 배치가 운전자 및 탑승객의 안전(Safety), 편안함(Comfort), 편리함(Convenience)등을 보장해 줄 수 있도록 해 주어야 한다. 거주공간의 디자인에 있어서 가장 중요한 것은 운전자의 운전 자세이며, 이의 기준이 되는 Point가 SgRP이다. SAE(Society of Automotive Engineers)에서는 SgRP를 95 Percentile 남자가 'Rearmost Normal Seating Posture'를 취할 때의 Hip Point로 정의하고 있다(SAE Handbook, 1995). SgRP와 Seat Track은 SAE J1517에서 제시되는 Driver Selected Seat Position에 근거하여 원하는 Target Population에 맞추어 설정하며, Seat

Track 은 2.5~97.5 Percentile 을 만족하도록 정의되고 있다(Roe, 1993). Driver Selected Seat Position 은 여러 종류 차량들의 Seat Point Data 를 이용하여 Driver Selected Seat Position 을 Percentile 별 Curve 로 제시하고 있다(그림 1 참조).

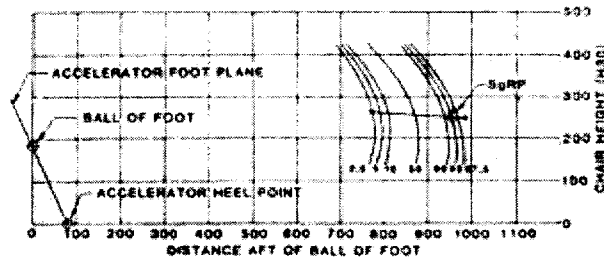


그림 1. Driver Selected Seat Position(Roe, 1993)

SgRP 가 설정되면 이에 따라 운전자의 자세가 제한받게 되므로 운전자의 운전성능과 불편도를 최소로 할 수 있도록 SgRP 설정에 신중을 기해야 한다. 그러나 위와 같은 자료는 기본적으로 미국인의 체형을 기준으로 한 것이므로 한국인을 대상으로 하는 디자인에는 적용이 어렵다. 한국인의 운전자세 설정에는 기존의 Comfortable Seating Posture 에 대한 Guideline 을 적용하는 방안이 있을 수 있다. 운전자세에 대한 Comfortable Joint Angle 에 대해서는 여러가지 Guideline 이 존재하고 있으며, 표 1 은 그 대표적 예를 보여주고 있다.

표 1. Comfortable Seating Posture(Niels et al., 1985, Grandjean, 1980)

Segment	Niels et al.		Rebiffe	
	Angle	Range	Angle	Range
Foot	85° ~ 100°	15°	90° ~ 110°	20°
Knee	95° ~ 135°	40°	95° ~ 134°	39°
Hip	100° ~ 120°	20°	95° ~ 120°	25°

그러나 위에서 볼 수 있듯이 Guideline 에서 제시되는 Comfortable Angle Range 가 매우 크기 때문에 Range 내에서 하나의 자세를 선택하여 SgRP 나 Seat Track 설정에 이용하기가 어려운 문제점이 있다. 그러므로 본 연구는 실험을 통하여 한국인 운전자가 선호하는 운전자세를 찾는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 실제 차량을 이용하여 내외부 Component 들의 Dimension 이 실제와 같은 Driving Simulator 를 제작하였으며 운전자가 느끼는 불편도와 운전자의 운전성능을 Measure 로 하여 여러가지 운전자세를 평가해 보았다.

2. 실험

2.1 피실험자

본 실험에는 38 명의 피실험자가 참여하였다. 피실험자는 모두 운전경험이 있는 남자이고 연령은 20~37 세 었다. 피실험자는 5 Percentile 2 명, 25 Percentile 5 명, 50 Percentile 13 명, 75 Percentile 10 명, 그리고 95 Percentile 8 명이였다.

2.2 실험기자재

실험을 위하여 Driving Simulator 를 제작하였다. Driving Simulator 는 실제 차량을 사용하여 차체를 구성하였으며, Computer 에서 생성되는 주행환경을 Projector 를 이용하여 Rear View Screen 에 투사하였다. 또한 차체와 Computer 사이에 설치된 Interface 를 통해 운전자의 Steering Wheel, Gear 등의 조작이 주행화면의 움직임에 반영되도록 하였다. 본 연구에서 제작한 Driving Simulator 의 모습은 그림 2 와 같다.



그림 2. Driving Simulator

2.3 실험변수 및 계획

독립변수는 본 실험(Main Experiment)이 이루어지기 전, 4 회 수행된 예비실험(Pretest)를 통하여 결정하였다. 운전 자세의 불편도에 영향을 미칠 것으로 예상되는 ① Seat 의 전후 위치, ② 상하 위치, ③ Backrest 각도, ④ Seatpan 각도, ⑤ Pedal 의 위치 등 5 가지 변수 중에서 유의한 것으로 판명된 Seat 의 전후(X), 상하(Y) 위치의 2 가지를 선택하였으며, 각 변수에 대해 4 개의 수준을 두었다. 종속변수로는 객관적 Measure 로 Task Completion Time, Tracking Error, Braking Time 이 설정되었고, 주관적 Measure 로 Whole Body Discomfort, Steering Wheel 조작성, Gear 조작성, Pedal 조작성의 4 가지 항목에 대해 7-Scale Rating 을 실시하였다.

실험은 2 개의 요인과 각각 4 개의 수준에 대해 한명의 피실험자가 모든 조합을 실험하는 Full Factorial 방식으로 수행되었으며, 피실험자별 실험순서는 Randomize 하였다. 각 Percentile 별 실험 변수 수준은 표 2 와 같다.

표 2. Percentile 별 실험 변수 및 수준(단위:cm)

Percentile	X(AHP to H-Point)				Y(AHP to H-Point)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
95	65.9	70.9	75.9	80.9	20.5	24	27.5	31
75	66.9	71.4	75.9	80.4	21.5	25.5	29.5	33.5
50	63.9	67.4	70.9	74.4	21.5	26.5	31.5	36.5
25	64.9	68.4	71.9	75.4	21.5	26.0	30.5	35.0
5	60.9	64.9	68.9	72.9	21.5	26.5	31.5	36.5

2.4 실험 방법

실험에서는 Simulator 에서 미리 Program 된 도로를 피실험자가 운전하게 되며, 도로를 주행하는 도중에 Braking Time 을 측정하기 위하여 Random 하게 돌발상황 신호가 주어진다. 피실험자는 주어진 도로를 벗어나지 않도록 주행하며 돌발상황이 나타날 경우 최대한 빨리 Brake 를 밟는 것을 Task 로 한다. 피실험자가 도로에서 벗어날 경우 벗어난 시간과 돌발상황이 주어질 경우 Brake 를 밟을 때 까지 걸린 반응시간은 자동으로 기록되며, 피실험자의 학습효과를 줄이기 위하여 실험 시작 전 충분한 연습을 하도록 하였다. 하나의 실험조건이 끝나면 피실험자는 주행 중 느낀 Whole Body Discomfort, Steering Wheel 조작성, Gear 조작성, Pedal 조작성에 대해 Rating 하게 된다. 이러한 과정을 전체 16 개의 실험조건에 대해 반복한다. 한 조합의 실험에 소요되는 시간은 약 4 분 정도이다.

3. 실험결과

전체 38 명의 피실험자에 대하여 총 38 번의 실험이 수행되었으며, 각 Percentile 과 전체 Percentile 을 모두 합한 결과에 대해 분산분석을 수행한 결과는 표 3 과 같다.

표 3. 분산분석 결과

		Wh. D discomfort	Pedal 조작성	S/W 조작성	Gear 조작성	Completion Time	Tasking Error	Braking Time
5%ile (2명)	X	0.6085	0.1143	0.2661	0.3703	0.2937	0.9186	0.4210
	Y	0.0322*	0.0048**	0.2352	0.0101*	0.6741	0.2260	0.9048
	X*Y	0.3106	0.1691	0.0139*	0.1267	0.3797	0.8086	0.1159
25%ile (5명)	X	0.0022**	0.0010**	0.1968	0.0071**	0.7335	0.0897	0.4274
	Y	0.0001**	0.0002**	0.1081	0.0001**	0.4705	0.7081	0.4329
	X*Y	0.0655	0.3911	0.2213	0.6584	0.4165	0.3525	0.4787
50%ile (13명)	X	0.0001**	0.0001**	0.0015**	0.0001**	0.0034**	0.9843	0.3268
	Y	0.0001**	0.0001**	0.0007**	0.0001**	0.0959	0.0451*	0.1591
	X*Y	0.0021**	0.0032**	0.1432	0.0306*	0.0801	0.6200	0.0059**
75%ile (10명)	X	0.0008**	0.0001**	0.0018**	0.0001**	0.0114*	0.8486	0.0348*
	Y	0.0001**	0.0001**	0.0006**	0.0001**	0.4083	0.1115	0.4442
	X*Y	0.5997	0.6405	0.2213	0.8548	0.4605	0.9400	0.1315
95%ile (8명)	X	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.3109	0.9109	0.0411*
	Y	0.0102*	0.0116*	0.0481*	0.0387*	0.0598	0.0824	0.0100
	X*Y	0.6667	0.7307	0.0045**	0.7047	0.1418	0.8198	0.4523
Total (38명)	X	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0011**	0.5466	0.4189
	Y	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0792	0.6277	0.3767
	per	0.9162	0.4755	0.8971	0.9357	0.0368*	0.8027	0.3039
	X*Y	0.0001**	0.0058**	0.0016**	0.1153	0.1360	0.4908	0.4319
	X*per	0.9208	0.2144	0.0121*	0.0436*	0.9360	0.9554	0.2254
	Y*per	0.2963	0.0632	0.1322	0.3294	0.5505	0.3032	0.2505
	X*Y*per	0.8585	0.5008	0.1141	0.1271	0.8175	0.7000	0.1377

* Significant at $\alpha = 0.05$, **: Significant at $\alpha = 0.01$

분산분석의 수행 결과 Completion Time, Tracking Error, Braking Time 은 전체적으로 유의한 차이가 나타나지 않고 있으며, 4 가지 항목에 대한 Subjective Rating 은 Hip Point 의 위치(X, Y)에 대하여 유의한 결과를 보이고 있다.

분산분석의 결과를 바탕으로 X, Y 와 Subjective Rating 에 대해 2 차 Quadratic Regression 을 각 Percentile 별로 수행하였다. Regression 수행결과 생성된 식 중 95 Percentile 에 대한 것은 다음과 같으며 각 Percentile 별 Isocomfort Surface 는 다음 그림 3 과 같다.

$$\text{Whole body discomfort} = 216.562 - 5.545 * X - 0.958 * Y + 0.039 * X^2 - 0.003 * XY + 0.024 * Y^2 \quad (R^2 = 0.9562)$$

$$\text{Pedal discomfort} = 246.295 - 6.523 * X - 0.444 * Y + 0.045 * X^2 - 0.004 * XY + 0.015 * Y^2 \quad (R^2 = 0.9567)$$

$$\text{S/W discomfort} = 194.856 - 5.040 * X - 0.637 * Y + 0.036 * X^2 - 0.009 * XY + 0.024 * Y^2 \quad (R^2 = 0.8461)$$

$$\text{Gear discomfort} = 115.482 - 3.011 * X - 0.707 * Y + 0.022 * X^2 - 0.0004 * XY + 0.016 * Y^2 \quad (R^2 = 0.9432)$$

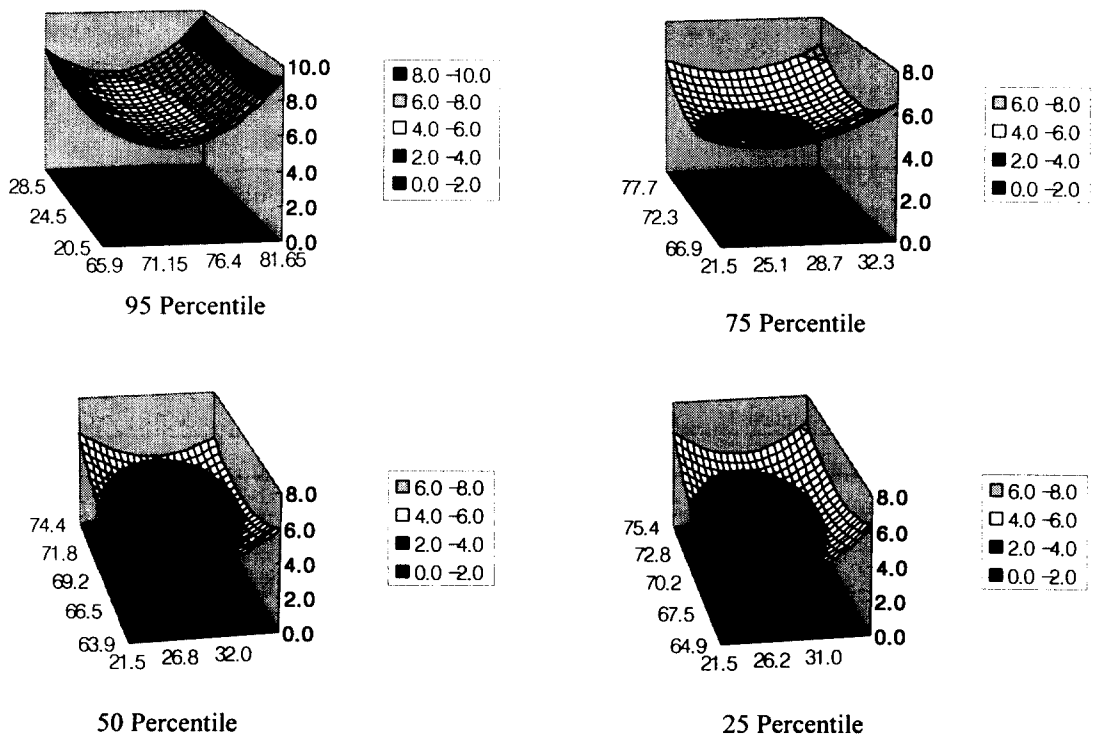


그림 3. Percentile 별 Isocomfort Surface

각 Isocomfort Surface 에서 최소값, 즉 가장 불편도를 적게 느끼는 최적 H-Point 의 Percentile 별 상대적 위치를 그래프로 표시하면 그림 4 와 같다.

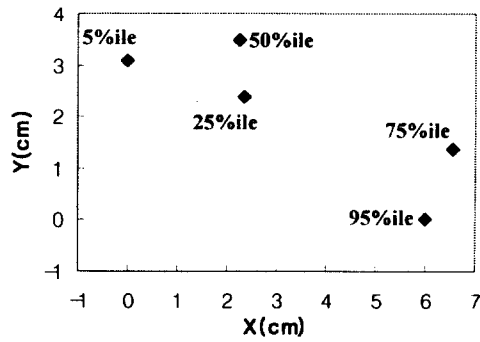


그림 4. Percentile 별 최적 H-Point 의 상대적 위치

4. 토의

4.1 분산분석

각 Percentile 별로 분산분석을 수행한 결과 객관적 Measure 인 Task Completion Time, Tracking Error, Braking Time 은 전체적으로 유의한 차이를 보이지 않지만 주관적 Measure 인 Whole Body Discomfort, Steering Wheel, Pedal, Gear 의 조작성은 X, Y 에 대해서 대체로 유의한 차이를 보이고 있다. 5 Percentile 과 25 Percentile 은 피실험자 수가 적기 때문에(5 Percentile 2 명, 25 Percentile 5 명) 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 보이며, 50, 75, 95 Percentile 의 경우에는 모두 유의한 차이를 보이고 있다. 객관적 Measure 에서 유의한 차이가 나타나지 않은 이유는 운전 시간이 짧기 때문으로 풀이된다. 즉, 초기의 짧은 시간 동안에는 비록 운전 자세가 불편하더라도 운전성능에는 큰 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있다.

4.2 Regression 및 Isocomfort Surface

X, Y 의 변화, 즉 H-Point 의 이동에 따라 운전자가 느끼는 불편도의 변화를 파악하기 위하여 4 가지 Subjective Rating 에 대하여 2 차 Regression 을 수행한 결과 50~95 Percentile 에서 R^2 의 값이 0.83~0.96 으로 매우 높게 나타났다. 각 Percentile 별로 최소의 불편도를 느끼는 X, Y 의 위치를 보면 5 Percentile 이 가장 앞에 위치하며 25, 50 Percentile 과 75, 95 Percentile 간의 수평거리(X)차는 그리 크지 않음을 알 수 있다. 그러므로 위의 결과에서 25, 50 Percentile 과 75, 95 Percentile 을 각각 하나로 생각하여 3 점을 연결시키는 곡선이 Seat Track 이라고 볼 수 있다.

본 연구에서 도출된 최적 H-Point 를 미국인을 기준으로한 현재의 SgRP 와 비교한 결과는 다음 그림 5 와 같다.

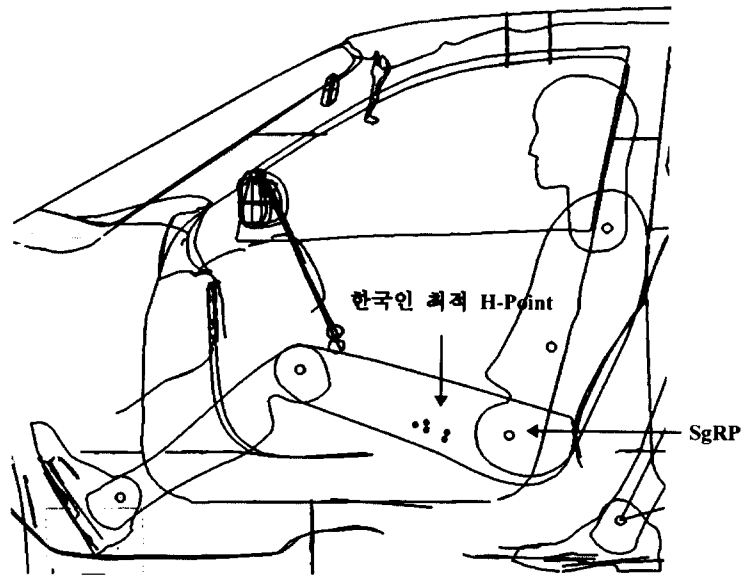


그림 5. 실제 차량에서 최적 H-Point 의 위치

위의 그림에서 보면 본 실험에서 구한 최적 H-Point 의 분포는 미국인을 기준으로 한 SgRP 보다 상당히 앞으로 나오고 있으며 높이의 차는 그리 나지 않고 있다. 이는 한국인 체형이 미국인에 비해 하지는 짧으며 상지는 비슷하거나 약간 긴 특징으로 설명되어질 수 있다. 50 Percentile 의 경우 한국인이 미국인보다 하지는 약 8.9cm 정도가 짧으며 앞은 눈 높이의 경우 0.4cm 정도 길다(국민표준체위 조사 보고서, 1992).

4.3 SAE 와의 비교

SAE 에서 제시된 Driver Selected Seat Position Curve 는 각 Percentile 별로 Range 만 제시되어 SgRP 의 설정이나 Seat Track 결정에는 바로 적용하기 어려움이 있다. 그러나 본 연구에서 제시된 H-Point 는 Comfort 의 관점에서 최적 H-Point 를 제시하고 있고, 대상 역시 미국인이 아닌 한국인이므로 국내 자동차의 SgRP 설정이나 Seat Track 결정에 현실적인 Guideline 으로 사용되어질 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 SgRP 또는 Seat Track 의 설정에 가장 중요한 요소인 운전 자세를 'Comfort'의 관점에서 접근하였다. Driving Simulator 를 이용하여 여러가지 운전자세에 대하여 피실험자의 운전성능과 Subjective Rating 을 실시하였고, 이에 따라 운전자가 불편도를 가장 작게 느끼는 H-Point 를 Percentile 별로 구하여 제시하였다. 한국인과 미국인의 체형이 다르기 때문에 SAE 에서 미국인을 기준으로 제시되는 디자인 Guideline 들이 한국인을 위한 자동차 설계에 적용되기 어려움에도 불구하고 현재까지 한국인을 대상으로 한 연구가 거의 없었음을 생각하면, 다양한 Percentile 의 한국인을 대상으로 한 본 연구의

의의가 있다고 할 수 있겠다. 그러나 본 연구에서 사용된 Driving Simulator 가 실제 운전 상황을 완벽하게 재현할 수 없다는 문제점이 있고, 실험시간이 짧아 객관적 Measure 가 유의하게 나오지 않아 운전성능 측면에서 객관적인 뒷받침이 이루어지지 못한 것은 실험상의 한계점으로 지적된다. 아울러 키가 작은 피실험자(5, 25 Percentile) 수가 부족했다는 점도 문제점으로 지적되며, 이들을 보완한 추후 연구가 요망된다.

6. 참고문헌

- [1] 국민표준체위 조사 보고서, 공업진흥청, 1992
- [2] Grandjean, E., "Sitting posture of car drivers from the point of view of ergonomics", Proceedings of the International Conference on Ergonomics and Transportation, Academic Press, 1980
- [3] Niels Diffrient, Alvin R. Tilley, David Harman, "Human Scale", MIT Press, 1985
- [4] R. W. Roe, "Occupant Packaging", Automotive Ergonomics, Taylor & Francis, 1993
- [5] SAE, SAE Handbook, On-Highway Vehicle and Off-Highway Machinery, vol3, Warrendale, 1995