

승용차의 시계 요소 조사 및 개선 방향

정일석*, 이정근*, 정의승*, 윤명환*, 최재호**, 강동석***

* 포항공과대학교 산업공학과

** 대전대학교 산업공학과

*** 삼성자동차(주)

ABSTRACT

자동차 내장 설계의 주요 검토 사항으로 거주성, 조작성, 시인/시계성, 승강성, 적재성, 안전성 등을 들 수 있다. 특히, 승용차의 주행 시 운전자는 주위 환경에서 일어나는 상황의 대부분을 눈을 통해 인식하게 되므로, 주행 중 운전자에게 충분한 시계를 확보해 주는 것이 자동차의 설계에서 중요한 요인이 된다. 본 연구에서는 시계성을 중심으로 미국의 FMVSS(Federal Motor Vehicle Safety Standard), 유럽의 EEC(European Economy Community), 한국공업규격 등에서 규정하고 있는 시계 요소들을 조사 비교하고, 시계성 평가의 기준으로 활용한다. 시계성을 평가하기 위해 전방가시거리, 전방수평시계, Inside Rear View Mirror 와 Outside Rear View Mirror 를 통해 볼 수 있는 Viewing angle, Inside Rear View Mirror 와 95%ile Eyellipse 와 높이 등의 요소를 측정하였다. 측정 결과는 승용차의 운전 공간 내의 Optimal Eye Point 를 결정하는 데 이용되며, 시인/시계성을 개선하는 Seating Packaging Procedure 개발의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

1. 서론

승용차 내장 설계 시는 차량 내부에 필요한 거주 공간을 제공하는 거주성, 차량에 장착된 Handle, Lever, Pedal, S/W 등의 크기, 위치 등을 설정하는 조작성과 차량 외부 및 내부의 시인/시계성, 안전하고 편리한 승하차 공간의 설정을 승강성, 화물 적재 공간의 확보를 위한 적재성, 마지막으로 차량 충돌 시 탑승객을 보호하는 안전성 등이 주요 검토 사항으로 고려되어야 한다.

특히, 자동차의 시야는 운전자가 대부분의 외부 환경 정보와 자동차 운행 상태에 관한 정보를 시각 감각을 통해 받아들이는 운전 작업에 있어 매우 중요한 요인으로, 운전자에게 충분한 시야를 제공해주는 시계성은 안전운전의 필수적 요소이다.

승용차의 시계성은 크게 Direct Field of View (FOV)와 Mirror Field of View 로 분류할 수 있으며, 본 연구에서 다루게 될 전방가시거리와 전방수평시계는 Direct FOV 에 속하며, Outside/Inside Mirror 의 Viewing Angle 은 Mirror FOV 로 나눌 수 있다.(Haslegrave, 1993)

기존의 자동차 관련 법규집인 FMVSS, EEC, 한국공업규격 등에서 들고 있는 시계 관련 법규(Regulation) 및 추천 사항(Recommendation)으로는 A-pillar 방해각, 전방가시거리, 전방가시거리, Rear View Mirror Viewing Angle, 99%ile Eyellipse 상단과 Inside Rear View Mirror 의 하단과의 높이 차이 등이 있다. 현재 SAE 에서 제시하고 있는 Seating Packaging Procedure 는 AHP 를 결정한 후에 H-point 를 정하고, 이 위치에서 수직 상방 635mm 위치에 Eyellipse 를 위치시키고 있다. 즉, 운전 자세를 먼저 결정하고 난 후, 운전자의 시인/시계성을 직접적으로 고려하지 않고 결정된 운전 자세에 따른 Eye Point 를 제시한다. 전세계의 자동차에 관련된 치수(Dimension)에 대한 자료를 제공하고 있는 Autograph 를 조사하여 보면, 대부분의 자동차들이 위에서 언급한 법규집에 나오는 많은 법규 및 추천 사항들을 만족하지 못하고 있음을 알 수 있다. 이는 SAE Procedure 를 이용하여 Seating Packaging 을 할 경우 운전 자세의 관점에서는 어느 정도 만족스러울 지 모르지만, 운전자의 시인/시계성 관점에서 만족스럽지 못함을 의미한다.

따라서, 위에서 언급한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 SAE Seating Packaging Procedure 와는 다른, 시인/시계성을 만족하는 Seating Packaging Procedure 의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 이를 위하여 승용차의 운전 공간에서 눈이 위치할 수 있는 Feasible Eye Region 을 정하고, 이 영역 내에서 위에서 언급한 여러 시계 요소들을 만족하는 이론적인 최적 Eye Point 를 제안한다. 이를 기존의 Seating Packaging Procedure 에 의하여 제시된 Eye Point 와 비교하여, 그 차이점을 들어 시계/시계성을 만족하는 Seating Packaging Procedure 의 개발 방향을 제시한다.

2. 시계 요소 관련 법규 및 추천 사항

시계와 관련된 많은 규정 중 본 연구와 관련된 시계 요소의 법규 및 추천 사항과 전방 시계 범위에서 중요하게 여기는 A-Pillar 방해각에 한정하였으며 각각의 내용은 다음과 같다.

2.1 A-Pillar 방해각

A-Pillar 는 두 개 이하이어야 하며, P 점⁽¹⁾ 에서 A-Pillar 의 방해각은 6°를 초과 하여서는 안되며 H 점⁽²⁾ 공차, 등받이 각도 공차 등을 고려하여 가장 불리한 조건에서 측정되어야 한다.(자동차 안전 기준 시행 세칙 22.)

2.2 전방가시거리

Eyellipse Centroid 에서 Hood 상단을 통해 전방 지면을 볼 때 가시거리는 Centroid 로부터 소형 승용차 5.5~6m, 중형 승용차 6~6.5m, 대형 승용차 7m 정도 유지할 수 있도록 Hood 의 높이 및 SgRP 위치 설정 시 충분히 고려되어야 한다.

2.3 전방수평시계

Autograph Check 방법에 의한 Windshield 의 전방수평시계는 차량 Grade 에 관계없이 85°이상을 유지해야 한다. 여기서 Autograph Check 방법은 Front SgRP 상방 635mm 위치에서의 Monocular Vision 을 의미한다.

2.4. Mirror 에 의한 시계성

Mirror 관련 규정은 최소 Visual Field 와 Convex Mirror 의 사용 여부에 관한 것으로 나누어 구성되어 있다.

2.4.1 Mirror Viewing Angle

- Inside Rear View Mirror : 뒷쪽으로 볼 수 있는 가장 가까운 지점이 운전자의 눈으로부터 60m 이내에 있어야 하며, 이 지점에서 너비 20m 혹은 20°의 Viewing angle 을 확보할 수 있어야 한다. (EEC 71/127, FMVSS111)
- Driver Side Rear View Mirror : Side Mirror 의 위치는 머리와 눈의 움직임의 합이 60°를 초과하지 않는 범위에 배치하여야 하며, 운전자의 눈에서 후방 10m에서 너비 2.5m 혹은 10°를 확보할 수 있어야 한다.(EEC 71/127, FMVSS 111)
- Passenger Side Rear View Mirror : 미국에는 이에 대한 규정이 없으며, 유럽 쪽에서는 운전자의 눈 후방 20m에서 너비 4m 혹은 11.5°를 확보할 수 있어야 한다.(EEC 71/127)

이상의 Rear View Mirror 의 Viewing Angle 의 정의와 그 법규 및 추천 사항은 다음 그림 1에 정리되어 있다.

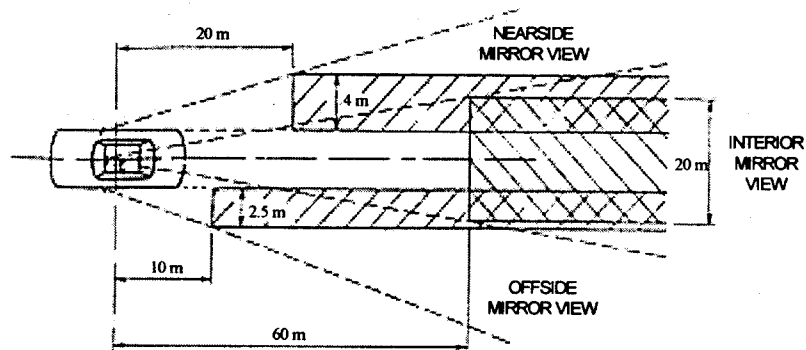


그림 1. Mirror 의 Viewing Angle (Haslegrave, 1993)

2.4.2 Convex Mirror 의 사용 여부

⁽¹⁾ 운전자가 눈 높이의 수평면 상의 물체를 바라볼 때, 운전자 머리의 회전 중심점을 말한다.

⁽²⁾ Hip Point

- 미국 (NHTSAC⁽¹⁾, 1991) : Driver Side Rear View Mirror 와 Inside Rear View Mirror 에는 Convex Mirror 를 사용하는 것이 금지 되어 있다.
- 일본, 유럽 : Driver Side Mirror 와 Inside Mirror 에는 Convex Mirror 를 사용하는 것이 허용되어 있으며, 실제 사용하고 있는 영국의 경우 Mirror 의 곡률 반경이 406~2083mm 의 범위에 있다.(Flannagan and Sivak, 1993)
- 한국 : Inside Mirror 를 제외한 Side Mirror 에는 Convex Mirror 의 사용을 허용하고 있으며, 평균 곡률 반경이 890~1650mm 이하이다.

2.5 기타

방향 전환 시 전방 시계 장애를 최소화 하기 위하여 Inside Mirror 하단은 99%ile Eyellipse 상단보다 최소 5mm 상방에 위치하여야 하며, 이 사이의 치수는 가능한 최대로 유지하여야 한다.

3. Platzer 의 Viewing angle 계산

Outside Mirror 혹은 Inside Mirror 가 다음 그림 2 와 같이 위치할 때 Mirror 를 통해 볼 수 있는 시계 즉, Viewing angle 은 George Platzer(SAE 950601)에 의하여 다음 표 1 과 같이 제시 되어 있다.

그림 2 에서 r 은 Mirror 의 곡률, λ 는 눈에서 Mirror 중심선과의 수평각, S 는 눈에서 Mirror 까지의 직선거리, w 는 Mirror 의 너비, 그리고 D 는 두 눈 사이의 거리를 의미한다.

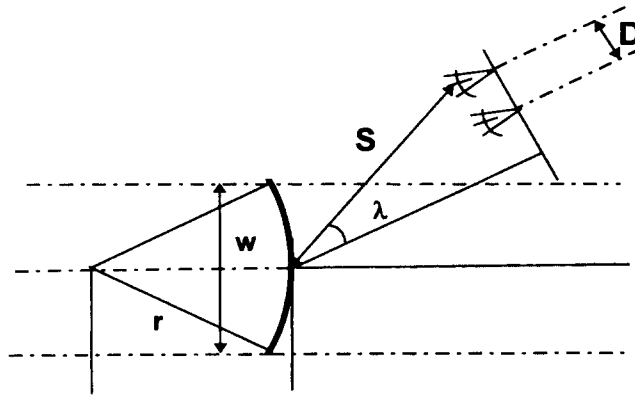


그림 2. Mirror 와 눈의 기하학적 위치

표 1. Inside/Outside Mirror 의 Viewing angle 계산 공식(George Platzer, 1995)

	Plane Mirror	Convex Mirror
Monocular	$2\left(2 \tan^{-1} \frac{w \cos \lambda}{2S}\right)$	$2\left(2 \tan^{-1} \frac{w}{2r} + \tan^{-1} \frac{w \cos \lambda}{2S}\right)$
Ambinocular	$2\left(2 \tan^{-1} \frac{w \cos \lambda + D}{2S}\right)$	$2\left(2 \tan^{-1} \frac{w}{2r} + \tan^{-1} \frac{w \cos \lambda + D}{2S}\right)$
Binocular	$2\left(2 \tan^{-1} \frac{w \cos \lambda - D}{2S}\right)$	$2\left(2 \tan^{-1} \frac{w}{2r} + \tan^{-1} \frac{w \cos \lambda - D}{2S}\right)$

4. Seating Packaging Procedure

운전 시 운전 자세를 지배하는 요인으로 H-point, Steering Wheel, Accelerator Pedal 의 위치와 H-point 에서 유도되는 Eyellipse 가 있다. 그러나, 운전자들의 인체 측정치의 차이가 크고, 각 요인들의 상호 복잡한 관계로 인하여 모든 운전자들에게 위 네 요인을 최적의 상태로 배치하는 것은 대단히 어렵다. 이

⁽¹⁾ National Highway Traffic Safety Administration

상적으로는 운전자의 신체 조건에 따라 각 요인들을 조정하는 방법이 가장 좋으나, 이 때 각 요인의 조정은 조작성의 간편성, 자동차 제작 시 적합성, 안전성 등을 고려하여야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 현재 Pedal 과 Steering Wheel 을 고정, H-point 고정과 Eyellipse 를 고정하는 방법이 제시되어 있다.

4.1 Pedal 과 Steering Wheel 을 고정

여성 5%ile 과 남성 96%ile 의 운전 자세를 비교하여 Pedal 과 Steering Wheel 을 고정시킨 후, Seat Slide 양을 조정하여 신체적 조건이 다른 운전자들을 만족시키는 방법이다. 현재 SAE 에서는 이 방법을 이용하는 Seating Packaging Procedure 를 제시하고 있으며, 인간공학적, 경제적, 기술적으로 채택 가능한 장점이 있다.

4.2 H-point 고정

이 방법은 H-point 를 고정하여 놓고 다양한 크기의 운전자를 포함할 수 있는 Pedal, Steering Wheel 등의 위치를 정하는 방법으로, 안전성의 측면에서는 좋은 방법이나 다른 요인들의 변화가 커서 제작의 어려움이 예상된다.

4.3 Eyellipse 고정 (KS-R-0036)

눈의 위치를 고정하여 놓고 이에 적합한 운전 자세를 취할 수 있도록 Pedal Steering Wheel 등의 위치를 정하는 방법으로, 운전자를 위해 가장 좋은 방법이라 할 수 있다. 그러나, 위의 방법과 같이 다른 요인들의 변화량이 커, 제작 상의 문제점이 있다.

5. 시계 요소 관련 목적식

기존 자동차 내장 설계는 AHP 를 결정한 후 H-point, Eye Point 의 순서로 결정하는 방법을 따라왔으나, 이러한 방법을 따르면 서론에서 언급한 바와 같이 운전자의 시인/시계성을 만족하지 못하므로, 본 연구에서는 기존 방법의 문제점을 제시하고 새로운 Seating Packaging Procedure 개발의 방향을 제시하기 위하여 승용차 운전 공간의 범규 및 추천 사항들을 만족하는 최적 Eye Point 를 제시한다. 이를 위하여 먼저 초기 Eye Range 을 설정한 후 시계 요소의 범규를 만족하는 Feasible Eye Region 을 결정한다. 다음으로 이 영역 내에서 시인/시계성을 만족하는 최적 Eye Point 를 이론적으로 찾아내는 방법을 제안한다.

최적 Eye Point 는 위에서 언급한 시야와 관련된 여러 범규 및 추천 사항들을 만족하면서, 아래의 목적 함수를 최적화하는 점이 된다.

- Max. 전방수평시계
- Max. Inside Mirror 의 20m 후방시계
- Max. Outside Mirror 의 운전자 눈의 후방 10m 에서의 시야
- Max. Inside Mirror 의 하단에서 95%ile Eyellipse 상단까지의 높이
- Min. 전방가시거리

6. 최적 Eye Point 의 결정

승용차 내 운전자의 눈이 위치할 수 있는 Range 는 내장 설계 시 Legroom, Head Clearance, SgRP 에서 거리 등을 고려하여 95%ile H-point Machine 의 Eyellipse 를 중심으로 구한다.

다음 그림 3 은 초기 Eye Range 의 예로서, 차종이 다를 경우 Pedal 의 위치와 Seat 의 조절 범위에 따라 Eyellipse 앞뒤로 형성되는 Range 의 크기가 달라진다.

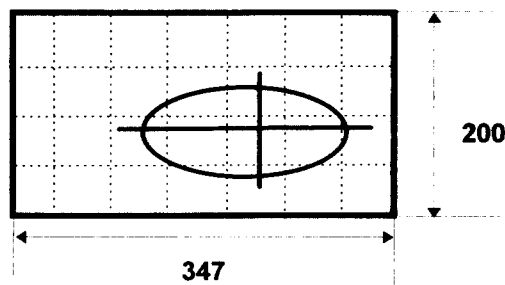


그림 3. 초기 Eye Range (단위 :mm)

위 그림 3 과 같은 형태로 설정한 초기 Eye Range 내의 내부점이 Check Point(=측정점)가 되며, 모든 Check Point 에 대해 시계 요소 값을 구하여 이들 값들을 Normal (=Normalized) Value 로 변환한다. 최적 Eye Point 는 제시된 시계요소들의 Regulation 을 만족하면서 운전자에게 충분한 시야를 제공하여 줌으로써 운전자의 눈의 위치해야 하는 가장 바람직한 위치이다.

최적 Eye Point 를 구하는 과정은, 먼저 시계 요소들의 범규 및 추천 사항을 모두 만족하는 Feasible Eye Region 을 구성한 후, Feasible Eye Region 에 속하는 Check Point 들 중 시계 요소 값의 Normal Value 의 단순합이 가장 큰 점이 초기 Eye Point 가 된다.

초기 Eye Point 에서 시계 요소 들의 Normal Value 와 운전 자세의 실험을 통해 얻은 실제 운전자의 눈의 위치에서 시계 요소 값들의 Normal Value 의 차이를 이용하여, 각 시계 요소의 가중치를 구한다. 앞서 구한 가중치에 5 가지 목적함수의 Normal Value 를 곱한 단순합으로 Utility Function 을 정의하고, Feasible Eye Region 에 속하는 점들 중 가장 큰 Utility Function 값을 갖는 점이 바로 이론적인 최적 Eye Point 가 된다.

다음 그림 4 는 시계 요소의 증가 방향을 나타내는 것으로 수평면과 수직면으로 Eye Point 가 이동함에 따라 각 시계 요소들의 값이 변화하는 추세를 보여주는 그래프이다. 예를 들어 Utility Function 의 경우 Eye Point 가 후방으로 이동할 때 함수값이 감소하며, 상방으로 움직일 때는 증가함을 의미한다. 그림에서 보는 바와 같이, 모든 요소들의 값이 전방으로 갈수록 커지며, Out Side Rear View Mirror 를 제외하고는 운전자의 눈의 위치가 위쪽으로 올라갈수록 커짐을 나타내고 있다.

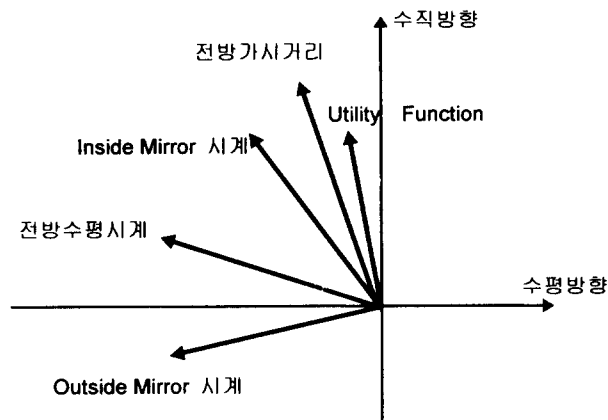


그림 4. 시계요소의 증가방향

6.1 최적 Eye Point 의 범위

운전자의 Feasible Eye Region 의 각 Check Point 에서 시계 요소들을 측정 한 후 도출된 Utility Function 에 대입하여 최적 Eye Point 를 구할 수 있다. 다음 그림 5 는 95%ile H-point Machine 이 놓였을 때 초기 Eye Range 와 최적범위(역사다리꼴 모양), 그리고 ‘*’는 운전자의 운전 자세 측정 시 촬영된 사진을 바탕으로 27 명(한국인 남자 5~95%ile)의 피실험자 눈의 위치를 보여준다.

운전자세의 측정은 운전 경력이 있는 피실험자가 충분히 시계성을 확보 후 Handle, Pedal 등의 조작에 불편이 없는 자세를 취하도록 한 후 측면에서 사진 촬영을 통해 이루어졌다.

7. 결론

운전자의 시계성과 관련이 있는 시계 요소들의 정의와 측정 방법들을 정리, 제시하였다. 각각의 시계 요소 값은 차종과 운전자의 눈의 위치에 따라 달라지며, 시계와 관련된 Regulation 범규 및 추천 사항의 만족 여부에 따라 초기 Eye Region 에서 운전자의 눈이 위치할 수 있는 Feasible Eye Region 을 도출하였다.

운전시 시계성만을 고려한 이론적인 최적 Eye Point 는 시계 요소와 실제 Eye Point 를 이용하여 얻은 가중치의 곱으로 만든 Utility Function 으로부터 구하였다. 여기서, 최적 Eye Point 는 제시된 시계 요소들의 Regulation 을 만족하면서 운전자에게 충분한 시야를 제공하여 줌으로써 운전자의 눈이 위치해야 하는 가장 바람직한 위치이다.

그러나 최적 Eye Point 의 범위는 그림 5 에서 볼 수 있듯이 실제 운전자의 눈의 위치와 차이를

보이고 있으며, 이는 핸들과 Pedal의 조작과 관련된 운전 자세에 의해 눈의 위치가 결정되기 때문이다.

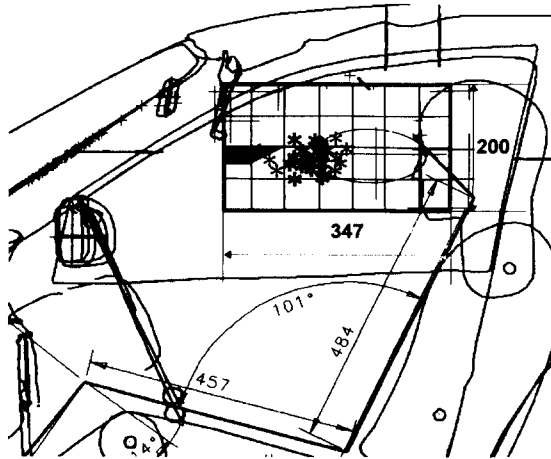


그림 5. 최적 Eye Point의 범위

8. 추후 연구방향

본 연구에서는 단순히 시계성만을 고려한 최적 Eye Point의 범위를 도출하였다. 그러나 실제 운전자들이 취하는 자세로부터 생성된 눈의 위치와 차이를 보이며 차이를 발생시키는 원인으로 운전자가 각종 Control의 조작과 운전시 느끼는 신체의 불편도가 존재한다고 생각된다.

따라서 시계성과 운전 자세에 따른 불편도의 상호 연관 관계를 밝힐 필요가 있고, 내장 설계 시 이 두 요인을 동시에 고려하는 Trade-off Scheme의 개발이 필요하며, 이에 근거한 Seating Packaging Procedure의 개발에 관한 연구가 요망된다

참고문헌

- [1] George Plazter, *The Geometry of Automotive Rearview Mirrors; Why Blind Zones Exist and Strategies to Overcome Them*, SAE Technical Paper 950601
- [2] Christine M. Haslegrave, *Visual Aspects in Vehicle Design*, Automotive Ergonomics, Taylor & Francis, 1993
- [3] Michael Flannagan and Michael Sivak, *Indirect Vision Systems*, Automotive Ergonomics, Taylor & Francis, 1993
- [4] FMVSS 111; Rear View Mirrors
- [5] Directive 71/127/EEC; Rearview Mirrors
- [6] 한국공업규격 KS-R-0036; 운전자의 아이레인지
- [7] 자동차 안전 기준 시행 세칙 22.; 운전자의 시계 범위 시험