Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 1 pp.67-71, February 2010

고령운전자의 Eye Point와 전방 시계 특성에 관한 연구

이성일[1] · 최지호[1] · 황인준[2] · 송교현[1]

[1]성균관대학교 산업공학과 / [2]성균관대학교 기술경영학과

A Study on Eye Point and Field of View of Older Drivers

Seongil Lee[1], Jiho Choi[1], Injun Hwang[2], Kyohyun Song[1]

[1]Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746
[2]Department of Management of Technology, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746

ABSTRACT

This study examined the field of view of older drivers based on their eye points. The subjects were 25 people whose age was over 65 years and 10 contrasting subjects on their 20s. For the experiment, we expanded the width of the A-pillar of a test vehicle. With a measuring apparatus designed for the study, we analyzed 3 axes of coordinates from glabella to a fixed point of the vehicle that would be used as CAD data of vehicle design. Result shows that average eye point of the older subjects was located significantly farther from the seat than that of the 20s approximately by 31.62mm(p=0.05). It was also found that the Binocular FOV was not significantly different between the older subjects and the 20s(p=0.85), and the effect of the width of the A-pillar on the FOV could not be found. We also measured the left and right side of the Ambinocular FOV of the older subjects. It was found that the older subjects had much wider visual angle than the 20s by 2.84 degree (F=4.78, p=0.01) on the left side, while the 20s showed significantly wider average angle than the older subjects by about 4.88 degree (F=4.78, p<0.05) on the right side. The results of this study can be used to improve the FOV based on the optimal eye points when designing a vehicle for older drivers.

Keyword: Elderly driver, Eye point, Field of view

1. 서 론

고령화사회로 진입하면서 65세 이상 인구가 2004년에 9.1%에 달하고 있으며, 2020년에는 15.6%에 달할 전망이다(통계청, 2006). 또한 고령자 중 운전면허 소지자 또한 급격하게 증가하고 있으며(1999~2002년 71세 이상 22.5% 증가), 이는 자연스럽게 차량의 수요로 연결될 것으로 보인다(김만호와 손준우, 2008).

고령운전자의 경우 일반 운전자에 비해 신체 기능이 떨어지는 특징을 가지고 있다. 특히 시계의 경우 65세 이상 고령자의 15%가 시계 손실을 나타냈다(Johnson and Keltner, 1983). 이 때문에 고령운전자를 위한 차량을 설계할 때, 고령자의 시계 특성을 파악하는 것이 매우 중요하다.

운전자의 시계를 측정하기 위해서는 eye point가 기준이 된다. Eye point는 눈의 위치를 대표하며, 시계선(sight line)이 시작되는 점이다(SAE J1050, 2009).

Reed는 운전자의 eye point를 측정하기 위해 손쉽게 특

교신저자: 이성일
주 소: 440-746 경기도 수원시 장안구 천천동 300, 전화: 031-290-7610, E-mail: silee@skku.edu

정 물체의 3차원 좌표를 측정하게 해주는 FARO사의 FARO Arm을 사용하였다(Reed et al., 2001).

운전자의 시계와 A-pillar에 의한 방해각에 대한 연구를 위해 Wade와 Hammond는 실내에서 시뮬레이터를 통해 실험을 진행하였으며 조용호와 한병기는 실제 차량의 CAD 데이터를 이용하여 A-pillar의 방해각을 CAD상에서 간접 측정하였다(Wade and Hammond, 2002; 조용호와 한병기, 2008).

현재 국내 65세 이상 고령자를 대상으로 시계 특성을 조사한 연구가 없는 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 고령 운전자의 eye point를 실측하는 방법을 제시하고, 이를 바탕으로 고령자를 고려한 차량을 설계하기 위한 eye point를 제안하고자 한다. 또한 개개인의 eye point를 바탕으로 Binocular / Ambinocular field of view를 측정하고, 차량의 A-pillar가 시계에 미치는 영향과 고령운전자의 시계 특성에 대해 알아본다.

2. 연구 방법

2.1 피 실험자 선정

고령운전자의 eye point 및 시계각을 측정하기 위해 65세 이상의 남성 고령운전자 25명(평균연령 68.1세), 20대 대조군 남성 10명(평균연령 26.5세)을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험에 참여한 모든 고령자는 평균 26년의 운전 경력을 보유하고 있으며, 실험 차량과의 차이를 최소화하기 위해 현재 보유차종이 2000CC 이상인 사람을 대상으로 실험자를 섭외하였다. 20대 대조군의 평균연령은 26.5세이고, 평균 5년의 운전 경력을 보유하고 있다.

2.2 실험 구성 및 환경

실험을 위해 2006년형 Grandeur TG Q270모델의 전면 유리창을 제거하고 A-pillar 좌 · 우측 각각 18mm로 깎아낸 후, 새로 제작한 유리를 pillar에 결합하여 A-pillar가 시계에 미치는 영향을 줄이는 동시에 기존 차량과 동일한 느낌이 들도록 실험 차량을 제작하였다.

그림 1은 피 실험자의 eye point와 시계각을 측정하기 위해 구성한 야외에 실험 세트와, 측정값을 공간상의 한 점으로 표현하기 위해 축의 방향을 표현한 것이다. Reed (2001)의 연구를 참조하여 주간 환경의 야외 실험 세트에 지름 10m원을 만들고, 원의 중심점에 항상 운전석의 중심이 오도록 차량의 위치를 표기하였다.

본 실험 세트에서 공간상의 eye point를 측정하기 위해 3개의 축에 대한 정의가 필요하다. X축은 차량의 앞뒤 방향을 의미하며, Y축은 좌우 방향을 의미한다. Z축은 높이를 나타낸다.

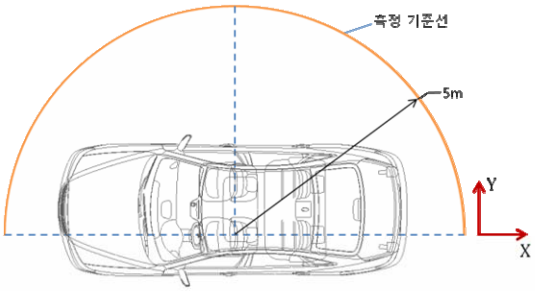

그림 1. 실험 세팅(Top view)

피 실험자의 eye point를 측정하기 위해 차량의 움직이지 않는 고정점을 기준점으로 정해야 한다. 운전석 하단의 우측 레일 맨 뒤쪽 모서리를 고정점으로 설정하고, 이 점을 기준으로 좌표를 계산하였다. 3차원상의 eye point를 측정하기 위해 좌고계와 아크릴을 이용하여 공간상의 한 점을 측정할 수 있는 측정 장비를 제작하였다. 장비의 3축 방향에는 모두 수포를 달아 측정시 항상 지면과 수평이 되도록 장비를 조절하여 측정값의 오차를 최대한으로 줄이도록 하였다(그림 2 (a)).

이 장비를 이용해 차량 내의 움직이지 않는 고정점에서부터 측정 장비 0점까지의 거리(측정 1), 0점에서 운전자의 Z축 상의 눈 높이(측정 2), 0점에서 관자놀이까지 X축 상의 전후방향 거리(측정 3), 0점에서 Y축상의 좌우방향 거리(측정 4)의 네 부분과, 관자놀이를 기준으로 미간(Glabella)까지 거리를 측정하여 eye point를 정하였다(그림 2 (b)).

(a) 측정장비 (b) Eye point 실측 방법

그림 2. Eye-point 측정을 위한 측정장비 및 측정 방법

또한 시계각을 측정하기 위하여 앞서 구성한 실험 세트에서 원의 중심에 운전자의 eye point를 일치시켰다. 그 후 측정용 폴을 움직여 폴이 보이지 않거나 A-pillar에 가려지는 위치를 표시하고, 신콘사의 AL24토목 측량기를 이용하여 정밀하게 각도를 측정하였다(측정단위: 0.5°).

측정 장비와 측정 방법에 대한 신뢰성을 검증하기 위해

현대-기아 자동차에 협조를 구하여 실험 차량의 CAD 도면상 거리와 실제 측정한 값의 오차를 점검하였다. X-Y 평면에서 볼 때 운전석 시트의 정 중앙과 eye point가 일치되어야 하므로, 고정점에서부터 시트의 중앙까지 Y축 거리의 설계치수와(-219±5mm) 측정된 평균 eye point를 비교한 결과 65세 이상 고령자는 ±1.67%, 20대는 ±0.17%의 오차를 나타내 실측 수치와 CAD 설계치수가 근접함을 알 수 있었다(그림 3).

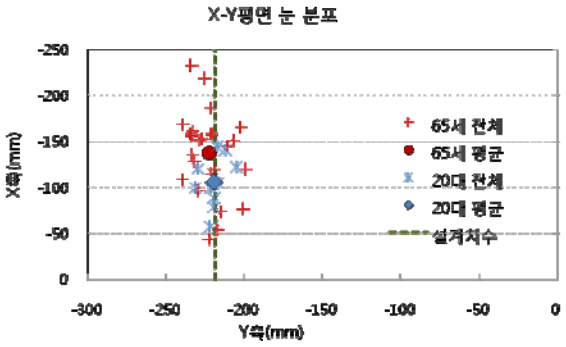

그림 3. 실측 데이터 신뢰성 검증

2.3 실험 절차

본 실험은 고령운전자의 eye point와 더불어 크게 두 가지 변수를 측정하기 위해 설계되었다. 측정 변수는 다음 표 1과 같다.

표 1. 측정 변수 설명(SAE J1050, 2009)

측정 변수	실험 조건	측정 방법
Binocular Field Of View	• 정면 응시 • 고개 고정 • 눈동자 고정	동시에 좌·우측 측정용 폴이 보이지 않거나 A-Pillar에 가려지는 점
Ambinocular Filed Of View	• 정면 응시 • 고개 고정	눈동자를 움직였을 때 좌·우측 각각 측정용 폴이 보이지 않거나 A-pillar에 가려지는 점

표 1에서 설명한 두 가지 변수를 측정하기 위해 피 실험자의 신체 데이터를 수집한 후, 자신의 체형에 맞게 시트의 높이, 각도, 앞·뒤 거리를 수정하게 한다. 실제 운전시의 세팅에 최대한 가깝게 하기 위해 약 1.5km의 시험주행 후 다시 시트를 조정하게 하여 최종 위치를 확정한 후 실험이 끝날 때까지 시트의 위치는 고정시킨다. 주위 환경에 대한 세팅이 끝난 후 측정 장비를 통해 공간상의 눈 위치를 실측한다(그림 4 (a)). 운전자가 운전석을 X축 방향으로 움직인 거리만큼 차량을 움직여 눈 위치를 원의 중심에 맞춘다(그림 4 (b)).

시계각을 측정하기 위해 피 실험자의 눈 높이를 잰 후 측정용 폴에 눈 높이에 맞게 검은색 사각형 테이프를 붙인다. 좁은 시계각에서 시작하여 측정용 폴의 각을 점점 넓혀 검은색 사각형이 점차 흐려져 시야를 완전히 벗어나거나 A-pillar에 가려져 보이지 않는 지점을 측정한다. Binocular FOV는 측정 폴 두 개를 동시에 사용하여 시계각을 측정한다(그림 4 (c)). Ambinocular FOV는 측정용 폴 한 개를 사용하여 좌·우 각각의 시계각을 측정한다(그림 4 (d)).

(a) 제작한 측정 장비를 이용하여 피실험자의 눈 위치 측정

(b) 눈 위치를 중심에 맞추기 위해 차량의 위치 조정

(c) 측정용 폴 두 개를 사용한 시계 한계점 측정 (Binocular FOV)

(d) 측정용 폴 한 개를 사용한 시계 한계점 특정 (Ambinocular FOV)

그림 4. 시계각 측정 과정

3. 연구 결과

3.1 Eye point

65세 이상 고령운전자와 20대 대조군의 눈 위치 측정 결과의 기술통계량은 표 2와 같다. 이 중 운전석의 앞-뒤 거리를 나타내는 X축 데이터의 분산분석 결과 65세 이상 고령자가 20대에 비해 운전석을 차량 앞쪽으로 평균 31.62 mm 당겨서 운전하는 경향이 있음을 알 수 있다($F=4.16$, $p=0.05$)(표 2).

3.2 Binocular FOV

그림 5와 6은 실험을 통해 측정한 평균 eye point와 그 점을 기준으로 한 평균 시계각, CAD 상에서 계산한 Grandeur TG Q270의 A-pillar 위치를 Z축 방향에서 바

표 2. 눈 위치 측정 결과의 기술통계량(단위: mm)

구분	65세 이상		20대	
	Mean	SD	Mean	SD
X축	**−137.72***	45.62	−106.10*	27.19
Y축	−222.67	11.69	−219.38	7.63
Z축	906.18	27.25	911.25	35.39

라본 평면상의 각으로 표현한 것이다.

Binocular FOV 측정 결과 좌(p=0.66), 우(p=0.63), 통합(p=0.85) FOV 모두 연령에 대해 통계적으로 유의한 차이가 나지 않았다(표 3).

그림 5를 보면 좌측 A−pillar는 65세 이상 고령자의 평균 눈 위치를 기준으로 30.7°, 우측 A−pillar는 64.6°에 위치한다. 두 연령집단의 좌 · 우 FOV모두 A−pillar에 도달하지 못하므로, binocular FOV의 경우 A−pillar가 시계각에 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

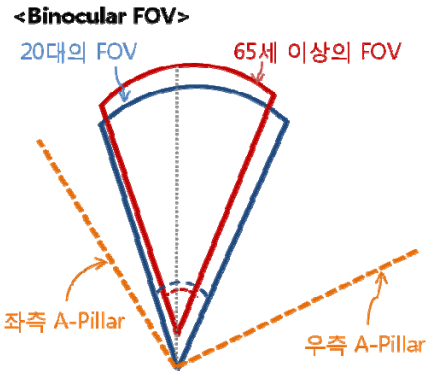

그림 5. 고령자와 20대의 Binocular FOV 비교

3.3 Ambinocular FOV

Ambinocular FOV를 측정한 결과, 전방 좌측 시계의 경우 65세 이상 고령자가 20대보다 평균 2.84° 넓은 시계각을 가지는 것으로 나타났다(F=7.36, p=0.01)(표 3). 그림 6에 나타난 바와 같이 좌측 시계각은 A−pillar에 측정용 폴이 가려져서 보이지 않는 점에서 측정되었다. 3.1절에서 eye point에 대해 기술한 바와 같이 고령자 집단의 눈 위치 평균이 20대에 비해 A−pillar에 31.62mm 가까이 위치하기 때문에 눈 위치가 A−pillar에 가까워진 만큼 상대적으로 더 넓은 시계각을 갖게 되어 나타난 현상이다. 전방 우측 시계의 경우 20대가 고령자 집단보다 평균 4.88° 넓은 시계각을 가진다(F=4.78, p<0.05).

그림 6에 나타난 바와 같이 두 연령집단 모두 우측 FOV

표 3. 전방 FOV 측정 결과의 기술통계량(단위: °)

구분	Binocular Filed Of View				Ambinocular Filed Of View			
	65세 이상 고령자		20대		65세 이상 고령자		20대	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
좌	30.97	2.51	28.13	3.45	18.31*	4.79	17.45*	6.12
우	52.72	6.78	57.60	2.83	21.54*	11.69	23.45*	11.45
통합	83.69	8.19	85.73	4.67	39.85	13.47	40.90	14.41

를 측정할 때, A−pillar에 측정용 폴이 도달하기 전에 시야에서 사라지는 시계 한계점으로 기록되는 경우가 많았다(65세 이상 22/25명, 20대 8/10명). 이 결과로 보아 우측방향 A−pillar는 전방 시계에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

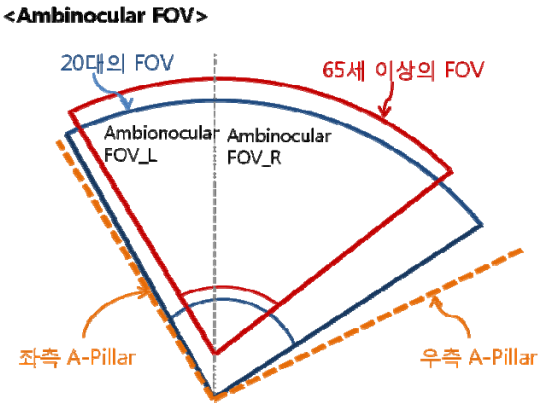

그림 6. 고령자와 20대의 Ambinocular FOV 비교

4. 결론 및 토의

본 논문은 고령운전자의 eye point와 두 가지 전방 시계각을 측정하고, 이를 실제 차량의 CAD 데이터로 검증하여 고령운전자의 전방 시계 특성을 분석하였다. 이를 통해 본 논문은 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 참고문헌에 따르면 운전자의 eye point를 측정할 때 고가의 FARO arm이라는 장비를 사용한다(Reed et al., 2001). 하지만 본 실험에서는 이러한 고가의 장비 없이도 eye point를 측정할 수 있는 장비와 실험 방법을 개발하여 신뢰도 높은 결과를 얻어낼 수 있었다.

둘째, 65세 이상 고령운전자와 20대 대조군의 평균 eye point를 분석한 결과 고령운전자는 20대 대조군에 비해 A−pillar에 31.62mm 가깝게 시트를 조정해서 앉는 경향

이 있으며, 이런 특성에 의해 좌측 ambinocular FOV가 20대 대조군보다 평균 2.84° 커짐을 확인하였다. 이 경우 이외의 모든 측정 결과는 20대가 고령자보다 넓은 시계각을 가지므로, 좌측 A-pillar의 방해각은 눈의 위치와 매우 큰 관련이 있는 것으로 보인다.

셋째, 65세 이상 고령운전자와 20대 대조군 모두 binocular FOV 측정 결과 A-pillar는 시계각에 영향을 주지 않으며, ambinocular FOV 측정 결과 우측 A-pillar는 시계각에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 따라서 실험에 사용된 TG Q270모델의 경우 고령자를 위한 설계를 적용할 때 우측 A-pillar를 현재 상태를 유지해도 무관할 것으로 보인다.

본 연구를 통해 얻은 결과는 고령운전자를 위한 자동차 설계시 고령운전자의 특성을 반영한 최적의 eye point를 설정하고, A-pillar가 시계에 미치는 영향을 반영하여 시계성을 개선하는 데 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

김만호, 손준우. 고령자 친화형 자동차 안전성 기술 개발을 위한 고령운전자의 운전 특성 분석, 한국자동차공학회 2008년 창립 30주년 기념 학술대회 논문집, 4, 1721-1726, 2008.

조용호, 한병기. A-pillar 방해각의 최적화로 인한 운전자의 시인성 확보, 한국자동차공학회 2008년 창립 30주년 기념 학술대회 논문집, 3, 1219-1225, 2008.

통계청, 장례인구추계, 2006.

SAE J1050, Describing and measuring the driver's field of view, Engineers, Society of Automotive, 2009.

Johnson, C. A. and Keltner, J. L., Incidence of visual field loss in 20,000 eyes and its relationship to driving performance, Archives of Ophthalmology, 101, 3, 371, 1983.

Reed, Matthew P., Ebert, Sheila, M. and Flannagan, Michale, J., Technical Report, Mirror field of view in light trucks, minivans, and sport utility vehicles, UMTRI-2001-1, 2001.

Wade, M. G. and Hammond, C., Research Final Report, Forward Looking Blindspots: A report of A-Pillar induced field-of-view obstruction and driver performance in a simulated rural environment, MN/RC 2002-2016, 2002.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 이 성 일 ❖ silee@skku.edu
위스콘신 매디슨 대학교 산업공학과 박사
현 재: 성균관대학교 시스템경영학과 교수
관심분야: HCI, 보편적 설계, 인간공학

❖ 최 지 호 ❖ jihochoi@skku.edu
성균관대학교 시스템경영공학과 학사
현 재: 성균관대학교 산업공학화 석사과정
관심분야: HCI, 인간공학

❖ 황 인 준 ❖ injun0223@skku.edu
경기대학교 산업공학과 학사
현 재: 성균관대학교 기술경영학과 석사과정
관심분야: 기술경영, 인간공학

❖ 송 교 현 ❖ kyohyun@skku.edu
성균관대학교 시스템경영공학과 학사
현 재: 성균관대학교 산업공학화 석사과정
관심분야: HCI, 인간공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 17일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 24일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 24일