

석사학위논문

인체모델을 이용한 자동차 내장 설계의  
시계성 평가 시스템 개발

신승우 (申承祐)

기계산업공학부 산업공학과 (인간공학 전공)

포항공과대학교 대학원

2004

인체모델을 이용한 자동차 내장 설계의  
시계성 평가 시스템 개발

**Development of a Visibility Evaluation System  
for the Design of an Occupant Packaging Layout  
by Using Digital Human Models**

**Development of a Visibility Evaluation System  
for the Design of an Occupant Packaging Layout  
by Using Digital Human Models**

by  
Seungwoo Shin

Department of Industrial Engineering,  
(Human Factors and Ergonomics Program)  
Pohang University of Science & Technology

A thesis submitted to the faculty of Pohang University of Science  
& Technology in partial fulfillment of the requirements for the  
degree of Master of Science in the Industrial Engineering  
(Human Factors and Ergonomics Program)

Pohang, Korea  
December 23, 2003  
Approved by

---

Heecheon You , Major Advisor



**MIE**

**20022002**

**신승우, Seungwoo Shin, Development of a Visibility Evaluation System for the Design of an Occupant Packaging Layout by Using Digital Human Models, 인체모델을 이용한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템 개발, Department of Industrial Engineering, 2004, 74p, Advisor: Heecheon You, Text in Korean.**

### **Abstract**

Computer-aided ergonomic design systems such as JACK and SAFEWORK evaluate the visibility of an occupant packaging layout (OPL) by using view cones and view windows created from the eyes of a digital human model. However, this conventional visibility evaluation method provides the designer with qualitative visibility information of each individual design component in the vehicle interior. The objective of the present study was to develop a visibility evaluation method for OPL which provides quantitative evaluations on design components and integrates the visibility evaluations by considering their relative weights. A five-point visibility evaluation scale was developed by defining five view zones based on the comfortable movement ranges of the eye and head. In addition, an integration method of visibility evaluation was proposed which combines the evaluation scores of individual design components according to the groups of design components by considering their relative weights. Incorporating the evaluation scale and integration method, a visibility evaluation system for OPL was developed by Microsoft Access which can produce quantitative and integrated visibility information along with digital human models in various sizes. The visibility evaluation system was applied to two OPL designs and found effective to help the designer identify design problems and corresponding solutions for better visibility.

# 목 차

Abstract.....	i
목 차 .....	ii
표 목 차 .....	iv
그림 목차 .....	v
1. 서론 .....	1
1.1 연구의 배경 및 필요성 .....	1
1.2 연구의 목표 .....	4
2. 문헌조사 .....	5
2.1 자동차 설계의 시계성 평가 .....	5
2.2 자동차 내장의 운전자 시계영역(visual field) .....	7
2.3 인간공학 설계지원 시스템의 시계성 평가 .....	12
3. 시계성 평가체계 개발 .....	16
3.1 시계성 평가척도 개발 .....	16
3.1.1 눈 위치 및 목 회전중심의 결정 .....	17
3.1.2 눈 및 머리 움직임의 범위 결정 .....	19
3.1.3 시계영역(visual field)의 구분 .....	20
3.1.4 시계영역(visual field) 구분 경계의 수식화 .....	24
3.2 자동차 내장의 종합적 시계성 평가방법 .....	30
4. 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템: 개발 및 적용 .....	38
4.1 시계성 평가 시스템 구성 .....	38

4.2 시계성 평가 시스템 개발 .....	41
4.2.1 정보관리 모듈 .....	42
4.2.2 검색 모듈 .....	45
4.2.3 시계성 평가 모듈 .....	47
4.3 시계성 평가 시스템 적용 .....	55
5. 토의 .....	62
6. 결론 및 추후연구 .....	65
참고 문헌 .....	68
부록 .....	71

## 표 목 차

표 2-1. 눈 운동 범위의 분류 .....	10
표 2-2. 목 움직임의 자세분류 .....	11
표 2-3. 인간공학 설계지원 시스템들의 시계성 분석 방법 비교 .....	15
표 3-1. 눈 위치 결정을 위한 회귀모형 (Reed et al., 2002) .....	18
표 3-2. 눈 움직임 범위(SAE, 1988; Pheasant, 1988) .....	20
표 3-3. 머리 움직임 범위 (Kee and Karwowski, 2001).....	20
표 3-4. 눈과 설계요소간의 수평거리- head field.....	28
표 3-5. $y_i$ 및 $z_i$ 의 표현식 .....	29
표 3-6. 시계영역 구분 경계의 수식 .....	30
표 3-7. Controls and Displays (Federal Motor Vehicle Safety Standard 101, Bowman(2001)에서 인용) .....	32
표 3-8. 자동차 내장 설계 구조 – crash pad assembly, cabin room (신승우 외, 2002) .....	33
표 3-9. 시계성 평가 대상 설계요소 .....	34
표 4-1. Part 의 위치정보 및 중요도 .....	55
표 4-2. 시계성 평가에 적용된 설계요소의 중요도 .....	58
표 4-3. 시계성 평가대상 자동차 내장 설계변수 (단위: mm).....	58
표 4-4. 인체모델군 인체변수 통계정보 .....	58
표 4-5. 시계성 평가 결과 (단위: mm).....	59
표 4-6. 평가결과별 인체모델 수 및 인체변수 통계량 - A model.....	60
표 4-7. 평가결과별 인체모델 수 및 인체변수 통계량 - B model.....	60
표 4-8. Part group 별 시계성 평가결과 (단위: 점).....	61
표 4-9. Part 별 평가결과- B model 의 center fascia .....	61
표 A-1. A model 설계요소 위치정보.....	71
표 A-2. B model 설계요소 위치정보.....	72
표 B-1. A model 시계성 평가결과 및 가중치 .....	73
표 B-2. B model 시계성 평가결과 및 가중치 .....	74

## 그림 목차

그림 1-1. 비용측면의 전통적 설계와 CAE/DMU process 의 비교 (Chaffin, 2001)...	1
그림 2-1. 자동차의 외부 시계성 평가 항목 (Woodson et al., 1992) .....	6
그림 2-2. 경고등(warning lamp) 위치 (Labiale, 1993) .....	7
그림 2-3. 눈 운동 범위(Pheasant, 1988).....	9
그림 2-4. 눈 운동범위 (SAE, 1988) .....	9
그림 2-5. 머리 운동 범위(SAE, 1995) .....	11
그림 2-6. 인체모델의 시점을 통해 보여지는 화면(Ergo MAX, 2000) .....	13
그림 2-7. 거울을 통한 시계영역 분석(SAMMIE CAD, 2000).....	14
그림 3-1. 시계성 평가척도 개발 절차.....	17
그림 3-2. Vehicle package geometry (Reed et al., 2000; 참조: 괄호 안에 있는 기호는 SAE 의 표기법).....	18
그림 3-3. 눈 위치 및 목 회전중심(SAE, 1992).....	19
그림 3-4. 시계영역(visual field)의 구분 순서 .....	21
그림 3-5. 수평방향 시계영역(visual field)의 구분 .....	22
그림 3-6. 수직방향 시계영역(visual field)의 구분 .....	23
그림 3-7. 눈 및 머리의 움직임에 따라 구분된 시계영역 .....	24
그림 3-8. 눈 위치 및 설계요소 좌표의 원점(origin).....	25
그림 3-9. 수평거리 $D$ 와 $y_i$ 및 $z_i$ 의 정의.....	26
그림 3-10. 가상의 눈의 위치 $E_{R1}, E_{R2}$ 및 거리 $D_{R1}, D_{R2}$ - 수평방향.....	27
그림 3-11. 가상의 눈의 위치 $E_{E1}, E_{E2}, E_{F1}, E_{F2}$ 및 거리 $D_{E1}, D_{E2}, D_{F1}, D_{F2}$ - 수직방향.....	28
그림 3-12. 시계영역 구분경계.....	29
그림 4-1. 시계성 평가 시스템 구성.....	39
그림 4-2. 시계성 평가 시스템.....	42
그림 4-3. 평가대상 차량정보 입력 창.....	43
그림 4-4. 평가 대상 part 위치정보 .....	44
그림 4-5. 사용자관리 part 입력 창 .....	45
그림 4-6. 인체모델 통계정보 검색 창.....	46

그림 4-7. 평가대상 차량정보 검색.....	47
그림 4-8. 시계성 평가 창 - 눈 위치(eye location).....	48
그림 4-9. 눈 위치 보고서.....	49
그림 4-10. 시계성 평가 - 평가결과(results).....	50
그림 4-11. 인체변수별 평가결과.....	51
그림 4-12. 키에 따른 평가결과 보고서.....	51
그림 4-13. 앉은키에 따른 평가결과 보고서.....	52
그림 4-14. Part group 별 평가결과 창.....	53
그림 4-15. Part group 별 평가결과 보고서.....	53
그림 4-16. Part 별 평가결과 창.....	54
그림 4-17. Part 별 평가결과 보고서.....	54
그림 4-18. 평가대상 인체모델들의 눈 위치.....	56
그림 4-19. Part 별 시계성 평가결과 보고서.....	57

# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경 및 필요성

인체모형을 이용한 컴퓨터 상의 인간공학 설계지원 시스템은 자동차 내장 설계를 효율적으로 하기 위해 사용되고 있다. 현재 자동차 설계에 적용되고 있는 인간공학 설계지원 시스템은 JACK, RAMSIS, SAFEWORK 등이 있으며, 인체모형을 이용하여 자세(posture), 도달성(reachability), 시계성(visibility) 등을 평가하고 있다(Feyen et al., 2000; Das and Sengupta, 1995). 시작품(physical mockup)을 이용한 기존 설계는 시작품 제작, 사람을 대상으로 한 평가, 그리고 평가결과를 설계에 반영하기 위해 많은 시간과 비용을 투자해야 한다. 그러나, 인간공학 설계지원 시스템을 이용한 설계는 Computer-aided engineering/digital mockup(CAE/DMU)을 이용한 설계의 일종으로서 그림 1-1 과 같이 전통적인 설계와 비교해 비용 측면에서 유리하다.

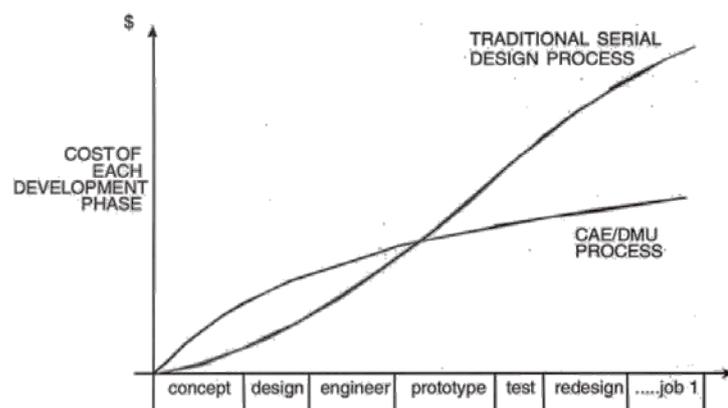


그림 1-1. 비용측면의 전통적 설계와 CAE/DMU process 의 비교 (Chaffin, 2001)

그러나, JACK, RAMSIS, SAFEWORK 등의 기존 인간공학 설계지원 시스템은 인체모형을 이용한 시계성 평가에 다음과 같은 문제점을 포함하고 있다. 첫째, 전방을 주시한 시선(line of sight)으로부터 설계요소의 위치가 벗어난 정도를 고려한 시계성 평가가 이루어지지 못하고 있다. 이러한 고려는 운전상황을 가정한 시계성 평가에 효과적이며, 벗어난 정도가 정량적으로 평가된다면 시계성 측면의 설계요소 개선에 도움이 되는 정보를 제공할 것이다. 그러나, 인체모형을 이용한 시계성 평가는 눈의 위치에 따라 도식화되는 시야원추(view cone) 내에 표시장치(display), 제어장치(control)들이 존재하는지 파악하여 이루어진다(Das, and Sengupta, 1995). 인체모형의 시야원추(view cone)를 이용한 평가는 운전 중 시선에서 설계요소들의 위치가 벗어나 있는 정도의 파악이 용이하지 않기 때문에 개선지침을 정량적으로 제시할 수도 없다.

둘째, 인체모형을 이용한 설계지원 시스템은 설계대상 집단의 다양성을 반영하고 있지 못하다. 설계대상 집단의 다양성 반영을 위해 평가결과를 각 인체크기에 따른 인체모형의 분포수가 고려되어야 할 것이다. 그러나, 인간공학 설계지원 시스템은 인체크기 측면에서 5/50/95 분위수에 해당하는 국부적인 인체모형을 대상으로 시계성을 평가하고 있다. 또한, 다양한 인체모형들이 생성될 수는 있지만, JACK의 경우 인체변수들을 수작업으로 입력하고 있어(EDS, 1999), 인체모형의 생성이 비효율적으로 이루어지고 있다.

마지막으로, 개별적 설계요소에 대해 시계성을 평가하기 때문에 시계성 평가결과는 설계요소들의 배치에 대한 절충안을 제시하기 어렵다. 시계성 측면에서 설계요소들은 상대적인 위치와 중요도를 고려하여 자동차 내장에 배

치되어야 한다. 그러나, 설계요소의 개별적 평가는 설계요소들의 배치에 따른 차량 전체의 시계성 평가결과의 변화를 제시하지 못하기 때문에 개선안에 대한 검증할 수 없다.

따라서, 인체모형을 이용한 자동차 내장의 시계성 평가를 다양한 인체모형을 적용하고, 정량적이고 종합적인 평가결과를 제시할 수 있는 시계성 평가 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 다양한 인체모형을 대상으로 정량적인 평가척도를 적용하고, 종합적으로 평가결과를 제시할 수 있는 인체모형을 이용한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템을 개발하고자 한다.

## 1.2 연구의 목표

본 연구는 인체모형을 이용한 자동차 내장의 시계성 평가를 위해 평가체계를 개발하고, 시계성 평가에 다양한 인체모형들을 적용하고 종합적인 평가결과를 제시할 수 있도록 하는 시스템 구성을 제안할 것이다. 또한, 제안된 시스템 구성을 적용하여 인체모형을 이용한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템을 개발할 것이다. 이를 위해 다음의 세부적인 목표를 가진다.

첫째, 자동차 내장을 시계성 측면에서 정량적으로 평가하는 체계를 제시하고자 한다. 시계성 평가를 위해 눈과 머리의 움직임을 고려하여 시계영역을 구분한 정량적 척도를 개발하고, 척도에 따른 시계성 평가방법을 마련하도록 하겠다.

둘째, 다양한 인체모형들을 대상으로 시계성을 평가하고, 종합적인 평가결과를 제시하기 위한 인체모형을 이용한 시계성 평가 시스템 구성을 제안한다. 시스템 구성은 시계성 평가절차, 시스템에 요구되는 모듈, 그리고 시계성 평가결과에 대한 해석 방법을 포함하도록 제안될 것이다.

셋째, 제안된 시스템 구성을 적용하여 인체모형을 이용한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템을 개발할 것이다. 본 시스템은 평가대상 차량정보, 설계요소의 위치정보, 그리고 다양한 크기의 인체모형들을 포함하게 될 것이다. 또한, 개발된 시스템은 평가결과에 따른 설계요소의 개선지침 예를 제시하기 위해 적용될 것이다.

## 2. 문헌조사

### 2.1 자동차 설계의 시계성 평가

자동차 설계의 시계성은 인간공학적 측면에서 중요한 평가항목 중 하나이다. 인간은 인체의 감각기관을 통하여 받아들여지는 정보의 90%를 시각에 의존하고 있고(Drury, and Clement, 1978), 운전 시에도 의사결정의 약 90%를 시각정보에 의존한다고 알려져 있다(Hella, Harson(2000)에서 인용). 또한, 자동차 내장의 시계성은 안전 측면에서 중요하기 때문에, 시계성 평가를 위해 눈의 움직임에 대한 연구가 진행되어오고 있다(Harson, 2000).

자동차 설계의 시계성 연구는 차량 전방 및 후방의 시야 확보 측면의 자동차 외부 시계성에 관한 연구와 자동차 내장 부품의 시계성에 관한 연구가 진행되고 있다. 자동차의 외부 시계성은 도로상황과 교통신호 파악과 같은 주행에 필요한 시야를 확보하기 위해 연구되었다. 운전자의 눈의 위치 및 자동차의 설계는 차량 전방 및 후방의 시야확보 측면에서 다음과 같은 6 가지 사항들을 만족시켜야 한다고 제안하고 있다(Woodson et al., 1992; 그림 2-1).

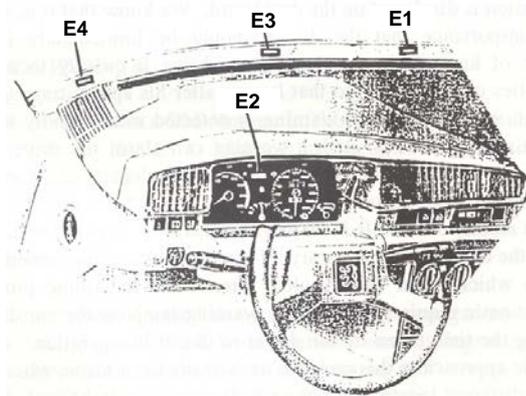
- ① 자동차 진행방향의 약 3.1m의 도로면
- ② 정지선에서의 상방 신호등
- ③ 차량 전면부의 좌우 끝단 (mobility clearance)
- ④ 차량 앞으로 지나가는 보행자 (A-pillar occlusion angle)
- ⑤ 좌우측의 뒤쪽에서 다가오는 오토바이 (B-pillar occlusion angle)

⑥ 차량 후면부의 좌우 끝단 (backing mobility clearance)

그림 2-1. 자동차의 외부 시계성 평가 항목 (Woodson et al., 1992)

자동차 내장의 시계성은 전방을 주시하는 편안한 운전 자세에서 평가되어야 한다. 운전자는 전방의 도로상황을 지속적으로 주시해야 하고, 내장부품 조작을 위한 전방시야 이외 부분에 대한 주시는 가능한 신속하게 이루어져야 한다. Haslegreave(1993)는 자동차 내장 부품을 가능한 운전자 전방시야와 근접하게 위치시켜야 한다고 제안하고 있다. 자동차 내장 부품의 시계성 연구로서, Labiale(1993)는 자동차 경고등(warning lamp)의 최적 위치 파악을 위한 연구를 진행했다. 실험에서 그림 2-2 와 같이 경고등을 instrument panel 과 dashboard 의 위, 왼쪽, 오른쪽 방향의 총 4 개의 부분에 위치시키고, 운전자의 수행도, 선호도, 운전에 미치는 영향을 평가 하였다. 평가결과는 dashboard 의 위쪽에 경고등이 위치했을 때 가장 좋은 평가를 받았으며, steering wheel 에 의해 가려지는 것을 방지하기 위해 오른쪽으로 시선각(viewing angle) 기준으로

5°~10° 정도 치우쳐 위치하도록 제안하고 있다.



- E1: Dashboard 오른쪽
- E2: Instrument panel
- E3: Dashboard 위쪽
- E4: Dashboard 왼쪽

그림 2-2. 경고등(warning lamp) 위치 (Labiale, 1993)

이와 같이, 자동차 설계의 시계성 평가는 중요하지만, 주로 주행시야 확보에 대해 연구되어 내장부품에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서, 불편도 측면에서 자동차 내장의 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

## 2.2 자동차 내장의 운전자 시계영역(visual field)

운전자의 시계영역을 정의하기 위해 눈 위치의 파악이 선행되어야 한다. 운전자의 눈 위치(eye location)는 시계영역을 정의하기 위해 운전자세에서의 실험을 통해 파악되어 왔다. 눈 위치는 표시장치(display)의 위치, mirror 위치, 머리여유(headspace requirement)의 자동차 내장 설계에 필요한 정보를 제공하기 위해 파악된다(SAE, 1992). SAE(1992)은 미국 운전자를 대상으로 머리 움직임이 없는 상태에서의 눈 위치 분포를 통계적 분석으로 타원형태의 eyellipse

로 나타내었고, eyellipse 를 SgRP(seating reference point)의 위치, 의자이동궤도(seat-track travel), 의자등받이각도(design seatback angle)의 함수로 표현 하였다. Manary et al.(1998)은 눈 위치 조사를 통해 eyellipse 가 SAE(1992)와는 달리 의자높이(seat height), steering wheel 위치, 의자궤도각(seat track angle)에 의해 예측하였다. 또한, eyellipse 의 형태가 과거와 비교했을 때 산포의 정도가 작게 나타났다. 이와 관련한 일련의 연구로서, Reed et al.(2002)은 운전자세에 영향을 미치는 seat height, steering wheel 에서 BOF(Ball of foot)까지의 거리, 키, 그리고 앉은키의 값을 이용하여 눈 위치, 엉덩이위치(hip point), 무릎 각(knee angle) 등의 운전자세를 예측하였다.

운전자의 시계영역(visual field)은 눈과 머리의 움직임을 고려하여 생성되어왔다. SAE(1977)는 자동차 내장의 시계성 및 inside mirror, rear view mirror 등의 위치 결정을 위해 눈과 목의 운동 범위를 고려한 시계영역을 기술하였다. 눈 움직임 범위는 작업장 설계에 있어서 표시장치(display) 및 제어장치(control)의 위치 결정에 중요하기 때문에 많은 연구가 진행되었다. 작업장 설계를 위한 적정 눈 운동에 대한 연구로, Kroemer and Grandjean(1997)은 시선을 중심으로  $\pm 15^\circ$ 내의 눈의 운동이 적정하다고 하였고, Pheasant(1988)는 시선(horizontal line of sight)를 기준으로 수직방향에서  $-15^\circ$ 내일 때를 최적,  $-30^\circ$ 까지는 적정 눈의 운동이라 하였다(그림 2-3). Woodson et al.(1992)는 표시장치(display)뿐만 아니라 주요 제어장치(control)도 시선 주변을 중심으로 한  $30^\circ$  시야원추(view cone)안에 존재해야 한다고 하였다. SAE(1988)는 그림 2-4 과 같이 수직방향의 경우 시선을 중심으로 최적 눈 운동범위(optimal eye rotation)를  $\pm 15^\circ$ 로 제안하

였고, 최대 눈 운동범위(maximum eye rotation)를  $+45^{\circ} \sim -65^{\circ}$ 로 제안하고 있으며, 수평방향의 경우 최적 눈 운동범위는  $\pm 15^{\circ}$ 로 제안하고, 적정 눈 운동범위(acceptable eye rotation)는  $\pm 30^{\circ}$ 로 제안하고 있다. 각 연구결과는 표 2-1 와 같이 눈 운동범위를 정의하고 있다.

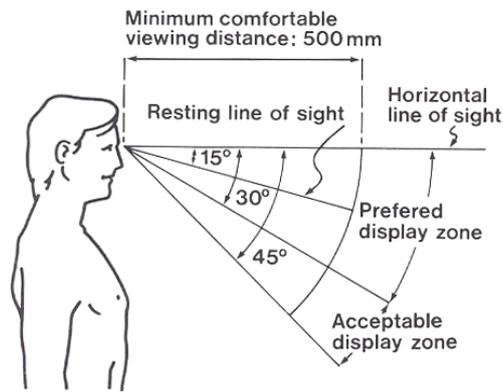


그림 2-3. 눈 운동 범위(Pheasant, 1988)

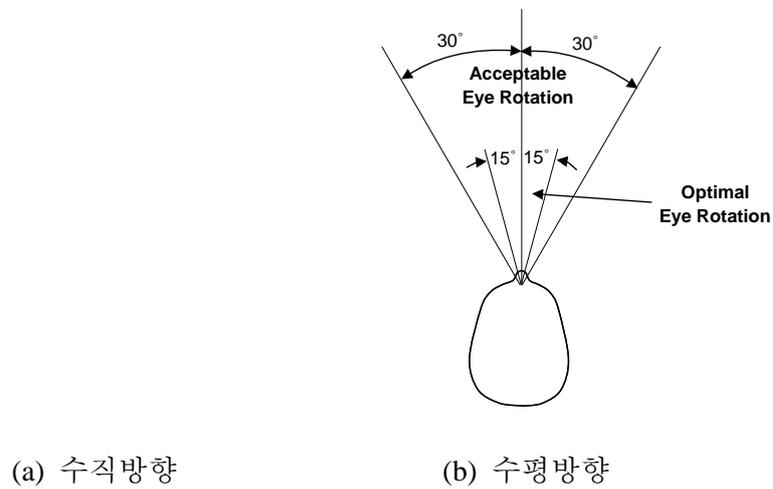


그림 2-4. 눈 운동범위 (SAE, 1988)

표 2-1. 눈 운동 범위의 분류

분 류		눈 운동 범위
수직방향	최적	Kroemer and Grandjean(1997): $\pm 15^\circ$ Pheasant(1988): $-15^\circ$ Woodson et al.(1992): $\pm 15^\circ$ SAE(1988): $\pm 15^\circ$
	적정	Pheasant(1988): $-30^\circ$ SAE(1988): $45^\circ \sim 65^\circ$
수평방향	최적	SAE(1988): $\pm 15^\circ$ Woodson et al.(1992): $\pm 15^\circ$
	적정	SAE(1988): $\pm 30^\circ$

자동차 내장의 시계성 평가를 위한 목의 운동 범위는 굴곡(flexion), 신전(extension), 그리고 회전(rotation)의 동작에 대해 목이 편안하게 움직일 수 있는 적정 각도를 통해 정의될 수 있다. 목의 움직임의 자세분류는 목에 미치는 부하에 따라 2~3 개의 구간으로 구분되고 있다. 이러한 구간들 중 최소 부하 범위의 각을 시계성 평가를 위한 적정 목의 운동범위로 정의하였다. RULA 는 굴곡의 경우  $10^\circ$ 를 기준으로, 신전, 회전의 경우  $0^\circ$  기준으로 최소 부하의 구분 경계를 정의하였고, Kim et al.(1998)과 LUBA 는  $20^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ 와  $20^\circ, 30^\circ, 30^\circ$ 로 각각 굴곡, 신전, 회전의 최소부하범위로 정의하였다. 또한, SAE 에서는 목 회전중심(neck pivot point)에서 일어난 운동에 따른 자세분류를 적정 머리 움직임(easy head movement)과 최대 머리 움직임(maximum head movement)로 구분하고 있으며, 굴곡, 신전, 회전의 구분경계를 각각  $30^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ 로 정의하고 있다 (그림 2-5). 각 연구의 목 움직임에 대한 자세분류는 표 2-2 와 같다.

(a) 수직방향

(b) 수평방향

그림 2-5. 머리 운동 범위(SAE, 1995)

표 2-2. 목 움직임의 자세분류

동 작	자세분류
굴곡 (flexion)	RULA(McAtamney and Corlett, 1993): 0-10°, 10-20°, >20°
	Kim et al.(1998): 0-20°, 20-50°, >50°
	LUBA(Kee and Karwowski, 2001)*: 0-20°, 20-45° SAE(1988)**: 0-30°, 30-50°
신전 (extension)	RULA(McAtamney and Corlett, 1993): >0°
	Kim et al.(1998): 0-20°, 20-50°, >50°
	LUBA(Kee and Karwowski, 2001)*: 0-30°, 30-60°, >60° SAE(1988)**: 0-30°, 30-50°
회전 (rotation)	RULA(McAtamney and Corlett, 1993): >0°
	Kim et al.(1998): 0-30°, 30-45°, >45°
	LUBA(Kee and Karwowski, 2001)*: 0-30°, 30-60°, >60° SAE(1988)**: 0-45°, 45-60°

\*: 앉은 자세 기준

\*\* : 목 운동에 따른 머리 움직임

적용분야가 자동차 내장과 환경과 유사하고, 자세분류 구간 영역이 좁은 목 움직임 자세분류가 시계성 평가 척도를 개발하기 위한 목 움직임 범위로 사용될 수 있다. 본 연구는 적용분야가 전산업이며(기도형, 2000), 실험을 통해 자세분류를 앉은 자세와 선자세로 구분하여 제시하고 있으며, 구분된 구간의 범위가 세부적이기 때문에 LUBA의 자세분류를 목 운동 범위 범위로 적합하다고 할 수 있다. 반면, RULA는 신전에 구분경계가 없고, Kim et al.(1998)은 적용분야가 자동차 조립작업에 국한되어(기도형, 2000) 자동차 내장의 시계성 평가를 위한 목 운동의 구분으로는 적합하지 않았으며, SAE는 회전의 구분 경계가 45°로 구간의 범위가 넓어 평가 척도의 민감도가 떨어지는 단점이 있다.

### 2.3 인간공학 설계지원 시스템의 시계성 평가

인간공학 설계지원 시스템의 시계성 평가는 인체모델의 시점의 화면(view)과 눈 위치에서의 시야원추(view cone)를 이용하여 이루어진다. 대부분의 인간공학 설계지원 시스템들은 그림 2-6 과 같이 인체모델의 좌/우 또는 두 눈을 통해 본 화면(view)을 시계성 평가에 이용한다. 또한, 인체모델의 눈의 위치로부터 fovea vision 또는 peripheral vision의 반투명 시야원추(view cone)를 인체모델의 눈에 위치시켜 시계영역 내에 존재하는 설계요소들에 대한 시계성을 평가하고 있다.



(a) 왼쪽 눈

(b) 오른쪽 눈

그림 2-6. 인체모델의 시점을 통해 보여지는 화면(Ergo MAX, 2000)

인간공학 설계지원 시스템들은 인체모델 시점의 화면(view) 제공 및 시야원추(view cone)외에 특징들을 가지고 있다. ANTHROPOS Ergo Max 는 인체 모델의 시점에서 방해물로 인해 볼 수 없는 영역을 시계 대상물에 그림자로 표현하고, 시선각(viewing angle) 및 시거리(viewing distance)의 조절이 가능하다 (Ergo MAX, 2000). JACK 은 기본적인 시계성 평가방법(인체모델 시점 화면, 시야원추)을 제공하고 있고(EDS, 2003; EDS, 1999), MANNEQUIN 은 다양한 시점 및 방향에서 원근감이 있는 화면(view)을 생성할 수 있다(Das, and Sengupta, 1995). RAMSIS 는 인체모델의 시야를 제한하고, 시거리(viewing distance)의 조절이 가능하며, 거울 또는 구면거울(spheric mirror)에 의한 시계영역을 분석할 수 있다(RAMSIS, 2003). SAFEWORK 은 시야원추(view cone)를 두 눈의 중첩된 시야(binocular), 두 눈의 모든 시야(ambinocular), 각 눈의 시야(monocular)로 구분하여 제공한다(SAFEWORK, 2003). SAMMIE 는 시각(viewing angle), 시거리(viewing distance)를 계산할 수 있고, 시야원추(view cone)의 각을 60°, 120° 등으

로 조절할 수 있으며, 그림 2-7 과 같이 거울을 통한 시계영역(visual field)을 분석할 수 있다(SAMMIE CAD, 2000). 표 2-3 은 각 인체모델의 시계성 분석 기법을 정리하였다.

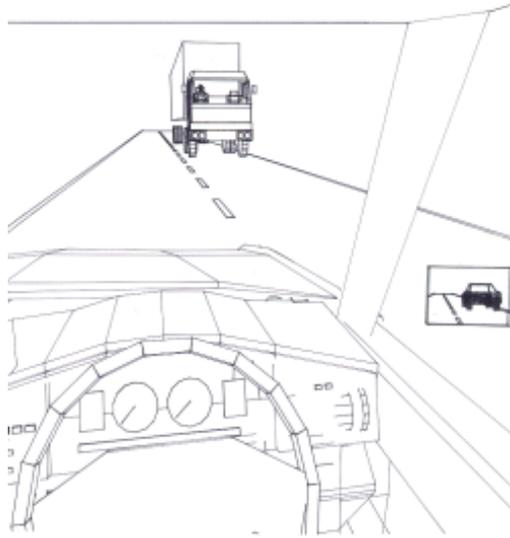


그림 2-7. 거울을 통한 시계영역 분석(SAMMIE CAD, 2000)

표 2-3. 인간공학 설계지원 시스템들의 시계성 분석 방법 비교

시스템	시계성 분석 기법
ANTHROPOS Ergo MAX	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 인체모델 시점의 화면 제공</li> <li>● 시선각(viewing angle), 시거리(viewing distance) 조절 가능</li> </ul>
JACK	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 인체모델 시점의 화면 제공</li> <li>● 인체모델 눈에 위치한 반투명의 시야원추(view cone) 제공</li> </ul>
MANNEQUIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 시점 및 방향에 따른 원근감의 화면 제공</li> <li>● 인체모델 눈에 위치한 반투명의 시야원추(view cone) 제공</li> </ul>
RAMSIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 눈 운동 및 시계영역 제약</li> <li>● 머리 및 목의 움직임에 따른 눈의 위치 계산</li> <li>● 거울, 구면거울을 이용한 시계 시뮬레이션</li> </ul>
SAFEWORK	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 4가지 종류의 시계 시뮬레이션 제공(binocular, ambinocular, 좌/우 monocular)</li> </ul>
SAMMIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 인체모델 시점의 화면 제공</li> <li>● 거울을 통한 인체모델의 시계영역 제공</li> <li>● 시각(viewing angle), 시거리(viewing distance)을 계산 가능</li> </ul>

그러나, 인체모델 시점의 화면(view)과 시야원추(view cone)를 이용한 시계성 평가는 운전상황을 가정할 경우 효과적이지 않다고 할 수 있다. 운전 상황하에서의 시계성 평가는 전방을 주시한 시선으로부터 설계요소의 위치가 벗어난 정도가 고려되어야 할 것이다. 또한, 시계성은 설계요소의 사용빈도와 안전측면의 중요성이 고려되어 평가되어야 할 것이다.

### 3. 시계성 평가체계 개발

시계성 평가체계는 시계성 평가척도 개발 및 자동차 내장의 종합적 시계성 평가방법의 제시에 의해 개발되었다. 시계성 평가척도는 자동차 내장의 시계성을 정량적으로 평가하기 위해 개발되었고, 종합적인 시계성 평가방법은 종합적 평가결과를 제시하기 위해 개발되었다.

#### 3.1 시계성 평가척도 개발

시계성 평가척도 개발은 눈 위치와 목 회전중심 결정, 눈과 머리 움직임 범위의 결정, 결정된 눈과 머리 움직임의 범위에 따른 시계영역의 구분, 그리고 시계영역(visual field)을 구분하는 경계의 수식화를 통해 이루어졌다(그림 3-1). 시계영역은 눈과 머리 움직임의 정도에 따라 결정되는 영역으로 구분되었다. 시계영역 구분에 있어서 머리 움직임에 따른 눈의 위치 파악을 위해 목 회전중심이 결정되었다. 시계성 평가시 평가대상 설계요소가 어떤 시계영역 내에 존재하는지 판단하기 위해 시계영역의 구분경계는 원 또는 타원으로 수식화되었다.

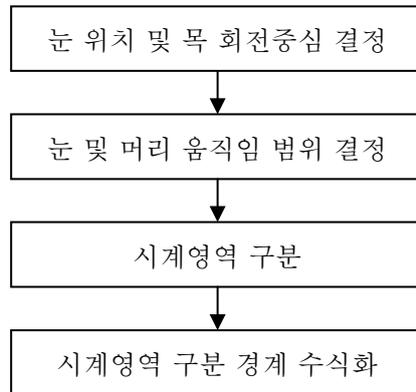


그림 3-1. 시계성 평가척도 개발 절차

### 3.1.1 눈 위치 및 목 회전중심의 결정

눈 위치는 시계영역 정의를 위해 Reed et al.(2002)의 운전자세 예측모델을 이용하여 각 인체모델에 대해 결정되었다. SAE(1992)는 설계 대상 집단의 95%, 99% 수용범위에 따른 눈 위치의 분포인 eyellipse를 제안하고 있으나, 각각의 인체모델에 대한 눈 위치를 결정할 수 없는 한계성을 지니고 있다. 눈 위치는 표 3-1과 같이 두 눈의 중점을 Eyex reBOF와 Eyez reAHP의 값으로 표현되었으며, seat height, SW to BOF(hor.), 키, 그리고 앉은키의 값을 이용하여 추정되었다. 여기서, Eyex reBOF와 Eyez reAHP는 각각 BOF와 AHP를 기준점으로 했을 때 눈 위치의  $x$ 좌표,  $z$ 좌표를 의미하고, seat height는 AHP 바닥면에서 SgRP(seating reference point)까지의 높이를 의미하며, SW to BOF(hor.)는 steering wheel 중앙에서 BOF까지의 수평거리를 의미한다(그림 3-2).

표 3-1. 눈 위치 결정을 위한 회귀모형 (Reed et al., 2002)

Dependent Variable (mm)	Intercept	Stature (mm)	Sitting Height/ Stature	Seat Height (H30; mm)	SW to BOF(hor.) (L6; mm)	$R_{adj}^2$	RMSE
Eye reBOF	-836.6	0.5842	916.6	-0.1559	0.6101	.71	50.9
Eye reAHP	-267.1	0.3122	679.9	1.0319	0.0292	.89	21.8

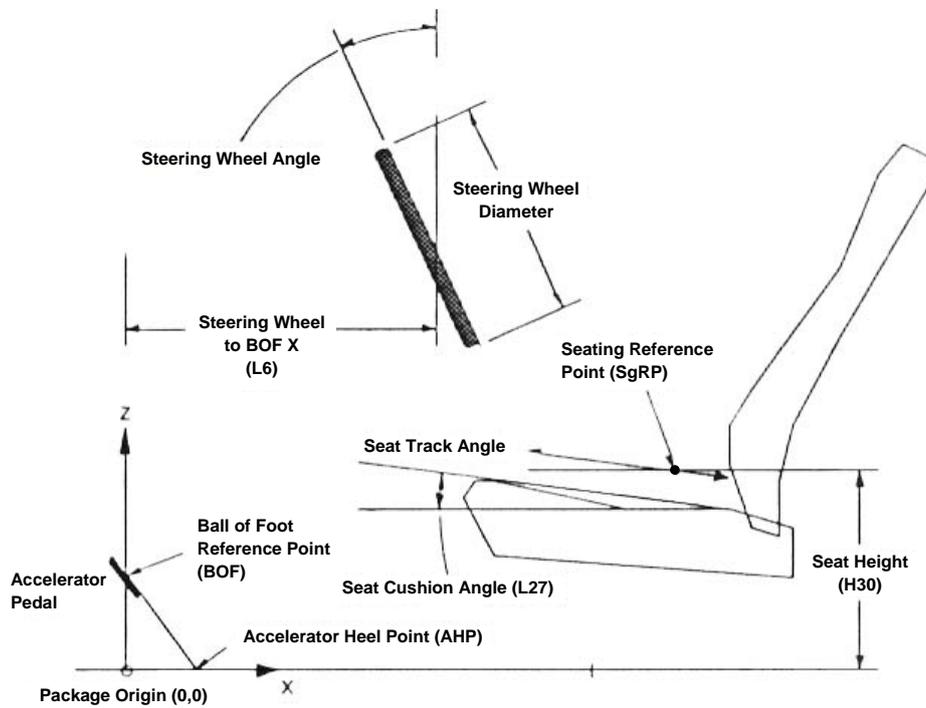


그림 3-2. Vehicle package geometry (Reed et al., 2000; 참조: 괄호 안에 있는 기호는 SAE의 표기법)

목 회전중심은 목 움직임에 따라 변화된 눈 위치를 계산하기 위해 눈의 위치를 기준으로 정의되었다. 목 회전중심은 SAE(1992)에서 정의된 기준점

을 근거로 하였다. SAE(1992)는 그림 3-3 와 같이 두 눈의 간격을 65mm 으로 정의하였고, 목 회전중심(neck pivot point)의 위치를 눈의 위치로부터 98mm 떨어져 있는 것으로 정의하였다.

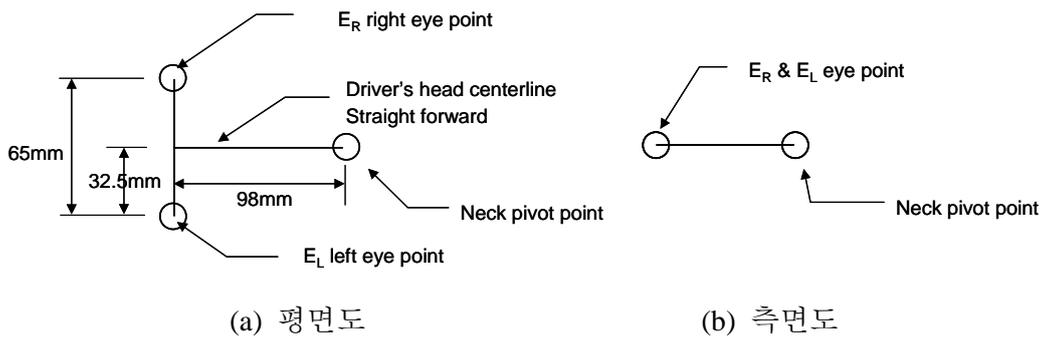


그림 3-3. 눈 위치 및 목 회전중심(SAE, 1992)

### 3.1.2 눈 및 머리 움직임의 범위 결정

시계성 평가 척도 개발을 위한 눈과 머리의 움직임 범위는 문헌연구를 통해 수평 및 수직 방향에 따라 정의되었다. 눈 움직임의 범위는 SAE(1988)와 Pheasant(1988)의 눈 운동범위를 적용하여 표 3-2 와 같이 결정되었다. SAE(1988)은 수평 및 수직방향의 최적 눈 운동범위를 시선 각을 기준으로  $\pm 15^\circ$ 을 최적 눈 운동으로 정의하고 있다. 또한, 적정 눈 운동범위는 수평방향의 경우  $\pm 30^\circ$ 로 정의하고 있으나, 수직방향에는 적정 눈 운동범위를 정의하고 있지 않아 Pheasant(1988)의 적정 눈 운동범위를 적용하였다.

표 3-2. 눈 움직임 범위(SAE, 1988; Pheasant, 1988)

구분	최적(optimal eye rotation)	적정(acceptable eye rotation)
수평 방향	0-15°	15-30°
수직 방향	0-15°	15-30°

머리 움직임의 범위는 LUBA(Kee and Karwowski, 2001)의 목 움직임 정도를 목 회전중심에 적용했을 때 일어나는 머리의 움직임으로 표 3-3 과 같이 결정되었다. 머리 움직임의 범위는 적정 머리 운동(easy head movement)으로 수평방향과 수직방향으로 구분하여 분류되었으며, 수직방향은 신전과 굴곡으로 구분하여 정의되었다.

표 3-3. 머리 움직임 범위 (Kee and Karwowski, 2001)

구분	적정	
수평 방향	0-30°	
수직 방향	신전(Extension)	0-30°
	굴곡(Flexion)	0-20°

### 3.1.3 시계영역(visual field)의 구분

시계성 평가 척도는 운전자가 전방을 주시했을 때의 시선(line of sight)을 기준으로 눈과 머리의 움직임의 범위에 따라 시계영역(visual field)을 구분하여 개발되었다. Sanders (1970)는 시계영역을 눈의 움직임이 없이 물체를 볼 수 있는 stationary field, 눈의 움직임만으로 물체를 볼 수 있는 eye field, 그리고

머리의 움직임이 수반되어야 물체를 볼 수 있는 head field 의 3 구역으로 구분하고 있다. 또한, 눈은 시선 각(viewing angle)을 기준으로  $\pm 30^\circ$  내에 물체가 존재하는 경우 눈의 움직임으로만 볼 수 있다고 알려져 있다(SAE, 1985). 따라서, 본 연구에서는 시계성 평가를 위한 시계영역을 눈의 움직임으로 볼 수 있는 영역(eye field)과 머리의 움직임이 수반되는 영역(head field)으로 구분하였다. Eye field 는 눈의 움직임 분류에 의해 최적 눈 운동(optimal eye rotation)과 적정 눈 운동(acceptable eye rotation)으로 구분되었다. Head field 는 적정 머리 운동(easy head movement)이 최적 눈 운동(optimal eye rotation)과 함께 일어나는 영역과 적정 눈 운동(acceptable eye rotation)과 함께 일어나는 영역으로 구분되었다(그림 3-4).

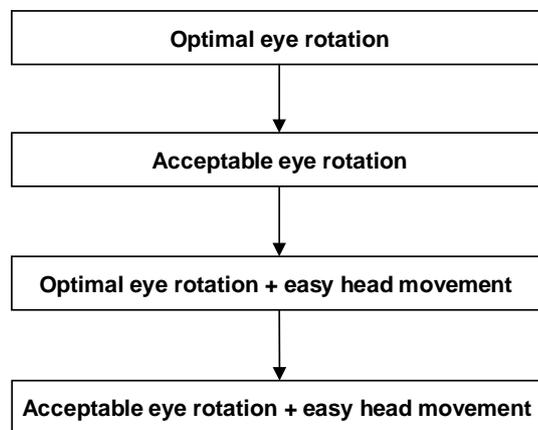


그림 3-4. 시계영역(visual field)의 구분 순서

시계영역(visual field)은 수평방향과 수직방향을 구분하여 영역이 정의되었고, 정의된 영역에 시계성 평가를 위한 점수를 할당하였다. 수평방향 시계

영역의 경우 eye field 는 15°와 30°에 의해 구분되었고, head field 는 머리 움직임(30°)과 눈 움직임(15°, 30°)에 의해 구분되었다. 머리 움직임이 일어나면 눈의 위치가 변하므로, head field 경계와 머리중심을 지나는 선의 교점은 눈 위치 (eye point)에서 목 회전중심(neck pivot point)쪽으로 이동하게 된다. 예를 들어, head field 에서 45°(머리: 30°, 눈: 15°)의 회전이 일어난 경우 그 교점이 그림 3-5 와 같이 41mm 만큼 이동하게 된다. 수직방향 시계영역의 경우 eye field 및 head field 의 구분은 수평방향 시계영역의 경우와 동일하며, 굴곡과 신전의 각이 다르기 때문에 위 방향과 아래방향을 나누어서 정의되었다(그림 3-6).

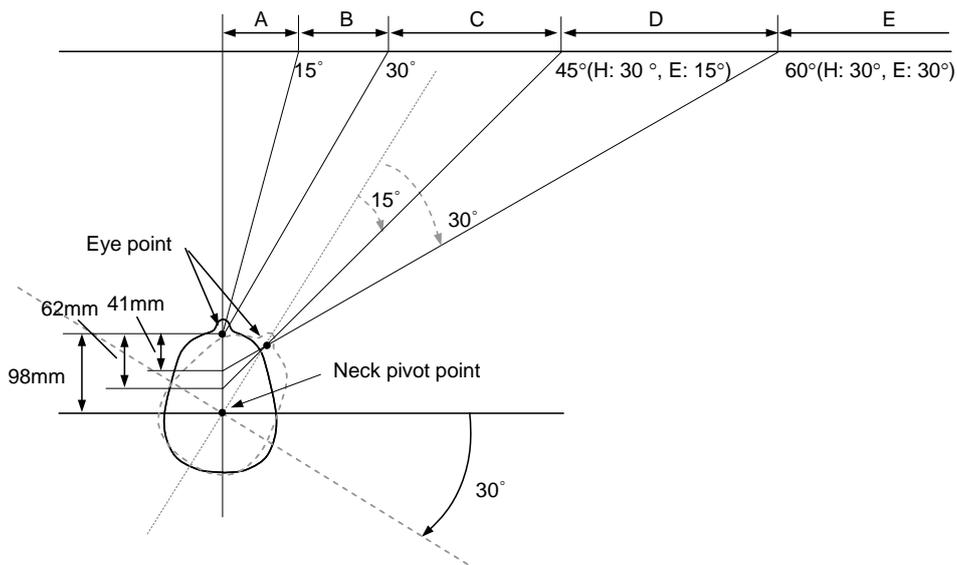


그림 3-5. 수평방향 시계영역(visual field)의 구분

(a) 위 방향

(b) 아래방향

그림 3-6. 수직방향 시계영역(visual field)의 구분

수평 및 수직의 시계영역(visual field)는 눈의 위치를 원점으로 한  $y-z$  좌표평면에서 그림 3-7 과 같이 표현될 수 있다. 시계영역의 영역 A 와 B 의 경계는 원으로 정의되고, 영역 C, D, E 의 경계는 눈 위치(eye point) 보다 높은 영역의 경우 원으로 정의되고, 낮은 영역의 경우 타원으로 정의되었다.

정의된 시계영역은 눈과 머리 움직임의 정도에 의해 1~5 점의 점수가 할당되었다. 눈과 머리의 움직임이 등각( $15^\circ$ )으로 증가할 때 마다 불편도가 증가한다고 가정하여 점수를 할당하였다. 따라서, 불편도가 가장 낮은 경우인 A 구역은 5 점의 점수가 할당되었고, B 구역은 눈의 움직임이 A 구역보다  $15^\circ$  더 이루어져 4 점의 점수가 할당되었다. C, D, E 의 각 구역의 점수도 같은 방법으

로 할당되었다.

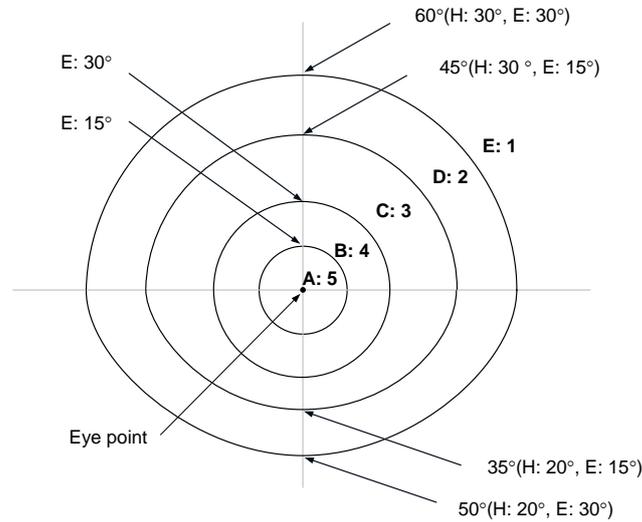


그림 3-7. 눈 및 머리의 움직임에 따라 구분된 시계영역

### 3.1.4 시계영역(visual field) 구분 경계의 수식화

시계영역 구분 경계는 시계성 평가의 대상이 되는 설계요소가 구분된 시계영역의 어떤 영역에 존재하는지 판단하기 위해 수식으로 정의되었다. 구분된 시계영역은 평가 대상 설계요소의 좌표를 포함하는  $y-z$  좌표평면상에 눈의 위치를 중심으로 하는 원과 타원을 통해 경계가 표현된다. 시계영역구분 경계의 수식화는 1) 눈과 설계요소의 위치를 정의하고, 2) 눈과 설계요소간의 수평거리를 통해 각 구역간 간격을 결정하며, 마지막으로 3) 시계영역 구분 경계를 원 또는 타원의 식으로 정의하는 순서에 의해 이루어졌다.

눈과 설계요소의 위치는 동일한 원점을 기준으로 하여 정의되었다.  $x$ ,

$y$ ,  $z$  좌표의 원점은 각각 BOF의  $x$  좌표, SgRP(seating reference point)의  $y$  좌표, AHP의  $z$  좌표라고 정의되었다(그림 3-8). 이 때, 눈의 위치를  $(x_E, 0, z_E)$ 라 하고, 평가 대상 설계요소의  $z$  좌표를  $c$ 라 한다면, 시계영역 경계 수식화의 편의를 위해 본 평가 척도에서는 식 3-1 과 같이  $y-z$  좌표평면의 원점을 눈의 위치로 이동시켰다.

$$z = c - z_E \quad (\text{식 3-1})$$

따라서, 새로운  $y-z$  좌표평면에서 정의된 눈의 위치를  $E$ 라 하고, 평가대상 설계요소의 위치를  $C$ 라고 하면, 눈의 위치와 설계요소의 위치는  $E(x_E, 0, 0)$ 와  $C(x, y, z)$ 로 정의될 수 있다.

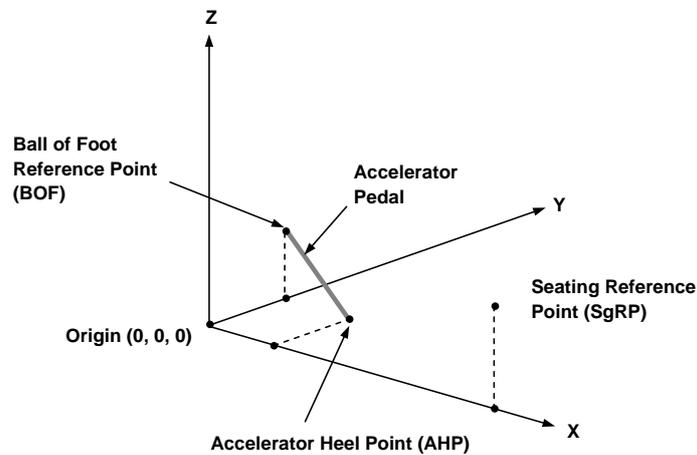


그림 3-8. 눈 위치 및 설계요소 좌표의 원점(origin)

시계영역(visual field)의 각 영역의 간격을 결정하기 위해 눈과 설계요

소간의 수평거리  $D$ 와  $y_i$  및  $z_i$  을 수식화 하였다(그림 3-9). 수평거리  $D$ 는

$$D = x_E - x \quad (\text{식 3-2})$$

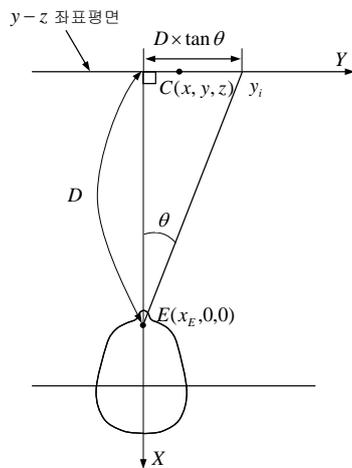
로 표현될 수 있고, 이에 따라 영역의 간격을 결정하는  $y_i$  및  $z_i$ 는

$$y_i = D \times \tan \theta \quad (\text{식 3-3})$$

$$z_i = D \times \tan \theta \quad (\text{식 3-4})$$

단,  $i = 1, 2, 3, 4$

으로 정의된다.



(a) 수평방향

(b) 수직방향

그림 3-9. 수평거리  $D$ 와  $y_i$  및  $z_i$ 의 정의

그러나, 눈과 머리의 회전중심이 일치하지 않기 때문에, head field의 경우 눈의

위치는  $x-z$  좌표평면상에서 벗어나게 된다. 선분  $\overline{Ey_i}$ ,  $\overline{Ez_i}$ 의 연장선과  $x-z$  좌표평면이 만나는 점을 가상의 눈의 위치( $E_{R1}, E_{R2}, E_{E1}, E_{E2}, E_{F1}, E_{F2}$ )라 하면, 그림 3-10, 11과 같이 가상의 눈은  $x-z$  좌표평면상에서 양의 방향으로 이동하기 때문에 거리 ( $D_{R1}, D_{R2}, D_{E1}, D_{E2}, D_{F1}, D_{F2}$ )는 표 3-4와 같다.

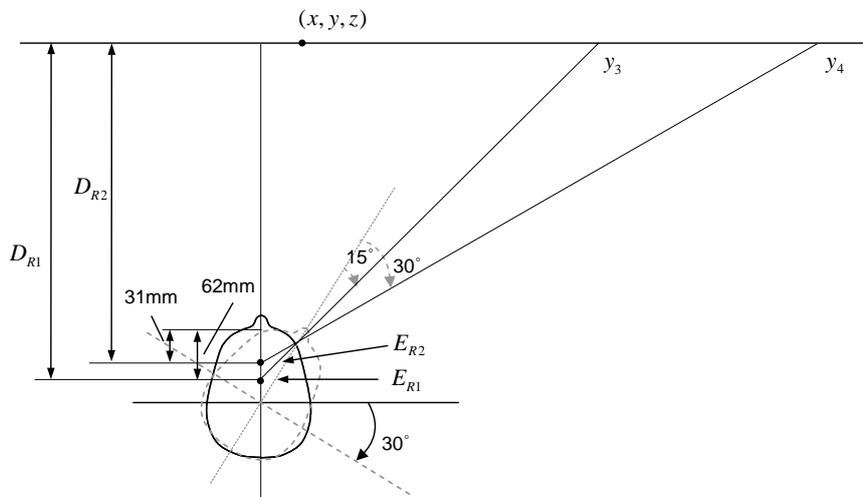


그림 3-10. 가상의 눈의 위치  $E_{R1}, E_{R2}$  및 거리  $D_{R1}, D_{R2}$  - 수평방향

(a) 신전(extension)

(b) 굴곡(flexion)

그림 3-11. 가상의 눈의 위치  $E_{E1}, E_{E2}, E_{F1}, E_{F2}$  및 거리  $D_{E1}, D_{E2}, D_{F1}, D_{F2}$  - 수직방향

표 3-4. 눈과 설계요소간의 수평거리- head field

구분	머리의 회전각	수평거리	
수평방향	15°	$D_{R1} = (x_E + 62 - x)$	
	30°	$D_{R2} = (x_E + 31 - x)$	
수직방향	굴곡 (flexion)	15°	$D_{F1} = (x_E + 54 - x)$
		30°	$D_{F2} = (x_E + 34 - x)$
	신전 (extension)	15°	$D_{E1} = (x_E + 62 - x)$
		30°	$D_{E2} = (x_E + 31 - x)$

마지막으로, 시계영역 구분경계가 원 또는 타원의 식으로 정의되었다. 눈과 설계요소간 수평거리  $D$ 에 따라  $y_i$  및  $z_i$  ( $z_i'$ 는  $z < 0$ 인 경우)가 표 3-5 과 같이 표현되었고, 이러한 점들은 시계영역 구분경계를 정의하고(그림 3-10), 경계는 원과 타원으로 수식화 될 수 있다(표 3-6).

표 3-5.  $y_i$  및  $z_i$  의 표현식

방향		각	표현식	표기
수평방향		15°	$D \times \tan 15^\circ$	$y_1$
		30°	$D \times \tan 30^\circ$	$y_2$
		45°(H: 30°, E: 15°)	$D_{R1} \times \tan 45^\circ$	$y_3$
		60°(H: 30°, E: 30°)	$D_{R2} \times \tan 60^\circ$	$y_4$
수직방향	$z \geq 0$	15°	$y_1$ 와 동일	$z_1^+$
		30°	$y_2$ 와 동일	$z_2^+$
		45°(H: 30°, E: 15°)	$D_{E1} \times \tan 45^\circ$	$z_3^+ (= y_3)$
		60°(H: 30°, E: 30°)	$D_{E2} \times \tan 60^\circ$	$z_4^+ (= y_4)$
	$z < 0$	15°	$y_1$ 와 동일	$z_1^-$
		30°	$y_2$ 와 동일	$z_2^-$
		35°(H: 20°, E: 15°)	$D_{F1} \times \tan 35^\circ$	$z_3^-$
		50°(H: 20°, E: 30°)	$D_{F2} \times \tan 50^\circ$	$z_4^-$

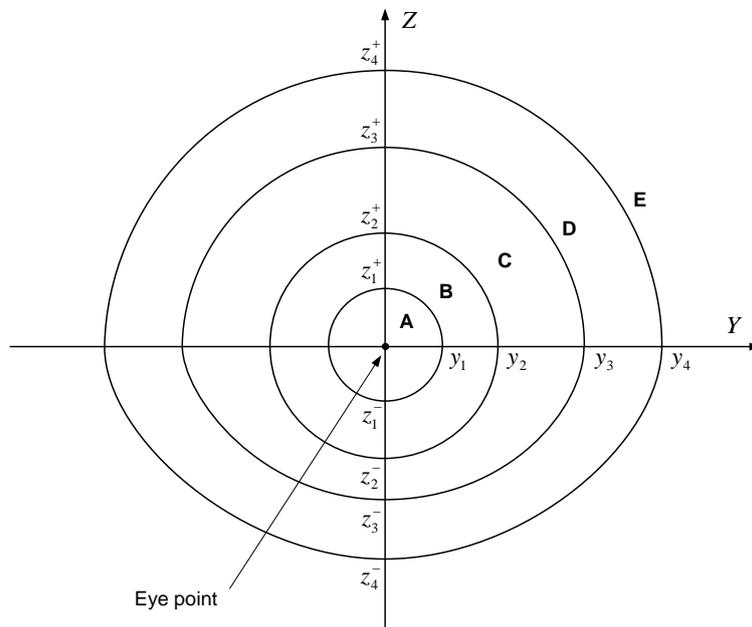


그림 3-12. 시계영역 구분경계

표 3-6. 시계영역 구분 경계의 수식

구분 영역	경계	형태	
A	$y^2 + z^2 = y_1^2$	원	
B	$y^2 + z^2 = y_2^2$	원	
C	$z \geq 0$	$y^2 + z^2 = y_3^2$	원
	$z < 0$	$\left(\frac{y}{y_3}\right)^2 + \left(\frac{z}{z_3^-}\right)^2 = 1$	타원
D	$z \geq 0$	$y^2 + z^2 = y_4^2$	원
	$z < 0$	$\left(\frac{y}{y_4}\right)^2 + \left(\frac{z}{z_4^-}\right)^2 = 1$	타원
E	$z \geq 0$	$y^2 + z^2 > y_4^2$	-
	$z < 0$	$\left(\frac{y}{y_4}\right)^2 + \left(\frac{z}{z_4^-}\right)^2 > 1$	-

### 3.2 자동차 내장의 종합적 시계성 평가방법

자동차 내장의 시계성 평가결과는 종합적인 평가를 위해 각 설계요소에 대한 평가뿐만 아니라 차량별 혹은 관심 있는 설계요소들의 group 별로 제시되었다. 종합적 시계성 평가방법은 설계요소들을 선정하고 구조화하였으며, 설계요소들의 중요도를 적용한 차량별, 설계요소 group 별 평가결과의 산출방법을 제시하여 개발되었다.

차량별, 설계요소 group 별 시계성 평가결과를 제시하기 위해 평가 대

상 설계요소는 30 개 part 가 추출되었고, 9 개 group 으로 구조화되었다. 추출 대상 설계요소는 미연방 도로 교통 안전국(NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration)의 미연방 자동차 안전규격(표 3-7)과 신승우 외(2002)의 자동차 내장 설계 구조(표 3-8)에서 추출되었다. 작업장 설계에 있어서 설계요소(control, display) 위치는 시계영역, 표시장치(display) 사용순서 및 사용빈도, 그리고 표시장치(display)이 주고 있는 정보의 논리적, 지각적 그룹핑의 요인에 의해 결정된다고 한다(Helander, 1986). 본 연구는 설계요소의 위치에 따른 시계성의 평가이므로, 위의 요인들에 따라 위치가 결정되는 설계요소들을 평가 대상 설계요소로 선정하였다. 따라서, 운전자의 시계대상이고, 운전자의 시계영역 내에 속하며, cabin room, crash pad assembly 내에 속하는 설계요소 중 정보를 나타내는 표시장치(display) 또는 위치를 파악한 후 조작을 해야 하는 제어장치(control)인 설계요소들이 평가대상 설계요소로 표 3-9 와 같이 선정되었다. 예를 들어, speedometer 는 운전정보를 나타내주는 표시장치의 일종으로 운전자의 시계대상이고, 운전자의 시계영역 내에 속하는 설계요소이므로 평가대상 설계요소로 선정되었다.

표 3-7. Controls and Displays (Federal Motor Vehicle Safety Standard 101, Bowman(2001)에서 인용)

Applicable controls		Applicable displays
Control Type	Control Description	
Hand-operated	Steering wheel Horn Ignition Headlamp Taillamp Turn signal Illumination intensity Windshield wiper Windshield washer Manual transmission shift lever Windshield defrosting and defogging system Rear window defrosting and defogging system Manual choke Driver's sun visor Automatic vehicle speed system Highbeam Hazard warning signal Clearance lamps Hand throttle Identification lamps	Speedometer Turn signal Gear position Brake failure warning Fuel Engine coolant temperature Oil Highbeam indicator Electrical charge
Foot-operated	Service brake Accelerator Clutch Highbeam	

표 3-8. 자동차 내장 설계 구조 – crash pad assembly, cabin room (신승우 외, 2002)

Group	Assembly	Sub-part	
Crash pad assembly	Center fascia	Center fascia panel Display Heater control Control Audio	Cup holder Cigar lighter Ash tray Center air vent Clock
	Cluster gauge	Cluster fascia panel Speedometer Tachometer Temperature gauge	Fuel gauge Turn signal Warning signal (symbol) Gear shift position lamp
	Glove box	Glove box cover Glove box housing	Glove knob
	Crash pad	Crash pad main panel Side air vent Box (multi-tray)	Passenger air bag Control
	Steering wheel	Steering wheel (frame) On-board control Key set Steering tilt	Horn Multi-function switch Driver's air bag Shroud
	T.G.S. lever	T.G.S. knob Push button	Indicator panel Switch
	Pedal	Accelerator pedal Brake pedal	Clutch pedal Dead pedal
	Console	Floor console Ash tray	Cup holder Armrest, Multi-tray
	Parking lever	Lever cover	Push button
Cabin room	Pillar	FR pillar trim UPR/LWR CTR pillar trim UPR/LWR	RR pillar trim UPR/LWR Covering
	Head lining	Head lining (frame) Covering Overhead control Inside mirror	Sun visor Sunroof Assist handle Room lamp
	Floor	Carpet	Mat
	Door	Door trim Grip Power switch Control	Lock Pocket Speaker Covering
	Space	FR legroom RR legroom	FR headroom RR headroom

표 3-9. 시계성 평가 대상 설계요소

Group	Part
Center fascia	Display (navigation) Heater control Audio Clock Windshield defrost control Rear window defrost control
Cluster gauge	Speedometer Tachometer Temperature gauge Fuel gauge Turn signal Warning signal (brake failure warning, oil, highbeam indicator, electrical charge) Gear shit position lamp
Glove box	Glove knob
Crash pad	Side air vent Hazard warning signal
Steering wheel	On-board control Key set Left multi-function switch/Right multi-function switch (headlamp, Taillamp, Turn signal, Illumination intensity, Windshield wiper, Windshield washer)
T.G.S. lever	T.G.S. knob Indicator panel
Parking lever	Parking lever
Head lining	Overhead control Inside mirror Driver's sun visor
Door	Door trim(handle) Grip Power switch Lock

자동차 내장의 종합적 시계성 평가를 위해 가중치를 고려한 평가결과 산출방법이 제안되었다. 운전자의 시선에 가까운 위치가 시계성 측면에서 우수한 평가를 받게 되므로, 설계요소들의 중요도 순에 따라 시계성이 우수한 위치에 배치되어야 한다. 따라서, 평가결과 산출시 설계요소의 중요도가 고려되었다. 설계요소의 중요도는 자동차 내장설계 전문가 및 소비자들을 대상으로 정보의 중요도, 안전과의 관련성, 사용빈도 등의 측면에 대한 설문조사 등을 통해 산출될 수 있을 것이다. 평가결과 산출방법은 설계요소들의 중요도를 차량별 또는 group 별 시계성 평가결과에 가중화하여 적용하였고, 편의를 위해 평가점수를 100 점으로 환산하였다.

시계성 평가결과는 차량별 평가결과, group 별 평가결과, 그리고 part 별 평가결과로 구분하여 제시되었다. 차량 및 group 별 평가결과는 차량 또는 group 내에 속한 part 들의 평가결과에 설계요소의 가중치를 적용하여 합산한 것이고, part 별 평가결과는 가중치가 적용되지 않은 개별적인 part 의 평가결과이다.

차량별, group 별 평가결과를 산출하기 위해 우선 각 평가결과에 적용될 가중치가 계산되었다. 차량별 평가결과는 전체 part 들의 상대적인 가중치가 적용되었고, group 별 평가결과는 해당 group 에 속하는 part 들의 상대적인 가중치가 적용되었다.  $i$  번째 group 에 속한  $j$  번째 part 의 가중치를  $w_{ij}$  라 정의하면, 평가대상 part 의 수는  $i \times j$  개이며,  $i$  번째 group 에 속한 part  $j$  의 가중치  $T_{ij}$  는

$$T_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sum_{ij} w_{ij}} \quad (\sum_{ij} T_{ij} = 1) \quad (\text{식 3-5})$$

이고, group  $i$ 에 속한 part들의 가중치  $G_{ij}$ 는

$$G_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sum_j w_{ij}} \quad (\sum_j G_{ij} = 1) \quad (\text{식 3-6})$$

이다.

산출된 가중치를 이용하여 차량별, group 별 평가결과가 계산되었다. 각 part에 대한 시계성은 인체모델별로 평가되기 때문에, 평가에 적용된 인체모델의 수를  $k$ 라 하고, 각 인체모델들에 대한 평가 점수를  $P_{ijk}$ 라 하면( $P_{ijk}$ 는 1~5 점), 식 3-8에 의해 각 part의 평가결과는  $P_{ij}$ 이라 정의될 수 있다.

$$P_{ij} = \frac{\sum_k P_{ijk}}{k} \quad (\text{식 3-7})$$

따라서, 각 part의 가중치( $T_{ij}$ )를 적용하여, 100점으로 환산된 차량별 평가결과  $V$ 는

$$V = \frac{\sum_{ij} T_{ij} \times P_{ij}}{5} \times 100 \quad (\text{식 3-8})$$

이고, group에 속한 part들의 가중치( $G_{ij}$ )를 적용하고, 100점으로 환산된 part group별 평가결과  $VG_i$ 는

$$VG_i = \frac{\sum_j G_{ij} \times P_{ij}}{5} \times 100 \quad (\text{식 3-9})$$

이다.

마지막으로, 각 part에 따른 평가 결과는 가중치가 적용되지 않기 때문에, 각 part별 평가 결과  $VP_{ij}$ 는

$$VP_{ij} = \frac{P_{ij}}{5} \times 100 \quad (\text{식 3-10})$$

이다.

## 4. 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템: 개발 및 적용

본 연구는 인체모형을 이용한 시계성 평가 시스템의 개발을 위해 시스템 구성을 제안하고, 이에 따라 시스템을 개발하였다. 시계성 평가 시스템은 개발된 시계성 평가체계를 적용하였고, Microsoft Access 2002 를 이용하여 개발되었다. 또한, 시계성 평가 시스템은 실측된 자동차 내장의 설계요소들을 대상으로 시계성 평가에 적용되었다.

### 4.1 시계성 평가 시스템 구성

시계성 평가 시스템 구성은 여러 설계요소들을 대상으로 다양한 인체모형들을 적용하여 시계성을 평가하고, 종합적이고 정량적인 평가결과를 제시하기 위해 제안되었다. 이를 위해서 시계성 평가 시스템은 설계요소들의 위치정보와 인체모형들을 포함하고 있어야 하고, 각 인체모형의 눈 위치를 결정해 주어야 할 것이다. 또한, 설계요소들의 위치정보와 결정된 인체모형의 눈 위치를 이용하여 평가를 정량적으로 할 수 있는 평가척도가 요구되고, 평가결과를 종합하여 설계자에게 개선대상 설계요소를 제시할 수 있어야 할 것이다. 따라서, 시계성 평가 시스템은 자동차 내장 설계요소들의 위치정보 모듈, 인체모형 모듈과, 이들 모듈의 정보를 바탕으로 인체모형의 눈 위치를 결정할 수 있는 모듈, 시계성 평가척도에 따라 시계성을 평가하는 모듈, 마지막으로 평가결과를 분석하는 모듈로 구성되었다(그림 4-1).

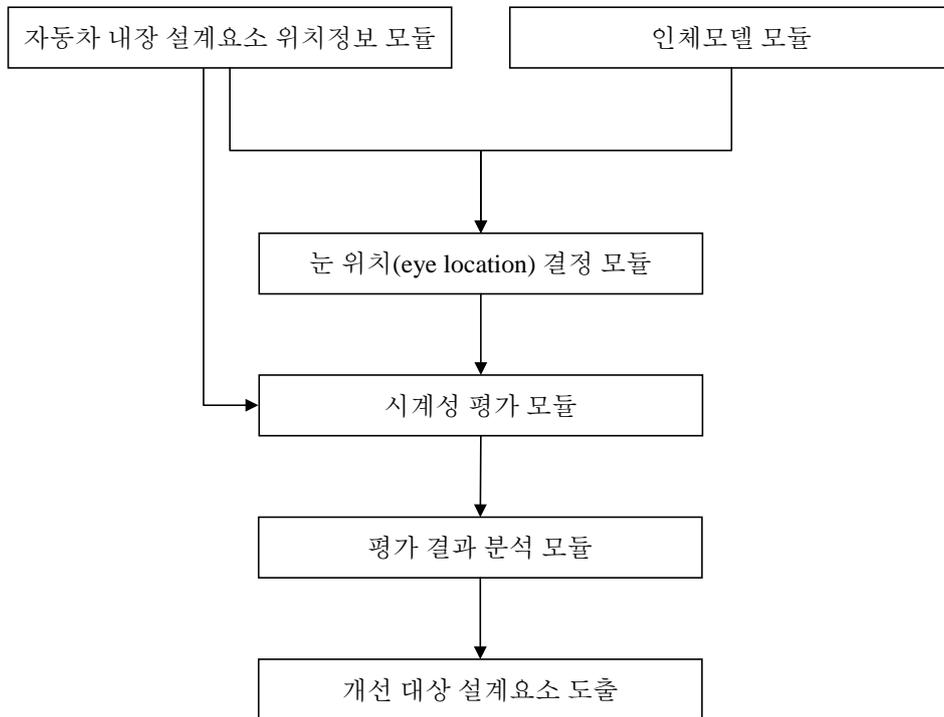


그림 4-1. 시계성 평가 시스템 구성

자동차 내장 설계요소 위치정보 모듈은 평가대상 설계요소들과 인체 모델의 눈 위치 결정에 필요한 설계변수들의 위치정보를 포함하고 있어야 할 것이다. 각 위치정보는 평가 용이성을 위해 동일한 원점을 기준으로 하고 있어야 하고, 시계성 평가는 3 차원 공간에서 이루어지기 때문에  $x$ ,  $y$ ,  $z$  좌표 값으로 표현되어야 할 것이다.

인체모델 모듈은 각 인체모델에 대해 눈 위치 결정에 필요한 인체변수 값을 포함하고 있어야 할 것이다. 설계 대상 집단의 특성을 나타낼 수 있도록 인체모델군은 성별, 수용범위, 생성수에 따라 생성되어야 한다. 생성된 인체모델군은 다양한 크기의 인체모델들을 포함하고 있어야 할 것이다.

눈 위치 결정 모듈은 다양한 인체모델에 대해 시계성 평가가 이루어질 수 있도록 각 인체모델의 눈 위치가 결정되도록 해야 할 것이다. 눈 위치는 눈 위치 결정에 필요한 설계변수들의 위치정보와 인체모델의 인체변수들을 이용하여 결정되고,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  좌표 값으로 표현되어야 할 것이다.

시계성 평가 모듈은 자동차 내장의 설계요소를 대상으로 각 인체모델들에 대해 정량적으로 시계성이 평가되도록 하여야 할 것이다. 시계성 평가는 각 인체모델들의 눈 위치와 평가대상 설계요소의 위치정보를 이용하여 이루어진다. 또한, 시계성 평가 모듈은 정량적 시계성 평가를 위한 평가척도를 포함하고 있어야 할 것이다.

마지막으로, 평가결과 분석 모듈은 설계요소별 평가결과를 분석하여 설계요소의 위치측면에서 개선되어야 하는 설계요소를 도출할 수 있어야 할 것이다. 평가결과 분석은 차량, group, part 별로 이루어지도록 하고, 각 평가결과에 설계요소들의 중요도가 고려되도록 해야 할 것이다. 이러한 평가체계를 적용한 차량별 평가결과는 시계성 측면에서 자동차 내장의 점수를 제시할 수 있고, group 별 평가결과는 group 내에 속하는 설계요소들의 중요도를 반영하여 group 별 평가결과를 제시할 수 있을 것이다. Part 별 평가결과는 part 의 위치에 따른 평가결과를 파악할 수 있을 것이다.

## 4.2 시계성 평가 시스템 개발

시계성 평가 시스템은 제안된 시스템 구성의 적용을 통해 개발되었다. 시스템 개발은 Microsoft Access 2002 을 이용하였다. 본 시스템은 제안된 시스템 구성에 따라 자동차 내장 설계요소 위치정보, 인체모델의 인체변수, 눈 위치 결정모델, 시계성 평가척도, 그리고 평가결과 분석방법을 포함하고 있으며, 사용자들의 편의를 위해 사용자 인터페이스를 통해 구현되었다.

시계성 평가 시스템의 사용자 인터페이스는 메인 창, 정보관리 모듈, 검색 모듈, 시계성 평가 모듈로 구성되어 있다(그림 4-2). 정보관리 모듈에는 평가대상 차량정보 입력 창과 평가대상 part 위치정보 입력 창, 그리고 신규 part 입력 창으로 구성되어 있고, 검색 모듈은 인체모델 통계정보 검색 창과 평가대상 차량정보 검색 창으로 구성되어 있다. 마지막으로, 시계성 평가 모듈은 시계성 평가 창과 평가결과 제시를 위한 차트와 보고서로 구성된다.

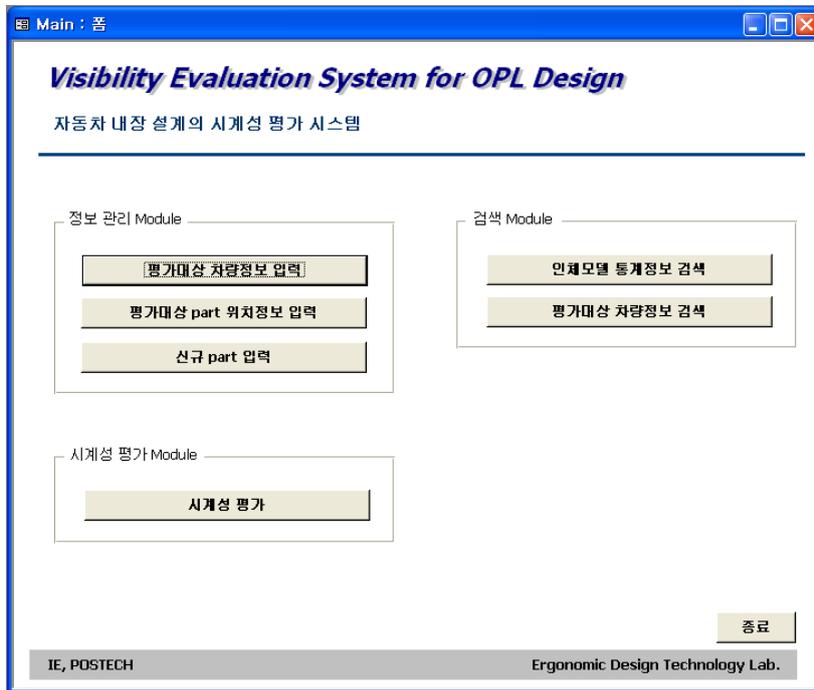


그림 4-2. 시계성 평가 시스템

#### 4.2.1 정보관리 모듈

정보관리 모듈은 평가대상 차량정보 입력 창, 평가대상 part 위치정보 입력 창, 그리고 사용자관리 part 입력 창으로 구성되어 있다. 평가대상 차량정보 입력 창은 평가대상 차량을 시스템에 등록하기 위해 차량의 기본적인 정보, 위치정보의 기준점, 설계변수의 정보를 입력하는 창이다(그림 4-3). 사용자는 차량이름과 5 자의 알파벳으로 구성되어 있는 차량 코드를 입력하고, 차종, 생산업체, 생산연도를 입력한다. 설계변수 및 평가대상 설계요소 위치정보의 기준이 되는 AHP 와 BOF 의 위치를 입력하게 되고, 눈 위치 결정에 관여하는

seat height 와 steering wheel 에서 BOF 까지의 수평거리를 입력하게 된다. 본 시스템에서  $x$ ,  $y$ ,  $z$  좌표의 원점(origin)은 각각 BOF 의  $x$  좌표, SgRP 의  $y$  좌표, AHP 의  $z$  좌표이다.

평가대상 차량정보 입력

Car Information

Car Name: 8 model      Car Code: HDAVT

Type: Compact

Manufacturer: Hyundai Motors

Year: 1998

Reference Point

	X	Y	Z
AHP	203	130	0
BOF	0	130	230

Seat Height: 295 Z값

SW to BOF(x값): 610 X값

x 축 원점: BOF의 x좌표값  
y 축 원점: SgRP의 y좌표값  
z 축 원점: AHP의 z좌표값

단위: mm

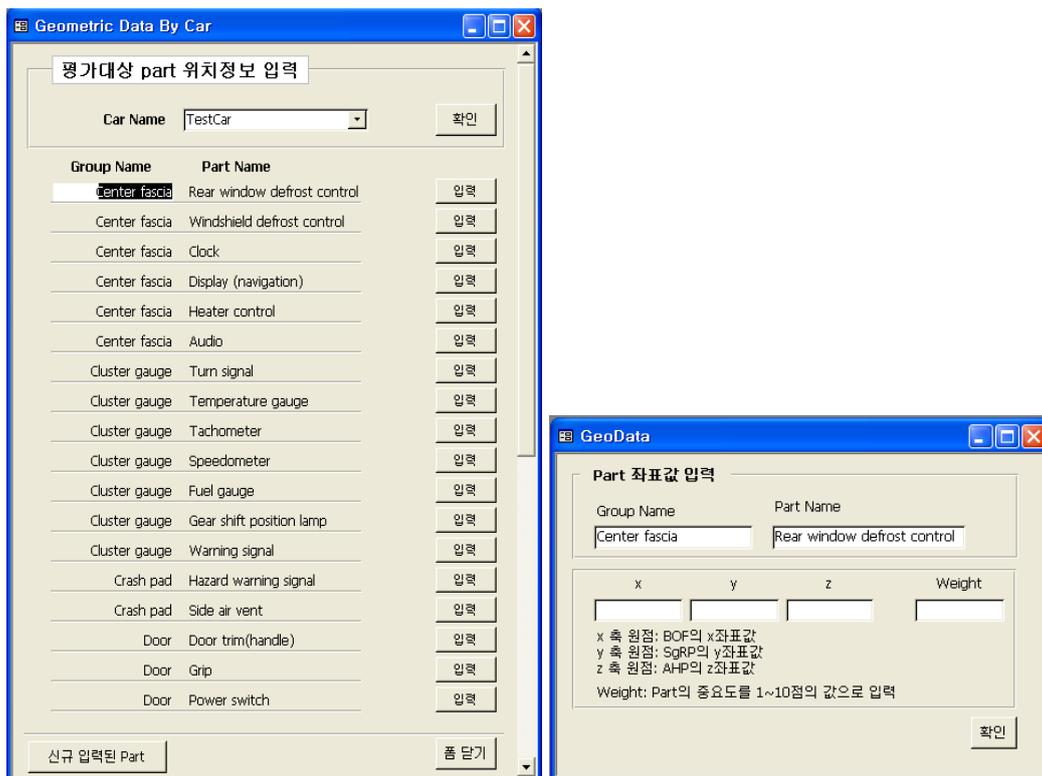
종닫기

레코드: 1      전체: 4

그림 4-3. 평가대상 차량정보 입력 창

평가 대상 part 위치정보 입력 창은 시계성 평가 대상이 되는 설계요소들의 위치정보를 입력하는 창이다. 설계요소는 본 시스템에서 기본적으로 제공하는 설계요소와 사용자관리 설계요소로 구분될 수 있다. 기본적으로 제공하고 있는 설계요소는 9 group 의 30 개 part 이다. 위치정보 입력을 위해 차량이름을 선택한 후 확인버튼을 클릭하면 기본 설계요소들의 목록이 그림 4-4(a) 와 같이 나타난다. 나타난 part 의 목록 중 평가를 원하는 part 의 좌표값은

입력버튼을 클릭하고, 나타나는 입력 창에 part 의 좌표값을 입력하고, weight 에 1~10 점 사이의 값을 입력하게 된다(그림 4-4.b). Weight 는 시계성 측면에서 part 가 가지는 중요도(사용빈도, 안전에 미치는 영향)를 의미한다.



(a) 평가 대상 part 위치정보 입력 창

(b) Part 좌표값 입력

그림 4-4. 평가 대상 part 위치정보

신규 part 입력 창은 사용자가 시계성 평가대상 설계요소를 추가하고자 할 때 사용되는 창이다(그림 4-5). 본 시스템에서 제공하는 part 외의 설계요소에 대해 시계성 평가를 원할 경우에 새로운 part 를 추가하여 시계성 평가를

할 수 있다. 또한, 평가 대상 차량의 part 가 속한 group 과 본 시스템의 분류가 상이할 경우, part 를 추가 할 수 있다. Part 입력은 part 명, group code, part code 의 입력을 통해 이루어진다. Group code 는 창의 하단에 기술한 바와 같이 두 자리의 영문 code 로 이루어져 있고, part code 는 세 자리수의 영문으로 이루어져 있다.

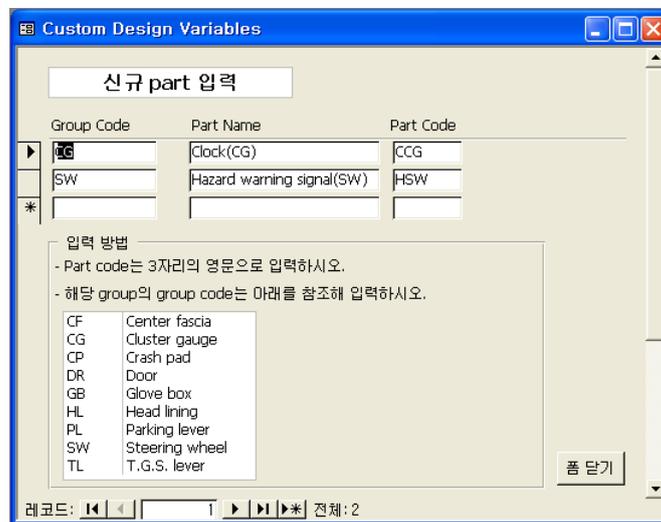


그림 4-5. 사용자관리 part 입력 창

#### 4.2.2 검색 모듈

검색 모듈은 인체모델 통계정보 검색 창과 평가대상 차량정보 검색 창으로 이루어져 있다. 검색 모듈은 현재 시스템에 등록되어 있는 차량 및 디지털 인체모델들의 정보를 검색하기 위한 모듈이다. 인체모델 통계정보 검색 창은 본 시스템에서 포함하고 있는 인체모델들의 통계정보를 검색할 수 있는

창이다(그림 4-6). 인체모델 통계정보 검색을 위해 성별, 수용범위, 생성수를 선택하고 검색버튼을 클릭하게 되면, 해당 인체모델군의 키, 몸무게, 앉은키의 평균과 표준편차가 검색된다. 또한, 각각의 인체모델의 키, 몸무게, 그리고 앉은키를 검색할 수 있다. 성별은 남, 녀, 그리고 혼성 중에 선택할 수 있고, 수용범위는 75%, 95%, 99% 중에 선택할 수 있으며, 생성수는 100, 500, 1000 명 중에 선택할 수 있다. 본 시스템이 포함하고 있는 인체모델들은 US Army 인체 측정자료(Gordon, 1988)의 원시자료(raw data)를 기초로 하고 있고, 류태범 외(2003)의 신장과 체중 기반 인체모델군 생성기법을 이용하여 생성된 인체모델들이다.

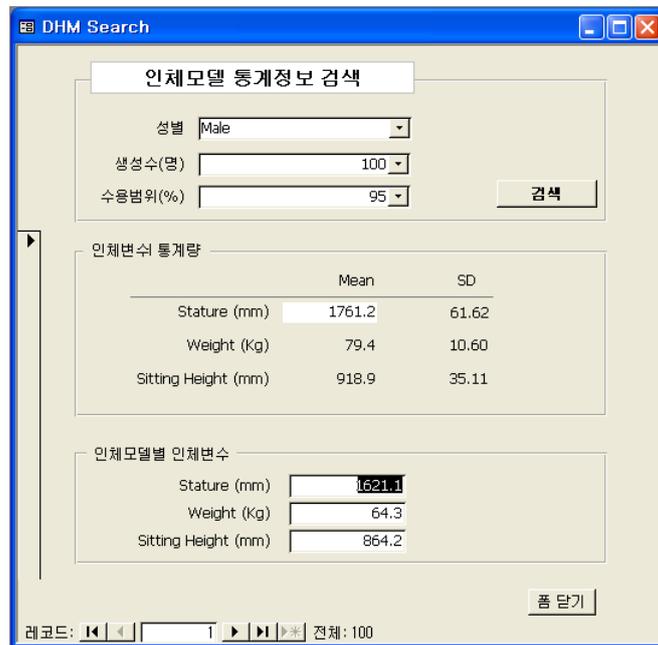


그림 4-6. 인체모델 통계정보 검색 창

평가대상 차량정보 검색 창은 시스템에 등록되어 있는 차량정보를 검색하기 위한 창이다(그림 4-7). 본 창에서는 차량이름을 통해 검색을 하고, 차량기본정보, 기준점, 설계요소의 위치정보, 그리고 설계요소의 중요도가 검색된다.

평가대상 차량정보 검색

Car Name: A\_model [검색]

Car Information

Type: Sub-Compact SUV  
 Manufacturer: Hyundai Motors  
 Year: 1980

Reference Points

AHP	x	y	z	Seat Height
	203	135	0	395
BOF	x	y	z	SW to BOF (x값)
	0	135	160	590

Design Variables

Group Name	Part Name	x	y	z	Weight
Center fascia	Audio	390	415	82	5
Center fascia	Clock	378	465	363	3
Center fascia	Display (navigation)	325	415	633	10
Center fascia	Heater control	360	415	428	6
Center fascia	Rear window defrost control	378	395	363	2
Cluster gauge	Fuel gauge	320	9	665	5
Cluster gauge	Gear shift position lamp	320	47	688	3

[폼 닫기]

그림 4-7. 평가대상 차량정보 검색

#### 4.2.3 시계성 평가 모듈

시계성 평가 모듈은 시계성 평가 창과 차트/보고서로 구성된다. 시계

성 평가 창에서는 평가 대상이 되는 차량과 인체모델군의 속성(성별, 수용범위, 생성수)을 선택한 후 시계성 평가를 실시한다. 시계성 평가 창은 평가의 결과로 탭 컨트롤에 따라 눈 위치(eye location)와 시계성 평가 결과(results)를 제시하며, 이들 결과는 각종 보고서의 형태로 함께 제공된다.

시계성 평가 창의 눈 위치(eye location)는 그림 4-8 와 같이 눈 위치 결정에 사용된 자동차 내장 설계변수(기준점) 및 인체모델군의 통계정보를 제시한다. 결정된 눈 위치는 보고서에서  $x-z$  좌표평면에 나타내어진다(그림 4-9).

The screenshot shows a software window titled "Evaluation" with a tab labeled "시계성 평가". It contains several input fields and a table. The "평가대상 차량명" field is set to "A\_model". The "평가대상 인체모델군" section includes "성별" (Male), "생성수(명)" (100), and "수용범위(%)" (95). The "Results" section has a sub-tab "Eye Location" and contains a "Reference Point" table and a "인체모델 통계정보" table.

Reference Point	Value
AHP (x좌표)	203
BOF (z좌표)	160
Seat height (z좌표)	395
SW to BOF (x값)	590

인체모델 통계정보	Mean	SD
Stature (mm)	1761.2	61.62
Weight (Kg)	79.4	10.60
Sitting Height (mm)	918.9	35.11

그림 4-8. 시계성 평가 창 - 눈 위치(eye location)

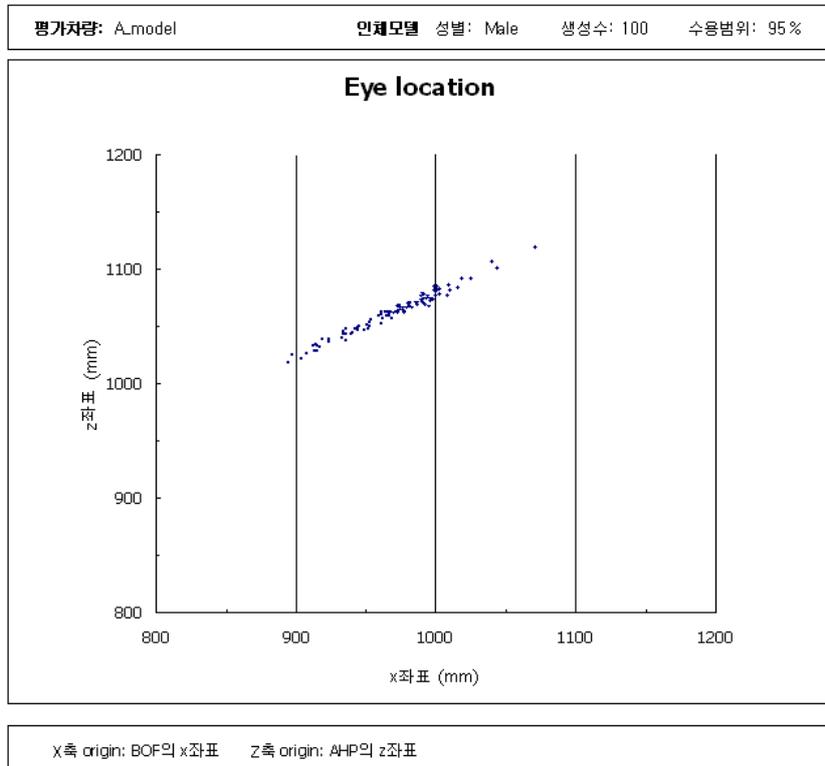


그림 4-9. 눈 위치 보고서

시계성 평가 창의 결과(results)는 시계성 평가결과, 항목별 결과, 그리고 평가대상 part 로 이루어져 있다(그림 4-10). 시계성 평가결과는 평가 대상 차량에 대한 시계성 평가결과를 의미하며, 항목별 결과보기는 디지털 인체모델의 인체변수(키, 앉은키)에 따른 결과, group 에 따른 결과, 그리고 각 part 에 따른 결과를 열람할 수 있다. 평가 대상 part 는 시계성 평가의 대상이 된 설계 요소들의 group 별 목록이다.

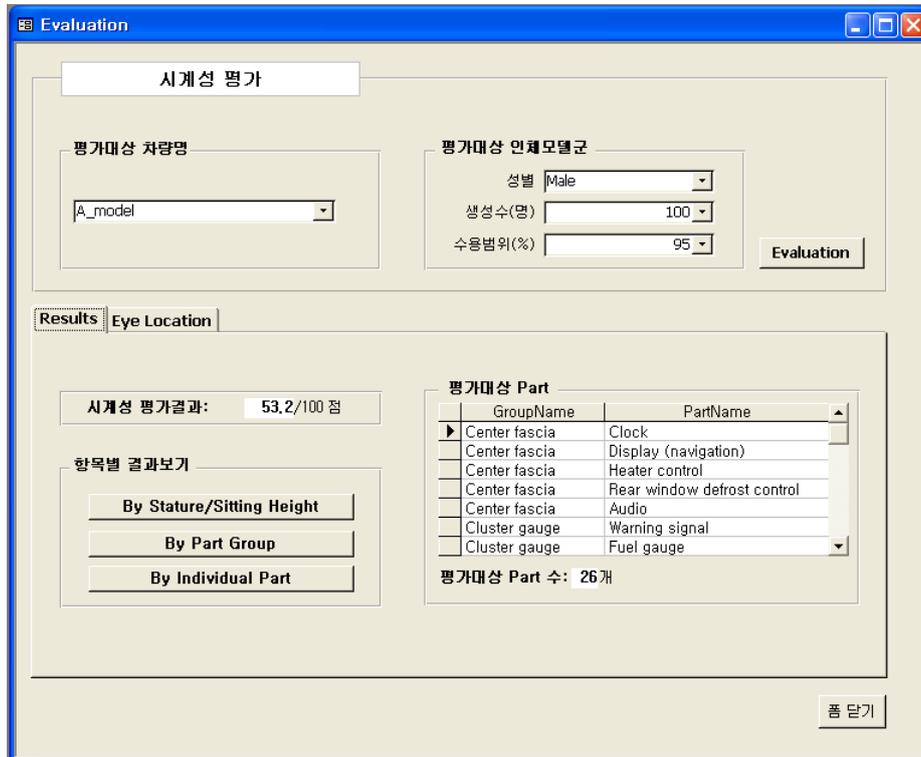
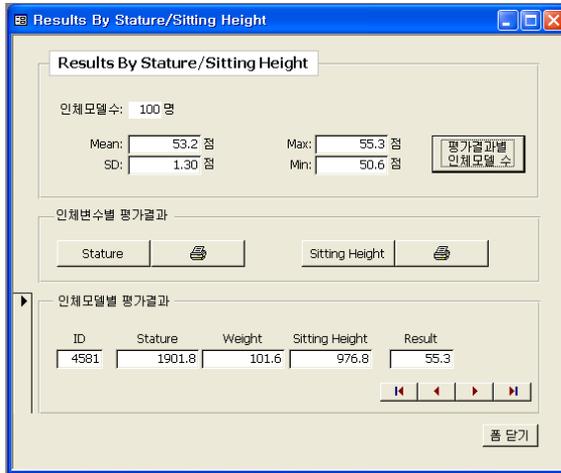


그림 4-10. 시계성 평가 – 평가결과(results)

항목별 결과보기는 키/앉은키에 따른 평가결과, part group 별 평가결과, 각 part 별 평가결과의 창으로 구성되어 있다. 키/앉은키에 따른 평가결과 창은 디지털 인체모델의 인체변수에 따른 시계성 평가결과를 나타낸다(그림 4-11.a). 인체모델에 따른 평가결과의 평균, 표준편차, 최대값/최소값을 보여주고 평가결과별 인체모델 수를 제공하고 있다(그림 4-11.b). 인체변수별 평가결과는 보고서를 통해 키와 앉은키에 따른 평가결과를 나타낸다(그림 4-12, 13). 마지막으로 인체모델별 평가결과에서는 각 인체모델에 따른 평가결과를 검색단추를 통해 검색할 수 있다.



(a) 키/앉은키에 따른 평가결과 창

(b) 평가결과별 인체모델 수

그림 4-11. 인체변수별 평가결과

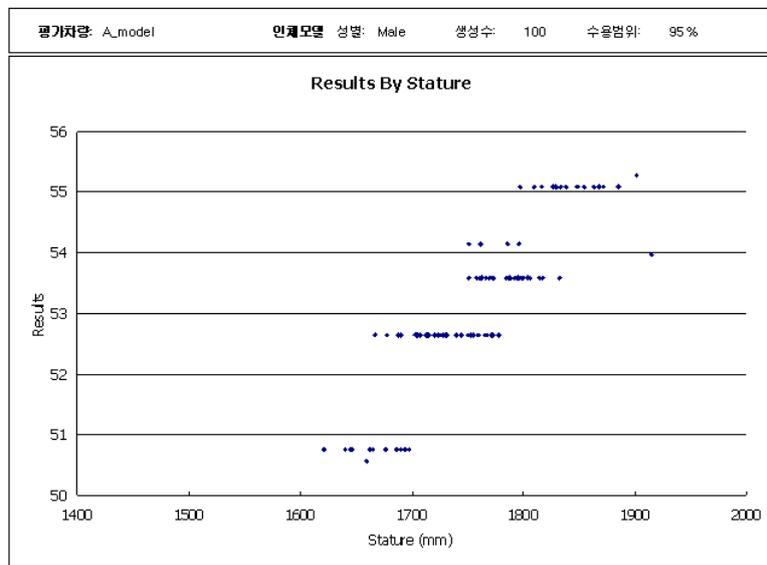


그림 4-12. 키에 따른 평가결과 보고서

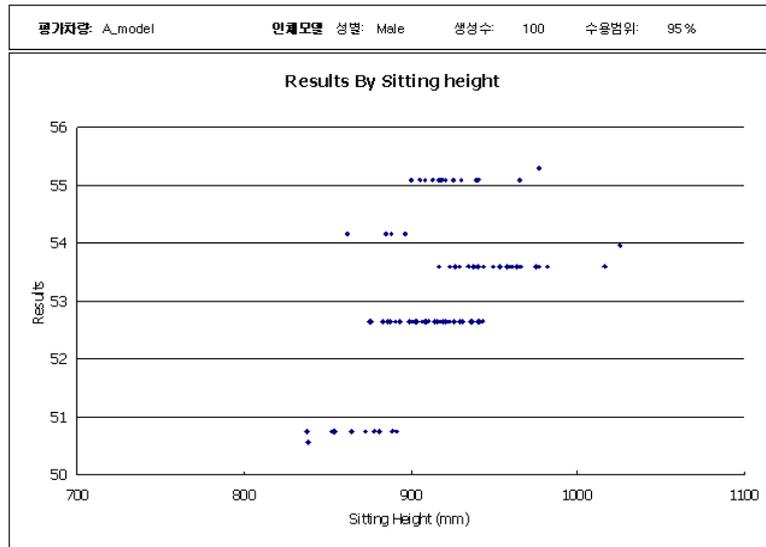


그림 4-13. 앉은키에 따른 평가결과 보고서

Part group 별 평가결과 창은 part group 별 시계성 평가결과와 해당 group 에 속한 parts 로 구성되어 있다(그림 4-14). 제시된 가중치는 group 내에 속한 part 들에 대해 산출했으며, group 별 평가결과는 이 가중치를 적용하여 산출되었다. 또한, 각 part group 별 시계성 평가결과는 차트 보고서를 통해 제시하였다(그림 4-15)



그림 4-14. Part group 별 평가결과 창

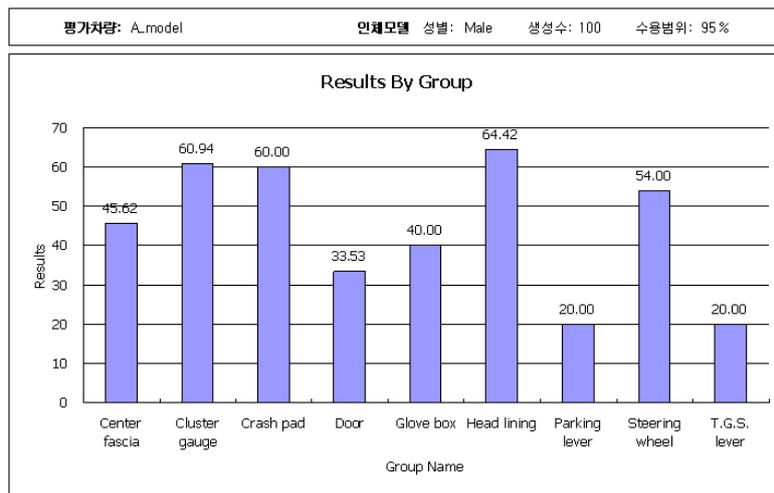


그림 4-15. Part group 별 평가결과 보고서

Part 별 평가결과 창은 인체모델들을 대상으로 한 시계성 평가결과를 각 part 별로 보여준다. 평가결과는 part group 별로 구분되어 있으며, 인체모델 간 평가결과의 표준편차, 가중치와 함께 제시된다(그림 4-16). 그림 4-17 은 보고서 형태의 part 별 평가결과 창이다.

Group Name	Part Name	평가 결과	표준 편차	Weight
Center fascia	Audio	29.2	0.50	0.05
Center fascia	Clock	40	0.00	0.03
Center fascia	Display (navigation)	60	0.00	0.09
Center fascia	Heater control	40	0.00	0.06
Center fascia	Rear window defrost control	40	0.00	0.02
Cluster gauge	Fuel gauge	60	0.00	0.05
Cluster gauge	Gear shift position lamp	64.6	0.42	0.03
Cluster gauge	Speedometer	60	0.00	0.09
Cluster gauge	Tachometer	60	0.00	0.07
Cluster gauge	Temperature gauge	60	0.00	0.05
Cluster gauge	Turn signal	64.6	0.42	0.05
Cluster gauge	Warning signal	60	0.00	0.04
Crash pad	Side air vent	60	0.00	0.02
Door	Door trim(handle)	20.2	0.10	0.01
Door	Grip	40.4	0.14	0.01

그림 4-16. Part 별 평가결과 창

Results By Part			
평가차량: A_model	인체모델 성별: Male	생성수: 100	수용범위: 95%
<b>Group Name: Center fascia</b>	<b>Part Name</b>	<b>평가 결과</b>	<b>표준 편차</b>
	Audio	29.2	0.50
	Clock	40	0.00
	Display (navigation)	60	0.00
	Heater control	40	0.00
	Rear window defrost control	40	0.00
<b>Group Name: Cluster gauge</b>	<b>Part Name</b>	<b>평가 결과</b>	<b>표준 편차</b>
	Fuel gauge	60	0.00
	Gear shift position lamp	64.6	0.42
	Speedometer	60	0.00
	Tachometer	60	0.00
	Temperature gauge	60	0.00
	Turn signal	64.6	0.42
	Warning signal	60	0.00
<b>Group Name: Crash pad</b>	<b>Part Name</b>	<b>평가 결과</b>	<b>표준 편차</b>
	Side air vent	60	0.00
<b>Group Name: Door</b>	<b>Part Name</b>	<b>평가 결과</b>	<b>표준 편차</b>
	Door trim(handle)	20.2	0.10
	Grip	40.4	0.14
	Power switch	40	0.00

그림 4-17. Part 별 평가결과 보고서

### 4.3 시계성 평가 시스템 적용

본 연구에서 개발된 시계성 평가 시스템은 설계요소 위치에 따른 평가결과의 확인과 시계성 평가결과에 따른 개선 지침 예를 제시하기 위해 적용되었다. 시계성 평가 시스템을 적용하여 특정 차량의 audio, speedometer, driver's sun visor 의 위치에 따른 평가결과의 확인을 위해 시계성 평가를 실시하였다. 시계성 평가의 대상이 된 차량의 seat height 는 295mm 이고, steering wheel 에서 BOF 까지의 수평거리는 610mm 이다. 평가대상이 된 설계요소의 위치정보는 표 4-1 과 같으며, 각 설계요소의 중요도는 동일하게 적용하였다. 평가는 수용범위가 95%이고, 남성인 100 명의 인체모델군에 대해 실시하였다. 그림 4-18 는 평가대상 차량에서 인체모델들의 눈 위치를 나타내고 있다.

표 4-1. Part 의 위치정보 및 중요도

Part name	x	y	z	Weight
Audio	240	332	390	10
Speedometer	170	70	650	10
Driver's sun visor	630	50	1060	10

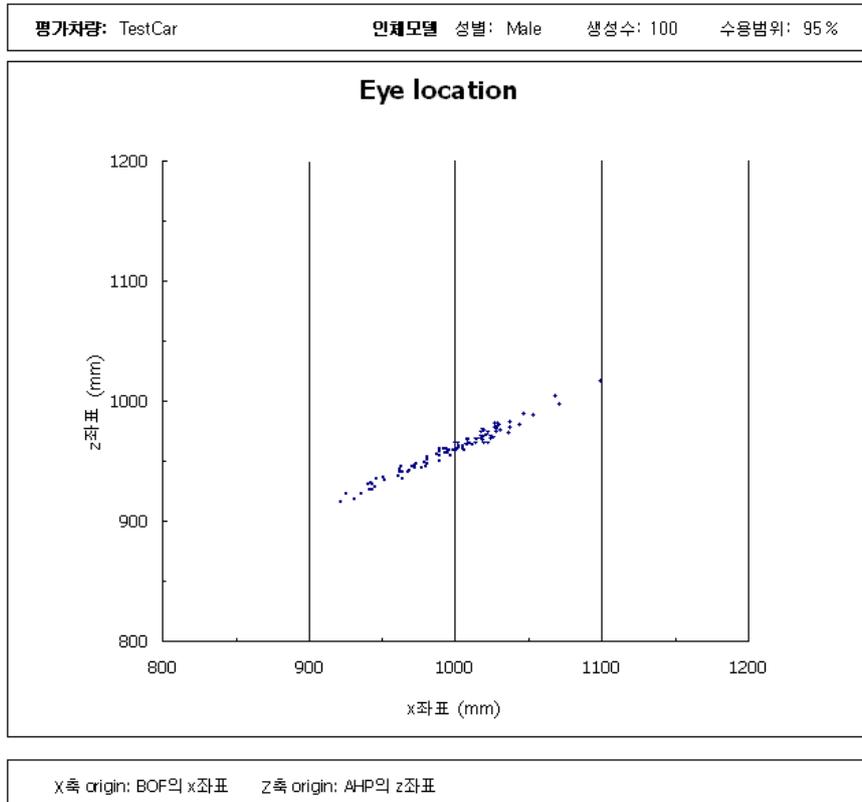


그림 4-18. 평가대상 인체모델들의 눈 위치

Part 별 평가점수는 audio 는 60 점, speedometer 는 80 점, 그리고 driver's sun visor 는 85.8 점 이었다(그림 4-19). Driver's sun visor 의 경우 z 좌표값 (1060mm)이 인체모델들의 눈 위치 분포 범위 내에 속하기 때문에 높은 점수가 나왔고, audio 의 경우 z 좌표값(390mm)이 눈 위치 분포 범위에 비해 낮기 때문에 낮은 점수가 나왔다고 할 수 있다. 이러한 평가 결과를 통해 audio 의 위치는 시계성 측면에서 개선되기 위해 위쪽에 위치해야 한다고 할 수 있다.

<b>Results By Part</b>			
<b>평가차량:</b> TestCar	<b>인체모델</b> 성별: Male	생성수: 100	수용범위: 95%
<b>Group Name:</b> Center fascia	<b>Part Name</b>	<b>평가결과</b>	<b>표준 편차</b>
	Audio	60	0.00
<b>Group Name:</b> Cluster gauge	<b>Part Name</b>	<b>평가결과</b>	<b>표준 편차</b>
	Speedometer	80	0.00
<b>Group Name:</b> Head lining	<b>Part Name</b>	<b>평가결과</b>	<b>표준 편차</b>
	Driver's sun visor	85.8	0.46

그림 4-19. Part 별 시계성 평가결과 보고서

본 연구는 개발된 시계성 평가 시스템을 이용한 시계성 평가결과에 따른 개선 지침 예의 제시를 위해 A model 과 B model 의 두 차량의 시계성 평가결과를 비교하였다. A model 은 SUV 이고, B model 은 준중형인 차량이다. 각 차량의 시계성 평가 대상 설계요소들은 BOF, AHP, 그리고, SgRP 를 기준으로 실측되었다(부록참고). 본 연구에서는 정보의 중요도, 안전과의 관련성, 사용빈도의 측면에서 각 설계요소들의 중요도를 표 4-3 과 같이 결정하여, 시계성 평가시 두 차종에 대해 동일하게 적용하였다. 눈 위치 결정을 위한 자동차 내장 설계변수는 표 4-4 와 같았고, 시계성 평가의 대상은 남성이고, 생성수가 100 명이며, 수용범위가 95%인 인체모델군이었다. 이들의 인체변수 통계정보는 표 4-5 와 같다.

표 4-2 시계성 평가에 적용된 설계요소의 중요도

Group name	Part name	중요도	Group name	Part name	중요도
Center fascia	Audio	5	Door	Door trim(handle)	1
	Display (navigation)	10		Grip	1
	Heater control	6		Lock	1
	Rear window defrost control	2		Power switch	1
Cluster gauge	Clock	3	Glove box	Glove knob	1
	Fuel gauge	5		Driver's sun visor	1
	Gear shift position lamp	3	Head lining	Inside mirror	8
	Speedometer	10		Overhead control	2
	Tachometer	7	Parking lever	Parking lever	1
	Temperature gauge	5	Steering wheel	Key set	5
	Turn signal	5		Multi-function switch L	3
	Warning signal	8		Multi-function switch R	3
Crash pad	Hazard warning signal	8	T.G.S. lever	Indicator panel	2
	Side air vent	2		T.G.S. knob	2

표 4-3. 시계성 평가대상 자동차 내장 설계변수 (단위: mm)

Car name	AHP	BOF	Seat height	SW to BOF (hor.)
A model	135	160	395	590
B model	130	230	295	610

표 4-4. 인체모델군 인체변수 통계정보

인체변수	평균	표준편차
키 (mm)	1761.2	61.62
몸무게 (Kg)	79.4	10.60
앞은키 (mm)	918.9	35.11

시계성 평가 결과 B model 이 시계성 측면에서 A model 보다 우수하였

다. A model 과 B model 의 시계성 평가결과는 표 에서 각각 53.2 점과 69.2 점으로 B model 이 우수하게 평가되었으며, 평가결과의 표준편차는 B model 의 경우 0.78 점으로 A model 의 1.30 점보다 작았다(표 4-6). 여기서, 표준편차는 인체모델들의 평가점수간 편차를 의미한다.

표 4-5. 시계성 평가 결과 (단위: mm)

구분	A model	B model
평균	53.2	69.2
표준편차	1.30	0.78
최대값	55.3	72.2
최소값	50.6	68.2

A model 및 B model 에 대해 평가결과별 인체모델 수와 이들 인체모델의 인체변수 통계량을 살펴보았다. A model 및 B model 모두 인체변수에 따른 평가결과의 특징은 나타나지 않았다. 그러나, 평가결과가 높을수록 대체적으로 키와 앉은키가 큰 것을 알 수 있다(표 4-7, 8).

표 4-6. 평가결과별 인체모델 수 및 인체변수 통계량 - A model

평가결과 구간	모델수	평가결과		키 (mm)		앞은키 (mm)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
50.4-51.4	13	50.7	0.05	1667.7	24.68	864.0	17.60
51.4-52.4	0	-	-	-	-	-	-
52.4-53.4	37	52.6	0.00	1729.2	27.53	912.0	19.01
53.4-54.4	31	53.7	0.20	1789.1	30.65	944.9	34.27
54.4-55.4	19	55.1	0.04	1841.9	27.56	927.5	19.49
합계	100	53.2	1.30	1761.2	61.62	918.9	35.11

표 4-7. 평가결과별 인체모델 수 및 인체변수 통계량 - B model

평가결과 구간	모델수	평가결과		키 (mm)		앞은키 (mm)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
67.7-68.7	29	68.3	0.17	1693.9	35.18	878.5	20.03
68.7-69.7	48	69.2	0.14	1764.0	29.82	936.7	19.47
69.7-70.7	20	69.9	0.16	1833.8	27.21	921.5	18.03
70.7-71.7	1	71.6	0.00	1832.4	0.00	1016.2	0.00
71.7-72.7	2	72.2	0.00	1908.2	9.01	1001.1	34.32
합계	100	69.2	0.78	1761.2	61.62	918.9	35.11

Part group 별 시계성 평가결과에서는 glove box 를 제외하고 모든 part group 에서 B model 이 높은 점수를 받았으며, A model, B model 모두 각각 60.9 점과 80.0 점으로 cluster gauge 가 가장 높은 점수를 받았다(표 4-9). 특히, A model 은 center fascia 의 점수가 45.6 점으로 center fascia 의 중요도를 고려해보았을 때 낮은 점수를 받아 개선이 요구된다고 할 수 있다. B model 은 cluster gauge, crash pad 에 비해 center fascia 의 점수가 낮아 center fascia 내에 속하는

part 들에 대해 중요도를 고려하여 각 part 의 위치를 개선해야 한다. 즉, 중요도가 가장 높은 heater control 위치의 개선이 우선시 되어야 할 것을 보여준다 (표 4-10).

표 4-8. Part group 별 시계성 평가결과 (단위: 점)

Part group	A model	B model
Center fascia	45.6	60.0
Cluster gauge	60.9	80.0
Crash pad	60.0	64.0
Door	33.5	53.3
Glove box	40.0	33.2
Head lining	64.4	65.4
Parking lever	20.0	21.6
Steering wheel	54.0	70.3
T.G.S. lever	20.0	40.3

표 4-9. Part 별 평가결과- B model 의 center fascia

Group name	Part name	평가결과	표준편차	Weight
Center fascia	Audio	60	0	0.05
	Heater control	60	0	0.06
	Rear window defrost control	60	0	0.02

## 5. 토의

본 연구는 인체모형을 이용한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템을 개발하였다. 다양한 인체모형을 시계성 평가에 적용할 수 있었고, 평가결과에 설계요소들의 중요도가 고려되도록 제안하였으며, 평가결과를 정량적, 종합적으로 제시할 수 있었다. 그러나, 정량적 평가결과는 설계요소간 또는 차량간 상대적인 비교만 가능하고, 미국 운전자의 눈 위치 예측모형을 시계성 평가에 적용했기 때문에 한국 운전자를 대상으로 한 시계성 평가결과와 차이를 보일 수 있다.

본 연구의 시계성 평가는 운전자가 전방을 주시했을 때를 가정하기 때문에 운전상황하에서의 시계성 평가에 적합하다고 할 수 있다. 본 연구의 시계성 평가 척도는 운전자가 전방을 주시했을 때의 시선(line of sight)을 기준으로 하여, 눈과 머리의 움직임의 범위에 따라 시계영역(visual field)을 구분하여 개발되었다. 반면, 기존 인간공학 설계지원 시스템들은 눈의 위치에 도식화된 시야원추(view cone)에 따라 시계성을 평가한다. 이러한 평가방법은 인체모형이 전방을 주시한 운전상황을 가정한다면, 시야원추(view cone)의 평가범위가 좁기 때문에 자동차 내장에 대한 전반적인 시계성 평가에 부적합하다고 할 수 있다.

예측모형을 통해 결정된 눈 위치들은 실제 운전자의 눈 위치들에 비해 산포가 작게 나타난다. 눈 위치 예측모형은 인체크기에 따른 인체모형들의 평균적인 눈 위치를 결정하게 된다. 측면도의 눈 위치들은 산포가 작은 선형

에 가까운 분포를 나타내었으며, 평면도의 눈 위치들은 산포가 없이 운전자의 중심선 상에 나타나게 되었다. 이러한 눈 위치는 각 운전자의 눈 위치와 차이가 발생하고 있으나, 평균적인 운전자의 눈 위치와는 작은 차이를 보이고 있다(Reed et al., 2002). 반면, 관측된 운전자의 눈 위치를 통계적인 분포로 나타낸 SAE(1992)의 eyellipse 는 타원모양으로 산포가 크게 나타나고 있으나, 각 인체 모델의 눈 위치 결정에 적용하기에는 한계가 있었다.

본 연구는 눈의 움직임뿐만 아니라 머리의 움직임을 함께 고려하여 시계영역을 세분화 할 수 있었고, 구분된 영역에 점수를 할당하여 정량적인 평가척도를 개발할 수 있었다. 본 연구에서는 시계영역을 크게 eye field 와 head field 로 구분하였고, eye field 는 다시 최적/적정 눈 운동으로 구분되었으며, head field 는 적정 머리 운동이 최적 눈 운동이 동시에 일어나는 경우와 적정 눈 운동과 동시에 일어나는 경우로 구분되었다. 또한, 5 개로 구분된 시계영역에 1~5 점의 점수를 눈과 머리의 움직임 정도에 따라 할당하여 정량적인 시계성 평가척도를 개발할 수 있었다.

차량 및 group 별 시계성 평가결과는 중요도가 고려된 설계요소의 평가결과의 합으로 산출되어 각 설계요소의 최적배치 안 제시에 도움을 줄 수 있을 것이다. 차량의 시계성 평가결과는 각 설계요소들의 평가결과에 설계요소들의 중요도를 가중화해 합산되었고, 설계요소들의 group 별 평가결과는 group 내에 속하는 각 설계요소들의 평가결과에 중요도를 고려해 합산한 것이다. 이와 같은 평가결과 산출방법은 중요도가 높은 설계요소가 시계성이 좋은 위치에 배치되었을 때 각 시계성 평가결과가 높게 나타나도록 하였다.

본 시스템은 인체모형을 적용한 자동차 내장의 시계성 평가를 시간 및 비용측면에서 효율적으로 할 수 있다. 기존 설계과정에서 시작품(physical mockup)을 이용한 시계성 평가는 여러 사람을 대상으로 평가하거나 시작품 제작과 평가결과를 설계에 반영할 때 많은 시간과 비용을 투자해야 한다. 그러나, 본 시스템을 활용하면 컴퓨터 상에서 다양한 인체모형을 대상으로 시계성을 평가할 수 있기 때문에, 설계초기 단계부터 시계성 평가가 가능하고, 신차 개발시 시작품을 이용한 시계성 평가에 따른 시간 및 비용을 절감할 수 있을 것이다.

## 6. 결론 및 추후연구

본 연구는 시계성 평가체계를 제시하고 시스템 구성을 제안하여 인체 모델을 이용한 자동차 내장 설계의 시계성 평가 시스템을 개발하였다. 시계성 평가 체계는 정량적 시계성 평가척도를 개발하고, 종합적인 시계성 평가방법을 제시하여 제안되었다. 시계성 평가척도는 인체모델의 눈 위치를 결정하고, 눈과 머리 움직임의 범위를 정의하였으며, 정의된 눈과 머리 움직임에 따라 시계영역의 구분하여 개발되었다. 눈 위치는 운전자세 예측모델을 이용하여 결정되었고, 눈 및 머리 움직임의 범위는 기존 문헌을 통해 정의되었다. 시계 영역은 5 개의 세부 시계영역으로 구분되었고, 구분된 영역에 1~5 점의 시계성 평가점수를 할당하였다. 자동차 내장의 종합적 시계성 평가는 9 개 group 에 속하는 30 개 part 의 시계성 평가대상 설계요소를 선정하고, 선정된 설계요소들의 중요도를 평가결과에 적용하는 산출방법을 제시하여 개발되었다.

시계성 평가 시스템 구성은 자동차 내장 설계요소들의 위치정보 모듈, 인체모델 모듈, 눈 위치 결정 모듈, 시계성 평가모듈, 그리고 평가결과 분석모듈을 포함하도록 제안되었다. 시스템 구성에서 설계요소들의 위치정보와 인체모델의 인체변수들의 정보를 바탕으로 눈 위치를 결정하고, 정략적 시계성 평가척도를 적용하여 자동차 내장의 시계성이 평가되도록 한다. 또한, 평가결과 분석 모듈에서 시계성 평가결과를 분석하여 개선이 요구되는 설계요소가 도출될 수 있도록 한다.

인체모델을 이용한 자동차 내장의 시계성 평가 시스템은 제안된 시스

템 구성을 적용하고, Microsoft Access 2002 를 이용하여 개발되었다. 본 시스템은 제안된 시스템 구성에 따라 차량정보, 인체모델, 시계성 평가척도를 포함하고 있으며, 사용자들의 편의를 위해 사용자 인터페이스를 통해 구현되었다. 개발된 시계성 평가 시스템은 실측된 자동차 내장의 설계요소들을 대상으로 시계성 평가를 실시하여, 설계요소 위치에 따른 평가결과의 확인과 시계성 평가결과를 따른 개선 지침 예를 제시하기 위해 적용되었다.

본 연구는 자동차 내장의 시계성을 인체모델을 이용하여 평가할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 다양한 인체모델을 시계성 평가에 적용할 수 있었고, 평가결과를 정량적, 종합적으로 제시할 수 있었다. 시계성 평가에 다양한 인체모델을 적용함으로써, 설계대상 집단의 다양성 반영할 수 있었고, 정량적, 종합적 평가결과 제시를 통해 시계성 측면에서 설계요소들의 배치 안에 대한 정보를 제공할 수 있었다. 본 연구에서 제안한 평가체계는 인체모델을 적용한 시계성 평가방법에 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 사용된 예측모형을 통해 결정된 눈 위치는 한국 운전자의 눈 위치와의 비교가 요구된다. Reed et al.(2002)의 눈 위치 예측 회귀모형은 미국 운전자들의 운전자세를 바탕으로 개발된 모델이기 때문에 국내 운전자의 눈 위치와 차이가 날 수 있다. 그러므로, 한국 운전자를 대상으로 하여 본 연구에 적용된 눈 위치 예측모형에 대한 검증이 필요하고, 검증 결과 많은 차이를 보일 경우 운전자세의 눈 위치 예측모형 개발을 위한 연구가 필요하다고 하겠다.

시계성 평가척도에서 시계영역의 구역 및 구역별 평가점수의 검증과

각 설계요소의 중요도 결정을 위한 추후연구가 필요하다. 시계성 평가척도는 시계영역을 구분하였고, 각 영역에 시계성 평가 점수를 할당하였다. 시계영역의 구분은 기존 문헌을 통해 이루어졌기 때문에, 자동차 내장에서의 눈과 머리 동작범위에 따른 시계영역 구분의 범위와 각 구역의 평가점수는 대한 실험을 통해 검증되어야 한다. 또한, 각 설계요소들의 중요도의 결정을 위해 자동차 내장설계 전문가 및 소비자들을 대상으로 정보의 중요도, 안전과의 관련성, 사용빈도 등의 측면에 대해 설문조사가 이루어져야 할 것이다.

## 참고 문헌

- 기도형. (2000). 작업 자세 부하평가를 위한 자세분류체계의 연구현황 - 관측법을 중심으로. *한국산업안전학회지*, 15, 139-149.
- 류태범, 정인준, 유희천, 김광재 (2003). 가상환경상의 인간공학적 설계지원 시스템을 위한 인체모델군 생성기법 개발 및 적용. *대한 산업공학회 2003 추계학술대회*, pp. 191-195.
- 신승우, 류태범, 임인규, 오경희, 민대기, 선미선, 금우연, 유희천, 김광재, 윤명환 (2002). 자동차 내장 설계 개선을 위한 인간공학적 접근. *대한인간공학회 2002 춘계학술대회지*, pp. 213-216.
- Bowman, D. (2001). Using digital human modeling in a virtual heavy vehicle development environment. In Chaffin, D. B. (Eds.), *Digital human modeling for vehicle and workplace design* (pp. 77-100). Warrendale, Pa: SAE.
- Chaffin, D. B. (2001). Introduction. In Chaffin, D. B. (Eds.), *Digital human modeling for vehicle and workplace design* (pp. 1-16). Warrendale, Pa: SAE.
- Das, B., and Sengupta, A. K. (1995). Computer-aided human modeling programs for workstation design. *Ergonomics*, 38, 1958-1972.
- Drury, C. G., and Clement, M. R., (1978). The effect of area, density, and number of background characters on visual search. *Human factors*, 20, 597-602.
- EDS. (2003). *Classic Jack (Analyze how your human performs)*. Retrieved November 20, 2003, from [http://www.eds.com/products/plm/efactory/jack/classic\\_jack.shtml](http://www.eds.com/products/plm/efactory/jack/classic_jack.shtml)
- EDS. (1999). Jack 2.3 training manual. Engineering Animation Inc.
- Ergo MAX. (2000). *ErgoMax information (vision functions)*. Retrieved November 20, 2003, from <http://www.ergomax.de/html/info1.html>

- Feyen, R., Liu, Y., Chaffin, D., Jimmerson, G., and Joseph, B. (2000). Computer-aided ergonomics: a case study of incorporating ergonomics analyses into workplace design. *Applied Ergonomics*, 31, 291-300.
- Gordon, C. C., Bradtmiller, B., Churchill, T., Clauser, C., McConville, J., Tebbetts, I., and Walker, R. (1988). *1988 Anthropometric Survey of US Army Personnel: Methods and Summary Statistics*. Technical Report NATICK/TR-89/044, AD A225 094.
- Harson, L. (2000). Computerized tools for human simulation and ergonomic evaluation of car interiors. *Proceedings of the IEA2000/HFES2000 congress*. San Diego, California. pp. 826-839.
- Haslegrave, C. M. (1993). Visual aspects in vehicle design. In Peacock, B. and Karwowski, W. (Eds.), *Automotive Ergonomics* (pp 79-98). London: Taylor & Francis.
- Helander, M. G. (1986). Design of visual displays. In Salvendy, G. (Eds.), *Handbook of human factors* (pp. 510-514). New York: A Wiley-Interscience Publication.
- Kee, D., and Karwowski, W. (2001). LUBA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics*, 32, 357-366.
- Kim, S., Chung, M. K., Kee, D., and Lee, I. (1998). Postural stress analysis in automobile tasks. In S. Kumar(Eds.). *Advances in Occupational Ergonomics and Safety* (pp. 673-677). Amsterdam: IOS Press.
- Kroemer, K. H. E., and Grandjean, E.(1997). *Fitting the task to the man* (5<sup>th</sup> ed.). London: Taylor and Francis.
- Labiale, G. (1993). Visual detection of in-car warning lamps as a function of their position. In Gale, A. G., Brown, I. D., Haslegrave, C. M., and Taylor, S. P. (Eds.), *Vision in Vehecles IV* (pp 291-299). Amsterdam: North-Holland.
- Manary, M. A., Flannagan, C. A. C., Reed, M. P., and Schneider, L. W. (1998). Development of an improved driver eye position model. SAE technical paper

980012.

- McAtamney, L., and Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- RAMSIS. (2003). *RAMSIS brochure*. Retrieved November 19, 2003, from [http://www.ramsis.de/pdf/brochure\\_ramsis\\_e.pdf](http://www.ramsis.de/pdf/brochure_ramsis_e.pdf)
- Pheasant, S. (1988). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and Design*. London: Taylor and Francis.
- Reed, M. P., Manary, M. A., Flannagan, C. A. C., and Schneider, L. W. (2002). A statistical method for predicting automobile driving posture. *Human Factors*, 44, 557-568.
- Reed, M. P., Manary, M. A., Flannagan, C. A. C., and Schneider, L. W. (2000). Effects of vehicle interior geometry and anthropometric variables on automobile driving posture. *Human Factors*, 42, 541-552.
- SAE. (1992). SAE Recommended practice J941 JUN92, Motor vehicle drivers' eye locations. New York: Author.
- SAE. (1988). SAE Information Report J985 OCT88, Vision factors considerations in rear view mirror design. New York: Author.
- SAE. (1977). SAE Recommended practice J1050a, Describing and measuring the driver's field of view. New York: Author.
- SAFEWORK. (2003). *SAFEWORK Pro: Features (Vision analysis)*. Retrieved November 19, 2003, from [http://www.safework.com/safework\\_pro/features.html](http://www.safework.com/safework_pro/features.html)
- SAMMIE CAD. (2000). *SAMMIE description-vision*. Retrieved November 21, 2003, from [http://www.lboro.ac.uk/departments/cd/docs\\_dandt/research/ergonomics/sammie/s\\_amvis.htm](http://www.lboro.ac.uk/departments/cd/docs_dandt/research/ergonomics/sammie/s_amvis.htm)
- Sanders, A. F. (1970). Some aspects of the selective process in the functional visual field. *Ergonomics*, 13, 101-117.
- Woodson, W. E., Tillman, B., and Tillman, P. (1992). *Human factors design handbook*. New York: McGraw-Hill.

## 부록

### A. 실측된 자동차 내장 설계요소 위치정보

표 A-1. A model 설계요소 위치정보

Group name	Part name	x	y	z
Center fascia	Audio	390	415	82
	Clock	378	465	363
	Display (navigation)	325	415	633
	Heater control	360	415	428
	Rear window defrost control	378	395	363
Cluster gauge	Fuel gauge	320	9	665
	Gear shift position lamp	320	47	688
	Speedometer	320	-51	638
	Tachometer	320	-268	570
	Temperature gauge	320	88	665
	Turn signal	320	47	688
	Warning signal	320	47	608
Crash pad	Side air vent	310	-183	548
Door	Door trim(handle)	735	-230	558
	Grip	510	-255	570
	Power switch	540	-255	505
Glove box	Glove knob	260	810	438
Parking lever	Parking lever	760	302	238
Steering wheel	Hazard warning signal(SW)	480	3	533
	Key set	450	380	453
	Multi-function switch L	490	-73	640
	Multi-function switch R	490	65	640
T.G.S. lever	Indicator panel	690	390	118
	T.G.S. knob	690	415	283

표 A-2. B model 설계요소 위치정보

Group name	Part name	x	y	z
Center fascia	Audio	240	332	390
	Heater control	240	332	493
	Rear window defrost control	250	415	555
Cluster gauge	Clock(CG)	170	-40	605
	Fuel gauge	170	143	655
	Speedometer	170	70	650
	Tachometer	170	-48	650
	Temperature gauge	170	-120	655
	Turn signal	170	10	700
	Warning signal	170	120	605
Crash pad	Hazard warning signal	250	293	555
	Side air vent	190	-240	650
Door	Door trim(handle)	620	-320	470
	Grip	445	-325	550
	Lock	520	-325	550
	Power switch	450	-323	475
Glove box	Glove knob	475	777	425
Head lining	Driver's sun visor	630	50	1060
	Inside mirror	470	340	980
	Overhead control	360	340	1060
Parking lever	Parking lever	645	340	330
Steering wheel	Key set	330	125	750
	Multi-function switch L	402	-120	635
	Multi-function switch R	402	150	635
T.G.S. lever	Indicator panel	453	310	255
	T.G.S. knob	453	340	420

## B. 실측된 자동차 내장 설계요소의 시계성 평가결과

표 B-1. A model 시계성 평가결과 및 가중치

Group name	Part name	평가결과	표준편차	weight
Center fascia	Audio	29.2	0.5	0.05
	Clock	40	0	0.03
	Display (navigation)	60	0	0.09
	Heater control	40	0	0.06
	Rear window defrost control	40	0	0.02
Cluster gauge	Fuel gauge	60	0	0.05
	Gear shift position lamp	64.6	0.42	0.03
	Speedometer	60	0	0.09
	Tachometer	60	0	0.07
	Temperature gauge	60	0	0.05
	Turn signal	64.6	0.42	0.05
	Warning signal	60	0	0.04
Crash pad	Side air vent	60	0	0.02
Door	Door trim(handle)	20.2	0.1	0.01
	Grip	40.4	0.14	0.01
	Power switch	40	0	0.01
Glove box	Glove knob	40	0	0.01
Head lining	Inside mirror	60	0	0.08
	Driver's sun visor	99.8	0.1	0.01
Parking lever	Parking lever	20	0	0.01
Steering wheel	Hazard warning signal(SW)	57.4	0.34	0.09
	Key set	40	0	0.05
	Multi-function switch R	60	0	0.03
	Multi-function switch L	60	0	0.03
T.G.S. lever	Indicator panel	20	0	0.02
	T.G.S. knob	20	0	0.02

표 B-2. B model 시계성 평가결과 및 가중치

Group name	Part name	평가결과	표준편차	weight
Center fascia	Audio	60	0	0.05
	Heater control	60	0	0.06
	Rear window defrost control	60	0	0.02
Cluster gauge	Clock(CG)	80	0	0.03
	Fuel gauge	80	0	0.05
	Speedometer	80	0	0.1
	Tachometer	80	0	0.07
	Temperature gauge	80	0	0.05
	Turn signal	80	0	0.05
	Warning signal	80	0	0.08
Crash pad	Hazard warning signal	60	0	0.08
	Side air vent	80	0	0.02
Door	Door trim(handle)	40	0	0.01
	Grip	60	0	0.01
	Lock	55.8	0.41	0.01
	Power switch	57.4	0.34	0.01
Glove box	Glove knob	33.2	0.48	0.01
Head lining	Inside mirror	60.6	0.17	0.08
	Overhead control	74.2	0.46	0.02
	Driver's sun visor	85.8	0.46	0.01
Parking lever	Parking lever	21.6	0.27	0.01
Steering wheel	Key set	80	0	0.05
	Multi-function switch R	60	0	0.03
	Multi-function switch L	64.4	0.42	0.03
T.G.S. lever	Indicator panel	40	0	0.02
	T.G.S. knob	40.6	0.17	0.02