

# 삼각기법을 이용한 자동차 운전환경 설계요소간 관계 모델링

정의승<sup>1</sup> · 이정근<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 산업공학과 / <sup>2</sup>포항공과대학교 산업공학과

## An Investigation of Relational Characteristics among the Design Elements of Automobile Seat Packaging with a Triangular Method

Jung K. Lee<sup>1</sup> · Eui S. Jung<sup>2</sup>

The three design elements of automobile occupant packaging such as pedals, steering wheel, and seat are the most important factors to design an ergonomically sound layout for improving driving comfort and performance. The aim of the study is to find out coherent characteristics of the relationships among three design elements. For this purpose, Triangular Method is suggested. We extracted properties for determining the shape, size, and location of the triangle that is composed of Accelerated Heel Point, Steering Wheel Point, and Hip Point. An experiment was conducted at a seating buck in which the design elements are freely adjustable by the subject to investigate driver's preferred arrangement of three elements. Statistical analyses revealed that there was a subtle change in the shape of triangle according to different percentiles and that the significant difference was observed only for the size of the triangle. The results will be effectively applied to design a comfortable seat packaging layout.

### 1. 서 론

#### 1.1 연구배경 및 연구목적

자동차의 설계과정은 다양하고 복잡한 구성요소들이 밀접하게 관련되어 있을 뿐만 아니라, 성능면에서의 소비자의 기본적 요구와 함께 안락감(Comfort), 조작효율성(Efficiency), 안전(Safety) 등의 부가적 요구를 만족시켜야 한다. 이를 위해서는 인체특성 등의 인간공학적 요소를 고려하고 평가할 수 있는 기술이 설계과정에서부터 효율적으로 반영되어야 하므로 설계요소들을 적합하게 고려하고 쉽게 표현할 수 있는 방법론의 도출이 필요하다.

인간공학분야에서는 자동차설계에 있어서 Seat와 운전자의 자세에 관한 연구가 진행되어왔고, Rebiffe(1969)는 인체역학모델을 이용하여 관절의 이동범위 중 중간 정도의 관절각도(Mid-range Joint Angle)가 가장 편하다는 가정하에 관절의 각도를 구함으로써 Seat의 Configuration에 따라 이론적으로 가장 편안한 최적자세를 찾았다. 그러나 실제에 있어서 운전자의 안락감은 단지 Seat에 의한 것이 아니라 Seat, Pedal, Steering Wheel

로 이루어지는 운전환경 설계요소(Design Elements of Automobile Seat Packaging)들간의 관계에 의해서 결정된다. 이를 위하여 Grandjean(1980)은 눈의 위치(Eye Point; EP), 발의 위치(Accelerated Heel Point; AHP), 손의 위치(Steering Wheel Point; SWP) 등을 고려한 이론적 모델을 이용하여 운전환경 설계요소들간의 위치에 따른 최적자세를 도출하였다. 이러한 이론적 모델들은 안락감을 평가하는 기준을 Mid-range Joint Angle에 두고 EP, AHP, SWP 등을 고려한 정도였기 때문에 실제 운전자의 자세와 모델이 제시하는 최적자세와는 큰 차이를 보였다.

따라서 실제 운전자들의 운전자세를 파악함으로써 보다 현실적인 설계지침을 제시할 수 있는 방법의 필요성이 대두되었다. 이를 위하여 고정된 Pedal과 Steering Wheel에 대하여 Percentile별로 선호 운전자세에 있어서의 Seat의 위치변화가 있음을 확인하고 이로부터 Percentile에 따른 최적 Hip Point 위치의 변위(Seat Track)를 찾아내었다(이상규 등, 1997). 하지만 Pedal과 Steering Wheel이 한 점에 고정되어 있다는 것은 운전자의 불편도를 최소화하는 데 제약조건으로 작용하였다. 이러한 이유로 Pedal과 Steering Wheel을 운전자가 자유롭게 조정할 수 있는 Seating Buck이 제작되었고, Seating Buck에서의 실험에서는 운전자가 선호하는 최적자세에 있어서 개인차가 심하게 나타남

이 확인되었다(Porter and Gyi, 1998).

따라서 Pedal, Steering Wheel, Seat으로 구성되는 자동차 운전 환경 설계요소들의 설정에 따른 소비자의 다양한 운전자세를 쉽게 표현하고, 이들 사이의 관계를 설계에 반영시키며, 기존의 자동차 외형 설계와의 접목을 시도하기 위한 보다 현실적이고 적용이 용이한 방법론의 연구가 필요하다. 본 연구에서는 실차를 중심으로 한 운전자세를 조사분석하여 이들을 쉽게 표현하고 그 결과를 자동차설계에 반영할 수 있게 하는 방법론을 제안하였고, 이를 통하여 운전환경 설계요소 사이의 관계를 규명하였다. 본 연구를 위한 세부목표는 다음과 같다.

- 1) Pedal과 Steering Wheel이 고정되어 있고 Seat만이 조정가능한 기존의 자동차에서 운전자들의 실제 운전자세를 측정하여 실차에서의 운전자세를 파악한다.
- 2) Pedal, Steering Wheel, Seat의 운전환경 설계요소 모두가 조정가능한 Seating Buck에서 운전자들의 운전자세를 측정하여 실차에서의 운전자세와 비교한다.
- 3) Seating Buck에서의 운전자세에 대한 운전환경 설계요소간 관계에 있어서의 특징을 추출한다.
- 4) 실험을 통하여 운전환경 설계요소간 관계에 있어서의 특징이 Percentile에 따라서 변함없이 유지됨을 증명한다.
- 5) 운전환경 설계요소간 관계에 따른 운전성능의 변화와 주관적 불편도를 예측한다.

1.2 관련연구

초기의 운전자세에 대한 Rebuffer(1969)의 연구에서는 관절각도는 단순히 관절동작범위의 중간 영역(Mid-range Joint Angle)이 가장 좋다는 이론적 가정하에 편안한 운전자세를 결정하였다. 그러나 편안한 운전자세는 Seat에 의해서만 결정되는 것이 아니라 Pedal, Steering Wheel 등의 위치도 함께 고려해야 한다는 것을 알게 되었고, Diffrient(1985), Grandjean(1980), Porter (1998)는 이러한 요소들을 고려한 새로운 관절각도의 설계지침을 제시하였다. <표 1>은 그 대표적 예를 보여주고 있다. 이러한 편안한 자세에서의 관절각도에 관한 설계지침은 운전환경 설계요소가 조정가능(Adjustable)한 상황에서의 결과가 아니라 Pedal, Steering Wheel이 고정된 상태에서의 결과이다. 이러한 점을 보완하기 위해 Gyi(1998)는 운전환경 설계요소가 조정가능한 Adjustable Seating Buck을 제작하여 운전 자세를 측정하였다. 이 실험에서 Pedal, Steering Wheel 그리고 Seat의 설정이 실제 차량에서와는 다르게 나타났으며, 개인차도 심하게 나타남을 확인하였다.

위에서 살펴본 바와 같이 편안한 운전자세를 위한 설계지침에서 제시되는 관절 각도의 범위가 매우 크기 때문에 범위 내에서 하나의 자세를 선택하여 SgRP나 Seat Track 설정에 이용하는 것은 어렵다. 따라서 Roe(1973)가 구체적 Seat Position에 대한 연구를 진행하였고, 연구의 결과로서 HP의 높이가 높아지면

표 1. Comfortable Seating Posture

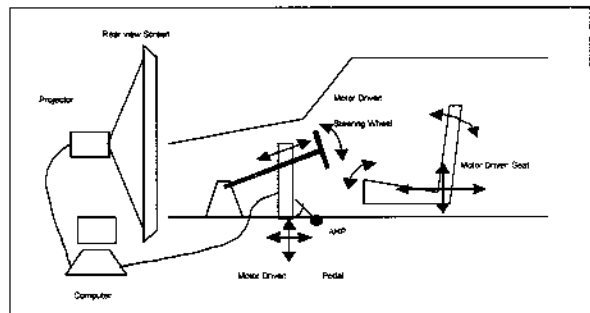
| Seg -ment | Grandjean (1980) | Diffrient (1985) | Porter & Gyi (1998) |
|-----------|------------------|------------------|---------------------|
| Foot      | 90° - 110°       | 85° - 100°       | 80° - 113°          |
| Knee      | 95° - 134°       | 95° - 135°       | 99° -138°           |
| Hip       | 95° - 120°       | 100° - 120°      | 90° -115°           |

운전자는 앞으로 Seat을 이동한다는 사실을 알아냈다. 이러한 결과로부터 Philippart(1984)는 HP의 높이와 AHP에 대한 HP의 수평거리 사이의 관계를 도출하고 이를 Sear Position Model로 만들었다. 또한 Schneider(1979)는 Seat의 위치에는 AHP와 SWP가 복잡하게 관련되어 영향을 주고 있음을 확인하였다.

신원경(1997)은 한국인의 운전자세가 서양인의 운전자세와 다르다는 가정하에 주로 서양인의 인체치수와 운전자세에 맞추어진 국내 자동차의 내부설계를 평가하고 개선점을 제시하였다. 박성준(1999)은 한국인을 대상으로 운전자세를 파악하여 운전자의 신체크기에 따라서 편안한 운전자세가 변하지 않는다는 사실을 알아냈다. 또한 이상규(1997)는 편안한 운전 자세에서의 관절각도범위가 크다는 문제점을 해결하기 위하여 한국인 운전자를 대상으로 실험을 수행하였고, 한국인 운전자가 선호하는 운전자세를 찾았다. 이 실험에서는 실제 차량을 이용하여 내외부 구성요소들의 Dimension이 실제와 같은 Seating Buck을 제작하였으며, 운전자가 느끼는 불편도와 운전자의 운전성능을 종속변수로 하여 여러 가지 운전자세를 평가해 보았다. <그림 1>은 제작된 Seating Buck의 구성요소와 Driving Simulation 상황을 보여준다.



(a) Seating Buck에서의 시뮬레이션.



(b) Seating Buck의 구성요소.

그림 1. Seating Buck.

<그림 2>는 결과로 얻어진 Percentile별 최적 Hip Point의 위치와 그에 따른 Seat Track을 나타낸다. 이러한 결과는 한국인의 최적 Hip Point의 분포가 미국인을 기준으로 한 SgRP보다 상당히 앞으로 나오고 있으며 높이의 차는 심하지 않은 것을 보여준다. 이는 한국인 체형이 미국인에 비해 하지는 짧으며 상지는 비슷하거나 약간 긴 특징으로 설명되어질 수 있다. 50 Percentile의 경우 한국인이 미국인보다 하지는 약 8.9 cm 짧고, 앉은 눈 높이의 경우 약 0.4 cm 길다(국민표준체위 조사보고서, 1992).

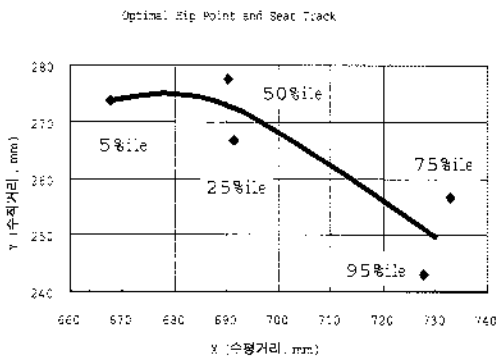


그림 2. Percentile별 최적 Hip Point와 Seat Track (AHP 기준).

## 2. 연구방법

### 2.1 삼각기법(Triangular Method)

삼각기법은 <그림 3>에서와 같이 운전환경 설계요소 사이의 관계를 AHP, SWP, HP를 잇는 삼각형의 위치, 크기, 모양으로 나타내는 방법이다. 실제로는 이 점들이 <그림 3>에서 보는 바와 같이 2차원 평면 위에 존재하지 않지만, 자동차 Seating Packaging 설계에 있어서 AHP, SWP, HP는 좌우방향의 움직임보다 전후, 상하방향의 움직임이 관심의 대상이기 때문에, 본 연구에서는 좌우방향으로의 배치는 고정되어 있다고 가정하여 세 점을 한 평면에 투사시킨 2차원에서의 삼각형을 고려하였다. 삼각형의 위치는 AHP의 좌표 및 AHP와 SWP를 잇는 선분이 수평면과 이루는 각도에 의해서 결정된다. 삼각형의 크기는 삼각형 세 변의 길이로서 결정되며, 삼각형의 모양은 삼각형 세 내각의 크기로 결정된다.

삼각기법을 적용할 때는, 이 중에서 삼각형의 특징을 대변하는 몇 가지 파라미터만을 추출하여 사용한다. 삼각형을 구성하기 위해서는 한 변과 그 양끝각이 필요하므로 본 연구에서도 삼각형의 한 변과 양끝각을 중심으로 파라미터를 추출하였다. 즉, 삼각형의 위치는 AHP의 좌표  $(x_1, y_1)$ 과 AHP-SWP 변과 수평면이 이루는 각  $\delta$ 로, 삼각형의 모양은 AHP-SWP 변의 양끝각인  $\alpha, \beta$ 로, 그리고 삼각형의 크기는 AHP-SWP 변의 길

이  $a$ 로 나타내게 된다. 길이  $a$ 로 삼각형의 크기를 대변함으로써 기존의 고정되어 있던 Pedal과 Steering Wheel이 조정가능하게 된 상황에서의 특징을 고려할 수 있다.

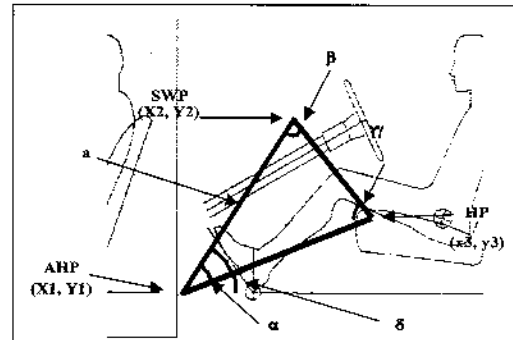


그림 3. 운전환경 설계요소를 잇는 삼각형.

## 3. 예비실험

### 3.1 실험 기기

본 연구에서는 조정가능한 Pedal, Steering Wheel 그리고 Seat를 장착한 Seating Buck을 이용하였다. Seating Buck의 Controller는 운전자의 조작에 따라 발생하는 신호를 컴퓨터의 Interface Card로 전송하여 운전자가 조작하는 대로 주행화면이 변할 수 있도록 하며, 이와 동시에 탈선시간(Tracking Error Time), 제동 반응시간(Braking Reaction Time)을 측정할 수 있도록 하였다. 또한 운전자세의 측정을 위하여 3차원 좌표측정기를 이용하였다. 3차원 좌표측정기는 4개의 Link와 4개의 Joint로 이루어져 있으며, Link의 길이와 각각의 Link가 이루는 각도를 측정함으로써 Point의 3차원 좌표를 측정할 수 있게 하였다(박태영, 1998).

### 3.2 운전환경 설계요소 설정측정

운전자들이 선호하는 운전환경 설계요소의 설정을 알아보기 위하여 실차에서의 Seating Buck에서의 운전자세를 각기 측정하였다. 측정의 특성상 하체의 길이, 앉은 키 또는 팔길이 등의 세분화된 신체크기에 대한 Percentile로 구분하여 측정하는 것이 옳지만, 이것들을 모두 고려하여 운전자세를 조사하기가 쉽지 않았다. 또한 이것들과 신장 사이에 높은 양의 상관관계가 존재하기 때문에 본 측정에서는 신장에 대하여 신체크기를 구분하여 50, 75, 95 Percentile의 피실험자가 참여하였다. <그림 4>는 실차에서의 운전자가 선호하는 운전환경 설계요소의 위치를 나타낸다. 그림에서 X축은 전후방향을 나타내며 운전자를 기준으로 뒤쪽 방향이 +가 된다. Y축은 상하방향을 나타내며 AHP를 기준으로 위쪽 방향이 +가 된다. 실차측정에서는

여러 가지 종류의 자동차가 측정대상이었기 때문에 임의의 점을 기준으로 AHP, SWP, HP 모두의 좌표를 결정할 수 없었다. 따라서 모든 차량에 대해 AHP를 원점으로 놓고, AHP에 대한 SWP와 HP의 상대적 좌표를 얻었다. SWP가 넓은 영역에 분포하고 있는 것은 차종에 따른 차이와 일반 차종에서도 조정가능한 Steering Wheel 기울기각도의 변화 때문이다.

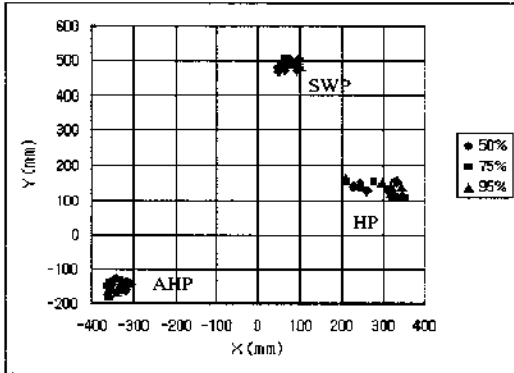


그림 4. 실차에서의 운전환경 설계요소 설정.

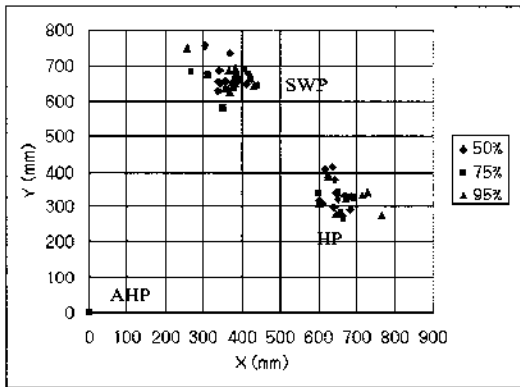


그림 5. Seating Buck에서의 운전환경 설계요소 설정.

<그림 5>는 Seating Buck에서의 운전자가 선호하는 운전환경 설계요소의 위치를 나타낸다.

Seating Buck 측정에서는 차량 위의 임의의 한 점을 원점으로 잡았기 때문에 이 점을 기준으로 AHP, SWP, HP 모두의 좌표를 측정할 수 있었다. 실차에서와는 달리 Pedal과 Steering Wheel도 조정가능하기 때문에 AHP와 SWP가 일정 구간에 분포하고 있음을 확인할 수 있다. SWP가 실차에 비하여 넓게 분포하지 않는 것은 하나의 Seating Buck에서 동일한 조건을 가지고 측정하였고, Pedal이 조정가능해졌기 때문이라고 생각된다.

### 3.3 삼각기법의 적용

Percentile 별 운전환경 설계요소 설정의 차이를 보다 쉽고 정확하게 파악하기 위하여 삼각기법을 이용하여 측정자료를 분

석하였다. 측정자료에서부터 AHP, SWP, HP를 잇는 삼각형을 생각하고, 이 삼각형의 위치, 모양, 크기로부터 Percentile별 차이를 도출해 내었다. 예비실험에서는 이해를 도모하기 위하여 모든 파라미터를 사용하여 분석하였다. <표 2>는 실차에서의 운전환경 설계요소를 삼각기법과 T-test를 이용하여 분석한 결과 중 Percentile 별 유의한 차이를 보이는 파라미터를 보여준다. <표 2>에서 보듯이 삼각형의 내각 중  $\beta$ 와  $\gamma$ 가 95 Percentile과 50 Percentile에 있어서 유의한 차이가 있음을 알 수 있다.

표 2. 실차에서의 파라미터 비교

| 파라미터     | %ile별 비교  | p-value |
|----------|-----------|---------|
| $\beta$  | 95% > 50% | 0.0172  |
| $\gamma$ | 95% < 50% | 0.0232  |
| $c$      | 95% > 50% | 0.0443  |
| X3       | 95% > 50% | 0.0379  |

이것은 Percentile에 따라 삼각형의 모양이 변하고 있음을 나타낸다. Percentile에 따라서 AHP-SWP를 잇는 변의 길이  $a$ 에 유의한 차이가 없는 것은 실차에서 Pedal이 한 점에 고정되어 있고 Steering Wheel 역시 약간의 Tilt Angle만이 조절가능하기 때문이라고 생각된다. 따라서 삼각기법을 이용하게 되면 실차에서는 Percentile에 따른 삼각형 모양의 변화가 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 Pedal과 Steering Wheel이 고정된 상태에서의 운전환경 설계요소 설정의 큰 특징이며, Pedal과 Steering Wheel이 고정되어 있기 때문에 Sear만을 조정하며 최적 위치를 찾기 때문에 생기는 결과라고 할 수 있다. <표 3>은 Seating Buck에서의 운전환경 설계요소를 삼각기법과 T-test를 이용하여 분석한 결과 중 Percentile 별 유의한 차이를 보이는 파라미터를 보여준다.

표 3. Seating Buck에서의 파라미터 비교

| 파라미터  | %ile별 비교  | p-value |
|-------|-----------|---------|
| $a$   | 95% > 75% | 0.0075  |
|       | 95% > 50% | 0.0001  |
|       | 75% > 50% | 0.0096  |
| $c$   | 95% > 50% | 0.0355  |
| $Y_1$ | 95% < 50% | 0.0076  |
|       | 95% < 75% | 0.0177  |
| $Y_2$ | 95% > 50% | 0.0134  |

<표 3>에서 보는 바와 같이 Seating Buck에서의 운전환경 설계요소 설정은 Percentile에 따라 삼각형의 크기가 변하고 있는

것에서 특징을 찾아볼 수 있다. Pedal과 Steering Wheel이 자유롭게 조정가능한 상황에서 운전자들은 자신의 신체크기에 맞게 Pedal과 Steering Wheel을 조정하게 되고, 이것의 결과로서 AHP-SWP를 잇는 변의 길이  $a$ 와 AHP, SWP의 Y좌표인  $Y_1, Y_2$ 가 변하게 된다. 하지만 무엇보다도 중요한 설정의 특징은 삼각형의 세 내각  $\alpha, \beta, \gamma$ 와 AHP-SWP를 잇는 선분이 수평면과 이루는 각  $\delta$ 가 Percentile에 관계없이 어느 정도의 범위에서 일정하게 유지된다는 것이다. 이러한 결과는 Pedal과 Steering Wheel이 조정가능하게 됨에 기인하는 것으로 생각되며, Percentile에 따라서 편한 자세(Comfortable Posture)가 달라지지 않음을 의미한다고 할 수 있다. Seating Buck에서의 운전환경 설계 요소 설정에 삼각기법을 적용하게 되면, Percentile에 따라서 삼각형의 크기에는 변화가 생기지만 근본적으로 삼각형의 모양에는 변화가 없음을 알 수 있고, 이러한 결과로서 Percentile에 따른 선호 운전자세는 변화가 없다는 가정을 할 수 있다.

### 3.4 운전환경 설계요소 배치비교

운전환경 설계요소가 일부 고정된 실차에서와 모두 조정가능한 Seating Buck에서의 운전환경 설계요소 설정에 차이가 있음을 확인하였다. 이를 구체적으로 살펴보기 위하여 삼각기법을 적용하여 비교하면 <그림 6>과 같다.

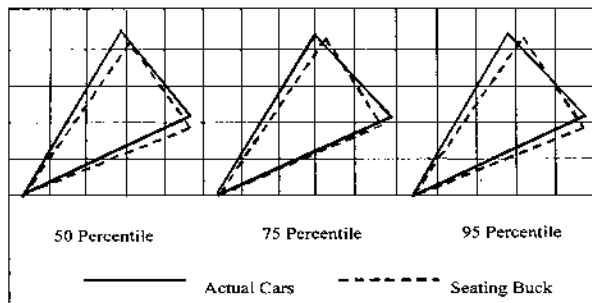


그림 6. 실차와 Seating Buck에서의 설정비교.

<그림 6>은 실차와 Seating Buck에서의 삼각형을 비교하기 위해서 AHP를 한 점에 일치시킨 후 비교한 결과이다. 그림에서 보듯이 Seating Buck에서의 삼각형이 실차에서의 삼각형보다 시계방향으로 기운 것을 확인할 수 있다. 또한 Percentile에 따라서 삼각형의 크기가 변하고 있음을 볼 수 있다. 즉, 50 Percentile의 경우 Seating Buck에서의 삼각형이 실차의 경우보다 더 작고, 95 Percentile의 경우는 그 반대의 결과가 나타난다. 위의 결과들에서 실차와 비교하여 Seating Buck에서의 삼각형이 가지는 중요한 특징을 확인하였다. Percentile에 상관없이 삼각형의 모양이 일정범위 안에서 유지된다는 것이다. 이렇게 되면 AHP, SWP만 결정되면 HP를 어려움 없이 구할 수 있게 되고, 이것은 자동차설계에 중요한 설계지침으로 적용될 수 있게 된다. 본 연구에서는 이러한 특징을 확인하기 위한 실험을 수행하였다.

## 4. 본실험

### 4.1 피실험자

피실험자는 운전면허를 소지하고 운전경력이 있는 50 Percentile 5명과 95 Percentile 4명의 남자 대학원생 9명을 대상으로 하였다.

### 4.2 실험계획

#### 4.2.1 독립변수

Percentile에 따라서 삼각형의 모양이 변하지 않음을 확인하기 위하여 삼각형의 모양변화에 가장 큰 영향을 미치는 요인인 Seat의 전후방향( $X_3$ ) 움직임과 상하방향( $Y_3$ ) 움직임을 독립변수로 결정하였다. AHP와 SWP의 좌표는 예비조사에서 얻어진 50 Percentile과 95 Percentile의 평균점으로 고정하였다. 이것은 AHP, SWP가 HP에 비하여 변화가 적을 뿐 아니라, 실험의 목적이 운전환경 설계요소 사이의 최적배치를 결정하는 것이 아니고 운전환경 설계요소 사이의 관계를 알아보고자 하는 것이기 때문이다.

#### 4.2.2 종속변수

삼각형 모양의 변화에 따른 운전성능의 차이를 알아보기 위해 작업수행시간(Completion Time), 탈선시간(Tracking Error Time), 그리고 제동반응시간(Braking Reaction Time)의 객관적 종속변수와 주관적 불편도(Subjective Discomfort Rating)의 주관적 종속변수를 이용하였다. 작업수행시간은 주어진 운전구간을 주행하는 데 걸리는 시간이며, 탈선시간은 차선을 탈선하여 주행한 시간의 총합이 된다. 또한 제동반응시간은 한 구간의 주행시 발생하는 6번의 돌발신호에서 제동반응까지의 시간을 말한다. 이 세 가지가 운전성능을 평가하는 객관적 지표로 사용되었다. 마지막으로 주관적 불편도는 주어진 운전환경 설계요소의 배치에서 운전자가 느끼게 되는 신체 전반에 대한 주관적인 불편도(Whole Body Discomfort)로서 7-point scale을 채택하였다. 주관적 불편도의 조사는 설문문의 형태로 이루어졌으며, 각각의 실험조건에서 운전 시뮬레이션을 마친 피실험자에게 운전중 신체 각 부위에서 느끼는 불편도와 Steering Wheel, Pedal, Gear 등을 조작함에 있어서의 불편도, 그리고 Head/Knee Clearance 등을 종합적으로 고려하여 평가하게 하였다. 7-point 중 1번은 불편이 없는 편안한 상태를 나타내고, 7번으로 갈수록 불편도가 증가함을 나타낸다.

#### 4.2.3 실험조건(Treatment Conditions)

본 실험은 Seat의 전후, 상하방향 이동을 변수로 하는 Within Subject, Central Composite Design으로 구성하였다. Within Subject Design이란 모든 피실험자가 각각의 실험조건을 모두 한번씩

수행하도록 실험을 설계하는 것을 말한다. 또한 실험분석방법인 반응표면(반응 표면) 분석방법에서 널리 이용되며 경제적 데이터 획득에 도움이 되는 Central Composite Design을 채택하였다.

k인자 Central Composite Design에서는  $2k + 2^k + 1$ 개의 실험조건이 형성되므로 본 실험의 경우  $2*2 + 2^2 + 1 = 9$ 개의 실험조건이 만들어진다. 따라서 피실험자들은 모든 실험조건에서 한번씩 실험을 수행하여 총 9번의 실험을 수행하게 된다. <표 4>는 실험조건을 설명해 준다.

표 4. 독립변수의 수준 (mm)

| 수준<br>변수 | -1.414 | -1  | 0   | 1   | 1.414 |
|----------|--------|-----|-----|-----|-------|
| $X_3$    | 179    | 210 | 285 | 360 | 391   |
| $Y_3$    | 99     | 110 | 137 | 164 | 175   |

<표 4>에서  $X_3$ 와  $Y_3$ 의 범위는 예비실험에서 얻은 측정값의 범위를 모두 포함하게 정하였으며, 측정의 편의를 위해 Seating Buck 위에 임의로 선정된 기준점에 대한 상대적 좌표로 표시하였다.

4.3 실험방법

실험의 목적이 운전환경 설계요소의 최적배치가 아닌 운전환경 설계요소 사이의 최적관계를 알아보는 것이므로, HP를 제외한 나머지 운전환경 설계요소인 AHP, SWP는 예비실험에서 얻은 50 Percentile과 95 Percentile의 평균값에 고정하였고, 그 값들은 <표 5>와 같다.

표 5. 고정된 AHP, SWP의 좌표값 (mm)

| 좌표     |     | X      | Y      |
|--------|-----|--------|--------|
| 50%ile | AHP | -320.3 | -142.7 |
|        | SWP | 65.6   | 484.3  |
| 95%ile | AHP | -348.9 | -160.7 |
|        | SWP | 76.3   | 498.4  |

실험은 제작된 Seating Buck에서 수행되었으며, 9개의 실험조건에 대해서 임의의 순서로 진행되었다. 실험이 진행되면서 피실험자가 시뮬레이션에 적응하여 운전성능이 좋아지는 학습효과(Learning Effect)를 없애기 위하여 피실험자는 실험에 참여하기 전 Seating Buck에서의 운전을 익혔다. 이때의 운전상황은 본 실험에서의 운전상황과 다르게 시뮬레이션 프로그램의 Map Editor를 사용하여 수정하였다. 본 실험에서는 피실험자로 하여금 하나의 실험조건에서 일정구간을 차선을 엄수하면서 최대한 빨리 주행하도록 하였다. 하나의 실험조건에 대해서

실험을 끝낸 후에는 주관적 불편도를 측정하였고, 실험조건간 불편도의 차이를 확실히 하기 위해서 1분간의 휴식시간을 주었다.

5. 실험 결과

5.1 분산분석 결과

분산분석은 전후방향 좌표  $X_3$ , 상하 방향 좌표  $Y_3$ 에 대한 2차항까지에 대해서 수행되었다. 작업수행시간과 탈선시간의 경우 피실험자에 따라서 상당한 차이를 보이기 때문에, 분석을 위하여 피실험자별로 0~100 사이의 척도로 아래의 식에 의해서 표준화하였다.

$$\text{Standardized value} = 100 \times \frac{(\text{Raw Data} - \text{Minimum Data})}{(\text{Maximum Data} - \text{Minimum Data})}$$

또한 작업수행시간과 탈선시간 사이에는 상관관계가 있는 것으로 생각이 되었다. 실험을 진행하면서 주행속도가 빨라질수록 탈선시간이 늘어나는 것이 관찰되었고, 이는 곧 작업수행시간이 짧아질수록 탈선시간이 길어지는 결과로 나타났다. 따라서 표준화시킨 작업수행시간과 탈선시간을 합산하여 새로운 종속변수를 만들었다.

표 6. 분산분석 결과 (p-value)

|            |             | CT    | TET   | BRT   | SDR   | CT + TET |
|------------|-------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 50<br>%ile | $X_3$       | 0.015 | 0.115 | 0.010 | 0.000 | 0.000    |
|            | $Y_3$       | 0.571 | 0.895 | 0.687 | 0.001 | 0.097    |
|            | $X_3^2$     | 0.018 | 0.087 | 0.003 | 0.000 | 0.000    |
|            | $X_3 * Y_3$ | 0.551 | 0.894 | 0.711 | 0.004 | 0.227    |
|            | $Y_3^2$     | 0.683 | 0.844 | 0.764 | 0.001 | 0.180    |
| 95<br>%ile | $X_3$       | 0.028 | 0.512 | 0.000 | 0.000 | 0.000    |
|            | $Y_3$       | 0.706 | 0.921 | 0.120 | 0.007 | 0.038    |
|            | $X_3^2$     | 0.038 | 0.604 | 0.000 | 0.000 | 0.00     |
|            | $X_3 * Y_3$ | 0.523 | 0.743 | 0.286 | 0.002 | 0.090    |
|            | $Y_3^2$     | 0.793 | 0.982 | 0.202 | 0.004 | 0.088    |

□ : 유의한 차이가 있음 (유의 수준: 0.05)

$X_3$ : Seat의 전후방향 좌표

$Y_3$ : Seat의 상하방향 좌표

CT: 표준화된 작업수행시간

TET: 표준화된 탈선시간

BRT: 제동반응시간

SDR: 주관적 불편도

CT+TET: 작업수행시간 및 탈선시간

<표 6>의 분산분석은 표준화된 작업수행시간과 탈선시간에 대하여 수행한 결과이다. 분산분석결과 50, 95 Percentile 모두에 있어서 전후방향 좌표인  $X_3$ 가 유의한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 상하방향 좌표인  $Y_3$ 의 경우에는 주관적 불편도를 제외하고는 거의 영향이 없다. 탈선시간의 경우 영향을 미치는 요인이 없으며, 주관적 불편도의 경우  $X_3$ ,  $Y_3$ 와 이들의 상호작용 등이 모두 유의한 영향을 미치고 있다. 표준화된 작업수행시간과 탈선시간을 더한 값의 경우  $X_3$ ,  $Y_3$ 가 유의한 영향을 끼치고 있음을 볼 수 있다.

5.2 회귀분석

ANOVA 결과 유의한 Factor들을 중심으로 작업수행시간 및 탈선시간과 주관적 불편도를 종속변수로 하여 2차 Regression을 수행하였고, 이를 바탕으로 반응표면을 생성하였다.

5.2.1 작업수행시간 및 탈선시간 (CT+TET)

50 Percentile

표준화된 작업수행시간과 탈선시간을 합산한 값을 종속변수로 2차 Regression을 수행한 결과는 다음과 같고, 이 Regression 식에 의해 생성된 반응표면은 <그림 7>과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Completion Time + Tracking Error Time} \\ = 1519.50 - 76.46 * x_3 - 53.53 * y_3 + 1.20 * x_3^2 + 0.41 * x_3 * y_3 + 1.49 * y_3^2 \end{aligned}$$

(R2=0.7470)

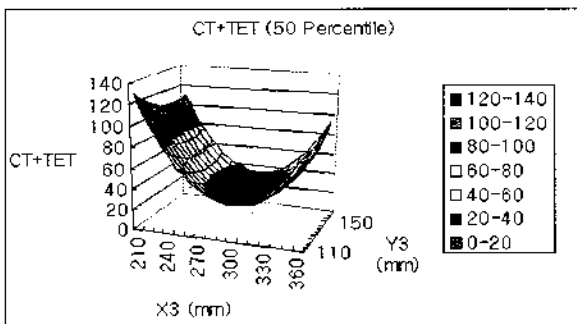


그림 7. 50 %ile (CT+TET)의 반응표면.

위와 같은 반응표면을 바탕으로 최소 (CT+TET)를 나타내는 Seat의 최적점은  $X_3 = 294.1mm$ ,  $Y_3 = 139.0mm$ 가 된다. 실험에서 고정시킨 50 Percentile의 AHP, SWP와 결과로 얻어진 Seat의 최적점을 이용하여 삼각형의 내각을 구해 보면  $\alpha=33.53^\circ$ ,  $\beta=65.49^\circ$ ,  $\gamma=80.98^\circ$ 가 된다.

95 Percentile

표준화된 작업수행시간과 탈선시간을 합산한 값을 종속 변

수로 2차 Regression을 수행한 결과는 다음과 같고, 이 Regression 식에 의해 생성된 반응표면은 <그림 8>과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Completion Time + Tracking Error Time} \\ = 1594.19 - 67.05 * x_3 - 82.83 * y_3 + 0.95 * x_3^2 + 0.71 * x_3 * y_3 + 2.35 * y_3^2 \end{aligned}$$

(R2=0.6496)

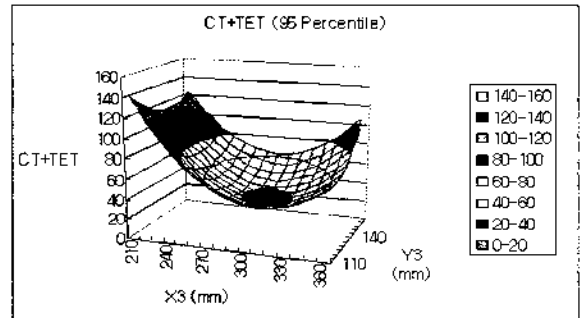


그림 8. 95%ile (CT+TET)의 반응표면.

위와 같은 반응표면을 바탕으로 최소 (CT+TET)를 나타내는 Seat의 최적점은  $X_3 = 303.4mm$ ,  $Y_3 = 130.6mm$ 가 된다. 실험에서 고정시킨 95 Percentile의 AHP, SWP와 결과로 얻어진 Seat의 최적점을 이용하여 삼각형의 내각을 구해 보면  $\alpha=33.10^\circ$ ,  $\beta=65.57^\circ$ ,  $\gamma=82.33^\circ$ 가 된다.

5.2.2 주관적 불편도 (SDR)

50 Percentile 주관적 불편도

주관적 불편도를 종속변수로 2차 Regression을 수행한 결과는 다음과 같고, 이 Regression 식에 의해 생성된 반응표면은 <그림 9>와 같다.

$$\begin{aligned} \text{Subjective Discomfort Rating} \\ = 68.87 - 3.02 * x_3 - 3.39 * y_3 + 0.04 * x_3^2 + 0.03 * x_3 * y_3 + 0.09 * y_3^2 \end{aligned}$$

(R2=0.8583)

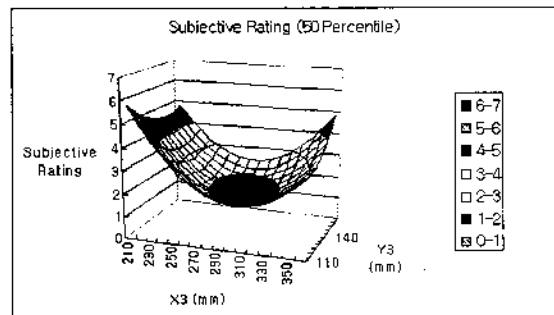


그림 9. 50 %ile 주관적 불편도의 반응표면.

위와 같은 반응표면을 바탕으로 최소 주관적 불편도를 나타내는 Seat의 최적점은  $X_3 = 295.8\text{mm}$ ,  $Y_3 = 133.9\text{mm}$ 가 된다. 실험에서 고정시킨 50 Percentile의 AHP, SWP와 결과로 얻어진 Seat의 최적점을 이용하여 삼각형의 내각을 구해 보면  $\alpha = 33.98^\circ$ ,  $\beta = 65.30^\circ$ ,  $\gamma = 80.72^\circ$ 가 된다.

95 Percentile 주관적 불편도

주관적 불편도를 종속변수로 2차 Regression을 수행한 결과는 다음과 같고, 이 Regression 식에 의해 생성된 반응표면은 <그림 10>과 같다.

Subjective Discomfort Rating

$$= 68.80 - 2.98 * x_3 - 3.57 * y_3 + 0.04 * x_3^2 + 0.03 * x_3 * y_3 + 0.10 * y_3^2$$

(R<sup>2</sup>=0.8543)

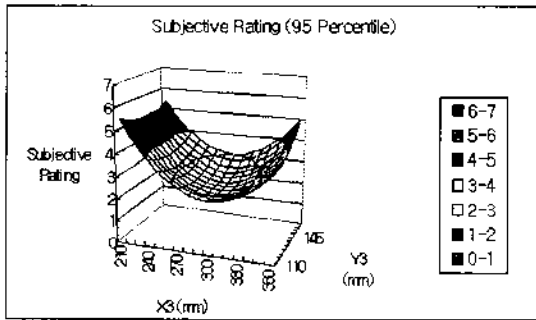


그림 10. 95%ile 주관적 불편도의 반응표면.

위와 같은 반응표면을 바탕으로 최소 주관적 불편도를 나타내는 Seat의 최적점은  $X_3 = 304.0\text{mm}$ ,  $Y_3 = 124.8\text{mm}$ 가 된다. 실험에서 고정시킨 95 Percentile의 AHP, SWP와 결과로 얻어진 Seat의 최적점을 이용하여 삼각형의 내각을 구해 보면  $\alpha = 33.54^\circ$ ,  $\beta = 64.24^\circ$ ,  $\gamma = 82.22^\circ$ 가 된다.

이와 같은 실험결과를 요약하여 나타낸 삼각형의 내각의 크기는 <표 7>과 같다.

표 7. 최적 삼각형 내각의 크기

|        |     | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|--------|-----|----------|---------|----------|
| CT+TET | 50% | 33.53    | 65.49   | 80.98    |
|        | 95% | 33.10    | 65.57   | 82.33    |
| SDR    | 50% | 33.98    | 65.30   | 80.72    |
|        | 95% | 33.24    | 64.24   | 82.22    |

6. 토의

6.1 작업 수행 시간

작업수행시간은 피실험자가 주어진 구간을 주행하는 데 걸린 시간을 말한다. 작업수행시간의 경우는 전후방향 좌표인  $X_3$ 가 유의한 영향을 미치고, 상하방향 좌표인  $Y_3$ 의 경우는 영향을 주지 않음을 알 수 있다. <그림 11>은  $X_3$ 에 대한 작업수행시간의 변화경향을 보여 준다.

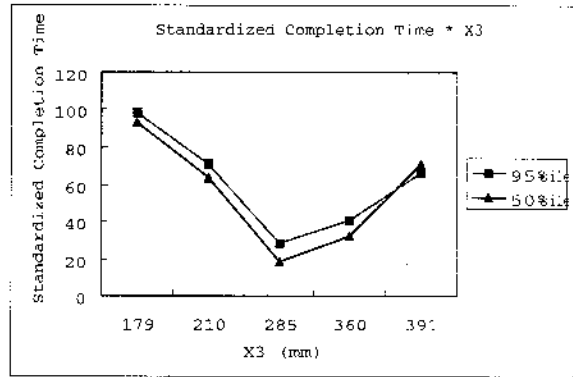


그림 11. Seat의 전후이동 \* 작업수행시간.

그림에서 볼 수 있듯이 50 Percentile, 95 Percentile 모두에 있어서 Seat가 전후방향 극단점으로 갈수록 작업수행시간이 늘어남을 알 수 있다. 또한 Seat가 뒤쪽 극단점에 위치해 있을 때보다 앞쪽 극단점에 위치해 있을 때의 작업수행시간이 더 증가함을 확인할 수 있다. 이것은 Seat가 앞으로 갈수록 Steering Wheel의 조작이 어려워지고, Steering Wheel 자체가 Pedal 조작에 장애물로서 작용하기 때문이다. 작업수행시간이 오래 걸린다는 것은 운전환경 설계요소의 부적절한 설정으로 인하여 Pedal, Steering Wheel 그리고 Gear 등의 조작능률이 떨어짐을 의미한다.

$Y_3$ 의 경우에는 예비 조사의 결과에서도 알 수 있듯이  $X_3$ 에 비하여 변화하는 범위가 작다. 따라서  $Y_3$ 가 작업수행시간에 영향을 주지 않는 것은 작은 범위 내에서 Seat가 상하이동을 하더라도 Steering Wheel, Pedal 또는 Gear의 조작에 큰 영향을 미치지 않기 때문이라고 생각된다.

6.2 탈선시간

탈선시간은 주어진 구간을 주행하는 중, 도로를 벗어난 총 시간을 합산한 결과이다. 탈선시간의 경우는 Seat의 전후방향, 상하방향 좌표  $X_3$ ,  $Y_3$  모두가 유의한 영향을 주지 않고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 탈선시간과 작업수행시간 사이의 관계에 기인한다고 할 수 있다. 동일한 운전자가 동일한 구간



을 주행한다고 하더라도, 작업수행시간이 긴 경우는 탈선시간이 짧아지고, 작업수행시간이 짧은 경우는 탈선시간이 길어짐을 관찰할 수 있었다. 따라서 탈선 시간만을 Seat의 위치변화에 따른 운전성능변화의 지표로 하는 것은 의미가 없다고 할 수 있겠다.

### 6.3 제동반응시간

제동반응시간은 주어진 구간에서 발생하는 총 6번의 돌발상황에 대하여 돌발신호가 주어진 시간부터 운전자가 Brake Pedal을 밟기까지의 시간을 합산한 결과이다. 제동반응시간의 경우도 작업수행시간의 결과와 유사하게 Seat의 전후방향 좌표인  $X_3$ 에 의해서 영향을 받는 것으로 나타났고, 상하 방향 좌표인  $Y_3$ 의 경우는 제동반응시간에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. <그림 12>는  $X_3$ 에 대한 제동반응시간의 변화경향을 보여준다.

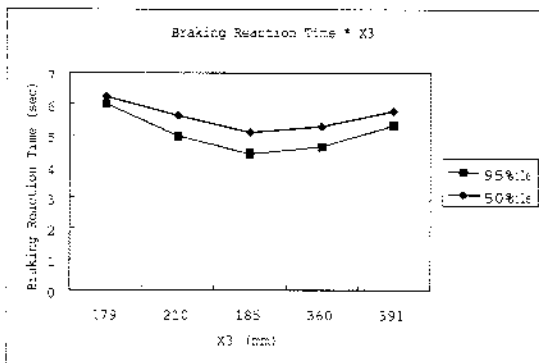


그림 12. Seat의 전후이동 \* 제동반응시간.

그림에서 볼 수 있듯이 제동반응시간은 작업수행시간과 비슷한 경향을 보여주고 있다. 50 Percentile, 95 Percentile 모두에 있어서 Seat이 전후방향 극단점으로 갈수록 제동반응시간이 늘어남을 알 수 있다. 또한 Seat가 뒤쪽 극단점에 위치해 있을 때보다 앞쪽 극단점에 위치해 있을 때의 작업수행이 더 오래 걸림을 확인할 수 있다. 이것은 작업수행시간에서의 경우와 마찬가지로 Seat가 앞으로 갈수록 Steering Wheel 자체가 Pedal 조작에 장애물로서 작용하기 때문이다. 여기에서 작업수행시간의 결과가 제동반응시간의 결과에 영향을 받았다고 생각할 수 있다. 실제로 주어진 구간에서는 6번의 돌발상황이 발생하고, 돌발상황에서는 Brake와 Accelerate Pedal을 조작해야 한다. 즉, 제동반응시간이 증가하였다는 것은 그만큼 작업수행시간에 영향을 주게 된다. Seat의 상하방향 좌표인  $Y_3$ 는 제동반응시간에 있어서도 유의한 영향을 미치고 있지 않다. 이것도 작업수행시간에서와 같이  $Y_3$ 의 변화범위가 작기 때문이라고 생각된다. 따라서 Seat의 상하이동은 작업수행시간이나 제동반응시간 등의 운전성능과는 큰 관련이 없다고 할 수 있다. 작업수

행시간에서와 마찬가지로 Seat의 전후방향 이동에 따른 제동반응시간의 변화는 운전환경 설계요소의 부적절한 배치로 인하여 Pedal, Steering Wheel 그리고 Gear 등의 조작 능률이 떨어짐을 의미한다.

### 6.4 작업수행시간 및 탈선시간

작업수행시간 및 탈선시간의 경우 Seat의 전후방향 좌표인  $X_3$ 가 유의한 영향을 미치며, 상하방향 좌표인  $Y_3$ 에 의해서도 부분적으로 유의한 영향을 받았다.

2차항까지의 Regression 결과에 의한 Percentile별 반응표면은 <그림 7>, <그림 8>과 같고, 여기서 결정되는 최적 Hip Point, 그리고 이 Hip Point와 실험에서 고정시킨 AHP, SWP에 의해서 얻어지는 삼각형의 내각  $\alpha, \beta$ 는 <표 8>과 같다.

표 8. (CT+TET)에 의한 Hip Point와  $\alpha, \beta$

|      | $X_3$    | $Y_3$    | $\alpha$ | $\beta$ |
|------|----------|----------|----------|---------|
| 50 % | 294.1 mm | 139.0 mm | 33.53°   | 65.49°  |
| 95 % | 303.4 mm | 130.6 mm | 33.10°   | 64.57°  |

<표 8>에서 50 Percentile의 최적 Hip Point가 95 Percentile의 최적 Hip Point에 비해서 약간 앞쪽, 그리고 위쪽에 위치함을 알 수 있다. 삼각형 내각  $\alpha, \beta$ 의 경우 50 Percentile과 95 Percentile 사이에 큰 차이가 없으며, 이것은 삼각형의 내각  $\alpha, \beta$ 의 경우 Percentile에 따라 큰 차이가 없을 것이라는 결과와 일치한다. 실제로 예비조사에서 얻은 삼각형 내각  $\alpha, \beta$ 에 대한 95% 신뢰구간과 (CT+TET)에 의해 얻어진  $\alpha, \beta$ 를 비교해보면 <표 9>와 같다.

표 9.  $\alpha, \beta$ 와 신뢰구간과의 비교

|          | Lower Limit | Value   |        | Upper Limit |
|----------|-------------|---------|--------|-------------|
| $\alpha$ | 32.30°      | 50 %ile | 33.53° | 34.64°      |
|          |             | 95 %ile | 33.10° |             |
| $\beta$  | 62.73°      | 50 %ile | 65.49° | 67.19°      |
|          |             | 95 %ile | 64.57° |             |

실험에서 구해진  $\alpha, \beta$ 가 예비조사에서 얻어진 신뢰구간 안에 있는 것을 <표 9>에서 확인할 수 있다. 또한, 작업수행시간 및 탈선시간에 대한 Percentile별 Regression 식을 이용하여 Seat의 위치변화, 즉 삼각기법에서 삼각형의 모양변화에 따른 운전성능의 변화를 예측할 수 있게 된다.

6.5 주관적 불편도

주관적 불편도의 경우는 Seat의 전후방향 좌표  $X_3$ 와 상하방향 좌표  $Y_3$ , 그리고 이들의 2차항 및 교호작용이 모두 유의한 영향을 준다. 객관적 Measure들이  $Y_3$ 에 의해 영향을 받지 않는 반면, 주관적 불편도만이 상하방향 좌표에 영향을 받는 것이 특징적이다. 이것은 Seat의 위치변화, 특히 상하방향의 위치 변화에 따라서 주관적 불편도가 민감하게 변화하고 있음을 나타낸다. 이렇게 Seat의 상하이동에 따라서 주관적 불편도가 민감하게 나타나는 것은 운전자의 주관적 불편도가 단순히 신체적 불편도를 나타내는 것이 아니라 Head Clearance, Visibility를 고려한 불편도이기 때문이라고 생각된다. 즉, Seat가 아래쪽으로 이동하게 되면 Eye Point도 역시 아래쪽으로 이동하게 되고, Visibility의 확보를 위해서 상체를 일으키게 된다. 따라서 주관적 불편도가 높아지게 된다. 이와 비슷하게 Seat가 위쪽으로 이동하게 되면 Visibility와 Head Clearance의 문제가 발생한다. 더 넓은 시야와 Head Clearance를 동시에 확보하기 위하여 운전자는 앞으로 상체를 굽히게 되고, 결과적으로 주관적 불편도가 높아지게 된다.

2차항까지의 Regression 결과에 의한 Percentile별 반응표면은 <그림 9>, <그림 10>과 같고, 여기서 결정되는 최적 Hip Point, 그리고 이 Hip Point와 실험에서 고정시킨 AHP, SWP에 의해서 얻어지는 삼각형의 내각  $\alpha, \beta$ 는 <표 10>과 같다.

표 10. 주관적 불편도에 의한 Hip Point와  $\alpha, \beta$

|      | $X_3$    | $Y_3$    | $\alpha$ | $\beta$ |
|------|----------|----------|----------|---------|
| 50 % | 295.8 mm | 133.9 mm | 33.98°   | 65.30°  |
| 95 % | 304.0 mm | 124.8 mm | 33.54°   | 64.24°  |

작업수행시간 및 탈선시간의 결과와 비슷하게 표 6.3에서 50 Percentile의 최적 Hip Point가 95 Percentile의 최적 Hip Point에 비해서 약간 앞쪽, 그리고 위쪽에 위치함을 알 수 있다. 삼각형 내각  $\alpha, \beta$ 의 경우 50 Percentile과 95 Percentile 사이에 유의한 차이가 없으며, 이러한 결과 또한 삼각형의 내각  $\alpha, \beta$ 의 경우 Percentile에 따라 큰 차이가 없을 것이라는 결과와 일치한다. 실제로 예비조사에서 얻은 삼각형 내각  $\alpha, \beta$ 에 대한 95% 신뢰구간과 작업수행시간 및 탈선시간에 의해 얻어진  $\alpha, \beta$ 를 비교해 보면 <표 11>과 같다.

주관적 불편도의 경우도 실험에서 구해진  $\alpha, \beta$ 가 예비조사에서 얻어진 신뢰구간 안에 있는 것을 <표 11>에서 확인할 수 있다. 또한, 주관적 불편도에 대한 Percentile별 Regression 식을 이용하여 Seat의 위치변화 즉, 삼각기법에서 삼각형의 모양 변화에 따른 운전성능의 변화를 예측할 수 있게 된다.

표 11.  $\alpha, \beta$ 와 신뢰구간의 비교

|          | Lower Limit | Value   |         | Upper Limit |
|----------|-------------|---------|---------|-------------|
|          |             | 50 %ile | 95 %ile |             |
| $\alpha$ | 32.30°      | 50 %ile | 33.98°  | 34.64°      |
|          |             | 95 %ile | 33.54°  |             |
| $\beta$  | 62.73°      | 50 %ile | 65.30°  | 67.19°      |
|          |             | 95 %ile | 64.24°  |             |

6.6 Percentile별 최적 Hip Point 비교

표준화된 작업수행시간과 탈선시간의 합에 의한 Percentile별 최적 Hip Point와 주관적 불편도에 의한 Percentile별 최적 Hip Point는 <그림 13>에서 보는 바와 같다.

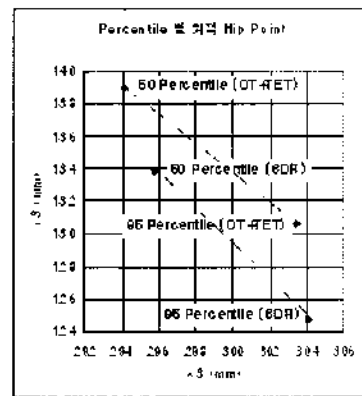


그림 13. Percentile별 최적 Hip Point.

50 Percentile의 Hip Point가 95 Percentile의 Hip Point보다 앞쪽 그리고 위쪽에 위치하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 기존의 연구들에 비해서 Percentile간 Hip Point의 차이가 크지 않은 것을 볼 수 있는데, 이러한 결과는 실험에서 AHP와 SWP를 각각의 Percentile이 선호하는 위치에 고정하였기 때문이다. 결과로 얻어지는 삼각형의 내각을 보면 Percentile 간 차이가 없는 것도 같은 이유에 기인하고 있으며, 이러한 결과는 삼각형의 모양에 Percentile간 변화가 없다는 것을 보여준다.

6.7 운전환경 설계요소 간 관계

삼각기법을 적용하여 분석해 본 결과 예비 조사에서와 같이 Percentile에 따라서 삼각형의 모양이 변하지 않음을 확인할 수 있었다. 삼각형의 위치, 모양, 그리고 크기를 나타내는 파라미터들은 AHP의 좌표 ( $XI, YI$ ), 삼각형에서의 AHP-SWP 변이 수평면과 이루는 각  $\delta$ 와 이 변의 길이  $a$ , 그리고 삼각형의 내각 중 AHP-SWP 변의 양끝각이  $\alpha, \beta$ 라고 할 수 있다. 여기서

삼각형의 위치를 결정하는 것은 본 연구의 범위를 벗어나기 때문에 생략하고, 나머지 파라미터로서 운전환경 설계요소 사이의 특징적 관계를 나타내면 다음과 같다.

첫째, AHP-SWP 변이 수평면과 이루는 각  $\delta$  는 Percentile에 상관없이 일정범위 내에서 유지된다. 둘째, 삼각형의 모양을 나타내는 AHP-SWP 변의 양끝각  $\alpha, \beta$  역시 Percentile에 관계없이 일정범위 내에서 유지된다. 이 경우 AHP와 SWP만 결정이 되면 HP를 알 수 있게 된다. 마지막으로 삼각형의 크기를 나타내는 AHP-SWP 변의 길이  $a$ 는 Percentile에 따라서 변하며, 신체의 크기가 커질수록  $a$  길이도 길어진다. 이와 같은 결과에 따른 파라미터들의 95% 신뢰구간을 보면 <그림 14>와 같다.

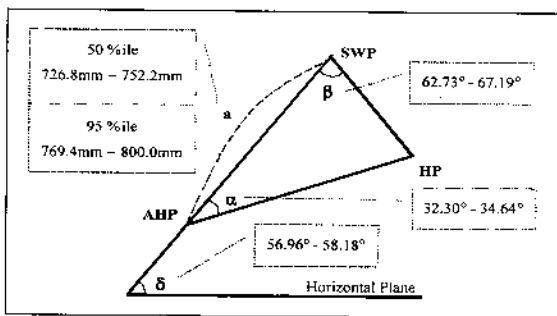


그림 14. 파라미터의 95% 신뢰구간.

## 7. 결론 및 추후연구

삼각기법을 적용하게 되면 쉽고 간단하게 운전환경 설계요소 배치의 문제점을 확인할 수 있고, 따라서 운전자의 운전성능 또는 주관적 불편도를 추정할 수 있게 된다. Seat의 위치변화 즉, 삼각형의 모양변화에 따른 운전자의 운전성능과 주관적 불편도는 반응표면의 Regression 식을 이용하여 좀더 정확하게 예측할 수 있다. 이러한 결과들은 궁극적으로 편안한 운전환경의 설계에 반영될 수 있으며, 나아가 운전자의 신체조건에 따라 자동으로 조절되는 Pedal, Steering Wheel 그리고 Seat의 개발에도 적용될 수 있겠다.

본 연구에서는 50 Percentile과 95 Percentile만을 대상으로 하였으므로 Percentile의 범위를 확장하여 25 Percentile 또는 5 Percentile의 운전자에 대해서도 연구결과와 같은 운전환경 설계요소 사이의 특징적 관계를 확인해야겠다. 이 경우 단지 신장에 의한 Percentile의 구분이 아닌 하체의 길이 또는 상지의 길

이에 따른 Percentile의 구분으로 실험을 확장하는 것과 피실험자를 대학생 운전자에 국한된 것이 아닌 일반 여성과 남성 운전자로까지 확대하여 일반적인 운전자의 운전자세를 파악하고 남·녀 운전자 사이의 운전환경 설계요소 배치의 특성을 조사하는 것도 의미 있는 연구과제라고 생각한다.

본 연구에서는 운전환경 설계요소의 최적배치가 아닌 운전환경 설계요소의 관계에 대해서만 다루었으므로, 운전환경 설계요소의 최적배치에 관한 연구가 진행되어야 하겠다. 추후 연구에서는 본 연구에서 밝혀진 운전환경 설계요소 사이의 특징적 관계를 가정하고, 본 연구에서 고려하지 않는 Seat의 등판 각도도 고려하여 AHP의 위치변화에 따른 운전성능, 주관적 불편도 등을 추정해야겠고, 이를 통하여 최종적으로 운전환경 설계요소의 최적 배치를 찾아내야겠다.

## 참고문헌

- 국민표준체위 조사 보고서 (1992), 공업진흥청.  
 박성준 (1999), 차량설계를 위한 운전자세 연구의 문제점 및 개선방향, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 181-184.  
 박태영, 이상혁, 정의승 (1998), 3차원 좌표 측정기를 이용한 한국인의 운전 자세 측정, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 309-313.  
 신원경, 정성재, 박민용 (1997), 한국인 인체 측정 데이터를 이용한 내수용 승용차 내부 설계 평가 및 개선에 대한 연구, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 12-22.  
 이상규, 박우진, 정의승, 기도형, 최재호, 박성준 (1997), 운전석 위치에 따른 운전자의 지각 불편도 평가, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 120-127.  
 Diffrient, N., Tilley, A. R. and Harman, D. (1985), *Human Scale 7/8/9*, MIT Press, 6-29.  
 Grandjean, E. (1980), Sitting posture of car drivers from the point of view of ergonomics, *Human Factors in Transport Research (part 1)*, Taylor & Francis, 20-213.  
 Philippart, N. L., Roe, R. W., Arnold, A. J. and Kuechenmeister, T. J. (1984), Driver Selected Seat Position Model, *General Motors Design Staff Human Factors Report*, No. 84-0508.  
 Porter, J. M. and Gyi, D. E. (1998), Exploring the optimum posture for driver comfort, *International Journal of Vehicle Design*, 19(3), 255-266.  
 Rebiffe, R. (1969), The driving seat: Its adaptation to functional and anthropometric requirements', *Proceedings of a Symposium on Sitting Posture*, 132-147.  
 Roe, R. W. and Arnold A. J. (1973), Preferred Seat Positions, *General Motors Design Staff Human Factors Report*, No.73-1023.  
 Schneider, L. W., Anderson, C. K. and Olson, P. L. (1979), Driver anthropometry and vehicle design characteristics related to seat positions selected under driving and non-driving conditions, *SAE paper*, No. 790384.