

# Factors influencing the proprioceptive acuity of hazard button pressing

Jungchul Park

Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation, Chungju, 27469.

## ABSTRACT

본 연구는 시각 정보를 활용할 수 없는 상황에서 고유수용성감각(Proprioception)에 의한 조작 작업의 수행도에 영향을 미치는 인자에 대해 분석하고, 이를 차량의 비상 버튼 설계에 적용하기 위한 실험 계획을 수립한다. 고유수용성감각은 자신의 신체 각 부분의 위치와 움직임을 감지하는 신체 내부의 자극에 대한 감각으로서, 시각적인 정보가 없는 환경에서의 작업에 있어서 중요한 역할을 수행한다. 특히, 비상 상황에서 작업자는 전방의 상황을 주시해야 하기 때문에 시각의 도움 없이 고유수용성감각에 의존해 비상 조작장치를 작동시켜야 하는 경우가 많다. 이러한 상황에서 비상 조작장치를 빠르고 정확하게 조작하기 위해서는 조작장치를 설계할 때 고유수용성감각과 관련된 요인들을 충분히 고려하여야 한다. 본 연구에서는 고유수용성감각과 관련된 다양한 분야의 연구에 대한 분석을 통해 비상 조작장치의 조작 정확도와 속도에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인을 파악하고, 기존의 재활의학 분야 등에서 활용되고 있는 Joint Position Matching 방법을 변형하여 자동차 비상 버튼의 Layout 설계 대안을 평가할 수 있는 실험 계획을 수립한다. 본 연구의 결과는 추후 비상 조작장치의 설계 대안을 평가하는 실험에 직접적으로 활용될 수 있으며, 수행도를 결정하는 요인에 대한 분석 결과는 추후 고유수용성감각에 의한 위치 제어 작업의 가능성을 탐색하기 위한 이론적 바탕을 제공한다.

Keywords: Proprioception, Panic button, In-vehicle Controls, Human-Machine Interface

## 1. Introduction

자동차의 비상 버튼(Hazard button)는 쉽게 누를 수 있도록 보통 Push button 형태로 설계된다. 비상 조작 장치를 작동하기 위해서는 손을 움직여 버튼 근처로 가져간 다음 손가락을 버튼 위에 정확히 위치시켜 눌러야 한다. Push button을 누르는데 걸리는 시간과 노력은 Fitts' Law (Fitts and Jones, 1961)에 의해 설명될 수 있는데, 이는 버튼까지의 거리가 가까울수록, 버튼의 크기가 클수록 버튼을 누르는 데 걸리는 시간이 짧아진다는 것을 말해준다. 그러나 Fitts' Law는 시각적인 제한이 없어서 손과 눈의 협응이 원만하게 이루어질 수 있는 상황에서의 작업을 가정해서 만들어진 것이며, 시각적으로 도움을 받을 수 없는 작업에 대해서는 거의 연구가 이루어지지 않았다.

이러한 상황에서 사용자는 눈으로 목표물의 위치를 확인할 수 없기 때문에 기억과 고유수용성감각(Proprioception)에 의존하여 버튼의 위치를 찾

아야 한다. 고유수용성감각(Proprioception)이란 자신의 신체 각 부분의 위치와 움직임을 감지하는 신체 내부의 자극에 대한 감각을 의미한다.

본 연구에서는 고유수용성감각(Proprioception)에 의한 조작 작업의 수행도에 영향을 미치는 인자에 대해 조사/분석하고, 이를 차량의 비상등 버튼 설계에 적용하기 위한 실험 계획을 수립한다.

## 2. Layout of In-vehicle Hazard Button

차량 내의 조작 장치는 일반적으로 다음과 같은 특성을 갖추어야 한다(Bhise, 2012).

1. 운전자가 최소한의 정신적/육체적 노력만으로 빠르게 조작할 수 있어야 한다.
2. 최소한의 시각적 주의만으로 조작 작업을 마칠 수 있어야 한다. (e.g., 방향 지시등)

3. 조작 작업이 최소한의 손/손가락 움직임만으로 실행될 수 있어야 한다. (e.g., 핸드프리 작업)

조작 장치의 설계 요소 중 비상 버튼의 빠른 조작을 위해서는 버튼의 크기와 위치가 중요하다. SAE(2009)에서는 자동차에 사용되는 다양한 조작 장치의 배치에 대한 가이드라인(SAE standard 1138)을 제시하고 있다.

조작 장치의 위치는 운전자가 쉽게 찾을 수 있고 닿을 수 있는 곳에 위치해야 한다. 운전자가 기대하는 곳에 배치하여야 하며, 이상적으로는 보이지 않고도 조작이 가능한 것이 바람직하다. 그러나 조작 장치의 개수와 공간의 한계로 인해 모든 조작 장치를 보이지 않고 조작할 수 있게 하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 최소한의 눈 움직임과 시각적 주의만으로 조작할 수 있어야 한다. 또한 다른 조작 장치 및 디스플레이 장치와의 연관관계에 따른 그룹핑, 중요도, 사용빈도, 사용순서 등도 고려되어야 한다. 특히, 창문 서리 제거 스위치나 경적, 비상 스위치와 같이 시간의 압박이 있는 상태에서 외부 환경의 시각적 요구로 인해 운전자가 보이지 않은 상태에서 조작이 필요한 조작 장치의 경우 스티어링 휠 주위나 가까운 곳에 위치하여야 한다.

한편, 조작 장치의 크기는 잡기에 충분한 크기여야 하며, 다양한 손 크기와 장갑을 낀 손을 위한 여유 공간 또한 고려되어야 한다. 자주 사용되거나 안전에 관련된 조작 장치의 크기는 Fitts' Law를 고려하여 손의 이동 시간을 최소화 할 수 있도록 설계되어야 한다.

Choi et al. (2010)은 자동차 Center fascia 버튼 배치에 따른 돌발 상황에서의 사용자 반응 시간에 대해 연구하였다. 성별, 자극의 종류, 스티어링 휠의 3시 방향 가장자리를 원점으로 하였을 때 버튼의 상하 방향 각도(+45°, 0°, -45°)와 원점으로부터 버튼까지의 거리(20cm, 30cm, 40cm)에 따라 사용자가 누른 위치와 반응시간을 측정하였다(그림 참조). 반응시간과 정확도가 최대가 되는 비상 버튼의 위치는 Center Fascia 위쪽인 것으로 나타났으며, 손에서 가까운 거리에 있을수록 반응시간은 짧아 지나 정확도는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 95%의 운전자들이 정확하게 버튼을 누르게 하기 위해서는 지름이 최소 41mm가 되어야 한다고 결론내렸다.

이 연구는 갑작스럽게 자극이 제시되었을 때 Center fascia 상의 버튼 위치에 따라 운전자가 버튼을 얼마나 빠르게 누를 수 있는지를 비교한 것

으로서, 실험 참가자들은 정확도를 우선시되 가급적 빠르게 버튼을 누르도록 지시 받은 상태에서 실험의 작업을 수행하였다. 그러나 실제 운전 환경에서는 비상 상황이 발생하였을 때 운전자가 전방의 상황을 주시한 상태에서 보이지 않은 채로 버튼을 누르는 경우가 많기 때문에, 시각의 보조를 받지 않은 상태에서 빠르게 버튼을 누를 수 있는지가 중요하다.

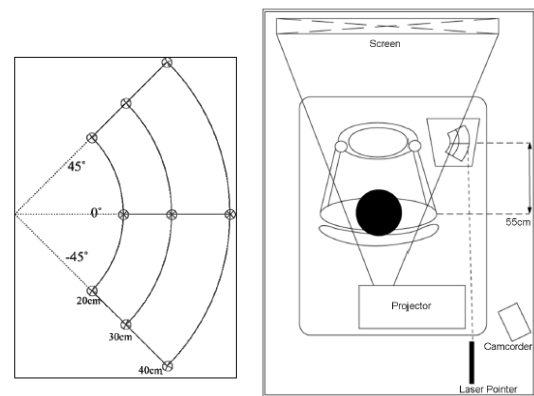


Figure 1. Layout of targets in center fascia from Choi et al. (2010)

### 3. Joint Position Matching

고유수용성감각(Proprioception)은 공간 상에서의 위치에 대한 감각으로서, 외부 환경과의 효과적인 상호작용에 필수적이다(Suetterlin and Sayer, 2014).

고유수용성감각 능력을 측정하기 위한 방법으로 Joint Position Matching 기법이 사용된다. Joint Position Matching은 피실험자가 눈을 가린 상태에서 고유수용감각적 정보에 의지해 기준이 되는 관절 각도를 반복 재현하는 방법이다(Goble, 2010). 이 방법은 팔꿈치 관절을 대상으로 하여 재활 분야에서 널리 활용되어 왔다. 피실험자는 눈을 가리고 머리가 고정된 상태로 의자에 앉는다. 양팔의 전환을 알루미늄 레버 위에 올려놓는다. 레버는 팔꿈치 아래 피벗 부분에 볼 베어링 시스템이 부착되어 있어 거의 마찰이 없는 수평 운동이 가능하도록 설계된다. 기준이 되는 팔꿈치 관절 각도는 모터에 의해 설정할 수도 있고 피실험자가 레버의 끝에 있는 손잡이를 움직여서 설정하는 것도 가능하다. 피실험자는 무작위한 순서로 제시되는 기준 각도를 재현하는 동작을 30에서 75

회 정도 반복하게 되며, 이 때 시스템은 절대 오차를 측정한다. 이 때 사용자가 수행하는 Position matching 작업의 종류는 Table 1과 같다.

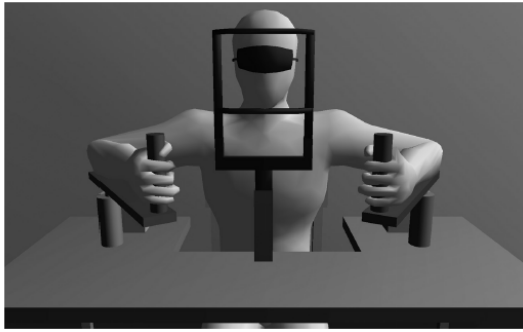


Figure 2. Basic setup used for joint position matching experiment (Goble, 2010)

Table 1. Types of position matching tasks (Goble, 2010)

Type	Description	Factors affecting
Ipsilateral matching	몇 초 동안 기준 각도를 유지했다가 시작 각도로 이동한 후 다시 이전의 기준 각도로 되돌아감	기억, 고유수용성 감각
Contralateral matching	한 팔이 기준 각도를 유지한 상태에서 다른 팔을 반대편 팔의 기준 각도로 이동함	뇌반구간 정보전달, 고유수용성 감각

Position matching 작업의 오차에 영향을 주는 인자는 주 사용 손, 시작 각도와 목표 각도의 차이, 기준 각도 설정의 수동/능동 여부, 피실험자의 나이, 작업 공간의 위치 등이다. 주로 사용하는 손보다 반대편 손이 더 적은 오차를 보이며, 시작 각도와 목표 각도의 차이가 작을수록, 피실험자가 직접 기준 각도를 설정한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 오차가 적었다. 또한, 피실험자가 10세 이하의 아동이거나 70세 이상의 고령자인 경우 오차가 크며, 작업 공간이 몸통 왼쪽의 면 곳인 경우가 가장 오차가 적다. 이 중 주로 사용하는 손과 작업 공간의 위치는 일반적인 통념과 반대되는 것으로서 주의할 필요가 있다.

#### 4. Design of an Experiment

기존의 조작장치 Layout에 관한 연구와 고유수용성감각에 관련된 연구를 종합하여 보면, 자동

차의 비상 조작 버튼의 위치와 크기에 영향을 미칠 수 있는 인자는 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Factors affecting the performance of hazard button pressing

Factors	Description
버튼까지의 거리	버튼까지의 거리가 가까울수록 수행도 높음
버튼의 크기	버튼이 클수록 수행도 높음
버튼을 누르는 데 필요한 관절 움직임의 크기	관절의 움직임 범위가 작을수록 수행도 높음
주 사용 손	주로 사용하는 손의 반대 손이 더 수행도 높음
작업 공간의 위치	주로 사용하는 손의 반대편에 있는 공간일수록, 멀리 있을수록 수행도 높음
피실험자의 연령	아동 및 고령자에의 수행도 낮음

비상 조작 버튼을 누르는 작업의 경우 기준이 되는 위치의 설정은 정해져 있으므로 영향을 미치지 않게 된다. 반면, 작업 공간의 위치가 먼 쪽이 가까운 쪽에 비해 수행도가 높다는 것은 버튼까지의 거리가 가까울수록 수행도가 높다는 연구결과와 상반되는 것으로서 실험을 통해 검증할 필요가 있다. 또한, 고유수용성감각에 관한 연구결과에 따르면 오른손 잡이의 경우 왼쪽에 위치한 작업공간에서 왼손을 사용해 버튼을 누르는 것이 오른손에 비해 유리할 것으로 예상되므로, 스티어링 휠의 왼쪽에 비상 버튼을 위치시키는 방안에도 대해서도 고려해 볼 필요가 있다.

따라서, 차량 내의 다양한 작업 공간 위치 (스티어링 휠을 기준으로 좌측, 우측, Center fascia, Center console 등)를 대안으로 고려해 볼 수 있다. 이를 위해서는 우선 다양한 차종의 비상 버튼 위치에 대한 조사가 선행되어야 한다.

추가적으로 실험 환경에서 고려해야 할 것은 기준 위치가 되는 비상 버튼의 위치에 대한 기억이 영향을 미친다는 것이다. 일반적으로 비상 버튼을 누르는 작업은 운전자의 장기 기억에 의존해 이루어진다. 보지 않은 상태에서 비상 버튼을 누르기 위해서는 장기 기억 속의 위치를 얼마나 잘 재현할 수 있는지가 중요하며, 이는 기준 위치를 제시한 후 수초 이내에 재현하도록 했던 기존의 실험 방법이 사용될 수 없음을 의미한다. 따라서, 실험 수행 시에 작업과 작업 사이에 충분한 시간 간격이 확보되어야 하며, 매번 기준 위치를 제시하고 단시간 내에 재현하는 것이 아니라 처음 버튼의 위치를 제시한 이후 버튼을 누

르는 작업의 수행을 반복하는 형태로 실험을 수행하여야 한다.

기존 연구에 의하면 버튼까지의 거리에 따라 정확하게 누를 수 있는 버튼의 크기가 달라지는 것으로 나타났다. 따라서, 위와 같은 실험 환경에서 각각의 작업 공간에 대하여 정확하게 누를 수 있는 적절한 버튼의 크기를 찾을 필요가 있다. 피실험자가 누른 위치와 기준 위치의 오차는 피실험자의 기억 속에 있는 위치와 실제 기준 위치와의 차이에 의해서도 생길 수 있으며, 고유수용성감각의 오차에 의해서도 생길 수 있다. 실험 결과에서 기준 위치와의 평균적인 오차와 선택 위치 내에서의 오차를 각각 분석함으로써, 어떠한 위치가 기억에 유리하고 어떠한 위치가 고유수용성감각의 적은 오차를 위해 유리한지 파악할 수 있으며, 거리, 작업 공간, 크기의 상대적인 중요도에 대해서도 파악이 가능할 것으로 기대된다.

## Acknowledgements

This was supported by Korea National University of Transportation in 2015.

## References

- Bhise, V.V., *Ergonomics in the Automotive Design Process*, CRC Press, Boca Raton, FL. 2012.
- Choi, J.Y., Kim, Y.S., Bahn, S.W., Yun, M.H., and Lee M.W. A study on optimal layout of control buttons on center fascia considering human performance under emergency situations. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(3), 365-373, 2010.
- Fitts, P.M. and Jones R.E., Analysis of factors contributing to 460 pilot errors experiences in operating aircraft controls. Memorandum Report TSEAA-694-12. Aero Medical laboratory, Air Material Command, Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, OH. July 1947. In *Selected Papers on Human Factors in the Design and Use of Control Systems*, ed. H. Wallace Sanaiko. New York: Dover Publications Inc., 1961.
- Goble, D.J. Proprioceptive Acuity Assessment via Joint Position Matching: from Basic Science to General Practice, *Physical Therapy*, 90, 1176-1184, 2010.
- Society of Automobile Engineers Inc., Standard J1138 - Design Criteria--Driver Hand Controls Location for Passenger Cars, Multipurpose Passenger Vehicles, and Trucks (10 000 Gvw and

Under), 2009.

Suetterlin K.J. and Sayer A.A., Proprioception: where are we now? A commentary on clinical assessment, changes across the life course, functional implications and future interventions, *Age and Ageing*, 43, 313-318, 2014