Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 27, No. 3 pp.23-32, August 2008

휠체어 사용자의 자동차 승하강성 문제점 분석 및 개선 방안

조성일[1] · 박성준[2] · 홍승우[1] · 최재호[3] · 정의승[1]

[1]고려대학교 정보경영공학과 / [2]남서울대학교 산업경영학과 / [3]대진대학교 산업시스템공학과

Analysis of Tendency and the Method Improving Ingress and Egress for Wheelchair Users

Sung Il Cho[1], Sungjoon Park[2], SeungWoo Hong[1], Jae Ho Choe[3], Eui S. Jung[1]

[1]Division of Information Management Engineering, Korea University, Seoul, 136-701
[2]Department of Industrial and Management Engineering, Namseoul University, Cheonan, 330-707
[3]Department of Industrial Systems Engineering, DaeJin University, Pocheon, 487-711

ABSTRACT

This study attempts to develop improved ingress and egress in vehicle for disabled wheelchair people who driving is available, after investigating the ingress and egress relation demand and the inconvenient factor in the vehicle. An experiment was performed for that disabled wheelchair people to analyze the characteristics of ingress and egress relation operation through the questionnaire survey and the camera photographing. The results suggest various improvements possibilities in inside handlebar as a main factor. Through analysis of disabled wheelchair person's ingress and egress tendency, the alternative shape and position of inside handlebar are suggested. Also, this paper aimed to draw ingress and egress improvement proposal by executing a verification experiment and collecting the preferences from disabled people.

Keyword: Ingress, Egress, Wheelchair, Handlebar

1. 서 론

세계보건기구(WHO)에 의하면 어느 국가를 막론하고 장애 인구의 출현 비율은 전체 인구의 10% 정도이며 장애인 등록자수가 증가함에 따라 복지개념의 중요성이 증대되고 있다. 1981년 제정된 우리나라 심신 장애자 복지법에 따르면 장애의 범주를 지체장애, 뇌병변장애, 시각장애, 청각, 언어장애, 정신지체의 다섯 가지로 분류하였으며 이 중 지체장애 비율이 58%에 육박할 정도로 비중이 커지고 있다(보건복지부, 2007). 이중 차량 보조도구를 통해 운전이 가능한 지체 장애인의 사회참여가 증가함에 따라 지체 장애인들에게도 자동차는 필수적이지만 승하강의 불편함을 호소하였고 이에 따른 개조나 편의장치가 필요하다고 하였다.

유럽의 자동차 개조 정책을 살펴보면 유럽의 자동차 개조 특징은 저상 플로어 버스처럼 장애인뿐만 아니라 고령자들이 편리하게 이용할 수 있도록 한다는 유니버설 디자인(Universal Design)의 개념을 포함하고 있다는 점이다. 유럽에서의 자동차 개조는 전문 업체를 통하거나, 자동차 제조업체와 협력 관계를 갖는 업체를 통해 이뤄지는 것이 일반

*본 연구는 2007년도 산업자원부 기술표준원 학술연구용역사업의 지원을 받아 이루어졌음.
교신저자: 박성준
주 소: 330-707 충청남도 천안시 성환읍 매주리 21번지, 전화: 041-580-2204, E-mail: sjpark@nsu.ac.kr

적이다. 개조전문 업체를 통해 장애인용으로 개조된 차량은 별도의 안전기준 및 검사를 통과하는 절차를 통해 안전성을 검증 받고 있다. 또한 스웨덴은 7년 주기로 자동차 개조 비용을 지급하며 독일은 출 · 퇴근용 장애인 자동차 구입 지원을 한다(강태건, 2006).

반면 국내의 자동차 지원 정책을 살펴보면 장애인 관련 지출의 30% 정도가 LPG 지원이지만 전체 장애인의 20%(2005년 기준 44만 명)에 해당하는 장애인들만이 LPG 지원을 받고 있는 현실이다(보건 복지부, 2006). 국내의 장애인용 자동차 개조는 아직 초보적인 단계이며, 특히 지체 장애인의 경우 차량 개조는 물론 운전을 할 수 있도록 지원해야 할 인프라가 거의 전무하여 이에 대한 준비가 필요한 실정이다.

지체 장애인들이 생활현장에서 차량을 손쉽게 사용하기 위해서는 기본적으로 운전 중 조작이 신체장애의 한계를 극복할 수 있도록 지원되어야 함은 물론이지만, 타인의 도움 없이 승하강을 용이하게 할 수 있어야만 하는 점 역시 중요하다. 그러나 현재 국내에서는 이에 대한 차량 개발 등이 부족한 상태이다. 또한 차량 승하강에 대한 연구를 찾아 보면 다음과 같은 최근 자동차 내장 설계 시 승하강성을 고려한 연구가 활발히 이루어지고 있다. SUV 차량의 Step Height의 수준 변화를 통해 Step Height의 변화가 승강성에 미치는 영향에 관한 연구(박세진, 2006)가 있으며, 자동차문 dimension을 개선시키기 위해 승하강시 다리 근육의 움직임과 땅을 미는 힘 등을 측정함으로 승하강성 평가하는 연구(Shino, M. 2005), 자동차 승하강시 각 조인트 각도와 근육에 걸리는 힘들을 생체학적 시뮬레이션 시스템을 통한 안락도 평가 연구(김재호, 2007)가 실시되었다. 그러나 대부분의 차량 내장 설계 승하강성 관련 논문이 일반인을 대상으로 많이 이루어 졌기 때문에, 휠체어를 사용하는 지체장애인을 대상으로 한 자동차 내장 설계의 승하강성에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 휠체어를 사용하는 지체장애인들을 대상으로 자동차 승하강성 문제점을 분석하여 자동차 내장 설계의 승하강성 개선을 위한 연구가 필요하다고 판단된다.

1.1 유니버설 디자인(Universal Design)

최근 선진 외국에서와 같이 우리나라에서도 고령 인구와 장애 인구의 증가로 인하여, 이들이 쉽게 사용할 수 있는 제품이나 환경에 대한 설계의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 가운데 '모든 사람들을 위한 디자인(Design for all)'이라는 개념을 중심으로 하는 유니버설 디자인(Universal Design)이 중요한 개념으로 각광을 받고 있다.

1.1.1 Universal Design의 4원칙

유니버설 디자인 개념을 적용하기 위해서는 범용적이고 특정한 사용자층으로 국한되지 않는 것이 바람직하다. 미국 'Universal Design'의 저자 Dr. Roberta Null(1998)은 Universal Design이란 여성, 장애인, 노약자, 어린이 등 다양한 신체조건과 다양한 라이프스타일 등을 디자인에 반영하여 모든 사람들에게 최적의 사용편의성, 사용접근성, 다양한 요구에 대한 충족과 최대의 안전을 제공하는 디자인주의를 뜻한다고 하였으며 다음과 같은 Supportive Design, Accessible Design, Adaptable Design, Safety-Oriented Design 등이 Universal Design의 갖추어야 할 4가지 원리라고 주장하였다.

본 연구에서는 사전 연구를 통해 휠체어를 사용하는 지체장애인의 차량 승하강성을 향상 시키기 위한 4가지 원리 중 특히 Accessible Design에 초점을 맞춰 나가고자 한다. 우선적으로 Accessible Design 기준으로 국내외 차량에 대한 현황 분석을 실시하였다.

1.1.2 장애인 차량에 대한 현황분석

대표적으로 일본의 자동차 회사인 Toyota는 차종을 통해 유니버설 디자인을 실현시키고 있다. 이는 모든 연령 및 신체적 능력의 차이를 고려한 디자인으로, 저상 플로어 버스, 파노라마 오픈 Door, 타원형 Steering Wheel 등이 사례이며, 고객의 다양한 요구에 효과적으로 대응하기 위한 전략으로 UD를 활용하고 있다. 도요타의 UD차량 성공을 계기로 향후에는 개인적 요구를 차별 없이 동등하게 수용할 수 있도록 대부분의 자동차 회사에서 UD개념을 도입하여 자동차 개발에 적용할 것으로 예상된다. 다음 [표 1]은 유니버설 디자인 적용 현황을 보여주고 있다(www.toyota.co.jp, www.kia.co.kr).

대표적으로 Friendly Seat의 경우 장애인의 승하강성을 개선시킨 대표적인 경우로서 리프트 업 시트는 시트가 도로 위 바닥까지 자동으로 내려오면 거동이 불편한 중증 장애인이 쉽게 착석한 뒤 다시 원위치로 이동하는 기능이다. 앞서 사전 연구 및 실제 시스템의 문제점에서 우리나라의 경우 운전편의성, 조작성, 승하강성 등을 높일 수 있는 연구가 필요하다.

1.2 연구 목적

자동차 내장 설계 시 유니버설 디자인은 인간공학적 관점에서 조작성, 승강성, 거주성, 시인성, 시계성 등을 향상시켜 '좀 더 쉽게', '좀 더 편하게'와 같은 다양한 고객의 요구에 효과적으로 대응하여 새로운 시장을 개척하는 수단으로 사

표 1. 유니버설 디자인 적용 현황

유니버설 디자인 사례	
사진	설명
	Friendly Seat: seat 회전으로 승강성 개선
	파노라마 오픈 Door: B-pillar 제거로 승강성 개선
	승차 시 몸의 중심 이동이 편리하도록 손잡이 장착
	장애인, 노약자가 차에 오르거나 내릴 때 생기는 발판으로 인해 승 강성이 개선
	문을 손쉽게 열 수 있는 오토 슬라 이딩 Door

용되어 왔다. 특히 차량 내장 설계 시 승강성을 개선하기 위해서는 근본적으로 새로운 메커니즘을 도입하는 방식이 요구된다. 일본 자동차 업체의 경우에는 장애인 계층의 요구를 충분히 반영하여 기존 차량 설계에서 개조가 많이 이루어지고 비용이 많이 드는 방향으로 진행되고 있으나, 우리나라와 같은 경우에는 개조 정책도 초보적인 단계이고 차량 개발 회사 차원에서의 자동차 개조도 어려운 현실이기 때문에 장애인 복지 정책과 혜택 등이 선진국에 비해 부족하다고 할 수 있다. 특히 비용적인 측면에서 재정적인 지원이 부족하기 때문에 적은 개조로 장애인의 승강 효율성을 향상시킬 수 있는 대안의 제시가 보다 현실적인 설계 대안이라 할 수 있다.

개조 정도와 개조 비용에 따라 [그림 1]와 같이 분류를 할 수 있다. [그림 1]의 좌측 상단의 차량과 같이 B-pillar를 제거를 통해 승하강의 편리성을 향상시키는 방법으로 차량의 개조가 많이 요구되며 기술 수준이 높은 어려움이 있다. 우측의 두 그림은 Seat의 전동식 이동, wheel chair의 기계식 처리 등 새로운 메커니즘의 도입에 따라 비용이 많이 요구되는 설계안이라고 할 수 있다. 하지만 이러한 새로운 메커니즘의 도입은 개조 비용이 높아 장애인들에게 경제적인 부담을 줄 수 있다. 특히 국내의 경우, 장애인을 위한 차량 개조 사업의 인프라 부족, 실제 장애 계층의 구매력을 고려하여 많은 장애인에게 대중적 보급이 용이한 차량 보조도구 개발이 우선적으로 필요하다.

그림 1. Universal 개조 정책의 분류

즉, 저비용으로 경제성과 효율성을 향상시킬 수 있는 승하강 보조도구의 개발이 현실적인 장애인 승하강성 개선을 위한 설계 대안이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 휠체어를 사용하는 지체 장애인을 대상으로 승하강성의 편이성 향상에 도움을 줄 수 있는 보조도구의 개발에 관한 연구를 실시하였다.

2. 연구방법

연구 목적을 달성하기 위한 연구 절차는 [그림 2]와 같다.

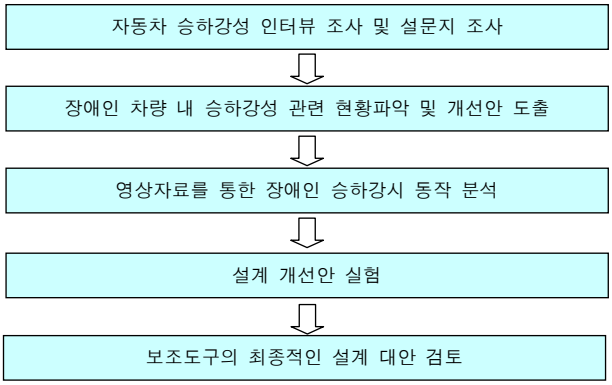

그림 2. 연구 순서

승하강성 개선 방안을 도출하기 위해서는 장애인의 차량 사용시의 애로사항에 대한 현황 파악이 필요하다.

자동차 승하강성 인터뷰 및 설문 조사를 통해 장애인의 차량 내 승하강성 관련 요구 및 불편 요인을 파악하여 실질적으로 승하강시 불편을 경감시킬 수 있는 요인을 파악하였다. 그러한 요인과 관련된 설계 변수간의 우선순위를 파악하기 위해 휠체어 장애인이 Sedan 및 SUV 차량을 타고 내릴 때 모습을 카메라로 촬영하여 영상자료를 분석하였다. 이때 차량 승하강시 간섭이 발생하는 부분과 승하강 동작 분석을 통해 승하강 개선의 우선 순서를 파악하였다. 장애인의 승하강성 개선을 위한 차량 내 설계 변수간의 우선순위를 파악하여 우선순위가 높은 변수를 기준으로 설계 개선안을 인간공학적 관점에서 제시하고자 한다. 제시한 설계 개선안 중에 경제성과 효율성을 고려하여 설계 개선안을 구체화 하였다. 이를 위하여 승하강성 실험과 기술 표준원 주관으로 실시된 2003~2004년 국가 인체 치수조사사업(Size Korea)의 데이터와 장애인 인체 치수 및 동작패턴 측정조사사업 보고서(2006)를 활용하여 지체 장애인 적정 높이, Reach, Dimension 등 설계 범위를 산출한다. 마지막으로 최종 설계 개선안 및 설계 범위에 대한 인간공학적 적합성을 검토하였다.

3. 설문 조사 및 인터뷰 결과

3.1 승하강성 관련 불편 요인 설문 조사 및 인터뷰

3.1.1 Focused-Group Survey and Interview 유형

본 설문은 '승하강성 개선안 도출 설문지'를 작성하기 위해 사전 조사 설문으로 장애인의 승하강성 관련 요구도 및 불편 요인을 파악하는 목적으로 장애인이 판단하는 만족도를 9점 척도를 기준으로 응답하도록 하였다.

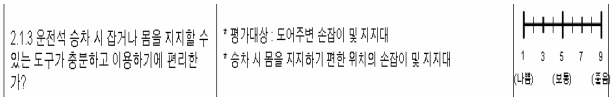

그림 3. Focused-Group survey 예시 문항

3.1.2 Focused-Group Survey and Interview 대상

차량 승하강시 요구도 및 불편 요인을 파악하기 위해 자동차 운전이 가능하며 휠체어를 사용하는 지체 장애인 30~50대(운전경력 평균 12.9년) 7명을 대상으로 설문 및 인터뷰를 실시하였다.

3.1.3 설문 및 인터뷰 결과

설문 분석은 설문 대상자의 소유차량에 대해 승하강성에 대한 정량적 비교 분석 및 정성적 분석으로 실시하였으며, 각 문항 간의 비교를 통해 지체 장애인의 차량 승하강성 및 승하강성 관련 조작성에 대한 분석을 하였다. 설문 및 인터뷰 결과, 대부분 차량에서 승하강이 모두 힘들다는 응답(65%)을 했으며, 또한 차량 승강시(6.57점)와, 차량 하강시(5.86점)간의 만족도 차이가 적었다. 그 외에 조수석 착석 시 승하강 만족도(2.86점)는 운전석 착석 시(6점) 보다 낮은 결과를 보였기 때문에 지체 장애인에게 있어서 동승시가 운전시 보다 더 불편하다는 것을 알 수 있었다.

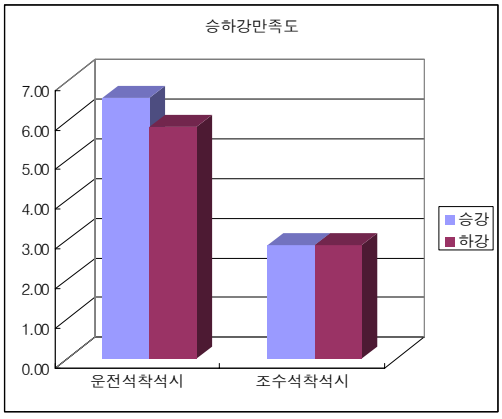

그림 4. 승강 및 하강 만족도

설문 결과, 장애인이 차량 운전석 탑승보다 동승석 탑승시 더 불편하다고 응답하였으며, 이는 몸을 지지할 도구가 없고 적절치 못하며, 자세를 유지하기가 불편하기 때문인 것으로 판단된다.

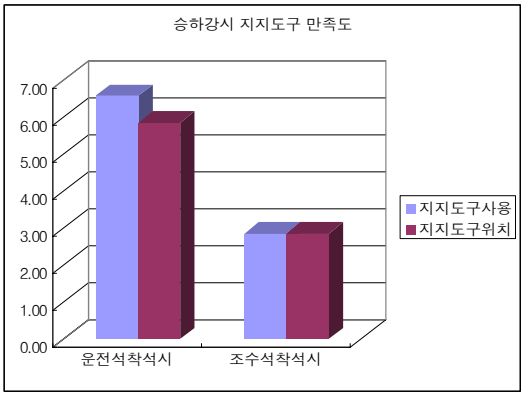

그림 5. 지지도구 사용성 및 위치 만족도

인터뷰 결과, [그림 5]의 결과와 같이 운전석 탑승 시에는 Steering Wheel과 같은 지지부위가 있는 반면 동승석 탑승 시에는 지지할 부위가 적절치 않아 불편을 겪으므로 차량 승하강시 지지부위가 필요한 것으로 판단된다.

3.2 승하강성 개선안 도출 설문 조사 및 결과

3.2.1 승하강성 개선안 도출 설문 유형 및 대상

Focused-Group Survey를 통해 도출된 결과를 바탕으로 장애인의 차량 내 승하강 개선을 위해 설계 변수간 우선순위를 파악하고 설계 개선안을 도출하는 목적으로 객관식 유형의 설문지를 작성하여 '승하강성 개선안 도출 설문 및 인터뷰'를 실시하였다. 피실험자는 운전경력이 있는 휠체어를 사용하는 지체 장애인 40~70대(운전경력 평균 10년) 30명 대상으로 실시하였다.

[13] 자동차에 탈 때, 가장 불편한 점을 3개 선택해 주세요.
①핸드 컨트롤이 거치적거린다. ②시트 높이가 높다.
③도어의 열리는 각도가 작다. ④핸들이 거치적거린다.
⑤문틀에서 시트까지의 폭이 넓다(멀다). ⑥도어의 너비(좌우 폭)가 좁다.
⑦지지할 곳이 없다. ⑧휠체어를 처리하기 힘들다.
⑨천장 높이가 낮다 ⑩시트를 조작하기 어렵다.
기타 :_____

그림 6. 2차 설문지 예시 문항

3.2.2 승하강성 개선안 도출 설문 결과

차량 승하강시 자세로 인한 어려움보다 물리적인 힘 때문에 어렵다고 하였으며 이는 지지부위가 적당하지 않아 발생되는 요인이었다. 이로 인해 Steering Wheel이 승하강시 간섭이 발생되는 가장 불편한 요인으로 도출되었다.

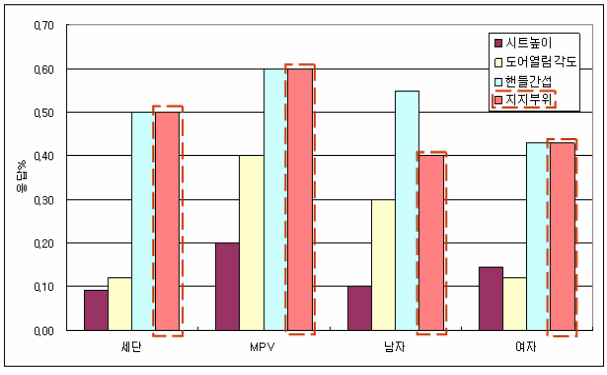

그림 7. 차량 승하강시 불편 설계변수 설문 결과

종합적으로 간섭 때문에 불편함을 느꼈으며 간섭 중 Steering wheel 간섭이 가장 컸다. '승하강성 관련 불편 요인 설문 조사 및 인터뷰'와 비교한 결과 차량 승하강시 마땅히 지지할 곳이 없는 것이 불편 설계 변수의 큰 요인이었으며 간섭의 주원인이었다.

4. 동영상 분석

4.1 촬영 대상 및 내용

휠체어를 사용하는 지체 장애인 30~50대(운전경력 평균 12.9년) 7명 대상으로 승하강시의 자세 및 동작을 Camcorder 2대를 이용하여 휠체어로부터 차량 승강시의 동작과 차량에서 휠체어로부터 하강시의 동작을 촬영하였다.

4.2 분석 결과

인간공학적 관점에서 설계 개선안을 제시하고 인체측정 데이터를 활용하기 위해 휠체어 장애인이 Sedan 및 SUV 차량 승하강시 간섭이 발생하는 신체부위와 차량 지지부위를 파악하는 것을 중점적으로 분석하였다.

4.2.1 승강시 불편을 발생시키는 설계 변수

차량 승하강시 불편을 발생시키는 설계 변수로는 Steering Wheel(무릎, 휠체어), Door의 열림 각도, 천장높이, Door 너비, 동승석 시트, 운전석 시트 턱, 동승석 시트 조작, 핸드 컨트롤, 문틀 폭 등이 있으며, 다음 [그림 8]는 이를 영상 촬영한 자료이다.

4.2.2 승하강시 지지부위 및 지지빈도수

설문 조사에서 지지할 곳이 없어 승하강이 불편하다는 결론을 얻어 지체 장애인들이 실제 어떤 부위를 지지하여 차량에 승하강을 하는지 도출을 하고자 승하강시 지지부위 및 지지빈도수를 체크하였다.

다음 [그림 9]은 승하강시 차량 내부 지지부위의 빈도수 결과이다.

차량 승하강 및 휠체어 처리의 경우 Steering wheel, 시트 바닥을(승하강의 경우 시트 바닥, 휠체어 처리시 Steering wheel) 가장 많이 지지하는 것으로 분석되었다. 이중 운전석 천장을 지지하는 경우가 상대적으로 적으나 희망 지지부위를 조사해보니 운전석 천장으로 나왔다. 다른 지지위치보다 적은 이유는 지체 장애인이 차량에 승하강하는 경우 몸을 지탱하여 지지할 곳이 마땅치 않아 다른 부분을 지지한다고 하였다. 이런 이유로 승하강이 불편하다고 하였으며 이를 해결하기 위해 운전석 천장 부위에 승하강성을 도와주는 보조도구의 개발이 시급한 설계 요인이라는 것을 알 수 있었다.

그림 8. 차량 승하강시 불편도 발생시키는 설계 변수

휠체어 처리시를 제외한 장애인이 차량 승강시 지지조합을 조사해보니 시트-휠체어 조합(65%)을 가장 많이 선호하는 것을 알 수 있으며, 그 다음 A pillar-시트 조합(11%), Door trim-시트 조합(11%) 순으로 분석되었다. 실제로 지지하는 부위는 시트-휠체어 조합이 가장 많았고 A pillar의 사용빈도는 상대적으로 낮았다. 인터뷰 결과에 의하면 이와

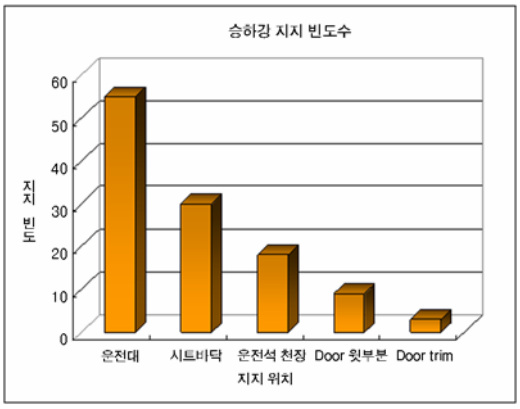

그림 9. 승하강시 차량 내 지지부위 빈도수

같은 현상은 A pillar 부분에 마땅히 지지할 도구가 없거나, 팔이 짧은 장애인은 A pillar가 손에 닿지 않아서 나타나는 현상이었다.

동영상 분석 결과 및 설문 조사를 종합적으로 분석한 결과 차량 승하강의 어려움은 승하강에 요구되는 물리적인 힘의 세기와 승하강의 난이도 즉 자세조절 및 방해 요인에 의해서 결정된다는 것을 파악하였다. 또한 승하강시 운전석 천장의 지지빈도수가 낮으나, 실제 인터뷰 결과 A pillar의 보조도구 요구 수준이 높았으며, 이는 차량 승하강시 많은 힘이 들기 때문에 힘을 분산시킬 수 있는 보조도구가 필요함을 나타내는 결과로 보여지며 지지도구로 사용하기를 희망하는 보조 손잡이에 대한 요구(응답률 85%)는 높은 것으로 나타났다.

5. 보조도구 인체공학적 개선안 실험

승하강시의 자세의 어려움보다 물리적인 힘 때문에 불편함을 느끼므로 힘을 분산시킬 수 있는 보조도구 장치로서 보조 손잡이가 필요하다고 분석되었으며 이를 해결하기 위한 방안으로 장애인 보조도구 장치로서 보조 손잡이를 최종적인 설계 대안으로 검토하고자 한다.

이를 위해 보조 손잡이 형태에 따른 보조 손잡이 위치의 불편도 비교 실험을 실시하여 보조 손잡이의 최적 수준을 찾는 차량 내 운전석 보조 손잡이 설계 검토 실험을 실시하였다. 또한 본 연구의 대상인 장애인의 만족도 및 의견을 수렴하기 위해서 장애인을 대상으로 한 검증 실험을 실시하였다.

5.1 보조손잡이 위치 및 종류 선정 실험

본 연구를 수행하는데 있어 휠체어에 앉아서 보조 손잡이를 잡았을 때의 자세를 알아보는 실험 수행 시 부적절한 안전 사고를 예방하기 위해 일반인 대상으로 실험을 실시하였다. 단 자세는 일반인 대상으로 하였지만 인체 치수는 장애인 인체 치수를 사용하여 보조도구 사용시의 자세 분석을 실시하였으며 이에 따른 검증 실험은 장애인을 대상으로 실시하였다.

예비 실험을 통해 다음 [그림 10]과 같은 실험 영역의 시각화를 얻을 수 있었다.

그림 10. 차량 운전석 실험 영역의 수준을 시각화

X축으로 −430은 차량 운전석 A pillar와 근접한 위치이고 −150은 B pillar와 근접한 위치이다. 또한 Y축으로 930은 실험 영역 중 가장 높은 위치를 나타내며 X축(−430, −290, −150)으로 3수준, Y축(930, 890, 850)으로 3수준을 정하였다.

피실험자는 20~30대(운전경력: 평균 4년)로 앉은키 50%ile 이하(918 이하) 5명, 50%ile 이상(918 이상) 5명으로 지체 장애인의 승하강과 동일한 조건을 제공하기 위해 실험은 다리를 차량 안에 올려 놓은 후 band로 두 발을 움직이지 못하게 통제하고 촬영자료를 통하여 장애인의 승하강 모습을 숙지 및 연습 후에 본 실험에 들어갔다.

5.1.1 보조 손잡이 종류 및 위치 선정 실험계획

보조 손잡이 종류, X 수준, Y 수준간의 최적 위치를 알아보고자 실험을 실시하였으며 보조 손잡이는 손잡이의 재질(Soft, Hard) 및 잡는 방식(Bar, Stick)에 따라 3가지로 한정하였다. 피실험자를 대상으로 3~4회 시승 연습을 실시함으로써 지체 장애인의 승강 동작을 숙지하도록 하였다. 대표적인 장애인의 차량 내 지지부위 조합인 시트-휠체어 지지 시의 승강 불편도를 기준으로 측정하였으며 Counter-balanced 3-Factor Within-Subject Design으로 실험을 실시하였다.

그림 11. Hard bar

그림 12. Soft bar

그림 13. Stick

5.1.2 보조 손잡이 종류 및 위치 선정 실험 결과

보조 손잡이 종류와 피실험자의 신장(50%ile 이하, 50%ile 이상), X축 위치, Y축 위치를 대상으로 독립 변수간의 교호작용 및 최적 위치를 분석하였다. 보조 손잡이 종류에 따른 최적 X, Y위치의 ANOVA 분석 결과 X, Y 변수가 독립적으로는 차이가 없지만 보조 손잡이에 따른 X, Y 변수가 유의한 차이(p<0.05)가 있었다.

표 2. 손잡이 종류 및 위치의 ANOVA 분석

	자유도	F	유의확률
손잡이 종류 * X	4	3.399	0.02
손잡이 종류 * Y	4	4.191	0.008

따라서 보조 손잡이 종류에 따라 X, Y 수준별로 분석을 실시하였다. 다음 [그림 14]은 보조 손잡이 종류에 따른 X축 수준의 불편도, [그림 15]은 Y축 수준의 불편도를 보여준다.

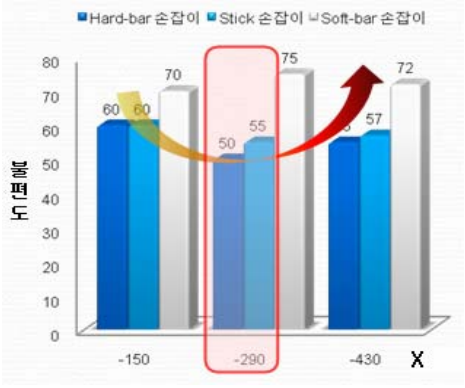

그림 14. 보조 손잡이 종류에 따른 X축(전/후 위치) 선정

손잡이 종류와 X축 수준의 교호작용을 분석해 보았을 때

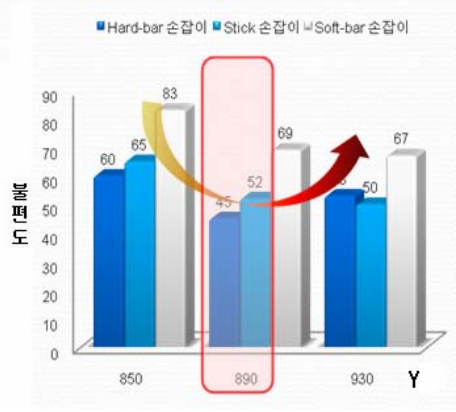

그림 15. 보조 손잡이 종류에 따른 Y축(높이) 선정

손잡이 종류에 상관없이 X축 수준으로 −290수준에서 불편도가 낮게 나왔으며, Y수준은 손잡이 종류에 따라 편한 위치가 다르게 분석되었다. Hard Bar 손잡이는 X, Y=(−290, 890) 수준에서 불편도가 낮게 나왔으며, Stick 손잡이는 X, Y=(−290, 930) 수준에서 불편도가 낮게 나왔다. Hard-bar 손잡이와 Stick 손잡이의 Y수준에서 차이가 발생하는 이유는 손잡이 형태상 Stick 손잡이는 손의 여유공간 문제가 발생되지 않으나 Hard−bar손잡이는 Y수준으로 930위치에 있을 때 X축에 따라 손의 여유공간이 확보되지 않는 경우가 발생하여 불편도를 증가시켜 손잡이 종류에 따라 Y축의 최적 수준이 달라지는 결과를 보였다.

보조 손잡이 유의성 차이 분석 결과, 보조 손잡이 재질에 따라 그룹 1(Hard Bar 손잡이, Stick 손잡이), 그룹 2(Soft Bar 손잡이)로 분류되었다.

그룹 2는 그룹 1보다 모든 수준에서 상대적으로 불편도가 높게 나왔다. 이는 지체 장애인이 차량 승강시 그룹 1의 보조 손잡이를 사용할 경우 힘을 더 잘 받고 늘어나지 않아 더 쉽게 승강할 수 있었다. 또한 Hard−bar 손잡이와 Stick 손잡이 비교 분석을 한 결과 Hard−bar 손잡이는 힘을 잘 받는다고 하였다. 하지만 Stick 손잡이는 다른 손잡이에 비

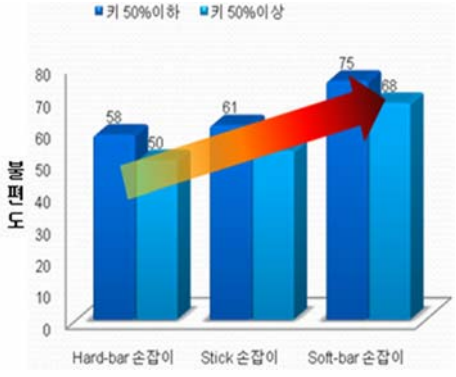

그림 16. 신장차이에 따른 비교

해 악력이 더 들어가며 손잡이가 길어서 머리 간섭이 발생하였다. Stick 손잡이가 차량 승강시 힘을 분산시킬 수 있는 장점을 갖고 있지만 오히려 손잡이의 길이 때문에 문제가 발생되어 불편도를 증가 시켰다.

따라서 차량의 승하강성을 개선하기 위해서는 힘을 잘 받을 수 있는 손잡이의 재질뿐만 아니라 잡는 방식에 따른 길이까지 고려한 설계가 이루어져야 한다.

앞서 살펴본 결과로부터 Stick 손잡이와 Hard−bar 손잡이의 X축 최적 수준은 290으로 같지만 Y축은 보조 손잡이 종류에 따라 Y의 최적 수준이 다르다. Stick 손잡이는 손의 reach에 상관없이 높이가 890, 930의 불편도가 비슷하나 Hard bar 손잡이는 높이가930이면 손의 여유공간 때문에 불편하여 890보다 930이 불편하다고 분석되었다. 종합적으로 신장 별로 손의 reach문제 및 여유공간을 고려해보았을 때, 모든 키 그룹에서 만족할 수 있는 Y수준 890에서 가장 편한 위치로 분석할 수 있으며, [그림 16]를 보았을 때 모든 키 그룹에서 Stick 손잡이보다 Hard−bar 손잡이가 더 편한 보조 손잡이로 응답하였다. 결론적으로 첫 번째 실험을 통해 보조 손잡이 종류는 Hard−bar 손잡이를 가장 선호하며, B−pillar 기준점을 중심으로 전방 290mm, 높이 890mm에 설치하는 것이 가장 추천이 된다.

5.2 보조 손잡이 유용성 평가

5.2.1 보조 손잡이 유용성 실험 계획

보조 손잡이가 없을 경우(현재 장애인의 차량 내 지지부위 조합)와 보조 손잡이가 있을 경우(최적위치)와의 승하강성 편의성 차이를 알아보고자 장애인의 대표적 차량 내 지지부위 조합인 시트−휠체어, A pillar−시트, 도어트림−시트 조합과 보조 손잡이의 최적 위치에서 비교 실험을 실시하였다.

5.2.2 보조 손잡이 유용성 실험 결과

보조 손잡이 제공에 따른 승강 편의성 효과 분석을 하였다. 장애인의 대표적 차량 내 지지부위 조합인 시트−휠체어, A pillar−시트, 도어트림−시트 조합과 3가지 보조 손잡이를 대상으로 피실험자가 가장 편하게 느끼는 위치에서 비교 분석을 실시하였다.

다음 [그림 17]은 보조 손잡이 없는 지지조합과 보조 손잡이 있는 경우의 불편도 분석을 한 결과이다.

휠체어−시트, Door trim−시트, A pillar−시트, A pillar−보조 손잡이로 실험을 수행하였으며 지지조합별 불편도를 비교 분석 결과, A pillar−보조 손잡이 조합의 불편도가 가장 낮게 나왔다. 따라서 손잡이를 활용할 경우, 차량 승하강에 도움을 준다고 할 수 있다.

그림 17. 신장에 따 지지조합별 불편도

또한 유의성 차이 결과에서도 A pillar-보조 손잡이 조합과 A pillar-시트 조합 간에 유의한 차이($p<0.05$)를 보여 A pillar-보조 손잡이 조합이 더 편한 조합으로 분석되었다. 지지조합별 불편도가 유의한 차이를 보이지만, 키 그룹간의 차이는 보이지 않은 것($p>0.1$)으로 보아 신장 크기에 관계없이 보조 손잡이 제공 시 승강 편의성을 향상 시켰다.

5.3. 장애인 대상 검증 실험

5.3.1 실험목적

본 연구의 대상이 휠체어를 사용하는 지체 장애인에게 차량 승강시 도움을 주고자 하는 연구이기 때문에 일반인 대상의 실험 결과가 장애인 실험에서도 동일한 결과가 나오는지를 검증하는 것이 필요하다.

실험은 지체 장애인(척수 장애로 인한 하반신 마비, 지체장애 3~6급) 대상으로 총 4명을 실험하였으며 지체 장애인을 대상으로 보조 손잡이가 없는 경우(장애인의 차량 내 지지부위 조합)와 보조 손잡이가 있는 경우와의 승하강성 편의성 차이를 분석하였다.

5.3.2 실험 결과

보조 손잡이가 없는 경우 피실험자는 핸들-휠체어, 휠체어-시트, 도어 바깥 틀-시트를 지지하여 승강을 하였으며 보조 손잡이 없는 경우의 승강시, 피실험자들이 모두 차량 승강시 불편하다고 대답하였다.

앞선 실험에서 도출된 3가지 보조 손잡이의 종류에 따라 적합한 최적위치에서 보조 손잡이를 부착하여 다음 [그림 18, 그림 19, 그림 20]와 같이 Hard bar 손잡이-시트, Stick 손잡이-A pillar, Soft bar 손잡이-시트를 지지하여 승강을 하였다.

보조 손잡이가 없는 경우보다 보조 손잡이를 부착할 경우

그림 18. Hard bar

그림 19. Soft bar

그림 20. Stick

차량 승하강에 도움을 준다고 응답하였으며 보조 손잡이의 종류에 따라 Hard-bar 손잡이 > Stick 손잡이 > Soft-bar 손잡이 순서로 차량 승강시 편하다고 응답하였다.

종합적으로 일반인 대상으로 한 실험 결과와 장애인 대상으로 검증 실험한 결과가 일치하는 것을 알 수 있었다. 특히 장애인이 차량 승하강시 Hard-bar 손잡이가 가장 편하다고 하였다.

6. 토의 및 결론

본 연구는 휠체어를 사용하는 지체 장애인을 대상으로 자동차 승하강성 문제점 분석 및 개선 방안을 제시하였다. 자동차 승하강성 인터뷰 및 설문 조사를 통해 장애인의 차량 내 승하강성 관련 요구 및 불편 요인을 파악하였으며 이때 가장 큰 불편 요인으로 핸들 간섭이 도출되었다. 핸들 간섭 원인으로 승하강시 지지하는 물리적인 힘이 승하강성의 어려움과 간섭을 발생시키는 요인으로 파악되었으며 이를 해결하기 위해 힘을 분산시켜 지지할 수 있는 보조도구 장치로서 보조 손잡이가 필요한 것으로 파악되었다. 보조 손잡이 개선안 실험을 통해 Hard-bar 손잡이를 손의 여유공간을 확보한 수준과 B-pillar 기준점을 중심으로 X축(전방) 290mm, Y축(높이) 890mm에 설치하는 것이 차량 승하강시 힘을 분산시킬 수 있는 최적의 수준으로 보여진다.

지체 장애인을 대상으로 검증 실험을 한 결과 보조 손잡이의 동일한 최적 위치를 얻을 수 있었다. 특히 손잡이를 잡고 차량 승강시 운전석 seat-back 부분과 Hard-bar

손잡이를 잡는 경향을 보였다. 힘을 분산시킬 수 있는 위치로는 적절하나 몸의 방향을 좀더 차 안쪽으로 이동시켜 줄 방법이 필요한 것으로 보여진다. 이를 해결하기 위해 보조 손잡이를 X, Y 위치뿐만 아니라 차 안쪽 방향으로의 위치도 고려가 필요한 것으로 생각된다.

본 연구에서 언급되지는 않았지만 승하강의 불편 요인 중 하나로 핸들 컨트롤이 있다. 현재 핸드 컨트롤은 대부분이 지체 장애인들의 운전습관으로 인해 좌측 핸드 컨트롤을 사용하며, 현재 장착되어 있는 핸드 컨트롤은 위치, 형태, 인터페이스가 다양하다. 이로 인해 핸드 컨트롤과 무릎이 닿는 간섭현상이 발생하며, 핸드 컨트롤에 장착된 버튼 또한 인지적으로 맞지 않는 부분이 많다. 특히 지체 장애인의 인체 특성에 적합하게 간섭이 발생되지 않도록 핸드 컨트롤의 위치가 개선되는 것이 필요하며 핸드 컨트롤에 장착된 버튼의 배열과 작동 방식에 대한 인터페이스 디자인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

참고 문헌

강태건, 교통약자를 위한 복지자동차 해외시찰 보고회, 한국보건산업진흥원, 2006.

김재호, 승용차 도어의 인간공학적인 설계 및 생체역학 시뮬레이션, 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문요약집, 2006.

박세진, 차량 조건 변화에 따른 승차 만족도 및 동작 분석에 관한 연구, Journal of the Ergonomics Society of Korea Vol. 25, No. 3 pp.25-32, August 2006.

이성규, 장애인 생활용품 생활환경 개선을 위한 설문 조사, 산업자원부 기술표준원, 2006.

유재우, 장애인 인체 치수 및 동작패턴 측정조사사업 보고서, 산업자원부 기술표준원, 2006.

Shino, M., Suenaga, S., Yoshizawa, N., Kamata, M. and Suetomi, T., "Proposal and Experimental Validation of Physical Workload Estimation Method during Vehicle Ingress/Egress," Japan Society of Automotive Engineers; 2005 JSAE convention, 2005, pp.20055722-.

Roberta L. Null, Universal Design, 1998.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 조 성 일 ❖ julio80@korea.ac.kr
고려대학교 산업시스템정보공학과 학사
현 재: 고려대학교 정보경영공학과 석사과정
관심분야: 제품 개발 프로세스

❖ 박 성 준 ❖ sjpark@nsu.ac.kr
포항공과대학교 산업공학과 (인간공학) 박사
현 재: 남서울대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: 자동차 인간공학, 제품개발, 감성평가

❖ 홍 승 우 ❖ ergohong@korea.ac.kr
고려대학교 산업시스템정보공학과 석사
현 재: 고려대학교 정보경영공학과 박사과정
관심분야: 제품개발, 자동차 인간공학, 감성공학

❖ 최 재 호 ❖ jhchoe@daejin.ac.kr
포항공과대학교 산업공학과(인간공학) 박사
현 재: 대진대학교 산업시스템공학과 교수
관심분야: 제품 개발 및 디자인

❖ 정 의 승 ❖ ejung@korea.ac.kr
Pennsylvania State University 산업공학과(인간공학) 박사
현 재: 고려대학교 정보경영공학과 교수
관심분야: 제품개발, 인간공학, 감성공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2008년 05월 20일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2008년 06월 26일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 07월 10일