



운전자 엉덩관절과 눈 위치 추정을 위한

통계적 기하학적 모형 개발.

글 • 산업경영공학과 박장운 박사
 mail • parkjw@postech.ac.kr
 소속 • 포스텍 산업경영공학과 인간공학설계기술연구실 박사후과정

운전자의 엉덩관절 위치(hip location, HL)와 눈 위치(eye location, EL)는 차량 운전석의 인간공학적 설계측면에서 중요 참조자료로 활용되고 있다. HL은 운전자의 엉덩이 위치를 나타내는 좌표로서 차량의 측면에서 봤을 때 운전자들의 HL 위치분포는 운전석의 조절범위 설계를 위한 중요 참조자료로 활용되고 있다. EL은 운전자의 눈 위치를 나타내는 좌표로서 다양한 인체 크기를 가진 운전자들의 운전자세로부터 수집되며, 수집된 EL 분포(eyellipse)는 운전석의 시계성 평가에 중요 도구로 활용되고 있다.

운전석의 인간공학적 설계를 위해 운전자의 인체 크기와 운전자세의 기하학적 연관관계에 기반한 HL과 EL 추정모형들이 개발되고 있다. Diffrient et. al.(1981)은 운전자의 하체 분절길이 및 관절각도를 이용해 발목에서 HL까지의 거리(Hip-reankle)를 추정할 수 있는 기하학적 모형을 개발하였는데, Hip-reankle 추정모형은 그림 2에 나타난 것과 같이 femoral link length (FL)와, hip angle (ϕ), 그리고 shank link length (SL)와 knee angle (θ)의 기하학적 연관식(Hip-reankle = FL cos (ϕ) + KH sin (ϕ))으로 개발되었다. 또한, You et. al. (1997)은 버스운전석의 HL과 EL을 추정하기 위해 운전자의 인체 크기 및 운전자세를 고려한 기하학적 추정모형을 개발하였다.

운전자의 분절길이(link length)는 HL과 EL에 대한 기하학적 추정모형들의 중요변수로 활용되고 있으나 정확한 길이를 측정할 수 없는 한계가 있다. 일반적으로 인체크기는 인체계측장비를 이용해 피험자의 피부표면에 위치한 인체측정 기준점간의 거리(surface landmark measurement length)로 측정된다(Chaffin et. al., 2006). 그러나 Diffrient et. al. (1981)의 Hip-reAnkle모형에서 사용된 femoral link length는 운전자의 엉덩이관절과 무릎관절의 중심간의 직선거리, 또한 shank link length는 무릎관절과 발목관절 중심간의 직선거리를 의미하는 해부학적인 길이로서 측정기준점을 설정하기 어려워 일반적인 인체계측장비(예: Martin's anthropometer)로 정확하게 측정하는데 한계가 있다.

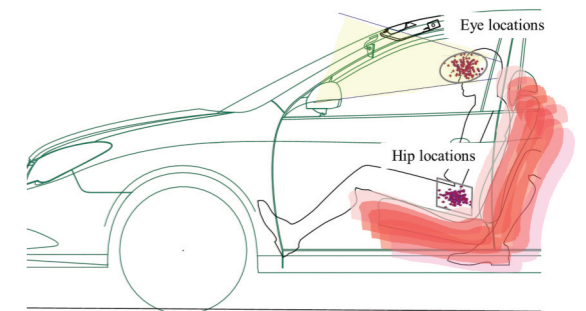


그림 1. 다양한 인체크기를 가진 운전자들의 엉덩관절 및 눈 위치 분포

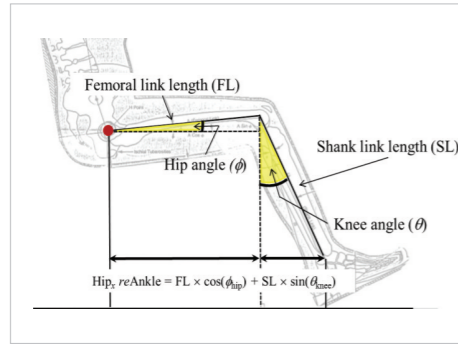


그림 2. 운전자 분절길이 및 운전자세의 기하학적 연관관계에 기반한 hip location 추정모형 (Ditriant et. al., 1981)

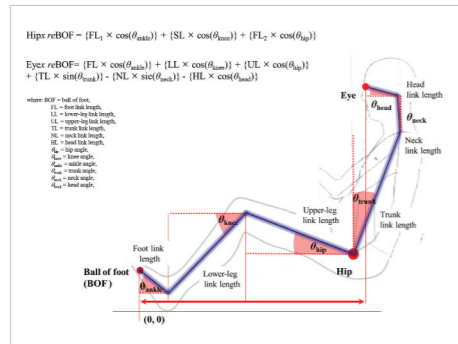


그림 3. Geometric relationship between related joint angles and link lengths for hip & eye location

본 연구는 HL과 EL에 대한 운전자의 인체크기 및 자세의 기하학적 모형을 기반으로 통계적 보정계수들을 적용함으로써 새로운 통계적 기하학적 모형들(statistical geometric models, SGMs)을 개발하고 평가하고자 한다. 기존 연구에서 개발된 HL과 EL 추정모형들은 OPL 변수들간의 단순한 기하학적 연관관계 또는 통계적 선형관계에만 기반하고 있어 운전자들의 인체크기 및 자세의 연관관계를 효과적으로 활용할 수 없었다. 반면, 본 연구는 운전자의 인체크기 및 자세의 기하학적 연관관계를 기반으로 HL과 EL의 기하학적 연관식을 개발한 후 다중회귀분석을 통해 모형의 계수들을 통계적으로 파악함으로써 기존의 단순한 기하학적 또는 통계적 모형들과는 차별화된 SGMs를 개발하고자 한다.

본 실험에는 운전경력 2년 이상인 20~50대 남녀 40명(남: 20명; 여: 20명)이 참여하였다. 실험참여자들은 Size Korea(2010) 남녀신장을 3개(33%ile, 33rd ~ 66%ile, 66%ile) 영역으로 나누어 다양한 키의 사람들이 참여할 수 있도록 모집되었다. 실험 참여자들의 키는 남성의 경우 평균 173 cm 이며(SD = 6.2, 범위 = 157 ~ 181 cm), 여성은 평균 161 cm(SD = 5.8, 범위 = 150 ~ 170 cm)이었다. 실험에서는 reconfigurable seating buck과 motion capture system이 활용되었다. Seating buck은 다양한 OPL 조건(coupe, sedan, SUV)으로 구현될 수 있도록 브레이크 페달, 가속 페달, 운전대, 운전석의 위치 및 각도가 조절 가능하도록 설계되었으며, 주행 시뮬레이션 프로그램과 연동되어 모의주행이 가능하도록 개발되었다. Seating buck에는 Equus seat(Hyundai-Kia Motors, Korea)가 장착되었으며, 실험 참여자들은 운전석의 위치, 쿠션 길이 및 각도, 등받이각도, 그리고 머리받침 위치를 선호하는 위치로 조절 가능하도록 하였다. 동작추정시스템은 Hawk-1(Motion Analysis Co., USA) 카메라 6대로구성되었다.

측정된 운전자세는 3단계절차(reference points 생성, reference points 위치보정, 그리고reference points와 markers 연동)를 통해 RAMSIS®(Human Solution GmbH, Germany)에서 가상 인체모형을 사용하여 재현되었으며, RAMSIS 인체모형으로 재현된 운전자세로부터 실험 참여자들의 엉덩 관절 및 눈 위치 정보가 추출되었다. Reference points 생성단계는 초기 선 자세에서 부착된 markers의 위치를 고려해 인체모형의 피부표면에 reference points를 생성한다. Reference points 위치보정단계는 측정된 markers 간의 위치 정보를 바탕으로 인체모형상의

reference points 위치를 보정한다. 마지막으로 reference points와 markers 연동단계에서는 RAMSIS에서제공하는 algorithm을 활용하여 인체모형의 reference points와reflective markers의 11 연동을 통해 실험참여자들의 운전 자세를 RAMSIS 인체모형으로 재현한다. 이때 reference points와 markers 간의연동은 RAMSIS에서 제공하는 task editor기능과 animation simulator기능(한번에 최대 38개 markers와 reference points 연동)을 이용한다. RAMSIS 인체모형을 활용하여 재현된 자세로부터 실험참여자들의 HL, EL, 그리고 6개 주요 관절각도들(head, neck, torso, hip, knee, and ankle angles)이 추출되었다.

SGMs는 운전자의HL과EL에 대한 운전자 인체크기 및 운전자세간의 기하학적 연관관계와 통계적 보정계수를 이용해 개발되었다. 예를 들어 HL에 대한 운전자 인체크기 및 운전자세간 기하학적 연관식은 그림 3에 나타내 것과 같이 Hip×reBOF = foot link length cos(ankle angle) + shank link length cos(knee angle) + femoral link length cos(hip angle)로 개발되었다. 이 때 Hip에 대한 기하학적 연관식은 운전자의 분절길이에 기반을 두고 있으나, 운전자의 분절길이를 인체계측장비로 측정하는 데 한계가 있다. 따라서 본 연구는 인체계측장비로 측정 가능한 운전자의 surface landmark measurement lengths를 link lengths로 변환해 줄 수 있는 통계적 보정계수를 파악하여 기하학적 모형에 적용하였다. HL과 EL에 대한 기하학적 연관식에 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 통해 constant 및 보정계수들을 통계적으로 파악하여 HL와 EL위치에 대한 통계학적 기하학적 모형들(statistical geometric models, SGMs)을 개발하였다.

본 연구의 SGMs는 HL과 EL에 대한 운전자의 인체크기 및 운전자세의 기하학적 연관관계에 통계적 보정계수를 추가로 적용함으로써 기존의 단순한 기하학적 또는 통계적 모형들과는 추정방식에서 차별화된다. ANSI/HFES 100 (2007), Diffrient et. al. (1981), Jung et. al. (2010), 그리고 You et. al. (1997)은 운전자/조종사의 HL과 EL을 추정하기 위해 분절길이 및 자세의 기하학적 연관식을 개발하였으나 분절길이는 field에서 측정이 어려운 한계가 있다. 또한, SAE J1517 (2011), SAE (2010), 그리고 Reed et. al. (2002)의 추정모형은 OPL 변수들간의 통계적 선형관계에 기반해 개발되었으나 SAE의 추정모형들을 추정성능을 평가할 수 있는 정량적 지표를 제공하고 있지 않으며, Reed et. al.의 모형은 OPL 유형별 추정성능의 변동이 큰 한계가 있다. 반면, 개발된 SGMs는 운전자의 측정 가능한 인체 크기를 사용한 기하학적 모형에 기반을 두고 있으며 추정오차를 보정하기 위한 통계적 보정계수를 추가로 적용함으로써 기존모형들의 한계를 극복하면서 동시에 추정성능까지 향상시킬 수 있었다.

SGMs를 실무에서 보다 효과적으로 활용하기 위해 다양한 인체크기를 가진 운전자들을 대상으로 한 착좌전략분석이 필요하다. 착좌전략이란 운전자들이 선호하는 운전자세 유형으로서 Andreoni et. al.(2002)은 8명의 남성운전자들의 착좌체압분포를 시각적으로 분석하여 상체 3가지(dorsal scapular, dorsal, and lumbar strategies), 하체 3가지 자세(ischiatic, intermediate, and trochanteric strategies) 유형으로 분류하였으며, Park (2006)은 운전자들의 운전자세(관절각도)를 군집 분석하여 선호자세 유형을 분류하였다. 개발된 SGMs는 운전자들의 인체크기와 운전자세를 중요 변수로 활용하고 있으므로 운전자들이 선호하는 대표 운전자세특성을 파악할 경우 현업에서 SGMs를 운전자들의 HL 및 EL 추정에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

● ● 참고문헌

ANSI/HFES 100 (2007). Human Factors Engineering of Computer-Workstations. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.

Chaffin, D.B., Andersson, G.B.J., and Martin, B. J. (2006). Occupational Biomechanics(4thed). New York, USA: Wiley Interscience.

Chaffin, D. B. (2001). Digital Human Modeling for Vehicle and Workplace Design. Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa: SAE International.

Diffrient, N., Tilley, A. R. & Harman, D. (1981). Human Scale 7/8/9, Cambridge, MA.

Jung, K., Park, J., Lee, W., Kang, B., Eum, J., Park, S., and You, H. (2010). Development of a quantitative ergonomic assessment method for helicopter cockpit design in a digital environment. Journal of the Ergonomics Society of Korea, 29(2), 203-210.

Park, J., Jung, K., Chang, J., Kwon, J., & You, H. (2010). Evaluation of predicted driving postures in RAMSIS digital human model simulation. IE Interfaces, 23(2), 101-108.

Reed, M. P., Manary, M. A., Flannagan, C. A. C., & Schneider, L. W. (2002). A statistical method for predicting automobile driving posture. Human Factors, 44(4), 557-568.

SAE J826 (1995). Devices for use in defining and measuring vehicle seating accommodation. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

SAE J941 (2010). Motor vehicle drivers' eye locations. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

SAE J1517 (2011). Driver selected seat position. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Size Korea (2010). Report on the Fifth Survey of Korean Anthropometry. Retrieved June 26, 2010 from <http://sizekorea.kats.go.kr/>

Speyer, H. (2005). RAMSIS Definition of Anthropometric Measurements. Human Solutions GmbH, Germany.

You, H., Oesterling, B., Buccigaglia, J., Lowe, B. D., Gilmore, B. J. & Freivalds, A. (1997). Bus operator workstation evaluation and design guidelines. Transit Cooperative Research Program, National Academy Press, Washington, D.C.

