

농용 트랙터 운전좌석의 인간공학적 평가

A Study on the Ergonomic Evaluation of Farming Tractor Seat

최경주* 이영신* 박세진**

K. J. Choi Y. S. Lee S. J. Park

1. 서론

트랙터(Tractor)는 다목적으로 이용 가능한 작업기를 부착하여 농, 축산가에 널리 사용되고 있는 장비로써 1980년대부터 보급되기 시작, 1990년대 이후로 급격히 증가하였다.[1] 이처럼 부족한 농업인력을 보완하기 위하여 트랙터의 수요는 증가하고 있지만, 인간공학적 설계원칙의 결여로 비효율적이며, 안전성이 부족한 위험요인이 항상 존재하고 있는 실정이다. 더욱이 경제 발전과 국민의식의 향상, 그리고 노동문화의 질적 고급화 현상으로 인하여 선진 기술의 답습에 의한 트랙터 설계에 소비자들은 사용상의 불편함, 개인의 취향에 맞지 않음 등의 인간공학적 불만을 토로하고 있다.

트랙터 사용자와 가장 밀접한 부분은 조종석(cabin)으로 트랙터의 안전성과 안락감, 인체 적합성에 가장 큰 영향을 주는 부분이다. 따라서 트랙터의 조종석은 넓은 범위의 인체 특성치를 수용하고, 진동, 소음과 외부 충격으로부터 운전자를 보호할 수 있도록 설계되어야 한다. 이를 만족시키기 위해서는 해부학, 행동과학, 생체역학, 생리학 등이 결합된 안전/인간공학적인 학제적 연구가 수행되어야 한다. 그러나 국내의 경우는 박세진 등[2]에 의해 자동차 시트의 안락감을 객관적으로 측정하기 위하여 근전도 측정기를 도입하였으며 자동차 시트에 대한 주관적 평가를 수행하고 체압분포, 근전도, 시트 물리적 특성과 같은 객관적 방법을 동원하여 안락감에 대한 통계적 기법에 대해 연구하였다. 또한 이영신 등[3]에 의해 한국인 인체측정 실험에 의한 자동차 운전석의 안락감 평가를 통하여 국산 자동차의 운전자의 운전자세와 운전석의 레이아웃에 관한 연구가 수행된 바 있다. 이와 같이 일반 자동차에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나 비포장 도로나 농작물 경작지와 같이 비교적 큰 진동이 유발되는 환경에서 운행되는 특수 차량의 안락성과 인체적합성을 적극적으로 개선하고자 하는 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 농용 트랙터 운전자의 사용성과 안락성을 고려한 사람과 트랙터 사이의 최적 인터페이스 설계에 대한 연구를 수행하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 시트

* 충남대학교 공과대학 기계설계공학과

** 한국표준과학연구원 인간·정보그룹

와 조종석(cabin)의 레이아웃을 인간공학적 관점에서 인체적합성 평가를 수행하였다. 이를 위해 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램인 MQPro를 사용하여 운전자와 트랙터 조종석의 환경을 모델링하여 한국인 체형에 적합한 시트와 조종석 레이아웃의 평가를 수행하였다.

2. 연구 방법

2-1. 인체 모델링

2-1-1. 인체 모델링을 위한 인체측정치 도출

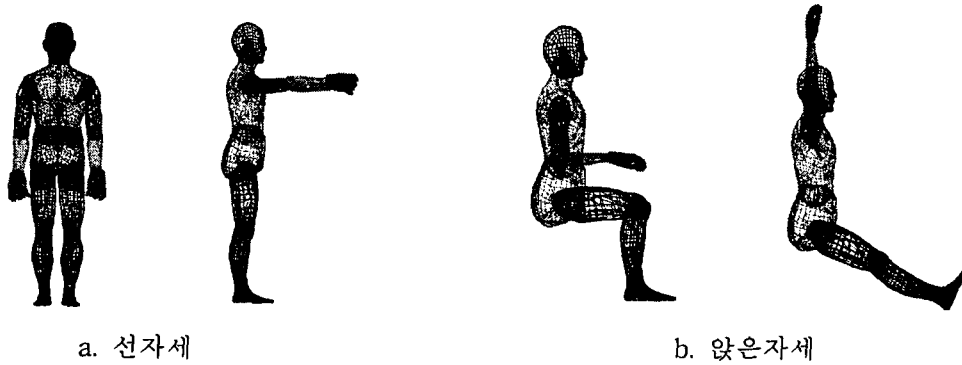
일반적으로 자동차나 트랙터와 같이 인체와 결합되어 작업을 하는 제품을 설계할 때는 주사용자의 인체특성치를 고려하는 것이 필수적이다. 이런 경우 움직일 수 있는 관절을 가지든지, 아니면 하나의 단일체를 형성하든지 하는 사람의 모형을 이용하는데 이것을 마네킨이라 한다. 특히 Man-Machine Interface의 특수한 작업이 요구되는 가구, 작업대, 자동차 등의 설계에서 마네킨을 이용한다[4]. 따라서 본 연구에서는 트랙터 조정공간 레이아웃의 적합성 검토를 위해 한국인 체형의 마네킨을 설계하였다. 이 마네킨의 설계에 이용된 인체측정항목은 [표 1]에서 제시하였다. 본 연구에서 이용된 마네킨은 한국인 남성으로 25~50세, 95 퍼센타일의 치수[5]를 적용하였다. 이는 트랙터의 주 사용자가 남성임을 고려한 것이고, 자동차 레이아웃 설계 시 가장 큰 체형을 기준으로 하는 방법을 적용한 것이다.

[표 1] 마네킨 설계 관련 인체측정항목

인체측정항목			
머리	손	선자세	앉은자세
머리길이 머리너비 머리두께	손길이 손너비 손두께	키 어깨높이 손끝높이	앉은키 눈높이
팔	발	대퇴돌기높이 무릎마디안쪽높이	앉은무릎높이 앉은오금높이
앞으로 뻗은 손끝길이 팔길이 윗팔둘레 아래팔둘레 어깨점-팔꿈치길이 팔꿈치-손목길이	발길이 발너비 발등높이 바깥복사점높이	윗가슴너비 허리너비 엉덩이너비 가슴두께 허리두께 엉덩이두께 목둘레	앉은넓적다리두께 앉은엉덩이무릎길이 앉은엉덩이오금길이 장딴지둘레 앉은팔꿈치높이 앉아머리로 뻗은 손끝길이
	몸무게		

2-1-2. MQPro를 이용한 3차원 마네킨 모델링

본 연구에서는 주어진 환경에서의 인간을 모사하고 작업장을 설계할 수 있는 프로그램인 MQPro를 사용하였다. 여기서는 트랙터 조종석의 실제 작업환경과 같은 3차원상의 특정환경을 구성하고 신체특성이 충실히 반영된 마네킨을 사용하여 트랙터 조정공간에서 인체적합성을 평가할 수 있도록 [표 1]의 인체측정항목의 치수를 이용하여 [그림 1]과 같은 마네킨을 생성하였다.

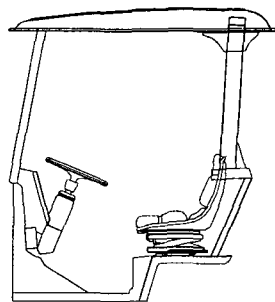


[그림 1] MQPro를 이용하여 생성한 마네킨

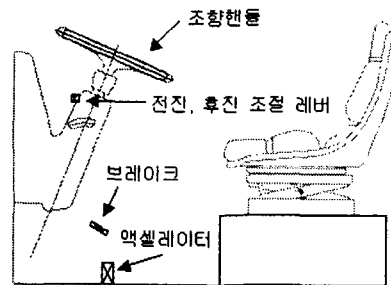
2-2. 트랙터 시트 및 조종석 평가의 변수

운전자세는 시트에 대한 조종장치의 위치, 천장쪽의 가용공간 등의 특성에 의해 결정되고 영향을 받는다. 따라서 인체와 인터페이스하는 조종장치의 기능적 측정항목(Functional Task Oriented Measurements)에 대한 설계가 이루어져야 하며 아래에 그 항목을 제시하겠다.

2-2-1. 트랙터 시트 및 조종석, 조종장치 모델링



[그림 2] 트랙터 조종석 모델링



[그림 3] 트랙터 시트 및 조종장치 모델링

2-2-2. 기능적 측정항목(Functional Task Oriented Measurements)

- 1) 조종공간 : 운전 및 작업시 작업자 머리부분의 포락선과 천장간의 간격으로 헤드룸(Head Room)을 구한다. 일반적으로 95 퍼센타일의 작업자가 운전석에 똑바로 앉았을 때 작업자의 앉은 높이와 작업자에 의한 시트 쿠션의 높이, 작업자 엉덩이쪽 의복의 두께에 의한 여유와 모자 또는 헬멧을 쓰고 운전하는데 천장에 닿지 않는 높이이어야 한다. 작업자의 레그룸(Leg Room)은 AHP(Accelerator Heel Point)와 HP(Hip Point)의 수평거리와 높이로 구해지며 작업자를 기준으로 앞 레그룸을 설정한다.
- 2) 조향핸들 : 운전자가 운전 할 때에 가장 안락한 조향핸들의 각도는 약 60° 만큼 기울어져 있을 때이며, 운전대의 직경은 운전 시 운전자의 두 팔 사이의 거리(34.0 ~ 40.0cm)가 적당하다. 또한 조향핸들에서 시트 등판까지의 거리와 핸들 높이, 작업자 무릎과 핸들 간

격을 고려하여 조향핸들의 기울기를 선정해야 한다.

- 3) 브레이크/액셀레이터 : 브레이크는 정지시 일정량의 힘이 들기 때문에 작업자의 다리와 발은 브레이크 페달의 위치와 각도와 관계를 고려해야 한다. 브레이크 페달의 크기는 발의 길이와 너비보다 크지 않아야 하고, 이들이 놓여질 위치와 운전석으로부터의 거리, 위치, 각도 등은 다리 각 부위의 측정값을 근거로 무릎 관절각도 및 발목각도, 신발높이, 발 길이, 다리길이, 다리의 운동영역이 설계되어야 한다. 그리고 액셀레이터도 브레이크와 같이 고려해야 한다.
- 4) 전,후진 조절레버 : 전,후진 조절레버는 작업자가 운전석에 앉아서 손으로 조작할 수 있는 작업역 이내에 위치시켜야 한다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 조종공간

[그림 4]는 트랙터 시트에 95퍼센타일의 한국인 남성 마네킨을 앉히고 왼쪽에서 본 그림이다. 그림에서 마네킨은 허리를 펴고 앉은 자세를 유지하고 있는 상태이다. 헤드룸의 클리어런스는 28.8cm이고 레그룸에서 AHP와 HP의 수평거리는 43.9cm, 높이는 57.3cm 이며 그림에서 레그룸은 공간적인 여유가 있음을 알 수 있다.

3-2. 조향핸들

조향핸들은 사용빈도나 작용 힘을 고려하였을 때 생체역학적인 관점에서 신체의 물리적인 스트레스를 최소화하는 방향으로 설계가 이루어져야 한다.[6] [그림 5]는 트랙터 시트에 마네킨을 앉히고 조향핸들을 잡도록 한 그림이다. 여기서 마네킨은 허리를 약간 숙이고 손은 조향핸들과 회전축이 만나는 높이에 위치시켰다. 이 그림에서 조향핸들의 각도는 67°로 일반적으로 안락하다고 알려져 있는 차량 조향핸들 각도인 60°보다 큰 것을 알 수 있다. 또한 작업자와 조향핸들의 거리는 61cm 로 Dupuis등이 제안한 “핸들을 조종하는데 인간이 낼 수 있는 최대 힘은 신체에서 60~65cm 떨어진 거리”에 부합된다. 그리고 조향핸들의 높이는 74.5cm 이다.

3-3. 브레이크/액셀레이터

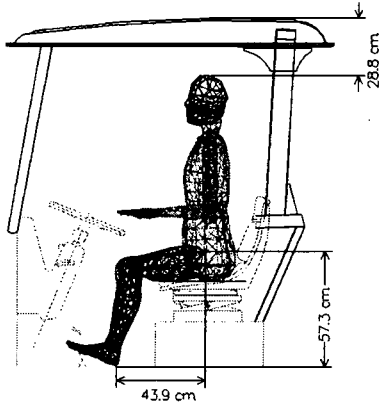
[그림 6]은 마네킨이 시트에 앉아 왼발 발바닥의 앞쪽을 브레이크에 올려놓은 상태를 왼쪽에서, [그림 7]은 위에서 본 그림이다. 왼쪽 다리는 조향핸들에 의해 공간적인 제약을 받지 않는다.

[그림 8]은 마네킨이 시트에 앉아 오른발의 뒤꿈치는 바닥에 대고 발바닥의 앞쪽을 액셀레이터에 올려놓은 상태를 왼쪽에서, [그림 9]는 위에서 본 그림이다. 오른쪽 다리는 조향핸들에 걸리지 않는 것을 관찰할 수 있다.

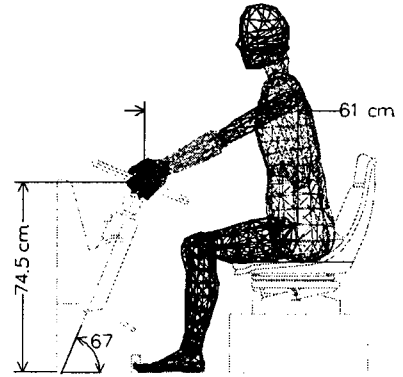
3-4. 전,후진 조절레버

[그림 10]은 마네킨이 시트에 앉아 왼손으로 전진/후진 조절 레버를 잡고 있고 양 다리는 앉은 자세를 유지하고 있다. 이 그림에서 보는 것과 같이 전진/후진 조절 레버는 작업자가

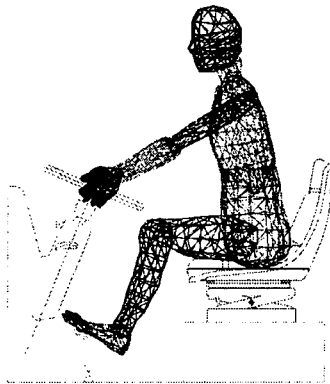
운전석에 앉아서 손으로 조작할 수 있는 작업역 이내에 위치하고 있다. 또한 [그림 11]은 위에서 본 그림으로 양 다리를 제거하여 왼팔을 정확히 볼 수 있도록 하였다. 여기서도 조향핸들에 의해 전진/후진 조절 레버를 조작하는 왼팔이 방해받지 않는다는 것을 알 수 있다.



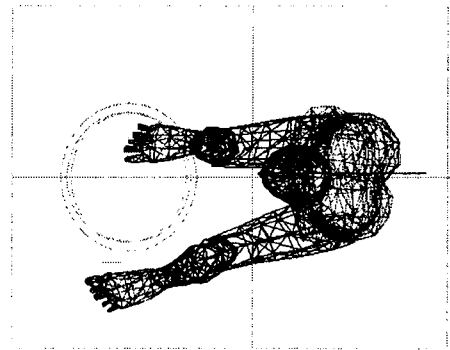
[그림 4] 조정공간에 대한 평가



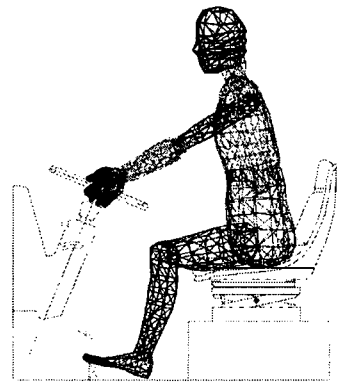
[그림 5] 조향핸들에 대한 평가



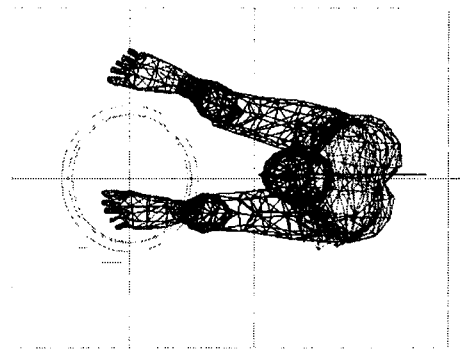
[그림 6] 브레이크에 대한 평가(측면도)



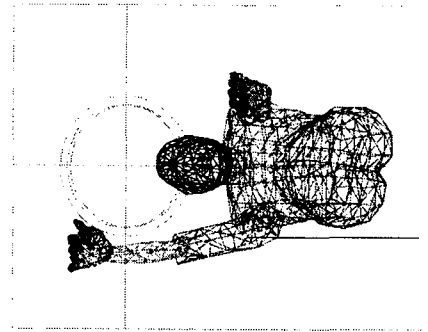
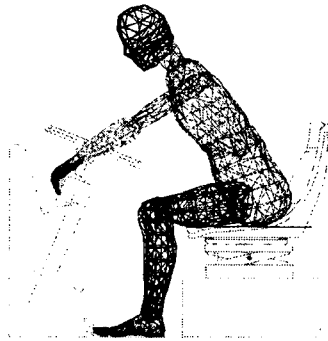
[그림 7] 브레이크에 대한 평가(평면도)



[그림 8] 액셀레이터에 대한 평가(측면도)



[그림 9] 액셀레이터에 대한 평가(평면도)



[그림 10] 전,후진 조절레버에 대한 평가(측면도) [그림 11] 전,후진 조절레버에 대한 평가(평면도)

4. 결론

- 1) 트랙터 조정공간에서 헤드룸은 28.8 cm의 충분한 공간을 확보하고 있으므로 의복이나 모자의 두께를 고려할 경우에도 헤드룸의 클리어런스는 적합함을 알 수 있다. 레그룸의 공간적인 여유는 시트의 수평거리와 높이의 적합성을 보여준다.
- 2) 조향핸들의 각도는 일반적으로 안락하다고 알려져 있는 차량의 조향핸들 각도 보다 약 7° 크지만 조향핸들의 높이와 직경은 사용자의 인체특성에 적합하게 설계되어 있었다.
- 3) 조종석의 바닥에 설치된 액셀레이터와 브레이크는 조향핸들에 의해 공간적인 제약을 받지 않았으며, 시트는 액셀레이터와 브레이크를 발로 조작하는데 적합한 위치로 설계되어 있었다.
- 4) 전진/후진 조절 레버는 조향핸들에 의해 조작하는 팔이 방해받지 않았으며, 시트의 레이아웃 또한 전진/후진 조절 레버를 사용하는데 어려움이 없었다.

5. 참고문헌

- [1] 농림부, 농림업 주요통계(<http://www.maf.go.kr/html/pds/pdf/농업생산자재.pdf>)
- [2] 박세진, 김채복, 1997, The Evaluation of Seating Comfort by the Objective Measures, SAE paper 970595
- [3] 이영신, 이석기, 박세진, 1996, 한국인 인체측정 실험에 의한 자동차 운전석의 안락감 평가, 한국자동차공학회논문집, 제4권, 제3호, pp.61~72
- [4] 남윤의, 송근영, 박세진, 이영신, 1999, 한국형 마네킨 구현에 의한 최적 시팅 패키지 설계 치수제안, 대한인간공학회지, 제18권, 2호, pp.57~69
- [5] 국립기술품질원, 1997, 국민표준체위조사보고서
- [6] 이근희, 1994, 인간공학(이론과 실무), 상조사