



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년08월01일
(11) 등록번호 10-1053284
(24) 등록일자 2011년07월26일

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006.01) G06F 17/40 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0120733

(22) 출원일자 2008년12월01일

심사청구일자 2008년12월01일

(65) 공개번호 10-2010-0062243

(43) 공개일자 2010년06월10일

(56) 선행기술조사문헌

W02008130070 A1

(73) 특허권자

한국항공우주산업 주식회사

경남 사천시 사남면 유천리 802

(72) 발명자

유희천

경상북도 포항시 남구 지곡동 교수아파트 7동 210호

정기효

경상북도 포항시 남구 지곡동 포항공과대학교 대학원아파트 3동 1302호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이숙영

전체 청구항 수 : 총 19 항

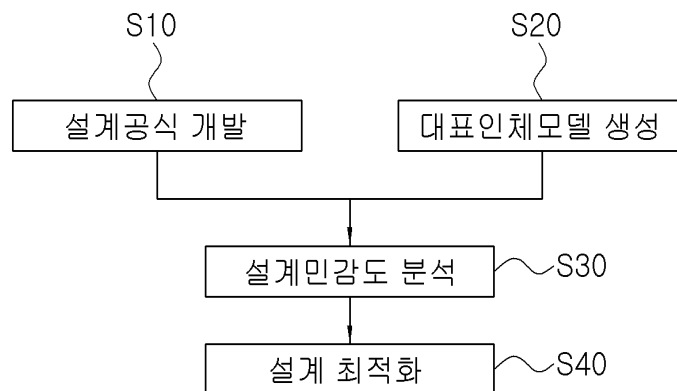
심사관 : 최훈영

(54) 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체

(57) 요약

본 발명은 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체에 관한 것으로, (a) 인체변수와 설계변수의 연관관계를 수식으로 표현하여 설계 대상 제품의 설계변수 별로 설계 공식을 설정하는 단계와; (b) 상기 설계 대상 제품의 대표인체모형을 생성하는 단계와; (c) 상기 설계 공식과 상기 대표인체모형을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 설계치수의 변화에 따른 자세를 추정하고, 상기 추정된 자세 정보를 정의된 기본자세 정보와 비교하여 설계 민감도를 분석하는 단계; 및 (d) 상기 설계 민감도 분석을 기초로 해당 설계변수의 최적 설계 치수를 결정하는 단계;를 포함하고, 상기 (b)단계에서 상기 대표인체모형은: 설계 대상 인구를 통계적으로 대표하는 1명 이상의 인구를 생성하는 것을 특징으로 하며, 상기 (c)단계에서 상기 설계 민감도를 분석하는 방법은: 상기 추정된 자세 정보를 정의된 기본자세 정보와 비교하여 자세 손실 점수를 산출하고, 상기 산출한 자세 손실 점수에 따라 설계 민감도를 분석하는 것을 특징으로 하고, 상기 자세 손실 점수의 산출 방법은: 상기 추정된 자세 정보를 상기 대표인체모형의 자세를 손실 점수로 변화시켜주는 자세 손실 함수에 대입하여 산출하는 것을 특징으로 하며, 상기 자세 손실 함수는: 자세의 임계치 \times |대표인체모형 자세 - 기본자세|의 식을 만족하는 것을 특징으로 하고, 상기 자세의 임계치는, 안락 자세의 범위를 정하는 값으로서 상기 기본자세와 최대 자세 범위 사이에서 특정되는 것을 특징으로 한다. 따라서, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 사용자의 다양한 인체체크와 제품 사용 자세를 제품 설계에 반영할 수 있어 사용자에게 보다 적합한 제품을 설계할 수 있고, 또한 설계 치수 변화에 따른 자세 손실 점수를 설계 민감도 분석을 통해 최적화된 제품을 설계할 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

이원섭

경상북도 경주시 성건동 626-24번지 보우삼화빌라
306동 307호

박장운

울산광역시 북구 상안동 381-1 쌍용아진그린타운
214동 803호

강병길

경상남도 진주시 주악동 주악현대아파트 104동
1802호

이정효

경상남도 사천시 사천읍 정의리 태성 하이트빌라
403호

엄주호

경상남도 진주시 주악동 한보은빛아파트 103동 30
1호

박세권

충청북도 청원군 남일면 사서함 335-2호

특허청구의 범위

청구항 1

인체측정학적 제품 설계방법에 있어서,

(a) 인체변수와 설계변수의 연관관계를 수식으로 표현하여 설계 대상 제품의 설계변수 별로 설계 공식을 설정하는 단계와;

(b) 상기 설계 대상 제품의 대표인체모델을 생성하는 단계와;

(c) 상기 설계 공식과 상기 대표인체모델을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 설계치수의 변화에 따른 자세를 추정하고, 상기 추정된 자세 정보를 정의된 기본자세 정보와 비교하여 설계 민감도를 분석하는 단계; 및

(d) 상기 설계 민감도 분석을 기초로 해당 설계변수의 최적 설계 치수를 결정하는 단계;를 포함하고,

상기 (b)단계에서 상기 대표인체모델은:

설계 대상 인구를 통계적으로 대표하는 1명 이상의 인구를 생성하는 것을 특징으로 하며,

상기 (c)단계에서 상기 설계 민감도를 분석하는 방법은:

상기 추정된 자세 정보를 정의된 기본자세 정보와 비교하여 자세 손실 점수를 산출하고, 상기 산출한 자세 손실 점수에 따라 설계 민감도를 분석하는 것을 특징으로 하고,

상기 자세 손실 점수의 산출 방법은:

상기 추정된 자세 정보를 상기 대표인체모델의 자세를 손실 점수로 변화시켜주는 자세 손실 함수에 대입하여 산출하는 것을 특징으로 하며,

상기 자세 손실 함수는:

자세의 임계치 \times | 대표인체모델 자세 - 기본자세 | 의 식을 만족하는 것을 특징으로 하고,

상기 자세의 임계치는, 안락 자세의 범위를 정하는 값으로서 상기 기본자세와 최대 자세 범위 사이에서 특정되는 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (a)단계에서 상기 설계 공식을 설정하는 방법은:

상기 설계변수와 인체변수의 연관관계를 분석하는 디자인 구조 매트릭스(design structure matrix) 분석을 포함하는 것을 특징으로 하는 인체측정학적 설계방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 인체변수는 신체부위 변수, 자세변수를 포함하는 것을 특징으로 하는 인체측정학적 설계방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 (c)단계에서 상기 설계치수의 변화에 따른 자세를 추정하는 방법은:

설계 대상 제품의 크기를 설계 가능 범위 내에서 변화시켜 가면서 상기 설계공식에 상기 대표인체모델의 인체크기를 대입하는 시뮬레이션 과정을 통해 해당 제품에 대한 상기 대표인체모델의 자세를 추정하는 것을 특징으로 하는 인체측정학적 설계 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 (d)단계에서 상기 최적 설계 치수를 결정하는 방법은:

상기 설계 민감도 분석을 기초로 상기 대표인체모델의 손실 점수가 최소가 되는 값을 해당 설계변수의 최적 설계 치수로 결정하는 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이(DD6)의 설계 공식은,

$$'DD6 = BD1 \times \sin(AD1) - BD2 \times \sin(\text{Seatpan angle}) + 2.5'$$

여기서, 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion), BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 시트팬 각도(Seatpan angle)는 10° 내지 20° 이고, 상기 2.5는 힐(Heel) 높이(cm)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2)의 설계 공식은,

$$'DD2 = 11 - BD3 \times \sin(AD3) + (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD9'$$

여기서, 상기 11은 NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm)이고, 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3)의 설계 공식은,

$$'DD3 = DD6+BD3 \times \cos(AD3)+(BD4-BD3) \times \cos(AD4)' \text{ 이고,}$$

여기서, 상기 DD6은 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이, 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이, 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 조종석의 수평위치 조절 범위(DD7)의 설계 공식은,

$$'DD7 = 11-\{DD2-(BD4-BD3) \times \sin(AD4)+BD3 \times \sin(AD3)\}+BD9' \text{ 이고,}$$

여기서, 상기 11은 NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm), 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 조종석의 수직위치 조절 범위(DD8)의 설계 공식은,

$$'DD8 = DD3-(BD4-BD3) \times \cos(AD4)-BD3 \times \cos(AD3)-DD6' \text{ 이고,}$$

여기서, 상기 DD3은 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback), 상기 DD6은 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 사이클릭 컨트롤에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD10)의 설계 공식은,

$$'DD10=DD2-BD9-(BD4-BD3) \times \sin(AD4)+BD5 \times \sin(AD6)+BD6 \times \cos(AD9) \times \cos(AD8+AD6) \times \cos(AD9)' \text{ 이고,}$$

여기서, 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6는 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 BD6는 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD9는 어깨 회전 각도(Shoulder rotation), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리(DD11)의 설계 공식은,

$$'DD11=DD3-(BD4-BD3) \times \cos(AD4)-BD5 \times \cos(AD6) \times \cos(AD7)-BD6 \times \cos(AD8+AD6)'$$
 이고,

여기서, 상기 DD3은 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3은 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6은 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 AD7은 어깨 관절 각도(Shoulder abduction), 상기 BD6는 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD13)의 설계 공식은,

$$'DD13 = BD7/2+BD5 \times \sin(AD7)-BD6 \times \sin(AD9)'$$
 이고,

여기서, 상기 BD7은 어깨 너비 폭(Biacromial breadth), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD7은 어깨 관절 각도(Shoulder abduction), 상기 BD6은 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD9는 어깨 회전 각도(Shoulder rotation)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리(DD14)의 설계 공식은,

$$'DD14=DD2-BD9-(BD4-BD3) \times \sin(AD4)+BD5 \times \sin(AD6)+BD6 \times \cos(AD8+AD6) \times \cos(AD9)'$$
 이고,

여기서, 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 측면까지의 y축 수평거리, 상기 BD9는

상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3은 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6은 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 BD6은 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion), 상기 AD9는 어깨 회전 각도(Shoulder rotation)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리(DD15)의 설계 공식은,

$$'DD15=DD3-(BD4-BD3) \times \cos(AD4)-BD5 \times \cos(AD6) \times \cos(AD7)-BD6 \times \cos(AD8+AD6)'$$
 이고,

여기서, 상기 DD3은 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3은 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6은 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 AD7은 어깨 외형 각도(Shoulder abduction), 상기 BD6은 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD17)의 설계 공식은,

$$'DD17=DD1+BD11/2+BD2 \times \sin(AD2) \times \sin(AD10)+(BD1+2.5) \times \sin(AD1) \times \sin(AD10)'$$
 이고,

여기서, 상기 DD1은 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD11은 히프 중심 폭(Hip pivot width), 상기 BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 상기 AD2는 히프 굴곡 각도(Hip flexion), 상기 AD10은 히프 외형 각도(Hip abduction), 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 22

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD18)의 설계 공식은,

$$'DD18=DD2-BD9-(BD4-BD3) \times \sin(AD4)+BD3 \times \sin(AD3)+BD2 \times \cos(AD2) \times \cos(AD10)+(BD1+2.5) \times \cos(AD1) \times \cos(AD2) +BD10'$$
 이고,

여기서, 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3은 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 AD3은 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 상기 AD2는 히프 굴곡 각도(Hip flexion), 상기 AD10은 히프 외형 각도(Hip abduction), 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion), 상기 BD10은 복사뼈에서 발의 볼까지의 거리(Ankle to ball-of-foot)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 23

제 1 항에 있어서,

상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리의 설계 공식은,

$$'DD6+BD2 \times \sin(AD2)-BD1 \times \sin(AD1)+BD10 \times \sin(AD12)+2.5'$$
 이고,

여기서, 상기 DD6은 바닥에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 z축 수직거리, 상기 BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 상기 AD2는 히프 굴곡 각도(Hip flexion), 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion), 상기 BD10은 복사뼈에서 발의 볼까지의 거리(Ankle to ball-of-foot), 상기 AD12는 발목 굴곡 각도(Ankle flexion)인 것을 특징으로 하는 인체측정학적 제품 설계방법.

청구항 24

제 1 항 내지 제 3항, 제 5 항 및 제 10 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 기재된 인체측정학적 제품 설계방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

본 발명은 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 설계 민감도 분석을 통한 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그

[0001]

램을 저장한 기록매체에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 오늘날, 사용자 중심 설계를 위해 제품 설계 대상 인구집단의 인체크기를 활용한 인체측정학적 제품 설계방법이 활용되고 있다. ANSI/HFES(2007. Human Factors Engineering of Computer Workstations. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.)은 설계변수와 인체변수의 기하학적 연관관계를 수식화한 설계공식 (design equation)을 활용하여 컴퓨터 워크스테이션 설계 표준을 개발하였고, Das and Sengupta(1996. Das, B., and Sengupta, A. K. (1996). Industrial workstation design: a systematic ergonomics approach. *Applied Ergonomics*, 27(3), 157-163.)는 설계 대상 인구의 인체측정자료를 적용하여 산업현장의 작업대 및 작업공간을 설계하였다.
- [0003] 종래의 인체측정학적 제품 설계방법은 사용자 중심 제품 설계에 유용하게 활용되고 있으나, 보다 사용자에게 적합한 제품 설계를 위해서는 두 가지 측면(자세 다양성의 설계 반영, 설계 최적화)의 보완이 필요하다.
- [0004] 첫째, 제품 설계 시 사용자의 자세 다양성이 고려되어야 한다. 종래의 설계 방법은 설계자가 지정한 하나의 기준 자세(reference posture)에 근간하여 제품 설계치수를 결정하였다. 도 1a를 예로 들면, 조종석 높이(h)는 기준 다리 자세(90°)를 사용하여 설계된다. 그러나, 제품 사용 자세는 제품 사용 특성 및 사용자의 자세 선호에 따라 도 1b와 같이 다양할 수 있으므로, 사용자의 자세 다양성이 제품 설계에 반영되어야 한다.
- [0005] 둘째, 사용자의 제품 사용 자세가 편안하도록 설계 최적화가 필요하다. 제품 설계 치수는 설계 대상 인구의 제품 사용 자세가 편안하도록 최적으로 설계되어야 한다. 설계 최적화를 위해서는 설계치수 변화에 따른 사용자의 자세 불편도를 정량화한 설계 민감도 분석이 필요하며, 이를 통해 사용자 자세 불편을 최소화하는 최적 설계 결정할 수 있다.
- [0006] 한편, 종래에서는 설계 민감도 분석을 체계적으로 수행하여 인체측정학적 제품 설계를 지원하는 시스템에 대해서 개발된 사례가 없는 것으로 조사되었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0007] 본 발명은 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여 제안된 것으로, 제품의 설계 치수 변화에 따른 자세를 컴퓨터 시뮬레이션 한 후, 설계 민감도를 분석하여 사용자에게 적합한 인체측정학적 제품을 설계하는 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체를 제공하는 데 그 목적이 있다.
- [0008] 또한, 본 발명의 다른 목적은 다양한 인체크기를 가지는 사용자의 인체 특성과 제품 사용에 따른 다양한 자세 특성을 제품 설계에 반영할 수 있는 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체를 제공하는 데 있다.
- [0009] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 제품 설계 치수 변화에 따른 사용자의 자세 손실 점수를 분석하여 제품 설계에 반영함으로써 설계를 최적화할 수 있는 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체를 제공하는 데 있다.
- [0010] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 항공기, 헬리콥터, 자동차 등의 조종석(운전석)의 설계시 사이클릭(cyclic), 콜렉티브(collective), 페달(pedal) 등의 구성품들을 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 설계 민감도를 분석하여 사용자에게 적합한 인체측정학적 제품을 설계하는 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

- [0011] 상술한 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명에 의한 인체측정학적 제품 설계 방법은 특허청구범위 제1항에 기재된 바와 같이, (a) 인체변수와 설계변수의 연관관계를 수식으로 표현하여 설계 대상 제품의 설계변수 별로 설계 공식을 설정하는 단계와; (b) 상기 설계 대상 제품의 대표인체모델을 생성하는 단계와; (c) 상기 설계 공식과 상기 대표인체모델을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 설계치수의 변화에 따른 자세를 추정하고, 상기

추정된 자세 정보를 정의된 기본자세 정보와 비교하여 설계 민감도를 분석하는 단계; 및 (d) 상기 설계 민감도 분석을 기초로 해당 설계변수의 최적 설계 치수를 결정하는 단계;를 포함하고, 상기 (b)단계에서 상기 대표인체 모델은: 설계 대상 인구를 통계적으로 대표하는 1명 이상의 인구를 생성하는 것을 특징으로 하며, 상기 (c)단계에서 상기 설계 민감도를 분석하는 방법은: 상기 추정된 자세 정보를 정의된 기본자세 정보와 비교하여 자세 손실 점수를 산출하고, 상기 산출한 자세 손실 점수에 따라 설계 민감도를 분석하는 것을 특징으로 하고, 상기 자세 손실 점수의 산출 방법은: 상기 추정된 자세 정보를 상기 대표인체모델의 자세를 손실 점수로 변화시켜주는 자세 손실 함수에 대입하여 산출하는 것을 특징으로 하며, 상기 자세 손실 함수는: 자세의 임계치 \times |대표인체모델 자세 - 기본자세| 의 식을 만족하는 것을 특징으로 하고, 상기 자세의 임계치는, 안락 자세의 범위를 정하는 값으로서 상기 기본자세와 최대 자세 범위 사이에서 특정되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 (a)단계에서 상기 설계 공식을 설정하는 방법은 특허청구범위 제2항에 기재된 바와 같이, 상기 설계변수와 인체변수의 연관관계를 분석하는 디자인 구조 매트릭스(design structure matrix) 분석을 포함하는 것으로 한다.

[0013] 상기 인체변수는 특허청구범위 제3항에 기재된 바와 같이, 신체부위 변수, 자세변수를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 삭제

[0015] 상기 (c)단계에서 상기 설계치수의 변화에 따른 자세를 추정하는 방법은 특허청구범위 제5항에 기재된 바와 같이, 설계 대상 제품의 크기를 설계 가능 범위 내에서 변화시켜 가면서 상기 설계공식에 상기 대표인체모델의 인체크기를 대입하는 시뮬레이션 과정을 통해 해당 제품에 대한 상기 대표인체모델의 자세를 추정하는 것으로 한다.

[0016] 삭제

[0017] 삭제

[0018] 삭제

[0019] 삭제

[0020] 상기 (d)단계에서 상기 최적 설계 치수를 결정하는 방법은 특허청구범위 제10항에 기재된 바와 같이, 상기 설계 민감도 분석을 기초로 상기 대표인체모델의 손실 점수가 최소가 되는 값을 해당 설계변수의 최적 설계 치수로 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이(DD6)의 설계 공식은 특허청구범위 제11항에 기재된 바와 같이, ' $DD6 = BD1 \times \sin(AD1) - BD2 \times \sin(\text{Seatpan angle}) + 2.5$ '이고, 여기서, 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion), BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 시트팬 각도(Seatpan angle)는 $10 \sim 20^\circ$ 이고, 상기 2.5는 힐(Heel) 높이(cm)인 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2)의 설계 공식은 특허청구범위 제12항에 기재된 바와 같이, ' $DD2 = 11 - BD3 \times \sin(AD3) + (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD9$ '이고, 여기서, 상기 11은 NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm)이고, 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line)인 것을 특징으로 한다.

[0023] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3)의 설계 공

식은 특허청구범위 제13항에 기재된 바와 같이, ' $DD3 = DD6 + BD3 \times \cos(AD3) + (BD4 - BD3) \times \cos(AD4)$ '이고, 여기서, 상기 DD6은 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이, 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이, 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion)인 것을 특징으로 한다.

[0024] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 조종석의 수평위치 조절 범위(DD7)의 설계 공식은 특허청구범위 제14항에 기재된 바와 같이, ' $DD7 = 11 - \{DD2 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD3 \times \sin(AD3)\} + BD9$ '이고, 여기서, 상기 11은 NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm), 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line)인 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 조종석의 수직위치 조절 범위(DD8)의 설계 공식은 특허청구범위 제15항에 기재된 바와 같이, ' $DD8 = DD3 - (BD4 - BD3) \times \cos(AD4) - BD3 \times \cos(AD3) - DD6$ '이고, 여기서, 상기 DD3는 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 AD3는 시트백 각도(Seatback angle), 상기 DD6은 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이인 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 사이클릭 컨트롤에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD10)의 설계 공식은 특허청구범위 제16항에 기재된 바와 같이, ' $DD10 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD5 \times \sin(AD6) + BD6 \times \cos(AD9) \times \cos(AD8 + AD6) \times \cos(AD9)$ '이고, 여기서, 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6는 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 BD6는 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD9는 어깨 회전 각도(Shoulder rotation), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion)인 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리(DD11)의 설계 공식은 특허청구범위 제17항에 기재된 바와 같이, ' $DD11 = DD3 - (BD4 - BD3) \times \cos(AD4) - BD5 \times \cos(AD6) \times \cos(AD7) - BD6 \times \cos(AD8 + AD6)$ '이고, 여기서, 상기 DD3는 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6는 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 AD7는 어깨 관절 각도(Shoulder abduction), 상기 BD6는 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion)인 것을 특징으로 한다.

[0028] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD13)의 설계 공식은 특허청구범위 제18항에 기재된 바와 같이, ' $DD13 = BD7/2 + BD5 \times \sin(AD7) - BD6 \times \sin(AD9)$ '이고, 여기서, 상기 BD7은 어깨 너비 폭(Biacromial breadth), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD7는 어깨 관절 각도(Shoulder abduction), 상기 BD6는 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD9는 어깨 회전 각도(Shoulder rotation)인 것을 특징으로 한다.

[0029] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리(DD14)의 설계 공식은 특허청구범위 제19항에 기재된 바와 같이, ' $DD14 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD5 \times \sin(AD6) + BD6 \times \cos(AD8 + AD6) \times \cos(AD9)$ '이고, 여기서, 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 측면까지의 y축 수평거리, 상기 BD9는 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6는 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 BD6는 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion), 상기 AD9는 어깨 회전 각도(Shoulder rotation)인 것을 특징으로 한다.

[0030] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의

수직거리(DD15)의 설계 공식은 특허청구범위 제20항에 기재된 바와 같이, ' $DD15=DD3-(BD4-BD3)\times\cos(AD4)-BD5\times\cos(AD6)\times\cos(AD7)-BD6\times\cos(AD8+AD6)$ '이고, 여기서, 상기 DD3은 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리, 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3은 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 BD5는 상박 길이(Upperarm length), 상기 AD6은 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion), 상기 AD7은 어깨 외형 각도(Shoulder abduction), 상기 BD6은 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length), 상기 AD8은 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion)인 것을 특징으로 한다.

[0031] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD17)의 설계 공식은 특허청구범위 제21항에 기재된 바와 같이, ' $DD17=DD1+BD11/2+BD2\times\sin(AD2)\times\sin(AD10)+(BD1+2.5)\times\sin(AD1)\times\sin(AD10)$ '이고, 여기서, 상기 DD1은 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD11은 힙 중심 폭(Hip pivot width), 상기 BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 상기 AD2는 힙 굴곡 각도(Hip flexion), 상기 AD10은 힙 외형 각도(Hip abduction), 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion)인 것을 특징으로 한다.

[0032] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD18)의 설계 공식은 특허청구범위 제22항에 기재된 바와 같이, ' $DD18=DD2-BD9-(BD4-BD3)\times\sin(AD4)+BD3\times\sin(AD3)+BD2\times\cos(AD2)\times\cos(AD10)+(BD1+2.5)\times\cos(AD1)\times\cos(AD2)+BD10$ '이고, 여기서, 상기 DD2는 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리, 상기 BD9는 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line), 상기 BD4는 SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height), 상기 BD3은 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height), 상기 AD4는 목 굴곡 각도(Neck flexion), 상기 AD3은 시트백 각도(Seatback angle), 상기 BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 상기 AD2는 힙 굴곡 각도(Hip flexion), 상기 AD10은 힙 외형 각도(Hip abduction), 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion), 상기 BD10은 복사뼈에서 발의 볼까지의 거리(Ankle to ball-of-foot)인 것을 특징으로 한다.

[0033] 상기 인체측정학적 제품 설계방법에서 요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리의 설계 공식은 특허청구범위 제23항에 기재된 바와 같이, ' $DD6 + BD2 \times \sin(AD2) - BD1 \times \sin(AD1) + BD10 \times \sin(AD12) + 2.5$ '이고, 여기서, 상기 DD6는 바닥에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 z축 수직거리, 상기 BD2는 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이, 상기 AD2는 힙 굴곡 각도(Hip flexion), 상기 BD1은 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이, 상기 AD1은 무릎 굴곡 각도(Knee flexion), 상기 BD10은 복사뼈에서 발의 볼까지의 거리(Ankle to ball-of-foot), 상기 AD12는 발목 굴곡 각도(Ankle flexion), 상기 2.5는 힐(Heel) 높이(mm)인 것을 특징으로 한다.

[0034] 상술한 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명에 의한 인체측정학적 제품 설계 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체는 특허청구범위 제24항에 기재된 바와 같이, 제1항 내지 제3항, 제5항 및 제10항 내지 제23항 중 어느 한 항에 기재된 인체측정학적 제품 설계방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 것을 특징으로 한다.

효과

[0035] 본 발명에 의한 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체에 의하면, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 사용자의 다양한 인체크기와 제품 사용 자세를 제품 설계에 반영할 수 있어 사용자에게 보다 적합한 제품을 설계할 수 있는 효과가 있다.

[0036] 또한, 설계 민감도 분석을 통해 설계 치수의 변화에 따른 자세 손실 점수를 분석하여 최적화된 제품을 설계할 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 상세히 설명하기로 한다. 그리고 본 발명의

실시예를 설명할 때 동일한 기능 및 작용을 하는 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하기로 한다.

[0038] **실시예**

[0039] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 인체측정학적 제품 설계방법을 순서도로 나타낸 것이다.

[0040] 먼저, 인체변수와 설계변수의 연관관계를 수식으로 표현하여 설계 대상 제품의 설계변수 별로 설계 공식을 설정(개발)한다(단계 S10).

[0041] 여기서, 상기 설계 공식은 설계변수와 인체변수의 기하학적 연관관계를 나타내는 수식이다. 특정 설계변수에 대한 설계 공식은 해당 설계변수의 크기 결정시 고려해야 하는 인체변수를 포함하고 있으며, 대표인체모델이 가지는 인체변수의 크기를 설계공식에 대입하면 설계변수의 크기를 쉽게 결정할 수 있다. 이러한 설계공식은 도 3에 나타낸 것과 같은 설계 변수 연관성 분석표(design structure matrix, DSM) 분석을 통해 설계변수와 관련된 인체변수들을 파악한 후 관련된 인체변수를 수식으로 표현하여 개발된다.

[0042] DSM 분석을 통한 설계공식 개발은 설계변수와 인체변수의 연관관계를 도 3과 같이 표에 도식화한 후, 설계변수 별 연관된 인체변수를 수식으로 표현하여 개발된다.

[0043] 도 3을 예를 들어 설명하면, 조종석 높이에 대한 설계 치수는 대표인체모델의 다리길이(윗다리 길이, 아랫다리 길이)와 조종석에 착석할 때의 다리의 자세(엉덩이 각도, 무릎 각도)와 연관이 있으므로, 설계 공식은 연관된 인체변수를 수식화하면 “조종석 높이 = $BD1 \times \sin(PD1) - BD2 \times \sin(PD2)$ ” 로 설정된다. 여기서, BD1는 윗다리 길이, PD1은 엉덩이 각도, BD2는 아랫다리 길이, PD2는 무릎 각도를 각각 나타낸다.

[0044] 그리고, 조종석 깊이에 대한 설계 치수는 대표인체모델의 다리길이(윗다리 길이(BD1))와 조종석에 착석할 때의 다리의 자세(무릎 각도(PD2))와 연관이 있으므로, 설계 공식은 연관된 인체변수를 수식화하여 “조종석 깊이 = $BD1 \times \sin(PD1)$ ” 로 설정된다.

[0045] 또한, 조종석 너비에 대한 설계 치수는 대표인체모델의 엉덩이 너비(BD3)와 연관이 있으므로, 설계 공식은 연관된 인체변수를 수식화하여 “조종석 너비 = $BD3$ ” 로 설정된다.

[0046] 다음으로, 상기 설계 대상 제품의 대표인체모델(representative human models, RHM)을 생성한다(단계 S20).

[0047] 상기 대표인체모델은 제품 설계 대상 사람들 중에서 인체크기의 다양성을 통계적으로 적합하게 대표할 수 있는 선택된 소수의 사람을 의미하며, 각 대표인체모델은 제품 설계를 위해 필요한 여러 가지 인체변수(예를 들어, 키, 다리길이 등)를 가지고 있다. 예를 들면, 설계 대상 인구의 90%를 수용하도록 백분위수(percentile)를 적용하여 3명(5th, 50th, and 95th %ile)이 생성될 수 있다.

[0048] 다음으로, 설계 민감도를 분석한다(단계 S30).

[0049] 상기 설계 민감도 분석은 두 단계를 통해 이루어진다. 먼저, 개발된 설계공식과 대표인체모델을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 설계치수 변화에 따른 자세를 파악한다. 예를 들면, 설계치수를 하한에서부터 상한까지 변화시켜 가면서 설계공식을 이용하여 대표인체모델의 자세를 추정한다.

[0050] 여기서, 다양한 조종석 높이 조건에 대한 자세 파악 과정을 한 명의 대표인체모델에 대해 예시하면, 조종석 높이 조건을 설계 가능 범위(예를 들어, 30cm~60cm) 내에서 1cm씩 변화시켜 가면서 해당 조종석 높이 조건에 대표인체모델이 앉을 수 있는 자세를 설계공식과 대표인체모델의 인체크기를 이용하여 파악한다. 보다 구체적으로는 대표인체모델 한 명의 윗다리(BD1)와 아랫다리(BD2) 길이가 40cm와 45cm라고 하고 조종석 높이 조건이 30cm라고 하면, 해당 대표인체모델이 조종석에 적합하게 앉을 수 있는 자세는 조종석 높이 설계공식에 대표인체모델의 인체크기를 대입한 “ $40 \times \sin(PD1) - 45 \times \sin(PD2)$ ” 에 다양한 조건의 자세를 대입하는 시뮬레이션 과정을 통해 조종석 높이 30cm 조건에 대한 대표인체모델의 가능한 자세를 모두 파악할 수 있다.

[0051] 한편, 상기과 같은 방법으로 추정된 자세는 정의된 기본자세에서 벗어날수록 자세 손실이 선형적으로 증가하는 도 4와 같은 자세 손실 함수를 이용하여 자세 손실점수로 변환된 후, 도 5와 같이 설계 민감도 분석이 이루어진다.

[0052] 상기 자세 손실 함수는 앞에서 서술한 바와 같이 특정 설계치수에 대해 대표인체모델의 한 명이 취할 수 있는 자세 조건이 다양하게 나올 수 있어 그 중에서 가장 선호되는 자세를 선정할 때 사용된다. 상기 자세 손실 함수는 대표인체모델의 자세(예를 들어, 다리 굽힘 각도)를 손실 점수로 변환시켜주는 함수로서, 자세 손실 함수로

부터 도출된 손실 점수는 대표인체모델의 자세가 얼마나 정의된 기본자세(선호되는 자세)보다 벗어나 있는지를 나타낸다. 즉, 특정 설계치수 조건에 대해 2개 이상의 가능한 자세가 파악되었을 때 해당 설계치수에 대한 대표인체모델의 자세는 파악된 자세를 자세 손실 함수에 대입하여 산출된 자세 손실 점수가 작은 자세 조건으로 선택된다. 그리고, 자세 손실 함수의 기본자세는 설계자에 의해 인간이 가장 편하게 생각하는 자세로 설정되거나, 실험 및 기존 문헌에 대한 연구를 통해 설정될 수 있다.

[0053] 상기 자세 손실 점수는 도 4에 예시한 것과 같이, 대표인체모델의 자세 정보를 손실 함수에 대입하여 계산한다. 상기 자세 손실 함수의 수식화는 설계 문제에 따라 설계자가 설정할 수 있다. 일례로, 도 4에 예시된 것과 같이, 편안한 자세 범위(안락 자세 임계치 범위) 내에서는 자세 손실 함수의 기울기(예를 들어, "손실점수 = $0.5 \times |$ 대표인체모델 자세 - 기본자세 $|$ ")가 상대적으로 작고, 그 범위를 벗어나면 기울기가 급격한 함수(예를 들어, "손실점수 = $1.0 \times |$ 대표인체모델 자세 - 기본자세 $|$ ")로 정의할 수 있다.

[0054] 마지막으로, 최적 설계를 결정한다(단계 S40).

[0055] 상기 최적 설계치수는 파악된 설계 민감도 분석 결과에 근간하여 설계 대상 인구의 자세 손실 점수를 최소화하도록 결정된다. 예를 들면, 제품의 설계치수가 변함에 따라 대표인체모델 3명(5th, 50th, and 95th %ile)의 설계 민감도가 도 5와 같이 변화하면, 최적 설계치수는 자세 손실 점수를 최소화하는 31cm로 결정된다.

[0056] **설계 공식의 실시예**

[0057] NSRP(Neutral Seat Reference Point)의 **x축 및 y축 위치의 설계변수 및 설계치수**

[0058] 도 6 내지 도 21은 헬리콥터 조종실의 인체측정학적 설계를 위한 설계 공식을 산출하기 위한 시뮬레이션 도면이다.

[0059] 먼저, 도 6은 전체적인 좌표의 원점을 시뮬레이션으로 나타낸 도면으로, NSRP(Neutral Seat Reference Point)의 x축 및 y축 위치의 설계변수 및 설계치수는 표 1 및 표 2와 같다.

표 1

설계변수	Seat-Neutral location-Lateral(x)(DD4)
설명	NSRP의 x축 위치
설계치수	0mm(origin of the cockpit design)

[0060]

표 2

설계변수	Seat-Neutral location-Horizontal(y)(DD5)
설명	NSRP의 y축 위치
설계치수	0mm(origin of the cockpit design)

[0061]

[0062] 표 1 및 표 2에서와 같이, NSRP(Neutral Seat Reference Point)의 x축 위치의 설계변수는 좌석의 측면(DD4)이고, 설계치수는 0mm이다. 그리고, NSRP(Neutral Seat Reference Point)의 y축 위치의 설계변수는 좌석의 좌우면(DD5)이고, 설계치수는 0mm이다.

[0063] SRP(Seat Reference Point)에서 **조종석 바닥까지의 수평 높이(DD6)**

[0064] 도 7은 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0065] 상기 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이(DD6)는 아래 표 3과 같이, 인체변수(인체크기, 인체각도), 연관 설계변수, 힐(Heel) 높이 등과 관련이 있다. 이때, 인체변수는 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이(BD1), 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이(BD2), 무릎 굴곡 각도(Knee flexion: AD1), 시트판 각도(Seat-pan angle) 등을 포함하고 있으며, 상기 연관 설계변수는 시트판 각도(MIL-

STD-1333B: 10° ~20°)를 포함하고 있다. 여기서, 상기 힐(Heel) 높이는 25mm인 것을 가정하였다.

표 3

설계변수	Seat-Neutral location-Vertical(y)(DD6)
설명	SRP에서 조종석 바닥까지의 수평 높이
설계원칙	Design for average person
연관 설계변수	Seatpan angle(MIL-STD-1333B: 10°~20°)
인체변수	인체크기 Popliteal height(BD1) Buttock-popliteal length(BD2)
	인체각도 Knee flexion(AD1) Seatpan angle
설계공식	$DD6 = BD1 \times \sin(AD1) - BD2 \times \sin(\text{Seatpan angle}) + 2.5$
설계치수	267mm

[0066]

[0067]

상기 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이(DD6)의 설계 공식은 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0068]

$$DD6 = BD1 \times \sin(AD1) - BD2 \times \sin(\text{seat-pan angle}) + 2.5$$

[0069]

여기서, 2.5는 상기 힐(Heel) 높이의 25mm를 cm로 나타낸 것이다.

[0070]

본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이(DD6)를 267mm로 실시하였다.

[0071]

DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리

[0072]

도 8은 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0073]

상기 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line: BD9), 시트백 각도(Seatback angle: AD3)(\propto Trunk extension), 목 굴곡 각도(Neck flexion: AD4) 등의 인체변수와, 좌석의 좌우면(DD4), NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm), 시트팬 각도(Seatpan angle), 시트백 각도(Seatback angle) 등의 연관 설계변수와 관련이 있다. 이때, 상기 NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm)는 11cm, 상기 시트팬 각도(Seatpan angle)는 10~20°, 상기 시트백 각도(Seatback angle)는 13° (MIL SPEC)인 것이 바람직하다. HP(Hip Point) 수평위치와 어깨 높이(Acromial height) 수평측정 기준점이 유사하다고 가정할 때 상기 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2) 설계 공식은 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0074]

$$DD2 = 11 - BD3 \times \sin(AD3) + (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD9$$

[0075]

상기 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 4와 같다.

표 4

설계변수	DEP-Horizontal(y)(DD2)	
설명	DEP에서 NSRP까지의 y축 수평거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	Seat-Neutral location-Horizontal(y)(DD4) NSRP-HP horizontal distance: 11cm(KAI design) Seatpan angle: 10°~20° Seatback angle: 13°(MIL SPEC)	
인체변수	인체크기	Acromial height(BD3) Eye height(BD4) Eye-to-body center line(BD9)
	인체각도	Trunk extension(AD3) × Seatback angle Neck flexion(AD4)
설계공식	$DD2 = 11 - BD3 \times \sin(AD3) + (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD9$	
설계치수	157.1mm	

[0076]

[0077]

본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2)를 157.1mm로 실시하였다.

[0078]

DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리

[0079]

도 9는 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0080]

상기 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 시트백 각도(Seatback angle: AD3), 목 굽곡 각도(Neck flexion: AD4) 등의 인체변수와, SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이(DD6), 시트백 각도(Seatback angle)(MIL-STD-1333B: 13°) 등의 연관 설계변수와 관련이 있으며, 이를 수식으로 표현하면 아래의 수학적 식 3과 같다.

수학적 식 3

[0081]

$$DD3 = DD6 + BD3 \times \cos(AD3) + (BD4 - BD3) \times \cos(AD4)$$

[0082]

상기 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 5와 같다.

표 5

설계변수	DEP-Vertical(z)(DD3)	
설명	DEP에서 조종석 바닥까지의 수직거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	Seat-Neutral location-Vertical(z)(DD6) Seatback angle(MIL-STD-1333B: 13°)	
인체변수	인체크기	Acromial height(BD3) Eye height(BD4)
	인체각도	Trunk extension(AD3) × Seatback angle Neck flexion(AD4)
설계공식	$DD3 = DD6 + BD3 \times \cos(AD3) + (BD4 - BD3) \times \cos(AD4)$	
설계치수	1054.4mm	

[0083]

[0084] 본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3)를 1054.4mm로 실시하였다.

[0085] **조종석의 수평위치 조절 범위(DD7)**

[0086] 도 10은 조종석의 수평위치 조절 범위 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0087] 상기 조종석의 수평위치 조절 범위(DD7)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line: BD9), 시트백 각도(Seatback angle: AD3), 목 각도(Neck flexion: AD4) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2), NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm), 시트백 각도(Seatback angle) 등의 연관 설계 변수와 관련이 있다. 이때, 상기 NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm)는 11cm, 상기 시트백 각도(Seatback angle)는 13° (MIL SPEC)인 것이 바람직하다.

[0088] 상기 조종석의 수평위치 조절 범위(DD7) 설계 공식은 아래의 수학식 4와 같다.

수학식 4

[0089] $DD7 = 11 - \{DD2 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD3 \times \sin(AD3)\} + BD9$

[0090] 여기서, 숫자 '11'은 NSRP(Neutral Seat Reference Point)와 HP(Hip Point) 사이의 수평 거리(cm)를 나타내는 것으로, 본 실시예에서는 11cm를 가정으로 나타낸다.

[0091] 상기 조종석의 수평위치 조절 범위(DD7) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 6과 같다.

표 6

설계변수	Seat-Adjustment range-Horizontal(y)(DD7)	
설명	조종석의 수평위치 조절 범위	
설계원칙	Design for adjustability	
연관 설계변수	DEP-Horizontal(y)(DD2)	
	NSRP-HP horizontal distance: 11cm(KAI design) Seatback angle: 13°(MIL SPEC)	
인체변수	인체크기	Acromial height(BD3) Eye height(BD4) Eye-to-body center line(BD9)
	인체각도	Trunk extension(AD3) ∝ Seatback angle Neck flexion(AD4)
설계공식	$DD7 = 11 - \{DD2 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD3 \times \sin(AD3)\} + BD9$	
설계치수	60mm	

[0092]

[0093] 본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 조종석의 수평위치 조절 범위(DD3)를 60mm로 실시하였다.

[0094] **조종석의 수직위치 조절 범위(DD8)**

[0095] 도 11은 조종석의 수직위치 조절 범위 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0096] 상기 조종석의 수직위치 조절 범위(DD8)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 시트백 각도(Seatback: AD3), 목 굴곡 각도(Neck flexion: AD4) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3), 시

트백(Seatback) 각도(13°) 등의 연관 설계변수와 관련이 있으며, 그 설계 공식은 아래의 수학식 5와 같다.

수학식 5

[0097] $DD8 = DD3 - (BD4 - BD3) \times \cos(AD4) - BD3 \times \cos(AD3) - DD6$

[0098] 상기 조종석의 수직위치 조절 범위(DD8) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 7과 같다.

표 7

설계변수		Seat-Adjustment range-Vertical(z)(DD8)
설명		조종석의 수직위치 조절 범위
설계원칙		Design for adjustability
연관 설계변수		DEP-Vertical(z)(DD3) Seatback angle: 13°(MIL SPEC)
인체변수	인체크기	Acromial height(BD3) Eye height(BD4)
	인체각도	Trunk extension(AD3) ∝ Seatback angle Neck flexion(AD4)
설계공식		$DD8 = DD3 - (BD4 - BD3) \times \cos(AD4) - BD3 \times \cos(AD3) - DD6$
설계치수		96mm

[0099] 본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 조종석의 수직위치 조절 범위(DD8)를 96mm로 실시하였다.

[0100] 아래 표 8은 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 x축 수평거리에 대한 설계변수와 설계치수를 나타낸다.

표 8

설계변수		Cyclic control-Neutral location-Lateral(x)(DD9)
설명		Cyclic control에서 NSRP까지의 x축 수평거리
설계치수		0cm(origin of the cockpit design)

[0101] 표 8에서와 같이, 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 x축 수평거리에 대한 설계치수는 0cm이다.

사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리

[0102] 도 12는 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0103] 상기 사이클릭 컨트롤에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD10)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 상박 길이(Upperarm length: BD5), 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length: BD6), 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line: BD9), 목 굴곡 각도(Neck flexion: AD4), 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion: AD6), 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion: AD8), 어깨 회전 각도(Shoulder rotation: AD9) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2), 조종석의 수평위치 조절 범위(DD7) 등의 연관 설계변수와 관련이 있다. 이때, 상기 조종석의 수평위치 조절 범위(DD7)는 0.5cm를 가지는 것이 바람직하다.

[0104] 상기 사이클릭 컨트롤에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD10) 설계 공식은 아래

수학식 6과 같으며, 어깨 관절의 자유도 3개 중에서 굽힘과 회전만이 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)의 수평 거리에 영향을 미치고, 조종석을 수평 최대조절 범위까지 이동시켰을 때 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)과 충돌이 없는 것으로 가정하였다.

수학식 6

[0108] $DD10 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD5 \times \sin(AD6) + BD6 \times \cos(AD9) \times \cos(AD8 + AD6) \times \cos(AD9)$

[0109] 상기 사이클릭 컨트롤에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD10) 설계 공식에서 설계 변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 9와 같다.

표 9

설계변수	Cyclic control-Neutral location-Horizontal(y)(DD10)	
설명	Cyclic control에서 NSRP까지의 y축 수평거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	DEP-Horizontal(y)(DD2) Seat-Adjustment range-Horizontal(y)(DD7): 0.5cm	
인체변수	인체크기	Acromial height(BD3) Eye height(BD4) Upperarm length(BD5) Elbow-to-hand length(BD6) Elbow-to-body center line(BD9)
	인체각도	Neck flexion(AD4) Shoulder flexion(AD6) Elbow flexion(AD8) Shoulder rotation(AD9)
설계공식	$DD10 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD5 \times \sin(AD6) + BD6 \times \cos(AD9) \times \cos(AD8 + AD6) \times \cos(AD9)$	
설계치수	431.8mm	

[0110]

[0111] 본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 사이클릭 컨트롤에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD10)를 431.8mm로 실시하였다.

[0112] 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리

[0113] 도 13 및 도 14는 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0114] 상기 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리(DD11)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 상박길이(Upperarm length: BD5), 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length: BD6), 목 굴곡 각도(Neck flexion: AD4), 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion: AD6), 어깨 관절 각도(Shoulder abduction: AD7), 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion: AD8) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3), 조종석의 수직위치 조절 범위(DD8) 등의 연관 설계변수와 관련이 있다. 이때, 상기 조종석의 수직위치 조절 범위(DD7)는 14.2cm를 가지는 것이 바람직하다.

[0115] 상기 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리(DD11) 설계 공식은 아래 수학식 7과 같으며, 어깨 관절의 자유도 3개 중에서 굽힘과 회전만이 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)의 수직 거리에 영향을 미치고, 조종석을 수직 최대조절 범위까지 이동시켰을 때 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)과 충돌이 없는 것으로 가정하였다.

수학식 7

[0116] $DD11=DD3-(BD4-BD3) \times \cos(AD4)-BD5 \times \cos(AD6) \times \cos(AD7)-BD6 \times \cos(AD8+AD6)$

[0117] 상기 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리(DD11) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 10과 같다.

표 10

설계변수	Cyclic control-Neutral location-Vertical(z)(DD11)
설명	Cyclic control에서 바닥까지의 수직거리
설계원칙	Design for average person
연관 설계변수	DEP-Vertical(z)(DD3) Seat-Adjustment range-Vertical(z)(DD8): 14.2cm
인체변수	인체크기 Acromial height(BD3) Eye height(BD4) Upperarm length(BD5) Elbow-to-hand length(BD6)
	인체각도 Neck flexion(AD4) Shoulder flexion(AD6) Shoulder abduction(AD7) Elbow flexion(AD8)
설계공식	$DD11=DD3-(BD4-BD3) \times \cos(AD4)-BD5 \times \cos(AD6) \times \cos(AD7)-BD6 \times \cos(AD8+AD6)$
설계치수	559.1mm

[0118]

[0119] 본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리(DD11)를 559.1mm로 실시하였다.

[0120] **콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리**

[0121] 도 15는 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0122] 상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD13)는 상박 길이(Upperarm length: BD5), 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length: BD6), 어깨 너비 폭(Biacromial breadth: BD7), 어깨 관절 각도(Shoulder abduction: AD7), 어깨 회전 각도(Shoulder rotation: AD9) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 측면까지의 x축 수평거리(DD4) 등의 연관 설계변수와 관련이 있으며, 그 설계 공식은 아래 수학적 식 8과 같다.

수학적 식 8

[0123] $DD13 = BD7/2+BD5 \times \sin(AD7)-BD6 \times \sin(AD9)$

[0124] 상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD13) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 11과 같다.

표 11

설계변수	Collective control-Neutral location-Lateral(x)(DD13)
설명	Cyclic control에서 DEP까지의 x축 수평거리
설계원칙	Design for average person
연관 설계변수	DEP-Lateral(x)(DD4)
인체변수	인체크기 Upperarm length(BD5) Elbow-to-hand length(BD6) Biacromial breadth(BD7)
	인체각도 Shoulder abduction(AD7) Shoulder rotation(AD9)
설계공식	$DD13 = BD7/2 + BD5 \times \sin(AD7) - BD6 \times \sin(AD9)$
설계치수	315mm

[0125]

[0126] 본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD13)를 315mm로 실시하였다.

[0127] **콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리**

[0128] 도 16은 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0129] 상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리(DD14)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 상박 길이(Upperarm length: BD5), 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length: BD6), 어깨 회전 각도(Shoulder rotation: AD9) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 측면까지의 y축 수평거리(DD2) 등의 연관 설계변수와 관련이 있다.

[0130] 상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리(DD14) 설계 공식은 아래 수학식 9와 같으며, 조종석을 수평 최대/최소 조절 범위까지 이동시켰을 때 콜렉티브 컨트롤(collective control)을 조작할 수 있는 것으로 가정하였다.

수학식 9

[0131] $DD14 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD5 \times \sin(AD6) + BD6 \times \cos(AD8 + AD6) \times \cos(AD9)$

[0132] 상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리(DD14) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 12와 같다.

표 12

설계변수	Cyclic control-Neutral location-Horizontal(y)(DD14)	
설명	Cyclic control에서 DEP까지의 y축 수평거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	DEP-Horizontal(y)(DD2) Seat-Adjustment range-Horizontal(z)(DD7)	
인체변수	인체크기	Acromial height(BD3) Eye height(BD4) Upperarm length(BD5) Elbow-to-hand length(BD6) Eye-to-body center line(BD9)
	인체각도	Neck flexion(AD4) Shoulder flexion(AD6) Elbow flexion(AD8) Shoulder rotation(AD9)
설계공식	$DD14 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD5 \times \sin(AD6) + BD6 \times \cos(AD8 + AD6) \times \cos(AD9)$	
설계치수	102.4mm	

[0133]

[0134]

본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리(DD14)를 102.4mm로 실시하였다.

[0135]

콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리

[0136]

도 17은 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0137]

상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리(DD15)는 SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 상박 길이(Upperarm length: BD5), 팔꿈치에서 손까지의 길이(Elbow-to-hand length: BD6), 목 굴곡 각도(Neck flexion: AD4), 어깨 굴곡 각도(Shoulder flexion: AD6), 어깨 외형 각도(Shoulder abduction: AD7), 팔꿈치 굴곡 각도(Elbow flexion: AD8) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리(DD3), 조종석의 수직위치 조절 범위(DD8) 등의 연관 설계변수와 관련이 있다.

[0138]

상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리(DD15) 설계 공식은 아래 수학식 10과 같으며, 조종석을 수직 최대/최소 조절 범위까지 이동시켰을 때 콜렉티브 컨트롤(collective control)을 조작할 수 있는 것으로 가정하였다.

수학식 10

[0139]

$$DD15 = DD3 - (BD4 - BD3) \times \cos(AD4) - BD5 \times \cos(AD6) \times \cos(AD7) - BD6 \times \cos(AD8 + AD6)$$

[0140]

상기 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리(DD15) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 13과 같다.

표 13

설계변수	Collective control-Neutral location-Vertical(z)(DD15)	
설명	Cyclic control에서 DEP까지의 수직거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	DEP-Vertical(z)(DD3) Seat-Adjustment range-Vertical(z)(DD8)	
인체변수	인체크기	Acromial height(BD3) Eye height(BD4) Upperarm length(BD5) Elbow-to-hand length(BD6)
	인체각도	Neck flexion(AD4) Shoulder flexion(AD6) Shoulder abduction(AD7) Elbow flexion(AD8)
설계공식	$DD15 = DD3 - (BD4 - BD3) \times \cos(AD4) - BD5 \times \cos(AD6) \times \cos(AD7) - BD6 \times \cos(AD8 + AD6)$	
설계치수	397.6mm	

[0141]

[0142]

본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리(DD15)를 397.6mm로 실시하였다.

[0143]

요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리

[0144]

도 18 및 도 19는 요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0145]

상기 요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD17)는 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이(BD1), 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이(BD2), 힙프 중심 폭(Hip pivot width: BD11), 무릎 굴곡 각도(Knee flexion: AD1), 힙프 굴곡 각도(Hip flexion: AD2), 힙프 외형 각도(Hip abduction: AD10) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 x축 수평거리(DD1), 시트팬 각도(Seatpan angle) 등의 연관 설계변수와 관련이 있으며, 그 설계 공식은 아래의 수학적 식 11과 같다. 여기서, 상기 시트팬 각도는 10° ~ 20° 를 갖는 것이 바람직하며, 상기 힐(Heel) 높이를 25mm인 것을 가정하였다.

수학적 식 11

[0146]

$$DD17 = DD1 + BD11/2 + BD2 \times \sin(AD2) \times \sin(AD10) + (BD1 + 2.5) \times \sin(AD1) \times \sin(AD10)$$

[0147]

상기 요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD17) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 14와 같다.

표 14

설계변수	Yaw pedal-Neutral location-Lateral(x)(DD17)	
설명	Yaw pedal에서 DEP까지의 x축 수평거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	DEP-Lateral(x)(DD1) Seatpan angle: 10°~20°	
인체변수	인체크기	Popliteal height(BD1) Buttock-popliteal length(BD2) Hip pivot width(BD11)
	인체각도	Knee flexion(AD1) Hip flexion(AD2) Hip abduction(AD10)
설계공식	$DD17 = DD1 + \frac{BD11}{2} + BD2 \times \sin(AD2) \times \sin(AD10) + (BD1 + 2.5) \times \sin(AD1) \times \sin(AD10)$	
설계치수	181mm	

[0148]

[0149]

본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리(DD17)를 181mm로 실시하였다.

[0150]

요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리

[0151]

도 20은 요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0152]

상기 요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD18)는 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이(BD1), 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이(BD2), SRP(Seat Reference Point)에서 어깨까지의 높이(Acromial height: BD3), SRP(Seat Reference Point)에서 눈까지의 높이(Eye height: BD4), 눈에서 몸 중심선까지 길이(Eye-to-body center line: BD9), 복사뼈에서 발의 볼까지의 거리(Ankle to ball-of-foot: BD10), 무릎 굴곡 각도(Knee flexion: AD1), 힌프 굴곡 각도(Hip flexion: AD2), 시트백 각도(Seatback angle: AD3), 목 굴곡 각도(Neck flexion: AD4), 힌프 외형 각도(Hip abduction: AD10) 등의 인체변수와, DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD2), 시트팬 각도(Seatpan angle) 등의 연관 설계변수와 관련이 있으며, 그 설계 공식은 아래의 수학식 12와 같다. 여기서, 상기 시트팬 각도는 10~20°를 갖는 것이 바람직하며, 상기 힐(Heel) 높이를 25mm인 것을 가정하였다.

수학식 12

[0153]

$$DD18 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD3 \times \sin(AD3) + BD2 \times \cos(AD2) \times \cos(AD10) + (BD1 + 2.5) \times \cos(AD1) \times \cos(AD2) + BD10$$

[0154]

상기 요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD18) 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 15와 같다.

표 15

설계변수	Yaw pedal-Neutral location-Horizontal(y)(DD18)	
설명	Yaw pedal에서 NSRP까지의 y축 수평거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	DEP-Horizontal(y)(DD2) Seatpan angle: 10°~20°	
인체변수	인체크기	Popliteal height(BD1) Buttock-popliteal length(BD2) Acromial height(BD3) Eye height(BD4) Eye-to-body center line(BD9) Ankle to ball-of-foot(BD10)
	인체각도	Knee flexion(AD1) Hip flexion(AD2) Trunk extension(AD3) Neck flexion(AD4) Hip abduction(AD10)
설계공식	$DD18 = DD2 - BD9 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD3 \times \sin(AD3) + BD2 \times \cos(AD2) \times \cos(AD10) + (BD1 + 2.5) \times \cos(AD1) \times \cos(AD2) + BD10$	
설계치수	880mm	

[0155]

[0156]

본 발명의 실시예에서는 상기 설계 공식을 이용하여 상기 요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리(DD18)를 880mm로 실시하였다.

[0157]

요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리

[0158]

도 21은 요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

[0159]

상기 요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리는 바닥면에서 오금(Popliteal)까지의 높이(BD1), 엉덩이(Buttock)에서 오금(Popliteal)까지의 길이(BD2), 복사뼈에서 발의 볼까지의 거리(Ankle to ball-of-foot: BD10), 무릎 굴곡 각도(Knee flexion: AD1), 허프 굴곡 각도(Hip flexion: AD2), 발목 굴곡 각도(Ankle flexion: AD12) 등의 인체변수와, 바닥에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 z축 수직거리(DD6) 등의 연관 설계변수와 관련이 있으며, 그 설계 공식은 아래의 수학식 13과 같다. 여기서, 상기 힐(Heel) 높이를 25mm인 것을 가정하였다.

수학식 13

[0160]

$$DD6 + BD2 \times \sin(AD2) - BD1 \times \sin(AD1) + BD10 \times \sin(AD12) + 2.5$$

[0161]

상기 요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리 설계 공식에서 설계변수, 연관 설계변수, 인체변수, 설계치수 등은 아래 표 16과 같다.

표 16

설계변수	Yaw pedal-Neutral location-Vertical(z)(DD19)	
설명	Yaw pedal에서 DEP까지의 y축 수평거리	
설계원칙	Design for average person	
연관 설계변수	DEP-Horizontal(y)(DD5)	
인체변수	인체크기	Popliteal height(BD1) Buttock-popliteal length(BD2)
	인체각도	Knee flexion(AD1) Hip flexion(AD2)
설계공식	$DD19 = DD2 - (BD4 - BD3) \times \sin(AD4) + BD3 \times \sin(AD3) + BD2 \times \cos(AD2) + (BD1 + 2.5) \times \cos(AD1)$	
설계치수	127mm	

[0162]

[0163] 본 발명의 실시예에서는 상기 요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리를 127mm로 실시하였다.

[0164] 본 발명의 인체측정학적 제품 설계 방법에서는 한국형 헬리콥터에 적용되는 조종석을 하나의 예로 제시하여 설명하였으나, 사이클릭(cyclic), 콜렉티브(collective), 페달(pedal) 등을 비롯한 모든 구성품(제품)들을 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 설계 민감도 분석을 이용하여 사용자에게 적합한 인체측정학적 제품으로 설계가 가능하다.

[0165] 이와 같이, 본 발명의 인체측정학적 제품 설계 방법은 제품의 설계 치수 변화에 따른 자세를 컴퓨터 시뮬레이션 한 후, 설계 민감도를 분석하여 사용자에게 적합한 인체측정학적 제품을 설계함으로써, 본 발명의 기술적 과제를 해결할 수가 있다.

[0166] 이상에서 설명한 본 발명의 바람직한 실시예들은 기술적 과제를 해결하기 위해 개시된 것으로, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자(당업자)라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가 등이 가능할 것이며, 이러한 수정 변경 등은 이하의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

산업이용 가능성

[0167] 본 발명에 의한 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체는 한국형 헬리콥터의 인체측정학적 설계에 유용하게 적용되었으며, 인체측정학적 설계 방법을 적용한 "인체측정학적 제품 설계 최적화 시스템" 개발에 적용되어 상품화될 수 있다. 특히, 상기 인체측정학적 최적화 시스템은 독자적 제품으로 개발되거나, 기존 유사 시스템에 플러그-인(plugin) 형태로 탑재가 되도록 설계 최적화 모듈로 개발될 수 있다.

[0168] 또한, 본 발명의 인체측정학적 제품 설계방법 및 그 방법을 이용한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기록매체는 헬리콥터 뿐만 아니라 항공기, 자동차 등을 포함하여 인체측정학적 제품을 설계하는 모든 분야에 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0169] 도 1은 조종석의 높이 설계 및 자세를 나타내는 그림으로서,

[0170] 도 1a는 조종석 높이 설계시 기준 자세를 나타낸 그림이고,

[0171] 도 1b는 조종석 착석 자세의 예를 나타낸 그림이다.

[0172] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 인체측정학적 제품 설계 방법에 대한 동작 흐름도이다.

[0173] 도 3은 조종석 설계를 위한 디자인 구조 매트릭스(design structure matrix) 분석을 나타내는 표이다.

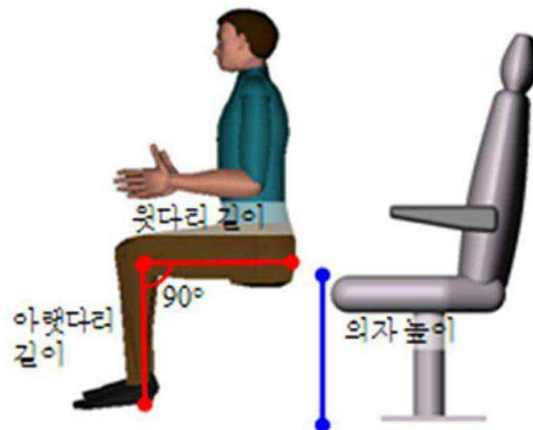
[0174] 도 4는 자세 손실 함수를 나타내는 그래프이다.

[0175] 도 5는 설계 민감도 분석 및 최적 설계치수 결정 사례를 나타내는 그래프이다.

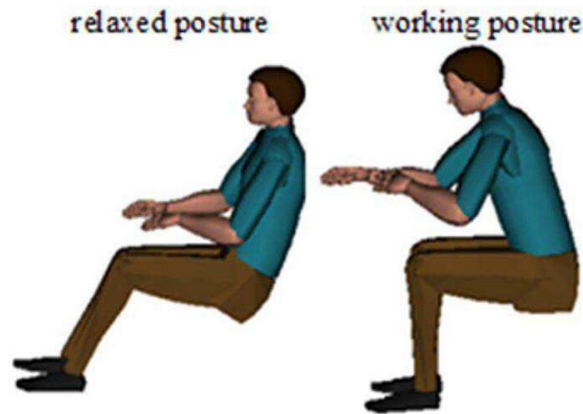
- [0176] 도 6 내지 도 21은 헬리콥터 조종실의 인체측정학적 설계를 위한 설계 공식을 산출하기 위한 시뮬레이션 도면으로서,
- [0177] 도 6은 전체적인 좌표의 원점을 나타낸 도면이고,
- [0178] 도 7은 SRP(Seat Reference Point)에서 조종석 바닥까지의 수평 높이 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0179] 도 8은 DEP(Design Eye Point)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0180] 도 9는 DEP(Design Eye Point)에서 조종석 바닥까지의 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0181] 도 10은 조종석의 수평위치 조절 범위 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0182] 도 11은 조종석의 수직위치 조절 범위 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0183] 도 12는 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0184] 도 13 및 도 14는 사이클릭 컨트롤(Cyclic control)에서 바닥까지의 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0185] 도 15는 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0186] 도 16은 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0187] 도 17은 콜렉티브 컨트롤(Collective control)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0188] 도 18 및 도 19는 요 페달(Yaw pedal)에서 DEP(Design Eye Point)까지의 x축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0189] 도 20은 요 페달(Yaw pedal)에서 NSRP(Neutral Seat Reference Point)까지의 y축 수평거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이고,
- [0190] 도 21은 요 페달(Yaw pedal)에서 바닥까지의 z축 수직거리 설계 공식을 산출하기 위한 참조도이다.

도면

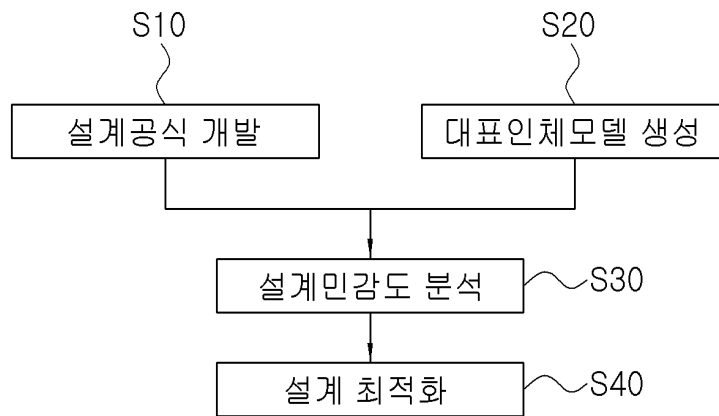
도면1a



도면1b



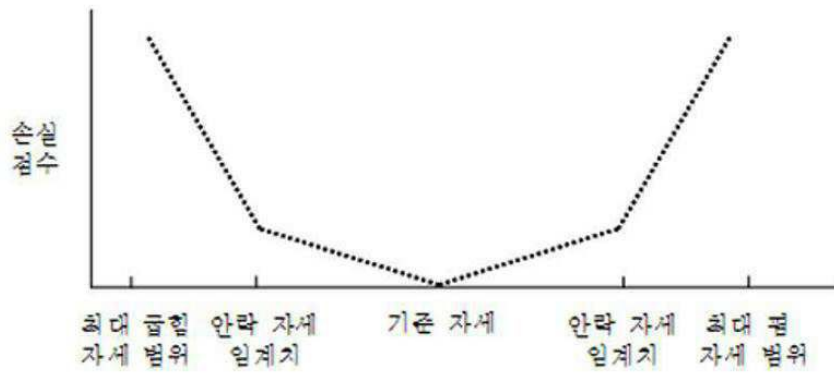
도면2



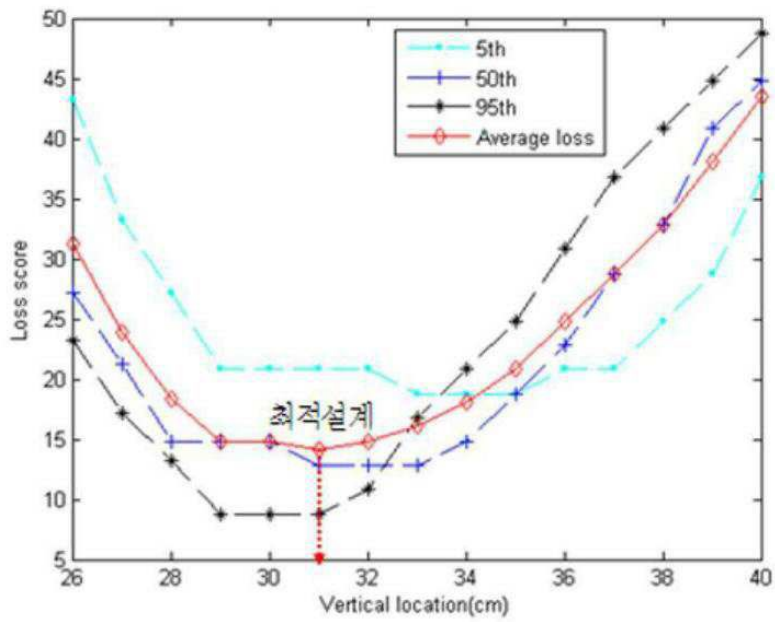
도면3

설계변수	신체부위 변수			자세변수	
	윗다리 길이	아랫다리 길이	엉덩이 너비	엉덩이 각도	무릎 각도
	BD1	BD2	BD3	PD1	PD2
의자 높이	○	○		○	○
의자 깊이	○				○
의자 너비			○		

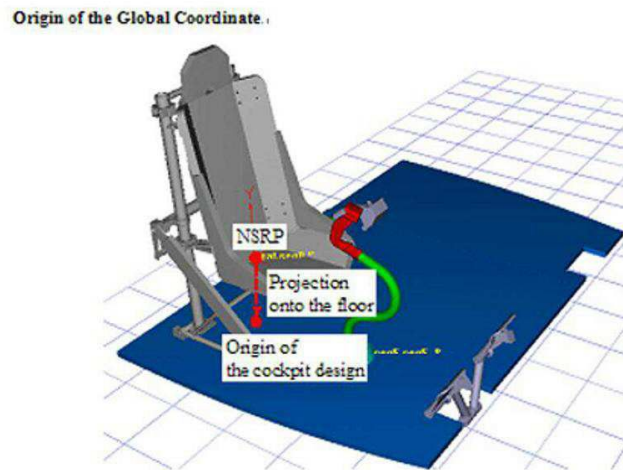
도면4



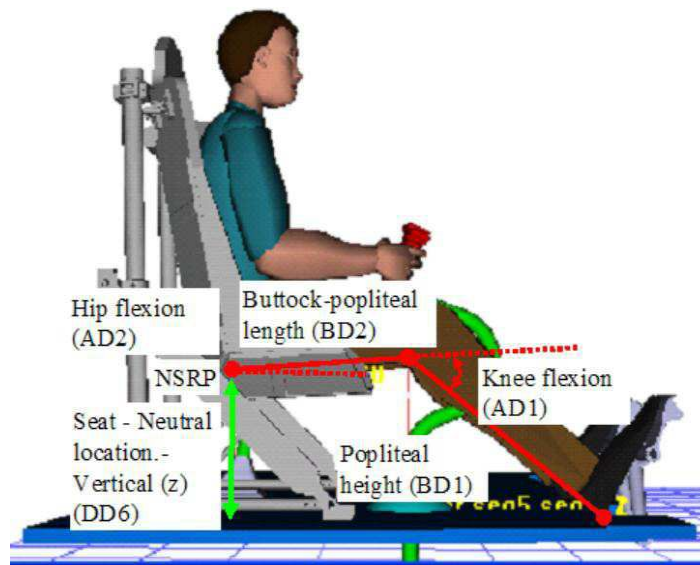
도면5



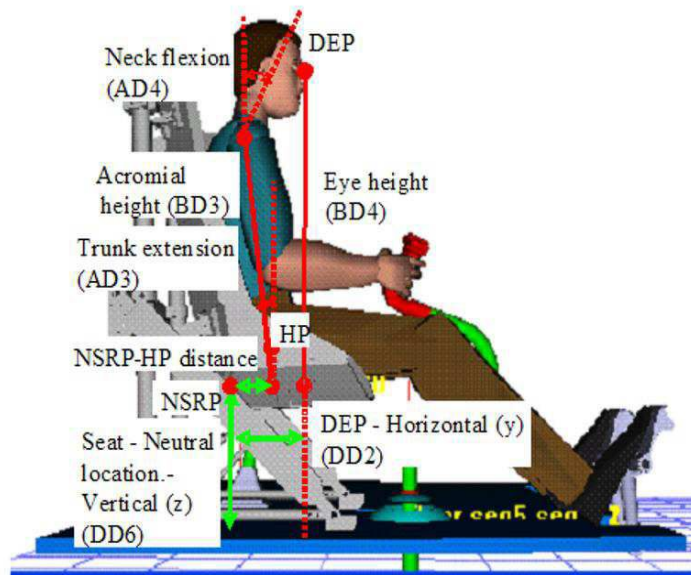
도면6



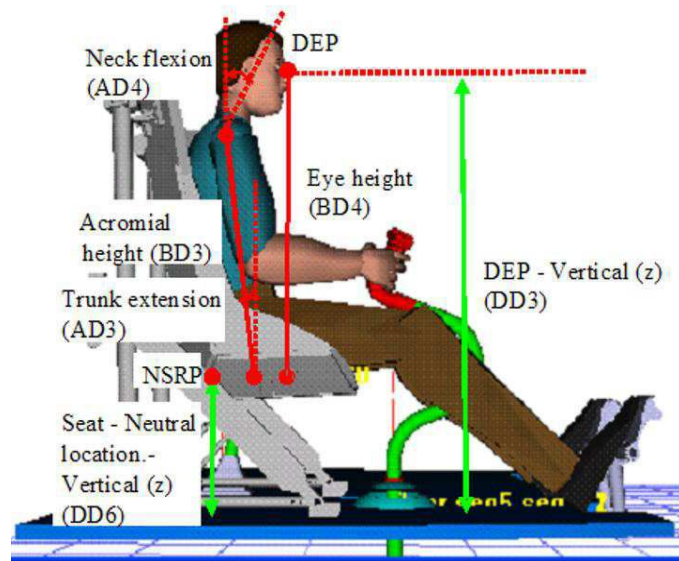
도면7



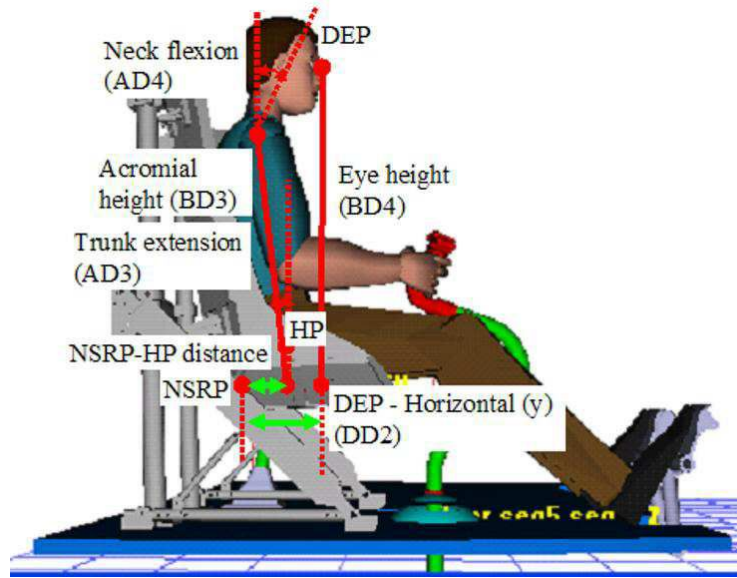
도면8



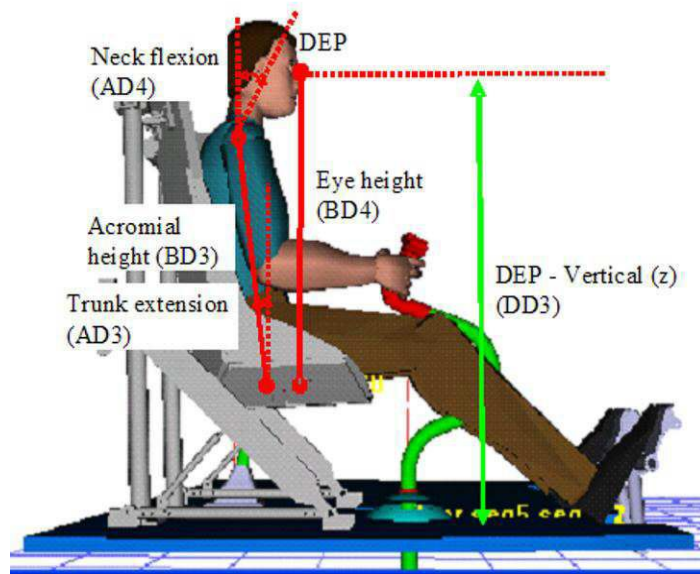
도면9



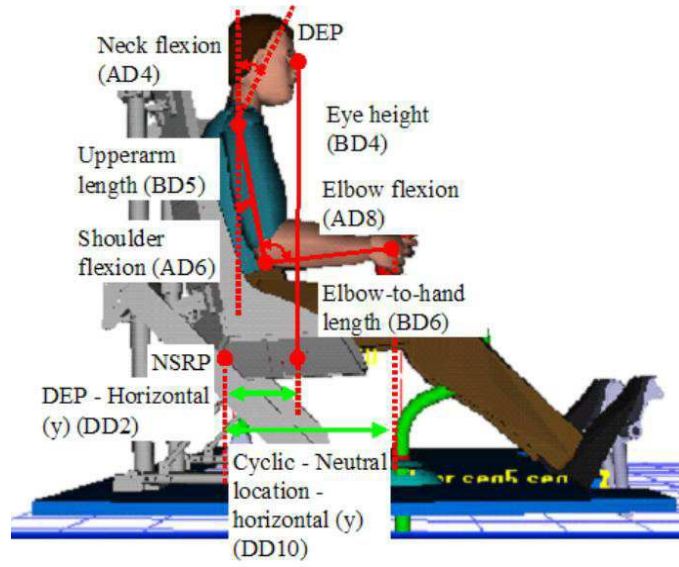
도면10



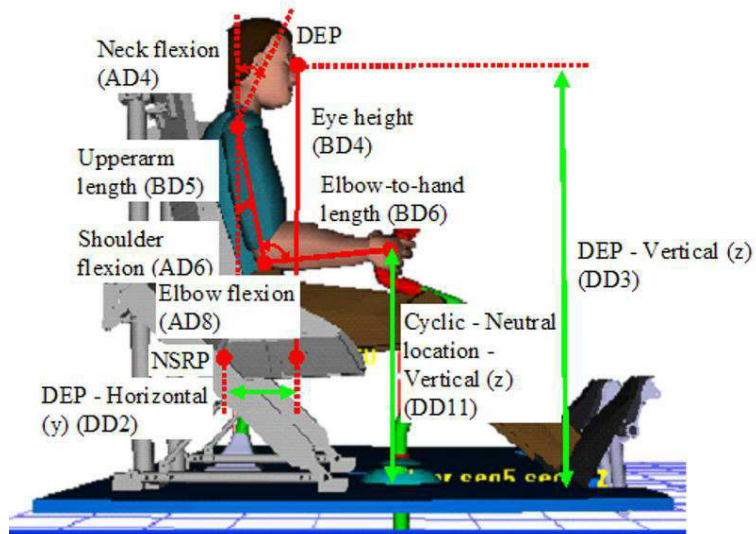
도면11



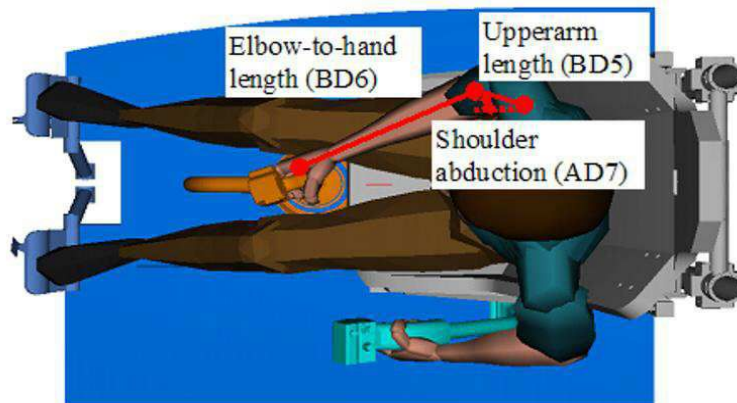
도면12



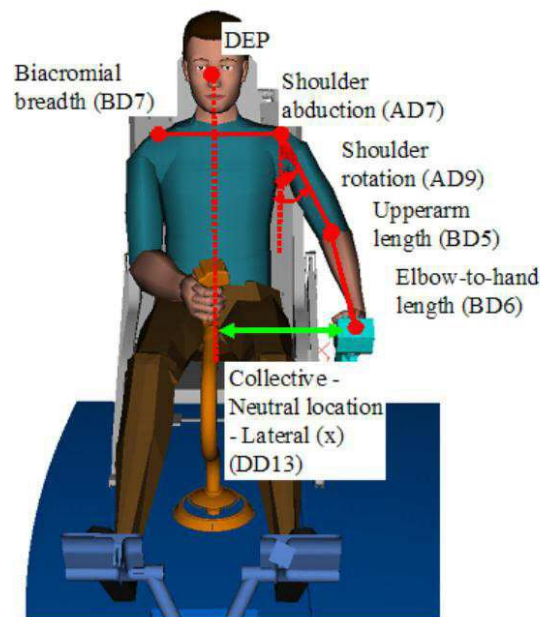
도면13



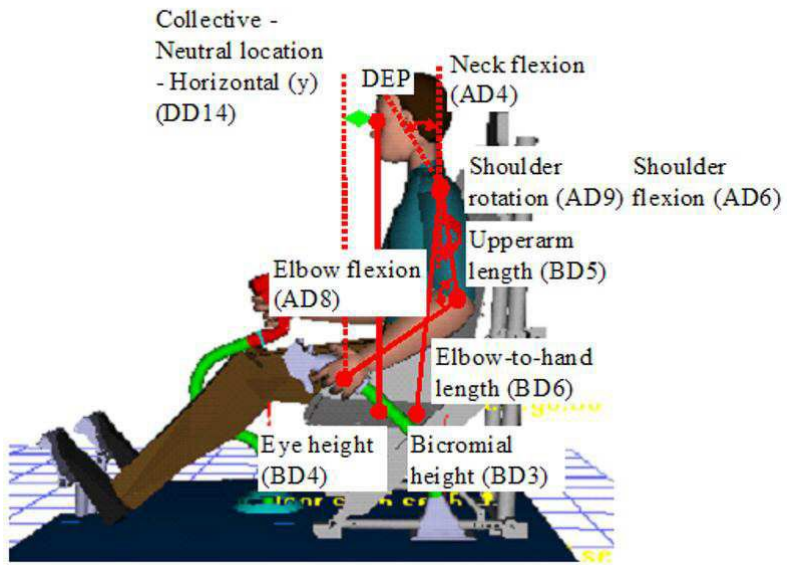
도면14



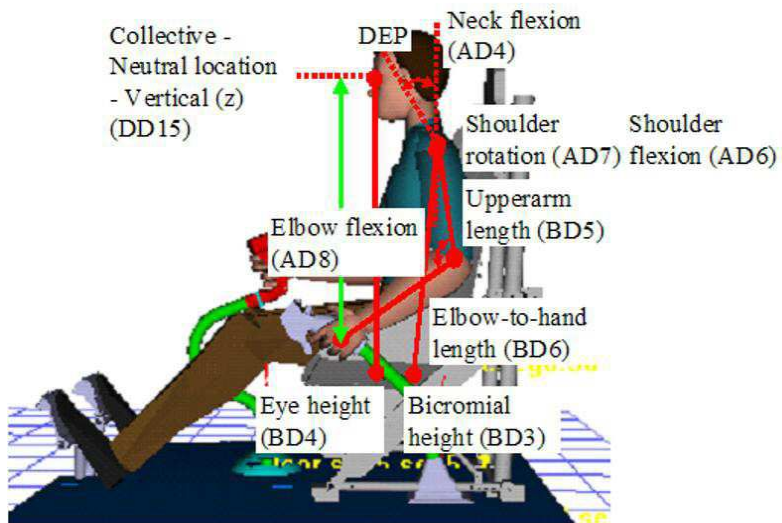
도면15



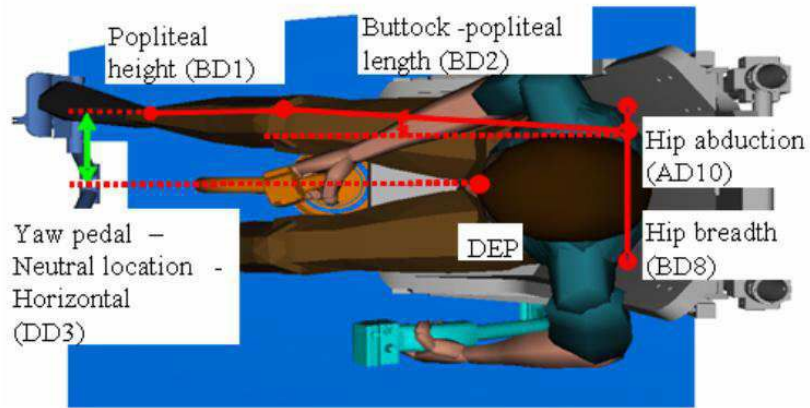
도면16



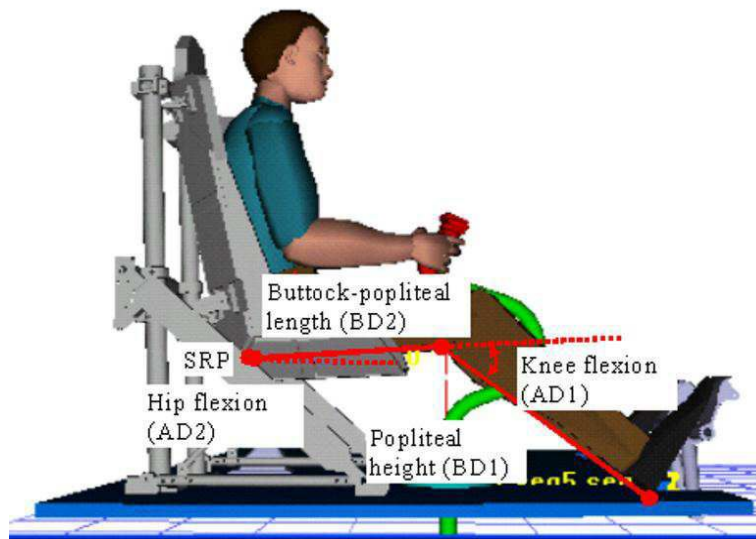
도면17



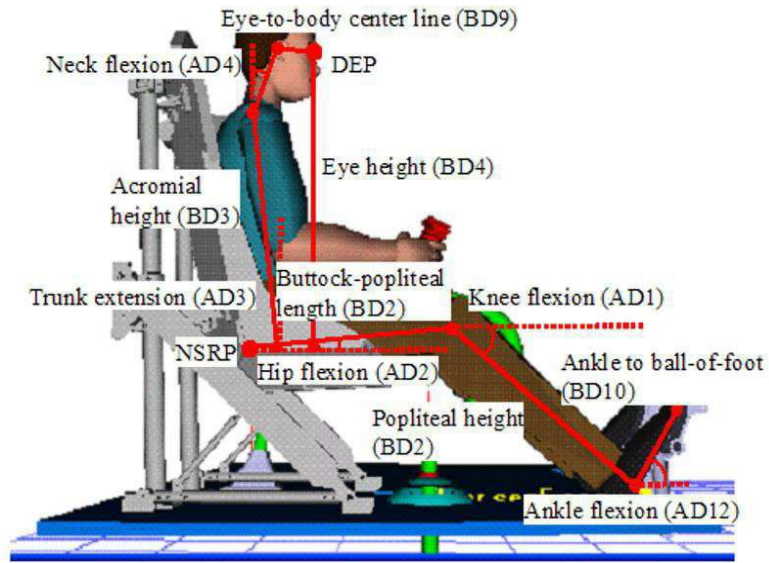
도면18



도면19



도면20



도면21

