

3차원 인체 모형의 설계 및 활용

(Design & Application of 3DM)

이 재 일
(주) 현대자동차

1. 서 론

신규 차종의 개발時 차량의 exterior/interior의 design concept은 운전석주변의 driving package layout을 어떻게 구성하는가에 따라 좌우되는 경향이 있다. 그것은 user가 그 차량의 선택의 판단함에 있어서 운전석 주변의 design 및 상품성이 큰 요인으로 작용하여 운전석 주변의 부품과 인간과의 적절한 조화를 이루어야 차량의 concept와 일치하는 최적의 design으로 user의 감성을 얻을 수 있는 것이다.

따라서 本稿에서는 신규 차종의 초기 개발 단계에서 최적의 design 및 상품성을 얻기 위한 보다 효과적인 driving package layout을 설정하기 위해 1차적 3차원 인체 모형(3DM, 3-Dimensional Manikin)을 구성하고자 한다.

3DM은 human engineering에 의한 인체 치수와 각 관절의 운동 방향 및 범위를 이용하여 인체의 동적 해석을 model을 圖上 구현하고 이러한 3DM을 활용하여 조작성, 편의성 등의 package layout을 可視化해 보고자 한다.

2. 본 론

◎ 인체 치수 및 관절의 운동

▶ 인체 치수

3DM의 인체 치수는 차량 설계서 가장 많이 활용되고 있는 AM 95%ile(American Male 95 Percentile)의 human scale을 사용하였고 각 관절의 길이 및 둘레는 그림 1과 같다.

▶ 관절의 운동 방향 및 범위

각 관절의 기본적인 운동 방향 및 최대/최소 동작

범위는 그림 2와 같다(상세 내용은 Reference ① 참조).

▶ 관절 운동의 Idealization

인체의 관절은 자유도가 많고 복잡한 구조로 형성되어 있기 때문에 제어하기가 어렵다. 따라서 3DM을 CAD化하기 위해서는 관절 운동의 인간공학적인 분석에 의한 kinematic idealization이 필요하고 이러한 idealization 작업을 통해 최소의 자유도를 갖는 control 가능한 3DM을 얻을 수 있다.

Idealization model은 그림 3과 같다.

◎ 3DM Kinematic Model

H-POINT(Hip POINT)는 인체의 몸통과 다리와의 hinge를 나타내는 point이며 SgRP(Seating Reference Point)는 95%ile이 확보할 수 있는 H-POINT로서 신규 차량의 초기 개발 단계의 기본 layout 설정時 실내 거주 공간을 결정하는 가장 중요한 요소로서 주변 부품과의 관계 및 차량 전체의 balance를 예상하여 적정 위치에 설정하여야 한다.

SgRP 설정時 고려해야 할 주요인자는 다음과 같다.

- 실내 거주 공간
- 視界
- Comfortable driving attitude
- Steering wheel과의 위치 관계
- Pedal과의 위치 관계
- Styling과의 관계
- 기타 interior부품과의 관계 등

上記에 의거 SgRP가 설정되면 팔과 다리부분의 각각의 움직임을 통해 package 검토가 가능하다.

따라서 부분적인 package 검토가 용이하도록 하기

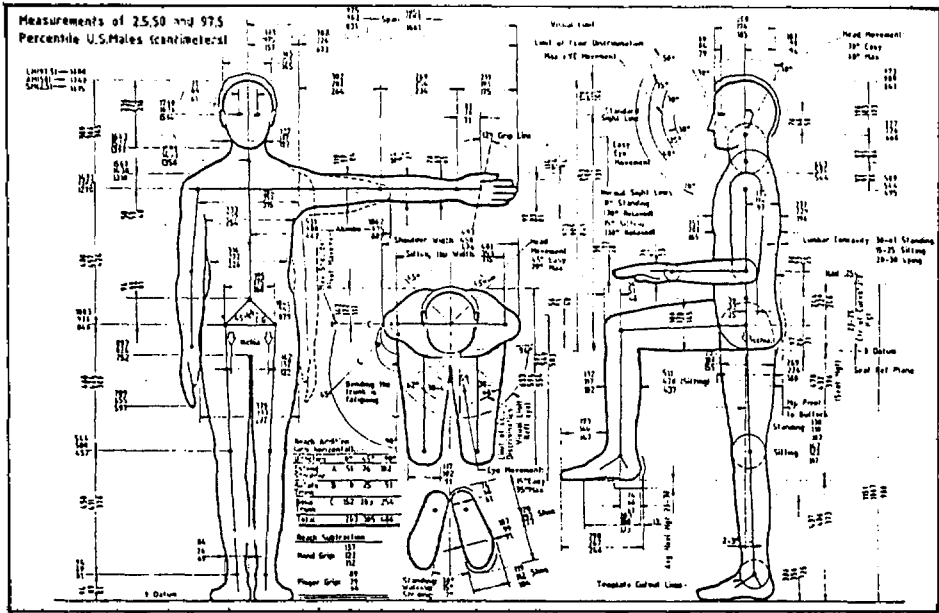


그림 1. Human Scale.

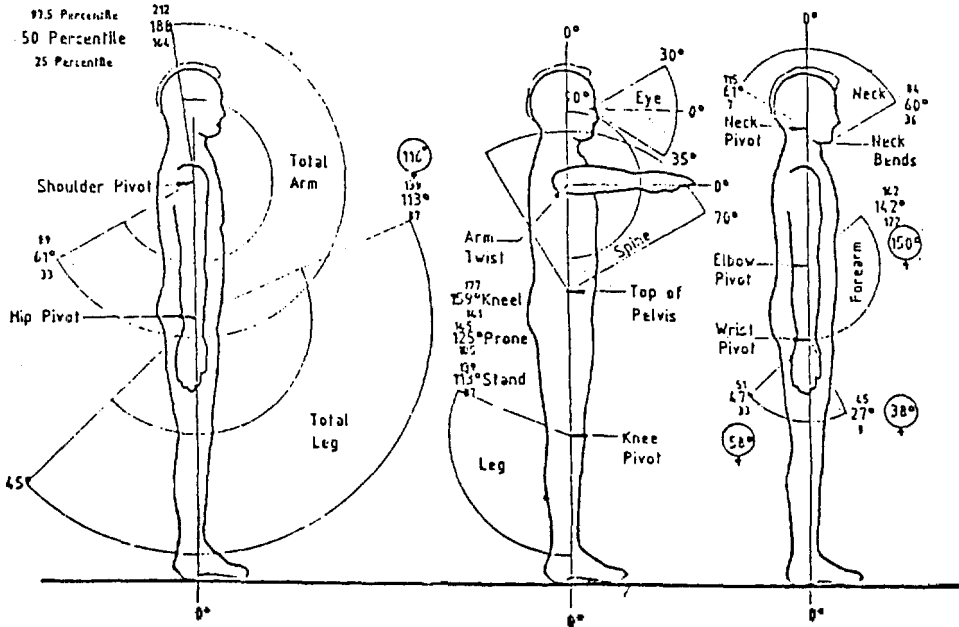
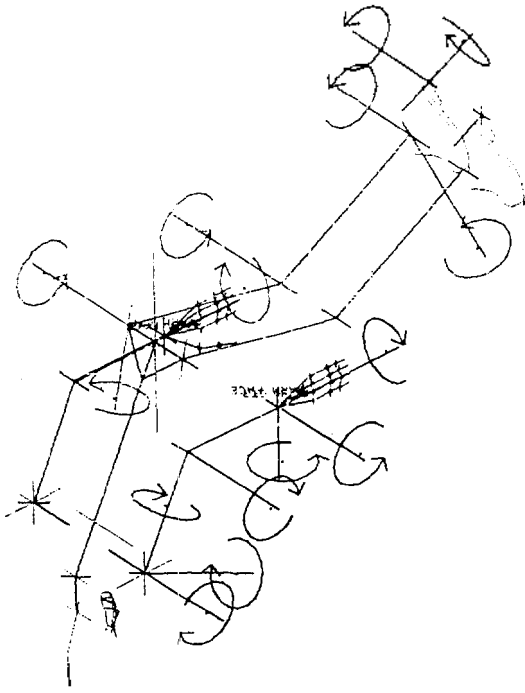


그림 2. 관절의 운동 방향 및 범위.

위하여 本稿에서는 인체를 다리, 팔, 손가락의 세부
 분으로 나누어 제어 가능한 자유도를 갖는 CATIA
 kinematic mechanism을 설정하기로 한다.

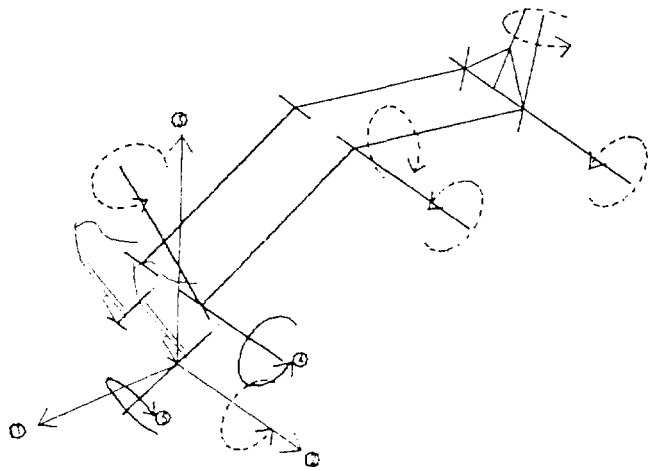
▶ Leg Movement

다리 관절의 kinematic model은 주로 package 조작
 성 및 승강성의 검토時에 이용된다.



	관절수	Kinematic Factor수
LEG	3	8
ARM	3	7
FINGER	12	12

그림 3. Idealization Model.



COMMAND	PARAM		조 작 방 향	구 방 향
	NAME	단위		
1	AHP X	mm	AHP를 X방향으로 이동	SgRP 전방
2	AHP Y	mm	AHP를 Y방향으로 이동	SgRP 외측
3	AHP Z	mm	AHP를 Z방향으로 이동	상방
4	ANKLER	"	PEDAL 밟기	FOOT ANGLE
5	FOOTR	"	발 기대기, HEEL & TOE	SgRP 외측

그림 4. Leg Movement.

특히 Pedal 조작時 제어해야 할 주요 point로서 AHP(Accelerator Heel Point)가 있으며 layout 설계의 편의성을 고려하여 다리의 움직임을 AHP 주변의 인자를 제어함으로써 자유도를 최적화 할 수 있다.

Idealized LEG의 kinematic factor는 총 8개(그림 3 참조)이며 kinematic model은 그림 4와 같이 자유도=5로 구성할 수 있다.

▶ **Arm Movement**

팔의 kinematic factor수는 다리(8개)보다 적은 7개이나 운동 mechanism은 그림 3과 같이 다리보다 팔이 훨씬 복잡하다.

따라서 layout 설계의 편의성을 고려하여 최적의 자유도를 얻기 위해서 손바닥 중심(palm center)을 X,Y,Z의 3방향으로 움직이는 조작을 추가하였다.

이상과 같은 조건으로 팔의 kinematic model을 그림 5와 같이 자유도=7로 구성할 수 있다.

Arm movement는 switch류 및 TGS lever 조작시의

간섭 여부를 check時 활용할 수 있다.

▶ **Finger Movement**

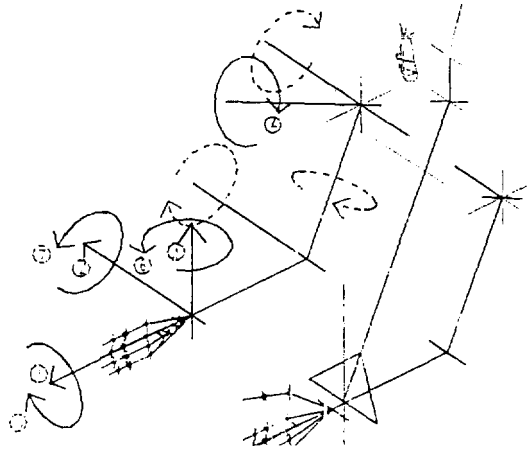
손가락의 조작을 팔 조작의 부수적인 움직임으로 간주하여 다음과 같이 손가락 조작에서 가장 많이 쓰이는 3가지의 grasping을 고려하여 modeling하였다.

- Three-finger grasping
- Finger tip grasping
- Full hand grasping

따라서 idealized model에 최소한의 자유도를 부여하기 위한 조건으로

- 1개의 손가락은 각각의 손가락 마디의 구부러짐을 비례관계로 설정하여 kinematic gear로 연결하여 자유도=1을 유지
- 3가지 grasping을 고려하여 중지/인지/약지는 자유도=1로 설정

을 고려하여 그림 6과 같은 total 자유도=3으로 finger movement를 구성하였다.



COMMAND	PARAM		조 작 방 향	'+' 방 향
	NAME	단위		
1	HAND X	mm	손을 'X' 방향으로 이동	전방
2	HAND Y	mm	손을 'Y' 방향으로 이동	SgRP 외측
3	HAND Z	mm	손을 'Z' 방향으로 이동	상방
4	ELBOW	"	팔꿈치 벌리기	SgRP 외측
5	WRLSTXA	°	손목을 'X'축 중심으로 돌리기	손목 중심의 손등 방향
6	WRLSTZA	°	손목을 'Z'축 중심으로 돌리기	손목 중심의 내측
7	WRLSTYA	"	손목을 'Y'축 중심으로 돌리기	손목 중심의 하향

그림 5. 자유도 7로 구성한 팔의 Kinematic Model.

◎ 3DM 적용 사례

3DM model은 구성 시점의 차이로 leg movement 만 J2 초기 개발 단계(model 고정 전후)에 주로 이용 되었으며 J2에서의 대표적인 적용 사례는 다음과 같다(그림 7 참조).

- ▶ Center facia panel side部와 종아리部와의 gap
 - Accel pedal에 발을 올린 상태에서 min 30 mm 확보
- ▶ Pedal 조작時 무릎과 Crash pad lower部와의 gap
 - Brake pedal에 발을 올린 상태에서 min 80 mm 확보
- ▶ OBD II layout - OBD II를 crash pad lower LH side部(hood release handel 좌측)에 위치 時 왼발을 footrest에서 clutch pedal로 가져갈 時的 간섭 문제
 - 발 조작 궤적과 min 30 mm 유지할 수 있는 위치에 OBD II를 장착
- ▶ Passenger foot room - dash panel tunnel RH 部의 돌출로 발놓는 거주 공간 부족
 - 다리를 5° 벌릴 수 있는 위치까지 dash tunnel 돌출량 축소

◎ 향후 계획

▶ Seating buck을 이용한 신뢰도 구축

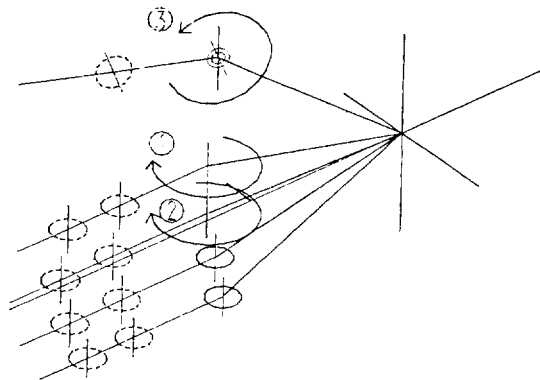
3DM model을 만들어 leg movement는 J2 차량의 개발 초기 단계에서부터 시작차 시험 평가단계까지 사용하면서 조작성 신뢰성을 확보하였지만 arm movement는 이론적 설계 model은 구축하였지만 시험, 평가에 의한 검증이 되지 않은 관계로 조작 Mechanism의 신뢰성 부족 문제가 남아 있다.

따라서 향후에는 seating buck('94 8월 도입, 그림 8 참조) 및 실차 평가 등을 이용하여 室内의 각종 switch類의 hand reach 및 실제적인 조작 mechanism에 대한 데이터를 arm movement에 적용하여 실차 조작과 이상화된 model 간의 gap을 줄이는 신뢰도 구축 문제를 해결해 보고자 한다.

▶ EWS Base의 digital mock-up (3D solid modeling)化

현재의 CATIA 운영환경인 host base의 CA-TIA V3.25에서는

- Large model management 곤란(memory 문제)
 - Solid와 Surface간의 interference check 불가
- 의 문제가 있어서 설계 model과의 데이터 교환상의 문제로 layout 검토를 wireframe & surface modeling

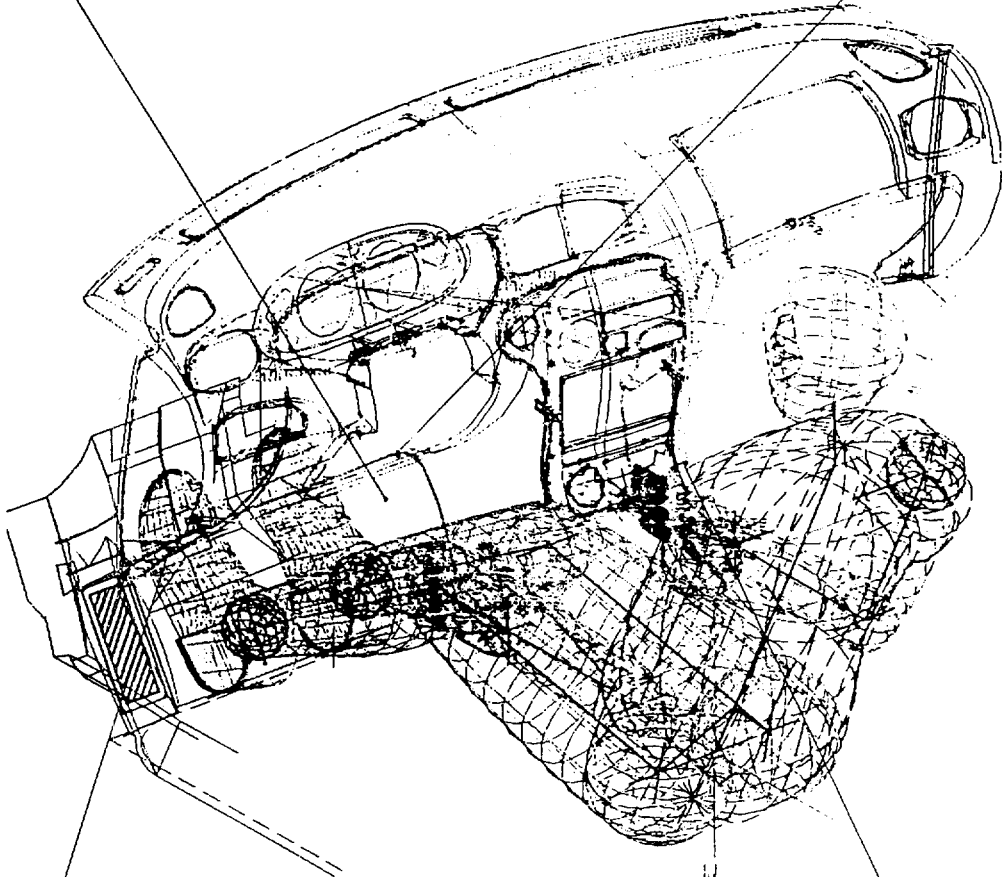


COMMAND	PARAM		3FINGER GRASPING	FINGER TIP	FINGER GRASPING	PULL GRASPING
	NAME	단 위				
1	검지	"	25°	0°	75°	20°
2	중/인/약지	"	30°	70°	75°	20°
3	엄지	"	15°	20°	15°	0°

그림 6. Total 자유도를 3으로 구성한 Finger Movement.

1) ACCEL PEDAL 조작 공간을 고려한 CENTER FACIA 축소

2) BRAKE & CLUTCH PEDAL 조작 공간을 고려한 CRASH PAD LOWER部 돌출량



CATIA
DASSAULT SYSTEMES

3) CLUTCH PAD 조작 공간을 고려한 OBDII LAYOUT

4) PASSENGER 거주 공간을 고려한 DASH TUNNEL 돌출량

그림 7. 3DM 적용사례.

에 의존함으로써 검토 결과에 대한 reality가 결여되었다.

향후의 layout 검토時에는 engineering workstation base의 CATIA V4를 이용한 3D solid modeling의 digital mock-up을 구축하여 圖上 品評 개념의 可視的 package layout을 시도하고자 한다.

▶ 3DM 활용도 확장

Seating buck 등을 이용한 3DM의 신뢰도를 확보하고 package layout의 digital mock-up化가 실시되면 3DM은

- 실내 부품과의 조작성 및 간섭 여부
- Engine room 등의 부품들의 탈, 장착 등의 조립성 문제
- 차량 승하차시의 편의성 문제

등의 여러가지 실차 문제를 초기 설계 단계에서 확인할 수 있을 것이다.

3. 결 론

이상과 같이 human engineering과 CATIA kinematic 기능을 이용하여 인체의 각 관절의 움직임을 layout 검토에 적합하도록 최소한의 자유도를 부여한 3D kinematic model을 구성해 보았고, 특히 leg

movement의 경우는 J2 차량의 설계 단계에서부터 적용 검토하여 시작차 등에서 실효성을 검증하였다.

그리고 arm movement의 경우도 seating buck 및 실차 평가 등으로 실질적인 검증작업을 통한 feedback으로 3D manikin 쏠 관절에 대한 신뢰성 있는 동작 mechanism의 데이터를 확보한다면 신규 개발 차량의 초기 단계에서 3D manikin을 이용한 최적의 기본 package layout을 조기에 설정함으로써 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

- 차량의 상품성, 조립성 등의 문제를 圖上 品評으로 可視化할 수 있음
→ EWS base의 digital mock-up 구성
- Layout 설계 기준의 조기 확정으로 일과성 있는 design & 설계 concept 유지
- 설계상의 문제점 감소에 의한 설계 변경 축소로 설계 일정 단축

4. Reference

- 1) Human scale, MIT
- 2) PACKAGE LAYOUT GUIDE, 제품개발실
- 3) CATIA Kinematic Reference Manual, Dassault