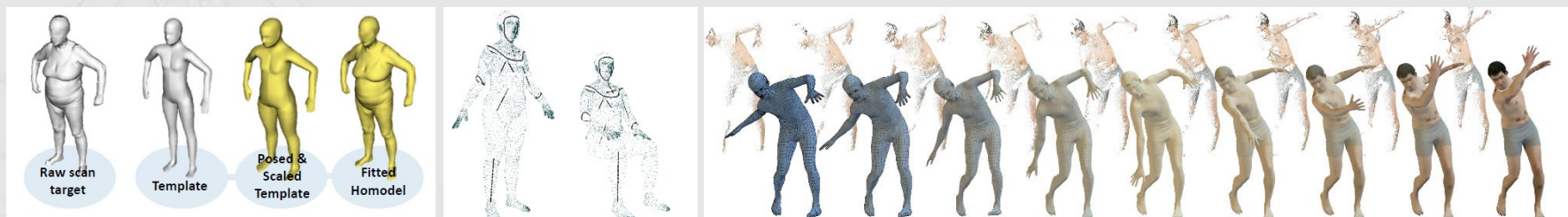




3D Human Template Model을 이용한 인간공학적 제품 설계



정하영¹, 이원섭², 유희천¹

¹ 포항공과대학교 산업경영공학과, ² 한동대학교 ICT창업학부

hcyou@postech.ac.kr

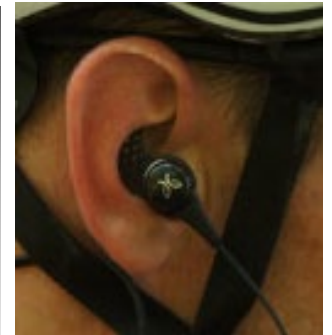
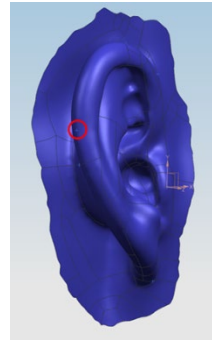
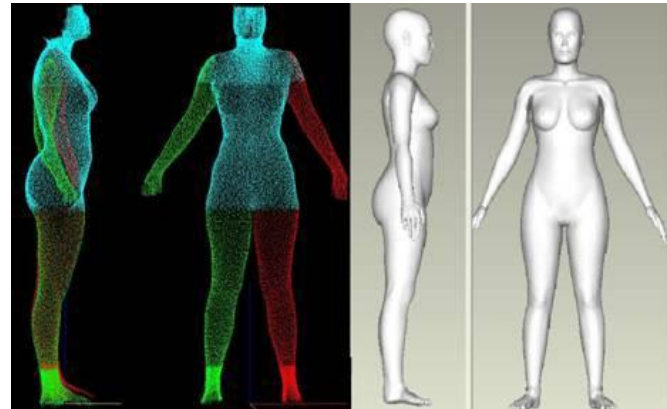
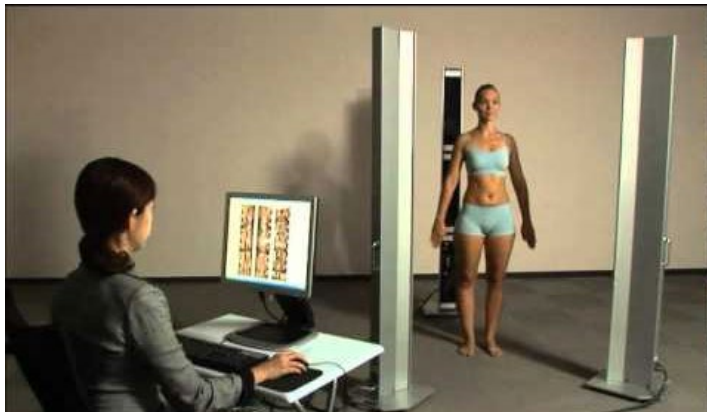
2019년 춘계공동학술대회

Contents

1. 연구 배경 및 필요성
 2. 연구 목적
 3. 3D Human Body Template Model
 - Literature Search & Screening
 - 3D HBTM 구성 요소 분석
 - 3D Deformable HBTM 조사 및 개발
 - 3D Deformable HBTM Applications
 4. 토 의
-

연구 배경

- 신체에 **Fit성이 높은 인간공학적 제품** **형상 설계 요구 증가**
- 다양한 인체 형상을 분석 및 활용하기 위해 3D scanner를 이용한 **3차원 인체 측정 및 형상 분석**이 수행됨



연구 필요성

□ 기존 3D scan data 활용의 한계점

- ✓ 표준 측정 자세로 측정된 3D scan data는 제품 설계 시 제한적으로 활용됨
- ✓ 3D scan 시 일부 신체 부위에 **missing part**가 존재하여 형상 보강 및 후처리 필요

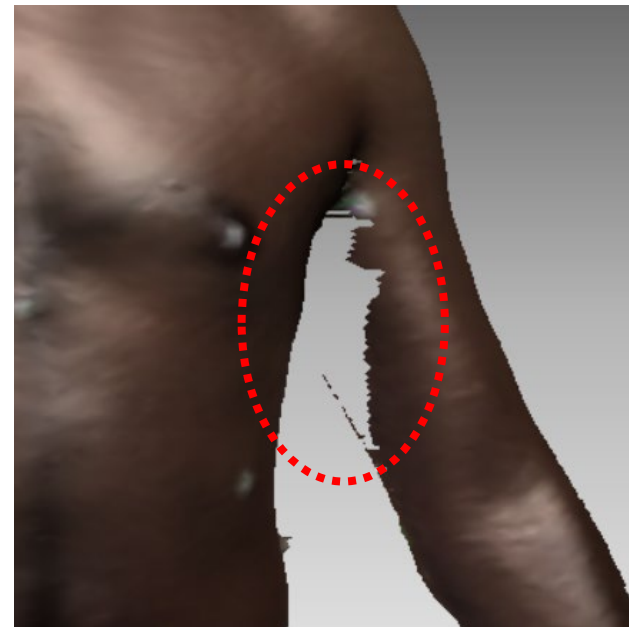
□ 3D scan data의 한계를 보완하기 위해 **Deformable Human Body Template Model**을 이용한 3차원 인체 형상 기술이 활용되고 있음

표준 측정 자세로 측정된 3D data



CAESAR project data, 2012

3D scan missing part 예



CAESAR project data, 2012

기존 연구의 한계점

- 3차원 Deformable Human Body Template Model은 주로 computer graphics 분야에서 연구되어 자연스러운 3D animation 구현 등에 주로 활용됨
 - ⇒ 3D 인체 형상 기술을 제품 설계에 적용 활성화 필요
 - ⇒ 동작 변화에 따른 체표 길이, 둘레, 부피 변화 등 인체 치수 변형 특성 분석 기술 고도화 필요
- 인체 및 제품의 상호 작용에 따른 형상 변형 특성을 고려한 인간공학적 제품 설계 방법 개발 필요

Computer graphics의 HBTM application 예

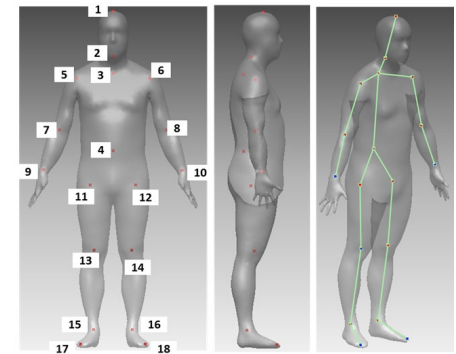
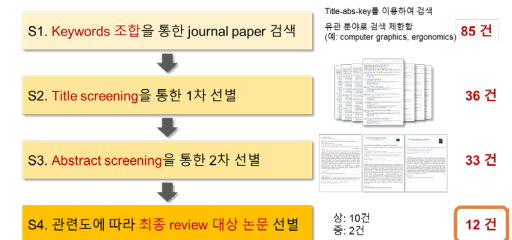


형상 변형 특성을 고려한 인간공학적 제품 설계 예



인간공학적 제품 설계를 위한 3차원 Deformable Human Body Template Model

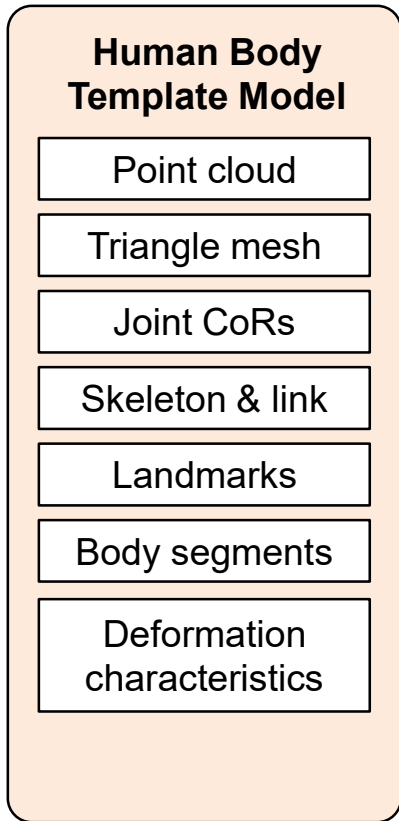
1. HBTM 유관 문헌 조사
2. HBTM 구성요소 분석
3. 3D Deformable HBTM 조사 및 개발
4. Deformable HBTM Application 고찰



Big Picture: Template Model 기반 제품 설계 기술

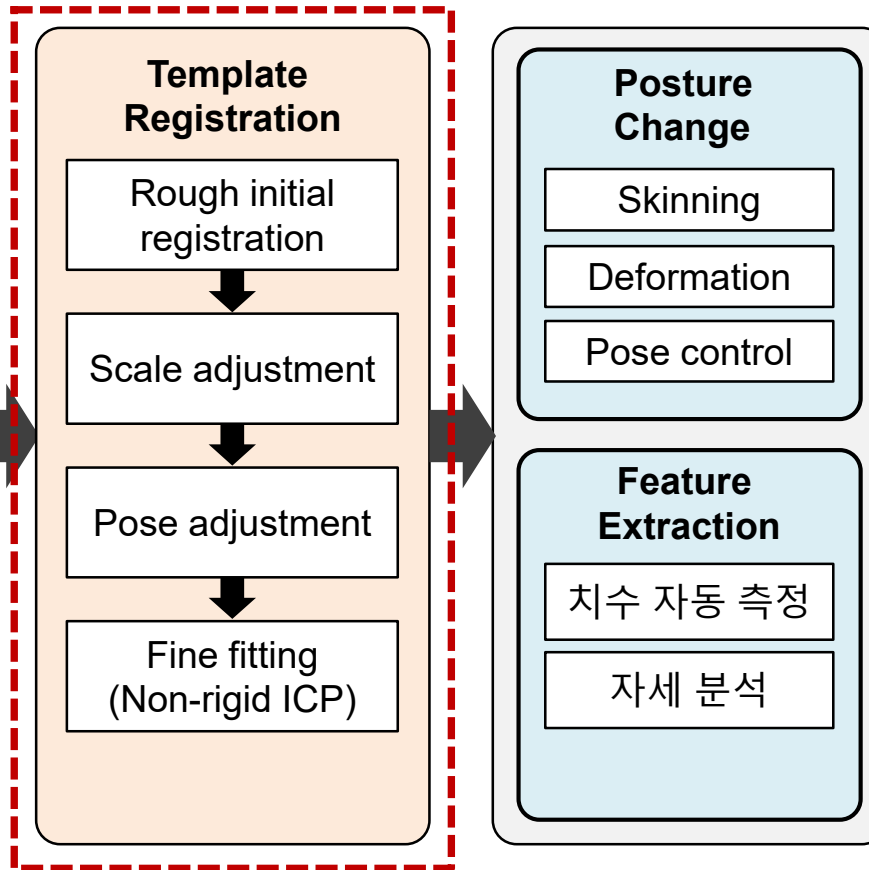
Phase 1

Template Model 개발



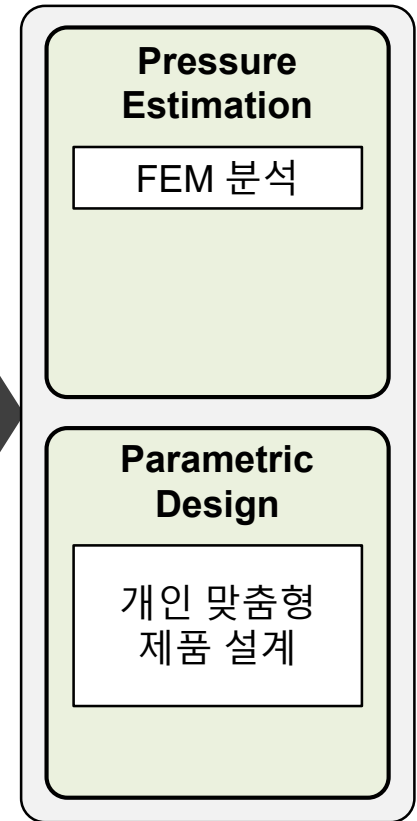
Phase 2

Digital Human Modeling 기술 개발
(Registration, Deformation, Posture Change)

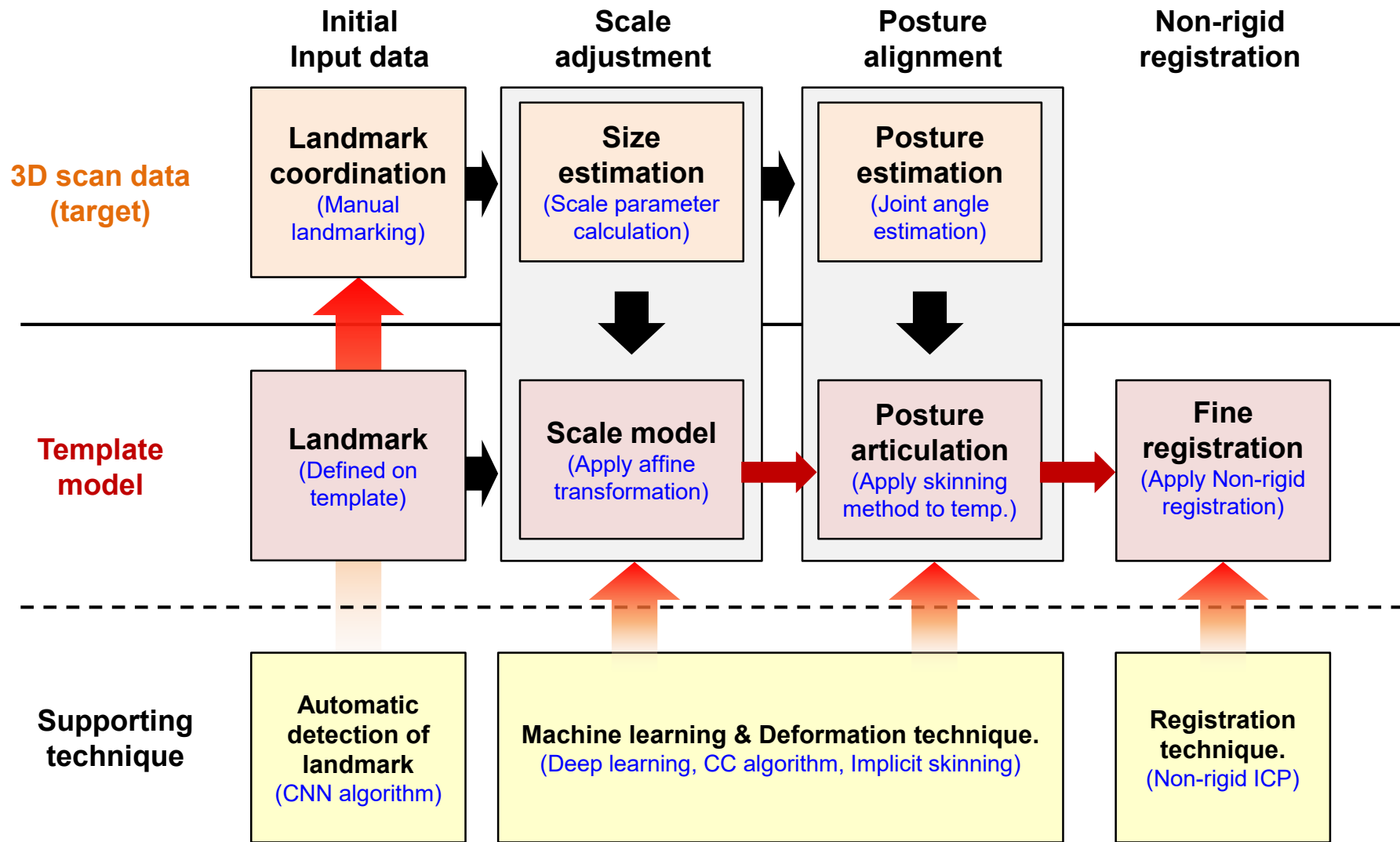


Phase 3

최적 설계 기술 개발



Big Picture: Registration 기술 개발



Source: Allen et al., 2003; Angelov et al., 2005; Pishchulin et al., 2017

Human Body Template Model 논문 조사: 방법

- 문헌 조사 site: www.scopus.com
- 검색 조건: title, abstract, keyword
- 검색 분야별 keyword
 - 공통 Keyword: 3D scan, 3D Human, Body scanning, 3D human body
 - **Template model** 관련: Meshed human model, mesh animation, template model, body segment, skeleton estimation, linear blend skinning, skinning mesh
- 검색 식: Title-abs-key((공통 Keyword) AND (세부분야 Keyword))
 - **Template model** 관련: TITLE-ABS-KEY(("3D scan" or "3D Human" or "Body scanning" or "3D human body" or "3D body scan") and ("meshed human model" or "mesh animation" or "template model" or template or "skeleton animation" or "linear blend skinning" or "skinning mesh" or skinning))

Human Body Template Model 논문 조사: 결과

S1. **Keywords 조합**을 통한 journal paper 검색

Title-abs-key를 이용하여 검색

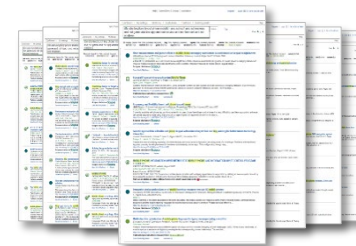
유관 분야로 검색 제한함

(예: computer graphics, ergonomics)

85 건



S2. **Title screening**을 통한 1차 선별



36 건



S3. **Abstract screening**을 통한 2차 선별



33 건



S4. 관련도에 따라 **최종 review 대상 논문** 선별

상: 10건

중: 2건

12 건

Template Model 논문 List

No.	Year	Author(s)	Title	Institute	중요도
1	2012	Ghosh et al.	From Deformations to Parts: Motion-based Segmentation of 3D Objects	Max Planck Institute (MPI)	상
2	2014	Loper et al.	MoSh: Motion and Shape Capture from Sparse Markers	Max Planck Institute (MPI)	상
3	2014	Tsoil	Modeling the Human Body in 3D: Data Registration and Human Shape Representation	Max Planck Institute (MPI)	상
4	2011	Tsoil and Black	Shape- and Pose-Invariant Correspondences using Probabilistic Geodesic Surface Embedding	Max Planck Institute (MPI)	상
5	2014	Tsoil et al.	Model-based Anthropometry: Predicting Measurements from 3D Human Scans in Multiple Poses	Max Planck Institute (MPI)	상
6	2014	Jacobson et al.	Bounded Biharmonic Weights for Real-Time Deformation	Interactive Geometry Lab, ETH IGL, Switzerland	상
7	2004	O. Sorkine et al.	Laplacian Surface Editing	Interactive Geometry Lab, ETH IGL, Switzerland	상
8	-	K. Takayama et al.	Sketch-Based Generation and Editing of Quad Meshes	Interactive Geometry Lab, ETH IGL, Switzerland	상
9	2014	Jacobson et al.	Bounded Biharmonic Weights for Real-Time Deformation	IBV, Spain	상
10	2015	Reed et al.	Statistical Prediction of Body Landmark Locations on Surface Scans	UMTRI, US	상
11	2004	Moccozet et al.	Animatable Human Body Model Reconstruction from 3D Scan Data using Templates	MIRA Lab, University of Geneva, Switzerland	중
12	2011	Yeh et al.	Template-Based 3D Model Fitting Using Dual-Domain Relaxation	National Cheng-Kung University	중

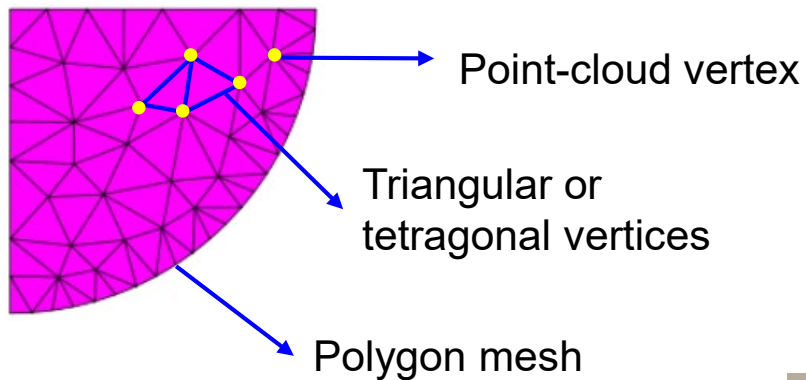
Template Registration 논문 List

No.	Year	Author(s)	Title	Source / Institute	중요도
1	2017	Pishchulin et al.	Building statistical shape spaces for 3D human modeling	Pattern Recognition / MPII	상
2	2003	Allen et al.	The space of human body shapes - reconstruction and parameterization from range scans	ACM Transactions on Graphics / Washington University	상
3	2005	Angulove et al.	SCAPE: Shape Completion and Animation of People	ACM Transactions on Graphics / MPI - PS	상
4	2005	Allen	Learning body shape models from real-world data	Dissertation of Washington Univ. / MPI - PS	상
5	2014	Rodola et al.	Robust Region Detection via Consensus Segmentation of Deformable Shapes	Computer Graphics Forum / TU Munich	상
6	2011	Jacopson et al.	Bounded Biharmonic Weights for Real-Time Deformation	ACM Transactions on Graphics / ETH Zurich IGL	상
7	2008	Li et al.	Global Correspondence Optimization for Non-Rigid Registration of Depth Scans	Eurographics Symposium on Geometry Processing / Hao Li	상
8	2010	Myronenko and song	Point Set Registration: Coherent Point Drift	IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence / OHSU	상
9	2017	Romero et al.	Embodied Hands: Modeling and Capturing Hands and Bodies Together	ACM Transactions on Graphic / MPI - PS	상
10	2005	Anguelov et al.	The Correlated Correspondence Algorithm for Unsupervised Registration of Nonrigid Surfaces	Advances in Neural Information Processing Systems	상
11	2004	Sumner and Popovic	Deformation Transfer for Triangle Meshes	ACM Transactions on Graphic	상
12	2014	Bonarrigo et al.	Deformable registration using patch-wise shape matching	Graphical Models / Hao Li	상

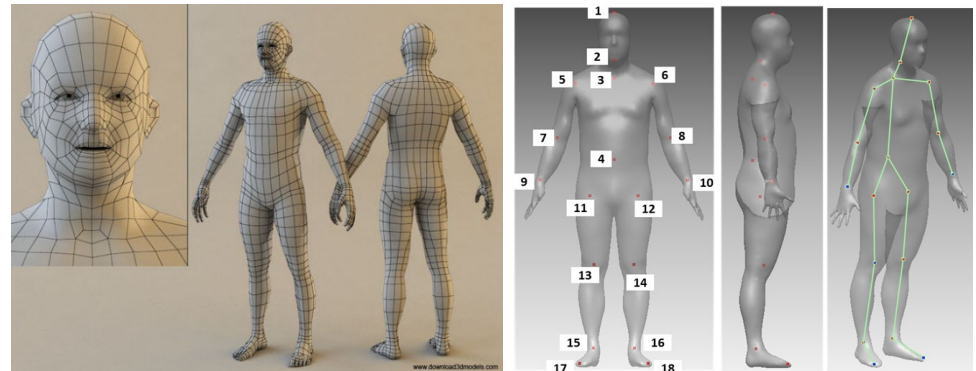
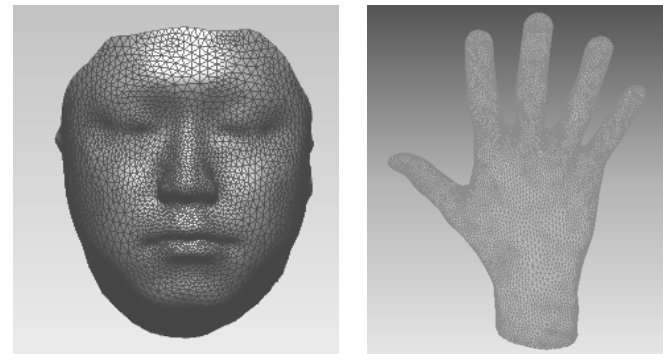
Human Body Template Model (HBTM)

- ❑ Template model은 정교한 human surface mesh model의 복합체
- ❑ Bone, skin, landmark 등으로 구성되며 각 요소별 특성 정보 포함
- ❑ Skin 및 bone은 triangle의 복합체로 구성된 polygon mesh (vertex, node 포함)

Polygon mesh 구성 요소



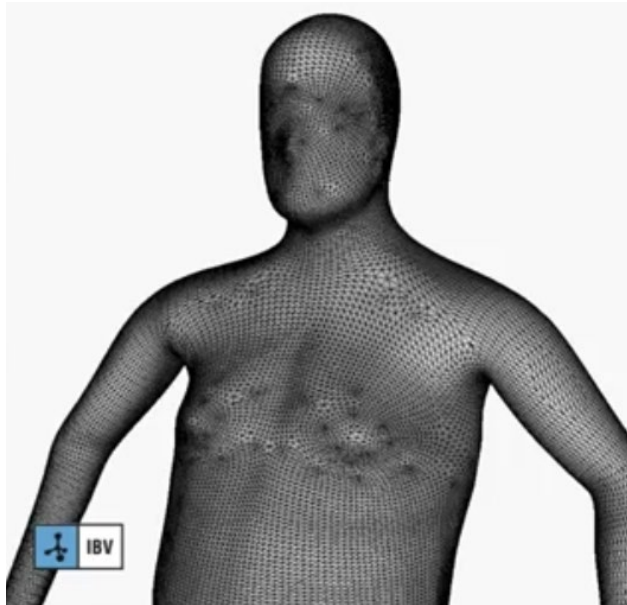
Human surface mesh model 예



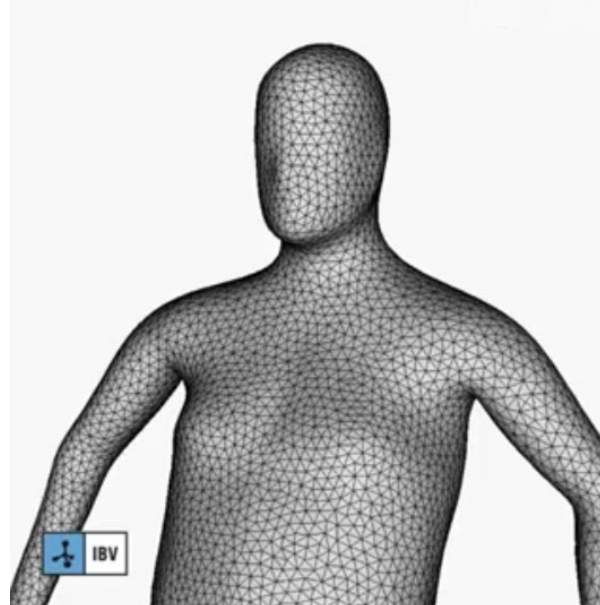
Template Model 구성 요소: Surface Mesh

- ❑ **적정 수의 vertex 및 node**: 3D registration 효율을 고려한 적정 수 도출
- ❑ **인체 기준점(landmark)**: 효율적인 인체 치수 측정을 위한 기준점

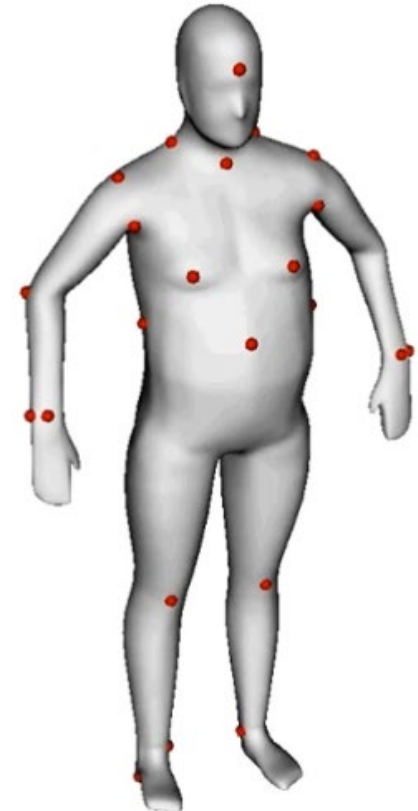
High-resolution HBTM



Low-resolution HBTM



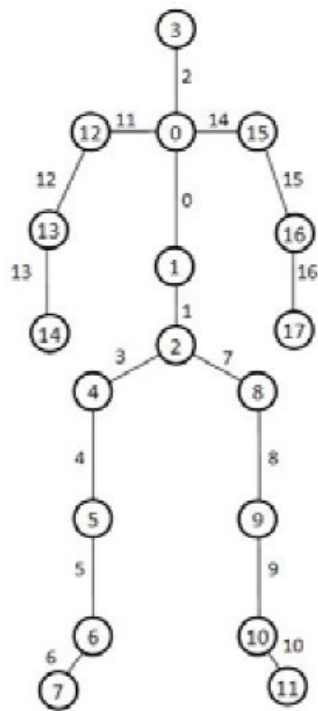
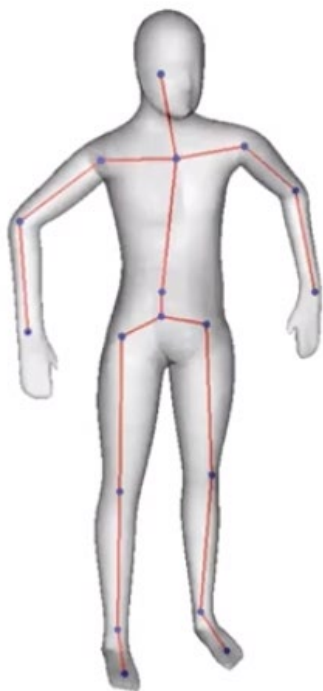
Landmark 예시



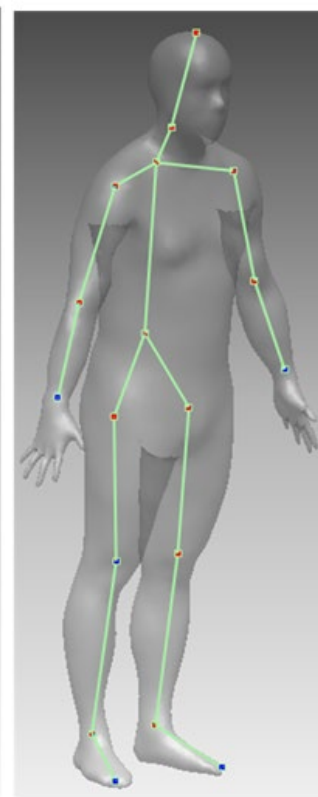
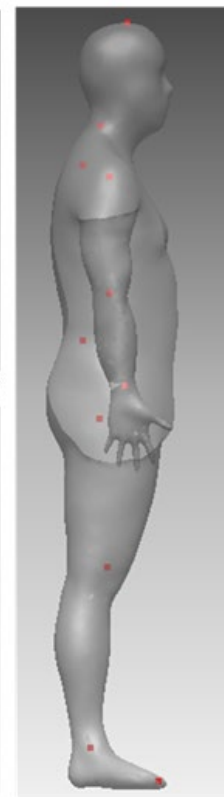
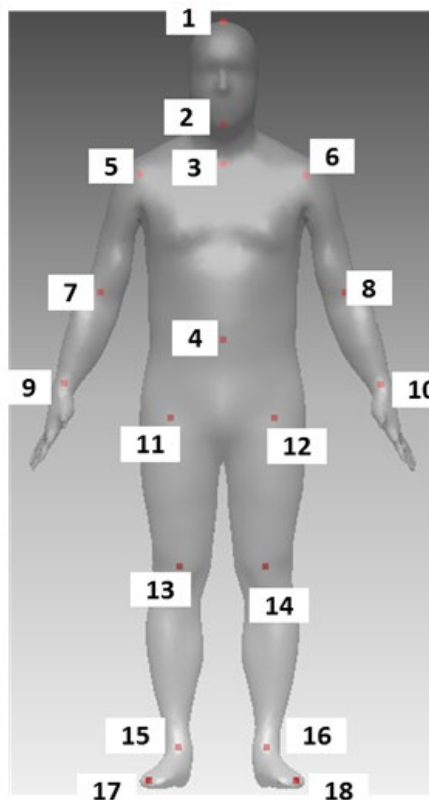
Template Model 구성 요소: Skeleton & Joint (1/2)

□ **Skeleton 및 joint**: 인체 형상 및 자세를 고려한 skeleton link 생성

IBV, Spain



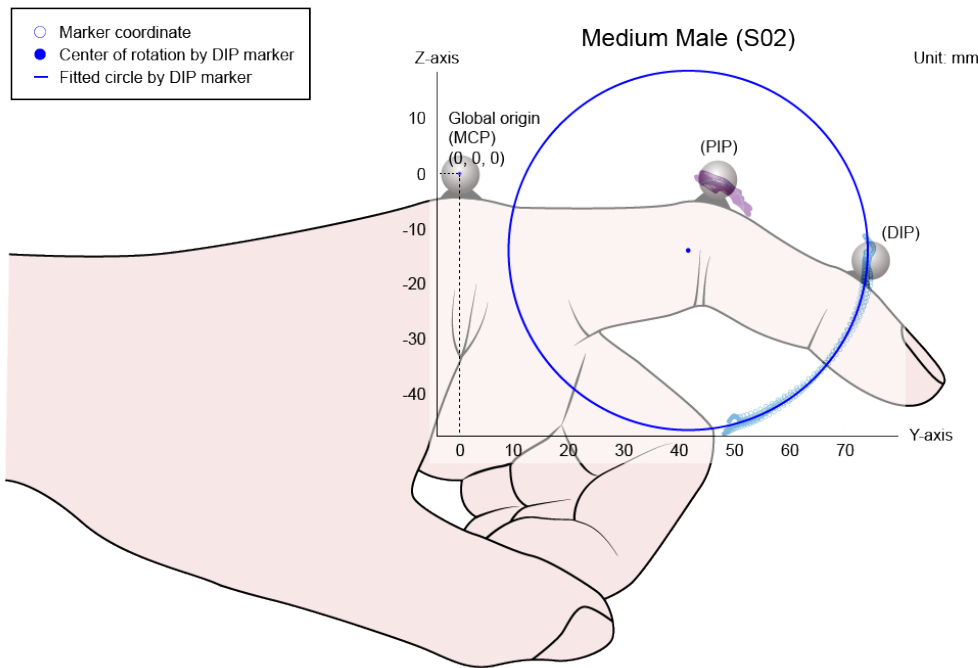
EDT Lab (POSTECH)



Template Model 구성 요소: Skeleton & Joint (2/2)

- ❑ 정교한 **body & hand joint CoR 정의**(fixed & instantaneous joint CoR)
- ❑ **Simplified body & hand link model** 정의 가능

Accurate hand joint CoR



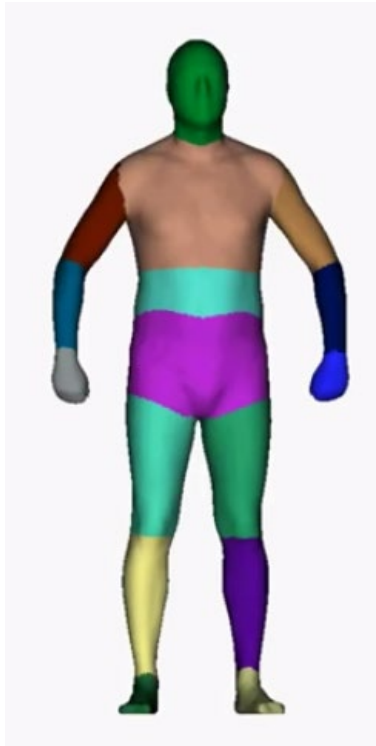
Hand joint CoR 적용 예



Template Model 구성 요소: Body Segment

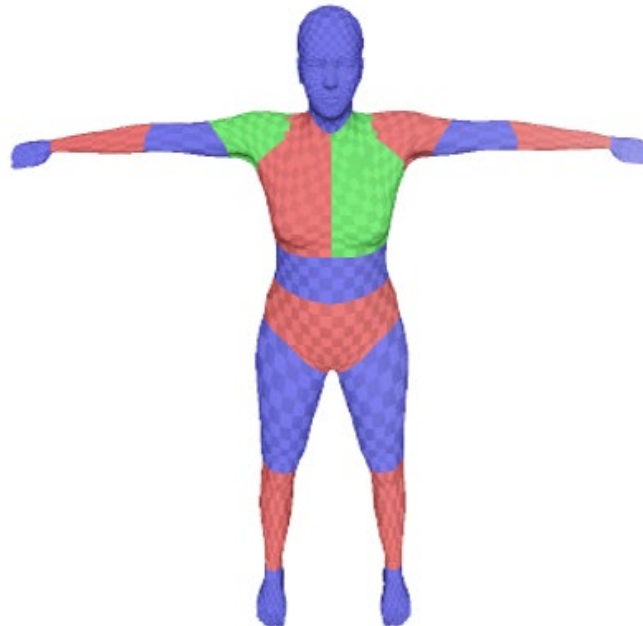
□ **Body segmentation:** 자세 변형 시 신체 부위별 변형 특성 고려

Segmentation of body parts
(# segment = 16)



IBV, Spain

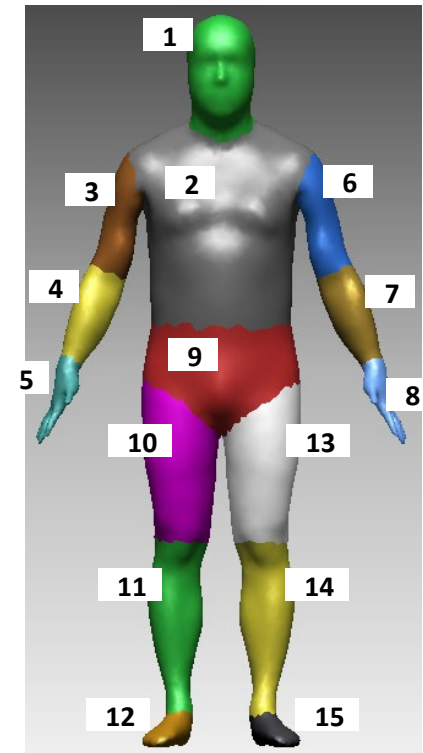
Segmentation of body parts
(# segment = 19)



Template: T^*

Perceiving Systems Lab, Germany

Segmentation of body parts
(# segment = 15)



EDT Lab (POSTECH)

Template Human Body Model (HBTM) 개발

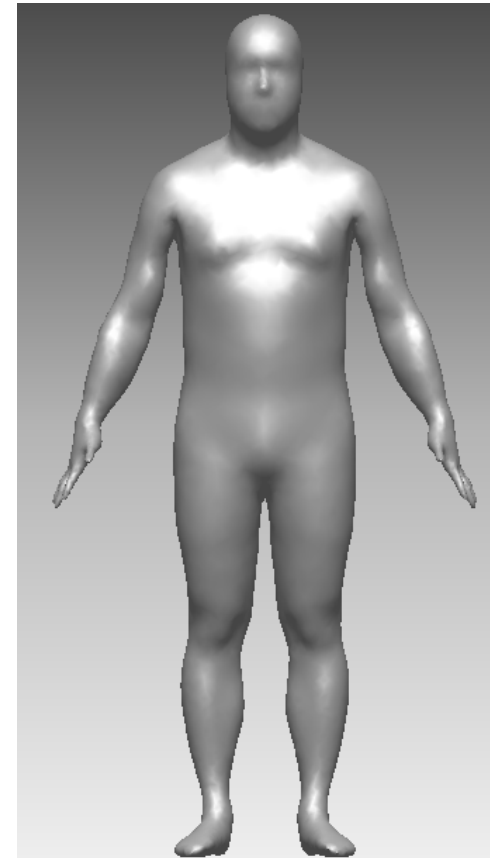
- 평균 크기(50th%ile)의 3D human model을 가공하여 test template model 개발

Original image (CAESAR data)



- Hole filling
- Smoothing
- Symmetrizing

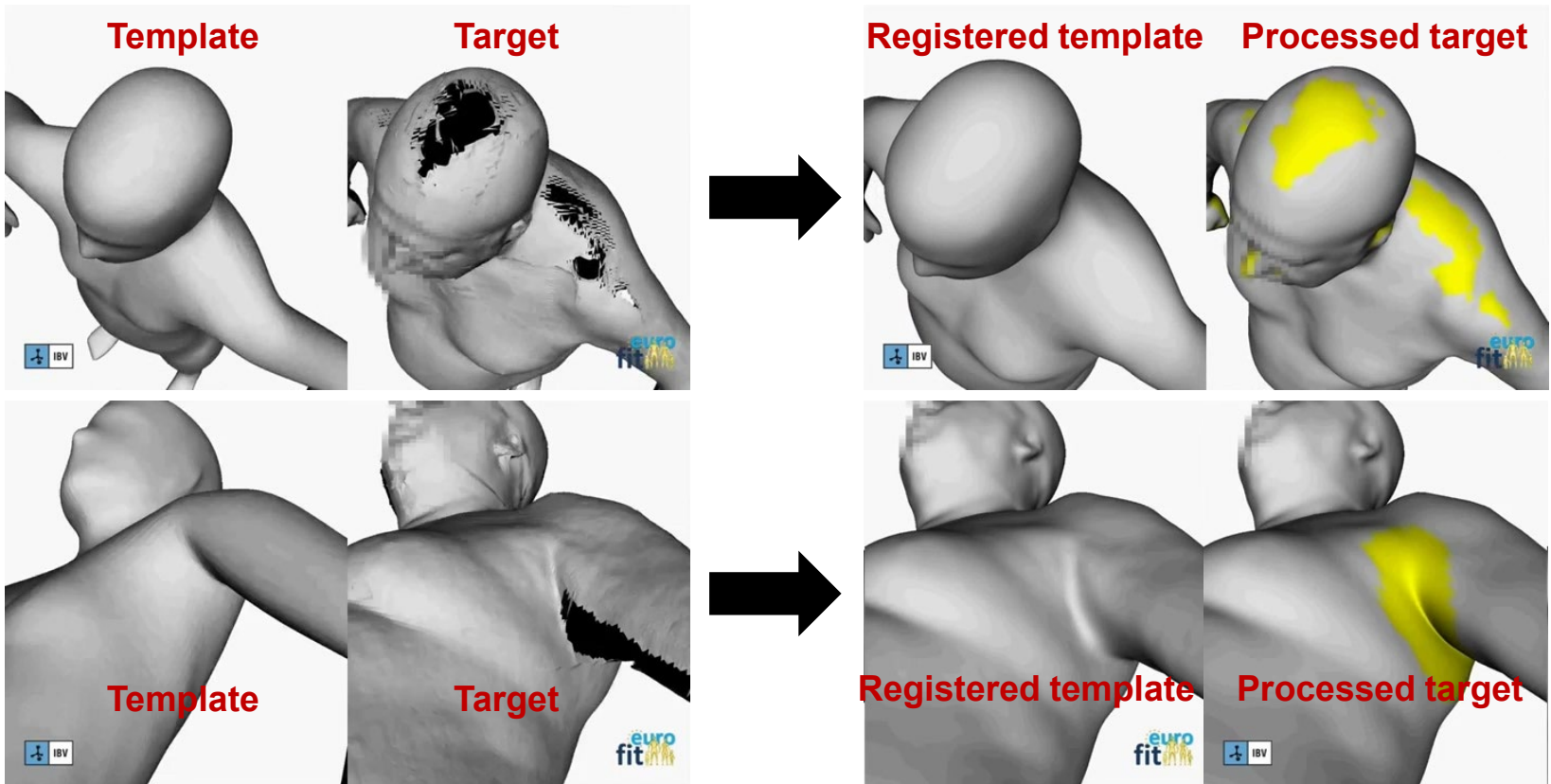
Template (test model)



HBTM Application: Template Matching (1/2)

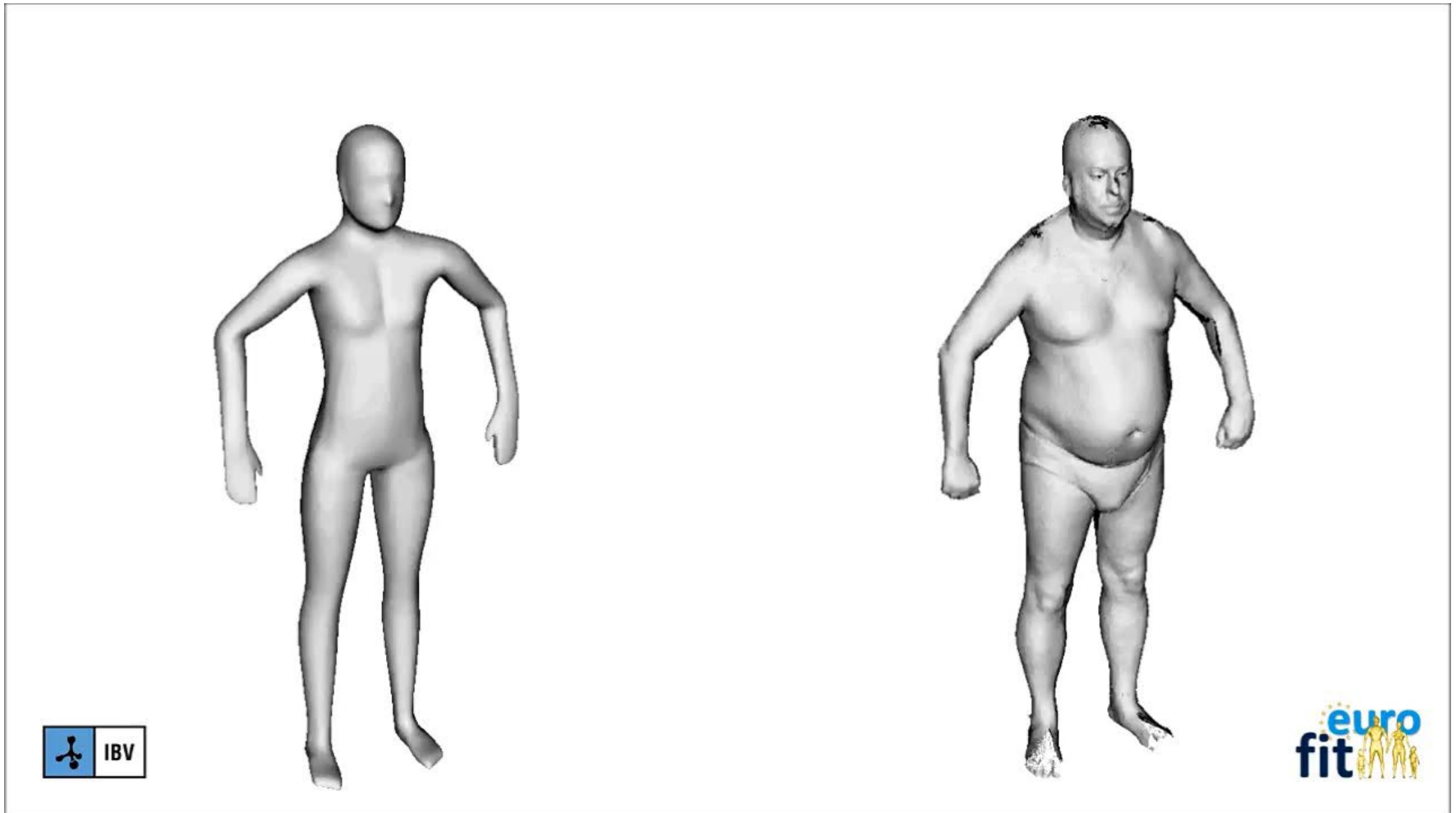
- 표준 자세(standing posture)로 측정된 3D body scan에 HBTM을 정렬
- Template matching 방법은 기존 3D scan 시 획득이 어려운 **접힘부 등의 missing part에 대하여 기존 인체 database를 이용한 보강 시 유용함**

Human Body Template Model을 이용한 형상 보강 예



Template Registration (IBV, Spain): Video

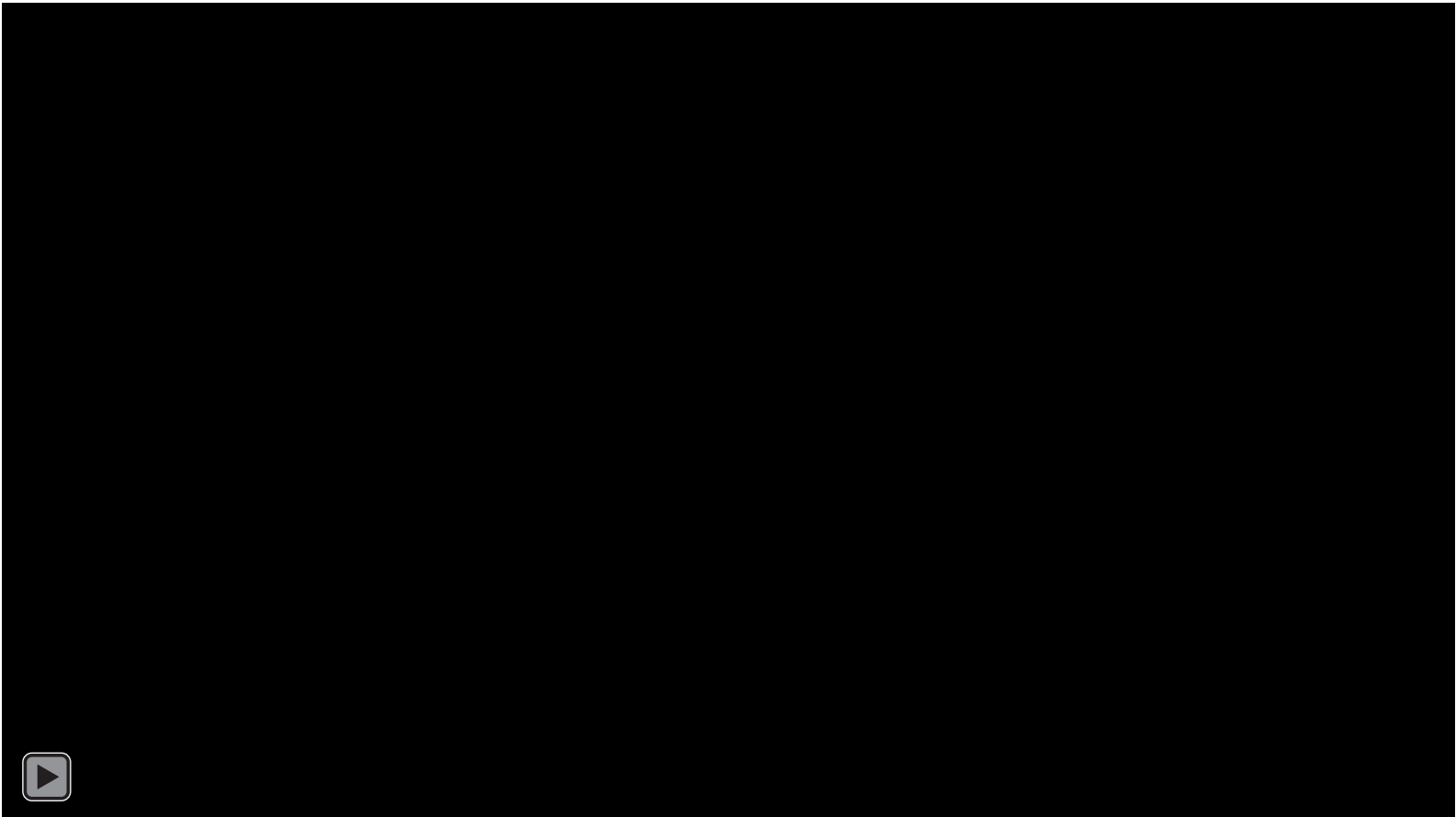
Posing of Template \Rightarrow **Pre-processing** of Body Scan \Rightarrow **Fitting** of Template to Body Scan



※ Source: Euro fit project, IBV, Spain

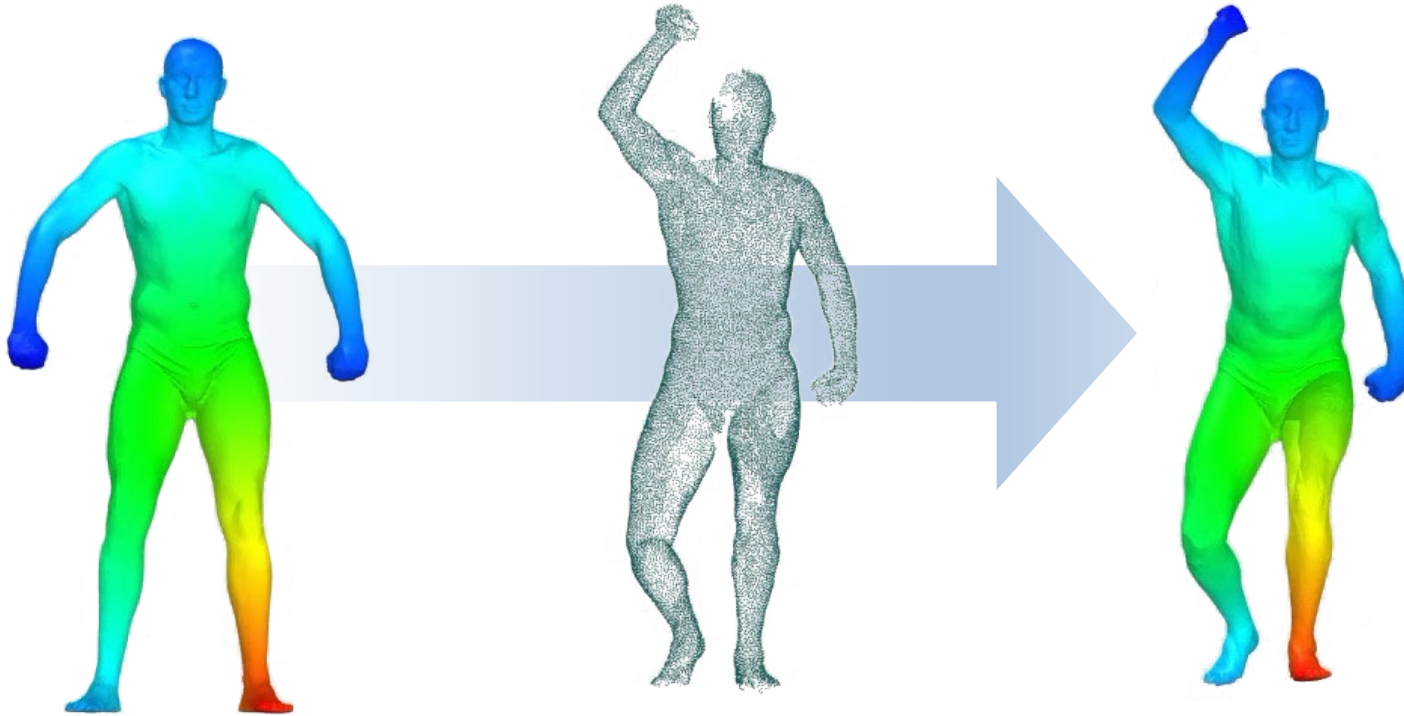
Template Registration (Hao Li): Video

- 최근에 개발되고 있는 기술은 다른 자세, incomplete scan data에도 높은 성능의 registration 성능을 보임



HBTM Application: Posture Control

- 3D scan 기준 자세(standing, neutral)로 측정된 기존 3차원 인체형상 데이터를 **다양한 자세로 자세 변경 가능**
- **특정 자세(e.g., 제품 사용 자세 등)로의 변형 후 인체 계측 등에 활용 가능**



기준 자세 scan data
(CAESAR data, Size Korea 3D data)

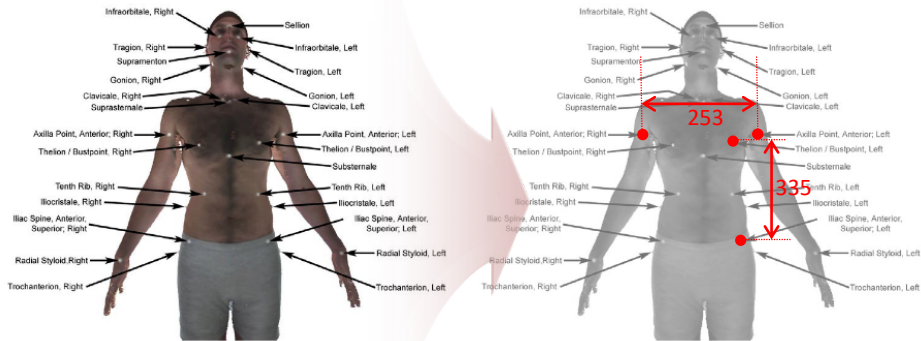
특정 자세 측정 data

특정 자세로 3d data 변환

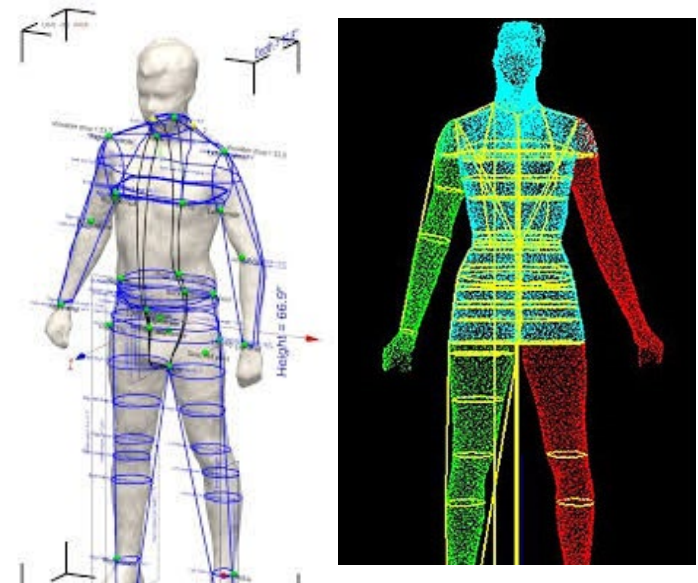
HBTM Application: Automatic Anthropometry

- HBTM 상에 기존에 정의된 landmark에 의하여 인체 부위의 형상(e.g., 곡률, 면적 등) 및 치수(e.g., 길이, 각도, 둘레길이 등) 측정
- Template matching 시 template model 상의 landmark, joint CoR, skeleton의 위치도 함께 정렬되어 변형된 HBTM 상의 landmark를 활용하여 자동으로 치수, 형상 및 자세 분석

Template Model을 이용한 인체 치수 측정



3차원 scan data의 landmark 자동 추출 기술



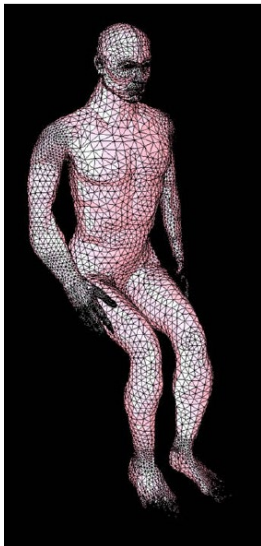
HBTM Application: Pressure Estimation

- 제품 사용 자세로 변형된 HBTM과 제품간의 접촉 부위의 물성을 고려한 **인체-제품 간 변형 특성 분석** 필요
- **제품의 물성 data** 및 **인체 물성 data library** 수집 및 **유한 요소 인체 모델 (finite element human model) 개발** 예정

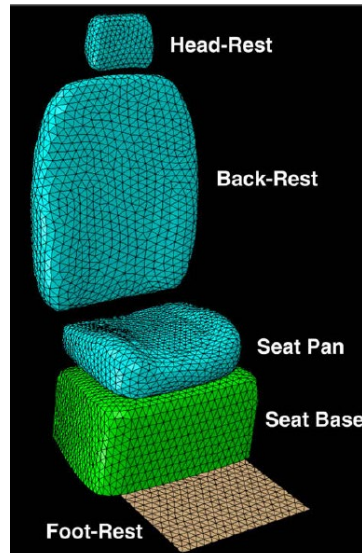
유한 요소 인체 모델 개발 예시



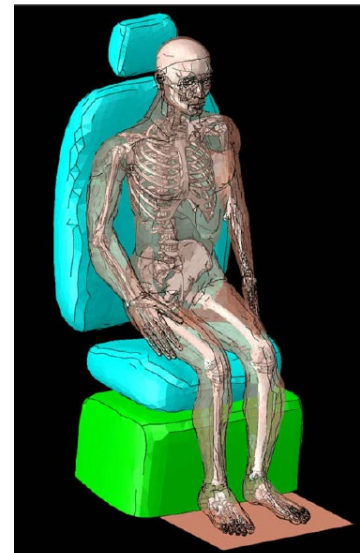
Skeleton model by AnyBody Tech. 2009



Shell model by F. Summer, 2009

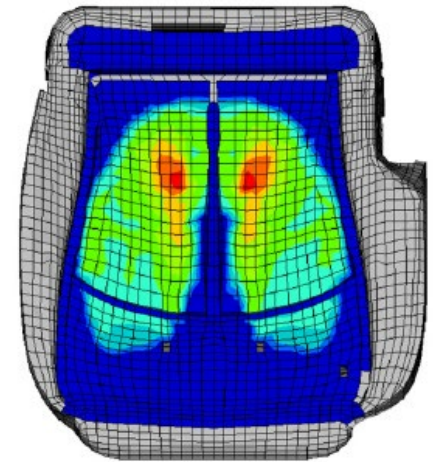


Car-seat model



Assembled seated-human/car-seat

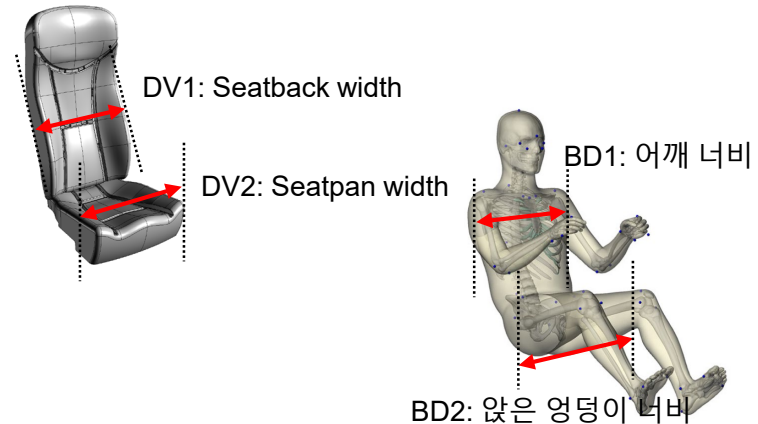
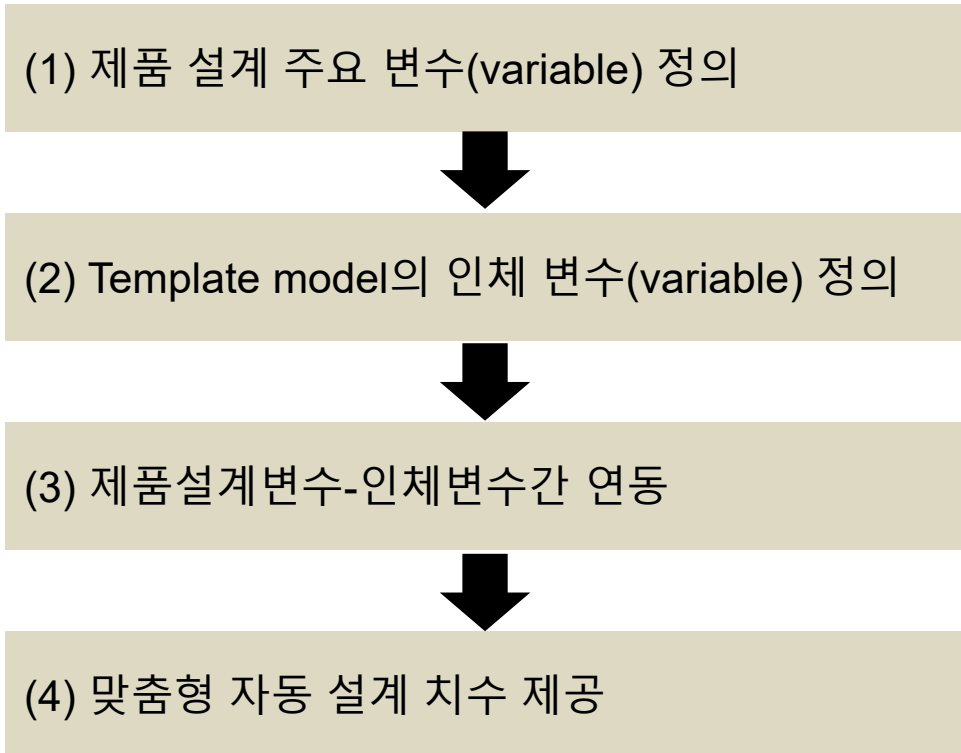
Pressure estimation 예시



HBTM Application: Product Design

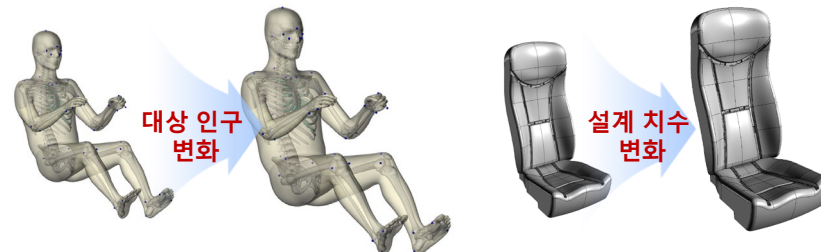
- **Template model의 치수 및 형상 정보를 제품 설계 인자(design dimension)와 연동**하면 사용자의 인체 크기 및 형상에 따른 **맞춤형 제품 형상 설계 시 효율적으로 활용 가능함**

인체 형상 기반 맞춤형 제품 설계 절차



DV1: Seatback width BD1: 어깨 너비

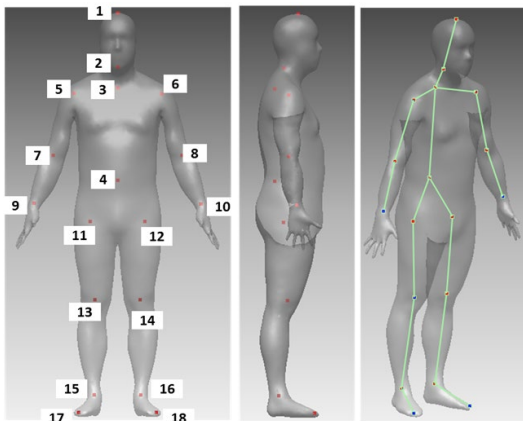
DV2: Seatpan width BD2: 앉은 엉덩이 너비



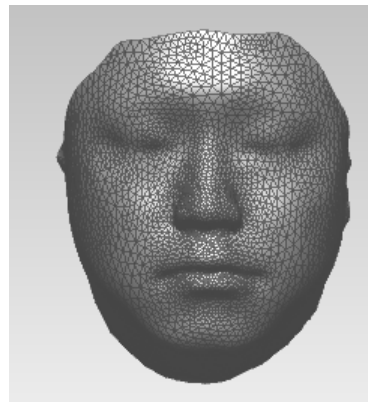
Discussion (1/2)

- 본 연구는 문헌 조사를 통하여 **Human Body Template Model에 대하여 조사하고 활용성을 파악함**
 - ✓ 인체 치수 및 형상의 자동 측정 가능함
 - ✓ 다양한 자세로 변형 가능
 - ✓ 인체-제품 간 상호작용 시 변형 특성 예측 가능
- **인체 부위별 특성을 고려한 Human Body Template Model을 개발하면 제품 설계 시 효율적으로 활용 가능함**
 - ✓ Whole body template 외 face template, hand template 개발

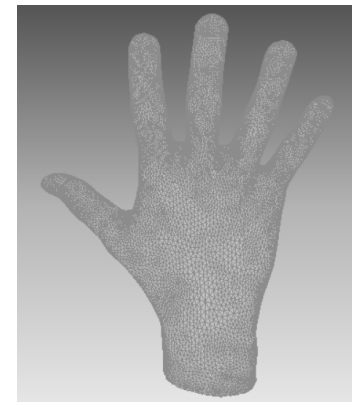
Whole body template



Face template

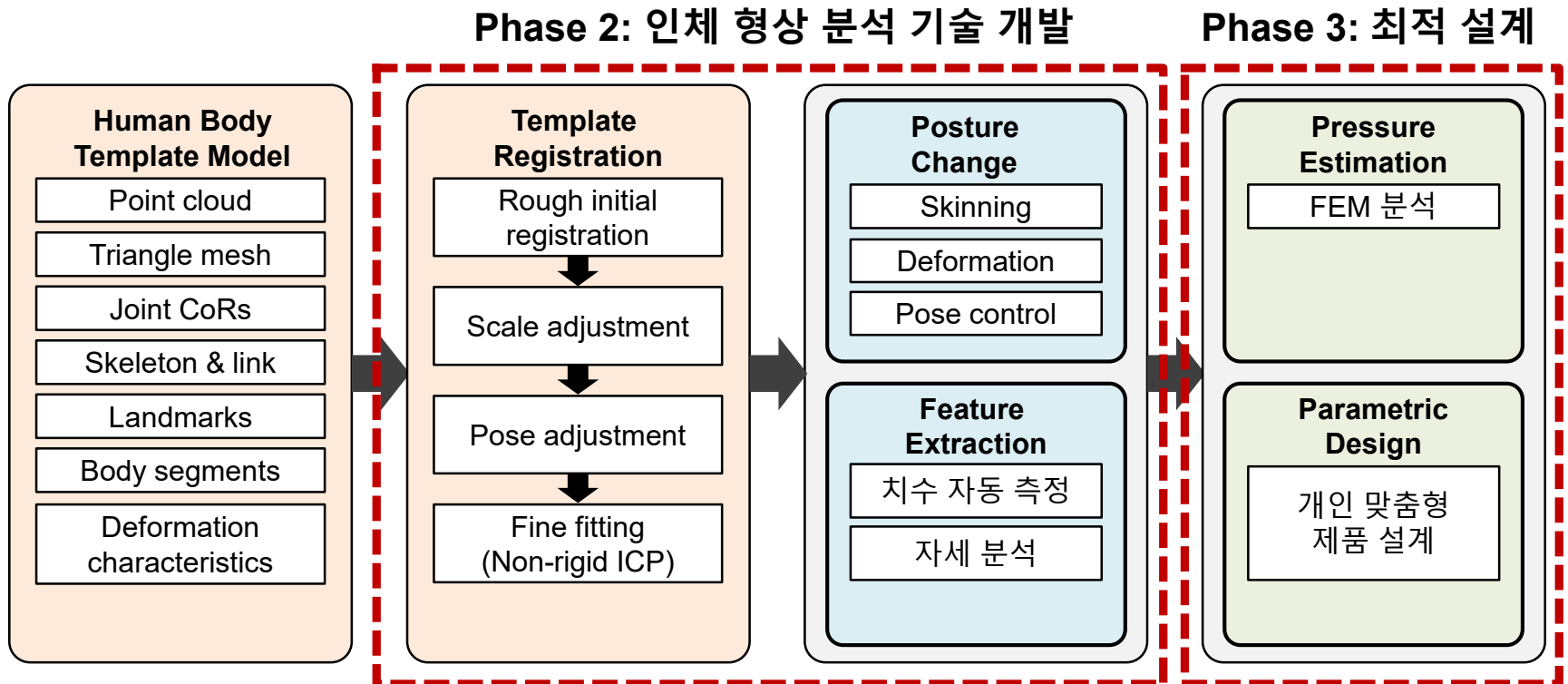


Hand template



Discussion (2/2)

- ❑ 개발된 deformable human body template model을 기반으로 **3D registration** 기술, 자세 변형 기술을 적용하여 다양한 제품 사용자세에서의 인체 형상 획득 및 분석 예정
- ❑ Virtual fitting, FEM 분석 기술 및 parametric design 기술을 적용하여 개인 인체 특성이 반영된 **최적 제품 형상 설계 방법론 구축**



Q & A



경청해 주셔서 감사합니다. ☺

본 연구는 한국연구재단의 중견연구자 지원사업(NRF-2018R1A2A2A05023299)과 산업통상자원부의 미래첨단 사용자편의서비스 기반조성사업(R0004840, 2018)의 지원을 받아 수행되었습니다.

edt.postech.ac.kr
niceterran36@postech.ac.kr