

머리 착용형 제품 설계를 위한 3차원 안면 및 귀 통합 스캔 데이터 분석



홍영기, 정하영, 정성욱, 유희천

포항공과대학교 산업경영공학과 인간공학설계기술 연구실

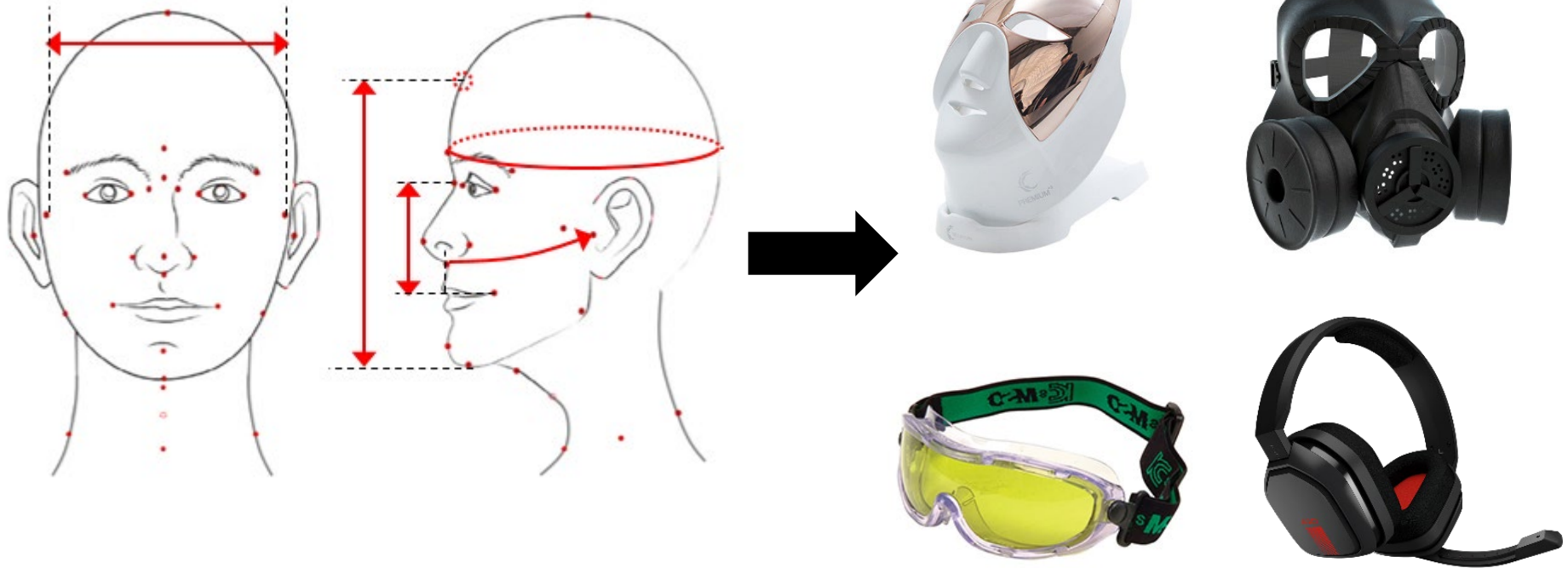
본 연구는 산업통상자원부의 "미래첨단 사용자편의서비스 기반조성사업"의 지원을 받아 수행된 연구결과임(R0004840, 2018).

Contents

- 서론
 - 연구 배경 및 필요성
 - 연구 목적
 - 3차원 안면 및 귀 데이터 생성
 - 안면 및 귀 형상 스캔
 - 안면 및 귀 통합 데이터 생성
 - 3차원 스캔 데이터 활용 예시
 - 머리 착용형 제품 설계 인자 분석
 - 설계 유관 인체 변수 측정 및 설계 적용 예시
 - 토의
-

머리 착용형 제품 설계

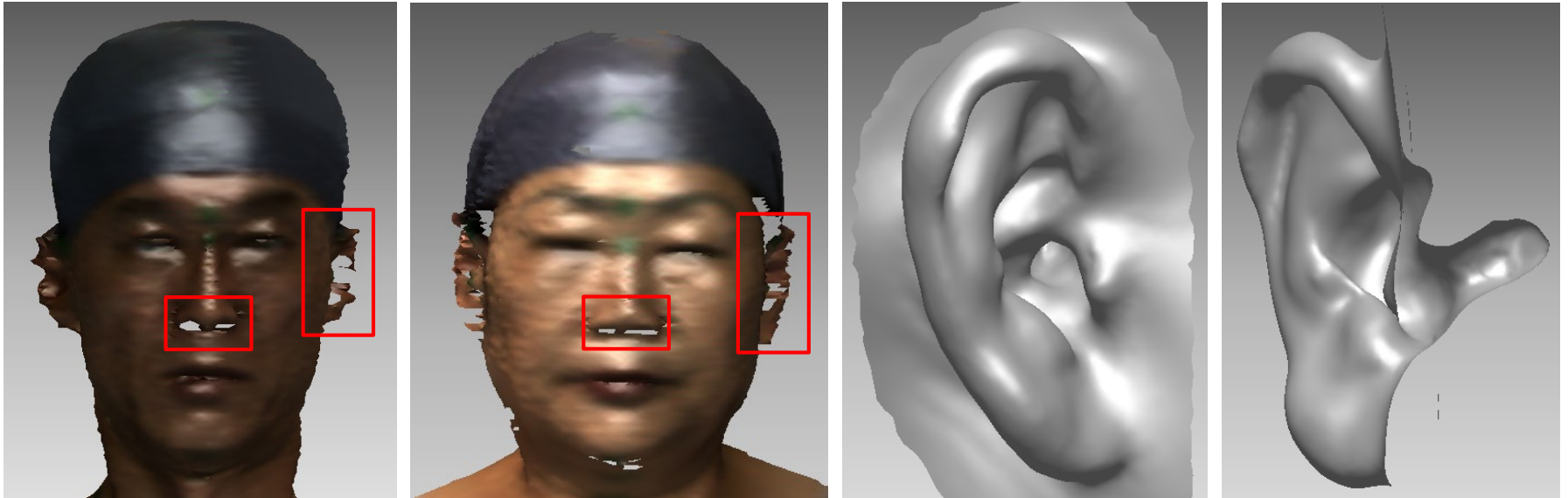
- 머리 착용형 제품 설계 시 관련 인체 변수를 고려하면 사용성을 향상시킬 수 있음
- 머리 관련 인체 변수들을 고려하여 마스크, 헤드셋, 고글과 같은 머리 착용형 제품 설계에 활용 가능



머리 관련 3차원 데이터

□ 머리 착용형 제품 설계에 인체 변수를 활용하기 위해 **안면 및 귀가 통합된 정교한 3D 스캔 데이터가 필요함**

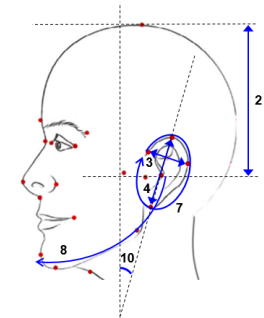
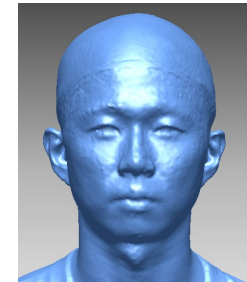
1. **안면**: 전신 스캔 데이터(SizeKorea, 2016)에서 얻을 수 있으나 **정밀도 낮음**
2. **귀**: 고품질의 귀 스캔 데이터(Lee et al., 2018) **1건 존재하지만 안면과 통합 필요**
3. **안면 및 귀 통합**: **3차원 스캔 데이터 부재**



연구 목적

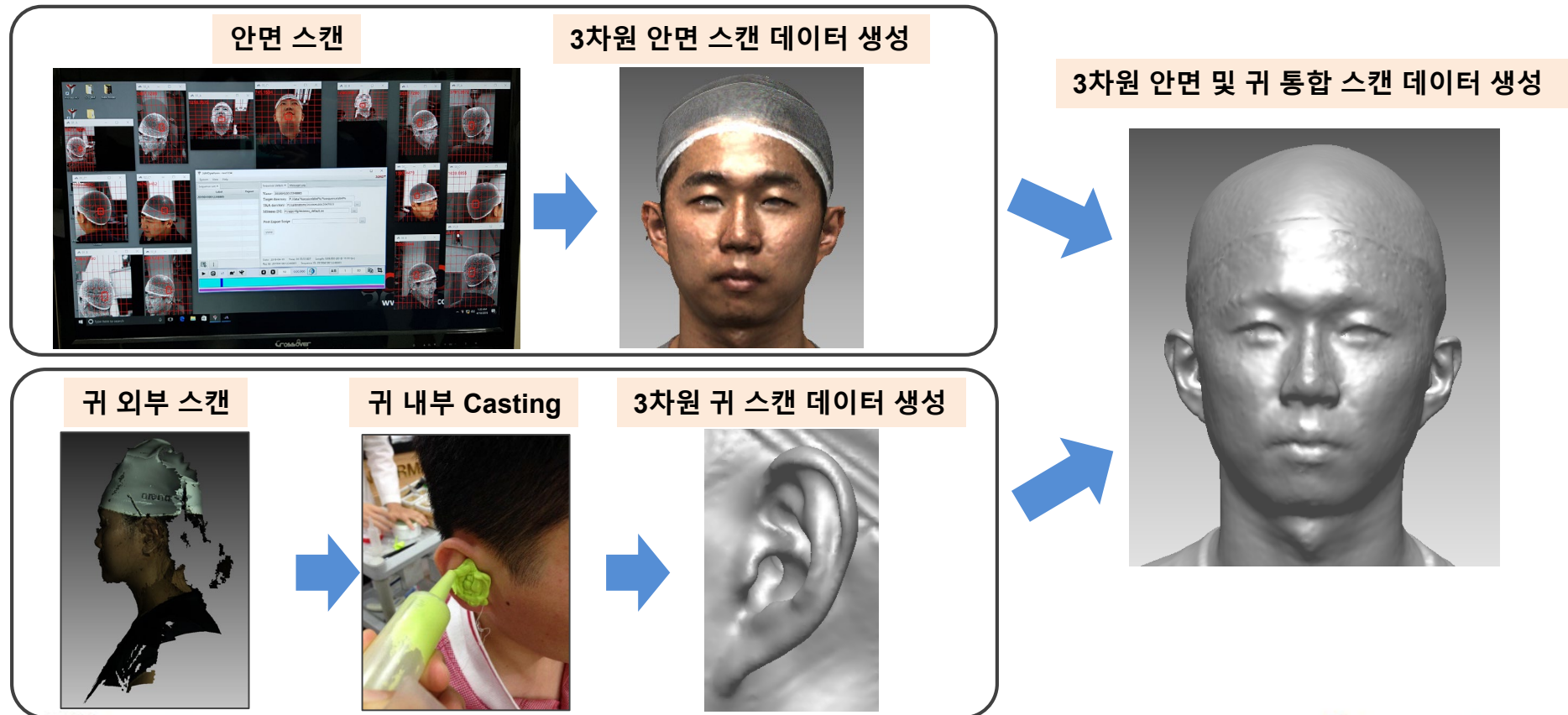
머리 착용형 제품 설계에 활용될 수 있는 안면 및 귀 통합 3D 스캔 데이터 생성 및 제품 설계 적용

- 안면 및 귀 3D 스캔 protocol 개발
- 안면 및 귀 3D 스캔 실험 ($n = 10$)
- 안면 및 귀 3D 통합 데이터 생성
- 머리 착용형 제품 설계 적용: Headset



3차원 안면 및 귀 통합 데이터 생성 개요

1. 안면 스캔 → 3차원 안면 스캔 데이터 생성
2. 귀 외부 스캔, 내부 casting → 3차원 귀 스캔 데이터 생성
3. 3차원 안면 및 귀 통합 스캔 데이터 생성



실험참여자

□ **n = 101명**(M: 51명, F: 50명)

➤ **연령: XX ± XX yrs** (range = XX ~ XX yrs)

[POSTECH IRB 제 4-1] 인간대상연구 동의자 동의서

인간대상연구 피험자 동의서

기본 정보

승인번호	PIRB-2019-E006			
연구구	인간공학학부 차세대 자동차 3D용 안전 및 구 동상 측정 및 분석			
연구명	성명	소속	직위	제출일자
성명	유호준	산업공학부	교수	산업공학대학원
제출일자	2019-02-19-22:10		이메일: hcyu@postech.ac.kr	

본 연구는 인간대상 피험자 모집과 관련 대상으로 합리적 위험 기반 3차원 스캔 장비 및 내이 측정용 그물 장갑을 함께 이용하여 안전성, 부부, 귀 부속이 모두 포함된 대상으로 3차원 인체 측정 시스템을 구축하고 기술 측정 및 분석을 연구가 합니다. 모집하는 본 연구의 위해 여부를 결정하기 전에 설명서를 꼼꼼히 읽고 이해하시고 연구의 목적과 방법을 숙지하시기 바랍니다. 이 연구를 수행하는 연구원은 모두 석사 또는 대학원 연구원이거나 학위과정 중 연구원, 대학, 교직원 등입니다. 본 연구는 가법적으로 참여 취사를 바탕으로 하며, 동의서 수락 및 철회는, 진행 내용을 설명한 동의서 후 참여 취사를 통해 수락 및 철회합니다. 진행 여부와 관련한 있다면 담당 연구원이 자세하게 설명할 수 있습니다.

귀하의 사항은 연구가 본 연구에 어떤 영향을 그 수락하시, 또한, 설명을 들으셨을 희망하여, 자신이 본 연구에, 가법적으로 참가한다는 것을 의미합니다.

- 본 측정용 모조지 연구를 목적으로 수행합니다.
- 연구의 목적

본 연구는 인간대상 피험자 모집과 관련 대상으로 합리적 위험 기반 3차원 스캔 장비 및 내이 측정용 그물 장갑을 함께 이용하여 안전성, 부부, 귀 부속이 모두 포함된 대상으로 3차원 인체 측정 시스템을 구축하고 기술 측정 및 분석을 수행하고자 합니다.

- 예산 용역기간 및 본 연구에 참여하는 전체 피험자 수

본 연구에 예상되는 용역기간은 2019년 02월부터 2019년 12월 31일까지의 전체 피험자 수는 100~800대, 상의의류는 작업 및 귀 동향 분석의 정확도를 높일 수 있도록, 내이(외부측정) 장비가 있는 합리적인 워드 총 80명입니다.

- 본 연구에 참여하게 되었으므로 받게 되는 권리 및 혜택

실험 참여 동의서

[POSTECH IRB 제 4-1] 심의연제통보서

심의연제통보서

수신	연구책임자	성명	유호준	소속	산업공학학과	직책	교수
연일 번호	PIRB-2019-E006						
연구과제명	인간공학학부 차세대 자동차 3D용 안전 및 구 동상 측정 및 분석						
연구종류	<input checked="" type="checkbox"/> 인간대상연구 <input type="checkbox"/> 인체유형연구						
연제일자	2019년 2월 20일						

상기 연구자에게 대하여 본 위원회에서 심의연제통보를 확인합니다.

* 모든 연구자들은 적절한 사항을 준수하여야 합니다.

- 연구자에게는 설명서와 동의서 제작 연구를 수행하여야 하며, 이후 3차원 인체 측정 장비 및 내이 측정용 그물 장갑을 함께 이용하여 안전성, 부부, 귀 부속이 모두 포함된 대상으로 3차원 인체 측정 시스템을 구축하고 기술 측정 및 분석을 연구가 합니다.
- 해당연구(조기) 이후 계획은 연구의 진행과 관련된 요청을 위원회에 제출하여야 합니다.
- 연구결과를 설명한 연제통보서가 필요 시, 연구자에게서 연구진에게서 제출할 수 있습니다.
- 연구와 관련된 새로운 연구가 종료된 시점으로부터 최소 1년간 보관하여야 합니다.

2019년 2월 20일

포항공과대학교 생명윤리위원회 위원장

ver 1.0 (Apr 2015)

IRB 심사 승인

3dMD

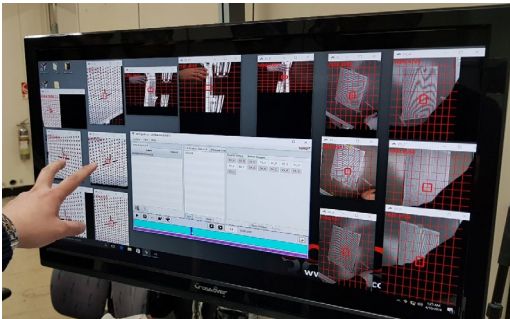
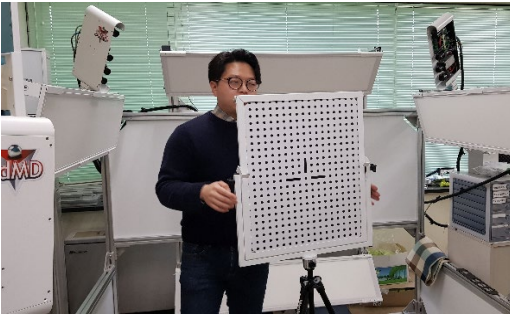
□ 실제



3차원 안면 데이터 스캔

- 안면 형상의 정확성을 높이기 위해 **Calibration** 이후 스캔
- **스캔**(using 3dMD)
 - 피실험자의 머리카락을 모자 안으로 최대한 넣어 가린 이후 스캔
- 형상이 복잡한 **귀는 정밀한 스캔이 어려움**

Calibration



안면 스캔 실험

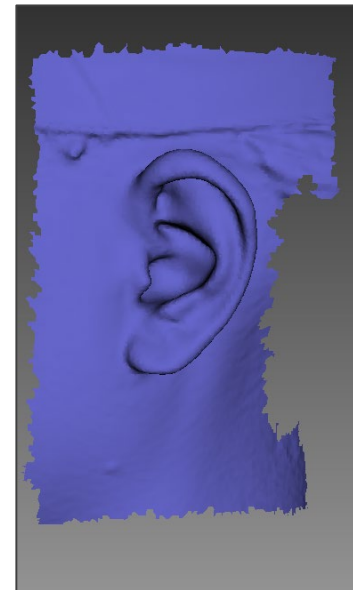
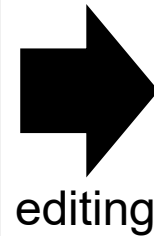
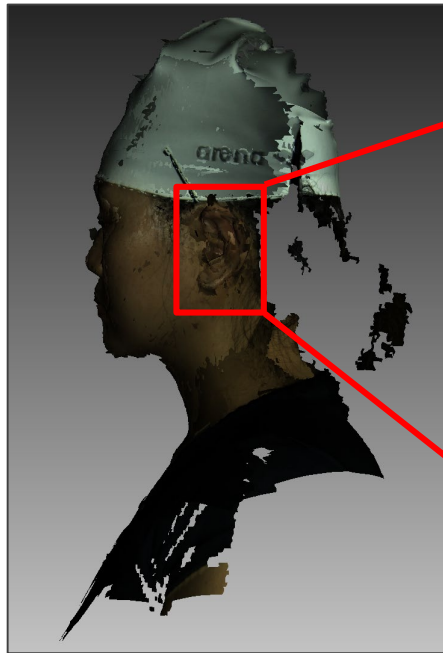


3차원 안면 스캔 데이터



3차원 귀 외부 데이터 스캔

- 스캐너를 직접 움직이면서 귀 외형을 스캔(using Artec Eva)
- 스캔 데이터를 후처리하여 귀 외부 데이터 생성(using Artec Studio 11 Professional)
- **귀 내부는 직접 스캔 불가**

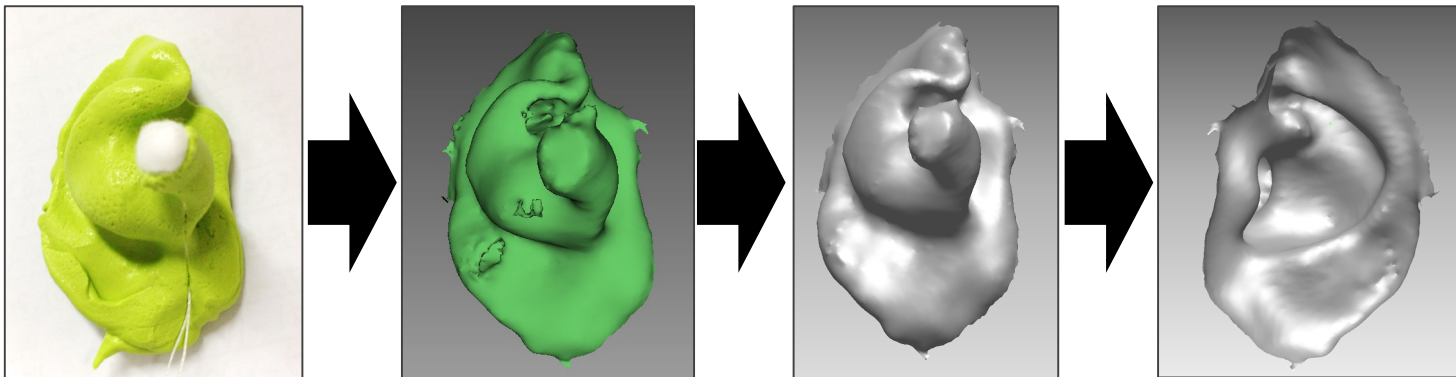
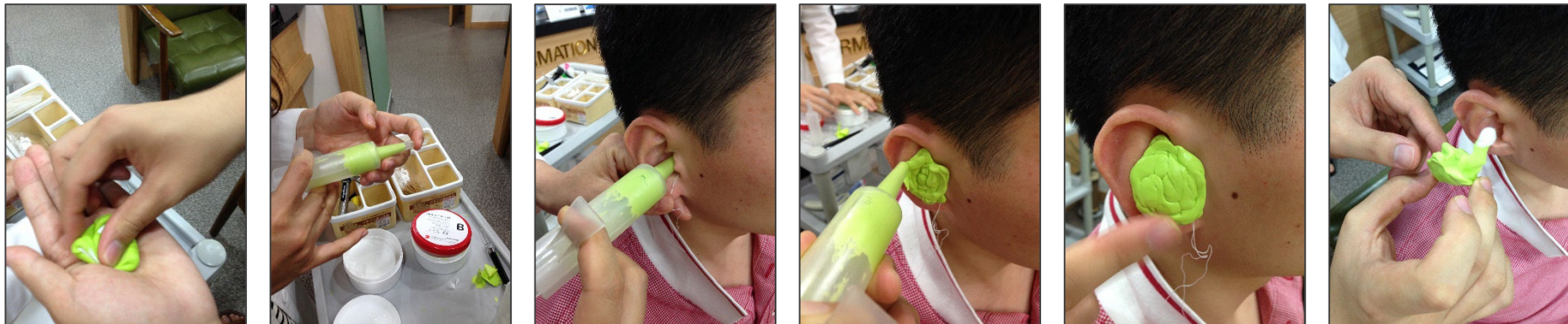


3차원 귀 내부 데이터 생성

□ Casting(using Otoform)

- 귀 안쪽 끝에 솜을 넣고 주사기 안에 반고체 상태의 Otoform을 넣은 후 귀에 주입
- 3~5분 정도 지나 **Otoform이 굳으면 귀에서 빼서 내부 형상을 얻음**

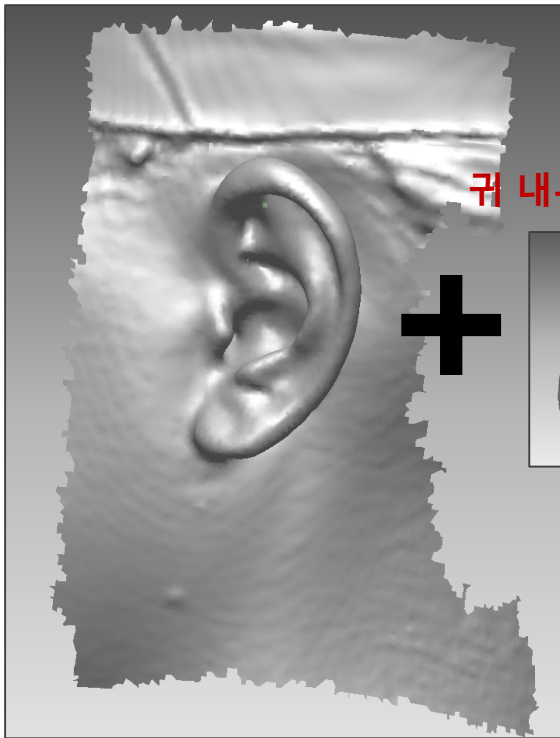
□ Casting이 완료된 귀 형상을 스캔하여 귀 내부 데이터 생성(using Artec Eva)



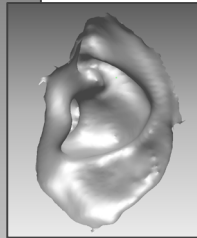
귀 형상 통합

- 귀 외부 스캔 데이터 → 귀뿌리 및 귓바퀴 바깥쪽
 - 귀 내부 스캔 데이터 → 귓구멍 및 귓바퀴 안쪽
- } Merge (using Rapidform2006)

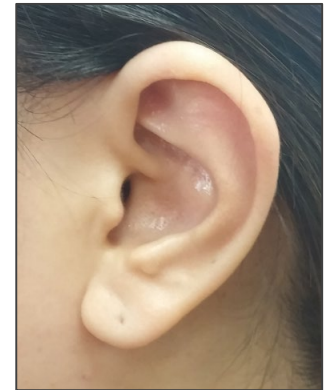
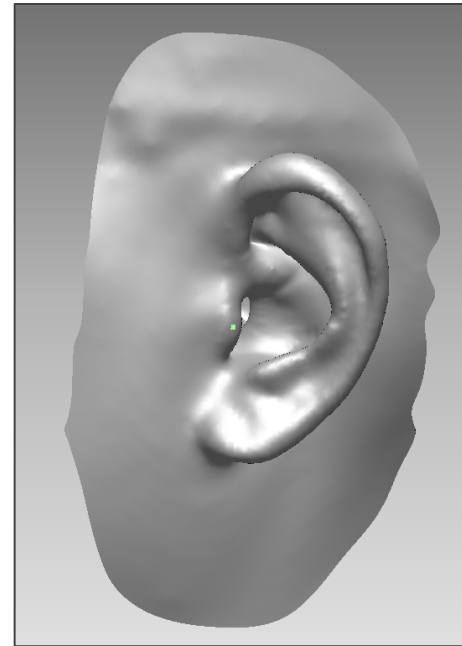
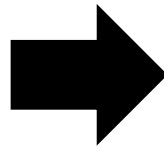
귀 외부 스캔 데이터



귀 내부 스캔 데이터



+

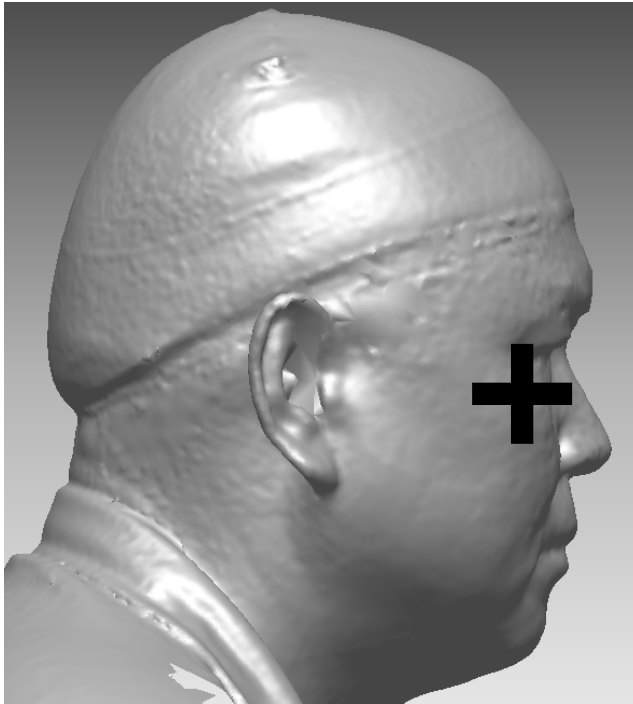


안면 및 귀 형상 통합

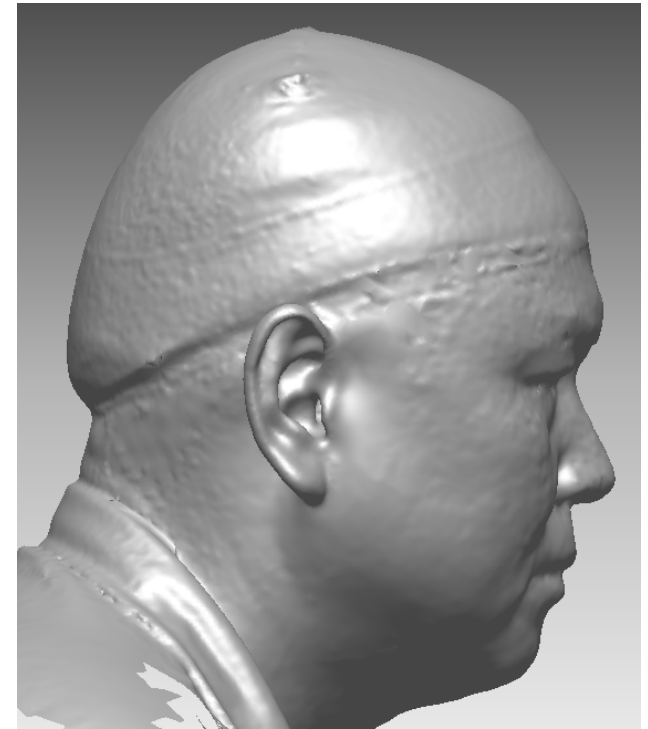
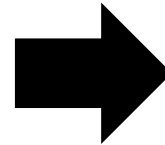
- 안면 스캔 데이터 → 귀 제외한 나머지 부분
- 귀 스캔 데이터 → 귀

} Merge (using Rapidform2006)

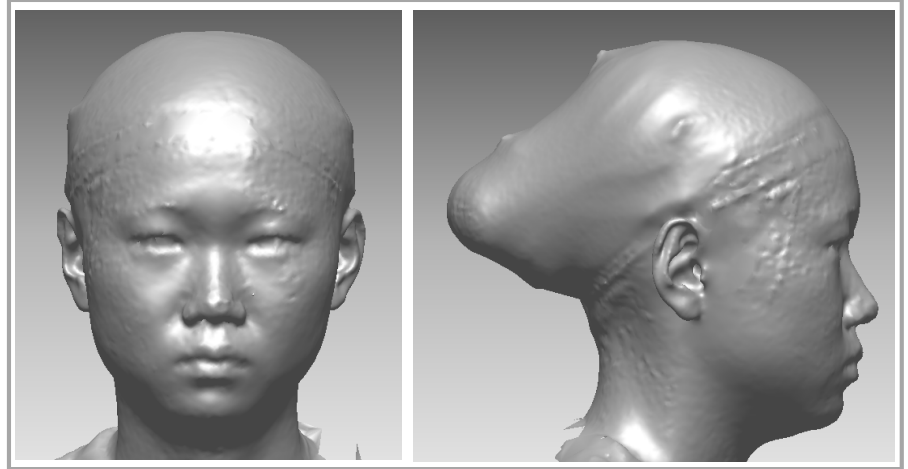
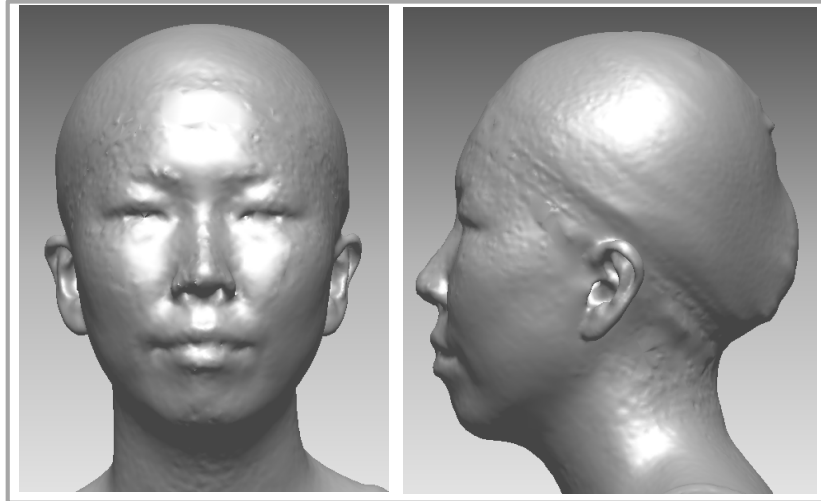
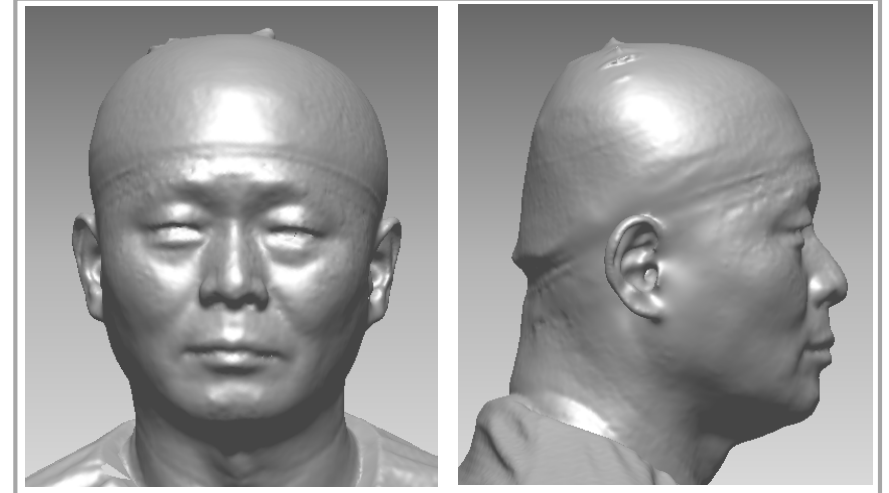
안면 스캔 데이터



귀 스캔 데이터

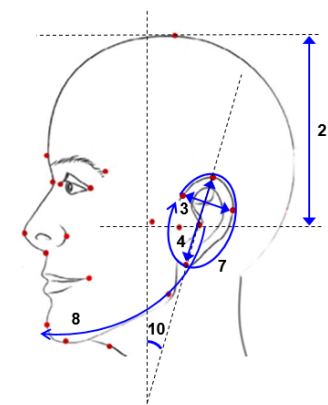
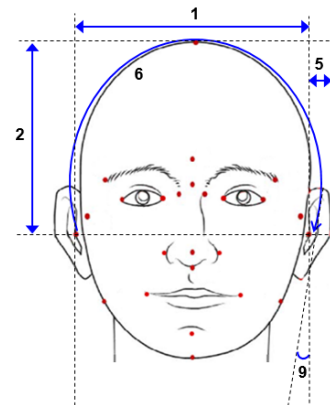
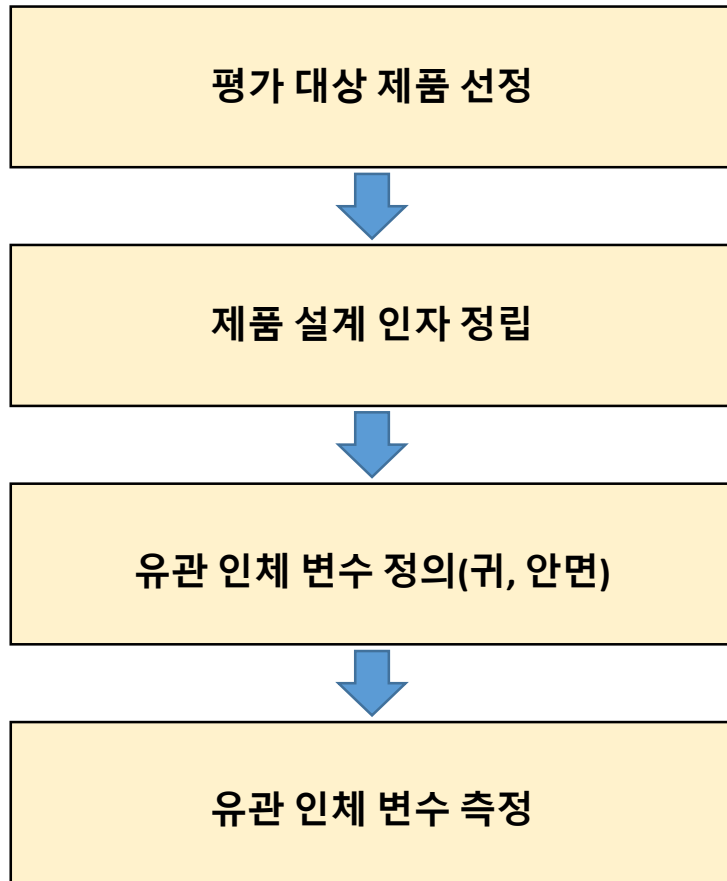


안면 및 귀 형상 통합 결과 예시



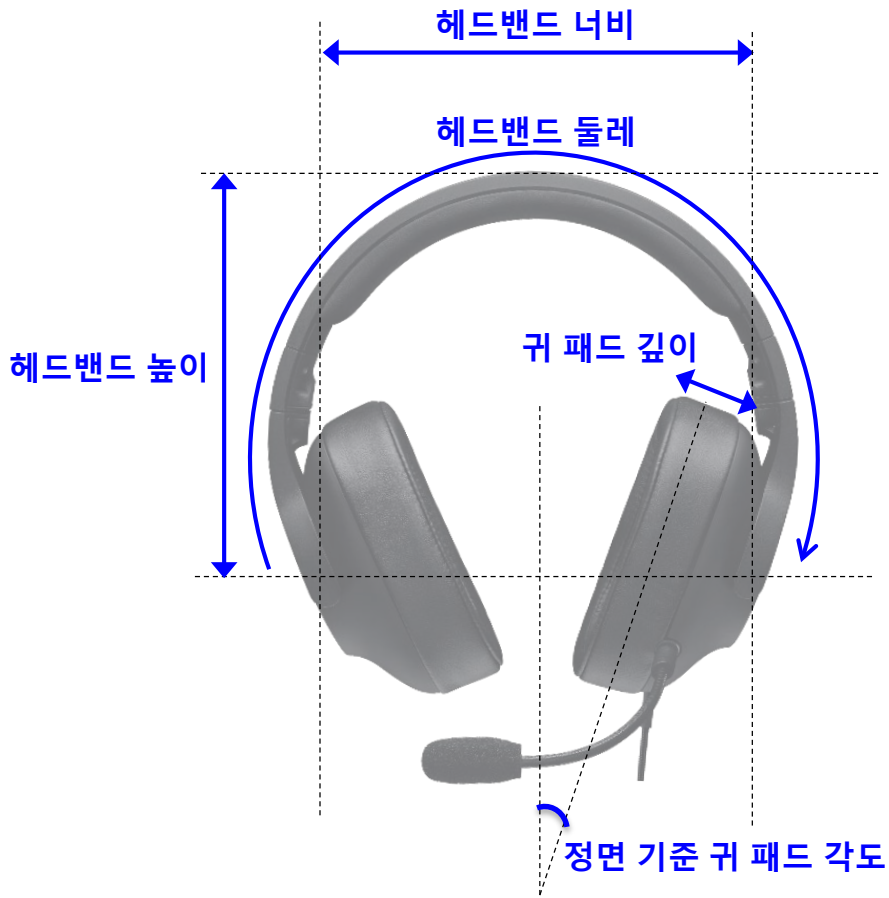
머리 착용형 제품 설계 적용: 개요

□ 제품 설계 시 3차원 스캔 데이터 활용 예시



제품 분석: 헤드셋

□ 헤드셋 설계에 필요한 설계 인자 5종 정립 (정면)



No.	그림	설계 인자
1		헤드밴드 둘레
2		헤드밴드 너비
3		헤드밴드 높이
4		귀 패드 깊이
5		정면 기준 귀 패드 각도

제품 분석: 헤드셋

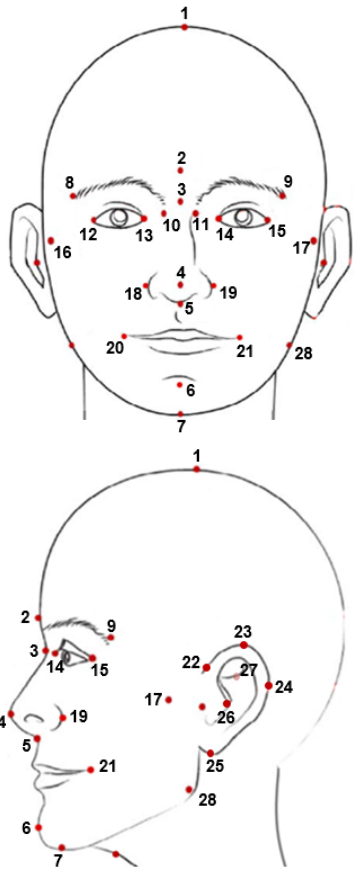
□ 헤드셋 설계에 필요한 설계 인자 4종 정립 (측면)



No.	그림	설계 인자
1		귀 패드 너비
2		귀 패드 높이
3		귀 패드 둘레
4		마이크 길이

안면 및 귀 유관 인체 참조점(Landmark) 정립

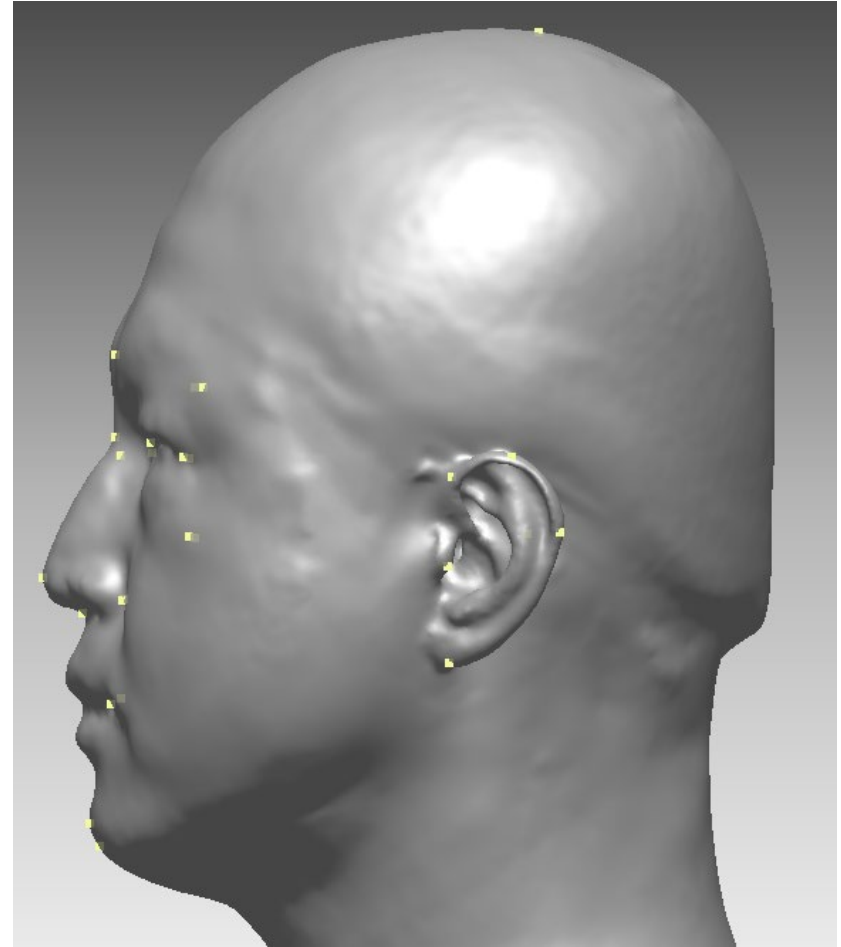
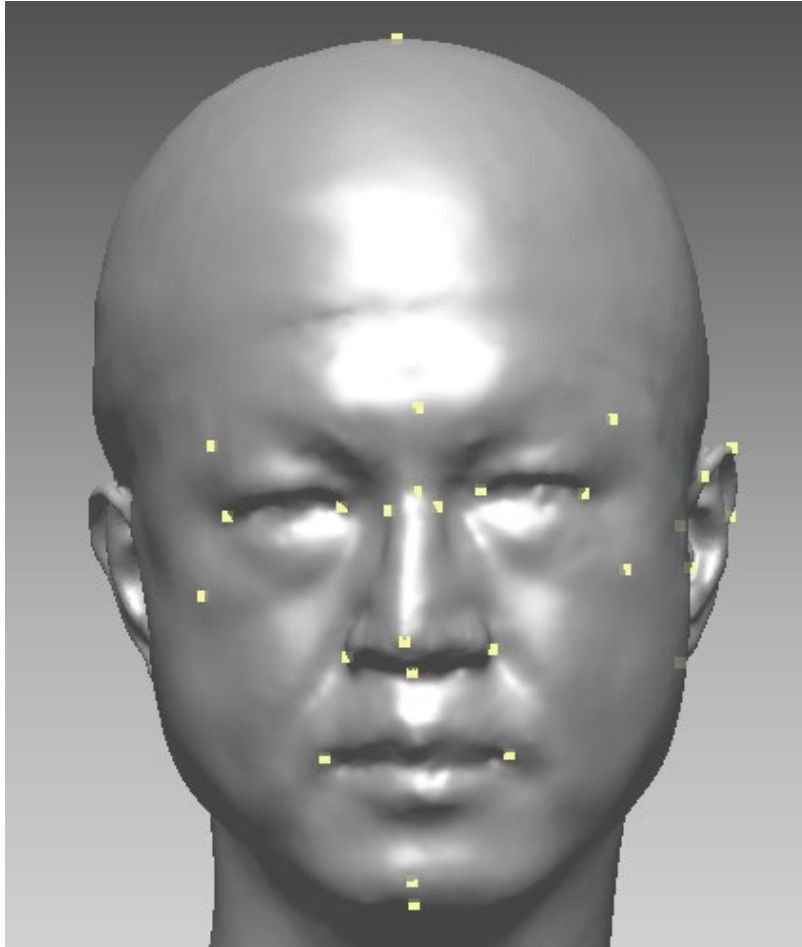
□ 인체 변수 측정 시 기준이 되는 안면 및 귀 유관 인체 참조점(Landmark) 28종 정립



No.	Landmark	Description
1	Vertex	The top of the head.
2	Glabella	The most anterior midsagittal point on the forehead at the level of the eyebrow ridges.
3	Sellion	The most posterior midsagittal point on the nasal root at the top of the nasal bridge.
4	Pronasale	The most anterior midsagittal point of the tip of the nose.
5	Subnasale	The midsagittal point at the junction of the inferior surface of the nose and the superior aspect of the philtrum.
6	Promentale	The most anterior midsagittal point of the mandible (frontal point of the chin).
7	Menton	The most inferior midsagittal point of the mandible (bottom of the chin).
8/9	Zygofrontale (right/left)	The lateral margin of the eyebrow ridges.
10/11	Dacryon (right/left)	The most posterior point at the side of the nasal root between sellion and endocanthus.
12/15	Ectocanthus (right/left)	The lateral junction point of the upper and lower eyelids.
13/14	Endocanthus (right/left)	The medial junction point of the upper and lower eyelids.
16/17	Zygion (right/left)	The most lateral point on the zygomatic arch.
18/19	Nasal alar (right/left)	The most lateral point of nose.
20/21	Cheilion (right/left)	The lateral junction point of the upper and lower lips.
22	Otobasion superior	The most superior junction point of the helix in the temporal region
23	Superior auricle	The most superior point of the pinna
24	Posterior auricle	The most posterior point of the pinna
25	Inferior auricle	The most inferior point of the pinna
26	Tragion	The most anterior point of the ear notch just superior edge of the tragus flap
27	Otobasion posterius	The most posterior point on the ear root
28	Gonion (left)	The most posterior-inferior point of the rounded gonial angle at the mandible below the ear.

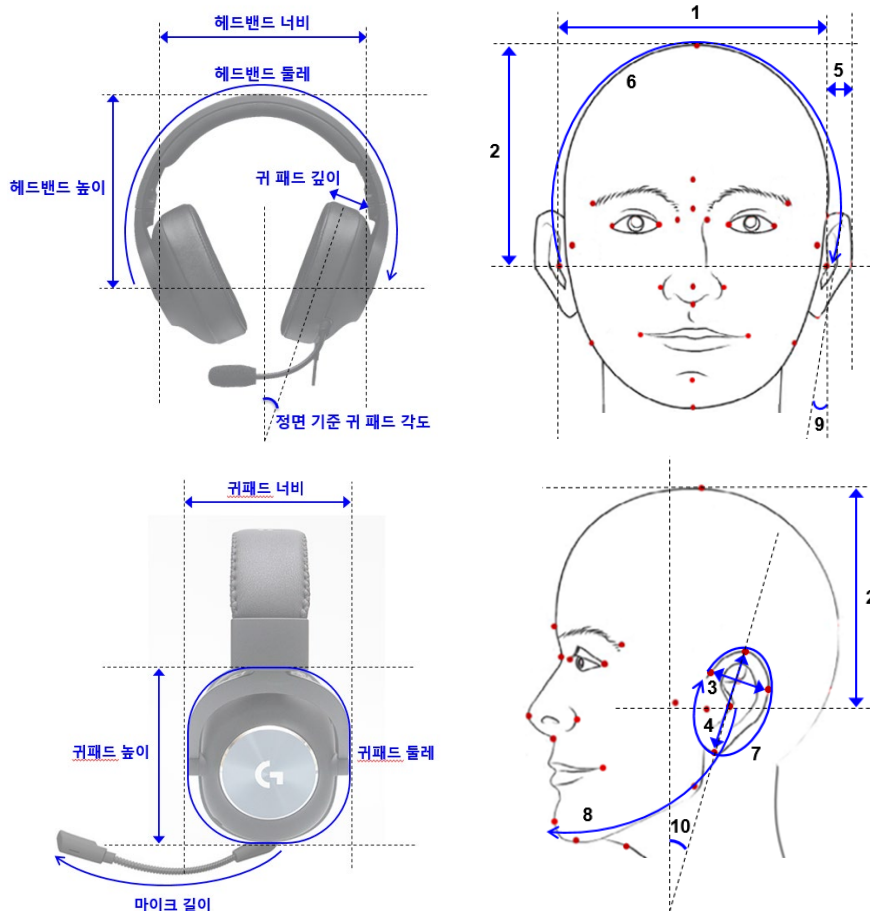
인체 참조점(Landmark) 삽입

- 인체참조점(landmark) 삽입 예시(using Rapidform 2006)



머리 착용형 제품 유관 인체 변수 정의

□ **제품 설계 인자**를 바탕으로 제품이 신체와 접촉되는 부위를 고려하여 총 **10종의 안면 및 귀 인체 변수**가 정의됨



부위	No.	구분	인체 변수
귀	3	길이	귀 너비
	4		귀 높이
	5		귀뿌리 너비
	7	둘레	귓바퀴 둘레
	9	각도	정면 기준 귀 각도
10	측면 기준 귀 각도		
안면 + 귀	1	길이	머리 너비
	2		머리-귀구슬점 수직길이
	6	둘레	귀구슬점-윗머리-귀구슬점 둘레
	8		귀구슬점-앞턱점 둘레

안면 및 귀 인체 변수 측정

□ 정립된 인체 참조점을 기준으로 10종의 인체 변수 측정(using Matlab code)

No.	구분	인체 변수	관련 인체 참조점	평균	표준편차	최솟값	최댓값
1	길이 (mm)	머리 너비	1, 26	154.2495	12.49549	137.3296	174.5535
2		머리-귀구슬점 수직길이	1, 26	149.3958	8.085972	136.0717	159.8385
3		귀 너비	22, 24	34.73053	2.449855	31.33422	39.57182
4		귀 높이	23, 25	63.37611	5.364232	57.9433	76.534
5		귀뿌리 너비	24, 27	16.13286	2.244969	13.94009	20.7878
6	둘레 (mm)	귀구슬점-윗머리-귀구슬점 둘레	1, 26	424.7272	18.04678	394.0736	452.7977
7		귓바퀴 둘레	22, 23, 24, 25	333.7024	36.21301	296.9447	391.5293
8		귀구슬점-앞턱점 둘레	6, 26, 28	205.4757	51.42503	149.7781	271.9205
9	각도 (도)	정면 기준 귀 각도	23, 25	12.64441	5.388485	2.787045	19.68661
10		측면 기준 귀 각도	23, 25	11.41745	3.793361	6.003182	17.78612

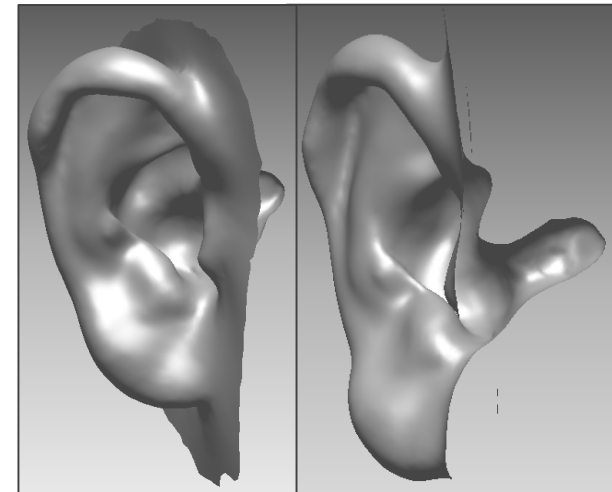
제품 설계 적용

□ 실제 헤드셋의 설계 인자 치수와 인체 평균 치수를 비교하여 **개선 방향 제시 가능**



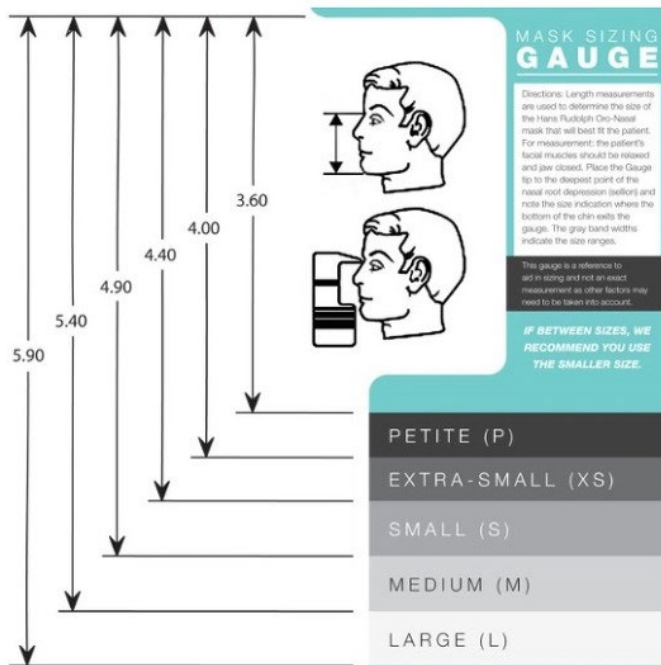
Discussion: 안면 및 귀 통합 데이터 생성 Protocol

- 안면와 귀가 통합된 **3D 스캔 데이터 생성 protocol** 제안
 - 안면과 귀를 따로 스캔하여 기존 스캔 데이터에 비해 보다 정밀한 데이터 생성
 - 스캔할 수 없는 귀 내부를 casting하여 데이터 생성
- 101명의 피실험자들에 대한 인체 변수 측정이 완료되면, **인체 변수 분포에 대한 신뢰도가 증가**하고 **변수들 간의 상관관계 도출 가능**



Discussion: 머리 착용형 제품 설계 활용

- 인체 변수 측정을 통해 **사용자의 신체에 적합한 사이즈의 제품 설계 가능**
- 인체 변수 통계치 분석을 통해 **제품 사이즈 체계 정립에 활용 가능**
 - 성별, 연령 등 **다양한 인구 수용**
 - **제품 설계의 기준**으로 활용



Future Research

- 본 연구에서 제시된 스캔 데이터 생성 방법을 적용하여 얼굴뿐만 아니라 **몸 전체 (whole body) 스캔 데이터 생성을 위한 응용 연구**에도 활용 가능
- **Automatic Landmarking Algorithm**
 - 현재 인체 변수 분석을 위해 필요한 Landmarking은 모두 수작업으로 진행됨
 - 스캔 데이터가 주어졌을 때 자동적으로 필요한 Landmarking을 해주는 Automatic landmarking algorithm 연구는 보다 효율적이고 정확한 인체 변수 분석을 가능하게 함

Q & A

*Thank you
for your attention!*



Appendix

□ 인체 변수 측정값 & 설계 인자 측정값 비교

No.	구분	인체 변수	관련 인체 참조점	평균	최솟값	최댓값	측정값1
1	길이 (mm)	머리 너비	1, 26	154.2495	137.3296	174.5535	158
2		머리-귀구슬점 수직길이	1, 26	149.3958	136.0717	159.8385	147
3		귀 너비	22, 24	34.73053	31.33422	39.57182	38
4		귀 높이	23, 25	63.37611	57.9433	76.534	61
5		귀뿌리 너비	24, 27	16.13286	13.94009	20.7878	13
6	둘레 (mm)	귀구슬점-윗머리-귀구슬점 둘레	1, 26	424.7272	394.0736	452.7977	416~493
7		귓바퀴 둘레	22, 23, 24, 25	333.7024	296.9447	391.5293	156
8		귀구슬점-앞턱점 둘레	6, 26, 28	186.8141	149.7781	271.9205	
9	각도 (도)	정면 기준 귀 각도	23, 25	12.64441	2.787045	19.68661	
10		측면 기준 귀 각도	23, 25	11.41745	6.003182	17.78612	