

3차원 손 치수 측정을 위한 Semi Automatic Measurement Protocol (3D-SAMP) 개발 및 평가

윤성혜, 이원섭, 이백희, 유희천

포항공과대학교 기계산업공학부
인간공학설계기술 연구실

목 차

1. 연구 배경
2. 연구 목적
3. 손 치수 측정방법 개발
4. 비교 평가
5. 토의

연구 배경

- 인체 측정 자료가 제품 설계에 활용
 - 의복 설계: 전신 측정치 (박창규, 2004)
 - 신발 설계: 발 치수 (Jose et al., 2005)
 - 장갑 설계: 손 치수 (최혜선 외, 2006)



박창규 (2004)



Jose et al. (2005)



최혜선 외 (2006)

연구 배경

- 복잡한 손 치수 및 형상 정보를 제품 설계에 반영할 필요
 - 2차원 뿐 아니라 3차원의 다양한 손 치수 정보 (예: 손등부위) 수집 필요
 - 3차원 손 치수와 함께 형상 정보를 제품 설계에 반영할 필요



의학용 가위




인체 공학적
Mouse



비행기 조종간
손잡이(Cyclic)

기존 손 측정방법 비교

	직접 측정법	Photography 측정법	3D scanning 기반 측정법
관련 그림			
장점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 용이 ▪ 경제적 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 경제적 ▪ 측정자와의 접촉 시간 단축 ▪ 재 측정 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 손 형상 획득 가능 ▪ 재 측정 가능 ▪ 반복성 ↑
단점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 측정 도구에 의한 피부 눌림 ▪ 측정 숙련도에 의한 측정 오차 ▪ 측정 오류 발생시 재 측정 불가 ▪ 3차원 형상 획득 불가 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 렌즈에 의한 왜곡 ▪ 둘레 측정이 불가능 ▪ 3차원 형상 획득 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 손 흔들림으로 인한 측정 오차 발생 ▪ 지지대에 의해 피부 눌림

⇒ 손 형상을 반영한 제품 설계 위해 형상 획득이 필요: 3D scanning 기반 측정법의 개선 필요

연구 목적

- 정확하고 효율적인 3D semi automatic measurement protocol (3D-SAMP) 개발
 - 손 석고본 제작 ← 3D scanning 시 손 흔들림 현상 보완, 피부 눌림 현상 방지
 - 3D semi automatic 측정 ← 3D scanning 기반 측정법의 효율성 ↑
- 개발된 측정 방법을 직접 측정방법과 비교 평가
 - 측정 값 차이
 - 반복성
 - 측정 시
 - 주관적



3D-SAMP Process

S1. 손 석고본 제작

측정대상자의 손과 동일한
형상의 석고 본 제작



S2. Marker 부착

참조점 위치 정의



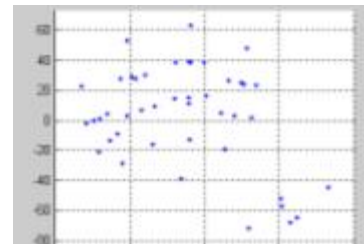
S3. 3D scanning

Marker 좌표 추출



S4. 손 치수 추출

좌표 자동 인식 및 길이 추출
(by MATLAB®)



Manual

Automatic

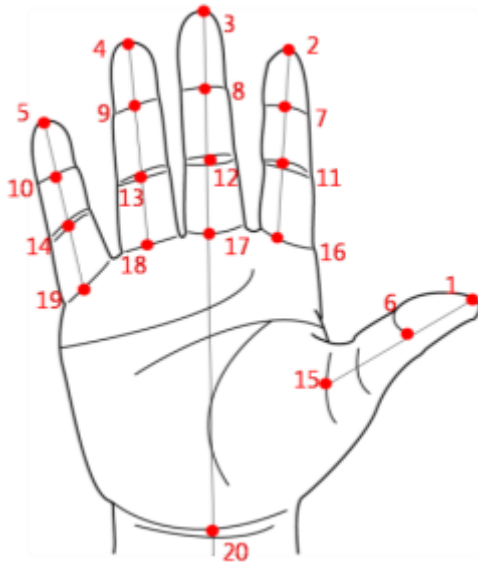
S1. 손 석고본 제작

- 측정 대상자의 손 석고본 제작 (약 10~15분 소요)
 1. 반죽된 alginate에 손 삽입
 2. Alginate가 굳은 후 손을 빼고 석고 반죽 채우기
 3. 석고가 굳은 후 alginate 제거

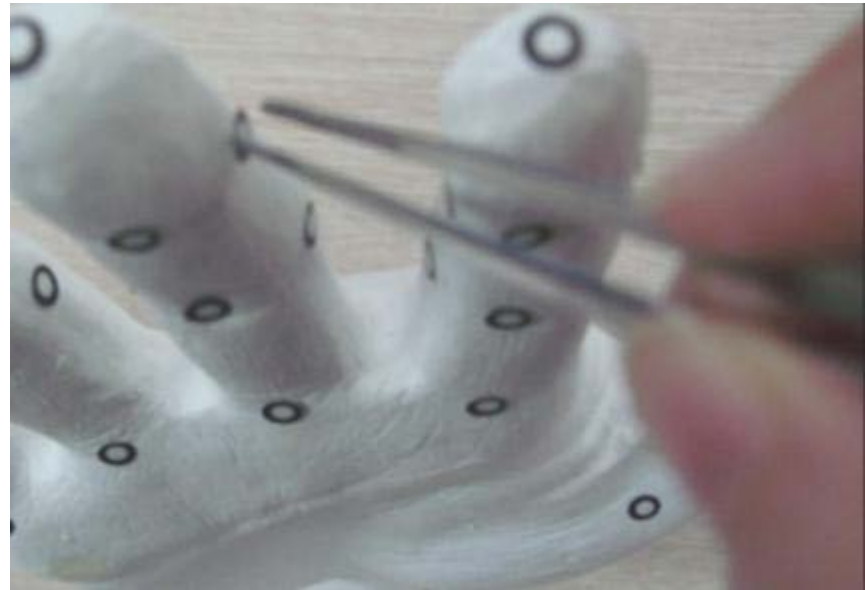


S2. Marker 부착

- 손 측정 관련 9개 논문을 참조하여 marker 부착 위치 정의 (Robinette & Annis, 1986; Hidson, 1991; US Army, 2002; Garrett, 2004; 류경옥와 서미아, 2004; 권명숙 외, 2005; 임지영, 2005; Greiner, 2006; 최혜선 외, 2006)



Marker 부착 위치



Marker 부착 장면

S3. 3D Scanning

- ❑ 3D scanner (INUS Technology, Inc.)를 이용하여 marker의 좌표 추출



Marker가 부착된 손 scan



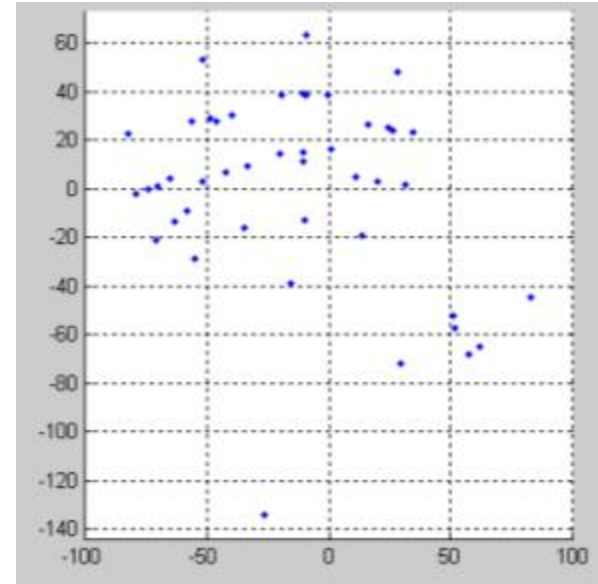
손 형상과 marker가 digitalization

S4. 자동 손 치수 추출

- 좌표 자동 인식 및 길이 추출 과정 (by MATLAB)



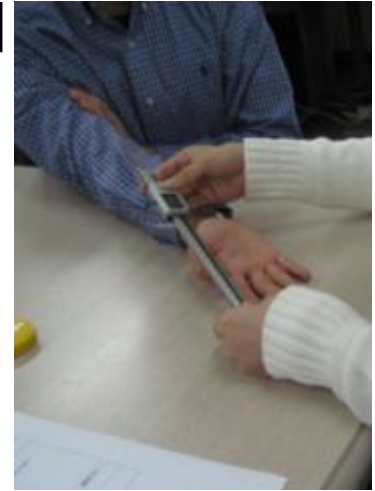
Marker 위치의 좌표 추출



자동 좌표 인식 및 치수 추출

비교 평가 실험

- 손 측정자: 20명 (남: 12명, 여: 8명), 평균 26 ± 2.2 세
- 실험 방법
 - 측정 대상: 27세 남성의 오른손
 - 측정 항목: 52개 손 부위
 - 실험 변수
 - ✓ 독립 변수: 측정 방법 (직접 측정법, 3D-SAMP 측정법)



종속 변수	설명
측정값 차이	직접 측정치 - 3D SAMP 측정치
반복성	측정자 내 변동, 측정자 간 변동 분석
측정 소요시간	측정자가 각 측정법을 통해 손을 측정할 때 소요되는 시간
주관적 만족도	측정자가 7점 척도로 각 측정법의 만족도 평가

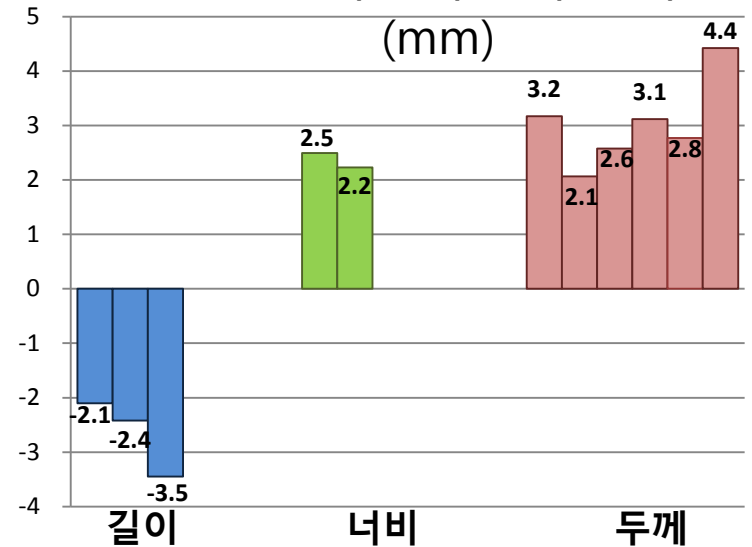
결과: 측정값 차이

□ 전반적으로 직접 측정치와 3D-SAMP의 측정치는 유사함

유의한 차이가 있는 항목:
52개 중 11개 ($p < 0.05$)

	측정 항목 수	유의한 항목 수
길이	27	3
너비	11	2
두께	7	6
둘레	7	0
합계	52	11

유의한 항목의 측정값 차이:
3D SAMP 측정치 - 직접 측정치



⇒ 두께의 경우 3D-SAMP 측정치에 비해 직접 측정치가 대부분 작게 측정됨:
측정 도구에 의한 놀림 현상

측정자 내 반복성

□ 직접 측정치에 비해 3D-SAMP 측정치의 측정자 내 변동이 작음

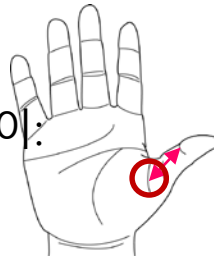
- Intra SD, intra CV 범위에 따른 각 측정 항목 수

Intra SD 범위 (mm)	항목 수	
	직접 측정법	3D-SAMP
0~1	27	42
1~2	15	10
2~3	6	0
3~4	2	0
4~5	1	0
5 초과	1	0

Intra CV 범위 (%)	항목 수	
	직접 측정법	3D-SAMP
0~1	1	11
1~2	13	18
2~3	11	13
3~4	18	8
4~5	5	1
5 초과	4	1

- 반복성 평가 기준: Intra SD > 2 mm, 또는 Intra CV > 5 % (Li et al., 2009)
- 3D-SAMP 측정치 중 측정자 내 반복성이 낮은 항목

첫째 손가락 둘째 마디 길이:
Intra CV = 7.12 %



⇒ Landmarking 위치의 손금(crease)이 넓은 경우: 반복성 ↓ (직접 측정치도 동일)

측정자 간 반복성

□ 직접 측정치에 비해 3D-SAMP 측정치의 측정자 간 변동이 작음

▪ Inter SD, inter CV 범위에 따른 각 측정 항목 수

Inter SD 범위 (mm)	항목 수	
	직접 측정법	3D-SAMP
0~1	22	37
1~2	14	14
2~3	11	1
3~4	1	0
4~5	3	0
5 초과	1	0

Inter CV 범위 (%)	항목 수	
	직접 측정법	3D-SAMP
0~1	0	12
1~2	5	24
2~3	13	11
3~4	16	3
4~5	8	1
5 초과	14	1

▪ 반복성 평가 기준: **Inter SD > 2 mm, 또는 Inter CV > 5 %** (Li et al., 2009)

▪ 3D-SAMP 측정치 중 측정자 간 반복성이 낮은 항목

셋째 손가락 셋째 마디뼈 길
이: Inter SD = 2.02 mm



첫째 손가락 둘째 마디 뼈 길
이: Inter CV = 5.96 %



⇒ 형상 특성이 모호한 경우(예: knuckle): 반복성 ↓ (직접 측정치도 동일 현상)

측정 소요시간

□ 측정 시간은 차이가 없음

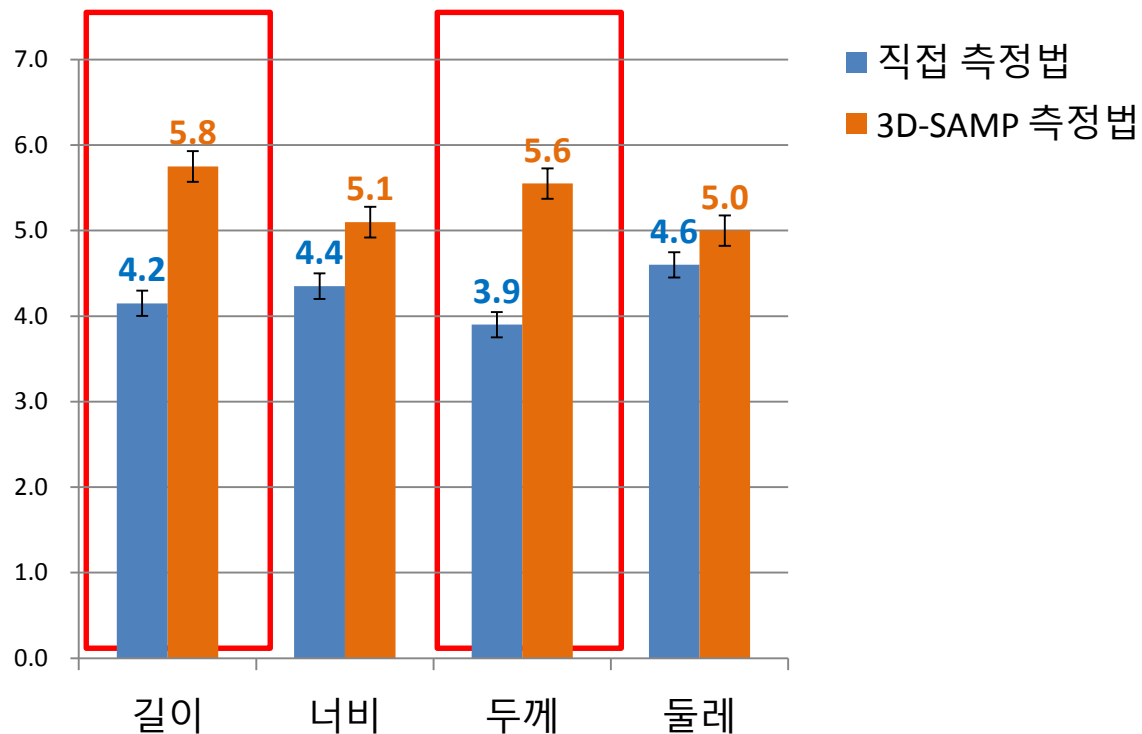
	직접 측정법	3D-SAMP
평균	17분 48초	17분 49초
표준편차	4분 31초	4분 58초

- 직접 측정법: 측정 및 측정치 기입 시간
- 3D-SAMP: Marker 부착 시간 (3D scanning 시간 제외)

주관적 만족도

□ 전반적으로 3D-SAMP가 높은 주관적만족도 보임

- 길이 ($t(19) = -4.88, p < 0.001$)
- 두께 ($t(19) = -4.00, p = 0.001$)



□ 3D-SAMP 개발

- 석고 손 모형 제작 기반
- 3D scanning 기반의 형상 도출
- Semi-automatic 측정법: Marker 부착을 통한 3D landmarking

□ 직접 측정 대비 3D-SAMP 평가

- 전반적으로 직접 측정치와 3D-SAMP의 측정치는 유사함 (11개 항목 제외)
- 직접 측정치에 비해 3D-SAMP 측정치의 측정자 내, 측정자 간의 변동성이 작음
- 전반적으로 3D-SAMP가 높은 주관적만족도 보임

□ 향후 연구

- 다양한 손 크기를 대상으로 3D-SAMP 평가
- 측정된 3차원 기반 손 치수와 형상 자료를 제품 개발에 적용

THANK YOU