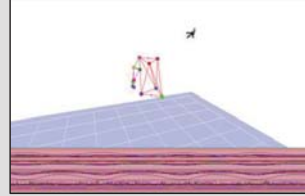
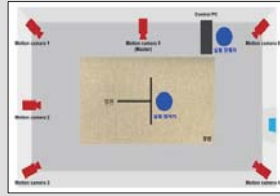
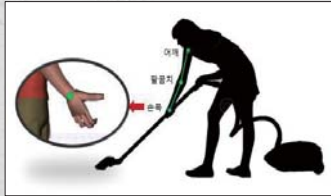




# 생활가전제품 사용 동작 분석 기반 사용성 평가 연구



신체 활동도 측정지  
\* 신체 활동도 측정지 개발을 위한 연구-개발-평가-확산 사업 과제  
평가 산출물지

구분	Natural Motion	
	시간	빈도
운동	00:00:00 ~ 00:00:00	00:00:00 ~ 00:00:00
활동	00:00:00 ~ 00:00:00	00:00:00 ~ 00:00:00
휴식	00:00:00 ~ 00:00:00	00:00:00 ~ 00:00:00
수면	00:00:00 ~ 00:00:00	00:00:00 ~ 00:00:00
기타	00:00:00 ~ 00:00:00	00:00:00 ~ 00:00:00
합계	00:00:00 ~ 00:00:00	00:00:00 ~ 00:00:00

정영제<sup>1</sup>, 이승훈<sup>1</sup>, 유희천<sup>1</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교 산업경영공학과

본 연구는 산업통상자원부의 "미래첨단 사용자편의서비스 기반조성사업"의 지원을 받아 수행된 연구 결과임(R0004840, 2017).

Global Contributor to Eco-Techno-Humanopia

## Contents

- 서론
  - ✓ 연구 배경
  - ✓ 연구 목적
- 선행 연구 조사
- 자연스러운 조작 동작 측정 프로토콜 개발
- 자연스러운 조작 동작 측정
- 자연스러운 조작 동작 분석



## 연구 배경

- 제품 사용 동작을 고려한 제품은 사용자의 사용성, 편의성, 만족도를 향상시킬 수 있음
- 제품 사용 동작을 분석하여 제품 설계에 적용하려는 사례들이 있으나 정형화된 측정 및 분석 절차가 부재함



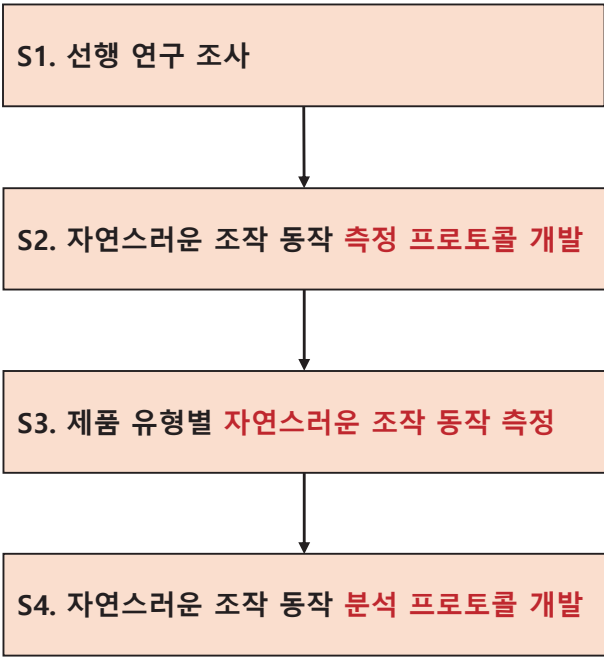
## 연구 목적

### 생활가전제품 사용 동작 측정 및 분석 방법 정립

- 연구 동향 파악 및 실험 protocol 개발을 위한 선행 연구 조사
- 동작 측정 및 분석 protocol 개발
- 정량적 데이터와 주관적 데이터 비교 분석



# 연구 절차



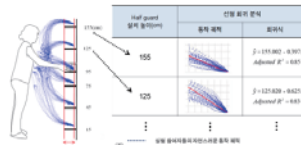
문헌 조사

신재 부위	동작
형소기	
현리	올리기(+), 내리기(-)
롤	올리기(+), 내리기(-)
목	좌측굴곡(+), 우측굴곡(-)
어깨	앞올리기(+), 뒤올리기(-)
	좌측회전(+), 우측회전(-)
오른 팔꿈치	올리기(+)
오른 손목	올리기(+), 내리기(-)
오른 무릎	우측회전(+), 좌측회전(-)
	올리기(+), 내리기(-)

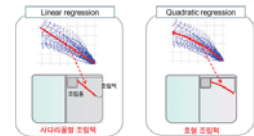
제품 유형별 동작 유형 정의



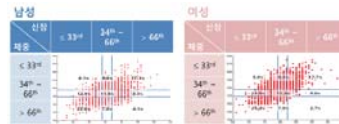
Motion capture system을 활용한 조작 동작 측정



동작 궤적에 대한 회귀 분석



설계에 활용 가능한 profile 개발



한국인 표준 데이터 수집 ( $n = 30$ ) 체계적으로 분류된 DB

- 성별
- 인체크기
- 제품 유형
- 조작 동작 유형

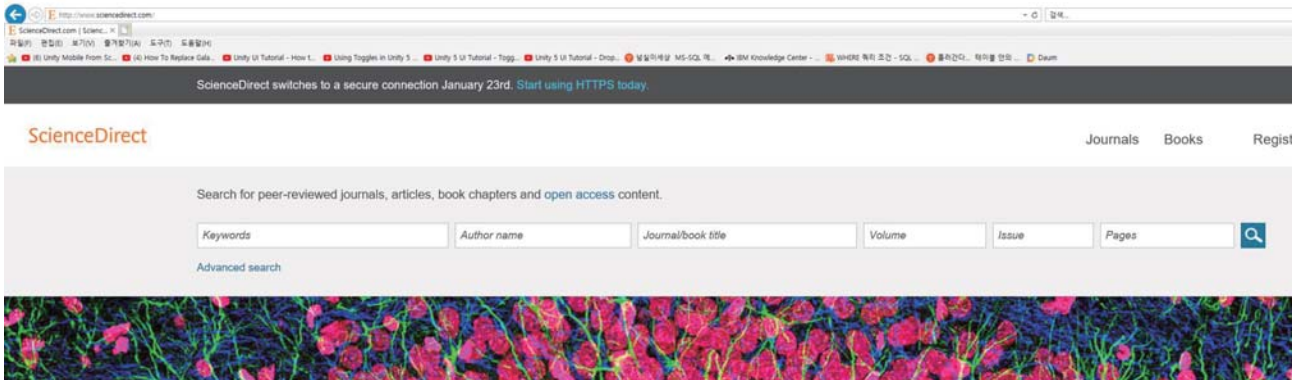
## 선행 연구 조사

# S1-1. 문헌 검색 Keyword

❑ 검색 사이트: <http://www.sciencedirect.com/>

❑ Keyword

- 동작: motion, movement, posture
- 분석, 측정: analysis, capturing, measurement
- 가전 제품: appliance, product
- 사용성: usability, workload, comfort



## S1-1. 논문 선정 절차

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



S2. **Title screening**을 통한 1차 선별

16 건



S3. **Abstract screening**을 통한 2차 선별

8 건



S4. 입수된 full paper에 대한 **관련도 평가**



S5. 관련도에 따라 **최종 review 대상 논문 선별**

8 건



## S1-1. 기존 문헌 분석: Participants

- 동작 측정 평가 대상에 따라 다양한 경향을 보임
- marker tracking 방법의 실험 참여자 수는 15명 이하

No.	Author(s)	Year	Participants					Motion capturing measure
			# subjects	Age	Gender		Hights	
					Female	Male		
1	Clamann et al	2012	10	23.5(SD=2.01)	-	10	-	▪ electrogoniometer
2	Chang et al.	2004	15	30~50	12	12	-	▪ Falcon 240(Motion Analysis Corp., USA)
3	Hansson et al	2009	686	Adult	523	163	-	▪ electrogoniometer
4	Hansson et al	2010	713	Adult	548	165	-	▪ electrogoniometer
5	Moffet et al.	2002	8	21~31	4	4	▪ 164~182	▪ electrogoniometer
6	Moore et al.	2014	9	26.8(SD=5.8)	-	9	▪ 174.1(SD =6.6)	▪ VICON system
7	Akesson et al.	2005	12	20~32	12	-	-	▪ electrogoniometer
8	Roh et al.	2018	10	27.7(SD=1.5)	-	-	▪ 175.6(SD=4.3)	▪ Osprey(Motion Analysis Corp., USA)



Marker tracking 방법을 이용한 연구의 참여자 수: ≤ 15명

## S1-1. 기존 문헌 분석: Measures

- **electrogoniometer**: 5건(62.5%), **marker tracking**: 3건(37.5%)
- marker tracking: 여러 가지 measure를 측정 또는 motion tracking을 하는 경우

No.	Author(s)	Year	Measures	
			Motion capturing measure	Target measure
1	Clamann et al	2012	▪ electrogoniometer	▪ Wrist
2	Chang et al.	2004	▪ Falcon 240(Motion Analysis Corp., USA)	▪ Neck ▪ Shoulder ▪ Elbow ▪ Wrist ▪ Trunk ▪ Knee
3	Hansson et al	2009	▪ electrogoniometer	▪ Wrist
4	Hansson et al	2010	▪ electrogoniometer	▪ Wrist
5	Moffet et al.	2002	▪ electrogoniometer	▪ Wrist
6	Moore et al.	2014	▪ VICON system	▪ Elbow ▪ Shoulder ▪ Trunk
7	Akesson et al.	2005	▪ electrogoniometer	▪ Head ▪ Wrist
8	Roh et al.	2018	▪ Osprey(Motion Analysis Corp., USA)	▪ Trunk ▪ Hand movement

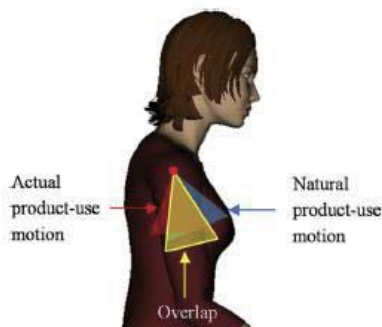
# S1-1. 기존 문헌 분석: task

- Task 반복이 필요한 연구의 경우 3회~ 5회 반복
- 여러 개의 제품을 비교하는 경우 제품 순서에 random성을 부여 함

No.	Author(s)	Year	Measures		
			Task 내용	Task 반복 횟수	speciality
1	Clamann et al	2012	▪ 유아용 카시트 5종 일정 높이로 들어 올리기	▪ 5회	▪ 제품 순서 random
2	Chang et al.	2004	▪ 가상으로 청소기 사용하는 동작 ▪ 실제 청소기 4종 사용 동작	▪ 3회	▪ 제품 순서 random ▪ Task 동작 순서 random
3	Hansson et al	2009	▪ 43가지 업무에서 발생하는 workload		
4	Hansson et al	2010	▪ 43가지 업무에서 발생하는 workload		
5	Moffet et al.	2002	▪ 노트북 2종 2가지 상황에서 typing 작업		
6	Moore et al.	2014	▪ 7가지 일원동작으로 구성된 과제	▪ 3회	
7	Akesson et al.	2005	▪ 치위생사 일상작업(Machinery,Scaling,Auxiliary)		
8	Roh et al.	2018	▪ 4종의 접이식 자전거 폴딩	▪ 3회	▪ 제품 순서 random

# S1-1. 기존 문헌 분석: 본 연구로의 적용점

- 동작 측정 부위: 목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 허리, 무릎 etc.
- Task
  - ✓ 반복 횟수:3~5회
  - ✓ 반복 순서: random
- 분석 방법: 자연스러운 동작과 실제 제품 사용과의 유사성 탐색법 (Cahng et al. 2017)

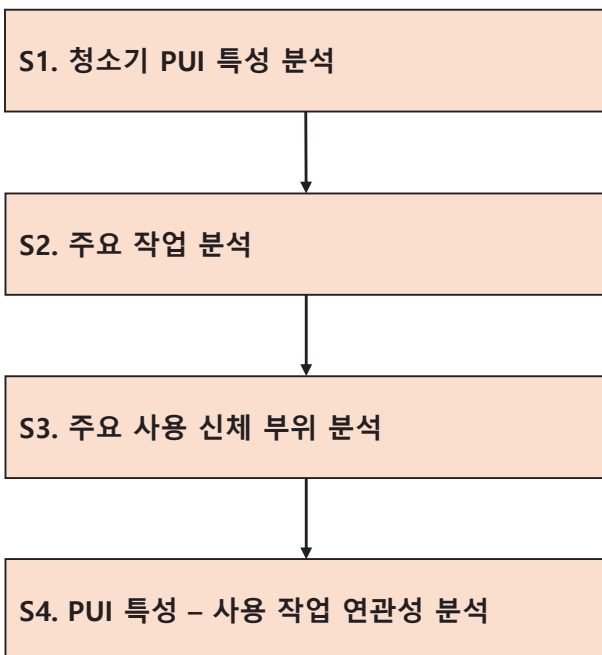


Joint	Motion	Cleaner				F-value	p-value
		A	B	C	D		
Neck	Flexion/extension	26.3 (SE: 6.7)	26.6 (7.1)	29.8 (8.2)	35.8 (6.6)	2.03	0.124
	Left/right lateral flexion	53.6 (5.1) <sup>H</sup>	38.8 (5.3) <sup>L</sup>	43.8 (5.1) <sup>L</sup>	36.7 (5.7) <sup>L</sup>	4.99	0.005
	Left/right rotation	29.0 (7.4)	22.6 (6.4)	24.4 (7.0)	27.2 (7.0)	1.46	0.238
Shoulder	Elevation/extension	66.8 (5.1) <sup>H</sup>	60.0 (6.7) <sup>H</sup>	61.8 (6.3) <sup>H</sup>	60.0 (4.3) <sup>H</sup>	3.23	0.032
	Latero/medial rotation	36.7 (5.6)	30.8 (5.4)	33.4 (6.3)	28.7 (4.6)	2.2	0.103
	Adduction/abduction	71.4 (5.3)	71.7 (5.3)	72.5 (5.8)	67.1 (4.9)	1.73	0.175
Elbow	Flexion	47.4 (4.6) <sup>H</sup>	34.4 (5.5) <sup>M</sup>	35.7 (5.9) <sup>M</sup>	26.2 (5.3) <sup>L</sup>	18.49	<0.0001
	Flexion/extension	41.9 (7.1)	42.4 (6.8)	46.4 (7.5)	47.5 (6.6)	1.93	0.139
Wrist	Supination/pronation	51.4 (5.0)	50.9 (5.3)	53.0 (5.5)	46.1 (5.0)	0.92	0.439
	Ulnar/radial deviation	41.6 (4.3)	47.0 (3.5)	44.4 (3.8)	43.0 (2.7)	1.35	0.273
Lower back	Flexion/extension	64.4 (7.6) <sup>H</sup>	71.7 (6.4) <sup>H</sup>	71.3 (6.4) <sup>H</sup>	58.5 (8.6) <sup>H</sup>	2.85	0.049
	Left/right lateral flexion	46.6 (7.3) <sup>L</sup>	54.2 (7.2) <sup>H</sup>	60.6 (6.3) <sup>H</sup>	44.0 (5.5) <sup>L</sup>	5.26	0.004
	Left/right rotation	29.9 (6.9) <sup>H</sup>	23.7 (6.3) <sup>H</sup>	21.2 (5.4) <sup>L</sup>	35.9 (6.5) <sup>H</sup>	3.99	0.037
Right knee	Flexion	25.8 (6.3)	31.2 (8.0)	29.0 (7.6)	30.5 (5.6)	0.47	0.704
Left knee	Flexion	36.8 (8.5)	37.1 (6.4)	35.2 (7.0)	36.7 (7.9)	0.07	0.976
Average MS score		44.6	42.9	44.2	41.7		
Average rank (the lower, the better)		2.4	2.5	2.2	2.9		
The number of the joint motions more than a 60% MS score		3	3	4	2		

\* Relatively high motion similarity (>60%) were shaded. Superscript letters indicate significant differences at  $\alpha = 0.05$ . L < M < H.

# 자연스러운 조작 동작 측정 프로토콜 개발

## 동작 측정 프로토콜 개발 절차



주요 작업 예시



작업 (Task)	구성요소 (Component)		신체부위(Body)				PUI 평가기준(PUI evaluation criteria)				
	손잡이	파워트림머	신체부위 항목				평가 항목				
원소기 사용			상체	발	손	저체	좌세 적합성	조작 용이성	그립감	물막 효율성	
바닥 청소	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
벽면 조작	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	

- ❑ 청소기 사용 작업 특성을 이해하고 유관 설계인자 선정을 위한 기반 연구
- ❑ 청소기 핸들의 physical user interface(PUI) 설계인자 파악

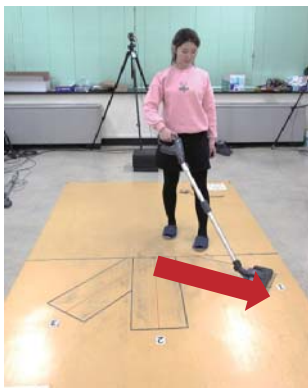


## 주요 작업 분석

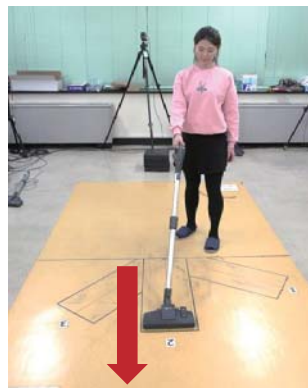
- ❑ 사용자 행동 패턴 분석을 통한 청소기 사용 주요 평가 작업 선정
  - ✓ 주요 작업: (1) 좌측 청소, (2) 정면 청소, (3) 우측 청소

### 주요 작업 예시

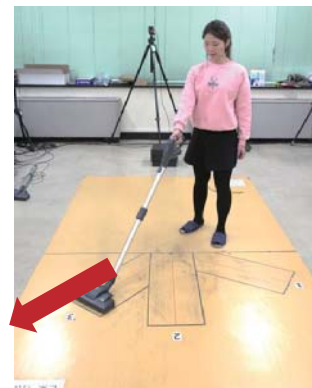
좌측 청소



정면 청소



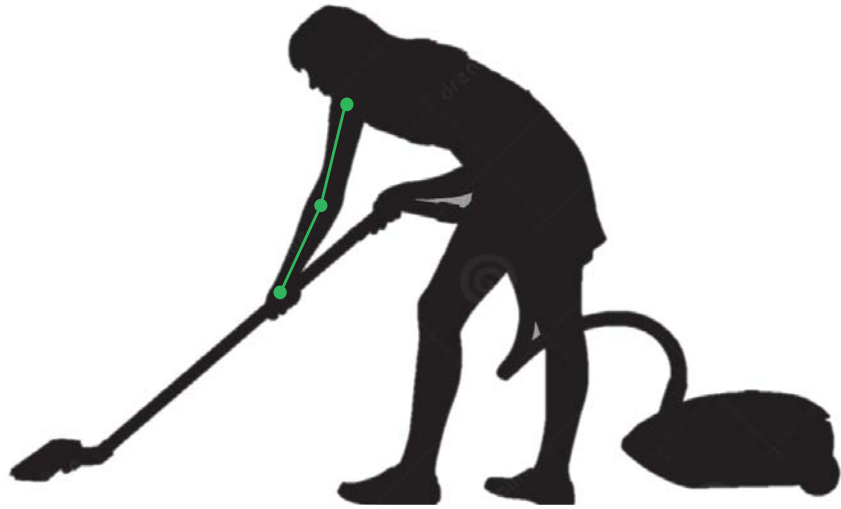
우측 청소





## 주요 사용 신체 부위 분석

- 청소기 사용 작업 특성을 고려하여 평가 대상 신체부위 선정:  
(1) 어깨, (2) 팔꿈치, (3) 손목, (3) 허리
- 사용자 관찰(행동 패턴 분석) 및 설문 조사를 통해 조사



## PUI 특성 – 사용 작업 연관성 분석

작업 (Task)	구성요소 (Component)		신체부위(Body)			PUI 평가기준(PUI evaluation criteria)				
	손잡이	파이프	신체부위 항목			평가 항목				
상체			팔	손	자세	자세 적합성	조작 용이성	그립감	동작 효율성	
청소기 사용										
바닥 청소	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
버튼 조작	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○

# 동작 측정 Protocol 정립

□ PUI 특성과 사용 작업의 연관성 분석 결과를 활용하여 동작 측정 실험 계획

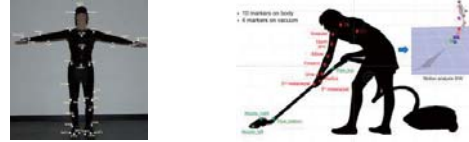
## 자연스러운 동작 측정을 위한 task 설정

- ✓ 동작 측정을 위한 수행 동작, 동작의 순서, 반복 횟수 등을 설정



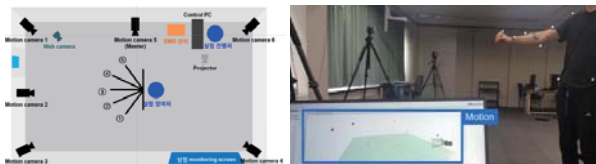
## 측정 신체 부위를 위한 marker set 구성

- ✓ Task를 기반으로 측정이 가능하도록 marker 의 개수와 위치를 결정



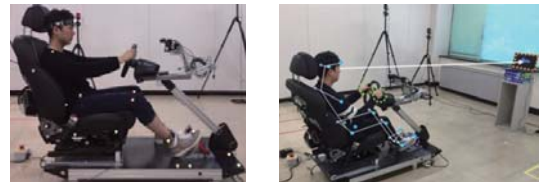
## 실험 환경 구축

- ✓ 설정된 시나리오와 marker set을 고려한 실험 환경 구축



## 소규모 실험 & protocol 보완

- ✓ Protocol의 개선 사항을 탐색하기 위한 소규모 실험 진행



# 자연스러운 조작 동작 측정 :청소기 사용 동작

# 청소기 인간공학적 평가: 평가 대상

## □ 평가 대상

✓ 파이프 길이 3단계: 사용자 선호 길이(preferred length: PL), PL -5cm, PL -10cm

## □ 호스와 canister는 분리하여 평가에 영향을 주지 않도록 함

모션싱크 7000



모션싱크 3000

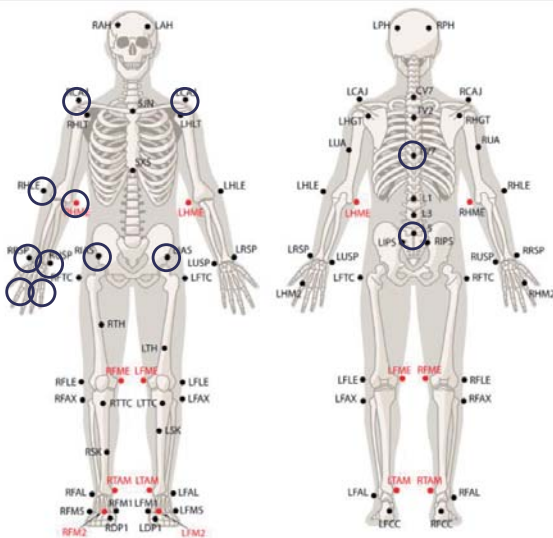


# 청소기 인간공학적 평가: 측정 부위 및 마커 위치

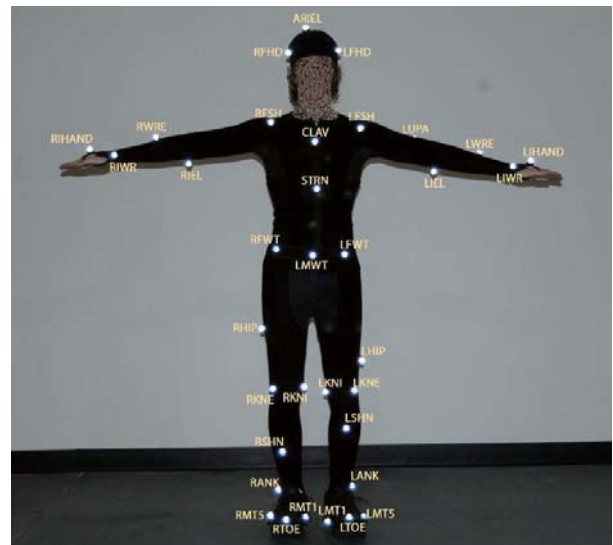
□ 청소기 사용 작업 특성 분석을 고려한 측정 부위: 손, 손목, 팔꿈치, 어깨, 몸통

□ 마커 부착 위치 및 개수: 손(2), 손목(2), 팔꿈치(2), 어깨(2), 골반(2), 등(2)

Helen Hayes marker set



Marker set 부착 예시



# 청소기 인간공학적 평가: 수행 동작

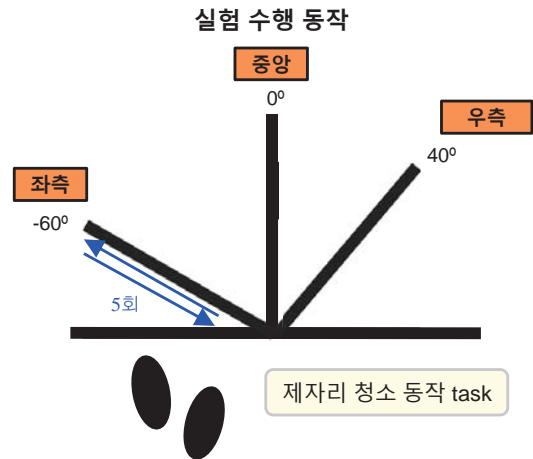
## □ Instruction

1. 청소기 없이 청소기를 사용하고 있다고 가정하고 **자연스러운 청소 동작 수행**
2. 실제 청소기를 사용하며 **편안한 청소 동작 수행(PL, PL - 5cm, PL - 10cm)**

## □ 순서: **Random** (청소기 종류,파이프 길이)

## □ 반복: **왕복 5회**(1 & 5번째는 분석에서 제외)

실험 순서 random 예시

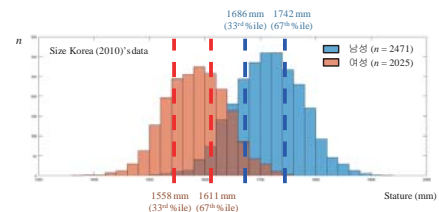


# 청소기 인간공학적 평가: 실험참여자

## □ 참가 인원: **30명**

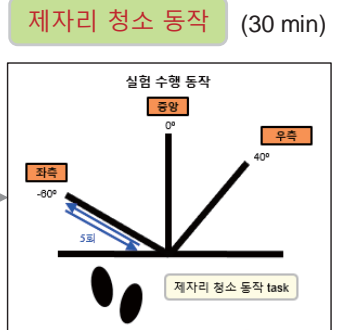
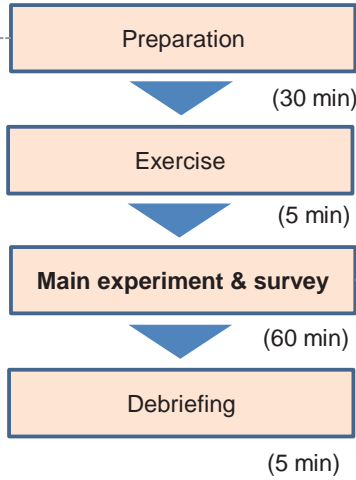
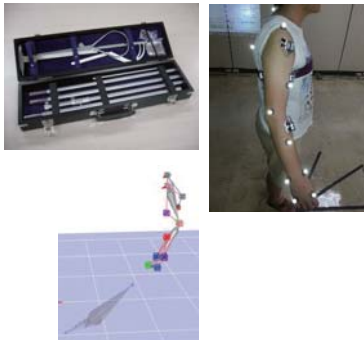
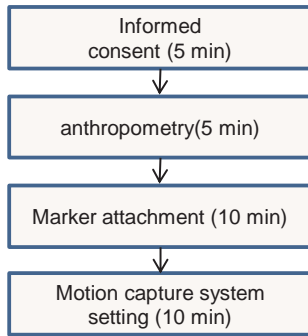
- ✓ **성별: 여성 15명, 남성 15명**
- ✓ **연령: 20 ~ 50대**

- ✓ **모집 기준: 한국인 신장 분포를 고려한 small( $\leq 33^{\text{rd}}$  %ile), medium( $33^{\text{rd}} \sim 67^{\text{th}}$  %ile), large( $\geq 67^{\text{th}}$  %ile) 집단(SizeKorea 인체측정 data 참조)**



성별	남자			여자			총합
	Small	Medium	Large	Small	Medium	Large	
키	Small	Medium	Large	Small	Medium	Large	
치수 (mm)	$\leq 1686$	1686~1742	$\geq 1742$	$\leq 1558$	1558~1611	$\geq 1611$	
목표 인원	5	5	5	5	5	5	<b>30</b>
모집 현황	-	-	-	-	-	-	-

# 청소기 인간공학적 평가: 실험 절차



1 인당 실험 시간: 1.0 ~ 1.5 hrs

# 청소기 인간공학적 평가: 주관적 만족도

□ 신체 불편도 설문은 task에 대한 동작 측정 후 곧 바로 실시

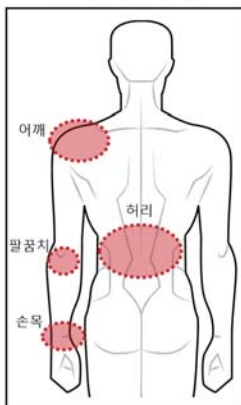
## Pipe 길이에 따른 신체 불편도 설문지

No. \_\_\_\_\_ 참여자: \_\_\_\_\_ 키: \_\_\_\_\_ cm 너를 높이: \_\_\_\_\_ cm 파이프 선호 길이: \_\_\_\_\_ cm

### 신체 불편도 설문지

※ 손목, 팔꿈치, 어깨, 허리의 신체 불편함을 1점(매우 나쁨)~7점(매우 좋음)으로 표현해 주세요.

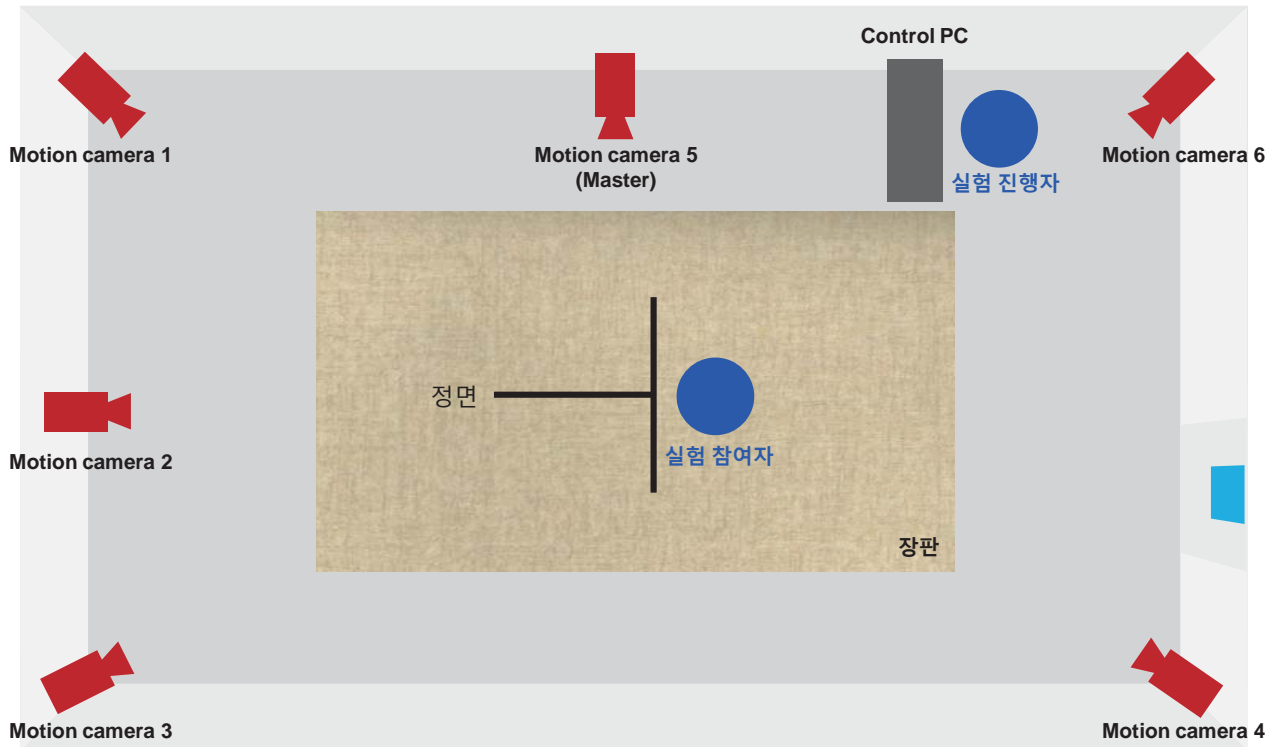
### 평가 신체부위



		Natural Motion				
평가 방향	방향	좌측	중앙	우측		
손목	매우 나쁨	약간 나쁨	보통	약간 좋음	매우 좋음	
	1	2	3	4	5	6
팔꿈치	매우 나쁨	약간 나쁨	보통	약간 좋음	매우 좋음	
	1	2	3	4	5	6
어깨	매우 나쁨	약간 나쁨	보통	약간 좋음	매우 좋음	
	1	2	3	4	5	6
허리	매우 나쁨	약간 나쁨	보통	약간 좋음	매우 좋음	
	1	2	3	4	5	6

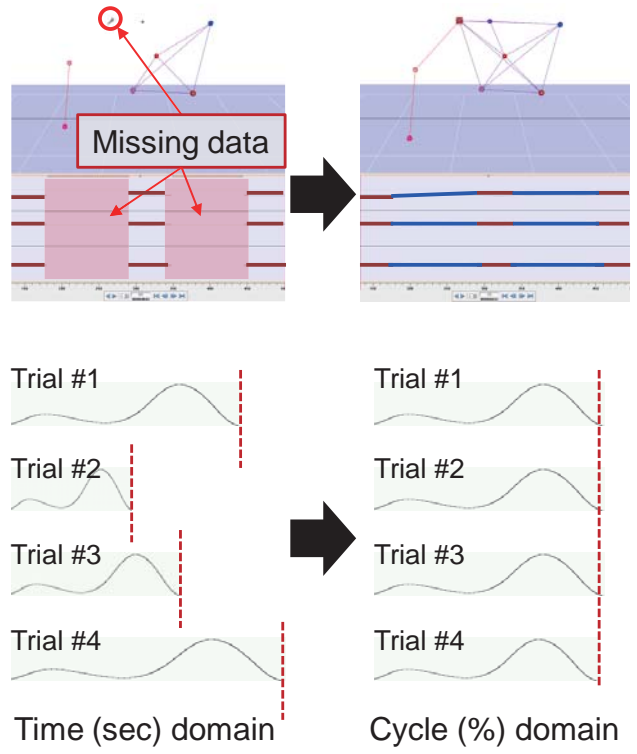
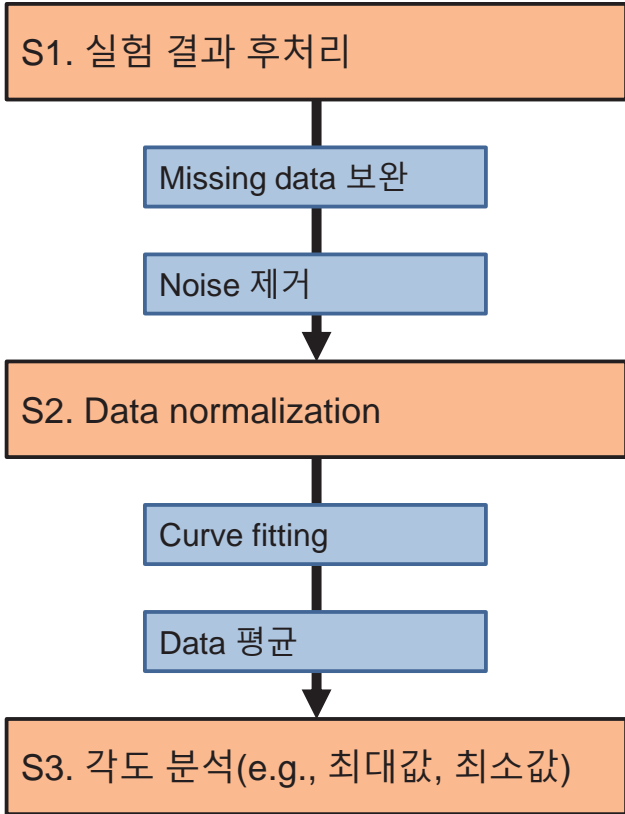


# 청소기 인간공학적 평가: 실험 환경 예시



## 자연스러운 조작 동작 분석

# 동작 측정 Data 분석 절차



## 분석 척도: Comfortable ROMs

- Comfortable range of motion(CROM)은 사용자가 동작을 편하게 할 수 있는 범위
- 30명 data의 조작 동작별 관절 각도의 최대값 최소값의 평균값

CROM									
Upper_L									
Trunk x	Trunk y	Trunk z	shoulder x	shoulder y	elbow	wrist x	wrist y	wrist z	
8.64	-3.72	0.73	37.29	30.47	-22.72	-4.26	-0.04	7.13	
Lower_L									
Trunk x	Trunk y	Trunk z	shoulder x	shoulder y	elbow	wrist x	wrist y	wrist z	
6.14	-6.28	0.62	-17.87	1.63	-43.32	-11.38	-7.19	3.12	
Upper_M									
Trunk x	Trunk y	Trunk z	shoulder x	shoulder y	elbow	wrist x	wrist y	wrist z	
9.49	-0.98	1.39	41.44	21.19	-21.90	-2.41	3.59	18.04	
Lower_M									
Trunk x	Trunk y	Trunk z	shoulder x	shoulder y	elbow	wrist x	wrist y	wrist z	
4.97	-3.24	0.19	-33.60	9.53	-51.26	-13.42	-4.56	13.11	
Upper_R									
Trunk x	Trunk y	Trunk z	shoulder x	shoulder y	elbow	wrist x	wrist y	wrist z	
9.18	-0.33	1.45	44.45	26.63	-21.11	-1.46	2.41	22.50	
Lower_R									
Trunk x	Trunk y	Trunk z	shoulder x	shoulder y	elbow	wrist x	wrist y	wrist z	
3.41	-2.62	0.20	-28.62	10.29	-62.07	-15.01	-6.71	16.06	

# 분석 척도: 자연스러운 동작

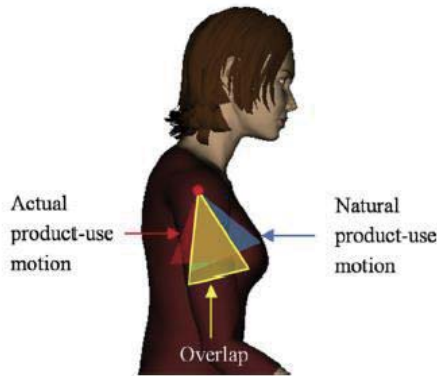
□ 자연스러운 동작과 청소기 사용 동작의 유사성 분석(motion similarity, MS)

$$MS(\%) = \frac{T_{in}}{T} \times 100$$

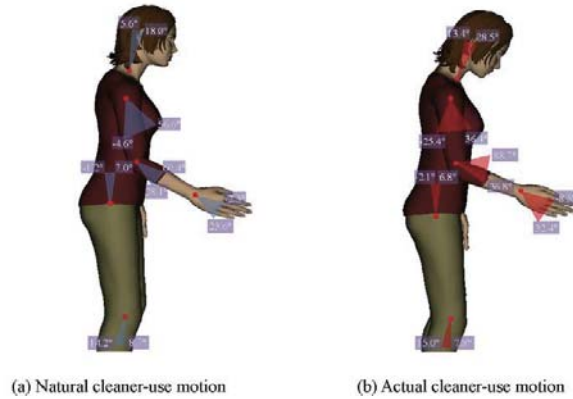
where,  $T_{in}$  = time of actual product-use motion in the range of natural product-use motion

$T$  = total time of actual product-use motion

예시) 30초간 제품 사용 시 자연스러운 사용 동작 구간에 있던 시간 24초인 경우  $MS = 24/30 = 80\%$



※ Chang et al. (2017)



# 자연스러운 동작결과

□ 자연스러운 사용 동작 구간 = CROM 구간

□ Pipe 길이가 선호길이 보다 짧아질 경우 동작 유사도가 감소하는 경향을 보임

Handle	Pipe	Direction	Trunk			Shoulder		Elbow		Wrist		
			x	y	z	x	y	x	y	x	y	z
A	P	L	20.9	20.0	3.9	85.2	45.9	19.2	51.6	8.2	19.2	
A	P-5	L	15.4	23.9	1.6	81.0	40.9	22.1	43.2	15.6	14.5	
A	P-10	L	17.2	16.2	1.2	76.9	41.1	25.7	41.8	19.9	13.0	
A	P	M	31.0	22.9	25.0	71.7	50.1	36.0	57.3	14.5	21.8	
A	P-5	M	20.2	21.9	26.9	70.0	50.9	31.1	53.4	16.5	27.2	
A	P-10	M	14.1	13.7	16.7	69.6	54.4	31.6	53.7	18.9	18.0	
A	P	R	37.7	23.0	21.9	69.4	58.0	40.1	61.8	30.5	46.6	
A	P-5	R	26.6	16.9	28.9	67.5	60.9	39.9	64.0	36.5	39.9	
A	P-10	R	18.2	10.8	21.9	65.2	65.9	42.0	60.0	26.9	28.2	
B	P	L	13.8	31.7	3.7	81.0	44.2	22.7	50.7	15.0	22.2	
B	P-5	L	10.9	26.1	2.8	81.5	42.7	28.7	43.1	21.8	14.1	
B	P-10	L	6.5	32.0	1.5	76.6	44.4	32.7	45.7	7.9	10.6	
B	P	M	17.7	20.8	22.6	72.6	50.9	37.5	59.8	25.7	16.9	
B	P-5	M	15.3	20.4	23.2	72.0	49.8	36.2	48.9	20.9	8.4	
B	P-10	M	13.3	14.7	21.3	69.0	48.7	30.8	53.4	17.1	9.2	
B	P	R	18.7	19.9	25.6	67.3	65.1	44.1	72.3	27.5	30.8	
B	P-5	R	18.1	17.1	30.9	68.4	63.4	46.1	67.6	29.9	24.3	
B	P-10	R	18.0	13.4	27.7	65.6	62.6	44.6	65.2	25.1	22.9	

