

# 설계 대상 인구의 수용률 경계에 위치한 대표인체모델 생성 기법 개발



정 기 효<sup>1</sup>, 유 희 천<sup>1</sup>, 권 오 채<sup>2</sup>



<sup>1</sup>포항공과대학교 인간공학설계기술 연구실

<sup>2</sup>삼성전자 무선통신 사업부

# 목 차



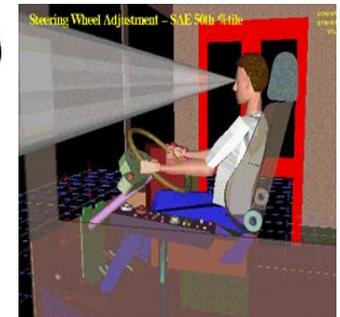
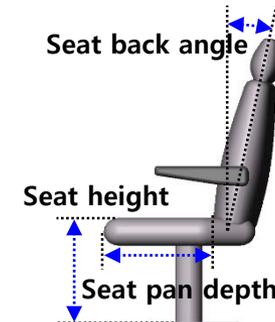
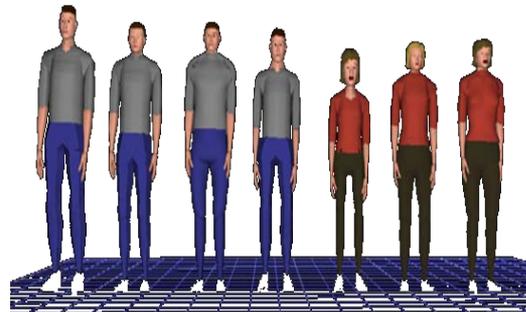
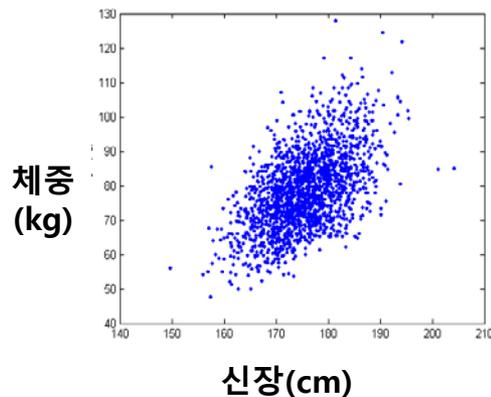
- 연구 배경 및 목적
- 대표인체모델 생성 기법
- 기법 적용 및 성능 평가
- 토의



# 대표인체모델 (Representative Human Model)

□ 모집단의 인구 크기 다양성을 통계적으로 적합하게 대표하는 인체모델

- 설계 대상 인구 수용 설계(target population accommodation)
- 효율적 인체측정자료 적용 설계 및 평가(efficient anthropometric design and evaluation)



# 대표인체모델 생성 기법



	주변부 기법 (boundary approach)	격자 기법 (grid approach)
적용 대상	단일 치수 설계(예: 비행기 조종석, 자동차 운전석)	다중 치수 설계(예: 의복)
인구 수용 특성	주변부 수용	전반 수용

# 주변부 기법 (Boundary Approach)



요인 분석

인구 수용 주변부 정의

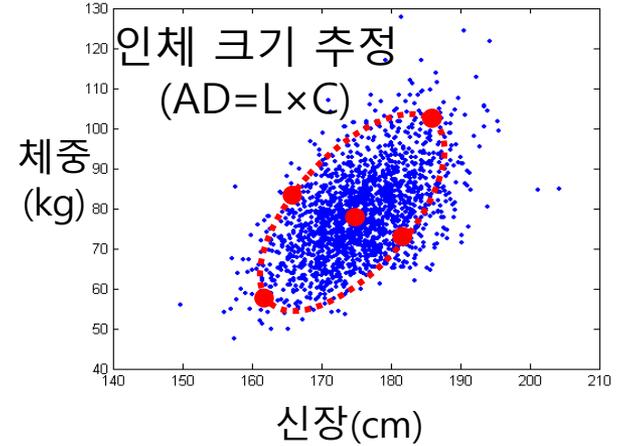
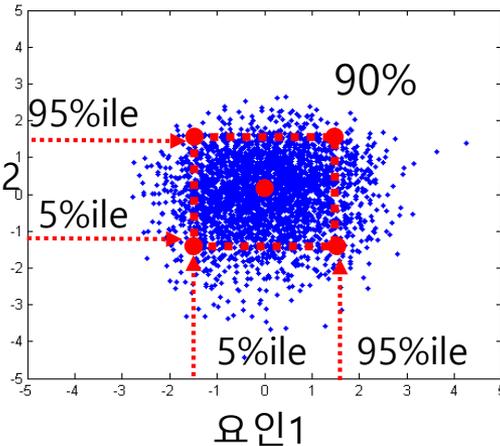
대표인체모델 크기 추정



정보 여과  
(80% 설명)

요인 1  
요인 2

요인 2

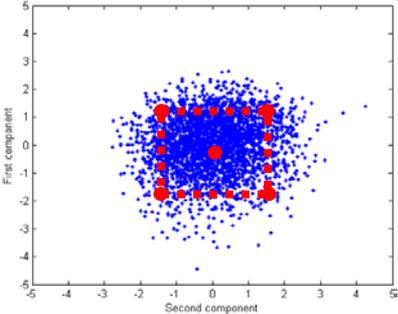
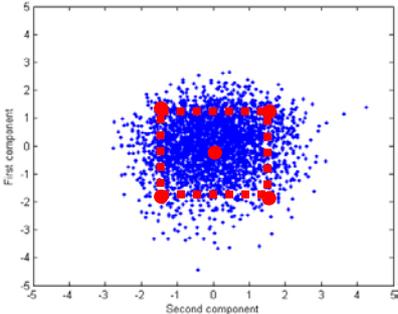
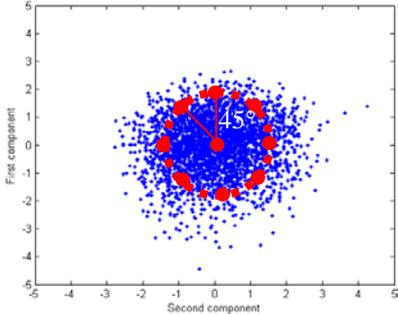


단,  $AD$  = 인체변수,  $L$  = 요인 적재량,  $C$  = 상수(예: 95%ile = 1.645)

⇒ 정보 여과: 효율적 대표인체모델 정의 vs 인체 크기 다양성 반영 미흡

# State of the Art



	Bittner et al. (1987)	Kim & Whang (1997)	Meindl et al. (1993)
			
주변부 설정	Rectangular	Rectangular	Circle (45°)
한계점	목표 인구 수용률 미달(Kim & Whang, 1997)	인체 크기 범위를 벗어날 수 있음	목표 인구 수용률 미달(Meunier, 1998)
시사점	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 설계 대상 인구 수용</li> <li>● 인체 크기 출현 범위를 벗어나지 않음</li> </ul>		



## 설계 대상 인구를 수용하는 대표인체모델 생성 기법 개발 및 평가

1. 인구 수용 경계 영역 기법(boundary zone approach) 개발
  - 단일 치수 제품의 인체측정학적 설계 및 평가 적용
  - 설계 대상 인구 수용  $\leftarrow$  설계 관련 모든 인체변수 사용
  - 인체 크기 범위를 벗어나지 않음
  - 대표인체모델 개수 유연성
2. 제안된 기법 적용 및 성능 평가
  - 컴퓨터 워크스테이션 설계를 위한 대표인체모델 생성에 적용
  - 기존 기법과 성능 비교 평가



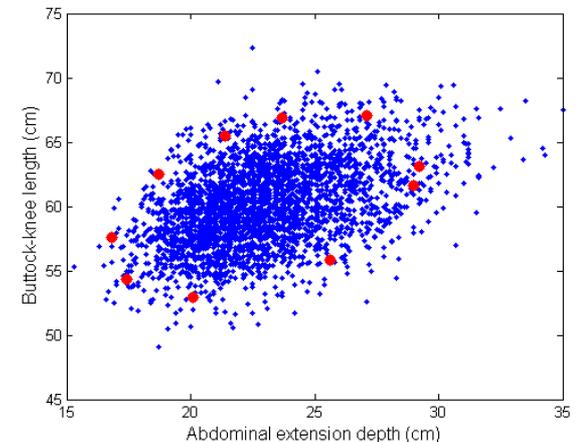
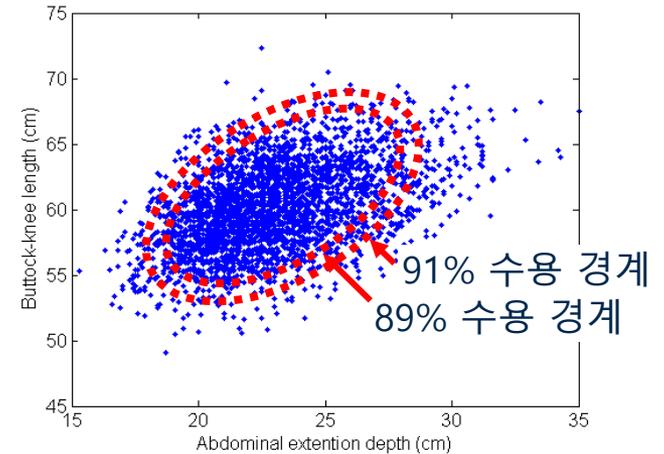
## 인구 수용률 경계 영역 파악

- 목표 수용률(예: 90%)
- 경계 영역 범위 (예: 목표 수용률  $\pm$  1%)
- 인체 크기를 표준화된 제곱 거리로 변환



## 경계 영역 인구에 대한 군집분석

- K-mean 군집 분석을 통한 최적 군집수 결정
- 군집별 대표인체모델 생성

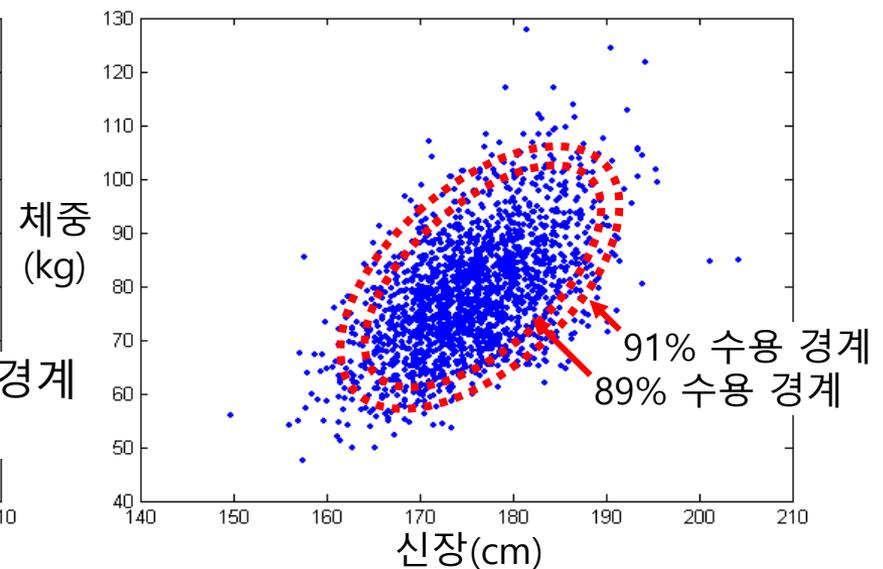
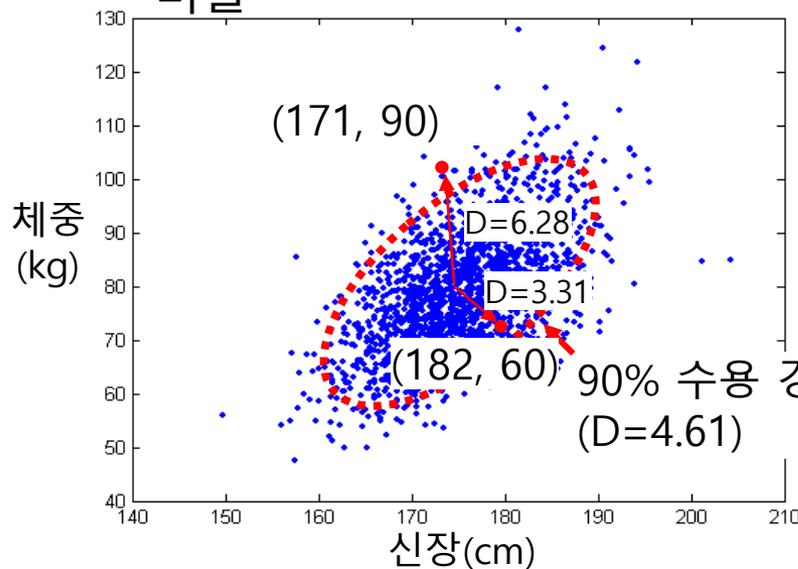


# 단계 1: 수용 경계 영역 설정

- 표준화된 제곱 거리(식 1 참조)로 변환된 다변량 정규분포를 따르는 인체크기는 Chi-square 분포를 따름(Jonson & Wichern, 1988)

$$D = (S - \mu_s \quad W - \mu_w) \begin{pmatrix} \sigma_s^2 & \sigma_{sw} \\ \sigma_{sw} & \sigma_w^2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S - \mu_s \\ W - \mu_w \end{pmatrix} \leq \chi_2^2(1-p) \quad \text{식 1}$$

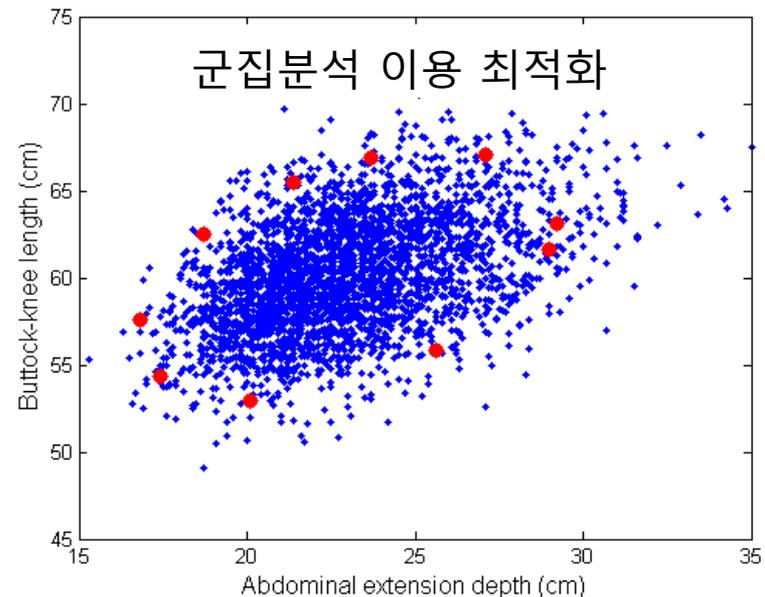
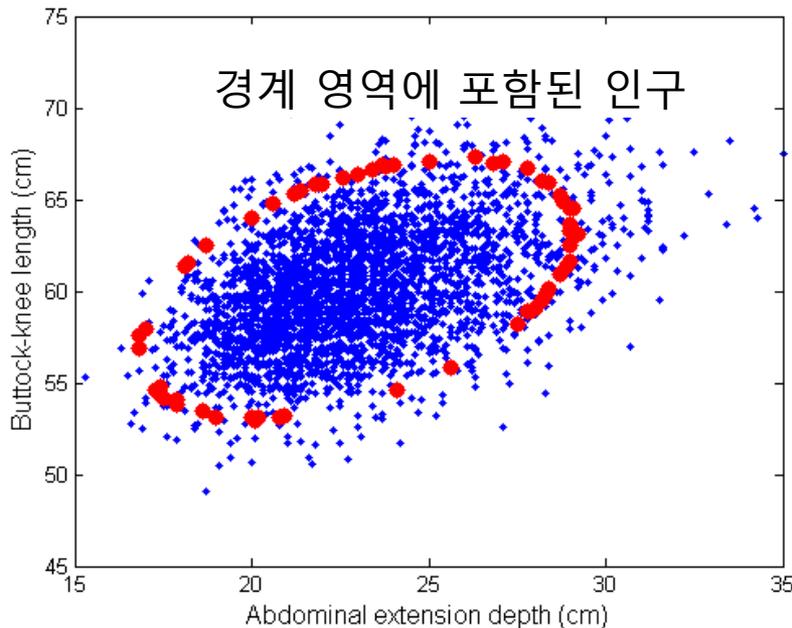
단, D = 표준화된 거리, S = 신장, W = 체중, p = 인구 수용 비율



# 단계 2: 경계 영역 인구에 대한 군집 분석



- 인구 수용률 경계 영역에 포함된 인구에 대한 군집 분석을 통해 대표인체모델 개수 최적화
    - 유사 크기 인체모델 군집화
    - 목표 인구 수용률 충족
- 군집 개수에 따른 수용률 변화 추세를 분석하여 최적 군집수 결정



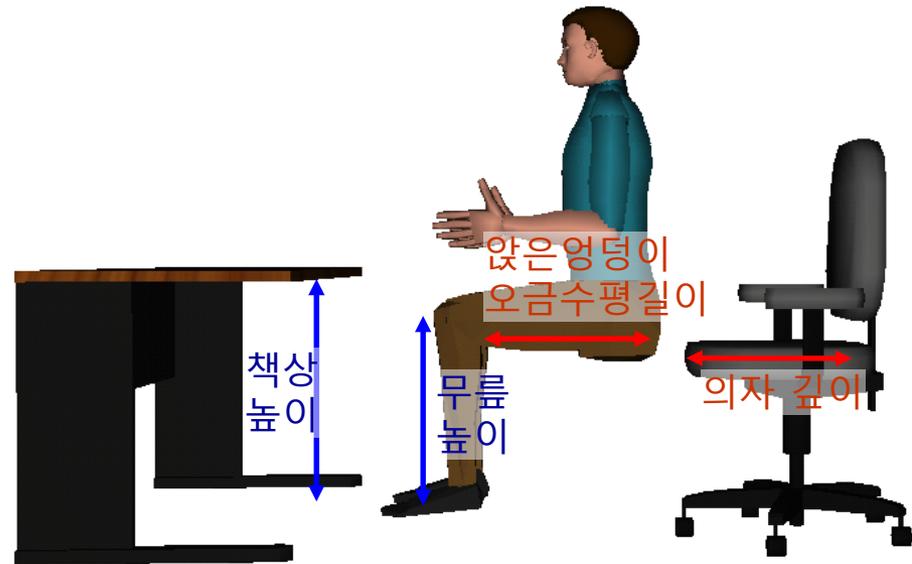
# 기법 적용 및 평가: 인체변수 및 인체측정자료



- 컴퓨터 워크스테이션 설계 인체 변수 10개(BSR/HFES, 2002)
- 인체측정 database
  - US Army 3,987명(남자: 1,774; 여자: 2,213) (Gordon, 1988)
  - Learning set (2,982 명)과 testing set (1,000명) 구분

## 인체 변수

- 앉은오금높이
- 앉은엉덩이오금수평길이
- 앉은엉덩이너비
- 앉은팔꿈치높이
- 앉은넓적다리높이
- 앉은엉덩이무릎수평길이
- 앉은배두께
- 팔꿈치사이너비
- 발직선길이
- 무릎높이



# 인구 수용 경계 영역 설정



항목	설정치	이변량 도식화
경계 영역 (목표 수용률 $\pm$ 경계 영역 범위)	$90 \pm 1\%$	
표준화된 제곱 거리	$D = [ \chi_{10}^2(0.09), \chi_{10}^2(0.11) ]$ $= [15.65, 16.36]$	
경계 영역 포함 인구	55 명	

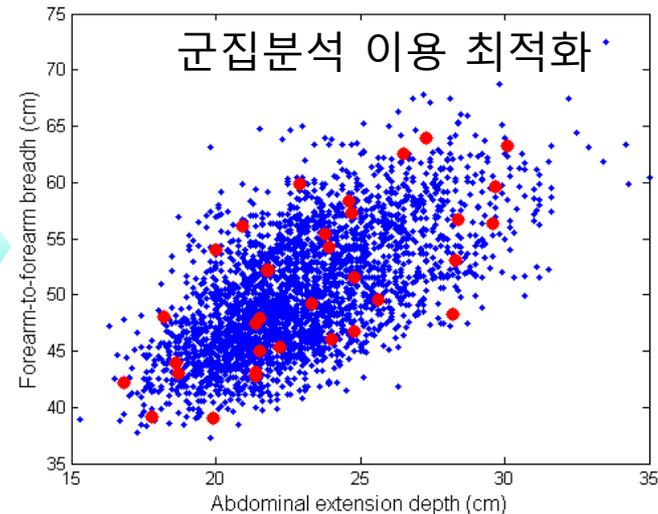
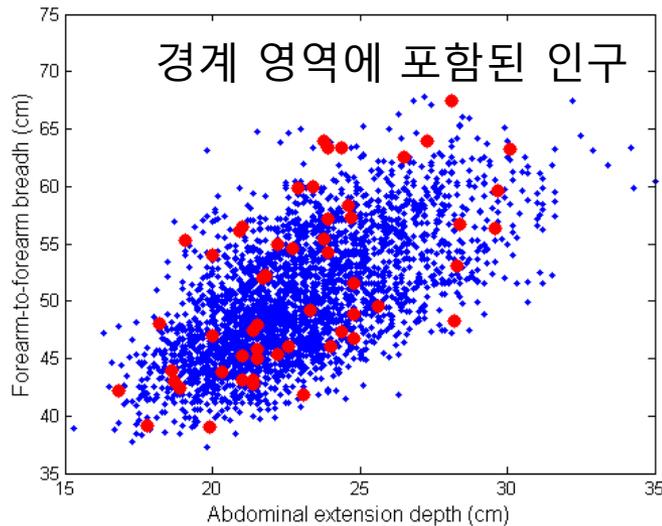
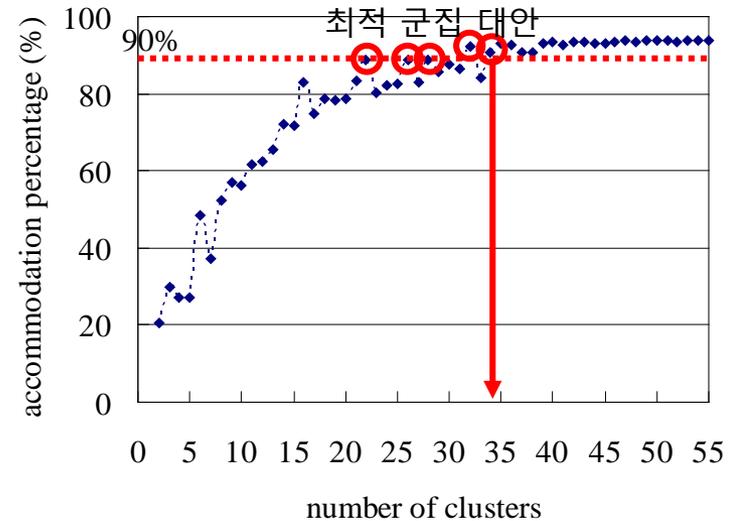
# 경계 영역 인구 군집 분석



## □ 최적 군집수 결정 기준

- 목표 인구 수용률(예: 90%)
- 군집 개수
- 인구 수용률 안정화

⇒ 최적 군집수 = 34



# 생성된 대표인체모델



단위: cm

순번	앞은오금 높이	앞은엉덩이오 금수평길이	앞은넙적 다리높이	앞은배두 께	앞은엉덩이무 릎수평길이	앞은팔꿈 치높이	발직선길 이	팔꿈치사 이너비	앞은엉덩 이너비	무릎높이
1	45.7	52.1	18.3	27.3	65.6	19.4	28.0	64.0	39.7	58.7
2	39.0	50.6	16.2	21.5	62.2	22.6	27.7	47.9	39.2	53.2
3	38.0	45.2	16.2	28.4	55.9	26.9	26.0	56.7	36.8	49.9
4	38.1	51.4	16.3	28.2	62.6	22.8	22.6	48.3	42.4	51.5
5	49.2	56.7	16.5	24.7	68.8	19.0	28.9	57.3	40.7	61.6
6	39.9	45.2	14.7	17.8	55.6	15.5	23.1	39.2	34.3	51.4
7	45.2	52.1	20.6	30.1	65.9	29.0	28.7	63.2	41.9	60.1
8	41.0	48.8	12.1	16.8	57.6	18.2	24.8	42.2	34.0	51.1
9	45.3	55.0	18.4	25.6	66.2	19.9	26.9	49.6	43.8	59.8
10	44.4	51.5	19.0	22.9	63.5	26.1	25.8	59.9	38.8	57.3
11	39.1	46.5	17.4	24.0	57.6	30.2	25.2	46.0	39.9	52.3
12	41.8	51.3	18.2	23.9	62.8	22.5	26.4	63.4	36.7	54.5
13	35.1	43.4	14.2	23.1	52.1	19.8	21.9	41.9	37.6	47.2
14	45.5	49.4	16.6	20.0	61.8	18.9	26.8	54.0	38.3	57.8
15	44.7	49.4	15.8	20.9	60.9	29.0	25.4	56.1	35.1	56.1
16	41.2	50.6	18.0	21.5	61.0	16.5	24.9	45.0	37.2	53.2
17	44.1	54.2	18.7	28.1	67.3	24.7	28.8	67.4	42.5	58.9
18	45.4	52.7	15.4	19.1	63.7	25.3	28.7	55.3	34.8	57.4
19	45.2	55.4	17.4	23.8	67.2	14.3	27.5	55.4	39.2	58.1
20	41.5	49.5	16.7	28.3	60.1	29.4	26.3	53.1	37.6	54.2
21	41.3	49.6	17.1	21.4	58.8	23.9	25.4	47.5	36.6	54.0
22	45.7	55.1	19.6	26.5	67.4	25.5	30.1	62.6	42.0	59.4
23	41.3	47.7	14.4	19.9	57.0	25.3	24.1	39.0	32.6	52.4
24	43.0	49.1	18.4	24.4	61.1	21.9	28.0	63.4	37.7	54.9
25	45.3	54.9	15.2	21.4	65.5	21.0	25.4	42.8	35.1	57.2
26	36.4	49.7	16.2	24.8	59.1	23.0	24.8	51.5	38.8	48.7
27	35.8	45.1	17.5	22.2	57.8	20.6	24.0	45.4	41.4	49.6
28	44.4	48.9	16.6	23.9	60.7	26.6	27.1	54.2	36.8	58.6
29	41.6	50.0	18.0	29.7	61.4	19.9	24.6	59.6	38.4	53.9
30	33.6	44.7	14.6	24.8	54.1	23.3	22.5	46.8	34.2	45.0
31	47.8	51.8	16.7	21.8	64.0	18.4	30.0	52.1	33.9	61.3
32	42.7	52.1	18.1	21.8	64.9	24.9	25.9	52.2	44.1	57.0
33	38.9	46.2	12.8	18.7	55.9	18.0	23.9	43.0	37.6	49.4
34	35.2	46.5	14.1	18.6	55.3	24.2	23.2	43.9	33.4	45.9

# 성능 비교 평가



	Proposed	Bittner et al. (1987)	Kim & Whang (1997)	Meindl et al. (1993)
모델 개수	34	9	9	20
인구수용률 (10 차원)	91%	41%	92%	66%
인체크기 범위를 벗어남	-	-	Possible	-



- 설계 관련 인체변수를 모두 사용한 대표인체모델 생성 기법 개발
  - 설계 대상 인구 수용
  - 모집단 인체 크기 범위를 벗어나지 않음
  - 대표인체모델 개수 유연성
  - 대표인체모델 생성 복잡도 감소
  
- 제품 설계 적용을 통한 제안된 기법의 성능 평가
  - 제안된 기법을 이용한 제품 설계
  - 기존 기법으로 설계된 제품과 치수 비교
  - Digital human simulation 및 사용자 평가를 통한 인구 수용 평가



Thank you for your attention...

