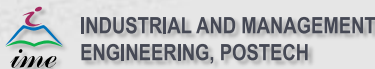
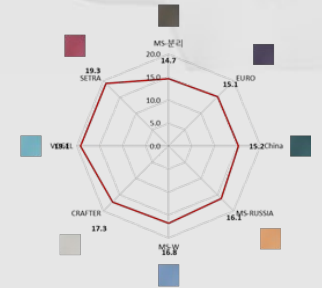
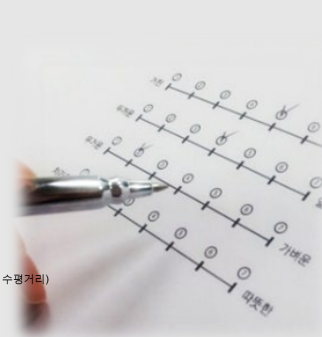
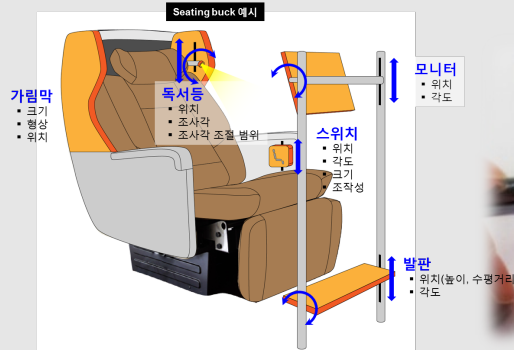




Premium Bus 편의사양의 최적 위치 설계 방법



2018. 11. 16



김민재¹, 정하영¹, 최영근¹, 정영제¹, 박보영¹, 고정배¹,
최희민², 김도현², 김문진², 유희천¹

¹포항공과대학교 산업경영공학과 인간공학설계기술 연구실
²현대자동차 상용의장설계팀

Contents

- 연구 배경 및 필요성
 - 연구 목적
 - 연구 방법
 - 시트 편의사양 개선 설계 평가 protocol
 - 시트 편의사양 개선 설계 평가 분석 방법
 - 연구 결과
 - 평가 항목별 개선 중요도 분석
 - 인간공학적 개선 방향 분석
 - 토의
-

버스 Seat 인간공학적 개선 필요성

- ❑ Premium bus에 제공된 일부 seat 편의사양의 개선에 대한 사용자 needs가 존재함
- ❑ Seat의 전반적 만족도는 높으나, seat 편의사양(예: 시트 작동 스위치, 모니터 등) 최적화 설계를 통한 사용성 개선 필요



Premium bus seat VOC 예: Footrest



구분	Voice Of Customer (VOC)
위치 및 공간 (75%)	<ul style="list-style-type: none"> • 너무 멀리 있어 활용하지 못함 (20) • 너무 낮고 가까워 자리가 좁아짐 (18) • 공간이 좁아 발을 뺄 수 없음 (2) • 신발 보관이 불가함 (1)
크기 (15%)	<ul style="list-style-type: none"> • 너무 작은 크기 (4) • 폭이 너무 좁음 (2) • 상하 길이가 짧음 (2)
기타 (11%)	<ul style="list-style-type: none"> • 동떨어진 footrest 위치가 불편 (1) • 너무 가깝고 낮아 없는 다리 펴기에 불편 (4) • 사용자가 직접 위치 조절을 가능하게 하도록 개선 필요 (1)

기존 Premium Bus 시트 편의사양 연구

- 기존 연구에서 사용성 평가를 통해 개선 대상 편의사양 4종의 **필수 개선 항목 5종**, **권장 개선 항목 8종** 도출
- Premium bus의 편의 사양 **위치에 대한 설계 guideline** 도출

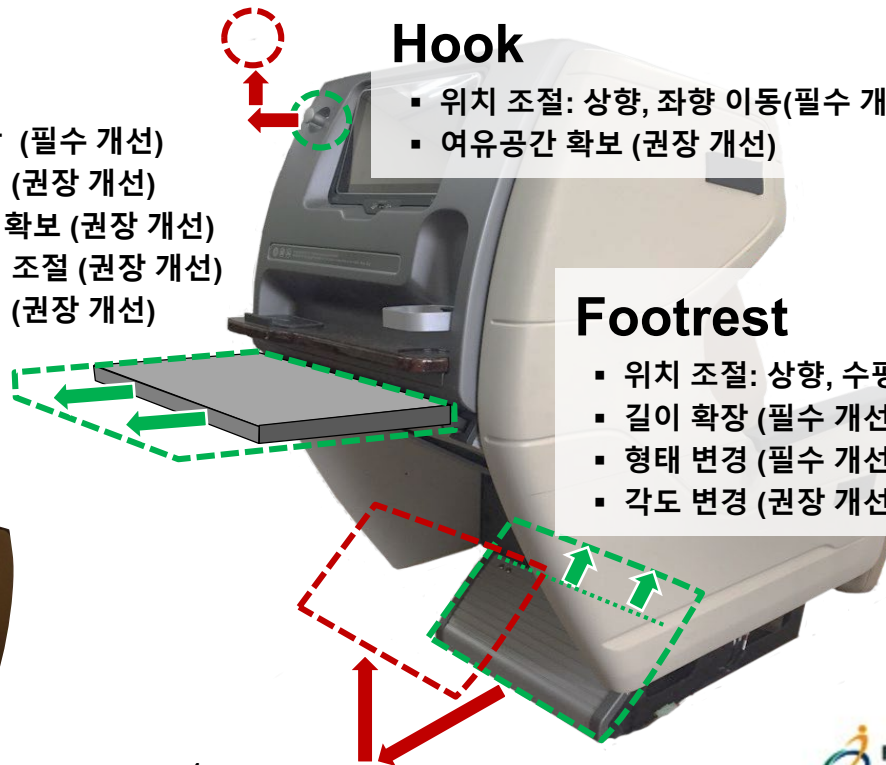
가림막

- 크기 확장 (필수 개선)
- 형태 변경 (권장 개선)
- 위치 변경 (권장 개선)



Table

- 길이 확장 (필수 개선)
- 형태 변경 (권장 개선)
- 여유공간 확보 (권장 개선)
- 전후 거리 조절 (권장 개선)
- 높이 조절 (권장 개선)



Hook

- 위치 조절: 상향, 좌향 이동(필수 개선)
- 여유공간 확보 (권장 개선)

Footrest

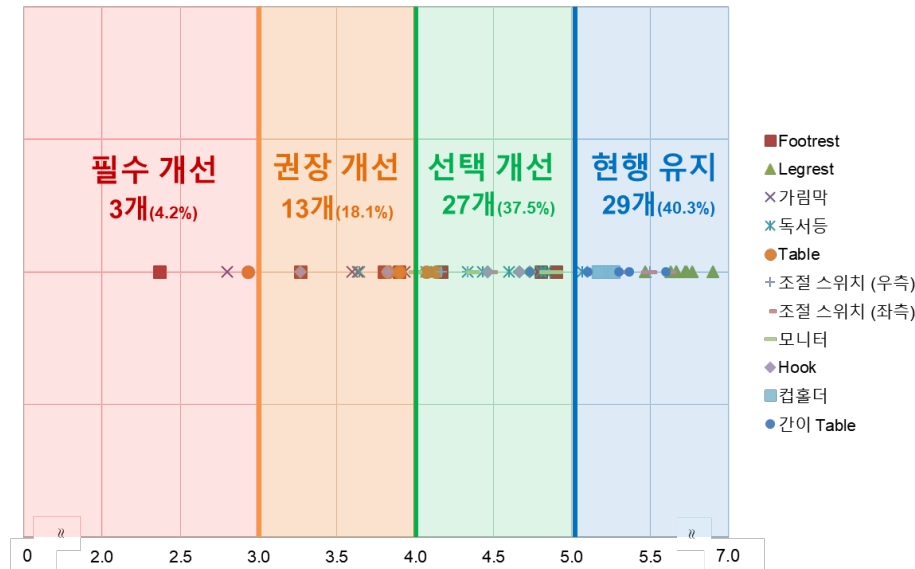
- 위치 조절: 상향, 수평 이동(필수 개선)
- 길이 확장 (필수 개선)
- 형태 변경 (필수 개선)
- 각도 변경 (권장 개선)

--- : 위치 조절
- - - : 크기 조절

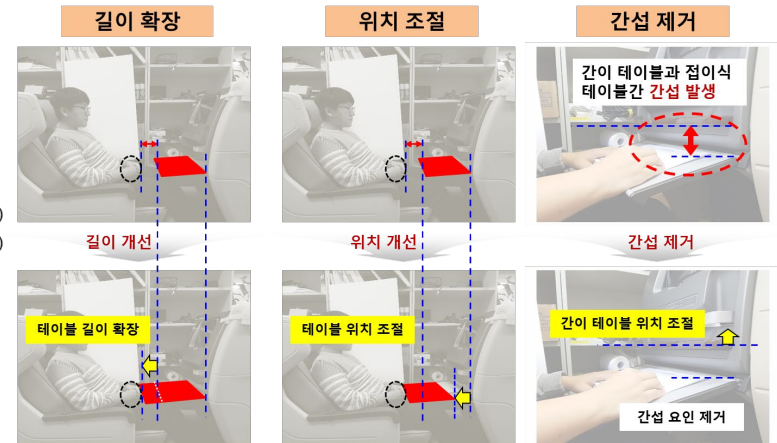
기존 연구의 한계점: 정량적 개선 방향 분석 미미

- ❑ Premium bus에 제공된 일부 시트 편의사양의 개선에 대한 **정량적인 개선 방향**에 대한 분석이 부족함

기존 편의사양 개선 항목 중요도 분석



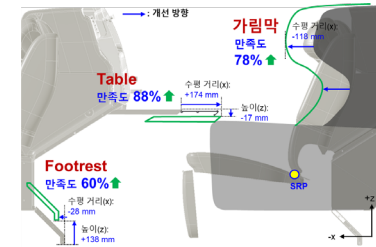
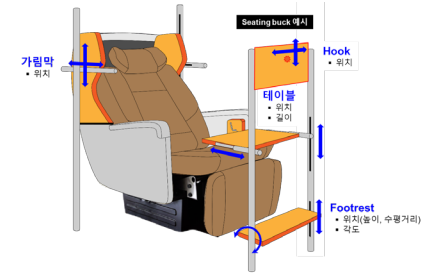
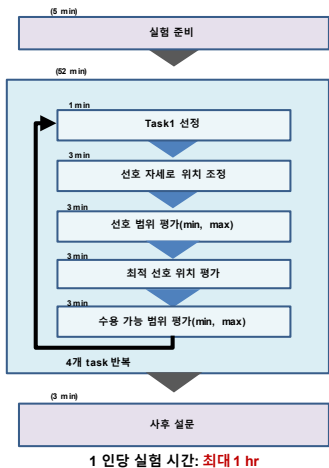
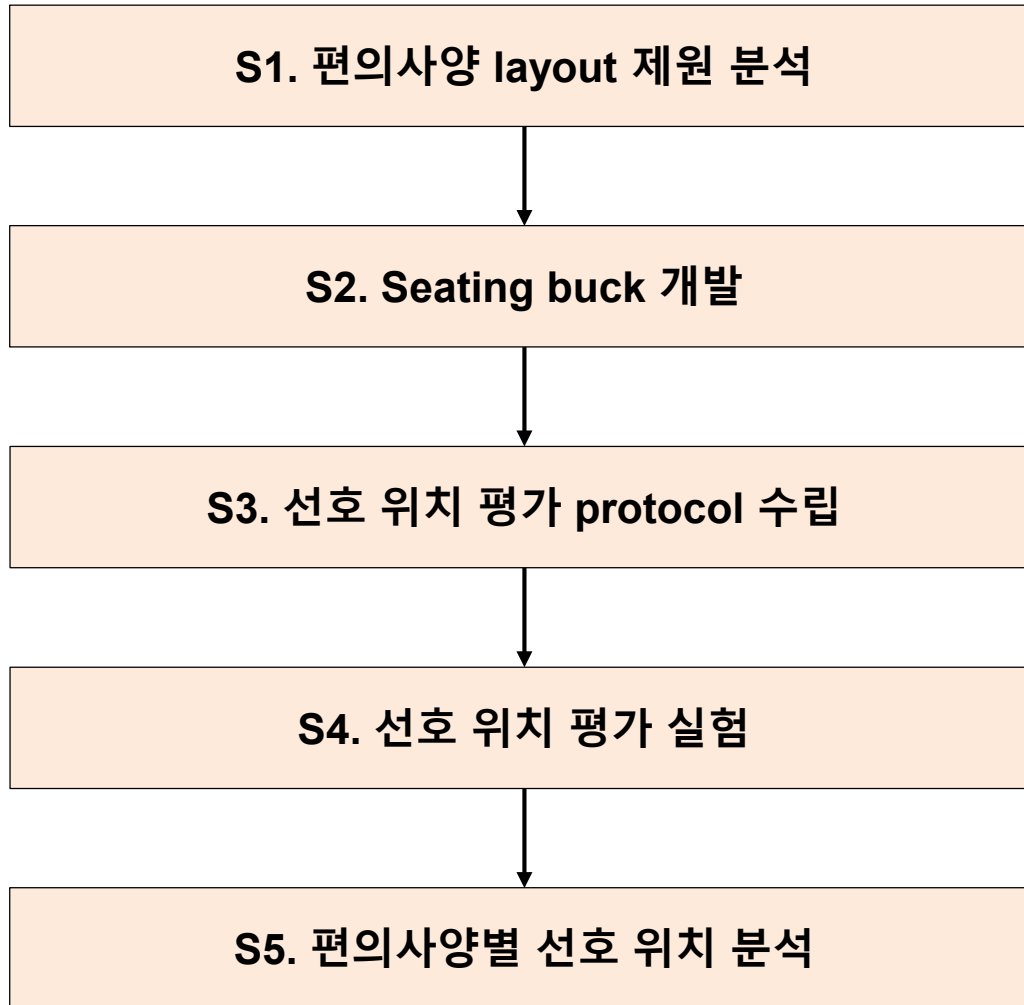
기존 table 개선 방향 분석 예



대형 버스 프리미엄 시트 편의사양 최적 위치 설계 방법 개발

- 편의사양 **선호 위치 평가 방법 개발**
 - ✓ 편의사양 layout 제원 분석
 - ✓ 선호 위치 평가 seating buck 개발 및 평가 protocol 수립
- 시트 편의사양별 **최적 위치 분석**
 - ✓ 선호 위치 평가 실험
 - ✓ 선호 위치 평가 결과 분석

시트 편의사양 최적 위치 탐색 절차



S1. 설계 제원 분석 절차

1) 인간공학적 design dimension 분석

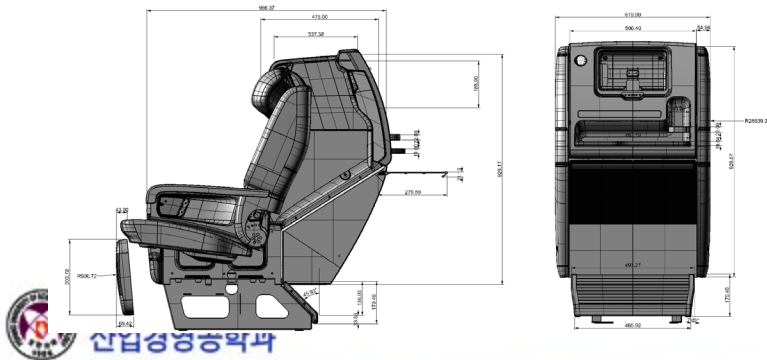
- Premium seat design dimension 정의 (길이, 폭/너비, 높이, 둘레길이, 각도 등)
- Premium seat layout dimension 정의 (x, y, z 좌표, 거리, 조작 및 조절 범위 등)

No.	View	Image	설계단자	No.	View	Image	설계단자
1	정면		좌면 상측 너비	7	좌측		좌면 상측 너비
2	정면		좌면 좌측 너비	8	좌측		좌면 좌측 너비
3	측면		좌면 상측 직경	9	정면		좌면 상측
4	측면		좌면 좌측 직경	10	정면		좌면 상측 모서리 직경
5	측면		좌면 좌면/등받이 직경	11	정면		좌면 좌측 모서리 직경
6	측면		좌면 좌측 너비				

Components	Design Variables	Components	Design Variables
가방받	Height (H)	등받이	Location
	Label (L)		Radius (R)
	Vertical (V)		Vertical (V)
특색물	Location	Legrest	Location
	Radius (R)		Direction
	Vertical (V)		Radius (R)
조절스위치	Label (L)	Legrest	Vertical (V)
	Radius (R)		Direction
	Vertical (V)		Opening angle
모서리	Radius (R)	Legrest	Radius (R)
	Vertical (V)		Vertical (V)
	Vertical (V)		Vertical (V)
연속물	Radius (R)	Legrest	Radius (R)
	Label (L)		Vertical (V)
	Vertical (V)		Vertical (V)

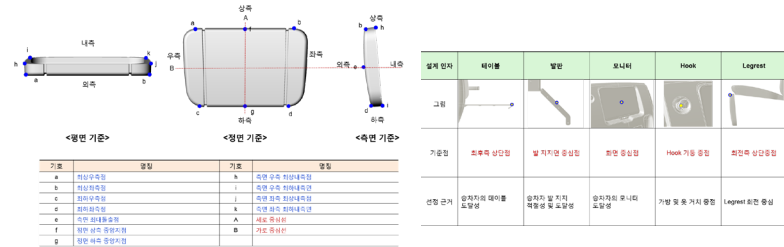
3) CAD 기반 제원 측정

- CAD S/W(e.g., Rhinoceros)를 이용한 제원 측정



2) 기준선, 기준점 정의

- Design dimension 측정을 위한 참조선 및 참조점 정의



4) 제원 비교 분석

- 형상, 길이, 각도, 곡률 측면의 제원을 이용하여 제품 설계 특성 비교

평가부위	No.	설계단자	Image	단위	비스	일도
Footrest	1	좌면 상측 너비		mm	493.28	295.99
	2	좌면 좌측 너비		mm	483.05	480.30
	3	좌면 높이		mm	170.48	170.35
	4	좌면 좌측 각도		°	8.45	-
	5	좌면 좌측 높이		mm	112.23	-
	6	좌면 좌측 너비		mm	12.53	115.64
	7	좌면 좌측 각도		°	8.45	-
	8	좌면 좌측 높이		mm	87.32	-
	9	좌면 상측 두께		mm	14.83	23.43
	10	좌면 좌측 두께		mm	21.32	20.59

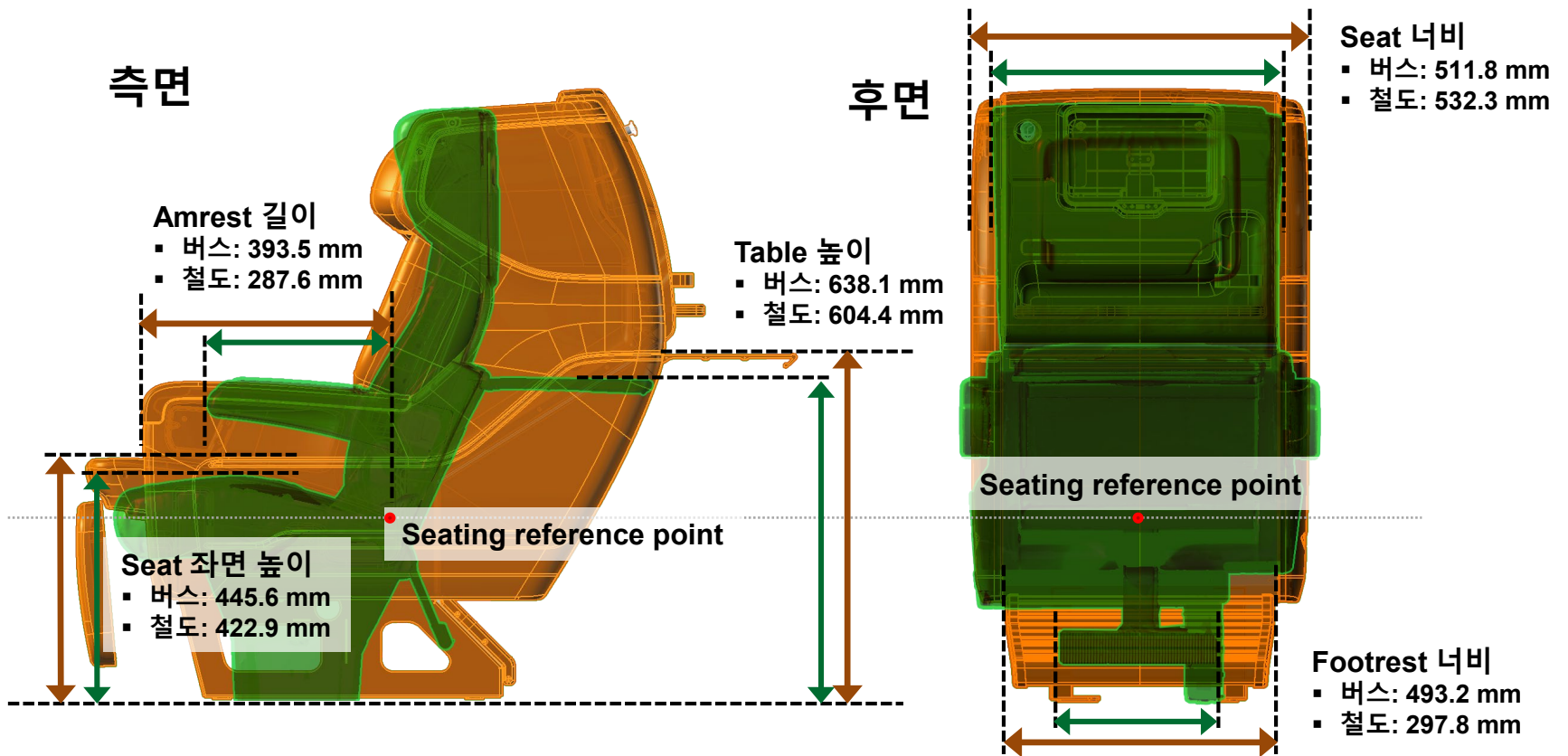
측면	후면
<ul style="list-style-type: none"> Amrest 길이 <ul style="list-style-type: none"> 비스: 393.5 mm 일도: 297.8 mm Table 높이 <ul style="list-style-type: none"> 비스: 638.1 mm 일도: 604.4 mm Seat 좌면 높이 <ul style="list-style-type: none"> 비스: 453.0 mm 일도: 422.9 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Seat 너비 <ul style="list-style-type: none"> 비스: 511.8 mm 일도: 532.2 mm Footrest 너비 <ul style="list-style-type: none"> 비스: 483.2 mm 일도: 297.8 mm

Layout 설계인자 기준점 정립

설계 인자	SgRP	가림막	독서등	조절 스위치	컵홀더
그림					
기준점	Seating Reference Point	가림막 전면 전측점	독서등 회전 중심점	조절 스위치 중심점	컵지지부 하단면 중심점
선정 근거	등받이 및 좌면 교차지점 중심	승차자 착석 시 머리쪽 여유 공간	독서등 회전 중심	조절 스위치 중심	컵 지지부 중심

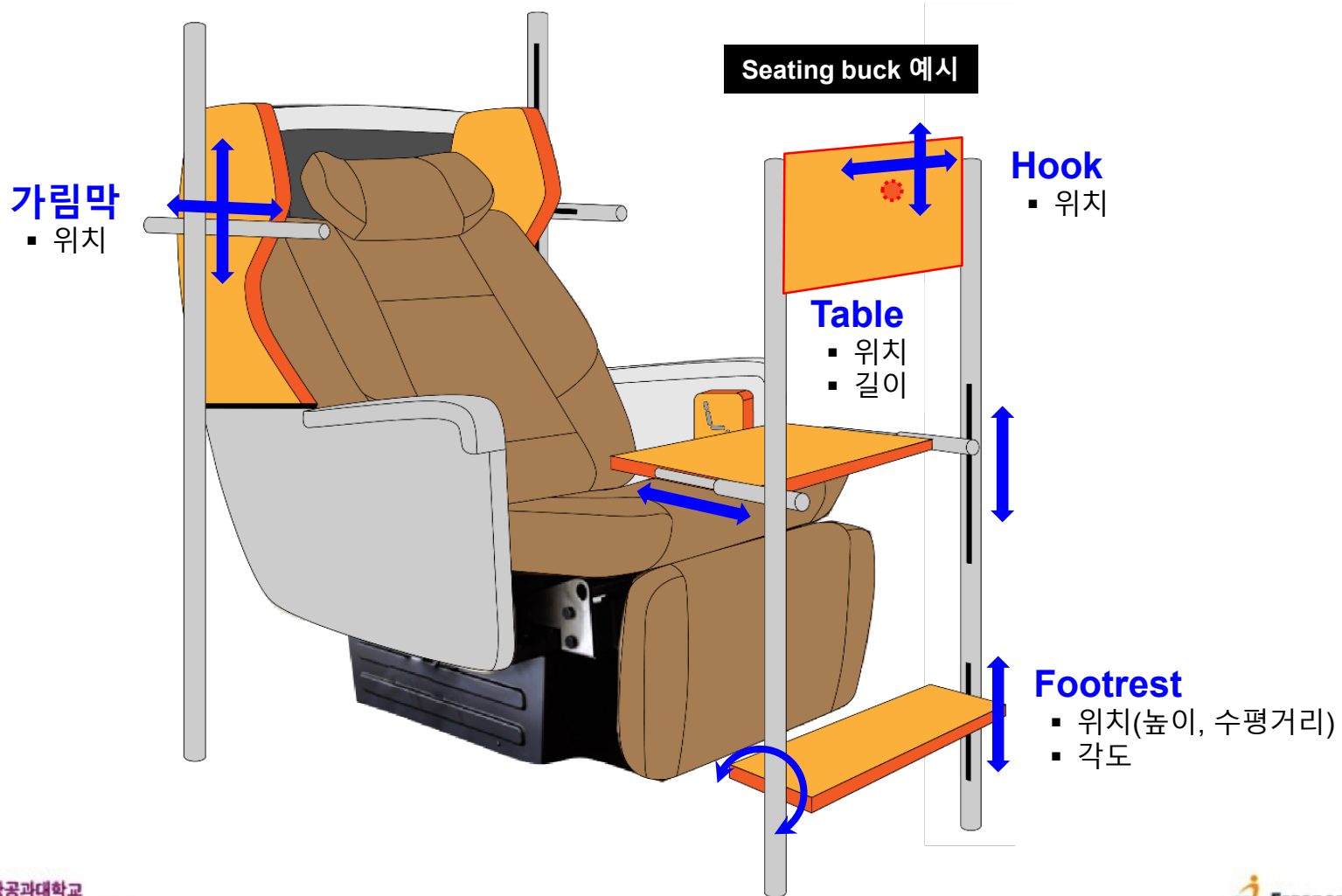
시트 편의사양 Layout 제원 분석 결과

- 각 편의사양의 상대적인 위치가 SgRP 기준으로 정리됨



S2. 선호 위치 평가용 Seating Buck 제작

- 시트 편의사양 4종의 layout (위치, 각도) 조절이 가능한 seating buck 제작



Seating Buck 조절 범위

- 시트 편의사양별 조절 범위로 300 mm가 적용되었으며, pilot test를 통해 일부 편의사양(e.g., table, footrest)의 조절 범위가 보완됨

Components	조절 변수		단위	조절 위치	조절 범위
가림막	Location	Horizontal (x)	mm	208.8 ~ 508.8	300.0
		Vertical (z)	mm	601.5 ~ 901.5	300.0
	Shape		-	-	-
Table	Location	Horizontal (x)	mm	-693.9 ~ 543.9	450.0
		Vertical (z)	mm	147.3 ~ 447.3	300.0
	Shape	Length (x)	mm	-	-
Footrest	Location	Lateral (x)	mm	-1286.1 ~ -986.1	300.0
		Vertical (z)	mm	-356.8 ~ -56.8	300.0
	Shape		-	-	-
	Orientation		° (deg)	45.0	90.0
Hook	Location	Horizontal (x)	mm	-	-
		Lateral (y)	mm	58.4 ~ 358.4	300.0
		Vertical (z)	mm	564.1 ~ 864.1	300.0

평가용 Seating Buck 개발 결과

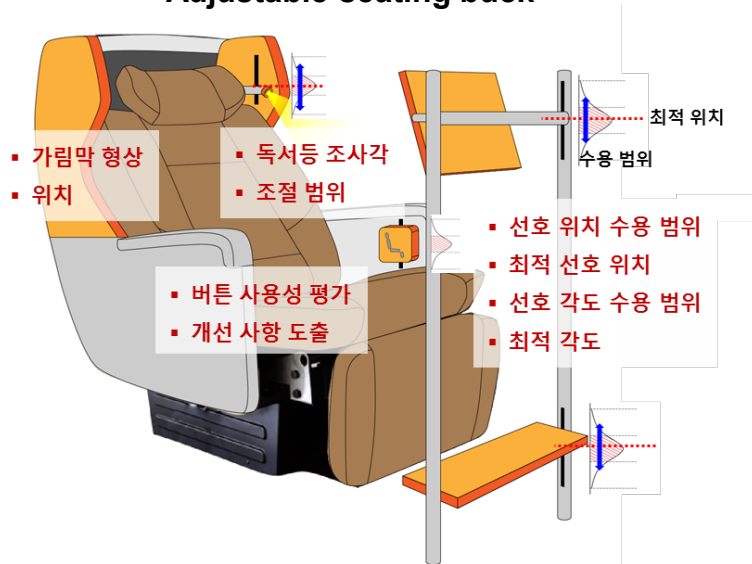
교체 가능한 가림막



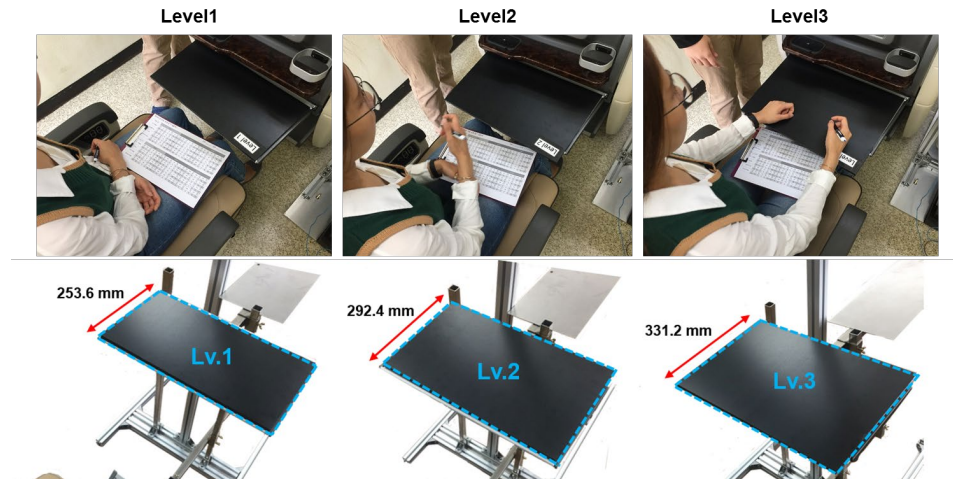
S3. 시트 편의사양 선호 위치 평가

- ❑ 목적: 시트 편의사양별 **최적 위치 분석**
- ❑ 평가 대상: 편의사양 **4종**(table, footrest, 가림막, hook)
- ❑ 실험 참여자: **30명**(남: 15, 여:15)
- ❑ 평가 방법: **seating buck**을 활용하여 **선호 위치, 선호 범위, 수용 범위** 평가

Adjustable seating buck



실제 수준별 주관적 만족도 평가



시트 편의사양 선호 위치 평가 Protocol

1 인당 실험 시간: **최대 1 hr**

(10 min)

실험 준비

연구 배경 (1 min)

연구 목적 (1 min)

실험 순서 설명 (1 min)

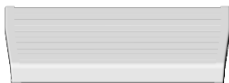
실험 동의서 작성 (1 min)

사용성 평가 연습 (1 min)

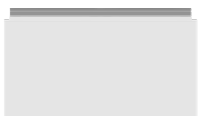
평가 대상 제품



가림막



발판



Table



Hook

(40 min) 선호 위치 평가

1 min

Task 선정

3 min

선호 자세로 위치 조정

3 min

선호 범위 평가(min, max)

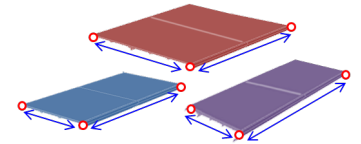
1 min

최적 선호 위치 평가

2 min

수용 가능 범위 평가(min, max)

4개 제품 반복

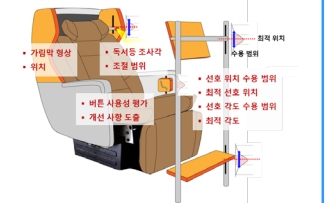


Task에 적합한
착석 위치 및 자세



취침 문서 작업 독서 Entertaining

최적 위치 평가



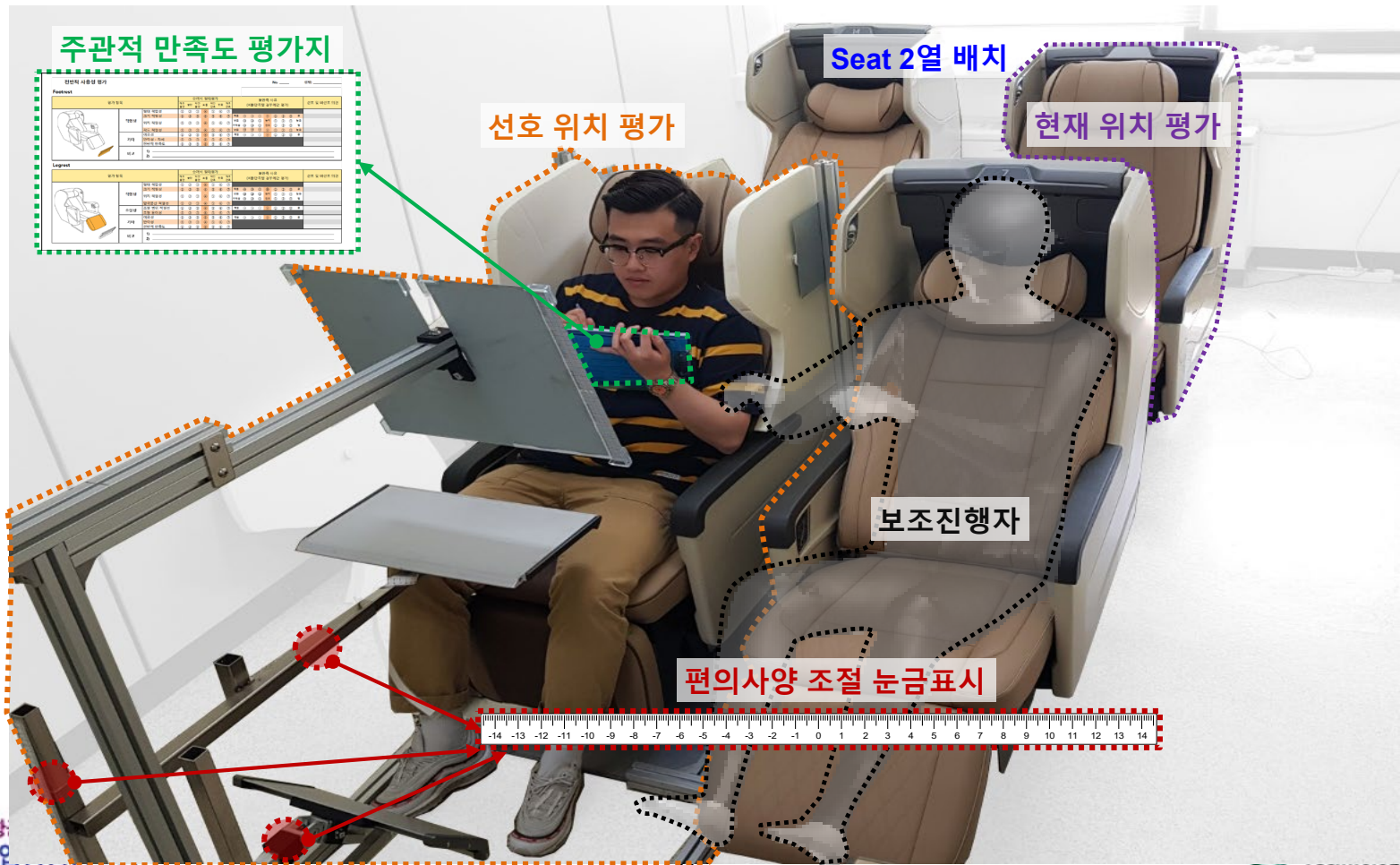
(5 min)

사후 설문



실험 환경

- 평가 시 보조 진행자가 인접 seat에 착석하여 실제와 유사한 환경을 재현함
- 조절 위치($\pm 150\text{mm}$) 확인을 위한 눈금(1mm 간격) 표시



S4. 선호 위치 평가 방법 예: Table

1. Table 사용 task로 **노트북 활용 문서작업** 적용
2. Table **선호 수평 거리** 평가
(선호 범위 → 선호 위치 → 수용 범위; 기존 table 높이로 고정)
3. Table **선호 높이** 평가
(선호 범위 → 선호 위치 → 수용 범위; 선호 수평 거리로 고정)

Typing task



Table 선호 수평 거리 평가



Table 선호 높이 평가

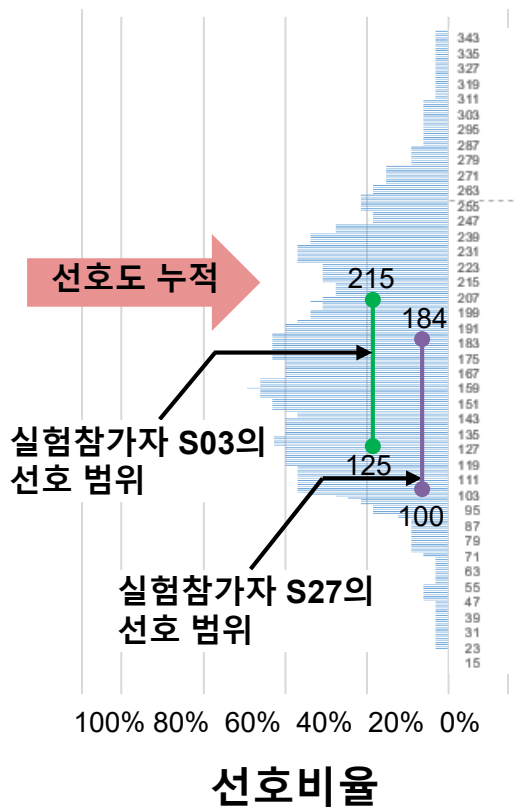


- 선호 범위(min, max)
- 선호 위치
- 수용 범위(min, max)

- 선호 범위(min, max)
- 선호 위치
- 수용 범위(min, max)

S5. 선호 위치 평가 결과 분석 방법: 고정 위치

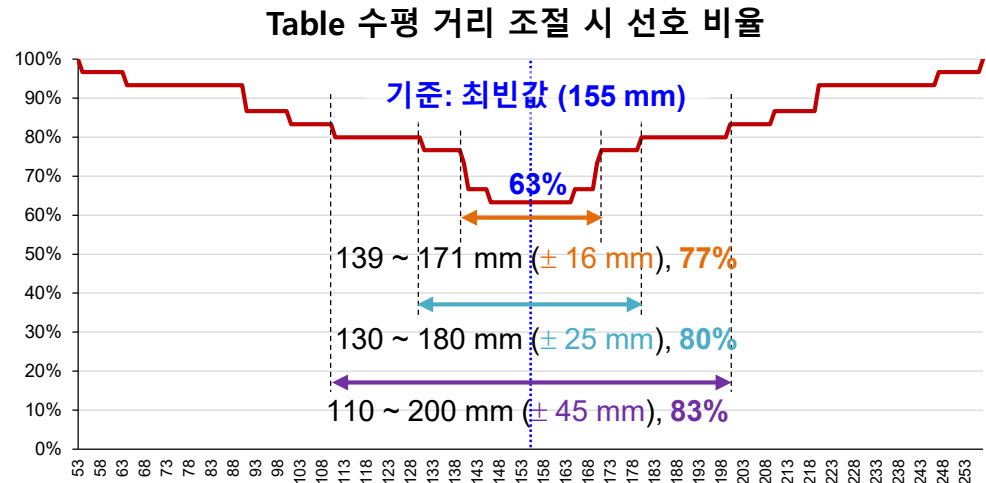
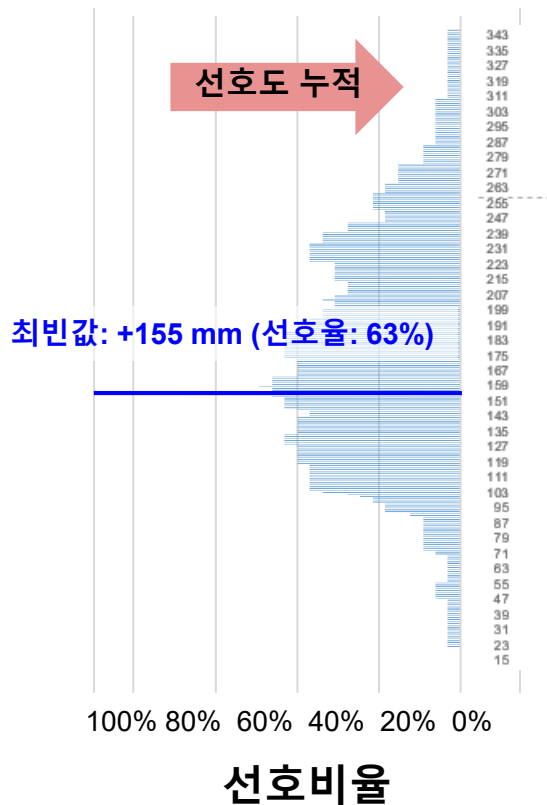
- 편의사양 위치별 선호 및 수용 여부를 분석하여 **누적 선호율 및 수용률 분석**
 - ✓ 선호 범위: 제품 사용 시 **편안한 상태로 사용이 가능한 범위**
 - ✓ 수용 범위: 제품 **사용이 가능한 범위**



선호범위	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S25	S26	S27	S28	S29	S30	총합	선호비율
170	1	1	1	1									17	0.5667
169	1	1	1	1								1	16	0.5333
168	1	1	1	1								1	16	0.5333
167	1	1	1	1								1	16	0.5333
166	1	1	1	1								1	16	0.5333
165	1	1	1	1								1	16	0.5333
164	1	1	1	1								1	16	0.5333
163	1	1	1	1								1	16	0.5333
162	1	1	1	1								1	16	0.5333
161	1	1	1	1								1	16	0.5333
160	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
159	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
158	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
157	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
156	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
155	1	1	1	1		1						1	19	0.6333
154	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
153	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
152	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
151	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
150	1	1	1	1		1						1	18	0.6000
149	1	1	1	1		1						1	17	0.5667
148	1	1	1	1		1						1	17	0.5667
147	1	1	1	1		1						1	17	0.5667
146	1	1	1	1		1						1	17	0.5667
145	1	1	1	1		1						1	17	0.5667
144	1	1	1	1		1						1	17	0.5667
143	1		1	1		1						1	16	0.5333
142	1		1	1		1						1	15	0.5000
141	1		1	1		1						1	15	0.5000
140	1		1	1		1						1	15	0.5000
139	1		1	1		1						1	16	0.5333
138	1		1	1		1						1	16	0.5333
137	1		1	1		1						1	16	0.5333

선호 위치 평가 결과 분석 방법: 조절 가능한 위치

- 누적된 선호도를 통해 **최빈값을** 기준으로 수평 거리 조절 시 **선호 및 수용 비율 분석**



선호 위치 평가 결과 예: Table 수평 거리, 선호율 (1/2)

- 최빈값: +155 mm (선호율: 63%), 평균값: +176 mm (선호율: 57%)
- 최빈 선호 위치 대비 조절 범위 ± 16 mm, ± 25 mm, ± 45 mm 적용 시 선호율 각 77%, 80%, 83%

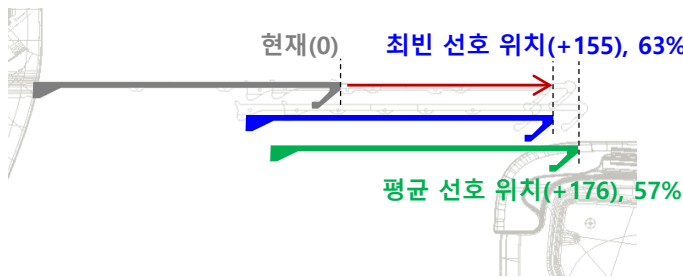
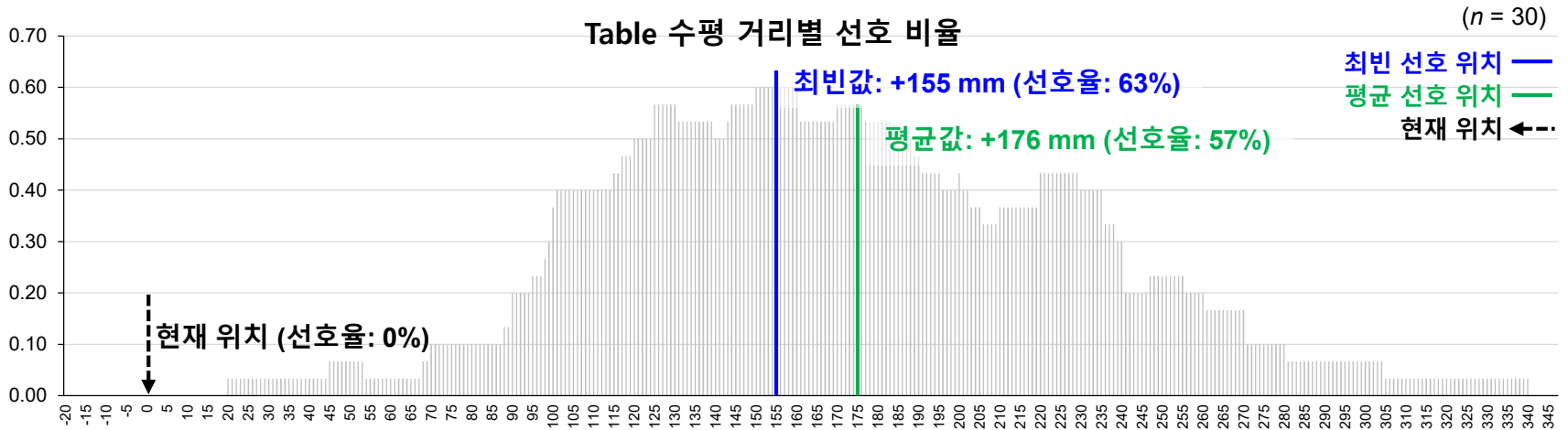
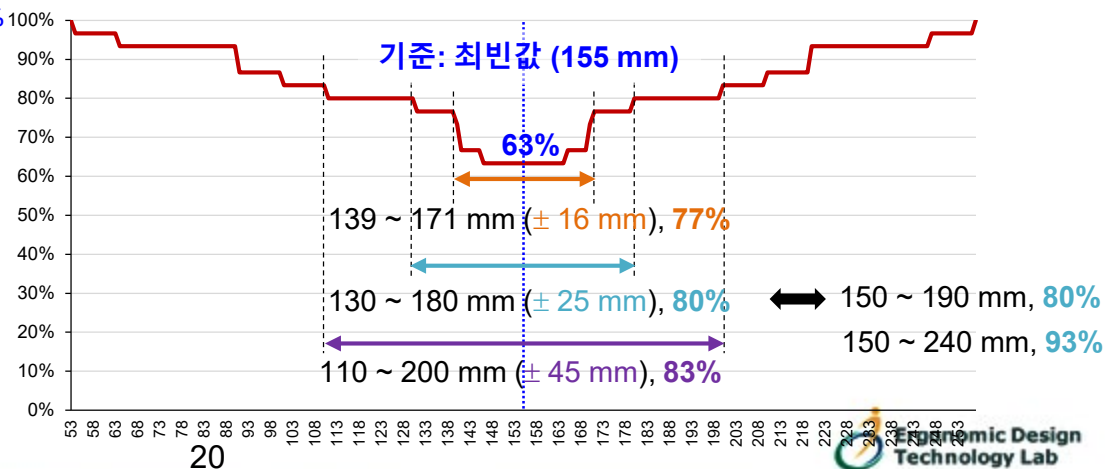
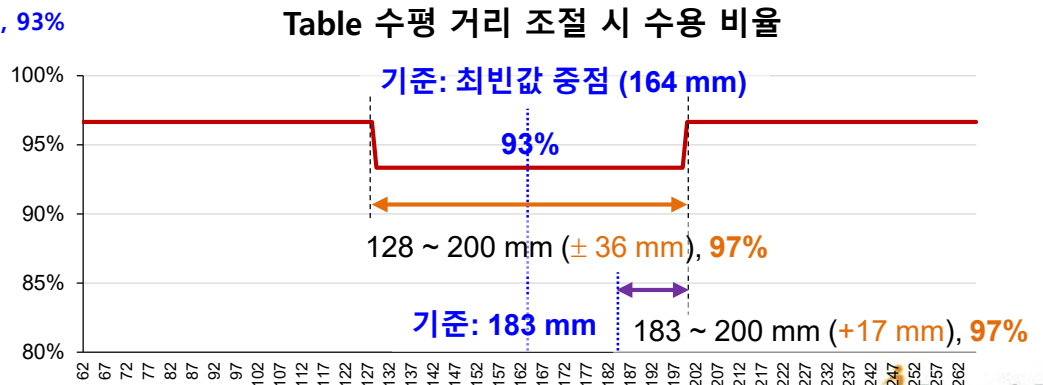
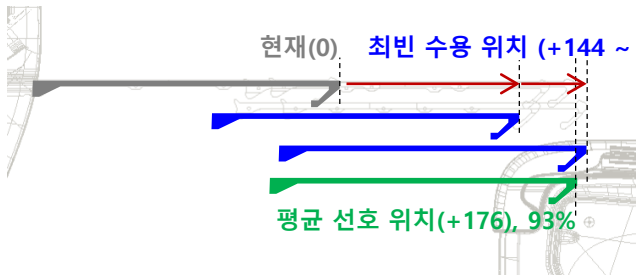
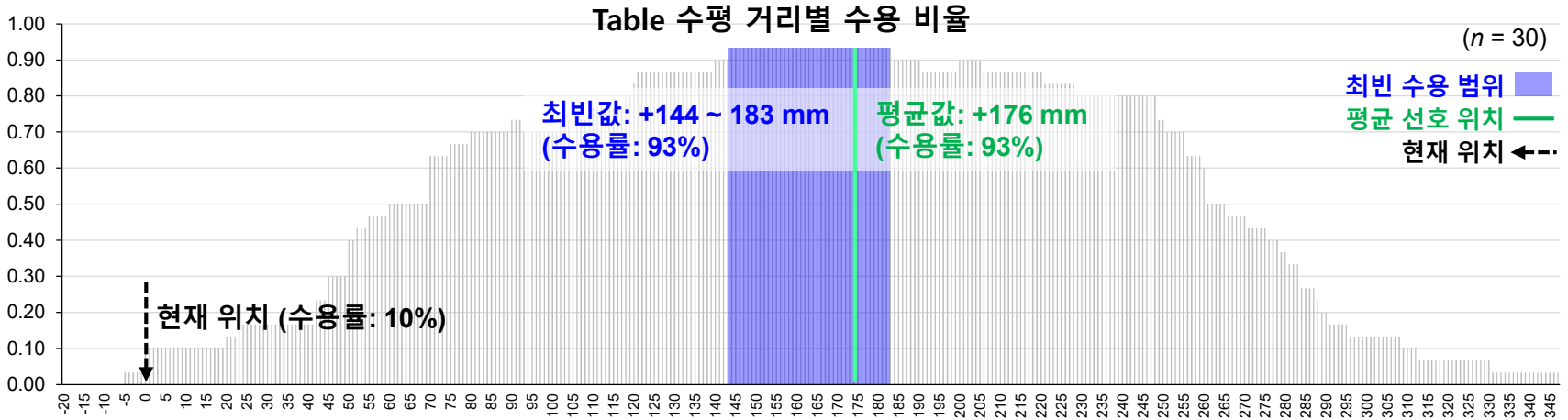


Table 수평 거리 조절 시 선호 비율



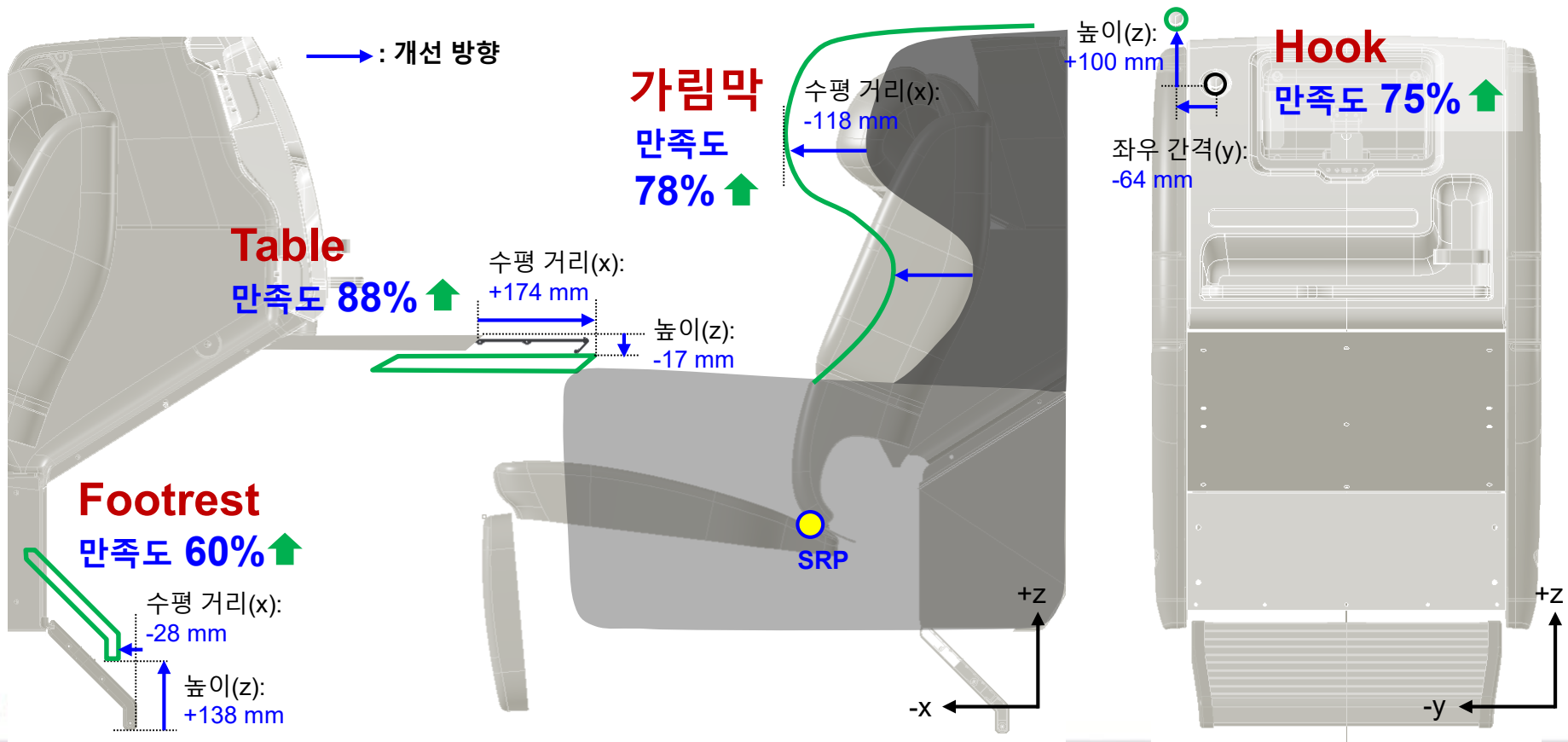
선호 위치 평가 결과 예: Table 수평 거리, 수용율 (2/2)

- 최빈값: +144 ~ 183 mm (수용률: 93%), 평균값: +176 mm (수용률: 93%)
 - 최빈 수용 위치 중심 대비 조절 범위 ± 36 mm 적용 시 수용 비율 97%
- ⇒ 선호 최빈값, 수용 최빈값, 평균 선호 위치 대상 검증 실험을 수행하여 최적 수평 거리 결정



시트 편의사양 위치 개선 방향

- ❑ Table: 승객 방향으로 수평거리 174 mm 가깝게, 높이 17 mm 낮게 이동
- ❑ 가림막: 승객 전측으로 118 mm 이동
- ❑ Footrest: 138 mm 높게, 승객으로 부터 수평거리 28 mm 멀게 이동
- ❑ Hook: 64 mm 좌측으로, 100 mm 높게 이동



시트 편의사양 예상 개선 효과

- 시트 편의사양 위치 개선 시 선호 비율 4% ~ 92%, 수용 비율 4% ~ 76%, 만족도 31% ~ 115% 향상이 기대됨

(n = 30)

편의 사양	설계 변수	단위	현재 위치 (SRP 기준)	수용률	선호율	만족도 평균	개선 위치	수용률	선호율	만족도 평균	개선 방향	수용률 변화	선호율 변화	만족도 변화
Table (Notebook 문서작업 기준)	수평거리	mm	-543.9	10%	0%	2.6	-370.4	63%	92%	5.6	+173.5	+53%	+92%	+111%
	높이	mm	297.3	90%	57%	3.7	280.8	94%	76%	5.4	-16.5	+4%	19%	+46%
Foot rest	수평거리	mm	-1136.1	20%	50%	2.4	-1152.6	37%	63%	4.5	-28.4	+17%	13%	+89%
	높이	mm	-206.8	3%	3%	2.4	-68.9	47%	33%	4.5	+137.9	+30%	+44%	+89%
	각도	° (deg.)	45.0	73%	73%	3.4	46.0	77%	77%	4.4	+1.0	+4%	+4%	+31%
가림막	위치	mm	358.8	7%	7%	2.9	240.8	83%	83%	6.3	-118.0	+76%	+76%	+115%

Discussion

□ 시트 편의사양 선호 위치 평가 protocol 개발

- ✓ Premium bus 시트 편의사양 선호 위치 평가 protocol 구축
- ✓ Premium bus 시트 편의사양 선호 위치 평가에 특화된 seating buck 개발
- ✓ Premium bus 시트 편의사양 선호 위치 평가 기반 개선 방향 분석

□ 참가자별 선호도 누적을 통한 선호 위치 평가 결과 분석

- ✓ 시트 편의사양 위치에 대한 수용률 및 선호율 구분 평가
- ✓ 위치 조절 가능 여부에 따른 수용률, 선호율 분석
- ✓ 선호 최빈값, 수용 최빈값, 평균 선호 위치 대상 검증 실험을 수행하여 최적 수평 거리 결정

Discussion

□ Limitations

- ✓ 시트 편의사양별 선호 자세 유형 파악 필요
- ✓ 더 많은 실험참여자를 대상으로 사용자 관찰 및 행동 유형 분석 필요
- ✓ 프리미엄 버스 승객의 세부 사용 자세 측정 및 분석 수행 필요

□ 추후 연구

- ✓ 개선안 기반 평가를 통한 validation
- ✓ 인체 특성에 따른 편의 사양 형태 prediction
- ✓ 실차 환경에서 실제 프리미엄 버스 승객을 대상으로 사용성 평가 수행 및 결과 비교

Q&A

경청해 주셔서 감사합니다.



Layout 설계인자 기준점 정립

설계 인자	SgRP	가림막	독서등	조절 스위치	컵홀더
그림					
기준점	Seating Reference Point	가림막 전면 전측점	독서등 회전 중심점	조절 스위치 중심점	컵지지부 하단면 중심점
선정 근거	등받이 및 좌면 교차지점 중심	승차자 착석 시 머리쪽 여유 공간	독서등 회전 중심	조절 스위치 중심	컵 지지부 중심

Layout 설계인자 기준점 정립

설계 인자	테이블	발판	모니터	Hook	Legrest
그림					
기준점	최후측 상단점	발 지지면 중심점	화면 중심점	Hook 기둥 중점	최전측 상단중점
선정 근거	승차자의 테이블 도달성	승차자 발 지지 적절성 및 도달성	승차자의 모니터 도달성	가방 및 옷 거치 중점	Legrest 회전 중심