

가상 공간에서의 천장 높이지각에 관한 연구

신미경* · 윤정선* · 이강희* **

*한국표준과학연구원

**충남대학교 심리학과

두 실험을 통해 가상환경에서의 공간의 높이 지각, 공간에 대한 감성, 편안한 느낌을 주는 높이에 대해 연구하였다. 공간의 높이 지각은 제시된 공간의 높이가 높아짐에 따라 함께 높아 졌으며 2m의 경우를 제외하고는 높이에 대한 지각은 제시된 높이와 다름이 없었다.

키는 높이 지각에는 영향을 주지 않지만 편안한 높이의 선정에는 영향을 주었고 인위적으로 주어진 눈높이는 높이 지각과 편안한 높이의 선정 모두에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났으며 벽 색의 밝기는 높이 지각에는 영향을 주지 않지만 공간에 대한 감성에는 영향을 주는 것으로 나타났다. 키에 따라 편안한 높이에 차이가 있다는 발견은 Warren과 Mark의 body-scaled information 주장과 일치하는 결과이다. 작은 키 그룹은 2.496m를 큰 키 그룹은 2.678m를 편안한 천장 높이로 설정하였다. 자신의 눈높이와 18.3cm의 차이를 둔 주어진 눈높이가 편안한 천장 높이에 유의한 차이를 내지 못했다는 결과는 눈높이에 대한 선행 연구와는 일치하지 않지만 선행연구에서는 관찰창을 사용하여 매우 제한적으로 자극을 제시하였고 본 실험에서는 방을 전체적으로 보여주고 참조물인 의자까지 넣어주었다는 차이점에 그 원인이 있을 수 있다고 생각된다.

편안함을 주는 공간은 어떤 특성을 갖춘 공간인가? 이러한 질문은 건축학, 심리학, 실내디자인 분야에서 빈번하게 제기되는 질문이다. 또한 이 질문에 대한 적절한 답의 제시는 실생활에 즉시 이용될 수 있는 매우 유용한 것이 된다. 그러나 이러한 내용을 다면적, 체계적으로 다룬 연구는 찾아보기 힘들다. 본 연구는 편안함을 주는 공간 요소를 찾는 것을 목표로 하여 방의 높이, 키, 눈높이, 벽 색의 밝기 요인들이 공간 지각에 어떠한 영향을 주는가를 가상공간을 이용하여 알아보고자 한다.

공간지각을 다루는 실험은 일반적으로 피험

이며 체험한 바를 평가하기보다는 간접적으로 방법에서, 또는 축소 모형을 들여다보고 관찰자의 시점으로 평가하는 방법들이 사용되어져 왔다. 그것은 공간의 요소를 실제환경에서 제어하기 어려운 것에 그 원인이 있다. 실제환경에서 공간지각을 연구하는 데에는 많은 한계가 있다. 즉, 벽 색을 여러 가지로 바꾼다든지 천장높이를 높였다, 줄였다 해보는 것은 많은 시간과 경제적인 투자를 요구한다. 본 연구에서는 이러한 축소 모형이나 실제환경의 한계를 극복하기 위하여 가상현실 기술을 도입하였다. 피험자가 가상공간 안에 들어가서 벽 색

이 다른 방들의 천장 높이를 평가해 보도록 하는 것, 천장 높이를 직접 체험하고 원하는 대로 천장높이를 조절하게 하는 것, 피험자의 눈높이를 임의로 조절하여 공간을 경험하게 하는 것 등은 가상현실 기술의 장점을 십분 활용할 수 있는, 이 분야에 대한 새로운 연구 방법이라 할 수 있겠다.

가상공간을 이용하여 수행된 연구의 결과를 실제 상황에 적용하기 위해서는 가상공간에서의 공간 지각이 실제공간에서의 공간 지각과 같은 지 검증이 요구된다고 하였다. 실제공간과 가상공간에서의 공간감 비교 평가는 그 연구가 활발하지는 않지만 윤정신(1998)의 연구에서 시도된 바 있다. 이 연구에서는 실제공간과 동일하게 가상공간을 모델링하여 두 공간의 가로, 세로, 높이, 느끼는 감성 등을 비교하여 두 공간간에 유의한 차이가 있는가를 연구하였다. 연구의 결과는 유의한 차이가 없다는 것이었으며 이러한 결과는 가상공간에서의 공간지각이 현실의 공간지각과 다르지 않다는 것을 의미하는 것으로 이것을 바탕으로 본 연구에서는 가상현실을 이용한 공간지각 실험을 시도하게 되었다.

생태심리학자들이 주장하는 *body-scaled information*에 의하면 환경에 대한 지각은 곧 인간이 환경 속에서 무엇을 할 수 있는가에 대한 지각이며, 이에 대한 정보는 환경적 속성과 인간 신체적 속성의 관계성 속에서 생성되며 환경의 물리적 속성이 신체의 크기에 의해 상대적으로 표현된다고 한다. (Gibson, 1966, 1986, 1991), Warren(1984), Warren과 Whang(1987), Mark(1987), 오영근과 윤도근(1997)). 이러한 주장을 본 연구에 적용하면 인간이 활동하기에 편안한 방 높이를 지각할 때 자신의 키에 따라 다르게 지각할 것이라는 가정을 해 볼 수 있다.

Warren(1984)은 계단의 높이에 대한 한계치(critical point)와 최적치(optimal point)의 연구에서 여러 가지 계단의 높이를 슬라이드를 이용하여 시각적으로 제시하고 키에 따라 두 집

단으로 나뉜 피험자들에게 정상적으로 걸어서 올라갈 수 있는 계단의 한계치와 가장 선호하는 계단의 높이를 판단하도록 하였다. 이 실험의 기본 가정은 인간과 환경사이의 적합성은 인간의 신체적 속성(Animal)을 기준으로 환경(Environment)을 측정하는 π ($\pi = E/A$) 값으로 나타낼 수 있으며, 한계치수와 적정치수는 바로 이 π 값으로 나타낼 수 있다는 것이다. Warren의 실험의 결과에 따르면 계단의 높이(R)와 인간의 다리 길이(L) 사이에 변함없이 존재하는(invariant) 한계 값은 .88이며 최적 값은 .26이다($\pi = R/L$).

이러한 연구를 발전시킨 Mark(1987)는 피험자의 발에 나무로 만든 발판을 부착하는 방법을 사용하여 눈높이를 조작함으로써 최대의 자 높이(SHmax)와 최대 계단 높이(Rmax)는 다리의 길이 보다는 눈높이(EH)에 의해 더 정확하게 결정됨을 발견하였다. 실험결과 SHmax는 .454EH로 Rmax는 .457EH로 나타났다. 또한 Warren과 Whang(1987)의 출입구의 폭(Aperture)을 측정하는 실험에서는 사람의 어깨폭(Shoulder)을 이용한 A/S과 사람의 눈높이(eye height)를 이용한 A/e를 관찰하였다. 사람이 몸을 비틀지 않고 지나갈 수 있는 π_{max} 값으로 그들은 A/S = 1.30, A/e = .29를 얻었다.

*body-scaled information*은 앞서 언급한 연구들에서 다룬 2차원적인 환경뿐만 아니라 방이라는 3차원적인 환경을 평가하는 데도 마찬가지로 적용될 수 있을 것이다. 이한석과 오영근(1997)은 신체척도에 의한 실내공간 크기의 논문에서 Warren 과 Mark의 2차원적인 연구를 적용하여 3차원적인 공간에 이러한 생태심리학적 이론을 적용하려는 시도를 하였다. 즉 1/10의 방의 축소모형에 각각 다른 키의 인형(170cm, 190cm의 1/10 축소형)을 넣어 놓고 피험자로 하여금 들여다보도록 하여 행동 가능한 최소의 거실 높이에 대해 추정해 보도록 하였다. 실험의 결과는 인형의 키에 따라 최소한의 거실높이(minimum livingroom height)가

다르게 지각된다는 것을 보여주고 있다. 즉 공간의 높이와 신체치수 사이에 존재하는 일정한 관계(π :공간크기/신체크기)가 축소모형을 이용한 지각판단에 의해 구해 질 수 있음을 나타낸다($\pi = .89$). 그들은 이 연구의 결과로부터 아파트의 거실의 최소 높이는 210cm라고 주장한다.

그들의 연구결과는 거실 높이의 한계치수 설정에 인형의 키는 유의한 차이를 나타내고 있으나 피험자의 실제 키는 상관관계가 없음을 나타내고 있다. 이것은 피험자가 실제로 방에 들어가지 않고 축소모형 밖에서 방안을 관찰한 결과이므로 예상된 결과라고 하겠다. 이 연구는 피험자가 방안에 직접 들어가 방 높이를 평가하지 못하고 방밖에서 방안을 들여 보며 인형을 기준으로 관찰 할 수밖에 없다는 제약 때문에 제한적인 의미밖에 가지지 못하고 있다. 이에 비하여 본 연구에서는 가상공간을 이용하여 다른 연구에서 가능하지 않았던 조건들을 제어하여 실험해 보았다. 즉 각자가 실제 자신의 눈높이로 직접 방에 들어가 각 조건의 방을 관찰하는 것은 물론이고 한걸음 더 나아가 자신의 눈높이가 아닌 실험자에 의해 주어지는 다른 눈높이로도 관찰하도록 하였다.

자신의 눈높이가 아닌 다른 눈높이로 관찰하는 경우는 Warren 등(1987)의 지나가는 통로의 폭(Passability)에 대한 실험에서 일부러 바닥 면을 올라가 보이게 하는 Ames Room (Goldstein, 1989)과 같은 방법을 써서 그릇된 눈높이 정보를 주어 이러한 상황에서 간신히 지나갈 수 있는 공간에 대한 판단이 어떻게 이루어지는지에 대해 조사한 예가 있다. Warren의 실험결과는 피험자들은 바닥 면이 올라가 보여지는 조건(raised floor condition)에서 통로의 폭을 실제보다 더 넓게 판단하였다는 것을 나타낸다. 이것은 이 바닥 면이 올라가 보여지는 조건에서 눈높이가 상대적으로 낮아지며(21.5cm), 지각적으로 어께의 폭이 좁아지는 효과를 가져오고 따라서 같은 통로의 폭을 더

넓게 지각한다는 것으로 해석된다. 즉 Warren은 사람이 지나갈 수 있고 없음을 판단할 때 자신의 눈높이를 기준으로 한다고 주장한다.

그러나 Wraga(1999)는 자세에 따른 눈높이를 이용한 물체의 높이 평가 연구에서 인간이 눈높이를 크기 판단의 기준으로 하지만 선 자세와 앉은 자세에서의 크기 판단이 서로 다르지 않았다는 연구의 결과는 시각 체계가 경험을 통하여 중다 눈높이(multiple levels of eye height)정보에 적응하며 이용하고 있다는 사실을 나타낸다는 조금 다른 주장을 하고 있다. 이러한 눈높이에 대한 선행연구를 참고하여 본 연구에서는 눈높이의 공간 지각에 대한 영향을 알아보았다.

공간 지각과 감성에 영향을 주는 요소로서 색에 대한 연구는 여러 학자들에 의해 수행되어져 왔다. 색은 색 자체가 가지고 있는 특성에 의해 특별한 감성이나 효과를 나타내기도 하고 그 색채가 존재하는 환경에 따라 그 감성과 효과가 달라지기도 하며 (한옥희 등, 1998), 실내의 명도와 사람들이 늘어난 패턴에 따라 공간감과 밀집감이 유의하게 변하며(고영희, 1986) 실내의 색채가 방의 크기와 밀집감에 영향을 미친다(Baum 과 Davis, 1976).

난색은 물체를 길게, 더 크게 보이게 하고 가깝게 보이게 하며, 반대로 한색은 물체를 길이가 짧게, 더 작게 보이게 하고 멀게 보이게 한다. 흰색 가구는 크게 보이며 바닥 벽 천장을 하얗게 칠하면 방이 커 보이며 검은색 가구는 작게 보이며 바닥 벽 천장을 어두운 색으로 칠하면 방이 작아 보인다. 또한 색채의 면적이나 재질에 따라 면적효과가 달라지며 무게감이 달라지기도 한다.(박상호 편저, 1997; 파버 비렌, 1996). 이러한 연구 결과들로부터 색채가 공간 지각과 감성에 영향을 줄 것이라는 것을 가정할 수 있으며 본 연구에서는 실내 공간 높이의 지각과 공간에 대한 감성에 색의 밝기가 어떤 영향을 주는지 알아보고자 하였다.

Sim, Sullivan, Shaw와 Carello(1988)의 편안함을 주는 상태에 대한 연구에 의하면 편안함을 주는 상태(Comfort Mode)란 유기체가 편안함을 느끼고 최소의 에너지로 일관성 있게 같은 일을 계속적으로 반복할 수 있는 상태라고 정의한다. 편안함을 주는 상태는 Kugler와 Turvey(1987)가 그들의 손목진자(Wrist Pendulum) 연구에서 선호된 상태(PREFERRED STATE)라고 부른 상태나 또 물리학에서 논하는 끌개(attractor)와 같은 종류의 상태라고 하겠다(Symon, 1971, Abraham과 Shaw, 1982). 눈이 가려진 채로 실린더 모양의 물체를 바닥에 굴리는 Sim의 실험에서 피험자는 첫 시행은 편안하며 일관성 있는 상태로 실린더를 굴리고(Comfort Mode) 두 번째는 힘을 약간 덜 들여서 굴리고(Under Mode), 세 번째는 다시 편안한 상태로, 네 번째는 힘을 약간 더 들고(Over Mode), 마지막으로, 다시 편안한 상태에서 실린더를 굴리도록 지시를 받았다. 그 결과 세 번의 Comfort Mode의 거리는 서로 다르지 않았으며, 이 Comfort Mode의 거리는 Under Mode나 Over Mode의 거리와는 유의하게 다르다는 것이 관찰되었다. 이러한 Comfort Mode의 방법을 적용하여 본 연구에서는 과연 편안함을 주는 방의 높이가 일관성 있게 존재하는지, 그렇다면 그 높이는 얼마나 되는지를 알아보았다.

실험 1에서는 천장높이, 키, 눈높이, 벽 색의 요소들이 천장높이 지각과 공간 감성에 영향을 주는가에 대해 연구하였으며, 실험 2에서는 이 요소들이 편안한 천장높이 지각에 영향을 주는 가에 대해 연구하였다.

실험 1. 천장 높이 지각과 공간 감성 실험

방법

피험자. 국민표준체위 조사 보고서(한국표준

과학연구원, 1997)에 근거하여, 18세에서 24세의 남자 신장 95%(180cm)이상과 10%(165cm)이하에 해당하는 남자 각 11명씩 22명이 본 실험에 참여했다. 피험자의 연령은 만 19세에서 27세까지이며 이들은 실험 1과 실험 2에 참여한 대가로 2만원씩 받았다.

표 1. 18세에서 24세의 남자 10%와 95%의 키와 눈높이 (국민표준체위 조사보고서, 한국표준과학연구원, 1997)

	10 %	95 %
신 장 (cm)	164.4	180.3
눈높이 (cm)	153.0	168.2

표 2. 본 실험의 피험자 연령 및 인체측정치

	큰 집단		작은 집단	
	평균	표준 편차	평균	표준 편차
연 령(탄)	23.08	2.06	22.82	2.75
신 장(cm)	183.18	2.69	162.44	2.14
눈높이(cm)	172.18	3.12	151.77	2.35

장치와 재료. 가로 4m x 세로 5m의 방을 가상환경으로 구현하여 사용하였다. 가상공간은 Silicon Graphics Indigo 2 Maximum Impact로 제시되었다. 피험자들은 3차원 입체영상을 제시하기 위한 HMD(Head Mounted Display, Virtual Research사가 제작한 Model V8)를 착용하고 가상공간에 들어가 공간을 탐색하였으며, Pinch Glove를 오른 손에 끼고 엄지와 검지(천장 높이를 낮출 때), 또는 엄지와 중지(천장 높이를 높일 때)를 사용하여 천장의 높이를 조정할 수 있도록 했다. 머리위치의 계속적인 추적을 위해 위치 센서(Polhemus 사가 제작한 Model인 Fastrak)을 사용했다. 머리의 움직임에 대한 정보는 관찰자를 둘러싸고 있는 환경을 3D로 나타내는 데에 입력자료로 사용되어 가상공간에서 현실감을 느끼도록 하는

역할을 하였다.

시점(viewpoint)은 머리 위에 붙인 위치 센서의 값에 따라 변화도록 함으로써 피험자가 고개를 돌린 방향의 그림이 실시간으로 디스플레이 되게 하였다. 각 피험자의 눈높이는 마틴자로 측정하여 프로그램 상에서 미리 세팅을 하고 고정시켰고 눈높이를 변경시킬 때도 프로그램 상의 세팅을 바꿈으로써 간편하게 제어할 수 있었다.

제시를 위한 방과 평가를 위한 방을 벽 색 조건과 천장높이 조건을 다르게 하여 구현하였다. 방의 색은 Natural Color System(NCS)을 기준으로 색상과 채도는 같고 명도만 다르게 만들었다. 먼저, 제시를 위한 방은 두 수준의 벽 색 조건(밝은 푸른색 : NCS의 S0520B30G, 어두운 푸른색 : NCS의 S4020B30G - 두 색은 색상과 채도는 같고 명도에 있어서만 4단계의 차이를 두었다.)과 세 수준의 천장높이 조건(2m, 2.5m, 3m)을 조합하여 6개의 공간을 가상현실로 구현하였다. 평가를 위한 방의 색은 제시를 위한 두 방의 중간 명도(NCS의 S2020B30G)가 되도록 하였으며, 천장 높이는 각각 1.8m와 3.5m가 되도록 하였다. 모든 방에는 높이 참조를 위한 단서로 가로 0.6m, 세로 0.54m, 높이 0.77m의 의자를 제시했다.

설계. 실험 1에서는 4요인 반복측정 혼합설계 2x(2x3x2)가 사용되었다. 피험자 내 요인들은 제시하는 천장높이 3수준, 눈높이 조건 2수

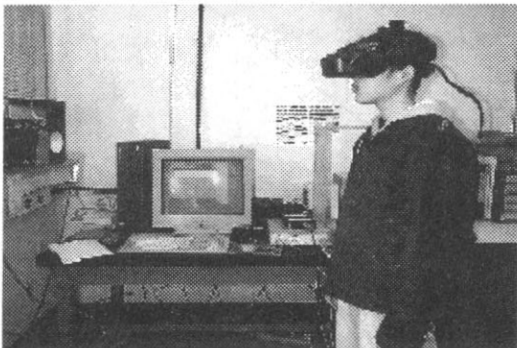


그림 1. 실험 장면

준(본인의 눈높이와 주어진 눈높이)과 벽 색 2수준이다. 주어진 눈높이는 작은 키 집단의 피험자에게는 표준체위 95%(큰 키 집단)의 눈높이인 168cm, 큰 키 집단의 피험자에게는 표준체위 10%(작은 키 집단)의 눈높이인 153cm였다. 피험자의 신장(작은 집단과 큰 집단)은 피험자간 요인으로 사용됐다.

절차. 피험자가 HMD와 Pinch Glove를 착용하도록 한 후에 가상공간에 적응하고 천장높이 조절방식을 익힐 수 있도록, 본 실험에 앞서 연습시행을 실시하였다. 피험자에게 하나의 가상공간을 제시하여 방의 높이를 확인하게 한 후 이 공간과 높이가 다른 평가공간을 제시하였다. 피험자는 평가공간의 천장 높이를 처음에 본 제시공간의 천장 높이와 같도록 Pinch Glove를 사용하여 조절하도록 지시되었다. 연습시행에서의 제시공간과 평가공간의 벽 색은 실험조건의 각 방의 벽 색 조건과 동일하게 하였다. 처음에 제시하는 천장의 높이는 2.2m이었으며, 천장 높이를 조절하기 위한 평가공간의 높이는 1.92m였다. 연습시행은 제시하는 공간의 벽 색 조건에 따라 2회 실시하였다.

2번의 연습 시행을 마친 후, 아래와 같은 순서에 따라 실험을 실시하였다.

- ① 한 공간을 제시하여 피험자에게 그 공간에 대한 감성(답답함-시원함, 막힘-트임, 좁음-넓음)을 7점 척도 상에 응답하도록 한다.
- ② 제시된 공간의 높이를 기억하게 한다.
- ③ 천장높이를 조절하기 위한 공간을 제시하고, Pinch Glove를 사용하여 ①에서 본 공간의 높이와 같도록 조절하게 한다.

위의 과정을 제시공간 조건(벽 색, 천장 높이)과 평가공간의 시각 높이 조건(1.8m와 3.5m)의 조합에 따라 12회 시행하였으며, 공간의 제시순서는 무선화 하였다. 감성에 대한 질문은 제시 공간의 조건에 따라 6회만 실시하였다.

한번의 실험을 마치고 24시간이상 경과 후,

눈높이 조건을 달리하여 위의 절차와 같은 실험을 반복했다. 눈높이 조건의 제시순서는 무선화 하였다. 실험의 전 과정에서 피험자는 고개를 돌려 주위를 둘러보거나 직경 3m의 범위 안에서 자유로이 걸어다녀 보는 것이 권장되었다.

결과

천장 높이의 지각에 천장높이, 키, 눈높이, 벽 색 밝기의 요소가 영향을 주는가에 대해 분산분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

천장 높이는 유의한 차이를 나타냈으나($F(2, 240) = 11.253, MSE = 0.03996, p < .001$), 키($F(1, 240) = .776$), 눈높이($F(1, 240) = 1.375$), 벽 색 밝기($F(1, 240) = 1.114$)는 천장 높이 지각에 유의한 차이를 나타내지 못했다. 어떠한 요인도 상호작용 효과는 없었다.

천장높이의 요인에 대한 post hoc test (Tukey)를 실시한 결과 3수준(2m, 2.5m, 3m)에서 모두 유의하게 서로 다른 것으로 나타났다(각각 $p < .000$). 천장 높이 변화가 높이 지각에 유의한 차이를 주었다는 결과는 방 높이가 다르게 제시되었을 때 높이 지각을 다르게 하며 정확하게 그 차이를 인식한다는 것을 의미한다. 또한, 높이 지각을 종속변수로 하고 천장 높이를 독립변수로 하여 회귀분석을 한 결과 결정계수(R^2) 값은 0.819, 기울기는 0.939로 나타났다(그림 2).

세 가지 천장 높이(2m, 2.5m, 3m)에 대한 추정 값(2.06m, 2.56m, 3.04m)이 실제로 제시된 높이와 일치하는지 각 높이 별로 t-test로 분석한 결과 2.5m와 3.0m 조건에서 추정된 높이는 실제 높이와 다르지 않았다 (2.5m경우는 $t(43) = -1.579, p > .05$ 이며 3.0m의 경우는 $t(43) = -.086, p > .05$). 그러나 2.0m 조건에서는 유의한 차이를 관찰되었다($t(43) = -4.302, p < .001$). 이러한 결과는 2.0m가 실제 상황에서

접할 수 있는 천장 높이보다 낮은 높이이기 때문에 현실에서 접하는 천장높이를 기준으로 지각을 함으로서 실제 값보다 과대 평가한 것으로 해석할 수 있다.

피험자의 키 차이는 천장 높이에 유의한 차이를 낳지 못했다. 이는 키에 상관없이 높이 지각을 일관되게 하고 있음을 시사한다. 만일 키에 따라 높이 지각을 달리한다면 정상적인 높이 지각을 하지 못 할 것이며 공동생활을 영위하는 데에 어려움이 많을 것이다. 이 결과는 Wraga(1999)가 주장하는 경험을 통해 일어나는 지각적 일치화(perceptual attunement through experience)를 다시 한번 보여 주는 경우라고 하겠으며 예상되었던 결과라고 하겠다.

가상환경에서 눈높이에 변화(평균 18.3cm)를 주었을 때 높이지각에 차이가 있는지 알아보기 위하여 자신의 눈높이와 주어진 눈높이에서의 천장높이 지각을 비교하고($F(1, 240) = 1.375$), 또 자신의 눈높이와는 별개로 낮은 눈높이와 높은 눈높이에서의 천장 높이 지각을 비교 분석($F(1, 240) = .519$)한 결과 두 경우 모두 천장높이 지각에 유의한 차이를 낳지 못

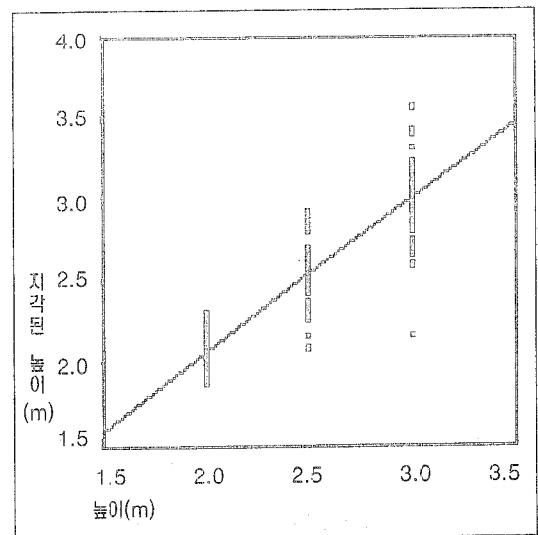


그림 2. 제시된 천장높이가 증가할수록 지각된 천장높이도 선형적으로 증가함.

했다. 이는 키에 상관없이 높이 지각이 일관되었던 결과와 일치하는 결과라고 할 수 있겠다.

벽 색의 밝기 차이는 천장 높이 지각에 유의한 차이를 주지 못했다. 이러한 결과는 색의 명도에 대한 일반적인 인식과는 다르며, 따라서 제한적인 의미로 해석될 수 있다. 즉 천장 높이 지각은 방의 전체적인 공간감과는 다르며 이에 대하여는 명도차이가 영향을 주지 않는다는 것을 나타내고 있다고 해석된다. 또한 실험 조건으로 색을 제시할 때 HMD의 기술적인 한계 때문에 NCS에서 4단계밖에 명도 차이를 줄 수가 없었는데, 이러한 한계로부터 비롯된 결과일 가능성도 있으므로 벽 색의 명도 차이가 천장 높이 지각에 영향을 미치는가 하는 것은 실험 매체를 달리 하여 결과를 검증할 필요성이 있다고 하겠다.

공간에 대해 7점 척도로 감성 평가한 자료를 분산분석한 결과 세 경우 공통으로 벽 색의 밝기와 높이가 유의한 차이를 나타냈으며, 키와 눈높이는 유의한 차이를 나타내지 못했다. 시원함-답답함은 벽 색의 밝기($F(1, 240) = 197.738, MSE = 1.890, p < .001$)와 천장 높이($F(2, 240) = 7.539, MSE = 1.890, p < .01$)에, 트임-막힘은 벽 색의 밝기($F(1, 240) = 123.420, MSE = 1.885, p < .001$)와 천장 높이($F(2, 240) = 3.738, MSE = 1.890, p < .05$)에, 넓음-좁음도 벽 색의 밝기($F(1, 240) = 75.741, MSE = 1.864, p < .001$)와 천장 높이($F(2, 240) = 12.587, MSE = 1.864, p < .001$)에 의해 유의한 차이가 나타났으며 세 경우 모두 상호작용 효과는 없었다.

벽 색의 밝기가 공간의 감성 평가에 유의한 영향을 나타낸 것은 색의 명도에 대한 선행연구의 결과와 함께 하는 것이며, 천장높이의 지각에 벽 색의 명도 효과가 없다는 결과와는 서로 대조를 이룬다.

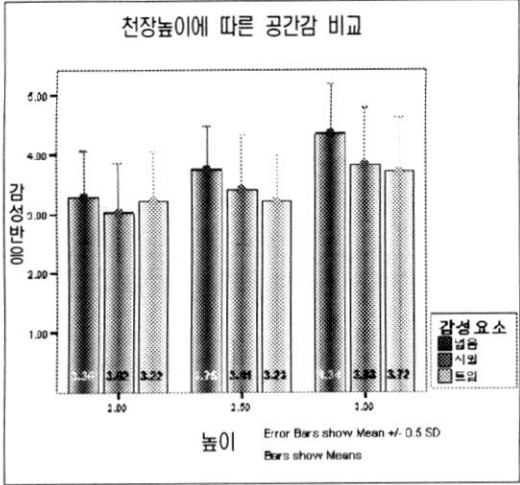


그림 3. 넓음, 시원, 트임에 대한 반응은 천장 높이에 따라 유의한 차이를 보임.

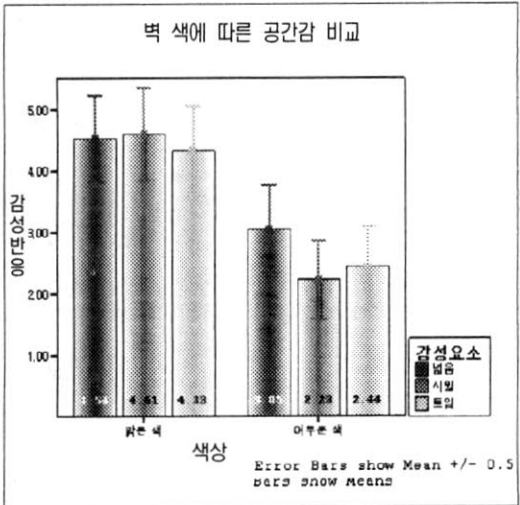


그림 4. 넓음, 시원, 트임에 대한 반응은 벽 색에 따라 유의한 차이를 보임.

실험 2. 편안한 공간감을 주는 높이 실험

방법

피험자. 실험 1에 참여한 22명의 피험자들이 실험 2에도 참여하였다.

장치와 재료. 가상 공간의 제시 방식과 도구는 실험 1과 동일하다. 실험 1에서 제시 공간으로 사용한 방중에 높이 2m의 밝은 푸른색(S0520B30G)과 어두운 푸른색(S4020B30G) 방을 과제 수행을 위한 공간으로 제시했다. 또한 실험 1에서의와 같은 의자를 높이 참조를 위한 단서로 제시했다.

설계. 실험 2에서는 두 단계의 설계를 사용하였다. 첫 단계에서는 단순요인 피험자내 설계를, 두 번째 단계에서는 3요인 반복측정 혼합설계 2x(2x2)를 사용하였다. 단순요인 피험자내 설계에서는 Mode를 3수준(CM, OM, UM)으로 사용하였으며, 3요인 반복측정 혼합설계에서는 피험자 내 요인들은 눈높이 조건 2수준(본인의 눈높이와 상대집단의 눈높이), 벽색 2수준(밝은 푸른색, 어두운 푸른색)을 사용하였고 피험자의 신장(작은 집단과 큰 집단)은 피험자간 요인으로 사용됐다.

절차. 본 실험을 시작하기에 앞서, 벽 색의 조건에 따라 2회의 연습 시행을 실시했다. 연습 시행에서 피험자들은 가장 편안한 공간감을 주는 높이를 설정하도록 지시 받았다. 연습 시행을 마친 후, 피험자들은 다음의 순서에 따라 본 실험을 실시했다.

- ① 가장 편안한 공간감을 주는 높이(CM : Comfort Mode)를 피험자가 직접 설정하게 한다.
- ② 가장 편안한 공간감을 주는 높이보다 약간 높다고 느껴지는 높이(OM : Over Mode)를 피험자가 직접 설정하게 한다.
- ③ 가장 편안한 공간감을 주는 높이(CM)를 피험자가 직접 설정하게 한다.
- ④ 가장 편안한 공간감을 주는 높이보다 약간 낮다고 느껴지는 높이(UM : Under Mode)를 피험자가 직접 설정하게 한다.
- ⑤ 가장 편안한 공간감을 주는 높이(CM)를 피험자가 직접 설정하게 한다.

각 과제를 수행하기 위해 제시되는 공간의 초기 높이는 매 회 2m로 재 설정하였고, 밝은

공간과 어두운 공간의 제시 순서는 무선화 하였으며 10회 시행하였다.

한번의 실험을 마치고 24시간이상 경과 후, 눈높이 조건을 달리해 위의 절차와 같은 실험을 반복했다. 눈높이 조건의 제시순서는 무선화 하였다.

결과

데이터를 분석함에 있어서 먼저 편안함을 주는 높이(CM)가 존재하는지 알아보기 위하여 편안함을 주는 높이(CM: Comfort Mode) 세 수준에 대하여 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 그 결과 큰 키 집단($F(2, 129) = .332$)과 작은 키 집단($F(2, 129) = .57$) 각각에서 세 CM들이 유의하게 다르지 않음을 발견할 수 있었다. 이는 CM이 실제로 존재하며 신뢰성 있게 구해질 수 있으며 OM(Over Mode)과 UM(Under Mode)의 교란에도 불구하고 얻어지는 매우 안정된 상태라는 것을 보여준다.

또한 CM, OM, UM이 서로 같은지 분산분석한 결과 CM, OM, UM이 유의하게 다름이 발견되었다 ($F(2, 129) = 13.739$, $MSE = .139$, $p < .01$) (그림 5). 이것은 CM이 OM이나 UM과는 완전히 차별되게 존재하는 상태라는 것을 나타낸다. 이러한 두 결과는 모두 Sim (1988)의 연구 결과와 일치하는 결과이다.

CM이 OM, UM과는 구별되며 신뢰성있게

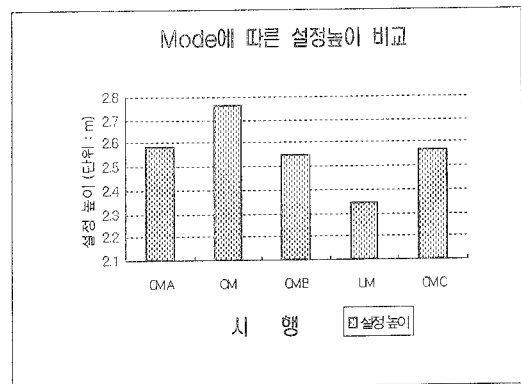


그림 5. Mode에 따른 설정높이 비교

얻어지는 상태라는 것을 알게 되었으므로 다음 단계로 CM이 키, 눈높이, 벽 색 밝기에 따라 달라지는지 알아보기 위해 분산분석하였다.

그 결과, 키는 유의한 효과를 나타냈지만 ($F(1, 80) = 5.773, MSE = .128, p < .05$) 눈높이는 각 키 집단 내에서 효과를 나타내지 못했으며(큰 집단: $F(1, 42) = .180$, 작은 집단: $F(1, 42) = .058$),

자신의 눈높이와 상관없이 낮은 눈높이와 높은 눈높이로 나누어 분석한 결과도 효과가 없었다($F(1, 80) = .021$). 벽 색 밝기($F(1, 80) = .796$)도 유의한 효과를 나타내지 못했다. 또한 어떠한 상호작용 효과도 나타나지 않았다.

피험자의 키가 CM의 값에 유의한 차이를 나타낸 것은 Warren과 Mark의 *body-scaled information* 주장과 일치하는 결과이다. 키가 큰 집단의 경우 평균 CM은 2.678m(SD = 0.37)였고, 키가 작은 집단의 경우 평균 CM은 2.496m(SD= 0.34)이었다(그림 6). 두 집단의 평균 CM은 2.59m(SD = 0.37)이었다. 이는 편안함을 느끼는 높이가 신체치수에 따라 다르며, 같은 방이라도 키가 큰 경우에는 보다 더 높은 높이에서 편안함을 느낀다는 것을 보여주는 결과이다. 기존의 아파트의 천장 높이가

2.4m가 거의 표준으로 되어있는데, 키가 클수록 이보다 더 높은 높이에서 편안함을 느낀다는 것을 알 수 있었다.

키가 큰 집단은 눈높이를 낮게, 작은 집단은 눈높이를 높게 한 변화를 주었을 때 편안함을 주는 높이가 달라지는지 분석한 결과 눈높이 변화는 CM에 유의한 영향을 주지 않음을 발견할 수 있었다. 이는 가상공간에서 인위적으로 눈높이를 다르게 하더라도 자신의 실제 눈높이, 즉 키를 기준으로 편안한 공간을 인식한다는 것을 의미하는 것이라고 해석된다. 이러한 결과는 눈높이에 대한 Warren등(1987)의 선행 연구결과와는 일치하지 않는 것이다. 이에 대한 원인은 선행 연구들과 본 연구의 방법에 있어서 자극에 대한 관찰 방법의 차이에서 오는 것일 수 있다. 즉 선행연구는 관찰창(peephole)을 통해 단안으로 제한된 시야(즉 관찰 대상인 물체와 함께 바다과 뒷벽의 일부만이 보이는)에서 물체를 본 결과이고, 본 연구는 방에 들어가 양안으로 제한 없이 방을 충분히 관찰하고 또한 참조물인 의자가 있는 상태에서 관찰한 결과로부터 나오는 차이일 가능성이 크다고 본다.

벽 색 밝기 차이는 CM의 값에 유의한 영향을 주지 않았다. 이것은 실험 1의 결과와 일관성을 보이는 결과라고 하겠으며 편안한 높이지각에 명도 차이는 효과를 주지 못한다는 것을 나타낸다고 하겠다. 그러나, 실험 1에서와 마찬가지로, 실험 변수로 준 벽 색 밝기의 명도 차(4단계)가 크지 않아 비롯된 것일 수도 있으므로 결과를 검증하기 위한 확대 연구가 필요하다고 본다.

종합 논의

본 연구에서는 두 실험을 통하여 가상 현실 기술을 활용하여 공간 지각을 구성하는 요소 중 천장 높이, 벽 색, 키, 눈높이의 효과에 대

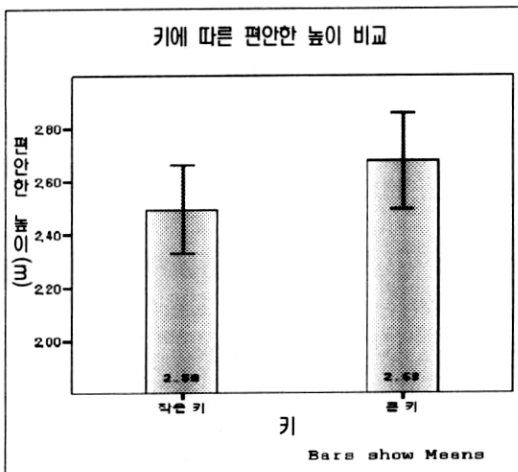


그림 6. 피험자의 키는 편안한 높이지각에 유의한 차이를 보임.

해 살펴보았다. 천장높이 지각에는 천장의 높이가 유의한 효과를 나타내며 키, 눈높이와 벽색은 유의한 효과를 나타내지 않았다. 편안한 높이의 지각에는 키가 유의한 효과를 나타냈으며, 눈높이와 벽 색의 효과는 없었다. 공간의 감성은 벽 색과 천장의 높이가 유의한 효과를 나타내었다.

제시된 높이와 지각된 높이 사이에는 선형적인 관계가 있음이 나타났다. 즉 제시된 천장높이가 2.0m, 2.5m, 3.0m로 점점 높아질 때, 이에 대한 지각도 2.06m, 2.56m, 3.04m로 같이 높아지며 대응되는 수치들이 매우 근접한 것을 알 수 있다(기울기 0.939). 이러한 결과는 가상공간에서 높이지각이 매우 정확하다는 것을 의미한다고 하겠다.

공간지각에서 키의 효과는 높이 추정(실험1)에는 유의한 효과를 나타내지 못했으나 편안한 높이(실험2)에는 유의한 효과를 나타냈다. 이러한 결과는 각각의 과제와 특성에 따른 결과라고 할 수 있다. 물체의 객관적인 크기에 대한 평가는 정확해야 한다. 물체의 객관적인 크기에 대한 지각이 키에 따라 달라진다면 일상생활에 어려움이 많을 것이다. 따라서 실험 1에서 키의 변수가 천장높이 지각에 영향을 주지 못했다는 결과는 예상했던 결과라고 하겠다.

반면에 편안함을 주는 공간의 높이는 *body-scaled information*이 적용되는 부분이며, 개인의 신체치수와 관련이 크며 키에 따라 다를 수밖에 없다. 이렇게 CM에 키의 효과가 유의하게 나타난 것은 Warren(1984), Mark(1987), Warren 등(1987)의 연구결과와도 일치하는 결과이다. 큰 키 집단의 편안한 평균 높이는 2.678m이었으며 작은 키 집단은 2.496m이었다. 이것을 그들 집단의 평균 눈높이인 1.722m와 1.518m로 각각 나누면 π (키큰집단) = 1.56, π (키작은집단) = 1.64의 근접한 값을 얻게 된다. 실험의 결과는 평균적으로 $\pi = 1.60$ 가 편안함을 주는 방의 높이임을 나타낸다. 아파트 설계 시

에 천장 높이로 사용하는 치수는 240cm가 거의 표준으로 되어있다. 본 실험에서 밝혀진 편안한 실내 공간의 평균 높이(2.59m)는 현재 사용되는 아파트의 천장높이에 근접하나 더 높은 것으로 나타났다. 따라서 앞으로의 주택설계에 있어서 이러한 점이 고려되어 천장 높이의 상향 조정이 권장된다고 하겠다.

지각된 높이와 제시된 높이의 비교에서, 비록 6cm차이이기는 하지만, 2.0m경우의 높이 지각이 실제의 천장 높이와 다르다는 결과는 의외라는 느낌을 준다. 즉 2.0m는 인간의 키(눈높이)에 가장 근접한 높이이고 따라서 세 높이 조건 중 가장 추정이 정확하거나, 적어도 다른 높이 조건과 같은 정도로 정확하리라는 것을 기대하게 된다. 그러나 데이터는 정반대의 결과를 보여주고 있다. 이것은 눈높이가 환경을 측정하는 데 탁월한 변인이기는 하지만 그것이 유일한 변인은 아니라는 것을 보여준다. 이러한 점에 대해서는 Wraga(1999)도 눈높이가 물체의 크기를 측정하는 기본 자(*general metric*)이기는 하지만 눈높이도 환경의 특성(*environmental properties*)과 행동 가능성(*behavioral potentialities*)에 의해 제한 받는다고 주장한다. 2.0m의 방의 높이는 평균적인 방의 높이 보다 낮은 높이이다. 따라서 기대치보다 낮은 높이를 추정할 때에는 필연적으로 과대 추정하게 되며 이것이 2.0m에서 방의 높이가 실제 제시된 높이보다 높게 지각된 원인이라고 생각된다.

공간 지각에서 눈높이의 효과는 높이 지각에 있어서나 CM설정에서 존재하지 않는 것이 발견되었다. 천장높이 지각에 있어서 눈높이의 효과가 없다는 결과는 키의 효과가 없다는 결과와 일치하는 것으로서 높이 지각에 있어서 경험에 의해 여러 가지 다른 눈높이에 익숙해져서 나타난 현상으로 이해할 수 있다(Wraga, 1999). 그러나 CM의 지각에 눈높이의 효과가 없다는 것은 Warren 등(1987)의 눈높이 효과에 대한 선행 연구와 일치하지 않는다. 이에 대해 두

가지로 그 원인을 생각해 볼 수 있다. 하나는 선행연구(Mark, 1987; Warren & Whang, 1987; Wraga, 1999)에서는 참조물(reference object)이 없었고 본 연구에서는 의자라는 참조물이 있었다는 차이에서 오는 결과라고 생각해 볼 수 있고, 다른 하나는 근본적으로 선행연구들에서는 실험을 실시할 때 좁은 면적의 관찰창을 통해서 단안으로 물체를 관찰(Warren & Whang, 1987; Wraga, 1999)하도록 한 반면 본 연구에서는 방에 들어가 양안으로 적극적으로 관찰하도록 한 점에 그 원인이 있을 수 있다. 관찰창의 방법보다는 가상공간의 방법이 관찰을 더 자연스럽고 정보를 풍부하게 하는 방법이며 따라서 본 연구가 방법적으로 우위에 있다고 하겠다. 의자의 유무에 의한 차이가 아닌가에 대한 의문은 의자라는 참조물을 두지 않은 가운데서 실험을 해 보면 풀릴 수 있으므로 이에 대한 확대연구가 필요하다고 생각된다.

공간의 높이 지각과 편안한 높이 지각에서 색채 밝기의 효과는 인정되지 못했다. 이것은 밝은 색이 커 보인다는 일반적인 가설과는 부합되지 않는 결과라고 하겠다. 이러한 결과는 색채 일반에 적용되기보다는 명도 차이의 경우에 한하여 적용되어야 할 것이며 공간 감성의 경우가 아닌 공간의 높이 지각과 편안한 높이 지각에 한정된 것임을 염두에 둘 필요가 있다. 또한 본 연구가 가상현실의 구현에 있어서 기술적인 제약으로 밝기의 차이를 NCS 4 단계밖에 두지 못한 것으로부터 생긴 결과일 수도 있으므로 이러한 기술적인 면을 보강하여 밝기의 차이를 더 많이 두어 결과를 검증할 필요성이 있다.

벽 색의 밝기가 높이 지각에는 영향을 주지 못하지만 감성 평가에는 분명한 영향을 주는 것으로 나타났다. 이것은 서로 대비를 이루는 매우 흥미로운 결과로서 인간이 지각적인 질문에는 지각적으로 응답하고 감성적인 질문에는 감성적으로 분리하여 응답한다는 것을 의미한다. 즉 인간은 주어진 자극에 대해 실험자

의 요구에 따라 선택적으로 반응할 수 있으며.(Carello et al., 1996; Turvey et al., 1996; Pagano et al., 1996) 주어진 과제가 무엇인가에 따라 그에 상응하는 반응을 이끌어 낼 수 있다는 것을 보여주고 있다. 따라서 중요한 것은 무엇을 묻는가 라는 것에 귀착된다. 인간에게 알고 싶은 것을 적절하게 묻기만 하면 인간은 합당하게 그에 대한 답을 내놓을 수 있다는 것을 본 실험의 결과는 나타내고 있다.

편안함을 주는 높이(CM : Comfort Mode)에 대한 분석의 결과는 CM이 실제로 존재하며, 신뢰성 있게 얻어질 수 있다는 것을 보여준다. OM(Over Mode)과 UM(Under Mode)의 교란(Disturbance)에도 불구하고 3번에 걸쳐 수행된 CM은 서로 유의하게 다르지 않았고, 반면에 OM, UM은 CM과 유의하게 달랐다. 편안함을 주는 높이는 실제로 존재하며 지속적으로 얻어질 수 있다는 결과는 Sim 등(1988)에 의한 선행 연구 결과와 일치하는 것이며 중요한 점을 지적하고 있다. 즉 우리 인간에게 가장 편안함을 주는 환경이 무엇인지 우리는 항상 잘 인식하고 있으며 이러한 편안한 환경에 대한 인식은 매우 안정적이라는 것이다. 따라서 우리 몸이 편안하게 느끼는 조건을 알아내어 그대로 환경으로 만들어 준다면 우리 몸은 최상의 조건에서 최고의 쾌적감을 느낄 수 있을 것이다.

본 연구는 가상환경에서의 공간지각에 관한 문제를 다루었다. 이러한 분야에 대한 연구는 아직 그 숫자가 많지는 않지만 현재 가상현실 분야와 시지각 분야에서 상당한 관심을 일으키고 있다. 따라서 본 연구는 실험 심리학의 새로운 연구영역을 개척한다는 의의를 가지고 있다고 하겠으며, 연구의 결과가 시지각 분야와 함께 가상현실 분야, 실생활 환경의 설계와 평가에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로, 가상공간에서의 인간의 지각과 감성이 실제환경에서와 같은가의 문제를 다루는 가상공간의 실재성에 대한 연구는 매우 중

요하면서도 광범위한데 반하여 이제까지 수행된 연구는 아직 미흡한 단계이다. 따라서 이 분야에 대한 연구도 앞으로 더욱 활발히 이루어져야 할 것이라고 생각된다.

참 고 문 헌

- 박상호 (편) (1993). 색체계획, 서울: 도서출판 효성.
- 안옥희, 정준현, 김순경 (공저) (1998). 주거인간공학, 서울: 기문당.
- 윤정선 등 (1998). 공간감 및 개방감 제시 기술 개발(17-02-10), 한국표준과학연구원.
- 한국표준과학연구원 (1997). 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사보고서 (KRIS-97-114-IF), 국립기술품질원.
- 오영근, 윤도근 (1997). 인체비례와 척도에 관한 연구. 한국실내디자인 학회지, 12, 100-108.
- 이한석, 오영근 (1997). 인체척도에 의한 실내공간크기 기준설정에 관한 연구, 한국실내디자인 학회지, 13, 45-49.
- 파버 비렌 (1996). 김화중 (역), 사회심리 시리즈 2 : 색채심리, 서울: 동국출판사.
- Abraham, R. H., & Shaw, C. D. (1982). *Dynamics: The geometry of behavior, Part one-periodic behavior*, Santa Cruz: Aerial Press.
- Carello, C., Santa, M-V., & Burton, G. (1996). Selective Perception by dynamic touch. *Perception & Psychophysics*, 58, 1177-1190.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, E. J. (1991). *The Ecological Approach: A Foundation for Environmental Psychology*, Dawns, R. M., Liben, L. S., & Palerme, D. S. (Eds.), *Vision of Aesthetics, The Environment & Development: The Legacy of Joachim F. Wolhwill*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 87-111.
- Goldstein, B. (1989). *Sensation and Perception 3rd ed.* Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing Company.
- Mark, L. S. (1987). Eyeheight-scaled Information about Affordances: A study of sitting and stair-climbing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 361-370.
- Pagano, C. C., Carello, C., & Turvey, M. T. (1995). Extero- and exproprio-perception by dynamic touch are difference functions of the inertia tensor. *Perception & Psychophysics*, 58, 1191-1202.
- Sim, M., Sullivan, J., Shaw, R., & Carello, C. (1988). A Comfort Mode Analysis of a Simple Accuracy Skill. *Paw Review*, 3, 35-38.
- Symon, K. (1971). *Mechanics 3rd ed.* Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Turvey, M. T., Carello, C., Fitzpatrick, P., Pangano, C. C., & Kadar, E. E. (1996). Spinors and selective dynamic touch. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 1113-1126.
- Warren, W. H. (1984). Perceiving affordances: Visual guidance of Stair-climbing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 683-703.
- Warren, W. H., & Whang, S. (1987). Visual Guidance of Walking through Apertures: Body-scaled information for affordances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 371-383.
- Wraga, M. (1999). Using eye height in different postures to scale the heights of objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 518-530.

Perception of the Ceiling-Heights in Virtual Environment

Mikyong Sim^{*}, Jungsun Yoon^{*} & Kanghee Lee^{**}

^{*}KRISS (Korea Research & Institute of Standard & Science)

^{**}Department of Psychology, Chungnam National University

In two experiments the perception of the ceiling-height, comfortable ceiling-height, human sensibility of a room in a virtual environment were investigated. While the brightness of wall-color had no effect on perception of ceiling height, it affected the human sensibility of a room. Height of subjects didn't influence perception of the ceiling-height but did influence the perception of a comfortable ceiling-height. The result that there was a significant difference in comfortable ceiling height along the subject height was congruent with the intrinsic body scaled information of Warren and Mark. 2.496m in small group and 2.678m in tall group were discovered as the comfort ceiling-height from our experiment. π for small group was 1.64, and π for tall group was 1.54. The artificial eye-height which has 18.3cm difference with subjects' eye-height had no effect on either of the perception of the ceiling-height and the perception of the comfortable ceiling-height. The artificial eye-height didn't yield any significant difference in perception of the comfortable ceiling-height conflicted with the results of the previous research of Warren and Mark. It was conjectured that the difference might come from the fact that the previous experiments used the peephole and allowed the subjects to use the monocular vision only whereas the present experiments allowed the subjects explore the room as much as possible in the virtual environment.