■ 研究論文

Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 13, No.1, 1994

二眼式 立體映像에서 深度知覺의 正確性에 관한 硏究

The accuracy of the depth perception of 3-dimensional images

趙 巖*

Abstract

The accurate error size and discrimination region in the perception of depth amount from 3 - dimensional images by the human visual system will be the basic data for the utilization and application of the binocular 3 - dimensional image system. This paper is focused on studying the accuracy of the depth amount perceived from 3 - dimensional images by the human visual system. From the performed experiment, the following results have been obtained:

(1) The depth amount perceived from the binocular 3 - dimensional images has been displayed by a proper scale of distance, and found to be imprecise and also have a large variance.

(2) In utilizing the binocular 3 - dimensional image system, it seems more appropriate to make the images viewed outward rather than inward from the screen in the regard of error and variance.

(3) The binocular 3 - dimensional image system can be effectively applied to displaying unreal space, for example, the layout of room in design, from the viewpoint of perception characteristics of depth amount.

1. 序 論

立體映像의 表示技術은 빠른 속도로 진보하고 있으며, 새로운 기술이 개발되고 있다. 지금까지는 인간이 映像을 일방적으로 보는 형태였으나, 오늘날에는 컴퓨터와의 결합으로 인간이 映像의 변화에 따라서 작업을 할 수 있는 상황으로 진전되고 있다. 立體映像은 平面映像에 視差라는 深度情報를 줌에 따라, 平面映像보다도 實際感이나 現場感을 준

* 동국대학교 공과대학 산업공학과

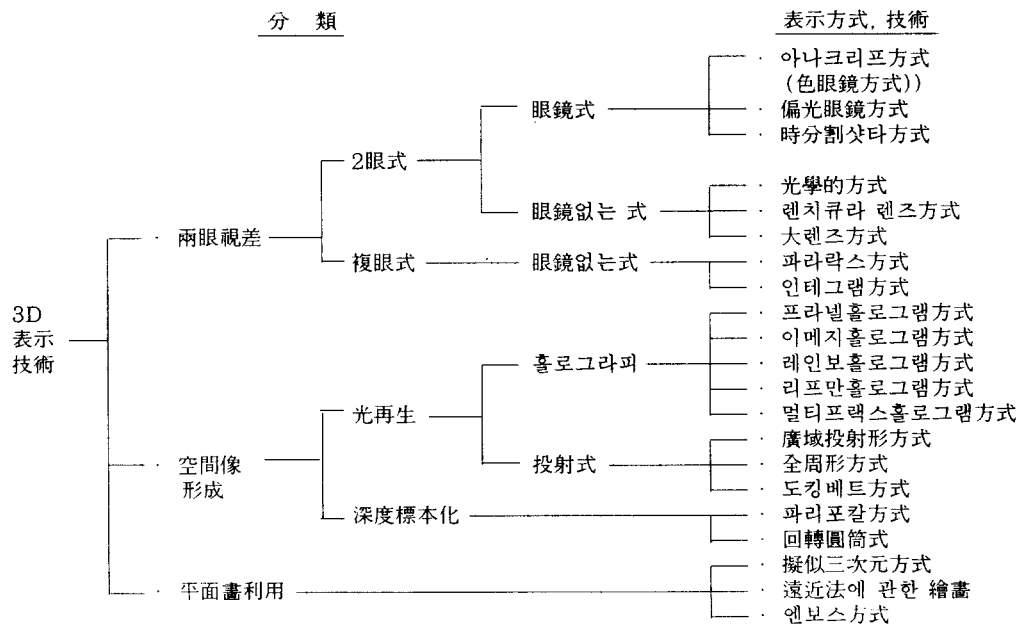
다. 또한 視差라는 정보를 가함에 따라 平面보다도 情報量이 많아지며, 形狀을 정확히 파악할 수 있고, 움직임도 알기 쉬워진다. 따라서 立體映像은 情報로서의 總合性, 客觀性, 中立性을 지니고 있다. 이러한 實際感이나 現場感을 이용하여, 映像으로 疑似체험을 할 수 있다. 三次元 映像의 應用分野 중에서, 최근 주목되고 있는 분야가 "人工現實(AR, artificial reality)"이며, 이 분야의 연구는 미국의 MIT연구소를 중심으로 행해지고 있다. 이것은 立體映像을 提示하는 아이폰(관찰자에 提示 映像만을 보이게 하는 디스플레이)과 관찰자의 손 움직임을 알아내는 테이터 글로브(장갑모양의 센서로서 손의 움직임과 方向, 손가락의 굽힘 角度등을 計測) 등으로 架空의 空間을 보다 적극적으로 再現하는 시스템이다[10]. 管理 制御 現場에서의 응용 가능성으로는 인간이 직접 들어가기 어려운 위험한 環境, 즉 深海, 宇宙空間, 放射能 環境下의 현장 등에서 예상되며, 이러한 분야의 정확한 遠隔調整을 위해, 實際感있는 映像정보가 필요하게 되고 이에 立體映像의 중요성이 요구된다. 이러한 構想을 實用化하기 위해서는 많은 문제점이 남아있다. 그 문제점의 하나가 立體映像의 距離深度를 인간이 어떠한 형태로 파악하는가에 관한 것이며, 또한 立體映像의 距離를 어느 정도의 正確性으로 認識하는가의 문제이다. 이중에서 전자의 '立體映像의 深度 認知量'에 대한 문제는 研究 發表[1,2]되었으나, '深度知覺의 正確性'에 관한 研究는 거의 보고되고 있지 않다. 즉, 立體映像이 기술적인 면에서는 많은 발달을 하고 있으나, 인간의 視機能이라는 측면에서는 많은 연구보고가 보이지 않고 있다. 본 논문는 立體映像에 대한 인간의 視機能에 관한 것 중, 인간이 立體映像의 심도에 어느 정도 정확히 認識(perception)하는가를 연구한 것이다.

2. 從來의 研究

2-1. 立體映像에 대하여

立體映像이란 인간의 視覺을 통하여 對象物體를 3次元的으로 보이게 하는 것을 말한

표 1. 立體映像 表示技術의 分類



다. 立體視의 방식은 1600년대부터 많이 제안되어 왔었다. 光學系(거울,프리즘, 렌즈 등)를 이용한 스테레오 스코프가 영국의 챨스 호이스톤(1838년)과 데이비드 프리스타(1849년)에 의해 고안되었다[7]. 표 1은 立體映像 표시기술의 분류방법으로서 일반적으로 사용되는 것이다[6].

二眼式 立體表示는 단순히 立體的으로 관측하는 것 뿐만 아니라, 立體모델(CG)이 표시되고 있는 空間을 立體的으로 관측하면서 立體的인 도형을 그리거나, 표시되고 있는 모델에 대하여 움직이게 하는데 유효하다고 보고되고 있다[9]. 따라서 본 연구에서는 二眼式의 立體表示 시스템 중의 한가지인 時分割 샷타 方式을 사용하였다. 視分割 샷타 方式이란, 立體視 要因이 兩眼視差로서 오른쪽, 왼쪽눈에 맺힌 像을 時分割的으로 反復되게 表示하고, 左右의 眼에 同期하도록 開閉하는 眼鏡을 着用하여 보는 것으로, 左右의 像을 分離認識하도록 하는 方式이다.

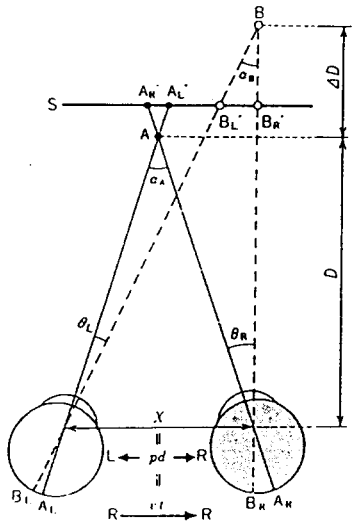
2-2. 深度認知量에 대하여

일반적으로 인간이 深度를 知覺하는 요인으로는 눈을 통하여 들어오는 視覺的 要因과 聽覺이나 觸覺 要因 등이 있으나, 三次元 感覺에 대한 分解能力과 얻어지는 情報의 多樣性 등으로는 視覺的 要因이 가장 중요하다. 視覺的 要因은 눈으로서 직접 立體感을 느끼는 整理的 要因과 인간의 記憶, 經驗에 바탕을 둔 心理.記憶的 要因으로 나눌 수 있다. 生理的 要因으로는 5가지(水晶體의 調節, 兩眼의 輻輳角, 兩眼의 視差, 單眼의 運動視差, 둘러싸인 效果)를 생각할 수 있다[3]. 본란에서는 위의 5가지 용어를 다음과 같은 의미로서 사용한다.

- 水晶體의 調節 — 대상물체를 명확히 보기 위하여 눈은 水晶體의 活躍筋(毛樣體)을 調節하는데, 이때 毛樣體의 調節量에 따라 立體感을 얻는다.
- 兩眼의 輻輳角 — 兩眼으로서 대상물을 보는 경우, 대상물까지의 거리에 따라 兩眼이 이루는 角度가 다르다. 이 兩眼이 이루는 角度의 量에 따라 立體感을 얻는다.
- 兩眼의 視差 — 대상물까지의 距離에 따라 오른편에 비추는 像과 왼편에 비추는 像이 다르다. 이 左右兩眼像의 差異에 따라 立體感을 얻는다.
- 單眼의 運動視差 — 관찰자가 移動할 때, 物體相互의 空間은 位置의 變化나 集合物體群의 移動 흐름 등이 생겨 물체간의 前後位置나 空間分布의 狀態를 知覺할 수 있는 것을 말한다. 이 物體像의 變化過程에 의해 立體感을 얻는다.
- 둘러 싸인 效果 — 視野角이 넓은 映像을 提示하였을때, 觀察者는 映像空間內에 둘러 싸여 觀察者의 空間과 映像空間을 融合함으로서 對象에 대한 立體感을 얻는다.

그림1은 양안시에 의한 입체지각요인중에서 양안폭주, 양안시차와 운동시차의 관계를 대략적으로 설명한 것이다.

自然視에서 입체감을 얻는 여러가지 요인중에서 세가지의 要因(兩眼視差, 兩眼輻輳, 水晶體調節)이 相互關聯하여 자연적인 立體感을 얻는데 중요한 역할을 한다. 그러나 스크린에 映像을 표시하여 얻은 立體映像에 있어서는 兩眼視差이나, 輻輳는 실현되지만 調節의 경우는 스크린까지의 거리가 一定함으로 自然視와는 다르게 된다. 立體映像에서는 특히 眼球를 움직이지 않고 輻輳와 調節을 生理的으로 連携하여 거리감을 느낄 수 있다고 보고되고 있다[5,9]. 立體知覺要因의 일부만을 실현하는 스크린型 立體視가 피곤하기 쉬운 원인중의 하나는, 自然視에 의한 知覺과 인공적인 立體映像에서 知覺要因의 작용 방법과 작용량과의 차이가 크기 때문이라고 보고되고 있다[8,10]. 보통의 映像에서는 많은 종류의 像이 존재하므로, 映



폭주각 $\alpha_A \fallingdotseq X/D$, $\alpha_B \fallingdotseq X/(D+\Delta D)$

두 눈의 동공간 거리 X (pd)

두 눈 시차 $|A_LB_L-A_RB_R| = |\theta_L-\theta_R| = |\alpha_A-\alpha_B|$
$\fallingdotseq(\Delta D/D^2)X$

운동시차(이동속도 v , $X=v\,t$일때 물체 A, B를 들여다보는 각도 $\theta_L \rightarrow \theta_R$로 변화) $\triangle=\theta_R-\theta_L \fallingdotseq(\Delta D/D^2)v$

$t \rightarrow d(\triangle\theta)/dt=(\Delta D/D^2)v$

표시면(S) 상에서의 양안시차정보의 표시는(A_L', A_R'), (B_L', B_R')로 표시된다.

그림 1. 立體 知覺 要因

像내의 深度感은 여러 對象의 像들간의 상대 거리감에 의해 형성된다. 그러므로, 立體映像을 응용면에서 생각할 때, 이 상대 거리감은 중요한 것이다. 물체까지의 거리에 따라 망막상에 맺히는 像의 크기는 변화한다. 이러한 시각의 생리적인 현상을 그림에서는 투시도법에서 이용하고 있다. 투시도법은 단순히 기하학적 관계로 나타내어 이러한 시각의 생리적인 특징을 잘 이용한 표현방법이다. 그러나 실제로는 물체가 가까이 와서 갑자기 像이 커지며, 물체까지의 거리가 知覺되어도 보이는 크기는 그렇게 큰 물체로 느껴지지 않는다. 이와 같은 효과를 "크기의 恒常性"이라 한다. 따라서 인간은 자극의 급격한 변동에 커다란 영향을 받지 않고, 안정되게 볼 수 있는 기능을 가지고 있다. 그러나, 兩眼視差만으로 深度差를 가지게 한 물체의 크기는 自然視로 보는 크기보다 恒常性에 기본을 둔 補正이 심하게 된다. 그 결과, 例로서 표시면(화면)보다도 눈앞으로 다가오는 물체가 보통보다 작게 보인다. 二眼式 立體表示에는 이와 같은 성질이 있으며, 이렇게 보는 방법으로 인하여 재현된 공간은 부자연스러운 인상을 주는 원인이 된다. 그러면, 二眼式 立體表示를 이용한 深度感은 인간의 눈에 어떻게 비추어 지는가? 앞으로 튀어나오도록 거리를 미리 조정한 映像을 볼 때, 물체의 크기를 보통(自然視일때)보다도 작게 판단하는 것이 그 거리를 파악하는 것에 무엇인가의 영향을 주는 것은 아닌가 등의 문제가 생기며, 이를 명확히 할 필요성이 있다.

3. 研究의 目的

인간이 직접 조작할 수 있는 映像環境을 만들기 위해서, 영상 설계자는 意圖하는 深度와 이를 관찰하는 인간의 深度感이 일치하도록 해야 한다. 이때 深度는 상대적 거리감을 말한다. 현재 立體映像을 이용하여 원격조정이나 조종실을 운용하려는 시도가 있다. 이때, 영상 설계자가 의도한 내용이 관찰자에게 어느정도 전해지는가? 하는 정보 전달성의 문제가 대두되고 있다. 특히 立體映像을 관찰자가 적극적인 조작을 할 때, 이것은 人工 現實 空間에 있어서는 중요한 문제라 할 수 있다. 즉, 영상설계자의 意圖를 될수 있는 한 정확히 관찰자에게 전하기 위해서는, 관찰자가 입체영상에 대해 어떠한 특성을 가지는 것인가는 중요한 문제이다. 본 논문은 인간이 立體映像에서 얻은 심도량을 이러한 것에 활용할 수 있는지 어떤지를 평가

하고, 검토해 보고자 한다. 본 실험의 목적은 화면보다 튀어나오게 보이는 거리나 안으로 들어가게 보이는 거리를 조절하여 立體映像이 인간의 눈에는 실제로 어떻게 비추어지며, 조절하려는 거리를 정확히 취할 수 있는가를 파악하여 산업에서 이안식 입체영상의 적절한 응용을 모색하는데 있다.

4. 硏究方法

인간이 三次元 空間의 정보, 특히 深度方向의 정보를 알아내는 능력에는 그 대상물체까지의 거리를 檢出하는 능력과 물체간의 前後關係를 판단하는 능력이 있다. 본 실험에서는 二眼式 立體映像 시스템을 대상으로 관찰자에게 주어진 深度感에 대해 評價하였다(그림 2, 3 참조). 실험에서는 매칭법을 이용하여 피실험자의 主觀的 深度거리를 측정하였다. 이 방법은 피실험자가 직접 모니터 映像을 관찰하는 것이 아니고, 하프밀러를 통하여 映像을 관찰하는 것이다. 하프밀러에는 모니터의 映像과 매칭-實物이 비추어 진다. 피실험자는 매칭-實物을 직접 움직여서, 그 위치를 모니터 映像에 비추어져 있는 視標의 위치와 일치하도록 調節할 수 있다. 深度의 차이는 15cm, 20cm, 30cm, 40cm로 하여 刺戟映像으로 제시하였다. 대상물은 모니터의 화면에서 튀어나오게 하거나 들어가게 하였다. 모니터 화면위치를 기준으로, 그 대상물의 위치를 하프밀러를 사용하여 映像을 직접 움직여 가면서 회답하도록 하였다. 이는 지금까지 映像에 대해 수동적이였던 인간의 深度知覺에 대한 또 다른 측면을 밝혀보기 위한 것이다. 이때 회답하는 距離를 映像에 대한 深度知覺量으로 하였다. 피실험자는 정상적인 立體視 機能 및 視力(矯正視力 포함)을 가진 건강한 男-女 大學生 14명(남자 10명, 여자 4명)으로 하였다.

4-1. 實驗裝置

실험에 사용한 실험장치와 그 배치는 그림 2와 같다. 그림 3은 실험풍경을 사진촬

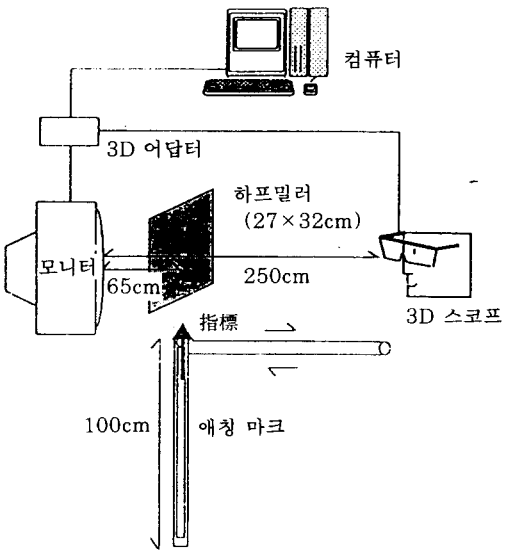


그림 2. 실험의 장치와 배치도

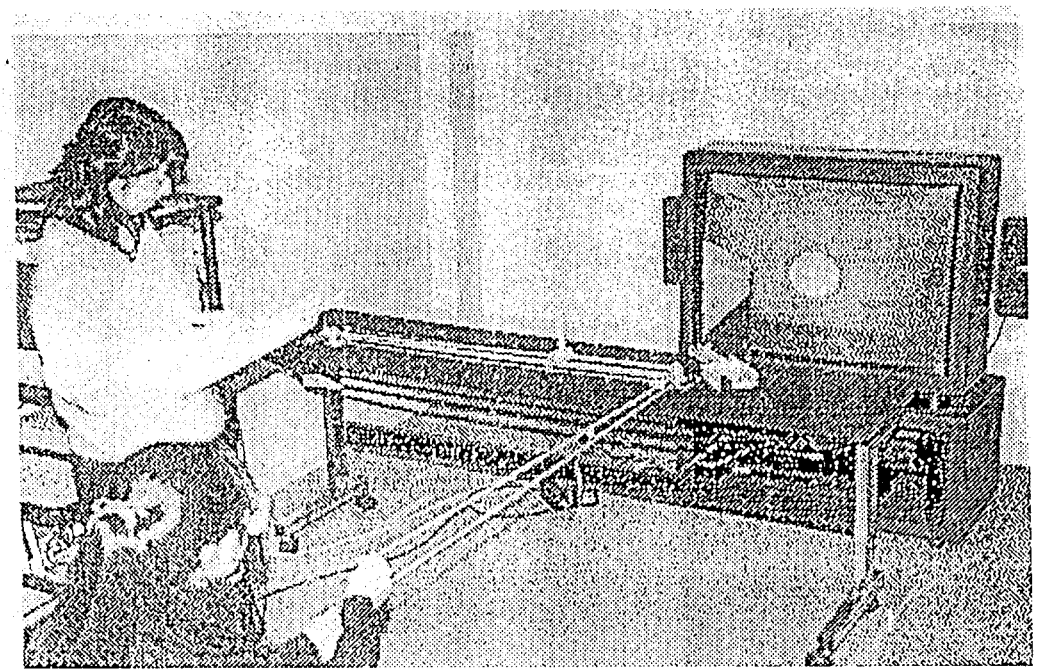


그림 3. 실험 풍경

영한 것이다. 피실험자는 직접 모니터 映像을 보는 것이 아니고, 하프밀러(27 × 32cm)를 통하여 映像을 관찰하게 하였다. 하프밀러는 피실험자가 보았을 때, 왼편에 공이 비치게 되어 있다. 그러므로 하프밀러에는 모니터의 영상과 매칭 마크가 비치게 된다. 피실험자는 매칭 마크를 자신이 직접 움직이며 그 위치를 모니터의 화면에 비친 視標의 위치와 같은 거리가 되도록 조절할 수 있게 하였다. 매칭 마크는 가는 줄을 끈으로 움직여 이동시킬 수 있게 하였다(그림 2, 3).

4-2. 提示刺戟

화면의 제 1필드에는 왼쪽눈用의 視標, 제 2필드에는 오른쪽눈用의 視標가 제시되게 하였다. 이 필드의 切換 周波數(60Hz)와 液晶샷타는 同期化시켜 모니터(37인치) 上의 視標를 관찰하게 하였다. 피실험자의 立體視 기능이 정상적인가를 확인하기 위하여 우선 다음과 같은 작업을 하였다. 視標로서 두개의 원을 上下로 제시하였다. 한 편의 원을 기준으로 하고, 또 하나의 원에는 視差를 주었다. 기준위치로는 모니터의 화면위치에 제시된 것으로 하였으며, 피실험자에게는 이 기준의 원을 기본으로 하게 하였다. 입체시의 기능이 정상적인 피실험자만을 본 실험에 임하게 하였다. 실험에서 사용한 자극영상의 원의 크기는 10cm로 하였다. 深度差는 화면앞방향으로 15cm, 20cm, 30cm, 40cm로 하고, 0cm(화면상) 그리고 화면안방향으로는 -15cm, -20cm, -30cm, -40cm 로 제시하였다. 이상의 9가지 종류를 27화면으로 작성하여 랜덤하게 배열하였고, 모니터 화면까지의 視距離는 250cm로 一定

하게 하였다. 이러한 제시거리는 화면을 이용한 원격조작의 응용에서 기기의 전후간격의 거리가 일반적으로 이러한 범위내에서 사용되어지고 있고, 이 범위내의 정확한 지각이 문제점으로 대두되기 때문이다.

4-3. 實驗順序

실험의 順序는 그림 4와 같다. 실험을 하기 전에 연습을 하게 하고, 실험순서를 파악하게 하였다. 立體映像이 제시된 후, 피실험자가 영상에서 입체감을 느끼는 시점부터 실험을 시작하도록 하였다.

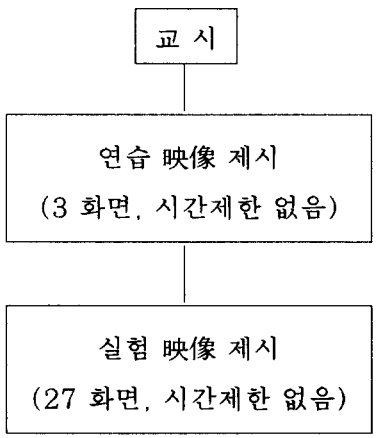


그림 4. 실험의 순서

5. 結果 및 考察

5-1. 實驗의 結果

피실험자 14명으로 부터 얻어진 회답의 평균치를 표 2와 그림 5로 나타내었다.

제시거리가 0cm일때 오차가 -6.7cm였다. 피실험자 14명 중에서 제시거리와 정확히 일치하게 회답한 피실험자는 2명이었다. 또한 제시거리가 커질수록 회답되는 거리의 오차도 커지고 있다. 이러한 경향은 화면보다 안으로 보이도록 제시된 것에 대해서는 더욱 현저하였다. 또한, 제시거리가 15cm인 경우, 회답의 거리가 6.7cm였다. 그러나 제시거리 20cm일때는 18cm, 30cm일때는 28.3cm로서, 제시거리와 회답과의 차가 적어졌다. 40cm인 경우는 회답의 거리는 34.8cm로 큰 오차는 생기지 않았으나 표준편차에서는 7.6cm이며, 화면보다 튀어 나오도록 설정한 제시거리에서는 가장 큰 분산을 가졌다. 제시거리가 -15cm, -20cm일때는 회답된 거리가 -16.7cm, -23.3cm로서 큰 오차는 생기지 않았다. 그러나 제시거리 -15cm의 표준편차가 14.7cm로서, 자극화면 전체에서 가장 큰 편차가 나타났다. 제시거리 -30cm, -40cm일때의 회답된 거리는 -23.4cm, -29.4cm로 오차가 크게 나타났다. 전체적으로 보아, 화면보다 안으로 보이도록 제시된 자극에 대한 회답거리는 큰 오차와 분산을 보였다. 즉, 기준의 위치보다 안(內)방향 (표에서는 마이너스값)으로 보이는 視標는 제시한 量보다도 안으로 느껴지며, 기준위치보다 40cm 안으로 제시한 視標에 대해서는 회답의 평균이 29.4cm였다. 이에 대해 기준의 위치(화면위치)보다 튀어 나오도록 제시된 視標는 40cm에서 34.8cm, 30cm에서 28.9cm, 20cm에서 18cm로 비교적 제시거리와 가까운 값으로 회답하였다.

표 2. 제시거리에 따른 회답거리와 표준편차

제시거리(cm)	-40	-30	-20	-15	0	15	20	30	40
회답거리(cm) (평균치)	-29.4	-23.4	-23.3	-16.7	-6.7	6.7	18	28.3	34.8
표준편차	10.4	11.9	9.9	14.7	7.1	6.7	6.4	6.9	7.6

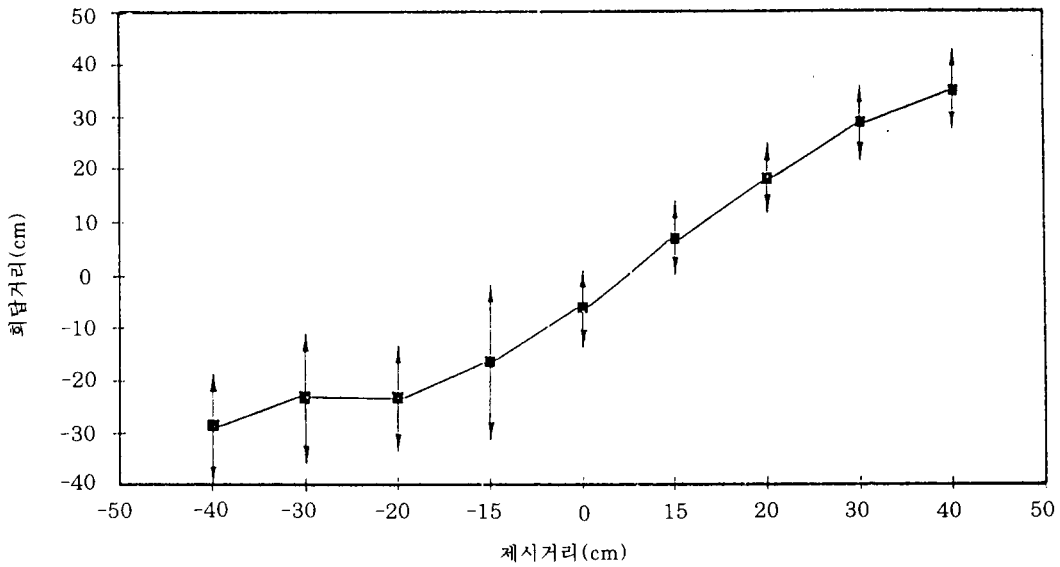


그림 5. 제시거리에 따른 회답거리와 표준편차(n=14)

5-2. 考 察

화면보다 튀어 나오게 제시한 영상에 대해서는, 제시된 거리보다 작게 (짧게) 회답하고 있다. 이는 二眼式 立體映像에서 크기에 대한 恒常性의 영향이 아닐까 생각된다. 눈 앞에 있는 것일수록 실제의 크기보다 작게 보이는 문제가 이 실험에서도 다소 영향을 끼치고 있다고 짐작된다. 실험에서는, 제시거리 +15cm에서 회답오차가 가장 컸다. 이는 +15cm의 제시되기 직전의 영상이 3회 모두가 화면보다 안으로 보이도록 하는 영상이었으므로, 앞에 제시된 영상의 영향으로 거리를 작게(더욱 눈앞에 가깝게) 회답한 것으로 보인다. 二眼式 立體映像에 있어 크기의 恒常性은, 화면보다 안으로 제시된 영상이 -30cm, -40cm일때만 그러한 영향이 미치고 있는 것으로 나타났다. 화면보다 튀어나오게 제시된 영상이 짧게 보이는 경향이 있는 것에 비해, 화면보다 안으로 제시된 것은 반대로 더욱 안으로 보이는 경향이 있었다. 실험에서의 피실험자들은 실제보다 자극물들이 더욱 크게(눈앞으로 보이는) 보이므로, 그 거리를 파악하고 제시되고 있는 거리보다 짧게 회답하지 않았는가 생각된다. 0cm의 위치(화면위치)에 제시된 영상을 화면보다도 안으로 보이도록 제시된 것에 매칭(matching)한 회답은 81% 정도였다. 0cm의 위치에서 제시된 영상이란 평면영상에 해당된다. 즉, 0cm의 위치에 매칭한다는 것은 모니터의 위치에 매칭한다는 것과 같은 의미이다. 그러나 대부분의 피실험자가 이것을 모니터의 위치에 매칭하지 못한 것은 영상과 실물(matching mark)을 매칭하는 것이 어려웠기 때문인 것 같다. 한 화면을 제시할 때마다 피실험자는 마크를 0cm의 위치로 되돌리나, 0cm의 경우에는 피실험자가 matching mark를 움직이지 않아도 매칭되어 있는 것을 마크를 이동시켜 0cm의 위치가 아닌 곳에 매칭시켰다. 이는 피실

험자가 matching mark를 움직이지 않으면 안된다는 생각을 가지고서 실험에 임하였기 때문이다. 전체적으로 인간은 立體映像에서 深度感을 얻을 수 있었다. 실험의 결과로 보면, 立體映像에서 파악된 深度感이란 거리로서 바꾸어 보면 정확한 값은 아니었다. 대체적인 심도거리를 파악하고 있는 것이 정확한 거리를 파악하고 있다고는 말할 수 없으며, 분산 또한 컸다. 실험의 제반조건을 다르게 함으로써 분산의 크기는 어느 정도 줄일 수 있다고 생각한다. 그러나 본 실험의 결과, 二眼式 立體映像에서 미세한 深度量을 정확히 판단하기는 용이하지 않다고 추측되었다. 따라서 정확한 深度感을 필요로 하는 操作이나, 誤差가 없어야 할 遠隔操作 등에 立體映像을 이용해야 할 경우, 다른 立體 映像 方式과 적절히 組合해야 할 것으로 생각된다.

6. 結 論

지금까지는 인간은 立體映像을 일방적으로 보는 형태로서 사용해 왔으나, 현재는 영상을 움직이면서 작업하는 상태로까지 발전해 왔다. 따라서 立體映像에 대한 인간의 知覺程度를 면밀히 검토해야 할 필요성이 있다. 趙의 연구[1]에서는, "미묘한 深度差를 변별한다는 것이 반드시 심도량까지도 파악한다고는 할 수 없다" 라고 보고하였다. 그리고 인간이 立體映像을 통해 얻는 심도량의 오차 크기와 변별역을 명확히 하는 것은 立體映像을 이용하기 위한 근본적인 자료로서 필요하다고 인정되고 있다. 실험의 결과는 다음과 같다.

(1) 매칭 실험에서 알 수 있는 바와 같이, 二眼式 立體映像으로서는 어느 정도의 심도감을 얻을 수 있었으나, 인지된 심도량을 距離의 척도로 나타내어 보면 미세한 거리까지도 정확히 인식한다고 하기는 어려웠고, 분산도 컸다.

(2) 二眼式 立體表示 시스템의 深度에 관한 知覺特性을 고려한 이 시스템의 유효한 應用分野는 미지의 空間 즉, 室內 레이아우트, 시뮬레이션등에서라고 생각된다. 엄격한 正確性이 요구되는 분야보다 전체적인 인상을 보여줄 수 있는 分野가 適合하다고 생각된다.

(3) 實驗結果値에서 보여준 誤差와 分散에서, 二眼式 立體映像을 이용하여 映像을 설계하는 경우에, 畵面보다 튀어나오게 보이도록 설계하는 것이 안으로 보이게 설계하는 것에 비하여 보다 正確한 深度知覺에 有利하다 할 수 있겠다.

參 考 文 獻

[1] 趙 巖., "立體映像과 平面映像의 深度認知量에 관한 硏究", 大韓人間工學會, Vol.10, No.1, pp.11~22, 1991.

[2] 趙 巖., "二眼式 立體映像 觀察時 調節과 瞳孔機能에 관한 人間工學的인 硏究", 大韓人間工學會, Vol.11, No.1, pp.3~12, 1992.

[3] 畑田豊彦., "奥行知覺과 多眼式디스플레이", 光學(日本), 17,7. pp.333~340, 1988.

[4] 井越昌紀., "三次元表示技術의 展望", 日本 精密光學會誌, 2, pp.1~6. 1988.

[5] 長田昌次郎., "視覺의 奥行距離情報와 그 奥行感度", 텔레비젼(日本), 31,8, pp.37~43, 1977.

[6] 立體映像시스템에 관한 調査硏究會(日本) : 立體映像시스템 總論, 立體映像시스템에 관한 調査硏究報告書, 1987.

[7] 岸野文郎., "臨場感通信", 日本 3D FORUM 第12回 硏究會 講演, Vol.4, No.2, 1990, pp.3~6, 1990.

[8] G.F.Poggio and B.Fischer., "Binocular Interaction and Depth Sensitivity in Striate and Prestriate Cortex of Behaving Rhesus Monkey", Journal of Neurophysiology Vol.40, No.6 November, pp. 1932~1405, 1977.

[9] James D. Roth, Stephen M. Kosslyn., "Construction of the Third Dimension in Mental Imagery", COGNITIVE PSYCHOLOGY 20, p. 344~361, 1988.

[10] Mitsuho Yamada, Takashi Hasegawa, Haruo Isono, and Minoru Yasuda., "DEVELOPMENT OF A REAL-TIME ANALYZER FOR DEPTH PERCEPTION USING CONVERGENCE", Proceeding of the SID, Vol.28/3, pp. 263~267. 1987.