

기술 특 집

초다시점(SMV) 및 다초점(MF) 3차원 영상 표시장치의 소개

김성규 (한국과학기술연구원 영상미디어센터)

I. 서 론

3차원 표시 장치 또는 TV가 실용화되기 위해서는 시청자에게 피로를 주지 않고 자연스러운 입체감을 제공하고, 다수가 시청할 수 있을 정도로 넓은 시역(Viewing zone) 조건을 갖추는 것이 중요하다. 이러한 조건을 만족하기 위하여는, 자연스러운 운동시차의 제공이 필요하며, 더불어, 각각의 눈의 초점 조절이 필요한 깊이에 만족될 수 있는 초점 조절용 정보가 부가되어야 한다. 이러한 초점 조절에 대한 만족은 사람이 현실 세계에서 자연스럽게 경험하는 부분을 3차원 표시 장치를 통한 가상 3차원 정보에도 현실 세계에서와 같은 초점 조절을 제공하기 위한 것으로, 3차원 영상의 인식에 대한 수렴과 조절의 불일치와 같은 부작용을 방지할 수 있어 3차원 표시 장치로의 용도가 넓어지게 된다.

현재, 여러 종류의 입체 영상 시스템이 실용화되고 있으나, 현재 시스템의 대부분은, 입체 안경을 착용하는 불편이 있고, 장시간 시청 시에는 눈의 피로와 같은 문제가 있어 실용성이 결여된다. 시청자가 전후 좌우 그리고 상하로 이동한 경우, 입체 영상은 시청자의 위치에 따라 변화되지 않는다면 부자연스럽게 된다. 이러한 경우, 수시간 정도의 입체 영상 연속 시청이 어려울 것이다. 운동 시차에 있어서, 일반적인 다시점 또는 초다시점 3차원 표시 장치에서는 수평방향의 운동 시차와 시점수에 따라 깊이 방향 운동시차를 제공할 수 있다. 자유로운 시청자의 운동 상황에 대한 운동시차를 보장하기 위하여는 집적 영상 기술 또는 체적형 3차원 표시 장치와 같은 완전시차 즉, 좌우 상하의 운동에 대한 시차 정보의 제공이 필요하다. 또한 집적 영상의 경우 그 시점수에 따라 깊이 방향 운동 시차를 제공할 수 있으며, 체적형 3차원 표시 장치와 같은 경우에는 완벽한 모든 방향의 시차를 제공할 수 있으나, 은면제거에 대한 어려움과 표시 가능한 3차원 영상의 체적의 한계 등으로 범용적 응용에는 어려움이 있다. 위에서 언급한 운동시차에 있어서도, 해당 방향 즉, 좌우, 상하 또는 깊이 방향의 운동에 대하여 연속적이고 자연스러운 운동 시차를 제공하기 위하여는 시선 추적 또는 안면 추적과 같은 부가 기술을 사용하지 않는 경우, 그 제공

시차의 수가 많아질 필요가 있다.

다시점의 경우 시차간의 이동이 부자연스러우며, 초다시점의 경우 그 시차간의 이동이 자연스럽게 표현된다. 집적영상의 경우 시점수에 따른 특별한 구분은 아직 이루어지지 않고 있으나, 다시점과 초다시점을 집적 영상 기술에서 수직 시차를 제거한 경우라 생각할 수 있으므로, 그 시차수에 따라 운동시차의 자연스러움이 결정될 것으로 예상된다.

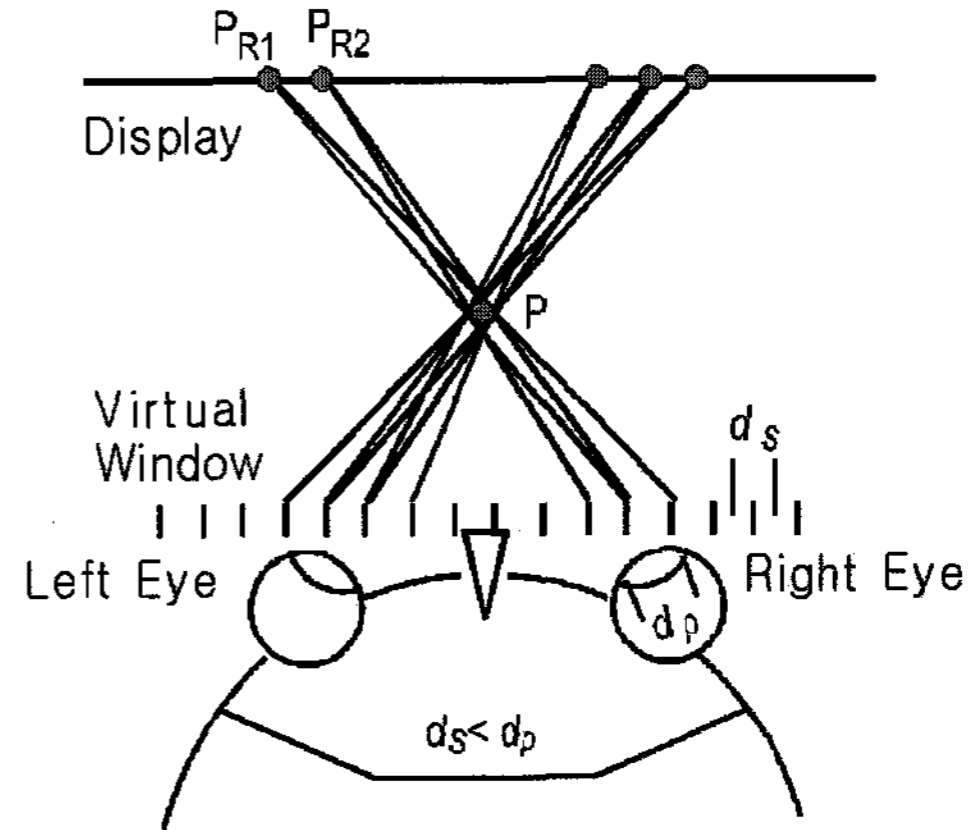
개인 또는 소수가 사용할 수 있는 모니터 또는 TV의 영역에서는 무안경식 다시점 방식이 3차원 디스플레이가 상용화의 초기 방식으로 생각 되어진다. 이러한 상황에서 소수의 시청자가 동시에 볼 수 있고 자연스러운 운동 시차를 제공할 수 있으면 무안경식 3차원 디스플레이로써 활용될 가능성이 높다. 여러 가지 3차원 영상 특성을 만족하여도, 눈의 피로현상이 발생되면 상용 디스플레이로의 활용이 지극히 제한된다. 따라서 눈의 피로현상 완화 또는 제거는 매우 중요한 주제이다. 이러한 눈의 피로현상 발생의 주요 원인들은 (1) 과도한 양안시차 (2) 시차 영상 간의 특성 차이 (3) 입체 카메라의 정합 불일치 (4) 입체 영상에서의 깊이 방향 물체 움직임 (5) 눈의 초점 조절 기능 불만족 등을 그 이유로 들 수 있다.^[1,2] 상기 주요 원인들 중에서 정교한 입력과 출력장치의 조절과 제작과 3차원 영상의 인위적 조절로 (1), (2), (3) 그리고 (4)의 문제는 어느 정도 극복 가능하다. (5)의 조건도 3차원 영상 표시 장치와 시청자의 거리가 비교적 먼 극장과 같은 경우에는 어느 정도 우회 가능성이 있다. 그러나, 3차원 영상 표시 장치에서 양안 시차만을 이용하는 시스템에서 모니터와 같은 조건 즉, 가까운 거리에서 사용해야만 하는 경우에는 (5)의 조건은 물리적으로 일반적으로 해결할 수 없다. (5)의 조건을 원리적으로 해결할 수 있는 3차원 영상 표시 장치로는 체적 영상 표시 장치와 완전 시차 방식의 홀로그래프 3차원 영상 표시 등이다. 여기에서 체적 영상 표시 장치는 제한된 영역에서만 3차원 영상을 제공할 수 있어 그 응용 영역이 좁고 홀로그래프 3차원 영상 표시에서는 아직 그 기술적 문제로 단기간 내의 실용적 구현이 어렵다. 앞의 두 가지 방식 이외에 초점 조절 기능을 만족할 가능성이 있는 3차원 영상 표시 장치는 초다시점 3차원 영상 표시 장치와 다초점 3차원 영상 표시 장치이다.

초다시점 3차원 영상 표시 장치의 경우 3차원 모니터 또는 입체 TV로의 응용 가능성이 높고 다초점 3차원 영상 표시 장치는 HMD 방식으로 개인형 3차원 영상 표시 장치로의 활용 가능성이 있다. 이상의 개념을 기반으로 3차원 영상 표시 장치의 가까운 장래의 상용화를 고려해보면, 무안경 방식을 기본으로 고려하였을 때, 모니터 또는 TV로의 발전을 위해서는 자연스러운 수평 운동시차와 초점 조절 기능을 만족시킬 필요가 있다. 이러한 목적을 기준하였을 때, 초다시점 3차원 영상 표시 장치와 다초점 3차원 영상 표시 장치는 미래의 3차원 영상 표시 장치의 개발에 중요한 기준이 될 수 있다. 초다시점 3차원 영상 표시 장치의 경우, 일본 TAO의 Advanced 3D Television Project에서 고안된 FLA 초다시점 3차원 영상 표시 장치와 동경농공대의 Takaki 교수팀에서 개발한 지향성 화상 초다시점 3차원 영상 표시 장치를 소개하고, 초다시점 시스템으로 분류되어 있지 않으나, 그 특성상 초다시점 시스템에 가까운 HoloVizio 시스템을 소개한다. 이러한 초다시점 시스템에서 눈의 초점 조절과 관련된 휴먼 팩터 연구도 같이 소개하며, 초점 조절 만족의 주제에서는 KIST에서 개발한 다초점 3차원 영상 표시 장치의 개발 및 결과를 소개한다.

II. 초다시점(SMV; Super Multi-View)^[3-6]

초다시점은 다시점 개념을 확장한 것이다. [그림 1]에 초다시점의 개념을 표시하였다. 가상창의 간격을 눈의 동공경보다 좁게한 경우를 가정한 것이다. 이것을 초다시점 조건이라 부른다. 초다시점 조건이 만족되면, 시청자의 단안에는 항상 복수의 카메라의 영상이 입사되고, 망막에 투영되는 과정에 합성된다. 시청자가 좌우로 이동하면, 이동한 방향으로부터 새로운 카메라의 영상이 첨가되어, 이동에 반대되는 방향의 카메라 영상은 동공으로부터 벗어나게 된다. 망막에는, 항상 복수의 시차가 존재하여 투영된다. 이산화 된 운동시차가 연속화 되어, 시청자는 입체 영상이 부드럽게 변화하는 것처럼 보게 된다. 결국, 동공의 좌측과 우측에 입사되는 영상은, 다른 카메라로부터 촬영한 시차를 갖고 있으므로, 단안 가운데에도 시차가 발생한다(단안 시차). 시청자는, 이러한 단안시차를 이용하여, 입체상의 위치에 눈의 핀트(초점 조절)를 맞출 수 있다고 생각되어 진다. 이러한 특징들로부터, 초다시점을 이용하면 자연스러운 입체 디스플레이를 실현하는 것에 가능성이 있다. 이러한 개념은 일본 TAO (Telecommunication Advancement Organization)에서 진행된 2nd 3D Project에서 고안된 개념이다. 상기 프로젝트는 Advanced 3D Television Project의 명칭으로 1997년 10월부터 2002년 9월에 이르기까지 5년에 걸쳐 10억엔 (약 100억원)을 연구비로 사용하였다. 본 고의 저자는 1999년부터 2001년까지 초다시점 관련 3차원 영상 표시 장치를 상기 프로젝트에 해외 초청연구원의 자격으로 연구에 참여하였다.

인간의 눈의 동공 경은 2~8mm 정도인 관계로, 초다시점

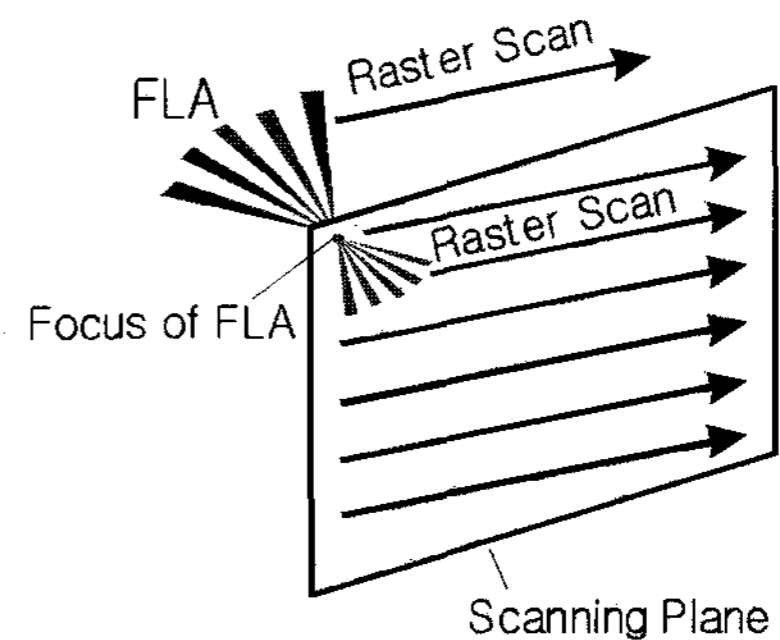


[그림 1] 초다시점의 개념

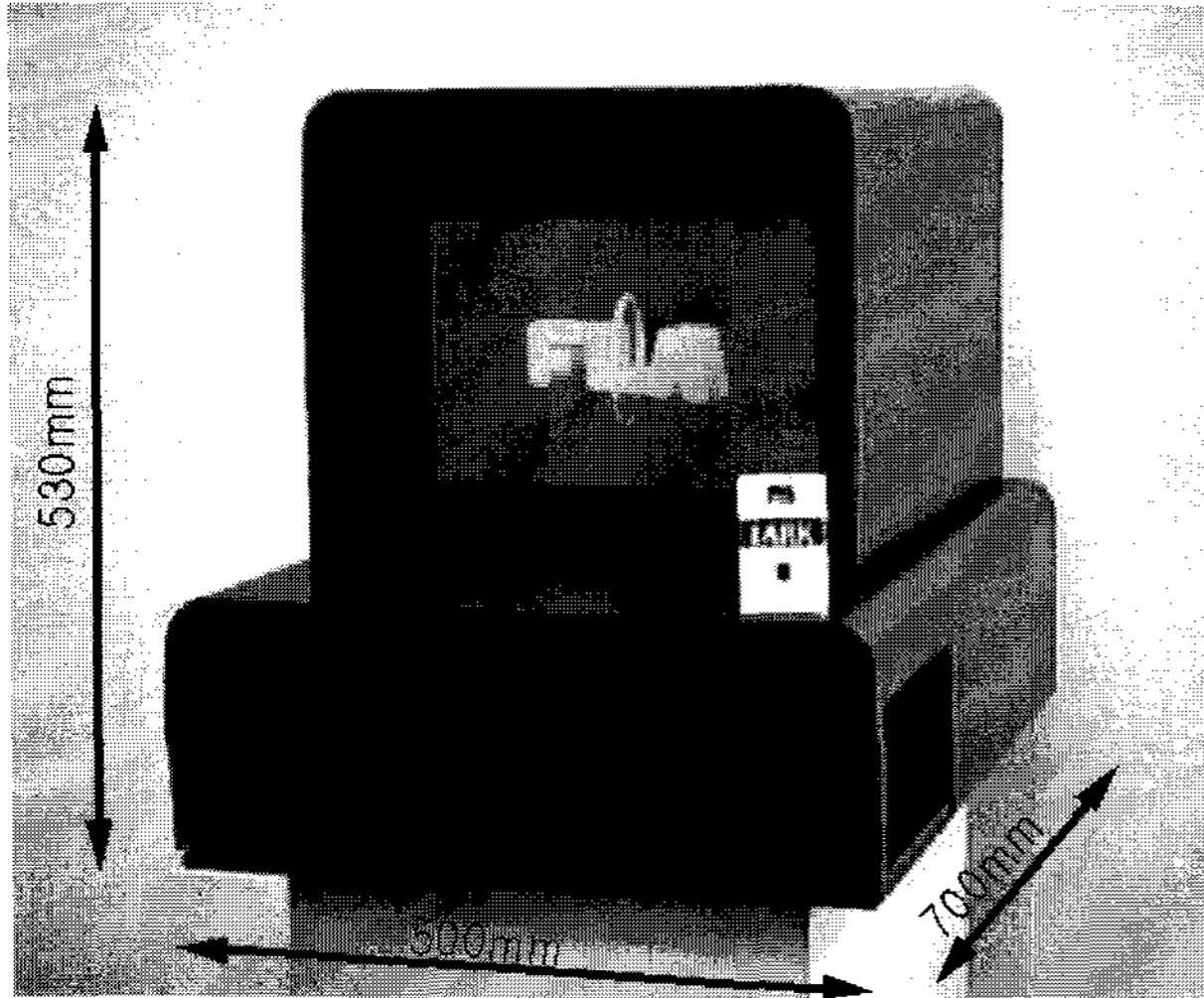
조건을 만족하기 위하여는, 좁은 간격에 많은 시차 영상을 표시할 필요가 있다. 예를 들어, 좌우로의 이동 가능한 범위(시역)을 200mm라 하고, 영상을 5mm 간격으로 제시하는 경우, 전체로 보면 40종류의 시차 영상을 표시하지 않으면 안된다. 이것의 실현을 위하여 FLA 초다시점 영상 표시 장치를 개발되었다. 우선, 소형 광원으로부터 나온 빛을 좁은 광속으로 정형한다. 그 다음에 다수의 광속을 원호의 위에 나열하고, 전체의 광속이 동일한 한곳에 집속하도록 배치한다. 이런 광원의 어레이(array)를 집속화 광원열(Focused Light Array)이라 부른다. [그림 2]에 표시한 것처럼, 이러한 광속들이 CRT의 전자 빔처럼, 고속으로 레스터 주사를 해가면서 각각의 광원의 강도를 조절하여 영상을 묘사한다. 이런 구성의 경우, 광원에 반도체 레이저 등의 소형 광원을 이용하면, 초다시점 조건(즉 좁은 간격에 많은 시차 영상을 표시하는 것)의 만족이 가능하다.

[그림 3]은 처음 제작한 FLA 방식의 입체 디스플레이 외관이고, [표 1]은 그 사양이다. 적색의 가시 반도체 레이저를 0.5도 간격으로 45개를 배열하여 전체적으로 22.5도의 FLA를 구성하여, 이것을 매초 30프레임의 속도로 레스터 주사를 하면서 45안의 입체 영상을 표시하였다. 이러한 디스플레이는 입체 안경 등이 없이도, 다수의 시청자가 동시에 볼 수 있고, 부드러운 운동시차 등과 같은 초다시점의 특징을 실증하였다.

종래의 스테레오 방식의 입체 디스플레이는 시각(視覺)과 인터페이스의 부적합 때문에, 여러 종류의 문제가 발생되고



[그림 2] FLA를 적용함에 따른 초다시점의 생성.



[그림 3] 제작된 FLA 단색 초다시점 3차원 영상표시장치

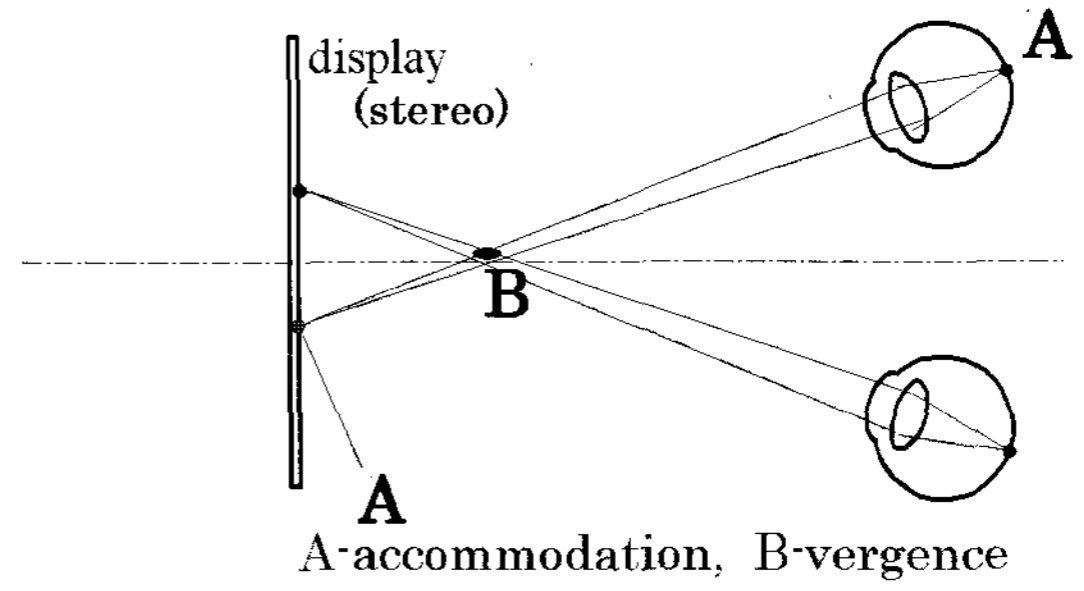
[표 1] FLA 단색 초다시점 3차원 영상 표시 장치의 주요 사양

3차원 영상의 크기	185mm×125mm×~200mm (X×Y×Z)
시차를 제공하는 화소수	400(horizontal)×400(vertical) ×45(parallax)
화면 갱신률	30Hz
시차영상간의 간격	0.5도
시역	수평 22.5도
색상(wavelength)	적색(630nm)
시스템 크기	500mm×530mm×750mm (X×Y×Z)

있다. 예를 들면, 2안식 입체표시에서는, 수렴을 유도하는 정보가 양안 융합상이 보여주는 위치에 있으나, 조절 자극은 디스플레이 면에 있기 때문에, 양안 안구의 수렴과 조절이 모순됨으로 해서 부자연(不自然)스런 상태가 된다(수렴-조절모순; Vergence-Accommodation Inconsistency Hypothesis). 이는 2안식 특유의 강한 시각 피로의 원인이 되고 있음을 시사한다.

스테레오 방식의 입체 표시에서는, 수렴을 유도하는 정보가 양안 융합상이 보여주는 위치에 있었으나, 조절자극은 [그림 4]와 같이 디스플레이면에 있었다. 따라서, 양안 망막 영상차(binocular retinal disparity)에 의해 크게 두드러지듯이 보이는 융합상에서는, 수렴 반응과 조절 반응의 모순이 발생하는 경우가 있다.

이것에 대하여 초다시점(Super Multi-View) 영역에 따른 입체표시에는, 조절 자극이 입체상의 위치에 제시됨으로 해서, 수렴·조절반응의 모순이 해소될 수 있는 가능성이 있다. 초다시점 영역은 사람의 좌우 안의 동공에 복수의 시차가 있는 화상을 입사시키는 것으로, 집속화 광원열 방식(Focused Light Array; FLA)에 의해 그 실현이 이루어졌다. 따라서, 이러한 동공내의 복수 시차 제공의 경우에 피



[그림 4] 스테레오 환경에서의 수렴과 조절 기능의 불일치

[표 2] 스테레오 및 FLA 초다시점 시스템에 대한 조절 반응

Stimuli	Session	Distance	Stereo	SMV
Pattern 1	Session 1	Near	×	×
		Far	×	○
	Session 2	Near	×	○
		Far	×	○
Pattern 2	Session 1	Near	×	×
		Far	○	×
	Session 2	Near	×	×
		Far	×	○

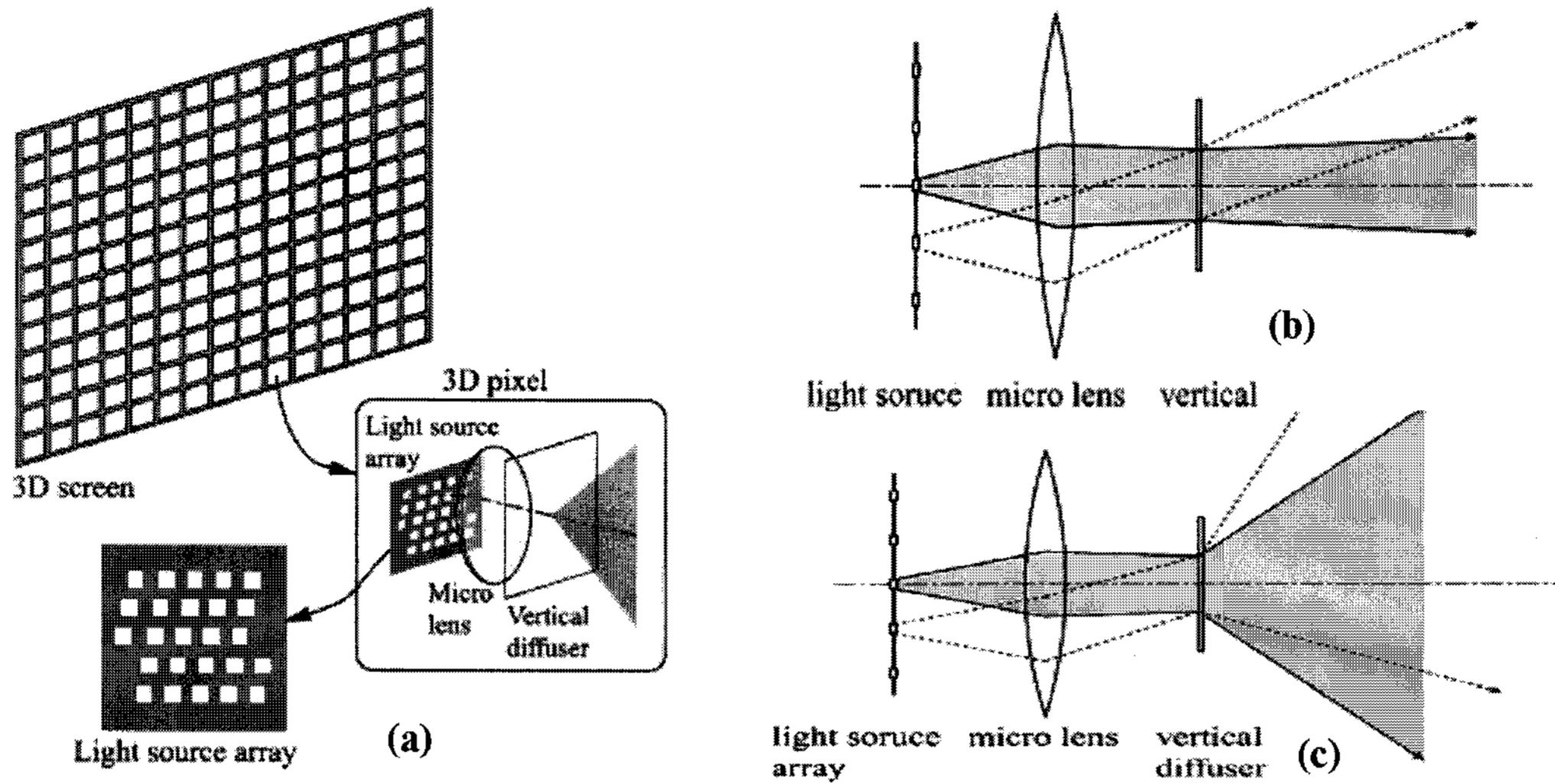
(○ : 일치, × : 불일치)

험자들을 대상으로 하여, 초다시점 입체화상에 대한 수렴과 조절 반응이 연구되었다.

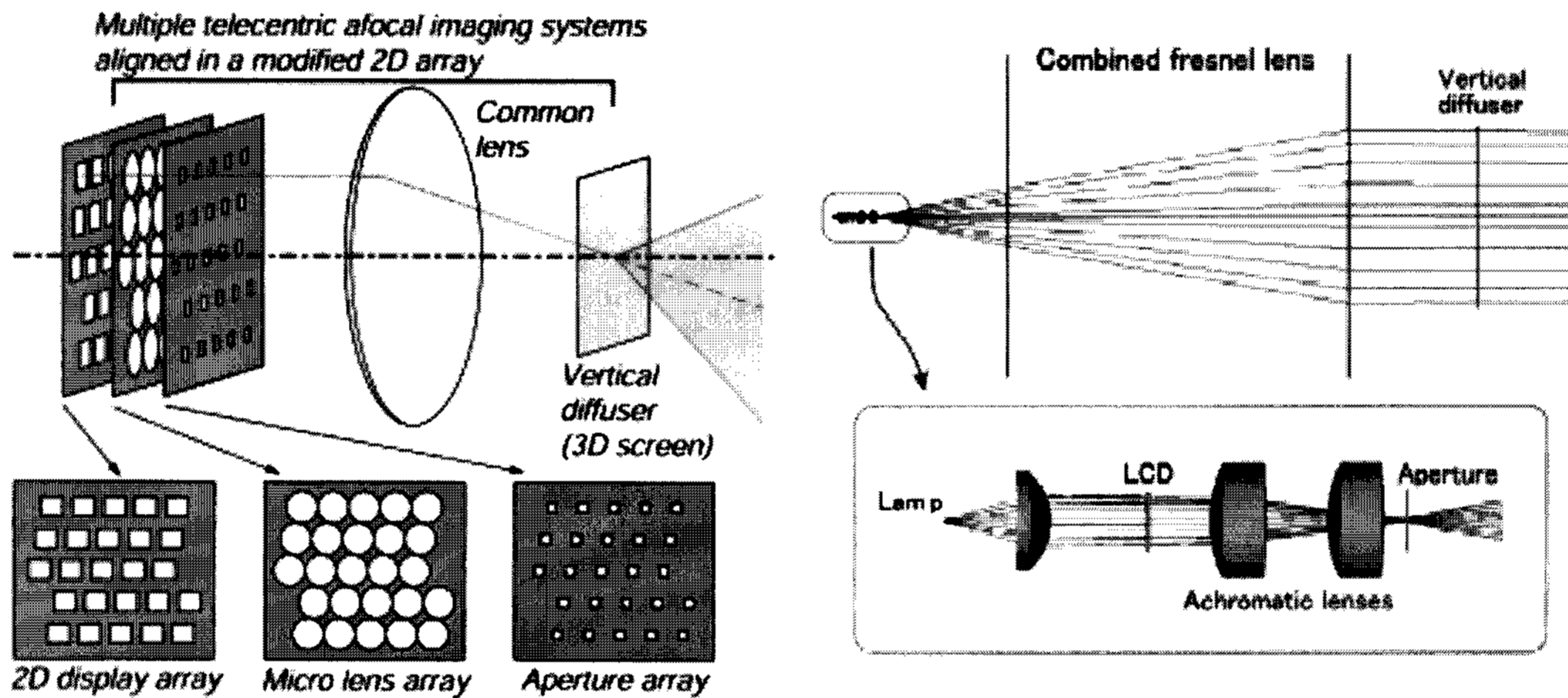
[표 2]의 결과에서와 같이 근거리 조건과 원거리 조건에 대한 스테레오 영상과 초다시점 영상을 피험자에 테스트하여 눈의 조절 결과를 조사한 결과, 스테레오의 경우 깊이 자극과 반응 자극이 일치하는 정도가 1/8이었고, 초다시점의 경우 그 일치 정도가 4/8이었다. 이는 완벽하지는 않지만, 초다시점 영상이 동공의 조절 작용에 어느 정도 영향을 줄 수 있음을 보여준다.

1. 지향성 화상(Directional Image) 방식의 초다시점 3D 디스플레이^[7, 8]

동경농공대의 Takaki 교수팀에서는, 무안경 방식으로 다수의 시청자가 자연스러운 운동시차를 제공가능하며, 눈의 초점 조절 기능을 어느 정도 만족시키는 목적을 달성하기 위하여, 변형 이차원 배열의 다중결상계를 이용하는 구성방식을 사용하여 박형 대화면 3차원 디스플레이를 개발하고자 하였다. 그 기본적인 원리는 [그림 5]에 보여진다. [그림 5](a)에서 보여지듯이, 3차원 표시를 위한 특수한 화소 구성을 사용한다. 각화소는, 광원 어레이와 마이크로렌즈를 적용하고, 수직 확산판을 사용한다. 광원 어레이는 마이크로렌즈의 초점면에 배치한다. 수평단면도는 [그림 5](b)에 있다. 광원의 수평위치에 대응하여 마이크로렌즈를 통과하여 생성된 평행광의 방향이 결정된다. 이러한 원리를 이용하기 위하여, 수평방향의 위치가 일치되지 않도록 광원 어레이를



[그림 5] 지향성 화상 초다시점 3차원 영상 표시 장치의 기본 원리



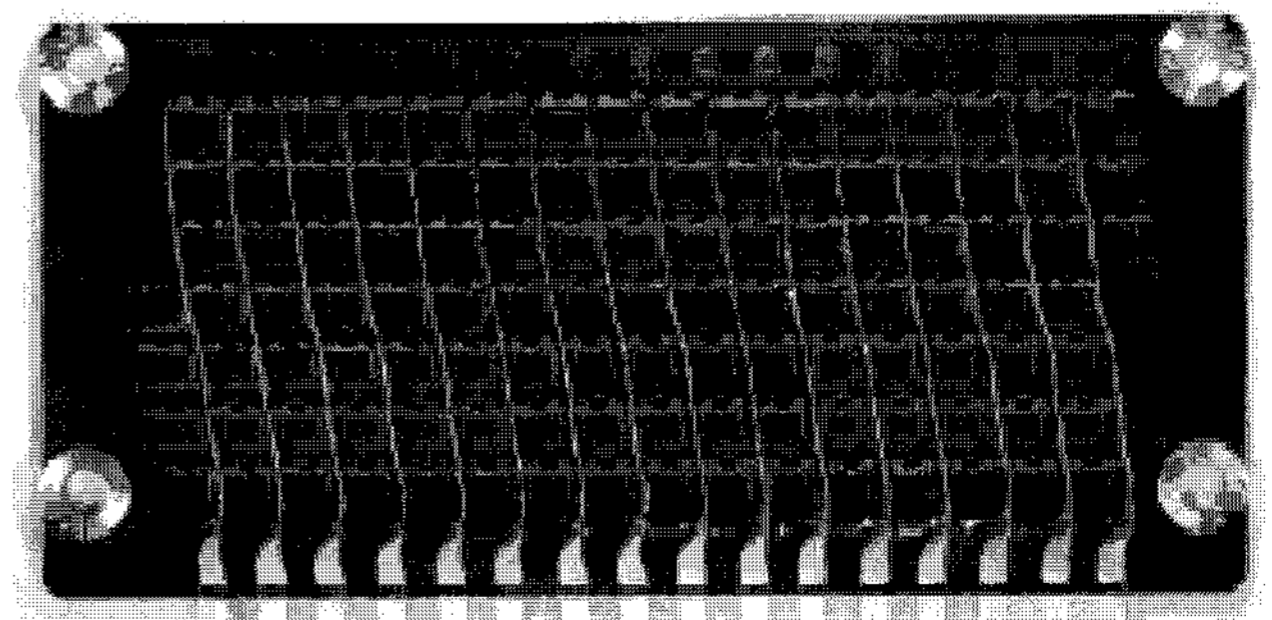
[그림 6] 128지향성 화상 초다시점 3차원 디스플레이의 광학계

변형 2차원 배치한다. 수직 단면도는 [그림 5]의 (c)에 보여진다. 광원의 수직위치에 따라 광선의 수직 진행 방향이 다르게 진행되나, 모든 수직 방향의 평행광이 [그림 5]의 (c)와 같이 수직 확산판의 위치에서 모두 일치되도록 설계한다. 이러한 방법을 사용함으로써, 수직 방향은 시차가 제공되지 않고, 수평 방향은 마이크로렌즈의 초점 수평 위치에 따라, 다른 시차 영상을 제공하게 된다. 따라서, 수평 방향으로 배치된 지향성 화상의 수가 그 시차의 수를 결정하게 된다.

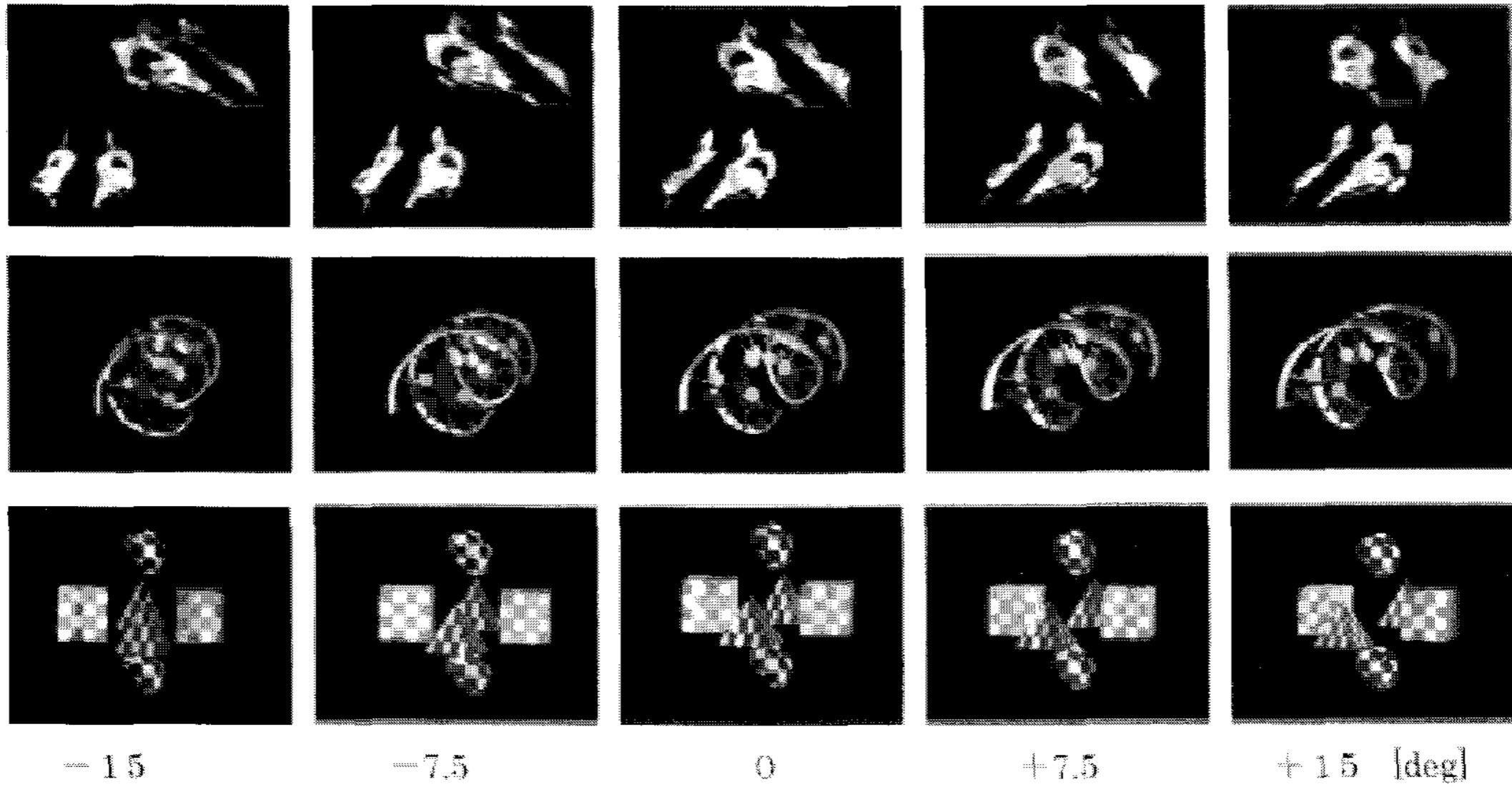
상기 기본 원리를 이용하여 [그림 6]의 광학계를 고안하였다. [그림 6]의 광학계는 2차원 디스플레이, 렌즈 어레이, 개구 어레이, 공유렌즈, 그리고 수직 방향 확산판으로 구성된다. 렌즈 어레이의 한 렌즈와 공유 렌즈를 이용하여 무한 초점(Afocal) 광학계가 구성된다. 전체 시스템에서는, 다수의 무한초점 광학계가 다중화 구성되고, 추가로 수직 확산판을 사용하여, 지향성 화상 초다시점 디스플레이의 광학계가 구성된다.

128개의 시차영상을 갖는 지향성 초다시점 3차원 디스플

레이를 제작하기 위하여, 0.44인치 칼라 LCD(Sony, LCX 033)를 2차원 디스플레이로 사용하였다. LCD 패널을 16×8개의 변형 2차원 배열을 [그림 7]과 같이 적용하였다. 128개의 LCD 패널이 약 400mm×170mm의 영역에 배치하였다. 상기 128 지향성 화상 초다시점 3차원 영상표시 장치를 구동하기 위하여 16대의 PC사용하였다. 따라서 각각의 PC



[그림 7] 128개 LCD 패널의 변형 2차원 배열

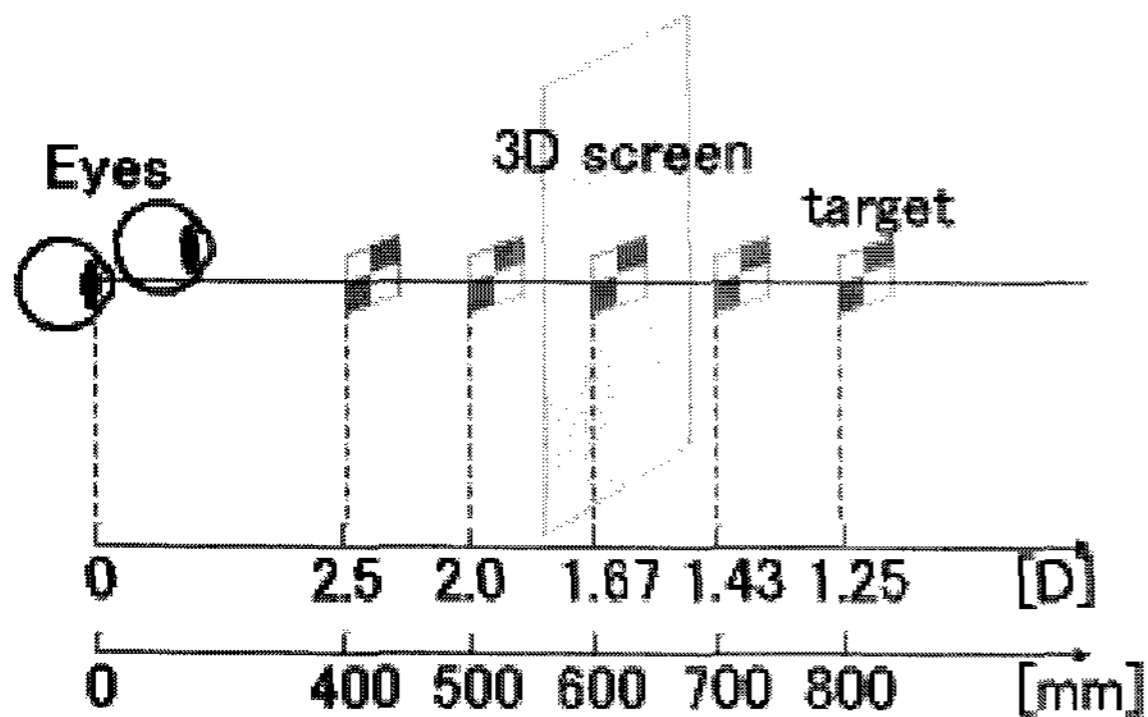


[그림 8] 128 지향성 화상 초다시점 3차원 영상표시에서 구현된 운동 시차

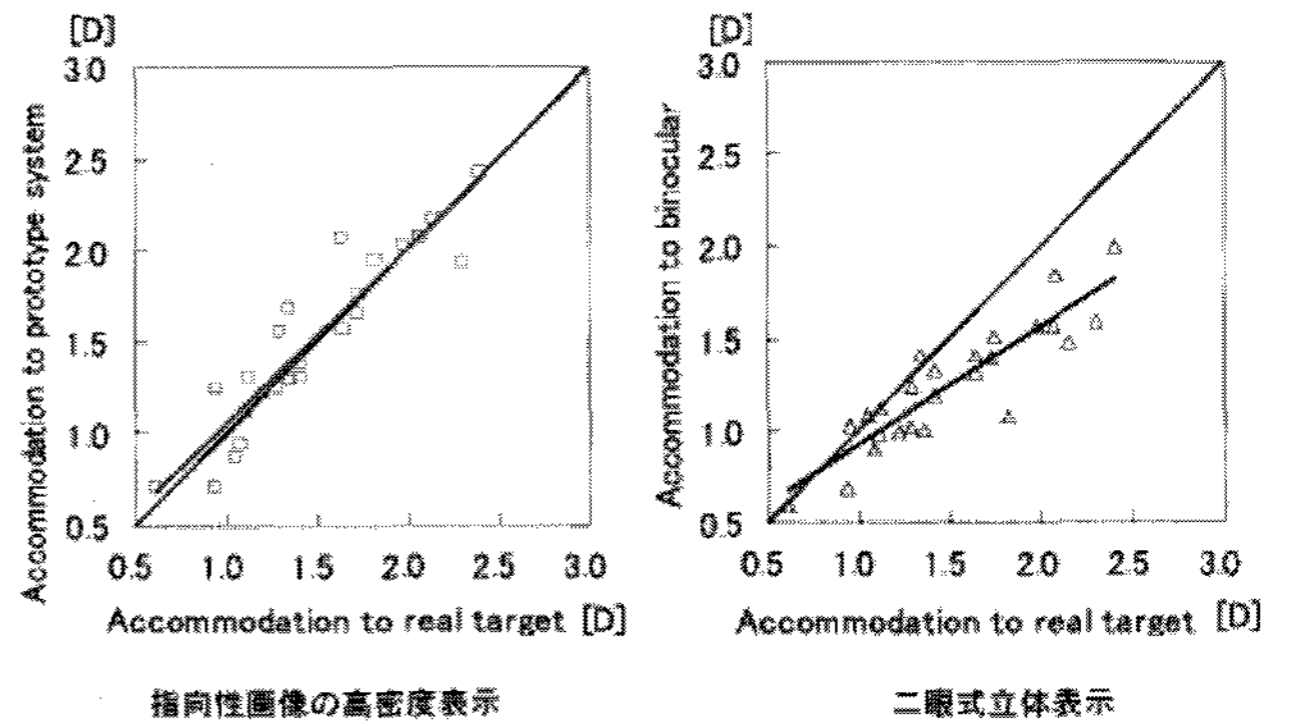
는 8개의 LCD 패널을 구동하였다. 이러한 시스템을 이용하여 시연한 초다시점 영상의 운동 시차를 촬영한 결과가 [그림 8]이다. 3종류의 대상 물체를 -15도에서부터 +15도에 이르기까지 5개의 각도 위치에서 촬영한 것이다. [그림 8]에서 알 수 있듯이 지향성 화상 초다시점 3차원 시스템은 자연스러운 운동 시차를 제공함을 알 수 있다.

지향성 화상 방식의 초다시점 3D 디스플레이에서, 조절 응답을 조사하여, 지향성 화상을 고밀도로 표시함으로써 초다시점 상태를 구현하여 초점 조절이 가능함을 검증하였다. 실험 방법으로는 [그림 9]와 같이, 스테레오 또는 지향성 화상 스크린의 위치를 관찰자로부터 600mm(1.67D)에 위치시키고, 대상 물체는 400mm(2.5D), 500mm(2.0D), 600mm(1.67D), 700mm(1.43D), 그리고 800mm(1.25D)의 거리에 표시되도록 준비하였다.

이러한 상황에서 20대 남성 5인을 대상으로 하여 수평 방향의 시차만을 고려한 상태에서 제시한 대상 물체의 깊이와 조절 응답의 깊이를 비교한 결과가 [그림 10]에 있다. 스테레오 3차원 디스플레이에 의한 결과는 [그림 10](b)이며 제시한 조절 대상의 깊이와 실제로 측정된 조절의 깊이가 다름을 알 수 있다. 또한 지향성 화상 3차원 디스플레이에서



[그림 9] 스테레오 및 지향성 화상 시스템에서의 조절 측정 조건

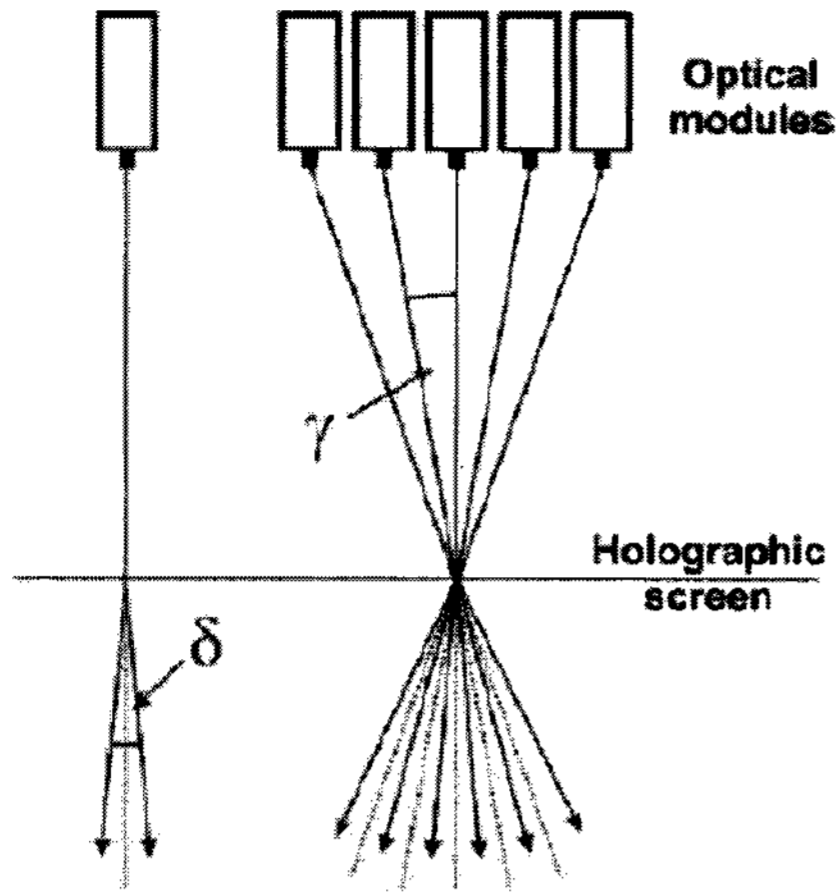


[그림 10] 스테레오와 지향성 화상 시스템에서의 조절 반응
(a) 지향성 화상 시스템에서의 조절 반응
(b) 스테레오 시스템에서의 조절 반응

제공한 조절 대상의 깊이와 실제로 측정된 조절의 깊이를 비교한 것이 [그림 10](a)이다. 여기에서 알 수 있듯이, 지향성 화상 시스템에서는 평균적으로 제시한 조절 깊이와 측정된 조절 깊이가 상당부분 일치함을 알 수 있다. 이러한 실험은 수평 시차만을 제공한 상태에서도 수평 방향 시차의 영향으로 조절 작용에 큰 영향을 미칠 수 있음을 확인시켜 주는 것이다.

2. HoloVizio 3차원 디스플레이 시스템^[9]

HoloVizio 3차원 디스플레이 시스템은 헝가리의 Holografika사에서 개발한 것으로, 홀로그래픽 스크린을 이용하고 투사광학계를 적용한 3차원 영상 표시 장치이다. 최근 발표된 논문을 근거로 보면, 프로젝터 표시장치와 같은 투사광학계 표시장치를 다수 수평 배열하고 각각의 투사광학계 표시 장치의 화소들을 시차영상에 기여하는 방법을 [그림 11]과 같이 사용한다. 또한 홀로그래픽 스크린을 이용하여 시차 영상을 표현하였다.



[그림 11] HoloVizio의 원리

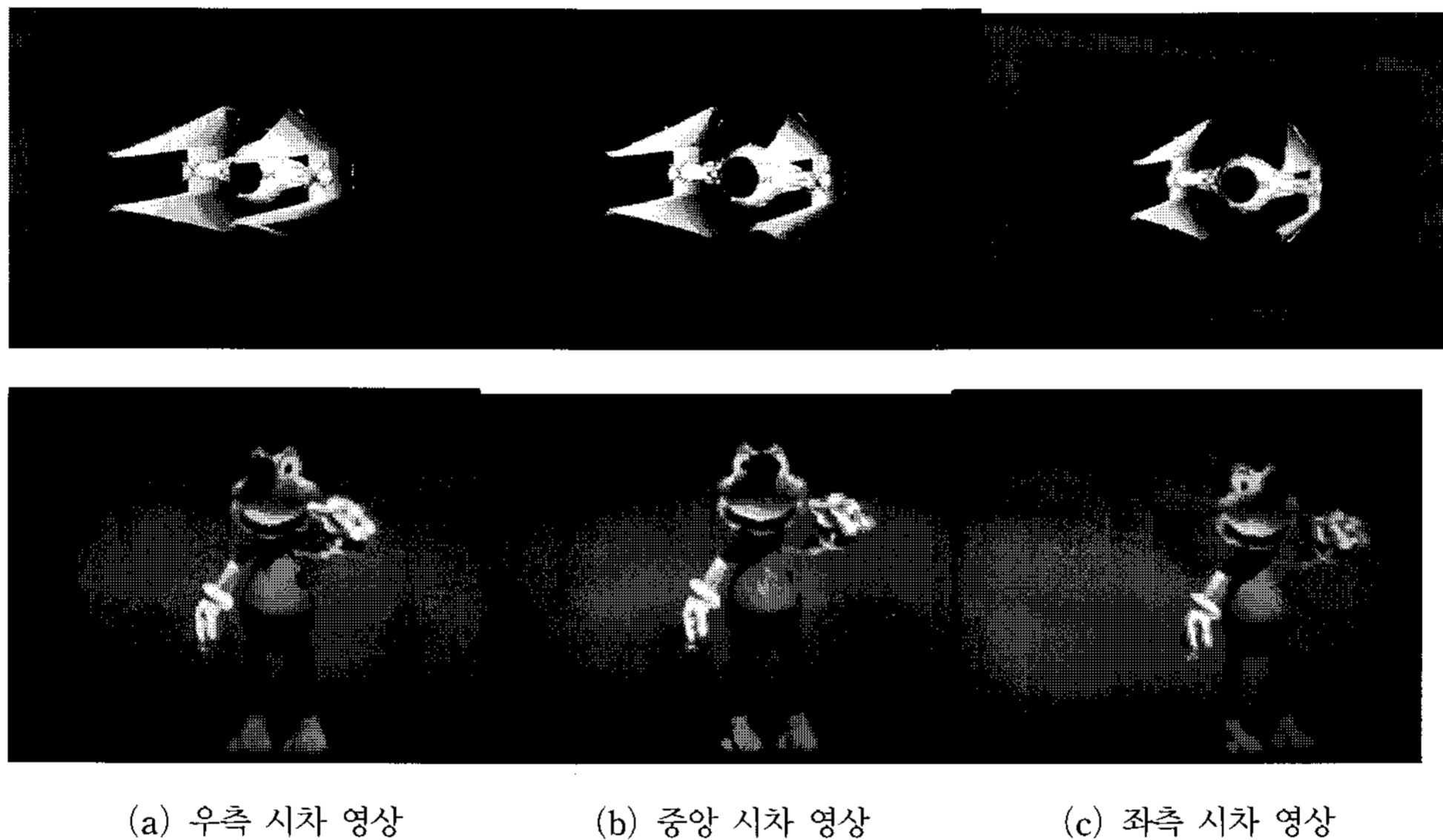
[그림 11]의 원리로, 대형 즉 3차원 화면의 대각선으로 약 1.8m의 시스템을 제작하였다. 이러한 시스템에서 시연된 3차원 화면은 [그림 12]에 두었다. 이러한 시차영상들은 매우 자연스러운 운동시차를 제공한다.

[그림 12]의 시연 3차원 영상과 더불어, 카메라를 이용한 제스처 인식을 통하여 실시간 3D 인터랙션 시스템을 구축하

여 시연을 하였다. 이러한 시연의 장면들을 [그림 13]에 두었다. 이와 같은 3차원 시스템과 사용자간의 실시간 3D 인터랙션은 최근의 3차원 영상 표시 장치의 응용과 활용으로 활발이 연구 개발 되고 있으며 추가로, 동경농공대 Takaki 교수팀에서도 지향성 화상 초다시점 시스템에서 구현하였고, 독일의 HHI 연구소에서도 렌티큐라를 이용한 무안경 2안 3차원 영상표시 장치에서 렌티큐라를 디스플레이 면에 대하여 상대적으로 관찰자의 위치에 따라 미소 이동시켜 관찰자를 추적하는 방식의 3차원 영상 표시 시스템에 관찰자의 손을 적외선 광원과 적외선 카메라로 촬영하여 인식하는 방법을 통하여 실시간 3D 인터랙션을 구현하였다.

III. 다초점(MF; Multi-Focus) 3차원 디스플레이^[10, 11]

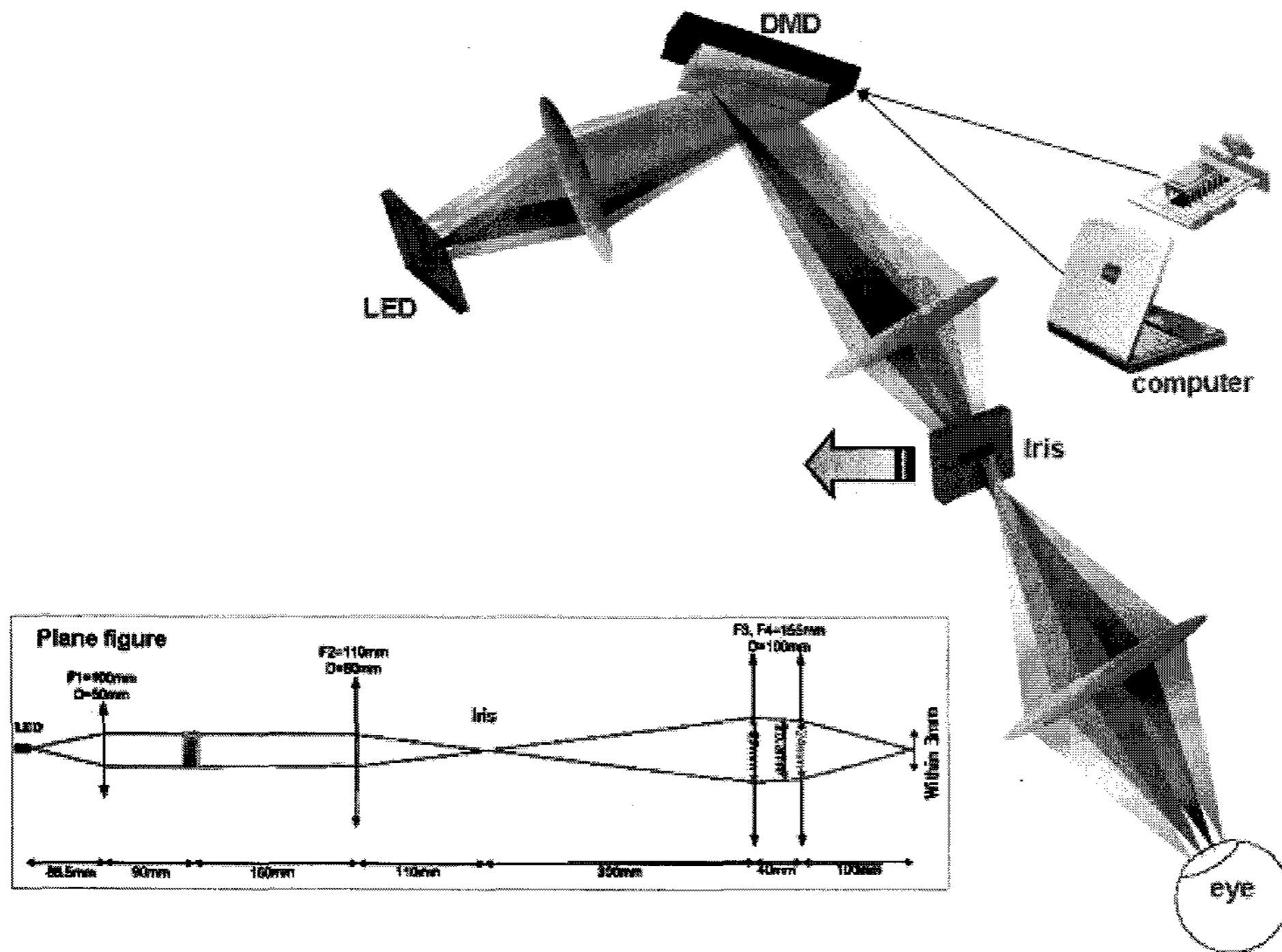
앞선 초다시점 시스템의 소개에서 알 수 있듯 3차원 영상 표시 장치에서 관찰자의 눈의 피로현상 발생은 3차원 영상 표시 장치의 상용화에 큰 문제로 작용되며, 이러한 눈의 피로현상에 대한 여러 가지 추정 원인들 중에서 3차원 영상 표시 장치에서 표시되는 3차원 물체들의 서로 다른 깊이에



[그림 12] 대형 HoloVizo 시스템에서 시연된 3차원 영상



[그림 13] HoloVizio 시스템에서의 실시간 3D 인터랙션 장면



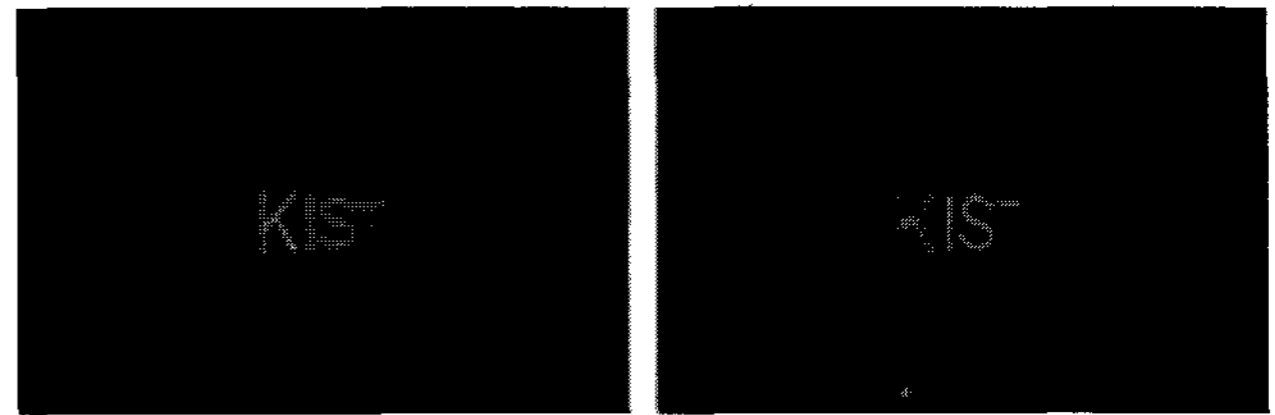
[그림 14] LED 광원 배열을 이용한 MF 3D 디스플레이 시스템

대한 눈의 정확한 초점 조절의 불만족은 그 중요한 원인으로 파악되고 있다. 이러한 부분을 극복할 수 있는 가능성을 초다시점 시스템에서 검증하였나, 엄밀한 의미에서의 조절 반응에 대한 확실한 근거는 아직 제시하지는 못한 상황이다. 이러한 부분을 검증하기 위하여 MF의 개념을 도입하였으며, 이러한 개념을 구현한 MF 3차원 영상 표시 장치를 개발하였고, 이 장치를 이용하여 눈의 조절 반응이 상당부분 만족될 수 있음을 검증하였다. 이러한 시스템과 그 실험 결과를 소개한다.

구현된 MF 시스템은 [그림 14]에 나타내었다. 이 시스템에서는 DMD(Digital Micro-Mirror)를 공간 광 변조기(SLM: Spatial Light Modulator)로 사용하였다. DMD의 공간 해상도는 1024x768이고 최대의 초당 프레임 갱신률은 8KHz이다. 또한 각 픽셀은 8bit인 Gray Scale의 데이터를 표현 가능하다. 한 장의 3차원 화면을 구성하기 위하여는 시간분할 방식을 적용한 4개의 시차영상을 사용하였다. 시스템에서 광원으로 4개의 적색 LED를 사용하였다.

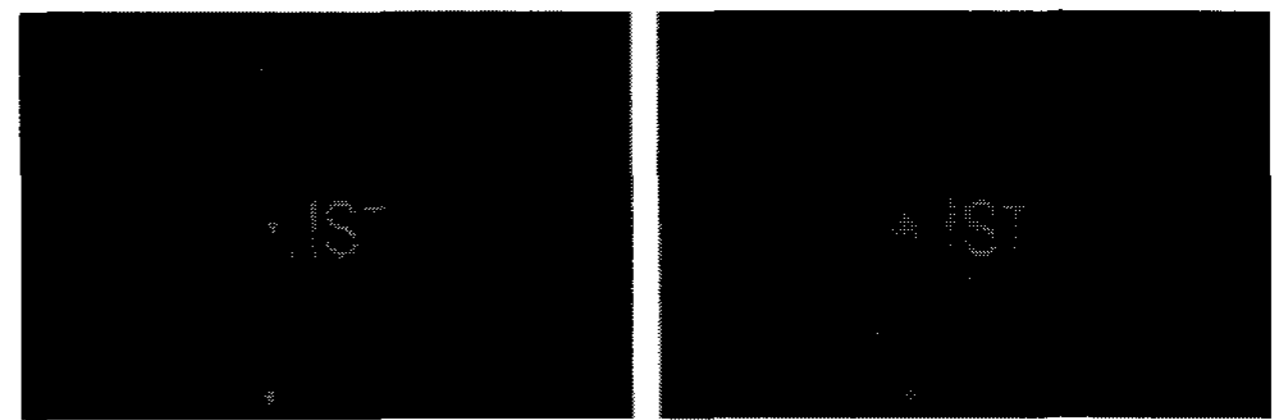
[그림 14]의 구조를 이용하여 “K”, “I”, “S”, “T”라는 문자 각각이 순서대로 300mm, 500mm, 1000mm, 2000mm의 거리가 관찰자의 동공으로부터 떨어져서 표시되도록 준비하여 각각의 깊이에 초점을 조절한 비디오 카메라의 실험 결과를 [그림 15]에 두었다.

[그림 15]의 초점 조절 실험에 있어서, 초점 조절 현상은 실제의 흐려짐을 이용하는 방식이 아니라, 각각의 시차영상들이 해당 깊이에 초점을 조절하고자 할 때 해당 깊이의 가상 물체의 해당 시차 영상들만 일치되어 선명하게 보이고, 깊이가 다른 가상 물체들에 해당하는 시차영상은 조금씩 그 어긋난 깊이의 양에 따라 갈라짐으로써 비초점화 현상을 모



(a) 'K'에 초점을 맞추었을 때

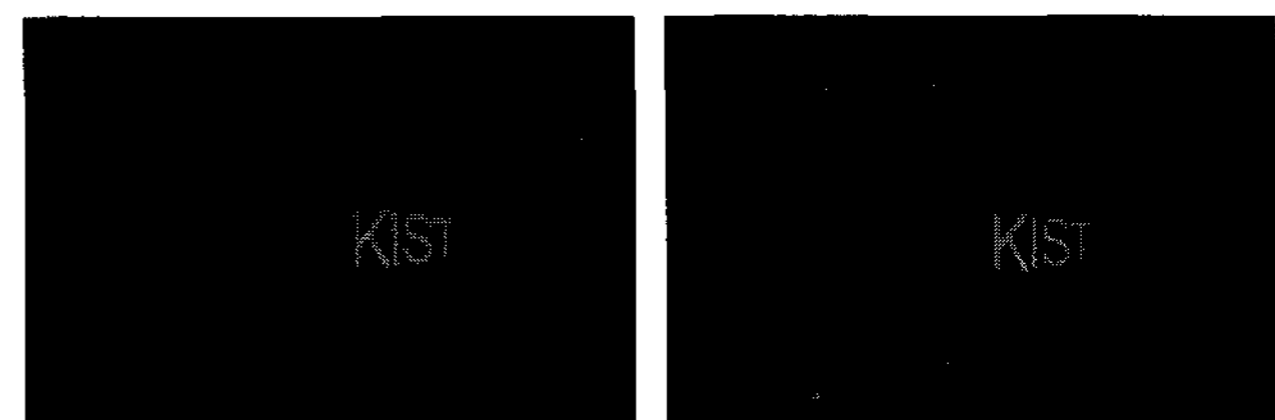
(b) 'I'에 초점을 맞추었을 때



(c) 'S'에 초점을 맞추었을 때

(d) 'T'에 초점을 맞추었을 때

[그림 15] LED 광원 배열을 이용한 MF 시스템에서의 초점 조절 실험 결과



(a) 0.3m 깊이를 촬영

(b) 2.0m 깊이를 촬영

[그림 16] 시스템의 단위 시차영상의 깊이 방향 흐려짐 현상의 확인

사하게 된다. 이러한 시스템을 구현하기 위하여는 각각의 시차영상은 실험 영역에 해당하는 깊이 변화에 대하여 단위 시차 영상의 흐려짐이 발생하지 않아야 된다. 상기 실험 결과에 해당하는 300mm~2000mm의 구간에 각각의 시차영상은 흐려짐 현상이 발생하지 않음을 [그림 16]과 같이 확인하였다.

IV. 결론 및 고찰

3차원 영상은 그 인식에 있어 시청자의 자유를 가급적 제한하지 않아야 한다. 따라서, 우선적으로 특수 안경을 착용하지 않아야 하며, 시청자의 위치의 제한이 완화 되어야 하며, 위치의 상하, 좌우, 그리고 깊이 이동에 따른 자연스러운 운동 시차를 제공하여야 한다. 또한 가급적 많은 수의 시청자가 볼 수 있어야 한다. 이러한 추가적인 조건 이외에 기본적인 2차원 영상의 화질은 충분히 보장되어야 한다. 이러한 3차원 영상 표시 장치의 과도한 표시 성능 요구가 상용화에 큰 문제로 작용되고 있다. 따라서, 이러한 문제를 우회적으로 해결하기 위하여, 우선적으로 수직 시차를 제거하는 수평 시차만의 다시점 또는 초다시점 3차원 영상 표시 장치가 상용화의 대상이 되고 있다. 그러나, 이러한 조건 외에도, 눈의 피로현상과 같은 인식과 관련된 문제가 해결되어야 3차원 영상 표시 장치의 상용화가 활성화된다. 이러한 부분의 해결은 눈의 초점 조절 만족과 상당 부분 관련되어 있으며, 초다시점 시스템에서 어느 정도의 초점 조절 만족 가능성은 보여주고 있다. 그러나, 그 완벽한 만족은 검증되지 않고 있으며, KIST에서 개발한 다초점 3차원 영상 표시 장치의 실험 결과로부터 그 완벽한 만족의 조건을 검토할 수 있는 수준에 이르고 있다. 현재에서는 완벽한 검증에는 이르지 못하였으나, 추후 추가의 연구에 따라서는 그 조건을 파악할 수 있으리라 생각되며, 이러한 연구 결과와 최신 3차원 영상 표시 기술들이 융합되면, 3차원 영상 표시 장치의 상용화가 가속될 수 있으리라 기대된다.

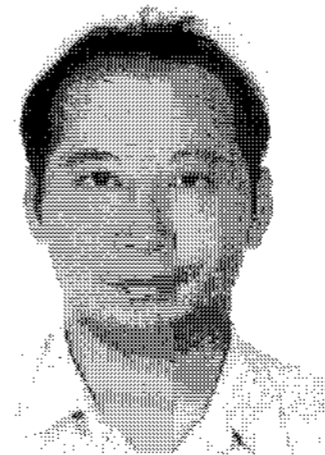
참고 문헌

- [1] Sumio Yano, Shinji Ide, Tetsuo Mitsuhashi, and Han Thwaites, "A study of visual fatigue and visual comfort for 3D HDTV/HDTV images", *Displays* 23, pp.191-201, 2002.
- [2] Sumio Yano, Masaki Emoto, and Tetsuo Mitsuhashi, "Two factors in visual fatigue caused by stereoscopic HDTV images", *Displays* 25, pp.141-150, 2004.
- [3] Yoshihiro Kajiki, Hiroshi Yoshikawa, and Toshio Honda, "Hologram-Like Video Images by 45-View Stereoscopic Display", *SPIE Vol.3012, Stereoscopic Displays and Virtual Reality*

Systems IV, pp.154-166, 1997.

- [4] Kajiki, Y., Yosikawa, H., Honda, T. "Ocular Accommodation by Super Multi-View Stereogram and 45-View Stereoscopic Display", in *Proceedings of The Third International Display Workshops (IDW'96)*, Vol.2, 1996, pp.489-492.
- [5] Y. Kajiki, 김성규, "초다안 입체 디스플레이", *광학과 기술*, 2001년 4월, 5권 2호, 특집 3차원 영상기술 I, pp.21-24.
- [6] K. Susami, 김성규, 반지은 "3차원 디스플레이와 시각 응답 초다안 입체 화상에 대한 폭주·조절·동공반응의 측정", *광학과 기술*, 2001년 7월, 5권 3호.
- [7] H. Nakanuma, H. Kamei, and Y. Takaki, "Natural 3D display with 128 directional images used for human engineering evaluation", *Proc. SPIE Vol. 5664, Stereoscopic Displays and Applications XVI*, pp.56-63, 2005.
- [8] Y. Takaki, "Natural 3D display which generates high-density directional images and human accommodation responses", *Proc. Of the 10th International Display Workshops*, pp.1405-1408 (2003).
- [9] T. Bahogh, P. T. Kovacs, A. Barsi, "HoloVizion 3D display System", *3DTV-Conference 2007 Greece*, 2007.
- [10] S. K. Kim, D. W. Kim, M. C. Park, J. Y. Son, and T. Honda, "Development of the 2nd generation of HMD type multi-focus 3D display system", *Proc. SPIE Vol.6016, Three-Dimensional TV, Video, and Display IV*, 60160P, pp. P-1~P-11, 2005.
- [11] S. K. Kim, D. W. Kim, M. C. Park, Y. M Kwon, and J. Y. Son, "Development of a HMD-type multi-focus 3D display system using LEDs", *Proc. SPIE Vol.6392, Three-Dimensional TV, Video, and Display V*, 63920B, pp. P-1~P-9, 2006

저자 소개



김성규

1989 고려대학교 물리학과 학사, 1991 고려대학교 물리학과 양자광학 석사, 2000 고려대학교 물리학과 양자광학 박사, 1999~2001: 일본 TAO 해외 초청 연구원, 2001~현재: 한국과학기술연구원 영상미디어센터 선임연구원, 관심분야: 다초점 3차원 영상 표시 장치, 초다시점 3차원 영상 표시 장치, 홀로그래픽 영상 표시 장치, 디지털 홀로그래피, 회절 광학 소자(DOE, HOE)