

인간친화적 3D 보급을 위한 3DC 안전 가이드라인

2010년 4월 20일 개정
국제 가이드라인 ISO IWA 3 준거

3D 컨소시엄(3DC)
안전 가이드라인 부회

이 「3DC 안전 가이드라인」은, 일본어판을 그대로 한국어로 한 것입니다.
번역된 가이드라인에서 문제가 발생한 경우, 일본어판의 기술을 우선하는 것으로 하겠습니다.

3DC 안전 가이드라인 전면 개정에 즈음하여

2010년 4월 3D 컨소시엄 (3DC) 안전 가이드라인 부회

본 가이드라인은, 회원의 편의를 도모하기 위해 2004년 12월에 책정되었습니다.

당시, 3D 영상에 대한 가이드라인으로 공적으로 공인된 것은 존재하지 않고, 1999년 6월 발행의 (사)전자정보기술산업협회의 「3차원 영상에 관한 가이드라인 시안」이 있을 뿐이었습니다.

2005년 9월, 관계자의 노력이 결실을 맺어, 국제표준화기구 ISO로부터 영상의 안전성에 관한 가이드라인 ISO IWA301 책정 공개되었습니다.

2006년 2월 ISO IWA3의 입체 관련 부분을 망라하고, 내용도 보강해서 3DC 가이드라인의 개정을 행했습니다. 이 작업에 의해, 신뢰도가 대폭 향상된 것으로 되었습니다. 2008년 11월 3D산업의 고조를 기대하고, 그것을 지지할 목적으로 3DC 안전 가이드라인을 일반 공개했습니다.

이후, 헐리우드발 입체영화가 인기를 떨치고, 3D 텔레비전의 상품화도 구체화되는 가운데, 촬영, 영상제작, 표시 기술이 급속히 진보하여, 안전 가이드라인의 내용이 현상의 기술에 반드시 들어맞지는 않는 곳이 여기저기서 보여지게 되었습니다.

따라서, 2009년 11월 30일부터 개시된 경제산업성 쾌적 3D 프로젝트의 활동의 일환으로서 과거 10년의 문헌조사, 3D연구자, 사업관계자와의 논의를 진행하여, 내용을 전면 개정하기로 했습니다.

3DC 안전 가이드라인의 위상

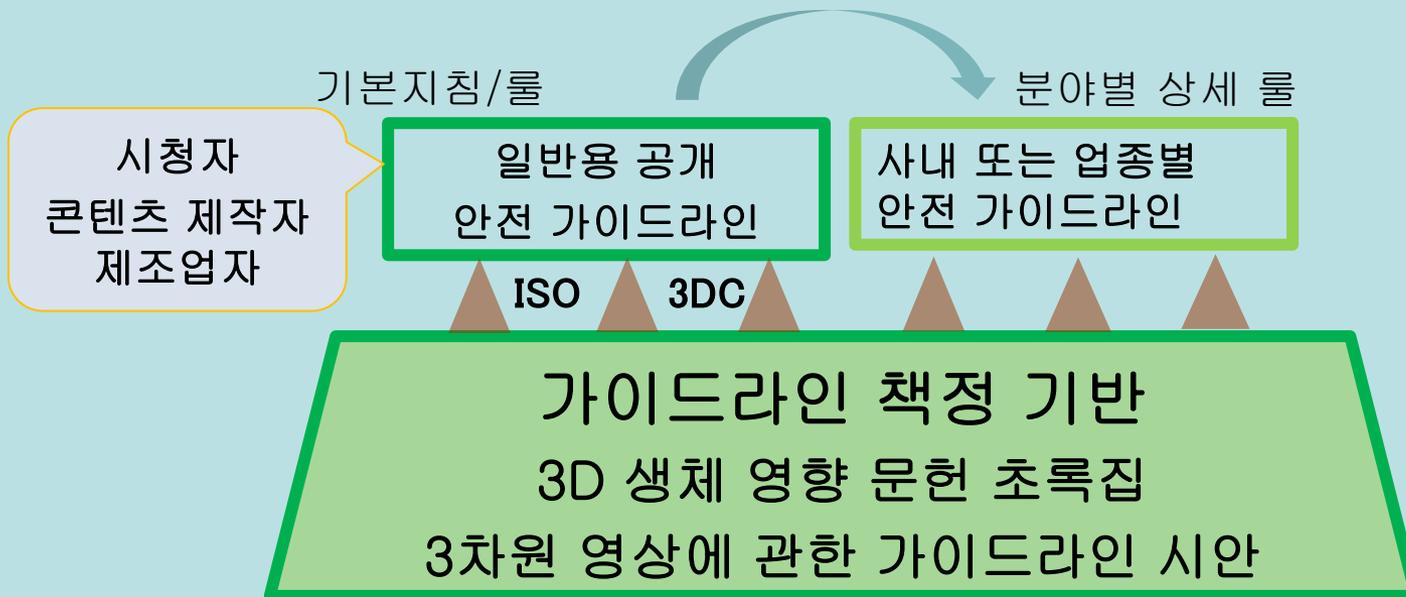
3DC 안전 가이드라인은, 3D산업의 건전한 육성을 도모하기 위해 일반 공개하기로 하고 있습니다.

3D에 관한 모든 사람(시청자, 콘텐츠 제작자, 기기제조업자)이 알았으면 하는 필요 최소한의 지식, 방침, 룰을 가이드라인으로서 정리한 것입니다.

쾌적한 3D를 실현하기 위해서는, 더욱 많은 것을 고려할 필요가 있습니다.

3D 생체 영향 문헌 초록집(2010), JEITA의 3차원 영상에 관한 가이드라인 시안(1999) 등을 참고로 하여 사내 또는 업종별 안전 가이드라인 제작에 참조하시기 바랍니다.

안전 가이드라인의 위상



【3DC 안전 가이드라인의 특징】

가이드라인은 <GL-N> 으로 표기, N이 일련번호 배경색이 
내용 ○○○○○○○(가) 바람직하다. (을)권장한다. (은) 피한다.
등으로 표현
해설 이유, 운용방법, 사례를 기술

가이드라인은 아니나, 인간 친화적 3D를 실현하는데 중요한
기본지식을 <Note>, 가이드라인의 이해나 실행에 도움이 되는
해설을 <Note-N> 으로 표기하였다. N이 일련번호, 배경색이 

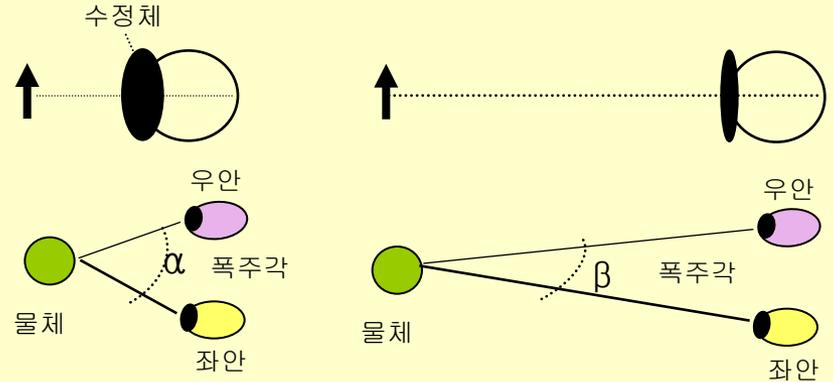
양안 시차 등, 문장만으로는 이해가 어려운 것에 대하여,
도면으로 해설하고 있다.

<Note> 입체시의 원리

①~⑭를 단서(CUE)로, 사람은 입체나 깊이를 느낀다.

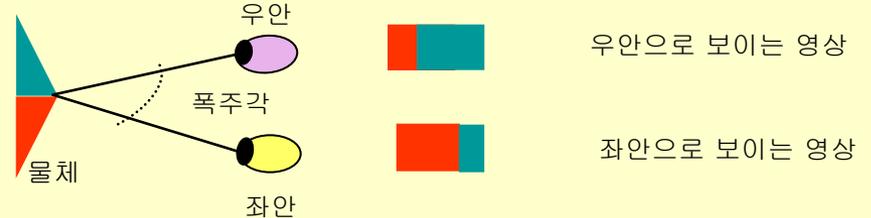
① 수정체의 초점 조절(accomodation)

가까이에 있는 물체를 볼 때 수정체는 두꺼워진다.
멀리에 있는 물체를 볼 때 수정체는 얇아진다.



② 양안의 폭주(convergence)

가까이에 있는 물체를 볼 때 폭주각은 커진다. $\alpha > \beta$
멀리에 있는 물체를 볼 때 폭주각은 작아진다. $\alpha < \beta$



③ 양안 시차(binocular Disparity)

우안과 좌안은 6cm 전후로 이격되어 있어,
시점이 다른 만큼, 보이는 영상이 다르다.

④ 단안 운동 시차(monocular movement parallax)

전차의 차창으로부터 경치를 볼 때 가까운 것일
수록 빠르게 움직이고 있는 것처럼 보인다.

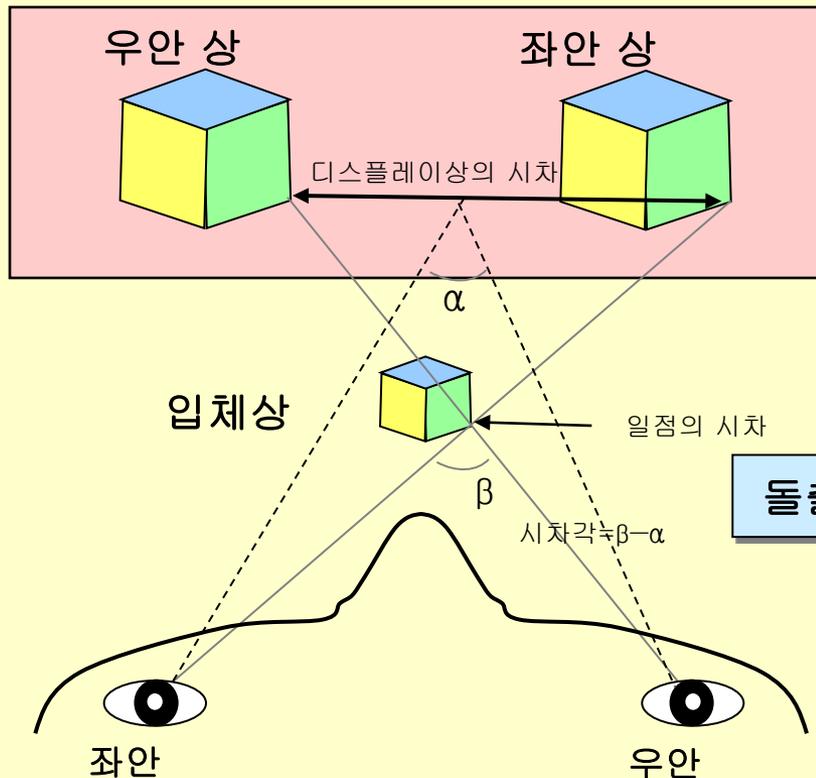
- ⑤ 물체의 대소
- ⑥ 물체의 고저
- ⑦ 물체의 겹침
- ⑧ 결의 조밀
- ⑨ 형상
- ⑩ 명암(음영)
- ⑪ 콘트라스트
- ⑫ 채도
- ⑬ 색상
- ⑭ 선명도

<Note> 양안 시차의 원리에 기초한 3D 디스플레이란

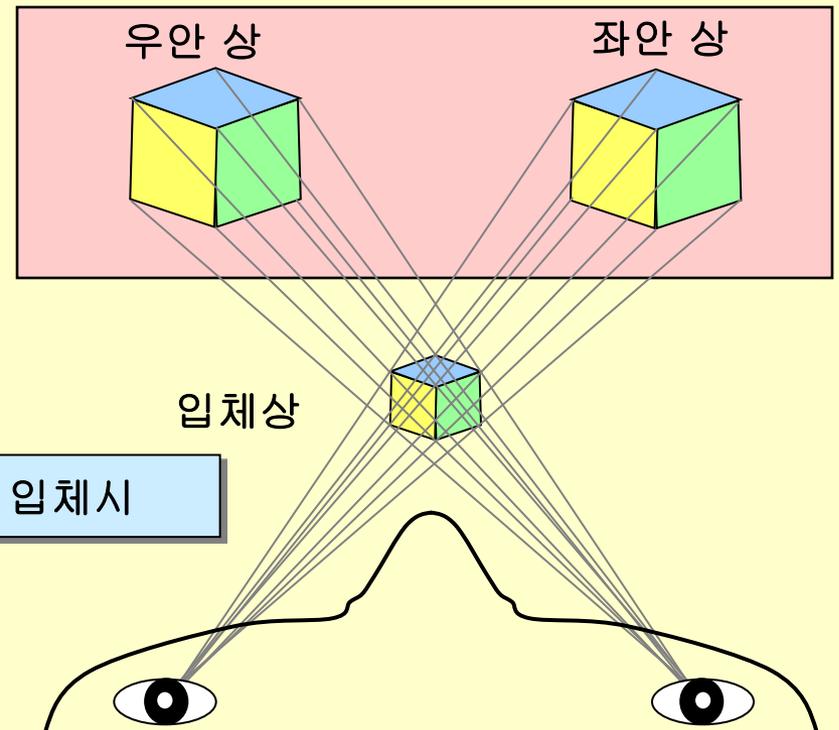
사람의 우안과 좌안은 5~7cm 떨어진 위치에 있다. 그 때문에, 각각의 눈에 들어오는 영상은 시점의 차이 분만큼 다르다. 그 차이는, 피사체까지의 거리가 가까우면 커지고, 멀면 작아진다. 뇌는, 그것을 단서로 하여 입체를 지각한다.

한편, 시점이 다른 영상을 우안과 좌안의 각각에 독립적으로 부여하면, 깊이를 느끼게 할 수 있다. 배리어 등을 이용하여, 우안 좌안에 독립적으로 영상을 부여하도록 한 것이 양안 시차를 이용한 3D 디스플레이이다. 예를 들면, 이 원리의 디스플레이에 우안용 좌안용의 화상이 아래 그림과 같이 배치되어 있으면, 디스플레이면으로부터 전방으로 튀어 나온 상자를 입체로서 지각할 수 있다.

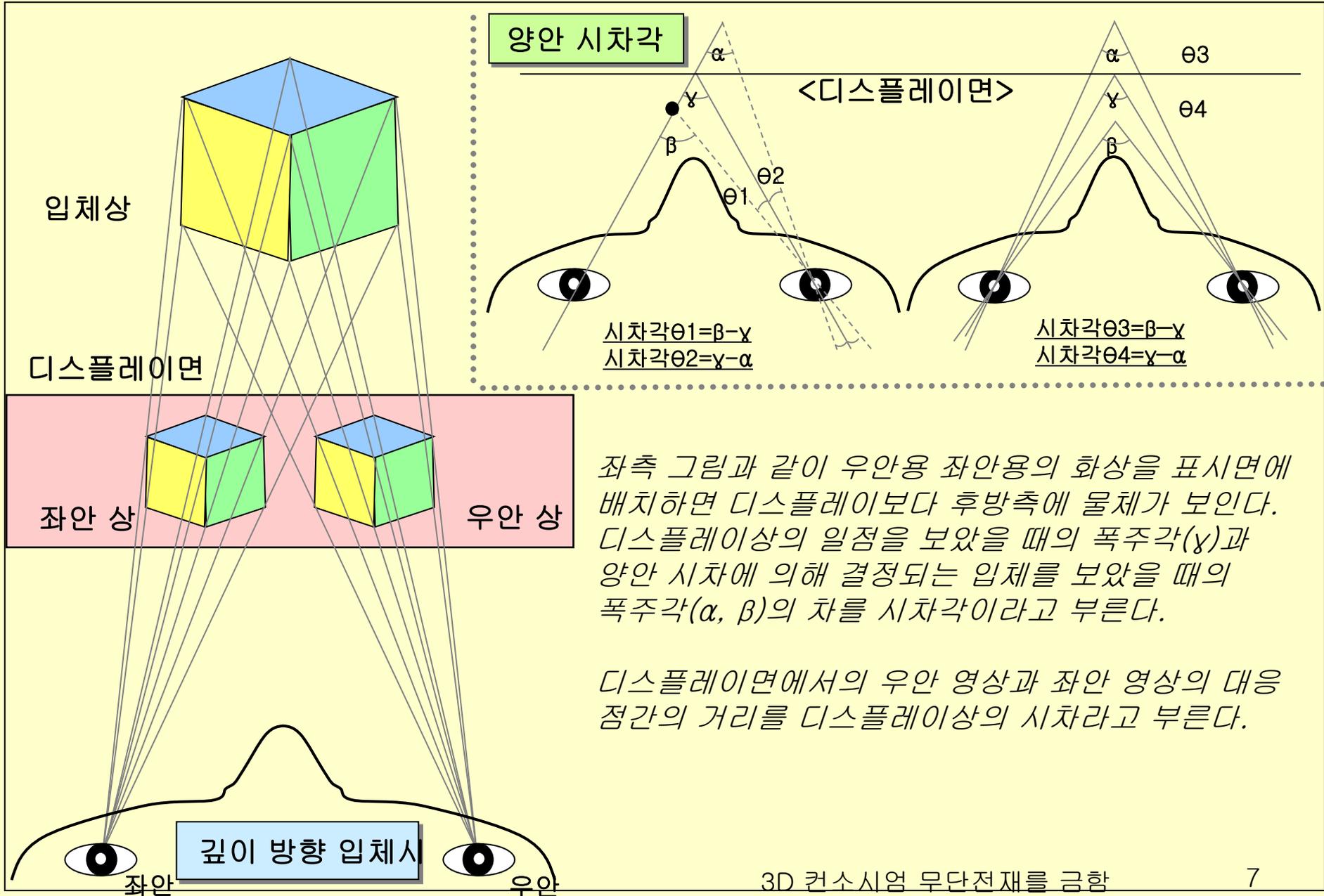
디스플레이면 (1정점에 주목하여 작성)



디스플레이면 (전체 정점에 관하여 작성)



<Note> 양안 시차를 이용한 3D 디스플레이



본 가이드라인이 대상으로 하는 3D 디스플레이에 대하여

양안 시차는 강력해서, 이 원리를 사용하면 간단히 입체시를 실현할 수 있다. 시판되고 있는 입체표시장치의 대부분은 이 원리에 기초하고 있다. 또한, 쾌적하게 입체영상을 즐기기 위한 연구 예도 풍부하다.

따라서 본 가이드라인은 양안 시차의 원리를 이용한 3D 디스플레이로 대상을 한정하기로 한다.

현상의 2D 텔레비전의 화질과 동등, 또는 그 이상의 품질의 3D 텔레비전이나 3D 디스플레이를 대상으로 한다.

【인간 친화적 3D 보급을 위한 3DC 안전 가이드라인에 대하여】

가이드라인의 내용

GL - 1 ~ 7 시청자가 주지해야 할 가이드라인

입체시 성립의 확인, 역시 방지를 위한 확인, 시청 자세, 시청 위치, 시청 시간, 저연령층에의 배려, 시청자에의 주의 환기

GL - 8 ~ 13 콘텐츠 제작자를 위한 가이드라인

개산방향의 시차 제안, 쾌적시차범위(1, 2, 3, 4), 융합한계, 디스플레이 · 사이즈와 시차, 카메라 촬영, 카메라의 동기

GL - 14 ~ 15 제조자를 위한 가이드라인

크로스토크, 시분할 표시 방식의 권장 주파수

가이드라인 활용을 위한 기초 지식을 Note로서 기술

입체영상의 쾌적시청을 위하여 시청자가 주지해야 할 가이드라인

제품의 취급 설명서에의 기술, 이벤트 등에 의한 사전설명, 송신에 의한 사전설명 등이 바람직하다. 3D에 관계되는 사람들이 알아두었으면 한다.

<GL-1> 입체시 성립의 확인

<GL-2> 역시 방지 확인

<GL-3> 시청 자세

<GL-4> 시청 위치

<GL-5> 시청 시간

<GL-6> 저연령층에의 주의

<GL-7> 시청자에의 주의 환기

<Note-1> 입체시의 개인차,

눈의 피로, 불편감의 자각 증상과 계측 방법 및 원인

<GL-1> 입체시 성립의 확인

3D(입체) 영상을 시청했을 때 상이 2중으로 보이거나, 입체상을 느끼기 어려운 경우에는, 즉시 사용을 중지하고, 표시 기기나 소프트웨어의 설정이 바르게 되어 있는지 확인 조정한다. 그래도 2중상으로 보이거나 위화감을 느끼는 등, 입체시가 성립하지 않을 경우에는, 이용을 중지해야 한다.

해설

양안 시차를 이용하는 입체기기는, 이용자가 우안과 좌안으로부터 입사되는 시점이 다른 2개의 영상을 뇌 안에서 융합하여 비로소 입체를 느낄 수가 있다.

시스템의 조정에 부적절(좌우의 광축의 어긋남, 좌우 화상의 사이즈의 차이, 색이나 휘도의 차이, 상하의 어긋남, 좌우의 영상의 광의 혼합=크로스토크가 크거나 등)이 있으면 좌우 2개의 영상은 융합되기 어렵기 때문에 2중상으로 보이거나 위화감을 느껴, 눈의 피로 등을 야기하는 원인이 되는 경우가 있다.

제품의 취급 설명서를 잘 읽고, 적절하게 설정하고, 이용해야 한다.

양안 시차 입체시 성립에는 개인차가 있고, 익숙해져야 하는 것에도 주의한다.

그중에는 입체시를 할 수 없는 사람도 있으므로, 판매시의 배려, 제품의 취급 설명서에서의 기술, 이벤트 등에 의한 사전설명, 송신에 의한 사전설명 등이 바람직하다.

<GL-2> 역시 방지를 위한 확인

좌우의 눈에 입사되어야 할 영상이 좌우가
반전되어도 이용자는 의외로 느끼지 못한다. 그러나,
시각피로나 불쾌감의 원인이 되므로, 좌우 역전이
일어나지 않는 배려가 요망된다.

해설:

좌우의 영상이 역전되면 요철이 역으로 되어야 하지만, 영상에는 깊이를 나타내는 특징이 양안 시차 이외에도 있으므로, 느끼지 못하는 경우가 많다. 하드 설정의 불비, 소프트의 조작 미스, 데이터·포맷의 차이, 데이터 수수에 의한 연락 미스에 의해 좌우 반전 영상을 보게 되는 경우가 있다.

이용자는 그것을 느끼지 못하고 사용하는 경우가 많으므로, 무언가 방법을 강구하여 좌우의 영상을 바르게 보고 있는지 설치시에 확인하는 것을 권장한다.

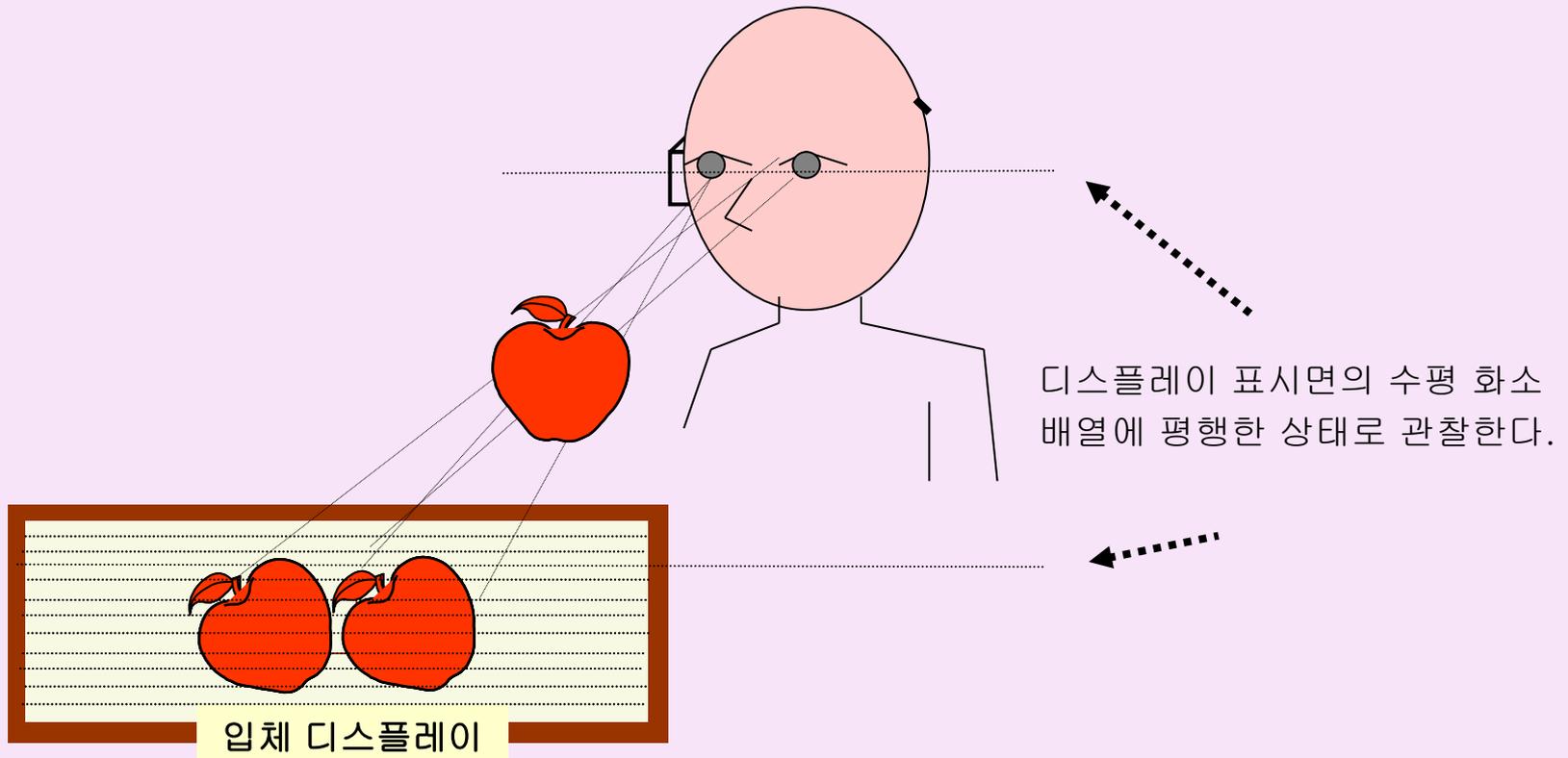
입체영상의 이벤트 여기저기서 볼 수 있는 것은, 액정 셔터 안경의 동기 어긋남에 의한 좌우 영상의 반전이나, 설치 담당자애의 연락 불비에 의한 좌우 영상의 반전이다. 충분히 주의해야 한다.

역시 방지를 위해 업계간의 규격화가 요망된다.

<GL-3> 시청 자세

양안 시차방식에서는 표시면의 수평방향과 양안을 수평으로 한 자세로 보는 것이 바람직하다.

해설: 양안이 표시면에 대하여 기울어져 있으면, 좌우의 눈에 비치는 영상의 상하의 차이가 커지고, 융합이 곤란해져, 눈의 피로를 야기한다. 또한, 직선편광을 이용한 편광 안경 방식에서는, 기울어지면 크로스토크가 커져, 눈의 피로를 유발하기 쉬워진다.



<GL-4> 시청 위치

입체영상의 시청은 적정위치로부터 행하는 것이 바람직하다.

해설

통상, 입체 콘텐츠는 화면을 정면에서 보는 것을 상정해서 만들어져 있다. 또한, 하이비전 텔레비전의 경우는, 화면 높이의 3배의 위치에서의 위치에서 시청하는 것을 전제로 하여 제작되어 있다. 그보다 가까이에서 보면 시차각이 커지고, 멀리에서 보면 시차각이 작아지는 것에 주의해야 한다.

표준관찰 시거리(화면 높이(H)의 3배(3H))에서 보았을 경우의 시차각을 1도로 설정했을 때 시거리를 변화시키면 시차각은, 1H 3도, 1.5H 2도, 2H 1.5도, 3H 1도, 4H 0.75도, 5H 0.6도, 6H 0.5도로 된다.

이벤트 회장에서 좌석설정, 홀시어터에서의 좌석설정에는 주의가 필요하다.

또한, GL-5에도 주의가 필요하다.

또한, 화면을 경사 방향으로부터 보면 사다리꼴 왜곡이 커져, 적절한 입체상이 형성되기 어려워지므로, 피로나 어지럼의 원인이 되는 경우가 있다.

<GL-5> 시청 시간

3D(입체)의 시청중, 피로, 불쾌감등, 이상을 느끼면, 사용을 일단 중지한다. 휴식을 취해도 피로하고, 불쾌감이 가시지 않을 때는, 시청을 중지하는 것이 바람직하다. 피로, 불쾌감 등의 자각 증상은 생체로부터의 경고라고 생각해야 한다. 또한 바른 설정으로 시청을 하고 있는지 확인하는 것도 중요하다.

VDT 작업으로 입체영상을 취급하는 경우에는 VDT 가이드라인의 준수를 권장한다.

해설

눈의 피로·영상멀미 등 불쾌감을 느끼는 형태는 개인차가 크고, 다양한 요인이 관계되므로 이용 시간에 대해서, 본 가이드라인의 준수가 요망된다.

보기 어렵거나 멀미증 등 불쾌감을 느꼈을 때는 일시적으로 화면에서 눈을 돌리는 것도 유효하다. 본 가이드라인을 3D의 이용자에게 주지시키는 것이 바람직하다. 예를 들면, 3D관련 기기의 취급 설명서에의 기술이나 시청 전의 설명이 권장된다. 이 가이드라인은, 자신의 컨디션을 잘 전달하지 못하는 어린이에서는 준수하기 어렵다고 생각되므로 어른 동반 주의하에 실행하는 것이 요망된다.

VDT 작업으로 입체영상을 이용할 경우에는, VDT가이드라인을 참고하기 바란다.

<http://www.mhlw.go.jp/houDou/2002/04/h0405-4.html> 작업에 종사하는 자에 대해서는, 1연속 작업 시간이 1시간을 초과하지 않도록 하고, 다음 연속 작업까지의 사이에 10분~15분의 작업 중지 시간을 마련하고 또한, 1연속 작업 시간 내에 있어서 1 내지 2회 정도의 짧은 휴식시간을 마련할 것。」이라고 되어 있다.

<GL-6> 저연령층에의 배려

3D기기의 어린이의 이용에서는 발달 단계의 시기능(하기 참고 데이터)에의 영향을 고려한 후, 이용이 필요한 경우에는, 어른의 관리하에 시청의 가부 판단, 시청 시간을 제한하는 것이 바람직하다.

대상: 시청자와 사용환경		분류: 시청자의 자질		기초 데이터 베이스									시청자와 사용환경에 관한 가이드라인 시안-1
항목: 연령(관련항목: 기기개발/시청자 제한(1))		실형결과 · 과거의 지식 · 참고데이터 · 참고문헌											평가방법 · 주의
가이드라인		시각발달단계(참고문헌으로부터)											
연령 항목	0세	1세	2세	3세	4세	5세	6세	7세	8세	9세	10세		
* 시각기능의 발달 단계에 있어서 부적절한 영상을 부여하면, 건진한 시각 발달에 영향을 줄 가능성이 있으므로 충분한 주의가 필요하다.	각막 → 편평화 ← 굴절을 변화	완										* 각시력(Angular vision) 시표를 하나하나 보여주며 측정하는 시력.	
굴절값	+4D		+1D									* 양안 입체시 기능 Titmus Stereotests	
안축장	16.5mm				23-24mm							* 줄무늬 시력(Fringe acuity) 줄무늬의 모양이 정현파 형상으로 변화하고, 줄무늬의 간격이 점차 좁게 되어 있는 줄무늬 모양으로 판별할 수 있는 줄무늬의 간격으로부터 구한 시력	
각시력 초회 측정 성공률			60%		95%							* VEP (visual evoked potential) 시각유발전위로부터 구한 시력 Transient법에 의한 P100 정점 잠시 측정법	
망막	4개월 출생시 거의 완성	황반부 발달			성숙								
양안 입체시 기능	생후: 존재하지 않음				성인 동등								
줄무늬 시력	출생시 0.02 3개월 0.1 6개월 0.2 3-4개월: 정위 안위	1세 0.3-0.4			1.0 안정								
VEP 시력			체크사이즈 대										

(사)전자정보기술산업협회가 1999년 6월에 발행한 「3차원 영상에 관한 가이드라인 시안으로부터 발췌

<GL-7> 시청 중의 주의 환기

3D의 쾌적 시청을 실현하기 위해서, 시청 중에 피로나 불쾌감을 느꼈을 때의 대처법을 취급 설명서나 이벤트 등의 사전설명에서 주지하는 것이 바람직하다.

라이브 영상, 실사 영상 등에서는, 예기치 않게 시차량이 과대해지거나, 움직임이 격렬해지는 경우가 있으므로 특히 주의가 필요하다.

해설:

(1) 입체시가 곤란해졌을 때, 일시적으로 피로, 불쾌감을 느꼈을 때는, 안경을 벗고, 화면에서 시선을 돌린다. 시차가 큰 장면, 시차가 급변화하는 장면, 움직임이 빠른 장면에서 발생하는 경우가 있다.

이하의 2D에서도 마찬가지로이지만, 3D에서도 효과가 있다.

(2) 회전, 가로 요동, 세로 요동을 수반하는 영상 콘텐츠를 감상할 때는, 자신이 움직이고 있는 듯한 감각(시각 유도 자기 운동 감각)이 발생하는 경우가 있다. 그것을 불쾌감으로 느꼈을 경우에는(영상멀미), 눈을 화면 밖으로 돌리는 등을 한다.

(3) 방을 밝게 하여 감상하면, 영상멀미가 경감되는 경우가 있다.

(4) 휴식을 취해도 피로나 불쾌감 등이 가시지 않을 때에는, 시청을 중지하는 것이 바람직하다.

<Note- 1 > 입체시의 개인차, 눈의 피로, 불쾌감의 자각증상과 계측방법 및 원인

양안 시차를 단서로 하는 입체시에 대해서, 보기 어려운 사람, 입체가 보여도 즉시 눈의 피로를 일으키는 사람, 강한 시차에서도 피로를 느끼지 않는 사람 등, 개인차가 있는 것에 주의하고, 불특정 다수의 사람에게 보여줄 때에는 가이드라인을 준수한 주의깊은 대응이 요망된다.

입체에 의한 눈의 피로, 불쾌감의 자각 증상과 계측 방법 및 원인

(1) 입체관찰에 의한 눈의 피로나 불쾌감의 자각 증상은 다음과 같다.

눈이 피로하다, 눈이 무겁다, 2중으로 보인다, 눈이 건조하다, 머리가 무겁다, 머리가 아프다, 어깨가 결림, 어깨가 아프다, 등이 아프다, 구역질이 난다, 현기증, 멀미 등

(2) 눈의 피로나 불쾌감에 관한 객관적 측정법 (타각적 평가)으로서는 하기가 행해지고 있지만 표준화된 방법은 존재하지 않고, 연구 중이다. 이하가 자주 사용되고 있다.

융합한계 빈도 C F F , 시기능(조절 기능, 폭주 기능), 시각 유발 전위, 자율 신경계(동공, 심전, 혈압)

(3) 눈의 피로나 불쾌감 등의 원인으로서는 다음의 것을 들 수 있다.

부자연스럽게 보임, 부적절한 시차의 설정, 조절·폭주의 모순, 영상의 왜곡, 인형정원 효과, 카드보드 효과, 화상프레임 왜곡, 수직 시차의 유무, 운동 시차의 모순
좌우 상의 기하학적 어긋남 (특히 상하), 좌우 상의 광학적 특성의 차, 좌우 색의 차
애너글리프 방식(적청) 안경은 간편하므로 자주 사용되고 있지만, 좌우의 눈에 들어오는 색이 달라, 시야 투쟁을 발생시키므로, 피로해지기 쉽다.

실물과는 다른 유사 입체영상이므로, 얼마간의 위화감은 피할 수 없지만, 표시장치와 콘텐츠의 주의 깊은 설정에 의해, 쾌적한 시청이 가능하다.

입체영상의 쾌적시청을 위한 콘텐츠 제작자용 가이드라인

<GL-8> 개산방향의 시차제한

<GL-9> 쾌적시차범위 (1, 2, 3)

<GL-10> 융합한계

<GL-11> 디스플레이·사이즈와 시차

<GL-12> 카메라 촬영

<GL-13> 카메라의 동기

<Note-2> 어린이의 동공간 거리(양안 폭)에 대해서

<Note-3> 디스플레이 사이즈와 시차

<Note-4> 양안 시차의 조정에 대해서 (1, 2, 3, 4)

<Note-5> 입체물의 위치와 좌우 카메라 영상(시차)의 관계

<Note-6> 카메라 간격과 시차

<Note-7> 영상멀미 방지를 위한 참고 데이터 (1, 2)

<GL-8> 개선방향의 시차제한

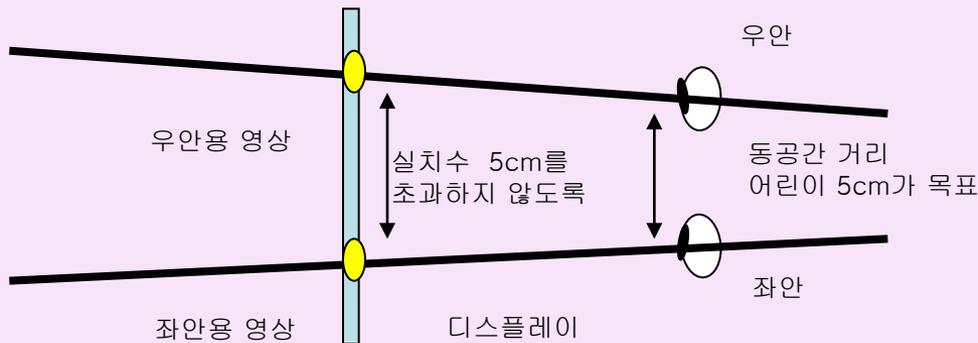
디스플레이 후방에 표시되는 입체영상의 경우, 특히 시청자가 주시하는 영상에 대해서 디스플레이상의 시차가 동공간 거리(어린이까지 생각하면 5cm)를 초과하는 시차는, 가능한 한 피하는 것이 바람직하다.

해설:사람의 눈은 외측으로는 벌어지지 않으므로 융합되지 않아, 눈의 피로를 일으킨다. 이 가이드라인은, 시청 거리에 관계없이 성립된다. 시차제한을 초과했을 경우, 나중에 편집에 의해, 블러 처리 등으로 영향을 경감시킬 수 있지만, 라이브에서는 곤란한 면도 있으므로, 가능한 한이라는 표현을 사용하였다. 상정 사이즈 이상의 디스플레이에 표시했을 경우 빈번히 일어날 수 있으므로 주의를 요한다.

참고데이터

하이비전 텔레비전(16:9) 인치 사이즈와 디스플레이상의 깊이 시차 한계값 동공간 거리 5cm에 대응하는 픽셀수 단, 1920x1080 해상도의 경우

사람의 눈은 외측으로는 벌어지지 않으므로 융합되지 않아, 눈의 피로를 일으킨다.



주

콘텐츠의 작성시에 상정한 화면 사이즈, 혹은 화면 사이즈의 한계를 산출하기 위한 시차량 정보를, 시청자나 하드웨어에 전달하는 것이 바람직하다. 화상 포맷에 해당하는 태그 영역이 있을 경우에는, 이용하는 것을 권장한다.

사이즈	5cm 상당 픽셀수
200인치	22픽셀
100	43
65	67
60	72
55	79
50	87
45	96
40	108

<GL-9> 쾌적시차범위 (1)

해설: 양안 시차에 의한 입체시에서는, 사람은 디스플레이면과는 상이한 곳에 입체상을 지각하고, 눈은 거기에 초점을 맞추려고 하지만, 핀트를 맞추어야 할 화상은 디스플레이면에 있다. 이것을 폭주와 조절의 모순이라고 하고, 입체시에 있어서의 시각피로, 불쾌감의 원인의 하나로 된다.

그 때문에 입체를 「쾌적하게」 즐기기 위한 깊이(돌출, 후퇴) 범위, 즉 쾌적시차범위가 존재한다. 과도한 시차는 입체시의 성립을 방해하고, 2중상을 발생시키고, 시각 피로, 불쾌감의 원인이 된다.

종래의 연구나 경험칙에 의하면 시차각은 1도(60분) 이하가 목표이다.

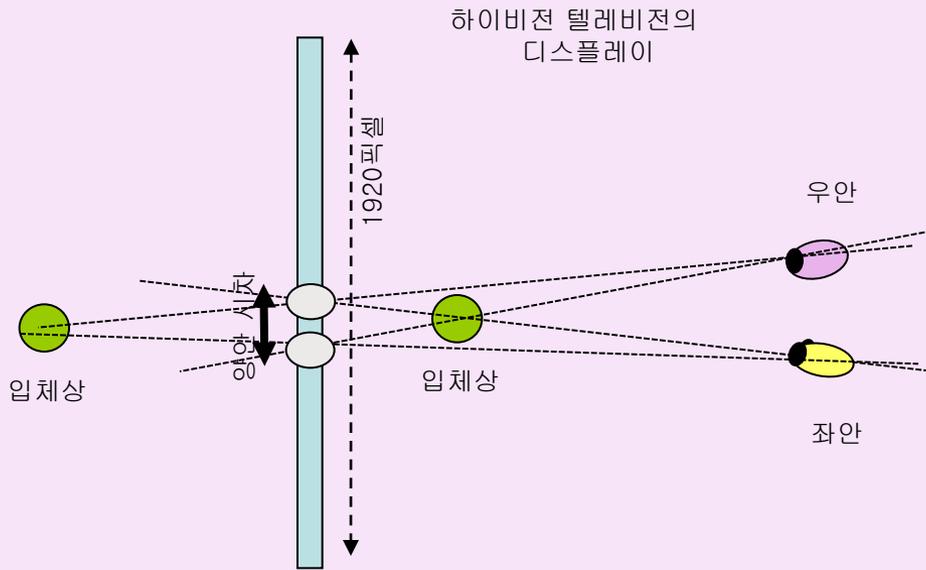
융합한계는 개인차가 크지만, 불특정 다수를 대상으로 할 경우, 약간 작은 2도(120분) 정도로 생각하는 것이 무난하다. 구도, 시간 변화 등 다양한 요인에 의해 허용 범위는 변동하므로 그 이상을 부정하는 것은 아니다.

시간적, 공간적으로 급격한 시차각 변화(1도 이상)는 피로의 원인이 되므로 피하는 것이 바람직하다.

쾌적범위, 융합한계를 나타내는 시차각의 단위는 학술 논문에서는, 폭주각의 차로서 도 또는 분이 사용된다. 그러나, 직관적인 파악이 어렵다. 다음 페이지에 하이비전 텔레비전(16:9)의 디스플레이면의 시차 해당 픽셀수와 화면 가로폭에 대한 비(%)로 표시하였다. 하이비전 텔레비전의 표준관찰 시거리 3H(화면 높이 H의 3배)에서의 관찰을 전제로 하는 경우에는, 픽셀수로 생각하는 것이 콘텐츠 제작에 편리하다.

시차에 관한 참고 문헌

- 1) M. Wopking: "Viewing comfort with stereoscopic pictures", Journal of the SID, 3, 3, pp. 101-103(1995)
- 2) K. N. Ogle: "On the limits of stereoscopic vision", J. of experimental psychology, vol. 44, 253-259(1952)
- 3) 3 차원 영상의 기초, 이즈미 타케히로 감수, NHK기술연구소편(1995)
- 4) 야노 스미오: 양안 융합 가능한 시차의 범위, 신가쿠론J75-D-2, 10, pp1720-1728(1991)
- 5) 오사다 쇼지로: 양안식 입체 화상에 있어서의 양안 융합한계의 화각 및 시거리 의존 특성, 텔레비전 학회지43, 3, pp. 276-281(1989)
- 6) 오사다 쇼지로: 양안시 융합 기능에 미치는 화상 조건, 신가쿠 기보 자료번호 MBE91-116(1991)



<GL-9> 쾌적시차범위 (2)

해설

하이비전 텔레비전을 상정했을 경우의 쾌적시차범위를 이하에 나타낸다.

동공간 거리는 6.5cm, 표준관찰 시거리(텔레비전의 화면높이의 3배 거리)에서의 시청을 전제로 작성하였다. 이 조건하에서는, 실질적으로 텔레비전 사이즈, 동공간 거리에 의존하지 않으므로 편리하다.

수평 픽셀수 1920의 경우

시차	픽셀수	화면폭에 대한 비
0.7도(40분)	38픽셀	1.9%
1.0도(60분)	57픽셀	2.9%
1.5도(90분)	85픽셀	4.4%
2.0도(120분)	113픽셀	5.9%

↑
쾌적범위

최근의 헐리우드 3D영화는, 장시간 시청시의 피로 경감과 편히 볼 수 있게 하기 위하여, 화면 폭에 대하여, 깊이 방향, 돌출 방향 모두 대략 2% 정도 이하로 제작되고 있다고 한다. 부분적으로는, 그 이상의 돌출 영상을 사용하지만, 그 경우에는, 서서히 시차를 강하게 해나가는 등 시간적으로 급격한 변화를 피하는 것이 바람직하다. 또한, 1화면 내의 깊이 범위는 1도 이내로 억제하면 보기가 편하다는 연구 결과가 있으므로 참고하기 바란다.

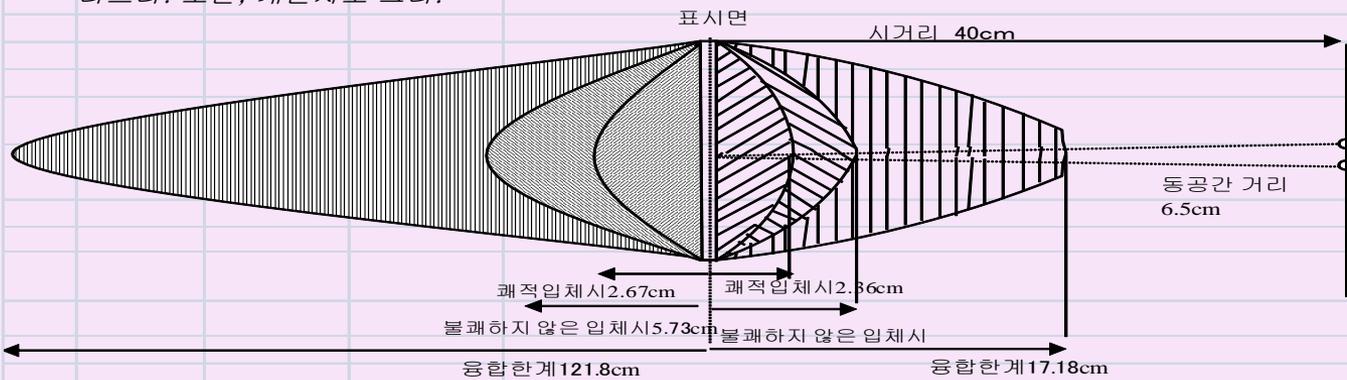
단, 깊이 방향에의 시차는 주의해야 한다 (GL-8참조).

<GL-9> 쾌적시차범위 (3)

해설: 양안 시차에 의한 입체시에서는, 사람은 디스플레이면과는 상이한 곳에 입체상을 지각하고, 눈은 거기에 초점을 맞추려고 하지만, 핀트를 맞추어야 할 화상은 디스플레이면에 있다. 이것을 폭주와 조절의 모순이라고 하고, 입체시에 있어서의 시각피로, 불쾌감의 원인의 하나로 된다. 입체를 「쾌적하게」 즐기기 위해서는 깊이(돌출, 후퇴) 범위, 즉 시차 범위에 주요한 물체상이 배치될 필요가 있다. 과도한 시차는 2중상을 발생시키고, 시각피로의 원인이 된다. 융합범위에 들어가는 것이 중요하다. 쾌적범위는 60분(1도) 이하가 목표이다. 이하는, PC나 모바일계의 기기를 상정했을 경우의 참고 데이터이다. 융합한계는 GL 9 (1)의 문헌으로부터 수집한 것이다. 측정 조건에 따라 크게 다르지만, 쾌적 입체시 범위는 한정된다.

융합범위		안쪽65mm, 시거리40cm에서 돌출량을 산출한 결과		측정값(측정법)	
시차	돌출량 거리 cm	후퇴량 거리 cm	돌출량 그래프		
35분	2.35	2.67			쾌적한 입체시
40분	2.67	3.09			명확한 입체시: 주관평가
60분	3.88	4.81			융합한계
70분	4.45	5.73			불쾌감을 발생시키는 한계
80분	5.01	6.69			명확한 입체시: 주관평가
1.5도	5.55	7.68			융합한계
2도	7.07	10.94			융합한계
3도	9.75	19.02			융합한계
4도	12.02	30.15			융합한계
6도	15.68	72.68			융합한계
7도	17.18	121.79	융합한계		

융합범위는, 실험 조건에 따라 크게 다르다. 또한, 개인차도 크다.



상기는 정지 화상을 대상으로 한 실험에 기초하고 있고, 일순간의 돌출 등을 제한하는 것은 아니다.

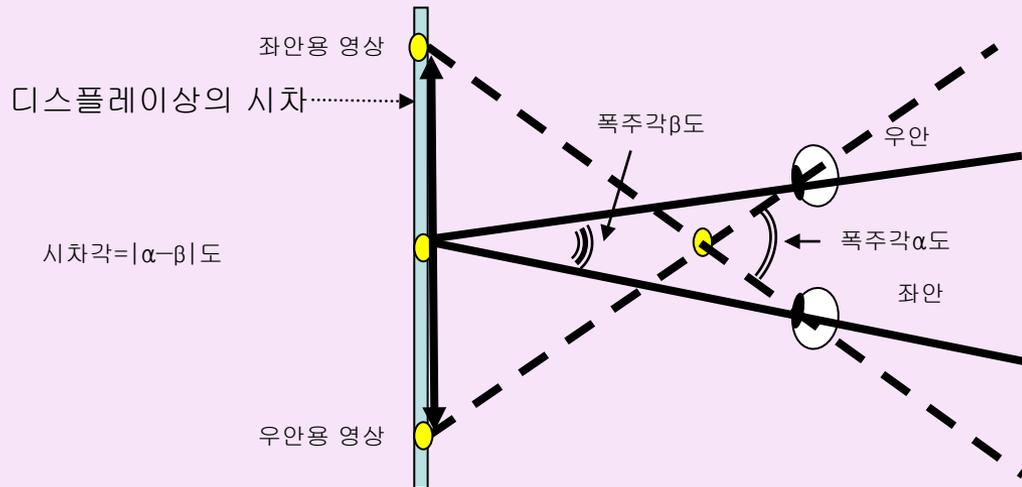
<GL-10> 융합한계

쾌적범위를 초과한 돌출 영상의 과다사용이나 장시간의 제시는 피해야 하나, 제시시에는 시차의 급격한 시간 변화를 피하고, 서서히 시차를 넓히면 피로나 2중상의 발생을 어느 정도 경감시킬 수 있다고 한다.

해설

조절과 폭주의 불일치가 현저해지므로, 큰 돌출은 눈의 피로를 야기한다고 한다. 융합한계는 개인차가 크므로 불특정 다수의 사람을 시청자로 할 경우에는, 큰 돌출의 제시 빈도는 필요 최소한으로 해야 한다. 큰 돌출은 입체의 매력이지만, 시차의 급격한 변화는, 눈의 피로나 2중상 지각의 원인이 되기 때문에, 서서히 시차를 넓히는 등, 눈이 따라갈 수 있도록 시간 변화에 주의하여 사용하는 것이 요망된다. 단, 일순간의 돌출 효과까지 제한하는 것은 아니다.

돌출 방향의 융합한계는, 양안을 내측으로 모으는 방향이므로, 개인차는 있지만 무리하면 큰 값으로도 될 수 있다.



융합한계는, 실험 조건에 따라 크게 다르고, 개인차도 큰 것이 알려져 있다.

또한, 시야각이 클수록 융합한계가 커지는 것도 보고되어 있다.

융합한계의 통계 데이터나 실험 조건에 따른 차이에 대해서는 이하를 참조하기 바란다.

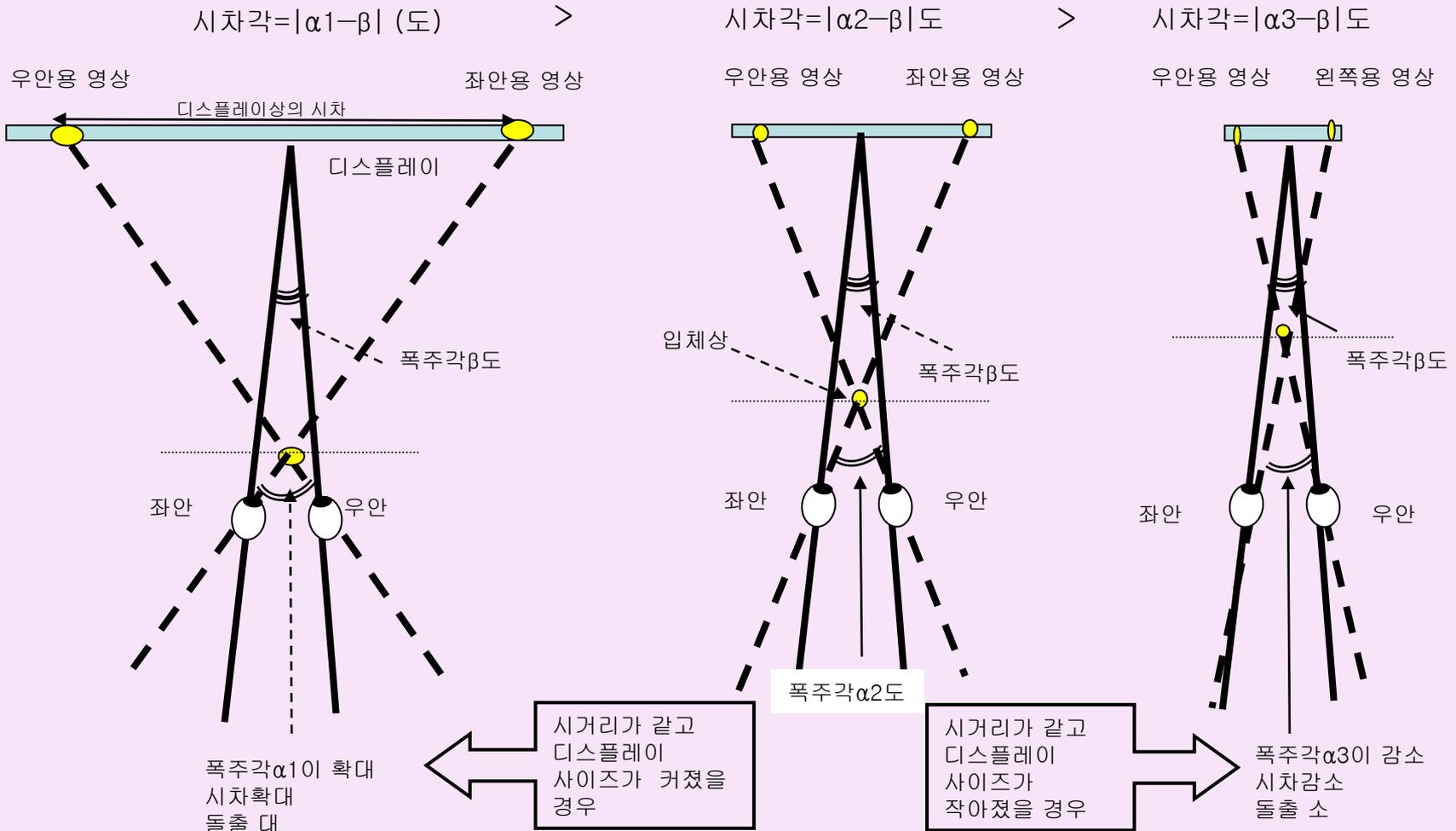
(1) 나가타: “입체 영상의 관찰 시에 있어서의 폭주성 입체시 한계 V F S L의 분포”, 일본 버추얼 리얼리티 학회 논문지 Vol. 7, No. 2, 2002

(2) J E I T A 편: “3차원 영상에 관한 가이드라인 시안”, P94, 1999

<GL-11> 디스플레이 사이즈와 시차

콘텐츠 작성시에는, 입체표시하는 디스플레이의 사이즈와 시거리를 염두에 두고 융합한계를 고려하면서 디스플레이상의 시차량을 설정하는 것이 바람직하다.

해설: 디스플레이상의 좌우 거리 차로 돌출량이 결정되므로 시거리가 일정하면 표시 사이즈가 커질수록 돌출이 커져, 융합한계를 초과할 우려가 있으므로 주의한다. 상정한 것보다 작은 디스플레이에 표시할 때는 시차가 작아지므로 문제는 없다. GL -8 주 참조.



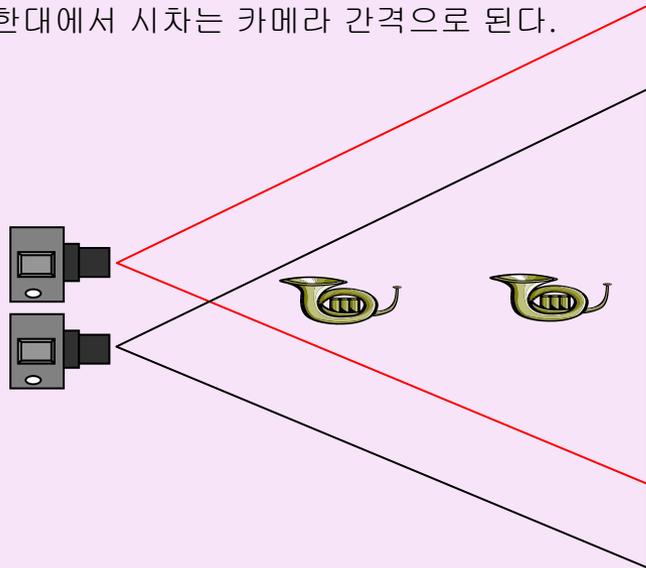
<GL-12> 카메라 촬영

2개의 카메라로 좌우 영상을 촬영할 경우, 그 카메라의 특성은 가능한 한, 동일해야 한다. 또한, 각각의 카메라는, 줌, 포커스 조작의 경우를 포함하여, 특히 광축이나 화상의 크기가 어긋나지 않도록 해야 한다.

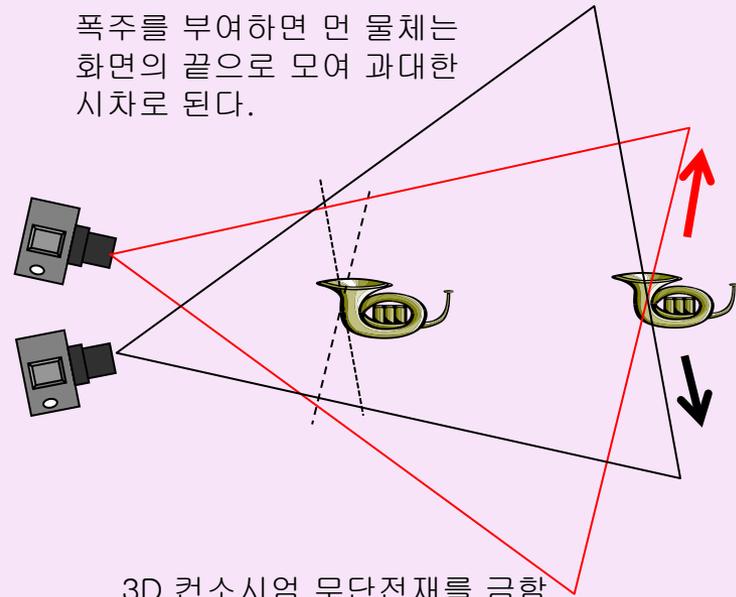
해설 프로용 시판 카메라에서는 문제가 없다고 생각되지만, 간편하게 2개의 카메라를 이용해서 입체촬영을 하고 싶다고 하는 요구는 있다. 이 경우, 2개의 카메라는, 가능한 한, 동일한 특성의 것을 사용하고, 시차 이외의 좌우 카메라 촬영 영상의 차이(좌우 상의 상하 어긋남, 좌우 상의 크기의 어긋남, 좌우 상의 회전의 어긋남, 좌우 상의 광학적 특성의 차, 좌우 색의 차)를 가능한 한 작게 해야 한다. 또한, 인간의 눈은, 좌우 화상의 세로 어긋남에 대하여 민감하여, 약간의 어긋남이라도 눈의 피로의 원인이 된다. 그 때문에, 상하의 광축을 가능한 한 평행하게 조정할 필요가 있다. 약간의 어긋남은, 후처리에 의해 수정이 가능하지만, 가능한 한 정확한 설정이 요망된다.

카메라의 설치에는 평행법과 폭주를 부여하는 방법이 있다. 카메라에 폭주를 부여하는 경우에는, 후방의 물체의 시차가 과대해지므로 주의가 필요하다.

평행법에서는 좌우 카메라의 중앙에 있는 물체는 멀수록 각각의 화면 중앙에 모이고 무한대에서 시차는 카메라 간격으로 된다.



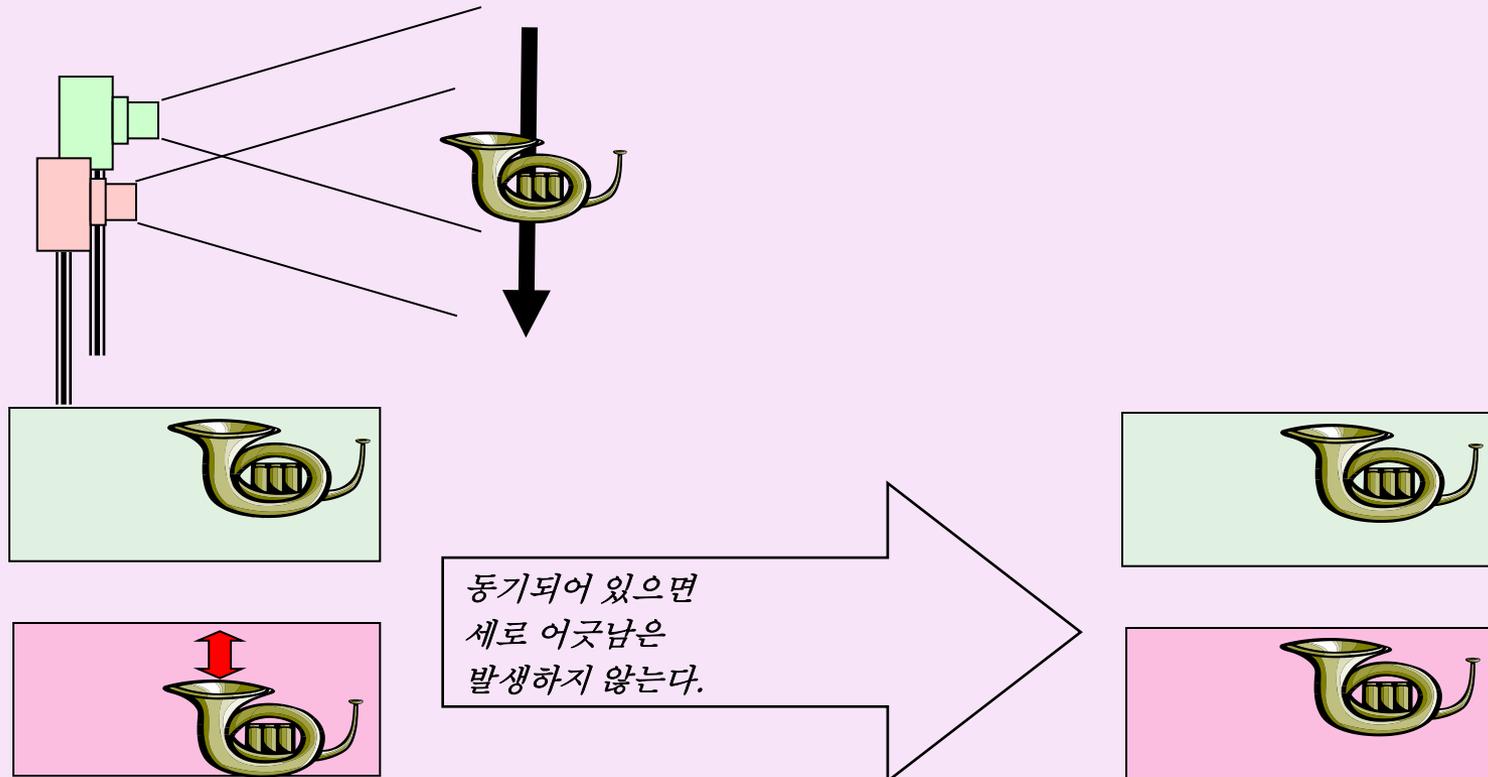
폭주를 부여하면 먼 물체는 화면의 끝으로 모여 과대한 시차로 된다.



<GL-13> 카메라의 동기

복수의 카메라로 동영상 입체영상을 찍을 경우, 카메라를 동기시켜서 촬영할 필요가 있다.

해설:인간의 눈은, 좌우 화상의 세로 어긋남에 대하여 대단히 민감해서, 약간의 어긋남이라도 눈의 피로의 원인이 된다. 피사체가 상하 방향으로 움직이고 있는 경우, 촬영의 타이밍이 다르면 좌우의 영상에 세로방향의 어긋남이 발생하게 된다. 좌우 방향으로 움직이고 있는 물체를 촬영했을 경우에도, 시차에 오차가 생기거나, 피사체의 형상이 변화되어 융합이 방해되므로 피로의 원인으로 되는 경우가 있다.

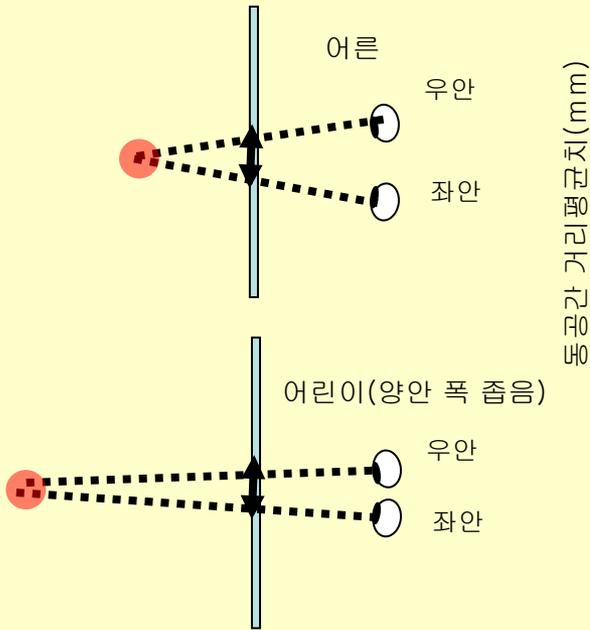


<Note-2> 어린이의 동공간 거리(양안 폭)에 대하여

디스플레이의 후방에 표시하는 경우에는, 디스플레이상에서 양안 동공간 거리를 초과하는 시차가 부여되는 것은 가능한 한 피해야 한다. 양안은 좌우로는 벌어지지 않기 때문이다.

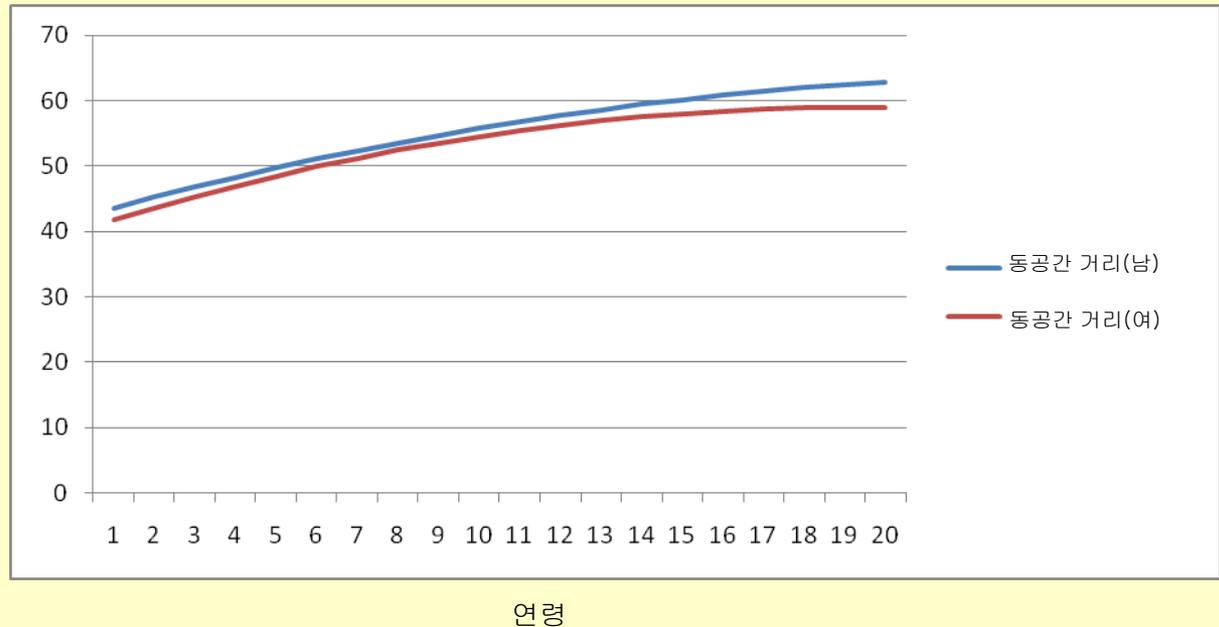
또한, 입체의 돌출감, 깊이감은 시차의 조정으로 제어할 수 있지만, 같은 시차라도 동공간 거리(좌우 양안 폭)가 좁은 사람(어린이)은 입체감을 강하게 느끼므로 주의가 필요하다.

양안 폭이 좁은 어린이에서는 입체감이 강해지므로 주의



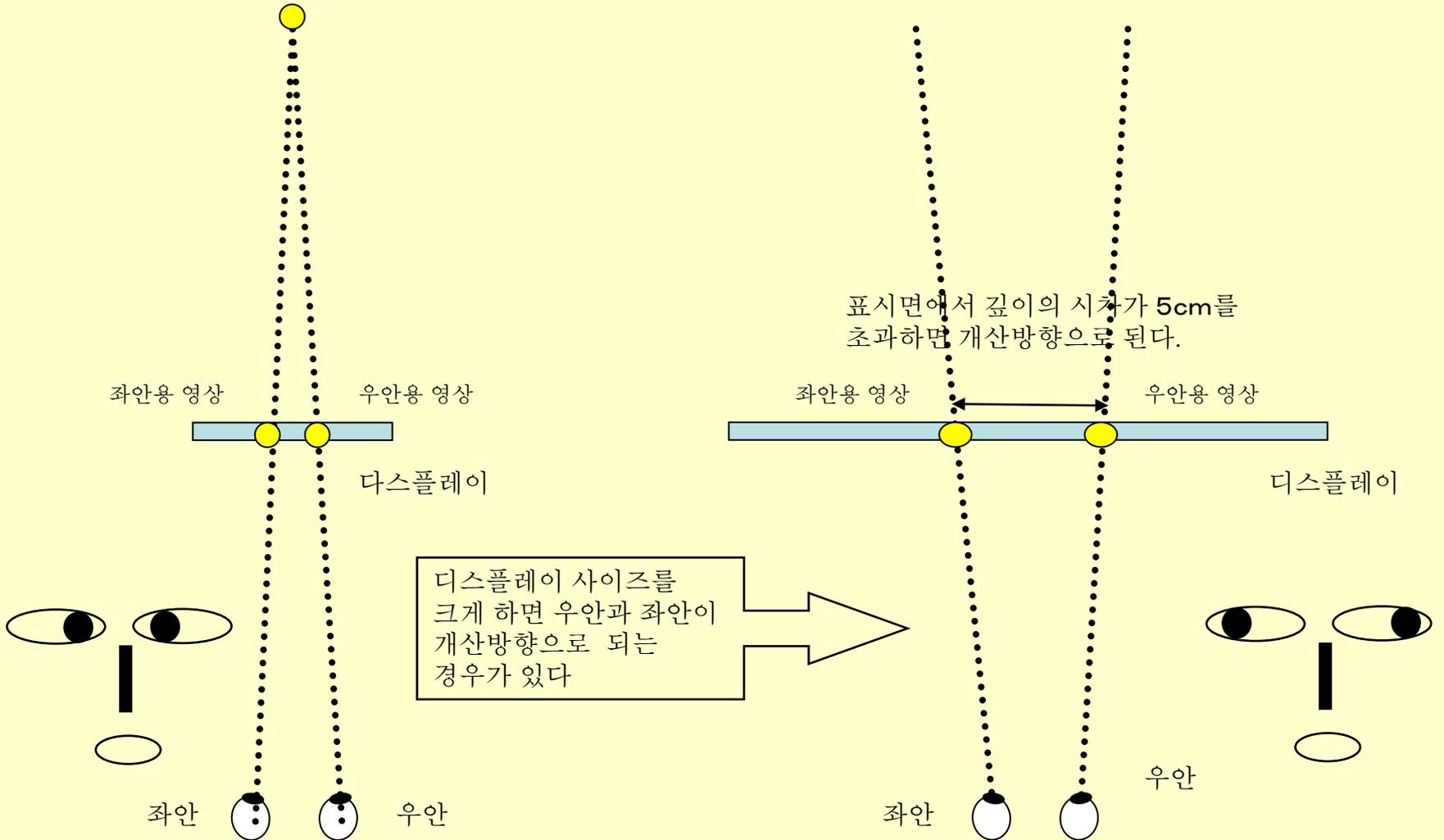
동공간 거리에 관한 기초 데이터(생후 1개월부터, 19세까지, 1311명에서 조사한 결과)
Colleen MacLachlan and Howard C. Howland: "Normal values and standard deviations for pupil diameter and interpupillary distance in subjects aged 1 month to 19 years", *Ophthal. Physiol. Opt.* 2002 22: 175~182

동공간 거리는 6세에서 5cm 정도이다. 본 가이드라인에서는, 안전을 고려하여, 어린이의 대표값으로 하기로 한다.



<Note-3> 디스플레이 사이즈와 시차

디스플레이면에서 깊이 방향으로 표시하는 경우, 상정한 사이즈보다 큰 디스플레이에 표시하면 한계값 5cm를 초과하여, 우안과 좌안이 개산방향으로 될 우려가 있으므로 충분한 주의가 필요하다. 이것은 시거리에 관계없이 성립한다.



<Note-4> 양안 시차의 조정에 대하여(1)

시차를 크게 하면 돌출량이나 후퇴량이 커져, 이용자에게 놀람을 줄 수 있지만, 실제로는 융합한계라고 하는 것이 있어, 시차를 어느 정도 이상으로 크게 하면, 우안과 좌안의 화상이 융합되지 않아, 2중상이 보이게 되어, 입체시를 할 수 없게 된다.

제작자측은, 놀람감을 연출하기 위해, 양안 시차를 크게 하는 경향이 있지만, 큰 시차의 장시간 제시는 피하는 것이 바람직하다.

또한, 디스플레이의 후방에 표시하는 경우에는, 디스플레이상에서 양안 동공간 거리를 초과하는 시차가 부여되는 것은 가능한 한 피해야 한다. 양안은 좌우로는 벌어지지 않기 때문이다. 표시하는 디스플레이의 최대 사이즈를 상정해서 양안 시차를 설정할 필요가 있다.

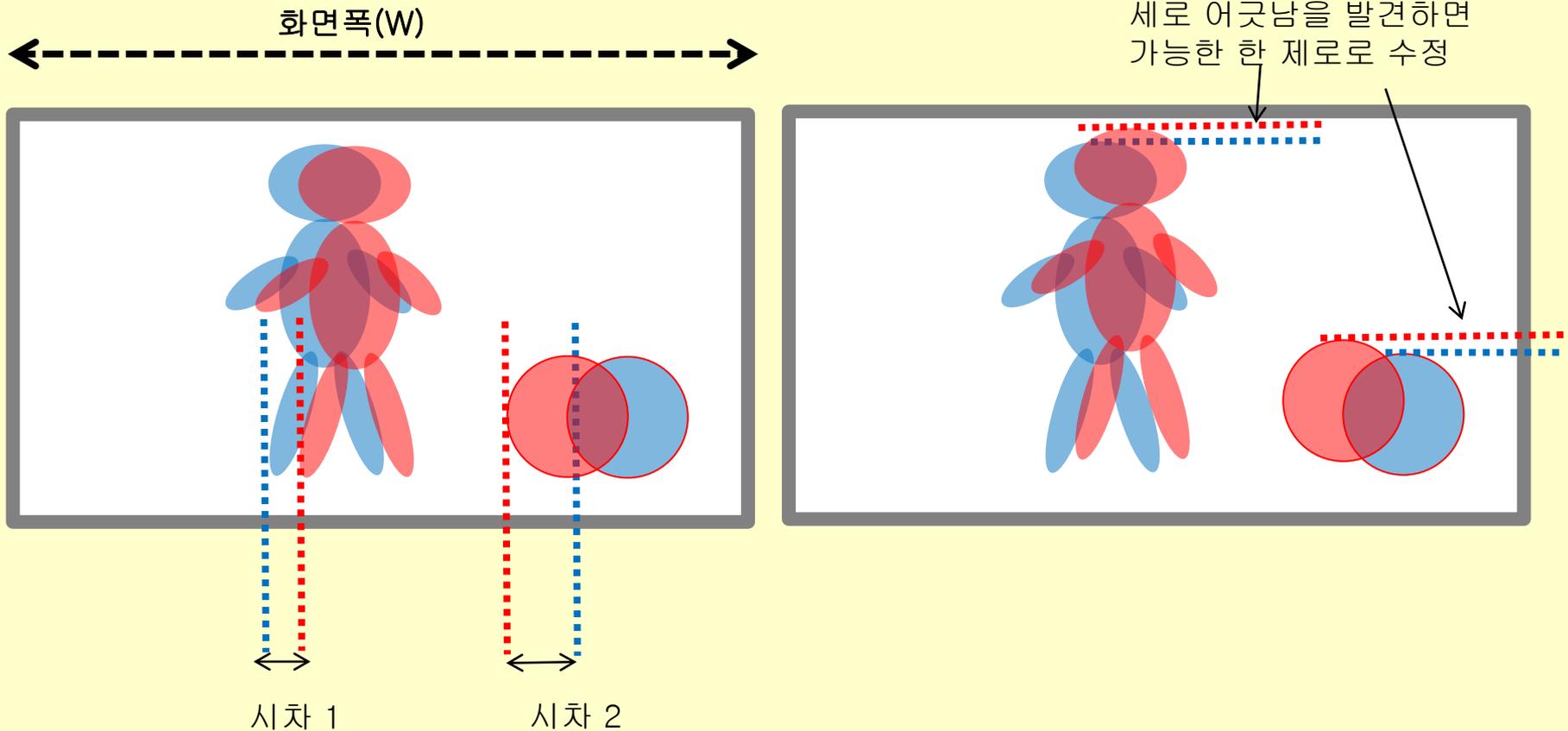
양안 시차에 의한 입체시를 잘 할 수 있는 사람, 잘 하지 못하는 사람, 할 수 없는 사람이 현실에 존재한다. 또한, 장시간 보아도 괜찮은 사람, 익숙해지는 사람, 금방 피로해지는 사람도 있다. 시차가 클수록, 이 경향은 강해진다.

시차허용 범위에는 익숙함이 있다고 하므로, 제작자 이외의 사람에게 시청하게 하는 것이 유효하다.

<Note-4> 양안 시차의 조정에 대해서 (2)

안경식 3D텔레비전에서는, 안경을 벗고 보면 좌우의 눈에 대한 영상이 겹쳐서 보이기 때문에 시차의 크기를 화면상에서 확인할 수 있어 편리하다.

시차의 크기는, 시차/화면 폭x100%로 평가 가능
하이비전 텔레비전의 경우는 픽셀수로 평가 가능



<Note-4> 양안 시차의 조정에 대해서 (3)

돌출 영상의 경우의 디스플레이상의 시차(S)의 계산

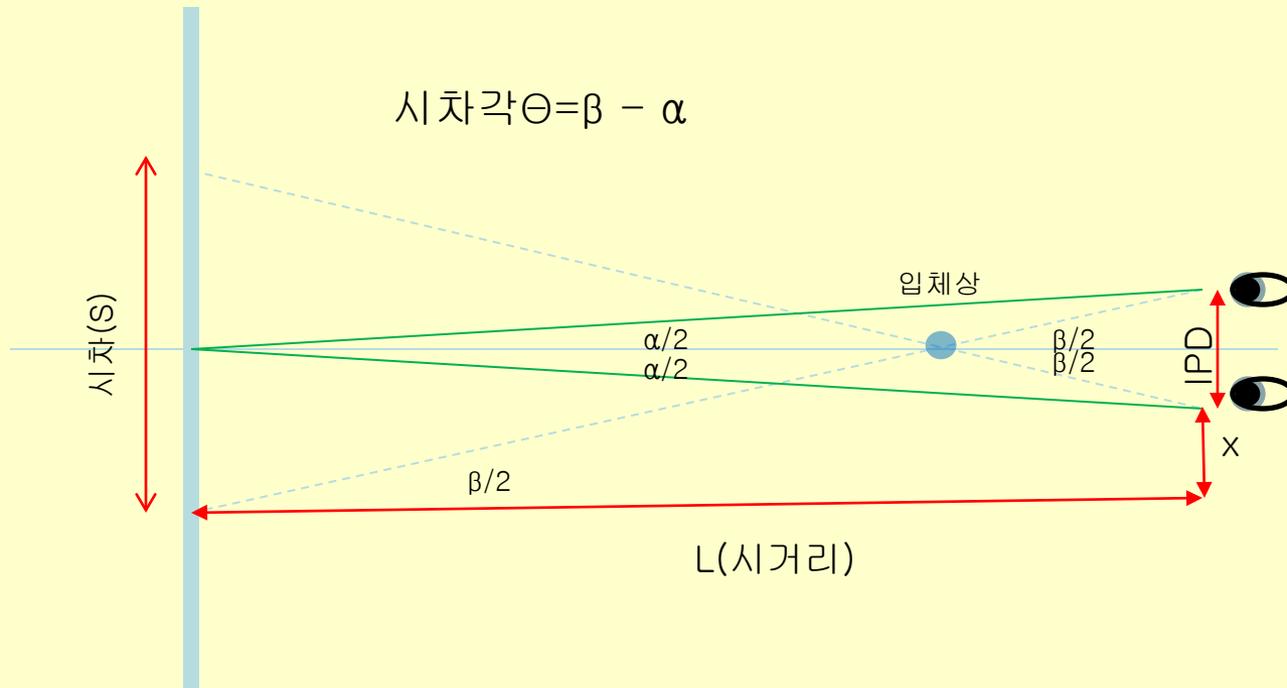
$$\begin{aligned}
 S &= IPD + 2 * x \\
 &= 2 * (IPD + x) - IPD \\
 &= 2 * L * \tan(\beta/2) - IPD \\
 &= 2 * L * (\tan(\beta/2) - \tan(\alpha/2)) \\
 &= 2 * L * (1 + \tan(\beta/2) * \tan(\alpha/2)) * \tan(\theta/2) \\
 &\approx 2 * L * \tan(\theta/2) \text{ (통상은 시거리 } L \text{에 비해 동공간 거리가 작으므로 } \tan(\beta/2) * \tan(\alpha/2) \ll 1 \text{)} \\
 &\text{시차로서 이것을 사용해도 큰 차이는 없다}
 \end{aligned}$$

- α 디스플레이 중심으로의 폭주각
- β 입체상에 대한 폭주각
- θ 시차각
- IPD 동공간 거리
- L 시거리

$$IPD + x = L * \tan(\beta/2)$$

$$\beta = \alpha + \theta$$

$$IPD = 2 * L * \tan(\alpha/2)$$



<Note-4> 양안 시차의 조정에 대해서 (4)

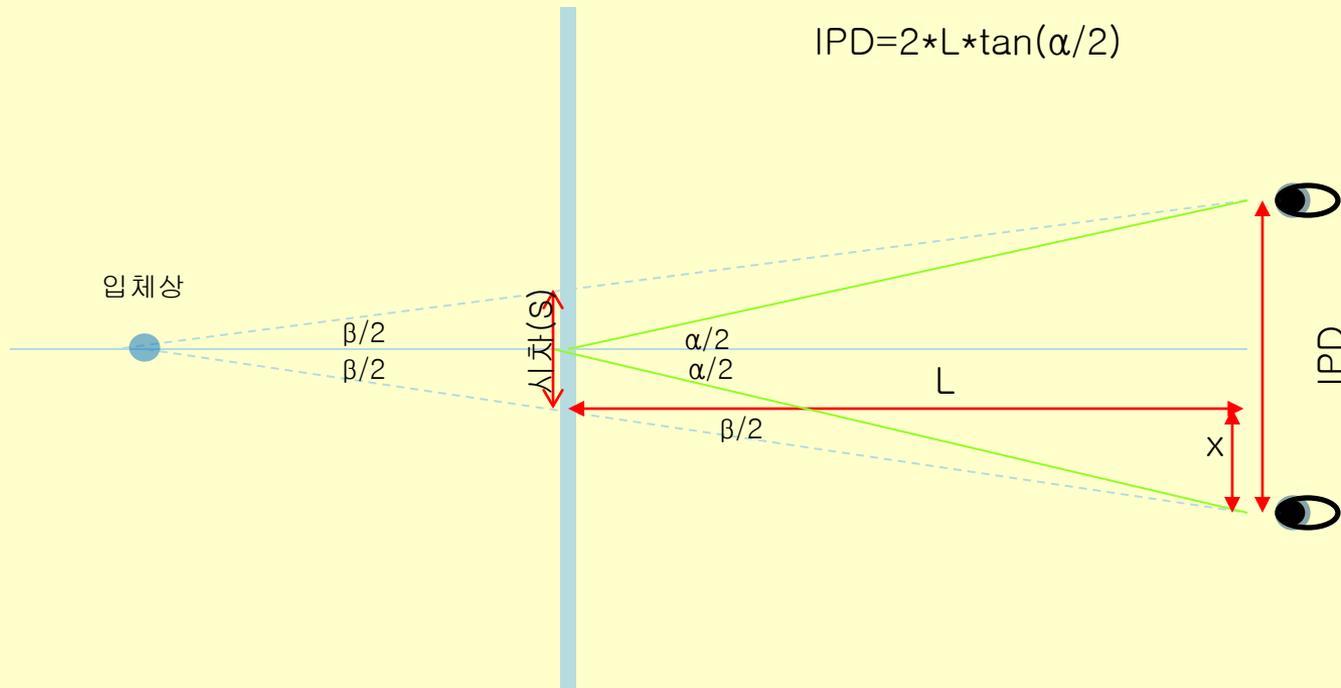
입체상이 디스플레이의 후방에 있는 경우의 시차의 계산
(이해를 위하여 도면의 동공간 거리를 전페이지보다 확대해서 기술)

디스플레이상의 시차
 $= IPD - 2*x$
 $= IPD - 2*L*\tan(\beta/2)$
 $= 2*L*(\tan(\alpha/2) - \tan(\beta/2))$
 $\approx 2*L*\tan(\theta/2)$
 시차로서 이것을 써도 큰 차이는 없다

← $x = L*\tan(\beta/2)$

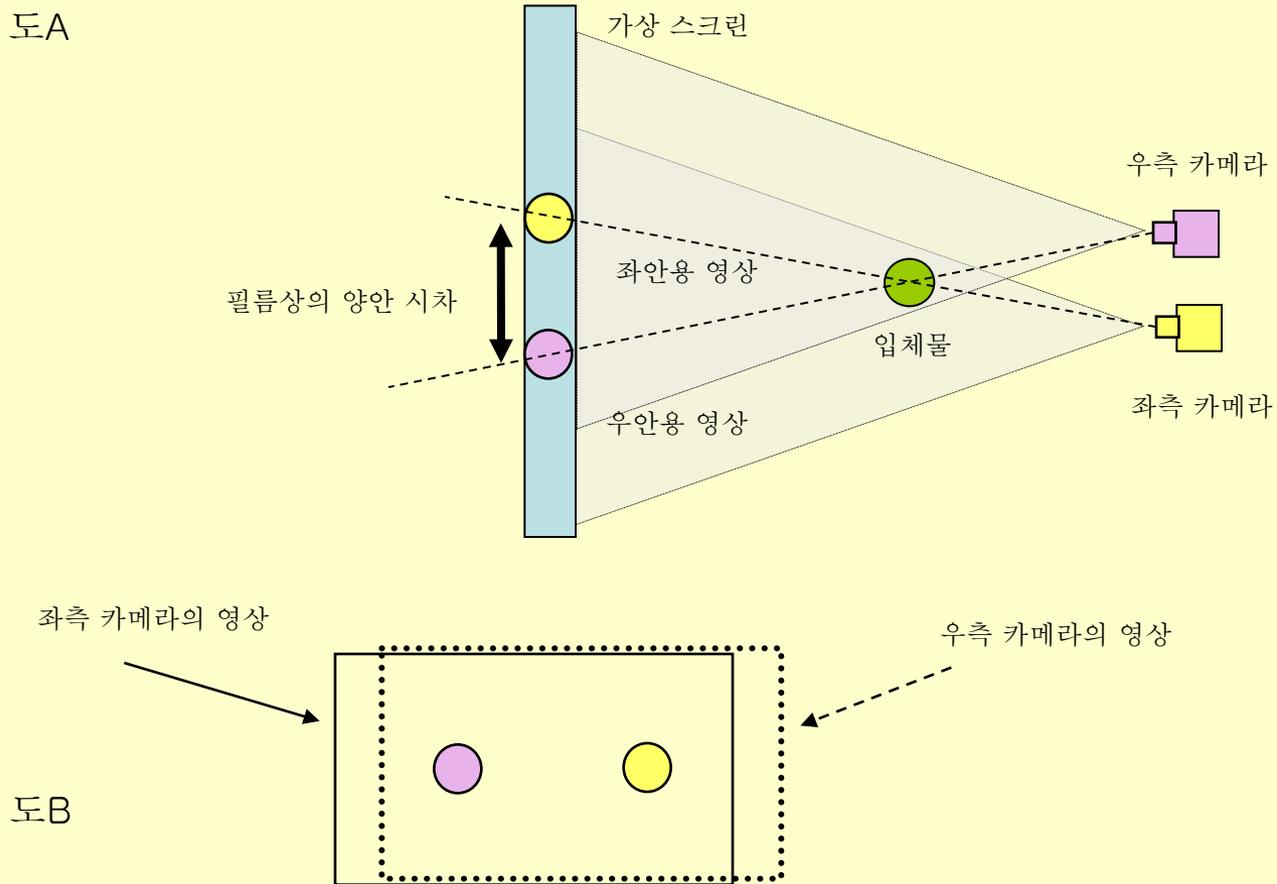
$\beta = \alpha - \theta$

시차각 $\theta = \alpha - \beta$

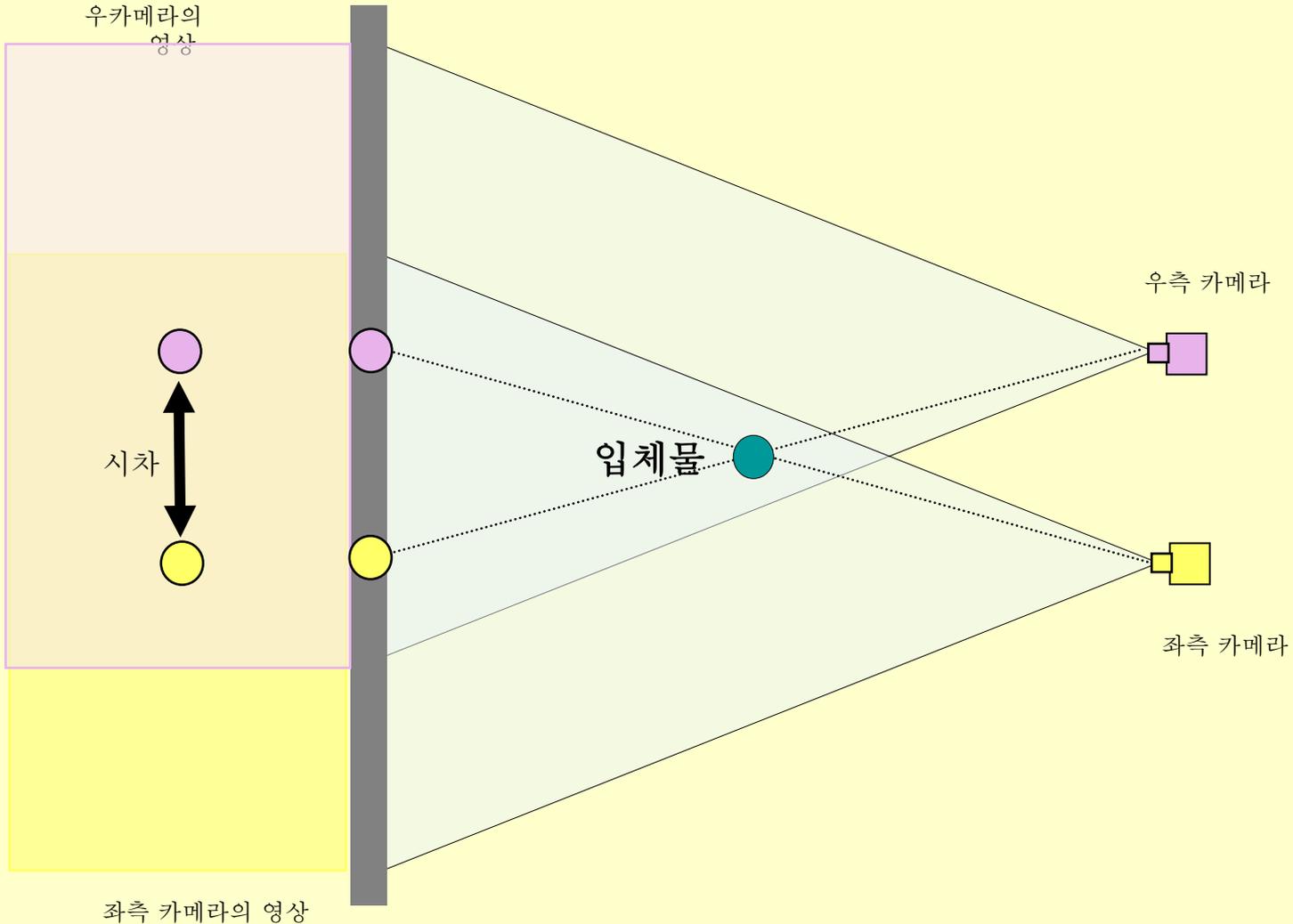


<Note-5> 입체물의 위치와 좌우 카메라 영상(시차)의 관계

입체영상 촬영을 위해 카메라를 2대 사용하는 경우가 있다. 좌우의 카메라를 일정한 간격으로 벌려 도면과 같이 설치하고, 촬영하면 도B와 같은 화상이 얻어진다. 좌우 화상의 공통 부분을 겹쳤을 때, 입체물의 상이 수평방향으로 어긋나 있는 것을 알 수 있다. 이것이 양안 시차의 하나이다.



<Note-6> 카메라 간격과 시차
카메라 간격을 좁히면 시차는 작아진다.



<Note-7> 영상멀미 방지를 위한 참고 데이터 (1)

해설

(1) 2D 영상에서도 마찬가지로, 입체영상을 시청 중에 차량이나 놀이기구를 탈 때 느끼는 멀미와 같은 불쾌감을 호소하는 사람이 있다. 3D 혹은 입체 멀미라고 불리는 것이다. 입체영상에 관한 직접 실험 결과는, 아직, 발견되지 않지만, 영상멀미에 관한 2D 영상의 연구 데이터를 참조하여, 영상멀미 방지를 위해, 참고하기 바란다.

(2) 수평 예상각 30도는, 하이비전 텔레비전의 표준관찰 시거리(텔레비전 화면의 높이의 3배로부터 시청*)에 상당한다.

가정에서는, 그것보다 근거리에서 텔레비전을 보는 경우도 있으므로 회전, 가로 요동, 세로 요동을 수반하는 영상 콘텐츠를 감상할 때는, 자신이 움직이고 있는 듯한 감각(시각 유도 자기 운동 감각)이 발생하여, 그것에 불쾌감을 느끼는 경우가 있다.

※하이비전 텔레비전의 표준관찰 시거리는, 화면 사이즈에 따라서 아래와 같이 되므로 참고하기 바란다.

32인치 ⇒ 약120cm, 37인치 ⇒ 약140cm, 46인치 ⇒ 약170cm,

52인치 ⇒ 약190cm, 65인치 ⇒ 약240cm

(3) 회전, 가로 요동, 세로 요동 모두 대략 30~60도/초의 움직임이 영상멀미를 일으키기 쉽다고 하고 있으므로, 이러한 움직임을 연속해서 보는 것은 피하는 것이 무난하다.

예:6~12초에 1회전하는 속도로 화면 전체가 도는 영상

표준관찰 시거리의 경우, 0.5~1초에 화면을 가로지르는 등의 영상

참고 문헌

우지이에: 표준화 저널, Vol. 35, p6-8(2005)

H. Ujike, T. Yokoi, S. Saida : Proc. 26th Annual Int. Conf. IEEE EMBS, p2399-2402(2004)

(2D에 관한 연구 데이터의 요약은, 다음 페이지 Note17 참조)

<Note-7> 영상멀미에 관한 학술 데이터 (2)

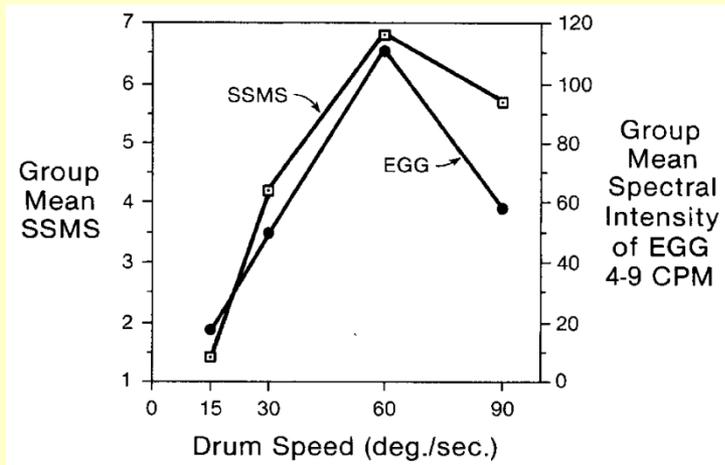
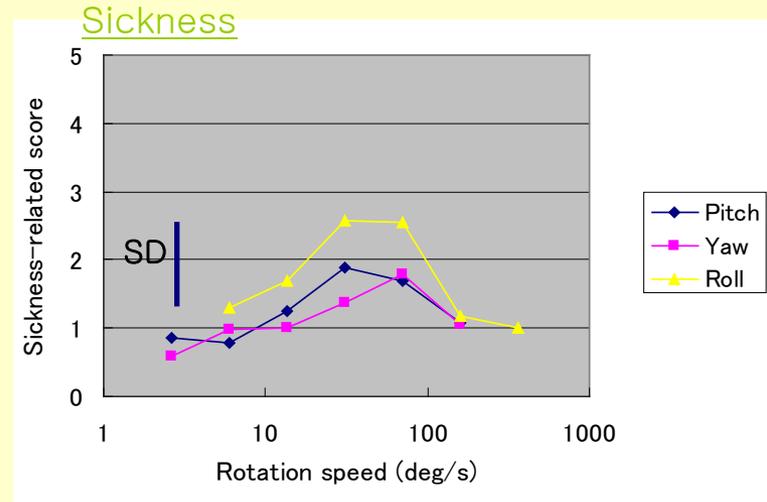


Fig. 1. The effects of four drum rotation speeds on subjective symptoms of motion sickness (SSMS) and on tachygastric power expressed as spectral intensity of EGG activity at 4-9 cpm.

Hu et al. (1989) 은, 회전 드럼에 의해 시각적으로 부여되는 Yaw 운동에서, 60 Deg/s의 속도에서 가장 영향이 있는 것을 보고.



Hu S, Stern RM, Vasey MW, Koch KL: Motion sickness and gastric myoelectric activity as a function of speed of rotation of a circularvection Drum. Aviat Space Environ Med, 60(5), 411-414 (1989).

CG에 의한 장면을, 진폭60도, 속도 30Deg/s로 진동시키면, 시간과 함께 불쾌도의 주관 평가 스코어가 증가한다.

피치, yaw, 롤의 모든 축에 대한 회전에서, 기본적으로는, 동일한 정도의 영상멀미를 일으켰다.

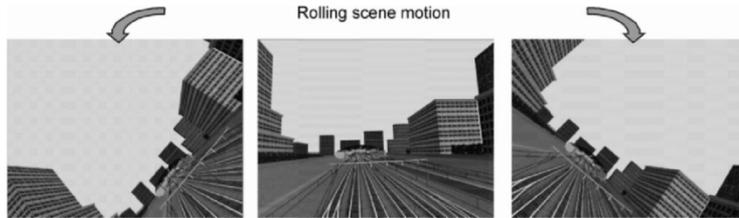
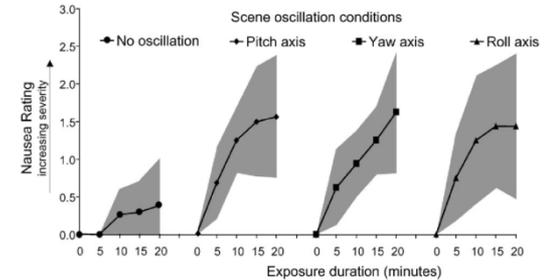


Fig. 1. Sample scenes of what the participants saw on the head-mounted display during scene oscillations in the roll axis. The virtual environ contains some buildings, a train station, tracks, cables, and bridges.



Lo WT, So RHY: Cybersickness in the presence of scene rotational movements along Different axes. Applied Ergonomics, 32(1), 1-14 (2001).

입체영상의 쾌적시청을 위한 제조자용 가이드라인

<GL-14> 크로스토크

<GL-15> 시 분할 입체방식의 권장 주파수

<GL-14> 크로스토크

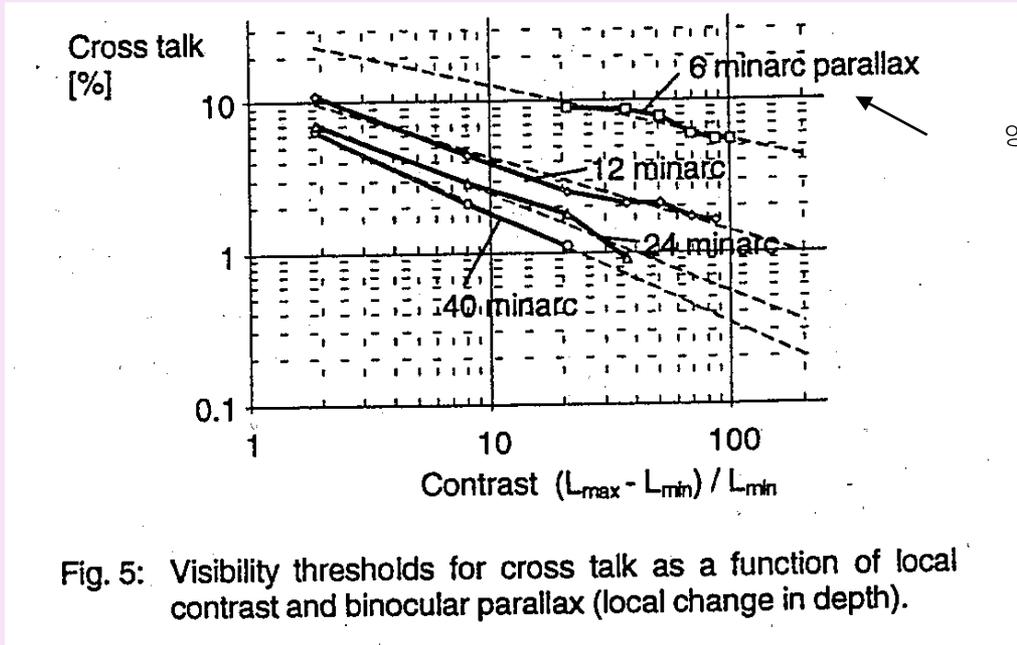
양안 시차를 이용한 입체표시장치에서는 좌우 화상의 크로스토크가 가능한 한 작은 장치의 개발을 권장한다.

크로스토크:우안용의 영상이 좌안에, 좌안용의 영상이 우안에 겹쳐보이는 비율(%)

해설: 크로스토크가 크면 콘트라스트가 높을 경우 2중상이 보여, 눈의 피로가 야기된다.

작으면 쾌적한 입체시가 가능해지고 시차량도 크게 취하는 것이 가능해 진다.

3D 디스플레이를 도입할 때의 중요한 평가 요소가 된다.



양안 시차의 단위=minarc =분=1/60도

좌측도면은 독일HHI연구소에 의한 실험 결과로, 크로스토크의 크기(종축)와 2중상이 느껴지는 콘트라스트의 한계값 및 시차의 한계값이 나타나 있다.

쾌적한 3D를 얻기 위해서는 크로스토크가 작은 디스플레이를 선택할 필요가 있는 것을 알 수 있다.

S. Pastoor, "Human factors of 3D images: Results of recent research at Heinrich-Hertz-Institut Berlin, Proceeding of IDW'95 3D-7, pp69-72(1995)

<GL-15> 시 분할 입체방식 권장 주파수

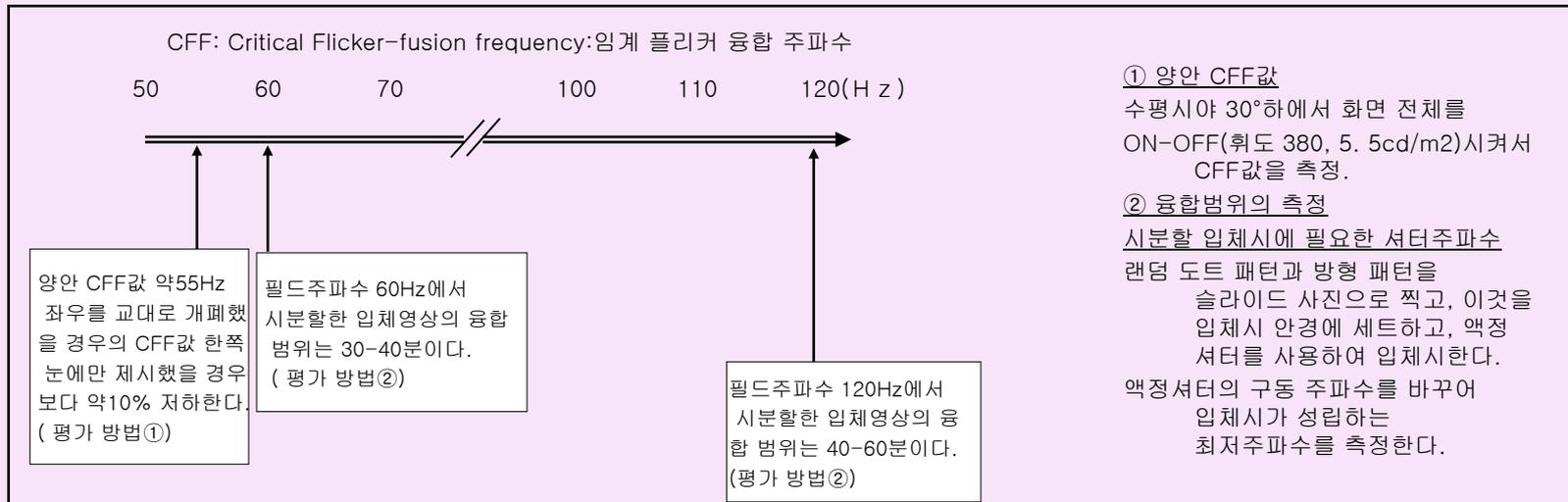
액정 셔터 안경 방식의 3D 장치에서는 교환주파수가 낮으면 깜박거림을 느껴 광감수성 발작이나 융합한계를 저하시킬 가능성이 있다. 깜박거림을 느끼는 형태에 대해서는 개인차가 크고, 주위의 환경의 영향을 받지만, 가능한 한 높은 교환주파수를 권장한다.

해설: 깜박거림은, 경우에 따라서는 광감수성 발작을 유발할 가능성이 생각되므로 특히 주의가 필요하다.

교환주파수가 충분히 높으면, 깜박거림은 느껴지지 않게 되지만, 안경의 개폐뿐만 아니라, 안경의 개폐와 인버터가 없는 형광등 등과의 간섭도 있어 주의가 필요하다.

또한, 밝은 화면일수록 깜박거림은 느끼기 쉽다는 것이 알려져 있다.

하기 데이터는 JEITA 가이드라인으로부터 발췌



감사의 말

본 가이드라인은, 이하의 연구 성과를 책정기반으로서 사용하였습니다.

이들 조사 연구 개발 사업을 장기에 걸쳐 지원해 주신 경제산업성, (재)JKA, (재)기계시스템진흥협회, (사)전자정보기술산업협회(JEITA), 총무성 및 관련 단체에 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

- ① (재)기계시스템진흥협회 위탁사업(1996~2002년)
(사)전자정보기술산업협회 「3차원 영상의 생체 영향 종합 평가 시스템의 개발에 관한 타당성조사」 보고서, 3차원 영상에 관한 가이드라인 시안(1999), 콘텐츠 제작 지원 DB(2001)
- ② 경제산업성 기준 인증 사업(2003~2005년)보고서
(독)산업기술종합연구소 「영상의 생체 안전성 평가의 표준화 연구」, ISO IWA3(2005)
- ③ 총무성 연구 개발 위탁(2003~2005년) 보고서
동경 대학, NHK, 히타치, 도시바, 샤프, 「영상이 생체에 주는 악영향을 방지하는 기술」
- ④ (재)JKA&(재)기계시스템진흥협회 위탁사업(2006~2008년)
(사)전자정보기술산업협회 「영상멀미 가이드라인 검증 시스템의 개발에 관한 타당성조사」 외
- ⑤ 경제산업성 「저탄소 혁명을 향한 미일 국제 공동 협력 사업 에너지 절약 기반 기술 국제 표준화 연구」
쾌적 3D 기반 연구 추진 프로젝트(2009~)
3DC 안전 가이드라인 2010 개정안, 3D 생체 영향 문헌 초록집
NPO 법인 영상 평가 기구, 주식회사 유 스태프

2010년 4월
3D 컨소시엄
안전 가이드라인 부회