

응시대상과 비응시대상의 시차가 시각피로에 미치는 영향 비교

*이상근 *박종진 *김신우 *이형철[‡]

*광운대학교

*iwill@kw.ac.kr

A comparison of the effects of disparity between focal vs. peripheral object on visual fatigue

*Sanggeun Lee *JongJin Park *ShinWoo Kim *Hyung-Chul O. Li[‡]

*Kwangwoon University

요약

3D 산업은 그 실용적인 활용가치로 인해 주목받고 있다. 안정적인 3D 시청환경을 구축하기 위해서는 구현기술의 발전이 중요한 과제이지만, 현재의 기술 수준이 제한적이기 때문에 사용자가 시청환경에 대해 주관적으로 느끼는 부분을 다루는 '휴먼팩터 (Human-factor)'를 연구하는 것 또한 중요하다. 그 중 시각피로는 안정적인 3D시청환경 구축과 직결되는 중요한 문제이며, 이러한 시각피로의 주요원인은 수렴-조절 불일치 현상이다. 본 연구는 수렴-조절 불일치에 직접적인 영향을 미치는 것이 화면시차 자체가 아니라 수렴각에 영향을 미치는 응시대상의 화면시차라고 가정하였다. 따라서 응시대상의 화면시차가 3D 상황에서 수렴조절 불일치를 유발하는지를 규명하기 위하여 시청자들을 대상으로 응시대상의 화면시차를 조작하면서 그것이 시각피로에 영향을 주는지를 측정하였다. 결과는 예상대로 다른 대상들보다 응시대상의 시차가 시각피로에 주요한 영향력을 준다는 것을 함축하고 있으며, 그 외에 비-응시대상과 관련된 이슈들이 논의되었다. 결론적으로, 응시대상의 시차를 적절하게 통제함으로써 사용자의 시각피로를 최소화 할 수 있으며, 이는 시각 3D 환경을 구축하는 데에 도움이 될 것이다.

Key words : Human factor, Visual fatigue, 3D, Focal object, Disparity, Vergence-accomodation conflict

1. 서론

3D산업은 영상이나 의학 분야 및 다양한 장면에서 적용할 수 있는 활용가치로 인해 주목받는 영역이다. 3D산업의 발전에 있어 기술적인 구현과 콘텐츠의 문제는 중요한 화두라고 할 수 있다. 그러한 3D 구현 기술이 발전하고 콘텐츠가 확장 및 보급되는 데에 있어 3D시청 상황에서 사용자가 지각하는 여러 가지 영역을 측정하고 밝히는 것 또한 중요한 문제이다. 시각피로는 그러한 휴먼팩터 (Human-factor) 영역에서도 특히 중요시 되는 문제이다. 사용자가 불편감을 호소하게 만드는 직접적인 요인으로서 시장수요 및 3D환경 구축과 직결되는 부분이기 때문이다.

일반적으로 3D 장면에서의 시각피로는 그 원인이 수렴조절 불일치로 알려져 있다. 이는 평상시에 일치하던 안구의 수렴과 조절 작용이 입체시 상황의 특수성 때문에 불일치하게 되는 현상이다. [1] 중요한 것은 입체시 상황에서 시청자가 응시하고 있는 응시대상의 시차에 따라 이 수렴 눈운동이 변화하면서 수렴 조절 불일치에 직접적으로 영향을 준다는 점이다. 따라서 영상입체시 상황에서 시청자가 주시하고

있는 응시대상의 시차가 시각피로에 주는 영향을 직접적으로 측정하여 알아볼 필요가 있다.

본 연구에서는 수렴조절 불일치를 유발하는 요인이라고 할 수 있는 응시대상의 화면시차를 조작하는 동시에 비응시대상의 화면시차 또한 조작하여 시각피로의 정도가 응시대상의 시차를 조작함에 따라 달라지는지, 또는 비응시대상의 시차를 조작함에 따라 달라지는지를 알아봄으로써 시각피로에 있어 주요한 요인을 파악하여 시각피로를 통제할 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

2. 본론

본 연구에서는 응시대상과 비응시대상을 제시하여 시각피로를 측정된 뒤, 응시대상의 시차에 따른 시각피로의 정도와 비응시대상의 시차에 따른 시각피로를 비교함으로써 시각피로의 주요한 원인이 되는 영역이 시청자가 시선을 고정하고 있는 응시영역인지, 아니면 그 외의 비응시 영역인지 여부를 알아보하고자 한다.

2.1. 실험환경

실험참가자는 실험내용을 알지 못하는 대학생 15명이다. Display는 HYUNDAI 3DTV S465D (GPR 방식, 46.5 inch)를 이용하였고, 모니터의 해상도는 1920×1080 (60Hz)였으며 시청거리는 2m였다. 배경색은 회색이었으며 밝기는 18 cd/m²로 조정되었다.

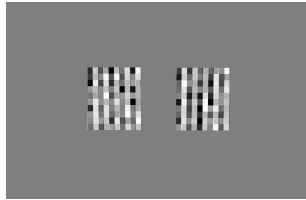


그림 1. 디스플레이에 제시된 실험자극

MATLAB와 PTB3 [2]를 이용하여 제작된 그림1과 같은 세로줄 무늬의 무선점자극 (1.25cpd)이 실험에 이용되었으며 세로줄은 약 1°, 0.5°, 0.1°, -0.1°, -0.5° 또는 -1° 정도 기울어져 있다. 고해상도를 지니는 망막상 영역이 시각도 15° 정도라는 점을 고려하여 [3] 자극크기는 4°, 자극 간 거리는 2°로 조정되었다.

응시대상과 비응시대상 각각은 3가지의 시차를 가질 수 있는데, 각 시차조건은 다음과 같다: Onscreen (대상이 디스플레이와 평면선상에 제시되는 조건), Crossed (상이 디스플레이보다 가까이 있는 것으로 지각되는 조건), Uncrossed (상이 디스플레이보다 멀리 있는 것으로 지각되는 조건). 시차수준은 모니터로부터 ±1.25 Diopter로 동일하게 제시되었으며, 이는 통상적이고 측정가능한 정도의 시각피로를 유발하는 수준이다. [4] 시차조건은 총 9조건으로 이루어져 있는데 응시대상의 3가지 시차조건과 비응시대상의 3가지 시차조건의 조합으로 구성되었다 (3×3).

2.2. 실험절차

같은 또는 서로 다른 시차를 가진 응시대상과 비응시대상이 모니터에 제시된다(그림 1). 참가자들은 두 가지 무선점자극 중 항상 왼쪽의 자극(응시대상)에 시선을 고정시키도록 지시받는다. 각 자극은 앞서 언급한 6가지의 기울기 중 한가지의 형태로 3초 동안 제시되며, 그 후 신호음이 울린다. 신호음이 울리면 참가자는 자극이 어느 쪽으로 기울어졌는지를 키보드의 왼쪽(←) 또는 오른쪽(→) 방향키를 눌러 그 방향을 보고한다(2AFC). 이 과정을 수행함으로써 참가자는 실험이 진행되는 동안 응시대상에 시선을 고정하게 된다. 참가자가 키보드로 반응을 하면, 다음 자극이 제시되며 이러한 과정을 반복한다. 이 방위변별과제는 5번 반복되며, 이는 총 9가지의 시차조건 중 1 조건(Block)을 구성한다.

한 조건(Block)이 진행된 후, 참가자는 시각피로를 측정하는 설문에 응답한다. 설문지는 7점 척도의 총 15 문항으로 구성되어 있으며, 각 문항은 Image blurring(상흐림), Eye pain(안구통증), Dizziness(어지러움)의 3가지 요인으로 요인화 되어 있다. 참가자들은 9가지의 시차조건과 그에 따른 설문을 무선화면 순서로 진행한 후, 그 과정을 총 4번 반복 측정하여 실험을 마치게 된다.

3. 결과 및 분석

15명의 실험참가자 중 실험시작 전부터 극도의 피곤함을 호소하던 한 참가자와 성의 없이 응답한 한 참가자를 제외한 총 13명의 데이터를 분석하였다.

그림 2와 3은 응시조건과 비응시조건 각각에서 요인별로 나타난 시각피로의 평균값을 보여주는 그래프이다. 응시조건(그림 2)에서는 응시대상의 화면시차가 달라짐에 따라 시각피로가 달라지는 경향을 보이고 있다. 이를 반복측정 ANOVA로 검증을 해 본 결과, 상흐림, $F(2, 2) = 21.57, p < .001, \eta^2 = .64$, 안구통증, $F(2, 2) = 11.88, p < .001, \eta^2 = .50$, 어지러움, $F(2, 2) = 14.36, p < .001, \eta^2 = .54$ 로 세 요인 모두에서 응시조건에 따라 상당히 유의미한 차이가 나타나는 것을 보여준다.

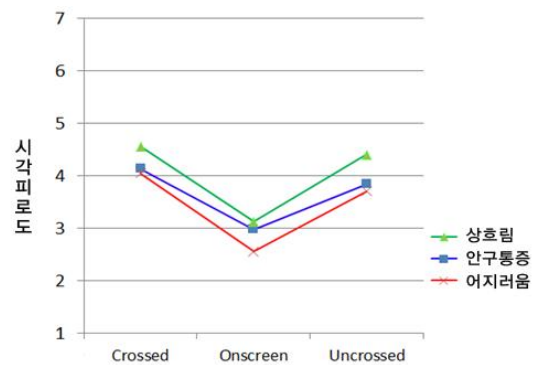


그림 2. 응시대상의 시차(응시조건)가 요인별 시각피로에 미치는 영향. 그래프는 응시대상이 가지는 시차가 각각 Onscreen, Crossed, Uncrossed일 때 요인별로 측정된 시각피로의 평균값이 어떻게 변화하는지를 보여준다.

비응시대상의 화면시차에 따른 시각피로(그림 3)를 분석해 보았을 때는 상흐림, $F(2, 2) = 2.88, p = .076, \eta^2 = .19$, 안구통증, $F(2, 2) = 3.34, p = .052, \eta^2 = .24$, 어지러움, $F(2, 2) = 3.2, p = .058, \eta^2 = .21$, 으로 세 요인 모두 시차 간 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

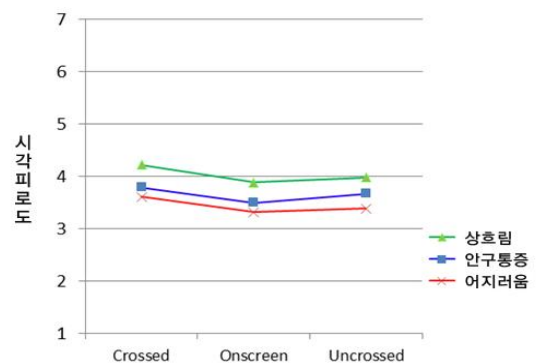


그림 3. 비응시대상의 시차(비응시조건)가 요인별 시각피로에 미치는 영향. 그래프는 비응시대상이 가지는 시차가 각각 Onscreen, Crossed, Uncrossed일 때 요인별로 측정된 시각피로의 평균값이 어떻게 변화하는지를 보여준다.

3. 결론

응시대상의 화면시차는 시각피로에 큰 영향력이 있는 것으로 나타났다. 비응시대상의 화면시차도 시각피로에 어느 정도의 영향력을 보였으나, 응시조건에서의 결과와 비교해보았을 때 설명력 (η^2) 이 낮은 수준이기 때문에 시각피로의 주요한 요인으로 비응시대상의 화면시차를 지목하기보다는 응시대상의 화면시차를 지목하는 것이 더 적절하다.

피험자 중 독특한 결과를 보인 이들이 2명 있었는데, 두 피험자는 비응시조건에서도 응시조건과 유사한 체계적이고 명확한 경향성을 보였다. 다른 나머지 피험자들의 경우도 상당수가 아주 미약하지만 체계적 경향성을 갖는 모습을 보였고, 통계검증 결과가 그러한 경향성을 약간 보장하고 있다.

요약하자면, 대체로 응시대상의 시차에 따라 시각피로가 변화하지만 비응시 조건에서도 약간의 경향성을 읽어낼 수 있다. 비응시 조건에서의 경향성은 응시대상의 시차와 관련된 매개변수가 있기 때문일 것이라고 추측할 수 있다. 하나의 가설은 사람마다 망막의 이심률이 다르기 때문에 수렴 눈 운동을 유발시키는 응시영역의 범위가 다를 수 있다는, 즉 자극의 망막상 이심률이 충분히 그 원인이 될 수 있다는 것이다. 따라서 본 연구의 결과를 바탕으로 하여 추가적인 실험에서 자극의 망막이심률에 따라 시각피로가 어떻게 변화하는지, 또 그것이 수렴조절 불일치와 어떻게 연관되는지를 확인해 보는 것이 필요하다. 이러한 비응시영역에 대한 연구를 통해 시각피로에 영향을 줄 수 있는, 응시대상의 화면시차가 적용되는 범위를 밝힐 수 있을 것이라 기대한다.

본 연구는 시청자가 응시하고 있는 응시대상의 시차가 달라짐에 따라 시각피로가 달라진다는, 즉 응시대상이 시각피로에 있어서 직접적이고 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다. 이러한 요인에 대한 적절한 통계는 시각피로와 관련된 안정적인 3D 환경 구축에 보탬이 될 수 있을 것이다.

※ 본 논문은 2012년 한국지식경제부와 한국산업기술평가관리원의 IT R&D 학술지원 (3D Equipment/Device Centered Human Factor Research and Development for Securing Human Safety, Project #10038745)에 의해 수행되었음.

5. 참고문헌

- [1] D. M. Hoffman, A. R. Girshick, K. Akeley, and M. S. Banks, "Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue", *Journal of vision*, Vol. 8, No. 3, 3, pp. 1~30, 2008.
- [2] M. Kleiner, D. Brainard, and D. Pelli, "What's new in Psychtoolbox-3?", *Perception 36 ECVF Abstract Supplement*, 2007.
- [3] E. Hecht, "Optics (2nd Ed)", Addison Wesley, 1987.
- [4] T. Shibata, J. Kim, D.M. Hoffman, and M.S. Banks, "The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays", *Journal of vision*, Vol. 11, No. 8, pp. 1~29, 2011.