자동차 경주 컴퓨터 게임 시 대형 디스플레이 곡률이 자세 제어에 미치는 영향

Effects of Large Display Curvature on Postural Control During Car Racing Computer Game Play

이지현, Jihhyeon Yi*, 박성률, Sungryul Park**, 최동희, Donghee Choi**,
경규형, Gyouhyung Kyung***

요약 디스플레이 기술은 비약적으로 발전되었다. 특히 플렉서블 디스플레이에 대한 연구를 관련 기업들이 앞다투어 진행하고 있다. 현재 시장에는 플렉서블 디스플레이의 초기 단계인 커브드 디스플레이를 사용한 스마트폰, TV 등이 출시되어 있고, 데스크탑용 커브드 모니터 역시 최근에 출시되어 사무용 또는 엔터테인먼트용으로 이용되고 있다. 본 연구의 목적은 엔터테인먼트용으로 50” 멀티 모니터를 사용시 모니터의 곡률이 사용 자세 제어에 미치는 영향에 관한 것이다. 실험에는 두 종류의 곡률 (평면, 곡률반경 600mm)이 사용되었다. 총 10명의 근골격계질환이 없고, 양안 시력이 모두 0.8이상이고, 색맹 또는 색약이 아닌 평균 (SD) 20.9 (1.5)세의 대학생들이 실험에 참여하였다. 피험자들은 일반적인 VDT 환경의 실험실에서 각 곡률당 30분씩 핸들과 페달을 사용해 운전 게임을 하였다. 각 피험자가 운전 게임을 하는 동안 의자 위에 놓여진 압력 매트를 통해 이들의 COP (Center of Pressure)가 측정되었다. 자세 제어 분석을 위하여, 총 4개의 COP 측정치, Mean Velocity, Median Power Frequency, Root-Mean-Square (RMS) Distance, 그리고 95% Confidence Ellipse Area를 사용하였다. 실험 결과, 곡면대비 평면 디스플레이에서 전후 방향 (Anterior-Posterior; AP)의 RMS distance값이 더 큰 경향을 보였다. 이 결과를 통해 평면 디스플레이를 사용하여 운전 게임을 하는 동안 피험자의 전후 방향으로 몸을 더 많이 움직였다고 할 수 있다. 이는 평면 디스플레이가 곡면 디스플레이보다 화면의 가로방향으로 시거리 차이가 더 크기 때문에, 초점의 이동시간이 더 길어지는 것과 관련이 있을 수 있다. 또한, 평면 디스플레이 대비 곡면 디스플레이에서 더 높은 몰입감을 느끼거나, 더 집중할 수 있는 것과 관련이 있을 수 있다. 디스플레이 곡률에 따른 이런 행동상의 차이가 근골격계 질환에 미치는 영향에 대한 추가 연구가 필요하다.

Abstract Display technology has recently made enormous progress. In particular, display companies are competing each other to develop flexible display. Curved display, as a precursor of flexible display, are now used for smart phones and TVs. Curved monitors have been just introduced in the market, and are used for office work or entertainment. The aim of the current study was to investigate whether the curvature of a 42” multi-monitor affects postural control when it is used for entertainment purpose. The current study used two curvature levels (flat and 600mm). Ten college students [mean(SD) age = 20.9 (1.5)] with at least 20/25 visual acuity, and without color blindness and musculoskeletal disorders participated in this study. In a typical VDT environment, each participant played a car racing video game using a steering wheel and pedals for 30 minutes at each curvature level. During the video game, a pressure mat on the seat pan measured the participant’s COP (Center of Pressure), and from which four measures (Mean Velocity, Median Power Frequency, Root-Mean-Square Distance, and 95% Confidence Ellipse Area) were derived. A larger AP (Anterior-Posterior) RMS distance was observed in the flat condition, indicating more forward-backward upper body movements. It can be partly due to more variability in visual distance across display, and hence longer ocular accommodation time in the case of the flat display. In addition, a different level of presence or attention between two curvature conditions can lead to such a difference. Any potential effect of such a behavioral change by display curvature on musculoskeletal disorders should be further investigated.

핵심어 : Display Curvature, Curved Display, Postural Control, COP

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.NRF-2013R1A1A2061151).
*주저자 : UNIST 디자인 및 인간공학부 대학원생
**공동저자 : UNIST 디자인 및 인간공학부 대학원생
***교신저자 : UNIST 디자인 및 인간공학부 부교수; e-mail: ghkyung@unist.ac.kr
■ 접수일 : 2015년 3월 16일 / 심사일 : 2015년 3월 24일 / 게재확정일 : 2015년 5월 13일

1. 서론

최근 수십 년간에 걸쳐 디스플레이 기술은 급격한 변화를 보여 왔다[1][2][3][4]. 현재 디스플레이 기술은 플렉서블 디스플레이의 개발과 상용화에 초점이 맞추어져 있는데, 플렉서블 디스플레이의 초기 형태인 커브드 디스플레이를 사용한 스마트폰, TV등의 제품들이 이미 시장에 판매중이다. 데스크탑용 커브드 모니터 역시 최근에 출시되어 다양한 목적으로 사용되고 있다.

정보화 시대가 도래함에 따라, PC의 보급이 널리 확장되었다. 이에 따라 많은 사람들이 VDT (Visual Display Terminal) 환경에서 여러 종류의 작업들을 수행하게 되었다. VDT환경에서 이용되는 모니터는 사무작업 등의 업무적 목적이나 social communication, 게임 등의 오락 목적으로 활용되고 있다. 대부분의 경우 VDT의 활용은 생산성과 편리함의 증대라는 장점이 있지만, 장시간의 사용은 손목터널증후군과 같은 상지 (upper extremity) 장애를 일으킬 수 있다[5]. 일반적으로 부적절한 자세는 근골격계 질환 등을 포함한 VDT 신드롬의 원인이 될 수 있다[6].

VDT환경에서의 자세에 대한 다양한 연구들이 오랫동안 진행되어 왔고[7][8][9], ISO9241을 포함한 여러 표준들에서 모니터 작업 환경에 맞는 자세와 관련된 여러 추천 사항 등이 제시되고 있지만, 여전히 VDT환경과 관련한 근골격계 질환들이 보고되고 있다. 이와 더불어, 기존의 디스플레이관련 표준들은 CRT (볼록 곡면) 또는 평면 디스플레이를 위한 것으로, 이 표준들이 현재 출시중인 커브드 디스플레이와 같은 오목 곡면 디스플레이에도 그대로 적용될 수 있는지는 인간공학적 주제 (가시성, 시작업성, 시피로 등)에 대한 추가 연구를 통해 검증되어야 한다[10][11][12][13]. 또한, VDT환경과 자세에 관하여 WMSD (Work-related Musculoskeletal Disorder) 측면에서 많은 연구들이 진행되어왔지만[14][15][16], 디스플레이 곡률의 영향에 대한 연구는 아직 존재하지 않는다.

컴퓨터 게임 역시 장시간의 VDT 사용으로 큰 사회적 문제가 되고 있다. 한 온라인 쇼핑몰의 2013년 상반기 리서치에 따르면, 완제품 PC의 구입 용도(%)는 사무/인터넷 (77%), 캐주얼 게임 (18%), 고사양 게임 (5%) 순이었다[17]. 사무/인터넷을 위한 구입 비중이 매우 크기는 하지만, PC 구입 용도의 23%는 게임을 위한 것이었다. 따라서, 데스크탑용 모니터가 사무용뿐만 아니라 게임용으로도 활용됨을 알 수 있는데, 게임을 할 때에는 업무와는 다른 요인이 사용자 경험에 더 중요해질 수 있다(e.g. 몰입감, fun). 이러한 차이점이 과업중에 사용하는 자세에 영향을 미칠 수 있다.

본 연구의 목적은 곡률이 있는 대형 모니터를 통해 운전 게임을 할 경우 평면 디스플레이 대비 상이한 자세 제어가 사용되는지를 알아보는 것이다.

2. 연구방법

2.1 피험자

본 연구에는 VDT 사용 경험이 있는 20대 대학생 총 10명[남: 6명, 여: 4명, 평균(표준편차)나이 = 20.9(1.5)세]이 참여하였다. 이 학생들은 모두 피험자 모집 전단지를 보고 실험에 참여했다. 실험을 시작하기 전 실험에 관한 설명을 들은 후 생명윤리위원회에 의해 승인된 동의서를 작성하였다. 피험자들은 좌우안 모두 최소 0.8의 시력을 갖고 있었으며, 색맹, 근골격계 질환이 없었다. 시력은 한식 표준 3M용 시력 검사표를 이용해 측정했다. 시력판의 숫자들중 50% 이상의 숫자를 바르게 판독 시 인정하였고, 그림과 문자시표는 제외하였다[18]. 색맹, 색약 여부는 Ishihara 색맹 검사표를 이용하여 검사를 진행했다. 근골격계 질환여부는 self-report의 방법으로 구두로 확인하였다. 실험에서 과업으로 주어질 운전게임에 흥미가 있는지 여부를 구두로 확인해서, 1시간 동안 게임을 지속할 만큼 흥미가 있다고 응답한 경우에만 실험에 참여시켰다.

2.2 실험 환경 및 장비

50" 대형 커브드 디스플레이를 구현하기 위하여, 세로방향의 다섯 개의 17.1인치 LCD 디스플레이 패널(LP171WE3, LG-Philips, 해상도: 1050 × 1680)을 수평으로 연결하였다[그림 1]. 이 커브드 디스플레이의 곡률반경은 디스플레이와의 시거리 500mm와 눈에서 목의 회전 중심점까지의 거리 98mm[19]를 고려하여 600mm로 세팅되었다. 다섯 개의 디스플레이 패널 높이를 동일하게 맞추고, 패널간 들뜸을 방지하고, 전체 패널을 600mm의 곡률로 세팅하기 위해서 자체 제작한 플라스틱 재질의 브라켓을 사용하여 패널과 패널이 맞닿는 부분의 상하부를 고정시켰다. 각 디스플레이 패널의 베젤(두께 5mm)부분은 빛반사문제와 화면간 이미지가 비연속적으로 인지되는 문제를 완화시키기 위해 검정색 종이테이프로 마감하였다.

실험실은 일반적 VDT 환경으로 구성되었다. 일반적인 사무용 책상 (가로 × 세로 × 높이=150cm × 60cm × 73cm)위에 5개의 디스플레이 패널들을 다관절 모니터암(EM23346, Xergo, 타이완)을 이용하여 모니터의 중앙이 눈과 15° 정도의 하방 시야각이 만들어지는 위치에 설치하였다[그림 1]. 등받이가 있고 착좌 높이 조절(45cm ~ 51cm)이 가능한 의자가 제공되었다. 팔걸이도 높이 조절이 가능했으나, 운전게임 중 원활한 핸들 조작을 위해 최하단 높이로 고정했다. 의자 위에는 압력 매트(CONFORMat®, Tekscan Inc.)를 놓아 사용자의 COP(Center of Pressure)를 측정하였다. 압력 매트의 크기(가로×세로)는 618mm × 539mm였으며, 총 1024(32 × 32)개의 압력센서로 구성되었다. 모든 압력센서 데이터를 COP 계산에 사용했다.

실험실은 암막 커튼을 이용하여 외부의 빛을 차단하였고, 사용자가 작업을 하는 동안 시야에 들어오는 부분들 (앞쪽 및 좌

우측의 벽면과 책상 위)은 모두 검정색 천으로 덮었다. 실내 조명수준은 약 700lx정도였다. 운전 게임을 위해서 한 개의 핸들과 세 개의 페달 형태의 입력 장치로 구성된 Logitech®의 G27 Racing Wheel이 입력장치로 사용되었다[그림 2].

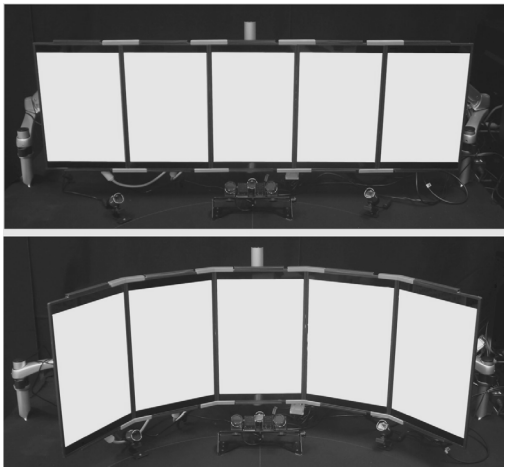


그림 1. 6개의 디스플레이 패널로 구성된 50" 평면 멀티 모니터 (상) 및 600mm 곡률의 멀티 모니터 (하)

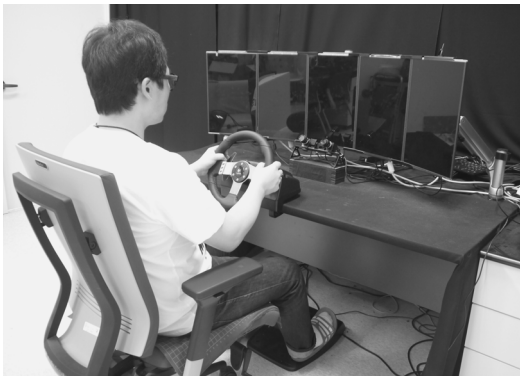


그림 2. 핸들과 페달로 구성된 입력장치 실험환경 구성

2.3 변수

2수준의 디스플레이 곡률 (평면, 커브드-곡률 600mm)이 독립변수로 이용되었다. 종속 변수로는 몸의 움직임을 기술하기 위해 기존 연구들에서 빈번하게 사용된 네 가지의 COP 측정치인 Mean Velocity, Median Power Frequency, Root-Mean-Square Distance, 그리고 Ellipse Area (95% Confidence)를 이용하였다. 데이터는 COP 전후 (AP: Anterio-posterior) 방향과 좌우 (ML: Medio-lateral) 방향을 축으로 하는 2차원 stabilogram[그림 3(A)]의 좌표 점(AP, ML)으로 100Hz의 표본율(sampling rate)로 얻어졌으며, 첫 3초간 얻어진 데이터의 평균을 좌표의 원점으로 사용했다. 각 곡률조건에서 측정된 총 데이터 포인트의 수 (N)는 180,000 (100Hz×60sec×30min)개였다. 그림 3의 (A)에서는 평면과 커브드 조건에서 COP가 실제로 전후, 좌우 방향으로 어떻게 움직였는지를 확인할 수 있고, (B)에서는 가로축은 시간, 세로축은 AP/ML 방향으로 움직임을 확인할 수 있다.

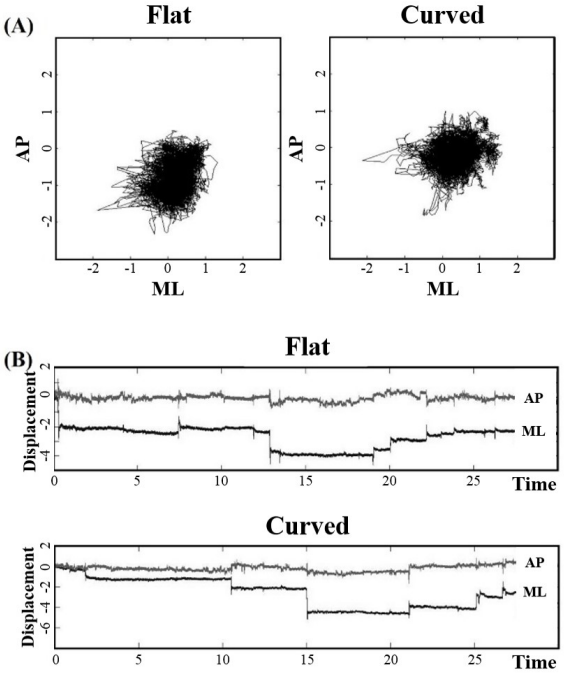


그림 3. 평면 및 커브드 디스플레이 사용시의 Stabilogram (A)과 AP/ML 방향의 움직임 (B)

2.3.1 Mean Velocity (평균 속도)

Mean Velocity는 COP점들이 움직인 평균적인 속도를 나타내는 측정치이고, COP점들이 움직인 총 거리를 시간으로 나누어 계산했다[20][21].

$$Mean\ Velocity = \frac{\sum_{n=1}^{N-1}[X_{AP}^2 + X_{ML}^2]^{1/2}}{T} \quad (1)$$

$$X_{AP} = x_{AP(n+1)} - x_{AP(n)} \quad (2)$$

$$X_{ML} = x_{ML(n+1)} - x_{ML(n)} \quad (3)$$

2.3.2 Median Power Frequency

Median Power Frequency는 각 방향(AP, ML)의 데이터의 Power Spectral Density, $G(f)$에서 아래의 조건을 만족하는 $u\triangle f$이다(u는 가장 작은 정수)[21].

$$\sum_{m=i}^{u} G[m] \geq 0.50\mu_0 \quad (4)$$

$$\mu_k = \sum_{m=i}^{j} (m\triangle f)^k G[m] \quad (5)$$

2.3.3 RMS(Root-Mean-Square) Distance

RMS 거리는 각 방향 (AP, ML)의 시계열 데이터에서의 표준편차를 나타내고, 아래의 식을 이용하여 계산하였다[21].

$$Rdist_{AP} = [1/N\sum_{n=1}^{N} x_{AP(n)}]^{1/2} \quad (6)$$

$$Rdist_{ML} = [1/N\sum_{n=1}^{N} x_{ML(n)}]^{1/2} \quad (7)$$

2.3.4 95% Confidence Ellipse Area

COP가 움직인 부분의 넓이를 나타내기 위하여 COP 점들의 95%를 포함하는 타원의 넓이를 구하는 95% Confidence ellipse area를 아래의 식으로 계산하여 데이터로 이용하였다[20][21].

$$Ellipse\ Area = \pi ab \quad (8)$$

$$a = [3.00(SD_{AP}^2 + SD_{ML}^2 + D)]^{1/2} \quad (9)$$

$$b = [3.00(SD_{AP}^2 + SD_{ML}^2 - D)]^{1/2} \quad (10)$$

$$D = [(SD_{AP}^2 + SD_{ML}^2) - 4(SD_{AP}^2 SD_{ML}^2 - SD_{APML}^2)]^{1/2} \quad (11)$$

$$SD_{AP} = [\frac{\sum_{n=1}^{N}(x_{AP(n)} - \bar{x}_{AP})^2}{N}]^{1/2} \quad (12)$$

$$SD_{ML} = [\frac{\sum_{n=1}^{N}(x_{ML(n)} - \bar{x}_{ML})^2}{N}]^{1/2} \quad (13)$$

$$SD_{APML} = (\sum_{n=1}^{N} x_{AP(n)} x_{ML(n)})/N \quad (14)$$

2.4 과업 및 실험 순서

앞서 언급한 참여조건 (i.e. 시력, 색맹, 색약, 근골격계질환, 게임관심도)을 만족한 피험자들은 모두 과업으로 선정된 자동차 경주 컴퓨터 게임 (Need for Speed Most Wanted 2, Electronic Arts)을 이전에 해본 적이 없었기 때문에, 게임의 목표, 조작법 등에 익숙해지도록 최소 30분 이상의 연습시간이 주어졌다. 피험자는 시내 도로 환경을 1인칭 시점으로 주행하며 타겟을 찾는 게임을 수행하였다. 게임의 수행도는 약간의 개인차는 발생하였지만 찾는 타겟의 수가 거의 일정한 수준을 보이도록 하였다. 연습을 하는 동안은 별도의 의자 세팅 없이 편안한 자세를 취하도록 하였다. 연습을 통해 피험자들의 운전게임에 대한 이해와 조작의 숙련도가 충분히 생겼는지를 구두로 확인한 후, 실험에 대해 설명을 했다.

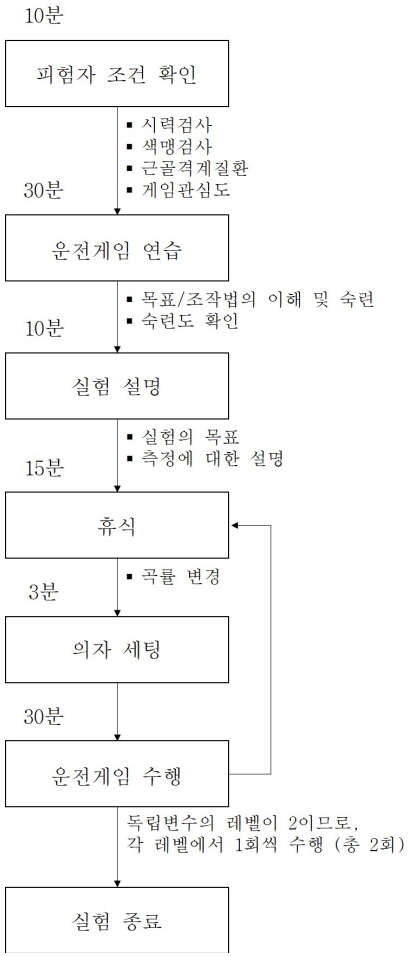


그림 4. 실험순서

피험자는 주어진 의자를 본인이 가장 편안하게 느껴지는 상태로 디스플레이와의 거리를 조절(앞서 600mm를 곡률로 선정했으나, 일상적인 사용 환경을 고려함)하여 의자를 위치시킨 후, 높낮이를 조절했다. 게임을 하는 동안은 의자의 바퀴를 고정하여 위치를 추가 변경할 수 없도록 하였다. 본 실험은 피험자 내 디자인으로, 한 피험자가 두 디스플레이 조건에서 모두 실험을 진행하였다. 디스플레이의 한 조건에서 30분간 운전 게임을 하고, 발생된 피로를 없애기 위해 충분한 휴식 시간(최소 15분)이 주어지고 난 후, 나머지 조건에서 같은 과업을 반복하도록 하였다. 디스플레이 제시 순서는 피험자들간에 균형을 맞추었다.

2.5 통계적 분석

통계적 분석을 위해서는 2개의 곡률 조건에 대해 paired t-test를 사용했다. p-value $<$ 0.05는 '유의'로, 0.05$\leq$ p-value $<$ 0.1 은 '유의수준 접근'으로 해석했다. SPSS가 통계분석에 사용되었다.

3. 실험 결과

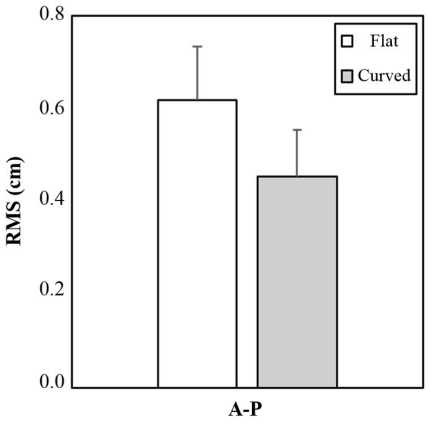


그림 5. 두 디스플레이 조건에서의 A-P 방향 RMS (오차막대: 표준편차)

모든 측정치들 중 AP방향의 RMS값만이 유의수준에 접근했는데 ($p = 0.09$), 평면 디스플레이를 이용할 때가 커브드 디스플레이를 이용 할 때보다 더 큰 RMS 값을 보였다[그림 5, 표 1]. 이를 통해서 피험자가 평면 디스플레이를 이용해서 운전 게임을 하는 동안 전후 방향으로 더 많은 움직임을 보였던 것을 알 수 있다. 통계적으로 유의하지는 않았지만 ($p \geq 0.24$), Mean Velocity와 ML방향의 RMS는 평면에서 더 높은 값을 보였고, AP와 ML방향의 Median Power Frequency 및 95% Ellipse area의 경우는 커브드 경우가 더 높게 나타났다.

표 1. 각 디스플레이 조건에서 측정치들의 평균(SD)

		평면	커브드	p-value
Mean Velocity		5.2 (1.2)	5.0 (1.1)	0.30
Median power frequency	AP	0.021 (0.017)	0.031 (0.029)	0.24
	ML	0.0051 (0.0034)	0.0074 (0.0065)	0.25
RMS	AP	0.62 (0.23)	0.45 (0.20)	0.09
	ML	0.80 (0.40)	0.71 (0.82)	0.66
Ellipse area (95%)		2.17 (0.67)	2.19 (1.13)	0.95

4. 토의 및 결론

본 연구의 목표는 대형 모니터에 적용된 디스플레이 곡률이 운전 게임시 사용자의 자세 제어에 영향을 미치는지를 알아보는 것이었다. 본 연구는 50" 대형 디스플레이에서 평면과 600mm의 곡률반경을 고려했다. 네 가지의 COP 측정치가 계산 되었는데, 이들 중 평면 디스플레이가 곡면 디스플레이대비 더 큰 AP RMS값을 보였다.

몇몇 연구들에서 정신부하 (mental workload) 혹은 집중(attention)과 COP와의 관계를 연구했다. DiDomenico와 Nussbaum에 따르면[22], 정신 부하가 높을수록 자세 조절에 할애할 수 있는 심적 자원(mental resource)의 양이 줄어서, 불안정한 자세 제어를 보일 수 있다. 또한 이중 과제 (dual task)를 수행할 때, 과업에 더 집중할수록, 자세 조절에 사용할 수 있는 집중도가 줄어들기 때문에 더 불안정한 자세제어를 보일 수 있다[23][24]. 같은 맥락으로, 본 연구에서 평면 디스플레이 사용 시 더 많은 동작의 변동성이 나타난 것은, 시각 정보를 빠르게 처리하기 위해 시초점을 빨리 맞춰야하는 상황에서 커브드 디스플레이에 비해, 평면 디스플레이가 사용자에게 더 많은 양의 정신적 작업 부하를 가져왔기 때문이라고 해석이 가능하다. Kang and Stasko는 160도의 각을 이루는 듀얼 디스플레이를 사용하는 경우, 평면 디스플레이 대비 정보검색 속도가 높아지고, workload가 낮아지는 것을 확인하였다[25].

또한, 시각적인 측면을 고려한다면, 커브드 디스플레이는 평면 디스플레이에 비해, 디스플레이를 가로질러 일정한 시거리를 제공하기 때문에, 빠른 초점이동을 통해 다양한 위치에서 정보를 습득하는 동안 많은 자세의 변동이 필요가 없었기 때문 (i.e. 고개만 좌우로 돌리고, 상체는 일정하게 유지)이라고도 해석할 수 있다. 디스플레이의 중앙과 측면에서 빠르게 초점을 이동하면서 필요한 정보를 습득하기위한 눈의 Saccadic movement을 위해서 곡면 디스플레이 대비 평면 디스플레이의 경우 초점을 맞추는데 조금 더 많은 시간이 필요하게 되므로, 이를 돕기 위하여 (i.e. 초점을 맞추는 시간을 줄이기 위해) 평면 디스플레이의 RMS값이 더 크게 (e.g. 앞뒤로 상체를 움직여 초점을 맞춤) 나타났을 수도 있다.

디스플레이 곡률에 따른 운전게임 중에 나타날 수 있는 변화를 설명하기 위해서는, 본 연구에서 고려한 행동상의 변화외에도, 작업부하, 몰입감, 시각피로, 눈의 Gazing 패턴, 자세 제어를 위한 집중도상의 차이점, 그리고, 주관적 만족도 등에 대한 추가적인 측정이 필요하다. 또한, 사용자 연령, 운전 경험, 다양한 운전 게임 숙련도, 장시간의 과업시간 등의 영향을 추가적으로 검토할 필요가 있다. 마지막으로, 본 논문에서 사용된 4가지 COP 측정치외의 추가적인 시계열 데이터 분석방법 (e.g. Multiscale Entropy)을 통해 동적 데이터의 해석방법을 다양화 시키는 노력이 필요하다.

참고문헌

[1] Andrews, C., Endert, A. and North, C. Space to think: large high-resolution displays for sensemaking. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human

Factors in Computing Systems. Atlanta, GA, USA. pp. 55-64. 2010.

[2] Czerwinski, M., Smith, G., Regan, T., Meyers, B., Robertson, G. and Starkweather, G. Toward characterizing the productivity benefits of very large displays. In Proceedings of Interact. 3, pp. 9-16. 2003.

[3] Simmons, T. What's the optimum computer display size?. Ergonomics in Design. 9(4). pp. 19-25. 2001.

[4] Grudin, J. Partitioning digital worlds: focal and peripheral awareness in multiple monitor use. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Seattle, Washington, USA. pp. 458-465. 2001.

[5] Chen, H. C., Wu, H. C. and Liu, Y. P. Design and fuctional evaluation of a novel external logger for computer input activities. International Journal of Industrial Ergonomics. 39(5). pp. 790-797. 2009.

[6] 박수찬, 이남식, 장명현, 김철중. VDT 작업을 위한 최적 치수 및 작업자세에 관한 연구. 대한인간공학회지. 10(2), 대한인간공학회. pp. 3-13. 1991.

[7] Faucett, J. and Rempel, D. VDT-related musculoskeletal symptoms: Interactions between work posture and psychosocial work factors. American Journal of Industrial Medicine. 26(5). pp. 597-612. 1994.

[8] Gerr, F., Marcus, M. and Monteilh, C. Epidemiology of musculoskeletal disorders among computer users: lesson learned from the role of posture and keyboard use. Journal of Electromyography and Kinesiology. 14(1). pp. 25-31. 2004.

[9] Lapointe, J., Dionne, C. E., Brisson, C. and Montreuil, S. Effort-reward imbalance and video display unit postural risk factors interact in women on the incidence of musculoskeletal symptoms. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation. 44(2). pp. 133-143. 2013.

[10] Park, S., Yi, J., Choi, D., Kyung, G., Lee, S. and Choi, B. Influences of large flexible display curvature on legibility and visual fatigue. In Proceedings of Asian Conference on Ergonomics and Design. Jeju, Korea. 2014.

[11] Park, S., Choi, D., Yi, J., Lee, S., Choi, B. and Kyung, G., Ergonomic Evaluation of Flexible display: Influences of curvature on legibility and Visual Fatigue. In Proceedings of International Meeting on Information Display Conference. Daegu, Korea. 2014

[12] Choi, D., Park, S., Yi, J. and Kyung, G. A study on the effects of display curvature on visual fatigue using eye tracking data. In Proceedings of Asian Conference on Ergonomics and Design. Jeju, Korea. 2014.

[13] Kyung, G., Park, S., Yi, J. and Choi, D. Benefits of curved display: A short review and an experimental study. In Proceedings of International Meeting on Information Display Conference. Daegu, Korea. 2014.

[14] Wilkens, P. M. Preventing work-related musculoskeletal disorders in VDT users: A comprehensive health promotion program. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 20(3). pp. 171-178. 2003.

[15] Derjani Bayeh, A. and Smith, M. J. Effect of physical ergonomics on VDT workers' health: a longitudinal intervention field study in a service organization. International Journal of Human-Computer Interaction. 11(2). pp. 109-135. 1999.

[16] Wu, S., He, L., Li, J., Wang, J. and Wang, S. Visual display terminal use increases the prevalence and risk of work-related musculoskeletal disorders among Chinese office workers: a cross-sectional study. Journal of Occupational Health. 54(1). pp. 34-43. 2012.

[17] 이윤정. [상반기 소비리포트/완제품 PC] 브랜드 PC, 패러다임의 변화 '데스크톱에서 일체형으로'. http://www.it.co.kr/news/article.html?no=2401259 July 13. 2013..

[18] 신철근. 근시 아동의 조절마비후의 원거리 나안시력의 변화에 대한 구면굴절력과 난시의 상관성. 대한시과학회지. 14(1), 대한시과학회. pp. 31-38. 2012.

[19] Tilley, A. R. The measure of man and woman: Human Factors in Design. New York, NY: Wiley. 2002

[20] Doyle, R. J., Hsiao-Wecksler, E. T., Ragan, B. G. and Rosengren, K. S. Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. Gait & Posture. 25(2). pp. 166-171. 2007.

[21] Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G. and Myklebust, B. M. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 43(9). pp. 956-966. 1996.

[22] DiDomenico, A. and Nussbaum, M. A. Interactive effects of mental and postural demands on subjective assessment of mental workload and postural stability. Safety science. 43(7). pp. 485-495. 2005.

[23] Woollacott, M. and Shumway-Cook, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. Gait & Posture. 16(1). pp. 1-14. 2002.

[24] Roerdink, M., Hlavackova, P. and Vuillerme, N. Center-of-pressure regularity as a marker for attentional investment in postural control: a comparison between sitting and standing postures. Human Movement Science. 30(2). pp. 203-212. 2011.

[25] Kang, Y. A. and Stasko, J. Lightweight task_application performance using single versus multiple monitors_a

comparative study. In Proceedings of Graphics Interface. Windsor, Ontario, Canada. pp. 17–24. 2008.

이 지 현

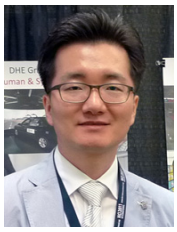
2009년 3월 ~ 2012년 11월 UNIST 감성및인간공학과 졸업 (공학사). 2013년 3월 ~ 현재 UNIST 인간및시스템공학과 대학원 박사과정.

박 성 률

2000년 3월 ~ 2007년 2월 경희대학교 건축공학과 졸업 (공학사). 2007년 3월 ~ 2009년 8월 경희대학교 건축공학과 대학원 졸업 (공학석사). 2011년 9월 ~ 현재 UNIST 인간및시스템공학과 대학원 박사과정.

최 동 희

2009년 3월 ~ 2013년 3월 UNIST 감성및인간공학과 졸업 (공학사). 2013년 3월 ~ 현재 UNIST 인간및시스템공학과 대학원 석사과정.



경 규 형

1990년 3월 ~ 1994년 2월 한양대학교 산업공학과 졸업 (공학사). 1994년 3월 ~ 1995년 2월 한양대학교 일반대학원 산업공학과 졸업 (공학석사). 1996년 1월 ~ 2009년 2월 현대자동차 남양기술연구소 사원/차장. 2003년 8월 ~ 2008년 6월 버지니아텍 산업및시스템공학과 대학원 졸업 (공학박사). 2009년 2월 ~ 현재 UNIST 디자인및인간공학부 조교수/부교수.