

3D 캐릭터 모델의 추상화와 리얼리즘이 언캐니 밸리 현상에 미치는 영향

장필식*, 정우현**, 현주석***

세한대학교 정보물류학과*, 충북대학교 심리학과**, 중앙대학교 심리학과***

Effect of Abstraction and Realism on Uncanny Valley in 3D Character Model

Phil-Sik Jang*, Woo-Hyun Jung**, Joo-Seok Hyun***

Dept. of IT & Logistics, Sehan University*

Dept. of Psychology, Chungbuk National University**

Dept. of Psychology, Chung-Ang University***

요 약 본 연구의 목적은 언캐니 밸리 현상을 회피하는 가이드라인으로 언급되는 카툰-리얼리즘이 실제 효과가 있는지를 정량적, 실증적으로 검증하는 것이다. 이를 위해, 3D 모델의 외형을 만화처럼 추상화하고, 여기에 피부 질감을 인간의 피부처럼 사실적으로 표현하는 방법이 언캐니 밸리와 관련된 부정적 감성을 실제로 감소시킬 수 있는지를 실험을 통해 조사하였다. 실험결과, 만화형 3D 모델에 인간 피부재질을 적용하게 되면 섬뜩함의 정도가 통계적으로 유의하게($p<0.05$) 높아지게 되며, 인간다움의 정도에는 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한 인간형 3D 모델에 만화형식의 피부재질을 적용하면 섬뜩한 정도(또는 친근함)에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않으나, 인간다움의 정도는 통계적으로 유의하게($p<0.05$) 낮아지는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 카툰-리얼리즘이 실제로는 큰 효과가 없으며, 오히려 지각단서의 충돌을 야기하여 언캐니 밸리를 유발할 수 있음을 보여준다. 본 연구의 결과는 추후 언캐니 밸리를 극복하는 디자인 가이드라인을 개발하는 데 있어 정량적이며, 실증적인 기초 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

주제어 : 언캐니 밸리, 섬뜩함, 추상화, 카툰-리얼리즘, 3D 캐릭터 모델

Abstract The purpose of this study is to quantitatively and empirically investigate whether cartoon-realism, which is referred to as a guideline for avoiding the uncanny valley phenomenon, is actually effective. An experiment was carried out to investigate whether or not methods that try to realistically express the texture of human skin while making 3D models whose outward appearance abstract like a cartoon actually reduce the negative sentiments associated with the uncanny valley phenomenon. The results found that when human skin textures were applied to cartoon-type 3D models, the degree of eeriness significantly increased ($p<0.05$), while there was no change in the degree of human likeness. When cartoon-style skin textures were applied to human-type 3D models, there was no significant difference in the degree of eeriness, but the degree of human likeness significantly decreased ($p<0.05$). These results show that, cartoon realism is not actually effective, and rather creates a perceptual conflict and induces the uncanny valley phenomenon. The results of this study are expected to be used as quantitative and empirical data for developing design guidelines that will overcome the uncanny valley phenomenon in the future.

Key Words : Uncanny Valley, Eeriness, Abstraction, Cartoon-Realism, 3D Character Model

* 본 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5A2A03066219)

Received 30 August 2016, Revised 30 September 2016

Accepted 20 October 2016, Published 28 October 2016

Corresponding Author: Phil-Sik Jang(Sehan University)

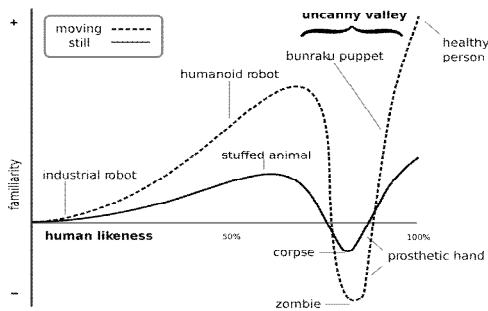
Email: philsjang@gmail.com

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 디지털기술의 발전은 3D 컴퓨터 그래픽스(CG), 가상현실, SNS, 사물인터넷 등의 영역에서 눈에 띄는 혁신을 가져오고 있으며 이와 관련된 다양한 융복합 연구들 또한 활발히 진행되고 있다[1,2,3,4]. 특히 3D CG 기술은 관련 하드웨어와 소프트웨어의 지속적인 발전으로 영화, 게임, 광고, 드라마 등의 영역에서 인간의 상상과 가상세계를 사실적으로 묘사하는 주된 도구로 이용되고 있으며, 디지털 콘텐츠 제작의 핵심 기술로 자리매김 하고 있다. 영화와 광고의 경우, 간단한 소품부터 특수효과와 배경처리에 이르기까지 CG 기술이 일상적으로 이용되고 있지만 실사(實寫)와 가상의 CG 화면을 구분하기는 쉽지 않다. 이러한 사실적 표현과 관련하여 Flusser[5]가 예측한 대로, 기술의 발전에 따라 디지털과 아날로그의 간극이 메워지는 시대가 도래하고 있는 것으로 볼 수 있다. 하지만 인간의 외형과 움직임을 묘사하는 영역에는 언캐니 밸리(uncanny valley)라고 하는 예상치 못했던 난관이 존재한다.

언캐니 밸리는 로봇공학자 모리 마사히로(Masahiro Mori)[6]가 소개한 가설으로써, 로봇이 사람의 모습, 행동과 유사해질수록 사람들의 로봇에 대한 호감도(familiarity)가 증가하지만, 유사한 정도가 일정 수준을 넘어서면 오히려 급격하게 거부감(eeriness)을 느끼게 되며, 사람과 구별이 어려울 정도가 되면 다시 다른 사람에게서 느낄 수 있는 호감도 수준으로 증가한다는 것이다.



[Fig. 1] Uncanny valley graph[6]

발전된 CG기술을 이용하여 인간 배우(actor)를 가상의 3D 배우로 대체한 영화 파이널 판타지(Final Fantasy,

2001)와 폴라 익스프레스(The Polar Express, 2006), 베오울프(Beowulf, 2007), 화성은 엄마가 필요해(Mars Needs Moms!, 2011) 등은 기술에 대한 찬사와 함께 비호감 인물들에 대한 혹평과 저조한 흥행성적을 마주하였으며, 언캐니 밸리의 전형적인 예들로 언급되고 있다. 이러한 언캐니 밸리는 현재, 3D CG활용 분야나 로보틱스 분야에서 중요한 디자인 요소로 인식되고 있으나, 인간변인을 고려한 실증적이며 체계적인 연구는 아직 많지 않다.

1970년 발표된 모리의 가설[6]은 객관적인 실험이나 체계적인 데이터를 바탕으로 한 것이 아니었으며, 최근까지의 많은 연구들은 언캐니 밸리 현상을 실험적, 실증적으로 재현하는 초기단계부터 어려움을 겪고 있다. 실험적 방법을 이용한 연구로, 사람과 인형의 얼굴을 모핑(morphing)한 이미지를 이용한 Seyama와 Nagayama의 연구[7] 및 세 가지 로봇을 사용하여 언캐니 밸리 현상을 관찰한 Shimada 등의 연구[8], 영화 바이센테니얼 맨(Bicentennial Man, 1999)에 등장하는 인간과 로봇이미지를 모핑하여, 단계별 이미지자극을 이용한 장필식의 연구[9] 등이 있었으나, 관련 연구 대부분 모리의 언캐니 밸리 현상을 재현하는데 실패하였다. 하지만, 원숭이와 인간 피실험자의 뇌반응을 측정한 실험들[10,11]에서는 언캐니 밸리가 단순한 가설이나 허구가 아님을 보여주는 증거들이 제시되었다. 즉, 원숭이에게 실제 원숭이 얼굴 이미지와 실제 원숭이와 비슷한 얼굴 이미지, 비현실적인 원숭이의 얼굴 이미지를 제시하였을 때, 실제 원숭이와 유사한 원숭이 얼굴 이미지의 경우 관찰 시간이 급격하게 감소하는 것으로 나타났다[10]. 또한 실제 사람, 사람과 흡사한 인간형 로봇, 기계장치가 들여다보이는 로봇을 피실험자들에게 제시하고 뇌반응을 측정한 Saygin 등의 실험[11]에서, 인간형 로봇에 대한 반응(감정중추와 시각중추를 연결하는 연결부의)이 다른 두 개 경우와 달리 활발한 반응을 보이는 것으로 보고되었다. 최근에는 oddball 과제 실험을 통해 언캐니 밸리 현상에 대한 인지적 부담 가설을 검증한 김대규 등의 연구[12]를 포함하여, 언캐니 밸리의 기제를 밝히기 위한 다양한 연구들[13,14,15]이 진행되어 오고 있다.

이러한 실증적 연구들과는 별개로, 영화, 광고, 게임 등 CG 기술의 실무활용 분야 및 인문분야에서는 언캐니 밸리 현상을 회피하거나 극복하는 방법에 대한 논의가

시작되고 있다. 이들 중 대표적인 것이 인간형 3D 모델의 외형을 추상화(abstraction)하고, 만화처럼 추상화된 모델의 피부 질감을 인간과 비슷하게 만드는 방법(cartoon-realism)을 이용하여 언캐니 밸리를 회피할 수 있다는 주장이다[13,16,17,18]. 이러한 주장의 근거로 주로 제시되는 예가 픽사(Pixar)가 제작한 영화 인크레더블(The Incredibles, 2004)이다. 즉, 등장인물들을 인간과 비슷하게 묘사하는 것이 아니라, 일부러 만화(cartoon)처럼 추상화함으로써 언캐니 밸리를 우회하였다는 것이다[13,17,18]. 또한 subsurface scattering, normal mapping 과 같은 새로운 기술을 이용하여, 기존의 밀랍(wax)이나 좀비 느낌의 피부가 아닌, 실제 사람피부와 비슷하게 표현함으로써 섬뜩한 느낌을 줄일 수 있었다고 주장한다[17,18]. 이러한 주장은 영화 인크레더블 이후의 3D CG 콘텐츠 제작에 상당부분 수용되고 있으며, 화면 표현 해상도가 높아지면서 그 적용이 확대되고 있는 것으로 보인다. 즉, [Fig. 2]에서 볼 수 있는 것처럼 만화 스타일의 얼굴형태에 세부적인 얼굴의 점, 주근깨, 수염, 실핏줄 등 정밀하고 실제적인 피부묘사가 결합되어 있다. 하지만 이러한 cartoon-realism은 일부 3D CG 전문가의 언급[18]과 흥행에 성공한 3D애니메이션 영화 한두 개를 근거로 한 결과론적인 주장[13,16,17]으로써, 실제 언캐니 밸리를 회피할 수 있는 방법인가에 대한 실증적, 정량적 연구는 아직 없다.



a. TinTin: The Secret of the Unicorn, 2011 b. How To Train Your Dragon 2, 2014

[Fig. 2] 3D character model with cartoon-realism

물론, 인간과 동일한 얼굴형이 아닌 단순화되고 과장된 만화형의 얼굴은 언캐니 밸리 그래프 상의 인간다움(human likeness)을 감소시킴으로서 언캐니 밸리에 빠지

게 되는 것을 방지할 수 있다. 하지만, 만화 스타일의 얼굴형에 다시 인간피부에 대한 리얼리즘(realism)을 결합하는 것은 지각단서의 충돌(perceptual conflict)을 야기하여 언캐니 밸리 현상을 유발할 가능성이 있다. 최근 연구들은 언캐니 밸리의 부정적 감성 유발이 지각단서의 충돌에서 비롯될 수 있다는 비교적 일관성 있는 증거를 보여주고 있다[10,11]. 본 연구에서는 이러한 3D 모델 외형의 추상화와 3D 모델 피부 질감의 리얼리즘이 결합될 때(카툰-리얼리즘), 언캐니 밸리 현상에 어떤 영향을 주는지, 즉, 언캐니 밸리와 관련된 부정적 감성을 실제로 감소시킬 수 있는지에 대해 실험을 통해 살펴보고자 한다.

2. 연구방법

2.1 실험절차

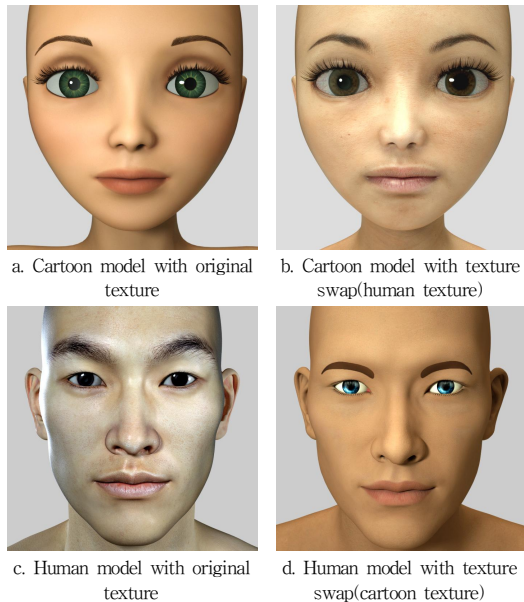
언캐니 밸리는 인간다움의 축과 친근함의 축으로 표현된다. 친근함은 섬뜩함의 반대 감성으로, 한국어 ‘친근함’의 개념적 모호함 때문에 기존 국내의 언캐니 밸리 관련 실험[9]에서는 친근함 대신 섬뜩한 정도를 이용하였다. 본 실험에서는 인간과 비슷한 정도와 섬뜩함의 정도를 20단계 리커트 척도(Likert scale)로 측정 하였다(일반적으로 이용하는 리커트 척도보다 정밀하게 측정하되 스마트폰 화면의 넓이를 고려). 실험을 위해 실험용 웹사이트를 구축하여 웹 브라우저를 이용하여 실험을 진행하였으며, 피실험자 응답을 웹사이트의 데이터베이스에 저장하였다. 이미지 자극은 4.5인치(11.4cm)~5.5인치(13.7cm) 스마트폰 화면 또는 21인치(53cm) PC용 모니터 화면에 제시하였으며, 스마트폰에서는 터치스크린으로, PC용 모니터에서는 마우스를 이용하여 응답하도록 하였다.

2.2 피실험자

본 연구에 관련된 실험들은 기관생명윤리위원회(IRB)의 승인이 이루어진 후 실시되었으며, 학부과정에 재학 중인 107명의 학생이 두 가지 평가실험에 참여하였다. ‘섬뜩함’에 대한 평가에 참여한 학생은 87명으로, 나이는 만 19~30세(평균 21.8세) 이었으며, 남자는 51명(58.6%)이었다. ‘인간다움’에 대한 평가에 참여한 학생은 총 96명으로, 나이는 만 19~30세(평균 21.6세), 남자는 62명(64.6%)으로 이루어졌다.

2.3 실험자극

실험에 이용된 이미지 자극은 DAZ 3D사의 3D 캐릭터 모델링 소프트웨어인 DAZ Studio에서 3D 모델들을 선정, 이를 바탕으로 모델링하고, unbiased renderer인 Octane Render로 얼굴 부분을 렌더링하여 작성하였다. 3D 모델은 만화형 모델 4개(남성형 2개)와 인간형 모델 4개(남성형 2개)를 임의로 선택하여 제작에 이용하였다. 만화형 모델은 2D 만화 또는 3D 애니메이션 등에 등장하는 캐릭터들처럼 눈이 크고 비교적 단순화된 텍스처(texture: 재질)가 특징이며, 인간형 3D 모델은 외형과 재질이 최대한 인간에 가깝도록 제작된 3D 모델이다. 이미지 자극은 원본 모델을 렌더링한 이미지 8개와 텍스처를 교환한 모델 16개, 총 24개로 이루어 졌으며, 제작된 이미지 자극의 예는 [Fig. 3]와 같다.



[Fig. 3] Example of face image stimuli (Cartoon and human model with original, swapped texture)

3. 분석결과

데이터 처리와 통계 분석에는 최근 데이터마이닝 및 빅데이터 분석, 통계처리에 많이 이용되는[19] R version 3.3.1을 이용하였다. 피실험자들에 의해 평가된 인간다움

과 섬뜩함에 대한 정규성 검정 결과, 유의수준 0.05에서 두 종속변수 모두 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타났다. 이에 따라 정규분포이외의 다양한 확률분포를 가지는 자료에 적용가능하며, 이상점(outlier) 처리에 유리한 robust ANOVA[20]를 시행하여 인간다움과 섬뜩함에 영향을 미치는 요인들을 비교하였다. robust ANOVA는 R의 WRS2 package를 이용하였으며, pairwise robust comparison을 이용한 사후검정방법을 시행하였다[21,22].

3.1 섬뜩함

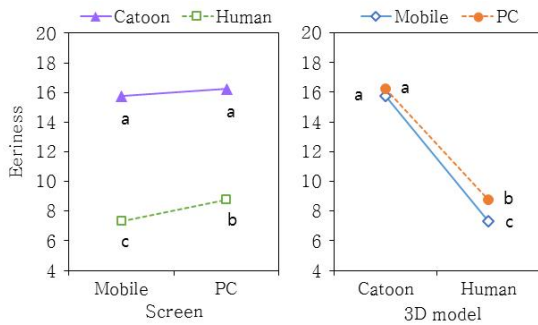
<Table 1>은 섬뜩함을 종속변수로 하고, 화면 크기(screen: PC와 모바일), 3D 모델(카툰형, 인간형), 텍스처 교체여부를 독립변수로 robust ANOVA 분석을 행한 결과이다. 각 독립변수들은 섬뜩함에 통계적으로 유의한(p<0.01) 영향을 미치는 것으로 나타났으며, ‘화면×3D모델’ 및 ‘3D 모델×텍스처 교체 여부’ 등의 2인자 상호작용이 통계적으로 유의한(p<0.05) 것으로 나타났다. 3인자 상호작용은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 확인되었다.

<Table 1> Robust ANOVA summary table
(Dependant variable : eeriness)

Source	Statistic	Sig.
Screen (A)	17.70	0.0001***
3D model (B)	731.65	0.0001***
Texture swap (C)	62.81	0.001**
A×B	6.36	0.012*
A×C	3.84	0.051
B×C	39.03	0.001**
A×B×C	2.54	0.112

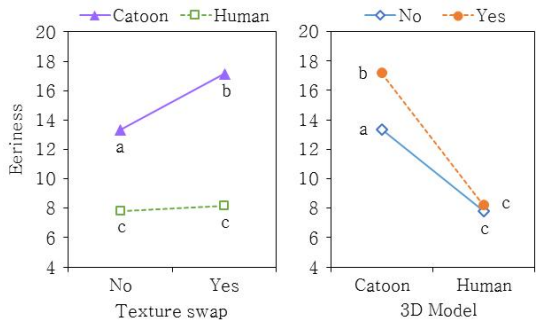
*p<.05, **p<.01, ***p<.001

유의수준 0.01에서 통계적으로 유의한 것으로 확인된 ‘화면크기×3D모델’의 상호작용을 그래프로 나타내면 [Fig. 4]와 같다. 그래프 상 평균치는 절사평균(trimmed mean)을 사용하였으며, 절사평균의 robust pair-wise comparison을 이용한 사후검정(post hoc test) 결과, 유의수준 0.05에서 동일한 집단으로 분류되는 평균치는 동일한 알파벳으로 표기하였다. 만화형 3D 모델은 제시 화면 크기가 PC화면이든 모바일화면이든 절사평균에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 인간형 3D모델은 통계적으로 유의한(p<0.05) 차이를 보이는 것으로 확인되었다. 즉, 인간형 3D 모델의 경우, 모바일화면 보다 PC화면에 제시 될 때, 섬뜩함에 대한 절사평균이 높은 것으로 나타났다.



[Fig. 4] Interaction plot involving the trimmed means of the eeriness response for screen and 3D model (texture swap ignored)

‘3D 모델×텍스처 교체 여부’는 유의확률 0,001로써 섬뜩함에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 상호작용을 그래프로 나타내면 [Fig. 5]와 같다.



[Fig. 5] Interaction plot involving the trimmed means of the eeriness response for texture swap and 3D model (screen type ignored)

절사평균의 pairwise comparison을 이용한 사후검정 (post-hoc test) 결과, 유의수준 0.05에서 인간형 3D 모델은 텍스처 교환 여부에 따라 섬뜩함의 절사평균에 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 만화형 3D 모델은 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다. 만화형 3D 모델에 있어, 텍스처 교환 시, 교환하지 않은 경우보다 섬뜩함의 절사평균이 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다.

위 두 개의 2인자 상호작용을 살펴보았을 때, 상호작용에 상관없이 모든 경우에 있어서, 만화형 3D 모델에 대한 섬뜩함 절사평균은 인간형 3D모델에 대한 섬뜩함 절사평균 값보다 통계적으로 높은 것으로 관찰되었다.

3.2 인간다움

<Table 2>는 화면크기(screen: PC와 모바일), 3D 모델(카툰형, 인간형), 텍스처 교체여부를 독립변수로 하고, 인간다움을 종속변수로 하여, robust ANOVA 분석을 시행한 결과이다. 세 개 독립변수들은 모두 ‘인간다움’에 통계적으로 유의한 ($p < 0.05$) 영향을 미치는 것으로 나타났으며, ‘화면크기×3D모델’ 및 ‘3D모델×텍스처 교체 여부’, ‘화면크기×텍스처 교체 여부’ 등의 2인자 상호작용 모두 통계적으로 유의한($p < 0.05$) 것으로 확인되었다. 3인자 상호작용은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

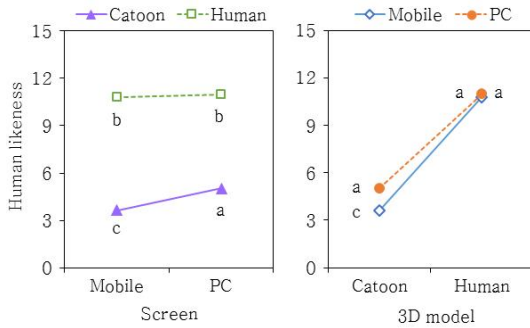
<Table 2> Robust ANOVA summary table
(Dependant variable : human likeness)

Source	Statistic	Sig.
Screen (A)	6.77	0.01*
3D model (B)	1049.85	0.0001***
Texture swap (C)	216.54	0.001**
A×B	10.99	0.001**
A×C	4.45	0.036*
B×C	160.77	0.001**
A×B×C	2.63	0.105

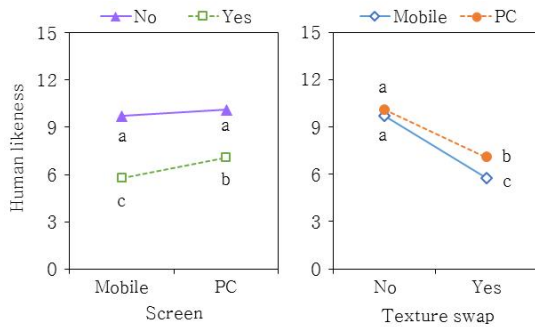
* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

통계적으로 유의한($p < 0.01$) 것으로 확인된 2인자 상호작용 중 ‘화면크기×3D모델’의 상호작용을 그래프로 나타내면 [Fig. 6]과 같다. 절사평균의 pairwise comparison을 이용한 사후검정 결과, 만화형 3D 모델은 제시 화면크기에 따라 인간다움의 절사평균에 통계적으로 유의한 ($p < 0.05$) 차이를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 만화형 3D 모델은 모바일 화면 보다 PC화면에 제시될 때 ‘인간다움’의 절사평균이 통계적으로 유의하게 높은 것으로 관찰되었다. 인간형 3D모델의 경우에는 PC화면이든 모바일화면이든 절사평균에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 텍스처 교환을 고려하지 않았을 때, 모바일과 PC화면 상관없이 인간형 3D모델이 만화형 3D모델에 비해 인간다움 절사평균이 높은 것으로 관찰되었다.

[Fig. 7]은 ‘화면크기×텍스처 교체 여부’의 2인자 상호작용을 그래프로 나타낸 것이다. 사후검정(post hoc test) 결과, 유의수준 0.05에서 텍스처가 교체되지 않은 경우에는 모바일 화면과 PC 화면 간에 인간다움의 절사평균에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 하지만 텍스처 교환 된 경우에는 모바일 화면에 제시될 때와 PC 화면에 제시될 때 통계적으로 절사평균 상 유의한 차이가 관찰되었다.



[Fig. 6] Interaction plot involving the trimmed means of the human likeness response for screen type and 3D model (texture swap ignored).

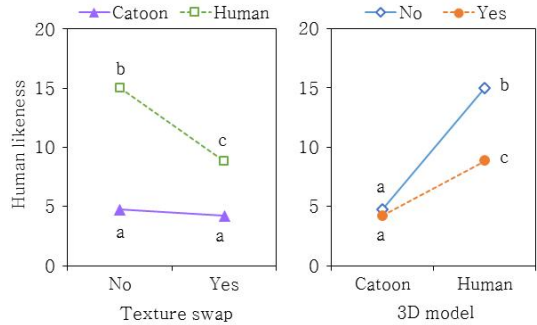


[Fig. 7] Interaction plot involving the trimmed means of the human likeness response for screen type and Texture swap (3D model ignored).

즉, 텍스처를 교환 한 경우, 모바일 보다 PC화면에 제시될 때 인간다움의 절사평균이 통계적으로 유의하게 높은 것으로 확인되었다. 그리고 3D모델을 고려하지 않을 경우, 모바일과 PC 화면 모두에서 텍스처를 교환하지 않은 경우가 교환한 경우보다 인간다움의 절사평균이 통계적으로 유의하게 높은 것으로 관찰되었다.

‘3D모델×텍스처 교환 여부’의 2인자 상호작용은 인간다움에 통계적으로 유의한($p < 0.01$) 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 상호작용을 그래프로 나타내면 [Fig. 8]과 같다. 사후검정(post hoc test) 결과, 유의수준 0.05에서 만화형 3D 모델은 텍스처 교환 여부에 따라 인간다움의 절사평균에 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 인간형 3D 모델은 통계적으로 유의한 차이가 관찰되었다. 인간형 3D 모델에 있어, 텍스처 교환 시, 교환하지 않은 경

우보다 인간다움의 절사평균이 통계적으로 유의하게 ($p < 0.05$) 낮은 것으로 나타났다. 또한 화면 크기를 고려하지 않을 경우에 텍스처 교환 여부의 두 가지 경우 모두, 인간형 3D모델의 인간다움 절사평균 값이 만화형 3D모델의 인간다움 절사평균에 비해 통계적으로 높은 것으로 관찰되었다.



[Fig. 8] Interaction plot involving the trimmed means of the human likeness response for 3D model screen type and Texture swap (screen type ignored).

3.3 친근함-인간다움 간의 관계

언캐니 밸리에 관련된 기존연구들[13,14,15]에서는 친근함(섬뜩함)에 대한 평가치와 인간다움에 대한 평가치를 각각 이미지 자극 별로 평균하고, 이를 바탕으로 곡선 맞춤(curve fitting)함으로써 친근함이 급격히 감소하는 구간이 존재하는지를 조사하였다. 본 연구에서는 화면 종류(모바일, PC)에 따라 인간다움과 친근함의 정도가 각각 유의한 차이를 보이는 것으로 파악되었으므로, 모바일 화면과 PC화면으로 나누어 인간다움과 친근함 간의 곡선맞춤을 시행하였다. 곡선맞춤에는 인간다움과 섬뜩함 두 가지 평가실험에 모두 참여한 76명의 평가치들을 이용하였으며, 이들 피실험자들의 나이는 만 19~30세(평균 21.7세), 남자는 46명(60.5%)이었다.

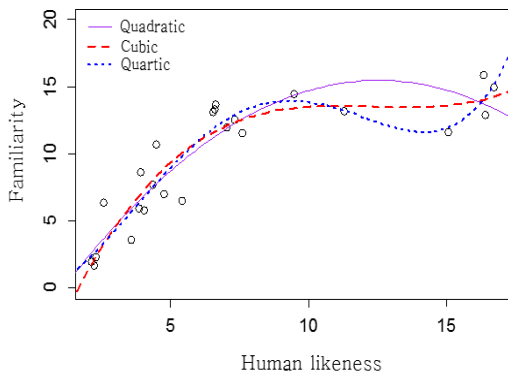
<Table 3>은 모바일 화면을 이용한 평가치를 대상으로 곡선맞춤을 실시한 결과이다. 곡선맞춤의 적합도(goodness-of-fit)비교에는 AICc(Akaike's Information Criteria with small sample bias adjustment)와 BIC(Bayesian or Schwartz's Information Criteria)를 이용하였다(두 가지 척도 모두 작을수록 좋음). 선형(linear)~4차 모형(Quartic) 곡선맞춤결과, AICc로는 3차모형의 적합도가

제일 높고 그다음 2차 모형이, BIC로는 3차, 4차모형의 차례로 적합도가 높은 것으로 나타났다. Adj R² 값은 4차 모형이 가장 높은 것으로 나타났으며, [Fig. 9]에서 볼 수 있는 것처럼, 3차와 4차모형의 경우, 인간과 비슷한 정도가 증가함에 따라 친근함이 증가하다가 정체를 보이거나 감소하다가 다시 증가하는, 언캐니 밸리와 비슷해 보이는 구간이 관찰된다.

<Table 3> Curve fit analysis and comparison of models with AICc and BIC in mobile screen

Model	F	Sig.	Adj R ²	AICc	BIC
Linear	30.84	1.40e-05***	0.56	124.78	127.11
Quadratic	52.33	6.94e-09***	0.82	105.78	108.38
Cubic	39.75	1.29e-08***	0.84	105.37	107.93
Quartic	32.99	2.62e-08***	0.85	105.81	107.94

***p<.001



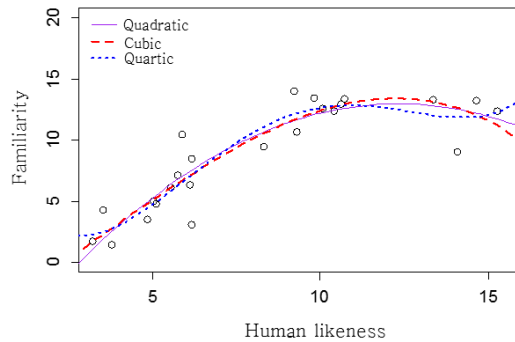
[Fig. 9] Trimmed mean familiarity by trimmed mean human likeness and curve fits in mobile screen.

<Table 4>는 PC 모니터 화면을 이용한 평가치를 대상으로 한 곡선 맞춤 결과이다. 선형모형에서 4차 모형 중 AICc와 BIC 모두 2차, 3차, 4차모형의 차례로 적합도가 높은 것으로 나타났다. Adj R² 값은 4차 모형이 가장 높은 것으로 나타났으며, [Fig. 10]에서 볼 수 있는 것처럼, 4차모형의 경우, 인간과 비슷한 정도가 증가함에 따라 친근함이 증가하다가 정체를 보이는 구간이 관찰되었다(human-likeness 10~15 영역).

<Table 4> Curve fit analysis and comparison of models with AICc and BIC in PC screen

Model	F	Sig.	Adj R ²	AICc	BIC
Linear	45.52	1.47e-06***	0.64	117.36	119.70
Quadratic	51.35	8.19e-09***	0.81	103.53	106.14
Cubic	33.88	4.93e-08***	0.81	105.99	108.55
Quartic	26.41	2.62e-08***	0.82	107.78	109.91

***p<.001



[Fig. 10] Trimmed mean familiarity by trimmed mean human likeness and curve fits in PC screen.

4. 결론 및 논의

언캐니 밸리는 자극이 얼마나 인간과 비슷한가와 섬뜩함 간의 관계에 기초한다. 섬뜩함에는 화면크기와 3D 모델유형(만화, 인간형)의 상호작용효과가 존재하는 것으로 나타났다(p<0.05). 즉, 인간형 3D 모델의 경우 모바일 화면 보다 PC화면에 제시될 때 섬뜩함의 절사평균이 높은 것으로 조사되었다. 3D모델유형과 텍스처 교체여부의 상호작용효과 또한 유의한 것으로 파악되었는데, 인간형 3D모델과는 달리, 만화형 3D 모델의 경우 텍스처를 교체하였을 때 섬뜩함의 절사평균이 높게 나타났다. 즉, 인간형 3D 모델은 만화형식의 피부재질로 바꾸었을 때 섬뜩한 정도에 유의한 차이가 없었으나, 만화형 3D모델은 인간과 비슷한 피부재질로 교체할 경우 섬뜩함이 유의하게(p<0.05) 증가하였다.

인간다움에는 화면크기, 3D모델유형, 텍스처 교체여부의 2인자 상호작용이 모두 유의한(p<0.05)영향을 미치는 것으로 나타났으며, 3인자 상호작용은 통계적으로 유

의하지 않았다. 만화형 3D 모델은 모바일 화면보다 PC 화면에 제시될 때 더 인간에 가깝게 느껴지는 것으로 나타났다으며, 인간형 3D 모델은 유의수준 0.05에서 차이가 나타나지 않았다.

텍스처를 교환한 경우에는 모바일 화면보다 PC 화면에 제시될 때 더 인간답게 느껴지는 것으로 나타났으나, 텍스처를 교환하지 않은 경우 인간다움의 유의한 차이는 보이지 않았다. 또한, 3D 모델에 상관없이 모바일과 PC 화면 모두, 텍스처를 교환하지 않은 경우가 교환한 경우보다 더 인간답게 느껴지는 것으로 파악되었다.

인간형 3D 모델은 피부 재질을 만화형 재질로 교체할 경우, 교체하지 않았을 경우보다 인간답게 느껴지는 정도가 유의하게 낮아지는 것으로 파악되었다. 하지만, 만화형 3D 모델은 인간 피부재질을 적용하더라도 인간다움에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

위 결과들을 종합하면 다음과 같다. 첫째, 만화형 3D 모델에 인간 피부 재질을 적용하게 되면 섬뜩한 정도가 유의하게 높아지게 되나, 인간다움의 정도에는 변화가 없다. 둘째, 인간형 3D 모델에 만화형식의 피부재질을 적용하면 섬뜩한 정도(또는 친근함)에 유의한 차이가 나타나지 않으나, 인간다움의 정도는 유의하게 낮아진다.

이러한 결과는 언캐니 밸리를 회피하는 가이드라인으로 언급되는 cartoon-realism이 실제로는 큰 효과가 없으며, 오히려 언캐니 밸리를 유발할 수 있음을 보여준다. 즉, 3D 모델 외형의 추상화는 언캐니 밸리 회피에 효과가 있을 수 있으나, 추상화와 모델 피부질감의 리얼리즘이 결합되는 경우, 언캐니 밸리와 관련된 부정적 감정이 오히려 강화될 수 있는 것으로 파악된다.

본 연구는 8개의 특정 3D 모델과 이에 종속되는 재질을 기반으로 자극이미지들을 생성함으로써, 3D 캐릭터 모델의 다양한 디자인 요소들을 고려하지 못하였다는 한계를 가진다. 하지만 본 연구의 결과는 추후 언캐니 밸리를 극복하는 디자인 가이드라인을 개발하는 데 있어 정량적이며, 실증적인 기초 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the National Research

Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government(NRF-2014S1A5A2A03066219)

REFERENCES

- [1] Mi-jung Kim, "Research trends in rehabilitation program for disabled applying virtual reality technology in Korea", *The Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 2, pp. 381-391, 2015.
- [2] Ju-Yang Lee & Phil-Sik Jang, "Effects of Message Polarity and Type on Word of Mouth through SNS (Social Network Service)", *The Journal of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 6, pp. 129-135, 2013.
- [3] Hyung-Ho Kim & Phil-Sik Jang, "Differences in Sentiment on SNS: Comparison among Six Languages", *The Journal of Digital Convergence*, Vol. 14, No. 3, pp. 165-170, 2016.
- [4] Cheon-Woong Park & Jun-Woo Kim, "An Empirical Research on Information Privacy Concern in the IoT Era", *The Journal of Digital Convergence*, Vol. 14, No. 2, pp. 65-72, 2016.
- [5] Flusser, V., "Lob der Oberflächlichkeit: für eine Phänomenologie der Medien". Vol. 1. Bollmann, 1993.
- [6] Mori, M., "Bukimi no tani [The uncanny valley]". *Energy*, Vol. 7, No. 4, pp. 33-35. (Translated by Karl F. MacDorman and Takashi Minato in 2005), 1970.
- [7] Seyama, J., & Nagayama, R. S., "The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces. Presence: Teleoperators and Virtual Environments", Vol. 16, No. 4, pp. 337-351, 2007.
- [8] Shimada, M., Minato, T. Itakura, S., & Ishiguro, H., "Uncanny valley of androids and its lateral inhibition hypothesis", *The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human interactive Communication*, pp. 374-379, 2007.
- [9] Phil-Sik Jang, "An Experimental Approach to Uncanny Valley Hypothesis", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 26, No. 1, pp. 47-53, 2007.
- [10] Steckenfinger, S. A., & Ghazanfar, A. A., "Monkey visual behavior falls into the uncanny valley",

Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 106, No. 43, pp. 18362-18366, 2009.

[11] Saygin, A. P., Chaminade, T., Ishiguro, H., Driver, J., & Frith, C., "The thing that should not be: predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions", *Social cognitive and affective neuroscience*, nsr025, 2011.

[12] Dae-Gyu Kim, Hye-Yun Kim, Giyeon Kim, Phil-Sik Jang, Woo Hyun Jung & Joo-Seok Hyun, "Exploratory Understanding of the Uncanny Valley Phenomena Based on Event-Related Potential Measurement", *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, Vol. 19, No. 1, pp. 95-110, 2016.

[13] MacDorman, K. F., Green, R. D., Ho, C. C., & Koch, C. T., "Too real for comfort? Uncanny responses to computer generated faces", *Computers in human behavior*, Vol. 25, No. 3, pp. 695-710, 2009.

[14] Burleigh, T. J., Schoenherr, J. R., & Lacroix, G. L., "Does the uncanny valley exist? An empirical test of the relationship between eeriness and the human likeness of digitally created faces.", *Computers in Human Behavior*, Vol. 29, No. 3, 2013, doi: 10.1016/j.chb.2012.11.021.

[15] MacDorman, K. F. & Ishiguro, H., "The uncanny advantage of using androids in cognitive and social science research", *Interaction Studies*, Vol. 7, No. 3, pp. 97 - 337, 2006.

[16] Nam-Hoon Kim, "Case Study on the Uncanny Valley Effect analyzed in the 2D to 3D Animation Characters", *Digital Design Research*, Vol. 12, No. 3, pp. 147-158, 2012.

[17] Ki-Duk Kim & Heom-Sick, Kim, "3D Stereoscopic Image Contents, <Avatar> and Uncanny Effect", *Human Contents*, Vol. 22, No. 3, pp. 85-110, 2011.

[18] Slick, J., "What is the Uncanny Valley?", <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/ss/What-Is-The-Uncanny-Valley.htm>

[19] Kyoungcho Choi, Jin Ah Yoo, "A reviews on the social network analysis using R", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 6, No. 1, pp. 77-83, 2015.

[20] Wilcox, R., "Introduction to robust estimation and hypothesis testing", Academic Press, 2012.

[21] Mair, P., & F. Schoenbrod., "WRS2: Wilcox robust estimation and testing." R language package, available on CRAN, 2014.

[22] Salvatore S. M., "An R Companion for the Handbook of Biological Statistics", version 1.09., 2015, rcompanion.org/rcompanion/

장 필 식(Jang, Phil Sik)



- 1990년 2월 : 서울대학교 조선공학과(공학사)
- 1992년 2월 : KAIST 산업공학과(공학석사)
- 1998년 8월 : KAIST 산업공학과(공학박사)
- 1997년 9월 ~ 현재 : 세한대학교 정보물류학과 교수

- 관심분야 : HCI, 감정분석
- E-Mail : philsjang@gmail.com

정 우 현(Jung, Woo Hyun)



- 1989년 2월 : 연세대학교 심리학과(문학사)
- 1991년 8월 : 연세대학교 심리학과(문학석사)
- 2000년 8월 : 연세대학교 심리학과(철학박사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 심리학과 교수

- 관심분야 : 시각심리학, 인지심리학
- E-Mail : com4man@gmail.com

현 주 석(Hyun, Joo Seok)



- 1996년 2월 : 연세대학교 심리학과(문학사)
- 1998년 8월 : 연세대학교 본대학원 심리학과(문학석사)
- 2006년 5월 : Ph.D., Dept of Psychology, The University of Iowa
- 2008년 2월 : Post-doctoral Fellow,

- Center for Complex Systems, Brandeis University
- 2008년 3월 ~ 현재 : 중앙대학교 심리학과 부교수
- 관심분야 : 인지 및 시각 심리학(주의와 기억)
- E-Mail : jshyun@cau.ac.kr