

# Effects of Outline Curvature and Aspect Ratio on Impressions of Sensor-Window Humanoid Faces

Kangdoo Kim\*

Department of Industrial Design Engineering, Professor, KOREATECH, Cheonan, Korea

---

## Abstract

**Background** As humanoid robot faces increasingly prioritize sensing and perception over emotional expression, it is important to understand how the formal characteristics of sensor-window-based expressionless faces shape user impressions. This study examines whether variations in outer-outline curvature and aspect ratio influence perceived social and technical impressions of humanoid faces with a sensor window.

**Methods** A 2×3 within-subject experiment was conducted with 40 adults. Six stimuli were created by crossing two levels of outline curvature (angular vs. rounded) with three aspect ratio (W/H) levels (0.80, 1.00, and 1.20). Participants rated each stimulus on social impression, technical impression, and manipulation-check items using a 7-point semantic differential scale.

**Results** Manipulation checks confirmed that the curvature and aspect ratio conditions were perceived as intended. Rounded outlines received higher ratings than angular outlines on social impression and also showed higher overall technical impression scores. Aspect ratio further differentiated the evaluations: social impression was highest at W/H = 1.00, whereas technical impression was highest at W/H = 0.80 and lowest at W/H = 1.20. Repeated-measures analysis of variance (ANOVA) showed that curvature had significant effects across social impression items, whereas aspect ratio showed significant effects on selected technical impression items.

**Conclusions** Even in sensor-window-based expressionless humanoid faces, basic geometric properties can meaningfully shape user impressions. Outline curvature appears to be a more consistent cue for social impression, whereas aspect ratio functions as a selective cue for technical impression.

**Keywords** Sensor Window, Humanoid Robot Face, Impression Formation, Outline Curvature, Aspect Ratio

---

This paper was supported by the new professor research program of KOREATECH in 2024.

\*Corresponding author: Kangdoo Kim (kangdoo.kim@koreatech.ac.kr)

*Citation:* Kim, K. (2026). Effects of Outline Curvature and Aspect Ratio on Impressions of Sensor-Window Humanoid Faces. *Archives of Design Research*, 39(3), 129-141.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2026.08.39.3.129>

**Received :** Feb. 04. 2026 ; **Reviewed :** May. 12. 2026 ; **Accepted :** May. 12. 2026

**pISSN** 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

**Copyright :** 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 educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

### 1. 1. 연구 배경

최근 휴머노이드 로봇의 얼굴 전면부는 감정 표현을 위한 이목구비 구현보다 환경 인지 및 작업 수행을 위한 센서 및 지각(perception) 기능을 중심으로 설계되는 경향이 강화되고 있다. 휴머노이드 지각 시스템에 관한 최근 리뷰 연구는 시각 기반 센싱이 환경 이해, 상태 추정, 조작, 인간-로봇 상호작용에서 핵심적 역할을 한다고 보고한다(Roychoudhury et al., 2023; Bin et al., 2025). 이에 따라 최근 휴머노이드 디자인은 얼굴 전면부에 카메라와 관련 센서를 통합한 윈도우형 패넌을 핵심 시각 요소로 제시하는 방향으로 전개되고 있으며, Figure 1의 사례들도 이러한 흐름을 보여준다(Boston Dynamics, 2025; Figure AI, 2025; WIRobotics, 2025).

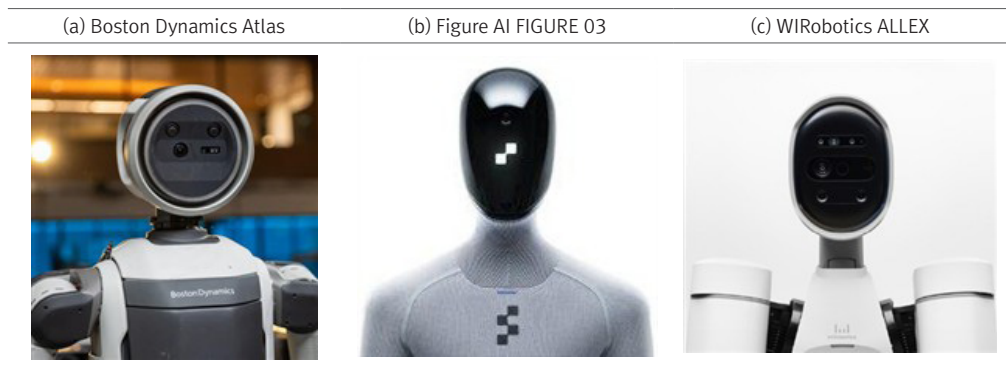


Figure 1 Representative sensor-window face designs in contemporary humanoid robots

사용자 관점에서 이러한 센서 윈도우 기반 얼굴은 내부 센서의 세부 사양보다 전면부의 외곽 형상과 비율 같은 시각적 단서가 먼저 지각될 가능성이 크다. 사회적 판단의 기본 차원을 설명하는 고정관념 내용 모형은 사람들이 대상을 주로 따뜻함과 유능함 차원에서 평가한다고 제시하였고(Fiske et al., 2002), 시각 형태 연구는 곡선 윤곽이 긍정적 정서와 신호를, 각진 윤곽이 상대적으로 긴장감과 기능적 인상을 유발할 수 있음을 보여주었다(Bar & Neta, 2006; Westerman et al., 2012). 또한 얼굴의 가로-세로 비율은 사회적 판단과 위협 지각에 영향을 미치는 단서로 보고되었으며(Geniole et al., 2015), 로봇 얼굴 연구에서도 비율 조각이 신뢰 및 선호 평가에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다(Song & Luximon, 2021).

로봇 얼굴 및 헤드 디자인에 관한 선행연구는 외곽 형상과 비율이 인간다움과 사회적 인상에 영향을 줄 수 있음을 시사하지만(DiSalvo et al., 2002; Kalegina et al., 2018), 표정 단서를 최소화하고 센서 영역이 전면을 지배하는 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴에 대해서는 이러한 형태 변수의 효과가 충분히 검증되지 않았다. 특히 외곽 아웃라인의 곡률과 프레임 비율이 사회적 인상과 기술적 인상에 어떠한 차별적 영향을 미치는지에 대한 실증적 검토는 제한적이다. 이에 본 연구는 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴에서 외곽 아웃라인의 곡률과 프레임 비율이 사용자의 인상 형성에 미치는 영향을 탐색적으로 규명하고자 한다.

### 1. 2. 연구 목적

본 연구의 목적은 센서 윈도우를 갖는 휴머노이드 얼굴에서 내부 표정 단서를 배제한 상태에서도 외곽 아웃라인의 형태 변수만으로 사용자의 인상 평가가 달라지는지를 확인하는 데 있다. 선행연구에 따르면 시각적 윤곽의 곡률은 정서적 신호와 사회적 판단에 영향을 미치며, 얼굴의 가로-세로 비율 또한 위협 지각이나 신뢰 판단과 같은 인상 형성에 관여할 수 있다(Bar & Neta, 2006; Fiske et al., 2002; Geniole et al., 2015; Westerman et al., 2012). 또한 로봇 얼굴 및 헤드 디자인 연구에서도 외곽 형상과 비율이 인간다움, 신뢰, 선호와 같은 인상 평가에 영향을 줄 수 있음이 제시되어 왔다(DiSalvo et al., 2002; Kalegina et al., 2018;

Song & Luximon, 2021). 그러나 센서 윈도우의 시각적 속성을 동일하게 통제하고, 눈·입·표정과 같은 내부 얼굴 단서를 배제한 조건에서 외곽 아웃라인의 곡률과 프레임 비율이 인상 형성에 미치는 영향을 직접적으로 검증한 연구는 아직 제한적이다.

이에 본 연구는 센서 윈도우를 동일하게 유지한 조건에서 외곽 아웃라인의 곡률(각짐/둥글)과 프레임 비율(W/H)을 체계적으로 조작하고, 이에 따른 사회적 인상과 기술적 인상의 차이를 탐색적으로 확인하고자 한다. 구체적으로 외곽 아웃라인의 곡률과 프레임 비율이 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 위협 관련 인상 또는 심리적 편안함, 호감도와 같은 사회적 인상과, 유능함, 스마트함, 정교함, 미래지향성 같은 기술적 인상에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보고, 나아가 두 형태 변수 간의 상호작용 가능성도 함께 검토하고자 한다. 이를 통해 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴 디자인의 초기 형상 결정 단계에서 활용 가능한 예비적 설계 시사점을 제시하고자 한다.

---

## 2. 연구 방법

### 2. 1. 연구 설계 및 변수 구성

본 연구는 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴의 외곽 아웃라인 곡률과 프레임 비율이 사용자 인상 형성에 미치는 영향을 검토하기 위하여  $2 \times 3$  피험자 내 실험으로 설계하였다. 독립변수는 외곽 아웃라인 곡률 2수준(각짐, 둥글)과 프레임 비율 3수준( $W/H = 0.80, 1.00, 1.20$ )으로 구성하였으며, 종속변수는 사회적 인상, 기술적 인상, 그리고 조작점검으로 설정하였다. 본 연구는 센서 윈도우 중심의 무표정 얼굴이라는 제한된 형태 조건에서, 기본적인 기하학적 단서가 어떠한 인상 차원에 우선적으로 작동하는지를 탐색적으로 검토하는 데 목적이 있다.

사회적 인상은 사용자가 로봇 얼굴을 관계적·정서적 대상으로 지각할 때 형성하는 접근 가능성, 심리적 안전성, 수용성에 관한 평가 차원으로 정의하였다. 이는 사회적 지각이 주로 따뜻함과 신뢰성에 관한 판단을 중심으로 형성된다는 논의에 근거하며(Fiske et al., 2002), 본 연구에서는 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 위협 관련 인상, 호감도의 문항으로 조작화하였다. 여기서 신뢰감은 로봇의 실제 기술 성능이나 기능 수행 능력에 대한 판단이라기보다, 사용자가 해당 얼굴을 심리적으로 안정적이고 관계 형성이 가능한 대상으로 받아들이는 정도를 의미한다. 따라서 본 연구에서의 신뢰감은 기술적 신뢰정보보다는 사회적·관계적 신뢰에 가까운 개념으로 해석하였다.

위협 관련 인상은 사용자가 해당 얼굴을 불안하거나 위협적인 대상으로 지각하는지, 또는 반대로 편안하고 안전한 대상으로 지각하는지를 확인하기 위한 문항으로 설정하였다. 본 연구에서는 이를 ‘위협적이다-편안하다’의 양극 문항으로 측정하였으며, 사회적 인상 차원의 일부로 포함하였다. 이는 위협감이 사회적 수용성의 반대 방향에서 작동하는 평가이기 때문이다. 다만 본 연구의 사회적 인상 점수는 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 호감도와 동일한 방향으로 해석될 수 있도록, 위협 관련 문항을 점수가 높을수록 낮은 위협감, 즉 높은 심리적 편안함을 의미하는 방식으로 처리하였다. 따라서 사회적 인상은 대상이 얼마나 친근하고 따뜻하며, 관계적으로 신뢰 가능하고, 위협적이지 않으며, 전반적으로 호의적으로 받아들여지는지를 나타내는 평가 차원으로 보았다.

기술적 인상은 사용자가 얼굴 형태를 통해 로봇의 기능성, 유능함, 정교함, 첨단성을 어떻게 추론하는지를 반영하는 차원으로 정의하였다. 이는 시각적 형태 단서가 대상의 능력, 정밀성, 미래지향성에 대한 추론에 영향을 미칠 수 있다는 선행 논의에 근거하며, 본 연구에서는 유능함, 스마트함, 정교함, 미래지향성의 문항으로 조작화하였다. 여기서 기술적 인상은 로봇의 실제 성능을 객관적으로 평가하는 개념이라기보다, 외형을 바탕으로 사용자가 형성하는 지각된 기능적·기술적 이미지로 이해하였다. 따라서 본 연구의 기술적 인상은 센서 윈도우 기반 얼굴의 형상 특성이 얼마나 유능하고 정교하며 첨단적으로 보이는지에 대한 인상 차원을 의미한다.

이와 같이 본 연구는 사회적 인상과 기술적 인상을 로봇 인상 전체를 포괄하는 완결적 분류로 제시하기보다,

센서 윈도우 기반 무표정 얼굴에서 외곽 형태 변화에 민감하게 반응할 가능성이 높은 대표적 평가 차원으로 설정하였다. 또한 의미분별척도 기반의 인상 평가 방식은 시각적 형태가 유발하는 정서적·인지적 차이를 비교하는 데 적합하며(Osgood et al., 1957), 로봇에 대한 사회적 지각을 다루는 HRI 연구의 평가 전통과도 맥을 같이한다(Bartneck et al., 2009).

## 2.2. 실험 자극물 설계

본 연구의 자극물은 센서 윈도우 기반의 무표정 휴머노이드 얼굴을 단순화한 정면 이미지로 제작하였다. 자극은 외곽 아웃라인의 곡률 2수준(각집, 둥글)과 프레임 비율(W/H) 3수준(0.80, 1.00, 1.20)을 교차한 2×3 요인설계에 따라 구성하였으며, 이에 따라 총 6개 조건의 자극을 제작하였다(Table 1 참조). 모든 조건에서 얼굴의 높이(H)는 동일하게 유지하고 가로 폭(W)만 조정하여 비율 차이를 구현하였으며, 외곽 아웃라인의 곡률은 코너 반경이 프레임 폭에 대해 차지하는 비율이 일정하게 유지되도록 설정하였다.

센서 윈도우는 모든 조건에서 동일한 전면 패널로 고정하여, 내부 센서 영역의 크기, 위치, 색상, 형태가 인상 평가에 영향을 미치지 않도록 통제하였다. 또한 패널 내부에는 눈이나 입으로 해석될 수 있는 추가적인 그래픽 요소를 포함하지 않았으며, 패널과 외곽 프레임의 상대적 정렬, 좌우 대칭, 여백, 선 두께, 배경 대비 등의 시각적 요소도 조건 간 동일하게 유지하였다. 이러한 통제는 참가자가 내부 요소가 아니라 외곽 아웃라인의 형상 차이에 주목하도록 하기 위한 것이다.

모든 자극물은 동일한 제작 방식과 제시 조건 아래 표준화하였으며, 참가자에게는 동일한 크기와 해상도로 화면상에 제시되도록 설정하였다. 이러한 체계적인 조작과 통제를 통해 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴에서 곡률과 비율이라는 형태 변수가 사용자의 인상 형성에 미치는 효과를 보다 명확하게 검토하고자 하였다.

Table 1 Experimental conditions and stimulus images based on a 2 × 3 factorial design.

| Condition | Image                                                                               | Curvature (r/W) | Aspect Ratio (W/H) | Shape Label    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| A1        |   | 0.10            | 0.80               | Angular-Narrow |
| A2        |  | 0.10            | 1.00               | Angular-Medium |
| A3        |  | 0.10            | 1.20               | Angular-Wide   |
| R1        |  | 0.50            | 0.80               | Rounded-Narrow |
| R2        |  | 0.50            | 1.00               | Rounded-Medium |
| R3        |  | 0.50            | 1.20               | Rounded-Wide   |

Note. Curvature (r/W) and aspect ratio (W/H) were systematically manipulated across six stimulus conditions.

### 2. 3. 측정 도구 및 척도

본 연구의 종속변수는 자극으로 제시된 휴머노이드 로봇 얼굴이 유발하는 인상 평가이며, 이를 사회적 인상과 기술적 인상의 두 차원으로 구분하여 측정하였다. 인상 평가는 형용사 쌍을 활용한 의미분별척도(semantic differential scale) 방식으로 구성하였으며, 참가자가 각 자극에 대해 지각한 인상의 정도를 7점 척도로 응답하도록 하였다. 모든 문항은 동일한 응답 형식을 적용하여 조건 간 비교가 가능하도록 설계하였다.

사회적 인상 차원은 친근함(Friendliness), 따뜻함(Warmth), 신뢰감(Trust), 위협 관련 인상(Threat-related impression), 호감도(Overall liking)의 5개 항목으로 구성하여 대인적·정서적 반응을 파악하고자 하였다. 기술적 인상 차원은 유능함(Competence), 스마트함(Smartness), 정교함(Sophistication), 미래지향성(Futurism)의 4개 항목으로 구성하여 해당 얼굴이 전달하는 기능적·첨단적 이미지를 평가하고자 하였다.

각 문항은 7점 의미분별척도로 측정하였으며, 사회적 인상은 ‘친근하지 않다 ↔ 친근하다’, ‘차갑다 ↔ 따뜻하다’, ‘신뢰하기 어렵다 ↔ 신뢰할 수 있다’, ‘위협적이다 ↔ 편안하다’, ‘호감이 가지 않는다 ↔ 호감이 간다’와 같은 형식으로 제시하였다. 이 중 ‘위협적이다 ↔ 편안하다’ 문항은 위협감의 정도를 직접 측정하기보다는, 위협감과 심리적 편안함을 양극으로 제시하여 사회적 수용성의 부정적·긍정적 방향을 함께 확인하기 위한 문항으로 사용하였다. 따라서 본 연구에서는 사회적 인상 평균을 산출할 때 해당 문항의 점수가 높을수록 위협감이 낮고 심리적 편안함이 높은 것으로 해석되도록 처리하였다. 즉, 사회적 인상 차원에서는 모든 문항이 점수가 높을수록 보다 긍정적인 사회적 인상을 의미하도록 방향을 통일하였다.

기술적 인상은 ‘무능해 보인다 ↔ 유능해 보인다’, ‘둔해 보인다 ↔ 스마트해 보인다’, ‘단순해 보인다 ↔ 정교해 보인다’, ‘구식으로 보인다 ↔ 미래지향적으로 보인다’의 형식으로 측정하였다(Table 2 참조).

또한 외곽 아웃라인의 형태 조작이 의도한 방향으로 지각되었는지 확인하기 위해 2개의 조작점점 문항을 포함하였다. 곡률 조작에 대해서는 ‘각져 보인다 ↔ 둥글어 보인다’를 사용하여 둥글 지각(Perceived roundness)을 평가하였고, 비율 조작에 대해서는 ‘세로로 길어 보인다 ↔ 가로로 넓어 보인다’를 사용하여 가로넓음 지각(Perceived width)을 평가하였다. 최종 설문지는 사회적 인상 5문항, 기술적 인상 4문항, 조작점점 2문항으로 총 11문항으로 구성하였으며, 구체적인 문항 구성과 척도 체계는 Table 2에 제시하였다.

Table 2 Revised measurement items and manipulation checks

| Classification       | Dimension                 | Item (7-point scale)                |
|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Social impression    | Friendliness              | unfriendly ↔ friendly               |
| Social impression    | Warmth                    | cold ↔ warm                         |
| Social impression    | Trust                     | difficult to trust ↔ trustworthy    |
| Social impression    | Threat-related impression | threatening ↔ comfortable           |
| Social impression    | Overall Liking            | unlikeable ↔ likeable               |
| Technical impression | Competence                | incompetent ↔ competent             |
| Technical impression | Smartness                 | dull ↔ smart                        |
| Technical impression | Sophistication            | simple ↔ sophisticated              |
| Technical impression | Futurism                  | old-fashioned ↔ futuristic          |
| Manipulation check   | Perceived Roundness       | angular ↔ round                     |
| Manipulation check   | Perceived Width           | vertically long ↔ horizontally wide |

Note. All items were measured using a 7-point semantic differential scale. For the threat-related item, higher scores indicate greater perceived comfort and lower perceived threat, so that all social impression items are interpreted in the same positive direction.

### 2. 4. 참가자, 모집 및 보상

본 연구는 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴의 인상 형성을 탐색하기 위한 반복측정 실험으로, 성인 40명을 대상으로 수행하였다. 참가자는 남성 22명, 여성 18명으로 구성되었으며, 연령 분포는 20세에서 50세까지로 나타났다. 선정 기준은 만 19세 이상이면서 화면 기반 시각 자극을 평가하는 데 지장이 없는 자(교정시력 포함)로 설정하였다. 또한 본 연구는 일반 사용자의 초기 인상 반응을 확인하는 데 목적이 있으므로, 로봇

관련 전공 여부나 사전 경험은 별도의 제한 조건으로 두지 않았다. 수집된 자료는 개인 식별 정보와 분리하여 익명화한 뒤 분석에 활용하였다.

참가자 모집은 온라인 공지와 자발적 지원 방식을 통해 이루어졌다. 모든 참가자는 실험 시작 전 연구 목적과 절차, 예상 소요 시간, 익명성 보장, 중도 중단 가능 여부에 대한 안내를 받은 후 동의 절차를 거쳐 참여하였다. 실험을 완료한 참가자에게는 참여 보상으로 5,000원 상당의 모바일 기프트콘을 제공하였다.

## 2. 5. 실험 절차

실험은 온라인 화면 자극 제시 방식으로 진행하였다. 참가자는 연구 목적과 절차에 대한 안내를 받은 후, 외곽 아웃라인 곡률 2수준(각짐, 둥글)과 프레임 비율 3수준(W/H = 0.80, 1.00, 1.20)을 조합한 6개의 휴머노이드 얼굴 자극을 모두 평가하였다. 자극 제시 순서는 순서 효과를 최소화하기 위해 무작위화하였다. 각 자극 제시 후 참가자는 사회적 인상 5문항(비친근하다-친근하다, 차갑다-따뜻하다, 신뢰하기 어렵다-신뢰할 수 있다, 위협적이다-편안하다, 비호감이다-호감이다), 기술적 인상 4문항(무능하다-유능하다, 둔하다-스마트하다, 단순하다-정교하다, 구식이다-미래지향적이다), 그리고 조작점검 2문항(각져 보인다-둥글어 보인다, 세로로 길어 보인다-가로로 넓어 보인다)에 응답하였다. 모든 문항은 의미분별척도 방식의 7점 척도로 측정하였으며(Osgood et al., 1957), 모든 자극 평가가 종료된 후 인구통계 정보를 추가로 수집하였다.

## 2. 6. 분석 방법

분석에는 각 자극 조건에서 수집된 인상 평가 점수를 사용하였다. 본 연구에서는 사회적 인상과 기술적 인상을 센서 윈도우 기반 무표정 얼굴에서 외곽 형태 변화에 민감하게 반응할 가능성이 높은 대표적 평가 차원으로 설정하였다. 사회적 인상은 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 위협 관련 인상, 호감도의 5개 문항을 바탕으로 산출하였으며, 기술적 인상은 유능함, 스마트함, 정교함, 미래지향성의 4개 문항을 바탕으로 산출하였다.

사회적 인상 평균을 산출할 때에는 모든 문항의 방향이 점수가 높을수록 긍정적인 사회적 인상을 의미하도록 통일하였다. 이를 위해 ‘위협적이다-편안하다’ 문항은 점수가 높을수록 위협감이 낮고 심리적 편안함이 높은 것으로 해석하였다. 즉, 본 연구에서 사회적 인상 평균에 포함된 위협 관련 문항은 높은 점수가 높은 위협감을 의미하는 것이 아니라, 낮은 위협감과 높은 편안함을 의미한다. 이에 따라 사회적 인상 평균은 친근함, 따뜻함, 관계적 신뢰감, 심리적 편안함, 호감도가 종합된 긍정적 사회 인상 지표로 해석하였다.

기술적 인상은 유능함, 스마트함, 정교함, 미래지향성의 4개 문항 평균으로 산출하였다. 기술적 인상 점수는 점수가 높을수록 해당 얼굴이 기능적으로 유능하고, 스마트하며, 정교하고, 미래지향적으로 지각되었음을 의미한다. 조작점검 문항은 평균 지표에 포함하지 않고 별도로 분석하였다. 곡률 조작점검 문항은 점수가 높을수록 더 둥글게 지각되었음을 의미하며, 비율 조작점검 문항은 점수가 높을수록 더 가로로 넓게 지각되었음을 의미한다.

수집된 자료는 조건별 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하여 요약하였고, 외곽 아웃라인 곡률과 프레임 비율이 각 인상 차원에 미치는 영향을 검토하기 위하여  $2 \times 3$  피험자 내 반복측정 분산분석을 실시하였다. 통계적 유의수준은  $p < .05$ 로 설정하였으며, 기술통계 결과는 Table 3~5에, 분산분석 결과는 Table 6에 제시하였다. 또한 Figure 2와 Figure 3의 오차막대는 표준오차(SE)를 나타낸다.

---

## 3. 연구 결과

### 3. 1. 조작점검 결과

자극물의 형태 조작이 참가자에게 의도한 방향으로 지각되었는지를 확인하기 위하여 조작점검을 실시하였다. 조작점검은 곡률 지각을 평가하는 문항(“각져 보인다 — 둥글어 보인다”)과 비율 지각을 평가하는 문항(“세로로 길어 보인다 — 가로로 넓어 보인다”)으로 구성하였으며, 조건별 기술통계는 Table 3에 제시하였다. 곡률 조작점검 결과, 각짐 조건(A1, A2, A3)은 전반적으로 낮은 둥글 점수를 보인 반면, 둥글

조건(R1, R2, R3)은 높은 등급 점수를 보여 두 조건이 명확하게 구분되었다. 특히 A계열 자극의 지각된 등급 평균은 2.1~2.4 수준으로 나타났고, R계열 자극은 5.5~6.4 수준으로 나타나, 곡률 조작이 의도한 방향으로 인식되었음을 확인할 수 있었다. 비율 조작점검 결과에서도 프레임 비율이 증가할수록 자극이 더 가로로 넓게 지각되는 경향이 확인되었다. W/H=0.80 조건(A1, R1)의 지각된 가로 폭 평균은 2.1~2.4 수준, W/H=1.00 조건(A2, R2)은 3.7~3.9 수준, W/H=1.20 조건(A3, R3)은 6.0 수준으로 나타나, 비율 조작 역시 의도한 방향으로 지각되었음을 보여주었다. 이상의 결과는 본 연구에서 설정한 외곽 아웃라인의 곡률 및 프레임 비율 조작이 참가자에게 비교적 명확하게 지각되었음을 시사하며, 이후 사회적 인상과 기술적 인상 결과를 해석하기 위한 기초를 제공한다.

Table 3 Descriptive statistics of manipulation-check measures by condition (M, SD)

| Condition                | Perceived roundness | Perceived width |
|--------------------------|---------------------|-----------------|
| A1 (Angular, W/H = 0.80) | 2.1 (1.4)           | 2.1 (1.6)       |
| A2 (Angular, W/H = 1.00) | 2.4 (1.3)           | 3.7 (0.9)       |
| A3 (Angular, W/H = 1.20) | 2.1 (1.2)           | 6.0 (1.6)       |
| R1 (Rounded, W/H = 0.80) | 5.5 (1.1)           | 2.4 (1.5)       |
| R2 (Rounded, W/H = 1.00) | 6.4 (1.4)           | 3.9 (0.9)       |
| R3 (Rounded, W/H = 1.20) | 5.5 (1.1)           | 6.0 (1.5)       |

Note. Values are presented as mean (SD) based on responses from 40 participants. Higher scores on Perceived roundness indicate that the face was perceived as more rounded, and higher scores on Perceived width indicate that the face was perceived as more horizontally wide. A = angular; R = rounded.

### 3. 2. 사회적 인상 결과

사회적 인상에 대한 분석 결과, 전반적으로 둥근 아웃라인 조건이 각진 아웃라인 조건보다 더 긍정적인 평가를 받는 경향이 나타났다. 또한 프레임 비율에 따라 사회적 인상 점수의 차이가 관찰되었으며, 전체적으로는 W/H = 1.00 조건에서 가장 높은 평가가 나타났다. 여기서 제시한 사회적 인상의 전체 평균은 각 조건에서 측정된 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 위협 관련 인상, 호감도의 5개 문항 점수를 평균한 값이며, 위협 관련 인상은 점수가 높을수록 낮은 위협감과 높은 심리적 편안함을 의미하도록 처리하였다. 이러한 결과는 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴에서도 외곽 아웃라인의 곡률이 사회적 인상 형성에 중요한 역할을 하며, 프레임 비율 또한 일부 사회적 평가에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

Table 4 Descriptive statistics of social impression measures by condition (M, SD)

| Condition                | Friendliness | Warmth    | Trust     | Threat-related | Overall liking |
|--------------------------|--------------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| A1 (Angular, W/H = 0.80) | 3.3 (1.5)    | 2.5 (1.4) | 4.1 (1.5) | 3.6 (1.1)      | 2.9 (1.5)      |
| A2 (Angular, W/H = 1.00) | 3.8 (1.5)    | 3.6 (1.5) | 4.4 (1.3) | 4.4 (1.4)      | 4.0 (1.5)      |
| A3 (Angular, W/H = 1.20) | 3.6 (1.8)    | 3.6 (1.7) | 3.8 (1.6) | 3.9 (1.3)      | 3.2 (1.6)      |
| R1 (Rounded, W/H = 0.80) | 5.4 (1.5)    | 4.5 (1.6) | 5.1 (1.2) | 5.1 (1.5)      | 5.1 (1.4)      |
| R2 (Rounded, W/H = 1.00) | 5.1 (1.3)    | 4.6 (1.6) | 4.6 (1.3) | 5.4 (1.4)      | 4.9 (1.6)      |
| R3 (Rounded, W/H = 1.20) | 4.6 (1.6)    | 5.0 (1.4) | 4.5 (1.5) | 4.7 (1.6)      | 4.7 (1.5)      |

Note. Values are presented as mean (standard deviation). Higher scores indicate more positive social impressions. For the threat-related item, higher scores indicate greater perceived comfort and lower perceived threat.

### 3. 3. 기술적 인상 결과

기술적 인상에 대한 분석 결과, 전반적으로 둥근 아웃라인 조건이 각진 아웃라인 조건보다 더 긍정적인 평가를 받는 경향이 나타났다. 또한 프레임 비율에 따라 기술적 인상 점수의 차이가 관찰되었으며, 전체적으로는 W/H = 0.80 조건에서 가장 높은 평가가 나타났고 W/H = 1.20 조건에서 가장 낮은 평가가 나타났다. 여기서 제시한 기술적 인상의 전체 평균은 각 조건에서 측정된 유능함, 스마트함, 정교함, 미래지향성의 4개 문항 점수를 평균한 값이며, Table 5에는 각 문항별 평균과 표준편차를 제시하였다. 이러한 결과는 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴에서도 외곽 아웃라인의 곡률이 기술적 인상 형성에 영향을 미치며, 프레임 비율 또한 기술적 평가에 중요한 역할을 할 수 있음을 시사한다.

Table 5 Descriptive statistics of technical impression measures by condition (M, SD)

| Condition                | Competence | Smartness | Sophistication | Futurism  |
|--------------------------|------------|-----------|----------------|-----------|
| A1 (Angular, W/H = 0.80) | 4.3 (1.6)  | 4.1 (1.6) | 3.4 (1.7)      | 3.2 (1.8) |
| A2 (Angular, W/H = 1.00) | 4.3 (1.3)  | 4.4 (1.5) | 3.5 (1.7)      | 3.2 (1.4) |
| A3 (Angular, W/H = 1.20) | 3.7 (1.7)  | 3.3 (1.8) | 3.2 (1.6)      | 2.7 (1.3) |
| R1 (Rounded, W/H = 0.80) | 5.3 (1.3)  | 5.1 (1.4) | 4.6 (1.5)      | 5.1 (1.4) |
| R2 (Rounded, W/H = 1.00) | 4.8 (1.2)  | 4.8 (1.4) | 4.5 (1.8)      | 4.8 (1.3) |
| R3 (Rounded, W/H = 1.20) | 4.2 (1.8)  | 4.0 (1.6) | 4.2 (1.2)      | 4.3 (1.7) |

Note. Values are presented as mean (standard deviation). Higher scores indicate more positive technical impressions.

### 3. 4. 반복측정 분산분석 결과

반복측정 분산분석 결과는 Table 6에 제시하였다. 사회적 인상 항목에서는 외곽 아웃라인 곡률이 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 위협 관련 인상, 호감도 전반에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 프레임 비율은 따뜻함과 위협 관련 인상에서 유의한 주효과를 보였으며, 곡률과 프레임 비율의 상호작용 효과는 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 호감도에서 유의하게 나타났다. 이는 센서 윈도우 기반 무표정 얼굴의 사회적 인상이 단순히 하나의 형상 변수에 의해 결정되기보다, 외곽 아웃라인 곡률을 중심으로 형성되면서도 일부 항목에서는 프레임 비율과의 결합 방식에 따라 차이를 보일 수 있음을 시사한다. 특히 위협 관련 인상은 점수가 높을수록 낮은 위협감과 높은 심리적 편안함을 의미하도록 처리하였으므로, 본 결과는 곡률과 프레임 비율이 사용자의 심리적 안전성 및 수용성 판단에도 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

기술적 인상 항목에서는 외곽 아웃라인 곡률이 유능함, 스마트함, 정교함, 미래지향성 전반에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 프레임 비율은 유능함, 스마트함, 미래지향성에서 유의한 주효과를 보였으나, 정교함에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 기술적 인상 항목에서는 곡률과 프레임 비율의 상호작용 효과가 유의하지 않았다. 따라서 본 연구 결과는 프레임 비율이 기술적 인상 전체에 동일하게 작동한다기보다, 유능함, 스마트함, 미래지향성과 같은 특정 기술적 이미지 차원에 선택적으로 영향을 미칠 가능성을 보여준다. 종합하면, 외곽 아웃라인 곡률은 사회적 인상과 기술적 인상 모두에서 비교적 일관된 주효과를 보인 반면, 프레임 비율의 효과는 항목에 따라 제한적으로 나타났다. 이에 따라 본 연구는 센서 윈도우 기반 무표정 얼굴에서 곡률이 보다 기초적인 형상 단서로 작동할 가능성을 확인하였으며, 프레임 비율의 영향은 특정 평가 차원에서 탐색적으로 해석할 필요가 있다.

Table 6 Repeated-measures ANOVA results for social and technical impression items.

| Dependent variable        | Curvature | p     | $\eta^2$ | Ratio    | p     | $\eta^2$ | Curvature × Ratio | p     | $\eta^2$ |
|---------------------------|-----------|-------|----------|----------|-------|----------|-------------------|-------|----------|
| Friendliness              | 36.49***  | <.001 | .490     | 1.10     | .340  | .028     | 4.89*             | .010  | .114     |
| Warmth                    | 33.46***  | <.001 | .468     | 5.27**   | .007  | .122     | 8.16***           | <.001 | .177     |
| Trust                     | 17.67***  | <.001 | .317     | 1.87     | .161  | .047     | 4.22*             | .018  | .100     |
| Threat-related impression | 33.40***  | <.001 | .468     | 3.50*    | .035  | .084     | 2.91              | .060  | .071     |
| Overall liking            | 72.73***  | <.001 | .657     | 2.13     | .125  | .053     | 5.90**            | .004  | .134     |
| Competence                | 10.87**   | .002  | .222     | 8.45***  | <.001 | .182     | 1.26              | .290  | .032     |
| Smartness                 | 10.42**   | .003  | .215     | 11.75*** | <.001 | .236     | 1.33              | .269  | .034     |
| Sophistication            | 27.89***  | <.001 | .423     | 1.04     | .358  | .027     | 0.37              | .692  | .010     |
| Futurism                  | 43.68***  | <.001 | .535     | 7.44**   | .001  | .164     | 0.74              | .481  | .019     |

Note. Results are based on  $2 \times 3$  repeated-measures ANOVAs with curvature and aspect ratio as within-subject factors ( $N = 40$ ). For the threat-related item, higher scores indicate greater perceived comfort and lower perceived threat, so that all social impression items are interpreted in the same positive direction.  $\eta^2$  indicates partial eta squared. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ .

### 3. 5. 결과의 시각화

사회적 인상과 기술적 인상에 대한 주효과를 시각적으로 비교하기 위해 Figure 2를 제시하였다. Figure 2는 곡률과 프레임 비율 수준에 따른 두 인상 차원의 평균값을 요약한 것이다.

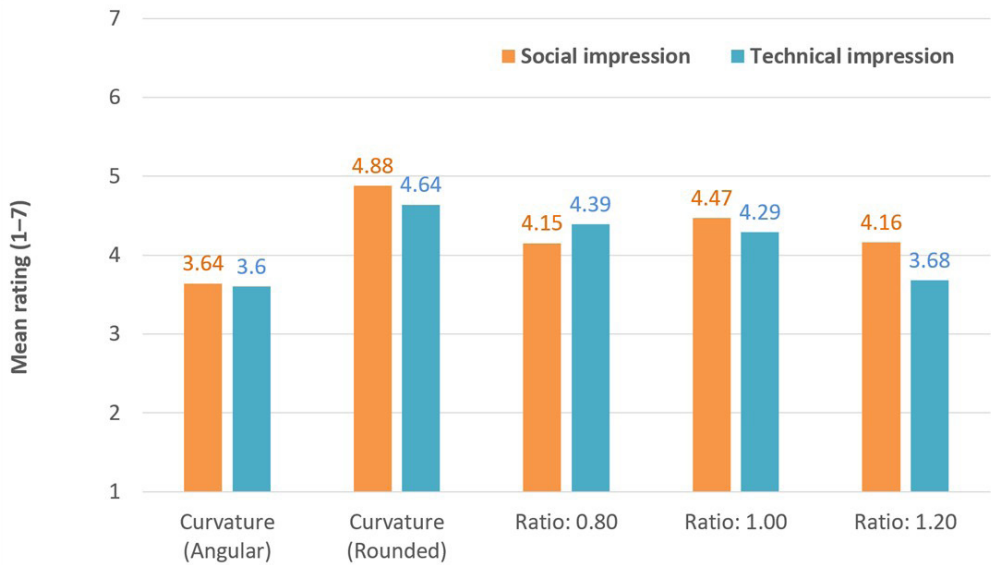


Figure 2 Main effects of curvature and aspect ratio on social and technical impressions (error bars indicate  $\pm$ SE).

Figure 2를 보면, 둥글 조건은 각집 조건보다 사회적 인상과 기술적 인상 모두에서 높은 평균을 보였다. 또한 프레임 비율에 따라 사회적 인상과 기술적 인상이 서로 다른 평균 패턴을 보이는 점을 확인할 수 있다.

기술적 인상 항목 중 competence/smartness의 조건별 변화 양상을 보다 구체적으로 확인하기 위해 Figure 3을 제시하였다. Figure 3은 프레임 비율 변화에 따라 Rounded 조건과 Angular 조건의 평균값이 어떻게 달라지는지를 보여준다.

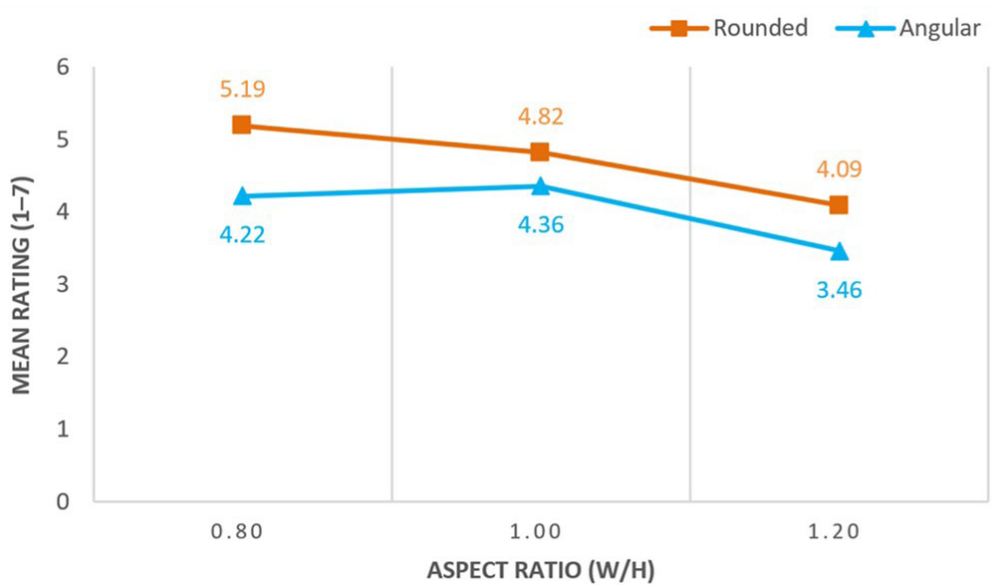


Figure 3 Mean ratings of competence and smartness by outline curvature and aspect ratio (error bars indicate  $\pm$ SE, N = 40).

Figure 3을 보면, Rounded 조건은 모든 비율 수준에서 Angular 조건보다 높은 평균을 유지하였으며, 두 조건 모두에서 W/H 비율이 증가할수록 평균이 전반적으로 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 결과는 기술적 인상 평가에서 곡률과 프레임 비율에 따른 조건별 평균 차이를 시각적으로 보여준다.

## 4. 논의

### 4. 1. 외곽 아웃라인 곡률과 사회적 인상

본 연구 결과는 센서 윈도우 기반 무표정 휴머노이드 얼굴에서도 외곽 아웃라인 곡률이 사회적 인상 형성에 중요한 시각적 단서로 작동할 수 있음을 보여준다. 반복측정 분산분석 결과, 곡률은 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 위협 관련 인상, 호감도 전반에 유의한 영향을 미쳤으며, 전반적으로 둥근 아웃라인은 각진 아웃라인보다 더 긍정적인 사회적 평가를 받았다. 특히 위협 관련 인상에서는 둥근 아웃라인이 더 낮은 위협감과 높은 심리적 편안함으로 지각되는 경향을 보였다. 이는 표정이나 세부 얼굴 요소가 제한된 조건에서도 외곽 형태 자체가 대상의 접근 가능성, 심리적 안전성, 사회적 수용성에 대한 관계적·정서적 판단의 출발점이 될 수 있음을 시사한다.

다만 사회적 인상이 모두 동일한 방식으로 형성된다고 보기는 어렵다. 본 연구에서 프레임 비율은 따뜻함과 위협 관련 인상에서 유의한 주효과를 보였고, 곡률과 프레임 비율의 상호작용 효과는 친근함, 따뜻함, 신뢰감, 호감도에서 유의하게 나타났다. 이는 사회적 인상이 기본적으로는 곡률의 영향을 중심으로 형성되면서도, 일부 평가 차원에서는 특정 비율 조건에 따라 그 효과의 강도가 달라질 수 있음을 의미한다. 따라서 센서 윈도우 기반 얼굴의 사회적 인상을 설명할 때에는 곡률을 핵심 형상 변수로 보되, 세부 사회적 평가에서는 프레임 비율과의 결합 효과도 함께 고려할 필요가 있다.

이러한 해석은 곡선형 형태가 보다 긍정적이고 수용적인 반응을 유도할 수 있다는 형태 지각 연구와도 맥을 같이한다. 다만 본 연구의 결과는 센서 윈도우 기반 무표정 얼굴과 2차원 정적 자극이라는 제한된 조건에서 도출된 것이므로, 모든 휴머노이드 얼굴이나 실제 상호작용 상황에 일반화하기보다는 제한된 맥락에서의 탐색적 결과로 이해할 필요가 있다.

### 4. 2. 프레임 비율과 기술적 인상

본 연구 결과는 센서 윈도우 기반 무표정 휴머노이드 얼굴에서도 외곽 아웃라인 곡률과 프레임 비율이 기술적 인상 형성에 의미 있는 단서로 작동할 수 있음을 보여준다. 반복측정 분산분석 결과, 곡률은 유능함, 스마트함, 정교함, 미래지향성 전반에 유의한 영향을 미쳤으며, 전반적으로 둥근 아웃라인은 각진 아웃라인보다 더 긍정적인 기술적 평가를 받는 경향을 보였다. 이는 기술적 인상 역시 단순한 기능 판단만이 아니라, 얼굴의 전체 형상이 유발하는 시각적 인상과 결합되어 형성될 수 있음을 시사한다.

다만 기술적 인상 역시 모든 항목이 동일한 방식으로 형성된다고 보기는 어렵다. 본 연구에서 프레임 비율은 유능함, 스마트함, 미래지향성에서는 유의한 주효과를 보였으나, 정교함에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 기술적 인상 항목에서는 곡률과 프레임 비율의 상호작용 효과가 유의하지 않았다. 따라서 프레임 비율은 기술적 인상 전체를 일관되게 설명하는 변수라기보다, 유능함, 스마트함, 미래지향성과 같은 특정 기술적 이미지 차원에 선택적으로 작동하는 형상 단서로 이해할 필요가 있다.

이러한 결과는 로봇 얼굴의 비율과 형태가 사용자의 기능적·기술적 추론에 영향을 미칠 수 있다는 선행 논의와 연결된다. 다만 본 연구의 결과는 센서 윈도우 기반 무표정 얼굴과 2차원 정적 자극이라는 제한된 조건에서 도출된 것이므로, 이를 실제 로봇 성능에 대한 평가로 일반화하기보다는 제한된 맥락에서의 탐색적 결과로 이해할 필요가 있다.

### 4. 3. 디자인 시사점과 연구의 한계

이상의 결과는 센서 윈도우 중심의 무표정 휴머노이드 얼굴 설계에서도 외곽 아웃라인 곡률과 프레임 비율이 독립적인 디자인 변수로 활용될 수 있음을 시사한다. 특히 곡률은 사회적 인상 전반에 비교적 일관된 영향을 미치는 핵심 형상 변수로 작동하였고, 프레임 비율은 기술적 인상의 일부 차원에 선택적으로 작동하는 보조적 변수로 나타났다. 이는 제한된 외형 조절만으로도 사용자에게 전달되는 인상의 방향을 일정 부분 설계할 수 있음을 의미한다. 예를 들어 안내형 또는 서비스형 로봇에는 보다 둥근 외곽 아웃라인이 적절할 수 있으며, 작업형 로봇에서는 프레임 비율의 조정을 통해 특정 기술적 이미지를 보완적으로 강화할 수 있다.

다만 본 연구는 2차원 정적 자극을 기반으로 수행되었기 때문에 실제 로봇 환경에서 경험되는 전체 신체 비례, 입체감, 재질, 색상, 조명, 움직임, 음성, 상호작용 방식 등을 충분히 반영하지 못한 한계가 있다. 실제 휴머노이드 로봇에 대한 인상은 얼굴의 외곽 형태만으로 형성되기보다, 로봇의 신체 구조, 표면 마감, 센서부의 발광 방식, 동작 패턴, 음성 피드백, 사용자와의 상호작용 맥락이 복합적으로 결합되면서 형성될 가능성이 크다. 또한 본 연구는 센서 윈도우 외의 세부 얼굴 구성 요소를 통제된 상태에서 외곽 형태와 비율의 효과를 검토하였으므로, 실제 적용 상황에서는 다른 디자인 요소와의 결합 효과가 다르게 나타날 가능성도 있다. 따라서 후속 연구에서는 3차원 모델, 실물 프로토타입, 재질 및 색상 조건, 모션 시나리오, 음성 반응, 실제 인간-로봇 상호작용 상황을 포함한 확장 연구를 통해 본 연구 결과의 외적 타당성과 적용 가능성을 보다 폭넓게 검토할 필요가 있다.

---

## 5. 결론

본 연구는 센서 윈도우 기반 무표정 휴머노이드 얼굴에서 외곽 아웃라인 곡률과 프레임 비율이 사용자 인상 형성에 미치는 영향을 검토하였다. 분석 결과, 외곽 아웃라인 곡률은 사회적 인상과 기술적 인상 전반에 비교적 일관된 영향을 미치는 형상 변수로 나타났으며, 프레임 비율은 사회적 인상의 일부 항목과 기술적 인상의 특정 차원에 선택적으로 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 특히 둥근 아웃라인은 보다 긍정적인 사회적 평가와 연결되었고, 프레임 비율은 유능함, 스마트함, 미래지향성과 같은 기술적 이미지 차원에서 제한적으로 작동하였다.

본 연구는 표정 변화가 거의 없는 휴머노이드 얼굴에서도 외곽 아웃라인 곡률과 프레임 비율이 유의미한 디자인 변수로 기능할 수 있음을 실증적으로 제시했다는 점에서 의의가 있다. 이는 센서 윈도우 중심의 얼굴 설계에서도 눈, 입, 표정과 같은 내부 얼굴 단서뿐 아니라 외곽 형태의 기하학적 조절을 통해 사용자의 사회적·기술적 인상을 일정 부분 조정할 수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구 결과는 센서 중심 휴머노이드 로봇 얼굴의 초기 콘셉트 개발 및 형상 방향 설정 단계에서 활용 가능한 기초 자료로 의미를 갖는다.

다만 본 연구는 2차원 정적 이미지 자극을 기반으로 수행되었기 때문에 실제 휴머노이드 로봇 경험에서 형성되는 복합적 인상을 충분히 반영하지 못한 한계가 있다. 실제 로봇에 대한 인상은 얼굴의 외곽 형태뿐만 아니라 전체 신체 비례, 입체적 형태, 재질, 색상, 조명, 움직임, 음성, 상호작용 방식 등이 결합되어 형성될 수 있다. 따라서 본 연구 결과를 실제 로봇 디자인 전반에 일반화하기 위해서는 추가적인 검증이 필요하다. 후속 연구에서는 3차원 모델, 실물 프로토타입, 재질 및 색상 조건, 발광 방식, 모션 시나리오, 음성 반응, 실제 인간-로봇 상호작용 실험 등을 포함하여 본 연구 결과의 외적 타당성과 실무 적용 가능성을 보다 폭넓게 검토할 필요가 있다.

## References

1. Bar, M., & Neta, M. (2006). Humans prefer curved visual objects. *Psychological Science*, 17(8), 645–648. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01759.x>

2. Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*, 1(1), 71–81. <https://doi.org/10.1007/s12369-008-0001-3>
3. Bin, T., Yan, H., Wang, N., Nikolić, M. N., Yao, J., & Zhang, T. (2025). A survey on the visual perception of humanoid robot. *Biomimetic Intelligence and Robotics*, 5, 100197. <https://doi.org/10.1016/j.birob.2024.100197>
4. Boston Dynamics. (2025). Atlas humanoid robot. <https://www.bostondynamics.com/products/atlas>
5. DiSalvo, C. F., Gemperle, F., Forlizzi, J., & Kiesler, S. (2002). All robots are not created equal: The design and perception of humanoid robot heads. In *Proceedings of the 4th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques* (pp. 321–326). <https://doi.org/10.1145/778712.778756>
6. Figure AI. (2025). *Figure 03*. <https://www.figure.ai/>
7. Fiske, S. T., Cuddy, A. J. C., Glick, P., & Xu, J. (2002). A model of (often mixed) stereotype content: Competence and warmth respectively follow from perceived status and competition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82(6), 878–902. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.82.6.878>
8. Geniole, S. N., Denson, T. F., Dixon, B. J. W., Carré, J. M., & McCormick, C. M. (2015). Evidence from meta-analyses of the facial width-to-height ratio as an evolved cue of threat. *PLoS ONE*, 10(7), e0132726. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132726>
9. Kalegina, A., Schroeder, G., Allchin, A., Berlin, K., & Cakmak, M. (2018). Characterizing the design space of rendered robot faces. In *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 96–104). <https://doi.org/10.1145/3171221.3171286>
10. Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning*. University of Illinois Press.
11. Roychoudhury, A., Khorshidi, S., Agrawal, S., & Bennewitz, M. (2023). Perception for humanoid robots. *Current Robotics Reports*, 4, 127–140. <https://doi.org/10.1007/s43154-023-00107-x>
12. Song, Y., & Luximon, Y. (2021). The face of trust: The effect of robot face ratio on consumer preference. *Computers in Human Behavior*, 116, 106620. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106620>
13. Westerman, S. J., Gardner, P. H., Sutherland, E. J., White, T., Jordan, K., Watts, D., & Wells, S. (2012). Product design: Preference for rounded versus angular design elements. *Psychology & Marketing*, 29(8), 595–605. <https://doi.org/10.1002/mar.20546>
14. WIRobotics. (2025). ALLEX. <https://www.wirobotics.com>

# 센서 윈도우 기반 휴머노이드 얼굴의 인상에 대한 아웃라인 곡률과 프레임 비율의 영향

김강두\*

한국기술교육대학교 디자인공학과, 교수, 천안, 대한민국

## 초록

**연구배경** 최근 휴머노이드 로봇 얼굴 전면부는 감정 표정보다 센서 및 지각 기능 중심으로 설계되는 경향이 강화되고 있다. 이에 따라 센서 윈도우 중심의 무표정 얼굴에서 외곽 아웃라인 형태가 사용자 인상 형성에 미치는 영향을 검토할 필요가 있다. 본 연구는 센서 윈도우를 갖는 휴머노이드 얼굴에서 외곽 아웃라인 곡률과 프레임 비율이 사회적·기술적 인상 평가에 미치는 영향을 분석하였다.

**연구방법** 센서 윈도우의 시각적 속성을 통제된 상태에서 아웃라인 곡률 2수준(각집, 둥글)과 프레임 비율 3수준( $W/H = 0.80, 1.00, 1.20$ )을 조합한 총 6개의 자극을 제작하였다. 성인 40명을 대상으로  $2 \times 3$  피험자 내 반복측정 실험을 수행하였으며, 참가자는 각 자극에 대해 사회적 인상, 기술적 인상, 조작점검 문항을 7점 의미분별척도로 평가하였다.

**연구결과** 분석 결과, 곡률과 프레임 비율 조작은 모두 의도한 방향으로 지각되었다. 사회적 인상에서는 둥글 조건이 각집 조건보다 전반적으로 높게 평가되었으며, 프레임 비율에 따라서는  $W/H = 1.00$  조건에서 가장 높게 나타났다. 기술적 인상에서도 둥글 조건이 상대적으로 긍정적으로 평가되었고, 프레임 비율은  $W/H = 0.80$  조건에서 가장 높고  $W/H = 1.20$  조건에서 가장 낮은 경향을 보였다. 반복측정 분산분석 결과, 곡률은 사회적·기술적 인상 전반에 비교적 일관된 영향을 미쳤고, 프레임 비율은 사회적 인상의 일부 항목과 기술적 인상의 특정 차원에 선택적으로 영향을 미쳤다.

**결론** 이러한 결과는 센서 윈도우 기반 무표정 휴머노이드 얼굴에서도 외곽 아웃라인의 기하학적 특성이 사용자 인상 형성에 유의미하게 작용함을 시사한다. 특히 곡률은 사회적 인상 형성에 보다 일관된 영향을 보였으며, 프레임 비율은 사회적·기술적 인상의 일부 차원을 조정하는 변수로 기능할 가능성이 확인되었다. 본 연구는 센서 중심 휴머노이드 얼굴 디자인의 초기 형상 결정 단계에 활용 가능한 기초 자료를 제공한다.

**주제어** 센서 윈도우, 휴머노이드 로봇 얼굴, 인상 형성, 아웃라인 곡률, 프레임 비율

이 논문은 2024년도 한국기술교육대학교 신입교수 연구과제 지원에 의하여 연구되었음.

\*교신저자 : 김강두 (kangdoo.kim@koreatech.ac.kr)