

박물관 체화된 상호작용의 사용자 경험에 관한 연구: 사용자 중심 최적화 프레임워크

User Experience of Embodied Interaction in Museums: A User-Centered Optimization Framework

저우이쉬안^{1*}, 장빙설²

Yixuan Zhou^{1*}, Bingxue Zhang²

요약

몰입형 인터랙션 기술의 발전에 따라 박물관의 관람 방식은 전통적인 정적 관조에서 동적 상호작용과 몰입형 경험으로 전환되고 있다. 신체를 매개로 다감각적 협응을 강조하는 체화된 상호작용은 문화 전달을 증진하고 관람객 참여를 심화하는 핵심적인 패러다임으로 부상하였다. 그러나 기존 연구는 주로 기술적 구현에 초점을 맞추어 왔으며 사용자 중심의 체계적인 경험 최적화 프레임워크에 관한 연구는 여전히 미진한 실정이다. 본 연구는 먼저 델파이 기법을 통해 5개 차원과 22개 지표로 구성된 계층적 요구 체계를 구축하였다. 이어 카노 모델 기반의 이원적 설문조사를 실시하고 만족도 지수와 민감도 지수를 활용하여 요구 속성이 사용자 만족도에 미치는 차별적 영향을 정량화하고 지표별 우선순위를 산정하였다. 이를 바탕으로 본 연구는 사용자 중심의 최적화 프레임워크를 구축하고 최적화 전략을 제안하였다. 연구 결과 당연적 요구를 우선 확보하여 체험 기반을 구축하고 일원적 요구 수준을 제고하여 만족도를 향상시키며 매력적 요구를 전략적으로 개발하여 체험적 즐거움이나 새로움을 창출해야 한다. 또한 무관심 요구의 잠재적 가치에 주목하고 포용적 디자인이 최적화 전 과정에 반영되어야 함을 강조한다. 본 연구는 박물관 체화된 상호작용의 사용자 경험 최적화를 위한 체계적인 요구 분석 방법을 제공한다.

핵심어 : 체화된 상호작용, 사용자 경험, 박물관, 사용자 중심 디자인

Abstract

With the development of immersive interaction technologies, museum experiences are transitioning from traditional static viewing to dynamic interaction and immersive engagement. Embodied interaction utilizing the body as a medium and emphasizing multisensory coordination has emerged as a pivotal paradigm for enhancing cultural dissemination and deepening audience engagement. However, current research

1 College of Design and Innovation, Zhejiang Normal University, Jinhua, China [Lecturer]

e-mail: chowyh@zjnu.edu.cn (Corresponding author)

2 Department of Applied Art, Hanyang University, Seoul, Korea [Ph.D. Candidate]

e-mail: bingxue1103@hanyang.ac.kr

* This research was funded by the Zhejiang Provincial Philosophy and Social Sciences Planning Annual Project (No. 26NDJC011YBMS).

Received(January 25, 2026), Review Result(1st: February 18, 2026), Accepted(March 13, 2026), Published(March 31, 2026)



© 2026 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

predominantly focuses on technical implementation while the systematic, user-centered experience optimization frameworks remain underexplored. This study first established a hierarchical requirement system comprising 22 indicators across five dimensions through the Delphi method. Subsequently, a bilateral questionnaire based on the Kano model was conducted, employing the Satisfaction Index and Sensitivity Ratio to quantify the differential effects of requirement attributes on user satisfaction and to determine indicator prioritization. On this basis, this research constructed a user-centered optimization framework and proposed optimization strategies. The findings suggest that priority should be given to must-be qualities to establish an experience baseline, while one-dimensional qualities should be enhanced to increase satisfaction, and attractive qualities should be strategically developed to generate experiential delight or novelty. Furthermore, the study highlights the latent value of indifferent qualities and emphasizes that inclusive design should permeate the entire optimization process. This research provides a systematic requirement analysis method for the user experience optimization of museum embodied interaction.

Keyword : Embodied Interaction, User Experience, Museums, User-Centered Design

1. 서론

1.1 연구 배경과 목적

인공지능, 몰입형 인터랙션 기술, 빅데이터 등 첨단 기술의 지속적인 발전에 따라 박물관의 체험 방식은 전통적인 정적 관람 중심의 형태에서 동적인 상호작용과 몰입형 경험으로 점차 전환되고 있다 [1]. 이러한 변화는 단순한 기술 수단의 혁신을 넘어, 문화 전파에 대한 인식과 패러다임의 전면적인 재구성을 의미한다. 대중의 문화적 체험에 대한 요구가 지속적으로 증대되는 가운데, ‘인간 중심’의 디자인 사고는 박물관 전시 전략 전반에 깊이 반영되고 있다. 관람객은 더 이상 수동적인 정보 수용자에 머무르지 않고, 문화적 의미 형성에 능동적으로 참여하는 주체로 전환되었으며, 정서적 공감, 신체적 체험, 그리고 문화적 정체성에 대한 관심 또한 점차 확대되고 있다. 이러한 맥락에서 신체적 참여, 공간 지각, 몰입 경험을 유기적으로 결합한 체화된 상호작용은 박물관 전시 디자인의 주요한 발전 방향으로 부상하고 있다. 마우스나 키보드와 같은 전통적인 인터페이스에 의존하는 상호작용 방식과 달리, 체화된 상호작용은 신체를 핵심 매개로 하여 사용자가 제스처, 동작, 촉각 등을 통해 시스템과 보다 자연스럽게 다감각적인 상호작용을 수행하도록 유도한다. 이를 통해 관람객은 전시 콘텐츠를 보다 심층적으로 이해하고 장기적으로 인지·기억할 수 있게 된다. 이러한 접근은 인간 중심의 체험 지향적 가치와 부합할 뿐만 아니라, 문화유산 및 과학교육 등 다양한 콘텐츠 전시에 새로운 표현 가능성을 제시한다.

박물관 공간에서의 체화된 상호작용은 단순한 기술적 수단을 넘어, 관람객·전시 공간·문화 콘텐츠 간의 관계를 재구성하는 새로운 전시 경험 방식으로 기능한다. 동작 인식, 골격 추적, 공간 매핑, 음성 인식 및 실시간 피드백 등의 기술을 통해 관람객의 신체적 행위는 전시 서사에 유기적으로 통합되며, 이러한 다감각적 참여 방식은 지식의 이해를 촉진함과 동시에 정서적 공감을 심화시

키는 역할을 한다 [2]. 구체적인 사례로, 미국 클리블랜드 미술관에서는 신체 매핑 기반의 상호작용 장치를 도입한 이후 관람객의 평균 체류 시간이 9.5분을 초과하였고, 탐색하는 예술 작품의 수도 또한 유의미하게 증가한 것으로 보고되었다. 조사 결과, 응답자의 88%는 상호작용 경험이 작품과의 친밀감을 강화하였다고 인식하였으며, 70%는 해당 경험을 통해 실물 작품에 보다 적극적으로 접근하고자 하는 동기가 형성되었다고 응답하였다. 더 나아가, 94%의 이용자가 추가 관람 또는 재방문 의사를 표명한 것으로 나타났다 [3]. 이러한 결과는 체화된 상호작용이 사용자 고착도를 제고하고 문화적 흡인력을 강화하는 데 실질적으로 기여함을 보여주며, 박물관 전시 환경에서의 높은 적용 가능성과 확장 잠재력을 실증적으로 시사한다.

박물관 환경에서 체화된 상호작용이 이미 폭넓게 적용되고 있음에도 불구하고, 사용자 관점에서의 요구 식별과 이를 반영한 디자인 전략에 관한 연구는 여전히 제한적인 수준에 머물러 있다. 다수의 실제 적용 사례에서는 기술적 구현과 시각적 효과의 달성에 상대적으로 집중하는 경향이 나타나며, 그 결과 관람객의 행동 논리, 지각적 피드백, 조작 습관 등 사용자 경험 전반에 걸친 실질적인 요구가 충분히 고려되지 못하고 있다. 이러한 기술 중심적 접근은 상호작용 과정의 과도한 복잡성, 인식 반응의 지연, 피드백 정확도의 저하와 같은 문제를 초래하며, 궁극적으로는 전체 사용자 경험의 질을 악화시켜 ‘사용자 중심’ 체험 최적화의 실현을 제약한다. 따라서 체화된 상호작용 맥락에서의 사용자 경험 요구를 체계적으로 정리하고 구조화하는 작업은 박물관 상호작용 설계의 과학성과 합리성을 제고하기 위한 핵심 과제로 부상하고 있다. 이에 본 연구는 박물관 체화된 상호작용 디자인을 대상으로 한 계층적 사용자 요구 지표 체계를 구축하고, 서로 다른 요구 속성이 사용자 만족도에 미치는 차별적 영향을 분석하는 것을 주요 목적으로 한다. 나아가 이러한 분석 결과를 토대로 표적화된 체험 최적화 전략을 제안함으로써, 박물관 체화된 상호작용 디자인의 지속 가능한 발전을 위한 이론적 기반을 제공하고자 한다.

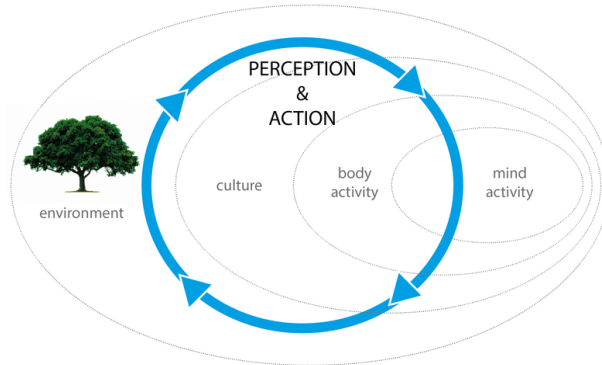
1.2 연구 범위와 방법

본 연구는 국내외 선행 학술지 및 관련 간행물에 대한 체계적인 문헌 고찰을 통해 체화된 상호작용의 개념적 정의와 카노 모델의 이론적 구조와 기능을 검토하였다. 이를 토대로 박물관 체화된 상호작용을 대상으로 한 사용자 중심 최적화 프레임워크를 체계적으로 구축하였다. 구체적으로, 본 연구는 먼저 델파이 기법을 통해 5개 차원과 22개 지표로 구성된 계층적 요구 체계를 도출하였다. 이어 카노 모델 기반의 이원적 설문조사를 실시하고, 만족도 지수(SI - DSI)와 민감도 지수(SR)를 활용하여 각 요구 속성이 사용자 만족도에 미치는 차별적 영향과 지표별 우선순위를 분석하였다. 최종적으로 본 연구는 이러한 분석 결과를 종합하여 박물관 체화된 상호작용 디자인의 사용자 경험을 효과적으로 개선하기 위한 최적화 전략을 제시한다.

2. 이론적 배경

2.1 체화된 상호작용의 개념

체화된 상호작용은 20세기 말 이후 인간 - 컴퓨터 상호작용(HCI) 분야에서 발전해 온 상호작용 방식으로, 그 이론적 기반은 체화된 인지 이론에 두고 있다([그림 1] 참조). 체화된 인지 이론은 Varela 등이 저서 『The Embodied Mind』에서 처음 제시한 개념으로, 인지를 단순한 뇌 내부의 정보 처리나 계산 과정으로 한정하지 않고, 개인의 신체적 행위, 환경에 대한 지각, 그리고 사회적·상황적 맥락과 긴밀하게 연관된 과정으로 이해한다. 이는 신체, 환경, 그리고 마음이 상호 분리된 요소가 아니라 유기적으로 결합되어 인지 활동을 구성한다는 점을 강조한다 [4]. 이러한 이론적 토대를 바탕으로 Dourish는 『Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction』을 통해 ‘체화된 상호작용’ 개념을 제시하였다. 그는 상호작용을 사용자와 시스템 간의 단순한 정보 전달 과정으로 이해하는 기존 관점에서 벗어나, 이를 인지 과정의 일부로 보아야 한다고 주장하였다. 즉, 상호작용이란 개인이 특정한 상황적 맥락 속에서 신체적 행위를 매개로 주변 환경과 협응하며 의미를 구성해 나가는 과정으로 정의된다 [5]. 이러한 관점은 신체 참여, 공간적 지각, 그리고 관람객의 경험을 중시하는 현대 박물관 전시 디자인에 중요한 이론적 근거를 제공한다.

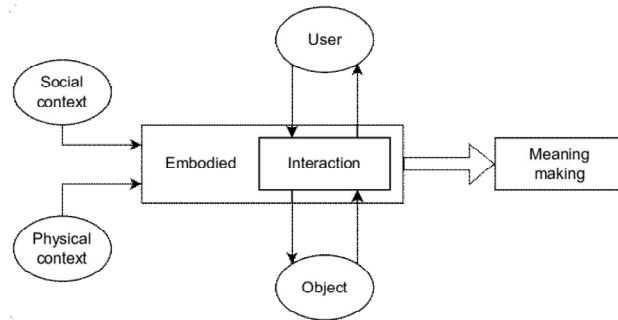


[그림 1] 체화된 인지 이론 [6]

[Fig. 1] Embodied Cognition Theory

디자인적 차원에서 체화된 상호작용은 신체적 지각과 신체 동작을 통해 주변 환경과 직접적으로 상호작용함으로써 정보를 전달하고 과업을 수행하며, 나아가 몰입형 경험을 구현하는 방식으로 정의된다 [7]. 본질적으로 체화된 상호작용은 신체적 참여, 상황적 지각, 그리고 의미 구축이 결합된 상호작용 과정으로 이해될 수 있다([그림 2] 참조). 이러한 상호작용 모델은 사용자의 현존감,

감각의 전면적인 동원, 그리고 상호작용 피드백의 즉각성을 특히 강조한다. 동작 인식, 골격 추적, 공간 위치 추적, 음성 인식 등의 기술을 통해 시스템은 사용자의 행위를 보다 자연스럽게 이해하고 이에 반응할 수 있으며, 이를 통해 상호작용 과정은 인간의 자연스러운 인지 습관에 더욱 부합하게 된다. 이러한 기술적 구현은 결과적으로 관람객의 직관적인 조작 경험을 강화하고, 전시 콘텐츠에 대한 심층적인 인지와 이해를 촉진한다.



[그림 2] 체화된 상호작용의 시스템 표현 [8]

[Fig. 2] System Representation of Embodied Interaction

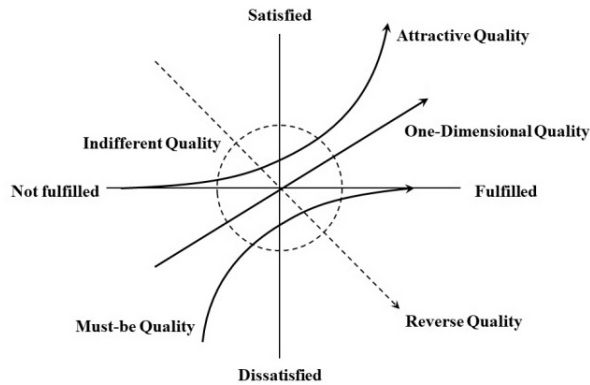
박물관 환경에서 체화된 상호작용은 문화 콘텐츠를 중심으로 전개되며, 관람객의 신체 동작과 감각적 경험을 통해 참여 가능하고 지각 가능한 몰입형 상호작용 환경을 형성한다. 관람객은 자신의 신체적 행위를 통해 전시 내용에 능동적으로 개입함으로써 콘텐츠와 보다 심층적인 관계를 형성하고, 이러한 상호작용 과정 속에서 지식 습득, 정서적 몰입, 그리고 문화적 정체성 형성이라는 복합적인 목표를 달성하게 된다. 이러한 메커니즘 하에서 사용자는 더 이상 단순한 정보 수용자에 머무르지 않고, 신체적 행위를 매개로 개인화된 이해와 경험을 생성하는 능동적인 주체로 전환된다. 이는 박물관 관람 방식이 일방적인 시각적 감상에서 벗어나, 보다 참여적이고 구성주의적인 탐색 과정으로 확장되는 변화를 의미한다 [9]. 이상의 논의를 종합하면, 체화된 상호작용은 감각적 경험, 상호작용 기술, 그리고 디자인 철학이 융합된 모델인 동시에, 신체적 참여를 기반으로 하는 인지 방식이라 할 수 있다. 이는 현대 박물관이 기존의 전통적 전시 패러다임을 넘어 문화 콘텐츠의 심층적인 전달과 관람객의 능동적인 참여를 실현하는 데 있어 새로운 해결 방안을 제시한다.

2.2 카노 모델의 구조와 기능

카노 모델은 Noriaki Kano가 제안한 이론으로, 사용자 요구와 만족도 간의 관계를 분석하기 위한 비선형적 분석 틀이다([그림 3] 참조). 본 모델은 전통적인 선형 서비스 품질 이론이 지니는 한계를 보완하여, 사용자 요구를 다차원적으로 분류하고 요구 유형에 따라 만족도에 미치는 영향 양상이

상이함을 설명한다 [10]. 이러한 관점은 상호작용 디자인 및 사용자 경험 최적화 과정에서 요구 속 성별 전략적 우선순위를 설정하는 데 중요한 이론적 근거를 제공한다.

카노 모델은 사용자 요구를 당연적 요구(Must-be quality), 일원적 요구(One-dimensional quality), 매력적 요구(Attractive quality), 무관심 요구(Indifferent quality), 역 요구(Reverse quality)의 다섯 가지 유형으로 분류한다. 당연적 요구는 사용자가 기본적으로 기대하는 최소 수준의 요구로, 충족 시 당연하게 인식되어 만족도 향상에 제한적이나, 미충족 시 강한 불만을 초래한다. 일원적 요구는 충족 수준과 사용자 만족도 간에 선형적 관계가 형성되어, 충족될수록 만족도가 증가하고 충족되지 않을수록 만족도가 저하된다. 매력적 요구는 사용자의 사전 기대를 초과하는 요소로, 실현 시 만족도를 현저히 향상시키나 결여되어도 불만으로 직결되지 않는다. 무관심 요구는 사용자 만족도 형성에 실질적 영향을 미치지 않는 유형이다. 마지막으로, 역 요구는 동일 기능에 대해 사용자 집단별로 상반된 평가가 나타나는 속성을 의미한다.



[그림 3] 카노 모델의 구조 [11]

[Fig. 3] Structure of the Kano Model

3. 사용자 중심의 계층적 요구 지표 체계

박물관 체화된 상호작용의 사용자 요구 지표 체계를 체계적으로 구축하기 위하여, 본 연구는 델파이 기법(Delphi method)을 적용하였다. 델파이 기법은 전문가 집단을 대상으로 다회차에 걸친 설문과 피드백 과정을 반복함으로써, 전문가 간의 간접적인 상호작용과 점진적인 합의 형성을 통해 복잡하고 다차원적인 연구 문제를 구조화하는 방법론이다. 본 연구에서는 이러한 특성을 활용하여 사용자 요구 지표의 내용 타당성과 구조적 합리성을 확보하고자 하였다.

본 연구의 사용자 요구 지표 도출 절차는 다음과 같다. 먼저 체화된 상호작용, 박물관학, 사용자 경험 등 관련 분야의 국내외 선행 연구를 체계적으로 고찰하고, 이를 통해 고빈도 핵심 키워드를

추출하였다. 해당 키워드를 토대로 총 52개 지표로 구성된 초기 지표 프레임워크를 구축하였다. 이후 박물관학, 인터랙션 디자인, 사용자 경험, 심리학 분야의 전문가 10인으로 구성된 다학제적 전문가 패널을 조직하였다. 전문가 패널은 다회차에 걸친 온·오프라인 설문 조사 및 피드백 과정을 통해 사용자 요구 지표를 단계적으로 검토하고 정제하였다. 제1차 델파이 조사에서는 전문가들이 초기 프레임워크에 포함된 각 지표의 중요도와 적용 가능성을 독립적으로 평가하고, 수정 및 보완에 대한 의견을 제시하였다. 제2차 조사에서는 1차 조사에서 도출된 의견 차이를 반영하여 지표의 통합, 삭제 및 재정의를 수행함으로써 지표 체계의 일관성과 개념적 타당성을 제고하였다. 제3차 조사에서는 수정·보완된 최종안을 대상으로 체계 내 논리적 모순 여부를 재검증하고, 각 지표의 세부 정의에 대한 최종 조정을 실시하였다. 이러한 세 차례의 반복적 피드백과 합의 형성 과정을 거쳐 전문가 집단 간의 공통된 인식이 도출되었으며, 최종적으로 5개 차원과 22개 지표로 구성된 사용자 중심의 계층적 요구 지표 체계가 확정되었다. 확정된 지표 체계는 [표 1]에 제시한다.

[표 1] 사용자 중심의 계층적 요구 지표 체계

[Table 1] User-Centered Hierarchical Requirements Indicator System

차원	지표	차원	지표
A. 콘텐츠 경험 (Content Experience)	A1. 문화 세부 복원 (Cultural Detail Restoration)	C. 피드백 경험 (Feedback Experience)	C3. 감성적 피드백 (Affective Feedback)
	A2. 역사적 장면 재현 (Historical Scene Recreation)		C4. 조작 안내 (Operation Guidance)
	A3. 예술적 시각 디자인 (Artistic Visual Design)		C5. 오류 안내 (Error Prompts)
	A4. 내러티브 콘텐츠 구성 (Narrative Content Organization)	D. 적응 경험 (Adaptation Experience)	D1. 사용자 주도형 탐색 (User-Led Exploration)
	A5. 게이미피케이션 경험 설계 (Gamified Experience Design)		D2. 관련 콘텐츠 추천 (Related Content Recommendation)
B. 조작 경험 (Operation Experience)	B1. 멀티모달 입력 (Multimodal Input)		D3. 다국어 지원 (Multilingual Support)
	B2. 조작 가역성 (Operation Reversibility)		D4. 접근성 기능 지원 (Accessibility Support)
	B3. 저피로 상호작용 설계 (Low-Fatigue Interaction Design)		D5. 난이도 자동 조절 (Adaptive Difficulty Adjustment)
	B4. 실시간 반응 (Real-Time Responsiveness)	E. 사회적 경험 (Social Experience)	E1. 다중 사용자 협업 (Multi-User Collaboration)
C1. 멀티모달 피드백 (Multimodal Feedback)	E2. 소셜 미디어 공유 (Social Media Sharing)		
	C2. 인식 상태 피드백 (Recognition Status Feedback)		E3. 성과 표시 (Achievement Display)




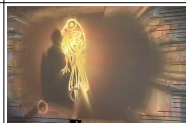
구체적으로 본 지표 체계는 사용자 경험 관점에 기반하여 콘텐츠 경험, 조작 경험, 피드백 경험,

적용 경험, 사회적 경험의 다섯 가지 차원으로 구성된다. 각 차원은 박물관 체화된 상호작용의 핵심 특성을 반영하며, 세부 지표는 실제 전시 환경에서 관람객이 체험할 수 있는 구체적인 디자인 표현 형식과 대응된다. 각 지표에 대응하는 디자인 표현 형식과 해당 사례는 [표 2]에 제시한다.

[표 2] 디자인 표현 형식과 해당 사례

[Table 2] Design Expression Formats and Corresponding Examples

표현 형식	사례	표현 형식	사례
A1. 유물의 실제 세부 요소를 고해상도로 복원함(재질 질감, 미세 조각 확대 관찰 등)		C3. 분위기 연출을 통해 감성적 피드백을 전달함(따뜻한 조명, 잔잔한 음악 등)	
A2. 유물이 존재하던 역사적 맥락을 동적으로 재현함(석굴이나 궁전 공간 몰입 경험 등)		C4. 미묘한 단서로 다음 행동을 유도함(빛의 흐름, 방향성 음향, 그래픽 안내 등)	
A3. 역사적 미감에 부합하는 시각적 스타일을 적용함(수묵화 효과, 청동·금박 질감 등)		C5. 오류 발생 시 올바른 조작 방식을 안내함(안내 애니메이션이나 텍스트 등)	
A4. 인물 여정이나 유물 유래를 중심으로 콘텐츠를 구성함(캐릭터 여정, 신화 이야기 탐색 등)		D1. 탐색 경로와 속도를 자율적으로 결정함(신체나 손짓을 통한 콘텐츠 선택 및 활성화 등)	
A5. 신체 참여형 게임 과제를 통해 능동적 탐색을 유도함(동작 퍼즐, 신체 기반 문제 해결 등)		D2. 사용자의 관심 행동에 따라 연관 콘텐츠 신호가 활성화됨(도해식 콘텐츠 제시 등)	
B1. 자연스러운 동작을 통한 조작을 지원함(손짓으로 페이지 넘기기, 보행을 통한 선택 등)		D3. 접근 시 모국어 해설이 자동 재생됨(언어 자동 인식 및 전환 등)	
B2. 직관적인 신체 동작으로 조작을 취소할 수 있음(뒤로 물러서기, 반대 방향 손짓 등)		D4. 무장애 상호작용을 지원함(시선 높이 조절, 촉각 경로 등)	
B3. 신체 피로를 최소화하도록 동작을 설계함(팔을 내린 상태의 조작, 미세한 회전 등)		D5. 사용자 수행 수준에 따라 난이도를 자동 조절함(어린이용 간소화 모드 등)	
B4. 사용자 조작에 시스템이 즉각적이고 매끄럽게 반응함(시각 효과 동기화, 지연 최소화 등)		E1. 여러 관람객의 협력이 필요한 상호작용을 제공함(동기화된 동작, 신체 연결 등)	

C1.다감각 동시 피드백으로 몰입감을 강화함(조명·음향·바닥 진동의 동기화 등)		E2.QR 스캔을 통해 공유 가능한 디지털 기념품을 생성함(체험 영상 및 사진 생성 등)	
C2.사용자 동작 인식 성공 시 환경적 신호로 이를 알림(발밑 조명, 받침대 호흡 조명 등)		E3.공간 연출이나 대형 스크린으로 참여 성과를 시각화함(라이팅 쇼, 거대 스크린 연출 등)	

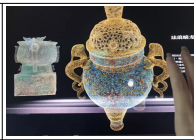
4. 실증 연구

4.1 이원적 설문조사

각 요구 지표의 속성을 심층적으로 규명하기 위하여, 본 연구는 2025년 8월 16일부터 9월 5일까지 카노 모델에 기반한 이원적 설문조사를 실시하였다. 설문은 특정 기능의 존재 여부에 따른 사용자 만족도의 변화를 포착하기 위해, ‘해당 기능이 존재할 경우의 만족도’와 ‘해당 기능이 존재하지 않을 경우의 만족도’를 각각 측정하는 긍정 문항과 부정 문항으로 구성되었다. 이를 통해 요구가 충족되었을 때와 충족되지 않았을 때 나타나는 사용자 태도의 차이를 분석하고자 하였다. 설문 문항은 선행 단계에서 구축된 지표 체계를 토대로 설계되었으며, 응답자의 이해 부담을 완화하고 응답의 정확성과 신뢰도를 제고하기 위해 각 지표에 대한 간략한 설명과 관련 사례를 함께 제시하였다. 만족도 측정은 리커트 5점 척도를 활용하였으며 설문 예시는 [표 3]과 같다.

[표 3] 설문 문항 예시

[Table 3] Sample Survey Items

A1.문화 세부 복원(Cultural Detail Restoration)				
유물의 실제 세부 요소를 고해상도로 복원함(재질 질감, 미세 조각 확대 관찰 등) Restore authentic artifact details with high fidelity (e.g., zooming in on material textures and micro-carvings).				
긍정 질문 (Functional Question) 해당 기능이 제공될 경우(요구가 충족될 경우), 귀하의 만족도는 어떠합니까?				
매우 만족 (5)	만족 (4)	보통 (3)	불만족 (2)	매우 불만족 (1)
부정 질문 (Dysfunctional Question) 해당 기능이 제공되지 않을 경우(요구가 충족되지 않을 경우), 귀하의 만족도는 어떠합니까?				
매우 만족 (5)	만족 (4)	보통 (3)	불만족 (2)	매우 불만족 (1)

2020년 치타모바일 연구센터(Research Center of Cheetah Mobile)에서 발간한 『박물관 관람객 조사 보고서』에 따르면, 전체 박물관 관람객 중 18세에서 40세에 해당하는 연령층의 비중은 88.65%로 나타났다 [12]. 이는 18세에서 40세 사이의 연령 집단이 박물관 관람객 구성에서 핵심적인 비중

을 차지하고 있음을 보여준다. 이에 본 연구는 연구 대상의 적합성과 분석 결과의 대표성을 확보하기 위하여, 18세 이상 40세 이하의 관람객 중 박물관에서 신체 동작 기반 상호작용 전시 콘텐츠를 실제로 체험한 경험이 있는 이용자를 조사 대상으로 선정하였다. 단, 연구 범위의 일관성을 유지하기 위해 VR 등 헤드마운트 디스플레이 기반 전시는 대상에서 제외하였다.

설문지는 온라인과 오프라인 방식을 병행하여 배포되었으며, 총 163부가 회수되었다. 이 중 응답이 불완전하거나 작성 시간이 과도하게 짧은 경우, 또는 설문 지침에 부합하지 않게 응답한 사례를 무효 표본으로 분류하여 제외하였고, 최종적으로 125부의 유효 설문지를 분석에 활용하였다. 이에 따른 유효 응답률은 76.7%이다. 설문 조사 결과를 바탕으로 본 연구는 각 사용자 요구 지표의 속성을 판정하였다. 속성 판정은 카노 모델의 요구 속성 판별 매트릭스에 근거하여 수행되었으며, 긍정 질문과 부정 질문에 대한 응답 빈도를 각각 집계한 후 이를 교차 분석함으로써 각 지표의 지배적 요구 속성을 도출하였다. 요구 속성 판별 매트릭스는 [표 4]와 같으며 매력적(A), 일원적(O), 당연적(M), 무관심(I), 역(R) 요구를 기준으로 한다. 또한 분석의 타당성을 제고하고자 회의적 요구(Questionable, Q)를 활용하여 긍정·부정 문항 간 논리적 모순이 존재하는 응답을 선별 및 배제함으로써 데이터의 정제도를 높였다.

[표 4] 요구 속성 판별 매트릭스
 [Table 4] Requirements Attribute Determination Matrix

문항		부정 질문				
		매우 만족	만족	보통	불만족	매우 불만족
긍정 질문	매우 만족	Q	A	A	A	O
	만족	R	I	I	I	M
	보통	R	I	I	I	M
	불만족	R	I	I	I	M
	매우 불만족	R	R	R	R	Q

각 요구 지표가 사용자 만족도에 미치는 구체적인 영향력을 평가하기 위하여, 본 연구는 먼저 최빈값을 기준으로 각 지표의 지배적 품질 속성을 판정하였다. 이후 SPSSAU를 활용하여 각 지표의 만족도 지수(SI, Satisfaction index)와 불만족도 지수(DSI, Dissatisfaction index)를 산출하고 통계 분석을 수행하였으며, 그 결과는 [표 5]에 제시하였다. SI와 DSI는 각각 요구가 충족되었을 때와 충족되지 않았을 때 나타나는 사용자 만족도의 변화 폭을 정량적으로 나타내는 지표이다. 특정 지표의 SI 값 또는 DSI 값의 절댓값이 1에 근접할수록, 해당 지표가 사용자의 정서적 반응과 만족도 형성에 미치는 영향력이 크다는 것을 의미한다. 반대로 SI와 DSI의 절댓값이 모두 0에 가까운 경우, 해당 요구가 사용자 만족도 또는 불만족도에 미치는 영향은 상대적으로 제한적인 것으로 해석할 수 있다. 각 지수의 산출 공식은 다음과 같다.

$$SI = \frac{A + O}{A + O + M + I} \quad (1)$$

$$DSI = (-1) \times \frac{O + M}{A + O + M + I} \quad (2)$$

[표 5] 통계 결과

[Table 5] Statistical Results

지표	A	O	M	I	R	Q	속성	SI	DSI	지표	A	O	M	I	R	Q	속성	SI	DSI
A1	18	12	52	27	10	6	M	0.28	-0.59	C3	44	5	31	26	13	6	A	0.46	-0.34
A2	28	35	18	30	8	6	O	0.57	-0.48	C4	12	35	48	20	6	4	M	0.41	-0.72
A3	24	34	24	28	11	4	O	0.53	-0.53	C5	16	27	49	20	9	4	M	0.38	-0.68
A4	17	38	10	37	17	6	O	0.54	-0.47	D1	26	7	8	68	11	5	I	0.30	-0.14
A5	51	16	14	20	18	6	A	0.66	-0.30	D2	30	5	5	63	16	6	I	0.34	-0.10
B1	43	7	21	32	14	8	A	0.49	-0.27	D3	17	9	18	71	6	4	I	0.23	-0.23
B2	17	23	37	36	5	7	M	0.35	-0.53	D4	21	5	13	69	7	10	I	0.24	-0.17
B3	27	20	50	15	9	4	M	0.42	-0.63	D5	36	2	24	34	21	8	A	0.40	-0.27
B4	10	26	69	12	5	3	M	0.31	-0.81	E1	32	5	29	28	26	5	A	0.39	-0.36
C1	17	36	21	32	10	9	O	0.50	-0.54	E2	42	4	27	30	16	6	A	0.45	-0.30
C2	9	24	68	15	6	3	M	0.28	-0.79	E3	36	5	13	50	15	6	I	0.39	-0.17

조사 결과에 따르면, 총 22개의 지표는 카노 모델에 따라 네 가지 요구 속성으로 분류되었다. 우선, 당연적 요구(M)로 판정된 지표는 총 7개로, 문화 세부 복원(A1), 조작 가역성(B2), 저피로 상호작용 설계(B3), 실시간 반응(B4), 인식 상태 피드백(C2), 조작 안내(C4), 오류 안내(C5)가 이에 해당한다. 다음으로, 일원적 요구(O) 속성의 지표는 총 4개로, 역사적 장면 재현(A2), 예술적 시각 디자인(A3), 내러티브 콘텐츠 구성(A4), 멀티모달 피드백(C1)으로 나타났다. 매력적 요구(A)로 분류된 지표는 총 6개이며, 게임화 경험 설계(A5), 멀티모달 입력(B1), 감성적 피드백(C3), 난이도 자동 조절(D5), 다중 사용자 협업(E1), 소셜 미디어 공유(E2)가 포함되었다. 마지막으로, 무관심 요구(I) 속성의 지표는 총 5개로, 사용자 주도형 탐색(D1), 관련 콘텐츠 추천(D2), 다국어 지원(D3), 접근성 기능 지원(D4), 성과 표시(E3)로 확인되었다.

4.2 지표 우선순위 정렬

각 지표의 우선순위를 객관적으로 산출하기 위하여, 본 연구는 민감성 계수(SR, Sensitivity ratio)를 도입하였다. SR은 개별 요구 지표가 사용자 만족도 변화에 대해 보이는 민감도를 정량적으로

측정하기 위한 지표이다. 해당 계수는 SI - DSI 매트릭스상에서 각 지표의 좌표와 원점(0, 0) 간의 유클리드 거리를 계산함으로써 도출된다. 원점으로부터의 거리가 클수록 SR 값은 증가하며, 이는 해당 지표가 사용자 만족도 변동에 대해 상대적으로 높은 민감도를 보임을 의미한다. 이에 따라 SR 값이 높은 지표일수록 사용자 만족도 변화에 미치는 영향력이 크다고 판단할 수 있으며, 디자인 개선 및 자원 배분에 있어 우선적으로 고려될 필요가 있다. SR 값의 산출 공식은 다음과 같다.

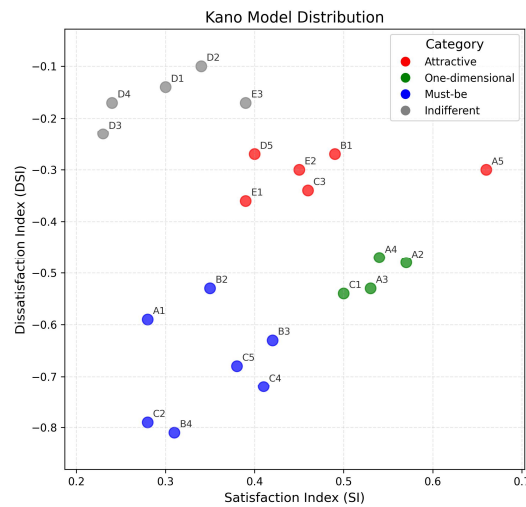
$$SR = \sqrt{SI^2 + DSI^2} \tag{3}$$

각 요구 지표의 우선순위 산출 결과는 [표 6]에 제시하였으며, 이를 시각적으로 표현한 SI - DSI 매트릭스는 [그림 4]에 제시하였다.

[표 6] 우선순위 분석 결과

[Table 6] Priority Analysis Results

순위	지표	속성	SR	순위	지표	속성	SR	순위	지표	속성	SR	순위	지표	속성	SR
1	B4	M1	0.87	7	A2	O2	0.74	13	C3	A2	0.57	19	D2	I2	0.35
2	C2	M2	0.84	8	C1	O3	0.73	14	B1	A3	0.56	20	D1	I3	0.33
3	C4	M3	0.83	9	A5	A1	0.73	15	E2	A4	0.54	21	D3	I4	0.33
4	C5	M4	0.78	10	A4	O4	0.72	16	E1	A5	0.53	22	D4	I5	0.29
5	B3	M5	0.75	11	A1	M6	0.65	17	D5	A6	0.48				
6	A3	O1	0.75	12	B2	M7	0.64	18	E3	I1	0.43				



[그림 4] SI-DSI 매트릭스

[Fig. 4] SI-DSI Matrix

지표별 SR 분석 결과에 따른 요구 속성별 우선순위는 다음과 같이 도출되었다. 첫째, 당연적 요

구(M)에 해당하는 지표의 우선순위는 실시간 반응(B4-M1), 인식 상태 피드백(C2-M2), 조작 안내(C4-M3), 오류 안내(C5-M4), 저피로 상호작용 설계(B3-M5), 문화 세부 복원(A1-M6), 조작 가역성(B2-M7)의 순으로 나타났다. 둘째, 일원적 요구(O)에 속하는 지표의 우선순위는 예술적 시각 디자인(A3-O1), 역사적 장면 재현(A2-O2), 멀티모달 피드백(C1-O3), 내러티브 콘텐츠 구성(A4-O4) 순으로 확인되었다. 셋째, 매력적 요구(A)에 해당하는 지표의 우선순위는 게임화 경험 설계(A5-A1), 감성적 피드백(C3-A2), 멀티모달 입력(B1-A3), 소셜 미디어 공유(E2-A4), 다중 사용자 협업(E1-A5), 난이도 자동 조절(D5-A6)의 순으로 도출되었다. 넷째, 무관심 요구(I)에 포함되는 지표의 우선순위는 성과 표시(E3-I1), 관련 콘텐츠 추천(D2-I2), 사용자 주도형 탐색(D1-I3), 다국어 지원(D3-I4), 접근성 기능 지원(D4-I5) 순으로 분석되었다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 델파이 기법과 카노 모델을 활용하여 박물관 체화된 상호작용 최적화 프레임워크를 체계적으로 구축하였으며 분석 결과를 바탕으로 다음과 같은 단계별 전략을 제안한다.

첫째 당연적 요구(M) 확보를 통해 체험의 안정적 기반을 구축해야 한다. 우선순위가 가장 높은 실시간 반응(B4)과 인식 상태 피드백(C2)은 체험의 신뢰성을 결정하는 핵심 요소로 고효율 아키텍처를 통한 저지연 구현과 환경적 시각 신호를 통한 조작 인지 강화가 필수적이다. 조작 및 오류 안내(C4, C5)는 빛의 흐름이나 방향성 음향 등 비침습적 방식을 적용하여 체험 흐름을 방해하지 않아야 하며 저피로 상호작용 설계(B3)와 직관적인 조작 가역성(B2)을 통해 사용자의 신체적·심리적 부담을 최소화해야 한다. 또한 고해상도 문화 세부 복원(A1)을 통해 전시의 전문적 신뢰성을 확보해야 한다. 둘째 일원적 요구(O)의 질적 수준을 제고하여 사용자 만족도를 직접적으로 향상시켜야 한다. 예술적 시각 디자인(A3)과 역사적 장면 재현(A2)은 유물의 미학적 가치와 역사적 맥락을 동적으로 결합하여 시각적 몰입감을 극대화하는 핵심 지표이다. 멀티모달 피드백(C1)은 감각 자극의 정밀한 동기화를 통해 현장감을 강화하고 내러티브 콘텐츠(A4)는 모듈화된 구조를 통해 관람객이 자신의 속도에 맞춰 정보를 탐색할 수 있는 자율성을 보장하도록 설계해야 한다. 셋째 매력적 요구(A)를 전략적으로 도입하여 기대 이상의 부가 가치를 창출해야 한다. 게임화 경험 설계(A5)와 감성적 피드백(C3)은 신체 기반 퍼즐과 정서적 분위기 연출을 통해 참여 동기를 고취하고 깊은 정서적 공감을 유도한다. 멀티모달 입력(B1)은 자연스러운 동작 조작을 지원하되 점진적 교육 방식으로 사용자의 적응을 도와야 하며 소셜 미디어 공유(E2)와 다중 사용자 협업(E1)은 공동 참여의 즐거움을 제공하되 비침습적 설계 원칙을 준수해야 한다. 난이도 자동 조절(D5)은 사용자가 스스로 활성화 여부를 결정할 수 있는 선택적 기능으로 제공하는 것이 바람직하다. 넷째 무관심 요구(I)의 잠재적 가치와 포용적 디자인의 실천에 주목해야 한다. 성과 표시(E3)와 콘텐츠 추천 및 탐색

(D2, D1)은 디자인 가시성을 높이고 재방문자를 위한 개인화 기능을 지원하여 체험의 확장성을 도모해야 한다. 다국어 지원(D3)과 접근성 기능(D4)은 보편적 관람객에게는 만족도에 미치는 영향이 제한적일 수 있으나 사회적 약자와 외국인 관람객을 위한 문화적 공정성 및 사회적 접근성 확보 차원에서 최적화 전 과정에 충분히 반영되어야 한다.

본 연구의 한계와 향후 과제는 다음과 같다. 우선 본 연구는 체화된 상호작용을 처음 접하는 초기 경험자와 숙련된 재방문객 간의 요구 차이를 충분히 고찰하지 못하였다. 이에 향후 연구에서는 사용자의 방문 횟수와 경험 수준을 고려하여 최적화 전략을 세분화할 필요가 있다. 또한 박물관의 세부 유형에 따른 특수성을 충분히 반영하지 못했으므로 후속 연구에서는 예술과 역사 및 과학기술 등 박물관의 성격에 따른 맞춤형 디자인 전략을 추가로 제시해야 한다.

References

- [1] H. Lee, T. H. Jung, M. C. Dieck, and N. Chung, "Experiencing immersive virtual reality in museums," *Information & Management*, vol. 57, no. 7, Art. no. 103229, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.im.2019.103229.
- [2] J. Y. Lu and J. H. Jung, "Emotional design analysis and user experience evaluation for service-oriented virtual human: focusing on chinese museum," *Design Research*, vol. 9, no. 2, pp. 440-456, June 2024, doi: 10.46248/kids.2024.2.440.
- [3] Q. L. Lin, "How the cleveland museum of art creates a mixed reality interactive gallery," *Sohu.com*, https://www.sohu.com/a/309051360_120083142 (accessed Sep. 5, 2025).
- [4] F. J. Varela, E. Thompson, and E. Rosch, *The embodied mind: cognitive science and human experience*, MIT Press, 1991.
- [5] P. Dourish, *Where the action is: the foundations of embodied interaction*, MIT Press, 2001.
- [6] C. M. Raymond, M. Giusti, and S. Barthel, "An embodied perspective on the co-production of cultural ecosystem services: toward embodied ecosystems," *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 61, no. 5-6, pp. 778-799, May 2018, doi: 10.1080/09640568.2017.1312300.
- [7] D. Svanæs, "Interaction design for and with the lived body: some implications of merleau-ponty's phenomenology," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, vol. 20, no. 1, pp. 1-30, Apr. 2013, doi: 10.1145/2442106.2442114.
- [8] J. Chatain, "Embodied interaction in virtual reality for grounding mathematics," Ph.D. dissertation, Dept. Comput. Sci., ETH Zurich, Switzerland, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000613388>
- [9] H. Choi and S. Kim, "A content service deployment plan for metaverse museum exhibitions—centering on the combination of beacons and HMDs," *International Journal of Information Management*, vol. 37, no. 1, pp. 1519-1527, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2016.04.017.
- [10] N. Kano, N. Seraku, F. Takahashi, and S. Tsuji, "Attractive quality and must-Be quality," *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, vol. 14, no. 2, pp. 39-48, Apr. 1984, doi: 10.20667/jsqc.14.2_147.
- [11] J. Chen and Y. Lee, "A new method to identify the category of the quality attribute," *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 20, no. 10, pp. 1139-1152, Oct. 2009, doi: 10.1080/14783360902781832.

- [12] S. Fu, "Museum visitor research report-research center of cheetah mobile," *Zhihu.com*, <https://zhuanlan.zhihu.com/p/101918991> (accessed Sep. 23, 2025).