

해외 소재 한국 문화재의 디지털 3D 객체 데이터 확보 방법 연구

김 서 영*

Research on the 3D Object Digitalization Method of Korean Heritage Overseas

Seoyoung Kim*

서울특별시 서울경제진흥원의 2022년도 2분기 테스트베드 서울 실증사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다

요 약

본 연구의 목적은 국제 관계에 민감한 해외 소재 한국 문화재의 디지털 데이터 확보 및 자원화와 활용방안을 제시하는 것에 있다. 유물 및 문화재에 대한 디지털 자원화를 위해서는 표면의 질감과 문양정보를 충분히 획득할 수 있는 세밀한 3D 스캔 촬영과 이를 표현할 수 있는 초정밀 3D 모델링 기술을 필요로 한다. 본 연구는 실물 환수 가능성이 지극히 낮아 접근성이 제한되는 해외 소재 한국 문화재를 대상으로 진행된 디지털 3D 객체화 작업의 진행 과정 중 3D 스캔에 활용한 두 가지 방법에 대하여 비교하여 효과적으로 디지털 데이터 획득하는 방법에 대하여 연구하고, 이를 통해 획득된 데이터를 바탕으로 제작된 디지털 자원의 다양한 활용을 통한 접근성 확대 및 학술 연구자료의 확보 가능성을 제시해보고자 한다.

Abstract

The purpose of this research is to suggest appropriate methodologies for digital data acquisition, digitization and utilization of Korean artifacts located overseas, which is inherently having its own sensitive nature against international relations. In order for such digitization of cultural heritage and artifacts to be utilized as digital resources, it is a must to secure sophisticated 3D scanning that captures the pertinent information on the texture of their surface and patterns and ultra-precision 3D modelling technique to make sure such captured information could be properly materialized. This study compares the two 3D scanning methodologies being used for transformation of digitized images as 3D object type, which was being conducted for overseas-located Korean artifacts as they allow lesser access due to its low possibility of actual restitution back to Korea. This research will focus on effective measures to acquire digital data and ultimately suggest advanced ways to secure academic research resources based on versatile utilization of digital resources, gained and produced out of such a process.

Keywords

digital heritage, korean heritage overseas, 3D scanning, 3D modelling, virtual exhibition

* 주식회사 헤리티지커넥션 대표이사,
독일 베를린자유대학 동아시아미술사 박사과정
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2166-5672>

· Received: Jul. 08, 2023, Revised: Sep. 25, 2023, Accepted: Sep. 28, 2023
· Corresponding Author: Seoyoung Kim
CEO of Heritage Connection Corp., Doctorial Candidate of Dept. of East Asian Art History, Freie Universität Berlin, Germany
Tel.: +82-5071-332-9185, Email: oakg.korea@gmail.com

I. 서론

해외 기관에 소장된 한국 문화재는 현 연구 시점 기준 27개국 22만 9,655점이 소장된 것으로 알려져 있다[1]. 그러나 해외 소재 한국 문화재는 일반적으로 박물관의 수장고에 소장되어 접근성이 떨어진다. 소장품 연구나 박물관 순회 전시와 같은 특정 사유가 아니면 반출 허가에도 상당한 시간이 소요된다. 따라서 해외 소재 한국 문화재를 대상으로 디지털 3D 객체 데이터 확보를 위해서는 해외 기관과의 긴밀한 협력 관계를 통해 최대한 단시간 내에 많은 유물을 정밀 3D 스캔 촬영하여 문화재 실물과 동일한 구현이 필요하며, 구현된 3D 스캔 데이터는 문화재 표면의 질감과 문양 등 원본에 가깝게 데이터를 검수하여 3D 모델링을 제작하는 시간이 필요하다.

가상 전시와 같은 서비스 단계에서도 고해상도의 3D 객체 데이터와 같은 데이터를 저장하고 최적화해야 할 용량이 증가함에 따라 데이터 품질이 저하되는 문제점에 직면하게 된다. 특히, 문화재 특성상 3D 객체 데이터의 품질을 좌우하는 것은 데이터의 폴리곤(Polygon) 수와 텍스처(Texture)가 잘 조화가 되어야 하는 특성이 있다. 결과적으로 가상 전시 서비스를 위해서는 적은 수의 폴리곤(Low polygon)에서 원본에 가까운 문화재의 상태를 효과적으로 표현하는 고해상도 노멀 텍스처(Normal texture) 작업인 최적화 단계를 거쳐야 한다. 그렇지 않고 해상도를 높이기 위하여 용량만 증가한다면 서비스 속도가 떨어질 수밖에 없는 것이다.

문화재 3D 객체 데이터 확보에 대한 대부분의 기존 연구들은 가상 전시 목적에 부합한 문화재 원본에 가까운 구현에 필요한 질감, 형태, 소재 등에 관한 정성적 연구보다는 3D 객체 데이터를 통해 복원하려는 사진측량기법이나 획득하는 수치 정보에 대한 정확도를 높이려는 연구가 대부분이다. 즉, 문화재 원본에 가까운 3D 객체 데이터의 확보 방법에 관한 연구는 지금까지 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 가상 전시 목적에 부합한 문화재 3D 객체 데이터의 품질을 보다 효과적으로 높이는 방법을 살펴보고자 한다. 또한 고용량의 문화재 3D 객체 데이터를 서울특별시 웹 플랫폼인 에스맵(S-Map)에 실제 적용하여 데이터 용량, 지연속도

를 최소화하여 저사양의 PC에서도 데이터 품질을 높일 수 있음을 보이고자 한다.

본 연구의 기여도를 나열하면 다음과 같다. 첫째, 해외 소재 한국 문화재 반환의 법적 및 제도적 어려움에 따른 디지털 자산화의 중요성과 필요성에 응하여 현재까지 전례가 없었던 해외 소재 한국 문화재 디지털 3D 객체 데이터를 자체적으로 구현하였다. 둘째, 많은 자원(인력, 예산, 시간 등)이 필요한 해외 소재 한국 문화재의 전시가 일회성으로 종료되지 않고 지속해서 체험 가능하며 저사양의 PC에서도 문화재 원본성에 대한 정확도를 유지하고 유물 360도 회전 및 확대 등 세밀한 관람이 가능한 가상 전시 서비스가 가능함을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 문화재 3D 객체 데이터 확보를 위한 3D 스캔 데이터 획득 기술에 관해 분석한다. 3장에서는 독일 라이프치히 그라시민속박물관(Grassi Museum für Volkerkunde zu Leipzig Germany) 소장 한국 문화재 3D 객체 데이터 획득 사례를 소개하며, 구현 과정 및 개선 사항에 대해 살펴본다. 또한, 본 연구에서 제안하는 가상 전시를 위한 3D 객체 데이터 확보 방법에 대해 자세하게 기술한다. 4장에서는 해외 박물관에서 확보한 한국 문화재 3D 객체 데이터 및 엔진을 기반으로 작동하는 3D 가상 뷰어를 기반으로 에스맵 웹 환경에서 구현한 서비스 결과에 대해 논한다. 마지막으로 5장에서는 결론에 관해 기술하고 본 연구가 갖는 한계점 및 향후 연구과제에 관하여 기술한다. 아울러 본 논문에서는 3D 스캔을 통해 촬영한 원본 데이터의 명칭을 ‘3D 스캔 데이터’, 후작업 및 그 과정에서 발생한 일부 데이터의 명칭을 ‘3D 모델링’, 최종 완성 3D 데이터의 명칭을 ‘3D 객체 데이터’로 하기로 한다.

II. 기술 분석

2.1 데이터 획득 기술

문화재의 3D 스캔 데이터 획득 기술 방식을 결정할 때는 대상 문화재의 크기, 형태의 복잡성, 재질, 광택, 표면색에 따라 달리 정할 수 있다.

문화재청의 문화유산 3D 스캔 데이터 구축 가이드라인(Guideline)에서는 소형유물의 3D 스캔 방식으로 점 또는 선, 패턴 타입의 적외선, 가시광선, 레이저, 초음파 등을 조사하여 그 반사파를 하나 또는 다수의 센서로 계측하여 스캔을 수행하는 삼각측량 방식을 제안하고 있다[2]. 이는 가상 전시를 위한 활용보다는 원형 보존과 복원에 필요한 원천 데이터를 구축하는 목적이 있다.

반면 사진측량(Photogrammetry) 방식은 적은 예산으로 고품질의 데이터 구축이 가능하다는 장점에도 불구하고 메시(Mesh) 모델의 품질이 높지 않아 정밀기록에 부적합하다는 점과 음영 구역을 최소화하여 데이터의 정확도를 확보하기 위해서 높은 기술 숙련도가 필요하다는 단점으로 문화재청의 가이드라인에 포함되지 않고 있다[3].

최근 진행되고 있는 문화재 원형 DB 구축 사업은 문화재 훼손 위험성이 낮은 비접촉식의 광대역 3D 스캔 및 정밀 3D 스캔 기술을 사용하고 있다. 문화재 디지털 3D 객체 데이터를 확보하려는 기존 3D 스캔 방식들은 원형에 대한 정밀실측을 통한 정확한 기록구축을 원칙으로 하고 있어 문화재의 텍스처와 데이터의 사용 목적 고려한 3D 스캔 데이터의 획득 방식에 대한 연구는 부족한 실정이다.

2.2 데이터 후처리

3D 스캔을 통해 획득한 데이터는 노이즈 제거 작업을 거친 후 좌표값을 일치시키는 정합과 병합을 한다. 필요에 따라 데이터의 질감과 색감을 보정하는 텍스처 맵핑(Texture mapping) 작업을 거쳐 3D 객체 데이터를 생산한다.

III. 가상 전시를 위한 3D 객체 데이터 확보 방법

해외 소재 한국 문화재의 3D 객체 데이터 확보를 위한 협력기관으로 독일의 라이프치히 그라시 민속박물관을 선정하였다. 독일 단일기관으로 최대 규모로 총 2,828점의 한국 문화재를 소장하고 있다. 3D 스캔 촬영은 2022년 11월 2일부터 4일까지 유물

21종, 2023년 5월 8일부터 12일까지 유물 52종을 두 차례에 걸쳐 진행하였다. 촬영 유물은 불교, 도자류, 회화, 가구, 장신구, 의복, 민속, 문방, 의장기, 생활용품, 악기 등으로 분류된다.

3.1 구현 1단계

1차 3D 스캔작업에서 단시간에 다수의 문화재에 대하여 데이터 획득 작업을 진행해야 한다는 특성상 문화재청의 가이드라인에서 제시한 3D 스캔 방식 중 신속성과 휴대성이 장점인 그림 1과 같은 핸드헬드(Hand-held) 방식으로 사용하였다. 스캔 장비는 아인스캔 H(1,200,000points/s LED)를 사용하였으며 스캔 시간은 유물당 약 20분~1시간 소요되었다.



그림 1. 핸드헬드 방식 정밀 3D 스캔
Fig. 1. Hand-held 3D scanning

핸드헬드 방식으로 획득된 3D 스캔 데이터는 텍스처 데이터의 부정확성으로 인하여 추가적인 ‘혼합형 3D 모델링’ 작업이 필요하였다. 혼합형 3D 모델링은 스캔 이미지를 부재별로 분리하고, 볼류메트릭(Volumetric)을 통해 획득한 메시와 텍스처 데이터를 활용하여 보정 후 다시 결합하는 것을 말한다. 이는 시간과 비용 문제로 적용하는 사례가 거의 없었으나 문화재 원본에 가까운 텍스처의 세밀한 구현이 중요한 가상 전시를 위해 불가피하게 채택하게 되었으며, 작업시간은 개체당 4~6주 소요되었다. 혼합형 3D 모델링 결과는 그림 2의 의장용 부월과 그림 3의 백자청화동화거북형주자 기술 구현 예시와 같다.



그림 2. 의장용부월에 대한 혼합형 3D 모델링 기술 구현 예시

Fig. 2. Hybrid 3D model technology implementation case on ceremonial halberd

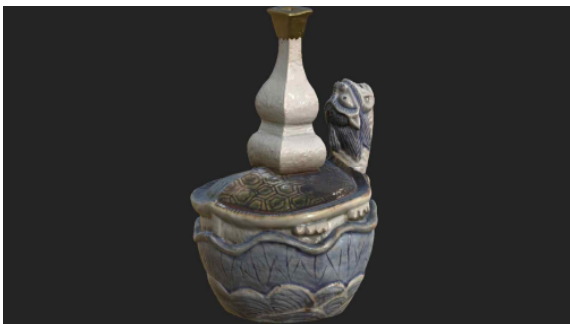


그림 3. 백자청화동화거북형주자의 혼합형 3D 모델링 기술 구현 예시

Fig. 3. Hybrid 3D model technology implementation case on white porcelain tortoise-shaped ewer painted in underglaze cobalt blue and copper

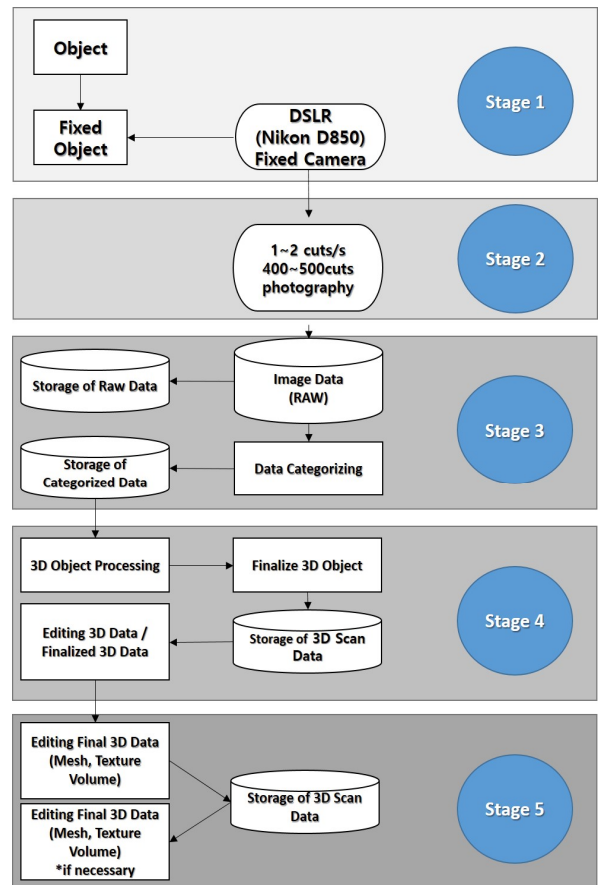
독일의 라이프치히 그라시민속박물관의 촬영 장소 여건상 3D 스캔 작업 중 불필요한 빛의 간섭으로 문화재 고유의 색, 질감의 왜곡하는 현상이 발생하여 추가로 차단막을 설치하였다. 또한 문화재 전체 형상을 스캔하기 위한 각도를 변경 과정에서 미세한 위치변화는 정합 및 병합작업에서 데이터 오류가 발생하는 문제의 원인이 되었다. 특히 유동성이 있는 섬유 등의 장식품이 부착된 유물이나 투구와 같은 유물의 내부 촬영 시 그 문제점이 증대되었다. 또한, 유리 등 광반사율이 높은 재질의 난반사 문제가 확인되었다.

이에 따라 문화재의 형태와 재질적 특징을 왜곡하지 않고 자연스럽게 거치하는 설치 방법을 통해 위치 이동으로 인한 데이터 오류, 정확도 하락의 문제를 해결해야 할 필요성이 있었다. 그리고 문화재 재질이 금속, 옷칠로 된 경우 등에서 발생하는 빛의 난반사 문제, 어두운 색상에 따른 데이터 정확도의

하락, 소형 문화재에 대한 센서 및 이미지 초점 정확도 하락 문제 등도 개선이 요구되었다

3.2 구현 2단계

소형 문화재에 대한 핸드헬드 방식의 3D 스캔 작업에서 발생하는 메시와 텍스처 값의 부정확성은 기존 연구에서 지적된 바 있다. 해외에 소재 되어 있는 문화재의 특성상, 제한된 촬영 조건과 짧은 기간에 다량의 데이터를 효과적으로 획득해야 한다. 왜냐하면 데이터 후처리 과정에서 문제점 발견 시 재촬영이 힘들다는 한계점이 있기 때문이다. 따라서, 2차 스캔 작업에서는 3D 객체 데이터를 효과적으로 확보하기 위해 다음과 같은 방안을 구상하여 실행하였다.



Flow Chart

그림 4. 문화재 3D 객체 데이터 제작 흐름도
Fig. 4. Digitalization system of cultural assets (3D object data)

사진측량 방법을 적용한 그림 4의 문화재 3D 객체 데이터 제작 흐름도는 크게 촬영과 후처리 단계로 구성된다. 여기에서 사용된 사진측량은 동일한 대상을 다른 위치로부터 중첩되도록 촬영한 사진으로부터 특징점을 추출하거나 영상 전체 이미지를 비교하여 대상의 3차원 형상에 대한 기하학적 정보를 구성하는 방식이다[4]. 사진측량기술은 원천 자료인 사진의 품질에 따라 3D 객체 데이터의 품질이 크게 좌우되어 작업자의 경험 및 숙련도에 영향을 받는다는 단점이 있다. 하지만 3D 스캔 과정에서의 기술적 문제만 해결할 수 있으면 상당히 우수한 신뢰성을 가지는 3D 객체 데이터의 제작이 가능하다.

사진측량을 통한 홍성 신경리 마애여래입상에 대한 3D 스캔 결과 레이저 스캔과 비교하여 상당히 우수한 결과를 나타냄을 알 수 있었다[5]. 고고학 유적 및 건축물 뿐 아니라[6] 소형 문화재 경우에도 사진측량 방식은 우수한 텍스처 구현 능력과 짧은 작업시간을 나타내기도 하였다[7]. 기존의 항공촬영에 의한 광대역 사진측량 뿐만 아니라 무인항공기를 활용한 특정 대상물(수목)에 대한 사진측량도 우수한 신뢰성이 확인되어[8] 고정 설치된 유물에 대한 다양한 각도에서의 3D 스캔 작업 가능성을 확인하였다. 이러한 선행연구의 분석 결과, 해외 박물관에서 문화재의 복원 및 복구를 위한 정확한 수치데이터 확보가 아닌 단기간에 다량의 문화재 3D 스캔 데이터를 확보하여 가상 전시 서비스를 구현해야 하는 조건에서 사진측량기술은 충분한 신뢰성과 편의성이 있는 기술이라고 판단하였다.

촬영은 니콘(Nikon)사의 D850(4,500만 화소) 장비를 사용하였으며 유물을 360도 회전 턴테이블이나 거치대에 올려 다양한 각도에서 10~15분 이내에 400~500장의 사진을 자동 촬영하는 방법으로 데이터를 획득한다. 획득한 원천 데이터는 그림 5 사진측량기술을 사용한 문화재 3D 객체 생성 과정과 같이 현장에서 소프트웨어를 활용해 3D로 자동 구현하여 문화재 전문가와 함께 검수한다. 현장 검수에서도 색 보정, 사진 정렬 및 재구성을 통해 최종 결과물과 유사한 형태로 구현하는 것이 가능하다.

획득한 3D 스캔 데이터는 소프트웨어(Reality capture)를 활용하여 복잡한 폴리곤 메시와 고해상도

텍스처를 제작한다. 복잡한 폴리곤 메시는 데이터 크기의 문제로 다양한 활용이 불가능하여 저해상도 폴리곤 메시로 간소화하는 작업이 필요하다. 지브러쉬(ZBrush) 소프트웨어를 사용하여 저해상도 메시지를 제작하는 과정에서 리토폴로지(Retopologize) 및 UV 레이아웃을 제작하고, 베이킹 툴을 사용하여 저해상도 메시에서 텍스처를 생성한다. 마지막으로 가상 전시에서 광원 렌더링에 의한 정확한 그림자 효과를 위하여 유니티(Unity)의 딜라이트 툴(Light removal tool)을 사용하여 텍스처의 빛을 제거한다.

이러한 후처리 과정에서는 유물 개체당 약 1일의 작업시간이 소요되었다.

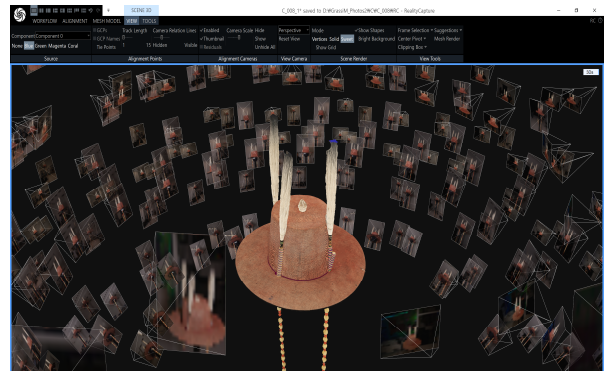


그림 5. 사진측량기술을 사용한 문화재 3D 객체 생성 과정 (Reality capture 소프트웨어)

Fig. 5. 3D-object making processing using photogrammetry technology (Reality capture Software)

3.3 구현 방법의 비교 분석

서로 다른 방식의 3D 스캔 작업을 수행한 결과 사진측량 방식은 핸드헬드 방식과는 다르게 촬영 현장에서 3D 객체 데이터를 임시 구현하여 오류 발생 시 즉각 재촬영이 가능하다는 장점이 확인되었다. 이러한 장점은 즉각적인 촬영 방법의 변경(촬영 각도 및 조명의 변화 등)으로 작업자의 경험과 숙련도 문제에 의한 데이터 신뢰도 하락의 문제를 일부 보완할 수 있었다.

사진측량 방식은 핸드헬드와 비교하여 소형유물(10cm 미만)의 3D 스캔 작업에서도 대상물의 크기와 상관없이 균일한 품질의 3D 스캔 데이터 확보가 가능하였다.



그림 6. 핸드헬드 방식 스캔의 기준점 오차와 재질에 의한 오류 문제

Fig. 6. Fixed-point error and object material issue using Hand-held 3D scanning

또한, 유물의 위치가 완전히 고정된 상태에서 스캔을 실행해야 하는 핸드헬드 3D 스캔은 촬영 특성 상 유물의 상·하부 촬영 시 유물의 위치 및 방향을 변경에서 발생하는 그림 6과 같은 기준점 오차 문제와 모피, 천 등 부드러운 재질의 데이터에 오류가 발생하였다. 반면 사진측량 방식은 목적물의 미세한

움직임이 3D 스캔 데이터 정확도에 미치는 영향을 무시할 수 있어서 턴테이블 사용 대신 그림 7과 같은 다양한 거치대를 활용하여 유물의 위치변경에 따른 기준점 오차 문제와 모피, 천 등 부드러운 재질의 3D 스캔 데이터 오류를 개선할 수 있었다.

사진측량 방식을 사용한 2차 스캔 작업은 1차와 비교하여 양질의 데이터를 확보할 수 있어서 후처리 작업의 시간은 대폭 감소하였다. 그리고 1차 3D 스캔 데이터는 총 21건 중 13건의 데이터를 사용할 수 없었던 것에 비하여 2차 3D 스캔 데이터는 전량 활용이 가능하였다. 따라서 그림 8의 2차 3D 모델링은 3D 객체데이터의 해상도와 비교했을 때 큰 차이가 없었다.

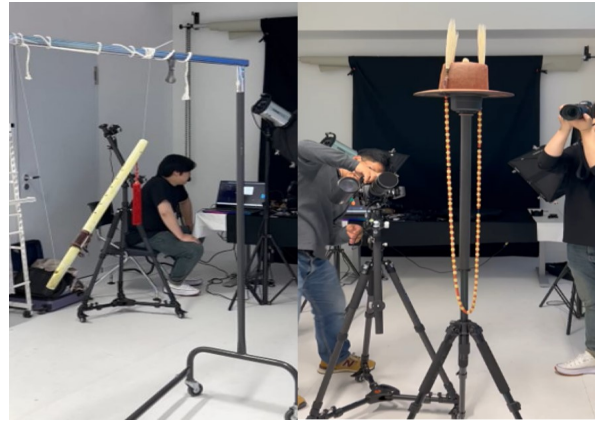


그림 7. 거치대를 활용한 3D 스캔 문화재 촬영 (주립)
Fig. 7. View of 3D Scanning Using a Standing (Julip)

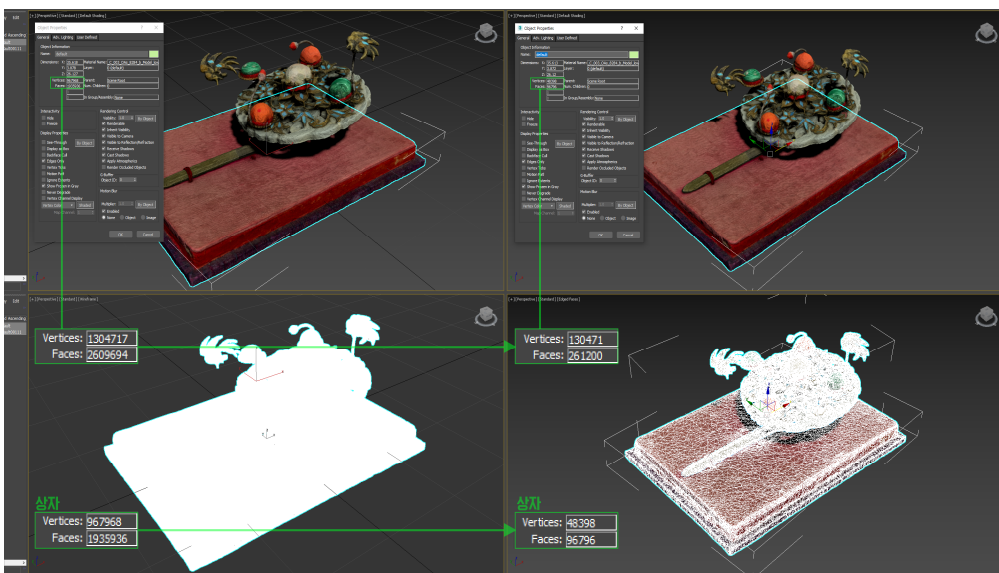


그림 8. 옥떨잠 유물의 3D 모델링(왼쪽)과 3D 객체데이터(오른쪽)의 해상도 비교

Fig. 8. Comparison between 3D Modelling(left) and 3D Object Data (right) in Case of Jade Fluttering Hairpin

IV. 가상 전시 서비스

기존의 가상 전시 서비스는 실물 전시장을 촬영하여 2D 사진을 제공하거나, 저해상도의 3D 객체 데이터를 웹상에서 서비스하여 대상물을 세밀하게 살펴볼 수 없다는 단점이 있었다. 반면 본 연구에서 구상한 가상 전시는 그림 9와 같이 최적화 모델링을 통해 구현된 고해상도의 3D 객체 데이터를 문화재 3D 뷰어로 서비스를 제공하여 저사양 PC나 스마트폰에서 무리 없이 이용할 수 있도록 하였다.

특히, 엔진 기반 3D 뷰어는 공간 설정과 광원에 따라 문화재의 표현이 다양하게 가능하게 하였으며, 비교적 일정한 재생 속도를 보였다.

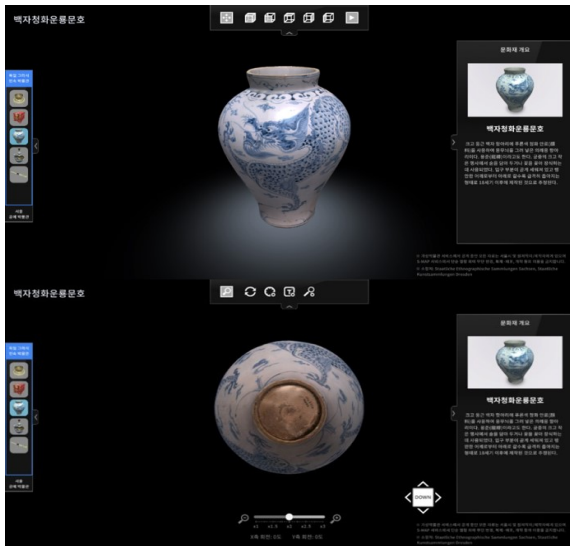


그림 9. S-Map 가상 박물관 3D 뷰어 (백자청화운룡문호)
Fig. 9. S-Map virtual museum 3D viewer (White porcelain jar with cloud and dragon painted in underglaze cobalt blue)

또한 사용자가 유물 360도 회전 및 세부 디테일 등 문화재 자체의 관람을 극대화하고 자유롭게 관람할 수 있도록 UI를 설계하였다. 따라서 사용자는 유물을 최대한 확대하여 그림 10처럼 문양, 재질을 선명하게 보거나 실제 박물관에서는 관람이 아예 불가능한 유물의 밑바닥, 내부 등도 쉽게 관람할 수 있다. 그리고 보다 세밀한 정보가 필요한 전문가들을 위한 고용량/고해상도의 3D 객체도 전문가용 뷰어를 통해 제공하고 있다.

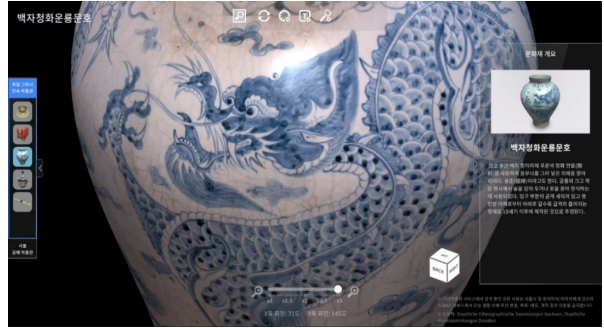


그림 10. S-Map 가상 박물관 3D 뷰어 (유물 세부)
Fig. 10. S-Map virtual museum 3D viewer (Object detail)

또한 본 연구에서는 3D 객체 데이터에 좌표정보를 입력 후 서울특별시의 에스맵에서 구현될 수 있도록 그림 11과 같이 구현하였다[9].

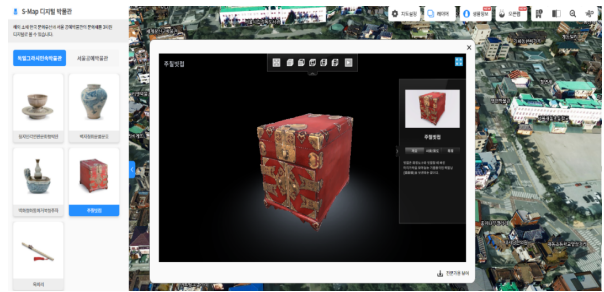


그림 11. 위치정보를 적용한 S-Map 가상 박물관 맵핑
Fig. 11. S-Map Virtual Museum Mapping Utilizing Position Information

S-Map 가상 전시 서비스의 흐름도는 그림 12와 같다.

V. 결론 및 향후 과제

본 연구에서 확보한 해외 소재 한국 문화재 3D 객체 데이터는 극히 일부이다. 한국 공공기관의 적극적인 디지털 헤리티지 획득 의지와 기술, 인력이 확보된 국내와 달리 해외의 경우 아직 해당 부분이 활성화되지 않은 이유로 문화재 3D 객체 데이터 확보에 있어 국내와 달리 여건이 좋지 않은 편이다. 그런 이유로 문화재 3D 객체 데이터 획득 기술 및 노하우(Know-how)를 가진 국내와 협업을 적극적으로 원하고 있기에 보다 관심을 가지고 해외 박물관에 접근 및 관계를 유지 발전시킬 필요가 있다.

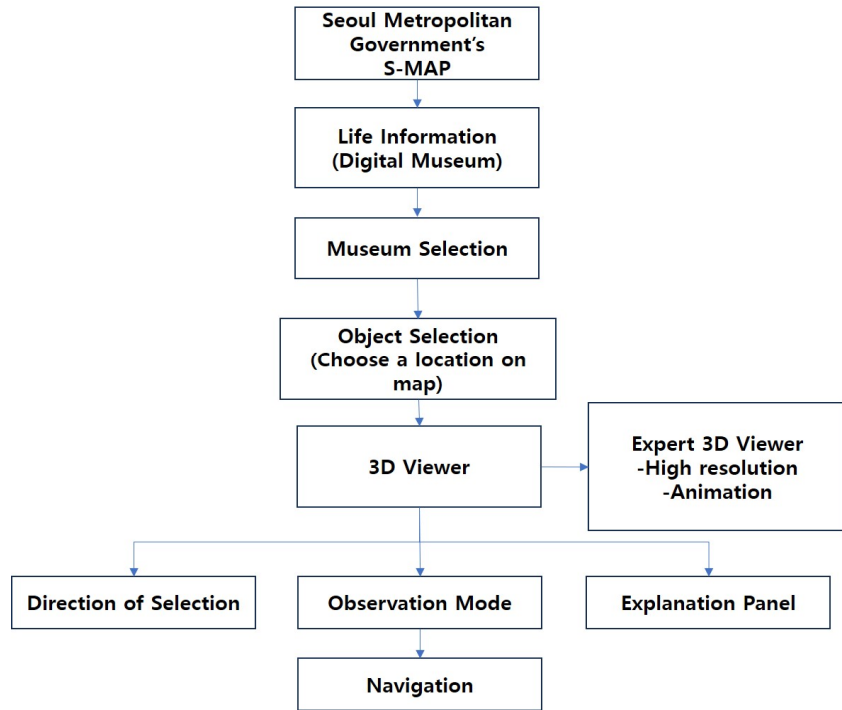


그림 12. S-Map 가상 전시 서비스 흐름도
 Fig. 12. Outline of S-Map virtual exhibition service

본 연구에서는 이전에 시도된 바 없던 해외 소재 한국 문화재 디지털 3D 객체 데이터 확보 방법을 제안 및 구현하고 데이터의 품질을 낮추지 않고 가상 전시의 서비스 속도를 높일 수 있음을 입증함과 동시에 핸드헬드와 사진측량 방식의 3D 스캔 데이터 획득 방법을 비교하여 문화재의 디지털 3D 객체 데이터 확보에서 사진측량 방식도 유용성이 있음을 확인하였다는 점에서 연구의 의의를 찾을 수 있다. 그러나 해외에서 획득한 데이터를 바탕으로 연구를 진행하여 충분한 케이스 수집이 힘들다는 점과 동일한 유물에 대하여 2가지 이상의 방법으로 3D 스캔 작업을 수행하여 오차값에 대한 수치 분석을 수행할 수 없다는 점을 본 연구의 한계라고 할 수 있다.

사진측량시에 소형센서를 추가 설치하여 보조적 수단으로 활용하여 데이터의 정확도를 높이는 방법과 병마용 유물을 대상으로 표준화된 품질의 3D 객체 제작에 대한 연구[10] 등을 바탕으로 해외 소재 한국 문화재의 디지털 3D 객체 데이터 확보의 효과성과 신뢰성을 향상하는 방법에 대한 연구를 본 논문의 향후 과제로 한다.

References

- [1] Overseas Korean Cultural Heritage Foundation <https://www.overseaschf.or.kr> [accessed: Jul. 8, 2023]
- [2] Cultural Heritage Administration, "Guidelines for Building 3D Scan Data for Cultural Heritage", Cultural Heritage Administration, Mar. 2019.
- [3] H. J. Kim, J. Y. Choi, A. R. Oh, and H. K. Jee, "Trends in High-Resolution 3D Data Generation Technologies", *Electronics and Telecommunications Trends*, 2022. <https://doi.org/10.22648/ETRI.2022.J.370307>
- [4] R. Mur-Artal and J. D. Tardos, "Orb-slam2: An open-source slam system for monocular, stereo, and rgb-d cameras", *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 33, No. 5, pp. 1255-1262, Oct. 2017. <https://doi.org/10.1109/TRO.2017.2705103>.
- [5] J.-Y. Oh and C.-S. Kim, "A Study on the Usefulness of Photogrammetry through 3D Recording of the Rock-carved Standing Buddha in

Singeong-ri, Hongseong", Korean Journal of Cultural Heritage Studies, Vol. 50, No. 3, pp. 30-43, Sep. 2017. <https://doi.org/10.22755/kjchs.2017.50.3.30>.

- [6] I. Aicardi, F. Chiabrando, A. Lingua, and F. Noardo, "Recent Trends in Cultural Heritage 3D Survey: The Photogrammetric Computer Vision Approach", Journal of Cultural Heritage, Vol. 32, pp. 257-266, Jul. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.006>.
- [7] S. Kim, S. Lee, J. Lee, and H. Ahn, "A Relative Study of 3D Digital Record Results on Buried Cultural Properties", Korean Journal of Cultural Heritage Studies, Vol. 55, No. 1, pp. 175-198, Mar. 2022. <https://doi.org/10.22755/KJCHS.2022.55.1.175>.
- [8] J.-M. Park, "Comparison of Virtual 3D Tree Modelling Using Photogrammetry Software and Laser Scanning Technology", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 24, No. 2, pp. 304-310, Feb. 2020. <https://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.2.304>.
- [9] S-Map, <https://smap.seoul.go.kr> [accessed: Jul. 8, 2023]
- [10] J.-H. Lim, S.-B. Lee, and Y.-H So, "Comparative Study of 3D Model Reconstruction Quality According to Filming Angle: Focusing on Photogrammetry", Journal of Digital Contents Society, Vol. 24, No. 1, pp. 69-78, Dec. 2022. <https://doi.org/10.9728/dcs.2023.24.1.69>.

저자소개

김 서 영 (Seoyoung Kim)



2013년 2월 : 독일

베를린자유대학교

미술사학과(문화학·역사학 학사)

2016년 9월 : 독일

베를린자유대학교

미술사학과(문화학·역사학 석사)

2018년 7월~현재 : 독일

베를린자유대학교 동아시아미술사 박사학위논문

심사과정

2022년 2월 ~ 현재 : (주)헤리티지커넥션 대표이사

관심분야 : 디지털헤리티지, AI, 가상전시, 실감콘텐츠