https://doi.org/10.30775/KMES.55.3.57
음악교육연구 제55권 제3호 pp. 57-77 (2026년 8월) ISSN 1229-4179 (Print)
Korean Journal of Research in Music Education Vol.55, No.3, (August, 2026) ISSN 2713-3788 (Online)

국악 장단 감상교육을 위한 시각화 기반 웹 도구 개발과 교육적 효과 검증*

Development of a Visualization-Based Web Tool for Korean Traditional Music Jangdan Appreciation Education and Its Educational Effects

김민지**
Minji Kim

초록 본 연구는 음악과 교육과정 감상 영역을 구체화하여, 국악 장단 감상교육을 위한 시각화 기반 웹 도구를 개발하고 그 교육적 효과를 정량적으로 검토하는 데 목적을 두었다. 교육과정 분석을 토대로 국악 요소를 매핑하고, 제재곡인 산조 음원을 소닉 비주얼라이저로 장단 전환 시점과 첫 박 위치를 마킹하여 타임스탬프 기반 CSV 데이터로 구축하였다. 이후 파이썬으로 처리해 장단 구간, 전환 시점, 첫 박과 가락선으로 구체화하였고 딥러닝 기반 음고 추출로 가락선을 시각화하여 HTML, CSS, JavaScript로 구현한 뒤 깃헙페이지로 배포하였다. 이에 따른 교육적 효과는 예비 초등교사를 대상으로 집단 간 사후 비교 설계로 검증하였다. 장단 인지능력검사 결과, 장단 전환 인지율에서 실험집단이 통제집단을 유의하게 앞섰으며, 첫 박 평균오차도 실험집단이 더 작았다. 이러한 결과는 장단 구조를 시각 정보와 함께 제시하는 방식이 학습자의 음악 구조 인식을 실질적으로 돕는다는 점을 보여주며, 시각화 기반 국악 장단 감상의 교육적 가능성을 확인한 것이라 할 수 있다.

주제어: 장단 시각화, 국악 감상교육, 디지털 기반 학습, 음악 구조 인지, 시각화 웹 도구

Abstract This study developed a visualization-based web tool for Korean traditional music jangdan appreciation education and quantitatively examined its educational effectiveness. Timestamp-based CSV data were constructed by marking jangdan transition points and first-beat positions in a sanjo audio excerpt using Sonic Visualiser, then processed via Python and CREPE to visualize jangdan sections, transition points, first beats, and melodic contours. The completed tool was implemented in HTML, CSS, and JavaScript and deployed via GitHub Pages. Educational effectiveness was verified through a post-test-only comparison design with pre-service elementary school teachers. The experimental group significantly outperformed the control group in jangdan transition recognition rates and demonstrated smaller mean error values in first-beat identification. These findings demonstrate the educational potential of visualization-based Korean traditional music appreciation education by supporting learners' musical structure perception.

Key words: Jangdan visualization, Korean traditional music appreciation education, digital-based learning, music structure perception, visualization web tool

* This research was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF) in 2024 (NRF-2024S1A5C3A03046168).
** First author, E-mail: minjikim@sogang.ac.kr
Postdoctoral Researcher, Future Lab, Sogang University, 35 Baekbeom-ro, Mapo-gu, Seoul, South Korea

Received: 31 May 2026, Reviewed (Revised): 30 June 2026 (12 August 2026), Accepted: 21 August 2026
© 2026 Korean Music Education Society.

Ⅰ. 서론

최근 음악교육 현장에서는 디지털 기술과 에듀테크를 수업에 접목하려는 시도가 적극적으로 이루어지고 있다. 이러한 흐름은 코로나19 이후 온라인과 비대면 수업에 대응하는 과정에서 본격화되기 시작했는데 뉴노멀 시대를 거치면서 이제는 음악수업이 운영방법 다양성의 문제를 넘어 '어떻게 가르치고, 어떻게 깊이 있게 배우게 할 것인가?' 라는 음악교육의 본질적인 물음과 논의로까지 확장되고 있다.

특히 교육방법의 측면에서 디지털 기술과 에듀테크를 일시적인 대안이나 보조 수단 정도로 그치지 않고 잘 활용하기 위해서는 음악 수업의 방식 자체를 다시 들여다 볼 필요가 있다. 학습자가 음악을 능동적으로 탐색하고 스스로 이해를 넓혀 갈 수 있도록 학습 환경 자체를 설계한다면 디지털 기반 음악수업은 전통적 수업을 단순히 '대체'하거나 '보완'하는 도구가 아니라 음악적 이해와 경험을 보다 정교하게 확장시키는 교육적 매개로 기능할 수 있는 것이다. 실제로 음악 수업에서 디지털 기술이나 웹 도구를 활용하는 접근은 학습자의 음악적 인지 형성을 지원하고 청각적 판단과 음악 구조 이해를 보완하는 데에도 효과적으로 사용될 수 있다(Tejada & Fernández-Villar, 2023).

국악교육 분야도 이러한 변화에 맥을 같이 하고 있다. 최근 이루어진 연구들에서는 디지털 기술과 에듀테크를 활용하여 국악 수업을 지원하려는 시도가 점차 확대되고 있다. 특히 대면전승을 수행했던 대부분의 전통적 국악수업이 디지털 환경에서의 적용과 미래 교육 가능성을 논의한 연구들이 축적되었고, 이를 보완하기 위한 다양한 교수학습 방법들이 지금까지 논의되어 왔다(Kim, 2022; Kim, 2023; Kwon, 2021; Park, 2021; Seong & Kim, 2011; Son & Oh, 2022).

또한, 국악 연주 및 감상 연구 측면에서도 디지털 기술을 활용하여 시각화하고 분석하려는 연구도 이루어지고 있다. 구체적으로는 국악어법을 정량적으로 살펴보고 연구방법의 다양성 측면에서 소프트웨어나 디지털 도구를 사용하여 국악곡들에 대한 분석적 이해를 돕고 있다(Lee, 2023; Park et al., 2026; Yoo, 2025). 더 나아가 최근 인공지능 음고 추출 기술을 활용한 농현 분석 연구에서는 감각적 영역에 머물러 있던 음악 정보를 시각적, 수치적 자료로 제시함으로써 국악 시각화의 교육적 가능성을 구체적으로 보여주었다(Kim et al., 2025). 종합해보면, 이러한 흐름은 국악교육에서 디지털 기술이 음악의 본질을 훼손하거나 대체하는 것이 아닌 오히려 국악의 이해를 심화하는 방향으로 활용될 수 있음을 시사한다(Han et al., 2024).

한편, 기존의 학교 국악 감상교육에서는 음악의 흐름과 구조를 이해하도록 돕기 위해 교사의 언어적 설명이나 음원, 콘텐츠 속 음악감상, 애플리케이션의 영상자료 등을 중심으로 수업이 이루어져 왔다. 그러나 이 또한 대부분 서양음악을 중심으로 설계되어 있어,

국악의 음악적 어법과 구조를 학습하는 데는 적용하기 어려운 부분이 있어 학습자가 국악 요소를 이해하고 경험할 수 있도록 지원하는 다양한 웹 도구의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구에서 제안하는 시각화는 음악의 물리적 특성을 단순히 변환하는 방식이 아니라 교육과정 성취기준과 직접 연결되는 음악 요소를 시간 정보와 함께 구조화하여 교육적 효과를 탐색한다. 이를 통해 국악 감상이 단순한 청취를 넘어 음악의 구조를 인식하고 이해하는 음악 활동으로써 가능성을 탐색하는 의의를 가진다.

이에 따라 본 연구의 목적은 음악과 교육과정 감상 영역에 근거하여 시각화 감상 웹 도구를 개발하고 이를 활용한 국악 감상 수업의 교육적 효과를 탐색하는 데 있다. 특히 국악에서 장단이 선율에 앞서는 음악적 개념 원리로 작용한다는 점에 주목하여 장단 중심의 시각화를 설계하고 그 교육적 효과를 검증하고자 한다.

본 연구는 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

RQ1. 장단 시각화 감상 웹 도구는 어떤 절차와 방법을 통해 개발되는가?

RQ2. 장단 시각화 감상 웹 도구의 활용은 학습자의 국악 감상에 어떠한 교육적 효과를 미치는가?

Ⅱ. 이론적 배경

1. 국악 감상교육의 이해

1) 국악 감상교육의 개념과 교육적 의의

음악 감상교육은 학습자가 음악을 듣고 그 안에 담긴 표현과 의미를 이해하며, 음악적 경험을 내면화하도록 돕는 교육 활동이다. 감상은 단순한 청취를 넘어 음악의 흐름과 구조를 인식하고, 정서적 반응과 인지적 해석을 함께 형성하는 복합적 과정으로 이해된다(Bang, 2012; Jung, 2008). 이러한 감상 경험은 음악을 기능적 지식이 아닌 예술적 경험으로 수용하도록 하며, 학습자의 음악적 사고와 감수성 형성에 중요한 역할을 한다.

국악 감상교육은 이러한 일반적 감상교육의 성격 위에 전통음악 고유의 음악 어법과 시간적 전개 방식을 이해하도록 돕는 특성을 지닌다. 국악은 장단을 중심으로 음악의 흐름이 조직되고, 가락과 시김새가 그 위에서 유기적으로 전개되는 음악이기 때문에 감상 과정에서 음악이 어떻게 전개되고 심화되는지를 인식하는 경험이 중요하다(Kwon et al., 2009). 이에 따라 국악 감상교육은 음악을 결과물로 인식하기보다 전개 과정 속에서 의미를

형성하는 예술로 이해하도록 이끄는 교육적 성격을 지닌다.

감상을 통한 음악적 이해는 최종적으로 학습자의 심미적 경험 형성과도 밀접하게 연결된다. 음악을 들으며 음악 요소와 구조적으로 파악하는 학습과정을 수반하게 되는 데 이는 음악활동 속에서 정서적 경험을 구체화하고 긍정적 음악적 태도를 함양하게 하는 역할을 한다(Hyun, 2011; Moon, 2009). 또한 감상교육은 모든 음악 활동의 출발점이자 음악적 이해를 종합하는 핵심 영역으로 제시되어 왔으며 음악과 교육과정에서도 감상은 단순한 청취 활동이 아니라 음악 요소를 감지하고 구별하며, 음악적 특징과 간단한 구성을 인식하고, 음악적 의미를 해석하고 소통하는 고차원적 학습 활동으로 규정된다(Ministry of Education, 2022). 이처럼 감상은 수동적인 활동이 아니라 음악의 구조와 요소, 그리고 음악적 사고에 이르는 것을 포괄하며 정서적인 경험에 이르게 하는 기본적인 음악활동의 근간이 된다.

2) 교육과정에서의 국악 감상교육

현재 음악과 교육과정에서는 감상을 연주, 창작과 함께 핵심 음악 활동 영역으로 제시하고 있다. 감상 영역은 제 4차 교육과정에서 처음 감상 영역으로 명기된 뒤 현재까지 교육과정의 개정을 거치면서 지속적으로 포함되어 왔으며 학습자가 음악의 요소와 구조를 인식하고, 음악의 특징과 의미를 이해하며, 음악을 통해 다양한 정서와 문화를 경험하는 데 매우 중요한 음악활동으로 밝히고 있다(Ministry of Education, 2022).

특히 2022 개정 음악과 교육과정에서는 감상을 음악의 고유한 방식과 원리에 따라 소리를 수용하고 반응하는 활동으로 규정하고, 생활 속에서 음악을 발견하고 공감하는 경험을 강조하고 있다. 이것은 감상활동이 교실 내 수업을 위한 단순한 음악활동에 국한되지 않고, 학습자의 삶과 연결된 다양한 음악의 경험으로 확장될 수 있음을 시사한다.

구체적으로 국악 감상과 관련된 성취기준에서는 장단, 가락, 빠르기, 음색 등 음악 요소를 감지하고 구별하는 능력과, 음악의 특징 및 간단한 구성을 인식하는 능력을 주요 목표로 제시하고 있는데 그 가운데 ‘장단’은 국악의 시간적 구조를 형성하는 핵심 요소로서, 감상 과정에서 음악의 흐름과 전환을 이해하는 기준으로 기능한다.

또한 국악에서는 음악적 요소를 설명할 때, 장단이 선율에 앞서는 음악적 개념 원리로 작용한다는 점(Baek et al., 1995)을 기반으로 하고 있어 국악 감상교육에서의 장단교육은 매우 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다. 장단의 변화는 음악의 구조와 흐름을 인식하는 기준이 된다. 따라서 학습자가 장단의 흐름과 요소를 파악하고 이해하는 것은 국악 감상 교육의 목표와도 맥을 같이한다.

그러나 실제 국악 감상 수업에서는 이러한 장단의 구조와 흐름이 청각적 설명을 나열

하거나 매체 속의 악곡을 감상하는 것으로 제시되는 경우가 많아 학습자가 음악을 들으면서 실시간으로 장단의 변화와 구조를 스스로 인식하는 데에는 어려움이 따른다. 특히 국악 전공자가 아닐 경우 국악을 듣는 과정에서 장단을 이해하면서 감상하기란 쉽지 않기 때문에 장단의 변화와 음악 시간구조를 보다 명확하게 인지하고 드러낼 수 있는 교수학습적 지원이 가능한 도구가 필요하다.

이러한 맥락에서 국악 감상교육은 전통음악의 미적 가치와 문화적 의미를 학습자가 체득하도록 돕는 교육적 가치를 지니기에 국악 감상을 통해 학습자가 우리 음악을 낯선 대상으로 인식하는 데서 벗어나, 음악적 흐름과 표현을 경험적으로 이해하도록 지원해야 한다는 점을 확인할 수 있다(Hwang, 2008).

3) 국악 감상교육의 최근 연구동향

최근 국악 감상교육 관련 연구들을 살펴보면 학교 현장에서 이루어지는 감상 수업의 사례와 그 시사점을 논의하는 연구들이 주를 이루고 있는데 크게 두 가지로 정리해볼 수 있다.

첫째, 감상 경험의 효과와 다양한 방법을 다룬 연구들이다. 전통적인 측면에서 바라본 국악감상 교육에서 제재곡으로 선정된 영산회상, 정가, 육자배기, 수룡음 등을 감상곡으로 삼아 감상교육을 실시하게 되면 학습자가 전통음악의 특징인 시김새, 장단, 선율 진행 같은 음악적 내용을 보다 구체적으로 이해하는 데 도움을 준다는 연구들이다(Jeong, 2021; Jo, 2021). 이는 국`악 감상이 감상의 미적경험을 넘어 음악의 흐름과 구조를 인식하는 데도 효과를 줄 수 있음을 시사한다.

방법론 측면에서는 학교 현장의 시공간적 제약과 학습 지속성 측면에서는 감상교육이 한계를 내포하고 있어 다양한 감상방법이 제공되야 한다는 점과(Kim, 2025), 실제로 실감형 미디어나 다채로운 시청각 융합 매체를 활용한 수업은 학습자의 이해도와 참여율을 끌어올리는 데 도움이 된다고 밝힌 연구들이 있다(Hwang, 2008; Kim & Kim, 2018).

둘째, 교과서 및 교육과정 분석을 통해 감상교육의 방향을 모색한 연구들이다. 2015 개정 교육과정 이후에 국악감상이 단순히 감상만 하는 활동을 넘어서 음악적 역량을 확장하는 데 큰 도움을 주고 있다고 밝히고 있으나(Kang, 2023; Kim, 2024) 실제 교과서에서는 국악을 다루고 있는 제재곡의 범위가 한정적이고 설명 중심의 서술이 많아 깊이있는 음악감상으로 이어지기 어렵다는 지적 역시 함께 제기되었다(Yeo, 2021).

종합해보면, 최근 국악 감상교육 연구는 음원, 실연 영상 콘텐츠화, 디지털 매체 등의 활용을 통해 수업에 적용하면서 전통적 감상 수업의 틀을 점차 넓혀 왔고 학습자의 음악적 이해를 돕는 데 도움을 주고 있다는 점을 확인했다. 다만 수업에서 국악적 요소를 어떻게

인식하고 있는지를 구체적으로 확인하거나 집단 간 비교를 가능하게 하는 방법은 전무한 실정이므로 국악의 핵심적 음악요소를 이해할 수 있도록 시각적으로 제시하는 디지털 기반 감상 도구의 개발과 교육적 효과 검증이 필요하다.

2. 디지털 기반 시각화 국악 감상교육

1) 감상교육에서 디지털 미디어 활용의 교육적 의의

전통적인 측면에서의 감상교육은 연주회장이라는 실제적 시공간이 주는 정서적 몰입에서의 교육이지만 현행 교실 환경에서는 한계가 존재하기에 디지털 미디어를 매개로 한 교수・학습 패러다임으로의 전환이 실천적인 교육적 의의를 갖는다(Hyun, 2011; Ministry of Education, 2022).

첫째, 디지털 미디어를 활용한 음악감상 교육은 학습자의 집중과 몰입에 도움을 준다. 청각적 감상에만 집중하게 되는 수업은 다소 평면적일 수 있는 가능성을 지니고 있어 학습자의 집중을 유지시키기 어렵다. 이러한 한계를 극복하고자 청각 정보에 부합하는 시각적 단서를 입체적・융합적으로 제공하게 되면 학습 내용적인 측면에서 학습자는 음악의 구조와 흐름을 명확히 인지하게 되며 결과적으로 청취 과정에 더욱 깊이 빠져들게 된다.

둘째, 디지털 미디어를 활용하면 추상적인 음악적 요소도 풍부하게 느낄 수 있다. 음악은 시각적으로 고정되지 않은 '시간 예술'이다. 따라서 학습자는 소리라는 단서만으로 음악의 구조와 변화를 순간적으로 포착해야 하는 부담을 가질 수 밖에 없다. 특히 전통 국악에서 감상에서 요청되는 교육적 내용이나 목표가 되는 요소들이 악보로 명확하게 제시되거나 정량적인 설명만으로 이어지기 어려울 때 한배의 느낌이나 장단의 움직임, 가락의 조화 등 화면의 이미지 정보와 결합하여 시각화하면 청각만으로는 놓치기 쉬운 전통음악의 미묘한 변화를 훨씬 잘 느낄 수 있다.

셋째, 학습자의 참여 방식을 수동적 청취에서 능동적 탐색으로 전환시킨다. 교사의 설명에만 의존하는 기존의 감상 수업에서 학습자는 주어진 해석을 수용하는 수동적 객체에 머물기 쉽다. 반면 디지털 도구를 활용하면 학습자가 주체적으로 음악을 탐색하고 비교하는 활동이 가능해진다. 예컨대 특정 구간을 스스로 반복해 들으며 구조적 전환점을 직접 확인하거나, 자신의 음악적 판단을 실시간으로 점검하는 방식이다. 이처럼 디지털 자료와 테크놀로지는 감상 학습을 보완・확장하는 강력한 도구이다(Oh, 2026; Son, 2022).

2) 시각화 기반 감상교육의 교육적 가능성

시각화 기반 접근은 시간적 음악 전개와 구조를 시각 정보로 구체적으로 드러낸다는 점에서 구체적인 교육적 가능성을 가진다. 실제로 보이지 않고 들리는 음악을 시각적 표현의 구현으로 제시함으로써 학습자가 음악의 반복, 변화, 전환 등에 해당하는 음악정보를 인식하도록 돕기 때문에 내용적인 측면에서 명확한 교육적 효과를 이끌어낼 수 있다는 점이다(Hiraga & Matsuda, 2004; Jeong & Nam, 2016). 시각화 기반 감상교육의 교육적 가능성은 아래와 같다.

첫째, 음악 시각화는 음악의 전체적인 흐름과 구조를 파악하는 데 도움을 줄 수 있다. 클래식 음악을 대상으로 한 연구에서는 음악의 전개 과정을 시각적으로 제시하기 위해 흐름 그래프(flow graph)를 활용하거나, 음향 특징(acoustic feature)을 바탕으로 음악 전체의 흐름을 보여주는 음악 플로그램(music flowgram)을 제안하였다(Jeong, 2015; Jeong & Nam, 2016). 이는 음악 시각화가 단순히 파형이나 주파수를 보여주는 데 그치지 않고, 감상자가 음악의 흐름과 구조를 파악하는 학습 도구로 활용될 수 있음을 보여준다.

둘째, 국악은 시각화 기반 감상교육의 필요성이 더욱 분명하게 드러난다. 국악에서는 선율보다 장단이 음악적으로 상위개념으로 인지 되기에 전체적인 장단구조를 파악하는 것이 매우 중요하다. 이러한 맥락에서 장단의 흐름이나 국악 가락을 시각적으로 함께 제시하는 방식은 감상 과정에서 음악의 전개나 구조를 보다 명확하게 인식하도록 돕는 현실적인 대안이 될 수 있다.

셋째, 최근 음악 및 국악 연구에서는 음악 요소를 시각적으로 제시하는 작업이 시도되고 있다. 음악 분야에서는 음악의 구성요소를 데이터화 하여서 형태나 색, 그리고 애니메이션 등과 같은 시각요소로 대응하여 음악을 추상적으로 시각화하려는 시도가 있었고(Kim & Song, 2021), 국악분야에서는 가야금 산조의 농현을 분석하여 시각화함으로써 기존에 감각적으로 이해되던 표현 요소를 시각적으로 확인하면서 연습이나 감상할 수 있는 가능성을 제시하였다(Kim et al., 2025).

예컨대 장단의 구간이나 전환 지점과 첫 박을 시각적으로 함께 제시하면, 학습자는 소리를 들으면서 동시에 그 구조를 놓치지 않고 따라갈 수 있다. 감상이 더 이상 설명을 듣는 활동에 머무르지 않고 스스로 음악의 흐름을 짚고 구조를 확인하는 과정으로 바뀐다. 이처럼 시각화 기반 국악 감상교육은 장단 중심으로 전개되는 국악의 구조적 특성을 감상 과정 속에서 구체적으로 드러내고 학습자가 음악의 흐름을 능동적으로 이해하도록 한다는 점에서 교육적 의의를 갖는다.

Ⅲ. 연구 방법

본 연구는 국악 장단 감상교육을 위한 시각화 감상 웹 도구를 개발하고 해당 도구를 활용한 감상 수업이 학습자의 장단 지각과 음악적 이해에 어떠한 교육적 효과를 가지게 되는지 알아본다. 효과검증을 위해서는 실험집단과 통제집단으로 나누어 교육적 처치 이후 두 집단을 비교하는 방법(post-test-only design)을 선택하였다.

연구 대상은 D광역시에 위치한 교육대학교에 재학 중인 예비 초등교사로 구성하였다. 두 집단은 동일한 교수자가 담당하였으며 해당 교수자는 국악전공 박사학위 소지자로서 교원 양성 과정에서 국악 수업을 2년 이상 운영한 경험을 가지고 있다. 또한 연구 이전 최소 4주 이상 동일한 내용과 수준의 수업을 두 분반에 적용하여, 학습 내용과 수업 방식, 학습자 수준 간의 동질성을 확보하였다. 통계 분석에서 요구되는 정규성 가정을 고려하여 교육 맥락에서 발생할 수 있는 변인을 가능한 한 통제하였다.

연구 절차 및 단계는 총 다섯 단계로 진행되었다. 첫째, 교육과정 분석 단계이다. 2022 개정 음악과 교육과정 감상 영역을 살펴보고 초등 5-6학년군 감상 영역에서 국악 감상과 직접 연결되는 장단 관련 요소로 '장단', '장단의 변화', '빠르기의 변화'를 선정하였고, 성취기준을 매핑하여 웹 도구 개발의 구성 요소로 대응시켰다.

둘째, 시각화 웹 도구 개발 단계이다. 감상 제재곡으로 '가야금 산조'를 선정하고 진양조부터 휘모리로 이어지는 장단 구조를 기준으로 3분 음원을 제작하여 장단 구간, 전환 지점, 첫 박, 가락선을 타임스탬프 기반 데이터로 정리하였다. 이를 파이썬(Python)으로 처리해 시각화 요소로 구현하였으며 가락선은 딥러닝 기반 음고 추출 모델인 크레페(CREPE)를 활용하였다. 완성된 도구는 HTML, CSS, 자바스크립트(JavaScript)로 제작하여 깃헙페이지(GitHub Pages)를 통해 배포하였다.

셋째, 웹 도구 수업 적용 단계이다. D광역시 소재 교육대학교 예비 초등교사를 대상으로 실험집단과 통제집단으로 나누었다. 두 집단 모두 동일한 교수자가 맡았으며, 연구 처치 전 최소 4주 이상 같은 내용과 수준의 수업을 두 분반에 동일하게 적용하여 집단 간 동질성을 확보하였다. 이후 두 집단 모두에게 기초 장단 수업을 4회 동일하게 실시하여 장단의 종류와 구조에 대한 기본적인 이해 수준을 맞춘 뒤, 통제집단에는 음원 감상과 교사의 설명 중심의 전통적인 감상 수업을, 실험집단에는 같은 제재곡을 감상하되 시각화 웹 도구를 함께 활용하는 방식의 수업을 각각 적용하였다.

넷째, 사후 검사 단계이다. 처치 수업 이후 두 집단을 대상으로 동일한 장단인지능력 수행 과제를 실시하였다. 검사는 최은식 외(Choi et al., 2007)의 음악 인지능력 검사 설계를 이론적 토대로 삼아 개발하였으며, 약 3분간 재생되는 가야금 산조 음원을 들으면서 키보드 입력으로 장단 전환 시점과 첫 박을 실시간으로 기록하는 방식으로 구성하였다.

다섯째, 자료 분석 단계이다. 수집된 데이터는 파이썬으로 처리하였고, 집단 간 비교는 IBM SPSS Statistics 32.0 for Mac을 활용하여 기술통계, 독립표본 t검정, 효과 크기를 산출하였다. 전체 연구 절차는 아래 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Step-by-step research procedures

Stage	Research process	Main contents
1	Curriculum analysis	Review of the 2022 Revised Music Curriculum appreciation domain and extraction of jangdan-related achievement standards and core musical elements
2	Web tool development	Timestamp-based structuring of jangdan sections, transition points, first beats, and melodic contours in gayageum sanjo; visualization implemented using Python and CREPE; deployment via GitHub Pages
3	Participant organization & Instruction	Formation of experimental and control groups and homogeneity verification → Four sessions of common foundational jangdan instruction → Control group: conventional appreciation instruction / Experimental group: visualization web tool-based appreciation instruction
4	Post-test	Administration of a keyboard-input-based jangdan perception task (jangdan transition recognition + first-beat identification)
5	Data analysis	Data processing using Python; descriptive statistics, independent samples t-test, and effect size analysis using SPSS

Ⅳ. 연구결과 및 분석

1. 장단 감상교육을 위한 시각화 기반 웹 도구 개발

1) 장단 감상곡의 음악적 요소 선택과 구조화

장단 감상곡의 음악적 요소를 선택하고 구조화 하기 위해서 음악과 교육과정을 검토하였다. 개발에 필요한 요소를 성취기준과 대응하고 5-6학년군 감상 영역 중 국악 감상과 직접 연결되는 핵심 요소로 '장단', '장단의 변화', '빠르기의 변화'로 보고 장단 내부의 반복 단위, 장단 전환, 한배의 흐름으로 매핑하여 웹 도구 개발의 구성 요소로 삼았다.

구체적으로는 학습자가 궁극적으로 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 도달점으로 음악과 교육과정 중 감상 성취기준인 '[6음02-01]음악을 듣고 음악의 요소를 감지하며 구별한다'와 '[6음02-02]다양한 문화권의 음악을 듣고 음악적 특징과 간단한 구성을 인식한다'를 적용하여 이를 감상곡에서 '장단 구간의 구분', '장단 전환 지점의 인식', '장단의

세기의 이해'가 구체적으로 실현될 수 있도록 하였다. 이에 따라 본 연구에서는 ①전체 장단 구간, ②장단 전환 지점, ③첫 박 ④가락의 높낮이 진행을 모두 시간 정보 주석 데이터(time-stamped data)로 구조화하였다.

2) 웹 시각화 도구 개발을 위한 장단 데이터 구조화

장단 감상교육을 위한 웹 시각화 도구 개발을 위해 음원에 기반한 장단 데이터 구조화의 작업은 총 다섯 단계의 정리를 거쳤다. 첫째, 연구 대상 음원을 확보하였다. 본 연구에서는 기악 독주곡인 '산조'를 연구 대상으로 삼았는데, 가야금 산조 중 최옥삼류 가야금 산조의 음악적 특성과 장단 구조를 고려하여 약 3분 분량의 음원을 웹 도구 상 감상대상으로 선정하였다. 산조는 국악의 대표적인 기악 독주곡으로 느린 장단에서 빠른 장단으로 점차 속도가 빨라지며 전개되는 구조를 지니고 있으며, 진양-중모리-중중모리-자진모리-휘모리와 같이 장단의 단계적 변화 속에서 음악적 긴장과 이완이 형성되며 높은 예술성과 기량을 요한다(Kim et al., 1995).

또한, 국악곡 중 민속 장단을 모두 학습할 수 있으면서 가락과 시김새를 통해 국악의 음악적 어법을 다채롭게 경험할 수 있다. 산조는 국악 감상 교육에서 장단의 변화와 음악적 전개를 이해하는 제재곡으로 널리 활용되어 왔기 때문에 교육적 활용 가능성 또한 높다. 이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 '산조'를 장단 구조 시각화 분석의 대상으로 선정하였다.

둘째, 장단 구조 데이터를 구축하였다. 먼저 연구자는 음원을 반복 청취하면서 장단이 전환되는 시점을 중심으로 진양, 중모리, 중중모리, 자진모리, 휘모리 등 장단 유형을 구분하고, 음원의 재생 시간을 기준으로 각 장단이 시작되는 지점을 초(second) 단위의 시간 정보로 기록하였다. 장단의 시작 시점을 정확하게 기록하기 위하여 소닉 비주얼라이저(Sonic Visualiser) 프로그램을 활용하여 음원을 보다 면밀히 살필 수 있도록 하였고, 장단 첫 머리를 스페이스바 입력을 통해 지점을 실시간으로 마킹하였다. 각 장단의 시작 시점은 타임스탬프 기반 온셋(onset)으로 표시되었으며, 기록된 시간 정보는 어노테이션(annotation) 데이터로 저장한 뒤 CSV 형식으로 추출하였다.

셋째, 웹 도구에서 진양~휘모리까지 이어지는 장단의 주기와 소박을 확인할 수 있도록 했다. 먼저 소닉비주얼라이저의 음향 소프트웨어 프로그램을 통해 한 장단 단위에서 나타나는 장구의 각 점을 식별하고, '덩', '덕', '쿵' 등 구음으로 표기하였다. 그리고 정리 과정에는 스프레드시트 프로그램을 활용하였으며 장단 내 박의 구분을 데이터화 하기 위해 구분기호 (|)를 사용하였다.

예를 들면, 진양 장단은 18박 구조이므로 한 장단의 타점을 18개 위치에 대응시켜 기록

했고, 중모리와 중중모리는 12소박, 휘모리는 8박 구조에 맞춰 동일한 방식으로 정리하였다. 세부적으로는 진양의 경우에는 '13.0127초 - 진양 - 쿵| | | | | | | | | | |쿵|덕| |덕|덕| |덕 – 18박'과 같은 형식으로 장단 정보를 기록하면서 이후 중모리~휘모리까지 이러한 방식으로 전체 음원의 장단 흐름과 박 구조를 시간 순서에 따라 데이터화하여 비주얼 스튜디오 코드(Visual Studio Code) 환경에서 작업하였고 그 내용은 [Figure 1]과 같다.

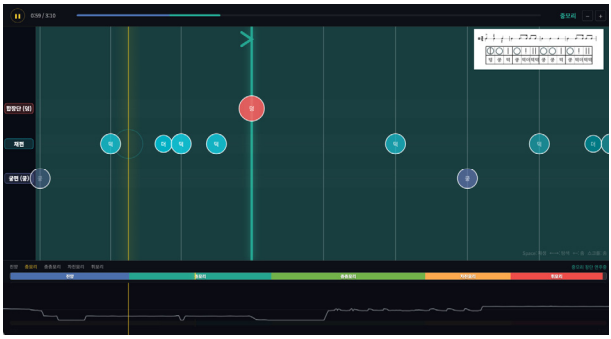
TIME	LABEL	Rhythmic Pattern
2.317395833	Jinyangjo	dung| | | | | | | | |deok|ttap| | |dung| |kung
13.01270833	Jinyangjo	kung| | | | | | | | |kung|deok| |deok|deok| |deok
24.19508333	Jinyangjo	dung| | | | | | | | | |deok| | |kung| |kung
37.13635417	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
48.43322917	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
59.40683333	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
70.489875	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
81.481375	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
86.3720625	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
90.90172917	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
95.83029167	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
100.6780417	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
105.4351875	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
110.3337292	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
115.1127083	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
119.762125	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
124.4930417	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
129.0332708	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
132.2599375	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
134.4023542	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
136.3368333	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
138.3146042	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
140.2890833	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
142.2304167	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
144.1919375	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|

TIME	LABEL	Rhythmic Pattern
2.317395833	Jinyangjo	dung| |deok|ttap| | |dung| |kung
13.01270833	Jinyangjo	kung| |kung|deok| |deok|deok| |deok
24.19508333	Jinyangjo	dung| |deok| | |kung| |kung
37.13635417	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
48.43322917	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
59.40683333	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
70.489875	Jungmori	dung| |deok|kung|deokdeo|deokdeok|kung|kung|deok|kung|deokdeo|deokdeok
81.481375	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
86.3720625	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
90.90172917	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
95.83029167	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
100.6780417	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
105.4351875	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
110.3337292	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
115.1127083	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
119.762125	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
124.4930417	Jungjungmori	dung| |deok|kung|deok|deok|kung|kung|deok|kung| |kung
129.0332708	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
132.2599375	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
134.4023542	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
136.3368333	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
138.3146042	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
140.2890833	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
142.2304167	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|
144.1919375	Jajinmori	dung| |deok|kung|deok| |kung| |deok|kung|deok|

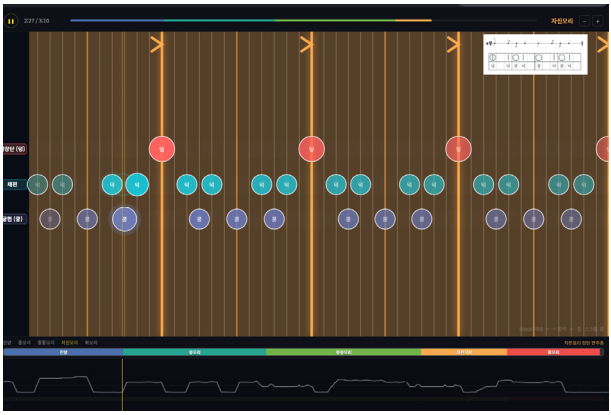
[Figure 1] Time-aligned jangdan annotation data from a gayageum sanjo excerpt

넷째, 구축된 장단 데이터를 바탕으로 파이썬을 활용하여 각 구음의 온셋 시간을 계산하였다. 이때 각 장단 내부의 빠르기는 일정하다고 가정하고, 한 장단의 시작 시점부터 다음 장단의 시작 시점까지를 해당 장단의 전체 지속 시간으로 설정하였다. 이를 장단의 총 박 수로 나누어 각 박의 길이를 산출한 뒤, 각 박 위치에 해당하는 구음의 온셋 시간을 계산하였다. 마지막 장단의 경우에는 직전 장단의 박 길이를 기준으로 전체 지속 시간을 추정하였으며, 리듬 배열에서 공백으로 처리된 쉬는 박은 제외하였다. 그 결과, 장단 시작 시점, 장단 유형, 박 위치, 구음, 구음별 온셋 시간 등이 포함된 CSV 데이터를 생성하였다.

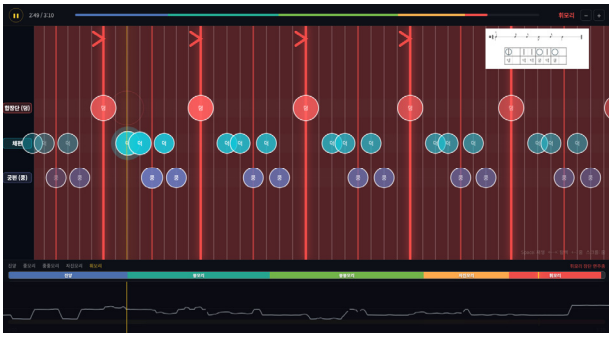
이러한 과정을 통해 구현된 웹 도구는 학습자가 음원을 듣는 과정에서 장단의 시작 시점과 박의 흐름, 구음을 시간의 흐름과 함께 통합적으로 감상할 수 있도록 한다. 전체 시스템의 구현과 실행은 비주얼 스튜디오 코드 환경을 기반으로 이루어졌다.



[Figure 2] Visualization of a web-based jangdan perception assessment tool based on a gayageum sanjo excerpt (Jungmori section)



[Figure 3] Visualization of a web-based jangdan perception assessment tool based on a gayageum sanjo excerpt (Jajinmori section)



[Figure 4] Visualization of a web-based jangdan perception assessment tool based on a gayageum sanjo excerpt (Hwimori section)

구현된 시각화 페이지는 산조의 음악적 흐름 속에서 규칙적인 한배를 느낄 수 있고 기본형 장단이 우측 상단위에 제시되어 있다. 각 장단들의 소박을 직관적으로 나누어서 세로형의 구분선으로 시각화하였으며, 이 위의 구음(덩, 쿵, 덕, 등) 으로 표기되고 장단 주기의 시작 지점인 첫 박은 명확하게 알 수 있도록 강세표시와 세로형의 구분선의 두께를 다르게하여 강조하였다. 그리고 하단의 수직선은 산조음원의 현재 재생위치를 나타낸다. 하단에는 딥러닝 기반 추출모델인 크레페를 통해 가락선을 넣었으며 5개로 구성된 전체 장단의 전환은 색상 변화를 주었다. 최종적으로 개발된 장단 시각화 웹 도구는 PC환경에서의 웹 브라우저에서 누구나 접속할 수 있다.

[Figure 5] QR code for accessing the web-based jangdan visualization tool

3) 장단 인지능력검사 수행

본 연구에서는 교육적 효과를 검증하기 위한 목적으로 장단 인지능력 검사를 별도로 설계하였다. 해당 검사는 학생들이 특정 소프트웨어의 설치 없이도 접근할 수 있도록 웹 호스팅 환경에서 실행 가능한 형태로 구현하였다. 검사는 크게 두 가지 인지 요인을 측정한다. 첫 번째는 장단의 변화 인지로, 전통음악의 흐름 속에서 장단이 전환되는 시점을 감지하는 능력을 측정한다. 두 번째는 한배 인지로, 각 장단의 첫 박과 주기적 구조를 판단하는 능력을 측정한다. 두 요인 모두 산조 음원의 재생 시간(audio playback time)을 기준 축으로 삼아 학습자가 키를 입력하는 반응을 실시간으로 수집하고 기록하는 방식으로 작동하도록 하였다.

검사 도구의 구현 측면에서는 화면 구성을 위해 HTML을, 시각적 레이아웃 설계에는 CSS를, 음원 재생, 키 입력 감지 그리고 간 데이터 기록 등 핵심 평가 기능의 구현에는 자바스크립트를 활용하였다. 학습자들의 인지 반응은 키보드 이벤트를 감지하는 이벤트 리스너(event listener)를 통해 검사 수행 즉시 구글 시트(Google Sheets)에 자동으로 기록되도록 하였다. 이렇게 완성된 검사 도구는 깃헙 페이지를 통해 생성해 웹에 배포 하였으며, 추후 데이터 관리와 분석의 편의를 위해 기본반(class-a)과 심화반(class-b)의 접속 페이지를 각각 분리하여 운영하였다.[1]

검사는 두 단계로 구분되었다. ‘Phase 1’은 장단의 전환 시점을 인지하는 과제로, 학습자가 장단이 바뀐다고 판단하는 순간에 키를 입력하는 활동이고 ‘Phase 2’는 장단의 주기

적 구조를 인지하는 과제로 각 장단의 시작 지점인 첫 박을 판단하여 입력하는 활동이다. 두 단계 모두 웹 상에서의 검사측정에 어려움이 없도록 연습 단계(practice)를 만들어 검사 단계(test)로 넘어갈 수 있도록 하였다. 연습 단계에서는 입력 방식에 충분히 익숙해질 수 있도록 구성하고 학습자의 실제 수행 결과는 검사 단계만 수집하였다.

검사수행은 실험집단과 통제집단을 별도의 링크로 구분하여 진행하였다. 두 집단은 사전 동질성을 확보하기 위해 동일한 교수자가 동일한 기초 장단들을 교육 한 뒤, 실험집단에는 시각화 기반 웹도구를 활용한 장단 통합교육을 하고 통제집단에는 전통적 방식의 통합 장단교육을 적용하였다.[4] 교육 처치 이후에는 두 집단을 대상으로 동일한 장단 인지능력 검사를 실시하였으며 이를 통해 장단 변화 인지 및 첫 박 판단 능력에 있어 집단 간 수행 차이가 나타나는지를 비교 분석하였다. 테스트용 페이지는 웹 브라우저를 통해 접속할 수 있다.



[Figure 6] Jangdan perception test page used for assessing learners' jangdan perception ability

2. 장단 시각화 웹 도구의 교육적 효과

검사 채점의 기준이 된 정답 타임스탬프는 앞서 시각화 웹 도구를 개발하는 과정에 사용된 데이터를 그대로 활용하였다. 학습자의 키 입력 반응은 음원 재생 시간을 기준으로 한 타임스탬프로 저장되며, 이를 연구자가 사전에 설정한 정답 타임스탬프와 비교하여 수행 점수를 산출하였다. 정답으로 인정되는 시간 허용 범위는 ‘Phase 1’과 ‘Phase 2’의 성격을 달리 고려하여 설정하였다. ‘Phase 1’은 장단이 바뀌는 시점을 인지하는 과제인데, 현 음원에서 감상하면서 느껴지는 인지이기에 학습자의 반응이 실제 전환 지점보다 조금 앞서거나 뒤에 나타나는 것은 자연스러운 반응임을 고려하여 ‘Phase 1’의 허용 오차 범위는 ±3.0초로 설정하였다. 이는 음원에서 가장 느린 장단인 진양조의 한 장단 길이가 약 11～13초임을 고려할 때 약 25%에 해당하는 범위이므로 자연스러운 반응을 포괄하는 수준이다.

반면 ‘Phase 2’는 장단이 순환될 때마다 나타나는 첫 박의 위치를 반복적으로 인지하게

4) Prior to the main treatment, both groups completed four identical foundational jangdan sessions on March 16, 23, 30, and April 6, 2026, to ensure group homogeneity. On April 13, the integrated instruction was administered: the experimental group received web tool-based instruction, while the control group received conventional instruction.

되는 과제이기 때문에 ‘Phase 1’보다 상대적으로 더 많은 인지가 요구된다. 이에 허용 오차 범위를 ±1.5초로 좁게 설정하였으며 더불어 산조에서 가장 빠른 장단인 휘모리의 한 장단 길이가 약 2초에 달한다는 점을 고려하면 ±1.5초는 빠른 장단에서도 가까운 장구의 점 수와 구별할 수 있는 현실적인 기준에 해당한다.

수행 점수는 두 가지 지표로 산출하였다. 첫째는 전체 정답 타임스탬프 중 허용 오차 범위 안에 반응이 이루어진 인지율이고 둘째는 초 단위의 평균 오차값으로, 정답으로 인정된 반응 각각에 대해 학습자가 누른 시점과 실제 정답 시점 간의 시간 차이를 구한 뒤 평균한 값이다. 인지율이 장단 구조의 변화를 얼마나 잘 인지하는지를 보여준다면 평균오차는 그 포착이 얼마나 정확한 시점에 이루어졌는지를 드러내는지 볼 수 있다. 이후 계산은 파이썬으로 처리하였고, 집단 간 기술통계 비교는 SPSS Statistics 32.0 for Mac을 활용하였다.

1) 장단 변화 인지

‘Phase 1’ 과제의 장단전환 인지율에 대한 독립표본 t검정 결과, 실험집단(M= .86, SD= .29)이 통제집단(M = .53, SD = .36)에 비해 장단 전환 시점을 인지한 비율이 유의하게 높게 나타났다(t(26.68) = −2.752, p = .011). 통제집단이 전체 전환 지점의 절반 수준인 53%를 인지하는 데 머문 반면, 실험집단은 86%에 달하는 높은 인지율을 보였다.

효과 크기는 Cohen's d = .997로, 코헨(Cohen, 1988)의 기준에서 d = .80 이상을 대효과(large effect)로 분류하며, 교육 분야에서는 일반적으로 d = .50 이상이면 교육적으로 실질적인 효과가 있다고 판단한다. 이 연구에서 나타난 d = .997은 집단 간 인지율 차이가 통계적 유의성을 넘어 교육적으로도 뚜렷한 의미를 가진다. 두 집단의 수행 결과는 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Results of independent samples t-test for jangdan transition perception (Phase 1)

Variable	Group	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*	Cohen's *d*
Jangdan Transition Recognition Rate	Control	15	.53	.36	−2.752*	.011	.997
	Experimental	16	.86	.29			
Jangdan Transition MAE (sec)	Control	13	2.04	.98	1.629	.115	.617
	Experimental	15	1.49	.81			

* p < .05

<Table 2>에 따르면 각 장단을 전환하는 평균오차에서는 실험집단(M = 1.49초, SD = .81)이 통제집단(M = 2.04초, SD = .98)보다 낮은 오차를 보이는 경향이 나타났지만 통계적

으로 유의한 수준에는 이르지 못하였다($t(26) = 1.629$, $p = .115$). 이는 장단 전환시점을 하나도 인지하지 못한 학생들이 있어 이는 평균산출이 불가하기에 통계적으로 축소 된 경향을 내포하고 있다. 다만 통계 및 교육학 통계분석 측면에서 효과 크기 $d = .617$은 의미 있는 효과의 기준($d \geq .50$)을 넘기 때문에 집단 간 수행 경향의 차이 자체는 실질적으로 존재하는 것으로 볼 수 있다.

다만 장단전환 평균오차는 장단 전환 시점을 하나도 인지하지 못한 학습자의 경우 데이터가 확인되지 않아 해당 평균 산출자체가 불가함으로 제외되어 평균결과에 영향을 줄 수 있다는 한계점을 갖는다($n = 13, 15$).

2) 첫 박 인지

각 장단의 첫 박을 반복적으로 판단하는 'Phase 2' 과제에서 독립표본 t검정 결과 첫박 인지율은 실험집단($M = .67$, $SD = .35$)이 통제집단($M = .45$, $SD = .26$)보다 높게 나타났지만 통계적으로 유의한 수준에는 이르지 못하였다($t(29) = -2.008$, $p = .054$). 이러한 통계수준을 면밀히 살피기 위하여 효과 크기를 살펴본 결과, $d = .722$는 교육적으로 의미 있는 효과의 기준($d \geq .50$)을 크게 상회하는 수준이기 때문에 실질적으로는 집단 간 수행 차이가 있다 볼 수 있다. 두 집단의 수행 결과는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Results of independent samples t-test for jangdan first beat recognition (Phase 2)

Variable	Group	*n*	*M*	*SD*	*t*	*p*	Cohen's *d*
Jangdan first beat recognition rate	Control	15	.45	.26	−2.008	.054	.722
	Experimental	16	.67	.35			
Jangdan first beat MAE (sec)	Control	15	.40	.24	2.231*	.034	.802
	Experimental	16	.21	.23			

* $p < .05$

<Table 3>에 따르면 첫 박마다 측정된 평균오차에서는 실험집단($M = .21$, $SD = .23$)이 통제집단($M = .40$, $SD = .24$)보다 유의하게 낮은 오차로 나타났다($t(29) = 2.231$, $p = .034$). 이것은 효과 크기 $d = .802$로 대효과(large effect)에 해당하며, 시각화 도구가 첫 박을 얼마나 자주 인지하는가를 넘어 얼마나 정확한 시점에 반응하는지에 대한 부분도 실질적인 차이가 있음을 시사한다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 국악 장단 감상교육을 위한 시각화 감상 웹 도구를 개발하고 학습자의 장단 지각과 음악적 이해에 어떠한 교육적 효과를 갖게 되는지 검증하였다. 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 웹 도구 개발의 이론적 배경은 교육과정 성취기준 검토를 통해 설정되었다. 먼저, 교육과정 내 초등 5-6학년군 감상 내용 체계를 살펴보고 국악과 직결되는 핵심 요소로 '장단', '장단의 변화', '빠르기의 변화'를 선택하였다. 그리고 감상 제재곡으로는 '가야금 산조'를 설정하여 음원에서 실제로 확인할 수 있는 장단 구간, 전환 지점, 첫 박, 가락의 흐름으로 나누어 웹 도구 시각화 요소로 구체화하였다. 음원은 소닉 비주얼라이저를 활용해 장단 전환 시점과 첫 박 위치를 마킹하고 타임스탬프 기반의 데이터로 저장하였다.

둘째, 시각화 웹 도구는 장단 데이터의 직접 구조화와 인공지능 기반 음고 추출을 결합하여 개발되었다. 장단 유형, 박 구조, 구음 정보를 CSV로 구조화한 뒤 파이썬으로 각 구음의 온셋 시간을 산출하여 장단 구간, 전환 지점, 첫 박 강세 표시의 세 가지 시각화 요소로 구현하였다. 가락의 높낮이 흐름은 딥러닝 기반 음고 추정 모델 크레페로 추출하였으며, 완성된 도구는 HTML, CSS, 자바스크립트로 제작하여 깃헙 페이지를 통해 PC환경의 URL 접속만으로 바로 사용할 수 있도록 하였다.

셋째, 시각화 웹 도구의 교육적 효과를 확인하였다. 실험집단은 장단 전환 인지율에서 통제집단보다 유의하게 높은 수치를 보였으며, 첫박 인지 평균오차에서도 유의하게 낮은 오차를 나타냈다. 장단 전환 평균오차와 첫박 인지율은 통계적으로 유의한 수준에는 이르지 못하였지만, 중간 수준 이상의 효과 크기를 보여 집단 간의 수행 경향의 차이는 실질적으로 존재하는 것으로 여겨진다. 이는 검사과정에서 오차수치를 계산하지 못하게 응답된 인원들이 통계결과에 영향을 미쳤을 가능성을 함께 고려할 필요가 있다.

이러한 결과는 장단은 들리지만 음악구조를 인지하고 파악하기 어려운 국악 감상교육의 근본적인 어려움을 시각 정보를 동시에 제공해줌으로써 교육적으로 도움을 줄 수 있다는 가능성을 실증적으로 보여주었다는 단초적 의미를 가진다. 특히, 국악적 요소를 반영한 시각화 도구는 서양음악 시각화보다 충분히 개발되거나 활용된 사례가 드물어 음악정보를 제공하는 측면에서도 매체나 애플리케이션, 디지털 도구 학습자료 또한 상대적으로 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 학습자료의 부재를 보완하고 다양성을 확대하는 시도로서 국악 음악 어법의 핵심요소인 '장단'을 시간정보로 구조화하고 이를 웹 기반으로 구현하였다. 그러나 본 연구가 지닌 한계점과 후속연구를 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 농현과 시김새를 다루는 감상 웹 도구개발의 시도가 필요하다. 본 연구는 장단을

중심 요소로 설정하고 시각화를 구현하였으나 국악에서 장단 이외에 농현과 시김새도 국악이해에 중요한 요소이다. 농현과 시김새는 국악의 음악적 정체성을 결정짓는 음악요소로, 교육과정에서 필수적인 학습내용으로 구성되어 있다. 그러나 이 두 요소는 악보나 설명으로 완전한 이해나 체득하기가 어려워 이를 구체적으로 시각화 웹도구 개발로 확장된다면 보다 폭넓은 국악 감상교육 방법으로 제시되고 적용할 수 있을 것이다. 더 나아가 후속 연구에서는 현재의 시각화 방식을 자동화하여, 학습자가 음악활동을 하고 실시간으로 음악적 특징과 장단 구조를 자동으로 분석하고 시각적으로 볼 수 있는 교육 피드백 도구로 발전시키고자 한다.

둘째, 현장 연구로 이어져야 한다. 본 연구는 예비 초등교사를 대상으로 한 연구로 단일 프로젝트 수업 이후 사후 비교만을 실시하였기에 일반화의 한계를 갖는다. 또한 연구대상이 작은 표본으로 설정되었기에 일부 통계결과에서 효과크기가 충분하였지만 통계적 유의성에 이르지 못한 부분이 있다. 이에 다양한 학급과 표본을 확대하여 현장연구가 이루어진다면 시각화 기반 감상도구가 실제적 교육자료로서의 역할을 할 수 있을지 명확히 검증할 수 있을 것이다.

셋째, 웹 도구를 활용한 감상교육은 학교 국악수업에서 전통적 감상을 보완하는 자료로서 활용돼야한다. 가장 이상적인 국악적 감상경험은 실제로 연희하는 과정을 경험하고 직접 듣고 호흡으로 느끼는 것이다. 다만 공연 접근성, 수업환경 및 시간의 제약 등으로 실연의 감상이 어려운 현실적인 환경을 고려할 때 이 교육을 지원하는 학습자료로서 활용될 수 있다.

References

Bang, S. A. (2012). *The effects of music appreciation on reducing academic stress and depression among adolescents.* Master's thesis, Mokpo National University.

Choi, E. S., Kwon, D. W., Seok, M. J., & Jeong, J. E. (2007). Development of a music cognitive ability assessment tool for elementary and secondary school students. *Journal of Research in Music Education, 32*, 183-206.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Han, D., Gotham, M., Kim, D., Park, H., Lee, S., & Jeong, D. (2024). Six dragons fly again: Reviving 15th-century Korean court music with transformers and novel encoding. *Proceedings of the 25th International Society for Music Information Retrieval Conference*

(ISMIR 2024), 217-224.

Hiraga, R., & Matsuda, N. (2004). Visualization of music performance as an aid to listener's comprehension. *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces* (AVI 2004), 394-397. ACM. https://doi.org/10.1145/989863.989878

Hwang, Y. J. (2008). *A study on effective Korean traditional music appreciation education through broadcasting media: Focused on the KBS 1TV program "Gugak Hanmadang".* Master's thesis, Yonsei University.

Hyun, K. S. (2011). A study on music appreciation classes using films: Focused on university liberal arts classes. *Journal of Research in Music Education, 40*(2), 251-278.

Jo, A. R. (2021). *A study on appreciation instruction methods for Yeongsanhoesang from the aesthetic perspective of traditional music.* Master's thesis, Kongju National University.

Jeong, D. S. (2015). *Music visualization using flow graph and its effect on listening to classical music.* Master's thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology.

Jeong, M. Y. (2021). A study on teaching and learning content for appreciation of Suryongeum. *Korean Journal of Gugak Education Research, 15*(2), 187-222.

Jeong, D. S., & Nam, J. (2016). Visualizing music in its entirety using acoustic features: Music Flowgram. *Proceedings of the 2nd International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR 2016).*

Kang, S. H. (2023). The problems an improvement direction of high school music appreciation and criticism textbook. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 23*(17), 1-15.

Kim, H. R., & Song, E. S. (2021). A visualization study based on emotional structure analysis of musical components. *Journal of the Korea Contents Association, 21*(6), 104-112.

Kim, K. T. (2022). A study on teaching methods for Sanjo performance using digital storytelling. *Music Education Engineering, 53,* 51-69.

Kim, K. T., & Kim, M. J. (2018). Development and effectiveness verification of immersive media tools for integrated appreciation of Korean traditional music in high school music classes. *Music Education Engineering, 36,* 123-148.

Kim, M. H. (2024). A study on improving the quality of Korean traditional music criticism activities through analysis of 2015 Revised Music Appreciation and Criticism textbooks. *Korean Journal of Gugak Education Research, 18*(2), 135-169.

Kim, M. J. (2023). Design and case study of blended learning-based Korean traditional music instruction for pre-service elementary teachers. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 23*(16), 637-650.

Kim, M. J. (2024). Analysis of Korean traditional music education experiences of pre-service elementary teachers using artificial intelligence (AI) and its educational implications. *International Culture and Arts, 6*(2), 479-493.

Kim, M. J. (2025). The effects of Korean traditional music concert appreciation education on the musical sensitivity of pre-service elementary teachers. *Music Education Engineering, 63*, 169-187.

Kim, M. J., Yeo, H. G., & Jeong, D. S. (2025). AI-based visualization and quantitative analysis of gayageum sanjo vibrato using CREPE and FFT for traditional Korean music education. *Korean Journal of Research in Music Education, 54*(4), 69-91.

Kwon, D. W., Hwang, B. H., Song, J. H., & Park, J. M. (2009). *Introduction to Korean traditional music education.* Kyoyookbook.

Kwon, H. J. (2021). A study on the experience of non-face-to-face online practical classes in Korean traditional music departments of music colleges during the COVID-19 crisis response. *Future Music Education Research, 6*(1), 69-89.

Lee, H. J. (2023). *A study on interval characteristics of Piri Sanjo Jinyangjo by school.* Doctoral dissertation, Jeonbuk National University.

Ministry of Education (2022). *Music curriculum.* No. 2022-33. [supplementary 12]. Ministry of Education.

Moon, J. Y. (2009). *A study on effective music appreciation instruction methods using visual materials.* Master's thesis, Kyunghee University.

Yeo, Y. A. (2021). *A study on Korean traditional music appreciation instruction methods through examination of high school Music Appreciation and Criticism textbooks.* Master's thesis, Kyungpook National University.

Oh, J. Y. (2026). Design and application of an AI media art creation program based on appreciation of Sujecheon. *Korean Journal of Gugak Education, 58,* 195-228.

Park, H. R. (2021). The current status and tasks of Korean traditional music education in the new normal era. *International Culture and Arts, 2*(2), 41-49.

Park, J. H., Lee, J. W., & Choi, Y. J. (2026). Acoustic structures of Gayageum Nonghyun and limitations of digital pitch detection algorithms. *Journal of Art and Technology, 22*(1), 41-64.

Seong, K. R., & Kim, H. R. (2011). A study on the development of e-learning contents for improving the quality of Korean traditional music education. *Korean Journal of Gugak Education, 32,* 111-144.

Son, S. I. (2022). A survey study on online major practical classes for Korean traditional

music learners: Focused on third-year students at arts high schools. *Music Education Engineering, 51,* 1-21.

Tejada, J., & Fernández-Villar, M. Á. (2023). Software design and validation for pitch training and automatic assessment on non-fixed pitch instruments for beginner students. *Education Sciences, 13*(9), 860.

Yoo, H. J. (2025). A study on nonghyun in gayageum sanjo: Focused on the jinyangjo of Seong Geum-yeon style short sanjo. *Journal of the National Gugak Center, 52,* 109-138.