

프로젝트 Beethoven X 연구: 생성형 AI와 인간의 창작 협업을 중심으로*

전정임(충남대학교 교수)
이국화(충남대학교 강사)
신가영(충남대학교 석사과정)
이연재(충남대학교 학사과정)

1. 들어가며
2. 프로젝트 Beethoven X의 창작 과정
 - 1) 프로젝트 Beethoven X의 기본 재료: 베토벤 스케치
 - 2) 프로젝트 Beethoven X의 창작 단계
3. Beethoven X: <교향곡 10번> 3악장 분석
 - 1) 작품 개관
 - 2) 음악요소별 특성
 - 3) 인공지능 창작의 한계
4. 생성형 AI와 인간의 창작 협업
 - 1) 공동 창의성의 개념
 - 2) Beethoven X과 공동 창작의 의의
5. 맺으며

* 본 과제는 2025년도 교육부 및 대전광역시의 재원으로 대전RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다. (2025-RISE-06-012)

개 요

‘베토벤 <교향곡 10번>: AI 프로젝트’(Beethoven X: The AI Project)는 인공지능을 활용하여 베토벤이 남긴 스케치 단편을 발전시켜 <교향곡 10번>의 3악장과 4악장을 완성하는 프로젝트이다.

본 논문에서는 프로젝트 Beethoven X의 창작 과정에서 생성형 AI와 인간과의 상호작용을 ‘공동 창의성’(co-creativity)의 관점에서 탐구하였다. Beethoven X의 창작 과정은 ‘음악학적 탐구’-‘계산적 방법’-‘작곡적 재정리’의 3단계로 진행되었다. 음악학적 탐구 단계에서는 베토벤이 남긴 스케치를 해독하고 디지털화해서 ‘씨앗’ 자료를 만들고 스케치 조각들을 적절하게 배치하는 작업이 이루어졌다. 계산적 방법 단계에서는 여러 개의 머신러닝 아키텍처를 만들어 맥락에 맞는 자료를 선별하여 학습시키는 과정을 거쳐 짧은 스케치 조각을 다양한 방식으로 확장·연속시켰다. 작곡적 재정리 단계에서는 유효한 생성물을 조합하고 재생성하는 과정을 거쳐 작품을 완성하였다.

Beethoven X의 작업은 인공지능과 인간의 ‘공동 창의성’의 결과물이다. 인공지능은 방대한 데이터를 재조합하여 놀라운 속도로 새로운 음악들을 만들어내었다. 또한 인간은 Beethoven X의 창작 단계마다 적극적으로 개입하여 인공지능-인간의 합동 작품을 만들어냈다.

‘공동 창의성’의 관점에서, 인공지능을 단순히 창작의 ‘도구’로 보는 시각에서 벗어나는 것이 필요하다. 진정한 창의적 결과물은 서로 다른 특성을 지닌 두 체계 즉, 인간과 컴퓨터가 상호 작용할 때 산출될 수 있다. 인공지능과 인간의 공동 창의성은 향후 예술 분야에서 한계를 극복하고 새로운 세계로 진입할 수 있는 길을 열어줄 것이다.

주제어: 베토벤, <교향곡 10번>, 인공지능, 베토벤 X: AI 프로젝트, 창의성, 공동 창의성

1. 들어가며

베토벤(Ludwig van Beethoven, 1770-1827)은 교향곡을 총 9곡 남겼다. 그는 <교향곡 10번>을 작곡할 계획도 가지고 있었으나 완성하지 못한 채 세상을 떠났고 그 작품에 대해 매우 단편적인 스케치 정도만을 남겼다. 따라서 다른 작곡가들의 미완성 작품, 예를 들어 모차르트(W. A. Mozart, 1756-1791)의 《레퀴엠》(Requiem d단조, K. 626)¹⁾이나 말러(Gustav Mahler, 1860-1911)의 <교향곡 10번>²⁾ 같은 작품과 비교했을 때, 베토벤의 <교향곡 10번>을 후대에 완성하는 데에는 훨씬 더 많은 어려움이 있었다.

베토벤 <교향곡 10번> 완성에 제일 먼저 도전한 인물은 쿠퍼(Barry Cooper, 1949-)였다. 베토벤 학자이자 작곡가였던 쿠퍼는 베토벤이 남긴 <교향곡 10번>의 스케치를 토대로 전체 작품을 완성하기 위해 노력했다. 그러나 베토벤이 남긴 스케치의 양이 너무 적고 단편적이어서 전체 작품을 완성하는 데는 실패했고, 1988년 E♭ 장조, 6/8박자로 된 베토벤 <교향곡 10번> 1악장을 완성했다. 이 작품은 같은 해에 벨러(Walter Weller, 1939-2015)의 지휘로 런던 로얄 리버풀 필하모닉 오케스트라(Royal Liverpool Philharmonic Orchestra)에 의해 런던에서 초연되었다. 쿠퍼의 베토벤 <교향곡 10번> 출판 악보의 서평을 쓴 음악학자 윈터(Robert Winter)는 이 악보가 미국의 경우 상설 레퍼토리로 편입되지 못하고 메이저 악단의 정규 레퍼토리에 들어가지 못하였으며, 이 악보의

1) 모차르트는 《레퀴엠》 중 <입당송>(Introitus), <주여 불쌍히 여기소서>(Kyrie) 전체와, <부속가>(Sequentia) 및 <봉헌송>(Offertorium) 성악 성부와 저음 파트(그 중 <부속가>의 ‘눈물의 날’(Lacrimosa)은 8마디에서 중단)를 작곡했다. 세광음악출판사 편, 『최신 명곡해설전집 24: 성악곡 II』 (세광음악출판사, 1986), 86.

2) 말러의 <교향곡 10번> 중에서는 1, 2, 3악장이 보충하면 연주될 수 있을 정도의 스케치로 남아있다. 그중 1악장은 거의 완전한 형태이며, 2, 3악장은 뼈대만 세운 형태이다. 세광음악출판사 편, 『최신 명곡해설전집 2: 교향곡 II』 (세광음악출판사, 1986), 287.

주 이용자는 지휘자라기보다 스케치 연구자나 학생들일 가능성이 더 크다고 다소 부정적인 견해를 밝힌다.³⁾

쿠퍼 이후 베토벤 <교향곡 10번>의 완성 작업은 생성형 인공지능(Generative Artificial Intelligence)⁴⁾의 도움으로 이루어진다. 2019년, 도이치 텔레콤(Deutsche Telekom)의 후원하에, ‘베토벤 <교향곡 10번>: AI 프로젝트(Beethoven X: The AI Project, 이후 ‘Beethoven X’로 칭함)⁵⁾가 시작되었다. 음악학자와 인공지능 전문가, 작곡가의 공동작업으로 베토벤의 스케치 단편을 발전시켜 3악장과 4악장을 완성해 공연하는 프로젝트였다.

Beethoven X의 목표는 “버튼 한 번으로 완성된 교향곡을 만들어내는 것”이 아니라 “인간과 컴퓨터의 대화형 협업의 가능성을 수용하는 것”이었다. 즉, 인간이 창작 과정의 단계별로 나아갈 방향을 제시하고, 컴퓨터는 후속 선택에서 일정한 객관성을 부여하는 것을 목표로 프로젝트가 진행되었다.⁶⁾ 2021년, Beethoven X에서 완성된 베토벤 <교향곡 10번> 3

3) R. Winter, “Music Review: Ludwig van Beethoven, Symphony No. 10: First Movement, Realised and completed by Barry Cooper,” *Music Library Association, Notes* 51/4 (1995), 1459.

4) ‘인공지능’(기존 AI)은 주로 지도 학습(정답이 있는 데이터로 학습)에 기반하며, 데이터 분석·분류 등 정답이 있는 문제를 해결하는 기술이다. 반면에 ‘생성형 인공지능’(Generative AI)은 비지도 학습(정답이 없는 데이터로 학습)과 창의적 콘텐츠 생성에 중점을 두며, 텍스트·이미지 등 새로운 콘텐츠를 만드는 데 특화된 인공지능이다. 본 논문에서 사용한 ‘인공지능’이라는 용어는 ‘생성형 인공지능’을 의미한다.

5) 프로젝트 Beethoven X 이외에도, 인공지능 시스템을 활용하여 베토벤 <교향곡 10번>의 오케스트라 총보를 산출하는 연구도 실행되었다. 이 연구에서는 <교향곡 5번>과 <교향곡 7번> 작곡 모델에서 패턴을 추출하고 이를 바탕으로 베토벤의 <교향곡 10번>을 완성하였다. 그러나 이 연구의 결과물이 악보로 출판되거나 연주된 것은 아니어서 본 논의에서는 제외하였다. P. M. Lago · G. Méndez, “An approach to Beethoven’s 10th Symphony,” *arXiv preprint*, arXiv:2005.10539v1 [cs.SD] (May 21, 2020).

6) M. Gotham · K. Song · N. Böhlfeld · A. Elgammal, “Beethoven X: Es könnte sein! (It Could Be!),” in *Proceedings of the 3rd Conference on AI Music Creativity*, 2022, 2.

악장과 4악장이 베토벤 오케스트라 본(Beethoven Orchester Bonn)에 의해서 초연되었다.

본 논문의 목적은 프로젝트 Beethoven X를 통해 베토벤의 <교향곡 10번>을 완성함에 있어 인공지능과 인간과의 상호작용이 어떠한 방식으로 이루어졌는지를 인간과 AI의 공동 창의성(co-creativity)의 관점에서 고찰하는 것이다. 이를 위해 Beethoven X의 창작 과정을 단계별로 구분하여, 각 단계별로 인간과 AI의 역할을 각각 살펴본다. 또한 이 프로젝트의 결과물인 베토벤 <교향곡 10번>의 3악장을 분석⁷⁾하여 이 작품의 음악적·표현적 특성들을 도출해 내고 AI 창작의 한계점을 논한다. 이러한 논의를 통해 인간과 기계의 공동 창의성을 규명하고, 향후 인공지능 기반 창작의 방향에 대해 전망한다.

2. 프로젝트 Beethoven X의 창작 과정

1) 프로젝트 Beethoven X의 기본 재료: 베토벤 스케치

1817년, 베토벤은 페르디난트 리스(Ferdinand Ries, 1784-1838)⁸⁾를 통해 런던필하모닉협회(Philharmonic Society of London)로부터 2개의 교향곡을 작곡해달라는 요청을 받게 된다. 이에 대해 베토벤은 수락 의사를 밝혔고, 1819년 1월 20일 2개의 교향곡이 적어도 부분적으로는 이미 작곡되었다는 편지를 리스에게 보낸다.⁹⁾ 이중 첫 번째인 <교향곡 9

7) 3악장 분석의 틀은 기존 서양음악의 분석틀을 활용하였다. Beethoven X의 성공 여부에서 중요한 기준이 되는 것이 '베토벤다움', 즉 베토벤 스타일이 나타나는지, 아닌지의 관별이므로 새로운 분석틀을 적용하기보다는 기존 서양음악의 분석틀을 사용하는 것이 논의 전개에 더 합리적이라는 판단에서이다.

8) 독일 작곡가로 베토벤의 친구이자, 제자, 비서.

9) B. Cooper, "The First Movement of Beethoven's Tenth Symphony: A Realization," *The Beethoven Newsletter* (Summer 1988), 26.

번>은 1824년에 완성되었으나, 두 번째인 <교향곡 10번>에 대해서는 부분적인 악보와 단편적인 스케치만을 남겨 놓았다.

베토벤이 남긴 <교향곡 10번>에 대한 악보 스케치는 총 5개로 구분된다. 하나는 1812년 초기의 것이고, 이후 1822년~1825년까지의 주요 스케치가 총 4개이다.¹⁰⁾

초기 스케치인 1812년의 자료는 베토벤의 <교향곡 7번>과 <교향곡 8번> 스케치와 관련된다. 베토벤은 이 두 교향곡을 작곡하면서 동시에 세 번째 교향곡을 구상하고 있었기 때문에, 두 작품의 스케치 중간에 다른 교향곡을 위한 구상 스케치가 남아있다. 이러한 스케치는 11건인데, 그중 3건은 d단조로 <교향곡 9번>의 스케치이다. 11건 중 가장 길게 쓰인 것이 E♭장조 스케치(본, 베토벤하우스, SHB 645, f. 1r-1v)로서, <교향곡 10번>을 예견해 주고 있으며 네 악장 전부에 대한 아이디어가 적혀 있다. 이 <교향곡 10번>의 초기 스케치들은 ‘E♭장조/c단조 조성’, ‘2/4박자’, ‘온화한 서정적 선율’, ‘G음과 A♭음의 강조’라는 점에서 이후 발견되는 <교향곡 10번>의 스케치들과 공통점을 지닌다.

1822년~1825년 사이에 쓰인 주요 스케치 중 첫 번째는 1822년의 것으로, 베를린 프로이센 문화재 국립도서관(Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz) 음악 부문 artaria 201, pp. 124-25에 수록되어 있다. 이 스케치 중에 E♭장조, 2/4박자의 안단테 선율이 포함되어 있는데, 이 선율은 처음 3마디가 베토벤 <피아노 소나타 23번 f단조, op. 57, ‘열정’>의 2악장 선율과 매우 유사하다(악보 1). 이후 c단조, 6/8박자 알레그로 선율이 이어지다가 다시 안단테로 돌아온다.

10) B. Cooper, “The First Movement of Beethoven's Tenth Symphony: A Realization,” 26. (이하 베토벤 <교향곡 10번> 악보 스케치 5개 자료에 관한 내용은 동일 논문에서 발췌·요약한 것임)

[악보1] 베토벤 <교향곡 10번> 도입부 안단테 스케치¹¹⁾

두 번째 주요 스케치는 1822년경에 남겨진 것으로, 본의 베토벤하우스 SHB 673에 수록되어 있다. 거기에는 1악장에 해당하는 E♭ 장조 안단테와 c단조 알레그로에 관한 스케치가 그려져 있고(f. 1r), 후속 악장을 위한 간단한 개념 스케치가 실려있다(f. 1v). 3악장과 4악장에 대한 스케치는 단지 몇 마디에 불과하다. 그러나 이중 피날레 부분의 스케치는 더 실체적이어서, 도입부 안단테 선율에 이어 36마디의 미뉴에트가 등장하며 이후 안단테 선율이 잠시 재등장하였다가 미뉴에트 선율로 끝을 맺는다.

세 번째 주요 스케치는 1824년 전반부에 쓰인 한 장짜리 스케치이다. 이 자료는 빈 악우협회(Gesellschaft der Musikfreunde) A50, p. 12에 수록되어 있으며 1악장에 관한 자료만 남아있다. 안단테는 C장조로 표기되어 있으나 E♭을 제외하지 않는다는 것을 표시하기 위해서 “C장조 혹은 E♭장조”라고 표시되어 있다. 3마디 정도의 짧은 도입부 후에 안단테 선율이 나타나는데, 이것은 이전 시기의 선율 스케치(악보1)와 3번째 마디에서 달라진다. 더 이상 <피아노 소나타 23번 f단조, op. 57, ‘열정’> 2악장 선율을 닮지 않고, 15마디의 확장된 선율이 이후에 알레그로 부분에 도달한다. 이는 앞선 스케치에서 나타났던 C단조 악장과는 다르다. 그 알레그로 이후에 안단테가 재등장하고, 그 악장의 마지막을 의미하는 완전중지와 겹세로줄로 끝을 맺는다. 후속 악장에 대한 언급은 없다.

11) B. Cooper, “The First Movement of Beethoven's Tenth Symphony: A Realization,” 27.

네 번째 주요 자료는 1825년 9월경 쓰인 베를린 프로이센 문화재 국립도서관 음악 부문(musikabteilung) aut. 9/1인 소형 포켓 스케치북이다. 여기서는 안단테가 다시 E b 장조로 전환되었고, 1822년 스케치의 c 단조 주제가 재등장한다. 또한 느린 악장의 주제로 보이는 A b 장조의 짧은 아이디어가 있고, 이후 c 단조 3/4의 조금 더 긴 주제에는 프레스토(Presto)라고 적혀 있는데, 뒤에 C 장조 트리오가 이어지는 것으로 보아 스케르초 악장에 대한 스케치임을 예상할 수 있다.¹²⁾

위에서 언급한 초기의 자료(SHB 645)와 네 가지 주요 자료(Artaria 201, SHB 673, A50, out. 9/1)를 합치면 대략 350마디 분량의 스케치가 남아있다. 서로 중복되거나 심지어 상충하는 단편들도 있지만, 불필요한 부분을 제외하더라도 여전히 상당한 양이 남게 된다.¹³⁾

총 5개의 악보 스케치 외에도 Beethoven X에서는 1817~1818년에 쓰인 초기 스케치(본 베토벤하우스, HCB BSk 8/56)도 활용하였다. 이 스케치는 구체적인 악보가 아니라 텍스트로 자신의 생각을 제시한 자료이다. 이 텍스트 스케치가 쓰인 시점은 베토벤이 런던필하모닉협회로부터 <교향곡 9번>과 <교향곡 10번>을 위촉받은 시점이다. 베토벤은 이 텍스트를 통해 새로 작곡될 교향곡에서 첫째, 목소리 사용의 가능성, 둘째, 푸가 사용의 가능성, 셋째, 바쿠스적인 것과 교회적인 것의 대비 등을 언급하고 있다. 이 내용이 <교향곡 9번>과 <교향곡 10번> 중 어느 작품에 해당하는 것인지 분명하지 않지만, <교향곡 10번>을 완성함에 있어

12) Beethoven X에 참여했던 인공지능학자 고담도 이 스케치의 '트리오'라는 글자 위에 '스케르초'라는 표기가 있지만 이는 베토벤의 친필 표기가 아니라 그의 비서였던 윈들러의 필체임에도 불구하고 '3/4박자', '프레스토 템포', '트리오와 짝을 이루고 있다는 점'에서 윈들러의 견해를 굳이 반박하기는 어렵다고 밝힌다. M. Gotham, "Expert article 3: A single note is worth a thousand words." Deutsche Telekom, PDF, 2020, <https://www.telekom.com/en/company/details/a-single-note-is-worth-a-thousand-words-595086>, 검색일: 2025. 9. 30.

13) B. Cooper, "The First Movement of Beethoven's Tenth Symphony: A Realization," 26-27.

흥미로운 재료임에 틀림 없다.¹⁴⁾

2) 프로젝트 Beethoven X의 창작 단계

베토벤 학자 쿠퍼는 베토벤이 남긴 <교향곡 10번>의 스케치들을 연구한 후, 1악장 이외의 다른 악장에 대해서 스케치가 상대적으로 훨씬 더 적게 남아있으나 교향곡의 일부와 연결될 가능성은 의외로 많다는 주장을 내놓는다. 그러나 이 스케치들 대부분이 4분 이내의 길이에 불과하여 교향곡 한 악장으로 확장되려면 훨씬 더 많은 발전이 필요하다고 밝힌다. 따라서 교향곡 전체를 완성하려는 시도는 거의 성공하기 어려울 것이라는 견해를 제시했다.¹⁵⁾

베토벤 학자인 쿠퍼가 이렇듯 불가능할 것이라고 주장했던 베토벤의 미완성 <교향곡 10번>완성 프로젝트에 도전장을 던진 것은 인공지능학자들이었다. 도이치 텔레콤의 후원으로, 베토벤의 탄생 250주년 기념의 해인 2020년에 인공지능의 도움을 받아 베토벤의 미완성 <교향곡 10번>을 완성하여 공연하기 위한 프로젝트가 기획되었다. 이 프로젝트의 이름은 “Beethoven X: The AI Project”라고 붙여졌다.

2019년 초, 프로젝트팀의 리더였던 뢰더(Matthias Röder)¹⁶⁾ 박사는 음악학자, 인공지능 전문가, 작곡가 등을 중심으로 팀을 구성하였다. 음악학자로는 레빈(Robert Levin)¹⁷⁾이 참여했으며, 인공지능 전문가로는 엘감말(Ahmed Elgammal)¹⁸⁾과 고담(Mark Gotham)¹⁹⁾이 함께했다. 또

14) M. Gotham, “Expert article 2: A “Pseudo-Sketch.” Deutsche Telekom. PDF. 2020, <https://www.telekom.com/en/company/details/beethoven-expert-article-2-a-pseudo-sketch-595094>, 검색일: 2025. 9. 30.

15) B. Cooper, “The First Movement of Beethoven's Tenth Symphony: A Realization,” 31.

16) 잘츠부르크에 위치한 음악기술진흥기관인 카라얀연구소 소장.

17) 하버드대학교 교수, 음악학자이자 피아니스트. 모차르트와 J. S. 바흐의 미완성 작품들을 완성하였다.

한 작곡가 베르초바(Walter Werzowa, 1960-)²⁰와 베토벤하우스의 연구책임자인 시거트(Christine Siegert)가 모여 Beethoven X 프로젝트를 위한 팀을 이루었다.

프로젝트는 크게 ‘음악학적 탐구’-‘계산적 방법’-‘작곡적 재정리’로 진행되었다.²¹)

첫 단계로 프로젝트팀은 전통적인 음악학 방식으로 스케치를 정리하고 디지털화해 ‘씨앗’(seed) 자료를 만들었다. 베토벤의 의도를 이해하기 위해 <교향곡 10번>의 스케치를 해독하고 필사했으며, 이후 베토벤의 다른 교향곡을 참조하여 스케치 조각들을 어느 악장 어느 부분에 배치해야 하는지 결정했다. 이것은 인간 전문가들이 담당했다. 덧붙여 주요 모티브의 특성, 양식적 특성 등에 대한 음악학적 탐구가 이어졌다.

두 번째 단계로 음악학적 탐구를 바탕으로 새로운 음악을 생성하기 위한 계산적 방법이 도입되었다. 이를 위해 여러 개의 머신러닝 아키텍처를 만들었고, 기존의 ‘관련 있는’ 자료를 AI에 학습시켜서 명확하게 정의된 음악적 문제에 대한 잠재적 해법을 제시하도록 했다. 즉, 맥락에 맞는 자료를 선별하여 학습을 시키는 과정을 거쳤으며, 여기서 ‘관련 있다’고 판단하는 기준 역시 음악적·맥락적 판단이 필요하다. 이를 위해 엘감말은 자연어 모델을 음악에 적용했다. 베토벤에게 영향을 준 작곡가들의 악보에 주석을 달아 모델을 훈련 시켰고, 이후 베토벤의 악보에 주석을 달아 훈련을 시켰다. 선율 모델 훈련을 위해 주제와 발전부 악절에 주석을 달았고, 베토벤 스케치에서 주제 관련 자료를 입력하여 세부적인 내

18) 뉴저지주립대학인 럿거스대(Rutgers, The State University of New Jersey)의 예술과 AI연구소장.

19) 코넬대학교 교수.

20) 오스트리아 작곡가. LA 소재 음악 제작 스튜디오 MusikVergnügen의 소유주. 인텔의 오디오 시그니처 ‘봉(Bong)’ 징글의 작곡가로 유명하다.

21) M. Gotham · K. Song · N. Böhlefeld · A. Elgammal, “Beethoven X: Es könnte sein! (It Could Be!),” 2.

용을 생성했다.²²⁾

계산적 방법의 접근 방식은 다음과 같은 4개의 작업군으로 나누어지며, 각각의 신경망이 별도로 운영된다.

[표 1] 머닝러신 아키텍처의 4가지 작업군

구분	작업 내용
연속하기(Continuation)	단편적 멜로디를 더 긴 선율로 확장
화성화(Harmonisation)	추가 화성(반주 등)을 멜로디에 붙이기
전환(Transition)	앞뒤 음악을 연결하는 연결구 생성
오케스트레이션(Orchestration)	주요 소재를 전체 오케스트라 편성에 배치

‘연속하기’(Continuation)는 짧은 스케치 조각을 더 긴 선율로 늘이는 것으로 이것이 이 프로젝트의 기본 과제 중 하나였다. 텍스트용 ‘자연어 처리’(Natural Language Processing, NLP)²³⁾에서 쌓인 성과를 적극 반영하여 모델을 설계했고, 긴 악구를 쓰면서도 처음의 주제와 연관성을 유지하기 위해 ‘양식화된 연속하기 모델’(Stylistic Continuation Model)을 도입했다. 열감말은 AI에게 짧은 프레이즈나 모티브 하나만으로 베토벤처럼 길고 복잡한 음악구조를 만들어내는 방법을 이해시키기 위해 베

22) The Batch, “Roll Over, Beethoven: AI Completes Beethoven’s 10th Symphony,” Deep Learning. AI - The Batch (October 13, 2021), <https://www.deeplearning.ai/the-batch/roll-over-beethoven>, 검색일: 2025. 10. 2.

23) ‘자연어 처리’(또는 계산언어학)는 컴퓨터과학의 하위 분야로, 컴퓨터가 계산적 기법을 활용하여 인간 언어를 학습·이해·생성하는 연구 분야이다. 자연어 처리를 위해 언어 모델링(Language Modelling), 기계 번역(Machine Translation) 등의 다양한 데이터셋이 사용된다. J. Hirschberg · Ch. D. Manning, “Advances in natural language processing,” *Science* 349, no. 6245 (2015), 261; D. Khurana et al., “Natural Language Processing: State of the Art, Current Trends and Challenges,” *Multimedia Tools and Applications* 82 (2023), 3730-3732.

토벤 <교향곡 5번>을 학습시켰다. 즉, 기본적인 4개의 모티브로부터 <교향곡 5번> 전체가 구성되는 구조를 배우도록 했다. 이어서 특정 음악 형식, 즉, 스케르초, 트리오, 푸가 등의 형식에 맞추어 프레이즈를 배열하는 방법을 학습시켰다.²⁴⁾

‘화성화’(Harmonisation)는 선율에 화음을 입히는 방법을 학습시키는 것이다. 베토벤의 스케치는 대부분 단선율과 희박한 음향 텍스처로 구성되어 있어 반주적 재료를 덧붙여주는 별도의 모델이 필요했다. 작업 방식은 ‘대위 성부를 붙이는 방식’과 ‘코드 화성을 추가하는 방식’을 구분하여 진행했다. ‘대위 성부 붙이기’는 대위 구조로 이루어진 음악에서 성부들의 모든 순열쌍을 훈련시키는 방법을 활용했다. 예를 들어, 3성부 푸가에서 1-2, 2-3, 1-3의 성부쌍을 독립된 세 경우로 나누어 학습했다. ‘코드 화성 추가’는 기계 번역 모델을 활용했다. 번역은 하나의 언어로 입력된 내용을 상응하는 의미를 갖는 다른 언어로 바꾸는 것이다. 마찬가지로 선율에 화음을 입히기 위해서 한 편으로는 선율을 입력하고 다른 편으로는 베토벤이 화음을 구성한 정보를 넣어준다. 그런 과정을 통해 인공 지능은 하나의 선율 라인을 어떻게 화음으로 번역할지 배운다.²⁵⁾ 이 과제를 위해 표준NLP기계 번역 모델과 같은 구조, 즉 트랜스포머(Transformer)²⁶⁾ 인코더와 디코더를 채택한다. 타 분야에서 고안된 머신러닝 아키텍처를 음악에 적용하기 위해서는 음악을 원래의 시간적

24) A. 엘감말, “[인터뷰] 인공지능이 베토벤의 미완성 <교향곡 10번>을 완성한 과정,” 『더 컨버세이션』, 2021. 9. 24, 8.

25) A. 엘감말, “[인터뷰] 베토벤의 미완성 <10번 교향곡>을 인공지능이 완성했다,” 『BBC 사이언스』, 2022년 1월호, 33.

26) ‘트랜스포머’는 순환 없이 전적으로 어텐션 메커니즘(모델이 입력데이터의 특정 부분에 더 많은 ‘주의’를 기울이도록 하는 방식)만 의지한 아키텍처로, 입력-출력의 의존 관계를 모델링하도록 설계되어졌다. 인코더-디코더 구조를 기반으로, 기계 번역 같은 작업에 사용된다. A. Vaswani et al., “Attention Is All You Need,” *Advances in Neural Information Processing Systems* 30 (2017), 2.

순서로 보존하도록 하는 추가적인 제어 장치가 필요하다. 텍스트 번역에서는 문법적 타당성을 위해 단어의 순서를 바꿀 수 있으나, 음악에서는 순서 재배열이 부적절하기 때문이다.²⁷⁾

‘전환’(Transition)은 악절과 악절을 연결하는 방법과 악곡의 마지막 부분을 코다로 마무리하는 방법을 학습시키는 것이다. 이를 위해 BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers)²⁸⁾ 마스크드 언어 모델을 활용했다. 이는 이벤트의 15%를 무작위로 가린 뒤, 남은 85%를 바탕으로 가려진 자리에 들어가야 할 것을 예측하도록 훈련하는 방식이다. 이 프로젝트에서는 언어 모델을 음악 창작에 활용하기 위해 연속된 이벤트 구간을 마스킹하여, 마스킹 된 단어를 한 번에 전부 예측하는 대신, 이벤트를 하나씩 반복적으로 예측하는 방식을 택했다.

‘오케스트레이션’(Orchestration)은 작곡된 음악을 각 악기에 배정하여 오케스트레이션 하는 방법을 학습시키는 것이다. 이를 위해 오케스트라 악보를 ‘단축 악보’로 변환하여 이 단축 악보와 오케스트라 총보를 짝으로 훈련시켰다. 작곡가들이 오케스트레이션 전에 먼저 작성하는 ‘피아노 축약본’은 피아노 연주 가능성을 전제로 하고 있어 음역이 제한 되는 등, 원하는 데이터와 다소 맞지 않기 때문에 오케스트레이션 학습에 적절하지 않았기 때문이다.²⁹⁾

27) M. Gotham · K. Song · N. Böhlefeld · A. Elgammal, “Beethoven X: Es könnte sein! (It Could Be!),” 7.

28) ‘BERT’는 비 라벨 텍스트(예: BookCorpus, 영어 위키백과 등) 기반으로 사전학습(pre-training)된 인코딩 유형의 모델로, 모든 층에서 양방향으로 텍스트를 동시에 검토하여 언어에 대한 이해를 개선한다. 트랜스포머의 인코딩 부분을 사용하며, 마스크드 언어 모델링을 사용하여 BERT의 사전 훈련 중 텍스트에서 은닉된 토큰을 예측한다. D. Khurana et al., “Natural Language Processing: State of the Art, Current Trends and Challenges,” 3735, 루이스 탄스톨 외/ 석해선 역, 『트랜스포머를 활용한 자연어 처리: 허깅페이스 개발팀이 알려주는 자연어 애플리케이션 구축』 (서울: 한빛미디어, 2022), 37, 125.

29) M. Gotham · K. Song · N. Böhlefeld · A. Elgammal, “Beethoven X: Es könnte sein!

마지막 단계는 작곡적 재통합의 단계이다. 두 번째 단계까지 사용할 음악적 재료를 선택하고 이를 다양한 방식으로 확장·연속시켰다면, 마지막 단계는 어떤 생성물이 유효한지, 어떤 부분을 다시 생성해야 하는지 결정하는 단계이다. 초기 스케치로부터 여러 버전을 만들고, 더 큰 단위로 확장하며, 인간(연구자)이 과정 전체를 주도한다. 다만 시스템이 ‘관련 있는’ 자료만을 선택하도록 경계가 설정되어 있다. 핵심적인 원칙은 최종 작품이 완전히 새로 생성된 자료로만 구성되지만, 작곡가는 이 자료를 원하는 만큼 쪼개고, 조합하고, 특정 맥락에 맞춰 인공지능에게 재생성을 요청할 수 있다. 이렇듯 프로젝트 Beethoven X는 인공지능 보조 작곡의 가능성을 열어 인간의 창의성을 확장·강화하는 새로운 방법론으로 작동하게 한다.³⁰⁾

위에서 제시한 과정을 거쳐 인공지능은 베토벤의 짧은 스케치를 바탕으로 20여 분짜리 스케르초와 피날레 악장을 완성했다. 이 작품은 원래 베토벤 탄생 250주년인 2020년 4월 28일 베토벤의 고향인 본(Bonn)에서 열리는 ‘텔레콤 포럼’에서 디르크 카프탄(Dirk Kaftan)의 지휘로 연주될 예정이었다. 그러나, 코로나19 사태로 인해 연기되었다가³¹⁾ 2021년 10월 9일 베토벤 오케스트라 본의 연주로 초연됐다.

3. Beethoven X: <교향곡 10번> 3악장 분석

1) 작품 개관

프로젝트 Beethoven X에서 완성된 베토벤 <교향곡 10번>의 3악장

(It Could Be!),” 8.

30) 위와 같음.

31) 조행만, “AI가 만든 베토벤 미완성 <교향곡 10번>... 9일 초연 앞두고 전문가들 설왕 설래,” 『AI타임즈』, 2021. 10. 28.

스케르초와 4악장 피날레는 총 22분 길이며, 그중 스케르초는 약 8분 정도이다. 분석에 사용된 악보는 2021년에 출판된 악보³²⁾로 작곡자가 ‘베토벤-베르초바’로 표기되어 있다.

이 프로젝트에서 베토벤 <교향곡 10번> 3악장을 완성하는데 주요 테마로 활용한 자료는 베를린 프로이센 문화재 국립도서관 음악 부문 aut. 9/1(1825)에 수록된 스케르초-트리오 스케치이다. 스케르초 부분의 스케치는 음표머리가 모호하거나 음기둥이 누락된 것이 많아 악보 표기에 논란의 여지가 있다. 스케르초 5마디의 구성음을 쿠퍼는 ‘E♭음’으로 판단했으나, Beethoven X에 참여했던 고담은 ‘4도 도악’ 모티브 시퀀스의 특성을 들어 ‘D음’으로 표기했다. 고담이 제시한 스케르초-트리오 스케치는 다음과 같다.

[악보 2] 베토벤 <교향곡 10번> 스케르초-트리오 스케치³³⁾



32) L. v. Beethoven · W. Werzowa, Beethoven 10 - The AI Project for Orchestra, Full score (Mainz: Schott Music, 2020-2021, <https://www.schott-music.com/en/beethoven-10-the-ai-project-no447119.html>).

33) M. Gotham, “Expert article 3: A single note is worth a thousand words.” Deutsche Telekom, PDF, 2020. <https://www.telekom.com/en/company/details/a-single-note-is-worth-a-thousand-words-595086>.

관현악 편성은 표준 대편성을 따르고 있으며, 목관은 플루트, 오보에, B♭조 클라리넷, 바순으로 구성되어 있다. 금관은 E♭조 호른과 C조 호른, C조 트럼펫, 알토/테너 트롬본 및 베이스 트롬본으로 구성되어 있다. 타악은 팀파니만이 사용되고, 현악은 제1·제2 바이올린, 비올라, 첼로, 콘트라베이스로 편성된다.

[표 2] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 관현악 편성

종류	편성 악기
목관악기	플루트 2, 오보에 2, B♭조 클라리넷 2, 바순
금관악기	E♭조 호른 2 (1, 2번), C조 호른 2 (3, 4번), C조 트럼펫 2, 알토/테너 트롬본, 베이스 트롬본
타악기	팀파니
현악기	제1·제2 바이올린, 비올라, 첼로, 콘트라베이스

3악장의 형식은 고전적 스케르초(A)-트리오-스케르초(A')의 3부 형식에 코다를 부가한 구조로 구성되어 있다. 템포는 스케르초에서 $J=96$ 의 3/4박자 알레그로로 제시되며, 트리오에서 $J=96$ 의 2/2박자 알레그로로 제시된다.

조성은 스케르초 A가 c단조에서 f단조로 전조되며, 트리오는 C장조로 시작되어 스케르초 부분과 단조-장조 관계의 대비를 형성한다. 재현부에 해당하는 스케르초 A'는 e단조에서 c단조로 회귀함으로써 조성적 긴장을 해소하고, 코다는 c단조로 종결한다. 전체적으로는 스케르초-트리오-스케르초가 c단조-C장조-c단조의 조성 프레임을 보이는데, 이는 베토벤의 <교향곡 5번>의 3악장에서도 나타났던 형식으로, AI가 <교향곡 5번>의 조성 구조를 학습한 결과로 보인다.³⁴⁾ 이를 표로 정리하면 다음과 같다.

[표 3] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 악곡 구성

구분	템포	박자	마디	조성
스케르초 A	♩=96, 알레그로	3/4	1-68	c 단조
			69-241	f 단조
트리오	♩=96, 알레그로	2/2	242-395	C 장조
스케르초 A'	♩=96, 알레그로	3/4	396-544	e 단조
			545-586	c 단조
코다	♩=96, 알레그로	3/4	587-604	c 단조

2) 음악요소별 특성

(1) 동기 발전

베토벤 <교향곡 10번> 스케르초 주요 동기에서 특히 두드러지는 것은 4도 상행 동기이다. 연속적인 4도 도약이 시퀀스 형태로 나타난다. 또한 쿠퍼는 베토벤 <교향곡 10번> 스케치에서 두드러지는 선율적 특징이 3-2-5 또는 3-5-8이라는 두 가지 ‘열린’ 선율형에서 시작해서, 가장 결말다운 선율형인 3-2-1로 마무리된다고 주장했는데,³⁵⁾ 3악장의

34) 엘감말은 짧은 프레이즈, 또는 모티브 하나만으로 베토벤처럼 더 길고 복잡한 음악 구조를 만드는 방법을 찾기 위해, 베토벤이 기본적인 네 음표 모티브로부터 <교향곡 5번>을 어떻게 구성했는지를 인공지능에게 학습시켰다고 밝힌다. A. 엘감말, “[인터뷰] 인공지능이 베토벤의 미완성 <교향곡 10번>을 완성한 과정.” 『더 컨버세이션』, 2021년 9월 24일, 8.

35) M. Gotham, “Expert article 3: A single note is worth a thousand words.”

시작 부분인 스케르초의 주요 동기에서도 3-2-5의 ‘열린’ 선율형을 볼 수 있다.

[악보 3] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 도입부 현악기군 (마디1-8)

위의 여덟 마디 선율형은 스케르초의 제1주제이자 주요 동기로 기능한다. 이 동기는 스케르초 A의 c단조에서 f단조로의 전조 되는 부분(마디69)과 스케르초 A'의 시작 부분(마디396)에서도 동일하게 나타난다.

한편 트리오의 주요 동기도 완전 4도의 운곽을 보여준다. 선율은 1-5로 하행, 5-1로 상행, 1-4도 상행으로 완전 4도를 순차진행으로 채워가는 방식으로 진행하는데, 이는 연속적인 4도 상행을 주요 동기로 삼았던 스케르초와 연계된다.³⁶⁾

36) M. Gotham, “Expert article 3: A single note is worth a thousand words.”

[악보 4] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 트리오 도입부 현악기군 (마디242-249)

The musical score shows four staves: Vln. I, Vln. II, Vla., and Vc. The music begins at measure 242 with a piano (p) dynamic. The tempo is marked 'marcato'. The key signature has one sharp (F#). The score includes fingering and bowing indications for the strings. The dynamics increase to fortissimo (sf) by measure 249. The tempo remains 'marcato' throughout the passage.

위 악보에서 제시된 트리오의 도입부를 보면 3-2-5의 ‘열린’ 선율형과 대비되는 3-2-1의 종지가 뚜렷하게 나타난다. 이를 통해, 스케르초가 4도 상행 도약과 3-2-5를 통한 긴장과 시작의 극적인 역할을 맡았던 것과는 대조적으로, 트리오는 4도를 순차진행하고 3-2-1로 종결함으로써 해결과 안정감을 추구하는 형태로 구성된 것을 알 수 있다.³⁷⁾

(2) 리듬적 특성

곡 전체에서 박자가 바뀌는 부분은 스케르초 A에서 트리오로 진입할 때(3/4박자→2/2박자)와 다시 스케르초 A'로 복귀할 때(2/2박자→3/4박자) 두 번뿐이다. 그러나 다이내믹을 사용해 일시적 변박 효과를 주는 형태가 여러 부분에서 등장하는데, 예를 들어, 3/4박자가 유지되는 가운데 두 박마다 스포르찬도(sf)를 배치하여 2/4박자로의 일시적 변화를 표현한다. 스케르초의 마디33-40 부분은 첫 번째 섹션이 완결되는 부분으로 처음부터 이 부분까지를 반복하게 되는데, 극적인 종결을 위해 이러한 효과를 사용한 것으로 보인다.

37) M. Gotham, “Expert article 3: A single note is worth a thousand words.”

[악보 5] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 스케르초 현악기군 (마디33-40)

일시적 박자 변화의 또 다른 예는 리트모 디 트레 바투테(Ritmo di tre battute)³⁸⁾와 리트모 디 콰트로 바투테(Ritmo di quattro battute)의 사용이다. 이 2가지 기법이 스케르초 A에 각각 두 번씩 나타나며, 트리오와 스케르초 A'에서는 나타나지 않는다.

38) '리트모 디 트레 바투테'(Ritmo di tre battute)는 이탈리아어로 '3마디 단위의 리듬'이라는 의미이다. 이는 일종의 하이퍼미터(hypermeter, 큰 규모의 박자)로 단위박을 마디 단위로 확장시킨다. 예를 들어 3/4박자에서, 4분음표(♩)를 한 박으로 표현하는 것이 아니라, 한 마디 전체, 즉 점2분음표(♩)가 한 박이 되어 지휘 상 강한 다운비트가 세 마디에 한 번씩 나타난다. 이와 유사하게, 리트모 디 콰트로 바투테'(Ritmo di quattro battute)는 강한 다운비트가 네 마디에 한 번씩 나타난다.

[악보 6] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 트레 바투테/콰트로 바투테의 예
(마디97-102, 마디234-241)

The image shows two systems of a musical score for Beethoven's Symphony No. 10, 3rd movement. The first system, measures 97-102, is marked "[Ritmo di tre battute]". It shows Violin I and II playing a triplet melody, while Viola, Violoncello, and Double Bass provide a rhythmic accompaniment. Dynamics are marked *p*. The second system, measures 234-241, is marked "[Ritmo di quattro battute]". It shows Violin I and II playing a quadruplet melody, with Viola, Violoncello, and Double Bass providing accompaniment. Dynamics include *mf*, *cresc.*, *sf*, and *rit.*

첫 번째 등장하는 트레 바투테는 15마디 동안 지속되다가(마디 97-111) 짧은 에피소드로 연결된다. 콰트로 바투테는 약 12마디 동안 지속된다(마디130-141). 두번째 트레 바투테는 24마디 동안 지속되고(마디210-233), 곧바로 콰트로 바투테가 이어져서 8마디 동안 짧게 나타났다(마디234-241) 트리오로 진행된다. 베토벤의 <교향곡 9번> 2악장 ‘스케르초’와 비교하면, 전반적으로 트레 바투테와 콰트로 바투테가 지속되는 프레이즈가 매우 짧다는 것을 알 수 있다³⁹⁾. <교향곡 10번>

39) 베토벤의 <교향곡 9번> 2악장 스케르초에서는 트레 바투테의 프레이즈가 마디177

에서는 프레이즈가 짧고, 3마디 또는 4마디 단위의 규칙성이나 일정한 동기 혹은 동형진행이 뚜렷하게 나타나지 않기 때문에 그 기법의 효과는 크게 두드러지지 않는다.

(3) 화성적 특성

화성적 진행은 상당히 뚜렷하게 나타나는 편이며, 특히 V-I의 진행이 지배적이다. 조성 내에서 ii도, III도 등의 부3화음은 거의 나타나지 않는다. 또한 비화성음은 거의 사용되지 않는다. 변화음을 포함한 일부 구성음을 비화성음으로 해석할 수 있으나 화성음으로도 해석이 가능한 경우가 많다.

변화화음은 부속화음, 부감화음이 주로 사용된다. 부속화음과 부감화음 모두 V-I의 해결감에서 파생된 화음들이며, 임시표 #은 대부분 부속화음의 상향된 변화음에서 사용된다.

[악보 7] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 부속화음의 예 (마디13-16)

The musical score shows five staves: Vln. I, Vln. II, Vla., Vc., and D.B. The key signature is two flats (B-flat and E-flat), and the time signature is common time (C). The score is divided into four measures. Measure 13 starts with a box containing the number 13. The chords are labeled below the staves as c: V/V, V, V/V, and V. The dynamics are marked with 'f' (forte) at the beginning and end of each measure.

에서 마디233까지 57마디에 걸쳐 이어진다. 이후 바로 콰르토 바투테가 등장하여 마디 234에서 마디295까지 총 62마디에 걸쳐 이어지며 뚜렷한 4마디 단위의 리듬을 확인할 수 있다.

전조는 스케르초 부분에서는 뚜렷하게 이루어진다. 즉, 스케르초 A에서는 c단조에서 f단조로 일반적인 5도권의 전조를 보이며, A'에서는 e단조에서 c단조로 3도 간격의 전조가 이루어진다. 다만 트리오 부분의 조성은 다소 모호하다. 트리오는 크게 C장조로 볼 수 있으나, 그 안에서 일시적 전조가 빈번하게 일어나는데, 전조로 보기에는 어려운 경우가 많다. 이렇듯 전조가 모호한 것은 부속화음의 연속 사용이 많이 나타나는 점, 중지감이 뚜렷하지 않거나⁴⁰⁾ 전조를 상정하지 않고도 대부분 화성 분석이 가능하다는 점에 기인한다.

(4) 표현적 특성

3악장의 다이내믹 스펙트럼은 pp-ff에 이르기까지 폭넓게 분포하며, 대부분 전 악기가 동일한 다이내믹을 공유한다. 또한 아티클레이션은 스타카토(·), 테누토(-), 악센트(>), 악센트-테누토(\geq) 등이 다양하게 활용된다.

현악기군에서는 피치카토(pizz.)-아르코(arco)의 교대가 나타나기도 하는데, 그 경계가 모호한 부분이 있다.⁴¹⁾ 예를 들어 마디216-227에서 피치카토는 마디216에, 아르코는 마디223에 지정되어 있다. 이 부분은 트레 바투테 구간이어서 3마디 단위로 구획이 주어지기 때문에 아르코의 위치가 마디223이 아닌 마디222에 주어지는 것이 더 합리적이다.

40) V-I의 정격중지가 나타나더라도, V도 앞에 중지감을 명확하게 하는 ii도나 IV도 등을 포함하지 않는 경우가 많다.

41) 베토벤 <교향곡 9번>에서는 피치카토-아르코를 사용함에 있어 프레이즈 및 파트의 경계가 명료하게 설정된다.

[악보 8] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 피치카토-아르코 교대의 예
(마디216-227)

The musical score consists of two systems of staves. The first system covers measures 216 to 221. It features five staves: Vln. I, Vln. II, Vla., Vc., and D.B. Vln. I and Vln. II play a melodic line with slurs. Vla., Vc., and D.B. play pizzicato chords. Dynamics include *p*. The second system covers measures 222 to 227. It features the same five staves. Vln. I and Vln. II play a melodic line with slurs. Vla., Vc., and D.B. play arco chords. Dynamics include *mf*.

3) 인공지능 창작의 한계

베토벤 <교향곡 10번> 3악장의 분석 결과, 남겨진 베토벤의 스케치가 너무 단편적이어서 완성이 불가능할 것으로 여겨졌던 작품이 인공지능의 도움으로 완성되었고, 어느 정도 객관성을 담보하고 있다는 점에서 Beethoven X의 작업은 충분한 의의를 가진다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 베토벤 <교향곡 10번>을 완성함에 있어 인공지능이 베토벤의

다른 교향곡들과 당대의 여러 음악 작품을 학습하여 ‘베토벤다움’을 다양한 각도에서 실현했음에도 불구하고 인공지능의 창작에는 분명한 한계가 보인다. 이는 결국 기계의 ‘창의성’의 한계와 연결된다.

베토벤 <교향곡 9번>과 AI가 생성한 <교향곡 10번>의 비교를 통해, 인간 창의성과 계산(컴퓨터) 창의성의 차이를 연구한 브란트(A. K. Brandt)는 이것을 자발적(spontaneous) 창의성과 숙고적(deliberate) 창의성의 차이로 설명한다. 자발적 창의성은 선형적(linear)이며, 여러 아이디어를 모아 하나의 장면을 만들고 확장해 나가는 즉흥적·자생적 창의성이다. 반면에 숙고적 창의성은 비선형적(non-linear)이며, 맥락에 의지한 의사결정, 이례적 선택을 심화·전개하는 능력, 수정·개정 능력을 포함하는 창의성이다. AI는 속도와 산출의 풍부함 면에서 자발적 창의성의 몇몇 특징을 포함한다. 그러나 숙고적 창의성으로는 나아가지 못하고, 반면에 베토벤의 <교향곡 9번>은 비선형적 사고 즉, 숙고적 창의성의 전형이다.⁴²⁾

인공지능 창작의 한계는 프로젝트의 시작점부터 이미 예상된 것이다. 인공지능이 결과물을 산출함에 있어 특정한 스타일, 혹은 양식을 벗어나지 못하게 하기 위해 일종의 제약을 주었으므로, 인간 작곡가들과 같은 창의적 발상 자체가 어렵다.⁴³⁾ 또한 인공지능은 ‘가장 가능성이 높은 결과’를 맞히도록 훈련된다. 즉, 낮은 확률의 선택보다 높은 확률의 일반적 선택을 하도록 설계되었다. 그래서 인공지능의 산출물은 특별한 것보다

42) A. K. Brandt, “Beethoven’s Ninth and AI’s Tenth: A Comparison of Human and Computational Creativity,” *Journal of Creativity* 33/3 (2023): Article 100068, 1–2.

43) 계산적 접근에서 창의성의 문제는 가장 핵심이면서도 다루기 어렵다. 학습이 예시 집합에 최적화되어야 하기 때문이다. 통상 모델은 손실(오차)의 기댓값을 최소화하도록 훈련되며, 그 결과 모델은 분포의 주 모드를 잘 맞추도록 유도되고, 드문 예시는 전체 오차를 왜곡하지 않기 위해 학습에 거의 반영되지 않는다. 하지만 창의성은 바로 이런 드문 예시들을 다루는 능력과 밀접하게 관련된다. P. Esling · N. Devis, “Creativity in the era of artificial intelligence,” arXiv preprint arXiv:2008.05959 (2020).

는 일반적인 경향을 띠게 되고, 이는 창의성과는 반대의 측면을 반영하게 되는 것이다.⁴⁴⁾

베토벤 <교향곡 10번> 3악장에서 인공지능 창작의 한계는 다양한 면모로 나타난다.

첫째, 자유로운 동기 발전 혹은 변형을 하지 못하고 동일한 동기가 반복되어 나타난다는 점이다. 베토벤 <교향곡 10번> 스케르초의 조성이 c 단조에서 가까운 관계조인 f단조로 갔다가 더 먼 관계조인 e단조로 옮겨가지만, 이 두 경우에 있어서 주요 동기가 거의 동일하게 반복된다. 베토벤의 후기 양식은 격렬한 변형이 이루어지고, 직설적인 재현을 거의 사용하지 않는 것으로 특징지어진다. 따라서 베토벤이라면 첫 조성에서 e 단조로의 화성적 이동을 반영하기 위해 e단조 부분의 선율에 많은 보다 많은 변형을 주었을 것이다.⁴⁵⁾

연결구의 동기 발전도 매우 제한적으로 구현된다. 연결구의 선율이 주요 주제를 확장하고 발전시키는 것이 아니라, 단순히 주요 주제의 요소를 ‘자르고 붙이는 식’의 ‘부분 동기’ 형태로 사용되는 경우가 많다. 예를 들어, 아래에 제시된 마디143-149의 연결구에서는 스케르초 주요 주제의 요소가 발전 없이 반복적으로 사용되는 것을 볼 수 있다.

44) A. K. Brandt, “Beethoven’s Ninth and AI’s Tenth: A Comparison of Human and Computational Creativity,” 5.

45) 위와 같음, 4.

[악보 9] 베토벤 <교향곡 10번> 3악장 연결구 부분 동기 (마디143-149)

■ 스케르초 주요 주제의 부분 동기



■ 연결구 부분 동기

A musical score for the connection section, starting at measure 143. It features five staves: Vln. I, Vln. II, Vla., Vc., and D.B. The key signature is B-flat major and the time signature is 3/4. The score is divided into sections labeled 'a', 'b', and 'c'. Dynamic markings include *mf* and *p*. The Vln. I and Vln. II parts have a melodic line, while the Vla., Vc., and D.B. parts provide harmonic support. The D.B. part starts with a *mf* dynamic and remains there throughout the section.

이는 AI의 창작 과정이 단기적 결정들을 순서대로 붙여 대규모 형식을 만드는 ‘픽셀화’(pixelated) 작업으로 진행되는데 기인한다. 인공지능 팀은 이 과정의 한계를 인식하고, 작품전체를 구성하기 위해 AI가 동기를 확장해 길고 복잡한 악구로 발전시키도록 훈련 시켰다. 그럼에도 불구하고 AI의 시야는 여전히 너무 근시안적이었다. 설득력 있는 서사를 창조하기 위해서는 더 높은 수준의 판단력이 필요했지만 AI는 여기에 미치지 못했다.⁴⁶⁾

46) A. K. Brandt, “Beethoven’s Ninth and AI’s Tenth: A Comparison of Human and Computational Creativity,” 3.

둘째, 음악적 기호를 사용함에 있어 음악적 의미를 판단하지 못하고, 기계적으로 특정 상황에서 특정 음악기호를 사용한다는 점이다. 그 예로는, 위의 [악보5]에서 언급했던 트레 바투테/ 콰트로 바투테의 활용을 들 수 있다. 베토벤은 <교향곡 9번>에서 60여 마디에 걸쳐 그 구간이 진행되어 충분히 작곡가의 의도를 실현할 수 있으나, 인공지능은 <교향곡 10번>에서 이 음악기호들을 매우 짧은 구간에서 잠시 사용하고 있어 그 용어 본래의 의도가 잘 드러나지 않았다. 또한 [악보8]에서 설명한 피치카토-아르코의 교대에 있어서도 아르코가 시작되는 지점이 음악적 맥락과 맞지 않았다는 점에서 인공지능의 한계를 찾아볼 수 있다.

셋째, 조성 계획이 매우 불완전하다는 점을 들 수 있다. AI는 자주 한 조성에 너무 오래 머물러 있고, 별 계획 없이 그 조성으로 다시 돌아온다. 이런 현상은 시스템의 한계에서 기인한다.⁴⁷⁾ 위의 분석 부분에서 살펴본 바와 같이, 3악장 트리오 부분에서 다양한 임시표가 사용되고 있지만, 전조라기보다는 일시적 변화를 위한 장치인 경우가 많았다.

위에서 언급한 음악적 구성이나 음악적 요소의 사용에서 나타나는 인공지능의 한계 이외에도, 또 다른 측면으로 인공지능 창작에서 표현성의 한계라는 문제가 남는다. 인공지능이 악상기호, 나타냄말 등을 활용해 작품에 어느 정도 표현적 특성을 반영하고는 있지만, 음악 예술의 주요한 특성인 표현성을 부과하는 문제는 또 다른 도전적 과제를 제시한다. 초기 작곡 및 즉흥 시스템들은 규칙 기반, 확률적 접근, 인공신경망(Artificial Neural Network: ANN),⁴⁸⁾ 유전 알고리즘⁴⁹⁾ 등을 통해 일정

47) 위와 같음.

48) 뇌를 구성하는 기본단위인 뉴런(Neuron)의 동작 원리를 모방하여 만든 기계 학습 알고리즘. 안창욱, “AI를 활용한 음악 작곡,” 『음악에서의 AI와 포스트휴머니즘 미학』 (오희숙 외, 모노폴리, 2022), 96.

49) 생물의 진화 과정을 모방한 알고리즘. 문제에 대한 해를 문자열 형태의 유전자로 표현하고, 주어진 함수에 선택, 교차, 돌연변이 따위의 연산을 반복 적용하여 최적의 해를 찾아낸다. <https://dict.naver.com/dict.search?query=%EC%9C%A0%EC%A0%84%20%>

수준의 창작을 구현했지만 이 부분에서 음악적 표현성은 거의 고려되지 않았다.⁵⁰⁾ Beethoven X에서도 표현성의 문제는 그다지 부각 되지 않았고, 주어진 음 재료를 확장해 “베토벤다운” 음악을 완성하는 것에 초점이 맞추어져 있다.

4. 생성형 AI와 인간의 창작 협업

1) 공동 창의성의 개념

인공지능 창의성에 관한 논의에서 학자들은 대부분 창의성의 가치를 인간 고유의 것으로 파악한다. 독창성⁵¹⁾의 측면에서 보자면, AI 음악은 기존 음악의 모방에서 출발하기 때문에 태생부터 독창적이지 않으며, 그래서 창의적 음악 창조를 하지 못한다는 것이다.⁵²⁾

보덴(M. Boden)은 인간의 창의성을 조합적 창의성(combinationality: C-창의성), 탐구적 창의성(exploratory creativity: E-창의성), 변형적 창의성(transformationality: T-창의성)으로 구분하였다. 조합적 창의성은 우리에게 일반적인 생각의 독창적 조합이 형성되

EC%95%8C%EA%B3%A0%EB%A6%AC%EC%A6%98&from=tsearch, 검색일: 2025. 10. 5.

50) R. L. Mantaras · J. L. Arcos, “AI and Music: From Composition to Expressive Performance,” *AI Magazine* 28/3 (2002), 55.

51) 예술사에서 창의성(creativity)의 강조는 독창성(originality)의 뒤를 이어 주목된 특성이다. ‘독창성’은 이미 존재하는 대상을 모방하거나 특정 규칙을 따르지 않고, 기존 작품이 따르지 않는 새로운 규칙을 갖는 것으로 규정되었으며, ‘천재’ 개념과 연결된다. 이후 모방과 재현을 거부하며 전통에서 벗어나고자 했던 20세기 예술가들의 아방가르드적 예술 태도는 타고난 천재의 ‘독창성’보다 ‘창의성’의 구현으로 전환되었다. 박연숙, “인간과 인공지능의 상호작용서 촉발되는 공동 창의성 연구,” 『한국영상학회논문집』 21/3 (2023), 49.

52) 오희숙, “AI 창작음악에 나타난 음악적 포스트휴머니즘의 미학,” 『음악에서의 AI와 포스트휴머니즘 미학』 (오희숙 외, 모노폴리, 2022), 171.

는 것이며, 탐구적 창의성은 구조화된 개념 공간(conceptual space)⁵³⁾을 탐험하여 새로운 생각을 도출하는 것이다. 변형적 창의성은 개념 공간의 차원을 변경하여 변형을 일으키는 것이다. 많은 연구진은 알고리즘이 탐구적 창의성과 조합적 창의성은 달성할 수 있으나, 변형적 창의성은 실현할 수 없다고 생각한다. 그러나, 프로그래밍을 통해 인공지능에게 자신의 생산물을 두고 판단하거나 숙고하는 필수적인 미적 능력을 부여할 수 있으며, 이를 통해 인공지능 역시 보덴이 제시한 조합적이고, 탐구적이며, 변형적인 창의성의 특성을 수행할 수 있다.⁵⁴⁾

AI 작곡 모델인 에미(Emmy)를 개발하여 다수의 작품을 발표한 코프(D. Cope, 1941-)는 에미의 음악이 창의적이라는 주장을 펼치면서 ‘재조합의 창의성’(recombinant creativity) 개념을 제시한다.⁵⁵⁾ 즉, ‘창의성’을 직관이나 고유성과는 다른 것으로, 이미 존재하지만 서로 연결되지 않았던 재료들을 ‘재합성’하는 것이라 주장하면서 AI가 만든 작품에 창의성이 결여되었다는 비판에 대해 반박한다. 즉, 창의성은 기존의 것의 재합성 능력이며, 현대예술은 이미 존재하는 예술의 재조합에 상응하여 탄생하는 것이라 본다.⁵⁶⁾ 따라서 주어진 데이터를 재합성해서 생성된 AI의 작품에도 당연히 창의성이 존재한다는 것이다.

53) 개념 공간(conceptual space)은 구조화된 사고방식으로, 한 개인보다 특정 사회조직에 익숙하고 가치가 있다고 여겨지는 규율이다. 개념 공간은 어떤 개념에 대한 추상적인 지식과 관련되며, 객체 공간(object space)은 객체를 구성하는 요소와 관련된다. 객체 공간에 의존하면 자신이 기존에 접했던 아이디어를 넘어서지 못하는 어려움인 ‘고착’(fixation)이 발생하고, 개념 공간으로 이동하지 못해 혁신적인 솔루션이 차단된다. 박연숙, “인간과 인공지능의 상호작용서 촉발되는 공동 창의성 연구,” 50; P. Karimi, et al. “Creative sketching partner: an analysis of human-AI co-creativity.” Proceedings of the 25th International Conference on Intelligent User Interfaces(IUI)'20, March 17-20, 2020, Cagliari, Italy, doi:10.1145/3377325. 3377522, 221.

54) 박연숙, “인간과 인공지능의 상호작용서 촉발되는 공동 창의성 연구,” 50-51.

55) 오희숙, “모방과 창의성 사이의 테크놀로지: 코프(D. Cope)의 초기 AI 작곡 모델 에미(Emmy) 연구,” 『음악이론연구』 40 (2023), 95.

56) 오희숙, “AI 창작음악에 나타난 음악적 포스트휴머니즘의 미학,” 173-174.

창의성을 이미 존재하는 정보의 재조합으로 판단한다면, 인공지능 역시 창의적 내용을 산출할 수 있다고 보아야 한다. 창의성과 창의적 활동은 이를 판단하고 정의하는 사회와 판단의 권위를 가진 사람에 의해 결정된다. 즉, 창의성의 결정은 매우 주관적이다. 인간과 인공지능의 창의성의 차이가 인정된다면 서로 다른 창의적 발상의 연합은 더 풍성한 결과로 나타날 것이다. 인공지능은 예술 창작의 단순한 도구가 아니라 인간의 인식과 창의 능력을 결정하는 요인이기 때문이다.⁵⁷⁾

인간-AI 협업 창의성(human-AI collaborative creativity), 간략하게 표현해 공동 창의성(co-creativity)은 최소 한 명의 인간과 최소 한 개의 AI 시스템을 포함한 두 개 이상의 행위자가 함께 새롭고 유용한 아이디어 혹은 해결책을 생성하고, 그것을 구현 또는 구현하지 않을 수도 있는 상황을 의미한다. 인간-AI 협업 창의성의 맥락에서 “함께 일한다”는 것은 상호 적응을 수반하는 양방향의 상호작용을 요구한다. 즉, 협업에서는 AI 역시 의미 있는 제안, 비평, 아이디어 제공 등 능동적 기여를 수행하는, 공동의 목표를 전제로 해야 한다.⁵⁸⁾

일반적인 다른 창의적 상황에서는, 노동 분업(distribution of labor)을 통해 과제가 수행될 수 있다. 즉, 각 참여자가 독립적으로 작업을 수행하고 각 개인의 기여를 단순히 합산해 최종 결과물을 생산하는 방식이다. 반면에, 공동 창의성은 이러한 분업 모델을 넘어, 모든 참여자가 협력적이고 종합적인 방식으로 기여하도록 한다. 인간-컴퓨터 공동 창의성은 컴퓨터를 창의적 과정의 동등한 참여자로 포함하는 협력 환경을 지칭한다. 구현 방식에 따라, 컴퓨터는 사용자와 다양한 방식으로 협업할 수 있다. 중요한 점은, 컴퓨터가 미리 정의된 명령체계에 따라 상호작용을 일방적으로 이끌지 않는다는 것이다.

57) 박연숙, “인간과 인공지능의 상호작용서 촉발되는 공동 창의성 연구,” 54.

58) S. Singh, et al. “A Systematic Review of Human-AI Co-Creativity.” x, x, Article x (x 2025), <https://doi.org/XXXXXXX.XXXXXXX>, x:2.

프로그램은 사용자의 입력에 적응하고, 창의적 계산 알고리즘을 기반으로 입력에 대한 응답을 생성한다. 인간-컴퓨터 공동 창의성은, 인간과 컴퓨터가 실시간으로 즉흥적으로 창의적 산출물을 생성하는 상황을 가리킨다. 이때 창의성은 인간과 컴퓨터의 상호작용을 통해 나타나며, 이러한 상호작용 모델은, 각자가 서로 독립적인 서로 다른 작업을 수행하고 이후에 합하는 단순 분업과는 다르다. 인간과 컴퓨터가 상호 영향을 주고받으며 결과물을 생성하는 것이다.⁵⁹⁾

2) Beethoven X과 공동 창작의 의의

프로젝트 Beethoven X 창작 과정에서 인공지능과 인간의 상호작용은 필수적이다. 인공지능의 한계를 넘어서게 하기 위해 인간은 끊임없이 새로운 방법으로 인공지능을 학습시키고, 가장 합리적인 산출물을 선별해야 한다. 한편 인공지능은 방대한 데이터를 토대로 인간의 상상력이 도달할 수 없는 지점까지 나아갈 수 있도록 돕는다.

Beethoven X 단계별로 인공지능과 인간의 협업 방식은 다양하게 나타난다. 가장 먼저 베토벤이 남긴 스케치 필사본을 해독하여 데이터화 하는 작업은 인간 연구자들이 주도했다. 작곡가 베르초바와 음악학자 그룹은 스케치들을 정리하며 베토벤이 이 조각들을 어떻게 엮으려 했는지 해독했다. 이렇듯 자료를 발굴하는 과정은 전혀 계산적이지 않다. 디지털로 보존된 자료는 기계가 다룰 수 있지만, 자료에 대한 음악적 해석은 여전히 인간 연구자의 몫이다.⁶⁰⁾

59) N. Davis, "Human-computer co-creativity: Blending human and computational creativity," The Doctoral Consortium at AIIDE 2013, 9(6). doi:10.1609/aiide.v9i6.12603, 10.

60) M. Gotham · K. Song · N. Böhlefeld · A. Elgammal, "Beethoven X: Es könnte sein! (It Could Be!)," 3-4.

기계학습을 위해 ‘관련 있는’ 학습 자료를 선택해야 하는 것도 인간 연구자가 담당해야 할 부분이다. 엘감말은 프로젝트 Beethoven X에서 가장 핵심적으로 해결해야 할 문제가 “어떻게 인공지능이 메인 테마를 지켜내면서 곡을 전개해 나가도록 할 것인가?”였다고 밝힌다. 인공지능이 음악을 만들어내는 일반적 방법은 글자 자동 완성 기능이 작동하는 방식과 유사하다. 그러나 자동 완성 기능이 음을 예측하도록 놔둔다면, 즉, 인공지능의 추천에만 의존한다면 메인 테마의 충실한 전개에서 벗어나게 된다. 이 부분에서 인공지능과 함께 일하는 인간 전문가가 개입하게 된다.⁶¹⁾ ‘관련 있는’과 ‘관련 없는’의 판별을 위해 음악학적 지식을 충분히 가지고 있는 음악학자 혹은 음악가의 작업이 필수적이다.

다음 단계로 인공지능 전문가들은 인공지능을 학습시킬 수 있는 아키텍처를 선택하고 모델을 개발하는 작업을 했다. 위의 2장에서 언급했던 바와 같이 ‘연속하기,’ ‘화성화,’ ‘전환,’ ‘오케스트레이션’ 각각의 작업별로 적절한 아키텍처 모델이 인공지능의 학습에 활용되었다.

한편, 인공지능은 작곡 과정에서 주어진 데이터를 바탕으로 수십 가지 대안을 끊임없이 생성해 냈다. 데이터를 기반으로 한 기계적 산출의 속도는 엄청나게 빨라서, 그 과정을 통해 나오는 산출물의 양은 인간이 도저히 따라갈 수 없을 정도로 방대했다. 인공지능이 산출해 낸 음악은 인간에게 향후 완성될 작품을 위한 다양한 소스를 제공했다. 단지 몇 마디에 불과했던 음악적 재료가 인공지능의 도움으로 20여 분에 해당하는 긴 길이의 완성품으로 창작될 가능성이 만들어진 것이다.

인공지능이 생산해 낸 산출물들은 선별하는 작업이 필요했다.⁶²⁾ 구간

61) A. 엘감말, “[인터뷰] 베토벤의 미완성 <10번 교향곡>을 인공지능이 완성했다.” 『BBC 사이언스』, 2022년 1월호, 32.

62) 인공지능의 예술 창작과 관련해 주목해야 할 특징은 다음과 같다. 첫째, ‘자각 없는 수행’이다. 인공지능은 의식적 경험이 없는 방식으로 산출물을 생산한다. 둘째, ‘이해하기 어려운 실패’이다. 이러한 실패 원인은 인공 신경망을 기반으로 하는 기계학습 알고리즘이 인간의 학습 방식과 다르기 때문이며, 또한 인공지능이 학습 데이터에서 확인할

별로 인공지능이 제안한 대안들을 인간이 청취해서 “가장 베토벤다운 것”을 선별하고,⁶³⁾ 선택된 후보를 재입력하는 작업이 반복적으로 이루어졌다. 여러 차례의 조정과 통합, 반복을 통해서 최종 완성본이 도출되었다. 최종 버전을 확정된 것은 인간이었다.

결국, Beethoven X의 작업은 인공지능과 인간의 협업의 결과물이다. 즉, ‘공동 창의성’의 결과물이라 결론지을 수 있다. 인공지능은 놀라운 속도로 빠르게 입력된 데이터들을 ‘재조합’하여 새로운 음악들을 만들어내었다. 인간은 인공지능 창작의 매 단계에 개입하여 “베토벤 다운”을 추구하는 동시에 “새로움”을 추구하여 인공지능-인간의 합동작품을 만들어냈다.

‘공동 창의성’의 관점에서는, AI를 ‘제안 도구’로만 보는 지나치게 종속적인 관점이나 반대로 ‘독립적인 자율 생성자’로 취급하는 이분법을 넘어서야 한다. ‘공동 창의성’이라는 개념은 ‘창의성’이 창작 과정에 참여한 행위자들 사이의 복잡한 상호작용과 피드백에서 발생하는 현상이라는 점을 강조한다. 진정한 창의적 결과물은 서로 다른 특성을 지닌 두 체계 즉, 인간과 기계가 파트너십을 이룰 때 산출될 수 있다.⁶⁴⁾

수 없는 정보나 패턴을 예측하는 ‘환각 현상’에 기인한다. 셋째, ‘계산과 실제의 간극’이다. 인공지능은 자체적으로 계산하고 분석하는 첨단 장치인데, 그 계산 결과가 물리적 세계에서 실현되기 위해서는 추가 장치와의 결합이 필요하며, 이 지점에서 간극이 발생한다. 위의 특징들을 고려할 때, 인공지능의 예술 창작 과정에 있어 인간 예술가 및 인공지능 전문가의 개입은 필수적이다. 강지담·이철희, “음악 작곡 과정에서 생성형 AI의 예술 창작 주체성 논의 및 활용 방법 연구: 인간-기술-기계 상호매개성에 기반하여,” 『한국콘텐츠학회논문지』 23/12 (2023), 63.

63) T. L. Carey, “Beethoven’s Unfinished 10th Symphony Brought to Life by Artificial Intelligence.” *Scientific American* (October 15, 2021).

64) P. Esling · N. Devis, “Creativity in the era of artificial intelligence,” *arXiv preprint arXiv: 2008.05959* (2020).

5. 맺으며

인공지능은 “인간이 인지능력을 사용해서 해결해야 하는 문제를 기계가 해결하는 과학”으로 정의된다. 1960년, 허버트 사이먼(Herbert Simon, 1916-2001)이 이러한 정의를 내린 이후, 인공지능은 합리적 문제 해결에서 놀라운 성과를 거두었으며, AI 시스템이 인간 수준의 경쟁력을 갖추고 처리하는 분야는 꾸준히 늘어나고 있다. 그러나 ‘과연 기계가 창의적일 수 있는가?’하는 질문은 지속적으로 대두되고 있다.⁶⁵⁾

Beethoven X에서 완성된 베토벤 <교향곡 10번>의 악보에는 작곡자가 베토벤-베르초바로 적혀 있어 작곡자가 인공지능이 아닌, 이 프로젝트에 참가했던 구성원 중 작곡가인 베르초바임을 확실하게 표기하고 있다. 이는 결국 이 작품의 최종 작곡가는 인간이며, 인공지능은 보조적 역할만 했다는 상징적인 의미로 풀이될 수 있다.

한편, Beethoven X의 후원사였던 도이치 텔레콤의 CEO 팀 회트게스(Tim Hötting)는 <교향곡 10번>의 초연을 기념한 인터뷰에서 이 프로젝트가 인간과 AI의 협력이 어떠한 상상력을 불러일으키는지 보여주는 것을 목표로 하였으며, 사람과 기계가 새로운 것을 창조했기 때문에 그 결과는 정말로 놀랄 것이라고 밝힌다. 동시에 그는, 베토벤은 당대의 시대정신을 작품에 불어넣었지만, AI 기계는 음악을 이해하고 발전시킬 수는 있지만 시대정신까지 음악에 접목시킬 수는 없다는 사실을 강조했다.⁶⁶⁾ 즉, 인공지능 작곡의 한계를 직접적으로 밝힌 것이다.

베토벤 <교향곡 10번>에서 인공지능 창작물의 한계는 분명하게 나타난다. 첫째, 동기발전 혹은 변형의 개념 없이 단지 ‘자르고 붙이는 식’의

65) (사)음악미학연구회 편, 『음악적 창의성이란 무엇인가?: 플라톤에서 AI까지 음악적 창조에 대한 미적 담론』 (모노폴리, 2025), 286.

66) 조행만, “AI가 만든 베토벤 미완성 <교향곡 10번>... 9일 초연 앞두고 전문가들 설왕설래,” 『AI타임즈』, 2021. 10. 28.

확장이 주를 이룬다는 점, 둘째, 음악기호를 음악적 맥락과는 관계없이 사용하는 경우가 많다는 점, 셋째, 전조가 모호하여 조성의 계획이 불완전하게 형성되었다는 점 등이다. 그 외에도 음악적 표현성의 한계는 향후 과제로 남아있다. 이러한 인공지능의 한계는 곧 창의성의 한계와 연결된다.

인공지능의 창작 과정에서 나타난 한계에도 불구하고, 이러한 한계가 인간의 제약에서 비롯되었다는 사실 또한 간과해서는 안 된다. 베토벤의 스케치에서 나타난 주요 동기를 바탕으로 곡을 만들어야 하고, 주요 동기에서 너무 벗어나면 안 되고, 3악장에서는 스케르초 양식을 고수해야 하고, 조성과 박자도 베토벤 스케치에서 시작해서 베토벤의 방식대로 전개되어야 하는 등 수많은 제약이 인공지능에게 가해졌다. “베토벤다움”이라는 목표를 달성하기 위해 인간은 인공지능의 창의성을 여러 각도에서 제한한 것이다.

결론적으로, Beethoven X에서 얻어진 최종 산출물은 인공지능과 인간의 ‘공동 창의성’의 결과이다. 어느 한 체계가 하나의 보조 역할을 한 것이 아니라, 두 체계의 상호 협력이 대작곡가의 미완성 작품을 완성하는 큰 성과를 거두게 된 것이다. Beethoven X에 참여했던 팀이 자신들의 연구 결과를 밝힌 논문에서, 오늘날 창작 예술 분야에서 인공지능 관련 핵심 주제가 ‘인간과 컴퓨터’, 그리고 ‘살아있는 예술가와 역사적 예술가’ 간의 ‘공동 창작’에서의 머신 러닝 역할이라고 밝힌다.⁶⁷⁾ 이 논문에서 사용된 ‘공동 창작’이라는 주제가 Beethoven X의 창작과정을 설명하는데 있어 가장 적절한 용어라는 판단이다.

프로젝트 Beethoven X의 인공지능 부문을 총괄했던 엘감말은 프로젝트가 끝난 후 가진 인터뷰에서 다음과 같이 기술하고 있다. “베토벤의 천재성은 매 순간 우리에게 더 나은 결과를 요구했고, 프로젝트가 발전함

67) M. Gotham · K. Song · N. Böhlefeld · A. Elgammal, “Beethoven X: Es könnte sein! (It Could Be!),” 2.

에 따라 AI 또한 발전했습니다. 예술은 AI의 영역이 아니라고 주장하는 사람들이 있지만, 예술 분야에서 인공지능은 대체재(代替財)가 아니라, 예술가들이 새로운 방식으로 자신을 표현할 수 있는 문을 열어주는 도구입니다.”⁶⁸⁾

인공지능과 인간의 공동 창의성은 향후 예술 분야에서 한계를 극복하고 새로운 길로 나아가는 지름길을 제시해 줄 것이라 전망한다. 베토벤의 스케치 조각들을 연결해서 <교향곡 10번>이라는 대작을 완성한 것도 인공지능과 인간의 협업이 없었다면 불가능한 일이었을 것이다. 인공지능과 인간 협업을 통해 상호 영향을 주고받고 서로의 창의성을 넓혀간다면 이러한 도전적인 작업은 앞으로도 계속될 것이며, 인간이 도저히 상상치 못했던 예술적 결과물을 생산하는 결과를 얻게 될 것이다.

68) A. 엘감말, “[인터뷰] 인공지능이 베토벤의 미완성 <교향곡 10번>을 완성한 과정,” 『더 컨버세이션』, 2021년 9월 24일, 10.

참고문헌

악보

Beethoven, L. v. · Werzowa, W. *Beethoven 10 - The AI Project for Orchestra*, Full score. Mainz: Schott Music, 2020-2021.
<https://www.schott-music.com/en/beethoven-10-the-ai-project-no447119.html>.

논저

(사)음악미학연구회 편. 『음악적 창의성이란 무엇인가?: 플라톤에서 AI 까지 음악적 창조에 대한 미적 담론』. 모노폴리, 2025.

강지담 · 이철희. “음악 작곡 과정에서 생성형 AI의 예술 창작 주체성의 의 및 활용 방법 연구: 인간-기술-기계 상호매개성에 기반하여.” 『한국콘텐츠학회논문지』 23/12 (2023).

박연숙. “인간과 인공지능의 상호작용서 촉발되는 공동 창의성 연구.” 『한국영상학회논문집』 21/3 (2023).

안창욱. “AI를 활용한 음악 작곡.” 『음악에서의 AI와 포스트휴머니즘 미학』 (오희숙 외). 모노폴리, 2022.

오희숙. “AI 창작음악에 나타난 음악적 포스트휴머니즘의 미학.” 『음악에서의 AI와 포스트휴머니즘 미학』 (오희숙 외). 모노폴리, 2022.

_____. “모방과 창의성 사이의 테크놀로지: 코프(D. Cope)의 초기 AI 작곡 모델 에미(Emmy) 연구.” 『음악이론연구』 40 (2023).

탄스틀, 루이스 외/ 석해선 역, 『트랜스포머를 활용한 자연어 처리: 허깅 페이스 개발팀이 알려주는 자연어 애플리케이션 구축』. 서울: 한빛미디어, 2022.

- Brandt, A. K. "Beethoven's Ninth and AI's Tenth: A Comparison of Human and Computational Creativity." *Journal of Creativity* 33 (2023): Article 100068.
- Cooper, B. "The First Movement of Beethoven's Tenth Symphony: A Realization." *The Beethoven Newsletter* (Summer 1988).
- Davis, N. "Human-computer co-creativity: Blending human and computational creativity." The Doctoral Consortium at AIIDE 2013, 9(6). doi:10.1609/aiide.v9i6.12603.
- Esling, P. · Devis, N. "Creativity in the era of artificial intelligence." *arXiv preprint arXiv:2008.05959* (2020).
- Gotham, M. "Expert article 2: A "Pseudo-Sketch." *Deutsche Telekom*. PDF. 2020. <https://www.telekom.com/en/company/details/beethoven-expert-article-2-a-pseudo-sketch-595094>.
- _____. "Expert article 3: A single note is worth a thousand words." *Deutsche Telekom, PDF*, 2020. <https://www.telekom.com/en/company/details/a-single-note-is-worth-a-thousand-words-595086>.
- Gotham, M. · Song, K. · Böhlefeld, N. · Elgammal, A. "Beethoven X: Es könnte sein! (It Could Be!)." In *Proceedings of the 3rd Conference on AI Music Creativity*, 2022.
- Hirschberg, J. · Manning, Ch. D. "Advances in natural language processing." *Science* 349, no. 6245 (2015).
- Karimi, P. et al. "Creative sketching partner: an analysis of human-AI co-creativity." Proceedings of the 25th International Conference on Intelligent User Interfaces(IUI)'20, March 17-20, 2020, Cagliari, Italy, doi:10.1145/3377325.3377522.
- Khurana, D. et al. "Natural Language Processing: State of the Art,

- Current Trends and Challenges.” *Multimedia Tools and Applications* 82 (2023).
- Lago, P. M. · Méndez, G. “An approach to Beethoven’s 10th Symphony.” *arXiv preprint*, arXiv:2005.10539v1 [cs.SD] (May 21, 2020).
- Mantaras, R. L. · Arcos, J. L. “AI and Music: From Composition to Expressive Performance.” *AI Magazine* 28/3 (2002).
- Singh, S. et al. “A Systematic Review of Human–AI Co–Creativity.” x, x, Article x (x 2025), <https://doi.org/XXXXXXX.XXXXXXX>.
- Vaswani, A. et al. “Attention Is All You Need.” *Advances in Neural Information Processing Systems* 30 (2017).
- Winter, Robert. “Music Review: Ludwig van Beethoven, Symphony No. 10: First Movement, Realised and completed by Barry Cooper.” *Notes* 51/4 (1995).

신문/잡지/웹사이트 기사

- 엘감말, A. “[인터뷰] 베토벤의 미완성 <10번 교향곡>을 인공지능이 완성했다.” 『BBC 사이언스』, 2022년 1월호.
- _____. “[인터뷰] 인공지능이 베토벤의 미완성 <교향곡 10번>을 완성한 과정.” 『더 컨버세이션』, 2021년 9월 24일.
- 조행만. “AI가 만든 베토벤 미완성 <교향곡 10번>... 9일 초연 앞두고 전문가들 설왕설래.” 『AI 타임즈』, 2021.10.28.
- Carey, T. L. “Beethoven’s Unfinished 10th Symphony Brought to Life by Artificial Intelligence.” *Scientific American* (October 15, 2021).
- The Batch. “Roll Over, Beethoven: AI Completes Beethoven’s 10th Symphony.” *Deep Learning. AI - The Batch* (October 13, 2021). <https://www.deeplearning.ai/the-batch/roll-over-beethoven>.
검색일: 2025. 10. 2.

동영상 자료

Modern Recordings. *Beethoven X: The AI Project: III Scherzo. Allegro-Trio*, Official Video, [YouTube 영상], YouTube, 2021.
<https://www.youtube.com/watch?v=RESb0QVkJcM>.

Abstract

Beethoven X: The AI Project Research
Focusing on Generative AI and Human Creative
Collaboration

Chungim Chun · Kughwa Lee · Gayeong Shin · Yeonjae Lee

Beethoven X: The AI Project uses artificial intelligence (AI) to elaborate Beethoven's surviving sketch fragments in order to complete the third and fourth movements of his *Symphony No. 10*.

This paper explored the interaction between generative AI and humans during the creative process of the Beethoven X project from the perspective of co-creativity. The creative process proceeded in three stages: musicological expositions, computational methods (data-driven development), and compositional recapitulations.

In the musicological explorations stage, Beethoven's sketches were deciphered and digitized to create seed material, and the sketch fragments were then appropriately arranged. In the computational methods (data-driven development) stage, multiple machine learning architectures were expanded and built. Contextually relevant data were selected and used for training, and short sketch fragments were expanded and extended in various ways. In the compositional recapitulations stage, the work was completed by combining and regenerating the most effective outputs.

The Beethoven X project is the result of 'co-creativity' between artificial intelligence and humans. The AI recombines vast amounts of data to generate new music at remarkable speed. Humans also actively intervene at every stage of the project's creative process, producing a collaborative work

between AI and humans.

From the perspective of ‘co-creativity,’ it is necessary to move beyond understanding artificial intelligence merely as a tool for creation. Genuinely creative outcomes can emerge when two systems with distinct characteristics—humans and computers—interact. Co-creativity between artificial intelligence and humans could open a pathway to overcoming existing limitations and entering new realms in the arts.

Key Words: Beethoven, *10th Symphony*, AI, Beethoven X: The AI Project, creativity, co-creativity

투고일	심사일	게재확정일
2025.10.30	2025.11.4.-11.16	2025.11.18