



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

음악석사 학위논문

루시에(A. Lucier)와 로젠붐(D.
Rosenboom)의 뉴로피드백
음악(Neurofeedback Music) 연구

2023년 2월

서울대학교 대학원
음악과 이론·음악학 전공
김예림

루시에(A. Lucier)와 로젠봄(D.
Rosenboom)의 뉴로피드백
음악(Neurofeedback Music) 연구

지도교수 오 희 숙

이 논문을 음악석사 학위논문으로 제출함
2023년 2월

서울대학교 대학원
음악과 이론·음악학 전공
김 예 립

김예림의 석사 학위논문을 인준함
2023년 2월

위원장 서 정 은 (인)

부위원장 이 경 면 (인)

위원 오 희 숙 (인)

국문초록

21세기는 뇌가 지배하는 세상이 되었다. 다양한 분야에서 뇌를 접목하기 시작한 것이다. 이제는 의료계를 넘어서서 음악 분야 내에서도 ‘뇌’가 핵심 키워드로 등장하게 되면서 음악지각인지 분야에서 음악과 관련된 인간의 행위를 연구하는 경향이 활성화되고 있다. 그리고 과학적 측면 외에도 이제는 ‘뇌’를 음악의 창작 요소로 사용하기 시작했다.

음악 창작의 경우, 뇌에서 발생하는 에너지인 ‘뇌파’(Brainwave)를 활용한다. 1960년대 앨빈 루시에(Alvin Lucier, 1931-2021)를 시작으로, 리처드 타이텔바움(Richard Teitelbaum, 1939-2020), 데이비드 로젠봄(David Rosenboom, 1947-)이 뇌파를 창작의 재료로 사용했으며, 에두아르도 미란다(Eduardo Reck Miranda, 1963-)는 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface) 분야에서 적극적으로 뇌파를 컴퓨터 프로그램과 접목하여 작품 활동을 하고 있다. 하지만 이 분야에 관한 음악학적 연구는 매우 드물다. 뇌파를 활용한 음악 작품에 대한 기술적 측면의 논의가 주를 이루며, 작품 자체에 관한 구체적 연구 및 미학적 접근은 미미하다는 것이다.

그렇다면 뇌파를 활용한 음악은 무엇이며, 이것의 미적 의미와 가치는 무엇인가? 이 음악이 현대음악 흐름 가운데 어디에 위치할 수 있는가? 그 해답을 찾기 위해 연구자는 루시에와 로젠봄의 작품에 관한 심층적 연구를 통해 뇌파를 이용한 음악을 들여다보고, 이로부터 현대음악에서 사용되고 있는 ‘뇌’의 의미를 고찰하고자 한다. 이에 본 연구는 뇌파를 활용한 음악을 ‘뉴로피드백 음악’(Neurofeedback Music)으로 칭한 후, 루시에의 <독주 연주자를 위한 음악>(Music for Solo Performer, 1965)과 로젠봄의 <보이지 않는 것에 대하여>(On Being Invisible, 1976-79)와 <보이지 않는 것에 대하여 2: 꿈속에서 체페른에게 말하는 히파티아>(On Being Invisible II: Hypatia Speaks to Jefferson in Dream, 1994-95)를 연구 대상으로 삼았다. 작품 연구를 진행한 후 뉴로피드백 음악의 미학적 의미를 세 가지로 도출하였다.

루시에와 로젠봄의 세 작품은 모두 알파파(Alpha Waves)를 기본 음악 재료로 사용하였으며, 로젠봄의 경우 사건관련전위(Event-Related

Potentials)를 추가하고, 컴퓨터 알고리즘을 활용해 새로운 방식의 음악을 창작해내었다. 이때 뇌파는 무대 위의 뇌파 측정 기계(EEG)를 착용한 참여자로부터 측정된다. 그에 따른 결과로, 루시예의 <독주 연주자를 위한 음악>은 불확정성(Indeterminacy)과 즉흥성(Improvisation)의 특징을 지닌다. 먼저 불확정성은 음악적 소재가 뇌파라는 점에서 음악에 입력되는 값이 항상 변동되며 예측될 수 없다는 점에서 드러난다. 두 번째로 즉흥성은 다양한 양상에서 드러난다. 실시간으로 추출되는 뇌파 데이터가 무대 위 상황에 따라, 참여자의 상태가 바뀔 때 따라, 그리고 변수를 조작하는 엔지니어의 선택에 따라 계속해서 변한다는 점에서 즉흥성을 살펴볼 수 있다.

로젠봄의 <보이지 않는 것에 대하여>와 <보이지 않는 것에 대하여 2>에서 역시 불확정성과 알고리즘적 즉흥성(Algorithmic Improvisation)이 드러난다. 불확정성은 알파파와 사건관련전위는 외부 자극에 따른 참여자의 반응이기 때문에 특정한 값이 반복적으로 나오지 않는다는 점에서 드러난다. 다음으로 즉흥성은 루시예의 작품과 동일하게 참여자와 무대 위 상황에 따라 서로 간 상호작용하며 음악이 만들어진다는 점에서 살펴볼 수 있다. 하지만 로젠봄 작품의 경우 알고리즘에 데이터가 입력되면서 알고리즘 내부에서 자체적으로 상황에 따라 변동되는 알고리즘적 즉흥성이 드러난다.

루시예와 로젠봄의 작품 연구를 통해 뉴로피드백 음악의 미학적 의미는 다음의 세 가지로 도출될 수 있다. 첫 번째 미학적 의미는 테크놀로지로 구현된 의식의 소리이다. 뇌파가 어떤 생각을 하고 있는 것인지는 보여주지 못하지만, 인간이 인지적, 신체적 행위를 하고 있다는 의식 상태를 보여준다. 즉, 뉴로피드백 음악은 뇌파라는 특정한 방식을 선택하여 테크놀로지의 도움을 받아 뇌파를 찍는 참여자의 의식의 세계를 소리로 이끌어낸다.

두 번째는 인터랙티브니스(Interactiveness)이다. 뇌파가 측정되고, 그 데이터가 소리로 변환되며, 변환된 소리는 무대 위에서 재생된다. 그리고 그 소리가 청각적 자극으로 다시 EEG 착용자에게 전달되면서 참여자는 다시금 반응함으로써 또다른 뇌파를 형성한다. 이렇게 뇌파와 표출된 소리, 그리고 참여자는 계속해서 대화하며 서로 영향을 주고받게 된다. 이로써 실시간으로 형성되는 뇌파와 외부 사이를 잇는 피드백 시스템이 형

성됨으로써 지속적인 상호작용의 면모가 드러난다.

마지막으로 뉴로피드백 음악에 참여하는 EEG 착용자가 예술인간(homo artis)으로 변모한다는 것이다. 뉴로피드백 음악은 뇌파를 사용함으로써 참여자는 전문적인 훈련과 교육을 받지 않아도 음악을 구성하는 재료를 신체 내부에서 만들어낼 수 있다. 결국 참여자의 뇌파는 음악을 구성하는 원료가 되고, 그에 따라 음악이 형성되면서, 참여자는 창조자이면서도 동시에 예술적 산물이 되어 스스로 예술 자체가 된 예술인간이 된다.

뇌에 대한 연구가 발전함에 따라 그 연구의 결과를 음악에 적용하는 현상이 점차 커지고 있다. 이에 예술이 기술에 대한 의미를 상상하고 탐구하는 하나의 수단이 되면서 음악과 뇌가 어떻게 연결되는지에 대한 변화의 추이는 주목될 수밖에 없다. 뉴로피드백 음악은 ‘뇌’라는 새로운 재료를 통해 과학과 예술을 넘나드는 간학문적 연결성을 내다보는 하나의 초석을 세웠기에, 뇌와 음악의 관계가 더 예술적이고 창조적으로 발전할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 뉴로피드백 음악이 현대음악사 안에 자리매김될 수 있을 것으로 보며, 이후 과학적, 기술적, 미학적 측면을 포괄하는 후속 연구를 기대할 수 있을 것이다.

주요어 : 뇌파(Brainwaves), 알파파(Alpha Waves), 음화(Sonification), 뉴로피드백 음악(Neurofeedback Music), 앨빈 루시에(Alvin Lucier), 데이비드 로젠붐(David Rosenboom)

학 번 : 2021-27581

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 출발점 및 문제 제기	1
2. 연구 대상 및 연구 내용	4
II. 이론적 배경	7
1. 음악에서의 EEG와 뇌파 사용의 역사	7
2. 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(BCMI)	15
3. 뉴로피드백 음악(Neurofeedback Music)	17
III. 작품연구	20
1. 앨빈 루시에(Alvin Lucier)	20
1) 음악적 배경	20
2) 〈독주 연주자를 위한 음악〉 (<i>Music for Solo Performer</i> , 1965)	24
3) 작품 특징	36
2. 데이비드 로젠붐(David Rosenboom)	40
1) 음악적 배경	40
2) 〈보이지 않는 것에 대하여〉 (<i>On Being Invisible</i> , 1976-79)	43
3) 〈보이지 않는 것에 대하여 2 : 꿈속에서 제퍼슨에게 말하는 히파티아〉 (<i>On Being Invisible II</i> : <i>Hypatia Speaks to Jefferson in a Dream</i> , 1994-95)	49
4) 작품 특징	55

IV. 뉴로피드백 음악의 미학적 의미	58
1. 테크놀로지로 구현된 의식의 소리	58
2. 바이오피드백 음악의 인터랙티브니스(Interactiveness)	64
3. 예술 자체가 된 예술인간(homo artis)	68
 V. 결론	 72
 참고문헌	 75

그림 목 차

[그림 01]	.....	8
[그림 02]	.....	9
[그림 03]	.....	11
[그림 04]	.....	27
[그림 05]	.....	27
[그림 06]	.....	30
[그림 07]	.....	32
[그림 08]	.....	32
[그림 09]	.....	34
[그림 10]	.....	45
[그림 11]	.....	52

표 목 차

[표 01]	.....	29
[표 02]	.....	29
[표 03]	.....	53

I. 서론

1. 연구의 출발점 및 문제 제기

21세기는 가히 뇌가 지배하는 세상이라 할 수 있다. 인간의 뇌는 의학 분야에서 연구되기 시작하여 인간 행동에 관한 심리학 분야에서 활발하게 연구되기 시작했고, AI 시대로 접어든 최근에는 인간의 인지 지각 능력을 바탕으로 뇌 연구가 더욱 활성화되었다. 또한 기술 발달에 따라 PET(전자 방출 단층촬영, Positron Emission Tomography), fMRI(기능적 자기공명영상, Functional Magnetic Resonance Imaging), EEG(뇌전도, Electroencephalography) 등의 뇌영상 촬영술 및 뇌파 측정술이 등장했으며 이는 인간의 뇌 활동에 관한 탐구에 박차를 가했다. 이러한 현상을 발판으로 뇌의 활동 전반을 의미하는 ‘신경’(neuro)이라는 단어가 접두사로 활용되면서 다양한 분야에 뇌와 뇌 활동에 관한 연구를 접목하는 경향이 생기기 시작했다. 이는 의료계와 신경과학계 그리고 각종 간학문적 신경분야를 넘어서서 음악 분야 내에서도 ‘뇌’라는 키워드가 핵심으로 자리 잡게 되었다.

음악 분야에서 뇌를 음악에 접목한 것은 음악인지신경과학 분야와 음악치료학 분야이다. 전자는 이미 연주되고 있는 작품을 중심으로 심리학적, 신경과학적 가설과 이론을 토대로 음악 작품을 분석하고 청자 혹은 연주자의 수용적 측면에서 이루어지는 뇌의 반응에 관해 탐구하고 있다.¹⁾ 치료 분야 역시 연주자의 무대 공포증, 음악이 파킨슨과 치매를 앓고 있는 환자에게 줄 수 있는 긍정적 반응, 음악이 언어 발달에 미치는 영향 등 신경과학적 결과물인 뇌와 뇌의 활동 정보 그리고 그 효과를 토대로 음악을 사용하여 질병을 치료하고 있다.²⁾

1) M.H. Thaut and D.A. Hodges, *The Oxford handbook of music and the brain*, Oxford University Press, 2019, 87-234.

하지만 이제는 ‘뇌’ 그 자체가 음악의 창작 요소가 되었다. 20세기 초 중반에 EEG의 발달로 인간의 뇌파, 즉 신경계에서 뇌 내 신경 활동에 의해 생기는 전기적 신호를 측정할 수 있게 되었다. 그리고 이는 기술의 발달로 시각화 및 청각화 됨으로써 작품을 형성하는 재료로 자리매김하게 되었다.³⁾ 특히 그 시작은 1960년대 물리학자 듀완(Edward Dewan, 1931-2009)과 작곡가 루시에(Alvin Lucier, 1931-2021)의 만남이다. 그들은 눈을 감고 있을 때 형성되는 알파파(Alpha wave)를 소리화(sonification)하여 작품으로 탄생시켰다.⁴⁾ 루시에는 이 작품 이후 뇌파를 활용한 선구자적인 작곡가로 평가되었고⁵⁾, 이후 로젠붐(David Rosenboom, 1947-)과 타이텔바움(Richard Teitelbaum, 1939-2020)이 루시에의 뒤를 이어 뇌파를 활용한 작품을 세상에 내놓았다.

이렇게 뇌파를 활용한 음악을 ‘바이오피드백 시스템’을 이용한 음악(Biofeedback Music)이라 칭한다.⁶⁾ 바이오피드백이란 심장 박동, 체온, 뇌파, 근육의 수축과 이완 등과 같은 인간의 생리적인 현상에 관한 데이터를 제공하는 것을 말한다. 예를 들어 심전도, 피부 전도도 등이 있다. 이를 바탕으로 바이오피드백 음악은 신체에서 만들어지는 생리적 데이터를 활용한 음악을 지칭한다.

이러한 바이오피드백 음악이라는 넓은 범주 안에 뉴로피드백 음악이 포함되지만, 현재 음악 창작에서 주목하여 활용하고 있는 주요 음악적 재료인 뇌에 초점을 맞춰 뉴로피드백 음악(Neurofeedback Music)이라

2) 위의 책, 693-802.

3) Bart Lutter and Peter J. Koehler, “Brainwaves in Concert: the 20th Century Sonification of the Electroencephalogram,” (*Brain*, 2016), 2809-2814.

4) Lutter and Koehler, 위의 글, 2811-2813.

5) Douglas Kahn, “Alvin Lucier, Brainwaves,” *Earth Sound Earth Signal: Energies and Earth Magnitude in the Arts*, (California Scholarship Online, 2013), 84.

6) David Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, (International Society for the Arts, Sciences and Technology, 1997 Revision). 작곡가 로젠붐은 뇌파를 활용한 자신의 작품을 바이오피드백 시스템 혹은 바이오피드백 메커니즘을 활용한 음악으로 책 안에서 설명하고 있다.

칭하는 것이 적절하다고 생각한다. 따라서 뇌파를 처음 활용한 루시예의 작품과 이후의 더 발전된 형태를 띠고 있는 로젠뵘과 타이텔바움의 작품은 뉴로피드백 음악이라는 장르에 포함된다고 볼 수 있다.

이처럼 20세기 후반부터 시작되어 21세기에 들어서면서 뇌는 음악의 창작과 연주 실체에 적극적으로 활용되며, 현대음악계의 한 경향으로 자리잡게 되었다. 하지만 이 분야에 관한 음악학적 연구는 매우 드물다. 특히 ‘뇌가 뿜어내는 역동적인 에너지’를 활용한 음악 작품에 대한 기술적 측면의 논의만이 상당수 있을 뿐, 뉴로피드백 음악에 관한 음악적 내용 분석과 미학적 논의가 제대로 이루어지고 있지 않은 실정이다.

이에 본 논문에서는 음악의 제작 과정 및 작품 분석 방식을 통해 뉴로피드백 음악을 연구해볼 것이다. 현대음악사 흐름 안에서 이 장르의 모습은 어떠한가? 그리고 이 음악의 미적 의미는 무엇인가? 연구자는 루시예와 로젠뵘의 작품에 관한 심층적 연구를 통해 ‘과연 뉴로피드백 음악은 어떤 양상으로 진행되며, 어떤 미적 가치를 가지는지’에 대한 궁금증을 중심으로 현대음악에 나타난 ‘뇌’를 고찰하고자 한다.

2. 연구 대상 및 연구 내용

본 논문의 중심 연구 대상은 루시예의 〈독주 연주자를 위한 음악〉(*Music for Solo Performer*, 1965)와 그 뒤를 이은 로젠봄의 〈보이지 않는 것에 대하여〉(*On Being Invisible*, 1976-79)과 〈보이지 않는 것에 대하여 2: 꿈속에서 제퍼슨에게 말하는 히파티아〉(*On Being Invisible II: Hypatia Speaks to Jefferson in Dream*, 1994-95)이다. 위의 두 작곡가를 본 논문의 대상으로 삼은 이유는 다음과 같다. 루시예와 로젠봄 작곡가의 작품은 EEG 데이터를 그대로 소리화한 것으로 이러한 장르의 초기 모델을 보여준다.⁷⁾ 실시간으로 소리로 연결되는 뇌파는 뉴로피드백 루프(neurofeedback loop)를 만들며, 이러한 순환을 통해 루시예에는 형성된 뇌파의 피드백을 기반으로 소리 변화를 만들어낼 수 있게 되었다.⁸⁾ 이로써 만들어진 작품이 〈독주 연주자를 위한 음악〉이다. 그 후 루시예는 이 아이디어를 가지고 더 발전된 방향, 즉 알파파의 활동 사항을 부호화 및 저장하여 하나의 패턴을 만들어 스피커 채널에 연결하는 방향으로 나아가고자 했다. 이에 루시예는 뇌파를 활용한 최초의 작곡가이자, 이를 사용한 중요한 선구자로 자리매김하게 되었다. 그리고 루시예의 시도는 현재 이루어지는 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface, 이하 BCMI) 분야⁹⁾와 연결되며, 여기서 사용하는 피드백 시스템은 뇌파와의 독특하고 가시적인 상호작용을 제공한 루시예의 〈독주 연주자를 위한 음악〉으로 환원된다.¹⁰⁾

7) Eduardo Reck Miranda, "Brain-Computer Music Interfacing: Interdisciplinary Research at the Crossroads of Music, Science and Biomedical Engineering," Eduardo Reck Miranda and Julien Castet Edit., *Guide to Brain-Computer Music Interfacing*, (London: Springer, 2014), 3.

8) Joel Eaton and Eduardo Reck Miranda, "On Mapping EEG Information into Music," Eduardo Reck Miranda and Julien Castet Edit., *Guide to Brain-Computer Music Interfacing*, (London: Springer, 2014), 232-233.

9) 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface, BCMI)는 뇌와 컴퓨터를 연결하여 뇌의 활동만을 사용해 신체를 움직이지 않고 프로그램을 이용할 수 있게 하는 통제 시스템의 일종이다. 이것이 음악에 활용된 것에 대해서는 본 논문의 II장에서 간략히 다룬다.

루시에의 뒤를 이어 로젠뎀은 알고리즘을 사용해 자신만의 개성적인 뉴로피드백 음악을 개척해나갔다. 1960년대 후반에서 70년대 초반에 바이오피드백 분야와 미적 경험에 대한 연구가 활발해지면서 로젠뎀은 바이오피드백을 음악에 적용했다.¹¹⁾ 특히 초기 형태의 뇌파 활용 작품을 선보인 후에, 90년대에 이르러서 알파파와 같은 지속되는 뇌파에서 벗어나 사건관련전위 데이터를 알고리즘에 대입하여 작곡하는 등의 점차 발전된 형태의 뉴로피드백 음악을 보여준다. 이러한 방식을 통해 그는 뇌파 신호에서 우리의 음악적 경험의 특정 측면을 감지할 수 있다는 가설을 음악을 통해 탐구하면서 EEG 데이터로부터 유용한 정보를 발굴하는 개념을 추구함으로써 BCMI 연구에 중요한 발판을 남겼다.¹²⁾

이처럼 두 작곡가의 작품이 뇌파를 최초로 음악 안에 사용하였다는 점과 기술의 발달과 함께 뇌파를 다각도로 음악의 구조를 생성하는데 활용하는 모습을 보인다는 점에서 본 논문의 핵심 연구 대상으로 삼았다.

본격적인 뉴로피드백 음악 연구에 들어가기에 앞서 해당 음악의 이론적 배경을 세 가지로 나누어 고찰할 것이다. 먼저 뉴로피드백 음악의 창작 재료인 뇌파와 이를 측정하는 도구인 EEG에 대한 개념적 접근부터 시작하여, 이것이 음악계에서 활용되고 있는 모습들을 고찰하고자 한다. 이를 위해서 EEG 기술에 대한 설명 및 과학계에서의 EEG 활용 역사 그리고 EEG 측정을 통해 나올 수 있는 뇌파 종류를 탐구할 것이다. 이후 이것이 음악계로 넘어와 활용된 경우를 살펴보겠다. 두 번째로 음악의 재료로 뇌를 사용하는 음악에 대한 새로운 접근이자 메커니즘을 설명하는 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface)를 다루도록 하겠다. 마지막 부분에서는 바이오피드백의 하위분야로 들어가는 뉴로피드백 정의를 고찰하여 이전까지 확립되지 않았던 뉴로피드백 음악에 관해 탐구하고자 한다.

첫 번째 본론에서는 연구대상이 된 루시에와 로젠뎀의 작품 경향과

10) Eaton and Miranda, 위의 글, 250-251.

11) Eaton and Miranda, 위의 글, 235.

12) Miranda, "Brain-Computer Music Interfacing: Interdisciplinary Research at the Crossroads of Music, Science and Biomedical Engineering," 3.

뇌파를 활용한 특정 작품의 창작 과정과 작품을 심층적으로 분석하고자 한다. 여기서 창작 과정과 작품이라 함은 EEG 기술을 활용하여 도출해 낸 뇌파를 가져와 창작의 재료로 사용했다는 면에 집중한다는 것이며, 창작 과정과 연결되는 작품 자체가 발산하는 그 어떤 것을 의미한다. 최초의 뇌파 작곡가이자 이를 통해 미국의 실험음악계를 이끌어내었다는 평을 받는 루시에의 〈독주 연주자를 위한 음악〉부터 시작하여 앞서 언급한 로젠봄의 두 작품까지 분석을 진행하고자 한다. 각각 해당 작품들에 대하여 뇌파 활용의 특징과 기술적 측면을 탐구하여 보다 구체적이고 상세한 창작 원리를 파악할 것이다. 또 더불어 작곡가 스스로가 작성한 연구 및 작곡 에세이들을 토대로 곡의 분석을 진행하여 작품에 다가갈 것이다.

두 번째 본론에서는 작품의 창작 단계와 연주에서 눈에 띄는 뇌파 사용에 집중하여 뉴로피드백 음악의 미학적 의미를 세 가지로 도출하고자 한다. 작품에 사용된 뇌파가 무엇을 의미하고 어떻게 사용되었는지, 뇌파의 값이 연주자와 무대 위 소리 사이에서 어떻게 작용하는지, 그리고 뇌파를 사용했다는 것이 음악을 하는 인간에게 어떤 의미인지에 관해 논할 것이다.

마지막으로 결론에서는 분석 대상인 세 뉴로피드백 음악을 간략히 보고, 이들의 미학적 의미가 무엇인지 총괄하여 그러한 특징이 어떤 의의를 지니고 있는지 논하고자 한다.

본 연구의 목적은 뇌파를 이용한 뉴로피드백 음악에 대한 미적 가치와 그 의미를 찾고자 하는 것에 있다. 아직 음악학적으로 많이 다루어지지 않은 뉴로피드백 음악을 새로운 장르로 음악학 안에서 다루고자 한다는 것에서 첫 번째 의미를 찾을 수 있을 것이다. 또한 뇌파가 음악 창작에 활용된다는 점은 음악계의 지각변동을 예고할 수 있는 가치를 지닌다고 볼 수 있다. 이에 본 연구를 통해 뉴로피드백 음악 작품에서 드러나는 특성을 구체화하여, 뉴로피드백 음악만의 미적 가치를 고찰하고자 한다.

II. 이론적 배경

20세기 중반부터 뇌에서 나오는 파동 데이터를 소리로 바꾸는 것은 과학계에서 상당한 주목을 받아왔다.¹³⁾ 이는 병을 진단하기 위해 의학 분야에서 성행하기 시작하면서 이후 실험 음악에 과학적 붐이 일어나면서 이 기술을 접목하기 시작했다.¹⁴⁾ 이 장에서는 먼저 본 논문에서 다루고자 하는 작품에서 활용되는 EEG(뇌전도)와 뇌파(Brainwave)에 대한 개념을 서술하고자 한다. 이러한 뇌파가 20세기 중반에 소리화 과정을 통해 작품화 된 역사를 서술하여 뉴로피드백 음악까지 어떻게 흘러왔는지 고찰하고자 한다. 그리고 뉴로피드백 음악과 더불어 21세기에 활발하게 연구되고 있는 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface) 분야를 고찰하고, 마지막으로 피드백 시스템의 개념적 접근을 통해 왜 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스 분야가 아닌 뉴로피드백 음악으로 분류가 되는 것인지에 관해 논하고자 한다.

1. 음악에서의 EEG와 뇌파 사용의 역사

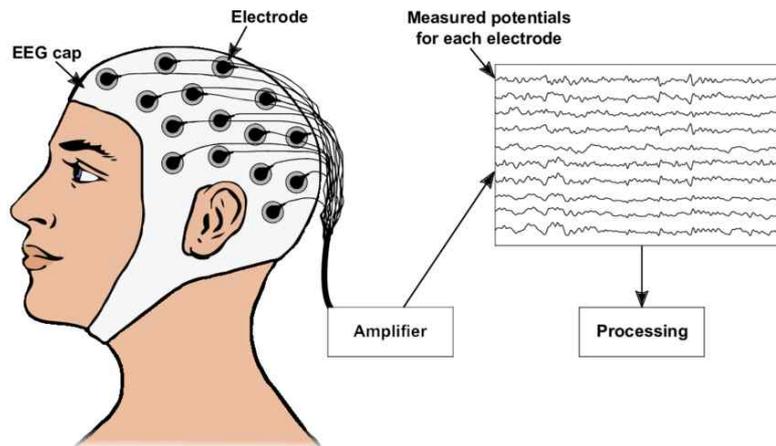
본 논문에서 다루는 작품들의 음악 재료는 뇌파다. 이에 본격적인 작품 분석과 논의에 들어가기에 앞서 EEG와 뇌파에 관한 기본 개념을 살펴보고자 한다. 그리고 뇌파가 어떻게 소리화되고 음악에 사용되었는지 역사적으로 접근해보고자 한다.

EEG(electroencephalogram: 뇌파, electroencephalography: 뇌전도)는 두뇌를 구성하는 뉴런의 전기적 활동인 뇌파, 그리고 뇌의 전기적 활동을 기록하는 전기생리학적 측정 방법인 뇌전도를 말한다 [그림01]. 뇌에

13) Lutter and Koehler, "Brainwaves in Concert: the 20th Century Sonification of the Electroencephalogram," 2809.

14) Lutter and Koehler, 위의 글, 2809.

서 발생하는 전기적 신호를 측정하기 위해 [그림01]과 같이 두피 위에 전극을 붙여 측정하기도 하며 수술과 같은 상황일 경우 머리뼈 내에서 측정하게 된다.



[그림01] EEG¹⁵⁾

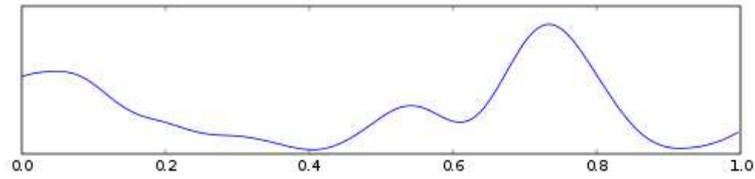
뇌의 움직임, 즉 전압 변동이 이루어지는 순간 뉴런 내에서 전기적 신호가 발생하게 되는데, 이를 EEG(뇌전도)를 사용해 측정하여 파형으로 나타낸다. 이때 신경세포는 뇌가 휴식을 취할 때에도 활동전위(action potential)를 만들어내며, 뇌의 움직임이 많으면 많을수록 활동전위의 생성 빈도도 높아진다.¹⁶⁾ 이렇게 나타난 뇌파는 실시간 이루어지는 뇌 활동을 연속적으로 관찰 및 기록할 수 있다.¹⁷⁾ 다양한 파형의 패턴은 다음과 같다 [그림02].

15)

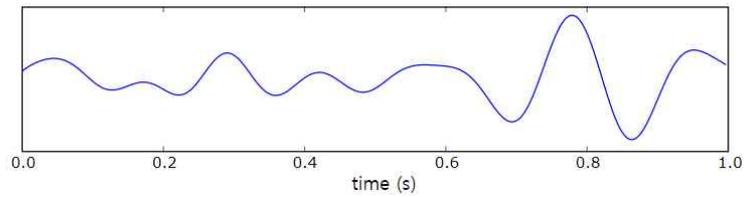
<https://worldshapers.org.uk/2022/08/15/routine-eeeg-vs-longitudinal-eeeg-with-video/> [2022년 11월 18일 접속].

16) 전경희, 원희욱, 정문주, 전병현, 『뇌파와 뉴로피드백의 이해』, (아카데미아, 2021), 35.

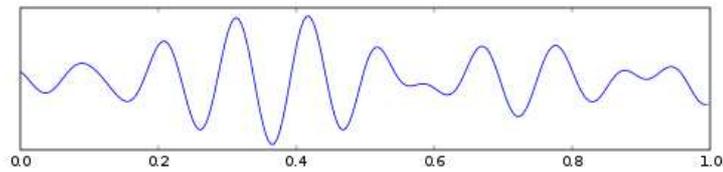
17) Ōkuma, Matsuoka, Ueno, 정사준, Matsuoka, Hirō, and Ueno, Takasi., 정사준 옮김, 『뇌파관독 step by step 입문편 제4판』, (군자출판사, 2007), 2-3



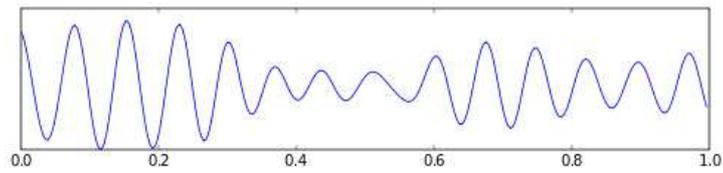
a) 델타파 (Delta waves)



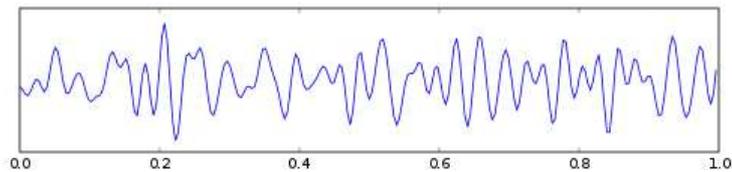
b) 세타파 (Theta waves)



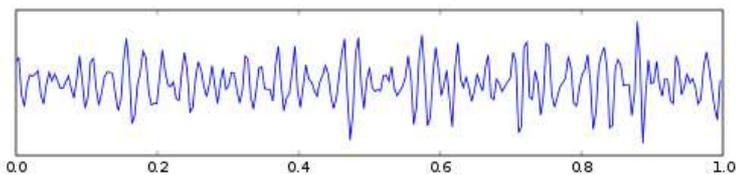
c) 알파파 (Alpha waves)



d) 감각운동피질 리듬, 뮤파 (mu rhythm)



e) 베타파 (Beta waves)



f) 감마파 (Gamma waves)

[그림02] EEG 측정을 통해 볼 수 있는 파형18)

18) 파형 이미지 활용. <https://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography>

리듬 패턴에 따라 파형의 종류를 나눌 수 있으며 이를 바탕으로 특정한 뇌의 상태를 알 수 있다.¹⁹⁾

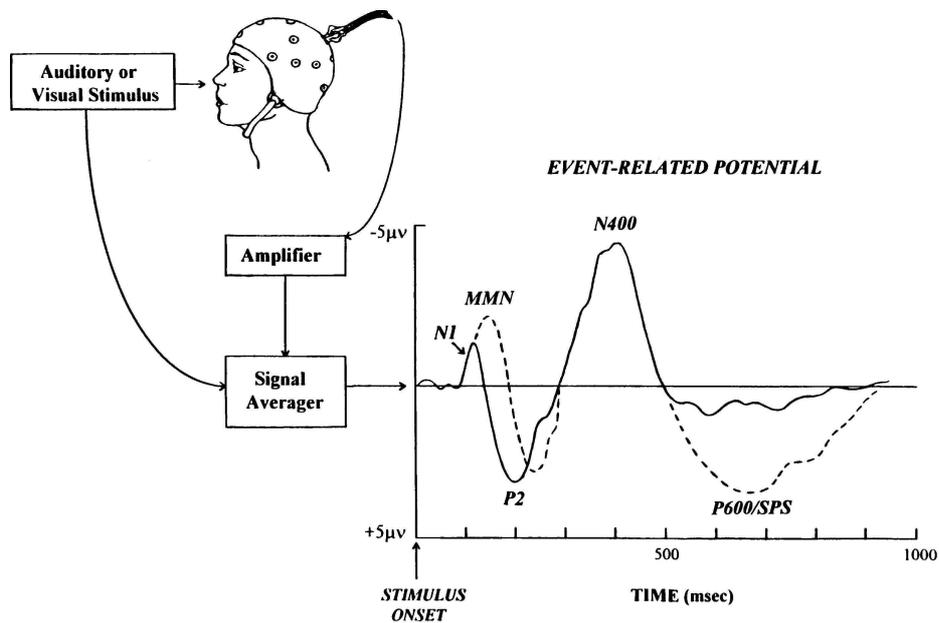
- 델타파는 최대 4Hz의 주파수 범위를 가진다. 다른 파형에 비해 진폭이 가장 높고 파동이 가장 느린 경향을 지닌다. 보통 성인의 수면 상태에서 보이고 아기에게서 주로 보인다.
- 세타파는 4-7Hz의 주파수 범위를 가진다. 보통 어린아이들에게서 볼 수 있는데, 성인의 경우 졸음 상태이거나 각성 상태일 때 확인할 수 있다. 때로는 명상 상태에서도 측정 가능하다.
- 알파파는 8-12Hz 사이의 주파수 범위를 가진다. 베르거는 자신이 발견한 최초의 뇌파 활동이기에 ‘알파파’로 명명했다. 알파파는 머리 뒷부분에서 확인할 수 있으며 일반적으로 후두부에서 더 높은 전압을 가진다. 주로 눈을 감고 신체의 긴장을 푼 상태와 정신적 활동이 없는 상태에서 알파파를 확인할 수 있다. 특히 눈을 뜨거나 명상 상태가 아닌 의식이 있는 상태로 돌아오면 알파파는 약화된다.
- 베타파는 13-30Hz 주파수 범위를 가진다. 주로 전두엽과 머리 중앙부에서 발생한다. 이는 움직임 동작과 밀접하게 연관되어 있어 일반적으로 활동적인 움직임을 보이는 동안 감소한다.
- 감마파는 30-100Hz 사이의 주파수 범위를 가진다. 특정 인지적 또는 운동적 기능을 수행하기 위해 뉴런이 네트워크를 결합할 때 생성되는 것으로 알려져 있다.
- 뮤파는 8-13Hz 주파수 범위를 가지는데 알파파와 유사하여 부분적으로 겹친다. 활동이 없는 상태에서 운동 뉴런의 동기 발화를 반영한다.

위에서 설명한 일관성 있게 유지되는 파(Coherent Waves)와 달리 특정 자극(시각, 청각, 촉각 등의 정보)에 의해 순간적으로 발생하는 뇌파가 있다. 이러한 자극을 제시했을 때 자극이 유발한 찰나의 뇌의 전기적

[2022년 11월 18일 접속].

19) Ernst Niedermeyer, and Fernando Lopes da Silva., *Electroencephalography : Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, (Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins 2005), 167-183.

활성 정보가 포함된 신호를 사건관련전위(ERP, Event-Related Potential)라 말한다.²⁰⁾ 사건관련전위는 뇌의 인지 과정에 대응되어²¹⁾ 뇌에서 발생하는 한 사건과 관련된 일시적이고 반복되어 나타나지 않는다.²²⁾ 그러므로 사건관련전위는 뇌파 가운데에서도 특정 시간과 시점에 행해지는 외부적 자극에 대한 EEG 측정자의 반응을 볼 수 있다[그림 03].



[그림03] 사건관련전위(ERP)를 설명하는 그림.²³⁾

이렇게 인간 두뇌에서 발생하는 여러 뇌파 종류는 20세기에 와서 차례로 발견하게 된 것이다. 그리고 이 뇌파들을 발견하는 것에 그치지 않고 많은 학자들이 시각적, 청각적 정보로 제시할 수 있는 방안을 연구하였다. 이러한 역사적 발견과 탐구는 과학 분야 뿐만 아니라 음악에서도

20) 전경희 외, 『뇌파와 뉴로피드백의 이해』, 174.

21) Matsuoka 외, 정사준 옮김, 『뇌파판독 step by step 입문편 제4판』,3.

22) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 36.

23) http://faculty.washington.edu/losterho/erp_tutorial.htm [2022년 10월 9일 접속].

이루어지게 되었다. 이에 뇌파와 EEG 사용의 역사를 보고자 한다.

인간의 뇌파를 포착하려는 시도는 과거에서부터 시작되었다. 초기에는 동물 실험을 통해 뇌파를 측정하였고 이후 인간의 뇌파를 기록하게 된 것이다. 이러한 최초의 시도는 독일의 신경정신과 의사 베르거(Hans Berger, 1873-1941)가 인간 EEG를 발견함으로써 그 역사가 시작되었다.²⁴⁾ 그는 1929년에 최초로 EEG(뇌전도)가 비침습적(non-invasive)으로 뇌의 활동을 들여다보고 인간의 뇌 활동을 기록할 수 있는 기계임을 입증함²⁵⁾으로써 인간 뇌 활동을 측정하고 데이터화할 수 있음을 보여주었다. 이를 입증하는 가운데 그는 두정엽(occipital area) 부분을 EEG 측정했을 때 나오는 진동을 발견하였고 이를 알파파(alpha wave)라 명명하였다.²⁶⁾

베르거의 뇌파 발견은 이제 뇌파 데이터를 소리화하기 위한 연구로 넘어가게 되었다. 1934년 저명한 신경생리학자이자 노벨상 수상자인 에드거 에이드리언(Edgar Adrian, 1889-1977)은 EEG 데이터를 소리로 변환하는 기술을 처음으로 선보였다.²⁷⁾ 결국 에이드리언은 1930년대 말에 이르러서 확성기(loudspeaker)를 통해 데이터를 소리화하는데 성공했다.²⁸⁾

이렇게 발견된 뇌파와 측정기술은 의학적 진단에 주로 사용되었다. 베르거는 EEG를 입증함과 동시에 환자가 대뇌 병변과 간질을 앓고 있다는 것을 EEG를 통해 확인할 수 있음을 보고하였다.²⁹⁾ 허나 임상적 환경에서는 EEG를 소리화하여 듣는 것이 아닌 그려지는 뇌파를 ‘읽는’ 것을

24) Niedermeyer and Silva, *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, 5.

25) Lutter and Koehler, “Brainwaves in Concert: the 20th Century Sonification of the Electroencephalogram,” 2809. Alberto Novello, “From Invisible to Visible, the EEG as a Tool for Music Creation and Control,” (Master thesis, 2012), 1, 재인용.

26) Novello, 위의 글, 1, 재인용.

27) Lutter and Koehler, “Brainwaves in Concert: the 20th Century Sonification of the Electroencephalogram,” 2810, 재인용.

28) Lutter and Koehler, 위의 글, 2810, 재인용.

29) Lutter and Koehler, 위의 글, 2810.

통해 신경학적 진단이 크게 향상될 것으로 보았지만, 이와 동시에 뇌파를 ‘듣는’ 방식 역시 계속해서 시각적 분석을 보충해주는 유용한 것으로 제공되어 왔다.³⁰⁾

EEG가 비침습적으로 관찰 및 기록할 수 있다는 점³¹⁾에서 의학 분야에서 환자의 병과 상태를 진단할 때 유용하게 사용되었고, EEG의 발견과 발달은 의학 분야만이 아니라 예술 분야에도 큰 영향을 미쳤다. 음악에서 EEG를 사용하게 된 것은 듀완(Edmond Dewan, 1931-2009)이 사이버네틱 이론(Cybernetic Theory)³²⁾에 영향을 받으면서 뇌파를 이용하여 제어 시스템을 만들고자 한 것에서부터이다.³³⁾ 듀완은 1960년대부터 이에 관한 연구를 착수하기 시작했고 뇌파, 특히 알파파를 활용해 인간의 행위 없이 전등을 켜고 끌 수 있게 하는 것에서 더 나아가 뇌파 음악(brainwave music)의 아이디어로까지 확장되었다. 그 아이디어는 듀완이 작곡가 루시에(Alvin Lucier, 1931-2021)를 만나면서 실현되었다. 그들의 만남으로 창작된 최초의 뇌파 작품은 <Music for Solo Performer>(1965)이다. 이는 본론에서 다룰 작품으로 뒤에서 자세하게 다루도록 하겠다.

루시에의 작품 <독주 연주자를 위한 음악> 이후 다양한 실험음악 작곡가들이 자신들의 뇌파를 활용한 작품들에 뉴로피드백(Neurofeedback) 원리를 통합하기 시작하면서 이전의 뇌파의 청각적 피드백을 기반으로 알파파를 지속적으로 미세 조정할 수 있게 되었다.³⁴⁾

30) Lutter and Koehler, 위의 글, 2810.

31) Matsuoka 외, 정사준 옮김, 『뇌파판독 step by step 입문편 제4판』, 2-3.

32) 사이버네틱스(Cybernetics)는 대부분의 학문이 종합된 응용과학으로 기계가 외부 명령을 받아들이거나 내릴 수 있는 능력을 연구하는 것이다. 현대에 와서는 사이버네틱스로부터 진화하고 발전된 산물로 인공지능 프로그램을 말한다. 장소영, “인공지능에 의한 예술 창작의 가능성 연구,” (중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 2019), 21-28. 사이버네틱스는 위너(Norbert Wiener)에 의해 기계 사이의 유사성이 피드백 시스템으로 수렴됨을 보았고, 이런 경향은 사이버네틱스의 주요 개념이 되었다. 최선주, “인공지능 창작물의 예술적 가능성 탐구,” (홍익대학교 대학원 석사학위 논문, 2018), 20-24.

33) Lutter and Koehler, “Brainwaves in Concert: the 20th Century Sonification of the Electroencephalogram,” 2811.

34) Lutter and Koehler, 위의 글, 2811, 재인용.

1960년대부터 1980년대까지 루시에를 선두로 타이텔바움(Richard Teitelbaum, 1939-2020)과 로젠붐(David Rosenboom, 1947-)이 뇌파를 활용한 음악을 작곡해왔으며, 그들은 EEG뿐만 아니라 다른 생체 전자 장치를 사용한 신호들을 활용하여 주요 작품들을 창작했다.³⁵⁾ 타이텔바움은 1968년에 〈장기 음악〉 (*Organ Music*)과 〈음조〉 (*In Tune*)를 작곡하였는데, 이 두 작품은 전자음악 텍스처를 만들면서 마이크로 감지되는 심장 박동과 호흡 소리를 EEG 신호에 추가했다.³⁶⁾

로젠붐의 경우 알파 리듬을 사용하는 것에서 더 나아가 지각과 의식, 그리고 생각의 관계를 탐구하고 외부 자극에 대한 반응까지 음악 재료로 활용했다. EEG를 음악에 활용하는 것에 관한 그의 첫 시작은 〈피부의 생태학〉 (*Ecology of the Skin*, 1970-1971)으로, 이 작품은 공연자와 관객의 뇌파 및 심장 신호와 바이오피드백 시스템을 사용하여 이를 음악적 텍스처로 변환한다.³⁷⁾ 로젠붐은 이 작품 이후에 〈휴대용 돌과 철학자의 돌〉 (*Portable Gold and Philosopher's Stones*, 1972)와 〈보이지 않는 것에 대하여〉 (*On Being Invisible*, 1976-1979)와 같은 다양한 뇌파를 활용한 작품을 선보이고 있다.

뇌파 작품을 작곡한 20세기의 세 작곡가 외에도 바이오뮤즈 트리오(BioMuse Trio)의 〈잠자는 마음과 깨어있는 마음을 위한 음악〉 (*Music for Sleeping and Waking Minds*, 2011)과 이튼(Joel Eaton)의 〈워렌〉 (*The Warren*, 2011)³⁸⁾ 등이 있다. 피드백 시스템을 작품의 구성 원리로 사용하는 것은 아니나, 계속해서 '뇌'를 활용한 작품들이 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interfacing, BCMI) 분야 안에서 나오고 있다.

35) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 10.

36) Rosenboom, 위의 책, 10, 재인용.

37) Rosenboom, 위의 책, 10-11.

38) Miranda and Eaton, "On Mapping EEG Information into Music," *Guide to Brain-Computer Music Interfacing*, 226.

2. 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface, BCMI)

현재 음악의 창작과 구성 방식에 ‘뇌’가 적용되는 현상을 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface, 이하 BCMI)분야 안에 넣어 학문적으로 논의하고 있다. 뉴로피드백 음악 역시 ‘뇌’와 ‘뇌파’를 이용한다는 점에서 BCMI 논의 안에 포함된다. 그러나 뉴로피드백 음악과 BCMI가 완전히 같은 선상에 놓일 수 없다. 그 이유에 대해 이번 장에서는 해당 분야의 정의와 활용 방식을 보고 바로 다음 장에서 뉴로피드백 음악의 정의를 살펴본 후 BCMI와의 차이점이 무엇인지 고찰하고자 한다.

뇌-컴퓨터 음악 인터페이스(Brain-Computer Music Interface, 이하 BCMI)는 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, 이하 BCI)에서 파생된 분야이다. 우선 BCI는 생각과 같은 뇌의 활동 조작을 통해 외부 장치를 제어하는 직접적인 메커니즘을 제공함으로써 신체에 장애가 있는 환자를 보조하는 치료적 유용성으로 빠르게 성장하고 있는 분야다.³⁹⁾ 즉, 뇌가 신체의 통제실이라는 점에 착안하여 신체의 움직임 없이 환자가 의도하고자 하는 행위를 뇌로만 행할 수 있게 하는 시스템이라는 것이다. 또한 뇌 활동 전반에 대한 모든 데이터를 컴퓨터와 연결해 본디 치료적 목적으로 연구되고 개발되는 이 분야가 지향하는 연구 방향은 뇌파와 같은 뇌로부터 형성된 데이터를 통해 사람들이 기계를 제어할 수 있는 기술의 발전을 목표로 한다.⁴⁰⁾ 이와 같은 뇌를 이용한 치료와 통제를 위해 BCI에서는 비침습적인 방법인 EEG를 선호하며,⁴¹⁾ 1970년대 초

39) Ramaswamy Palaniappan, “Electroencephalogram-based Brain-Computer Interface: An Introduction,” Eduardo Reck Miranda and Julien Castet Edit., *Guide to Brain-Computer Music Interfacing*, (London: Springer, 2014), 29.

40) Eduardo Reck Miranda and Julia Castet, “Preface,” Eduardo Reck Miranda and Julien Castet Edit., *Guide to Brain-Computer Music Interfacing*, (London: Springer, 2014), xi.

41) Palaniappan, 위의 글, 30.

에는 이러한 개념이 바로 예술에도 적용되기 시작했다.⁴²⁾

그렇게 파생되어 음악 분야에 적용된 것이 바로 BCMI(뇌-컴퓨터 음악 인터페이스)이다. 이 분야는 이제 치료적 목적에서 벗어나 점차 음악 창작에 활용되고 있다.⁴³⁾ 인간의 뇌로 행위를 통제한다는 점에서 BCI의 개념을 그대로 가져와 사용하지만, 이것이 악기를 연주하는 것과 뇌를 창작과 형식을 구성하는 것과 같은 방식으로 사용된다는 것이다. 그러나 뇌가 음악 연주 및 창작에서 행하는 역할에 대한 것이 아닌 뇌와 컴퓨터를 활용한 메커니즘과 기술에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있다. 그러므로 이 분야는 뇌를 이용한 음악 작품에 대한 음악적 분석 및 미학적 접근과는 다르다.

BCMI는 ICCMR(컴퓨터 음악 리서치를 위한 간학문적 센터, Interdisciplinary Centre for Computer Music Research)에서 형성되었고,⁴⁴⁾ 현재 영국의 플리머스 대학교(Plymouth University) 교수인 미란다(Eduardo Reck Miranda, 1963-)를 중심으로 활발하게 논의되고 있다. 미란다는 많은 연구를 통해 뇌와 컴퓨터를 연결하여 손을 사용하지 않고 연주하는 BCMI-Piano를 개발하였고, 더 나아가 뇌와 컴퓨터를 활용하는 음악 창작 경향과 이를 이루는 시스템을 연구하고 있다. 또한 20세기에 이루어졌던 뇌파 음악과는 다르게 정확한 알고리즘 사용을 다루면서 어떤 뇌파를 어떤 음악적 매개변수에 입력하였는지 자세한 설명과 함께 작품을 분석하기도 한다. 다만 뇌파와 ‘피드백 시스템’을 결합한 음악에서 벗어나 ‘뇌’를 전반적으로 음악 창작에 활용했다는 것을 모두 포괄하여 논의를 이끌어나가고 있다. 또한 음악적 분석과 그 작품이 어떤 의미를 담고 있는지에 대한 분석보다는 기술적 분석이 주를 이룬다. 이로써 BCMI를 연구하는 학자들은 기술적인 측면에서 뇌를 활용한 작품이 어떤 방식으로 구성되어 있고 작동되는가에 대한 원리에 대해 집중적으로 탐구하고 있다.

42) Eaton and Miranda, “On Mapping EEG Information into Music,” 222.

43) Miranda, “Brain-Computer Music Interfacing: Interdisciplinary Research at the Crossroads of Music, Science and Biomedical Engineering,” 1.

44) Miranda, 위의 글, 2.

3. 뉴로피드백 음악(Neurofeedback Music)

본 연구에서 다룰 루시예와 로젠봄의 작품이 피드백 시스템을 사용하고 인간의 신체를 활용했다는 점에서 바이오피드백 음악(Biofeedback Music)으로 불리고 있으며, BCMI가 뇌와 컴퓨터를 활용한 음악 작품을 총괄하는 분야라는 점에서 그들의 작품도 ‘뇌’를 사용했다는 점에서 BCMI 분야 안으로 들어가게 된다. 그러나 BCMI 분야의 특정한 지점에서만 뇌와 연결된 피드백 시스템을 사용한다는 점⁴⁵⁾에서 BCMI 분야가 ‘피드백 시스템’을 중심으로 이루어지는 뉴로피드백 음악을 중심으로 설명하기 위한 적합한 분야가 아니라고 볼 수 있다. 이에 먼저 뉴로피드백 음악의 상위 분야인 바이오피드백 음악이 무엇인지 살펴보고자 한다. 그리고 뇌파를 활용한 음악을 바이오피드백 음악으로 명명하는 것에 있어서 어떤 문제가 있는지를 고찰하고자 한다. 그리고 마지막으로 뇌파를 활용한다는 의미의 ‘뉴로피드백’이라는 용어에 관해 고찰하고자 한다.

우선 루시예와 로젠봄의 작품을 바이오피드백 음악이라 칭할 때 사용되는 바이오피드백(Biofeedback)의 개념부터 보아야 한다. 바이오(Bio)는 인간의 내부에서 발생하는 신호를 의미하고, 피드백(Feedback)은 문자 그대로 다시 돌아온다는 뜻이다.⁴⁶⁾ 이처럼 외부 자극에 신체 감각이 반응하여 행동의 변화를 일으킨다는 의미를 지닌 이 용어는 의학 계열에서 사람들의 몸이 작용하는 방식을 바꾸도록 가르치는 대체의학 접근법으로 사용된다.⁴⁷⁾ 외부 자극에 대한 뇌파, 호흡, 심장 박동, 근육의 수축 및 이완, 땀샘 활동 그리고 체온 측정과 같은 방식을 통해 스스로 자신의 몸을 제어할 수 있게끔 만드는 치료법인 것이다.

의학 분야에서 사용되는 바이오피드백의 ‘외부 자극에 신체 감각이 반

45) Palaniappan, “Electroencephalogram-based Brain-Computer Interface: An Introduction,” 34.

46) 전경희 외, 『뇌파와 뉴로피드백의 이해』, 290, 재인용.

47)

<https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/biofeedback/about/pac-2038466>
4 [2022년 접속].

응하여 행동의 변화를 일으킨다’는 정의를 바탕으로 음악 분야에서도 피드백 시스템으로 이루어진 작품에 대해 이 정의를 사용하여 설명한다. 로젠봄은 바이오피드백 음악에 관하여 피드백 기술을 활용한 치료법과 유사한 특징을 지니고 있음을 이야기하며 다음과 같은 정의로 설명될 수 있다고 말한다.

‘바이오피드백’이라는 용어는 감각 입력 채널을 통해 유기체의 생물학적 과정의 상태 및/또는 변화 과정에 대한 정보에 관해 그 과정에 대한 조절 또는 성능 제어의 어떤 척도를 달성하기 위한 목적으로, 또는 단순히 내적 탐험 및 향상된 자기 인식의 목적으로, 유기체에 대한 현존을 지칭하기 위해 본 글에서 사용될 것이다.⁴⁸⁾

즉, 바이오피드백은 외부에서 에너지를 가져오고 인간 신체 내부로부터 엔트로피를 내보내는 환경과 상호 작용하는 의미를 지닌다는 것이다.

이러한 특성을 지닌 바이오피드백 용어를 신체의 반응을 활용한 음악에 그대로 가져와 이름 붙이는 것은 타당하다고 연구자는 생각한다. 왜냐하면 바이오피드백이라는 용어의 바이오(bio-)는 인간과 동물 모두의 신체적, 생리학적 현상에 대한 모든 것을 담고 있기 때문이다. 그리하여 바이오피드백 음악은 신체에서 발생하는 모든 현상에 대한 데이터를 활용하여 만든 음악으로 볼 수 있는 것이다.

하지만 본 논문에서 다루고자 하는 작품은 ‘뇌파’에 초점이 맞춰져 있기에 더 면밀하고 세부적인 용어가 사용되어야 할 것이다. 로젠봄은 스스로 바이오피드백 음악을 작곡하였다고 말하면서 EEG 매개변수를 사용하여 인간의 의식, 인식 상태 및 인지 과정에 대한 내용도 포함했음을 이야기한다.⁴⁹⁾ 즉, 그가 사용한 음악적 재료는 인간의 신체적, 생리적 현상 가운데에서도 ‘두뇌’에 집중되어 있다. 로젠봄 뿐만 아니라 본 논문에서 다룰 루시에의 작품에서도 마찬가지로 ‘두뇌 활동’을 사용했다. 그러

48) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 12.

49) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 22.

므로 작품에 사용된 음악적 재료의 주체라 무엇인지 세분화하여 본다면 ‘뇌파’는 신경(neuro-)이라는 분류 속으로 들어가야 할 것이다.

그렇다면 뉴로피드백은 무엇인가? 뉴로피드백은 바이오피드백의 핵심 개념을 똑같이 지닌 것으로, 신체 가운데 뇌에서 측정되는 뇌파를 사용한 바이오피드백의 일종으로 볼 수 있다.⁵⁰⁾ 이런 점에서 뉴로피드백은 생체신호 가운데 자신의 뇌파를 조절하여 뇌의 이상이나 건강 문제를 해결하는 치료법이다.⁵¹⁾ 즉, 여기서 중요한 점은 뉴로피드백은 신호의 시작점을 ‘두뇌’로 본다는 것이다.⁵²⁾ ‘뇌’에서 발생하는 데이터와 외부 환경의 상호작용을 통해 뉴로피드백 시스템이 형성된다.

뉴로피드백의 의미를 그대로 들고 온다면 뇌파를 활용하는 음악에도 접목될 수 있을 것이다. 다시 말해, 뇌파 데이터를 활용하는 작품 또한 측정되는 뇌파와 외부 자극과의 상호작용이 일어나며 그 상황 안에서 스스로 제어하고 신체와 외부 환경을 변화시키는 모습을 지니고 있기 때문에 뉴로피드백의 정의를 붙여 뉴로피드백 음악으로 볼 수 있다고 연구자는 생각한다.

50) 때로는 뇌파를 사용한 바이오피드백을 뇌파 바이오피드백(EEG Biofeedback)으로 부르기도 한다. 전경희 외, 『뇌파와 뉴로피드백의 이해』, 293.

51) 전은애, “나는 모르지만 뇌는 알고 있다: 우리 생활 깊숙이 들어온 뇌과학,” (브레인, No.92, 2022), 16.

52) 전경희 외, 『뇌파와 뉴로피드백의 이해』, 294.

III. 작품연구

본 장에서는 작곡가 루시에(Alvin Lucier, 1931-2021)과 로젠붐(David Rosenboom, 1947-)의 뉴로피드백 음악을 다루고자 한다. 두 작곡가는 ‘뇌파’를 음악 창작의 재료로 사용했다. 이에 작품 안에서 어떤 뇌파가 사용되고, 어떤 방식으로 활용되고 있으며, 이것이 소리화되는 과정을 고찰하고자 한다. 그리고 마지막에는 작품 안에서 찾아볼 수 있는 음악적 특징을 살펴보고자 한다.

1. 엘빈 루시에(Alvin Lucier, 1931-2021)

최초의 뇌파 작품을 작곡한 작곡가로 알려진 루시에는 20세기 후반 미국 실험 음악에 한 획을 그은 인물로 평가된다. 그의 작품은 전통적인 음악 재료를 활용한 것에서부터 시작하여 뇌파 활용뿐만 아니라 피드백 음악, 테이프 레코딩 음악, 루프(loop)를 이용한 음악 등 과학 기술을 자신의 작품에 적용하는 경향을 보인다. 본 장에서는 루시에의 뇌파를 활용한 작품, 〈독주 연주자를 위한 음악〉(*Music for Solo Performer*, 1965)을 중심으로 그의 음악 양식과 미학을 살펴보겠다.

1) 음악적 배경

루시에는 1931년 뉴햄프셔주(New Hampshire)의 내슈아(Nashua)에서 태어났다. 바이올리니스트였던 아버지와 무성 영화 피아니스트였던 어머니 밑에서 자라면서 그의 유년 시절은 음악과 항상 함께했다. 이후 1954년에 예일대학교(Yale University)에서 문학사(A Bachelor of Arts) 학위를 받고 바로 대학원에 입학하였지만, 유럽 중심적인 작곡 스타일만을

다른 커리큘럼에 루시에는 자신의 음악적 지향점과는 맞지 않는다 생각하여 대학원에 입학한 지 1년 만에 자퇴한다. 이후 브랜다이스 대학교(Brandeis University)에서 1960년에 예술학 석사(a Master of Fine Arts)로 졸업하였다. 루시에는 학위 과정을 마친 후 2년 동안 풀브라이트 장학금(Fulbright Scholarship)으로 로마를 여행하였다. 여기서 노노(Luigi Nono, 1924-1990), 불레즈(Pierre Boulez, 1925-2016) 그리고 슈톡하우젠(Karlheinz Stockhausen, 1928-2007)의 유럽 아방가르드 음악에 몰두했다. 또 로마에서 머물면서 관람한 케이지(John Cage, 1912-1992)와 튜더(David Tudor, 1926-1996)의 공연은 그에게 많은 인상을 남겼다.

로마에서 돌아온 후 루시에는 신 스트라빈스키(Neo-Stravinskian) 스타일로 작곡을 시도했지만, 자신의 관심은 다른 작법에 있다는 것을 깨달으면서 한동안 작곡을 중단했다. 그러나 브랜다이스 대학교에서 합창감독으로 일을 하게 되면서 다시 작곡하기 시작했다.

결국 1965년에 루시에는의 삶과 커리어에 있어 전환점이 되는 사건이 벌어지게 되었다. 로즈 예술 박물관(the Rose Art Museum)에서 케이지를 초대하여 연주회를 열게 되면서, 루시에는 케이지와 함께 〈독주 연주자를 위한 음악〉을 이 자리에서 초연하였다. 이 작품으로 자신만의 실험 음악의 초석을 열게 되면서, 그는 다른 실험 음악 작곡가들과 함께 소닉 아트 유니언(Sonic Art Union)을 1966년에 창설하였다.

이후 루시에는 20세기 미국 실험음악계의 정전이라 불릴만한 작품 활동을 선보였다.⁵³⁾ 그는 다양한 실험을 음악에 접목하는 시도를 통해 실험 음악의 여러 새로운 장을 열어주었다는 것이다. 특히 그는 실시간 연주에서의 뇌파 사용, 소리를 통한 이미지 생성, 그리고 음악적 목적으로서의 실내 음향을 만들어내는 등 음악 구성과 연주의 많은 영역을 개척해나갔기에 선구자적이라 평가된다.⁵⁴⁾ 그는 〈독주 연주자를 위한 음악〉 이후 100여개가 넘는 곡을 작곡하였고, 솔로 편성부터 오케스트라 편성

53) Douglas Kahn, "Alvin Lucier, Brainwaves," *Earth Sound Earth Signal: Energies and Earth Magnitude in the Arts*, 83.

54) "Alvin Lucier," 'biography,' <http://condor.wesleyan.edu/alucier/bio.html> [2022년 11월 27일 접속]

까지, 그리고 사운드 인스톨레이션(sound installation)부터 실험 음악을 모두 포괄하는 작품 활동을 해오면서 아프리카계 미국인 음악과 세계적 음악의 비(非)음악적 요소를 작품에 접목했다.⁵⁵⁾ 이에 루시에는 실험적 작품을 작곡하면서도 음악 분야에 새로운 기술을 사용할 수 있다는 영향을 음악계에 보여주었을 뿐 아니라 미술, 사운드아트, 미디어아트, 과학 분야에도 소리가 타학문과 접목되어 간학문적 성격을 띠 수 있다는 고무적인 영향을 내비쳤다.⁵⁶⁾

다양한 작품 활동을 해온 루시에는 미학적 배경을 공고히 하여 나아갔으며, 이 미학관은 루시에 작품의 기반이 된다. 그는 음향에 대하여 “들을 수 없는 것을 들을 수 있게 만드는 것”으로 이야기하며 무시되거나 들리지 않는 소리에 청자의 의식을 집중시키는 것에 주목했다.⁵⁷⁾ 이러한 그의 미학적 관점은 음악에 있어 자연스러운 소리와 새로운 기법을 통한 소리 형성에 주력하는 길이 되었다. 주요 작품으로 〈방 안에 앉아 있다〉 (*I am Sitting in a Room*, 1969)가 있다. 이 작품은 루시어를 사운드 아티스트로서의 입지를 다지게 해준 작품으로, 해당 작품 자체가 사운드아트 분야에 큰 획을 그은 것으로 평가된다. 작품 〈방 안에 앉아 있다〉는 테이프 레코딩 기법을 활용해서 한 공간을 모두 소리로 채워 넣는 퍼포먼스를 선보였다. 텅 빈 공간 안에 앉아 있는 연주자는 자신의 목소리를 녹음하고 녹음된 것을 재생한다. 그리고 재생되는 그 순간 다시 목소리를 녹음하는 행위를 반복한다. 녹음되는 음성은 여러 겹으로 쌓여져 한 공간의 공명을 모두 없앤다. 처음 녹음되는 음성은 공간의 저 멀리 있는 듯한 착각을 불러일으킬 수 있게 작게, 가장 최근에 녹음되는 음성은 공간의 중심에 있는 듯하게 크게 재생되면서 소리로 공간감을 드러내보였다.

이외에도 루시에는 인간 생체 데이터를 기반으로 하여 악기와의 상호

55) Douglas Kahn, “Alvin Lucier, Brainwaves,” 84.

56) Kahn, 위의 글, 83-88.

57) P. J. Blamey, “Sine waves and simple acoustic phenomena in experimental music : with special reference to the work of La Monte Young and Alvin Lucier.” Uniesrity of Western Sydney (Doctor of Philsoophy), 2008, 175, 재인용.

작용 및 데이터의 소리화를 꾀하였다. 〈시계〉 (*Clocker*, 1978)는 순전히 연주자의 생각만으로 시간의 흐름을 바꾸거나 멈출 수 있다는 아이디어로부터 나온 것으로, 연주자의 전기적 피부 반응을 통해 오디오 디지털 시스템, 증폭된 시계와 작은 확성기를 사용해 시간의 흐름을 보여주는 작품을 형성하였다.⁵⁸⁾

이처럼 루시에는 자신의 미학관 내에서 작품 활동을 하나의 장르에만 국한하지 않고 어쿠스틱 악기를 활용하는 것부터 시작해 전자음악과 컴퓨터 프로그램 음악, 그리고 신체 리듬에서 나오는 데이터까지 활용하여 별다른 절차가 없으면 듣지 못하는 소리들을 변환하여 음악으로 새롭게 탄생시켰고, 이를 청중에게 들려주는 작품활동을 꾸준히 이어왔다. 그 가운데 본 논문에서 다루고자 하는 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 특히 뇌파를 가청주파수 범위로 증폭하고 피드백 시스템을 사용하였다. 이는 모든 작품의 시발점이자 그의 미학관을 관통하는 작품으로 볼 수 있을 것이다.

58) Alvin Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writing*, (MusikTexte, 1995), 208-209.

2) 〈독주 연주자를 위한 음악〉 (*Music for Solo Performer*, 1965)

〈독주 연주자를 위한 음악〉 (*Music for Solo Performer*, 1965)은 뇌파를 활용한 최초의 작품으로 1965년 5월 5일 브랜다이스 대학교 로즈 예술 미술관(Rose Art Museum of Brandeis University)에서 초연되었다.⁵⁹⁾ 이 작품은 대략 40분 정도로 설정되어 있다.⁶⁰⁾ 먼저 작품의 전반적 구성을 살펴보고자 한다.

EEG 착용자가 무대에 올라 연주하며, 무대 가장자리 혹은 밑에는 사운드 엔지니어가 자리한다. EEG를 부착한 참여자 주위에는 큰 징(*large gong*) 또는 탐탐(*tam-tam*), 모든 사이즈의 팀파니, 큰 베이스 드럼, 서스테인 페달이 눌린 피아노, 뚜껑이 달린 금속재의 쓰레기통, 그리고 두꺼운 종이 판지 혹은 이와 비슷한 재료로 만들어진 상자와 같은 타악기가 무대 위에 원 모양으로 배치된다. EEG를 부착한 참여자는 가만히 앉아 내적 동요가 없는 평온한 상태, 즉 명상 상태나 잠들기 직전의 상태를 유지한다. 그러면 부착된 EEG에서 알파파가 측정되고, 측정된 뇌파는 컴퓨터에 입력된다. 입력된 데이터는 사운드 엔지니어의 손을 거쳐 뇌파의 파형이 증폭기를 통해 증폭된다.

증폭된 진동 소리는 원뿔 모양의 스피커를 통해 흘러나온다. 이때 스피커는 각 타악기 앞에 위치해 있으며, 스피커에 달아놓은 나무 혹은 철사 막대기는 타악기의 연주되는 부분과 맞닿아 있다. 스피커를 통해 전달되는 진동은 막대기로 연결된 타악기를 건드린다. 알파파 데이터가 만들어내는 진동의 모양 그대로 타악기는 연주된다. 이렇게 연주되는 소리는 일정한 규칙이나 구성없이 무작위로 생성된다.

여기서 나타난 사운드는 다양한 타악기에서 발생하는 것이며 여러 요소가 복합적으로 만나 창출된 것이다. 즉, 증폭된 진동은 8개의 채널로

59) Volker Straebel and Wilm Thoben, "Alvin Lucier's *Music for Solo Performer*: Experimental Music Beyond Sonification," (*Organised Sound* 19(1), 2014), 17.

60) Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writing*, 183.

모두 동일하게 전송되지 않는다. 사운드 엔지니어는 연주자의 상태에 따라 형성되는 알파파를 보고 무대 위 움직이는 타악기와의 상황을 보며 기계를 조작한다. 8개의 채널 중 어떤 스피커로 입력할 것인지, 어떤 스피커의 진동 크기를 늘리고 줄일지, 어떤 타악기의 소리만을 들리게 할지 등 무대 위 구성은 사운드 엔지니어 손에서 탄생한다.

이에 따라 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 매번 같은 연주로 이루어지지 않는다. 현재 영상으로 남아있는 연주는 총 8개인데, 사운드는 각각 무대 위와 EEG를 착용한 참여자의 상태에 따라 다르게 나타난다. 그중 두 영상은 루시에가 직접 연주한 영상이며⁶¹⁾, 나머지 영상은 다른 연주자들이 연주한 〈독주 연주자를 위한 음악〉이다.⁶²⁾

루시에가 뇌파를 작품에 접목하여 창작하게 된 배경은 다음과 같다. 루시에는 물리학자 듀완(Edmond Dewan, 1931-2009)과 케이지(John Cage, 1912-1992)에게 아이디어를 받고, 독려를 받아 <Music for Solo Performer>를 만들었다. 먼저 작품 주제의 출발점은 듀완과 루시에의 만남으로부터다.⁶³⁾ 듀완은 한스컴 필드 공군 기지(Hanscom Field Air

61) “Alvin Lucier - “Music for Solo Performer”(1965),” <https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y>, [2022년 11월 24일 접속]. “Alvin Lucier Project 4/6 Music for Solo Performer,” https://www.youtube.com/watch?v=31x_TGOCzvM, [2022년 11월 24일 접속].

62) “Music for Solo Performer (1965) by Alvin Lucier - UdK 2018,” <https://www.youtube.com/watch?v=cRR1F8oGYD4>, [2022년 11월 24일 접속]. “Music for Solo Performer,” <https://www.youtube.com/watch?v=2oHvikjarZE>, [2022년 11월 24일 접속]. “Pauline Oliveros - Music for solo performer,” https://www.youtube.com/watch?v=Ja_B7jluHWk, [2022년 11월 24일 접속]. “Alvin Lucier: Music for Solo Performer (1965),” <https://www.youtube.com/watch?v=Q73ZbDhQsb4>, [2022년 11월 24일 접속]. “Music for Solo Performer by Alvin Lucier,” https://www.youtube.com/watch?v=A_LS9MyFQCs, [2022년 11월 24일 접속]. “Music for Solo Performer,” <https://www.youtube.com/watch?v=A4aGjSwNy3Y>, [2022년 11월 24일 접속].

63) Lutters and Koehler, “Brainwaves in concert: the 20th century sonification of the elctroencephalogram”, 2811.

Force Base)에서 조종사들의 뇌파에 관한 실험을 진행하면서 발견한 사실을 음악에 적용하고자 했다.⁶⁴⁾ 그는 비슷한 시기에 새로운 실험 음악을 향해 갈망하던 루시에와 만나게 되었다. 듀완은 루시에에게 작품을 만들기 위한 기술적, 물질적 도움과 조언을 아끼지 않았고, 결과적으로 뇌파를 소리로 변환시켜 음악 작품으로 만들 수 있게 되었다.

다른 한편으로 케이지는 루시에에게 뇌파를 활용하게끔 아이디어적 격려를 보낸 인물이다. 루시에는 1965년에 로즈 박물관(Rose Museum)에 초청되어 연주해야 할 상황에 놓여있었고, 뇌파라는 소재는 갖고 있었지만 이를 음악화하는데 많은 갈등이 있었다. 이에 루시에는 〈독주 연주자를 위한 음악〉을 완전한 음악으로 만들기 전에 케이지에게 음악 재료로 사용할 수 있는 뇌파라는 핵심 개념을 털어놓았고, 결국 케이지는 뇌파로 작품을 쓰면 되는 것이라고 루시에에게 조언하였다.⁶⁵⁾

이렇게 작곡된 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 ‘뇌파’를 음악의 핵심 재료로 사용한다. 먼저 주목할 부분은 이 작품에서 뇌파 가운데 알파파(Alpha waves)를 사용한다는 점이다. 듀완에 의하면 알파파는 인간이 명상하는 행위 가운데 나오는 현상이자 뇌파이며,⁶⁶⁾ 두 눈을 감고 어느 하나에 집중하지 않았을 때 생성된다.⁶⁷⁾ 그렇기에 작품의 참여자는 뇌파를 측정하는 EEG를 부착한 상태로 무대 위에서 가만히 앉아 있어야 한다. 이때 알파파를 작품 안에서 사용하기 위해서 두개골 위, 특히 두정엽 부위와 전두엽 그리고 그 외에 적절한 부위에 EEG를 부착하여 측정해야 한다 [그림 04].⁶⁸⁾ 그리고 귀, 손가락 혹은 부착된 EEG와 가까운 위치의 신체 부위에 참고용 전극을 부착해 두뇌에서 생성되는 신호 외의 전기적 노이즈를 감소시켜야 한다[그림05].⁶⁹⁾

64) Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writing*, 21.

65) Straebel and Thoben, “Alvin Lucier’s Music for Solo Performer: Experimental Music Beyond Sonification,” 17.

66) Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writing*, 21.

67) Lucier, 위의 책, 182.

68) Lucier, 위의 책, 307.

69) Lucier, 위의 책, 182.



[그림04] 1965년 진행된 엘빈 루시에의 <독주 연주자를 위한 음악> 실황 장면 중 EEG 전극 부착⁷⁰⁾



[그림05] 1965년 진행된 엘빈 루시에의 <독주 연주자를 위한 음악> 실황 장면 중 참고용 전극⁷¹⁾

70) <https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y> [2022년 10월 7일 접속].
1965년 엘빈 루시에의 <Music for Solo Performer> 실황.

71) <https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y> [2022년 10월 7일 접속].

그렇다면 이 뇌파는 어떻게 소리화될까? 〈독주 연주자를 위한 음악〉에서는 타악기가 뇌파를 소리화하는 역할을 맡았다. 루시에는 큰 징 또는 탐탐, 팀파니, 큰 베이스 드럼, 서스테인 페달이 눌린 피아노, 뚜껑이 달린 금속재의 쓰레기통, 그리고 두꺼운 종이 판지 혹은 이와 비슷한 재료로 만들어진 큰 상자를 기본 악기 배치로 설정해두었다. 그러나 작품 창작 당시에 구성한 것과는 다르게 다른 악기가 사용될 수 있다. 다만 작품이 창작된 1965년도 구성 목록을 기준으로 새롭게 추가 또는 삭제된다. 예를 들어, 슈트레벨(Volker Straebel)이 2012년 3월 23일 베를린 페스티벌(Haus der Berliner Festspiele)에서 연주한 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 위에서 나열한 악기 종류와는 다른 구성을 보인다[표01]. 혹은 2018년 베를린 예술대학교(Universität der Künste Berlin)의 수업에서 연주했을 때 역시 다른 구성을 보인다 [표02].

1965년 앨빈 루시에의 〈독주 연주자를 위한 음악〉 실황.

- 큰 믹서 1개, 16개의 아웃풋
- 높은 수준의 스피커 16개 (적어도 반지름이 12cm인 것)
- 베이스 드럼 2개
- 스네어 드럼 2개
- 팀파니 2개
- 심벌즈 2개
- 트라이앵글 2개
- 탬버린 1개
- 큰 탐탐 1개
- 작은 징 1개
- 그랜드 피아노 1대
- 스피커를 담을 수 있는 큰 종이판지 상자 1개
- 스피커를 담을 수 있는 금속재의 쓰레기통 1개
- CD 플레이어 1개

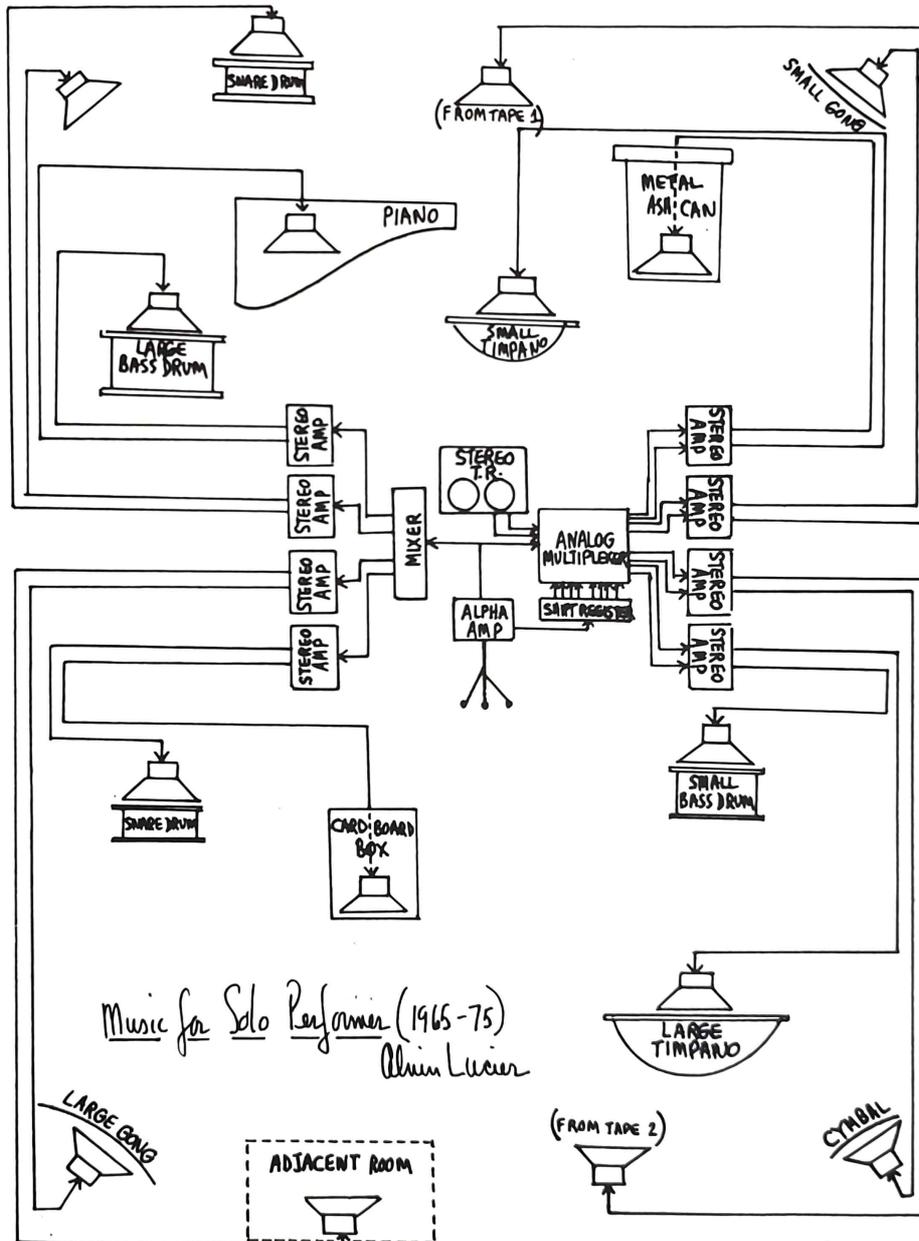
[표01] 슈트레벨의 2012년 <독주 연주자를 위한 음악> 연주에서 사용된 악기 목록⁷²⁾

- 큰 믹서 1개, 16개의 아웃풋
- 높은 수준의 스피커 16개 (크기는 다양)
- 베이스 드럼 1개
- 스네어 드럼 3개
- 심벌즈 2개
- 트라이앵글 1개
- 탬버린 1개
- 탐탐 1개
- 그랜드 피아노 1대
- 스피커를 담을 수 있는 큰 종이판지 상자 1개
- 스피커를 담을 수 있는 금속재의 쓰레기통 1개
- 방울 여러 개
- 집시 위 작은 돌맹이,
- 철판으로 만들어진 각종 철판
- 플라스틱 공 3개 및 플라스틱 조형물

[표02] 2018년 베를린 예술대학교의 한 수업에서 연주한 <독주 연주자를 위한 음악> 의 악기 목록⁷³⁾

72) Straebel and Thoben, “Alvin Lucier’s *Music for Solo Performer*: Experimental music beyond sonification,” 24. 이는 루시에와 저자의 이메일 서신을 통해 만들어진 악기 목록이다.

73) <https://www.youtube.com/watch?v=cRR1F8oGYD4> [2022년 11월 24일 접



[그림06] <독주 연주자를 위한 음악> (*Music for Solo Performer*, 1965)⁷⁴⁾

속]. 비교적 최근의 연주이기 때문에 비디오 화질이 좋아 어떤 구성으로 되어 있는지 식별 가능하여 하나의 예시로 선택하였다. 훨씬 더 다양하고 많은 악기가 사용되었다.

74) Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writing*, 306.

악기는 대부분 앞의 배치도를 따라 무대 위에 위치된다[그림06]. 이것은 루시에가 설정해 놓은 것이며 1965년 작품이 창작될 당시의 악기 배치 기준이다. 또한 무대 배치뿐만 아니라 뇌파 데이터와 증폭기가 어떻게 연결되어 있는지 보여준다.

여기서 데이터는 진동으로 변환되어 스피커를 통해 나오게 되고, 그 진동이 타악기를 움직이게 한다. 이때 데이터에 해당하는 알파파는 매우 작은 범위(8-12Hz)에서 이루어지기 때문에 무조건 기계를 통해 증폭시켜야한다.⁷⁵⁾ 즉, 부착된 EEG를 통해 기록되는 파형의 리듬이 적절한 변환기를 통해 증폭된다면 그 진동 소리는 들을 수 있게 된다. 이때 적절한 증폭을 위해 신경학적 증폭기인 텍트로닉스 타입 122(Tektronix Type 122) 2개를 활용한다[그림07]. 그리고 밴드 패스 필터(bandpass filter)⁷⁶⁾와 하이파이 전치 증폭기(hi-fi preamplifier)⁷⁷⁾와 전력 증폭기(power amplifier)⁷⁸⁾를 이용해 사용될 수 있는 뇌파 데이터를 걸러내어 소리로 변환한다. 이는 모두 실시간으로 나오는 연주자의 뇌파를 증폭시키고 소리화하기 위한 것이다. 실시간 진동 증폭 및 소리화 외에 미리 녹음된 뇌파를 5배속 하여 무대 위에서 재생한다.

75) Lucier, 위의 책, 21.

76) 밴드 패스 필터(bandpass filter)는 필터 회로 또는 필터 구조로 특정한 음역대만 통과시키는 기기이다. 네이버 지식백과, “밴드 패스 필터,” <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1844992&cid=50324&categoryId=50324>, [2022년 11월 25일 접속].

77) 전치 증폭기(preamplifier)는 장치와 장치 사이에 연결된 전선으로 인한 신호의 감쇠 및 외래 잡음에 의한 신호와 잡음 비율의 저하를 막기 위해 검출기 앞에 설치하는 증폭기이다. 네이버 지식백과, “전치 증폭기,” <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1592645&cid=50324&categoryId=50324>, [2022년 11월 25일 접속].

78) 전력 증폭기(power amplifier)는 메인 앰프라고도 불리며, 전치 증폭기와 같은 것으로부터 출력을 받으면 스피커를 제대로 구동할 정도로 충분히 출력값을 증폭시켜주는 역할을 하는 기기이다. 네이버 지식백과, “파워앰프,” <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1845680&cid=50324&categoryId=50324>, [2022년 11월 25일 접속].



[그림07] 텍트로닉스 타입 122(Tektronix Type 122)⁷⁹⁾

다양한 기계를 통해 선택 및 증폭된 진동은 이후 원뿔 모양의 스피커를 통해 재생된다[그림08]. 루시에가 작품에서 활용한 스피커 모델은 KLH Model 4이다. 이때 스피커 앞면에는 나무 막대기 혹은 코르크 마개를 꽂은 철심이 붙여져 있으며, 그것들이 악기 앞에 놓여져 악기를 연주한다. 그리고 이렇게 설치된 스피커는 8개의 채널을 사용한다.⁸⁰⁾



[그림08] a) 원뿔 모양 스피커 (con-type speaker) 예시⁸¹⁾ b) KLH Model 4 loudspeaker⁸²⁾

79) “텍트로닉스 타입(Tektronix Type 122),” <https://www.recycledgoods.com/tektronix-type-122-low-level-preamplifier/> [2022년 11월 17일 접속].

80) Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writings*, 184.

81) “원뿔 모양 스피커(Cone Speaker),” <https://kr.element14.com/mcm-audio-select/55-1240/woofer-8-clear-polypropylene-cone/dp/2827649> [2022년 11월 17일 접속].

82) “KLH Model 4 loudspeaker,” <https://www.catawiki.com/en/1/29464667-klh-model-4-speaker-set> [2022년 11월 17일 접속].

다시 [악보01]로 돌아와 스피커와 악기 배치를 살펴보자면, 알파파의 진동을 증폭하는 앰프는 무대의 정중앙에 위치한다. 여기서 나오는 데이터를 믹서와 아날로그 멀티플렉서(Analog Multiplexer)를 통해 스테레오 앰프로 연결한다. 믹서와 멀티플렉서에서 변환되고 증폭된 파동은 원뿔 모양 스피커로 이동한다. 스피커는 알파파 앰프(EEG 부착 참여자)를 중심에 두고 사방에 퍼져있다. 1965년 루시에가 작곡할 당시의 무대 구성이 악보로 남겨져 있지만, 악기 추가 및 제외와 마찬가지로 무대 위 악기 배치 구조는 연주 상황에 따라 바뀔 수 있다 [그림09].⁸³⁾



a) 1965년 연주.⁸⁴⁾

루시에가 직접 EEG 연주자로 참여한 것으로 작곡되었을 당시의 무대이다.

화면에는 팀파니, 첼레 스트레기통, 스네어 드럼이 보인다.

83) Straebel and Thoben, “Alvin Lucier’s *Music for Solo Performer*: Experimental music beyond sonification,” 24. 논문의 저자인 슈트레벨 역시 무대의 악기 배치를 루시에의 1965년도 악보와는 다른 구성으로 선보였다. 저자(연주자)에 따르면 무대가 전통적 무대 및 객석으로 이루어져 있기 때문에 연주자(EEG 부착한 사람)는 무대의 중앙에, 타악기는 좌우 대칭적으로 구성하였다고 서술하고 있다.

84) <https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y> [2022년 10월 7일 접속]. 1965년 앨빈 루시에의 <Music for Solo Performer> 실황.



b) 2009년 연주.⁸⁵⁾

루시에가 그린 악기 배치도를 따랐지만, 이 연주의 경우 6개의 악기만을 사용하였다.



c) 2018년 연주.⁸⁶⁾

루시에가 그린 악기 배치도를 어느 정도 따른 무대 구성으로 악기와 스피커가 참여자를 중심에 두고 둘러싸고 있다. 타악기 종류가 풍부하게 사용되었다.

[그림09] 각각 <독주 연주자를 위한 음악>의 무대 배치.

공연이 진행되는 동안 악기 배치도[그림06]에서는 보이지 않은 제3의 존재인 사운드 엔지니어가 무대 뒤 혹은 옆에서 연주를 돕는다. 다시 말

85) <https://www.youtube.com/watch?v=Q73ZbDhQsb4> [2022년 10월 7일 접속]. 슈테피 바이스만(Steffi Weismann) 연주, 2009년 조피엔젤레 베를린 페스티벌 솔로랄라 (Sophiensaele Berlin 2009 Festival SOLOLALA).

86) <https://www.youtube.com/watch?v=cRR1F8oGYD4> [2022년 10월 7일 접속]. 2018년 봄학기, Udk Berlin, Generativie Arts class.

해, 스피커와 스피커에 들어가는 알파파의 진동은 작곡가와 EEG 착용자가 아니라 사운드 엔지니어가 조작한다는 것이다.⁸⁷⁾ 사운드 엔지니어는 연주자를 도와주는 조력자 역할을 하게 되는데, 그는 소리 음량의 크기를 조절하며, 진동이 무대 위에서 지속되는 시간을 설정하고, 8개의 채널 가운데 몇 개의 채널을 활용할 것인지를 선택하는 것과 같은 무대 위 기계 조작을 담당한다. EEG를 부착한 참여자가 무대 위 모든 구성을 다루지 않는 이유는 2가지이다.⁸⁸⁾ 하나는 알파파를 측정하기 위해 시력을 사용하지 않음으로써 알파파 외의 노이즈를 없애기 위함이며, 다른 하나는 장비의 오작동으로 인해 치명적인 위험을 감수하지 않기 위함이다.

이와 같은 구성으로 이루어진 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 두뇌의 데이터를 소리로 음악을 만든 실험 음악의 초기 예시로 볼 수 있다.⁸⁹⁾ 초기 작품인 만큼 뇌파를 측정하는 기술이 부족하고 추출할 수 있는 데이터의 양 또한 적었지만, 인간의 두뇌 활동을 데이터로 변환했다는 것과 이를 음악으로 만들었다는 지점에서 이후 21세기에서 벌어질 다양한 뇌파 음악을 위한 무한한 잠재력을 보여주고 있다. 또한 이로써 새로운 실험 음악 분야의 초석을 세운 것으로 평가된다.⁹⁰⁾ 게다가 인간의 신체에서 나오는 데이터인 뇌파를 활용했다는 점 외에도, 뇌파를 수치화하고 가청 범위로 소리화하는 과정에서 전자 기술을 적극 사용했다는 점에서 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 전자음악 분야에서 고전적인 작품으로 자리매김하게 되었다.⁹¹⁾ 다시 말해, 루시에의 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 20-21세기 미국의 실험 음악 가운데 중요한 동향을 보여주는 작품이며 새로운 길의 시작을 알린 작품으로 주목해야 할 가치가 있는 작품으로 평가받고 있다.

87) Straebel and Thoben, "Alvin Lucier's *Music for Solo Performer*: Experimental music beyond sonification," 18-20.

88) Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writing*, 183.

89) Straebel and Thoben, "Alvin Lucier's *Music for Solo Performer*: Experimental music beyond sonification," 17.

90) Lucier, *Reflections: Interviews, Scores, Writing*, 13.

91) Lucier, 위의 책, 15-17. Lutters and Koehler, "Brainwaves in concert: the 20th century sonification of the electroencephalogram," 2811-2812.

3) 작품의 특징

〈독주 연주자를 위한 음악〉에서 사용된 ‘뇌파’라는 음악적 재료와 연주 과정은 작품의 어떤 특징을 보여주는가? 연구자는 이 작품이 불확정성(indeterminacy)⁹²⁾과 즉흥성(Improvisation)을 지닌다고 본다. 즉, 이 작품이 보이는 특징은 ‘결과를 예측할 수 없는 음악적 소재’가 사용되었다는 것이며 이를 통해 ‘불확정성’을 보인다는 것이다. 그리고 이러한 소재는 창작 단계에서 작곡가의 ‘창조적 선택의 의식이 배제’되었다는 점을 의미한다고 본다. 음악적 소재부터 살펴보자. 해당 작품에서 ‘결과를 예측할 수 없는 음악적 소재’는 뇌파다. 〈독주 연주자를 위한 음악〉에서 사용한 뇌파는 알파파인데, EEG를 부착한 참여자가 눈을 뜨거나 평온한 상태를 유지하지 못하는 경우 기계에 입력되는 값은 희미해지거나 다른 노이즈에 의해 방해된다. 또한 알파파가 8-12Hz 사이의 데이터 값을 연

92) 흔히 작곡가의 의도가 없는, 혹은 연주자의 결정에 따라 변하는 음악을 우연성 음악과 불확정적 음악, 무작위 음악, 그리고 알레아 음악 등의 다양한 용어로 혼용하여 사용하고 있다. 또한 『옥스퍼드 음악 사전』(*Oxford Dictionary of Music*)과 『옥스퍼드 음악 안내서』(*The Oxford Companion to Music*)에서 불확정성 음악과 우연성 음악을 나누어 서로 다른 방식으로 정의하고 있다. 『옥스퍼드 음악 사전』의 경우 불확정성 음악을 작곡가보다 연주자의 결정이 우선시 되며 이것이 작품의 원칙이 되는 것을 의미한다고 되어 있으며, 우연성 음악에 관해서는 우연적 방법을 사용하였기 때문에 연주의 결과를 미리 예측할 수 없는 음악이라 설명하고 있다. 『옥스퍼드 음악 안내서』에서는 불확정성 음악을 창작 단계에서의 작곡가의 선택을 의식적으로 없앤 음악으로 설명하며, 우연성 음악을 연주자의 결정에 의해 발생한 변화를 보이는 음악으로 정의하고 있다. 이 가운데 본고에서는 『옥스퍼드 음악 안내서』 기준으로 불확정적 음악을 창작 단계에서 이루어지는 작곡가의 창조적 선택을 의식적으로 배제한 음악으로 설명하는 것에서 루시에의 해당 작품이 이 범주 안에 해당하는 것으로 보았다. 또한 작곡가가 의도적으로 선택하고 배치한 음악이 아니라는 점에서 불확정성은 “연주결과를 전혀 예측할 수 없는 음악적 소재가 음악 속에 투입되어 있을 때” 발생한다. 조가연, “존 케이지의 음악이 백남준의 독일시기(1956-1963)에 미친 영향 - ‘불확정성’(Indeterminacy)을 중심으로,” (조선대학교 대학원 석사학위, 2018), 39. 정병연, “재현의 새로운 가능성과 우연성의 미학: 아리스토텔레스의 『시학』과 존 케이지의 음악,” 『비평과 이론』, 제6권 1호, (2011 봄/여름), 232. 재인용.

속적으로 생성하기는 하지만, 무대 위 참여자의 상황에 따라 해당 진폭 사이에서 어떤 값이 나올지 전혀 예상할 수 없다. 즉, 뇌파는 EEG를 부착한 사람의 상태에 따라 측정되는 순간마다 다른 값을 보이기 때문에 뒤따라 나올 파형의 값을 ‘예측할 수 없’다.

음악에 사용되는 뇌파의 ‘결과를 예측할 수 없’다는 것은 작곡가의 ‘창조적 선택의 의식 배제’와도 연결된다. 먼저 의식적으로 값을 선택할 수 없다는 점에서 의식의 배제가 드러난다. 작품 안에서 활용되는 뇌파의 결과는 EEG 착용자의 상황에 따라 항상 그 값이 다르기 때문에 작곡가가 의도적으로 어떤 값을 취하고 변환할지 선택할 수 없다. 오로지 음악에서 활용되는 뇌파는 EEG를 부착한 참여자의 몫으로 남겨진다.

다음으로 주목할 점은 작품 구성에 있어 정확한 형식이 존재하지 않는다는 것이다. 기존의 작품들은 대다수 작곡가가 틀을 만들고 그 안에 음악적 흐름을 부여한다. 하지만 〈독주 연주자를 위한 음악〉의 경우 작품을 뼈대를 만드는 40분이라는 대략적인 시간과 악기 및 기계 선정에만 자신의 창조적 의도를 부여했을 뿐, 시간 안에 진행되는 모든 것은 우연에 맡긴다. 더욱이 작곡가와 참여자 외에 사운드 엔지니어가 존재한다는 점에서도 작곡가의 의식이 배제된다. 루시예가 직접 알파파를 측정하면서 기계로 데이터 변환까지 한 초창기 연주가 있지만, 알파파를 제대로 추출하기 위해서 이후 연주는 모두 사운드 엔지니어와 함께 작업한다. 결국, 엔지니어가 뇌파의 진동을 소리로 변환하고 어떤 악기 앞에 있는 스피커를 작동시킬지에 관한 모든 권한을 갖고 있게 됨으로써 작곡가의 창조적 입지는 약해지게 되는 것이다. 이에 루시예의 창조적 의식은 작품을 구상하는 단계에서 멈추며, 실제로 연주가 될 때는 작곡가의 의식 개입이 전혀 일어나지 않는다.

두 번째 특징은 즉흥성이다. 먼저 즉흥성은 앞서 언급한 불확정성의 면모와도 연결된다. 〈독주 연주자를 위한 음악〉의 주된 연주 재료는 실시간으로 추출되는 뇌파 데이터다. 참여자가 의식적으로 자신의 명상 상태를 유지할 수 있고, 외부에서 들려오는 청각적 자극에 의해 참여자의 상태가 변할 수도 있기에 뇌파 데이터는 계속해서 변한다. 이 지점에

서 무대 위 상황에 따라 참여자의 상태가 바뀌고 형성되는 뇌파의 값 역시 변한다는 점에서 즉흥성의 특성이 나타난다. 그러나 즉흥성을 더욱 뚜렷하게 보여주는 지점은 사운드 엔지니어가 증폭된 진동의 음량과 진동이 지속되는 시간, 그리고 스피커 채널 설정에 관여하는 부분이다. 측정되는 뇌파 데이터에 따라 진동의 음량은 계속해서 바뀐다. 또한 기계 조작법에 따라 작동되는 스피커와 그 스피커 진동의 음량 역시 바뀐다. 사운드 엔지니어는 컴퓨터에 입력되는 뇌파 데이터와 형성되는 진동의 변화 지점을 포착하여 어느 스피커의 음량을 키우고 어느 채널로 보낼 것인지 선택한다.

이 모든 과정에 대해 루시에는 자세한 지시사항을 내리지 않았다. 연주되는 순간의 상황에 따라 계속해서 상호작용하며 사운드 엔지니어의 손에 의해 즉흥적으로 이루어진다. 따라서 연주를 위한 재료가 고정되어 있지 않고, 연주되는 그 순간 사운드 엔지니어에 의해서 연주되는 악기와 소리가 나오는 스피커의 종류가 달라지기 때문에 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 고정된 틀을 갖지 못한 채 모든 것이 즉흥적으로 이루어진다.

위와 같은 특징을 가지는 〈독주 연주자를 위한 음악〉은 케이지의 〈가상의 풍경 4번〉 (*Imaginary Landscape No.4*, 1951)의 연장선상에 놓여있다고 보았다. 케이지는 12개의 라디오를 활용해 작품을 구성하였다. 음악은 악보에 쓰인 주파수를 라디오에 연결함으로써 진행된다. 여기서 ‘결과를 예측할 수 없는 음악적 소재’인 라디오가 사용된다. 모든 주파수를 연결할 수 있지만 연주되는 나라와 장소, 그리고 시간대에 따라 해당 라디오에서 나오는 내용은 모두 다르기에 항상 같은 값을 도출하지 않으며 결과적으로 다른 소리를 형성한다. 이 부분에서 실시간으로 변화하는 요소를 사용함으로써 실시간으로 변화하는 라디오에 의해 발생하는 소리에 대해 작곡가는 자신의 의식을 작품 안에 개입시킬 수 없다.⁹³⁾ 또한 연주되는 장소와 시간에 따라 다른 소리가 만들어진다는 점에서 즉흥

93) 최선주, “인공지능 창작물의 예술적 가능성 탐구,” 홍익대학교 대학원 석사 학위 논문, 2018, 63-64.

성을 보인다. 다만 발생하는 소리를 선택할 수 없을 뿐 작품에 사용되는 라디오 가운데 몇 번 라디오에서 어떤 주파수를 활용할지에 대한 지침서가 악보에 쓰여 있기에 루시에 작품과는 다른 불확정성 면모를 드러낸다.

즉 케이지가 불확정적인 요소를 창작 재료로 삼음으로써 작품 형태와 개념을 완전히 뒤바꿔 놓은 것처럼 루시에 역시 불확정적 재료와 이로부터 기인한 즉흥성을 토대로 새로운 작품을 만들어냈다. 그리고 더 나아가 루시에는 〈독주 연주자를 위한 음악〉에서 인간이 의도적으로 만든 재료가 아니라 인간의 신체로부터 자연스럽게 만들어진 뇌파를 활용하고 그것을 소리로 제시했다는 점에서 독창성이 두드러진다.

2. 데이비드 로젠봄(David Rosenboom, 1947-)

로젠봄은 21세기 들어 가장 활발하게 활동하고 있는 미국의 실험음악 작곡가이자 교육자이다. 그는 1970년대에 이르러서 루시에의 뒤를 이어 뇌파를 음악에 적용한 작곡가 중 한 명이다. 그는 뇌파를 다양한 방식으로 활용해 작품을 작곡하기 위해 초창기에 시행했던 여러 실험적 결과들을 토대로 과학과 컴퓨터 분야에서 새롭게 발견된 주제와 기술들을 꾸준히 음악에 접목하고 있다.

본 장에서는 로젠봄의 작곡 흐름을 통해 그의 음악적 어법 및 양식을 살펴본 후, 로젠봄의 뇌파를 활용한 두 작품, 〈보이지 않는 것에 대하여〉(*On Being Invisible*, 1976-79)과 〈보이지 않는 것에 대하여 2: 꿈 속에서 제퍼슨에게 말하는 히파티아〉(*On Being Invisible II: Hypatia Speaks to Jefferson in Dream*, 1994-95)를 분석하고 그 특징을 고찰하고자 한다.

1) 음악적 배경

로젠봄은 21세기 실험 음악을 주도하고 있는 간학문적 예술을 펼치는 작곡가로, 현재 칼아츠(The Herb Alpert School of Music, California Institute of the Arts) 작곡과 교수로 재직 중이다. 1947년 미국의 아이오와주 페어필드(Fairfield, Iowa)에서 태어난 그는 1965년 일리노이 얼바나 대학교(University of Illinois, Urbana) 작곡과에 입학하여 작곡을 배우면서 작곡과 연주, 이론, 지휘, 컴퓨터 과학, 심리학, 신경과학, 물리학, 전자음악, 시스템 이론을 공부했다. 다양한 학문에 관심을 두고 이를 자신의 음악에 접목하다 1968-69년에는 뉴욕 대학교(New York University)에서 자신의 관심사를 실현할 수 있게 되었다. 이후 그는 음악과 과학을 넘나들며 자신의 음악 세계를 구축함으로써 실험음악 분야의 혁신자로 불리고 있다.⁹⁴⁾ 그리고 연구자, 강의자로서 미국 전역에서 자신의 뇌파를 이용한 음악, 알고리즘을 이용한 음악과 같은 새로운 음

악 경향에 관한 강의를 다수 진행하고 있다.

로젠봄의 작품 경향은 주로 10년 단위로 변화 및 발전한다. 60년대에는 전자음악을 위주로 작곡 활동을 해왔으며 아날로그식의 컴퓨터 합성 방식을 활용하여 음 재료를 형성했다. 70년대에는 이제 본격적으로 전자음악에 인간 생체 데이터를 활용하기 시작하는 시기이다. 특히 이 시기에 작곡한 〈휴대용 돌과 철학자의 돌〉 (*Portable Gold and Philosopher's Stones*, 1972)과 〈보이지 않는 것에 대하여〉 (*On Being Invisible*, 1976-79)에서 다양한 과학적 사실들과 기술들을 자신의 음악적 아이디어에 접목함으로써 실황연주에서의 컴퓨터 사용과 작곡 환경에서 바이오피드백 시스템의 통합을 꾀하였다.⁹⁵⁾ 해당 작품들은 뇌파를 측정하고, 추출된 뇌파 데이터를 컴퓨터 프로그램을 활용해 변환하는 기술로 만들어진다.

1980년대에 와서는 70년대의 관심을 계속해서 이어나갔다. 그는 바이오피드백 시스템으로 구성된 〈휴대용 돌과 철학자의 돌 2〉를 무대에 올렸다. 또한 컴퓨터 합성 장치와 악기를 결합하여 새로운 악기인 투세(Touche)를 발명하고 이를 자신의 음악에 적용하기도 하며, 기존의 실험 음악계에서 성행한 테이프 레코딩 시스템을 활용하기도 한다.

1990년대에 들어서서는 대작이라 불릴만한 큰 규모의 작품이 나오기 시작했고, 이러한 경향은 2020년대에 들어선 오늘날까지도 계속 진행되고 있다. MIDI 키보드와 알고리즘, 그리고 자동 응답이 가능한 피드백 시스템이 탑재된 악기를 활용하면서 오페라와 같은 극 무대 형식의 음악을 창작했다. 여기서 피드백 시스템 가운데 바이오피드백이라 일컫는 뇌파를 활용하는 그의 창작 배경은 70년대와 90년대를 거쳐 확대되었다. 이 시기에 주목할만한 작품으로는 〈보이지 않는 것에 대하여 2〉 (*On Being Invisible II*, 1994-95)가 있으며, 외에도 오페라 〈아!〉 (*Ah!*, 2009)가 있다.

그는 다양한 작곡 활동을 하면서도 작가이자 교육자로서도 활동하고

94) Larry Polansky and David Rosenboom, "Interview with David Rosenboom," (Computer Music Journal, vol. 7, No. 4, 1983), 40.

95) Polansky and Rosenboom, 위의 글, 40.

있다. 그의 바이오피드백 음악에 관한 중요한 저술 중 하나인 『인간 신경계와 확장된 음악의 인터페이스』 (*Extended Musical Interface with Human Nervous System*, 1990/1997)를 통해 인간 생체정보를 음악적 재료로 활용하는 작곡 방식을 제시하며 음악 창작의 지평을 넓혔다. 외에도 로젠붐 스스로 전통적인 장르에 자신을 국한하지 않으며 새로운 카테고리인 ‘명제 음악’(Propositional Music)을 제시하면서 21세기에 나타날 수 있는 새로운 방향의 음악에 대해 계속해서 논의하고 있다.⁹⁶⁾ 여기서 더 나아가 뇌를 작품에 사용하는 과학과 예술의 간학문적 음악, 즉 ‘신경음악’(Neuromusic)이라는 새로운 분야로의 시도도 보이고 있다.⁹⁷⁾

이처럼 그는 자신의 주요 저서와 실험적 작품 활동을 바탕으로 지속해서 과학과 예술의 경계를 넘나드는 연구와 작품을 선보이고 있다. 그의 활동은 틀에 박힌 작곡을 지양하고 인간과 악기, 그리고 이들을 보조하는 기계가 함께 발전하고 진화하는 미래 음악을 지향함을 볼 수 있다.

96) David Rosenboom, “Interactive Music with intelligent instruments - A New, Propositional Music?,” (New Music Across America, 1992).

97) “CAS/MillerComm2023 - David Rosenboom - Neuromusic,” https://mediaspace.illinois.edu/media/t/1_3od7kfir/35316991?fbclid=PAAaZbZ1wCklhWvt08I7gO1HPMwTslLRPxbosWE3g-KzTuxVq5PefmGQLBPeA [2022년 12월 1일 접속].

2) 〈보이지 않는 것에 대하여〉 (*On Being Invisible*, 1976-79)

1976년 로젠붐은 전통적 음악 방식의 고정된 음악 구성의 작품이 아닌 스스로 조직(self-organizing)되고 역동적인 시스템(dynamical system)으로 형성되는 작품을 만들고자 했다. 그렇게 창작된 작품이 바로 〈보이지 않는 것에 대하여〉 (*On Being Invisible*)이다.⁹⁸⁾ 알고리즘을 통해 뇌파를 소리로 변환시킨 이 작품은 1977년 2월 12일 토론토의 음악 갤러리(The Music Gallery)에서 초연되었다.⁹⁹⁾ 현재 이 작품은 2가지 버전으로 앨범, 《보이지 않는 금》 (*Invisible Gold*, 2000)¹⁰⁰⁾과 《뇌파 음악》 (*Brainwave Music*, 2019)¹⁰¹⁾에 수록되어 있으며, 모두 파트 1과 파트 2로 구성되어 있다. 그러나 전자는 1977년에 토론토에서 초연된 음악이 수록되어 있으며, 후자는 같은 해에 밴쿠버의 웨스턴 프론트(Western Front)에서 연주된 작품이 수록되어 있어 두 앨범에서의 작품은 모두 다른 모습의 음악을 만들어낸다. 본 논문에서는 앨범 《보이지 않는 금》에 수록된 작품을 중심으로 설명하고자 한다.

〈보이지 않는 것에 대하여〉에서는 EEG를 머리에 부착한 참여자와 MIDI를 제어하고 센서가 부착된 피아노를 연주하는 연주자가 무대에 오른다. 외부에서 들려오는 작은 악기 소리나 목소리 혹은 실시간으로 만들어진 소리에 의해서 변화되는 뇌파인 사건관련전위를 포착하며, 포착된 데이터는 알고리즘을 통해 음고, 음량, 음색 등으로 변환되어 소리화된다.

이 작품의 파트 1은 약 24분 동안 진행된다. 모든 소리는 MIDI로 만들어진 전자음으로 이루어져 있다. 뇌파를 활용했기 때문에 음악에 있어

98) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 74.

99) Rosenboom, 위의 책, 79.

100) <https://davidrosenboom.bandcamp.com/album/invisible-gold> [2022년 10월 7일 접속].

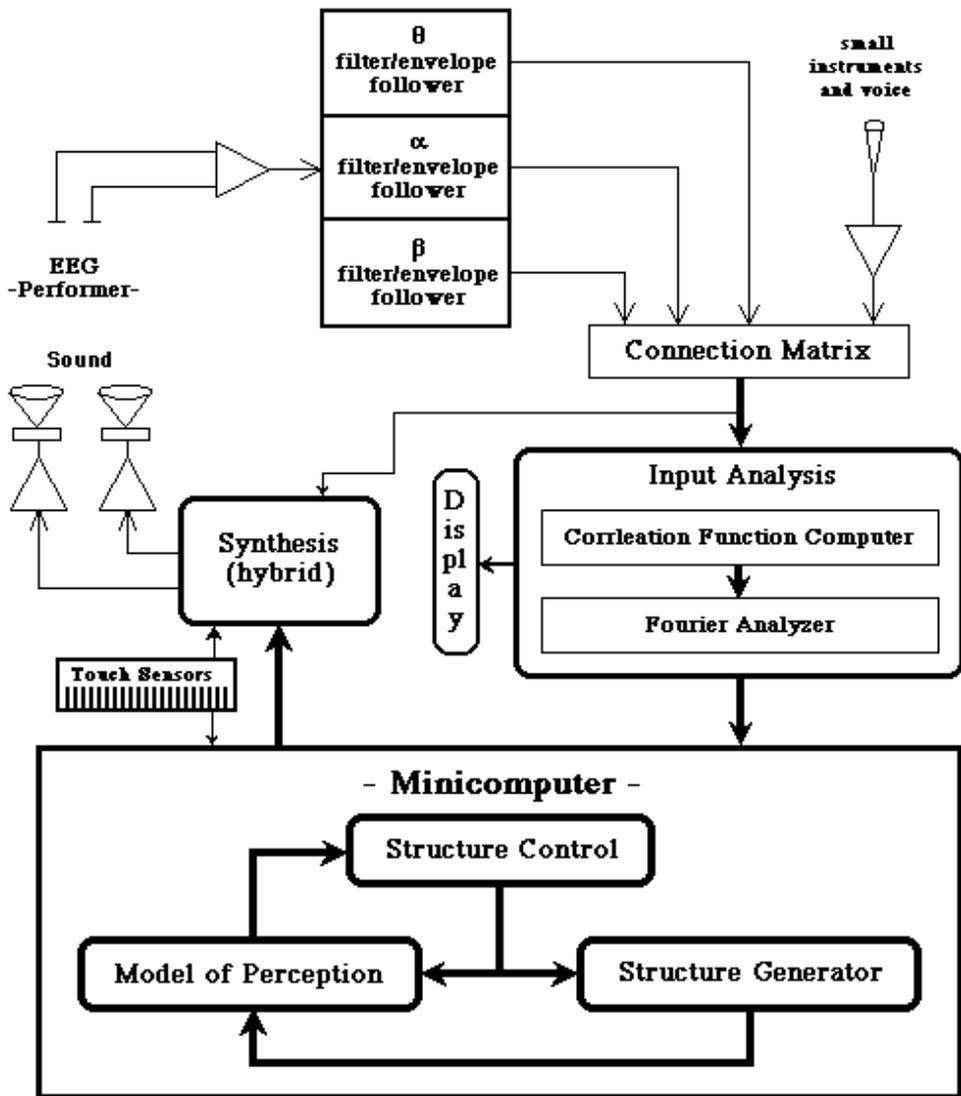
101) <https://blacktruffle.bandcamp.com/album/brainwave-music> [2022년 11월 10일 접속].

틀에 맞춰 짜여 있는 구성이나 흐름, 그리고 특정 음고는 찾아볼 수 없다. 하지만 반복적으로 들리는 음색은 작품에서 찾아볼 수 있다. 이는 작곡가가 직접 만든 알고리즘을 통해 뒤에 나올 뇌파 값을 예측했기 때문에 비슷한 값을 하나의 덩어리로 연결 지을 수 있었기 때문으로 보인다. 파트 1에서 제시되는 대다수의 음들은 지속음으로 나타나지 않고 마치 스타카토로 튀기는 듯한 모습을 만들어낸다. 이리저리 튀어 다니는 음들은 한 음에 머물러 있기도 하지만 반복적으로 위아래로 왔다 갔다 한다. 그리고 음색 역시 계속해서 변한다.

파트 2 역시 앞의 파트와 유사한 음색과 구조를 갖는다. 다만 여기서는 측정되는 뇌파만을 사용되는 것이 아니라 외부에 트라이앵글과 같은 작은 악기도 함께 사용되었다. 또한 파트 1에서 음악은 거의 모두 스타카토로 이루어져 있었다면, 파트 2에서는 지속음이 주가 된다.

이와 같이 실시간 뇌파 데이터 값과 알고리즘에 기반하여 진행되는 〈보이지 않는 것에 대하여〉를 분석하기 위해 먼저 작품이 어떻게 형성되어 있는지 보도록 하겠다. 이 작품은 외부 환경을 지각하고 그것과 상호작용하는 개체인 인간이 무대 위에 존재한다. 소리 형성은 참여자의 신체 내부에서 발생하는 데이터를 활용하였고 환경과의 에너지 및 정보 교환 역시 참여자를 통해 이루어진다.¹⁰²⁾ 보다 자세한 작품의 구성은 다음의 그림에서 나타난다 [그림10].

102) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 79-80.



[그림10] 1976-77년에 이루어진 <보이지 않는 것에 대하여>의 시스템¹⁰³⁾

뇌파 입력 신호(EEG)를 참여자의 정수리 부분과 후두엽 또는 측두엽에서 받는다.¹⁰⁴⁾ 참여자의 뇌에서 나온 데이터인 알파파, 베타파 그리고 세타파를 분류하는 각각의 필터와 엔벨로프 팔로워(envelope follower)는 독립적으로 사용된다. 이때 이 세 뇌파는 음악을 형성하기보다는 음악의

103) Rosenboom, 위의 책, 80.

104) Rosenboom, 위의 책, 79.

시작을 위한 서곡(overture)을 만들기 위한 것으로 존재한다.¹⁰⁵⁾ 그리고 EEG를 착용한 사람 말고 다른 작은 악기와 음성이 무대 위에 존재한다. 데이터와 소리는 연결 매트릭스(Connection Matrix)에 입력되며, 그 입력된 값은 상관 함수 컴퓨터(Correlation Function Computer)와 푸리에 분석(Fourier Analyzer)¹⁰⁶⁾을 거쳐 무대 위 화면에 제시되거나 컴퓨터로 들어간다. 이때 뇌파가 컴퓨터로 변환될 때 사용되는 시스템은 5가지 구성 요소를 포함한다.¹⁰⁷⁾

- (1) 사운드 합성 시스템과 결합된 음악적 구조 생성 메커니즘
- (2) 전개되는 음악적 구조 내에서 다양한 현상의 지각적 효과를 감지하고 예측한 음악적 지각 모델
- (3) 지각하며 상호작용하는 개체 (인간 연주자)
- (4) 생체 전자기기(bioelectromagnetic)와 기타 입력 신호를 감지하고 분석하기 위한 입력 분석 시스템
- (5) (4)와 (2)의 해당 정보에 대응하여 (1)을 지시하고 (2)를 갱신하는 구조 제어 메커니즘

즉, 컴퓨터 안에서 이루어지는 알고리즘 시스템에는 음악의 틀을 만들고 음을 형성하기 위한 구조 제어(Structure Control)와 구조 생성(Structure Generator) 시스템이 존재하며, EEG를 부착한 참여자로부터 입력되는 데이터를 변환하기 위한 지각 모델(Model of Perception) 메커니즘이 들어있다. 이와 같은 메커니즘을 활용해 음악에 사용할 데이터를 추출하여 소리를 합성한다. 이때 소리를 구성하는 음고, 음색, 음의 길이와 같은

105) 로젠붐과의 개별 인터뷰, 2022년 12월 7일. 로젠붐은 <보이지 않는 것에 대하여>에서 알파파, 세타파, 베타파가 사용된 것은 맞으나 음악을 시작하기 위한 발판으로 삼은 것이며, 실제 음악을 형성하는 재료로 사용된 것은 사건 관련전위 데이터만이라고 말했다.

106) 프랑스 수학자 조셉 푸리에(Joseph Fourier)가 만든 푸리에 변환이다. 이는 여러 주파수가 포함되어 있는 복합파동의 EEG를 단순파동으로 분해하는 방법이다. 전경희 외, 『뇌파와 뉴로피드백의 이해』, 168.

107) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 75.

매개변수들은 일대일로 매칭되지 않고 알고리즘의 변환에 따라 복잡하게 연결된다.¹⁰⁸⁾ 이렇게 합성된 소리와 데이터가 분석되기 전의 날 것 그대로의 데이터를 통해 만들어진 소리는 공연장에 울려 퍼진다. 만들어진 소리는 다시 참여자에게 무대 공간에서 돌아오게 됨으로써 EEG를 부착한 참여자는 다시 그 소리를 지각하여 새로운 내적 역동성을 만들어내고 또다른 모습의 뇌파를 형성한다.

이러한 작품 구성 시스템 안에서 루시예의 작품과 비교했을 때 〈보이지 않는 것에 대하여〉만이 갖는 차별점 3가지를 볼 수 있다. 하나는 음악에 있어 참여자가 자신의 지각적 능력이 사용된 뇌파 데이터가 사용된다는 점이다. 로젠봄은 자극이 주어질 때마다 반응을 보이는 EEG 착용자의 사건관련전위 데이터를 활용하였다. 그리고 순간순간 반응하는 데이터로 만들어진 소리는 점점 풍부해지는 공연장 내부의 환경과 상호작용하며 참여자의 상태를 바꾸고,¹⁰⁹⁾ 다시금 참여자는 외부 소리에 반응하여 새로운 뇌파 데이터를 만들어낸다.

다른 하나는 음악을 만들기 위한 재료들이 알고리즘에 입력되어 있다는 것이다. 루시예의 경우 알파파의 진동을 사용해 타악기를 움직이게 만들었지만, 로젠봄은 뇌파 데이터에 따라 음높이와 음색, 그리고 음의 지속 길이 등의 요소를 구분하여 알고리즘화하였다. 특히 음높이에 해당하는 부분은 진폭, 음색, 그리고 지속 시간에 해당하는 것과 별도로 지정함으로써 다양한 음을 형성하기 위해 작업을 세분화하였다.¹¹⁰⁾

마지막으로 알고리즘이 뇌파 데이터를 분석함으로써 이후에 벌어질 값을 ‘예측’한다는 점이다. 로젠봄은 정보이론(Information Theory) 개념에서 영감을 받아 클랑 시퀀스(Clang Sequence)에 대한 분석을 수행하였다.¹¹¹⁾ 참여자가 촉발하는 뇌파에 해당하는 값을 저장하며, 이것이 레이블로 지정되고 점차 확률적으로 발생할 레이블들이 모여져 하나의 계

108) 로젠봄과의 개별 인터뷰, 2022년 12월 7일.

109) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 88.

110) Rosenboom, 위의 책, 88.

111) Rosenboom, 위의 책, 90-91.

층을 형성한다.¹¹²⁾ 데이터를 예측함과 예측하지 못함에 있어 예상치 못한 놀라운 패턴을 파생하고 다양한 음색을 탐구할 수 있게 되며, 복잡한 변형을 드러내보이고 심지어는 무질서한 것처럼 보이게 한다.¹¹³⁾ 결국 로젠봄은 이러한 알고리즘을 통한 예측으로 만들어진 시퀀스들을 통해 “계층적 패턴 구조가 형성될 만큼 충분히 오래 지속되면 다층 대위법 또는 리듬 구조가 나타날 수 있다”고 말한다.¹¹⁴⁾

이처럼 〈보이지 않는 것에 대하여〉에서 EEG를 부착하고 있는 참여자는 수동적으로 가만히 앉아 알파파를 형성함으로써 음악을 시작하게 하는 사람이자, 자연스럽게 시스템의 한 부분으로 편입되어 의도적으로 의식을 변화시키며 소리를 생성하는 능동적인 음악의 일부분이 된다.¹¹⁵⁾ 이 가운데 자극에 대한 참여자의 지각적 반응은 작품 제목 가운데 ‘보이지 않는 존재’를 지시한다고 볼 수 있다. 참여자는 무대 위에 가만히 앉아 있지만, 참여자의 내부에서 일어나는 존재가 음악의 흐름과 구성을 계속해서 바꾸기 때문이다. 결국 작품의 제목이 함축하고 있듯이 연주에 참여하는 개인의 역할이 이 작품 안에서 굉장히 중요하다는 점을 볼 수 있다.

112) 자세한 내용은 다음의 참고문헌을 참고하라. Rosenboom, 위의 책, 91-92.

113) Rosenboom, 위의 책, 96.

114) Rosenboom, 위의 책, 96.

115) 로젠봄과의 개인 인터뷰, 2022년 12월 7일.

3) 〈보이지 않는 것에 대하여 2: 꿈속에서 제퍼슨에게 말하는 히파티아〉 (*On Being Invisible II: Hypatia Speaks to Jefferson in Dream*, 1994-95)

로젠붐은 1994년에 이르러서 오페라의 모습을 띠는 〈보이지 않는 것에 대하여 2: 꿈속에서 제퍼슨에게 말하는 히파티아〉 (*On Being Invisible II: Hypatia Speaks to Jefferson in Dream*)을 작곡하였다.¹¹⁶⁾ 이 작품은 1995년부터 1997년까지 일리노이 얼바나 캠퍼스(University of Illinois Urbana-Champaign)에 있는 크랜너트 공연 센터(Krannert Center), 로스엔젤레스 카운티 미술관(Los Angeles County Museum of Art), 뉴욕 머킨 콘서트홀(Merkin Hall, New York), 시카고 현대미술관(Museum of Contemporary Art, Chicago) 등에서 4차례의 주요 공연이 진행되었다.¹¹⁷⁾

로젠붐의 〈보이지 않는 것에 대하여 2: 꿈속에서 제퍼슨에게 말하는 히파티아〉는 신화와 역사적 인물을 주인공을 내세워 음악 안에 연극적이고 서사적인 관점을 드러낸 작품이다.¹¹⁸⁾ 또한 서사에 뇌파를 활용한 음악을 결합하여 스스로 조직하는(self-organizing) 하나의 오페라 작품을 창작한 것이다.¹¹⁹⁾ 〈보이지 않는 것에 대하여〉와 같은 시스템으로 음악이 구성되지만, 두 명의 뇌파 측정자가 음악의 형성을 이룬다는 점에서 차이점을 지닌다.

이 오페라의 내용은 다음과 같다. 히파티아가 제퍼슨의 꿈속에서 이야기하는 내용과 그 두 인물 사이의 상충되는 모습들이 오페라의 서사를 이끌어나간다.

116) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 124.

117) <https://davidrosenboom.com/compositions-19912000> [2022년 10월 7일 접속].

118) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 126.

119) Rosenboom, 위의 책, 111.

토마스 제퍼슨(Thomas Jefferson)¹²⁰⁾은 그의 유명한 정치 저서 중 하나를 쓰는 동안 잠이 들게 된다. 그 꿈 안에서 천문학자이자 수학자, 그리고 철학자인 알렉산드리아의 히파티아(Hypatia)¹²¹⁾에게 강의를 듣게 된다.¹²²⁾

즉, “독립선언문”을 작성하여 인간의 자유와 평등을 주장하였지만, 한편으로는 자신의 노예들에게는 자유와 평등을 보장하지 않은 이중적인 인물로 평가되는 제퍼슨에게¹²³⁾ 히파티아는 자신의 철학관에 대해 말하는 것

120) 토마스 제퍼슨(Thomas Jefferson, 1743-1826)은 민주주의를 이끌어냈던 미국 건국의 아버지이자 독립선언문의 주요 저자, 그리고 미국의 세 번째 대통령이다. 그는 사회적 지위가 높은 집안에서 태어나 자신의 나라에 대한 애국심으로 글을 쓰기 시작했다. 그는 33세때 개인의 권리와 자유의 중요성에 대한 내용이 담긴 독립선언문의 초안을 작성했고, 버지니아에서 그 글을 실현하기 위해 노력했다. 특히 1786년에 제정된 종교의 자유를 확립하는 법안을 작성했다. “The White House - Thomas Jefferson,” <https://www.whitehouse.gov/about-the-white-house/presidents/thomas-jefferson/>, [2022년 12월 1일 접속]. “History - Thomas Jefferson,” <https://www.history.com/topics/us-presidents/thomas-jefferson>, [2022년 12월 1일 접속].

121) 히파티아(Hypatia, 355-415)는 그리스 지식과 발달된 과학 문화의 중심지이자 기독교, 이교도, 유대교의 종교적 중심지였던 이집트의 알렉산드리아(Alexandria)에서 생활하던 지식인이다. 그녀는 그 당시 세계를 이끌어 나갔던 수학자이자 천문학자 그리고 철학자로 명성을 떨쳤으며 수많은 사람이 그녀의 지식을 배우고 싶어 했다. 그녀는 신플라톤주의를 지향했는데, 이는 당시 반(反)기독교주의 사상으로 분리되어 기독교적 폭동 무리에 의해 마녀로 지목되어 화형당했다. 이 사건으로 히파티아는 페미니스트의 상징이자 무지한 편견에 직면한 지적 노력의 아이콘이 되었다. Edward Jay Watts, *Hypatia: The Life and Legend of an Ancient Philosopher*, (New York: Oxford University Press, 2017), 7. “Encyclopedia Britannica - Hypatia,” <https://www.britannica.com/biography/Hypatia>, [2022년 12월 1일 접속].

122) “ On Being Invisible II (Hypatia Speaks to Jefferson in a Dream) (2000) , ” <https://davidrosenboom.com/on-being-invisible-ii-hypatia-speaks-to-jefferson-in-a-dream>, [2022년 12월 1일 접속].

“ On Being Invisible II (Hypatia Speaks to Jefferson in a Dream),” <https://vimeo.com/240779375>, [2022년 12월 1일 접속].

Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 126.

123) <https://www.britannica.com/biography/Thomas-Jefferson> [2022년 12월 8

이다. 그녀는 무지함으로 상대편을 무너뜨리지 않는 자신의 관념을 토대로 제퍼슨에게 말을 건네며 강의를 한다. 그렇게 극에서 주어지는 두 인물 사이의 신념 차이는 과편화된 여러 문장이 제시되면서 드러나고, 이로써 두 인물 간의 차이를 부각시키며 진행된다.

해당 작품의 극적인 면은 음악과 이미지에서 더욱 두드러진다.¹²⁴⁾ 음악은 나레이터의 말로 시작하며 동시에 컴퓨터로 변환된 소리들이 흘러 나온다. 여기서 소리는 뇌파를 측정하는 두 연주자의 알파파, 베타파, 세타파를 이용해 만든 것으로, 작품 자체라고 보기보다는 작품에 들어서기 위한 서곡(overture)으로 간주된다.¹²⁵⁾ 잠시 후 녹음된 여성 목소리(히파티아)가 재생된다. 음악의 배경에는 변환된 소리들이 제시되며, 어쿠스틱 악기로 연주되는 짧게 지속하거나 길게 지속하는 소리들이 등장한다. 모든 소리는 순서대로 나열되어 등장하지 않고 동시에 병렬적으로 나온다. 그 어느 것도 규칙이 있다고 유추할 수 없을 정도로 뒤섞여 나온다. 나레이터가 말하는 문장은 모두 조각이 나 있으며, 히파티아가 말하는 문장마저도 분절되어 있다. 또한 사건관련전위 값에 따라 알고리즘이 형성하는 소리마저 실시간으로 변형되어 제시된다. 그리고 마지막으로 음악 뿐만 아니라 뇌파 데이터는 여러 이미지를 무작위로 재생하게 한다 [그림11].

일 접속].

124) <보이지 않는 것에 대하여2>는 현재 비미오(Vimeo)에 올라와 있지만, 전체 영상이 아닌 일부만 잘린 것이다. 특히 어쿠스틱 악기가 사용되는 부분은 없고 전자악기를 사용한 것이다. 해당 작품에 대한 전체 영상은 존재하지 않는다. “On Being Invisible II (Hypatia Speaks to Jefferson in a Dream),” <https://vimeo.com/240779375>, [2022년 12월 1일 접속]. 그래서 본 논문에서는 영상과 로젠봄과의 인터뷰를 통해 얻은 정보를 토대로 분석을 진행하고자 한다. 로젠봄과의 개인 인터뷰, 2022년 12월 7일.

125) 로젠봄과의 개인 인터뷰, 2022년 12월 7일.



[그림 11] <보이지 않는 것에 대하여 2> 영상에서 사용된 이미지 예시

로젠붐은 위에서 음악적 설명을 했듯이 여러 명의 연주자를 통해 뇌파를 이용한 오페라 작품을 만드는 것에 성공했다. 이에 로젠붐은 체계적인 음악을 구성하기 위해 다음의 연주자 목록을 세웠다. 뇌파 측정기기인 EEG를 착용하는 참여자 2명과 어쿠스틱 악기 연주자 2명, 극 중 나오는 분절된 텍스트들을 읽으며 히파티아와 제퍼슨의 이야기를 진행하는 나레이터, 그리고 뇌파의 데이터를 활용하여 소리로 변환하고 다른 전자음을 만들기 위한 컴퓨터 미디어를 조작하는 연주자 2명으로 구성된다[표02]. 이때 어쿠스틱 악기를 연주하는 연주3과 4는 상황에 따라 맞는 악기를 사용할 수 있다[표03]. 이로써 모든 인물은 음악을 형성하는 데 중요한 역할을 하며, 극의 서사에 흐름을 부여하는 음악적 장치가 되었다.

연주자 1	뇌파 (히파티아)
연주자 2	뇌파 (제퍼슨)
연주자 3	일시적인 소리를 내는 악기
연주자 4	지속되는 소리를 내는 악기
연주자 5	나레이터
연주자 6 & 7	컴퓨터 미디어

[표02] <보이지 않는 것에 대하여 2> 에서 연주하는 연주자 목록¹²⁶⁾

126) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 125.

연주자 1	뇌파 (히파티아)
연주자 2	뇌파 (제퍼슨)
연주자 3	전자 하프
연주자 4	트럼펫
연주자 5	나래이터
연주자 6 & 7	컴퓨터 미디어

a) 로스앤젤레스 카운티 미술관

연주자 1	뇌파 (히파티아)
연주자 2	뇌파 (제퍼슨)
연주자 3	트럼펫
연주자 4	트럼본
연주자 5	나래이터
연주자 6 & 7	컴퓨터 미디어

b) 일리노이 얼바나 캠퍼스 크랜너트 공연 센터

연주자 1	뇌파 (히파티아)
연주자 2	뇌파 (제퍼슨)
연주자 3	MIDI 그랜드 피아노, 컴퓨터,
연주자 4	모르페우스 신디사이저
연주자 5	나래이터
연주자 6 & 7	컴퓨터 미디어

c) 뉴욕 머킨 콘서트홀

연주자 1	뇌파 (히파티아)
연주자 2	뇌파 (제퍼슨)
연주자 3	MIDI 그랜드 피아노, 컴퓨터,
연주자 4	모르페우스 신디사이저
연주자 5	나래이터
연주자 6 & 7	컴퓨터 미디어

d) 시카고 현대미술관

[표03] <보이지 않는 것에 대하여 2>의 연주자 목록¹²⁷⁾

<보이지 않는 것에 대하여 2>는 1970년대에 창작된 <보이지 않는

127) <https://davidrosenboom.com/compositions-19912000> [2022년 10월 7일 접속]. 실제 연주한 연주자의 실명은 없애고 작품에 사용된 악기만 나열하였다.

것에 대하여〉 보다 음악적으로 더욱 풍성하다. 먼저 〈보이지 않는 것에 대하여 2〉에서는 두 명의 사건관련전위를 같은 시간 내에서 동시에 적극적으로 활용함으로써 더 많은 데이터 값을 측정할 수 있게 되었다. 무대 위에서 이루어지는 다양한 자극에 대한 사건관련전위는 다 다르게 나타나고, 두 명의 EEG 부착 참여자의 데이터가 이중으로 나오기 때문에 그 자체로 두 개의 층위를 만들게 된다. 결국 이것은 알고리즘에 대입되는 데이터의 양과도 연결된다. 이에 알고리즘은 다양한 값을 처리해 더 복잡한 소리를 만들 수 있게 된 것이다.

또한 뇌파를 측정하는 두 참여자는 계속해서 외부에서 만들어지는 소리로부터 끊임없이 정보를 받는다는 것이다. 피드백 시스템을 사용하였기에 뇌파가 생성되고, 그것이 소리로 변환되며, 변환된 소리가 다시 EEG를 부착한 참여자에게 돌아옴으로써 또다른 뇌파를 형성하게 된다. 결국 계속해서 형성되는 새로운 뇌파는 새로운 소리를 만들어내고, 그 소리에 맞춰 어쿠스틱 악기 연주자는 또다시 새로운 방식으로 연주하게 된다.

4) 작품의 특징

〈보이지 않는 것에 대하여〉는 뇌파 데이터를 알고리즘을 통해 무작위로 도출해내고 다양한 합성 소리로 이루어져 있어서 작품이 연주되는 동안 경험할 수 있는 음악적 소리에 대한 적절한 설명을 글로 풀어내는 것은 거의 불가능하다.¹²⁸⁾ 이는 〈보이지 않는 것에 대하여 2〉도 마찬가지다. 그러나 이 두 작품에서 크게 두 가지 특징, 불확정성에 기반한 예측성(Expectancy)과 알고리즘적 즉흥성(algorithmic improvisation)¹²⁹⁾이 드러난다.

앞 장에서 다루었던 루시에의 〈독주 연주자를 위한 음악〉과 마찬가지로 로젠봄의 작품에서 알파파를 활용하였다. 그리고 여기에 더해 세타파와 베타파를 사용하여 로젠봄은 작품의 시작을 알리는 장치로 사용했다. 또한 사건관련전위의 값을 활용했다. 이러한 값들은 모두 ‘결과를 예측할 수 없는’ 음악적 소재다. 해당 뇌파들은 EEG를 부착한 사람의 상황과 상태에 따라 다른 값을 만들어내기 때문에 예측할 수 없다는 성질을 일차적으로 지니고 이에 따라 불확정성이 드러난다.

하지만 해당 작품을 들여다봤을 때 가장 눈에 띄는 점은 예측성이다. 이것은 음악 재료로부터 파생되는 불확실성에 기초하여 알고리즘 수식을 통해 뒤에 나올 값을 반복해서 예측한다는 것이다. 로젠봄은 알고리즘으로 여러 개의 계층(hierarchy)을 만들어 데이터에 해당하는 묶음을 형성하였고,¹³⁰⁾ 그 묶음은 뒤에 이어져 나올 값을 예측하는데 사용되었다. 물론, 뇌파 데이터가 참여자의 상황에 따라 계속 변하기 때문에 뒤에 따라 나올 값에 대한 일률적인 규칙을 높을 확률로 예측할 수 없더라도, 알고리즘을 사용했다는 점에서 계속해서 제시되는 뇌파 데이터 값을 예측하고 소리화하여 음악으로 변형시켰다.

이와 같은 특징은 두 개의 앨범으로 남아있는 〈보이지 않는 것에 대

128) Rosenboom, *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*, 96.

129) Rosenboom, 위의 책, 97.

130) 로젠봄은 이를 클랭(Clang)이라 지칭하였다. Rosenboom, 위의 책, 89-91.

하여〉에서 더욱 뚜렷하게 확인할 수 있다. 앞서 작품 분석에서도 언급했지만, 두 앨범에서 들려주는 음악은 완전히 다르다. EEG를 부착한 사람이 주의를 어디에 주느냐에 따라 다른 뇌파를 형성하기도 하며, EEG 착용자의 상태는 무대 위 상황에 따라 달라져 알고리즘에 입력되는 값과 소리화 되는 정보가 항상 다르기 때문에 동일한 조건에서도 다른 음악을 보인다는 것이다. 이러한 부분에서 불확정성을 보인다.

하지만 한편으로는 두 앨범이 비슷한 모습을 보이는 면도 있다. 〈보이지 않는 것에 대하여〉는 알고리즘을 사용해 뒤에 나올 값과 지금까지 이루어진 흐름을 예측하여 유사한 패턴을 보이는 파형이 제시되면 비슷한 음색과 음고를 지정하여 데이터를 소리화한다. 결국 두 앨범에서 공통적으로 동일하게 반복되는 음악 요소를 확인할 수 있다. 즉, 음악의 전체적인 흐름 안에서 모든 것이 개별화된 것이 아니라 일정 부분씩 비슷한 음 재료가 사용된 묶음이 형성된다. 바로 이러한 점이 예측성을 작품의 창작 과정에 주요 작동원리로 삼음으로써 도출될 수 있는 특징이다.

다른 특징은 알고리즘적 즉흥성이다. 본 장에서 다룬 두 작품은 작품의 재료로 다양한 뇌파를 활용하였는데, 참여자가 의식적으로 자신의 상황을 변화시킬 수 있으므로 참여자의 상태에 따라 뇌파의 값은 달라진다. 또한 EEG를 부착한 참여자는 스스로 내적인 변화를 일으킬 뿐만 아니라 외부 환경(공연장)의 자극에 반응하며 계속 상호작용한다. 이러한 부분에서 참여자에 따라 다른 뇌파 데이터가 나온다는 점, 그리고 환경과 상호작용함에 따라 더 불확정적이고 변화무쌍하다는 점에서 즉흥성을 드러낸다고 볼 수 있다.

하지만 로젠붐의 두 작품은 알고리즘을 활용했기 때문에 알고리즘적 즉흥성을 가진 것으로 볼 수 있다. 뇌파를 활용하며 도출되는 값이 항상 다르고 변하기 때문에 즉흥성을 담고 있다는 점이 기계에도 적용된다는 것이다. 로젠붐은 해당 작품에 대해 “연주자(참여자)와 음악 시스템 모두 실시간 진화를 포함하기에 음악적 즉흥 연주의 한 형태를 대표”¹³¹⁾한다고 말했다. 이는 참여자는 자신 나름대로 상황에 따라 자신의 상태를 바

131) Rosenboom, 위의 책, 97.

뛰가며 상황에 맞추어가는 진화적 모습을 보인다면, 기계(알고리즘)는 입력되는 값에 따라 더 상위 계층을 만들고 더 다양한 묶음을 만들며 예측성의 단계를 높여가는 진화적 모습을 보인다는 것이다. 이로써 스스로 발전해나가는 모습을 음악을 보여주면서 인간 뇌파가 만들어내는 자체적 즉흥성과, 인간과 기계 사이의 즉흥성, 그리고 알고리즘 내부에서 만들어지는 즉흥성이 작품에서 드러나기 때문에 로젠봄의 두 작품은 모두 알고리즘적 즉흥성을 지닌다.

IV. 뉴로피드백 음악의 미학적 의미

지금까지 뇌파를 독특한 창작 재료로 보고 루시예와 로젠봄 작품을 분석하였다. 그리고 그들의 작품 안에서 측정되는 뇌파는 외부 환경과 지속해서 서로 영향을 주고받으며 음악적 재료인 뇌파 값과 생성되는 음악이 상황에 따라 달라진다는 점이 가장 독특한 지점이었다. 이러한 특징에 기인해 세 작품은 뉴로피드백 음악이라 명명되고 있다. 이러한 특징을 지니는 뉴로피드백 음악은 어떤 음악적 함의를 지니고 있는가? 그러한 미학적 의미는 이 음악을 현대음악의 어느 위치에 자리매김하는가? 연구자는 이를 테크놀로지로 구현된 의식의 소리, 바이오피드백 음악의 인터랙티브니스(Interactiveness), 그리고 예술 자체가 된 예술인간(homo artis)라는 세 가지 측면에서 고찰하고자 한다.

1. 테크놀로지로 구현된 의식의 소리

루시예와 로젠봄의 작품에 사용된 뇌파는 EEG를 측정하는 참여자의 의식을 보여준다. EEG라는 테크놀로지를 통해 참여자가 외부 자극을 인식하고 자신의 상태를 인식하는 등의 의식을 소리로 표현했다는 것이다. 그렇다면 인간의 의식은 어디에 존재하는가? 우리는 그 의식을 직접 서술하거나 묘사하는 방식 말고 다른 방식으로 표현할 수 있는가? 이러한 질문에 역사적 논의를 통해 뇌에 접근해보며, 뇌파가 가진 특징을 토대로 의식의 재현이 어떤 의미를 갖는지 고찰하고자 한다.

먼저 위의 질문에 대한 해답은 크릭(Francis Crick, 1916-2004)이 의식은 물질에서 창발된다고 주장한 것¹³²⁾에서 찾을 수 있다. 먼저 의식이

132) 프랭크 월척, “제7장: 지능의 통합,” 스티븐 핑커, 맥스 테그마크 외, 『인공지능은 무엇이 되려 하는가』, 프시케의 숲, 2021, 118.

뇌에 존재한다는 주장은 역사적으로 새로운 사실은 아니지만, 크릭의 ‘놀라운 가설’까지 이어져 온 흐름을 고찰하고자 한다. 그리고 뇌에 의식이 존재한다는 사실을 통해 뉴로피드백 음악 가운데 ‘뇌파’가 어느 지점에서 어떤 의미로 작동하는가에 대한 특징을 짚어낼 수 있을 것이다.

의식이 심장에 있는 것인지 혹은 뇌에 있는 것인지에 관한 논쟁은 고대 이집트 시절부터 거슬러 올라간다. 고대 이집트에서는 심장 안에 인간의 영혼이 담겨 있다고 보았다. 즉, 모든 생각과 감정, 그리고 의식의 근원이 심장이라고 본 것이다.¹³³⁾ 이후 고대 그리스에서는 심장과 뇌에 대한 치열한 공방이 이어졌다. 플라톤(Plato, B.C. 429-348)은 움직임과 생각을 할 수 있게 만드는 영혼을 인간의 본질로 생각했다.¹³⁴⁾ 그는 영혼을 3가지 신체에 나누어 ‘삼위일체설’을 주장하였는데, 이는 이성과 지성은 뇌에, 감정과 공포는 심장에, 탐욕과 욕망의 의식은 복부에 있다고 하여 인간 정신을 여러 장기로 구분하였다.¹³⁵⁾ 다음의 플라톤의 말은 특히 세 가지 신체 가운데 머리[뇌]가 영혼과 의식에 있어 가장 중요한 부분임을 보여준다. 또한 이러한 주장을 통해 인간 영혼(여기서는 의식)이 뇌에 있고, 모든 것은 뇌 중심으로 이루어진다는 이론의 기초를 다졌다.¹³⁶⁾

머리는 가장 신성한 부분이며 우리 몸의 나머지 부분을 지배한다. …… 그리고 신은 모든 부위의 몸을 머리에게 종으로 주었다. …… 그리고 신은 이 부분을 뇌라고 불렀다. …… 그것을 담은 꽃병은 머리였다 ……¹³⁷⁾

133) Giuseppe Santoro, et al., "The Anatomic Location of the Soul from the Heart, Through the Brain, to the Whole Body, and Beyond: A Journey Through Western History, Science, and Philosophy," *Neurosurgery*, Vol.65 (4), 2009, 634.

134) Santoro, et al., 위의 글, 635.

135) 이상건, “뇌 연구의 역사 1: 기원전 고대 뇌 연구의 역사,” *Epilia: Epilepsy Commun*, 2019(1), 8. Santoro, et al., 위의 글, 635.

136) Santoro, et al., 위의 글, 636.

137) Santoro, et al., 위의 글, 635, 재인용.

플라톤의 주장과는 반대로 아리스토텔레스(Aristotle, B.C. 384-322)는 모든 인간의 행위와 사고의 중심이 되는 것은 심장이라고 주장했다.¹³⁸⁾ 그는 인지 기능이 뇌가 아니라 심장에 있다고 주장하며 인간의 행위에 있어 뇌보다 심장이 중요함을 지적한 것이다. 그의 주장은 르네상스 시대에 와서도 인간의 지성과 의식의 중심이 뇌에 있는 것인지, 심장에 있는 것인지에 대한 양립되는 주장들 가운데 하나의 핵심 주장으로 이어지게 되었지만, 점차 뇌가 하나의 기계처럼 작동하는 것으로 보는 시각이 존재하게 되었다. 그리고 결국 아리스토텔레스의 주장은 그리스 의학자인 갈렌(Galen, A.D. 129-216)에 의해 힘을 잃게 되었다. 갈렌은 해부학 연구를 통해 영혼의 위치가 뇌에 있다고 주장하며, 당시 자신의 연구를 통해 뇌가 생각을 만들어내고, 외부 자극으로부터의 감각을 표현하게 하며, 몸을 움직이게 하는 기관임을 확신했다.¹³⁹⁾ 이로써 연구와 실험을 통한 갈렌의 주장은 플라톤의 뇌 중심 이론을 보충하게 되었다.¹⁴⁰⁾

18세기 이후부터는 영혼과 뇌, 즉 의식과 뇌의 관계에 대한 과학적 연구가 지속해서 이루어지게 되었다.¹⁴¹⁾ 다양한 실험 연구들은 사고와 인지 기능이 심장 혹은 장기에 나누어져 있다는 주장에 대해 반론하였다. 특히 현대에 들어서서 신체 속 어느 한 장기 하나가 모든 의식을 조정하는 매개체로 존재하는 기계와 같은 인간의 모습을 지워내기 시작했다. 핑커(Steven Pinker, 1954-)는 “우리의 마음은 영혼과 관련된 종류의 경건한 증거나 단일한 원리에 의해 움직이지 않는다”¹⁴²⁾고 말하며 “기계 속의 유령”¹⁴³⁾을 없앴다. 그리고 이러한 현대의 주장들은 크릭(Francis Crick, 1916-2004)의 ‘놀라운 가설’(The Astonishing Hypotheses)을 낳게 된다.

크릭은 의식(마음)은 물질에서 창발되었다고 주장했다.¹⁴⁴⁾ 즉, 그는 자

138) Santoro, et al., 위의 글, 637,

139) Santoro, et al., 위의 글, 637,

140) Santoro, et al., 위의 글, 637,

141) Santoro, et al., 위의 글, 641-642.

142) Santoro, et al., 위의 글, 642, 재인용.

143) Santoro, et al., 위의 글, 642.

144) 프랭크 월척, “제7장: 지능의 통합,” 스티븐 핑커, 맥스 테그마크 외, 『인

신의 주장을 ‘놀라운 가설’(The astonishing Hypotheses)로 칭하며 “당신’, 당신의 기쁨과 슬픔, 당신의 기억과 당신의 야망, 개인의 정체성, 자유 의지는 사실 거대한 신경세포 집합체의 행동과 신경세포와 분자 사이의 결합 행동에 지나지 않다”고 강조했다.¹⁴⁵⁾ 이로써 “인간의 마음은 물질에서 창발한다”¹⁴⁶⁾는 주장이 인간의 의식을 설명하는 가장 대표적인 것이 되었다.

그렇다면 인간의 인지 과정에 관한 다양한 역사적 논의 속에서 ‘뇌파’를 작품에 이용했다는 것은 무엇을 의미하는가? 크릭의 ‘놀라운 가설’을 토대로 뇌파는 뇌의 활동을 보여준다는 점에서 인간의 의식(마음)을 보여주는 것으로 해석할 수 있을 것이다. 21세기에 와서 “뇌파신호는 사람의 생각이나 감정을 가장 현실적인 방법으로 취득하여 해석하고 분석할 수 있는 유용한 정보원”으로서도 가치가 있다.¹⁴⁷⁾ 실제로 II장에서 본 것과 같이 뇌전도로 측정될 수 있는 다양한 뇌파 종류는 인간의 모든 상태를 보여준다. 즉, 뇌파는 인간이 ‘어떤’ 생각을 하고 있는지 말해줄 수 없지만, 인간이 생각을 ‘하고 있다’는 것은 보여줄 수 있다. 그러므로 ‘뇌파’를 사용했다는 것은 인간이 인지적, 신체적 행위를 행하고 있음의 의식을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

본 논문에서 다룬 작품에 초점을 맞추어 ‘뇌파가 인간의 상태를 보여준다’라는 내용에 관하여 이야기해보자. 루시예와 로젠봄은 뇌파를 측정하고 데이터 수치화 및 변환을 통해 “인간이 생각을 하고 있다는 것”을 소리로 제시하였다. 즉, 그들의 작품에서 사용된 뇌파는 의식의 상태를 보여주었다는 것이다. 작품에서 루시예의 경우 눈을 감고 명상할 때 발생하는 뇌파를 활용했다. 로젠봄은 명상할 때 발생하는 것과 움직임을 보일 때 발생하는 것 그리고 외부 자극에 대한 반응에 해당하는 뇌파 모

공지능은 무엇이 되려 하는가』, 118.

145) Francis Crick, *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*, New York: Charles Scribner's Sons, 1994, 3.

146) 프랭크 월척, “제7장: 지능의 통합,” 스티븐 핑커, 맥스 테그마크 외, 『인공지능은 무엇이 되려 하는가』, 124.

147) 김도영, 이재호, 박문호, 최윤희, 박윤옥, “뇌파신호 및 응용 기술 동향,” 한국전자통신연구원, 2017, 19.

두를 포함한다. 실제로 그들이 무대 위 EEG로 찍은 참여자의 뇌파는 시각적 요소로밖에 나타나지 않는다. 하지만 이 두 작곡가는 이러한 시각적 데이터를 각자의 방식에 따라 데이터로 변환하고 이를 소리화함으로써 인간의 의식 세계를 청각적으로 들려주었다. 다시 말해, 파형의 증폭과 뇌파 데이터의 알고리즘화라는 새로운 테크놀로지를 사용하여 의식적으로 만들어내는 평온한 상태와 움직임, 그리고 자극에 반응하는 감각과 이성이 존재한다는 것을 보여준 것이다. 결국 한 개인이 입으로 그리고 글로 직접 서술하는 자신의 내면의 세계 대신 ‘뇌파’라는 특정한 방식을 선택하여 의식의 세계를 드러내었다.

게다가 이러한 지점에서 뇌파는 의식의 재현 방식으로써 사용되었다. 음악은 본디 감정, 자연, 사물 등을 모사하고 모방하는 것으로서 인식되었다.¹⁴⁸⁾ 고대 그리스부터 시작해서 20세기의 신고전주의까지 모방을 통해 세상을 재현한다는 철학적 개념은 계속해서 시대적으로 의미가 조금씩 변할 뿐 그 중심 개념은 지속되었다. 변화된 재현의 의미 가운데 뇌파가 작품에 사용된 모습은 플라톤적 개념을 토대로 한 하나의 재현 방식으로 볼 수 있다.

플라톤이 말한 재현은 이원론적 관점에서 모방의 모방에 불과하다.¹⁴⁹⁾ 그에 따르면 이상세계(이데아)와 현상계(그림자)로 나누어져 있는 세상에서 우리가 보는 것은 오로지 현상계일 뿐이다. 여기서 현상계는 이상세계에 대한 첫 번째 모방이다. 현상계에서 활동하는 예술가들은 이미 불완전한 대상인 현상계를 다시 모방하기 때문에 모방의 모방이 된다.

하지만 뇌파는 무엇을 재현하는가? 뇌파는 ‘인간이 생각하고 있다는 것’을 보여준다. 왜냐하면 뇌파는 이상세계에 대한 모방의 모방이 아닌 이상세계의 모방을 보여주기 때문이다. 즉, 이데아의 그림자를 보는 우리네 세계에서 인간이 인식한 것을 다시 표현하기 위해 자신이 보고 느낀 것을 새로운 창조물로 만드는 것이 아닌 뇌파를 도출해 내어 직접 형상화한 것이다. 루시예와 로젠봄 작품에서의 뇌파는 ‘청각적 사물성’¹⁵⁰⁾을

148) 최연희, “재현,” 미학대계간행회, 『미학대계 제2권: 미학의 문제와 방법』, 서울대학교출판부, 2007, 225-226.

149) 최연희, 위의 글, 227.

드러내지 않고 사람의 생각이나 감정을 보여주는 정보원으로서의 본래의 목적을 제거하지 않은 상태로 그대로 소리화된다. 뇌파의 유용성과 역사적, 기술적 사실을 모두 배제하지 않고 뇌파의 있는 그대로를 가져와 단지 소리로 변환시켰다는 것이다. 바로 이러한 지점에서 그래프와 수치로 표시되는 뇌파는 ‘인간이 생각하고 있다’는, 즉 세상에 대한 지각 과정의 의식 세계를 다른 물체를 거치지 않고 재현함으로써 이데아에 대한 모방을 보여준다고 해석할 수 있다.

결국, 뉴로피드백 음악은 20-21세기에 새롭게 발견되고 발전된 테크놀로지를 통해 인간의 의식을 소리로 우리에게 제시한다. 인간의 의식(마음)은 물질, 즉 뇌에서 창발한다는 이론까지 넘어오게 되면서 뇌의 움직임을 보여주는 뇌파가 인간의 의식을 드러내는 한 요소로 볼 수 있게 되었다. 또한 과거에는 모사 혹은 모방하여 개인의 의식 과정을 글로, 회화로, 혹은 음악 재료의 나열로 보여주었다면 의식의 상태와 흐름을 직접적으로 표시해주는 EEG를 이용하고 뇌파가 지닌 의미 그대로를 사용해 인간의 의식 그 자체를 가감 없이 보여주었다. 따라서 뉴로피드백 음악은 기술이 발전함에 따라 새로운 테크놀로지를 활용하여 인간의 의식을 소리화하였다는 점에서 특별한 의미를 갖는다.

150) ‘청각적 사물성’(sonic objecthood)을 디지털 미니멀 음악에 대입하여 설명한 이민희는 다음과 같이 이 개념을 정의했다. 기존의 미니멀 미술에서 논의된 ‘사물성’(objecthood)의 의미에서 확장시켜 이를 음악에 적용한 것이다. ‘청각적 사물성’이 대두되는 경우는 먼저 소리가 갖고 있는 “본래의 기능을 제거하고 유용성이 사라진 순수한 대상으로서의 소리가 될 때”이며, 또한 “단일한 프로세스로 전체 음악을 구성함으로써 음악의 재료가 되는 소리가 전면에도출될 때”이다. 더 자세한 논의는 다음의 참고문헌을 참고. 이민희, “디지털 미니멀 음악(Digital Minimal Music)의 양상과 미학 연구: 세계의 끝, 그리고 새로운 세계의 시작점에 선 음악,” 서울대학교 대학원 박사학위, 2021, 213-221.

2. 바이오피드백 음악의 인터랙티브니스 (Interactiveness)

본 논문에서 다룬 뉴로피드백 음악을 보면 내적 에너지인 뇌파와 외부 소리가 상호작용하는 모습, 즉 인터랙티브니스(Interactiveness)가 이루어짐을 볼 수 있다. 뇌파 값이 외부로 표출되고, 표출된 소리가 다시 EEG를 측정하는 사람에게 영향을 주어 음악을 변화시키는 모습은 바이오/뉴로피드백 음악의 특징으로 볼 수 있을 것이다.

사실 기존의 음악 장르에서 이미 인터랙티브니스 모습이 나타나고 있다. 바로, 악기를 연주하는 사람의 연주 방식에 따라 컴퓨터가 출력되는 값을 바꿔나가며 전반적인 음악을 변화시키는 방식이 그러하다. 그 모습을 가장 잘 보여주었던 작곡가 샤데이브(Joel Chadabe, 1938-2021)는 자신의 음악 안에서 ‘인터랙티브 음악’(Interactive Music)을 행하면서 ‘연주자는 연주를 통해 악기에 영향을 주고, 연주자와 인터랙티브 악기는 대화하는 관계를 갖는다’고 자신의 작품을 특징지었다.¹⁵¹⁾ 여기서 그는 무대 위에서 악기와 연주자가 서로 대화하듯 영향을 주고받는 ‘피드백 시스템’을 사용했다는 것이다.

인터랙티브니스는 전자음악에서만 보이는 것은 아니다. 바이오 아트(Bio Art)¹⁵²⁾ 가운데 신체와 테크놀로지를 결합한 분야에서 다른 유형의 상호작용을 보여준다. 세계적으로 바이오 아트를 이끌어가는 호주의 행위예술가인 스텔락(Stelarc/Stelios Arcadiou, 1946-)은 자신의 신체를 육신(肉身)으로부터 확장하여 신체 외부와의 연결성을 시도한다.¹⁵³⁾ 특히

151) Marc Battier, "The Emergence of Interactive Music: The Vision and Presence of Joel Chadabe," *Leonardo* 55, no. 1, 2022, 108.

152) 바이오 아트(Bio-Art)는 생명을 다루는 예술로서 동식물뿐만 아니라 박테리아, 유전자, 혈액, 세포 조직과 같은 모든 생명의 요소들이 예술의 창작 재료가 된다. 신승철, 『바이오 아트: 생명의 예술』, 미진사, 2016, 12.

생물에 해당하는 모든 것을 사용하는 것 뿐만 아니라 신체를 변형 및 이용하여 외부 환경과 상호작용을 꾀하는 작품들도 더러 있다. 이에 대한 예시로 본 장에서 다룬 <증폭된 신체>(Amplified Body)가 있다.

153) 신승철, 『바이오 아트: 생명의 예술』, 미진사, 2016, 226.

그의 작품 <증폭된 신체>(Amplified Body, 1994)는 발달된 테크놀로지, 즉, EEG, EMG, PTG, 도플러 유량계와 같은 의료 장비를 몸에 장착하여 이 기계들과 연결된 자기 자신의 뇌와 근육의 움직임, 혈류량의 변화 등을 실시간 측정 및 컴퓨터로 전달하여 무대를 구성하였다.¹⁵⁴⁾

스텔락의 작품은 신체를 활용하고, 신체 내적인 변화가 무대 위 퍼포먼스를 꾸미는 창작의 원천이 되었다. 그가 작품 내에서 보여준 내적 변화는 자기 자신 안에서 이루어지는 에너지 변화를 보여주며, 그 에너지는 외부 세계로 표출되고, 표출된 데이터는 다시 행위자인 자신에게 자극으로 돌아와 다시금 자신에게 내적 변화를 일으킨다. 이로써 스텔락이 행한 작품에서 신체를 이용한 자기 자신과 외부 세계와의 대화와 상호작용을 통해 서로 간에 연결됨을 보여주었다. 이렇게 바이오 아트는 이미 인간(신체)과 환경 사이의 상호작용을 꾀하는 작품들을 선보이고 있고, 예술가들은 지속적으로 새로움을 추구하며 기술을 활용해 상호작용하고 있다.

그렇다면 뉴로피드백 음악에서의 인터랙티브니스는 어디에서 찾을 수 있는가? 먼저 신체로부터 나오는 생리적, 전기적 신호를 활용하는 바이오 음악(Bio-Music)에서 찾을 수 있다. 이튼(Manford L. Eaton)은 바이오 음악(Bio-Music)¹⁵⁵⁾에 대해 인간 유기체의 생리적, 심리적 상태가 생

154) Daniel Ploeger, "Sounds Like Superman? On the Representation of Bodies in Biosignal Performance," *Interference: A Journal of Audio Culture*, 1(1), (2011), 2. 신승철, 『바이오 아트: 생명의 예술』, 226.

155) 바이오 음악(Bio-Music)은 바이오 예술(Bio-Art)의 하위 분야로 들어가는 일종의 예술 분야이다. 이는 신체에서 발생하는 생물학적이고 전기적 신호를 추출하여 활용한 음악 장르이며, 본 논문에서 다룬 뉴로피드백 음악의 정의 보다 더 광활한 의미를 지니고 있다. 이튼이 이야기하는 바이오 음악은 교육적, 치료적, 작곡적 맥락 모두에서 실용적으로 사용될 수 있음을 드러내지만, 이튼이 바이오 음악에 관한 글을 쓸 당시의 바이오 음악은 인간의 생물학적 피드백 기술을 활용해 인간의 감각을 외부 자극으로부터 유도하고 제어하는 것으로 한정되어 있다. 이 음악의 진행 방식은 피드백 루프(loop)에서 뇌파를 의미하는 생물학적 전위를 사용하여 실시간으로 제어할 수 있는 강력하고 예측 가능하며, 반복 가능한 생리적, 심리적 상태를 유도하는 전자 시스템을 통해 인간의 내적 역동성과 외부 자극의 실시간 상호작용을 수반하는 행위로 이루어진다. 이 용어는 ORCUS(Operational Research Company Universal Systems) 연구소에서 처음으로 사용하였다. Manford L. Eaton, *Bio-Music*,

물학적-전기적 신호의 복합으로 이루어지는 음악이라 칭했으며, 이때 생물학적-전기적 신호는 바이오 음악에서 인간의 상호 아이디어를 전달하는 특징을 지닌다고 설명한다.¹⁵⁶⁾ 이러한 특징은 실시간 대화가 가능하고, 다방향으로 대화가 가능하게 되며, 지속적으로 커뮤니케이션이 이루어진다는 특징으로 확장된다.¹⁵⁷⁾ 이렇듯 바이오 음악은 생리적, 전기적 신호를 사용하는 피드백 시스템을 기반으로 만들어지는 것으로 실시간으로 이루어지는 ‘대화’를 핵심 키워드로 갖고 갈 수 있다.

몸과 외부 환경의 대화는 루시에와 로젠봄의 뉴로피드백 음악에서도 나타난다. 루시에와 로젠봄은 신체에서 발견되는 데이터를 소리화하여 음악으로 사용했고, 그 음악은 청각 자극이 되며 무대 위 EEG를 부착한 참여자에게 지각된다. EEG를 착용한 참여자의 내적 에너지이자 역동성인 의식은 내면에서 그치지 않고 외부로 표출 및 외부와의 에너지 교환을 이뤄내며 다시 신체 내부 활동에 영향을 미친다. 이러한 내부와 외부와의 에너지 교환은 결국 바이오 음악과 바이오 아트 작품에서 드러났던 이튼이 말한 ‘실시간 대화’와 연결될 수 있다. 왜냐하면 두 작곡가의 작품에서 EEG 기계를 착용한 참여자들은 내면의 반응과 환경에서 주어진 자극이 실시간으로 상호작용하며 소리를 변화시키기 때문이다.

이를 다시 풀어서 설명해보자. EEG를 착용한 참여자들은 일차적으로 무대 위에 앉아서 자신들의 내면에 집중하여 의식적인 행위를 하거나 생각을 한다. 혹은 더 나아가 외부 자극에 반응한다. 기계를 통해 측정된 자신들의 신체 내부에서 만들어진 뇌파 데이터는 사운드 엔지니어링 혹은 실시간 미디 프로그램을 통해 소리화되고 음악화된다. 그리고 만들어진 그 소리는 외부 자극이 되어 다시금 EEG를 부착한 참여자들에게 전달된다. 이에 EEG를 착용한 무대 위 참여자들은 앞서 만들어진 소리 자극에 반응하게 된다. 즉, 자신들이 만들어낸 내적 역동성이 외부의 매개

(Ultramarine Pub Co, 1974), 1. Manford L. Eaton, “Induce and Control: Bio-Music Is Here Today,” *Music Educators Journals*, vol. 59, no.5, (1973), 54-57.

156) Eaton, “Induce and Control: Bio-Music Is Here Today,” 54.

157) Eaton, *Bio-Music*, 61.

체(기계)를 통해 변환되고, 그 변환된 소리는 다시 참여자의 내면으로 돌아오게 됨으로써 감각적으로, 인지적으로 반응하여 기존에 형성한 뇌파와는 다른 데이터를 실시간으로 출력하게 되는 것이다. 이와 같은 상호작용은 루프(loop)를 만들어내고, 계속해서 순환하는 에너지는 반응과 자극 간의 상호작용을 꾀한다. 그렇게 되면서 결국 음악은 참여자와 외부 에너지 사이의 대화가 어떻게 이루어지느냐에 따라 바뀌게 된다.

이처럼 뉴로피드백 음악은 바이오 아트와 바이오 음악의 하위 분야로서 이들이 가진 특성을 갖는다. 그러나 본 논문에서 다룬 작품들은 뇌파를 중점으로 인간이라는 악기와 물체로 만들어진 악기 간 대화가 이루어졌다는 점에서 주목할만하다. 따라서 뇌파를 이용했다는 것이 신체의 내부 에너지 변화의 모습을 포착해낸다는 것이고, 그렇게 형성된 에너지는 테크놀로지를 통해 외부로 표출되며, 표출된 소리들은 다시 인간에게 돌아와 또다른 에너지를 만들어낸다. 이로써 ‘지속적이고 자발적’으로 생성되는 뇌파를 활용해 무대 위에서 끊임없이 EEG 착용자와 소리 사이의 대화를 이끌어낸다.

3. 예술 자체가 된 예술인간(homo artis)

본 논문에서 다룬 루시에와 로젠봄의 뉴로피드백 음악은 별다른 훈련과 지식 없이 이용할 수 있는 신체 내부 데이터인 ‘뇌파’를 활용한다. 즉, 뇌파가 예술의 재료로 사용되었기에 인간이 창작의 중심이 되었고, 이것은 정치철학자 조정환이 말한 ‘예술 인간’(homo artis)의 면모와 연결된다. ‘누구나’ 예술가가 된다는 조정환의 ‘예술 인간’의 모습¹⁵⁸⁾을 뉴로피드백 음악의 재료를 만들어내는 EEG 측정자의 모습에서 볼 수 있다는 것이다. EEG를 측정하는 참여자는 전문 예술가가 아니어도 음악을 구성하는 재료를 신체 내부에서 만들어낼 수 있으며, 또 그러한 재료를 형성할 수 있는 잠재력을 가진 ‘예술 인간’이 된다.

누구나 예술가가 될 수 있다는 ‘예술 인간’의 면모는 테크놀로지의 발달과 함께 더욱 두드러졌다. 기술의 발달은 인간이 예술을 소비하는 것에서 더 나아가 스스로 창작하는 단계까지 나아가게 했다.¹⁵⁹⁾ 인간이 기술을 통해 스스로 예술 자체가 된 것이다. 그러나 이제는 이미 만들어진 재료를 활용해 스스로 예술을 창작하고 생산하는 주체가 아닌 인간의 신체를 이용해 자신들이 예술 자체가 되었다. 다시 말해 신체와 신체 안에서 이루어지는 데이터를 창작의 원천으로 삼고 신체가 중요한 매개체가 되어 예술 활동이 이루어진다는 것이다.

20-21세기에 와서 음악을 구성하는 창작 재료로 ‘신체’를 사용하는 경우가 많고, 이는 기술의 발달과 함께 신체의 사용범위는 점차 확장되고 있다. 20세기 현대음악 작품 안에서 신체 가운데 음성을 음악 재료로 사용하기도 했고, 21세기에 들어서면서는 신체의 움직임을 포착하는 기술

158) 조정환, 『예술인간의 탄생』, 갈무리, 2015, 25, 39, 351. 예술인간은 기존의 전문적 지식을 가진 몇 인간인 전문 예술가를 지칭하는 것이 아닌, 전문적 기술 없이도 삶 속에서 새로운 무엇을 기획하고 창조하며 구상할 수 있는 능력을 지닌 모든 인간을 지칭한다. 본 논문에서는 이것을 더 넓은 개념으로 접근할 수 있다고 보고 뉴로피드백 음악의 참여자와 연결하였다.

159) 원유선, “디지털 컨버전스 음악(Digital Convergence Music) 연구 - 21세기 디지털 테크놀로지에 따른 음악의 탈경계적 양상과 미학을 중심으로,” 서울대학교 박사학위논문, 2019, 304.

이 발달하면서 제스처를 음과 다이내믹과 같은 음악을 구성하는 요소들을 형성하는 창작 원천으로 삼기도 했다.¹⁶⁰⁾ 기계를 신체에 착용 또는 부착한 연주자의 모션을 통해 음악을 만드는 경우가 있는데, 예로 슈베르트(Alexander Schubert, 1979-)의 〈너의 여우는 더러운 금이야〉(*Your Fox's a Dirty Gold*, 2011)가 있다.¹⁶¹⁾ 슈베르트의 해당 작품은 연주자의 신체에 센서가 부착된 채로 연주된다. 작곡가가 미리 입력한 움직임에 해당하는 데이터는 연주자의 손짓과 팔의 휘적임에 따라 소리가 발생하게 된다. 이에 원유선은 이러한 음악을 “인간의 신체를 구성하는 여러 요소들이 미디어를 경유하여 증폭되거나 변형된 형태로 구현”된 “디지털 컨버전스 음악”이라 명명하였다.¹⁶²⁾

본 논문에서 다룬 뉴로피드백 음악은 인간의 생체정보를 사운드로 증폭하여 음악화했다는 점에서 디지털 컨버전스 음악과 유사하다. 하지만 뉴로피드백 음악이 뇌파를 활용했다는 점에서 ‘신체’의 의미는 더욱 특별하고, 예술 안에서의 인간의 위치는 더욱 특별해진다.

앞서 언급한 슈베르트의 작품과 그 경향은 신체를 창작의 원천과 재료로써 사용하기는 했지만 움직이는 신체 외부에 센서를 달아 동작을 수치화한 것이다. 다시 말해 움직이는 외부 모션을 신체에 부착한 기계가 수집하고 그것을 데이터화하여 음과 음색으로 치환한 것이다. 또한 이러한 동작은 작곡가에 의해 치밀하게 계산되고 설계되었다. 그렇기에 디지털 컨버전스 음악에 해당하는 슈베르트의 음악은 악보가 존재한다. 그리고 연주자는 작곡가의 지시에 철저히 따라야만 음악을 무대 위에서 만들어낼 수가 있으며, 그 지시를 따르기 위해서는 해당 움직임에 대한 훈련이 필요하다.

그렇지만 루시에와 로젠봄의 작품에서 활용된 음악 재료는 신체의 움직임을 감지하는 외부 센서에 의한 것이 아니다. 인간 신체 ‘내부’에서

160) 원유선, 『뉴노멀의 음악』, 모노폴리, 2021, 174-187.

161) 원유선, “디지털 컨버전스 음악(Digital Convergence Music) 연구 - 21세기 디지털 테크놀로지에 따른 음악의 탈경계적 양상과 미학을 중심으로,” 43, 재인용.

162) 원유선, 위의 글, 300.

일어나는 생물학적인 움직임, 즉 인간이 움직이거나 움직이지 않을 때, 그리고 생각하거나 자극을 받아들였을 때 신체 내부에서 눈에 보이지 않는 뇌파를 사용했다는 것이다. 내적 에너지를 음악의 재료로 사용하는 것이기 때문에 뉴로피드백 음악에는 작곡가의 치밀한 계산을 통해 음악을 구조화할 수 없다. 뇌파를 어떻게 생산해낼지에 관한 악보도 존재하지 않으며, 무대 위에서 EEG를 착용한 사람에 대한 작곡가의 지시 또한 존재하지 않는다. 또한 EEG 착용자는 음악에 대한 전문적 지식과 훈련 없이도 누구나 만들 수 있기에 뉴로피드백 음악은 모두 신체 내부의 우연적 현상들을 통해 형성된다. 그리고 그 뇌파를 기계로 측정하고 변환하여 소리화한다.

세부적으로 살펴보자. EEG를 착용한 참여자가 만들어내는 알파파는 루시에의 작품에서 음악의 실제 창작 재료가 된다. 알파파는 눈을 감은 명상 상태와 같은 평온한 상태에서 발생하며, 알파파를 만들어내기 위해 참여자는 별도의 훈련과 지식이 필요하지 않다. 참여자는 눈을 감은 상태로 무대 위에 앉아 가장 편하고 평온한 상태를 계속해서 유지한다. 이에 참여자의 상태에 따라 뇌파가 만들어지고, 이것이 소리화되어 음악을 구성한다. 그러므로 루시에의 〈독주 연주자를 위한 음악〉에서의 참여자는 특별한 음악적 기법 없이, 또 특별한 음악적 훈련 없이 음악을 만들어내는 능력을 갖추고 있는 것으로 볼 수 있다. 그리고 작곡가는 알파파 생성에 관여할 수 없으므로 창조자의 위치에서 음의 재료를 선별하고 관습을 따라 자신의 세계를 창조할 수 없다.

로젠봄의 작품에서도 마찬가지이다. 로젠봄은 〈보이지 않는 것에 대하여〉와 〈보이지 않는 것에 대하여 2〉에서 뇌파 측정기술을 활용해 EEG를 부착한 사람의 알파파, 세타파, 베타파 그리고 사건관련전위를 측정하였다. 두 작품에서 EEG를 착용한 참여자에게 요구하는 명상 상태와 잠들기 직전의 상태, 움직이지 않고 가만히 있는 상태, 그리고 외부 자극에 대한 의식적 반응 모두는 별도의 전문적 훈련이 필요한 행위가 아니다. 참여자는 전문적인 지식이나 배경이 없어도, 혹은 훈련을 받지 않아도 인간의 기본 생리적인 작용을 할 수 있다면 음악의 창작 재료인

뇌파를 언제든지 만들어낼 수 있다.

이렇듯 루시예와 로젠봄 작품에서 EEG를 착용한 참여자는 자기 스스로 예술 재료가 되고, 능동적인 행위를 통해 신체의 일부를 음악 재료를 형성한다는 점에서 조정환이 말한 예술 인간(homo artis)과 긴밀한 연결성을 찾을 수 있다고 연구자는 생각한다. 조정환은 예술이 모든 사회에 침투되고, 누구나 삶을 살아가기 위해서 예술가가 되어야만 하며, 모든 분야에서 예술은 필수불가결하게 되었다는 점에서 인간 모두가 ‘예술 인간’이 되었다고 주장한다.¹⁶³⁾ 인간은 이제 누구나 삶의 주체가 되어 모든 일을 주도적으로 실행하는 주체가 되어 능동적으로 일의 형태를 구상하고 기획하며, 새로운 일을 창조하고 상상하는 주체로 변모하게 되었다.¹⁶⁴⁾ 그렇게 기존의 전문가만이 행할 수 있다고 믿어져 왔던 예술은 이제 모든 사람들에 의해 이루어지게 되었다.¹⁶⁵⁾ 결국 보편적인 인간 누구에게서나 삶 가운데 예술적 생활을 하는 ‘예술 인간’의 모습이 나타나게 되었다. 이에 뉴로피드백 음악 형성의 주체자인 참여자의 모습을 ‘예술 인간’의 모습으로 집약할 수 있는 것이다.

본 논문에서 다룬 뉴로피드백 음악에서의 EEG 착용자는 전문가가 아니어도 자신의 신체 일부를 소리의 재료로 사용하여 예술 그 자체가 되어버린 ‘예술 인간’의 모습을 보여주었다. EEG를 부착한 참여자의 뇌파는 음악을 구성하는 원료가 되고, 참여자의 뇌파에 따라 다른 음악이 만들어진다. 따라서 뇌파를 지닌 참여자는 ‘뇌’라는 생리적인 특성으로써 “창조자이면서, 동시에 예술적 산물”이 되어 예술가가 아닌 스스로 예술 그 자체가 된 ‘예술 인간’이 되었다.

163) 조정환, 『예술인간의 탄생』, 25, 59.

164) 조정환, 위의 책, 343.

165) 조정환, 위의 책, 351.

V. 결론

21세기에 들어서서 ‘뇌’는 모든 학문에서 중요한 키워드가 되었고, 곳곳에서 신경과학과 연결된 분야를 많이 찾아볼 수 있게 되었다. 모든 현상과 학문에 접두어 ‘신경’이 연결된 현시점에서, 본 논문은 뇌와 음악을 연결한 초창기 뉴로피드백 음악을 고찰하였다. 20세기 중후반부터 뇌에서 발생하는 에너지인 뇌파를 활용하여 음악을 창작하기 시작했지만 다소 주목을 받지 못했고, 음악학적 논의 역시 심도 있게 이루어지지 않았다. 이에 본 연구는 뇌파를 활용한 ‘뉴로피드백 음악이 무엇’인지, ‘현대음악사 흐름 안에서 뉴로피드백 음악이 어디에 위치할 수 있는가’라는 질문에 주목하여 루시예와 로젠봄의 뉴로피드백 음악을 살펴보았다.

루시예와 로젠봄의 세 작품 모두 ‘뇌파’를 음악을 구성하기 위한 재료로 삼음으로써 ‘뇌’를 창작에 사용했다는 점에서 획기적이다. 루시예의 경우 〈독주 연주자를 위한 음악〉에서 명상 상태에서 발생하는 알파파를 측정하였고, 알파 리듬을 가청주파수 범위로 증폭하였다. 그렇게 증폭된 리듬은 스피커를 통해 진동하게 되며, 그 진동은 스피커 앞에 놓인 타악기를 움직이게 만드는 요소가 된다. 즉 ‘뇌파’가 사운드로 실현되어 음악으로 형성되었다는 것이다. 그리고 이렇게 40여분 동안 진행되는 음악은 실시간으로 바뀐다. 참여자의 상태에 따라 진동이 형성되기도, 형성되지 않기도 하며, 무대 옆 사운드 엔지니어의 스피커 음량과 채널 선택은 무대 위의 상황을 변화시킨다. 그렇게 EEG 착용자와 사운드 엔지니어, 그리고 무대 위에서 벌어지는 소리들은 상황에 따라 상호작용하며 음악을 구성해나간다.

로젠봄의 〈보이지 않는 것에 대하여〉와 〈보이지 않는 것에 대하여 2〉에서 역시 작품의 창작 재료로 알파파를 사용하기도 했으나 더 중점적으로 사건관련전위를 음악의 구성 요소로 사용했다. 그러나 로젠봄 작품의 경우 작곡가가 직접 짠 알고리즘을 통해 뇌파의 값을 수치로 변환

및 수식에 대입해 MIDI를 통해 소리화를 꾀하였고, 이를 모아 음악으로 만들었다. 작품이 진행될 동안 EEG 측정자의 상황에 따라 뇌파의 값이 변화해 되면서 알고리즘에 입력되는 값 역시 계속 변한다. 이로써 〈보이지 않는 것에 대하여〉와 〈보이지 않는 것에 대하여 2〉는 EEG 측정자와 알고리즘, 그리고 그 외의 악기가 서로 영향을 주고 받으면서 음악을 형성해나가며, 실시간 피드백 시스템에 따라 소리로 만드는 메커니즘에 영향을 미쳐 음악은 고정되어 있지 않다.

이렇듯 루시예와 로젠봄의 작품은 인간 내부 에너지인 뇌파와 외부와의 상호작용이라는 피드백 시스템을 도입하여, 음악이 실시간으로 변하는 모습을 소리로 구현했다는 점에서 뉴로피드백의 전형적인 모습을 보여준다.

이러한 논의를 바탕으로 연구자는 뇌파를 활용한 루시예와 로젠봄의 세 작품에서 다음의 세 가지 미학적 관점을 도출할 수 있었다. 첫 번째로 루시예와 로젠봄의 작품은 테크놀로지를 통해 EEG를 착용한 참여자의 의식을 소리로 구현하였다는 점에서 중요한 의미를 지닌다. 여기서 연구자는 뇌가 의식을 담고 있는 매체라고 생각했고, 뇌파가 인간의 의식을 보여주는 방안으로 해석하였다. 뇌파는 인간이 어떤 생각을 하고 있는지에 대해서는 구체적으로 알려주지 않지만, 인간의 상태를 보여주고 의식적 사고를 ‘하고 있다’는 것을 알려준다는 것이다. 이로써 뇌파는 그것의 본질적 의미가 그대로 사용되어 소리화되었고, 인간이 인지하고 지각하는 것 그대로 표출하는 하나의 재현 방식이 되었다고 생각한다. 그렇게 뉴로피드백 음악은 테크놀로지를 통한 의식의 구현을 제시하는 것이다.

다음으로 연구자는 뉴로피드백 음악이 인터랙티브니스(상호작용)의 모습을 구체화한다는 것에 주목했다. 뇌파는 신체 내에서 만들어지는 데이터이다. 이 데이터가 테크놀로지로 구현되어 외부 세계로 표출되는데, 표출될 때 발생하는 소리는 다시 EEG 측정자에게 자극으로 돌아오게 된다. 그리고 바로 이 자극은 뇌파의 변화를 일으키게 된다. 이러한 피드백 시스템, 즉 인간과 기계, 그리고 무대 위 환경과 무한히 상호작용하는 시

시스템을 통해 실시간으로 변화하는 음악을 형성해나간다. 바로 이런 점에서 뉴로피드백 음악이 신체 내부와 외부 환경이 서로 양방향으로 작용하며 새로운 차원의 예술을 만들어간다는 것이다.

마지막으로 뉴로피드백 음악의 새로운 미적 의미는 EEG를 측정하는 참여자는 예술 인간, 즉 인간이 예술 자체로 상정된다는 것이다. 정치철학자 조정환은 ‘누구나’ 예술가가 되는 현 시대에 ‘예술 인간’이라는 새로운 시각을 보여주었다. 이를 뉴로피드백 음악에 적용하면 음악을 만들기 위한 재료인 뇌파는 의식을 지닌 인간이라면 누구나 형성할 수 있다. 또한 뉴로피드백 음악에 참여하는 인간은 뇌파를 만들어내기 위한 전문적 지식과 훈련도 필요 없다. 그렇기에 EEG를 측정하는 참여자는 생리적 존재 자체로 창조자가 되고, 예술의 재료이자 산물이 되는 예술 인간이 된다.

뇌에 대한 연구가 발전함에 따라 그 연구의 결과를 음악에 적용하는 현상이 점차 커지고 있다. 이에 예술이 기술에 대한 의미를 상상하고 탐구하는 하나의 수단이 되면서¹⁶⁶⁾ 음악과 뇌가 어떻게 연결되는지에 대한 변화의 추이는 주목될 수밖에 없다. 루시예와 로젠봄의 뉴로피드백 음악은 단순히 소리만을 비교했을 때 20세기 전자음악과 별반 다르지 않다. 하지만 뉴로피드백 음악은 ‘뇌’라는 새로운 재료를 통해 과학과 예술을 넘나드는 간학문적 연결성을 내다보는 하나의 초석을 세웠기에, 뇌와 음악의 관계가 더 예술적이고 창조적으로 발전할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 여기서 더 나아가 신체를 물리적으로 사용하지 않고 음악을 만들고 통제하는 시스템을 연구하는 뇌-컴퓨터 음악 인터페이스 분야로 확장 및 적용되는 방향으로 나아가고 있다. 그러므로 발전된 모습의 뉴로피드백 음악이 현대음악사 안에 자리매김될 수 있을 것으로 보며, 이후 과학적, 기술적, 미학적 측면을 포괄하는 후속 연구를 기대한다.

166) David Rosenboom and Tim Mullen, “More Than One – Artistic Explorations with Multi-agent BCIs,” *Brain Art*, (Springer ,2019), 141.

참 고 문 헌

[단행본]

- 미학대계간행회. 『미학대계 제2권: 미학의 문제와 방법』. 서울대학교출판부, 2007.
- 스티븐 핑커, 맥스 테그마크 외. 『인공지능은 무엇이 되려 하는가』. 프시케의 숲, 2021.
- 신승철. 『바이오 아트: 생명의 예술』. 미진사, 2016.
- 전경희, 원희욱, 정문주, 전병현. 『뇌파와 뉴로피드백의 이해』, 아카데미아, 2021.
- 조정환. 『예술인간의 탄생』. 갈무리, 2015.
- Crick, Francis. *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*. New York: Charles Scribner's Sons, 1994.
- Okuma, Matsuoka, Ueno, 정사준, Matsuoka, Hiro, and Ueno, Takasi., 정사준 옮김. 『뇌파판독 step by step 입문편 제4판』. 군자출판사, 2007,
- Edited by Miller-Keller. *Alvin Lucier: A Celebration*. Wesleyan University Press, 2012.
- Kahn, Douglas. *Earth Sound Earth Signal: Energies and art Magnitude in the Arts*. California Scholarship Online, 2013.
- Lucier, Alvin. *Reflections: Interviews, Scores, Writings*. MusikTexte, 1995.
- _____. *Music 109: Notes on Experimental Music*. Wesleyan University Press, 2012.
- Edited by Miranda, R. Eduardo and Castet, Julien. *Guide to Brain-Computer Music Interfacing*. London: Springer, 2014.
- Niedermeyer, E. and Silva, F.L.. *Electroencephalography: Basic*

- Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
- Nijholt, Anton. *Brain Art: Brain-Computer Interfaces for Artistic Expression*. Swiss: Springer, 2019.
- Rosenboom, David. *Extended Musical Interface with the Human Nervous System*. International Society for the Arts, Sciences and Technology, 1997 Revision.
- Rosenboom, David and Mullen Tim. *Brain Art*. Springer, 2019.
- Thaut, M.H. and Hodges, D.A. *The Oxford Handbook of Music and the Brain*. Oxford University Press, 2019.

[논문]

- 김도영, 이재호, 박문호, 최윤희, 박윤옥. “뇌파신호 및 응용 기술 동향.” 한국전자통신연구원, 2017.
- 이상건. “뇌 연구의 역사 1: 기원전 고대 뇌 연구의 역사.” *Epilepsia: Epilepsy Commun*, 2019(1).
- 전은애. “나는 모르지만 뇌는 알고 있다.” *브레인*, No.92, 2022.
- 정병언. “재현의 새로운 가능성과 우연성의 미학: 아리스토텔레스의 『시학』 과 존 케이지의 음악.” *비평과 이론*, 제6권 1호, 2011 봄/여름.
- Battier, Marc. “The Emergence of Interactive Music: The Vision and Presence of Joel Chadabe.” *Leonardo* 55, no. 1, 2022.
- Eaton, Manford L. *Bio-Music*. Ultramarine Pub Co, 1974.
- _____. “Induce and Control: Bio-Music Is Here Today,” *Music Educators Journals*, vol. 59, no.5, 1973.
- Lutters, Bart and J. Koehler, Peter. “Brainwaves in concert: the 20th century sonification of the elctroencephalogram”, *BRAIN*, 2016 (139), 2809-2814.

- Novello, Alberto. "From Invisible to Visible, the EEG as a tool for music creation and control," Master thesis, 2012.
- Ploeger, Daniel. "Sounds Like Superman? On the Representation of Bodies in Biosignal Performance." *Interference: A Journal of Audio Culture*, 1(1), 2011.
- Polansky, Larry and Rosenboom, David. "Interview with David Rosenboom." *Computer Music Journal*, Winter, 1983.
- Richie, Cyngler. "Music for Various Groups of Performers (After Lucier): An Improvised Electroencephalographic Group Performance" *Creativity & cognition* : 462-465.
- Rosenboom, David and Paul, David. "Biomusic and the Brain: An Interview with David Rosenboom." The MIT Press, 1986, 12-16.
- Rosenboom, David. "The Performing Brain." *Computer Music Journal*. Vol.14, No.1, New Performance Interfaces 1. 1990 Spring, 48-66.
- Rosenboom, David, "Interactive Music with intelligent instruments: A New, Propositional Music?," *New Music Across America*, 1992.
- Rosenboom, David. "On Being Invisible."
- Santoro, Giuseppe et al. "The Anatomic Location of the Soul from the Heart, Through the Brain, to the Whole Body, and Beyond: A Journey Through Western History, Science, and Philosophy." *Neurosurgery*, Vol.65 (4), 2009.
- V, Straebel and W. Thoben. "Alvin Lucier's Music for Solo Performer: Experimental music beyond sonification", *ORGANISED SOUND*, 2014, 17-29.
- Watts, E. Jay. *Hypatia: The Life and Legend of an Ancient Philosopher*. New York: Oxford University Press, 2017.

[학위논문]

- 강안나. “Alvin Lucier의 작품에 관한 연구.” 부산대학교 대학원 석사학위 논문. 2014.
- 원유선. “디지털 컨버전스 음악(Digital Convergence Music) 연구 - 21세기 디지털 테크놀로지에 따른 음악의 탈경계적 양상과 미학을 중심으로.” 서울대학교 박사학위논문, 2019.
- 이민희. “디지털 미니멀 음악(Digital Minimal Music)의 양상과 미학 연구: 세계의 끝, 그리고 새로운 세계의 시작점에 선 음악.” 서울대학교 대학원 박사학위, 2021.
- 장소영. “인공지능에 의한 예술 창작의 가능성 연구.” 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 2019
- 조가연. “존 케이지의 음악이 백남준의 독일시기(1956-1963)에 미친 영향 - '불확정성'(Indeterminacy)을 중심으로.” 조선대학교 대학원 석사학위, 2018, 39.
- 최선주. “인공지능 창작물의 예술적 가능성 탐구.” 홍익대학교 대학원 석사학위 논문. 2018.
- Blamey, P. J. *Sine waves and simple acoustic phenomena in experimental music : with special reference to the work of La Monte Young and Alvin Lucier*. Uniesrity of Western Sydney (Doctor of Philsoophy), 2008.
- Carl Bausch, Timoth, *The spectral atom: cohesion of spectral particles in the music of Alvin Lucier*, University of Louisville, Master's Thesis.
- Fox, Daniel. *The Modes of Intervention in Alvin Lucier's I Am Sitting in a Room*, The Graduate Center, city University of New York, (Dissertation, Ph.D.), 2020
- Novello, Albert. *From Invisible to Visible: the EEG as a tool for music creation and control*. Master's thesis, Institute of Sonology, 2012.
- Thompson, Nathan. *Organisation and Sound: environmental systems*

in experimental music, Doctor of Philosophy, The University of New South Wales, 2016.

[인터넷 자료]

“Inner Landscape: Alvin Lucier’s Music for Solo Performer.”
<https://daily.redbullmusicacademy.com/2017/05/alvin-lucier-music-for-solo-performer>. [2022년 5월 24일 접속].

”Album Notes - Clocker.”
<http://www.lovely.com/albumnotes/notes1019.html>. [2022년 5월 24일 접속].

“David Rosenboom Official Website.” <https://davidrosenboom.com/>. [2022년 5월 24일 접속].

“ Biofeedback . ”
<https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/biofeedback/about/pac-20384664>. [2022년 10월 7일 접속].

“Alvin Lucier - “Music For Solo Performer” (1965).”
<https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y>. [2022년 10월 7일 접속].

“Alvin Lucier: Music for Solo Performer (1965).”
<https://www.youtube.com/watch?v=Q73ZbDhQsb4>. [2022년 10월 7일 접속].

“Music for Solo Performer (1965) by Alvin Lucier - UdK 2018.”
<https://www.youtube.com/watch?v=cRR1F8oGYD4>. [2022년 10월 7일 접속].

https://www.youtube.com/watch?v=31x_TGOCzvM. [2022년 11월 24일 접속].

<https://www.youtube.com/watch?v=2oHvikjarZE>. [2022년 11월 24일 접속].

https://www.youtube.com/watch?v=Ja_B7jluHWk. [2022년 11월 24일 접속].

https://www.youtube.com/watch?v=A_LS9MyFQCs. [2022년 11월 24일 접속].

<https://www.youtube.com/watch?v=A4aGjSwNy3Y>. [2022년 11월 24일 접속].

Album Invisible Gold.”
<https://davidrosenboom.bandcamp.com/album/invisible-gold>. “ [2022년 10월 7일 접속].

“ERP Tutorial.” http://faculty.washington.edu/losterho/erp_tutorial.htm. [2022년 10월 9일 접속].

<https://worldshapers.org.uk/2022/08/15/routine-eeg-vs-longitudinal-eeg-with-video/>. [2022년 11월 18일 접속].

<https://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography>. [2022년 11월 18일 접속].

<http://condor.wesleyan.edu/alucier/bio.html>. [2022년 11월 27일 접속]

네이버 지식백과. “밴드 패스 필터.”
<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1844992&cid=50324&categoryId=50324>. [2022년 11월 25일 접속].

네이버 지식백과. “전치 증폭기.”
<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1592645&cid=50324&categoryId=50324>. [2022년 11월 25일 접속].

네이버 지식백과. “파워앰프.”
<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1845680&cid=50324&categoryId=50324>. [2022년 11월 25일 접속].

“텍트로닉스 타입(Tektronix Type 122).”
<https://www.recycledgoods.com/tektronix-type-122-low-level-preamplifier/>. [2022년 11월 17일 접속].

“원뿔 모양 스피커(Cone Speaker).”

<https://kr.element14.com/mcm-audio-select/55-1240/woofer-8-clear-polypropylene-cone/dp/2827649>. [2022년 11월 17일 접속].

“KLH Model 4 loudspeaker.”

<https://www.catawiki.com/en/1/29464667-klh-model-4-speaker-set>. [2022년 11월 17일 접속].

“CAS/MillerComm2023 - David Rosenboom - Neuromusic.”

https://mediaspace.illinois.edu/media/t/1_3od7kfir/35316991?fbclid=PAAaZbZ1wCklhWvt08I7gO1HPMwTsILRPxbosWE3g-KzTuxVg5PefmGQLBPeA. [2022년 12월 1일 접속].

<https://davidrosenboom.bandcamp.com/album/invisible-gold>. [2022년 10월 7일 접속].

<https://blacktruffle.bandcamp.com/album/brainwave-music>. [2022년 11월 10일 접속].

“The White House - Thomas Jefferson.”

<https://www.whitehouse.gov/about-the-white-house/presidents/thomas-jefferson/>. [2022년 12월 1일 접속].

“History - Thomas Jefferson.”

<https://www.history.com/topics/us-presidents/thomas-jefferson>. [2022년 12월 1일 접속].

“Encyclopedia Britannica - Hypatia.”

<https://www.britannica.com/biography/Hypatia>. [2022년 12월 1일 접속].

“ On Being Invisible II (Hypatia Speaks to Jefferson in a Dream) (2 0 0 0) . ”

<https://davidrosenboom.com/on-being-invisible-ii-hypatia-speak-s-to-jefferson-in-a-dream>. [2022년 12월 1일 접속].

“ On Being Invisible II (Hypatia Speaks to Jefferson in a Dream).”

<https://vimeo.com/240779375>. [2022년 12월 1일 접속].

<https://davidrosenboom.com/compositions-19912000>. [2022년 10월 7일

접속].

“Thomas

Jefferson.”

<https://www.britannica.com/biography/Thomas-Jefferson>. [2022
년 12월 8일 접속].

Abstract

A Study on Neurofeedback Music by Alvin Lucier and David Rosenboom

Gim, Ye Rim

Musicology, Dept. of Music

The Graduate School

Seoul National University

The 21st century has been greatly interested in the brain, whose role has been extensively studied in various areas. The 'brain' has also emerged as a keyword in music, shortly after its increasing interest in medicine, and studies have actively investigated music-related human behavior in music perception and cognition. In addition to the scientific aspects, the brain is starting to be used as a creative element of music.

Brainwaves, energy generated in the brain, are used in music composition. Following Alvin Lucier (1931-2021) in the 1960s, Richard Teitelbaum (1939-2020) and David Rosenboom (1947-) have used brainwaves as a creative material. Similarly, Eduardo Reck Miranda (1963-) is actively combining brain waves with computer

programs for Brain-Computer Music Interface. However, there is currently a lack of musicological studies involving the brain. Although studies are actively discussing the technical aspect of music composition using brain waves, there are limited specific research and aesthetic approaches.

This raises questions on the definition of music composed from brain waves, their aesthetic meaning and value, and the status of such music in modern music. To answer these questions, music composed from brainwaves through in-depth review of works by Lucier and Rosenboom were examined and thereby investigated the meaning of 'brain' used in modern music. Herein, music created with brainwaves was defined as 'Neurofeedback Music', and Music for Solo Performer (1965) by Lucier and On Being Invisible (1965) and On Being Invisible II: Hypatia Speaks to Jefferson in Dream (1994-95) by Rosenboom were analyzed. As a result of analyses, three aesthetic meanings of neurofeedback music were derived.

In the three music pieces by Lucier and Rosenboom, alpha waves were used as the basic musical material. Rosenbloom added event-related potentials and used computer algorithms to compose music in a new innovative way. Brainwaves were measured from participants wearing electroencephalogram (EEG) on stage. As a result, Music for Solo Performer by Lucier show indeterminacy and improvisation. Indeterminacy is shown by the brain waves whose input value are always fluctuating and unpredictable. In addition, improvisation is shown in different aspects. This is indicated by brainwave data changing real-time depending on the stage, condition of the participant, and engineer who manipulates the variables.

On Being Invisible and On Being Invisible II by Rosenboom also show characteristics of indeterminacy and algorithmic improvisation.

Indeterminacy is shown by alpha waves and event-related potential that do not repeatedly produce specific values as they are responses of the participants to external stimuli. Improvisation can be observed in that music is created by interaction between participants and circumstances on the stage as seen in the work by Lucier. However, in Rosenboom's work, data were input into an algorithm, and hence, algorithm improvisation is observed within the algorithm, which fluctuates depending on the situation.

A total of three aesthetic meanings of neurofeedback music can be derived from analysis of works by Lucier and Rosenboom. The first aesthetic meaning is the sound of consciousness expressed using technology. Although brainwaves do not show our thoughts, they indicate a state of consciousness that humans are performing cognitive and physical actions. Neurofeedback music selects a specific method named brainwaves and express the consciousness of participants as music with technology.

The second aesthetic meaning is interactiveness. As brainwaves are measured, the data are converted into sound, which is played on stages. Since the sound is transmitted back to the EEG wearer as an auditory stimulus, the participants (the EEG wearers) react again to form brainwaves. In this process, the brainwaves, expressed as sound, and participants continue to communicate and influence each other. As a result, a feedback system connecting the real-time brainwaves and external environment is formed, establishing a continuous interaction. Lastly, EEG wearers who participate in neurofeedback music are transformed into 'homo artis'. Neurofeedback music uses brainwaves, and hence, participants can create the materials needed to make up music from the inside of their bodies without any specialized training or education. Therefore, brainwaves

become the raw material that composes the music, and in the process, the participants simultaneously become artistic products and artists themselves and subsequently homo artis.

Following the advancement in brain research, there is an increasing tendency to apply the results of research to music. As art has gradually become a means of imagining and exploring the meaning of technology, there is an increasing interest in the trend of change in the relationship of brain with music. Neurofeedback music has helped to establish an interdisciplinary connectivity between science and art through a new material, 'brain'. Thus, it is expected that the relationship between brain and music will grow more artistic and creative. Neurofeedback music is expected to become part of the modern music history, and follow-up studies on the scientific, technical, and aesthetic aspects would be conducted in the future.

**keywords : Brainwaves, Alpha Waves, Sonification,
Neurofeedback Music, Alvin Lucier, David Rosenboom**

Student Number : 2021-27581