

## 컴퓨터지원 피아노 연주과학

## Computer-Supported Piano Performance Science

Kyeong Won Roh<sup>1</sup> · Hee Jung Eum<sup>2</sup> · Hee-Cheol Kim<sup>3\*</sup><sup>1</sup>Professor, Department of Music, Inje University, Gimhae, 50834 Korea<sup>2</sup>Adjunct Professor, Department of Music, Inje University, Gimhae, 50834 Korea<sup>3\*</sup>Professor, Department of Computer Engineering/IDA/u-HARC, Inje University, Gimhae, 50834 Korea

## ABSTRACT

Music performance techniques have been primarily trained by apprenticeship. The technique transfer, which relies on the imitation of experience and actual performance without scientific evidence, required the pianists more time and effort than necessary. However, if the players in the field discover the principles of universally applicable piano playing techniques in collaboration with scientists, they will avoid errors and prepare a new paradigm in the development of piano playing techniques. This is why music performance science is needed. Little has been studied about it in Korea, but it has been activated abroad since the mid-1990s. The core science of music performance science is expected to be computer science fitting data analysis. In this paper, we introduce music performance science for the pianist and present how computer can help it.

**Keywords** : Artificial Intelligence, Computer Science, Music Performance Science, Performance Technique, Piano

## I. 서 론

단선율 악기와는 달리, 열 개의 손가락과 두 다리는 물론이고 전체 신체를 유기적으로 쓰면서 여러 가지 악기의 기능을 혼자서 표현해내야 하는 피아니스트는 엄

청난 연습 시간을 감내하여야 한다. 피아노 독주회를 앞두고 1일 평균 연습량 6-8시간은 당연히 받아들여지며 심지어 하루 12시간정도를 연습하는 학생들도 있다. 유명한 피아니스트 알프레드 브렌델이 “완성된 피아니스트는 하루 최대 4시간만 연습해도 된다.” 고 말할 정도로 피아노 연주자는 끊임없이 반복되는 연습을 감내해야 한다.

이제는 이렇게 많은 연습의 시행착오를 줄이고 효율성을 높이기 위해 발전된 과학이 유용해질 수 있는 시대가 되었다. 기술 뿐 아니라 예술성까지도 증대시킬 수 있는, 피아노테크닉의 발견과 개선에 기여하는 과학적 접근 연구가 점차 활성화되고 있으며, 이러한 연구 영역이 바로 피아노 연주 과학이다.

본 논문에서는 첫째, 피아노 연주 과학이 무엇인지 소개하고, 둘째, 피아노테크닉을 위한 컴퓨터의 역할을 살펴보고자 한다. 본 논문의 목적은 컴퓨터 지원 피아노 연주과학이 하나의 학문적 영역으로서의 자리매김할 가능성을 살펴보기 위함이며, 이를 통해 많은 연구자와 피아니스트, 그리고 컴퓨터공학자들에게 피아노 연주 과학, 그리고 이와 관련된 컴퓨터의 역할의 필요성과 중요성을 전달하는 데 있다.

## II. 피아노 연주테크닉의 전수와 발달

## 2.1. 연주테크닉 전수 방법

15C부터 제작되기 시작한 건반악기들은 악기의 발전에 따라, 개인적 역량과 경험을 통해 축적된 기술을 도제(徒弟, apprentice)식으로 전수하여 과학적 근거나 고증 없이, 경험과 실제 연주의 모방에 의해 발전해왔다. 더욱이 개인의 신체나 손 구조에 따라 다르게 적용되어야 하고 개성이 존중되는 예술 분야인 만큼 연주테크닉의 보편적 적용을 금기시하는 풍토가 자리 잡았다.

Received 2 December 2019, Revised 3 December 2019, Accepted 5 December 2019

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.12.1738>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

## 2.2. 피아노 연주테크닉 관련 문헌

현존하는 많은 피아노테크닉에 관련된 문헌들을 읽어보면, 매우 추상적이거나 ‘어떻게 해야 한다’는 내용은 있지만 ‘왜’ 라는 당위성은 찾아보기 어렵다. 연주에 있어 자신의 경험을 바탕으로 터득한 테크닉을 설명하기 때문이다. 그나마 구체적이고 실제적인 참고서라 피아니스트들에게 평가받는 문헌인 ‘온 피아노 플레잉’[1]과 ‘피아노 테크닉의 완성’[2] 등도 경험을 토대로 한 연주테크닉을 서술하고 있어 부분적으로 꽤 많은 문제점을 안고 있지만 30년 가까이 지난 지금도 이를 대체할만한 구체적인 피아노 연주테크닉에 관한 문헌은 찾기 어렵다.

## III. 피아노 연주과학

### 3.1. 피아노 연주과학의 국외 연구 동향

1990년대 중반 하노버 음대(Hannovy of Music, Drama and Media)에 음악생리학 교육과정이 신설되고, 이후 1990년대 말 하노버 음대연구팀은 피아노 건반에 센서를 장착하고 건반의 힘을 측정하는 실험을 하였다. [3] 또한 독일의 막스프랑크 연구소의 켈러 박사가 음을 예측한 후에 타건할 때 순간 가속도가 줄어드는 것을 발견하고[4] 피아노테크닉을 과학학적 시각으로 관찰하고 분석하는 연구들이 진행되고 있다. 그러나 피아노 연주의 기본 원리나 아마추어와 프로 연주자들의 테크닉의 차이점을 비교[5] [6]하는 등 공학자 또는 의학자적 시각에서의 접근이 주를 이루고 있다.

독일과 비엔나를 중심으로 한 독일어권에서는 음악생리학(Music Physiology)이란 이름으로, 2000년에 설립된 영국의 왕립음악원(Royale college of Music)[7]과 토론토 대학(University of Toronto) 등 영어권에서는 연주과학(Performance Science) 분야로 관련 연구가 진행되고 있다.

### 3.2. 피아노 중심의 음악연주과학 국외 학회 동향

영국 왕립음악원 중심으로 2015년 제2회 런던 세계 피아노 심포지움에서는 과학과 피아노연주예술의 인터페이스 연구[8]가 진행되었고 공연과학센터(Center for Performance Science)가 설립되었으며 2019년에는 맨버튼에서 연주과학 국제 심포지움[9]이 개최되는 등 차

츨 연구 활동이 활성화되고 있다.

### 3.3. 피아노 연주과학의 국내 동향

국내에서 음악연주과학은 거의 알려진 바 없고 생소한 분야이다. 특히 피아노 연주과학은 연구되지 않았으며 국내에 소개된 ‘피아니스트의 뇌’ [10] 번역서가 관련 정보를 얻을 수 있는 문헌으로는 유일하다. 가장 근접한 관련 학회는 한국음악지각인지학회[11]가 있고 2011년 서울대학교 의학연구소와 서양음악연구소 공동 학회 주최로 <Music and Emotion> 논문[12],이 발표되기도 했다.

## IV. 피아노 연주과학 연구의 필요성

### 4.1. 테크닉 전수의 비과학성

피아노 테크닉서에 나오는 조언들을 살펴보면 “지나치게 몸을 흔들지 말아야 한다”든지 “팔목이 조금 올라간 모습”[1], “동작이 자연스럽게 편안하게 진행될 수 있도록” [2]등 피아노테크닉을 사용할 때 기준이 모호한 경우가 허다하다. 연주법을 전수할 때도 “바로 노래하라”든지 “손을 둥글게 하라”는 등의 추상적 방식이 대부분이므로 습득에 수많은 시행착오를 거쳐야 한다.

### 4.2. 과학을 통한 효율적인 테크닉 발전 가능성

오랜 시간 연주와 티칭을 병행한 전문 피아니스트는 자세와 신체 움직임과 소리 관계성을 이미 경험으로 터득하여 교육의 현장에서 유효하게 적용하고 있다. 따라서 현장에서 도움이 되는 연구를 위하여 실제 피아노 연주 및 교수 전문가와 함께, 과학적 측정과 실험을 통하여 과학적인 원리를 찾아내는 것은 훨씬 쉬운 작업이 될 수 있다[10]. 피아니스트의 동작과 심리 등이 중요하다는 점에서 인지심리학, 행동주의 심리학적 접근이 필요하다. 하지만 손동작, 피아노 사운드 등의 데이터 분석이 효율적 연주 기술을 이해하는 데는 반드시 필요하며, 이를 위해 데이터 마이닝과 인공지능을 포함한 컴퓨터 과학적 접근이 필요하다. 데이터 분석에 관련한 컴퓨터 사이언스의 역할이 중요하며, 곧 이은 절에서는 컴퓨터를 활용한 과학적 접근에 대해 살펴본다.

## V. 컴퓨터과학을 통한 과학적 접근

음악과 컴퓨터 과학의 융합연구는 일반적으로 컴퓨터를 활용하여 음악을 어떻게 만들 것인가의 문제에 많은 초점이 맞추어져 왔다. 컴퓨터가 사람이 작곡하는 것을 도울 수도 있으며 [13], 스스로 작곡할 수도 있다. 후자는 주로 인공지능 연구와 관련이 깊다[14][15]. 이 외에도 음악 교육을 위한 컴퓨터 연구도 하나의 연구영역으로 자리 잡고 있으며, 아날로그 피아노 음을 인식하여 MIDI 포맷으로 악보화 해주는 연구 등도 수행되고 있다. 이러한 연구들이 있음에도 불구하고, 음악과 공학의 만남의 영역중 하나인 연주과학은 아직 그 연구가 태동기에 있음이 분명하다. 또한 사물인터넷, 인공지능을 포함한 디지털 기술의 급속한 발전으로 피아니스트를 위한 컴퓨터 지원 연주과학(Computer Supported Performance Science)에서 컴퓨터의 역할이 기대되는 바 크다. 이 분야 연구는 “동작 분석”과 “음색 분석” 두 가지의 근간이 되는 연구를 이해함을 필요로 하며, 이 두 영역이 컴퓨터 지원 피아노 연주과학의 출발점에 있다. 본 논문에서는 이 두 분야에 초점을 둔 설명을 통해 아직 탐구되지 않은 생소한 컴퓨터 지원 피아노 연주과학의 이해를 돕고자 한다.

### 5.1. 동작 분석

피아노 연주는 바른 손동작과 몸동작과 관련이 있다. 그림 1은 동작 분석을 위한 두 가지 매체가 주로 사용되고 있는 것을 확인해 주는데, 하나는 카메라를 통한 영상 분석이고, 다른 하나는 근육에 부착된 근전도 센서를 통한 동작 분석이다.

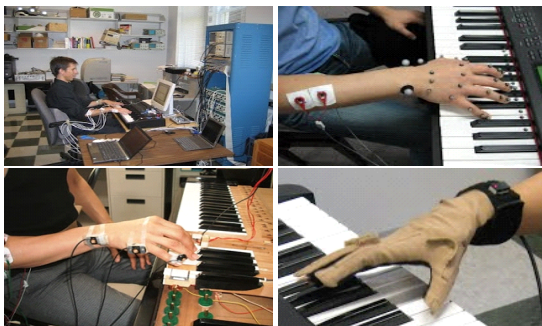


Fig. 1 3D measurement and analysis of hand movements [16]

영상 분석을 통해 손 높이나 기울기, 몸의 자세 등을 평가할 수 있으며, 근전도 분석을 통해 손의 움직임과 변화 등을 영상과 함께 이해할 수 있는데, 아직은 피아노 동작을 평가하기 위한 모델이 정확히 제시되어 있지는 않다. 다양한 신체 부위 측정을 통하여 피아노 연주의 생체 역학과 움직임을 연구하여 보다 효과적인 연주 메카니즘을 제시할 수 있다면, 이제 시작된 본 연구 분야는 시간과 함께 발전해 갈 것으로 기대된다. 희망적인 것은 피아노 전문가들 중에는 사람들의 연주 자세만 시각적으로 보아도 좋은 자세인지 아닌 지를 어느 정도 구분할 수 있다는 점이다. 영상에 의한 패턴인식 연구의 경우, 인간 전문가가 육안으로 구분할 수 있다면 기계학습으로도 가능한 경우가 많기 때문이다. 이런 의미에서 현재는 영상이나 근전도를 사용한 동작 분석 모델이 거의 만들어져있지 않은 상태이지만, 컴퓨터 지원 피아노 연주과학의 학문이 정립되어 본 궤도에 오른다면, 충분히 도달할 수 있을 것으로 판단된다.

### 5.2. 음색 분석

피아노 음의 파형과 움직임의 관계성을 연구하면 다양한 음색 생성의 원리를 파악하여 원하는 음색의 소리를 구현하기 위한 방법적 아이디어들을 제시할 수 있다. 건반에 대한 압력 자극들에 대한 주파수 분석을 통하여 입력에 대한 뇌파의 상관관계를 연구하고, 또한 보다 많은 데이터를 취득하여 통계적인 경향분석을 할 필요도 있다[17].

음색 분석은 기본적으로 신호처리 기술이 기반이 되어야 하지만, 인공지능 기술 중 특히 패턴 인식 기술은 피아노 연주 자세에 대한 다양한 진단을 돕는 기술로 활용될 수 있다. 예를 들어, 패턴인식 기술에 의해 전문 피아니스트와 아마추어 피아니스트의 연주를 구분할 수 있고, 좋은 연주 자세와 나쁜 연주 자세를 판별할 수 있다. 음의 파형 뿐 아니라 압력 자극 정도, 그리고 앞에서 언급한 영상이나 근전도 데이터 등을 학습하여 좋은 피아노 연주와 나쁜 피아노 연주를 분류할 수 있을 것으로 예상된다.

특히 피아노를 치는 에너지원으로 중력을 사용하는 가 혹은 근력을 사용하는가에 따라 다양한 소리와 테크닉을 분류할 수 있는데, 컴퓨터와 센서를 통해 소리와 압력 데이터를 수집하게 되면 에너지원인 중력과 근력이 어떤 방식으로 연주할 때 사용되는지에 대한 이해를

도모하고 효과적인 연주방법을 유추해낼 수 있을 것으로 기대 된다. 이것이 가능할 때, 지금까지 “어떤 느낌을 가지고 치라”, “손목을 어떻게 쓰라”와 같은 주관적이고 추상적인 연주 코칭보다 훨씬 더 과학적으로 코칭을 할 수 있을 것이다.

소리와 압력 데이터와 함께, 영상과 근전도 데이터 등이 융합되어 학습 분석이 가능하다면, 과학적인 피아노 연주 지도가 가능하게 되며, 좋은 연주 방법을 체계적으로 이해, 조직화할 수 있을 것으로 본다. 나아가 로봇 피아니스트도 인간이 갖는 감성과 피아노 터치에 가깝게 연주할 날도 오리라고 예상해 본다.

## VI. 결론

과학적 접근을 통해 보편적 적용이 가능한 피아노 테크닉을 발견하고 관습적으로 이어져 온 많은 오류들을 수정한다면 피아니스트들에게 많은 시간과 수고를 덜게 하고 발전된 테크닉 습득의 새로운 패러다임을 마련할 수 있을 것이다. 이런 점에서 컴퓨터 지원 피아노 연주과학은 4차 산업혁명과 함께, 연주를 위한 과학적 접근을 이룰 수 있는 가능성을 활짝 열 수 있는 학문으로 성장 발전할 수 있을 것으로 판단된다. 아직은 태동기에 불과하며, 본 논문에서도 본 학문 영역의 간략한 소개, 그리고 학문의 근간이 되는 동작과 음색 분석 중심의 컴퓨터 지원 기술에 대해 살펴보았으며 본 학문의 향후, 학문의 체계화 및 실질적 연구가 지속된다면, 연주 방법 학습의 새로운 패러다임을 열어갈 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- [ 1 ] G. Sandor, *On Piano Playing: Motion, Sound, and Expression*, Wadsworth a division of Thomson Learning, 1984.
- [ 2 ] S. Fink, *Mastering Piano Technique : A Guide for Students, Teachers and Performers*, Amadeus, 1992.
- [ 3 ] D. Parlitz, T. Peschel, and E. Altenmüller, Assessment of dynamic finger forces in Pianist. *Med Sci Sports Exerc* 31(12) pp. 1834-8, 1998.
- [ 4 ] P. E. Keller, S. Dalla bella, and I. Koch, Auditory imagery shapes movement timing and kinematics: evidence from a musical task. *MJ. Exp Psychol Hum Percept Perform* 36(2) pp.508-13, 2010.
- [ 5 ] S. Furuya, and H. Kinoshita, Roles of proximal-to-distal sequential organization of the upper limb segments in striking the keys by expert pianists. *Neurosci Lett* 421(3) pp. 264-9, 2007.
- [ 6 ] S. Furuya, and H. Kinoshita, Expertise-dependent modulation of muscular and non-muscular torques in multi-joint arm movements during piano keystroke. *Neuroscience* 156(2), pp. 390-402, 2008.
- [ 7 ] Center for Performance Science, [Internet]. Available: <https://performancescience.ac.uk/about/>.
- [ 8 ] Researching the interface between science and the art of piano performance, piano symposium, [Internet]. Available: <https://steinway.co.uk/researching-the-interface-between-science-and-the-art-of-piano-performance/>.
- [ 9 ] International Symposim on Performance Science ISPS 2019, [Internet]. Available: <https://performancescience.org/conference/isps-2019/>.
- [10] S. Furuya, Scientific analysis of the pianist's brain: The mechanism of high-end technique, Shunjusha, 2012.
- [11] Korean Society or Music Perception and Cognition, [Internet]. Available: <https://www.ksmpc.kr/collection>.
- [12] College of Music, Seoul National University News Letter. vol.8, pp.4 <2011-1> 1.-3. Sep. 2011.
- [13] V. Lazzarini, *Computer Music Instruments: Foundations, Design and Development*, springer, 2017.
- [14] Artificial Intelligence and Music: What to Expect? [Internet]. Available: <https://towardsdatascience.com/artificial-intelligence-and-music-what-to-expect-f5125cfc934f>.
- [15] A Retrospective of AI + Music, [Internet]. Available: <https://blog.prototypr.io/a-retrospective-of-ai-music-95bfa9b38531>.
- [16] Motor control of finger/arm movements in piano playing [Internet]. Available: <http://www.neuropiano.net/pianist%27sexpertise>.
- [17] D.H. Moon, J.H. Yang, Y.W. Kim, and T.G. Kim, The effect of music and vibrotactile stimulation to the relaxation, *Korean Society for Power System Engineering*, pp.199-202, Nov. 2006.