

# 뇌파분석을 이용한 음악이 학습활동에 미치는 영향에 대한 고찰

장윤석\*

## A Review on Correlation between Music and Learning Activity Using EEG Signal Analysis

Yun-Seok Jang\*

### 요약

본 논문에서는 기본적으로 음악 청각자극이 학습활동에 어떤 영향을 미치는지를 뇌파를 통하여 분석하였다. 음악적 청각자극은 진정성향과 자극성향 그리고 선호음악과 비선호음악으로 나누어서 실험을 하였고, 학습활동 과제는 수학과제와 암기과제로 구분하여 실험하였다. 뇌파 실험에서 측정한 데이터는 인간의 집중과 관련이 있는 것으로 알려진 SMR파의 파워 스펙트럼으로 분석하여 정량적 비교에 활용하였다. 본 논문의 결과에서는, 음악이 자극으로 주어진 경우가 주어지지 않은 경우보다 파워가 크게 관측되었고, 과제의 유형과 관계없이 진정성향의 경우가 자극성향의 경우보다 뇌파의 파워가 더 크게 관측되었으며, 선호음악의 경우가 비선호음악의 경우보다 뇌파의 파워가 더 크게 관측되었다. 이들 결과로부터 음악 청각자극이 있는 경우, 진정성향의 음악의 경우, 선호음악의 경우가 상대적 경우보다 집중력을 높일 수 있을 것으로 추정한다.

### ABSTRACT

In this paper, we analyzed through the EEG signals how musical stimulus affects learning activities. Musical stimuli were divided into sedative and stimulative tendency music, preferred and non-preferred music, and the learning activity tasks were divided into mathematics tasks and memorization tasks. The signals measured in the EEG experiments were analyzed with the power spectrum of SMR waves known to be related to human concentration. Those spectra used for quantitative comparison in this paper. As a result the power of the EEG signals was observed to be greater than the case where music was given as a stimulus. Regardless of the type of task, the power of the EEG signals was observed to be greater in the case of sedative tendency than in the case of stimulative tendency, and the power of the EEG signals was observed to be greater in the case of favorite music than in the case of unfavorable music. From these results, it is estimated that if the musical stimulus exists, in the case of sedative tendency music, and in the case of favorite music, concentration can be increased than in the relative case.

### 키워드

EEG Signals, Musical Stimulus, Mathematics Task, Memorization Task, Sedative Tendency, Stimulative Tendency, Favorite Music, Unfavorite Music, Concentration

뇌파 신호, 음악적 자극, 수학 과제, 암기 과제, 진정 성향, 자극 성향, 선호 음악, 비선호 음악, 집중

\* 교신저자 : 부경대학교 전기공학과  
• 접수일 : 2023. 02. 01  
• 수정완료일 : 2023. 03. 08  
• 게재확정일 : 2023. 04. 17

• Received : Feb. 01, 2022, Revised : Mar. 08, 2023, Accepted : Apr. 17, 2023  
• Corresponding Author : Yun-Seok Jang  
Dept. of Electrical Eng, Pukong National University  
Email : jangys@pknu.ac.kr

## I. 서론

음악은 인간생활에 있어서 상당히 중요한 자리를 차지하는 문화적 요소이다. 특히 과거와는 달리 현재에는 핸드폰만 있어도 될 정도로 음악을 들을 수 있는 환경을 갖추기가 너무 간단하기 때문에 음악에 대한 영향력이 더 강해졌다고 해도 과언이 아닐 것 같다. 그런 의미에서 교육열이 높기로 유명한 우리나라의 학습 환경에서 빼놓을 수 없는 요소가 음악이기도 하다. 그만큼 학습활동과 음악과의 관계는 인간생활에 있어서는 빼놓을 수 없는 문제이기 때문에 여러 가지 방향으로 연구가 되어오고 있는 것도 사실이다[1-2].

학습과 음악에 대한 연구의 예를 살펴보면, 음악을 외국어 어휘력 수업에 활용하여 학습속도와 기억력에 대한 연구[3], 명상음악과 주의집중력 및 학습태도와 의 관계에 대한 연구[4], 음악의 비트에 따른 인간의 집중력에 대한 연구[5], 클래식 음악과 한국어 독해력과의 관계에 대한 연구[6] 등 다양한 주제로 연구되고 있다.

다양한 주제 중에서도 일반인들에게 음악과 학습과의 관계에 있어서 가장 관심을 끌었던 이슈는 공부를 하면서 음악을 듣는 것에 대한 것이었다. 한때 머리 좋아지는 방법으로 알려졌던 모차르트 효과[7], 인간 두뇌의 제한된 작업 공간을 문제로 삼은 작업 기억(working memory)[8], 음악과 각성 수준을 연관시킨 Yerkes-Dodson 법칙[9] 등 많은 논의가 있었지만 너무나 다양한 변수가 존재하므로 뚜렷한 결론을 낼 수 없었던 것도 사실이다.

본 논문에서는 음악 청취와 동시에 학습활동을 수행할 때의 집중력에 초점을 맞추어 위의 이슈에 대한 부분적이거나 정량적 결과를 확인하고자 하는 차원에서 뇌파실험을 수행하였다. 이를 위해서 우선 학습활동은 수학적(수학과제) 활동과 서술적(암기) 활동으로도 구분하고, 수학적 활동도 암기형과 절차형으로 구분하여 실험에서의 과제로 활용하였다. 아울러 학습활동과 동시에 제공되는 음악은 객관적 유형 및 주관적 선호도에 따라 분류하는 2가지 형태로 나누어 청각자극으로 제시하는 것으로 설정하였다. 또한 뇌파실험에서 피험자로부터 측정된 EEG 신호는 SMR파의 파워스펙트럼으로 분석하여 피험자들의 실험결과를 비교하는 데 활용하였다.

## II. 연구방법

### 2.1 음악유형에 따른 뇌파실험

본 논문에서는 음악유형이 학습효과에 미치는 효과를 뇌파 분석에 따른 정량적인 결과로 비교하기 위하여 청각자극으로 제시되는 음악을 극단적 특성을 가지는 2가지 유형으로 나누어서 사용하였다. 이것은 음악의 유형을 분류한 Gaston의 설정[10]에 따른 것으로 음악적 구조와 에너지의 크기에 따라 분류된 4가지 유형 중 양극단에 위치한 진정성향의 클래식음악과 자극성향의 록음악을 선택하여 청각자극으로 제시하였다. 진정성향의 클래식음악은 피아노 연주 음악을, 자극성향의 록음악은 흔히 헤비메탈이나 하드 록으로 정의되는 음악을 선택하였다. 아울러 청각자극의 제시와 동시에 주어지는 학습과제의 유형도 분별이 확실한 형태를 선정하기 위하여 암기형 수학과제 및 서술적 기억과제로 나누어 뇌파실험에 사용하였다.

본 논문의 실험에서 청각자극으로 사용된 두 가지 유형의 음악은 외부 소음이 차단된 공간에서 헤드폰으로 제시되었고, 각각의 음악은 무손실 음원의 형태로 제작된 파일을 사용하였다. 실험의 피험자로는 음악의 청취에 문제가 없으며, 정서적으로 인지적으로 병력이 없는 만 20~22세의 남녀 대학생 10명을 선정하여 실험을 수행하였다. 또한 각 피험자에게는 미리 청각자극으로 제시되는 음악을 인지하고 있거나 클래식 음악이나 록음악에 대한 선입견이 없다는 사실을 확인한 후 실험에 참여할 수 있도록 하였다. 피험자들의 뇌파를 측정하는 기기는 ㈜ 락사의 WEEG-32를 사용하였고, 뇌파계측 프로그램으로는 전문적인 기기의 기본적인 소프트웨어인 텔리스캔(Telescan)을 사용하였다. 피험자의 두피에 전극을 부착하는 방법으로는 10-20 국제 전극배치법을 활용하였고, 전극을 부착한 위치는  $F_{p1}$ ,  $F_{p2}$ ,  $F_3$ ,  $F_z$ ,  $F_4$ ,  $C_3$ ,  $C_z$  및  $C_4$ 의 총 8개의 채널을 사용하였다.

#### 2.1.1 수학과제 실험방법

먼저 수학과제의 실험은 그림 1과 같은 순서로 진행하였다. 우선 피험자들이 편하게 준비하는 휴식 시간을 2분간 가지게 한 다음, 한 가지 유형의 음악 청각자극을 제시하는 시간을 5분간 주면서 수학과제를 해결하도록 하였다. 다음에는 2분간의 휴식 시간을 준 다음

나머지 유형의 음악 청각자극을 제시하는 시간을 5분 간 쭉과 동시에 수학과제를 해결하게 하였다. 진정성향 음악과 자극성향 음악의 두 가지 음악 유형을 제시하는 순서는 무작위로 선정하였다. 여기서 수학과제는 세 자리 숫자 간의 곱셈계산을 수행하는 과제로 설정하였고, 각 숫자는 간단한 과정을 피하기 위하여 5 이상의 숫자를 사용하였으며, 피험자들의 시간 부담을 줄이기 위하여 5분간이라는 과제 해결 시간은 미리 알려주지 않는 것으로 계획을 세워서 실험을 수행하였다.

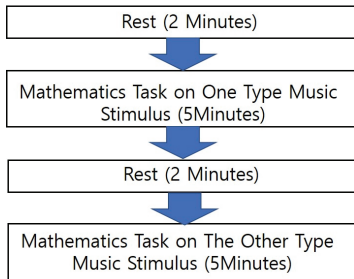


그림 1 수학과제 실험순서

Fig. 1 Experimental Procedure for Mathematics Task

### 2.2.2 암기과제 실험방법

그림 2는 암기과제를 실행하는 순서를 나타내고 있다. 암기과제는 먼저 2분간 과제를 준비하는 휴식시간을 가진 다음, 한 가지 유형의 음악 청각자극을 제시하면서 영어단어를 암기하는 과제를 3분간 수행하도록 하였다. 암기과제를 수행한 이후에 2분간의 휴식시간을 가진 후 2분 동안은 암기한 단어를 기록하여 제출하도록 하였다. 다음에는 사용한 음악 유형과 다른 유형의 음악 청각자극을 사용한 실험을 수행하였는데, 이 실험은 앞서 실행한 실험순서와 동일하게 수행되었다. 암기과제 실험에서도 두 가지 유형의 음악 청각자극은 무작위로 제시하는 것으로 설정하였다.

### 2.2 음악선호도에 따른 뇌파실험

본 논문에서는 앞서 서술한 음악유형에 따른 뇌파실험에 이어 음악선호도에 따른 뇌파실험도 수행하였다. 음악유형에 따른 실험은 음악의 구조와 에너지의 크기로 대별한 진정성향과 자극성향으로 나누어서 청각자극으로 사용한 반면, 음악선호도에 따른 뇌파실험에서는 인간의 정서에 영향을 미치는 음악적 요소인

리듬, 화성, 선율 등이 반영된 개인 취향을 고려한 음악 청각자극을 사용하는 것으로 하였다. 따라서 미리 피험자에게 사전 조사를 통하여 알아낸 정보로 선호 음악과 비선호음악으로 구별하여 음악선호도에 따른 실험에서 제시할 음악 청각자극으로 사용하였다.

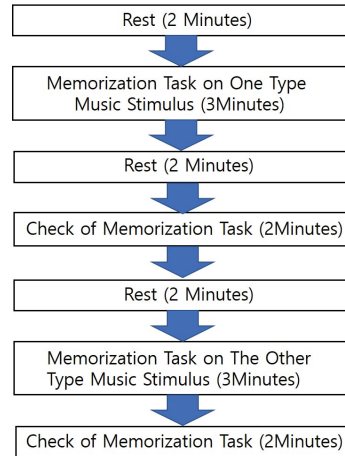


그림 2 암기과제 실험순서

Fig. 2 Experimental Procedure for Memorization Task

음악선호도에 따른 실험에서는 기본적으로 수학과제 형태를 피험자가 해결할 과제로 설정하였지만, 인지적 사고 수준에 따라 다르게 분류가 되고 있는 2가지 유형의 수학과제로 나누어 설정하였다. 수학과제 중 이전에 학습한 규칙을 단순히 재생하면 해결할 수 있는 유형인 암기형 과제와 개념원리를 이해해야 그 절차를 사용하여 문제를 해결할 수 있는 유형인 절차형 과제로 구분한 것이다[11]. 본 실험에서 사용한 암기형 과제와 절차형 과제는 중학교 수학 교육 과정의 문제집에서 발췌하여 출제한 것이다.

본 실험에서의 피험자들은 선호하는 음악의 유형으로 발라드 계열의 음악을 선택한 피험자들로 구성되었고, 뇌파실험은 그림 3과 같이 진행되었다. 피험자에게는 우선 실험을 준비하는 휴식시간을 2분간 준 다음에 9분간의 시간 동안 2가지 유형 중에 상대적으로 인지적 요구 수준이 낮은 암기형 수학과제부터 먼저 해결하도록 하였다. 암기형 수학과제 해결 시간이 지난 후에는 2분간의 휴식시간을 가진 다음, 나머지 과제 유형인 절차형 수학과제를 9분간의 시간 동안 해결하도록 하였다. 과제 해결에 주어진 시간 9분은

음악 청각자극이 제시되지 않는 시간, 청각자극으로 선호음악이 제시되는 시간 및 비선호음악이 제시되는 시간으로 구성되어 있고, 각각의 시간은 3분으로 구성되어 총 9분의 시간이 주어지도록 하였다.

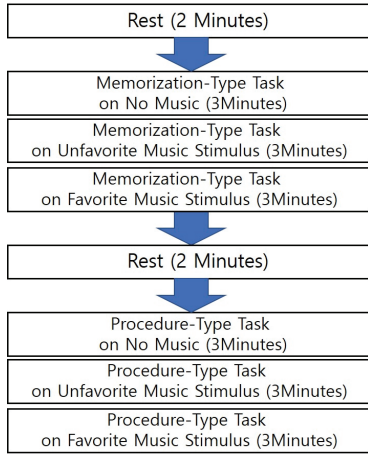


그림 3. 음악선호도를 활용한 실험순서  
Fig. 3 Experimental Procedure using Music Preference

### III. 연구결과 및 고찰

본 논문에서는 전술한 실험순서에 따라 측정한 피험자들로부터의 EEG신호를 파워 스펙트럼으로 분석하여 그 주파수 대역을 비교하는 방법을 기본적 분석 방법으로 활용하였다. 비교할 EEG신호의 성분은 12~15kHz의 주파수 대역을 가지는 SMR(Sensori Motor Rhythm)파를 선택하였다. SMR과 대역의 뇌파가 인간의 집중력과 관계가 깊다고 알려져 있기 때문이다.

식 (1)은 SMR파의 평균 파워 스펙트럼  $P_{SA}$ 을 나타낸 것이다.

$$P_{SA} = \frac{1}{N} \int_{ch_1}^{ch_N} P_{SMR} df \quad (1)$$

그림 4는 진정성향과 자극성향의 음악을 청각자극으로 사용한 음악유형에 따른 뇌파실험에서 수학과제를 학습활동 과제로 활용하였을 때의 분석결과를 나타낸 것이다. 그림에서 검은색 막대는 진정성향의  $P_{SA}$ , 흰색 막대는 자극성향의  $P_{SA}$ 를 나타낸 것이다. 또한 그림에서 왼쪽은 음악 청각자극만 제시되었

을 경우 진정성향과 자극성향의  $P_{SA}$ 를 비교한 것이고, 오른쪽은 음악 청각자극이 제시됨과 동시에 수학과제를 해결하는 동안 측정한 진정성향과 자극성향의  $P_{SA}$ 를 비교한 것이다.

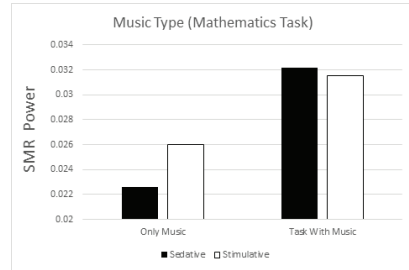


그림 4. 음악유형에 의한 EEG 신호의 파워 (수학과제)

Fig. 4 Power of EEG Signal due to Type of Music (Math Task)

그림에서 나타나듯, 우선 음악자극만을 제시하였을 경우에는 자극성향의 음악에 대한 뇌파 파워가 크게 관측되었지만, 과제가 주어진 경우에는 진정성향의 음악이 제시된 경우가 자극성향의 음악이 제시된 경우보다 뇌파의 파워가 크다는 사실을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 음악만이 제시된 경우보다 음악과 동시에 과제를 해결해야 하는 경우의 집중력이 높아지는 것과 진정성향의 경우가 자극성향의 경우보다 집중력이 높은 것으로 추정되는 결과이다.

그림 5는 음악유형에 따른 뇌파실험 중에서 암기과제를 학습활동 과제로 설정한 경우의 결과를 나타내고 있다. 여기서도 검은색 막대는 진정성향의  $P_{SA}$ , 흰색 막대는 자극성향의  $P_{SA}$ 를 나타낸 것이다.

그림 4와 마찬가지로 그림 5에서도 진정성향의 경우가 자극성향의 경우보다 피험자의 집중력을 높이는 음악자극으로 추정되는 결과를 보여주고 있다.

이와 같이 학습활동으로 수학과제 및 암기과제를 해결하는 경우 동일하게 진정성향의 음악이 자극성향의 음악보다 집중력을 증가시키는 것으로 추정되는 분석결과를 확인할 수 있었다.

그림 6은 음악선호도에 따른 실험의 결과로서 암기형과 절차형으로 구분하여 SMR파의 파워를 나타낸 것이다. 그림에서 검은색 막대는 선호음악을 제시한 경

우의  $P_{SA}$  이고, 흰색 막대는 비선호음악을 제시한 경우의  $P_{SA}$ 이다. 아울러 음악자극이 제시되지 않은 경우의  $P_{SA}$ 도 회색 막대로 같이 제시하여 비교하였다.

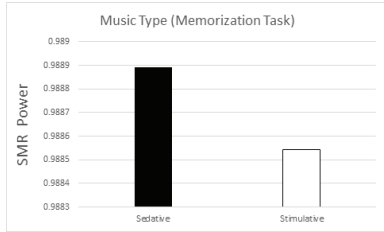


그림 5. 음악유형에 의한 EEG 신호의 파워 (암기과제)

Fig. 5 Power of EEG Signal due to Type of Music (Memorization Task)

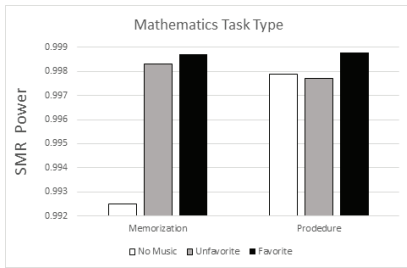


그림 6. 음악선호도에 의한 EEG 신호의 파워 (수학과제 유형)

Fig. 6 Power of EEG Signal due to Music Preference (Math Task Type)

그림 7은 음악선호도에 따른 실험의 결과를 수학과제의 유형을 따로 구분하지 않고, 오직 음악의 존재유무 및 음악선호도에 따른 파워를 비교한 결과이다.

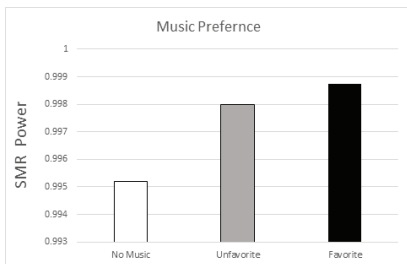


그림 7. 음악선호도에 의한 EEG 신호의 파워

Fig. 7 Power of EEG Signal due to Music Preference

음악선호도에 대한 실험인 그림 6과 7로 나타난 결과를 살펴보면, 우선 음악이 자극으로 제시되지 않은

경우보다는 선호도와 상관없이 음악자극이 제시된 경우의 뇌파 파워가 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있고, 청각자극으로 선호음악이 제시된 경우가 비선호음악이 제시된 경우보다 파워가 크게 나타나는 것 또한 확인할 수 있었다.

이와 같은 결과로부터 음악 청각자극이 있는 경우가 없는 경우보다, 음악 청각자극으로 비교하자면 선호음악의 경우가 비선호음악의 경우보다 피험자의 집중력을 높일 수 있었던 것으로 추정된다.

## V. 결 론

본 논문에서는 인간의 학습활동과 음악과의 관계를 정량적으로 관찰하고자 하는 차원에서 음악을 청각자극으로 제시함과 동시에 학습활동을 수행하는 피험자의 뇌파를 분석한 결과를 제시하였다. 이를 위해서는 청각자극의 유형도 음악성향에 따른 분류 및 개인선호도에 따른 분류에 따라 다르게 구성하여 제시하였고, 학습활동도 과제도 여러 가지 유형으로 구성하여 실험에 활용하였다. 또한 정량적인 결과를 보다 분명한 형태로 제시하기 위하여 분석할 뇌파의 성분 즉, 주파수 대역도 단일하게 선택하여 그 결과를 비교하였다.

본 논문에서의 실험결과를 정리하여 보면, 어떤 음악유형이나 선호도보다도 우선하는 것은 음악의 존재유무로 관찰되었다는 사실이다. 어떤 음악이라도 있는 경우가 없는 경우보다는 피험자의 두뇌활동이 활발해 보인다는 뇌파분석 결과가 확인되었기 때문이다. 다음으로는 음악유형에 따른 것인데, 수학과제에서나 암기과제에서나 진정성향의 음악이 자극성향의 음악보다는 뇌파성분의 파워가 크게 나타난 것이다. 여기서 음악의 유형이란 인간에 대한 것이 아니고 음악적 구조와 에너지 크기에 대한 것이므로 객관적인 요인이라고 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 인간의 개인적 선호를 반영해 보기 위하여 음악적 선호도에 따라 음악을 선택하여 청각자극으로 제시하는 실험도 수행하였다. 그 결과로는 선호음악이 제시된 경우가 비선호음악이 제시된 경우보다는 뇌파의 파워가 높게 관측되었다.

이와 같은 결과로부터, 인간의 뇌파성분의 파워가 높은 것이 인간의 두뇌활동을 활발하게 한다는 가정하에서는 음악이 인간의 학습활동에 긍정적인 요소가

될 수 있다고 추정할 수 있다. 우선 음악이 있는 경우의 두뇌활동이 활발한 면을 관측할 수 있었기 때문이다. 아울러 객관적 선택으로는 진정성향의 음악이 자극성향의 음악보다, 주관적 선택으로는 선호음악이 비선호음악보다는 두뇌활동에 도움이 될 수 있다고 추정할 수 있는 결과가 관측되었다.

따라서 본 논문에서는 수행한 뇌파 실험결과로부터 음악이 인간의 두뇌활동에 긍정적 요소로 작용할 수 있다는 한 단면을 정량적 데이터로 확인한 것으로 생각한다. 인간의 두뇌활동을 단순하게 판단할 수는 없기에 차후에도 음악과 학습활동에 관계된 다양한 형태의 뇌파실험으로 이에 관련된 또 다른 면을 정량적으로 확인하는 것이 필요하다고 생각된다. 음악과 학습활동과의 관계에 대한 데이터가 축적이 될수록 개인적 차는 있겠지만 보다 객관적으로 음악을 인간의 두뇌활동에 활용할 수 있는 방법이 개발될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의기술연구비 (2021년)에 의하여 연구되었음

References

[1] Y. Jung and Y. Jang, "Statistical Analysis of Brain Activity by Musical Stimulation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, Feb. 2021, pp. 89-94.

[2] J. Seong and S. Lee, "Deriving AI-Based E-Learning and Personalized Education Methods to Improve Efficient Class Satisfaction in the Post-Covid-19 Environment Using Statistical Techniques," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 6, Dec. 2022, pp. 1213-1220.

[3] M. A. Gregoire, "Music as prior condition to task performance," *J. of Music Therapy*, vol. 21, no. 3, 1984, pp. 133-145.

[4] S. Hong and H. Kim, "The Effects of Meditation Music Programs on Attention and Learning Attitudes among College Students," *J. of Educational Studies*, vol. 41, no. 1, Apr. 2010, pp. 27-44.

[5] M. Lee, "Study of Attention Difference on Music Beats," *Conf. of The Korean Entertainment Industry Association*, Chuncheon, Korea, Nov. 2015, pp. 55-58.

[6] G. Choi, "The Correlation between Listening to Classical Music and the Reading Comprehension of Korean Texts -Using Mozart as Background Music-," *J. of Korean Language and Literature Education*, vol. 36, no. 0, Dec. 2015, pp. 309-335.

[7] J. S. Jenkins, "The Mozart effect," *J. of the Royal Society of Medicine*, vol. 94, no. 4, 2001, pp. 170-172.

[8] K. Schulze and S. Koelsch, "Working memory for speech and music," *Annals of the New York Academy and Sciences*, vol. 1252, issue 1, 2012, pp. 229-236.

[9] M. Yamagishi, S. Takigami, M. Sakakibara, Y. Fujito, and K. Lukowiak, "The Yerkes - Dodson law and appropriate stimuli for conditioned taste aversion in *Lymnaea*," *J. of Experimental Biology*, vol. 218, issue 3, 2015, pp. 336-339.

[10] E. T. Gaston, *Music in therapy*. New York: Macmillan, 1968.

[11] M. K. Stein, M. S. Smith, M. A. Henningsen, and E. S. Silver, *Implementing Standards-Based Mathematics Instruction*. Virginia: Reston, 2000.

저자 소개



장윤석(Yun-Seok Jang)

1985년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1988년 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 일본 토호쿠대학교 대학원 전기 및 통신공학 전공 졸업(공학박사)  
 1996년~현재 부경대학교 전기공학과 교수  
 2001년~2002 일본산업종합기술연구소 초청연구원  
 2008년~2009 미국 Pennsylvania State University 방문교수  
 ※ 관심분야 : EEG Signal Processing