

# Difference EEG between prediction preference levels

J. H. Park<sup>1</sup>, T. Y. Yang<sup>2</sup>, S.-P. Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Nano Bio Chemical Engineering, Ulsan National Institutes of Science and Technology, Ulsan, Korea

<sup>2</sup>School of Design and Human Engineering, Ulsan National Institutes of Science and Technology, Ulsan, Korea

<sup>3</sup>Department of Human and Systems Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan, Korea

## Abstract

**Objective:** This study aims to investigate neurophysiological characteristics when people predict the preference of others using the minimum amount of information of others such as static face images. **Background:** For a successful social life, people need ability to predict preference of others. Many studies have shown that dorsal medial prefrontal cortex(DMPFC) and ventral medial prefrontal cortex (VMPFC) are activated when people predict the information of others. Our study intends to add neurophysiological evidence based on EEG to relate frontal cortical activity to the preference of static face images. **Method:** 20 female participants participated in the experiment (mean age= 21.86). 9 female facial images (age of 20's) were used as target pictures along with item pictures for food and movie poster. In every trial, each target picture appeared on the screen for 3 seconds followed by an item picture for another 3 seconds. EEG (Electroencephalogram) was recorded during the task session and preference was evaluated using a 4-point scale. Behavioral data of participants were categorized according to accuracy of preference. **Result:** Prediction of food preference did not result in statistically significant accuracy while prediction of movie preference showed significant accuracy. Event-related potential (ERP) analysis of EEG signals showed that high accuracy group revealed higher ERP amplitude than a low accuracy group at FP1 and FP2 channels ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** The ERP results showed that the DMPFC area, which is related with empathy ability, was more activated in a group with a better face preference ability.

Keywords: Preference prediction, Face image, EEG, ERP, DMPFC

## 1. Introduction

인간은 개인이 아닌 사회라는 울타리 속에서 살아가는 생물이기에, 성공적인 사회생활을 유지해 나가기 위해서는 다양한 사회적 능력이 필요하다. 사회생활을 위한 사회적 능력에는 성격, 성취기호, 선호와 같은 타인의 정보를 추측하는 능력이 포함되며, 이러한 타인의 정보를 예측하는 연구는 기존 연구들에서 활발하게 진행되어왔다 (Berry, 1991; Gosling et al, 2002; North et al, 2010; Rule et al, 2009; Freeman et al, 2010). 타인의 정보를 예측하는 방법에는 음성이나 얼굴 표정을 통하여 정보를 예측하는 방법을 사용해왔다(North et al. 2010, Simon et al 1999). 이 글에서는 사회적 능력 중 타인의 선호를 예측하는 연구에 초점을 맞추어 진행해보고자 하였다.

타인의 정보를 예측하는 것과 같은 사회적 상호작용을 진행할 때, 사람의 뇌 속에서는 외부 자극에 따라 행동과 인식 사이에 발생하는 폐쇄적 순환과정이 형성되며 이 순환과정 속에서 정보를 관찰, 통합, 평가, 표현하는 기능을 수행한다 (Rita et al 2009). 이중 타인의 정보를 예측하는 활동에는 관찰, 평가 기능과 연관을 갖고 있으며, 이러한 활동을 진행할 때 공감 능력과 연관이 있는 DMPFC(Dorsal medial Prefrontal cortex)부분이나 VMPFC(ventral medial prefrontal cortex) 부분에서 주로 활성을 보인다는 결과를 보여주고 있다 (Amodio et al, 2006; Jenkins et al, 2010; Lieberman, 2007; Mitchell et al, 2005; Rebecca saxe, 2006). 따라서 이 글에서는 EEG(Electroencephalogram) 장비를 이용하여 신경학적 신호를 획득하기 용이한 DMPFC지역에 초점을 맞추어 진행해보았다.

## 2. Methods

### 2.1 Stimulus selection

자극물은 기존 다른 논문에서 타인의 선호를 추정하는데 사용한 자극물을 이용하여 진행하였다(Kang et al 2013). 자극물 선정의 경우 크게 선호예측을 진행할 타겟과 예측대상 이렇게 두 가지로 나누어 진행하였다.

타겟의 경우 총 56명(평균연령22.78세)의 약하게 미소를 띄고 있는 사진을 이용하여 사진을 선정하였다. 이때 선정기준으로 4점 척도(1, strongly dislike; 2, dislike; 3, like; 4, strongly like)를 이용하여 실험하였을 때 외모적 다양성이 높으며 선호가 불분명한 사진을 중심으로 선정하였다.

예측 대상의 경우 영화포스터, 책, 가방, 신발, 음식 이렇게 5가지의 항목 각각 40개의 사진을 4점 척도(1, strongly dislike; 2, dislike; 3, like; 4, strongly like)를 이용하여 평가하게 하였다. 선정기준으로는 다양성이 높은 10개의 사진을 각각 항목별로 선정하였으며 실험을 진행하기 전에 4점 척도(1, never known before; 2, know the name; 3, have not seen/read it but know the contents; 4)를 이용하여 모두 예측대상을 읽거나 본 적 있는 경우에만 평가하게 하였다.

최종적으로 9개의 타겟 사진과 각각 10개의 영화포스터와 음식사진이 선정되었다.

### 2.2 Participant

실험을 위하여 총 20명의 여성 피실험자를 모집하였다. (평균연령21.86세). 피실험자는 모두 정신질환병력이나 관련 약물복용경험이 없고 장시간 몸을 움직이지 않아도 이상이 없으며 예측대상물(영화,음식)에 대해 모두 숙지를 하고 있는 피실험자를 대상으로 선정하였다. 각 피실험자는 2만원의 금액을 보상으로 지급받았다.

### 2.3 Experiment setting

실험장비의 경우 EEG 장비를 이용하여 측정하였다. 국제기준인 10-20시스템에 의거한 총 19개의 채널을 이용하여 측정하였으며 1개의 전극을 우측 귀 뒤 부분에서 신호를 측정하여 기준 채널로 사용하였다. 피실험자는 양팔거치대가 존재하는 의자에서 편한 상태의 자세로 실험을 진행하였다.

### 2.4 EEG experiment

실험은 20명의 피실험자들이 사전조사에서 선정된 영화와 음식이라는 예측대상-타겟 쌍들을 대상으로 선호

를 예측하는 과제를 수행하였다. 총 200번의 시행의 선호예측과제를 시행하였으며 이 실험과정 중 타겟들의 선호를 예측하는 "타겟 선호" 조건 외에 자신의 선호를 보고하는 "자신선호"조건과 일반적인 대중의 선호를 보고하는 "대중선호"조건을 추가하여 통제조건으로 사용하였다.

각각의 시행에서 선호예측을 수행하기 전에 피실험자가 집중할 수 있는 환경을 조성하기 위하여 2~4초의 시간을 무작위로 제공되었으며 이때 화면에 검은색 십자가가 정 중앙에 배치되었다. 시행에 들어가면 타겟 사진이 3초 동안 제시되고 그 후 예측대상에 피실험자가 4점 척도 (1, 매우 싫다; 2,조금 싫다; 3, 조금 좋다; 4, 매우 좋다)로 응답할 때까지 최대 3초 동안 제시되었다. 응답의 경우 키보드의 D, F, J, K 버튼을 이용하여 응답을 실시하도록 하였다.

### 2.5 Analyzed method

피실험자의 응답결과를 확인하기 위하여 각 피실험자의 응답정확도를 측정하였다. 응답정확도의 경우 매우 싫다 와 조금 싫다는 비 선호, 조금 좋다 와 매우 좋다는 선호로 분류하여 확인하였다. 분류한 응답의 유의미성을 파악하기 위하여 각 피실험자의 응답을 무작위로 섞은 1000개의 무작위적 표본을 가지고 통계적으로 의미를 가지고 있는지 확인하였다 ( $p < 0.05$ ).

실험을 통해 획득한 EEG신호는 피험자를 예측정확도가 높은 그룹과 낮은 그룹으로 나누어 예측에 성공한 경우와 실패한 경우의 ERP(Event-related potential)을 비교하였다. ERP분석을 위하여 타겟이 등장한 시점을 기준으로 1초 전 시점부터 4초 후 시점까지의 신호를 이용하였으며 -1~0초까지의 신호를 신호의 기준으로 이용하였다.

## 3. Results

### 3.1 Behavior result

피실험자의 총 20명의 피실험자의 응답의 경우 영화에서 평균56.89%가 나타났고 음식에서 평균63.67%의 응답 정확도를 보였다(Table1).

Category	Average	Maximum	Minimum
Movie	56.89%	61.11%	51.11%
Food	63.67%	76.67%	47.78%
Total	60.28%	76.67%	47.78%

Table1. Accuracy of preference prediction and chance level according to each participants.

피실험자의 응답의 통계적으로 유의미한 기준은 영화

와 음식 항목이 서로 다른 경향성을 보였다. 영화의 경우 비교적 일정한 기준을 갖는 반면 음식의 경우 매우 변동하는 경향성을 확인할 수 있었다. 이 결과는 음식의 경우 편향되어있는 정답 비율을 가지고 있기 때문에 피실험자의 선호응답비율에 따라서 다른 기준을 갖고 있는 것을 확인할 수 있었다 (Figure 1). 음식의 평균 유의미한 기준은 62%로 나타났고 영화의 경우 50%로 나타났다.

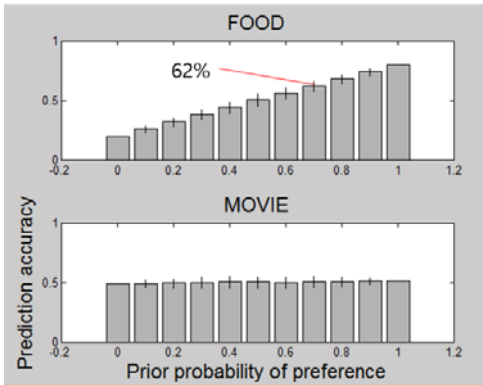


Figure1. Relation between answer rate and chance level.

피실험자를 예측정확도가 높은 그룹과 낮은 그룹으로 분류하기 위하여 각 피실험자의 응답정확도와 통계적 기준( $P < 0.05$ )을 비교해보았다. 그 결과 음식의 경우 3번 피실험자를 제외한 모든 피실험자에서 유의미한 결과를 보이지 못하였다. 영화의 경우 1, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 14, 17, 20번 피실험자가 통계적 기준보다 높은 값을 보였다 (Figure 2). 이 결과에 맞추어 통계적 기준보다 높은 선호예측정확도를 갖는 피실험자를 예측정확도가 높은 그룹, 통계적 기준보다 낮은 선호예측정확도를 갖는 피실험자를 예측정확도가 낮은 그룹으로 분류하여 영화항목만을 이용하여 분석하였다.

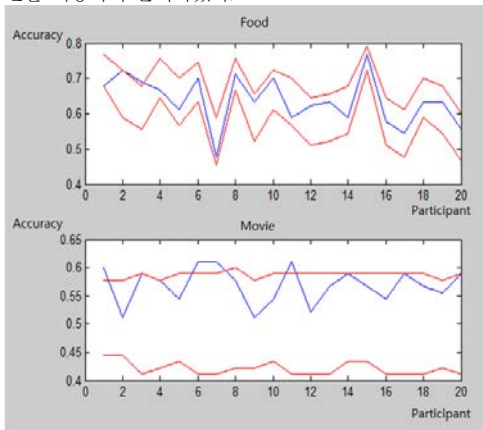


Figure2. Accuracy of preference prediction and chance level according to each participants.

### 3.2 EEG result

선호예측정확도와 관계없이 선호예측에 실패한 경우 타겟 등장 후 1초 후 부근의 FP1, FP2, Fz지역에서 모두 기준점보다 감소 후 증가하는 경향성을 보였다 (Fz,  $p=0.0471$ ). 또한 선호예측정확도가 높은 그룹에서 FP1, FP2 지역을 확인하였을 때 선호예측의 성공한 경우 보다 실패한 경우에 더 많이 증가하는 경향성이 보였다 (FP1,  $p=0.0373$ ; FP2,  $p=0.0167$ ). 그리고 선호예측을 성공한 경우 선호예측정확도와 높은 그룹과 낮은 그룹이 유의미하게 차이를 (FP1,  $p=0.0432$ ; FP2,  $p=0.0353$ ) 보였다 (Figure 3,4).

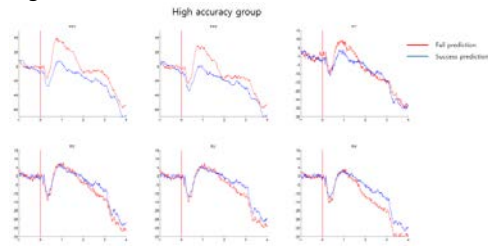


Figure3. ERP result of high accuracy group.

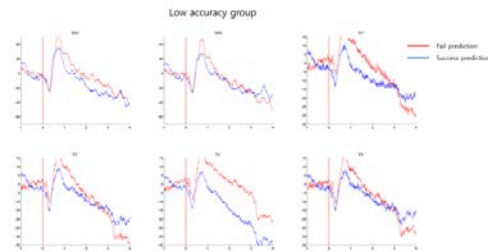


Figure4. ERP result of low accuracy group.

## 4. Conclusions

이 글에서는 타인의 얼굴 사진만을 이용하여 타인의 선호예측을 수행할 때 예측 정확도에 따라 나타나는 전두엽 부근 활동의 특성을 EEG 장비를 이용하여 확인해보았다. 그 결과 공감능력과 연관이 있는 DMPFC 지역에 해당하는 FP1, FP2, Fz지역에서 예측 정확도가 낮은 그룹과 예측을 실패하였을 때 더 높은 ERP peak크기를 확인할 수 있었다. 이 결과를 통하여 타인의 선호예측이 어려운 상황에서 공감능력과 연관이 있는 DMPFC 지역이 활성화됨을 확인할 수 있었다.

## Acknowledgements

We would like to thank Hack-Jin Kim and Pyung-Won Kang for sharing study data and providing insightful comments. This research was supported by the Mid-career Researcher program (NRF-2012R1A2A2A04047239) through the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning

## References

1. Amodio, D. M. and Frith, C. D. "Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition." *Nat.Rev. Neurosci.* 7, 268–277. doi:10.1038/nm1884, 2006
2. Berry, D. S. "Accuracy in social perception: contributions of facial and vocal information." *J. Pers.Soc.Psychol.* 61, 298. doi:10.1037/0022-3514.61.2.298, 1991
3. Freeman, J. B., Schiller, D., Rule, N. O., and Ambady, N., "The neural origins of superficial and individuated judgments about ingroup and outgroup members." *Hum.BrainMapp.* 31, 150–159. doi:10.1002/hbm.20852, 2010
4. Gosling, S. D., Ko, S. J., Mannarelli, T. and Morris, M. E. "A room with a cue: personality judgments based on offices and bedrooms." *J.Pers.Soc.Psychol.* 82, 379. doi:10.1037/0022-3514.82.3.379, 2002
5. Jenkins, A. C. and Mitchell, J. P., "Mentalizing under uncertainty: dissociated neural responses to ambiguous and unambiguous mental state inferences." *Cereb.Cortex* 20, 404–410. doi:10.1093/cercor/bhp109, 2010
6. Kang P, Lee J, Sul S, Kim H "Dorsomedial prefrontal cortex activity predicts the accuracy in estimating others' preferences." *Front Hum Neurosci.* 2013 Nov 26;7:686. doi: 10.3389/fnhum.2013.00686. eCollection, 2013
7. Lieberman, M. D. "Social cognitive neuroscience: a review of core processes." *Annu.Rev.Psychol.* 58, 259–289. doi:10.1146/annurevpsych.58.110405.085654, 2007
8. Mitchell, J. P. NeilMacrae, C. and Banaji, M. R, "Forming impressions of people versus inanimate objects: social-cognitive processing in the medial prefrontal cortex." *Neuroimage* 26, 251–257. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.01.031, 2005
9. North, M. S., Todorov, A., and Osherson, D. N, "Inferring the preferences of others from spontaneous, low-emotional facial expressions." *J. Exp.Soc.Psychol.* 46, 1109–1113. doi:10.1016/j.jesp.2010.05.021, 2010
10. Saxe R., "Uniquely human social cognition" , *Current opinion in neurobiology*, 2006
11. RITTA H. AND MIAMAARIA V. K. "Brain Basis of Human Social Interaction: From Concepts to Brain Imaging", *Physiol Rev.* 2009 Apr;89(2):453-79. doi: 10.1152/physrev.00041, 2007
12. Rule, N. O, Ambady, N. and Hallett, K. C "Female sexual orientation is perceived accurately, rapidly, and automatically from the face and its features." *J. Exp.Soc.Psychol.* 45, 1245–1251. doi: 10.1016/j.jesp, 2009
13. Simon B. C, Howard A. R, Sally W, Edward T. B, Mick J. B, Andrew S. and Steve C. R. W, "Social intelligence in the normal and autistic brain: an f-MRI study" *European Journal of Neuroscience*, Vol. 11, pp. 1891±1898, 1999

메모 [Sk1]: 영문이름 확인 바람

메모 [Sk2]: 참고문헌 포맷이 일관성이 없는데 잘 정리해서 수정하기 바란다.

## Author listings

**Jong Hyeok Park:** chaos@unist.ac.kr

**Highest degree:** Bachelor, Department of Nano Bio Chemistry Engineering

**Position title:** student, School of Nano Bio Chemistry Engineering

**Areas of interest:** Brain-computer interfaces, Hyper scanning, Treatment of psychiatric disorder

**Tae-Yang Yang:** tyyang@unist.ac.kr

**Highest degree:** Bachelor, Department of Design and Human engineering, UNIST, 2011 - present

**Position title:** Student, School of Design and Human Engineering, UNIST

**Areas of interest:** Brain-Computer Interfaces, Neuromarketing, Cognitive Engineering, Human Computer Interaction, Psychology

**Sung-Phil Kim:** spkim@unist.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Electronic and computer engineering, University of Florida

**Position title:** Assistant Professor, School of Design and Human Engineering, UNIST

**Areas of interest:** Brain-Computer Interfaces, Neural Decoding, Behavior Learning Model, Social Cognitive Engineering