

뇌파측정기술(EEG)에 기초한 멀티미디어 자료의 주제 적합성에 관한 연구

Understanding Topical Relevance of Multimedia based on EEG Techniques

김 현 희 (Hyun-Hee Kim)*

김 용 호 (Yong-Ho Kim)**

목 차

- | | |
|---------------|-----------------------|
| 1. 서 론 | 4. 실험 결과 분석 |
| 2. 관련 연구 | 4.1 비디오 쇼트의 신호잡음비 측정 |
| 2.1 주제 적합성 | 4.2 단순 모형의 연구가설 검증 결과 |
| 2.2 EEG/ERP | 4.3 복합 모형의 연구가설 검증 결과 |
| 3. 연구 설계 | 5. 논의와 결론 |
| 3.1 연구 모형과 가설 | 5.1 논 의 |
| 3.2 실험 재료와 절차 | 5.2 결 론 |
| 3.3 뇌파 측정과 분석 | |

초 록

본 연구는 뇌파측정기술(EEG/ERP)을 적용하여 멀티미디어 자료의 주제 적합성의 단순 모형과 복합 모형을 제안하였다. 즉, 단순 탐색을 처리할 때의 주제 적합성 판단 과정은 단순 모형으로 기술하고, 복합 탐색을 처리할 때의 주제 적합성 판단 과정은 복합 모형으로 설명한다. 단순 모형은 이미지의 의미 분석을 기술하는 N300과 작업 분류에 대한 판단을 할 때 발생하는 P3b 요소들을 이용하였다. 한편 복합 모형은 이미지 기반 표현과 개념적 표현을 하나의 문맥으로 통합시킬 때 나타나는 N400과 복잡한 인지 과정을 기술하는 P600 요소들을 이용하였다. 제안된 적합성 모형들은 EEG 측정 정보에 기초한 멀티미디어 정보시스템의 상호 작용 인터페이스 설계의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각한다.

ABSTRACT

This study proposed two topical relevance models, simple and complex models, using EEG/ERP techniques. In the simple model regarding simple search tasks, N300 and P3b components are used. The N300 is specific to the semantic processing of pictures and the P3b reflects mechanisms involved in the decision about whether an external stimulus matches or does not match an internal representation of a specific category. In the complex model regarding complex search tasks, on the other hand, N400 and P600 components are used. The N400 reflects activation of an amodal system that integrates both image-based and conceptual representations into a context, whereas the P600 is related to complex cognitive processes. Our research results can be used as a source to design an EEG-based interactive multimedia system.

키워드: 뇌파측정기술, 사진관련유발전위, 주제 적합성 단순 모형, 주제 적합성 복합 모형, 비디오, 적합성 EEG, ERP, Simple Topical-relevance Model, Complex Topical-relevance Model, Video, Relevance

* 명지대학교 문헌정보학과 교수(kimhh@mju.ac.kr) (제1저자)

** 부경대학교 신문방송학과 교수(kimyho@pknu.ac.kr) (교신저자)

논문접수일자: 2016년 7월 25일 최초심사일자: 2016년 7월 25일 게재확정일자: 2016년 8월 18일
한국문헌정보학회지, 50(3): 361-381, 2016. [http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2016.50.3.361]

1. 서론

정보 검색의 목표는 이용자 정보 요구와 일치하는 텍스트, 이미지, 사운드 및 비디오의 검색이므로 적합성 개념과 이용자의 적합성 판단은 정보검색의 이론과 연구의 핵심적인 개념으로 볼 수 있다. 적합성은 주제 적합성, 인지 적합성, 상황 적합성, 정서 적합성, 시스템 적합성으로 구분된다(Saracevic 1996). 적합성에 관한 연구는 시스템 중심 영역에서 이용자 중심의 관점을 이해하고 모형화하는 것으로 발전하였다(Cosijn and Ingwersen 2000; Mizzaro 1997; Saracevic 2007; Choi and Rasmussen 2002). 이용자 중심의 관점에서 보면 적합성 판단은 검색된 자료가 하나의 자극이 되어 이용자 지식과 정보 요구를 변경할 수 있는 인지 과정으로 볼 수 있다.

Huang과 Soergel(2006)은 주제 적합성을 발견하는 것은 단순히 의미 매칭 또는 단어 매칭만을 의미하지 않고 현재 정보가 이용자가 관심을 두는 결론을 이끌어내기 위한 증거로 충분한지를 결정하는 것으로 보았고, 이러한 관점에서 볼 때 주제 적합성은 주관적인 이용자 판단으로 볼 수 있다(Chen and Xu 2005). 적합성이 인지와 관련된다는 주장이 제기된 이후 적합성은 이용자의 인지적인 측면에서 연구되어 오고 있다(Harter 1992; Tang and Solomon 1998). 최근 이러한 흐름은 신경과학적 연구 방법인 뇌파측정기술(electroencephalography, 이하, EEG)의 사건관련유발전위(Event Related Potentials, 이하, ERP)를 이용하여 주제 적합성 판단 과정을 이해하려는 시도로 이어지고 있다(Koelstra et al. 2009; Eugster et al. 2014;

Allegretti et al. 2015; Mostafa and Gwizdzka 2016).

주제 적합성은 다양한 관점에서 연구되어 오고 있지만 아직까지도 주제 적합성 판단 과정이 체계적으로 기술되지 못하고 있다. 이는 주제 적합성 판단은 탐색 업무의 유형을 포함한 여러 가지 요인들에 의해서 영향을 받는 인지적, 역동적 과정이기 때문으로 생각한다.

본 연구는 탐색 업무를 단순 탐색 및 복합 탐색 업무로 구분한다(Komaki et al. 2012). 단순 탐색 업무는 탐색을 하기 전에 찾고자 하는 주제가 명확하게 정의되어 있고 탐색을 할 때는 그 주제와 일치하는 자료를 찾아내는 작업으로 사실 조사(fact-finding)와 같이 질의와 검색 결과를 체크하여 답을 얻을 수 있는 업무로 구분한다(Singer, Danilov and Norbistrath 2013). 이에 반하여 복합 탐색 업무는 탐색을 하기 전에 찾고자 하는 주제가 명확하게 정의되어 있지 않는 상태이며 일종의 학습 과정처럼 탐색을 진행해 가면서 주제가 명확해지고 이에 따라 적합성 판단을 수행하는 작업으로 정의하였다. 복합 탐색 업무는 탐색적 자료 찾기(exploratory search)와 같이 많은 자료들 훑어보기, 다양한 정보원으로부터 정보를 편집하기 등을 요구하는 여러 단계 과정을 거쳐서 수행되는 업무로, 집합, 발견 및 통합으로 세분될 수 있다(Singer, Danilov and Norbistrath 2012).

본 연구는 탐색 업무의 유형에 따라서 달라질 수 있는 주제 적합성 판단이 우리 뇌에서 어떻게 그리고 언제 수행되는지 조사하기 위해서 EEG 기술을 적용하고자 한다. 즉, 단순 탐색을 처리할 때 나타나는 주제 적합성 판단 과정은 주제 적합성의 단순 모형을 제안하여 설명하고,

복합 탐색을 처리할 때 나타나는 주제 적합성 판단 과정은 복합 모형을 제안하여 설명하고자 한다. 멀티미디어 자료가 차지하는 비중이 빠른 속도로 증가하고 있어 앞으로 핵심 정보원이 될 비디오와 이미지 자료를 실험 자료로 활용한다. 본 연구 결과는 EEG 측정 정보에 기초한 멀티미디어 정보시스템의 상호 작용 인터페이스 설계를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 키프레임을 자동으로 추출하는 알고리즘 구성에도 적용될 수 있을 것이다.

2. 관련 연구

2.1 주제 적합성

Koelstra et al.(2009)은 EEG/ERP를 측정하는 BIOSEMI 시스템을 활용하여 태그를 자동으로 부여하는 방안을 제안하였다. 이들은 49개의 짧은 동영상 비디오들을 17명의 피험자들에게 10초 이내에 두 번 보여준 후 보여준 동영상의 주제와 관련된 또는 무관한 태그를 각각 제시하고 적합한 태그인지 아닌지를 선택하도록 하였다. 이들은 제시된 태그가 비디오 주제와 불일치할 때에 N400 요인이 발생한다고 가정하였다.

이들은 적합 및 부적합 태그의 자극 후 생기는 EEG 뇌파간에 통계적인 유의미한 차이가 있는지 반복측정 분산분석을 수행하였다. 분석 결과, N400에서 32개 채널 중에서 유의수준 0.01에서 유의미한 차이가 있는 채널들이 있는 영역에는 좌측 중앙엽과 중간 중앙엽(C4, $p = 0.009$; Cz, $p = 0.004$), 좌우측 중앙-두정엽

(CP1, $p=0.001$; CP2, $p=0.000$), 중간 두정엽(Pz, $p=0.000$) 그리고 좌측 두정-후두엽(PO3, $p=0.007$)이 있다.

Moshfeghi et al.(2013)은 주제 적합성 연구를 위해서 fMRI를 이용하였다. 20~30대 18명의 피험자들을 대상으로 실험을 진행하였다. 네 개의 탐색 과제(Fortis 은행 로고, 올림픽 성화 봉, 오바마와 힐러리 클린턴, & 영국 황실 가족)가 주어지고 각 탐색과제에 대해서 적합 이미지들과 부적합 이미지들을 무작위로 보여준 후 주어진 이미지가 적합한지 아닌지 버튼을 이용하여 선택하도록 하였다.

이들의 연구 결과, 적합 이미지의 경우는 부적합 이미지의 경우보다 우측에 있는 전두엽, 두정엽 및 측두엽의 세 영역이 더 활성화되는 것으로 나타났다. 그러나 이들은 사람들이 어떤 것에 집중할 때 전두엽-두정엽 네트워크가 활성화되기 때문에(Corbetta and Shulman 2002), 연구 결과로 나타난 세 영역에서의 활성화가 적합한 이미지에 좀 더 집중했기 때문인지 아니면 적합성 판단 때문인지에 대한 답은 유보해 두었다. 한편 Eugster et al.(2014)은 32개 채널의 EEG 장치를 이용하여 40명의 피험자들을 대상으로 텍스트 정보를 제시하고 주어진 주제에 적합한지 또는 아닌지를 판단하도록 하였다. 이들은 450~800ms 구간에서 우측 및 중간 중앙엽(C4, Cz)과 우측 및 중간 두정엽(P4, Pz) 영역에서 적합 정보와 부적합 정보간에 유의한 차이를 발견하였다. 이들은 기억 관련 효과에 영향을 미치는 P3b 요소가 적합성 판단에 관여한다고 주장하고 있다.

Allegretti et al.(2015)은 적합성 판단이 어느 시점에서 일어나는지 파악해 보기 위해서

64개의 EEG 채널을 이용하여 피험자들에게 먼저 주제를 알려준 후 이미지를 보여주고 제시한 이미지가 주제에 적합한지 여부를 선택하도록 하여 측정하였다. 이들은 0~800ms 시간대를 측정한 뇌파 데이터를 구간별(예, 300~500ms, 500~800ms)로 구분하여 분석해 보았다. 분석 결과, 보여준 이미지의 주제 적합도(적합과 비적합)에 따라서 구간별로 뇌 영역들간의 활성화 차이가 유의미하게 나타났다. 예를 들어서, 180~300ms 구간에서 적합 이미지가 비적합 이미지에 비해서 전두엽 영역이 더 활성화되었다. 300~500ms 구간에서는 적합 이미지에서 중앙엽과 중앙-두정엽 영역들이 더 활성화되었고, 500~800ms 구간에서도 적합 이미지에서 중앙엽 영역이 더 활성화되었다. 이들은 미디어 유형(예, 텍스트 용어 또는 이미지)에 관계없이 800ms 근처에서 적합성 판단을 한다고 제안하였다.

김현희(2015)는 17명의 피험자들과 40개의 EEG 채널을 이용하여 비디오 키프레임들을 자동으로 추출할 수 있는 방안을 제안하였다. 이 연구는 비디오 주제에 적합한 이미지와 비적합한 이미지를 구분하는 중요한 두 가지 기준으로 P3b에서 두정엽에 위치한 P7의 양전위 최고값과 전두두엽에 위치한 FP2의 음전위 최저값의 잠재기를 제안하였고, 이 기준들을 판별 분석에 적용해 적합 및 비적합 프레임들을 분류할 수 있었다.

종합해 보면, 적합성 판단은 뇌의 전두엽, 중앙엽, 두정엽 및 측두엽에 걸친 넓은 범위에서 관여하고 자극 제시 후 500ms 전후에서 나타날 것으로 예측하고 있다. 본 연구에서는 단순 주제 적합성 판단과 복합 주제 적합성 판단이

뇌가 활성화되는 뇌영역과 잠재기에서 차이가 있는 서로 다른 패턴을 나타낼 것으로 가정하고 이를 검증해 보고자 한다.

2.2 EEG/ERP

2.2.1 P3b 요소

P3b가 어떤 인지과정을 반영하는지 기술하는 이론들을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 P3b(또는 P300)가 이벤트 분류와 문맥 갱신의 인지적 과정과 연결되어 있다는 주장이 있다(Verleger 1988; Kok 2001; Donchin and Coles 1988). 구체적으로 Donchin(1981) 그리고 Donchin과 Coles(1988)는 문맥 갱신 모형을 제안하였다. 이들의 모형에서 P3b 요소는 작업-관련, 주관적으로 예측하지 않은 이벤트에 대응하여 작업 기억을 갱신할 때 발생한다고 가정한다.

Verleger(1988)는 P3b는 기대하지 않은 이벤트보다는 기대한 목표 이벤트에 의해서 발생하며, 작업-관련 카테고리에 속한 자극에 대한 판단을 할 때 발생한다고 하였다. 이어서 Verleger, Japkowski와 Wascher(2005)는 P3b는 지각 처리(자극)와 반응 간의 중재 기능을 의미하는 결정 과정과 관련되어 있다고 주장하였다. 유사하게, Kok(2001)은 지각, 주목(attention) 및 작업기억의 공동 운영에 의해서 통제되는 작업 관련 또는 중요한 이벤트의 분류와 관련된 인지 능력을 나타낸다고 주장하고 있다.

한편 Polich(2007)는 P3b 요소는 두정엽 영역을 활성화시킨다고 하였다. West와 Holcomb(2002)는 하나의 이야기를 나타내는 이미지들을 보여준 후 마지막 장면은 이야기의 문맥과 맞거나 또는 맞지 않는 장면을 보여주는 실험을

수행하였다. 이들은 마지막 장면이 이야기의 문맥과 맞을 때에는 약한 N300과 뒤이어 진폭이 큰 P300을 나타냈고, 마지막 장면이 이야기의 문맥과 맞지 않을 때에는 앞의 경우보다 진폭이 큰 N300과 N400을 연속해서 나타낸 후 이어서 길면서 느린 P300 요소를 나타냈다고 보고하였다.

위의 선행 연구들을 정리하면 P3b 요소는 자극을 확인하고 이 자극을 특정 카테고리에 대한 내부의 표현과 일치시키기 위한 과정을 통합할 때 나타나는 것으로 보여진다.

2.2.2 N400/N300 요소와 P600 요소

N400은 의미처리과정을 반영한다고 알려진 요소로 보통 이미 제시한 단어와 의미상 어울리지 않는 단어가 제시된 후 300~500ms에서 관찰되는 부정적 반응이다(Kutas and Hillyard 1980; 박명관, 나운주 2012). P600은 통사처리과정을 반영한다고 알려진 요소로 자극이 제시된 후 500~800msec에서 관찰되는 양적 반응이다. 이와 같이 P600은 문장의 비문법적인 구성을 재분석하거나 정정할 때 발생한다고 알려져 있으나(Friederici 1995; Osterhout and Holcomb 1992; 박명관, 나운주 2012), 의미적 모순에 의해서도 발생한다고 보고되고 있다(Van de Meerendonk et al. 2010). 또한 의미적으로 모순이 있는 문장이라도 적절한 맥락이 주어져서 단일 형태통사적 수정을 통해서 의미가 정상적으로 회복될 수 있는 구문의 경우 N400이 아닌 P600 효과만을 가져 온다고 알려지고 있다(Kim and Sikos 2011; Kuperberg et al. 2007).

P600 요소가 문장의 복잡성과 관계한다는 연구들이 계속 발표되고 있다(being Graben, Gerth,

Sabrina and Shravan 2008; Kaan and Swaab 2003). Kaan과 Swaab(2003)은 문법적 처리 과정의 어려움이 있는 경우에는 뇌의 뒤쪽이 활성화되는 posterior P600 요소가 발생하며, 애매성 해소나 담화 수준의 복잡성의 높아지면 뇌의 앞쪽이 활성화되는 frontal P600 요소가 발생한다고 주장하였다. 이와 유사하게, beim Graben et al.(2008)은 문장의 내용이 명확하지 않고 애매할 때 P600 효과가 나타난다고 주장하였다. 최근에는 Mehravari et al.(2015)은 형태론적 복잡성과 비문법적인 구성이 P600에 어떤 효과를 가져오는지 조사하였다. 그들은 형태론적 복잡성이 단독으로 P600 효과를 발생시키지 않았으나 비문법적인 자극이 형태론적으로 간단한 경우 보다 복잡한 경우에서 P600 전위값이 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다.

N400과 P600 효과들은 이야기를 전달하는 그림들을 순차적으로 제시하는 경우에도 관찰되었다. 단어를 주로 다루는 언어학 연구에서 N400 요소는 중앙엽과 두정엽에 나타나는 경향이 있으나, 이미지 연구에서는 약간 빨라지는 N300(200~400ms) 경향을 보이며, 전극의 활성화 범위도 앞쪽으로 이동하여 전두엽 영역에서 나타난다고 보고하고 있다(McPherson and Holcomb 1999; Barrett and Rugg 1990; West and Holcomb 2002).

West와 Holcomb(2002)는 간단한 이미지 자극을 보여주는 대신 하나의 이야기를 나타내는 이미지들을 연속해서 보여준 후 마지막 장면은 앞의 이야기 문맥과 맞는 이미지 또는 전혀 맞지 않는 이미지를 보여주면서 그 차이를 조사해 보았다. 실험 결과 마지막 이미지가 앞의 스토리의 의미와 맞지 않는 경우 N300과 N400

요소들을 모두 나타냈다. 이들은 N300 요소는 이미지 기반의 표현을 활성화시키는 것과 관련 되는 것으로 언어 이외의 자극(예, 이미지)의 의미 분석과 관련되며 언어적 중재와는 관련이 없어 보인다고 하였다. 한편 N400 요소는 이미지 기반 표현과 개념적 표현을 하나의 문맥으로 통합시킬 때 나타나는 요소라고 제안하였다.

Maillard et al.(2011)은 N400과 P600을 포함한 여러 요소들을 이용하여 피험자들에게 추상적 이미지들을 보여 준 후 보여준 이미지와 이전에 보여준 적이 없는 이미지들을 무작위로 제시하고 각 이미지가 전에 본 적이 있는지 여부를 선택하도록 하였다. N400 요소에서는 전에 본 적이 없는 이미지를 볼 때가 본 적이 있는 이미지를 볼 때 보다 우 전측두엽 및 좌우 전두-중양엽 영역에서 음전위값이 더 낮게 나타났다. 한편 P600 요소에서는 전에 본 적이 있는 이미지를 볼 때가 본 적이 없는 이미지를 볼 때 보다 좌우 전측두엽 및 좌우 전두-중양엽 영역에서 양전위값이 더 높게 나타났다.

위의 연구 결과들을 정리하면 N400은 주어진 자극으로부터 얻어진 정보와 단기 기억 또는 장기 기억으로부터의 정보가 서로 결합하여 현재 문맥에서 이용가능한 정보로부터 의미를 만들어내는 과정으로 정의될 수 있다(Federmeier and Laszlo 2009; Kutas and Federmeier 2011). 한편 N300 요소는 언어 이외의 자극의 의미 분석과 관련된다고 볼 수 있다. P600은 주제 파악과 같은 인지적 부담을 처리하는 과정과 연관되어 있는 것으로 보인다. 이러한 선행 연구 결과들을 반영하여 본 연구에서 제안할 주제 적합성의 단순 모형에서는 적합성 판단이 빠르게 이루어질 것으로 가정하여 N300 요소와 이벤

트 분류에 적합한 P3b 요소를 적용한다. 한편 복합 모형에서는 이미지 기반 표현과 개념적 표현을 하나의 문맥으로 통합시키는 역동적인 과정을 기술할 수 있는 N400 요소와 복잡한 인지적 과정을 표현할 수 있는 P600 요소를 이용한다.

3. 연구 설계

3.1 연구 모형과 가설

주제 적합성 판단의 단순 모형은 탐색을 시작한 시점에서 주제가 이미 명확하게 정의되어 있고 탐색을 할 때 그 주제와 일치하는 자료를 찾아가는 과정을 기술한다. 복합 모형은 탐색을 하기 전에 찾고자 하는 주제가 명확하게 정의되어 있지 않는 상태이고 집합, 발견 및 통합 단계에 의하여 진행되는 탐색 작업 동안 주제가 명확해지고 이에 따른 적합성 판단 과정을 기술한다.

3.1.1 단순 모형

단순 모형은 비디오를 시청한 후 각 비디오에서 추출한 프레임을 무작위로 보여주면서 제시된 프레임이 비디오의 주제를 어느 정도 나타내는지 평가하여 분류하도록 하는 상황을 이용하여 표현하고자 한다. 단순 모형에서 주어진 주제 적합성 판단의 대상은 이미지와 주제 간 관계가 직접적이다. 고정된 주제를 T라 하고, 주어진 이미지들을 I_1, I_2, I_3 라 하면, 이들 간의 직접적 관계를 나타내는 단순 모형의 주제 적합성 벡터는 $[W_1, W_2, \dots, W_n]$ 로 표현된다.

이미지를 주제 적합 이미지와 주제 비적합 이미지로 구분하면 이 벡터는 다시 주제 적합 이미지 벡터와 주제 비적합 이미지 벡터로 나누어진다. 주제가 고정적이고, 이미지와 영상물 주제의 관계가 직접적이면, 주제 적합성 판단은 빠르게 이루어지므로 ERP 반응은 N300의 시간대에서 이루어진다고 가정할 수 있다.

하지만, 실험 이미지의 주제적합성과 관련하여 관련문헌들은 각기 달리 예측한다. 즉, West와 Holcomb(2002)의 실험에서 앞의 스토리와 의미적으로 일치하는 이미지보다는 일치하지 않는 이미지의 경우 N300 요소는 이미지 기반의 표현을 활성화시키는 것일 뿐 언어적 중재와는 관련이 없어 보이며, 이미지 기반 표현과 개념적 표현을 하나의 문맥으로 통합시킬 때 나타나는 전통적 N400 효과와 구분했다. 이에 비하여, McPherson과 Holcomb(1999), Barrett와 Rugg(1990)는 단어 위주의 언어학 연구에서 흔히 관찰되는 N400 요소는 이미지 연구에서는 약간 빨라져서 N300(200~400ms)으로 대체되는 경향을 보인다고 보고하였다. 따라서, 주제적합 이미지에 대한 N300 요소를 전통적 언어 자극에 대한 N400을 대체하는 것으로 볼 것인가, 아니면 언어적 관여나 의미통합과는 무관하게 순수하게 이미지 자극에 대한 별도의 반응인가를 두고 견해가 상반된다고 할 것이다. 여기서는 단순 모형과 복합 모형의 성격 차이를 제시된 자극과 주제의 직간접 관계를 중심으로 파악하였으므로, 전통적인 N400을 대체하는 것으로 이해하였으며 주제 비적합 프레임의 기대불일치의 정도가 주제 적합 프레임보다 더 클 것이므로 음전위값이 더 클 것으로 예측하였다. 즉, 자극 제시 후 150~350ms에서 비

디오 주제와 무관한 프레임들이 비디오 주제와 밀접하게 관련되는 프레임들 보다 더 낮은 음전위값을 보일 것으로 예측하여 다음과 같은 연구가설 1-1을 설정한다.

- 연구가설 1-1: 주제-비적합 프레임에 대한 N300 시간대의 사건유발 뇌파반응은 주제-적합 프레임에 대한 것보다 더 낮을 것이다.

또한 주제 적합 프레임은 정의상 영상물의 주제에 직접적인 관계를 보이므로 ERP 반응은 350~500ms의 시간대에서 P3b 효과를 보일 것이며, 주제 비적합 프레임에 비하여 더 높은 양전위값을 보일 것으로 예측하여 다음과 같은 연구가설 1-2를 설정한다.

- 연구가설 1-2: 주제-적합 프레임에 대한 P3b 시간대의 사건유발 뇌파반응은 주제-비적합 프레임에 대한 것보다 더 높을 것이다.

3.1.2 복합 모형

주제가 유동적인 복합 모형은 비디오를 시청하면서 주제를 파악해 가는 상황을 이용하여 표현하고자 한다. 유동성은 피험자들이 영상물을 시청하는 중에 주제가 형성되는 과정을 거치면서 복잡한 양상을 보인다. 영상물이 전개되면서 시간 순서에 따라 개별 쇼트(shots)들이 드러내는 하위의 의미 요소들이 영상물 전체 수준에서 서로 결합하는 몇 개의 잠정적인 주제들을 형성하고, 영상물의 전체 이야기가 종결될 때에는 이들 다양한 주제들간의 결합은 하나의 주제로 수렴된다.

이러한 주제 형성 과정은 다음과 같이 표현

할 수 있다. 영상물의 쇼트들[S_1, S_2, \dots, S_n]이 순서대로 입력되고, 이들 쇼트들과 상응하는 하위 수준의 의미들[s_1, s_2, \dots, s_n]이 의미 기억으로 저장된다. 주제 형성은 이들 의미들을 구조화하는 과정에서 상위수준의 잠정적인 주제들, [$T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$]이 서로 경합하고, 영상물 시청의 최종 단계에서는 하나의 최종 주제[T_0]로 귀결된다고 가정해 볼 수 있다. 새로운 장면이 제시될 때마다, 영상물 쇼트와, 하위수준의 의미요소들, 그리고 잠정적 주제들간의 관계는 매우 복잡한 다차원 행렬을 구성할 것이다. 하지만, 복합 모형에서도 영상물의 전체적인 주제가 이야기가 끝날 쯤에 하나의 최종 주제, [T_0]로 수렴된 이후에는 이 최종 주제와 영상물의 쇼트들[S_1, S_2, \dots, S_n]간의 관계는 단순 모형의 벡터[W_1, W_2, \dots, W_n]와 일치한다.

다만 영상물이 진행중인 상황에서는 개별 장면기억과 영상물 전체의 주제간 관계는 직접적이지 않고 간접적이다. 주제 적합 쇼트들에 대한 ERP 반응은 영상물을 시청하는 도중에 주제가 유동적이다. 따라서 ERP 반응은 단순 모형에서보다 다소 지연된다. 이 경우 주제 적합성 판단은 이미지 자체와 주제간의 직접적 관계가 아니라, 매개요소들을 통한 간접적 관계를 대상으로 한다. 이들 매개요소들에는 동영상 시청과 사운드 청취에 따른 하위수준의 의미요소들과 상위수준의 잠정적 주제들이 포함된다. 결국, 영상물 시청과정은 이러한 매개요소들을 통한 간접적 관계들이 최종 주제로 수렴되고 정리되는 유동적 주제형성의 과정이다. 영상물 시청의 최종 단계에서 보여지는 주제 적합 쇼트에 대한 ERP 반응은 N400의 300~500ms 시간대에 나타날 것이며, 주제 비적합 쇼트들에 대한

ERP 반응은 주제적합 쇼트들에 대한 ERP 반응보다 더 낮은 음전위값을 보일 것으로 예측하여 다음과 같은 연구가설 2-1을 설정한다.

- 연구가설 2-1: 주제-비적합 쇼트에 대한 N400 시간대의 사건유발 뇌파반응은 주제-적합 쇼트에 대한 것보다 더 낮을 것이다.

반대로 비디오의 주제를 잘 나타내는 쇼트인 경우에는 이제까지 본 쇼트 처리 결과들과 결합하여 비디오의 내용을 파악하고 개념화해 가는 역동적인 패턴을 보일 것이며 이러한 과정은 자극 제시 후 500~700ms에서 높은 양전위값을 나타내는 P600 요소로 기술될 수 있다고 가정하였다. 즉, 주제 적합 쇼트들에 대한 ERP 반응이 주제 비적합 쇼트들에 대한 ERP 반응보다 더욱 높은 양전위값을 보일 것이라고 예측하여 다음과 같은 연구가설 2-2를 설정한다.

- 연구가설 2-2: 주제-적합 쇼트에 대한 P600 시간대의 사건유발 뇌파반응은 주제-비적합 쇼트에 대한 것보다 더 높을 것이다.

3.2 실험 재료와 절차

뇌파 차이를 최소화하기 위해서 피험자의 자격을 20대의 오른손잡이 남자로 제한하여 M대학교 학부생 30명을 모집하였다(4명의 뇌파 자료는 분석 결과 오류가 있어서 제외함). 모든 피험자에게 비디오를 시청하면서 각 비디오의 주제에 집중해 줄 것을 요청하고, 아울러 실험에 대한 설명을 한 후 피험자들로부터 동의를 받았다. 실험재료는 6개의 짧은 다큐멘터리 비디오들(1분 9초~2분 11초)과 각 비디오에서 추출한 프레임들로 구성되었다. 6개의 비디오

들 중 4개는 문화유산채널이 제작한 5분 다큐 비디오들을 줄인 것이고, 나머지는 MBC 스페셜 심리다큐(행복에 이르는 10단계)와 휴넷 감성다큐이다. 비디오 영상물은 다큐멘터리 장르의 특성상 비교적 느린 속도로 진행되었으며, 상영시간 동안 대략 9~12개의 장면들로 구성되어, 장면들은 평균 5~6초의 지속시간을 보였다. 실험은 2015년 10월 27일부터 12월 9일까지 진행되었고, 실험절차는 다음과 같다.

- 1) 비디오 시청: 중앙에 십자 표시가 있는 검정색 화면과 곧이어 아무런 표시가 없는 검정색 화면을 각각 3초씩 보여준 다음 비디오를 보여주었다.
- 2) 주제관련도 측정: 영상물 시청 후 영상물에서 추출한 9개의 정지화면들(연구자들이 비디오 주제를 얼마나 잘 나타냈는지에 따라서 주제-적합, 주제-부분적합 및 주제-비적합으로 분류한 프레임들을 각각 3개씩 포함함)을 무순으로 하나씩 보여준 후 현재 보여진 프레임들 단서로 하여 방금전 시청한 비디오 주제와의 관련도를 평가하도록 하였다. 이때 각 프레임들 6초 동안 보여준 후, 각 프레임의 주제-적합도 판정을 위해서 7초를 부여하였다.
- 3) 나머지 다섯 개의 영상물들에 대해서도 위의 절차를 반복하여 진행했다. 데이터 수집 시간은 피험자 당 총 26분 39초가 걸렸다.

3.3 뇌파 측정과 분석

3.3.1 뇌파 측정

뇌파 측정은 뇌파 측정기 Neuroscan Synamp

amplifier(Compumedics USA, El Paso, TX, USA)와 Ag-AgCl electrodes가 10~20 체계에 의해 심어져 있는 32채널 Quick Cap을 사용하였다. 사용된 전극들에는 FP1/FP2, F3/Fz/F4, F7/F8, FT7/FT8, FC3/FCz/FC4, C3/Cz/C4, CP3/CPz/CP4, P7/P8, P3/Pz/P4, O1/Oz/O2, T7/T8 및 TP7/TP8을 포함하였다. 뇌파 표집율(sampling rate)은 1,000Hz이고, 안구의 눈깜박임이나 움직임 측정하기 위해 수직안구전도(vertical electrooculogram)는 좌측 안구의 위아래 두 곳에서 측정하였고, 수평안구전도(horizontal EOG)는 양안의 외안각(outer canthi)에서 측정하였다. 기준(reference) 전극으로 A1과 A2를 측정하였다. E-Prime을 사용하여 자극제시와 뇌파측정의 시작점 동기화를 통제하였다.

3.3.2 뇌파 분석

측정된 뇌파자료는 CURRY 7.09(Compumedics, El Paso, TX, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 피험자의 눈깜박거림과 같은 동작으로 생기는 잡음은 공분산(covariance) 행렬을 이용하여 제거하였다. 30명의 피험자들에게 수집한 뇌파 데이터 중에서 뇌파 데이터의 품질이 낮은 4명의 뇌파 데이터를 제외시켜 26명의 데이터를 최종적으로 분석하였다. 뇌파분석은 피험자들이 정지화면(프레임)을 시청할 때의 뇌파와 비디오를 시청할 때의 뇌파로 구분하여 분석하였다.

1) 프레임 시청시 뇌파분석

피험자 30명의 뇌파 자료를 수집한 후 제대로 뇌파가 측정되지 못한 4명을 제외한 자료를 분석하였다. 26명의 뇌파 데이터에서 자극(event)

들을 확인하여 각 피험자가 구분한 비적합 이미지(자극 번호: 1), 부분적합 이미지(자극 번호: 2) 및 적합 이미지(자극 번호: 3)로 구분된 에폭(epoch)을 생성하였다. 기저선 교정을 시행하고, 이미지를 보고 나서 적합성을 판단할 때까지의 뇌파를 측정하기 위해서 에폭의 길이는 -200~1,000ms, 즉 자극 제시 전 200ms부터 자극 제시 후 1,000ms까지로 정하였다. 이는 피험자가 각 이미지를 보고 1초 이내에 적합성 여부를 판정할 것으로 가정했기 때문이다. 각 피험자당 1.2초 짜리 에폭을 54개(6개 비디오에서 각 비디오당 9개 프레임들) 추출하여 피험자당 총 64.8초의 자료를 이용하였다. 생성된 에폭 파일은 자극 전 -200ms값을 이용하여 기저선 교정을 시행하였다. 전체 채널에서 파형의 음전위와 양전위간 차이(진폭)가 $-75 \sim 75\mu V$ 를 넘으면 잡파로 간주하여 제거하였고, 사용된 band pass filtering은 0.1~30Hz이고, 총 1,404개([한 피험자 당] 54개 X 26명) 에폭들을 추출하였다. 피험자들의 주관적 판단에 따라 재분류된 결과 주제-적합 에폭 408개, 주제-부분적합 에폭 502개 및 주제-비적합 에폭 494개로 분석되었다.

2) 비디오의 각 쇼트 시청시 뇌파분석

비디오의 쇼트 시청시 피험자들의 뇌파를 분석하기 위해서 프레임 시청시 뇌파분석 결과를 이용하였다. 총 6개 비디오들에 사용한 54개 프레임들 중 각 비디오 당 주제-적합, 주제-부분적합 및 주제-비적합을 포함하여 3개 정지화면 이미지들, 총 18개의 프레임들을 선정하였다. 이때 선정 기준은 쇼트가 비디오의 중반 이후에 나타나면서 프레임 테스트에서 피험자들의 주제-적합도 평점의 일치도가 높은 쇼트들을 사

용하였다. ERP를 분석하기 위해서는 자극 제시의 정확한 시작점 통제가 관건이다. 하지만 비디오에 포함된 쇼트들을 실험을 위해 통제할 경우 자연스러운 시청 환경이 훼손되므로 비디오 시청시 영상추론을 방해하게 되는 어려움에 처하게 된다.

본 연구에서는 선정된 18개 프레임들의 각각의 영상물 내의 시작점을 찾아서 -200ms에서 시작점까지를 기저선으로 삼고, 시작점부터 1,000ms에 대한 ERP를 분석하였다. 이때 영상물 뇌파는 다큐멘터리 영상물의 전체 지속시간동안 지속적으로 측정되므로 기저상태를 결정해야 하는 어려움이 있었다. 영상물 쇼트의 시작 시간점을 정교하게 식별하는 방식으로 ERP를 적용하기 위한 기저선을 확인할 수 있었다(자세한 사항은 4.1절에서 확인). 잡파의 제거와 band pass filtering은 앞의 프레임에서 사용한 조건과 동일하게 하여 분석하였다. 총 468개([한 피험자 당] 18개 X 26명) 에폭을 추출하였다. 피험자들의 주관적 판단에 따라 재분류된 결과 주제-적합 에폭 182개와 주제-비적합 에폭 153개를 통계분석에 사용하였다.

4. 실험 결과 분석

4.1 비디오 쇼트의 신호잡음비 측정

비디오 시청시 뇌파분석에 ERP 분석법을 적용하기 위해 CURRY 7.09를 이용하여 기저선(-200ms~0)의 배경뇌파(background EEG)를 잡음(noise)으로 잡고 영상물 쇼트 시작점 이후(0~1000ms)의 ERP뇌파를 신호(signal)로

잡아, 잡음 대비 신호의 비율로 측정하는 신호 잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)를 분석해 보았다(Goldenholz 2009). 피험자들마다 평상시의 배경대뇌 활성화의 수준이 다르다. 각기 다른 영상물을 시청할 때에도 영상물에 따라 그에 부응하는 대뇌 활성화의 정도도 달라지게 마련이다. 여기서 배경뇌파는 자극 시작점 이전 200ms 동안의 피험자 개인별 전위차별 뇌파자료의 표준점수화 결과로 측정된 표준편차의 배수로 정의하였다. 자극 시작점 이후 뇌파 전위차자료를 표준점수화한 값의 평균값으로 ERP 분석기간(여기서는 1,000ms)의 신호로 정의하여, 신호잡음비를 계산하였다. 프레임 테스트의 잡음 수준은 0.16이고, SNR은 29.2로 매우 양호하였던 데 비하여, 비디오 시청시 잡음 수준은 0.25이고, SNR은 6.61로 프레임 테스트의 경우보다 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 SNR 지표상 차이는 제시 자극의 속성차이 즉 동영상과 정지화면의 차이로 동영상은 사운드가 있고 연속적으로 제시되나 정지화면은 전후로 검은 색 화면이 제시되고 사운드가 포함되지 않는 것에서 비롯된 것으로 생각된다. 이외에 사례(에폭) 수가 많으면 SNR 지표가 높아지는데 비디오 에폭수가 프레임 에폭수의 1/3에 해당되는 점도 영향을 미친 것으로 생각한다.

4.2 단순 모형의 연구가설 검증 결과

4.2.1 연구 가설 1-1

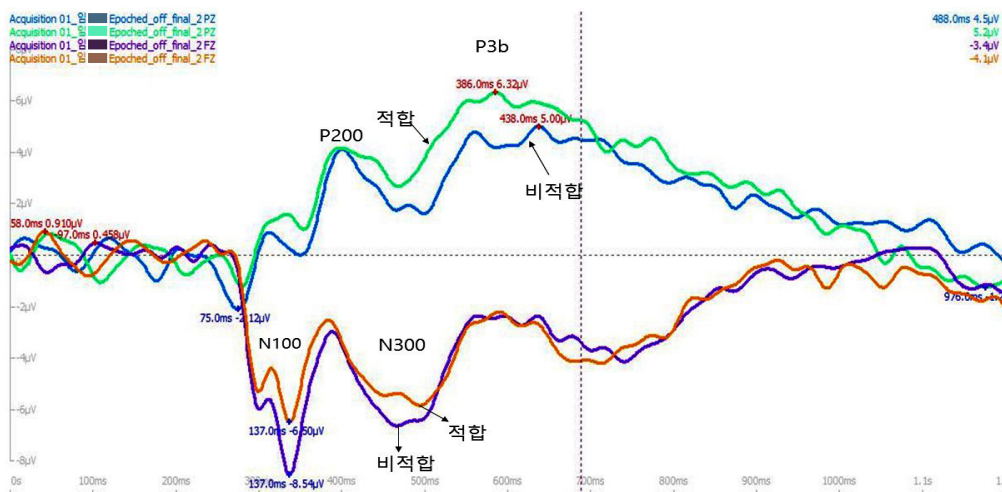
N300 효과 가설을 검증하기 위해 주제-적합 프레임과 주제-비적합 프레임의 차이를 전극별로 알아보기 위해서 반복측정 t-검정을 수행하였다(〈표 1〉 참조). 연구가설 1-1은 주제-비적합 프레임들이 주제-적합 프레임들보다 현저하게 모두 낮은 음전위값들을 나타낼 것이라고 예측하였다. 그러나, 분석 결과, 전전두엽, 전두엽, 중앙엽 및 측두엽 영역에서 주제-비적합 프레임들과 주제-적합 프레임들은 낮은 음전위값들을 보였으며, 그 차이는 통계적 유의수준 0.05에 미치지 않았다. 따라서 연구 가설 1-1은 기각하였다. 하지만, 앞서 지적했듯이 많은 채널들에서 주제 비적합 프레임과 주제 적합 프레임에서 모두 N300 요소를 나타낸 결과(〈표 1〉 참조)에 대해서는 논의에서 재론하기로 한다. 〈그림 1〉에서 Fz 채널을 살펴보니 자극 주목 단계(N100)를 지나서 N300 요소가 나타나고 있다. 〈그림 1〉의 평균 전위최고/최저값은 〈표 1〉의 데이터와 서로 다르다. 이는 〈그림 1〉은 CURRY 7.09 프로그램을 사용하여 뇌파 파형에서 구한 평균값이고, 〈표 1〉의 데이터는 반복측정 t-검정을 위해서 피험자별로 분석하여 평균값을 구했기 때문이다.

〈표 1〉 N300과 P3b의 분석 결과

채널	N300(150~350ms)(기억 인출과 이미지 분석)			P3b(350~500ms)(적합성 판단)		
	주제-비적합	주제-적합	T(p)	주제-비적합	주제-적합	T(p)
FP1	-10.26(5.65)	-10.21(5.14)	0.00(.963)	-2.07(4.97)	-0.89(5.25)	1.14(.295)
FP2	-10.23(4.55)	-10.17(4.14)	0.00(.953)	-2.40(3.78)	-1.59(4.42)	0.98(.330)
F7	-8.92(5.63)	-9.51(5.35)	0.31(.581)	-1.21(5.74)	0.72(5.78)	3.48(.074)
F3	-10.17(5.24)	-10.09(5.62)	0.00(.935)	-0.89(4.50)	0.12(6.29)	1.08(.308)
Fz	-10.40(4.68)	-9.62(4.52)	1.01(.325)	-0.44(4.03)	0.30(5.55)	1.23(.277)
F4	-10.33(4.07)	-9.61(4.07)	1.16(.290)	-1.24(3.77)	-0.39(4.90)	2.12(.157)

채널	N300(150~350ms)(기억 인출과 이미지 분석)			P3b(350~500ms)(적합성 판단)		
	주제-비적합	주제-적합	T(p)	주제-비적합	주제-적합	T(p)
F8	-9.39(3.67)	-9.36(3.55)	0.00(.955)	-2.11(3.97)	-2.48(4.91)	0.22(.641)
C3	-7.60(4.65)	-6.70(4.61)	1.34(.257)	1.67(4.06)	3.99(5.14)	11.57(.002)**
Cz	-8.41(4.98)	-7.19(4.97)	2.17(.153)	2.37(4.15)	4.16(5.75)	6.15(.020)*
C4	-8.13(4.28)	-7.18(4.31)	1.51(.231)	2.25(3.27)	3.86(4.51)	8.11(.009)**
FC3	-9.00(5.02)	-8.39(4.75)	0.57(.454)	-0.00(4.31)	1.59(5.96)	3.48(.074)
FCz	-10.10(5.11)	-8.94(5.05)	2.24(.146)	0.20(4.32)	1.22(5.97)	1.90(.180)
FC4	-9.77(4.16)	-8.76(4.04)	2.12(.158)	-0.11(3.17)	0.99(4.68)	4.02(.056)
P7	0.00(2.89)	0.55(2.62)	1.29(.268)	7.40(3.38)	9.11(3.34)	14.21(.001)**
P3	-0.28(4.23)	-0.20(3.75)	0.01(.903)	8.16(3.71)	10.45(4.35)	16.67(.000)**
Pz	-2.29(4.53)	-1.70(4.29)	0.50(.487)	7.19(4.15)	9.31(4.81)	9.50(.005)**
P4	-0.74(4.17)	-0.25(4.07)	0.29(.595)	8.94(4.12)	10.60(4.37)	7.97(.009)**
P8	-0.45(2.45)	0.55(2.57)	2.50(.126)	7.51(2.72)	9.17(3.29)	12.94(.001)**
CP3	-4.63(4.53)	-3.88(4.15)	0.94(.342)	4.61(4.08)	7.10(4.61)	14.46(.001)**
CPz	-5.67(5.01)	-4.66(4.78)	1.33(.259)	4.72(4.18)	6.96(5.19)	10.07(.004)**
CP4	-5.12(4.37)	-4.08(4.44)	1.48(.235)	5.16(3.31)	7.25(4.41)	12.19(.002)**
TP7	-3.24(2.87)	-3.03(2.86)	0.22(.645)	3.51(2.85)	5.56(2.88)	16.82(.000)**
TP8	-3.95(2.01)	-3.44(2.80)	0.78(.386)	4.08(2.22)	5.30(3.02)	7.39(.012)*
FT7	-8.06(4.90)	-8.87(5.05)	0.87(.357)	-1.01(4.04)	0.76(5.10)	4.67(.040)*
FT8	-8.81(3.02)	-8.68(3.95)	0.03(.837)	-1.15(3.46)	-0.86(4.20)	0.21(.645)
T7	-6.43(3.47)	-6.81(3.88)	0.33(.573)	0.42(3.12)	2.41(3.41)	10.93(.003)**
T8	-7.27(2.48)	-7.23(3.86)	0.00(.956)	0.55(2.66)	1.76(3.43)	6.26(.015)*
O1	3.28(3.06)	2.54(3.42)	1.91(.179)	9.34(3.65)	10.19(3.53)	2.57(.121)
Oz	2.15(3.18)	1.26(3.46)	3.87(.060)	8.00(3.85)	8.62(3.37)	1.09(.306)
O2	2.81(3.26)	2.60(3.66)	0.17(.682)	9.18(4.24)	10.17(4.06)	4.18(.051)

** p < 0.01, * p < 0.05



〈그림 1〉 N300(Fz)과 P3b(Pz)

4.2.2 연구 가설 1-2

P3b 분석 결과에서는 유의수준 0.01에서, 중간두정엽(Pz, $t=9.50$, $p=0.005$)을 포함한 두정엽에 있는 모든 채널들, 좌측 측두엽(T7, $t=10.93$, $p=0.003$), 중간중앙-두정엽(CPz, $t=10.07$, $p=0.004$)을 포함한 좌우측 중앙-두정엽, 좌우측 중앙엽(C3, $t=11.57$, $p=0.002$; C4, $t=8.11$, $p=0.009$) 그리고 좌측 측두-두정엽(TP7) ($t=16.82$, $p=0.000$)에서 모두 주제-적합 프레임들이 주제 부적합 프레임들에서보다 높은 양전위값들을 나타냈다(〈표 1〉 참조). 따라서 연구 가설 1-2는 채택되었다. 〈그림 1〉에서 Pz 채널은 적합 및 부적합 이미지간에 전위값 차이가 없는 자극 지각 단계(P200)를 지나서 P3b 요소를 나타내고 있다. 이러한 결과는 P3b 진폭이 두정엽 영역에서 높게 나타난다는 Polich(2007)와 Bledowski(2004)의 연구 결과와 유사하게 일치한다.

4.3 복합 모형의 연구가설 검증 결과

4.3.1 연구 가설 2-1

N400 효과 가설을 검증하기 위해 주제-적합 쇼트와 주제-비적합 쇼트간 차이를 전극별로

알아보기 위해서 반복측정 t-검정을 수행하였다(〈표 2〉 참조). 좌측 전전두엽(FP1, $t=7.767$, $p=0.010$), 좌측 전두엽(F7, $t=5.259$, $p=0.030$; F3, $t=5.629$, $p=0.025$) 및 좌측 중앙엽과 중간중앙엽(C3, $t=5.505$, $p=0.027$; Cz, $t=6.256$, $p=0.019$)에서 주제-비적합 쇼트에 대한 뇌파반응이 주제-적합 쇼트에 대한 뇌파반응보다 통계적으로 유의미한 차이를 나타내며 낮게 나타났다.

측두엽 그리고 전두-측두엽의 두 개 전극위치(T7, $t=6.817$, $p=0.015$; FT7, $t=5.259$, $p=0.045$)에서도 주제-비적합 쇼트에 대한 뇌파반응이 주제-적합 쇼트에 대한 뇌파반응보다 통계적으로 유의미한 차이를 나타내며 낮게 나타났다. 따라서 연구 가설 2-1은 채택되었다. 〈그림 2〉에 의하면 Fz(비적합)과 Cz(비적합)이 자극 주목 단계(N100)를 지나서 N400 효과를 나타내고 있다.

4.3.2 연구 가설 2-2

P600 분석 결과에서는, 예상한 대로 주제-적합 쇼트들에 대한 최고치들의 평균값들이 모두 높은 양전위값를 보였다(〈표 2〉 참조). 유의도 수준 0.05에서 좌측 전전두엽(FP1, $t=8.75$, $p=$

〈표 2〉 N400과 P600의 분석 결과

채널	N400(300-500ms)(기억 인출 및 이미지 분석)			P600(500-700ms)(기억 갱신과 주제 통합)		
	주제-비적합	주제-적합	T(p)	주제-비적합	주제-적합	T(p)
FP1	-7.99(6.70)	-1.83(6.91)	13.10(.001)**	2.82(4.80)	8.41(9.42)	8.75(.007)**
FP2	-6.23(5.86)	-3.95(6.62)	1.80(.190)	3.26(5.77)	6.56(7.53)	4.09(.052)
F7	-7.70(8.70)	-2.93(7.07)	5.25(.030)*	2.22(7.08)	5.54(7.86)	3.31(.079)
F3	-6.35(6.59)	-3.24(4.85)	5.62(.025)*	4.01(3.96)	5.95(5.47)	2.16(.153)
Fz	-5.94(4.41)	-3.04(4.64)	6.23(.020)*	3.88(3.67)	6.57(4.95)	4.81(.038)*
F4	-6.18(5.93)	-4.35(6.10)	1.36(.253)	4.06(4.99)	6.27(5.05)	3.25(.082)
F8	-4.71(5.63)	-5.91(8.36)	0.43(.513)	4.15(6.65)	4.91(7.49)	0.15(.695)

채널	N400(300-500ms)(기억 인출 및 이미지 분석)			P600(500-700ms)(기억 갱신과 주제 통합)		
	주제-비적합	주제-적합	T(p)	주제-비적합	주제-적합	T(p)
C3	-5.99(5.04)	-2.37(3.43)	9.55(.005)**	3.88(3.19)	5.83(4.24)	4.67(.039)*
CZ	-5.37(3.91)	-2.19(3.86)	11.10(.003)**	3.42(3.20)	6.29(4.12)	9.02(.002)**
C4	-5.28(3.43)	-2.46(4.27)	7.48(.011)*	4.08(3.55)	6.65(3.82)	10.54(.003)**
FC3	-5.65(5.62)	-3.18(4.24)	3.90(.058)	3.86(3.35)	5.86(4.51)	4.05(.054)
FCZ	-5.76(5.17)	-3.53(4.65)	2.95(.097)	3.68(4.01)	6.33(4.59)	6.54(.016)*
FC4	-5.63(3.98)	-3.89(5.41)	1.96(.173)	3.66(4.22)	6.16(3.86)	7.37(.011)*
P7	-2.28(4.13)	-1.01(2.04)	2.82(.105)	3.76(3.64)	3.53(2.58)	0.09(.760)
P3	-2.68(4.77)	-1.35(3.28)	1.59(.217)	4.80(3.07)	5.22(2.93)	0.25(.619)
Pz	-2.93(4.81)	-1.49(4.17)	1.97(.172)	5.00(3.48)	5.57(3.94)	0.37(.548)
P4	-2.12(3.81)	-1.01(4.49)	1.14(.294)	4.63(3.13)	6.21(3.84)	3.03(.092)
P8	-1.47(2.98)	-1.87(3.13)	0.35(.557)	3.95(2.79)	5.03(2.19)	4.48(.043)*
CP3	-4.17(5.32)	-2.19(3.67)	2.82(.104)	4.36(2.80)	5.82(3.88)	3.00(.094)
CPz	-4.22(4.59)	-2.07(4.46)	3.60(.068)	4.48(3.67)	6.27(4.66)	3.54(.070)
CP4	-3.63(4.30)	-2.05(4.15)	2.22(.147)	4.48(3.41)	6.40(3.67)	4.15(.051)
TP7	-3.34(4.03)	-1.83(2.63)	3.22(.084)	3.42(3.67)	4.18(2.84)	0.83(.369)
TP8	-2.72(3.20)	-2.48(3.91)	0.09(.758)	3.75(3.53)	5.28(2.20)	5.32(.028)*
FT7	-6.49(6.76)	-3.43(4.35)	4.39(.045)*	2.97(5.69)	4.82(6.26)	1.62(.212)
FT8	-4.46(4.32)	-5.83(6.66)	1.08(.307)	3.97(6.08)	5.11(5.02)	0.60(.443)
T7	-6.55(5.25)	-2.77(3.85)	10.14(.004)**	3.35(4.94)	4.91(4.72)	2.18(.151)
T8	-4.55(4.40)	-4.69(4.48)	0.01(.894)	4.40(4.40)	6.05(3.59)	2.31(.139)
O1	-2.78(3.80)	-1.72(2.71)	1.66(.208)	4.08(3.60)	4.26(3.28)	.04(.828)
Oz	-3.33(3.53)	-2.34(2.97)	1.65(.209)	3.73(3.66)	4.08(2.89)	.16(.687)
O2	-2.64(3.37)	-2.0(3.11)	0.97(.332)	3.97(3.06)	4.91(2.84)	1.84(.185)

** p < 0.01, * p < 0.05



<그림 2> N400(Fz)과 P600(Cz)

0.007), 중간 전두엽(Fz, $t=4.81$, $p=0.038$), 좌우측 및 중간 중앙엽(C3, $t=4.67$, $p=0.039$; Cz, $t=9.02$, $p=0.002$; C4, $t=10.54$, $p=0.003$) 및 우측 및 중간 전두-중앙엽(FC4, $t=7.37$, $p=0.011$; FCz, $t=6.54$, $p=0.016$)에서 주제-적합 쇼트에 대한 뇌파반응이 주제-비적합 쇼트에 대한 뇌파반응보다 통계적으로 유의미한 차이를 나타내며 높게 나타났다. 따라서 연구 가설 2-2는 채택되었다. <그림 2>에 의하면 Fz(적합)과 Cz(적합)이 P600 효과를 나타내고 있다.

5. 논의와 결론

5.1 논의

5.1.1 주제 적합성 단순 모형

단순 주제 적합성 판단 과정은 초기 단계인 자극 주목 및 지각 단계를 지난 후에 이미지의 의미 분석과 관련되어 보이는 N300 요소가 관련되고 그 다음 단계로 작업-관련 카테고리에 속한 자극에 대한 판단을 할 때 발생하는 P3b 요소를 나타낼 것으로 가정하였다.

N300 요소는 전전두엽, 전두엽, 중앙엽 및 측두엽 영역에서 나타났고, 이 영역의 대부분 채널들이 주제-비적합 프레임들이 주제-적합 프레임들에서보다 낮은 음전위값들을 나타냈으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않아서 연구 가설 1-1은 검증되지 못했다. 연구가설 1-1은 비적합 프레임에 대한 음전위값이 적합 프레임에 대한 음전위값보다 낮을 것으로 예측하였으며, 그 이유로 주제와 무관하다는 점을 들고 있었지만, 주제와 밀접한 프레임조차 같

은 정도의 낮은 음전위값을 보이므로, 이러한 설명은 타당하지 않게 되었다. N300은 주제 적합성 여부와는 무관하다는 점에서 N400과는 성격이 다른 것으로 이해된다. West와 Hollcomb (2002)도 비슷한 주장을 한 바 있다. 즉, N300은 이미지 기반의 기억 내용의 활성화를 반영하는 데 비하여, N400은 이미지 기반과 개념적 기억 내용을 하나의 문맥내에서 통합하는 데 따른 활성화를 반영하는 것으로 해석하였다. 즉, N300과 N400은 서로 다른 ERP 요소라는 것이다. 본 연구의 결과로 볼 때 N300은 영상 기억의 인출에 관련되는 것으로 추측된다.

P3b 분석 결과에서는 두정엽의 모든 영역, 좌우측 측두엽 영역, 좌우 및 중간 중앙엽 영역 등에서 주제-적합 프레임들이 주제-비적합 프레임들에서보다 높은 양전위값들을 나타냈다. 따라서 연구 가설 1-2는 검증되었다. 본 연구 결과는 P3b 진폭이 두정엽 영역에서 높게 나타난다는 Polich(2007)의 연구 결과와 P3b 진폭이 두정엽 및 하측두엽 영역에서 모두 높게 나타난다는 Bledowski(2004)의 연구 결과와 맥을 같이 한다.

이와 같이 단순 주제 적합성 모형에서 적합 이미지와 비적합 이미지에 대한 반응을 N300과 P3b의 두 가지 요소들로 설명할 수 있음을 확인하였다. 즉, 적합 이미지는 약한 음전위값을 갖는 N300에 이어서 높은 양전위값을 갖는 P3b로 설명할 수 있다. 다른 한편 비적합 이미지는 적합 이미지와 비교하여 낮은 음전위값의 N300에 이어서 약한 양전위값을 갖는 P3b로 설명할 수 있다. N300에서 두 개의 이미지 그룹에서 전위값들이 통계적으로 차이가 없었기 때문에 적합 이미지와 비적합 이미지를 가려내

는 작업은 P3b 요소만으로 충분할 것으로 생각된다. 이러한 연구 결과는 기억 관련 효과에 영향을 미치는 P3b 요소가 적합성 판단에 관여한다고 주장한 Eugster et al.(2014)의 연구 결과와 일치한다.

요약하면, 주제 적합성의 단순 모형에서는 이미지의 의미 분석과 관련되어 보이는 N300 요소가 전전두엽, 전두엽, 중앙엽 및 측두엽 영역에서 나타났고, 작업-관련 카테고리에 속한 자극에 대한 판단을 할 때 발생하는 P3b 요소가 두정엽과 후두엽 영역을 중심으로 나타났다. 특히 P3b 요소에서 적합 이미지와 비적합 이미지간을 구분하는 핵심 영역은 두정엽으로 나타났다.

5.1.2 주제 적합성 복합 모형

복합 주제 적합성 판단 과정은 지각 단계를 지난 다음 현재 제시된 자극(쇼트)을 이제까지 비디오의 주제라고 생각한 잠정적인 주제와 비교하는 등의 인지적 과정을 거쳐야 하기 때문에 주어진 자극과 기억 정보가 서로 결합하여 현재 문맥에서 의미를 파악하는 과정으로 알려진 N400 요소가 적합할 것으로 가정하였다(Federmeier and Laszlo 2009; Kutas and Federmeier 2011).

N400 분석 결과, 예상한 대로 주제-비적합 쇼트에서 낮은 음전위값을 나타냈고, 주제-적합 쇼트에서는 주제-비적합 쇼트와 비교하여 상대적으로 약한 음전위값을 나타냈다. 구체적으로 좌측 전전두엽(FP1), 중앙 전두엽(Fz), 좌우측 및 중간 중앙엽(C3, C4, Cz), 좌측 측두엽(T7) 및 좌측 전두-측두엽(FT7)에서 주제-비적합 쇼트에 대한 뇌파반응이 주제-적합 쇼

트에 대한 뇌파반응보다 통계적으로 유의미한 차이를 나타내며 낮게 나타났다. 따라서 연구 가설 2-1은 검증되었다. 단어를 주로 사용하는 전통적인 언어학 연구에서 N400 효과는 주로 중앙-두정엽에서 관찰되어 왔으며(Kok 1997; Neville, Kutas, Chesney and Schmidt 1986), 이미지를 사용한 연구들은 전두엽의 역할을 강조하였다(West and Holcomb 2002). 이와 같이 N400 효과는 언어인 경우에는 두뇌의 뒤쪽이 관여하고 이미지인 경우는 두뇌의 앞쪽이 관여하는 경향이 있는 것으로 알려지고 있다.

동영상 쇼트 자극을 연속적으로 시청하는 환경에서의 피험자의 ERP 뇌파반응을 분석한 본 연구에서는 N400 효과가 두뇌의 앞쪽에 해당하는 전전두엽/전두엽과 함께 중앙엽과 측두엽도 활성화되어서 조금 다른 양상을 보이고 있다. 이러한 분석 결과를 지각과 기억을 결합시키는 기억 시스템으로 알려진 배들리(Baddeley)의 작업 기억과 연관시켜 본다면 다음과 같다. 즉, 측두엽 활성화는 비디오 시청 시에 작업 기억에서 사운드(소리) 정보를 관리하는 음운고리가 비디오의 음성 정보를 처리하는 작업에 관여했기 때문인 것으로 추측할 수 있다(Baddeley 2007).

다른 한편 비디오의 주제를 잘 나타내는 쇼트인 경우에는 이제까지 본 쇼트 처리 결과들과 결합하여 비디오의 내용을 파악하고 개념화해 가는 역동적인 패턴을 보일 것으로 예측하며 이러한 과정은 자극 제시 후 500~700ms에서 높은 양전위값을 나타내는 P600 요소로 기술될 수 있다고 가정하였다.

P600의 분석 결과, 좌측 전전두엽(FP1), 중간 전두엽(Fz) 그리고 좌우측 및 중간 중앙엽(C3, Cz, C4)에서 주제-적합 쇼트에 대한 뇌파

반응이 주제-비적합 쇼트에 대한 뇌파반응보다 통계적으로 유의미한 차이를 나타내며 높게 나타났다. 따라서 연구 가설 2-2는 검증되었다.

이러한 결과는 언어 연구에서 애매성 해소나 담화 수준의 복잡성의 높아지면 뇌의 앞쪽이 활성화되는 frontal P600 요소가 발생한다고 주장한 Kaan과 Swaab(2003)의 연구 결과와 맥을 같이한다. 좌측 전전두엽(FP1)이 활성화되는 것은 피험자가 주제와 관련된 쇼트를 보았을 때 해당 쇼트에 대한 의미 부호화(semantic encoding)와 연관되는 듯하다. 이와 관련하여, Wagner et al.(1998)은 P600에서 의미적 부호화를 수행할 때 좌측 전전두엽(FP1)이 활성화한다고 보고하였다. 즉, 새롭게 제시되는 쇼트가 주제에 관하여 새로운 정보를 제공하는 경우 주제-적합 영상정보의 부호화와 함께 이 새로운 영상정보를 기존의 잠정적 주제에 의미적으로 통합하는 의미처리과정이 진행되어 맥락이 갱신된다고 볼 수 있다.

이와 같이 복합 주제 적합성 모형에서 적합 이미지와 비적합 이미지에 대한 반응을 N400과 P600의 두 가지 요소들로 설명할 수 있음을 확인하였다. 즉, 적합 이미지는 약한 음전위값을 갖는 N400에 이어서 높은 양전위값을 갖는 P600로 설명할 수 있고, 비적합 이미지는 낮은 음전위값의 N400에 이어서 약한 양전위값을 갖는 P600으로 설명할 수 있다.

요약하면, 주제 적합성의 복합 모형에서는 제시된 자극과 기억 정보가 서로 결합하여 의미를 만들어내는 과정을 기술하는 데 적절한 N400 요소와 복잡한 인지 과정을 파악하는 데 적절한 것으로 알려진 P600이 관여되어 있다. N400 효과에서 적합 및 비적합 이미지를 구분하는 활성화

영역은 전전두엽/전두엽과 함께 중앙엽과 측두엽으로 나타났다. 한편 P600 효과에서 적합 및 비적합 이미지를 구분하는 활성화 영역은 중심엽을 포함하여 뇌의 앞쪽인 전전두엽과 전두엽으로 나타났다. N400과 P600 요소들에서 전전두엽과 전두엽 전극위치가 보여준 뚜렷한 활성화 정도는 인지적 처리가 요구되는 복잡한 적합성 판단을 하는 이용자들의 뇌파반응을 분석하고 이해하는 데 매우 유용한 기준으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

5.2 결론

본 연구는 적합성 판단은 단순 주제 적합성 판단과 복합 주제 적합성 판단으로 구분할 수 있다고 가정하고, EEG/ERP 실험을 통해서 단순 및 복합 적합성 모형에 대한 이론적인 틀을 제안하였다. 즉, 단순 주제 적합성 판단 과정은 이미지의 의미 분석과 관련되어 보이는 N300과 작업-관련 카테고리에 속한 자극에 대한 판단을 할 때 발생하는 P3b가 적합한 요소들임을 확인하였다. 한편 복합 주제 적합성 판단 과정은 주어진 자극과 기억 정보가 서로 결합하여 현재 문맥에서 의미를 파악하는 과정으로 알려진 N400과 복잡한 인지 과정을 기술하는 P600이 적합한 요소들임을 검증하였다.

이러한 연구 결과는 적합성 개념을 더 잘 이해하는 데 이용될 수 있을 것이다. 또한 정보를 탐색할 때 이용자의 실시간 뇌파 측정 정보를 활용하여 이용자의 적합성 피드백을 미리 예견하고 시스템이 이용자를 위해서 그 다음 작업(예, 상세 레코드 출력 및 다운로드 준비)을 수행하는 것을 가능하게 하는 시스템 인터페이스

를 구현하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 더 나아가 피험자들이 비디오를 보고 있는 동안 주제를 잘 나타내는 핵심 키프레임들을 자동으로 추출하여 영상 초록을 구성하는 알고리즘 구현에도 이용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 제시한 멀티미디어 자료의 주제 적합성의 단순 및 복합 모형들은 제한된 실험 환경에서 얻은 결과를 기초로 하여 구성한 것이다. 따라서 이 두 모형들이 이용자들이 실제 정

보시스템에서 검색을 수행하는 과정에서 주제 적합성 판단 과정을 얼마나 정확하게 설명해 주는지에 대한 후속 연구가 필요하다. 즉, 이용자들에게 난이도에 따라 구분한 두 종류, 즉 멀티미디어 자료와 관련된 단순 탐색과 복합 탐색의 질문 리스트를 제시하고 각 질의에 대한 적합한 자료를 찾아가는 과정에서 생기는 뇌파 반응들을 측정하여 분석하는 방법이 그 중 하나가 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김현희. 2015. 뇌파측정기술(EEG)과 판별분석을 이용한 영상물의 키프레임 자동 분류 방안 연구. 『정보관리학회지』, 32(3): 377-396.
- [2] 박명관, 나윤주. 2012. 통사-의미 역학의 신경언어학적 연구. 『생성문법연구』, 22(1): 157-183.
- [3] Allegretti, M. et al. 2015. "When Relevance Judgement Is Happening?: An EEG-based Study." In *Proceedings of the 38th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2015)*, August 9-13th, 2015, Santiago, Chile: PUC Extension Center: 719-722.
- [4] Baddeley, A. 2007. *Working Memory, Thought and Action*. Oxford: Oxford University Press.
- [5] Barrett, S. and Rugg, M. 1990. "Event-Related Potentials and the Semantic Matching of Pictures." *Brain and Cognition*, 14(2): 201-212.
- [6] Graben, P. B., Gerth, S. and Vasishth, S. 2008. "Towards Dynamical System Models of Language-Related Brain Potentials." *Cognitive Neurodynamics*, 2(3): 229-55.
- [7] Chen, Z. and Xu, Y. 2005. "User-Oriented Relevance Judgment: A Conceptual Model." In *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences*, January 6th, 2005, Big Island, HI: Hilton Waikoloa Village Resort: 1-11.
- [8] Choi, Y. and Rasmussen, E. 2002. Users' Relevance Criteria in Image Retrieval in American History. *Information Processing & Management*, 38(5): 695-726.
- [9] Cosijna, E. and Ingwersena, P. 2000. "Dimensions of Relevance." *Information Processing & Management*, 36(4): 533-550.

- [10] Corbetta, M. and Shulman, G. 2002. "Control of Goal-Directed and Stimulus-Driven Attention in the Brain." *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3): 201-215.
- [11] Donchin, E. 1981. "Surprise!...Surprise?." *Psychophysiology*, 18(5): 493-513.
- [12] Donchin, E. and Coles, M. G. 1988. "Is the P300 Component a Manifestation of Context Updating." *Behavioral and Brain Sciences*, 11(3): 357-427.
- [13] Eugster, M. et al. 2014. "Predicting Term-Relevance from Brain Signals." In *Proceedings of the 37th International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval (SIGIR 2014)*. July 6-11th, 2014, Broadbeach, QLD: Gold Coast Convention and Exhibition Centre: 425-434.
- [14] Federmeier, K. D. and Laszlo, S. 2009. "Time for Meaning: Electrophysiology Provides Insights into the Dynamics of Representation and Processing in Semantic Memory." In B. H. Ross. *Psychology of Learning and Motivation*, 51. Burlington: Academic Press, 1-44.
- [15] Friederici, A. D. 1995. "The Time Course of Syntactic Activation during Language Processing: A Model based on Neuropsychological and Neurophysiological Data." *Brain and Language*, 50: 259-281.
- [16] Harter, S. P. 1992. "Psychological Relevance and Information Science." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 43(9): 602-615.
- [17] Huang, X. and Soergel, D. 2006. "An Evidence Perspective on Topical Relevance Types and Its Implications for Exploratory and Task-based Retrieval." *Information Research*, 12(1): 281.
- [18] Kaan, E. and Swaab, T. 2003. "Repair, Revision, and Complexity in Syntactic Analysis: An Electrophysiological Differentiation." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(1): 98-110.
- [19] Kim, A. and Sikos, L. 2011. "Conflict and Surrender during Sentence Processing: An ERP Study of Syntax-Semantics Interaction." *Brain and Language*, 118(1-2): 15-22.
- [20] Koelstra, S., Muehl, C. and Patras, I. 2009. "EEG Analysis for Implicit Tagging of Video Data." In *Proceedings of the 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, ACII*. September 10-12th, 2009, Amsterdam: 1-14.
- [21] Kok, A. 1997. "Event-Related-Potential (ERP) Reflections of Mental Resources: A Review and Synthesis." *Biological Psychology*, 45: 19-56.
- [22] Kok, A. 2001. "On the Utility of P3 Amplitude as a Measure of Processing Capacity." *Psychophysiology*, 38: 557-577.
- [23] Komaki, D., Hara, T. and Nishio, S. 2012. "How Does Mobile Context Affect People's Web Search Behavior?: A Diary Study of Mobile Information Needs and Search Behaviors." In

- Proceedings of 2012 IEEE 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, March 26-29th, 2012, Fukuoka: Fukuoka Institute of Technology: 245-252.
- [24] Kuperberg, G. et al. 2007. "The Role of Animacy and Thematic Relationships in Processing Active English Sentences: Evidence from Event-Related Potentials." *Brain and Language*, 100(3): 223-237.
- [25] Kutas, M. and Federmeier, K. D. 2011. "Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP)." *Annual Review of Psychology*, 62: 621-647.
- [26] Kutas, M. and Hillyard, S. A. 1980. "Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity." *Science*, 207: 203-208.
- [27] Maillard, L. et al. 2011. "From Perception to Recognition Memory: Time Course and Lateralization of Neural Substrates of Word and Abstract Picture Processing." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(4): 782-800.
- [28] McPherson, W. and Holcomb, P. 1999. "An Electrophysiological Investigation of Semantic Priming with Pictures of Real Objects." *Psychophysiology*, 36: 53-65.
- [29] Mehravari, A. S. et al. 2015. "Effects of Grammaticality and Morphological Complexity on the P600 Event-Related Potential Component." *PLoS ONE*, 10(10): 1-16.
- [30] Mizzaro, S. 1997. "Relevance: The Whole History." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 48(9): 810-832.
- [31] Moshfeghi, Y. et al. 2013. "Understanding Relevance: An fMRI Study." In Serdyukov, P. et al. *Advances in Information Retrieval*. Heidelberg: Springer.
- [32] Mostafa, J. and Gwizdka, J. 2016. "Deepening the Role of the User: Neuro-Physiological Evidence as a Basis for Studying and Improving Search." In *Proceedings of the 2016 ACM on Conference on Human Information Interaction and Retrieval*. March 13-17th, 2016, North Carolina: Hampton Inn and Suites Chapel Hill-Carrboro: 63-70.
- [33] Neville, H. et al. 1986. "Event-Related Brain Potentials during Initial Encoding and Recognition Memory of Congruous and Incongruous Words." *Journal of Memory and Language*, 25: 75-92.
- [34] Osterhout, L. and Holcomb, P. 1992. "Event-Related Brain Potentials Elicited by Syntactic Anomaly." *Journal of Memory and Language*, 31(6): 785-806.
- [35] Polich, J. 2007. "Updating P300: An Integrative Theory of P3a and P3b." *Clinical Neurophysiology*, 118(10): 2128-2148.
- [36] Saracevic, T. 1996. Relevance Reconsidered. In *Proceedings of the Second Conference on*

- Conceptions of Library and Information Science (CoLIS2)*. October 14-17th, 1996, Copenhagen: Royal School of Librarianship: 201-218.
- [37] Saracevic, T. 2007. "Relevance: A Review of the Literature and a Framework for Thinking on the Notion in Information Science: Part II: Nature and Manifestations of Relevance." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(13): 1915-1933.
- [38] Singer, G., Danilov, D. and Norbistrath, U. 2012. "Complex Search: Aggregation, Discovery, and Synthesis." *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 61(2): 89-106.
- [39] Singer G., Norbistrath, U. and Lewandowski, D. 2013. "Ordinary Search Engine Users Carrying Out Complex Search Tasks." *Journal of Information Science*, 39(3): 346-358.
- [40] Tang, R. and Solomon, P. 1998. "Toward an Understanding of the Dynamics of Relevance Judgment: An Analysis of One Person's Search Behavior." *Information Processing and Management*, 34(2/3): 237-256.
- [41] van de Meerendonk, N. et al. 2010. "Monitoring in Language Perception: Mild and Strong Conflicts Elicit Different ERP Patterns." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(1): 67-82.
- [42] Verleger, R. 1988. "Event-Related Potentials and Cognition: A Critique of the Context Updating Hypothesis and an Alternative Interpretation of P3." *Behavioral and Brain Sciences*, 11: 343-356.
- [43] Verleger, R., Jaskowski, P. and Wascher, E. 2005. "Evidence for an Integrative Role of P3b in Linking Reaction to Perception." *Journal of Psychophysiology*, 19: 165-181.
- [44] Wagner, A. et al. 1998. "Experiences as Predicted by Brain Activity Building." *Science*, 281(5380): 1188-1191.
- [45] West, W. and Holcomb, P. 2002. "Event-Related Potentials during Discourse-Level Semantic Integration of Complex Pictures." *Cognitive Brain Research*, 13: 363-375.

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- [1] Kim, Hyun-Hee. 2015. "Toward a Key-Frame Automatic Extraction Method for Video Storyboard Surrogates based on Users' EEG Signals and Discriminant Analysis." *Journal of the Korean Society for Information Management*, 32(3): 377-396.
- [2] Park, Myuung-Kwan and Na, Yoonjoo. 2012. "A Neurolinguistic Study of Syntax-Semantics Dynamics." *Studies in Generative Grammar*, 22(1): 157-183.