

# 한국어 어휘의 중의성 해결과 관련된 대뇌활동: MEG 연구

유기순<sup>1</sup>, 김충명<sup>1</sup>, 김준식<sup>2</sup>, 정천기<sup>2</sup>, 남기춘<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 고려대학교 심리학과

<sup>2</sup> 서울대학교 의과대학 신경외과학교실

E-mail: [yucia@korea.ac.kr](mailto:yucia@korea.ac.kr), [kichun@korea.ac.kr](mailto:kichun@korea.ac.kr)

## The cerebral activation related to Korean word ambiguity: MEG study

Gisoon Yui, Choong-Myung Kim<sup>1</sup>, June Sic Kim<sup>2</sup>, Chun Kee Chung<sup>2</sup>, Kichun Nam<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Psychology, Korea University

<sup>2</sup> Department of Neurosurgery, College of Medicine, Seoul National University

E-mail: [yucia@korea.ac.kr](mailto:yucia@korea.ac.kr), [kichun@korea.ac.kr](mailto:kichun@korea.ac.kr)

### 요 약

본 연구는 한국어 어휘중의성 해결과정에 관련된 대뇌활동을 살펴보기 위하여 MEG(magnetoencephalography)를 이용한 실험을 실시하였다. 일차적으로 기존의 중의성 관련 fMRI 실험 결과들이 MEG를 이용한 신호원 국소화 결과와 유사한 패턴을 보이는지 확인하였고, 본 실험의 주요 목적인 중의성 관련 처리과정에 기여하는 하위 처리과정이 어떠한 기능적 처리 요소들로 분해될 수 있는 지에 대해서도 시간 해상도가 높은 MEG의 특성을 이용하여 관찰하였다. 분석 결과, 한국어 중의어 해소과정의 하위처리 과정은 어휘의미 접속이라는 기본적인 과정 외에, 이들의 의미분지를 유발하는 단서의 유무가 그 활성화 영역의 시간적인 패턴과 중의성 해결을 위한 지속시간에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

### 서 론

현재 뇌 연구나 뇌 진단 장치로서 X선, CT, SPECT, PET 그리고 fMRI 등의 영상기기가 많이 이용되면서 뇌에 관한 구조 형태적 정보 외에 뇌의 기능적 정보도 제공하고 있지만, 시간 분해능이 수 초 이상이어서 그 이하 단위에서 처리과정이 종료되는 뇌의 인지기능 관련 정보처리를 파악하기에는 불충분한 면이 있다. 구체적으로, 이들 검사기기는 1~5mm 정도의 매우 작은 부위도 영상화할 수 있을 정도로 공간적 해상력은 뛰어나지만, 1000분의 1초 이상의 빠른 속도로 변

화하는 뇌신경세포의 전기적 활동을 실시간으로 기록하지 못하고, 수초에서 수분 동안에 발생하는 뇌 활동을 정지된 한 장의 사진으로 밖에 얻지 못하는 시간적 한계가 있다. 이로 인해 보고자 하는 특정 정보 처리과정의 관련 영역 이외에도 시간 해상도 수준 내의 다른 신경활동 또한 활성화 영역에 포착됨으로써 복잡한 해석과정을 거쳐야 하며, 아울러 신경의 활동 경로도 알기 어려웠다. 이 외에도 fMRI의 경우 검사시간이 30분 정도로 길어 피험자가 장시간 자기장에 노출되는

등의 문제점이 지적돼 왔다. 이 같은 기존 검사들의 단점을 보완한 MEG는 뇌신경의 전기적 활동의 결과로 얻어지는 자기장 정보를 실시간으로 기록해 고해상도의 동영상을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 자기장으로 인한 문제도 없는 등의 장점이 있다.

이처럼 MEG를 이용한 연구는 표면적으로는 EEG와 유사한 원리이지만, EEG의 단점인 두피표면에서의 뇌파왜곡과 공간해상력의 한계를 극복하여, 뇌의 깊은 곳에서 발생하는 뇌파신호를 탐지하고 그 위치를 수 mm 이내로 오차범위에서 국소화 하는 것을 가능하게 함으로써, 높은 시간 분해 능력을 이용하여 뇌기능의 탐지를 가능하게 한다.

본 연구는 이러한 MEG 장점을 이용하여 기존의 비교연구 결과인 중의성 해결과정과 이에 관련된 대뇌영역 실험 결과를 지지하는 연구이다. 어휘판단과제 시 어휘적 중의성의 의미적인 점화 효과 양상이 뚜렷이 나타난 행동반응 시간연구와 fMRI를 이용한 중의성의 해결 관련 대뇌영역을 규명한 연구를 지지하고, 아울러 MEG의 높은 시간 분해력을 이용하여 중의성 해결관련 과정에 기저하는 대뇌 활동의 진행 시간별 활성화 양상을 알아보는 데 목적이 있다.

### 실 험

어떤 단어나 문장이 하나 이상의 서로 다른 의미를 가짐으로써 일상 언어생활에 다양함과 경제적인 효과를 주는 경우도 있지만, 대부분의 경우 언어 정보를 처리하는 데 큰 어려움을 준다. 원활한 의사소통을 위해서 중의성 해결 과정을 살펴보는 것이 필요하다. 기존 연구에서는 중의성을 해결하는 과정에 대해 살펴보고 이에 관련된 대뇌영역에 대해 알아보았다. 특히, fMRI 실험 결과의 경우, 어휘적 중의성 관련 대뇌영역은 좌측 하전두이랑(left inferior frontal gyrus) 즉, Broca영역의 활성화가 전반적으로 우세하였고, 우측전두엽(right frontal lobe)에서도 강한 활성을 보인 것이 두드러진 특징으로 볼 수 있다. 우측 전두엽 중에서도 구체적으로 언급하면, 두정중심앞이랑(parietal precentral gyrus), 두정중심후이랑(parietal postcentral gyrus)와 중측두이랑(middle temporal gyrus)의 활성화가 두드러졌

다. 어휘적 중의성 해결 관련 영역은 어휘적 중의성 관련 활성화 영역에서 가장 활성화 정도가 큰 우측전두엽(right frontal lobe)외에 내측전두회(medial frontal gyrus), 후두엽(occipital lobe), 혀이랑(lingual gyrus), 상측두이랑( superior temporal gyrus), 중측두이랑(middle temporal gyrus) 및 설부(cuneus)와 설전부(precuneus)의 활성화가 넓게 나타났다.

### 실험 방법

#### 실험 참가자

실험을 수행하기에 적합한 3명의 고려대학교 대학원 재학 중인 학생을 대상으로 실시되었으며, 오른손잡이 학생들이었다. 나이의 분포는 20대 후반이었으며, 실험을 하기에 충분한 시력을 갖고 있었다.

#### 실험 재료

실험자극은 200개의 한국어 중의적 어휘(예: 말)와 중의적 어휘와 관련 있는(중의성이 해결되는) 문장 200개, 중의적 어휘와 관련 없는(중의성이 해결되지 않는) 문장 200개와 문장 400개에 yes/ no로 대답할 수 있는 질문 400개로 구성되었으며, 통제조건으로 비중의적 어휘 (예: 학교)와 비중의적 어휘와 관련 있는 문장 200개, 비중의적 어휘와 관련 없는 문장 200개와 문장 400개에 yes/ no로 대답할 수 있는 질문 400개로 구성되었다.

단어	관련 문장	질 문	무관련 문장	질 문
말	승마가 몸매교정이 좋다고 한다	수영이 몸매교정에 좋습니까?	돌은 풍화작용으로 변한다	햇빛에 의해 돌이 깨집니까?

그림 64 어휘적 중의성 문장

단어	관련 문장	질 문	무관련 문장	질 문
학교	수업보다 휴강이 좋다	휴강보다 수업이 싫습니까?	언니가 거짓말을 했다	거짓말은 언니가 했습니까?

그림 65 어휘적 비중의성 문장

#### 실험 절차

실험에서 사용된 과제는 fixation (\*) 1초 제시 후에 제시될 단어와 관련된 문장 또는 무관련 문장이 2초간 나오고, 단어가 2초간 제시되는데 이 때, 단어는 중의적 어휘 또는 비중의적 어휘가 제

시된다. 다음 fixation (\*) 1초 제시 후에 yes/no 질문이 나오는데 이는 문제가 나오면 마우스를 클릭해서 대답하는 방식을 택하였다. 이는 MEG 실험 시 움직임이 결과에 큰 영향을 주므로 움직임을 최소화시키기 위해서였다. 중의적 어휘와 비중의적 어휘의 빈도수와 음절수를 일치시켰으며, yes/ no로 대답할 수 있는 질문은 피험자에게 실험의도를 파악하지 못하게 하기 위한 조건이며, yes/ no의 비율은 50%로 맞추었다. 모든 자극은 무선화하였다.

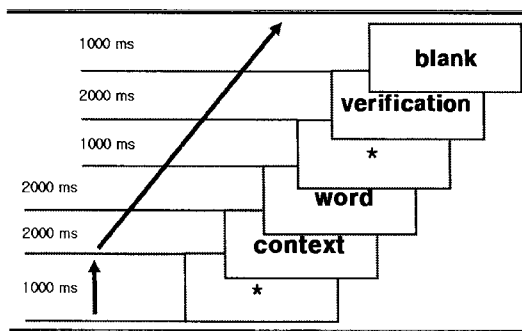


그림 66 자극 제시 순서

실험 자료 분석

MEG의 원리는 신경이 활성화되어 전류가 흐르면 그 주위로 자기장이 형성된다. MEG 센서는 머리를 둘러싸고 있는 코일들의 집합체로서 머리 속 신경에서 발생하는 전류에 의한 자기장을 검출해낸다. 머리에서 발생하는 자기장은 주변 전자제품이나 전력선, 지구자기에 비해 극도로 미세하기 때문에 자기 차폐실 안에서 측정이 이루어진다. 또한 액체헬륨으로 센서코일을 초전도 상태로 유지해 고감도로 신호를 측정한다. 모든 기록은 자기 차폐실에 있는 MEG 306채널에 의해 작성되었다. 이 시스템은 머리 전체를 커버하기 위해 102개의 magnetomers와 204개의 gradiometers 조합으로 구성되어 있다. 정확한 피험자 머리의 위치는 정중부와 두 귀를 기준으로 Cartesian Coordinate system으로 결정하였다. 4개의 위치 지점 코일들은 3차 공간의 머리 위치를 기록하기 위해 느슨하게 부착하였다. 실험 시간 동안, 동공의 이동과 깜박임은 gold-disk 전자기를 통한 electrooculographic 활성도로 확인하였다. MEG 주파수는 1부터 200 Hz 영역의 주파수를 흡수하여 자극 전 200 msec과 자극 후 2초를 600Hz의 표본 비율로 수치화하였다. 각 실험 시, 100

개의 MEG epochs를 평균을 구하였고, MEG epochs의 평균은 50Hz단위로 수치화하여 자극 전 200 msec 기간의 평균에 대한 상대적 가치로 보정하였다. 각 시간대의 관찰 결과는 Curry software를 통한 sLORETA로 표현하였다. 부피전도체를 계산하기 위해 구형모델을 이용하였으며, 20이상의 F값을 영역으로 인정하였다.

실험 결과

본 실험의 예비 결과로서 fMRI 활성화 영역은 MEG 결과를 모두 포함하는 대뇌 영역으로 확인되었지만, 특정의 하위처리 기능과의 관련성은 언급할 수 없는 한계가 있었음은 자명하다. 이는 한국어 어휘 중의성 관련 대뇌활동을 시간대별로 확인 가능한 아래의 MEG 실험결과가 대체적이고 보완적인 역할을 수행했다고 할 수 있다.

본 실험의 분석은 우선 중의성이 유지되는 (ambiguity preservation) 영역을 관찰하고, 이를 중의성이 해소되는 (ambiguity resolution) 영역과 비교하였다. 이 과정에는 중의성과 관련된 대뇌활성화 영역은 물론, 중의적 단어의 인식과 어휘접근, 그리고 의미처리에 이르는 일련의 하위처리 과정과 관련된 진행 시간별 활성화 추이도 아울러 주요한 분석지표가 된다.

먼저, 중의성 유지조건은 상기 기술된 조건에서 두 가지 경우를 생각해 볼 수 있다. 즉, 중의성-무관련 조건에서 비중의성-관련 조건 혹은 비중의성-무관련 조건을 빼는 경우가 그것이다. 하지만 비중의적이긴 해도 관련어가 목표어로 제시되는 전자의 경우는 점화효과 등의 반응 편향성이 관찰될 수 있는 반면, 후자의 경우는 그와 같은 우려를 배제할 수 있다. 본 결과 분석에서는 후자, 곧 중의성-무관련 조건에서 비중의성-무관련 조건을 감산하는 경우를 택하였다. 한편, 중의성이 해소되는 조건은 주지하는 것처럼 중의성-관련 조건에서 중의성-비관련 조건을 빼도록 하였다.

이들 결합조건의 시간대별 활성화 영역을 그림 4, 5와 같이 개략적으로 볼 수 있다. 그림에서 확인할 수 있는 것처럼 중의성이 유지되는 조건과 해소되는 조건에 게재되는 하위처리과정은 크게 세 가지로 분류된다. 먼저 중의성 유지조건에서는 150ms 근방에서 중의어의 어휘표상 관련성분으

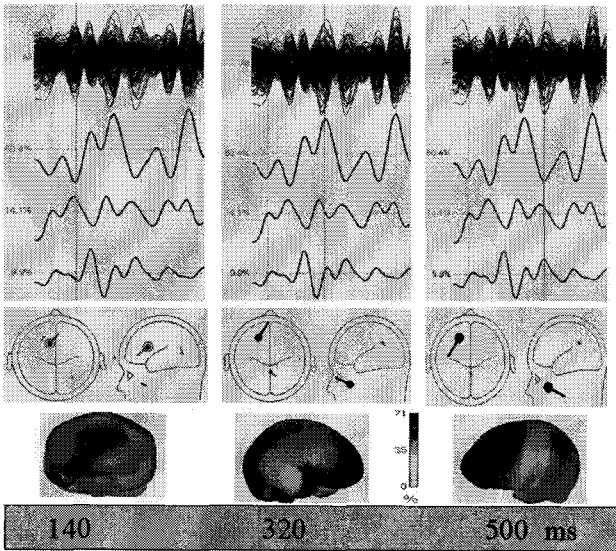


그림 67 중의성 해소조건(AR)의 활성화 영역(상단으로부터 PCA성분, dipole 분포, MNL 이미지)

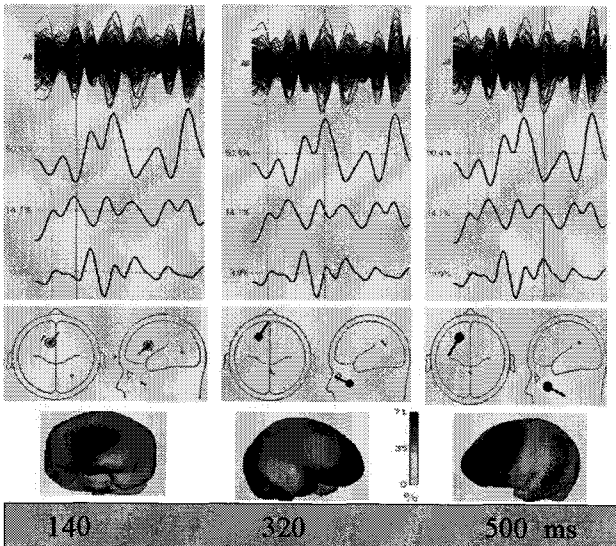


그림 68 중의성 유지조건(AM)의 활성화 영역(상단으로부터 PCA성분, dipole 분포, MNL 이미지)

로 보이는 성분이 좌측두영역(left temporal area)에서 지배적인 활성화 양상을 보이고, 다음 단계로 점화자극의 관련성으로 해석 가능한 320ms 에서의 내측 전두엽(inferior frontal lobe) 활성화 과정을 볼 수 있고, 마지막으로 내측 및 복측 전전두엽(medial and ventral prefrontal lobe)으로 국소화되어 활성화되는 양상으로서 주어진 점화자극에 의해 중의성이 해소되지 않고 유지되는-혹은 지배적인 뜻으로 귀결되기까지의- 과정을 보여 주고 있다.

이에 비해 중의성 해소조건은 1, 2 단계에서의 활성화 양상이 역전되어 있음을 알 수 있는데, 점

화자극으로서 문맥의 영향이 초기단계에서부터 작용하고 있음을 전두엽의 주위의 활성화 상태로 추측해 볼 수 있다. 이후 우반구 전두엽을 중심으로 해당 중의어의 의미해결을 위한 자원을 우반구 전역에서 총당하고 있음도 생각해 볼 수 있고, 마지막으로 중의어 해소를 위한 내측, 복측 전전두엽(medial and ventral prefrontal lobe)의 관여가 본격적으로 진행되어 가는 양상을 확인할 수 있다. 이는 주어지는 문맥자극으로부터 중의어에 대한 표상과정이 몇 단계의 시간영역으로 구분될 수 있음을 시사한다고 하겠다. 한 가지 더 확인이 필요한 사항은 450ms 이후에서 나타나는 어휘접속 후 처리과정(post-lexical process)인데, 중의어의 어휘적 의미가 보존되거나 유지되고 있는 전자의 경우에는 커다란 진폭의 변화없이 낮은 강도의 신호가 300ms 이상 지속되고 있음을 확인할 수 있다. 반면, 중의어 해소조건에서는 재분석 혹은 재확인과정이라 할 만한 진폭의 급격한 변화패턴을 확인할 수 있다(그림 5의 상단 PCA 및 채널별 에너지 밴드의 변화 참조). 이는 어휘의미 처리과정 상에서 선택된 의미의 확인 또는 재해석 등의 처리과정으로 간주할 수 있는데, 다음의 개별적인 조건에서 이를 극명하게 확인할 수 있다(그림 6 참조).

이미 확인된 것처럼 문맥으로서의 점화자극의 관여 및 중의어 의미의 해소를 위한 어휘접근 이후에는 중의성 해소 및 유지조건 모두가 최종 단계인 전두엽부위의 활성화로 귀결되는 공통성을 갖지만, 이들 간의 차이는 활성화 지속시간에 있었음을 개별적인 활성화 영역 데이터를 근거로 확인할 수 있었다. 결국, 중의성 유지조건에서는 300ms 가까이 전두엽 부위의 활성화가 지속되는 반면, 해소조건에서는 이보다는 100ms 이상 짧아지는 특성을 보인 것이다.

결론적으로 한국어 중의어 해소과정에 기여하는 하위처리 과정은 어휘의미 접속이라는 기본적인 과정 외에 이들의 의미분지를 촉발할 단서의 유무가 그 활성화 영역의 패턴과 지속시간에 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

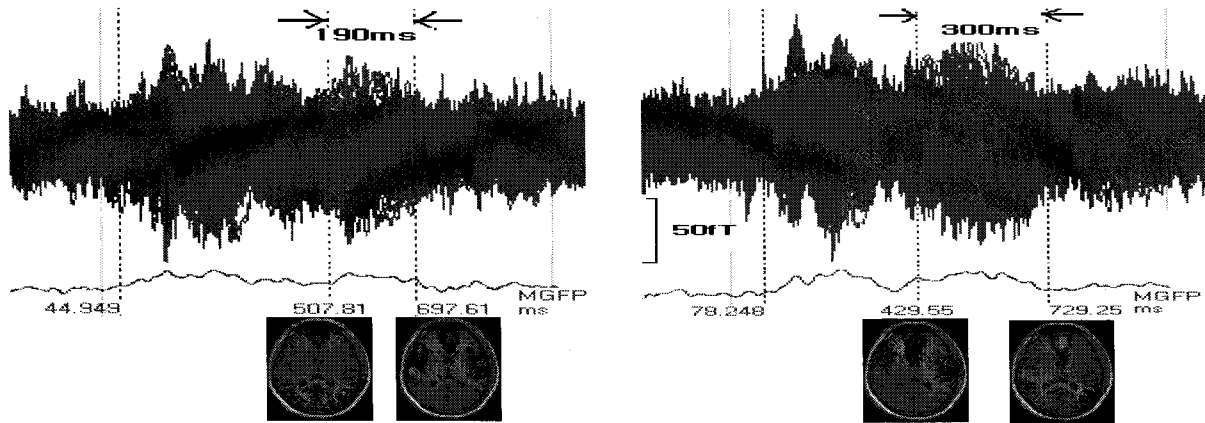


그림 6 대표적 피험자에서의 중의성-관련 및 중의성-무관련 조건에서의 전두엽 관여 지속시간

### 참고 문헌

- Burgess, C. & Simpson, G. B. Lexical ambiguity resolution. Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1988. p. 271-288.
- Hogaboam, T. W. & Perfetti, C. A. 1975. Lexical ambiguity and sentence comprehension. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 14 p. 265-274.
- Lucas, M. 1984. Frequency and context effects in lexically ambiguity resolution Technical Report 14. University of Rochester, *Cognitive Science*, Rochester, NY.
- MacDonald, M. C. 1993. The interaction of lexical and syntactic ambiguity. *Journal of Memory and Language*, 32, p. 692-715.
- Onifer, W., & Swinney, D. A.(1981). Accessing lexical ambiguities during sentence comprehension: Effects of frequency of meaning and contextual bias. *Memory and Cognition*, 9, p.225-236
- Seidenberg, M. S., Tanenhaus, M. K., Leiman, J. M., Bienkowski, M.(1982). Automatic access of the meanings of ambiguous words in context: Some limitations of knowledge-based processing. *Cognitive Psychology*, 14, p. 489-537.
- Simpson, G. B. Context and the processing of ambiguous words. In M. A. Gernsbacher(Ed.), *Handbook of psycholinguistics*. San Diego: Academic Press. 1994. p. 359-374.
- Swinney, D. A. 1979. Lexical access during sentence comprehension: (Re)consideration of context effects. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 18. p. 645-659.
- Tabossi, P.(1988). Accessing lexical ambiguity in different types of sentential contexts. *Journal of Memory and Language*, 27, p.324-340.
- Tabossi, P., & Zardoni, F.(1993). Processing ambiguous words in context. *Journal of Memory and Language*, 32, p.359-372.