

언어이해과정에서의 구문/의미요소 분리에 대한 ERP 특성 연구

김충명[†], 이경민^{†*}

서울대학교 대학원 인지과학협동과정[†], 의과대학 신경과학교실[‡]

Detection of Syntactic and Semantic Anomaly in Korean Sentences: an ERP study

Choong-Myung Kim[†], Kyoung-Min Lee^{†*}

Cognitive Science Graduate Program[†], Dept. of Neurology[‡]

Seoul National University

요 약

본고는 텍스트로 제시된 한국어 문장의 형태통사론적 오류와 의미적 논항결합시 하위범주화요건을 위배하는 논항선택 오류의 인식 및 판단에 따른 ERP (Event-Related Potential)를 검출하여, 이에 대한 문장이해과정의 시간추이적 양상을 연구의 대상으로 하였다. 참여한 피험자로부터 각각의 유형에 대한 통계분석 결과, 통사적 오류 추출에서 의미적 오류 추출에 이르기까지 기존의 연구에서 제시된 오류패턴 요소들(ELAN, N400, P600)을 확인하였으며, 아울러 한국어 문장이해과정의 특이성을 관찰할 수 있었다. 이를 통해 문장목록시 일어나는 여러 종류의 문법오류에 대한 개별적 성격규명과 함께, 이들의 문법틀 내에서의 상호관계에 대한 일련의 가설 설정이 이루어질 수 있으며, 또한 문장이해 메커니즘의 신경적 기전의 특성 규명으로 부수될 인간지능 모사가능성에 생리학적 토대가 더해질 것으로 추정되는 바, 언어이해와 대뇌기전지형을 결정짓는 또 다른 기준이 될 것이다.

1. 도입

한국어의 구조유형론적 특성 중 통사론적 특징에서 기인하는 격표시 체계는 그 어순을 자유롭게 만드는 기작이 된다. 따라서 형태통사론적 표지는 술어와 맞물려 그 어형을 달리하면서 술어에 통제되는 양상을 보인다.

지금까지 논의돼 온 한국어 특성 중 이러한 술어에 통제되는 논항의 격표시나 의미역 등의 선택과정에 대한 신경적 기전으로의 접근은 많지 않은 편이다. 이는 언어이해과정이 습관적/내재적 처리라는 모듈을 따르기 때문인 것으로 여겨지는데, 하나 또는 그 이상의 정보를 표현하기 위한 언어단

위의 처리가 매우 신속한 시간 내에 일어나기 때문에 그 기전을 인간이 가진 의식적 내성으로는 추적가능하지 않다는 사실에서 기인하는 것이다.

그러나 뇌영상 이미지 기술과 뇌 전위의 기록 장치 등의 급속한 개발은 뇌 내의 활동양상을 시각적으로 시연할 수 있을 정도의 수준에 오르게 하였다. 이를 토대로 인간 사고의 직접적 반영으로 간주되는 언어표상의 실체에 더 가까이 접근할 수 있는 계기가 마련되었다고 할 수 있다.

언어이해는 그 과정의 신속성, 복잡성으로 인해 특정 사건관련 요소를 추출하기 어려운

특징을 지닌다. 다행히도 이러한 특성은 비교적 최근에 적용되기 시작한 ERP라는 언어특성추출방법을 통해 그 근원지를 입증하는 어려우나 특정위치에 특정요소가 출현한다는 일반적인 양상을 관찰할 수 있으며, 아울러 언어일반에 적용될 수 있는 보편적 특징이 존재한다는 데서 그 실험적 의의를 찾을 수 있다.

여기서는 한국어 단문의 통사, 의미적 오류가 포함된 문장의 오류관련 요소가 어떻게 분포하며, 이들이 공기(cooccurrence)할 경우, 그 순차적 혹은 병렬적 교류 양상을 표지된 단어의 시계열상에서 분석함으로써, 더 나아가 특정문맥이 전제되는 문단에서의 정보교환 및 담화상의 정보흐름을 규명하는 단초로서의 연구성격을 갖는다고 할 수 있다.

2. 선행연구

언어이해, 더 세분해서 문장의 이해과정을 설명하는 데는 두 가지 이론이 있다. 하나는 이해에 관여하는 두 가지 처리 모듈, 곧 통사분석과 의미분석이 철저히 단원적(modular)이라고 주장하는 가설로 문장의 구문분석 과정이 종결된 후, 의미해석이 시작된다는 것이다. 또 하나는 내재하는 언어처리기(parser)가 구문분석을 수행할 수 있도록 의미정보를 이용한다는 가설이다.

행동주의 심리학에서 제기된 자극-반응의 단계적 처리 또는 기능적 상태의 반영이랄 수 있는 방법론적 접근에서 출발한 Ferreira & Henderson ('90)의 실험은 이와 같은 처리책략의 단초를 제공하고 있는데, 그들은 문장을 읽는동안 안구움직임 추적장치(eye-tracking device)를 통해, 문장이해 과정을 물리적 움직임에 대응시키는 실험 디자인을 통해 일과성 안구 움직임을 초기의 순수한 통사적 처리단계로, 재귀적 눈 움직임을 의미처리 또는 의미적 자질에서 안내를 받는 통사적 재분석(semanticly-guided syntactic re-analysis)으로

해석하였다. 즉, 언어이해과정은 통사분석이 의미분석을 선행한다는 것이다.

기존연구에서의 언어이해과정상의 오류 특성은 크게 세 요소로 대별된다. 그림 1에서 시각/청각적으로 제시된 단어의 사건유발전위의 전형적인 패턴을 볼 수 있는데, N1/P2가 'vertex potential'로서 외인성 성분영상(exogenous component)을 나타내는데 이는 주로 선택적 주의 및 자극의 확인/분류의 인지과정을 반영하는 것으로 보고하고 있다. 이후에는 의미적/통사적 오류 유발에 따라 N400/P600등의 성분영상이 나타나게 된다.

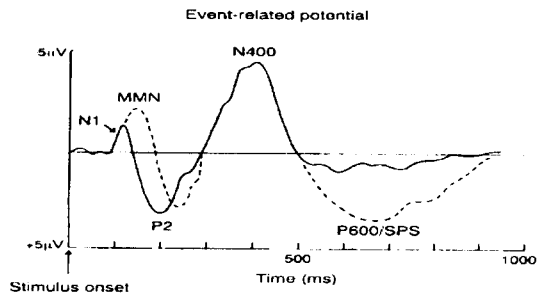


그림 1. general ERP (Osterhout et al., 1997)

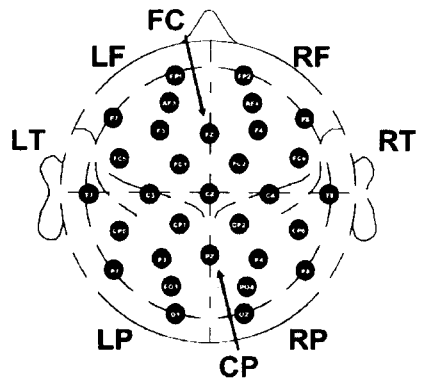


그림 2. international 10-20 system in 32-channel montage

시계열상의 파형 성분 영상 (wave com-

ponent)의 첫 번째는 LAN 또는 ELAN (early left anterior negativity)라 불리는 통사분석상의 1차 파싱과정에서 나타나는 파형으로, 현재의 입력에 대한 초기 통사구조를 할당하는 과정에서 생성되

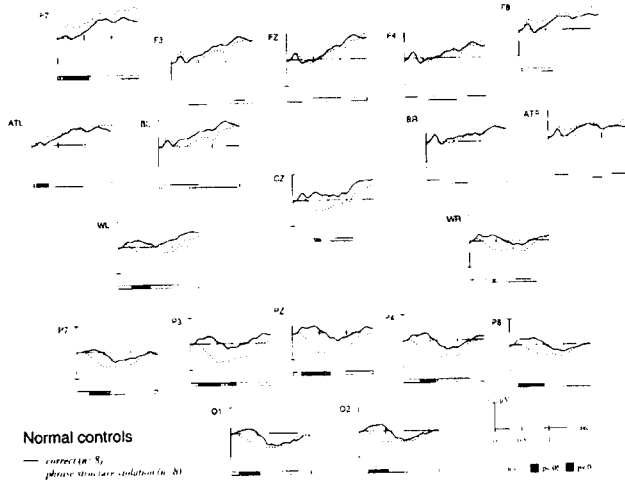


그림3. LAN/ SPS (Friederici et al., 1998)

는 것으로 알려져 있으며, 통상적으로 그 특성을 N200으로 표기하는 데서 알 수 있듯이 자극 제시 후, 그림 2의 LF(Left Frontal)영역의 좌반구 전 반부에서 그 극성이 최대로 나타난다는 것이다. 이는 주로 정문의 기능어 처리 (Nobre & McCarthy, 1994) 나 구구조 처리(Friederici, Hahne, & Mecklinger, 1996) 상의 오류에서처럼 통사적 어휘부류에 민감하게 반응하여 검출되는 특성으로서 PCA분석을 통해서도 입증된 바 있다 (Samar & Berent, 1986).

언어관련 ERP 특성중 두번째 요소는 첫번째 요소와 연계돼 나타나는 late positive component로, 그 특성을 표시하는 Syntactic Positive Shift (SPS)로 불린다. latency 특성의 표기로는 P600으로 표기하는데, 이는 garden-path 문장의 재해석 요구나 통사적으로 부정확한 성분에 대한 정정 등의 언어처리과정에서 생기는 요소로서 문 이해 과정에서의 재처리 (re- processing) 요구와 관련

해 나타나며, 그 분포는 위 그림1에서 CP (centro-parietal)로 명명된 영역에서 주로 발견된다(Osterhout & Holcomb, 1992; 그림2, 3 참조).

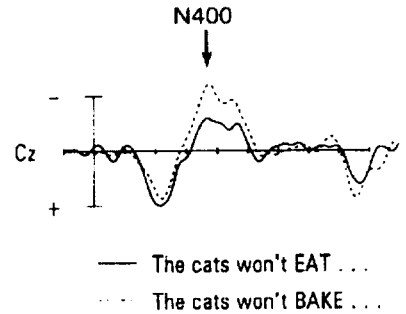


그림4. N400 (Osterhout et al., 1997)

마지막으로 문 이해의 어휘-의미적 처리와 관련한 ERP 특성으로서 N400 component를 들 수 있는데, 이것은 주로 양반구의 temporo-parietal 영역에서 관찰된다 (그림4 참조).

의미제약 위반의 예 (John spread his bread with *socks*; The pizza was too hot to cry/eat)는 확실히 통사제약위반(예, 'John slept the bed')과 구별되는 문법양상을 보인다. N400은 전자에서 나타나는데, 마지막 구 구조는 PP로서 전체에서의 문 구성에서 하자를 보이지 않는다. 그러나 술어의 어휘-의미적 제약을 위반함으로써 그 특징에 해당하는 고유의 ERP 특성을 보인 것으로 해석된다. 이는 주로 내용어 (content word)가 의미적 문맥에서 이탈될 때 출현하는 것으로 해석된다.

본 연구에서는 선행연구를 통해 나타난 통사/의미관련 ERP 특성이 한국어 문장에서 어떤 양상으로 확인이 되며, 이의 일반성 확보 여부를 표현형에서의 가능한 변이형으로 재구성하여 실험한다. 이 결과는 작제는 문장의 기본

단위인 단어수준에서의 조작에서 시작하여 크게는 일정한 명세표현 맥락의 단락에서 정보흐름 과정을 조명해 볼 수 있는 출발점으로서의 의의를 가지며 더 나아가, 정보통합이론의 한 모형을 제시할 수 있는 여지를 던져 줄 것이다.

3. 실험

3.1 개괄

대부분의 언어이해 관련 ERP 연구는 상대적으로 느린 시간간격 (eg. 600-900ms)의 시각자극을 갖고 행해진다. 이는 인접한 반응으로부터의 오버랩을 제거하고, 당해 자극에 대한 반응만을 추출함으로써 여러 유발 성분의 ERP 특성을 보다 확연하게 관찰할 수 있기 때문이다. 물론 여러 유형이 갖는 모호한 성격 때문에 의미/통사 오류의 유형을 완전히 분리시켜야 하는 부담이 선행되지만, 이를 단문 수준으로 제한할 경우에는 결과의 신뢰성을 높일 수 있다.

본 실험에서는 3-5개의 어절로 이루어진 1-scan reading이 가능한 문장을 제시하는 continuous sentence stream 방식과 한 문장을 이루는 각 어절들을 제시하는 word-by-word presentation 방식을 원용하였다. 단, 수식언의 경우는 피수식어와 함께 한 어절을 이루도록 했다.

첫 번째 방식에서는 초기요소 (early components)에 해당되는 N1, P2등의 초기요소가 오류 특성을 보이는 성분을 탐색할 때까지 혹은 문장 전체의 수용성(acceptability) 여부 판단에 따른 시간 지연 등으로 약화될 가능성이 있지만 사건 관련 전위의 시계열상의 특성은 전체적으로 대동소이할 것으로 판단된다. 따라서 문장의 오류유형에 따른 특정요소의 latency 및 ordering등은 첫 번째 방식의 결과를 통해 설명하고, 오류 유발의 부분적인 속성은 후자의 방법을 적용한 결과를 통해 해석할 경우, 문장처리의 뇌내 특성을 전체적으로

조망할 수 있는 방법론상의 잇점도 함께 얻을 것으로 추정된다.

3.2 방법 및 분석

정상 피험자 7명(남4, 여3)이 Type 1유형의 실험에, Type 2의 실험에는 5명(남4, 여1)이 참여하였으며, 모두, 오른손잡이로 특별한 신경적 전력이 없었다. 아래의 Table에서 보이듯이 오류유형의 문장자극이 type1과 type2의 유형으로 제시되었으며 전자는 피험자의 자극에 대한 반응을 기다려 2초후 후속 문장자극이 제시됐으며, 후자의 경우, 매 단어자극이 1초간격으로 지속되다 문장이 끝남과 동시에 반응을 받았다. 후속문장의 자극은 3초의 ISI후에 제시되었다.

Table

type1 presentation (sentence stream)	
(1) normal	누이가 내 머리를 감졌다.
(2) syntactic	누이가 내 머리를 감았다.
(3) semantic	누이가 내 발을 감졌다.
type2 presentation (word-by-word, /; 제시 단위)	
(1) normal	누이가/내 머리를/감졌다.
(2) syntactic	누이가/내 머리로/감졌다.
(3) semantic	누이가/내 발을/감졌다.
(4) double	누이가/내 눈에/감졌다.

뇌파기록을 위해 NeuroScan 사의 128-channel EEG 시스템을 이용하였다. 얻어진 뇌파자료는 문장 혹은 구 제시 순간을 기준으로 정렬하여 평균 파형을 계산하였다. 각 시점마다 전위수준값에 대한 t-test ($p < 0.001$)를 시행하여 조건간 유의한 차이를 보이는 지 검사하였다.

3.3 결과

그림 6에서 알 수 있듯이 의미적/ 통사적 오류 문장이 제시될 경우, anterior bilateral frontal에서 양 오류 사이의 차이가 없는 P2의 vertex potential을 관찰 할 수 있었다. 반면, posterior bilateral parietal 영역에선 공히, N200의 특성을 확인할 수 있으며 이 시간창(time window)에서의 양 영역의 극성의 차이는 그 중간 뇌부위가 이들 파형의 근원지임을 알려준다

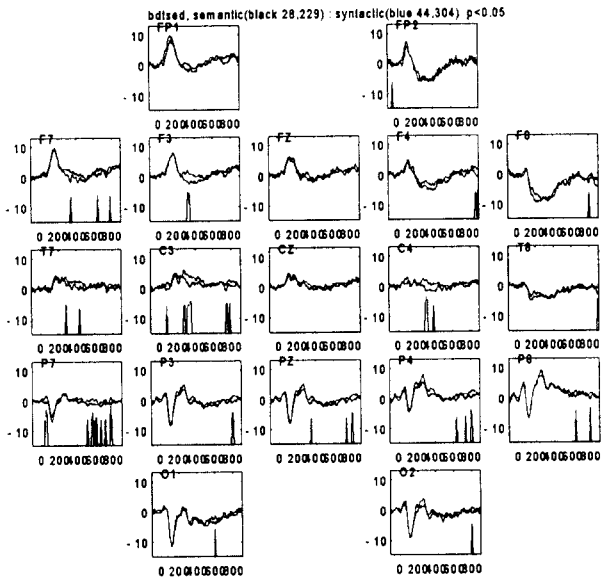


그림6. Type 1(sentence stream) 방식의 의미/통사오류 구성요소. 유의한 전위차($p < 0.001$)를 보인 시점에는 각 채널 하부에 표식자로 표시하였다.

Left Anterior Negativity의 특성이 본 실험에서는 bilateral posterior part에서 나타나고 있는 것이 한 가지 차이점이다. 이는 앞서 지적됐듯이 문장단위의 제시방식이 갖는 오류성분의 추출과정의 순차적처리가 아닌 일괄처리 방식에 근거할 가능성을 제기해 볼 수 있다.

N400으로 불리는 어휘-의미적 오류 특성은

F3-C3의 left fronto-central 부근 및 PZ에서 다른 부분에 비해 비교적 의미있게 산출되고 있음을 알 수 있다.

마지막으로 P600(SPS)으로 불리는 통사적 오류정정의 특성이 완만하나마 bilateral centro-parietal (C3-P3)영역에서 약 200ms 정도 지연되어 나타나고 있음이 확인된다. 그러나 전술한 특성이 아직 확인한 성분으로 관찰되지 않는 것으로 보아 문장자극 제시가 갖는 특성간 미분리 및 오버랩에 의한 상이극성

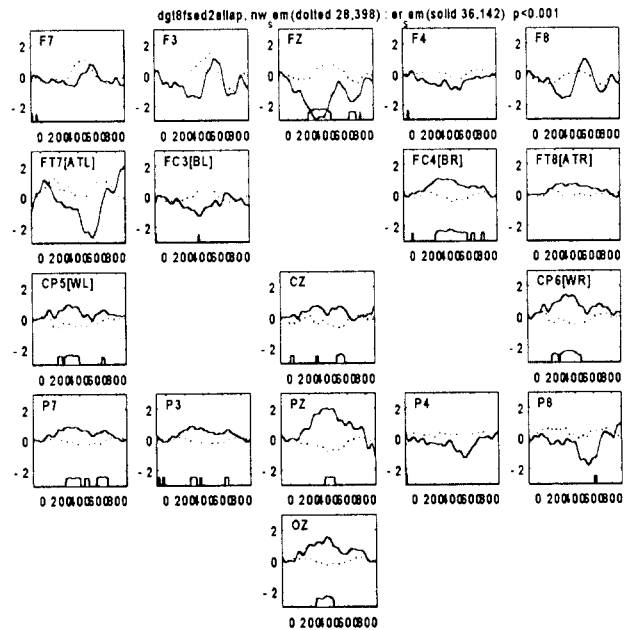


그림 7 type2 방식의 의미적 오류 구성요소. 실선은 오류 단어의 경우, 점선은 정상단어의 경우이며, 유의한 차이 ($p < 0.001$)를 보인 시점은 각 채널하부에 표시하였다.

의 감쇄가 일어났을 가능성이 있다. 이에 비해 그림 7, 8에는 type2의 유형에 대한 결과가 나타나 있다. 이들은 각기 normal word에 대한 어휘-의미적 오류와 통사적 오류가 포함된 error word 사이의 전위차를 각 채널별로 명시한 것이다.

먼저, 의미적 오류에서 발생하는 N400요소가 뚜렷하게 정점을 형성하고 있음을 여러채널에서 관찰할 수 있다. WL을 포함한 LT(left temporal)을 그 근원지로 보고 centro-parietal 영역에서 그 특성을 확인할 수 있는 것으로 보고된 이 특성은 본 실험에서는 측두엽을 포함한 left anterior 영역과 right posterior parietal에서 그 특성을 확인할 수 있었다. 하지만 left centro-parietal 영역의 PZ-CZ채널의 동시간대의 극성반전은 불확실 조건 및 이탈자극을 반영하는 것으로 알려진 P300의 전형적인 양상(PZ-CZ-FZ순으로 그 진폭이 작아짐)을 보이고 있다. 이는 기존 문헌의 의미오류 연구에서는 지적되지 않던 요소로서 기대자극의 이탈가능성에 주의를 기울인 뒤 최종판단을 내리는 것으로 추정된다.

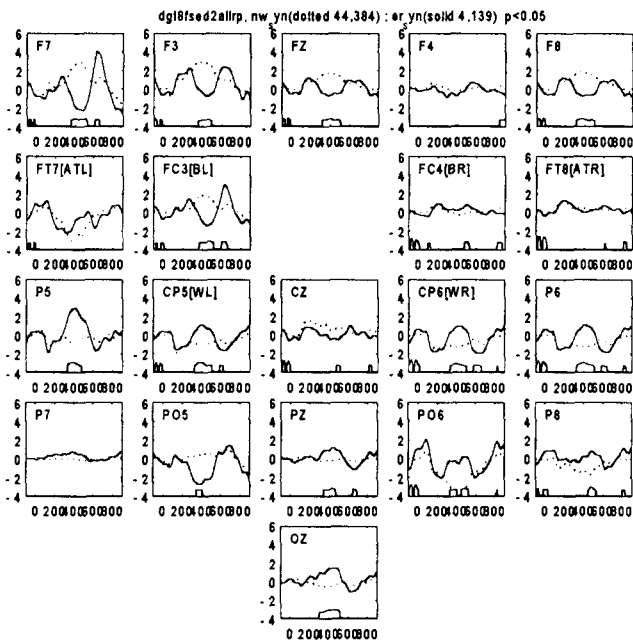


그림 8. type 2방식의 통사적 에러 요소. 실선은 오류단어의 경우, 점선은 정상단어의 경우이며, 유의한 차이($p < 0.001$)를 보인 시점은 각 채널하부에 표시하였다.

다음으로 그림8를 보면, 구문에러의 구성요소를 살펴볼 수 있다. 구문에러 유형중 대표적인 경우는

술어의 하위범주화를 위배하는 통사표지 및 부적절한 술어성분으로 대치한 예를 제일 많이 제시하였으며, 다음으로 문장내 특정 어구간의 호응불일치를 제시하였다.

먼저 LAN이라 불리는 초기 구구조의 위배와 관련된 구성요소는 left anterior라는 비교적 넓은 지역에 분포한다고 알려져 있는데 본 실험에서는 normal word와 유의미한 차이를 보이진 않았지만, FT7-CP5 및 그 homologue에서도 관찰된다. 그런데 P600(SPS)역시 동일 위치에서 확인되는 점이 이채롭다. 대개의 실험에서는 후기 통사구성요소가 centro-parietal이었던 점에 비추어 보면 자못 흥미로운 결과가 아닐 수 없다. 즉 통사에러 유형의 전후기 요소가 각기 다른 영역에서 확인되는 것으로 주장을 해 온 기존 연구와는 다른 모습을 보이고 있는 것이다.

4. 토의

Type1의 실험 패러다임이 제공하는 구문분석 오류의 초기특성은 vertex potential과 오버랩되면서 그 분리가 쉽지 않으며, LAN요소와 비등한 특성이 posterior part에서 발견이 된다는 사실이다. 하지만 구문에러의 전형이랄 수 있는 SPS는 그 영역의 분포가 제한적이긴 하지만 centro-parietal영역에서 보고되며, 의미요소의 전형적인 특성인 N400역시, 제한적인 영역에서 미약한 특성으로 관찰된다.

그러나 Type 2에서는 그 분포양상이 선행연구와의 차이점을 드러내긴 했지만 예의 문법/의미특성 모두를 확인할 수 있었으며, 아울러 이들의 영역의존성 역시 일정한 의미를 갖는 것으로 해석된다.

구체적으로는 도입부에서 언급된 한국어 특성중 조사교체라고 하는 어형정보의 제시 또는

선택과정, 전체 문장의 구문오류정보 지각에 이를 때까지 지연 또는 보류된다는 가설을 세워볼 수 있다. 이어 이 특성이 해당 술어를 만나면서 최종적인 판단과정에 이르게 되며, biphasic pattern을 보이는 것으로 미루어 보아 술어처리와 동시에 양 특성(LAN, SPS)이 교차하는 게 아닌가 추정된다. 이에 비해 의미적 오류 특성은 일반적인 관례를 따르는 것으로 보이지만 언어-특정적인 측면으로 해석될 만한 요소가 있었고 그 영역특징도 더 정교화되는 양상을 보였다.

또 한 가지 가능한 설명은 시간경과에 따른 지역별 반응의 전이 패턴이다. 먼저 의미오류 처리시 CP5에서 보이는 N2의 발현후 그 전이양상이 BL-FZ에서 N400이 정점에 도달한다. 이 때, right BR/WR에서는 극성이 다른 완만한 파형을 이루는데, 그 근원지가 이들 가운데 어느 지점에 형성돼 있을 것을 암시한다고 하겠다. 마찬가지로 이와 같은 기준에 의하면 통사구성요소는 1-pass 및 2-pass로 분류되듯 그 요소특성 뿐만이 아니라 시간경과에 따른 유의한 지역전이가 더 극명하게 드러난다. 즉, LAN이 N1으로 당겨져 잘 보이지 않은 반면, P600은 bi-lateral posterior에서 폭넓게 관찰되고 있다. 아울러 frontal의 파형특성이 centro-parietal과 반전양상을 이루는 것으로 미루어 fronto-central쪽에 그 dipole이 형성돼 있음을 강력하게 주장할 수 있다.

참고문헌

1. Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. Cambridge, MA: The MIT Press.
2. Neville, H., Nicol, J. L., Barss, A., Forster, K. I., & Garrett, M. F. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(2), 151-165.
3. Nobre, A. C., Allison, T., & McCarthy, G. (1994). Word recognition in the human inferior temporal lobe. *Nature*, 372, 260-263.
4. Simos, P. G., Basile, L. F. H., & Papanicolaou, A. C. (1997). Source localization of the N400 response in a sentence-reading paradigm using evoked magnetic fields and magnetic resonance imaging. *Brain Research*, 762(1-2), 29-39.
5. 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.
6. Gunter, T. C., Jackson, J. L., & Mulder, G. 1992. An electrophysiological study of semantic processing in young and middle aged academics. *Psychophysiology*, 29, 38-54
7. Hagoort, P., Brown, C., & Swaab, T.Y. 1996. Lexical-semantic event-related potential effects in patients with left hemisphere lesions and aphasia, and patients with right hemisphere lesions without aphasia. *Brain*, 119, 286-300
8. Kutas, M., & Van Petten, C. 1994. Psycholinguistics electrified. Event-related brain potential investigations. In M.A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics* (pp. 83-143)