Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.17, No.1, 1998

시각 감성평가를 위한 뇌파의 민감성에 대한 연구

A Study on Discrimination Sensitivity between EEG Patterns under IAPS(International Affective Picture System) Stimuli

황민철* · 류은경** · 김철중**

ABSTRACT

The sensitivity of the emotion evoked visually by IAPS was attempted to be defined using EEG(electroencephalogram). Twenty university students were participated in this study. Their EEG was measured and analyzed in terms of frequency range such as delta, theta, alpha and beta wave. The results showed that alpha increased, but delta and beta decreased with positive emotional progress. Inter-variation between alpha and delta in F4 and beta variation in P3 were indicative of the evaluation sensitivity of human emotion.

* 상명대학교 정보통신학부
** 한국표준과학연구원, 인간공학연구실

1. 서 론

현대 산업제품 개발자들은 인간을 위한 고급상품 창조를 추구하고 있다. 이 상품의 개발은 인간의 오감의 만족도를 극대화함으로서 완성될 수 있다. 개발되어야 할 상품의 모든 구성요소는 사용자 즉 인간의 오감을 탐구, 평가 및 시뮬레이션에 의해 결정되어진다. 이러한 제품은 감성 공학적 개념이 삽입된 인간 중심적인 제품이라고 할 수 있다. 이러한 시대흐름에 제공되어야 하는 결정적인 기초기술은 인간의 감성을 정확하게 파악하는 측정 및 평가기술이다(김철중, 1996). 상품에 대한 감성평가를 위해서 질문지를 통해 의미미분법에 의한 척도를 이용하는 것이 기존의 주된 평가기술이었다. 그러나 이런 주관적 평가에 대한 신뢰성 문제가 대두되어 객관적 측정기술을 요구하기에 이르렀다. 객관적 기술로 제공될 수 있는 것이 오감을 통한 감각, 체험, 반응의 단계에서 나타나는 전기적 생리신호의 변화성이고 이것이 감성과 어떤 관계가 있는 것인가 하는 것이다.

인간이 일상적으로 체험하게되는 정보중 70%가 시각에 의한 것으로서, 오감각중에서 가장 많이 사용하는 감각이다. 시각 감각에 의한 감성평가를 위한 기존연구는 인간의 시각감성으로 유발된 생리적 반응을 측정하여 감성적 변수를 찾아내고자 하는 것이다. 시각감성을 유발시키는 직접적이거나 간접적인 방법으로는 과거의 기억을 회상하게 한다든지(Brewer, et al., 1980), 상상을 하게 한다든지(Miller, et al., 1987), 감성을 유발시킬만한 여러 가지 사진을 직접 제시하였다(Sutton, et al., 1997). 측정된 생리신호들은 눈 움직임, 얼굴 근전도, 피부 전도, 심전도들이며 감성을 2차원으로 나누어 감성변화와 각성변화를 측정하였다(Sutton, et al., 1997; Lang, et al., 1993). 이들 연구의 방향은 생리신호를 이용해서 긍정감성과 부정감성을 구분할 수 있는 유용한 지표를 찾고자 하는 것이다.

그러나 인간중심의 제품창조를 위한 감성은 긍정차원에 있어야 하고, 긍정차원 안에서도 긍정상태간의 차이를 구분할 수 있는 감성의 생리적 측정치를 얻을 수 있어야만 실질적 응용을 할 수 있다. 본 연구는 오감각에 의한 감성 중에 시감각에 의해 유발된 시각감성에 따른 뇌반응에 대한 연구를 실시하여서, 기존연구에서 실시한 긍정/부정 감성을 구분할 뿐 아니라, 같은 차원의 감성을 구분할 수 있는 생리적 반응의 민감성을 관찰하는 것을 목적으로 하였다. 생리신호는 뇌파(EEG, Electroenphalogram)의 각 주파수 대역의 출현량을 측정하였고 자극은 Lang(1995)에 의해 개발된 IAPS(International Affective Picture System)의 사진을 이용하여 시각감성에 대한 뇌파의 반응특성을 연구하였다.

2. 실험방법

감각실험을 위한 실험시스템과 실험방법은 기존 논문에 자세히 수록하였다(황민철외, 1997). 실험시스템은 자극제시시스템과 데이터 수집 및 분석 시스템으로 구성되어 있다. 자극제시시스템은 실험실과 인간 감성 유발을 위한 자극제시를 위한 시스템으로 구성되어 있다. 실험실은 가로 2m, 세로 4.5m, 높이 2.5m인 박스형이었다. 자극제시는 빔프로젝트(Epson, EMP-3300, Japan)를 이용하여 전면 스크린(1.5m *1.5m)에 제시하였다. 시각자극의 내용은 긍정감성과 부정감성을 유발시킬 수 있는 IAPS사진에서 15개를 선정하여 제시하였다. 이 사진들은 같은 차원의 감성(긍정이나 부정감성)의 차이를 유발할 수 있는 것으로 선정되었다. 예를 들어, 긍정감성 안에서라면 최대긍정과 최소긍정감성의 차이를 유발할 수 있는 사진들이다. 뇌파

측정장치는 Spectrum 32 D/P(Cadwell, U.S.A.)를 사용하였다. 뇌파측정을 위해 국제 전극법에 의거하여 21개 전극(Silver-Silver, Grass)을 머리에 부착했으며, reference는 동측의 귓불(A1, A2)로 하였다. 뇌파의 전극까지의 전달을 원활하게 하기 위해 전극Gel(SH-48, Nihon Koheden)을 이용하였다. 피실험자는 여자 10명, 남자 10명으로 구성하였다. 평균연령은 약 20세이고 모두 뇌에 이상이 없고 감각상 문제도 없는 정상인이었다. 피실험자는 준비실에서 전극을 부착하고 실험실로 들어가 약 30분간의 충분한 적응시간을 가졌다. 실험실에 위치한 피실험자는 안락의자에 편안한 자세로 앉아 임의의 순서로 제시되는 자극을 보았다. 자극시간은 한 자극에 대해 30초로 하였고 그 다음 자극으로 진행하기 전에 2분 정도의 무자극 안정상태를 가졌다. 자극사이에 무자극 안정상태를 유지하는 것은 자극에 대한 회복시간을 충분히 두어 유발된 감성이 다음자극에 의한 감성에 영향을 받지 않게 하기 위함이다(황민철, 1996). 주관적 평가는 각 자극을 제시한 후에 실시하였다. 각 자극에 대한 주관적 평가는 5항목으로 이루어져 있었다(이만영과 이홍철, 1990). 주관적 평가의 5 항목은 '불쾌하다 - 상쾌하다', '불만스럽다 - 만족스럽다', '불안하다 - 편안하다', '괴롭다 - 즐겁다', '싫어한다 - 좋아한다'이었다. 각 문항은 11점 척도로 구성되어 있고, 제시되어지는 자극이 가장 좋았을 때 +5, 가장 나빴을 때 -5, 보통일 때 0으로 평가할 수 있도록 하였다.

3. 데이터 분석

본 연구에서 검출된 뇌파를 육안으로 보았을 때 뚜렷이 노이즈 현상으로 구분되는 부분은 뇌파 분석대상에서 제외시켰다. 뇌파에서 노이즈의 원인은 일반전기의 교류장애, 전극접촉불량, 근활동, 몸움직임, 심전도, 안구운동, 눈깜박임, 호흡, 발한, 맥박, 정전기 등이 주된 요소가 된다. 뇌파는 주파수에 의해서 델타, 세타, 알파 및 베타파로 분류하여, 뇌의 21개의 부위에서 측정된 뇌파에 대해 분석하였다. 본 연구에서 분석한 데이터는 자극제시 전후 30초 동안의 데이터였다. 데이터는 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 통하여 각 뇌파(델타, 세타, 알파, 베타)의 상대 power spectrum 구하였다(Cooper, et al., 1980). 상대 power값은 시간대역에서 총 power값에 대해 델타, 세타, 알파, 베타에 해당하는 power값이 차지하는 비율을 normalize시킨 값이었다. 각 자극에 대한 power값과 각 자극직전의 무자극 안정상태의 power 값이 결정되었다. 각 자극에 대한 2가지 power 값을 무자극 안정상태에 대한 자극반응을 (무자극-자극)/무자극로 다시 한번 normalize 시켰다. 이 값을 normalized sensibility(NS)로 (1)식과 같이 정의하여 사용하였다.

$$NS = \frac{P_{ij-1} - P_{ij}}{P_{ij-1}} \times 100 \qquad (1)$$

P는 power spectrum, i는 델타, 세타, 알파, 베타, j는 자극상태, j-1은 자극을 제시받기 바로 직전의 무자극 안정상태를 각각 의미하였다. j-1은 무작위 연속 자극간의 휴식시간을 의미하며 전자극으로 부터의 회복시간으로 이용하였다. NS가 0이면 자극에 대한 반응이 없는 상태이고 1이면 자극에 대한 반응이 무자극 안정상태의 2배에 해당되는 것을 의미한다. 결정된 각 자극에 대한 NS 값을 가지고 자극에 대한 반응차이를 보기 위해 paired t test를 실시했다. 비교할 반응은 주관적 평가 결과에 의해 선택되어 졌다. 주관적 평가는 매 자극마다 5개의 항목으로 평가되어졌는데 최종 이용된 수치는 5항목 점수의 평균값이었다. 그 결과 선정된 반응은 최대긍정, 최대

부정, 최소 긍정, 최소 부정일 때의 4조건의 반응들에 대한 NS 값이었다. 이 4가지 NS값의 비교를 위해 paired t test를 사용하였고, 뇌의 21개의 부위에서 뇌파의 주파수 대역별로 분석을 하였다.

4. 결 과

4가지의 NS값의 비교를 통해서 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 국부점을 각 델타, 세타, 알파, 베타파 별로 구분하여 살펴보았다. 결과로서 제시된 그림 1, 2, 3, 4에서 보여지는 모형은 뇌의 표면을 도식화한 것으로서, 삼각형은 코를 나타내었다. 뇌 도식도 안에 표시되어진 영문글자는 국제 전극법에 의거한 뇌부위의 명칭이었다. P는 두정엽(Parietal lobe) T는 측두엽(Temporal lobe), C는 중심부(Central lobe) O는 후두엽(Occipital lobe) F는 전두엽(Frontal lobe)에 각각 해당하였다. 원표시는 통계적 유의차를 보이는 국부점이었다. 또한 모든 그림에서 사용된 영문범례인 MP(Most Positive), LP(Least Positive), LN(Least Negative), MN(Most Negative)는 각각 최대긍정반응, 최소긍정반응, 최소부정반응, 최대긍정반응을 의미하였다.

그림 1은 최대긍정반응과 최대 부정반응을 유발한다고 보고한 자극에 대한 t-test 결과들을 보여주었다. 뇌 도식도안에 표시된 것은 최대긍정반응과 최대부정반응의 차이를 보이는 국부점으로서, 델타파는 F7, F4, C3부위에서, 세타파는 F7, O2부위에서, 알파파는 F7, F3, F4, C4부위에서, 베타파는 P3, P4 O1, O2부위에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 긍정 감성을 느낄수록 부정감성을 느낄 때보다 알파파 증가, 델타파와 베타파 감소, F7 세타파 증가, O2 세타파 감소를 보였다. 변화를 보이는 국부점은 델타와 알파파는

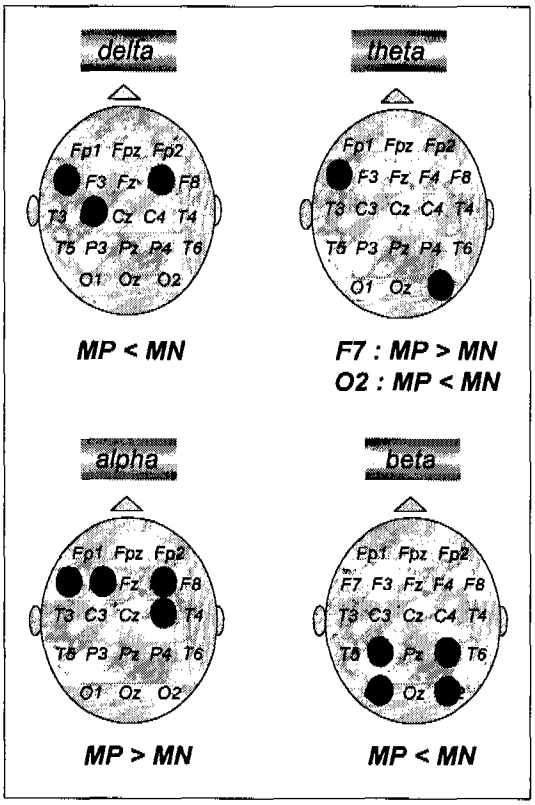

그림 1. 시각의 최대긍정감성으로 인한 뇌파변화와 최대부정감성으로 인한 뇌파변화간의 paired t test에 의한 비교결과.

전두엽으로 치우쳐 있었고, 베타파는 후두엽으로 치우쳐 있는 것이 특징이었다. 또한 세타파는 전두엽과 후두엽에서 증감의 변화가 반대를 보이고 있었다.

그림 2는 최대긍정반응과 최소긍정반응을 보이는 자극에 대한 통계적 결과를 보여주고 있었다. F7, F3, F4부위에서는 델타와 알파파가 유의미한 차이가 있었고, C3, P3부위에서는 베타파가 유의미한 차이를 보였다. 그림 1에서와 마찬가지로 긍정감성을 느낄수록 부정감성을 느낄 때보다 델타파는 감소하였고 알파파는 증가함을 보였다. 하지만 C3부위에서는 베타파가 증가하지만 P4부위에

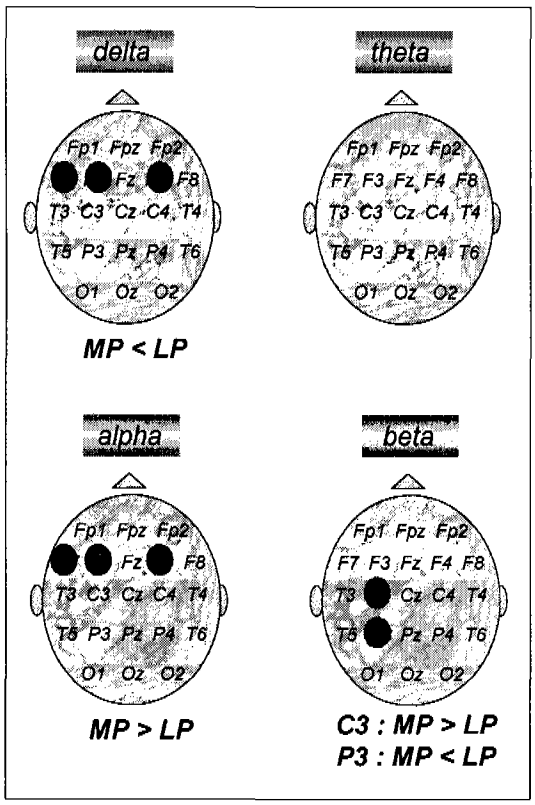

그림 2. 시각의 최대긍정감성으로 인한 뇌파변화와 최소긍정감성으로 인한 뇌파변화간의 paired t test에 의한 비교결과.

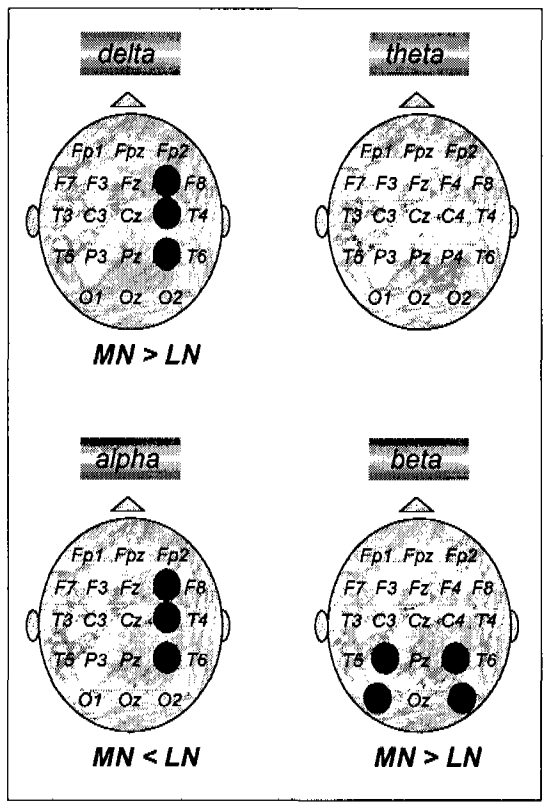

그림 3. 시각의 최대부정감성으로 인한 뇌파변화와 최소부정감성으로 인한 뇌파변화간의 paired t test에 의한 비교결과.

서는 감소하였다. 그림 2에서도 그림1과 같이 변화를 보이는 델타파와 알파파는 전두엽으로 치우쳐 있었다. 세타파는 긍정감성 안에서의 변화에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 베타파는 C3부위를 전두엽 쪽이라고 하고 P3을 후두엽 쪽이라 한다면, 그림 1의 세타파 변화 추세와 같다고 볼 수 있었다.

그림 3은 최대 부정반응과 최소 부정반응을 보이는 자극에 대한 통계적 결과를 보여주고 있었다. F4, C4, P4부위에서는 델타파와 알파파가 유의미한 차이를 보였고, P3, P4, O1, O2부위에서는 베타파에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 그림 2에서와 같이 세타파는 부정감성 안에서의 변화도 구분하지 못했다. 델타파와 알파파는 좌뇌에서 유의미한 차이를 보이고, 베타파는 후두엽쪽에서 유의미한 변화를 보였다.

그림 4는 최소 긍정반응과 최소 부정반응을 보이는 자극에 대한 통계적 결과를 보여주고 있었다. 위에서 보여준 추세와는 다른 양상을 보이고 있었고, 변화를 보이는 국부점도 매우 적은 편이었다. 긍정적일수록 델타파는 O1부위에서, 베타파는 O2부위에서 증가하고 있었다.

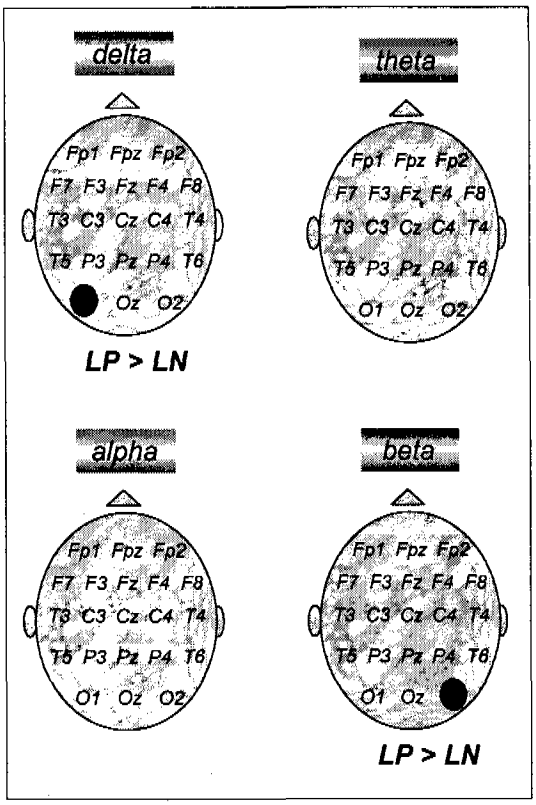

그림 4. 시각의 최소긍정감성으로 인한 뇌파변화와 최소부정감성으로 인한 뇌파변화간의 paired t test에 의한 비교결과.

5. 결론 및 토론

본 연구는 뇌파를 이용하여 다양한 시각자극에 의해 유발된 감성을 평가하고자 실시하였다. 특히 긍정감성과 부정감성의 차이, 긍정감성 안에서의 차이, 부정감성 안에서의 차이를 뇌파를 이용하여 객관적으로 변별할 수 있는가를 알아보았다. 이를 위해서 제시한 자극 중에서 최대긍정반응, 최소긍정반응, 최소부정반응, 최대부정반응을 유발했다고 주관적으로 평가하는 자극들에 대한 뇌파를 비교, 분석하였다. 이와 같이 측정된 4가지 반응상태의 뇌파들을 분석해본 결과, 주파수 대역별로, 뇌의 21부위의 국부영역별로 유의미한 차이가 있었다. 결국 감성의 민감성을 측정하기 위해서는 뇌파의 특정 주파수 대역만을 고려하거나, 특정 뇌부위만을 선별하여 분석할 때는 특별한 주의가 필요하다는 것을 시사하는 것이었다.

그림 5는 알파파 대역에서 최대 긍정반응과 최대 부정반응, 최대 긍정반응과 최소 긍정반응, 최대 부정반응과 최소 부정반응, 최소 부정반응과 최소 긍정반응간을 비교한 결과를 보여주고 있다. 그림 5에서 제시된 것처럼 F4가 대표적인 추세를 보이고 있는데, 최대긍정반응과 최대부정반응($p = 0.0001$), 최대긍정반응과 최소긍정반응($p = 0.008$), 최대부정반응과 최소부정반응($p=0.05$)간에 긍정감성을 느낄수록 부정감성을 느낄 때보다 알파파가 감소하였다. 하지만 최소 긍정반응과 최소 부정반응($p=0.17$)에서는 일정한 추세를 보이지 않았다. 이러한 추세들은 알파파의 경우에 뇌의 일부반응이 빠진 다른 측정 부위(F3, F7, C4, P4) 에서도 동일하였고, 델타, 세타, 베타파에서도 같은 현상을 보이고 있음을 확인하였다. 그러나 최소긍정과 최소부정간의 구분 해상도가 최대긍정과 최대부정간의 구분해상도보다 작기 때문에 주관적 평가의 모호성으로 인한 혼돈의 영향이 크게 작용했음을 암시하였다. 만약 최소부정과 최소긍정반응의 구분없이 최대긍정과 최대부정의 중간반응으로 간주한다면 전체적 추세 즉 긍정감성을 느낄수록 알파파가 증가하고 있음을 보여주었다. 실제로 그림에서 제시되고 있는 것처럼 F3, F7부위에서는 최소부정반응 없이 최소긍정반응만으로도 전체추세를 따르고 있었다.

그림 6은 최소긍정반응과 최소부정반응의 구분을 제외시키고 나머지 반응간에 유의미한 차이를 보이는 국부점의 변화를 각 주파수 별로 정리한 그림이었다. 델타와 알파파는 F4부위에서, 베타파는 P3부위에서 각 반응간에 유의미한 차이를 보였

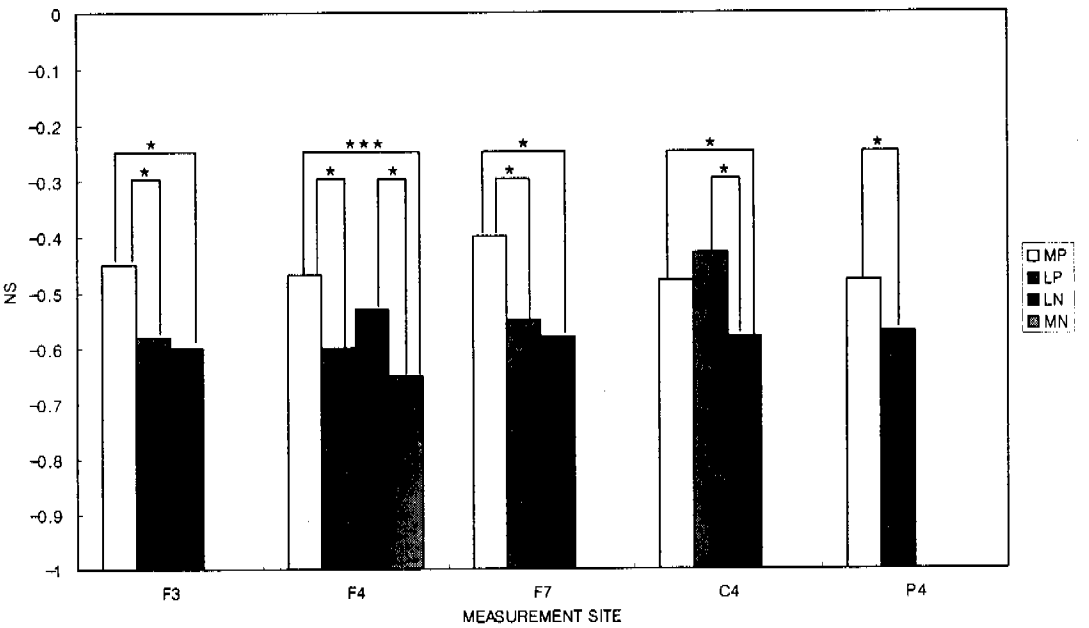

그림 5. 통계적 유의차를 보이는 뇌의 국부 점에서의 알파파의 각 감성에 따른 변화
(* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.001$, *** $p \leq 0.0001$).

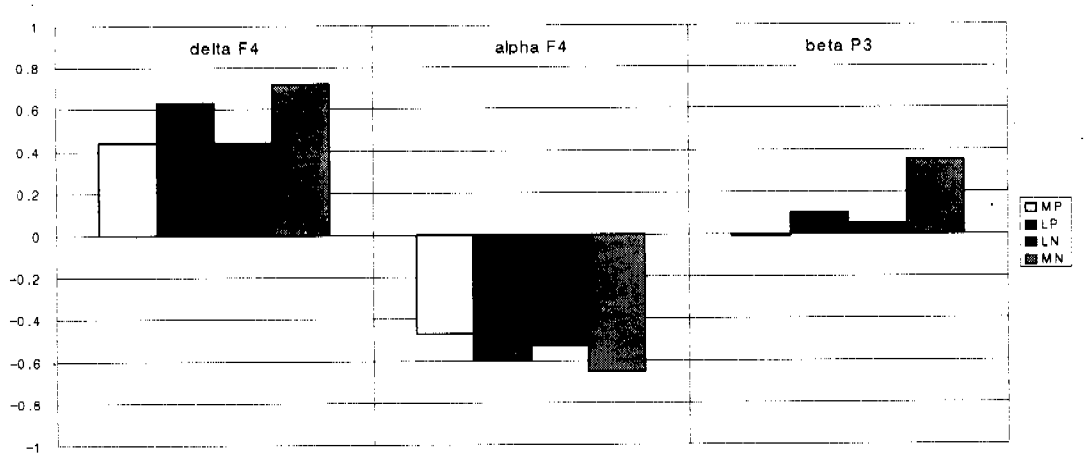

그림 6. F4에서의 델타와 알파파, P3에서의 베타파의 각 감성에 따른 변화

다. 델타파와 알파파가 같은 국부점에서 반대 추세를 보이는 것이 흥미롭다. 선행 연구들은 '알파파와 베타파'간의 상반변화를 보고해 왔다. 그러나 본 연구에서 '델타파와 알파파'의 상반변화를 보였다. 선행연구들이 델타파는 인간의 정신부하에 따라 증가하고(Harmony, et al., 1996), 작업수행 능

력과 상관성이 있다(Vogel, et al., 1968)고 보고하고 있기에 '델타파 - 알파파'의 상반변화가 시사하는 바가 크다고 할 수 있었다. 베타파는 알파와 델타파와는 다른 부위에서 긍정적일수록 감소하는 추세를 보이고, 이것은 델타파의 추세와 같다. 뇌부위별로 델타파와 베타파의 감소와 알파파 증가(덜 감소)가 감성의 긍정적 반응의 추세로 보여지고 있었다.

감성의 객관적 평가의 민감도를 높이기 위한 연구는 생리적 전기신호의 정확한 처리이전에 인간의 감성을 얼마나 주관적으로 평가할 수 있는가에 대한 능력을 먼저 평가 해야한다. 많은 실험적 연구는 주관적 평가 데이터를 근거로 객관적 데이터인 생리적 전기신호를 분석하고 그것과 감성과의 상관성을 파악하고자 한다. 그러나 피실험자 별로 감성을 체험하고 표현하는 능력과 안정성이 다르다. 그러므로 객관적 민감도를 위한 생리적 변수추출을 위해 연구를 위해 피실험자의 선정이 불가피하다. 즉 감성체험과 표현이 민감하고 안정성이 있는 피실험자를 선정하여 반복적인 실험 시뮬레이션을 통해서 객관적 변수인 전기적 생리신호를 결정해야 한다. 결정된 객관적 변수는 감성표현의 모호성이 높은 피실험자의 감성을 교정하고 예측할 수 있는 역할을 할 수 있을 것이다. 이것에 대한 연구는 차후과제에 미루어 놓는다.

감성의 차원을 연구한 선행연구들은 감성이 두 개의 차원으로 구성된다고 보고해 왔다. 즉, 긍정-부정의 차원과 각성수준을 다른 차원으로 보고 감성을 좌표화해 왔다(Lang, et al., 1990; Watson, et al, 1985; Russel, 1980). 본 연구에서 평가된 감성은 이 중에서 긍 - 부정감성 차원에 대한 연구결과이다. 하지만 뇌파 자체가 긍-부정감성의 차원과 각성수준을 복합적으로 포함하고 있는 것이라면 본 연구결과는 감성의 두 차원을 동시에 고려한 것이다. 그러나 뇌파가 각성수준을 얼마큼 반영하는지는 앞으로 연구해야할 과제이지만 수면뇌파에 대한 선행연구 결과로 본다면 각성수준을 어느 정도 반영하는 것으로 알려져 있다. 그러나 수면이 아닌 각성상태에서 각성의 수준을 구분하는 것은 아직까지 밝혀진 바 없다. 그러므로 각성을 반영하는 자율신경계의 반응(Lang, et al., 1993)을 종합적으로 고려한다면 감성의 구분에 좀 더 명확한 방향성을 제시할 것이다.

6. 참 고 문 헌

김철중, "감성공학 기술개발", 측정표준, 19권 1호, pp.2~10, 1996.

윤영주, "감각시대의 소비스타일", 시유시, 1996

이병윤, "임상뇌파", 일조각. 1987.

이만영, 이홍철, "형용사 서술 의미의 구조에 관한 연구 : 정서관련어휘를 중심으로," 한국심리학회지, 2, 118~138, 1990.

황민철 손진훈 김철중, "감성에 따른 뇌의 변화 특성에 대한 연구: 청각감각에 의한 감성," 대한산업공학회지, 23권 3호, pp.609~619, 1997.

황민철, "감성의 정성적 정량적 평가," 측정표준, 19권 1호, pp.32~40, 1996.

Brewer, E., Doughtie, E.B., Lubin, B., "Induction of mood and mood shift," Journal of Clinical Psychology, 36, 215~226, 1980.

Cooper, R., Osselton, J.W., Shaw, J.C., "EEG Technology," 3rd Edition, Butterworths, 1980.

Harmony, T., Fernandez, T., Silva, J., Bernal, J., Diaz-Comas, L., Reyes, A., Marosi, E., Rodriguez, M., Rodriguez, M., "EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of

mental tasks," International Journal of Psychophysiology, 24, 161~171, 1996.

Lang, P.J., Greenwald, M.K., Bradley, M.M., Hamm, A.O., "Looking at picture: affective, facial, visceral and behavioral reactions," J. Psychophysiology, 30, 1993, 261~273.

Lang, P.J., Bradley, M.M., Cuthbert, B.N., "International affective picture system (IAPS) : Technical manual and affective rating," NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, 1995

Miller, G.A., Levin, D.N., Kozak, M.J., Cook, E.W. III., McLean, A., Lang, P.J., "Individual differences in emotional imagery," Cognition and Emotion, 1, 367~390, 1987.

Russel, J., "A circumplex model of affect. Journal of Personality and Social Psychology," 39, 1161~1178, 1980.

Sutton, S.K, Davidson, R.J., Donzella, B., Irwin, W., Dottl, D.A., "Manipulating affective state using extended picture presentations," Psychophysiology, 34, 217~226, 1997.

Vogel, W., Broverman, D.M., Klaiber, E.L. (1968). EEG and mental abilities. Electroencephalography Clinical Neurophysiology, 24, 166~175.

Watson, D., Tellegen, A., "Toward a consensual structure of mood," Psychological Bulletin, 98, 219~235, 1985.