

얼굴표정에 의한 내적상태 추정¹⁾

한재현 정찬섭

연세대학교 인지과학

서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교

jaehyun@psylab.yonsei.ac.kr cschung@bubble.yonsei.ac.kr

Mapping facial expressions onto internal states

Han, Jaehyun Chung, Chan-Sup

Cognitive Science program in Yonsei university

#134 Shinchon-Dong Suhdaemun-Gu, Seoul, KOREA

jaehyun@psylab.yonsei.ac.kr cschung@bubble.yonsei.ac.kr

요약

얼굴표정과 내적상태의 관계 모형을 수립하기 위한 기초 자료로서 얼굴표정과 내적상태의 대응 관계를 조사하였다. 심리적으로 최소유의미거리에 있는 두 내적상태는 서로 구별되는 얼굴표정으로 대응된다는 것을 확인함으로써 얼굴표정과 내적상태의 일대일 대응 관계가 성립한다는 것을 발견하였다. 얼굴표정 차원값과 내적상태 차원값의 관계 구조를 파악하기 위하여 중다회귀분석을 실시한 결과, 쾌-불쾌상태는 입의 너비에 의해서, 각성-수면상태는 눈과 입이 열린 정도에 의해서 얼굴표정에 민감하게 반영되는 것으로 나타났다. 얼굴표정 차원 열 두 개가 내적상태 차원 상의 변화를 설명하는 정도는 40% 내외였다. 선형모형이 이처럼 높은 예측력을 갖는다는 것은 이 두 변수 사이에 비교적 단순한 수리적 대응 구조가 존재한다는 것을 암시한다

얼굴표정과 내적상태의 연결관계 탐색

얼굴표정은 내적상태를 반영하며(Rinn, 1991) 언어를 제외한 내적상태의 전달 수단 중에서 가장 강력하고 복잡한 신호로 간주된다(Ekman, 1982). 그럼에도 얼굴표정인식에 대해서는 상징 체계를 사용하여 복잡한 영상요소들을 추상화 할 수 없다는 점 때문에 본격화되기 어려운 연구 영역 중의 하나였다. 그러나 최근에 컴퓨터를 이용하여 대량의 정보를 저장 및 처리할 수 있게 됨으로써 표정 연구에 필수적인 기술적 문제들이 상당 부분 해결되었다. 그 뿐 아니라 감성과학과 영상산업 분야에서 감성 측정을 위한 표정인식 기술, 감성의 표현 기술 등이 중요시 됨에 따라 학계와 산업계에서 표정 연구의 필요성이 급증하고 있다.

표정인식에 대한 연구를 위해서는 영상영역의 얼굴표정을 의미영역의 내적상태와 연결하는 작

1) 본 연구는 과학기술처 G7 감성공학과제 17-01-09의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

업이 선행되어야 한다. 이를 위해, 얼굴표정-내적상태간 함수 관계의 성립 조건을 검증하고 그 결과를 바탕으로 내적상태와 얼굴표정의 함수를 찾아보았다.

연구 1: 얼굴표정-내적상태 간 함수관계 성립조건 검증

내적상태로부터 얼굴표정으로의 일대일 대응 관계가 성립한다는 것을 경험적인 자료를 토대로 하여 검증을 시도하였다.

1. 내적상태기술단어들의 차원평정 및 최소유의미 거리의 단어 쌍 추출

방법

평정자. 연세대학교에 재학 중인 남녀 학부생 91명이 평정자로 조사에 참가하였다.

내적상태평정단어. 김영아, 김진관, 박수경, 오경자(1997)가 자유연상 실험을 통하여 수집한 내적상태개술단어 83개를 사용하였다.

평정차원. 쾌-불쾌와 각성-수면의 두 차원을 평정 차원으로 사용하였다.

최소유의미 거리의 단어 쌍 추출. 쾌-불쾌, 각성-수면차원에 대해 평정된 83개 단어들의 평균 평정값들을 순서대로 배열한 후 단계를 늘려가면서 두 단어간의 거리를 조사하였다. 두 단어가 유의한 차이가 있다고 할 수 있기 위해서 초과해야 할 임계치는 Tukey의 HSD로 결정하였다.

결과

쾌-불쾌차원. 네 단계간에서 임계치를 초과하는 졸리움(4.22)-홍분(3.13) 쌍과 다섯 단계간에서의 부러움(4.55)-놀라움(3.60) 쌍이 추출되었다.

각성-수면차원. 아홉 단계간에서의 나른함(6.02)-허탈(5.00) 쌍과 열 한 단계간에서의 졸리움(5.78)-홀가분함(4.58) 쌍을 추출하였다.

2. 단어에 대응되는 얼굴 표정의 결정

방법

응답자. 연세대학교에 재학 중인 남녀 학부생 51명이 대상인물의 내적상태를 분류하였다.

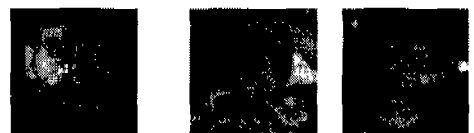
분류대상사진. 최소 유의미 거리의 단어 쌍들에 대응하는 얼굴표정을 결정하기 위해서 반세범, 한재현, 정찬섭(1997)이 개발한 얼굴표정DB를 이용하였다. 인물의 위치와 화질을 고려하여 150장의 사진을 분류대상 사진으로 선별하였다.

분류의 범주 유목 선정. 쾌-불쾌차원에서의 졸리움, 흥분, 부러움, 놀라움, 각성-수면차원에서의 나른함, 허탈함, 졸리움, 홀가분함의 8개 중 졸리움이 중복되었으므로 7개의 단어와 '해당없음'을 포함하여 8개의 항목이 보기로 주어졌다.

결과

얼굴표정사진 150장에 대해서 각 유목에서 가장 높은 빈도를 보인 사진을 그 유목에 대응되는 사진으로 결정하였다.

그림 1에는 최반응답수로 결정된 각 내적상태별 선정사진, 전체 응답자에 대한 분류된 응답자수의 비율이 제시되어 있다.



졸리움(사진1) 82.4% 흥분1(사진2) 82.4% 흥분2(사진3) 82.4%

(a) 졸리움-흥분 쌍으로 선정된 사진

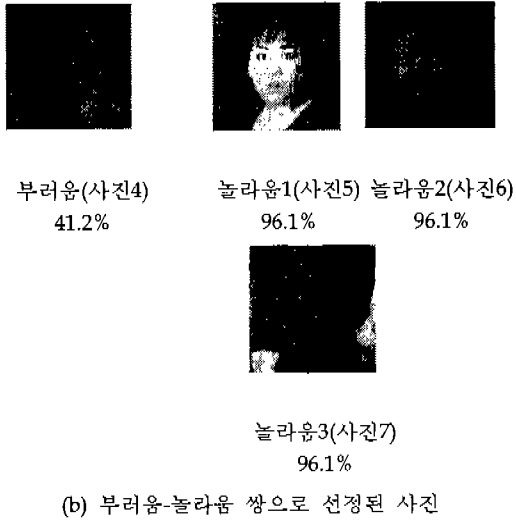


그림 1-1. 쾌-불쾌차원에서 최소유의미거리에 있는 단어들에 대응되는 사진 및 응답비율

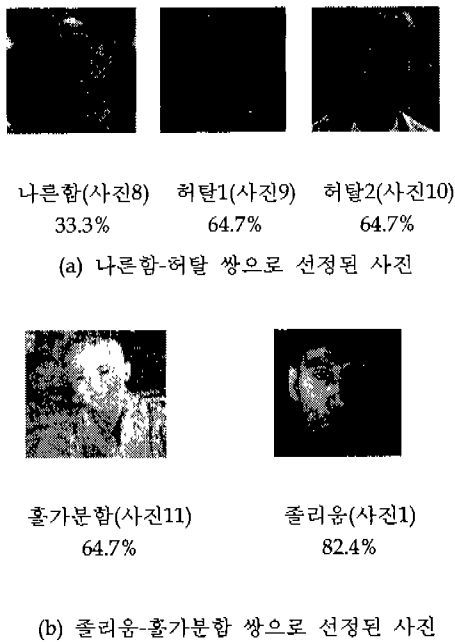


그림 1-2. 각성-수면차원에서 최소유의미거리에 있는 단어에 대응되는 사진 및 응답비율

3. 대응되는 얼굴표정 간의 거리 계산 방법

평정자. 연세대학교에 재학 중인 남녀학부생 65명이 평정자로 참가하였다.

평정대상사진. 단어에 대응되는 얼굴표정사진들을 7점 척도로 평정하도록 하였다.

평정차원. 단어가 추출된 차원이 평정차원으로 제시되었다.

결과

쾌-불쾌차원. 졸리움-홍분, 부러움-놀라움에 대응된 사진을 쾌-불쾌차원에 대해 평정시킨 후 t검증을 실시한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 쾌-불쾌차원에서 최소유의미거리에 있는 단어 쌍에 대응되는 사진들의 차원평정값 차이검증 결과

사진 번호 (대응 단어)	평정값 평균 (표준 편차)	사진 번호 (대응 단어)	평정값 평균 (표준 편차)	t
1 (졸리움)	4.98 (1.08)	2 (홍분1)	6.20 (0.81)	6.90***
1 (졸리움)	4.98 (1.08)	3 (홍분2)	5.98 (0.99)	4.98***
4 (부러움)	3.09 (1.04)	5 (놀라움1)	5.02 (1.01)	10.39***
4 (부러움)	3.09 (1.04)	6 (놀라움2)	5.11 (0.81)	12.69***
4 (부러움)	3.09 (1.04)	7 (놀라움3)	4.95 (0.76)	11.06***

***p<.001

내적상태 공간 내의 쾌-불쾌차원 상에서 최소한의 거리를 가지는 서로 구분되는 두 점은 얼굴 표정 공간 내의 서로 구분되는 두 점으로 대응되었다.

각성-수면차원. 나른함-허탈, 졸리움-홀가분함에 대응되는 사진들을 각성-수면차원에 대해 평정시킨 후 t검증을 실시한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 각성-수면차원에서 최소유의미거리에 있는 단어 쌍에 대응되는 사진들의 차원평정값 차이검증 결과

사진 번호 (대응 단어)	평정값 (표준 편차)	사진 번호 (대응 단어)	평정값 (표준 편차)	t
8	4.26 (1.65)	9	5.12 (1.92)	2.44*
나른함		허탈1		
8	4.26 (1.65)	10	3.40 (1.20)	-3.21**
나른함		허탈2		
11	4.92 (1.31)	12	4.86 (1.20)	-.29
졸리움		홀가분함		

* $p < .05$, ** $p < .01$

나른함-허탈 쌍에 대응되는 사진 중 한 쌍은 유의도 수준 .05에서, 나머지 한 쌍은 유의도 수준 .01에서 유의미한 차이를 보였다. 그러나 졸리움-홀가분함에 대응되는 얼굴표정 사진을 각성-수면차원에 대해 평정한 값들은 유의미한 차이를 보이지 않았다.

논의

여기서는 구분되는 두 내적상태를 규정하기 위해서 최소 거리의 개념을 사용하였다. 내적상태를 구성하는 차원에 대한 평정값들 간의 통계적 차이를 기준으로 한 이 개념은 평정대상단어 83개의 평균평정값의 크기 순 배열에서 각 차원 별로 네 단계 간, 아홉 단계 간의 단어 쌍으로 추출되었으며 내적상태 기술 단어로 추출된 83개의 단어들이 구성하는 82단계 중에서의 이들의 거리는 매우 작은 차이로 볼 수 있다. 이러한 작은 차이의 내적상태 범주 유목이 서로 다른 얼굴표정으로 대응된다는 것은 서로 구별되는 두 내적상태는 서로 다른 얼굴표정과 대응된다는 것을 시사하며 동시에 내적상태와 얼굴표정의 관계를 함수로서 표현할 수 있기 위한 전제 조건을 만족시킨다.

연구 2: 내적상태와 얼굴표정의 함수 탐색

내적상태와 얼굴표정 공간은 함수적인 대응 관계의 성립 조건을 갖추고 있다는 연구 1의 결과를 토대로 그 함수 관계가 어떤 것인가를 밝히고자 하였다.

1. 얼굴차원값 측정

측정차원. 얼굴표정을 계량화하기 위해 Pilowsky 등(1986)이 고안한 얼굴의 열 두 차원을 얼굴공간의 차원으로 이용하였다. 이 차원들은 그림 2에 제시되어 있다.

측정대상 및 절차. 얼굴표정 차원에 대한 값들을 알아내기 위한 측정대상사진은 연구 1에서 사용한 표정DB의 사진 150장을 이용하였다.

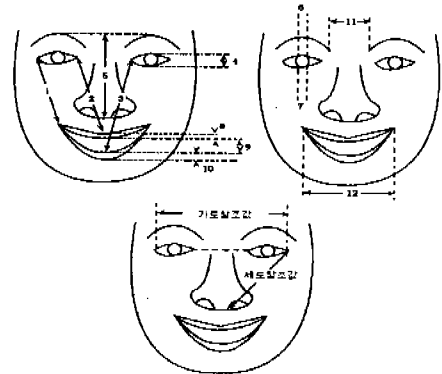


그림 2. Pilowsky 등(1986)이 사용한 얼굴의 열 두 차원 및 참조값

2. 얼굴표정의 내적상태 차원값 평정

방법

평정자. 연세대학교에 재학 중인 남녀 학부생 111명이 평정자로 참가하였다.

평정차원. 대상인물의 내적상태를 추론하여 내적상태의 쾌-불쾌, 각성-수면, 외부지향-내부지향차원에 대해 7점 척도로 평정하도록 하였다.

평정절차. 평정대상사진 150장을 30장씩 다섯

묶음으로 나눈 뒤 한 평정자가 그 중 두 묶음을 평정하도록 하였다.

결과

쾌-불쾌차원의 평균과 표준편차는 4.34(±0.95), 각성-수면차원은 3.35(±1.20), 외부지향-내부지향차원은 3.67(±1.45)이었다. 여기에서 알 수 있듯이 조사대상사진 150장은 불쾌 쪽, 각성 쪽, 외부지향 쪽으로 약간 치우쳐 있으며 비교적 전 척도 차원에 걸쳐 고루 분포되어 있었다.

3. 얼굴표정 차원값과 내적상태 차원값 간의 관계 구조 분석

얼굴표정사진 150장에 대한 얼굴표정 차원값과 내적상태 차원값의 관계를 알기 위해 중다회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 실시하였다.

쾌-불쾌차원. 내적상태의 쾌-불쾌차원에 대한 열 두 가지 얼굴차원의 회귀분석 결과는 표 3에 나타나있다. 입너비(차원 12)만이 유의미한 것으로 나타났으며 전체 변량의 21.5%를 설명하였다. 내적상태 평정에서 낮은 점수는 쾌한 상태를 나타내므로 입이 가로로 넓어질수록 쾌한 상태로 평정되었다.

표 3. 얼굴표정차원들이 내적상태의 쾌-불쾌차원을 예언하는 정도에 대한 중다회귀분석 결과

내적상태 차원	R ²	얼굴 차원	Beta	t	p
쾌-불쾌	.215	12	-.464	-6.375	.000
F(1,148)=40.644, p<.001					

각성-수면차원. 내적상태의 각성-수면차원에 대한 열 두 차원의 회귀분석 결과는 표 4에 나타나있다. 다섯 가지의 차원이 전체 변량의 40.4%

를 설명하였다. 내적상태의 평정에서 낮은 점수가 각성된 상태를 나타냈으므로, 눈을 크게 뜰수록(차원 4, 차원 6), 입을 크게 벌릴수록(차원 9), 눈썹을 내릴수록(차원 5), 눈썹 사이가 좁을수록(차원 11) 각성상태가 높은 것으로 평정되었다.

표 4. 얼굴표정차원들이 내적상태의 각성-수면차원을 예언하는 정도에 대한 중다회귀분석 결과

내적상태 차원	R ²	얼굴 차원	Beta	t	p
각성-수면	.404	4	-.462	-6.264	.000
F(5,144)=19.501, p<.001					
		9	-.331	-5.060	.000
		5	.323	4.394	.000
		6	.315	4.857	.000
		11	.211	3.237	.001

외부지향-내부지향차원. 내적상태의 외부지향-내부지향차원에 대한 열 두 가지 차원의 회귀분석 결과는 표 5에 제시되어 있다. 다섯 가지의 얼굴차원이 유의미하게 나타났으며 이들이 전체 변량의 44.5%를 설명하였다. 내적상태의 평정에서 낮은 점수는 외부지향적 상태를 나타내므로 눈을 크게 뜰수록(차원 4), 입을 크게 벌릴수록(차원 9), 눈썹을 내릴수록(차원 5) 외부지향적인 경향이 큰 것으로 평정되었음을 알 수 있다.

표 5. 얼굴표정차원들이 내적상태의 외부지향-내부지향차원을 예언하는 정도에 대한 중다회귀분석 결과

내적상태 차원	R ²	얼굴 차원	Beta	t	p
각성-수면	.445	4	-.535	-7.234	.000
F(5,144)=23.066, p<.001					
		9	-.387	-6.094	.000
		5	.360	5.012	.000
		6	.273	4.301	.000
		7	-.153	-2.279	.024

논의

내적상태 쾌-불쾌차원 상의 변화를 가장 민감하게 표현하는 얼굴의 차원이 입의 너비로 나타난 통계적 분석 결과는 기쁨과 혐오가 입으로부터 파악된다고 밝혀낸 Boucher와 Ekman(1975)의 연구 결과와 일치한다. 공포와 슬픔이 눈과 눈꺼풀로부터 파악된다고 한 이들의 주장도 내적상태의 각성-수면차원 상의 변화가 입열림정도와 눈열림정도에 의해 민감하게 얼굴표정으로 나타난다는 분석 결과에 의해 지지되었다. 내적상태의 쾌-불쾌, 각성-수면 두 차원 상의 변화를 모두 민감하게 나타내는 특징요소는 입이었으므로 Fraser 등(1990)이 놀람, 기쁨, 슬픔을 인식하는데에 입이 가장 우세한 특징요소라고 밝힌 결과와도 일관된다.

종합 논의

중다회귀분석 결과, 얼굴표정 차원값이 내적상태 차원값의 변량을 40% 정도 설명할 수 있는 것으로 확인되었는데 이러한 설명력은 모형의 유용성을 보장하기에는 다소 미흡한 면이 있다. 그러나 선형모형이 40% 수준의 설명력을 갖는다는 것은 얼굴표정과 내적상태의 두 변수 사이에 비교적 단순한 수리적 대응 구조가 존재한다는 것을 암시한다. 이 연구의 결과는 이와 동시에 얼굴표정-내적상태의 대응 구조를 파악하기 위해서는 선형적인 것 뿐만 아니라 비선형적인 요소도 파악해야 한다는 것을 시사한다. 이 연구와 동일한 얼굴표정 사진과 특징요소 측정법을 이용한 정찬섭, 오경자, 이일병, 변혜란(1988)의 연구는 한 개의 은닉층에 20개의 은닉단위를 갖는 신경망으로 100%에 가까운 표정인식 학습률을 보고하였다. 이러한 연구 결과는 선형모형에서 설명할 수 없는 변량들이 비선형모형으로 대거 해소될 수 있다는 것을 보여준다.

참고 문헌

- 김영아, 김진관, 박수경, 오경자 (1997). 정서관련 어휘 분석을 통한 내적상태의 차원 연구. '97 한국감성과학회 연차학술대회 논문집, 209-214.
- 반세범, 한재현, 정찬섭 (1997). 표정-내적상태 상관모형을 위한 얼굴 DB 구축. '97 한국감성과학회 연차학술대회 논문집, 215-219.
- 정찬섭, 오경자, 이일병, 변혜란 (1998). 감성 인터페이스 : 얼굴표정의 인식 및 합성 모형. 1998년도 한국 심리학회 동계 연구세미나 논문집, 121-160.
- Boucher, J., & Ekman, P. (1975). Facial areas and emotional information. *Journal of Communication*, 25, 21-29.
- Ekman, P. (1982). Methods for measuring facial action. In K.R.Scherer & P.Ekman (Eds.), *Handbook of methods in nonverbal behavior research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fraser, I. H., Craig, G. L., & Parker, D. M. (1990). Reaction time measures of feature saliency in schematic faces. *Perception*, 19, 661-673.
- Pilowsky, I., Thornton, M., & Stokes, B. B. (1986). Towards the quantification of facial expressions with the use of a mathematic model of the face. In H. D. Ellis, M. A. Jeeves FRSE, F. Newcombe & A. Young (Eds.), *Aspects of face processing*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers.
- Rinn, W. E. (1991). Neuropsychology of facial expression. In R. S. Feldman & B. Rimé (Eds.) *Fundamentals of nonverbal behavior*. New York:Cambridge university press.